



**Villamosipari
Kutató Intézet
közleményei
11/1989**

1158 Budapest, Cservenka Miklós u. 86.
Telefon: 831-500
Telex: 22-6264

VILLAMOSIPARI KUTATÓ INTÉZET KÖZLEMÉNYEI

11

KÖZZÉTESZI:

DR. NAGY LÁSZLÓ

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

SZERKESZTETTE:

a Szerkesztő Bizottság:

DR. BENCZE JÁNOS

okl. villamosmérnök,
a Villamos Hajtások és Irányítás-
technika Főosztály vezetője

DR. MOCSÁRY JÓZSEF

okl. villamosmérnök,
a műszaki tudomány doktora,
Eötvös Loránd-díjas,
az intézet ny. tudományos igazgató-
helyettese

BOGNÁR ALAJOS

okl. villamosmérnök,
a Szigeteléstechnikai Főosztály
vezetője

DR. NÉVERI ISTVÁN

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

BÓDAY OTTÓ

okl. villamosmérnök,
a Villamos Készülék Főosztály
vezetője

PRÁGAI GYÖRGY

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

DR. GANSZKY KÁROLY

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

SZTRÓKAY ISTVÁN

okl. villamosmérnök,
a Villamos Technológiák I. Főosztály
vezetője

DR. KULCSÁR SÁNDOR

okl. villamosmérnök,
a Villamos Technológiák II.
Főosztály vezetője

TALPAI JÓZSEF

okl. vegyészmérnök,
a Szigeteléstechológiai és Hő-
technikai Főosztály vezetője

DR. LUKÁCS JÓZSEF

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

TAR FERENC

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

A kézirat lezárva: 1988. december

HU ISSN: 0139-3359

Megjelent a Műszaki Könyvkiadó gondozásában
Felelős kiadó: Dr Nagy László a VKI igazgatója

36 év az erősáramú villamosipari kutatás szolgálatában

Dr. Mocsáry József
tudományos igazgatóhelyettes tevékenysége
az intézetben

36 JAHRE IM DIENSTE DER STARKSTROMELEKTRO-
TECHNISCHEN FORSCHUNG. DIE FORSCHUNGSTÄTIG-
KEIT VON DR. TECHN. JÓZSEF MOCSÁRY

36 YEARS IN THE SERVICE OF THE HEAVY-CURRENT
ELECTROTECHNICAL RESEARCH. THE RESEARCH-
ACTIVITY OF JÓZSEF MOCSÁRY PH. D.

36 ЛЕТ В УСЛУЖЕИИ ИССЛЕДОВАНИЮ СИЛЬНОТО-
ЧНОЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ. ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ Д-р. МОЧ-
АРИ, ЗАМЕСТИТЕЛЯ ДИРЕКТОРА ПО НАУКЕ



Dr. Mocsáry József, a műszaki tudomány doktora, az intézetnek 36 éve munkatársa, ezen belül másfél évtizeden keresztül tudományos igazgatóhelyettese, 1986 nyarán töltötte be 60. életévét. Ebből az alkalomból és 1987 nyarán történt nyugalomba vonulása alkalmából röviden, a teljesség

igénye nélkül beszámolunk munkásságáról; egyrészt műszaki szempontból, másrészt szakmai életrajzi adatok felelevenítésével. Tények rögzítésére szorítkozunk, amelyek sem pozitív, sem negatív oldalról nem torzítathatók.

1. Dr. Mocsáry József szakmai tevékenységét az erősáramú villamos kapcsolókészülékek és ezen belül is elsősorban a kis- és középfeszültségű, nagy megszakítóképeségű áramkorlátozó olvadóbiztosítók területén végzett munkákkal lehet jellemezni.

1951-ben kezdte meg tevékenységét az 1949-ben alakult Villamosipari Központi Kutató Laboratóriumban (VKKL-ben).

Legkorábbi munkáihoz tartozott az *ezüst és vörösréz érintkezők átmeneti ellenállásának vizsgálata*. A különböző típusú érintkezési módokra vonatkozó vizsgálatok eredményeit a villamos készülékek gyártói hasznosították.

Erre az időszakra esik a földvissavezetési hálózatok védelmére néhai Dr. Vajta Miklóssal közösen végzett kutatás, amely a *20 kV feszültségű kifúvós*

biztosítók kidolgozására irányult. E biztosítók kutatása során végeztek először Magyarországon villamos készülékekkel kapcsolatban középfeszültségű (20 kV-os) hálózaton akkor viszonylag nagy teljesítményűnek számító, 60 MVA háromfázisú szimmetrikus zárlati teljesítményű vizsgálatokat.

Az ötvenes években megindult nagymértékű villamosítás következtében megnövekedtek a zárlati teljesítmények és így a védelmi eszközökkel szemben támasztott követelmények is. Erre a célra a hazánkban gyártott, elavult villamos készülékek már nem voltak alkalmasak. Ez a felismerés vezette Dr. Mocsáry Józsefet, amikor megkezdte a megnövekedett követelmények kielégítésére alkalmas, *a korszerű, kis- és középfeszültségű, nagy megszakítóképeségű áramkorlátozó olvadóbiztosítók kidolgozására irányuló kutatásokat*.

Az áramkorlátozó olvadóbiztosítókkal kapcsolatos kutatások középpontjában az olvadóelemek kialakítása és a biztosítók működését befolyásoló egyéb tényezők (ívoltóanyag, tokozat, áramköri paraméterek) kutatása állott. Ezen alapkérdések megoldása és az eredmények konkrét kivitelekben való alkalmazása a kis- és középfeszültségű áramkorlátozó olvadóbiztosítók széles skáláját eredményezte.

A középfeszültségű, nagy megszakítóképeségű, áramkorlátozó olvadóbiztosítók között a kutatás első szakaszában a lépcsősen változó keresztmetszetű olvadószálakkal készülő NNG-típusú biztosítókat kezdeti eredménynek tekintette.

A megnövekedett követelmények kielégítésére – néhai Bányai Béla közreműködésével – *kidolgozta a sűrű osztású, folyamatosan változó keresztmetszetű olvadószál-konstrukciót*, az annak előállítására alkalmas eljárást és berendezést, továbbá az ilyen olvadószálakkal készülő újfajta, NNGf- és NNGfe-típusú olvadóbiztosítók 3...35 kV feszültségű sorozatát.

A biztosítókat a Kaposvári Villamossági Gyár ma is sorozatban gyártja.

Szél György közreműködésével dolgozta ki a *kisfeszültségű késes rendszerű, késleltetett kioldási jellegű görbéjű, S-NOL-típusú, 100 kA megszakítóképeségű áramkorlátozó biztosítók sorozatát*.

A félvezető egyenirányítók és egyenirányító berendezések védelmére általa kidolgozott NOGe- és NOSi-típusú, 250 V, ill. 500 V névleges feszültségű, 50...400 A névleges áramerősségű, igen gyors működésű és nagy áramkorlátozó képességű biztosítók nemcsak kioldadási gyorsaság és áramkorlátozó képesség, de megszakítóképeség szempontjából is elérték, sőt a NOSi-típusú olvadóbiztosítók 200 kA megszakítóképeségük birtokában jelentősen meghaladták a nemzetközi színvonalat.

A kiefeszültségű áramkorlátozó olvadóbiztosítók választékának bővítésére kidolgozott NOLG-típusú, kombinált (lomha-gyors) kioldadási (idő-áram) jelleggörbéjű olvadóbiztosítók 10...1250 A névleges áramerősségű sorozatán belül a 800, 1000 és 1250 A névleges áramerősségű biztosítóbetétek 100 kA megszakítóképesége nemzetközi viszonylatban is kimagasló eredményt jelentett.

A biztosítóbetétek Joule-veszteségének csökkentése érdekében – Szél György és Dr. Néveri István közreműködésével – kidolgozta a különleges kiképzésű olvadóelemekkel készülő, 120 kA-t meghaladó megszakítóképeségű VNO-típusú, veszteségszegény biztosítókat, amelyek alkalmazásával a felhasználóknál jelentős villamosenergia-megtakarítás érhető el.

A VNO-betéteket az ELCO Villamos Készülékek és Szerelési Anyagok Gyára millió darabos nagyságrendben gyártja; a gyártott mennyiség mintegy 20 %-a a tőkés exportra kerül.

Nevéhez fűződik a vasúti célokra szolgáló NOE-típusú, 600 V (720 V) feszültségű, 6, 3...80 A névleges áramerősségű egyenáramú biztosítók kidolgozása is.

Legújabb munkái közül a csökkentett túlfeszültséget eredményező közepfeszültségű biztosítókra vonatkozó kutatást említjük.

Rögzíthető, hogy a hazai közép- és kiefeszültségű hálózatok és villamos berendezések védelmének legalább 90 %-át az általa vagy közreműködésével és/ill. irányításával kidolgozott áramkorlátozó olvadóbiztosítók látják el.

Kezdeményezésére és irányításával – Dr. Néveri Istvánnal szoros együttműködésben – megtervezték és létrehozták az intézet kiefeszültségű egyen- és váltakozóáramú zárlati laboratóriumát.

További műszaki-tudományos és egyben ipari eredményként megemlítendő még a munkatársaival kidolgozott nemesfém-takarékos érintkezőrendszer alkalmazásával elérhető évi kb. 4–5 t színezüst-megtakarítás, ami évi 40–50 millió forintnak megfelelő devizamegtakarítást jelent.

Tudományos igazgatóhelyettesként kezdeményezője volt számos olyan nagy jelentőségű kutatási témának, amelyek hatása több, népgazdaságilag fontos területet is érint (pl. plazmatechnika különféle célú: gépipari, kohászati, építőipari, környezetvédelmi stb. alkalmazása).

Jelentős szerepe volt a különféle kétoldalú nemzetközi együttműködések létrehozásában.

Nagy súlyt helyezett az intézet és munkatársai eredményeinek ismertetésére. Szerkeszti az intézeti

közleményeket és az intézet éves tevékenységét rögzítő beszámoló jelentést. Szerkesztésében az intézet tudományos-műszaki közleményeinek 10 kötete jelent meg, amelyek az elektrotechnikai világban kedvező visszhangot váltottak ki. Gondoskodott és gondoskodik arról, hogy a legfontosabb intézeti eredmények az országos szaklapokban (Elektrotechnika, Villamoság, Automatizálás, Korszerű technológiák stb.) és előadások keretében is ismertetésre kerüljenek.

2. A következőkben szeretnénk néhány szakmai életrajzi és egyéb adatot megemlíteni.

Dr. Mocsáry József 1951 óta egyfolytában az intézetben dolgozott. Végigjárta az intézeti kutatói hierarchia majdnem minden lépcsőfokát, kezdetben a Villamos készülék osztály tudományos segédmunkatársa, majd munkatársa volt, 1959-ben a Villamos készülék osztály, 1965-ben a Villamos készülék főosztály vezetésére kapott megbízást, majd 1972-ben kinevezték az intézet tudományos igazgatóhelyettesévé; ezt a beosztását nyugdíjazásáig töltötte be.

Tagja az MTA és OMFB több szakbizottságának: részt vesz a különféle kutatási-fejlesztési koncepciók kidolgozásában, illetőleg bírálatában. Vezetője a kis- és közepfeszültségű áramkorlátozó olvadóbiztosítók szabványosításával foglalkozó nemzetközi (IEC) és magyar (MSZ) szervezetek hazai bizottságainak. A sokoldalú, KGST tudományos-műszaki együttműködés keretében a nem hagyományos áramforrás témákban kormány megbízás alapján több mint 10 éve meghatalmazottként képviseli a Magyar Népköztársaságot.

Az áramkorlátozó olvadóbiztosítókkal kapcsolatos kutatási eredményein alapuló kandidátusi és doktori értekezéseinek a Magyar Tudományos Akadémián 1962-ben, ill. 1975-ben történt megvédése után elnyerte a műszaki tudomány kandidátusa, ill. a műszaki tudomány doktora tudományos fokozatot. 1963-ban a Budapesti Műszaki Egyetemen műszaki doktorrá avatták.

Dr. Mocsáry József jelentős szakirodalmi és szabadalmi tevékenységet fejtett és fejt ki. Magyar és idegen nyelvű publikációinak és szabadalmainak száma közel 100. Számos hazai és külföldi előadásban ismertette részben saját kutatási eredményeit, részben az intézet tevékenységét.

Hosszú időn keresztül tagja volt a Budapesti Műszaki Egyetem Villamosmérnöki Kar Erősáramú Tagozata Állami Vizsgáztató Bizottságának és nyugalomba vonulásáig a CIGRÉ-nek. A hetvenes évektől részt vesz az erősáramú villamos mérnökök továbbképzésében.

Kutatási eredményeiért számos kormánykitüntetésben, minisztériumi, intézeti és társadalmi egyesületi kitüntetésben részesült. Ezek közül a legjelentősebbek: a Munka Érdemrend arany fokozata, Eötvös Loránd-díj, Elektrotechnikai-díj, VKI-nívódíj, Déridíj, a Kiváló Feltaláló arany fokozata.

Dr. Mocsáry József teljes életét intézeti tevékenységének szentelte és szaktudását az intézet és ezen keresztül az egész erősáramú ipar érdekében kamatozt

tatta. Mint kutató és mint intézeti vezető nagy jelentőségű, iparilag realizálódott és folyamatosan megalósuló eredményeket mondhat magáénak.

Az együttműködő vállalatok és intézmények vezetőivel való jó személyi és kollegiális kapcsolata kedvező hatással volt az intézet munkájára.

Igen jó volt a kapcsolata közvetlen munkatársaival, az intézet többi vezető munkatársával, a pártvezetőséggel és a szakszervezeti bizottsággal is. Az Intézeti Ifjúsági Bizottság elnökeként érzékenyen reagált a fiatalokat érintő problémákra és segített azok megoldásában.

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

36 év intézeti tagságot kevesen hagynak maguk mögött: Ő ezen kevesek egyike.

Amikor megköszönjük az intézet és ezen keresztül az erősáramú ipar érdekében végzett, eredményekben gazdag munkáját, arra kérjük, ne feledkezzen el az intézetben eltöltött 36 évről és ezen belül másfél évtizedes tudományos igazgatóhelyettesi működéséről.

A továbbiakban is számítunk barátságára, közreműködésére, szaktudásának és tudományos igazgatóhelyettesi tapasztalatainak az intézetben történő kamatoztatására.

Budapest, 1987. november 17.

Őszinte tisztelettel és igaz barátsággal:

Dr. Nagy László
igazgató

Dr. Lukács József
ny. igazgató

A korszerű félvezető eszközök és az új technológiai eljárások hatása a villamos hajtások fejlesztésére és fejlődésére

DR. BENCZE JÁNOS

ÖSSZEFOGLALÁS

A hagyományos erősáramú és információelektronikai félvezető eszközök határadatainak bővülése, paramétereinek állandó javulása, a strukturálisan új félvezető eszközök megjelenése, az új hűtési eljárások és az új technológiák alkalmazása meghatározó a villamos hajtások fejlődésében és fejlesztésében.

A cikk elemzi a nemzetközi helyzetet és röviden ismerteti a Villamosipari Kutató Intézet e területen elért eredményeit és jövőbeni feladatait.

DER EINFLUSS DER MODERNEN HALBLEITERELEMENTE UND DER NEUEN TECHNOLOGISCHEN VERFAHREN AUF DIE ENTFALTUNG UND ENTWICKLUNG DER ELEKTROANTRIEBE

DR. JÁNOS BENCZE

Zusammenfassung

Die Erweiterung der Grenzdaten der Halbleiterelemente für die herkömmliche Starkstromtechnik, sowie für die Information und Elektronik, die ständige Verbesserung ihrer Parameter, die Erscheinung der strukturell neuen Halbleiterelemente, die Anwendung neuer Kühlverfahren und neuer Technologien spielen eine determinierende Rolle in der Entfaltung und Entwicklung der Elektroantriebe.

In Beitrag wird die internationale Lage analysiert, wobei auch die auf diesem Gebiet erreichten Ergebnisse und die zukünftigen Aufgaben des Forschungsinstituts der Elektroindustrie kurz erörtert werden.

THE EFFECT OF UP-TO-DATE SEMICONDUCTOR DEVICES AND OF NEW TECHNOLOGIES ON THE DEVELOPMENT AND PROGRESS OF ELECTRIC DRIVES

DR. JÁNOS BENCZE

Summary

The unlimited improvement of the parameters of the „traditional” high and low power semiconductor devices, the appearance of the structurally new semiconductor devices, the application of the new technologies and new cooling systems define the development and progress of the electrical drives.

The paper analyses the international trends of this field briefly deals with the results achieved by the Research Institute of the Electrical Industry, and also its tasks in the future.

ДЕЙСТВИЕ СОВРЕМЕННЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ И НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МЕТОДОВ НА СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ И РАЗВИТИЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ

Д-Р. ЯНОШ БЕНЦЕ

Резюме

Расширение предельных данных силовых и информационно-электронных полупроводниковых приборов, постоянное улучшение их параметров, появление структурно новых полупроводниковых приборов, применение новых методов охлаждения, новые технологии – являются решительными факторами в развитии и совершенствовании электроприводов.

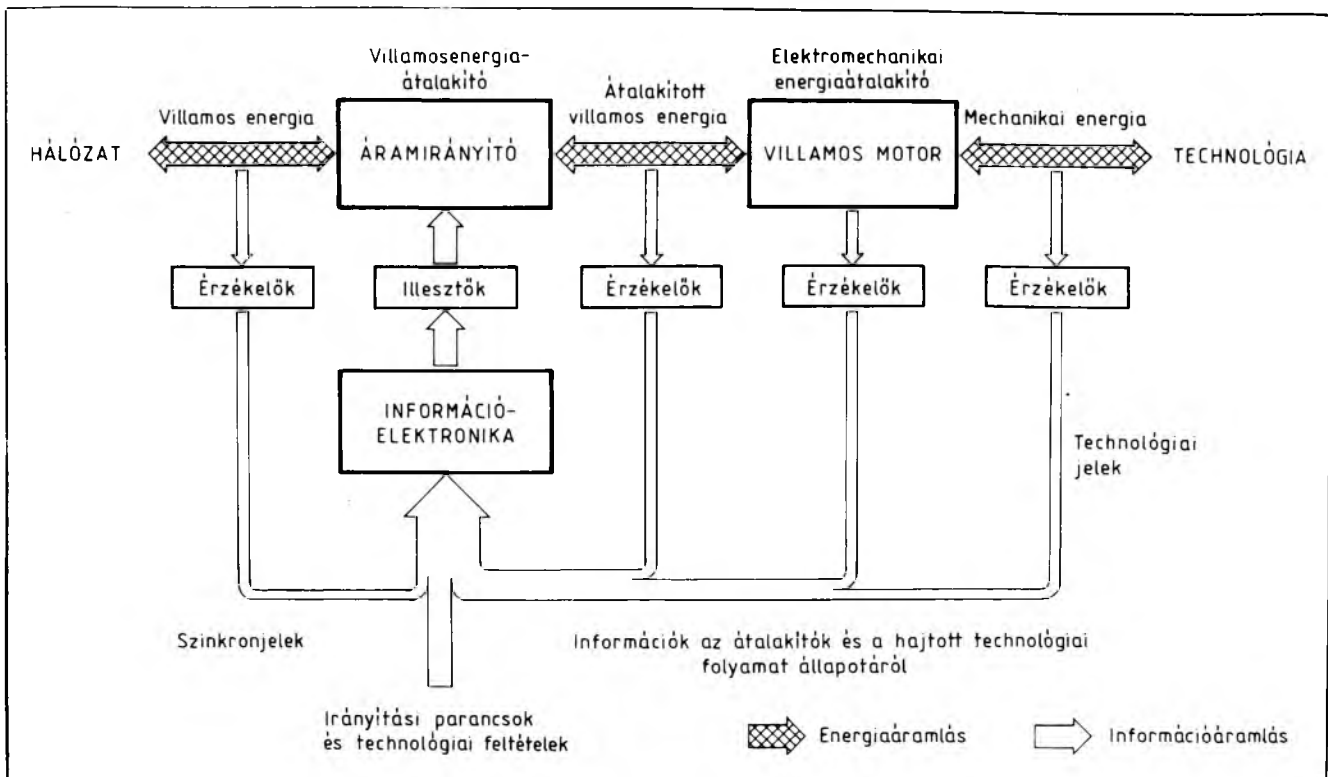
В статье анализируется международное положение и кратко излагаются результаты и задачи в будущем в ВКИ в данной области.

1. Bevezetés

A cikk áttekintő jellegű. Megpróbálja nyomon követni az eszközök és technológiák fejlődését, és ennek hatását az erősáramú elektronika egyik legdinamikusabb fejlődő ágazatára, a villamos hajtásokra. Megpróbál továbbá következtetni a jövőbeni tendenciákra, ami igen nehéz feladat. Gondoljunk csak vissza, ne is a régmúltra, hanem csak az 50-es évek elejére, közepére! Aki abban az időben – amikor a félvezetők még „gyerekcipőben” is alig jártak – bármiféle prognosztikát csinált, nagyot tévedett. Ma más a helyzet, mert a fejlődés iránya már jól látható. Az elmúlt időszak „eseményeit” figyelve, rövid és középtávra elfogadhatóan lehet tendenciákat becsülni.

Ez a munka kapcsolódik a VKI Közleményei 10. kötetében megjelent „Villamos hajtások fejlesztésének jelenlegi helyzete és lehetséges távlatai” c. cikkhez. Abban számos olyan megállapítás található, amelyekre itt külön kitérni hely hiányában nem lehet, de azok a megállapítások bizonyos értelemben szükségesek a teljes áttekintéshez [1].

Az 1. ábra egy „általánosított” korszerű, szabályozott hajtás tömbvázlatát mutatja [2]. Ezen az ábrán követhetjük végig az egyes részek fejlődését, és hatásukat az egészre. Vizsgáljuk a továbbiakban



1. ábra. „Általánosított” hajtás tömbvázlata

- a hagyományos erősáramú félvezető elemek fejlődését, aminek legutolsó fázisa, eredménye az intelligens félvezető eszközök megjelenése;
- a mikroelektronikának az erősáramú rendszerekre gyakorolt hatását;
- az új technológiákat és
- a korszerű hűtési eljárásokat.

2. Az erősáramú félvezető eszközök fejlődése

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

- a hagyományos elemek paramétereinek minden határon túl történő növekedése;
- a strukturálisan új elemek, pl. a GTO tirisztorok, a különböző MOSFET és hibrid rendszerű tranzisztorok megjelenése;
- az új tokozási technológiák bevezetése, elterjedése és végül, legújabbán
- az intelligens erősáramú félvezető eszközök megjelenése.

Elsősorban ez utóbbiról kell szólni, ez ugyanis az egyik legérdekesebb fejlődési irányzat az erősáramú eszközök sokszínű, változatos csoportjában. Az intelligens félvezető elemeknek – ismereteim szerint –, még nincs terminus technicus. Magam úgy definiálom, hogy az az intelligens elem, amelynél a teljesítményelem, annak meghajtófokozata és összes védelmei egy és ugyanazon szilíciumchipekre vannak integrálva.

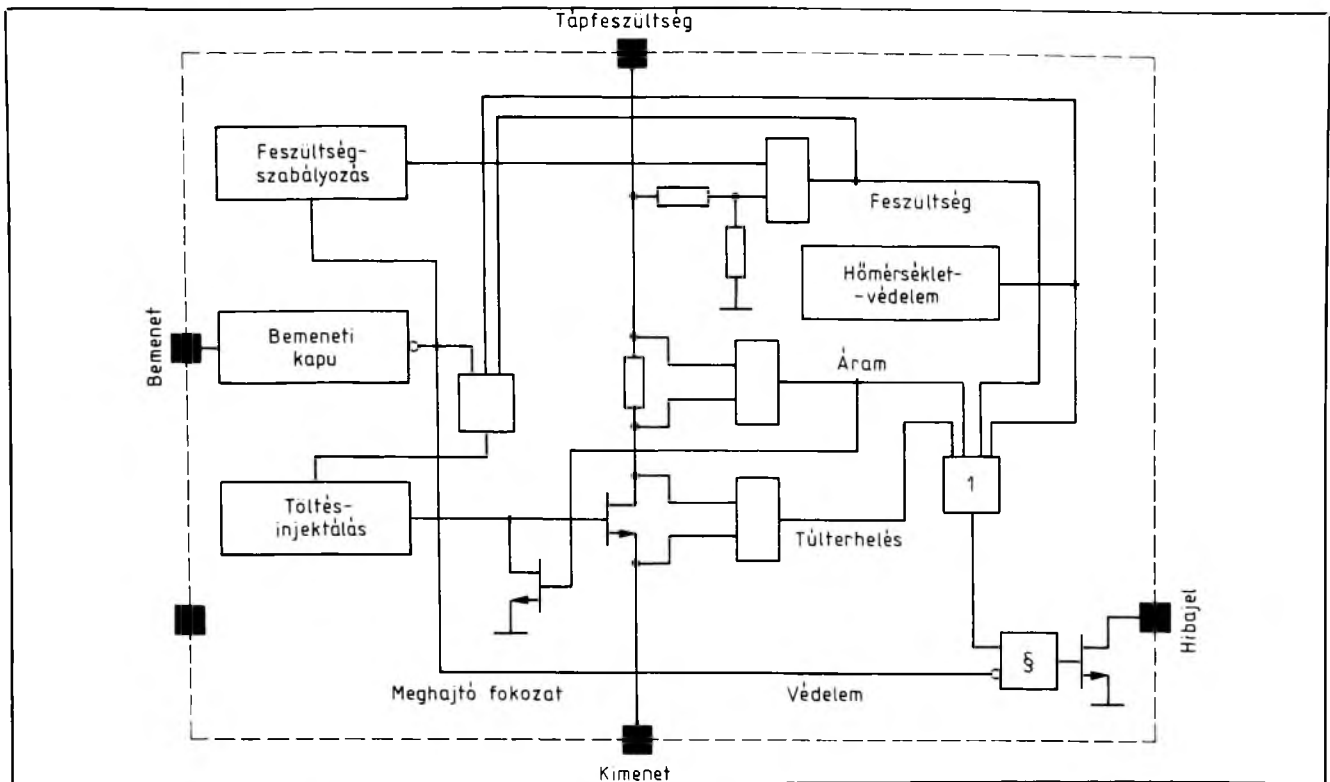
Az első lépcső az intelligens teljesítményelemek kidolgozásában az ún. Power Block-ok és a hibrid áramkörök megjelenése volt. Az erősáramú félvezető eszközök közös tokba építését követően, a második fejlesztési lépcsőben, már egyre bonyolultabb funkciókat valósítottak meg. Ezeket a következő példákkal lehet érzékeltetni:

- az SGS (olasz cég) által fejlesztett autoreflektor-szabályozó (2. ábra);
- az IPS (angol cég) által fejlesztett, kefe nélküli egyenáramú hajtás, amelynek az erősáramú és irányítástechnikai eszközei mind egy chipen találhatóak;
- a GE (amerikai cég) 220 V-os háromfázisú aszinkron motoros hajtása. A hídkapcsolású tranzisztoros átalakító a komplett szabályozással együtt egy chipen található [3].

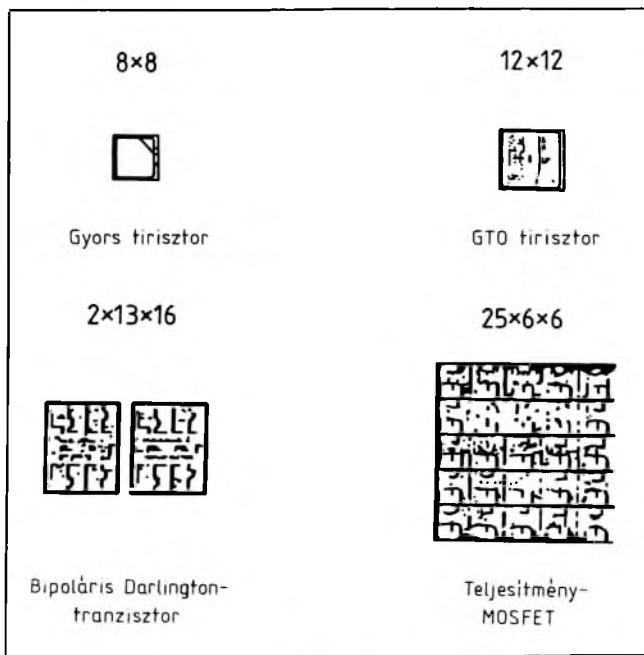
Az erősáramú félvezetők fejlődésével és alkalmazásával kapcsolatban nem szabad figyelmen kívül hagyni azok előállításának költségét és árát. Nyilvánvaló, hogy egy adott félvezető előállításához felhasznált szilícium mennyisége, ha nem is közvetlenül, de meghatározó a félvezetők előállításának költségeiben. A 3. ábra azonos feszültség- és áram-igénybevételre vonatkozóan az egyes félvezetők „szilíciummértékét” mutatja [4].

3. A mikroelektronika fejlődése

A mikroelektronika erősáramú elektronikába történő „bematolásának” alapvető kérdése az, hogy nyújt-e a mikroelektronika (mikroszámítógépek, mikroprocesszorok, egyéb VLSI elemek) az erősáramú elektronika számára olyan előnyöket, amelyek több szem-



2. ábra. Intelligens erősáramú félvezető elem felépítésének tömbvázlata



3. ábra. A különböző kapcsolóelemek „szilíciuméhsége” 100 A csúcsáram és 100 V zárófeszültség esetén (a méretek mm-ben)

pontból is kedvezőbb megoldásokat ígérnek, mint a már hagyományos, a jól bevezetett analóg vagy digitális technika nyújtott.

Tekintsük át, mit várnak az erősáramú elektronika szakemberei a mikroelektronikától, hogy azt szakterületükön valóban hasznosítani tudják:

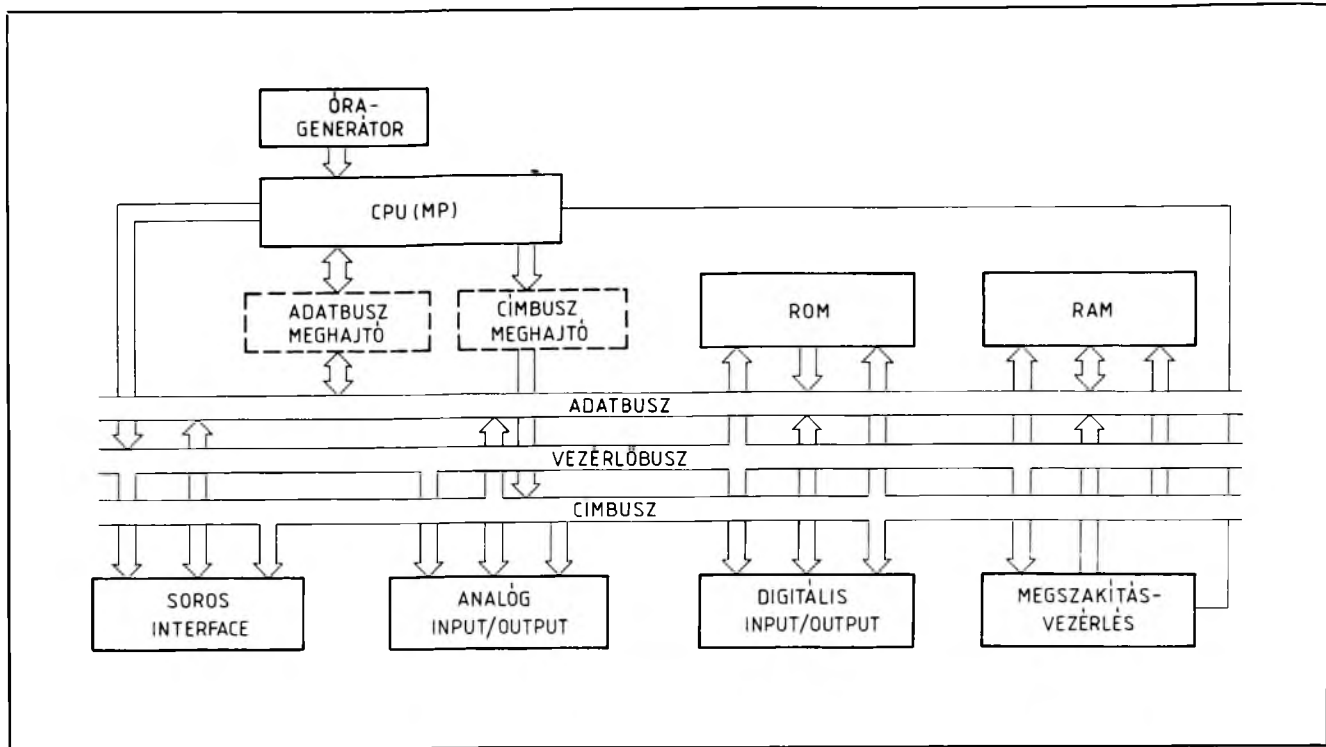
- növekvő komplexitást az alkalmazott irányítás-technikai rendszertől, amely biztosítja a felhasznált erősáramú félvezető eszközök egyre jobb kihasználását, a túlméretezés elkerülését;
 - zavarérzékeny irányítórendszereket;
 - nagy megbízhatóságot;
 - gyors jelfeldolgozást, amelyet egyrészt a növekvő kapcsolási frekvencia indokol, másrészt az irányítással szemben támasztott egyre bonyolultabb és sokrétűbb feladatok tesznek szükségessé (pl. az öntesztelés, a hibadiagnózis);
 - mechanikai ellenállóképességet, rázásállóságot stb.
- A feltett alapvető kérdésekre ma már mindenki egyértelműen IGEN-nel válaszol, de néhány éve ez a válasz még nem volt ilyen egyértelmű. Az egyértelmű IGEN azonban nem jelent egyértelmű gazdaságosságot, az IGEN-ben még ma is nagy hányaddal szerepel a divat [5].

3.1. Mikroszámítógépek

A mikroszámítógépek megjelenése a 70-es évek elejére tehető. Az első generációk egyszerű négybites felépítésűek voltak, ezeket gyorsan követte a nyolcbites mikroszámítógép, majd megjelentek a 16 bites rendszerek, és ma már (ott ahol) a 32 bites gép is rendelkezésre áll.

A mikroszámítógép feladata bizonyos matematikai műveletek elvégzése, döntések alapján egy rendszer működtetése. A mikroszámítógép „szíve” a CPU, vagy más néven mikroprocesszor. Egy tipikus mikroszámítógép felépítése a 4. ábrán látható. A rendszer a következő alapegységekből épül fel:

- központi egység (CPU);
- órajel-generátor;

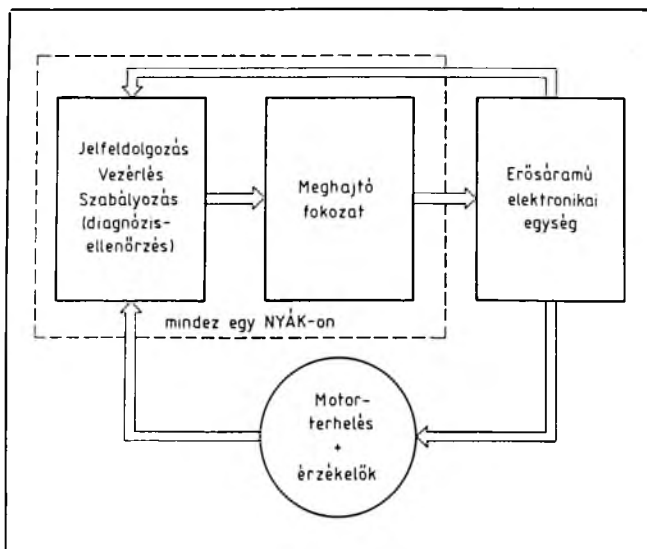


4. ábra. Mikroszámítógép egyszerűsített tömbvázlata

- cím- és adatbuszmeghajtók;
- ROM (Read Only Memory)-ok;
- RAM (Read/Write vagy Random Acces Memory)-ok;
- megszakításvezérlés;
- digitális ki/bemeneti egység (I/O);
- analóg ki/bemeneti egység (I/O);
- soros kommunikációs interface.

A CPU, a központi egység a címbuszon, az adatbuszon és az irányítóbusszon keresztül csatlakozik a többi elemhez.

5. ábra. Általános séma villamos hajtás mikroszámítógépes irányításához



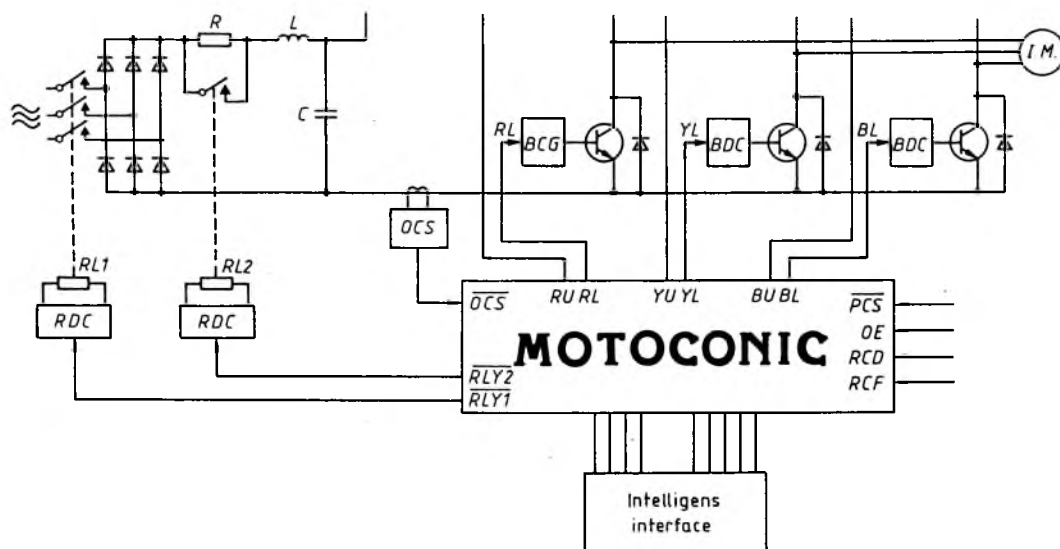
A címbusz meghatározza a szükséges információra vonatkozó memóriahelyet, az irányítóbussz a művelet szükségességére ad utasítást (pl.: kiolvasni vagy beírni egy adott memóriahelyről vagy helyre), és az adatbusz adatokat vagy útmutatásokat közvetít a különböző memóriahelyekről. (Az adatbusz teljesítőképessége határozza meg, hogy a mikroszámítógép hány bites lehet.) Az órajel a szinkronüzemhez szükséges jeleket biztosítja. Az utasításokat ROM-ban, a feldolgozandó adatokat, információkat pedig RAM-ban tárolják. A megszakításvezérlés a normál folyamatokat megszakítja és utasítást ad a menetközben szükséges egyéb feladatok elvégzésére. Az 5. ábra általános sémát mutat az erősáramú elektronikai berendezés mikroszámítógépes irányítására. Nézzük meg a rendszer előnyeit, korlátait!

Alapvető *előnyt* a magas integráltsági fok jelent. Ennek eredményeképpen a rendszer viszonylag olcsó, az eddigi fogalmainkat messze meghaladóan megbízható, és szinte minden „környezetben” zavarérzékeny.

A működés digitális jellegéből adódóan egyrészt az analóg szabályozásnál fellépő drift és egyéb paraméterváltozások a pontosságot nem befolyásolják, másrészt a rendszer egyszerűen csatlakoztatható az irányítási hierarchiában alá-, fölé- és mellérendelt számítógépekhez, irányítórendszerekhez.

Az egységes hardverkonfiguráció egységesítési lehetőséget biztosít, ugyanakkor az alkalmazott szoftver lehetőséget nyújt eltérő rendszerek megvalósítására. További előny, hogy szoftver segítségével a rendszer öntesztelhető, indulás előtt és üzem közben egyaránt.

Bár a mikrogépek számítási sebessége rohamosan nő, *korlátot* jelent, hogy a rendszer még ma is igen



6. ábra. MOTOCONIC rendszer aszinkron motorok tranzisztoros frekvenciaátalakítóinak irányítására
OCS túláram-érzékelő; RDC relémeghajtó; BDC tranzisztormeghajtó

„nehézkésnek”, lassúnak látszik a különböző számítógépek elvégzéséhez. Ennek oka elsősorban az, hogy a mikrogepek soros módon dolgoznak. Az egyidejű feladatokat multiplex rendszerben oldják meg, és ez lassítja a számítási sebességet.

A rendszer előnyeként említettük azt, hogy az digitális elven működik. Ez azonban más szempontból hátrányos, nevezetesen a kvantálási hiba miatt. A jelek fizikai jellegűek, tehát természetüknél fogva analóg lefolyásúak. Ezek feldolgozása csak A/D átalakítók közbeiktatásával történhet meg, ami elkerülhetetlenül – az A/D váltó minőségétől függően – véges hibát visz be a rendszerbe.

Az alkalmazott szoftver maga is többirányú gondot jelent. Egyrészt a szoftver elkészítése igen munkaigényes, másrészt „láthatóvá tétele” nem olyan egyszerű, mint a hardveré, ahol egy „egyszerű” oszcilloszkóppal a jeleket követni tudjuk [6].

