

VKI

A VILLAMOSIPARI KUTATÓ INTÉZET

KÖZLEMÉNYEI

10

—————

1986

A kötettel 60. születésnapján  
Dr. Lukács József akademikust köszöntik  
az Intézet munkatársai

MŰSZAKI KÖNYVKIADÓ









BUDAPEST, 1986

VILLAMOSIPARI KUTATÓ INTÉZET (VKI)  
1158 Budapest, Cservenka M. út 86.  
Telex: 22-6264  
Telefon: 831-500

VILLAMOSIPARI KUTATÓ INTÉZET

# KÖZLEMÉNYEI

10

KÖZZÉTESZI:

**DR. NAGY LÁSZLÓ**

okl. villamosmérnök,  
a műszaki tudomány kandidátusa,  
az intézet igazgatója

SZERKESZTETTE

a Szerkesztő Bizottság:

**BENCZE JÁNOS**

okl. villamosmérnök,  
a Villamos Hajtások és Irányítástechnikai Főosztály  
vezetője

**BOGNÁR ALAJOS**

okl. villamosmérnök,  
a Szigeteléstechnikai Főosztály vezetője

**DR. GANSZKY KÁROLY**

okl. villamosmérnök,  
a műszaki tudomány kandidátusa,  
az Erősáramú Elektronika Főosztály vezetője

**DR. LUKÁCS JÓZSEF**

okl. gépészmérnök,  
az MTA rendes tagja,  
Kossuth-díjas,  
az intézet ny. igazgatója

**DR. MOCSÁRY JÓZSEF**

okl. villamosmérnök,  
a műszaki tudomány doktora,  
az intézet tudományos igazgatóhelyettese

**DR. NÉVERI ISTVÁN**

okl. villamosmérnök,  
a műszaki tudomány kandidátusa,  
az intézet kutatási főmérnöke,  
a Villamos Készülék Főosztály vezetője

**PRÁGAI GYÖRGY**

okl. villamosmérnök,  
irányítástechnikai szakmérnök,  
az Elektronikai Rendszerek Főosztály vezetője

**DR. SORS LÁSZLÓ**

okl. vegyészmérnök,  
a Villamos Technológiák II. Főosztály vezetője

**SZTRÓKAY ISTVÁN**

okl. villamosmérnök,  
a Villamos Technológiák I. Főosztály vezetője

**TALPAI JÓZSEF**

okl. vegyészmérnök,  
a Villamos Kerámia és Hőtechnikai Főosztály  
vezetője

**TAR FERENC**

okl. villamos- és gazdasági mérnök,  
az intézet műszaki igazgatóhelyettese

**Felelős kiadó: Dr. Nagy László**  
a VKI igazgatója

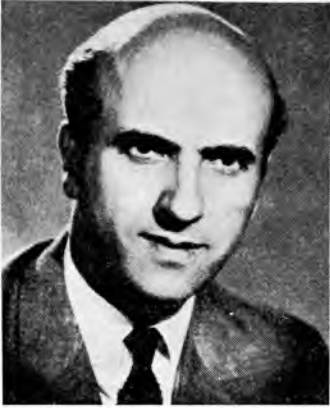
Megjelent a Műszaki Könyvkiadó gondozásában

ISBN 963 10 7141 3  
HU ISSN: 0139 3359

Felelős szerkesztő: Guller Jánosné villamosmérnök  
A kézirat lezárva: 1986. február 28.

Kiadja a Műszaki Könyvkiadó  
Felelős kiadó: Szűcs Péter igazgató  
86-2862 — Szegedi Nyomda  
Felelős vezető: Surányi Tibor igazgató  
Műszaki vezető: Körizs Károly  
Műszaki szerkesztő: Mózer István  
A könyv ábráit rajzolta: Jereb Gáborné  
Példányszám: 950  
Azonosítási szám: 01566





## Dr. Lukács József Kossuth-díjas akadémikus tevékenysége az intézetben

Dr. Lukács József Kossuth-díjas akadémikus, az intézetnek közel két évtizeden át igazgatója, 1985 nyarán töltötte be 60. életévét. Ebből az alkalomból és nyugalomba vonulása alkalmából röviden, a teljesség igénye nélkül, beszámolunk munkásságáról

1. műszaki szempontból,
2. iparpolitikai szempontból, továbbá
3. személye és az intézet relációja szempontjából.

Egy élet munkáját értékelni nehéz feladat. Tények ismertetésére szorítkoznak, amelyek sem pozitív, sem negatív oldalról nem torzíthatók.

1. *Dr. Lukács József akadémikus szakmai tevékenységét a félvezető technológia és a közvetlen energiaátalakítás fogalom alatt lehet összefoglalni.*

1948-ban kezdte meg műszaki tevékenységét. Mind a Ganz Villamossági Művekben, mind az 1949-ben megalakult Villamosipari Kutató Laboratóriumban legkorábbi munkáihoz tartoztak a *réz—alumínium összekötések* szinterelt és impulzushegesztéssel történő megoldásai, valamint a *nemlineáris ellenállások* kidolgozása. Utóbbiak bázisán fejlesztette ki a magyar 6—220 kV-os *tűlfeszültségvezető-sorozatot*. Az országos hálózat 90%-ban ma már ezekkel a vezetőkkel van felszerelve.

Ezen időszakra esik a kontrapolár típusú *mágneses szikraközök* és a *hőtranszduktor* kifejlesztése is.

Dr. Lukács József fő érdemének tekinthető, hogy jó érzékkel, megfelelő időben — még 1957-ben — felismerte azokat a lehetőségeket, amelyeket a *szilárdtestfizika* az erősáramú villamosipar számára jelent. Megfelelő felkészültségével megoldotta a felmerült technológiai problémákat. Iskolát alakított ki maga körül az intézet

technológiai (akkori félvezető) főosztályán. Jelentősen hozzájárult a hazai erősáramú félvezetőipar megteremtéséhez.

Az 50-es évek végén kezdett foglalkozni a *germánium egykristály húzásának*, valamint a *germániumdióda*, majd később a *szilíciumdióda* kifejlesztésének problémájával.

A 60-as évek kezdetén forszírozta a *szilícium poli- és a monokristály előállításának* kézbentartását. Ugyanezen időben a *szilícium-karbid alapanyag fejlesztésében* is előbbre léptünk.

Meg kell említeni azon személyes munkáját, amely a *szilícium-karbid p—n hetero-átmenet* kifejlesztéséhez vezetett; ez abban az időben úttörő jellegűnek számított, továbbá a 150 A-es tirisztorok gyártására és a 20 A-es teljesítménytranzisztorok kifejlesztésére irányuló munkáit.

Rögzíteni kell a *tirisztorgyártást* 150 A-ig és a 20 A-es *teljesítménytranzisztorra* vonatkozó kísérleti munkát.

A másik technológiai terület, amelyet szívügyének tekintett, azzal a mondattal jellemezhető: *használjuk fel a villamos energiát mint közvetlen megmunkáló eszközt*, fémek és egyéb anyagok megmunkálására.

Az ilyen jellegű törekvések három területen öltöttek testet:

- a fémek izzó állapotban történő elektrodinamikus megmunkálásában,
- a túlnyomásos acélöntésben és
- a plazmamegmunkálásban.

Meggyőződése volt, hogy a zsúfolt városi közlekedés a belső égésű motorok háttérbe szorítását és a *villamos járművek* előtérbe nyomulását fogja eredményezni. Ennek keretében 3 db 16 tonnás villamos hibrid autóbusz, 10 db 2,5 tonnás villamos teherautó és 20 db villamos moped volt a kutatásban megvalósult eredmény.

A *közvetlen energiaátalakításra* vonatkozó munkái részben a *termovillamos és fotovillamos elemek*, részben a *tüzelőanyag-elemek* kidolgozására, részben a nem gömbszerű impulzus-eloszlást biztosító *kontrollált égés* vizsgálatára vonatkoztak.

A termo- és fotovillamos elemek vonalán a kezdeményezés jellegét, valamint a későbbiekben egyrészt egy modern 40 W-os *termovillamos generátor* megalkotását, másrészt a fotovillamos elemek előállítási technológiájának kidolgozását és különböző teljesítményű *napfényelemes áramforrások* létrehozását említhetjük érdekékként.

A *tüzelőanyag-elemes erőmű* magjaként 1 kW-os rendszert hoztunk létre.

A jelenlegi munkái közül csak a *kontrollált égés* kísérleteire és a *Tesla turbina-generátor* létrehozására irányuló munkáit említjük.

2. *Iparpolitikai törekvéseit* az alábbi gondolatokban lehet összefoglalni:

— Határhasznót tartalmazó gyártmányokból kb. öt-hatszoros mennyiséget kell legyártani ahhoz, hogy egy heurisztikus gyártmánnyal azonos nyereséghez, ill. hozzáadott értékhez eljérjünk.

— Ha egy magyar gyártmány naturalisan ekvivalens egy európai gyártmánnyal, akkor — akármilyen is a dollár/forint kihozatal vagy egyéb mutató — a gyártmány jó és megfelelő. A kérdés a gyári, a művi, ill. a társadalmi terhek vizsgálatának vonalára terelődik.

— A laboratóriumi példányok és a nagy gyártási sorozatok közé szükséges egy közepes nagyságrendű, ún. félüzemi sorozatot beiktatni. Bármiféle extrapolációt a gyártási intervallum egy nagyságrendjénél nagyobb intervallumra nem szabad kiterjeszteni, mert vagy reprodukálhatósági, vagy pontossági hibák felléptével kell számolni.

— Az a tendencia, hogy gyártmányaink intellektuális tartalmát növeljük, csak akkor hozza meg gyümölcsét, ha gondoskodunk arról a — kutatási munkánál

kb. 6—8-szorosan több — munkáról, amely a prototípusnak ipari gyártmánná történő átviteléhez szükséges.

— A kutatási problémamegoldás nehézsége és a gyártási konzekvencia semmiféle összefüggésben nincs egymással. Így megtörténhet az, hogy jelentős szellemi munka fordítódik kis konzekvenciájú problémák megoldására, ezért a posszibilisen nagyobb konzekvenciájú kérdések előtérbe állítása érdekében az optimalizálás lehetőségével folyamatosan élni kell.

A fenti tömörítvények különböző cikkekben és beadványokban kerültek kifejtésre és örömmel lehet tapasztalni azt, ha bizonyos időkéssel is, de nyomot hagytak az ipari vezetés tendenciáiban.

Itt szeretnénk idézni Dr. Lukács József akadémikusnak azon hitvallását, amelyvel az intézet fennállásának 35 éves jubileuma alkalmával tartott előadását befejezte, nevezetesen, hogy „Mi, az erősáramú ipar kutatói, hiszünk abban, hogy egy anyag- és energiaszegény országban mind az iparban, mind a mezőgazdaságban a *szellemi érték beépítése és eladása* az az eszköz, amellyel gazdasági helyzetünket javíthatjuk. Ehhez olyan emberek kellene mind iparunkban, mind kutatásunkban, akiknek bátorságuk van az újhoz, erejük a megvalósításához és valamiféle alázatuk az igazság felismeréséhez”.

3. Dr. Lukács József személye és az intézet egészének relációjával kapcsolatban két aspektust emelünk ki:

— az egyik az a mély, őszinte *demokratikus magatartás*, amelyet az intézetben igyekezett meghonosítani,

— a másik az a *hierarchikus vezetési módszer*, amelyet az 5-6 személyre korlátozott körben tartásban jelölt meg.

Az első gondolattal kapcsolatban hangsúlyozta, hogy nem a munka jellege számít, tehát az, hogy valaki esztergál-e, konstrukciós rajzokat készít, vagy bármilyen egyéb munkát végez, hanem az, hogy a reá bízott munkát mennyire tökéletesen, az átlagoshoz mérten milyen színvonalon végzi.

Az egyetemi képzésről az volt a véleménye, hogy az csak a szaktudást növeli, de az intelligenciafokot alapvetően nem befolyásolja.

A másodikként említett hierarchikus vezetési módszer lényegében a személyi ráhatás korlátozottságának felismerésén alapul, abban az értelemben, hogy az eszmei mondanivaló átvitele, teljes megértése 4-5 fős csoportnál nagyobb grémiumra nem valósítható meg.

\*

A következőkben szeretnénk néhány szakmai életrajzi és egyéb adatot megemlíteni.

Dr. Lukács József jelentős szakirodalmi és szabadalmi tevékenységet fejtett és fejt ki. Publikációinak száma közel 50, szabadalmainak száma: 25. Számos hazai és külföldi előadásban ismertette részben saját kutatási eredményeit, részben az intézet tevékenységét.

1947 óta részt vesz az erősáramú villamosmérnökök képzésében. Széles körű társadalmi és tudománypolitikai tevékenységet fejtett és fejt ki jelenleg is. Tagja számos hazai és külföldi tudományos testületnek.

Kutatási eredményeiért számos kormánykitüntetésben, minisztériumi és társadalmi egyesületi kitüntetésben részesült. Ezek közül a legjelentősebbek: Kossuth-díj. Munka Érdemrend arany fokozata, Zipernovszky-díj. Elektrotechnikai Nagydíj. Most, nyugalomba vonulásakor vehette át az általa alapított legmagasabb intézeti szakmai kitüntetést, a VKI-nívódíjat.

Dr. Lukács akadémikus elévülhetetlen érdeme, hogy nemcsak kezdeményezte

nagy jelentőségű kutatási témák megindítását, hanem irányított, buzdított és nagyon sok esetben frappáns megoldásokkal pótolta a hiányzó anyagi feltételeket.

Igen jó volt a kapcsolata közvetlen munkatársaival, az intézet többi vezető munkatársával, a pártvezetőséggel és a Szakszervezeti Bizottsággal is. Ez érezhetően kihatott az egész intézet munkájára és az intézet külső szervek által történő megítélésére is.

Különleges egyéniségét és igazi humánumát nemcsak az intézet munkatársai, de partnerei is elismeréssel emlegetik.

*Dr. Lukács József akadémikusnak 60. születésnapja és nyugalomba vonulása alkalmával szeretettel és őszinte tisztelettel jó egészséget és hosszú, boldog életet kívánnak közvetlen munkatársai és az intézet dolgozói.*

*Amikor megköszönjük az intézet és ezen keresztül az erősáramú ipar felvirágoztatásáért és munkatársainak boldogulásáért végzett, eredményekben gazdag munkáját, arra kérjük, ne feledkezzenek el rólunk, az intézetben eltöltött 36 évről és ezen belül közel két évtizedes igazgatói működéséről.*

*A továbbiakban is számítunk barátságára, közreműködésére és szak tudásának az intézetben történő kamatoztatására.*

*Budapest, 1985. december 17.*

*Őszinte tisztelettel és igaz barátsággal:*

*Dr. Nagy László  
igazgató*

*Dr. Mocsáry József  
tudományos igazgatóhelyettes*

# ERŐSÁRAMÚ ELEKTRONIKA ÉS IRÁNYÍTÁSTECHNIKA



# 1. A villamos hajtások fejlesztésének jelenlegi helyzete és lehetséges távlatai

*BENCZE JÁNOS*

## ÖSSZEFOGLALÁS

Ahhoz, hogy saját helyzetünket megítélhessük, és jelenünket, ill. jövőnket tervezni tudjunk, feltétlenül „ki kell tekintenünk”. Látnunk kell, hogy mit tesznek mások és mit kívánnak a jövőben tenni, és ennek, valamint saját lehetőségeink ismeretének függvényében kell meghatározni a szükséges tennivalókat.

A cikk feladata megkísérelni a nemzetközi helyzet és a jelenlegi trendek irodalmi adatok alapján történő felmérését, ennek alapján értékelni a hazai helyzetet és meghatározni a fejlesztési feladatokat.

## СОСТОЯНИЕ И ВОЗМОЖНЫЕ ПЕРСПЕКТИВЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ

*Я. БЕНЦЕ*

### Резюме

Для оценки своего положения и планирования настоящего и будущего обязательно должны «выглядывать». Должны видеть, что делают и лежат делать другие в будущем и в функции этого и своих возможностей определить необходимые меры.

Задачей статьи является попытка оценить международное состояние и существующие тренды на базе литературных данных и на этой основе — оценка международного состояния и выделение задания совершенствования.

## DIE GEGENWÄRTIGE SITUATION UND MÖGLICHE TENDENZEN IN DER ENTWICKLUNG ELEKTRISCHER ANTRIEBE

*J. BENCZE*

### Zusammenfassung

Um unsere eigene Situation zu beurteilen und unsere Gegenwart beziehungsweise Zukunft planen zu können, müssen wir unbedingt „hinausblicken“. Wir müssen sehen, was andere tun und in der Zukunft zu tun gedenken, und in Abhängigkeit dessen, sowie in Kenntnis unserer eigenen Möglichkeiten sind die notwendigen Schritte zu bestimmen.

Die Aufgabe des Artikels besteht darin, eine Analyse der internationalen Situation und der gegenwärtigen Trends auf Grund literarischer Daten vorzunehmen und die Situation in Ungarn auf Grund dessen zu bewerten und die Entwicklungsaufgaben zu bestimmen.

# PRESENT SITUATION AND POSSIBLE FUTURE IN DEVELOPMENT OF THE ELECTRIC DRIVES

BY J. BENCZE

## Summary

In order to enable judgement of our position and to plan our present and future activities, we have to "look out" by all means. We have to see what others do and what they want to do in the future and the measures required have to be determined in function of this knowledge and our facilities as well.

This article has the task of attempting assessment of the international situation and the present trends on the basis of literary data and on the basis of this to evaluate the domestic conditions and to outline the development tasks.

## 1. Bevezetés

A VII. ötéves terv kutatási-fejlesztési koncepcióinak kidolgozása szükségessé tette, hogy „kitekintsünk”: megnézzük azt, hogy mit csinálnak mások, mi történik a nagyvilágban, felmérjük saját helyzetünket, mert csak ezen ismeretek birtokában tudunk felelősséggel javaslatot tenni jövőbeli feladatainkra.

Bizonyos szempontból a kutatási-fejlesztési feladatok meghatározása igen egyszerűnek látszik. Elmaradásunk a fejlett ipari országokhoz képest jó esetben is konzerválódott. Ezek szerint „csak” azt kell megnéznünk, hogy az előttünk járók mivel foglalkoznak, és őket kell „utánoznunk”. Azonban a kérdés — számos tényező miatt — idáig nem egyszerűsíthető. Ezek a tényezők elsősorban finansiális és tradicionális jellegűek. Gondolok itt egyrészt arra, hogy a kutatás-fejlesztés jelentős összegeket emészt fel, másrészt arra, hogy az ipar fogadóképisége is erősen korlátozott. De ezen túlmenően olyan alapvető kérdések is előtérbe kerülnek, mint a hazai ipar piaci lehetőségei (ez a sorozatnagyságot limitálja), és a háttéripár gyengesége, az import alkatrészekre alapozott fejlesztés stb. A feladat tehát az, hogy a felmérhető tényezők egyidejű mérlegelésével prioritási sorrendet állítsunk fel, kutatási-fejlesztési súlypontokat képezzünk, és ezek alapján olyan feladatokat határozzunk el, amelyeknek teljesítése minimális befektetés alapján optimális eredményt hoz.

## 2. Hol tart ma a világ?

Minden villamos hajtás alapvetően két, viszonylag egyszerűen szétválasztható alapegységből áll: a villamos motorból és az azt tápláló elektronikából; ez utóbbi kiegészítve természetesen különböző kapcsolókészülékekkel, ill. a hálózathoz való egyszerű csatlakoztatás lehetőségét biztosító transzformátorokkal vagy fojtótekerccsekkel.

Maguk a korszerű villamos motorok alapvetően megegyeznek a már csaknem 100 éve használatos gépekkel. Ami ezen a területen gyökeresen új, az elsősorban a korszerűbb, jobb minőségű anyagok használatából, ill. modern technológiai eljárásokból adódik. Az új technológiai eljárások elsődleges célja a „gazdaságos gyártathatóság” elérése nagy és kis sorozatú, ill. egyedi gyártású gépeknél egyaránt. Ezen belül azután vannak különböző „divatirányzatok”, mint például az anyagtakarékos gépek vagy a jó hatásfokú, tehát energiatakarékos gépek kifejlesztése (a kettő egymást kvázi kizárja). Ezek az irányzatok azonban a „gazdaságos gyártathatóságnak” minden esetben alá vannak rendelve. A villamos hajtások fejlesztése és fejlődése — az erős-



áramú és az információelektronika oldaláról tekintve egyaránt — mindenkor szoros kapcsolatban van a félvezető-technika fejlődésével [1]. Ezt a megállapítást mindenféle tapasztalat alátámasztja. Gyakorlatilag arról van szó, hogy a hajtások területén — éppen úgy, mint minden egyéb szakterületen — folyamatos megújulás tapasztalható az alkalmazott félvezetőelemek fejlődési szintjének megfelelően.

Ezeket elfogadva a félvezetőtechnológia, ill. a félvezető elemek fejlődését és fejlesztését kell elsődlegesen vizsgálni, és ez mindenkor meghatározó lesz a villamos hajtások fejlődésére és fejlesztésére.

### 3. Félvezető elemek fejlődési tendenciája

A villamos hajtásoknak éppen úgy intergáns része az irányítástechnika, mint az erősáramú félvezetőtechnika. Tehát a szabályozás és a vezérlés elemei, az elektronikus alkatrészek fejlődése, az integráltsági fok jelentős növekedése körülbelül azonos hatással van a villamos hajtások fejlődésére, mint az erősáramú elektronika elemeinek fejlődése. Hogy hol „végződik” az elektronika és hol „kezdődik” a teljesítményelektronika, az már rég megválaszolatlan kérdés. Erre ez a cikk sem kísérel meg választ adni.

#### 3.1. Erősáramú félvezető eszközök

Az erősáramú félvezető eszközök fejlődésének jellemzésére a következő csoportosítás jól érzékelhető képet ad:

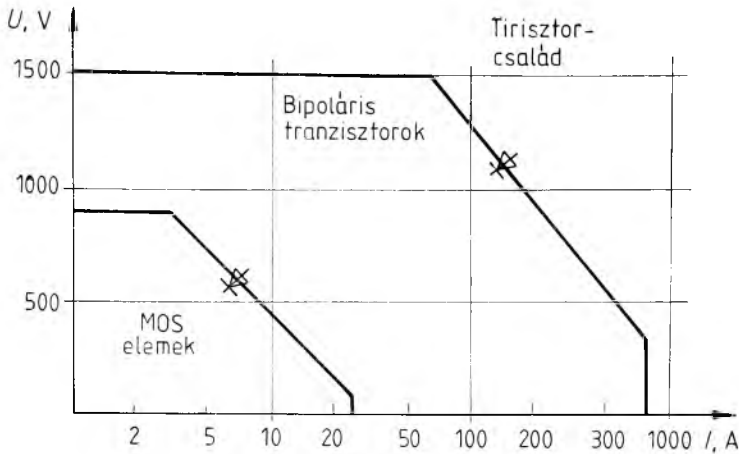
- a már meglévő, a gyakorlatban széles körben alkalmazott elemek határadatainak korábban elképzelhetetlen mértékű növekedése;
- strukturájukban új félvezető elemek, mint például az oltható tirisztorok (GTO-k) és a különböző típusú tranzisztorok megjelenése;
- új tokozási technológiák alkalmazása, amelyek lehetővé tették az erősáramú félvezető elemek integrálását is, és ezzel új készüléképítési elvek meghonosítását biztosították.

Az erősáramú félvezetők fejlesztésének célja — bármilyen banálisan is hangzik — az ideálisnak feltételezhető kapcsolóelem minél jobb megközelítése. Nevezetesen

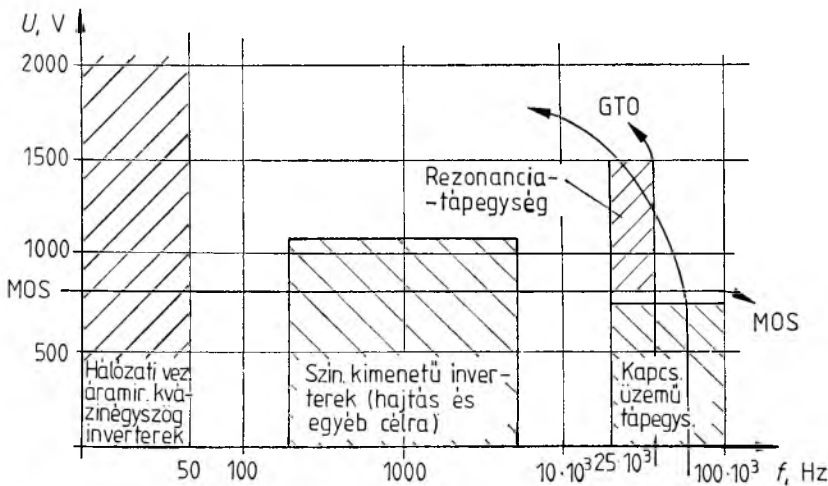
- a szivárgó áram megszüntetése „zárt” állapotban,
- a vezetőirányú feszültségesés jelentős csökkentése,
- a kapcsolási veszteségek csökkentése és a kapcsolási sebesség növelése,
- az egyszerű és kis teljesítményű vezérelhetőség, csökkenő zavarérzékenység mellett,
- növekvő élettartam,
- szigetelt tokozás,
- mindez olcsón.

Ha gondolatban végigkövetjük a félvezetők fejlődését az első tranzisztortól például a ma már piacon levő több ezer amperes, több ezer voltos, 10 kHz nagyságrendű kapcsolási frekvenciával is üzemeltethető oltható tirisztorig (GTO), látható, hogy közelítünk a célhoz. Az 1-1. és 1-2. ábra ezt szemléletesen érzékelteti [2].

Az elmúlt években a legjelentősebb fejlődés az *oltható tirisztoroknál* volt tapasztalható. Az első referencia még 1963-ból datálódik. Ez 100 V, 6 A-es elem volt, neve GCS (Gate-Controlled-Switch). Azután sokáig nem történt semmi. 1978-ban 1300 V, 600 A, neve: GTO (Gate-Turn-Off), és 1984-ben 4500 V és 2000 A! Az amerikai Westinghouse Electric Cooperation már 1981 óta sorozatban gyárt kedvező



1-1. ábra. Félvezető elemek tipikus alkalmazási „területe”



1-2. ábra. Elektronikus kapcsolóelemek alkalmazási „területe”

üzemi tapasztalatokkal hajtáscélú invertercsaládot GTO-k alkalmazásával 5...200 kW tartományban, hídágnaként egy-egy elemmel. Tapasztalataik szerint, ha az azonos paraméterű

- hagyományos tirisztor ára: 1, akkor az
- oltható tirisztor ára: 1,5 és a
- tranzisztor ára: 1,8.

Mi várható a közeljövőben? A Westinghouse véleménye szerint:

- 2500 V-os GTO-k 0,5 \$/A;
- hasonló paraméterű GTO-k, mint amilyen tirisztorok jelenleg kaphatók;

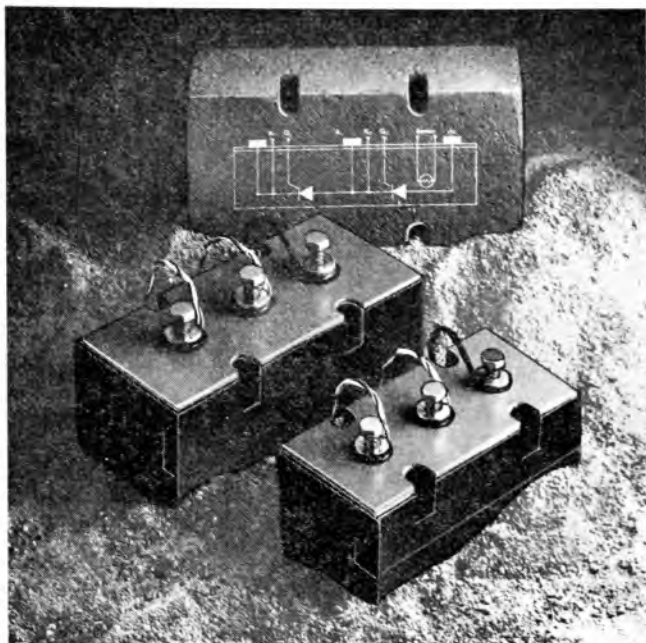
— a jelenlegi 125 °C megengedett maximális réteghőmérséklet 150 °C-ra való emelkedése [3].

A legmagasabb frekvenciájú kapcsolóüzem (100 kHz nagyságrendig) *teljesítmény MOSFET* elemek segítségével érhető el, tekintettel arra, hogy töltéstárolási effektus ezeknél az elemeknél nincs. A teljesítmény MOSFET elemek vezérlése egyszerű, kapcsolási veszteségei igen alacsonyak. Ezzel szemben áll nagy nyitóirányú feszültségésük, és alkalmazásukat korlátozza, hogy az előállítási technológiájuk igen drága. Csak a kisfeszültségű elemek ára versenyképes. Alkalmazási területeik elsősorban: kapcsolóüzemi tápegységek. Tekintettel az előzőekben említett tulajdonságaira, integrálva bipoláris tranzisztorokba, azok meghajtó fokozataként alkalmazzák még a MOSFET elemeket. Ezek a BIPMOS (Bipoláris Mos) tranzisztorok, ill. a szigetelt bázisú tranzisztorok IGT-k (Insulated Gate Transistors). Ezeket a kombinált tranzisztorokat természetesen egy és ugyanazon szilíciumkristályból állítják elő. Meg kell azonban jegyezni, hogy alapanyagra vonatkoztatva az oltható tirisztorok gyártása összehasonlíthatatlanul előnyösebb.

A *fényvezérlésű tirisztorok* (LTT; light triggered thyristor) már hagyományos elemeknek tekinthetők. Óriási előnye a normál tirisztorokkal szemben, hogy a gyújtó-elektrodája szigetelt és nem zavarérzékeny. Elsősorban a nagyfeszültségű, egyenáramú energiaátviteli rendszerek áramirányítóikhoz alkalmazzák, azonban egyéb nagyfeszültségű áramirányító rendszerekhez történő adaptációja egyre inkább a hétköznapok gyakorlatává válik. Ma már közvetlen fényvezérelhető elemek is megjelennek. Ismereteink szerint a japán Mitsubishi Electric cég rendelkezik a „csúcs”-elemekkel. Legnagyobb közvetlen fényvezérlésű eleme 8000 V-os, 1500 A-es;  $(di/dt)_{\max}$  megengedett 300 A/ $\mu$ s, a kritikus  $du/dt$  érték: 3000 V/ $\mu$ s és a minimális gyújtási teljesítményigénye 7 mW [4].

Mindezek mellett a *hagyományos elemek* paraméterei is korábban elképzelhetetlen értékeket érnek el. Ma már nem számít „csúcs”-elemnek egy 5000 V 4000 A-es hálózati tirisztor vagy dióda; ugyancsak a hétköznapok elemei közé tartoznak a 2500 V-os 1000 A-es gyorstirisztorok, 35...40  $\mu$ s kíméleti idővel. Ugyancsak a hagyományos elemek csoportjába sorolhatjuk a bipoláris Darlington-típusú teljesítménytranzisztorokat is. Nagyobb cégek már évek óta hirdetik az 1000 V-os, 300 A-es elemeket minimum 100-as áramerősítési tényezővel, a névleges kollektoráram tartományában. De a szóban forgó tranzisztor áramerősítése 200 A-nál 300-szoros és 100 A-nél már jobb, mint 1000-szeres!

Az erősáramú *félvezető elemek* (diódák, gyorsdiódák, hálózati és gyorstirisztorok, bipoláris teljesítménytranzisztorok, illetve ezek célszerű kombinációi) *integrálására* való törekvés 5—7 éves múltra tekint vissza. Itt az alapvető problémát a hűtőfelület és a félvezető elem közötti megbízható villamos szigetelés megoldása jelenti oly módon, hogy közben a réteg és a hűtőfelület közötti hőellenállás ne növekedjék, tehát a pn átmenetben keletkező veszteség könnyen elvihető legyen. E területen is jelentős fejlődés tapasztalható. Jellegetes típusai ezeknek az ún. „Power Block”-ok, vagy „Power Pack”-ek, amelyekben két-két erősáramú félvezető elem van „integrálva” különböző kombinációban. Ezen elemek geometriája szabványosított, gyakorlatilag az egész világon egységes méretben kaphatók. A benne levő félvezető elemek zárófeszültsége 1600 V-ot is elér, áramuk max. 120...160 A elemenként. Újabban már négy, ill. hat elemet is tesznek közös tokba, ez elsősorban a bipoláris teljesítménytranzisztorok esetében szokásos. Gyártanak azonban egyeletes félvezető egységeket is. E területen is jelentős „áttörés” történt a közelmúltban. Az amerikai Westinghouse 1985-ben kezdte hirdetni az ún. POW-R-BRIK sorozatát. Ebben a rendszerben már 2000 V-ig van gyorstirisztor egész 500 A/elem áramig, 3000 V-ig hálózati tirisztor 600 A/elem áramig, hőérzékelővel kiegészítve (1-3. ábra).



1-3. ábra. Az amerikai Westinghouse „POW-R-BRIK” elnevezésű, integrált félvezetőegysége

### 3.2. Az irányítástechnika félvezető eszközei

Az előzőekben már láttuk, hogy az erősáramú félvezető eszközök területén milyen hallatlan fejlődés volt a közelmúltban, ill. a fejlődés gyorsuló tendenciájából következtetni lehet a jövőre vonatkozóan is. Mégis, az erősáramú félvezetőknél tapasztalt és a jövőben várható fejlődés eltölpül azok mellett az eredmények mellett, amelyeket a tudomány az utóbbi időszakban az irányítástechnika elemei fejlesztése területén tett, ill. ami még várhatóan történni fog.

Az idősebb (még korántsem nyugdíjas) mérnökgeneráció az elektroncsövet és a forgógépes erősítőket használta a szabályozási funkciók megvalósítására. Azóta elképesztően sok minden történt. Megjelentek a félvezető diódák, a tranzisztorok, majd a különböző alapfunkciókat megvalósító integrált áramkörök, az IC-k, majd azt követően az SSI, az MSI, az LSI, a VLSI áramkörök, egyre növekvő integráltsági fokot képviselve az integrált áramkörök családjában. Ebbe a kategóriába tartoznak az ún. mikroprocesszorok is; vagyis az olyan integrált áramkörök és áramkör-csoportok is, amelyek a számítógép központi egységének funkcióit látják el.

Olyan eszközök kerültek a felhasználók kezébe, mint a különböző rendszerű hibrid integrált áramkörök, az ún. „Custom design” áramkörök, amelyek a kutatók, tervezők által elképzelt legbonyolultabb funkciókat is képesek megvalósítani. Hasonló funkciók ellátására, de kisebb sorozatnagyságok esetén igen gazdaságosan alkalmazhatók az ún. „Gate array” elemek, amelyekkel az egy tokban levő több ezer vagy tízezer tranzisztor célszerű „kapcsolásával” a legbonyolultabb logikai feladatok is megoldhatók.

Különböző bonyolult — esetenként többváltozós — függvények írhatók be és

tárolhatók EPROM-okban. Segítségükkel nemlineáris szabályozó rendszerek valószínűsíthetők meg egyszerű módon.

Végül még feltétlenül említeni kell a különböző rendszerű programozható logikai rendszereket, a PLC-ket, ill. az ezek beavatkozó szervét képező szilárdtest-reléket. Ezek a különböző bonyolult logikai funkciókat teljesítő vezérléseket egyszerűsítik.

A jövőben az integráltsági fok növekedése, a számítási kapacitás és sebesség növekedése mellett az várható, hogy az irányítástechnika elemei „beintegrálódnak” az erősáramú félvezetőkbe (l. a 3.1 pontot: BIPMOS tranzisztor) és ezzel a felhasználók szempontjából tovább egyszerűsödik a helyzet.

## 4. Korszerű eszközök hatása a villamos hajtásokra

A leggyakrabban alkalmazott villamos hajtások fajtáit az 1-1. táblázat foglalja össze. Célunk röviden megvizsgálni, hogy az előzőekben bemutatott félvezetőeszközök fejlődése hogyan hat általában a hajtásokra.

Ha megvizsgáljuk az ún. hagyományos elemek fejlődését, látható, hogy az elemek határadatainak ilyen mértékű növekedése lényegesen egyszerűsíti a készülékek építését. Sok esetben elmarad az elemek soros és/vagy párhuzamos kapcsolása, emiatt elmaradnak a feszültség és/vagy áramosztást statikus és dinamikus állapotban egyaránt biztosító kiegészítő áramkörök, a berendezések egyszerűbbek, kisebbek, könnyebbek és emiatt lényegesen megbízhatóbbak lesznek. Ennek köszönhető, hogy ma már nem okoz különösebb meglepetést, ha pl. látunk vagy hallunk egy 30 000 kW-os áramirányítós szinkron motorról, amelynek a közbenső körű feszültsége 10, 16, netán 24 kV-os, vagy egy 500 kW-os, szinuszosan modulált frekvenciaátalakító hajtásról hallunk, amelyet hídáragént egy-egy félvezetővel valószínűsíthetünk meg.

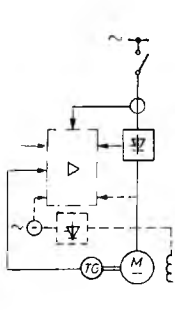
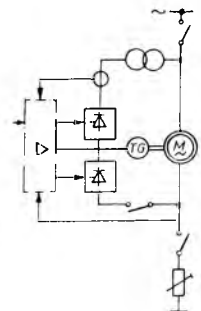
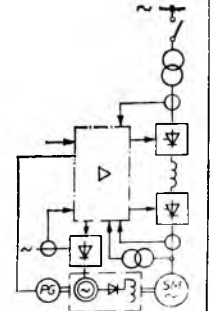
A struktúrájában új elemek hatása elsősorban ott mérhető le, hogy ezek kapcsolási frekvenciája meghaladja a korábbi elemekkel elérhető kapcsolási sebességeket, és „kikapcsolási mechanizmusuk” is egyszerűbb, mint az hagyományos elődeiknél volt. Ez egyrészt a gyorsabb „beavatkozás” lehetőségét biztosítja, tehát minőségi változásokat jelent, másrészt a megnövekedett kapcsolási frekvencia miatt az elemek (transzformátorok—fojtótekercecsek) méretei és súlya jelentősen csökken. De ez csak a dolog egyik fele. A strukturálisan új elemek kategóriájába a különböző tranzisztorokat soroltuk. Ezek „kényszerkommutációja” nem igényel különböző drága, bonyolult oltóáramköröket, elmaradnak a drága impulzuskonverterek és fojtótekercecsek, amelyeknek számítása a többszöri nemlinearitás miatt bonyolult és nehezen követhető. Ezen új elemek alkalmazása az említett előnyökön túlmenően javítja a berendezések hatásfokát is.

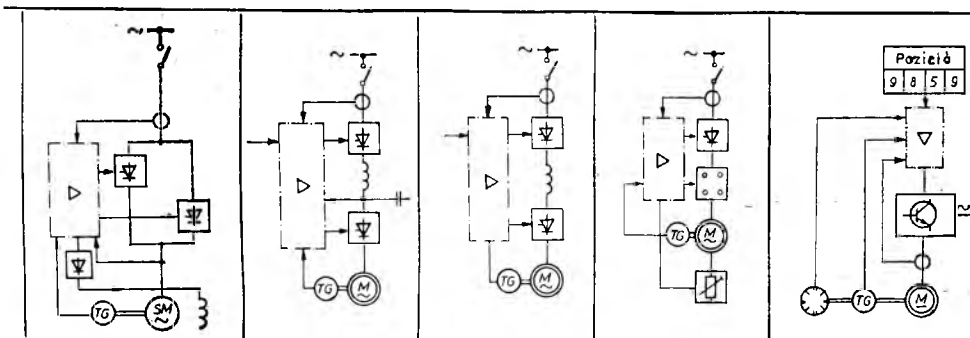
Egy példa: egy, a maga kategóriájában áramköri felépítését és konstrukcióját tekintve egyaránt korszerű 7,5 kW-os motor táplálására alkalmas tirisztoros frekvenciaátalakító (IP 21) méretei:  $550 \times 300 \times 760$  mm (köbtartalma: 125,4 dm<sup>3</sup>), tömege 60 kg; egy korszerű, struktúrájában új elemekből épített, azonos paraméterekkel rendelkező átalakító (IP 55) méretei viszont:  $250 \times 400 \times 190$  mm (köbtartalma: 19 dm<sup>3</sup>), tömege 12 kg. Az előzővel azonos mérete és tömege egy 37 kW-os, új elemekből felépített hajtásnak van.

Szigetelt hűtőfelülettel rendelkező erősáramú integrált félvezető egységekkel elsősorban a berendezések mechanikai felépítése egyszerűsíthető. Az összes félvezető közös hűtőre szerelhető. Ez rendkívül sok konstrukciós egyszerűsítési lehetőséget rejt, és a geometriai méreteket is csökkenti, továbbá egyszerűbb, olcsóbb és rugalmasabb technológia bevezetését teszi lehetővé berendezések egyedi és nagy sorozatban történő előállításához.

1-1. táblázat

A leggyakrabban alkalmazott villamos hajtások összefoglalása

<p>Jellemzők</p>			
<p>Hajtástípus</p>	<p>Egyenáramú hajtás</p>	<p>Áramirányítós kaszkád hajtás</p>	<p>Áramirányítós szinkron motor</p>
<p>Üzem mód</p> <div style="text-align: center;"> <math display="block">\begin{array}{c} M \\ \updownarrow \\ \begin{array}{c c} 2 &amp; 1 \\ \hline 3 &amp; 4 \end{array} \\ \updownarrow \\ n \end{array}</math> </div>	<p>1, 4 (2, 3)</p>	<p>1</p>	<p>1, 2, 3, 4</p>
<p>Teljesítmény, kW</p>	<p>1 10 000</p>	<p>30 5000</p>	<p>50 40 000</p>
<p>Fordulatszám, 1/perc</p> <p>max. átfogás</p>	<p>motor által limitált max 3000 1:100</p>	<p>3000 1:2 (1:3)</p>	<p>6000 1:50</p>
<p>Áramirányító</p>	<p>Hálózatvezérelt</p>	<p>Hálózatvezérelt</p>	<p>Hálózatvezérelt</p>
<p>Mezőgyengítés</p>	<p>igen</p>	<p>nem</p>	<p>igen</p>
<p>Alkalmazási terület</p>	<p>A legszélesebb körben alkalmazott típus</p>	<p>Szivattyúk; kompresszorok; ventilátorok</p>	<p>Ált. célú; kompresszor; szivattyú; ventilátor; folyamatos hengerlés; indítás</p>
<p>Megjegyzés</p>	<p>a) Visszatáplálás csak addicionális áramirányítóval b) Többmotoros hajtás megvalósítható gerjesztőköri beavatkozással</p>	<p>Nagyobb teljesítményeknél gazdaságos</p>	<p>Nagyobb teljesítményeknél gazdaságos</p>



Ciklokonverter	Frekvencia- átalakító (Fesz. forrás jellegű)	Frekvencia- átalakító (Áramforrás jellegű)	Antiduktor	Szervohajtások
1, 2, 3, 4	1, 3 (2, 4)	1, 2, 3, 4	1, 2, 3, 4	1, 2, 3, 4
500 10 000	1 500	1 1500	15 150	03 10
max 1000 1:100	5—6000 1:20	5—6000 1:20	3000 1:10	3—6000 1:100
Hálózatvezérelt	Kényszer- kommutáció	Kényszer- kommutáció	Hálózatvezérelt	Kényszer- kommutáció
nem	igen	igen	nem	nem
Hengerművek ; cement malmok	Általános célú ; csoportos haj- tások	Általános célú	Daruknál	Szerszámgépek ; robottechnika
a) Nagy teljesít- ményeknél és lassú fordulatszá- mokon gaz- daságos b) Többmotoros hajtások	a) Egy- vagy többmoto- ros hajtások céljára b) Visszatáp- lálás kie- gészítő áram- irányító segítségével	Többmotoros hajtások céljára, csak kiegészítő berendezések segítségével alkalmas	Gyakran alkal- mazzák csú- szógyűrűs motorokhoz forgórészköri ellenállás szaggatós szabályozásá- val kiegészítve	a) Az áramirányí- tó tranzistoros b) A motor lehet egyen-, vagy váltakozóáramú c) A motor per- manens mágne- ses vagy egy- szerű kalickás

A mikroprocesszorokban és mikroszámítógépekben rejlő lehetőségek nagyon sokoldalúak. Ezek ma még koránt sincsenek kihasználva. Ma elsősorban hagyományos irányítási funkciók ellátására alkalmazzák, ugyanúgy, ahogy azt a diszkrét elemekkel tették. Ilyen formában is előnyös az alkalmazásuk, mert jobb minőségű szabályozás és nagyobb megbízhatóság érhető el velük. A számítógépek alkalmasak az előző funkciók teljesítésén kívül arra is, hogy folyamatosan figyelemmel kísérjék a rendszer paramétereit, és csak a változásokból következtetve hibajelzést, ill. hibaprognosztikai feladatokat is megoldjanak. Ez a funkció pedig a megbízhatóság magasabb szintű fogalmához vezet el.

## 5. Következtetés

A kitűzött cél az volt, hogy „kitekintve” a környezetünkre, meghatározzuk jövőbeli feladatunkat a villamos hajtások fejlesztése területén, abban a feltételrendszerben, amit a bevezetőben röviden jellemeztünk.

A legfontosabb feladat az adott technikai színvonal ismerete. Ez azt jelenti, hogy foglalkozni kell a

- korszerű, új teljesítményfelvezető eszközök alkalmazástechnikai hatásával,
- mikroelektronikai eszközök alkalmazásával az erősáramú rendszerek irányítástechnikai feladatainak megoldásában,
- erősáramú elektronikai és irányítástechnikai berendezések korszerű konstrukciós elveinek kialakításával

mint általános feladatokkal, amelyek ahhoz kellene, hogy fejlesztéseink eredményesek, gyárthatók és értékesíthetők legyenek.

Konkrét fejlesztési feladataink között említjük a

- nagyfeszültségű áramirányító kialakítását egészen 10 kV-ig, amely lehetővé teszi a jelenleginél lényegesen nagyobb teljesítményű hajtások hazai előállítását;
- permanens mágneses, váltakozóáramú motoros hajtások fejlesztését a 0,2... ...30 kW-os tartományban, általános célú és szervohajtások részére; ez hiánypótló és tökéletes importot kiváltó fejlesztés.

### Irodalom

- [1] *Arne Dybuig*: Modern electrical industrial drives backed up by more than twenty years of experience. ASEA Journal, Volume 56; 1983; pp: 36–41.
- [2] *A. Foster*: Trends in power semiconductors. IEE Conference publication. Nr: 234; 1984; pp: 1–6.
- [3] *D. A. Paice and K. E. Mattern*: Gate-turn-off thyristors and their application. IEE Conference publication. Nr: 234; 1984; pp: 7–10.
- [4] *K. Niwayama—T. Kiyoharo...*: A high voltage high power light triggered thyristor. IEE Conference publication. Nr: 234; 1984; pp: 15–18.
- [5] *Gary Chamberlain*: Motion control in the factory with-a-future. Design News; 1985 (3–4); pp: 76–78.



# 2. Transzformátorok vizsgáló- generátorának nagy pontosságú szabályozása

*MLINKÓ TAMÁS—VEREBÉLYI GYÖRGY*

## ÖSSZEFOGLALÁS

A VEB TRO berlini transzformátorgyárban készített egyfázisú vasúti, ill. háromfázisú erőátviteli transzformátorokat speciális vizsgálógenerátor, ill. illesztőtranszformátor segítségével ellenőrzik. A 10 MVA teljesítményű generátor frekvenciáját 16 2/3...200 Hz között, feszültségét 15%...100% névleges érték között kell változtatni, illetve szabályozni. A szabályozás pontossága mindkét jellemzőre vonatkozóan  $\pm 0,1\%$ .

A vizsgálóállomás rekonstrukciója során a VKI-ban kifejlesztett szabályozóberendezések biztosítják a generátor kívánt üzemét, és lehetővé teszik a generátor üzembiztos működését a kapacitív terhelésű tartományban is.

## ПРЕЦИЗИОННОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ГЕНЕРАТОРА ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ ТРАНСФОРМАТОРОВ

*Т. МЛИНКО—Д. ВЕРЕБЕЙИ*

### Резюме

Однофазные железнодорожные и трехфазные силовые трансформаторы, изготовленные в Берлинском заводе трансформаторов (VEB TRO) проверяются специальным испытательным генератором и согласующим трансформатором. Частоту генератора мощности 10 МВА следует регулировать в пределах 16 2/3...200 Гц, а напряжение — 15...100% от номинального значения. Погрешность регулирования по обоим характеристикам должна быть в рамках  $\pm 0,1\%$ .

Разработанное в ВКИ оборудование для регулирования обеспечивает необходимый режим генератора и позволяет надежно применять генератор даже в диапазоне емкостных нагрузок.

## GENAUE REGELUNG VON PRÜFGENERATOREN FÜR TRANSFORMATOREN-PRÜFUNGEN

*Т. МЛИНКО—Г. ВЕРЕБÉЛЫИ*

### Zusammenfassung

Einphasentransformatoren für die Eisenbahn, beziehungsweise Dreiphasenstromtransformatoren, die im Berliner Transformatorwerk VEB TRO gebaut wurden, werden mit einem speziellen Prüfgenerator beziehungsweise Anpassungstransformator kontrolliert. Die Frequenz des Generators mit einer Leistung von 10 MVA ist zwischen 16 2/3...200 Hz, seine Spannung zwischen 15% und 100% seines Nennwertes

zu ändern, beziehungsweise zu regeln. Die Genauigkeit der Regelung ist  $\pm 0,1\%$  hinsichtlich beider Regelgrößen. Die im Forschungsinstitut der Elektroindustrie entwickelten Regelanlagen gewährleisten den gewünschten Betrieb des Generators und ermöglichen seine betriebssichere Funktion auch im kapazitiven Lastbereich.

## HIGH-ACCURACY REGULATION OF A TRANSFORMER TESTING GENERATOR

T. MLINKÓ—GY. VEREBÉLYI

### Summary

The single-phase railway and three-phase power transmission transformers manufactured in the VEB TRO, Berlin, transformer factory are checked by means of a special test generator and an adjuster transformer. The frequency of the 10 MVA power generator has to be varied between 16 2/3 and 200 Hz while its voltage has to be varied between 15% and 100% of rated values. The accuracy of the regulation is  $\pm 0,1\%$  for both parameters.

The regulating equipments developed in the VKI support the desired operation of the generator and enable its reliable operation in the capacitive load range, too.

## 1. Bevezetés

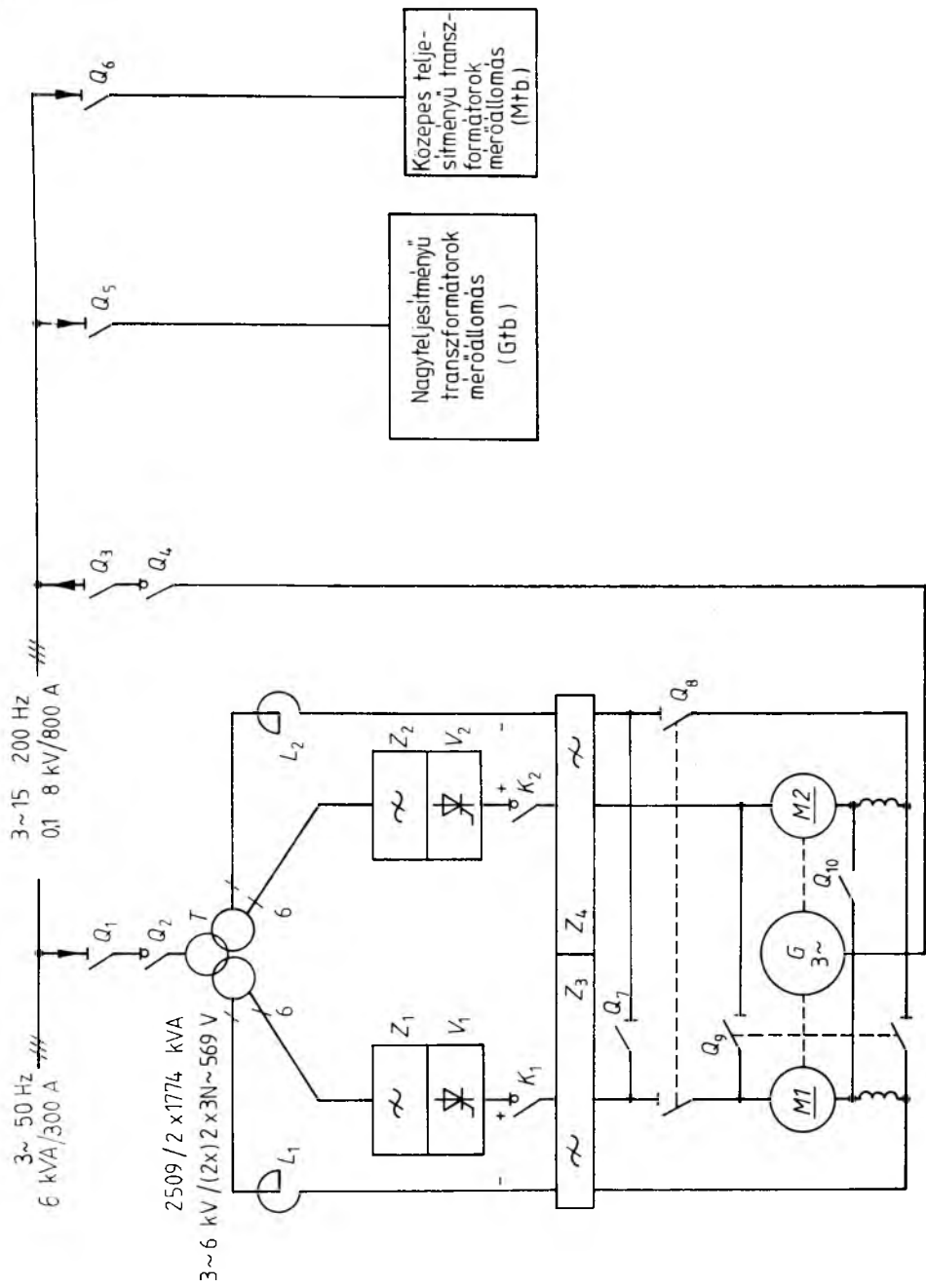
A berlini Transformatorenwerk „Karl Liebknecht”, közismert nevén TRO transzformátorgyárban egyfázisú vasúti transzformátorokat és háromfázisú erőátviteli transzformátorokat gyártanak. A transzformátorok szabványos vizsgálataihoz előírt feszültségeket vizsgálógenerátor szolgáltatja, amelyet két azonos típusú külső gerjesztésű egyenáramú motor hajt. Ezek a szükséges segédberendezésekkel együtt egy különálló kétszintes gépteremben helyezkednek el. A transzformátorok mérése mérőállomásokon történik. A komplett vizsgálóállomást és a mérőállomásokat 1962-ben a svájci Brown Boveri és Sécheron cég szállította. A berendezés rekonstrukciójára 1985-ben került sor intézetünk és az NDK-beli SALH cég közreműködésével.

## 2. A vizsgálóállomás felépítése

A vizsgálóállomás egyvonalas főáramköri rajzát a 2-1. ábra mutatja be. A transzformátor egy szekunder tekercsrendszere két csillagkapcsolású, háromfázisú feszültséget szolgáltat. A csillagpontok közé szívó-fojtó tekercs kapcsolódik, amelynek középpontja simító-fojtó tekercsen ( $L_1$  vagy  $L_2$ ) keresztül az egyenirányító ( $V_1$  vagy  $V_2$ ) negatív kimeneti pontját alkotja. A  $V_1$ , ill.  $V_2$  tirisztoros egyenirányító 0...600 V egyenfeszültséget szolgáltat.

Az  $M1$  és  $M2$  egyenáramú motorok két különböző fordulatszám-tartományban üzemelnek. A 15 Hz...100 Hz közötti ún. I. tartományban a  $Q_8$  választószakaszoló zárt, a  $Q_7$  és a  $Q_9$  nyitott állapotban van, a  $Q_{10}$  szakaszoló szintén nyitott. Ekkor a két motor főáramköre egymástól független, a  $V_1$  egyenirányító az  $M1$  motort, a  $V_2$  egyenirányító az  $M2$  motort táplálja. A motorok azonos terhelését a közös áram-alapjellel rendelkező áramszabályozók biztosítják.

A 100 Hz...200 Hz közötti, ún. II. tartományban a  $Q_7$  és  $Q_9$  választószakaszoló zárt, a  $Q_8$  nyitott állapotban van. Ekkor a két motor főáramköre párhuzamosan kapcsolódik, az egyenirányítók pedig sorba vannak kapcsolva. A  $Q_{10}$  szakaszoló zárt állapotban van, és így a két motor segédpólusa és armatúrája külön-külön közvetlenül



2-1. ábra. Transzformátorvizsgáló állomás egyonallas főáramköri rajza

párhuzamosan van kapcsolva. Ez a megoldás közel azonos terheléelosztást biztosít a két motor számára.

A vizsgálógenerátor indítása, frekvenciájának beállítása, leállítása a vizsgálóállomáson levő 4 vezérlőszekrényen elhelyezett kezelőszervekkel történik. A vizsgálófeszültség nagyságát a 4 vezérlőszekrényről vagy az automatikusan kiválasztott mérőállomáson levő vezérlőpult kezelőszerveivel lehet állítani.

### 3. A főáramköri egyenirányítók

A hatfázisú szívó-fojtó tekercses kapcsolású, vezérelt tirisztoros egyenirányítók fázisonként két sorba kapcsolt T700N 2400 SOF típusú. AEG gyártmányú léghűtéses tárcsatirisztorokból vannak felépítve. Az egyenirányítók névleges árama  $35\text{ °C}$  hőmérsékletű hűtőlevegő esetén 2500 A, névleges előterhelést követően az egyenirányítók 1 min időtartamra 3000 A árammal terhelhetők. Az egyenirányítókat az *I.* frekvenciatartományban külön-külön gyűjtőrendszer vezérli, a *II.* tartományban a vezérlést a *V2* egyenirányító gyűjtőrendszere biztosítja mindkét egyenirányító részére. Ebben az esetben fázisonként négy sorba kapcsolt tirisztor kap egyszerre gyűjtőimpulzust.

A gyűjtőrendszer átkapcsolása a főáramköri választószakaszoló átkapcsolásakor automatikusan megtörténik. Az egyenirányítók gyors kioldású biztosítókkal, biztosítókioldást érzékelő elektronikus jelzéssel, légáram-érzékelővel, elektronikus túláramvédelemmel, megerősített túlfeszültségvédelemmel, hőmérséklet-érzékelővel és főáramköri földzárlat-érzékelővel vannak ellátva.

A rádiófrekvenciás zavarszűrésekkel kapcsolatos kérdésekkel e közlemények 6. cikke részletesen foglalkozik.

### 4. Frekvenciaszabályozás

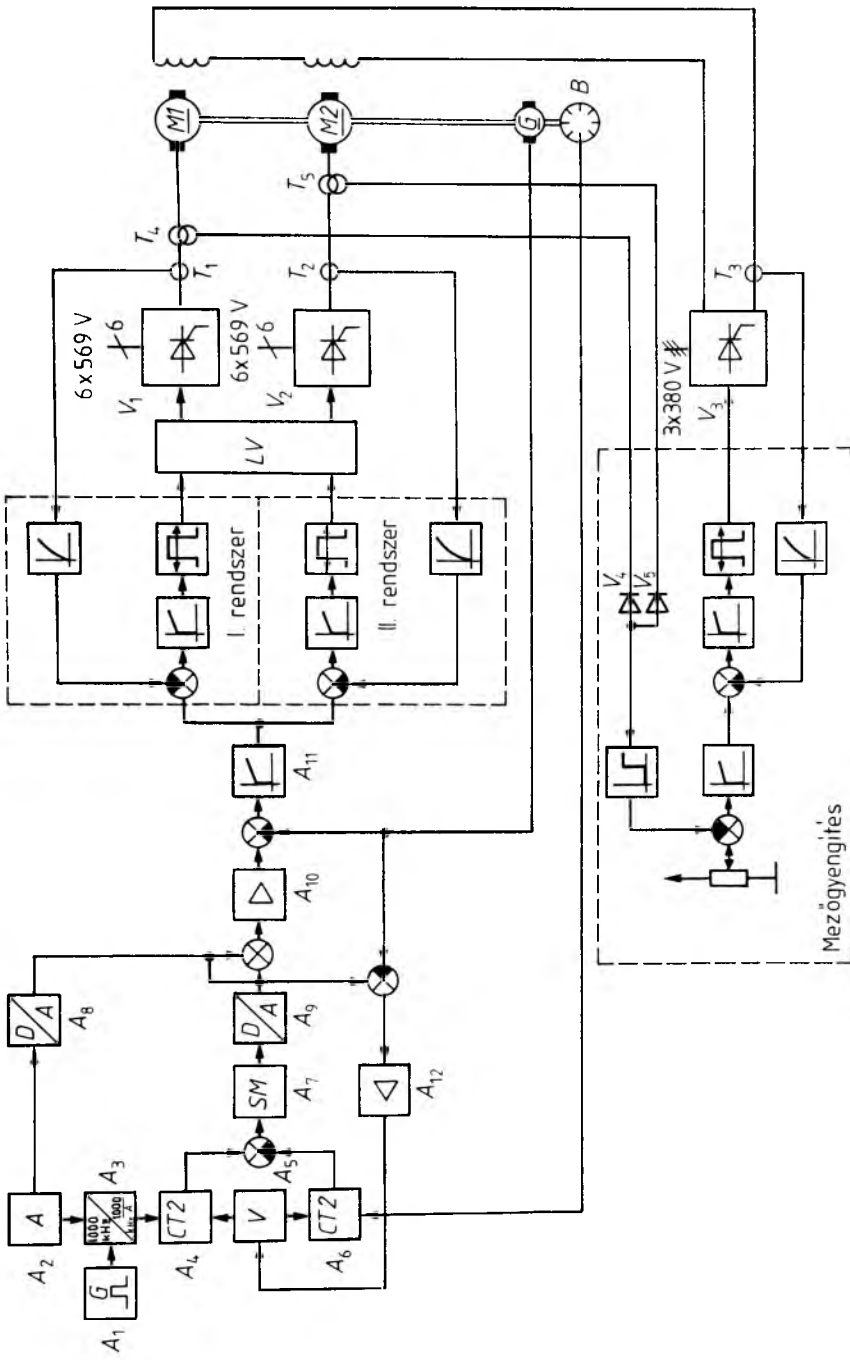
A 6 MVA látszólagos teljesítményű vizsgálógenerátor merev tengelykapcsolatban áll a két egyenáramú hajtómotorral. Az egyenáramú motorok fordulatszáma megfelel a vizsgálógenerátor kimeneti kapcsain megjelenő feszültség frekvenciájának (2-2. ábra). A szabályozott fordulatszám-, ill. frekvenciatartomány 90...1200 ford/min, ill. 15...200 Hz. A fordulatszám-szabályozás biztosítja, hogy ezekben a tartományokban a beállított frekvenciától való eltérés nem haladja meg a beállított érték  $\pm 0,1\%$ -át.

A motorok fordulatszám-szabályozása terén két szempontot kellett figyelembe venni: egyrészt a megkívánt nagy pontosságot ( $\pm 0,1\%$ ), másrészt azt a tényt, hogy ezt a pontosságot hosszú időn át tartani kell.

A szabályozást háromhurkos szabályozókör valósítja meg. Analóg fordulatszám-szabályozás és alárendelt áramszabályozás alkotja a belső két zárt szabályozási kört. Mindkét frekvenciatartományban a két motor közös fordulatszám-szabályozóval rendelkezik ( $A_{11}$ ). Az *I.* tartományban az egyenirányítók saját áramszabályozóval és gyűjtőrendszerrel rendelkeznek (*I.*, ill. *II.* rendszer).

A második tartományban sorba kapcsolt két tirisztoros egyenirányítót csak a *II.* rendszer vezérli. Az *I.* rendszer gyűjtőimpulzusait ebben az esetben az *LV* jelű választóegység leválasztja. Ez a leválasztás a megfelelő tartomány kiválasztásával automatikusan megtörténik.

A hajtások az *I.* tartományban 50...100 Hz között, a *II.* tartományban 100...200 Hz között mezőgyengítéses üzemmódban dolgoznak. A mezőgyengítéshez a motorok feszültségének visszavezetett jelét egy diódás VAGY-kapun keresztül



2-2. ábra. A frekvenciaszabályozás blokkvázlata

( $V_4, V_5$ )  $T_4$  vagy  $T_5$  feszültségváltó szolgáltatja. Az analóg frekvenciaszabályozás felépítése és működése azonos az egyenáramú hajtásoknál jól ismert és általánosan használt fordulatszám-szabályozással, alárendelt áramszabályozással.

A pontosság és a hosszú idejű fordulatszám-tartás követelményeit az analóg szabályozókörök fölé rendelt digitális szabályozás biztosítja. Az alapjelet a digitális és az analóg szabályozás számára öt helyiértékű számkeres alapjeladóval állítjuk elő BCD-kódban ( $A_2$ ). Ez az alapjel egyrészt az  $A_8$  digitális—analóg váltón keresztül összegező műveleti erősítő bemenetére ( $A_{10}$ ), másrészt az  $A_3$  frekvenciaosztó bemenetére kerül. A frekvenciaosztó az  $A_1$  nagy pontosságú kvarcoszcillátor 1000 kHz-es jelét osztja le a számkerék értékének megfelelően. Az így előállított és a számkerék értékének megfelelő jelsorozat az  $A_4$  számlálóba kerül.

A digitális szabályozás visszavezetett jelét a gépcsoport tengelyén elhelyezett  $B$  impulzusadó szolgáltatja. A gép fordulatszámának megfelelő jelsorozatot először az  $A_6$  optokoppleres csatlóba és számlálóba vezetjük. A frekvenciaosztó biztosítja, hogy ha a beállított és a tényleges fordulatszám megegyezik, akkor a két számlálóba ( $A_4, A_6$ ) kerülő impulzussorozat frekvenciája azonos.

A számlálók akkor kezdik a beérkező impulzusokat számolni, amikor az  $A_5$  vezérlőegység azt engedélyezi. A tiltást felengedő jel az  $A_{12}$  összegező műveleti erősítőtől érkezik. Ebben az erősítőben összehasonlítjuk az analóg szabályozás alapjelét és a tachométergenerátorról érkező, visszavezetett analóg fordulatszámjelet. Ha a két érték különbsége egy előre beállítható értéknél kisebb — vagyis a hajtás majdnem elérte az előírt fordulatszámot — akkor engedélyezi a számlálók ( $A_4, A_6$ ) működését, azaz a digitális szabályozás belépését. Erre azért van szükség, hogy a digitális szabályozás belépésének pillanatában fellépő nagy áramlökést elkerüljük. Az áramlökés annál nagyobb, minél nagyobb a két jel különbsége és egyúttal a digitális szabályozás által előírt kiegészítő alapjel.

A két számláló jelei az  $A_7$  teljes összeadóból felépített különbségképzőbe kerülnek, amely minden pillanatban az előírt és a tényleges fordulatszám előjelhelyes különbségének megfelelő bináris értéket állít elő. A különbségképző kimenetét  $A_9$  digitális-analóg váltóba vezetjük, amely a különbségnek megfelelő analóg jelet állít elő.

Ez az ún. kiegészítő alapjel az  $A_{10}$  összegező műveleti erősítőbe kerül, ahol azt az előírt analóg alapjelhez előjelhelyesen hozzáadjuk. A digitális szabályozás fölérendelésével kettős célt értünk el: egyrészt meggyorsítja a szabályozási eltérés kiszabályozását, másrészt biztosítja a megkívánt pontosságot a teljes átfogási tartományban.

A frekvencia mérése és kijelzése saját fejlesztésű és építésű digitális, öt helyiértékű számkijelzővel történik.

## 5. A feszültség-szabályozó felépítése és működése

A vizsgálógenerátor kapocsfeszültségét a transzformátorok mérésekor három tartományban kell fokozatmentesen változtatni és szabályozni.

- 16 2/3 Hz frekvencián a kapocsfeszültséget 500...1333 V között kell fokozatmentesen változtatni.
- 20...100 Hz között a feszültséget 500...4000 V között kell fokozatmentesen változtatni.
- 100...200 Hz között a feszültségváltoztatás mértéke 500...8000 V között történik, szintén fokozatmentesen.

A vizsgálógenerátor kapcsolófeszültségét mindhárom tartományban  $\pm 0,1\%$  pontossággal kell szabályozni a beállított értékre vonatkoztatva. A szabályozás pontosságát  $\pm 10\%$  hálózati tápfeszültségváltozás mellett,  $+10...+35\text{ }^\circ\text{C}$  hőmérséklet-tartományban kell biztosítani olyan módon, hogy a hosszú idejű feszültségváltozás középértéke 15 perc időtartam alatt legfeljebb  $\pm 2\text{ V}$ -ot változhat mind a három tartományban. Ezt az igen szigorú követelményrendszert csak részben enyhíti az a körülmény, hogy a transzformátorok mérés közben közelítőleg állandó terhelést jelentenek.

A szabályozási rendszernek — a pontossági követelményen túlmenően — az üresen járó generátor remanens feszültségét olyan értéken kell tartani, hogy a  $Q_4$  megszakító bekapcsolásakor fellépő áramlökés a vizsgálandó transzformátort ne vegye igénybe.

A megszakító bekapcsolási feltétele az, hogy a vizsgálógenerátor kapcsolófeszültsége kisebb legyen, mint  $200\text{ V}$ . A generátor remanens feszültsége  $200\text{ Hz}$  frekvencián kb.  $600\text{ V}$  maximális értékig változik, ami önmagában nagyobb a megszakító bekapcsolási feltételéhez tartozó kapcsolófeszültségnél, de nagyobb a változó mérési tartományok alsó határértékénél is.

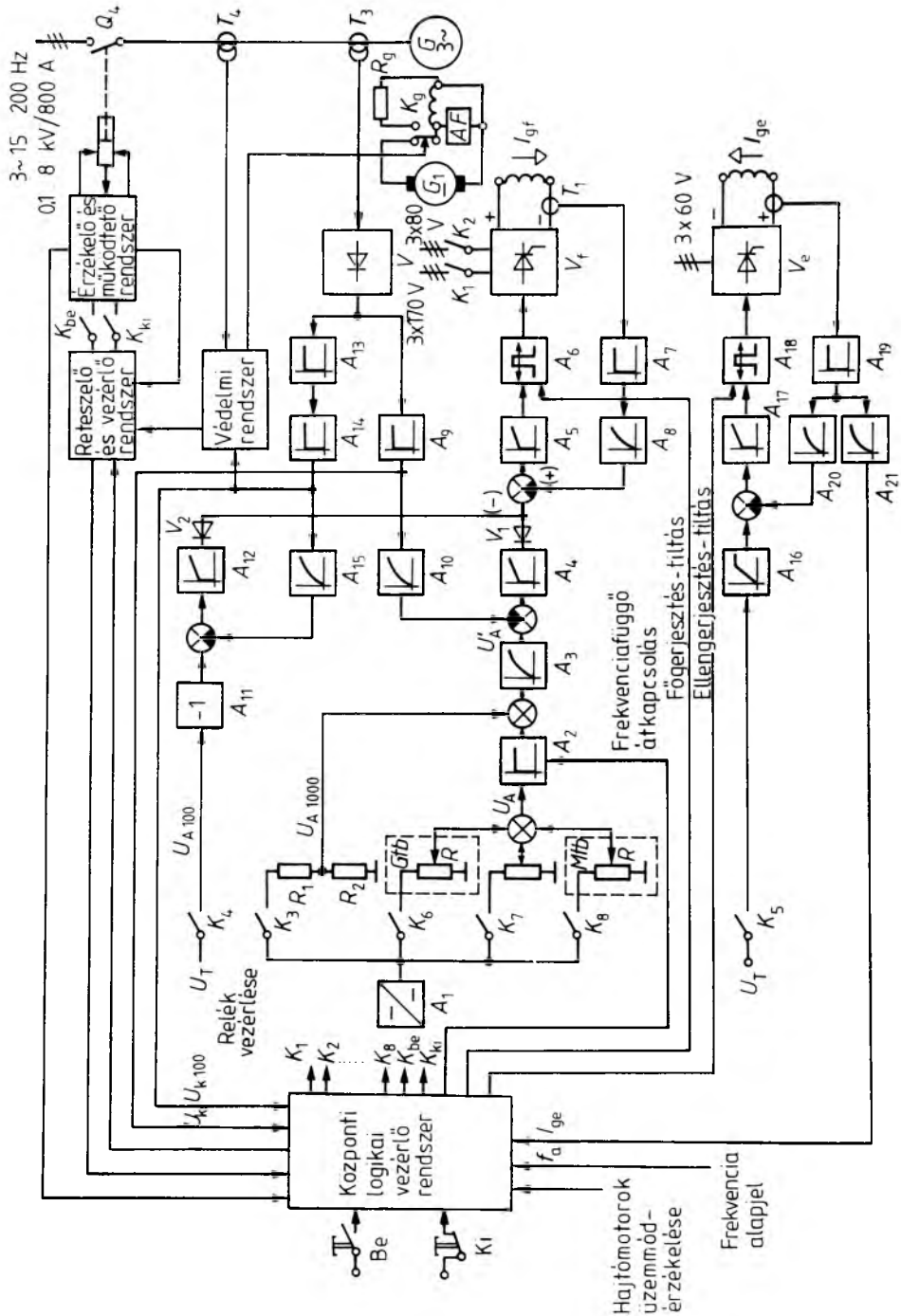
A megszakító bekapcsolása szempontjából, továbbá az áramlökés csökkentése céljából az lenne a legkedvezőbb, ha a generátor kapcsolófeszültségét zérusra szabályoznánk. Ezt a feladatot azonban a vizsgálógenerátor esetleges felgerjedése miatt nem lehet megvalósítani, sőt arra kell törekedni, hogy a vizsgálógenerátor minimális kapcsolófeszültsége minél nagyobb legyen. E két ellentétes követelmény kompromisszumos megoldásaként a vizsgálógenerátor remanens kapcsolófeszültségét a mérési feszültség beállításáig  $100\text{ V}$  állandó értékre szabályozzuk.

A kapcsolófeszültséget tehát  $100...8000\text{ V}$  tartományban kell szabályozni, miközben a frekvenciával arányosan  $1:12$  arányban változik a generátor átviteli tényezője. következőképpen a pólusgerjesztésnek üresjárásban — zérus remanens feszültséget és lineáris üresjárású jelleggörbét feltételezve — legalább  $1:160$  arányban kell változnia. Ezt az átfogási tartományt a pontossági követelmények kielégítése mellett, a szabályozási jelszintek nagymértékű változása miatt, egyetlen szabályozórendszerrel megvalósítani nem lehet.

További szabályozási problémát jelent a vizsgálógenerátor kapacitív terhelése, aminek a hatására a frekvencia növelésekor a generátor zérus pólusgerjesztés mellett is felgerjed, feszültségét csak ellentétes irányú pólusgerjesztéssel lehet állandó értéken tartani.

Az ismertetett követelmények megoldására kialakított kettős szabályozórendszer a 2-3. ábra mutatja be. Ugyanezen az ábrán ábrázoltuk a  $Q_4$  megszakító működtetési blokkvázlatát is. A  $G$  vizsgálógenerátort a  $G1$  külső gerjesztésű egyenáramú generátor gerjeszti. A gerjesztőkörben  $K_g$  gyorslejerjesztő helyezkedik el, működésekor az  $R_g$  ellenállást a gerjesztőtekercssel párhuzamosan kapcsolja. Az  $AF$  elektronikus túlfeszültségvédelmi egységet a gerjesztőkörben esetenként keletkező túlfeszültség működteti. Az egyenáramú gerjesztőgépet  $V_f$  és  $V_g$  tirisztoros egyenirányítók gerjesztik. Az  $I_{gr}$  gerjesztőáram a vizsgálógenerátort ún. főirányban, az  $I_{ge}$  gerjesztőáram ellenirányban gerjeszti. A két ellentétes irányú gerjesztés közül az ellenirányú állandó, a főirányú pedig változó értékű, nagysága az előírt kapcsolófeszültség frekvenciájától, értékétől, a generátor terhelésétől függ.

A feszültségszabályozó felépítése a következő: Az  $A_1$  nagy pontosságú alapjelképző egység szolgáltatja az alapjelet a három vezérlőhelyen (vizsgálóállomás, mérőállomások) elhelyezett  $R$  beállító potenciométerek számára. A vezérlőhelyek kiválasztása vagylagos, egyszerre csak egy helyről lehet a feszültséget állítani. Az alapjel nagyságát a beállító potenciométeren túlmenően az  $A_2$  átkapcsolóegység a beállított



2-3. ábra. A feszültségabályozó és a Q4 megszakító működtetőrendszerének blokkvázlata



frekvencia értékétől függően három tartományban módosítja. A módosított alapjel az  $A_3$  késleltetón keresztül jut az  $A_4$  feszültség szabályozó bemenetére. A vizsgálógenerátor kapocsfeszültségét a  $T_3$  feszültségváltóból,  $V$  egyenirányítóból,  $A_9$  átalakítóból és  $A_{10}$  szűrőből felépített érzékelő áramkör érzékeli.

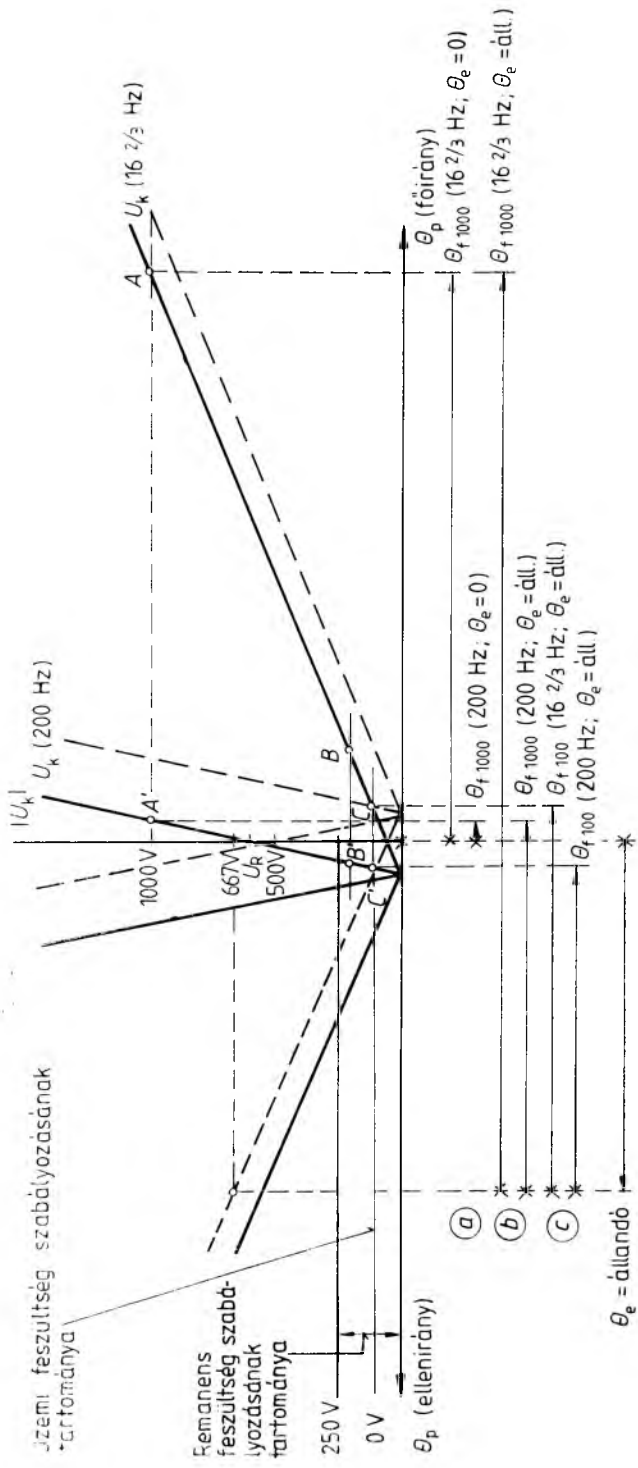
A feszültség szabályozó kimeneti jele a főgerjesztés-szabályozó áram-alapjele. Az  $A_5$  főgerjesztés-szabályozó a  $T_1$  áramérzékelőn,  $A_7$  átalakítón és  $A_8$  szűrőegységen keresztül érzékeli az  $I_{gf}$  főirányú gerjesztőáramot. Az  $A_5$  főgerjesztés-szabályozó vezérli az  $A_6$  gyűjtőrendszert, ami a  $V_f$  egyenirányító tirisztorait gyűjtja. Az egyenirányító tápfeszültsége az  $I.$  frekvenciatartományban ( $K_1$  kapcsoló zárt) közel kétszerese a  $II.$  frekvenciatartományban az azonos relatív frekvenciaértékeknel közel azonos körerősítéssel rendelkező feszültség szabályozót eredményez. Más szóval a  $II.$  frekvenciatartomány szabályozástechnikai jellemzői a szűrések frekvenciafüggésétől eltekintve közel azonosak az  $I.$  frekvenciatartomány jellemzőivel, és így a szabályozás a két tartományban azonosan viselkedik. A főgerjesztés-szabályozót két vagylagos gerjesztőáram-alapjel vezérli. Az egyik a tárgyalt feszültség szabályozó ( $A_4$ ), a másik az ún. remanensfeszültség-szabályozó ( $A_{12}$ ) kimeneti jele. A két alapjelet  $V1$  és  $V2$  dióda választja el egymástól.

Az  $A_{12}$  remanensfeszültség-szabályozó a 100 V állandó értékű kapocsfeszültséget előíró  $U_{A100}$  alapjelhez hasonlítja a  $T_3$  feszültségváltón, a  $V$  egyenirányítón, az  $A_{13}$  korlátozón, az  $A_{14}$  átalakítón és az  $A_{15}$  szűrőn keresztül érzékelt kapocsfeszültséget. A remanensfeszültség-szabályozó körerősítése negyvenszer nagyobb, mint az üzemi kapocsfeszültség-szabályozóé. Következésképpen az  $A_{12}$  szabályozó bemeneti jelszintjei azonosak az  $A_4$  szabályozó 4000 V kapocsfeszültséghez tartozó jelszintjeivel. A remanensfeszültség-szabályozó a korlátozás miatt 250 V feszültségig szabályoz.

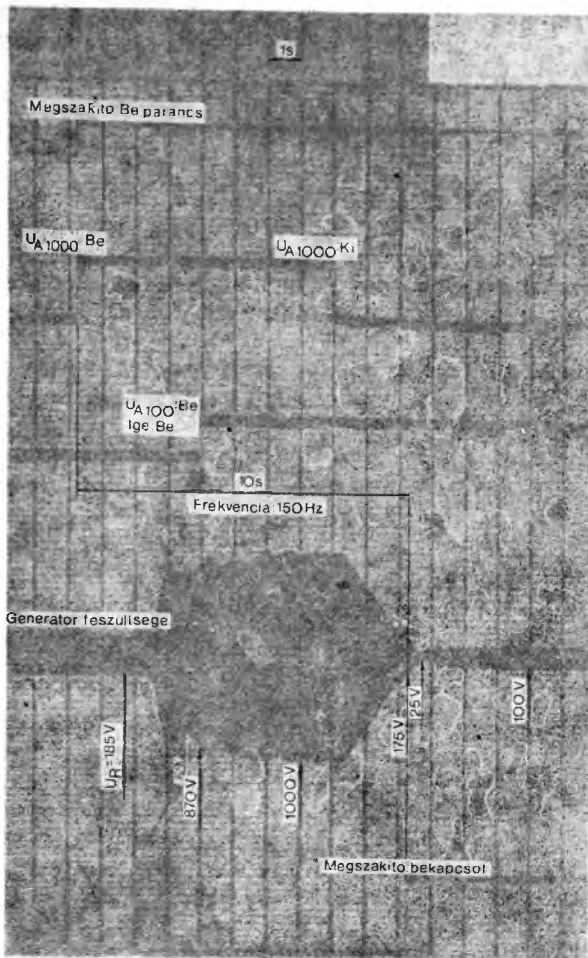
A két szabályozó együttműködése a következő: Ha az üzemi feszültség szabályozó  $U_A$  alapjele zérus, akkor  $K_4$  kapcsoló zárásakor a remanensfeszültség-szabályozó az  $U_{A100}$  alapjelnek megfelelően 100 V kapocsfeszültséget biztosít. Ekkor az üzemi feszültség szabályozó visszavezetett feszültsége nagyobb, mint az  $U'_A$  alapjel, és a szabályozó zérus főirányú gerjesztőáram-alapjelet ír elő. A főirányú gerjesztőáram-alapjelet a remanensfeszültség-szabályozó határozza meg. A gerjesztőáram-alapjelnek megfelelő feszültség záróirányban veszi igénybe a  $V_1$  választódiódát és leválasztja az üzemi feszültség szabályozó kimenetét.

Ha a beállított üzemi kapocsfeszültség nagyobb, mint 100 V, a visszavezetett feszültség hatására a remanensfeszültség-szabályozó kimeneti jele lesz zérus, és a  $V_2$  választódióda van záróirányban igénybe véve. Ekkor a remanensfeszültség-szabályozó ír elő zérus főirányú gerjesztőáram-alapjelet. A főirányú gerjesztőáram-alapjelet az üzemi feszültség szabályozó határozza meg. Az ellenirányú gerjesztésszabályozó állandó  $I_{ge}$  gerjesztőáramot szolgáltat, közismert működését nem tárgyaljuk. Feladata a generátor stabil üzemeltetése kapacitív terheléskor, amikor az eredő pólusgerjesztés ellentétes irányú.

A kapocsfeszültség egyenirányításának következtében a szabályozórendszer nem érzékeli az eredő pólusgerjesztés irányát. Ha a főgerjesztést adott ellengerjesztés mellett folyamatosan csökkentjük, a kapocsfeszültség előbb zérusra csökken, majd újra nő. Növekvő kapocsfeszültséghez csökkenő főgerjesztés tartozik, a feszültség szabályozások visszavezetése pozitív lesz, a generátort az ellengerjesztés felgerjeszti. A 2-4. ábrában ábrázoltuk a vizsgálógenerátor érzékelt kapocsfeszültségét a pólusgerjesztés függvényében a frekvenciatartomány szélső értékeinél. Folytonos vonallal a főirányú, szaggatott vonallal az ellenirányú pólusgerjesztésnek megfelelő remanens feszültségű jelleggörbét jelöltük. A bal oldali, negatív meredekségű jelleggörbék



2-4. ábra. A vizsgálógenerátor gerjesztési viszonyai üresjárásakor



2-5. ábra. A feszültség szabályozó és a  $Q4$  megszakító bekapcsolási folyamata

a szabályozás szempontjából labilis üzemet jelentenek. A remanensfeszültség-szabályozónak kell biztosítani, hogy a vizsgálógenerátor üzemi munkapontja minden esetben a jobb oldali, pozitív meredekségű jelleggörbéken legyen.

A szabályozórendszer indítása a központi logikai vezérlőrendszer feladata, amelyik az ábrán berajzolt jelek és állapotok (vezérlő- és reteszelőrendszer, védelmi rendszer) érzékelése mellett adott sorrendben végzi el a bekapcsolási funkciókat. E bonyolult bekapcsolási folyamat megoldási módjával nem foglalkozunk, csak időrendi sorrendben felsoroljuk a beavatkozó lépéseket. Az indítást a megszakító  $Be$  nyomókapcsolójával végezzük el.

- a) A  $K_3$  kapcsoló 1000 V kapcsolófeszültségnek megfelelő  $U_{A1000}$  alapjelet kapcsol az üzemi kapcsolófeszültség-szabályozó bemenetére, aminek hatására a frekvenciától függő  $\theta_{f1000}(\theta_e=0)$  főirányú pólusgerjesztés alakul ki ( $A$ , ill.  $A'$  pont).
- b) Ha a kapcsolófeszültség értéke nagyobb, mint 800 V, a  $K_4$  kapcsoló bekapcsolja az  $U_{A100}$  alapjelet a remanensfeszültség-szabályozó bemenetére: vele egy időben

a  $K_5$  kapcsoló az ellengerjesztés áram alapjelét kapcsolja be. A feszültség szabályozás következtében az ellentétes irányú gerjesztőáram állandó kapocsfeszültség mellett alakul ki, a főgerjesztés pedig eközben:

$$\Theta_{f1000}(\Theta_e = \text{áll.}) = \Theta_{f1000}(\Theta_e = 0) + \Theta_e$$

értékre növekszik ( $A$ , ill.  $A'$  pont).

- c) Az ellentétes irányú gerjesztőáramot figyelő központi logikai vezérlőrendszer az  $I_{ge}$  áram kialakulása után kikapcsolja az  $U_{A1000}$  alapjelet, és ugyanakkor engedélyezi a megszakító reteszelőrendszerében a bekapcsolást. A generátor kapocsfeszültsége 100 V értékre csökken, közben a 200 V kapcsolási határérték-nél ( $B$ , ill.  $B'$  pont) a megszakító bekapcsol, a feszültség a  $C$ , ill.  $C'$  pontban állandósul.

Csak a megszakító bekapcsolt állapotában kapcsolódik az alapjelképző ( $K_6$  vagy  $K_7$ , vagy  $K_8$  relé) a kiválasztott beállító potenciométerre, amellyel a kívánt mérési feszültséget beállítják.

Végezetül néhány sorban megvizsgáljuk az  $I_{ge}$  ellentétes irányú gerjesztőáram nagyságát. A minimális értékét a generátor adataiból közelítőleg az:

$$U_k(\omega) = U_p(\omega) + jIX_{dn} \frac{\omega}{\omega_n} + U_R(\omega)$$

egyenlet alapján számíthatjuk ki, ahol  $X_{dn}$  az  $\omega_n$  névleges körfrekvenciára vonatkozó szinkron reaktancia,  $U_R$  a remanens feszültség. Ez az érték 200 Hz frekvencia esetén a legnagyobb, és számítás nélkül közöljük, hogy önmagában kb. 4000 V-ra gerjeszti fel a vizsgálógenerátort.

Az ellentétes irányú gerjesztőáram maximális értékét az a követelmény határozza meg, hogy a főirányú gerjesztőáram kimaradásakor (pl.: meghibásodáskor) is legfeljebb 8000 V maximális kapocsfeszültségre gerjeszthetjük a vizsgálógenerátort 200 Hz frekvencia mellett. Ezt a feltételt valósítottuk meg a szabályozórendszerben a kellő stabilitási tartalék érdekében, és az így kiadódó gerjesztőáramot ábrázoltuk a 2-4. ábra  $E$  pontjához tartozó  $\Theta_e = \text{állandó}$  értékkel. A 2-5. ábrán bemutatott oszcillogram a szabályozás, ill. a  $Q_4$  megszakító bekapcsolását szemlélteti. A bekapcsolási parancs és a megszakító bekapcsolása közötti idő 10 s. A vizsgálógenerátor különböző feszültségértékei effektív értékben szerepelnek az ábrán.

Az üzembe helyezett vizsgálórendszer mért paraméterei messzemenően kielégítik a szigorú pontossági követelményeket, és magas színvonalú, igényes mérések elvégzését garantálják.

# 3. Egyenáramú hajtásrendszer számítógépes irányítással

*DÖMÖK LÁSZLÓ—DR. SEBESTYÉN LÁSZLÓ*

## ÖSSZEFOGLALÁS

A győri Magyar Vagon- és Gépgyár kísérleti laboratóriumába fárasztóvizsgálatok céljára alkalmas gépészeti próbapad egyenáramú hajtásrendszerét készítettük el. A próbapad kétoldali hajtásának adott követelményrendszert kielégítő együttfutása van. A néhány perctől több hétig terjedő vizsgálati ciklusok különböző paraméterek szerinti automatikus irányítást, dokumentálást követelnek. A vizsgálat pontossága és dinamikája is szükségessé teszi a mikroszámítógépes irányító- és szabályozórendszer alkalmazását. Az erőáramú hajtásrendszer és a mikroszámítógép kialakítását, csatolását és rendszerré szervezését mutatja be a közlemény. Ismertetjük a dinamikai és pontossági követelményeket és megvalósításukat is.

## СИСТЕМА ПРИВОДА ПОСТОЯННОГО ТОКА С УПРАВЛЕНИЕМ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ

*Л. ДЕМЕК—Д-Р. Л. ШЕБЕШТЕН*

### Резюме

В опытную лабораторию Дерского венгерского завода вагонов и оборудования готовится система привода постоянного тока механического стенда для проведения испытаний на старение. Двухсторонний привод стенда обладает синхронизацией, в соответствии с заданной системой требований. Испытательные циклы с диапазоном длительности от нескольких минут до нескольких недель потребуют автоматического управления и документирования. Точность и динамика испытания также потребуют применения системы управления и регулирования на базе микровычислительных машин. В статье излагаются оформление, соединение и создание системы силовой приводной системы и микровычислительной машины. Излагаются также требования к динамике и точности и их реализация.

## GLEICHSTROMANTRIEBSSYSTEM MIT RECHNERSTEUERUNG

*L. DÖMÖK—DR. L. SEBESTYÉN*

### Zusammenfassung

Für das Versuchslabor der Ungarischen Wagon- und Maschinenfabrik Győr wird ein Gleichstromantriebssystem für den maschinentechnischen Prüfstand für Ermüdungsuntersuchungen gebaut. Der zweiseitige Antrieb des Prüfstandes ist einem gegebenen Anforderungssystem entsprechend mit entsprechendem Gleichlauf versehen. In den Versuchszyklen, die von einigen Minuten bis zu mehreren Wochen andauern können, werden automatische

Steuerung nach unterschiedlichen Parametern und Registrierung verlangt. Die Genauigkeit und auch die Dynamik der Untersuchung erfordern die Anwendung eines Steuer- und Regelsystems mit Mikroprozessor. In der Publikation werden der Aufbau, die Verbindung des Starkstromantriebssystems und des Mikroprozessors sowie ihre Organisierung zu einem System dargelegt. Es wird auch auf die dynamischen und Genauigkeitsanforderungen und auf ihre Realisierung eingegangen.

## DIRECT CURRENT DRIVE SYSTEM WITH COMPUTER CONTROL

BY L. DÖMÖK—DR. L. SEBESTYÉN

### Summary

For purposes of fatigue tests to be carried out in the experimenting laboratory of the Hungarian Waggon and Machine Factory, Győr, we are producing a direct current drive system for a mechanical test bench.

The drive on both sides of the test bench runs in synchronism, in compliance with a given requirement system. The test cycles lasting from a few minutes to several weeks require documentation and automatic control according to various parameters. The accuracy and the dynamics of the test need the application of a microcomputer control and regulating system. The design, the coupling of the power-current drive system and the microcomputer and its organization to form a system are introduced in this publication. The dynamic and accuracy requirements and their realization are also described.

## 1. A zárt rendszerű futóművizsgáló

A több villamos hajtást magába foglaló berendezések szabályozása, a kezelőkkel való kapcsolattartás magas intelligenciájú számítógépes irányító rendszer alkalmazását teszi szükségessé. A győri Magyar Vagon- és Gépgyár megrendelésére készítettük el mechanikai egységek fárasztóvizsgálatára alkalmas próbapad egyenáramú hajtásait és a hajtások működését vezérlő és szabályozó mikroszámítógépes berendezést.

### 1.1. A berendezés gépészeti felépítése

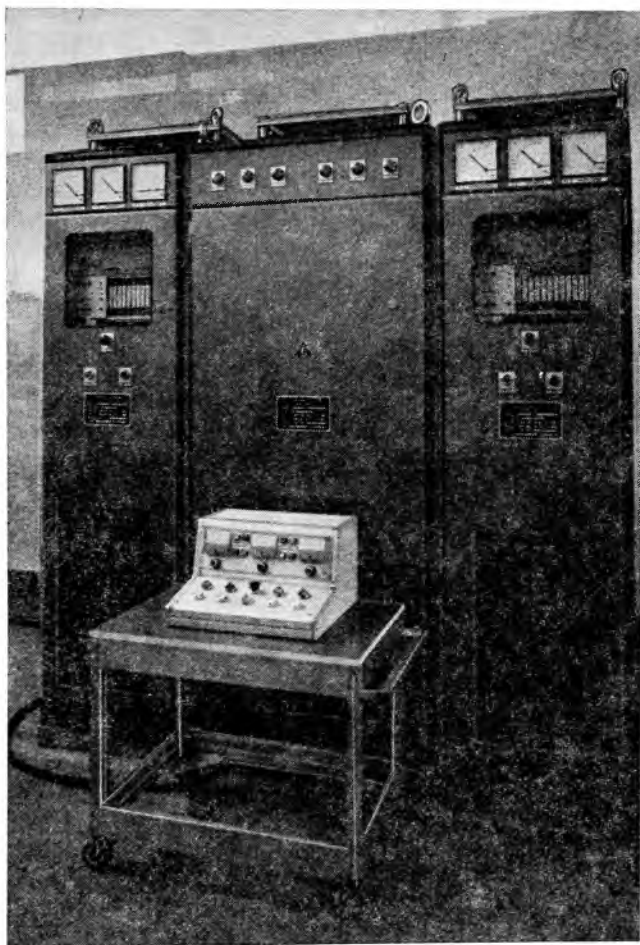
A berendezés célja közúti nehézgépjárművek differenciálművének és futóművének élettartam-vizsgálata. Az élettartam-vizsgálat során különböző terhelési állapotokat állítunk elő, és adott ideig tartó fárasztás, ill. fárasztási ciklusok után a kopások mértékét ellenőrizzük. Természetesen a fárasztás közben fellépő töréseket és az azt létrehozó üzemmállapotokat is regisztrálni kell. A fárasztás során egyszerre két differenciálművet vizsgálunk. A két differenciálmű fogaskerekes hajtóműveken keresztül össze van kötve oly módon, hogy a két differenciálmű és a hajtóművek zárt mechanikai rendszert alkotnak. Ha ebben a zárt rendszerben csavaróigénybevétel okozó nyomtérket hozunk létre, akkor az mindkét differenciálművet fárasztó jellegű terhelésnek teszi ki. A differenciálművek forgatása során így a nyomtérterhelés hatására az üzemi körülményeknek megfelelő terhelési, ill. túlterhelési állapotot érhetünk el.

A rendszerben két villamos hajtómotor működik: az egyik (a főmotor) a forgatást végzi, és a rendszerben levő súrlódási, ill. sebességváltoztatási munkát fedezi; a másik (a befeszítő motor) — áttételen keresztül — a csavarónyomaték bevitelére szolgál, segítségével „elcsavarhatjuk” egymáshoz képest a differenciálművek tengelyeit. A mechanikai felépítés olyan, hogy a rendszerben fellépő nyomaték a fő- és a befeszítő motor fordulatszám-különbségének időintegráljával arányos.

A vizsgálatok során három fő mennyiség jellemzi a terhelési ciklust: a rendszer fordulatszáma, a rendszerben levő nyomaték, valamint a terhelési állapot időtartama. A rendszer fordulatszámát a főmotor fordulatszáma egyértelműen meghatározza. A rendszerben levő nyomatékokat különböző, a felhasználó által kiválasztott tengelyeken elhelyezett nyomatéktávadó(k) méri(k), és a befeszítő motor fordulatszámát a mért értéktől függően kell változtatni.

## 1.2. A berendezés villamos felépítése

A berendezés főmotorja 212 kW-os egyenáramú motor, amelynek névleges fordulatszáma 1100 ford/min. A befeszítőmotor 16 kW-os egyenáramú motor 1500 ford/min névleges fordulatszámmal. Az egyenáramú motorokat szabályozott tirisztoros tápegységek táplálják. A tápegységek önálló, fordulatszám-szabályozással ellátott villamos hajtások. A rendszerben a két motor fordulatszám-különbségének integrálja a fellépő nyomatékokat változtatja, ezért lényeges a pontos fordulatszám-szabályozás,



3-1. ábra. Hajtásszekrények a kézi kezelőpulttal

ill. nyomaték szabályozás. Az analóg szabályozóval működő hajtások pontossága a névleges fordulatszámra vonatkoztatva 1%.

A hajtásoknak két fő üzemállapota lehetséges: kézi üzemmód és automatikus irányítás. Kézi üzemmódban a hajtások külön-külön és együtt is futtathatók. Ezen üzemmód célja az esetleges üzemelési próbák elvégzése, ill. a kezelők közvetlen beavatkozásának lehetővé tétele. A két hajtást és a kézi kezelőpultot a 3-1. ábra mutatja.

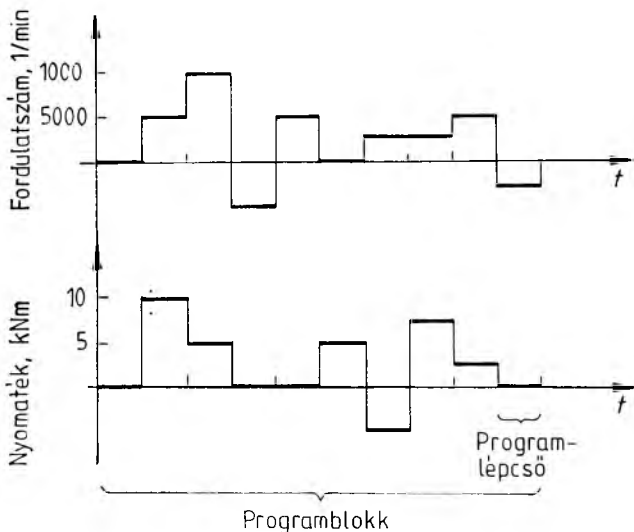
A digitális irányításnak több előnyös tulajdonsága van. A szabályozási körben az analóg fordulatszám-szabályozó fölé gyors működésű digitális fordulatszámszabályozó kört rendel. Ezzel az a célunk, hogy a digitális fordulatszám és nyomatékérték pontosabb mérésével a mérési hibából adódó káros nyomatéklengéseket a lehető legkisebb szinten tartsuk. A fásztási ciklusok programozhatósága a másik döntő érv a számítógép alkalmazása mellett.

## 2. A mikroszámítógépes vezérlőegység

A mikroszámítógép összekapcsolódva a két hajtásszabályozó szekrényvel automatikus, hosszú idejű vizsgálatot tesz lehetővé. A kezelőszemélyzet feladata a vizsgálati program betáplálásán kívül működés közben csupán a felügyeletre korlátozódik.

A mikroszámítógép ún. blokkprogramos fásztóvizsgálatok futtatására alkalmas, ami a következőket jelenti. Egy teljes vizsgálati program ciklikusan ismétlődő, maximálisan 99 blokkból áll. Egy blokkon belül maximálisan 30 db ún. programlépcső programozható be. Egy programlépcsőn belül a rendszer fordulatszáma és nyomatéka állandó. A programjellemzők egy lehetséges alakulását a 3-2. ábra szemlélteti.

Az ábra példát mutat egy tíz programlépcsőből álló programblokk legfontosabb jellemzőinek egy lehetséges variációjára. Az egyszerűség kedvéért a példában a programlépcsők ideje megegyezik. Valójában egy programlépcső ideje 1...3000 min



3-2. ábra. Példa a programjellemzők egy lehetséges beállítására

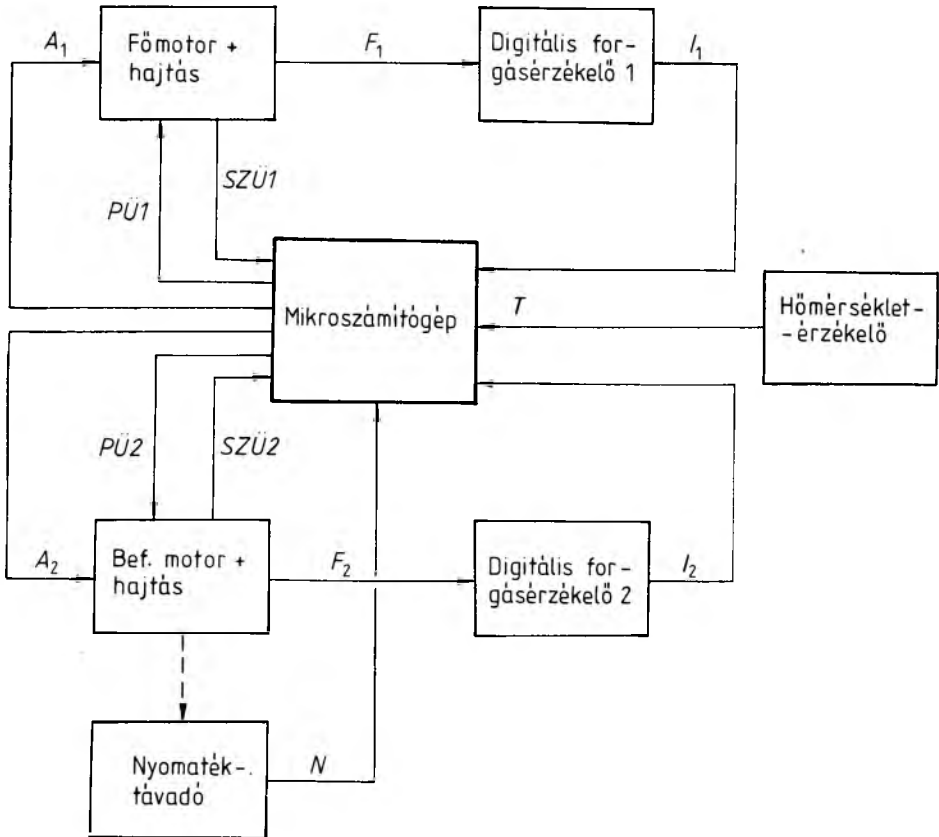


tartományban, percenkénti bontásban, a programozástól függően tetszőleges lehet. Minthogy a programlépcső ideje, a programlépcsőn belüli vezető jellemzők (fordulatszám, nyomaték) programozott értéke, az egy futtatandó blokkon belüli programlépcsők száma, valamint a programblokkok száma széles határok között változtatható, nagyszámú programvariációs lehetőség adódik.

Ilyen összetett, sok szabadságfokú rendszer kialakítása önmagában is maga után vonja egy számítógépes programvezérlés szükségességét, így az előbb említett pontossági paraméterek javítása mellett ez még egy érv a mikroszámítógép alkalmazása mellett.

### 2.1. A mikroszámítógépes hajtásrendszer kialakítása

A 3-3. ábra az egyenáramú hajtások és a mikroszámítógép egységes rendszerre való összekapcsolását szemlélteti. A főmotor, ill. a befeszítő motor hajtásának szabályozott jellemzőit, az  $F_1$  és  $F_2$  fordulatszámot, a tengelyvégekre szerelt digitális forgásérzékelők alakítják át TTL szintű impulzussorozatokká a mikroszámítógép számára. A számítógép ezekből az impulzussorozatokból nagy pontossággal meghatározza a motorok fordulatszámát, és digitális PI algoritmus, majd D/A átalakító segítségével olyan  $A_1$ ,  $A_2$  digitálisan szabályzott alapjelet szolgáltat a hajtások számára, hogy



3-3. ábra. A mikroszámítógépes hajtásrendszer vázlata

a szabályzott rendszer pontossága egy nagyságrenddel jobb, mint amit az analóg szabályzó biztosítani képes. Ennek a nyomatótartásnál van fontos szerepe. A befeszítő motor hajtásához kapcsolódik a rendszerben ébredő nyomaték érzékelésre szolgáló nyomatóktávadó, amelynek analóg (N) feszültség-kimenőjele a számítógép A/D konverterén, és digitális szabályozásán keresztül a szabályozási hurokban az  $A_2$  fordulatszám-alapjel vezetőjeleként jelenik meg. A program futása alatt a számítógép figyeli — egy, a rendszer üzemiállapotára jellemző helyen elhelyezett — hőmérséklet-érzékelő (T) kimenőjelét is. A PŰ 1, ill. PŰ 2 „Pult üzembesz” jelek jelzik a hajtásoknak, hogy a számítógépben érvényes, futtatható program van. A hajtásokat kézi üzembről automatikus üzemre átkapcsolni csak ezeknek a jeleknek megléte esetén lehetséges. Mindenféle rendellenes működés, hiba esetén ezek a jelek megszűnnek és a hajtás leáll. Az SZŰ 1, SZŰ 2 jelek hasonló funkciót töltenek be, csak a hajtások felőli üzembesz vagy hibás állapotot jelzik a mikroszámítógépnek.

### 2.3. A mikroszámítógép belső felépítése

Tekintettel arra a körülményre, hogy a hajtást és a mikroszámítógépet olyan ipari környezetben helyezik el, ahol erős rezgésekre, hálózati zavarokra lehet számítani, a mikroszámítógép felépítése olyan, hogy ezekre a zavarokra a rendszer érzéketlen legyen. Mechanikus rezgésekre való érzékenysége miatt a vizsgálati programok tárolására háttértárként mágneslemezes adattároló nem jöhetett számításba. A megoldást egy jó minőségű, távvezérelhető, így programmal is kezelhető kazettás adattároló „intelligens” háttértárrá való alakítása jelentette. A behelyezett programkazetta elején tartalomjegyzék tárolja a szalagon levő programokat, amelyeket a kezelő kilistáztathat, majd a megfelelő program kiválasztása után ezt a számítógép automatikusan megkeresi.

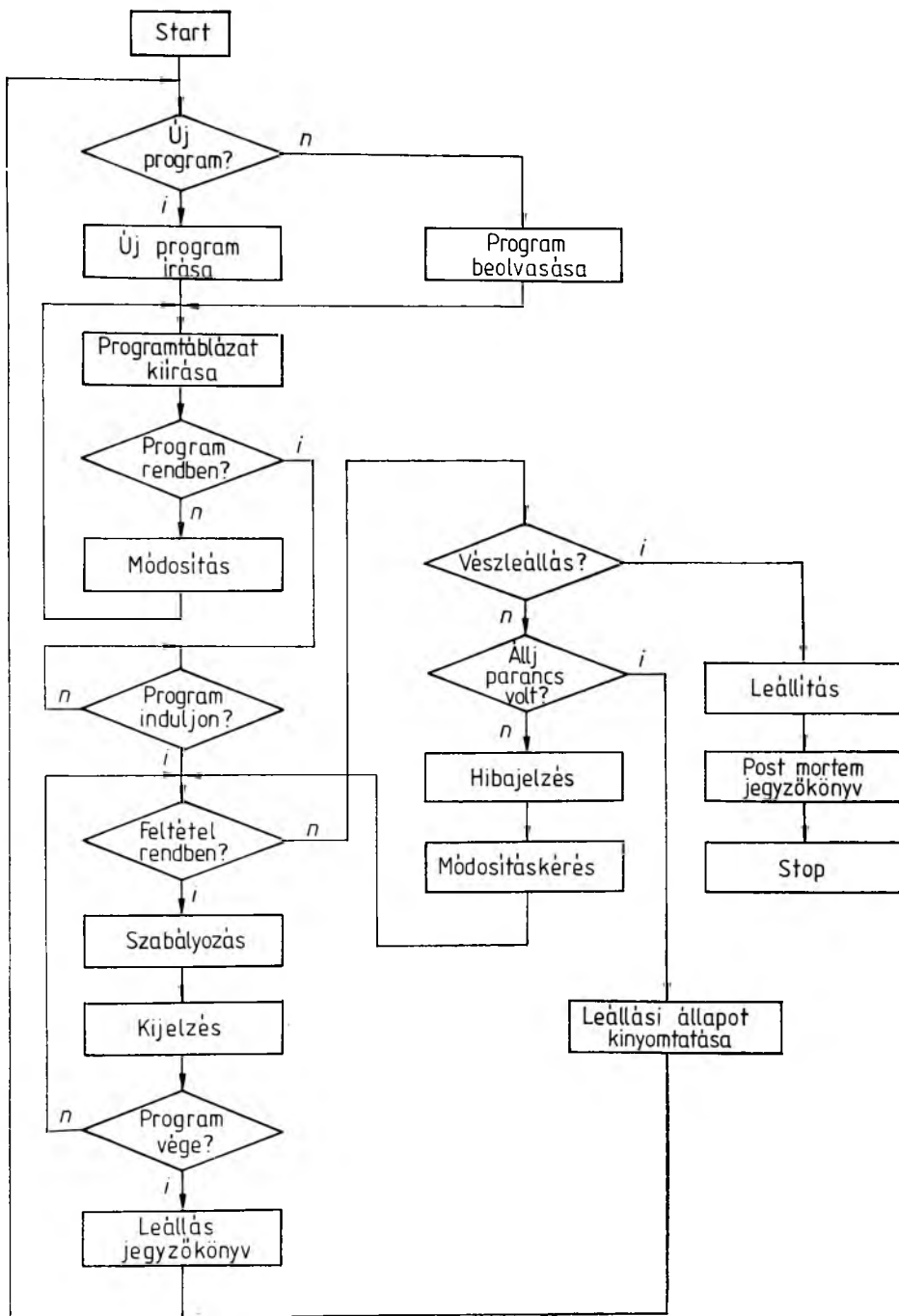
A készülék tápegysége, a fekete-fehér monitor, a kazettás adattároló és a mikroszámítógép kártyarendszere egy közös, elektromágnesesen jó zavarszűrést biztosító fém dobozban van. Külön egység a készüléket programozó billentyűzet, és a mérési eredményeket regisztráló sornyomtató. A hálózaton keresztül érkező zavarokat szűrő tartja távol a berendezéstől. A hálózati feszültséget igénylő elemek, így a kazettás adattár, a monitor és a sornyomtató ezt a zavaroktól megszűrt hálózati feszültséget kapják. A készülék belső tápegysége látja el tápfeszültséggel a digitális forgás-érzékelőket is.

A mikroszámítógép kártyarendszere a Z-80 mikroprocesszor-család elemeire épült. A modul felépítése lehetővé teszi a gyors ellenőrzést és javítást, valamint biztosítja a továbbfejlesztés lehetőségét is.

Az alapkiépítésen kívül (CPU, EPROM, RAM kártyák) speciális kártyákat is készítettünk. Az analóg jeleket a kellő pontosság elérése érdekében 12 bites felbontású A/D, ill. D/A kártyák illesztik a számítógéphez. Külön „TAPE INTERFACE” kártya látja el a kazettás háttértár minden funkcióját. A jelzővezetékeket, a forgás-érzékelők impulzusait, a tasztatúra és a sornyomtató párhuzamos információit, a hőmérséklet-távadó jelét speciális, soros és párhuzamos vonalat is kezelő perifériakártya fogadja.

### 2.4. A mikroszámítógép programozása, működése

A kívánt vizsgálati program jellemzői vagy egyedileg programozhatók, vagy a kazettás háttértárból lehet a kívánt programot a készülékbe beolvasni. A paraméterek beolvasása vagy beprogramozása után az adott programblokk jellemzői táblázatos formában a monitoron megjelennek, ekkor a kezelőnek lehetősége van módosítani és tárolni



3-4. ábra. A mikroszámítógép programjának hatásábrája

az új vagy megváltoztatott programot. A program elindítása után a számítógép monitorán táblázatos formában megjelennek a vizsgálati jellemzők beállított, ill. mért értékei.

A vizsgálati program befejeztével a mérési eredményeket a készülék sornyomtatón regisztrálja. A regisztrátumon megjelennek a vizsgálati programot azonosító paraméterek, a lefutott vizsgálati idő és a méréssel kapcsolatos kommentárok. Ha mérés közben a vizsgált jellemzők közül valamelyik kilép az üzemszerű állapotból (pl. nyomatékugrás törés miatt, túlmelegedés stb.), a számítógép vészleállást generál, és ún. post mortem jegyzőkönyvet készít táblázatos, nyomtatott formában. A jegyzőkönyv tartalmazza a vizsgálati jellemzők állapotát a leállítás alatt, valamint a vészleállást megelőző állapotokat max. 10 percre visszamenőleg 0,5 s mintavételezési idővel. A számítógép programjának hatásábrája a 3-4. ábrán látható.

Az igen hosszú mérési idők előfordulása miatt számítani kell arra, hogy a program futása alatt véletlenszerű hálózatkimaradások következhetnek be. A készülék működőképességét ilyenkor is biztosítani kell, ezért rövid idejű hálózatkimaradáskor (max. 1 óra) a hajtás leáll, de a számítógép akkumulátoros üzemben a betáplált adatokat megőrzi. A hálózat visszatértekor a mérés a kimaradást megelőző állapotból folytatható, miután a kezelő engedélyt ad a hajtások újraindítására.

### 3. Összefoglalás

Az ipari környezethez jól illesztett mikroszámítógép alkalmas igen bonyolult, többparaméteres, hosszú idejű feladatok elvégzésére. Digitális szabályozó kialakításával az ipari folyamatok pontosabbá tehetőek és jobban tarthatók. Szolgáltatásai nagymértékben könnyítik a kezelők feladatait, kezelése egyszerűen elsajátítható. A mikroszámítógép alkalmazása az erősáramú berendezés használatát is egyszerűbbé teszi.

#### Irodalom

- [1] *Stoll, D.*: EMC elektromágneses zavarvédelem. Műszaki Könyvkiadó. Budapest, 1980.
- [2] *Herpy Miklós*: Analóg integrált áramkörök 2. kiadás. Műszaki Könyvkiadó. Budapest, 1974.
- [3] *Csáki Frigyes*: Szabályzások dinamikája. Akadémiai Kiadó. Budapest, 1966.
- [4] *Rodnay Zaks*: Programming the Z-80. Sybex, 1979.
- [5] *Michael Andrews*: Mikroprocesszorok és illesztőegységek. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1985.

# 4. Ultrahangfrekvenciás kapcsolóüzemű tranzisztoros tápegységek vezérléstechnikai és konstrukciós kérdései

*SZLOVIK GUSZTÁV*

## ÖSSZEFOGLALÁS

A gazdasági-műszaki fejlődés és a szüntelenül bővülő alkatrészválaszték megköveteli, ill. lehetővé teszi a korszerű, viszonylag kis súlyú és térfogatú, tranzisztoros DC/DC átalakítók gazdaságos gyártását, valamint egyre szélesebb körű alkalmazását az egyenáramú energiaellátásban. Mindezekkel együtt jár a készülékek megbízhatóságának növekedése és a kimeneti teljesítmények emelkedése. Az 1 kW-os és ennél nagyobb teljesítményű egységeknél fokozottan előtérbe kerül a kapcsolótranzisztorok üzembiztos működési feltételeinek megteremtése, amelyeket egyrészt vezérléstechnikai megoldásokkal, másrészt a tranzisztorok komplex védelmét ellátó áramkörökkel valósíthatunk meg. További fontos követelmény, hogy a villamos szempontból jól működő részegységek konstrukciósan is szerves egységet alkossanak, amelyek bemenéskor könnyen hozzáférhetők és az esetleges javítások alkalmával könnyen cserélhetők. A cikk mindezeket az igényeket kielégítő, villamos és konstrukciós megoldásokat mutat be.

## ВОПРОСЫ КОНСТРУКЦИИ И ТЕХНИКИ УПРАВЛЕНИЯ КЛЮЧЕВЫМИ ТРАНЗИСТОРНЫМИ ИСТОЧНИКАМИ ПИТАНИЯ С УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ЧАСТОТОЙ

*Г. СЛОВИК*

### Резюме

Технико-экономическое развитие и постоянно расширяющийся выбор элементов требуют и позволяют создать экономное производство современных, малогабаритных, облегченных транзисторных преобразователей постоянного тока DC/DC, а также применить их все шире в энергоснабжении постоянного тока. Все это еще сопровождается увеличением надежности приборов и повышением выходной мощности. В источниках единичной мощности 1 кВт и более повышено рассматриваются вопросы создания условий надежной работы ключевых транзисторов. Это может быть реализовано с одной стороны решениями по технике управления, а с другой — схемами комплексной защиты транзисторов. Далее важное требование, чтобы электрически хорошо действующие частичные схемы создали конструктивно органическую единицу, хорошо доступные при наладке и легко заменяемые при ремонте. В статье представляются электрические и конструкционные решения, удовлетворяющие всем этим требованиям.

# STEUERUNGSTECHNISCHE UND KONSTRUKTIONSPROBLEME BEI GETAKTETEN TRANSISTOR-ENERGIEWANDLERN MIT ULTRASCHALLFREQUENZ

G. SZLOVIK

## Zusammenfassung

Die wirtschaftliche, technische Entwicklung und die ständig zunehmende Auswahl der Bestandteile erfordern, beziehungsweise ermöglichen die Herstellung von Transistor-DC/DC-Umformern mit relativ kleinem Gewicht und Volumen, sowie ihre immer breitere Anwendung in der Gleichstromenergieversorgung. Damit ist die Erhöhung der Zuverlässigkeit und die Ausgangsleistung der Geräte verbunden. Bei Transistor-Energieumwandlern mit 1 kW und grösserer Leistung kommt die Schaffung der betriebssicheren Funktionsbedingungen der Schalttransistoren immer mehr in den Vordergrund, die einerseits mit steuerungstechnischen Lösungen, andererseits mit Schutzeinrichtungen realisiert werden können. Eine weitere wichtige Bedingung ist es, dass die in elektrischer Hinsicht gut funktionierenden Baugruppen auch in der Konstruktion eine organische Einheit bilden, die bei Messungen leicht zugänglich und bei eventuellen Reparaturen leicht austauschbar sind. Im Artikel werden elektrische und Konstruktionslösungen gezeigt, die diesen Forderungen nachkommen.

## CONTROL AND CONSTRUCTIONAL PROBLEMS ON ULTRASONIC SWITCHING MODE TRANSISTOR POWER SUPPLIES

BY G. SZLOVIK

### Summary

The economical—technical development and the continuously expanding the component assortment demands resp. facilitates the economical production of up-to-date, relatively low-weight low-volume transistorized DC/DC converters and the wide scale application of them in the DC power supplies. All these are accompanied by an enhancement of equipment reliability and, by an increase of the output powers. At the units of 1 kW or higher power, establishing of reliable operating conditions for the switching transistors comes to the foreground, which can be realized partly by control solutions, partly by circuits providing complex protection for the transistors. A further important requirement is that the electrically well operating sub-units should constitute also a compact mechanical unit, easily accessible for tests and easily replaceable for possible repairs. By the article, electrical and constructional solutions meeting all these requirements are introduced.

## 1. Bevezetés

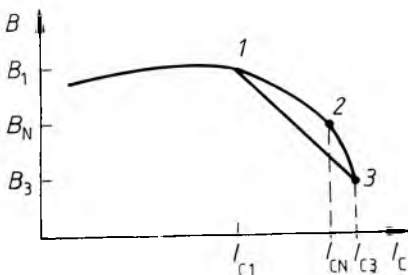
A VKI-ban a 71. Teljesítményelektronika Osztályon 1978 óta foglalkozunk ultrahangfrekvenciás tranzistoros DC/DC átalakítók fejlesztésével. A több száz üzemelő 50...150 W teljesítményű egység és néhány nagy teljesítményű, 3...5 kW-os kísérleti készülék fejlesztési tapasztalatai alapján az utóbbi két évben kifejlesztettünk 0,8...1,6 kW egységteljesítményű, sorozatgyártásra is alkalmas tápegységeket, amelyekből eddig mintegy 40 db-ot a megrendelőinknek át is adtunk. Az átalakítók fejlesztése még nincs lezárva, ez egy állandó folyamat, ami mindig tökéletesebb, magasabb szintű, jobb működést biztosító megoldásokat eredményez.

## 2. Bipoláris teljesítménytranzisztorok vezérlése és védelme

A felhasználói követelményeket kielégítő, korszerű kapcsolóüzemű tápegységek tervezésénél alapvető feladat, hogy a tranzisztornak mint kapcsolóelemnek optimális üzemi körülményeket biztosítsunk. A gyakorlatban egy adott eszköz névleges feszültség- és áramértékei csak akkor tudjuk kihasználni kellő biztonság megtartásával, ha a megfelelő bázisvezérlés mellett egyéb védelmi áramköröket is alkalmazunk, amelyek figyelik a tranzisztoron üzem közben fellépő villamos jelenségeket és alakulásuktól függően, szükség esetén beavatkoznak a vezérlésbe. Korábban már bemutattunk egy, e követelményeket többnyire kielégítő meghajtókori és védelmi elrendezést [1], ez azonban az újabb fejlesztésű készülékeinkben nem minden esetben biztosítja a nagyáramú tranzisztorok számára a megfelelő működési feltételeket.

Ebben a fejezetben röviden ismertetjük az áramváltóval vezérelt tranzisztorok alapvető üzemviszonyait, és a hozzájuk szorosan kapcsolódó — a korábbi elveken nyugvó, de a meghajtási feltételekhez jobban illeszkedő — megnövelt hatékonyságú védelmi egységek működését.

Az egyszerű (nem Darlington-elrendezésű) teljesítménytranzisztorok áramerősítési tényezője  $B=4\dots50$  között van, és nagymértékben függ a kollektoráramtól. Mindezeket figyelembe véve az áramváltós meghajtás — a viszonylag egyszerű áramkörü felépítéssel — kedvezőbb üzemi körülményeket biztosít a nagyáramú (20... ..70 A-es) tranzisztorok számára, mint a hagyományos megoldás, emellett lényegesen kisebb a segédáramkörök teljesítményszükséglete. A megfelelő kivezérléshez szükséges bázisáramot a kollektorkörbe kapcsolt áramváltóval állítjuk elő. Az áramváltó  $N_N$  áttételének megválasztásánál a névleges üzemi körülmények között kialakuló kollektoráramhoz tartozó  $B_N$  értékből indulhatunk ki. Ezzel  $N_N=B_N$  adódik. Ily módon a tranzisztor a hirtelen terhelésváltozások hatására létrejövő áramtranziensek is megfelelő biztonsággal képes vezetni, mivel a megnövekedett kollektoráramhoz arányosan nagyobb bázisáram tartozik. A 4-1. ábra a kisebb feszültségű, nagy áramú (pl. 200 V, 100 A) és a nagy feszültségű, kis áramú (pl. 1000 V, 15 A) normál teljesítménytranzisztorok áramerősítés-változásának a jellegét mutatja. A két különböző eszköz esetében a  $B_1/B_3$  és az  $I_{C3}/I_{C1}$  arányok mások, de általában egy nagyságrend vagy még nagyobb közöttük a különbség, ezért a könnyebb áttekinthetőség érdekében mindkét tengely logaritmikusan beosztású. A gyakorlatban megvalósított áramköröknél a görbe 1 pontja általában néhány A értékhez tartozik, a 3 pont pedig az alkalmazott tranzisztor határáramát ábrázolja. A kapcsolóüzemű tápegységekben a kimeneti terhelőáram 0...100%-os változása esetén is az 1—3 szakaszon



4-1. ábra. Az áramerősítés áramfüggése

belül maradnak a tranzisztoráramok, mivel üresjárásban is fellépnek a tehermentesítő áramkörök által okozott többletáramok és a beépített előterhelés árama is, a határáramot pedig egyáltalán nem lehet túllépni. A névleges terhelőáramnak a 2 pont környezetébe kell esnie azért, hogy a tranzisztor kellő tartalékkal rendelkezzen. Ha az 1—3 görbeszakaszt az 1—3 egyenessel helyettesítjük, az esetek többségében nem követünk el túl nagy hibát, viszont könnyen kiszámíthatjuk a kollektoráram növekményéhez szükséges bázisáram-növekményt. A bázisáram kifejezése az 1 és 3 pontban:

$$I_{B1} = \frac{I_{C1}}{B_1} \quad \text{és} \quad I_{B3} = \frac{I_{C3}}{B_3}, \quad (1)$$

továbbá

$$\Delta I_B = I_{B3} - I_{B1} \quad (2)$$

és

$$\Delta I_C = I_{C3} - I_{C1}, \quad (3)$$

így

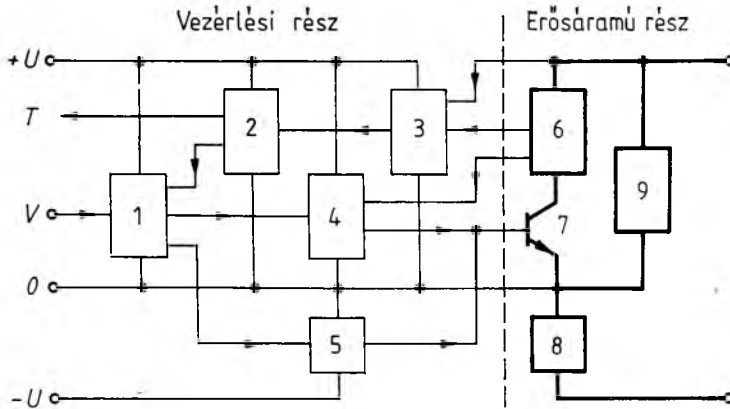
$$N' = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B}. \quad (4)$$

A (4) összefüggés az áramváltó szükséges áttételére az  $N$ -re korábban felvett indulási értéknél kisebb számértéket ad. A végleges áttételt a kettő között célszerű megválasztani. A tényleges értéket több egymással ellentétes műszaki követelmény megvizsgálásával lehet eldönteni.

Áramváltós meghajtás esetén a tranzisztorok többnyire telítési üzemben működnek, mivel — jelentősebb áramokról lévén szó — a vezetési disszipáció így lényegesen csökkenthető. Az előnyök mellett ez azt jelenti, hogy a megnövekedett töltéstárolás következtében a kikapcsoláskésési idők nagyobbak, mint kvázitelítési üzemmód esetén. Ez azonban az egészen kis vezetési szögektől eltérően nem zavaró, mert a közbülső szöghelyzetekben a szabályozó figyelembe veszi az ebből adódó többlet vezetési időt, a maximális vezérlési szögnél pedig kellően nagy  $t_h$  holtidő megválasztásával (4-4. ábra) vagy keresztcsatolt tiltás alkalmazásával az együttvezetés biztonságosan elkerülhető.

Egy újabb tekerics elhelyezésével az áramváltón lehetőség nyílik arra, hogy a tranzisztor áramát is figyeljük a vezetési idő alatt. Az áramjel bármely helyen zavarmentesen feldolgozható, mivel a jelforrás galvanikusan független, és a kimeneti jel szintje széles tartományban állítható. Ilyen elveken felépülő áramköri elrendezést mutat a 4-2. ábra. A nyilak az egyes részáramkörök közötti hatásirányt jelzik. Az 1 egység a  $V$  bemenetén kapja a szabályozótól a logikai szintű vezérlőjelet, amelyet különböző átalakítások után alkalmassá tesz a 4 és 5 áramkörök működtetésére. A tranzisztorát a 4-ből jövő külső áramimpulzus kapcsolja be, a folyamatos meghajtást a 6 áramváltó végzi a 4-en keresztül, a kikapcsolás szintén külső jellel történik 5 segítségével. A 3 áramkör figyeli a tranzisztoron vezetés közben megjelenő feszültség- és áramjelet. Ha bármelyik jellemző függetlenül a másiktól valamilyen okból meghaladja a tranzisztorra megengedhető értéket, a 2 tiltóegység azonnal megszünteti a vezérlést az 1-en keresztül, és ilyenkor a 7 tranzisztor bázisára tartós lezáró feszültség kerül. Ezzel egyidejűleg a 2 egység a tiltóparancsot a  $T$  kimeneten visszajelenti a szabályozónak is, mert egyrészt azon keresztül kapja meg a tiltást a többi kapcsolóblokk, másrészt a szünetidő letelte után a lágyindítást is a szabályozó hajtja végre.





4-2. ábra. Tranzisztoros kapcsolóblokk felépítése  
 1 jelfeldolgozó áramkör; 2 tiltó- és újraindító áramkör; 3 áram- és feszültségfigyelő áramkör;  
 4 bekapcsoló áramkör; 5 kikapcsoló áramkör; 6 áramváltó; 7 kapcsolóelem (elemek);  
 8 soros tehermentesítő áramkör; 9 párhuzamos tehermentesítő áramkör

Mivel a tiltás minden kapcsolóblokkon a szabályozó kikerülésével egyedileg képes beavatkozni, a védelmi mechanizmus hatásosabb, mint a korábban alkalmazott megoldásban, mert ott a tiltás csak a szabályozón keresztül, központilag érvényesülhetett.

Nem elegendő azonban a kapcsolótranzisztorok számára a megfelelő vezérlést és a hatékony védelmet biztosítani, mert a gyakorlatban előfordulhatnak olyan üzemmállapotok és áramköri jelenségek is, amelyek nem okozzák ugyan a tranzisztorok tönkremenetelét, de a készülék kimeneti paramétereinek megtartása és a megbízhatóbb üzemvitel érdekében hatásuk elkerülendő. Ezekre megoldást általában csak a szabályozó áramkör tökéletesítésével találhatunk, amelyre a következő pontban bemutatunk néhány példát.

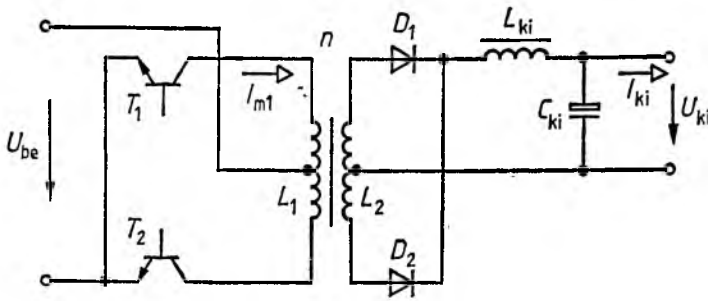
### 3. Szabályozástechnikai megoldások

Vizsgáljuk pl. azt az esetet, amikor egy kapcsolóüzemű tápegység üresjárásban működik. Ilyenkor az energiaátalakító megfelelő működéséhez bizonyos nagyságú előterhelés szükséges. Az előterhelés nagyságának eldöntése és ennek függvényében az áramkör működésének elemzése céljából vizsgáljuk meg kissé általánosabban is a kérdést.

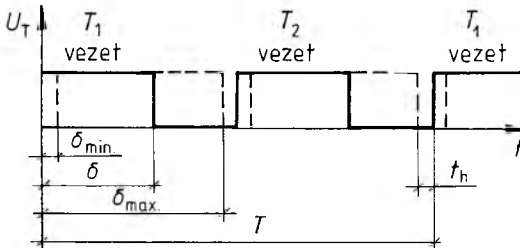
A 4-3. ábra egy gyakran előforduló áramköri elrendezést mutat. Az alkalmazott összefüggések az ettől különböző félhíd- és teljes hídkapcsolásokra is érvényesek, csak az állandókban különböznek [2]. Az ábra jelöléseivel a kimeneti feszültség a következőképpen számítható:

$$U_{ki} = 2 \frac{U_{Be}}{n} \delta, \quad (5)$$

ahol  $n$  a transzformátor áttétele,  $\delta$  az impulzuskitöltési tényező, értéke általában  $\delta_{min}=0,05$  és  $\delta_{max}=0,45$  között változik (4-4. ábra). Az árammal arányos veszteségektől eltekintünk és feltételezzük, hogy az  $L_{ki}$  fojtón az áramvezetés folyamatos. Ez lehetővé teszi, hogy a transzformátor mágnesezőárama a kapcsolási szünetidőkben



4-3. ábra. Ellenütemű energiaátviteli áramkör elvi kapcsolása



4-4. ábra. Jelalak a  $\delta$  impulzuskitöltési tényező értelmezéséhez

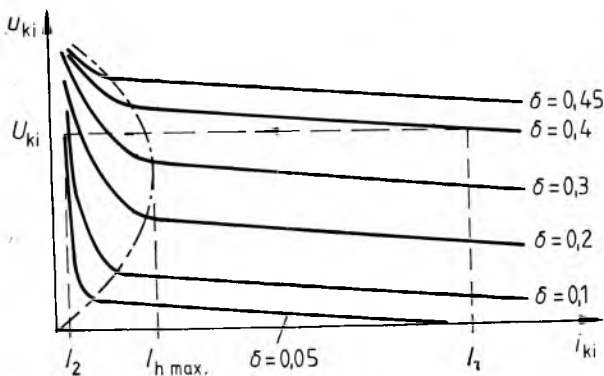
is záródni tudjon a  $D1$ ,  $D2$  nyitott diódákon keresztül. Ha az  $I_{K_i}$  terhelőáram fokozatosan csökken, elérünk egy  $I_h$  értéket, amelyhez az  $L_{K_i}$  fojtón éppen a folyamatos és a szaggatott áramvezetési határ tartozik. A határáram és a többi paraméter között a következő összefüggést írhatjuk fel:

$$I_h = \frac{\delta}{2} \left( 1 - 2\delta + \frac{1}{\lambda} \right) \frac{U_{Be} T}{n L_{K_i}} \quad (6)$$

Itt  $T$  a periódusidő,  $L_2$  a transzformátor mágnesezési induktivitásának szekunder tekercsre redukált értéke, a  $\lambda = L_2/L_{K_i}$  tényező értékét pedig gyakorlati tapasztalatok alapján a 4...8 között szokták megválasztani. Rögzített tápfeszültség esetén  $I_h$  csak  $\delta$  és  $\lambda$  értékétől függ. A (6) összefüggésnek  $\delta$  függvényében szélsőértéke van, amelynek helyét és értékét  $\lambda$  változása alig befolyásolja. Így egy közbülső  $\lambda$  értéket feltételezve nem követünk el nagy hibát, ha a (6) függvényt majd egyetlen görbével ábrázoljuk, amelynek szélsőértéke kb.  $\delta = 0,3$ -nál van. Ha az  $I_{K_i}$  áram a  $\delta$ -tól függő  $I_h$  érték alá csökken, akkor megváltoznak a viszonyok. Az  $L_{K_i}$  fojtón már szaggatott áramvezetés alakul ki, ezért a mágnesezőáram már nem talál zárt utat magának, csak a  $C_{K_i}$  kondenzátoron keresztül. Ez azt jelenti, hogy a mágnesezési energia a kimenetre jut, így a kimeneti feszültség megemelkedik. Az erre vonatkozó közelítő összefüggés:

$$P_m = \frac{1}{2} L_1 I_{m1 \max}^2 \frac{1}{T} = \frac{U_{Be}^2 \delta^2 T}{8 L_1} = \frac{U_{Be}^2 \delta^2 T}{8 n^2 \lambda L_{K_i}} \quad (7)$$

Adott  $U_{Be}$  és  $\delta$  értékek esetén  $P_m = \text{áll.}$ , így  $u_{K_i} \cdot i_{K_i} = \text{áll.}$  is fennáll, tehát ebben a tartományban a kimeneti feszültség és az áram között hiperbolikus kapcsolat van. Most már megszerkeszthetők a kimeneti jelleggörbék, amelyeket a 4-5. ábra mutat. Itt már figyelembe vettük az árammal arányos veszteségeket is. Az  $I_{h \max}$  áramérték általában a névleges kimeneti áram 5...15%-ára adódik.



4-5. ábra. A 4-3. ábrán látható áramkör kimeneti jelleggörbéi

A szabályozó a tápfeszültség- és a terhelésváltozások ellenére az  $U_{ki}$  feszültséget természetesen állandó értéken tartja a  $\delta$  változtatásával. Ha a kimenő áram  $I_1$ -ről  $I_2$ -re csökken, megfigyelhetjük, hogy ehhez már  $\delta=0,4$  helyett csak  $0,05$  érték szükséges. Ez  $20$  kHz-en  $1,25$   $\mu$ s-os időt jelent, amely már az esetek többségében a megvalósíthatóság határa alatt van. Ha a terhelés az  $I_2$ -nél tovább csökken, a szabályozó hiába állít be  $\delta=0,05$ -nél kisebb vezérlési szöveget, mert ha a tranzisztor már bekapcsolt, akkor kb.  $1,5 \dots 3$   $\mu$ s ideig — típusától függően — vezetésben is marad a töltéstárolás következtében. Ebben az esetben a szabályozó áttér az úgynevezett impulzuscsomag-üzemmódra. Ez abból áll, hogy az adott tranzisztorral elérhető legrövidebb impulzusból engedélyez néhányat, utána szünetidő következik, majd újabb néhány impulzus és így tovább. Ez a folyamat időben teljesen véletlenszerűen ismétlődik, és a kimeneti feszültség hullámossága kb.  $5 \dots 15$ -szörösére nőhet a normál üzemmódú szabályozásénak. Az esetek egy részében ez a megnövekedett hullámosság nem zavaró, viszont a szabályozó által kényszerített igen rövid,  $0,5 \dots 1$   $\mu$ s idejű vezérlőimpulzusok következtében a tranzisztor az  $1,5 \dots 3$   $\mu$ s időre sem képes határozottan bekapcsolni, emiatt kapcsoló- és lineáris üzem közötti átmeneti állapotban működik. Ez a jelenség a tranzisztor szempontjából nem kívánatos, de az átkapcsolási veszteséget csökkentő áramkörökben található energiatároló elemek is megkívánnak egy adott idejű határozott bekapcsolást, hogy áramköri feladataikat megfelelően betölthessék. Ezen túlmenően az impulzusszélesség-modulátorok tökéletlensége miatt a szabályozó a kapcsolóelemek számára nem szimmetrikus meghajtóimpulzusokat ad ki, és még azok sem szabályosan felváltva követik egymást. Ez pl. félhídkapcsolású főáramkör esetén a feszültségosztó kondenzátorokon zavaró potenciálettolódást okozhat. Ezt a szabályozási állapotot tehát a nagyobb teljesítményű készülékeknél célszerű elkerülni.

