

SZUPRAVEZETŐK A MINDENNAPOKBAN: A XXI. SZÁZAD TECHNOLOGIÁJA

Vajda István, BME Villamos Energetika Tanszék
Szalay András, S-Metalltech Kft., Budapest
Porjesz Tamás, ELTE TTK Általános Fizika Tanszék (SuperTech Lab.)

A szupravezetőket – sok évtizedes szívós és következetes kutató–fejlesztő munka eredményeképp – az utóbbi néhány évtizedben mind több alkalmazásban tudjuk felhasználni. Immár kereskedelmi forgalomban is beszerezhető a szupravezetős mágneses energiatároló (SMES), hazánkban is használnak orvosi vizsgálatokra szupravezető mágneseket. A szupravezető anyagok nyújtotta különleges előnyöket egyre nagyobb mértékben tudjuk élvezni, és ez a jövőben még inkább így lesz.

Az Európai Unió minden évben szervez egy, a tudományos eredményeket népszerűsítő hetet *European Science Week* elnevezéssel. Ebben az évben – héttagú nemzetközi konzorcium vezetőjeként – a BME Villamos Energetika Tanszék SuperTech Laboratóriuma vállalhatta el, hogy bemutassa a szupravezetős alkalmazások mai helyzetét és a közelebbi jövőben várható fejlődését. A *Science Week* keretében, *Mágikus Vonzás* címen ez év november 22–25. között a BME Aulájában egy interaktív kiállításon, a laikusok számára is érthető módon megmutatjuk, hogy a szupravezetés alkalmazására máris hányféle példa található részint saját, részint európai és tengerentúli kutatások eredményeként. Megismertetjük a látogatókat egyrészt a szupravezetők alapvető fizikai tulajdonságaival és egyes konkrét, gyakorlati alkalmazásokkal. A szupravezetős erősáramú alkalmazások sorában bemutatjuk a mágneses csapágyakat, valamint a mágneses csapágyazású energiatároló lendkereket, a zárlati áramkorlátozót, a mágneses szeparátort, valamint a kábeleket.

Célunk, hogy mind az érdeklődők, mind a kutató–fejlesztő kollégák számára közelebb hozzuk ezt a feljövőben lévő, perspektivikus high-tech területet, bemutassuk, hogy a szupravezetés reális megoldásokat nyújt meglévő és jövőbeni ipari problémákra.

Röviden a szupravezető anyagok tulajdonságairól

A szupravezetés jelenségét *Heike Kammerlingh-Onnes* holland fizikus fedezte fel 1911-ben. Ezek a szupravezető anyagok egy bizonyos kritikus hőmérséklet alatt elvesztik elektromos ellenállásukat, gyakorlatilag végtelenül jó elektromos vezetővé válnak. A Kammerlingh-Onnes által felfedezett *alacsony hőmérsékletű* (AHS) szupravezető anyagok, illetve az azokból készült ötvözetek legmag-

sabb kritikus hőmérséklete 23,2 K, ezért hűtésükhöz folyékony héliumot kell használni.

1986-ban *Müller* és *Bednorz*, az IBM kutatói, olyan kerámiaalapú szupravezető anyagot fedeztek fel, melynek kritikus hőmérséklete (~35 K) lényegesen meghaladta a korábbi, AHS-anyagokra megismert legmagasabb értéket. Ezért ezt az új típusú szupravezetést *magashőmérsékletű szupravezetésnek*, míg az anyagot *magashőmérsékletű szupravezetőnek* (MHS) nevezték el. Lényeges áttörés következett be 1987 januárjában az itrium-alapú szupravezetők felfedezésével, melyek kritikus hőmérséklete elérte a 93 K-t. A nitrogén forráspontjánál (77,36 K) magasabb kritikus hőmérsékletű szupravezető anyagok megjelenése áttörést jelentett az alkalmazási lehetőségek terén. Ezáltal az eszközök hűtése lényegesen olcsóbbá és egyszerűbbé válhatott. Ennek köszönhető, hogy felgyorsultak a felhasználásra irányuló kutatások.

A kritikus hőmérsékleten kívül még két kritikus paraméter játszik fontos szerepet: a *kritikus áramsűrűség* és a *kritikus indukció*. A szupravezetési állapot csak abban az esetben marad fenn, ha mindhárom mennyiség értéke egyidejűleg kisebb, mint a kritikus értékek.

A szupravezető-képesség alapvetően *két lényeges tulajdonságot* foglal magába. Az egyik az ellenállásmentes áramvezető-képesség (történetileg ebből származik a „szupra”-vezető elnevezés), ezt jól demonstrálja e havi számunk címlapképe, amelyen látható, hogy a szupravezetőn veszteség nélkül folyik az áram.

A másik a diamágneses tulajdonság, a Meissner-effektus. Az utóbbi tulajdonság azt jelenti, hogy a mágneses tér kizorul a szupravezető anyagból. Ezért például egy szupravezető tárcsa fölé elhelyezett állandó mágnesre taszító erő hat, az állandó mágnes a szupravezető tárcsa

1. ábra. Szupravezető fölött lebegő kis mágnes





2. ábra. Megnövelt lebegtető erővel már embert is elbír (balra). Szupravezető mágnesekkel lebegtetett vonat (jobbira).