3.2. Az irányítástechnika egyéb elemei

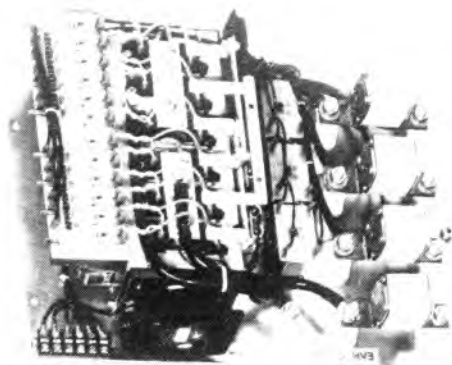
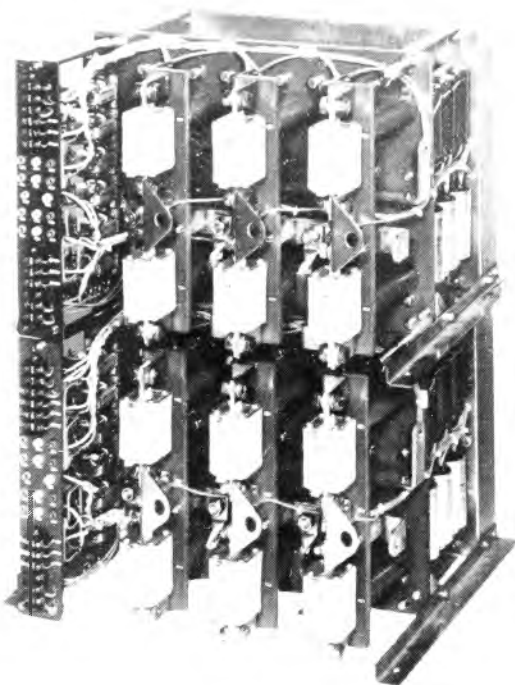
Szót kell még ejteni – a mikroszámítógépek mellett – a VLSI elemek egy másik csoportjáról is, amelyek ugyanúgy a mikroelektronika fogalmkörébe tartoznak, mint az előzők. (VLSI elemeknek azokat a nagyintegráltságú elemeket nevezzük, amelyeknek egy chipjére legalább 100 000 vagy annál több elemet integráltak.)

Új lehetőség a tervezők kezében az ún. Custom Design áramkör, amely összetett, nagybonyolultságú áramköröket valósít meg adott feladatra, célra orientáltan. A Gate array áramkörök hasonló feladatok megvalósítását teszik lehetővé, bár egy kicsit nehezebb formában, de ezek kisebb sorozatnagyságok esetében is gazdaságosak.

Az elmondottakra számos példa említhető. Ezek közül egy jellemző az EST Research Ltd. (Anglia) által forgalomba hozott, „MOTOCONIC” egy tokba integráltáramkör-rendszer, amely rövidrezárt forgórészű aszinkron motorok zárt hurkú szabályozását valósítja meg erősáramú bipoláris tranzistorokból felépített frekvenciaátalakító segítségével, szinuszos impulzusszélesség-modulációs vezérléssel (6. ábra). A „MOTOCONIC” olyan feladatokat is ellát, mint pl. az állandó nyomatékra vagy állandó teljesítményre való szabályozás, előírható a gyorsulás, ill. a lassulás értéke, rendelkezik a szükséges védelmekkel, intelligens interface kapcsolható hozzá, amelyen keresztül a kezelő interaktív módon kommunikálhat a rendszerrel. (A rendszer egy chipre integrálva több mint félmillió tranzistorból és egyéb elemből épül fel.) [7]

4. Technológiai fejlődés

A szabályozott hajtásokhoz alkalmazott két, különböző célú félvezetőelem-csoporthoz – nevezetesen az erősáramú, ún. teljesítmény-félvezetőkhez és az irányítástechnika félvezetőinek eszköztárához – kapcsolódnak azok a technológiai előrelépések, amelyek döntő hatással vannak a hajtások fejlődésére. Egyrészt a szigetelt tokozású, erősáramú félvezető eszközök nyújtotta új szerelési lehetőségekre gondolok, másrészt pedig az irányítástechnika félvezetőinek szerelésére, ill. „beültetésére” szolgáló ún. felületszerelési technológiára (SMT Surface Mount Technology).



4.1. Az erősáramú félvezető eszközök új szerelési technológiája

A félvezetők fejlesztésében jelentős előrelépést jelentett a villamosan szigetelt hőátadó felülettel készülő elemek megjelenése. Előállításuk alapvető problémáját elsősorban az jelentette, hogy olyan anyagot kellett találni, amely villamosan jól szigetel, rendkívül jó hővezető, és mindezekben túlmenően egyéb tulajdonságai is alkalmassá teszik arra, hogy félvezető elemekkel közös tokba kerüljön. A leggyakrabban alkalmazott ilyen anyag a berillium-oxid és az alumínium-oxid. Ez előbbi drága, de hővezető képessége a vaséval egyenértékű, villamos szigetelési szilárdsága pedig a hagyományos kerámiákéval közel azonos. Az alumínium-oxid olcsóbb, de jellemzői nem olyan kedvezőek, mint a berillium-oxidéi. A két anyagfajtát gyakran kombinálva használják.

Ez az új technológia gyökeresen megváltoztatta a villamos hajtások mechanikai szerkesztését, tervezését, kivitelezését. A hagyományos, szigetetlen félvezető elemeket minden esetben külön-külön hűtőre kellett felszerelni, egymástól, a szabályozó szekrényétől és az egyéb elemektől a feszültség szintnek megfelelően szigetelni kellett őket, az új, a szigetelt hűtőfelülettel készülő félvezetők ilyen problémákat már nem vetnek fel. A mechanikai felépítés lényegesen egyszerűbb lett, a geometriai méretek csökkentek, és a rendszer összeszereléséhez szükséges munka is jelentősen csökkent.

A 7. ábra az előzőkre mutat igen jellemző példát. Az ábra jobb oldalán két, egymásra helyezett, háromfázisú, teljesen vezérelt híd látható hagyományos kivitelben. Kürtő és a mesterséges hűtést létesítő ventilátor nélkül. Az ábra bal oldalán látható kompakt egység

7. ábra. Azonos célú és paraméterű, korszerű és hagyományos 4/4-es áramirányító (A hagyományoshoz még külön kürtő és ventilátor is kell!)

funkciója és teljesítménye azonos az előzőével, de ki van egészítve a mesterséges hűtést biztosító ventilátorral is. Az ábra önmagáért beszél, további megjegyzés nem szükséges. Mindkét konstrukció a VKI-ban készült, 15 év különbséggel.

4.2. Az irányítástechnika eszközeinek új szereléstehnológiája

Az integráltsági fok növekedése, az irányítástechnika félvezető elemeinek csökkenő teljesítményigénye teremtette meg a lehetőséget és a feltételeit az új, az eddigiektől eltérő szerelési technológiának – a nemzetközi irodalomban általánosan használt jelölés szerint – az SMT-nek (az SMT-hez alkalmazott elemeket SMD-nek, *Surface Mount Device*-nek nevezik). Ez a technológia – más hasonló technológiához hasonlóan – Japánból indult el világot hódító útjára.

A technológia fontosságát mi sem tükrözi jobban, mint az, hogy Európa egyik legnevezetesebb szakkiállítására és vásárára, a müncheni Productonica '87 egyik súlypontja volt. A kiállításnak mind a négy szektorában, azok jellegének megfelelően, a jelszó az SMT vagy az SMD volt.

A hagyományos szereléstehnikával összehasonlítva a felületszerelés ésszerűbb, hajlékonyabb részegységgyártást, kisebb méretű és egyben megbízhatóbb egységek készítését teszi lehetővé. Ezzel természetesen a termék gazdaságosabb és versenyképesebb is.

Az eddigi tapasztalatok alapján 70 %-os méret-

csökkenés és 50 %-os ármérséklés valósítható meg a felületszerelési technológia alkalmazásával. Előzetes becslések szerint 1990-re az elektronikus készülékek valamennyi aktív és passzív alkatrészének 14 %-a felületszerelt eszköz lesz. A Frost and Sullivan amerikai piackutató intézet becslése szerint a felületszereléshez alkalmas alkatrészek európai forgalma 1986-ban 660 M USD volt, 1991-re pedig eléri az 1,9 Mrd USD-t [8].

5. Új hűtési rendszerek alkalmazása

A félvezetők megfelelő hűtésének biztosítása, a pn-átmenetben keletkező hő elvezetése a berendezések tervezőinek egyik legfontosabb feladata. A kis teljesítményű félvezető eszközöknél, az IC-k-nél a keletkezett hő egyrésztől annak felületéről sugárzás útján, másrésztől a lábakon keresztül vezetés útján távozik. A nagyobb és az egészen nagy teljesítményű félvezetők esetében azonban a helyzet gyökeresen más, itt a gazdaságos kihasználáshoz megfelelő hűtésről kell gondoskodni. (A hangsúly ezen a „megfelelőn” van!)

Ha az áramerősség egy adott értéknél nagyobb, a hagyományos hűtőtömlők és a mesterséges léghűtés már nem képes arra, hogy a keletkező hőt elvezesse, és a léghűtésnek egyéb hátrányai is vannak. Az esetek többségében a hűtésre használt levegő valamilyen mértékben szennyezett. A levegőben lévő szennyező anyagok egyrészt csökkentik a berendezés szigetelési szilárdságát, másrészt csökkentik a hűtőlevegő céljára kialakított hűtőcsatornák keresztmetszetét, járulékos hőlépcsőt okoznak stb. A mesterséges levegőhűtésnek egy másik jelentős hátránya az, hogy a nagy teljesítményű ventilátorok zajosak. Egy jól tervezett erősáramú elektronikai berendezésben ez az egyetlen igazi zajforrás.

Az előzőekben említettek miatt nagy teljesítményű áramirányítók esetében a folyadékűtés korszerűbb megoldást jelent a léghűtésnél, és bizonyos esetekben elkerülhetetlen. Folyadék segítségével lényegesen több hőmennyiséget tudunk „elszállítani”, emiatt a félvezetők is jobban kihasználhatók. Azonban a folyadékűtésnek is – mint mindennek – megvan a maga árnyoldala. Nevezetesen az, hogy nem minden esetben áll rendelkezésre víz vagy egyéb folyadék. Ha kétkörös rendszert használunk, az bonyolult és drága. A folyadékűtés másik problémája az, hogy a „vizet az elektronikával össze kell keverni”. Ez nem mindig szimpatikus.

A ma használatos legkorszerűbb megoldások egyike a hőcső, az ún. heat pipe alkalmazása. A hőcső egy innovatív berendezés, amely képes nagy mennyiségű hőt viszonylag kis keresztmetszeten kiáramoltatni, igen kis hőmérséklet-különbséggel. A hőcsövek alkalmazási köre igen széles, a napenergia-hasznosítástól a geotermikus energia átalakításáig számos célra használható. A félvezetők hűtése csak „melléktermék”.

A hőcsövek működési mechanizmusa a 8. ábrán látható. A hőszállítási folyamat négy, jól elkülöníthető részből tevődik össze:

- a hő hatására a hűtőfolyadék a párologtatóból elpárolog;
- a gőzárám megindul a párologtatóból a kondenzátor felé;
- a gőz lecsapódik a kondenzátorban, és végül
- a folyadék visszajut (gravitációval) az elpárologtatóba.

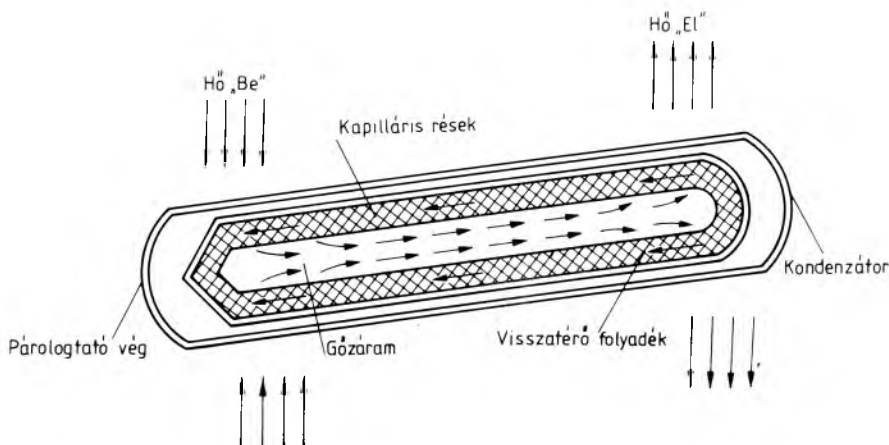
A hőcsövet különböző hűtőfolyadékokkal töltik fel, attól függően, hogy milyen hőmérséklet határok között akarjuk azt működtetni [9].

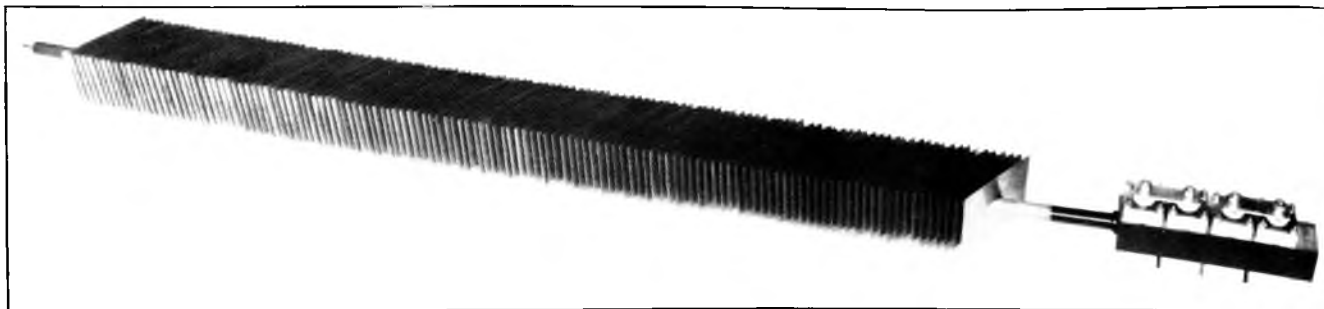
Az általunk használt hőcsövet a 9. ábrán lévő fénykép mutatja, ezt a VKI 3. főosztálya fejlesztette.

Főbb adatai:

- a hőcső hossza: 2200 mm,
- a hőcső felülete: 4,3 m²,
- a hőcső tömege: 21 kg.

8. ábra. A hőcső elvi működése





9. ábra. A VKI-ban előállított, félvezetők hűtésére szolgáló hőcső

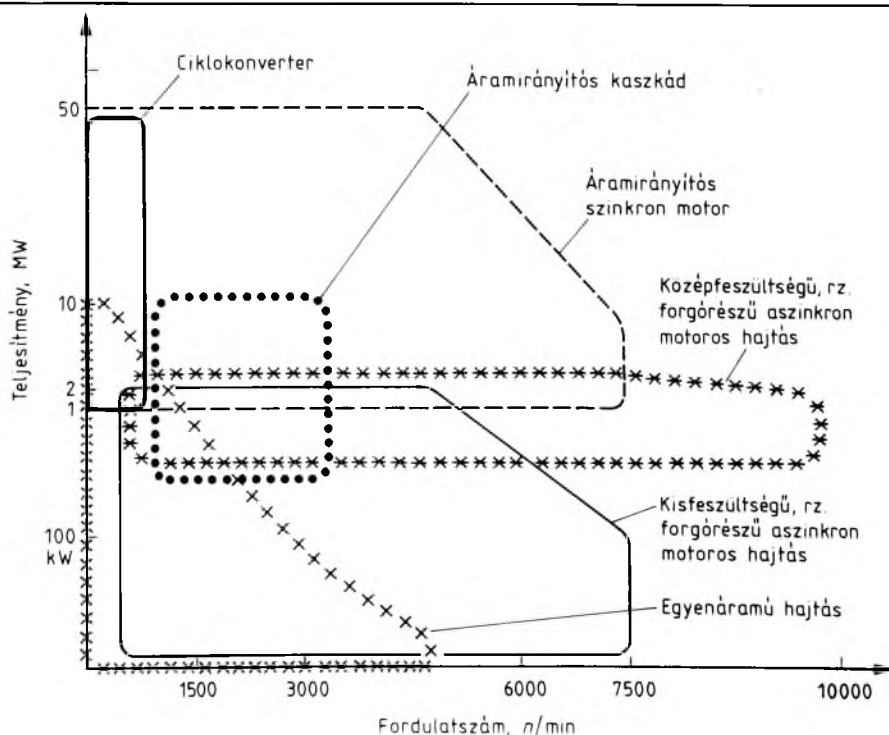
A hűtőbordák 120×150 mm méretűek. A levegő zavartalan áramlása érdekében a függőleges csövön a bordák 45° -os szögben helyezkednek el. A hőcső kb. 40°C -on kezd működni. A hőellenállás maximális értéke $0,1^\circ\text{C/W}$ 300 W hőterhelésnél, ez az érték a hőterhelés növelésével csökken, 500 W-nál már csak $0,088^\circ\text{C/W}$.

6. Összefoglalás, következtetések

E fejezet célja azoknak a hatásoknak az összegezése, amelyeket a technológia és az egyes elemek fejlődése jelent a villamos hatásokra.

A 10. ábra szemléletesen mutatja az eredményt, a teljesítmény-fordulatszám síkon [10]. Látható, hogy ma már az 50 MW és 10 000 fordulat/min tartomány majdnem minden pontjára készíthető szabályozott

10. ábra. Villamos hajtások megvalósítási lehetőségei és határai



hajtás. Ha valahová nem készíthető, akkor az nem az áramirányítás problémája, hanem a motoré. Az ábra alapján látható az előzőekben vázolt fejlődés hatása az áramirányító- és az irányítástechnikára.

A következő tanulság, amit nyomatékosan hangsúlyozni kell az az, hogy az elemek és technológiák különböző generációi egyre sűrűbben váltják egymást. A periódus 10 év vagy talán annál is rövidebb. Ez azt jelenti, hogy ennek megfelelően tudásunkat is egyre gyakrabban kell megújítanunk. Erre az egyetemi és főiskolai oktatásnak is fel kell készülnie.

A hagyományos félvezető elemek paramétereinek szinte vég nélküli fejlődése egyre nagyobb és nagyobb hajtások fejlesztését és tervezését teszi lehetővé, egyre csökkenő számú elem felhasználásával és egyre csökkenő geometriai méretek mellett. A strukturálisan új elemek megjelenésének hatására egyrészt növekszik a berendezések kapcsolási frekvenciája, másrészt egyszerűsödnek a kapcsoló áramkörök. Mindkét hatás jobb szabályozástechnikai tulajdonságot és kisebb geometriai méreteket, könnyebb berendezések létrejöttét eredményezi. A szigetelt tokozási technika végtelen egyszerű mechanikai konstrukciót és gyors szerelést tesz lehetővé.

A fejlődés a mikroelektronika és az intelligens erősáramú félvezető eszközök területén elsősorban a berendezések minőségét javítja, jobb szabályozástechnikai tulajdonságokat és megnövekedett megbízhatóságot jelent (amin az irányítórendszer biztosította diagnosztikai és hibaprognosztikai stb. funkcióit értem).

A különböző technológiák és hűtési módszerek bevezető változása elősegíti a „karbantartásmentes” berendezés előállítását. Az előzőkben említett hatások elősegítik és biztosítják, hogy a kutatók és fejlesztők az eddigieknél kisebb méretű, megbízhatóbb, jobb hatásfokú berendezéseket állítsanak elő, és mindezt olcsóbban.

rodalom

[1] *Bencze János*: Villamos hajtások fejlesztésének jelenlegi helyzete és lehetséges távlatai. VKI Közleményei 10., 1986. pp. 11–20.

- [2] Nagyintegrálságú áramkörök erősáramú alkalmazása, OMFB tanulmány, 1983. 11–8103-Et.
- [3] *Hempel H. P.*: Leistungshalbleiter werden intelligent. etz. Bd. 108 Heft 4. pp. 138–139.
- [4] *Hempel, H. P.–Schierz, W.–Schulz, E.*: Power transistor modules to overtake thyristors in inverter application. Power Conversion and Intelligent Motion, 1987. Febr. pp. 34–37.
- [5] *Koulisher, J.–Bodson, J. M.–Watteynw, T.*: Utility of micro-electronic in power electronics. EPE Conference publication, 1987. pp. 835–840.
- [6] *Bose, B. K.*: Introduction to microcomputer control. IEEE Press reprint series, 1987. pp. 3–22.
- [7] *Dr. Tez, E. S.*: UK researcher claims revolution in pwm motor control. Electrical Drives and Controls, 1986. Jan/Febr. pp. 9–13.
- [8] SMT: Ein Schwerpunkt der Productonica '87. Elektrotechnik 69. k. p. 8.
- [9] *Seshan, S.–Vijayalakshmi, D.*: Heat pipes concepts, materials and applications. Energy Conversion, 1986. Vol. 26. No. 1. pp. 1–9.
- [10] *Boidin, M.–Mignaise, J. F.*: More intelligent and more powerful. EPE Conference publication, 1987. pp. 1141–1146.

Tranziens folyamatok energiájának számítása

TIHANYI LÁSZLÓ

ÖSSZEFOGLALÁS

A cikk impulzusszerű folyamatok energiájának számítására ad egyszerűen alkalmazható összefüggéseket. Az energia meghatározásához elegendő ismerni a tranziens jel amplitúdó-sűrűségfüggvényének törtvonalas burkológörbéjét. A közelítő energiát megadó képletek a mérnöki gyakorlat számára és az elektromágneses kompatibilitási (EMC) feladatok megoldásához elegendően pontosak. Az energiaszámítási képletek alkalmazását zavarcsatolási példa illusztrálja.

BERECHNUNG DER ENERGIE VON TRANSIENTEN PROZESSEN

LÁSZLÓ TIHANYI

Zusammenfassung

Im Beitrag werden für die Berechnung der Energie von impulsartigen Prozessen einfach anwendbare Zusammenhänge angegeben. Zur Bestimmung der Energie genügt es, die Hüllkurve der Amplitudenfunktion des transienten Signals zu kennen. Die Formeln, die die Näherungsenergie angeben, sind für die Ingenieurpraxis und die Lösung der elektromagnetischen Kompatibilitäts- (EMC-) Aufgaben von ausreichender Genauigkeit. Die Anwendung der Energieberechnungsformeln wird am Beispiel einer Störkopplung illustriert.

CALCULATION OF THE ENERGY OF TRANSIENT PROCESSES

LÁSZLÓ TIHANYI

Summary

The paper presents simple-to-use relations for calculating the energy of pulse-type processes. For determining the energy it is sufficient to know the broken-line envelope of the amplitude density function of the transient signal. Formulas giving the approximate energy are suitable for engineering practice and for solving problems of electromagnetic compatibility (EMC). Application of energy calculating formulas is illustrated by a disturbance coupling example.

РАСЧЕТ ЭНЕРГИИ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ

ЛАСЛО ТИХАНИ

Резюме

В статье представлены соотношения, применимые для расчета энергии импульсных процессов. Для определения энергии достаточно знать дробно-линейную огибающую функции плотности амплитуды переходного сигнала. Уравнения, определяющие

ближе приближенно энергию имеют достаточную точность для инженерной практики и решения заданий электромагнитной совместимости (EMC). Применение уравнений расчета энергии иллюстрируется примером по сопряжению помех.

1. Bevezetés

Tranziens jelenségek vizsgálatát a számítások egyszerűsége érdekében a frekvenciatartományban célszerű végezni. A felvetődő feladatok megoldásához általában ismerni kell a tranziens frekvenciafüggvényét vagy más néven Fourier-transzformáltját (Laplace-transzformáltját). A frekvenciafüggvény abszolút értékét log-log koordináta-rendszerben szokták ábrázolni. Az így kapott függvényt nevezik amplitúdó-sűrűségfüggvénynek:

$$a(\omega) = |F(j\omega)|. \quad (1)$$

Az elektrotechnika több területén, de főleg az EMC tárgykörén belül, az impulzus alakú zavarások vizsgálatakor az amplitúdó-sűrűségfüggvény mellett szükség lehet az energia ismeretére is [2], [3], [5], [6]. Egy aperiodikus jel energiája az időfüggvény és a Parseval-tétel értelmében az amplitúdó-sűrűségfüggvény segítségével egyaránt számítható:

$$E = \int_{-\infty}^{+\infty} f^2(t) dt = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} a^2(\omega) d\omega. \quad (2)$$

Az energia kiszámítása e definíciós képlettel általában igen nehézkes. Ha a tranziens zavarás valamilyen átviteli hálózaton keresztül hat, célszerűbb az amplitúdó-sűrűségfüggvényből kiindulni, a frekvenciatartományban dolgozva a kimenő jel Laplace-transzformáltját kell felírni. Ennek ismeretében az energia a kézikönyvekben található kifejtési képletek segítségével számítható. A kifejtési képletek rendszerint igen összetettek, és így használatuk már néhány energiatároló esetén is nehézkessé válik.

A cikk az energiát megadó, közelítő összefüggéseket ismerteti. Ezek a képletek az amplitúdó-sűrűségfüggvény burkológörbéjéből (spektrumából) kiolvasható adatokat tartalmaznak, ezért a gyakorlati esetek

többségében alkalmazhatók. Átviteli hálózat kimeneten megjelenő jel spektruma a gerjesztő jel spektrumának és az átviteli lánc frekvenciafüggvényének log-log koordináta-rendszerben történő ábrázolása után igen egyszerűen megrajzolható. Az impulzus alakú gerjesztőjelek spektruma kézikönyvekből vehető, ill. a Fourier-transzformáltakra vonatkozó egyenlőtlenségek segítségével határozható meg [1].

2. A közelítő energia számítása

A közelítő összefüggésekkel olyan transziens jelenségek energiája határozható meg, amelyeknek spektruma az 1. ábrán látható jellegű. Az összefüggések alkalmazásához a vízszintes spektrumszakaszok értékét, néhány törésponti körfrekvenciát, ill. kiemelés esetén a csillapítási tényezőt kell ismerni.

2.1. Eső jellegű spektrum (1a ábra)

A vízszintes mellett csak eső szakaszokból álló spektrum esetén a közelítő energia:

$$E_k = \frac{A_v^2 \omega_v}{2}. \quad (3)$$

Ez a képlet csak akkor ad megfelelően jó közelítést, ha az ω_v körfrekvencián a spektrumközelítés pontossága 3 dB-nél nem rosszabb. A közelítő képlet maximális hibáját az

$$n = \omega_1/\omega_v \quad (4)$$

viszonyszám függvényében és dB-ben kifejezve a 2. ábra mutatja. $n < 4$ esetén, azaz amikor a vízszintes szakaszt követő -20 dB/dekád esésű spektrumszakasz igen rövid, a fenti energiaszámítási képlet hibája a spektrumközelítés minőségétől függően a szaggatott vonal és a vízszintes tengely (0 dB) között van.

A 2. ábra egyben arra is rámutat, hogy az első eső spektrumszakaszt követő további eső spektrumszakaszok az energia értékét gyakorlatilag nem befolyásolják, ezért a közelítő energia számításánál elhanyagolhatók.

2.2. Emelkedő kezdeti szakaszú spektrum (1/b ábra)

A közelítő energia az $\omega < \omega_v$ körfrekvencia-tartományban emelkedő szakaszt tartalmazó spektrum esetén is a (3) képlettel számítható. A spektrumközelítés hibája az ω_v körfrekvencián nem lehet 3 dB-nél rosszabb. Az emelkedő kezdeti szakasz elhanyagolása miatti pontatlanságot a 2. ábra hibagörbéje adja meg, ahol az n viszonyszám értelemszerűen az

$$n = \omega_v/\omega_d \quad (5)$$

hányadost jelenti. Ha az $\omega > \omega_v$ körfrekvencia-tartományban a spektrum -20 dB/dekádnál meredekebb esési szakaszokat is tartalmaz, akkor a (3) képlet használatával elkövetett hiba maximuma a (4) és az (5) viszonyzámnál leolvasott dB értékek összege.

Rövid vízszintes spektrumszakasz esetén a (3) energiaszámítási képlet hibája a szaggatott vonal és a vízszintes tengely közé esik.

2.3. Két vízszintes szakaszt tartalmazó spektrum (1/c ábra)

A közelítő energia kiszámításához az A_v érték mellett az ω_v , ω_0 és ω_2 körfrekvenciát kell leolvasni. Ezek ismeretében a közelítő energia:

$$E_k = \frac{A_v^2 \omega_v}{2} \left(1 + \frac{\omega_v \omega_2}{\omega_0^2} \right). \quad (6)$$

A (6) és a (3) képletet összehasonlítva látható, hogy az $\omega > \omega_v$ körfrekvencia-tartományban a vízszintes spektrumszakasz a közelítő energiátartalmat csak akkor fogja észrevehetően növelni, ha

$$\frac{\omega_v \omega_2}{\omega_0^2} > 1. \quad (7)$$

Ha a hányados 1-nél jóval nagyobb, a (6) képlet maximális hibáját is a 2. ábra adja meg, ahol

$$n = \omega_3/\omega_2. \quad (8)$$

2.4. Kiemelést tartalmazó spektrum (1d, 1e, 1f ábra)

Az amplitúdó-sűrűségfüggvényben lévő kiemelés arra utal, hogy az aperiodikus jelnek periodikus összetevője is lesz. A periodikus összetevő a kiemelési körfrekvencia segítségével írható le, az aperiodikus összetevő a ξ csillapítási tényezővel jellemezhető. Lengő rendszer $\xi < 1/\sqrt{2}$ csillapítási tényező esetén alakul ki. A spektrum kiemelése és a ξ csillapítási tényező közötti kapcsolatot az 1d, 1e és 1f ábra mutatja.

Az 1d ábra jellegű spektrum esetén a közelítő energia az

$$E_k = \frac{A_v^2 \omega_v}{2} \cdot \frac{1}{2\xi} \quad (9)$$

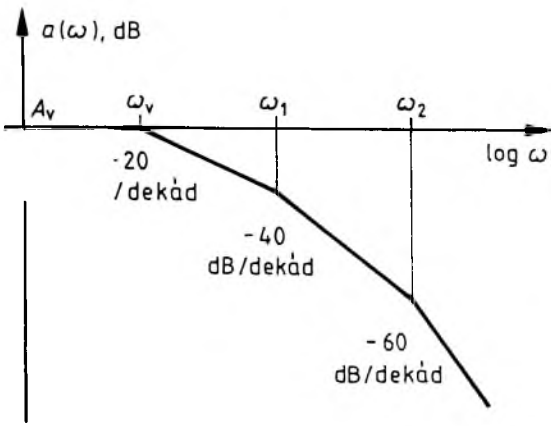
képlettel számítható. Ha a spektrum további eső szakaszokat nem tartalmaz, a közelítő és a pontos energia megegyezik egymással. Az $\omega > \omega_v$ körfrekvencia-tartományban a további (-40 dB/dekádál meredekebb) spektrumszakaszok elhanyagolása 1 dB-nél kisebb hibát okoz.

Az 1e ábra jellegű spektrum esetén a közelítő energia:

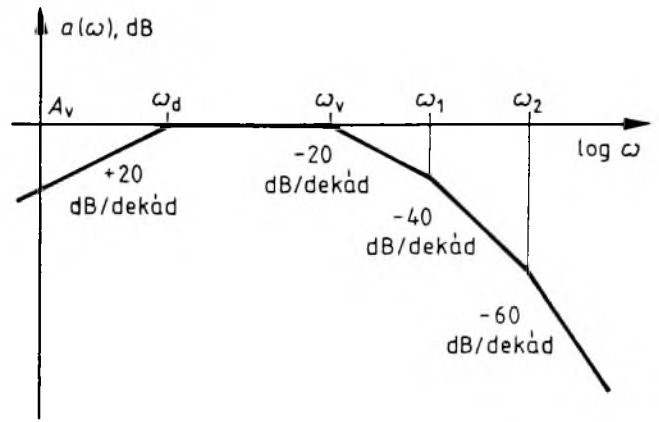
$$E_k = \frac{A_v^2 \omega_v}{2} \cdot \left(1 + \frac{\omega_v}{\omega_r} \cdot \frac{1}{2\xi} \right). \quad (10)$$

A képlettel gyakorlatilag a pontos energia számítható, a pontos értékhez viszonyított eltérés 1 dB-nél kisebb. A kiemelés a közelítő energiát csak akkor növeli, ha

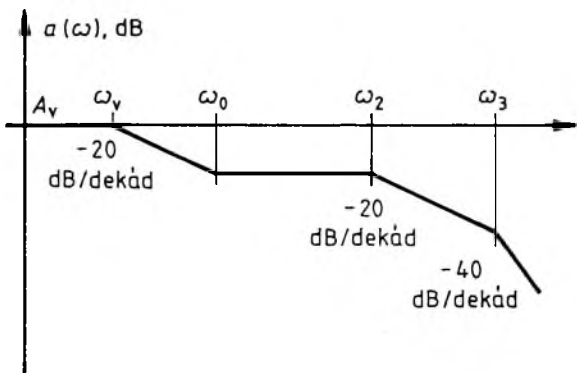
$$\frac{\omega_v}{\omega_r} \cdot \frac{1}{2\xi} > 1. \quad (11)$$



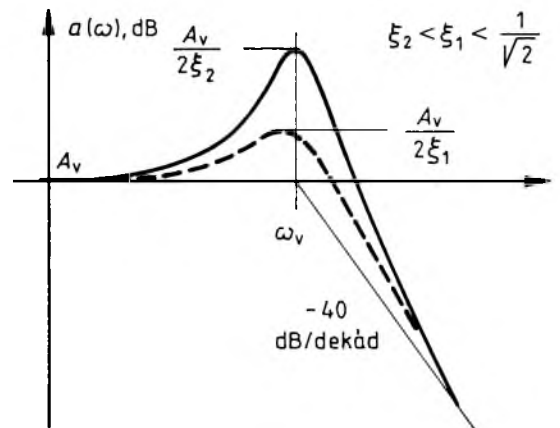
a)



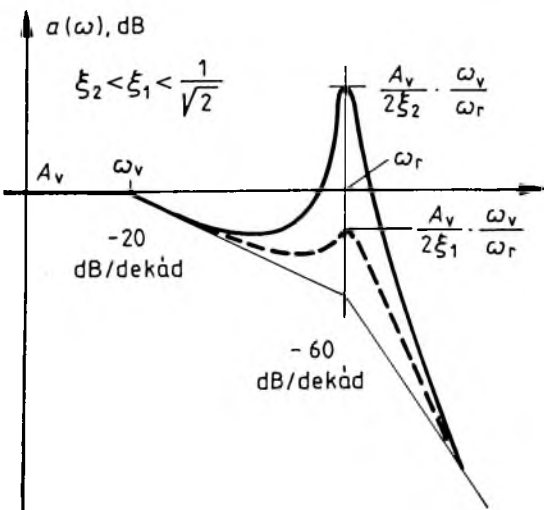
b)



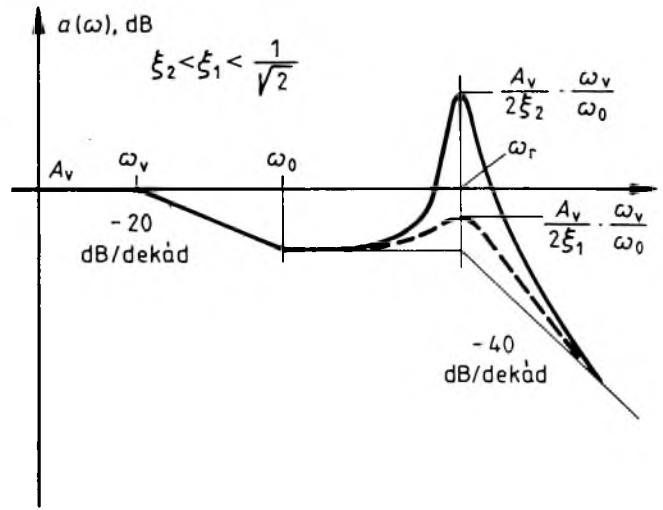
c)



d)



e)



f)

1. ábra. Amplitúdó-sűrűségfüggvények burkológörbéi, amelyekre a közelítő energia számítására szolgáló képletek alkalmazhatók

A -80 dB/dekád vagy még meredekebb, eső spektrumszakaszok a közelítő energia számításánál elhanyagolhatók.

Az 1f ábra jellegű spektrum esetén a közelítő energia kiszámításához A_v és ξ értéke mellett a spektrumból az ω_v , ω_0 és ω_r körfrekvenciát kell leolvasni:

$$E_k = \frac{A_v^2 \omega_v}{2} \cdot \left(1 + \frac{\omega_v \omega_r}{\omega_0^2} \cdot \frac{1}{2\xi} \right). \quad (12)$$

A kiemelés az energiát csak akkor növeli, ha

$$\frac{\omega_v \omega_r}{\omega_0^2} \cdot \frac{1}{2\xi} > 1. \quad (13)$$

A -60 dB/dekád vagy még meredekebben eső spektrumszakaszokat a közelítő energia számításakor nem kell figyelembe venni.

2.5. Az energiaszámítási képletek értelmezése

Az elektrotechnika területén felmerülő feladatok legtöbbjében a (2) definíciós képletben szereplő $f(t)$ időfüggvény tranziens feszültséget vagy áramot ír le.

Ha az $f(t)$ egy tranziens feszültség időfüggvénye, akkor – az amplitúdó-sűrűségfüggvény mértékegysége Vs lévén – az energiaszámítási képletek eredménye V^2s . Ha $f(t)$ egy R ellenálláson fellépő tranziens feszültséget jelent, az ellenálláson hővé alakuló tranziens energia:

$$E_u = \frac{E}{R}. \quad (14)$$

Ebbe a képletbe az R ellenállás értékét Ω -ban helyettesítjük be, így az energia Ws -ban (J -ban) adódik. Ha az $f(t)$ egy tranziens áram időfüggvénye, akkor az energiaszámítási képletekkel a félvezetők és olvadóbiztosítók tranziens túlterhelhetőségét jól jellemző I^2t – vagy más néven $\int i^2 dt$ – érték számítható ki. Ekkor az eredmény mértékegysége A^2s . Ha $f(t)$ egy R ellenálláson átfolyó tranziens áramot ír le, az ellenálláson hővé alakuló tranziens energia:

$$E_i = ER. \quad (15)$$

A kapott számérték Ws -ot jelent, ha az R ellenállás értékét Ω -ban helyettesítettük be.

Az ellenállás tranziens igénybevételenek periodikus ismétlődésekor az ellenálláson hővé alakuló veszteség:

$$P = E_{\omega} f \quad \text{vagy} \quad P = E_i f, \quad (16)$$

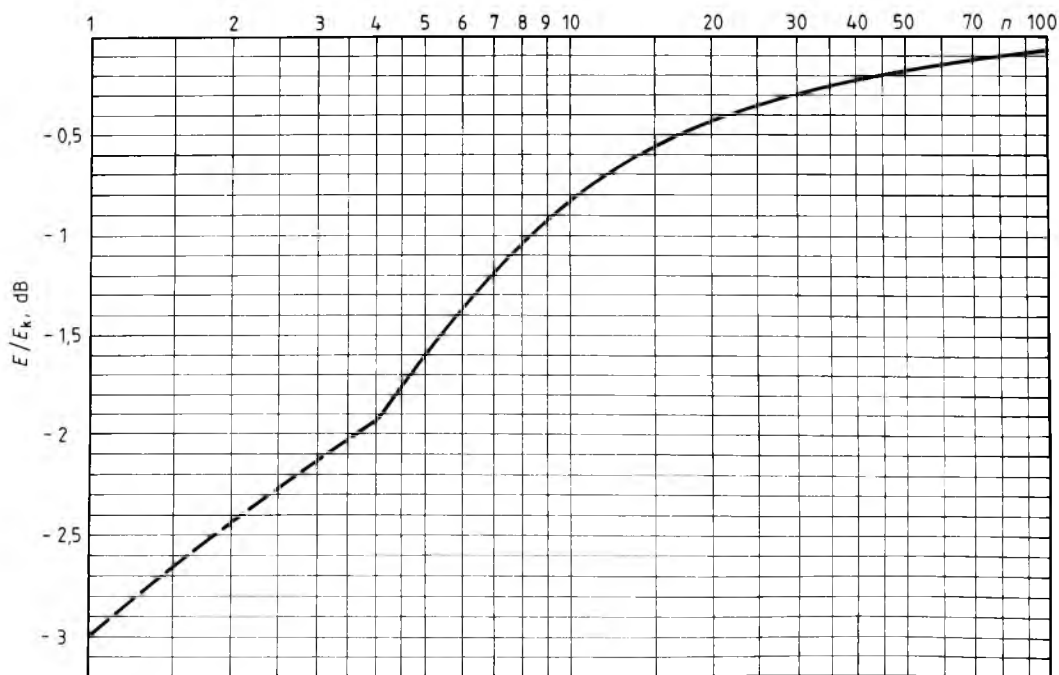
ahol

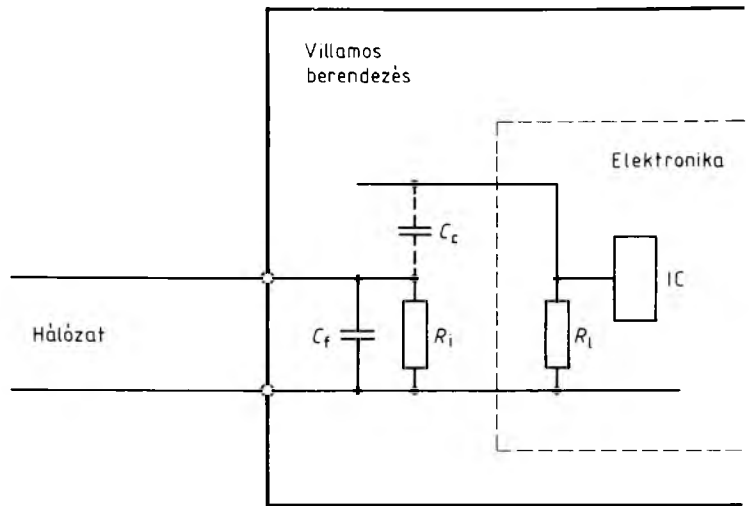
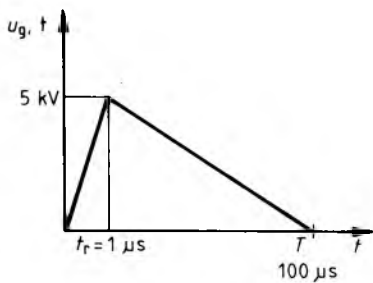
f a tranziens igénybevétel ismétlődési frekvenciája. A (16) képletekkel számított eredmény mértékegysége W .