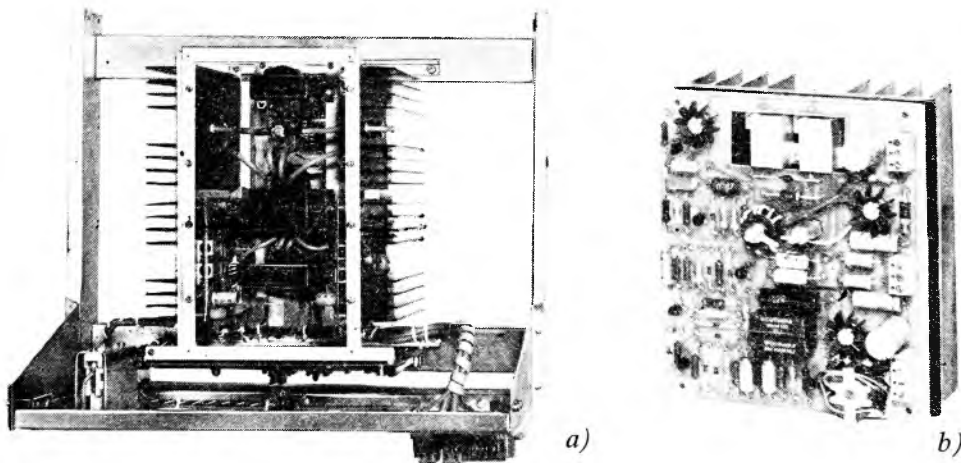
Erre több lehetőség is van. A legegyszerűbb az, ha az előterhelést olyan értékűre választjuk, hogy ehhez üresjárás esetén  $\delta=0,1 \dots 0,15$  érték tartozzon, mert ezt még a tranzisztorok töltéstárolása megengedi. Megvizsgálva viszont a (7) összefüggést látható, hogy ha a tápfeszültség növekszik — és adott  $\delta$ -nál kisebbet nem engedhetünk meg —, a növekvő mágnesezési teljesítményt csak megemelt előterheléssel tudjuk elfogyasztani folytonosan periodikus üzemeltetés mellett. Az előterhelést tehát a maximális tápfeszültséghez kell megválasztani. Ez pl. egy egyfázisú,  $50$  Hz-es, egyenirányított feszültségről táplált,  $1$  kW-os készülék esetén kb.  $50 \dots 70$  W többlet disszipációt jelent, amit a viszonylag kis térfogatú, sűrűn szerelt egységekben nem mindig engedhetünk meg.

Ez a járulékos veszteség kb. 15...25 W-ra csökkenthető, ha úgynevezett minimumszög-komparátort alkalmazunk. Az áramkör segítségével könnyen beállítható a  $\delta=0,1...0,15$  ajánlott határérték, ugyanis ha a szabályozó a kimeneti feszültség tartása érdekében  $e$  beállított értéknél rövidebb idejű impulzusokat kíván kibocsátani, akkor a komparátor ezeket az értékeket kitiltja. Így ismét kialakul az impulzus-csomag üzemmód, viszont itt már csak megfelelő értékű, jól definiált vezérlőjelek jöhetnek létre, elkerülve ezzel az előbbieken tárgyalt nemkívánatos hatásokat. Ha pedig ez az üzemmód a kimeneti feszültségben keletkező jelentős hullámosság miatt nem engedhető meg, akkor impulzuskimaradásoktól mentes, tehát folytonos impulzusú szabályozás létesíthető vezérelt előterheléssel vagy terhelésfüggő frekvenciacsökkentéssel. Vezérelt előterhelésnél, ha a kimenő áram adott érték alá csökken, egy segédáramkör folyamatosan vagy kapcsoló jelleggel — esetleg több lépcsőben — beiktatja az addig kikapcsolt járulékos, belső fogyasztót. A terhelésfüggő frekvenciacsökkentés esetében üresjárás környékéhez olyan kis frekvencia tartozik, amelynél a  $\delta$  tényező egészen kicsi előterhelés esetében is a kívánt határérték fölött marad.

## 4. Konstruktív megoldások

A nagyobb teljesítményű tranzisztoros készülékek kivitelezésénél általános elv, hogy maga az átalakító — végső formájában akár bedobozolt, akár keretszerkezetre épített, fiók rendszerű — jól elkülöníthető, egymástól függetlenül szerelhető funkcionális részegységekből épül föl. Ez jól megfigyelhető a 4-6a ábrán, egy fiók rendszerű átalakító mechanikáján. A közepén elhelyezkedő — kondenzátorokat, tekercselt elemeket stb. tartalmazó — részegység készre szerelhető és huzalozható, a szélső hűtőbordás sávok nélkül is. Az egységeket összefogó vázszerkezet könnyű és mégis kellő szilárdságú, L-profilú, üvegszál erősítésű, műanyag idomokból készült.

Végül a 4-6b ábrán látható egy kapcsolóblokk, amelynek működését és logikai vázlatát a 2. pontban már bemutattuk. A vezérlési és az erősáramú rész szerves egy-



4-6. ábra. Az elkészült berendezés

a) a fiók rendszerű átalakító felülnézete; b) a tranzisztoros kapcsolóblokk

séget képez, és egyetlen nyomtatott áramköri lemezen foglal helyet, kivéve a kapcsoló-transzisztorokat és néhány nagyobb teljesítményű ellenállást, amelyek a NYÁK-lemez mögötti hűtőbordára kerültek. Az erősáramú vezetékek csatlakoztatása a NYÁK-lemez középső részén elhelyezett menetes orsókön csavarkötéssel történik, a tápfeszültség- és a vezérlővezetékek pedig a jobb oldalon elhelyezkedő sorkapcsokba csavarozhatók. Így ez a — készülékek megbízható működése szempontjából legkritikusabb — részegység az előzetes bemérés után könnyen beilleszthető az összerakott mechanikába, és az esetleges meghibásodások alkalmával egyszerűen és gyorsan kicserélhető.

## Irodalom

- [1] *Füzesi—Kondor—Szlovik*: 20 kHz frekvenciájú egyenáramú tápegységek. VKI Közlemények, 8. kötet, 1982.
- [2] MBLE publication: Components and know-how for switched-mode power supply (third edition). Bruxelles é.n. 12—23. old.



# 5. 75 kVA teljesítményű, váltakozóáramú stabilizátor

MOSONYI KÁROLY

## ÖSSZEFOGLALÁS

A 3 db stabilizátor háromfázisú rendszert alkotva stabil, zavarmentes feszültséget szolgáltat egy- és háromfázisú fogyasztók részére. Az antiparalel tirisztorokból álló elektronikus kapcsolórendszer a főtranszformátor megcsapolásait a kimeneti feszültségnek megfelelően váltogatja. Az átkapcsolási feszültségtranzienseket megfelelő méretű szűrőegység csillapítja. A rendszer  $3 \times 75$  kVA fogyasztói teljesítményt képes kielégíteni.

A cikkben bemutatjuk a rendszer erőáramú, vezérlési és konstrukciós felépítését

## СТАБИЛИЗАТОР ПЕРЕМЕННОГО ТОКА МОЩНОСТИ 75 КВА

К. МОШОНИ

### Резюме

Три стабилизатора в трехфазной системе обеспечивают стабильное, бесшумное напряжение для однофазных и трехфазных потребителей. Электронная ключевая система, состоящая из антипараллельных тиристоров подключает соответственно выходному напряжению необходимую часть силового трансформатора. Переходные напряжения, вызванные переключениями, демпфируются соответствующим фильтром. Система может обеспечить мощность потребителя  $3 \times 75$  кВА.

В статье описывается построение силовой части, конструкции и управляющей схемы системы.

## DREHSTROMSTABILISATOR MIT EINER LEISTUNG VON 75 kVA

К. MOSONYI

### Zusammenfassung

Drei einphasige Stabilisatoren bilden ein Dreiphasensystem, sie liefern stabile, störungsfreie Spannung für Ein- und Dreiphasenverbraucher. Das elektronische Schalt-system, das aus antiparallelen Thyristoren ausgebildet ist, wechselt die Anzapfungen des Haupttransformators der Ausgangsspannung entsprechend. Die Schaltüber-spannungen werden mittels Filtereinheit entsprechender Größe gedämpft. Das System kann eine Verbraucherleistung von  $3 \times 75$  kVA liefern.

In dem Aufsatz wird der steuerungs und konstruktionstechnische sowie der starkstromseitige Aufbau des Systems dargelegt.

**Summary**

By three stabilizers constituting a three-phase system a stable and interference-free voltage is delivered for single- and three-phase consumers. The tappings of the main transformer are alternated according to the output voltage by an electronic switch system consisting of antiparallel thyristors. The changeover voltage transients are attenuated by a filter unit of proper size. The system is capable of satisfying a  $3 \times 75$  kVA consumer's power demand.

The article describes the power-current and control circuitry and the mechanical construction of the system as well.

## 1. Bevezetés

Sugaras hálózatok végén elhelyezkedő fogyasztók gyakran igen szélsőséges tápfeszültség-viszonyok között üzemelnek. A fogyasztói igények növekedési üteme hosszabb távon is meghaladja az energiatermelő és -elosztó kapacitások bővítési lehetőségeit, így a jövőben a tápfeszültség-ingadozások tovább fokozódhatnak. A korszerű számítástechnikai, hírközlő stb. eszközök viszont sok esetben a szabványos hálózati feszültségtűrésnél is kisebb ingadozásokat viselnek el. Ha a fogyasztó elsősorban a tápfeszültség nagyságára kényes, és nem igényel szünetmentes áramellátást, akkor a hálózatminőséget javító legcélszerűbb és legolcsóbb eszköz a váltakozó-áramú stabilizátor.

A stabilizátor beépített teljesítménye akkor a legkisebb, ha vele csak a fogyasztói feszültség névleges értékén tartásához szükséges kiegészítő feszültséget változtatjuk, és ezt — előjelhelyesen — a hálózati bemeneti feszültséggel összegezzük. Az ilyen úgynevezett soros stabilizátor kialakítása igen sokféle lehet. A kiegészítő feszültséget folyamatosan vagy diszkrét értékekkel is változtathatjuk. Az előbbi pl. szélességszabályozott tirisztoros szaggatót, az utóbbi jóval egyszerűbb kapcsolót, pl. fokozatkapcsolós booster transzformátort igényel.

Ha a szabályozás pontosságára és sebességére nincs különösebb követelmény, s a torzítási és rádiófrekvenciás zavarhatási megkötések szigorúak, nem célszerű szélességszabályozást alkalmazni, a fellépő kis- és nagyfrekvenciás szűrési problémák miatt.

A cikkben egy — a VKI által kifejlesztett — 75 kVA névleges fogyasztói teljesítményű tirisztoros kapcsolós, soros, váltakozóáramú stabilizátort ismertetünk.

## 2. A stabilizátor főbb műszaki jellemzői

Bemeneti feszültség	220 V	+10%, -20%
Szabályozott kimeneti feszültség	220 V	$\pm 2\%$ ,
Maximális terhelőáram	340 A,	
Kiszabályozási idő	A bemeneti feszültség 5%-os megváltozása esetén kisebb, mint 30 ms,	
Rádiófrekvenciás zavarhatás	N görbe alatt,	
Méret	800×800×2000 mm,	
Tömeg	400 kg.	



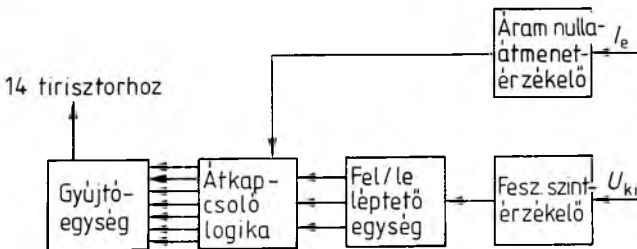
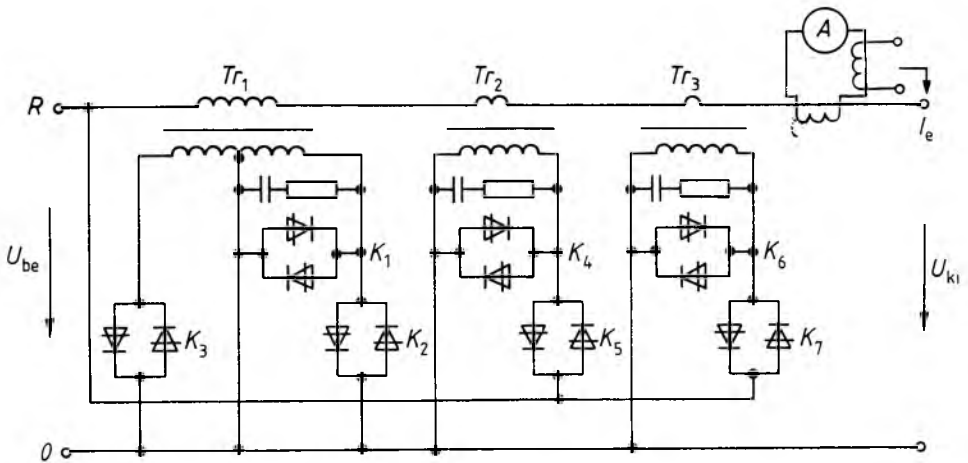
### 3. A készülék elvi működése

A kimeneti teljesítmény miatt olyan kapcsolást választottunk, amelyben az ellenpárhuzamosan összekötött tirisztorokból álló tirisztorkepcsolók nem a teljes fogyasztói áramot, hanem a soros feszültséget előállító transzformátorok kis áramú, primer tekerceit kapcsolgatják. A  $\pm 2\%$ -os feszültségszabályozási pontosság tartása nagyszámú tirisztorkepcsolót igényelt volna, ezt a kapcsolás kialakításával azonban jelentősen csökkentettük.

Az egyszerűsített, védelmi elemeket nem tartalmazó főáramköri kapcsolás az 5-1. ábrán látható. A soros feszültségeket a különböző áttételű  $TR_1$ – $TR_3$  transzformátorok állítják elő. A transzformátorok primer tekerceit a tirisztorkepcsolók vagy rövidre zárják, vagy a bemeneti feszültségre kapcsolják.

A  $\pm 2\%$  feszültségszabályozási pontosság követelményéből kiindulva a feszültségváltoztatás diszkrét fokozatait a névleges feszültség 3%-ának megfelelő értékre választottuk. A legkisebb transzformátor  $TR_3$  áttétele ennek a 3%-os feszültséglépésnek megfelelő. A transzformátorok és a tirisztorkepcsolók számának minimalizálása érdekében a transzformátorok áttételei 2 hatványai szerint változnak. Ez konkrétan azt jelenti, hogy  $TR_2$  feszültsége kétszerese,  $TR_1$  feszültsége pedig négyszerese a  $TR_3$  feszültségének. Ez 6%-a, ill. 12%-a a névleges fogyasztói feszültségnek.

A transzformátorok bekapcsolt, ill. rövidre zárt állapotának logikai 1, ill. 0

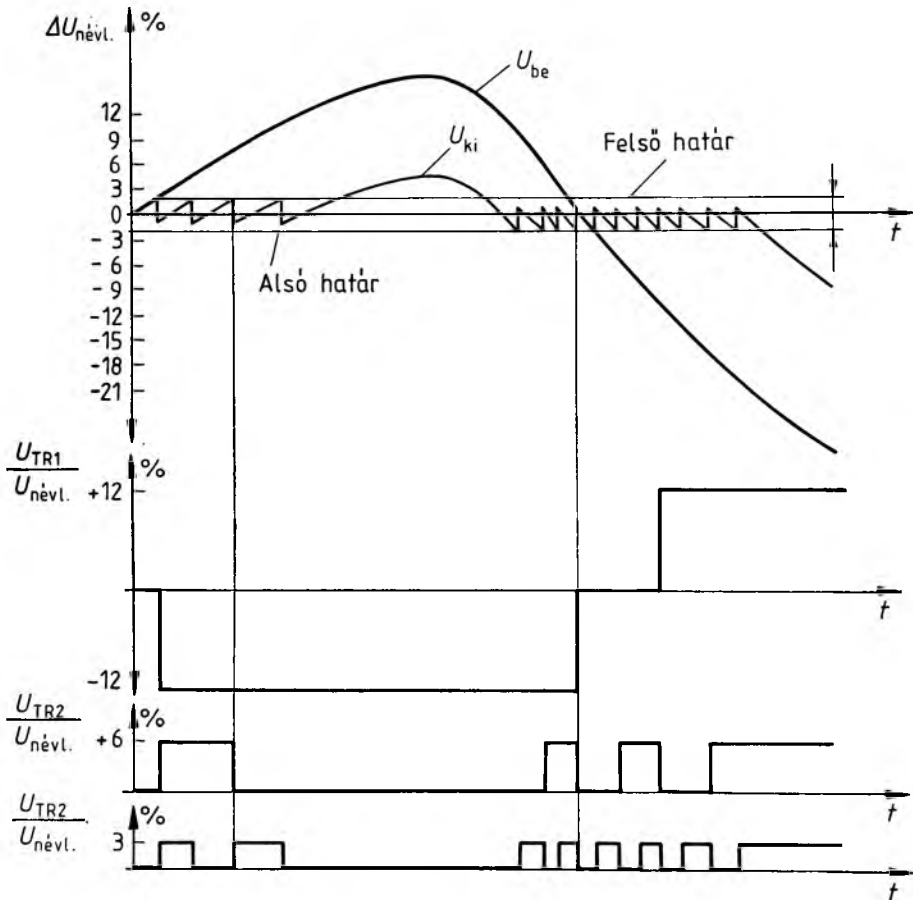


5-1. ábra. A stabilizátor elvi kapcsolása és a vezérlés blokkvázlata

állapotot feleltethetünk meg. Így látható, hogy a 3 db transzformátor együttes kapcsolási változatai nyolcfokozatú feszültség szabályozást tesznek lehetővé. A logikai 000 állapotban mindhárom transzformátor primer tekercse a tirisztorkapcsolók által rövidre van zárva, így a kimeneti feszültség — a feszültségeseést elhanyagolva — megegyezik a bemeneti feszültséggel. Az 111 logikai állapotban a 3 db transzformátor együttesen 21% feszültségemelőt valósít meg.

A feszültségcsökkentési igény kielégítésére  $TR_1$ -nek két primer tekercselése van. A  $K_2$  helyett a  $K_3$  tirisztorkapcsolót bekapcsolva a  $TR_1$  transzformátor szekunder tekercsén ellenfázisú feszültség jelenik meg, így 12% feszültségcsökkenés jön létre. A  $TR_2$  és a  $TR_3$  transzformátor négy feszültségnövelési kapcsolási változatával 3, 6, 9 és 12% feszültségcsökkentést valósíthatunk meg.

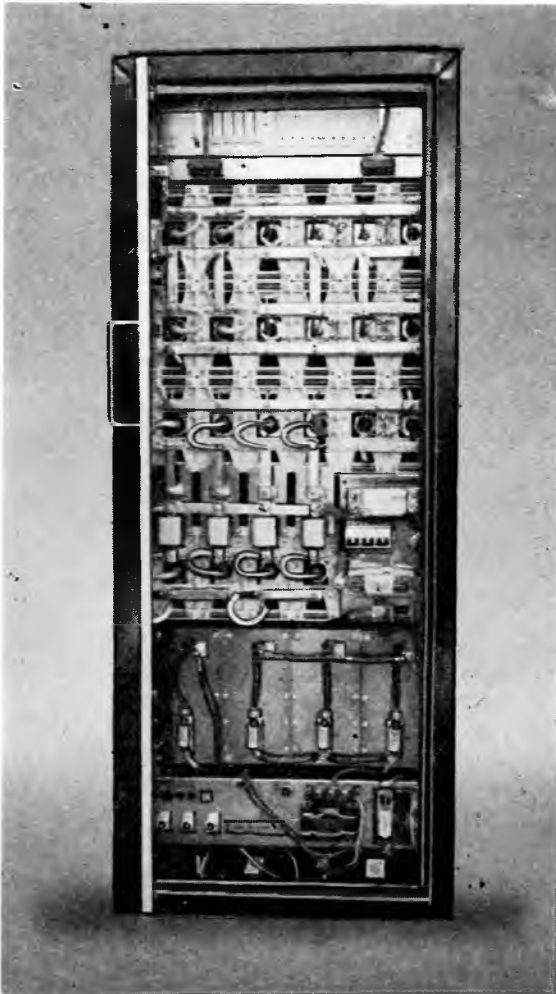
Végeredményben a 7 db kapcsolóegységgel a bemeneti feszültség  $-12...+21\%$ -os változtatását lehet 3%-os lépésekben kiszabályozni, ami 12 kapcsolási fokozatnak felel meg. Az alkalmazott megoldás 70%-kal kevesebb kapcsolóelemet igényelt, mintha azonos áttételű fokozatokat alkalmaztunk volna.



5-2. ábra. Kapcsolási állapotok a bemeneti feszültség változásának függvényében

A transzformátorok primer tekercselését rövidre záró, ill. tápfeszültségre kapcsoló tirisztorkapcsolók gyújtásvezérlő logikájával szemben két követelmény támaszt szigorú feltételeket. Az áramváltóként üzemelő transzformátorok primer tekercsét egyrészt nyitott állapotban hagyni nem szabad, másrészt a két kapcsoló együttes vezetése bemeneti rövidzárlatot idéz elő. Ennek kiküszöbölésére az átkapcsolásokat a vezérlő logika az áram nullaátmeneteihez szinkronizálja.

Átkapcsolási parancs esetén a soron következő áramnulla-átmenet előtt a vezető tirisztorkapcsoló gyújtójele megszűnik, a terhelőáram nullaátmenete után pedig a tirisztorkapcsolón feszültség jelenik meg. A feszültség növekedési sebességét a transzformátorok primer tekercseivel párhuzamosan kapcsolt  $RC$  elemek korlátozzák úgy, hogy a nyitott tirisztorkapcsolókon névleges terhelés esetén sem növekedhet a feszültség a tirisztorra veszélyes érték fölé. Az áram-nullaátmenetet követően — feltéve, hogy az előzőleg vezető elemeken zárófeszültség van —  $200\dots250\ \mu\text{s}$  múlva történik meg a másik tirisztorpár gyújtása.



5-3. ábra. 75 kVA-es stabilizátor  
800 mm × 800 mm-es  
szekrényben

E kialakítást ellenőrző módszer alkalmazása, az áram-nullaátmenetek körül fel-lépő áramtranziensek előfordulása esetén is biztonságos átkapcsolást tesz lehetővé. Ha a kialakítás nem történt meg, akkor a vezérlő logika az átkapcsolással mindaddig vár, ameddig a feltételek nem teljesülnek. Az ellenpárhuzamos tirisztorok kioltott állapotát a rajtuk megjelenő feszültség érzékelésével potenciálfüggetlen optocsatoló elemek érzékelik.

A stabilizátor feszültségszabályozása a következők szerint történik. A névleges feszültség  $\pm 2\%$ -os határaitra beállított feszültség-szint-érzékelő a fogyasztói feszültség-határokat meghaladó csökkenése, ill. növekedése esetén felfelé, ill. lefelé léptető logikai parancsot ad. A jel egy kétirányú bináris számláló-lánc felfelé, ill. lefelé történő léptetését engedélyezi. A léptetést követően a kapcsoló logika az előzőkben ismer-tett feltételek figyelembevételével az átkapcsolásokat elvégzi. Természetesen egy-szerre akár mindhárom transzformátor is átkapcsolhat, biztosítva ezzel a lépésenkénti 3%-os feszültségugrást.

Az átkapcsolás befejezése után — ha a fogyasztói feszültség nem állt vissza a név-leges tűrésmezőbe — újabb feszültségnövelő vagy -csökkentő átkapcsolás következik. A teljes bemenetifeszültség-tartománynak megfelelő feszültség-változás kiszabályo-zási folyamatát és kapcsolási állapotait mutatja az 5-2. ábra.

A mérési eredmények a várakozásokat igazolták. A stabilizátor 0,7 induktív és 0,7 kapacitív teljesítménytényezőn belüli fogyasztók feszültségszabályozását kis átkap-csolási tranzienssel és a gyakorlatban kielégítő gyorsasággal képes megvalósítani. Előnyös tulajdonsága még az alacsony rádiófrekvenciás és akusztikus zajszint.

A készülék fényképe az 5-3. ábrán látható.

# 6. Transzformátorvizsgáló generátor áramirányítóinak rádiófrekvenciás zavarszűrése

TIHANYI LÁSZLÓ

## ÖSSZEFOGLALÁS

A „Karl Liebknecht” Transzformátorgyár (Berlin) intézetünknel rendelte meg a nagy teljesítményű hálózati transzformátorok vizsgálatára szolgáló 10 MVA-es hajtásrendszerének modernizálását. A hajtásrendszer egy áramirányítóval táplált, 2 MW-os egyenáramú hajtásból és egy 10 MVA-es váltakozó áramú generátorból áll. A szigetelések ellenőrzésére bevezetett új mérési módszer miatt a tirisztoros áramirányító berendezések rádiófrekvenciás zavarásával szemben igen szigorú követelményeket állítottak. A fő áramirányítók kimenő árama 2 kA, ezért a zavarszűrés kialakításánál speciális megoldásokat kellett alkalmazni.

## ФИЛЬТРАЦИЯ РАДИОЧАСТОТНЫХ ПОМЕХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ТОКА ГЕНЕРАТОРА ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ ТРАНСФОРМАТОРОВ

Л. ТИХАНИ

### Резюме

Завод трансформаторов имени «Карл Либкнехт» (Берлин) заказал в нашем институте совершенствование системы привода мощностью 10 МВА для испытания мощных сетевых трансформаторов. Система состоит из мотора постоянного тока мощностью 2 мват, который управляется генератором переменного тока мощностью 10 мват через управляемый выпрямитель. Из-за нового измерительного метода контроля изоляций требования к радиочастотным помехам тиристорных преобразователей были установлены весьма жесткими. Выходной ток основного преобразователя тока 2 кА, поэтому для оформления фильтрации помех необходимо было применить специальные решения.

## RADIOFREQUENZENTSTÖRUNG DER SRTOMRICHTER VON 10 MVA PRÜFGENERATOREN

L. TIHANYI

### Zusammenfassung

Das Transformatorenwerk „Karl Liebknecht“ (Berlin) hat die Modernisierung des Antriebssystems, das zur Untersuchung von Netztransformatoren grosser Leistung dient, bei unserem Institut bestellt. Der Antriebssystem besteht aus mit Stromrichter gespeistem Gleichstromantrieb von 2 MW und aus einem Drehstromgenerator von 10 MVA. Wegen der Einführung einer neuen Methode für die Überprüfung der Isolierung wurden sehr strenge Forderungen an die radiofrequente Störung von Thyristor-Stromrichteranlagen gestellt. Der Ausgangstrom der Hauptstromrichter beträgt 2 kA, deshalb mussten spezielle Lösungen beim Aufbau der Entstörung angewendet werden.

### Summary

The "Karl Liebknecht" Transformer Factory (Berlin) has ordered modernization of its 10 MVA drive system serving for testing of high-power mains transformers at the VKI (Research Institute of the Electrical Industry). The system contains a 2 MW direct-current motor drive, fed by a controlled rectifier and a 10 MVA alternating current generator. Due to the new measuring method introduced recently for checking of the insulations, very stringent requirements were specified to the RF interference caused by the thyristor current rectifiers. The output current of the main rectifiers is 2 kA and, therefore, in the design of the interference filtering special solutions were needed.

## 1. Bevezetés

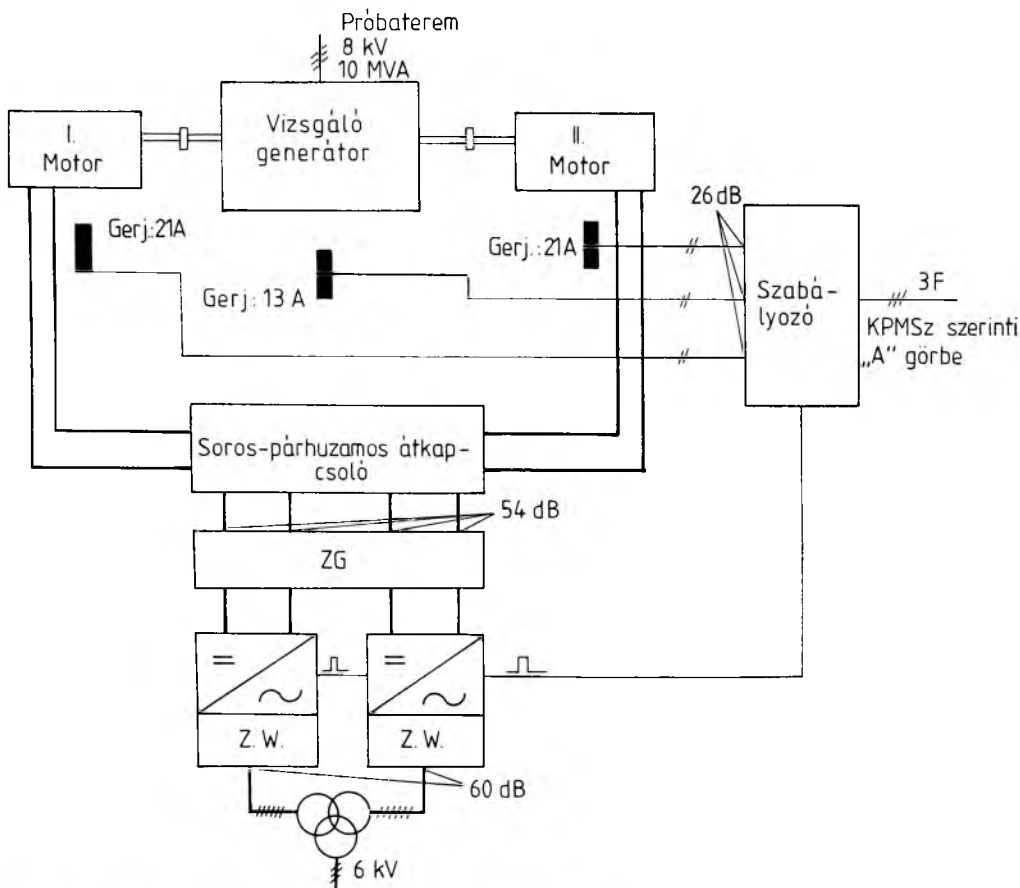
A „Karl Liebknecht” Transformatorenwerke Berlin cég modernizálta a nagy teljesítményű transzformátorok vizsgálatát végző mérőlaboratóriumát. A mérőrendszer felújításához a VKI a 10 MVA-es vizsgálógenerátor hajtásrendszerét és feszültség-szabályozóját szállította [1].

A nagy teljesítményű, nyilvános villamosenergia-elosztó hálózatra csatlakozó transzformátorok egyik alapvető vizsgálata a szigetelési szilárdság ellenőrzése. A korábban követett gyakorlat szerint a transzformátorra rákapcsolták a szabványban, illetve a rendelésben rögzített vizsgálati feszültséget, és ellenőrizték, hogy a szigetelés kiállta-e a próbát. Ennek a vizsgálati módszernek az a legnagyobb hátránya, hogy kisebb hibahelyen létrejött átütés hatására a szigetelésben további sérülések keletkeztek, amelyek a javítási költségeket indokolatlanul megnövelték. Az utóbbi években a nagy teljesítményű transzformátorok szigetelési szilárdságának vizsgálatára olyan módszert dolgoztak ki, amellyel a hibahely a szigetelés átütése nélkül is megállapítható. Az új mérés lényege abban áll, hogy a transzformátor feszültségét lassan növelik a vizsgálati feszültség értékéig, és közben folyamatosan ellenőrzik a helyi kisülések jellemzőit. A helyi kisülések számának, nagyságának és frekvenciaspektrumának ismeretében igen nagy biztonsággal következtetni lehet a szigetelés hibahelyeire.

A helyi kisülések vizsgálata folyamatosan változtatható nagyságú és frekvenciájú feszültséget követel meg. A szabályozott vizsgálfeszültséget a VEB TRO Berlin gyárban Ward—Leonard gépcsoporttal állítják elő. A mérőlaboratórium modernizálásának keretén belül a korábbi nagy teljesítményű higanykatódos egyenirányítót és a hozzá tartozó transzduktoros vezérlést a VKI szállította modern tirisztoros áramirányítókkal és integrált áramkörös analóg és digitális szabályozókkal cserélték fel.

A tirisztoros áramirányítók működésük közben köztudottan nagyfrekvenciás zavarokat termelnek. A VEB TRO Berlin gyár az áramirányítókat rádiófrekvenciás zavorszűrővel rendelte. A zavorszűrővel szemben különösen szigorú követelményeket állítottak. Ennek az a magyarázata, hogy a tirisztoros áramirányítók által termelt nagyfrekvenciás zavar a mérőrendszerükbe kerülve lehetetlenné tenné az új szigetelés-vizsgálati módszer alkalmazását. A helyi kisülések mérésénél az egyik legfontosabb jellemző a frekvenciaspektrum. A frekvenciaspektrumot a gyárban ugyanolyan mérési kapcsolatban és műszerrel regisztrálják, mint amilyennel a hálózatokon terjedő zavarást mérik.

A zavorszűrővel szemben támasztott követelmények megállapítása előtt a VEB



6-1. ábra. Az áramirányítók zavarcsökkentésének elvi megoldása

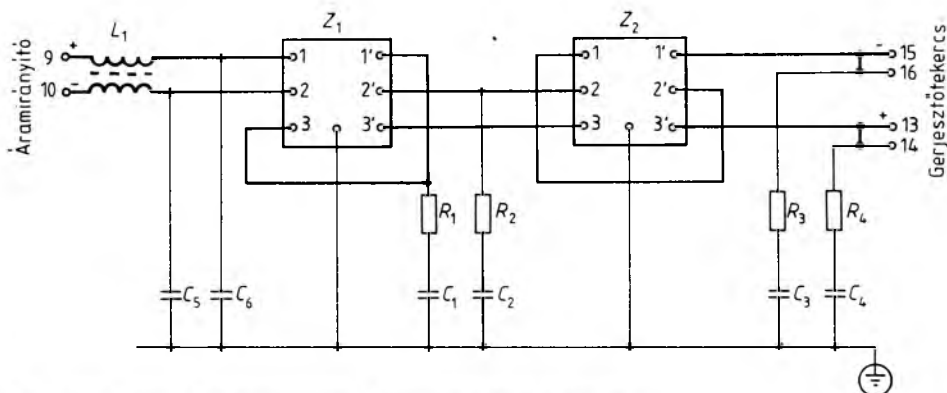
TRO Berlin nagyfrekvenciás zavarterjedési és csillapítási méréseket végzett. Ezeknek a mérési eredményeknek a kiértékelése azt mutatta, hogy a különböző áramirányítók kimenetein a 6-1. ábrán vázolt értékeknél nem lehet nagyobb zavar szintet megengedni. Miután a transzformátorban keletkező helyi kisüléseket is csak a 0,5...2 MHz frekvenciatartományban mérik, ezeknek a zavar szinteknek a betartását is csupán ebben a frekvenciatartományban követelték meg.

A nagy teljesítményű áramirányító zavarcsökkentését a 6-1. ábrán jelölt ZW és ZG jelű zavarcsökkentő kapcsolások beépítésével oldottuk meg. A gerjesztőkori áramirányítók zavarcsökkentőit az ábrán külön nem jelöltük. A tirisztoros áramirányítók zavarcsökkentésénél a szélsőséges követelmények miatt különleges megoldásokat kellett alkalmazni. A gerjesztőkori áramirányítók zavarcsökkentésénél a rendkívül alacsony megengedett zavar szint, a ZG szűrőkapcsolás tervezésénél a nagy váltakozóáramú gerjesztés, a ZG zavarcsökkentő méretezésénél pedig a nagy, üzemi egyenáram jelentett gondot.

## 2. Gerjesztőköri áramirányítók zavarszűrése

A gerjesztőköri áramirányító váltakozóáramú oldalának zavarszűrését készen vásárolt zavarszűrő beépítésével oldottuk meg. Az egyenáramú oldali zavarszűrő kapcsolását a 6-2. ábra mutatja. A szűrőkapcsolások beiktatási csillapítása a be- és kimeneti impedanciaviszonyoktól erősen függ. Részben a nagy beiktatási csillapítás elérésére, részben pedig amiatt, hogy az impedanciaviszonyok zavaró hatása szűrőláncok alkalmazásával egyre inkább csökken, négy tagból álló szűrőláncot választottunk. A szűrőláncot az egységes felépítés érdekében ugyanazzal a készen vásárolt zavarszűrő egységekkel építettük fel, mint amilyent a hálózati zavarszűrésnél használtunk. Lévéen ezek a  $Z1$  és  $Z2$  zavarszűrő egységek háromvezetűsek, két egység használatával háromtagú szűrőláncot lehetett kialakítani. A szűrőlánc negyedik tagját a ferritmagra készített, áramkompenzált fojtótekerccs és a  $C_5$ , ill.  $C_6$  jelű Y-kondenzátorok alkotják. A soros  $RC$  tagok az esetleg kialakuló nagyfrekvenciás rezonanciát csökkentik.

A zavarszűrés mérési eredményeit a 6-3. ábra mutatja. A zavarszűrő feszültségosztásának jellemzésére berajoltuk a szűrőkör bemenetén mért zavart is.



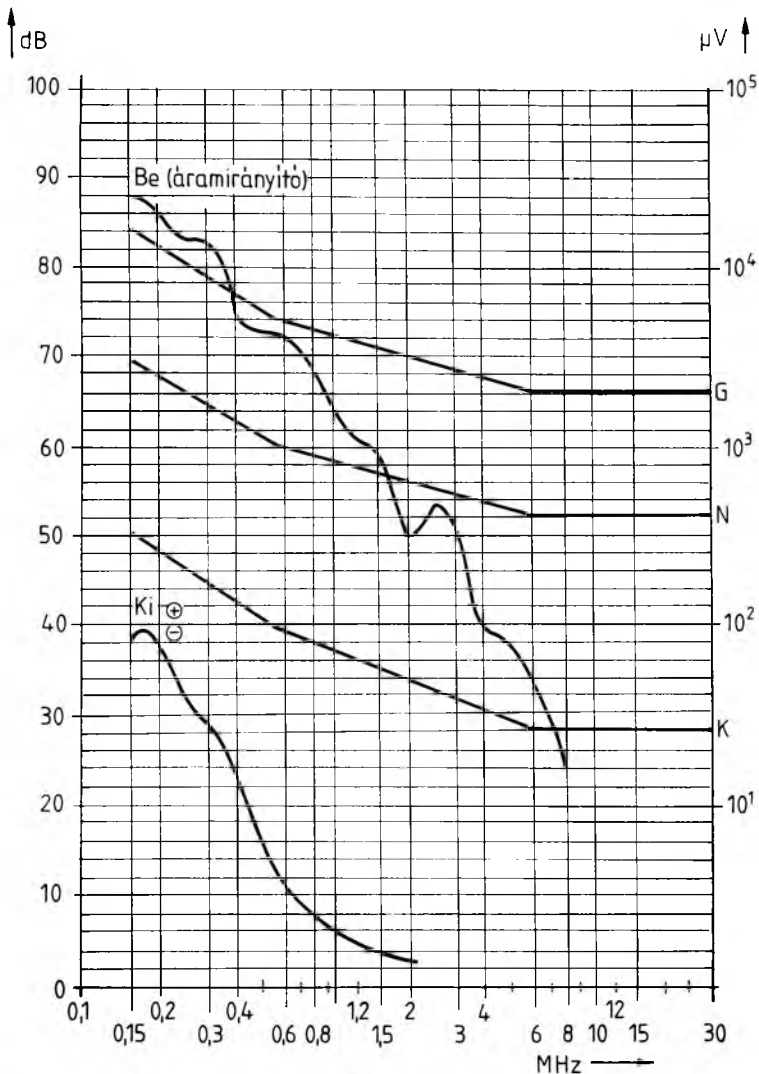
6-2. ábra. Gerjesztőköri áramirányítók zavarszűrésének kapcsolása

## 3. Váltakozóáramú zavarszűrő

A nagy teljesítményű váltakozóáramú zavarszűrőt ( $ZW$ ) alkatrészbeszerzési nehézségek és technológiai problémák miatt nem a 6 kV-os hálózatra helyeztük el. A  $ZW$  jelű zavarszűrők a hatütemű áramirányítók által termelt nagyfrekvenciás zavarást a transzformátor szekunder oldalán csökkentik.

A  $ZW$  jelű zavarszűrő kapcsolását a 6-4. ábra mutatja. A rezonanciák elnyomására minden csomópontba csillapító  $RC$  tagokat építettünk be. A zavarszűrő kapcsolás tervezése során két problémát kellett megoldani. Az egyik a zavarszűrő fojtótekerccsek méretezése volt. Az egyes ágak maximális árama 600 A. A zavarszűrés nagy induktívitású fojtótekerccsek alkalmazását követelte volna meg, és ezt a megengedhető üzemi frekvenciás feszültségesés is lehetővé tette volna. Az induktivitás növelésének

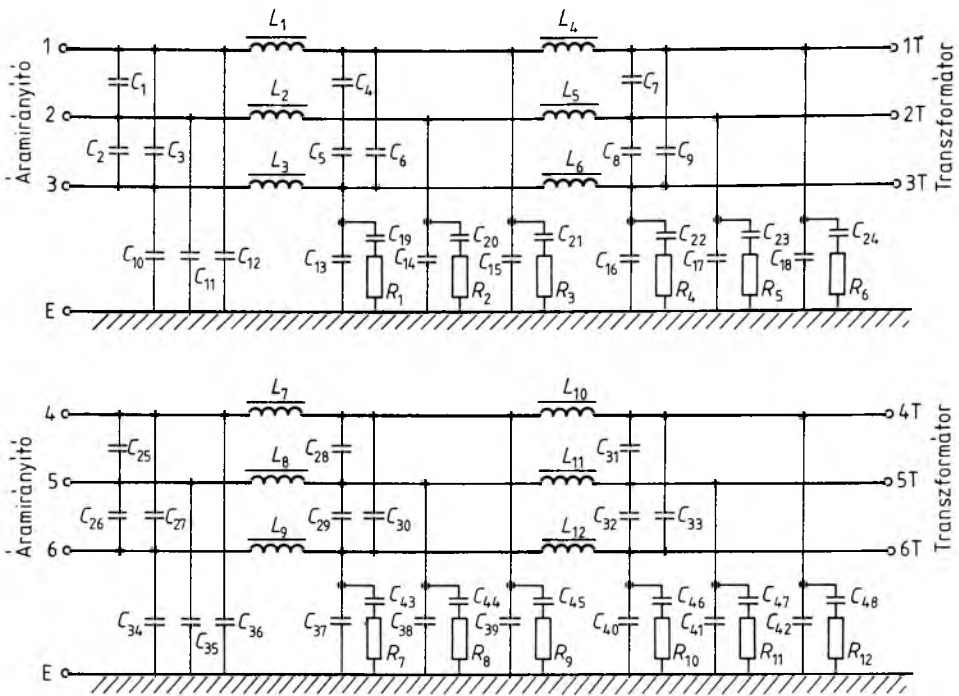




6-3. ábra. Gerjesztőköri zavarcsűrési mérések eredményei

a nyitott vasmag telítése szabott határt. A maximális áram jelentette gerjesztés miatt csak nyolc menettel lehetett számolni. A szűrőkapcsolás csillapításának növelése érdekében kéttagú  $\pi$ -kapcsolást választottunk.

A másik probléma a zavarcsűrő kondenzátorok feszültségének a megválasztása volt. A transzformátor szekunder tekercselése és az egyenáramú gépek az áramirányítókkal együtt földfüggetlen rendszert alkotnak. A ZW és a ZG zavarcsűrők (6-1. ábra) kondenzátorainak feszültségét a gyújtásszögön kívül a zavarcsűrő kapcsolása és a kondenzátorok kapacitása is befolyásolja. A várható potenciáeloszlást számítógép segítségével határoztuk meg. A számítások azt mutatták, hogy a kondenzátorok feszültsége az üzemállapottól független 1,5 kV névleges feszültség alatt marad.

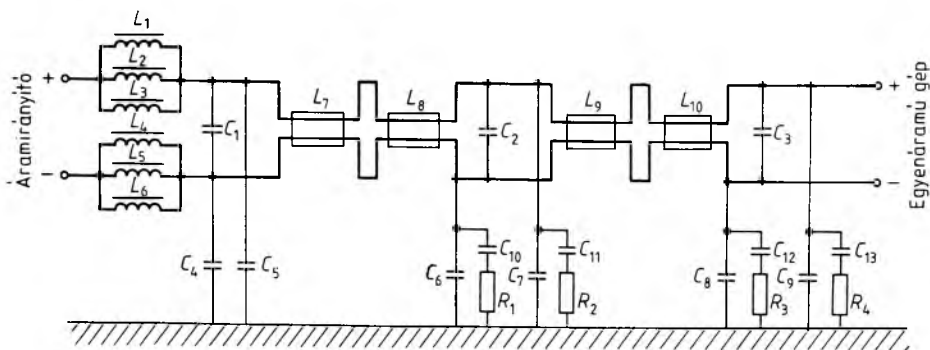


6-4. ábra. ZW jelű váltakozóáramú zaverszűrő kapcsolása

## 4. Egyenáramú zaverszűrő

A ZG jelű, nagy teljesítményű, egyenáramú zaverszűrő kimenetén a 0,15...2 MHz frekvenciatartományban 54 dB zajszintet kellett biztosítanunk. Az áramirányító zavartermelése a korábbi, hasonló jellegű áramirányító berendezésekkel végzett zavar-mérések alapján meghaladhatja a 100...120 dB-t is, az egyenáramú zaverszűrő méretezésénél ezért — beleértve a biztonsági tartalékot is — legalább 80 dB beiktatási csillapítást kellett kiindulási adatként felvenni. Tekintettel arra, hogy a zaverszűrő kondenzátorok értékét néhány  $\mu\text{F}$ -nál nem lehetett nagyobbra választani, nagy soros induktivitású elemet kellett beépítenünk. Az 1800 A-es névleges egyenáram miatt hagyományos felépítést választva túl nagy méret adódott volna. Az egyenáramú zaverszűrő fojtótekercs méretének és súlyának csökkentése érdekében áramkompenzált fojtótekercset készítettünk. Az áramkompenzált fojtótekercsben nem keletkezik üzemi frekvenciás gerjesztés, ezért zárt vasmagos kivitel lehet választani. Az áramkompenzált fojtótekercs azonban csak az aszimmetrikus zavarösszetevőket csökkenti, ezért a szimmetrikus zavarösszetevők elnyomása érdekében szolenoid elrendezésű fojtótekercseket is be kellett építeni.

A ZG zaverszűrő kapcsolása a 6-5. ábrán látható. A szimmetrikus összetevők szűrését a párhuzamos kapcsolású fojtótekercsek biztosítják. A párhuzamos kapcsolást a nagy egyenáram miatt adódó gyártástechnológiai problémák indokolják.



6-5. ábra. ZG jelű egyenáramú zavarűző kapcsolása

A három párhuzamos kapcsolás választása azzal az előnnyel járt, hogy így egy fojtótekerces névleges árama éppen megegyezett a ZW szűrőben alkalmazott fojtótekerceskével.

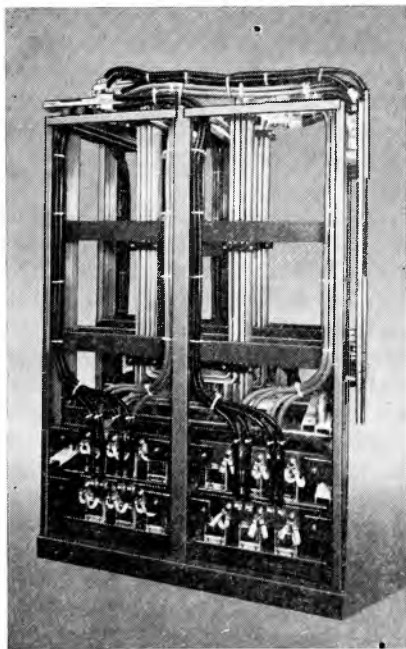
Az áramkompenzált fojtótekerces inductívása, legalábbis az aszimmetrikus zavarösszetevőkkel szemben mutatott inductívása, zárt vasmagos tekercesként számítható [2]. Miután a zavarűző fojtótekercesnek jelen esetben 2 MHz frekvenciáig hatásosnak kellett maradnia, vasmagként csak ferritanyag jöhetett szóba. Az 1800 A-es névleges áramtermelés miatt nagyságrenddel 2000 mm<sup>2</sup> vezető-keresztmetszettel kellett számolni. Ilyen keresztmetszetből még néhány menetes tekeres is csak olyan méretben készíthető, amelyhez ferrit vasmag nehezen képzelhető el. A Váci Híradástechnikai Anyagok Gyár felkérésünkre az egyedi célnak megfelelő ferritmagot fejlesztett ki. A gyártástechnológiai korlátok miatt a vasmag ablakkeresztmetszetét nem lehetett 200...300 cm<sup>2</sup> fölé növelni, ezért a gyakorlatban csak egy megoldás kínálkozott, éspedig egy menetű tekerestet készíteni. A szükséges inductívás a vasanyag permeabilitásával és keresztmetszetével állítható be.

Az egyenáramú zavarűzőtől megkövetelt nagy beiktatási csillapítás miatt az áramkompenzált zavarűző fojtótekerces inductívásának 0,2 mH nagyságrendben kellett lennie. Ilyen inductívásérték egy menetű tekeres esetén csak igen nagy vasmagkeresztmetszettel érhető el. Az egyenáramú zavarűző szekrény korlátozott mérete miatt a pozitív és negatív síneket U alakban kellett kialakítani.

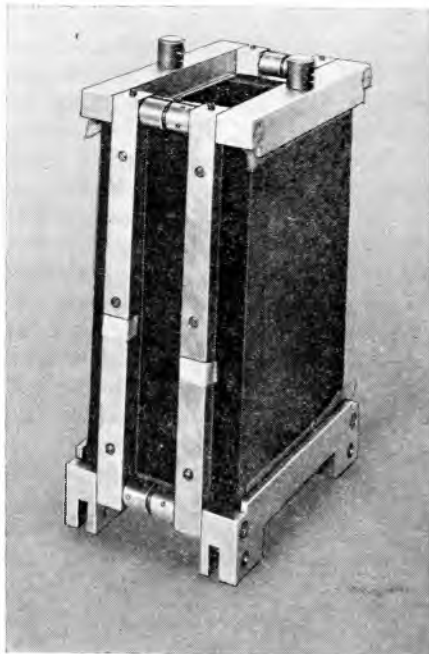
A sínrendszert intézetünk 4. főosztálya méretezte és készítette el. A sínrendszer tervezését több probléma nehezítette. Az áramkompenzációs hatás miatt a pozitív és a negatív sínt lehetőleg közel kell egymáshoz vezetni. A legkisebb távolságot a névleges feszültség és a hozzá tartozó vizsgálati feszültség szabta meg. A sínrendszer melegedésének a számításakor gondolni kellett arra, hogy a vasmag az U alakú sínek szárait szinte teljesen be fogja borítani, és így a hűlési viszonyok rendkívül leromlanak. A hajtásrendszertől a vevő megkövetelte, hogy a berendezések a 25 kA-es várható zárlati áramcsúcsot károsodás nélkül el tudják viselni. Mivel a pozitív és a negatív sín igen közel került egymáshoz, kitámasztók és rögzítések beépítésével gondoskodni kellett arról, hogy a zárlati áram keltette dinamikus erőhatások ne okozzanak túl nagy kilengést. A sínek túl nagy elmozdulása esetén ugyanis féléo volt, hogy a sín megütheti és ezzel eltörheti a ferrit vasmagot. A 4. főosztályon elvégzett melegedési és zárlati próbák szerint a sínrendszer teljesítette a vele szemben felállított követelményeket.

A Váci Híradástechnikai Anyagok Gyára — a sínrendszer állította követelményeket is figyelembe véve — a  $180 \times 35 \times 14,5$  mm-es ferrittömbök gyártására vállalkozott. A szükséges induktivitás ebből a hasábméretből, mintegy 1 m hosszú vas-maggal biztosítható. A ferritanyag azonban köztudottan rendkívül rideg anyag és könnyen törik. Valamilyen tartóba történő befogás és az azt követő összeszerítés több száz darabból álló vasmag esetén szóba sem kerülhetett. A ferrithasábok cél-szerű és megbízható összeszerelési megoldásának ügyében felvettük a kapcsolatot intézetünk I. főosztályával. Az egyetlen megoldásnak a ferrithasábok tömbökbe, majd a vasmagnak ezekből a tömbökből történő összeállítása látszott. A ferritanyag jellemzői és a ragasztástechnológia nem tette lehetővé, hogy az U alakú sín egy szárára kerülő vasmagot egy méretben készítsük el. A maximális ragasztási méret, amelyhez speciális célszerszámot kellett elkészíteni, 40 cm volt. A ferrithasábokat először 25 rétegben ragasztották. A tömböket azután síkra kellett köszörülni, hogy a zárt vasmag kialakításakor ne keletkezzen légrés. Három síkra köszörült ferrittömböt ezt követően U alakba ragasztottak össze. A zárt vasmagot csak a zavarászűrő szekrénybe történő beszerelésnél lehetett kialakítani. Az U alak és egy különálló tömb megfelelően biztos összeszerítését speciális kalodával oldottuk meg. A szorítókaloda tervezésekor az egyik legfontosabb szempont a ferrit ridegsége miatt a lágyszorítási lehetőség volt. A szorítókalodák egyben a kényes vasmag szállítására is alkalmasak voltak.

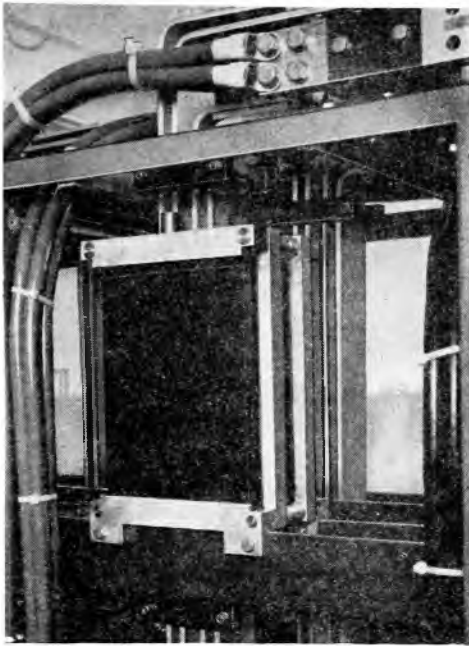
A sínrendszer és a vasmag elkészítési módjának ismeretében újból ellenőrizni kellett, hogy a kívánt induktivitásérték biztosítható-e vagy sem. A számítások azt mutatták, hogy részben a tervezettnél kisebb vaskeresztmetszet, részben pedig a gyártástechnológiai pontatlanságokból adódó légrés miatt a szükséges értéknel kisebb



6-6. ábra. ZG jelű egyenáramú zavarászűrő áramkompenzált fojtótekercsének sínrendszere



6-7. ábra. Ferrit vasmagrész összeszerelve



6-8. ábra. ZG jelű egyenáramú zavarszűrő áramkompenzált fojtótekercsének vasmagja szekrénybe szerelt állapotban

lesz az áramkompenzált fojtótekeres induktivitása. A csillapítás növelése érdekében a beépített kondenzátorok kapacitását kellett a kiindulási értékhez képest jelentősen megnövelni. A 3. pontban vázoltak szerint ez a szűrni kívánt vezetők és a föld közé kapcsolt kondenzátorok potenciáeloszlását is megváltoztatta. Végleges adatokkal ismét lefuttatva a számítógépi programot ismertté vált a kondenzátorok feszültségigénybevétele.

A ferrit vasmagok 1...2 MHz frekvenciatartományban még kis veszteségűek, így tartani lehetett káros rezonanciák kialakulásától. Ennek megakadályozására nagyfrekvenciás csillapítást, azaz veszteséget építettünk be. A nagyfrekvenciás csillapítást a soros kapcsolású kondenzátor-ellenállás tagok biztosítják.

Az egyenáramú zavarszűrő szerkezeti felépítését fényképek mutatják. A 6-6. ábrán az áramkompenzált fojtótekeres U alakú sínrendszere látható. A fényképen jól kivehetők a zárlati igénybevétel miatt szükséges szorítóelemek. A keresztartók rögzítik a ferrit vasmagokat. A szekrénybe két zavarszűrő kapcsolást építettünk be. A szekrény alján található az  $L_1-L_6$  tervjelű nyitott vasmagú zavarszűrő fojtótekercesek.

A 6-7. ábra a szorítókalodába szerelt ferrit vasmagot mutatja. A szekrénybe szerelt vasmagrész ( $L_7$ ) a 6-8. ábrán látható.

## Irodalom

- [1] Gyarmathy S.—Mlinkó T.—Verebélyi Gy.—Weiner Gy.: Transzformátorok vizsgálógenerátorának nagy pontosságú szabályozása, VKI Közl. 10. k.
- [2] Tihanyi L.: Rádiófrekvenciás zavarok az erősáramú elektronikában. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1984.



# 7.

## Mikroprocesszoros szabályozású akkumulátortöltő

*BUZÁS PÉTER—SARKADI FERENC*

### ÖSSZEFOGLALÁS

A cikk INS 8073, Basic nyelven programozható mikroprocesszoros akkumulátortöltőt ismertet. A készülék különböző feszültségű, kapacitású, típusú akkumulátorokhoz illeszthető úgy, hogy a vezérlő—szabályozó kártya hardver része változatlan, teljesítmény-főáramkört pedig a tölteni kívánt akkumulátor áram- és feszültségparamétereinek megfelelően kell megválasztani. A töltési karakterisztika szoftvercserével változtatható. A szoftver kiegészíthető olyan modulokkal is, amely a felvett amperórát, az akkumulátor állapotát értékeli, kijelzi. A cikk a kísérleti készülék hardver—szoftver felépítését, mérési eredményeit ismerteti.

### ЗАРЯДНОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ АККУМУЛЯТОРОВ С МИКРОПРОЦЕССОРНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

*П. БУЗАШ—Ф. ШАРКАДИ*

#### Резюме

В статье излагается зарядное устройство для аккумуляторов, реализованное на микропроцессоре, программируемым на языке Безик типа INS 8073. Устройство можно применить к аккумуляторам различных напряжения, емкости, типа; при этом блок управления и регулирования, а также hardware остаются неизменными, а мощная силовая схема подберется соответственно параметрам тока и напряжения аккумулятора. Характеристика заряда изменяется заменой софтвера. Софтвер можно также комплектовать модулями для оценки и индикации заряженных ампер-часов и состояния аккумулятора. В статье излагаются hardware, софтвер и результаты измерения опытного устройства.

### AKKUMULATORLADEGERÄT MIT MIKROPROZESSORSTEUERUNG

*P. BUZÁS—F. SARKADI*

#### Zusammenfassung

Im Artikel wird ein Akkumulatorladegerät mit Mikroprozessorsteuerung, die mit INS 8073 Mikroprozessoren Basic programmiert werden kann, beschrieben. Das Gerät kann an Akkumulatoren unterschiedlicher Spannung, Kapazität, unterschiedlichen Typs so angeschlossen werden, dass der Hardware-Teil der Regelung unverändert ist, der Leistungsstromkreis ist nach den Parametern des Stromes und der Spannung des zu ladenden Akkumulators auszuwählen. Die Ladecharakteristik kann mit Softwarewechsel geändert werden. Das Software kann auch mit solchen Modulen ergänzt werden, die die aufgenommenen Amperstunden, den Akkumulatorzustand auswerten und anzeigen. Im Artikel werden der Hardware-Software-Aufbau des Versuchsgerätes und seine Messergebnisse dargelegt.

**Summary**

In this article, a battery charger realized with use of type INS 8073 microprocessor, which can be programmed in Basic language. The equipment can be matched to batteries of different voltage, capacity and type in such a manner that the hardware part of the regulation (p.c. board) is unchanged while the main circuit of the rectifier has to be selected according to the current and voltage parameters of the battery to be charged. The charging characteristic can be varied with software replacement. The software can also be completed with modules evaluating and displaying the input ampere-hours and the condition of the battery. The article describes the hardware-software construction of the device and the measuring results as well.

## 1. Bevezetés

Az akkumulátor töltésénél a töltési technológiától függően számottevő költség-megtakarítás érhető el. A költségcsökkenés egyrészt az akkumulátortelemek élettartamának növekedéséből, másrészt villamosenergia-megtakarításból áll. A telepek élettartama kb. kétszeresére növekedik azokon a helyeken, ahol a töltési technológia megközelíti a gyártók által előírtakat. A jó hatásfokú, automatikus működésű töltőberendezésekkel nemcsak az élettartamot lehet növelni, hanem ezek megakadályozzák, hogy a töltési energia jelentős része az elektrolit víztartalmának bontására, esetleg melegítésre fordítódjék.

A cikk ennek megfelelően egy olyan mikroprocesszorral szabályozott akkumulátortöltőt ismertet, amely DIN szabványú töltési karakterisztikák szerint tölt. A készülék különböző feszültségű, kapacitású, típusú akkumulátorokhoz illeszthető úgy, hogy a szabályozóegység hardver része változatlan, a töltési karakterisztika pedig szoftvercserével változtatható. A teljesítmény-főáramkört természetesen a tölteni kívánt akkumulátor(ok) áram- és feszültségparamétereinek megfelelően kell megválasztani.

## 2. Elvi felépítés

A készülék blokkvázlata a 7-1. ábrán látható. A berendezés három fő részből áll:

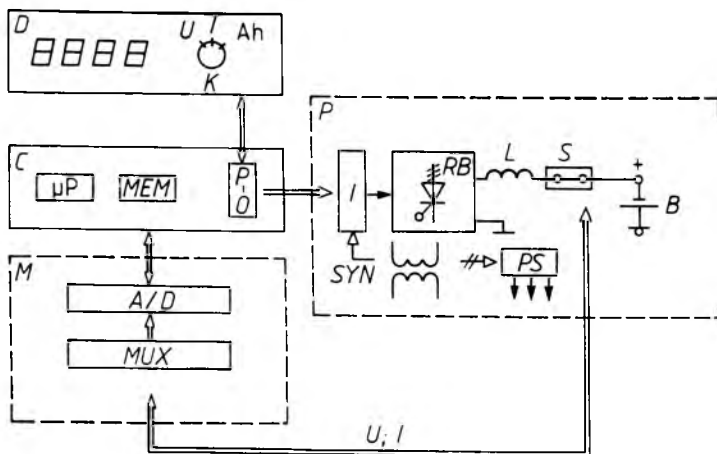
- mikroprocesszoros vezérlő és szabályozó egység a működtető szoftverrel (*C*);
- analóg mérő—illesztő egység, A/D konverterrel, analóg méréspontváltóval és kijelzőegységgel (*M* és *D*);
- erősáramú főáramköri egység vezérelhető háromfázisú egyenirányító kapcsolással, valamint az *I* gyűjtőegységekkel (*P*).

### 2.1. Erősáramú főáramköri egység

A háromfázisú táptranszformátor a teljesen vezérelt hidat (RB), a tápegységet (PS), valamint a szinkronozó áramkört táplálja egymástól független szekunder tekercsein keresztül. Az *L* fojtótekercs az akkumulátorba folyó töltőáramot simítja.

A tirisztorok gyűjtőjeleit logikai jellel vezérelhető, önrezgető gyűjtőegységek szolgáltatják (*I*). A főáramkör és a vezérlés közti potenciálleválasztást az oszcillátorok transzformátorai biztosítják. Az oszcillátorok mindaddig folyamatos gyűjtőjelet





7-1. ábra. A készülék blokkvázlata

(impulzussorozatot) szolgáltatnak a tirisztornak, amíg bemenetükön logikai 1 szint van. A kapcsolásban az üzemi gyújtásszögkésleltetési tartomány  $15^\circ \dots 70^\circ$  között van.

## 2.2. Analóg mérő—illesztő egység

Az A/D konverter (ADC 0808 NATIONAL) nyolccsatornás méréspontváltóval ellátott nyolcbites átalakító. Átalakítási ideje közepes ( $100 \mu\text{s}$ ), teljes hibája  $\pm 1/2$  LSB. A méréspontváltó 0. csatornája a feszültséget, az 1. csatorna az áramot méri. Mivel a feszültség és az áram a töltési folyamat során lassan változik, ezért tartóáramkörre nincs szükség. A mért értékeket a működtető szoftver átlagolja, és így adja tovább a szabályozás és a kijelzés számára.

A mérőegység 1 s-onként vesz egy összetartozó áram—feszültség mintát. A mért értékek tíz feszültség- és tíz áramérték átlagaként állnak elő.

A D kezelőegység K kapcsolójával be lehet állítani, hogy a négydekádos kijelzőegységen az akkumulátor pillanatnyi töltőárama, feszültsége vagy a bekapcsolástól számított felvett Ah-értéke jelenjen meg. A mért értékek lebegőpontos formában kerülnek kijelzésre.

Az analóg mérőegység fő funkciója, hogy a mért értékek alapján a töltési algoritmus különböző gyújtásszög-kódokat ad az erősáramú egységnek a PIO tároló-során keresztül, így a kimeneti egyenfeszültség nő vagy csökken. Az áram-, ill. feszültség szabályozó algoritmus állandó feszültséget vagy állandó töltőáramot tud szolgáltatni a töltendő akkumulátornak, így valósítja meg pl. a DIN IU töltési karakterisztikát.

## 2.3. Mikroprocesszoros szabályozóegység

Az előző pontokban leírt szabályozókör működtetéséhez olcsó, egyszerű és igénytelen mikroprocesszort kellett találni, amely kevés hardverkiegészítéssel működik, és utasításkészlete megfelel a szabályozás számításainak elvégzésére. Fontos szempont az egyszerű perifériaillesztés és perifériakezelő képesség is.

E kívánalmaknak felel meg pl. a NATIONAL SEMICONDUCTOR INS 8073 típusú processzora, amelyet lassú, valós idejű (real-time) vezérlési és szabályozási feladatokra fejlesztettek ki. Olcsó, kevés kiegészítő IC-t kíván (egychip-es processzor)

és programrendszerének kialakítása kényelmes és gyors programozást tesz lehetővé. A saját (nagyon rugalmas, sok címzési módú) utasításkészlete mellett egy 2,5 kbyte BASIC interpretert is tartalmaz a belső ROM-jában, amely speciális utasításaival nagyon meggyorsítja az egység programozását. A processzor 4 MHz-es órajellel dolgozik, és az assembly szintű utasításai között 16 bites szorzás (37  $\mu$ s) és 16 bites egészosztás (42  $\mu$ s) is szerepel. A C egység (7-1. ábra) hardver felépítése egyszerű. Az INS 8073 processzor a vonalmeghajtók után 2 kbyte RAM-ot és 2 kbyte EPROM-ot kezel. Az EPROM tartalmazza a szabályozóprogramot, az állandókat, valamint a töltési karakterisztika adatait. A RAM a BASIC változók értékeit tárolja, valamint biztosítja a hívásokhoz szükséges stackmemória-területet is. PROM-ok végzik a memóriák, ill. a perifériák címdekódolását. A perifériákat (A/D, PIO, D) a processzor a gyors működés érdekében RAM-ként kezeli (memory-map felépítés). Bekapcsoláskor a processzor megkeresi az aktuális EPROM program kezdetét, és futtatni kezdi a tárolt programot. A program BASIC nyelven íródott, és sebessége megfelelt a szabályozás követelményeinek.

Mivel a BASIC speciális utasításai között megszakításkezelés is található, az

DMS-SYS VKI\*OFF

84.07.25.

PAGE:0001

LIST

```

1  REM AKKUMULATOR TOLTO PROGRAM
5  U=205: R=75: S=0
10 STAT=STAT OR 01
12 Y=0
13 W=#FDB7
14 REM U ÁTLAG (IN 0-AS CSATORNA)
15 FOR I=1 TO 10
20 DR 2,100
30 B#FDB1=0
35 IF J=1 GOTO 40
37 DR 2,100: GOTO 35
40 J=0: NEXT I
41 REM I-U SZABÁLYZAS VÁLTAS
44 IF (Y/10)=240 S=1
45 IF S=0 GOTO 50
46 R=R+(Y/10-240)/2
47 B#FDB2=R
48 REM U SZABÁLYZAS
50 A=15*(Y/10): B=1: C=255: D=0
60 GOSUB 800: REM LEDEGOFONTOS CSZTAS
65 X=H#E
70 IF W=241 GOSUB 300: REM KIIRAS A KIJELEZRE
75 GOTO 190
81 REM
99 REM A/D INTERRUPT PROGRAM
100 Z=#FDB0
110 Y=Y+Z
120 STAT=STAT OR 01
130 J=1
140 RETURN
179 REM
180 REM I ÁTLAG (IN 1-ES CSATORNA)
190 Y=0
200 FOR J
275 IF U=40 GOSUB 300: REM KIIRAS A KIJELEZRE
280 GOTO 1

```

7-2. ábra. Méré-szabályozó programrészlet

egyszerűbb programkialakítás érdekében az A/D egység mintavételi időnként megszakítja a program futását (ON 2, 100 utasítás l. 7-2. ábra), a megszakítási rutin kezeli a mért értékeket, majd tovább folytatja a főprogramot az aktuális gyűjtés-késleltetési szög beállításával. A processzor egy input és egy output soros vonalat is tartalmaz, amelyen keresztül hozzáférhetünk a rendszer RAM-jához, így gyorsan és könnyen lehet programot fejleszteni vagy változtatni.

A soros vonalakon a szokásos aszinkron módon (1 START bit, 8 adat bit, 2 STOP bit) lehet közlekedni, választhatóan 110—4800 Baud sebességgel. A soros vonalak a szabványos RS-232 adó-vevő interfésszel lettek kiépítve.

A végleges BASIC programot EPROM-ba égetve a rendszer működésre kész.

## 2.4. A szoftver felépítése

A működtető-szabályozó program az INS 8073 processzor BASIC nyelvű utasításai-ból épül fel. A program mérő—szabályozó része a 7-2. ábrán található. A teljes program kb. 70 utasítás-sorból áll. Az alap BASIC program csak egész számokkal tud műveleteket végezni, és így szükség volt egy decimális lebegőpontos aritmetika kidolgozására is, amely tetszőleges nagyságú számokat összeadni, kivonni, szorozni és osztani tud.

A program három fő részből áll:

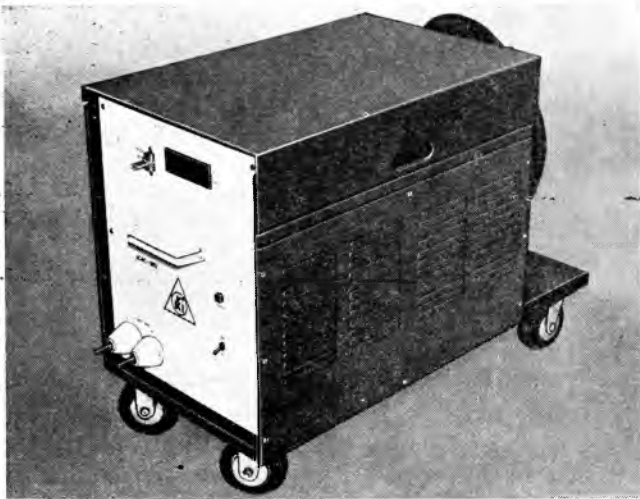
- mérőkörök vezérlése és kijelzése:
- komparátorblokk;
- a kimeneti feszültséget szabályozó blokk.

A program mérőblokkja állandóan méri az akkumulátor kapocsfeszültségét, a töltőáramot, valamint a bekapcsolástól számított időt. A mért bináris értékeket átalakítja decimális számokká (figyelembe véve a mérőkörök állandóit), majd a kapcsolóállástól függően kijelzi azokat. A mért bináris értékek a komparátorblokknak adódnak át, amely megvizsgálja az adott karakterisztika függvényében, hogy a töltési folyamat elérte-e már valamelyik kapcsolási pontot (pl. állandó feszültségű töltésbe akkor kell átváltani  $IU$  töltési karakterisztikánál, ha az akkumulátor cellafeszültsége eléri a gázfejlődési értéket;  $U_{\text{cella}} = 2,35$  V). A komparálás eredményét közli a szabályozóblokkal. A szabályozóblokk a komparálás eredményétől függően a kimeneti feszültség változtatásával állandó értéken tartja az aktuális paramétert. Ha a töltési folyamat befejezése időhöz kötött (pl.  $IUIa$  karakterisztika), a mérőblokkból kapott időadatok alapján leállítja a töltési folyamatot.

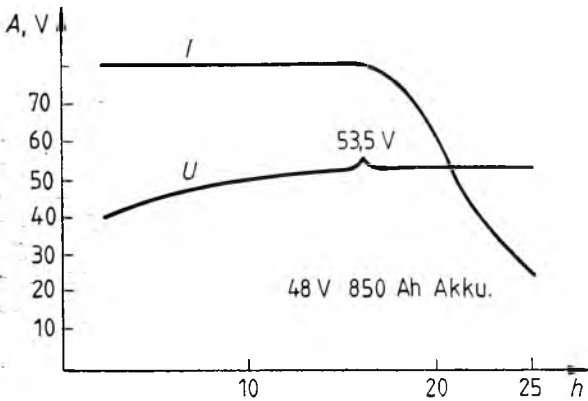
A felhasználó konkrét igényei alapján a berendezés működési paraméterei e program változtatása révén alakulnak ki. A kért töltési karakterisztika, valamint az akkumulátorteleg adatai alapján beírva a program állandóit az akkumulátortöltő szállításra kész. Kialakítható természetesen több beépített karakterisztikájú készülék is, ebben az esetben biztosítani kell a külső választás lehetőségét.

## 3. Mérési eredmények

A  $\mu\text{CAC}$ —900 típusjelű berendezéssel 48 V névleges feszültségű max. 900 Ah kapacitású akkumulátortelegek DIN 41774 szerinti  $IU$  töltési karakterisztikával tölthetők. A kísérleti berendezés a 7-3. ábrán látható. Az  $IU$  töltési karakterisztika állandó árammal tölt a cella gázfejlődési feszültségpontjáig, majd ezt a feszültséget tartva csökkenő árammal tölt a berendezés kikapcsolásáig. A 7-4. ábrán látható töltési karakterisztikát egy 48 V 850 Ah kapacitású akkumulátorteleg töltése során vettük fel. Az akkumulátorok kisütési szintje nem volt ismeretes. Az akkumulátort



7-3. ábra.  $\mu$ CAC-900 akkumulátortöltő



7-4. ábra. Mért töltési karakterisztika

53,5 V-os kapcsolófeszültség eléréséig állandó árammal töltötte a berendezés, majd ezt a feszültség szintet tartva a töltőáram csökkent.

## Irodalom

- [1] 8070 System Users Manual AEP GmbH 1983.
- [2] 8070 Technical Manual AEP GmbH 1983.
- [3] *Raymond G. Jacquot*: Modern Digital Control Systems 1981.
- [4] Skywave Journal 1984. No. 11.
- [5] *Hakan Lind*: Computer-Controlled, Automatic Battery Charging, Ericsson Review No. 2. 1979.
- [6] Aus der Praxis des Akkumulators. DETA GmbH 1980.
- [7] Essex Tiny BASIC System. Essex Electronics Centre News 1983. Autumn.
- [8] *W. Schleuter*: Zur Ermittlung des Ladezustandes von Akkumulatoren etz. Archiv Bd. 4 (1982) H. 3.

# 8.

## Feszültségszabályozás párhuzamosan járó fokozatkapcsolós transzformátorokkal

*NÉMETH ISTVÁN—PÓKA GYULA (MVMT OVIT)*

### ÖSSZEFOGLALÁS

A cikk első részében a szerzők a hazai hálózat felépítését, majd a szabályozás feltételeit és a kialakult módszereket ismertetik.

A továbbiakban a várható fejlődési irányokat, az új igények kielégítési módját, a párhuzamos üzem lehetőségét és különböző módjait, végül a legújabb szabályozókészüléket és használatát írják le a szerzők.

### УПРАВЛЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЕМ ПАРАЛЛЕЛЬНЫМИ СТУПЕНЧАТЫМИ ПЕРЕКЛЮЧАЮЩИМИ ТРАНСФОРМАТОРАМИ

*И. НЕМЕТ—Д. ПОКА (МВМТ ОВИТ)*

### Резюме

В первой части статьи авторы излагают построение отечественной сети, условия управления и примененные методы.

В дальнейшем описываются ожидаемые тренды совершенствования, форма удовлетворения новых требований, возможности и разновидности параллельной работы и наконец, новейшие приборы управления и их применения.

### SPANNUNGSREGELUNG VON PARALLEL BETRIEBENEN STUFENTRANSFORMATOREN

*I. NÉMETH—Gy. PÓKA (MVMT—OVIT)*

### Zusammenfassung

Die Autoren beschreiben im ersten Teil den Netzaufbau in Ungarn, dann die Reglungsbedingungen und die herausgebildeten Methoden.

Im weiteren werden die zu erwartenden Entwicklungsrichtungen, die Art der Befriedigung neuer Bedürfnisse, die Möglichkeit und verschiedene Arten des Parallelbetriebes, schliesslich die neuesten Reglergeräte und ihre Anwendung von den Autoren dargelegt.

## VOLTAGE REGULATION OF PARALLEL CONNECTED INTERSTAGE TRANSFORMERS

BY I. NÉMETH—GY. PÓKA (MVM T O V I T)

### Summary

In the first part of the article the authors describe the construction of the Hungarian network then they introduce the conditions of the regulation and the methods adopted.

Subsequent to this, the authors discuss the expectable trends of the development, the way of meeting the new demands, facilities and various ways of the parallel operation and, finally, the newest regulating devices and their usage.

A hazai villamosenergia-rendszerben az erőművekben előállított villamos energia a nagyfeszültségű, hurrkolt alaphálózatba kerül. A külföldi partnerektől vételezett villamos energia a kapcsolat biztosító nagyfeszültségű távvezetéseken és transzformátorokon át ugyancsak az alaphálózatba jut. Az alaphálózatba kell juttatni a szükséges meddő energiát is, amely részben az erőművekből, részben a távvezetékek paralel szuszceptanciájából áll elő. Ezek szabályozása egyrészt az erőművekben a generátorok gerjesztésszabályozása útján, másrészt egyéb eszközökkel, pl. nagyfeszültségű söntfojtók ki- és bekapcsolásával, transzformátorok áttételváltoztatásával, néha generátorok meddőnyelésének szabályozásával történik.

A 750—400—220 kV-os alaphálózat takarékkapcsolású csatolótranszformátorokon keresztül táplálja a 120 kV-os főelosztó hálózatot. E transzformátorok áttételét az alaphálózat feszültségtartása céljából szabályozzák.

A közép- és kisfeszültségű hálózatról vételező fogyasztók feszültségének megfelelő szinten tartására, szabályozására a főelosztó hálózat és a fogyasztók között elhelyezkedő nagy/közép- és közép/kisfeszültségű transzformátoroknál és közép-feszültségen, valamint a fogyasztóknál elhelyezett kondenzátortelegekkel lehet beavatkozni.

A hazai fogyasztói feszültségszabályozás alapkonceptiója az, hogy a nagy/közép-feszültségű transzformátorok csillagponti fokozatkapcsolós feszültségszabályozójával és a közép/kisfeszültségű transzformátorok fix megcsapolásainak megfelelő megválasztásával, a feszültségszabályozásba beépített terheléskompenzáció segítségével a fogyasztói hálózat feszültségét a garantált  $\pm 7,5\%$ -on belül kell és lehet tartani.

A feszültségszabályozás tehát végül is a nagyfeszültségű hálózathoz csatlakozó és a középfeszültségű sinezést tápláló transzformátor fokozatkapcsolós csillagponti szabályozójával történik, amelynek működését vezérlőautomatika irányítja, amely a középfeszültségű gyűjtősín feszültségváltójáról veszi a feszültségjelet és áramváltójáról a terheléskompenzációhoz szükséges áramjelet.

Intézetünk megalakulása óta foglalkozik a fokozatkapcsolós transzformátorok vezérlő automatikáinak a kidolgozásával, továbbfejlesztésével.

Az első készülékek még izzólámpás nemlineáris hídkapcsolással és villamos motorral, a későbbiek pedig az izzólámpás híd meghagyásával kapcsolóműves, Ferraris-tárcsás integrálóművel készültek. A követelmények a fokozatkapcsoló hajtás fejlődésével, a fokozatfeszültség-lépcsők csökkentésével egyre nehezebben teljesíthetőkké váltak. A lépéstartást a tranzisztortekhnika, majd a későbbiekben az integrált áramkörök megjelenése tette lehetővé. A vezérlő automatikákat intézetünk továbbfejlesztette, és így a régebbi ATSZ-4 típus helyett jelenleg az egész országban az ATSZ 5 és ATSZ 5p típusú szabályozóink vannak felszerelve. Ezek a készülékek a korábbiakhoz képest elsősorban az időálló (hosszúidős) stabilitásukban (eltérés

max. 2%/év), könnyű beállíthatóságukban, kis önfogyasztásukban és sokoldalú alkalmazhatóságukban különböznek a korábbi szabályozóautomatikáktól.

A villamosenergia-szolgáltatás biztonsága érdekében a nagy/középfeszültségű feszültség szabályozós transzformátorokat többnyire 100% tartalékkal, tehát párosával építették és építik be.

Telepítéskor minden transzformátorhoz hozzá van rendelve egy-egy szabályozó-automatika. Váltott üzemben működnek, tehát hol az egyik transzformátor működik a maga automatikájával együtt, hol a másik. Az energiaigények növekedtével azonban nincs mindig mód arra, hogy a transzformátorokat nagyobb típusjelzésűre cseréljék, hanem az ez ideig tartalékként fenntartott transzformátorokat a leendő bővítés, ill. új állomás üzembe lépéséig az üzemelő mellé, párhuzamos üzembe kell bekapcsolni.

A párhuzamos járás természetesen nem jelenti azt, hogy a tartalékképzés megszűnt, hiszen a normál üzemidőnek csak egy hányadában kell a két transzformátort párhuzamosan járatni, és hiba esetén a párhuzamos járatást meg lehet szüntetni, a terhelést az egy transzformátorra megengedett mértékűre lehet korlátozni vagy szomszéd állomásra áttelni. A párhuzamos járatás igénye tehát reális és a beruházásokkal kapcsolatos takarékoság szinte megköveteli.

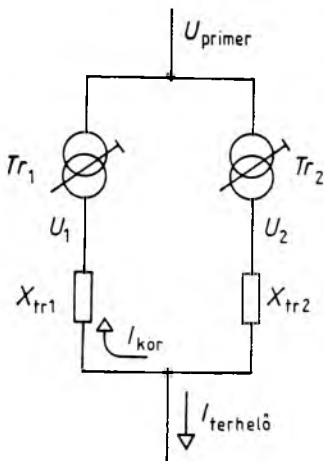
Vizsgáljuk meg e kérdést a szabályozóval kapcsolatban felmerülő követelmények szempontjából. Azonos áttételű és azonos dropú transzformátorok elvben fenntartás nélkül párhuzamosan járathatók, ha a hálózati viszonyok, védelmek, zárlati teljesítmények ezt lehetővé teszik. A feszültség szabályozós transzformátorok viszont az áttétel változtatásával szabályoznak, tehát a párhuzamos járatásnál azonos módon kell szabályozni a két transzformátort.

A mindig azonos áttételű párhuzamos járatás kezdetén úgy valósították meg, hogy a két párhuzamosan is járatható transzformátor fokozatkapcsolós rendszerét mindig együtt működtették, ha az egyik transzformátor ki volt kapcsolva, akkor is, azaz feszültségmentes állapotban is működtették a fokozatkapcsolót. Itt gondot okozott, hogy vagy egyetlen szabályozóautomatikát tartottak a két transzformátorhoz, ami a tartalékképzést már nem hagyta csorbítatlanul, vagy relés rendszerrel kellett mindig az egyik automatikát kijelölni a kettős vezérlésre. További gondot okozott, hogy ha valamilyen nem kívánt, de előforduló okból elállítódott az egyik fokozatkapcsoló, akkor azt semmi nem vitte vissza közös helyzetre. Ez ellen „fokozatkapcsoló — eltérő állás” védelmet lehet alkalmazni.

Az áramkompenzáció ilyen esetben csak összegező áramváltó és megfelelő bővítőelemek bevezetésével volt beállítható.

Ezeknek a nehézségeknek az elhárítására született az első igazán egyszerű és használható megoldás az ún. keresztkompenzáció. Mindkét transzformátort a saját szabályozója vezérli. A két áramkompenzáció párhuzamos üzemben fel van cserélve, tehát *A* transzformátor szabályozója a *B* transzformátor áramjelét dolgozza fel és viszont. Ekkor nincs szükség arra, hogy a transzformátorok azonos fokozatkapcsoló-állásban legyenek a párhuzamos kapcsolás létrehozása pillanatában, és van hatás, amely vissza tudja hozni a késedelmes működés vagy induló hiba miatt elállítódott fokozatkapcsolót. A párhuzamos rendszer áramkompenzációja teljesen korrekt, ill. egyszerűen azzá tehető (pl. kétszeresre emelt szekunder árammal). Ez a párhuzamos járatási mód az áttételek kisebb eltérése, azaz néhány fokozat indulási eltérése esetén biztonsággal alkalmazható, és az áttérés a szülő üzem és a párhuzamos üzem között automatizálható.

Hibát e rendszerben az okoz, hogy ha a párhuzamos üzemre történő áttérés esetén az üzemi áramok nagyságrendjébe eső vagy azt meghaladó köráram tud kialakulni. A normál áramkompenzáció ugyanis ezeknél a készülékeknél fázishelyzet-



8-1. ábra. Párhuzamos üzemű transzformátorok

$$U_1 \neq U_2$$

$$\Delta U_1 = U_n - U_1$$

$$\Delta U_2 = U_n - U_2$$

$$I_{\text{kör}} = \frac{\Sigma \Delta U}{\Sigma X_{tr}}$$

Pl.  $\pm 15\%$ -os szétszabályozásnál és  $10\%$  drop esetén a max. áram:

$$\frac{I_{\text{kör}}}{I_n} = \frac{2 \cdot 0,15}{2 \cdot 0,1} = 1,5 \text{ (150\%)},$$

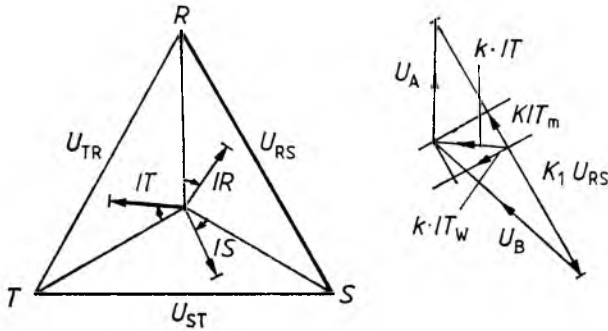
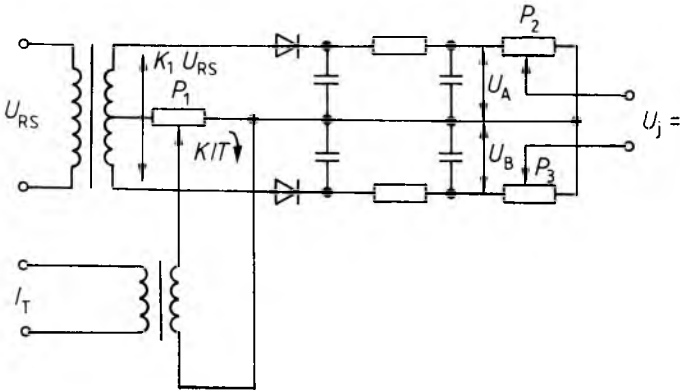
és a legkisebb  $1,3\%$ -os szétszabályozásnál ez az érték

$$\frac{I_{\text{kör}}}{I_n} = \frac{0,013}{2 \cdot 0,1} = 0,065 \text{ (6,5\%)}.$$

független, és nagy köráram esetén mindkét fokozatkapcsoló el fog menni a legfelső állásba, amit az áramkompenzáció diktálni tud. Ha ez a két érték egymáshoz közeli, akkor a szabályozás helyre fog állni és a normál üzem folytatódik, akkor azonban, ha ezek a helyzetek is jelentősen eltérnek, akkor valamelyik transzformátort a védelme ki fogja kapcsolni.

Ennek a hibának a kiküszöbölése érdekében a legújabb szabályozóknál be kellett vezetni egy fázishelyzetfüggő áramérzékelőt, amelyet a szabályozási rendszerbe kellett beiktatni. Itt a működési elv a következő. Két párhuzamosan járó eltérő áttételű transzformátorban a terhelésekből adódó áramon kívül az áttételek eltérésétől és a belső ellenállásoktól függő köráram folyik. Ez a köráram a transzformátorok belső ellenállásainak jellege miatt meddő áram, amelyet a szabályozás folytán létrehozott eltérő feszültség hoz létre a paralel járó transzformátorok impedanciáján (8-1. ábra). Ezt a meddő áramot kell tehát érzékelni, és annak jellege szerint beavatkozni a feszültségszabályozásba. Az érzékelés egyszerűsített vázlatát mutatjuk be a 8-2.



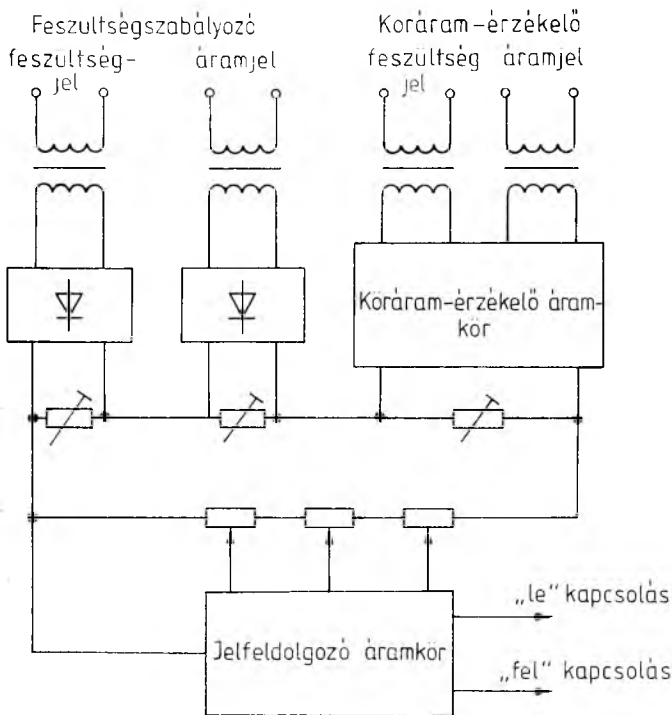


8-2. ábra. Köráram-érzékelés

ábrán. Az ábrából látható, hogy  $U_{RS}$  feszültségre kapcsolt feszültségváltó feszültségjelét és  $I_T$ -re illesztett áramváltó áramának ellenálláson ejtett jelét használjuk fel az érzékelésre. Itt  $I_T$  tiszta hatásos teljesítmény esetén merőleges vektorhelyzetű jelfeszültséget állít elő  $P1$  potenciométer kapcsain az  $R_{RS}$  feszültségjelhez képest, így  $U_j =$  kimeneti jelfeszültség mint két egyforma egyenfeszültség különbsége nulla értékű, ( $P2$  és  $P3$  potenciométerek az induló aszimmetria kiegyenlítését szolgálják.)

Ha a két transzformátort párhuzamos üzemre kapcsoljuk, akkor a meginduló köráram  $I_T$  fázishelyzetét megváltoztatja és nagyságát megnöveli.  $U_j$  ekkor a fázishelyzettől függő polaritású, és  $I_{Tm}$  meddő áram nagyságával arányos egyenfeszültségként jelentkezik. Ezt az egyenfeszültséget megfelelő polaritással az érzékelőkörbe iktatva a szabályozót a megfelelő irányú kapcsolási parancs kiadására kényszeríthetjük (l. 8-3. ábrát). A beavatkozás itt folyamatos, ami a statikus szabályozási pontosságot rontja, ezért a köráramérzékelő áramkör a tényleges kivitelnél további küszöbkapcsolást tartalmaz. Ez egyúttal felhasználható arra is, hogy túlzottan nagy köráram esetén, amely már a védelmeket indítaná, a jelfeldolgozó áramkör időzítését is kiiktassa.

A szóló—párhuzamos üzem automatizálásához még a szabályozók áramkompenzációjának a megfelelő korrekcióját kell biztosítani, amelyet a 8-4. ábrán mu-

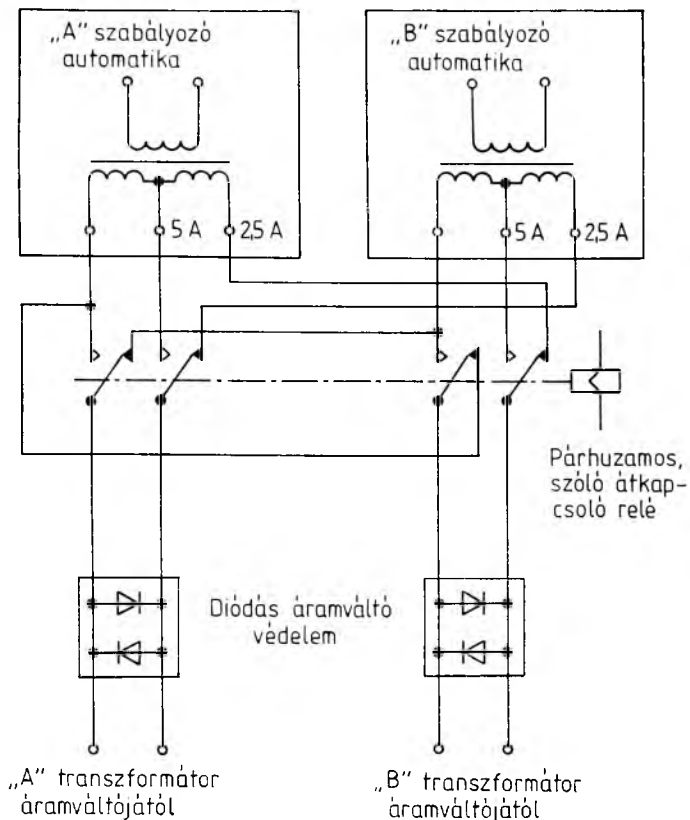


8-3. ábra. A köráram-érzékelő és a feszültség-szabályozó kapcsolata

tatunk be. Az ábra szerinti kapcsolásban a két áramváltó-bemenet felcserélését és az áramérzékelés 1:2 arányú váltását (egyforma két transzformátor párhuzamos üzemét tételezzük fel) egy négy váltóérintkezős relé biztosítja.

Az eddigiekben nem szóltunk a hálózatot egymástól távoli pontokon tápláló, párhuzamos üzemű transzformátorokról, ahol az áramváltókörök keresztkapcsolását a nagy földrajzi távolság nem teszi lehetővé, és a párhuzamosan járó transzformátorok lazábban kapcsolódnak. A köráram-kompenzációs rendszer az esetben is jól működik, csak a köráram mértékét a 8-1. ábra szerinti kapcsolás  $X_T$  impedanciáján túlmenően  $X_H$  hálózat is korlátozza, így érzékenyebbre kell állítani a köráram-kompenzációt. Az áramérzékelés váltására itt nincs szükség, mert a hálózatot tápláló, elvileg korlátlan számú transzformátor várhatóan a saját körzetét látja el árammal, és áramkompenzációja ennek a terhelésnek megfelelően állítható be. Egy lényeges szempont viszont, hogy a szabályozott feszültség értékét minél pontosabban állítsák egyformára. Olyan esetekben, amikor a párhuzamosan kapcsolt transzformátorok körárama csak a hálózaton keresztül tud folyni, a kapcsolás helyes beállítása igen gondos analízist kíván, és egyes esetekben nehézségek állhatnak elő. Szerencsére ritkán kell ilyen üzemet fenntartani Magyarországon.

Az Intézetünkben kidolgozott legújabb szabályozóautomatika, az ATSZ 5P, a leírt alapelvek figyelembevételével készült, akár gyűjtősínen, akár hálózaton keresztül párhuzamosan járatott transzformátorok vezérlésére alkalmas. A készülék kidolgozásával jelentős beruházás-megtakarítást tettünk lehetővé a villamosenergia-szolgáltatás területén.



8-4. ábra. Áramkompenzáció szülő—párhuzamos üzemben

## Irodalom

- [1] F. Gahler: Regelung von parallel betriebenen Stufentransformatoren. Energiewirtschaftliche Tagesfragen. 1976/8
- [2] W. Reisinger: Elektronischer Spannungsregler für Regeltransformatoren ELIN Zeitschrift. 1977/3
- [3] H. Leibold—H. Lucke: Spannungsregler 6 GC16 mit Effektivwertmessung für transformatoren mit Stufenschaltern. Siemens-Zeitschrift. 1978/4
- [4] Czigány Béla: A hazai elosztóhálózatok feszültségszabályozási rendszere (Cikksorozat) Elektrotechnika 1978/12, 1979/1, 1979/2
- [5] Hálózatfejlesztési Irányelvek. MVMT kiadvány, 1984.



# 9.

## A terhelési viszonyok figyelembevétele állásos követőszabályozással ellátott áramellátási inverterek elvi vizsgálatánál

*DR. NAGY LÁSZLÓ*

### ÖSSZEFOGLALÁS

A cikk a korábbi publikációkban már tárgyalt üresjárási állapotból kiindulva vizsgálja állásos, követőszabályozással ellátott áramellátási inverterek terhelt esetekben, ill. ugrásszerű terhelésrádobások hatására lejátszódó alapvető működési folyamatait. Külön ismerteti a különböző terheléstípusok (induktív, kapacitív, rezisztív) hatását, valamint szempontokat ad a terhelési állapotokat is figyelembe vevő méretezéshez és üzemeltetéshez.

### УЧЕТ НАГРУЗОЧНЫХ СОСТОЯНИЙ В ПРИНЦИПИАЛЬНОМ ИСПЫТАНИИ ИНВЕРТОРОВ ТОКОСНАБЖЕНИЯ, СНАБЖЕННЫХ СО СТОЯЩИМ СЛЕДЯЩИМ РЕГУЛИРОВАНИЕМ

*Д-Р. Л. НАДЬ*

### Резюме

В статье, исходя из рассмотренных в ранних публикациях состояния холостого хода, анализируются основные рабочие процессы инверторов токоснабжения, снабженных с следящим регулированием в нагруженных случаях, а также в случае мгновенного наброса нагрузки. Отдельно рассматривается действие различных типов нагрузок (индуктивный, емкостный, омический), а также представляются соображения по расчету и эксплуатации с учетом нагрузочных состояний.

### BERÜCKSICHTIGUNG DER LASTVERHÄLTNISSE BEI DER THEORETISCHEN UNTERSUCHUNG VON STROMVERSORGUNGSWECHSELRICHTERN DIE MIT FOLGEREGELUNG VERSEHEN SIND

*DR. L. NAGY*

### Zusammenfassung

Im Artikel werden die grundlegenden Funktionsprozesse von Stromversorgungswechselrichtern, die mit Folgeregelung versehen sind, in Lastfällen beziehungsweise bei sprunghafter Belastungserhöhung untersucht, wobei aus dem in früheren

Publikationen bereits behandelten Leerlaufzustand ausgegangen wird. Es wird die Wirkung verschiedener Lastfälle (induktiv, kapazitiv, resistiv) gesondert behandelt, und es werden Gesichtspunkte für die Bemessung und Betriebsführung gegeben, wobei auch die Lastfälle berücksichtigt werden.

## TAKING THE LOAD CONDITIONS INTO ACCOUNT IN THEORETIC EXAMINATION OF POWER SUPPLY INVERTERS PROVIDED WITH BANG-BANG CONTROL

BY DR. L. NAGY

### Summary

This article examines the fundamental operating processes of power supply inverters provided with bang-bang control with a start from the no-load condition already discussed in preceding publications, in loaded conditions resp. on sudden application of the loads.

It separately describes the effect of various (inductive, capacitive, resistive) load types in addition to giving hints on dimensioning and operating with the load conditions reckoned with.

Az állásos követőszabályozással ellátott áramellátási inverterek elvi működési folyamatait elemző eddigi publikációink csupán az üresjárásban meghatározott alapjellel történő bekapcsolás esetét vizsgálták. A következőkben röviden áttekintjük a rendszer viselkedését akkor, ha üresjárási állandósult állapotban terhelésrövidítés történik.

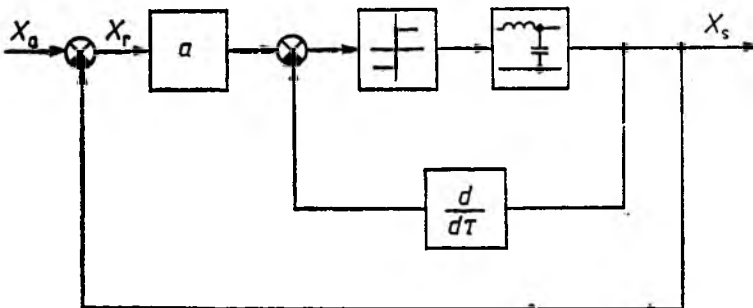
Vizsgálatainkat a 9-1. ábra szerinti, egyszerűsített blokkvéma alapján mindig csak a 9-2. ábra szerinti érzéketlenségi sáv, hiszterézises relé esetére terjesztjük ki, minthogy egyrészt ez a legösszetettebb, másrészt a gyakorlati alkalmazás szempontjából ennek van a legnagyobb jelentősége.

Üresjárásban az inverter szűrőkörére az

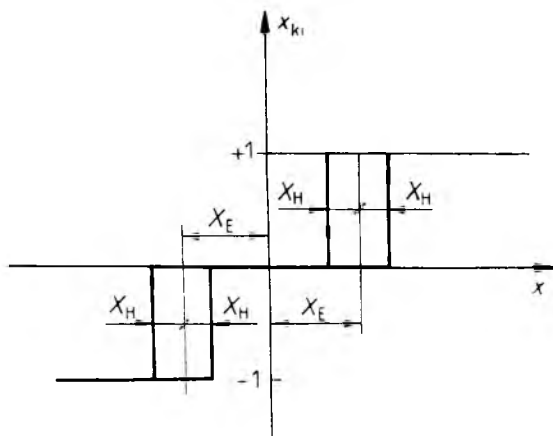
$$u_a = LC \frac{d^2 u_c}{dt^2} + u_c \quad (1)$$

egyszerű differenciálegyenlet volt felírható.

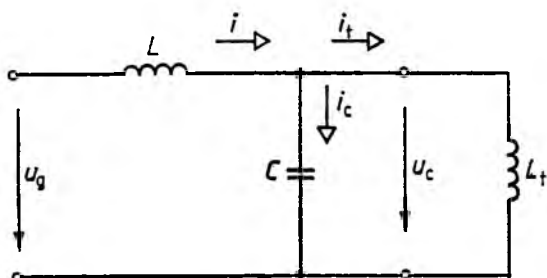
A számítások során először áttértünk relatív egységekre, ahol a feszültségalap az invertert tápláló egyenfeszültség volt, és az időegységet a szűrő rezonancia-körfrekvenciájával korrigáltuk, majd alkalmaztuk az  $x_r = x_a - x_s$  összefüggést, feltételezve az alapjel állandóságát a tranziensek alatt — ami elhanyagolható hibát okoz.



9-1. ábra. Szabályozási kör egyszerűsített blokkvázlata



9-2. ábra. Érzéketlenségi sávos, hiszterézises relé jelleggörbéje



9-3. ábra. Induktív terhelés figyelembevétele

ha a szűrő saját frekvenciája legalább tízszerese az alapjel frekvenciájának — és így jutottunk el az

$$\ddot{x}_r + x_r = X_a - \operatorname{sgn} x_r \quad (2)$$

összefüggéshez. Ezt a különböző esetekben a fázissíkon ábrázolva kaptuk a kapcsolási folyamatokat jól szemléltető trajektóriákat.

A terhelési változatok közül tekintsük először a *tiszta induktív* esetet. A terhelés figyelembevételével a kimeneti szűrőkorre a 9-3. ábra alapján a következő differenciálegyenlet írható fel:

$$u_g = LC \frac{d^2 u_c}{dt^2} + u_c \frac{L_t + L}{L_t} \quad (3)$$

Ha bevezetjük a

$$B = \frac{L_t}{L + L_t} \quad (4)$$

tényezőt és elvégezzük az üresjárási esetnél alkalmazott átalakításokat, akkor a

$$B\ddot{x}_r + x_r = X_a - B \operatorname{sgn} x_r \quad (5)$$

összefüggést nyerjük. Ezt összevetve az üresjárású esetre nyert (2) kifejezéssel két helyen találunk módosulást: megváltozott a gerjesztőfeszültség és a rendszer saját-frekvenciája.

Tekintettel arra, hogy  $B < 1$ , a gerjesztőfeszültség  $B$ -szeresre csökken, a saját-frekvencia pedig  $\frac{1}{\sqrt{B}}$ -szeresre nő. Ez azt jelenti, hogy ha az üresjárású esettel egy

koordináta-rendszerben kívánjuk ezt a terhelési állapotot is ábrázolni, akkor a szerkesztés igen megnehezül, ugyanis a frekvencianövekedés miatt a kapcsolási körök ellipszizisekké nyúlnak az  $x_r$  tengely mentén. Célszerűbb azt a módszert követni, hogy a terhelésrádobás pillanatában áttérünk egy olyan módosított koordináta-rendszerre, amelyben ez az eset ad kört. Ehhez az szükséges, hogy az üresjárásúnál alkalmazott

$$\tau = \frac{t}{\sqrt{LC}}$$

időalap helyett a

$$\tau' = \frac{t}{\sqrt{BLC}} \quad (6)$$

időalapot válasszuk. Ekkor ugyanis az (5) összefüggés a következőképpen módosult:

$$\ddot{x}_r + x_r = X_a - B \operatorname{sgn} x_r. \quad (7)$$

A saját koordináta-rendszerében ábrázolva ez már kör, csupán azt kell figyelembe vennünk, hogy a kapcsolási körök középpontjának helye megváltozik a lecsökkent gerjesztőfeszültség következtében. A + kapcsoláshoz tartozó kör középpontjának eltolása az origóhoz képest most

$$E' = B - X_a \quad (8)$$

a - körre vonatkozóan pedig az eltolás:

$$F' = -B - X_a. \quad (9)$$

A 9-4. ábrán az induktív terhelésrádobás esetére láthatunk példát. Az ábra felső részén az üresjárású állandósult állapotban  $A$ -val jelöljük azt a pontot, amelyben a terhelés rákapcsolása és ezáltal az alsó ábrára való áttérés megtörtént. Láthatjuk, hogy az induktív terhelés a lényegi folyamatok jellegét nem változtatja meg. Gyakorlati szempontból a legnagyobb veszélyt a gerjesztőfeszültség csökkenése jelenti. Emiatt általában arra törekszünk, hogy  $B$  minél jobban megközelítse az 1-et.

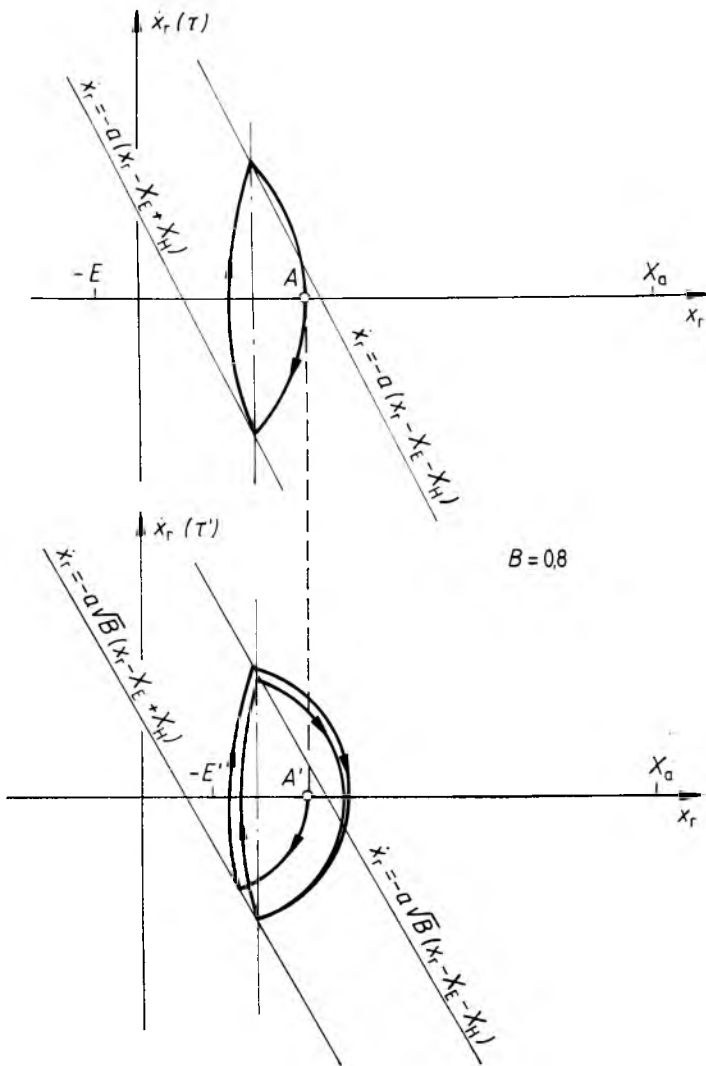
A kapacitív terhelés rádobás esetén a 9-5. ábra szerint a terhelést reprezentáló  $C_1$  kondenzátor párhuzamosan kapcsolódik a szűrő  $C$  kondenzátorával. A rendszer alap differenciálegyenlete a következőképpen módosul:

$$u_B = (C + C_1)L \frac{d^2 u_C}{dt^2} + u_C. \quad (10)$$

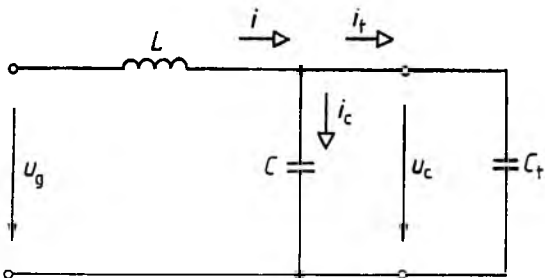
A szűrő saját-frekvenciája az  $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$  értékről

$$\omega'_0 = \frac{1}{\sqrt{L(C+C_1)}} \quad (11)$$





9-4. ábra. A hibajel trajektóriái induktív terhelés rádobása esetén



9-5. ábra. Kapacitív terhelés figyelembevétele

értékre módosul. Minthogy

$$\omega'_0 < \omega_0,$$

az üresjárási állapottal egy koordináta-rendszerben ábrázolva a kapacitív terhelés esetét, a körök ellipszisekké lapulnak az  $x_r$  tengely mentén.

Ez esetben is célszerű a terhelésrádobás pillanatában új koordináta-rendszerre áttérni, amelyben az időalap

$$\tau'' = \frac{t}{\sqrt{L(C+C_1)}}. \quad (12)$$

Az áttérésnél azonban arra is tekintettel kell lennünk, hogy a (10) egyenlet kezdeti feltételei nem azonosak az üresjárási eset állandósult állapotában a terhelésrákapcsolás előtti utolsó pillanat jellemzőivel, ugyanis a kimeneti  $C$  kondenzátorban tárolt töltésmennyiség most megoszlik a két kondenzátor között, tehát ennek megfelelően az eredő nagyobb kapacitású kondenzátor sarkain a feszültség csökken. Ez azt jelenti, hogy a szabályozott jellemző  $x_{sü}$  üresjárási értéke a rákapcsolás pillanatában az

$$X_{sc} = \frac{C}{C+C_1} X_{sü} \quad (13)$$

értékre esik vissza, így a hibajel értéke rákapcsoláskor

$$X_{rc} = X_a - X_{sc} = X_a - \frac{C}{C+C_1} X_{sü} = X_a - \frac{C}{C+C_1} (X_a - X_{rü}). \quad (14)$$

Az összefüggésben  $X_{rü}$  a hibajel értéke üresjárásban a rákapcsolás pillanatában. A (14) kifejezés szerkesztésénél igen előnyösen alkalmazható, mert az  $(X_a - X_{rü})$  érték az üresjárási jelleggörbéből egyszerűen kivethető. A 9-6. ábra mutatja az átmeneti folyamatot egy kapacitív terhelésrádobás esetére.

Rezisztív terhelésre a 9-7. ábra szerinti elrendezés differenciálegyenlete:

$$u_g = LC \frac{d^2 u_c}{dt^2} + \frac{L}{R} \frac{du_c}{dt} + u_c. \quad (15)$$

Vezessük be most is az üresjárási esetre meghatározott

$$\tau = \frac{t}{\sqrt{LC}}$$

időalapot és térjünk át a már korábban is alkalmazott relatív egységekre, valamint az alapjel állandóságának feltételezésével vezessük be a hibajelet a szabályozott jellemző helyére:

$$\ddot{x}_r + \frac{1}{2R} \sqrt{\frac{L}{C}} \dot{x}_r + x_r = X_a - \operatorname{sgn} x_r. \quad (16)$$

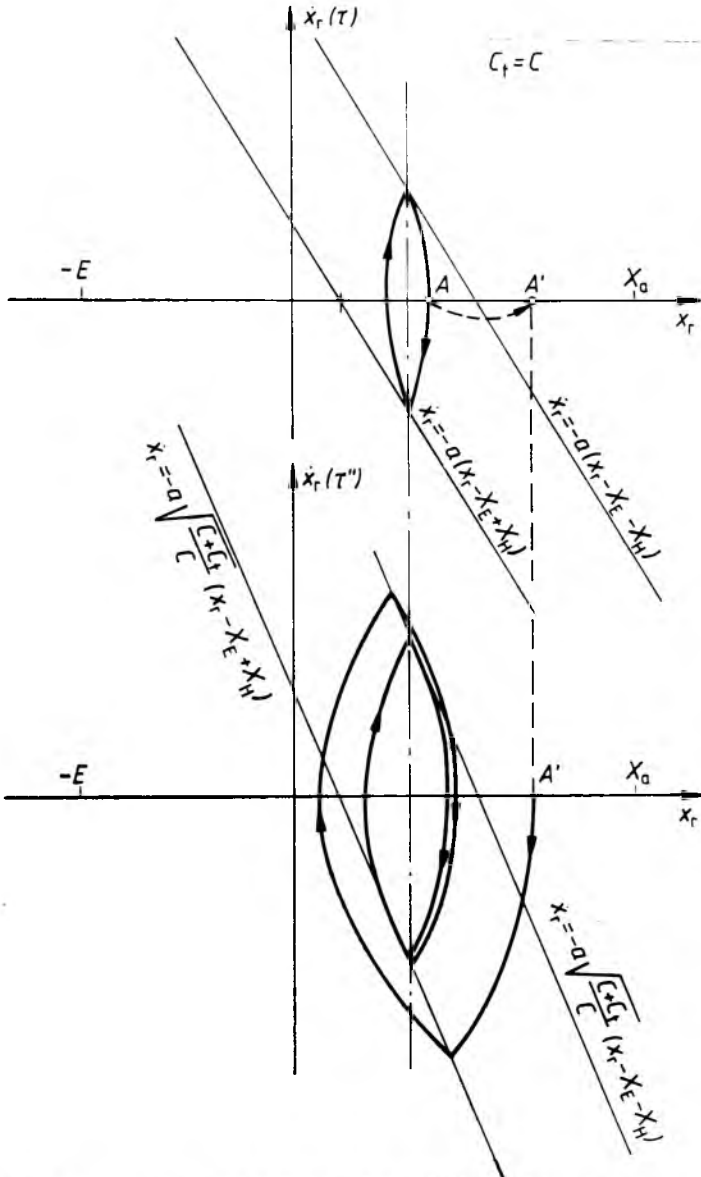
Ez az összefüggés annyiban különbözik az üresjárási esettől, hogy most a rezisztív terhelés hatására megjelent a körben a csillapítás is. Ennek következtében a fázissíkon a kapcsolási állapotok körei  $e^{-\xi\tau}$  szerint csökkenő sugárral, de változatlan középpontokkal spirálisokká alakulnak át. Itt

$$\xi = \frac{1}{2R} \sqrt{\frac{L}{C}} \quad (17)$$

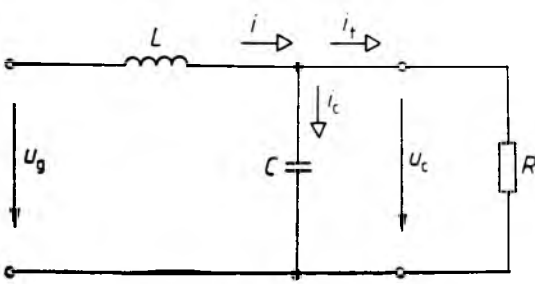
a csillapítás mértékére jellemző állandó. A szűrő sajátfrekvenciája is csökken

$$\omega'_0 = \sqrt{1 - \xi^2} \omega_0 \quad (18)$$

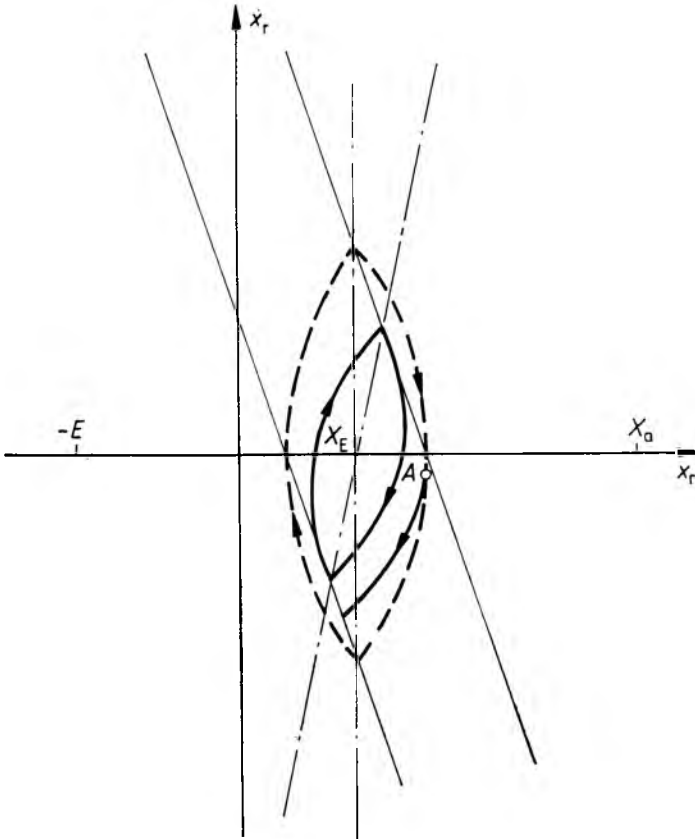
mértékben, ahol  $\omega_0$  az üresjárási,  $\omega'_0$  a terhelési állapothoz tartozó körfrekvencia. Ez a változás azonban gyakorlati szempontból elhanyagolható, hiszen a közép- és nagy teljesítményű invertereknél  $\xi$  értéke általában 0,1 körüli vagy ez alatti, aminek eredményeképpen a két körfrekvencia eltérése kisebb, mint 1%.



9-6. ábra. A hibajel trajektóriái kapacitív terhelés rádobása esetén



9-7. ábra. Rezisztív terhelés figyelembevétele



- - - - - Üresjárás                       $\xi = 0.2$   
 ———— Terhelt állapot

9-8. ábra. A hibajel trajektóriái rezisztív terhelés rádobása esetén

A 9-8. ábra névleges ellenállás terhelés üresjárásból történő rádobásának folyamatát mutatja. Az ábrán a szűrőkör frekvenciájának egyébként is elhanyagolható mértékű megváltozásától eltekintettünk. A csillapítás hatására az egyes kapcsolási folyamatok körívek helyett csökkenő sugarú spirális szakaszokon futnak. Ennek következtében az állandósult határciklus helyzete is megváltozik. Az állandósult átkapcsolási pontok már nem az  $x_r = X_E$  egyenesen helyezkednek el, hanem egy olyan tengelyen, amely továbbra is átmegy az  $(X_E, 0)$  ponton, de az előző egyenessel egy, a csillapítás mértékétől függő szöget zár be. Ennek az új tengelynek és a megfelelő kapcsolóegyeneseknek a metszéspontjai adják az új, állandósult állapotbeli átkapcsolási pontokat.

E rövid összefoglalás jól szemléltette, hogy a terhelési állapotok figyelembevétele nem módosítja minőségileg a szabályozási rendszer alapvető működési folyamatait. Az üresjárási esetenél alkalmazott egyszerű módszerek csekély korrekciókkal itt is megfelelő eszköznek bizonyulnak, és jól biztosítják az átmeneti folyamatok szemléletes követhetőségét.

- [1] *Dr. Nagy László*: Relés követőszabályozás alkalmazása áramellátási inverterek megvalósításánál. VKI Közlemények 9. kötet 1984.
- [2] *Dr. Nagy László*: Áramellátási inverterek állásos követőszabályozása. Automatizálás: XVIII. évf. 3. sz. 1985. március. 9—12. oldal
- [3] *Dr. Nagy László*: Néhány szempont az állásos követőszabályozással ellátott áramellátási inverterek szabályozási körének méretezéséhez. Villamosság: 33. évf. 12. sz. 1985. december. 353—356. oldal



# 10.

## Szünetmentes áramellátó rendszer konténerei az Oroszlányi Szénbányák részére

*KÓSA JÓZSEF—LAUB BÉLA—VAJAI GYULA*

### ÖSSZEFOGLALÁS

A cikkben a szerzők ismertetik a szünetmentes áramellátó rendszer telepítésének, és a vele kapcsolatos beruházásnak a problémáit, a konténeres megoldás előnyeit és a szabadtéri elhelyezés által fölvetett kérdéseket. Elemzik a műszaki lehetőségeket, és a megvalósított kétkonténeres rendszeren ismertetik, valamint ábrákkal illusztrálják az optimális hűtési, fűtési, szellőzési és műszaki szerkezeti megoldásokat. Végül összefoglalják a szerzett üzemeltetési tapasztalatokat.

### КОНТЕЙНЕРНАЯ БЕСПЕРЕБОЙНАЯ СИСТЕМА ТОКОСНАБЖЕНИЯ ДЛЯ ОРОСЛАНЬСКИХ УГОЛЬНЫХ ШАХТ

*И. КОША—Б. ЛАУБ—Д. ВАЙАИ*

### Резюме

В статье авторы излагают проблемы расположения и связанного с этим вложения бесперебойной системы токоснабжения, преимущества контейнерного решения и вопросы, возникающие из-за расположения под открытым небом. Анализируются технические возможности и на базе реализованной двухконтейнерной системы излагаются и схемами иллюстрируются оптимальные решения охлаждения, отопления, вентиляции и технической конструкции. Наконец, обобщаются накопленные эксплуатационные опыты.

### USV-ANLAGE IM KONTAINER FÜR DAS KOHLENBERGWERK OROSZLÁNY

*J. KÓSA—B. LAUB—GY. VAJAI*

### Zusammenfassung

Die Autoren legen im Artikel die Errichtungsprobleme des kontinuierlichen Stromversorgungssystems, und damit im Zusammenhang die Investitionsprobleme, die Vorteile der Containerlösung und die Fragen hinsichtlich der Freiluftaufstellung dar. Es werden die technischen Möglichkeiten analysiert und die optimalen Konstruktionslösungen für die Kühlung, Heizung, Belüftung anhand von Bildern gezeigt sowie am realisierten Zweikontainersystem beschrieben. Zum Schluss werden die gewonnenen Erfahrungen bei der Betriebsführung zusammengefasst.

# CONTAINER-TYPE NO-BREAK POWER SUPPLY SYSTEM FOR THE COAL MINES OF OROSZLÁNY

BY J. KÓSA—B. LAUB—GY. VAJAI

## Summary

In this article the authors describe the installation and the correlating investment problems of a no-break power supply system, the advantages of the container solution and the questions raised by the outdoor installation. The authors make an analysis on the technical facilities and on the example of a realized two-container system they describe, with illustrations, the optimal cooling, heating, ventilation and technical structural solutions. Finally, a summary of the operational experience gained so far is given.

Napjainkban tovább fokozódik az igény a különböző teljesítményű és áthidalási idejű szünetmentes áramellátó rendszerek iránt. Elhelyezésük mind ez ideig csak a hagyományos épületekben történt.

Túl gyakori, hogy meglevő épületekben egyszerűen lehetetlen a szükséges alapterületű helyiséget biztosítani. Felvetődött az épületen kívüli elhelyezés gondolata, amely a konténeres megoldáshoz vezetett. Az előbbi probléma kiküszöbölésén túl ez az elhelyezési forma további előnyökkel is jár:

- A fejlesztő és a megrendelő részére optimális megoldást jelent, mivel a berendezések szerelése, élesztése a fejlesztő telephelyén történhet. Ezáltal lényegesen csökken a helyszíni üzembehelyezési idő, valamint annak költségei.
- A fejlesztő egy mobil áramforrási rendszert alakít ki, amely a szükségletnek megfelelően, minimális ráfordítással bármilyen területre áttelepíthető.

Ismert az a tény, hogy ezek az áramellátó rendszerek elhelyezés szempontjából két fő egységre bonthatók. Az egyik az akkumulátortöltőt, az egyen—váltakozó feszültségű átalakító invertert, és az átkapcsoló egységet, a másik pedig az energia-tárolót tartalmazza.

Az első egység helyigényét alapvetően az átalakító teljesítménye határozza meg, a másodiknál a szünetmentes áthidalási idő a meghatározó tényező.

Az igények ismeretében kezdtünk hozzá a konténer méreteinek és teherbíró képességének meghatározásához, majd a megfelelő típus kiválasztásához. Több típus közül végül is a barcsi UNITECH Ipari Szövetkezet acélvázás Box-Block típusú konténercsaládját találtuk alkalmasnak. E típus külső méretei a következők: szélessége 2438 mm, magassága (tető nélkül) 2590 mm és hossza maximálisan 6058 mm.

1985-ben az Oroszlányi Szénbányák Vállalat megrendelésére a konténeres szünetmentes áramellátó rendszer fejlesztését végeztük. A gyártástechnológiából adódó hossz méret azt az előnyt jelentette számunkra, hogy a gyártónál kiválasztott típus a helyigényeinknek optimálisan megfelelt.

A műszaki és a telepítési igények, valamint az üzemeltetési feltételek figyelembevételével rögzítettük az egyes konténerekkel szemben támasztott követelményeket, amelyek a következők voltak:

- a külső fémburkolat időjárásálló festékekkel történő bevonása, hogy az időjárási tényezők ne tegyék tönkre a vasszerkezetet,
- a külső és belső burkolat közötti 100 mm vastag hőszigetelőréteg és a belső burkolat éghetetlen anyagból készüljön (ez azért szükséges, hogy belső tűz a külső környezetben, külső tűz a berendezésekben ne tudjon kárt okozni).

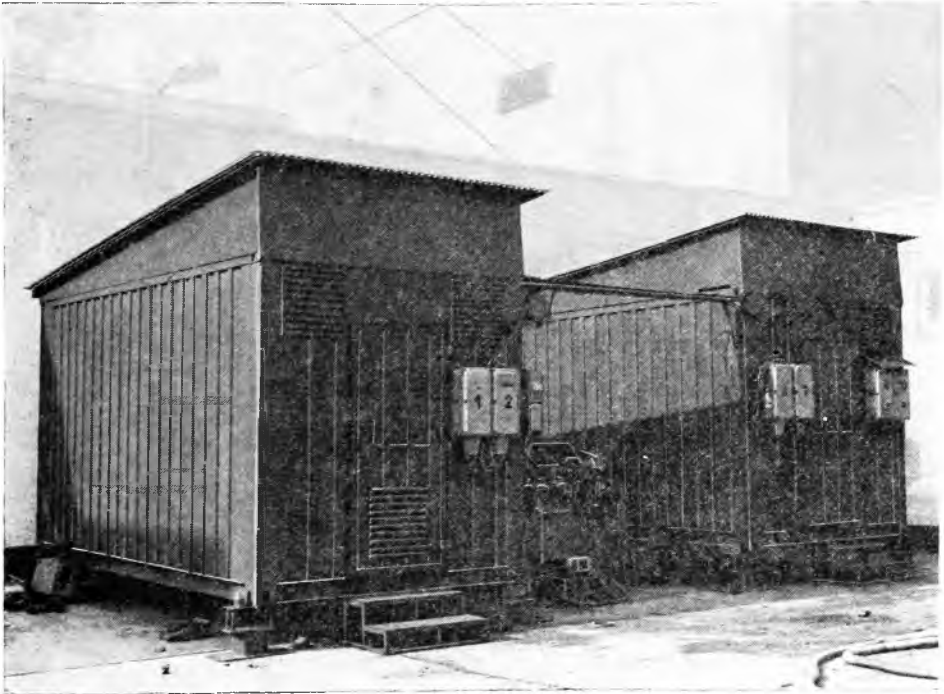


- a természetes légáramlás kialakulásán túl a kényszeráramlás is létrehozható legyen,
- megfelelő fűtési, világítási és kábelvezetési lehetőség biztosított legyen. Az ún. akkumulátoros konténernél az előbbieken kívül még a következő biztonsági rendszabályokat kellett figyelembe venni:
  - a belső borítás gázzáróan illeszkedjék a vázszerkezethez, és saválló festékkel legyen bevonva,
  - olyan padlóösszefolyót vagy összefolyókat kell létesíteni, amelyen a kifolyt sav vagy tisztítóvíz lefolyhat. A környezetvédelem szempontjából ezeket a lefolyókat össze kell kötni egy gyűjtőtartállyal, hogy az akkumulátorsav ne a szabadba távozzon.

E szempontokat a következőképpen juttattuk érvényre. A vaslemez borítással készült konténerek burkolatát kívülről a jól bevált Orkán típusú festékkel, belülről pedig az áramellátó konténernél ASLA típusú, az akkumulátoros konténernél pedig TIPOX UBS típusú saválló bevonattal rendeltük. Hőszigetelő anyagként a kívánt vastagságban ásványgyapotot építettünk be.

Külön ki kell emelni az akkumulátoros konténer belső burkolatánál a gázzáró illeszkedés megoldását; az egymáshoz illeszkedő lemezek szakaszos varratokkal kerültek a vázszerkezetre, és a köztük levő hézagokat sziloplással tömítették.

A konténerek szellőzési megoldása különböző. Az áramirányítós konténer természetes szellőzését a szekrények alatti rész kivágásával, a homlok-, ill. hátrészeken szellőzőnyílások kialakításával oldottuk meg. A levegőbeömlő, ill. -kiömlő nyíláso-



10-1. ábra

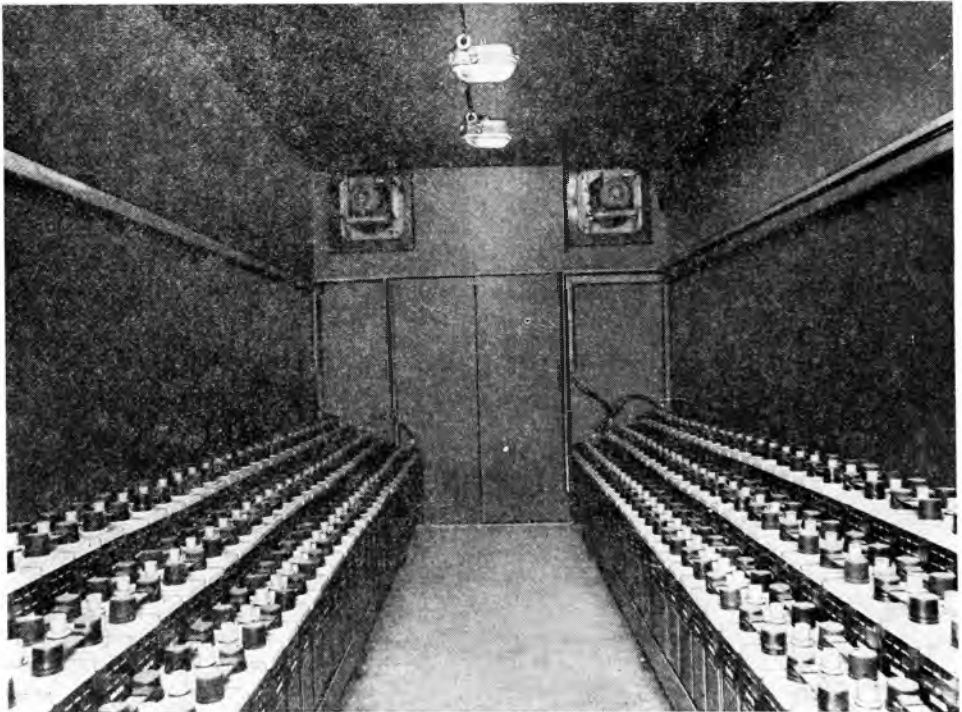
kat az apró bogarak, rágcsálók, valamint madarak bejutásának megakadályozására cserélhető szűrőbetétekkel láttuk el. A betétek cserélhető kivitelére azért van szükség, hogy az eltömődött sziták cseréjével a hűtési feladatokat is ellátó természetes légáramlás állandóan biztosítva legyen.

A mesterséges hűtést a készülék felső vonalában elhelyezett ventilátorokkal valósítottuk meg. Korábban említett beömlőnyílásokon keresztül intenzíven áramló levegőt bocsátunk át a berendezések elemein, ami lehetővé teszi nagyobb teljesítményű berendezések ugyanazon térfogatú konténerbe építését, ill. mostoha időjárási viszonyok között is biztosítható a berendezések zavartalan üzeme. A ventilátorok indítását egy belső hőmérséklet-érzékelővel, egy szobatermosztáttal valósítottuk meg.

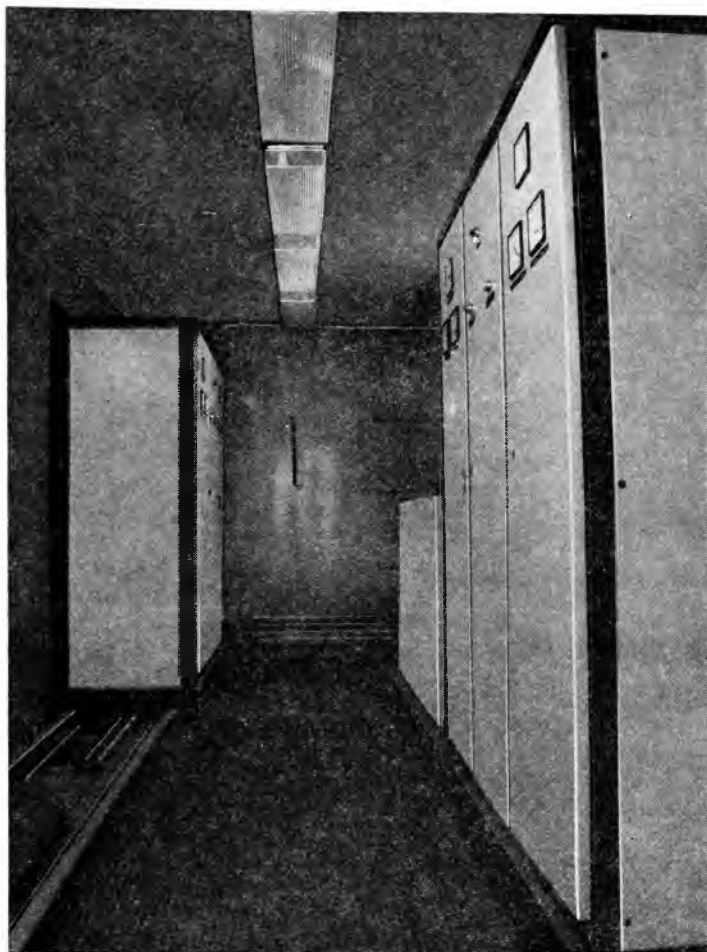
Az akkumulátoros konténer természetes hűtését és szellőzését az oldal- és ajtózsaluik biztosították a tetőszerkezeten levő kéményen át. A forszírozott hűtést a konténeroldalakra szerelt robbanásbiztos motorokkal ellátott ventilátorok valósítják meg. Ezek a ventilátorok csak a gyorstöltés ideje alatt üzemelnek.

A külső hőmérséklet csökkenése esetén az áramellátó konténerben a ventiláció leáll, a fűtést a berendezésekben keletkező veszteség hő biztosítja.

Az akkumulátoros konténerben az akkumulátor méretétől függően lépcsős, zárt tepsitartókat helyeztünk el. A tepsik aljába fűtőkábelt építettünk bevonva egy minimális betonréteggel, a beton felületét pedig Tipox UBS gyantával. A fűtést a konténer külső oldalán elhelyezett, tokozatba beszerelt hőmérséklet-érzékelő jele kapcsolja be. Hőmérséklet-csökkenés esetén vagy a mesterséges szellőztetés megindításakor a fűtőteljesítményt növelni lehet a fűtőkábel kapcsolásának megváltoztatá-



10-2. ábra



10-3 ábra

sával. Az akkumulátorok fűtésével elértük, hogy a külső hőmérséklet-csökkenés ne befolyásolja jelentősen az akkumulátorok kapacitását és ezáltal nagy hidegben sem csökken az áthidalási idő, ill. nő az akkumulátorok élettartama.

A berendezéseket a konténer oldalsó részére hegesztett, élükre állított U-gerendák tartják. Így biztosítható a középső folyosón az akadálymentes közlekedés és munkavégzés, a szekrények közötti kábelek összekötése, valamint a berendezések minden részegységének a hűtése.

A konténereket a mennyezetre szerelt, robbanásbiztos világítótestek világítják meg.

A konténerek tetejére könnyen eltávolítható eső- és napsugárzásvédő tetőt szerelt a gyártó vállalat, ajtajait pedig gumitömítéssel látta el.

Az Oroszlányi Szénbányák Vállalat megrendelésére készült szünetmentes áramellátó rendszer bányabiztonsági berendezéseket táplál. A 10-1. ábrán látható

két konténer egy sérült bányaelemeket tartalmazó udvarba telepítették. Kábelei közvetlen csatlakoznak a bányalejárat oldalába. Jól láthatók a villamos csatlakozásokat biztosító tokozott dobozok. A 10-2. ábra az akkumulátoros, a 10-3. ábra az áramirányítós konténer belső kialakítását mutatja.

A több mint egy éve üzembe helyezett szünetmentes áramellátó rendszer a szélsőséges időjárási viszonyok mellett kifogástalanul üzemel megrendelőink nagy megelégedésére.

A jövőben hasonló felépítésű, 100% beépített biztonsági tartalékkal rendelkező, 1 órától 24 óráig terjedő áthidalási idejű, 2,5 kVA-tól, 25 kVA teljesítményű, egy- és háromfázisú konténeres szünetmentes áramellátó rendszer fejlesztésével kívánunk foglalkozni.

# 11.

## Kompakt, több célú áramellátó rendszerek fejlesztési kérdései

PRÁGAI GYÖRGY

### ÖSSZEFOGLALÁS

Bevezetésül a cikk áttekinti az ilyen típusú áramellátó rendszerek főbb alkalmazási területeit, valamint az általuk támasztott különleges követelményeket. A továbbiakban sorra megvizsgálja a számításba vehető legfontosabb primer energiaforrások — nap-elem, szélgenerátor, termogenerátor — alkalmazásának lehetőségeit és a felmerülő műszaki-gazdasági problémákat.

Ezután az energiatároló akkumulátor kiválasztásának szempontjait foglalja össze, majd a fogyasztókat tápláló invertert és ezen keresztül a teljes áramellátó rendszer üzemi viszonyait tekinti át.

Befejezésül összefoglaló megállapításokat tesz a fejlesztés eddigi irányvonalairól.

### ВОПРОСЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ КОМПАКТНОЙ МНОГОЦЕЛЕВОЙ СИСТЕМЫ ТОКОСНАБЖЕНИЯ

Д. ПРАГАИ

#### Резюме

Во введении дается обзор важнейших областей применения систем токоснабжения данного типа, а также предъявленных особых требований. В дальнейшем рассматриваются возможности применения учитываемых важнейших первичных источников энергии — солнечных элементов, ветровых генераторов, термогенераторов — и возникающие технико-экономические проблемы.

После этого обобщаются соображения по выбору аккумулятора для хранения энергии, затем рассматриваются инверторы для питания потребителей и рабочие условия полной системы токоснабжения.

В заключения обобщаются существующие тренды совершенствования.

### FRAGEN DER ENTWICKLUNG EINES KOMPAKTEN STROMVERSORGUNGSSYSTEMS FÜR MEHRERE ZWECKE

Gy. PRÁGAI

#### Zusammenfassung

In der Einführung des Artikels werden die wichtigsten Anwendungsgebiete von Stromversorgungssystemen dieses Typs angeführt, sowie die durch sie gestellten besonderer Anforderungen. Im weiteren werden die Anwendungsmöglichkeiten der in Frage kommenden Primärenenergiequellen — Solarzelle, Windgenerator, Thermogenerátor — und die entstandenen technisch-ökonomischen Probleme untersucht.

Es werden dann die Gesichtspunkte der Auswahl des Akkumulators als Energiespeicher zusammengefasst, dann eine Übersicht über den Wechselrichter für die

Speisung der Verbraucher und dadurch über die Betriebsverhältnisse des gesamten Stromversorgungssystems gegeben.  
Zum Schluss werden zusammenfassende Feststellungen über die bisherigen Richtungen der Entwicklung getroffen.

## DEVELOPMENT PROBLEMS OF A COMPACT MULTI-PURPOSE POWER SUPPLY SYSTEM

BY GY. PRÁGAI

### Summary

As introduction, this article gives a survey on the main fields of applications of power supply systems of this kind and, on the special requirements set up by the same. Subsequent to this, the authors examine in succession the possibilities of the available major primary energy sources, such as solar cell, wind generator, thermogenerator, and the correlating technical-economical problems.

Following this, the article summarizes the aspects of selecting the energy storage battery then, it gives a survey on the inverter supplying the consumers and through this the operating conditions of the entire power supply system.

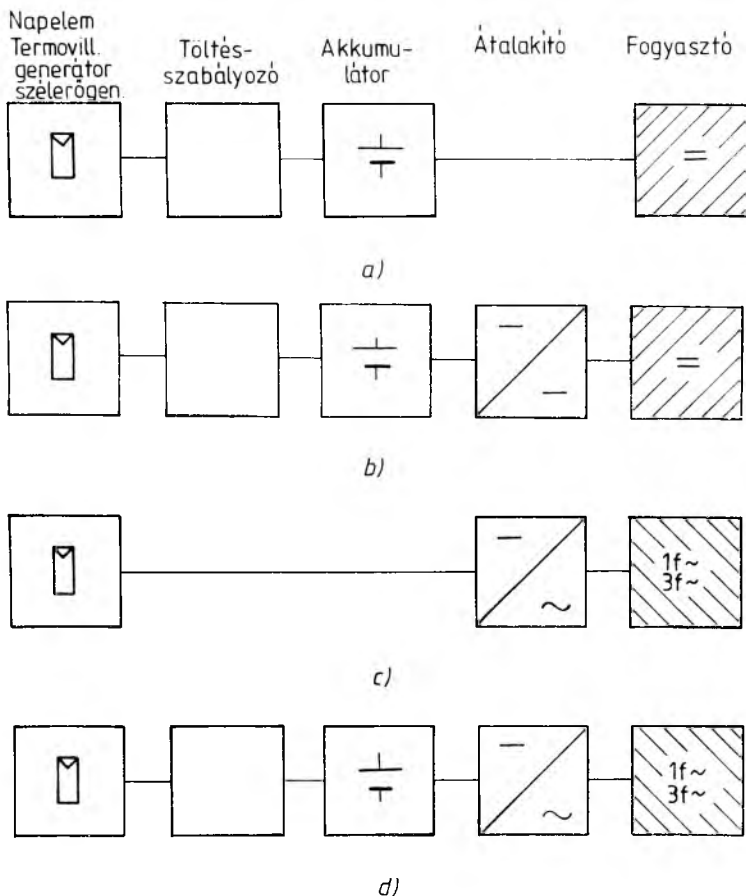
Finally, summarizing conclusions are drawn on the present trends of the development.

## 1. Bevezetés

A potenciális villamosenergia-fogyasztók nem elhanyagolható hányada nem csatlakoztatható a villamos elosztóhálózatra vagy azért, mert a csatlakozás kiépítése a nagy távolságok, a nehéz terepviszonyok stb. következtében gazdaságosan nem oldható meg, vagy egyszerűen az adott körzetben egyáltalán nincs villamos hálózat. Ilyenek pl. a hosszú csővezetékek mentén elhelyezett telemechanikai állomások, a hegyvidéki URH reléállomások stb., vagy az elmaradott villamos hálózattal rendelkező fejlődő országok közigazgatási—kulturális központjai. A fogyasztók egy másik csoportja számára a villamosenergia-igény ideiglenes jellege teszi gazdaságtalanná a csatlakozóhálózat kiépítését, pl. mozgó nyersanyagkitermelő bázisoknál, építkezéseknél stb. Egyes fogyasztóknál igény lehet a villamos energiának helyi energiaforrásból történő előállítására is, továbbá általában kívánalom a felügyeletmentes üzemeltethetőség.

A fogyasztó lehet egyenáramú vagy váltakozóáramú, ezt figyelembe véve a 11-1. ábra bemutatja a legjellegzetesebb áramellátó rendszerek elrendezéseit a rendszert alkotó alapegységek feltüntetésével. Látható, hogy a fő követelmények azonossága mellett a másodlagos igények általában a különböző fogyasztóknál eltérők, ennek ellenére a különféle áramellátó rendszerek azonos alapegységeket tartalmazhatnak. Célszerű olyan egységes elvek alapján felépített és meghatározott alapegységekből összeállított áramellátó rendszercsalád kifejlesztése, amelynél az alapegységek variálásával a különféle fogyasztói igények kielégíthetők.

A következőkben megvizsgáljuk azokat a legfontosabb szempontokat, amelyeket az áramellátó rendszerek kifejlesztésénél figyelembe kell venni. Természetesen a terjedelem nem teszi lehetővé minden megoldható feladat részletes elemzését.



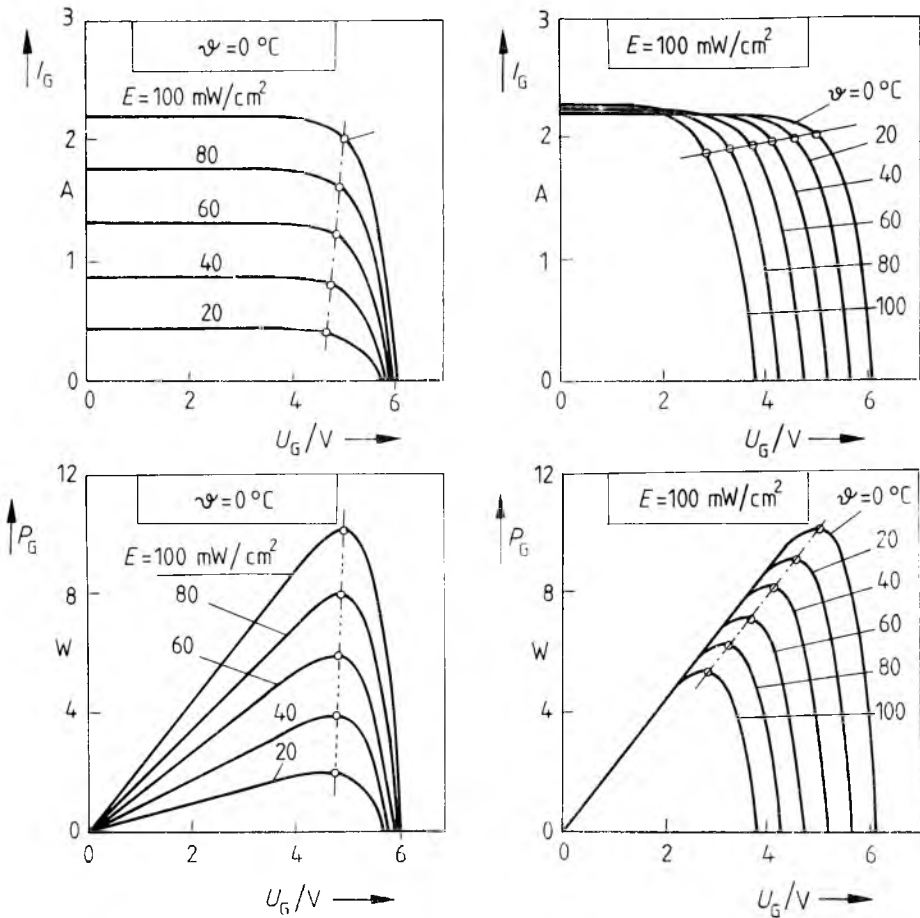
11-1. ábra. Több célú áramellátó rendszer elrendezési változatai

a) szabályozatlan egyenfeszültségű kimenet; b) szabályozott egyenfeszültségű kimenet;  
 c) váltakozó feszültségű kimenet energiatárolás nélkül; d) váltakozó feszültségű kimenet energiatárolással

## 2. A helyi energiaforrások felhasználásának lehetőségei

A helyi energiaforrások közül elsősorban a napenergiát lehet tekintetbe venni mint kimeríthetetlen energiaforrást, amely szabadon hozzáférhető, ingyenes és nem utolsó sorban környezetbarát. Alkalmazásánál azonban nem hanyagolható el, hogy a hasznosítható napenergia mennyisége függ a földrajzi helytől, az évszaktól és a napszaktól. Közép-Európában átlagosan  $100 \dots 125 \text{ W/m}^2$  értékkel lehet számolni.

A napsugárzás energiáját az ún. napelemcellák alakítják át közvetlenül villamos energiává  $10 \dots 15\%$ -os hatásfokkal. A napelem tipikus jelleggörbéi a 11-2. ábrán láthatók. A felhasználás során a napelemcellák soros kapcsolásával napelemmodulokat alakítanak ki, biztosítva egyúttal a napelemcellák mechanikai védelmét is.



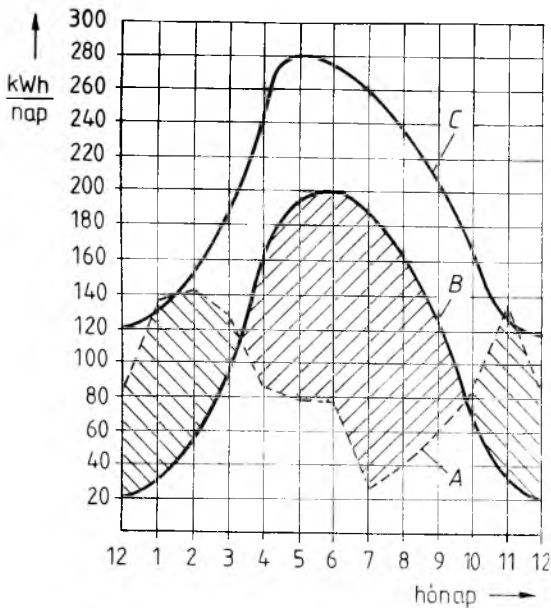
11-2. ábra. A napelemcella jelleggörbéi

Megfelelő telepítési helyen (tengerpartok, szigetek stb.) a napenergia hasznosítása előnyösen kiegészíthető a szélenergia felhasználásával. Erre mutat példát a 11-3. ábra, ahol az *A* görbe a fogyasztó energiaigényét mutatja az év folyamán, a *B* görbe a napelemek által biztosított energiamennyiséget, a *C* görbe pedig a szél- és a napenergia együttes mennyiségét adja meg. Látható, hogy a sötét, de szeles őszi-téli hónapokban a napelemek egyedül nem képesek a fogyasztó igényét kielégíteni. Összehasonlításul az átlagosan rendelkezésre álló felhasználói hányad

		Felhasználható hányad
szélenergia	360 W/m <sup>2</sup>	20...40%
napenergia	1000 W/m <sup>2</sup>	10...15%,

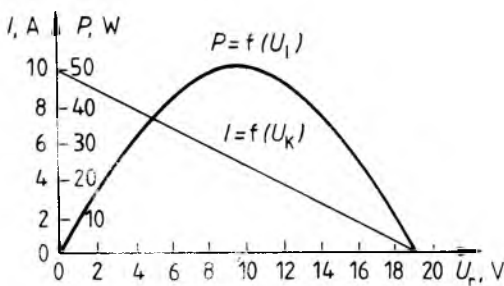
azaz a két energiaforrás közel azonos fajlagos energiamennyiséget biztosít.





11-3. ábra. A fogyasztó energiaigénye, napelemek által biztosított energia, napelemek és szélgenerátor által együttesen szolgáltatott energia

A fogyasztó energiaigénye; B napelemek által biztosított energia; C napelemek és szélgenerátor által együttesen szolgáltatott energia



11-4. ábra. VKI-ban kifejlesztett termovillamos generátor jelleggörbéi

További jelentős energia nyerhető a földgáz vagy ahol ennek feltételei biztosítva vannak, a biogáz elégetése és a keletkező hőenergiának termovillamos generátorral közvetlenül villamos energiává alakítása útján.

A 11-4. ábrán láthatók a VKI-ban kifejlesztett GeSi ötvözetű termovillamos elemekkel felépített kísérleti generátor jelleggörbéi. A generátortelepbe 48 termovillamos elem van beépítve, az átlagos hőmérséklet-különbség  $800\text{ }^{\circ}\text{C}$ , a fűtőanyag PB gáz és a gázfogyasztás  $240\text{ g/h}$ . Az egység legnagyobb villamos teljesítménye  $50\text{ W}$ ,  $10\text{ V}$  kapocsfeszültség mellett.

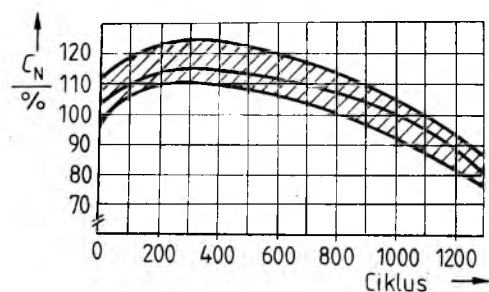
### 3. Az energia tárolásának és átalakításának problémái

A villamos energia tárolására alkalmazott akkumulátortípus kiválasztásánál a műszaki paraméterek (ciklusállóság, élettartam, karbantartásigény) mellett döntő tényező a beszerzési ár. Ezek figyelembevételével a számításba vehető akkumulátor-fajták:

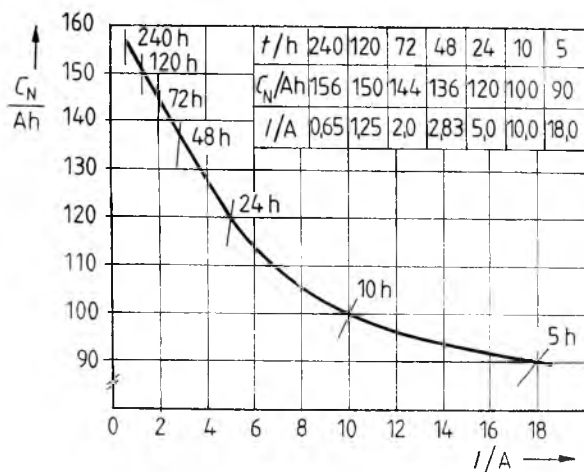
- Ólom indítóakkumulátor, amelynek jellemzői:  
kis ciklusállóság,  
rövid élettartam (3...4 év),  
gyakori karbantartásigény,  
alacsony ár ( $N$ ).
- Műanyag szövet táskás, páncélelektrodás ólomakkumulátor, amelynek jellemzői:  
nagy ciklusállóság,  
hosszú élettartam (10—12 év),  
közepes karbantartásigény,  
közepes ár ( $1,4N$ )
- Nikkel—cadmium akkumulátor, amelynek jellemzői:  
nagy ciklusállóság,  
hosszú élettartam (8...10 év),  
közepes karbantartásigény,  
magas ár ( $3,5 N$ ).

Több cég is kifejlesztett — elsősorban nap- és szélenergia-hasznosító egységek számára — olyan speciális ólomakkumulátorokat, amelyeknek legalább 6—8 éves élettartam mellett igen nagy a ciklusállóságuk, önkisülésük kismértékű (kisebb, mint 3%  $C_{10}$  havonta), és alkalmasak kis áramerősségű, de igen hosszú idejű kisütésre ( $t > 500$  óra). Karbantartást gyakorlatilag nem igényelnek. Példaként bemutatjuk a VARTA cég által kifejlesztett „VARTA bloc solar” típusú telepek jelleggörbéit. A 11-5. ábra a kapacitás változását mutatja a kisütési ciklusok függvényében. A kapacitás kb. 1300 ciklusnál csökken a névleges érték 75%-ára és a gyári adatok szerint kb. 4500 ciklusnál 30%-ra. A 11-6. ábra a kapacitás változását adja meg a kisütési idő függvényében, a 11-7. ábrán pedig a kisütési karakterisztikák láthatók hosszú kisütési időkre.

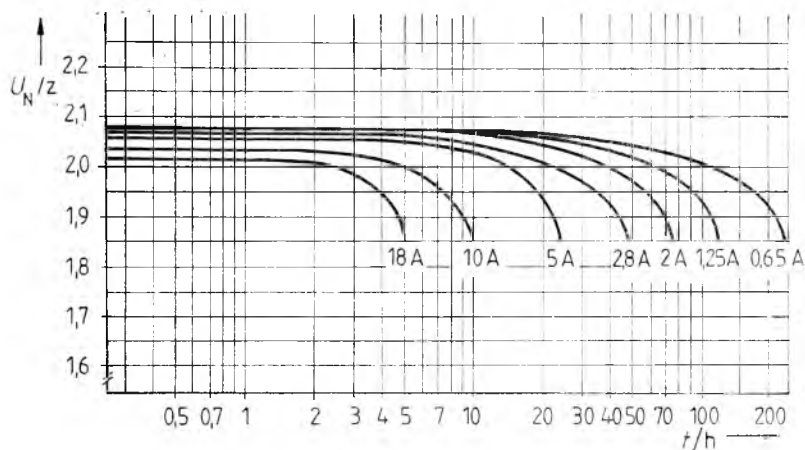
A villamosenergia-előállító egység mindig egy töltésszabályozó egységen keresztül csatlakozik az akkumulátorra. Ez a legegyszerűbb esetben egy védődióda,



11-5. ábra. A kapacitás változása a kisütési ciklusok függvényében



11-6. ábra. A kapacitás változása a kisütési idő függvényében

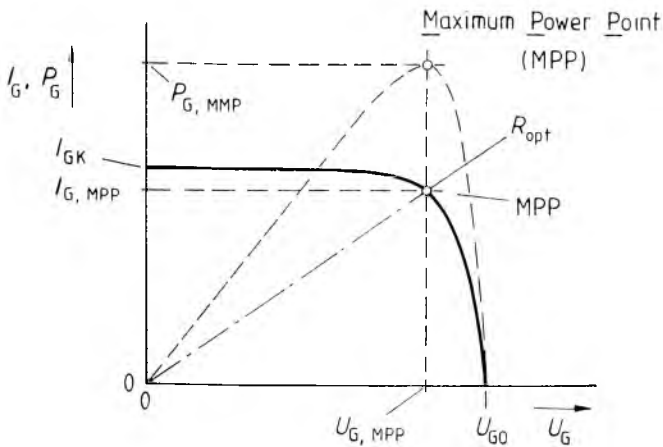


11-7. ábra. Kisütési karakterisztikák hosszú kisütési időkre

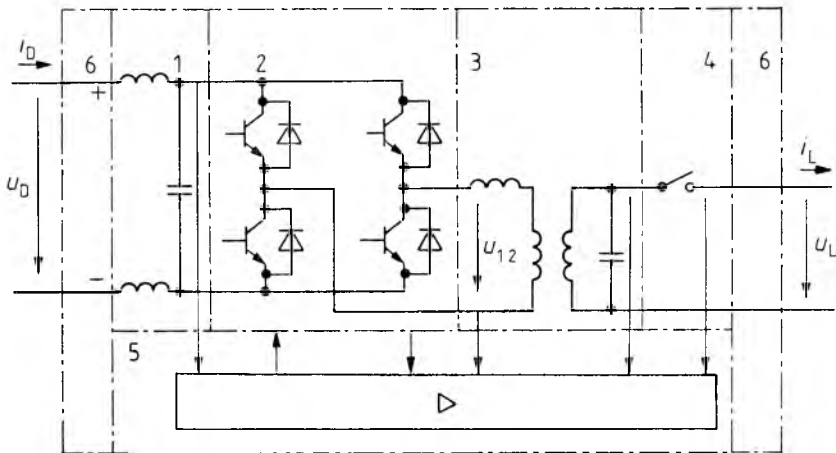
amely meggátolja az akkumulátor kisülését a villamosenergia-előállító egységen keresztül. Legfejlettebb változata mikroprocesszor segítségével folyamatosan figyeli az akkumulátor állapotát, és ennek megfelelően szabályozza a töltési folyamatot, biztosítva ezáltal az akkumulátortelep optimális üzemállapotait. A mélykisütés ellen is védi a telepet: 70%-os kisütésnél lekapcsolja a fogyasztóról. Természetesen minden üzemállapotot kijelzőn lehet ellenőrizni.

Igénytelenebb egyenáramú fogyasztók, amelyek elviselik a tápfeszültség viszonylag nagyobb ingadozását, közvetlenül csatlakoztathatók az akkumulátorra (11-1a ábra). A tápfeszültség ingadozására érzékeny fogyasztót azonban szabályozott kimeneti feszültségű DC/DC konverteren keresztül kell az akkumulátorra kapcsolni, ahol a konverter kimeneti feszültsége nem függ a bemeneti feszültség ingadozásától. Ugyancsak konvertert kell alkalmazni akkor is, ha a fogyasztó feszültsége és a telepfeszültség eltérő nagyságú (11-1b ábra).

A váltakozó feszültségű fogyasztók természetesen mindig egyen/váltakozófe-



11-8. ábra. Napelem jelleggörbéi a legnagyobb leadott teljesítményre szabályozáskor



11-9. ábra. Tranzisztoros inverter blokkvázlata

1 bemeneti szűrő; 2 váltóirányító; 3 kimeneti szűrő és transzformátor; 4 kimeneti kapcsoló; 5 vezérlő- és szabályozó; 6 RF zavarszűrés

szülségű átalakítást végző inverteren keresztül kapcsolódnak az akkumulátorra vagy közvetlenül a villamosenergia-előállító egységre (11-1d és c ábra). Az utóbbi esetben, ha a villamos energiát napelemekkel állítjuk elő, az inverter vezérlő-szabályozó áramkörét ki lehet egészíteni egy olyan szabályozó áramkörrel, amely az invertert a napelemek legnagyobb teljesítményű pontjában (Maximum Power Point, MPP) működteti. Jól látható ez a 11-8. ábrán. Természetesen ebben az esetben az inverter leadott teljesítménye változó, és ezt a körülményt a fogyasztónak figyelembe kell venni.

A konverter, ill. az inverter méretezési szempontjai általában megegyeznek a szünetmentes áramellátó rendszereknél szokásosan figyelembe vett szempontokkal, ezért ezeknek az egységeknek a felépítése is megegyezik az általánosan alkalmazott konverterek, ill. inverterek felépítésével. A 11-9. ábrán látható egy inverter blokk-sémája.

Kis- és közepes teljesítmények esetében 60 V, 110 V vagy 220 V névleges akkumulátorfeszültséget célszerű választani, a váltóirányító rész ezért célszerűen tranzisztoros vagy GTO-s kivitelű. Váltakozó áramú szűrőkör esetén könnyítést jelent az a körülmény, hogy a kimeneti feszültség jellemzőire az átlagos hálózati feszültség adatai a mértékadók.

## 4. A mechanikai kivitel szempontjai

A szünetmentes rendszer mechanikai kivitelének tervezésénél is több tényezőt kell figyelembe venni, nevezetesen

- könnyen szállítható és telepíthető legyen,
- szélsőséges időjárási viszonyok között is működőképes legyen,
- előállítása viszonylag mérsékelt áron is gazdaságos legyen.

Célszerű a rendszer egyes elemeit — villamosenergia-előállító, -tároló, villamosenergia-átalakító, vezérlő- és szabályozóegység — modulszisztéma szerint felépíteni. Ezen azt értjük, hogy az elemek tipizált alkatrészek széles körű alkalmazásával, kettő, esetleg három teljesítménylépcsőben készülnek. Nagyobb teljesítmény két vagy három elem párhuzamos működtetésével érhető el. Ez a gyártás szempontjából többszörösen is előnyös, mivel ezáltal az alkatrészek száma csökkenthető, növelni lehet az előregyártott egységek, ill. részegységek számát és ezáltal rugalmasan és rövid határidővel lehet eltérő egység teljesítményű rendszereket is előállítani. Ez a gazdaságosságot tekintve is előnyös, mivel csökkenti a szerszámozási, készletezési stb. költségeket.

A szünetmentes rendszert célszerű szabványos méretű konténerbe szerelni, mivel így biztosítani lehet az egyszerű szállítást és a gyors telepítést. A konténerek alkalmasak vagy alkalmassá tehetőek akár hideg, akár trópusi klímaviszonyokra, és önmagukban különösebb karbantartást nem igényelnek. Konténerrel a szünetmentes áramellátó rendszer gyors áttelepítésének lehetősége is biztosítható.

### Irodalom

- [1] *Dr. Nagy L.*—*Prágai Gy.*: Közepes és nagy teljesítményű, híradástechnikai, szünetmentes, váltakozóáramú áramellátó rendszerek. VKI Közlemények 7. kötet. 1979.
- [2] *Török T.*—*Keleti J.*—*Rátkay Zs.*: GeSi anyagú termovillamos generátorok készítésének néhány problémája. VKI Közleményei 5. kötet. 1974.
- [3] *Dr. M. Clewing*: Photovoltaische Solarstrom Versorgung und Netzeinspeisung über Stromrichter 1985.
- [4] *Dipl.-Ing. H. Willmes*: Energie aus Sonne und Wind. Batterien für solar-elektrische Energiespeicherung. VARTA special report 5/1983.



# 12.

## Módosított, McMurray típusú tirisztoros hídkapcsolás üzemtani tulajdonságai

SOÓS LÁSZLÓ—VÖRÖS MIKLÓS

### ÖSSZEFOGLALÁS

A cikkben a szerzők bemutatják a külső impulzussal kommutáló inverter visszatöltő áramváltóval kiegészített oltókerét. Megvizsgálják a visszatöltő áramváltó hatékonyságát, és ismertetik a gyakorlati tapasztalatokat. Összefoglalják és bemutatják a módosított oltókeré méretezési szempontjait.

### ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ТИРИСТОРНОЙ МОСТОВОЙ СХЕМЫ МОДИФИЦИРОВАННОГО ТИПА МЕКМЕРИ

Л. ШОШ—М. ВЕРЕШ

### Резюме

В статье авторы представляют схему гашения инвертора, коммутирующего от внешнего импульса и дополненного рекуперативным преобразователем тока. Анализируют эффективность рекуперативного преобразователя тока и излагают практические опыты. Обобщаются и представляются соображения по расчету модифицированной схемы гашения.

### BETRIEBSEINGENSCHAFTEN DER THYRISTOR-BRÜCKENSCHALTUNG DES MODIFIZIERTEN TYPUS MCMURRAY

L. SOÓS—M. VÖRÖS

### Zusammenfassung

Die Autoren beschreiben im Artikel den mit Rückladestromwandler ergänzten Löschkreis des mit ausserem Impuls kommutierenden Wechselrichters. Die Effektivität des Rückladestromwandlers wird untersucht und die praktischen Erfahrungen dargestellt. Es werden die Bemessungsgesichtspunkte des modifizierten Löschkreises zusammengefasst und gezeigt.

### OPERATING FEATURES OF A MODIFIED MCMURRAY-TYPES THYRISTOR BRIDGE INVERTER

BY L. SOÓS—M. VÖRÖS

### Summary

In this article, the authors introduce the commutating circuit of an inverter commutating with auxiliary pulses, amended with a recharging current transformer. They analyse the efficiency of the recharging current transformer, in addition to describing the experience gained in practice. Finally, the authors summarize and introduce the dimensioning aspects of the modified commutating circuit.

# 1. Bevezetés

Napjainkban az inverterekkel szemben támasztott szigorú dinamikus követelmények kielégítésének egyik módja a félperióduson belül többször kommutáló impulzusszélesség-moduláció alkalmazása. A viszonylag nagy kapcsolási szám miatt olyan megoldást célszerű alkalmazni, amelyben a kommutációs veszteségek a lehető legkisebbek. Ennek a célnak az irodalomból ismert, McMurray [1] által bemutatott, segéd-tirisztorral kommutáló inverterkapcsolás felel meg. Az áramkör működési módját, üzemállapotait és méretezési kérdéseit az elmúlt időszakban több szerző részletesen elemezte [2], [3], [5]. A berendezések veszteségének csökkentése érdekében lényeges az inverterkapcsolás hatásfokának növelése, ezen belül a kommutációs veszteségek csökkentése. A kommutáló áramkör hatásfokát alapvetően az határozza meg, hogy adott terhelőáram lekapsolásához milyen csúcsertékű és milyen lengés-idejű kommutáló áram tartozik, mivel a terhelőáramot vezető fő-tirisztor kéméleti ideje ezeknek a függvénye.

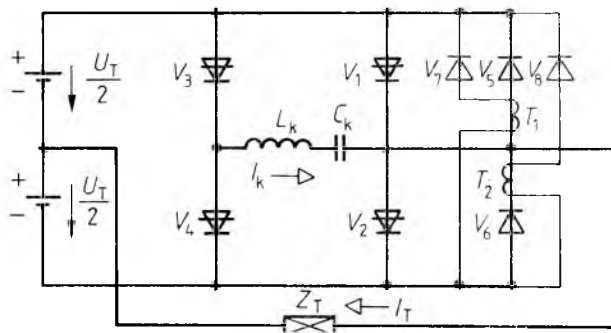
A tirisztorok vezető irányú záróképességének visszanyeréséhez szükséges szabadárválási idő a tirisztor típusjellemzője, ami jelentősen csökken, a  $pn$  átmenetekben levő töltéshordozók eltávolítását segítő zárófeszültség növelésével. A McMurray által ismertetett alapkapsolásban [1] a fő-tirisztorral ellenpárhuzamosan dióda van kapcsolva. A fő-tirisztor kikapsolásakor az oltókör a diódán áramot hajt át, és a fő-tirisztor főelektrodái között zárófeszültségként csak az ellenpárhuzamosan kapcsolt dióda nyitóirányú feszültsége jelenik meg. A fő-tirisztorok oltás alatti zárófeszültségének növelésére különböző megoldások ismertek [4], amelyek azonban a segéd-tirisztorral kommutáló inverter közismerten jó hatásfokát rontják, vagy a fő-tirisztorok kéméleti idejét — adott oltókör esetén — csökkentik.

E cikk olyan módosított oltókört mutat be, amellyel az inverterhíd terhelhetősége azonos kommutáló-áramköri beállítások mellett növelhető.

## 2. Módosított McMurray-féle inverterkapcsolás

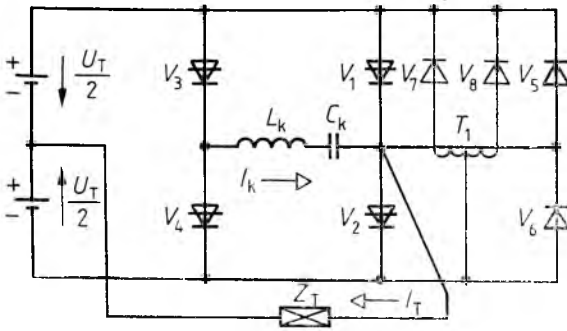
A kikapsolandó tirisztor főelektrodáira záróirányba kapcsolt feszültség növelése a tirisztor feléledési idejét csökkenti. Ennek egy lehetséges megvalósítása a 12-1. ábrán látható.

A kapcsolásban szereplő  $T_1$  ( $T_2$ ) áramváltó feladata az, hogy a  $V_1$  ( $V_2$ ) tirisztor kikapsolásakor annak zárófeszültségét növelje. Az áramváltó szekunder kapcsait diódán keresztül a tápfeszültségre kötjük. Az áramváltó primer kapcsainak feszült-

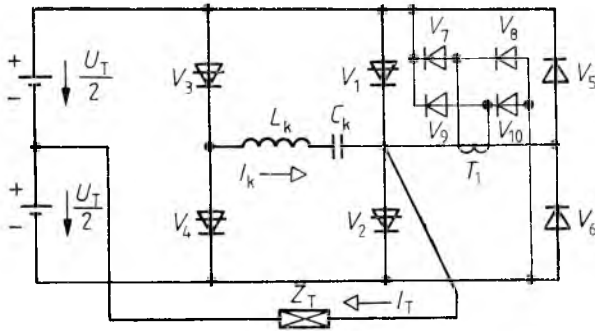


12-1. ábra. Módosított oltókörű McMurray-féle inverterkapcsolás a nullidiódák ágában elhelyezett visszatöltő áramváltókkal





12-2. ábra. Módosított oltóköri McMurray-féle inverterkapcsolás egyutas, kétütemű visszatáplálással



12-3. ábra. Módosított oltóköri McMurray-féle inverterkapcsolás kétutas, kétütemű visszatáplálással

ségét a tápfeszültség, valamint az áttétel határozza meg. A 12-1. ábrán látható, általánosan használható megoldás két változata látható a 12-2. és 12-3. ábrán.

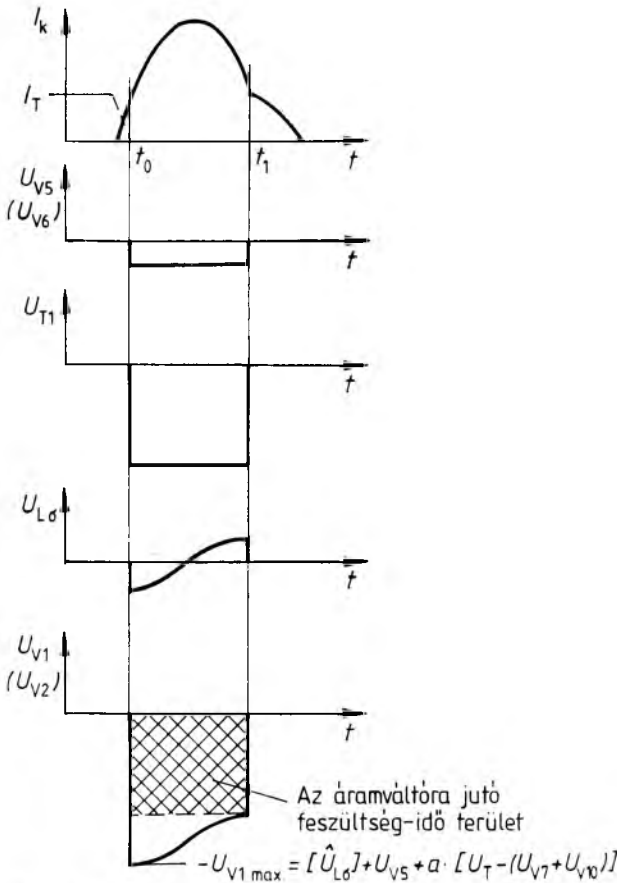
A három kapcsolás közül konstrukciós (pl. félvezetők, hűtőbordák elrendezése, sínezés és egyéb kiegészítő áramkörök elrendezése), és villamos szempontok figyelembevételével választhatjuk ki a legelőnyösebbet. A 12-1. ábra szerinti megoldásban az áramváltó vasmagja egy irányban, a 12-2. és 12-3. ábra szerinti megoldásnál két irányban mágneseződik. Az áramkör működése és az áramváltó hatása a 12-4. ábrán látható, a következő egyszerűsítő feltételek figyelembevételével:

- a) a rezgőkör elemei veszteségmentesek;
- b) a diódák ideálisak, de nyitóirányban  $U_D$  feszültséggenerátorral helyettesíthetők;
- c) a tirisztorok ideálisak, de kikapcsolásukhoz szükséges a megfelelő nagyságú kíméleti idő;
- d) az áramváltó veszteségmentes;
- e) a  $V_1 - V_5 - T_1$ , ill.  $V_2 - V_6 - T_1$  áramkörben levő rezisztencia nulla, a szerelési induktivitás meghatározott értékű ( $L_\sigma$ );
- f) az utántöltés kezdeti időpontját a terhelőáram határozza meg.

A tirisztorra jutó megnövelt zárófeszültség időfüggvénye:

$$U_{v1} = -U_{v5} - aU_T - L_\sigma \frac{d(I_k - I_T)}{dt}, \quad (1)$$

ahol  $a$  az áramváltó áttétele.



12-4. ábra. A visszatöltő áramváltó hatása

A főtirisztorra jutó zárófeszültség időfüggvényéből megállapítható, hogy a szórási induktivitás kommutáció szempontjából kedvezőtlen hatása csökken, mert a zárófeszültség nullaátmenetét az áramváltó áttétele kedvezően befolyásolja.

### 3. Méretezési szempontok

Az *oltókör* méretezését a következő szempontok figyelembevételével kell elvégezni:

- a) A főtirisztorra jutó megnövekedett zárófeszültség miatt a katalógus szerint rövidebb szabaddá válási idővel lehet számolni, mintha csak a főtirisztorral ellenpárhuzamosan bekapcsolt nulldióda feszültsége jelentené a főtirisztor zárófeszültségét.
- b) A főtirisztor zárófeszültségének biztosítására a nulldióda teljes vezetési ( $t_0 - t_1$ ) időtartamát figyelembe vehetjük.

A *kiegészítő áramköri elemek* méretezési szempontjai:

- a) A T1 (T2) áramváltó áttételét az (1) képlet segítségével határozhatjuk meg.

- b) Áramváltók szekunder tekercsével sorba kapcsolt diódák áramigénybevételét az áramváltó áttétele, a kommutáló áram nagysága és gyakorisága határozza meg.
- c) A b) pontban szereplő diódák feszültség-igénybevétele a három megoldásban eltérő.

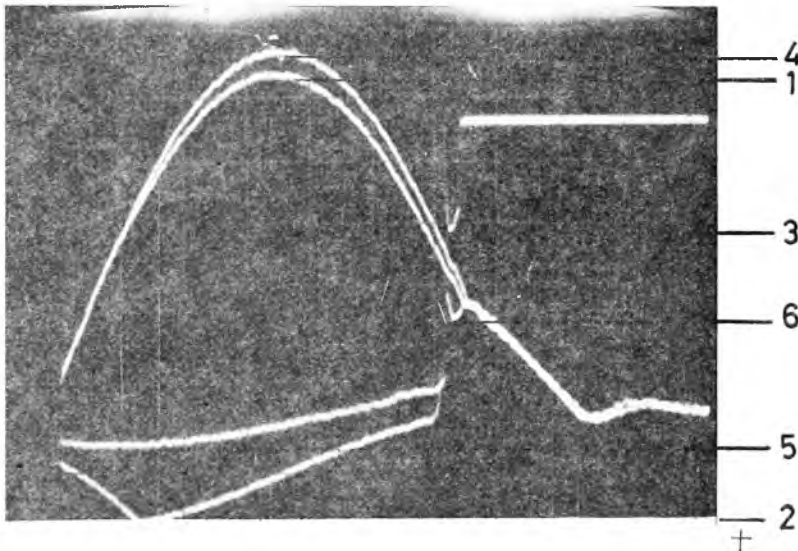
A 12-1. ábra szerinti kapcsolás a diódák zárófeszültsége szempontjából a legkedvezőtlenebb, mert a  $t_1$  időpontban a  $V_5$  ( $V_6$ ) nulldióda és a  $V_2$  ( $V_1$ ) főtiriszor együttes vezetésénél az áramváltó primer tekercsére a teljes tápfeszültség kerül, így a dióda zárófeszültsége  $(a+1) U_T$  értékű lesz.

A két félvezető együttes vezetésének ideje adott áramkör esetén a nulldióda dinamikus tulajdonságaitól függ. Ezt a hatást a dióda kiválasztásakor és  $RC$  védőtagjának méretezésekor figyelembe kell venni. A 12-2. ábra szerinti kapcsolásban  $V_7$ ,  $V_8$  dióda zárófeszültség-igénybevétele a tápfeszültség kétszeres értéke. A diódák feszültség-igénybevétele szempontjából a 12-3. ábra szerinti kapcsolás a legkedvezőbb, mert ott a zárófeszültség megegyezik a telepfeszültséggel.

A beépített áramváltó — most már eltekintve az eddigi ideális esettől — a valóságban a dióda—főtiriszor fedésénél az árammeredekséget csökkenti, és ezáltal a bekapcsolási viszonyokat javítja, a veszteséget csökkenti.

## 4. Üzemviteli tapasztalatok

A főtiriszor kikapcsolását elősegítő, a főtiriszorra jutó zárófeszültséget növelő elemekkel kiegészített, módosított McMurray-féle inverterkapcsolást a gyakorlatban kipróbáltuk, és a következőket tapasztaltuk:



12-5. ábra. A kommutáló áram és a főtiriszor zárófeszültsége

- |                                  |   |
|----------------------------------|---|
| 1. kommutálókori áram            | } működő<br>visszatöltő<br>áramváltóval       |
| 2. zárófeszültség a főtiriszoron |   |
| 3. tápfeszültség-letérés         |   |
| 4. kommutálókori áram            | } rövidre zárt<br>visszatöltő<br>áramváltóval |
| 5. zárófeszültség a főtiriszoron |   |
| 6. tápfeszültség-letérés         |   |

- a megvalósított berendezések hatásfoka javult;
- kisebb kommutálóköri elemekre volt szükség;
- a főtiriszorok vezetőirányú vesztesége kisebb volt.

A 12-5. ábrán bemutatjuk a 12-1. ábra szerint felépített 3 kVA-es inverter oltókörének jellemző jelalakjait, a beépített, működő visszatöltő áramváltóval és az áramváltó rövidre zárásával is. Az ábrán látható, hogy a visszatöltő áramváltó működésekor ugyanazon kommutálóköri elemekkel ugyanolyan tápfeszültségnél a kommutáló áramcsúcs csökken, a kíméleti idő és a főtiriszor zárófeszültsége pedig nő. A  $t_1$  és  $t_2$  közötti időtartam a főtiriszor és a nulldióda együttvezetésének ideje a kommutálókondenzátor utántöltésének kezdete előtt. Az ábrán látható, hogy ez idő alatt a működő áramváltóval a korlátozott árammeredekség miatt kisebb a tápfeszültség letörése, mint rövidre zárt áramváltónál.

## Irodalom

- [1] *W. McMurray*: SCR Inverter Commutated by on Auxiliary Impulse. IEEE Trans. Commun. Electron. Vol. 83. Nov. 1964. pp. 824—829.
- [2] *J. B. Klaassens*: Analysis of a Forced Commutation Circuit for Design of a Class of Thyristor Inverter. IEEE Trans. on Ind. Electr. and Contr. Instr., Vol. IECI-20, No. 3. Aug. 1973. pp. 125—129.
- [3] *Palaniappan*: Modified McMurray Inverter With Pulse Forming Network commutation Circuits, IEEE Trans. on Ind. Electr. and Contr. Instr. Vol. IECI-24, No. 1., Febr. 1977. pp. 66—73.
- [4] *Soós László—Vörös Miklós*: Külső impulzussal kommutáló inverter. VKI Közlemények 7. kötet 1979. pp. 59—70.
- [5] *Dr. Ing. Johannes Nestler — Dipl. Phys. Ingeborg Tzirelekas*: Kondensator-Löschsaltung mit Löschthyristor-Zweigpaar nach McMurray Teil I. und II. etz Archiv Bd 6. 1984. H2 p. 45—50; etz Archiv Bd 6. 1984. H3 p. 83—90.

# 13.

## Vezérlő áramkör McMurray-féle tirisztoros, impulzus-modulációs elven működő hídkapcsoláshoz

VINCZE ZOLTÁN

### ÖSSZEFOGLALÁS

A cikk röviden ismerteti a McMurray-féle, tirisztoros inverterhíd elvi működését. Elemez egyfajta vezérlési megoldást, amelyet állásos követőszabályozással ellátott, szinuszos kimeneti feszültségű inverterekben való felhasználásra fejlesztettek ki. A cikk a vezérlő áramkör ismertetésével, valamint egy működő inverter jellemző áramköri pontjain látható jelalakok fotóival záródik.

### УПРАВЛЯЮЩАЯ СХЕМА ДЛЯ МОСТОВОЙ ТИРИСТОРНОЙ МЕКМЕРИ СХЕМЫ, РАБОТАЮЩЕЙ ПО ПРИНЦИПУ ИМПУЛЬСНОЙ МОДУЛЯЦИИ

#### 3. ВИНЦЕ

#### Резюме

В статье кратко представляется принципиальная работа тиристорного инверторного моста типа МекМери. Анализируется некоторое решение управления, разработанное для применения в инверторах со стоящим следящим регулируемым и синусоидальным выходным напряжением. В заключение излагается управляющая схема и представляются фотографии сигналов в характерных точках схемы.

### STEUERSTROMKREIS ZU EINER THYRISTOR-BRÜCKENSCHALTUNG AUF IMPULSMODULATIONSBASIS NACH McMURRAY

Z. Vincze

#### Zusammenfassung

Im Artikel wird die prinzipielle Funktion der McMurray Thyristor-Wechselrichterbrücke kurz beschreiben. Es wird eine Art Steuerungslösung analysiert, die für die Verwendung in Wechselrichtern mit sinusförmiger Ausgangsspannung mit Folgeregelung nach Sinussollwert entwickelt wurde. Der Artikel wird mit der Darlegung des Steuerstromkreises, sowie mit den Fotos von Signalformen abgeschlossen, die an charakteristischen Stromkreispunkten eines funktionierenden Wechselrichters zu sehen sind.

## CONTROL CIRCUIT FOR A McMURRAY-TYPE THYRISTOR BRIDGE CIRCUIT OPERATING ON PULSE MODULATION PRINCIPLE

BY Z. VINCZE

### Summary

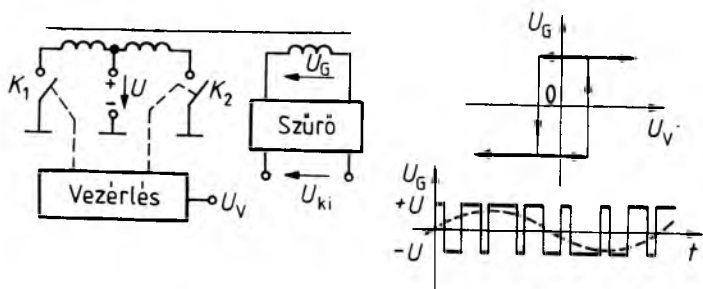
In this article, a brief description on the operating principle of the McMurray-type thyristor inverter bridge is given. An analysis is made on one of the control solutions, developed for application in inverters of sinusoidal output voltage, provided with bang-bang control. The article is completed with a description of the control circuit, illustrated with photographs of the waveforms appearing on peculiar circuit points of an operating inverter.

A szünetmentes áramellátó rendszerek fejlesztésének célja elsődlegesen az inverterek műszaki paramétereinek javítása. Szünetmentes célokra — különösen számítógép táplálására — olyan rendszerű invertert kellett kifejlesztenünk, amely képes a fogyasztó igen gyorsan változó áramfelvétele mellett is kis torzítású, stabil kimeneti feszültséget szolgáltatni. Nyilvánvaló, hogy ezeknek a követelményeknek csak kis statikus és dinamikus belső ellenállással rendelkező berendezések tehetnek eleget. A jó tranziens tulajdonságok elérése érdekében az inverter kimeneti szűrőkörét valamilyen impulzusmodulált jellel kell gerjeszteni. A moduláció jellege erősen befolyásolja a tranziens viselkedést. A hagyományosan elterjedt szabályozókörök rendszerint egyenfeszültségű jeleket dolgoznak fel, így az inverter kimeneti váltakozó feszültségéből képzett ellenőrzőjelet egyenirányítani és szűrni kell. A szűrésből adódó időállandó miatt az inverter tranziens viselkedése kedvezőtlen.

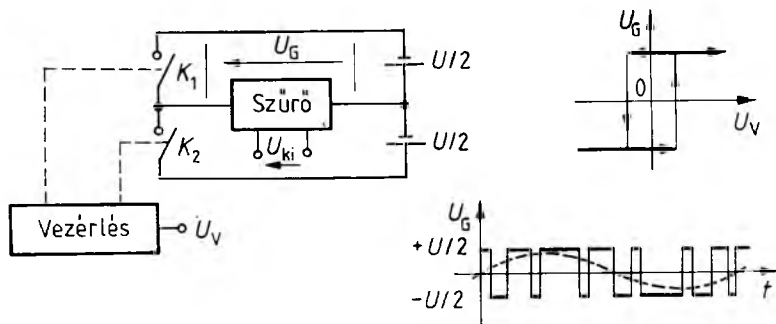
A másik problémát maga a modulátor jelenti. A szabályozókör kimeneti jele, hibajele határozza meg a modulátor kimenetén az alapharmonikus feszültség amplitúdóját. A szabályozás a ki- és bekapcsolások időarányának változtatásával történik. Ezekben az elrendezésekben a kapcsolási szám — pl. az alapharmonikus feszültség egy félperiódusára vetítve — állandó. Ez azért kedvezőtlen, mert egyes esetekben, pl. terhelés ledobásakor is lesz kapcsolás, ami esetleg olyan irányú, hogy a kimeneti szűrőkör energiatartalmát növeli, tehát még akkor is nő a kimeneti feszültség, ha a szabályozó áramkör nem tartalmaz időállandót. További hátrányt jelent, hogy a felesleges kapcsolások miatt romlik a hatásfok. A probléma megoldására olyan szabályozó áramkört fejlesztettünk ki, amely nem a kimeneti feszültség abszolút középértékét vagy effektív értékét használja ellenőrző jelként, hanem a tényleges kimeneti jellemzők pillanatértékét. A modulátor kialakítása olyan, hogy sem a kapcsolási szám, sem a generált impulzusszélesség nem állandó, hanem a mindenkori szűrőköri és terhelési állapotoktól függ. Az elrendezés elvi felépítése, működése az [1], ill. [2]-ben található.

A működést elemezve belátható, hogy — különösen tranziens terhelésnél — a szabályozókör egészen rövid vezérlőimpulzusokat is előállít, amiket a főáramkör a szokványos módon nem képes feldolgozni. Ahhoz, hogy külső zárlat esetén a hídáram kis túllendüléssel megvalósítható legyen, a szűrőkört igen keskeny impulzusokkal kell gerjeszteni, azaz meg kell teremteni azt a lehetőséget, hogy a szabályozó áramkör vagy az áramkorlátozó egység által kiadott parancs után minimális késéssel a főáramkör a szűrőkör felé történő energiaközlést meg tudja szüntetni. Vizsgáljuk meg ebből a szempontból az általánosan használt főáramköri elrendezéseket!

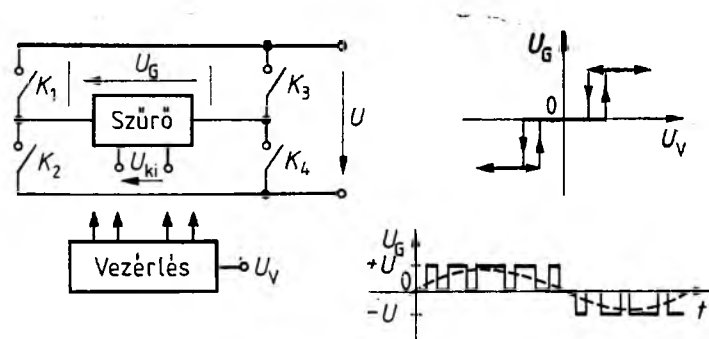
Az inverter lényegét tekintve állásos, relés követőszabályozással megvalósított egyen/váltó átalakító. A relét az inverter főáramköre képezi, amelynek kialakításától függ a reléelem állásainak száma. Egyszerűbb esetben — ilyen a 13-1. ábra szerinti



13-1. ábra. Középpontkapcsolás



13-2. ábra. Félhíd-elrendezés



13-3. ábra. Teljes hídkapcsolás

középpontkapcsolás és a 13-2. ábra szerinti félhíd elrendezés — a relé kétállású, a kimeneti szűrőkörbe energia ki- vagy betáplálás történik.

A 13-3. ábra szerinti teljes hídkapcsolás esetében a relé háromállású lehet, a szűrőkör energiáját növelheti, csökkentheti vagy változatlanul hagyja. Többhidas elrendezésben — amire a 13-4. ábrán látható példa — a relé állásainak száma növelhető, így a szűrőkör  $U_G$  gerjesztőfeszültsége már jóval kevesebb felharmónikust fog tartalmazni.

Látható, hogy középpont-, ill. félhíd kapcsolásnál — tirisztorok alkalmazását feltételezve — a szűrőkört vezérlő impulzusok szélességét nem lehet tetszőlegesen keskenyre választani, mivel a kommutációhoz szükséges idő a kiadódó működési frekvenciát viszonylag kis értékre korlátozza.

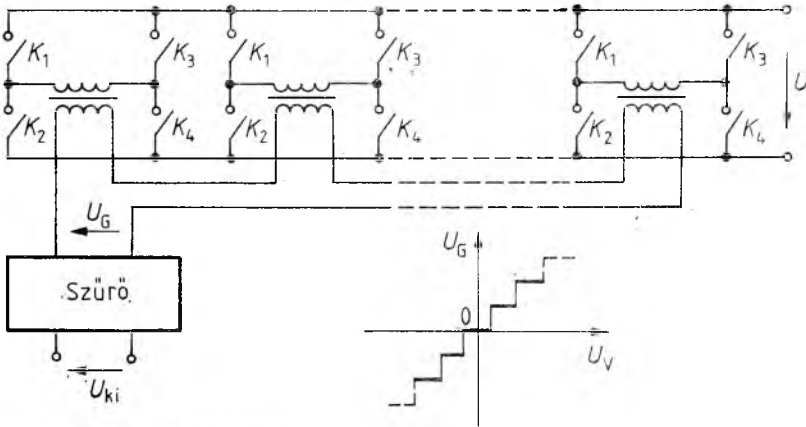
Vizsgáljuk részletesen a teljes hídkapcsolás működését, vezérlési lehetőségeit! A hídkapcsolás állapota a szűrőkör szempontjából háromféle lehet (13-3. ábra):

- pozitív átlós vezetés, ha a  $K_3$  és  $K_2$  kapcsolók zártak;
- negatív átlós vezetés, ha a  $K_1$  és  $K_4$  kapcsolók zártak;
- nullavezetés, ha a  $K_1, K_3$  vagy a  $K_2, K_4$  kapcsolók vannak zárva.

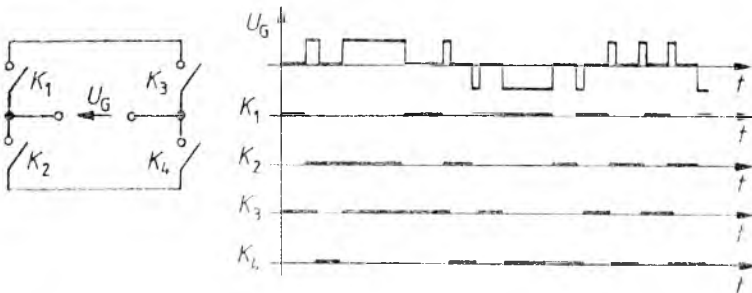
Tételezzük fel, hogy a 13-5. ábrán látható  $U_G$  szűrőkör gerjesztőfeszültségét az ábrán látható vezérlési eljárással valósítjuk meg. A módszer lényege, hogy a kétféle nullavezetési állapotnak felváltva kell létrejönnie, továbbá, hogy átlós vezetésből átlós vezetésbe csak nullavezetésen keresztül szabad kapcsolni. Így elérhető, hogy minden kapcsoló legalább a nullavezetés időtartamára bekapcsolt helyzetben van. A híd láthatóan tetszőlegesen keskeny impulzusokat képes szolgáltatni, mindössze a nullavezetési állapotoknak kell a tirisztorok kommutációs feltételei teljesülésének időtartamáig fennállniuk.

Az áramkorlátozás megvalósítására két lehetőség is nyílik. A 13-6. ábrán a  $t_1$  pillanattól — pl. az inverter kapocszárlata miatt — a kimenő áram nő. A híd természetsszerűleg valamilyen átlós vezetésbe van kapcsolva, mert a kimeneti feszültség zérus, és a szabályozó áramkör ezt a vezetőjel értékére akarja visszaállítani. Az áram a  $t_2$  pillanatban eléri az áramkorlátozás megszólalási szintjét, a híd nullavezetésbe kapcsol, és az áram lecsökkenésig ott is marad.

Ha a  $t_3$  pillanatban a zárlat továbbra is fennáll, akkor a híd ismét az előbbi átlós vezetésbe kapcsol, és az áram ismét nő. Az árammeredekség a nullavezetés alatt kicsiny, mivel a szűrőkör energiáját csak a veszteségek emésztik fel, átlós vezetésben viszont nagy, mert az áramot a bemeneti egyenfeszültség növeli. Emiatt az átlós vezetés egészen rövid ideig tart.



13-4. ábra. Többhidas elrendezés



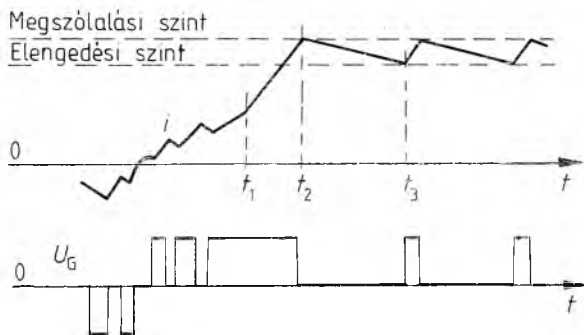
13-5. ábra. Teljes hídkapcsolás és a kapcsolás vezérlése



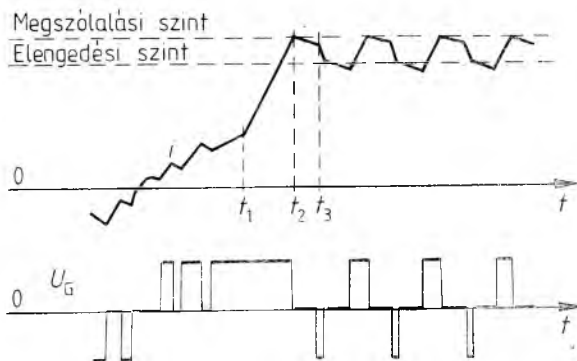
Egy másik lehetőség az áramkorlátozás megvalósítására a 13-7. ábrán látható. Ha a  $t_3$  pillanatban — vagyis a nullavezetés minimális időtartamának végére — az áram nem csökken az áramkorlát elengedési értéke alá, akkor a híd ellenkező irányú átlós vezetésbe kapcsol. Mivel az áramot a bemeneti egyenfeszültség építi le, az áram csökkenési sebessége nagy lesz. Ezután ismét nullavezetés következik, ahonnan az előzőknek megfelelően működik a berendezés. Az utóbbi vázolt áramkorlátozási megoldás generátoros jellegű fogyasztó esetén is kellő védelmet nyújt, mert az áramot ellenfeszültség beiktatásával képes csökkenteni. A gyakorlatban ez jól felhasználható párhuzamosan működő inverterek esetében, hálózati átkapcsoló kiépítésénél, így berendezéseinkben ezt az elrendezést használjuk.

A középpont-, ill. félhídkapcsolásnál az áramkorlátozást csak túllendüléssel lehet megvalósítani. A 13-8. ábra alapján belátható, hogy a kétféle vezetési állapotban az áram meredeksége egyforma, így zárlatban a berendezés maximális kapcsolási számmal fog üzemelni. Ennek megfelelően a főáramkört a tirisztorok kéméleti ideje és terhelhetősége szempontjából túl kell méretezni.

Főosztályunkon általában a McMurray-féle elrendezést használjuk, főleg annak alacsony kommutációs vesztesége miatt. Ehhez az előbbi elvek alapján megvalósított hídvezérlő áramkör blokkvázlata látható a 13-9. ábrán. Az áramkörnek indító/tiltó bemenete van. Letiltott helyzetben a híd éppen a soron következő nullavezetésben van, és a kommutálókondenzátorok kondícionáló töltést kapnak. Ebben a helyzetben a főtirisztorok folyamatos, az oltótirisztorok ismételt gyújtójelet kapnak. Az első bekapcsolásnál a nulla vezetési helyzetet vezérlő áramkör véletlen-



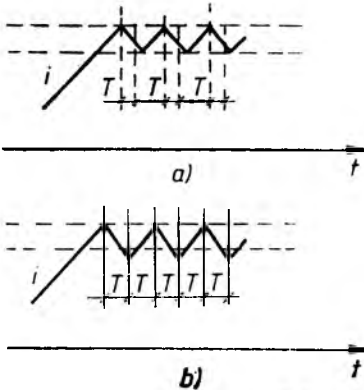
13-6. ábra. Áramkorlátozás nullavezetésbe kapcsolással



13-7. ábra. Áramkorlátozás ellenkező irányú átlós vezetésbe kapcsolással

szerűen jelöli ki a letiltott helyzetbeli nullavezetést. Az áramkorlát bemenetekre kapcsolódó ablakkomparátor a 13-10. ábrán látható átviteli függvényt rendelkezik. Ha bármelyik kimenet nullába vált, akkor a bemeneti illesztő áramkör felülbírálja a vezérlőbemeneteket, és a híd a 13-7. ábrának megfelelően áramkorlátos üzemben működik. A kimeneti illesztő feladata, a tirisztorok gyűjtőáramkörének vezérlése, valamint az utánöltés időpontjával a kommutáló áram beállítás.

Megoldásra váró problémát jelent a híd működéséből eredő holtidő. A holtidő értelmezése látható a 13-11. ábrán. Tételezzük fel, hogy a  $T_1$  főtirisztor vezeti a terhelőáramot és a szabályozókör a  $t_1$  pillanatban nullavezetést, vagy egyéb vezetési

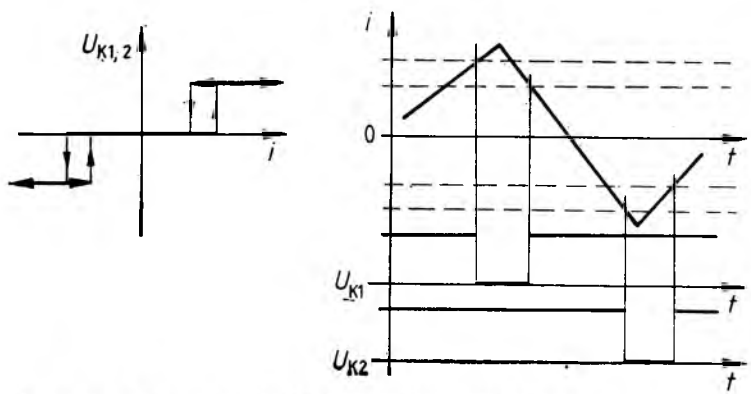


$T$  - a frekvencia korlátozásából származó, minimális vezetési idő

13-8. ábra. Áramkorlátozás középpont-, ill. félhídkapcsolásnál



13-9. ábra. A hídvezérlő áramkör blokkvázlata



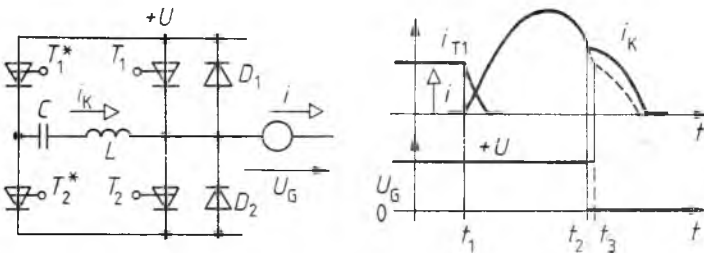
13-10. ábra. Az áramkorlát ablakkomparátor-átviteli függvénye

állapotot akar létrehozni. A  $t_1$  pillanatban gyújtójelet kap a  $T_1^*$  oltótiriszor, de a 13-11. ábrának megfelelően a gerjesztőfeszültség iránya csak a  $t_2$  vagy a  $t_3$  pillanatban változik meg (attól függően, hogy az utántöltés a  $T_2$  főtirisztoron vagy a  $D_2$  null-diódán kezdődött-e meg). A gyakorlatban ez a holtidő 60...100  $\mu\text{s}$  között van, értékét a kommutálóáram lengésideje határozza meg.

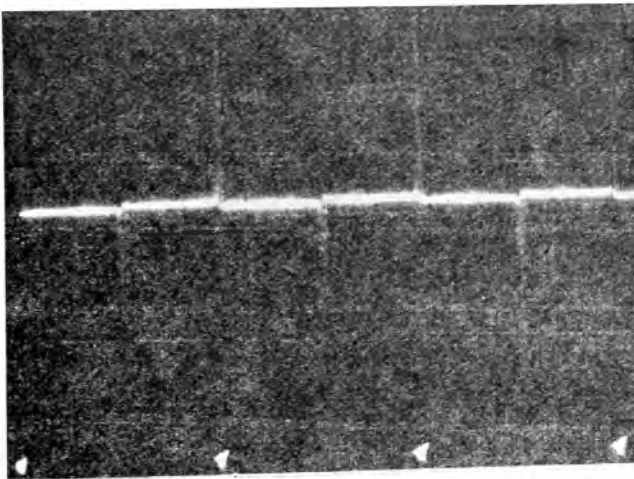
A jelenség két okból is káros. Egyrészt a szabályozó áramkör által kiadott parancs csak a holtidő letelte után érvényesül, és ez nyilvánvalóan rontja a követőszabályozás pontosságát, másrészt zárlatban jelentős áramtúllendülést okoz. Elsődlegesen ez az oka, hogy zárlatban viszonylag nagy az áram hullámossága, hiszen a holtidő alatt az áram tetemes mértékben növekedik vagy csökken. A problémát csak viszonylag bonyolult áramkörökkel lehet áthidalni. Egyszerűbb megoldás kisebb szabaddá válási idejű tiriszorok alkalmazása a kommutálóáram rövidebb féllengési ideje mellett.

Az általánosan használt gyorstiriszorok esetében ( $t_q \sim 25 \mu\text{s}$ ) a nullavezetési időt 300  $\mu\text{s}$  állítjuk, így a kapcsolási szám félpériódusonként 6...10 között van.

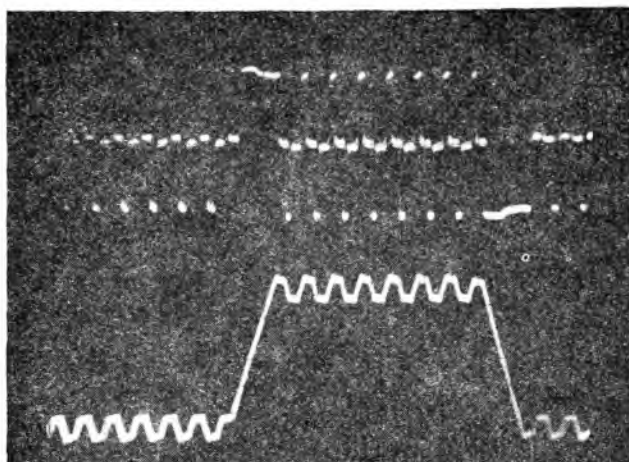
A 13-12.—13-14. ábrán egy 16 kVA-es inverterhíd hullámformái láthatók. A 13-12. ábra a híd kimeneti feszültségét ábrázolja olyan vezérlés mellett, ahol a hídvezérlő áramkör két bemenete azonos frekvenciájú, de fázisban oly módon eltolta jeleket kap, hogy az előbb említett holtidő ne jelentkezzen. Az előállított impulzusok szélessége néhány  $\mu\text{s}$ . A 13-13. ábrán az inverter zárlatbeli működése látható. Megfigyelhető, hogy a kimenő áram hol pozitív, hol negatív, amelynek helyzete az alap-



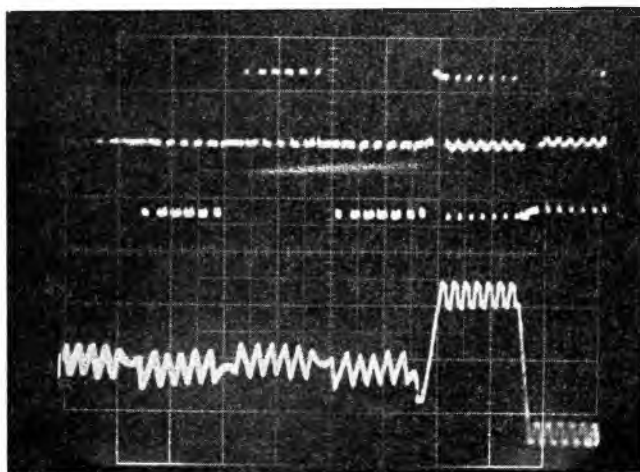
13-11. ábra. Holtidő kialakulása a McMurray-féle elrendezésben



13-12. ábra. Keskeny impulzusok a hídkapcsolás kimenetén



13-13. ábra. A gerjesztőfeszültség és a hídáram zárlatban



13-14. ábra. A gerjesztőfeszültség és a hídáram a zárlat kialakulásának pillanatában

jel irányától függően 10 ms-onként változik. A 13-14. ábrán látható, hogy mivel az áramkorlátozó áramkörben nincs időállandó, a zárlati működésbe való átmenet tranzienstmentes.

A hídvezérlő áramkört tranzisztoros inverterhídhoz is felhasználtuk, természetesen jóval rövidebb nullavezetési időtartammal, valamint egyszerűbb kimeneti kapuzóáramkörrel.

## Irodalom

- [1] Dr. Nagy L.—Husztí Gy.: Relés követőszabályozás alkalmazása szinuszos kimeneti feszültségű inverterek megvalósításához. 3. Erősáramú Elektronika Konferencia. Budapest, 1977.
- [2] Dr. Nagy L.: Relés követőszabályozás alkalmazása áramellátási inverterek megvalósításánál. VKI Közlemények 9. kötet, 1984.

# 14.

## Néhány erősáramú mérési és szabályozási feladat korszerű megoldása

*KŐHALMY SÁNDOR—PÁPAY ZOLTÁN*

### ÖSSZEFOGLALÁS

A cikk az erősáramú mérés- és szabályozástechnika két fontos részterületével foglalkozik.

Az első rész egy új, korszerű megoldást ismertet villamos paraméterek kevés számú adatból, egyszerű, egységes algoritmus alapján történő, a bekapcsolás időpontjától független meghatározására.

A második rész olyan egyszerű érzékelőszervet és algoritmust ismertet és javasol, amely az ismert automatikus fázisjavítási megoldásokat egyszerűsíti és néhány hiányosságukat kiküszöböli.

### СОВРЕМЕННОЕ РЕШЕНИЕ НЕКОТОРЫХ ЗАДАЧ ИЗМЕРЕНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ В СИЛЬНОТОЧНОЙ ТЕХНИКЕ

*Ш. КЕХАЛМИ—З. ПАПАИ*

#### Резюме

Статья занимается двумя значительными частичными областями высоковольтной техники измерения и управления.

В первой части излагается новое современное решение для определения электрических параметров по малочисленным данным на основе простого, единого алгоритма, независимо от момента времени включения.

Во второй части излагается и рекомендуется простой датчик и алгоритм для упрощения известных автоматических решений поправки фаз и устранения их некоторых недостатков.

### MODERNE LÖSUNG EINIGER STARKSTROMTECHNISCHER MESS- UND REGELUNGS-AUFGABEN

*S. KŐHALMY—Z. PÁPAY*

#### Zusammenfassung

Der Artikel befasst sich mit zwei wichtigen Teilgebieten der Mess- und Regelungstechnik in der Starkstromtechnik.

Im ersten Teil wird eine neue, moderne Lösung zur vom Zeitpunkt des Einschaltens unabhängigen Bestimmung elektrischer Parameter aus wenigen Daten auf Grund eines einfachen, einheitlichen Algorithmus beschrieben.

Im zweiten Teil wird ein solcher einfacher Fühler und Algorithmus beschrieben und vorgeschlagen, durch die die bekannten Lösungen der automatischen Leistungsfaktorverbesserung vereinfacht und einige ihrer Mängel beseitigt werden.

### Summary

This article is dealing with two significant areas of the power-current measurement and control technique.

The first part describes a new, up-to-date solution for determination of the electric parameters from a few data, on basis of a simple and uniform algorithm, independently of the switching-on instant.

The second part describes and proposes a simple detector and algorithm simplifying the known automatic power factor correcting solutions and eliminating some imperfections thereof.

## 1. Bevezetés

Cikkünk az erősáramú mérés- és szabályozástechnika két fontos részterületével foglalkozik: a villamos tranziens jelenségek mérésével és kiértékelésével, valamint az automatikus fázisjavítás szabályozási körével.

Az első témakört azért mondhatjuk fontosnak, mert eddig hiányzott a villamos tranziens paramétereknek az az egyszerű, egységes algoritmus alapján történő és a bekapcsolás pillanatától független meghatározása, amely egyszerű, olcsó és gyors célműszer alapját képezhetné.

Az automatikus fázisjavítás részterületét azért választottuk, mert a szakirodalomban közölt megoldásoknak felismertük azt a két hiányosságát, amely megfelelő algoritmussal és korszerű kapcsolási elrendezéssel megvalósított érzékelőszervvel kiküszöbölhető. E két hiányosság: az automatikus meddőkompenzálás felharmónikus-függése, és viszonylag bonyolult, nem optimális szabályozási köre.

## 2. Villamos tranziens jelenség mérése és kiértékelése

### 2.1. A legkisebb négyzetek módszere paraméteridentifikációra

A soros  $R$ — $L$  kör árama és feszültsége közötti átviteli függvény a következő:

$$i(s) = \frac{1}{R + sL} \cdot u(s). \quad (1)$$

Mivel az áramnak és a feszültségnek diszkrét időpontokban vett értékei állnak rendelkezésünkre, diszkrét idejű egységugrás-ekvivalens  $z$ -átviteli függvényt használunk:

$$i(z) = \frac{bz^{-1}}{1 + az^{-1}} u(z), \quad (2)$$

ahol  $z = e^{sh}$ ,  $h$  a mintavételezési idő. Az  $a$  és  $b$  paraméter az  $R$ -nek és  $L$ -nek, valamint  $h$ -nak megfelelő diszkrét idejű modellparaméter.

A (2)-nek megfelelő differenciaegyenlet:

$$i_k = -ai_{k-1} + bu_{k-1}, \quad (3)$$

ahol  $k$  az aktuális,  $k-1$  az azt megelőző mintavételezésre utaló index. A diszkrét idejű modell paramétereit a legkisebb négyzetek módszerével (LKN) határozzuk meg:

$$\hat{p}_n = (\mathbf{F}_n^T \cdot \mathbf{F}_n)^{-1} \cdot \mathbf{F}_n^T \cdot y_n, \quad (4)$$

ahol  $n$  a mintavételezések száma,  $\hat{p}_n$  az  $\hat{a}$ -t és  $\hat{b}$ -t, az  $a$  és  $b$  paraméter becült értékét tartalmazó paramétervektor,  $y_n$  a kimenőjelvektor,  $\mathbf{F}_n$  az ún. memóriamátrix  $n$  számú mintavételezés után. Ez utóbbi elemei (3)-ból származtathatók. A diszkrét idejű modell becült és a folytonos idejű modell paramétereit között az összefüggés:

$$\hat{L} = \frac{h(1+\hat{a})}{\hat{b} \ln(-\hat{a})}, \quad (5)$$

$$\hat{R} = \frac{1+\hat{a}}{\hat{b}}. \quad (6)$$

A feszültség és az áram között fellépő fázisszög:

$$\operatorname{tg} \hat{\varphi} = \frac{\omega \hat{L}}{\hat{R}}. \quad (7)$$

Ebből a mintavételezés miatt a pontos fázisszög:

$$\hat{\varphi}_p = \hat{\varphi} + \omega h/2. \quad (8)$$

## 2.2. Új algoritmus villamos tranzienst jelenség paramétereinek meghatározására

Kapcsoljunk soros  $R-L$  körre ismeretlen amplitúdójú, ismert frekvenciájú szinuszos feszültséget! Tegyük fel, hogy vagy oszcillogram formájában vagy digitálisan eltárolva rendelkezésünkre áll az áramtranzienst:

$$i(t) = I_0 [\sin(\omega t + \psi - \varphi) - \sin(\psi - \varphi) e^{-(R/L)t}], \quad (9)$$

ahol

$$I_0 = \frac{u_0}{\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}}, \quad (10)$$

$$\varphi = \operatorname{arc} \operatorname{tg} \left( \frac{\omega \cdot L}{R} \right), \quad (11)$$

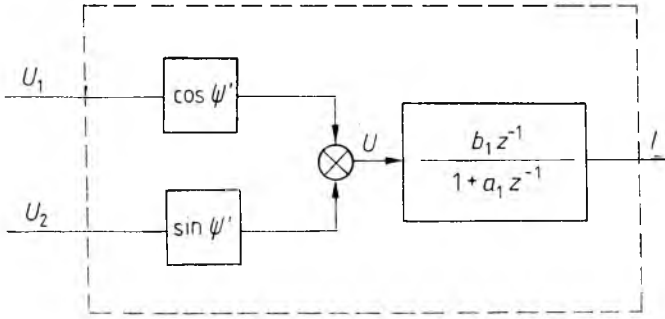
$\psi$  a feszültség bekapcsolási szöge.

Határozzuk meg  $I_0$ ,  $\varphi$ ,  $\psi$  és a bekapcsolás pillanatának tényleges és feltételezett időpontja közötti  $t_k$  időeltérést! A bekapcsolás időpontjának ismerete hiányában a  $t$  tényleges idő helyett a feltételezett bekapcsolási időponttól számított  $t'$  idővel számolunk:

$$t = t' + t_k. \quad (12)$$

A diszkrét idejű modell kimenőjele a (9) egyenlet szerinti, bemenőjele pedig

$$u(t') = u_0 \sin(\omega t' + \psi'), \quad (13)$$



14-1. ábra. Tetszőleges időpillanatban soros  $R-L$  körre kapcsolt szinuszos feszültség és a kialakuló áram közti diszkrét idejű átviteli függvényt helyettesítő, kétbemenetű, egykimenetű (MISO) rendszer hatásvázlata

ahol a bekapcsolási szög a  $t'$  idejű rendszerben :

$$\psi' = \psi + \omega t_k. \quad (14)$$

(13)-at felbontva a 14-1. ábrán látható hatásvázlatú, kétbemenetű, egykimenetű (MISO) rendszert kapjuk, amelynek két bemenőjele a következő:

$$u_1 = u_0 \sin \omega t' \quad \text{és} \quad u_2 = u_0 \cos \omega t', \quad (15)$$

$u_1$  és  $u_2$  mérésére és tárolására tehát nincs szükség. A 14-1. ábra alapján :

$$i_k = -\hat{a}_1 i_{k-1} - \hat{c}_1 u_{1,k-1} + \hat{c}_2 u_{2,k-1}, \quad (16)$$

$$\hat{c}_1 = \hat{b}_1 \cos \hat{\psi}', \quad (17)$$

$$\hat{c}_2 = \hat{b}_1 \sin \hat{\psi}', \quad (18)$$

Az  $\hat{a}_1$ ,  $\hat{c}_1$  és  $\hat{c}_2$  paramétereket a (4) összefüggéssel határozhatjuk meg. E paramétereiből előbb az (5) és (6) egyenletekkel megkapjuk  $\hat{L}$  és  $\hat{R}$ , majd (10) és (11) segítségével  $\hat{I}_0$  és  $\hat{\phi}$  értékét. Ezeket, valamint (12) és (14) alapján  $\hat{i}$ -t és  $\hat{\psi}$ -t (9)-be helyettesítve a következő alakú egyenletet kapjuk:

$$\sin(\hat{\psi}'_p - \hat{\phi} - \omega \hat{t}_k) = K e^{i_k(R/L)}, \quad (19)$$

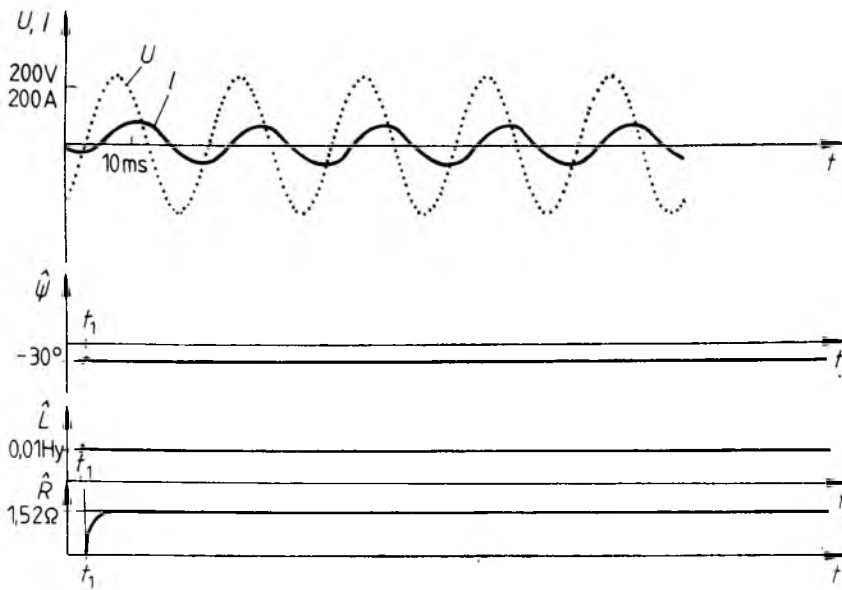
ahol  $\hat{\psi}'_p$  a már említett fáziskorrekciónal adódó érték,  $K$  konstans. Az egyenlet  $\hat{t}_k$ -ra megoldható. Így tehát  $\hat{L}$ ,  $\hat{R}$ ,  $\hat{I}_0$  és  $\hat{\phi}$  mellett az áramkörre jellemző  $\hat{t}_k$  és  $\hat{\psi}$  paraméterek is meghatározhatók, amelyek más módon nehezen, kevésbé pontosan számíthatók ki.

### 2.3. Számítógépes szimulációs eredmények

A 14-2. ábra legfelső koordináta-rendszerében a soros  $R-L$  körre kapcsolt feszültséget, és a tranzienst áramot láthatjuk az idő függvényében. A második koordináta-rendszer  $\hat{\psi}'_p$  értékét mutatja a mérés  $t_1$  időpontban történő elindítása után on-line becslés esetén ( $h=0,25$  ms;  $f=50$  Hz). az alsó kettőben pedig  $\hat{L}$  és  $\hat{R}$  látható.

A szimulációs vizsgálatok szerint zajmentes esetben a 20 ms-os periódusidő egyötödéig (4 ms) tartó áramregisztrátum is elegendőnek bizonyult a pontos identifikációhoz. A kapott eredmények a módszer pontosságát mutatják.





14-2. ábra. Soros  $R-L$  körre kapcsolt feszültség és tranziens áram, a becsült bekapcsolási szög, az induktivitás és az ellenállás képe az idő függvényében (a mérés a  $t_1$  időpontban indult)

## 2.4. Következtetések

A javasolt paraméteridentifikációs módszer tranziens jelenségek vizsgálata esetén nem igényli a bekapcsolás pillanatának pontos ismeretét. Gyors, kis számú áramminta ismeretében megadja az áramkör paramétereit ( $R$ ,  $L$ ), a szinuszos kapocsfeszültség bekapcsolási szögét ( $\psi$ ) és a bekapcsolás időpontját is, ezért rövid idejű áramtranziensek kiértékelésére is alkalmas. Megjegyezzük, hogy a gyakorlatban (pl. kismegszakítók vizsgálatánál) csak  $\psi$  és a bekapcsolás időpontja ismeretlen. Ez esetben a (16) differenciaegyenlet kétváltozósá egyszerűsödik. A becslés sokkal jobban konvergál, így 2...3 ms-os áramregisztrátum is elegendő  $\psi$  és a bekapcsolás időpontjának a meghatározásához, tehát a kismegszakítók zárlati vizsgálatainál a néhány ms-os megszakítási idő alatt fellépő áramtranzienst is kiértékelhető. A kiértékelés digitálisan rögzített adathalmaz feldolgozásával, ill. intelligens, mikroprocesszoros mérőrendszerben ajánlott.

### 3. Felharmonikusfüggetlen, diszkrét idejű algoritmus és megoldás érzékelő- és szabályozószerv megvalósítására automatikus meddőkompenzálás szabályozási körében

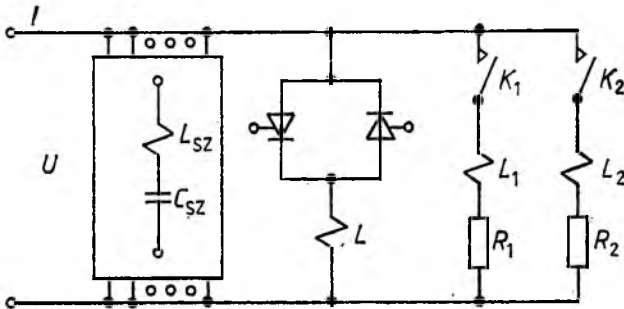
#### 3.1. Az automatikus meddőkompenzálás és hiányosságai

Automatikus meddőkompenzálás esetén a hálózati áram torzultságát az egyes felharmonikus frekvenciákra hangolt, soros  $L-C$  szűrőkörökkel hozzák megfelelő mértékűre. Ezek alapharmonikus frekvencián kapacitívak, ezért az alapharmonikus meddő teljesítmény kompenzálására induktív terhelésű tirisztoros szaggatót alkalmaznak (l. a 14-3. ábrát). Az  $L_{sz}-C_{sz}$  tag a szűrőkör, az  $L$  induktivitás a két tirisztorral a váltakozó áramú szaggatót jelképezi, a  $K_1, K_2$  kapcsolókkal zárható tagok a fogyasztók. A szaggató működése a következő összefüggéssel jellemezhető:

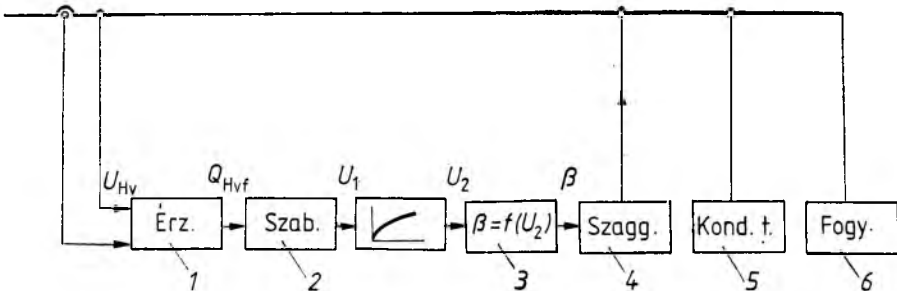
$$I_{L1} = K \frac{U_1}{\omega L} \left[ \pi - \beta + \frac{1}{2} \cdot \sin 2\beta \right], \quad (20)$$

ahol  $\pi/2 \cong \beta \cong \pi$ ,  $\beta$  a tirisztor gyújtási szöge,  $I_{L1}$  a szaggató áramának alapharmonikusa,  $U_1$  a feszültség alapharmonikusa,  $K$  konstans.

Az automatikus analóg meddőkompenzálás blokkvázlata a 14-4. ábrán látható.



14-3. ábra. Az automatikus analóg meddőkompenzálás esetén használt,  $L-C$  szűrőköröket, induktív terhelésű tirisztoros szaggatót és fogyasztókat tartalmazó áramkör kapcsolási vázlata



14-4. ábra. Az automatikus analóg meddőkompenzálás blokkvázlata  
 1 alapharmonikus meddő teljesítményt érzékelő egység; 2 szabályozó; 3 gyújtásvezérlő;  
 4 beavatkozószerv, induktív szaggató; 5 kondenzátortelep; 6 fogyasztók

A módszer két hibája: az érzékelőszerv nem tudja kiküszöbölni a feszültségfelharmonikusoknak az alapharmonikus meddő teljesítmény meghatározására gyakorolt méréshamisító hatását; a szabályozási kör dinamikája változik a pillanatnyi holtidőnek megfelelően, mivel a szabályozó egy átlagos holtidőre van optimálisan beállítva. A következő módszer ezt a két hibát küszöböli ki.

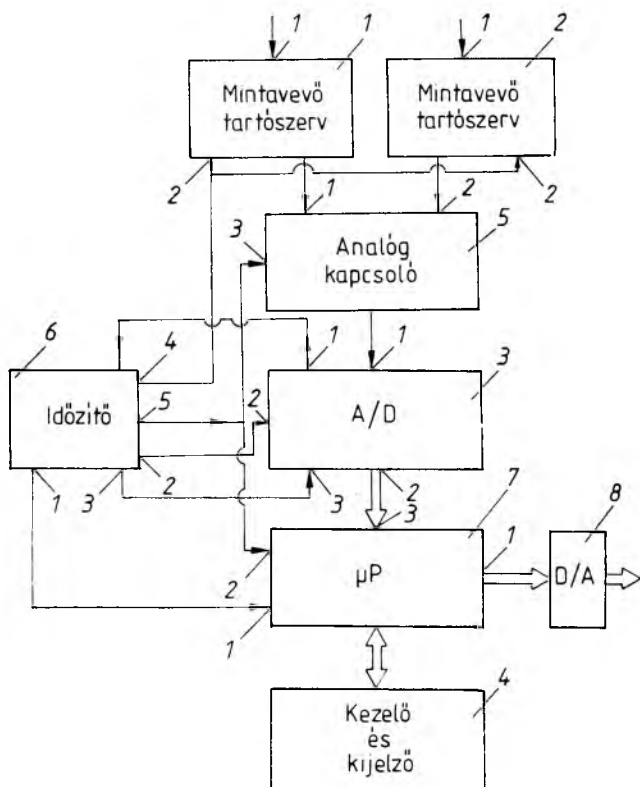
### 3.2. Módszer és kapcsolási elrendezés felharmonikusfüggetlen, digitális meddőáram-érzékelésre és -szabályozásra

A javasolt mikroprocesszoros érzékelő- és szabályozóegység kapcsolási elrendezése a 14-5. ábrán látható. A működés két ciklikusan ismétlődő fázisból áll:

1. min. 1,5 periódusidőig tartó adatmintavételezés, amelynek eredményeképpen összetartozó feszültség- és áramadatok kerülnek a memóriába;

2. kalkulációs fázis, amely 60...70 ms alatt meghatározza a gyújtásszög digitális értékét, amely D/A átalakítás után a beavatkozójelet adja. A kapcsolási elrendezés kiváltja a 14-4. ábra érzékelő- és szabályozóegységét, valamint az  $u_2 = g(u_1)$  függvénykapcsolatot is megvalósítja.

Tekintsük át a kalkulációs fázis egyes lépéseit! Mivel a hálózati frekvencia nem állandó, ezért meg kell határozni a bevételezett adatokból a periódusidő aktuális



14-5. ábra. Felharmonikusfüggetlen, mikroprocesszoros meddőáramérzékelő és -szabályozó egység kapcsolási elrendezése

értékét ( $TI$ ). Ez lineáris interpolációval történik. Ezután az áram- és feszültség-alapharmonikus Fourier-együttható ( $A_{1a}$ ,  $B_{1a}$ ,  $A_{1f}$ ,  $B_{1f}$ ) és az alapharmonikusra vonatkoztatott fázisszög ( $\varphi$ ) meghatározható:

$$A_1 = \frac{2}{T_1} \int_t^{t+T_1} f(t') \cdot \cos \omega t' \cdot dt', \quad (21)$$

$$B_1 = \frac{2}{T_1} \int_t^{t+T_1} f(t') \cdot \sin \omega t' \cdot dt', \quad (22)$$

$$\varphi = \arctg\left(-\frac{B_{1f}}{A_{1f}}\right) - \arctg\left(-\frac{B_{1a}}{A_{1a}}\right). \quad (23)$$

Az  $I_1$  áram- és az  $U_1$  feszültség-alapharmonikus abszolút értéke:

$$I_1 = \sqrt{A_{1a}^2 + B_{1a}^2}; \quad U_1 = \sqrt{A_{1f}^2 + B_{1f}^2}. \quad (24)$$

Az áram-alapharmonikus meddő komponense:

$$I'_m = I_1 \sin \varphi. \quad (25)$$

Ezzel az alapharmonikus meddő áram meghatározása a felharmonikusoktól független lett.

Ezek után a beavatkozószerű új  $I_{L1}(t)$  áramának meghatározására kerül sor. Ha előzőleg a kompenzáció tökéletes volt,  $I'_m$ -t kell a beavatkozószerű áramának növekményével kompenzálni:

$$\Delta I_{L1}(t) = -I'_m. \quad (26)$$

A beavatkozószerű új alapharmonikus meddő árama:

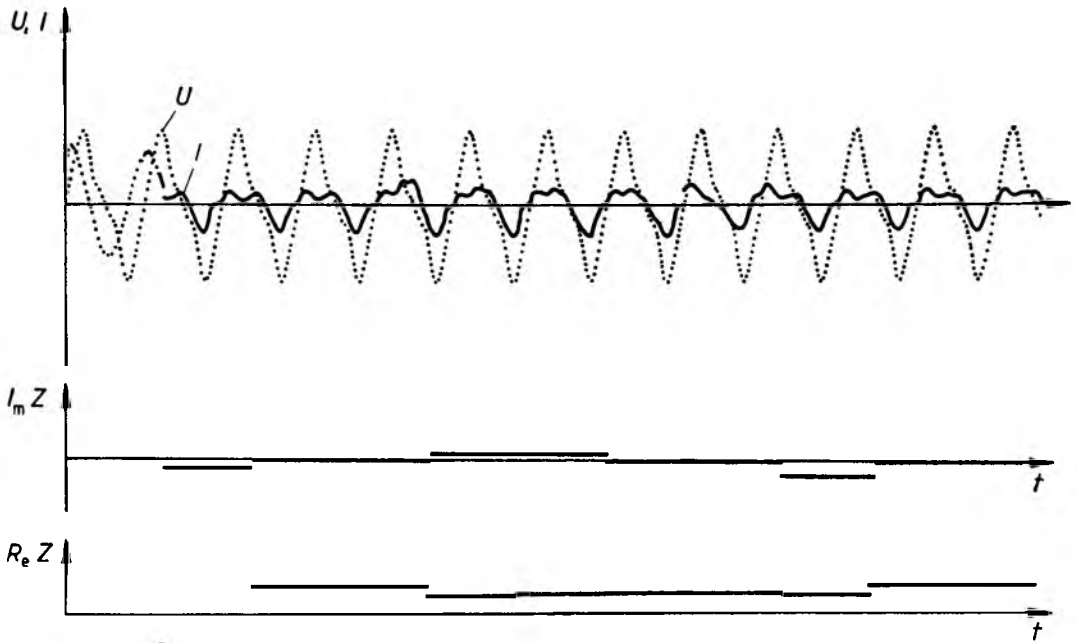
$$I_{L1}(t) = I_{L1}(t-T) + \Delta I_{L1}(t-T), \quad (27)$$

ahol  $T$  az előző beavatkozási időpont óta eltelt idő.

Ezt követőleg a processzor a (20) egyenlet alapján kiszámított és ROM-ban tárolt táblázatból kikeresi az  $I_{L1}$  alapharmonikus meddő áramértéket biztosító vezérlésnek megfelelő adatot, amelyből D/A átalakítás után lesz a gyújtásvezérlő egység bemenőjele. Ezután ismét az adatbevételezési fázis következik.

### 3.3. A módszer szemléltetése számítógépes szimulációval

Az ismertetett elrendezés és algoritmusok alapján történő automatikus meddőkompenzáció számítógépes szimulációjának eredményeit a 14-6. ábra mutatja. A legfelső koordinátarendszer a felharmonikusokkal terhelt feszültséget és áramot ábrázolja. Látható, hogy az áramjel alakja, amplitúdója és fázishelyzete időnként megváltozik a terhelés változása miatt. A közbülső ábra az áramköröknek a mikroprocesszor által meghatározott, az alapharmonikus frekvenciára nézve egyenértékű impedanciájának képzetes, az alsó pedig annak valós részét ábrázolja az adatmintavételezési és a kalkulációs ciklus ideje összegének megfelelő időképleteléssel. Az impedancia képzetes része beavatkozás után azonnal zérussá válik, tehát a kompenzáció sikeres.



14-6. ábra. Felharmonikusfüggetlen automatikus meddőkompenzálás számítógépes szimulációjának eredményei: felharmonikusokkal terhelt feszültség és áram, valamint a helyettesítő áramkör alapharmonikus frekvenciára nézve egyenértékű impedanciája képzetes és valós részének képe az idő függvényében

### 3.4. A módszer szabályozástechnikai előnyei

A kapott szabályozási kör eredőben holtidős tagot ad, beavatkozási ciklusidőnyi késéssel külön szabályozó nélkül is tökéletesen kompenzál, ha ezalatt a meddő áram nem változott meg. A javasolt megoldás előnyei tehát:

- érzéketlen a felharmonikusokra;
- egy beavatkozási ciklusidőnyi holtidővel pontosan kompenzál alapharmonikusra nézve;
- az érzékelésen kívül a 14-4. ábrán a 2 szabályozó és az  $u_2=f(u_1)$  függvény-generátor funkcióját is ellátja, külön szabályozó alkalmazását fölöslegessé teszi.

A megoldás főleg nagy pontossági igényű automatikus meddőkompenzálásokban alkalmazható.

#### Irodalom

- [1] Keviczky—Bányász: Optimum insensitivity of the discrete—continuous transformation. Tanulmányok 90/1979. Budapest, MTA SZTAKI
- [2] Dr. Tuschák Róbert: Szabályozástechnika, 3. füzet: Mintavételes rendszerek. BME jegyzet, Tankönyvkiadó, Budapest, 1980.
- [3] Pápay Zoltán—Kőhalmy Sándor: Áramköri jellemzők meghatározása paraméteridentifikációval. Automatizálás, 1984. 2. szám, 20—24. old.
- [4] Karacs Imre—Ipsits Imre—Csaba Béla: Statikus elektronikus meddőkompenzátor. 4. Erősáramú Elektronika Konferencia, Budapest, 1981, 137—146. old.



# 15.

## 50 Hz-es hálózati vezetéken beszédet továbbító készülékcsalád

RIBÉNYI ANDRÁS—SZEGŐ IMRE—SZTRÓKAY ISTVÁN

### ÖSSZEFOGLALÁS

Korunkban az információtovábbítási igények nagymértékű növekedését tapasztaljuk. Az ilyen típusú készülékek telepítésével kapcsolatban két gond merül fel, az egyik a vezeték kiépítéséből adódó aránylag nagy költség, a másik, ha vezeték nélküli átvitelről van szó, a rendelkezésre álló szűk frekvenciasávból adódó korlátok. Szám-talan esetben a felmerülő igényeket kielégíti, ha a meglévő 50 Hz-es hálózati vezetéken továbbítjuk az információt. A cikk ismerteti az ilyen elven működő készülékcsalád felépítését, felhasználási területét.

### ТИПОВОЙ РЯД ПРИБОРОВ ПЕРЕДАЧИ РЕЧИ ПО ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ ЧАСТОТОЙ 50 ГЦ

*A. РИБЕНИ—И. СЕГЕ—И. СТРОКАИ*

#### Резюме

В последнее время наблюдается значительное повышение требований к передаче информации. По расположению приборов такого типа возникают два затруднения — с одной стороны из-за относительно высокой стоимости установки проводов, а с другой — в случае воздушной передачи — из-за узких диапазонов возможных частот. Во многих случаях удовлетворяются предъявленные требования применением передачи информации по ЛЭП частотой 50 Гц. В статье излагаются построение и область применения типового ряда приборов, работающих по этому принципу.

### GERÄTEFAMILIE FÜR DEN SPRECHFUNK AUF DEM 50 HZ-NETZ

*A. RIBÉNYI—I. SZEGŐ —I. SZTRÓKAY*

#### Zusammenfassung

In unserem Zeitalter wächst der Bedarf nach Informationsvermittlung in grossem Masse. Bei der Aufstellung von Geräten solchen Typs ergeben sich zwei Probleme, die relativ hohen Kosten infolge des Ausbaus einer Leitung, und — wenn es sich um drahtlose Übertragung handelt — der enge Frequenzbereich, der zur Verfügung steht. Die Bedürfnisse werden in vielen Fällen befriedigt, wenn die Informationen über das vorhandene 50 Hz-Netz geleitet werden. Im Artikel wird der Aufbau eines Gerätes, das auf diesem Prinzip arbeitet, sowie das Anwendungsgebiet beschrieben.

### Summary

Nowadays, a vast enhancement of the information forwarding demands can be observed. Regarding installation of equipments of this type two major problems are arising; one of them is the relatively high cost caused by necessity of the line installation and the other, if wireless transmission is involved, the restrictions inherent to the available narrow frequency band. In a number of cases the existing demands can be satisfied by transferring the information on the existing 50 Hz power transmission line. In the article, the construction and field of applications of an equipment family operating on this principle is described.

## 1. Általános ismertetés, igények

A biotechnikai forradalom hajnalán, az informatikai forradalom derekán természetes követelmény, hogy a lakásokon belüli információátviteli rendszer már nem lehet a hagyományos. Az igények több szempontból is megváltoztak. Nőtt a lakások mérete, gyakoribbá váltak a többszintes megoldások. Ilyen méretű lakások esetében a hagyományos, beszéd útján történő kommunikációt már nem minden esetben lehet megvalósítani. A kényelmi szempontokon túl pl. betegápolás vagy gyermekfelügyelet esetén alapvető fontosságú, hogy a felügyelő és a felügyelt között egyszerű és állandó kapcsolat létezzen. Követelmény, hogy ez a kapcsolat állandó legyen, veszélyhelyzetben a veszélyben levő személy beavatkozása nélkül, a jelzés a felügyelő felé megtörténhessen.

Nő az igény az elektronikus készülékek közötti kapcsolatokra is. Pl. egyre több az elektronikusan vezérelhető készülék, amelyeket egy előre meghatározható időprogram szerint szeretnénk működtetni. Több érv szól amellett, hogy a vezérlés központi helyről történhessen, sőt bizonyos esetekben az is követelmény lehet, hogy egyes készülékek a központ felé jelzéseket adhassanak.

Az egyik ilyen feladat lehet a fűtésnek adott időprogram szerinti vezérlése helyiségenként külön-külön, amely a kényelmi szempontokon túlmenően energiamegtakarítással is jár. Szintén kényelmi szempontból előnyös, ha a villanytűzhely előre beállítható időprogram szerint működik, vagyis a kívánt időre a tűzhely az előkészített ételt elkészíti, az esetleges késést figyelembe véve a rendszer az elkészített ételt melegen tartja. Az automata mosógépek üzemeltetésénél is előnyösebb, ha a reggel bekészített ruha mosása úgy történik meg, hogy a centrifugálás a háziasszony hazaérkezésére legyen időzítve, mivel így a ruha kevésbé gyűrődik.

A vázolt vezérlési feladatok egy központi vezérlő segítségével megoldhatók, ha kapcsolatot tudunk teremteni a vezérlő és a vezérelt készülék között. A ma meglévő lakásállomány esetében ez a kapcsolat csak új vezetékrendszer kialakításával oldható meg. Ilyen rendszer kialakítása még új lakások esetében is jelentősen növeli a költségeket.



## 2. A hálózati vezeték mint jeltovábbító eszköz

Az előzőkben vázolt feladatok a legkisebb költséggel úgy oldhatók meg a meglévő épületeken belül, ha az épület állagán nem kell változtatni. Az új vezeték beépítése csak igen jelentős többletköltséggel valósítható meg.

Lehetőség nyílna vezeték nélküli információtovábbításra is, de e készülékek működtetéséhez rendelkezésre álló frekvenciasávok korlátozottak, és nem is biztosítható a rendszernek a nagyközönség felé való titkosítása.

A rendszer gazdaságos kialakítására csak olyan megoldás jöhet szóba, amely a már meglévő vezetékeket használja ki. Ilyen vezeték a lakáson belül a 220 V-os hálózati rendszer. Gondot jelent az átviteli rendszer kialakításánál, hogy ezeken a vezetékeken jelentős az üzemelő készülékekből származó zavarójel, amely az energiátovábbító 50 Hz-es jelre szuperponálódik. Annak érdekében, hogy a hálózati zavarok az átvitel minőségét ne befolyásolják, az ilyen rendszer csak frekvenciamodulált kialakításban valósítható meg.

A vivőfrekvencia megválasztásának szempontjai a következők:

- nem eshet a vivőfrekvencia olyan tartományba, amely a közhasznú rádióműsor-közvetítést zavarja;
- nem zavarhatja a rendszer a hangfrekvenciás körvezérlést;
- a frekvenciamodulált átvitel érdekében a normál hangfrekvenciás sáv biztosításához a vivőfrekvenciát 50 kHz-nél nagyobbra kell választani;
- olyan vivőfrekvenciát kell választani, amelyre a hálózati vezetéknek még nincs jelentős csillapítása;
- figyelembe kell venni a kapacitív terhelések korlátozó hatását (pl. fénycsövek gyújtókörei, zavaroszűrő kondenzátorok).

E szempontok alapján a vivőfrekvencia lehetséges tartománya az 50...140 kHz közötti, méréseink szerint a legmegfelelőbb a 100...130 kHz közötti sáv. Annak érdekében, hogy az így üzemelő készülékek a különböző ingatlanok között ne zavarják egymást, az egyes ingatlanok határán célszerű a fogyasztásmérőnél olyan eszközt elhelyezni, amely a jelterjedést a fogyasztásmérőn túl (a fogyasztó felől nézve) meggátolja (ingatlanon jelen esetben egy-egy fogyasztásmérőhöz tartozó bérleményt értünk). Ezáltal elérhető, hogy a különböző ingatlanokon levő készülékek egymást ne zavarják.

A Magyar Posta jelenlegi előírásai értelmében az a jeltovábbítási tevékenység, amely egy ingatlan határát nem lépi át vagy nem kapcsolódik közüzemű távközlő hálózathoz, nem minősül távközlési tevékenységnek.

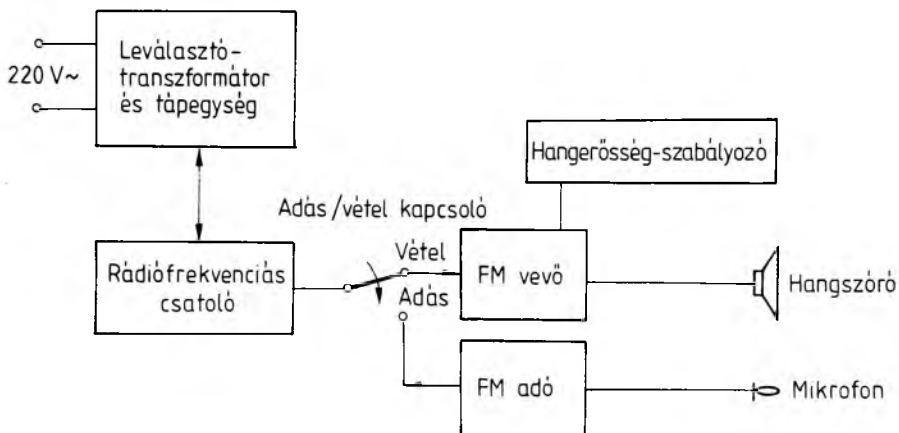
Megvizsgáltuk, hogy milyen távolságot tudunk az általunk választott vivőfrekvenciás jellel áthidalni, nemcsak épületen belül, hanem épületek között is. Az utóbbira intézmények esetében lehet szükség, amelyeknek épületei egy ingatlanon belül helyezkednek el. Méréseink szerint ilyen esetben is több száz méteres távolságot át tudunk hidalni. Esetünkben a terjedési viszonyokat rontotta az a körülmény, hogy Intézetünkben nagy teljesítményű villamos rendszerek üzemelnek, amelyek jelentős elektromos zavart termelnek.

Az adóteljesítmény meghatározásánál az is szempont volt, hogy a vevő egyszerű felépítésű legyen, ne kelljen nagy érzékenységű készüléket kialakítani. Méréseink alapján néhányszor 10 mV-os vevőérzékenység és 20...30 mW adóteljesítmény mellett, több száz méteres távolság áthidalható, épületek közötti átvitel is megvalósítható.

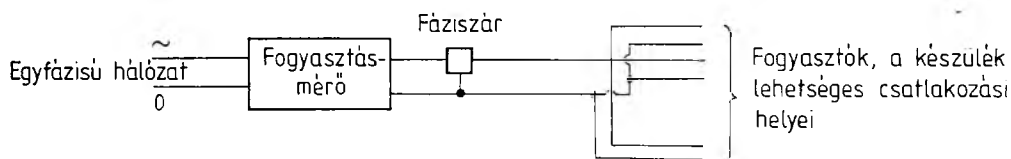
### 3. A készülék blokkvázlata, működési leírása

Fejlesztési munkánk célja egy olyan készülékcsalád első tagjának kidolgozása, amely többféle alkalmazást tesz lehetővé. A kidolgozott készülék blokkvázlata a 15-1. ábrán látható.

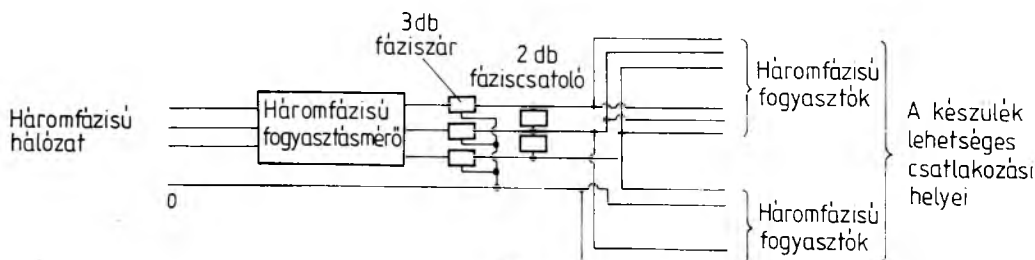
Biztonságtechnikai szempontból a legfontosabb egység a hálózati leválasztó transzformátor, amely egyben a rádiófrekvenciás (vivőfrekvenciás) jel csatolását a hálózat és a készülék között elvégzi. A transzformátornak ki kell elégítenie az életvédelmi követelményeket. Annak érdekében, hogy a készülék egyszerű felépítésű lehessen, adás-vétel kapcsolót építettünk be, így duplex üzemből adódó áramköri problémák nincsenek.



15-1. ábra. A készülék blokkvázlata



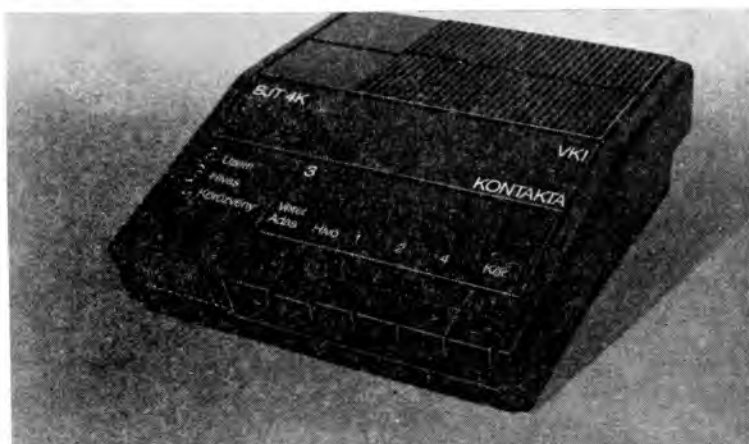
a)



b)

15-2. ábra. A készülék alkalmazása

a) egyfázisú hálózat, b) háromfázisú hálózat esetén



15-3. ábra. A készülék fényképe

A készülék fontosabb műszaki adatai a következők:

- |                             |                          |
|-----------------------------|--------------------------|
| — Működtető feszültség:     | 220 V $\pm$ 10% 50/60 Hz |
| — Szigetelési osztály:      | kettős szigetelés        |
| — Teljesítményfelvétel:     | 5,5 VA                   |
| — Modulációs rendszer:      | FM                       |
| — Vivőfrekvencia:           | 120 kHz                  |
| — Löklet:                   | kb. $\pm$ 5 kHz          |
| — Kimeneti adóteljesítmény: | max. 50 mW               |
| — A vevő érzékenysége:      | jobb, mint 20 mV         |
| — A készülék tömege:        | 1,1 kg.                  |

Annak érdekében, hogy az ingatlanon kívülre jel ne juthasson, közvetlenül a fogyasztásmérő után ún. fáziszár elhelyezése szükséges (15-2. ábra). A fáziszár hatásosan csillapítja a vivőfrekvenciás jelet, a hangfrekvenciás körvezérlés jeleit pedig szabadon átengedi. Háromfázisú hálózat esetében a fázisvezetők között a jelátvitel az ún. fáziscsatoló segítségével valósítható meg.

A készüléknek elkészült a fejlesztési mintája, amelyet a MEEI megvizsgált és megfelelőnek találta. A készülék a 15-3. ábrán látható.



# KÉMIAI ÁRAMFORRÁSOK



# 16.

## Savas ólomakkumulátorok pánccéllemezeinek előállítására nedves töltési technológiával

*DR. HORVÁTH PÁL—DR. JEDLOVSZKY PÁLNÉ—  
DR. SOÓKY-TÓTH GÁBOR—KISDARÓCZI JÁNOS*

### ÖSSZEFOGLALÁS

A pánccéllemezes ólomakkumulátorok pozitív lemezeinek előállítására — a hagyományos száraz por betöltésével szemben — az új technológiákkal az aktív anyagot nedves állapotban juttatjuk a szövetés csőelemeibe, így a munkatér mérgező portelhelése megszűnik. Az aktív anyag kénsvmentes, konzisztenciája tág határok között változtatható az adalék anyagok mennyiségének megválasztásával. A masszaserű aktív anyag több hétig megőrzi eredeti állapotát. A töltőgép automatikusan működik, és biztosítja a lemezek egyenletes töltöttségét. Az új technológiával készült lemezek minősége jobb a hagyományos lemezekénél, s ez a tény, valamint a technológia környezetkímélő volta az ipar érdeklődésére számíthat a jövőben.

### ИЗГОТОВЛЕНИЕ ПАНЦИРНЫХ ПЛАСТИН КИСЛО-СВИНЦОВЫХ АККУМУЛЯТОРОВ ПО МОКРОЙ ТЕХНОЛОГИИ ЗАПОЛНЕНИЯ

*Д-Р. П. ХОРВАТ—Д-Р. П.-не ЙЕДЛОВСКИ—Д-Р. Г. ШОКИ-ТОТ—  
Я. КИШДАРОЦИ*

### Резюме

Для изготовления положительных пластин свинцовых аккумуляторов с панцирными пластинами минуя традиционного наполнения сухого порошка, активный материал заполняется в трубчатые элементы тканой пластины в мокром состоянии, исключив таким образом нагрузку рабочего пространства отравляющей пылью. Активный материал не содержит серной кислоты, его консистенция меняется в широких пределах подбором количества добавок. Исходное состояние массообразного активного материала сохраняется в течение нескольких недель. Заполняющий агрегат работает автоматически и обеспечивает равномерную заполненность пластин. Качество пластин, полученных по новой технологии лучше традиционных; благодаря этому факту и отсутствию нагрузок на окружающую среду данная технология в перспективе может рассчитывать на интерес производства.

### HERSTELLUNG DER PANZERPLATTEN VON BLEIAKKUMULATOREN MIT FEUCHTFÜLLTECHNOLOGIE

*DR. P. HORVÁTH—FRAU DR. P. JEDLOVSZKY—DR. G. SOÓKY-TÓTH—  
J. KISDARÓCZI*

### Zusammenfassung

Bei der Herstellung der positiven Platten von Bleiakumulatoren mit Panzerplatten wird das aktive Material nach unserer neuen Technologie im nassen Zustand, entgegen der traditionellen Befüllung des trockenen Pulvers, in die Rohrelemente der Gebetasche gefüllt, wodurch die Belastung des Arbeitsraumes mit giftigen Pulvern

beseitigt wird. Das aktive Material ist frei von Schwefelsäure, seine Konsistenz kann durch die Wahl der Menge der Additive zwischen weiten Grenzen verändert werden. Das pappeartige Aktivmaterial bewahrt seinen ursprünglichen Zustand mehrere Wochen lang. Das Füllgerät arbeitet automatisch und gewährt den gleichmässigen Füllzustand der Platten. Die Qualität der mit der neuen Technologie gefertigten Platten ist besser als die traditionellen Platten. Diese Tatsache sowie die Umweltfreundlichkeit der Technologie sind Garantien für das Interesse der Industrie in der Zukunft.

## PRODUCTION OF TUBULAR PLATES OF LEAD ACID BATTERIES WITH WET FILLING TECHNOLOGY

BY DR. P. HORVÁTH—DR. MRS. P. JEDLOVSZKY—DR. G. SOÓKY-TÓTH—  
J. KISDARÓCZI

### Summary

Contrary to the traditional dry powder filling process employed so far for production of positive plates of the armouring-plate lead batteries, with application of the author's new technology, the active material is now filled in wet condition into the tube elements of the cloth bag thus eliminating the poisoning dust load in the working space. The active material is free of sulfuric acid and its consistence can be varied between wide limits with selection of the quantity of the additive materials. The putty-like active material preserves its original state for several weeks. The filling machine automatically operates and it ensures uniform filling of the plates. The quality of the plates produced with the new technology is superior to that of the traditional plates and this fact as well as the environment preventing nature of the technology may become attractive for the industry in the future.

## 1. Bevezetés

A nagy felületű Planté-lemezek, valamint a kent lemezek mellett, mintegy ötven évvel ezelőtt jelentek meg az ún. pozitív pánccellemezek. Az ilyen pozitív lemezekkel épített akkumulátorok egyesítik magukban a Planté-lemezes és a kent lemezes akkumulátorok egyes jó tulajdonságait. A kent lemezeshez képest hosszabb élettartamúak, a Planté-lemezeshez képest pedig lényegesen kisebb az 1 Ah-ra vetített súlyuk és térfogatuk. A pánccellemezek külső burkolata — a szövettáska — saválló, porózus textília, amelyet a legtöbb esetben fenol-formaldehid gyantával impregnált poliészter szövetből készítenek.

A szövettáskát csőelemek alkotják, amelyekben koncentrikusan helyezkednek el az ólomból készült áramvezető híd pálca alakú meghosszabbításai. A csőelemek szövetszerű fala és a pálca alakú áramvezető közti térben foglal helyet az aktív anyag.

Az aktív anyag  $PbO_x$  képlettel felírható ólom-oxidokból áll, ahol  $x$  értéke 1 és 2 között van, valamint kis mennyiségű adalék anyagot is tartalmazhat esetenként. A hagyományos gyártás során ezt a száraz porkeveréket rázással juttatják be a szövettáskába. Ez a művelet erősen veszélyezteti a környezetet, mivel az 1  $\mu\text{m}$ -nél kisebb szemcseméretű ólom-oxid részecskék kiporzódása elkerülhetetlen. A porszennyezés elleni védekezés még költséges beruházások árán sem tökéletes.

A száraz porkeverékkel történő pánccellemez gyártás további hátránya, hogy a porszemcsék a vibráció során méret szerint frakcionálódnak, s végül a csőelemekben a hosszirányú anyageloszlás egyenlőtlen lesz. Ez pedig a működő akkumulátorban minőségi problémákat okoz, és általában élettartam-csökkenésben nyilvánul meg.

A hagyományos gyártás e problémáinak ismeretében két évvel ezelőtt kezdtük meg — intézeti finanszírozásban — a környezetkímélő, nedves töltési technológia



kidolgozására irányuló munkáinkat. A feladatot két egymással szorosan kapcsolódó, de alapvetően más természetű részfeladat képezte: megfelelő konzisztenciájú és összetételű nedves aktív anyag előállítása, valamint a nedves aktív anyag szövettségébe töltéséhez alkalmas töltőberendezés létrehozása.

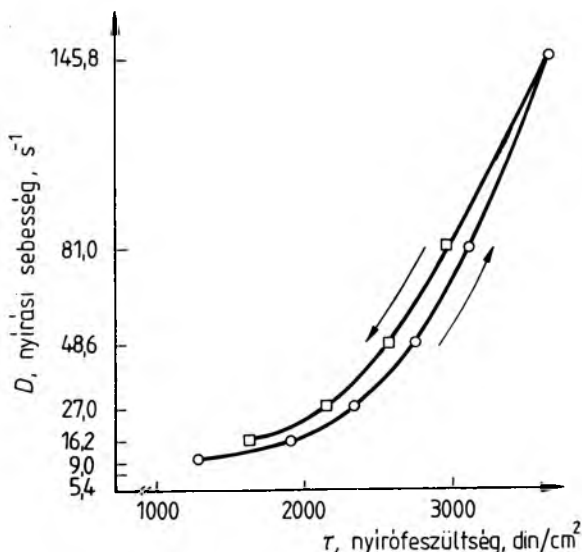
## 2. Nedves aktív anyag

A nedves töltésre alkalmas aktív anyag előállításával kapcsolatos kísérleteink megkezdésekor azt a célt tűztük ki, hogy olyan masszaserű, viszkózus anyagot állítsunk elő, amely konzisztenciáját hosszú ideig, lehetőleg több napig, változás nélkül megőrzi. E cél kijelölését az indokolta, hogy a szakirodalomból ismert [1], [2] nedves töltési eljárások olyan vizes ólompor zagyot vagy híg kénsavas zagyot használnak, amely zagy csak állandó és intenzív keveréssel tartható kvázihomogén állapotban. A 8...9 g/cm<sup>3</sup> sűrűségű szilárd komponensek vízben erősen hajlamosak az ülepedésre, s a homogén állapot fenntartását folyamatos cirkuláltatással, bonyolult és drága berendezésekkel biztosítják.

A célkitűzésnek megfelelő aktív anyagot kaptuk, amikor az oxidált ólomporhoz glicerint és poli(tetrafluor-etilén)-t adtunk adalékként, és az elegyet intenzíven összekevertük. Az anyag vízfelvevő képessége — ezzel együtt a kész elektród porozitása — tág határok között változtatható az adalék anyagok mennyiségének változtatásával. Az eljárásra elfogadott szabadalmunk van.

Reológiai vizsgálatok során megállapítottuk, hogy az aktív anyag nem newtoni folyadékként viselkedik, nyírófeszültség hatására fellépő deformációja folyásgörbével jellemezhető.

A 16-1. ábrán mutatjuk be a Rheotest-2 típusú rotációs viszkoziméteren felvett folyásgörbét. A folyásgörbe azt mutatja, hogy az anyag mechanikai erő hatására szol-gél átalakulást szenved, és bár az átalakulás reverzibilis, a visszaalakulás nem pillanatszerű, a folyásgörbének hiszterézise van. Minthogy a  $dt/dD$  értéke a nyíró-



16-1. ábra. A nedves töltésre alkalmas anyag folyásgörbéje

## Az aktív anyag jellemzői

A minta száma	Adalékanyag-összetétel		Jellemzők		
	Glicerin, g/kg aktív anyag	PTFE, g/kg aktív anyag	Víz, cm <sup>3</sup> /kg aktív anyag	Sűrűség, g/cm <sup>3</sup>	Betöltött száraz aktív anyag tömege g
1.	51,9	0,38	236	3,35	791,4
2.	51,9	0,38	269	3,22	733,2
3.	51,9	—	248	3,34	764,4
4.	—	3,8	223	3,85	850,2
5.	51,9	0,38	232	3,37	778,5
6.	80,2	0,38	393	2,85	556,2
7.	51,9	3,8	308	3,08	686,1
8.	—	—	—	3,65*	753,9

\* a rázott száraz porkeverék térfogatsúlya

feszültség növekedtével csökken, arra következtethetünk, hogy az aktív anyagnak mint kolloid rendszernek szerkezeti viszkozitása van.

E két jellegzetesség együttes létezése azt jelenti, hogy kolloid rendszerünk tixotróp, vagyis viszkozitása nyugalmi állapotban egy határértékig növekszik, keverés vagy egyéb mechanikai erő hatására pedig egy határértékhez tartva csökken. Az anyag tixotróp jellege igen előnyös a töltési művelet szempontjából, ugyanis a töltésnél alkalmazott mechanikai erő megfelelő megválasztásával elérhető, hogy az aktív anyag „folyadékként” helyezhető át a töltőcsövekből a szövettáska csőelemeibe, ahol aztán az erőhatás megszűntével alaktartó masszaként viselkedik.

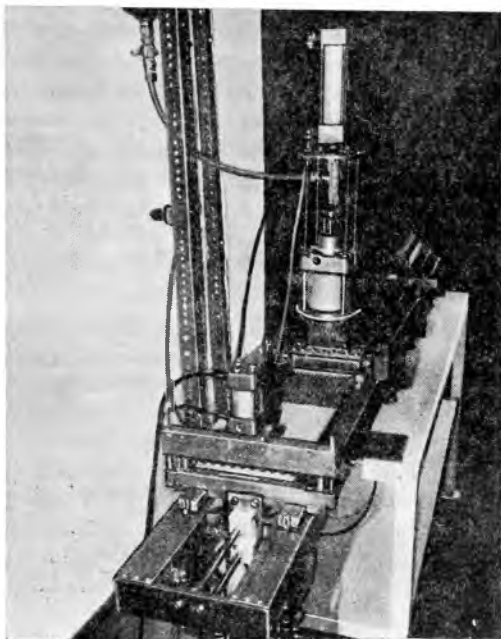
A 16-1. táblázatban foglaljuk össze az aktív anyaggal kapcsolatos kísérletek eredményeit. A minták minden esetben azonos módon készültek, azzal az eltéréssel, hogy az adalék anyagok mennyisége és ezzel együtt a bedolgozott víz mennyisége is változott. A 2. mintában további eltérés az, hogy 0,5 súly%-nyi aktivált kovaföldet is kevertünk az anyaghoz. A táblázat adataiból jól látható, hogy a glicerin—PTFE—víz arány miként hat az aktív anyag térfogatsúlyára vagy — ami a termék szempontjából érzékletesebb — az azonos módszerrel szövettáskába tölthető aktív anyag mennyiségére.

### 3. Töltőberendezés

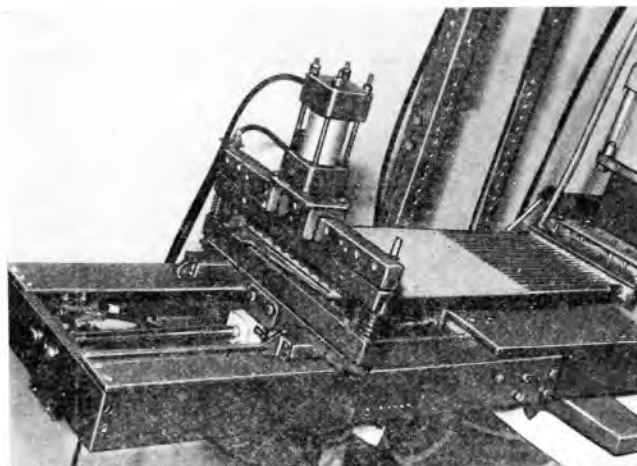
A kísérletek indításakor azt a célt tűztük ki, hogy a nedves aktív anyag töltésére alkalmas töltőberendezés a minimális túlnyomás alkalmazásával, mintegy „át-helyezze” az aktív anyagot a szövettáska csőelemeibe úgy, hogy eközben a csőelemek teljes térfogatában egyenletes legyen az aktív anyag mennyiségi eloszlása. A cél-

kitűzésnek megfelelően elkészített kísérleti berendezésünk fényképét a 16-2. ábra mutatja. A 16-3. ábra mutatja a berendezés egy részletét, a befogót, a szövettáskát és a töltőcsöveket.

A berendezés működési leírása röviden a következő: a szövettáskát és a benne levő áramvezetőt a 16-3. ábrán látható pneumatikusan működtetett befogószerkezet szorítja össze, tartja a töltőcsövekhez illeszkedő pozícióban, és tolja rá a töltőcsövekre



16-2. ábra. A töltőberendezés



16-3. ábra. A töltőberendezés befogószerkezete, szövettáskával, töltőcsövekkel

úgy, hogy az áramvezető pálcák a töltőcsövekben helyezkednek el, a szövettáska pedig a töltőcsöveget fogja körül. A nedves aktív anyagot az ún. masszatérből a benne mozgó lamella tolja a masszatérhez csatlakozó puffertéren keresztül a töltőcsövekbe. Amint az aktív anyag kilép a töltőcsövekből, a befogó és a lamella közti kényszerkapcsolat miatt megindul a szövettáska lehúzása a töltőcsövekről és ezzel egy időben a töltés is elkezdődik. Amikor a szövettáska lehúzódik a töltőcsövekről, teljes térfogatában töltve van aktív anyaggal. Ekkor a befogót nyitja a pneumatikus rendszer, a töltött lemezt kiemeljük és nyitott végén műanyag dugósorral zárjuk.

A masszatér feltöltése a 16-2. ábrán látható függőleges állványra szerelt tárolóból történik. A lamella szívóütemével szinkronizáltan, a fedelén levő csapon keresztül pneumatikus rendszer tölti fel a masszatér üregét. A berendezés a tasza befogóba helyezésétől kezdődően automatikusan működik a töltött tasza pofából való kiemeléséig. A további automatizálási munkák jelenleg folyamatban vannak. A töltőberendezés újdonságát megadott szabadalmunk védi.

## 4. Eredmények

A 16-1. táblázatban megadott összetételű aktívanyag-mintákból pozitív elektródokat készítettünk, amelyekből akkumulátorcellákat építettünk, és mértük a cellák kisütési jellemzőit. A kisütési jellemzőket két különböző terhelőáram esetére adjuk meg a 16-2. táblázatban. A táblázatban a vizsgált cellák sorszáma azonos a beépített pozitív lemezben levő aktív anyag összetételét jelző 16-1. táblázatban megadott mintaszámmal. Az  $I=0,2C_5$  A terhelőárammal való kisütést 1,7 V végfeszültségnél szakítottuk meg, az  $I=C_5$  A-rel való kisütést pedig 1,5 V-nál, és mértük a cellák által leadott Ah-számot. A 8. cella hagyományos száraz porbetöltéssel készített, pozitív elektródokkal készült. Az e cellán mért jellemzőket tekintettük vetítési alapnak, s az 1-7. cellákon mért értékeket a vetítési alaphoz viszonyított %-os értékekben adtuk meg.

16-2. táblázat

A fajlagos kapacitás értékei

A cella száma	$I=0,2C_5$ A		$I=C_5$ A	
	Ah/g	%	Ah/g	%
1.	0,125	144,98	0,0498	108,83
2.	0,125	144,98	0,075	163,9
3.	0,0978	113,43	0,0442	96,59
4.	0,97	112,5	0,037	80,86
5.	0,99	114,82	0,0475	103,82
6.	0,99	114,82	0,0456	99,65
7.	0,1105	128,16	0,0531	116,04
8.	0,086 22	100,00	0,045 76	100,00

A %-os értékek mellett megadjuk az egyes cellák pozitív elektródjába beépített száraz aktív anyag tömegegységére vonatkoztatott, mért kapacitásértékeket Ah/g mértékegységben. Az eredmények szemléletesen mutatják, hogy a nedves töltési technológiával készült pozitív lemezeket tartalmazó cellák közül az 1., 2., 5. és 7. számú a legjobb értékeket adja mindkét terhelőáram esetén. Figyelembe véve a 3. és 4. cella  $I=C_5$  A-es terhelőáramhoz tartozó adatait is, bizonyítottnak látszik, hogy az aktív anyagban adalékként együttesen alkalmazott glicerín—PTFE szinergikus hatást fejt ki. Ennek eredményeként a pozitív lemez nagyobb porozitása folytán nagyobb az elektródok nagyáramú terhelhetősége.

A villamos jellemzők vizsgálatával párhuzamosan megvizsgáltuk, hogy az aktív anyag adalék anyagaival mi történik a cellák elektrolittal való feltöltése, ill. az üzembe helyezés során. Azt találtuk, hogy szerves anyag sem az elektrolitban, sem az aktív anyagban nem mutatható ki az üzembe helyezés első formáló töltésének 80. órája után. Ez arra utal, hogy a pozitív elektródon töltéskor egzisztáló potenciáltartományban a szerves anyagok szén-dioxidá váló oxidációja megtörténik.

A nedves töltési technológiával készített kísérleti akkumulátorok élettartamvizsgálata folyamatban van, jelenleg 600 ciklusig éltek a cellák anélkül, hogy a pozitív elektródok minőségének romlását tapasztaltuk volna.

## Irodalom

[1] 4 037 630 USA Patent

[2] 1 475 490 GB Patent



# 17.

## Gépjárműindító akkumulátorok gyártási szórásának csökkentési lehetőségei

*DR. HORVÁTH PÁL—  
DR. KÉRI JÓZSEF (AKKUMULÁTOR- ÉS SZÁRAZELEMGYÁR)*

### ÖSSZEFOGLALÁS

A szerzők elemzik a savas gépjárműindító ólomakkumulátorok gyártási technológiája egyes részfolyamatainak normál üzemi körülmények között jelentkező szórását. Az elemzés célja a termelés és a termék műszaki paraméterei homogenitásának a növelése. Több éves termelési tapasztalat alapján bemutatják egy korszerű termék és technológia jellemzőit és vizsgálják a fejlesztés lehetőségeit. Statisztikai analízist mutatnak be, amelynek alkalmazása lehetővé teszi a leghatékonyabb fejlesztési irány kiválasztását. A konkrét eredmények közül a lemezkenési technológia folyamat-szabályozó rendszerét ismertetik.

### ВОЗМОЖНОСТИ СНИЖЕНИЯ РАЗБРОСОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ СТАРТЕРНЫХ АККУМУЛЯТОРОВ

*Д-Р. П. ХОРВАТ—  
Д-Р. Й. КЕРИ (ЗАВОД АККУМУЛЯТОРОВ И СУХИХ ЭЛЕМЕНТОВ)*

### Резюме

Авторы анализируют разброс некоторых частичных процессов технологии производства кислотных стартерных аккумуляторов в нормальных заводских условиях. Целью анализа является увеличение однородности производства и технических параметров изделия. На основе многолетнего производственного опыта излагаются смещения характеристик изделий и технологии производства в результате уже выполненных совершенствований, а также рассматриваются возможности дальнейшего совершенствования. Представляется статистический корреляционный анализ, с применением которого теоретическими методами возможно выбрать наиболее эффективное направление совершенствования. Для иллюстрации конкретных результатов методика представляется через модель системы управления процессом технологии намазки пластин.

### MÖGLICHKEITEN DER VERRINGERUNG DER STREUUNG BEI DER PRODUKTION VON STARTERAKKUMULATOREN FÜR FAHRZEUGE

*DR. P. HORVÁTH—  
DR. J. KÉRI (AKKUMULÁTOR- UND TROCKENELEMENT-FABRIK)*

### Zusammenfassung

Die Autoren analysieren die Streuung einzelner Teilprozesse der Fertigungstechnologie von Säure-Starterrakumulatoren für Fahrzeuge unter normalen Betriebsbedingungen. Das Ziel der Analyse besteht in der Erhöhung der Homogenität der technischen Parameter der Produktion und des Produktes. Die Entwicklung der Kenn-

ziffer der Fertigungstechnologie und des Produktes als Ergebnis der Entwicklungen wird auf Grund mehrjähriger Produktionserfahrungen vorgestellt sowie die Möglichkeit weiterer Entwicklungen untersucht. Es wird die statistische Korrelationsanalyse gezeigt, mit deren Anwendung die effektivste Entwicklungsrichtung mit theoretischen Methoden ausgewählt werden kann. Zur Illustration konkreter Ergebnisse wird die Methode anhand des Modells des Prozeßsteuersystems für die Plattenschmiertechnologie gezeigt.

## **POSSIBILITIES OF REDUCING PRODUCTION SPREADING OF VEHICLE STARTER BATTERIES**

*BY DR. P. HORVÁTH—  
DR. J. KÉRI (ACCUMULATOR AND DRY ELEMENT FACTORY)*

### **Summary**

The authors analyse the spreading of the individual sub-processes employed by the production technology of the lead-acid vehicle starter batteries under normal working conditions. The aim of this analysis is to improve homogeneity of the production and the technical parameters of the product. On the basis of experience gained in the production during the course of a couple of years, the authors introduce the formation of the characteristics of the product and the production technology in addition to investigating the possibilities of the further development. They introduce a statistical correlation analysis with the application of which the most efficient trend of development can be selected by theoretical methods. As an illustration of actual results, the authors introduce the method on a model of the process control system of the plate coating technology.

## **1. Bevezetés**

Mint ismert, a savas gépjárműindító ólomakkumulátorok elektródjai az aktív anyagot porózus állapotban tartalmazzák. Az aktív anyagot adott geometriájú, ólomból készített, villamos vezető funkciót is betöltő ún. rács tartja.

A porózus elektródokkal az utóbbi időben számos közlemény foglalkozott, amelyeknek tükrében megállapítható, hogy a villamos és a fajlagos jellemzőket egyaránt a reagensek kimerülése, fogyása és a porózus struktúrában belül az áramsűrűség eloszlása határozza meg. Egyrészt tehát a savas ólomakkumulátorok porózus elektródjai előállítását olyan modell alapján kell optimalizálni, amely képes megjósolni, hogy ezek a jelenségek miként hatnak a jellemzőkre. Másrészt — és ez gyakorlati szempontból óriási jelentőségű — nagyon fontos ismerni, hogy a termék adott paramétere mennyire kézbe tartható, másképpen fogalmazva mekkora a gyártási szórása.