3. Példa az energiaszámítási képletek alkalmazására

Az energiaszámítási képletek tranziens folyamatok energiájának közelítő kiszámítására szolgálnak, és így ezek különböző tranziens jelenségek vizsgálatát könnyítik meg. Egyik jellemző alkalmazási területe az

2. ábra. A közelítő energia pontossága az 1a ábra jellegű spektrum esetén



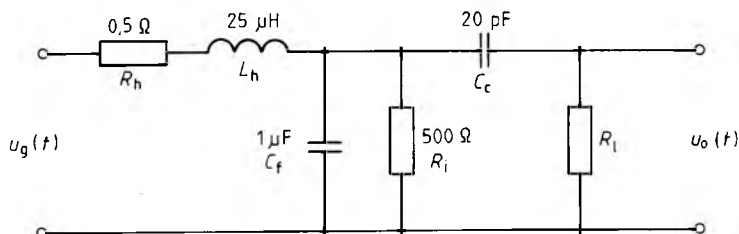


3. ábra. Elektronikus berendezés zavarérzékenységének vizsgálata impulzus jellegű zavarás esetén

EMC tárgykörén belül az impulzus jellegű zavarások esetén az elektronikát tartalmazó berendezések zavarérzékenységének az ellenőrzése, ezért az energiaszámítási módszer alkalmazására erről a területről mutatok be egy példát. Impulzus jellegű zavarások hatásai a folyamatos zavarás esetére kidolgozott számítási módszerekkel nem vizsgálhatók, hiszen impulzus jellegű zavarás esetén elsődleges kérdés, hogy a zavarra érzékeny félvezetőkre jutó zavarenergia egy előre adott értéket túllép-e vagy sem [2], [3], [5], [6].

Legyen a feladat egy elektronikus rendszer zavarérzékenységének az ellenőrzése! Tételezzük fel, hogy egy elektronikai áramköröket tartalmazó berendezés egyik bemenetére hosszabb vezetékpár csatlakozik, amelynek végén nagy amplitúdójú, rövid időtartamú zavarimpulzus (kapcsolási tranziens, szabványos 1,2/50 μs-os vizsgálójel, villámcsapás hatása) kerül! Tegyük fel továbbá, hogy bár az erre a bemenetre csatlakozó áramkör nem tartalmaz tranziens zavarásra érzékeny áramköröket, a huzalozás elrendezése olyan, hogy az elektronika felé kapacitív csatolás alakult ki!

4. ábra. A zavarátviteli lánc nagyfrekvenciás helyettesítő kapcsolása



A problémát a 3. ábra szemlélteti. A bemenetet a nagyfrekvenciás zavarás ellen a párhuzamosan kapcsolt C_f szűrőkapacitátor védi. A kérdés az, hogy az ábrán felrajzolt $u_g(t)$ zavarjel esetén várható-e üzemmavar az elektronikában.

Az elektronikába becsatolt zavarjel energiájának meghatározásához fel kell rajzolni az R_i ellenálláson megjelenő tranziens jel spektrumát. A jelátviteli hálózat villamos helyettesítő képét a 4. ábra mutatja.

A kapcsolás frekvenciafüggvényének felrajzolásánál az R_i ellenállás elhanyagolható, hiszen az R_h ellenállással igen kis leosztást ad és az $L_h C_f$ rezgőkört sem csillapítja. A frekvenciafüggvény a megengedhető elhanyagolással:

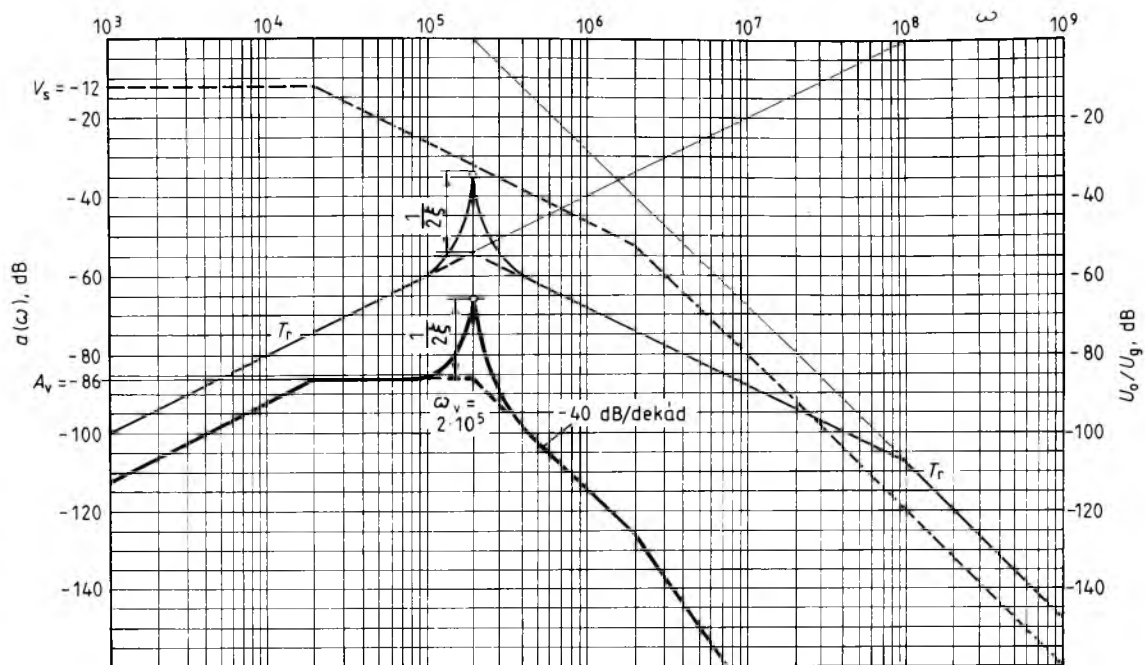
$$Tr(s) = \frac{1}{1 + sR_h C_f + s^2 L_h C_f} \cdot \frac{sR_i C_c}{1 + sR_i C_c} \quad (17)$$

A 4. ábrán szereplő értékek esetén a szorzat első tagja lengőtagot ír le:

$$\omega_r = \frac{1}{\sqrt{L_h C_f}} = 2 \cdot 10^5 \text{ s}^{-1}, \quad (18)$$

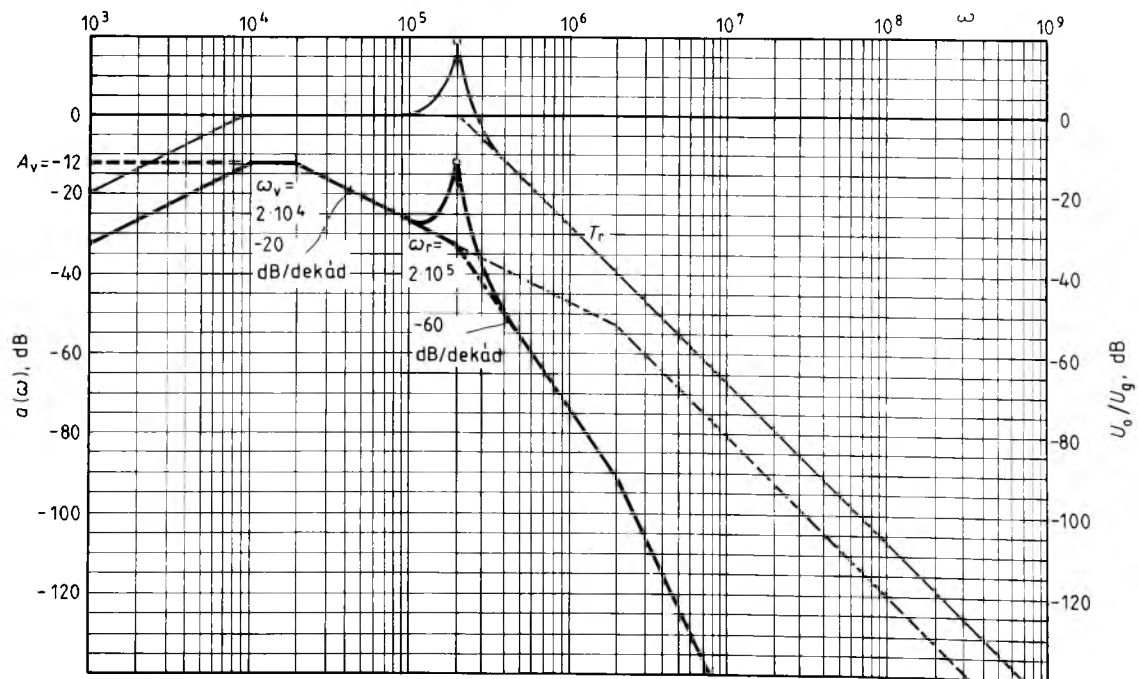
$$2\zeta = \omega_r R_h C_f = 0,1.$$

Az R_i ellenállás az elektronika eredő belső ellenállását képezi le. Jelen példánkban legyen $R_i = 500 \Omega$.



Kapacitáson át csatolt zavarjel spektruma $R_l = 500 \Omega$ lezárás esetén

Kapacitáson át csatolt zavarjel spektruma $R_l = 500 M\Omega$ lezárás esetén



Az átviteli hálózat frekvenciafüggvénye az 5. ábrán felrajzolt Tr jelű görbe.

Az $u_g(t)$ gerjesztőjel spektruma grafikus spektrum-analízissel [1] határozható meg. A tranziens jel spektrumának vízszintes szakasza:

$$A_g = \int u_g(t) dt = 0,25 \text{ Vs} \quad (19)$$

A spektrum -20 dB/dekád, majd -40 dB/dekád esésű egyenesekkel folytatódik. A törési körfrekvenciák:

$$\omega_{g1} = \frac{2}{T} = 2 \cdot 10^4 \text{ s}^{-1}, \quad (20)$$

$$\omega_{g2} = \frac{2}{t_r} = 2 \cdot 10^6 \text{ s}^{-1}.$$

A tranziens zavarójel spektrumát az 5. ábrán a szaggatott vonal mutatja. A kimenő jel spektruma (vastag vonal) a gerjesztőjel spektrumának és a frekvenciafüggvénynek az összegzésével kapható. Az elektronikába becsatolt zavarás spektruma az 1d ábrához hasonló, ezért az energiatartalmát a (9) összefüggéssel lehet kiszámítani:

$$E_k = \frac{(0,5 \cdot 10^{-4})^2 \cdot 2 \cdot 10^5}{2} \cdot \frac{1}{0,1} \text{ V}^2\text{s} = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ V}^2\text{s}. \quad (21)$$

Az R_1 ellenálláson hővé alakuló energia tehát a (14) összefüggés értelmében:

$$E_u = \frac{2,5 \cdot 10^{-3} \text{ V}^2\text{s}}{500 \Omega} = 5 \cdot 10^{-6} \text{ Ws (joule)}. \quad (22)$$

Az elektronikába bekerülő zavarás tehát várhatóan nem fog meghibásodást okozni [4], [7], hiszen az E_u zavarenergia az eredő R_1 ellenállást adó impedanciákon fog eloszlani.

Az elektronikába bekerülő zavarás energiatartalmát az 5. ábrából, ill. a (3) és (9) képletek összevetéséből láthatóan a lengőtag jelentősen növeli. Az ω_r körfrekvencián a kiemelés elnyomása esetén E_u értéke az $1/2\xi$ szorzótényező elmaradása miatt egy nagyságrenddel csökkenne. A rezonancia nagyfrekvenciás csillapítás kialakításával szüntethető meg.

Végezetül vizsgáljuk meg, hogy meghibásodást okozhat-e, ha a C_c kapacitáson becsatolt zavarás közvetlenül egy integrált áramkör bemenetére kerülne. Ekkor a helyettesítő képben R_1 helyére az integrált áramkör bemeneti ellenállását kell helyettesíteni. $R_1 = 5 \text{ M}\Omega$ esetén az átviteli hálózat frekvenciafüggvényét a 6. ábrán felrajzolt Tr görbe adja meg. A kimenő jel spektruma ekkor az 1e ábrához hasonló, tehát a

közelítő energiatartalom a (10) képlet alapján számítható:

$$E_k = \frac{(0,25)^2 \cdot 2 \cdot 10^4}{2} \cdot \left(1 + \frac{2 \cdot 10^4}{2 \cdot 10^5} \cdot \frac{1}{0,1}\right) \text{ V}^2\text{s} = 0,25^2 \cdot 2 \cdot 10^4 \text{ V}^2\text{s} = 1250 \text{ V}^2\text{s}. \quad (23)$$

Az integrált áramkörre kerülő zavarenergia tehát a (14) összefüggés értelmében

$$E_u = \frac{1250}{5 \cdot 10^6} \text{ Ws} = 2,5 \cdot 10^{-4} \text{ Ws}. \quad (24)$$

Ez a zavarenergia a legtöbb integrált áramkörre veszélyes lehet. Az energiaszámítási képletek arra is rámutatnak, hogy a rezonancia elnyomásával a becsatolt zavarás energiáját csupán a felére lehetne csökkenteni.

Még egyszer fel kell hívni arra a figyelmet, hogy a közölt energiaszámítási képletek *közelítőek*. Vizsgáljuk meg, hogy az energiaérték bizonytalansága mennyire befolyásolja az eredményből levonható következtetéseket!

A (22) eredmény pontatlansága 10 % körül van, tehát a feladat szempontjából elhanyagolhatóan kicsi. A (24) eredmény esetén ennél jóval nagyobb bizonytalansággal kell számolni. Miután a (10) energiaszámítási képlet zárójelében lévő második tag 1-nél nem nagyobb, az igen rövid vízszintes szakasz miatt a 2. ábra értelmében ($n=2$) a hiba max. 2,5 dB lehet, azaz a pontos energia $1,9 \dots 2,5 \cdot 10^{-4} \text{ Ws}$ közé esik. Ez a meglehetősen nagy pontatlanság sem befolyásolja az eredményből levonható következtetést, hiszen mind a jelátvivő hálózat kapcsolásának felrajzolásánál, ill. értékeinek megadásánál, mind pedig a megengedhető energiaértéknél a bizonytalanság ennél jóval nagyobb.

Irodalom

- [1] Audone, B.: Graphical Harmonic Analysis. IEEE Trans. on EMC, EMC-15.k. 2. sz., 1973. máj. p. 72-74.
- [2] Caprio, S. J.: Estimating the Effect of Filtering on Pulse Power. IEEE Int. Symp. on EMC, 1980. p. 266-268.
- [3] Gonshor, D. V. - Osburn, J. D. M.: Improved Graphical Interference Analysis. IEEE Int. Symp. on EMC, 1982. p. 74-80.
- [4] Habiger, E.: Elektromagnetische Vertraglichkeit in der Automatisierungstechnik - eine Übersicht. Messen + Steuern + Regeln, 27. k. 6. sz., 1984. 0. 242-246.
- [5] Modestino, J. W. - Jung, K. Y. - Matis, K. R.: Modeling, Analysis and Simulation of Receiver Performance in Impulsive Noise. IEEE Int. Symp. on EMC, 1983. p. 1598-1605.
- [6] VanBlaricum, M. L. - Hunt, A. R.: A System Performance Criterion for Comparing Electromagnetic Environmental Effects. IEEE Int. Symp. on EMC, 1980. p. 189-193.
- [7] VanKeuren, E.: Effects of EMP-Induced Transients on Integrated Circuits. IEEE Int. Symp. on EMC, 1978. p. 3A11e-3A11e5.

GTO tirisztoros inverter áramellátási célra

SOÓS LÁSZLÓ-VAJAI GYULA

ÖSSZEFOGLALÁS

A GTO tirisztor alkalmazásával az inverter főáramköre egyszerűbbé válik. A cikkben a szerzők bemutatják a főáramkör kialakításának szempontjait, ismertetik a főáramköri és vezérlőáramköri konstrukciós megoldásokat. Bemutatják az inverter műszaki adatait és az üzemi mérési eredményeket.

WECHSELRICHTER MIT GTO-THYRISTOR FÜR STROM- VERSORGUNGSZWECKE

LÁSZLÓ SOÓS-GYULA VAJAI

Zusammenfassung

Durch die Anwendung des GTO-Thyristors wird der Hauptstromkreis des Wechselrichters einfacher. Im Beitrag erörtern die Autoren die wichtigsten Gesichtspunkte bei der Auslegung des Hauptstromkreises und beschreiben die konstruktiven Lösungen für den Hauptstromkreis und den Steuerkreis. Auch die technische Daten des Wechselrichters und die Betriebsmessergebnisse werden dargestellt.

GTO-THYRISTOR INVERTER FOR UPS PURPOSES

LÁSZLÓ SOÓS-GYULA VAJAI

Summary

By employing GTO-Thyristors the main circuit of the inverter becomes simpler. In the paper the aspects of forming the main circuit are presented by the authors than the main circuit and control circuit construction solutions are described. The authors also present technical data of the inverter and measuring results in operation.

ИНВЕРТОРЫ С ЗАПИРАЮЩИМ ТИРИСТРОМ ДЛЯ ТО- КОСНАБЖЕНИЯ

ЛАСЛО ШООШ - ДЬУЛА ВАЯИ

Резюме

С применением запирающего тиристора упрощается силовая схема инвертора. В статье авторы излагают соображения по построению силовой схемы, а также конструкционные решения силовой и управляющей схем. Представляются технические данные и практические заводские измерительные результаты инверторов.

1. Bevezetés

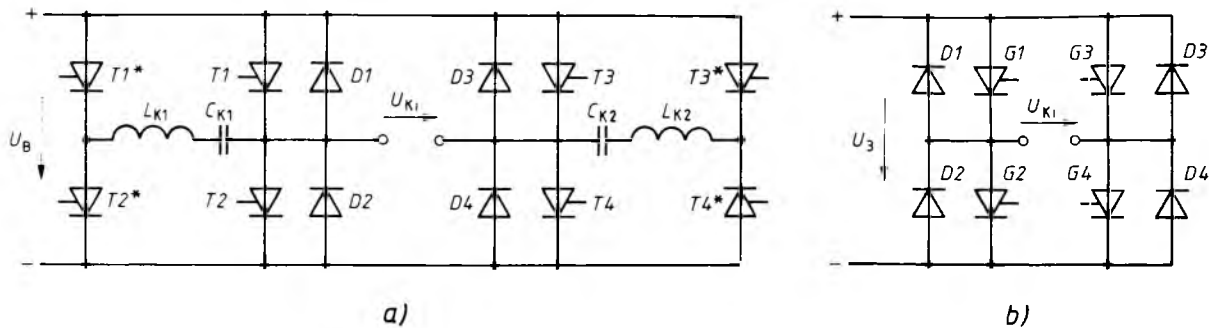
A szünetmentes áramellátó berendezések statikus egyen-/váltakozófeszültségű átalakítóiban az inverterekben eddig Mc-Murray-féle, tirisztoros, teljes hídkapcsolást alkalmaztunk. Az áramellátó berendezésekkel szemben méret, súly, zaj és megbízhatóság terén támasztott új igények szükségessé tették más, korszerű, félvezető eszközök alkalmazástechnikájának kutatását is. Ilyen korszerű erősáramú félvezető eszköz a vezérlőelektródáján keresztül be- és kikapcsolható tirisztor, a GTO tirisztor.

2. A tirisztoros és GTO tirisztoros hídkapcsolás összehasonlítása

Az 1a ábra egyfázisú teljes hídkapcsolás felépítését mutatja hagyományos gyorstirisztorokkal, az 1b ábra pedig GTO tirisztorokkal. A két ábra összehasonlításakor azonnal szembetűnik, hogy a hagyományos gyorstirisztorokkal felépített hídban $T1^*-T4^*$ ún. oltótirisztorra és az L_k, C_k -val jelölt oltókörrelemekre van szükség ahhoz, hogy az egyenáramú körben bekapcsolt $T1-T4$ főtirisztorokat ki tudjuk kapcsolni. Az áramkör működésével és a vezérlésével szemben támasztott követelményekkel [3] foglalkozik.

Könnyen belátható, hogy a $T1^*-T4^*$ tirisztor, valamint hűtőbordáik, védő- és gyújtóáramköreik és az L_k, C_k elemek jelentős költség-, hely- és súlytöbbletet jelentenek, továbbá az L_k „kommutáló” fojtóteker-
csek jelentős akusztikus zaj forrásai. A híd működéséből adódóan viszonylag alacsony működési frekvencia engedhető meg (1–2 kHz) és szabályozástechnikai szempontból kellemetlenül nagy holtidők alakulnak ki (100, 300 μ s) [1], [3]. Ezek hatásának bizonyos mértékű ellensúlyozásához és az oltókör energiájának stabilizálásához bonyolult vezérlőelektronika szükséges. A híd kapcsolási állapotainak változása bizonyos mértékig megkötött [3], ami szabályozástechnikai szempontból hátrányos.

Ezek a hátrányok az 1b ábra szerinti GTO tirisztoros hídkapcsolással kiküszöbölhetők. Hasonlóan egy-



1. ábra. Inverterhidak összehasonlítása
a) Mc-Murray inverterhid; b) GTO tirisztoros inverterhid

szerű hídkapcsolás bipoláris tranzistorokkal, ill. FET-ekkel is felépíthető.

Mi a GTO tirisztorokat a következő előnyei miatt választottuk:

- A GTO tirisztorok korábbi megjelenése miatt a kutatási időszakban nagyobb választék állt rendelkezésre, és ezeket könnyebben lehetett beszerezni.
- A tirisztorokéhoz hasonlóan az áram- és feszültségtartomány, valamint a megengedhető di/dt és du/dt nagy.
- Vezérlő áramimpulzussal kapcsolhatók be, ill. ki.
- Katalógusban specifikált $\int i^2 t dt$ alapján félvezetővédő biztosítóval megvédhetők.

3. Az új inverter fejlesztési munkájának szempontjai

A fejlesztési munka megkezdésekor konkrét igény volt irodai környezetbe telepíthető, egyfázisú, 3 kVA és 5 kVA teljesítményű, szünetmentes áramellátó berendezésekre, ezért az áramellátó berendezés invertere főáramkörének kialakításánál a következő szempontokat vettük figyelembe:

- az inverterhid GTO tirisztorokból épüljön fel,
- a híd feszültség jól alkalmazkodjon az egyfázisú egyenirányítással elérhető feszültséghez,
- a híd a lehető legegyszerűbb felépítésű legyen,
- lehetőleg kisméretű szűrőkört lehessen használni, és a berendezésnek jók legyenek a dinamikus tulajdonságai,
- a berendezés alacsony akusztikus zajszintű legyen,
- a berendezés kis méretű és jó hatásfokú legyen.

Az egyfázisú hálózat közvetlen egyenirányításával elérhető egyenfeszültség-középtérték a hálózati feszültségnek a névleges értéktől való -15% -os eltérés esetén:

$$U_{AV} = 0,85 \cdot 220 \cdot 0,9 = 168 \text{ V,}$$

így a beszerezhető 12 V névleges feszültségű (6 cella/blokk), teljesen zárt akkumulátorokból 12 blokk alkalmazható, mivel a cseppöltési feszültség (hőmérséklettől

függően 2,23...2,25 V/cella) 12 blokk sorbakötése esetén

$$U_{CS} = 6 \cdot 2,25 \cdot 12 = 162 \text{ V.}$$

A híd U_{Bmin} minimális bemeneti feszültsége 1,7 V/cella kisütési végfeszültséget figyelembe véve:

$$U_{Bmin} = 6 \cdot 12 \cdot 1,7 = 122 \text{ V.}$$

A félvezetők kedvező áramterhelése és a szabályozástechnikai szempontból kedvező három hídállapot létrehozásának lehetősége miatt [3] a teljes híd-kapcsolást választottuk. A híd kimenetén olyan impulzusszélesség-modulált jelsorozat jelenik meg, amelynek 50 Hz-es alapharmónikusa van. Ez a jelsorozat kerül a híd kimenetén lévő szűrőkörre, amelynek a kimenetén megjelenik a szinusz alakú, kis torzítási tényezőjű, 50 Hz frekvenciájú feszültség.

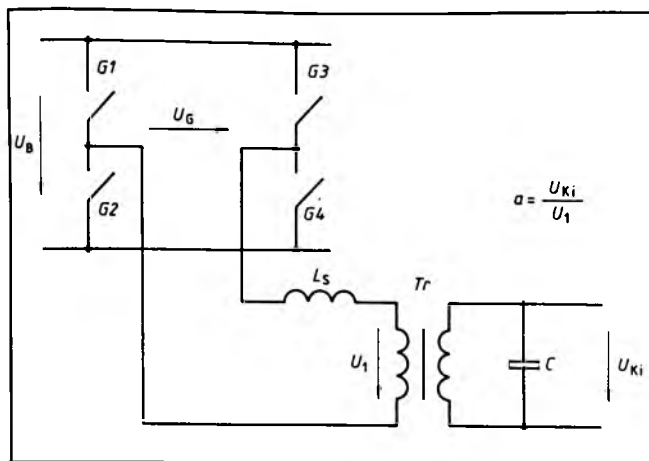
A megfelelő alapharmónikus-tartalmú jelsorozatot az ún. szabadonfutó követő szabályozó áramkör (modulátor) állítja elő. A 220 V effektív értékű kimeneti feszültség biztosítására a hídkapcsolás kimenete és az inverter kimenete közé transzformátort kell beiktatni (2. ábra). A 2. ábrán látható szűrőkör a 3. ábra szerinti formára redukálható.

A 3. ábra alapján a híd kimeneti feszültségének (gerjesztőfeszültség) alapharmónikusára felrajzolt vektorábra alapján (4. ábra) a kimeneti feszültség a gerjesztőfeszültség alapharmónikusa és a szűrőkör soros fojtótekercsén eső alapharmónikus-feszültség vektoriális különbsége.

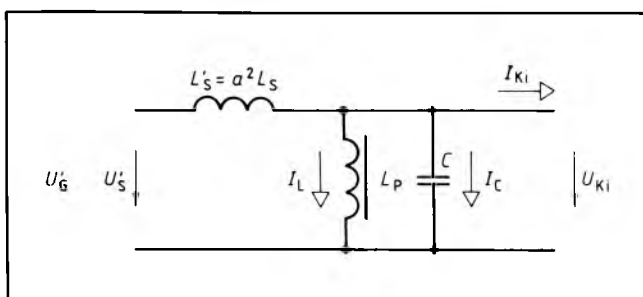
Tekintettel arra, hogy szabályozási tartalékra is szükség van, valamint adott modulációs mélységnél a gerjesztőfeszültség alapharmónikusának amplitúdója a híd bemeneti feszültségétől függ – és 122 V híd feszültségnél is biztosítani kell a kimeneti feszültséget – $a=3,6$ transzformátor-átételre van szükség [1]. Az 5 kVA teljesítményhez közel 23 A kimenő áram tartozik. Ezáltal a híd félvezetői által kapcsolandó I_A maximális áramérték -10% túlterhelhetőség, 20% felharmonikustartalmat véve számításba:

$$I_A = 1,1 \cdot 1,2 \sqrt{2} \cdot I_{kim} \cdot a = 170 \text{ A.}$$

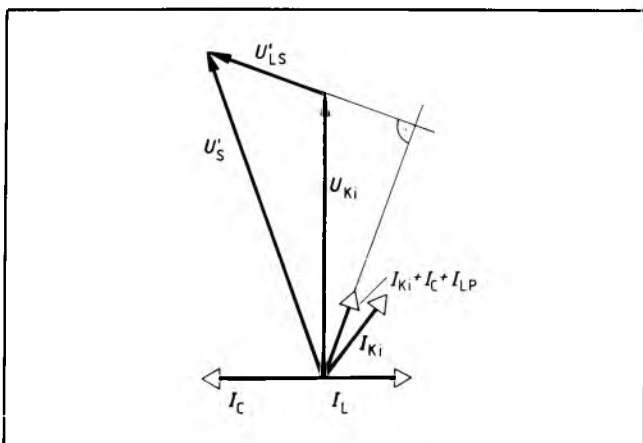
Az áramkorlátozást ezen érték fölé kell állítani. A kapcsolás működéséből eredő holtidők miatt 10% áramtűlennyel számolva a félvezetők által vezetett áram lehetsé-



2. ábra. Teljeshíd-kapcsolás kimeneti szűrőkörrel



3. ábra. A kimenetre redukált szűrőkör



4. ábra. A kimeneti szűrőkör alapharmonikusokra vonatkozó vektorábrája

ges csúcserőtelje 187 A-re adódik. Tekintettel arra, hogy zárlatos fogyasztó esetén csaknem négyszög alakú áram (pontosabban trapéz alakú [3]) folyik, az egy félvezető által vezetett áram középértéke 90...95 A. A katalógusadatok alapján [4] ezeknek a feltételeknek kiválóan megfelel az AEG gyártmányú GG 300 R 1000 típusú GTO tirisz-tormodul.

A modul egy félhíd-kapcsolás félvezető elemeit tartalmazza a hűtőfelülettől villamosan szigetelten, azaz két modul segítségével egy teljes híd építhető fel rendkívül egyszerűen egy hűtőfelületre szerelve. A felépítés

lehetővé teszi az egyszerű, igen rövid villamos sínezést, aminek következtében a szerelési (szórt) induktivitások igen alacsony értéken tarthatók. Az egyszerű felépítés révén kis térfogatban egy komplett inverter-blokk megvalósítható.

4. A főáramkör kialakításának fontosabb szempontjai

Az 5. ábrán a teljes híd-kapcsolás látható. A félvezető híd vizsgálata során azt az üzemiállapotot találtuk kritikusnak, amikor a híd nulla vezetésből valamilyen átlós vezetésbe kapcsol.

Tételezzük fel, hogy a híd kimenetén I_G áram folyik! I_G áram a vizsgált időintervallumban állandónak tekinthető, mivel a híd kimenete a szűrőkört (2. ábra) alkotó L_s soros induktivitásra csatlakozik és emiatt a körben a vizsgált időintervallumban kicsi az áramváltozás. Ha az inverter kimenetén a feszültség pillanatértéke kisebb mértékben tér el az alapjel által előírt pillanatértéktől, mint a szabályozó áramkör hibája, akkor a vezérlőáramkör az inverterhidat ún. nulla vezetési állapotba kapcsolja. Ekkor az I_G áram $D2$, szűrőkör, $G4$ körön záródik [3].

Ha az inverter kimeneti feszültsége az előírttól eltér (csökken), növelni kell a szűrőkör energiáját. A vezérlőáramkör ekkor a hidat (pozitív félperiódus esetén) ún. pozitív átlós vezetésbe kapcsolja, azaz bekapcsolja a $G1$ GTO tirisztorra. Az I_G áramnak át kell terelődni a $D2$ diódáról a $G1$ GTO tirisztorra. Mivel a dióda nem ideális, ez a következőképpen játszódik le: ha az L_2 induktivitás árammentes volt a kapcsolás pillanatában, akkor a $G1$ - $D2$ -n keresztül zárlati áram indul, amelynek emelkedési sebessége – abban az esetben, ha $G1$ bekapcsolási sebessége lehetővé teszi ennek a kialakulását –

$$\frac{di_z}{dt} = \frac{U_B}{L_2}$$

$G1$ árama a diódaiban tárolt töltés miatt I_G értéke fölé nő. Az áramtúllendülés a diódaiban tárolt töltés ismeretében a 6. ábra alapján:

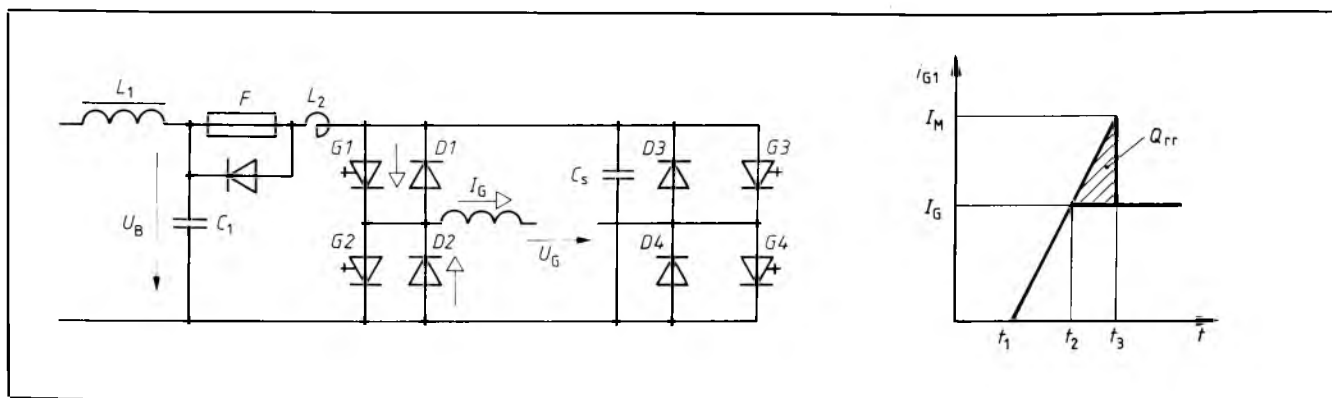
$$Q_{rr} = \int_{t_2}^{t_3} i_{G1} dt;$$

$$\Delta I = I_M - I_G = \frac{di_{G1}}{dt} (t_3 - t_2) = \frac{U_B}{L_2} (t_3 - t_2),$$

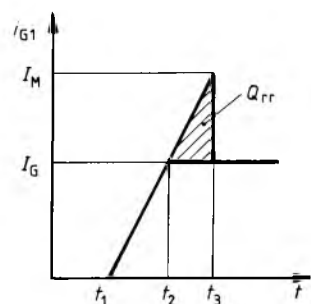
$$\Delta I = \frac{2Q_{rr}}{t_3 - t_2},$$

$$\Delta I = \sqrt{\frac{2Q_{rr} U_B}{L_2}}$$

A jelenséget *fedésnek* hívjuk, és az általa okozott áramtúllendülés többletterhelést jelent az éppen bekapcsoló félvezetőnek. Ha a bekapcsolási áram növekedési ütemét nem az L_2 induktivitás határozza meg,



5. ábra. A valós



6. ábra.

A fedéskor kialakuló áramtúllendülés közelítése

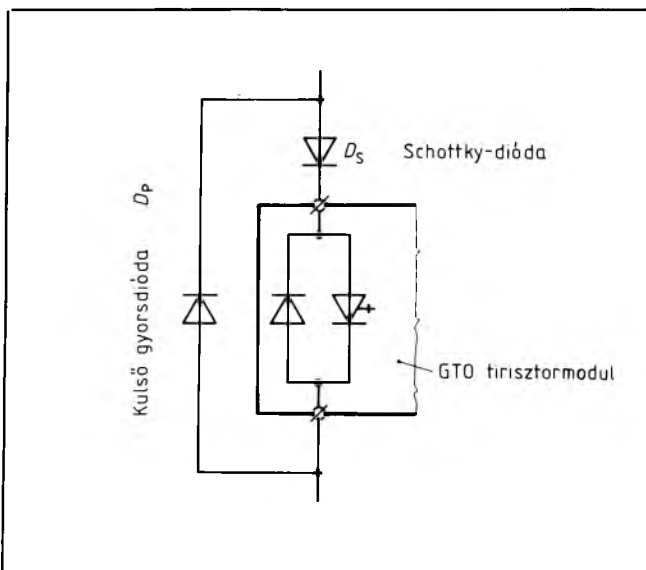
hanem a GTO tirisztor bekapcsolási sebessége, akkor a GTO feszültsége a $t_1 - t_3$ idő alatt nem nulla lesz, ami tovább növeli a félvezető veszteségét. Ez abban az esetben van, ha L_2 nagyon kicsi, vagy a GTO tirisztor lassan kapcsol be.

Az előbbi összefüggésből megállapítható, hogy ΔI alapvetően két módon csökkenthető: olyan gyorsdiódát használunk, amelynek kisebb a Q_{rr} -je, vagy L_2 értékét szándékosan növeljük.

A gyorsdiódát általában gyárilag beépítik a GTO modulba, annak kiváltása csak körülményesen oldható meg. Erre mutat példát a 7. ábra.

ΔI -nek az L_2 növelésével elérhető csökkenésének komoly ára van. Egyrészt I_G átterelődése elhúzódik, a $t_3 - t_1$ idő nő, ami egyrészt minden átlós vezetésre kapcsolás alkalmával $U_B(t_3 - t_2)$ feszültség - idő-terület elvesztését jelenti, csökkentve az elérhető modulációs mélységet, másrészt $t_3 - t_1$ idővel késlelteti az átlós vezetési parancs által meghatározott áram kialakulását, amivel holtidőt idéz elő. Harmadrészt az L_2 -

7. ábra. GTO tirisztor ellenpárhuzamos diódájának semlegesítése külső, kedvezőbb tulajdonságú dióda használatával



ben tárolt energia túlfeszültséget okoz a $D2$ dióda záróképeségének visszanyerésekor (t_3 időpillanat). A túlfeszültség a következő összefüggésből határozható meg:

$$\frac{1}{2} L_2 (I_M^2 - I_G^2) = \frac{1}{2} C_s (U_M^2 - U_B^2).$$

C_s a híd szerelési szórt kapacitásából és a védőáramkörök kapacitásából tevődik össze. A megoldás előnye, hogy a GTO tirisztor bekapcsolási vesztesége jóval kisebb, mint $L_2 \approx 0$ esetben.

Másik előny lehet, hogy a híd hibás működése következtében fellépő zárlati áram növekedését korlátozza, és a híd feszültségének letörését érzékelve - kikapuzva a kapcsolásokkor fellépő fedés miatti letöréseket - hatásos fedővédelem készíthető, ami ilyen esetben kikapcsolhatja a híd összes GTO tirisztorát. A félvezetők túlfeszültség elleni védelmére használt védőáramkörök ellenállásán minden kapcsolat után veszteséggé alakul az L_2 -ben tárolt többletenergia, ami már közepes kapcsolási szám esetén is jelentősen csökkenti a berendezés hatásfokát. Ismert az a megoldás, amely szerint az L_2 koncentrált inductivitással párhuzamosan kapcsolnak egy visszavezető diódát. A koncentrált inductivitás okozta túlfeszültség ezáltal kiküszöbölhető. Nagy frekvenciákon viszont - a híd ki- és bekapcsolt állapotai között - az L_2 fojtó áramának lassú csökkenése okoz gondot.

Vannak olyan aktív védőáramkörök, amelyek az energiájukat visszatáplálják az egyenfeszültségű körbe és ezeket használva L_2 -vel az előbbi veszteségek nem lépnek fel. Ezek az áramkörök azonban meglehetősen alkatrészigényesek.

Elemezve az AEG 300 R 1000 típusú, kiválasztott GTO tirisztor moduljának katalógusadatait [4], [5], fontos következtetésre jutottunk. A GTO tirisztor bekapcsolási áramnövekedésének várható értéke $100 \text{ A}/\mu\text{s}$ körüli érték, viszont az ellenpárhuzamos diódákban tárolt töltés $I = I_{F_{AVM}}$ és $-di/dt = 100 \text{ A}/\mu\text{s}$ esetén max. $20 \mu\text{C}$ (megfelel a DD 82 S gyorsdióda adatainak).

Az áramtúllendülés várható értéke abban az esetben, ha $L_2 \approx 0$:

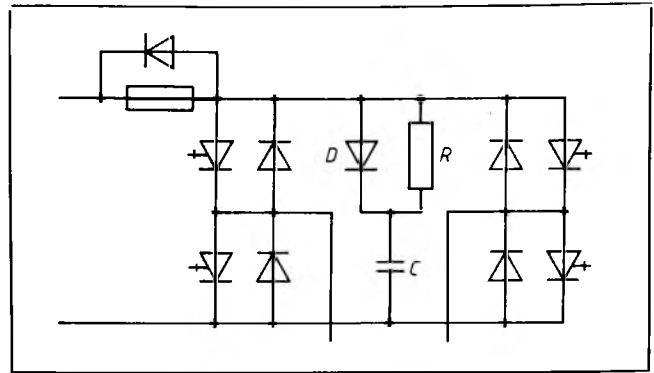
$$\Delta I = \sqrt{2Q_{rr} \frac{di}{dt}} = \sqrt{2 \cdot 2 \cdot 10^{-5} \text{ As} \cdot 10^8 \frac{\text{A}}{\text{s}}}$$

$$= \sqrt{4 \cdot 10^3 \text{ A}^2} = 63 \text{ A.}$$

Ez az érték 30 % körüli bekapcsolási áramtúllendülést jelent a félvezetők által vezetett terhelőáram maximális értékéhez viszonyítva. Ez az érték még elfogadható, így a modulokból felépíthető híd egyszerűségét kiterjesztettük a bemeneti szűrőkör felépítésére és a híddal való kapcsolatára, azaz a bemeneti szűrőkört a híd alatt helyeztük el, és a lehető legrövidebb vezetékkel kötöttük a híddhoz. Ezáltal az L_2 induktivitást sikerült olyan kis értéken tartani, hogy a híd elemeinek túlfeszültség elleni védelmét egyetlen, ún. U – RDC áramkörrel meg tudtuk oldani (8. ábra).