## **2. A technológia természetes szórása**

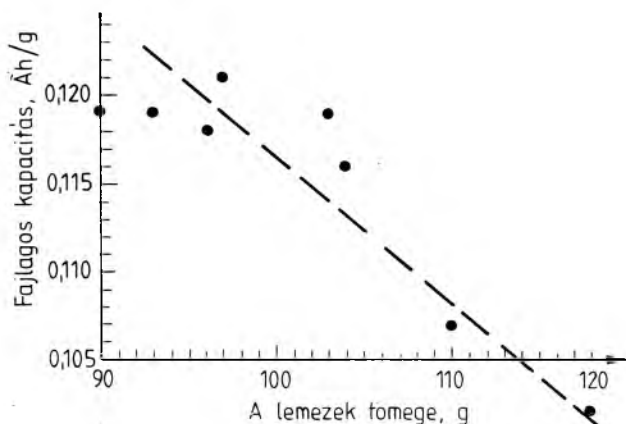
Célszerű ez utóbbi szempont gyakorlati súlyát konkrét példa kapcsán bemutatni. Vizsgáljuk az egy lemezbe beépített aktív anyag fajlagos kapacitását az azonos célra és technológiai szempontból „azonos” körülmények között gyártott lemezek nagy mennyiségének egyedi mérései alapján. A fajlagos kapacitáson adott kisütési körülmények során kapott töltésmennyiség és a lemezben levő aktív anyag tömegének hányadosát értjük. A 17-1. ábra adatai gépjárműindító telep pozitív lemezeire jellemzők. Jellegében hasonló összefüggés kapható a negatív lemezekre is. Megállapítható, hogy az egy lemezbe beépített aktív anyag tömegének növelése a fajlagos jellemző



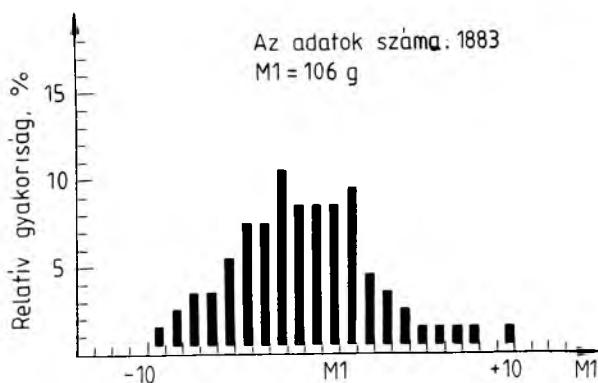
értékét csökkenti. Minőségileg úgy értelmezhető a jelenség, hogy a többlet anyag gátlólag hat a töltéstermelő elektrokémiai folyamatokra. Mennyiségi értékelést is adó leírás egyéb közleményünkben található.

A 17-1. ábra alapján tehető másik lényeges megállapítás: az azonos célra gyártott lemezek tömegének a relatív és abszolút értékben is nagy szórása. Mivel egyértelmű összefüggés van a tömeg és a fajlagos kapacitás között, megvizsgálható, hogy a tömeg szórását milyen technológiai vagy egyéb paraméterek befolyásolják, ill. ennek mik a további következményei.

Első közelítésben az elektródokat előállító kenőgép termelési jellemzőit célszerű elemezni. A 17-2. ábra a lemezenkénti aktív anyag gyakoriságát mutatja. Az ábra az egymást követően megkent 1883 darab lemez mért értéksorából kapott eloszlást mutatja. A kísérleti adatokra zárt matematikai függvény illeszthető. A kísérleti adatok legjobb burkolófüggvénye a 6,2% szórású Gauss-görbe. Többszöri, ismételt és nagy-számú vizsgálat alapján megállapítottuk, hogy a jelzett eloszlásfüggvénytől nem túlságosan eltérő alakú függvénnyel megadható „véletlen” paraméter írja le azt, hogy egy adott lemez mennyi aktív anyagot tartalmaz. Technológiai szempontból termé-



17-1. ábra. Pozitív lemezek aktív anyagának fajlagos kapacitása



17-2. ábra. Pozitív lemezek aktívanyag-mennyiségének relatív gyakorisága egy kenési művelet alatt. A vizsgálat ideje kb. 10 perc

szetesen  $c$  paraméteren egy sokváltozós függvénnyel leírható oksági kapcsolatot kell értenünk, amit a későbbiekben értelmeznünk kell.

Előbb azonban vizsgáljuk meg a bemutatott szórás néhány következményét. A gyakorlatban egy gépjárműindító telep  $n$  számú (a konstrukciótól függően  $3 < n < 15$ ) pozitív és ezzel megegyező vagy  $n+1$  számú negatív lemezt tartalmaz. Ha a lemezek szórását  $\sigma_p$ -nek jelöljük a pozitív lemezek és  $\sigma_n$ -nek a negatív lemezek esetében, akkor azt várhatjuk, hogy a telepbe beépített lemezek együttes  $\sigma_t$  szórása

$$\sigma_t = n\sigma_p + (n+1)\sigma_n \tag{1}$$

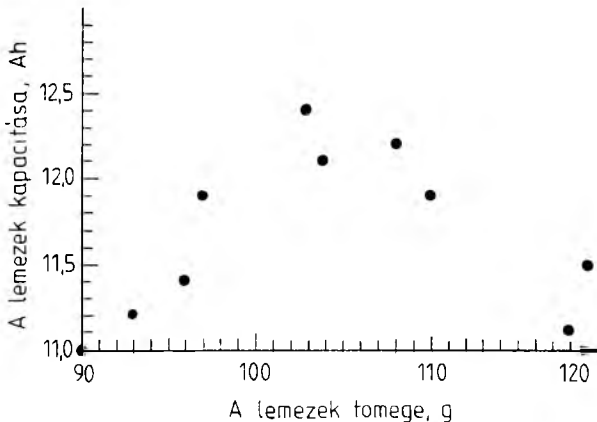
alakban adható meg, azaz a szórások értéke összegződik.

A bemutatottak alapján spontán az a következtetés adódhat, hogy a lemezek tömegének a szórása a telepbe építés során a véletlen választások folytán kiegyenlítődik, tehát annak nagy a valószínűsége, hogy bármely telep bármely cellájában közel azonos mennyiségű aktív anyag van. Ebből viszont az következne, hogy az említett szórásnak nincs nagy gyakorlati jelentősége. A valóság ennek pont az ellenkezője. A lemezek kapacitása a 17-1. ábra fajlagos kapacitásai alapján a 17-2. ábra szerinti tömegszórás tartományára a 17-3. ábrán látható. A várakozásnak megfelelően maximummal rendelkező függvényt kapunk a 17-1. ábra differenciált függvényének lineáris jellege következtében.

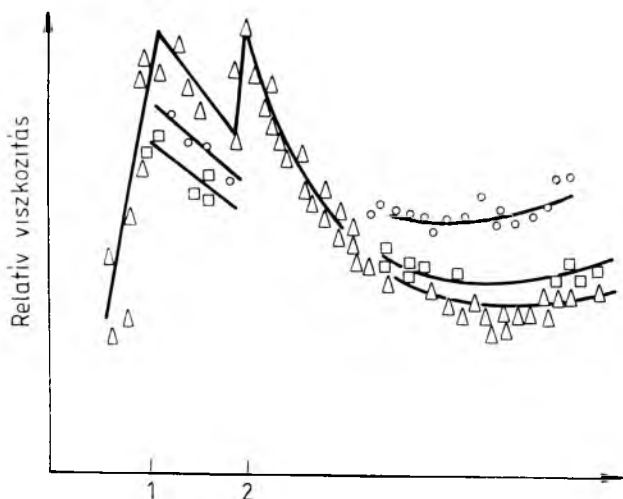
Konstrukciós szempontból egy lemeznek adott minimális kapacitásúnak kell lennie, nem engedhető meg adott értéknél kisebb kapacitású lemez telepbe építése, különben a telep szabvány szerinti kapacitása nem biztosítható. A matematika nyelvén megfogalmazva: ez akkor teljesül legnagyobb valószínűséggel, ha a 17-2. ábra legnagyobb gyakoriságú helyét a 17-3. ábra maximumhelyével azonosra választja a konstruktőr, ill. a technológus. Ez azt jelenti, hogy minimálisan a 17-2. ábra szerinti eloszlásfüggvény szórásával nagyobb az előállítandó lemezek tömege, mint az elektrokémiai folyamathoz szükséges érték. Telepenként az (1) összefüggés szerint határozható meg a minimálisan szükséges többlet anyag. A vázolt körülmény gazdasági következményein kívül még a termék műszaki jellemzőit is befolyásolja, mivel a beépített anyag fajlagos jellemzői nem a legkedvezőbbek.

A jelenség széles körű elemzése alapján okokként a következők állapíthatók meg:

- a felhasznált ólompor (alapanyag) szemcseméret eloszlása nem állandó;
- az ólompor oxidtartalma nem állandó;
- a massa keverése közben a technológiai körülmények változnak.



17-3. ábra. Pozitív lemezek fajlagos kapacitása



17-4. ábra. Pozitív massa relatív viszkozitásának változása különböző keverések során :

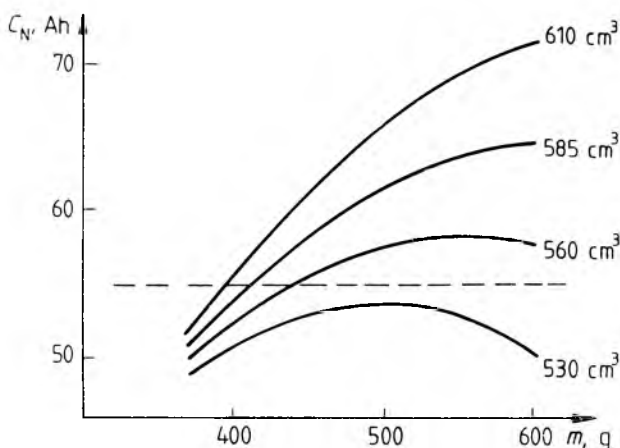
1 a vízbeadagolás kezdete; 2 a kénsavbeadagolás kezdete

Ez utóbbit érzékeltetjük a masszaviszkozitás keverés alatti változásának a bemutatásával néhány keverék esetében a 17-4. ábrán. A három bemutatott esetben a technológus célja mindig ugyanaz volt: feldolgozható massa előállítása; mivel azonban a kezdeti feltételek változtak az idézett okok miatt, az előállított massa viszkozitása sem lett ugyanaz. A vázolt okok miatt a massa látszólagos sűrűsége is időről időre változik.

Gyakorlati esetek elemzése azt mutatja, hogy az azonos célra kevert massa sűrűsége mintegy  $\pm 15\%$ -ot változik. Nyilvánvaló az elmondottakból, hogy hagyományos keverési technológiai művelettel előállított massa felhasználásával a lemezek masszatartalmának adott természetes szórása van. Az elemzések azt mutatják, hogy ez  $\sigma = 10\%$ -ot ér el. Hangsúlyozni kívánjuk, hogy megállapításunk nem egy kenési folyamat alatt feldolgozott lemezmennyiségre vonatkozik, hanem azonos gyártó berendezések használatával mellett hosszútávú gyártási folyamatra jellemző adat (a 17-2. ábra egy kenésre 6% szórást mutat). Éppen ez a körülmény indokolja azt, hogy a problémával foglalkozunk. Az évi mintegy 10% többlet anyag felhasználásának megszüntetése nagyon fontos cél olyan termék esetében, ahol a termék árának több, mint 40%-át képviseli az anyaghányad.

A továbbiakban a gyártási szóráshoz kapcsolódó néhány konstrukciós szempontot elemzünk. A szemléletesség érdekében a már értékelt jelenségeknél maradunk. Vizsgáljuk meg, hogy mi történik, ha a vázolt jellemzőjű lemezeket építjük be a gépjárműindító telepekbe. A 17-5. ábrán öt, névlegesen 11 Ah kapacitású pozitív lemezzel megvalósítható konstrukció néhány műszaki jellemzőjét mutatjuk be. A paraméter az edényben elhelyezhető kénsav mennyisége. Látható, hogy a szabvány biztosította lehetőségeket kihasználva vagy — megfelelő edényzet hiányában — kihasználatlanul hagyva, kedvezőtlenül rossz jellemzőjű terméket kaphatunk.

Kiemeljük, hogy a lemezenkénti  $\pm 10\%$  szórás konkrét telep esetében az ábrán mutatott 400...600 g anyag beépítésének szélsőséges tartományát jelentheti, természetesen az edényzettől függően esetleg jelentősen változó termékjellemzőkkel. A termék műszaki paramétereit meghatározó jellemzők szigorúan kapcsolódnak egymáshoz, pl. adott konstrukció esetében többlet anyag véletlenszerű beépítésével nyilván-



17-5. ábra. Öt pozitív lemezzel megvalósítható konstrukció néhány műszaki jellemzője. A paraméter a cellában levő kénsav mennyisége

való oknál fogva nem lesz elegendő szabad térfogat a cellában a kémiai reakcióhoz szükséges kénsav elhelyezésére. Ez a körülmény jut kifejezésre a cellában felhasznált kénsav mennyisége mint paraméter meghatározó szerepében. A termelő vállalat szempontjából ítélve a vázolt tények jelentősége nyilvánvaló.

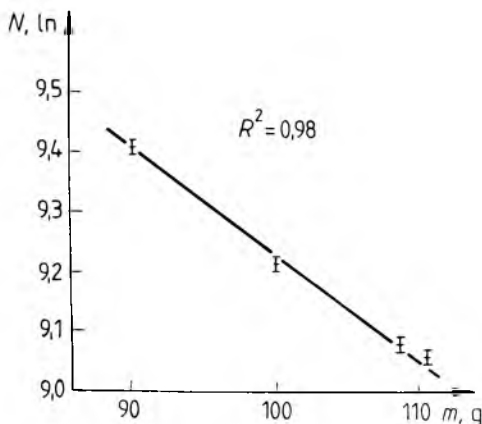
### 3. Szabályozórendszer a kenéshez

Az Akkumulátor- és Szárazelemgyár megbízásából az Országos Műszaki Fejlesztési Bizottság pénzügyi támogatása mellett a Villamosipari Kutató Intézetben néhány éve átfogó kutatási-fejlesztési munka folyik a gépjárműindító telepek gyártási részfolyamatai teljes automatizálásának a célkitűzésével. A feladatok között első helyen szerepel a kenési technológiai folyamat szabályozási feladatának a megoldása. A gyár szakembereivel kidolgozott program értelmében minimális célként a technológia természetes szórását  $\sigma=2\%$  alá kell csökkenteni. Ezt a célt csak az áramforrások gyártási technológiájában hagyományosnak tekinthető szabályozási módszerek alapvető megváltoztatásával lehet elérni. Egy többé-kevésbé korszerű lemezkenő gép termelékenysége 220...250 db lemez/min; azaz közelítőleg négy lemez másodpercenként. Ilyen ütemidő mellett a lemez masszataralmának mérésére alkalmazható módszerek erősen korlátozottak. Különösen specifikus a feladat, ha figyelembe vesszük, hogy nem a lemez vastagságát kell mérni (ami a változó sűrűség miatt nem jellemző), hanem a fizikailag, ill. elektrokémiailag fontos paraméter a lemezbe kent massa ólom(atom) tartalma. Megítélés szerint az abszorpciós módszer látszik a célra egyedül megfelelőnek.

A módszer pontosítása számos részfeladatot vet fel:

- a méréshez alkalmas részecske forrás anyagi minőségének és paramétereinek megválasztása;
- a mért adatok feldolgozásának módja;
- a beavatkozásra alkalmas kenőfej kialakítása a kenőgépen.

A 17-6. ábrán gamma-fotont sugárzó  $\text{Co}^{57}$  izotóppal végzett beütésszámmérések eredményeit mutatjuk be különböző mennyiségű masszát tartalmazó lemezek eseté-



17-6. ábra. Gamma-foton-beütésszám és a lemez aktívanyag-tartalmának összefüggése

ben. Az elérhető érzékenység kisebb, mint  $\pm 1$  g masszatartalom lemezenként. Természetesen adott izotóp kiválasztása esetén mérlegelni kell a forrás stabilitását a hosszútávú megbízhatóság követelményének teljesítése érdekében.

Nagyon fontos szempont a forrás aktivitásának a megválasztása, mivel nukleáris mérés technikai szempontból rövid idő áll rendelkezésre. Ez gyakorlati körülmények között nem lehet több, mint 300...350 ms. Ennyi idő alatt kell az abszorpció folytán gyengült sugárzásból minimálisan 2000 beütésszámot regisztrálni. A kiértékelési módszer függvényében a mérendő beütésszám iránti igény 20 000 is lehet. Az  $N$  mért beütésszám ingadozásának statisztikus fizikai jellemzője a  $\pm \sqrt{N}$  értékű szórás, tehát a kívánt érzékenység elérése nagy beütésszámot igényel (pl.  $N=100$  esetében a természetes szórás  $\pm 10\%$ , ami elfogadhatatlan).

A vázolt program során rendszereket dolgoztunk ki. A kisebb, mint  $\pm 1$  g érzékenységgel rendelkező, számítógépes adatfeldolgozással kiépített PACE 01 típusjelű rendszerünk lehetőséget ad a lemezek masszatartalmának pontos mérésére. A rendszer alkalmas óránként max. 10 000 lemez masszatartalmának a mérésére, a mérési adatok feldolgozására és tárolására. Termelési körülmények között beüzemelés alatt áll a PACE 11 típusjelű rendszer, amely az előzetes tervek szerint  $\pm 2$  g lemezenkénti masszatartalom-szórás elérését teszi lehetővé.

## 4. Összefoglalás

A gépjárműindító savas ólomakkumulátorok gyártási technológiájának részfolyamatait elemezve megállapítottuk a termék műszaki jellemzőit és a termelés gazdasági hatékonyságát leginkább befolyásoló folyamatokat. Ezek közül részleteiben ismertettük a lemezek aktív anyagának természetes szórását, valamint ennek hatásait a termék műszaki paramétereire. Műszaki és gazdasági szempontból is lényeges követelmény a korszerű termék paramétereinek a további javíthatósága szempontjából a lemezek aktívanyag-tartalmának a stabilizálása. Európai szinten is élvonalnak számító mérő- és szabályozórendszert dolgoztunk ki a lemezek kenési technológiai folyamatának szabályozására.



# 18.

## Műanyag kötésű, zárt Ni-Cd gombakkumulátorok fejlesztése

*DR. KULCSÁR SÁNDOR—CSATH GÉZA—SMAROGLAY PÉTERNÉ—  
MAJOR ANDRÁS—GATTYÁN ISTVÁN (MEDICOR MŰVEK MEDAKKU  
LEÁNYVÁLLALATA)—DR. VITÁN GÁBOR (MEDICOR MŰVEK MEDAKKU  
LEÁNYVÁLLALATA)*

### ÖSSZEFOGLALÁS

Széles körben jelentkezik igény kisméretű, hermetikusan zárt, nagy fajlagos térfogati kapacitású, lehetőleg nagy terhelhetőségű akkumulátorok iránt. Ezért kezdtük el a nyitott cellákban már bevált, műanyag kötésű elektródokból felépített, zárt cellák fejlesztését. A gombakkumulátorok működésének alapfeltétele a gázrekombináció, ezért olyan készüléket szerkesztettünk, amellyel a cellákban a töltés, ill. a kisütés folyamán keletkező gáz nyomását mérni tudtuk. Méréseket végeztünk különféle technológiával — préseléssel, ill. hengerléssel — gyártott különböző vastagságú elektródokon. A mérések alapján megállapítható, hogy a vékony, többretegű elektród-szerkezetek mind gáznyomás, mind pedig terhelhetőség szempontjából igen kedvezők. Ezt a VARTA gombakkumulátorokkal történt összehasonlító mérések is igazolták.

### СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ГЕРМЕТИЧНЫХ Ni-Cd ДИСКОВЫХ АККУМУЛЯТОРОВ С ПЛАСТМАССОВЫМИ СВЯЗУЮЩИМИ

*Д-Р. Ш. КУЛЧАР—Г. ЧАТ—П.-не ШМАРОГЛАЙ—А. МАЙОР—  
И. ГАТТЯН (МЕДИКОР, ЗАВОД МЕДАККУ)—Д-Р. Г. ВИТАН (МЕДИКОР,  
ЗАВОД МЕДАККУ)*

### Резюме

Широко предъявлены потребности в аккумуляторах с большой удельной объемной емкостью и по возможности большой нагрузочной способностью в малогабаритном, герметичном исполнении. Поэтому началась разработка герметичных ячеек из электродов с пластмассовыми связующими, хорошо применимых в открытых ячейках. Основным условием работы дисковых аккумуляторов является рекомбинация газов. Поэтому разработан прибор для измерения давления газов в ячейках, выделенных в процессе заряда и разряда. Проведены измерения с электродами различной толщины, полученными по различным технологиям (прессовка и прокатка). На основе измерений можно определить, что тонкие многослойные структуры электродов весьма благоприятны как с точки зрения давления газов, так и по нагрузочной способности. Это подтверждается в том числе сравнительными измерениями с дисковыми аккумуляторами фирмы ВАРТА.

## ENTWICKLUNG GESCHLOSSENER Ni-Cd KNOPFZELLEN MIT KUNSTSTOFFBINDUNG

*DR. S. KULCSÁR—G. CSATH—FRAU P. SMAROGLAY—A. MAJOR—  
I. GATTYÁN (MEDICOR WERKE, TOCHTERGESELLSCHAFT MEDAKKU)—  
DR. G. VITÁN (MEDICOR WERKE, TOCHTERGESELLSCHAFT MEDAKKU)*

### Zusammenfassung

Weit und breit besteht der Bedarf nach hermetisch geschlossenen Akkumulatoren mit kleinen Abmessungen, mit grosser Volumenkapazität und mit möglichst hoher Belastbarkeit. Deshalb haben wir die Entwicklung der aus Elektroden mit Kunststoffbindung aufgebauten, geschlossenen Zellen angefangen. Diese Konstruktion hat sich in offenen Zellen bereits bewährt. Die grundlegende Bedingung der Funktion von Knopfzellen ist die Gasrekombination. Deshalb haben wir ein Gerät konstruiert, mit dem der Gasdruck in den Zellen während des Ladens bzw. Entladens gemessen werden kann. Wir haben Messungen an Elektroden unterschiedlicher Stärke, die mit verschiedenen Technologien — Pressen bzw. Walzen — hergestellt worden sind, durchgeführt. Auf Grund der Messungen kann festgestellt werden, dass die dünnen, mehrschichtigen Elektrodenkonstruktionen sowohl hinsichtlich des Gasdruckes als auch im Hinblick auf die Belastbarkeit sehr günstig sind. Das wurde auch durch die Vergleichsmessungen mit VARTA-Knopfzellen bewiesen.

## DEVELOPMENT OF PLASTIC-BONDED, SEALED Ni-Cd BUTTON BATTERIES

*BY DR. S. KULCSÁR—G. CSATH—MRS. P. SMAROGLAY—A. MAJOR—  
J. GATTYÁN (MEDAKKU AFFILIATED FIRM OF THE MEDICOR WORKS)—  
DR. G. VITÁN (MEDAKKU AFFILIATED FIRM OF THE MEDICOR WORKS)*

### Summary

Nowadays, a wide-scale demand manifests itself for small-size, hermetically sealed, powerful batteries of high specific volume capacity. Stimulated by this, development of sealed cells built of plastic-bonded electrodes already well proven in the open cells was started. A fundamental condition of the operation of the button batteries is the gas recombination. For this reason, an instrument has been designed by the authors whereby the pressure of the gas developing during the charging and discharging processes could be measured. Measurements were carried out on electrodes of different thickness, manufactured with various technologies. On the basis of the measurements it can be concluded that the thin, multilayer electrode structures are very favourable both in view of gas pressure and capacity. This conclusion was verified also by making comparing measurements to the VARTA button batteries.

## 1. Bevezetés

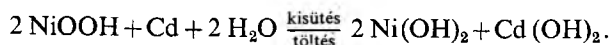
A technika gyors fejlődése, a miniatürizálás és ezáltal a hordozható készülékek, eszközök elterjedése miatt a miniatűr, légmentesen zárt áramforrások iránti igény egyre emelkedik. Az igénynövekedés nem átmeneti jellegű, a technika fejlődésével és a felhasználási területek bővülésével egyre gyorsul. A fejlődés kétirányú. Egyrészt lassan nem „áramforrásra”, hanem „feszültségforrásra” lesz csak szükség, mivel a miniatűr készülékek fogyasztása egyre csökken (pl. órák, fényképezőgépek automatikája). Másrészt egyre több olyan készülék és eszköz jelenik meg, amelyek üzemeltetését gombakkumulátorok biztosítják (pl. rádió adó-vevők, hallókészülékek, hordozható orvosi készülékek, zseblámpák, borotvakészülékek, játékok, a legkülönbözőbb kismotorok működtetése, távvezérlők, adó-vevők stb).



## 2. Ni-Cd gombakkumulátor működésének alapjai

A gombakkumulátorok közül a Ni-Cd akkumulátorok a legelterjedtebbek. Szabványokban rögzített, csereszabatos méretekkel 10 mAh-tól 3 Ah-ig terjedő kapacitás-tartományban levő 1,2 V-os cellák készülnek, amelyekből a kívánt feszültségű telepek rakhatók össze.

Működésük folyamán az elektokémiai reakciók megegyeznek a többi Ni-Cd akkumulátoréval. A kisülés, ill. töltés során lejátszódó folyamatok (egyszerűsítve) a következők:



Az akkumulátor túltöltésekor, ill. mélykisütéskor az elektródokban gázfejlődés indul meg, amit a hermetikusan zárt típusnál meg kell akadályozni. Ezt több alapvető konstrukciós elv alkalmazása biztosítja. Az egyik szerint a negatív (Cd) elektród kapacitását nagyobbra tervezik („túlkapacitálják”), mint a pozitív (Ni) elektród kapacitását, ezért túltöltés esetén a nikkell elektródon indul meg a gázfejlődés (oxigénfejlődés), amelyet a feleslegben levő negatív hatóanyag, a kadmium megköt:



A másik konstrukciós elv szerint a pozitív hatóanyaghoz negatív hatóanyagot is kevernek (antipoláris massa), amely a mélykisütéskor a negatív elektródon képződő oxigént az előbbi reakcióegyenlet szerint megkötí.

Ismeretesek olyan megoldások is, amelyekben valamilyen katalizátor — pl. platina — segítségével vízzel égetik el a keletkező  $\text{H}_2\text{-O}_2$  keveréket. A Ni-Cd akkumulátorok elterjedését több előnyös tulajdonságuk segíti (pl. a hosszú élettartam, a kiváló mechanikai tulajdonságok, minimális kezelési igényük stb.), de versenyben maradásukat a jó terhelhetőségük is biztosítja.

## 3. A gombakkumulátorok terhelhetőségének problematikája

Egy kémiai áramforrás terhelhetőségét végeredményben az elektródok felületének növelésével lehet javítani. Ez egy konkrét típuson belül egyszerűsítve azt jelenti, hogy több, de vékonyabb elektródot kell alkalmazni, természetesen úgy, hogy a névleges kapacitás, azaz a beépített aktív anyagok mennyisége ne változzon. A hagyományos, ún. táskás vagy pasztillás elektródokból (lemezekből) felépített akkumulátorok terhelhetősége egy határon túl már nem javítható, ugyanis az aktív anyagokat perforált acélszalagból készült táskába préselik, pasztillázzák. A perforált acél „táska” az aktívanyag-hordozó, és az áramvezető szerepét tölti be. Egy határon túl az elektródok már nem vékonyíthatók, mert az „inaktív” hordozóanyag és az „aktív” anyag aránya erősen leromlik.

A gombakkumulátorok pasztillás kivitelénél ugyan nincs perforált szalag, legfeljebb egy, a pasztillára préselt nikkelháló, de több vékonyabb pasztilla alkalmazását az aktív anyag kis mechanikai szilárdsága és a sorbakötés konstrukciós problémája szinte megoldhatatlanná teszi.

További ugrásszerű fejlődést jelentett az ún. szinterelt vázas elektródok megjelenése. A szinterelt szerkezet kialakítása más iparágban is alkalmazott eljárás szerint

történik: különleges szerkezetű fémport (jelen esetben karbonil-nikkelből készült nikkel port) megfelelő körülmények között hőkezelnek, így szilárd, de igen porózus anyag keletkezik.

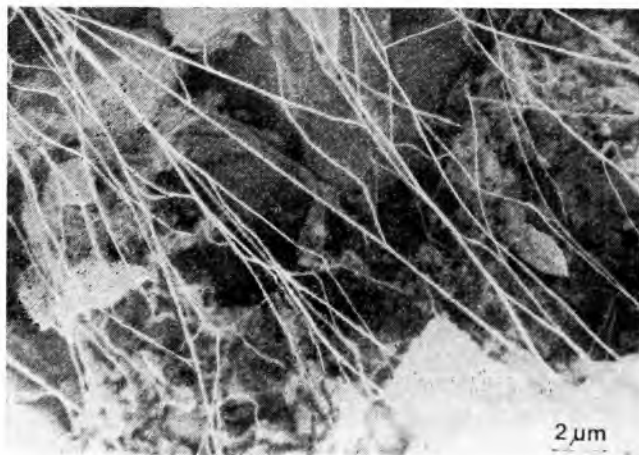
Az elektród vázaként, a hőkezelés előtt egy fémhálót (nikkel szitaszövetet) építenek be a lemezbe. Az így nyert porózus lemezben impregnálással és különféle kémiai eljárásokkal alakítják ki az elektródok aktív anyagát. A szinterelt elektród nagy fajlagos felülete biztosítja az igen jó terhelhetőséget és ezzel együtt a jobb hidegüzemi tulajdonságokat is. A szinterelt elektród „önhordó” szerkezete a beépített aktív és inaktív anyagok sokkal kedvezőbb arányát teszi lehetővé. A szinterelt lemezek továbbfejlesztésének eredményeként sikerült a lemezvastagságot 0,2...0,3 mm-re csökkenteni, így ma már „szinterfóliás” típusról is beszélhetünk. Egy konkrét példa a két típus közötti különbségről: két ugyanazon méretű és kapacitású (225 mAh) gombakkumulátort folyamatosan 450 mA-rel (2 C) terhelve, a pasztillás kivitelű a kapacitásának csak 35, a szinterelt típusú pedig 60...80%-át teljesíti.

A szinterelt típusúak ára ugyan többszöröse a pasztillás típusúak árának, de hazai gyártásukat nem ez, hanem az akadályozza, hogy a gyártáshoz szükséges karbonil-nikkel por mint stratégiai termék kezdettől fogva embargó alatt áll.

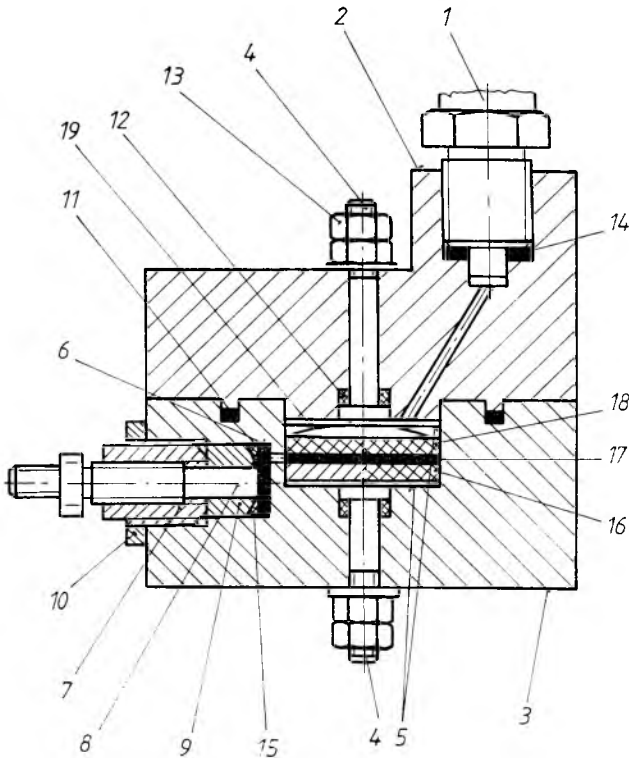
## 4. Elektródkísérletek és mérési eredményeik

Az intézetben a levegő elektród és a nyitott kivitelű műanyag kötésű Ni-Cd akkumulátorok elektródjainak kifejlesztése és gyártásba vitele során jelentős tapasztalatokat szereztünk egy új elektródszerkezet tulajdonságairól.

E technológia lényege, hogy az aktív anyagot műanyaggal keverjük és egy hordozóra, célszerűen vashálóra hordjuk fel kenéssel, hengerléssel, préseléssel vagy ezek kombinációjával. A kötőanyag mechanikai stabilitást biztosít, és megakadályozza az aktív anyag lehullását. A fémháló egyben az áramkollektor szerepét is betölti. Az elektród aktív-inaktív részeinek aránya viszonylag kedvező (1:1), rezisztenciája kicsi ( $1 \Omega/\text{cm}^2$ ), így terhelhetősége nagy. Egy ilyen elektród scanning-mikroszkópos képét mutatja a 18.1. ábra.



18-1. ábra. Műanyag kötésű elektród scanning elektronmikroszkópos képe



18-2. ábra. A mérőkészülék szerkezete

1 nyomásmérő; 2 felső rész; 3 alsó rész; 4 kivezető; 5 érintkezőtárcsa;  
 6 referenciaelektrod; 7 hernyócsavar; 8 referenciális kivezető; 9 szorítóbetét;  
 10 rögzítőanya; 11 O-gyűrű (tömítés); 12 tömítés; 13 anya; 14 tömítés;  
 15 tömítés; 16 pozitív elektrod; 17 szeparátor; 18 negatív elektrod; 19 leszorító rugó

Előnye még, hogy ezzel a technikával az elektród vastagsága 1...1,5 mm-ig csökkenthető, ami a szinterelt nikkel-kadmium elektród vastagságának nagyságrendjébe esik.

Az eredmények alapján zárt kivitelű nikkel-kadmium cellák előállítására kezdtünk kísérleteket műanyag kötésű elektródokból. A fejlesztés során két alapvető problémát vizsgáltunk:

- hogyan befolyásolja a PTFE-tartalom a gázrekombináció sebességét,
- milyen konstrukciós felépítéssel lehet a lehető legnagyobb működő elektród-felületet biztosítani.

Az első probléma vizsgálatához mérőberendezést terveztünk, amelynek segítségével az előírt üzemi feltételek között működtetett kísérleti cellákban mérni lehet a keletkezett gáznyomást, annak időbeli változását, valamint az elektródok potenciál-változását töltés és kisütés közben.

A készülék a 18-2. ábrán látható. Az edény két részre szedhető szét, és e két rész zárja közre a gomelem házának belsejével megegyező térfogatú üreget. A villamos csatlakozója nikkellemezből készült korong. Az alsó edényrészbe építettük be a Hg/HgO tárcsából kialakított referenciaelektrodot, amelyet elektrolittal átitatott azbesztszál köt össze a cella elektrolitterével.

## Sajtoló és hengerelt elektródok összehasonlítása

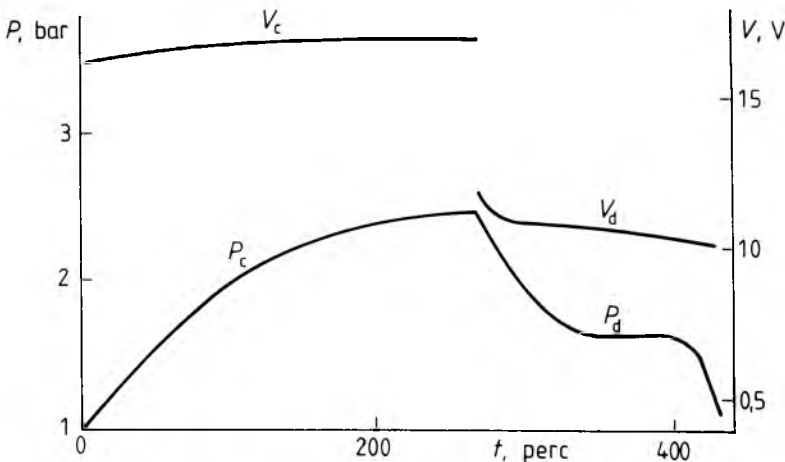
Készítési mód	Vastagság, mm	Hatásfok, $C_5\%$	Gáznyomás a töltés végén, bar	Max. terhelőáram, mA/cm <sup>2</sup>
Préselt	2,4	31	2,26	15
	4,8	25	2,8	7
Hengerelt	2,4	72,8	1,8	30
	4,8	46,3	1,47	15

Az egymásba illeszthető alsó és felső rész között O-gyűrű biztosítja a légmentes zárást. Az elektródokat tartalmazó üreget a plexibe mart vékony cső kapcsolja össze a 0...400 kPa méréstartományú manométerrel. Az elektródok kivezetéseinél teflonyűrű biztosítja a tömítettséget.

Az elektródokat két módszer szerint készítettük:

- sajtolással, amelynek lényege, hogy az aktív anyagokat PTFE-vel keverve rásajtoltuk egy tárcsás hordozóra és egy fém kivezetőre,
- hengerléssel, amelynél az aktív anyagot PTFE-vel kevertük, hálóra hengereltük, majd kivágószerszámmal a megfelelő tárcsákat kivágtuk a lapszerű elektródanyagból.

A különböző vastagságú elektródokon végzett vizsgálatok eredményeit mutatja be a 18-1. táblázat. A táblázatból jól látható, hogy az elektródok vastagsága nagymértékben befolyásolta a cellák kapacitását és terhelhetőségét. A hatásfok és a gáznyomás között korrelációt nem találtunk. A kisütéseket általában a nikkelpotenciál határozta be. A töltés és kisütés folyamán a lezárt cellákban fellépő gáznyomásokat mutatja be a 18-3. ábra, ahol a  $V_c$ , ill. a  $V_d$  a cella töltési, ill. kisütési feszültség görbéit, a  $P_c$  és a  $P_d$  pedig e feszültségekhez tartozó nyomásgörbéket ábrázolja.



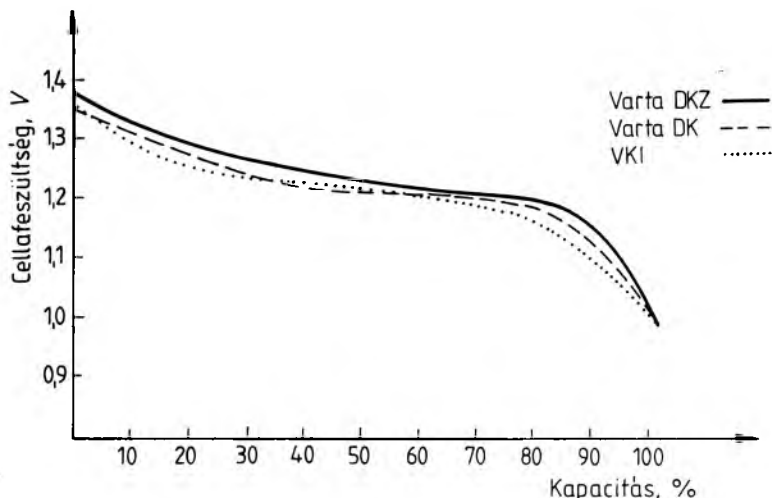
18-3. ábra. A gáznyomás változása a töltés és kisülés folyamán

Amint az ábrából is látható, a gáznyomás töltés folyamán nem emelkedik 280 kPa fölé, ami egy normál gombakkumulátorban megengedett, és kisütés közben ismét csökken. Ez mutatja, hogy a műanyag kötésű rendszerben is működik a gázrekombináció, így alkalmas zárt típus kifejlesztésére. Ezt a megállapítást a csehszlovákiai Heyrowsky Intézet kutatási eredményei is megerősítik.

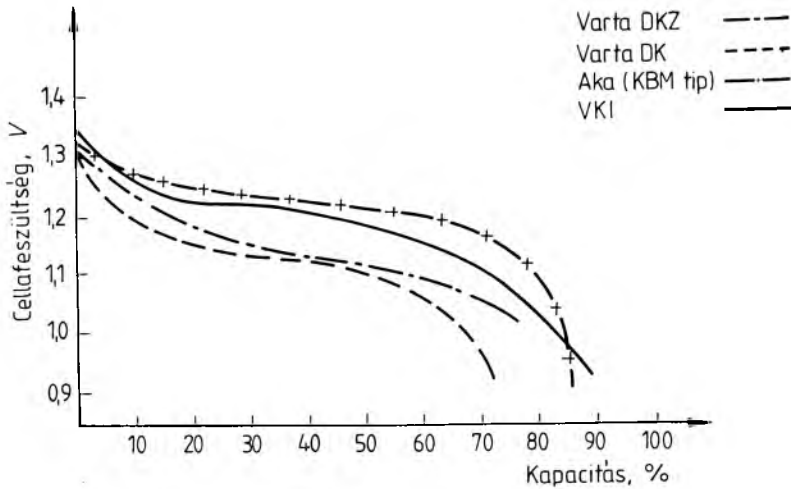
## 5. A gombcellák mechanikai felépítése és a kísérleti cellák mérési eredményei

Munkánk során három-, ill. négyrétegű elektródszerkezeteket fejlesztettünk ki. A három, ill. négy elektródot tartalmazó gombcellák egyik legnagyobb konstrukciós problémája az azonos típusú elektródok összekötése. Ezt az általunk ismert gyártók utólag elhelyezett U alakú lemezzel oldják meg. Ez kis felületen, rossz csatlakozással, ezért nagy átmeneti ellenállással köti össze az elektródokat. Mi az elektródokat — hengerelt eljárás esetén — párosával vágjuk ki a hengerelt csíkból úgy, hogy a közöttük levő hídon keresztül a hordozóháló elemi szálai fémes összeköttetést képeznek. Az ily módon előállított elektródpárokat félbehajtvva egymásba tudjuk csúsztatni — természetesen szeparátor behelyezése után — és így alakítjuk ki a Ni-Cd-Ni-Cd elektródsorrendet.

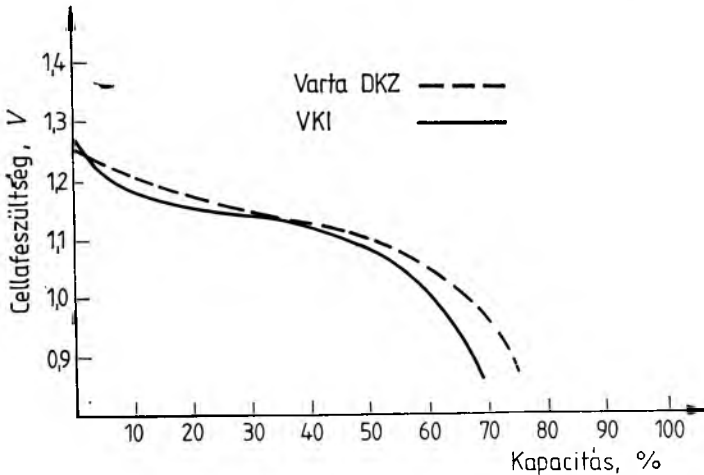
A másik fontos probléma az elektródnak a házzal, ill. a fedéllel történő összeköttetése. Ezt általában tányérrugókkal oldják meg, amelynek nagy hátránya, hogy csak az elektródfelülettel érintkeznek, sok esetben el is törnek. Ezeket elkerülendő, mi vékony fémszalaggal, ponthegeesztéssel fémesen kötöttük össze a házat, ill. a fedélet az elektródokkal. Ehhez egy olyan perforált tárcsát készítettünk, amely az elektród felületébe préselhető, és így a perforációk áthatolva az elektródmasszában közvetlenül a hordozóhálójával kerülnek összeköttetésbe. Az említett vékony fémszalag egyik végét e tárcsához, másik végét a házhoz ponthegeesztve igen kis belső ellenállású, ezért jól terhelhető cellákat sikerült készítenünk. A záróidomok kialakítását és a cellák lezárását a MEDICOR MEDAKKU vállalattal együttműködve végeztük. A kész cellák méretei az IEC méretségbe illeszkednek.



18-4. ábra. Különböző típusú Ni-Cd gombakkumulátorok 0,2C<sub>5</sub> kisütési görbéi



18-5. ábra. Különböző típusú Ni-Cd gombakkumulátorok 1C<sub>5</sub> kisütési görbéi



18-6. ábra. Különböző típusú Ni-Cd gombakkumulátorok 2C<sub>5</sub> kisütési görbéi

Összehasonlításként a 18-4., 18-5. és 18-6. ábrán bemutatjuk a jelenleg európai szinthez tartozó VARTA DKZ és DK típusait, valamint az NDK-ban gyártott, KBM terhelhetőségszintbe sorolt, AKA márkanevű, 225 mAh kapacitású gombcellák prospektusokban megadott görbéit. Ezekből látható, hogy terhelhetőség szempontjából elérjük a VARTA akkumulátorok szintjét. A fajlagos térfogati kapacitásban kb. 30%-kal elmaradtunk. Ez azt mutatja, hogy eredeti célunk, a 2C<sub>5</sub> terhelhetőség, elérhető ebben a típusban is.

Néhány általunk készített cella látható a 18-7. ábrán. A termék gazdasági jelentősége igen nagy, mivel teljes egészében nyugati importot helyettesít, amely várhatóan meredeken növekszik, és fejlesztését az OMFB támogatásával és a MEDICOR MEDAKKU-val együttműködve végezzük, ezért mind gyártását, mind fogyasztói alkalmazását biztosítottnak látjuk.



18-7. ábra. Hermetikusan lezárt, kész gombakkumulátorok

### Irodalom

- [1] *Dipl.-Ing. Wolfgang Raudszus*: Gasdichte NiCd-Batterien zur Absicherung in der Elektronik. *Elektronik Industrie* 8 1982, p. 53.
- [2] *Ing. Václav Hodinár*: Hermetické akumulátory NiCd. 14. *Elektrotechnik* p. 38. 1983 číslo 1.
- [3] *Jindra, J.—Mrha, J.—Micka, K.—Zábransky, Z.—Koudelka, V.—Malik, J.*: Plastic bonded electrodes for nickel-cadmium accumulators. I. Cadmium electrode. *J. Power Sources*, 4. 1979, 227.
- [4] *Kulcsár, S.—Horváth, P.—Csath, G.—Smaroglay, M.*: Problems of internal resistance of plastic bonded (pressed type) high rate Ni electrodes. *Elect. Pow. Sources Conf. Zilina*, 1981.
- [5] *Kulcsár, S.—Ágh, J.—Fazekas, Á.—Vigh, J.—Bujdosó, Z.*: The microstructure of plastic bonded nickel electrodes (pressed type). *Elect. Pow. Sources Conf. Zilina*, 1981.





# TECHNOLÓGIÁK



# 19.

## Hőcsövek készítésének és alkalmazásának tapasztalatai

*TÖRÖK TIVADAR—KELETI JÓZSEF—KATONA ÁBRIS*

### ÖSSZEFOGLALÁS

A cikk összefoglalja a  $-30...+200\text{ °C}$  hőmérséklettartományban üzemelő hőcsövek készítésével kapcsolatban összegyűlt tapasztalatokat. Ezen belül foglalkozik a kanóc szerepével a földi körülmények között működő hőcsövek esetében, a folyadéktöltet mennyiségének meghatározása terén figyelembe veendő szempontokkal, valamint a csövek belső terének kialakításával, tisztításával és lezárásával kapcsolatos technológiai megoldásokkal. Végül ismerteti azokat a jellegzetes alkalmazási példákat, amelyekben a hőcsövek előnyös tulajdonságait az intézeti munka során sikerrel juttatták érvényre.

### ОПЫТЫ ПО ИЗГОТОВЛЕНИЮ И ПРИМЕНЕНИЮ ТЕПЛОВЫХ ТРУБ

*Т. ТЕРЕК—Й. КЕЛЕТИ—А. КАТОНА*

#### Резюме

В статье обобщаются опыты, накопленные по изготовлению тепловых труб, работающих в диапазоне температур  $-30\text{ °C}...+200\text{ °C}$ . При этом занимается изложением роли фитиля в тепловых трубах, работающих в наземных условиях, необходимых соображений по определению количества рабочей жидкости, а также технологических решений по выполнению внутреннего пространства, очистке и герметизации труб. Наконец, излагаются характерные примеры применения, при которых в рамках работ института успешно использованы преимущества тепловых труб.

### ERFAHRUNGEN IN DER HERSTELLUNG UND ANWENDUNG VON WÄMEROHREN

*Т. ТÖРÖК—J. КЕЛЕТИ—Á. КАТОНА*

#### Zusammenfassung

Im Artikel werden die gesammelten Erfahrungen in der Herstellung von Wärmerohren im Temperaturbereich von  $-30...+200\text{ °C}$  zusammengefasst. Ausserdem wird auf die Rolle des Dochtes bei Wärmerohren unter Gravitation, auf Gesichtspunkte, die bei der Bestimmung der Menge der Flüssigkeitsfüllung zu beachten sind, sowie auf technologische Massnahmen im Zusammenhang mit der Ausbildung, Reinigung des Innenraumes und mit dem Einsperren der Rohren eingegangen. Es werden schliesslich die typischen Anwendungsbeispiele angeführt, bei denen die vorteilhaften Eigenschaften der Wärmerohre in der Praxis erfolgreich angewendet worden sind.

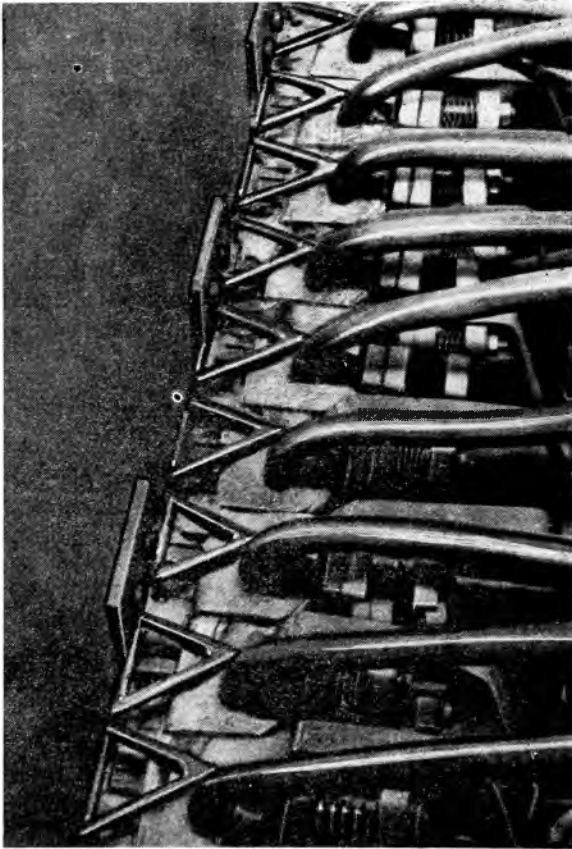
## EXPERIENCE IN PRODUCTION AND APPLICATION OF HEAT PIPES

BY T. TÖRÖK—J. KELETI—Á. KATONA

### Summary

This paper summarizes the experiences gained in the production of heat pipes operating in the  $-30^{\circ}\text{C}$  to  $+200^{\circ}\text{C}$  temperature range. It deals with the role of the wick in terrestrial heat pipes the aspects to be taken into consideration when determining the fluid charge as well as with the technological measures concerning the interior of the pipes, cleaning and closing of the same. Finally, the paper describes particular application examples in which the favourable properties of the heat pipes were successfully utilized in the practice.

A Villamosipari Kutató Intézetben 1971 óta foglalkozunk hőcsövek készítésével. A 19-1. ábra az első 250 W-os termovillamos generátor hűtőrendszeréről 1971-ben készített archív felvétel, amelyen a hőcsővel felhasználásával konstruált hűtők hőfelvétel szakaszai láthatók. Ekkor tapasztaltuk először a hőcsövek előnyös tulajdonságait, és kezdtük keresni azokat a területeket, ahol ezek a tulajdonságok használ-



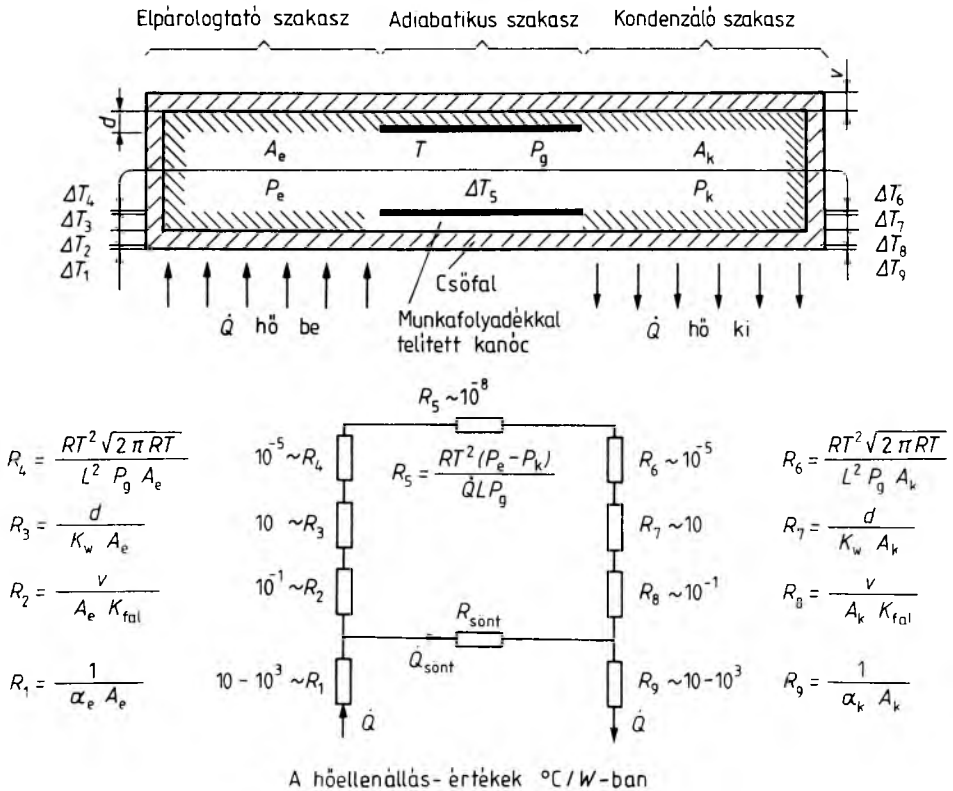
19-1. ábra. Az első 1972-ben készült 250 W teljesítményű termovillamos generátor hőcsöves hűtőrendszere

hatók. Az azóta elért — és különösen az utóbbi két évben szaporodó — eredmények, amelyek jelentős része kívül esik a szigorúan vett erőáramú villamosipar területén, számunkra az akkori munka egyenes folytatását jelentik.

Dolgozatunkban bevezetésként áttekintjük a hőcső fogalmának fejlődését a nemzetközi szakirodalomban, majd saját tapasztalataink alapján tárgyaljuk a földi körülmények között működő hőcsövek és termoszfionok készítésének és tervezésének néhány problémáját. Ezen belül foglalkozunk a kanóc szerepével, a folyadéktöltet meghatározásánál figyelembe veendő szempontokkal és a hőcsövek belső terének kialakítására, tisztítására és lezárására alkalmazott technológiai megoldásokkal. Végül néhány jellegzetes alkalmazási példát ismertetünk.

Mit is nevezünk tulajdonképpen hőcsőnek? A legújabb szakirodalom az esz- közt zárt ciklusú, kétfázisú termikus rendszerként definiálja. A fogalomba beletar- tozik tehát minden olyan szerkezet, alakjára való tekintet nélkül, amelynek zárt üre- gét valamilyen munkaközeg tölti ki folyadék és gőz halmazállapotban.

A 19-2. ábrán egy hőcső vázlatát látják, amelynek segítségével röviden áttekint- hetjük a működését. Az ábrán feltüntetjük a hőáramlás útjában létrejövő hőmérsék- letlépcsőket, ill. a velük összefüggő hőellenállásokat és ez utóbbiak közelítő értékét is °C/W egységekben, vízzel töltött hőcső esetére. A cső működésének lényege, hogy



19-2. ábra. Hőcsövek jellemző hőellenállásai

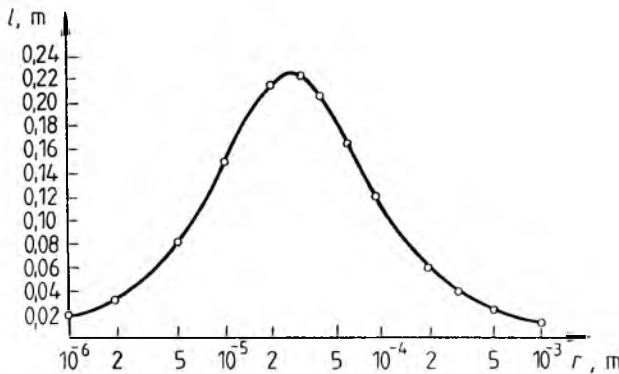
a hőbetáplálás helyén a folyadék elpárolog, a gőz a nyomáskülönbség hatására a hidegebb helyek felé áramlik és kondenzálódik. A fázisátalakulások során a közeg a párolgási hőnek megfelelő hőt von el, ill. ad le a falaknak. A hőcső belsejében a gőzáramlási sebesség alakulása az adott közegben érvényes hangsebesség megközelítéséig az összenyomhatatlan közegek áramlására vonatkozó ismert törvényszerűségeket követi, így az eszköz szélsőségesen jó hővezetőként viselkedik. Mivel a hőszállítás a csövön belül anyagáramlással jár, a folyamatot körfolyamattá kell alakítani abban az értelemben, hogy a kondenzátumot vissza kell juttatni az elpárolgás helyére. Az a tény, hogy a gyakorlatban használt első hőcsöveket úrbeli objektumok hőszállítási és hőmérséklet-kiegyenlítési problémáinak megoldására hozták létre, indokolta, hogy erre a szerepre a kapillárishatást használják fel. Erre a célra szolgált a cső belső felületére rögzített kapillárisrendszer, egyszerűbben kanóc, amely telítve van a folyadék halmazállapotú munkaközeggel. Földi körülmények között a kapillárishatást a hőbetáplálás helyétől függően segítheti vagy gátolhatja a gravitációs tér, ill. a gravitációs tér önmagában is képes a körfolyamat fenntartására. A csövön belüli folyadékáramlási viszonyokat a következő egyenlet írja le:

$$\frac{2\sigma_f}{r_c} = \frac{b\mu_f \dot{Q}l}{2\pi(r_w^2 - r_g^2)\epsilon r_c^2 \rho_f L} + \rho_f g l,$$

amelynél az áttekinthetőség kedvéért feltételeztük, hogy a cső függőleges helyzetben van, és mind a kondenzációs, mind az elpárolgató szakasz hossza elhanyagolható az adiabatikus szakasz hosszához képest; a kanóc homogén és a nedvesítés tökéletes. Az egyenletben szereplő szimbólumok jelentése:

$\mu_f$  a töltőfolyadék dinamikus viszkozitása;  $\dot{Q}$  a hőáram;  $l$  a csőhossz;  $r_w$  a cső belső sugara;  $r_g$  a gőzcsatorna sugara;  $\epsilon$  üreghányad a kanócban;  $r_c$  a pórusugár;  $\rho_f$  a folyadék sűrűsége,  $\sigma_f$  a folyadék felületi feszültsége;  $L$  a folyadék párolgáshője;  $b$  10...50 közötti állandó, amely a kanóc tekervényességét fejezi ki.

Az összefüggés szerint a bal oldalon szereplő kapillárisnyomás egyensúlyt tart a kapillárison belüli áramlás fenntartásához szükséges nyomáskülönbség és a hidrosztatikus nyomás összegével. A nehézségi gyorsulás előjelének megfelelő megválasztásával ez az összefüggés írja le, jelenlegi állapotában a fentről lefelé, negatív  $g$  esetén a lentől felfelé irányuló hőszállítási viszonyokat. A függvény diszkussziója azt mutatja, hogy az áthidalható magasságkülönbség korlátozott, és maximuma van a kapilláris pórusátmérőjének függvényében. Példaképpen a 19-3. ábrán ábrázoltuk az



19-3. ábra. A kapilláris emelési magasság az effektív pórusugár függvényében

emelési magasságnak az egyenlethől kiszámolt értékeit a pórúsátmérő függvényében. Számításainknál 1 mm kanócrétegvastagságot, 30 mm belső csőátmérőt és 100 W hőszállítást tételeztünk fel, víz munkaközeggel 100 °C közelében. Megjegyezzük, hogy egy ilyen geometriájú hőcső fordított helyzetben, tehát alulról felfelé, megközelítőleg 7 kW hőt képes szállítani. A görbe bal oldali szakaszának gyors esése a kapillárisnyomásnak a pórúsátméret növekedéséből származó csökkenését jelzi, a jobb oldali ág esését pedig a szűkülő, de növekvő számú csatornák áramlási ellenállásának növekedése okozza. A görbe maximuma felvett adatainknál mindössze 0,25 m-t ér el, annak ellenére, hogy adataink felvételénél, ill. egyszerűsítő feltételeinkkel a reális műszaki lehetőségekhez képest kedvező irányban „csaltunk”.

Ez a rövid számítás is indokolja azt a nemzetközi tendenciát, hogy a földi alkalmazások terjedésével a kutatási fejlesztési aktivitás a gravitáció segítette hőcsövek kutatása és vizsgálata irányába tolódott el. Szerencsére a földi alkalmazások jelentős részénél nincs szükség a hő lefelé szállítására. Ezekben a hőcsövekben a kanóc szerepe megváltozott, és a hosszirányú folyadékcsállítás helyett a munkafolyadék a teljes belső elpárologtatófelületre való szétterítésére alkalmazzák, amelyre a deciméter nagyságrendű elérhető emelési magasság megfelelő.

Ezzel összefüggésben meg kellett változtatni néhány elfogadott méretezési elvet, és a fellépő új jelenségek közül a hőszállítási szempontból károsak kiküszöbölésére megoldásokat kellett találni. A gravitáció segítette üzemmódban a kanóc rétegvastagsága, így az  $R_3$ -mal jelölt hőellenállás is jelentősen csökkenhetett. Megváltozott a folyadéktöltet szokásos mennyisége is. Régebben a szükséges folyadékmennyiséget úgy határozták meg, hogy a kanócban felszívódva azt éppen kitöltse; újabban a belső üreg térfogatának felét-harmadát kitöltő folyadékmennyiséget alkalmaznak. Egyúttal a falakon olyan hőterhelést engednek meg, amely a buborékos forrás tartományába esik, mivel nem kell attól tartani, hogy a gőzbuborékok a vastag kapillárisrétegből nem tudnak távozni, és így megszakítva a folyadékutánpótlás útját, kiszikkadáshoz vezetnek. A hosszirányú folyadékáramlás a kanócon kívül zajlik.

A nagyobb folyadéktöltetnek hátrányai is vannak. Függőleges működésű csöveknél egyrészt a folyadékoszlop hidrosztatikai nyomása, másrészt lecsökkent szabad felülete miatt megnövekedett mind az  $R_3$ , mind az  $R_4$  ellenállás. Ezek a hatások csökkennek, ha nem függőlegesen, hanem a vízszinteshez közeli dőlésszögben működtetjük a csövet, mivel ilyenkor a szabad felszín növekszik és a folyadékoszlop magassága csökken. Tapasztalataink szerint az ilyen csövek hőellenállása 5...10° közötti dőlésknél éri el a minimumot, ennél kisebb hajlásszögeknél gyorsan, nagyobbaknál lassan csökken.

A vízszintes helyzetben való működés során zavarokat okozhat, hogy a forrási folyamat nem egyenletes, a gócképződési helyek hiánya miatt a folyadék nagy túlfűtéssel „lökdösve” forr, és az így keletkező hullámok a gőzáramlás útját leszűkítik, ill. időről időre elzárják. Ezt a hatást általában a csőben elhelyezett hullámzáscsillapító alkatrészekkel ellensúlyozzák, amelyek biztosítják a gőz szabad áramlásának útját.

A magunk részéről a munkafolyadék forrásának feltételeit vizsgáltuk részletesebben. Megállapítottuk, hogy — noha a nagyobb folyadéktöltet a cső hőszállítása szempontjából kedvező, hiszen kis kapillárishatás esetén is nagyobb nedvesített felület érhető el — még kedvezőbb lehetne a kép, ha a buborékok képződéséhez nem volna szükség túlfűtésre. Ez a túlfűtés pl. víz atmoszferikus nyomáson való forralásánál min. 2 °C körüli érték és a kritikus hőterhelés közelében 20...50 °C-ot is elérhet. A hőcsövekben azért jelentős ez a hatás, mivel itt nem számíthatunk arra, hogy a melegítés hatására a folyadékból felszabaduló oldott gáz buborékjain, vagy a felületeken adszorbeált szennyeződések, oxidfoltok indul meg a forrás,

hiszen azokat gondosan el kellett távolítanunk a hőcső készítése során. Gőzképződés csak a felület egyenetlenségein indulhat meg.

Megfigyeltük, hogy a buborékok minden esetben karcok mélyén indulnak növekedésnek. Ez összhangban van azzal az ismert fizikai ténnyel, hogy a görbült felületek felett a gőznyomás a görbületi sugár előjelétől és abszolút értékétől függően, erőteljesen változik. A karcok mélyén a folyadékfelszín a fal felől nézve domború, így itt az egyensúlyi gőznyomás értéke azonos hőmérsékleten nagyobb, mint más helyeken, így itt indul meg a gőzkiválás. Amikor a buborék már létrejött, a helyzet megváltozik. Ha a folyadék a karcok falát nedvesíti, a buborék növekedését lassítja az, hogy a gőz—folyadék határfelület a gőz felől homorú, és így itt a gőznyomás kisebb, mint sík vagy ellenkezően görbült felület felett. A kialakuló határszög viszont olyan, hogy a buborékok könnyen leválnak a falról. Ha a folyadék nem nedvesíti a falat, a buborék gyorsan növekszik a domború határfelület felett kialakuló nagyobb gőznyomás következtében, azonban a felületről nem tud leválni, és hamar kialakul a hártvás forrás. Ez a felismerés vezetett minket arra az ötletre, hogy a nedvesíthető hőátadó felületen periodikusan nem nedvesíthető foltokat, pöttyöket hozunk létre, és ezzel a túlfűtés mértékét csökkentjük.

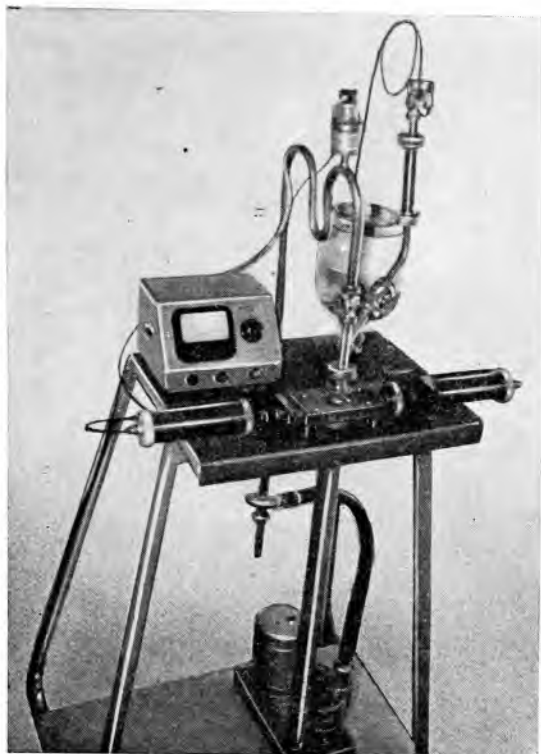
A nem nedvesíthető helyeken létrejövő buborékok a folt határáig nőnek, és ha méretük eléri a nem nedvesíthető hely határát, leválnak a falról. Fokozott ez a hatás, ha a nem nedvesíthető helyek karcok, mélyedések oldalán helyezkednek el, a felület sík részei pedig a jól nedvesíthető helyek. Az ilyen felületek létrehozására sokféle megoldás kínálkozik. Példaként említjük azt a fémfelületet, amelyen néhány tizedmilliméter mély karcokat hoztunk létre, a felületet szilánvegyülettel kezelve hidrofobizáltuk, majd ezt a réteget a sík részéről eltávolítva, ismét vízzel nedvesíthetővé tettük. Az így előkészített felületen már minimális túlfűtés hatására a víz egyenletes, ún. lökdösés nélküli forrását figyelhetjük meg.

Munkánk során nemcsak víz, hanem metanol, etanol, aceton és Freon 11 munkafolyadékok használatára is felkészültünk. Alumínium és vörösréz hőcsövek lezárására és töltésére ezekkel a munkaközeggel célkészüléket építettünk, amelyet a 19-4. ábrán mutatunk be. A levegőt a hőcsőből a kép alján látható rotációs szivattyú távolítja el, amely a kifagyasztókon és szelepen keresztül csatlakozik a hőcsőhöz. A csőben kialakuló maradék nyomást vákuummérővel ellenőrizhetjük. A cső töltésére a jobb oldalon látható két szelep segítségével van mód, amelyek között kalibrált térfogatú csőszakasz, büretta helyezkedik el. A felső szelepen keresztül csatlakozik a rendszerhez a munkaközeg tartály, amely jelen esetben Freon 11-et tartalmazó palack. A leszivattyúzott és megfelelő mennyiségű folyadékkal feltöltött hőcső lezárócsomóját pneumatikus működtetésű hideghegesztő szerszámmal zárjuk le.

A feltöltési és lezárási folyamat során gondoskodni kell arról, hogy a cső belsejéből minden idegen anyagot eltávolítsunk. Ez gyakran nem is egyszerű feladat. A csövek belsejét a gyári és a hegesztésből származó szennyeződések eltávolítására, és az aktív felület kialakítására különböző vegyszerekkel kezeljük, és ezek maradékát oldószerekkel történő mosással távolítjuk el. Az oldószermaradék, valamint levegő és vízgőz a felületen adszorpcióval kötött állapotban még hosszabb szivattyúzás után is fellelhető. A deszorpció egyensúly szobahőmérsékleten csak órák alatt áll be, ezért elkerülhetetlen a csövek kikályházása a szivattyúzás előtt vagy közben. Tapasztalataink szerint 100...150 °C-ra melegítéssel 10...15 perc szivattyúzás elegendő a kielégítő tisztaság eléréséhez. Különösen fontos ez alumínium csövek esetében, mivel azokban a maradék vízgőz a fal anyagával hidrogénfejlődéssel járó reakcióba lép.

Egy-egy lezárási ciklus végén a kifagyasztóban felfogott vízgőz mennyisége néhányszor tíz centigrammot is elérhet. Ez a mennyiség, ha benne marad a képen is





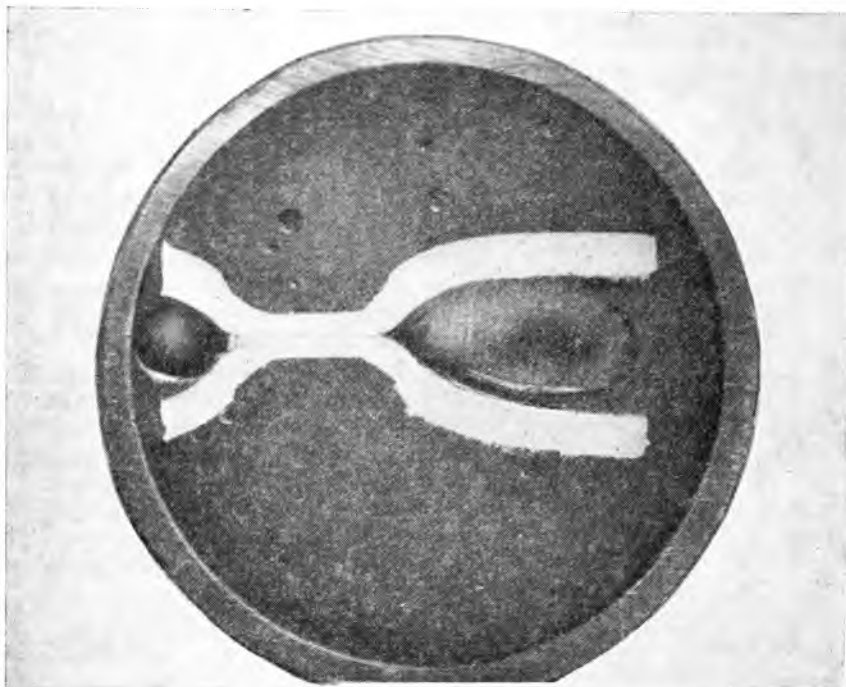
19-4. ábra. Szivattyúzó töltő- és lezárókészülék hőcsövek készítéséhez

látható 0,5 l térfogatú csőben, számításunk szerint 0,3...0,4 l atmoszferikus nyomású hidrogén fejlődéséhez elegendő. Ennek a gázmennyiségnek már tíz százaléka is használhatatlanná teszi a hőcsövet.

A lezárásnál további hibalehetőség a hegesztések és különösen a hideghegesztés minősége. A hideghegesztéses lezáráshoz oxigénmentes tiszta felület és alumínium esetében min. 70%-os deformáció szükséges. A 19-5. és 19-6. ábra egy 85%-os és egy 52%-os deformációval készített csővég metszetét mutatja. Jól látható, hogy az első képen a hegedés kielégítő; a másodikon megfigyelhető az egymáshoz sajtolt felületek határvonala, amelynek mentén a nyomáskiegyenlítődés pár óra alatt lezajlik.

Kísérleti tapasztalatainkat az elmúlt két évben különböző hőcsöves készülékeket építve kamatoztattuk. Elsőként a csővezetékek korrózióvédelmére szolgáló drenázs-készüléket kell megemlítenünk. Az eszköz négy 50 A terhelhetőségű Schottky-diódát tartalmaz. Ezeknek a hűtését biztosítják a természetes konvekció segítségével a hőcsöves hűtők. Ezzel a megoldással lehetővé vált a diódák dinamikus és statikus paramétereinek teljes kihasználása, még szabadtéri, szélsőséges klímaviszonyok között is. A készüléket a RADELKISZ KTSZ gyártja és a Fővárosi Gázművek alkalmazza csővezetékeinek a városi villamosközlekedésből származó kóboráramok elleni védelmére.

Az Állami Energia- és Energiabiztonságtechnikai Felügyelet javaslatára a Csepel Autógyár megbízásából fejlesztettük ki az áramvezető sínek csatlakozási pontjainak



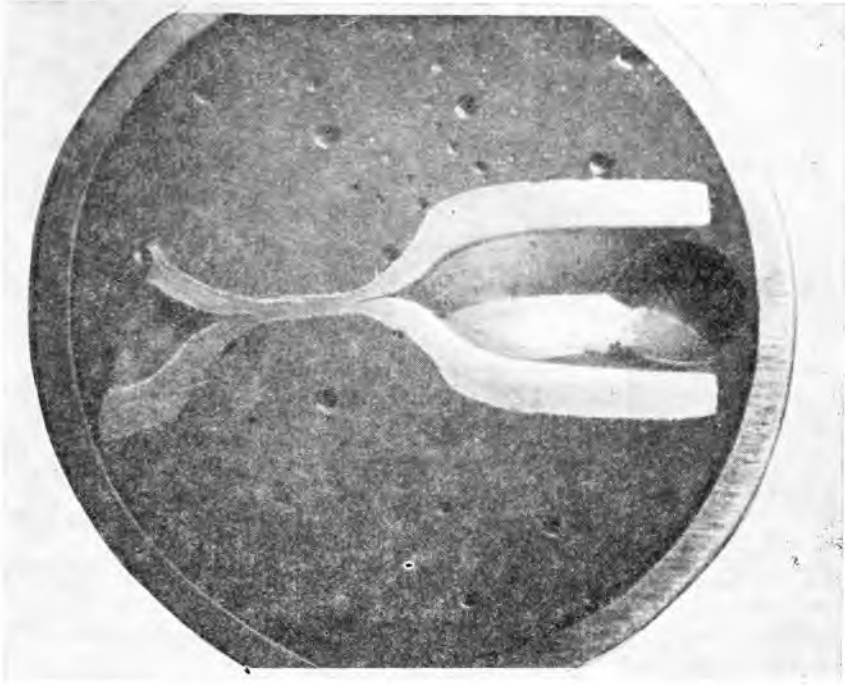
19-5. ábra. Hideghegesztett leszívócsonk lezárásmetszete; anyaga alumínium, deformáció 52%

hűtésére alkalmas hűtőket. Az eszköz a síncsatlakozások hőmérséklet-ingadozásait hivatott egy kritikus érték alá csökkenteni, mivel az energetikusok ezeket a ciklikus hőmérséklet-ingadozásokat teszik felelőssé a csatlakozások érintkezési ellenállásának romlásáért. A  $0,1\text{ }^{\circ}\text{C/W}$  hőellenállású hűtőből 52 db-ot a Csepel Autógyár energetikai rendszerében szereltek fel 1983 nyarán, és azóta folynak a várt hatás igazolására szolgáló vizsgálatok. Az eddigi eredmények azt mutatják, hogy a hűtővel felszerelt csatlakozások valamivel kevésbé romlanak, mint a kontrollmintáé. Ha a várakozások igazolódnak, a megoldásnak jelentős energetikai haszna lesz, hiszen egy-egy hibás kontaktuson több száz watt villamos teljesítmény megy veszendőbe, nem beszélve az esetleges üzemzavarokról.

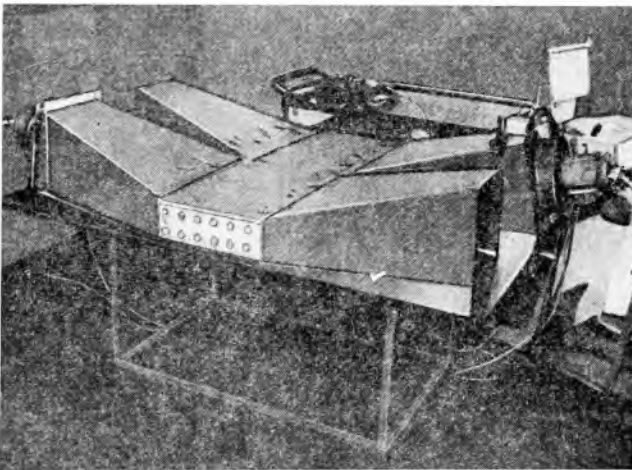
A FŰTŐBER megbízásából kommunális klímaberendezésekhez alkalmas rekuperatív levegő-levegő hőcserélők kifejlesztésében vettünk részt. A megbízónkkal közösen végzett munka során kidolgoztuk az ún. RÉKA kaloriferelemek és a mángorolt, bordás alumíniumcsövek felhasználási technológiáját.

A 19-7. ábrán éppen egy olyan hőcserélőmodell vizsgálati elrendezése látható, amelyik hat sorban összesen tizenkét — bordás alumíniumcsőből készített — hőcsövet tartalmaz. A készülékben vizsgálható a hőcserélő viselkedése különböző légsebességek, közeghőmérsékletek és dőlésszögek esetén, valamint a hőmérséklet-eloszlás a hőcsövek külső felületén.

A 19-8/a és 19-8/b ábra hőcsöves hőcserélő néhány mérési sorozatának eredményét mutatja be. Az első grafikonok a közeghőmérsékleteket ábrázolják a felület mentén, a második és a harmadik grafikon a két szélső hőcsősor hőmérséklet-elosz-



19-6. ábra. Hideghegesztett leszívócsonk lezárásmetsete;  
anyaga alumínium, deformáció 85%



19-7. ábra. Hőcsövek levegő—levegő hőcserélő vizsgálati elrendezése

$\alpha = 0^\circ$

$\alpha = 0^\circ$

$\bar{v}_1 = 3,8 \text{ m/s}$

$\bar{v}_1 = 8,1 \text{ m/s}$

$\bar{v}_2 = 6,6 \text{ m/s}$

$\bar{v}_2 = 9,4 \text{ m/s}$

$t_{11} = 49,5 \text{ }^\circ\text{C}$

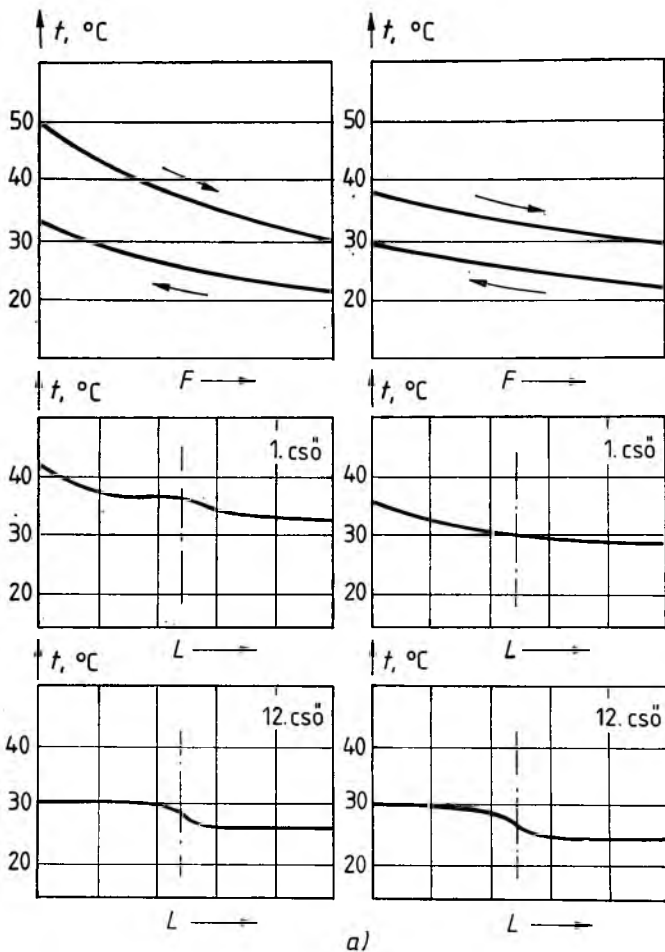
$t_{11} = 36,5 \text{ }^\circ\text{C}$

$t_{21} = 21,5 \text{ }^\circ\text{C}$

$t_{21} = 21,5 \text{ }^\circ\text{C}$

$\phi = 0,70$

$\phi = 0,45$



19-8. ábra. Hőcsövek hőcserélő tipikus vizsgálati eredményei

a) vízszintes csőhelyzet,

$$\alpha = 1^\circ$$

$$\bar{v}_1 = 3,9 \text{ m/s}$$

$$\bar{v}_2 = 7,0 \text{ m/s}$$

$$t_{11} = 48,5 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$t_{21} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\phi = 0,72$$

$$\alpha = 1^\circ$$

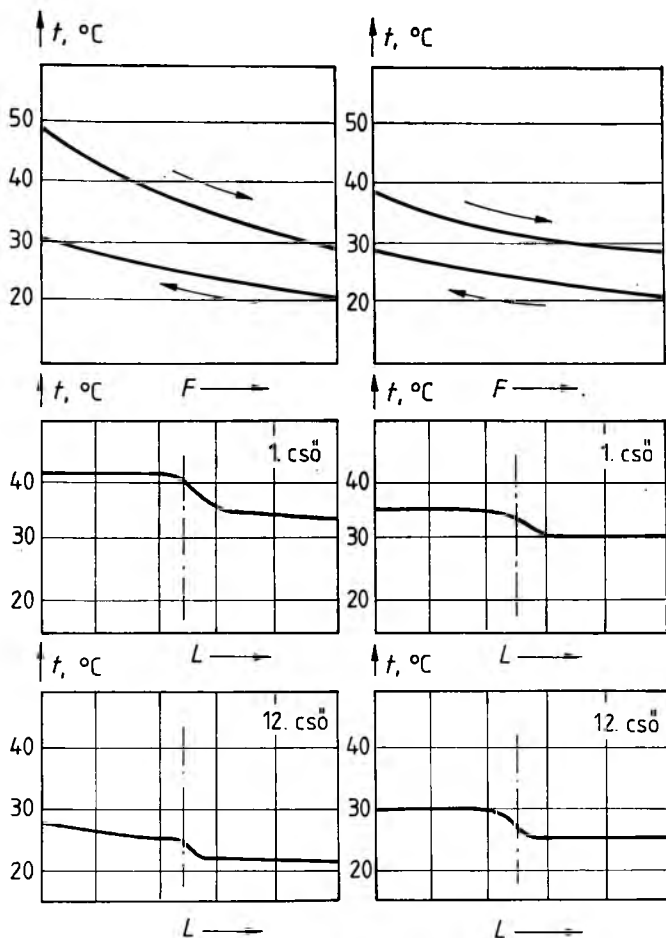
$$\bar{v}_1 = 8,1 \text{ m/s}$$

$$\bar{v}_2 = 9,5 \text{ m/s}$$

$$t_{11} = 37,5 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$t_{21} = 21,5 \text{ }^\circ\text{C}$$

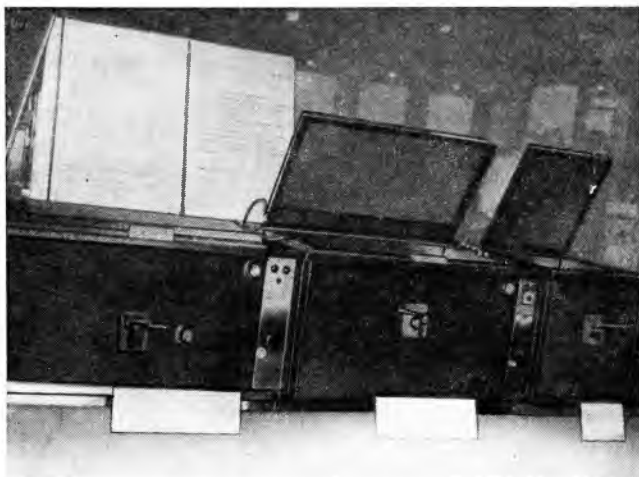
$$\phi = 0,49$$



b)

19-8. ábra

b) 1°-os dőlésszög esetén



19-9. ábra. Gázfűtésű energiatakarékos nagykonyhai ételfőző üst típusor 250 és 100 literes tagja az 1984. őszi HOVENTA kiállításon (KERIPAR gyártmár ya)

lását mutatja be. A mért adatokból 45...72% hővisszanyerés számítható a különböző esetekben.

Végül meg kell említenünk a KERIPAR és VKI által közösen kifejlesztett, energiatakarékos, gáztüzelésű, nagykonyhai ételfőző üstök típusorát. A készülécsaládot a KERIPAR az 1984 őszi rendezett HOVENTA szaktúráján mutatta be. A 19-9. ábrán a gyártmánycsalád 250 l-es tagja látható.

A prototípus-vizsgálatok alapján a készülékek hatásfoka meghaladja a 64%-ot. Ez az érték nemcsak a Magyarországon jelenleg forgalomban levő gázfűtésű nagykonyhai üstök 40...45 %-os hatásfokát haladja meg, hanem jóval kedvezőbb a nyugat-európai szabványokban előírt 50%-os minimális hatásfokértéknél is. Ha figyelembe vesszük a gáztüzelésű üstök elterjedtségét a hazai konyhai technológiában, és az egységek szokásos 10...40 kW (hő) teljesítményét, a tüzelőanyag-fogyasztás kb. 30%-os csökkenése igazi hőtechnikai szenzációnak számít.

Az új konstrukciónak az energiatakarékosság szempontjából leglényegesebb része az a hőcsöves hőcserélő megoldás, amelyik biztosítja a füstgázok és az üst duplikátora közötti termikus kapcsolatot, és amellyel lehetővé teszi, hogy a gázfűtésű típusor sem méreteiben, sem pedig alapegységeiben ne különbözzön a típuscsalád más fűtésnemű változataitól, vagyis a gőz- és elektromos fűtésű típusoktól.

A hőcserélő hőcsövenként 3,5...4 kW hőteljesítményt képes szállítani a duplikátorba; ezt bordázat veszi fel a füstgázokból. A hőcserélőből távozó égéstermék hőmérséklete 120...150 °C.

A KERIPAR-nál jelenleg az egész típuscsalád (gáz-, gőz-, villamos fűtésű típusorok) sorozatgyártásának előkészítése folyik. A sorozatgyártás beindítása 1986-ban várható.

## Irodalom

- [1] P. D. Dunn—D. A. Reay: Hőcsövek. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1982.
- [2] D. A. Reay: Advances in Heat Pipe Technology. Pergamon Press Ltd. 1982.
- [3] Koichi Oshima: Research and Development of Heat Pipe Technology. Japan Technology and Economics Center Incorporation. Tokyo, 1984.

# 20.

## Napelemek tokozása

BÖHÖNYEY FERENC—PÁLFY MIKLÓS

### ÖSSZEFOGLALÁS

A cikk ismerteti a hazai napelemfejlesztési munka eredményeként született tokozási eljárást, annak előnyeit, mérési és vizsgálati eredményeit. Áttekintést ad továbbá a napelemek legfontosabb tokozási módjairól, kitérve azokra a szempontokra, amelyeket a konstrukció kialakításánál figyelembe kell venni.

### СБОРКА И ГЕРМЕТИЗАЦИЯ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Ф. БЕХЕНЕЙ—М. ПАЛФИ

#### Резюме

В статье излагаются метод сборки и герметизации солнечных элементов, созданный в результате отечественной работы, его преимущества, результаты измерений и испытаний. Дается обзор далее о важнейших методах сборки и герметизации солнечных элементов, рассматриваются соображения, которые необходимо учесть при выработке конструкции.

### KAPSELUNG VON SOLARZELLEN

F. BÖHÖNYEY—M. PÁLFY

#### Zusammenfassung

Im Artikel wird das Kapselungsverfahren, das als Ergebnis der Entwicklungsarbeit für Solarzellen in Ungarn entstand, seine Vorteile, die Mess- und Untersuchungsergebnisse dargelegt. Es wird weiterhin ein Überblick über die wichtigsten Kapselungsverfahren von Solarzellen gegeben, wobei auch auf die Gesichtspunkte eingegangen wird, die bei der Ausbildung der Konstruktion zu berücksichtigen waren.

### ENCAPSULATION OF SOLAR CELLS

BY F. BÖHÖNYEY—M. PÁLFY

#### Summary

This article introduces to the encapsulation process born as a result of the solar cell development work carried out in Hungary, along with the advantages, measuring and test results thereof. Furthermore, it gives a survey on the major methods of solar cell encapsulation with reflections on the aspects to be taken into account when forming the construction.

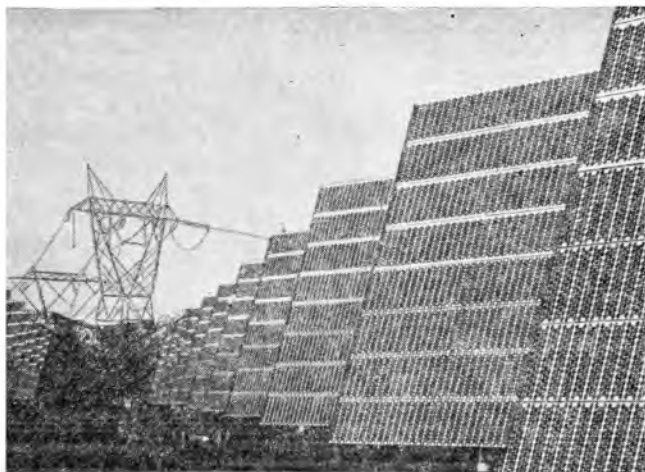
# 1. Bevezetés

A napenergia közvetlen villamos energiává történő alakítása ma már nem csupán néhány kutató álma, hanem napjaink realitása. A fotovillamos energiaátalakító elemek, a napelemek gyártása új, dinamikusan fejlődő iparágat képvisel.

1984-ben a napelemek értékesítése a világon kb. 130 millió dolláros piaci forgalmat jelentett, és az ezredfordulóra a piac százszoros növekedését várják [1]. Az előállított napelemek mennyisége 1984-ben 25 MW-ra becsülhető [2], [3].

A felhasználás főleg autonóm energiaellátásra és kommersziális termékekre (pl. napelemes órák, számológépek stb.) korlátozódott, de az utóbbi években megkezdődött az energetikai alkalmazás is. 1982-ben Hesperia közelében Californiában 1 MW-os (20-1. ábra), 1984-ben Carissa Plain-ben, Californiában 6 MW-os és Sacramentóban 1,2 MW-os napelemes erőmű készült. Ugyancsak Carissában elkezdődtek egy 100 MW-os rendszer munkái, Sacramentóban 120 MW-os napelemes erőművet terveznek [4], [5], [6], [7]. Európában a gazdasági közösség országai (EEC) 1980-ban indított programjuk alapján 30 kW-tól 300 kW-ig terjedő tartományban 15 db naperőművet készítettek [8]. Japánban 1985 februárjában helyezték üzembe az első energetikai célra készített, amorf szilíciumból előállított napelemes rendszert 400 kW csúcsteljesítménnyel, és ezzel 1 MW-ra növelték a korábbiakban egykristályos szilícium napelemekből létrehozott kapacitást [9].

Az 1984-ben előállított napelemeknek kb. 55,6%-a egykristályos, 15,8%-a polikristályos és 27,5%-a amorf szilíciumból készült [2]. Gyártásuk — sok hasonlóságot mutatva — különböző, mintegy 40-fajta technológiai eljárás (vákuum-, plazma-, diffúziós, vastagréteg-technológiák stb.) kombinációjában folyik, azonban valamennyi napelemtípus közös jellemzője, hogy általában modul rendszerű, nagyobb egységekbe összeépítve, tokozott formában kerülnek felhasználásra.



20-1. ábra. 1 MW-os napelemes erőmű



## 2. Műszaki szempontok

A napelemek tokozása során számos műszaki szempontot kell figyelembe venni:

- a villamos jellemzők illeszkedjenek a kialakult szabványos értékekhez, elsősorban feszültségértékekhez, ill. a hozzá kapcsolódó villamos berendezés jellemzőihez;
- a napsugárzás napelemek működése szempontjából hasznos része minél nagyobb hányadban jusson el a napelemek aktív felületéhez;
- a napelemek hermetikusan legyenek elzárva a környezettől;
- a napelemek és a tokozott napelemmodul mechanikailag stabil legyen;
- a napelemek a külső szerkezeti elemektől és az egymás közötti, nem kívánt átvezetés ellen villamosan el legyenek szigetelve;
- a napelemek hőmérsékletét a működési tartományon belüli minél kisebb értéken kell tartani.

A villamos jellemzők kívánt értékét az egyes napelemek soros és/vagy párhuzamos kapcsolásával érik el. A napelemes berendezések rendszerint, az üzem jellegéből adódóan, energiatárolót igényelnek. Energiatárolás céljára ólomakkumulátorokat alkalmaznak, és a napelemmodulok villamos jellemzőit úgy állítják be, hogy töltésre közvetlenül alkalmasak legyenek. Általában 12 V-os ólomakkumulátorok töltésére készítene napelemmodulokat, de 6 V, 24 V, vagy speciális esetben ettől eltérő értékek is használatosak.

Azt, hogy a napsugárzás a védőburkolaton keresztül eljusson a napelemek aktív részéhez, elegendő a napelemek homlokfelületénél biztosítani, amit üveglap vagy átlátszó műanyag alkalmazásával érnek el. Az üveg használata mellett szól, hogy olcsó, időálló, szilárd, hermetikus lezárást létesít.

A hátoldal fémlemezből való kialakítása kedvező a mechanikai tulajdonságok és az időálló hermetikus lezárás szempontjából, ezenkívül az üzemi hőmérséklet alacsony szinten tartását is elősegíti.

A napelemek tokon belüli rögzítésére elterjedt a rugalmas, transzparens műanyagokba történő beágyazás. Ilyen beágyazóanyagok pl. poli-vinil-butirál (PVB), etil-vinil-acetát (EVA) és különböző szilikontermékek. Ezek az anyagok transzparensnek, megfelelő törésmutatójuk révén kedvező optikai illesztést biztosítanak, jól tapadnak az üveg előlaphoz, a napelemekhez és a hátoldali lezárólemezhez, továbbá villamos szigetelők.

## 3. A VKI-ban készülő napelemmodulok

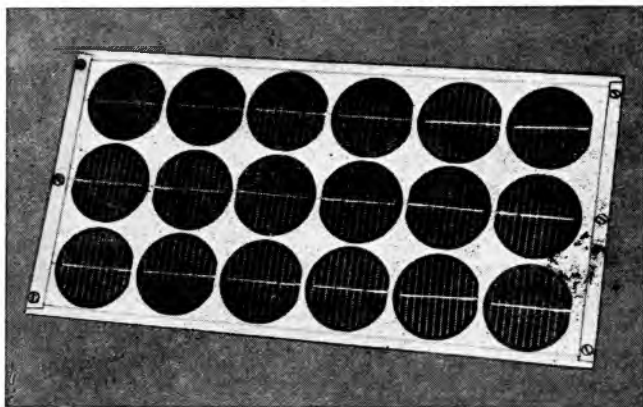
A VKI-ban évek óta folyó napelemfejlesztés és kísérleti gyártás során, az előbbi alapelvek figyelembevételével különböző napelemmodulok készültek.

A modulok villamos jellemzőinek meghatározásához alapvető rendező elv, hogy ólomakkumulátorok töltésére legyen alkalmas. A 20-2. ábrán 6 V-os, a 20-3. ábrán 12 V-os akkumulátor töltésére szolgáló napelemmodul látható, amely 18 db és 36 db, villamosan sorba kapcsolt egykristályos szilícium napelemet tartalmaz. A modulok kimeneti karakterisztikáit  $100 \text{ mW/cm}^2$  megvilágítási szintet létesítő, AM 1-nek megfelelő spektrális elosztású mesterséges fényforrás segítségével ellenőrzik. Az alkalmazott 2"-os átmérőjű napelemek munkaponti árama kb. 0,5 A, a 3"-os elemeké kb. 1 A. Ily módon a kísérleti gyártásban előállított napelemmodulok alaptípusai:

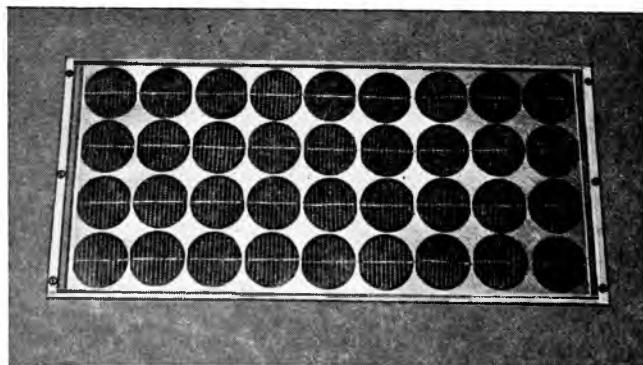
- SM-6/0,5 (6 V-os ólomakkumulátor töltésére szolgál, névleges töltőárama 0,5 A, maximális teljesítménye 4 W);
- SM-6/1 (6 V-os ólomakkumulátor töltésére szolgál, névleges töltőárama 1 A, maximális teljesítménye 8 W);
- SM-12/0,5 (12 V-os ólomakkumulátor töltésére szolgál, névleges töltőárama 0,5 A, maximális teljesítménye 8 W);
- SM-12/1 (12 V-os ólomakkumulátor töltésére szolgál, névleges töltőárama 1 A, maximális teljesítménye 16 W);

A 20-4. ábrán a 6 V-os, a 20-5. ábrán a 12 V-os modulok villamos karakterisztikáit mutatjuk be. A 20-6. ábrán egy továbbfejlesztett 12 V-os napelem szerkezetét láthatjuk (Tip: SM-12/1,2). Ez a karcsúbb elrendezés szerkezeti okok miatt előnyösebb. Ilyen elrendezésűek a 20-7. ábrán látható Arco Solar gyártmányú napelemekből a VKI-ban készített modulok is (Tip: SM-12 (2,4-AV), amelyeknek karakterisztikája a 20-8. ábrán található. Mint a karakterisztika is demonstrálja, a modul maximális teljesítménye 40 W.

A VKI-ban kifejlesztett napelemmodulok szerkezeti felépítése a 20-9. ábrán látható. A modulok műszaki jellemzőit speciális megoldások javítják.



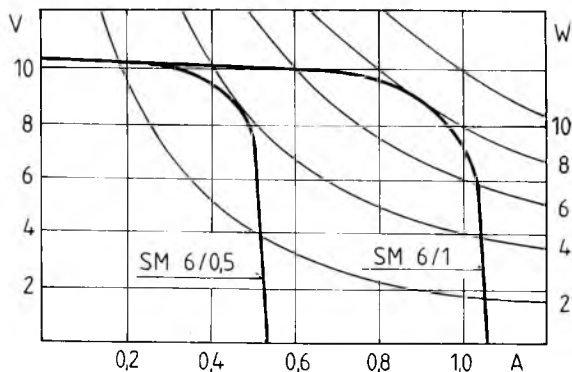
20-2. ábra. 6 V-os napelemmodul



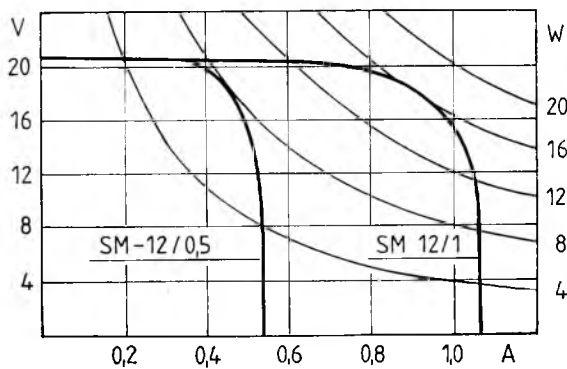
20-3. ábra. 12 V-os napelemmodul

A frontoldali üvegborítás sík üveglemez. A gyártásban levő modulok (SM-6/0,5, SM-6/1, SM-12/0,5, SM-12/1) az üveglemezének vastagsága 3 mm, amelynek abszorpciós vesztesége kb. 9%. Az új, karcsú modulokhoz 2 mm vastag üveget használunk, így az abszorpciós veszteség kb. 5%-ra csökken.

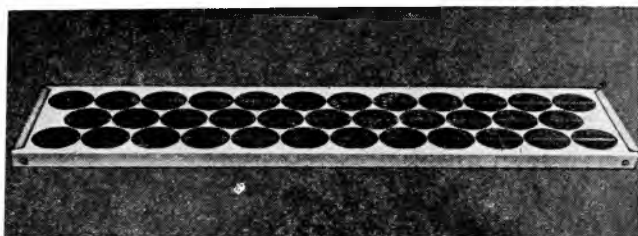
A gyártásban levő modulok hátoldali alumíniumlemezének vastagsága 2, 2,5, 3 mm, a modul méretétől függően, az új fejlesztésű moduloké 1 mm. A modulok mechanikai stabilitása 200 km/h szélsősebességig garantált. A mechanikai stabilitás



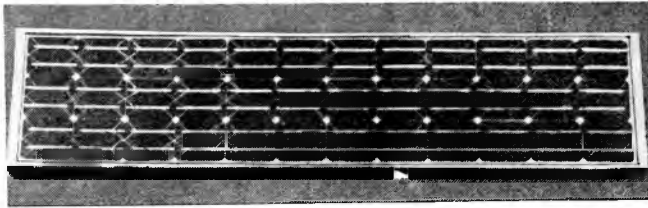
20-4. ábra. SM-6/0,5 és SM-6/1 típusú napelemmodul karakterisztikája



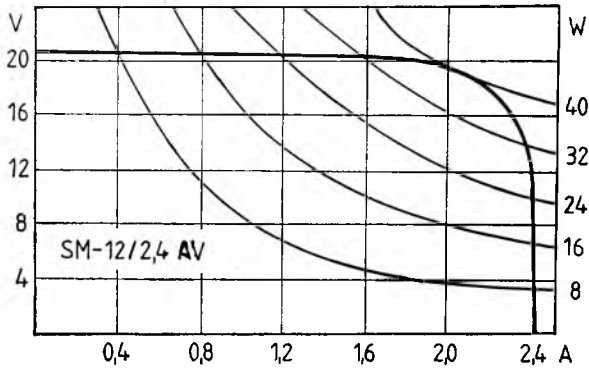
20-5. ábra. SM-12/0,5 és SM-12/1 típusú napelemmodul karakterisztikája



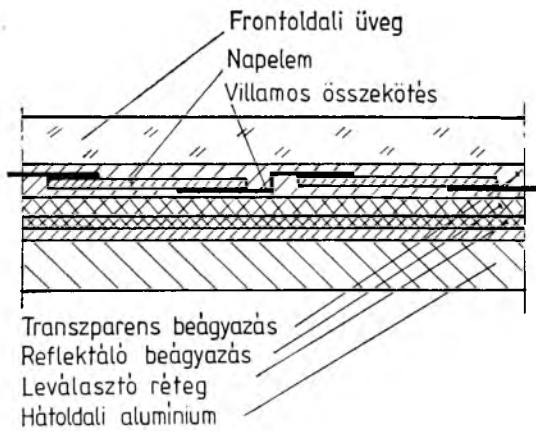
20-6. ábra. 12 V-os karcsú napelemmodul



20-7. ábra. Arco-VKI napelemmodul



20-8. ábra. Arco-VKI napelemmodul karakterisztikája



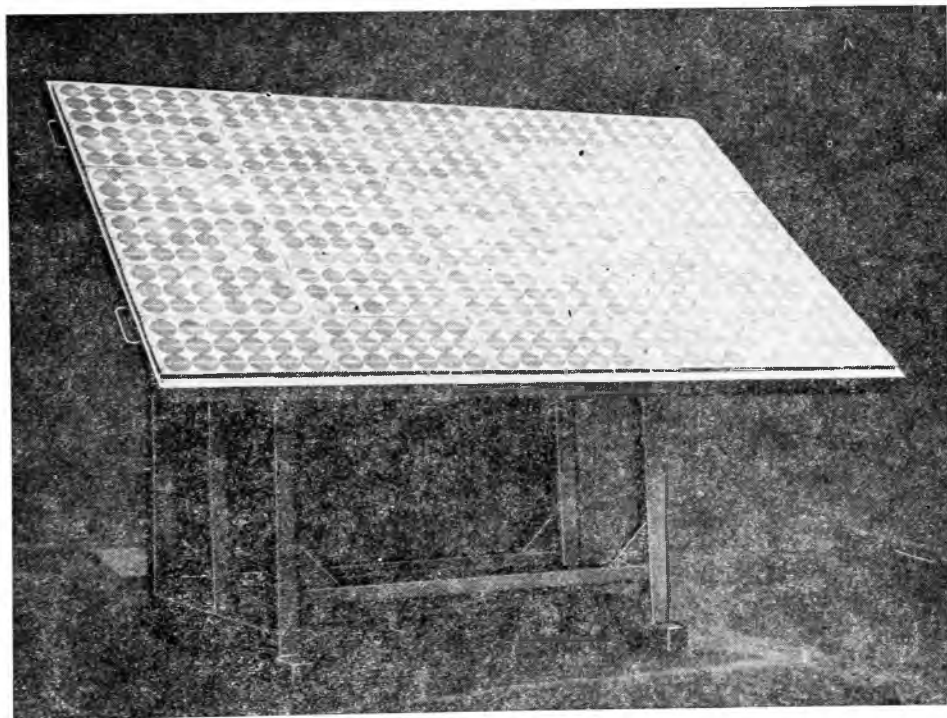
20-9. ábra. A VKI-ban kifejlesztett napelemmodulok szerkezeti felépítése

javítására a régebbi modulok hátlapjának széle kétoldalt hajlított volt. Az új modulok inerciáját a modul hosszabb élei mentén végigmenő zárt alumíniumszelvény javítja. Végeredményben az új modulok fajlagos súlya kb. 20%-kal csökkent a mechanikai szilárdság degradálódása nélkül.

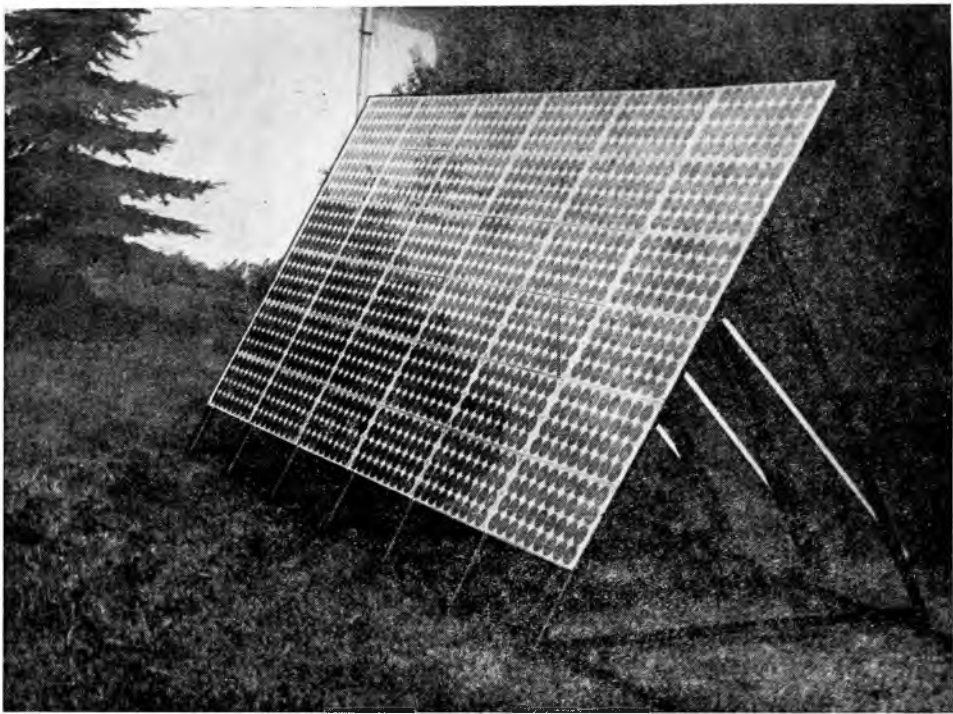
Transzparens beágyazóanyagként kétkomponensű, kiválásmentesen kötő, lágú szilikongyantát alkalmazunk. A beágyazás során a napelemek hátdoldalánál, reflektálófelületet alakítunk ki kb. 10% fényreflektáló anyagnak (fehér fémoxid por) a szilikongyantába történő keverésével. A napelemmel nem borított felületről történő fényvisszaverődés az üveg és a beágyazóanyagból álló optikai rendszer belső reflexiója folytán a napelemek aktív frontoldali felületére jutó hasznos sugárzást (albedo) növeli. Ily módon a modul villamos teljesítménye kb. 5%-kal emelkedik.

A reflektálófelület és a hátdoldali tartólap közé hőre lágyuló, a beágyazóanyagnál kisebb lágyuláspontú műanyagból kialakított, leválasztó réteg van beépítve, amely a hibás napelemmodult szétszerelhetővé és javíthatóvá teszi. A leválasztó réteg PVC fólia, amely a napelemmodul üzemi és tárolási hőmérséklet-tartományában,  $-50\dots+80\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on kielégítően szilárd. Nagyobb hőmérsékleten,  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$  felett képlékeny lesz, és ez lehetővé teszi a leválasztó réteg megolvasztását és a hátdoldali tartólap eltávolítását úgy, hogy a napelemmodult hátdoldali tartólapjával egy hőmérséklet-szabályozott fűtőlapra helyezzük. A tartólap eltávolítása után a napelemek javítás, csere céljából hozzáférhetők.

A VKI-ban készült napelemmodulok élettartam-vizsgálata természetes körülmények között évek óta folyik, és a mérésnél biztosítható 5% pontosságon belül degradációs jelenség nem volt tapasztalható. A nemzetközi együttműködés keretében



20-10. ábra. 240 W-os napelemes korrózióvédelmi áramforrás



20-11. ábra. 600 W-os napelemes rádióátjátszó áramforrás

az örmény Heliolaborban is vizsgálták az elemeket és a műszaki jellemzők stabilitását megerősítették. Extrém körülmények közötti üzemre adnak referenciát a magyar Himalája-expedíció által használt, és a jelenleg világszerte levő Szent Júpát vitorlás hajón üzemelő napelemmoduljaink.

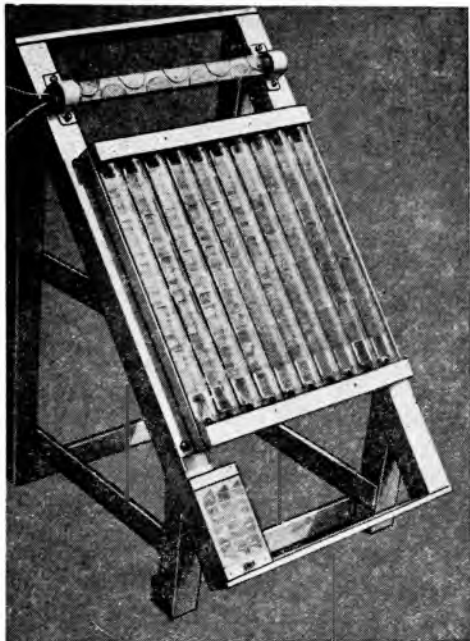
VKI modulok egyébként különböző autonóm áramforrásokban évek óta kifogástalanul üzemelnek. Példaképpen a 20-10. ábrán SM-6/1 típusú modulokból felépített 240 W-os korrózióvédelmi áramforrást, a 20-11. ábrán SM-12/1 típusú modulok alkalmazásával készült 600 W-os rádióátjátszó állomás áramforrását mutatjuk be.

## 4. Külföldi napelemmodulok

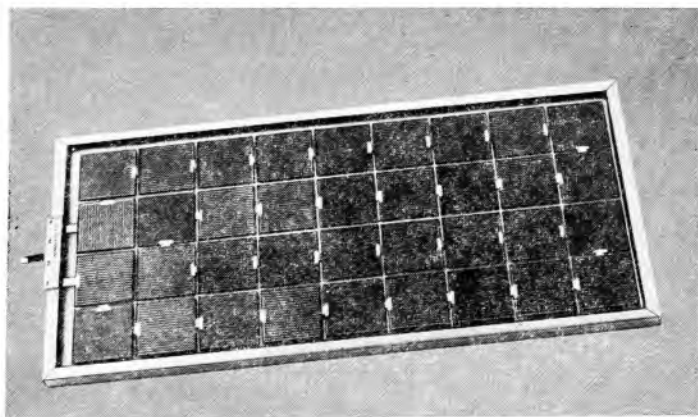
Befejezésül néhány jellegzetes konstrukciójú, külföldi napelemmodult ismertetünk,

- A 20-12. ábrán látható szovjet gyártmányú napelemblokk-modul jellegzetessége, hogy a napelemek fénycsőarmatúrában vannak elhelyezve. A hermetikus zárást fénycsőtokozási technológiával biztosítják. Rugalmas beágyazóanyagot nem használnak.
- A France Photon cég FP 12 AL típusú napelemmoduljánál hátoldali alumíniumlemez és szilikonkaucuk beágyazóanyagot alkalmaz, frontoldali üvegborítás nélkül.
- Az AEG-TELEFUNKEN a modulok elő- és hátoldalát is üveglemezből készíti (20-13. ábra), feltehetően árkérdések miatt. A beágyazóanyag poli-vinil-butírral (PVB).

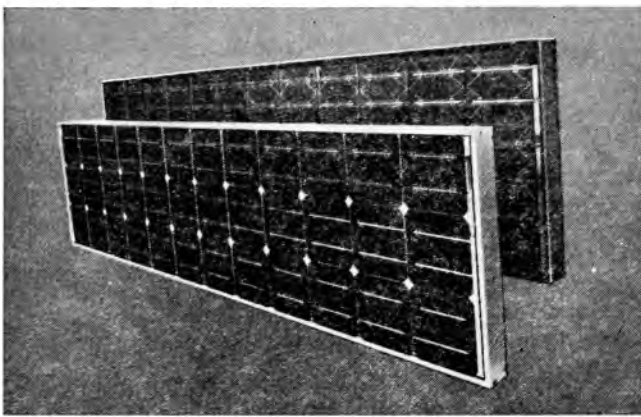
- Az Arco Solar (20-14. ábra) vékony (kb. 3 mm), hőkezelt, reflexiómentes üveget alkalmaz. A napelemeket laminálásos technológiával etil-vinil-acetátba (EVA-ba) ágyazzák, és a hátoldalukat Milar-Tedlar laminátummal zárják le. A kellő mechanikai szilárdságot a széleken végigmenő, inercianövelő alumínium-profil biztosítja. Ilyen modulok alkalmazásával készült a 20-1. ábrán látható 1 MW-os rendszer.



20-12. ábra. Szovjet napelemblokkmodul



20-13. ábra. AEG-TELEFUNKEN napelemmodul



20-14. ábra. Arco Solar napelemmodul

### Irodalom

- [1] *Allen M. Barnett*: The Solar Electric Future. *Solar Cells*. Vol 12. No 1—2. 1984. pp. 3—10.
- [2] *Paul D. Maycock*: *Photovoltaic News*. Vol. 4. No. 2. February 1985. pp. 1—8.
- [3] *Paul D. Maycock*: The Current PV Scene Worldwide. Sixth European Photovoltaic Solar Energy Conference 15—19. April 1985. London.
- [4] *E. L. Burgess*: A Perspective on Future Photovoltaic Systems. *Solar Cells*. Vol. 12. No 1—2. 1984. pp. 31—35.
- [5] *Kiyoshi Takahashi*: Future Vision of Solar Cells. *Solar Cells*. Vol. 12. No 1—2. 1984. pp. 217—219.
- [6] *R. F. Reinoehi, G. J. Shushnar, E. Berman and J. H. Caldwell*: Large Scale Photovoltaic Energy Systems. Sixth European Photovoltaic Solar Energy Conference 15—19. April 1985. London.
- [7] *G. R. Cox*: The SMUD PV Project: Past, Present and Future. Sixth European Photovoltaic Solar Energy Conference. 15—19. April 1985. London.
- [8] *F. C. Treble*: The CEC Photovoltaic Pilot Projects. Sixth European Photovoltaic Solar Energy Conference 15—19. April 1985. London.
- [9] *Photovoltaic Insider's Report*, Vol. IV. No 4. April 1985. pp. 1—5.



# 21. Szitanyomásos technológia alkalmazása napelemek előállítására

*PALOTAI GÉZA*

## ÖSSZEFOGLALÁS

A napelemgyártásban napjainkban széles körben terjed a szitanyomásos technológia adaptálása. Előnyei közé tartozik a vákuum-, ill. galvanizálásos technológiákkal szemben, hogy alkalmas folyamatos, nagy sorozatú gyártásra, a kereskedelemben könnyen hozzáférhető, automatikus berendezések viszonylag olcsók; kedvező az anyaghasznosítása. A cikk áttekinti a szitanyomás alkalmazási lehetőségeit a napelem-előállítási technológiában a diffúziós forrás, az antireflexiós réteg, a front- és hátdoldali kontaktus felvitelére és BSF (Back Surface Field) kialakítására. Vizsgálja a folyamat paramétereinek hatását a napelem jellemzőire.

## ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ СЕТКОГРАФИИ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

*Г. ПАЛОТАИ*

### Резюме

В производстве солнечных элементов в настоящее время широко распространяется применение технологии сеткографии. К числам преимуществ по сравнению с вакуумной и гальванической технологиями можно отнести возможность непрерывного крупносерийного производства, относительно низкую стоимость автоматического оборудования, доставимого торговым путем, благоприятное использование материалов. В статье дается обзор о возможностях применения сеткографии в технологии производства солнечных элементов для нанесения источника диффузии, просветляющего покрытия, передних и тыльных контактов и получения BSF (Back Surface Field). Анализируется действие параметров процесса на характеристики солнечных элементов.

## ANWENDUNG DER SIEBDRUCKTECHNOLOGIE ZUR HERSTELLUNG VON SOLARZELLEN

*G. PALOTAI*

### Zusammenfassung

In der Solarzellenherstellung verbreitet sich heutzutage die Adaptierung der Siebdrucktechnologie. Zu ihren Vorteilen — im Gegensatz zu den Vakuums- bzw. Galvanisierungstechnologien — wird gerechnet, dass sie für Massproduktion geeignet ist, dass der Preis der im Handel leicht zugänglichen automatischen Anlagen relativ niedrig ist, und dass die Materialausnutzung günstig ist. Im Artikel wird ein Über-

blick über die Anwendungsmöglichkeiten des Siebdruckes in der Herstellungstechnologie von Solarzellen nach Auftragen der Diffusionsquelle, der Antireflexionsschicht, der Front- und Rückseitekontakte und über die Ausbildung des BSF (Back Surface Field) gegeben. Es wird die Wirkung der Prozessparameter auf die Charakteristik der Solarzelle untersucht.

## APPLICATION OF SCREEN PRINTING TECHNOLOGY FOR PRODUCTION OF SOLAR CELLS

G. PALOTAI

### Summary

Nowadays, adoption of the screen printing technology is widely spreading in the solar cell manufacturing industry. As against the vacuum and electroplating technologies, this technology featuring advantageous material utilization is suitable for continuous production and needs commercially easily available automatic equipments with relatively low prices. In this paper, a survey is given on the application facilities of the screen printing process in the solar cell technology for deposition of diffusion source, antireflexion layer, front and back side contacts and, for creation of the BSF (Back Surface Field). The effect of the process parameters on solar cell characteristics is investigated.

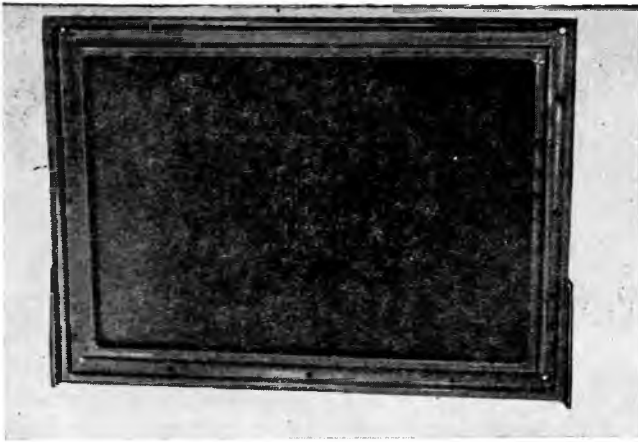
## 1. Bevezetés

A napelemgyártásban napjainkban, a vákuumtechnika mellett, egyre általánosabbá válik a szitanyomásos technológia alkalmazása. Számos nagy napelemgyártó cég (pl. ARCO SOLAR) már sikerrel alkalmazza nagysorozatú gyártásban a frontoldali és hátoldali kontaktusok nyomtatására, BSF (Back Surface Film) kialakítására. Kísérleteket folytatnak antireflexiós rétegnek, diffúziós forrásnak, sőt, magának a félvezető alapanagnak szitanyomással történő felvitelére is. A japán Matsushita cég CdS/CdTe vékonyréteg-napelemeket készített a technológia teljes vertikumában szitanyomással. Az így készült, nagy felületű elemek átlagos hatásfoka elérte a 8,5%-ot, ami vékonyréteg-napelemek esetében rendkívül jó érték [1].

A szitanyomásnak számos előnye van a hagyományos, komplexebb és drágább vákuumtechnológiákkal szemben. Tömeggyártásra alkalmas, könnyen automatizálható folyamatokból áll, de kézi nyomtatással is gazdaságos gyártás valósítható meg vele. Kedvező az anyagfelhasználása, mivel a vákuumtechnikákkal ellentétben, a mintának csak a kívánt felületére történik az anyagfelhordás. Egy nagysorozatú gyártás beruházási költsége szitanyomás esetében kb. 25%-a a hasonló volumenű, vákuumtechnológián alapuló gyártás beruházási költségének.

Mindezeket mérlegelve, az Intézetünkben jelenleg folyó, plazmaporlasztásra épülő kísérleti napelemgyártásunk mellett megkezdtük a felkészülést a szitanyomásos technika bevezetésére, első fázisban a front- és hátoldali kontaktusok felvitelére.

A nyomtatási kísérleteket kézi nyomtató berendezésen végeztük. A 21-1. ábrán a nyomtatóberendezés egyik szitakerete látható  $\varnothing 2''$ -os napelem frontoldali kontaktusának maszkjával. A rajzolat vonalvastagságának alsó határa 150...200  $\mu\text{m}$ . Ez sokkal kedvezőbb, mint a kísérleti gyártásunkban használt kontakt fémmaszk esetében, amelynek rajzolata 300...400  $\mu\text{m}$  vastag. Szitanyomással finomabb, nagyobb felbontású rajzolat készíthető. A rácsszerkezetű kontaktus ujjvégei zártak, kevésbé hajlamosak a leválásra. A rajzolat mintázata a fotolitográfiához hasonlóan tetszőleges lehet.



21-1. ábra. Szitakeret  $\varnothing$  2"-os napelem frontoldali kontaktusmaszkjával

A szitanyomtatás folyamata három fő lépésből áll:

- a pasztaanyag felhordása szitamaszkon keresztül,
- a felhordott (nyomatott) pasztaréteg beszárítása,
- a beszárított rétegek beégetése [2].

A napelemkontaktusokhoz használt paszta anyaga általában finom ezüst- vagy alumíniumporból, szerves oldószerből, üvegfritből és folyasztószerből áll. Az oldószer meghatározza a paszta viszkozitását, az üvegfrit biztosítja a réteg tapadását és a fémszemcsék kötését, a folyasztó csökkenti a fém olvadáspontját és katalizálja a fémrészecskék folyamatos réteggé alakulását.

Szárítás közben a nyomatott rétegből felszabadul a szerves oldószer nagy része. A beégetés folyamán a fémtartalom szinterelődik, és a maradék oldószer és folyasztó is távozik. Az üvegfrit megolvadva kitölti a fémszemcsék közti hézagot, oldja a hordozó felületét, és köti hozzá a réteget.

Az így kapott réteg tulajdonságai függenek:

- a hordozó anyagától és a felület minőségétől;
- a paszta összetételétől, viszkozitásától;
- a szita mesh-értékétől;
- a szita és a hordozó távolságától;
- a maszk emulzióvastagságától;
- a nyomatókés szögétől, sebességétől s nyomásától;
- a szárítás és beégetés csúcshőmérsékletétől, a hőkezelés idejétől és a hőmérséklet profiljától.

Látható, hogy jó minőségű, reprodukálható rétegek nyomtatásához számos tényezőt kell kézben tartani és szabályozni. Kézi nyomtatóberendezésen a rétegek reprodukálhatósága, minősége a nyomtatást végző személy ügyességétől jelentős mértékben függ.

Kísérleteinkben a nyomatott minták beszárítását szárítószekrényekben, beégetését pedig diffúziós kályhában végeztük el. A kívánt hőmérsékleti profilt a minták kézi továbbításával biztosítottuk.

## 2. A frontoldali kontaktus nyomtatása

A frontoldali kontaktusrács nyomtatása és beégetése a szitanyomásos napelem-technológia legkritikusabb lépése. A folyamatnak számos követelményt kell egyidejűleg kielégítenie. A legfontosabbak a következők:

- kis átmeneti ellenállás a fém és a szilícium között;
- a kontaktusfém jó vezetőképessége;
- jó mechanikai adhézió;
- jó forrasztathóság;
- jó vonalfelbontás (vékony, sűrű vonalak);
- minimális fémbehatolás a szilíciumba;
- olcsó ár [3].

Számos, a kereskedelembe kapható vastagrétegpasztával kísérleteztek, köztük Al, Al-ötvözet, Ni, Ni-ötvözet, Ag. A feltételeknek az Ag-paszta felelt meg leginkább. A napelem céljára kifejlesztett különböző ezüstpaszták nagyon érzékenyek a technológiai paraméterekre. Összetételük általában:

- 70...80% ezüstpor,
- 10...20% szerves oldószer és folyasztó,
- 1...10% üvegfrit.

Az ezüstszemcsék mérete és formája, ill. az üvegfrit mennyisége és fajtája határozza meg a nyomtatás és beégetés feltételeit.

A rácskontaktus nyomtatásának alapvetően két változata terjedt el. Az egyik esetben az ezüstpasztát közvetlenül a szilícium felületére, a másik esetben pedig az antireflexiós réteg (általában  $\text{TiO}_2$ ) felvitele után annak felületére nyomtatjuk. A két megoldáshoz eltérő üvegfrittartalmú pasztaanyagra van szükség.

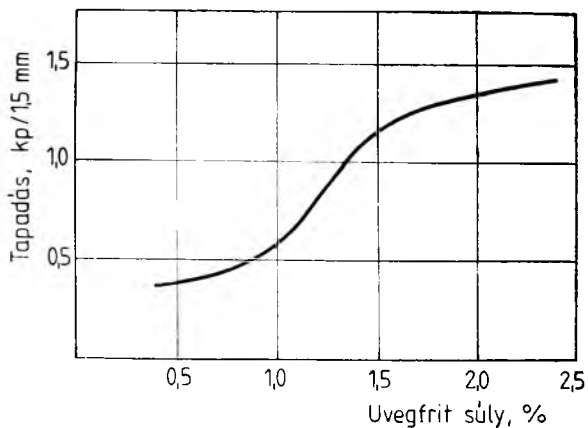
## 3. Az üvegfrit hatása a kontaktus minőségére

Beégetés alatt a pasztában levő üvegfrit megolvad, és szétfolyik a rács és a napelem határfelületén. A titán-dioxid elősegíti a felület nedvesítését, s ugyanakkor a nagy hőmérsékletű lépésben gátat jelent a fémszennyeződésekkel szemben. A megolvadt üveg átmarja a titán-dioxid réteget, és oldja a szilícium felületét is, 0,1...0,8  $\mu\text{m}$  mélységben. A szilícium napelemeknél a frontoldali pn átmenet mélysége 0,4...0,8  $\mu\text{m}$  között változhat. Az üvegfrit mennyiségét úgy kell optimalizálni (figyelembe véve, hogy a nyomtatás titán-dioxid vagy szilícium felületre történik), hogy a marás ne haladja meg az említett mélységet, azaz a fém ne zárja rövidre a pn átmenetet, de a kötés mechanikailag erős és a kontaktus elektromosan jó minőségű legyen [4]. Egy 1,5 mm széles kontaktuscsík tapadását az üvegfrit mennyiségének függvényében a 21-2. ábra mutatja.

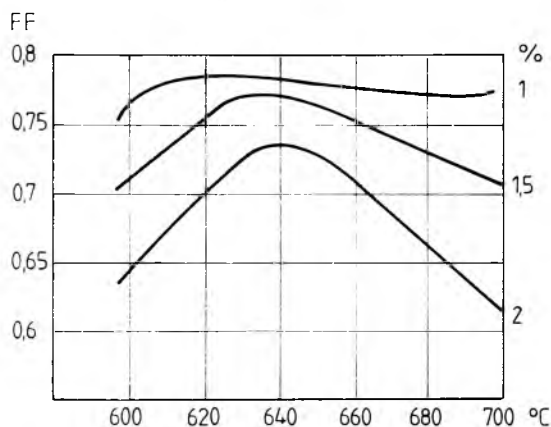
Beégetés közben az olvadt üvegbe szilícium és a pasztából ezüst oldódik. Hűléskor az oldott szilícium epitaxiálisan visszakristályosodik a szilárd szilíciumfelületre. A visszakristályosodott rétegben a pasztából származó ezüst és más fémszennyeződések rekombinációs centrumokat okoznak, amelyek a napelem üresjáratú feszültségét és kitöltési tényezőjét csökkentik. A visszakristályosodott réteg vastagságát és így káros hatását is befolyásolhatjuk az üvegfrit mennyisége és a beégetési hőmérséklet megválasztásával.

A 21-3. ábrán a kitöltési tényezőt (FF) láthatjuk a beégetési hőmérséklet függvényében, különböző üvegfrittartalmú pasztákra [5].

A 21-2. és 21-3. ábra összevetéséből leszűrhető, hogy a vastagréteg-kontaktus



21-2. ábra. Nyomatott kontaktus tapadóképesége



21-3. ábra. Kitöltési tényező a beégetési hőmérséklet függvényében, különböző üvegfrit tartalmú pasztákra

tapadóképesége az üvegfrittartalom növekedésével nő, a napelem kitöltési tényezője és a korábbiak szerint az üresjáratú feszültsége pedig csökken. A kitöltési tényező és az üresjáratú feszültség csökkenése az elemhatásfok csökkenését jelenti.

Az üvegfrit összetételének megválasztása szintén lényeges tényező. A konvencionális hibrid technológiában használt ezüstpaszták általában ólomüveg tartalmúak. Beégetés közben a nehéz ólomüveg a hordozó felületén gyülemlik fel és a szilícium felületén az üvegdús kontaktus elektromos szempontból gyenge minőségű lesz. A könnyű, pl. foszfát alapú üveg, amely a kontaktusfém felületén koncentrálnálódhat, ónozási nehézséget okoz. Ezeket megfontolva, szilícium napelem frontkontaktusának céljára a kb. 70% ólomoxidot és 30% más különböző oxidot tartalmazó üvegfrit felelt meg [5].

A frontoldali kontaktus ohmos jellegének javítására egyes esetekben az ezüst-höz néhány százalék különböző fémadalékokat, pl. titánt vagy nikkelt kevernek [6].

## 4. Beégetési atmoszféra

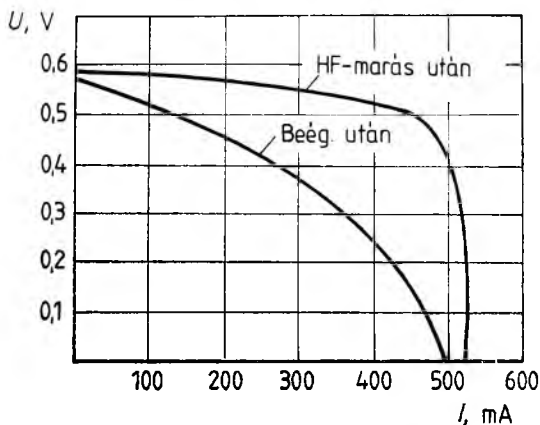
Az ezüstpaszták beégetéséhez a jó minőségű szinterelődés biztosítására oxigén környezetre van szükség, ezért a beégetést levegőn is végre lehet hajtani, ami nagy könnyebbséget jelent. A szerves oldószer és a folyasztó elpárolgása miatt természetesen elszívásról gondoskodni kell. Ha beégetést védőgázban (nemesgázban) vagy hidrogénben végezzük, a réteg adhéziója akár titán-dioxidon, akár tiszta szilícium felületen gyenge minőségű lesz. Az oxigénkörnyezet szükségességére az a magyarázat, hogy jelenlétében a kontaktusperiférián szilícium-dioxid keletkezik, ami szükséges ahhoz, hogy a vastagrétegpasztá üvegfrittartalma hatékonyan oldja a szilícium felületét, biztosítva a jó minőségű kötést. Szilícium-dioxid jelenléte nélkül az oldás nehezen indul meg. Ezt a mechanizmust bizonyítja az a megfigyelés is, hogy az  $\langle 100 \rangle$  orientációjú szilícium alapanyagon szitanyomással készített napelemek kitöltési tényezője mindig kisebb, mint az  $\langle 111 \rangle$  orientációjú szilícium esetében. Az  $\langle 100 \rangle$  síkban ugyanis az oxidáció sebessége háromszor lassúbb, mint az  $\langle 111 \rangle$  síkban, és így az üvegfritt marása is hatástalanabb, ami a kontaktus gyengébb minőségéhez vezet. Más kontaktuskészítési technikánál a kétfajta alapanyag között ez a különbség nem mutatkozik.

## 5. HF marás szerepe a nyomtatott kontaktusoknál

Közvetlenül a beégetés után a szitanyomással készült rácskontaktusú napelemeknek többnyire kiugróan nagy a soros ellenállásuk,  $U-I$ , karakterisztikájuk közel egyenes. Ugrásszerű javulást érhetünk el, ha a cellákat 5...10 s időtartamra hidrogén-fluorid (HF) 2...5%-os vizes oldatába mártjuk. A 21-4. ábrán látható görbék egy  $\varnothing 2''$ -os napelem maratás előtti és utáni  $U-I$  karakterisztikáját mutatják.

A frontoldali rácsot titán-dioxid antireflexiós rétegre nyomtattuk. A paszta 4%  $TiH_2$ -t tartalmazó Engelhard 69100/R típusú ezüst-, a hátoldali kontaktus pedig Engelhard T-2848/R típusú alumíniumpaszta volt. A kétoldali nyomtatott réteget együtt égettük be. A csúcshőmérséklet  $750^\circ C$  volt, az ehhez tartozó idő 5 perc.

A 21-4. ábrából látható, hogy az 5 s-os hidrogén-fluoridos maratás után a soros ellenállás és a kitöltési tényező ugrásszerűen megjavult, és ezzel az elem hatásfoka csaknem a duplájára növekedett. A hidrogén-fluoridos maratás pontos hatásmecha-



21-4. ábra. HF-maratás hatása a N° 13/14 napelem  $U-I$  karakterisztikájára

nizmusa még nem ismert. Az tény, hogy a kontaktusrétegben megmarja a fémszemcséket körülölyöy üveg kötőanyagot, és ezáltal javítja az áramvezetést. Ezt igazolja az is, hogy egyes vastagrétegpasztát gyártó cégeknek sikerült az üvegfrittartalom pontos minőségi és mennyiségi beállításával olyan pasztákat kifejleszteni, amelyek hidrogén-fluoridos marás nélkül is kielégítő eredményt adnak. Az erre irányuló erőfeszítéseket az motiválja, hogy a hidrogén-fluoridos maratás még ilyen híg oldatban is kritikus lépés. Károsítja a nyomtatott kontaktus mechanikai integritását, csökkenti a tapadóképességet [7].

## 6. Frontoldali vastagrétegpaszták

A nyomtatási kísérleteink arra irányultak, hogy a rendelkezésünkre álló különböző típusú pasztákból kiválasszuk a napelemkontaktus és az adott technológiai körülmények szempontjából legmegfelelőbbet, és megtaláljuk hozzá az optimális technológiai paramétereket.

A kontaktálási kísérleteket  $\varnothing 2''$ -os mintákkal végeztük el a 21-1. ábrán látható szitamaszk segítségével. A különböző pasztákkal elért eredményeket a 21-1. táblázatban foglaltuk össze. A táblázatban szereplő paszták esetében — a Pénzverő AgSz 11—30 típusú pasztáját kivéve — a napelem kimeneti jellemzőinek megjavítására hidrogén-fluoridos maratásra volt szükség. Az AgSz 11-30 pasztával készült napelem hatásfoka hasonló hidrogén-fluoridos maratásra nem változott. A szilíciumfelületre történt nyomtatások esetében utólag szilícium-nitrid antireflexiós réteget vittünk fel plazmaporlasztással, tehát a táblázatban található hatásfokok minden esetben antireflexiós réteggel értendők.

A legjobb hatásfokú elemeket az Engelhard 69 100/R típusú pasztával készítettük, akár közvetlenül szilíciumra, akár titán-dioxid antireflexiós rétegre nyomtattuk. Ezek az elemeken azonban a mártó ónozással felvitt ónréteg nem összefüggő, egyenlőtlen, a réteg tapadóképessége széles hőmérséklethatárok között beégetve sem megfelelő. A kis sorozatú gyártásra a táblázatból a Demetron 6190 0788 és a Johnson E 710-es paszta is megfelelőnek tűnik. Bár az elérhető hatásfokok kisebbek, a rétegek tapadóképessége és ónoozhatósága is jó. A két típus közül a Demetron paszta kezelhető kényelmesebben nyomtatáskor: kevésbé hajlamos a beszáradásra, nyomtatás után a szita könnyebben tisztítható.

21-1. táblázat  
Frontoldali paszták

Pasztatípus	Összetétel, %	Beégetési hőmér- séglet, °C	Kontaktus- minőség	Ónozza- tóság	A legjobb elem hatás- foka	
					TiO <sub>2</sub> -n	Sw-n
Pénzverő AgSz 11—30	4% TiH <sub>4</sub> /Ag	860	nem megfele-	jól	8,5	—
Engelhard 69100/R	4% TiH <sub>4</sub> /Ag	650...800	közepes	gyengén	11,5	10,4
Demetron 6190 0750	68% Ag	700	jó (Si-n)	jól	9	8,8
Demetron 6190 0788	75% Ag	650...750	jó (Si-n)	jól	10,3	11
Johnson E 710	8% Ni/54% Ag	690	jó	jól	—	10,8

## 7. A hátoldali kontaktus nyomtatása

A hátoldali kontaktus nyomtatása bizonyos szempontból kevésbé kritikus, mint a frontoldalié. A hátoldal messze van a pn átmenettől, beégetés folyamán nem kell tartani a rövidre zárás veszélyétől. A hátoldali felületet telibe lehet nyomtatni, nincs vonalfelbontási probléma.

A vastagréteg-technikával készült napelemek hátoldali kontaktusaihoz a legáltalánosabban használt anyag az alumínium. Olcsó, jó minőségű ohmos kontaktust formál a „p” típusú szilíciumon. Megfelelő hőmérsékleten beégetve p-p<sup>+</sup>, azaz BSF-szerkezetet kapunk és hátoldali reflektorként is működik. A BSF csökkenti a hátoldali rekombinációs sebességet, és így kb. 60 mV-tal növeli a napelem üresjáratú feszültségét ( $V_{oc}$ -t). Kismértékben nő a rövidzárási áram ( $I_{sc}$ ) is, mivel a hátoldali térkövetkeztében kisebb lesz a hátoldali rekombináció mértéke, azaz több kisebbségi töltéshordozó éri el a pn átmenetet. A reflektorhatás szintén növeli  $I_{sc}$  értékét [8].

## 8. A BSF-kontaktus kialakulása

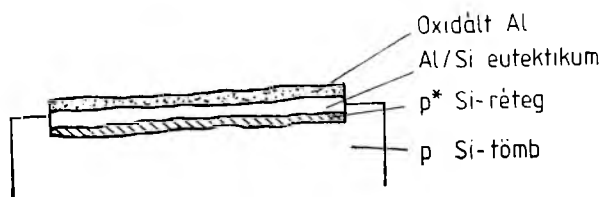
A BSF kialakulásához a paszta beégetési hőmérsékletét az alumínium-szilícium eutektikus hőmérséklete (580 °C) fölé kell emelni. Ekkor a szilícium határfelületén a két elem folyadékfázisa alakul ki. A lehűlés folyamán egy kb. 8...12  $\mu\text{m}$  p<sup>+</sup> réteg nő a szilíciumra, folyadékfázisú epitaxiális növekedéssel. Az eutektikus hőmérsékleten 4...8  $\mu\text{m}$  alumíniumgazdag alumínium-szilícium eutektikum kristályosodik rá a p<sup>+</sup> rétegre. A pasztában levő alumínium nem oldódik fel teljes mértékben az olvadékban. Egy része csak szinterelődik és erősen oxidálódik.

Ez a külső réteg porózus, mechanikus dörzsölésre könnyen leválik. A hátoldali kontaktus szerkezete a 21-5. ábrán látható.

A BSF hatást adó p<sup>+</sup> réteg vezetőképessége és a kontaktus jósága a mélységgel nő. A mélység függ az alumíniumréteg vastagságától, a beégetési hőmérséklettől, a paszta üvegfrittartalmától és a szilíciumfelület orientációjától. Az alumínium mennyiségének és a hőmérsékletnek a növekedése az alumínium-szilícium állapotábrának megfelelően növeli a p<sup>+</sup> réteg mélységét. Az üvegfrit szerepét a frontoldali kontaktus beégetésénél már tárgyaltuk. Itt kevésbé hangsúlyosan jelentkezik, mivel a szilíciumot a paszta alumíniumtartalma önmagában is oldja, az üvegfrit csak segíti az oldódást.

A kristálytani orientáció szerepe kettős. Az  $\langle 111 \rangle$  síkban az  $\langle 100 \rangle$ -hoz képest gyorsabb a szilícium-oxid-képződés, és ezért az üvegfrit marása erősebb. Másrészt, ebben a síkban az alumínium oldása egyenletesebb, mivel minden kémiai reakció gyorsabban halad oldalirányban, mint a síkra merőlegesen [8], [10].

Jó minőségű BSF kialakításához ezek alapján tehát  $\langle 111 \rangle$  orientációjú felület, vastag alumíniumréteg és nagy beépítési hőmérséklet kell. A p<sup>+</sup> réteg mélységét azon-



21-5. ábra. Hátoldali Al-kontaktus szerkezeti felépítése



ban korlátozza az, hogy növekedésével nő a tértöltés-rekombináció, ami a napelem feszültség—áram karakterisztikájának kitöltési tényezőjét (FF) csökkenti. Jó eredményt ad kb. 25  $\mu\text{m}$  vastag alumíniumréteg és 700...800 °C-os beégetési hőmérséklet.

## 9. Hátoldali kontaktus forraszthatósága

Az alumínium közvetlenül csak igen agresszív folyasztószer használatával forrasztható alumínium lágyforraszsal. A napelemek panelba építésekor az agresszív folyasztót nagyon nehézkes eltávolítani, és a savmaradványok a kontaktusok korrózióját okozhatják, ezért ezt a forrasztási módot napelem-technológiában nem célszerű alkalmazni. A forraszthatóság problémájának több megoldása ismeretes:

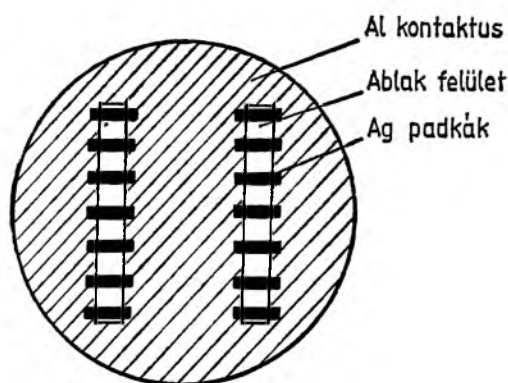
- második forrasztható réteg (diszkrét, kis felületű padkák) nyomtatása és beégetése az alumíniumréteg fölé,
- forrasztható padkák nyomtatása és beégetése az alumíniumrétegben kihagyott ablakba, közvetlenül a szilícium felületére,
- az alumínium helyett alumíniumtartalmú ezüstpaszta nyomtatása a napelem hátoldalára.

Az első esetben a második réteg nyomtatása előtt el kell távolítani az alumíniumkontaktus erősen oxidálódott felső rétegét. Egy rövid idejű maratás híg hidrogén-fluoridban meglazítja ezt a réteget, amely aztán mechanikus dörzsöléssel könnyen leszedhető. Második réteggént tiszta ezüstöt nem lehet használni, mert kölcsönös diffúzió keresztül forraszthatatlan ezüst-alumínium ötvözet alakul ki a beégetés folyamán. A kölcsönös diffúzió nem indul meg, ha az ezüstpaszta kb. 25 % palládiumot tartalmaz [4].

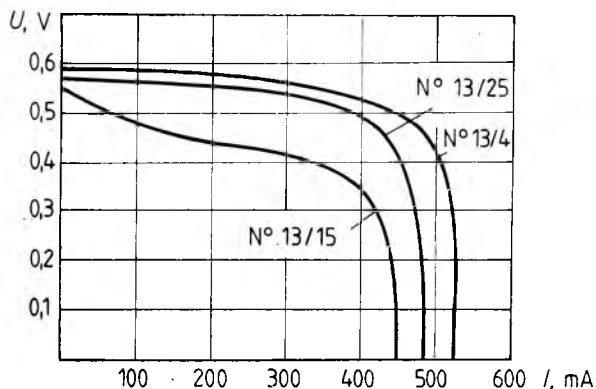
A második megoldásban nincs szükség az oxidálódott alumíniumréteg eltávolítására. A forrasztható padkákat az alumíniumfelületen hagyott ablakba nyomtatjuk a szilícium felületére. Kísérleteinkben ezt a megoldást választottuk. A hátoldali rajzolat a 21-6. ábrán látható.

Az ablak felülete a kontaktusfelületnek kb. 10%-a, a padkák felülete pedig kb. 5%-a. A padkák anyaga ebben az esetben tiszta ezüst is lehet.

A harmadik esetben Al/Ag tartalmú pasztát nyomtatunk a hátoldali szilíciumfelületre. A tiszta ezüst a frontoldalhoz képest több nagyságrenddel nagyobb ellenállás hátoldalon ohmos helyett könnyen egyenirányító átmenetet alkot, ami drasz-



21-6. ábra.  $\varnothing$  3"-os napelem hátoldali rajzolata



21-7. ábra. Al, Al/Ag, Ag hátoldali kontaktussal készült napelemek  $U-I$  karakterisztikája

tikusan lerontja a napelem kimeneti jellemzőit. 1...2% alumíniumtartalom ugrásszerű javulást eredményez. Az alumíniumtartalom növekedésével az ózozhatóság romlik. Kis beégetési hőmérsékleteknél kb. 20% alumíniumtartalomig forrasztható a réteg. A beégetési hőmérséklet növekedésével a forraszthatóság fenntartására az alumíniumtartalmat csökkenteni kell. Az ilyen kontaktusok minősége megfelelő, de a BSF-hatás kialakulásához a max. 20%-os alumíniumtartalom is kevés.

A 21-7. ábrán alumínium, alumíniumtartalmú ezüst és ezüst hátoldali kontaktussal készült napelemek feszültség—áram jelleggörbéje látható. A frontoldali rácsot mindhárom napelemnél 69 100/R típusú Engelhard-ezüstpasztából nyomtattuk. A frontoldalt és a hátoldalt egyszerre égettük be, 750 °C-on 5 percig. A napelem kimeneti paramétereit a 21-2. táblázat tartalmazza.

A 20-7. ábrán a N° 13/15 napelem  $U-I$  jelleggörbéjéből világosan látszik, hogy a hátoldali ezüst egyenirányító jellegű kontaktust eredményezett. A hatásfok kicsi. A N° 13/13 napelem kimeneti paramétereit elfogadhatók. A kb. 7% alumíniumot tartalmazó ezüst a hátoldalon jó minőségű ohmos kontaktust biztosított. A N° 13/4 napelem kimeneti jellemzői BSF jelenlétét bizonyítják. Az üresjárási feszültség elérte a 0,59 V-ot, és a rövidzárási áram is nagyobb az előzőknél.

#### 21-2. táblázat

##### Hátoldali kontaktusok

N°	Hátoldali kontaktus	Pasztatípus	$V_{oc}$ , V	$I_{sc}$ , mA	%
13/15	Ag	Engelhard 69100/R	0,565	450	7,9
13/13	Al/Ag	Engelhard CSA/7	0,570	480	10,7
13/4	Al	Engelhard T-2848/R	0,590	520	11,2

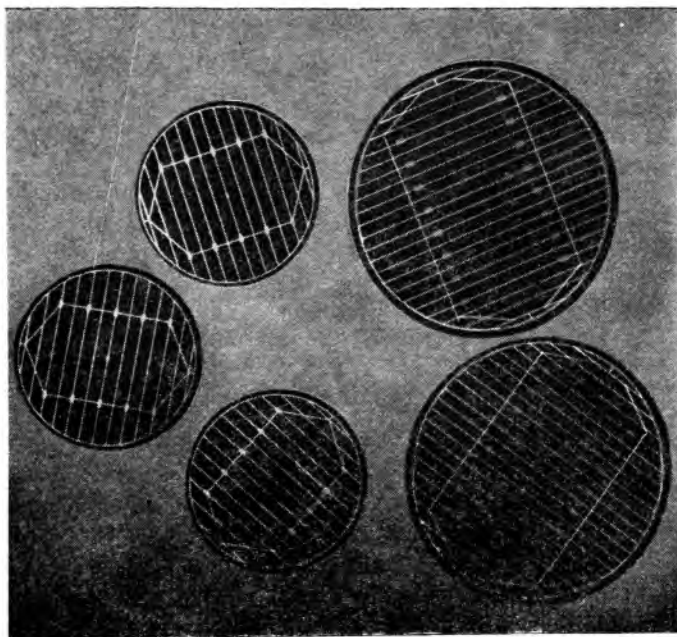
## 10. Hátoldali vastagréteg-paszták

Kísérleteinkben a hátoldali kontaktushoz ezeken kívül még több különböző pasztát kipróbáltunk. A pasztákat forraszthatóság és kontaktusminőség szempontjából vizsgáltuk. Az eredményeket a 21-3. táblázatban foglaltuk össze. Ahol a gyártó cég megadta, ott feltüntettük az ajánlott beégetési hőmérsékletet, ahol nem, ott megadtuk a kísérletek hőmérséklet-tartományát.

A táblázatban szereplő paszták közül az alumínium az egyik jelölt a hátoldali kontaktusra a kis sorozatú napelemgyártásunkban. Forraszthatóságát ezüstpadkák utánnymtatásával oldottuk meg a 21-6. ábrán látható mintázat szerint. Az optimális beégetési hőciklust kísérletileg határoztuk meg. A 800 °C fölött beégetett réteg az ébredő mechanikai feszültségek hatására hajlamos volt a kipattogzásra. 700 °C alatt nem kielégítő a kontaktus minősége, nem alakul ki a BSF-hatás, kicsi az üresjárási feszültség. A 750 °C-on néhány percig tartó beégetés megfelelőnek bizonyult.

A másik könnyen kezelhető és jó eredményeket adó hátoldali paszta a Demetron 6190 0491 típusú, 1% alumíniumot tartalmazó ezüst volt. A gyártó cég által előírt hőmérsékleti tartományban beégetve jól önozható, jó minőségű hátoldali kontaktust ad.

A szitanyomással végzett kísérletek bebizonyították, hogy ezzel a technikával is jó minőségű napelemek készíthetők. Az elemek hatásfoka elérte a plazmaporlasztással készült napelemek hatásfokát. Ilyen  $\varnothing 2''$ -os és  $\varnothing 3''$ -os szitanyomással kontaktált napelemek láthatók a 21-8. ábrán. A kedvező kísérletek után a gyártás beindításán dolgozunk. A feltételek kedvezőek, mivel ennek a technológiának nagy hagyományai vannak hazánkban. A REMIX, a MEV (HIKI) hosszú évek óta foglalkozik vastagréteg-áramkörök fejlesztésével és gyártásával, ezenkívül a MEV a teljes szitanyomó



21-8. ábra. Szitanyomással kontaktált  $\varnothing 2''$ -os és  $\varnothing 3''$ -os napelemek

## Hátoldali paszták

Pasztatípus	Összetétel	Beégetési hőmérséklet °C	Kontaktus-minőség	Ónozhatóság
Engelhard T-2848	Al	650...860	BSF	—
Engelhard CSA/7	7% Al/Ag	750	kiváló	nem
Demetron 6190 0491	1% Al/68% Ag	650...700	jó	jól
Johnson E 710	5% Al/54% Ag	680	jó	gyengén
Johnson E 721	9% Al/50% Ag	680	jó	nem

sor berendezéseinek gyártását is végzi. A gyártás beindításától a napelem fajlagos árának drasztikus csökkenését és felhasználásának széles körű elterjedését várjuk hazánkban.

## Irodalom

- [1] *Hitoshi Matsumoto—Akihiko Nakauo*: 8,5% Efficient Screen-Printed CdS/CdTe Solar Cell Produced on a  $5 \times 10 \text{ cm}^2$  Glass Substrate. Japanese Journal of Applied Physics Vol. 22, No. 2. 1983. pp. 269—271.
- [2] *Hajdú István—Ripka Gábor*: Hibrid integrált áramkörök. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1979.
- [3] *Dietrich E. Riemer*: Evaluation of Thick Film Materials for Use as Solar Cell Contacts. Proceedings of 13th IEEE Photovoltaic Specialists Conference 1978. pp. 603—608.
- [4] *Gary C. Cheek—Robert P. Mertens*: Thick-Film Metallization for Solar Cell Applications IEEE Transactions on Electron Devices No. 5. May 1984. pp. 602—609.
- [5] *T. Nuno—T. Nammori*: High Performance BSF Silicon Solar Cell with Fire Through Contacts Printed on AR Coating. Proceedings of 14th IEEE Photovoltaic Specialists Conference 1980. pp. 805—810.
- [6] *L. Frisson—Ph. Lauwers*: Screen Printed Metallization of Silicon Solar Cells. Electrocomponent Science and Technology 1980. Vol. 7. pp. 107—111.
- [7] *K. Tiror—S. Hogan*: Overview of Thick-Film Technology as Applied to Solar Cells. Proceedings of 14th IEEE Photovoltaic Specialists Conference 1980. pp. 210—214.
- [8] *Oldwig von Roos*: A Simple Theory of Back Surface Field (BSF) Solar Cells. Journal of Applied Physics 49(6), June 1978. pp. 3503—3511.
- [9] *N. Mardesich—A. Pepe*: A Low-Cost Photovoltaic Cell Process Based on Thick Film Techniques. Proceedings of 14th IEEE Photovoltaic Specialists Conference 1980. pp. 943—947.
- [10] *K. Okamoto—T. Nammori*: Rapid Firing of Printed Pastes for BSF Solar Cell under High Intensity Light Source. Proceedings of 16th IEEE Photovoltaic Specialists Conference 1982. pp. 818—823.

# 22.

## Fém-, ill. kerámiabevonatok kialakítása poranyagokból, gázkeverékek detonációjával

PUSKÁS JÓZSEF

### ÖSSZEFOGLALÁS

A legkülönbözőbb anyagminőségű fém munkadarabokon homogén, szilárdan tapadó bevonatokat lehet kialakítani por halmazállapotú fém-, ill. kerámiaanyagokból, az ún. gázdetonációs berendezés alkalmazásával.

A berendezés oxigén és acetilén keverékének robbantásával működik. A robbantáskor keletkező gázok kinetikus energiája a gázáramban lebegő, por alakú anyagrészeket 500...1200 m/s sebességgel ütközteti a bevonandó munkadarab felületének. A létrejött kötés egyrészt mechanikai jellegű (ún. beékelődéses, „cölöpös”), másrészt diffúziós.

A cikk ismerteti a berendezés működési elvét, valamint hőszigetelő kerámiabevonatok és korrózióálló fémbevonatok készítését.

### ПОЛУЧЕНИЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ И КЕРАМИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ ИЗ ПОРОШКОВ С ПОМОЩЬЮ ДЕТОНАЦИИ ГАЗОВЫХ СМЕСЕЙ

*И. ПУШКАШ*

#### Резюме

С применением так называемого газ-детонационного оборудования из порошковых металлических или керамических материалов можно получить однородное, жестко прилипающее покрытие на металлических деталях из самых разнообразных материалов.

Оборудование работает с подрывом смеси кислорода с ацетиленом. Кинетическая энергия выделенных при взрыве газов подавит порошковые частицы из газового потока со скоростью 500...1200 м/сек к поверхности детали. Полученная связь с одной стороны имеет механический характер (так называемая заклиненная или столбчатая структура), а с другой — диффузионный.

В статье излагается принцип работы оборудования и изготовление теплоизоляционных керамических и антикоррозийных металлических покрытий.

# HERSTELLUNG VON METALL-, BEZIEHUNGSWEISE KERAMIKBEZÜGEN AUS PULVERFÖRMIGEN STOFFEN MIT HILFE DER DETONATION VON GASMISCHUNGEN

1. PUSKÁS

## Zusammenfassung

Es können fest anhaftende Bezüge aus pulverförmigen Metall-, beziehungsweise Keramikstoffen an den unterschiedlichsten Metallwerkstücken durch Anwendung der sogenannten Gasdetonationsanlage hergestellt werden.

Die Anlage funktioniert durch Explosion von Sauerstoff- und Azethylenmischung. Die kinetische Energie der bei der Explosion entstandenen Gase schleudert die im Gasstrom schwebenden pulverförmigen Materialteile mit einer Geschwindigkeit von 500...1200 m/s an die Oberfläche des zu beschichtenden Werkstückes. Die entstandene Bindung ist einerseits mechanischer Natur (sog. Einkeilung, „pfahlartig“) andererseits Diffusionsbindung.

Im Artikel wird das Funktionsprinzip der Anlage sowie die Herstellung von Keramikschichten für Wärmeisolierung und korrosionsbeständiger Metallschichten dargelegt.

## FORMING METAL AND CERAMIC COATINGS FROM POWDER MATERIALS BY MEANS OF DETONATION OF GAS MIXTURES

BY J. PUSKÁS

## Summary

On metal workpieces of various material quality, homogenous, firmly sticking coatings can be formed from powdered metal, ceramic materials resp, with application of the so-called gas detonation equipment.

The equipment operates with explosion of an oxygen and acetylene mixture. By the kinetic energy of the gasses developing on explosion, the powdered material particles floating in the gas flow are impacted at a 500 to 1200 m/s speed to the surface of the workpiece to be coated. The binding established in this manner is partly of mechanical nature (so-called wedging, "piling") and partly diffusive.

The article describes the principle of operation of the equipment along with the process employed for production of heat insulation ceramic coatings and anticorrosive metal coatings.

## 1. Bevezetés

A fém-, ill. kerámiabevonatokat az iparban széleskörűen alkalmazzák, mindig azzal a jellemző céllal, hogy valamely alkatrész egy bizonyos vagy teljes felületének tulajdonságát az igénybevétel jellegéhez lehessen illeszteni gazdaságos módon. Ennek megfelelően több, egymástól eltérő technológiájú bevonatkészítési módszert ismerünk. Ezek röviden a következők:

1. *Lángszórás:* acetilén- és oxigéngáz égő keverékébe juttatja a felszórandó anyagot, amely huzal vagy por alakú lehet. A felszórandó anyag a lángban haladva megolvad, és a kiáramló gáz sebességénél kisebb sebességgel felcsapódik a célfelületre.

2. *Ívfény-szórás:* két, folyamatosan adagolt huzal között létesített villamos ív olvakkát egy hajtógáz energiájával juttatja a kívánt felületre. Porok felhordására nem alkalmas.

3. *Hiperszonikus lángszórás:* tulajdonképpen hagyományos lángszórás, de acetilén helyett metilacetilént használ, és az olvadékot nitrogénáramban gyorsítva juttatja a célfelületre. Csak porok felszórására használható.

4. *Plazmaszórás*: a felszórandó anyagot, amely lehet huzal vagy por alakú, nagy teljesítményű plazmaszóró pisztolyba juttatják, ahol az részben vagy teljesen megolvadva jelentős kinetikus energiára tesz szert, majd felcsapódik a kívánt felületre.

5. *Gázdetonációs szórás*: a felszórandó anyagot, amely csak por alakú lehet, adagokra bontva juttatja a szórócsőbe, amely detonációra képes gázkeverékkel van töltve. A detonációt villamos szikrával indítja, amely ezután rendkívül nagy sebességre gyorsítja a port. A nagy kinetikus energiával rendelkező, de csak kismértékben olvadt por a célfelületen fékeződik le. A berendezés kvázi-folytonos működésű.

6. *Lézerszórás*: a felszórandó port ferde szögben a lézersugárba juttatja, ahol az megolvadva a kívánt felületre jut. Az eljárás inkább egyfajta hegesztésre hasonlít, azonban célját illetően ezen a helyen kell megemlíteni.

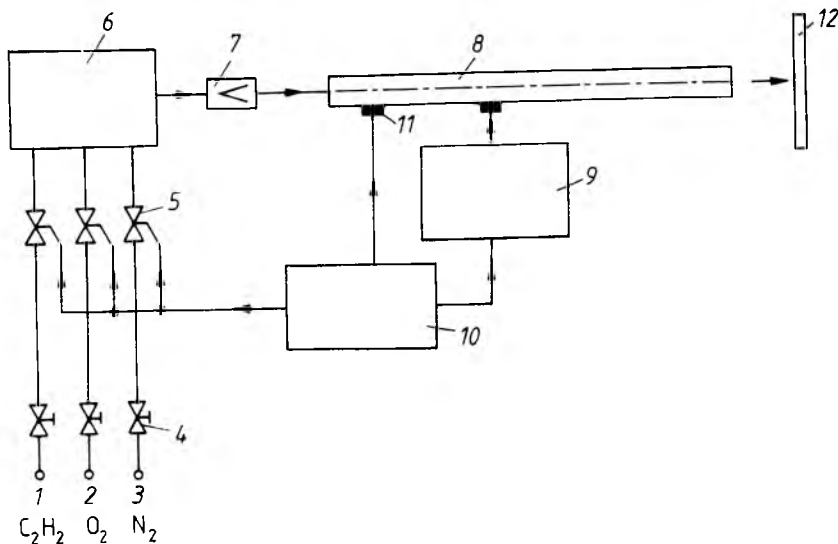
Ezek a szórási eljárások — gyűjtőnéven termikus szórások — közös jellemzője, hogy a felszórandó anyagot részben vagy teljesen megolvasztva az aktuális eljárásra jellemző kinetikus energiával juttatja a kívánt felületre. Megfigyelhető azonban egy trend az egyes eljárások paramétereiben, amennyiben az  $E_{kin}/E_{therm}$  arány folyamatosan növekszik az 1—5. eljárásoknál.

Kitűzött célunk az volt, hogy olyan szórási eljárást fejlesszünk ki, amely nagyon eltérő tulajdonságú anyagok együttes vagy külön-külön történő szórására alkalmas, kiváló kötési szilárdságot, valamint kis porozitást biztosít. Irodalmi adatok alapján ez akkor érhető el, ha a felszórandó anyagot csak kismértékben olvasztjuk meg, de nagy kinetikus energiával ütköztetjük. Ennek a kettős követelménynek a gázdetonációs eljárás felel meg legjobban, így ennek kifejlesztésével foglalkozunk.

## 2. Gázdetonációs eljárás

A gázdetonációs porszórás lényegét a 22-1. ábrán szemléltetjük. A berendezés működése a következő:

Az 1, 2, 3, jelű gázpalackokkal a 4 fojtószelepekkel szabályozott mennyiségű és arányú gázkeveréket juttatunk a 6 keverőkamrába, amely a 7 visszacsapó szelepen át jut a 8 acélcsőbe. Ezzel egy időben a 9 poradagolóból port vagy porkeveréket juttatunk a 8 acélcsőbe, amelyet az előbbi gázkeverék magával sodor. Kis idővel később a 6 keverőkamrát nitrogénnel töltjük fel egészen a 7 visszacsapó szelepig, majd a 11 gyújtást hozzuk működésbe. Ennek hatására a robbanóképes gázkeverék égése detonációba megy át, amely nagy sebességre gyorsítja a porkeveréket, és nekiütközteti a 12 munkadarabnak. Ezután a rendszert nitrogénnel átöblítjük, majd a ciklust előről kezdjük. Az egész rendszert a 10 jelű vezérlés működteti. A berendezés tipikus ismétlési sebessége 1—6 lövés/s, zajszintje 140...150 dB. A munkadarab mozgatójáról külön kell gondoskodni. A leírt működésnek a technikai kérdéseken túlmenően egy fontos feltétele van: a gázkeverék detonációja. Mint ismeretes, a gázkeverék égési sebessége anyagi minőségtől, nyomástól, hőmérséklettől, oxigénegyensúlytól stb. függően különböző, és az 1 cm/s-tól a 100...200 m/s-ig terjedő intervallumban mozog, de minden esetben kisebb, mint a helyi hangsebesség. A detonáció alapkritériuma, hogy az égés sebessége nagyobb legyen, mint a helyi hangsebesség, az ilyen égési frontot azonban már definíciószerűen detonációs frontnak nevezünk, amelynek sebessége gázok esetén 1000...3500 m/s tartományba esik. Ennek a sebességnek az értéke azonban szintén több paramétertől függ. Hozzá tartozik még a jelenség megértéséhez, hogy az égés—detonáció átmenet nem pillanatszerű (bár nagyon gyors), hanem egy folyamat, amely alatt egy bizonyos mennyiségű (ha csőben van, akkor egy bizonyos



22-1. ábra. A gáزدetonációs porszórás elve

1 acetilénatlakozás; 2 oxigénatlakozás; 3 nitrogénatlakozás; 4 fojtószelep; 5 villamos vezérlésű gázszelep; 6 keverőkamra; 7 visszacsapó szelep; 8 acélcső; 9 poradagoló; 10 vezérlés; 11 gyújtás; 12 munkadarab

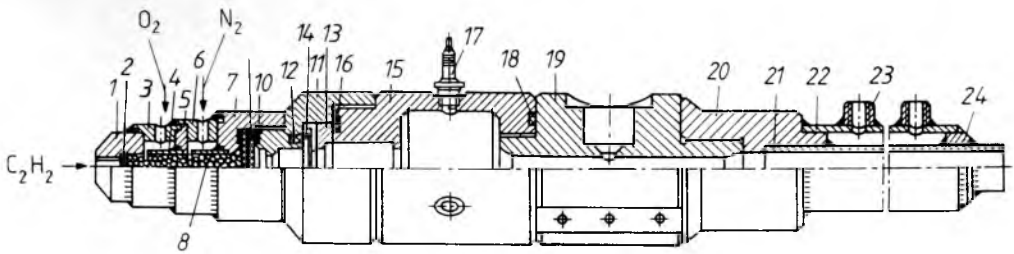
hosszúságú) gáz elég és nem detonál. Vagyis létezik egy kritikus csőhosszúság (ez az átmérőtől is függ), amelyen belül termikus iniciálással nem lehet detonációt kiváltani. Ez a hosszúság a gáz anyagi minőségétől és állapotjellemzőitől függően néhány mm-től néhány m-ig változik. Táblázatosan néhány gázkeverék detonációs sebessége:

$2 \text{ H}_2 + \text{O}_2$	$D = 2819 \text{ m/s}$ ,
$4 \text{ H}_2 + \text{O}_2$	$D = 3314 \text{ m/s}$ ,
$6 \text{ H}_2 + \text{O}_2$	$D = 2976 \text{ m/s}$ ,
$8 \text{ H}_2 + \text{O}_2$	$D = 2650 \text{ m/s}$ ,
$2 \text{ H}_2 + \text{O}_2 + 5 \text{ Ar}$	$D = 3097 \text{ m/s}$ ,
$2 \text{ H}_2 + \text{O}_2 + 3 \text{ He}$	$D = 3265 \text{ m/s}$ ,
$3 \text{ C}_2\text{H}_2 + \text{O}_2$	$D = 2520 \text{ m/s}$ ,
$2 \text{ C}_2\text{H}_2 + \text{O}_2$	$D = 2660 \text{ m/s}$ ,
$\text{C}_2\text{H}_2 + \text{O}_2$	$D = 2920 \text{ m/s}$ .

Ezekből következik, hogy a por a termikusan aktív zónában csak nagyon rövid ideig (1...5 ms) tartózkodik, viszont  $0,3 \dots 0,4 D$  sebességre gyorsul.

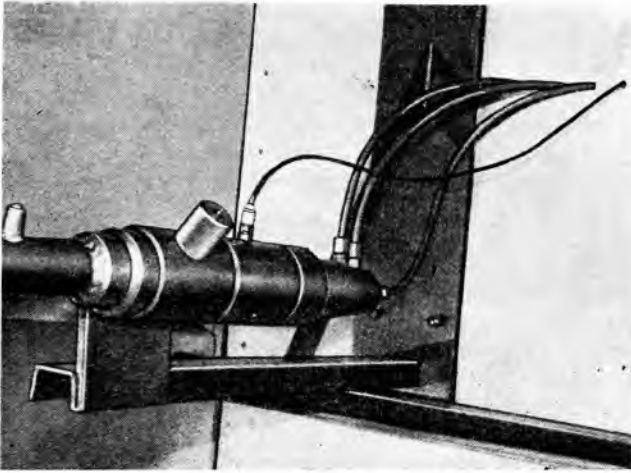
A nagy sebességből adódik, hogy a részecskék kinetikus energiájának részaránya igen nagy, és ennek köszönhető, hogy a kötés jellege ún. cölöpös kötés. Ennek lényege, hogy a lecsapódó szemcse behatol az anyagba, mint egy cölöp, és ezekre épül fel a tulajdonképpeni réteg. A kötés szilárdsága nagy, 50...200 MPa tartományba esik (irodalmi adat). A kötés tömörsége 95...98 %, ami a termikus szórási technológiáknál rendkívül jónak számít. A technológiát nem korlátozza a porok anyagi minősége, viszont a technológia korlátozza a porszemcsék méretét, amennyiben az ideális szemcseméret 40...60  $\mu\text{m}$  tartományba esik. A technológia ipari alkalmazása elsősorban a nagy keménységű fémek, fémkarbidok, ill. oxidanyagok felszórására kor-





22-2. ábra. A gázdetonációs berendezés szórófeje

1 acetilén-szatlakozás; 2 fémszűrő; 3 oxigén-szatlakozás; 4 persely; 5 közdarab; 6 nitrogén-szatlakozás; 7 csatlakozódóm; 8 acélgolyó; 9 szinterfém betét; 10 tömítés; 11 a visszacsapó szelep háza; 12 tömítés; 13 betétidom; 14 szeleptányér; 15 gyújtókamra; 16 tömítés; 17 gyújtógyertya; 18 tömítés; 19 poradagoló kamra; 20 csőcsatlakozás; 21 szórócső; 22 hűtőköpeny; 23 vízcsatlakozás; 24 távtartó



22-3. ábra. Gázdetonációs berendezés üzemkész állapotban

látózik; ez megszabja a felhasználás területét is: nagy keménységű szerszámanyagok élettartam-növelése, abrazív, ill. korrozív hatások esetén felületvédelem, repülőgépiparban turbinalapátok bevonása kerámiával, robbanómotoroknál hengerfej, szelepek stb. bevonása az élettartam és a hatásfok növelése céljából. A tipikus rétegvastagságok 10...500  $\mu\text{m}$  tartományba esnek.

Az előbbieken ismertetett elvet intézetünkben a 22-2. ábra szerinti elrendezésben valósítjuk meg. Mint az ábrán látható, az ún. keverőkamarát az 1—10 alkatrészek alkotják. A tulajdonképpeni gázkeverést a 8 jelű csapágygolyók végzik (bonyolult fűtőrendszer helyett), az esetleges lángvisszacsapást a 9 jelű szinterfém szűrő akadályozza meg. A visszacsapó szelephez a kamra a 10 jelű tömítés után menettel csatlakozik. A 11—14 jelű alkatrészek adják meg az ún. visszacsapó szelepet, ami lényegében egy kis holtjátékú tányérszelep.

A 15—18 jelű alkatrészek adják az indítókamrát a 17 autógyertyával. A 19 jelű alkatrész a porbecsatlakozás helye. A 20—24 jelű alkatrészek a vízűtésű szórócsövet alkotják. A berendezés teljes hossza  $\sim 4000$  mm, a teljes súlya  $\sim 150$  kg. Az elkészült berendezést, amely a 22-3. ábrán látható, a következő paraméterek jellemzik:

— gázkeverék	~C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> + 2 O <sub>2</sub> ,
— robbanási gáztérfogat	2300 cm <sup>3</sup> /ciklus,
— ismétlési gyakoriság	~150 ciklus/min,
— gázfogyasztás (keverék)	~20 m <sup>3</sup> /h,
— a porfolt átmérője	~30 mm,
— porszórási teljesítmény	2...2,5 kg/h,
— zajszint	~150 dB,
— porsebesség	870 m/s.

A berendezéssel Al, Ni, Cu, és Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> porok szórását végeztük fém-, ill. kerámiafelületre. A felvitt bevonatok vizsgálata jelenleg folyik.

## Irodalom

- [1] *Thorpe, M. L.*: Thermal Spraying Becomes a Design Tool. *Machine Design*, 1983. XI. 24.
- [2] *Kaunov, A. M.—Bukin, V. M.*: Bevonatok készítése robbantással. *Poroskovaja Metallurgija*, 1. 1984.
- [3] *Kadner, H.—Walter, K.*: Das Pulver-Detonationsbeschichten ein Verschleiss- und Korrosionsschutzverfahren mit hohem materialökonomischem Wert. *Schweisstechnik*, 10. 1983.
- [4] *Meringolo, V.*: Thermal spray coatings: principles and applications. *TAPPI Proceedings* 1982.
- [5] *Smireva, T. P.—Jakovlev, V. L.*: A detonációs bevonat és az alap érintkezési területének szerkezeti sajátosságai. *Poroskovaja Metallurgija*, 9. 1983.
- [6] *Noszovszkij, I. G.—Scsepetov, V. V.*: Ötvözött porokból készült detonációs bevonatok. *Poroskovaja Metallurgija*, 9. 1983.
- [7] *Noszovszkij, I. G.—Kadirov, V. H.*: Detonációs bevonatok kopásállóságának vizsgálata. *Poroskovaja Metallurgija*, 1983. 8.
- [8] *Kreye, H.—Bechtloff, G.*: Fémbevonat felszórással. *Metallwissenschaft und Technik*, 3. 1983.
- [9] *Winter, K. P.*: Újdonságok a termikus szórásban. *Schweisstechnik*. 6. 1984.
- [10] *James, D. H.*: A termikus szóráshoz végzett felületelőkészítés során szerzett kísérleti felismerések. *Journal of Mechanical Working Technology*. 2. 1984.

# 23.

## Csavaranya-lazító készülék

MAGYAR ZOLTÁN

### ÖSSZEFOGLALÁS

A készülék nagyméretű, M 60-as, M 100-as, nagy erővel meghúzott, beégett csavar-kötések könnyű oldására alkalmas, amelyet turbinaházak szétszerelésének megkönnyítésére fejlesztettünk ki. A berendezés biztosítja a szereléshez szükséges munkaidő és emberi erő nagymértékű csökkentését.

A berendezés legfontosabb alkatrésze egy speciális, nagy teljesítményű (2,5...3,5 kW), de kisméretű (200 mm) fűtőttest, amely a csavarkötés célszerűen kialakított központi furatába helyezve a csavarorsó hossz tengelye mentén kiképzett nyakat melegíti. A fűtőttest rövid ideig tartó intenzív fűtése következtében olyan hőmérsékleteloszlás jön létre, hogy a csavar levékonyított szára megnyúlik, ezáltal a csavarkötésben levő mechanikai feszültség erősen csökken. Így a kötés bontása lényegesen könnyebbé válik a hideg állapothoz képest. A fűtési idővel és teljesítménnyel, a csavarlazítás folyamata jól szabályozható.

### ПРИБОР ДЛЯ ОСЛАБЛЕНИЯ ГАЕК

#### 3. МАДЯР

#### Резюме

Прибор предназначен на легкое ослабление болтовых соединений М 60 и М 100, затяженных большим усилием или обжиганных и разработан для облегчения монтажа корпусов турбин. Оборудованием обеспечена значительная экономия монтажного рабочего времени и уменьшение человеческого усилия. Важнейшей частью оборудования является специальный, мощный (2,5...3,5 кВт) отопительный элемент небольшого размера (200 мм), с помощью чего нагревается шейная часть болта вдоль оси через специально сверленное центральное отверстие. Благодаря кратковременному интенсивному нагреву отопительным элементом создается температурное распределение, при котором утоньшенный участок болта растягивается по длине, при этом значительно снижается механическое напряжение болтового соединения. Таким образом демонтаж соединений значительно облегчен по сравнению с холодным состоянием. Регулировкой времени и мощности отопления хорошо регулируется процесс ослабления гаек.

# GERÄT ZUM SCHRAUBENLOCKERN

Z. MAGYAR

## Zusammenfassung

Das Gerät dient zur Lösung grosser — M 60—M 100 — Schrauben, die mit grosser Kraft angezogen und eingebrannt sind. Das Gerät wurde zur Erleichterung der Demontage von Turbinengehäusen entwickelt, und ermöglicht eine erhebliche Verringerung der zur Montage notwendigen Arbeitszeit und der Kraftaufwendung.

Der wichtigste Teil des Gerätes ist ein spezieller Heizkörper grosser Leistung (2,5...3,5 kW) mit kleinen Abmessungen (200 mm), der in die zweckmässig ausgebildete, zentrale Bohrung eingesetzt den Hals erwärmt, der entlang der Längsachse der Schraubenspindel ausgebildet wurde. Infolge der kurzen, intensiven Heizung mit dem Heizkörper entsteht eine solche Temperaturverteilung, wodurch der verjüngte Teil der Schraube gedehnt wird, dadurch verringert sich die mechanische Spannung in der Schraubverbindung sehr stark. Somit wird die Lösung der Verbindung wesentlich leichter im Vergleich zum kalten Zustand. Mit der Heizzeit und -leistung lässt sich der Prozess der Schraubenlockerung gut stellen.

## NUT SLACKENING DEVICE

BY Z. MAGYAR

### Summary

This device serves for easy slackening of power tightened, burnt in screw joints of M 60 to M 100 size, developed to facilitate dismantling of turbine housings. The equipment enables a drastical reduction in both working time and labour force required for the dismantling.

The major part of the equipment is formed by a special, high-performance (2.5... 3.5 kW) but small size (200 mm) heater, heating the neck shaped along the longitudinal axis of the screw spindle, when placed into the centre hole of the screw joint machined for this purpose. In consequence of a short lasting intensive heating of the heater such temperature distribution is produced that the thinned shank of the screw elongates whereby the mechanical stress existing in the screw joint considerably decreases. In this manner, dismantling of the joint becomes essentially easier with respect to the cold state. The screw slackening process can be well controlled by the heating time and power.

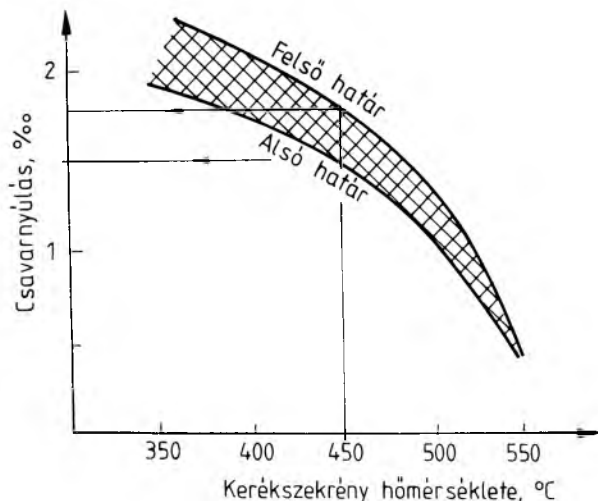
## 1. Bevezetés

A készülék nagyméretű (M 60—M 100), nagy erővel meghúzott, beégett csavarkötések oldására szolgál, amelyet akciós turbinaházak szétszerelésének megkönnyítésére fejlesztettünk ki. A berendezés biztosítja a szereléshez szükséges munkaidő és az emberi erő nagymértékű csökkentését.

Az akciós gőzturbinák szerelésekor egyik nehéz feladat a turbinaház helyes lezárása. A csavarok meghúzásának mértéke és módja nemcsak a gép üzemére hat ki, hanem az is attól függ, hogy a későbbi ellenőrzések és javítások alkalmával ezen csavarkötéseket hogyan lehet megbontani. Ez a művelet általában nagy nehézséget okoz.

A turbinaházcsavarok meghúzásának mértékét, — amely a kerékszekrény üzemi hőmérsékletétől is függ (23-1. ábra), a csavar nyúlásának mérésével ellenőrzik.

A csavarkötések szétbontása hagyományos módszerekkel rendkívül nehézkes, sok esetben pedig lehetetlen. A csavarokat 24 óráig petróleummal kell kezelni, majd



23-1. ábra. A turbinaház-csavarok meghúzásának mértéke a hőmérséklet függvényében

a csavarkulcsra feltett 2,5...3 m hosszú hosszabbító rúddal 5—6 ember nekifeszülésével és a lökések fokozásával kísérlelendő meg a csavarkötés oldása. Ha ez nem vezet eredményre, a csavart le kell vágni! (Ezt tartalmazza a Láng Gépgyár előírása a turbinák össze-, ill. szétszerelésére.)

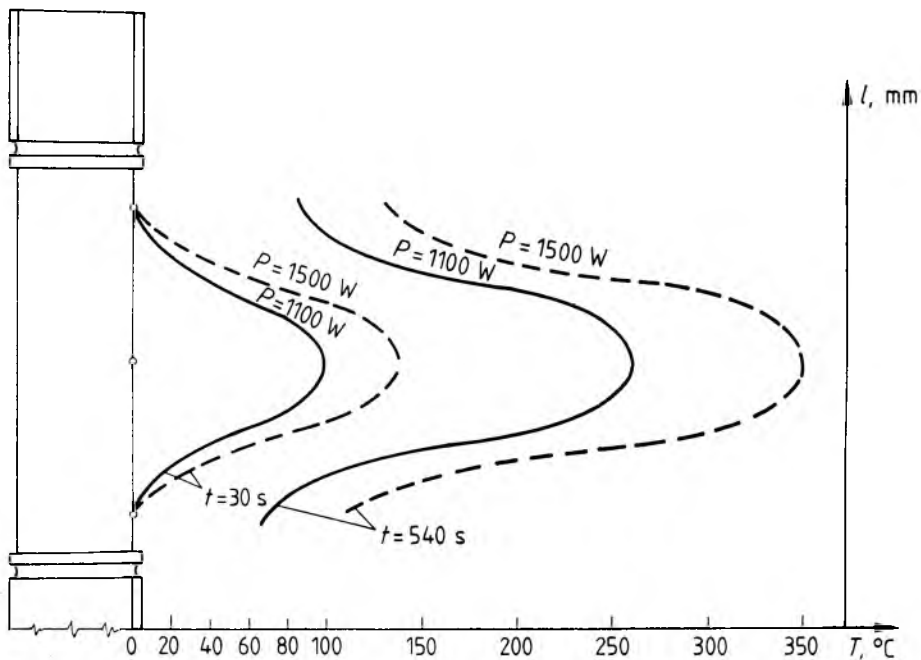
## 2. Csavarlazítás melegítéssel

Lényegesen különbözik az említett módszertől a nagynyomású turbinaházcsavarkötések megbontása az általunk — a külföldi kísérletek figyelembevételével — kifejlesztett berendezés segítségével. A szétbontás megkönnyítése azon az elven alapszik, hogy ha az ászokcsavar a környezetéhez képest felmelegszik anélkül, hogy a környezet is hasonló mértékben felmelegedne, a csavar megnyúlik, így az összeszorító erő csökken vagy teljesen megszűnik (l. csavarhúzás). A melegítés történhet a csavar középvonalában kiképzett furaton keresztül vezetett gőzzel, gázlánggal vagy villamos úton. Szabályozhatóság szempontjából legcélszerűbb a villamos melegítés. A csavarkötés oldásának megkönnyítésére mi is ezt az utat választottuk.

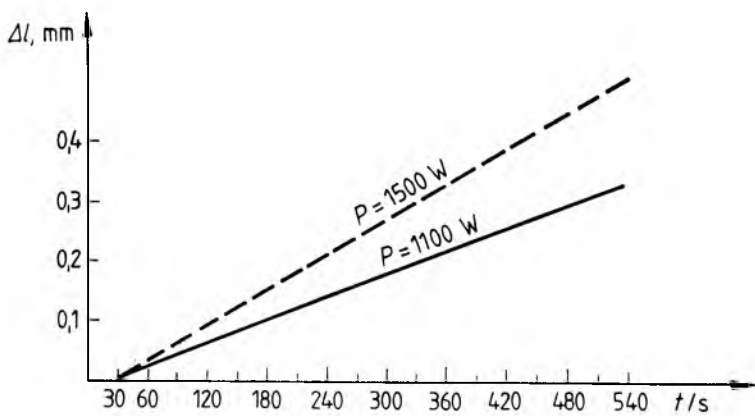
A melegítéssel történő csavarlazítás előfeltétele az, hogy a melegítés annyira rövid idő alatt történjen a csavar megfelelő helyén, hogy az összefogott peremek (turbinaház osztósíkjá mentén) ne tudjanak felmelegedni. A csavar akkor oldható könnyen, ha a melegítéskor fellépő nyúlás csaknem azonos az összeszereléskor létrehozott nyúlással. Ezt az értéket kísérletekkel kell meghatározni.

A 23-2. ábrán egy ászokcsavar hőmérséklet-eloszlása látható abban az esetben, amikor a csavart 30, ill. 540 s-ig fűtöttük 1100 W, ill. 1500 W fűtőteljesítménnyel. Az ugyanezen fűtőteljesítményekhez tartozó megnyúlásokat a 23-3. ábrán mutatjuk be. A különböző hőelvitel mellett végzett mérések alapján meghatároztuk azt a teljesítmény- és időintervallumot, amely a nagynyomású turbinaház ászokcsavaros kötéseinek oldásához szükséges.

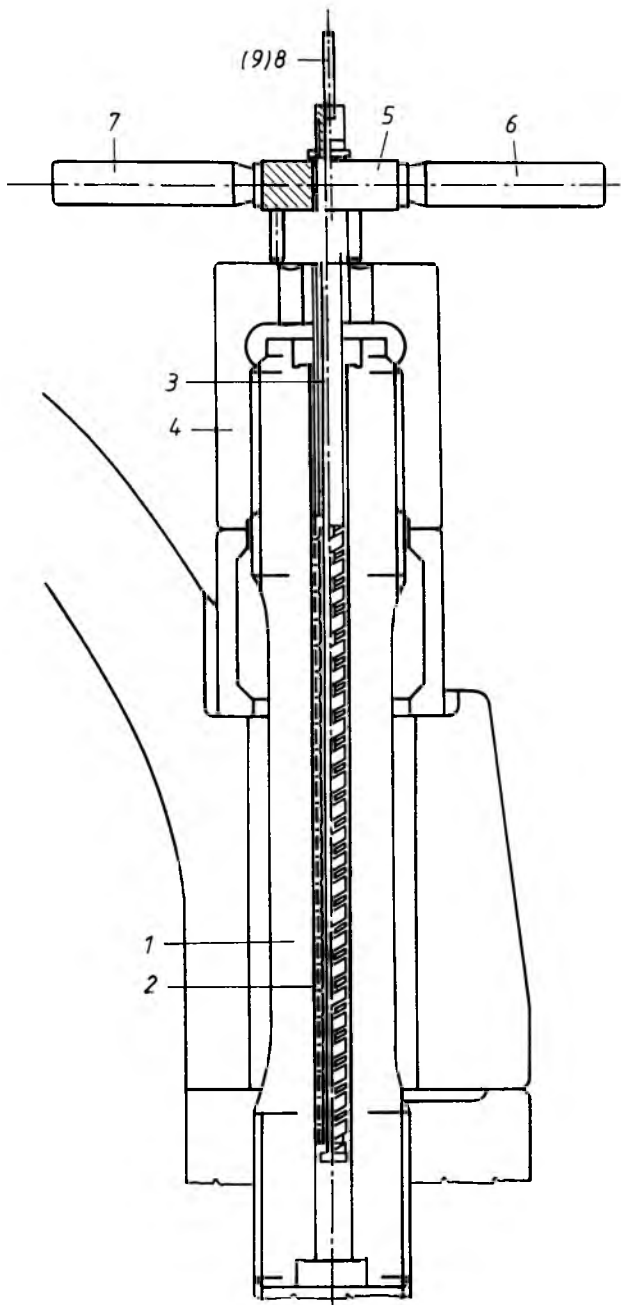
A turbinaházban levő csavar melegítése a csavar középvonalában kiképzett furatban elhelyezett speciális fűtőtesttel történik. Ezt a 23-4. ábra szemlélteti.



23-2. ábra. Ászokcsavar hőmérséklet-eloszlása különböző fűtőteljesítmény és -idő esetében



23-3. ábra. Az ászokcsavar megnyúlása a fűtőteljesítmény és az idő függvényében



23-4. ábra. Az ászokcsavar fűtése

1 összeszorító ászokcsavar; 2 fűtőttest; 3 áramhozzávetés; 4 oldandó csavaranya

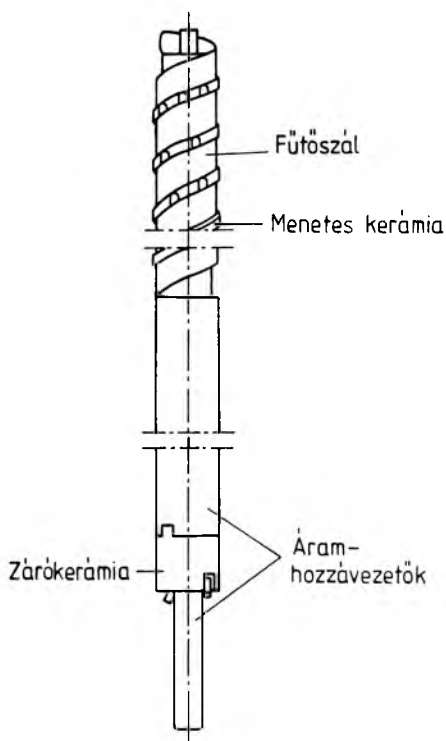
## 2. A fűtőtest

A csavarszárat melegítő fűtőtestnek három fő követelményt kell kielégítenie:

- rövid, percekben kifejezhető idő alatt legalább  $150\text{...}180\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ra melegítse fel a csavarszárat, mialatt a környezet (turbinaház pereme, menetes részek) hideg marad,
- egy fűtőtest legalább egy turbina szétszerelését biztosítsa,
- életvédelmi okokból törpefeszültségen üzemeljen.

E követelmények kielégítésére alkalmas fűtőtestet a következőképpen valósítottuk meg. A fűtött szakasz teljesítménysűrűsége  $30\text{ W/cm}^2$ -től  $40\text{ W/cm}^2$ -ig növelhető. Levegőn való természetes hűtés esetén a fűtőtest ezt a nagy teljesítménysűrűséget 20—30 percig károsodás nélkül viseli el. A fűtött szakasz hosszúsága gyakorlatilag azonos a csavar melegítendő szárának hosszúságával. A fűtőszál hőlökésálló és „nagy melegszilárdságú” kerámia formatest hordozza. (A kerámia anyaga VKI kutatás-fejlesztés eredménye.) A fűtőfeszültség  $15\text{...}20\text{ V}$  között, a szükséges teljesítménynek megfelelően szabályozható.

A kerámia formatest egy nagy (15 mm) menetemelkedésű menetes orsó, amelynek magjára van feltekercselve a lapos szalagból készült fűtőszál. A kerámia egyúttal távolságtartó is, amely megakadályozza a zárlatokat. Az áramhozzávetők keresztmetszetei az izzószál keresztmetszetének 7...10-szeresei, így azok az izzószálhoz képest „hidegek” maradnak az üzemidő alatt.



23-5. ábra. A fűtőtest



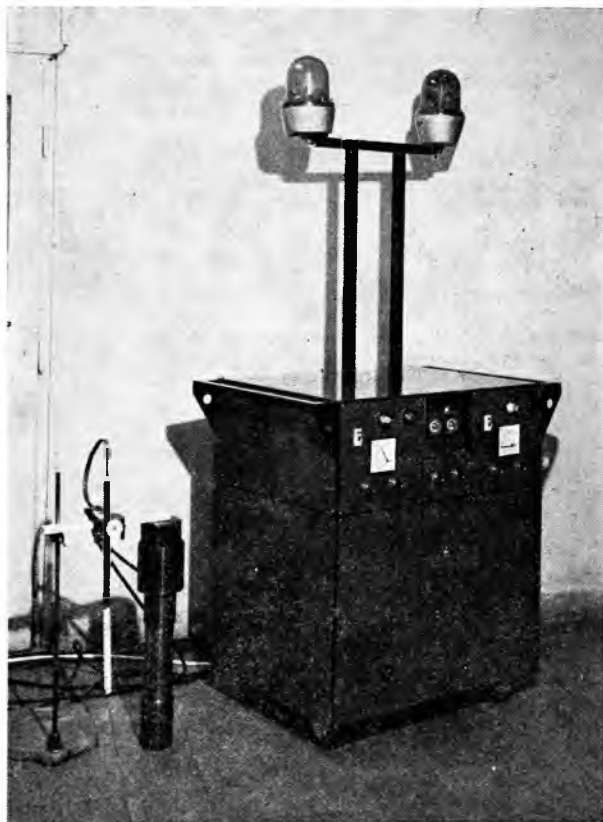
A fűtőtesthez tartozik még egy speciális gyors-befogó szerkezet, amely lehetővé teszi egyrészt az áramcsatlakozást, másrészt a fűtőtest megfelelő süllyesztésének beállítását.

A speciális fűtőtestet a 23-5. ábra mutatja.

### 3. A berendezés

A fűtőtest üzemeltetéséhez egy, a kívánt helyre kerekeken gördíthető tápegység is tartozik (23-6. ábra). A tápegység egy időben két fűtőtest működtetésére alkalmas, így a turbina mindkét oldalán egyszerre lehet a szétszerelési munkákat végezni. A berendezés fokozatokban szabályozható (15...20 V között) fűtőfeszültséget szolgáltat beállítható ideig, tehát a fűtési teljesítmény és a fűtési idő szabályozásával az alkalmazási lehetőségek széles skálája valósítható meg. A fűtési idő leteltével a berendezés — a gépteremben uralkodó nagy zaj és egyéb jelzések miatt — villogó sárga fényjelzést ad, ami jelzi, hogy a bontás megkezdhető.

A 23-6. ábrán a tápegységen kívül az izzó fűtőtest, valamint egy ászokcsavar is látható anyával együtt.



23-6. ábra

## **4. A berendezés üzemeltetése, értékelése**

A berendezést két nagynyomású turbina szétszerelésénél helyeztük üzembe a Borsodi Hőerőmű géptermében. Az első esetben egy fűtőtesttel dolgoztunk, így a munka — 36 db csavar megoldása — két embernek fél munkanapját vette igénybe, míg a második alkalommal két fűlőtest felváltva történő üzemeltetésével a turbina szétcsavarozása 3 h alatt megtörtént.

A berendezés az üzemi próbák alatt tehát kitűnően megállta a helyét. Nemcsak nagymértékben megrövidítette a szerelési időt, ami korábban 6—8 embernek 15...16 munkanap volt, hanem jelentősen csökkentette a fizikai munkát és a szereléshez szükséges létszámot is.

# 24.

## Új megoldások kerámiái anyagok fröccsöntésére és a feldolgozó gépek fejlesztésére

*CSOMÁN GYÖRGY*

### ÖSSZEFOGLALÁS

A Villamosipari Kutató Intézetben hosszú idő óta folyik a kerámiái anyagok fröccsöntéssel történő feldolgozásának technológiai kutatása. A kerámiái iparban alkalmazott hagyományos formálási módok már nem tették lehetővé azt, hogy az ipar által megkövetelt nagy méretpontosságú, valamint bonyolult tagoltságú kerámiái alkatrészeket állítsanak elő. Az alkatrészekről elvárt követelmények figyelembevételével foglalkoztunk a kerámiái fröccsöntés formálási móddal mint a kerámiái alkatrészek nagy sorozatú előállításának technológiai folyamatával. Munkánk során részletesen feltártuk a kerámiái fröccsöntés formálási mód meghatározó tényezőit. E tényezők feltárása után — különös tekintettel a reológiai tulajdonságok ismeretére — fejlesztettünk ki egy új elven működő fröccsöntési módot és berendezést. Ismertetésre kerül az új elv és berendezés, valamint műszaki—gazdasági előnyei.

### НОВЫЕ МЕТОДЫ ПРЕССОВКИ КЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ОБРАБАТЫВАЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ

*Д. ЧОМАН*

#### Резюме

В ВКИ много лет ведется технологическое исследование обработки керамических материалов методом прессовки. Традиционные методы формировки, примененные в керамической промышленности уже не позволили изготовить потребованные промышленностью керамические детали большой точности по размерам и сложной конфигурации. С учетом требований к таким деталям занимались методом формировки с применением керамической прессовки как крупносерийного технологического процесса изготовления керамических деталей. В процессе работы детально раскрыли факторы, определяющие метод керамической прессовки.

После раскрытия этих факторов — с особенным учетом знания реологических свойств — разработали метод прессовки и оборудование, основанные на новом принципе.

### NEUE LÖSUNGEN BEIM SPRITZGIESSEN KERAMISCHER STOFFE UND BEI DER ENTWICKLUNG VON VERARBEITUNGSMASCHINEN

*GY. CSOMÁN*

#### Zusammenfassung

Seit langer Zeit ist die technologische Forschung der Verarbeitung keramischer Stoffe mittels Spritzgießen im Institut für Elektroindustrie im Gange. Die in der keramischen Industrie angewendeten traditionellen Formverfahren haben nicht mehr

ermöglicht, von der Industrie verlangte keramische Teile mit grosser Massgenauigkeit und komplizierter Gliederung herzustellen. Mit Berücksichtigung der von den Teilen erwarteten Bedingungen haben wir uns mit dem Formverfahren mittels Spritzgiessen beschäftigt, als dem technologischen Prozess für die Herstellung keramischer Teile in grosser Serie. Während unserer Arbeit haben wir die bestimmenden Faktoren des Formverfahrens keramischen Spritzgiessens ausführlich analysiert. Nach Aufdecken dieser Faktoren — mit besonderer Hinsicht auf die Kenntnis reologischer Eigenschaften — haben wir ein Spritzgiesverfahren und Anlage auf neuer Basis entwickelt. Das neue Prinzip und die neue Anlage werden mit ihren technischen und ökonomischen Vorteilen vorgestellt.

## NEW SOLUTIONS FOR MOULDING OF CERAMIC MATERIALS AND FOR DEVELOPMENT OF THE PROCESSING MACHINES

BY GY. CSOMÁN

### Summary

Technological research of processing ceramic material by moulding belongs to a long-term program carried out in the Research Institute of the Electrical Industry. The traditional forming methods employed so far in the ceramic industry proved insufficient in production of ceramic parts of high accuracy and high complexity demanded nowadays by the industry. With regard to the requirements set for the components, the injection moulding method as a technological process for mass production of ceramic parts has been investigated. In the course of this work, dominant factors of the injection moulding method in forming of ceramic parts have in details been revealed.

After revealing these factors — with a special regard to knowledge of the rheological properties — an injection moulding method operating on a new principle and an equipment have been developed. In the article, the new principle and the equipment and the technical and economical benefits thereof are described.

## 1. Bevezetés

A kerámiai ipar a legősibb iparok egyike, amely hosszú időn keresztül csakis tapasztalati úton megszerzett ismeretekre támaszkodott. Az elmúlt század végén kezdték a kerámiai folyamatokat tudományosan magyarázni. Az utóbbi időben a tudomány és a mérés technika rohamos fejlődése lehetővé tette a kerámiai iparban is, hogy a tapasztalatot a tudományos megalapozottság váltsa fel.

A kristálykémia, a fizikai kémia, az anyagok szerkezetére vonatkozó ismeretek kiterjedése következtében a kerámiai ipar robbanásszerű fejlődésnek indult. Erre szükség is volt, mivel az elektronikai és rádiótechnikai ipar egyre nagyobb igényeket támasztott a kerámiai termékekkel szemben. Ez nemcsak a kerámiai termékek elektromos tulajdonságaira vonatkozott, hanem azok igen nagy tagoltságára és mérettűrésére is. Éppen ezért az anyagfejlesztésen túlmenően új formálási módokat is ki kellett és kell fejleszteni. A kiválasztott formálási eljárásnak igen nagy szerepe van az egész gyártási folyamatban. Több kutatómunka foglalkozott már azzal, hogy milyen hatást gyakorol a formálási eljárás a kerámiai végtermék tulajdonságaira. Ezekből egyértelműen kiderül, hogy a helyesen megválasztott formálási eljárás jobb, stabilabb terméktulajdonságokat eredményez azonos alapanyagok esetében [1], [2].

## 2. A kerámiai fröccsöntés formálási mód

A kellő méretpontosság és a nagymértékű tagoltság egyidejű megvalósítására fejlesztették ki az utóbbi időben a műanyagipartól átvett fröccsöntési formálási módot. A kerámiai fröccsöntés olyan formálási eljárás, amely mind az anyag homogenitása, mind az idom tagoltsága, bonyolultsága szempontjából a legtágabb lehetőséget nyújtja. A kerámiai fröccsöntésnél az adalék anyagokkal folyóssá tett kerámiai massa hidrosztatikai úton tölti ki az idomot adó szerszám terét, és a kezelhetőséget biztosító ún. nyersszilárdság az adalék anyagok dermedése révén jön létre.

A fröccsöntés formálási eljárás alapjai a kolloidika tudományához állnak közel, az eltérés csak az, hogy a fröccsöntőmassza durva diszperz rendszert képez. Ebből eredően — a szakirodalom szerint is — az eljárásra inkább az empiria jellemző még, mint a tudományosság. Így még számos, technológiai szempontból is nagy jelentőségű kérdés tisztázatlan. Eddigi fejlesztőmunkánk során ezek közül néhányat sikerült tisztáznunk.

A fröccsöntés formálási eljárás leglényegesebb része az öntőkeverék előállítása, ugyanis az égetési selejt mennyisége többszöröse a nyers selejt mennyiségének, és a hiba forrása főként az előkészítési folyamatokban rejlik. Ezt a tényt kiemelten kezelve, munkánkat az öntőkeverék előállításánál mutatkozó hiányosságok feltárással kezdtük meg. Megállapítottuk, hogy az öntőkeveréknek olyan sajátos tulajdonságai vannak, amelyek az alapkomponeensek készítési módjától és azok tulajdonságaitól függenek.

Ezek közül néhány: a viszkozitás hőmérsékletfüggése, a dermedési sebesség, a hülési zsugorodás, a felületaktív anyag szerepe, a rendszer stabilitása, az ülepedési sebesség. Megállapítottuk, hogy a felhasznált anyagok szemcseméret-eloszlása lényegesen befolyásolja a massa és a belőle készült termék tulajdonságait.

Elsőként a diszperziós közeg viszkozitását tanulmányoztuk. A kerámiai fröccsöntő masszák előállításához diszperziós közegeként főleg paraffint, oleinsavat és ritkábban különféle viaszokat használnak. A paraffin túlnyomórészt egyenes láncú, 25-nél nagyobb szénatomszámú szénhidrogének keveréke. A massa szemcséi között elhelyezkedő diszperziós közeg teszi lehetővé a részecskék egymáshoz való elcsúszását, a massa folyását.

A diszpergált kerámiai anyagok poláros jellegű felületén az apoláros paraffinmolekulák csak gyengén adszorbeálódnak, így mechanikai hatásra könnyen kiszorulnak a részecskék közül. Ez a „kiszorulás” csökkenthető olyan anyagokkal, amelyeknek molekulája poláros és apoláros részből épül fel. Az ilyen molekulák poláros része adszorbeálódik a szemcsék felületén, az apoláros része pedig a paraffinnal jól tapadó lioszférát képez. Ezek az adalék anyagok többségében hosszú szénláncú karbonsavak, karbonsav-észterek és alkoholok [3].

A kerámiai fröccsöntőmasszák fröccsönthetőségénél igen fontos a diszperziós közeg reológiai viselkedése, ezért behatóan tanulmányoztuk a közegek viszkozitását befolyásoló tényezőket. A vizsgálatokat rotációs viszkoziméterrel végeztük. Megvizsgáltuk, hogy a különféle adalék anyagok milyen hatással vannak a viszkozitás változására.

Vizsgálataink eredményeiből néhány:

- A leggyakrabban használt oleinsav 0,5 és 3%-os adagolása esetén tapasztaltuk a legkedvezőbb viszkozitásértékeket, anomális folyási viselkedést eredményez 10% fölötti oleinsav alkalmazása.
- 10% méhviasz adagolása esetén az elegy viszkozitása alig tér el a tiszta paraffinétól. Tekintettel a méhviasz felületaktívanyag-tartalmára, feltehető, hogy a pa-

raffinhoz adagolva lehetővé teszi a diszperz rész arányának növelését. A tiszta méhviaszt nagy viszkozitása alapján méréseink szerint nem célszerű önmagában diszperziós közegként alkalmazni.

- Külön vizsgálat tárgyát képezte a sztearinsav magnéziumsójának hatása a paraffinolvadékokra. Megállapítottuk, hogy ha a paraffin 3% magnézium-sztearátot tartalmaz, akkor az olvadék 65...98 °C-on normális, 55...60 °C-on anomális folyadékként viselkedik. A magnézium-sztearát mennyiségét növelve az anomális folyási viselkedés hőmérséklet határa növekszik, ebből következik, hogy a magnézium-sztearátot nem célszerű felületaktív anyagként alkalmazni.

Sokirányú vizsgálatokat folytattunk a diszperz rendszerek reológiai tulajdonságainak módosítási lehetőségei tárgyában. A kísérletek és vizsgálatok alapján a következőket állapítottuk meg:

- Viaszok alkalmazásakor a fröccsöntőmassza tixotrópiája növekszik, ez ugyan elősegíti a massa stabilitását, de növeli a fröccsönthetőségi hőmérséklet határát.
- Az alkalmazott viaszokkal a reológiai tulajdonságok módosíthatók.
- A massa komponenseinek minősége nagymértékben befolyásolja a reológiai tulajdonságokat, elsősorban a viszkozitás mértékét. A nagy diszperzítésfokú anyagot, pl. agyagásványt tartalmazó masszák diszpergálása nagyobb diszpergálóközeg-arány mellett lehetséges, ez viszont égetési deformálódást és méretszórás-növekedést eredményez.

A diszperzítésfok lényegesen befolyásolja a diszperz rész/diszperziós közeg arányát, ezen keresztül a massa stabilitását, valamint a formálhatóságot. Mivel a diszperzítésfok — különösen a porkeverékek esetén — szorosan összefügg a fajlagos felülettel és mérése egyszerű, ezért porkeverékeinket fajlagos felületükkel jellemeztük.

A diszperziós közeg az olvadásponttal és a viszkozitással jellemezhető, ezért meghatározó tulajdonságként a viszkozitást választottuk. Üzemi kísérletek alapján meghatároztuk, hogy milyen maximális viszkozitásérték esetén lehet a masszát selejtmentesen fröccsönteni.

### **3. A kerámiai anyagok fröccsöntő berendezései**

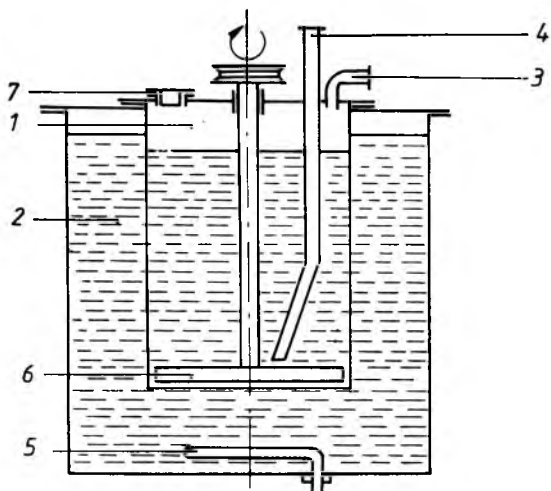
Az előzőkben ismertetett eredményekből adódóan vált lehetővé, hogy több ponton lényegesen hozzájárulhassunk a fröccsöntéses kerámiai formálási mód fellendítéséhez. Az általunk elért eredmények és ismereteink alapján kezdtük meg egy automatizálható kerámiai fröccsöntő gép teljesen új elvi alapokon nyugvó megoldásának kidolgozását.

#### **3.1. A hagyományos fröccsöntési elv**

A különbség érzékeltetése érdekében néhány sorban ismertetem az eddig alkalmazott hagyományos fröccsöntési elvet és a gép néhány tulajdonságát. A gép felépítése és elrendezési vázlata a 24-1. ábrán látható.

Az 1. masszatarató egy tetszés szerinti (általában 20...25 l űrtartalmú vörösréz-ből vagy rozsdamentes acélból készült) nyomástartó edény. Ezt veszi körül a 2. vizes tartály, amelyben a légköri nyomáson levő vizet melegítjük. Ily módon tartjuk optimális hőmérsékleten (fröccsönthető állapotban) a paraffinnal plasztifikált kerámiai masszát. A masszatarató légmentesen záródó fedele a 4. szifoncső és az 3. pneumatikus csatlakozócsonk közé van beépítve.

Ha a pneumatikus csatlakozócsonkon át a masszataratót sűrített levegővel



24-1. ábra. Hagyományos fröccsöntő berendezés elvi vázlata

1 munkatartály; 2 fűtőközeg; 3 levegő; 4 szifoncső;  
5 elektromos fűtőtest; 6 keverőlapát; 7 anyagtöltő nyílás

nyomás alá helyezzük, a massa a szifoncsövön át a hozzá csatlakoztatott szerszámba áramlik.

A berendezés előnye, hogy rendkívül egyszerű, viszont a következő hátrányokkal kell számolnunk:

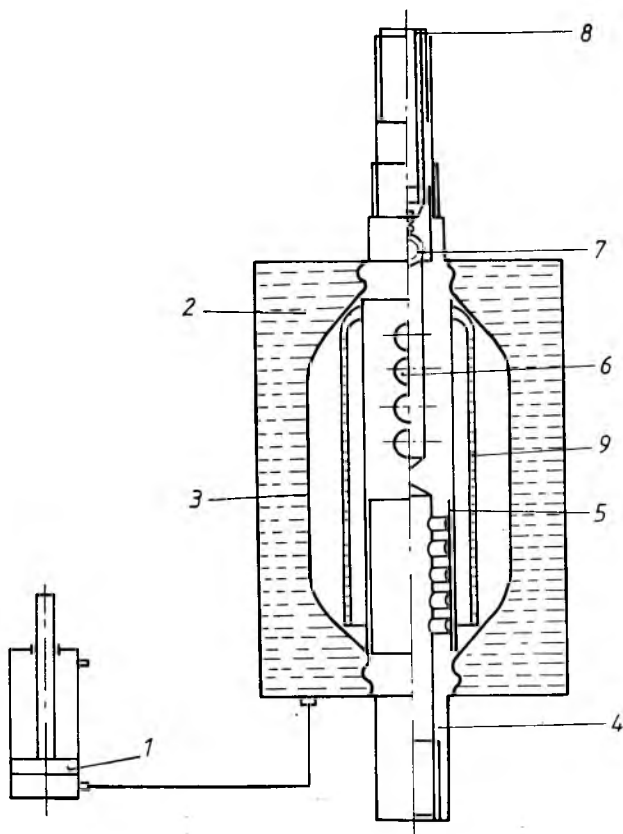
- a szerszámüreg kitöltése lassú, a tartályban levő masszamenyiség csökkentésével fordított arányban folyamatosan változik a szerszámüreg kitöltési időigénye;
- a masszatartályt minden ciklusban fel kell tölteni sűrített levegővel, ami több szempontból is energiaigényessé teszi a folyamatot;
- a masszautántöltés nehézkes;
- nagy mennyiségű vizet kell 75–80 °C hőmérsékleten tartani, ami szintén jelentős energiavesztéssel jár;
- a dolgozó gyakorlati érzékére van bízva a fröccsnyomás, ill. a szerszámzárás időtartama (e szubjektív tényező érzékenyen befolyásolja a fröccsöntött termék minőségét);
- nagy az energiatarolás és az abból származó robbanásveszély (szerszámhiba esetén a teljes masszamenyiség kifolyhat);
- a tartályban tárolt massa keverést igényel.

### 3.2. Új elven működő fröccsöntő gép

Előtanulmányaink ismeretében láttunk hozzá témánk adta lehetőségünk keretei között olyan újabb típusú kerámiai fröccsöntő gép kifejlesztéséhez, amely kiküszöböli az említett hiányosságokat.

Elsősorban azt az anyagtovábbítási módozatot kerestük, amely alkalmas az erősen erózió hatású kerámiai massa továbbítására. A műanyag fröccsöntő gépek megoldásai (dugattyús, csigaorsós stb.) nem jöhettek számításba, mivel a kerámiai szemcsék viszonylag rövid üzemidő után tönkretennék a mozgó fémes alkatrészeket.

A változtatható térfogatú edény gondolata vezetett el a gumitömlős megoldás gondolatához. A kérdés az volt, hogy a gumitömlő pulzáló térfogatváltozását milyen



24-2. ábra. A kísérleti fröccsöntő-berendezés szivattyúrendszere

1 dugattyú; 2 nyomásközvetítő közeg; 3 gumitömlő; 4 szívócsonk;  
5 lemezszelep; 6 furatok; 7 golyósszelep; 8 csatlakozócsonk; 9 terelőkosár

módon idézzük elő, hogy az számunkra megfelelő legyen és hogy a pulzálást milyen szerelési megoldással tehetjük alkalmassá a szükséges mennyiség változtatható nyomáson történő továbbítására.

Ezen az alapon terveztük meg a 24-2. ábrán levő szivattyúrendszert, amelynek működési elve a következő. A szivattyú gerincét egy közepén eldugózott cső képezi. A cső palástján a dugózás alatt és fölött furatok vannak, az alsó furatokat szelepként működő lemezrugó fedi, a felső furatok fölött pedig golyós szelep van elhelyezve.

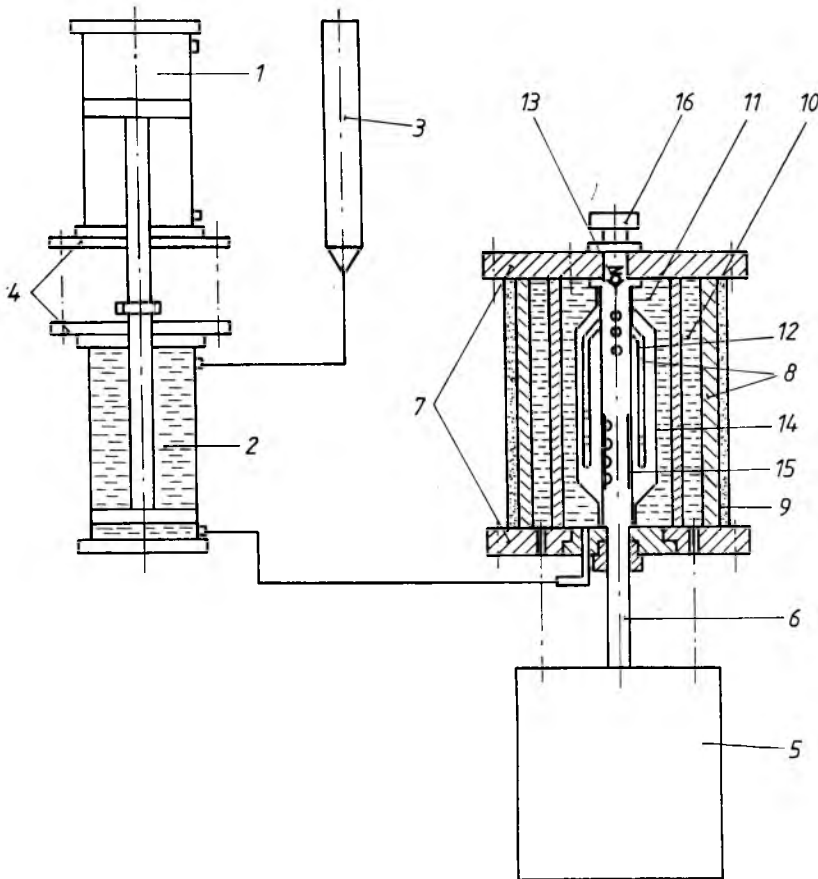
A cső hossza mentén áramlás csak úgy jöhet létre, ha a fröccsöntőmassza ezt a dugót a furatokon át kikerüli. Ha terelőelemként gumitömlőt alkalmazunk, és ezt ismételten tágitjuk, majd összenyomjuk, akkor rendszerünk szivattyúként működik. A pulzáló mozgás legegyszerűbben hidrosztatikus módon érhető el oly módon, hogy a gumiköpenyt nyomásközvetítő folyadékkal töltött, zárt edénybe helyezzük, és ebből a folyadékot dugattyús henger segítségével kiszívjuk, ill. abba benyomjuk. A dugattyú löketének állításával pontosan szabályozható a szivattyú ütemenkénti anyagszállítása.

A szivattyúrendszer kiviteli megoldása a 24-2. ábra jelölései alapján követhető. Szívó ütemben az 1 dugattyú kihúzásával csökkentjük a 2 nyomásközvetítő közeg (folyadék) mennyiségét. Ezzel a 3 gumitömlő kitér, és a fellépő depresszió hatására



a massa a 4 szívócsonkon és az 5 lemezszelepen át a gumitömlő által határolt, növekvő úrtartalmú térbe jut. Nyomó ütemben a lemezszelep zár, és a masszát a 6 furatokon, a 7 golyósszelepen és a 8 csőcszonkon át kényszerítjük a fröccsöntő szerzámba. A 9 kosár arra hivatott, hogy a tömlőben levő viszkózus massa egyenletesen tudjon a 6 furatokon kiürülni.

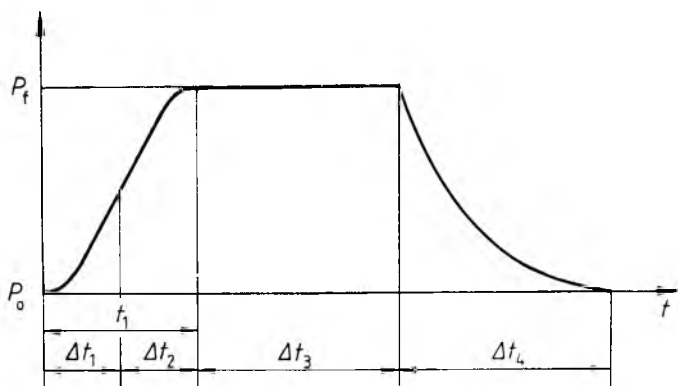
A 24-3. ábrán látható egy a megvalósított ikerhengeres megoldás összeállítási vázlatja, ahol a hidraulikus rendszert mozgató pneumatikát mechanikus szerkezettel is fel lehet cserélni. Ebben az esetben a berendezés működése a kompresszortól függetleníthető. A termék térfogata által megszabott, egy ütemben szállítandó masszamenyiség a hidraulikus henger lökethosszával, azaz a két henger egymáshoz viszonyított távolságával állítható be. Az előzőkben ismertetett szivattyúrendszer egy fűtött és hőmérséklet-szabályozással ellátott 5 tartályból szívja a masszát, majd továbbítja a hűtött fémszerszámba.



24-3. ábra. A kísérleti fröccsöntő-berendezés elvi vázlatja

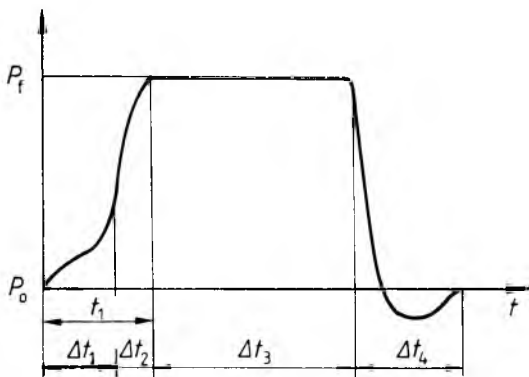
1 pneumatikus henger; 2 hidraulikus henger; 3 nivődény; 4 löketállító távtartó; 5 fűtött tartály; 6 szívócső; 7-8 készülékház; 9 hőszigetelő borítás; 10 folyadék; 11 nyomásközvetítő folyadék; 12 terelőkosár; 13 golyósszelep; 14 gumitömlő; 15 lemezszelep; 16 szerszámcsatlakozó csőnk

Csak az állítható térfogatú gumitömlővel határolt és azt közvetlenül körülvevő belső rész van nyomás alatt, így a berendezés szerkezeti anyagaival szemben nem kell nagy követelményt támasztani. Mivel az új berendezés méreteiben mintegy ötöde a hagyományosnak, a hőmérlege igen kedvező. A működtető levegőnek nincs hűtőhatása. A szivattyútartály légköri nyomáson van, és üzem közben tölthető, fröccsöntési időkiesés nincs. A viszkozitás értékek tágabb határok között vannak, így mód nyílik a massa szárazanyag-tartalmának növelésére. A fröccsöntési folyamat a 24-4. és 24-5. ábrán látható nyomás—idő jelleggörbéinek összehasonlításából a következőket olvashatjuk ki. A hagyományos fröccsöntést ábrázoló jelleggörbe  $\Delta t_1$  és  $\Delta t_2$  tartományában a nyomás kezdeti szakaszban rövid ideig gyorsan változik, majd a fröccsöntés megindulásának pillanatától a növekedés mértéke lassul. Az egymást követő fröccsöntési ciklusok során a munkatartályban levő massa mennyisége csökken. Emiatt a  $\Delta t_1$ ,  $\Delta t_2$  és  $\Delta t_4$  időtartamok egyre növekszenek, a beáramló levegő hűtőhatása fokozódik, a massa beáramlási sebessége viszont csökken. Mindez a massa lehűlésével jár együtt, ennek következménye az, hogy a kialakított termékben ún. „hidegfolyási”



24-4. ábra. A hagyományos fröccsöntés nyomás—idő jelleggörbéje

$p_0$  légköri nyomás;  $p_f$  fröccsöntési nyomás;  $t_1$  feltöltési idő;  $\Delta t_1$  a szerszámkitöltés kezdete;  $\Delta t_2$  fröccsöntési idő;  $\Delta t_3$  dermedési idő;  $\Delta t_4$  a légtelenítés ideje



24-5. ábra. Újabb elven működő fröccsöntő gép jelleggörbéje

$p_0$  légköri nyomás;  $p_f$  fröccsöntési nyomás;  $t_1$  feltöltési idő;  $\Delta t_1$  a szerszámkitöltés kezdete;  $\Delta t_2$  fröccsöntési idő;  $\Delta t_3$  dermedési idő;  $\Delta t_4$  a szívás (újratöltés) ideje

jelenség lép fel. Az általunk kidolgozott fröccsöntési elv jelleggörbéjéből látható (24-5. ábra), hogy a szívás-nyomás változása és a fröccsöntő végnyomás pillanatszerűen érhető el. Ez azzal az eredménnyel jár, hogy a hűtött fémszerszám beömlőfuratain a massa nagy sebességgel áramlik át, és még intenzív hűtés következtében sem dermed meg a tér teljes kitöltése előtt. Légtelenítési idő nincs, helyette a nyomás csökkentésével egyidejűleg fellépő szívóhatásra a munkatartály ismételten feltöltődik masszával.

A kísérleti berendezés üzemszerű használata alapján lehetőségünk nyílt arra, hogy megállapíthassuk ezen az elven történő fröccsöntés kritériumait és megtervezzük a nagyüzemi gyártóberendezést.

A berendezés előnyei:

- a kerámiai masszát súrlódóilleszkedés-mentes szívó—nyomó szivattyúrendszer juttatja a kívánt nyomással pillanatszerűen a hűtött formát adó szerszámba;
- masszatarató edénye nyitott, könnyen tölthető, üríthető;
- keverőberendezést nem igényel;
- kis teljesítményű légkompresszorral működtethető;
- teljesen automatizált fröccsöntési ciklust tesz lehetővé;
- energiatakarékos az üzemmódja;
- beállíthatók a fröccsöntési paraméterek és
- a balesetveszély nagymértékben csökken.

A gép automatizálhatósága lehetővé teszi, hogy a kerámiai iparban széles körben elterjedjen a pneumatikus működtetésű, nagy teljesítményű fröccsöntő szerszámok alkalmazása.

## Irodalom

- [1] *Strivens, M. A.*: Kerámiai szigetelőanyagok fröccsöntése. The American Ceramic Society Bulletin, 1963 január.
- [2] *Terényi Gy.*: Paraffintartalmú kerámiai öntőiszapok tanulmányozása. D 4570 (1969)
- [3] *Gribovskij, P. O.*: Kerámiai termékek melegöntése. Moszkva—Leningrád 1961.
- [4] *Gribovskij, P. O.—Koldstein W. I. és mások*: A kerámiai termékek melegöntésére használatos berendezések. 96. 323 sz. szerzői tanúsítvány. 1952.
- [5] *Rizskov, A. A.*: Az öntészet elméleti alapjai. Masgiz. 1954.



# VILLAMOS KÉSZÜLÉKEK



# 25.

## Középfeszültségű biztosítók kapcsolási feszültségének csökkentése

*DR. MOCSÁRY JÓZSEF—CHRIST MIKLÓS (KAPOSVÁRI VILLAMOSSÁGI GYÁR)*

### ÖSSZEFOGLALÁS

Az áramkorlátozó biztosítók működésekor keletkező kapcsolási feszültség (túlfeszültség) függ az olvadóelem kialakításától és annak hosszától. A nagyobb névleges feszültségű biztosítók kisebb névleges feszültségen a kisebb névleges feszültségre megengedettnél nagyobb kapcsolási feszültséget okozhatnak.

A cikk az olvadóelem hosszmetéretének és így a kapcsolási feszültségnek a csökkentési lehetőségeivel foglalkozik. Bemutatja, hogy pl. a legújabban kidolgozott 24 kV feszültségű biztosítók 12 kV feszültségen is biztonságosan alkalmazhatók.

### СНИЖЕНИЕ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЯ ПРЕДОХРАНИТЕЛЕЙ СРЕДНЕГО НАПРЯЖЕНИЯ

*Д-Р. Й. МОЧАРИ—М. КРИСТ (ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ ЗАВОД, КАПОШВАР)*

#### Резюме

Перенапряжение, возникающее при срабатывании предохранителей — ограничителей тока, зависит от оформления и длины плавкого элемента.

Предохранители с большим номинальным напряжением обычно вызовут большее перенапряжение на пониженном напряжении, чем допускается при данном номинальном значении.

Статья занимается возможностями уменьшения длины плавкого элемента, то есть возможностями снижения перенапряжения. Укажет на возможность надежного применения новейших предохранителей напряжением 24 кВ при напряжении 12 кВ.

### VERRINGERUNG DER SCHALTSPANNUNG VON MITTELSPANNUNGS-HOCHLEISTUNGS (HH)-SICHERUNGEN

*DR. J. MOCSÁRY—M. CHRIST (ELEKTROTECHNISCHE FABRIK, KAPOSVÁR)*

#### Zusammenfassung

Die Schaltspannung (Überspannung) bei der Funktion von strombegrenzenden Schmelzsicherungen hängt von der Gestalt des Schmelzelementes und seiner Länge ab. Sicherungen mit höherer Nennspannung verursachen bei kleinerer Nennspannung im allgemeinen höhere Schaltspannungen, als der für die kleinere Nennspannung zulässige Wert.

Im Artikel werden die Möglichkeiten für die Verringerung der Länge des Schmelzelementes und damit der Schaltspannung untersucht. Es wird gezeigt, dass die für 24 kV entwickelten neuesten Sicherungen bez. Schaltspannungen auch bei 12 kV sicher verwendet werden können.

## REDUCING SWITCHING VOLTAGES OF MEDIUM-VOLTAGE H.B.C. FUSES

BY DR. J. MOCSÁRY—M. CHRIST (ELECTRIC FACTORY, KAPOSVÁR)

### Summary

The switching voltage (overvoltage) occurring on operation of the current limiting fuses is dependent upon the form and the length of the fusing element.

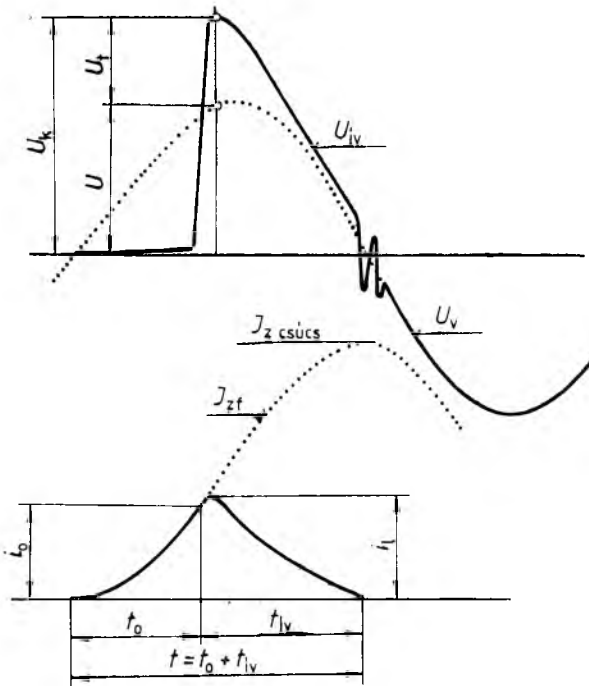
Fuses of higher rated voltage, when used at a lower voltage, will in general cause a switching voltage higher than specified for the lower rated voltage.

The article is dealing with possibilities of reduction of the length of the fusing element and thus with those of the switching voltage reduction. It introduces that e.g. the recently elaborated 24 kV fuses concerning switching voltage can be safely employed at a 12 kV voltage, too.

## 1. A kapcsolási feszültség (túlfeszültség) kérdése

Az áramkorlátozó olvadóbiztosítók zárlati áramok hatására történő működésekor (25-1. ábra) létrejövő áramlevágás *túlfeszültséget* hoz létre. Ezt a túlfeszültséget a szakrodalomban és a szabványokban *kapcsolási feszültségnek* nevezik.

A szemcsés ívöltő közeggel töltött áramkorlátozó olvadóbiztosítók zárlati ára-



25-1. ábra. Áramkorlátozó olvadóbiztosító működése

$U$  hálózati feszültség;  $U_k$  kapcsolási feszültség;  $U_t$  többietfeszültség;

$U_{IV}$  ívfeszültség;  $U_v$  visszatérő feszültség;  $I_{zf}$  független zárlati áram;

$I_z$  csúcs zárlati áramcsúcs;  $I_0$  kiolvadási áram;  $I_1$  levágott áram (tényleges

megszakítási áram);  $t_0$  kiolvadási idő;  $t_{IV}$  lvidő,  $t = t_0 + t_{IV}$  működési idő



mok hatására történő működésekor *áramlevágás* kétszer következik be: először a fémes áramvezetés megszakadásának, másodsor pedig az áramkör végleges megszakításának pillanatában. Az előbbieknél megfelelően tehát túlfeszültség is kétszer keletkezik. A fémes áramvezetés megszakadásának pillanatában — az ívelés kezdetén — keletkező kapcsolási feszültség (az ívfeszültség legnagyobb értéke) nagyobb, mint az áramkör végleges megszakítása pillanatában keletkező és általában kis értékű, tehát veszélytelen kapcsolási feszültség. Cikkünkben csak az előbbivel foglalkozunk.

Az  $L$  hálózati induktivitásban keletkező feszültség az áram növekvő szakaszában, tehát az ívelést megelőző időszakban az áramforrás feszültsége ellen hat. Amikor az olvadószálak kiolvadása, ill. elgőzölgése gátat szab az áram további növekedésének (ez az első áramlevágás), az induktív feszültségesés zérussá válik  $\left(L \frac{di}{dt} = 0\right)$ . Ekkor a

biztosító sarkain megjelenő  $U_b$  feszültség egyenlővé válik az  $U$  hálózati feszültséggel ( $U = U_b$ ). Ezután az  $R_b$  ellenállás (a biztosító ellenállása; ívelés alatt az ívelenállás) tovább növekedésével az áram csökkenni kezd oly mértékben, hogy a pillanatnyi áram az induktivitásban most már ellenkező előjellel jelentkező feszültségemelkedés  $\left(-L \frac{di}{dt}\right)$  segítségével át tudjon folyni az egyre növekvő ellenálláson. Ez az a működési

szakasz, amelyben az áramforrás feszültségéhez hozzáadódó induktív feszültség *többletfeszültségként* jelentkezik. Amint az irodalomból ismeretes, a többletfeszültség nagysága arányos az olvadóelem hosszával.

A hálózati feszültség és a többletfeszültség összege elégíti ki a feszültségigényt a biztosító kapcsain, ami a további áramfolyást lehetővé teszi, amíg az ívelenállás annyira meg nem nő, hogy az áram fenntartásához szükséges többletfeszültséget az áramkör nem tudja szolgáltatni, és végül is az áram megszakad. A hálózati feszültség pillanatértékének és a többletfeszültségnek az összege nagyobb lehet, mint a hálózati feszültség legnagyobb csúcserőtelje. Ez esetben a biztosító *túlfeszültséget* okoz. Ezt a túlfeszültséget *kapcsolási feszültségnek* nevezik. A túlfeszültség nagysága attól függ, hogy a többletfeszültség — amely arányos az olvadószálak hosszával — a hálózati feszültség mekkora pillanatértékéhez adódik hozzá. Legnagyobb értékét magától értetődően akkor éri el, ha a többletfeszültség a hálózati feszültség legnagyobb értékéhez (feszültségmaximumhoz) adódik hozzá. A kapcsolási feszültség (túlfeszültség) nagyságára tehát a bekapcsolási pillanatnak, ill. az ívelés kezdeti időpontjának döntő befolyása van.

A túlfeszültség az áramkorlátozó biztosítók esetében a szükséges rossz, mert nélküle nem is volna mindig lehetséges a megszakítás. Ha ugyanis a biztosító ellenállása az áram csökkenő szakaszában nem nő elég rohamosan ahhoz, hogy a hálózati feszültség pillanatnyi értékén túlmenő igényt támasszon, akkor a hálózati feszültség az áramot további áramcsökkenés nélkül is keresztülhajtja, az áram ismét növekedni kezd, és a biztosító felrobban, mert a teljesen kifejlődött zárlati áramértéknek megfelelő igen nagy ívenergia felemésztésére már nem képes.

Az áramkorlátozó biztosítók helyes működésének feltétele, hogy az ívfeszültség és a hálózati feszültség viszonya egynél nagyobb legyen, azaz az ív feszültségigénye nagyobb legyen, mint a hálózati feszültség.

A fémes áramvezetés megszakadása következtében létrejövő áramlevágás következményeként kialakuló túlfeszültség nagysága (az ívfeszültség legnagyobb értéke) a biztosítók konstrukciójától, azaz az olvadószálak hosszától, ill. keresztmetszetüktől az olvadószálak hossza mentén történő kialakításától függ [1], [2], [3], [4], [5], [6], [7], [8]. A túlfeszültséget az olvadóelemek megfelelő kialakításával határok közé lehet szorítani.

## 2. Középfeszültségű biztosítók kapcsolási feszültségének megengedett értékei

A megengedhető kapcsolási feszültségek (túlfeszültségek) nagyságára vonatkozóan a korszerű hazai [9], külföldi [10] és nemzetközi [11] szabványok ajánlásokat, ill. előírásokat tartalmaznak. A megengedett kapcsolási feszültségek értékeit a középfeszültségű biztosítókra az említett szabványok előírásaival összhangban a 25-1. táblázat tartalmazza.

25-1. táblázat

**Középfeszültségű biztosítók kapcsolási feszültségének megengedett értékei**

Névleges feszültség, kV	A kapcsolási feszültség megengedett csúcserőértéke, kV
3,6	12
7,2	23
12	38
17,5	55
24	75
36	112
40,5	126

## 3. A kapcsolási feszültség csökkentésének szükségessége

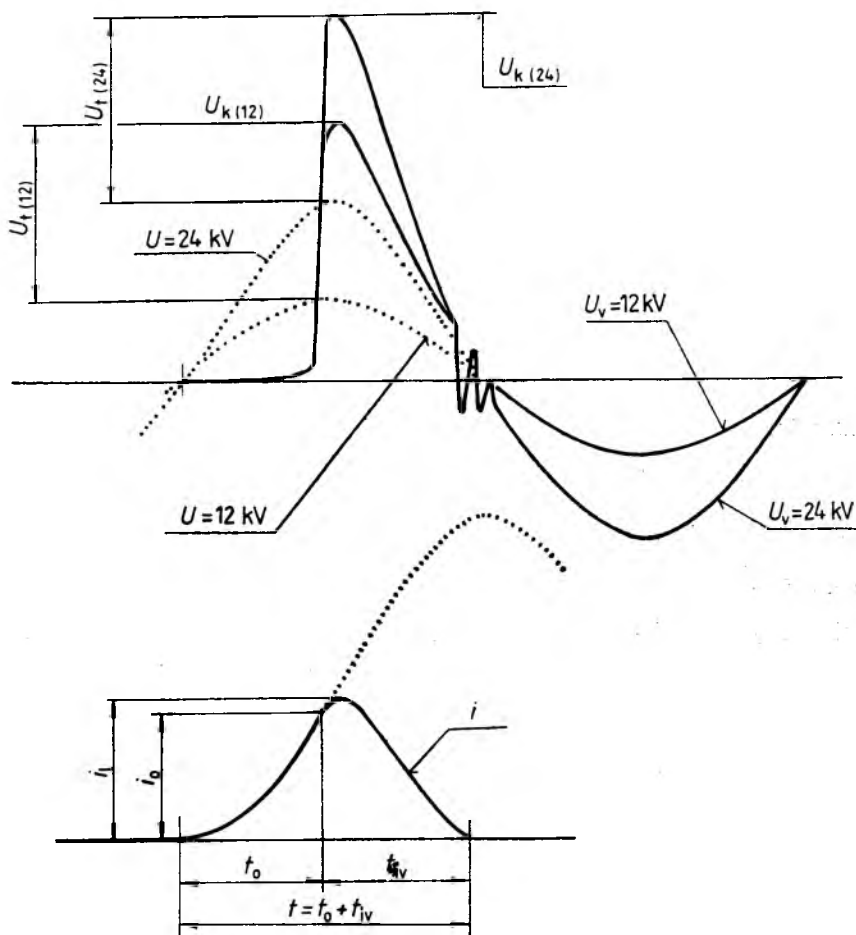
A korszerű áramkorlátozó olvadóbiztosítókkal szemben támasztott követelmény, hogy a teljes áramtartományban (túláramok, kis és nagy zárlati áramok tartományában) megbízhatóan működjenek. Ezen azt kell érteni, hogy a biztosítóknak az egészen kis értékű túláramoktól kezdve a szavatolt megszakítóképesség-értéknek megfelelő zárlati áramig bezárólag az áramkört hiba nélkül meg kell tudniok szakítani. Ezen belül a biztosítóknak a következő követelményeket kell kielégíteniük: nagy megszakító- és áramkorlátozó képességgel rendelkezzenek, működésükkor ne okozzanak veszélyes kapcsolási feszültséget és kicsi legyen a veszteségük. Ezeket az általános követelményeken túlmenően, az egyéb különleges követelményeket a felhasználás körülményei határozzák meg.

A különböző követelmények egyidejű kielégítésével kapcsolatos problémákra példaképpént említjük a nagyobb feszültségű biztosítóknak kisebb névleges feszültségű hálózatokban és berendezésekben való túlfeszültségveszély-mentes alkalmazásával kapcsolatos nehézségeket.

A középfeszültségű biztosítók névleges feszültségének kiválasztását illetően meg kell jegyezni, hogy a hálózati feszültség a biztosítók névleges feszültségénél nem lehet nagyobb; kisebb viszont lehet, de nem korlátlanul. Ezt azért fontos hangsú-

lyozni, mert a biztosító működése következtében létrejövő kapcsolási feszültség (túl-feszültség) az olvadószálak (olvadóelemek), ill. az ív hosszától, azaz végeredményben a biztosító méreteitől függ, ezek viszont a biztosító névleges feszültségének megfelelően vannak kialakítva. Adott névleges feszültségű biztosító sokkal kisebb névleges feszültségű hálózatban alkalmazva — a viszonylag nagyobb szálhossznak megfelelően — zárlati működéskor olyan nagy kapcsolási feszültséget okozhat, amely túllépheti a kisebb névleges feszültségre megengedett kapcsolási feszültség értékét, ill. a kisebb névleges feszültségű hálózat szigetelési szintjét, és a védendő berendezésben átütés jöhet létre. A nagyobb névleges feszültségű biztosítóknak kisebb névleges feszültségű hálózatban való alkalmazásakor tehát az előbbiekre feltétlenül tekintettel kell lenni.

A 25-2. ábra példaképpen megvilágítja a kapcsolási feszültségek alakulását 24 kV-os biztosítónak 24 és 12 kV feszültségen történő alkalmazása esetére.



25-2. ábra. Kapcsolási feszültség alakulása 24 kV-os biztosítónak  $U = 24 \text{ kV}$  és  $U = 12 \text{ kV}$  feszültségen történő alkalmazása esetén

$U_{k(12)}$  és  $U_{k(24)}$  kapcsolási feszültség 12 és 24 kV-on;  $U_{t(12)}$  és  $U_{t(24)}$  többletfeszültség 12 és 24 kV-on; a többi jelölés jelentése azonos a 25-1. ábrával

A kapcsolási feszültség ( $U_k$ ) a hálózati feszültségből ( $U$ ) és a többletfeszültségből ( $U_t$ ) tevődik össze, azaz

$$U_k = \sqrt{2} U + U_t.$$

A kapcsolási feszültség értéke 24 kV-on és 12 kV-on:

$$U_{k(24)} = \sqrt{2} \cdot 24 + U_{t(24)},$$

$$U_{k(12)} = \sqrt{2} \cdot 12 + U_{t(12)}.$$

Minthogy  $U_{t(24)} = U_{t(12)}$ , így:

$$U_{k(12)} = \sqrt{2} \cdot 12 + U_{t(24)},$$

A szabványokban 24 kV névleges feszültségre megengedett kapcsolási feszültség értéke  $U_{k(24)\max} = 75$  kV, és ennek megfelelően a többletfeszültség 24 kV feszültségre megengedhető legnagyobb értéke:

$$U_{t(24)\max} = 75 - \sqrt{2} \cdot 24 = 40,7 \text{ kV} \approx 41 \text{ kV}.$$

Ezzel a többletfeszültség-értékkel a kapcsolási feszültség értéke 12 kV-on:

$$U_{k(12)} = \sqrt{2} \cdot 12 + 41 = 17 + 40,7 = 57,7 \text{ kV} \approx 58 \text{ kV}.$$

Ez a kapcsolási feszültség jóval nagyobb a 12 kV-ra megengedett  $U_{k(12)\max} = 38$  kV-nál, azaz  $U_{k(12)} \gg U_{k(12)\max}$ , ezért 12 kV-on az ilyen biztosítók túlfeszültség szempontjából nem alkalmazhatók.

A 12 kV-ra megengedett többletfeszültség:

$$U_{t(12)\max} = U_{k(12)\max} - \sqrt{2} U,$$

azaz számszerűen

$$U_{t(12)\max} = 38 - 17 = 21 \text{ kV},$$

és ezzel a 24-kV-on megengedhető legnagyobb kapcsolási feszültség

$$U'_{k(24)\max} = \sqrt{2} \cdot 24 + 21 = 55 \text{ kV}.$$

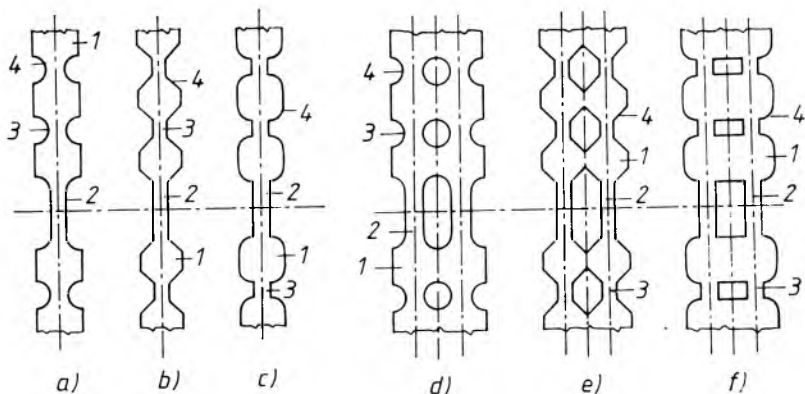
Látható tehát, hogy a 24 kV-os biztosítóbetétek 12 kV-on való alkalmazása esetén — 24 és 12 kV-on azonos értékű  $U_t$  többletfeszültség figyelembevételével — csak akkor biztosítható a szabványokban megengedettnél (38 kV) kisebb vagy legfeljebb azzal egyenlő értékű kapcsolási feszültség, ha a kapcsolási feszültség és/ill. a többletfeszültség értéke a 24 kV feszültségen a 24 kV-ra megengedettnél jóval kisebb, azaz a többletfeszültség  $U'_{t(24)} \equiv U_{t(12)\max} \equiv 21$  kV és így a kapcsolási feszültség  $U'_{k(24)} \equiv 55$  kV.

Vannak olyan törekvések, hogy a gyártók az ismert szabványokban megengedett kapcsolási feszültségértékeknél lényegesen kisebb kapcsolási feszültséget eredményező olvadóbiztosítókat fejlesszenek ki, különös tekintettel a nagyobb névleges feszültségű biztosítóknak kisebb névleges feszültségű hálózatokban (pl. 24 kV-os biztosítóknak 12 kV-os berendezésekben) való veszélymentes alkalmazására. Ennek a kérdésnek különösen az utóbbi időben van nagy jelentősége, ugyanis sok helyütt a ma még pl. 12 kV-os rendszerről később 24 kV-ra kívánnak áttérni, és már ezért pl. jelenleg is 24 kV-os kapcsolókészülék — 24 kV-os biztosító kombinációt alkalmaznának, ha a

biztosító kapcsolási feszültségviszonyai ezt lehetővé tették. Minthogy a jelen időpontig gyártott 24 kV feszültségű biztosítók 12 kV feszültségen a 12 kV-ra megengedettnél nagyobb kapcsolási feszültséget okoztak, ezt a feladatot csak a 24 kV-os kapcsolókészülék és a 12 kV-os biztosító kombinációjával lehetett megoldani. A 12 kV-os betét méretei azonban eltérnek a 24 kV-osétól, és így a 12 kV-ról 24 kV-ra való áttéréskor nemcsak a betétet, hanem az aljzatot is cserélni kell, amely a berendezés teljes átalakítását szükségessé teszi. Ezt a kérdést — a berendezés átalakítása nélkül — a jelenleg megengedettnél kisebb kapcsolási feszültséget okozó 24 kV-os biztosítóval lehet megoldani. A kutatás feladata tehát olyan középfeszültségű biztosítók kidolgozása volt, amely nemcsak a szabványelőírásokban rögzített szigorú követelményeket elégíti ki a kapcsolási feszültségre vonatkozóan, hanem azt a további követelményt is, hogy a biztosítók a névlegesnél lényegesen kisebb feszültségen is túlfeszültségveszélytől mentesen alkalmazhatók legyenek.

## 4. A kapcsolási feszültség csökkentési lehetőségei

A nagy megszakítóképeséget és egyidejűleg nagy áramkorlátozó képességet is szavatoló biztosító olvadóelemének hosszúnak, a túlfeszültség csökkentése érdekében viszont ezzel ellentétben az olvadóelemnek a lehető legrövidebbnek kellene lennie. Az ellentétes követelményeket sűrű osztású, többszörös megszakítást létrehozó, kör keresztmetszetű és szalag alakú, ezüst olvadóelemekkel lehet kielégíteni. A feladat megoldására kialakított lapos olvadóelemek néhány megvalósítási alakját a 25-3. ábra [12] szemlélteti. A 25-3a...c ábrán három különböző módon kialakított egyedi olvadóelemet, a 25-3d...f ábrákon pedig az előbbi egyedi olvadóelemek párhuzamos kapcsolásával kialakított olvadóelemeket tüntettük fel. Ezek az olvadóelemek — a korábbi olvadóelemekkel ellentétben — a többszörös megszakítás következtében az ívoltási viszonyok nagymértékű megjavulása folytán lehetővé teszik az olvadóelemnek olyan mértékű lerövidítését, amelyik nagy megszakítóképeség elérésével egyidejűleg a kapcsolási feszültségnek a megengedett érték alatt maradását biztosítja. Az osztás sűrűségének, a csökkentett keresztmetszetű és változatlan olvadóelemrészek alakjának és hosszának megfelelő megválasztásával a kapcsolási feszültséget befolyásoló olvadóelemhossz jelentős mértékű csökkenését értük el.



25-3. ábra. Középfeszültségű olvadóbiztosítók újfajta olvadóelemei

## 20 kV névleges feszültségű biztosítóbetétek vizsgálati eredményei

$I_n$ a biztosítóbétét névleges áramerőssége,	Működési sorozat	$U_v$ Visszatérő feszültség,	$I$ független zárlati áram,	$i$ levágott áram,	$U_{k(au)}$ kapcsolási feszültség,	$U_t$ többféle szűrés	$U_{k(12)}$ kapcsolási feszültség max $U=12$ kV-on	$\alpha$ ívelési kezdeti időpontja a fesz. nullaátmenete után,	$\alpha$ Bekapcsolási pillanat a fesz. nullaátmenete után,
A		kV	kA	kA	kV	kV	kV	villamos fok	villamos fok
25	1. ( $I_1$ )	22,4	32,8	3,6	43,7	14,1	31,1	59	
				3,7	43,0	11,3	28,3	75	
				3,7	45,8	14,4	31,4	88	
40	2. ( $I_2$ )	21,1	0,87	0,83	37,5	7,7	24,7		8
				0,86	41,5	11,7	28,7		8
				0,83	40,0	10,2	27,2		8
63	3. ( $I_3$ )	24,7	80 A		<55		0,53 s		
					<55		Megszakítási idő: 0,58 s		
	1. ( $I_1$ )	22,1		3,6	43,7	12,45	29,4	74	
		22,0	33,1	3,5	42,6	11,50	28,5	68	
		22,1		3,3	38,8	11,6	28,6	53	
	2. ( $I_2$ )	21,3		1,25	38,6	8,5	25,5		14
		21,3	1,02	1,27	37,2	7,1	24,1		14
		21,2		1,27	36,7	6,7	23,7		13
	3. ( $I_3$ )	24,3	98,5 A		<55		27,1 s		
						Megszakítási idő: 20,5 s			
63	1. ( $I_1$ )	23,1	32	5,2	43,9	13,4	30,4	60	
				5,6	47,5	14,8	31,8	75	
				5,7	47,5	14,8	31,8	78	
63	2. ( $I_2$ )	21,0	2,33	2,29	41,0	11,3	28,3		9
				2,16	39,2	9,5	26,5		10
				2,18	42,7	13,0	30,0		9
	3. ( $I_3$ )	25,1	218 A		<55		0,38 s		
					<55		Megszakítási idő: 0,28 s		

Megjegyzés: A 3. vizsgálati sorozatnál ( $I_3$ ) kapcsolási feszültség (tűfeszültség) jelzésére a vizsgált betéttel párhuzamosan kapcsolts és 55 kV-ra beállított szikratörő szolgált, amely egyetlen esetben sem szolgált meg. Ez azt jelenti, hogy a kapcsolási feszültség értéke egyetlen esetben sem érte el az 55 kV-ot, ezért szerepel a táblázat kapcsolási feszültség  $U_{k(12)}$  oszlopában a <55 kV érték.

## 5. Eredmény

A 4. pontban ismertetett olvadóelemek, továbbá megfelelő minőségű és szemcse-eloszlású kvarchomok felhasználásával készített középfeszültségű áramkorlátozó olvadóbiztosítók eleget tesznek a szigorú szabványelőírásoknak, továbbá a kapcsolási feszültség csökkentésére irányuló — az előbbieken már említett — többletkövetelményeknek.

Az olvadóelemek csökkentett hossza miatt a biztosítók működésekor keletkező kapcsolási feszültség (túlfeszültség) értéke lényegesen kisebb a hasonló feszültségre méretezett ismert olvadóbiztosítókénál, ezenkívül jelentős színezüst megtakarítás és viszonylag kis veszteség elérése is lehetővé válik.

Az olvadóelem hosszának jelentős mértékű lerövidítését és a kapcsolási feszültség (túlfeszültség) velejáró lecsökkentését a nagyszámú, sorba kapcsolt, kis keresztmetszetű, rövid szakasz alkalmazása és ennek megfelelően a többszörös megszakítás teszi lehetővé, mert az eddig ismert megoldásokhoz képest lényegesen kedvezőbb ívöltási viszonyokat teremt.

Az előbbieken leírt elvek alapján készített 24 kV-os olvadóbiztosítókat részletes vizsgálatnak vetettük alá. Az IEC Publication 282-1/68 [11], továbbá a 2. pontban idézett egyéb szabványok [9], [10] előírásai szerint 24 kV feszültségen végrehajtott egyfázisú megszakítóképeség-vizsgálatokat ( $I_1 \dots I_3$ ) a betétek kifogástalanul kiállották. A 25-2. táblázatban példaképpen bemutatjuk a 24 kV feszültségű, 25, 40 és 63 A névleges áramerősségű biztosítóbetétek megszakítóképeség-vizsgálatának ( $I_1 \dots I_3$ ) eredményeit az oscillogramokból kiértékelt adatok alapján. Látható, hogy a biztosítók működése során keletkezett kapcsolási feszültség értéke minden esetben alatta maradt a 3. fejezetben meghatározott  $U'_{k(24)} \cong 55$  kV értéknek, és ezzel 12 kV feszültségen biztosítható az  $U_{k(12)} \cong 38$  kV kapcsolási feszültség. A kutatás eredményeképpen tehát olyan, nagy megszakítóképeségű áramkorlátozó biztosítók jöttek létre, amelyek kapcsolási feszültség-(túlfeszültség-) viszonyai igen kedvezőek, így azok a 24 kV-os kapcsolókészülék—24 kV-os olvadóbiztosító kombinációban 12 kV feszültségen is túlfeszültségveszély-mentesen alkalmazhatók. Az eredmények alapján megállapítható, hogy a 3. fejezet utolsó bekezdésében kitűzött feladatot sikeresen megoldottuk.

## 6. Összefoglalás

A középfeszültségű áramkorlátozó olvadóbiztosítók zárlati működésekor keletkező kapcsolási feszültség (túlfeszültség) csökkentésére a biztosítók névlegesnél lényegesen kisebb feszültségen történő túlfeszültségveszély-mentes alkalmazhatósága érdekében van szükség. Olyan olvadóelemeket és ezekkel 24 kV névleges feszültségű biztosítóbetéteket dolgoztunk ki, amelyeknek kapcsolásifeszültség-viszonyai igen kedvezőek, így azok a 24 kV-os kapcsolókészülék—24 kV-os olvadóbiztosító kombinációban 12 kV feszültségen is túlfeszültségveszély-mentesen alkalmazhatók.

A többszörös megszakítású — a korábbi olvadóelemeknél lényegesen rövidebb — és különleges kiképzésű olvadóelem felhasználása a kapcsolási feszültség csökkentésén túlmenően az olvadóelem hossz méretének csökkenésével arányos színezüst-megtakarítás elérését és a biztosítóbetétek veszteségének csökkentését is lehetővé teszi, ami további előnyt jelent.

Az ismertetett olvadóbetétek gyártása a Kaposvári Villamossági Gyárban megindult.

## Irodalom

- [1] *Baxter, H. W.*: The process of opening a circuit by a fuse (Factors disclosed by fundamental research). The BEAMA Journal. August 1955, p. 135—138.
- [2] *Gantenbein, A.*: Die progressiv schaltende Schmelzsicherung. Bulletin SEV 32 (1941), S. 189—196.
- [3] *Gibson, J. W.*: The High Rupturing-Capacity Cartridge-Fuses, with Special Reference to Short-Circuit Performance. The Journal of the IEE, 88 (1941), p. 2—40.
- [4] *Mocsáry J.*: Középfeszültségű, nagy megszakítóképességű áramkorlátozó olvadóbiztosítók elméleti és gyakorlati kérdései. Kandidátusi értekezés. Budapest, 1961.
- [5] *Dr. Mocsáry J.*: Középfeszültségű, nagy megszakítóképességű áramkorlátozó olvadóbiztosítók újfajta olvadószál-konstrukciói. Elektrotechnika 57 (1964), 554—560 old.
- [6] *Dr. Mocsáry J.*: Beitrag zur Frage der Prüfung des Abschaltvermögens von strombegrenzenden Hochspannungs-Hochleistungssicherungen. Elektrie 18 (1964), S. 389—393.
- [7] *Dr. Mocsáry J.*: Középfeszültségű, nagy megszakítóképességű áramkorlátozó olvadóbiztosítók vizsgálata. Elektrotechnika 58 (1965), 1—7. old.
- [8] *Dr. Mocsáry J.*: Áramkorlátozó olvadóbiztosítók olvadószál konstrukcióinak összehasonlítása. VKI Közleményei 3. (1969), 341—348. old.
- [9] MSZ 1583/2—74: Nagyfeszültségű biztosítók. Műszaki követelmények és vizsgálatok
- [10] VDE 0670: Bestimmungen und Richtlinien für Wechselstromschaltgeräte für Spannungen über 1 kV. Teil 4/12.70 Sicherungen
- [11] IEC Publication 281—1 (1974): High-voltage fuses. Part 1: Current-limiting fuses
- [12] 189.993. Iajstromszámú magyar szabadalom: Áramkorlátozó olvadóbiztosító (szabadalom-tulajdonos: Villamosipari Kutató Intézet; feltalálók: Dr. Mocsáry József, Christ Miklós, Szél György, dr. Néveri István).



# 26.

## Porkohászati ezüst-nikkel érintkezők hatása a kapcsolókészülékek villamos élettartamára

DR. NÉVERI ISTVÁN—PILINYI ANDRÁS—TANOS ERVIN

### ÖSSZEFOGLALÁS

Porkohászati érintkezők alkalmazásával elérhető nemesfém-megtakarítás. Ezüst-nikkel érintkezők alkalmazása és az anyagvándorlás lefolyása aszimmetrikus érintkezőpárosítás esetén.

Az érintkezők felületi és térfogati összetételének és struktúrájának változása 100 000 és 200 000 kapcsolás után. Speciális elektronmikroszkópos és mikroszondás mérési módszerek alkalmazása az ív hatására elgőzölgött érintkezőanyagok kondenzációjának tanulmányozására. Az érintkezők élettartamvizsgálata során kapott eredmények összevetése az anyagszerkezeti vizsgálatok eredményeivel.

### ДЕЙСТВИЕ AgNi КОНТАКТОВ, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ ПОРОШКОВОЙ МЕТАЛЛУРГИИ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ СРОК СЛУЖБЫ ВЫКЛЮЧАЮЩИХ ПРИБОРОВ

Д-Р. И. НЭВЕРИ—А. ПИЛИНИ—Э. ТАНОШ

### Резюме

Применением контактов, полученных методом порошковой металлургии можно достигнуть экономии благородных металлов. Применение серебряно-никелевых контактов и процесс переноса материалов в случае несимметричных контактных пар.

Изменение поверхностного и объемного состава контактов после 100 000 и 200 000 переключений. Применение специальных измерительных методов на базе электронного микроскопа и микросонд для изучения конденсации контактных материалов, испаренных под действием дуги. Сопоставление результатов, полученных в процессе ресурсного испытания контактов и испытания структуры материалов.

### AUSWIRKUNG PULVERMETALLURGISCHER AgNi-KONTAKTE AUF DIE ELEKTRISCHE LEBENSDAUER VON SCHALTGERÄTEN

DR. I. NÉVERI—A. PILINYI—E. TANOS

### Zusammenfassung

Einsparung an Edelmetallen durch die Anwendung pulvermetallurgischer Kontakte. Verwendung von Silber-Nickel-Kontakten und Ablauf der Materialwanderung bei asymmetrischer Paarung der Kontakte.

Änderung der Oberflächen- und Volumenzusammensetzung und der Struktur der Kontakte nach 100 000 und 200 000 Schaltspielen. Anwendung spezieller Elektron-

mikroskop- und Mikrosonden-Messmethoden zur Untersuchung der Kondensation von Kontaktmaterialien, die infolge des Lichtbogens verdampft sind. Vergleich der während der Lebensdaueruntersuchung der Kontakte gewonnenen Ergebnisse mit den Ergebnissen der Materialstrukturuntersuchungen.

## EFFECT OF POWDER-METALLURGICAL AgNi CONTACTS ON ELECTRIC LIFETIME OF THE SWITCHING EQUIPMENTS

DR. I. NÉVERI—A. PILINYI—E. TANOS

### Summary

Through application of powder-metallurgical contacts a saving in noble metal consumption can be achieved. Application of silver-nickel contacts and the material wandering phenomenon in case of asymmetric contact pairing.

Changes in surface and volumetric composition of the contacts after 100,000 and 200,000 switching operations. Application of special electron microscopic and microprobe measuring methods for studying condensation of contact materials evaporated due to the arc. Comparing the results obtained in the course of the lifetime test of the contacts to those obtained from the material structural tests.

## 1. Bevezetés

A Villamos Készülék Osztályon évek óta foglalkozunk a villamos érintkezők ezüst-tartalmának csökkentési lehetőségeivel. Ennek egyik útja az érintkezők porkohászati úton való előállítása, amellyel a kapcsolókészülékek kapcsolási paramétereinek megtartása mellett jelentős nemesfém-megtakarítás érhető el. A megtakarítás egyrészt természetesen adódik abból, hogy a porkohászati érintkezőanyagok ezüsttartalma kisebb, másrészt abból, hogy a helyesen megválasztott érintkezőkompozíció jobban ellenáll az íverózióknak, mint pl. a színezüst. A porkohászati technológiával előállított két- vagy többkomponensű érintkezőanyag alkalmazásával tehát növelhető az érintkezők élettartama, vagy kisebb tömegű érintkezők alkalmazása válik lehetővé.

Aramkörök kapcsolásakor a kialakuló villamos ívben az érintkezők között anyagvándorlás jön létre. Az ívben végbemenő anyagtranszporttal sok tanulmány foglalkozik [1], [2], és a jelenség leírására többféle elméleti modell ismeretes. Kevesen foglalkoznak azonban az elgőzölgött fémrészecskék kondenzálódásának az érintkezők élettartamára kifejtett hatásával. Kutatásaink jelentős eredményének tartjuk azt a felismerést, hogy helyes anyagmegválasztással és a különféle érintkezők megfelelő párosításával befolyásolni lehet az anyagvándorlás és a kondenzáció folyamatát, kedvező esetben az érintkezők élettartamának növelését, sokszor 20...25%-os nemesfém-megtakarítást is elérhetünk [3], [4]. Alapvető célunk volt ennek megfelelően az anyagvándorlási mechanizmus felderítése, hogy a kapcsolási paraméterekhez igazodó méretezési módszereket vagy legalábbis alapvető irányelveket adhassunk a különféle kapcsolótípusok optimális érintkezőrendszerének kialakításához. Vizsgálati eljárásaink a következők:

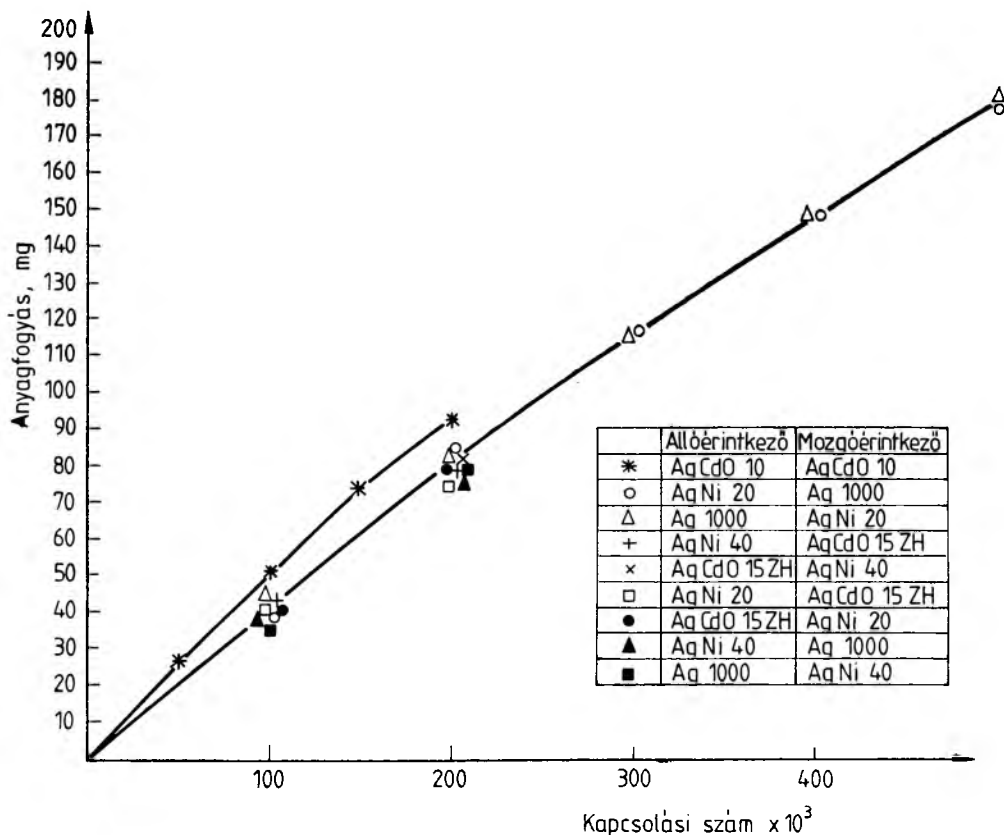
- Élettartam-vizsgálatokat végzünk, vagyis a különféle érintkezők anyagfogyását mérjük a kapcsolási szám függvényében. Ezek a vizsgálatok mind az összehasonlítás, mind a gyakorlati felhasználás szempontjából elengedhetetlenek.
- Az ívoszlop tulajdonságainak változását és az ív hatására elpárolgó érintkezőanyag különféle komponenseinek koncentrációját interferometrikus és spektroszkópiai mérési módszerekkel ellenőrizzük.
- A kapcsolások után kialakuló érintkezőfelületek struktúráját és összetételét szilárdtest-fizikai felületvizsgálati módszerekkel határoztuk meg.

## 2. Az élettartam-vizsgálatok eredményei

A különféle érintkezőanyagok (Ag, AgNi, AgCd, AgCdO stb.) anyagfogyását részben modellberendezésben, részben sorozatban gyártott kapcsolókészülékekben (DIL kontaktorok, BBC kontaktorok, VGK típusú görgőkapcsolók, installációs készülékek stb.) mértük szabványos áramköri paramétereket alkalmazva [5], [6], [7].

Kutatásaink eredményeként néhány kapcsolókészülék-családban már bevezették az új, aszimmetrikus érintkezőpárosítási megoldást, amellyel évente több 100 kg színezüstöt takarítanak meg. Legutóbbi vizsgálataink közül DIL 2-22 típusú kontaktorokkal végzett vizsgálatok eredményeit ismertetjük. A villamos vizsgálati paraméterek a szabványos AC2' üzemmódnak megfelelően a következők voltak:  $U=380$  V,  $I=65$  A,  $\cos \varphi=0,65$ , kapcsolási gyakoriság: 600 kapcsolás/óra. A vizsgálatokat AgNi 20—AgCdO 15, AgNi 40—AgCdO 15, AgNi 20—Ag és AgNi 40—Ag érintkezőanyag-kombinációkkal végeztük. A vizsgálatokat 200 000 kapcsolásig végeztük, de az igen kedvező mérési eredmények alapján az utolsó sorozatokat már 500 000 kapcsolásig folytattuk.

A súlymérés alapján végzett anyagfogyási vizsgálatok eredményeit a 26-1. ábra mutatja. Az összehasonlítás kedvéért feltüntettük az eredetileg beépített AgCdO 10



26-1. ábra. DIL 2-22 típusú mágneskapcsolók egy érintkezőhelyre vonatkoztatott átlagos anyagfogyása

érintkezőkkel végzett mérések eredményeit is. Az anyagfogyási görbék az egy érintkezési helyre vonatkoztatott átlagos anyagfogyás értékeket mutatják. Feltűnő, hogy az aszimmetrikus párosítások ilyen módon meghatározott átlagos anyagfogyása mennyire azonos. Ugyanakkor kiemelendő az a tény, hogy a kapcsolások számának növelésével a kezdeti kb. 40 mg/100 000 kapcsolás fajlagos anyagfogyás csökken, ami arra utal, hogy villamos élettartam szempontjából a készülékek jelentős tartalékkal rendelkeznek. Az adatok részletes statisztikai analízise szerint az aszimmetrikus párosítások anyagfogyása szignifikánsan kisebb az eredeti szimmetrikus párosítás (AgCdO 10) anyagfogyásánál. A statisztikai elemzés egyébként azt mutatta, hogy az anyagfogyási értékek kettes hatványkitevőjű Weibull-eloszlást követnek, és mérési adataink 98% megbízhatósággal adják az ezen készülékekre jellemző valóságos anyagfogyási adatokat.

A viszonylag kis ezüsttartalmú anyagok kedvező viselkedése lehetőséget mutat még ennél is jelentősebb ezüstmegtakarításra, ami a kutatás folytatását indokolja.

### 3. Az anyagvándorlási folyamatok követésének módszerei

A kapcsolási folyamatok során a villamos íven, a folyékony fémhídon, ill. az egyszerű mechanikus érintkezésen keresztül lezajló anyagvándorlási jelenségek leírására többféle elméleti modell ismeretes, azonban e modellek közül egyik sem alkalmas arra, hogy segítségével az anyagmegtakarítás, az anyagfogyás csökkentése tervezhető legyen. A korábbi vizsgálatok tapasztalataira alapozva kidolgoztunk egy félempirikus modellt, amely alkalmas az aszimmetrikus érintkezőpárosítások által létrehozott, az íverózióknak nagymértékben ellenálló felületek keletkezésének magyarázatára, de ez a modell sem alkalmas a megfelelő anyagok előzetes kiválasztására [8]. A modell finomítása és ezen keresztül a tervezhetőség elérése érdekében a kapcsolási folyamatok különböző szakaszainak és hatásainak komplex vizsgálatára alkalmas mérési eljárásokat dolgoztunk ki.

Az ívoszlop paramétereinek vizsgálatára interferometrikus mérési módszert dolgoztunk ki [9], [10]. Az eljárás lényege a villamos ív és környezete optikai törésmutató-eloszlásának mérése; a törésmutató és az egyéb ívparaméterek (hőmérséklet, sűrűség) összefüggését elméleti úton kell meghatározni. A módszer jelenleg kb. 4000 K-ig teljes pontossággal, nagyobb hőmérséklet esetén az ív anyagának összetételétől függően, de legfeljebb 10% hibával képes az ívparaméterek megadására.

Az ívhőmérséklet és az ívbe párolgott elektródanyag-koncentráció mérésére, részben az interferometrikus mérések kiegészítésére és ellenőrzésére, spektroszkópiai módszereket alkalmazunk. Ezen belül a hőmérséklet eloszlását ún. kétvonalas eljárással, a koncentráció mérését fényabszorbcio-méréssel regisztráljuk. Az előbbi az ív által kisugárzott fény intenzitásának mérésén, az utóbbi külső fényforrás fényének az ívben történő elnyelődése mérésén alapszik. A mérési módszer fejlesztésén jelenleg is dolgozunk, a mérőrendszer teljes kiépítése után lehetővé válik a hőmérséklet 4000...30 000 K tartományban kb. 10% pontosságú mérése; az atomkoncentrációt ugyanilyen pontossággal atomfajtánként kb.  $10^{12}$  részecske/cm<sup>3</sup> sűrűségtől tudjuk mérni.

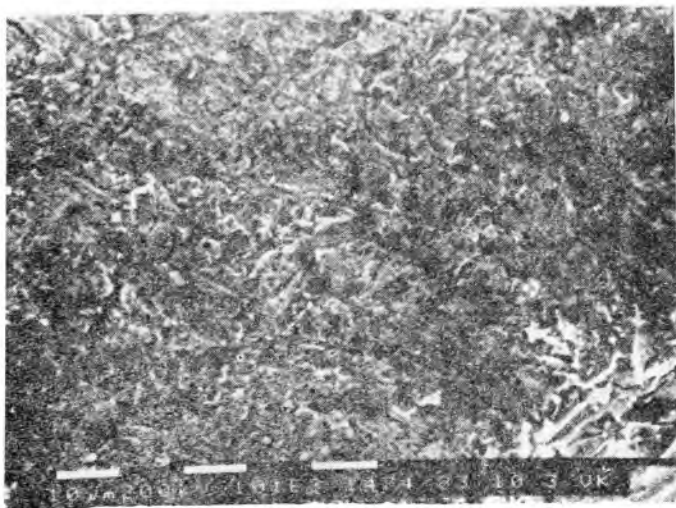
Az érintkezőfelületek struktúrája és összetétele nagyszámú kapcsolás hatására végbemenő változásának vizsgálatára a különböző szilárdtest-fizikai felülvizsgálati módszerek alkalmazhatók. Közülük jelenleg alkalmazzuk az elektronsugaras vizsgálati módszereket, és bevezetés alatt állnak a felületi összetétel ionsugaras, ill. lézer-

sugaras vizsgálati eljárásai. A scanning elektronmikroszkóppal a felület topológiája és morfológiája, energiadisziperzív analizátor (EDAX) feltétellel pedig a felső 1...10  $\mu\text{m}$  vastag réteg összetétele elemezhető. Nagyobb pontossági igény esetén, ha a minta csiszolható, hullámhosszdisziperzív analizátor (WDS) alkalmazható ugyanezen célra. Ha 1  $\mu\text{m}$ -nél vékonyabb felületi rétegek összetételének mérése vagy kis rendszámú elemek, ill. oxidok jelenlétének és arányának meghatározása a cél, akkor ionsugaras porlasztást és tömegspektrométeres analízist (SIMS) kell végezni. Egy ilyen rendszer kiépítését befejeztük, jelenleg a folyamatos üzembeállítását végezzük. Ha vastagabb (100...200  $\mu\text{m}$ ) réteg átlagos összetételét kell elemezni, rendszerünk erre a célra is használható az ionsugár lézersugárral történő helyettesítésével (LAMS).

Az ivoszlopban lezajló anyagvándorlási folyamatok nyomon követése csak laboratóriumi körülmények között, modellberendezéseken lehetséges, ezért a sorozatban gyártott kapcsolókészülékeknek közvetlenül is hasznosítható, kvantitatív, az anyagfogyási mérésekkel összevethető eredmények elsősorban a felületvizsgálati módszerektől várhatók. Ezekkel ugyanis a kívánt számú kapcsolás után kialakuló felületi állapot, ill. az anyagfogyás-mérések utáni felületi és mélységi struktúra és anyagösszetétel megállapítható. Ennek megfelelően a következőkben ezeket a mérési eredményeket ismertetjük.

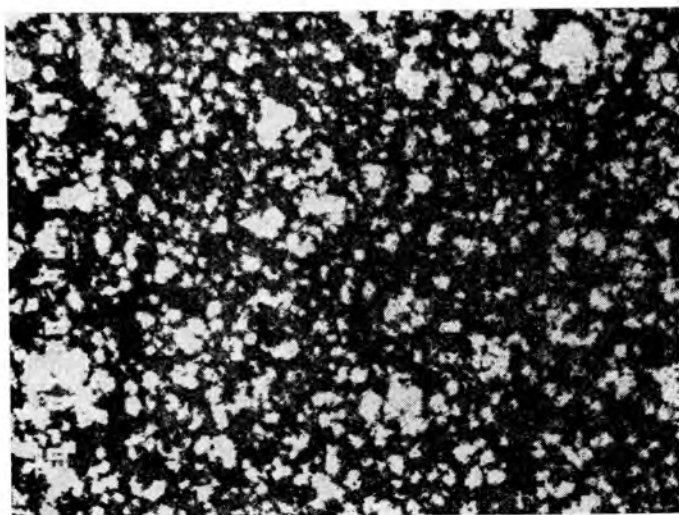
## 4. Felületvizsgálati eredmények

A korábbiakban ismertetett elektronsugaras vizsgálatokat az ALUTERV—FKi berendezésén és kutatóival szoros együttműködésben végeztük el. A vizsgálatok első lépésében felvételeket készítettünk a későbbiek során felhasználásra kerülő alapanyagokról. E felvételek közül egy sorozat látható a 26-2. ábrán. Ezek a felvételek szolgálták a már használt felületek értékelésének referenciájául. A különböző érintkezőanyag-párosítások vizsgálati eredményei nagyon hasonló eredményeket hoztak. Ebben a munkában néhány kiemelt, jellegzetes példát mutatunk be. A 26-3. ábrán

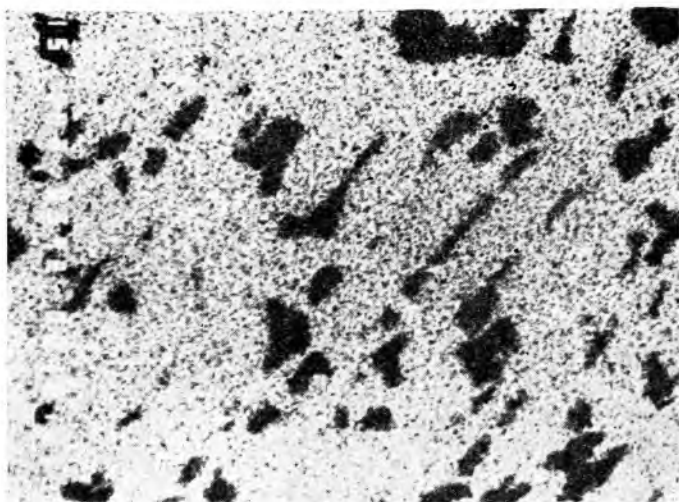


a)

26-2. ábra. Érintkező alapanyagok elektronmikroszkópos felvételei  
a) AgNi20 érintkező-alapanyag morfológiai képe;



b)



c)

26-2. ábra. Érintkező alapanyagok elektronmikroszkópos felvételei

b) AgNi20 érintkező-alapanyag Ni-eloszlása;  
c) AgCdO15 érintkező-alapanyag CdO-eloszlása

egy AgNi 40, állóérintkezőként használt érintkező 100 000 kapcsolás utáni mikroszkópi képét mutatjuk be. A párhuzamosan használt AgCdO 10 öntészeti érintkező felületének 200 000 kapcsolás utáni képe a 26-4. ábrán látható. A képekről megállapíthatjuk, hogy az érintkezők felületét mikroszkopikusan jelentős méretű roncsolódások borítják, bár makroszkopikusan a felületek elhasználódása nem túljelentős. A roncsolódások, jellegüket tekintve, felületről levált rétegeknek, repedéseknek látszanak. A nagyobb nagyítású képeken jól látszik, hogy a felületek mikrostruktúrája — lényegében a kiindulási alapanyagtól függetlenül — 100-200 000 kapcsolás után egyforma lett. Ez úgy értendő, hogy — elsősorban az anyagleválások helyén — szorosan egymás

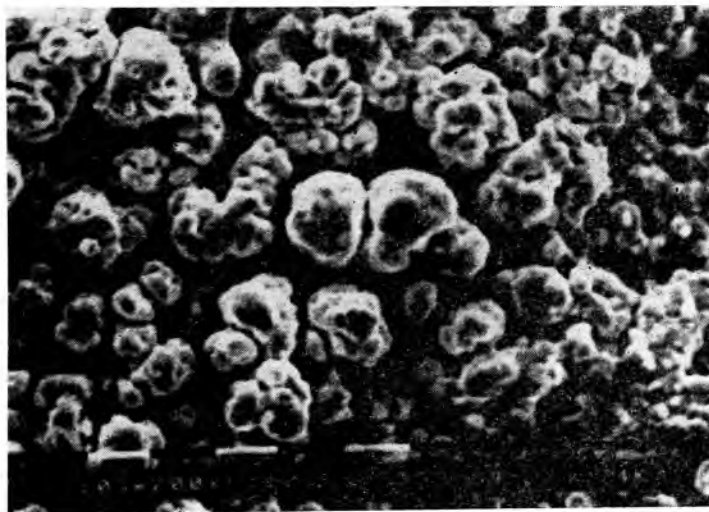
## 26-1. táblázat

## A vizsgált érintkezők összetételének változása

Kapcsolási szám (1000)	Készülékek száma											
	115...120						121...126					
	álló-			mozgó-			álló-			mozgó-		
	Ag	Ni	Cd	Ag	Ni	Cd	Ag	Ni	Cd	Ag	Ni	Cd
	érintkező Összetétel, % (atomszázalék)											
0	55	45	0	90	0	10	90	0	10	55	45	0
100	37	37	26	42	33	25	50	35	15	56	28	16
200	46	36	18	56	28	16	50	35	15	50	30	20
Anyagfogyás, mg												
100	27			14			16			32		
200	39			38			34			46		

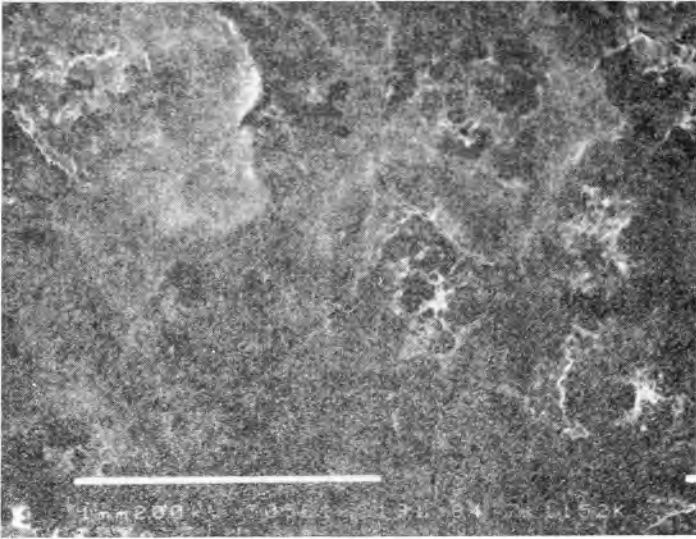
mellett felépülő, 1...10  $\mu\text{m}$  méretű mikrokristályok borítják a felületet. A mikroszkopikus hasonlóság arra utal, hogy a kapcsolások során a felületek olyan szoros kölcsönhatásba léptek, hogy egy gyakorlatilag homogén struktúra alakult ki.