Mivel a GTO tirisztor kikapcsolási áramerősítése kicsi ($V_Q = 5$), és az áramkörök gyakorlati megvalósításakor ezt az értéket sem éri el (helyette 3,5...4,5), ezért az anódáram kikapcsolásakor annak jelentős hányadát kell a vezérlőelektródán keresztül mint kikapcsoló áramimpulzust létrehozni. Ennek az áramimpulzusnak meghatározott sebességgel kell növekednie, ha ugyanis túlságosan nő, akkor nagy vezérlőáramcsúcs alakul ki, a kikapcsolási áramerősítés kicsi lesz, a kikapcsolás végén elnyújtott ún. áramfarok alakul ki. A feleslegesen nagy áram túlságosan igénybe veszi a GTO tirisztor gate–katód átmenetét és a gyűjtőáramkör kikapcsolást végző elemeit. Ha a vezérlőáram növekedési üteme kisebb az optimálisnál, akkor egyrészt megnő az eszköz kikapcsolási késése, nő a gate-vesztesége, és ha nem tud kialakulni a kikapcsoláshoz szükséges áram, akkor sikertelen lesz az oltás, sőt a GTO tirisztor tönkre is mehet. A kikapcsolási áram optimális növekedését a gyártó rendszert megadja. Ez az érték az általunk választott modul esetében $25 \text{ A}/\mu\text{s}$. Az inverterhez olyan gyűjtőáramkört fejlesztettünk ki, ami biztosítani tudja a GTO tirisztorok megfelelő dinamikájú bekapcsolását – kis értéken tartva a bekapcsolási késést –, és a bekapcsolás után is fenntartott vezérlőárammal csökkenti a vezetési feszültségeseit. Kikapcsoláskor maximum 140 A kihúzó áramcsúcsot tud biztosítani $25...30 \text{ A}/\mu\text{s}$ áramnövekedési sebességgel. A gyűjtőáramkör meghajtása optocsatolókon keresztül történik. Kialakítása olyan, hogy a GTO-n megjelenő, max. $1 \text{ kV}/\mu\text{s}$ feszültségváltozási sebesség nem okoz hamis gyűjtőjelet. Ezenkívül olyan fedővédelmet alakítottunk ki a gyűjtőegységen belül, ami megakadályozza az egymással sorban levő félvezetők vezérlésoldalról történő, véletlenszerű összegyűjtését. A gyűjtőáramkör maximális működési frekvenciája (10 kHz) lehetővé teszi a bevezetőben leírt célok elérését. Mindezek mellett a gyűjtőáramkör felépítése egyszerű. A két GTO tirisztor meghajtását ellátó áramkört, valamint a tápegységüket egyetlen $200 \times 140 \text{ mm}$ méretű nyomtatott áramkörön helyeztük el.

A vezérlő és szabályozó áramkör kialakítása során – kihasználva a teljeshid-kapcsolás adta lehetőséget – a szabályozástechnikai szempontból kedvező,



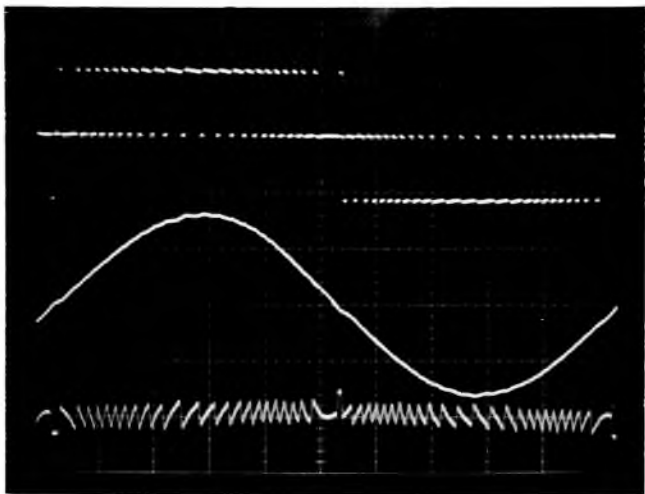
8. ábra. U-RDC típusú védőáramkör

háromféle állapotú vezérlést választottuk [3]. Az intézetben kifejlesztett szabadonfutó váltakozó áramú követőszabályozást a [3] cikkben elemzett, háromállapotú vezérléssel használva sikerült elérnünk, hogy 1 mH induktivitású soros induktivitás (L_2) és $60 \mu\text{F}$ kapacitású kimeneti szűrőkondenzátor elemek mellett félperiódusonként $20...25$ kapcsolási számmal tudunk kis torzítású kimeneti feszültséget előállítani. A kis holtidők, valamint a differenciáló jellegű kompenzáció révén nagyobb körerősítéssel is jó maradt a rendszer stabilitása. A nagy körerősítés által a statikus pontosság, valamint a bemeneti és kimeneti jellemzők (U_B , terhelés) megváltozására vonatkozó stabilitás igen jó.

A főáram gyakorlati megvalósításakor a legnagyobb problémát a soros induktivitás elkészítése okozta. Azért, hogy a fojtótekercs által keltett akusztikus zaj, valamint a felharmonikusáramok ellenére a vasveszteség kicsi legyen, a méretezésnél alacsony indukciót lehetett volna megengedni a vasmagban. A relatív magas frekvencia miatt kialakuló szkinhatás és a légrés körül a tekercs anyagában kialakuló örvényáram-veszteségek különleges tekercskialakítást követeltek meg, amik egy nehezen gyártható, költséges, helyigényes és nehéz induktív elemre vezettek. Hűtés céljából a fojtótekercs olajba merítését (thermo-fluid) azért nem találtuk jó megoldásnak, mert bonyolult „olajedény” kialakítását (tömítési gondok, védelem) igényelte.

Ezt a problémát a következőképpen oldottuk meg. Olyan légmagos fojtótekercset készítettünk, ami tárcsás tekercsekből toroid formára van kialakítva. A toroidot alkotó tárcsás tekercsek soros, ill. párhuzamos kapcsolásának kombinációjával alakítottuk ki a fojtótekercs induktivitását és áramterhelhetőségét. A toroid jelleg miatt a tekercs mágneses szórt tere kicsi, nagy felülete következtében jól tud hűlni, és az impregnálás eredményeként akusztikus zaja elhanyagolható.

A kimeneti főtranszformátor kialakításakor figyelembe kellett venni a [2.] cikk által ismertetett esetleges szubharmonikus- vagy egyenáramú összetevő megjelenését. A probléma a transzformátorban kialakított légréssel oldható meg kedvezően, mert a légrés megfelelő méretezésével kialakuló nagyobb mágnesezőáram



9. ábra. Az inverter szűrőkörének jellegzetes feszültség-áram jelalakjai terheletlen kimenet esetén

teljes mértékben kompenzálhatja a kimeneti szűrőkondenzátor alapharmonikus-áramát is. A 3. ábra szerint $I_C = I_L$ (az L_p induktivitás azonos a főtranszformátor L_m mágnesező vagy keresztági induktivitásával), így a szűrőköri kondenzátor árama nem terheli az inverterhidat. A méretezésben ezt a terhelést, vala-

10. ábra. 3 kVA teljesítményű inverterhíd

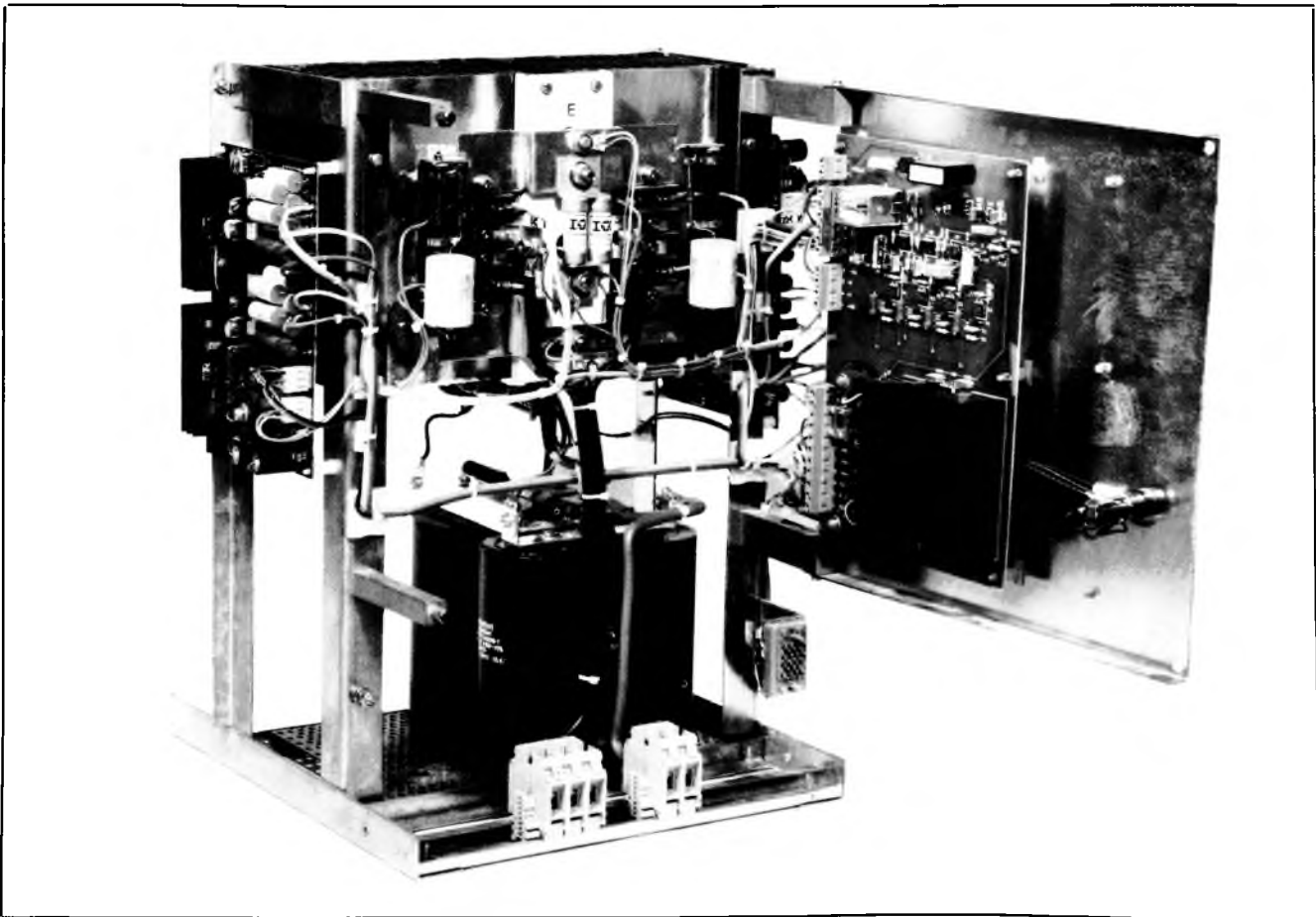
mint a felharmonikusáramok okozta többletet figyelembe kellett venni.

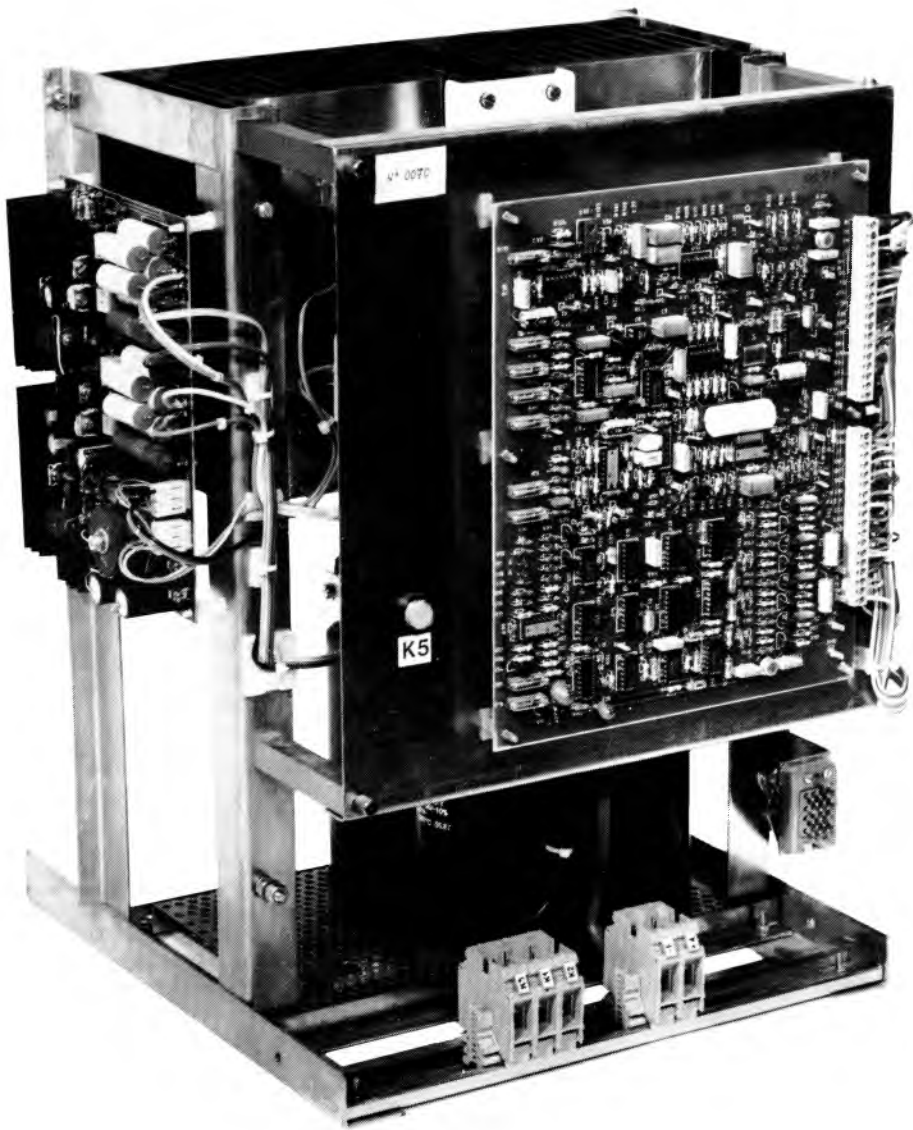
A 9. ábra egy olyan oszcilloszkópfelvételt mutat, ahol a felső sugár a gerjesztőfeszültség, a középső sugár a kimeneti feszültség és az alsó sugár a hídáram.

5. Az inverter konstrukciója

Az inverterhidat felépítő két félvezetőmodult a hűtőbordán úgy helyeztük el, hogy villamos összekötésük egymással és a főáramkör többi részével a lehető legrovidebb és legegyszerűbb lehessen. A sínezés bizonyos hűlési lehetőséget biztosít a félvezetőknek a kivezetéseiken keresztül, és lehetőséget ad a félvezetővédő biztosító és az azt áthidaló visszarám-dióda elhelyezésére, jó villamos és termikus csatlakozás kialakítására. A sínezést úgy alakítottuk ki, hogy lehetővé tegye az $U-RDC$ áramkör könnyű beépíthetőségét. A bemeneti szűrőkör kondenzátortelepe és feltöltőáramköre a hűtőbordák alatt van. Ezt a részt úgy alakítottuk ki, hogy megfelelő félvezetővel 2-től 8 kVA teljesítményű inverter kialakítását tegye lehetővé (10. ábra).

A képen egy 3 kVA teljesítményű egység látható. A gyűjtőegységek a hűtőbordák két oldalán találhatók. Tápfeszültségüket a híd bemeneti feszültségéből állítják elő és ellátják független tápfeszültséggel az inverter vezérlő – szabályozó áramköreit is. A gyűjtőáramkör a nagy áramimpulzusok miatt 70 μm fólia-





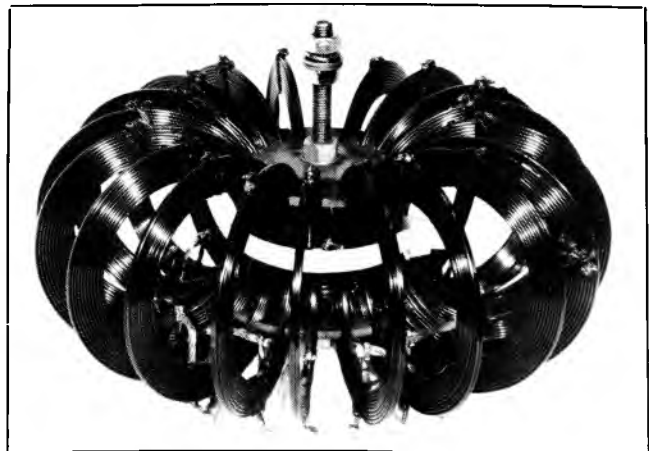
vastagságú, kétoldalas, nyomtatott áramköri lemezen van, és kialakítása lehetővé teszi, hogy a vezérlő kivezetése rövid vezetékkel csatlakozhasson. Az inverter teljes vezérlőelektronikáját a félvezetők előtt egy nyitható, mágneses árnyékoló előlapon egyetlen nyomtatott áramköri lemezen helyeztük el (11. ábra). Ezen a lapon található az inverter vezérlő, szabályozó, működtető és védelmi áramköre, alapjelképző, hálózati és kvarcszinkron áramköre, valamint a gyűjtőegységet meghajtó áramkörök. A vezérlés stabilizált tápegysége az előlap belső oldalára került és a jobb oldali gyűjtőegység DC – DC átalakítójából kap energiát.

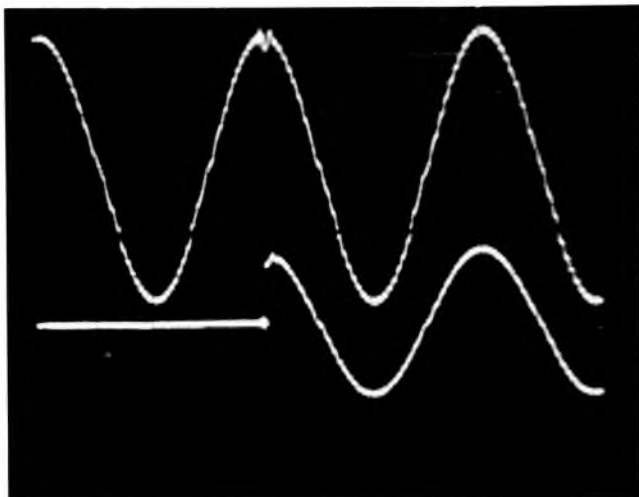
A vezérlőkártya sorozatkapcsokon, az inverterblokk 22 pólusú DS csatlakozóval és öt erősáramú sorozatkapcsos keresztül csatlakozik a szünetmentes áramforrás többi áramköréhez. A soros fojtótekerceset (12. ábra) a hídblokk mögé függesztve szereltük fel.

A kész berendezésen végzett mérések és a valós üzemi tapasztalatok igazolták az elképzeléseinket.

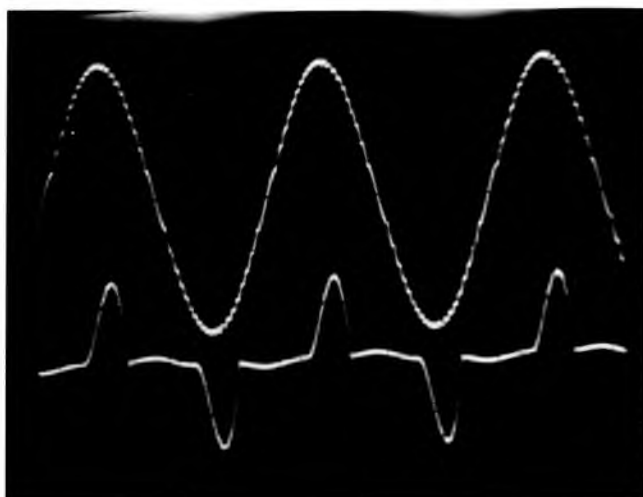
11. ábra. 3 kVA teljesítményű inverterblokk a vezérlőkártyával

12. ábra. Tárcsás toroid felépítésű L_s soros fojtótekerces 3 kVA teljesítményű inverterhez





13. ábra. 3 kVA teljesítményű inverter dinamikus viselkedése 100 % rezisztív jellegű terhelésugrás hatására



14. ábra. 3 kVA teljesítményű inverter kimenetének viselkedése terhelésugrás hatására

A félvezetőhid elemein végzett mérések alapján a GTO tirisztorokon maximálisan $di/dt = 80 \dots 120 \text{ A}/\mu\text{s}$, ill. $du/dt = 400 \dots 500 \text{ V}/\mu\text{s}$ alakul ki. Az áramtúlrendülés a fedés miatt 200 A átvezetett áram esetén 40 A, az elért kikapcsolási áramerősítés 3,8. A félvezetőkön mérhető túlfeszültség 500 nF értékű kondenzátorral 50 V. A szabályozókört úgy állítottuk be, hogy a kapcsolási szám félperiódusonként átlag 20 legyen. A kimeneti feszültség torzítása terheletlenül 1,4 %, névleges lineáris terhelésnél és jellemzőknél 1,7 %.

Az inverter hatásfoka a legkedvezőtlenebb esetben is elérte a 86 % értéket, ami a viszonylag kis közbensőkörű egyenfeszültséget figyelembe véve jó érték. A kimeneti feszültség bemeneti feszültségváltozásra és terhelésváltozásra vonatkozó stabilitása jobb, mint 0,5 %. A 100 % terhelésugrásra való viselkedést a 13. ábra mutatja. A felső sugáron a kimeneti feszültség, az alsó sugáron a terhelőáram látható. Jól megfigyelhető a rövid kiszabályozási idő.

Megvizsgáltuk a berendezést valós üzemi körülmények között. A számítógépek okozta nemlineáris terhelés hatására a kimeneti feszültség változása 2 %, torzítása 3 % alatt maradt (14. ábra). A felső sugáron a kimeneti feszültség, az alsó sugáron a terhelőáram látható. Az áram csúcserőssége a névleges teljesítményhez tartozó áram effektív értékének 1,4-szerese.

Irodalom

- [1] *Dr. Nagy László*: Relés követőszabályozás alkalmazása áramellátási inverterek megvalósításánál. VKI Közleményei 9. köt., 1984.
- [2] *Husztai György–Dr. Nagy László*: Követőszabályozással ellátott szinuszos kimeneti feszültségű inverterek analízise. Elektrotechnika, 1980. 3–4.
- [3] *Vincze Zoltán*: Vezérlő áramkör Mc-Murray-féle tirisztoros, impulzusmodulációs elven működő hidkapcsoláshoz. Magyar Elektronika, 1987. I. sz.
- [4] AEG Leistungshalbleiter, 1988.
- [5] HITACHI GTO Thyristor Module, 1985.

Középfeszültségű megszakítók működése és alkalmazása

DR. NÉVERI ISTVÁN

ÖSSZEFOGLALÁS

A cikk ismerteti a különféle megszakítási módszerek fejlődési irányait. Összehasonlítja a kis olajterű, az SF₆-os és a vákuummegszakítók jellemzőit. Foglalkozik szerkezeti, gyártási és alkalmazástechnikai kérdésekkel is.

A szerző szempontokat közöl a középfeszültségű tokozott kapcsolóberendezések kialakításához és a megszakítók kiválasztásához.

BETRIEB UND ANWENDUNG VON MITTELSPANNUNGS-LEISTUNGSSCHALTERN

DR.-ING. ISTVÁN NÉVERI

Zusammenfassung

Der Aufsatz legt die Entwicklungsrichtungen der verschiedenen Unterbrechungsmethoden dar. Er vergleicht die Charakteristik von SF₆ und Vakuum-Leistungsschaltern, die über ölarme Leistungsschalter verfügen. Er befasst sich auch mit Struktur-, Produktions- und Anwendungs-technischen Fragen.

Der Verfasser legt seine Gesichtspunkte zur Ausgestaltung der gekapselten Mittelspannungs-Schaltanlagen und zur Auswahl der Leistungsschalter dar.

OPERATION AND APPLICATION OF MEDIUM-VOLTAGE CIRCUIT BREAKERS

DR. ISTVÁN NÉVERI

Summary

The paper makes known the development directions of the different interrupting methods. It compares the characteristic features of the SF₆ and vacuum circuit breakers possessing small oil space. It deals with structure-, production- and application-technical questions, too.

The author reviews the points of view to the forming of the medium-voltage metal-clad switchgears and to the election of the circuit breakers.

РАБОТА ПРЕРЫВАТЕЛЕЙ СРЕДНЕГО НАПРЯЖЕНИЯ И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

Д-Р. ИШТВАН НЕВЕРИ

Резюме

В статье описываются направления развития различных способов прерывания. Сравниваются характеристики маломасляных, SF₆ и вакуумных прерывателей. Обсуждаются конструкционные, производственные и эксплуатационные вопросы.

Автор даёт указания по разработке закрытых контакторных устройств среднего напряжения и по выбору прерывателей.

Bevezetés

A nagyfeszültségű kapcsolókészülékek egyik csoportját, nevezetesen az 1...72,5 kV feszültségtartományba tartozó névleges feszültségű készülékeket középfeszültségű kapcsolókészülékeknek nevezzük. A kapcsolókészülékek névleges feszültsége meghatározza a készülék szigetelési szintjét és egyéb működési jellemzőit, továbbá azt, hogy milyen lehet annak a hálózatnak a legnagyobb feszültsége, amelyben alkalmazzuk. A hazai középfeszültségű energiarendszerben használatos kapcsolókészülékek szokásos névleges feszültségei: 12, 24 és 40,5 kV.

A középfeszültségű közhasznú elosztóhálózatokban és az ipartelepi hálózatokban már az 1950-es évek elejétől alkalmaznak előre gyártott fémházas kapcsolóberendezéseket, ún. középfeszültségű tokozott kapcsolóberendezéseket. A tokozott berendezések kialakítását eleinte az a törekvés indokolta, hogy egyszerűsítsük a helyszíni szerelést, a kapcsolóberendezések részben vagy egészben üzemszerű előállításban készüljenek. Kezdetben a fémlemez borításon belül jóformán kizárólag légszigetelést alkalmaztak, később műanyag elválasztólapokat helyeztek beléjük. Az előre gyártott fémházas kapcsolóberendezések fejlődési iránya a mind kisebb méretekre való törekvés és a mind nagyobb teljesítmények kapcsolásának biztosítása. Ezekhez csatlakozott a megbízhatóság fokozása és a karbantartási igény csökkentése. A gyárak eltérő módon fejlesztették ki az újabb és még újabb kapcsolóberendezéseiket, amelyek főleg szigetelési rendszerükben tértek el egymástól. Alapvetően ötféle rendszert különböztetünk meg: légszigetelésű, kombinált (műanyag+levegő) szigetelésű, műgyanta szigetelésű, olajszigetelésű és SF₆ gázzal szigetelt kapcsolóberendezések. A fejlesztési igények és a gazdaságossági követelmények hatására napjainkban főleg két alapvető szigetelési rendszert alkalmaznak; a kombinált szigetelésű és az SF₆ gázos megoldást.

A kapcsolóberendezések kialakítását nagymértékben befolyásolja az, hogy milyen fajta, és milyen méretű kapcsolókészüléket kell beleépíteni. Közülük legfontosabb a megszakítók szerepe. A régi légnyomásos és expanziós megszakítók után a kis olajterű megsza-

kítók jelentették a fejlettebb megoldást. A műanyagipar fejlődése és a 70-es évek elejétől fokozatosan elterjedő vákuum és kénhexafluorid oltóközegű megszakítók ugrásszerű változást hoztak a kapcsolóberendezések kialakításában. Ehhez kapcsolódott a műgyanta szigetelésű mérőváltók és a kapcsolókészülék-kombinációk (szakaszolókapcsolók, szakaszolóbiztosítók, kapcsolóbiztosítók stb.) kifejlesztése, amelyek további méretcsökkentést tettek lehetővé.

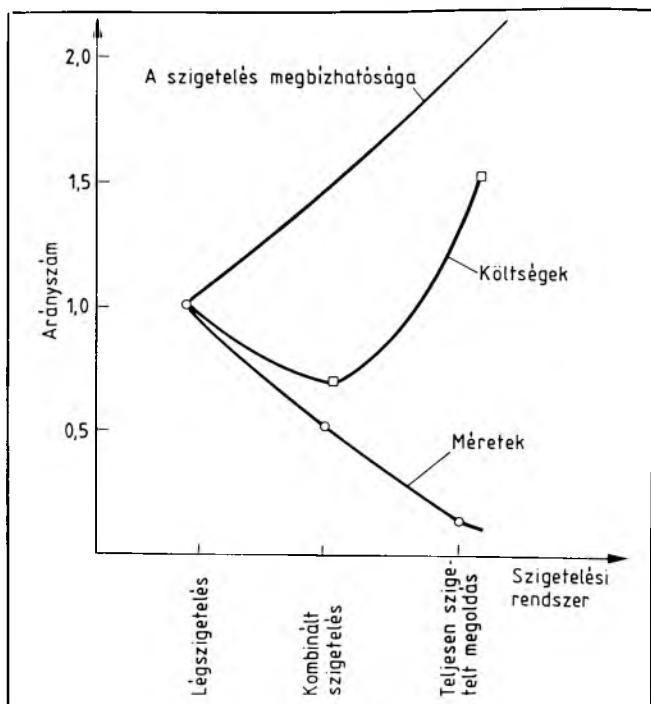
A tokozott kapcsolóberendezés fejlesztése eleinte a meglévő kapcsolókészülékekre épült, vagyis az volt a fő törekvés, hogy a sorozatgyártásban lévő megszakítók, szakaszolókapcsolók és biztosítók, valamint a piacon kapható mérőváltók felhasználásával alakítsunk ki viszonylag kis helyigényű, jól áttekinthető tokozott berendezést. Az épített cellás kapcsolóberendezésekhez hasonlóan a tervezők már a fejlődés kezdeti szakaszában törekedtek az egyes funkcionális egységek elválasztására, rekeszelésre: különválasztották a megszakítóteret, a gyűjtősínteret és a kábel becsatlakozásának helyét. Újabban gyakran előfordul, különösen az SF₆ szigetelésű tokozott berendezések esetében, hogy a megtervezett kapcsolóberendezésekhez (vagy azzal egy időben) fejlesztik ki az alkalmazandó kapcsolókat és mérőváltókat is. Ezzel a fejlesztési filozófiával sokkal célorientáltabb kapcsolórendszerek valósíthatók meg mind a méretkihasználás, mind a kezelhetőség és megbízhatóság szempontjából.

A következőkben a ma korszerűnek tekinthető két alaptípussal, a kombinált szigetelésű és az SF₆ szigetelésű tokozott kapcsolóberendezéssel foglalkozunk részletesebben és vizsgáljuk a legfontosabb kapcsolókészülékeknek, a középfeszültségű megszakítóknak szerepét és szerkezetét a külföldi tendenciák figyelembevételével, valamint a hazai lehetőségeink mérlegelésével.

1. Tokozott kapcsolóberendezések

A kombinált szigetelésű vagy más néven részlegesen szigetelt tokozott kapcsolóberendezés a tisztán légszigetelésű megoldásnál kisebb méretet és nagyobb megbízhatóságot jelent. A teljesen szigetelt (műgyanta szigetelésű) megoldáshoz képest lényegesen olcsóbb, bár műszaki és életvédelmi szempontból valamivel gyengébb megoldást jelent. A háromféle szigetelési rendszer megbízhatóságát, árát és a befoglaló méretek alakulását a TOSHIBA-REVIEW c. folyóirat egyik cikke részletesen hasonlítja össze az 1. ábra szerint. Az ábrából is látszik, hogy bár a legkisebb méretet és a legnagyobb megbízhatóságot a teljesen szigetelt rendszer nyújtja, a berendezés ára azonban a felhasználók számára gyakran elfogadhatatlanul magas.

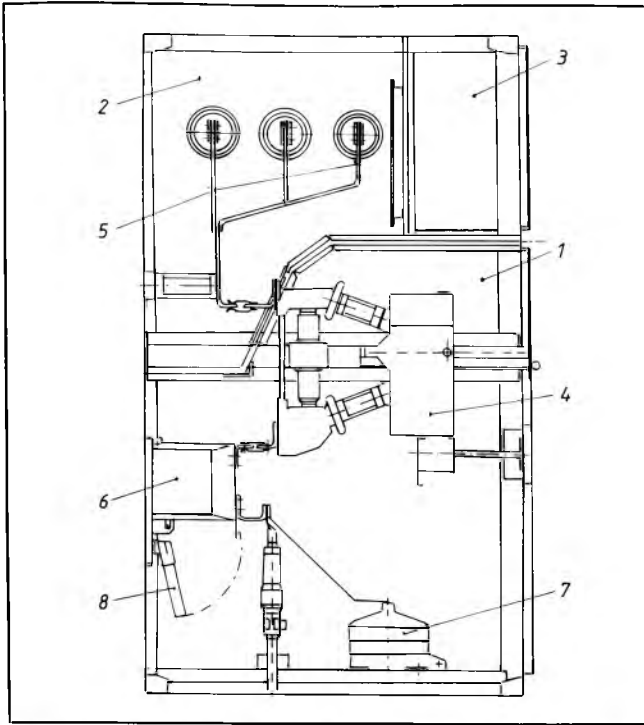
A részlegesen szigetelt tokozott kapcsolóberendezések közül a legegyszerűbb az ún. csarnok elrendezésű (metal-enclosed) megoldás. Ezeket az elosztóhálózatokon alelosztóként, vagy a kisebb teljesítményű, áramszüneteket könnyebben elviselő ipari fogyasztók táplálására használják. Ennél a megoldásnál rendsze-



1. ábra. Különböző szigetelési rendszerű tokozott berendezések összehasonlítása [1]

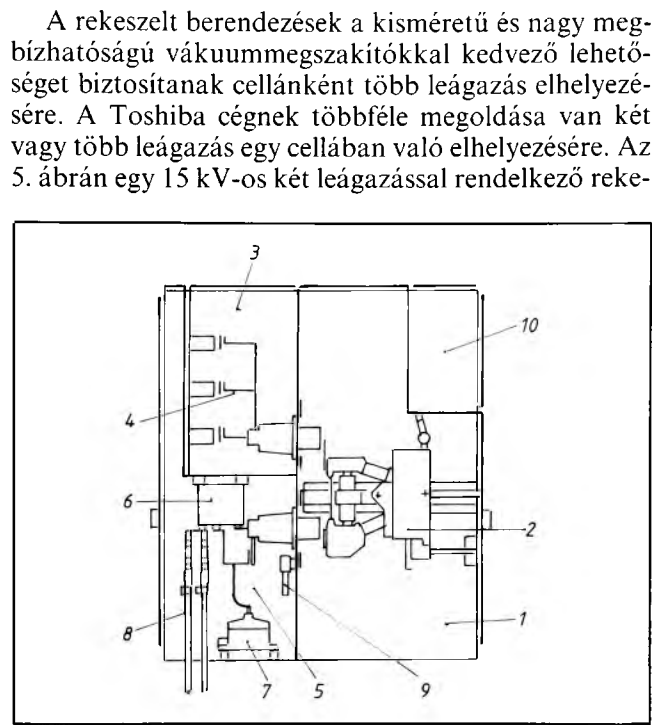
rint csak a gyűjtősínteret választják el a megszakító- és a csatlakozótérrel. Kocsira szerelt megszakítókat, vagy vákuummegszakítókat esetén fix beépítésű megszakítókat alkalmaznak. Íves zárlat esetén jelentős károk keletkezhetnek, mert a villamos ív a gyűjtősínen továbbhaladva több cellát károsíthat. A megbízhatóság növelhető szigetelt sínek alkalmazásával, amikor a járulékos szigetelés elsősorban az ívtalppontok kizárását, az esetleg létrejövő ívek vándorlásának megakadályozását szolgálja. Az áramvezető részek szigetelésével a berendezés lökőfeszültség-szilárdsága is növelhető. A Siemens ilyen kapcsolóberendezése látható a 2. ábrán.

A rekeszelt berendezéseket (metal-clad-típus) az IEC 298 és az MSZ 1570 előírásai szerint kell készíteni, vagyis a gyűjtősín-, a megszakító- és a csatlakozótér egymástól fémesen elválasztott rekeszekben kell kialakítani. A nagymértékben alkalmazott szilárd szigetelőanyagok miatt tekintettel kell lenni a környezeti hatásokra és a szigetelőanyagok romlására, öregedésére is. A szigetelt gyűjtősínek és a fémrekeszek az ívképződést kizárják és ívtalppontmentes megoldást adnak. Előírás, hogy a megszakítórekesz a többi rekesztől fémes redőnnyel elzárható legyen a megszakító kihúzott állapotában. Rendszerint a kábelcsatlakozóbeépített feszültségosztó vagy a feszültségváltó. Ennél a berendezésnél a kezelőszemélyzet védeltsége igen magas fokú. Hagyományos készülékekkel is megépíthető, de piacképes megoldást csak a tokozott konstrukcióval együtt kidolgozott speciális kapcsolókészülékek és szerkezeti elemek révén érhetünk el. A 3. ábra SF₆ megszakító rekeszelt cellát mutat. A 4. ábrán vákuummegszakító megoldás látható.



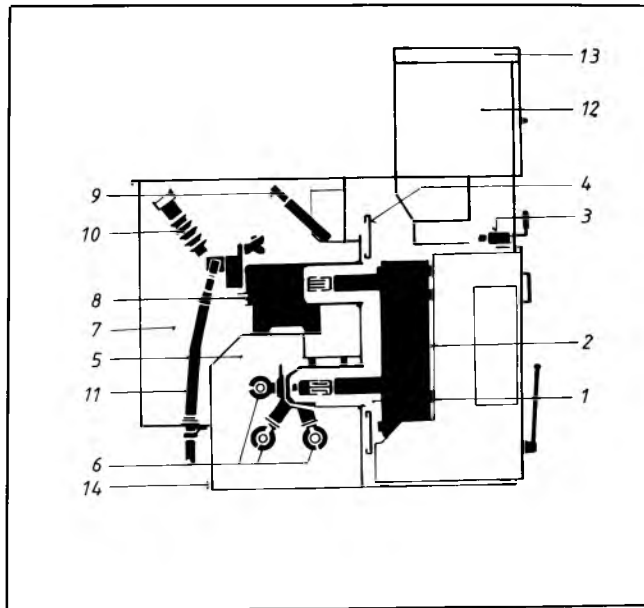
2. ábra. Csarnok elrendezésű, részlegesen szigetelt kapcsolóberendezés (24 kV Siemens típus) (HA 25.1 1984. évi katalógus) [2]

- 1 Megszakító- és csatlakozótér; 2 Gyűjtősín; 3 Szekunder tér;
- 4 Vákuummegszakító; 5 Gyűjtősín; 6 Áramváltó; 7 Feszültségváltó;
- 8 Földelőrés



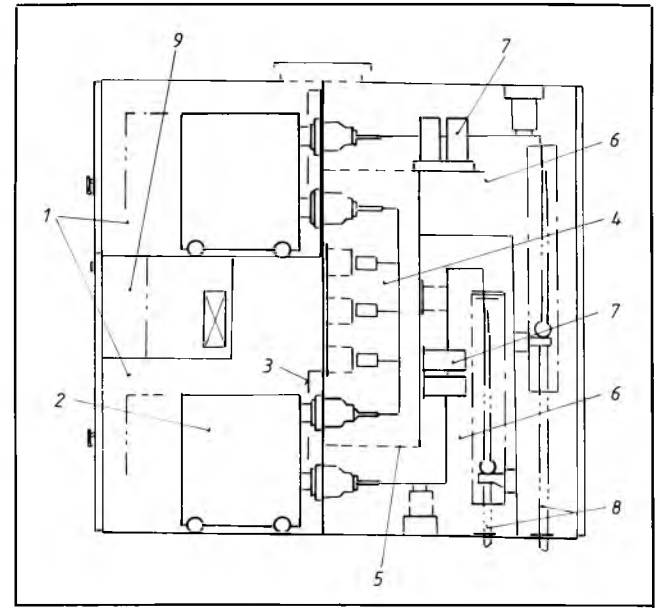
4. ábra. Vákuummegszakító rekeszt cella (Siemens megoldás) [2] (HA 25.1. 1984. évi katalógus)

- 1 Megszakítórekesz;
- 2 Vákuummegszakító;
- 3 Gyűjtősínrekesz;
- 4 Gyűjtősín;
- 5 Csatlakozórekesz;
- 6 Áramváltó; 7 Feszültségváltó; 8 Kábelek; 9 Földelőrés;
- 10 Szekunder rekesz



3. ábra. Kénhexafluorid megszakító rekeszt cella (Merlin Gerin. Fluair) [5].

- 1 Megszakítórekesz;
- 2 Kénhexafluorid megszakító; 3 Kisfeszültségű dugasz;
- 4 Fémredőny;
- 5 Gyűjtősínrekesz;
- 6 Gyűjtősín;
- 7 Csatlakozórekesz;
- 8 Áramváltó; 9 Földelőrés; 10 Feszültségosztó; 11 Kábel;
- 12 Szekunder rekesz;
- 13 Szekunder vezeték csatornája;
- 14 Földelő sín



5. ábra. Kétleágazásos rekeszt cella, két vákuummegszakítóval (Toshiba megoldás, 15 kV-os kivétel) [1]

- 1 Megszakítórekesz;
- 2 Vákuummegszakító; (3 Fémredőny);
- 4 Gyűjtősínrekesz;
- 5 Lyuggatott fémlemez;
- 6 Csatlakozórekesz;
- 7 Áramváltók; 8 Kábelek;
- 9 Szekunder rekesz

1 Megszakítórekesz; 2 Vákuummegszakító; 3 Fémredőny; 4 Gyűjtősínrekesz; 5 Lyuggatott fémlemez; 6 Csatlakozórekesz; 7 Áramváltók; 8 Kábelek; 9 Szekunder rekesz

szelt cella látható egymás fölé épített, kocsira szerelt vákuummegszakítóval.

A teljesen rekeszelt berendezésnél valamivel olcsóbb és még kielégítő megbízhatóságú a *rekeszelt jellegűnek* nevezett berendezés. Ilyen elrendezésben a gyűjtősín-, a megszakító- és a csatlakozórekesz megtalálható ugyan, de nincs biztosítva mindenhol a fémlemezrel való térelválasztás, ezért a „metal-clad” berendezésre előírt követelmények nem teljesülnek. Ebben az esetben nincs kizárva, hogy íves zárlat esetén több rekesz is megsérült.