A morfológia homogenitását igazolták a felületi összetételre vonatkozó mérések, amelyeknek eredményei a 26-1. táblázatban tekinthetők át. A táblázatban az érint-

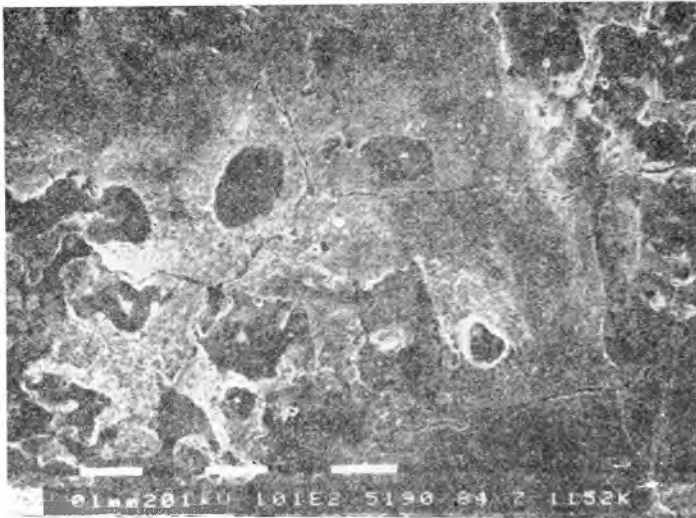


a)

26-3. ábra. AgNi40 állóérintkező elektronmikroszkópos képe 100 000 kapcsolás után



b)



c)

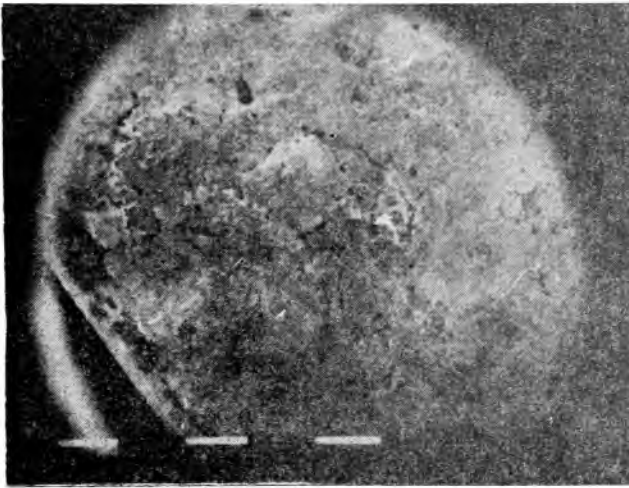
26-3. ábra. AgNi40 állóérintkező elektronmikroszkópos képe  
100 000 kapcsolás után

kezők felületén sok pontban mért atomszázalékok átlagát, valamint az átlagos anyagfogyást tüntettük fel. A táblázat adataiból világosan látszik, hogy sem az egyes anyagfajták anyagfogyásában, sem az érintkezők felületi összetételében nincs szignifikáns különbség a különböző kiindulási anyagösszetétellel jellemezhető érintkezők között. E vizsgálatok csak a felső kb. 5...8  $\mu\text{m}$  vastag réteg összetételét és struktúráját mutatják. A jelenség pontosabb feltérképezése érdekében a kapcsolások befejezése után néhány érintkezőről olyan keresztmetszeti felvételeket is készítettünk, amelyek az egyes anyagfajták mélységi eloszlását mutatták. Erre példa a 26-5. ábra felvétel-sorozata.

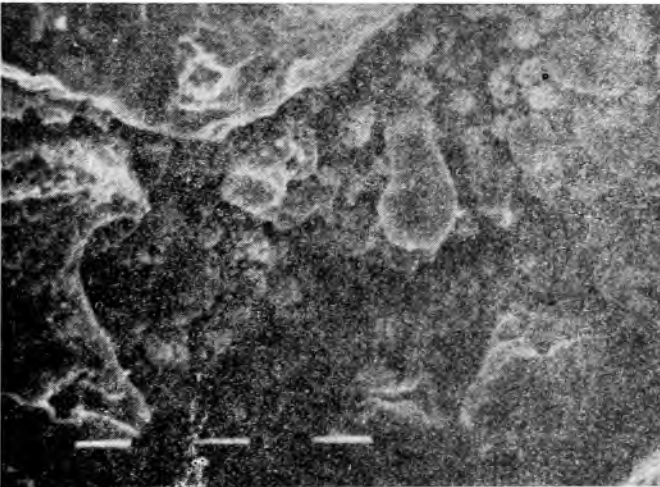


A képek alapján a következő általános jellemzés adható:

- az ezüst-nikkel érintkezők AgCdO érintkezővel érintkező felületén kettős sáv alakult ki. A közvetlen érintkezésben részt vevő 10...30  $\mu\text{m}$  vastagságú sávban Ni és Cd található inhomogén eloszlásban. A nikkel mennyisége átlagosan kevesebb, mint az eredeti kiinduló alapanyagban. Ez alatt egy átlagosan 80  $\mu\text{m}$  vastagságú, nikkelben szegény, de kadmiumban némileg feldúsult sávot találhatunk.
- Az AgCdO érintkező munkafelületén egy átlagosan 80  $\mu\text{m}$  vastagságú rétegben nikkel mutatható ki, ugyanez a réteg, a felső 10...20  $\mu\text{m}$  vastagságú sávtól eltekintve, kadmiumban szegényedett.
- A homogenizáltnak tekinthető réteg vastagsága 2...5  $\mu\text{m}$ , ez alatt a felületekbe 5...30  $\mu\text{m}$  mélyen benyúló repedések vannak. A teljes „dolgozó” — feltehetően átolvadt — réteg vastagsága átlagosan 80  $\mu\text{m}$ , de helyenként eléri a 150  $\mu\text{m}$ -t is.

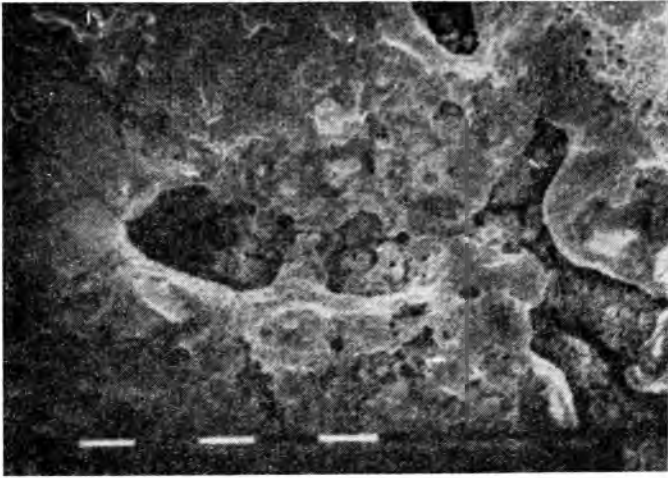


a)



b)

26-4. ábra. AgCdO15ZH mozgóérintkező elektronmikroszkópos képe 200 000 kapcsolás után



c)

26-4. ábra. AgCdO<sub>15</sub>ZH mozgóérintkező elektronmikroszkópos képe 200 000 kapcsolás után

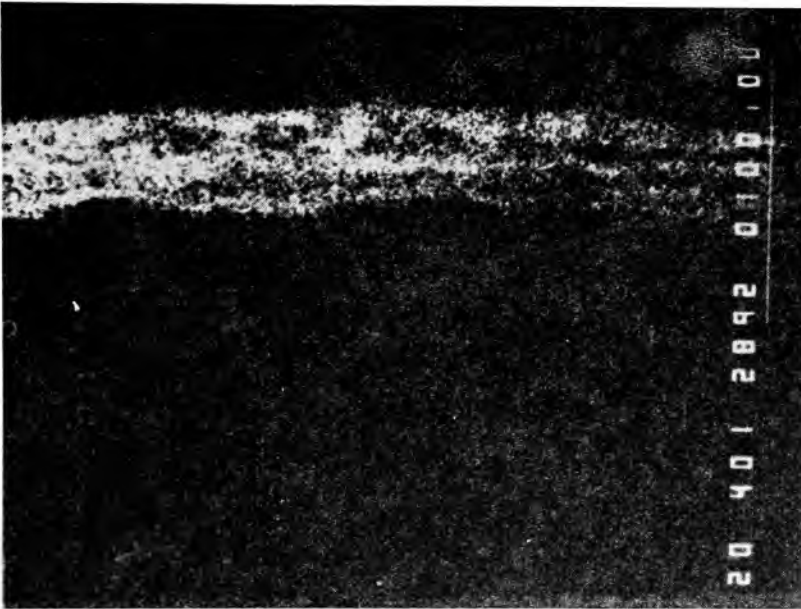


a)

26-5. ábra. Érintkezők keresztmetszeti elektronmikroszkópos képe 200 000 kapcsolás után  
a) A Cd eloszlása AgNi érintkezőben AgNi40—AgCdO<sub>15</sub>ZH párosításból:



b)



c)

26-5. ábra

b) A Ni eloszlása AgNi érintkezőben AgNi40—AgCdO15ZH párosításból;

c) A Ni eloszlása Ag érintkezőben AgNi40—Ag párosításból

## 5. Következtetések

A mérési eredmények alapján újabb készülékekre dolgoztunk ki ezüsttakarékos érintkezőrendszert. Egyúttal útmutatást kaptunk a teljes készülékes család érintkezőrendszerének lehetséges fejlesztési irányaira is. A vizsgálatok alapján az érintkezőseknél lejátszódó anyagvándorlási folyamatok két alapvető jelenségsoporra bonthatók: az egyik folyamatban az érintkezés és ívelés során a felületi rétegek anyagai „összekeverednek”, vagyis az íverőzió szempontjából kedvező struktúrájú, mindkét érintkező anyagát tartalmazó vékony réteg alakul ki. Mivel elsősorban a felületről fogy az anyag, ezért a felület közelében felborul a szilárd testen belül eredendően meglévő egyensúly. Ekkor lép be a második folyamat, azaz a kellőképpen felmelegedett rétegben az adalék anyagok folyamatosan a felületre vándorolnak, és pótolják a fogyó komponenseket.

Ehhez az elképzeléshez két kiegészítést kell tennünk: egyrészt igen jelentős szempontnak tartjuk, hogy egy nagy olvadáspontú összetevőt (Ni) tartalmazó, finom eloszlású védőréteg alakul ki, másrészt valószínűleg lényeges szerepet játszik a jelenség létrejöttében az, hogy a kiinduló anyagok eltérő összetétele és eltérő gyártástechnológiája mintegy megfelelő „terepet” biztosít a kedvező struktúrák kialakulásához, ill. a folyamatos utánpótlás diffúzióval történő biztosításához.

Az eddigi vizsgálatok eredményei bizonyítják, hogy az érintkezőanyagok megfelelő párosításában még igen jelentős, a készülékek javítását elősegítő lehetőségek rejlenek. Természetesen a jelenségek vizsgálatát folytatni kell, hiszen már az eddigi eredmények is arra utalnak, hogy a fizikai folyamatok pontosabb ismerete alapján kijelölhető a különféle célra legalkalmasabb érintkezőanyagok összetétele és az alkalmazandó érintkezőrendszer. Ezen túlmenően lehetőségünk nyílik előre meghatározott tulajdonságú érintkező-összetételek tervezésére, esetlegesen egészen kis ezüsttartalmú érintkezők felhasználására.

### Irodalom

- [1] *R. Holm*: Electric Contacts. Springer-Verlag, 1967. Berlin—New York
- [2] *F. L. Jones*: The Physics of Electrical Contacts Oxford. At the Clarendon Press, 1957.
- [3] *Dr. Néveri I.*: Kisfeszültségű kontaktorok megbízhatóságának növelése az érintkezőanyagok megfelelő párosításával. VKI Közleményei 6. Budapest, 1977.
- [4] *Dr. Néveri I.*: Proper Pairing of Different Materials for Increasing the Reliability of Low-Voltage Switches. Proc. of the 8th Int. Conf. on Electrical Contact Phenomena. Tokyo, Japán, 1976.
- [5] *Dr. Néveri I.*: Kisfeszültségű kapcsolók érintkezőinek gyorsított vizsgálata. Ganz K. K. Laboratóriumi Közlemények 3. Budapest, 1971.
- [6] *Dr. Néveri I.*: A kisfeszültségű kontaktorok villamos élettartamát befolyásoló paraméterek helyes megválasztása. VKI Közlemények 4. Budapest, 1973.
- [7] *Dr. Néveri I.—Pilinyi A.—Dr. Polgár T.*: Kisfeszültségű kontaktorok és kapcsolók nemesfém-takarékos érintkezőrendszerei. VKI Közlemények 9. Budapest, 1984.
- [8] Nemesfém-takarékos érintkezőrendszerek kidolgozása erősáramú kapcsolókészülékek számára. VKI kutatási jelentés. Budapest, 1981.
- [9] *E. Tanos—A. Pilinyi—F. Gyimesi*: Holographic Investigation of Electric Arcs. Symposium Optika '80. 1980.
- [10] *E. Tanos*: Investigation of Cylindrical Symmetric Phase Objects with Holographic Interferometry. Applications of Holography and Optical Data Processing, 1976.

# 27.

## Nagy megszakítóképeségű ívoltó rendszerek fejlesztése erősáramú kismegszakítók számára

DR. NÉVERI ISTVÁN—CSÁNYI ISTVÁN

### ÖSSZEFOGLALÁS

A kisfeszültségű áramkorlátozó kismegszakítók rendeltetése. Az áramkorlátozó hatás kialakulásának feltételei zárlati áramok megszakításakor. Ívoltó szerkezetek méretezése.

Új deionlemez áramkorlátozó ívoltó szerkezetek kifejlesztése. Az ívoltó szerkezetek felépítése, konstrukciós kialakítása.

Az ívoltó szerkezetek 6 és 10 kA-es megszakítóképeség-vizsgálatának eredményei. Az ív mozgása a deionlemez ívoltó-kamrában. Az áramkorlátozás mértékét befolyásoló tényezők. Az ívfeszültség változása a megszakítás folyamán. Az elért eredmények gyakorlati alkalmazása.

### СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ДУГОГАСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ БОЛЬШОЙ РАЗРЫВНОЙ СПОСОБНОСТИ ДЛЯ СИЛЬНОТОЧНЫХ МАЛОГАБАРИТНЫХ РАЗРЫВАТЕЛЕЙ

Д-Р. И. НЭВЕРИ—И. ЧАНИ

### Резюме

Назначение токоограничивающих малогабаритных разрывателей низкого напряжения. Условия получения эффекта ограничения тока при размыкании токов короткого замыкания. Расчет дугогасительных структур.

Разработка новых дугогасительных структур для ограничения тока из деионных пластин. Построение, конструкционное оформление дугогасительных структур.

Результаты испытания размыкающей способности дугогасительных структур при токах 6 и 10 кА. Движение дуги в дугогасительной камере из деионных пластин. Факторы, влияющие на значение ограничения тока. Изменение напряжения дуги во время размыкания. Практическое использование достигнутых результатов.

### ENTWICKLUNG VON LICHTBOGENLÖSCHSYSTEMEN GROSSER UNTERBRECHUNGSFÄHIGKEIT FÜR KLEINE SCHALTER DER STARKSTROMTECHNIK

DR. I. NÉVERI—I. CSÁNYI

### Zusammenfassung

Funktionszwecke für kleine Strombegrenzungsschaltern von Niederspannung. Bedingungen der Entstehung der Strombegrenzungswirkung bei der Unterbrechung von Kurzschlussströmen. Bemessung von Konstruktionen für die Lichtbogenlöschung.

Entwicklung von Lichtbogenlöschkonstruktionen mit Deionlamellenstrombegrenzung. Aufbau von Lichtbogenlöschkonstruktionen. Ergebnisse der Untersuchung des Schaltvermögens von Lichtbogenlöschkonstruktionen für 6 und 10 kA. Bewegung des Bogens in der Deionlamellenlichtbogenlöschkammer. Faktoren, die das Mass der Strombegrenzung beeinflussen. Änderung der Lichtbogen Spannung während der Unterbrechung. Praktische Anwendung der erzielten Ergebnisse.

## DEVELOPMENT OF ARC QUENCHING SYSTEMS OF HIGH BREAKING-CAPACITY FOR MINIATURE CIRCUIT BREAKERS

DR. I. NÉVERI—I. CSÁNYI

### Summary

Objectives for low-voltage current limiting circuit breakers. Conditions of formation of current limiting effect on breaking short circuit currents. Dimensioning of arc quenching devices.

Development of new deion-plate current limiting arc quenching devices. Construction of the arc quenching structures, mechanical design.

Results of breaking capacity tests on arc quenching devices of 6 kA and 10 kA. Motion of the arc in the deion-plate arc quenching chamber. Factors influencing the extent of the current limitation. Variation of the arc voltage during the interruption. Practical application of the results achieved.

## 1. Bevezetés

A kismegszakítók a kifesztültségű fogyasztói hálózatok és a kiefogyasztók túlterhelés-és zárlatvédelmére alkalmasak. A velük szemben támasztott követelmények a fogyasztói hálózatok és a háztartási villamos berendezések számának és teljesítményének ugrásszerű növekedésével állandóan növekednek. A korszerű kismegszakítóktól elvárható legfontosabb paraméterek:

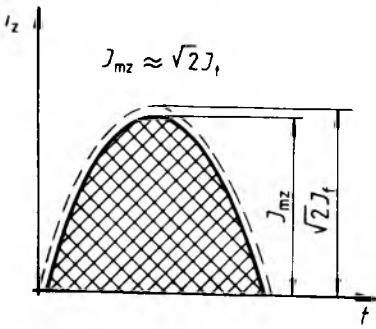
- 6, ill. 10 kA zárlati megszakítóképeség;
- szelektív védelmi lehetőség kialakítása;
- a védendő berendezések zárlati igénybevételének csökkentése, a megszakításkor kifejlődő  $I^2t$  érték korlátozása.

Ezeknek a követelményeknek a legjobban megfelelő, legkorszerűbb túláramvédő eszközök az áramkorlátozó kismegszakítók, amelyek a nagy megszakítóképeség elérése érdekében hatásos deionlemez ívöltő szerkezettel vannak ellátva.

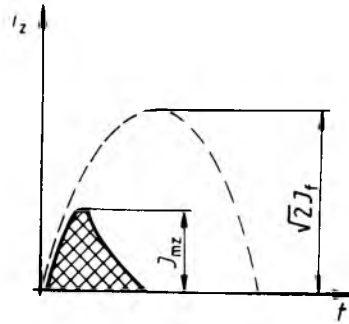
Az intézetben 1981-ben ipari megbízás alapján kezdtünk el foglalkozni erősáramú áramkorlátozó kismegszakítók nagy megszakítóképeségű ívöltő rendszereinek fejlesztésével. A kutatási-fejlesztési munka célja 6, ill. 10 kA megszakítóképeségű ívöltő rendszerek, ill. kismegszakítók kifejlesztése volt, adott kapcsolómechanizmusok felhasználásával.

## 2. Áramkorlátozó hatás kialakításának feltételei

Az áramkorlátozó kismegszakítók az olvadóbiztosítók működéséhez hasonlóan, a zárlati áram kialakulását követően, nagyon rövid idő múlva (1...2 ms) működni kezdenek, és a zárlati áramot a csúcserték elérése előtt megszakítják, ezzel erősen



Hagyományos (nullponti) íváltás



Áramkorlátozó íváltás

### 27-1. ábra. Az íváltás elvei

*a* hagyományos (nullaponti) íváltás; *b* áramkorlátozó íváltás;  $I_{mz}$  max. zárlati áram (levágott áram);  $\sqrt{2}I_f$  független szimmetrikus zárlati áram (kismegszakító jelenléte nélkül alakulna ki)

korlátozzák a zárlati áram okozta termikus és dinamikus hatásokat a hagyományos (ún. nullaponti) íváltású kismegszakítókhoz viszonyítva, amelyeknél ki tud alakulni a zárlati áram maximuma, és a megszakítás csak az áram nullaátmenetekor következik be (27-1. ábra). Az áramkorlátozó képességet a

$$K = \frac{I_f}{I_{mz}}$$

viszony adja, ahol  $I_f$  a független szimmetrikus zárlati áram effektív értéke (A);  $I_{mz}$  a megszakításkor kialakuló maximális zárlati áram csúcserőértéke (A).  $K$  értéke áramkorlátozó kismegszakítókra  $I_f=10$  kA esetén 2...10 között van a kapcsoló névleges áramerősségétől és a feszültségnek a bekapcsolás pillanatában fennálló fázishelyzetétől függően. A korszerű 6, ill. 10 kA megszakítóképeségű kismegszakítók leggyakrabban a 3-as áramkorlátozási (szelektivitási) osztályba tartoznak, amely a VDE 641 előírása szerint azt jelenti, hogy a zárlati áram megszakításakor kifejlődő  $I^2t$  értéknek egy előírt értéknél kisebbnek kell lennie. Ennek az értéknek, pl. 6...25 A névleges áramú, 10 kA megszakítóképeségű kismegszakítókra kisebbnek kell lennie  $9 \cdot 10^4 \text{ A}^2\text{s}$  értéknél, amely a készülékekben, berendezésekben meg nem engedhető termikus roncsolódást még nem okoz. Összehasonlításképpen, ha  $i_z = \sqrt{2}I_f \sin \omega t$ ,  $I_f = 3$  kA, és a kikapcsolási idő félperiódus időtartamú, akkor

$$\int_0^T i_z^2(t) dt = 9 \cdot 10^4 \text{ A}^2\text{s},$$

de ha  $I_f=10$  kA, ez az érték  $10^6 \text{ A}^2\text{s}$  (!) lenne. Fontos tehát hangsúlyozni azt, hogy a korszerű kismegszakítóval szemben nemcsak a nagy megszakítóképeség, hanem a megszakításkor kialakuló  $I^2t$  érték korlátozása is lényeges követelmény. A zárlati áramkör megszakításakor lejátszódó fizikai folyamatokat időrendben alapvetően két részre oszthatjuk:

- az áram megjelenésétől az érintkezők szétválásáig eltelt idő (nyitási idő);
- az ívelés kialakulásától az ív kialvásáig eltelt idő (ívidő).

Az áramkorlátozó kismegszakítók mechanizmusával szemben támasztott legfontosabb követelmény a gyors működés, azaz a kis nyitási idő, mivel lassú működés

esetén az érintkezőkön lényegesen nagyobb áram folyhat át. Pl. 10 kA független zárlati áramnál ( $\cos \varphi = 0,5$ ), ha a rákapcsolási fázisszög  $\psi = 60^\circ$ , és az  $i_z$  pillanatnyi áramot az

$$i_z = \sqrt{2} I_k \sin(\omega t - \varphi + \psi) - \sin(\psi - \varphi) e^{-\frac{L}{R}t}$$

összefüggéssel számoljuk ki, a zárt érintkezőkön átfolyó áram az áram megjelenésétől számított

$$t = 0,5 \text{ ms} \quad \text{múlva} \quad i_z = 2205 \text{ A,}$$

$$t = 1 \text{ ms} \quad \text{múlva} \quad i_z = 4357 \text{ A.}$$

Méréseink szerint a valóságban kialakuló áram a kismegszakítók és csatlakozóvezetékeik impedanciája miatt 20...30%-kal kisebb a számított független értéknél. Az érintkezők szétválásakor keletkező nagy áramú villamos ívnek és az azt körülvevő forró gáztömegnek rendkívül nagy a roncsoló hatása, ezért az ívöltő szerkezettel szemben támasztott legfontosabb követelmény, hogy minél kisebb térfogatban, minél hatékonyabb ívöltést biztosítson.

### 3. Deionlemez ívöltő szerkezetek kialakítása

Az erősáramú kismegszakítók, megszakítóképességüktől függően, különböző méretű és kialakítású deionlemez ívöltő szerkezettel vannak ellátva, amelyeknek előnye a hatásos ívöltés mellett az egyszerű felépítés és a gazdaságos gyárthatóság. Működésük lényege, hogy a deionlemezek által felszabdalt, sorba kapcsolt ívrészek jelentős ívfeszültség-növekedést, ezáltal gyors ívöltést biztosítsanak, és a fémlamez (deionlemez) nagy felülete, valamint az ívtalppontok számának növekedése jelentősen fokozza az ív hűtését.

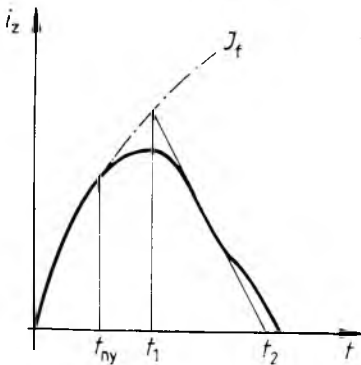
A deionlemez ívöltő szerkezetek fejlesztése az ívöltő térben lejátszódó bonyolult fizikai folyamatok miatt jobbra kísérleti úton történik, azonban feltétlenül szükséges az elméletileg is megalapozottabb kutató-fejlesztő munka érdekében matematikai módszerekkel is elemezni a megszakításkor lejátszódó folyamatokat.

Az új, deionlemez ívöltő szerkezet fejlesztését megelőzően számításokat végeztünk arra vonatkozóan, hogy kialakítható-e 6, ill. 10 kA megszakítóképességű ívöltő szerkezet az adott kapcsolómechanizmus és ívöltő tér ismeretében. A 3-as áramkorlátozási osztály által előírt  $9 \cdot 10^4 \text{ A}^2\text{s}$  teljesítésének feltételét nagy biztonsággal a 27-2. ábra alapján a következő összefüggéssel írhatjuk fel:

$$\int_0^{t_2} i_z^2(t) dt = 2I_f^2 \left[ \frac{1}{2}t_1 - \frac{1}{4a} \sin 2\omega t_1 \right] + I_f^2 \sin^2 \omega t_1 \frac{(t_2 - t_1)}{3} \cong 9 \cdot 10^4 \text{ A}^2\text{s,}$$

ahol a  $t_1$  idő a kapcsolómechanizmusra, a  $t_2 - t_1$  időtartam pedig az ívöltő rendszerre jellemző paraméter. Számításaink és méréseink szerint az előírt követelmények teljesítéséhez  $t_1$  értéke 2 ms-nál,  $t_2 - t_1$  értéke 6 ms-nál nem lehet nagyobb. A számítások és a modellkísérletek eredményei alapján két különböző deionlemez ívöltő szerkezetet fejlesztettünk ki.





27-2. ábra

### 3.1. Új ívöltő rendszer a BS mechanizmus felhasználásával

Kifejlesztettünk egy, a névleges áramerősségtől függően 6, ill. 10 kA megszakító-képességű ívöltő rendszert a 3 kA megszakítóképeségű, hagyományos ívöltésű kis-megszakító mechanizmusának felhasználásával.

A mechanizmus paraméterei:

nyitási távolság: 4,5...5,5 mm;

nyitási átlagsebesség: 3,2 m/s;

az érintkezők nyomó-  
ereje: 4,5...5,5 N.

A mechanizmus nyitási ideje 6 kA zárlati áram megszakításakor 1,2...2,5 ms, a rákapcsolási szög-től függően. Az ívöltő rendszer vázlatos rajza, a deionlemez kialakítása, az érintkezőelrendezés és a megszakításkor kialakuló áram és feszültség oszcillogramja a 27-3. ábrán látható. Az ívöltő tér középső harmadában helyezkedik el az ívöltő kamra, amely 7 db rövid és 6 db hosszú, 0,7 mm vastagságú vaslemez-ből (deionlemez-ből) áll. A deionlemezek közötti távolság 1,2 mm, a lemezeket a 0,5 mm vastag, perforált vulkánfibre lemez fogja össze. A deionlemezek közé benyúló mozgó-érintkező gyors ívmozgást tesz lehetővé az  $a$  és  $b$  méret, valamint az  $\alpha$  szög kísérleti úton megvalósított, előnyös kialakításával:

$$a = 18 \text{ mm}, \quad b = 7 \text{ mm}, \quad \alpha = 50^\circ.$$

Az ívöltő teret 1,5 mm falvastagságú, hőre keményedő SKANOPAL 151—901 típusú műanyag határolja.

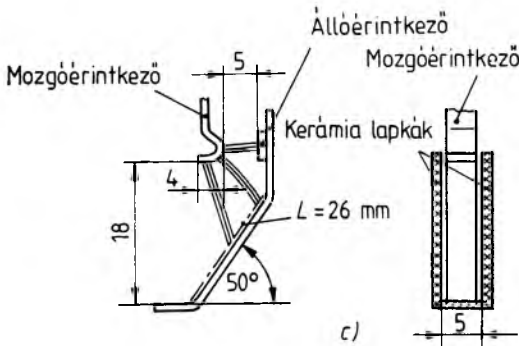
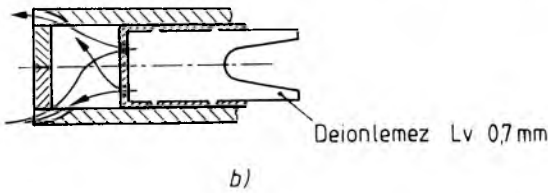
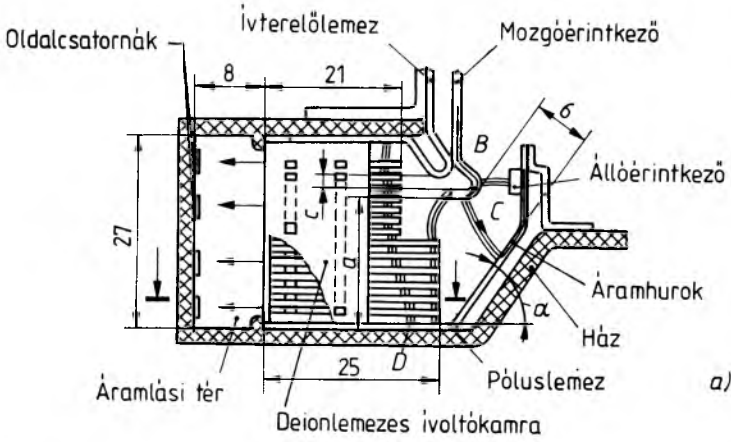
Az érintkezők szétválását követően a póluslemezen mozgó ív-talppont átlagos sebessége méréseink szerint 15...20 m/s között van. Amikor a póluslemezen futó ív-talppont befut a deionlemezek közé, a másik ív-talppont a hurokerő hatására „átugrik” az ívterelő lemezre, és az ívoszlopot a 13 db deionlemez részekre darabolja. Az érintkezők szétválásakor kialakuló iváram 1,5...4,5 kA. Az ív a finom korund- ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ -) lapokkal határolt teret teljes mértékben lezárja, így az ívoszlop mozgása súlytalan dugattyú mozgásával modellezhető. Az ívrészek a deionlemez ívöltő kamrában 4...5 m/s sebességgel mozognak, a kamrából kiáramló gázok az áramlási tér oldalfalába ütköznek, és hideg levegővel keveredve, az oldalcsatornákon keresztül nagy sebességgel kiáramlanak.

Az áram- és feszültség-oszcillogramon nyomon követhető az ív ívöltő rendszerbeli mozgása. A feszültség-oszcillogram  $A$  szakasza a nyitási idő.  $B$ -vel jelölt pillanat-

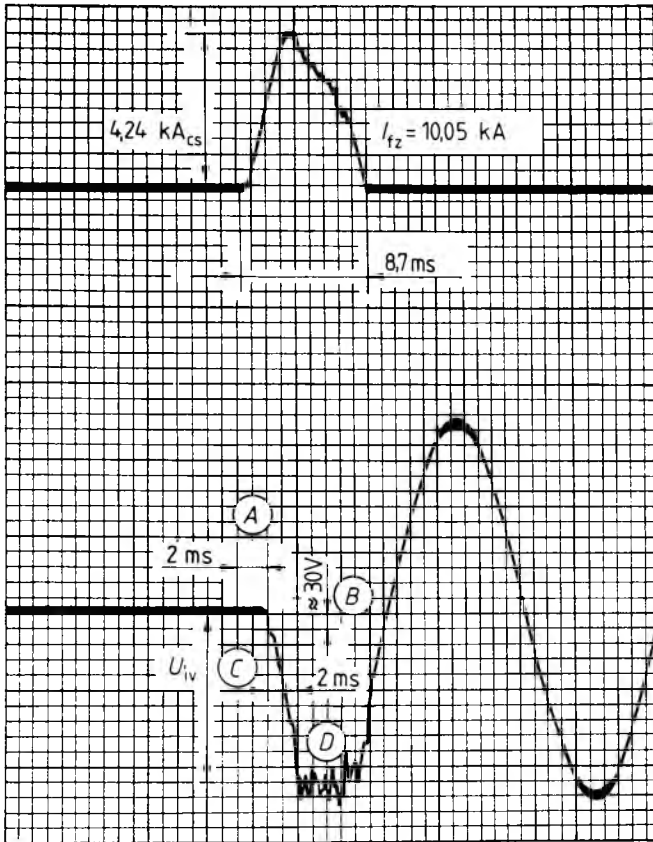
ban az érintkezők szétválnak és megjelenik az ív feszültség. Ezt követően az ív egyre távolulva végigfut egyrészt a póluslemezen, másrészt a mozgóérintkező negyedköríves szarván (C szakasz), majd befut a deionlemezek közé (D szakasz).

Összehasonlításképpen a 3 kA és az új 10 kA megszakítóképességű ívoldó rendszer paraméterei:

	3 kA	6/10 kA
Az ívoldó rendszer térfogata, cm <sup>3</sup>	17,6	18,9
Az ívoldó kamra tömege, g	21,7	13,7
A deionlemezek száma, db	11	13
A deionlemezek vastagsága, mm	1	0,7



7-3. ábra. 6 kA megszakítóképességű ívoldó rendszer  
a), b), c) a deionlemez ívoldó rendszer szerkezete;



d)

27-3. ábra

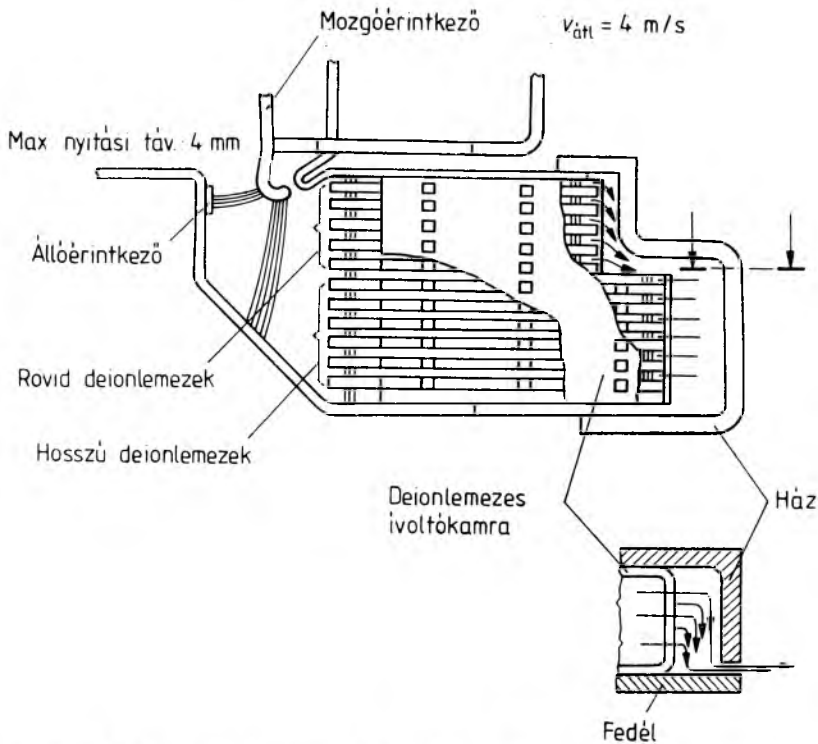
d) a megszakítás oszcillogramja

### 3.2. Új ívöltő rendszer az SA mechanizmus felhasználásával

Kifejlesztettünk egy, névleges áramerősségtől függően 10, ill. 12 kA megszakító-képességű ívöltő rendszert a 6 kA megszakítóképeségű, SA 168 típ. áramkorlátozó kismegszakító mechanizmusának felhasználásával. A mechanizmus paramétereit:

- nyitási távolság: 3,5...4 mm;
- nyitási átlagsebesség: 4 m/s;
- az érintkezők nyomóereje: 3,5...4,5 N.

A 6 kA zárlati áram megszakításakor a mechanizmus nyitási ideje: 0,8...1,5 ms. Az általunk kifejlesztett ívöltő rendszer vázlatos rajza a 27-4. ábrán látható [1]. Az ívöltő kamrának az érintkezőktől távolabbi fele lépcsős és 4 db rövid és 7 db hosszú, 0,7 mm vastag fémlémezből (deionlemezéből) épül fel. Az ívöltő teret 1,5 mm falvastagságú, VALOX típusú hőre lágyuló műanyag határolja. Ennél a megoldásnál — összehasonlítva az előbbivel — az ívöltő kamra kialakításánál az érintkezők oldalán nem szükséges a lépcsős kialakítás, mivel az ív könnyen befut a kamrába az áramvezetés előnyös kialakítása következtében. Az ívöltő kamrába jutó, részekre darabolt



27-4. ábra. 10 kA megszakítóképességű ivoltó rendszer

ív egyes elemeinek mozgási sebessége nem azonos. A hosszú deionlemezek között mozgó ívrészek mozgása gyorsabb, mivel ezek között a villamos ív által felforrósodott gáz szabadabban áramolhat, a rövid deionlemezek között viszont az ívrészek mozgását a kamra mögött kialakított erős fojtás lassítja. Az eltérő áramlási és ívmozgási viszonyok az ívrészeket két jól elkülöníthető csoportra osztják, és ez kedvező ivoltási körülményeket teremt. Az erős talpponti hűtés miatt az ívrészek átmérője rohamosan csökken, és egyre több semleges gázatom, ill. molekula keletkezik, az elektródaközben nő a villamos szigetelőképesség, a villamos ív kialszik, és az áramkör megszakad.

Összehasonlításképpen a 6 kA és az új 10, ill. 12 kA megszakítóképességű ivoltó rendszer paraméterei:

	6 kA	10/12 kA
Az ivoltó rendszer térfogata, cm <sup>3</sup>	14,4	14,4
Az ivoltó kamra tömege, g	12,9	18,2
A deionlemezek száma, db	12	11
A deionlemezek vastagsága, mm	0,6	0,7

## 4. Az elért eredmények felhasználása

Az általunk kifejlesztett, nagy megszakítóképeségű ívöltő rendszerek felhasználásával a kismegszakítókat gyártó Bakony Művek és az ELCO Villamos Készülékek és Szerelési Anyagok Gyára elkészítette az új kapcsolók dokumentációját, és a kísérleti darabokon sikeres megszakítóképeség-vizsgálatokat végzett. Az elmúlt évben a gyártók megkezdték a készülékek felszerszámozását és a felhasználói igényektől függően a közeljövőben megkezdődik a kapcsolók sorozatgyártása és forgalomba hozatala.

### Irodalom

- [1] Ívöltőszerkezet villamos kapcsolókészülékekhez c. találmány
- [2] Villamos kapcsolókészülékek. Kézikönyv. *Főszerk. dr. Néveri István.* Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1984.



# 28.

## Vákuum ívöltó kamrák maradék-gáz-tartalmának tömegspektrométeres elemzése

SZAUTER FERENC

### ÖSSZEFOGLALÁS

A vákuum ívöltó kamra meghatározó jellemzője a maradék-gáz-tartalom. A maradék-gáz-tartalom összetételének és összetevői részarányának meghatározására speciális mérőberendezést terveztünk és építettünk. A vizsgált ívöltó kamra evakuálását a mérőberendezés ultra-vákuumrendszere végezte, amelynek fő elemeit a szivattyúrendszer és a kályházó tagok képezték. A vákuumrendszerhez csatlakozott a tömegspektrométeres analízis számára gázmintát szolgáltatató ág. A maradék-gáz mennyiségének regisztrálása quadrupol rendszerű tömegspektrométerrel történt. Összefoglaljuk a kísérleti vizsgálatok eredményeit, és ismertetjük az ennek alapján kidolgozott vizsgálati módszert.

### АНАЛИЗ СОДЕРЖАНИЯ ОСТАТОЧНЫХ ГАЗОВ ВАКУУМНЫХ ДУГОГАСИТЕЛЬНЫХ КАМЕР С ПРИМЕНЕНИЕМ МАСС-СПЕКТРО- МЕТРА

Ф. САУТЕР

#### Резюме

Определяющей характеристикой вакуумной дугогасительной камеры является содержание остаточных газов. Для определения состава и отношений составляющих остаточных газов спроектировано и построено специальное измерительное оборудование. Эвакуирование испытуемой дугогасительной камеры выполнено ультравакуумной системой измерительного оборудования, главными элементами которого являлись насосная система и нагревающие элементы. К вакуумной системе подключилась ветвь для отбора пробы газа для масс-спектрометрического анализа. Регистрация остаточных газов выполнена масс-спектрометром по системе квадрополя. Обобщаются результаты экспериментальных испытаний и излагается метод испытания, разработанный на этой основе.

### MASSENSPEKTROMETERANALYSE DES RESTGASGEHALTES VON VAKUUMLICHTBOGENLÖSCHKAMMERN

F. SZAUTER

#### Zusammenfassung

Der bestimmende Kennwert der Vakuumlichtbogenlöschkammer ist der Restgasgehalt. Zur Bestimmung der Zusammenetzung des Restgasgehaltes und der Anteile der Komponenten haben wir eine spezielle Messeinrichtung projiziert und konstruiert. Das Evakuieren der untersuchten Lichtbogenlöschkammer wurde vom Ultravakuumsystem der Messeinrichtung vorgenommen, dessen Hauptelemente das Pumpsystem und die Ofenglieder gebildet haben. Zum Vakuumsystem wurde der Zweig

angeschlossen, der Gasprobe für die Massenspektrometeranalyse bereitgestellt hat. Das Registrieren des Restgases wurde mit einem Massenspektrometer des Systems Quadropol durchgeführt. Es werden die Ergebnisse der Versuchsuntersuchungen zusammengefasst und die auf Grund dieser ausgearbeitete Untersuchungsmethode dargelegt.

## MASS SPECTROMETER ANALYSIS OF RESIDUE GAS CONTENT OF VACUUM ARC QUENCHING CHAMBERS

BY F. SZAUTER

### Summary

The residue gas content is a dominant feature of a vacuum arc quenching chamber. For determination of the composition of the residue gas content and for that of the proportion of the components a special measuring equipment has been designed and built. Evacuation of the tested arc quenching chamber was performed by the ultra-vacuum system of the measuring equipment, whose main elements were constituted by the pump system and the heating elements. The branch delivering gas sample for the mass spectrometer analysis was connected to the vacuum system. Registration of the residue gas was made with use of a quadropol system mass spectrometer. In this article, the results of experimental tests are summarized and a description of the test method elaborated on basis of the former is given.

## 1. Bevezetés

A vákuum ívöltő kamrák minősítő jellemzője az ívöltő kamra maradékgáz-tartalma. Ez három forrásból táplálkozik. Egy részét azok a gázok szolgáltatják, amelyek az ívöltő kamra evakuálása után maradtak a belső térben, részben a szerkezeti elemek felületén megkötve. Más részét a külső légtérből bekerülő gáz képezi, amely a kamrával vákuumtechnikai „tömítetlenségein” keresztül jut a vákuumtérbe. További gáz áramolhat az ívöltő térbe a villamos ív okozta erózió következményeképpen a szerkezeti elemek belsejéből is.

Az ívöltő kamra gyártási eljárásával szemben támasztott elsődleges követelmény az, hogy a vákuumszint romlása minél hosszabb idő alatt érje el azt a kritikus értéket — a nyomás  $10^{-3}$  mbar nagyságrendjét —, amely felett a vákuumkapcsoló már nem működtethető megbízhatóan. Az említett első két maradékgáz-komponens együttes mennyisége az ívöltő kamra elkészítése után — a lezárás előtt — meghatározható, várható növekedése becsülhető. A szerkezeti elemek belsejéből íverózió hatására felszabaduló gázok mennyiségére csak külön vizsgálat alapján lehet következtetni.

Az íverózió hatására a felszabaduló gázok vákuum ívöltő kamra esetében elsősorban az érintkezőkből, esetleg a kondenzációs ernyőkből származhatnak. A kondenzációs ernyők eróziója — megfelelő konstrukciós kialakítás és normális üzemi igénybevétel esetén — elhanyagolható, ezért gyakorlati szempontból kielégítő eredményeket kapunk, ha csak az érintkezőkből felszabaduló gázokkal számolunk.

A VKI által kifejlesztett és a Tungsrában gyártott középfeszültségű vákuum ívöltő kamrák érintkezőit külső cégektől kell beszerezni. Megbízható üzemű vákuum ívöltő kamrák gyártásának egyik feltétele a beépített érintkezők maradékgáz-tartalmának ellenőrzése. Az ívöltő kamra fejlesztésének és gyártásának gyakorlati szempontjai tették szükségessé a maradékgáz különböző komponenseinek meghatározására alkalmas mérési módszer kidolgozását.

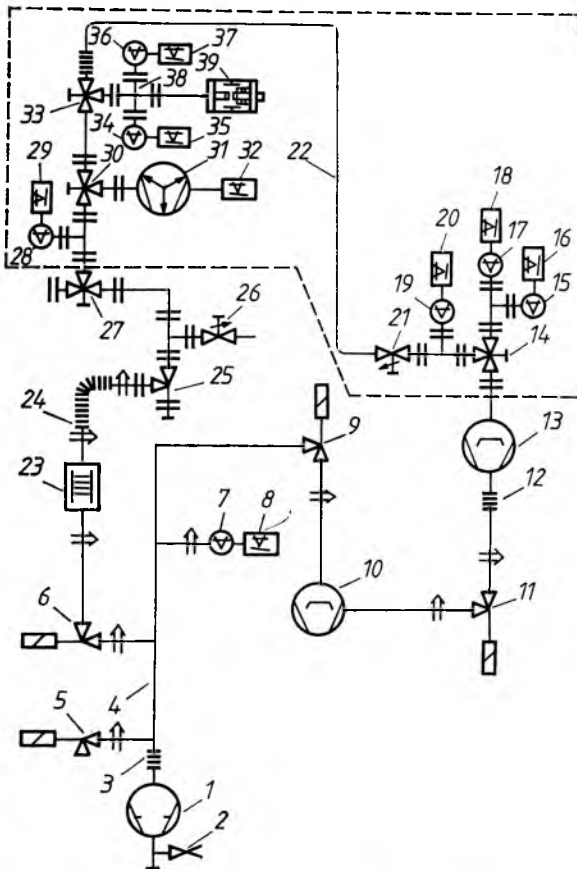


## 2. A maradékgáz-tartalmat mérő vizsgálóberendezés

Az ivóvíz kamrák maradékgáz-tartalmának meghatározására mérőberendezést terveztünk és építettünk. A mérőberendezés kapcsolási vázlatát a 28-1. ábra mutatja.

Az ábra jelölései:

- 1 kétfokozatú rotációs szivattyú (ALCATEL 2012 A);
- 2 kipufogószelep olajgőz-leválasztóval ellátva (ALCATEL 2012 A típushoz)
- 3 rugalmas összekötőelem (K 20 típus)
- 4 elővákuum-vezeték;
- 5 levegőtől való védelem; (SML-10 típus);
- 6 elektromágneses sarokszelep (SSM-20 típus);
- 7 Pirani-féle nyomásmérő cső (48L típus);
- 8 Pirani-féle vákuummérő (Mü 72 típus);
- 9 elektromágneses sarokszelep (SSM 20 típus);



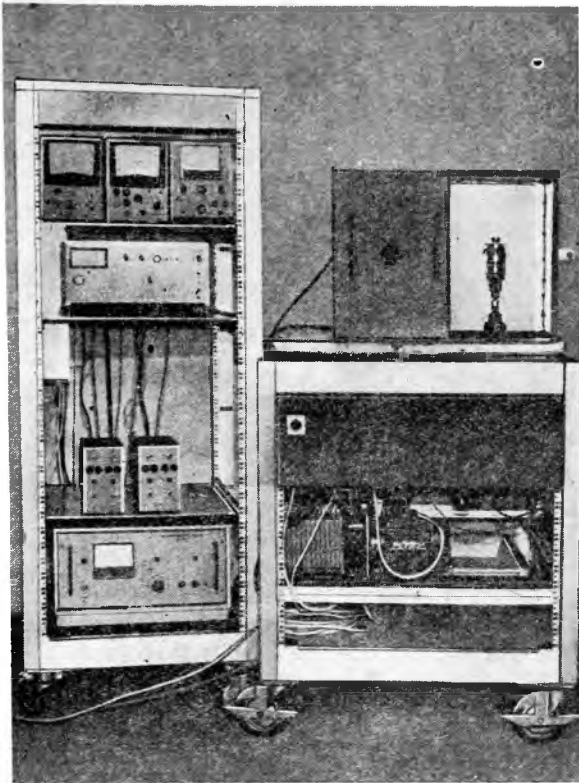
28-1. ábra. A mérőberendezés kapcsolási vázlat

- 10 háromfokozatú olajdiffúziós szivattyú (OG-150 típus);
- 11 elektromágneses sarokszelep (SSM-20 típus);
- 12 rugalmas összekötőelem (K20 típus);
- 13 Háromfokozatú olajdiffúziós szivattyú (OG-150 típus);
- 14 ultravákuum-szelep (SU-35 típus);
- 15 ionizációs nyomásmérő cső (IM-33 N típus);
- 16 ionizációs vákuummérő (Mü 151 típus);
- 17 ionizációs nyomásmérő cső (BA-13 típus);
- 18 ionizációs vákuummérő (Mü-81 típus);
- 19 a tömegspektrométer mérőfeje (QM 200 típus);
- 20 tömegspektrométer (LEYBOLD Quadruvac Q 200 típus);
- 21 szabályozható gázbeeresztő szelep (SG-11 típus);
- 22 csőmembránüveg-összekötő vezeték;
- 23 szorpciós elővákuum-csapda (ALCATEL FTML-25 típus);
- 24 flexibilis vákuumvezeték (ALCATEL gyártmányú);
- 25 vitongyűrűs T-elrendezésű sarokszelep (SU-35 T típus);
- 26 szabályozható gázbeeresztő szelep (SG-11 típus);
- 27 ultravákuum-szelep (SU-35 típus);
- 28 ionizációs nyomásmérő cső (IM-33N típus);
- 29 ionizációs vákuummérő (Mü-151 típus);
- 30 ultravákuum-szelep (SU-35 típus);
- 31 porlasztásos iongetter-szivattyú (IGP-16 típus);
- 32 iongetter-szivattyú tápegysége és mérőműszere (Mü-133 típus);
- 33 ultravákuum-szelep (SU-35 típus);
- 34 ionizációs nyomásmérő cső (IM-33 N típus);
- 35 ionizációs vákuummérő (Mü-151 típus);
- 36 ionizációs nyomásmérő cső (BA-13 típus);
- 37 ionizációs vákuummérő (Mü-81 típus);
- 38 keresztidom (KX-35 típus);
- 39 vákuum ívöltő kamra csatlakozóiddal.

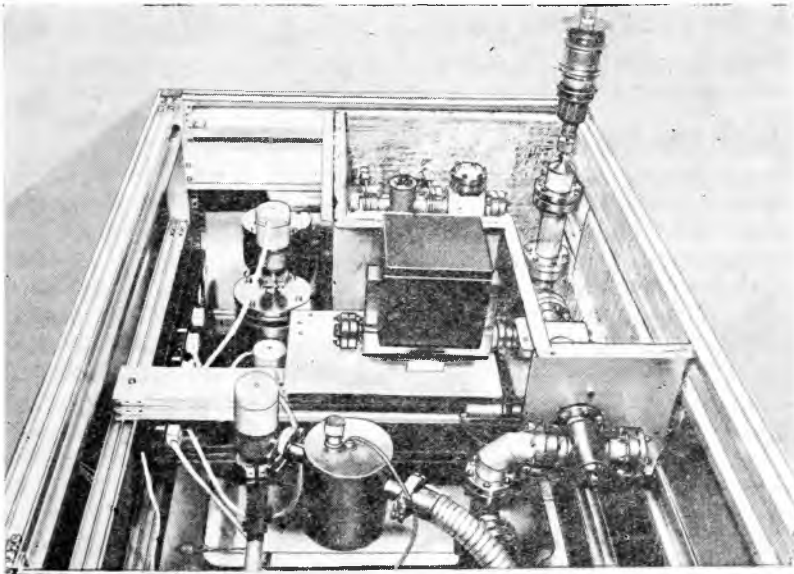
A rendszer elővákuumát a kétfokozatú rotációs szivattyú (1) állítja elő. A megfelelő elővákuum (kb.  $10^{-3}$  mbar) elérése után kerül sor a mintavevő rész további (nagyvákuumot biztosító) légtelenítésére. A mintavevő rész a 28-1. ábra szaggatott vonallal határolt tartományelemeit foglalja magában.

Az ívöltő kamra evakuálása a porlasztásos iongetter-szivattyú (31) feladata, a mintavevő rendszer további elemeinek légtelenítését olajdiffúziós szivattyúk (10, 13) végzik két fokozatban. Az iongetter-szivattyú a megfelelő vákuumszint mellett azt is biztosítja, hogy az ívöltő kamrában ne maradjanak a mérési eredményeket meghamisító olajgőz-maradványok. A diffúziós szivattyúk a tömegspektrométeres analízisre alkalmas mintát szívják el a vákuum ívöltő kamrából a tömegspektrométer mérőfején keresztül. Az elszívott gázmennyiség (minta) nagysága a szabályozható gázbeeresztő szeleppel (21) változtatható. A tömegspektrométer kalibrálására szolgáló hitelesítő gázok a 26 gázbeeresztő szelepen keresztül vezethetők a mérőrendszerbe. A 14 és a 27 ultravákuum-szelepekkel a vákuum ívöltő kamra és a tömegspektrométer mérőfeje is leválasztható az elővákuum-rendszerről, és az iongetter-szivattyú üzemeltetésével tartósan nagyvákuum alatt tartható. Az össznyomás ellenőrzése a vákuumrendszer különböző részein elhelyezett Pirani- és ionizációs vákuummérőkkel végezhető a 100 mbartól a  $10^{-8}$  mbar-ig terjedő nyomástartományban.

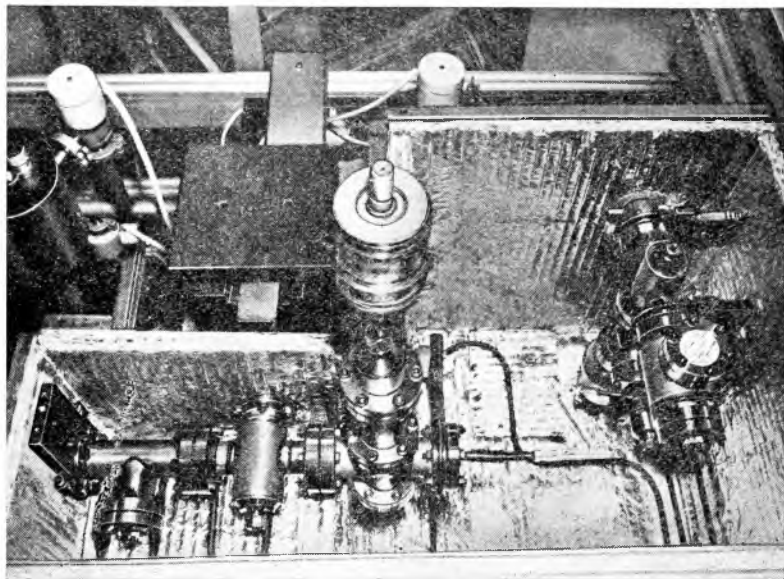
A mintavevő rendszer kályházható. A vonalsugárázókkal fűtött kályhák hőszigetelését több rétegű, alumíniumfóliával elválasztott, hullámos kiképzésű azbeszt-



28-2. ábra. A mérőberendezés és a mérőműszerek



28-3. ábra. A mérőberendezés vákuumrendszere



28-4. ábra. A mintavevő rész

lemezből összerakott, ún. szendvicspanel biztosítja. A kályházórendszernek az ívöltő kamrát, valamint az iongetter-szivattyút burkoló részei szerelés céljából bonthatók, többi eleme a vákuumrendszert tartalmazó mérőpult rögzített része. A kályházás szükséges hőteljesítménye kb. 4,5 kW, amivel 350...400 °C hőmérséklet érhető el. Utóbbi a maximális kályházási hőmérséklet, amelyet az ívöltő kamra fémüveg kötése tartósan, károsodás nélkül elvisel.

A vizsgálórendszer a 28-2. ábrán látható, fő szerkezeti elemeit a 28-3. és 28-4. ábra mutatja be.

### 3. Vizsgálati módszer

Az előkísérletek alapján kidolgoztuk a vákuum ívöltő kamrák maradékgáz-tartalmának meghatározására alkalmas vizsgálati módszert. Az eljárás fő lépései:

- A 2. pontban ismertetett mérőelrendezést kísérleti ívöltő kamra nélkül addig kályházunk és gáztalanítjuk, amíg a nyomás a mintavevő részben kisebb nem lesz, mint  $10^{-7}$  mbar. A rendszer evakuálása újonnan felépített vizsgálóberendezésben több hetet is igénybe vehet. Egyszer már megfelelően gáztalanított és a mérések szünetében vákuumzárt állapotban tartott mérőrendszer evakuálása csak rövid idejű (néhány órás), a mérések közötti több hetes szünet esetén egy-két kályházással kombinált szivattyúzást igényel.
- A vizsgálandó vákuum ívöltő kamra beszerelését követi az ívöltő kamrát is tartalmazó mintavevő rész légtelenítése. Az evakuálás kályházással és nagyfeszültségű impulzusokkal kombinált formázással egyidejűleg végzett szivattyúzás. A kályházások 350...400 °C hőmérsékleten történnek. A hőtartások ideje kb. 8 óra. A felmelegítés és a lehűtés megengedett maximális sebessége 3 °C/perc, ill. 4 °C/perc (a fémüveg kötés miatt). Egy-egy kályházási proce-

dúra rendszerünkben kb. 12 órát vesz igénybe. A kályházások az érintkezők és egyéb belső szerkezeti elemek (kondenzációs ernyők, érintkezőtartók stb.) felületén megkötött gázok eltávolítására szolgálnak. A nyitott pólusokra adott nagyfeszültségű impulzusok (20...40 kV, max. 30 mA, 10...30 s) az érintkezők felületi (néhány  $\mu\text{m}$  vastagságú) rétegének gáztalanítására alkalmasak. Az impulzusokat az ívöltő kamrák fejlesztési vizsgálataihoz készített nagyfeszültségű vizsgálóberendezésünkkel állítjuk elő.

- Ha az egyes szerkezeti elemeken megkötött gázkomponensek mennyiségét akarjuk meghatározni, célszerűen csak a vizsgálandó elemet építjük be az ívöltő kamrába. A kályházás, ill. a nagyfeszültségű impulzusok hatására felszabaduló gázok összetétele és mennyisége a vizsgált elemek maradékgáz-tartalmát jellemzi. Ha a villamos ív okozta erózió következtében az érintkezők belsejéből felszabaduló gázok mennyiségére vagyunk kíváncsiak, akkor a vizsgálandó ívöltő kamrával célszerűen az üzemi állapotot megközelítő villamos teljesítményt kapcsolunk ki-be, és a kapcsolások után mérjük meg az ívöltő kamra gáztartalmát. Előkísérleteink alapján 1000 V kapocsfeszültségen kb. 600 A áram 75...100 ki-bekapcsolása megfelelő anyagfogyást okoz, ami a felületi, előzőleg gáztalanított fémréteg erózióját eredményezi. A további kapcsolások hatására felszabaduló gázmennyiség az alkalmazott érintkezőanyagok gáztartalmára jellemző. Az utóbbi kapcsolásokat célszerűen hőigénybevétellel (kályházással) helyettesítjük, így biztosítható, hogy az egyes vizsgálatok során azonos kubatúrájú érintkezőanyag gáztartalmát mérjük meg. Az eljárás többszöri ismétléssel az érintkező belsejének gáztartalmáról megbízható információ nyerhető.

A lezárt ívöltő kamra maradékgáz-tartalma idő függvényében végbemenő változásának vizsgálatához a mintavevő ágat a kamrától elválasztó ultravákuumszeleppel (33) kell zárni. A mérendő kamrából különböző időközökben vett minták tömegspektrométeres analiziséből a vákuumszint változására lehet következtetni. A mérés elsősorban minőségi tájékoztatást nyújt, mivel az ívöltő kamrába kívülről a határoló felületeken át bejutó gázok mennyisége összemérhető az ultravákuum-szelepen keresztül történő gázárammal.

- A mintavételezéshez és a spektrumok rögzítéséhez az ívöltő kamrában keletkezett maradékgázokat az olajdiffúziós szivattyúrendszer segítségével átáramoltatjuk a tömegspektrométer mérőfején, és ezalatt rögzítjük a spektrumot. A spektrum rögzítése memória-oszcilloszkóppal végezhető.

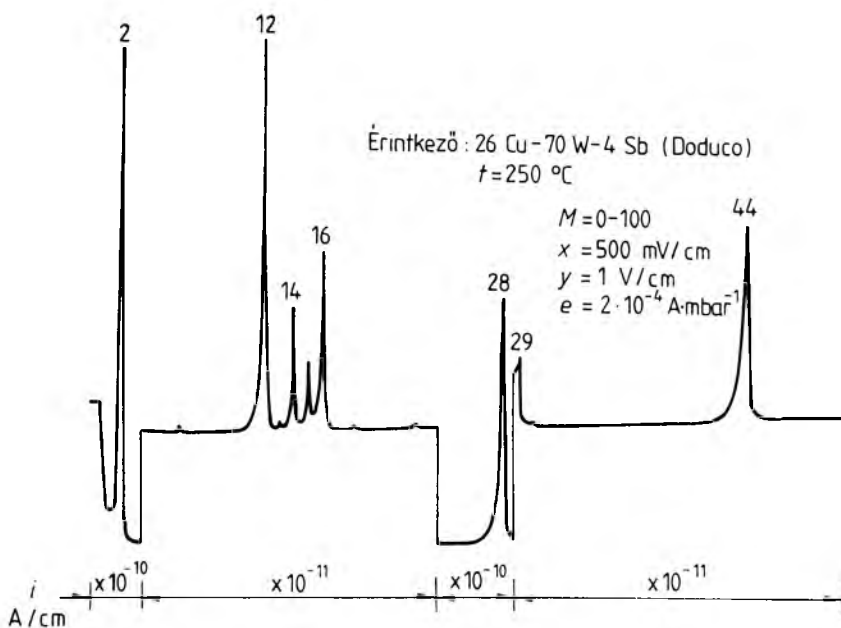
Ha az ívöltő kamrában a nyomás a  $10^{-4}$  mbar-t meghaladja, a gázbeeresztő szeleppel (21) a vett minta mennyiségét úgy kell korlátozni, hogy a tömegspektrométer mérőfejében az össznyomás az utóbbi értéknél ne legyen nagyobb. A minta analiziséhez a quadropol rendszerű tömegspektrométert ismert összetételű, a maradékgáz előzetes vizsgálataink alapján meghatározott komponenseit tartalmazó hitelesítő gázzal kalibráltuk (meghatároztuk az egyes komponensek fő- és töredékionjainak arányát és amplitúdóik korrekciós faktorait). Valamennyi vizsgálat előtt meghatároztuk a háttér-spektrumot (környezeti hőmérsékleten a mintavevő rész gáztartalmát, leválasztott ívöltő kamrával), utóbbival a mért értékeket csökkentve a maradékgáz tényleges összetétele kapható. A korrekcióra — mivel a háttér-spektrum gyakorlatilag legalább nagyságrenddel kisebb gázmennyiségeket tartalmaz — a mérések többségében nincs szükség.

## 4. A kísérleti vizsgálatok eredményeinek összefoglalása

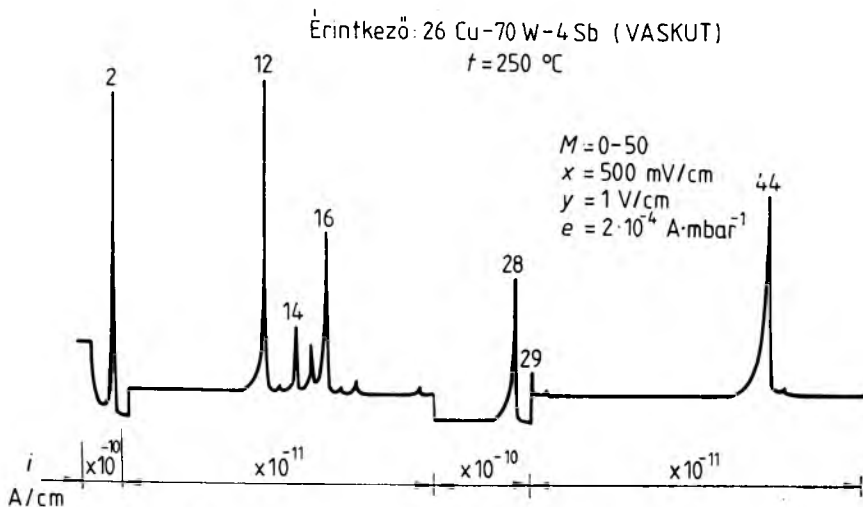
Az előző pontokban ismertetett mérőberendezéssel és vizsgálati módszerrel a hazai fejlesztésű 3 kV névleges feszültségű, 400 A névleges áramú és 12 kV névleges feszültségű, 250 A névleges áramú ívöltő kamrák vizsgálatára került sor.

A következőkben a vizsgálatok gyakorlati szempontból fontosabb eredményeit foglaljuk össze:

- Mind a 3 kV névleges feszültségű, 400 A névleges áramú vákuumkontaktorokba épített réz-volfrám-antimon összetételű érintkezők, mind a 12 kV névleges feszültségű vákuumkontaktorokba épített réz-vas-antimon összetételű érintkezők maradékgáz-tartalmának fő összetevői a hidrogén és a nitrogén, amelyek kedvező ívöltési jellemzőjű gázok. Az érintkezőkből üzem közben felszabaduló, e két komponens által determinált maradékgáz nem emeli az ívöltőkamra nyomását a  $10^{-5}$  mbar fölé.
- A különféle antimontartalmú (1, 2, 4%-nyi) réz-volfrám-antimon összetételű érintkezők maradékgáz-tartalma gyakorlatilag megegyező.
- A hazai előállítású (VASKUT) réz-volfrám-antimon érintkezők maradékgáz-tartalom szempontjából kedvezőbb tulajdonságokat mutatnak, mint a tőkés importból beszerzett (DODUCO gyártmányú), azonos összetételű érintkezők. Ezt illusztrálja a 28-5. és a 28-6. ábra jellemző spektruma. (A vonalíróval felrajzoltatott spektrumokon előforduló fő gázkomponensek a tömegszámok növekvő sorrendjében rendre  $H_2$ ,  $N_2$ ,  $CO_2$ ,  $CO$ ,  $CH_4$ ,  $C_3H_8$ . A többi csúcsok szemléltethetősége céljából azokat a  $H_2$  és a  $N_2$  csúcsnál alkalmazott eltérétsnél



28-5. ábra. Doduco gyártotta érintkezők maradékgáz-spektruma



28-6. ábra. VASKUT gyártotta érintkezők maradékgáz-spektruma

egy nagyságrenddel nagyobbal rajzoltattuk fel.) Ívöltő kamráinkba tehát hazai érintkezőanyag is beépíthető.

- Az ívöltő kamrák megbízható és tartós vákuumszintje csak getter beépítésével biztosítható, a mérések alapján a getter felületét növeltük. Az átalakítás várhatóan a külföldi vákuum ívöltő kamrákéval megegyező raktározási időt (kb. 20 év) eredményez.

Összefoglalva azt mondhatjuk, hogy a tömegspektrométeres analízis jól és hasznosan alkalmazható nemcsak a vákuum ívöltő kamra fejlesztése, hanem a gyártás területén is. Mivel az ismertetett vizsgálóberendezésünk vákuumtechnikai elemei a gyártás szükséges tartozékai, tömegspektrométer beépítésével és megfelelő regisztrálóműszer(ek) alkalmazásával a gyártás sokkal hatékonyabban ellenőrizhető és sok olyan információ nyerhető, amelyek értéke bőven fedezi a szükséges beruházás költségét.





# 29.

## 5 kA-es, hálózati cink-oxid túlfeszültséglevezetők

GYIMÓTHY KÁLMÁNNÉ—FRANÇOIS CÉZÁRNÉ

### ÖSSZEFOGLALÁS

Középfeszültségű (3...42 kV) hálózatok készülékeinek túlfeszültségvédelmére szolgáló, szikraköz nélküli cink-oxid levezetők konstrukciójának kifejlesztését ismerteti a cikk.

A készülékkonstrukció kidolgozásakor összhangba kellett hozni a gazdaságos sorozatgyártás feltételeit a felhasználói igényekkel. A szerzők ismertetik a szikraköz nélküli cink-oxid levezetőkészülék típus- és darabvizsgálati rendszerének kidolgozását, valamint a túlfeszültséglevezetők szabványtervezetét.

### СЕТЕВЫЕ РАЗРЯДНИКИ ИЗ ОКИСИ ЦИНКА НА НАПРЯЖЕНИЕ 5 КВ

*К.-не ДИМОТИ—Ц.-не ФРАНСОА*

#### Резюме

В статье излагается разработка конструкции разрядников из окиси цинка, работающих без искрового промежутка и служащих для защиты от перенапряжения сетевых приборов среднего напряжения (3...42 кВ).

При разработке конструкции прибора необходимо было согласовать условия экономичного серийного производства и требования потребителей. Авторы излагают разработку системы типового и поштучного испытания приборов разрядников из окиси цинка без искрового промежутка, а также проекта стандарта разрядников.

### 5 kA ZnO NETZÜBERSPANNUNGSABLEITER

*FRAU K. GYIMÓTHY—FRAU C. FRANÇOIS*

#### Zusammenfassung

In diesem Artikel wird die Entwicklung der Konstruktion der ohne Funkenstrecke funktionierenden ZnO Ableiter, die zum Überspannungsschutz der Mittelspannungsnetzgeräte reichen, besprochen.

Bei der Entwicklung der neuen Konstruktion sollten die Bedingungen des wirtschaftlichen Serienbaues mit den Anforderungen der Benutzer in Übereinstimmung gebracht werden. Die Autoren stellen die Ausarbeitung der Typ- und Einzelprüfungssystem für die ohne Funkenstrecke funktionierenden ZnO Ableiter und den Normentwurf der Überspannungsableiter dar.

**Summary**

In this article, development of the construction of zinc-oxide arresters having no spark gap, serving for overvoltage protection of equipments in medium-voltage (3...42 kV) networks is described.

When elaborating the equipment construction, the criteria of the economical mass production had to be harmonized with the user's requirements. The authors describe the elaboration of the type and piece test system of the spark gap-less zinc oxide arrester apparatus as well as the standard draft of the overvoltage arresters.

**1. Bevezetés**

Villamosipari Kutató Intézetben 1979-ben kezdtük meg a fénoxid varisztor kutatását, a szilícium-karbid nemlineáris ellenállások több évtizedes kutatás-fejlesztése során szerzett tapasztalatok alapján. A cink-oxid alapanyagú fénoxid nemlineáris ellenállások működésének elméletével a VKI Közlemények 8. kötetében, a túlfeszültségvédelemben betöltött szerepükkel pedig a VKI Közlemények 9. kötetében foglalkoztunk részletesen [3], [4].

Az elért kutatási eredmények alapján előzetes hálózati üzemi próbára bocsátottunk 1982-ben 10 db 24 kV névleges feszültségű, 5 kA-es levezetőképességű készüléket, a hagyományos szilícium-karbidos levezetőházban tokozva.

1983-ban a Ganz Villamossági Művekkel készülékfejlesztési és gyártásbevezetési szerződést kötöttünk a szikraköz nélküli, 5 kA-es és 10 kA-es hálózati túlfeszültség-levezető konstrukciójának kidolgozására, és gyártásának beindítására.

**2. Alkalmazási terület**

Az előzetes laboratóriumi kísérletek alapján — a készülékkonstrukciót és a gyártásbevezetést megelőzően — felmérést végeztünk a fénoxid túlfeszültséglevezetők előnyös alkalmazási területeinek feltárására [1].

Középfeszültségű hálózatoknál, az 5 kA-es levezetőképességű készülékek fő alkalmazási területénél, a fénoxid levezetőkkel elérhető előnyök elsősorban abból származnak, hogy védelmi szintjük lényegesen alacsonyabb, mint a hagyományos túlfeszültséglevezető készülékeké, ezért a fénoxid levezetővel védett, új konstrukciójú gyártmányok próbafeszültsége alacsonyabb lehet. Ez szigetelőanyag-megtakarítást, költségcsökkenést, a fajlagos teljesítmény egységére eső méretcsökkenést jelent, régebbi berendezések védelménél a szigetelési tartalék növelését, és így a megbízhatóság növekedését eredményezi. A fénoxid levezetők védőtávolsága műszaki paramétereikből következően közelítőleg kétszerese a hagyományos levezetőkének.

A levezetőkészülék védőtávolsága a védendő berendezés szigetelési szintje és a levezetőkészülék működési feszültsége közti különbségtől függ, valamint a behatoló túlfeszültség hullám meredekségétől; azaz a védőtávolság ( $L$ ):

$$L = \frac{U_{TR} - U_{megsz}}{\frac{du}{dt}} k.$$

## Középfeszültségű túlfeszültséglevezetők védőtávolságai

A hálózat névleges feszültsége, kV	A túlfeszültséglevezető névleges feszültsége, kV	Védőtávolság, m	
		SiC-levezető	ZnO-levezető
3	3,6	5	10
6	7,2	6	12
10	12	7	13
18	21	8	15
20	24	9	17
35	40,5	10	18

A hagyományos szilícium-karbid túlfeszültséglevezetők és a fénoxid levezetők védőtávolságát a 29-1. táblázatban mutatjuk be [5].

Felméréseink és előzetes számításaink szerint a kábeles bevezetésű állomások transzformátorainak védelme, a transzformátorok csillagpontjainak védelme, valamint a szabadvezetékhez csatlakozó forgógépek védelme cink-oxid levezetővel előnyösebben oldható meg, mint hagyományos szilícium-karbid levezetővel. A cink-oxid levezetők alkalmasak a forgógépek kikapcsolási túlfeszültségeinek erőteljes korlátozására, előnyösen használhatók az ívkemencét tápláló hálózatok villamos szigeteléseinek védelmére. Előzetes számításaink szerint a cink-oxid levezető megfelel nagy kondenzátortelepek közelében a túlfeszültség korlátozására is.

### 3. A túlfeszültséglevezető készülék kifejlesztésében követett szempontok

#### A levezető működése

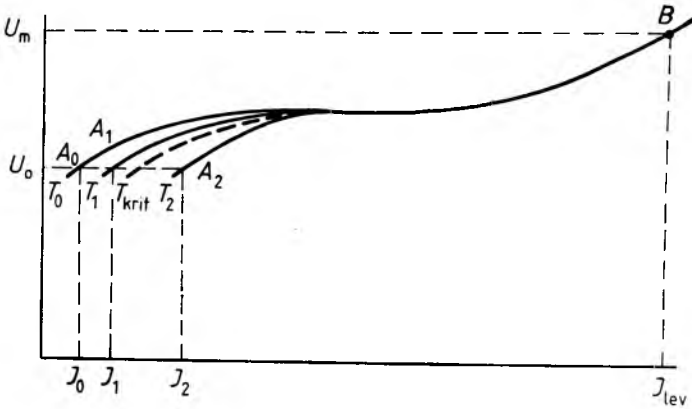
A Ganz Villamossági Művek Óbudai Gyárával kötött komplex készülékfejlesztési munkák a túlfeszültséglevezetővel szemben támasztott követelmények felméréseivel, rendszerbe foglalásával és értékelésével kezdődtek meg. A következő elvárások szerint alakítottuk ki a készülékkonstrukciót:

1. Választószikraköz nélküli legyen a készülék.
2. A munkaellenállás nemlinearitásával kell biztosítani, hogy az üzemi feszültségen csak  $10^{-6}$  A nagyságrendű szivárgóáram terhelje a készüléket, de a túlfeszültség-impulzus megjelenésekor  $10^{-9}$  s-on belül ellenállása lecsökkenjen, és a feszültség nagyságától függően  $10^2 \dots 10^4$  A áramot legyen képes levezetni 1...2 ms időtartamig.
3. Az üzemi feszültség visszaálltával ne következzen be a készüléknél hőmegfűtás, a meghatározott üzemi viszonyok között a rendszer termikusan stabil legyen. A fénoxid nemlineáris ellenállás a kisáramú tartományban erősen hőmérsékletfüggő, azaz adott feszültség hatására nagyobb hőmérsékleten nagyobb áramot enged át, így veszteségei megnövekednek (29-1. ábra). Ennek következtében előfordulhat, hogy a készüléken átfolyó áram és a készülék hőmérséklete önmagát

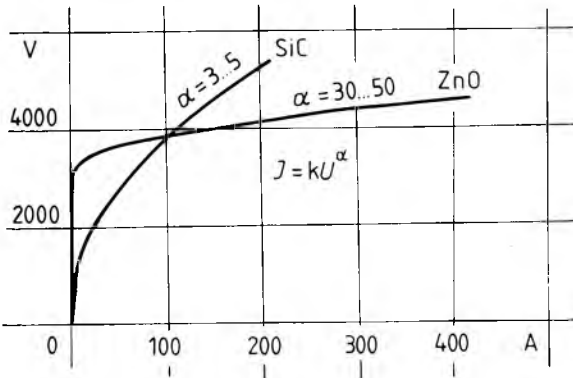
erősítő folyamatként olyannyira megnövekszik, hogy ez a túlfeszültségvezető tönkremeneteléhez vezet még az állandó üzemi feszültség tartományában is.

4. Üzemi feszültségen az élettartam kb. 15...20 év legyen, a működőképességre vonatkozó műszaki paraméterek számottevő csökkenése nélkül.
5. A készülék egymás után többször bekövetkező működést is viseljen el meghibásodás nélkül úgy, hogy a működések közti „szünetben” is az üzemi feszültség terhelje az ellenállásokat.

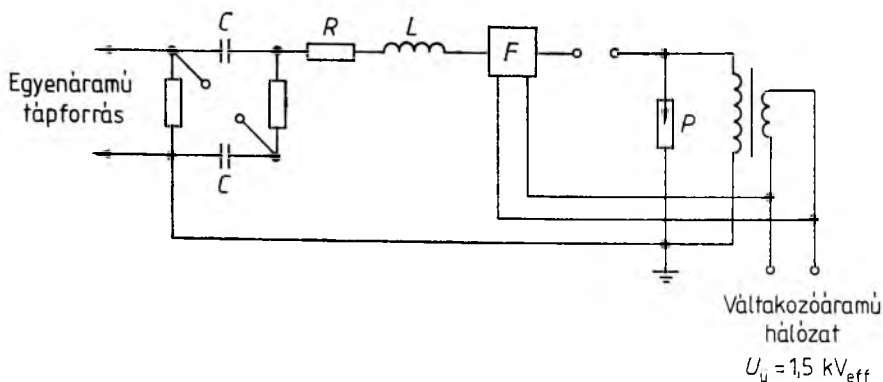
A fémoxid levezetők üzemi igénybevétele a szikraközrendszer elhagyása miatt sokban különbözik a hagyományos szilícium-karbid levezetőtől (29-2. ábra). Az ábrán 5 kA-es típusú szilícium-karbid és cink-oxid munkaellenállás  $U=f(I)$  karakterisztikájának oszcilloszkóp-felvételét mutatjuk be, a névleges üzemi feszültség tartományában, 40/150  $\mu$ s alakú, 200...300 A csúcsertéki áramhullámmal vizsgálva. Az optimálisan legnagyobbra választott  $U_{üz}$  mellett — ahol termikus instabilitás még nem lép fel — a cink-oxid munkaellenállásokon mikroamper nagyságrendű áram folyik, szilícium-oxid munkaellenállásokon pedig többször tíz amper nagyságrendű áram folyik, ezért választó-szikraközrel kell védeni a hagyományos levezetőket. A szikraközök megszólalási feszültségét meghaladó túlfeszültség esetén lép működésbe a szilícium-karbidos készülék, ellentétben a cink-oxidos típussal, amelynél



29-1. ábra. Fémoxid túlfeszültségvezető feszültség—áram karakterisztikája



29-2. ábra. SiC és ZnO alapanyagú 5 kA-es munkaellenállás  $U-I$  karakterisztikája



29-3. ábra. Komplex üzemi működést leképező áramkör

állandóan terheli a munkaellenállást az üzemi feszültség, és a legkisebb feszültség-emelkedésre is

$$R = k \frac{U^\alpha}{I}$$

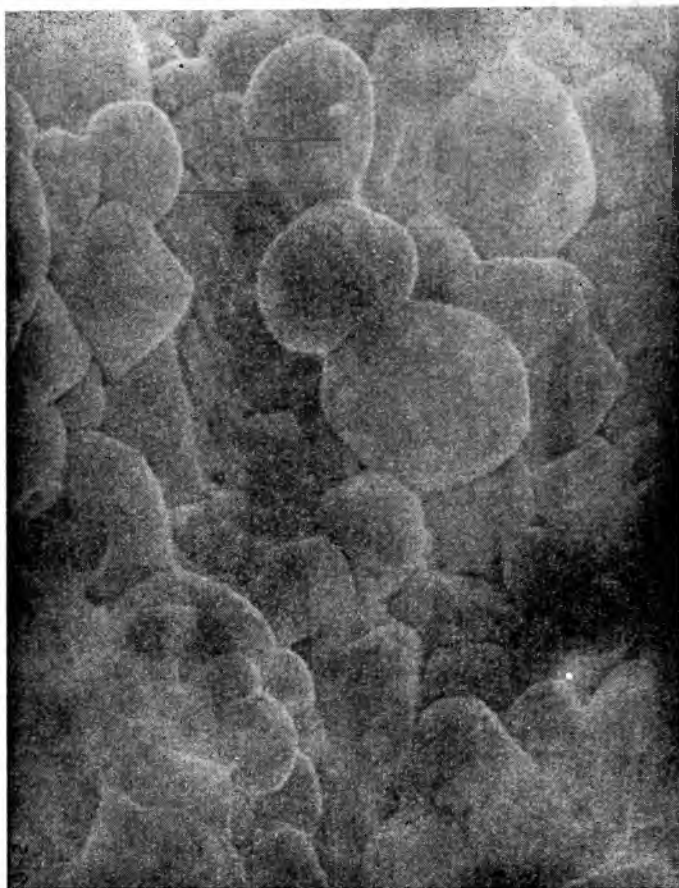
összefüggés szerint (ahol  $\alpha=25\ldots50$ ) változtatja ellenállását. A  $10\ldots100 \mu\text{s}$  nagyságrendű túlfeszültség-hullám lefutása után a cink-oxid levezető terhelése csak a névleges üzemi feszültség melletti  $10^{-6} \text{ A}$  nagyságrendű szivárgóáramból adódik. A szilícium-karbidos levezetőnél azonban a szikraközrendszerben a megszólaláskor fellépő ív oltása csak az első feszültségnulla-átmenetkor tud bekövetkezni, ami jelentős termikus terhelést jelent. Számítógépes programmal ellenőriztük, hogy azonos, 5 kA csúcsertékű,  $8/20 \mu\text{s}$  alakú áramlökés igénybevétele azonos, 3,6 kV-os névleges feszültségű túlfeszültséglevezetőre mit jelent a komplex üzemi működés leképezésével. A 29-3. ábrán mutatjuk be az üzemi működést szimuláló áramkörünket.

A  $8/20 \mu\text{s}$  alakú, 5 kA csúcsertékű áramimpulzus esetén 734 J energiát disszipál a ZnO munkaellenállás, és 744 J energiát a SiC. A működés során — feltételezve, hogy a választószikraközökben ki tud alakulni az utánfolyó áram, azaz a pozitív szinuszfélhullámnak legalább  $60^\circ$ -ánál lépett fel a túlfeszültség — a SiC levezető igénybevétele 6 kJ-ra adódott. A szikraköz nélkül épített fém-oxid levezetőnél ez az igénybevétel mindössze 0,9 kJ.

A szikraközrendszer elhagyása a ZnO levezetőnél az előbbieken túl is számos előnnyel jár. Az ellenállás egységek megfelelő válogatás után párhuzamosan kapcsolhatók. Speciális alkalmazási területeken, ahol nagy energiadisszipációt kell biztosítani, az ellenállások ilyen módon párhuzamosan üzemeltethetők. Nemlinearitásuk következtében a meredek hullámok hatására a ZnO levezető maradékfeszültsége lényegesen kisebb, mint a SiC típusúaké. Nem lévén szikraközrendszer, nem lép fel meredek feszültséglevágás sem.

## 4. 5 kA-es ellenállások kidolgozása

A készülékfejlesztési és gyártásbevezetési program következő lépése az 5 kA-es típusú fém-oxid munkaellenállás évi 10 000 db-os (ún. arányos rész) sorozatgyártási technológiájának kidolgozása volt. A korábbi években kidolgozott laboratóriumi gyártási technológiát részletesen ismertettük a VKI Közleményei 8. kötetben.



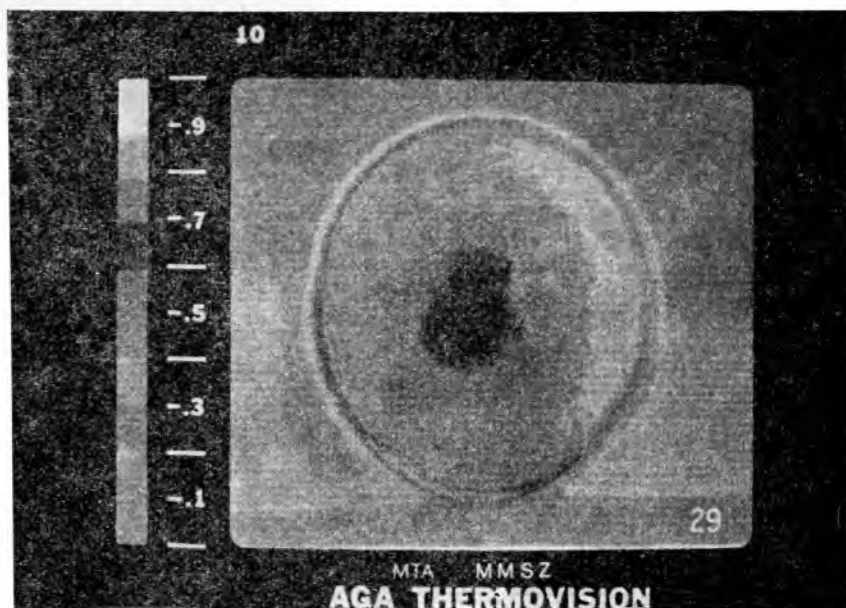
29-4. ábra. Szinterelt nemlineáris fénoxid ellenállás szerkezete

Az optimális anyagösszetétel 90%-ban  $1\ \mu\text{m}$ -nél kisebb szemcseméretű ZnO-ot tartalmaz, és a további 10%-ban adalékként  $\text{Bi}_2\text{O}_3$ -ot,  $\text{CoCO}_3$ -at,  $\text{MnCO}_3$ -ot,  $\text{Sb}_2\text{O}_3$ -ot és  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ -at. Ezen adalékokkal a hőkezelés során az n-vezető ZnO-szemcsék felületén elektroncsapdák alakulnak ki, valamint szemcsék közti szigetelő fázis képződik.

A 29-4. ábrán mutatjuk be a nemlineáris, szinterelt fém-oxid ellenállás szerkezetét. (A felvételt JEOL-JSM-T20 típusú scanning mikroszkóppal készítettük.) Az  $1\text{...}2\ \mu\text{m}$ -es mikrovarisztorok a hőkezelések során  $100\text{...}150\ \mu\text{m}$ -es szemcsékké állnak össze, amelyek a további technológiai folyamatokat előnyösen befolyásolják.

A megfelelő anyagösszetételű présport nedvesen, több lépcsőben homogenizáljuk, szárítjuk, porítjuk, poli(vinil-alkohol) oldattal nedvesítjük. Speciális, kétoldali nyomást biztosító szerszámmal préseljük, és végül többlépcsős hőkezeléssel szintereljük.

A megfelelő technológiával előállított tárcsa anyagszerkezete igen homogén. Alkalmanként termovíziós vizsgálattal ellenőrizzük az ilyen technológiával előállított 5 kA-es típusú fénoxid ellenállásokat. Szinterelés után  $750\ \text{J}$  energiatartalmú  $8/20\ \mu\text{s}$  alakú  $5\ \text{kA}_{\text{cs}}$  értékű pozitív—negatív irányú áramimpulzussal, ún. formálással



29-5. ábra. ZnO munkaellenállás termovíziós felvétele

vizsgáljuk őket az esetleges homogenitási hibák kiszűrése céljából. Az ellenállások névleges beépítési feszültségét az 1 mA-rel mért varisztorfeszültség, az 5 kA-rel mért maradékfeszültség és a termikus stabilitás alapján határozzuk meg. A gazdasági és műszaki követelményeket figyelembe vevő méretezésnek ez a legkényesebb pontja. A gyártó cégek e kérdésre sosem térnek ki publikációikban.

## 5. A túlfeszültségvezető szerkezete

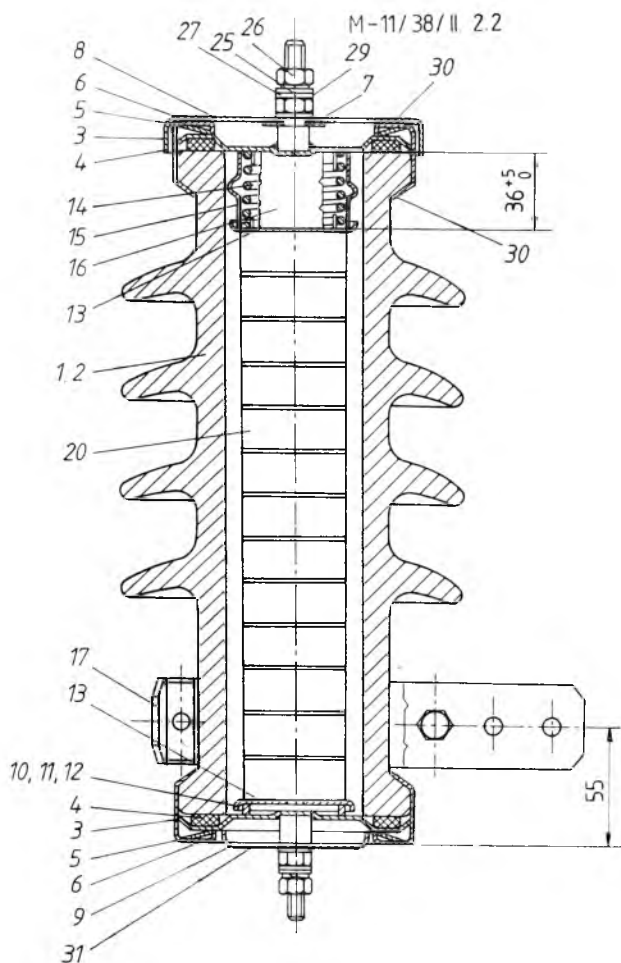
A levezetőkészülék konstrukciójának kialakítása során a következő szempontokat vettük figyelembe:

1. nagy sorozatú gyárthatóság (a GVM Óbudai Gyárában előállítható alkatrészekből);
2. egyszerű kivitel, az árkérdések miatt;
3. a nemzetközi szabványoknak megfelelő méretezések, az exportálhatóság miatt.

A konstrukció kialakításánál figyelembe vettük a legnagyobb hazai felhasználó, az MVMT speciális igényeit is. A 24 kV-os 5 kA-es TLZ 24/5 típusjelzésű levezető konstrukcióját a 29-6. ábrán mutatjuk be. GVM Óbudai gyárában gyártott TLZ 24/5 típusú fém-oxid túlfeszültségvezetőt a 29-7. ábrán mutatjuk be.

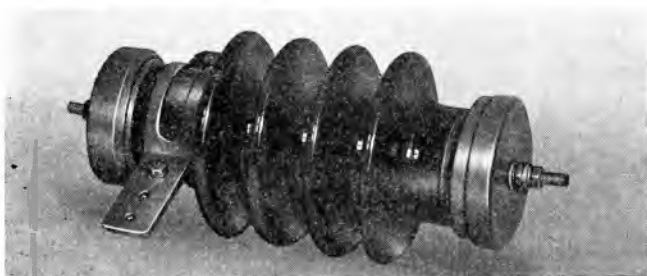
## 6. A túlfeszültségvezető minősítése

A fémoxid levezetőkészülék egyértelmű minősítésére vonatkozóan hazai szabvány nincs. Az IEC 99(1-1981)/37(SC)62: Surge arresters. Part 3: Metal oxide surge arresters far. ac. systems ajánlása figyelembevételével a hazai fejlesztők, gyártók, felhasználók, minősítők és a BME Erősáramú Intézetének részvételével szakbizottság



29-6. ábra. A TLZ 24/5 típusú levezető konstrukciója

1, 2 Porcelánház; 3 Zárólemez; 4 Gumitömítés; 5 Tányérrugó; 6 Sapka; 7 Tömítés;  
 8 Felső sapka; 9 Alsó sapka; 10, 11, 12 Beállító cső; 13 Véglemez; 14 Nyomórugó;  
 15 Átkötő szalag; 16 Szilikagél; 17 Szerelt bitincs; 20–24 ZnO munkaellenállás;  
 25 R alátét; 26 M10 anya; 27 Alátét; 30 Sziloplaszt; 31 Adattábla



29-7. ábra. TLZ 24/5 típusú túlfeszültséglevezető



## 5 kA-es levezetők legnagyobb megengedett maradék feszültsége, kV-ban

Névleges feszültség, kV	$U_{\text{maradék}}/5 \text{ kA}$	
	8/20 $\mu\text{s}$	1 $\mu\text{s}$
3,6	16	19
7,2	27	31
12	43	50
18	65	75
24	87	100

alakult a magyar szabványtervezet kialakítására. A közeljövőben „Túl feszültség-korlátozó” címen megjelenő szabványtervezet részletesen tartalmazza a vizsgálatokra, minősítésekre, előírásokra vonatkozó adatokat.

A VKI Közleményei 8—9. kötetében ismertetett maradékfeszültség-vizsgálatot 2,5 kA—5,0 kA—10 kA csúcsértékű 8/20  $\mu\text{s}$  alakú áramhullámmal ellenőriztük. A gyártók és a felhasználók közti megegyezéssel előírásokat a 29-2. táblázat tartalmazza.

A VKI—GVM fejlesztésű 5 kA-es konstrukció ezeknek az előírásoknak megfelelő, üzemi működési vizsgálatokat, a hosszuhullámállósági és élettartam-vizsgálatot a korábbi MSZ 9249 Túl feszültség levezetők szerint végeztük el. Az új „Túl feszültség-korlátozók” szabványtervezet a cink-oxid levezetők állandósult és tranziens hődiszzipációs képességeit figyelembe véve módosította a vizsgálati előírásokat. Ezeknek megfelelően az új berendezések építése és a vizsgálatok folyamatban vannak.

## Összefoglalás

A VKI fejlesztésű 5 kA névleges levezetőképességű fénoxid túl feszültség levezetők gyártása 1985-ben a Ganz Villamosági Művek Óbudai Gyárában beindult. A készülékcsalád alkalmazási területeinek bővítése céljából a vizsgálatokat tovább kell folytatni, amelyeknek eredményeiről a következő VKI közleményekben fogunk beszámolni.

### Irodalom

- [1] *Dr. Bán Gábor*: Fénoxid túl feszültség levezetők előnyös alkalmazási területei, BME Erősáramú Intézet, Tanulmány, 1984
- [2] *Dr. Geszti P. Ottó*: Villamos Művek. Tankönyvkiadó, Budapest, 1967
- [3] *Gyimóthy Kálmánné—Cséfalvay Miklós*: ZnO ellenállással épített, szikraköz nélküli hálózati és egyéb célú túl feszültség levezetők. VKI Közleményei 8. kötet, 1982
- [4] *Gyimóthy Kálmánné—Cséfalvay Miklós*: Fénoxid varisztorok a túl feszültség védelemben. VKI Közleményei 9. kötet, 1984
- [5] H-23-1984. sz. üzemviteli és létesítési utasítás: A 3-400 kV-os hálózati túl feszültség védelme. Magyar Villamos Művek Tröszt, 1984
- [6] *Dr. Bán Gábor*: Villamosenergia-rendszerek elektromágneses tranziensei. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1986.



# 30.

## Belsőtéri túlfeszültségvédelem

*OROSZ GYÖZŐ*

### ÖSSZEFOGLALÓ

A mérő, szabályozó és vezérlő áramkörök túlfeszültségvédelme, biztonságos működése, a rendszerek különböző pontjain megengedett maximális feszültségszintekhez megfelelően megválasztott túlfeszültségkorlátozó elemekkel biztosítható. Ez magában foglalja a készülékek külső fedővédelmi és belső áramköri szintű finomvédelmi rendszerét, melyet a cikk ismertet. A VKI-ban kifejlesztett többlépcsős túlfeszültségvédelem készülékeinek alkalmazási területeit, műszaki paramétereit, vizsgálati eredményeit összegzi a szerző.

### ЗАЩИТА ОТ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЯ ВО ВНУТРЕННЕМ ПРОСТРАНСТВЕ

*Д. ОРОС*

#### Резюме

Защита от перенапряжения и надежная работа схем измерения, управления и регулирования может быть обеспечена элементами-ограничителями перенапряжения, подобранными соответственно допустимым максимальным напряжениям в различных точках схемы. Это включает в себя изложенные в статье системы наружной защиты приборов и внутренней тонкой защиты на уровне схемы. Авторы обобщают область применения, технические параметры и результаты испытания приборов разработанной в VKI ступенчатой защиты от перенапряжения.

### ÜBERSPANNUNGSSCHUTZ FÜR INNENRÄUME

*GY. OROSZ*

#### Zusammenfassung

Der Überspannungsschutz und die sichere Funktion von Mess-, Regler- und Steuerstromkreisen können durch Überspannungsbegrenzungselemente gewährleistet werden, die dem maximalen Spannungsniveau entsprechend ausgewählt und an verschiedenen Punkten der Systeme aufgestellt wurden. Das beinhaltet den äusseren überlagerten Schutz und das Feinschutzsystem auf der Stromkreisebene, das im Artikel behandelt wird. Die Autoren fassen die Anwendungsgebiete, die technischen Parameter, die Untersuchungsergebnisse der im Institut für Elektroindustrie entwickelten Geräte für den mehrstufigen Überspannungsschutz zusammen.

**Summary**

Overvoltage protection, reliable operation of the measuring — regulating and control circuits can be assured by overvoltage limiting elements properly selected for the maximum voltage levels permitted at various points of the systems. This includes the external, overlap protection system of the equipments and the internal circuit-level fine protection system of the same, described in the article. The authors summarize the field of applications, technical parameters, test results of appliances of the multi-stage overvoltage protection system developed in the VKI.

## 1. Bevezetés

A VKI 61-es osztályán kifejlesztett túlfeszültségvédők az épületen belül levő elektronikák ún. belső villámvédelmét (MSZ 274) biztosítják, ill. technológiai terepen lévő mérő-, vezérlő- és szabályozó- (MSR-) berendezések túlfeszültség általi veszélyeztetettségét hivatottak csökkenteni. (A szakirodalomban elterjedt jelölés ezekre a németből átvett MSR: Mess-, Steuer-, Regelanlagen.) A belső villámvédelmi készülékek egyik leggyakoribb alkalmazási területe a robbanásveszélyes környezetben van, mint pl. a földgázkitermelő, ill. PB-gáz lefejtő üzemek. Ilyen környezetben előírás a gyújtószikra-mentesség biztosítása. A belső villámvédelmi készülékeknek a gyújtószikra-mentességi előírásoknak is meg kell felelniük.

## 2. Védelmi módok

A gyújtóképes kisülést okozó túlfeszültséget a kábelköpenyek, árnyékolások és a készülékek tokozásának földelésével, ill. a kábelerek és a vezetékek szikraközökön és túlfeszültségvezetőkön keresztül való földelésével csökkentik. Az üzemi feszültségek okozta kisülések elkerülésére a gyújtószikramentes áramkörökben a több helyen való földelés tiltott. Mindezek figyelembevételével a terepen lévő távadó berendezések (nyomás-, hőmérséklet-, szintmagasság-, tömeg- és áramlásmérők, sűrűségmérők stb.) jelkimenetére közvetlenül csak ún.  $A$  típusú (későbbiekben részletezett) védelmet lehet kapcsolni [1]. Az üzemi feszültségen végtelen nagy ellenállású  $A$  típusú védelem nem befolyásolja a működést.

A terepről befutó MSR-vezetékek végpontjára, az épületen belüli elektronikus berendezések bemeneteire ún.  $RZ$  típusú védelmet fejlesztettünk ki. A helyi finomvédelmet biztosító készüléktípusból a védendő elektronikák üzemi feszültségétől függő sokféle névleges feszültségű készüléket kellett kifejlesztelnünk (pl. 12 V, 17 V, 26 V).

Az  $RZ$  típusú védelem kétlépcsős. A hossz- és keresztirányú túlfeszültségek elnyomására (20 kV lökfeszültségig) gáztöltésű szikraközt alkalmaztunk. Második lépcsőként, finomvédelemként Zéner-diódás védelmet építünk be, amely az elektronikus berendezések túlfeszültségérzékeny bemeneteire van méretezve: megszólalási feszültsége  $1,3 U_n$  és rövidebb, mint 1 ns.

A készüléket négypólusú kivitelben építettük, ezt minden befutó érpárhoz csatlakoztatni kell. A készüléken ötödik csatlakozó pontként földelőhüvely van elhelyezve, amely egyben a földszínhez rögzíti az eszközt.

### 3. Durva védelmi egység

Az *A* típusú védelem 90 V névleges egyenfeszültségre megszólaló kételektrodás gáztöltésű szikraközt tartalmaz (CERBERUS vagy TESLA gyártmány), műgyantával kiöntött, kétpólusú tokban. A 90 V megszólalási feszültség szint jól igazodik a hazánkban elterjedten alkalmazott MMG Automatika Művek által gyártott tápegységek feszültségéhez, amely általában 17 V; 26 V; 48 V egyenfeszültség.

A gáztöltésű szikraközök úgy korlátozzák a feszültséget, hogy zárt gáz közegben levő ívkisülés révén vezető kapcsolatot hoznak létre a berendezés azon részei között, amelyek között a túlfeszültség fellép, vagy a berendezés és a földelőrendszer között. Ez olyan potenciálkiegyenlítő kötés, amelyen csak a túlfeszültséglevezető ívfeszültségének megfelelő feszültség lép fel. A korlátozóhatás azonnal létrejön, amint a túlfeszültség meghaladja a levezető megszólalási feszültségét.

A VKI-ban kifejlesztett *A* típusú védelemben UC-90 Q típusú, CERBERUS gyártmányú gáztöltésű csövet alkalmaztunk. Ennek műszaki paraméterei a következők:

névleges lökőhullámú levezetőáram ( $i_l$ ): 10 kA—8/20  $\mu$ s;

dinamikus megszólalási feszültség ( $U_d$ ): < 800 V, 2 kV/ $\mu$ s meredekségű feszültséggel;

ívfeszültség ( $U_{iv}$ ): < 25 V;

megszólalási idő ( $t$ ):  $\ll$  100 ns ( $10^{-7}$  s).

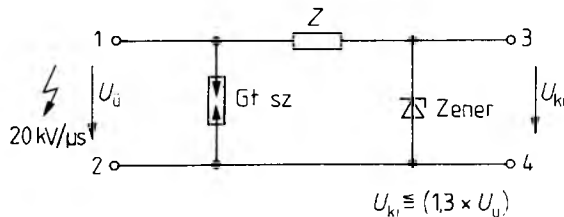
(Hasonló TESLA típusú is kapható már.)

Az *A* típusú egységnek 7 MHz frekvencián van a 3dB-es csillapítási töréspontja szinuszos bemeneti hullámforma esetén, az RZ típusúé — tekintve, hogy járulékos elemeket is tartalmaz — 1,5 MHz körüli.

### 4. Finomvédelmi egységek belső villámvédelemre

Az RZ típusú védelem általános kapcsolása a 30-1. ábrán látható. 3 db 90 V egyenfeszültségű gáztöltésű csövet és soros ellenállást tartalmaz; arra törekedtünk, hogy 3 dB-t csillapítson minden egyes feszültség szintű egységnél. A Z impedancia szinte kizárólag ellenállás lehet a robbanásbiztos területekre való felhasználáshoz igazodva, tekintve, hogy az energiatároló inuktivitás és kapacitás káros hatással lenne az áramok gyújtószikra-mentességére [3], [4].

A finomvédelmi túlfeszültségvédő összeszerelés és kiöntés előtt, valamint a teljes készülék összeszerelt állapotban a 30-2. ábrán látható.



30-1. ábra. RZ típusú finomvédelmi egység kapcsolási vázolata

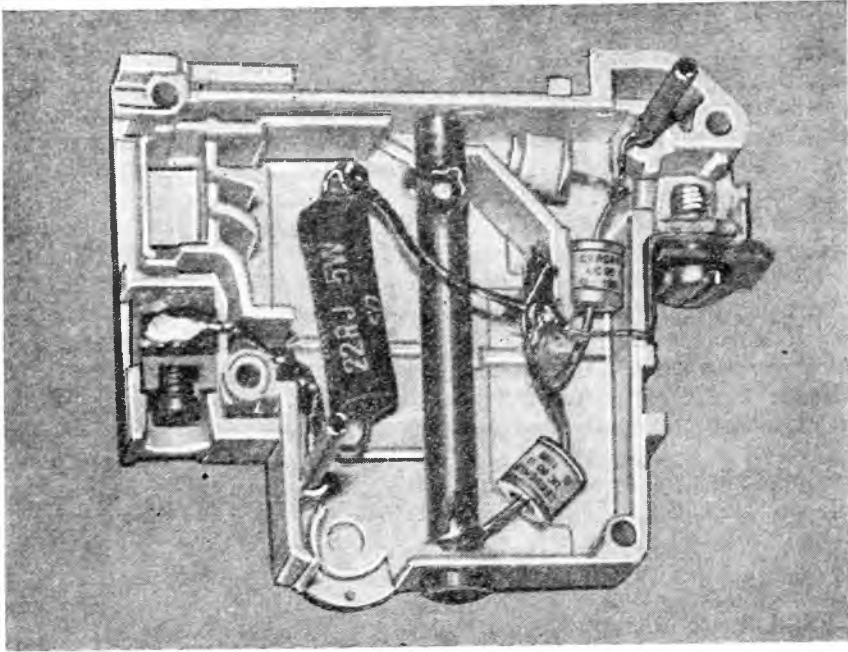
$U_u$  MSR üzemi feszültség, az eszköz névleges feszültsége

$U_{ki}$  a villámvédő kimenetén maximálisan megjelenő feszültség

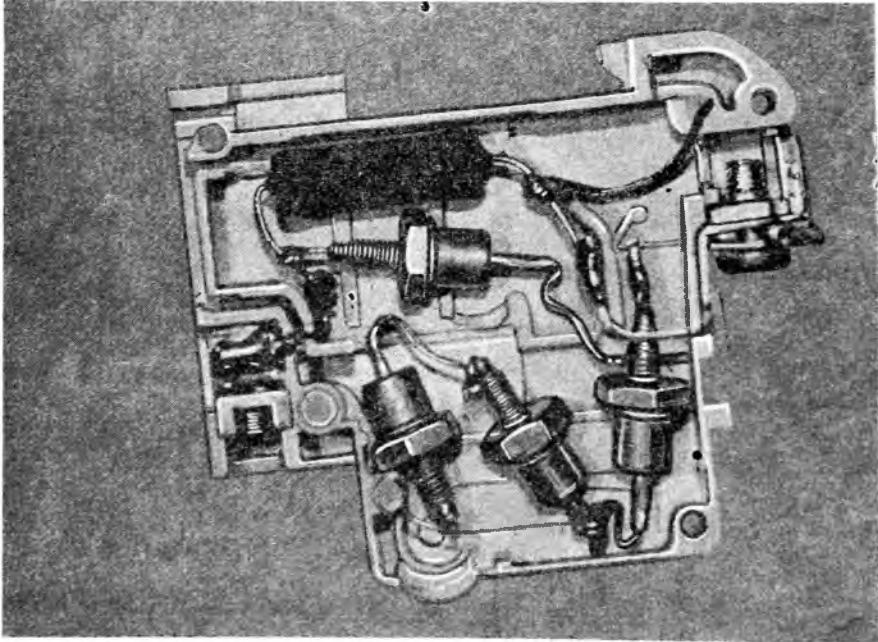
Gf. sz. gáztöltésű szikraközök

Z impedancia (R, L, C vagy szűrő)

Zener Zener-diódák (megszólalási idő  $\ll$  1 ns) (TAZ dióda, válaszdó: 1 ps)



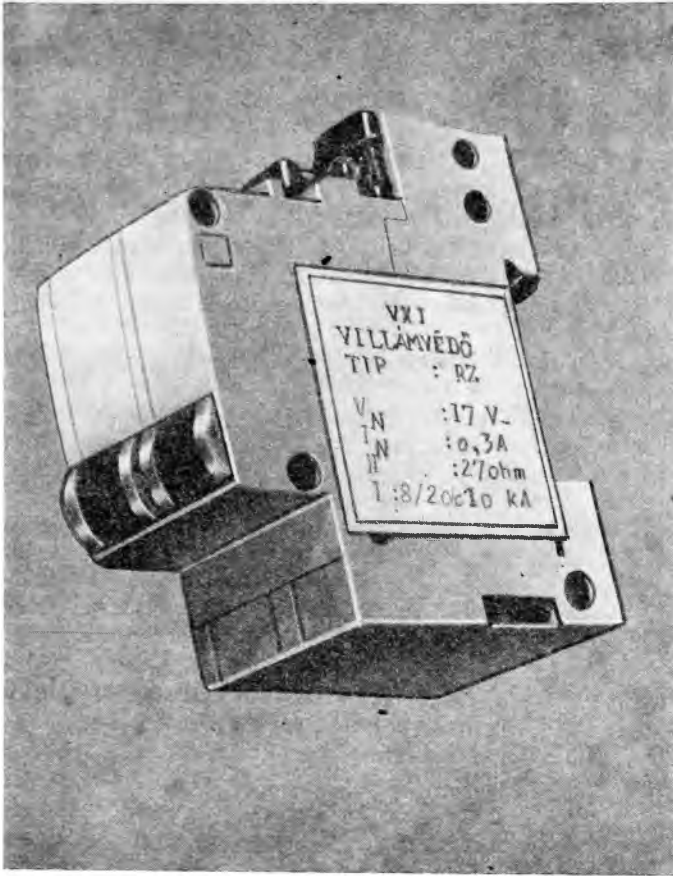
a)



b)

32-2. ábra

a) és b) az egység durva- és finomvédelmi része összeszerelés előtti állapotban;



30-2. ábra. RZ típusú finomvédelmi egység  
c) összeszerelt állapotban

Az alkatrészeket a következő módon méreteztük. Az  $R$  soros ellenállások disszipációjának megválasztásánál figyelembe vettük, hogy a villámvédő bemenetére  $\pm 1,15 U_{\bar{u}}$  feszültség juthat tartósan, és az ekkor folyó áram hatására ezek nem melegedhetnek  $40^\circ\text{C}$  fölé. A felhasználó számára fontos, hogy a kimeneti 3-4 pont soha ne kerüljön rövidzárba (pl. rossz TMK munka következtében), mert akkor a tápegység teljes árama a villámvédő soros ellenállásait melegíti, ill. a rövidzár elkerülésére külső biztosító szükséges.

A Zéner-diódák maximális disszipációjának kiszámítása egyenáramú szempontból történik:  $1,3 U_{\bar{u}}$ -nél indul a zéneráram. (A bemenetet érő villám 20 kV-os impulzusának hatásához viszonyítva így a dióda kissé túlméretezett lesz.) A zéneráramot soros ellenállások korlátozzák:

$$I = \frac{1,3U_{\bar{u}}}{2R},$$

$I U_z = P_z$  a Zéner-dióda teljesítménye, W. Legyen pl.  $U_{\bar{u}} = 24\text{ V}$  egyenfeszültség,

ehhez a 3 dB-t csillapító szabványos ellenállás:  $39 \Omega$ . A másik soros diódán eső nyitó irányú feszültségesést is figyelembe véve:

$$I = \frac{1,3 \cdot 23}{78} = 383 \text{ mA};$$

ezzel  $I \cdot U_Z = 0,38 \cdot 30 = 11,4 \text{ W} \rightarrow 12,5 \text{ W}$  a legközelebbi szabványos teljesítményzénér. A VKI-ban kifejlesztett RZ-24 típusú védelemnél ZX30 jelű INTERMETALL gyártmányú teljesítményzénert alkalmaztunk.

Itt kívánjuk megemlíteni, hogy a szinuszos váltakozó üzemi feszültségre készült eszközeink félvezetőinek számítása is az előzőkhöz hasonló, csak ekkor más feszültségű Zéner-diódákat építünk be, és a kapcsolási rajz is a 30-3. ábra szerinti szimmetrikus elrendezésűvé változik [1].

A félvezetők lökőhullámú szempont szerinti méretezése ellenőrző jellegű, és a következők szerint történik.

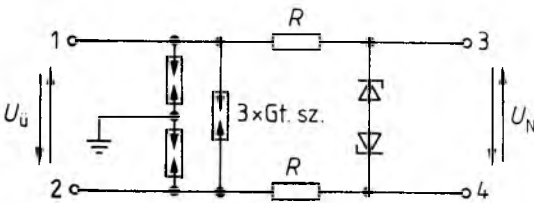
A félvezetőn a lökőhullám 1-2 kV csúcshullámú leosztott hányada disszipálódik, hiszen üzemszerűen egyenáram nem jut a Zéner-diódákra ( $U_Z > U_0$ ). Ez az energia a félvezetőn átfolyó töltéssel és  $\int i^2 dt$ -vel arányos:

$$P = \int_0^{t=\infty} u(t) i(t) dt \approx U_Z \int_0^{t=\infty} i dt + R_Z \int_0^{t=\infty} i^2 dt,$$

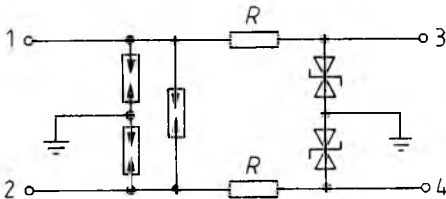
ahol  $u(t)$  a pillanatnyi feszültség a félvezetőn;  $i(t)$  a pillanatnyi áram, amelyik átfolyik a félvezetőn;  $U_Z$  a Zéner-feszültség;  $R_Z$  a Zéner-dióda munkaponti pillanatnyi ellenállása. Tekintve, hogy működés közben a soros ellenálláson jóval nagyobb feszültség esik, mint a Zéner-diódán (l. a kapcsolási ábrákat!), ezért egyszerűsödik az előbbi számítás:

$$P = U_Z \frac{U_1 t_i}{2(R + R_Z)} + R_Z \frac{U_1^2 t_i}{3(R + R_Z)^2}, \quad \text{ha } U_1 > U_Z,$$

ahol  $t_i$  a lökőhullám ideje;  $U_1$  a lökőhullám (surge striking voltage).



30-3. ábra. Szimmetrikus kapcsolású „RZ” típusú finomvédelmi egység



30-4. ábra. A váltakozó áramú körbe tervezett „RZ” típus



A VKI-ban kifejlesztett RZ típusú túlfeszültségvédő készülékben alkalmazott ZX-sorozatú Intermetall gyártmányú félvezető teljesítménye az előbbi számítás szerint is megfelelőnek bizonyult [5].

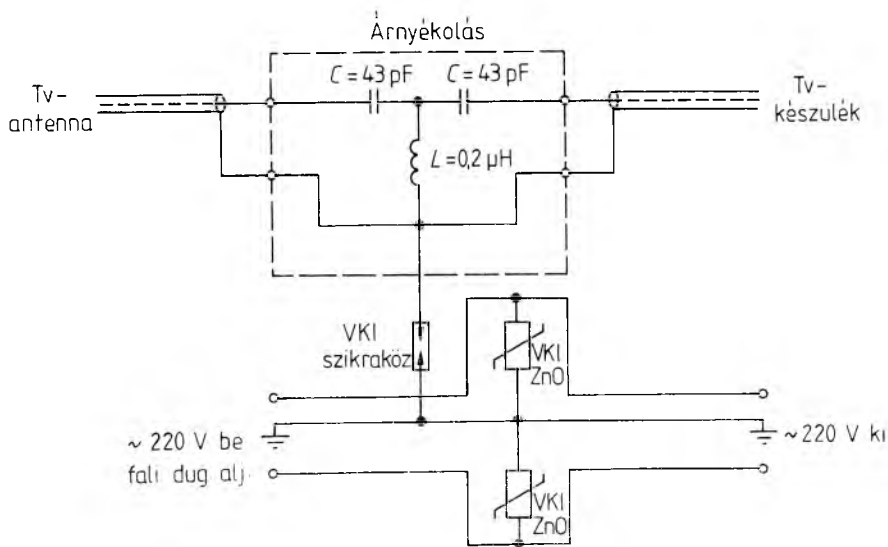
Az RZ típusú védelem váltakozó áramú körben való felhasználására szolgáló készülékváltozatának kapcsolását a 30-4. ábrán mutatjuk be.

## 5. Villámvédelem és zavarvédelem tv-készülékekhez

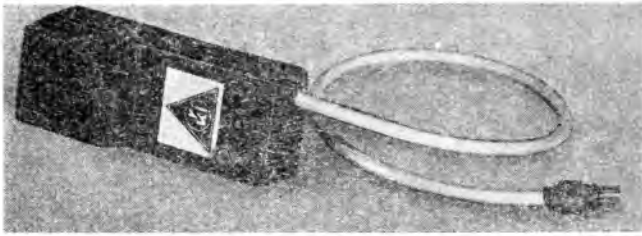
A tv-készülékek antennabemenetét veszélyeztető légköri kisülések és a vételt zavaró környezeti hatások ellen komplett tv-védő készüléket fejlesztettünk ki a belsejében túlfeszültségvédelem keretén belül.

A zavaró környezeti hatások közül a CB-rádiókat emeljük ki elsősorban. Ezek gyakran a maximális adóteljesítményen dolgoznak, ezért görbült karakterisztikán levő munkapontban üzemelnek és olyan felharmonikusokat termelnek, amelyek a tv-vételt közelről erősen zavarják [6]. A tv-csatornák frekvenciái a zavarójelek felett helyezkednek el. A VKI-ban készült zavarvédőben a korábban már bemutatott (30-1. ábra) RZ típusú finomvédelmi eszközt fejlesztettük tovább úgy, hogy a Z impedanciát felüláteresztő szűrőként realizáltuk. A komplett túlfeszültség- és zavarvédő készülék kapcsolási rajzát a 30-5. ábrán mutatjuk be.

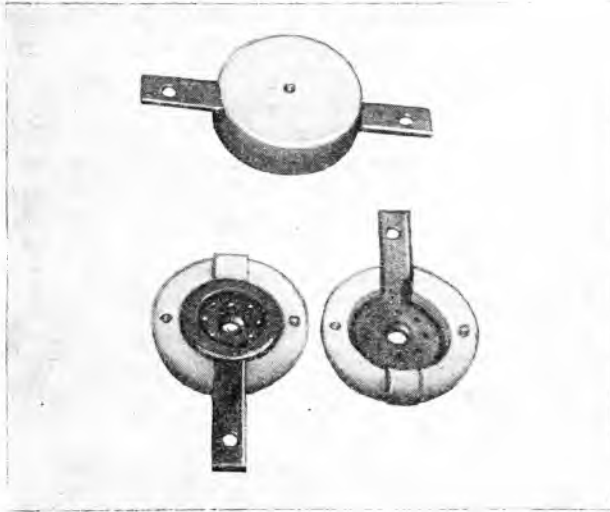
Ez a szűrő 40 MHz kritikus frekvenciától (ez a töréspont) felfelé ereszt át az URH és tévésávokat. (A szűrő átranszformálható  $\pi$ -taggá is, sőt több fokozatú szűrő is beépíthető a légmagos tekercsekkel és kerámiakondenzátorokkal rekeszesen árnyékolt fémdobozba, nagyfrekvenciás szerelési szabályok szerint építve, de meredekebb vágású csillapító karakterisztikájú szűrőket nem kívánunk beépíteni, mert ezeket már az egyes tv-készülékek belső antennaköreivel együtt kellene tervezni, és akkor a tv-villámvédő nem lenne univerzális.)



30-5. ábra. Televíziók számára kifejlesztett komplett túlfeszültség- és zavarvédő készülék kapcsolása



30-6. ábra. Villámvédelemmel ellátott tv-csatlakozó



30-7. ábra. A komplett tv-védelem számára kifejlesztett szikraköz

A készülék dugaszolható kivitelű, felszerelése egyszerű (30-6. ábra). Bemeneti kapcsait a védőföldeléses hálózati csatlakozóra és az antenna fali csatlakozójára kell dugaszolni, a tv-készülék hálózati és antennacsatlakozásait pedig a túlfeszültség-védő készülékre kell csatlakoztatni. Az MSZ 274 előírja melegpadlós helyiségekben is a védőföldeléses dugaszolóaljzatot, ha a gáz vagy központi fűtés földelt szerelvényei is ott vannak.

A készülékbe a 30-7. ábrán látható légréses szikraközt szereltük be, amely 1...2 kV-on szólal meg, és nem okoz nagyfrekvenciás csillapítást a koaxiális kábelben.

## 6. Alkalmazás, beszerelés

Az RZ típusú eszközeinket epoxi műgyantával öntjük ki, hogy az épületen belül IP44-es, vagy terepen IP54-es tokozású dobozba szerelve (az MSZ 1600/8 szerint) a robbanásbiztonság követelményének megfeleljenek. Csak az eszköz kivezetéseit kell a szabvány szerint portól, víztől és behatoló tárgytól védeni.

A csupán rezisztív belső tagokat tartalmazó RZ típusú eszközünk villámláskor csupán 30%-kal nagyobb feszültséget produkál az MSR-áramkör számára, mint az

MSR-áramkör üzemi feszültsége. Ez kis energiataralmánál fogva gyújtószikramentességet biztosít, hiszen eleve kis gyújtó áramerősség alakulhat ki az induktív vagy kapacitív kábelvégeken, természetesen csak akkor, ha az MSZ 4814/7-ben található gyújtószikramentes külső áramkörökre vonatkozó előírások teljesülnek. (Ezen a téren a döntő szó azé a rendszertervező villamosmérnöké, aki a berendezéseket a robbanásveszélyes területen telepíti.)

Az RZ típusú villámvédelmi egységek fenntartás nélkül, azonnal beszerelhetők az áramgenerátoros kimenettel rendelkező távadók kábelvégződéseire, elsősorban a fogadói oldalon. Ilyen a bevezetőben említett szinte valamennyi távadó, vagyis kimenőjelük 4...20 mA, 0...5 mA, 0...20 mA áramtartományt ölel fel. Ezek az érzékelt mennyiség változását áramváltozássá alakítják át, miközben a tápfeszültség stabilizált és nem változik.

A távadót és a tápegységet tartalmazó soros áramkör terhelhetősége:

$$R_L = \frac{U_T - 14}{I_{\max}} \Omega$$

lehet [8], ahol  $U_T = 14...18$  V, így ez a soros áramkör

$$R_L = \frac{18 - 14}{0,02} = 200 \Omega$$

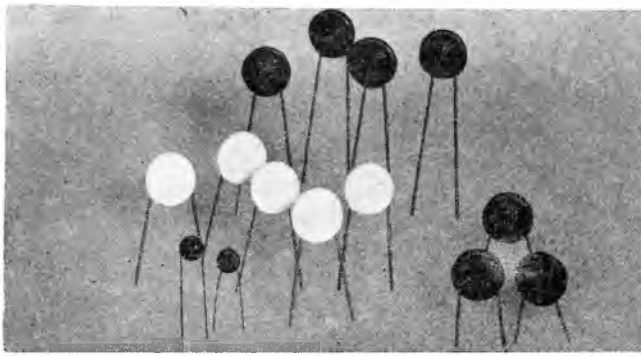
rezisztenciát tartalmazhat. Az RZ 17 típusú védőeszköz ebből  $2 \times 27 \Omega = 54 \Omega$ -ot használ fel. Beszerelés után a távadó elektronikus kártyákon csak a hitelesítést kell elvégezni, ami nem több, mint a „ $P_1$  nullapont” és „ $P_2$  tartomány” potenciométerek esetleges utánállítása.

A VKI a rendelések teljesítésekor a beszerelés helyén levő MSR berendezések típusának ismeretében a védőeszközre a meglévő változathoz javaslatot tesz és konkrét beszerelési utasítást is ad a felhasználónak, pl. ahol ún. „gyújtószikramentes Zéner-gátakat” használnak (az MMG Automatika Művek szereli fel), azok megtarthatók egy nagyobb védelem biztosításával. Eljűk a terepről bejövő oldalon A típusú VKI-egységet javasolunk; ahol nincs ez az említett Zéner-gát, oda RZ típusú VKI-egységet kell beszerelni.

Az A típusú VKI-egység fő alkalmazási helye a robbanásveszélyes technológiai helyszín. Ezeket a terepen levő érzékelők, jeladók, beavatkozásszervek minden kimeneti kapcsa és a földelés közé kell beszerelni. Más szóval minden terepről induló kábelér indulási vége és a földelés közé A típusú védőegységet javasolunk.

Robbanásveszélyes területen, amely épületen belül is lehet (pl. PB-gáztöltő állomás), az üzemi feszültség zavaaraiból vagy különféle meghibásodásokból keletkező gyújtószikra elleni védelmet a telemechanikai (MSR-) berendezéseket gyártó cégek ismert módokon megoldották. Az egyik elv szerint a már említett gyújtószikragátak (pl. „Rozmaring P 28”) működnek; más elven biztosít a kontaktusleválasztós gyújtószikra ellen védő berendezés (pl. „Rozmaring R-GEE-4/A”). Túlfeszültségek (2...10 kV-os lökőfeszültségek) ellen azonban ezek a konstrukciók védtelenek, sőt ha tönkremennek, gyújtószikraforrásként működhetnek. Ezekre az eszközökre, a terepről bejövő kábel csatlakozási kapcsainál VKI A típusú villámvédők felszerelését javasoljuk.

A fogadóépületben a jelfeldolgozó és egyéb elektronikus egységek a ~220 V-os hálózatról üzemelnek. E berendezések háromerű védőföldeléses ~220 V-os tápkábelének csatlakozási pontjaira a 400...500 V-os varisztorfeszültségű 1,5 kA-os, VKI gyártmányú cink-oxid varisztorokat tartalmazó (30-8. ábra) villámvédő egységeinket



30-8. ábra. A komplett tv-védelem számára kifejlesztett készülékben alkalmazott ZnO varisztorok

javasoljuk felszerelésre. A fázisvezető és földelővezető, ill. a nullavezető és védővezető közé kössük be őket. Kivitelük azonos az *A*, ill. *RZ* típusúval, azaz két-, ill. négy pólusú műanyag házban, műgyantával kiöntve készülnek.

### Irodalom

- [1] Dehn+Söhne katalógus
- [2] CERBERUS kat. 1983. aug.
- [3] Kádár—Hajas—Dr. Stefán: Érintésvédelem. Robbanásbiztos villamos berendezések. BME Mérnök Továbbképző Intézet, 1982. Sorszám: 5076.
- [4] Pongrácz—Gajer—Mányi: Robbanásbiztos villamos berendezések, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1980.
- [5] International Telegraph and Telephone Consultative Committee (C.C.I.T.T.) V—N° 19-E 1975.
- [6] Rothammel: Antennakönyv. Műszaki Könyvkiadó, 1977.
- [7] LM Ericsson Telemetrial AB gyártmányismertető (NSZK, Svájc)
- [8] MMG Automatika Művek műszerkönyvei

# SZIGETELÉS- TECHNIKA



# 31.

## Treeingvizsgálatok alkalmazása polietilén szigetelőanyagok villamos szilárdságát befolyásoló jelenségek vizsgálatánál

*BOGNÁR ALAJOS—DR. ZELENYÁNSZKI ENDRE*

### ÖSSZEFOGLALÁS

A treeing lappangási idejének mérésére a VKI-ban kifejlesztett módszer jól alkalmazható a technológiai eljárások paraméterei, az adalék anyagok, a környezeti hatások és a villamos tartamszilárdság közötti összefüggések feltárására. A nemzetközi tudományos fórumokon is elismert mérési módszer gyakorlati felhasználásának szemléltetésére a dolgozat összefüggéseket mutat be, amelyek a hazai kábelipari polietilén és az ehhez kapcsolódó külföldi referenciaanyagok vizsgálati során adódtak. A dolgozat részletesebben kitér a nedvességtartalom és a villamos treeing kialakulása közötti összefüggésekre.

### ПРИМЕНЕНИЕ ТРИИНГ ИСПЫТАНИЙ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ЯВЛЕНИЙ, ВЛИЯЮЩИХ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ ПРОЧНОСТЬ ПОЛИЭТИЛЕНОВЫХ ИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

*А. БОГНАР—Д-Р. Э. ЗЕЛЕНЯНСКИ*

### Резюме

Разработанное в VKI измерение латентного триинг времени успешно применимо для раскрытия взаимосвязей между параметрами технологических методов, добавками, воздействием окружающей среды и долговременной электрической прочностью.

Для иллюстрации практического применения признанного в том числе международными научными учреждениями метода представляются зависимости, полученные в процессе испытаний отечественного полиэтилена для кабельной промышленности и связанных с этим заграничных референтных материалов. В работе детально излагаются зависимости между влажностью и образованием электрического тринга.

### ANWENDUNG VON TREEING-UNTERSUCHUNGEN BEI DER ÜBERPRÜFUNG VON ERSCHEINUNGEN, DIE DIE ELEKTRISCHE FESTIGKEIT VON ISOLIERSTOFFEN AUS POLYÄTHYLEN BEEINFLUSSEN

*A. BOGNÁR—DR. E. ZELENYÁNSZKI*

### Zusammenfassung

Die Messung der Treeing-Einsatzzeit, die im Forschungsinstitut der Elektroindustrie entwickelt wurde, kann zum Aufdecken von Zusammenhängen zwischen den Parametern der technologischen Verfahren, den Additiven, den Umgebungseinflüssen und der elektrischen Dauerfestigkeit gut verwendet werden.

In der Arbeit werden Zusammenhänge zur Veranschaulichung der auch an internationalen Foren anerkannten Methode gezeigt, die sich bei der Untersuchung von Referenzstoffen hinsichtlich des Polyäthylens in der ungarischen Kabelproduktion sowie in der des Auslands ergeben haben. In der Darlegung wird auf die Zusammenhänge zwischen dem Feuchtigkeitsgehalt und der Herausbildung des elektrischen Treeings ausführlich eingegangen.

## APPLICATION OF TREEING TESTS FOR EXAMINATION OF PHENOMENA INFLUENCING THE ELECTRIC STRENGTH OF POLYETHYLENE INSULATION MATERIALS

BY A. BOGNÁR—DR. E. ZELENYÁNSZKY

### Summary

The measurement of the treeing inception time developed in the VKI (Research Institute of the Electrical Industry) can be well utilized for revealing the relationships, existing between the parameters of the technological procedures, the additive materials the environmental effects and the long-term electric strength.

For illustration of practical utilization of the measurement method acknowledged also on international scientific forums, the study introduces relationships revealed in the course of tests carried out on polyethylene used by the domestic cable industry and on foreign reference materials joining the former. The study also investigates in detail the relationships existing between the moisture content and the electric treeing.

## 1. Bevezetés

A műanyag szigetelések tartós villamos szilárdsága nagymértékben függ a szigetelés inhomogenitásaiban (gyenge helyein) kialakuló treeingtől. Ez tulajdonképpen a villamosan igénybe vett szigetelésben kialakuló elágazó kisülési csatorna kifejlődése, amelyet fához hasonló alakja miatt ma már internacionálisan tree-nek, a folyamatot treeing-nek nevezik.

A szigetelések igénybe vehetősége (adott, pl. inherens inhomogenitások mellett) jelentős mértékben függ treeingképződési hajlamuktól. Érthető tehát az a törekvés, hogy a szigetelések treeingállóságának meghatározására olyan nemzetközi és nemzeti fórumok mint VDE [1], ASTM [2], IEC [3] és CIGRÉ WG 15-06 az utóbbi időben jelentős figyelmet fordítottak.

A vizsgálati módszerek többsége szerint a treeinget kiváltó inhomogenitást  $\mu\text{m}$  nagyságrendű lekerekítési rádiuszú tűelektróddal modellezik. A földpotenciálón levő ellenelektrodként mind sík, mind 0,1 mm nagyságrendű lekerekítési rádiuszú tűelektródot is szoktak alkalmazni. A tree kifejlődése — a villamos igénybevétel rákapcsolásától az átütés bekövetkeztéig — két jelentősen elkülönülő fázisra bontható. Konstans váltakozó feszültségű igénybevétel esetén definiálható

- a tree kialakulásának lappangási ideje (treeing inception time; Kanaleinsatzzeit), amely a bekapcsolástól az első irreverzibilis kisülési csatorna kialakításáig tart,
- a tree kifejlődési ideje (propagation time; Kanalwachstumzeit), ez idő alatt terjednek szét a kisülési csatornák a szigetelésben egészen az ellenelektrod eléréséig, az átütésig.

A treeképződési hajlam megítélésére a konstans feszültség mellett meghatározott lappangási idő jól használható. Ha a tree kialakulásának feltételei megvannak, a csatorna szétterjedése, kifejlődése (egészen az átütésig) nagy valószínűséggel bekövetkezik.

A tree létrejötte a tűelektród hegyénél kialakuló részkisülés villamos jelei alapján



érzékelhető. A lappangási idők sztohasztikus jellege miatt — a korrekt matematikai-statisztikai kiértékeléshez — nagyszámú próbatesten, azonos körülmények között meghatározott adata van szükség. A vizsgálatokhoz speciális vizsgálóberendezést fejlesztettünk ki, amellyel tíz próbatesten lehet egyidejűleg, párhuzamosan meghatározni a tree lappangási idejét, biztosítva annak a próbatestnek a szelektív lekapcsolását, amelyben a tree kialakult. A vizsgálóberendezéssel kapcsolatos további részleteket már máshol publikáltuk [4]—[10].

Az eddig elmondottak szorosabban véve az ún. villamos treeing jelenségére vonatkoznak. Több, mint egy évtizede foglalkozik a szakirodalom a víz, ill. nedveség, valamint inhomogenitás és villamos igénybevétel egyidejű jelenlétében kialakuló vizes tree (water-tree) jelenséggel.

E munka keretében a két jelenség merev elhatárolása helyett éppen a közös, egyidejű, egymás kifejlődését befolyásoló tényezők vizsgálatát kezdjük el. Közlelebb-ről megvizsgáljuk azt is, hogy a környezet páratartalma (szélsőségeként vízfürdőben való tárolás is) — végső soron a szigetelés nedvességtartalma — hogyan befolyásolja a villamos tree kifejlődését.

## 2. Kísérleti rész

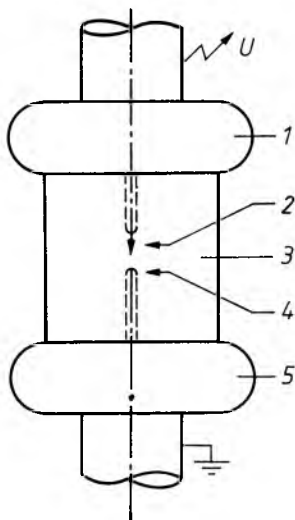
A polietilén (PE) próbatesteket 6 mm vastag lemezből vágtuk ki, amelyet extrudált szalagokból préseléssel állítottuk elő. A próbatest ily módon  $26 \times 26 \times 6$  mm hasáb, a tüelektródok lekerékítési rádiuszaira  $r_1 = 5 \mu\text{m}$ , ill.  $r_2 = 500 \mu\text{m}$ , az elektródtávolság  $s = 3,7$  mm értékeket választottuk (31-1. ábra).

A szimmetrikusan elhelyezett, egymással szemben álló tüelektródokat nagyon gondosan ültettük be, hogy az elektródok előtti szigetelőanyag ne károsodjon. A tú beültetésére speciális szerszámot fejlesztettünk ki, amellyel egyidejűleg tíz PE próbatest látható el elektródokkal. A tűk betolása  $110^\circ\text{C}$  hőmérsékletű szerszámokban, lassan történt. Az általunk kidolgozott technológiával előállított próbatestek jó minőségűek, a tűk hegye előtt nem keletkezik légzárvány, ami a részkisülésmérés eredményeit teljesen meghamisítaná.