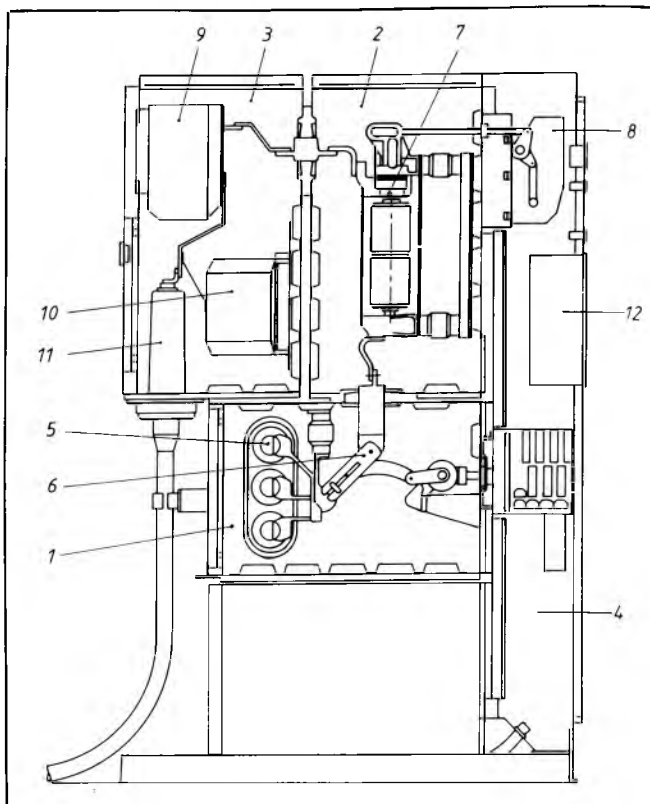
A hazai tokozott berendezéseket előállító vállalatok számára javasolható a kombinált szigetelésű, rekeszelt (metal-clad) középfeszültségű tokozott berendezések kifejlesztése mind az exportlehetőségek, mind a hazai felhasználók érdekében. Ennek előfeltétele a vákuummegszakítók és a korszerű mérőváltók rendelkezésre állása, és ki kell fejleszteni a megfelelő sínszigetelési megoldásokat, a szükséges átvezetőszigetelőket és az üzembiztos csatlakozási lehetőségeket. Új konstrukció kidolgozása folyamán a kapcsolókészülék fejlesztőinek célszerű szorosan együttműködni a tokozott berendezés tervezőivel az optimális elrendezés kialakítása érdekében, figyelembe véve a megbízhatósági és karbantartási igényeket is.

Az SF_6 gázzal szigetelt kapcsolóberendezéseket a legtöbb neves készülékgyártó vállalat középfeszültségre is kifejlesztette, a nagyfeszültségre kialakított SF_6 szigetelésű rendszerek kedvező tapasztalatai alapján, általában vákuummegszakítók alkalmazásával. A megoldás nagy előnye a viszonylag kis helyszükséglet, a nagy megbízhatóság, a teljes érintésvédelem és a környezeti hatásoktól (légnedvességtől, portól, egyéb szennyeződéstől) való teljes elszigeteltség. A berendezés viszonylag nagy költsége csökkenthető azáltal, hogy 12, 24 és 40,5 kV-ra is ugyanaz a szerkezet használható, csak az SF_6 gáz nyomását kell változtatni a megfelelő névleges feszültséghez tartozó szigetelési szint biztosításához. Szokásos megoldás, hogy a 24 és 40,5 kV-ra 2...3 bar SF_6 gáznyomást alkalmaznak, a 12 kV-os felhasználáshoz pedig elégséges az 1,5 bar nyomás.

A nagyfeszültségű részek hermetikusan zárt fémtokozásban vannak, és a külön térrészben elhelyezett gyűjtősínhez háromállású szakaszolón keresztül csatlakozik a fixen beépített vákuummegszakító. A könnyebben meghibásodó elemeket rendszerint a gáztéren kívül helyezik el, pl. a megszakító mechanikus hajtását és sok esetben a mérőváltókat is.

Az SF_6 szigetelésű tokozott berendezések konstrukciójának három alapvető megoldása ismeretes:

- A légszigetelt fémházas kapcsolóberendezéshez legjobban hasonlít a 6. ábrán látható kivitel, ahol a gyűjtősíntér, a megszakítóter és a csatlakozóter rekeszeit gázzáró lemezborítással választják el egymástól. Ennek a megoldásnak hátránya, hogy a nagy felületű lemezekkel nehéz a jó gázzárást biztosítani.
- A három fázisban tokozott kapcsolóberendezésre a 7. ábrán láthatunk egy korszerű megoldást.



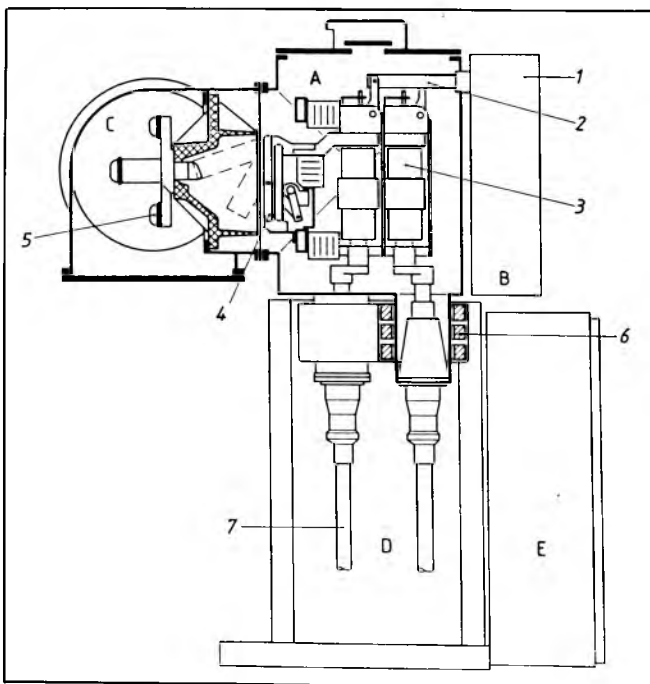
6. ábra. SF_6 szigetelésű, fémházas kapcsolóberendezés vákuummegszakítóval (Calor Emag típus)

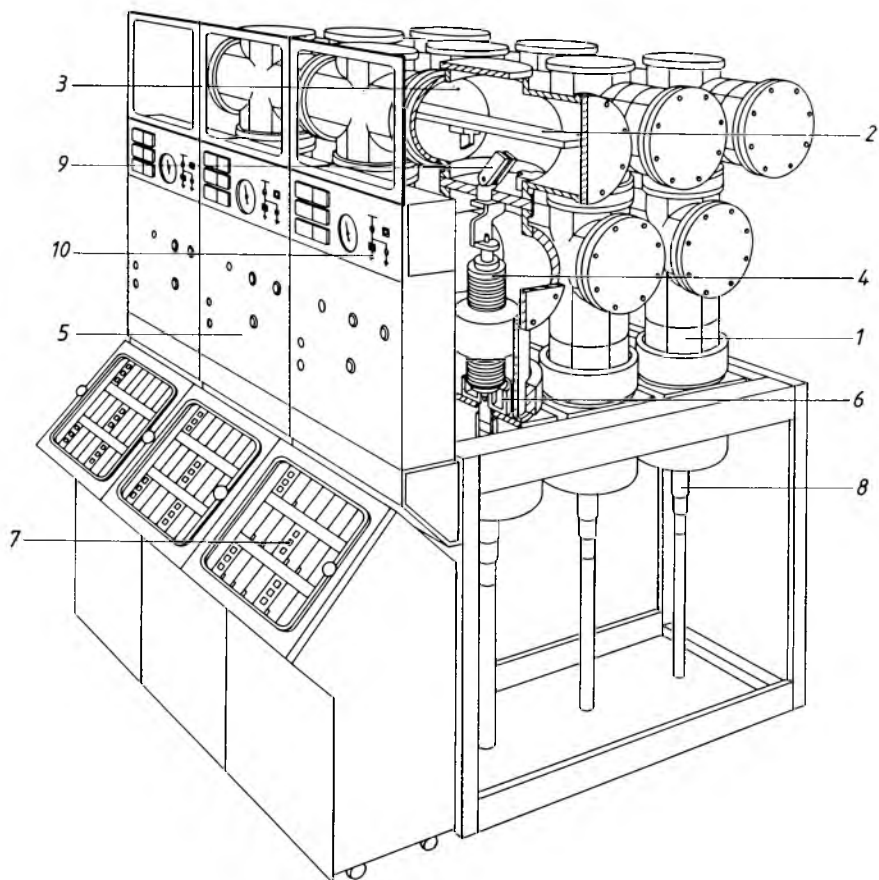
1 Gyűjtősíntér; 2 Megszakítóter; 3 Csatlakozóter; 4 Szekunder tér; 5 Gyűjtősín; 6 Háromállású szakaszoló; 7 Vákuummegszakító; 8 Megszakítóhajtás; 9 Áramváltó; 10 Feszültségváltó; 11 Kábelvégzáró; 12 Szekunder tér

7. ábra. SF_6 szigetelésű, három fázisban tokozott, vákuummegszakításos kapcsolóberendezés (AEG-Sachsenwerk gyártmány, WI típus)

A Megszakítóter; B Hajtástér; C Gyűjtősíntér; D Kábelter; E Szekunder tér

1 Kapcsolókészülék mechanikus hajtószerve; 2 Hajtókar; 3 Vákuummegszakító; 4 Háromállású szakaszoló; 5 Gyűjtősín; 6 Áramváltó; 7 Kábel





8. ábra. Fázisonként tokozott, SF₆ szigetelésű, vákuummegszakító kapcsolóberendezés (Siemens 8 DA 1 típus)
 1 Alumíniumház; 2 Gyűjtő sín; 3 SF₆ szigetelőtér; 4 Vákuummegszakító; 5 Működtető mechanizmus; 6 Áram- és feszültségmérés; 7 Működtető és mérőpult; 8 Csatlakozók; 9 Háromállású szakaszoló; 10 Szekunder tér

A peremes acélcsőből készült gyűjtősíntérben helyezkedik el mindhárom fázisvezető és külön SF₆ gáz alatt a vákuummegszakító és a háromállású szakaszoló. A dugaszolható kábelvégzáró, a gyűrűs áramváltó és a kapacitív feszültségosztó nincs a gáztérben, hogy cseréjük és karbantartásuk könnyen megoldható legyen. Ugyancsak külön szekrényben található a megszakító hajtásszerkezete. A megoldás hátránya, hogy fennáll a háromfázisú íves zárlat lehetősége, és a gyűjtősíntérnek a megszakítótértől való elválasztásához viszonylag nagyméretű műanyag alkatrészre van szükség.

A fázisonként tokozott kapcsolóberendezés még az SF₆ szigetelt konstrukciók közül is a legmegbízhatóbb megoldást adja. Mint a 8. ábra mutatja, ez a rendszer hasonlít a legjobban a nagyfeszültségű SF₆ tokozott berendezéshez. Az ábrán látható kapcsolóberendezés fémtokozását alumíniumcsövekkel oldották meg, gyűrűs áramváltókat és induktív feszültségváltókat, ill. kapacitív feszültségosztókat alkalmaznak. Az igen nagy megbízhatósággal szemben a berendezés hátránya a viszonylag nagy

előállítási költség. A gyártandó darabszám határozza meg a gyártmány gazdaságosságát.

Az SF₆ szigetelésű kapcsolóberendezés ma a legkorszerűbb megoldás, amit hazai fejlesztésünk szempontjából feltétlenül figyelembe kell venni. Jelenleg úgy látszik, hogy érdemes a fejlesztést úgy elkezdni, hogy a 90-es évek második felére a magyar ipar is rendelkezze hazai kapcsolókészülékekkel és mérőváltókkal ellátott SF₆-os berendezéssel. A piaci igények alapos felmérése után lehet választani a háromfázisúan vagy fázisonként szigetelt megoldás között.

2. Megszakítók

A közepfeszültségű kapcsolóberendezések legfontosabb kapcsolókészülékei a megszakítók. A hazánkban szokásos névleges feszültségekre, a piaci igényeket figyelembe véve, a megkívánt maximális névleges értékek a következők:

- 12 kV, 3000 A névleges áram és 50 kA névleges zárlati megszakítóképeség,
- 24 kV, 2500 A névleges áram és 25 kA névleges zárlati megszakítóképeség,
- 40,5 kV, 1250 A névleges áram és 25 kA névleges zárlati megszakítóképeség.

E maximális adatok figyelembevételével kb. öt típpal (max. kilenc típpal) ki lehet elégíteni mind a

hazai, mind az exportigényeket. Ez vonatkozik az elosztóhálózati megszakítókra és az ipari alkalmazásra is. Az 1970-es évek elejéig a legelterjedtebb megszakítófajta Európában a kis olajterű megszakító volt. A 70-es évek elejétől előbb vákuum-oltókamrával rendelkező megszakítók, majd a 70-es évek második felében SF₆ gázzal működő megszakítók jelentek meg a piacokon. Mind a szakirodalomban, mind a gyártás és felhasználás területén nagy vita alakult ki a különféle elven működő megszakítók előnyeiről és éles versengés a fejlettségi szintjük tekintetében. Az USA-ban, Angliában és Japánban működő megszakítógyárak a vákuummegszakítót tartották a jövő készülékének, az SF₆-as megszakítókat elsősorban a nagy francia cégek, majd egyes olasz gyárak részesítették előnyben. A nyugatnémetek mind a vákuumos, mind az SF₆-os megszakítók fejlesztését megkezdték, végül azonban a vákuummegszakítók mellett döntöttek. A szocialista országok gyártóipara, köztük Magyarországé is a vákuummegszakítók fejlesztésére szavazott.

Felvetődik a kérdés, hogy a nagy hagyományokkal rendelkező kis olajterű megszakítókhöz képest miért kellett új elveken működő ivoltási rendszereket kutatni és megvalósítani. Középfeszültségen lényegesen nem változott a névleges megszakítóképeséggel és névleges árammal kapcsolatos igény. A tokozott kapcsolóberendezések fejlesztése azonban olyan oltókamramegoldást keresett, amely nem befolyásolja a környezetet melléktermékek kibocsátásával, és ahol a környezet sem befolyásolja a megszakítási viszonyokat. Sürgető követelménnyé vált a térfogat- és a súlycsökkentés mellett a korábbinál lényegesen nagyobb megbízhatóság. Megszakítók esetében a megbízhatóság növelése azt jelenti, hogy a megszakítók névleges áramuktól a zárlati megszakítóképeségükig, a teljes áramtartományban, minél többször tudják a kapcsolási folyamatokat meghibásodás nélkül végrehajtani karbantartás nélkül.

A karbantartási igény csökkentése két szempontból is fontossá vált: egyrészt a gyakori karbantartás megköveteli a megfelelő szakembergárda állandó rendelkezésre állását, másrészt a terjedőben lévő „kezelőszemélyzet nélküli állomásokban” a megszakítók rendszeres karbantartása általában megoldhatatlan problémát jelent.

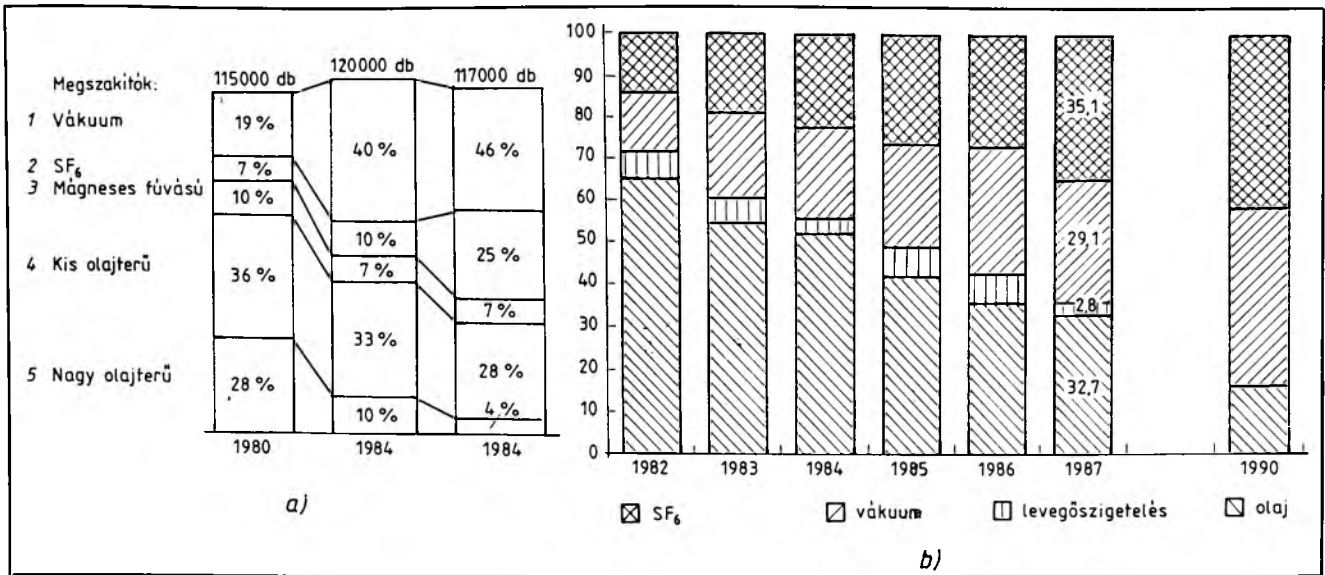
Utoljára említjük, de a legfontosabb szempontok közé tartozik a gazdaságossági kérdés. Ebből a szempontból feltétlenül a komplex értékelés ad helyes megoldást. A megszakítók ára mellett figyelembe kell venni az élettartamot, a karbantartási költségeket és a hálózat megbízhatóbbá válásával kapcsolatos megtakarítást.

Az új igények kielégítésére mind a vákuummegszakító, mind a kénhexafluoridos megszakító alkalmas; bizonyos paraméterek szempontjából hol az egyik, hol a másik az előnyösebb. Egyértelmű megállapítások ma még azért nem tehetők, mert a világszerte folyó folyamatos fejlesztés jobbnál jobb megoldásokat teremt mind a kétfajta oltási rendszerben. A világszerte az

elmúlt 6–8 évben eladott megszakítófajtákat vizsgálva, példaként a 9. ábrán láthatunk összehasonlítást. A 9a diagram szerint 1985-ben már az összes megszakítófajta közül egyértelműen a vákuummegszakító dominál. A 9b ábra csak az európai Közös Piac országaira vonatkozik a francia Merlin Gerin adatai alapján [8]. Ebből az ábrából úgy tűnik, hogy Európában 1987-ben SF₆-os megszakítóból adták el a legtöbbet. Az 1990-re jóslott adat szerint pedig az SF₆-os és a vákuummegszakítók részaránya megegyezik. Ez utóbbi diagram esetében figyelembe veendő, hogy az adatokban nem szereplő japán és amerikai gyártóipar középfeszültségre elsősorban vákuummegszakítót állít elő.

Jó felismerésként értékelhetjük, hogy a magyar gyártóipar már a 70-es évek elején a vákuummegszakítók hazai gyártását tartotta perspektivikusnak. Jelentős része volt e vélemény kialakításában a VKI feltáró munkájának és szakvéleményének, amely szerint hazánkban már azért is a vákuummegszakítót tekintette a fejlődés irányának, mivel az Egyesült Izzó keretein belül színvonalas vákuumtechnológia állt rendelkezésre. Szakmai szinten a vita nyolc évig folyt, míg 1980-ra megszületett a döntés a témában az akkor illetékes Villamos Berendezés és Készülék Művekben: a hazai középfeszültségű megszakítók korszerűsítésére a jelenleg legkorszerűbb vákuummegszakító-család gyártását kezdik el, és a gyors megvalósítás érdekében licencvásárlásra törekszenek. Bizonyos fokig befolyásolta a döntést az OMFb és a VKI korábbi tanulmányai mellett az a tény, hogy a Ganz Kapcsolók és Készülékek Gyára számára az Egyesült Izzó közreműködésével a VKI már kifejlesztett jól működő vákuumkontaktorokat, amelyek a vákuummegszakítók hazai gyártására mind szakmai, mind technológiai szempontból jó előkészítést jelentettek. A középfeszültségű vákuummegszakítók licencvásárlására a VKI – a VBKM megrendelésére – részletes tanulmányt készített 1981 májusára. A 83 oldalas tanulmány és a hozzá kapcsolt 19 táblázat minden szempontból értékelte a hat, szóba jöhető világcég gyártmányait és műszaki, gyárthatósági (technológiai), gazdaságossági és exportjogok szempontjából minősítette a különféle megoldásokat. Végül pontozásos alapon a VKI sorrendet állapított meg a Magyarország szempontjából célszerű licencpartner kiválasztására. A VKI-tanulmány alapján a Transelektro és a VBKM újabb tárgyalásokat kezdett, amelynek eredményeként 1982-ben a Hitachi céggel kötöttek licencmegállapodást. (Megjegyezzük, hogy a Hitachi cég a VKI értékelésében a harmadik helyen szerepel!) Ezután úgy tűnt, hogy a magyar felhasználóknak hamarosan rendelkezésükre áll a jövő szempontjából feltétlenül korszerű középfeszültségű vákuummegszakító-család.

A vákuummegszakítóban az ivoltás alapvetően eltér a korábban alkalmazott megoldásoktól. Ennek az az oka, hogy a légritkított térben az iv fenntartásához szükséges ionizálható gázmolekulák alig vagy egyáltalán nincsenek. A vákuum-ivoltókamrában a vákuumszint $10^{-2} \dots 10^{-6}$ Pa között van, ahol már lavinaszerű



9. ábra. Különbőféle típusú megszakítók részesedési aránya a) a világgiacon; b) az európai közös piac országai

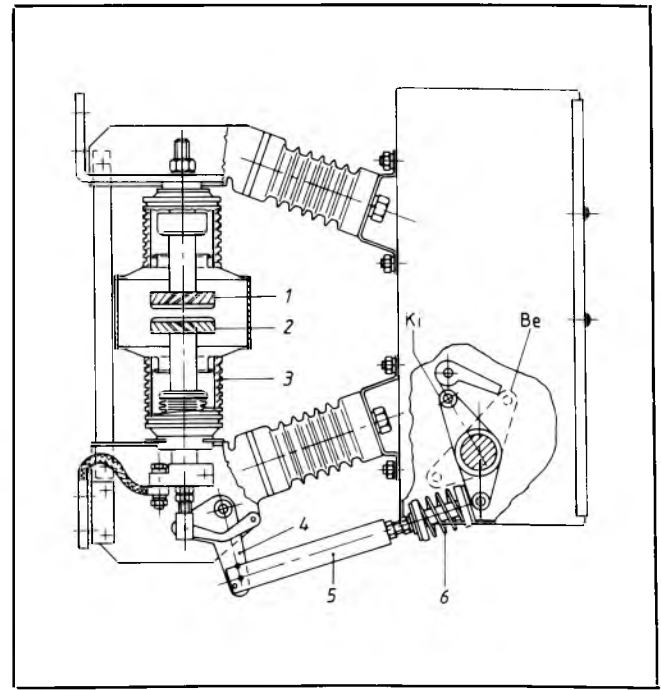
ívkisülés nem jöhet létre. Vákuumban az ív keletkezését és fennmaradását az érintkezőkből elpárolgó fémgőzök biztosítják, amihez járul az oltókamrán belül lévő szilárd anyagok felületén esetleg megkötött molekuláris gázzréteg. A vákuumban égő ív lényegében tehát fémgőzív, amelynek viselkedése az áramtól függően változik.

ábrázoltuk. Az oltókamra igen egyszerű felépítésű, könnyen áttekinthető és kevés alkatrészből áll. A különleges technológiai igények okozták, hogy ez az egyszerű konstrukció korábban nem tudott elterjedni. A vákuumtechnika fejlődése azonban ma már biztosítani tudja azokat a technológiai eljárásokat, amelyekkel a megbízható ívoltáshoz szükséges vákuumszint nemcsak a megszakítás idejére biztosítható, hanem még néhány évtizedes tárolás után is megmarad az ívóltókamrában. A 11. ábrán követhető, hogy az érintkező mozgatásához vákuumbiztosan záró csőmembránra is szükség van, valamint meg kell oldani

- Néhány száz A-nél a katodon nagyszámú, mozgékony és nagy áramsűrűségű (kb. 10^6 A/cm²) katódfolt keletkezik. Egy-egy katódfolt az érintkező anyagától függően 100...200 A vezetésére képes. Ennél nagyobb íváram esetén a katódfolt arányos részekre oszlik. Létrejön a katódfoltokból kúpszerűen szétterülő ún. diffúz vákuumív.
- Néhány kA nagyságú áram esetén az ívfeszültség gyakorlatilag teljes egészében a katód előtti vékony zónára esik.
- Az áram további növekedésével a diffúz kisülés az ív saját mágneses terének az irányítására az anód irányában mind jobban fókuszálódik. Az érintkezők között megnő az ívfeszültség, és a kisülés anódesszel is rendelkező, nagy nyomású fémgőzív alakul. Kb. 10 kA körüli íváramnál a katódfoltok hirtelen egy koncentrált talpponttá ugranak össze. Ez a folyamat reverzibilis, és pl. egy 10 kA-es íváram fél periódusán belül mind a háromfajta vákuumív kialakul az áram növekvő és csökkenő szakaszában is.

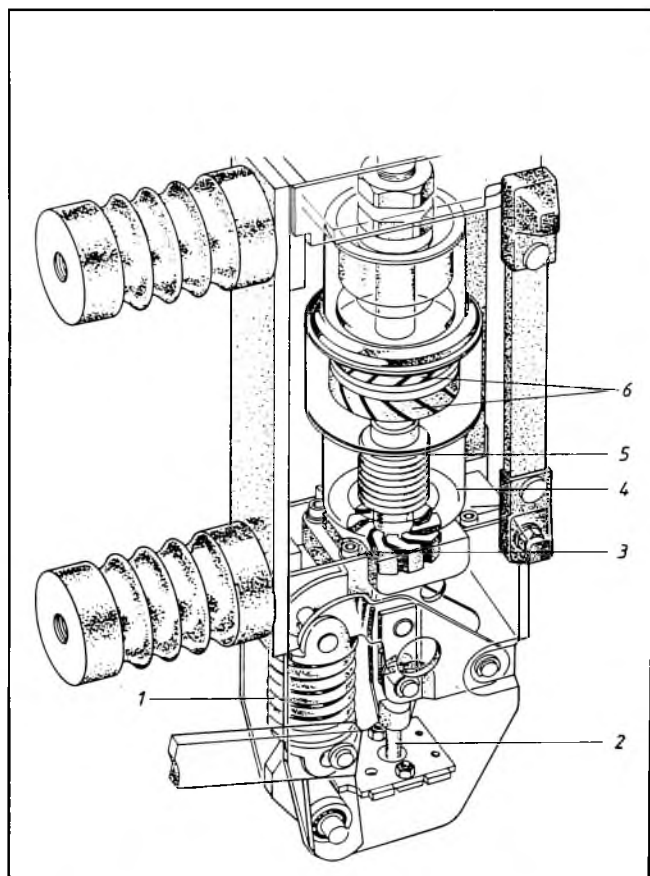
10. ábra. Vákuummegszakító keresztmetszete (Siemens) [6]
1 Állóérintkező; 2 Mozdgóérintkező; 3 Kerámiacső; 4 Működtetőki-lincs; 5 Szigetelőrúd; 6 Érintkezőnyomó rugó

A vákuumív viselkedéséből következően a vákuum-oltókamrában igen egyszerűvé válik az ívoltás, és csak néhány 10 V, esetleg 100 V nagyságrendű ívfeszültséggel kell számolnunk. További előnye a vákuum-oltókamranak, hogy az ív nullaátmenete után az elektródköz visszatérő villamos szilárdsága néhány μ s alatt 40 kV fölé ugrik, és ezt az értéket már néhány mm-es érintkezőtávolsággal biztosítani lehet.



Az ívoltási viszonyokat az elmondottak szerint elsősorban a fémgőzív kialakulását befolyásoló érintkezőanyag határozza meg, ezért más oltókamrákhoz képest az érintkezők anyagának megválasztása még fontosabb tényező.

A 10. ábrán vákuummegszakító keresztmetszetét

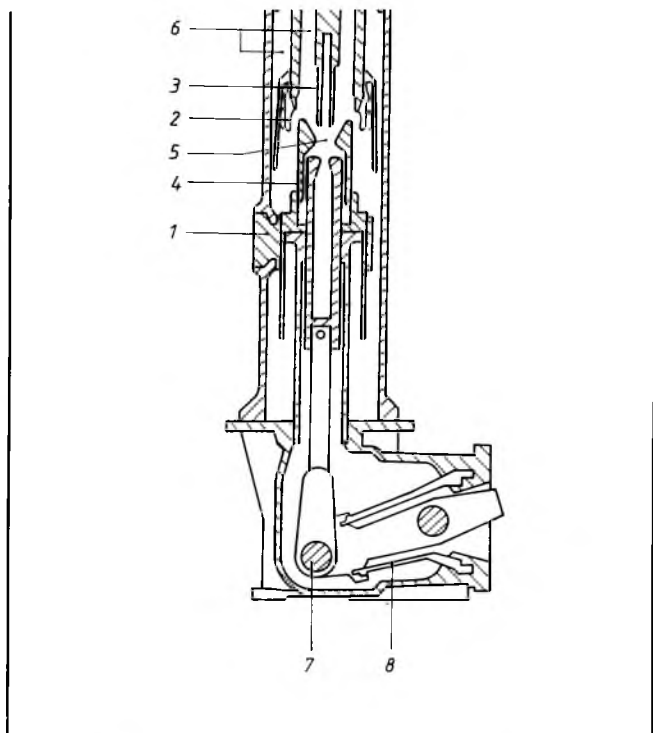
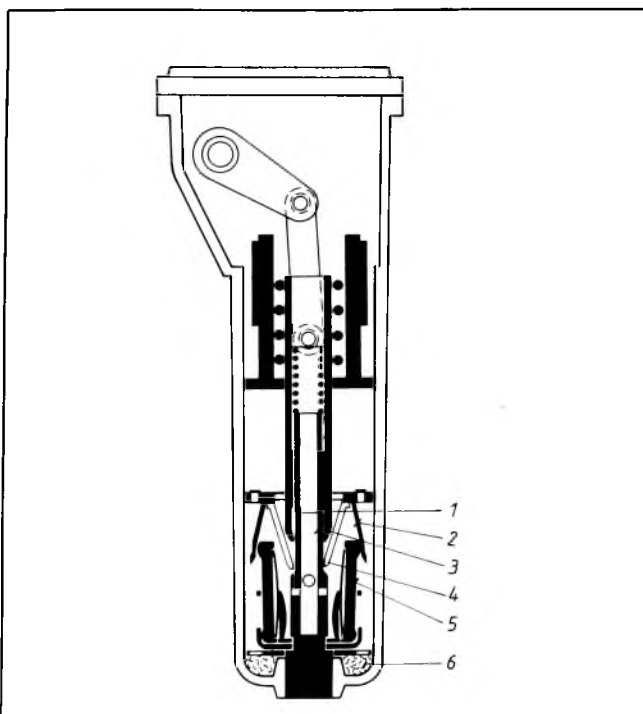


11. ábra. Vákuummegszakító felépítése (AEG Sachsenwerke) [7]

1 Érintkezőrugó; 2 Érintkezőfogyás-jelző; 3 Gyűrűérintkező;
4 Vákuum-oltókamra; 5 Fém csőmembrán; 6 Érintkezők

12. ábra. SF₆ megszakító egy pólusa (Merlin Gerin)

1 Ivhúzó mozgóérintkező; 2 Fő mozgóérintkező; 3 Állóérintkező-cső;
4 Szigetelőcső; 5 Fő állóérintkező; 6 Szűrőbetét



13. ábra. SF₆ megszakító oltókamrájának keresztmetszete (BBC)

1 Csatlakozó; 2 Főérintkező; 3 Ivhúzó állóérintkező;
4 Mozgóérintkező; 5 Fűvörös; 6 Nyomáskiegyenlítő-kamra;
7 Hajtorlód; 8 Tomites

az áramnak a mozgóérintkezőről való megbízható elvezetését.

A vákuum-ívoltókamra jó ívoltási tulajdonságai kezdetben, az első konstrukciós változatok vizsgálata során kedvezőtlen hatásokat is okoztak. Az igen jó ívoltás gyakran eredményezett áramlevágást, vagyis az áram természetes nullaátmenete előtti megszakítást. Ez a jelenség különösen kis induktív áramok megszakításakor, valamint középfeszültségű motorok kapcsolása esetén túlfeszültségeket, ún. kapcsolási túlfeszültségeket okozott. Az érintkezők közötti tér villamos szilárdságának gyors regenerálódása nem tette lehetővé az ív újragyulladását, ezért a kapcsolási túlfeszültségek más áramköri elemekben – általában a tekercselt alkatrészekben – átütést okoztak. Ez ellen más érintkezőanyag választásával lehet védekezni. A vákuumtisztá rézérintkezőket kis olvadáspontú anyagokkal ötvözve még a kis áramok tartományában is biztosítható az a fémgőzmennyiség, ami az ív fenntartásához szükséges volt, hogy meggátolják az áramlevágást. Újabbán igen jó eredményeket értek el az 50-50 %-os króm-réz érintkezőkompozíciókkal.

Az érintkezők alakjának is döntő szerepe van a

megbízható ívöltás szempontjából. Az ívtalppontok gyors mozgására különféle ívelt érintkezőrendszereket dolgoztak ki. Jelenleg a legkorszerűbb megoldás az axiális mágneses teret biztosító érintkezőelrendezés.

A vákuummegszakítók hermetikusan zárt oltókamrája, kis mérete, karbantartást nem igénylő megbízható üzeme és nagy élettartama ideális megoldást nyújt a tokozott kapcsolóberendezésekben való alkalmazáshoz. Az érintkezők max. 20 mm-es nyitási távolsága és a kb. 1 ms-os nyitási idő lehetővé teszi, hogy a működtetőszerkezet egyszerű, kis energiaigényű legyen. Az egyszerű felépítés látszólag olcsó gyártásra utal, azonban az igen igényes gyártástechnológia és egyes alkatrészek vákuumtisztá előállítására csak viszonylag nagy darabszám esetén válik gazdaságossá. A vákuummegszakító-gyárak min. 6000...8000 db/év vákuum-oltókamra gyártását tekintik gazdaságosnak. Ez a szám kismértékben változik a technológiai színvonalától függően.

A vákuummegszakító fő előnye a kis olajterű megszakítóhoz képest az említettek kivül, hogy tízszeres a kapcsolási élettartam, és a konstrukciótól függően a névleges megszakítási áramát általában 20-szor képes biztonsággal megszakítani. Hátránya ennek a megoldásnak, hogy a kapcsolási túlfeszültségek elkerülésére, bizonyos esetekben cinkoxid túlfeszültséglevezetőt kell alkalmazni. A megszakítóra vonatkozó részletes ismertetés és igen alapos irodalomjegyzék [9]-ben található.

A *kénhexafluoridos megszakítók* először nagyfeszültségen terjedtek el, mégpedig kétnyomásos és egynyomásos (dugattyús) rendszerben. A kétnyomásos rendszer külön használja ki az SF₆ gáz kiváló villamos szigetelő tulajdonságát (kb. 3 bar nyomáson) és a nagyobb nyomású, áramló gáz igen kedvező ívöltó képességét (kb. 16 bar nyomáson); az egynyomásos rendszer esetén dugattyúval biztosítják a megbízható és gyors ívöltáshoz szükséges gázáramoltatást. A nagyfeszültségen szerzett kedvező tapasztalatok alapján – elsősorban azoknál a cégeknél, ahol a nagyfeszültségű SF₆-os megszakítók gyártásának már megfelelő hagyományai voltak – az 1970-es évek derekán jelentek meg a sorozatban gyártott közép- és nagyfeszültségű SF₆-os megszakítócsaládok.

A tiszta SF₆ színtelen, szagtalan, nem mérgező és nem gyúlékony gáz. Villamos szilárdsága lényegesen jobb a levegőénél, 1...3 bar nyomáson gyakorlatilag azonos az olajéval. Hővezetési tényezője 1,6-szoros a levegőjének. Előnyös tulajdonsága, hogy az ív nullaátmenete után az ívszatórna villamos szilárdsága néhány μs alatt regenerálódik, így az ívöltás gyorsan bekövetkezik, a nagy meredekségű visszazökő feszültség sem tudja az ívet újragyújtani. Az áram nullaátmenete táján tehát az ívszatórna termikus időállandója rendkívül kicsi (nyugvó gázban néhány tized μs).

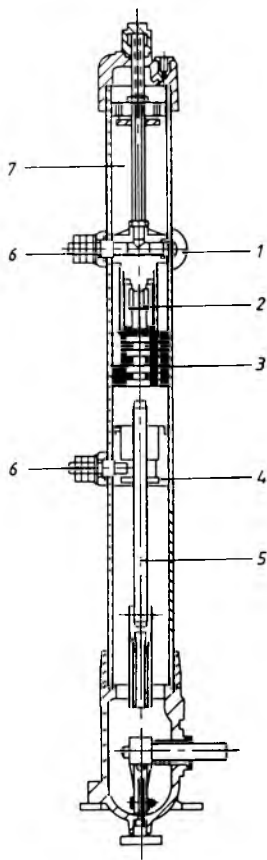
A közép- és nagyfeszültségű megszakítók kisebb megszakítási teljesítménye már a kezdeti szakaszban feleslegessé tette a viszonylag drága, kétnyomásos megoldást. Az egynyomásos dugattyús, vagy más néven autopne-

umatikus megoldás mellett azonban kialakult az ún. „öngerjesztéses” vagy mágneses fűvású megszakító is. Az autopneumatikus szerkezettel ma már a közép- és nagyfeszültségű megszakítókkal szemben támasztott minden igényt ki lehet elégíteni. A 12. ábra szerinti megoldás mutatja, hogy a mozgóérintkezővel együtt mozog egy dugattyúrendszer, amely megszakításkor sűríti az SF₆ gázt. Mikor az ív megjelenik, a komprimált gáz a fűvőkán keresztül nyújtja, hűti, majd eloltja az ívet, és bekerül a nyomáskiegyenlítő kamrába. Lényegében teljesen hasonlóan működik a 13. ábra szerinti kivitel is fordított elrendezésben: itt alul van a mozgóérintkező. A fűvőkák anyaga általában teflon, pontosabban politetrafluoretilén, ami jól ellenáll az SF₆ agresszív bomlástermékeinek, ugyanakkor gázképző hatása segíti az ívöltást.

A mágneses fűvású kénhexafluoridos megszakítóban az érintkezők szétválásakor az ívhúzó érintkező beiktat a főáramkörbe egy ívforgató tekercset. A mágnesetekercs – körbeforgatva az ívet – hűti az ívtalppontokat, ugyanakkor az ív mozog a gáztérben, ezáltal ugyanazt a hatást éri el, mintha az SF₆ gázt áramoltatnánk az íven keresztül. Ezt a megoldást általában a kisebb névleges áramerősségű tartományban használják (1250, esetleg 1600 A).

Az SF₆ gázos közép- és nagyfeszültségű megszakítók kétségtelenül megbízhatóbb és korszerűbb megoldást adnak, mint a gyakori karbantartást igénylő, kis olajterű típusok. Hasonlóan a vákuummegszakítókhoz, a kénhexafluoridos megszakítók is nagy mechanikai és villamos élettartammal rendelkeznek, névleges megszakítókéességüket általában 10...20-szor képesek ki- és visszakapcsolni karbantartás igénye nélkül; viszonylag kis méretűek és teljesen zárt ívöltórendszerük miatt igen előnyösek tokozott kapcsolóberendezésekben való alkalmazásra, nem szennyezik a környezetet, és jóformán zajtalanul működnek. Hátrányuk, hogy a működtetéshez szükséges hajtás energiaigénye kb. megegyezik a kis olajterű megszakítókéval, vagyis jelentősen nagyobb, mint a vákuummegszakítóké. A kb. 150 °C-ig kémiaiilag közömbös SF₆ gázból az ívhő hatására különböző agresszív fluorszármazékok keletkezhetnek, különösen, ha nedvesség kerül a rendszerbe. Érzékeny az oltókamra a tömítési rendellenességekre, és az esetleg szükségessé váló karbantartás (pl. gázcsere) viszonylag bonyolult művelet.

A *kis olajterű megszakítók* ma már hagyományos megoldásúaknak tekinthetők. A korszerűbb vákuum- és SF₆-os megszakítóknál nagyobb méretűek. Karbantartásigényesek és ívöltáskor szennyező melléktermékek juthatnak a környezetbe, ami ívelő gyűjtőszinzárlathoz is vezethet. Tudunk kel azonban, hogy évtizedek alatt igen elterjedtek szerte a világban. Sokat fejlődött az oltókamrák kialakítása (kereszt- és hosszfűvású kamrák kombinációi). Csak példaként mutatunk be a 14. ábrán egy ma is korszerű megoldást. A kis olajterű megszakítók – viszonylagos olcsóságuk következtében, amelyhez még a megszokás is társul – sok energiaszolgáltató cégnél még ma is elsőbbséget élveznek.