A tüelektródokkal ellátott próbatesteket a villamos vizsgálatokhoz a 31-1. ábrán látható mérőelektródok közé tesszük, amelyek a külső villamos tér kedvezőbb potenciáeloszlását biztosítják. Később ismertetendő kísérleti eredményeink igazolták, hogy a próbatest elkészítése és a vizsgálat elkezdése közötti idő a mérési eredményeket jelentősen befolyásolja. A vizsgálatok jelentős részénél, ahol az összevethetőség kérdése felmerült, egységes tárolási időt (7 napot) tartottuk be. Külön megjegyzés hiányában a tárolás *normál laboratóriumi* hőmérsékleten és páratartalom mellett történt.

A jelen munka egyik célja volt a légnedvesség hatásának vizsgálata. Ehhez a próbatesteket különböző relatív légnedvességű térben (száraz levegő 0%, 20%, 80%), ill. vizes közegben kondicionáltuk, szintén 7 napos tárolási időre. A kondicionálást szárítási szakasszal is kiegészítettük, a villamos mérés által kívánt felületi részkisülésmérség elérése céljából.

Az ily módon előkészített próbatesteken meghatároztuk a tree lappangási idejének eloszlását. Ez a gyakorlatban minimálisan 10—20, azonos anyagú és azonos körülmények között előkészített próbatesten elvégzett vizsgálatot jelentett. Az eredmények kiértékelése és szemléltetése Weibull-statisztikával történt. A tanulmányban speciális, ún. Weibull-lépték szerinti diagramokat használunk, amelyeknél a vízszintes tengelyen a tree lappangási idő ( $t_i$ , perc), a függőlegesen viszont a tree fellépésének kumulatív gyakorisága (%) szerepel. A diagramokon több esetben is (ahol erre lehetőség volt) feltüntettük a mérési eredményekre illeszkedő, Weibull-eloszlást reprezen-



31-1. ábra. PE próbatest mérőelektrodokkal

- 1, 5 sárgaréz elektrodok ( $\varnothing$  38 mm)
- 2 tűelektrod ( $\varnothing$  1 mm, kúpszög  $30^\circ$ , lekerekítési rádiusz  $r_1 = 5 \mu\text{m}$ )
- 3 PE hasáb  $26 \times 26 \times 6$  mm
- 4 Ellenelektrod ( $\varnothing$  1 mm, lekerekítési rádiusz  $r_2 = 500 \mu\text{m}$ )

táló egyenest és annak 90%-os toleranciahatárait is. A Weibull-eloszlás paramétereinek becslését és a toleranciahatárok kiszámítását számítógéppel végeztük. A vizsgálatokat külföldi és hazai gyártású termoplasztikus, kábelipari PE szigetelőanyagokból készített próbatesteken végeztük el.

### 3. Vizsgálati eredmények

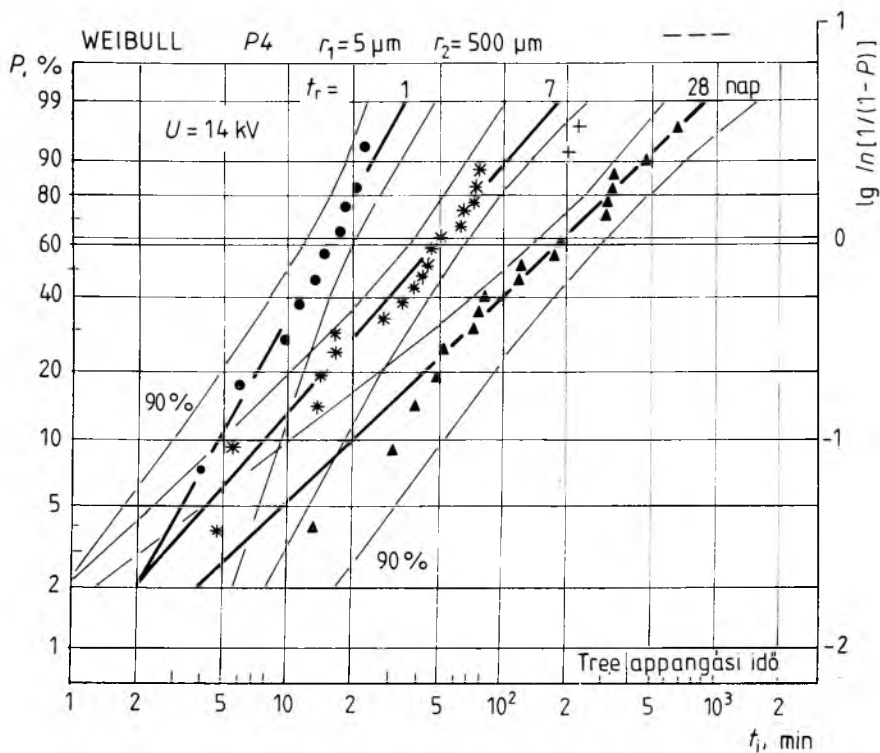
#### 3.1. Előzetes vizsgálati eredmények, normál levegőben való tárolás esetén

A tree lappangási ideje meghatározásának hasznosságát a vizsgálati eredményekkel kívánjuk alátámasztani. Ehhez meg kell jegyezni, hogy ez a vizsgálati módszer egyáltalán nem számít még kiforrottnak.

A CIGRÉ 15-06 munkabizottságán belül (szilárd szigetelőanyagok) külön célcsoport alakult „treeing endurance tests” (treeing-tartamvizsgálatok) vizsgálati módszerének kidolgozására, amelynek munkájában megalakulása óta részt veszünk [6], [14]. Amint ez a következő példákból kiderül, a környezeti hatások jelentős befolyást gyakorolnak a tree kialakulására.

A 31-2. ábrán a próbatestek előállítási körülményei, pontosabban az előállítás és a vizsgálatok elkezdése közötti pihenési időnek ( $t_r$ ) a tree kialakulására gyakorolt hatását szemléltetjük. A  $t_r$  értéke 1, 7, ill. 28 nap, a lappangás idejének eloszlása (különösen a nagyobb valószínűségek tartományában) szignifikánsan eltér a pihenési időtől függően.

A 31-3. ábrán a villamos vizsgálat közben a próbatestet körülvevő szigetelőközeg hatását kívánjuk szemléltetni. Az összehasonlításnak gyakorlati realitása van, mivel



31-2. ábra. Treelappangási idő eloszlása termoplasztikus polietilén próbatesteken, 1, 7 és 28 nap pihenési idő után felvéve

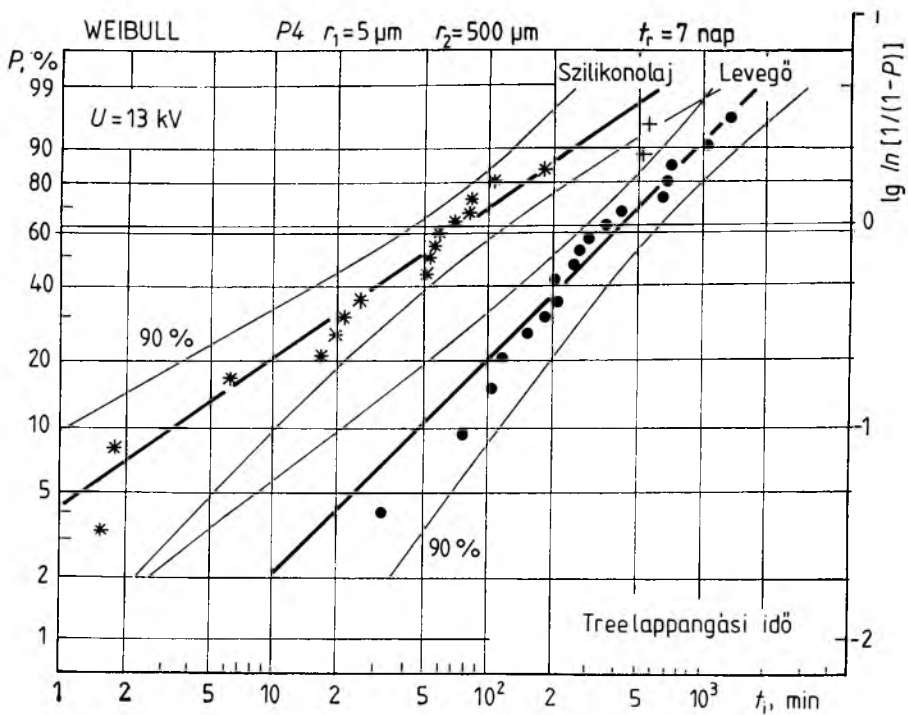
— különösen tű—sík elrendezésnél — a felületi kislülések elkerülésére a próbatesteket általában a vizsgálatok alatt szigetelőolajban tartják. Meglepő módon a szilikonolajban tartott próbatesteknél a tree hamarabb létrejön. Megállapítható, hogy a beágyazó szigetelőközeg a lappangási időre szignifikáns hatást gyakorol.

Mindkét előző tényezőről (tárolási vagy pihenési idő, ill. beágyazó szigetelőközeg) megállapítható, hogy ezek olyan paraméterek, amelyeket a kiértékelésnél és a mérési eredmények összehasonlításánál más külföldi laboratóriumok nem szoktak figyelembe venni. Mint már jeleztük, összehasonlítás célját szolgáló méréseinknél (ha erre külön más utalás nincs) 7 nap tárolási időt és többnyire levegő beágyazó közeget alkalmazunk.

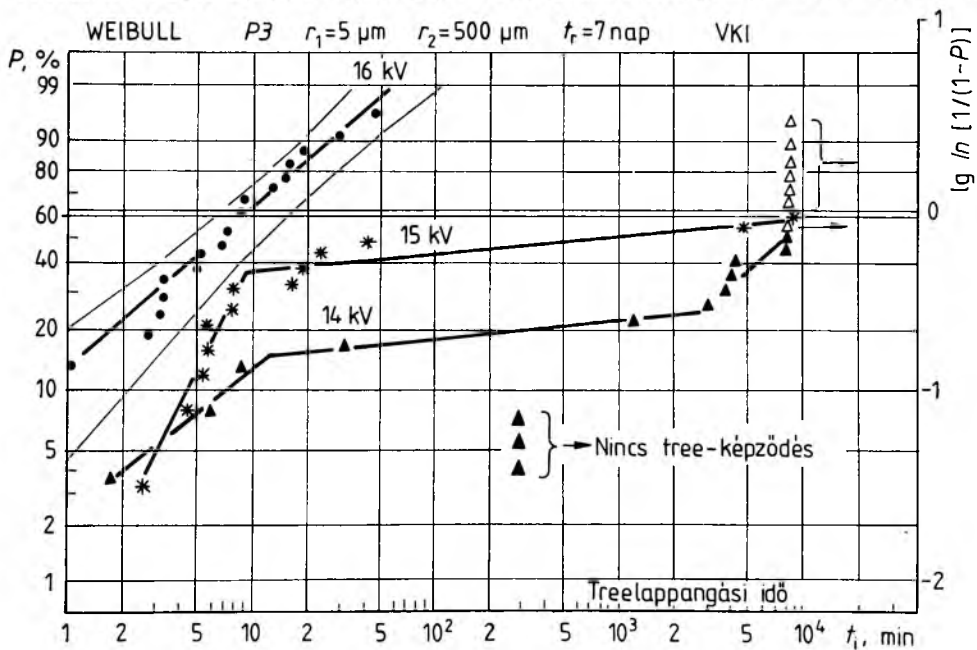
A már ismertetett 31-2. és 31-3. ábrán (valamint a 31-5. és a 31-6. ábrán a 13 és 14 kV-os felvett eloszlásokból) látható, hogy a treelappangási idők Weibull-eloszlással jól leírhatók. Ugyanakkor a 31-5. és a 31-6. ábra 12 kV-on felvett jelleggörbéi már ettől eltérő eloszlást mutatnak; erre még a 3.2. pontban visszatérünk.

Mindenesetre a Weibull-eloszlástól való eltérés már olyan fizikai jelenségre is utalhat, amely éppen az eloszlás jellegével magyarázható. Ennek demonstrálására a 31-4. ábrán már olyan eloszlásokat mutatunk be, amelyet feszültségstabilizáló adalék anyagot tartalmazó, termoplasztikus PE próbatesteken vettünk fel.

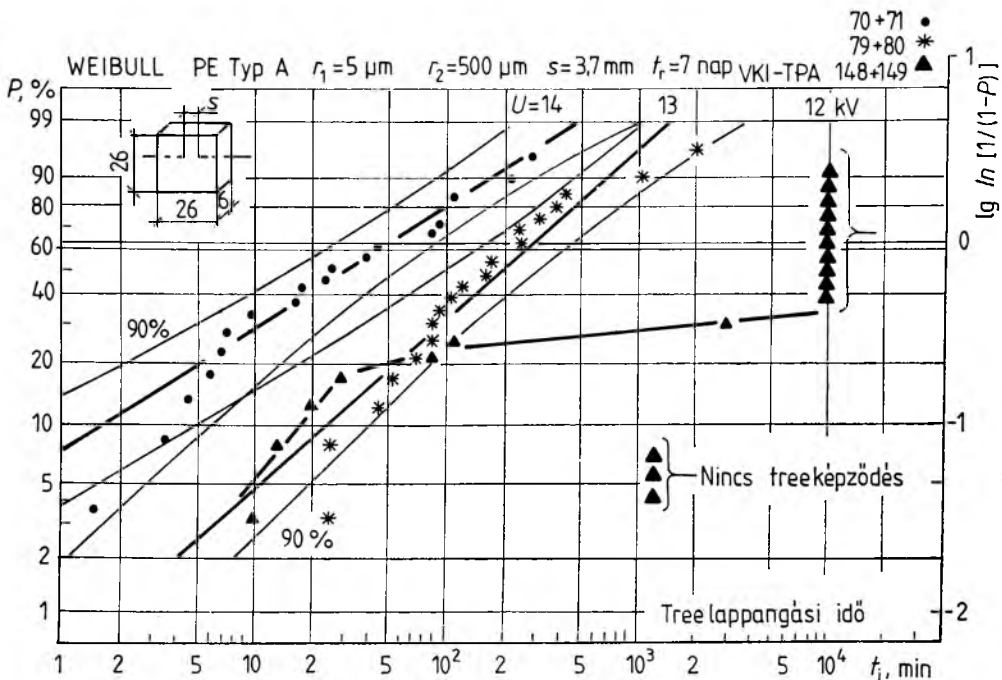
A villamos tree kialakulásának meggátolására, ill. késleltetésére szokásos preventív intézkedés a stabilizáló adalék anyagok bekeverése. A 31-4. ábra jelleggörbéi arra



31-3. ábra. A PE próbatesteket beágyazó szigetelőközeg hatása a tree lappingási idejének eloszlására



31-4. ábra. Tree lappingási idejének eloszlása feszültségstabilizáló adalék anyagot tartalmazó termoplasztikus PE próbatesteken felvéve



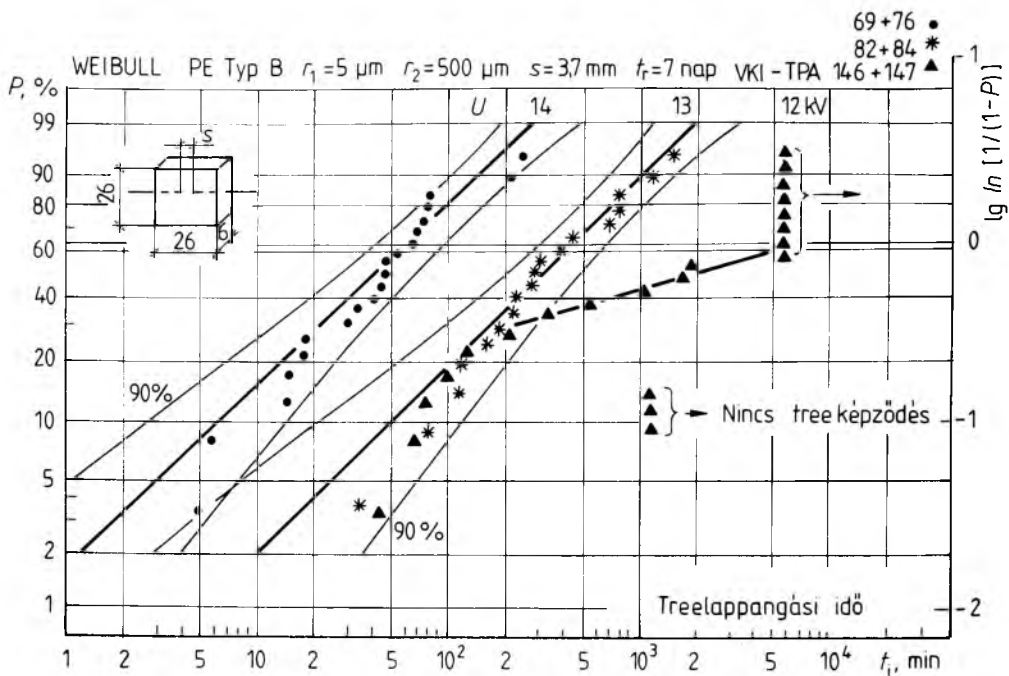
31-5. ábra. Tree lappangási idejének eloszlása különböző vizsgálati feszültségek esetén, külföldi gyártású termoplasztikus polietilén próbatesteken felvéve

utalnak, hogy ezek hatásmechanizmusa — az adott esetben — feszültségfüggő, 16 kV-on még lényegében nem érvényesül. Ugyanakkor 14 és 15 kV-on már kevert, bimodális Weibull-eloszlást kaptunk. Az utóbbi a stabilizáló adalékok molekuláinak migrációjával (a villamos térben való mozgásával) függ össze, amely természetesen bizonyos időt igényel. Ennek feltételei inkább 15 kV-nál kisebb feszültségen alakulnak ki. A stabilizáló hatást kifejtő molekuláknak a nagy villamos télerősségű hibahely felé történő migrálása az — ismert mechanizmus szerint — a treeinget kiváltó „forró” elektronok befogása, ill. energetikai hatástalanítása valószínűségének növelésével jár. Ez látható azon próbatestek nagy számából, amelyeknél nem lép fel treeképződés a szokásos vizsgálati időn belül.

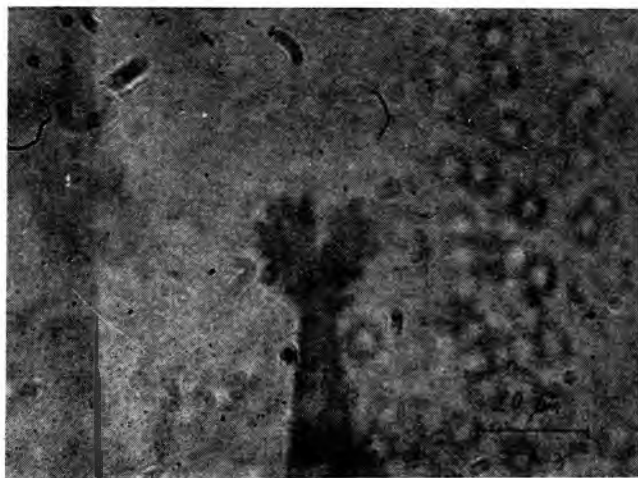
További anomáliát mutatnak a már hivatkozott 31-5. és 31-6. ábrán látható, 12 kV-on felvett jelleggörbék is. Utóbbiak jelleggörbéjének menetében kifejezett könyök lép fel, hasonló jelleggel, mint a 31-4. ábrán levő bimodális, kevert eloszlás esetében. A könyök előtti lappangási idők gyakorlatilag azonos vagy a kisebb idők tartományába esnek, mint a nagyobb (13 kV) feszültségen felvett értékek, ez kedvezőtlen irányú változás. Másrészt viszont a próbatestek 40...60%-ánál nem lép fel treeképződés.

Az utóbbi próbatesteknél a hegyesebb tű környezetében az anyag struktúrája hasonló képet mutat, mint ami a water-tree-nél szokásos. Szisztematikus anyagvizsgálatok egyértelműen kimutatták a water-tree létrejöttét (31-7. ábra).

E témakörben szerzett új ismereteinket a VDE/ETG, ill. a CIGRÉ Szigetelőanyagok bizottsága által rendezendő konferencián ismertettük [10], [11], [14], [15].



31-6. ábra. Tree lappangási idejének eloszlása különböző vizsgálati feszültségek esetén, hazai gyártású termoplasztikus PE próbatesteken felvéve



31-7. ábra. Water-tree PE szigetelőanyagokban

### 3.2. Nedvesség hatása a villamos tree kialakulására

A 31-5. és a 31-6. ábra 12 kV-os jelleggörbéje ráirányította figyelmünket a nedvesség hatásának vizsgálatára. Az irodalomból ismert vizes treeing (water-treeing) egzisztenciakritériumai a következőkben foglalhatók össze: villamos tér és víz (nedvesség) egyidejű hatása a szigetelés gyenge helyeinek (zárvány, szennyeződés, mikroüreg) jelenlétében. Az utóbbiakból kiindulva ugyancsak fácska jellegű, a villamos tér irányában szétterjedő képződmények jöhetnek létre. A hivatkozott 12 kV-os jelleggörbék esetében ezek a feltételek gyakorlatilag szintén rendelkezésre állnak, ha a PE-ben levő maradék nedvességtartalmat (amely akár a gyártási eljárásból, akár diffúzió révén a környezetből a PE-be kerülhet) is figyelembe vesszük.

A water-treeing (wt) kifejlődésére vonatkozó, az irodalomból ismert modell-feltevések szerint [12], [13] a wt első fázisa éppen a nagy villamos térerősségű hely vízben való feldúsulása. Az erősen poláros vízmolekulák ugyanis dielektroforézis révén a nagy villamos térerősségű hely közelébe kerülhetnek, a lokális vízfelhalmozódás viszont — az elektrosztatikai viszonyok lényeges megváltozásának következtében — a villamos tree kialakulását lényegesen késlelteti, amint ez a 31-5. és 31-6. ábrák, 12 kV-os jelleggörbéinek jobb oldalán látható is.

Az, hogy ez a jelenség elsősorban kisebb villamos igénybevétel mellett jön létre, a vízmolekulák mozgásának időigényével függ össze. Egyébként az irodalomból ismert wt-vizsgálatokat is általában kisebb villamos igénybevétel mellett szokták végezni, sőt a wt üzemi térerősségek tartományában is kimutatható.

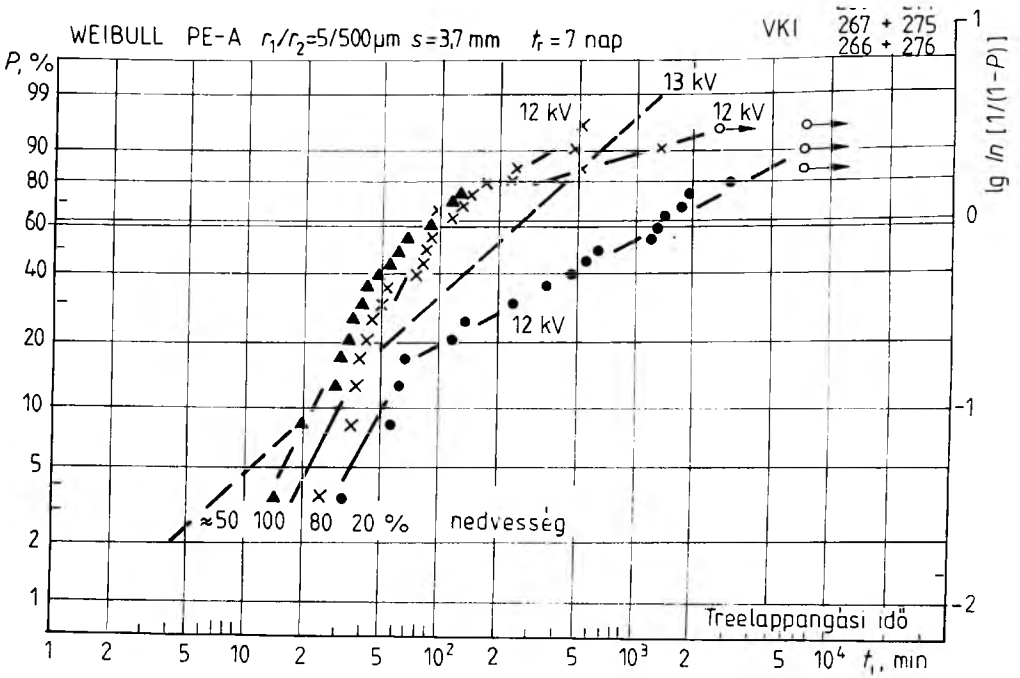
A jelenség feltárása érdekében vizsgálatainkat kiterjesztettük a nedvességtartalom hatásának szélesebb tartományban való vizsgálatára is (száraz, 20 és 80% relatív páratartalmú levegőben és vízben való tárolás 7 nap időtartamra, közvetlen a próbatestek előállítása után, szobahőmérsékleten). Vizsgálatainkhoz a 31-5. és 31-6. ábrán már szerepeltetett, kétféle (hazai és külföldi gyártású) kábelipari PE-ből készített próbatesteket használtuk. Az eredmények a 31-8. és 31-9. ábrán láthatók. Az ábrákhoz meg kell jegyezni, hogy az ott szereplő 13 kV-os jelleggörbékhez tartozó mérési értékeket — a megelőző vizsgálatok próbatestjeihez hasonlóan — normál laboratóriumi levegőben tárolt próbatesteken határoztuk meg.

A 31-5. és a 31-6., valamint a 31-8. és a 31-9. ábrából látható, hogy az adott elrendezésben és konstans vizsgálati feszültség mellett a 12 kV-on létrejövő igénybevétel villamos tree kialakulása szempontjából mindkét PE fajtára határesetet jelent.

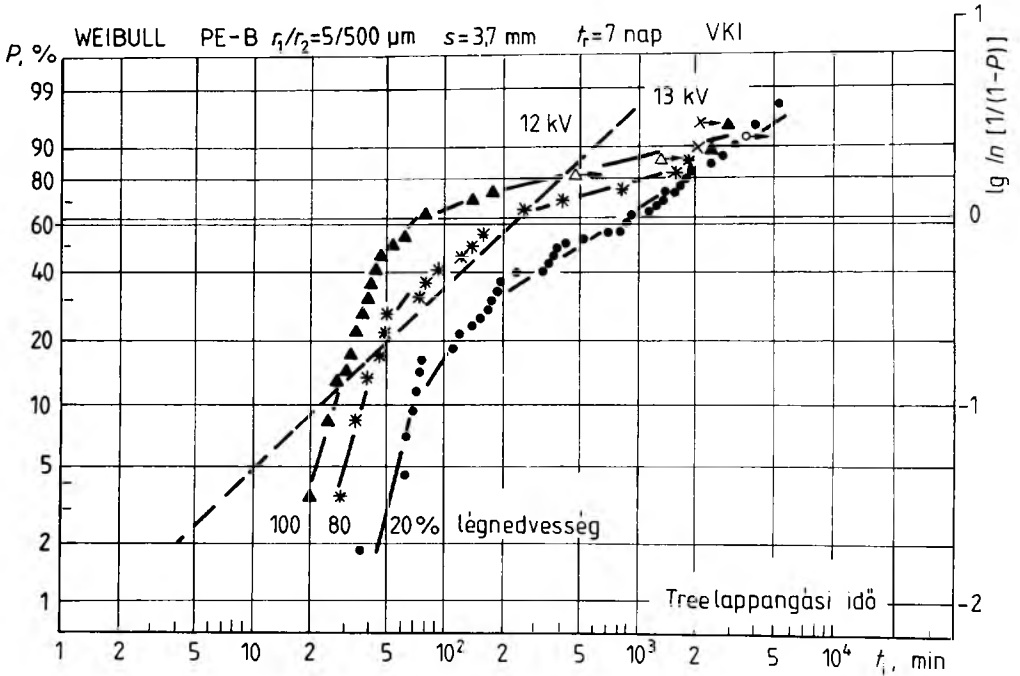
Ennél az igénybevételnél (az alacsonyabbnál feltételezhetően még határozottabban) jellegében megváltozik a villamos tree lappangási idejének eloszlása, méghozzá oly módon, mint amit a 31-4. ábrán a stabilizátormolekulák migrációjával kapcsolatosan bemutatunk. A 31-5. és a 31-6., valamint a 31-8. és a 31-9. ábrán bemutatott jelleggörbe-változás is feltehetően a nedvességnek a szigetelésben való mozgásával függ össze.

A nedvesség hatására változás alapvetően két irányban következik be. Egyrészt rövidebb lappangási idők adódnak, ez egyértelműen negatív hatás. Megjegyezzük, hogy ezeknél a próbatesteknél water-tree képződményeket nem lehetett kimutatni. A próbatestek másik részénél a már említett, stabilizálásra emlékeztető hatás lép fel. Külön megemlítjük, hogy a jelenségeket megfelelő statisztikai biztonsággal reprodukálni lehetett.

A 31-8. és 31-9. ábra további tanúsága, hogy a jelleggörbék alakulása a nedvesség mennyiségével is összefügg. Érdekes módon a lappangási idők az adott kondicionálási viszonyok között — mindkét anyagnál 20% relatív páratartalomnál mutatnak maximumot. Mind kisebb, mind nagyobb nedvességtartalomnál a lappangási idők (legalábbis azok átlagértékei) kisebbre adódtak. A 31-8. és a 31-9. ábra összehasonlí-



31-8. ábra. Légnedvesség és vizes előkezelés hatása a villamos tree kifejlődésére (külföldi gyártású termoplasztikus PE esetében)



31-9. ábra. Légnedvesség és vizes előkezelés hatása a villamos tree kifejlődésére (hazai gyártású PE esetében)



tásából még az is megállapítható, hogy a B típusú (hazai gyártású) polietilén a nedvességre és annak változására érzékenyebben reagál, mint az A típusú (külföldi gyártású).

További vizsgálatokat igényel a leírt jelenségek mechanizmusának feltárása. Vizsgálódásainkat ki szeretnénk terjeszteni az irodalomban vizes treenek ellenállóként említett (water tree retardant) anyagokra is. Ezekről további közlemény keretében kívánunk beszámolni.

## 4. Összefoglalás

A tree lappangási ideje eloszlásának mérése konstans vizsgálati feszültségen hasznos eszköznek bizonyul a PE-szigetelőanyagok treeingállóságának megítélésénél. E vizsgálatok elvégzése és az eredmények kiértékelése során nagy gonddal kell eljárni, mert több tényező lényeges hatást fejt ki az eredményekre. Ezek közé tartozik a nedvesség is. A vizsgálatok eredményei arra utalnak, hogy a vizes tree és villamos tree kialakulását befolyásoló tényezők nem egymástól távoliak, inkább — feltételezhetően — kölcsönhatás lép fel a két jelenség között. Az irodalomból ismert water treeing folyamata a PE szigetelés élettartamát akkor csökkenti jelentős mértékben, ha az átfejlődik villamos treeing folyamatba.

A további kutatási munka során éppen a két jelenség határterületét szeretnénk feltárni azzal a reménnyel, hogy a villamos tree vizsgálatához kifejlesztett és bevált vizsgálati módszerünk a polietilén nedves környezetben való viselkedésére is jó tájékoztatást tud adni.

## Irodalom

- [1] VDE 0303/DIN 57 303 Teil 12: Bestimmungen für elektrische Prüfungen von Isolierstoffen. Teil 12: Treeing-Test.
- [2] ANSI/ASTM D 3756—79: Standard test method for evaluation of resistance to electrical breakdown by treeing in solid dielectric materials using divergent fields.
- [3] IEC 158 (Secretariat) 98: Tests for initiation of electrical trees during short time stressing. Dec. 1984.
- [4] *Bognár A.—Dávid P.—Tamás F.—Zelenyánszki E.*: Assessment of long time electric strength of polymer insulating materials by measuring the treeing inception time. Fourth International Symposium on High Voltage Engineering, Athens (1983) Paper No. 63—14.
- [5] *Bognár A.—Dávid P.—Tamás F.—Zelenyánszki E.*: Prüfung der dielektrischen Langzeitfestigkeit von Kunststoffisolierungen durch die Messung der Kanaleinsatzzeit. 28. Intern. Wiss. Koll. Th Ilmenau (1983) Vortragsreihe „Elektrische Isoliertechnik“
- [6] *Bognár A.—Dávid P.—Zelenyánszki E.*: Contribution to the measuring methods for testing resistance to electrical treeing and time to breakdown in highly divergent field. Meeting of CIGRÉ 15-06-03 Prague, 1983.
- [7] *Zelenyánszki E.*: Erősáramú polietilén kábelek érszigetelő anyagainak villamos feszültségállósága. Műszaki doktori értekezés. Villamosipari Kutató Intézet, 1983.
- [8] *Bognár A.—Dávid P.—Tamás F.—Zelenyánszki E.*: Szigetelőanyagok tartós villamos szilárdságának vizsgálata treeing lappangási idejének mérésével. VKI Közlemények 9. kötet, Budapest, 1984.
- [9] *Bognár A.—Dávid P.—Zelenyánszki E.*: Voltage endurance test in the laboratory. DMMA '84 p. 168—171.

- [10] *Zelenyánszki E.—Bognár A.*: UV Vorbestrahlung zur Erhöhung des Spannungsstabilisierungseffektes von DPPD im Polyethylen. ETG-Fachtagung „Dauerverhalten von Isolierstoffen“. Berlin, 1985.
- [11] *Bognár A.—Zelenyánszki E.—Tóth S.*: Neigung zur „water-tree“-Bildung als eine der Ursachen für Unregelmässigkeit von Kanaleinsatzzeitverteilungen im Polyethylen. ETG Fachtagung „Dauerverhalten von Isolierstoffen“. Berlin, 1985.
- [12] *Kalkner, W.—Müller, V.—Peschke, E. F.—Henkel, H. J.—von Olshausen R.*: Water treeing in PE- und VPE isolierten Mittel- und Hochspannungskabeln. Elektrizitätswirtschaft. H. 26. S. 911—922. 1982.
- [13] *Shaw, M. T.—Shaw, S. H.*: Water treeing in solid dielectrics. IEEE Transactions on Electrical Insulation. Vol. EI-19 No. 5. p. 419—452. 1984.
- [14] *Bognár A.—Zelenyánszki E.*: Comments on long term electrical treeing test. CIGRÉ 15-06-03 (Bognár) 01 Berlin, 1985.
- [15] *Bognár A.—Zelenyánszki E.*: Some introductory remarks on tests of water tree resistance. CIGRÉ 15-06-05 (Bognár) 1. Berlin, 1985.

# 32.

## Tömbpolimerizációs polipropilén tulajdonságainak módosítása töltőanyagokkal

DR. FAZEKAS GÁBORNÉ—DR. SERFŐZŐ ILONA (TVK)—  
SZAPLONCZAY PÁL—TISLER ISTVÁNNÉ

### ÖSSZEFOGLALÁS

A tradicionális termoplasztikus műanyagok alkalmazásának körét adalék és töltőanyagok bevitelével módosított alappolimernek felhasználásával speciális területekkel lehet kiegészíteni.

A Tiszai Vegyi Kombinát megbízásából, a hazai polipropilénbázisra építve, üvegszálás töltőanyaggal társított polipropilén kompaundok kifejlesztése folyik azzal a céllal, hogy a műszakilag és gazdaságilag indokolt alkalmazási területeken a PP-kompozitum költségesebb műszaki műanyagot tudjon kiváltani. A cikk foglalkozik az eddigi tapasztalatokkal és eredményekkel a töltőanyag jellege és minősége szempontjából, valamint a kompaundok villamosipari alkalmazhatóságával.

### ИЗМЕНЕНИЕ СВОЙСТВ ПОЛИПРОПИЛЕНА С БЛОЧНОЙ ПОЛИМЕРИЗАЦИЕЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЗАПОЛНИТЕЛЕЙ

Д-Р. Г.-не ФАЗЕКАШ—Д-Р. И. ШЕРФЕЗЕ (ТВК)—П. САПЛОНЦАЙ—  
И.-не ТИШЛЕР

### Резюме

Сферу применения традиционных термопластов можно расширить специальными областями посредством применения модифицированных введением добавок и наполнителей базовых полимеров.

По поручению Тисайского химического комбината (ТВК) ведется разработка полипропиленовых компаундов, совмещенных со стекловолоконными наполнителями на базе отечественного полипропилена, с целью замещения дорогостоящей технической пластмассы посредством применения полипропиленовой композиции в технико-экономически обоснованных областях. В статье излагаются накопленные до сих пор опыты и результаты по характеру и качеству примененного наполнителя, а также электротехническое применение компаундов.

### MODIFIZIERUNG DER EIGENSCHAFTEN DES BLOCKPOLYMERISATIONS- POLYPROPYLENS DURCH VERWENDUNG VON FÜLLMITTELN

FRAU DR. G. FAZEKAS—DR. I. SERFŐZŐ (TVK)—P. SZAPLONCZAY—  
FRAU I. TISLER

### Zusammenfassung

Der Anwendungsbereich traditioneller, thermoplastischer Kunststoffe kann — durch Verwendung von Basispolymeren, die mit dem Zusatz von Additiven und Füllmitteln modifiziert wurden — mit speziellen Gebieten erweitert werden.

Im Auftrag des Chemiekombinats Tisza werden auf die ungarische Polypropylenbasis

aufbauend Polypropylenkompaunds mit Glasfaserfüllmittel entwickelt mit dem Ziel, in technisch und ökonomisch begründeten Fällen teureren technischen Kunststoff zu ersetzen. Der Artikel befasst sich mit den bisherigen Erfahrungen und Ergebnissen in Bezug auf Charakter und Qualität des angewendeten Füllmittels, sowie mit der Verwendbarkeit der Kompaunds in der Elektroindustrie.

## MODIFICATION OF BLOCK-POLYMERIZATION POLYPROPYLENE PROPERTIES WITH USE OF FILLING MATERIALS

BY DR. MRS. G. FAZEKAS—DR. I. SERFŐZŐ (TVK)—P. SZAPLONCZAY—MRS. I. TISLER

### Summary

The field of application of the traditional thermoplastic substances can be widened with special ones, with use of modified basic polymers obtained through addition of additive and filling materials.

On a commission of the Tiszai Vegyi Kombinát (Tisza Chemical Works), built on the domestic polypropylene base, development of polypropylene compounds associated with glass-fibre filling material is in progress with the target aim of substituting the more expensive technical plastics by the PP compounds where technically and economically justified. The article is dealing with the experiences and results gained so far, in view of nature and quality of the filling materials employed as well as with the applicability of the compounds in the electric industry.

## 1. A polipropilén általános tulajdonságai

A polipropilén (továbbiakban PP) az egyik legsokoldalúbban feldolgozható termoplaszt, amely különböző módosított változataiban a 80-as évek kezdetén robbanás-szerű gyorsasággal tört be a műszaki műanyagok területére, azok helyettesítésére.

Ennek a tömbpolimerizációval előállítható, lineáris, telítetlen kötést nem tartalmazó szénhidrogénnek a polietilénhez közeli tulajdonságai vannak, bár annál merevebb, üvegesebb, magasabb lágyuláspontú és ridegedési hőmérsékletű anyag. Oxidációérékenysége is fokozottabb, mint a polietiléné. Kémiai rezisztenciája alkoholok, glikolok, lúgok és savak mérsékelt koncentrált oldataival szemben kiváló, nedveségállósága is jó. Mindemellett kedvezők a villamos szigetelési jellemzői.

Az alappolimer tulajdonságai módosítására számos lehetőség van. Pl. a húzószilárdság, a merevség, a kis hőmérsékleten mutatott, ütéssel szembeni és a hődeformációval szembeni ellenállás javításához eredményes megoldásnak bizonyul:

- az alappolimer és más termoplasztok olvadákfázisú homogenizálásával létrehozott műanyag ötvözetek előállítása;
- a töltőanyagok bevitele az alappolimerbe.

Míg az első esetben főként a kis hőmérsékleten kedvezőbb ütésállóságú kompaundok elérése várható, az utóbbi a felsorolt sajátosságok bármelyikének módosítása szempontjából eredményes lehet; ezt elsősorban a töltőanyag jellege határozza meg.

## 2. A polipropilén modifikálása töltőanyagokkal

A töltőanyagok lényegében segédanyagok, amelyek a műanyagok valamely tulajdonságcsoportjának javítását célozzák, vagy egyszerűen árcsökkentő szerepet töltenek be.

A töltőanyagokat különböző szempontok szerint szokták csoportosítani. Az egyik leggyakoribb felosztásuk a mechanikai jellemzőkre gyakorolt hatásukat veszi alapul, amikor is *erősítők* és *nem erősítők* lehetnek.

Bármely töltőanyag adott mátrixban kifejtett modifikáló hatását vizsgálva szoros összefüggés mutatkozik az egyedi mechanikai, fizikai tulajdonságokon túl a töltőanyag alakja, jellemző geometriai méretei, felületének fiziko-kémiai állapota, aktuális koncentrációja között.

Az állítást konkretizálva a vágott szálat tartalmazó kompozitumok szakítószilárdságára, az ismert összefüggésre hivatkozhatunk, miszerint

$$S_c = V_f S_f \left(1 - \frac{l_c}{2l}\right) + V_m S_m,$$

azaz szálal anyagok bevitelére esetén a kompozitum  $S_c$  szakítószilárdsága függ

- a szálal erősítő ( $S_f$ ) szakítószilárdságától,
- a térfogathányaddal jellemzett  $W_f$  töltőanyag-tartalomtól,
- az  $l$  szálhosszúságtól,
- az  $l_c$  kritikus szálhosszúságtól, amely implicit formában a beágyazóanyag és az erősítőszál között létrejövő tapadási erők mértékét is jellemzi [1]. Általában megállapítható, hogy minél jobb a tapadási viszonyok, annál kisebb a kritikus szálhosszúság. A poliolefinok azonban apoláros szerkezetűek, és emiatt nem mutatnak kellő affinitást a töltőanyag határfelületén szükséges kötési erők kialakításához. Ezt a nehézséget úgy lehet áthidalni, hogy a töltőanyag felületét kémiai anyaggal kezelve aktiválják, amely üvegszálak esetén rendszerint YRSi(OR)<sub>3</sub> általános képlettel leírható szilánózó anyag felvitelét jelenti a felületre. Ez a módszer olyannyira elterjedt, hogy már az üvegszálgyártás folyamatába beépítik a felületkezelők felvitelét, de az utólagosan is elvégezhető.

### 3. A tapadás javítása kémiai kezeléssel

A töltőanyag felületkezelése mellett néhány éve egy másik megoldást is alkalmaznak a poliolefinok és más termoplasztok adhéziós készségének fokozására, amelynek lényege az, hogy magát a mátrixot teszi erre alkalmassá azáltal, hogy kémiaailag aktív csoportot épít a polimer láncra. Ezek a funkciós csoportok maleinsav, fumársav, akrilsav vagy ezek származékai lehetnek [2], [3], [4].

Polipropilén esetében — irodalmi közlések szerint — a kémiai modifikálás jelentősége figyelemre méltónak tekinthető [5], [6]. A mechanikai tulajdonságokban észlelt hatás főként a szakítószilárdságban, rugalmassági modulusban jelentkezik nagyobb mértékű növekedés formájában.

A polipropilén egy igen hátrányos tulajdonsága az ütésállóság kis hőmérsékleten történő jelentős csökkenése, amely korlátozza szerkezeti anyagként való alkalmazási területeit. Töltőanyag alkalmazásával az anyagnak ezt a sajátosságát módosítani lehet, ennek mértéke és iránya azonban függ a töltőanyagtól. A tapasztalatok azt mutatják, hogy az ütő-hajlító szilárdság a mátrix üvegesedési hőmérséklete alatt viszonylag kis töltőanyagtartalom és igen finom szemcseméret esetén javulhat [7].

Az üvegszál azonban rideg, nagy modulusza van, kicsi a nyúlása, ennélfogva a mátrixra nézve merevítő hatású. A PP üvegesedési hőmérséklete alatt azonban az üvegszál javíthatja a szóban forgó tulajdonságot, amelynek mértéke az üvegszál hosszától, rendezettségétől, a tapadási viszonyoktól függ [8]. Az eddig elmondottak azt a célt szolgálják, hogy bár a teljességre való törekvés igénye nélkül, de vázoljuk annak a műszaki feladatnak fontosabb kérdéseit, amelyek a műanyagok erősítése, üvegszállal való társítása vonatkozásában pl. a PP-nél felmerülnek. Nem említettük még a kompaundálás technológiai körülményeinek hatását, mint a kompozitum

tulajdonságait befolyásoló tényezőket. A felhasznált rideg üvegszálak a keverőberendezésben kialakult súrlódási viszonyoktól függően különböző mértékben aprítódnak. A kompozitumban levő szálasanyag szálhosszúság-tartományát, ezen belül ennek eloszlását tehát végül is ez a technológiai lépés határozza meg [9], amelynek hatása a szálhosszúság és a mechanikai szilárdság közti összefüggések ismeretében felmérhető.

## **4. Üvegszállal erősített PP-kompozitumok tulajdonságai és felhasználási területei**

A PP üvegszállal erősített kompozitumai az alappolimerhez képest megnövelt szakítószilárdsággal és modulussal, magasabb hőállósággal, formastabilitással rendelkeznek. Ezek az anyagok többnyire 20...30 t% üvegszálat tartalmaznak, ma már kommersz anyagként ismertek. A tulajdonságaik típusonként változók. Jó minőségű és bevezetett termékként ismert az ICI Propathene HW 60 GR 20 és HW 60 GR 30 típusú kompaundja vagy a Hoechst Hostalen PPN VP 7790 GV 2/20 és GV 2/30 típusú keverékei [10], [11]. Felhasználási területük: autók radiátorainak expanziós tankja, ülésvázak, mosógépek folyadéktartálya, egyéb elektromos háztartási gépek burkolata, általában ahol az esztétikum és gazdaságos gyártás egyaránt igény [12], [13].

## **5. Hazai, üvegszállal módosított polipropilén-kompozitumok készítése és vizsgálata**

A TVK-nak mint a hazai poliolefin-gyártás bázisának, jelentős PP-előállító kapacitása van. A gyár töltött PP keverékeinek sorában rövidesen sor kerülhet az üvegszál erősítésű kompozitumok megjelenésére, amelyeknek kifejlesztésében intézetünk aktív részt vállalt. A továbbiakban ebben a munkában szerzett tapasztalatainkról fogunk beszámolni.

Munkánk fő iránya a hazai PP felhasználásával villamosipari célra is alkalmazható, üvegszálás kompozitumok létrehozása, és ezek vizsgálatával együtt az ütésállóság javítási lehetőségeinek felmérése volt. Ipari partnereink a TVK mint megbízó, a Magyar Viscosagyár és a KONTAKTA Alkatrészgyár.

## **6. A felhasznált anyagok**

### *Polimerek*

Az eltérő műszaki igények miatt két különböző jellegű kompaundtípust állítottunk elő. Közülük az egyik az alappolimer mellett csak üvegszálat, ill. kötészjavító adalékot tartalmazott, a másik típusnál a PP-hez az erősítő szálon kívül az ütésállóság javítása érdekében elasztomerkeveréket is adtunk. Az alappolimer Tipplen H 531 FU, és Tipplen K 523 típusú polipropilén volt, a keverékekhez Montedison gyártmányú elasztomert (DUTRAL TP 50 F) használtunk.

### *Üvegszál*

Abból az alapelvből kiindulva, hogy a létrehozandó kompozitum végső tulajdonságait az üvegszál minősége erősen determinálja [14], célszerűnek tartottuk különböző típusú üvegszálak kipróbálását. A kiválasztott három termék közül kettő Owens-

Corning gyártmányú, szilán, ill. speciális felületkezelésű üvegszál volt, a harmadik típus pedig Ciba-Geigy gyártmányú üvegszálás mesterkeverék. Az üvegszál-koncentrárum alkalmazásával — a diszpergálhatóság kihasználása révén — a bekeverés közben fellépő szálapritódást igyekeztünk mérsékelni.

#### A PP-keverékek és készítésük

A keverékek készítésének technológiája szálal erősítőanyagok felhasználása esetén — mint korábban említettük — a döntő jelentőségű tényezők közé tartozik. A keveréket olvadákfázisban végrehajtott kompaundálással hoztuk létre két különböző típusú keverőberendezésben.

A bekeverést viszonylag kis hőmérsékleten hajtottuk végre, így az oxidációra érzékeny PP degradációs veszélyét minimálisra szorítottuk le. Egyes keverékekbe adalék anyagot is juttattunk, hogy a tapadást a komponensek között fokozzuk.

#### 32-1. táblázat

Üvegszál-PP kompozitumok összetétele, %

A kompozitum jele	Alappolimer TIPPLEN		Elasztomer DUTRHL TP 50 F	Üvegszál		Adalék	Csúszttató
	K 523	H 531 FU		Owens Corning gyártmány	PROCON G 63/70 mesterkeverék		
1	69,5	—	10	—	20	—	0,5
2	59,5	—	10	—	20	10	0,5
3	64,5	—	15	—	20	—	0,5
4	54,5	—	15	—	20	10	0,5
5	—	74,7	—	25*	—	—	0,3
6	—	64,7	—	25*	—	10	0,3
7	—	74,7	—	25**	—	—	0,3
8	—	64,7	—	25**	—	10	0,3

\* Szilán felületkezelő anyagú üvegszál

\*\* Speciális felületkezelő anyagú üvegszál

A 32-1. táblázatban 1...4 számmal jelzett kompozitumok LDUK-1 típusú, laboratóriumi belső keverőben készültek. Ezek nem egyszerűen erősítőszálal kompozitumok, hanem polimerkeverékek, amelyek elasztomert is tartalmaznak, a 32-1. táblázatban látható összetételnek megfelelően.

Ugyanitt az 5...8 jelű kompozitumok összetétele is látható, ezek a Magyar Viscosagyárnak a Werner és Pfliegerer gyártmányú, félüzemi méretű, kétszágas keverőberendezésében készültek, az előbbinél jóval kedvezőbb, kíméletesebb körülmények között.

## 7. A kompozitumok tulajdonságai

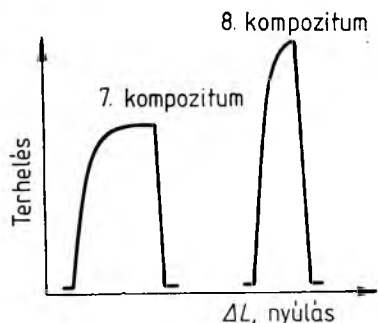
Társított rendszereink vizsgálata mechanikai, termikus és villamos tulajdonságok vizsgálatára terjedt ki. Tapasztalataink és kapott eredményeink alapján kompozitumaink sajátságairól a következőket mondhatjuk el.

### *Szakítószilárdság és rugalmassági modulus*

A mechanikai tulajdonságok között a húzó-szakító szilárdságot és a húzásból számított rugalmassági moduluszt — mint az erősítés hatásának mértékadó mutatóját — a kompozitumokból fröccsöntéssel készített próbatesteken az MSZ KGST 1199—78 alapján határoztuk meg. A vizsgálati hőmérséklet 25, 35, 45 és 70 °C volt.

A szakítóvizsgálatok során felvett terhelés-nyúlás görbéket számszerűen értékelve igen szembetűnő az egyes kompozitumok viselkedése a növekvő húzóerő függvényében. A görbék nyilvánvalóan mutatják az üvegszál-PP felület adhéziójának javítására bevitt adalék anyag pozitív hatását, ahogy az a 32-1. diagramon látható. A húzószilárdságban elért változást a vizsgált hőmérséklet-tartományban a 32-2. diagram mutatja az előzőkben elmondottak egyértelmű igazolásaként. Eszerint legnagyobb a húzószilárdsága a 25 t% névleges üvegszál és 10 t% tapadásjavító adalékot tartalmazó, 6. és 8. számú keveréknek. Az elasztomertartalom jelentősen csökkenti a húzószilárdságot az üvegszál jelenléte ellenére, ezt a hatást azonban kompenzálja az adalék a 2. és 4. jelű kompozitumban.

A rugalmassági modulus meghatározása, amelynek szám szerinti adatait a 32-2. táblázatban rögzítettük, ugyancsak arra mutat, hogy az erősítés abban az esetben a leghatékonyabb az üvegszál rendszerünkénél, ha a nagyobb üvegtartalom mellett gondoskodunk a tapadás javításáról is.



32-1. ábra. 7. és 8. számú kompozitum 45 °C hőmérsékleten kapott terhelés—nyúlás görbéje

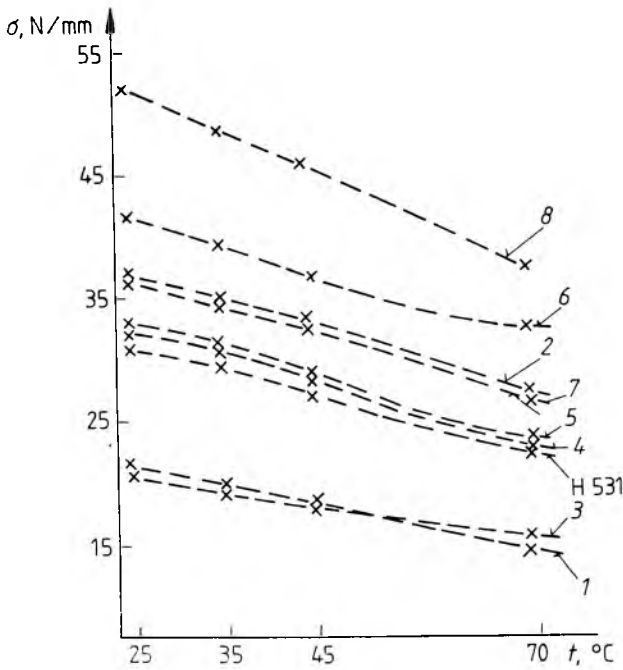
### *Ütő-hajlító szilárdság*

Egy igen fontos tulajdonsága a műanyagoknak, amely impulzusszerű ütéssel szembeni szívósságukat jellemzi. A vizsgálat elvégzése különböző módszerrel történhet, mi a Charpy szerinti metódust követtük hornyolatlan próbatestek felhasználásával. A vizsgálat hőmérsékleti spektruma 25 °C és —40 °C között volt.

Tapasztalataink a következőképp összegezhetők:

- Az alappolimer TIPPLEN H 531 FU ütő-hajlító szilárdságának értékei a vizsgált hőmérséklet-tartományban magasabbak, mint az elasztomert és üvegszálát együttesen tartalmazó keverékeké.



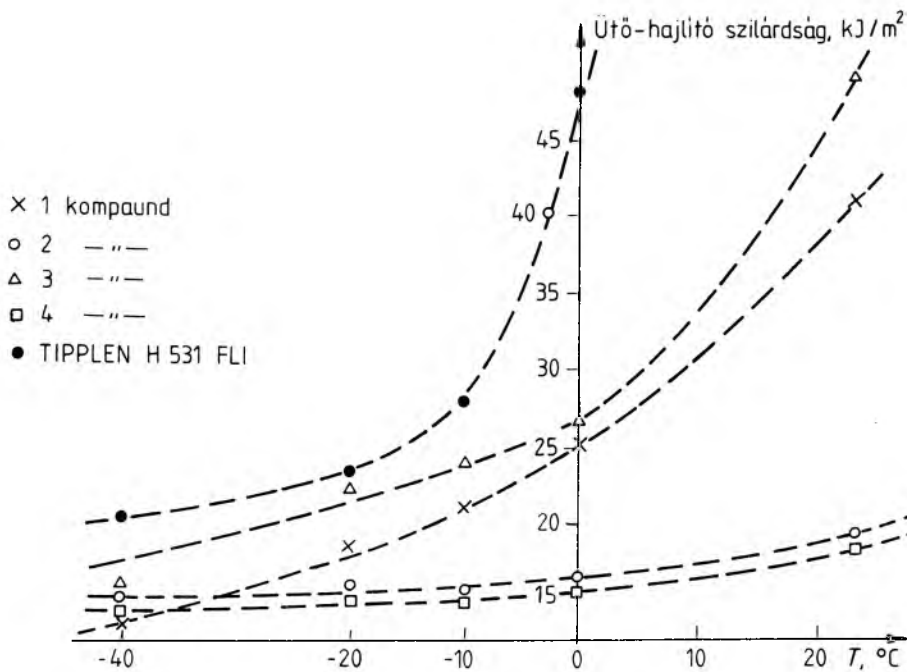


32-2. ábra. Húzószilárdság-változás a hőmérséklet függvényében

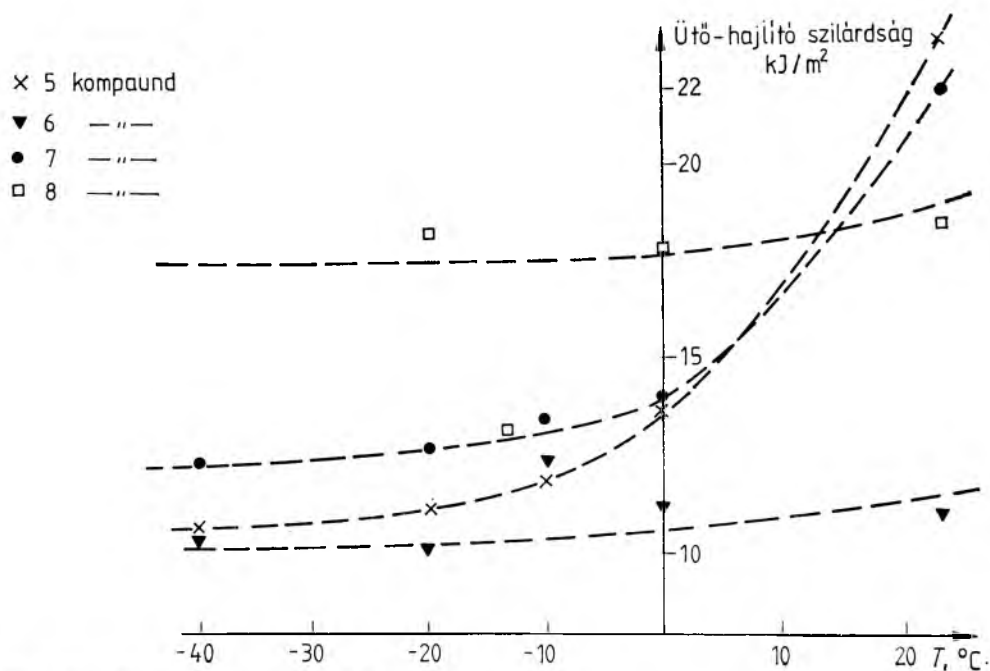
32-2. táblázat

Üvegszál-PP kompozitumok húzószilárdsága, rugalmassági modulusa és termikus tulajdonságai

A kompozit jele	Húzószilárdság, N/mm <sup>2</sup>	E rugalmassági modulus N/mm <sup>2</sup>	HDT, °C 1,85 N/mm <sup>2</sup> terh.	Vicat-lágyuláspont, °C	
				50 N	10 N
TIPPLEN H 531 FU	30,71	1553	58	107	154
1	21,45	2665	76	73	137
2	36,95	3096	98	68	148
3	20,71	2460	76	68	135
4	32,18	2747	94	80	146
5	32,62	3955	83	110	152
6	41,46	5823	109	122	157
7	36,33	4038	99	114	154
8	51,79	4250	121	130	158



32-3. ábra. Elasztomert és 17 t % üvegszálát tartalmazó PP kompozitumok ütő-hajlító szilárdsága



32-4. ábra. 25 t % üvegszál tartalmú PP ütő-hajlító szilárdsága

- Az üvegszál merevítő hatását az elasztomer bekeverésével, úgy tűnik, kompenzálni lehet olyannyira, hogy 15 t% elasztomertartalom esetén  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  környékén már megközelítően az alappolimer ütő-hajlító szilárdsági értékével azonos lesz a kompozitum ütő-hajlító szilárdsága.
- A tapadásjavító adalékot tartalmazó kompozitumoknál a merevítő hatás olyan jelentős, hogy az ütő-hajlító szilárdság alakulását a polimer nem tudja markánsan befolyásolni.
- A 25 t% üvegszál-tartalmú keverékek egyértelműen gyengébb ütésállóságúak; a 6. és 8. számú minták esetében, ahol adalék anyag is jelen van, az ütő-hajlító szilárdság hőfokfüggését nem tapasztaltuk. Mindezeket a 32-3. és a 32-4. diagramon is ábrázoljuk.

### Termikus tulajdonságok

Ebben a körben a Vicat-lágyuláspont és a HDT vizsgálatára került sor. A végrehajtás körülményei az MSZ 7569—69, ill. az MSZ 13002—69 szerintiék voltak. Az eredményeket a 32-2. táblázat tartalmazza.

### A zsugorodás vizsgálata

E feladatban célunk az utózsugorodásnak mint anyagjellemzőnek a meghatározása volt. A vizsgálati módszer lényege különböző fröccsöntött idomok meghatározott irányú és helyzetű szakaszai méretváltozásának nyomon követése. Az eljárás gyorsított, a körülményeket a hőmérséklettel és az igénybevétel időtartamával lehet befolyásolni.

Az idomok jellege, a referenciaszakaszok elhelyezkedése a próbatesteken lehetővé teszi, hogy a fröccsöntés irányába eső, az erre merőleges, ill. a sugárirányba eső méretváltozást is mérjük, továbbá a fröccsöntés beömlési helyétől való távolságnak a zsugorodási hajlamot befolyásoló hatását is nyomon követhessük. A végrehajtás körülményeinek jellemzője a 144 órás,  $12\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on történő hőkezelés.

### 32-3. táblázat

#### 25 t% üvegszál erősítésű kompozitumok villamos szigetelési tulajdonságai

Villamos vizsgálat jellege	Módszer	Az anyag megnevezése				
		H 531 FU	5	6	7	8
Villamos átütési térerősség, kV/mm	MSZ 20880	15	21	22	22,5	22,3
Fajlagos térfogati ellenállás 1000 V 1 perc $\Omega$ cm	MSZ 4854	$1 \cdot 10^{16}$	$5,9 \cdot 10^{15}$	$7,4 \cdot 10^{15}$	$7,3 \cdot 10^{15}$	$8,2 \cdot 10^{15}$
$\epsilon$ permittivitás	MSZ 4857	2,0	2,5	2,5	2,5	2,5
(tg $\delta$ ) dielektromos veszteségi tényező	MSZ 4857	$3,2 \cdot 10^{-4}$	$13 \cdot 10^{-4}$	$20 \cdot 10^{-4}$	$15,4 \cdot 10^{-4}$	$21 \cdot 10^{-4}$
Kúszóáram-szilárdság	DIN 53480-75	KC 500	KC 500	KC 500	KC 500	KC 500

Tapasztalataink szerint a zsugorodás függ az anyagáramlás irányától: merőlegesen nagyobb, vele párhuzamosan kisebb értékű bármely időpontban történő mérés alkalmával.

A  $\perp$  irányú zsugorodás az összes, vizsgált kompozitumra vonatkozóan 0,43...0,77% között van, a  $\parallel$  irányú zsugorodás 0,37...0,67%, az alappolimernél pedig 0,64...1,34%, ill. 0,69...0,83%.

### *Villamos tulajdonságok*

Eddigi megállapításaink szerint üvegszáltársítási kísérleteink eredményesnek tekinthetők, hiszen kedvezőbb mechanikai paraméterekkel jellemezhető, nagyobb hőállóságú anyagokat tudunk létrehozni, amely feldolgozástechnikai vonatkozásban is — mint a fröccsöntési kísérletek igazolták — kedvezőnek bizonyult. A villamosipari területen való alkalmasság szempontjából azonban a villamos szigetelési tulajdonságok sem érdektelenek. Ezeket szabványos mérési eljárásokkal határoztuk meg, amelyek útmutatásul szolgáltak a 32-3. táblázatban foglalt vizsgálatok végrehajtásához. Az ezek alapján nyert adatok birtokában megállapítható, hogy a vizsgált anyagok villamos szigetelési tulajdonságai is megfelelőek.

### **Irodalom**

- [1] *Harry S. Katz—John V. Milewski*: Handbook of Fillers and Reinforcements for Plastics, Van Nostrand Reinhold Comp., New York, 1978.
- [2] US Pat 4 350 797
- [3] US Pat 4 278 586
- [4] *Charles Shedd*: Chemically Modified Polypropylene as a Coupling Agent for Mica Reinforced Polypropylene, Reinhold Chem. Ind., SPE Natec, Okt. 26., 1982.
- [5] *Thimothy E. Fisher—Michael J. Balow*: The mechanical properties of various reinforced plastic alloys at elevated temperatures, Plastic Engineering, April 1983., pp. 31—36.
- [6] *L. Garagnani—R. Marzola—A. Moro*: Polipropilene caricato e rinforzato, Materie Plastiche ed Elastomeri, No 5. 1982., pp. 298—302.
- [7] *Joel R. Ried*: Polymer Technology, Prt-8, Polymer resins, blends and composites, Plastics Engineering, September 1983., pp. 37—42.
- [8] *Edward M. Silvermann*: Creep and impact resistance of reinforced thermoplastics: long fibers vs. short fibers, 40th Ann. Conf., Reinforced Plastics Composites Institute, The Soc. of the Plastics Ind., Juc., Jan. 28—Feb. 1., 1985.
- [9] *Stan Jakopin*: Compaunding techniques for fiber reinforced thermoplastics, 39th Ann. Conf. Reinforced Plastics Composites Inst., The Society of the Plastics Ind., Inc. Jan. 16—19, 1984.
- [10] Propathene Polypropylene, Injection Moulding Grades PP 34, Fifth edition 1984. ICI prospektus
- [11] Kunststoffe Hoechst, Hostalen PP verstärkt. 1984. október.
- [12] Sitev '82, European Plastics News, May 1982., pp. 7—11.
- [13] Verstärktes Hostalen PP: Stark in der Leistungsgünstig im Preis, Hostalen PP Service, Technische Kunststoffe 13.
- [14] *Denny E. Black—David W. Garrett*: New high performance glass fiber reinforcement for polypropylene, 39th Ann. Conf., Reinforced Plastics, Composites Inst., The Society of the Plastics Ind., Inc. January 16—19, 1984.

# 33.

## Erősáramú kábelvégelzárók és -átvezetők fejlesztése

*DR. ZELENYÁNSZKI ENDRE—CSECSÓDY SÁNDOR—  
DR. FROJIMOVICS GÁBOR—KREISZ JAKAB (CSEPELI  
TRANSZFORMÁTORGYÁR)*

### ÖSSZEFOGLALÁS

A szerzők ismertetik a középvezetési erősáramú kábelvégelzáró szerelvényeinek, valamint az ezekre épülő transzformátor- és készülékátvezetőknél a fejlesztési munkáit és azok eredményeit. Összefoglalják a VKI-ban végzett, a Csepeli Transzformátorgyár által is támogatott innovációs folyamat egészét, az alapanyagok kiválasztásától, a technológiai előkísérleteken és minősítő vizsgálatokon át egészen a korszerű gyártóbázis létrehozásáig a szereléstechnológiával bezárólag.

### СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИЛОВЫХ КАБЕЛЬНЫХ НАКОНЕЧНИКОВ И ПРОХОДНИКОВ

*Д-Р. Э. ЗЕЛЕНЯНСКИ—Ш. ЧЕЧЕДИ—Д-Р. Г. ФРОЙИМОВИЧ—  
Я. КРЕЙС (ЧЕПЕЛ ТРАНСФОРМАТОРНЫЙ ЗАВОД)*

### Резюме

Авторы излагают работу и результаты по совершенствованию наконечных арматур силовых кабелей на среднее напряжение, а также проходников для приборов и трансформаторов на этой основе. В работе обобщается полный процесс инновации проведенной в VKI и поддержанной в том числе Чепельским заводом трансформаторов, начиная от подбора исходных материалов, проведения технологических предварительных опытов, вплоть до аттестационных испытаний, создания современной базы производства и технологии монтажа.

### ENTWICKLUNG VON KABELENDVERSCHLÜSSEN UND DURCHFÜHRUNGEN FÜR DIE STARKSTROMTECHNIK

*DR. E. ZELENYÁNSZKI—S. CSECSÓDY—DR. G. FROJIMOVICS—  
J. KREISZ (CSEPEL TRANSFORMATORENFABRIK)*

### Zusammenfassung

Die Entwicklungsarbeiten für Kabelendverschlüsse von Starkstromkabeln für Mittelspannung sowie für Transformator- und Gerätedurchführungen, die darauf basieren, und die Ergebnisse werden von den Autoren dargelegt. In der Arbeit wird die im Forschungsinstitut der Elektroindustrie durchgeführte und von der Transformatorfabrik Csepel unterstützte Innovationsarbeit als Ganzes zusammengefasst, angefangen von der Auswahl der Grundstoffe über die technologischen Vorversuche und Qualitätsprüfungen bis zur Schaffung der modernen Produktionsbasis einschliesslich Montagetechnologie.

## DEVELOPMENT OF POWER-CURRENT CABLE TERMINATION AND LEAD-THROUGH DEVICES

BY DR. E. ZELANYÁNSZKY—S. CSECSÖDY—DR. G. FROJIMOVICS—  
J. KREISZ (CSEPEL TRANSFORMER FACTORY)

### Summary

The authors describe the development works carried out on termination fittings of medium-voltage power-current cables and on transformer and apparatus lead-through devices built on the former and, the results thereof. The study summarizes the whole of the innovation process performed in the VKI and supported also by the Csepel Transformer Factory, from selection of the raw materials, through the preliminary technological experiments and qualification tests to establishment of a modern production base, including the assembling technology.

## 1. Bevezetés

A hazai iparvállalatok jelentős erőfeszítéseket tesznek a korszerű, minden piacon értékesíthető termékek kifejlesztésére és gyártására. Az erősáramú, középfeszültségű transzformátorok és villamos készülékek terén is számottevő fejlődés tapasztalható. Egyre nő az új, kedvező paraméterű gyártmányok részaránya. Ezek csatlakoztatása a villamos hálózatra azonban csak részben tekinthető megoldottnak.

A szükséges kábeleket a hazai ipar képes előállítani. Ma már megfelelő gyártósorokkal is rendelkezik a világszínvonalat képviselő, térhálós polietilén-szigetelésű, extrudált árnyékolású, közép- és nagyfeszültségű erősáramú kábelek előállításához. Változatlanul nincs viszont egyetlen hazai gyár sem, amely kábelekhez csatlakozó-szerelvényt állítana elő. Kábelvégelzárót, -összekötőt és egyéb csatlakozást csak tőkés importból lehet beszerezni, ami a korlátozó intézkedések miatt nagy gondot jelent. Emiatt a villamos szerelőipari vállalatok kénytelenek sokszor pótmegoldásokhoz folyamodni, nem csekély kockázattal terhelve a népgazdaság exportvállalkozásait is.

A VKI szigeteléstechikai szakemberei jó ideje munkálkodnak a gondok enyhítésén. Többek között vállalták a középfeszültségű kábelvégelzárók kifejlesztését. E program az Ipari Minisztérium és az érdekelt vállalatok pénzügyi támogatásával sikeresen halad. Készült egy félüzemi berendezés is, amelyen sorozatban gyárthatók a feltolható típusú végelzárók.

A több éves, sokrétű kutató—fejlesztő munkát konkrét példán keresztül szeretnénk érzékeltetni. E dolgozatunkban áttekintjük a Csepel Művek Transzformátor Gyár finanszírozásával megvalósított, ívtalppontmentes kábelcsatlakozás egyes fejlesztési fázisait. A cikk tartalma azonban ennél jóval bővebb, mert az ezen transzformátor-szerelvényt felépítő szilikongumi végelzáróban és öntőgyanta átvezetőben testet ölt mindazon eredményünk és tapasztalatunk, amely ma már bázisul szolgálhat a legigényesebb szigeteléstechikai fejlesztéseknek is.

## 2. Ívtalppontmentes kábelcsatlakozás transzformátorokhoz

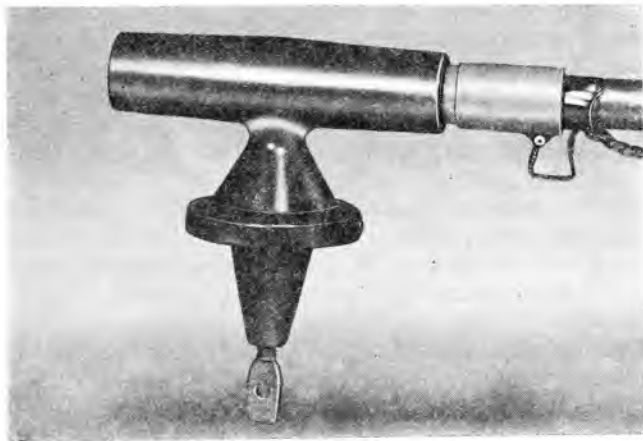
A mai korszerű energiaátviteli transzformátorok már megjelenésükben is eltérnek elődeiktől. A legszembevetőbb változás akkor következett be, amikor a transzformátorok tekercseit olaj helyett öntőgyantával kezdték szigetelni, ami által elmaradt a jellegzetes olajtartály, a hozzá kapcsolódó kiegészítő szerelvényekkel, többek között

a tartály fölé magasodó konzervátorral együtt. Ez utóbbi ma már az olajtranszformátoroknak sem nélkülözhetetlen eleme, mert az olaj hőmérséklet-változása miatti térfogatváltozást más módon, pl. hullámos falú edény segítségével hatástalanítják.

Ez már önmagában is lehetőséget teremtett a transzformátorok befoglaló méreteinek csökkentésére. Az öntőgyanta szigetelésű transzformátoroknál ez automatikusan adódott, hiszen a fémtartály elmaradása folytán jelentősen csökkenteni lehetett a nagyfeszültségű szigetelők méretét. Ezzel ellentétben az olajtranszformátorok tetején továbbra is robusztus, porcelán átvezetőszigetelők magasodtak. Számottevő méretcsökkenést csak a korszerű kábelcsatlakozások kifejlesztése és alkalmazása eredményezett. Ezek legfejlettebb változatai közül a 20 kV-osak sem emelkednek 200...250 mm-nél magasabbra a transzformátor zárófedele fölé.

A Csepel Művek Transzformátor Gyár hasonló méretű kábelcsatlakozásokat kívánt alkalmazni a 10 és 20 kV-os, hullámos falú olajtranszformátorainál és az öntőgyanta szigetelésű, Geafol típusú száraztranszformátorainál. A változtatást azzal a járulékos céllal kívánta végrehajtani, hogy a korábbi, egyszerű, csavaros rögzítésű, sarus kábelcsatlakozások ívtalppontmentesekké váljanak. Az üzembiztonság ilyen fokozása ma már elengedhetetlen, különösen a városi elosztótranszformátor-állomásoknál, amelyeknek egyes csökkentett méretű, „mobil” változatait kifejezetten sűrűn beépített környezetbe szánják.

A Gyár a kábelcsatlakozással szemben további követelményeket is támasztott; többek között csereszabatosaknak kellett lenniök a korábban alkalmazott porcelán átvezetőkkal, és szinte változatlan formában kívánták beépíteni a Geafol transzformátorokba is. Természetesen nem lehetett eltekinteni a könnyű és egyszerű szerelhetőség igényétől sem. Ezen túlmenően törekedtünk arra, hogy a kábelszerelvény egyszerű végelzáróként önmagában is alkalmazható legyen. A kitűzött feladatot tehát két részre lehetett bontani; egyrészt átvezetőt kellett kifejleszteni, amely helyettesítheti a porcelán átvezetőt, másrészt megfelelő szigetelőelemet kellett készíteni a csatlakozó kábel végére. Ezeket úgy kellett egymással összehangolni, hogy amikor az átvezető és a kábelér között csavaros kötést létesítünk, a megfelelő szigetelések hézagmentesen illeszkedjenek. Ezáltal ugyanis elejét lehet venni annak, hogy az esetleges túlfeszültség



33-1. ábra. Ívtalppont-mentes kábelcsatlakozás

Kábelvégelzáró;  
Transzformátor-átvezető;  
Záródugó

hatására keletkező ív fenn is maradjon (ellentétben a csupasz fémvezetők között égő, romboló hatású ívjelenséggel).

Ezeknek az igényeknek megfelelő ívtalppontmentes kábelcsatlakozás látható a 33-1. ábrán. A rendszert kábelvégelező, T alakú transzformátor-átvezető és záródugó alkotja.

A kábelvégelezővel és speciális kábelsaruval szerelt kábel tömítetten csatlakozik az átvezető egyik nyílásához, s a szabadon maradó másik nyílást dugó zárja le, egyetlen szabad fémfelületet sem hagyva az ív talppontjának.

### 3. A transzformátor átvezetőszigetelőjének fejlesztése

A transzformátor átvezetőszigetelőjének konkrét tervrajzát természetesen nem lehetett pusztán villamos méretezéssel elkészíteni. Ismerni kellett a szóba jöhető alapanyag minőségét és feldolgozástechnológiáját is. A várható igénybevételek alapján eleve öntőgyantára kellett gondolni. Annak összetételét azonban a kísérletek eredményeinek értékelésével határoztuk meg. Itt csak arra utalunk, hogy a kísérleti darabokat milyen megfontolások alapján vetettük alá a különböző fásasztó igénybevételeknek.

Az már a 33-1. ábra alapján is nyilvánvaló, hogy a T alakú átvezetőszigetelő alsó vége benyúlik a transzformátorba, ahol nagy hőmérsékletű olaj hatásának van kitéve. Ráadásul a 100 °C körüli legnagyobb üzemi hőmérséklet mellett olykor igen kis környezeti hőmérsékletekre (–5 °C-ra) is számítani kell. A szigetelőnek károsodás nélkül kell elviselnie a gyors hőmérséklet-ingadozásokat is. Eközben természetesen mechanikai tartó szerepet is betölt, mint egy támszigetelő.

Végül, de nem utolsósorban a szigetelőanyagának számottevő villamos igénybevételt kell elviselnie. Erre csak akkor képes tartósan, ha hibamentes, jól tapad a központi vezető felületére, és nincs benne sem üreg, sem repedés, amely részleges kisülések, veszélyes anyagroncsolódások „bölcsője” lehetne. Az alapanyag nem elég körültekintő megválasztása esetén ui. előfordulhat, hogy az új állapotban hibátlanak mutató darabok a termikus és dinamikus zárlati igénybevételek hatására károsodnak, ami szintén korai villamos átütést okozhat.

A laboratóriumi kísérletek végül arra az eredményre vezettek, hogy e sokrétű hatásnak egyedül a cikloalifás epoxigyanta képes sikeresen ellenállni. Az ilyen anyagok feldolgozása terén kellő tapasztalatokkal rendelkezünk, így nem jelentett különösebb gondot sem a szükséges kísérleti gyártóberendezés kiválasztása, sem a technológia meghatározása.

Mіндеzen ismeretek birtokában megkezdődhetett az átvezetőszigetelő alakjának konkretizálása, törekedve a villamos erőtér eloszlásának optimalizálására. Az elektrosztatikai számításokból többek között az adódott, hogy potenciálvezérlő elektródot is be kell építeni a szigetelésbe. Ez újabb technológiai problémákat vetett fel, amelyeket azonban sikeresen megoldottunk.

Az átvezető alakját véglegesítve elkészülhetett a gyártó szerszám. A vele végzett kísérleti gyártás igazolta az előzetes technológiai megfontolások helyességét.

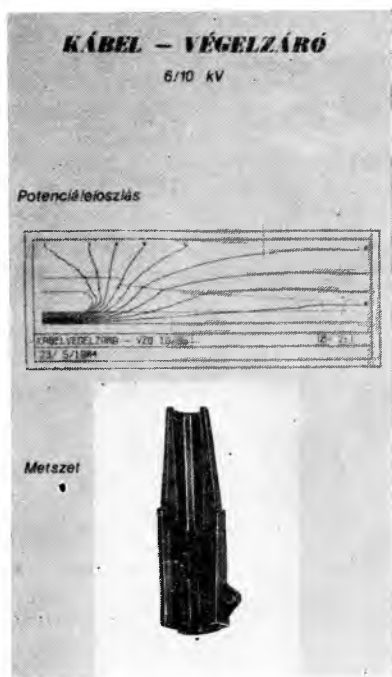


## 4. A kábelvégelzáró fejlesztése

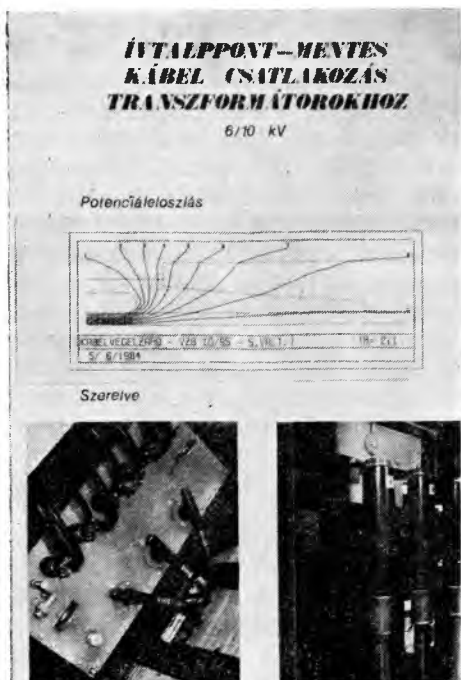
A 2. pontban már részletesen ismertettük, hogy a kábelcsatlakozást egy transzformátorátvezető és egy univerzálisan felhasználható kábelvégelzáró kombinálásával hoztuk létre. Az ívtalppont-mentesség e két alkatrész hézagmentes összeillesztését kívánta meg. Ebből adódóan nem gondolhattunk tetszőleges kábelvégelzáróra. Gyakorlatilag csak feltolható típus jöhetett számításba, amely gumiból készülvén, dugószerűen illeszkedhet az átvezető alkalmasan méretezett hüvelyébe.

A szilikongumiból készült kábelvégelzáró metszeti képét a 33-2. ábra szemlélteti. Jól látható a kónuszos végkiképzés, amely egy hengeres részben folytatódik. Ennek belsejében van a kapacitív potenciálvezérlésre szolgáló, csőszerű, lekerekített végű deflektor, amely nagy vezetőképességű szilikongumiból készül. A deflektor a szigetelő szilikongumi testtel megbonthatatlan egységet képez (kémiaileg társított rendszer). A csupaszított kábelre feltolt és arra rugalmasan rászoruló végelzáró e deflektor révén csatlakozik a kábel árnyékolásához. A villamos kontaktálás biztonságát tovább fokozza az a földelőfül, amely a metszeti kép jobb oldalán látható. Szereléskor ezt a deflektorból kinyúló fület külön vezetékkel kötjük össze a kábel árnyékolásával (illetve az azt kontaktáló földelőszodrattal).

Mindezen intézkedések végeredményeként a deflektor a kábelárnyékolás definiált meghosszabbításának tekinthető, gondoskodva a kábel szigeteléséből kilépő villamos erőtér kontrollált leépüléséről. A kedvező potenciálviszonyok szemléltetésére közöljük a 33-2. ábra felső részén látható potenciáloszlást, amelyet számítógéppel határoztunk meg.



33-2. ábra. 10 kV-os kábelvégelzáró metszete.  
A szerelt kábelvégpont potenciáloszlása



33-3. ábra. Transzformátorokra szerelt kábelcsatlakozások. Potenciáeloszlás a kábel csatlakozásban

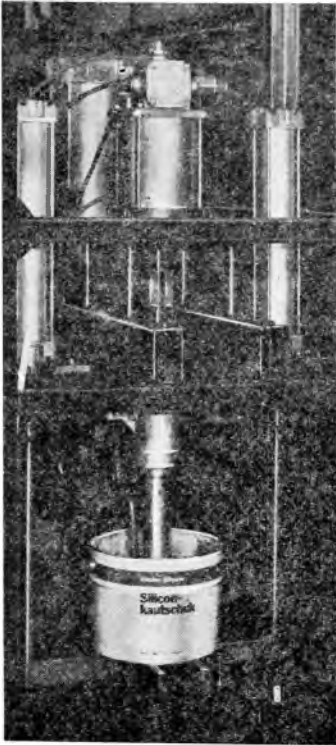
A végelzárával ellátott kábelt az öntőgyanta átvezetőbe szerelve, a potenciáeloszlás némiképpen módosul, amint azt a 33-2. és a 33-3. ábra összehasonlítása révén megállapíthatjuk. A szilikongumi és az öntőgyanta dielektrikumok permittivitásbeli arányából adódó erőtér-módosulás azonban számunkra kedvező irányú, mert a villamos kúszásra legérzékenyebb átmeneti határrétegben csökken a villamos térerősség. (Az ekvipotenciális felületek vezérgörbéi eltávolodnak egymástól.)

Végeredményben megállapíthatjuk, hogy villamos szempontból kedvező konstrukciót alakítottunk ki, amelyet a kész darabokon végzett szabványos vizsgálatok is igazoltak.

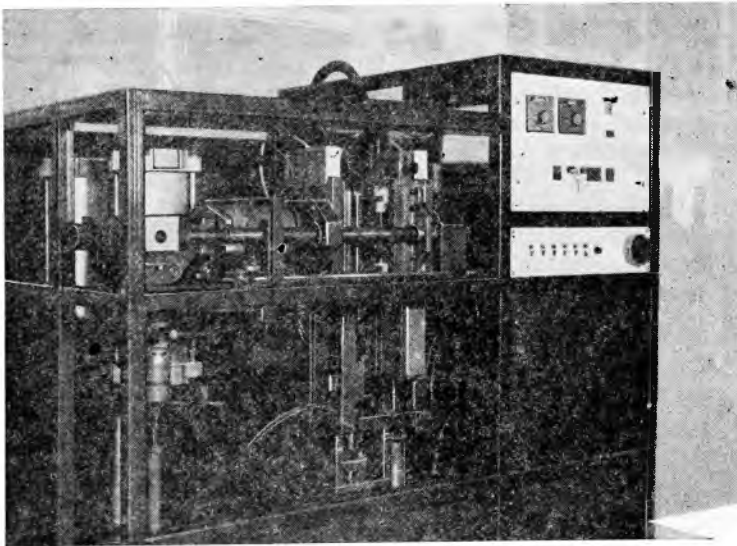
## 5. Villamos vizsgálatok

A szigetelések első példányait szabványos vizsgálatoknak vetettük alá. Az átvezető-szigetelőt természetesen csak a végelzárával és a hozzá tartozó kábellel együtt, mint komplett kábelcsatlakozást lehetett vizsgálni, a végelzárókkal szerelt kábeleket azonban külön is minősítettük.

A 10 kV-os komplett kábelcsatlakozáson — az MSZ 263 szerint — végeztünk 50 Hz-es szigetelésvizsgálatot, lökőfeszültség-próbát és meghatároztuk a részleges kisülések küszöbfeszültségét. Elvégeztük továbbá a termikus és dinamikus zárlati szilárdsági vizsgálatokat, a szabvány által előírt legnagyobb olajhőmérsékleten,



33-4. ábra. Szilikonkautsuk-feldolgozó berendezés szivattyúi a légmotorral



33-5. ábra. Szilikonkautsuk-feldolgozó berendezés előlnézetben szerszámmal és öntőfejjel

100 °C-on. A vizsgálatok eredményei szerint a komplett kábelcsatlakozás kiállta a próbákat, tehát megfelel a szabvány előírásainak.

A 10 kV-os kábelvégelzárókkal szerelt kábeleken ciklikus terhelésvizsgálatokat végeztünk az MSZ-05 48.1405 szerint, amelynek — a DIN szabvány definiálta száraz, belsőtéri kategóriában — megfelelt. A lökőfeszültség-próbák, 50 Hz-es szigetelés-vizsgálatok és részlegeskisülés-mérések eredményei kielégítik az MSZ 9250 előírásait.

Mindkét vizsgálatosorozatnál kiemelendő az a tapasztalat, hogy a részleges kisülések szintje szélsőségesen alacsony volt ( $<1$  pC). Ez egyrészt a konstrukciót, a potenciálvezérlés hatásosságát, másrészt a gyártástechnológiát, illetve az alkalmazott kábelszerelés-technológiát dicséri.

Ez utóbbit külön eredményükként is elkönnyelhetjük, mert hazai tapasztalatok hiányában kénytelenek voltunk önállóan kidolgozni az extrudált árnyékolású, polietilén szigetelésű kábelek szerelésteknológiáját. A kábel előkészítésének legkritikusabb műveletét, a szigetelésárnyékolás hámozását is korrektül oldottuk meg. Többszörösen igazoltuk a hazai gyakorlatban előszeretettel alkalmazott szigetelés-csiszolás és vezetőfestékes árnyékoláskiszárasítás feleslegességét. A különböző hámozószámokat összehasonlítva megállapítottuk, hogy a feltolható típusú végelzárókhoz a hosszanti irányban hámozó kés a legjobb. Ennek hazai gyártását is szorgalmaztuk, sikerrel.

## 6. Gyártóbázis és üzemi tapasztalatok

A kábelcsatlakozások gyártása egyelőre a VKI-ban folyik, félüzemi jelleggel. Az öntőgyanta átvezetőkhöz egy már korábban meglévő berendezést szerszámoltunk fel. A szilikongumi végelzárókhoz ellenben új berendezést létesítettünk, a szilikonkaucsuk mai legmodernebb feldolgozástechnikájának adaptálásával. A két anyagkomponenst pneumatikus meghajtású dugattyús szivattyúk (33-4. ábra) továbbítják egy ún. statikus keverőbe. A homogén anyagkeverék vákuumozható, fűtött szerszámban nyeri el végleges formáját (33-5. ábra). A gyártási ciklus automatizált, sorozatgyártásra alkalmas.

Több transzformátorba már beépítettük az általunk gyártott kábelcsatlakozásokat. Ezek üzemben vannak, s gyűjtjük a referenciatapasztalatokat.

A kábelcsatlakozások első változata 10 kV-os feszültségre készült, 95 mm<sup>2</sup>-es érkeresztmetszetű kábelekhöz, a választékot azonban bővítjük. Jelenleg készülnek a 20 kV-os kábelcsatlakozás kísérleti darabjai. A szerelési technológiát úgy alakítjuk, hogy extrudált árnyékolású (NOKIA) és grafitozott hagyományos (ROUNDAL) kábeleket egyaránt lehessen a transzformátorokhoz csatlakoztatni. A kutatási-fejlesztési munka eredményeként létrejött ívtalppont-mentes csatlakozású transzformátorok biztató távlatot jelentenek a hazai és az exportpiacon a Csepel Művek Transzformátor Gyár részére.

### Irodalom

- [1] *Dr. Koltai Mihály—dr. Magos András*: Elektrosztatikus térszámító programrendszer. BME Kut. jelentés, 1984.
- [2] Winkelstecker-200A Montageanweisung Elastimold (1980)
- [3] Dreipolige Giessharzdurchführung 12 kV 63A SMIT TRANSFORMATOREN HO-LEC, 1981.
- [4] Dugaszolható, ívtalppontmentes kábelcsatlakozási rendszer VKI-CsM Tr. Gyár Szolgálati szabadalom, 1985.

# 34.

## Középfeszültségű tokozott kapcsolóberendezések szigetelőelemeinek fejlesztése

SZAPLONCZAY PÁL—DR. FROJIMOVICS GÁBOR—CSECSÖDY SÁNDOR—  
FEUERTAG OTTÓ (VBKM VÁV)

### ÖSSZEFOGLALÁS

A dolgozat áttekinti a középfeszültségű fémtokozott kapcsolóberendezések terén a VBKM VÁV Gyárával közösen végzett hétéves komplex szigetelőtechnikai kutatási-fejlesztési munkát és annak főbb eredményeit.

A dolgozat beszámol a különféle szigetelőelemek és forgóképes szakaszolók fejlesztésének főbb fázisairól a konstrukció villamos tervezésétől, a korszerű gyártástechnológia kidolgozásán és létrehozásán keresztül a késztermék vizsgálatáig. A fejlesztés eredményeinek felhasználásával a VBKM VÁV új 12—24 kV-os fémtokozott kapcsolóberendezés családot hozott létre.

### СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ИЗОЛЯЦИОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ЗАКРЫТОГО ВЫКЛЮЧАЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ СРЕДНЕГО НАПРЯЖЕНИЯ

П. САПЛОНЦАЙ—Д-Р. Г. ФРОЙИМОВИЧ—Ш. ЧЕЧЕДИ—  
О. ФАЙЕРТАГ (ВБКМ—ВАВ)

### Резюме

В статье дается обзор комплексной семилетней исследовательской работы проведенной совместно с заводом ВБКМ—ВАВ в области изоляционной техники закрытого выключающего оборудования среднего напряжения, а также важнейших результатов в этой области.

Работа излагает важнейшие фазы совершенствования различных изоляционных элементов и разъединителей с вращающимися ножами, начиная от электрического проектирования конструкции до разработки и создания современной производственной технологии и испытания готового изделия. В результате совершенствования в ВБКМ—ВАВ разработана серия выключающего оборудования напряжения 12—24 кВ в металлическом корпусе.

### ENTWICKLUNG DER ISOLIERELEMENTE GEKAPSELTER SCHALTANLAGEN FÜR MITTELSPANNUNG

P. SZAPLONCZAY—DR. G. FROJIMOVICS—S. CSECSÖDY—  
O. FEUERTAG (VBKM VÁV)

### Zusammenfassung

In der Arbeit wird eine Übersicht der Forschungs- und Entwicklungstätigkeit für Isoliertechnik, die gemeinsam mit dem Werk VBKM VÁV sieben Jahre hindurch auf dem Gebiet metallgekapselter Schaltanlagen für Mittelspannung geführt wurde, und ihrer wichtigsten Ergebnisse gegeben.

Im Bericht werden die wichtigsten Phasen der Entwicklung verschiedener Isolierelemente und Drehtrenner dargelegt, von der elektrischen Projektierung der Konstruk-

tion über die Ausarbeitung und Realisierung der modernen Fertigungstechnologie bis hin zur Prüfung des Fertigproduktes. Durch Anwendung der Entwicklungsergebnisse wurde eine moderne neue metallgekapselte 12—24 kV Schaltanlagenfamilie des VBKM VÁV geschaffen.

## DEVELOPMENT OF INSULATION ELEMENTS FOR MEDIUM-VOLTAGE ENCLOSED SWITCHING EQUIPMENTS

BY P. SZAPLONCZAY—DR. G. FROJIMOVICS—S. CSECSÖDY—  
O. FEUERTAG (VBKM VÁV)

### Summary

This study surveys the seven-year complex insulation-technique research-development work carried out in the field of medium-voltage metal-enclosed switching equipment in a common venture with Factory VÁV of the VBKM and the main results of that work.

The study gives a report on the main phases of the development of various insulation elements and rotary-disconnector from the electric design, through elaboration and establishing a modern production technology, to testing of the finished product. With utilization of the results of this development a new 12...24 kV metal enclosed switching equipment family has been brought about by the VBKM VÁV.

## 1. Bevezetés

A középfeszültségű belsőtéri kapcsolóberendezések egyik legfőbb hazai gyártója a VBKM VÁV Gyára. Az energiaipar követelményeit idejében felismerve a gyár a 70-es évek második felében jelentős fejlesztést kezdeményezett, amelynek eredményeként létrejött az NT 12, ill. NT 24 jelű fémtokozott egy- és kétgyűjtősínes kapcsolóberendezés-család, amely egyaránt alkalmas a kisolajterű, ill. a vákuummegszakítók beépítésére. Az új berendezések üzembiztonsága és élettartama — csökkenő karbantartási igény mellett — megnövekedett a korábbiakhoz képest, aminek egyik fő oka a szigeteléstechnikai megoldások korszerű volta.

## 2. Szigeteléstechnikai fejlesztés az új kapcsolóberendezésekhez

A korábbi tokozott kapcsolóberendezésekben általános volt a porcelánszigetelők alkalmazása, amelyek mellett a 60-as években jelent meg a műanyag, főként a támszigetelőknél. Ezek a műanyag szigetelők hagyományos — kevéssé termelékeny és a méretek, ill. minőség tekintetében nem minden esetben kielégítő — öntéstechnikával készültek. A porcelánszigetelőknek is számos hátrányos tulajdonsága volt, így problémát jelentett rideg, törékeny viselkedésük, valamint nagy súlyuk és méreteik.

Az új kapcsolóberendezésekhez kifejlesztett műanyag szigetelőelemek révén lehetőség nyílt a cella méreteinek és súlyának jelentős csökkentésére, ami 10...20% fémmegtakarítást tett lehetővé. Külön kiemeljük a kétgyűjtősínes rendszerek felépítését nagyban egyszerűsítő háromfázisú forgó átvételórudas szakaszoló alkalmazását, amelyek a korábbi egyfázisú késes szakaszolókat váltották fel.

### 3. A gyár és kutatóintézet együttműködése

Az együttműködés kialakulásában döntő szerepe volt annak a ténynek, hogy a Villamosipari Kutató Intézet 1973—1974-ben — hazánkban elsőként — elkezdte a nyomószelés öntéstechnológia bevezetési kísérleteit. Ez a korszerű technológia azóta jelentős részben felváltotta az epoxi hagyományos öntését, és jelenleg is növekszik a szigetelőgyártáson belüli részesedése. 1977—1978-ban lépett be a termelésbe az Intézet fejlesztése alapján az első nyomószelés öntőüzem a VSZM-ben. Az új üzem első termékeinek egyik legfőbb felhasználója a VÁV volt, (pl. a 24 kV-os támszigetelők és különféle 12 kV-os, átvezető serlegszigetelők), ezeknek gyártása szintén a VKI fejlesztési eredményeként indult el. Ilyen előzmények után került sor a VÁV és VKI közötti kutatás-fejlesztési szerződésorozat megkötésére, amelynek keretében 1978—1984 között széles körű komplex együttműködés alakult ki.

Az együttműködés vertikuma a következő séma szerint alakult, és szigetelőelemenként részben ismétlődött:

A konstrukció kialakítása:

- a kapcsolóberendezés koncepcionális megtervezése;
- a villamos és termomechanikai igénybevételek meghatározása;
- geometriai kialakítás.

A konstrukció felülvizsgálata:

- a villamos méretezés számítógépes ellenőrzése;
- a modell előállítása és vizsgálata;
- az öntéstechnológia meghatározása, majd annak alapján a konstrukció ellenőrzése.

Anyagmegválasztás:

- receptúraadaptációs kísérletek, optimalizálás;
- próbatestek, vizsgálati modellek előállítása és a vizsgálata.

Szerszámozás:

- szerszámozási előkísérletek;
- tervezés;
- kivitelezés;
- szerszámpróba, kísérleti gyártás.

Technológia:

- technológiai kísérletek;
- technológiai leírás elkészítése.

Gyártás:

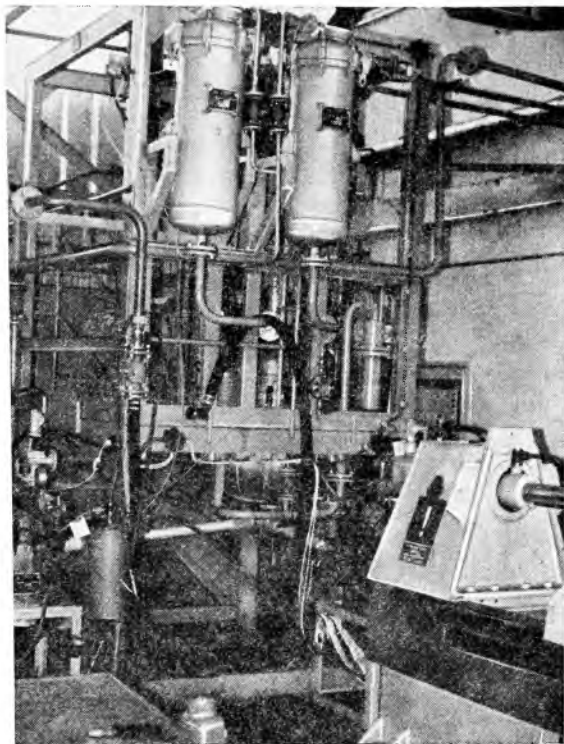
- gyártóhely létesítése;
- gyártásbevezetés.

A termék minősítése:

- minősítő vizsgálatok meghatározása;
- vizsgálóhely létesítése;
- fejlesztési vizsgálatok elvégzése, értékelése.

A sémában körvonalazott tevékenységek döntő többségét a konstrukció közös kifejlesztése után a VKI végezte el az NT 12 és NT 24 berendezésekbe beépítendő szigetelők jelentős részénél.

A VKI Szigetelőtechnikai Főosztályán belül a feladatok komplex volta öntőgyanta szigetelők fejlesztésén dolgozó team létrehozatalát kívánta meg, amelyen belül villamos-, vegyész- és gépészmérnökök, ill. technikusok közösen dolgoztak. A VÁV Gyárral közösen folytatott fejlesztőtevékenység, ezen belül elsősorban a változó szigetelő kialakítások egyre újabb igényeket jelentettek a referenciaüzemünkben működő



34-1. ábra. Villamosipari Kutató Intézet által kifejlesztett VIMIX<sup>®</sup> 63 gyantaelőkészítő berendezés a csehszlovákiai Brnóban

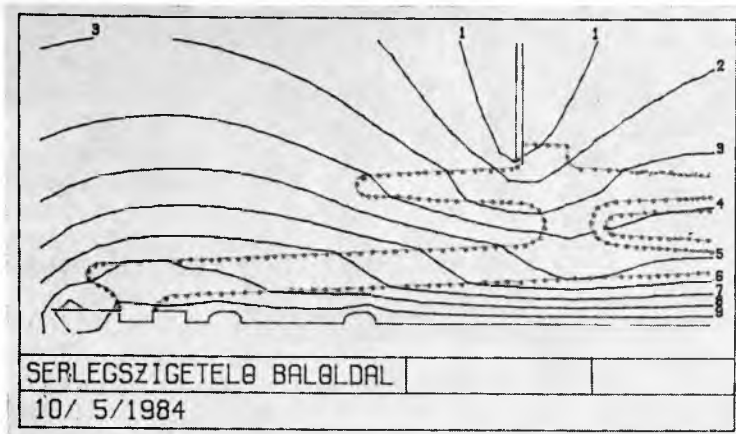
VET 800 öntőgép alkalmazhatósága terén, így annak több lépcsős továbbfejlesztését, ill. kiegészítő tartozékainak bővítését váltották ki. Ez a tevékenység előnyösen hatott öntőberendezéseink korszerűbbé tételére, és egyben megalapozta azok exportképességét.

A 34-1. ábrán az 1982. évben Brnóban (Csehszlovákia) átadott, az öntőgyanta nyomószelés feldolgozására alkalmas üzem VIMIX 63 márkanévű gyantaelőkészítő berendezése látható.

## 4. A konstrukciók kialakítása, ill. felülvizsgálata

A szigetelők és a szakaszolók funkcionális tervei alapján elvégeztük az elektrosztatikai számításokat, és meghatároztuk a legnagyobb térerősségeket. A felületi térerősségek meghatározása céljából síkmintát készítettünk. A forgásszimmetrikus szigetelőformák — bizonyos elhanyagolásokkal — síkproblémává egyszerűsíthetők, s így vezetőképességükkel, figyelembe véve a permittivitások különböző voltát is, kimérhetők az egyenpotenciálú vonalak. Ezek segítségével a szigetelés, ill. elektródok kontúrjainak módosításával alakítottuk ki a végleges konstrukciót úgy, hogy a térerősség sehol se lépje túl a megengedett értéket. Minőségi változásra vezetett az





34-2. ábra. 24 kV-os serlegszigetelő potenciáleloszlása

elektrosztatikus tér számítására a Budapesti Műszaki Egyetemen időközben közösen kidolgozott programrendszer.

A program kétdimenziós, ill. forgásszimmetrikus háromdimenziós feladatok megoldására alkalmas, algoritmusai az integrálegyenletek módszere. Lényege, hogy az elektrosztatikus teret a fémeken és a dielektrikum határain kialakuló felületi töltéssel fejezi ki. A program széles körű alkalmazhatóságát speciális bemeneti nyelv segíti, amelynek segítségével bonyolult geometriájú elrendezések is gyorsan, áttekinthetően leírhatók, kirajzolhatók, ill. módosíthatók. Az eredmények értékelését grafikus, interaktív posztprocesszor-programok segítik. A 34-2. ábrán ilyen programmal számított és rajzoltatott ábrát láthatunk, amely a 24 kV-os érintkezőtartó serlegszigetelőről és annak ellendarabjáról készült. Láthatók az egyenpotenciálú vonalak, és rendelkezésünkre állnak továbbá a térerősség eredő, normális és tangenciális számértékei is. E program segítségével — a bemeneti adatok egyszerű változtatásával — a konstrukció véglegesen kialakítható.

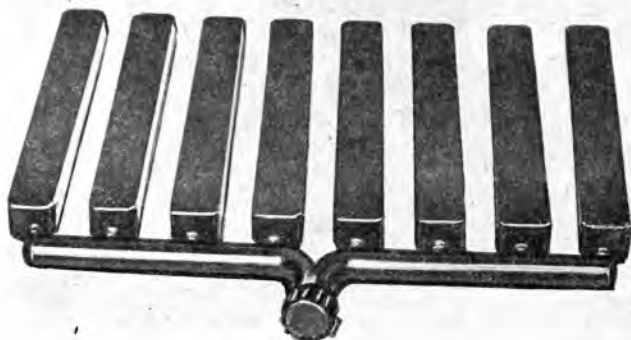
## 5. Anyagmegválasztás

A szigetelőelemekhez műszaki-gazdasági értékelés alapján határoztuk meg az optimális öntőgyanta-rendszereket. A szigetelők anyagával szemben támasztott főbb követelmények a következők voltak:

- a késztermék a vizsgálati és az üzemi igénybevételeknek feleljen meg, ezen elsősorban a termomechanikai és villamos szigetelési jóságot értjük;
- feldolgozása nyomószelés technológiával lehetséges legyen;
- feldolgozása munkavédelem szempontjából megfelelő legyen;
- gazdaságosan és folyamatosan be lehessen szerezni.

E követelmények alapján a belsőtéri alkalmazhatóságú folyékony epoxirendszereknek azt a körét választottuk ki, amelyben az anyagok térhálósítási jellemzői kielégítik a nyomószelés technológia igényeit, kvarciszttal jól tölthetők, hőalaktartóságuk és szilárdsági jellemzőik megfelelőek, és szükség esetén nagyobb tömegű fémrészek tokozására is alkalmasak.

Gazdasági szempontból kerestük a szűkös hazai gyantaválaszték alkalmazásának



34-3. ábra. Öntőgyanta próbatestek a hajlítószilárdság méréséhez

lehetőségét. Mindezek alapján feldolgozási és próbatesti vizsgálsorozatokot végeztünk a kiválasztott rendszereken, majd tovább szűkítettük a felhasznált anyagok skáláját. A próbatestek előállítására — húzó, hajlító, ütve hajlító, felületi ellenállási és villamos átütési vizsgálatok céljára — cserebetétes 8-8 fészkés nyomószelés öntőszerszámot fejlesztettünk. A 34-3. ábrán a hajlítóvizsgálat próbatestjei láthatók. Ily módon jelentősen csökkentettük a vizsgálati eredmények bizonytalanságait.

A kísérleti gyártásokhoz, majd sorozatöntésekhez végül kétféle öntőgyanta-kompozíciót alkalmaztunk. Az egyik a TípoX 400 gyanta, anhidrid típusú hárterrel térhálósítva, esetenként poliolos lágyítással 62...65 súlyszázalék kvarciszttal töltéssel. Más esetekben — mivel kedvezőbbek a mechanikai jellemzői — Bayer Lekutherm X 100 gyantával dolgoztunk az előzőhöz hasonló térhálósítóval.

## 6. Szerszámozás és technológia

Miután a szigetelőelem konstrukciója véglegesen kialakult a későbbiekben gyártandó darabszám és a darab bonyolultsága alapján egy-vagy többfészkés öntőszerszám készült. Ennek anyaga általában acél, a kritikus helyeken — mint a beömlés környezete, ill. a mozgóbetétek — edzve vagy cementálva; kisebb darabszámigény esetén alumínium is használható. Az alumínium szerszám tisztítás szempontjából igen kényes. A műgyanta öntvények tömege 1 és 30 kg között volt, a hozzá tartozó szerszámok 200...800 kg tömegűek. A szerszámok egy részénél a darabok könnyű kivételét kilökőrudazattal sikerült megoldani.

A tárgyalt időszakban 15 db önálló nyomószelés öntésre való gyártószerszám készült el a VKI-ban, amelyeknek jelentős része cserebetétekkel számos variációban alkalmas a szigetelők szerelésére. Pl. a serleg-, ill. átvezetőszigetelők különböző keresztmetszetű vezetőket tudnak befogni, a támszigetelők pedig többféle fémbetéttel készülnek.

A szerszámok próbáit a VKI Műgyantafeldolgozó Technikumában működő VET 800 típusú öntőgépen végeztük. Minthogy a szigetelőelemek egyedi értéke — az esetenként igen költséges fémrészeket is beleértve — viszonylag nagy, általában csak 3...10 darab kísérleti előállítására volt mód. Ezekkel kellett a technológiát

beállítani, a szerszámokat minősíteni, és emiatt már az első darabok fejlesztési, ill. típusvizsgálatra kerültek. Ez a módszer nem tett lehetővé többféle anyaggal, ill. technológiai paraméterrel való kísérletet, így a próbatestek előállítására tapasztalataira erősebben kellett építenünk.

Az öntések fő paraméterei a következő határok között voltak:

Szerszám-hőmérséklet: 120...150 °C;

Öntőnyomás: 0,8...3 bar;

A szerszám zárva 10...30 percig.

A szerszám nyitva 3...15 percig; ezalatt az öntvényt kiveszik, a darab kivételére, a szerszámot tisztítják, ill. a következő öntésre előkészítik.

A kiöntött szigetelőket azonnal utóhőkezelő kemencébe rakják, ahol azok 120 °C hőmérsékleten 12 órát töltenek. Lényeges, hogy az ezt követő lehűlés lassú legyen.

Érdemes végigkövetni a forgóátvezetős szakaszoló szigetelőinek fejlődését. Korábban a kétyűjűtésű kapcsolóberendezések szakaszolói egyfázisú kések vagy tulipánérintkezős rendszerűek voltak. Ezeknek igen nagy volt a helyigénye, ezért felmerült egy kompakt, egyszerű szerelhetőségű és gyárthatóságú szigetelő kifejlesztése. A cellaméreték csökkentése és a hajtás csatlakoztatásának egyszerűsítése nyomán egy háromfázisú átvezető rendszer mellett döntöttek a VÁV Gyár fejlesztői. A forgóátvezető még kések kialakítású volt, a három 60×10 méretű rézsín poliuretán öntőgyantával volt kiöntve, majd egy PVC-csőbe forgácsolt kivágásokban rögzítve és tömítve. Később újabb poliuretángyantával való kiöntés biztosította a sínek helyzetét a csőben. Ezt a soklépcsős bonyolult módon kialakított szigetelőt a VÁV gyár termomechanikai és villamos szempontból vizsgálta. Ennek eredménye alapján a 12 kV-os, 3150 A-es szigetelőt már egy lépésben történő öntésre alakítottuk ki.

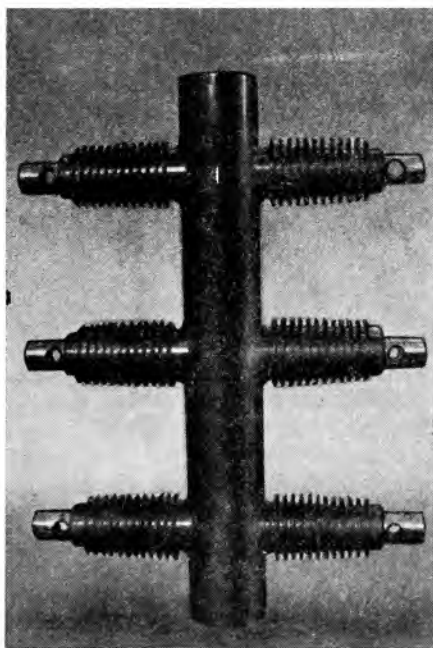


34-4. ábra. 24 kV 2500 A forgóátvezetős szakaszoló öntőszerszámának fele

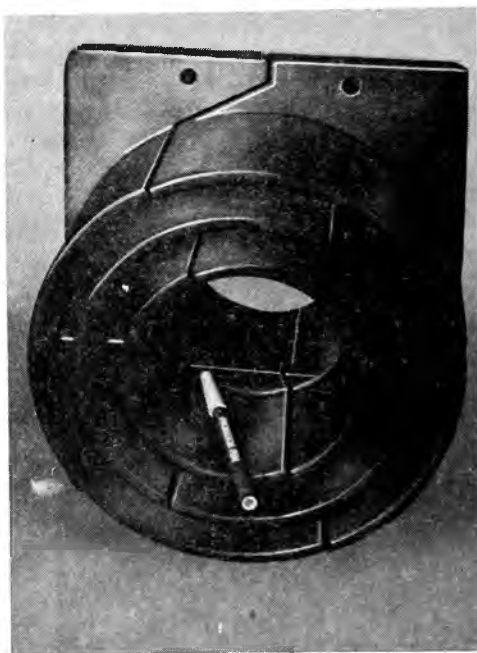
A kézi öntés szerszámozgatási problémái miatt az első szerszámot alumíniumból gyártották. Megjegyzendő, hogy az  $\varnothing$  80 réz átvezetők súlya megközelíti a 20 kg-ot, egy szigetelő kiöntéséhez szükséges gyantakompozíció súlya viszont 31 kg. A kézi öntéshez hidegre keményedő, kétkomponensű poliuretán gyantát használtunk. Az első darabok igen körültekintő vizsgálatsorozaton estek át, így pl. a gyári MEO 18 helyen hőelemmel vizsgálta a melegedést, és ennek alapján változtatott a rézsín méretén.

A következő lépés a 12 kV 800 A típusú — a sorozatban a legkisebb méretű — szigetelő nyomószelés öntéshez való öntőszerszámának kifejlesztése volt. Ehhez megfelelő epoxigyanta-rendszer is szükséges volt, amelynek szívóssága elegendő a réz-átvezetők hődilatációjának követésére. Újszerű megoldást fejlesztettünk ki az öntőgyanta tömítésére a kör keresztmetszetű rézátvezetők körül. A 12 és 24 kV feszültségű forgóátvezetős szakaszoló nyomószelés öntőszerszámának teljes sorozata 5 db-ból épül fel, anyaguk egyetlen kivétellel acél.

A 34-4. és a 34-5. ábrán a 24 kV 2500 A-es forgóátvezetős szakaszolóhoz való egyik szerszámfél, ill. a kész öntvény látható. Az NT típusú kapcsolóberendezésekhez kifejlesztett érintkezőtartó átvezetők és sínátvezetők serleg jellegűek. Az S 12 átvezető cserebetétekkel mindkét alapfeladat megoldására alkalmas három különböző áramerősség mellett. Újszerű és a sínátvezetésekhez előnyösen használható az AX 12, ill. 24 jelű osztott szigetelő is (34-6. ábra).



34-5. ábra. 24 kV 2500 A forgóátvezetős szakaszoló öntvény



34-6. ábra. AX 24 típusú szigetelő az NT 24 kapcsolóberendezéshez

## 7. A szigetelők minősítése

A kísérleti darabokon villamos vizsgálatokat végeztünk. E vizsgálatoknak két célja volt:

- feltárni az esetleges hibákat, üregeket, repedéseket, elválásokat, ill.
- bizonyítani, hogy a szigetelők a szabványokban előírt minőségnek megfelelnek.

A részleges kisülési mérések jó eredményei a magas minőségi követelményeket kielégítő nyomószelés öntési technológiát dicsérik. A fejlesztés során elvégzett szabványos villamos vizsgálatoknak minden átvezető, ill. forgóképes szakaszoló megfelelt. Ugyanígy a termikus és dinamikus zárlati vizsgálati eredmények kivétel nélkül mind pozitív eredményűek.

## 8. Összefoglalás

Cikkünkben beszámoltunk az NT 12 és NT 24 fémtokozott kapcsolóberendezésekhez használatos, öntőgyanta anyagú szigetelőelemek — támszigetelők, átvezetők, forgóátvezetők — fejlesztésének néhány kérdéséről, de ezzel nem merült ki a VÁV-VK1 együttműködés. Itt említjük meg a K 103 típusú 400 V-os sintartókat, amelyek poliészter prepeg sajtolásával készülnek, a burkolt sínek ívtalppontmentes leágazásainak



34-7. ábra. NT 12 kapcsolóberendezés nyitott helyzetben

polikarbonát anyagú, fröccsölt dobozait és a profilhúzással előállított üvegrovíng-poliészter C-sín profilokat.

A tárgyalt szigetelőelemek alkalmazása tette lehetővé olyan, a korábbiaknál kisebb cellaosztású kapcsolóberendezés-család létrehozását, amelyek egyaránt alkalmas a jelenlegi, EIB-licenc alapján gyártott kis olajterű megszakítók és a legkorszerűbb, Hitachi-licenc alapján gyártandó, vákuumos ívoltású megszakítók befogadására (34-7. ábra).

A közös fejlesztés alapján ma már sorozatban kerülnek a hazai és külföldi piacra az NT 12 és NT 24 típusú kapcsolóberendezések, és folyamatban van a 40,5 kV-os feszültség szintre való felkészülés is.

## **Irodalom**

[1] VBKM Gyári ismertető

[2] Szaplónczay P.—Koltai A.: VKI Közlemények 7. 1979.

[3] *Beyer, M:* Epoxidharze in der Elektrotechnik. Expert Verlag, Grafenau, 1983.

# 35.

## Villamos szigetelőanyagok és szigetelések hőállóságának jellemzése a termogravimetrikus index és a szabványos termoindex figyelembevételével

*DÁVID PÉTER—DR. FAZEKAS GÁBORNÉ—HORVÁTH ÁRPÁD*

### ÖSSZEFOGLALÁS

A hőállóság szabványos vizsgálata hosszadalmas, hónapokig, sőt évekig tartó kísérleteket kíván, ezért állandóan visszatérő igény a hőállóság rövid idő alatt elkészíthető prognózisa. Az elmúlt két évtizedben számos módszert ajánlottak a hőállóság termikus analízissel való gyors megítélésére, többek között az ún. termogravimetrikus index (TGI) meghatározását is.

A közlemény bemutatja a TGI fogalmát, a többi, hasonló célú, gyors módszerrel való kritikai összevetés keretében. A szerzők konkrét példa alapján kísérletet tesznek arra, hogy a TGI jelentését, a szabványos termoindexszel való kapcsolatát valóságosabbá tegyék. Fölvetik a hő okozta öregedés részfolyamatait is figyelembe vevő derivatív termogravimetrikus index (DTGI) bevezetésének lehetőségét a TGI helyett.

### ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕПЛОСТОЙКОСТИ ЭЛЕКТРОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ И ИЗОЛЯЦИЙ С УЧЕТОМ ТЕРМОГРАВИМЕТРИЧЕСКОГО ПОКАЗАТЕЛЯ И СТАНДАРТНОГО ТЕРМИЧЕСКОГО ПОКАЗАТЕЛЯ

*П. ДАВИД—Д-Р. Г. ФАЗЕКАШ—А. ХОРВАТ*

### Резюме

Стандартное испытание на теплостойкость потребует длительных опытов до нескольких месяцев и даже до нескольких лет, поэтому постоянно возвращается требование к возможному прогнозу теплостойкости за короткое время. За последнее 20 лет было предложено много методов для быстрой оценки теплостойкости посредством термоанализа, в том числе определения так называемого термогравиметрического показателя (ТГП).

В статье представляется понятие ТГП в рамках критического сопоставления с другими экспресс методами подобного назначения. На базе конкретного примера авторы пытаются представить реальное значение ТГП и его связь с традиционным термическим показателем. Поэтому вместо ТГП представляют возможность введения производного термогравиметрического показателя (ПТГП), учитывающего в том числе и частичные процессы старения от тепла.

# CHARAKTERISIERUNG DER WÄRMEBESTÄNDIGKEIT ELEKTRISCHER ISOLIERSTOFFE UND ISOLIERUNGEN MIT BERÜCKSICHTIGUNG DES THERMOGRAVIMETRISCHEN UND DES NORMTHERMOINDEXES

P. DÁVID—FRAU DR. G. FAZEKAS—Á. HORVÁTH

## Zusammenfassung

Die Normuntersuchung der Wärmebeständigkeit ist mit langwierigen Versuchen verbunden, die Monate, sogar auch Jahre andauern können. Deshalb ist es ein ständig wiederkehrender Wunsch, die Wärmebeständigkeit in kurzer Zeit zu prognostizieren. In den vergangenen zwei Jahrzehnten wurden zahlreiche Methoden zur schnellen Beurteilung der Wärmebeständigkeit mittels Thermoanalyse empfohlen, u. a. auch die Bestimmung des sog. thermogravimetrischen Indexes (TGI).

In der Publikation wird der Begriff des TGI im Rahmen eines kritischen Vergleiches mit den anderen schnellen Methoden ähnlichen Zwecks dargelegt. Die Autoren unternehmen einen Versuch auf Grund von konkreten Beispielen, den Begriff des TGI, seine Beziehung zum Normthermoindex zu verdeutlichen. Deshalb wird die Möglichkeit der Einführung des derivativen thermogravimetrischen Indexes (DTGI) anstelle des TGI erwogen, wodurch auch die Teilprozesse der Wärmealterung berücksichtigt werden.

## CHARACTERIZATION OF THERMAL ENDURANCE OF ELECTRICAL INSULATING MATERIALS AND INSULATIONS BY THE THERMOGRAVIMETRIC INDEX AND THE STANDARD THERMOINDEX

BY P. DÁVID—DR. MRS. G. FAZEKAS—Á. HORVÁTH

## Summary

For standard testing of the thermal endurance time wasting experiments lasting sometimes for months or even years are required, for this reason a permanently returning demand exists for a short-time prognosis of the thermal endurance. During the last two decades a number of methods has been suggested for quick judgement of the thermal endurance by thermal analysis, including among others the determination of the so-called thermogravimetric index (TGI), too.

This publication introduces the concept of the TGI, within the frame of a critical comparison to the other quick methods of similar purpose. On the basis of examples the authors attempt making the meaning of the TGI and its relation to the standard thermoindex more evident. For this reason, instead of the TGI, they raise the idea of replacing the TGI by introducing the derivative thermogravimetric index (DTGI) reckoning with the individual stages of thermal ageing.

# 1. Bevezetés

## 1.1. A szigetelések megbízhatóságának jelentősége

A villamos energia egyre általánosabb elterjedése nyomán rohamosan nőtt a villamos energiát termelő és elosztó, valamint fölhasználó rendszerek megbízhatóságának jelentősége. Manapság ez már nem csupán elsőrendű gazdasági érdek, hanem — a földréz nagyságú területeket behálózó villamosenergia-hálózatok korában — államhatárokon is túlnőtt, stratégiai fontosságú követelmény.

A villamos gépek, kábelek és berendezések megbízhatósága jórésztben a *szigetelés*, ill. az abban megtestesülő egy vagy több szigetelőanyag stabilitásán múlik, vagyis azon az ellenálló képességen, amelyet a szigetelés az őt igénybe vevő, üzem közbeni hatásokkal szemben teljesít. A két legfontosabb ilyen igénybevétel a hőmérséklet és



a villamos tér hatása. Ezekkel szemben érvényesül több-kevesebb időn át a szigetelések stabilitása, amelynek megismeréséhez és fejlesztéséhez érdekeink fűződnek. A továbbiakban itt csak a hőmérséklet hatásával foglalkozunk.

## 1.2. A hőmérséklet okozta öregedés

A villamos szigetelések csak egy bizonyos ideig tudják feladatukat ellátni. Üzem közben még a leggondosabban tervezett és gyártott szigetelésnek is, rendeltetészerű üzemvitel esetén is, romlanak a tulajdonságai. Ezt a folyamatot a *szigetelés romlásának* [1] vagy — követve a nemzetközileg is elterjedt kifejezést — *öregedésének* [2] nevezzük. Hőmérséklet hatására zajló folyamat esetén hő okozta vagy *hőöregedésről* beszélünk a villamosiparban. (A hőöregedés névvel összefoglalt jelenségcsoport a kémiai terminológia szerint a termooxidatív lebomlás kifejezéssel illelhető, mivel a villamosipari hőöregedés általában levegőn, vagyis oxigén jelenlétében zajlik.) Az öregedés folyamatát mérésekkel követhetjük nyomon, valamely tulajdonságnak az öregedés során való változását — a mérés alapján — az öregedési görbe írja le.

### *Az élettartam*

Azt az időtartamot, amelynek során a szigetelés használhatóságának végső határáig romlik, öregszik, *élettartamnak* nevezzük. Az élettartam a gyártmány tervezhető tulajdonsága kell hogy legyen, ezért szükséges az új gyártmányok, új szigetelőanyagok élettartamának előre jelzése. Ezt az előrejelzést az öregedésnek mint folyamatnak a sebessége alapján tehetjük meg. Ehhez a kémiai reakciók sebességének leírásához (a kémiai reakciókinetikában) használatos matematikai összefüggéseket alkalmazzuk [3], [4].

### *Az élettartam előre jelzése*

Azt, hogy valamely szigetelés vagy szigetelőanyag adott üzemi hőmérsékleten mennyi ideig képes ellátni feladatát, vagyis mekkora a várható élettartama, azt nem lehet egyszerűen, méréssel megállapítani, mivel általában nem tudjuk kivárni a szigetelés teljes tönkremenetelét, ezért gyorsított öregítéssel állítunk elő olyan, többé-kevésbé leromlott vizsgálati mintákat, amelyek mérése alapján, a kapott mérési adatokból következtetünk a valóságos, az üzemi öregedés időbeli lefolyására. A vizsgálati gyakorlatban legtöbbször a hőmérséklet növelésével gyorsítjuk a kísérleti öregedést. A kémiai reakciókinetikából tudjuk ugyanis, hogy az anyagi átalakulásokat okozó kémiai reakciók sebessége rohamosan nő a hőmérséklettel. Így tehát, nagyobb hőmérsékletű, ezáltal elviselhetőbb időtartamú mesterséges öregítés keretében megmérjük az illető anyagminta élettartamát, majd ezt az élettartamértéket a kisebb, üzemi hőmérsékletre extrapoláljuk. Az így kapott, extrapolált élettartamérték a kérdéses anyag vagy szigetelés üzemi hőmérsékletre előre jelzett élettartama. Ehhez az extrapoláláshoz a kémiai reakciók sebességére, valamint e sebesség hőmérsékletfüggésére vonatkozó reakciókinetikai összefüggéseket vesszük alapul.

*Az élettartam előre jelzése* — mind a számítások — ma már jobbra ismertek, sőt szabványosított eljárások [5], [6]. A hazai szakirodalomban is találhatóak már idevágó közlemények [7], [8]. Kiegészítésül viszont ide kívánczok, hogy Paloniemi [9] gyorsított öregítéssel előállított mintákhoz nem csupán a hőmérsékletet alkalmazza mint *gyorsító tényezőt*, hanem az öregítéskor jelenlevő légtér oxigén- és vízgőz-koncentrációját is szabályozza. Ez az igen figyelemre méltó gyorsított öregítési módszer a valóságot jobban megközelítő vizsgálati eredményeket ad.

### 1.3. A hőmérsékleti index (TI)

A hőmérsékleti index vagy termoindex (TI) az a °C-ban kifejezett hőmérséklet, amely-nél az illető szigetelőanyag még megengedhető mértékű öregedése 20 000 óra alatt zajlik le, vagy pontosabban: a TI „az a °C-ban kifejezett hőmérséklet, amelyhez a szigetelőanyag [5] szabvány szerinti vizsgálata alapján 20 000 óra számított élettartam tartozik”.

A TI tehát a hőállóság egy bizonyos jellemzésére is szolgál. Minél nagyobb szám-érték valamely anyag TI-je, annál jobb a hőállósága. Ez a jellemzés azonban csak megfelelő összehasonlítás esetében érvényes, mivel *egyazon anyag különféle tulajdon-ságai alapján meghatározott TI értékei* a legtöbb esetben *eltérnek egymástól*. Ugyan-csak változik a TI értéke, ha a kiszemelt és a mért tulajdonság még megengedett legalsó szintjét, az ún. *végpontkritériumot* más értéknél választjuk meg [10], ezért — jobb híján — egyetlen anyaghoz több, más-más tulajdonság mérése alapján meg-határozott TI-értéket célszerű hozzárendelni, hogy valóság-hű hőállósági jellemzéshez jussunk. Az egyazon anyaghoz tartozó különféle TI-értékek közül azt szokás súlyo-zottan figyelembe venni, amelyik az adott fölhasználás szempontjából leginkább mérvadó tulajdonság mérésén alapszik.

Ily módon valamely szigetelőanyag hőállóságának alapos megismerése és jellem-zése még manapság is hosszadalmas, munkaigényes gyorsított öregítési munkákat, ehhez kapcsolódó méréseket és számításokat igényel, és ráadásul mindezeket nem is elegendő egyetlen tulajdonság (pl. a feszültségállóság) mérésére alapozni, hanem lehetőleg két vagy három tulajdonság (pl. mechanikai jellemzők, tömegvesztés) mérésével kell elvégezni. Az egyes, különféle tulajdonságok alapján meghatározott, de ugyanazon anyagra vonatkozó TI-értékek között csak legújabban sikerült össze-üggést teremteni (a kémiai reakciókinetika újbóli segítségül hívásával) [11].

## 2. A hőállóság gyorsabb jellemzésének igénye

### 2.1. Termoanalitikai vizsgálatok

Az előbbieket alapján érthető a meg-megújuló igény, hogy a hőállóságot rövidebb idő alatt lehessen meghatározni. Ehhez a termoanalitikai módszerek kínáltak igen megfelelőnek [12].

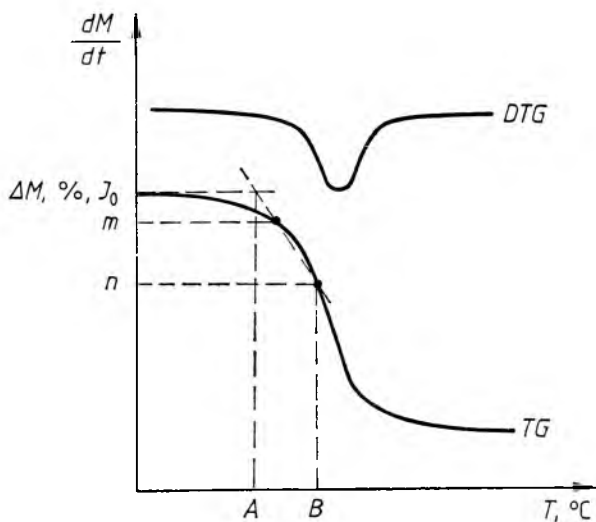
A *termoanalitika* „azon technikák összefoglaló megnevezése, amelyekkel vala-mely anyag ... fizikai tulajdonságát mérik a hőmérséklet függvényében...” [13]. A termoanalitika egyik legismertebb ága a *termogravimetria*, amely a vizsgálandó minta tömegének változását méri (regisztrálja) a hőmérséklet függvényében, miközben egyenletes fölfűtésnek veti alá az anyagmintát. (Egy erre is alkalmas hazai műszer a derivatográf [14], amelynek segítségével még a tömegváltozás sebessége is közvet-lenül regisztrálható, amiért a módszert *derivatív termogravimetriának* hívják. A mű-szer éppen erről a technikáról kapta nevét, és sokáig egyedülálló készüléknek számí-tott.) A termoanalitika más ágait is alkalmazták már a villamos szigetelőanyagok és szigetelések hőállóságának meghatározására [12], de itt csak a termogravimetria és a derivatív termogravimetria idevágó alkalmazásával foglalkozunk.

A termoanalitika fölhasználásával kialakított gyors hőállósági vizsgálatok általá-ban a reakciókinetikából ismert *aktiválási energia* meghatározásával érik el céljukat. Ez ugyanis arányos az *élettartam-egyenes* (vagyis a log élettartam —  $1/T$  összefüggés) *meredekségével*. Ha viszont ezt már ismerjük, akkor elegendő csupán egyetlen hagyó-mányos élettartammérést végezni, és a diagramban az ezt képviselő ponton keresztül

a termogravimetriával meghatározott meredekséggel egyenest húzni az élettartam-egyenest megszerkesztése céljából. Az ilyen termogravimetrikus méréseknél ezt az aktíválási energiát a legtöbbször a reakciókinetikai összefüggések alapján, vagy a tömegvesztés sebességéből, vagy a fölfűtési sebesség módszeres változtatása okozta eltérésekből számítják ki. Ilyen módszert intézetünkben is kidolgoztunk [15] ismertetésére azonban itt nincs lehetőség.

## 2.2. A termogravimetrikus index (TGI)

A termogravimetrikus index (TGI) egy tapasztalati képlettel kapott hőmérsékleti érték ( $^{\circ}\text{C}$ -ban), amely az illető anyag hőállóságát kívánja jellemezni [16]. A TGI értékét a termogravimetrikus mérés regisztrátuma, a *termogravimetrikus görbe* (TG-görbe) alapján kapjuk meg. Egy ilyen vázlatos TG-görbe a 35-1. ábrán látható. A TG-görbe a mintának az egyenletes fölfűtés hatására bekövetkező (bomlási) tömegvesztését mutatja. Látható az ábrából, hogy a TG-görbe szemléletesen írja le a %-os  $\Delta M$  tömegvesztés menetét a mindenkor  $T$  hőmérséklet függvényében. A TG-görbe legmeredekebb szakasza az inflexiós pont környéke, amelyet szemléletesen mutat meg a tömegvesztés sebességét leíró DTG-görbe, amely a TG-görbe idő szerinti első deriváltja. Jól látható, hogy a TG-görbe legmeredekebb szakaszához tartozó inflexiós pontot a DTG-görbe szélsőértéke jelzi, amely megállapodás szerint — bár maximum — lefelé irányul. A TGI-t a TG-görbe alapján, szerkesztéssel határozzuk meg. A 35-1. ábrán látható, hogy az empirikusan megválasztott  $m$  és  $n$  %-os tömegvesztés-értékeket fölvesszük a TG-görbén, majd ezen a két ponton keresztül egyenest fektetünk, és megkeressük ezen egyenes és a zérus % tömegvesztésűt jelentő vízszintes vonal metszéspontját. E metszéspont hőmérsékleti koordinátáját a  $T$  tengelyen jelölje  $A$ , a TG-görbe  $n$ %-hoz tartozó pontjának hőmérsékleti koordinátáját pedig jelöltje  $B$ . Látható, hogy az  $A$  jelű hőmérsékleti koordináta megszerkesztésével mintegy kezdőpontot szerkesztettünk a TG-görbe számára, amely kezdőpont egyéb-



35-1. ábra. A termogravimetrikus index (TGI) kiszámításához szükséges szerkesztés, a TG görbe által mutatott teljes tömegvesztés alapján

ként igen nehezen volna meghatározható. A fönti szerkesztés után a TGI értékét a

$$\text{TGI} = \frac{A+B}{2K}$$

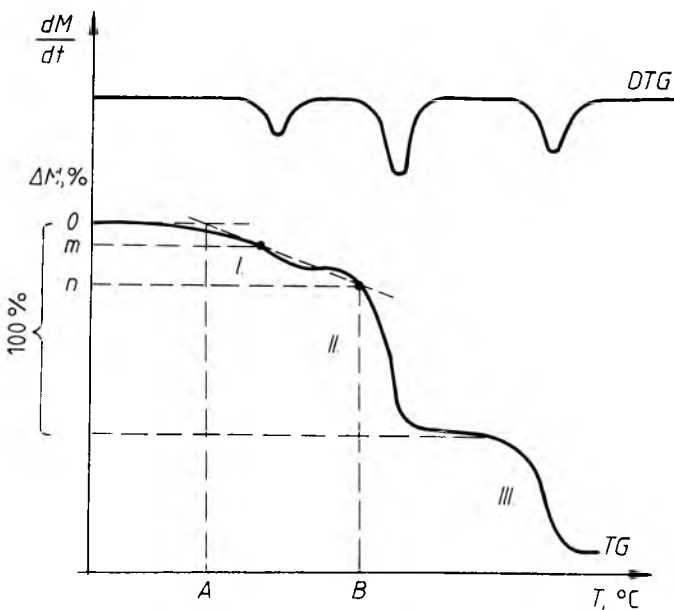
képlet alapján számítjuk ki, ahol  $A$  és  $B$  a már jellemzett, a TG-görbe és az  $m$  és  $n$  %-os tömegvesztésértékek alapján szerkesztett hőmérsékleti értékek °C-ban,  $K$  pedig egy műszerállandó, amelyet ismert TGI-jű anyag mérésével kell meghatározni. Ez esetünkben  $K=2,198$ . A TGI-re vonatkozó eredeti közlemény [16]  $m$  és  $n$  értékére rendre 20, ill. 50%-ot ad meg, más ajánlás viszont 10 és 30%-ot. Az Inter-elektro szervezetben kialakult gyakorlat alapján mi ezt az utóbbit fogadtuk el [17].

Amint látható tehát, a TGI egy teljesen tapasztalati úton kapott jellemző hőmérsékleti érték. Gyorsan, néhány óra alatt meghatározható, szemben azzal a több hónappal, amennyi időbe kerül a hagyományos, ill. szabványos öregítési eljárásra alapozott TI meghatározás. Távol áll azonban a szigetelőanyagok hőrepedését leíró kémiai reakciókinetikától, ezért némileg önkényesnek tűnik, és így korlátozott érvényességűnek tekinthető.

### 2.3. A derivatív termogravimetrikus index (DTGI)

Abban az esetben, ha a szigetelőanyag hőbomlása több lépcsőben zajlik le, mint amilyent pl. a 35-2. ábra TG-görbéje mutat, akkor az előbbiekre szerinti TGI jelentősége kérdésessé válhat.

Mivel a szigetelőanyagok hőrepedése a gyakorlatban mérsékelt (általában 523 K, vagyis 250 °C alatti) hőmérsékletek tartományába esik, ezért a TG-görbe ennél nagyobb hőmérsékletű szakasza kevésbé érdekes a gyakorlat szem-



35-2. ábra. A derivatív termogravimetrikus index (DTGI) kiszámításához szükséges szerkesztés a TG-görbén a DTG-görbe segítségével kijelölt első két bomláslépcső tömegvesztése alapján

pontjából. Ezt a tényt már korábbi termogravimetrikus vizsgálatainkkal kimutattuk [12]. A TG-görbén jelentkező bomláslépcsők közül csak a kisebb hőmérsékletre tartozókat indokolt figyelembe venni, ezért az Interelektro szerkezetében is javasoltuk már a *derivatív termogravimetrikus index* (DTGI) bevezetését, amely bonyolultabb TG-görbék esetén valóságosabb hőállósági mutatószám lehet. A DTGI a TG-görbe első egy vagy két bomláslépcsője alapján jellemzi a kérdéses anyag hőbomlását. A DTGI megállapítására a derivatív görbe, a DTG-görbe ad lehetőséget, mert ennek segítségével különíthetjük el a TG-görbe egyes bomláslépcsőit. A 35-2. ábra szerinti példában az első két lépcsőben jelentkező összes tömegvesztésüket tekintjük 100%-nak az  $m$  és  $n$  értékek kiszámításához. A DTGI-hez vezető gondolatmenet különösen érthetővé válik akkor, ha figyelembe vesszük, hogy a TG-görbe későbbi, tehát pl. a 35-2. ábrán az 573...873 K (300...600 °C) közötti bomláslépcsője már csupán kokoszodási folyamatokat képvisel, tehát a szigetelőanyagok öregedésébe nem indokolt beszámítani.

Látjuk, hogy a fentiekben javasolt DTGI az eredeti TGI [16] finomított, a valósághoz jobban illeszkedő módosítása, amely azonban nem mentes az eredendő fogyatékoktól.