14. ábra. Kis olajterű megszakító egy pólusa (SACE)
 1 Olajsztíntelző; 2 Állóérintkező; 3 Ívöltő kamra; 4 Gyűrűérintkező;
 5 Mozcóérintkező; 6 Csatlakozók; 7 Tágulótartály

3. Következtetések

A nemzetközi fejlődés tükrében megállapíthatjuk, hogy helyes és megalapozott volt az a döntés, miszerint a közepesfeszültségű villamosenergia-elosztást és a kapcsolóberendezések fejlesztését külföldi licenciára alapozott, hazai gyártású vákuummegszakító-családra akartuk építeni. Bár a döntés lassan született, gyors gyártásbevezetéssel még piacon lehetett volna maradni. Elértük azonban, hogy közepesfeszültségű kapcsolókészülékeink és mérőváltóink már nem teszik lehetővé nemzetközi szintű kapcsolóberendezés gyártását, sőt gondot okoz a hazai igények kielégítése is. Régi kis olajterű megszakítóink sem mennyiségben, sem minő-

ségben nem elégítik ki az igényeket, viszont exportlehetőségünk és fejlődésünk alapfeltétele, a vákuummegszakítók hazai gyártása egyre messzebbre tolódik.

Úgy gondoljuk, hogy mind a hazai, mind a külföldi piac igényei szempontjából e téren még rendelkezünk némi lehetőséggel, ha nem késlekedünk tovább:

- Rendbe kell hoznunk a kis olajterű megszakítók gyártását.
- Meg kell teremteni a vákuummegszakító hazai előállítását legalább három alaptípusra; első lépésként jó külföldi oltókamrával, elsősorban a kapcsolóberendezés-export fokozása érdekében.
- Át kell tekintenünk országos szinten a használatos közepesfeszültségű kapcsolókészülékek és mérőváltók teljes skáláját, és ki kell választani az itthon gyárthatókat, valamint meg kell határozni az importszükségletet.
- Stratégiát kell kidolgozni kapcsolóberendezések (tokozott berendezések) fejlesztésére mind a kombinált szigetelési, mind az SF₆ szigetelési rendszerre vonatkozóan; figyelemmel a szekunder rész mikroprocesszoros kialakítására.
- Folyamatos piackutatást kell folytatnunk az állandóan fejlődő igények naprakész ismerete érdekében.

Az egész feladatkör megvalósítása ma már csak külföldi vállalattal (esetleg vállalatokkal) közösen képzelhető el mind műszaki, mind gazdasági vonatkozásban.

Irodalom

- [1] Ahki, R.–Hondo, K.–Masaki, N.–Ishihara, T.: Toshiba Medium-Voltage Switchgear in the World Market. Toshiba Review No. 136., 1981.
- [2] Kammerer, W.–Lüllwitz, G.: Switchpanels Incorporating with drawable 3AF Vacuum Circuit-Breakers. Siemens Power Engineering V (1983) No. 3, p. 124.
- [3] IEC 298: A. C. metal-enclosed switchgear and controlgear for rated voltages above 1 kV and up to and including 72.5 kV.
- [4] MSZ 1570: Nagyfeszültségű, fémtokozott kapcsolóberendezések. Általános műszaki követelmények és vizsgálatok.
- [5] Merlin Gerin katalógus (AC 41/1E).
- [6] Fink, H.–Kohler, H.: Vakuumleistungsschalter für Mittelspannung. Siemes Zeitschrift. 51. k. 4. sz.- 1977. p. 278–284.
- [7] Schaltprinzipien der Mittelspannungs – Leistungsschalter Ölarm – Vakuum – SF₆. Karl Stegmüller. ALG-Sachsenwerk. (Különlenyomat)
- [8] Menon, G.: Közepesfeszültségű megszakítók. Merlin Gerin. Budapest, 1988. nov. 1. (Előadás)
- [9] Thomas, E.–Browne, Jr.: Circuit Interruption. Marcel Dekker, Inc. New York and Basel, 1984.
- [10] Dr. Néveri István (főszerkesztő): Villamos kapcsolókészülékek. Kézikönyv. Műszaki Könyvkiadó. Budapest, 1984.

Veszélyes hulladékok ártalmatlanítása plazmatechnikai úton

BÓDAY OTTÓ-DR. KRAJCSOVICS FERENC-PÓCSY FERENC

ÖSSZEFOGLALÁS

Beszámolunk a nagy klórtartalmú, szerves hulladékok ártalmatlanítására vonatkozó kísérleti eredményeinkről. Ismertetjük a teljes technológiai folyamatot és a berendezések üzemeltetési tapasztalatait. Közöljük a kísérletek során végzett vizsgálataink eredményét, a technológia jellemzőit, ill. a legfontosabb analitikai adatokat. Tájékoztatást adunk a más típusú veszélyes hulladékok feldolgozásával kapcsolatos előkísérleteinkről és terveinkről.

UNSCHÄDLICHMACHUNG VON GEFÄHRLICHEN ABFALLSTOFFEN DURCH ANWENDUNG DER PLASMA-TECHNIK

OTTÓ BÓDAY-DR. FERENC KRAJCSOVICS-FERENC PÓCSY

Zusammenfassung

Bericht über unsere Versuchsergebnisse bezüglich der Unschädlichmachung von Organischen Abfällen mit hohem Chlorgehalt. Beschreibung des vollen technologischen Prozesses und der Betriebserfahrungen mit den Anlagen. Mitgeteilt werden die während der Versuche gewonnenen Prüfergebnisse, die Charakteristiken der Technologie bzw. die wichtigsten analytischen Daten. Information über unsere Vorversuche und Pläne in Verbindung mit der Verarbeitung von gefährlichen Abfällen anderer Typen.

MAKING DANGEROUS WASTES HARMLESS BY EMPLOYING PLASMA TECHNIQUE

OTTÓ BÓDAY-DR. FERENC KRAJCSOVICS-FERENC PÓCSY

Summary

An account is given of results of experiments on how to make dangerous organic wastes with a high content of chlorine harmless. The whole technological procedure and also experiences about the equipment gained during operation are described. Results of tests effected in the course of experiments, parameters of the technology and the most important analytical data are given. Information is supplied on preliminary experiments and projects linked with dangerous wastes of other type.

ЛИКВИДАЦИЯ ВРЕДНЫХ ОТХОДОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПЛАЗМЕННОЙ ТЕХНИКИ

ОТТО БОЛАЙ-Д.Р. ФЕРЕНЦ КРАЙЧОВИЧ-ФЕРЕНЦ ПОЧИ

Резюме

Излагаются результаты опытов по ликвидации органических отходов с высоким содержанием хлора. Описываются полный технологический процесс и опыты по эксплуатации оборудования. Сообщаются результаты испытаний проведенных экспери-

ментов, характеристики технологии, а также важнейшие аналитические данные. Дается информация о предварительных опытах и планах по ликвидации вредных отходов других типов.

1. Bevezetés

Intézetünk plazmatechnikai és plazmatechnológiai osztálya közel 18 éve foglalkozik különféle plazmatechnológiák kifejlesztésével és az ezekhez a technológiákhoz legcélszerűbben alkalmazható plazmagenerátorok és tápegységrendszerek tervezésével, kivitelezésével. A plazmatechnika alkalmazási területei kiterjednek mindazon ipari igények kielégítésére, amelyeknél a plazma koncentált energiataralma – az igényes műszaki és gazdasági követelmények érvényesülése mellett, a plazmatechnika újszerű lehetőségeit felhasználva – mint korszerű, kevés előmunkát igénylő technológiai megoldás értékesíthető.

A technológiai célú kutatási területeink közül a nagy klórtartalmú, veszélyes, szerves hulladékok ártalmatlanításával kapcsolatos munkánkat szeretnénk a következőkben ismertetni.

Mint ismeretes, a hulladékok egy része hagyományos technológiai módszerekkel (elégetéssel) ártalmatlanítható. A Központi Statisztikai Hivatal „A környezet állapota és védelme” című, 1986-os kiadványában megállapítja, hogy a veszélyes hulladékok nagy részének környezetvédelmi szempontból megfelelő ártalmatlanítása és elhelyezése megoldatlan. Évi 300 000 t-ra becsülik azt a hulladékmennyiséget, amelynek ártalmatlanítása – fokozott veszélyessége miatt – különleges eljárásokat igényel. Ilyen veszélyes hulladékoknak tekinthetők pl. a nagy klórtartalmú vegyi hulladékok is. Ezekben az esetekben a biztonságos tárolás feltételeit kell megvalósítani, amely az évek múlásával egyre nagyobb feladatot és csak átmeneti megoldást jelent.

A probléma egyik megoldása a nagyteljesítményű plazma alkalmazásával történő ártalmatlanítás lehet. Általában a plazmatechnológiák alkalmazásának döntő fontosságú tényezője a nagy hőmérséklet és a nagy energiasűrűség. További kedvező tulajdonságai (a teljesség igénye nélkül):

- Zárt technológiai rendszerben alkalmazható, felügyelete és kiszolgálása kevés élőmunkát igényel.
- A plazmaberendezések fajlagosan kis helyigényűek, a fizikai-kémiai folyamatok a plazmahőmérsékleten (2000...15 000 K) gyorsabban játszódhatnak le, mint hagyományos körülmények között.
- A nagy hőmérsékletű reakcióter létrehozásához a berendezés szénhidrogén alapú tüzelőanyagok helyett kis fűtőértékű szénből előállított villamos energiát használ fel.
- Kis tömege miatt könnyen és gyorsan leállítható és újraindítható.

A veszélyes vegyi hulladékok plazmatechnika alkalmazásával történő megsemmisítését azon felismerés alapján kezdtük el, miszerint a plazma segítségével kialakított nagy energiasűrűségű, nagy hőmérsékletű térben az anyagok atomjaikra esnek szét. Az így keletkezett elegy hűlése során – oxidálóközeg, célszerűen levegő hozzávezetésével – a reakciók úgy irányíthatók, hogy a rendszert környezetre ártalmatlan, stabil végtermékek vagy klasszikus kémiai-technológiai módszerekkel könnyen közömbösíthető anyagok hagyják el.

A veszélyes vegyi hulladékok plazmatechnikai ártalmatlanításának, a másfajta égetéses módszerekkel szemben további előnyei vannak:

- a hulladékok ártalmatlanítási hatásfoka közel 100 %;
- bármilyen nehezen „éghető” anyag ártalmatlanítható, azaz stabil, környezetre nem ártalmas végtermékké alakítható;
- üzemeltetése csak villamos energiát igényel;
- a technológiához különleges katalizátoranyagokra nincs szükség;
- esetenként a végtermék egy része értékesíthető.

1987-ben az Ipari Minisztérium és az Országos Környezet- és Természetvédelmi Hivatal megbízásából megterveztük és kivitelezte a fluid állapotú szerves vegyi hulladékok, elsősorban nagy halogéntartalmú szénhidrogének ártalmatlanítását megvalósító kísérleti plazmatechnológiai berendezést.

A kísérleti berendezés üzemeltetése során tisztázni kellett

- a technológiai részegységek megbízható működését,
- a célul kitűzött 10 t/év kapacitás elérésének feltételeit,
- a veszélyes hulladék bontásának, valamint a keletkező termék-gázok közömbösítésének hatékonyságát, valamint,
- a kísérleti tapasztalatok alapján elkészítendő ipari technológiai berendezés tervezési szempontjait.

E feladatok megvalósítása érdekében együttműködünk a Vegyi- és Robbanóanyagipari Felügylettel, a Szellőző Művekkel, a Veszprémi Vegyipari Egyetem Szervetlen Kémiai Technológiai Intézetével és az Eötvös Loránd Tudományegyetem Általános és Szervetlen Kémiai Tanszékével.

2. A kísérleti berendezés felépítése

A következőkben a hulladékkezelő berendezés működési elvét és a rendszer elemeinek kapcsolatát, ill. funkcióját ismertetjük vázlatosan az 1. ábra alapján. A berendezéssel megvalósított eljárásban – a hagyományos égetéssel ellentétben – két lépésben történik a fluid állapotú, szerves vegyi hulladékok ártalmatlanítása:

a) Termikus bontás nagy hőmérsékleten

Első lépésként a hulladékanyagot plazmatechnikai módszerrel olyan nagy hőmérsékletre hevítjük, amelyen a molekulákat összetartó kémiai kötések gyakorlatilag 100 % biztonsággal felbomlanak. (Az alkalmazott hőmérséklet több ezer °C-kal túllépheti a kémiai reakciókkal megvalósítható hőmérsékletet.)

b) Oxidáció. A végterméket alkotó vegyületek előállítása

Második lépésként a hulladékanyag részben ionizált atomjainak keverékét tartalmazó plazmafákllyát plazmareaktorba vezetjük, ahol oxigénfelesleget valósítunk meg. Az atomok egy része a maximális oxidációs fokon lép ki a reaktorból (CO₂, H₂O). A lehűtött gázokat a környezetbe nem bocsátható komponensek (Cl₂, HCl) megkötése céljából vegyi közömbösítő rendszeren át vezetjük kéménybe.

Amint a tömbvázlaton (1. ábra) látható, a berendezés fő egységei a következők:

- adagolóegység,
- plazmaberendezés (plazmagenerátor, villamos tápegység, vezérlőegység, gáztápegység és hűtővíztápegység),
- plazmareaktor,
- vegyi közömbösítő rendszer (vizes hűtő-mosó egység, lúgos mosó),
- külső, analitikai műszerek.

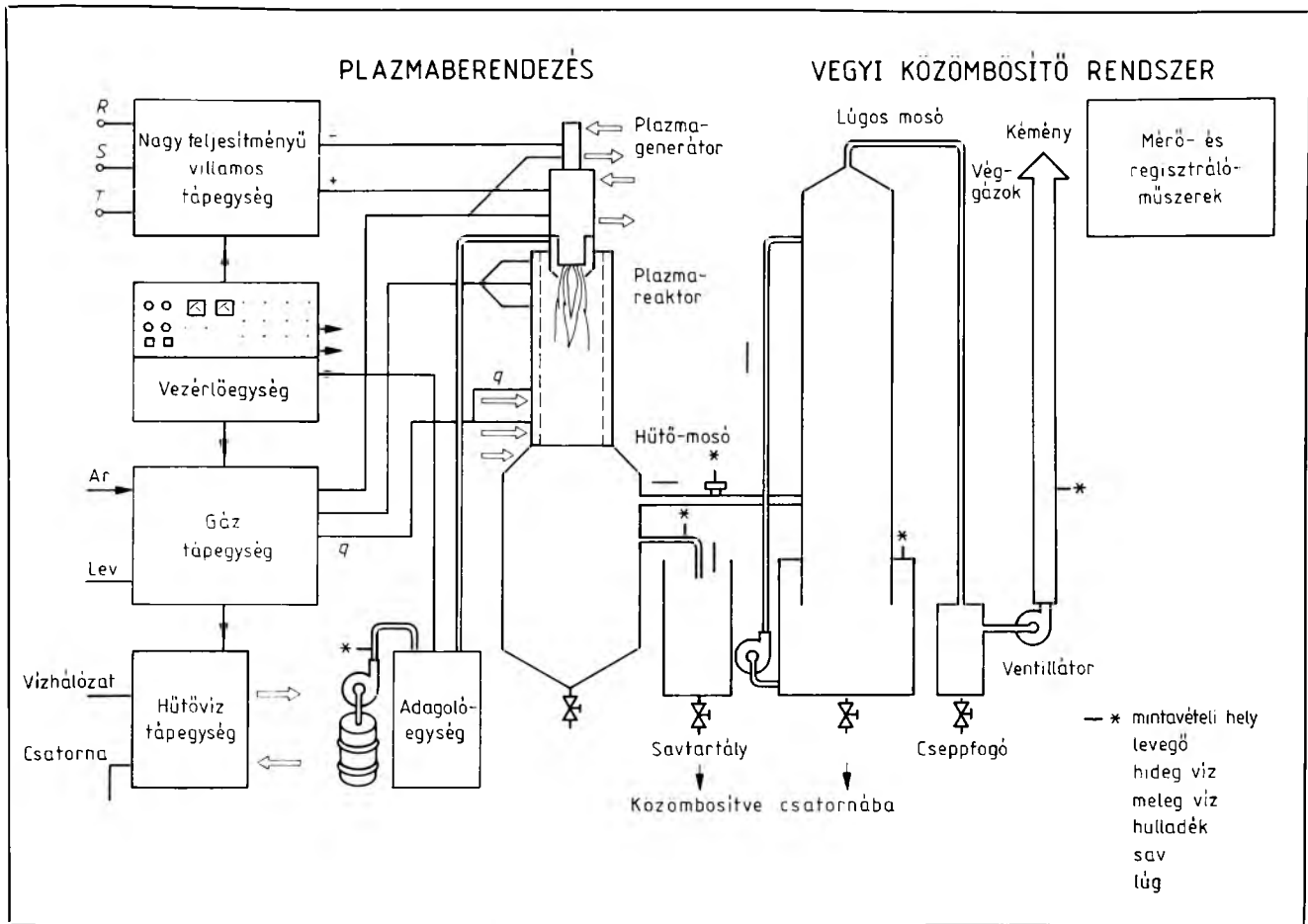
A plazmagenerátor a gáztápegység által szolgáltatott levegő villamos ívkisüléssel végzett hevítésével plazmafákllyát állít elő. A villamos ívet a nagyteljesítményű villamos tápegység tartja fenn. A hűtővíztápegység a plazmagenerátort nyomott hideg vízzel látja el az elektródok termikus védelme céljából.

Az adagolóegység a plazmareaktorba vezetett plazmafákllyába juttatja a folyékony hulladékot, amely az oxigénfelesleg melletti termikus bomlás és oxidáció után a hűtő-mosó egységbe lép. (A reaktor alsó szakaszán már megkezdődik a forró közeg hűtése hideg levegő- és vízbefecskendezés segítségével.)

A hűtő-mosó egységből 100 °C-nál kisebb hőmérsékletű gázok lépnek a lúgos mosóba. A klór egy része a hűtővízbe kerül, a hig sósav savtartályban gyűlik össze. A lúgos mosóból távozó gázok (CO₂, N₂, O₂, H₂O) cseppfogón és elszívóventilátoron át jutnak a kéménybe.

A vezérlőegység a részegységek működését hangolja össze kézi- ill. automatikus beavatkozással.

A berendezés részegységeibe épített mérő- és regisztrálóműszerek mellett külső műszereket is csatlakoz-



I. ábra. A hulladékkezelő berendezés működési elve

tattunk, elsősorban a technológiai folyamatban résztvevő anyagok összetételének elemzésére.

A kivitelezett berendezés távlati képe a 2. ábrán látható. A zárt, alsó konténerben (tápegységtér) a villamos tápegység és a plazmagenerátor hűtővíz-tápegysége van elhelyezve. A felső konténer-kezelőtér, ahova a gáztápegységet is tartalmazó műszerfalat és a kézi beavatkozószerkezetet, jelzőlámpákat stb. tartalmazó vezérlőpultot építettük be. A többi részegység szabadban, egy nyitott konténervázon van rögzítve.

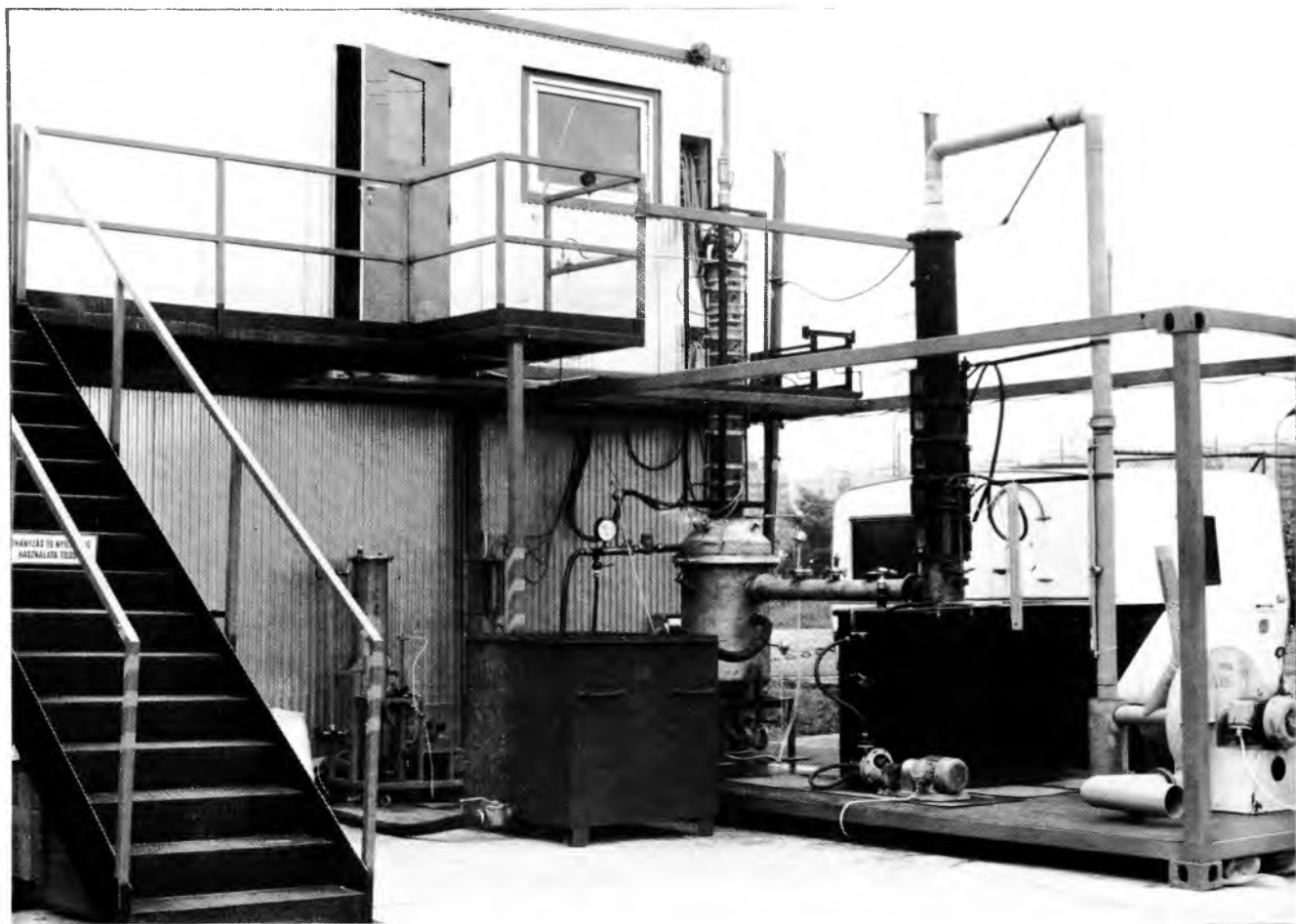
Az adagolóegység feladata a folyékony szerves vegyi hulladék adagolása a plazmagenerátor adagoló-szerelvényébe. Fő elemei a hulladéktartály és a kéthengeres, állítható lökethosszú adagolószivattyú. A hulladék szűrőbetéttel ellátott töltőszerelvényen át kerül a tartályba, és a tartály aljához csatlakozó szívóvezetéken, az adagolószivattyún és a nyomóvezetéken át jut a plazmagenerátorba. A szállítható folyadékmennyiség 0...36 l/h. Az adagolórendszerbe épített golyóscsapok és oldható záródugók többféle üzemmódot tesznek lehetővé:

- a két adagolófej párhuzamosan és függetlenül is működtethető;
- a tartály, ill. a nyomóvezeték üríthető;
- a szívóvezetéken külső edényből adagolt, másfajta anyag, pl. mosófolyadék adagolására is át lehet térni;

- a nyomóvezetéknek a plazmagenerátor szintjén kialakított beágazásán az adagolt folyadék visszavezethető.

A nagyteljesítményű levegőplazma előállítására a 3. ábrán látható plazmagenerátort fejlesztettük ki. A plazmagenerátor rézelektrodjai víz-hűtésűek. Az osztott fűvóka (anód) és a katódhenger lebegő potenciálú (elszigetelt) semleges gyűrűk vannak beépítve. A katód terét szintén lebegő potenciálú hűtött rézbetét határolja. A katód- és anódtalppont mozgását és az ivoszlop stabilizációját a generátor tengelyében gázdinamikai úton, tangenciális levegő bevezetésével érjük el. A katódtalppont tengelyirányú pozícióját a katódhengerben a $K1$ (palástmenti) és $K2$ (tengely irányú) gázbevezetés mértéke határozza meg. A semleges gyűrűk közötti $N1...N4$ gázbevezetések feladata az ivoszlop stabilizációjának biztosítása nagy ívhossz esetén is, és a forró zóna távol tartása a falfelülettől a megfelelő élettartam és a jó hatásfok érdekében. Az ívhossz – és így az ívfeszültség is – a katódegység hosszanti mozgásával üzem közben is változtatható. A plazmajellemzőket széles tartományban lehet szabályozni, mivel három beavatkozási lehetőség áll rendelkezésre: az áram erősségének, a gázmennyiségnek, a katód-fűvóka távolságnak a változtatása.

A folyékony hulladék bevezetésére két lehetőséget alakítottunk ki:



2. ábra. Kísérleti berendezés

- a folyadék rávezetése a szabad plazmafáklyára a 90° -os kúpszöget alkotó adagolófuratokon (A);
- a folyadék bevezetése a két fűvókaszakasz osztásánál, hasonló módon (B).

A katód- és a fűvókarendszert a hűtővíztömlőkben elhelyezett rézkábelekkel csatlakoztattuk a villamos tápegységhez.

A plazmagenerátort a következő fő paraméterek figyelembevételével terveztük:

íváram	80...200 A;
ívfeszültség	800 V;
ívteljesítmény	150 kW;
összes levegőmennyiség	15...170 Nm ³ /h;
hűtővíz mennyiség	2,5 m ³ /h.

A plazmagenerátort nagyfeszültségű, nagyteljesítményű tápegység látja el villamos energiával. A tápegységgel szemben támasztott legfontosabb követelmény az, hogy a hálózati feszültségingadozástól és az ivellenállás változásától függetlenül a plazmaáram középértéke állandó legyen.

A villamos tápegység fő részei: hálózati transzformátor, áramirányító, egyenáramú simítófojtó, vezérlőegység, gáztápegység, hűtővíz-tápegység.

A plazmareaktorban játszódnak le azok a vegyi folyamatok, amelyek a plazmaképző gáz (levegő) és a plazmába adagolt vegyi hulladékokból képződő, gáz

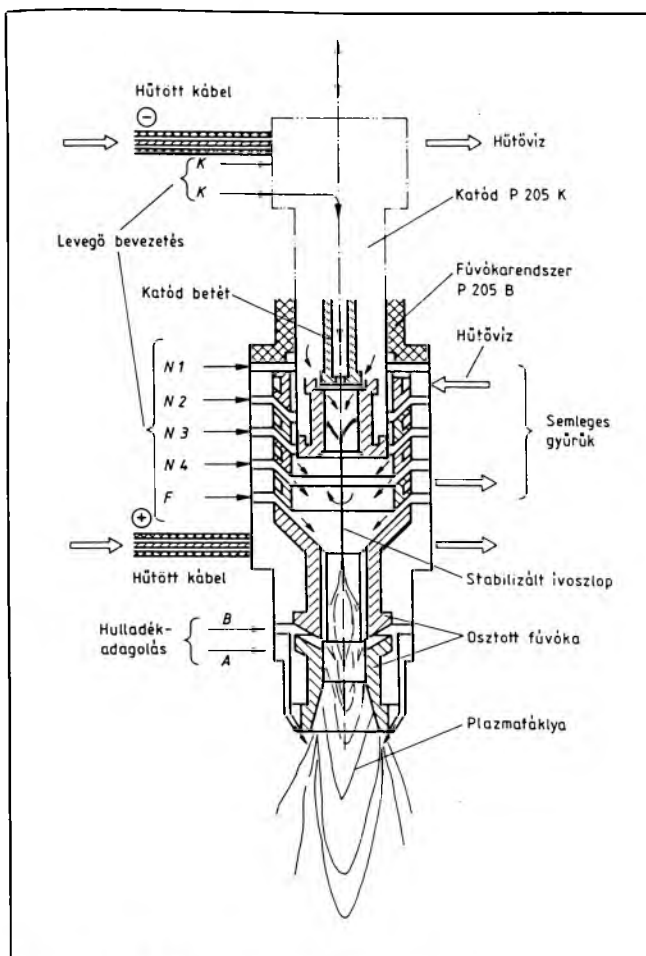
halmazállapotú reagensek (C, H, Cl stb.), továbbá a reaktor különböző pontjain beadagolt gázok között létrejön. A plazmareaktor felépítését tekintve, különböző hosszúságú, rozsdamentes acél csődarabokból, a csődarabokat egymáshoz kapcsoló gyűrűkből és a reaktor belését alkotó hőszigetelő anyagból áll. Mind-egyik csődarab úgy van kialakítva, hogy a csőfal belső felülete és a hőszigetelő bélés közötti térbe gázt lehet bevezetni, a reaktorbelés hűtése, ill. a bevitt reagáló gázkomponens mennyiségének növelése céljából. Az összefogó gyűrűk lehetnek:

- egyszerű toldógyűrűk,
- mérőhely céljára kialakított gyűrűk és
- a gyors hűtés céljára szolgáló, ún. „quench” gyűrűk.

A mérőműhely céljára kialakított gyűrűkön egymással szemben furatok vannak. Ezeknél egyik oldalról hőelemet csatlakoztattunk a reaktorhoz, a másik oldalról optikai megfigyelő toldatát helyeztük el. Így megfigyelhető a hőszigetelő bélés izzása, továbbá az égés lefolyása a hulladék betáplálásakor.

Mindhárom gyűrűtípus csatlakozási méretei és tömítési rendszere egyforma, így a gyűrűk tetszés szerinti magasságokban elhelyezhetők és egymással cserélhetők. Ezáltal a reaktor a különböző célú kísérletek számára változtatható felépítésűvé válik, amely a használhatóság mértékét növeli.

A plazmagenerátornál elhelyezett első reaktorgyűrű-



3. ábra. A plazmagenerátor felépítése

rűben a hőszigetelő bélés csonkakúp alakú. A bélés és a csőfal közé levegőt fűvünk tangenciális irányban. A levegő egy része átáramlik a pórusos kerámiabélésen, többi tangenciális forgatással keresztüláramlik a plazmagenerátor és a csonkakúp körüli résen, ezáltal hűti a plazmagenerátort és a reaktor bélését. A kísérletek során még két helyen vittünk be „pótlevegőt” a reaktorba, a reaktorfalat védő pórusos kerámiabélésen keresztül. A pótlevegőt a cső belsejéhez ponthegesztéssel felerősített gázelosztó lemez egyenletesen elosztja.

A reaktortestet egy acélkeretbe szereljük össze. Az acélkeret alsó tartólemezének kivágása, ill. a reaktor fedőlemeze a toldógyűrűk méretéhez illeszkedik, tehát a reaktor felépítése bármilyen típusú toldógyűrűvel kezdhető, ill. befejezhető (lezárható). A reaktorelemeket négy menetes rúd szorítja össze, a keretre négy kerék van felszerelve, amelynek segítségével a reaktor a hűtőmosó tetejéről elgördíthető.

A plazmareaktorból kilépő $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ fölötti hőmérsékletű gázok először a vizes hűtő-mosó egységbe kerülnek. A kísérletek során felhasznált etalon- és hulladékanyagokból keletkező termékgázok Cl_2 , HCl , CO_2 , H_2O és NO_x molekulákból állnak. A hűtő-mosó rendszer belső szerkezetét úgy alakítottuk ki, hogy biztosítható legyen az $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ -nál nagyobb mértékű hűtés hatékonysága.

A forró gázelegy hőmérséklet-csökkentését először a reaktor utolsó szakaszába épített „quench” gyűrűkkel kezdtük meg, amelyek a meredek hőmérséklet-csökkenés megvalósításával egyidejűleg meggátolják a termékgázoknak a környezetre ártalmas molekulák-ká történő esetleges szerveződését.

A 600 mm átmérőjű, hengeres falú, kúpos fedél- és fenékrésszel ellátott hűtő-mosó készüléket igen intenzíven kel hűteni a már nagy hőmérsékletű gázok hő- és vegyi károsító hatása miatt, ezért a kúpos fedelet kettős falú, hűtött köpenyes egységként alakítottuk ki. A belső falon elhelyezett apró fűvókákon finom elosztásban lép be a készülék belső terébe a hűtővíz. A víz-gáz elegy jobb keveredése céljából egy belső keverőelemet helyeztünk el. A vízzel jól keveredett gáz továbbhaladva beleütközik a készülék alsó részében levő mosófolyadékba, majd a vízbe benyúló terelőhangort megkerülve, azon átbuborékolva, elhagyja a hűtő-mosót, és a gázvezető csövön a lúgos mosóba lép be. A hűtővíz a készülék alján lévő nyíláson át elzárószerevényen keresztül távozik a folyadéktároló – esetleg mosófolyadék-közömbösítő – tartályba, ahonnan a csatornába távozik. A gáz hűtésére szolgáló víz a plazmareaktor alsó szektorába fűvókán át lép be a hűtő-mosóba belépő hűtővízzel egyidejűleg, amely vagy közvetlenül a hálózathoz jöhet, vagy egy saválló, recirkulációs szivattyúval a közömbösítőtartályból nyerhető. A hűtőben lévő folyadékszintet a köpenyre szerelt kazánszintjelző mutatja. A felhasznált víz mennyiségét két vízóra méri. A készülékbe belépő és kilépő gáz hőmérséklete ellenállás-hőmérővel, a mosófolyadék hőmérséklete higanyos hőmérővel mérhető.

A hűtő-mosó egységből az átvezetőcsövön jut a már jelentős mértékben lehűtött és részben átmosott gáz a 250 mm belső átmérőjű és $150\text{...}350\text{ m}^3/\text{h}$ gáz tisztítására is alkalmas, tányéros lúgos mosóba. A készülék belső fala és a tányérok poliészterbevonattal vannak ellátva. A négy perforált tányér 21% szabad felületű. A mosóoldatot szivattyú szállítja a torony legfelső tányérja felé, ahonnan lefelé haladva ellenáldiagramban találkozik a tisztítandó gázzal a tányérok, majd visszakerül a tartályba. A mosófolyadék mennyiségét bypass szabályozza, mérésére rotaméter szolgál. A gáz megfelelő mértékű tisztítása után a készülék tetején elhelyezett cseppfogón keresztül távozik a készülékből. A szívást ventilátor biztosítja. Az elszívott légmennyiséget a mosó és a ventilátor közé helyezett mérőperemmel, a tányérokra bekövetkező nyomásvesztéséget, valamint a rendszer szívását U csöves manométerrel mértük.

A tányéros mosóba belépő gáz, valamint az egyes tányérok feletti gáz, ill. a kialakult hab hőmérsékletének mérésére higanyos hőmérőket használtunk. Így a kísérletek során minden olyan adat mérése lehetséges volt, amelyek a munka folytatásához szükséges számításokhoz és a tervezéshez alapul szolgálnak. Lehetőség van arra, hogy a lúgos mosó mosófolyadékával a hűtő-mosó vizét semlegesítve juttassuk a csatornába a mosófolyadékot, a megfelelő ülepités után.

3. A kísérletek eredménye

A kísérleti munkák első lépcsőjeként a hulladékártalmatlanító berendezés részegységeinek funkcionálását külön-külön ellenőriztük, majd a teljes technológiai rendszert összeépítettük és üzembe helyeztük. A kísérleti üzemeltetés során elvégeztük a szükséges analitikai méréseket is. A technológiai folyamat bemenő, közbenső és végtermékeinek mennyiségi és minőségi vizsgálatát a következők szerint oldottuk meg:

- Az adagolt hulladék elemzése gázkromatográffal történt. A klórtartalom megállapítására független ellenőrző mérések is szolgáltak.
- A termék-gázok szervesanyag-tartalmának meghatározására lángionizációs detektorral felszerelt folyamatos üzemű regisztrálóműszert alkalmaztunk.
- A termék-gázok NO_x tartalmának mérésére kemilumineszcenciás elven működő regisztrálóműszer szolgált.
- A termék-gázok összes klórtartalmának meghatározása a gázminta nátriumhidroxidos elnyelésével és ezüstnitrátos csapadékos titrálással történt.

A kísérletekhez az etalonanyagokon (benzol, monoklorbenzol, dikloretán) kívül háromfajta hulladékot választottunk ki. Ezek közül kettő az EGIS Gyógyszervegyészeti Gyár gyártástechnológiájából származó monoklorbenzol tartalmú szerves oldószerkeverék 14 %, ill. 14,3 % klórtartalommal; a harmadik a Budapesti Vegyi Művek tetraklór-benzol gyártásának mellékterméke volt 50,9 % klórtartalommal.

A kísérletek eredményei alapján megállapítható volt, hogy a kísérleti berendezés kapacitása meghaladta a célul kitűzött 10 t/év értéket. A nagy klórtartalmú hulladéktípust 12,6 kg/h termelékenységgel ártalmatlanítottuk, 60 kW plazmateljesítmény mellett. A fajlagos energiafelhasználás értéke 4,76 kWh/kg, ami a berendezés továbbfejlesztésével (hőszigetelés, hulladék hő hasznosítása stb.) kb. 2 kWh/kg értékre csökkenthető.

Méréseink szerint a kísérleti berendezés által kibocsátott szennyezőkomponensek mennyiségének legkedvezőtlenebb értékei is alatta maradtak a környezetvédelmi szabványok által megengedett határértékeknek az alábbiak szerint:

szerves anyag	0,017 kg/h;
megengedhető határérték	0,10 kg/h;
NO_x	0,7 kg/h;
megengedhető határérték	2,01 kg/h;
klór	0,012 kg/h;
megengedhető határérték	0,03 kg/h.

4. Az eredmények hasznosítása

Az ismertetett kísérletek tapasztalatainak felhasználásával a veszélyes hulladékok plazmatechnikával történő ártalmatlanításának elterjesztését a következő program szerint valósítjuk meg.

A kísérleti berendezés üzemeltetése során szerzett információk alapján megtervezünk, kivitelezünk és üzembe helyezünk egy kb. 10 t/év kapacitású mobil referenciaberendezést, amelynek folyamatos üzemeltetésével megszerezhető az ipari tapasztalatok és amelyen végrehajthatók esetleges módosítások. A referenciaberendezés megépítésével egyidejűleg megteremthetők a sorozatgyártás feltételei is. Az ipari megvalósításhoz szükséges változtatások főbb szempontjai: a gazdaságos üzemeltetés érdekében gondoskodni kell a hulladék hő hasznosításáról, egy víztakarékos mosórendszer kidolgozásáról, valamint a plazmage-nérátor elektródrendszerének, a plazmareaktor egyes szerkezeti elemeinek élettartam-növeléséről, a termék-gázok esetleges értékesítéséről. Biztosítani kell a plazmareaktor hővesztésének csökkentését, a gyors alkatrészcsere és az egyszerű karbantartás megoldását. A berendezés tervezésekor a kivitelezés színvonalának, valamint a költségtényezők optimális arányának megállapítására van szükség.

A mobil berendezés kialakításával párhuzamosan megkezdjük az egy nagyságrenddel nagyobb, kb. 100 t/év kapacitású, rögzített üzemmódban dolgozó berendezéstípus kifejlesztését.

A technológia széles körű elterjesztésére vonatkozó főbb fejlesztési szempontjaink:

- A jelenlegi technológiával ártalmatlanítható nagy klórtartalmú, fluid állapotú, veszélyes, szerves hulladékok típusától eltérő, más összetételű és konzisztenciájú szerves vagy szervetlen hulladékok hasonló elven történő semlegesítési technológiájának kidolgozása.
 - A fajlagos energiaszükséglet csökkentése. Egyes hulladéktípusok esetében a hulladék égéshője jóval meghaladja a bontáshoz szükséges villamos teljesítményt.
 - A termék-gázok, ill. a kimerült közömbösítőanyag értékesítése haszonanyagként (pl. Cl_2 gáz, CaCl_2).
 - A szükséges importanyagok mennyiségének csökkentése. (A berendezés üzemeltetéséhez importanyagra nincs szükség. A plazmaberendezés előállításához jelenleg 5 % a tőkés importból származó anyagigény.)
 - A hulladékoknak mint plazmaképző gáznak alkalmazhatóságára vonatkozó kísérletek.
 - A plazmatechnika alkalmazása hagyományos hulladékégető berendezések füstgázainak túlhevítésére (a káros emisszió csökkentésére).
- Az ismertetett plazmatechnikai eljárás és berendezés – amely az intézet szolgálati szabadalma egyike lehet a hulladék értékesítéséért, ill. a környezetvédelmi szempontok érvényesüléséért folytatott törekvések megvalósulásának.

Kompozit szigetelők fejlesztése nagyfeszültségű kapcsolóberendezésekhez

BOGNÁR ALAJOS-SZAPLONCZAY PÁL-TÉGLÁS MÁRTON-CSECSÖDY SÁNDOR-DR. ZELENYÁNSZKI ENDRE

ÖSSZEFOGLALÁS

A cikk azokat a kutatási-fejlesztési eredményeket tekinti át, amelyek a kompozit szigetelők ipari bevezetését megelőzték. Az 1972-ben indított kutatás-fejlesztés elsősorban szabadvezetéki rúdszigetelők fejlesztésére irányult.

A VKI-ban kifejlesztett VISIL®-COMPOSITE SYSTEM technológiai rendszer a szigetelők szilikongumi ernyőrendszerének racionális, termelékeny előállítását teszi lehetővé. E rendszer ipari bevezetése a svájci BBC-nél valósult meg, az üreges testű kompozit szigetelők gyártásánál.

A cikk ismerteti a Svájcban működő rendszert és a segítségével előállítható termékek főbb jellemzőit. Bemutatja továbbá a kompozit szigetelők alkalmazásában rejlő műszaki és gazdasági előnyöket, valamint áttekinti a további fejlesztés legfontosabb feladatait is.

ENTWICKLUNG VON KOMPOSIT-ISOLATOREN FÜR HOCHSPANNUNGS-SCHALTANLAGEN

ALAJOS BOGNÁR-PÁL SZAPLONCZAY-MÁRTON TÉGLÁS-SÁNDOR CSECSÖDY-DR. ENDRE ZELENYÁNSZKI

Zusammenfassung

Im Beitrag werden die Forschungs-Entwicklungsergebnisse überlickt, die der industriellen Einführung der Komposit-Isolatoren vorangegangen waren. Die 1972 begonnene Forschungs-Entwicklung wurde in erster Reihe auf die Entwicklung der Freileitungs-Stabisolatoren gerichtet.