### 3. A vizsgált szigetelőanyagok és öregítésük

A vizsgálati minták részben egyszerű, részben összetett szigetelőanyagok. Ily módon az öregített és megvizsgált szigetelőanyagok igen eltérő típusok képviselői, amelyeket a következők szerint öregítettünk:

1. PVC szigetelőcső 120, 140, 160 °C;
2. szilikongumi szigetelőcső 200, 220, 240 °C;
3. lakk/üvegszövet horonyszigetelő 160, 180, 200 °C;
4. poliészter fólia/papiros horonyszigetelő 140, 160, 180 °C.

### 4. Szabványos hőállósági vizsgálatok

Az 1. és 2. anyagú öregített minták *villamos szilárdságát* határoztuk meg az Interelektro ajánlásai szerint. A villamos szilárdság kiindulási értékei: 1. anyagra 44,34 kV/mm; 2. anyagra 30,56 kV/mm. A végpontkritérium az alapállapot 50%-a, az átütési feszültség rövid idejű volt. A 3. és 4. anyagú öregített minták *átütési feszültségét* határoztuk meg, a vonatkozó előírások, ill. ajánlások szerint. Kiindulási értékek: 3. anyagra 29,37 kV; 4. anyagra 11,3 kV. A végpontkritérium: 50%-os csökkenés volt.

### 5. Eredmények, összefoglalás

A 35-1. táblázatból látható, hogy az ( $I$ ) jelű bomláslépcső alapján képezett DTGI kisebb indexértéket eredményez, mint az anyag teljes elszénesedéséig bekövetkező teljes tömegvesztésüket figyelembe vevő TGI esetében. Ez valóságos, hiszen nem lenne gyakorlati értelme a hőbomlás elszénesedett maradékával is számolni. Viszont az összesen csupán két bomláslépcsőt mutató 2. anyagnál (mint pl. a 35-2. ábra szerinti I. és II. lépcsők) oly kicsiny volt az I. lépcsőben távozó tömeg, hogy nem lett volna reális ezt a lépcsőt külön figyelembe venni, vagyis DTGI értéket képezni.

A szabványos és a kétféle termogravimetrikus hőállósági mutatószám összehasonlítása

Az anyag sorszáma	INDEX, °C		
	szabványos TI	termogravimetrikus	
		TGI	DTGI(I)
1.	105	109	106
2.	189	170	—
3.	138	135	124
4.	113	148	143

A termogravimetrikus index (TGI) egy tapasztalati úton levezetett, gyorsan előállítható mutatószám a hőállóság jellemzésére. További finomítása a derivatív termogravimetrikus görbe figyelembevételével lehetséges, amely gondolatmenet a *derivatív termogravimetrikus index* (DTGI) fogalmát eredményezte.

A szabványos vizsgálatok alapján kapott hőmérsékleti index (TI) azonban így sem nélkülözhető, a TGI és a DTGI ennek kiegészítésére, előzetes, gyors tájékoztatóra ajánlható.

## Irodalom

- [1] *Vajda Gy.*: A szigetelések romlása és romlásuk vizsgálata, Akadémiai Kiadó, Budapest, 1969.
- [2] *Németh E.*: Elektrotechnika, 56 (1963) 5. 209.
- [3] *Büssing, W.*: Archiv f. Elektrotechn. 36 (1942) 333.
- [4] *Dakin, Th. W.*: Trans. AIEE 67 (1948) 113.
- [5] MSZ 16950 (1977—80)
- [6] IEC Publ. No. 216—1, —2, —3. (1974)
- [7] *Magyar L.—Menyhárt B.*: Elektrotechnika 69 (1976) 156.
- [8] *Magyar L.—Tóth A.*: Elektrotechnika 71 (1978) 201.
- [9] *Paloniemi, P.*: Annual Rep. Conf. El. Ins. Nat. Acad. Sci. Washington, (1974) 3—11.
- [10] *Magyar L.*: Elektrotechnika, 73 (1980) 381.
- [11] *Dávid P.*: IEEE Trans. El. Ins. (előkészületben)
- [12] *Dávid P.*: VKI Közlemények, No 3. (1969) 55.
- [13] *Lombardi G.*: For better thermal analysis, ICTA ed. 1980.
- [14] *Paulik F.—Paulik J.*: Termoanalízis. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1963.
- [15] *Dávid P.—Zelenyánszki E.*: Proc. 3rd ICTA (1972) 367.
- [16] *DiCerbo, P. M.*: Proc. 10th EIC (1971) 37.
- [17] *Bebcsuk, T. C.—Erosina, E. Ja.*: Elektrotechnika No. 10. (1979) 43.

# VIZSGÁLATOK ÉS VIZSGÁLÓ- KÉSZÜLÉKEK





# 36. Híradástechnikai és installációs mechanikus kapcsolókészülékek korszerű vizsgálóberendezései

BALÁZS JÁNOS

## ÖSSZEFOGLALÁS

Intézetünk 4. Villamos Készülék Főosztálya új, korszerű vizsgálólaboratóriumot alakított ki a Kontakta Alkatrészgyárban. Az új laboratóriumban elvégezhető a híradástechnikai alkatrészek, és az installációs készülékek villamos és mechanikai élettartamának, valamint kapcsoló- és megszakítóképeségének vizsgálatai.

A vizsgálati áramkörök egyszerű és gyors beállítása céljából olyan modul rendszerű, mobil ellenállás- és reaktanciaegységeket fejlesztettünk ki, amelyek egyidejűleg két háromfázisú — híradástechnikai alkatrészek esetén egyidejűleg öt — próbatárgy vizsgálatát teszik lehetővé. Az egységek intenzív hűtése intermittens üzemben biztosítja az elemek túlterhelhetőségét.

A próbálandó készülékek előírt paraméterekkel (kapcsolási gyakoriság, kapcsolási sebesség stb.) történő működtetéséről egy általunk kifejlesztett, mikroprocesszor vezérlésű, pneumatikus működtetésű vizsgálóberendezés gondoskodik.

## СОВРЕМЕННОЕ ИСПЫТАТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ И ИНСТАЛЛЯЦИОННЫХ МЕХАНИЧЕСКИХ ВЫКЛЮЧАЮЩИХ ПРИБОРОВ

*Я. БАЛАЖ*

### Резюме

В Заводе деталей «Контакта» созданы четвертым главотделом ВКИ (электрооборудования) новые современные испытательные лаборатории. В новых лабораториях можно проводить испытания электрической и механической долговечности, переключающей и отключающей способности радиотехнических деталей и инсталляционных приборов.

С целью простой и быстрой установки радиотехнических схем разработаны мобильные модули сопротивления и реактанции по модульной системе, позволяющие провести одновременные испытания двух трехфазных или в случае радиотехнических деталей пяти образцов. Принудительным охлаждением блоков в интермиттентном режиме обеспечивается перегрузочная способность элементов.

Работа испытуемых приборов по заданным параметрам (частота, скорость ключений, и т. п.) обеспечена разработанным нами испытательным оборудованием с микропроцессорным управлением и пневмоприводом.

## MODERNE PRÜFANLAGEN NACHRICHTENTECHNISCHER UND INSTALLATIONSMECHANISCHER SCHALTGERÄTE

*J. BALÁZS*

### Zusammenfassung

Der Bereich 4. Elektrische Geräte unseres Instituts hat ein neues, modernes Prüflabor in der Fabrik Kontakta errichtet. In den neuen Laborteilen können die Untersuchungen der elektrischen und mechanischen Lebensdauer sowie die Prüfung des Einschalt- und Ausschaltvermögens für nachrichtentechnische Teile und Installationsgeräte durchgeführt werden.

Es wurden solche mobile Widerstands- und Reaktanzeinheiten im Modulsystem zur einfachen und schnellen Einstellung der Prüfstromkreise entwickelt, die die gleichzeitige Untersuchung zweier dreiphasiger Prüflinge, bei nachrichtentechnischen Teilen von fünf Prüflingen gleichzeitig ermöglichen. Durch die intensive Kühlung der Einheiten wird die Überlastbarkeit der Elemente in Intermittensbetrieb gewährleistet.

Für den Betrieb der zu untersuchenden Geräte mit den vorgeschriebenen Parametern (Schalthäufigkeit, Schaltgeschwindigkeit usw.) sorgt eine von uns entwickelte, mikroprozessorgesteuerte Prüfanlage mit pneumatischer Betätigung.

## UP-TO-DATE TEST EQUIPMENTS FOR TELECOMMUNICATION AND INSTALLATION MECHANICAL SWITCHING DEVICES

*BY J. BALÁZS*

### Summary

By the No. 4 Electric Apparatus Department of VKI a new, up-to-date test laboratory has been established in the Kontakta Component Factory. The new laboratory enables execution of electrical and mechanical lifetime tests of telecommunication components and installation appliances as well as making and breaking capacity tests of the switches.

For simple and quick adjustment of the test circuits modular, mobile resistance and reactance units facilitating simultaneous testing of two three-phase specimens or in case of telecommunication components that of five specimens have been developed. By an intensive cooling of the units, overloading of the elements is ensured in intermittent mode.

Operation of the appliances to be tested with specified parameters (switching frequency, switching speed, etc.) is ensured by a microprocessor controlled, pneumatic actuation test equipment developed by us.

## Bevezetés

A Kontakta Alkatrészgyár megbízása alapján a Villamosipari Kutató Intézet 4. Villamos Készülék Főosztálya egy komplex fejlesztési téma keretében új, korszerű vizsgálólaboratóriumot alakított ki. A laboratórium nemcsak a fejlesztési, hanem egyes, már gyártásban levő készülékek ellenőrző vizsgálatainak elvégzésére is alkalmas. A híradástechnikai és elektronikai, valamint installációs készülékek villamos vizsgálatainak elvégzésére fejlesztettük ki az ismertetett vizsgálóberendezéseket. A gyártmányok igen széles választéka, valamint ebből adódóan a vizsgálati előírások különbözősége jelentette az első és legnagyobb feladatot.

# 1. A vizsgálatok műszaki követelményei

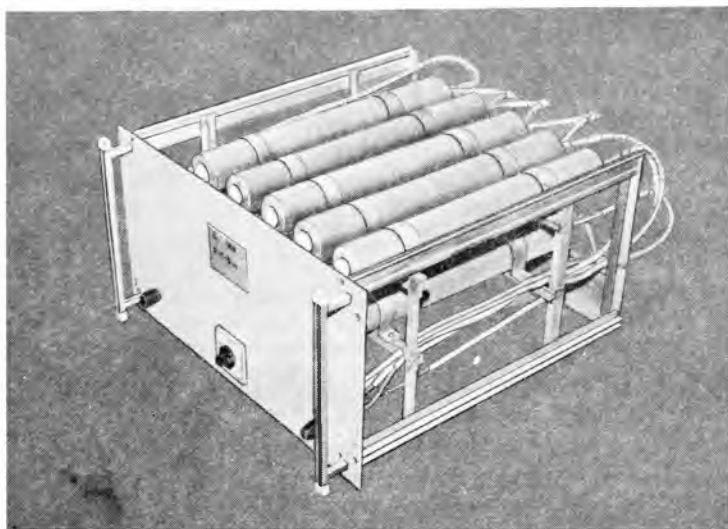
A villamos vizsgálatok magukban foglalják az élettartam-vizsgálatokat, a kapcsolóképesség- és megszakítóképeség-vizsgálatokat és esetenként még a túlterhelési vizsgálatokat is. Ebből adódik, hogy mind az áramkör kapcsolófeszültsége (5...550 V), mind a vizsgáló áram (0,1...20 A), valamint a teljesítménytényező (0,3...1,0) széles határok között változik. Mindezeket túlmenően a kapcsolási gyakoriság (60...1800 kj/h) és az elvégzendő összes kapcsolások száma (50—10 000 kj) jelentősen eltér az egyes készülékeknél. Ez utóbbiak alapvetően befolyásolják az áramkörök beállítására szolgáló ellenállásegységekben felszabaduló hőteljesítményt.

## 2. Vizsgálóáramkör beállítására szolgáló egységek

Az ellenállások és induktív szabályozóegységek kialakítása modul rendszerű. Mechanikai tartószerkezetként a Kontakta Alkatrészgyár által gyártott „Kontaset 30” típusú műszerszekrényeket és annak tartozékait használtuk. A felszabaduló hőteljesítmény elvitele két fokozatban történik. Az egyes egységeknél intenzív léghűtés gondoskodik a felszabaduló hőteljesítmény elviteléről. A hűtőket az egész berendezést hordozó legalsó, mobil fiókba építettük be (36-1. ábra). A laboratóriumok hőmérsék-



36-1. ábra. Komplet ellenállásegység a laboratóriumban



36-2. ábra. 16 A terhelhetőségű ellenállásfiók

letének megfelelő szinten tartásáról egy központi klímaberendezés gondoskodik. A helyi építészeti adottságok folytán a technológiai hőelvitelt folyadékűtéssel kombinált frisslevegő-ellátó rendszer biztosítja. Egységenként 6 db cserélhető fiókba építettük be az áramköri szabályozóelemeket (36-2. ábra). A kívánt érték a fiók homloklapján elhelyezett hatállású választókapcsolóval egyszerűen és gyorsan beállítható. Mind az ellenállások, mind az induktív reaktanciák azonos terhelhetőségűek:

Impedancia, $\Omega$	Állandó terhelőáram, A
0... 10	16
10... 30	10
10...100	5
100...200	2
200...600	1

Jelenlegi munkánk arra irányul, hogy az eddigiekkel azonos kivitelű, de nagyobb állandó terhelőáramra (max. 64 A-ig) alkalmas egységekkel is kielégíthessük az újabb igényeket.

Intermittens üzemben az egyenértékű terhelés nem haladhatja meg az állandó terhelőáram értékét, a megengedett dinamikus igénybevétel azonban hatszorosa lehet az állandó terhelőáramnak.

Az egységenként beépített hat fiók öt híradástechnikai rendeltetésű alkatrész egyidejű vizsgálatát teszi lehetővé, ekkor a hatodik fiók tartalék. Installációs alkatrészek vizsgálata során két háromfázisú áramkör kialakítására is alkalmas a hat fiók. A variációs lehetőségek nagy száma és a fiókok gyors cserélhetősége a berendezés sokoldalú alkalmazását teszi lehetővé. Az elmúlt évek során üzembe helyezett egységekkel szerzett üzemi tapasztalatok egyértelműen pozitívak. Meghibásodás, ill. üzemzavar eddig még — folyamatos háromműszakos üzemben — nem fordult elő.

### 3. Pneumatikus működtetésű villamos vizsgálóberendezés

A korábban széles körben elterjedt, mechanikus működtetésű vizsgálóeszközöket kívántuk felváltani a következőkben ismertetendő berendezéssel. Az egyes berendezésegységek pneumatikus működtetőelemekkel rendelkeznek, amelyeknek működési sebessége és működtetőereje szabályozható. Minden vizsgálóegységben egyidejűleg max. öt készülék vizsgálható egymással párhuzamosan vagy alternatív módon.

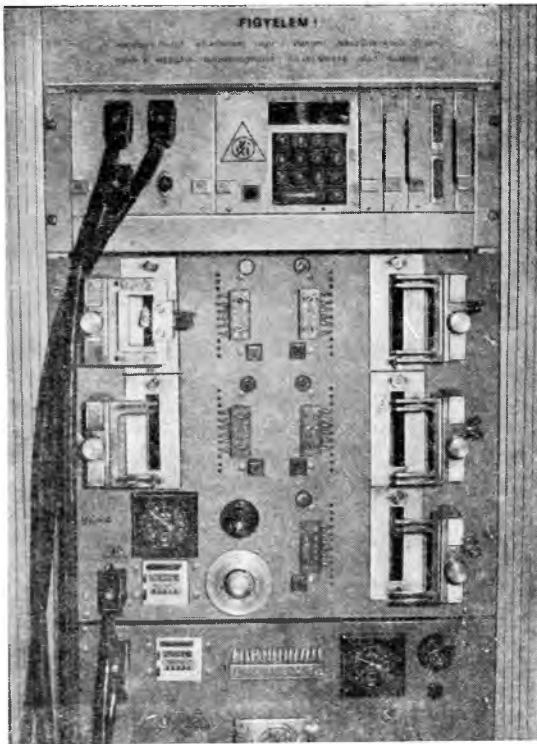
Eddigi munkánk során a következő vizsgálóegységeket fejlesztettük ki:

#### 3.1. Görgőkapcsoló-vizsgáló egység

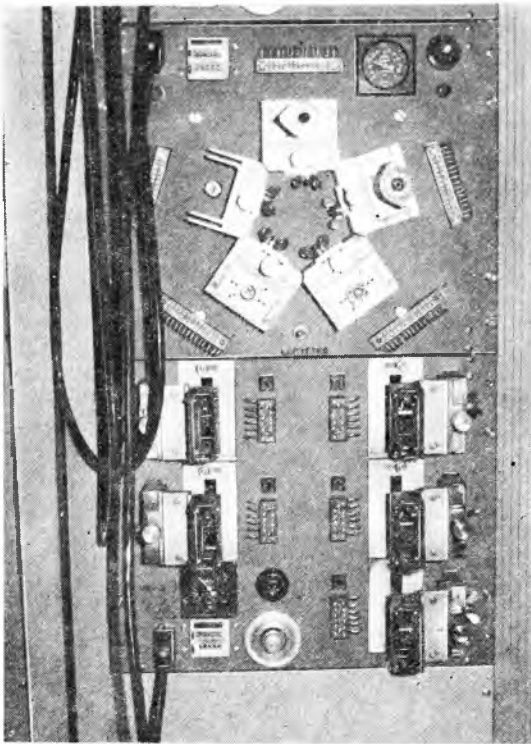
A kapcsolók működtetését  $0...180^\circ$  tartományban tetszés szerinti szöghelyzetben megállítható, pneumatikus forgatóhengerekkel végezzük. A legnagyobb kapcsolási gyakoriság kb. 3600 kj/h. A működtetés sebessége a sűrített levegő nyomásának, ill. a fojtásnak az állításával változtatható.

#### 3.2. Billenőkapcsoló-vizsgáló egység

A kapcsolók ki-be működtetését két-két pneumatikus munkahenger végzi, amelyeknek egymástól való távolsága állítható, így különböző méretű kapcsolók vizsgálatára



36-3. ábra. Billenőkapcsoló-vizsgáló egység, felette a programozható vezérlő- és védelmi egység



36-4. ábra. Mikrokapcsoló-vizsgáló (alul) és tárcsáskapcsoló-vizsgáló egység (felül)

alkalmas. Az elérhető legnagyobb kapcsolási gyakoriság 3600 kj/h. A löket hossza állítható. A működtető erőt gumibetétes nyomóelemmel visszük át a kapcsolóra (36-3. ábra).

### 3.3. Nyomógombvizsgáló egység

A nyomógombokat egy-egy pneumatikus munkahenger működteti, mert a nyomógomboknak saját visszatérítő rugójuk van. A legnagyobb kapcsolási gyakoriság ebben az egységben is 3600 kj/h. Egyéb szerkezeti megoldásában azonos kivitelű a billenőkapcsoló-vizsgáló egységgel.

### 3.4. Mikrokapcsoló-vizsgáló egység

Szerkezetileg azonos a nyomógombvizsgáló egységgel, azonban a mikrokapcsolók precízebb működtetése céljából a szükséges erőt állítható rugó közvetítésével adjuk át a mikrokapcsolónak, így a nem kívánt mértékű „túlhúzás” elkerülhető. A legnagyobb kapcsolási gyakoriság 3600 kj/h (36-4. ábra).

### 3.5. Készülékkapcsoló-vizsgáló egység

A munkahenger dugattyújának egyenes vonalú elmozdulásával közvetlenül működtetjük a készülékkapcsolót. Az erőt egy gumibetétes, furattal ellátott lemezzel visszük át a kapcsolóra. A pontos lökethosszat előzetesen be kell állítani. A legnagyobb kapcsolási gyakoriság 3600 kj/h.

### 3.6. Tárcsáskapcsoló-vizsgáló egység

A tárcsás kapcsolók vizsgálatához szükséges forgó mozgást kilincsműves rendszerrel állítottuk elő úgy, hogy a dugattyú egyenes vonalú elmozdulását egy kilincsmű segítségével a tengelyre vittük át. Minden egyes dugattyúlövet a kilincskereket egy osztással továbbviszi. A kilincskeréken kívül levő osztások (fogak) száma megegyezik a tárcsás kapcsolók osztási számával. A vizsgálókészülékkel 12 és 26 osztású tárcsás kapcsolók vizsgálhatók, párhuzamos üzemmódban. Külön kilincsmű és munkahenger van a jobbra forgatásra, külön a balra forgatásra. A vezérlőműbe adott programnak megfelelően tetszés szerinti lépésszámú jobbra, ill. balra forgatás valósítható meg.

Minden egyes vizsgálókészüléken egységes felfogó szerkezet van, amellyel a vizsgált készülék helyzete pontosan állítható. A kívánt működtetési ciklusok száma egy számlálószerkezeten előre beállítható. A beállított ciklusszám elérésekor a számlálómű jelzést ad a vezérlőegységnek, amely a működtetést leállítja. A bejövő sűrített levegő nyomását minden egységben külön érzékelő ellenőrzi, nyomáscsökkenés esetén a vezérlőegységet leállítja. Stabilizált levegőtápegység gondoskodik a pneumatikus működtetéshez szükséges állandó nyomásról, és ily módon az azonos vizsgálati paraméterekről (kapcsolási sebesség stb.).

### 3.7. Programozható vezérlő- és védelmi egység

Az egység mikroprocesszoros felépítésű, elektronikus berendezés, amely alkalmas három vizsgálóegység egyidejű, egymástól független vezérlésére. Az egyes vizsgálóegységek hibajelzései alapján leállítja a hibás egységet. A vezérlőegység programozása 0,1 s-os időegységekben történik. A legnagyobb megadható érték 255, tehát egy működési ciklus legnagyobb hosszúsága 25,5 s. A rendszerprogram olyan, hogy a vizsgálóegység egy ciklusához max. kilenc esemény tartozhat. Ilyen eseménynek vehető a pneumatikus elemek mozgatása, a segédrelék működtetése, a félvezető kapcsolóegységek működtetése stb. A vezérlőegység 14 billentyűs klaviatúráról programozható 10 numerikus és négy funkcióbillentyű segítségével. A programozást hét-szegmenses kijelzősor segíti, amelyen megjelenik a betáplált program lépéskódja, valamint az esetleges hibajelzés.

### 3.8. Félvezető, áramköri átkapcsolóegység

Beépítésével jelentősen gyorsabbá válnak a villamos kapcsolóképesség-vizsgálatok olyan esetekben, amikor egy kapcsolókészülék megengedett bekapcsolási áramértéke eltér a kikapcsolási áramértéktől (pl. AC<sub>3</sub> üzemben). Az átkapcsolóegységgel a be- és kikapcsolási művelet egyidejűleg végezhető el anélkül, hogy a terhelőáramkör impedanciáján változtatni kellene. Az átkapcsolóegység két háromfázisú tirisztoros kapcsolóból áll, amelyek gyújtási szögének állításával a váltakozó áram effektív értéke előre beállítható. Alkalmazható 380 V vonali feszültségű hálózaton legfeljebb 100 A folyamatos vezetésére és kapcsolására. Az átkapcsolóegység időparaméterei a mikroprocesszoros vezérlőegységen előre beprogramozhatók, ily módon működése a vizsgált készülékkel szinkronba hozható.

## Irodalom

- [1] *Babikov, M. A.*: Villamos Készülékek. Nehézipari Könyvkiadó, 1953.
- [2] *Dómonkos S.—Madarász Gy.—Stefányi I.*: Kapcsolási folyamatok. Tankönyvkiadó, Budapest, 1974.
- [3] *Eisler J.*: Villamos Készülékek számítása és szerkesztése. Tankönyvkiadó, Budapest, 1957.
- [4] *Fleck, B.*: Hochspannungs- und Niederspannungs-Schaltanlagen. Verlag Girardet, Essen, 1958.
- [5] *Imre L.*: Műszaki hőtan és áramlástan. Tankönyvkiadó, 1969.
- [6] *Imre L.*: Villamos gépek és eszközök melegedése és hűtése. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1981.
- [7] *Kesselring, F.*: Theoretische Grundlagen zur Berechnung der Schaltgeräte. Walter de Gruyter Co, Berlin, 1968.
- [8] *Molnár I.—Vimi J.*: Villamos Készülékek felépítése és működése. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1975.
- [9] *Pattantyús*: Gépész- és villamosmérnökök kézikönyve. 7. kötet. Erősáramú Elektrotechnika. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1964.



# 37.

## Próbapad egyenáramú gép indítómotoros és töltőgenerátoros üzemének vizsgálatára

*NEMESKÉRY GÉZA*

### ÖSSZEFOGLALÁS

Ismertetjük a próbapad villamos és mechanikai felépítését, főbb jellemzőit és felhasználási területét általánosságban. Részletesebben tárgyaljuk az alkalmazott tirisztoros áramirányítókat, különösen a szívófojtós kapcsolást. Bemutatjuk a berendezés szabályozó és mérő áramköreit, továbbá az üzemmódkiválasztó kapcsolórendszert. Végül egy adott mérési folyamat leírásával ismertetjük az egész berendezés működését.

### СТЕНД ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ МАШИН ПОСТОЯННОГО ТОКА В РЕЖИМАХ ПУСКОВОГО ДВИГАТЕЛЯ И ЗАРЯДНОГО ГЕНЕРАТОРА

*Г. НЕМЕШКЕРИ*

### Резюме

Описываются электрическое и механическое построение, важнейшие характеристики и области применения стенда. Детально рассматриваются примененные тиристорные преобразователи тока, особенно схема с дросселем сглаживания. Излагаются регулирующие и измерительные схемы оборудования, а также система переключения для выбора режимов работы. Наконец описанием заданного измерительного процесса излагается работа полного оборудования.

### PRÜFSTAND ZUR UNTERSUCHUNG EINER GLEICHSTROMMASCHINE IM STARTMOTOR- UND LADEGENERATORBETRIEB

*G. NEMESKÉRY*

### Zusammenfassung

Es werden der elektrische und mechanische Aufbau des Prüfstandes, seine wichtigsten Kennziffern und sein Anwendungsgebiet im allgemeinen behandelt. Die verwendeten Thyristorstromrichter werden ausführlicher behandelt, besonders die Saug-Drosselschaltung. Es werden die Regel- und Messstromkreise der Anlage, weiterhin das Schaltsystem für Betriebswahl beschrieben. Anschliessend wird die Funktion der gesamten Anlage anhand der Beschreibung eines gegebenen Messprozesses gezeigt.

# TEST BENCH FOR TESTING STARTING MOTOR AND CHARGING GENERATOR MODES OF A DIRECT CURRENT MACHINE

BY G. NEMESKÉRY

## Summary

In this article, a general description of the electric design and mechanical construction, main characteristics and field of applications of the test bench are given. The thyristor rectifiers especially the interface-transformer connection are discussed in more details. The article introduces the control and measuring circuits of the equipment, furthermore, the mode selector switch system. Finally, the operation of the whole equipment is shown by the description of a given measuring task.

Villamos gépek vizsgálatokor előfordulnak olyan feladatok, hogy egy különleges célokra készült gépet nagyon széles fordulatszám- és terhelési tartományban kell mérni. Ilyen feladat megoldására terveztük és építettük meg a következőkben ismertetett próbapadot.

## 1. A berendezés alkalmazási területe és műszaki adatai

A berendezés járműgenerátor és önindító vizsgálatára készült. Generátorüzemben 10 kW névleges teljesítményű, 12...30 V névleges feszültségű, 1000...6000 ford/min fordulatszámú gépek mérése végezhető el rajta. Önindító vizsgálatokor a próbapad 48 V egyenfeszültséget és rövid időre 1000 A egyenáramot szolgáltat. A vizsgált önindító maximális (pörgetési) fordulatszáma 6900 ford/min lehet. A berendezésen soros, külső és vegyes gerjesztésű villamos gépek is mérhetők. A próbatárgyon 0...500 V 50 Hz-es szinuszos feszültséggel a szigetelési szilárdság vizsgálatát, továbbá 500 V egyenfeszültséggel a szigetelési ellenállás mérését is végezhetjük, mert a berendezés tartalmazza az ehhez szükséges készülékeket is. A vizsgált gépet külső gerjesztésű egyenáramú géppel, a mérés természetétől függően lehet hajtani vagy fékezni. A terhelő gép névleges teljesítménye 51,3 kW, névleges fordulatszáma 2450 ford/min.

A tervezés egyik szempontja volt a kedvező energiafelhasználás, ezért a próbapadot úgy alakítottuk ki, hogy táplálja vissza a fékező energiát a villamos hálózatba. Ennek hosszú idejű vizsgálatoknál van jelentősége, mert ilyenkor lehet nagyobb mennyiségű energiát megtakarítani.

## 2. A próbapad felépítése

A berendezés tömbvázlatát a 37-1. ábra mutatja. Az *M1* jelű vizsgált gépet az *M2* jelű egyenáramú gép szükség szerint hajtja vagy fékezi. Az *M2* gépnek és főköri áramirányítójának méretcsökkentése céljából alkalmaztuk az *m1* és az *m2* áttételt, amelyet a *K1* és a *K2* elektromágneses fogazott tengelykapcsoló választhat ki. Nagy nyomatókat igénylő mérések során a *K1* tengelykapcsolót működtetjük, ilyenkor az *M1* és az *M2* gép tengelye közvetlen kapcsolatban van. Ha az *M1* gépet nagy fordulatszámon vizsgáljuk, akkor a *K2* tengelykapcsolót működtetjük. Ilyenkor érvényesül az áttételek fordulatszám-növelő hatása. A gépek armatúra- és gerjesztőkörében szabályozott tirisztoros egyenirányítók vannak. A gerjesztőköröket egyfázisú, tirisz-



toros, hídkapcsolású egyenirányítók táplálják. Az *M1* gépnél tetszés szerint választhatunk gerjesztőáram-, vagy gerjesztőfeszültség-szabályozást, az *M2* gép gerjesztőkörében csak áramszabályozás van. A tirisztoros armatúraköri egyenirányítók háromfázisúak. Az *M2* gép áramirányítója hídkapcsolású, és transzformátor nélkül csatlakozik a  $3 \times 380$  V-os táphálózatra. Névleges egyenáramú oldali adatai: 440 V/150 A. Az *M1* gépet háromfázisú szívófojtós kapcsolás táplálja. A 48 V/1000 A kimeneti adatok ezzel a megoldással valósíthatók meg a leggazdaságosabban. Az áramirányító transzformátora a  $3 \times 380$  V-os hálózatra csatlakozik. Az armatúraköri áramirányítók közül az egyik mindig egyenirányítóként, a másik inverterként üzemel. Az üzemmódváltást az *M1* gépnél armatúraköri átkapcsolással, az *M2* gépnél gerjesztőköri átkapcsolással lehet megoldani.

Ha az *M1* gépet motoros üzemben mérjük, akkor az armatúraköri áramirányítója egyenirányító üzemben jár, és villamos energiát vesz fel a táphálózatról. Ezt a villamos energiát az *M1* motor mechanikai energiává alakítja át, és a tengelykapcsolaton keresztül átadja az *M2* gépnek. *M2* ilyenkor fékezi *M1*-et és generátorként jár, a tengelyén kapott mechanikai energiát villamos energiává alakítja, amelyet a hozzá tartozó armatúraköri áramirányító inverterüzemben visszaad a táphálózatba. A próbapad így mindig csak a veszteségeknek megfelelő energiát fogyasztja a hálózatról.

### 3. Az áramirányító-kapcsolások összehasonlítása

A berendezésben együtt üzemel hídkapcsolás és szívófojtós kapcsolás. Mind a két kapcsolás csillagkapcsolású áramirányítókból összetettnek képzelhető. Ezek a hídban sorba vannak kapcsolva, a szívófojtós elrendezésben pedig párhuzamosan.

Lényegében ebből a soros, ill. párhuzamos kapcsolásból adódnak a két áramirányító jellemzői.

#### *Hídkapcsolás*

A legerjedtebb hatűtemű kapcsolás kb. 300 V-nál nagyobb névleges egyenfeszültségű egyenirányítók esetében. Nagy teljesítmények tartományában is előnyösen alkalmazható.

*Előnyei:* transzformátorának kicsi a típusjeljesítménye, kicsi a feszültség hullámossága. A tirisztorok feszültség-igénybevétele kedvezően kis érték.

*Hátránya:* mindig két, sorba kapcsolódó tirisztoron folyik áram, ezért a félvezetőkön létrejövő feszültségesés nagy.

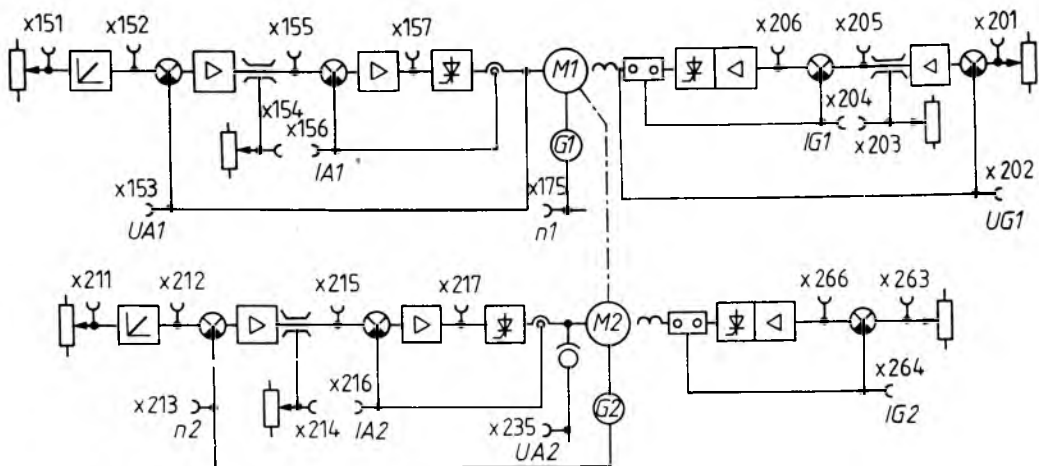
#### *Szívófojtós kapcsolás*

Ez a legkedvezőbb hatűtemű kapcsolás a 300 V-nál kisebb névleges egyenfeszültségű egyenirányítók esetében. A legnagyobb teljesítményű egyenirányítóknál is alkalmazható.

*Előnyei:* a transzformátor típusjeljesítménye közepes, kicsi a feszültség hullámossága. A tirisztorok áram szempontjából nagyon jól ki vannak használva. Konstruktív előnyként említhető, hogy a tirisztorok közös hűtőre szerelhetők.

*Hátránya:* a tirisztorok feszültség-igénybevétele kedvezőtlenül nagy. Szívófojtó tekercs kell hozzá.

A hídkapcsolás és a szívófojtós kapcsolás egyaránt vezérelhető egymáshoz képest fázisban  $60^\circ$ -kal eltolt kettős gyújtóimpulzussal. Ennek az a magyarázata, hogy mind a két kapcsolásban minden gyújtási időpillanatban két tirisztor áramvezetéséről kell



37-2 ábra. A szabályozó körök tömbvázlata

gondoskodni, hiszen mindig két tirisztoron folyik áram. A hídnál ezek a tirisztorok sorba, a szívófojtós kapcsolásban pedig párhuzamosan vezetnek áramot.

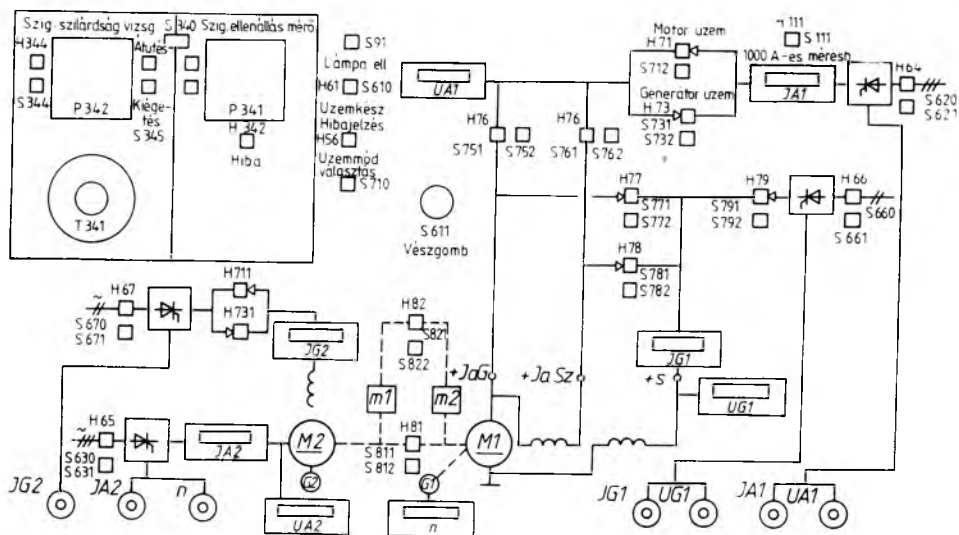
Ez a tény különösen kedvező volt, mert az egyenáramú hajtások területén ritkán alkalmazott szívófojtós áramirányítóhoz is alkalmazni lehetett a gyakran használt hídkapcsolás gyűjtőrendszerét. A berendezés szabályozókörének tömbvázlatát a 37-2. ábra mutatja. Látható, hogy az alárendelt szabályozókörök rendszerét alkalmaztuk. A mérőkörök, amelyek az armatúra- és a gerjesztőáramokat, ill. a feszültségeket, valamint a fordulatszámokat mérik, külön rendszert képeznek. Áramellátásuk is független a szabályozókörökétől.

## 4. Az elvégezhető mérések fajtái és a próbapad

A próbapadon a következő mérések végezhetőek el motoros és generátoros üzemben:

- üresjárási mérés;
- terhelési mérés;
- pörgetési próba;
- melegedési mérés;
- rövid ideig tartó, igen nagy túlterheléssel végzett mérés;
- szigetelésizilárdság-vizsgálat;
- szigetelésiellenállás-mérés.

A próbapad villamos távvezérlésű. A felsorolt mérésekhez szükséges kapcsolási elrendezéseket vezérlőtáblán elhelyezett séma alapján, nyomógombos távvezérléssel állíthatjuk össze. A vezérlőtáblán helyezkednek el a  $3\frac{1}{2}$  digités műszerek, az alapjel-beállító potenciométerek, továbbá a szigetelési vizsgálatok készülékei. Ez utóbbiakat biztonsági szempontok miatt csak kulcsos kapcsolóval lehet feszültség alá helyezni. A vezérlőtábla előlapját a 37-3. ábra mutatja. A jó áttekinthetőség érdekében a valóságban a táblán különböző színű és vastagságú vonalakat alkalmaztunk, így különböztetve meg a főáramköröket a gerjesztőköröktől, az egyenáramú energia áramlási útját a mechanikai energia útjától stb. Az ampermérőket az áram útját jel-



37-3. ábra. A vezérlőtábla előlapja

képező sémavonalakat megszakítva helyeztük el, a voltmérőket vékonyabb utalóvonalakkal rendeltük hozzá a megfelelő mérési pontokhoz. Az alapjeleket adó tízmenetes helipotokat szintén vékonyabb utalóvonalakkal rendeltük hozzá azokhoz a villamos egységekhez, amelyeket vezérelnek. Mivel a szigetelésvizsgálat a sémától teljes egészében független, a szigetelési szilárdság és a szigetelési ellenállás mérésének készülékeit vékony kerettel határoltuk körül. Az ábrán a magyar szabványnak megfelelően a nyomógombot *S*, a jelzőlámpát *H* betű jelöli. A vezérlőtáblákba világító nyomógombokat építettünk be. Az összekapcsolásokat, ill. az energiaáramlás irányát a séma szimbolikus jelöléseivel rendelt jelzőlámpák kigyulladását mutatja a kezelőnek.

A próbapad kezelését a legegyszerűbb mérés leírásával mutatjuk be: ez az üresjárási mérés motoros üzemben. A séma segítségével a megfelelő nyomógombok működtetésével összeállítjuk a kapcsolást. Kikapcsoljuk a *K1* és *K2* tengelykapcsolókat. Az *M1* motor armatúrakapcsát az armatúraköri áramirányítóra, gerjesztőkapcsait a gerjesztőköri áramirányítóra csatlakoztatjuk. A megfelelő lámpák alapján ellenőrizzük a kapcsolást. Ezután hálózatra kapcsoljuk a gerjesztőköri áramirányítót, a megfelelő helipotot beállítjuk a névleges gerjesztőáramot, amelynek nagyságát digitális műszerrel olvashatjuk le. Ezt követően hálózatra kapcsoljuk az armatúraköri áramirányítót is. A kapocsfeszültség-alapjel potenciométerével beállítjuk a névleges értéket, amelyet a hozzá tartozó digitális műszer mér. Az *M1* gép üresjárási áramát és fordulatszámát a megfelelő digitális műszerekről olvashatjuk le.

## 5. Összefoglaló

Az ismertetett berendezés igazolja, hogy a teljesítményelektronika és a digitális műszerek alkalmazása ezen a területen is hasznos előnyöket hozott. A próbapad jó hatásfokú, a mérések kapcsolása áttekinthető, a távvezérlés egyszerű, a mért értékek

a digitális műszerek LED-es kijelzőin pontosan, gyorsan és kényelmesen olvashatók le. A berendezés kevés karbantartást igényel, a tartalékalkatrész-ellátás könnyen megoldható.

Ezzel a konstrukcióval sokcélú felhasználásra alkalmas kedvező méretű és súlyú berendezés vált megvalósíthatóvá, amely szükség esetén mobil kivitelben is megépíthető. A próbapad tervezésekor arra is gondoltunk, hogy a jövőben a vezérlési és mérési feladatokat mikroszámítógép alkalmazásával lehessen megoldani. Ennek megfelelően alakítottuk ki a vezérlő és mérő áramkörök alapfelépítését.





# 38.

## Automatikus mérőrendszer kísérleti állatokból izolált szervekkel végzett gyógyszerkutatáshoz

*BOKOR ISTVÁN—GLOFÁK F. PÉTER*

### ÖSSZEFOGLALÁS

A cikkben ismertetjük a mérőrendszer felépítését, a beavatkozóelemek működési módját, a mérendő mennyiségeket, a berendezésbe eddig betáplált programok felépítését, azok működését, az eddigi üzemeltetési eredményeket. Ismertetjük egy nagy tehetetlenségi nyomatékkal terhelt léptetőmotor közvetlen mikroprocesszoros pozícióvezérlésének programját.

### АВТОМАТИЧЕСКАЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ФАРМАКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ НА БАЗЕ ИЗОЛИРОВАННЫХ ОРГАНОВ ИЗ ПОДОПЫТНЫХ ЖИВОТНЫХ

*И. БОКОР—Ф. П. ГЛОФАК*

### Резюме

В статье описываются построение измерительной системы, форма работы исполнительных органов, измеряемые величины, построение и работа введенных до настоящего времени программ, а также результаты эксплуатации. Детально излагается программа микропроцессорного управления положением шагового двигателя, нагруженного большим моментом инерции.

### AUTOMATISCHES MESS-SYSTEM FÜR MEDIKAMENTENFORSCHUNG AN ISOLIERTEN ORGANEN VON VERSUCHSTIEREN

*I. BOKOR—P. F. GLOFÁK*

### Zusammenfassung

Im Artikel werden der Aufbau des Mess-systems, die Funktionsweise der Eingriffselements, die zu messenden Mengen, der Aufbau der bis jetzt eingegebenen Programme, ihre Funktionsweise, die bisherigen Betriebsergebnisse dargelegt. Das Programm einer unmittelbaren Positionssteuerung mit Mikroprozessor des mit hohem Trägheitsmoment belasteten Schrittmotors wird behandelt.

*BY I. BOKOR—P. F. GLOFÁK*

### **Summary**

This article describes the construction of the measuring system, the operation mode of the actuating elements, the quantities to be measured, the construction and operation of the programs and the operational results achieved up-to-date. In the article, a detailed description of the program of direct microprocessor position control of a step motor loaded by a high moment of inertia is given.

## **1. Bevezetés**

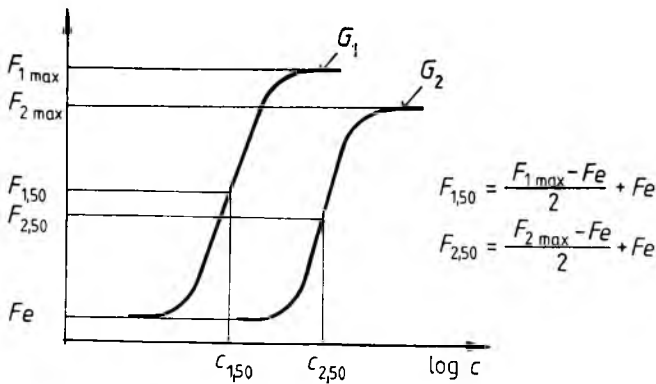
A gyógyszerkutatás hatékonyságának növelése egybekel mellett a kísérletek számának emelésével, a mérések pontosságának fokozásával, az elhatározott kísérleti stratégiák állandóságának szigorításával érhető el. E követelmények miatt napjainkra egyre több olyan berendezés készül, amely már nemcsak sokrétű és bonyolult méréseket végez, hanem — természetesen a betáplált program alapján — maga határozza meg az adagolási, beavatkozási stratégiát, és ezt beavatkozó szervei (manipulátorai) segítségével el is végzi, a mérés végén pedig további feldolgozást nem igénylő, teljes dokumentációt ad. Ilyen berendezés az automatikus, hatmérőhelyes, izolált szerves mérőrendszer, amely a szerveknek (ér, szívdarab stb.) a kísérleti állatokból történt kivétel és fiziológiás oldatba helyezése (azaz izolálása) után a kb. egy munkanapig tartó mérést felügyelet nélkül elvégzi.

A mérőrendszer olyan mérések elvégzésére alkalmas, amelyeknek a mérési stratégiája hatóanyag-adagolásból, erőmérésből (kontrakcióérzékelésből) és fiziológiás oldat cseréjéből épül fel. A készülékbe jelenleg betáplált program az ún. kumulatív dózis hatásgörbéje (fogalmát l. később) segítségével mutatja ki a gyógyszerek hatását. A berendezés működésének megértéséhez ezt a mérési eljárást mutatjuk be először, majd ismertetjük a berendezés felépítését és működési módját.

## **2. A gyógyszerhatás mérése a kumulatív dózis hatásgörbéje segítségével**

A simaizmot tartalmazó szövetek (ilyenek vannak pl. az artériás erekben, a szívben stb.) bizonyos tápanyagokra (pl. káliumra) vagy hatóanyagokra (pl. noradrenalinra) különböző biológiai mechanizmussal, összehúzóással (kontrakcióval) válaszolnak. Ezeknek az anyagoknak a szervezet keringési rendszerében igen nagy szerepe van, mert ezek közvetítik a vérkeringés bonyolult szabályozásában a beavatkozási parancsokat. A halálzási és megbetegedési statisztikákat vezető keringési betegségek elleni gyógyszerek kutatásában érthető módon nagy figyelem irányul azokra a hatóanyagokra, amelyek az említett kontrakciót befolyásolják. Az egyik ilyen anyagcsoport az összehúzóást gátolja, ebben a relációban a kiváltó anyag szokásos összevont elnevezése az agonista anyag, a gátlószer megnevezése az antagonistista anyag.

Az agonista hatás a természetben igen gyakori ún. logaritmikusan dózishatásgörbével — szokásos elnevezéssel szigmoid görbével — jellemezhető (38-1. ábra). Az ábrán az abszcisszán az antagonistista anyagnak a szövet tartalmazó szerveidénybeli



38-1. ábra. Az antagonistá hatása a logaritmikus dózishatás-görbére

$F$  kontrakciós erő;  $c$  koncentráció;  $G_1$  az antagonistá előtti,  $G_2$  az antagonistá utáni dózishatás-görbe;  $F_{1,max}$  az antagonistá előtti,  $F_{2,max}$  az antagonistá utáni maximális kontrakciós erő;  $F_{1,50}$  a  $G_1$ ,  $F_{2,50}$  a  $G_2$  görbéhez tartozó 50%-os erő  $c_{1,50}$  a  $G_1$ ,  $c_{2,50}$  a  $G_2$  görbéhez tartozó 50%-os koncentráció

$c$  koncentrációját vittük fel logaritmikus léptékben, az ordináta a kontrakciós erő lineáris léptékben. A  $G_1$  görbe az antagonistá anyag jelenléte nélküli dózishatás-görbe, a  $G_2$  görbe az antagonistá jelenlétében felvett dózishatás-görbe. Az ábrán látható, hogy az antagonistá anyag a dózishatás-görbét jobbra tolja, és/vagy a maximális kontrakciós erőt csökkenti ( $F_{2,max} < F_{1,max}$ ). Az antagonizmus numerikus jellemzésére használatos az ún.  $PA2$  vagy  $PD2'$  érték.

Amíg a maximális kontrakcióban nincs jelentős eltérés (általában  $F_{1,max} - F_{2,max} < < 0,2 F_{1,max}$ , tehát az amplitúdócsökkenés 20%-nál kisebb), az antagonizmust a  $PA2$ -vel jellemzik, amelyet a

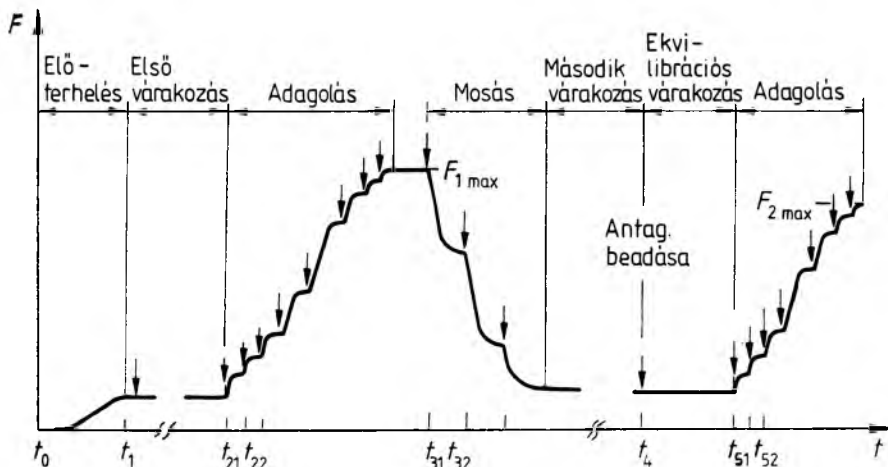
$$PA2 = \lg \left( \frac{c_{2,50}}{c_{1,50}} - 1 \right) - \lg c_a$$

összefüggéssel számítanak ki, ahol  $c_{1,50}$  a  $G_1$  görbén az  $F_{1,50}$  50%-os kontrakciós erőhöz,  $c_{2,50}$  a  $G_2$  görbén az  $F_{2,50}$  50%-os kontrakciós erőhöz tartozó koncentráció,  $c_a$  az antagonistá koncentrációja mol/l-ben. Ha a maximális amplitúdócsökkenés az említett korlátnál nagyobb, az antagonizmust a  $PD2'$  jellemzi, amelyet a

$$PD2' = \lg \left( \frac{F_{1,max}}{F_{2,max}} - 1 \right) - \lg c_a$$

összefüggés határoz meg. E szokásos jellemzők meghatározásánál feltételezik, hogy a kétféle dózishatás-görbét azonos  $F_e$ , ún. előterhelési erőértékről indulva határozták meg, ezen előterhelés az agonista anyag adagolása előtti mechanikus megfeszítést jelent.

A  $G_1$  és a  $G_2$  görbe elméleti jellegű görbe; a valóságban általában csak néhány pontban határozzák meg értékét. Az egyik lehetséges eljárás, hogy a dózist diszkrét lépésként növelik, minden adagolást követően megvárják a választ, és ezt követi az újabb adag beadása. Az eljárást addig folytatják, amíg a válasz el nem tompul, azaz nincs már szignifikáns feszültségváltozás. Az ily módon nyert empirikus pontthalmaz az ún. kumulatív dózis hatásgörbéje, amelyből valamilyen identifikációs eljárással határozzák meg az elméleti görbe  $c_{50}$  50%-os kontrakcióhoz tartozó koncentráció-



38-2. ábra. A kumulatív dózis hatásgörbéje felvételének idődiagramja

$t$  a folyó idő,  $t_0$ ,  $t_1$ ,  $t_{21}$  időpillanatok, jelentésüket l. a szövegben; † adagolás vagy mosás

paraméterét. Bár elméletileg nem korrekt, a maximális kontrakció az utoljára mért erőérték lesz.

A kumulatív dózis hatásgörbéinek felvételét célzó mérés időbeli lefolyása ezek után a 38-2. ábra szerint történik. Az ábrán egy idődiagramot tüntettünk fel, ahol felrajzoltuk a kontrakciós erő időfüggvényét, és jelöltük az egyes eseményeket. A  $t_0 - t_1$  időközben megtörténik a szervébe helyezett és az erőmérőre felakasztott szerv előterhelése, ezt egy viszonylag hosszú első várakozási szakasz követi, hogy a szerv hozzászokjon az új, mesterséges fiziológiás környezethez. Ebben a szakaszban néhányszor cserélni kell a fiziológiás oldatot.

A  $t_{21}$  időpontban kezdődik az agonista anyag adagolása. A maximálisnak ítélt válasz után a szervébe mosása következik, ami a fiziológiás oldat többszöri cseréjét jelenti. A mosást akkor kell befejezni, amikor az elernyedés megközelíti az előfeszítési értéket. Viszonylag hosszú, második várakozási szakasz után, beadásra kerül az antagonistá anyag. A hatás szétterjedését biztosítja az ún. ekvibrációs várakozási idő, ennek letelte után következik az újabb agonista adagolás. A maximális kontrakció megelőzőhöz hasonló detektálása után az eredmény értékelhető.

### 3. A berendezés elemei, működési módja

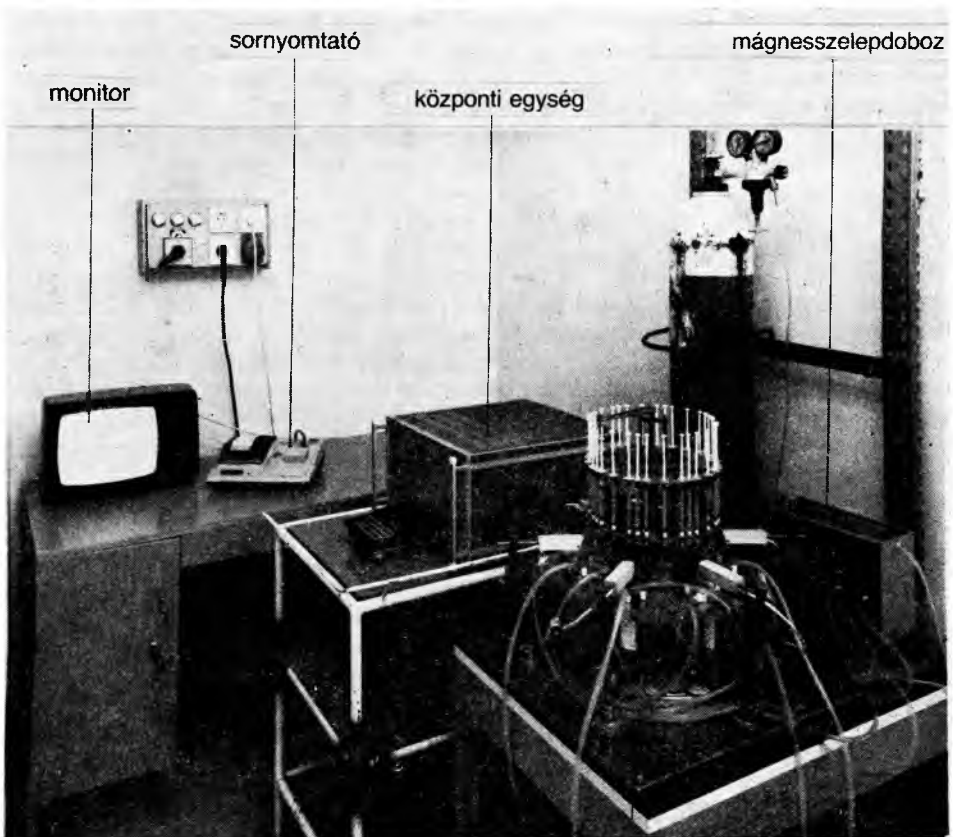
A berendezés a következő elemekből épül fel (38-3. ábra):

- kettős falú, hengeres szervébe tartó a fürdőbe belógó hat szervébe tartó, a fiziológiás sóoldatot előmelegítő csőkégyókkal, fűtőspirállal, állítható hőmérsékletszabályozással;
- hatóanyag-adagoló mechanika, amelybe maximálisan 36 db, előzőleg feltöltött fecskendő helyezhető el;
- szervébe tartóként egy-egy feltöltő és leeresztő mágnesszelep;
- a szervébe tartó fölé nyúló 6 db nyúlásmérő bélyeges, emelőszerkezettel ellátott erőmérő fej;
- ZX 81 típusú, személyi számítógépre alapozott központi egység;

- a mérés állapotáról tájékoztató monitor;
- a mérési eredményeket dokumentáló sornymatató.

A hőmérséklet-szabályozás a központi egységtől függetlenül működő hagyományos kétpontszabályozás. Az erőmérő fejek nyúlásmérő bélyegei félhídkapcsolásúak, a felerősített jelek A/D váltón keresztül jutnak a központi egységbe. A fejek megfelelő áttételű csavaros emelőszerkezettel vannak ellátva, ezzel végezhető el az előterhelés. A fejek az e célra külön megírt program segítségével könnyen hitelesíthetők.

A hatóanyag-adagoló mechanika fő része egy keret, amelybe az előzetesen feltöltött fecskendőket kell behelyezni. A keret elfordításával a megfelelő fecskendő a kívánt szervedény fölé kerül. Ezek után egy kar a fecskendő fölé forog, majd a programozott adagnak megfelelő mélységig lenyomja a fecskendő dugattyúját. Mindhárom mozgatót léptetőmotorok végzik, ezért pozícióérzékelésre nincs szükség. A léptetőmotorok vezérlése közvetlenül a CPU-ról történik egy teljesítményerősítő kártya beiktatásával. Tekintettel arra, hogy a viszonylag kis nyomatókú léptetőmotorok



szervedényfürdő a mechanikával és az erőmérő fejekkel

38-3. ábra. Az automatikus mérőberendezés

igen nagy tehetetlenségi nyomatékkal terheltek, a motorok olyan impulzusszélesség-modulált négyzögfeszültséget kapnak, amelynek integrálja kétfázisú háromszögjelre simul rá, így a motorok jó közelítéssel kétfázisú szinkron motorként üzemelnek. A gyorsítási és a lassítási szakaszokon a léptetési frekvenciát a lépésszám függvényében a CPU az állandó nyomatékú hajtás kritériumából előzetesen kiszámolt és EPROM memóriában tárolt táblázatból határozza meg.

A szervedények mosása a feltöltő és leeresztő mágnesszelepek adott idejű működtetésével, a természetes gravitáció segítségével történik. A leeresztő- és feltöltő-szelepek egyidejűleg vannak bekapcsolva, a befolyás intenzívebb, mint a kifolyás, a többlet elvezetésére a szervedényeken túlfolyónyílás van kiképezve. E mosási módszer bár nem túl hatékony, de biztosítja azt, hogy a szerv mindig fiziológiás környezetben legyen, és ne kerüljön szabad levegőre.

## 4. A program működése

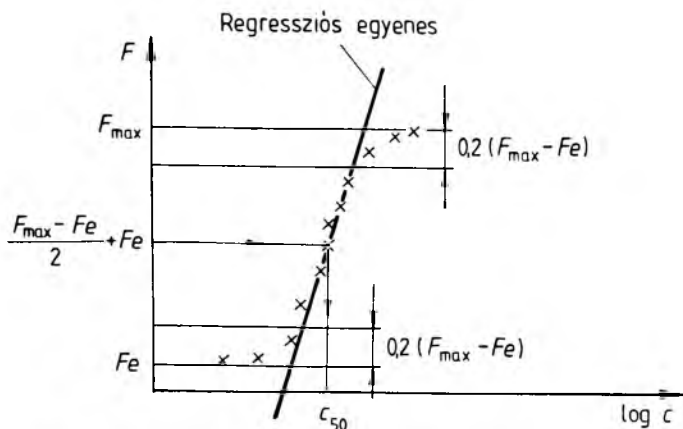
A készülék a mérés kezdetekor a kezelővel interaktív kapcsolatban van. A kezelő fölhelyezi a szerveket, a képernyő az előterhelési értékeket mutatja. Az előterhelés befejeződése után a kezelő feltölti a fiziológiás oldatot tároló edényt, felhelyezi a fecskendőket, a készülék pedig a bemenő adatokat várja. Az adatok bevitele után a mérés automatikusan megtörténik, a mérés alatt a monitor egy állapotábrát mutat.

Az első várakozási idő (l. a 38-2. ábrát) hossza bemenő paraméter, ez idő alatt a készülék két mosást végez. Az adagolásnál a következő adag beadásának időpontját a koncentrációs erő – idő függvény kellő mértékű ellapulása jelöli ki. Ezen időpont meghatározásához a készülék a mintavételezett időfüggvénytpontra egytárolós exponenciális függvényt fektet; az így identifikált függvény időállandójának és az eltelt időnek összevetéséből megállapítható a beadási időpont. Bár ez az eljárás alkalmazható lenne az adagolás befejezésének meghatározására is, itt nem részletezendő biológiai okokból a leállási kritériumot az aktuálisan bekövetkezett válasznak a korábban volt válaszok maximumához, illetve az aktuális feszülési szinthez történő viszonyítása adja.

A mosások közötti időkülönbség a program bemenő paramétere; a mosás addig tart, amíg a relaxáció adott mértékig meg nem közelíti az előterhelést. A második várakozási szakasz hossza ismét a program bemenő paramétere, hasonlóképpen az antagonistá beadását követő ekvilibrációs idő is. A kumulatív dózis hatásgörbéjének újbóli felvétele a már leírtak szerint, az elsőhöz hasonlóan történik.

Az erő – idő függvény identifikálásához szükséges egyenközű mintavétel programmal biztosított a ZX 81 időmérő „órájának” segítségével. Minden hosszabb művelethez tartozik egy biztonsággal becsült végrehajtási idő; e művelet végrehajtására csak akkor kerül sor, ha a következő mintavételig be is fejeződik, egyébként a program először megvárja a következő mintavételezési időpontot, s csak ennek elvégzése után hajtja végre a műveletet. Mintavételezőkor valamennyi szerven megtörténik a mintavétel. Hogy rövid programok egymásutánjának végrehajtásakor ne következzenek be a mintavételi időpont átlépése, ezt a főprogram szervezése biztosítja. A főprogram lényegében ciklusutasítás, amelynek ciklusváltozója a szervedény sorszáma, és mindig azt a szubrutint hívja be, amelyet az illető szerv ún. állapotvektora meghatároz. Az állapotvektor rögzíti, hogy a szerv a mérés melyik fázisában van. Ily módon egy szerven mindig csak egy művelet hajtódik végre, majd új szerv következik. Mivel a főprogram első utasítása a mintavétel szükségességének vizsgálata, így ez kellően sűrűn, és megfelelő pontossággal be is következik.

A főprogram harmadik utasítása annak vizsgálata, hogy valamennyi szerv a befe-



38-4. ábra. A kumulatív dózis hatásgörbéjének kiértékelése

jezés állapotában van-e. Ennek bekövetkeztekor a program leáll, mert ekkor már a szervenkénti dokumentációk is nyomtatásra kerültek. Az aszinkron, futás közben végzett kiértékelést és nyomtatást a sok várakozási idő teszi lehetővé.

A kumulatív dózis hatásgörbéjének jellemző paramétere a  $c_{50}$  50%-os kontrakcióhoz tartozó koncentrációérték. Ennek meghatározásához (38-4. ábra) elhagyjuk a lapult szakaszhoz tartozó mintavételi értékeket, pontosabban azokat a mért  $F$  értékeket, amelyekre

$$F < F_e + 0,2(F_{\max} - F_e), \text{ ill. } F > F_{\max} - 0,2(F_{\max} - F_e).$$

Az így maradó pontokra a legkisebb négyzetek módszerével egy regressziós egyenest fektetünk (az erő lineáris, a koncentráció logaritmikus), az egyenes  $F_e + \frac{F_{\max} - F_e}{2}$  értékéhez tartozó abszcisszája a  $c_{50}$  logaritmus.

A készülék háromféle dokumentációt készít. Az egyik a minden szerve közös adatokat tartalmazza (dátum, anyagok, várakozási idők stb.). A másik szervenként készül, a kumulatív dózis hatásgörbéjének adatait (koncentrációt, erőt, adagolási időpontot) tartalmazza; ilyen kétszer készül a mérés folyamán. A harmadik ismét szervenként készül, ez tartalmazza a mérés egyes fázisainak kezdő időpontjait, a maximális kontrakciókat, a  $PA2$  vagy  $PD2'$  értéket stb.; ez gyors és lényeges áttekintést biztosít az illető szervre végzett mérésről.

## Irodalom

- [1] J. M. Van Rossun: Cumulative Dose-response Curves. Arch. International Pharmacodyn. 1963. 143. köt. 3—4. szám.
- [2] Joop S. de Graaf et. alab.: Fully Automated Experiments with Isolated Organs In Vitro. Journal of Pharmacological Methods 10. 1983.
- [3] Riesz Miklós: Izolált szerveken végzett kísérletek. Richter Gedeon Vegyészeti Gyár Rt. dokumentáció.
- [4] Steven Vickers: ZX 81 BASIC Programming. The Legrave Press Ltd., London, 1982.





# 39. Mozgásidentifikáció mikroszámítógéppel

*DÖMÖK LÁSZLÓ—GLOFÁK F. PÉTER—GULYÁS ELEMÉR*

## **ÖSSZEFOGLALÁS**

Ismertetjük egy konkrét feladat kapcsán a mozgásfelismerés problémáit. Leírjuk a felépített és vizsgált rendszert. Röviden ismertetjük a mozgásfelismerő rendszerben alkalmazott egységeket és módszert, valamint a cél-mikroszámítógépes szoftvert. Végezetül közöljük a rendszer üzemeltetése során szerzett tapasztalatokat és következtetéseket.

## **ИДЕНТИФИКАЦИЯ ДВИЖЕНИЯ ПРИ ПОМОЩИ МИКРОВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ**

*Л. ДЕМЕК—Ф. П. ГЛОФАК—Э. ГУЯШ*

### **Резюме**

Излагаются проблемы опознавания движения в связи с конкретным заданием. Описывается построенная и испытанная система. Кратко представляются блоки, примененные в системе опознавания движения, а также примененный метод и софтвер на базе целевой вычислительной программы и микровычислительной машины. Наконец, сообщаются опыты, накопленные по эксплуатации системы и выводы.

## **BEWEGUNGSIDENTIFIKATION MIT HILFE VON MIKRORECHNERN**

*L. DÖMÖK—P. F. GLOFÁK—E. GULYÁS*

### **Zusammenfassung**

Anhand eines konkreten Beispiels werden die Probleme des Bewegungserkennens dargelegt. Das aufgebaute und untersuchte System wird beschrieben. Es werden die im System für Bewegungserkennung verwendeten Einheiten und die angewendete Methode sowie das Software für Zielmikrorechner kurz behandelt. Zum Schluss werden die während des Betriebes des Systems gewonnenen Erfahrungen und die Schlussfolgerungen angeführt.

**Summary**

This article introduces the problems of motion recognition in relation to an actual task. It gives a description of the system constructed and realized. It briefly describes the method and units used in the motion recognition system as well as the special-purpose microcomputer software. Finally, experiences and conclusions gained in the course of the operation of the system are given.

Intézetünk évek óta foglalkozik farmakológiai kutatást segítő célszámítógépek építésével. Ebben a témakörben készítettük el a motilitásvizsgáló rendszert.

A mozgásérzékelés, a mozgásformák megkülönböztetése és specifikálása a gyógyszerkutatóban, ill. az új vegyületek hatásmechanizmusának kutatásában kiemelkedő jelentőségű. Gyógyszerkutatói gyakorlatban a kísérleti állat (pafkány, egér) kezelés utáni viselkedése fontos információkkal szolgálhat a vegyület központi idegrendszerre való hatásáról. Vizuális megfigyelés csak korlátozott mértékben alkalmas a viselkedés ellenőrzésére, mivel a mozgások időbeli és térbeli lefolyása igen összetett, a megfigyelő részéről tartós, koncentrált figyelmet igényel, és a megfigyelés eredményei nagyban függenek a szubjektív ítéletektől.

Az előzőekben leírt feladat elvégzésére fejlesztettünk ki egy mikroszámítógépes motilitásvizsgáló rendszert, amely a következő mozgásformákat képes megkülönböztetni: ágaskodás, ugrálás, sztereotip fejmozgatás, sztereotip forgás, sztereotip körzés, haladómozgás (áll-sétál-fut felosztásban).

A készülék 512×512 mm méretű, mattfeketére festett és 45°-os tükörrel ellátott vizsgálóterében elhelyezett kísérleti állatot egy tv-kamera „figyeli”. A tv-kamera videojelét a szinkronjelek és a képtartalomjel szétválasztása után egy egykártyás mikroszámítógép (SLAVE-processzoregység) előfeldolgozza, majd az eredményeket — immár digitalizált, kódolt formában — átadja a mikroszámítógépnek (MASTER-processzorrendszer) 10 adat/s sebességgel.

*Az előfeldolgozás fázisai*

- Képmező-digitalizálás. A SLAVE-egységben a benne levő 1K RAM-területre leképezi tv-soronként a kísérleti állat síkban levő kontúrját, és az adott pozícióban levő legmagasabb pontját.
- Körvonal-meghatározás szűréssel. Az immár rendelkezésre álló pontokból a SLAVE-egység meghatározza az állat kontúrját, kiszűrve a megvilágítás megváltozásából, hálózati zavarokból eredő bevilanásokot, ill. a hibás képpontokat. Az ilyen módon előállított körvonalból kiválasztja az állat négy szélső pontját, és meghatározza a geometriai középpontot.
- Alapmozgásforma-keresés. A SLAVE-egységben elhelyeztünk egy 3 s-os (30 képre vonatkozó) pipeline-regisztert, amely a számított pontok koordinátáit tárolja. Az egység először az ágaskodás-ugrálás ellenőrzését végzi el oly módon, hogy megnézi, hogy az állat legmagasabb pontja meghaladja-e az állat hosszának 4/5-ét (ágaskodás), ill. 6/5-ét (ugrálás). Ha talált ágaskodást vagy ugrálást, akkor a pipeline-regisztert törli, és a megtalált mozgásforma kódját tárolja az üzenőterületen. Ha nem talált ágaskodást vagy ugrálást, akkor a pipeline-regiszterben tárolt adatokon fejmozgatást keres. Fejmozgatást akkor detektál, ha az állat egy szélső pontja nyugalomban van (ill.  $\pm 5$  mm-nél kevesebbet mozdul el), és egy másik pontja min. 25 mm amplitúdójú alternáló jellegű mozgást végez, és az alternáló jellegű mozgás legalább négyszer veszi fel a szélső értéket 3 s alatt.

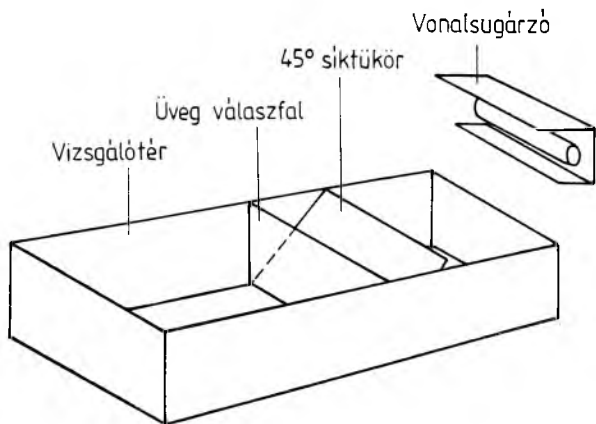


## Alak- és mozgásfelismeréssel kapcsolatos problémák

- A kamerával történő megfigyelés problémái: a megfelelő alakfelismeréshez, az állat környezettől való elválasztásához meghatározott kontrasztarány szükséges a videojelben. Problémát okoz, hogy az állat nem fehér, és a szőrzet miatt a kontúrja elmosódott.
- *Környezetmegvilágítási* problémák. Az állat környezettől való elválasztásához legalkalmasabb a mattfekete háttér. Ideális mattfekete háttérrel nem lehet létrehozni, hiszen amit az emberi szem mattfeketének lát, azt a kamera a megvilágítástól függően szürkének érzékeli. A megvilágítás erősségét úgy kell beállítani, hogy az állat kamera által látott szürkésfehér alakja és az említett háttér még kellőképpen elváljon egymástól. A megvilágítás iránya és erőssége az alakfelismerés szempontjából fontos; ügyelni kell arra, hogy a tükröző felületek (üreg, válaszfal, tükör) visszavert fénye ne jusson a kamera látómezejébe. Hosszas kísérletezések után alakult ki a legalkalmasabb elrendezés (39-2. ábra).
- *Zajproblémák*. Ha egy kamera videojele zajos, ez a képátvitelnél nem jelent problémát, mert a zaj frekvenciáját általában a tv-készülékhez már nem viszik át, vagy ha átviszik, akkor is legfeljebb egy szürkés árnyalatot ad a képnek (mindez persze jó megvilágításnál). Gyenge megvilágítás esetén még a tv-készülék kép-erőjén is jól látható a videojel zaja. Esetünkben inkább az utóbbi zaj a jellemző. A problémát egy olyan „videokomparátor”-egységgel sikerült megoldani, amelynek komparálási szintjét finoman lehet szabályozni a videojel tartományában, amely megfelelően gyors, ennek köszönhetően az alakfelismerést nem torzítja el, és olyan minimális hiszterézise van, hogy a videojel zaját képes kiszűrni.
- *Szinkronizációs és felbontási* problémák. A kamerából kijövő összetett videojelből ki kell választani a sorszinkronjelet, valamint a hasznos képtartalmat. Egy adott képsor képtartalmának helyét a sorszinkronjeltől indított számláló videojelbeli átmenetének aktuális értéke adja meg.

A probléma az, hogy a TBA 950 típusú, független szinkronjeleket leválasztó IC PLL üzemmódja miatt a sorszinkronjel állandóan lebeg. Ez eleve ad egy felbontási korlátot.

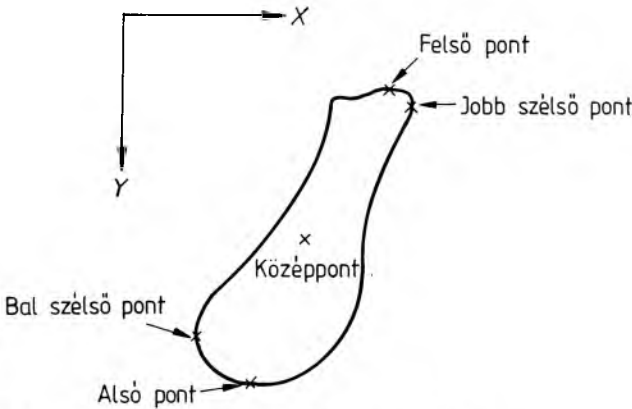
Ennél sokkal nagyobb probléma, hogy a videojelben egy állandó hálózati frekvenciájú komponens van, amit a kamera generál; ez szintén egy felbontási korlát.



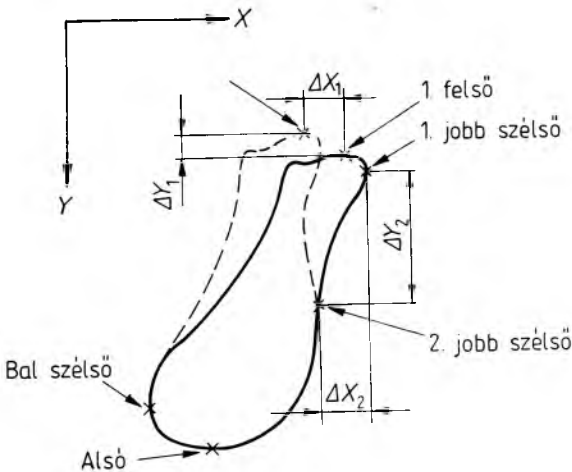
39-2. ábra. Vizsgálóter megvilágítással

Túl érzékeny mérést beállítva előfordulhat, hogy a készülék álló alak esetében is mozgást érez az előbbi problémák miatt. A legnagyobb felismerési korlátot azonban az előzőekben tárgyalt kontúrfelismerési problémák okozzák.

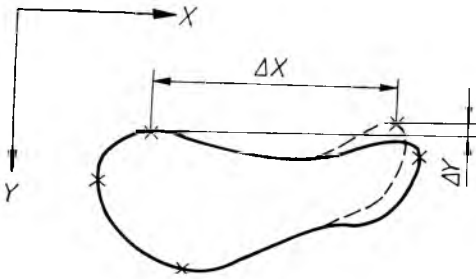
Kontúrfelismerési probléma a fejmozgatás keresésénél lépett fel, ugyanis a tv-kamera csak egy foltot „lát”, a fej megkülönböztetésére nincs lehetőség. A feldolgozó-program a felülnézeti képből a következő pontokat számítja ki: felső pont, alsó pont, jobb szélső pont, bal szélső pont, középpont (39-3. ábra). A fejmozgatáskor elmozduló pontokat a 39-4. ábra szemlélteti. Az alsó és a bal szélső pont helyzete nem változott, de a felső és a jobb szélső pont koordinátái jelentősen megváltoztak. Mivel a fejmozgatás ellenőrzése 3 s időtartamig szükséges, ezért 30 kép jellemző pontjait kell számba venni, és az alternáló jellegű mozgást felismerni. A komolyabb gondot az okozta, hogy vannak olyan állatpozíciók, ahol — a képbeíró célhardver sajátosságai-ból adódóan — kis elmozdulás is nagy változást ad (39-5. ábra). Ilyen pozícióban — ha az állat teljesen nyugodt — a váltott soros képbontás akkor is okozhat hibás



39-3. ábra. Körvonalból számított szélsőértékek



39-4. ábra. Szélső pontok elmozdulása fejmozgatáskor



39-5. ábra. A felső pont elmozdulása

szélsőpont-vándorlást, ha az állat teljesen nyugodt. Teljes, korrekt megoldást csak a teljes körvonal 30 képre vonatkozó tárolása, és részletes statisztikai elemzése adhatna, erre azonban a szükséges tárkapacitás és főleg a real-time feldolgozásból adódóan rövid feldolgozási idő (kb. 80 ms) miatt nincs lehetőség. Nagyszámú kísérleti mérés alapján megfelelő közelítést adott a következő megoldás:

*Fejmozgatás* akkor van, ha az állat legalább egy szélső pontja nyugalomban van (vagyis  $\pm 5$  mm-en belül mozog), az állat valamely másik szélső pontjának mindkét koordinátája alternáló jellegű mozgást végez, az alternáló jellegű mozgás amplitúdója min. 25 mm, és az alternáló jellegű mozgásnál legalább négy szélsőérték-felvétel figyelhető meg. A sztereotip forgás, sztereotip körzés felismerését, valamint a haladó mozgás osztályba sorolását a MASTER-egység végzi, a SLAVE-egységtől kapott információ alapján.

A MASTER-egységben kialakítottunk egy  $3 \times 100$  byte-os pipeline-regisztert, amely 10 s időtartamig tárolja az állat középpontjának  $X-Y$  koordinátáit, és a két mintavétel között a középpont vándorlását mm-ben. A pipeline-regiszter töltése a mérés indításakor kezdődik. Ha a pipeline-regiszterben már van 10 adathármas, akkor megkezdődik a rugalmas feldolgozás, amely forgás és körzés mozgásformákat keres a következő definícióknak megfelelően.

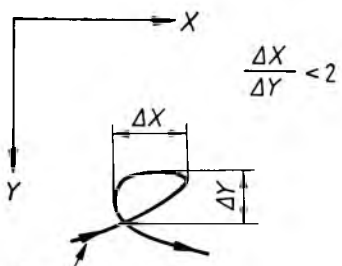
*Sztereotip forgás:* az állat számított középpontja önmagát metsző görbét ír le, amelynek időtartama min. 0,8 s, és a görbe átlóinak aránya max. 1 : 2 lehet.

*Sztereotip körzés:* az állat számított középpontja olyan körgyűrűben mozog — önmagát metsző módon —, amelynek belső sugara nagyobb, mint az állat testhosszának a fele, a körgyűrű szélessége kisebb, mint az állat hosszának a fele. (Az állat hosszát a mérés kezdetén kell a készülékbe beírni.)

- Ábrázolva: a 39-6. ábrán: elfogadott sztereotip forgás;  
 a 39-7. ábrán: elutasított sztereotip forgás;  
 a 39-8. ábrán: elfogadott sztereotip körzés;  
 a 39-9. ábrán: elutasított sztereotip körzés látható.

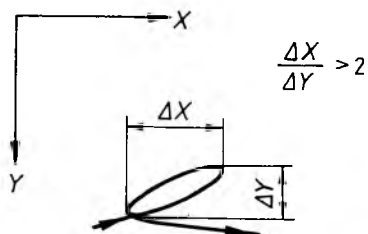
A sztereotip forgás—körzés keresése a pipeline-regiszter utoljára beírt adatától kezdődik, tehát időben visszafelé történik.

Ha a keresőprogram nem talált sztereotip mozgásformát és a pipeline-regiszter még nem telt meg, akkor a következő adathármas beérkeztéig nem történik semmi, majd a program az újlag beérkezett adat figyelembevételével ismételten keres. Ha a pipeline-regiszter esemény nélkül megtelik, akkor az új adat beérkeztekor az első beírt adathármasból a középpont által megtett út kiértékelésre kerül, az egész tartalmat eggyel visszaléptetjük, és az új adathármas a regiszter tetejére kerül (pipeline-clv).

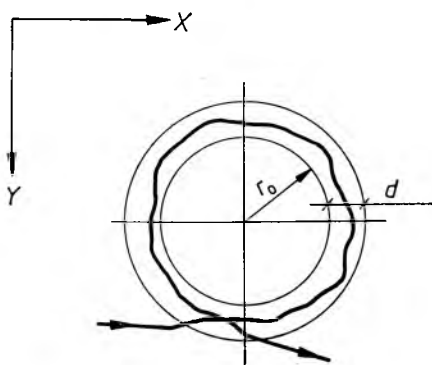


Mozgáspálya

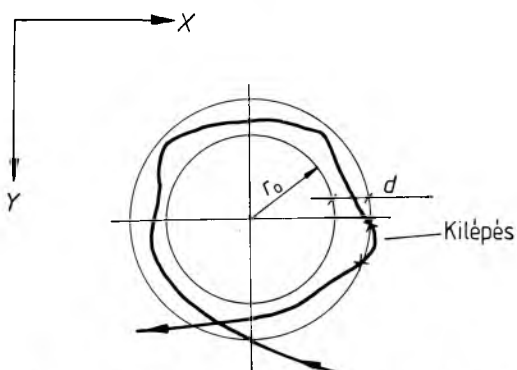
39-6. ábra. Elfogadott sztereotip forgás mozgáspályája



39-7. ábra. Elutasított sztereotip forgás mozgáspályája



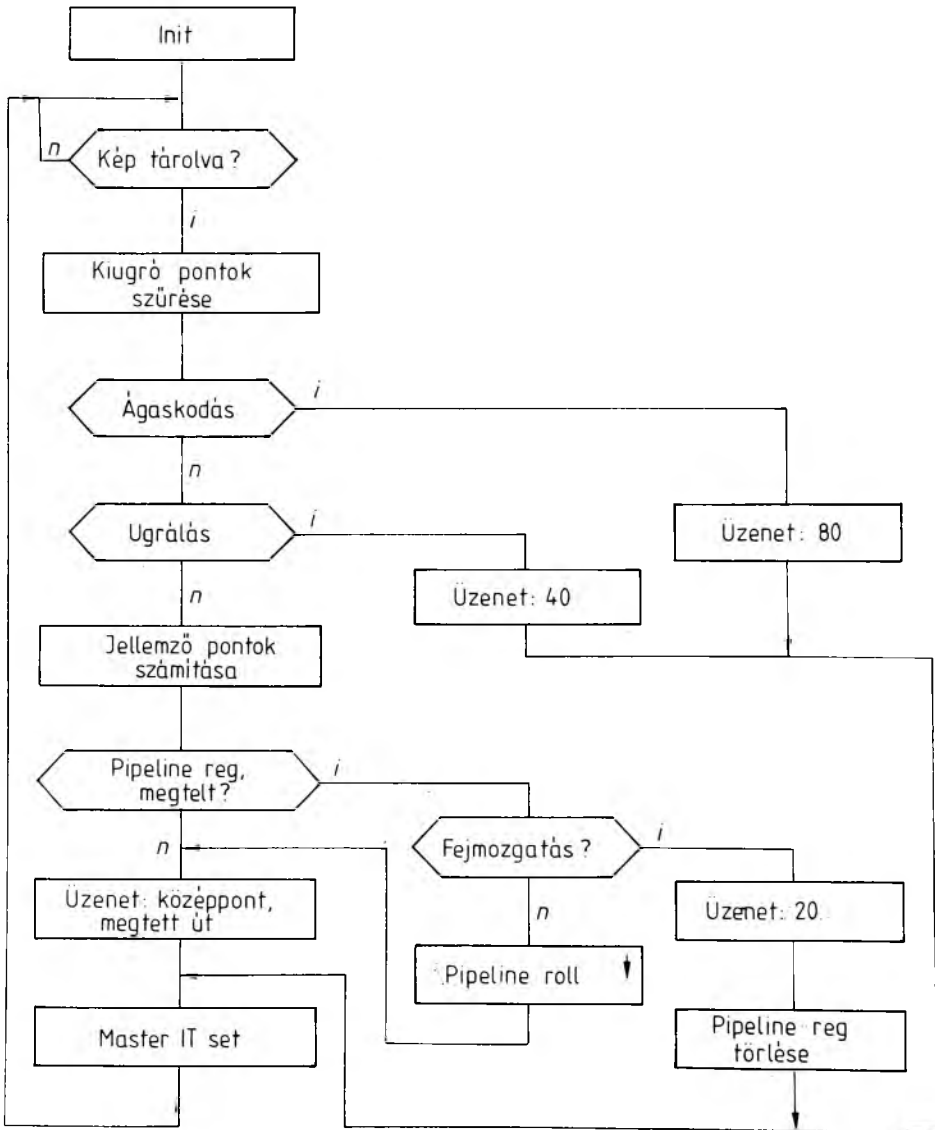
39-8. ábra. Elfogadott sztereotip körzés mozgáspályája



39-9. ábra. Elutasított sztereotip körzés mozgáspályája

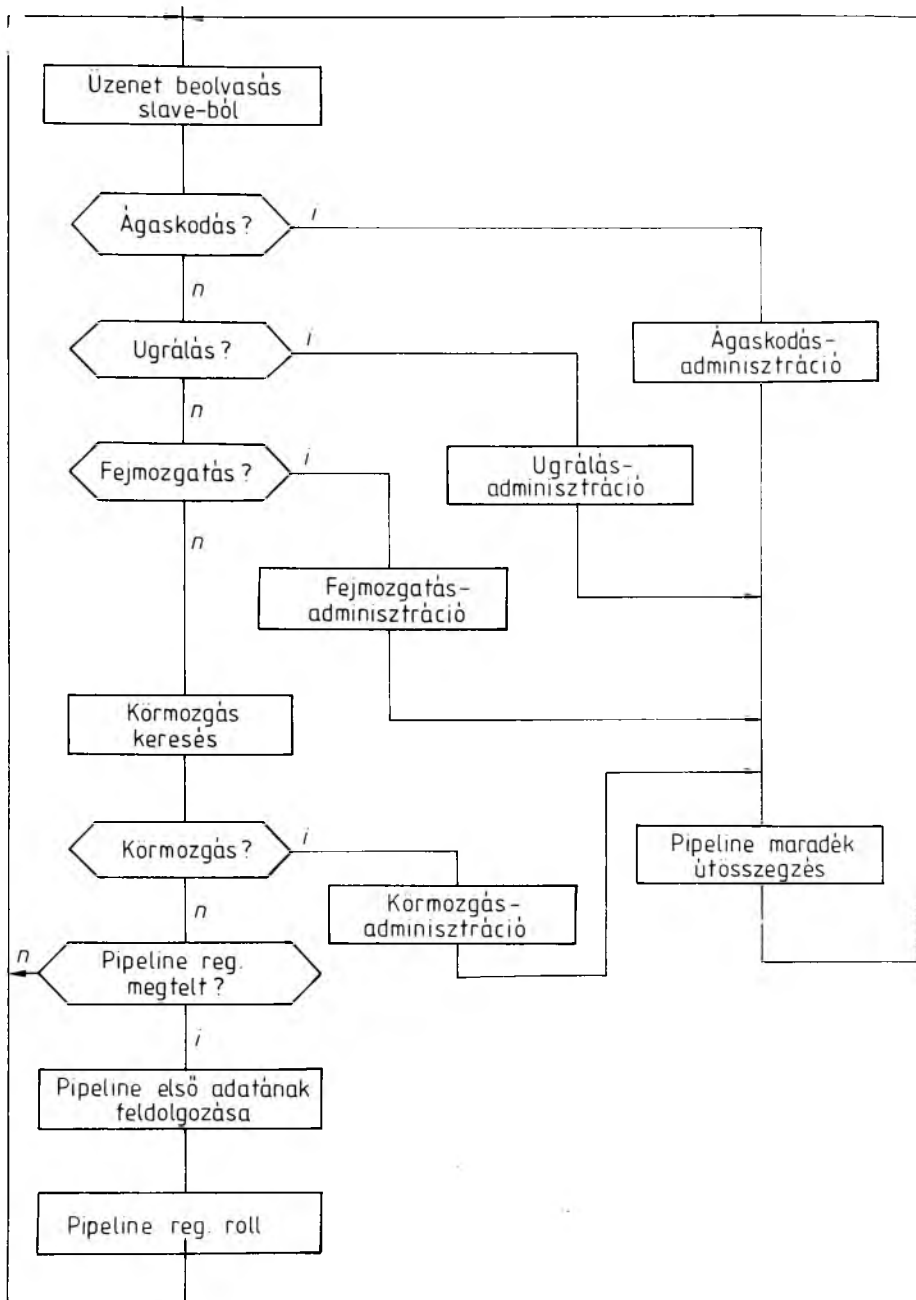
Ha a keresőprogram talált mozgásformát, akkor a mozgás kezdete és a pipeline-regiszter első adata közti időre vonatkozó megtett út kiértékelésre kerül, és a mozgásformát a jellemző adataival (kezdeti idő, időtartam, irány) letároljuk. Ugyanez az eljárás, ha a SLAVE-egység üzenetében ágaskodás, ugrálás vagy fejmozgatás kódja található.

A 39-10. ábrán a SLAVE-egység, a 39-11. ábrán a MASTER-egység mozgást kiértékelő folyamatábrái láthatók.



39-10. ábra. SLAVE-egység mozgást kiértékelő folyamatábrája





39-11. ábra. MASTER-egység mozgást kiértékelő programjának folyamatábrája



# 40.

## Tápegységek automatizált, számítógépes végellenőrző rendszere

*BUZÁS PÉTER—KRÉMER PÉTER*

### ÖSSZEFOGLALÁS

Az automatikus tápegységvizsgáló mérőrendszer sorozatgyártású tápegységek mikro-számítógéppel vezérelt végellenőrzését végzi. A mért tápegységről nyomtatott bizonylatot készít. A mérendő tápegységek típusváltását a mérőrendszer szoftverének cseréjével lehet követni, ami a rendszernek nagy rugalmasságot biztosít. A több, mint 30 mérés a rendszer 5-6 perc alatt végzi el, egy kezelőszemély felügyeletével.

### АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА КОНЕЧНОГО ИЗМЕРЕНИЯ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЦВМ

*П. БУЗАШ—П. КРЕМЕР*

### Резюме

Автоматизированная система измерения источников питания предназначена для конечного измерения серийных источников питания с управлением на базе микро-ЦВМ. По измеренному источнику питания выдается напечатанное свидетельство. Замена типов измеряемых источников питания обеспечивается заменой софтвера; этим достигается большая гибкость системы. Системой за 5...6 минут проведется более 30 измерений и для обслуживания потребуется один персон.

### AUTOMATISCHES, MIT $\mu$ P COMPUTER GESTEUERTES MESS-SYSTEM FÜR SCHALTNETZTEIL-ENDPRÜFUNG

*P. BUZÁS—P. KRÉMER*

### Zusammenfassung

Die mit  $\mu$ P Rechenmaschine geführte Prüfmaschine wurde für die Endprüfungen von verschiedenen, in Serie hergestellten Schaltnetzteile entwickelt. Die Messresultate der Geräte werden in Form gedruckter Prüfscheine hergestellt. Bei Wechsel der verschiedenen Gerät-Typen wird nur der Software geändert, und das bietet dem System eine grosse Flexibilität. Es werden 30 Messungen in 5...6 Minuten ausgeführt neben Überwachung eines Persons.

### Summary

The automatic power supply tester is suitable for the microcomputer controlled measuring of the commercial power supplies. The test result data are printed as the document of the checked power supply. A change in the types of the power supplies is possible with a change in the control softwares. It gives large flexibility. The more than 30 measures are done in 5 or 6 minutes and only one supervisor is needed.

## 1. Bevezetés

Minden elektronikus berendezés része a tápegység. A berendezések nagy részének tápellátása megoldható előre gyártott tápegységsorozatból kiválasztott modullal. Intézetünkben e feladat megoldására sorozatgyártásra alkalmas tápegységcsaládot fejlesztett ki.

A gyártandó sorozat nagysága és a széles típusválaszték (be- és kimeneti feszültség, valamint kimenő teljesítmény szerinti változatok) indokoltta tette olyan mérőegység kialakítását, amely gyorsan, pontosan elvégzi a kész tápegységek végellenőrzését bármelyik típusról legyen is szó.

Az automatikus mérőrendszer alkalmas különböző be- és kimeneti feszültségű, ill. teljesítményű tápegységek vizsgálatára. Az érintésvédelmi, szigetelési és melegezési adatok kivételével mindazon villamos jellemzőket ellenőrzi, amelyek pl. átadás—átvételi vizsgálat tárgyát képezhetik. Lehetővé teszi azonos típusú tápegységek gyors sorozatmérését is, és a mért adatokról nyomtatott bizonylatot ad.

A rendszer számítógépes felépítése módot nyújt arra, hogy az adott mérőrendszer a mérendő adatok ismeretében új típushoz vagy más mérési módszerhez átkonfiguráljuk úgy, hogy a számítógép mérési programját az új helyzetnek megfelelően alakítjuk ki. Ilyen módon kialakítható egy mérési programkönyvtár, és innen mindig az aktuális mérési programcsomag hívható le.

A mérőrendszer a sorozatgyártást végző Kontakta Alkatrészgyár megbízására készült.

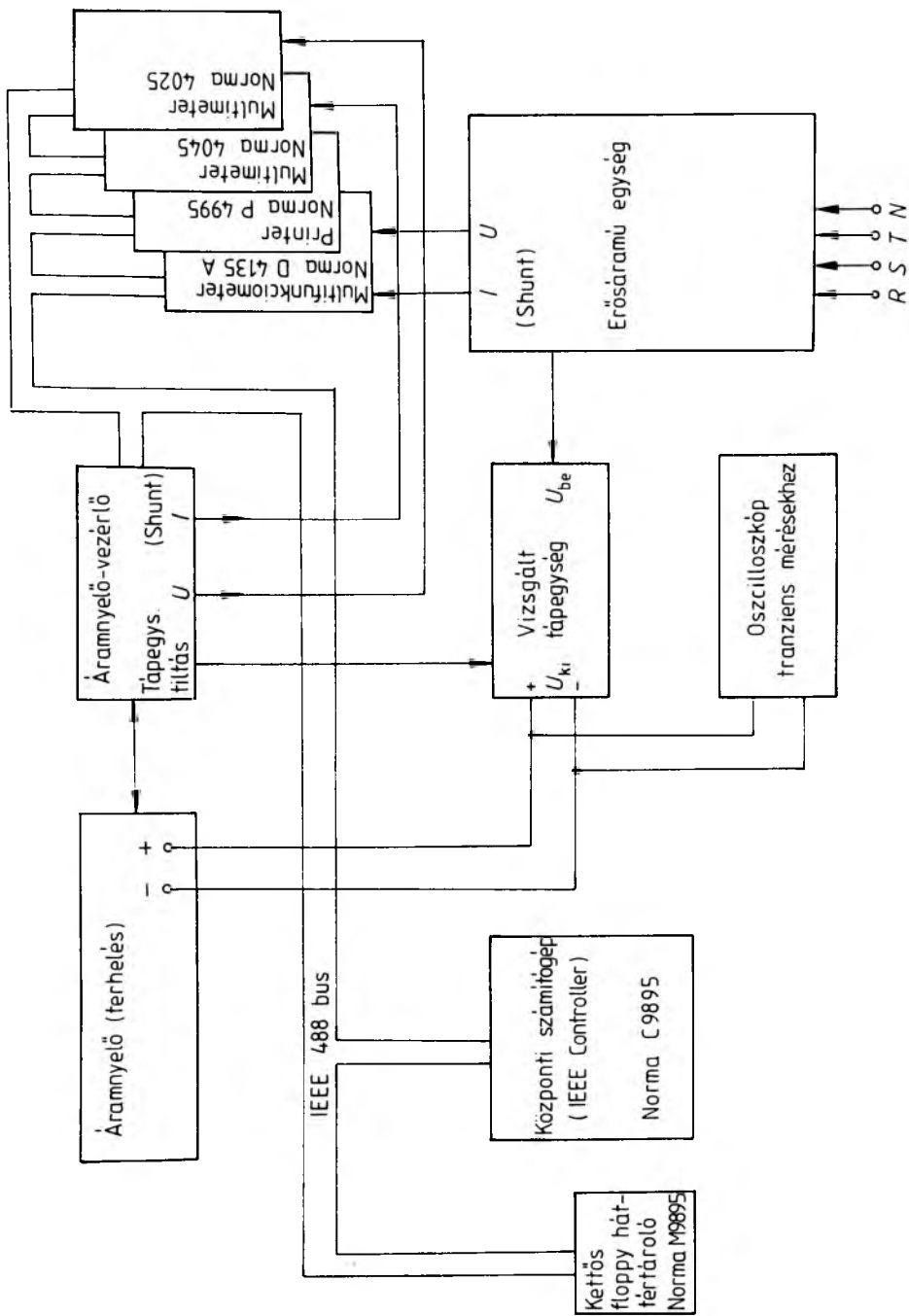
## 2. Elvi felépítés

A mérőrendszer elvi felépítését a 40-1. ábra mutatja. Főbb elemei a következők:

- erősáramú egység;
- áramnyelő és -vezérlő egység;
- mérőműszerek;
- központi számítógép.

A mérőrendszer egyes egységei IEEE-488 rendszerű buszon keresztül tartják a kapcsolatot a központi számítógéppel.

A vizsgálat megkezdésekor az operátor csatlakoztatja a vizsgálandó tápegységet a mérőrendszerhez, majd a számítógépbe betölti a háttértárolóból az adott tápegység vizsgálóprogramját. Az ezt követő bemérés a számítógép és a kezelő közti párbeszéd formájában történik. A beolvasott program tartalmazza a mérőműszerek üzemmódjait, méréshatárait és a tápegységre jellemző be- és kimeneti paramétereket. A kezdeti finombeállítás után a mérőrendszer felveszi a kívánt karakterisztikákat,



40-1. ábra. Elvi felépítés blokkvázlata

megméri a hatásfokot, ellenőrzi a zárlatvédelmet. A tranzien vizsgálatokhoz elő-állítja a megfelelő be-, ill. kimeneti körülményeket. A mérési eredmények feldolgozása után a kiadott mérési bizonylaton mind az automatikus mérési eredmények, mind a kezelő által beadott adatok szerepelnek.

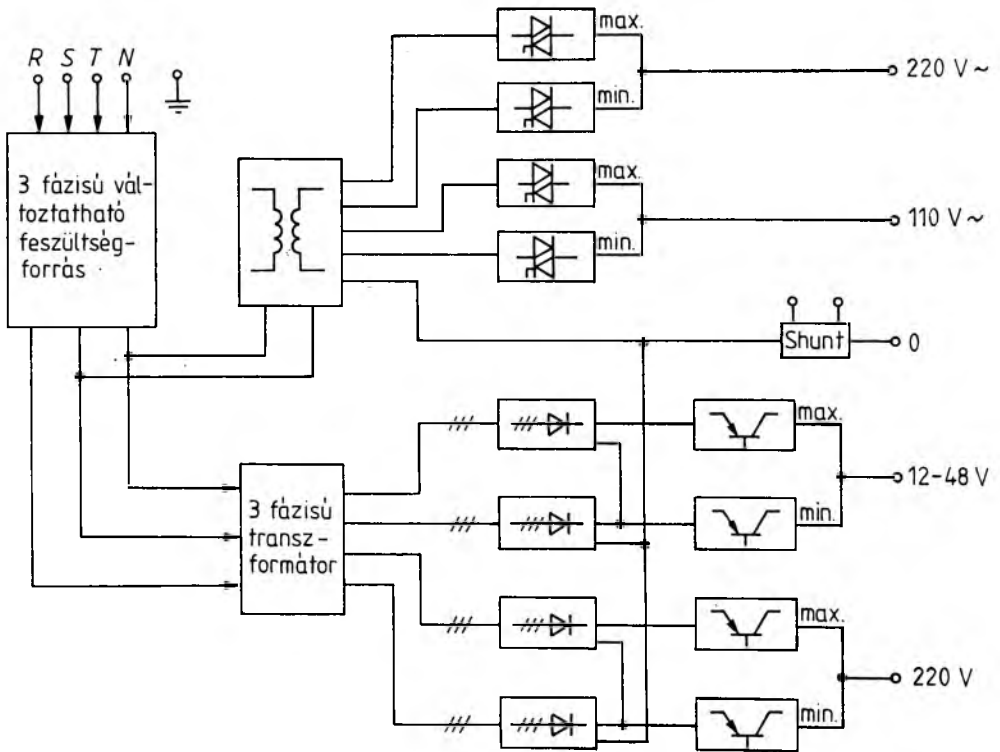
### 2.1. Erősáramú egység

Az egység feladata, hogy biztosítsa a vizsgálandó tápegység bemeneti statikus és dinamikus vizsgálataihoz szükséges feszültségeket. Ezek mind egyen-, mind váltakozó feszültségek lehetnek, és névleges értékük széles tartományban mozoghat (5VDC—220VDC, ill. 220VAC—110 VAC).

A háromfázisú változtatható feszültségforrás táplálja a váltakozó, ill. egyen-feszültségű kimeneteket (40-2. ábra). A váltakozó feszültségű kimenetek egy egy-fázisú transzformátor megcsapolásai. Egy névleges feszültséghez két megcsapolás tartozik, amelyek között 25% feszültségkülönbség van, így egyszerre állítható elő a hálózati feszültség

$$U_{\max} = 1,1 \cdot U_n, \text{ és } U_{\min} = 0,85 \cdot U_n$$

értéke. Az elektronikus kapcsolók működtetésével a tápegységet hálózati oldalról tranzien vizsgálatnak is alá lehet vetni, és vizsgálni lehet a tápegység kimenetén létrejövő válaszjelet.



40-2. ábra. Az erősáramú egység blokkvázlata

Az egyenfeszültségű kimeneteket háromfázisú, szűrt egyenirányító állítja elő. A min.—max. feszültségkülönbség az  $U_{\min}$  feszültséghez történő feszültséghozzáadással áll elő.

Az egyenfeszültségű kimeneteket elektronikus védelem, a váltakozó feszültségű kimeneteket kisautomata védi az esetleges zárlati áramtól.

## 2.2. Áramnyelő (terhelés) és vezérlőegység

A mérőrendszernek ezt az elemét tápegységek kimeneti statikus és dinamikus terhelésének vizsgálataihoz szabályozott terhelésként használjuk (40-1. ábra). A számítógép az IEEE-488 buszon keresztül kiküldi a beállítandó terhelőáram értékét. A vezérlőegység a megfelelő kódkonverziót elvégezve kapcsolja az áramnyelő elemi terhelés egységeit, amíg be nem áll a kívánt terhelőáram.

A beállítandó terhelés 0...900 W közt megközelítőleg folyamatosan változtatható. Az áramértékek gyors kapcsolásával a terhelésoldali tranziensek, és a beállási idők is mérhetők.

Az áramnyelő vezérlőegységnek kézi és távvezérelt üzemmódja is van, így lehetőség van a változtatható terhelés önálló eszközként való alkalmazására is. Ilyen esetben a terhelőáramot nyomógombokkal állítjuk be, és a beépített műszeren ellenőrizzük.

## 2.3. Mérőműszerek

Az IEEE csatlakozófelülettel rendelkező, NORMA gyártmányú műszerek közvetlenül összeköthetők a rendszert irányító számítógéppel. Üzemmódjuk, méréshatáruk kézi és távvezérelt módon is állítható. A vizsgált tápegységek be- és kimeneti oldalán áramot, feszültséget és teljesítményt mérnek.

Mérési eredményeinket az IEEE buszon keresztül a számítógép közvetlenül lekérdezheti.

## 2.4. Központi számítógép

A mérőrendszer központi számítógépe egy Commodore 4000-es mikroszámítógép, amely a mérőrendszert IEEE 488-as szabványos buszon keresztül vezérli. A mikroszámítógép NORMA-BASIC és assembly nyelven programozható. A NORMA-BASIC olyan kibővített BASIC nyelv, amely tartalmazza a speciális, IEEE utasításokat is. Így a mérőbusz kezelése közvetlenül, utasításszinten valósítható meg, string változókon keresztül.

Az assembly szintű nyelv az alkalmazott 6502-es típusú processzor gépi nyelve. A tápegységek vizsgálóprogramjai kibővített BASIC nyelven íródtak.

# 3. Mérési eredmények

A mérőrendszer ellenőrzése és a különböző tápegységek méréséhez való programfejlesztés során több tápegység prototípusát mértük be. A mért paraméterek pontosnak bizonyultak és egyeztek a fejlesztők által megadott értékkel. A központi alapprogram kialakítása után a program applikációja más típusú tápegységekre egyszerűnek bizonyult.

A 40-3. ábrán egy 220VAC bemeneti feszültségű 30VDC kimeneti feszültségű, 100 VA-es tápegység mérési bizonylatát láthatjuk. Az első hat mérési blokkban a bemeneti feszültség és a kimenő áram szélsőértékeinek sorozatát láthatjuk. Ezt a zárlati áram (zárlatvédelem megszólalása), a hatásfok és a kimeneti zaj mért értékei követik. A berendezést, valamint a képernyő egyik, mérés közbeni állapotát a 40-4. és a 40-5. ábrán láthatjuk.

```
UBE= 220 V  
IKI= 3.26 A  
KIMENETI ZAJ 1 MV
```

```
UBE= 220.2 V  
IBE= 1.934 A  
PBE= 221 W  
UKI= 30.05 V  
IKI= 3.25 A  
PKI= 97.6625 W  
HATASFOK= 44.1 %
```

```
TILTAS OK
```

```
ZARLATVEDELEM OK
```

```
IRZ= 5 A
```

```
UBE= 240.8V  
IKI= 3.26A  
UKI= 30.04V
```

```
UBE= 241.8V  
IKI= .81A  
UKI= 30.06V
```

```
UBE= 186.1V  
IKI= 3.25A  
UKI= 30.03V
```

```
UBE= 186.2V  
IKI= .83A  
UKI= 30.05V
```

```
UBE= 220.4V  
IKI= 3.25A  
UKI= 30.01V
```

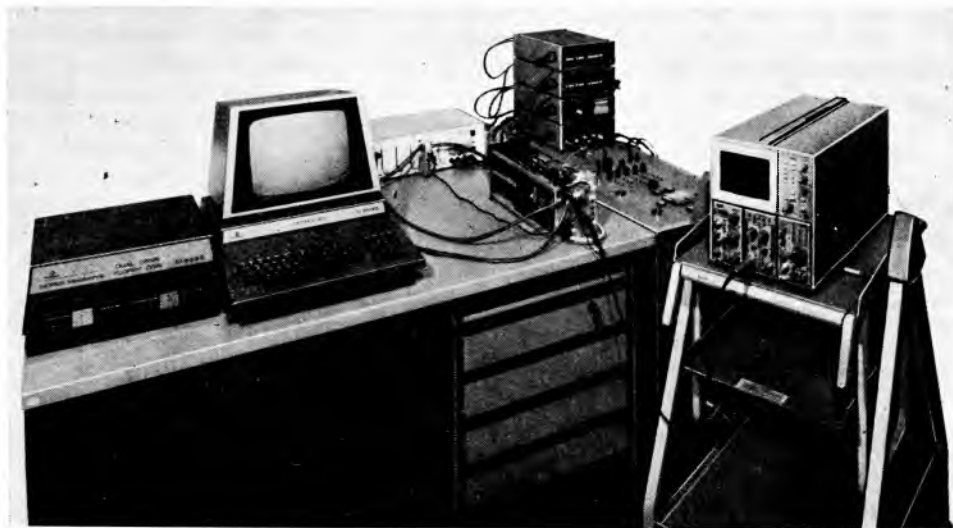
```
UBE= 219.6V  
IKI= .83A  
UKI= 30.01V
```

```
CVS2:85/001
```

```
1985 10 16 000058
```

**40-3. ábra**  
**Mérési bizonylat**





40-4. ábra. Az elkészült berendezés



40-5. ábra. A képernyő állapota mérés közben

## 4. Műszaki adatok

A 2.1. pontban ismertetett erősáramú egység állítja elő a vizsgált tápegység táplálásához szükséges feszültséget. Ez a következő határok között változhat:

AC: 0...250 V AC

0...130 V AC

DC: 0...250 V DC

0... 60 V DC

Beállítható a névleges feszültségértékhez tartozó, a szabványokban megadott névleges feszültség  $U_{\min}$  minimális és  $U_{\max}$  maximális értéke (40-1. táblázat).

40-1. táblázat

$U_{\min}$ , V	$U_n$ , V	$U_{\max}$ , V	$I_n$ , A
187	220~	242	10
93,5	110~	121	20
176	220=	242	10
38,4	48=	52,8	20
21,6	27=	29,7	20
19,2	24=	26,4	15
14,4	18=	19,8	15
12	15=	16,5	15
9,6	12=	13,2	15
4,5	5=	5,5	10

Az  $U_{\min}$  és  $U_{\max}$  feszültség átkapcsolásával tranziens vizsgálatok végezhetők. A kimeneti terhelést a 2.2. pontban ismertetett terhelőegység változtatja. A vizsgálati feszültség tartománya 5...48 V DC. A vizsgálati teljesítmény tartománya 0...900 W.

A terhelőegység állandó áramú terhelésként működik.

A mérőrendszer elvégzi

- a karakterisztika szélső értékeinek felvételét, statikus méréseket végez a tápegység bemeneti min. — névl. — max. feszültségein üresjárásban és névleges terheléssel, megvizsgálja a kimeneti feszültséget, hogy az a tűréshatáron belül van-e;
- méri az áramkorlát kezdetét, névleges terhelésről adott lépésekben növeli a terhelést, és figyeli, hogy a tápegység hol old;
- ellenőrzi a zárlatvédelmet;
- ellenőrzi a tiltó bemenetet;
- méri a hatásfokot;
- méri a kimeneti feszültség hullámosságát;
- méri a Min.—Max.—Min. terhelésugrás tranziensét a kimeneti feszültségen;
- méri a Min.—Max.—Min. bemenetifeszültség-ugrás tranziensét a kimeneti feszültségen.

A mérési programkönyvtár a háttértároló disken azonnal lehívható állapotban van. A különböző típusú tápegységek mérőprogramjait egyszerű művelettel lehet behívni, majd elindítani. A tápegység-család egyes típusainak beméréséhez mintegy 19 fajta program készült el. A könyvtár egyszerűen bővíthető egy meglévő alapprogram módosításával, amely tartalmazza az új tápegység típus jellemzőit.

## **Irodalom**

- [1] Programozható Elektronikus Mérőkészülékek. Funkcionális előírások. MI 12049/2—76 Magyar Szabványügyi Hivatal, 1976. október
- [2] Programozható Elektronikus Mérőkészülékek Rendszertechnikai előírások tervezési és alkalmazási adatok MI 12049/4—76 Magyar Szabványügyi Hivatal, 1976. november
- [3] IEEE Standard Interface for Programmable Instrumentation Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc. 1978.
- [4] FAIRCHILD 96 LS 488 General Purpose Interface Bus Circuit (adatlap)
- [5] User's Reference Manual Commodore Business Machines, Inc 1980.
- [6] C 9895 Controller, Bedienungsanleitung Norma (gépkönyv)
- [7] D 4045 Precision Multimeter, Gebrauchsanleitung Norma (gépkönyv)
- [8] D 4135 Multi-Functionmeter, Gebrauchsanleitung Norma (gépkönyv)
- [9] P 4995 Printer Gebrauchsanleitung Norma (gépkönyv)



# Tartalom

Dr. Lukács József Kossuth-díjas akadémikus tevékenysége az intézetben .....	5
---	---

## **Erősáramú elektronika és irányítástechnika**

1. A villamos hajtások fejlesztésének jelenlegi helyzete és lehetséges távlatai ( <i>Bencze János</i> ) .....	11
2. Transzformátorok vizsgálógenerátorának nagy pontosságú szabályozása ( <i>Mlinkó Tamás—Verebélyi György</i> ) .....	21
3. Egyenáramú hajtásrendszer számítógépes irányítással ( <i>Dömök László—Dr. Sebestyén László</i> ) .....	33
4. Ultrahangfrekvenciás kapcsolóüzemű tranzisztoros tápegységek vezérléstechnikai és konstrukciós kérdései ( <i>Szlovik Gusztáv</i> ) .....	41
5. 75 kVA teljesítményű, váltakozóáramú stabilizátor ( <i>Mosonyi Károly</i> ) .....	51
6. Transzformátorvizsgáló generátor áramirányítóinak rádiófrekvenciás zavarészűrése ( <i>Tihanyi László</i> ) .....	57
7. Mikroprocesszoros szabályozású akkumulátortöltő ( <i>Buzás Péter—Sarkadi Ferenc</i> ) .....	67
8. Feszültség szabályozás párhuzamosan járó fokozatkapcsolós transzformátorokkal ( <i>Németh István—Póka Gyula (MVMT OVIT)</i> ) .....	73
9. A terhelési viszonyok figyelembevétele állásos követőszabályozással ellátott áramellátási inverterek elvi vizsgálatánál ( <i>Dr. Nagy László</i> ) .....	81
10. Szünetmentes áramellátó rendszer konténerei az Oroszlányi Szénbányák részére ( <i>Kósa József—Laub Béla—Vajai Gyula</i> ) .....	91
11. Kompakt, többcélú áramellátó rendszerek fejlesztési kérdései ( <i>Prágai György</i> ) ..	97
12. Módosított, McMurray-típusú tirisztoros hídkapcsolás üzemtani tulajdonságai ( <i>Soós László—Vörös Miklós</i> ) .....	107
13. Vezérlő áramkör McMurray-féle tirisztoros, impulzusmodulációs elven működő hídkapcsoláshoz ( <i>Vincze Zoltán</i> ) .....	113
14. Néhány erősáramú mérési és szabályozási feladat korszerű megoldása ( <i>Kőhalmy Sándor—Pápay Zoltán</i> ) .....	121
15. 50 Hz-es hálózati vezetéken beszédet továbbító készülékcsalád ( <i>Ribényi András—Szegő Imre—Sztróka István</i> ) .....	131

## **Kémiai áramforrások**

16. Savas ólomakkumulátorok páncéllemezeinek előállítására nedves töltési technológiával ( <i>Dr. Horváth Pál—Dr. Jedlovsky Pálné—Dr. Soóky-Tóth Gábor—Kisdaróczi János</i> ) .....	139
---	-----

17. Gépjárműindító akkumulátorok gyártási szórásának csökkentési lehetőségei (Dr. Horváth Pál—Dr. Kéri József (Akkumulátor- és Szárazelemgyár)) ..... 147
18. Műanyag kötésű, zárt Ni-Cd gombakkumulátorok fejlesztése (Dr. Kulcsár Sándor—Csaih Géza—Smaroglay Péterné—Major András—Gattyán István (MEDICOR Művek MEDAKKU Leányvállalata)—Dr. Vitán Gábor (MEDICOR Művek MEDAKKU Leányvállalata)) ..... 155

### Technológiák

19. Hőcsövek készítésének és alkalmazásának tapasztalatai (Török Tivadar—Keleti József—Katona Ábris) ..... 167
20. Napelemek tokozása (Böhönyey Ferenc—Pálffy Miklós) ..... 179
21. Sztianyomásos technológia alkalmazása napelemek előállítására (Palotai Géza) ... 189
22. Fém-, ill. kerámiabevonatok kialakítása poranyagokból, gázkeverékek detonációja segítségével (Puskás József) ..... 201
23. Csavaranya-lazító készülék (Magyar Zoltán) ..... 207
24. Új megoldások kerámiai anyagok fröccsöntésére és a feldolgozó gépek fejlesztésére (Csomán György) ..... 215

### Villamos készülékek

25. Középfeszültségű biztosítók kapcsolási feszültségének csökkentése (Dr. Mocsáry József—Christ Miklós (Kaposvári Villamossági Gyár)) ..... 227
26. Porkohászati ezüst-nikkel érintkezők hatása a kapcsolókészülékek villamos élettartamára (Dr. Néveri István—Pilinyi András—Tanos Ervin) ..... 237
27. Nagy megszakítóképeségű ivóltó rendszerek fejlesztése erősáramú kismegszakítók számára (Dr. Néveri István—Csányi István) ..... 249
28. Vákuum ivóltókamrák maradékgáz-tartalmának tömegspektrométeres elemzése (Szauter Ferenc) ..... 259
29. 5 kA-es, hálózati cinkoxid túlfeszültséglevezetők (Gyimóthy Kálmánné—François Cézárné) ..... 269
30. Belsőtéri túlfeszültségvédelem (Orosz Győző) ..... 279

### Szigeteléstechika

31. Trecingvizsgálatok alkalmazása polietilén szigetelőanyagok villamos szilárdságát befolyásoló jelenségek vizsgálatára (Bognár Alajos—Dr. Zelenyánszki Endre) ..... 291
32. Tömbpolimerizációs polipropilén tulajdonságainak módosítása töltőanyagokkal (Dr. Fazekas Gáborné—Dr. Serfőző Ilona (TVK)—Szaplanczay Pál—Tister Istvánné) ..... 303
33. Erősáramú kábelvégelzárók és -átvezetők fejlesztése (Dr. Zelenyánszki Endre—Csecsődy Sándor—Dr. Frojimovics Gábor—Kreisz Jakab (Csepeli Transzformátorgyár)) 313
34. Középfeszültségű tokozott kapcsolóberendezések szigetelőelemeinek fejlesztése (Szaplanczay Pál—Dr. Frojimovics Gábor—Csecsődy Sándor—Feuertag Ottó (VBKM—VAV)) ..... 321
35. Villamos szigetelőanyagok és szigetelések hőállóságának jellemzése a termogravimetrikus index és a szabványos termoindex figyelembevételével (Dávid Péter—Dr. Fazekas Gáborné—Horváth Árpád) ..... 331

## Vizsgálatok és vizsgálókészülékek

36. Híradástechnikai és installációs mechanikus kapcsolókészülékek korszerű vizsgálóberendezései ( <i>Balázs János</i> ) .....	341
37. Próbapad egyenáramú gép indítómotoros és töltőgenerátoros üzemének vizsgálatára ( <i>Nemeskéry Géza</i> ) .....	349
38. Automatikus mérőrendszer kísérleti állatokból izolált szervekkel végzett gyógyszerkutatáshoz ( <i>Bokor István—Glofák F. Péter</i> ) .....	357
39. Mozgásidentifikáció mikroszámítógéppel ( <i>Dömök László—Glofák F. Péter—Gulyás Elemér</i> ) .....	365
40. Tápegységek automatizált, számítógépes végellenőrző rendszere ( <i>Buzás Péter—Krémer Péter</i> ) .....	375





# Содержание

Деятельность академика Д-р. Й. Лукача, лауреата «Кошут» премии в Институте . . . 5

## Силовая электроника и техника управления

1. Состояние и возможные перспективы совершенствования электроприводов (*Я. Бенце*) 11
2. Прецизионное регулирование генератора для испытания трансформаторов (*Т. Млинко—Д. Веребейи*) . . . . . 21
3. Система привода постоянного тока с управлением вычислительной машины (*Л. Демек—Д-р. Л. Шебештен*) . . . . . 33
4. Вопросы конструкции и техники управления ключевыми транзисторными источниками питания с ультразвуковой частотой (*Г. Словик*) . . . . . 41
5. Стабилизатор переменного тока мощности 75 кВА (*К. Мошонци*) . . . . . 51
6. Фильтрация радиочастотных помех преобразователей тока генератора для испытания трансформаторов (*Л. Тихани*) . . . . . 57
7. Зарядное устройство для аккумуляторов с микропроцессорным управлением (*П. Бузаш—Ф. Шаркади*) . . . . . 67
8. Управление напряжением параллельными ступенчатыми переключающими трансформаторами (*И. Немет—Д. Пока (МВМТ ОВИТ)*) . . . . . 73
9. Учет нагрузочных состояний в принципиальном испытании инверторов токоснабжения, снабженных со стоящим следящим регулированием (*Д-р. Л. Надь*) . . . . . 81
10. Контейнерная бесперебойная система токоснабжения для Оросланьских угольных шахт (*Й. Коша—Б. Лауб—Д. Вайау*) . . . . . 91
11. Вопросы совершенствования компактной многоцелевой системы токоснабжения (*Д. Прагаи*) . . . . . 97
12. Эксплуатационные свойства тиристорной мостовой схемы модифицированного типа МекМери (*Л. Шош—М. Вереш*) . . . . . 107
13. Управляющая схема для мостовой тиристорной МекМери схемы, работающей по принципу импульсной модуляции (*З. Винце*) . . . . . 113
14. Современное решение некоторых задач измерения и управления в силовоточной технике (*Ш. Кехалми—З. Папау*) . . . . . 121
15. Типовой ряд приборов передачи речи по линии электропередачи частотой 50 Гц (*А. Рибени—И. Сеге—И. Строкаи*) . . . . . 131

## Химические источники тока

16. Изготовление панцирных пластин кислотно-свинцовых аккумуляторов по мокрой технологии заполнения (*Д-р. П. Хорват—Д-р. П.-не Йедловски—Д-р. Г. Шоки-Тот—Я. Кишдароци*) . . . . . 139

17. Возможности снижения разбросов в производстве стартерных аккумуляторов (Д-р. П. Хорват—Д-р. Й. Кери (Завод аккумуляторов и сухих элементов)) ..... 147
18. Совершенствование герметичных Ni-Cd дисковых аккумуляторов с пластмассовыми связующими (Д-р. Ш. Куличар—Г. Чат—П.не Шмароглаи—А. Майор—И. Гатлян (МЕДИКОР, Завод МЕДАККУ)—Д-р. Г. Витан (МЕДИКОР, Завод МЕДАККУ)).. 155

### Технологии

19. Опыты по изготовлению и применению тепловых труб (Т. Терек—Й. Келети—А. Катона) ..... 167
20. Сборка и герметизация солнечных элементов (Ф. Бехенеи—М. Палфи) ..... 179
21. Применение технологии сеткографии для изготовления солнечных элементов (Г. Палотай) ..... 189
22. Получение металлических и керамических покрытий из порошков с помощью детонации газовых смесей (И. Пушкаш) ..... 201
23. Прибор для ослабления гаек (З. Мадяр) ..... 207
24. Новые методы прессовки керамических материалов и совершенствования обрабатываемого оборудования (Д. Чоман) ..... 215

### Электрические приборы

25. Снижение перенапряжения предохранителей среднего напряжения (Д-р. Й. Мочари—М. Крист—(Электротехнический Завод, Капошвар)) ..... 227
26. Действие AgNi контактов, полученных методом порошковой металлургии на электрический срок службы выключающих приборов (Д-р. И. Нэвери—А. Пилини—Э. Танош) ..... 237
27. Совершенствование дугогасительных систем большой разрывной способности для сильноточных малогабаритных разрывателей (Д-р. И. Нэвери—И. Чани) ..... 249
28. Анализ содержания остаточных газов вакуумных дугогасительных камер с применением масс-спектрометра (Ф. Саутер) ..... 259
29. Сетевые разрядники из окиси цинка на напряжение 5 кВ (К.не Димоти—Ц.не Франсоа) ..... 269
30. Защита от перенапряжения во внутреннем пространстве (Д. Орос) ..... 279

### Изоляционная техника

31. Применение триинг испытаний при исследовании явлений, влияющих на электрическую прочность полиэтиленовых изоляционных материалов (А. Богнар—Д-р. Э. Зеляньски) ..... 291
32. Изменение свойств полипропилена с блочной полимеризацией с применением наполнителей (Д-р. Г.не Фазекаш—Д-р. Н. Шерфезе (ТБК)—П. Сапюнцаи—Н.не Тишлер) ..... 303
33. Совершенствование силовых кабельных наконечников и проходников (Д-р. Э. Зеляньски—Ш. Чечеди—Д-р. Г. Фройимович—Я. Крейс (Ченел Трансформаторный Завод)) ..... 313
34. Совершенствование изоляционных элементов закрытого оборудования среднего напряжения (П. Сапюнцаи—Д-р. Г. Фройимович—Ш. Чечеди—О. Файертаг (ВБКМ—ВАВ)) ..... 321
35. Характеристика теплостойкости электроизоляционных материалов и изоляций с учетом термогравиметрического показателя и стандартного термического показателя (П. Давид—Д-р. Г. Фазекаш—А. Хорват) ..... 331

## Испытания и испытательные приборы

36. Современное испытательное оборудование радиотехнических и инсталляционных механических выключающих приборов (*Я. Балаж*) ..... 341
37. Стенд для испытания машин постоянного тока в режимах пускового двигателя и зарядного генератора (*Г. Немекери*) ..... 349
38. Автоматическая измерительная система для фармакологических исследований на базе изолированных органов из подопытных животных (*И. Бокор—Ф. П. Глофак*) ..... 357
39. Идентификация движения при помощи микровычислительной машины (*Л. Демек—Ф. П. Глофак—Э. Гуляш*) ..... 365
40. Автоматизированная система конечного измерения источников питания с применением ЦВМ (*П. Бузаш—П. Кремер*) ..... 375



# Inhalt

Die Forschungstätigkeit von Dr. techn. József Lukács, Mitglied der Ungarischen Akademie der Wissenschaften .....	5
--	---

## Leistungselektronik und Regelungstechnik

1. Die gegenwärtige Situation und mögliche Tendenzen in der Entwicklung elektrischer Antriebe ( <i>J. Bencze</i> ) .....	11
2. Genaue Regelung von Prüfgeneratoren für Transformatoren-Prüfungen ( <i>T. Mlin-kó—Gy. Verebélyi</i> ) .....	21
3. Gleichstromantriebssystem mit Rechnersteuerung ( <i>L. Dömök—Dr. L. Sebestyén</i> ) ..	33
4. Steuerungstechnische und Konstruktionsprobleme bei getakteten Transistor-Ener-giewandlern mit Ultraschallfrequenz ( <i>G. Szlovik</i> ) .....	41
5. Drehstromstabilisator mit einer Leistung von 75 kVA ( <i>K. Mosonyi</i> ) .....	51
6. Radiofrequenzentstörung der Stromrichter von 10 MVA ( <i>L. Tihanyi</i> ) .....	57
7. Akkumulatorladegerät mit Mikroprozessorsteuerung ( <i>P. Buzás—F. Sarkadi</i> ) .....	67
8. Spannungsregelung von parallel betriebenen Stufentransformatoren ( <i>I. Németh—Gy. Póka (MVM TOVIT)</i> ) .....	73
9. Berücksichtigung der Lastverhältnisse bei der theoretischen Untersuchung von Stromversorgungswechselrichtern, die mit Folgeregelung versehen sind ( <i>Dr. L. Nagy</i> ) .....	81
10. USV Anlage im Kontainer für das Kohlenbergwerk Oroszlány ( <i>J. Kósa—B. Laub—Gy. Vajai</i> ) .....	91
11. Fragen der Entwicklung eines kompakten Stromversorgungssystems für mehrere Zwecke ( <i>Gy. Prágai</i> ) .....	97
12. Betriebseigenschaften der Thyristor-Brückenschaltung des modifizierten Typs McMurray ( <i>L. Soós—M. Vörös</i> ) .....	107
13. Steuerstromkreis zu einer Thyristor-Brückenschaltung auf Impulsmodulationsbasis nach McMurray ( <i>Z. Vincze</i> ) .....	113
14. Moderne Lösung einiger starkstromtechnischer Mess- und Regelungsaufgaben ( <i>S. Köhalmly—Z. Pápay</i> ) .....	121
15. Gerätefamilie für den Sprechfunk auf dem 50 Hz-Netz ( <i>A. Ribényi—I. Szegő—I. Sztróka</i> ) .....	131

## Elektrochemische Stromquellen

16. Herstellung der Panzerplatten von Bleiakkulatoren mit Feuchtfülltechnologie ( <i>Dr. P. Horváth—Frau Dr. P. Jedlovzsky—Dr. G. Soóky-Tóth—J. Kisdaróczi</i> ) .....	139
--	-----

17. Möglichkeiten der Verringerung der Streuung bei der Produktion von Starterakkumulatoren für Fahrzeuge (*Dr. P. Horváth—Dr. J. Kéri* (Akkumulátor- und Trokencement Fabrik)) ..... 147
18. Entwicklung geschlossener Ni-Cd Knopfzellen mit Kunststoffbindung (*Dr. S. Kulcsár—G. Csath—Frau P. Smaroglay—A. Major—I. Gattyán* (MEDICOR Werke, Tochtergesellschaft MEDAKKU)—*Dr. G. Vitán* (MEDICOR Werke, Tochtergesellschaft MEDAKKU)) ..... 155

## Technologien

19. Erfahrungen in der Herstellung und Anwendung von Wärmerohren (*T. Török—J. Keleti—Á. Katona*) ..... 167
20. Kapselung von Solarzellen (*F. Böhönyi—M. Pálfy*) ..... 179
21. Anwendung der Siebdrucktechnologie zur Herstellung von Solarzellen (*G. Palotai*) 189
22. Herstellung von Metall- beziehungsweise Keramikbezügen aus pulverförmigen Stoffen mit Hilfe der Detonation von Gasmischungen (*J. Puskás*) ..... 201
23. Gerät zum Schraubenlockern (*Z. Magyar*) ..... 207
24. Neue Lösungen beim Spritzgießen keramischer Stoffe und bei der Entwicklung von Verarbeitungsmaschinen (*Gy. Csomán*) ..... 215

## Schaltgeräte

25. Verringerung der Schaltspannung von Mittelspannungs-Hochleistungs (HH)-Sicherungen (*Dr. J. Mocsáry—M. Christ* (Elektrotechnische Fabrik, Kaposvár)) ..... 227
26. Auswirkung pulvermetallurgischer AgNi-Kontakte auf die elektrische Lebensdauer von Schaltgeräten (*Dr. I. Néveri—A. Pilinyi—E. Tanos*) ..... 237
27. Entwicklung von Lichtbogenlöschsystemen grosser Unterbrechungsfähigkeit für kleine Schalter der Starkstromtechnik (*Dr. I. Néveri—J. Csányi*) ..... 249
28. Massenspektrometernalyse des Restgasgehaltes von Vakuumlichtbogenlöschkammern (*F. Szauter*) ..... 259
29. 5 kA ZnO Netzüberspannungsableiter (*Frau K. Gyimóthy—Frau C. François*) ..... 269
30. Überspannungsschutz für Innenräume (*Gy. Orosz*) ..... 279

## Isolationstechnik

31. Anwendung von Treeing-Untersuchungen bei der Überprüfung von Erscheinungen, die die elektrische Festigkeit von Isolierstoffen aus Polyäthylen beeinflussen (*A. Bog-nár—Dr. E. Zelenyánszky*) ..... 291
32. Modifizierung der Eigenschaften des Blockpolymerisations-Polypropylens durch Verwendung von Füllmitteln (*Frau Dr. G. Fazekas—Dr. I. Serfözö* (TVK)—*P. Szaplonczay—Frau I. Tisler*) ..... 303
33. Entwicklung von Kabelendverschlüssen und Durchführungen für die Starkstromtechnik (*Dr. E. Zelenyánszky—S. Csecsödy—Dr. G. Frojimovics—J. Kreisz* (Csepel Transformatorenfabrik)) ..... 313
34. Entwicklung der Isolierelemente gekapselter Schaltanlagen für Mittelspannung (*P. Szaplonczay—Dr. G. Frojimovics—S. Csecsödy—O. Feuertag* (VBKM-VÁV)) ..... 321
35. Charakterisierung der Wärmebeständigkeit elektrischer Isolierstoffe und Isolierungen mit Berücksichtigung des thermogravimetrischen und des Normthermoindexes (*P. Dávid—Frau Dr. G. Fazekas—Á. Horváth*) ..... 331

## Prüfungen und Prüfgeräte

36. Moderne Prüfanlagen nachrichtentechnischer und installationsmechanischer Schaltgeräte ( <i>J. Balázs</i> ) .....	341
37. Prüfstand zur Untersuchung einer Gleichstrommaschine im Startmotor- und Ladegeneratorbetrieb ( <i>G. Nemeskéry</i> ) .....	349
38. Automatisches Mess-System für Medikamentenforschung an isolierten Organen von Versuchstieren ( <i>I. Bokor—P. Glofák F.</i> ) .....	357
39. Bewegungsidentifikation mit Hilfe von Mikrorechnern ( <i>L. Dömök—P. Glofák F.—E. Gulyás</i> ) .....	365
40. Automatisches, mit $\mu$ P Computer gesteuertes Mess-System für Schaltnetzteil-Endprüfung ( <i>P. Buzás—P. Krémer</i> ) .....	375





# Contents

The research-activity of József Lukács Ph., D., Member of the Hungarian Academy of Sciences .....	5
---	---

## Power electronics and control engineering

1. Present situation and possible future in development of the electric drives ( <i>J. Benzce</i> ) .....	11
2. High-accuracy regulation of a transformer testing generator ( <i>T. Mlinkó—Gy. Verebélyi</i> ) .....	21
3. Direct current drive system with computer control ( <i>L. Dömök—Dr. L. Sebestyén</i> ) ..	33
4. Control- and constructional problems on ultrasonic switching mode transistor power supplies ( <i>G. Szlovik</i> ) .....	41
5. 75 kVA capacity AC stabilizer ( <i>K. Mosonyi</i> ) .....	51
6. RF interference filtering of rectifiers of a transformer test generator ( <i>L. Tihanyi</i> ) ...	57
7. Mikroprocessor controlled battery charger ( <i>P. Buzás—F. Sarkadi</i> ) .....	67
8. Voltage regulation of parallel connected interstage transformers ( <i>I. Németh—Gy. Póka (MVMT OVIT)</i> ) .....	73
9. Taking the load conditions into account in theoretic examination of power supply inverters provided with bang-bang control ( <i>Dr. L. Nagy</i> ) .....	81
10. Container-type no-break power supply system for the Coal Mines of Oroszlány ( <i>J. Kósa—B. Laub—Gy. Vajai</i> ) .....	91
11. Development problems of a compact multi-purpose power supply system ( <i>Gy. Prágai</i> ) .....	97
12. Operating features of a modified McMurray-types thyristor bridge inverter ( <i>L. Soós—M. Vörös</i> ) .....	107
13. Control circuit for a McMurray-type thyristor bridge circuit operating on pulse modulation principle ( <i>Z. Vincze</i> ) .....	113
14. Up-to-date solutions of some power-current measurement and control tasks ( <i>S. Kőhalmy—Z. Pápay</i> ) .....	121
15. Equipment family for transmission of speech signals on the 50 Hz power lines ( <i>A. Ribényi—I. Szegő—I. Sztróckay</i> ) .....	131

## Chemical power sources

16. Production of armouring plates of acidic lead batteries with wet filling technology ( <i>Dr. P. Horváth—Dr. Mrs. P. Jedlovsky—Dr. G. Soóky-Tóth—J. Kisdaróczi</i> ) ....	139
17. Possibilities of reducing production spreading of vehicle starter batteries ( <i>Dr. P. Horváth—Dr. J. Kéri (Accumulator and Dry Element Factory)</i> ) .....	147
18. Development of plastic-bonded, sealed Ni-Cd button batteries ( <i>Dr. S. Kulcsár—G. Csath—Mrs. P. Smaroglay—A. Major—I. Gattyán (MEDAKKU Affiliated Firm of the MEDICOR Works)—Dr. G. Vitán (MEDAKKU Affiliated Firm of the MEDICOR Works)</i> ) .....	155

## Technologies

19. Experience in production and application of heat pipes ( <i>T. Török—J. Keleti—Á. Katona</i> ) .....	167
20. Encapsulation of solar cells ( <i>F. Böhönyei—M. Pálffy</i> ) .....	179
21. Application of screen printing technology for production of solar cells ( <i>G. Palotai</i> ) ..	189
22. Forming metal and ceramic coatings from powder materials by means of detonation of gasmixtures ( <i>J. Puszkás</i> ) .....	201
23. Nut slackening device ( <i>Z. Magyar</i> ) .....	207
24. New solutions for moulding of ceramic materials and development of the processing machines ( <i>Gy. Csomán</i> ) .....	215

## Switchgears

25. Reducing switching voltages of medium-voltage H.B.C. fuses ( <i>Dr. J. Mocsáry—M. Christ (Electric Factory, Kaposvár)</i> ) .....	227
26. Effect of powder-metallurgical AgNi contacts on electric lifetime of the switching equipments ( <i>Dr. I. Néveri—A. Pílinyi—E. Tanos</i> ) .....	237
27. Development of arc quenching systems of high breaking-capacity for power-current small circuit breakers ( <i>Dr. I. Néveri—I. Csányi</i> ) .....	249
28. Mass spectrometer analysis of residue gas content of vacuum arc quenching chambers ( <i>F. Szauter</i> ) .....	259
29. 5 kA zinc-oxide mains lightning arresters ( <i>Mrs. K. Gyimóthy—Mrs. C. François</i> ) ..	269
30. Indoor overvoltage protection ( <i>Gy. Orosz</i> ) .....	279

## Insulation technique

31. Application of treeing tests for examination of phenomena influencing the electric strength of polyethylene insulation materials ( <i>A. Bognár—Dr. E. Zelenyánszky</i> ) ...	291
32. Modification of block-polymerization polypropylene properties with use of filling materials ( <i>Dr. Mrs. G. Fazekas—Dr. I. Serfőző (TVK)—P. Szaploneczay—Mrs. I. Tisler</i> ) .....	303
33. Development of power-current cable termination and leadthrough devices ( <i>Dr. Zelenyánszky—S. Csecsődy—Dr. G. Frojimovics—J. Kreisz (Csepel Transformer Factory)</i> ) .....	313
34. Development of insulation elements for medium-voltage enclosed switching equipments ( <i>P. Szaploneczay—Dr. G. Frojimovics—S. Csecsődy—O. Feuertag (VBKM—VÁV)</i> ) .....	321
35. Charakterization of thermal endurance of electrical insulating materials and insulations by the thermogravimetric index and the standard thermoindex ( <i>P. Dávid—Dr. Mrs. G. Fazekas—Á. Horváth</i> ) .....	331

## Tests and testing apparatus

36. Up-to-date test equipments for telecommunication and installation mechanical switching devices ( <i>J. Balázs</i> ) .....	341
37. Test bench for testing starting motor and charging generator modes of a direct current machine ( <i>G. Nemeskéri</i> ) .....	349
38. Automatic measuring system for pharmaceutical research carried out with organs isolated from experimental animals ( <i>I. Bokor—P. F. Glofák</i> ) .....	357
39. Motion identification by means of microcomputers ( <i>L. Dömök—P. F. Glofák—E. Gulyás</i> ) .....	365
40. Computer controlled automatic power supply tester ( <i>P. Buzás—P. Krémer</i> ) .....	375