Das im Institut VKI entwickelte technologische System VISIL®-COMPOSITE SYSTEM ermöglicht eine rationale produktive Herstellung des Silikongummi-Schirmsystems für Isolatoren. Die industrielle Einführung dieses Systems wurde bei der schweizer Firma BBC verwirklicht, und zwar bei der Herstellung der Hohlkörper-Komposit-Isolatoren.

Im Beitrag werden das in der Schweiz funktionierende System und die wichtigsten Charakteristiken der mit seiner Hilfe herstellbaren Erzeugnisse bekanntgegeben. Weiters werden die technisch-wirtschaftlichen Vorteile bei der Anwendung der Komposit-Isolatoren erörtert und die wichtigsten Aufgaben in der Weiterentwicklung angeführt.

DEVELOPMENT OF COMPOSITE INSULATORS FOR HIGH-VOLTAGE SWITCHGEARS

ALAJOS BOGNÁR-PÁL SZAPLONCZAY-MÁRTON TÉGLÁS-SÁNDOR CSECSÖDY-DR. ENDRE ZELENYÁNSZKI

Summary

The paper surveys research and development results preceding industrial introduction of composite insulators. Research and de-

velopment launched in 1972 was concentrated mainly on the development of long rod insulators for high-voltage overhead lines.

The technology system VISIL® - COMPOSITE SYSTEM developed in the institute VKI allows a rational, productive manufacturing of the silicon rubber weathershed system of insulators. Industrial introduction of this system was realized at the Swiss firm BBC, for the manufacturing of hollow composite insulators.

The paper describes the system functioning in Switzerland and the main parameters of products that can be manufactured, supported by the system. It also presents technical and economical advantages of applying composite insulators, and surveys main tasks of further development, too.

РАЗРАБОТКА КОМПОЗИТНЫХ ИЗОЛЯТОРОВ ДЛЯ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ВЫКЛЮЧАЮЩИХ ПРИБОРОВ

АЛАЙОШ БОГНАР-ПАЛ САПЛОНЦАЙ-МАРТОН ТЕГЛАШ-ШАНДОР ЧЕЧЕДИ-ЭНДРЕ ЗЕЛЕНЯНСКИ

Резюме

В статье дается обзор научно-технических результатов, достигнутых до внедрения в производство композитных изоляторов. Научно-техническая работа, начатая в 1972 была направлена в первую очередь на разработку стержневых изоляторов.

Разработанная в VKI технологическая система „VISIL®-COMPOSITE SYSTEM” позволяет рационально производить систему гирлянд из силиконового каучука изоляторов. Промышленное внедрение данной системы реализовано в Швейцарии, в фирме BBC в области производства полых композитных изоляторов.

В статье излагается работающая в Швейцарии система, характеризуются получаемые при этом изделия. Представляются далее технико-экономические преимущества применения композитных изоляторов, а также важнейшие задачи дальнейшего развития.

1. Bevezetés

A tradicionálisnak tekinthető porcelánszigetelők továbbfejlesztési lehetőségei lényegében kimerülöben vannak. E szigetelők néhány sajátossága egyre kevésbé felel meg az új korszerű követelményeknek (az igénybevételek növekedése mellett a megbízhatóság fokozása), amelyek mind a szabadvezetéki, mind a nagyfeszültségű állomási szigetelőknél jelentkeznek.

A hagyományos szigetelők megbízhatósági problémái a nagyfeszültségű, üreges testű szigetelőknél váltak élesebbé, különösen a belső nyomásra állandóan igénybe vett (pl. SF₆ szigetelésű) berendezésekben. A

jelenlegi, erősen kompakttá vált állomásokban egy készülék felrobbanása (akár a készülék belső meghibásodásából, akár a szigetelő hibájából jön létre) a készülék árát többszörösen meghaladó szekunder károkat hoz létre. A készülékek konstrukciójának továbbfejlesztése, új elvek megjelenése (pl. elektronikus, optocsatolású mérőváltók) új követelményeket támaszt a szigetelőkkel szemben. Mindezen tényezők fokozott mértékben járultak hozzá ahhoz, hogy a szabadterre alkalmas műanyag szigetelők egyik legperspektivikusabb családja, az üreges testű kompozit szigetelők ipari bevezetésének műszaki-gazdasági feltételei a 80-as évek második felére beérjenek.

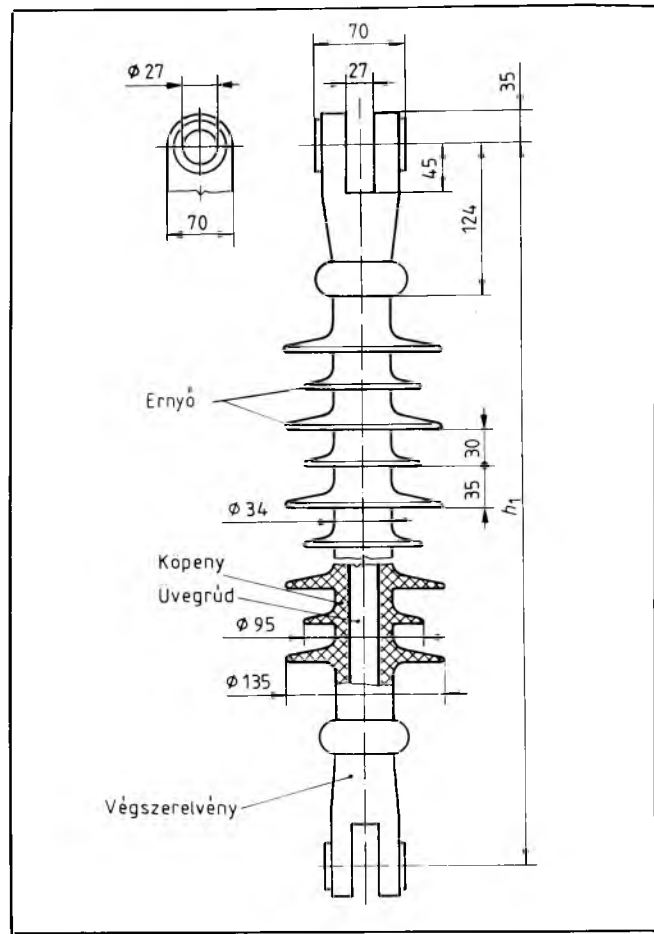
A VKI Szigeteléstechikai Főosztályán (1972–79 között a VEIKI-MŰKI-vel együttműködve) 1972 óta foglalkozunk intenzíven a szabadterri nagyfeszültségű szigetelők fejlesztésével és ezzel egyidejűleg korszerű gyártástechnológiájának kialakításával is. Az utóbbi eredményeként olyan szabadalmakkal alátámasztott, racionális, nagy termelékenységű gyártási eljárást alakítottunk ki, amely felkeltette az élenjáró erősáramú világócégek figyelmét is. ennek megfelelően a következőkben részletesen ismertetett gyártósor formájában realizálódott projekt elsőként a svájci BBC-nél (jelenlegi neve: ASEA-Brown Boveri, ABB) valósult meg a VKI technológiai licence, az általa specifikált, ill. részben szállított, valamint sikeresen üzembe helyezett berendezésekkel.

2. Kompozit szigetelők felépítése

A kompozit szigetelők felépítésének lényege az, hogy a mechanikai igénybevételt (rúdszigetelőknél húzás, üreges testű szigetelőknél hajlítás vagy belső nyomás) lényegében egy üvegszál erősítésű epoximag (rúd vagy cső) viseli, a megfelelő külső villamos szilárdságot pedig rugalmas műanyagból készült ernyőrendszer biztosítja. A terhelés felvételére és a szigetelők csatlakoztatására a végeken elhelyezkedő fémszerelvények szolgálnak (1. az 1. és 2. ábrán bemutatott felépítést).

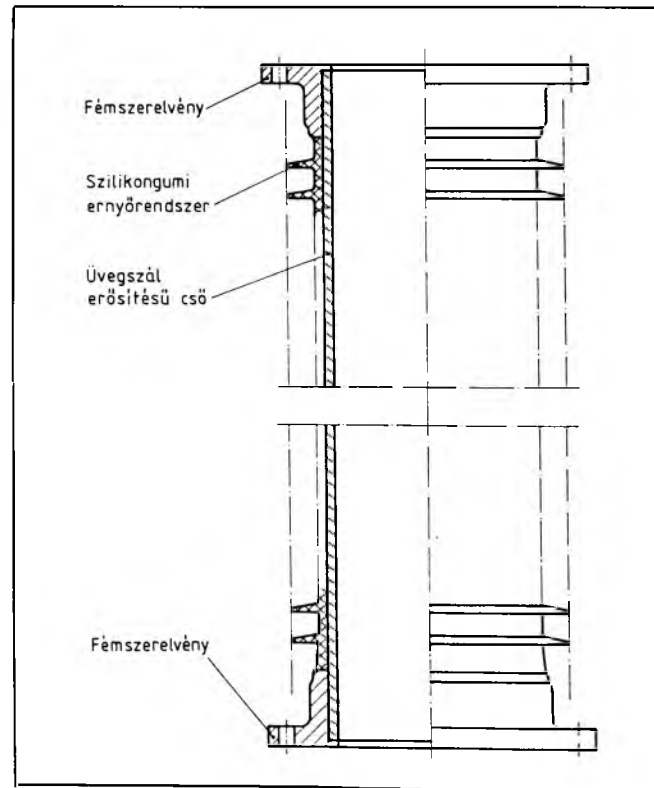
Az üvegszálvasas erősítésű epoxigyanta – megfelelőnek tekinthető villamos szilárdsága mellett – rendkívül nagy (az acéléval összemérhető) mechanikai szilárdságú. Így lényegesen kisebb méretek (rudátmérő, csőfalvastagság) mellett is biztosítható a kerámiaanyagokra előírt követelmények teljesítése. Ez utóbbi viszont jelentős méret-, ill. súlycsökkentést tesz lehetővé, amellett, hogy a megbízhatóság jelentősen nő (a törés- és repedésveszély elhanyagolható).

A szabadterri igénybevételeknek (időjárás, ultraibolya sugárzás), ill. a szennyezett felületen villamos igénybevétel hatására kialakuló felületi kisüléseknek jól ellenálló szigetelőanyagok fejlesztése jelentősen előrehaladt és kialakult az a nemzetközileg is elismert álláspont, hogy a szilikonelasztomer ernyőrendszerű szigetelők megfelelő élettartamot tesznek lehetővé. Ezt mind az anyagvizsgálatok, mind a nemzetközi méretű tartamvizsgálatok és ezekkel összhangban az évtizedet meghaladó üzemi tapasztalatok is – beleért-



1. ábra. Szabadvezeteki műanyag kompozit rúdszigetelő felépítése

2. ábra. Üreges testű kompozit szigetelő felépítése



ve a hazai 400, ill. 120 kV-os kompozit rúdszigetelők tapasztalatait is – alátámasztották.

A szigetelők konstrukciós szempontból legkényesebb helye az üvegszál erősítésű mag és a szilikongumi ernyőrendszer közötti határreteg, amely villamos igénybevételnek is ki van téve. A tapadásközvetítés korrekt megoldása kiterjedt és körültekintő vizsgálat-sorozatokat igényelt, a technológia kidolgozásával együtt. A két különböző anyag egymáshoz tapadásának minőségét – a jól kiválasztott tapadásközvetítő anyagon – döntő részt technológiai tényezők határozzák meg.

3. Üreges testű kompozit szigetelők felhasználási területei

A felhasználási területek lényegében azonosak az üreg testű porcelán szigetelőkével. Alapvető feladatuk, hogy megfelelő belső és külső villamos szilárdságú szigetelőburkolatot létesítsenek különböző nagyfeszültségű állomásokban alkalmazott villamos berendezések részére, a mechanikai és termikus igénybevételek egyidejű jelentkezése esetében is. Fő felhasználási területük a következő nagyfeszültségű szabadtéri villamos berendezések és készülékek szigetelő házánál van:

- mérőváltók (áram- és feszültségváltók, ill. kombinált mérőváltók),
- kapacitív feszültségosztók,
- átvezetőszigetelők (potenciálvezérlő belső maggal vagy anélkül),
- megszakítók,
- túlfeszültséglevezetők,
- kondenzátorok,
- kábelvégelzárók.

Ezen a területeken ma még túlnyomórészt porcelán-szigetelőket alkalmaznak. A 80-as évek kezdetétől azonban a mérőváltók, átvezetőszigetelők, megszakítók és kábelvégelzárók területén a 72...750 kV-os feszültségtartományban megindult a kompozit szigetelők alkalmazása. A bevezetés természetesen olyan területekre koncentrálódott, ahol a kompozit szigetelők előnyei közvetlenül érvényesülnek.

Az előnyök a következőkben fogalmazhatók meg:

- nagy repedési szilárdság viszonylag kis falvastagság (5...10 mm) mellett az üvegszál erősítésű cső nagy mechanikai szilárdságából adódóan;
- nem jönnek létre repeszdarabok belső rövidzárlatnál vagy más repedést kiváltó igénybevételnél, így a meghibásodásból adódó szekunder károk elhanyagolhatók;
- kedvező földrengésállóság a műanyag szerkezet rugalmassága és az ernyők kis tömege miatt is;
- vandalizmus esetén (pl. pisztolylövés) a károsodás veszélye elhanyagolható;
- a porcelánhoz képest lényegesen kisebb a tömege, a szerelés könnyebb, a szállítás egyszerűbb;
- szállításkor és szereléskor nincs törésveszély;

- egy darabban előállítható a legnagyobb átviteli feszültségek tartományában is (5...6 m hosszúságig);
- szennyezett környezetben kedvezőbben viselkedik, mint a megfelelő méretű porcelánszigetelő;
- homokviharok koptató hatásával szembeni ellenállóképessége jó.

Mint már említettük, az üreges testű kompozit szigetelők szélesebb körű alkalmazása a nagyfeszültségű *mérőváltóknál* és ezen belül az SF₆ szigetelésű változatnál (ahol állandó belső nyomás van) kezdődött el [1]. Kedvezők voltak az üzemi tapasztalatok az SF₆ szigetelésű berendezések ún. SF₆-levegő átvezetőinek kompozit szigetelők megoldásaival is [2].

A megbízhatóbb üreges testű kompozit szigetelők utáni igény leghatározottabban mérőváltók területén jelentkezett. A mérőváltók meghibásodási aránya nem tekinthető általánosságban kedvezőtlennek, mégis a kisszámú meghibásodás – következményeit tekintve – katasztrofális lehet. Ezt még fokozza az üreges testű porcelánszigetelők korlátozott ellenállóképessége nyomással, ill. nyomáshullámmal szemben. A porcelán ridegsége, törési-repedési hajlama miatt a belső zárlatot robbanás követi, amelyeknél a repeszdarabok 50...100 m-re is elrepülhetnek és ezzel az állomásban jelentős, ún. szekunder károkat okozhatnak, amelyek nagyságrendileg meghaladják a mérőváltó értékét. A kárt még fokozza az olaj-papír szigetelésű mérőváltóknál fellépő tűz.

A mérőváltók meghibásodási okainak elemzése, a megbízhatóság fokozási lehetőségeinek vizsgálata a 70-es években elkezdődött [3] és az elmúlt években a CIGRÉ keretei között [4] nemzetközivé szélesedett. A fejlesztés és a vizsgálatok eredményei számos lehetőséget vetettek fel a megbízhatóság fokozására, a robbanásveszély lényeges csökkentése azonban csak a kompozit szigetelők alkalmazásával oldható meg radikálisan. A gyártók nagy része a hagyományosnak tekinthető olaj-papír szigetelésű mérőváltóikhoz is használ kompozit szigetelőt, de ezek alkalmazása SF₆ szigetelésű (állandó nyomásra igénybe vett) szabadon álló mérőváltóknál szinte kizárólagosnak tekinthető [5].

A kompozit szigetelők kiváló lehetőséget nyújtanak új rendszerű mérőváltók fejlesztéséhez is. Ezek lényege, hogy a mérni kívánt mennyiséget a potenciál alatti felső részen átalakítják fényjellé (általában digitalizált formában), és az utóbbit üvegszál optikai rendszerrel viszik le az alsó (gyakorlatilag földpotenciálon lévő) részre. Az üvegszál erősítésű epoxigyanta cső természetes lehetőséget biztosít a fényinformációt hordozó szál beépítésére.

Ez az áttekintés csak rövid bepillantást adott a főbb felhasználási területekre, a fejlesztés számos, egyenként is jelentős részterületet foglal magában. Mindezek ismertetése meghaladná e dolgozat kereteit. A következőkben közülük csak egy területet választunk ki – a szilikonelasztomer ernyőrendszer előállításának technológiáját – és ezt mutatjuk be egész röviden.

4. VISIL®-COMPOSITE SYSTEM

Ezzel a védett márkanevvel azt a VKI-ban kifejlesztett technológiát, ill. annak realizálására szolgáló gépsort jelöljük, amellyel szilikongumi ernyőrendszerű kompozit szigetelőket lehet előállítani. A rendszer sémája a 3. ábrán látható.

A kétkomponensű folyékony szilikongumi (liquid silicone rubber, LSR) a VISIL®-MIX keverő-adagoló berendezésbe kerül a színezőpasztával együtt. A megfelelő arányban kompaundált anyag a mobil nyomótartályba jut, amely a kompaund befogadásán kívül annak az öntőgéphez való szállítására szolgál oly módon, hogy a kompaund túlnyomás alatt kerül a tartályból az öntőformába.

A továbbiakban ismertetendő öntési eljárásra lényegében két módszert dolgoztunk ki.

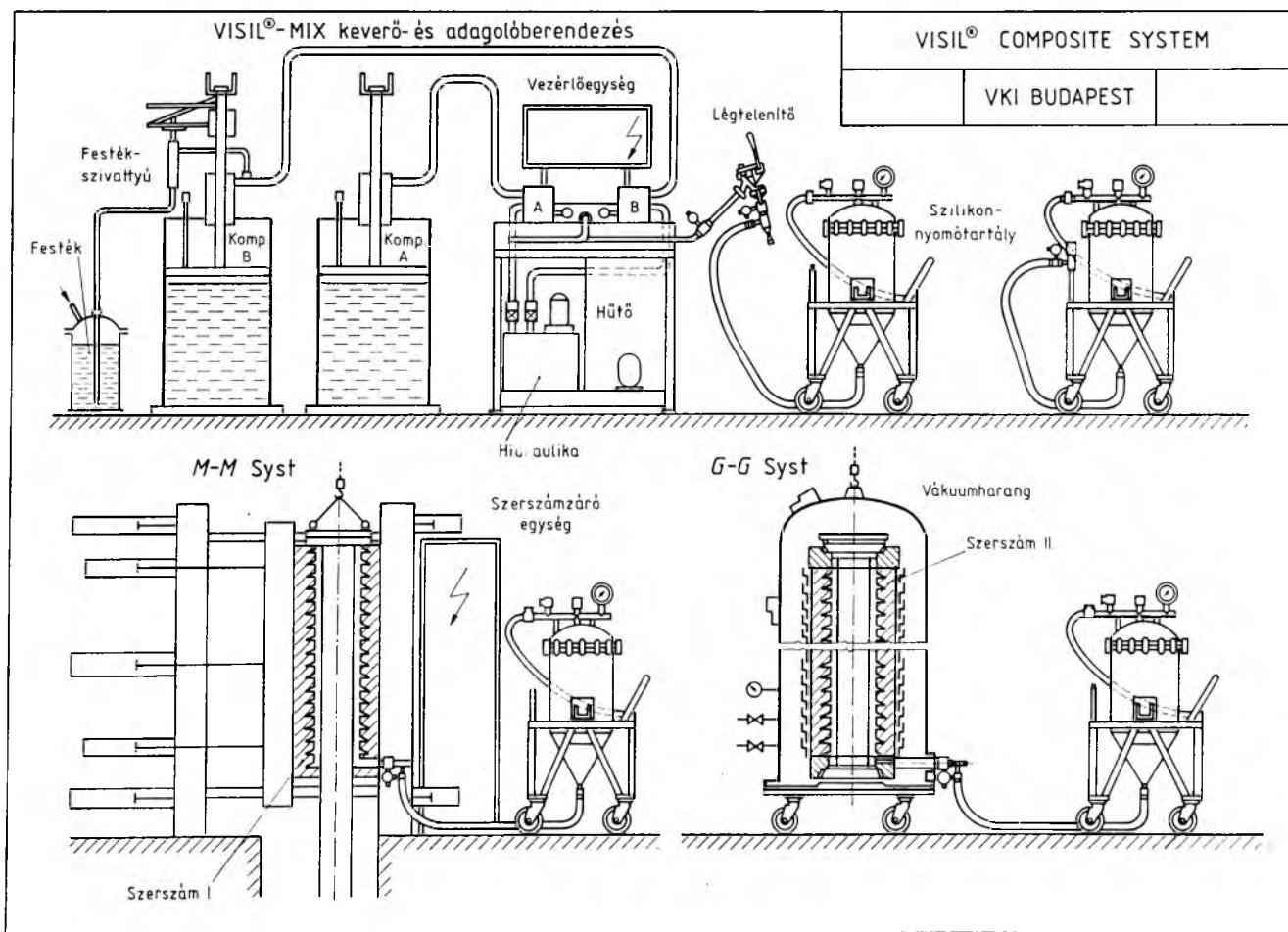
a) **Fém-gumi (M-G) rendszer**, amelynél két félből álló fém öntőformát alkalmazunk. Az utóbbi egy hidraulikus működtetésű öntőgépre (szerszámozáró egység) kerül felszerelésre. A fémszerszám villamos fűtéssel van ellátva, amelynek szabályozását szabadon programozható vezérlőegység látja el. Ez a majdnem teljesen gépesített és automatizált eljárás nagyon termelékeny, lehetővé teszi 0,8...2 m hosz-

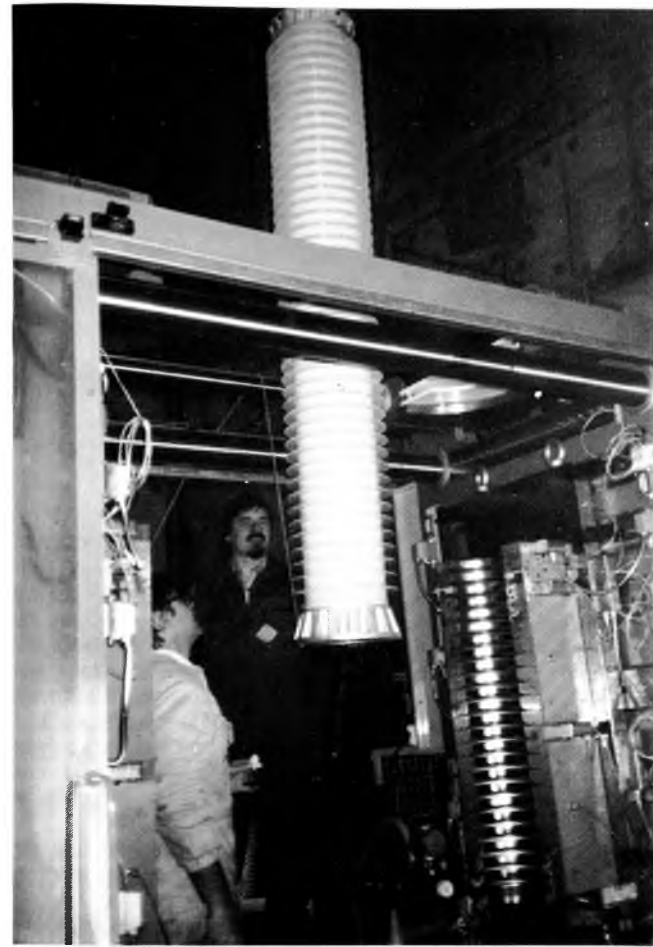
szúságú szigetelőegységek egy öntési lépcsőben való előállítását. Az eljárás különösen előnyös tömeggyártás esetén, amikor a megfelelő gépesítést és automatizálást jó munkaszervezéssel kiegészítve, rövid technológiai idők és alacsony élőköltségek adódnak. A módszer hátránya a viszonylag nagy beruházási igény, amely nagy darabszám gyártásánál amortizálódik.

b) **Gumi-gumi (G-G) rendszer**, amely gumi öntőformákat alkalmaz a szilikongumi ernyők előállítására. A szerszám az ernyők alakjának megfelelő, fűthető gumigyűrűkből áll, amelyeket rögzítőelemek fognak össze. Az összeállított szerszámkészletet vákuumharangba helyezük és ezután alulról árasztjuk el folyékony szilikongumival. Ez az eljárás elsősorban kis darabszám előállítására szolgál, amely prototípusfejlesztéseknél, marketing célú darabok elkészítésénél játszhat nagy szerepet. Beruházási igénye lényegesen kisebb, mint az M-G rendszeré. Ugyanakkor termelékenysége kisebb, élőköltsége nagyobb.

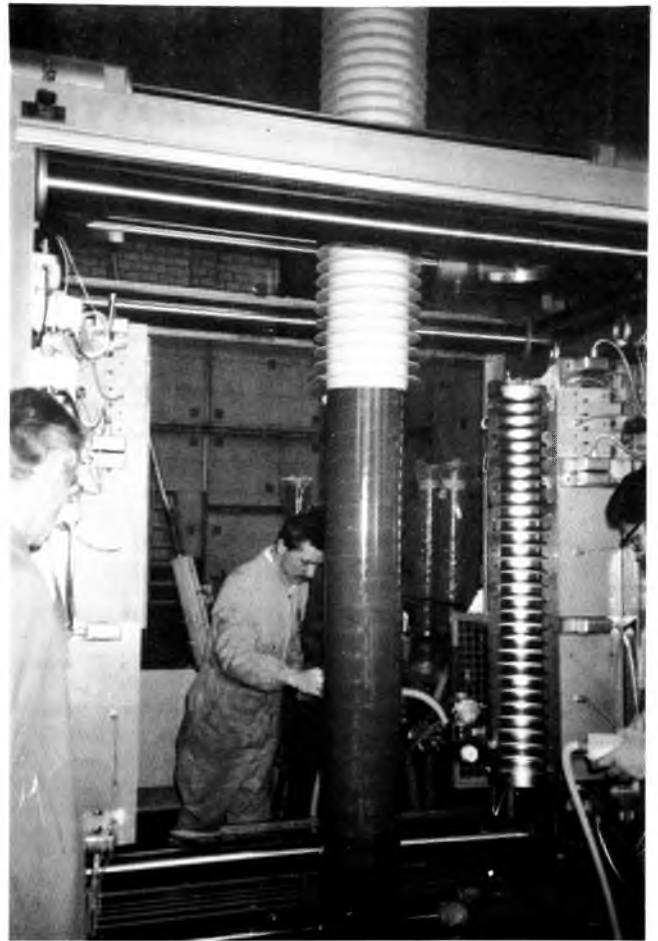
Az előzőekben ismertetett VISIL®-COMPOSITE SYSTEM gyártósort kétféles M-G rendszerrel együtt teljes egészében üzembe helyeztük a svájci ABB badeni gyárában. A szigetelők gyártását a 4. és 5. ábra

3. ábra. VISIL®-COMPOSITE SYSTEM folyamatábrája





4. ábra. 245 kV-os, üreges testű kompozit szigetelő



5. ábra. 420 kV-os, üreges testű kompozit szigetelő a második öntési fázishoz előkészítve

szemlélteti. A 4. ábrán 245 kV-os, üreges testű szigetelő látható, a második öntési fázis után. A szigetelő két öntési fázisban készül el. Az 5. ábrán 420 kV-os, üreges testű szigetelő második öntési fázisának előkészítése látható. Az üvegszál erősítésű csőbe egy száloptikai rendszer is beépítésre került, amellyel a nagyfeszültségen fényjellé alakított információ földpotenciálra hozható le.

A rendszer további nyugat-európai kiépítése jelenleg folyamatban van, a hazai alkalmazás lehetőségeit a Ganz Villamossági Művekkel közösen vizsgáljuk.

Irodalom

- [1] *Amsinck, R.*: Hollow composite insulators for outdoor instrument transformers and other equipment. Conference Record of 1984 IEEE International Symposium on Electrical Insulation. Montreal, 1984.
- [2] *Hammer, F.-Weltgen, J.*: Bushings with silicone rubber sheds. 4th ISH Athens, 1984.
- [3] *Vorwerk, H. J. and others*: Betriebserfahrungen mit Messwandler ≥ 100 kV und ihre Konsequenzen. Bull. ASE/UCS 72 (1981) 1. pp. 27-34
- [4] CIGRÉ WG 23.07: Instrument transformer technology and service behaviour. General considerations. Electra No 118, May 1988, pp. 83-85
- [5] Hochspannungs-Schaltgeräte und -Anlagen. Ein Rückblick auf die Hannover-Messe Industrie, 1987. Elektrizitätswirtschaft 86 (1987). Heft 14.

Ni-Cd akkumulátorok fejlesztésének nemzetközi és hazai helyzete

DR. KULCSÁR SÁNDOR

ÖSSZEFOGLALÁS

A lúgos Ni-Cd akkumulátorok termelésének mennyisége és a termékek minőségi jellemzői az utóbbi tíz évben jelentősen emelkedtek. A fejlett országokban elsősorban a szinterelt elektródokkal készülő, nagy terhelhetőségű zárt és nyitott, valamint egyéb, nem táskás kivitelű akkumulátorok léptek előtérbe.

Hazánkban a fejlődés ellentmondásos, a táskás termékek fejlesztése megállt, az új aktív anyagok és a műanyag kötésű akkumulátorok kifejlesztése már gyakorlatban alkalmazott eredményeket is hozott.

DIE INTERNATIONALE UND EINHEIMISCHE LAGE DER ENTWICKLUNG DER Ni-Cd-AKKUMULATOREN

DR. SÁNDOR KULCSÁR

Zusammenfassung

Die Produktionsmengen der Alkalischen Ni-Cd-Akkumulatoren und die Gütecharakteristiken der Erzeugnisse wurden in den letzten 10 Jahren wesentlich erhöht. Die mit gesinterten Elektroden hergestellten Akkumulatoren, die hochbelastbaren geschlossenen und offenen, sowie die sonstigen non Taschen Typ Ausführungen setzen sich in erster Reihe in den entwickelten Ländern durch.

In unserem Land ist die Entwicklung widerspruchsvoll, die Entwicklung der Erzeugnisse mit Taschen ist abgestellt worden, die neuen aktiven Material und die Entwicklung der Akkumulatoren mit Kunststoffverbindung haben bereits in der Praxis angewendete Ergebnisse mit sich gebracht.

INTERNATIONAL AND DOMESTIC SITUATION OF THE DEVELOPMENT OF Ni-Cd STORAGE BATTERIES

DR. SÁNDOR KULCSÁR

Summary

The quantity of production of alkaline-based Ni-Cd storage batteries has been substantially increased and the quality parameters of these products remarkably improved in the last 10 years. Primarily in the developed countries, storage batteries equipped with sintered electrodes, of high dischargeability, in closed and open versions and in other non-pocket types have stepped in the foreground.

In Hungary, development has been contradictory, work on developing pocket type products has stopped, but research on new active materials and development of plastic-bonded storage batteries have brought results employed in practical life.

МЕЖДУНАРОДНОЕ И ОТЕЧЕСТВЕННОЕ СОСТОЯНИЕ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ Ni-Cd АККУМУЛЯТОРОВ

Д.Р. ШАНДОР КУЛЧАР

Резюме

Объемы производства и качественные показатели щелочных Ni-Cd аккумуляторов за последних 10 лет значительно возросли. Особенное преимущество получили в первую очередь в развитых странах аккумуляторы с синтерными электродами, закрытые и открытые аккумуляторы с большой нагрузочной способностью, а также другие, безламельные оформления.

Развитие в нашей стране имеет противоречия, усовершенствование ламельных изделий прекращено, а в области разработки новых активных материалов и аккумуляторов с пластмассовыми связующими полученные результаты внедрены в практику.

1. Bevezetés

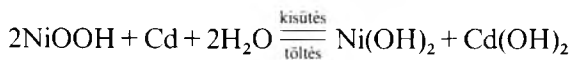
A lúgos elektrolitú újratölthető kémiai áramforrások gyártása az akkumulátoripar egyik gyorsan fejlődő részét alkotja. Igen széles körben változó tulajdonságaik teszik őket vonzóvá a felhasználók számára. Jelentős irodalom foglalkozik tulajdonságaikkal, fejlesztésükkel – amelyből kiemelhetjük Barak [1], Sal-kind [2] Horváth-Sors [3] könyvét – magyar nyelvű, kizárólag lúgos akkumulátorokkal foglalkozó, összefoglaló könyv azonban hazánkban eddig nem jelent meg. Ez is indokolja, hogy a világ akkumulátoriparának kb. 25 %-ot kitevő áramforrásfajta újabb fejlesztési irányával bővebben foglalkozzunk.

2. A lúgos akkumulátorok alkalmazása, tulajdonságai

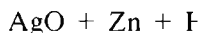
Ahhoz, hogy a lúgos akkumulátorok alkalmazási területét megfelelően meghatározhassuk, a kémiai áramforrások családjában célszerű megvizsgálni legfontosabb tulajdonságaikat a legjobban elterjedt, töltethető kémiai áramforrással, a savas ólomakkumulátorral összehasonlítva.

Az ólomakkumulátor lényegesen olcsóbb, így általános célokra jól alkalmazható, ha azonban valamilyen szempontból az átlagosnál nagyobb követelményeket kell támasztani (pl. nagyáramú terhelés, alacsony hőmérséklet, hosszú élettartam stb.) a tápáramforrással szemben, akkor már a drágább, lúgos akkumulátorokat kell alkalmazni.

A lúgos elektrolitú akkumulátorok közös tulajdonsága, hogy az elektrolit nem vagy csak annak víz komponense lép reakcióba az elektród anyagával a töltési és kisütési folyamatok során:



Az Ag–Zn akkumulátorok reakciója az alábbi:



A víz, ill. OH^- -ionok diffúziósebessége lényegesen nagyobb a – pl. a savas ólomakkumulátorokban alkalmazott – kénsav SO_4^{2-} ionjainál. Ezt mutatja az ionmozgékonyságok összehasonlítása is (1. táblázat). Amint az látható, különösen a kisebb hőmérsékleten jelentősen nagyobb a OH^- ionok mozgékonyága, tehát az oldat ionvezető képessége. Ennek következtében a reakciósebességek viszonylag gyorsak és általában nagy kisütőáramok érhetőek el velük.

1. táblázat

Szulfát- és hidroxidionok relatív mozgékonyága, $\mu\Omega^{-1}\text{cm}^2$

Megnevezés	Hőmérséklet, °C			
	0	18	25	100
OH^-	105	174	79,8	256
SO_4^{2-}	41	68,3	79,8	256
Relatív mozgékonyág $\text{OH}^-/\text{SO}_4^{2-}$	2,56	2,54	2,50	1,74

A világtermelés részei még a jelenleg fejlesztés alatti Ni–Zn, valamint a gyártásban lévő Ag–Cd akkumulátorok is.

Mielőtt rátérnénk a hazai fejlesztésre, vizsgáljuk meg a gyártás és fejlesztés helyzetét a világban. Néhány nagy gyártó ország termelését mutatja a 2. táblázat. Amint ebből látható, a nyugati országok és a Szovjetunió alapvetően más irányban fejlesztette a lúgos akkumulátorok gyártását. Amíg az USA, Japán és mások a Ni–Cd akkumulátorok gyártására koncentráltak, a Szovjetunió a Ni–Fe rendszert fejlesztette tovább és jelenleg a Ni–Fe akkumulátorok gyártási volumene a Szovjetunióban akkora, mint az egyéb lúgos akkumulátoré a világ összes többi országában együttvéve.

Meg kell állapítani, hogy a fejlesztés a Ni–Fe akkumulátorok területén több nyugati országban is erősödik, elsősorban egészségvédelmi okokból. Megemlíthetjük a SAFT francia céget, amely gépkocsiindításra

2. táblázat

Lúgos akkumulátorok termelésének becsült értéke 1985-ben (M dollár)

Ország	Ni–Cd táskás	Ni–Cd színterelt	Ni–Cd zárt	Ni–Fe	Ag–Zn Ag–Cd	Összesen
Anglia	25	–	12	–	–	37
Franciaország	17	17	22	6	2	64
NSZK	30	17	17	1	2	67
Svédország	28	–	–	–	–	28
USA	8	22	82	–	8	120
Japán	10	15	62	–	4	91
Szovjetunió	10	nem ismert	20	300	nem ismert	330

is egyre nagyobb számban használja az általa kifejlesztett Ni–Fe akkumulátorokat.

Egy-egy rendszeren belül is komoly fejlődés mutatkozik az egész világon. Ezek fő tényezői:

- a) a műszaki tulajdonságok jelentős javulása (terhelhetőség, élettartam);
- b) a száraz poros eljárások háttérbe szorulása egészségvédelmi okok miatt és a préselt, színterelt gyártási módok előtérbe kerülése a táskás rendszerrel szemben.

A mennyiségi igények növekedése a lúgos akkumulátorok teljes termelésére vonatkoztatva értékben évi 5...6 %-ot tett ki az utolsó 10 évben. Ez azonban az igények változása miatt a különféle típusú lúgos áramforrások egymáshoz viszonyított mennyiségének jelentős eltéréssel járt együtt.

3. A felhasználási igények változása

A felhasználók a kémiai áramforrásokkal szemben igen differenciált igényekkel lépnek fel, az igények sorrendje azonban az idők folyamán jelentősen változott. E változás az alkalmazási területek nagyfokú kibővülésével kapcsolatos. A lúgos akkumulátorok jellemző felhasználása a híradástechnika, a katonai célú felhasználás, a vasúti indítás, tehát általában olyan területek, amelyekre jellemző, hogy a felhasználó egy-egy szervezet, és ez fokozott követelményeket támaszt a berendezéssel, így az azt tápláló áramforrással szemben is.

Ezek az igények a következők:

- A hordozható híradástechnikai eszközök térhódítása könnyű, légmentesen zárt, de legalábbis kiömléstől óvott áramforrást igényel a gyáraktól.
- A villamos hajtású „kábelmentes” hordozható szerzők e követelményen túl nagy terhelhetőséget és gyors, max. 0,5...1 órás tölthetőséget követelnek.
- Minden felhasználó közös óhaja a hosszú élettartam és a gondozásmentesség a karbantartó személyzet minimalizálása érdekében.
- Az ár csökkentése és újabban a környezetszennyezési kérdések előtérbe kerülése szintén átrendezi a követelménylistát.

4. A lúgos akkumulátorok fejlesztési irányai

4.1 Külföldi irányzatok

A lúgos akkumulátorok fejlesztése terén az egész világon igyekeztek követni az igényeket. A Ni-Cd akkumulátorok alapvetően háromféle technológiai megoldás szerint készülnek:

- hagyományos, kb. 80–90 éves táskás gyártási eljárás szerint;
- a kb. 30 éve ismert, azóta jelentősen tökéletesített szinterelt lemezes eljárással;
- az utóbbi 4–5 évben kifejlesztett műanyag kötésű gyártási eljárás szerint.

Az ily módon készült akkumulátorok néhány tulajdonságát az 1., 2., 3. ábra mutatja.

Az ábrák szerint is a legjobb műszaki tulajdonságokat a szinterelt, a legmérséklettebbeket a táskás típusok adják, természetesen az árak is követik ezeket a tulajdonságokat.

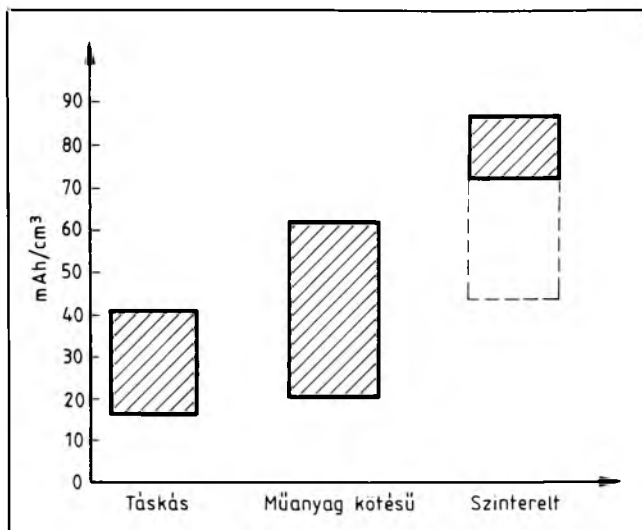
A világban táskás akkumulátorok termelési mennyisége és aránya visszaszorulóban van, a szinterelt és újabbban a műanyag kötésű (préselt) rendszerek lépnek előtérbe. A nagyobb világcégeknél (pl. SAFT, VARTA) a 10 évvel ezelőtti, kb. 10 % részaránnyól 50...60 %-ra nőtt a Ni-Cd-on belül a szinterelt lemezek gyártási aránya, miközben a táskás akkumulátorok mennyisége csökkent. A Szovjetunióban a préselt típusú Ni-Fe elemek tömeggyártása megkezdődött és folyamatosan szorítja ki a TNZs táskás fajtáit.

Minden rendszerben a legkülönbözőbb új megoldások lépnek be, pl. a fémhab mátrixú Ni-Cd akkumulátorok a nyugatnémet Hoppecke cégnél.

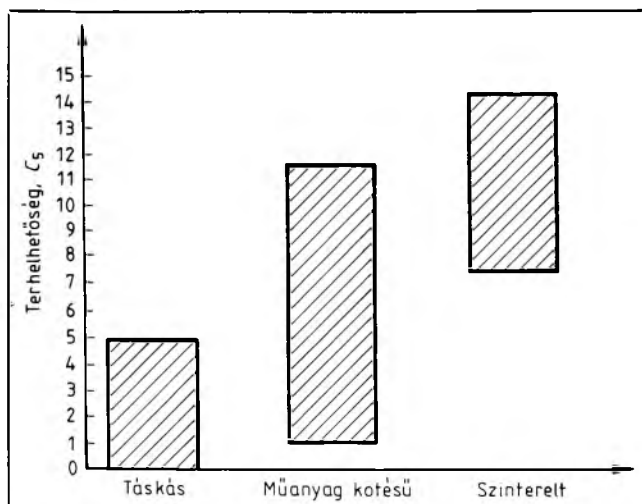
Az ezüst-cink akkumulátoroknak – drágább voltuk ellenére – több olyan felhasználási területe alakult ki, ahol a műszaki tulajdonságai (csekély önkisülés, nagy energiasűrűség stb.) folytán ma is szívesen alkalmazzák. Meg kell azonban jegyezni, hogy az egyes áramforrás-rendszerek közötti anyagárból adódó különbségek, a méretek csökkenésével egyre kisebb mértékben jelentkeznek, mivel a miniatűr típusok gyártásának élők munkahányada nagy.

4.2 A lúgos akkumulátorok hazai fejlesztése

Hazánkban a lúgos akkumulátorok közül a Ni-Cd és Ag-Zn rendszereket gyártják. A Ni-Fe akkumulátorokat a Szovjetunióból szerezük be. A Ni-Cd akkumulátorok gyártása hazánkban az Akkugép-ISz-ben, az Akkumulátor- és Szárazelemgyárban és a Mechanikai Művekben történik. A felsorolás a mennyiségi sorrendet is adja. Szinterelt akkumulátorokat hazánkban nem gyártunk, a Ni-Cd akkumulátorok fő tömege táskás rendszerű. A táskás akkumulátorok gyártási színvonala mind a technológiát, mind a termék műszaki paramétereit tekintve elmarad az európai átlagszinttől. Fejlesztés gyakorlatilag alig volt, legfeljebb abban, hogy különböző méretű új akkumulátortípusokat állítottak elő, változatlan minőségi paraméterekkel. Ennek oka részben a masszagyártás rendezetlen helyzete, részben a gyártók egyéb irányú tökélekedtöttsége volt.

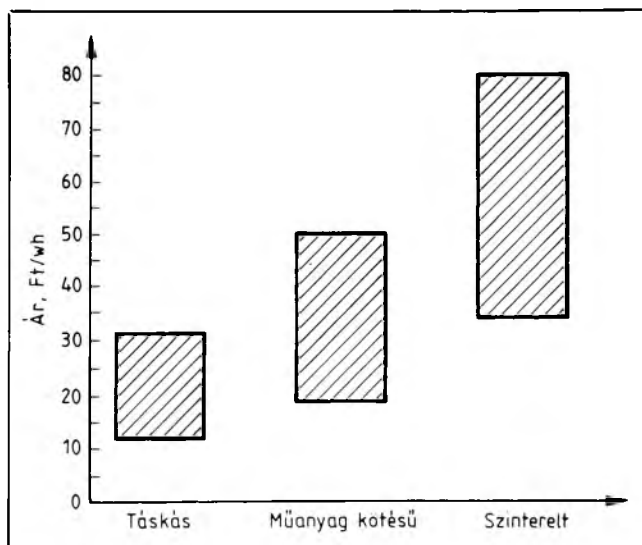


1. ábra. A különféle technológiával készített Ni-Cd akkumulátorok fajlagos kapacitása



2. ábra. A különféle technológiával készített Ni-Cd akkumulátorok maximális, folyamatos terhelhetősége

3. ábra. A különféle technológiával készített Ni-Cd akkumulátorok fajlagos ára



A Villamosipari Kutató Intézetben az OMF B támogatásával fejlesztettek ki műanyag kötésű, nyitott Ni–Cd akkumulátorokat. Ennek kapcsán elkészültek a nemzetközi terhelési sornak megfelelő, M, H és X terhelhetőségű Ni–Cd akkumulátorok mintapéldányai, amelyek közül a legkisebb belső ellenállású X típus 8...12 C₅-nek megfelelő áramterhelést is teljesített. Ez a KBX–60 60 Ah névleges kapacitású típus esetében 600...700 A állandó áramú terhelésnek felel meg. A munkáról a szerzők több cikkben és előadásban számoltak be [4], [5], [6], [7]. A nyitott, műanyag kötésű Ni–Cd akkumulátorok új családját a Mechanikai Művek gyártja KBH–60, KBM–80, ill. KBM–12 típusjelzéssel.

A fejlesztési munka továbbfolytatása nyomán az idén jelenik meg a Medicor-Medakku Leányvállalat által gyártott VKI fejlesztésű, 150 mAh kapacitású, zárt, KBL típusjelzésű Ni–Cd gombakkumulátor alapvetően tartalék áramforrási és híradástechnikai célokra. Fejlesztés alatt áll az első tekereselt típusú, műanyag kötésű akkumulátor is. A Medakku vállalat jelentős kutatómunkát végez új típusú, zárt Ag–Zn akkumulátorok előállítására.

Meg kell említeni a borsodsziráki Bartók Béla Mezőgazdasági Ipari Termelőszövetkezetet, amely új típusú nikkell és kadmium aktív anyagot fejleszt ki és állít elő a VKI-val közösen. Az Akkugép ISz. első sorban a hagyományos táskás rendszer gyártási folyamatát tökéletesíti új perforálógépek beállításával.

Mindezek a fejlesztések aránylag kis kutatási és beruházási igényt képviselnek. Napjainkban a magas színvonalat képviselő új termékek előállításához szükséges jelentős költségek okozzák azt, hogy a lúgos áramforrásokat gyártó hazai ipar lemaradása több területen tovább csökken. Egyik lehetőségünk az élvonalat jelentő országokkal, ill. cégekkel történő kutatási kooperáció, amelyre több kezdeményezés történt.

A legfontosabb lehetőségünk lenne azonban saját eredményeink bázisán egy szűk területet kiválasztva a fejlesztési munka valódi nagyipari bevezetése, amely önmagában megteremtené a lehetőséget valóban egyenrangú technológiai együttműködésre bármely, jelenleg előttünk járó akkumulátorgyártó céggel.

Irodalom

- [1] Barak, M.: Electrochemical Pow. Sourcos. P. Peregrinus Ltd., 1980.
- [2] Salkind, A. I.–Mc Breen: Properties of Cathod Material in Alkaline cells. 14th Power Sources Symp. Brighton 1984.
- [3] Horváth P.–Sors L.: Kémiai áramforrások és alkalmazásai. Budapest, Műszaki Könyvkiadó, 1978.
- [4] Kulcsár S.–Horváth P.–Csath G.–Mrs. Smaroglay, M.: The internal resistance of plastic bonded (pressed type) high rate Ni electrodes. J. of Pow. Sources 8 (1982), 61–65.
- [5] Kulcsár S.–Ágh J.–Fazekas Á.–Vigh J.–Bujdosó Z.: Mikrostructure of plastic bonded nickel electrodes. J. of Power Sources 8 (1982), 55–59.
- [6] Kulcsár S.–Csath G.–Major A.–Batiz G.-né: Nagy terhelhetőségű, műanyag kötésű nikkell-kadmium akkumulátorok. VKI Közleményei 8 (1982) 125.
- [7] Kulcsár S.–Csath G.: Plastic-bouded Ni–Cd batteries for extra high discharge rate 16th Int. Power Symp. Bournemouth 1988.

Áramköri elemek tokozási technológiájának továbbfejlesztése

DR. BARDÓCZ LÁSZLÓ-BÁN PÉTER-TAMÁS FERENC

ÖSSZEFOGLALÁS

A VKI 20 éve foglalkozik az elektronikai célú tokozási technológia fejlesztésével.

Az utóbbi években munkánk arra irányult, hogy az új, különleges tulajdonságú, hőre keményedő tokozóanyagok előkészítésének és a rétegtechnológiával készült elektronikai elemek tokozásának teljes technológiai vertikumát átfogjuk, és ehhez megfelelő berendezéseket is fejlesszünk ki vagy adaptáljunk.

Elkészítettük a tokozóanyag előformázásához szükséges tabletázóberendezést és a nagyon kis viszkozitású anyagok feldolgozására is alkalmas fröccsajtoló berendezést.

A cikk a technológiai fejlesztési irányokat és a VKI által kifejlesztett berendezéseket ismerteti.

WEITERENTWICKLUNG DER KAPSELUNGSTECHNOLOGIE VON STROMKREISELEMENTEN

DR. LÁSZLÓ BARDÓCZ-PÉTER BÁN-FERENC TAMÁS

Zusammenfassung

Das Institut VKI befasst sich seit 20 Jahren mit der Entwicklung der Umhüll-technologie für elektronische Bauelemente.

In den letzten Jahren richtete sich unsere Arbeit darauf, das volle technologische Vertikum für die Verarbeitung von neuen Duroplasten mit besonderen Eigenschaften und für die Umhüllung der mit Hilfe der Schichtentechnologie hergestellten elektronischen Bauelementen zu erstellen. Ebenfalls wurden für diesen Zweck entsprechende Anlagen entwickelt oder adaptiert.

Wir haben die für das Vorformen der Umhüllungsmasse erforderliche Tabletieranlage sowie die Transferpresse, die auch zur Verarbeitung von Werkstoffen mit sehr niedriger Viskosität geeignet ist erstellt.

Im Beitrag werden die technologischen Entwicklungstendenzen und die vom Institut VKI entwickelten Anlagen beschrieben.

IMPROVING THE TECHNOLOGY OF ENCASING CIRCUIT ELEMENTS

DR. LÁSZLÓ BARDÓCZ-PÉTER BÁN-FERENC TAMÁS

Summary

The institute VKI has been engaged for 20 years in improving the encasing technology of electrical elements. In recent years our work was concentrated on covering the whole technology of the preparation of new special thermosetting encasing materials and the encasing of electrical elements manufactured with film technique, further on the development or adaptation of suitable equipment.

Tabletting machine needed for preforming the encasing material has been constructed and also a die-casting equipment suitable for processing materials of very low viscosity.

The paper describes technological development trends and the equipment developed by the VKI.

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ГЕРМЕТИЗАЦИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ДЕТАЛЕЙ

DR. LASLO BARDOZ-PETER BAN-FERENC TAMAS

Резюме

ВКИ 20 лет занимается совершенствованием технологии герметизации для электронных целей. В последние годы работы были направлены на захват полной технологии подготовки пластмассовых материалов герметизации, а также самой герметизации электронных деталей, полученных планарной технологией, и соответственно на разработку или адаптацию необходимых для этих оборудований.

Разработано оборудование для получения таблеток из материала герметизации и пресс для обработки материалов с весьма малой вязкостью.

В статье излагаются тренды технологического совершенствования и разработанное оборудование в ВКИ.

1. Bevezetés

Az érzékeny elektronikai alkatrészeket védeni kell a külső (ütés, hő, fény, vegyi stb.) hatások ellen. A védelmet nyújtó ún. tokozási eljárások közül világszerte a kis nyomású fröccsajtolás terjedt el a legjobban. Ennek a technológiának a hazai bevezetésében és elterjesztésében a VKI úttörő szerepet vállalt.

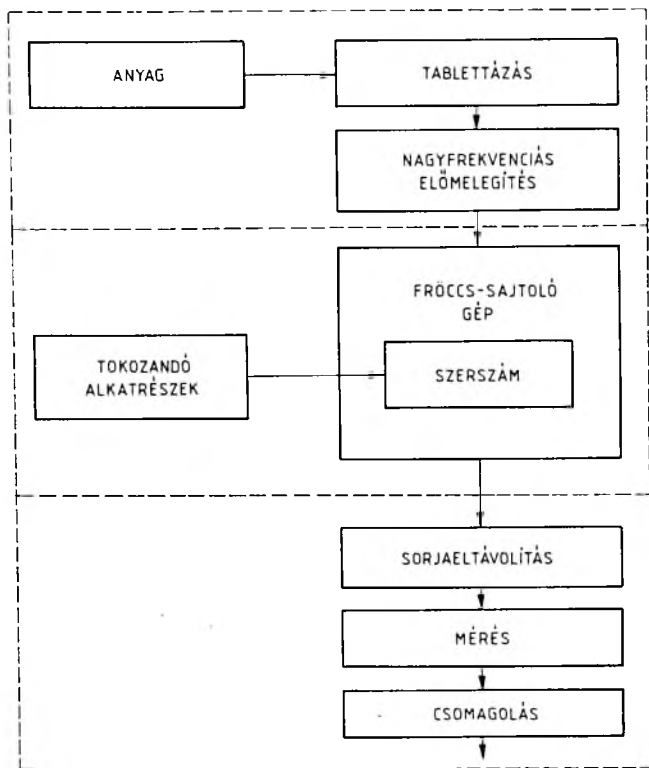
Mintegy húsz évvel ezelőtt indítottuk meg a hazai fejlesztési munkát. Kezdetben a Műanyagipari Kutató Intézettel közösen kifejlesztettünk egy tokozásra alkalmas epoxigyanta bázisú fröccsajtoló anyagot és egyidejűleg kísérleti jelleggel megindítottuk a gyártáshoz szükséges gépi berendezések és szerszámok előállítását is.

Cikkünkben a tokozás folyamatának és a tokozási technológiák fejlesztési irányának rövid ismertetése után a VKI-ban folyó gépészeti jellegű fejlesztési munka legújabb eredményeit ismertetjük.

2. A tokozás folyamata

A tokozás három fő szakasza (1. ábra):

- az anyag-előkészítés,
- a védendő alkatrész beágyazása a tokozóanyagba fröccsajtolással,
- az utólagos műveletek elvégzése.



1. ábra. A tokozás folyamata

Az anyag előkészítése csaknem kizárólag az 1. ábrán jelzett tablettázásból és nagyfrekvenciás előmelegítésből áll. A tablettázás művelete független a fröccs-sajtolástól (a tokozóanyag tablettá formájában raktározható) az előmelegítésnek viszont időbeli összhangban kell lennie a fröccs-sajtolással. A por, ill. granulátum formájában szállított tokozóanyagot közvetlenül

2. ábra. 400 db tranzistor egy ciklusban történő tokozására alkalmas szerszám helyező kerete

is be lehet ugyan adagolni a gépbe, de így csak kísérleti darabok készíthetők. A folyamatos, üzembiztos gyártás csak előképlékenyítéssel valósítható meg. Bár már egy másik előkészítő eljárást is kikísérleteztek (csigás előplasztifikáló egységgel), ez náluk nem terjedt el.

A fröccs-sajtolást kétdugattyús, hidraulikus fröccs-sajtoló gépre fölfogott szerszámmal végezzük. A VKI-ban kifejlesztett első fröccs-sajtoló gépeket a VKI Közlemények 1972. évi 4. kötetében részletesen ismertettük, ezért itt csak annyit ismételünk meg, hogy a legfontosabb az anyagra ható fröccs-sajtó nyomás kis tartományokban (0,2...10 MPa) történő rendkívül pontos szabályozása.

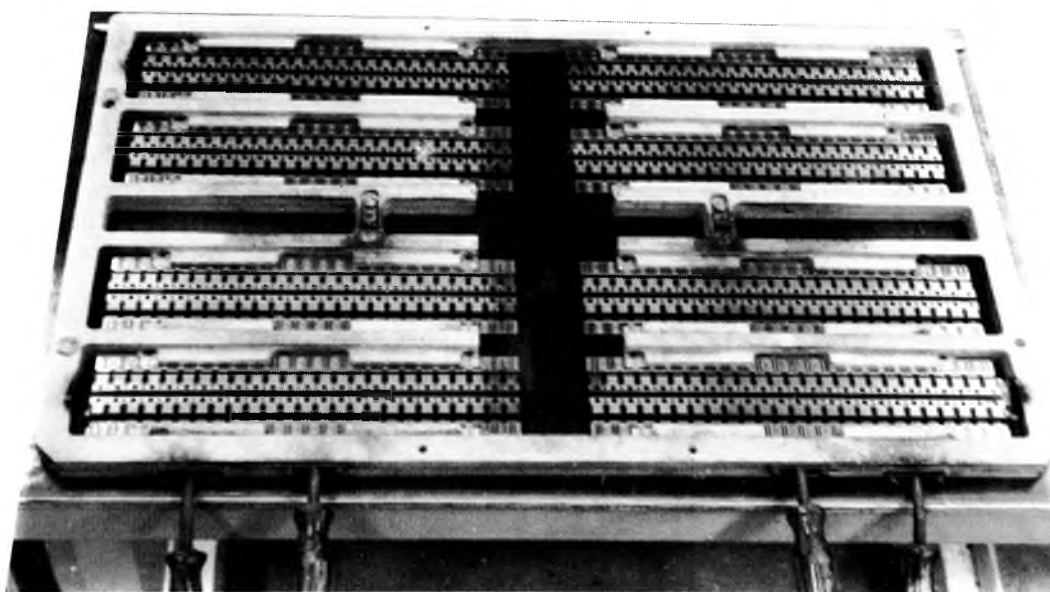
Az utólagos műveletek is fontosak, de a gyártmányoktól függően annyira sokfélék, hogy az egyes célberendezéseket a tokozást végző vállalatok maguk készítik vagy szerzik be.

3. A tokozási technológia fejlesztési irányai

A fejlesztés célja az egy alkatrésze jutó gyártási időnek és az élőmunka-ráfordításnak a csökkentése. Ezt a következő módszerekkel lehet elérni:

- az egyszerre tokozható alkatrészek számának növelésével;
- az alkatrész-adagolás és a fröccs-sajtolás idejének részleges vagy teljes átfedésével;
- a gépi mozgások gyorsításával;
- a gyártás minél nagyobb fokú automatizálásával.

A szerszámméreték növelését részben azok az új tokozóanyagok tették lehetővé, amelyek fröccs-sajtolás közben igen jól folynak, és a szerszám valamennyi üregének kitöltése után nagyon gyorsan annyira megszilárdulnak, hogy az alkatrészek a tokozás sérülése nélkül kiemelhetők a szerszámból. Egy másik előfeltétel azáltal teljesült, hogy az elektronikai iparban új



gyártástechnológiákat vezettek be – pl. szalagból történő gyártást – és lehetővé vált akár több száz alkatrész gyors behelyezése egy ún. helyezőkeretbe, majd azzal együtt magába a szerszámba (2. ábra). Ez teszi lehetővé a második módszert is, az alkatrész adagolásának és a fröccsajtolás idejének átfedését. A gépi mozgások gyorsítása és az automatizáltsági fok növelése nem kíván külön magyarázatot.

4. A VKI-ban végzett fejlesztőmunka újabb szakasza

1. A hazai tokozóanyag-gyártást a VKI-n kívülálló okok miatt nem lehetett megindítani, ezért az utóbbi években elsősorban gépészeti és vezérléstechnikai fejlesztéssel foglalkoztunk.

2. Az anyag-előkészítéshez kifejlesztettünk egy tablettázóautomatát. A gépet úgy alakítottuk ki, hogy egy dugattyú és egy persely cseréjével $\varnothing 18$ mm-től $\varnothing 55$ mm-ig tetszőleges átmérőjű tablettákat lehet vele gyártani.

A nagyfrekvenciás előmelegítő-berendezést a TUNGSRAM RT sorozatban gyártja, a gyártósorba ezeknek a beiktatását javasoljuk, fejlesztésével nem kellett foglalkoznunk.

3. Részletesebben kívánjuk ismertetni fröccsajtoló gépeink fejlesztését. A már említett szerszámméret növelése érdekében növelnünk kellett:

- a szerszámasztalok hasznos felületét,
- a fröccsdugattyú nyomóerejét és
- a szerszámmérő végző, alsó asztalt mozgató dugattyú nyomóerejét.

Ezt az egyszerűnek látszó, de valójában rendkívül összetett feladatot a következőképpen oldottuk meg.

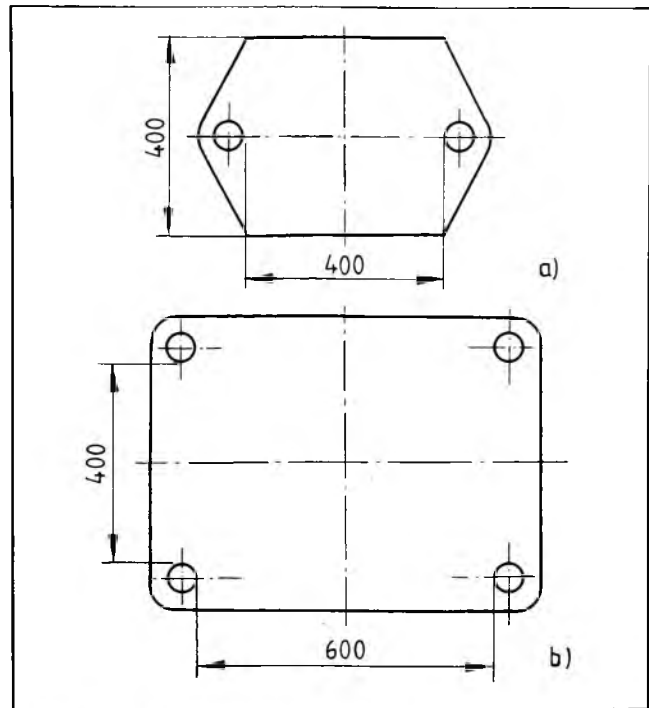
a) A fröccsajtoló gép mechanikai felépítése

Az asztal hasznos méretének növelése és az esetleges aszimmetrikus terhelés szükségessé tette, hogy ne két, hanem négy vezetőoszloppal vezessük meg a mozgó asztalt. Az eddig kifejlesztett háromféle méretű gép hasznos asztalfelületét és oszlopelrendezését a 3. ábrán lehet látni.

b) A fröccsajtoló gép hidraulikus megoldása

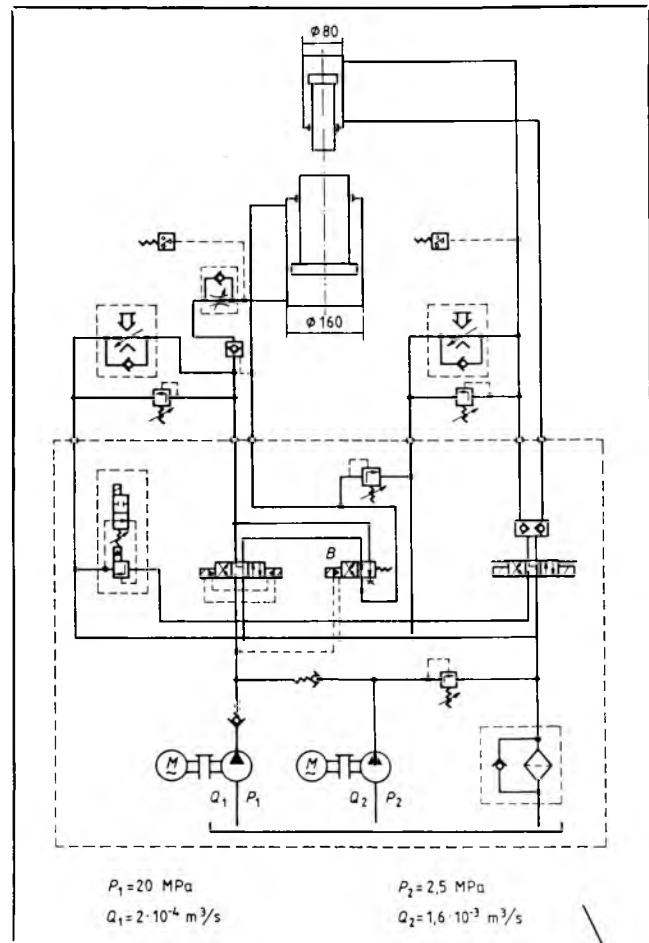
A szerszámméretnek növelése, ill. a szerszámfészkek számának növelése a záróerő növelését igényli, csaknem a méretek növelésével arányosan. Az újabb tokozóanyagok nyomásigénye ugyanis nem annyival kisebb, mint a szerszámméret növekedése. Megnehezítette a megoldást, hogy – mint említettük – a mozgásokat gyorsítani kellett. A jellemző műszaki adatokat az 1. táblázatban állítottuk egymás mellé. A megnövelt átmérőjű henger dugattyújának megnövelt sebességéhez $1,6 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ ($96 \text{ dm}^3/\text{min}$) olaj-térfogatáram szükséges. Ilyen szállítóteljesítményt 20 MPa nyomással a beépíthető méretű szivattyúktól nem követelhetünk meg.

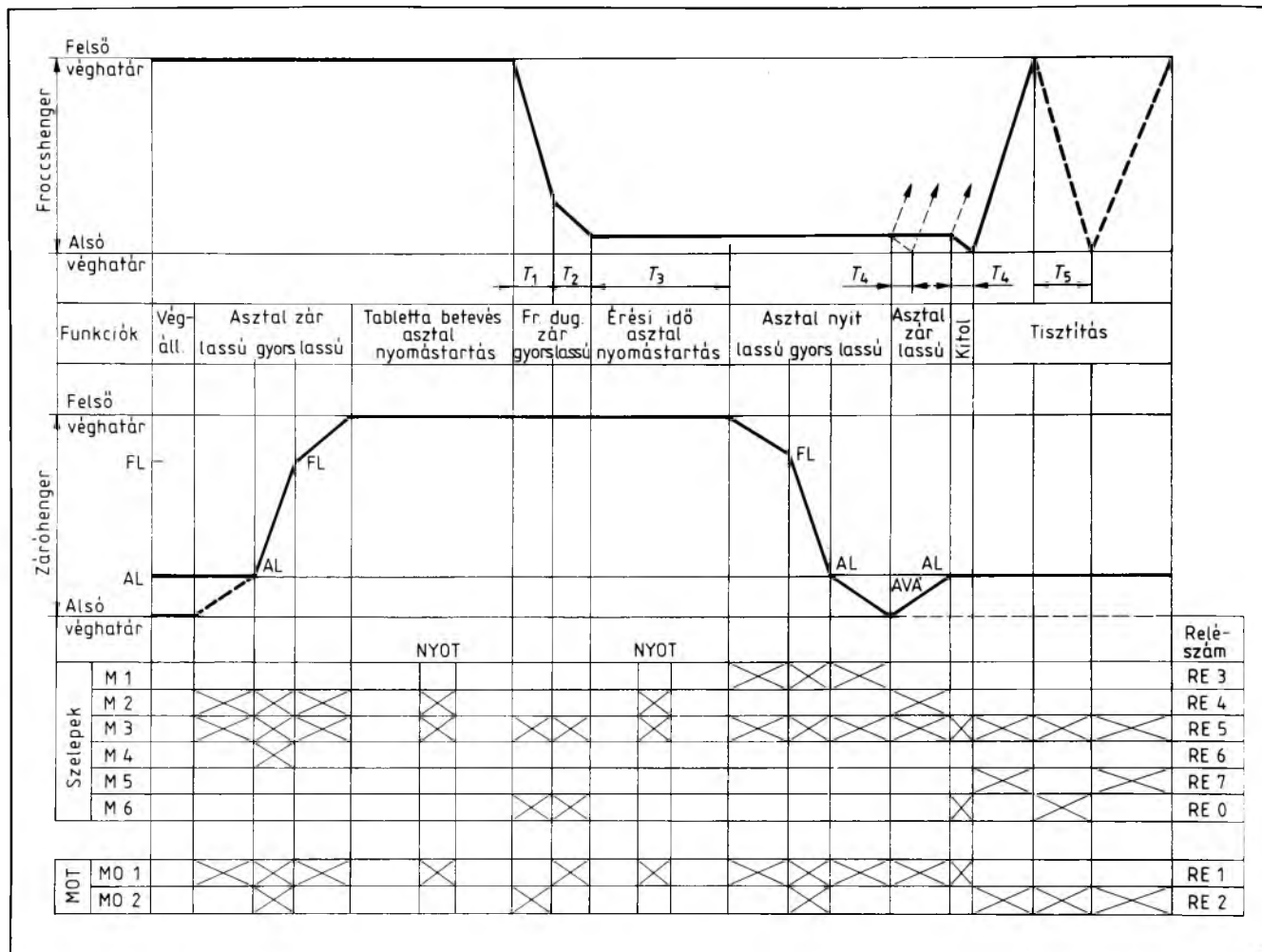
Gondot okoz az is, hogy a dugattyúnak a löket vége felé lassan kell mozognia. Áramlásszabályzó használata esetén az olaj nagyon fölmelegedne ekkora



3. ábra. A gépasztalok méretei
a) 75 kN és 140 kN záróerejű gépek;
b) 400 kN záróerejű gépek

4. ábra. A VKI 400 V típusjelű, 400 kN záróerejű fröccsajtoló gép hidraulikus rendszere





5. ábra. Működési diagram

1. táblázat

A VKI-ban fejlesztett fröccsajtoló gépek főbb műszaki adatai

Műszaki adatok	VKI T 72	VKI 400 V
Szerszámzó erő	140 kN	400 kN
Fröccsajtoló henger nyomóereje	50 kN	125 kN
Asztal sebesség gyorsjáratban	0,05 m/s	0,08 m/s
lassú járatban (szabályozható)	0...0,05 m/s	0...0,01 m/s
A vezetőoszlopok száma	2	4
Hasznos asztalméret	400 × 400 mm	600 × 400 mm
A hidraulikai rendszer nyomása	10 MPa	20 MPa

nyomáson. A megoldást két szivattyú használata jelenti (4. ábra).

Az 5. ábrán látható működési diagram szerint lassú járatban csak a nagy nyomású, gyors járatban mindkét szivattyú működik. A két szivattyú szállítóteljesítménye még együttesen sem éri el a megkívánt $1,6 \cdot 10^{-3}$ m³/s értéket, ezért az asztalmozgató henger nyitóoldali hengerteréből a B jelű szelepen keresztül visszavezetjük a kiáramló olajat a nyomóoldali hengerterbe. Így már elérhető a szükséges olajáram.

c) A villamos vezérlés továbbfejlesztése

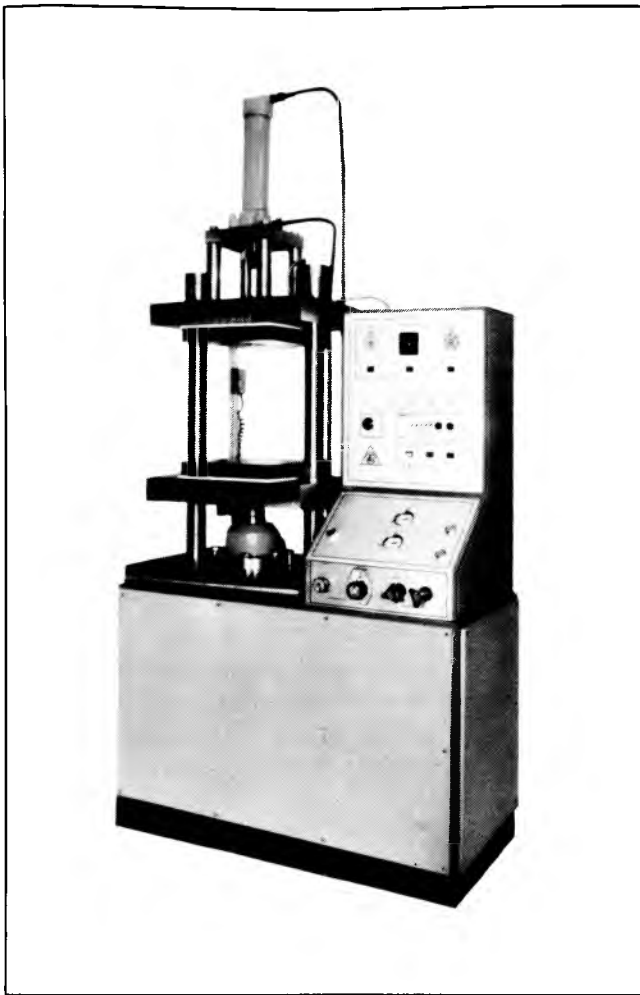
A hidraulikus nyomás pontos mérése és szűk határon belül tartása nem tette lehetővé a hagyományos

mechanikus nyomáskapcsolók alkalmazását. Helyette a legkorszerűbb, a szennyezett szilíciumkristály piezorezisztív tulajdonságán alapuló nyomásérzékelőket alkalmaztuk. Az érzékelők nyomásarányos jelét használjuk fel a gépi mozgások vezérlésére, nyomásbeállításra és nyomásmérésre is. Az új fejlesztésű gépeket a relés vezérlés helyett programozott logikai vezérléssel látjuk el. A megbízhatóbb működés és a hosszabb élettartam érdekében félvezető teljesítménykapcsolókat alkalmazunk. A működési diagram szerinti automatikus műveleti sorrendet az esetleges későbbi változtathatóság miatt EPROM tartalmazza.

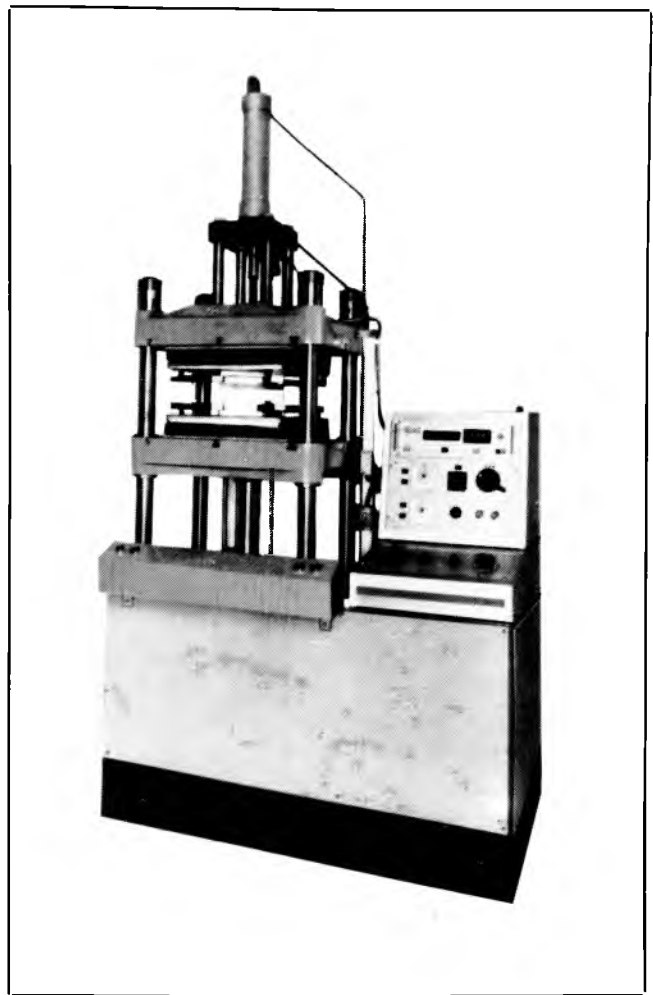
A 6. ábrán a 140 kN, a 7. ábrán a 400 kN záróerejű fröccsajtoló gépek láthatók.

5. További terveink

Bár a nemzetközi piacon megjelentek elektronikai tokozási célú 1000, sőt 2000 kN záróerejű gépek is, amelyekre több száz alkatrész egyidejű tokozására alkalmas szerszámok foghatók fel, ez az út hazánkban sajnos nem látszik járhatónak. Ennek elsősorban az az oka, hogy a nagy gépekhez szükséges hidraulikus munkahengereket nehéz beszerezni. A hazai lehetősé-



6. ábra. 140 kN záróerejű fröccsajtoló gép



7. ábra. 400 kN záróerejű fröccsajtoló gép

gek elsősorban a gyártás automatizálása felé orientálnak bennünket. Ennek első lépéseként elkezdtük egy olyan fröccsajtoló berendezés fejlesztését, amely több alsó szerszámféllel rendelkezik, és amíg az egyik a gépben van és folyik a fröccsajtolás, addig a másik alsó szerszámfélben elvégezhető a tisztítás és újratöltés. Egy ilyen berendezés hidraulikája és elektronikája is sokkal bonyolultabb mint az eddigieké, ezért hidraulikus rendszerében a korszerű üléses modulelemeket

részesítjük előnyben, vezérlését pedig mikroproceszorral oldjuk meg.

Irodalom

- [1] VKI Közleményei, 1972/4.
- [2] *Sors-Bardócz-Radnóti*: Műanyagalkító szerszámok. Budapest, Műszaki Könyvkiadó, 1971.
- [3] *Hegele, Kurt*: Új gyártástechnika a hőre keményedő műanyagok feldolgozásában. (Az 1988. évi Ingenieur-Büro Deckner Szakkonferencián elhangzott előadás anyaga)

Tartalom

36 év az erősáramú villamosipari kutatás szolgálatában. Dr. Mocsáry József tudományos igazgatóhelyettes tevékenysége az intézetben.	3
<i>Dr. Bencze János</i> : A korszerű félvezető eszközök és az új technológiai eljárások hatása a villamos hajtások fejlesztésére és fejlődésére.	7
<i>Tihanyi László</i> : Tranziens folyamatok energiájának számítása	17
<i>Soós László—Vajai Gyula</i> : GTO tirisztoros inverter áramellátási célra.	25
<i>Dr. Néveri István</i> : Középfeszültségű megszakítók működése és alkalmazásuk	33
<i>Bóday Ottó—Dr. Krajcsóvics Ferenc—Pócsy Ferenc</i> : Vesztélyes hulladékok ártalmatlanítása plazmatechnikai úton.	43
<i>Bognár Alajos—Szaplonczay Pál—Téglás Márton—Csescsödy Sándor—Dr. Zelenyánszki Endre</i> : Kompozit szigetelők fejlesztése nagyfeszültségű kapcsolóberendezésekhez	49
<i>Dr. Kulcsár Sándor</i> : Ni—Cd akkumulátorok fejlesztésének nemzetközi és hazai helyzete.	55
<i>Dr. Bardócz László—Bán Péter—Tamás Ferenc</i> : Áramköri elemek tokozási technológiájának továbbfejlesztése	59

Inhalt

36 Jahre im Dienste der starkstromelektrotechnischen Forschung. Die Forschungstätigkeit von Dr. techn. József Mocsáry	3
<i>Dr. János Bencze</i> : Der Einfluss der modernen Halbleiterelemente und der neuen technologischen Verfahren auf die Entfaltung und Entwicklung der Elektroantriebe	7
<i>László Tihanyi</i> : Berechnung der Energie von transienten Prozessen	17
<i>László Soós—Gyula Vajai</i> : Inverter mit GTO-Thyristor für Stromversorgungszwecke.	25
<i>Dr. István Néveri</i> : Betrieb und Anwendung von Mittelspannungs-Leistungsschaltern.	33
<i>Ottó Bóday—Dr. Ferenc Krajcsóvics—Ferenc Pócsy</i> : Unschädlichmachung von gefährlichen Abfallstoffen durch Anwendung der Plasmatechnik	43
<i>Alajos Bognár—Pál Szaplonczay—Márton Téglás—Sándor Csescsödy—Dr. Endre Zelenyánszki</i> : Entwicklung von Komposit-Isolatoren für Hochspannungs-Schaltanlagen.	49
<i>Dr. Sándor Kulcsár</i> : Die internationale und einheimische Lage der Entwicklung der Ni—Cd-Akkumulatoren.	55
<i>Dr. László Bardócz—Péter Bán—Ferenc Tamás</i> : Weiterentwicklung der Kapselungstechnologie von Stromkreiselementen	59

Contents

36 years in the service of the heavy-current electrotechnical research. The research-activity of József Mocsáry Ph. D.	3
<i>Dr. János Bencze</i> : The effect of up-to-date semiconductor devices and of new technologies on the development and progress of electric drives.	7
<i>László Tihanyi</i> : Calculation of the energy of transient processes.	17
<i>László Soós—Gyula Vajai</i> : GTO-Thyristor inverter for UPS purposes	25
<i>Dr. István Néveri</i> : Operation and application of medium-voltage circuit breakers.	33
<i>Ottó Bóday—Dr. Ferenc Krajcsóvics—Ferenc Pócsy</i> : Making dangerous wastes harmless by employing plasma technique	43
<i>Alajos Bognár—Pál Szaplonczay—Márton Téglás—Sándor Csescsödy—Dr. Endre Zelenyánszki</i> : Development of composite insulators for high-voltage switchgears.	49
<i>Dr. Sándor Kulcsár</i> : International and domestic situation of the development of Ni—Cd storage batteries.	55
<i>Dr. László Bardócz—Péter Bán—Ferenc Tamás</i> : Improving the technology of encasing circuit elements	59

Содержание

36 лет в услужении исследованию сильноточной электротехнике. Деятельность Д-р. Йозеф Мочари, заместителя директора по науке	3
<i>Д-р. Янош Бенце</i> : Действие современных полупроводниковых приборов и новых технологических методов на совершенствование и развитие электроприводов	7
<i>Ласло Тихани</i> : Расчет энергии переходных процессов	17
<i>Ласло Шоос—Дьула Вац</i> : Инверторы с запирающим тиристором для токоснабжения.	25
<i>Д-р. Иштван Невери</i> : Работа прерывателей среднего напряжения и их использование.	33
<i>Отто Бодай—Д-р. Ференц Крайчович—Ференц Поч</i> : Ликвидация вредных отходов с применением плазменной техники	43
<i>Алайос Богнар—Пал Саплонцай—Мартон Теглаш—Шандор Чечели—Д-р. Эндре Зеленицки</i> : Разработка композитных изоляторов для высоковольтных выключающих приборов	49
<i>Д-р. Шандор Кулчар</i> : Международное и отечественное состояние усовершенствования Ni—Cd аккумуляторов	55
<i>Д-р. Ласло Бардоц—Петер Бан—Ференц Тамаш</i> : Усовершенствование технологии герметизации электрических деталей.	59