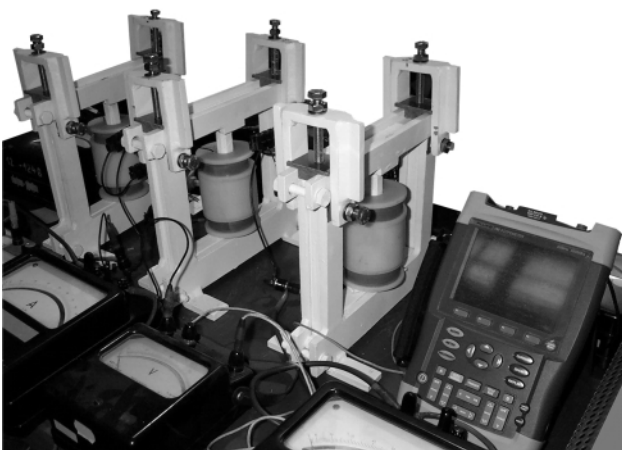
felett lebegni fog (1. ábra). A mágnesek és a szupravezetők méretezésével a lebegtetőerő növelhető, akár embereket (2. ábra), vagy gépkatrészeket, vasúti kocsit (2. ábra jobb oldala) stb. is lebegtethet, biztosítva ezek sűrűdésmentes haladását vagy forgatását.

Az alkalmazásokban a szupravezetők mindkét alapvető tulajdonságát kihasználjuk. Az áramvezető-képességen alapulnak a szupravezetős tekercsek, kábelek, áramhozvezetések stb. A diamágneses tulajdonságot a lebegtetett csapágyakban és lendkerekekben, a mágneses árnyékolókban használjuk fel. Említésre érdemes, hogy ha a szupravezetőt mágneses térben hűtjük le, a mágneses erővonalak – képletesen szólva – „befagynak” a szupravezetőbe. Így a szupravezető és az állandó mágnes között nemcsak taszító, hanem vonzó erő is létesíthető. A fluxus befagyasztásával szupravezetős állandó mágnesek készíthetők, amelyeket szupravezető állandó mágneses motorokban, mágneses tengelykapcsolókban lehet felhasználni.

Szupravezetős erősáramú alkalmazások külföldön és hazánkban

A magashőmérsékletű szupravezető (MHS) anyagok esetében az üzemi hőmérséklet fenntartása folyékony nitrogénnel biztosítható, ami lényeges előnyt jelent az alacsony hőmérsékletű szupravezetők hűtésigényével összehasonlítva. Ma már kereskedelmi forgalomban szerezh-

3. ábra. Laboratóriumi háromfázisú áramkorlátozó MHS szupravezetővel a SuperTech Laboratóriumban



tők be magashőmérsékletű szupravezetőből készített alkatrészek. Az erősáramú alkalmazásokat tekintve rendelkezésre állnak a tekercsekben és energiaátviteli kábelekben használható huzalok és szalagok, a kis hővezetésű áramhozvezetések, a mágneses csapágyakban és lendkerekekben felhasználható tárcsák (lebegtetők és stabilizátorok), a mágneses árnyékolásra alkalmas gyűrűk és fóliák, valamint az áramkorlátozókhöz (3. és 4. ábra) szükséges hengerek, gyűrűk. Az energiaminőség javítását szolgáló mágneses energiatárolók több példányát telepítették és üzemeltetik ipari fogyasztóknál, a közép feszültségű hálózatokon alkalmazható zárlati áramkorlátozók ipari alkalmazása folyamatban van.

Az energiaátviteli transzformátorok, villamos forgógépek, energiaátviteli kábelek és az energiatároló lendkerekek ipari alkalmazása a közeli jövőben várható.

Megállapíthatjuk, hogy jelentős a fejlődés mind az alacsony-, mind pedig a magashőmérsékletű szupravezetők ipari alkalmazásainak bevezetése és elterjedése területén. Az orvosi diagnosztikában is egyre többen alkalmazzák a szupravezető mágneseket tartalmazó mágneses rezonancia-módszerrel történő képalkotást (5. ábra). Nem véletlen, hogy 1998-ban fogalmazódott meg a jelző: „Superconductivity coming to market – A szupravezetés közeledik a piachoz”.

A hazai kutatás–fejlesztés helyzete

Az erősáramú szupravezető-kutatás és -fejlesztés hazai bázisa a BME SuperTech Laboratóriuma. A kutatók száma 5 fő, a külső szakemberek száma mintegy 20 fő hazai és külföldi szenior tag, továbbá mintegy 20 fő junior, nap-pali és doktorandusz hallgató. A SuperTech kiterjedt nemzetközi kapcsolatokkal rendelkezik a világ minden táján.

Kiemeljük a hagyományos, idén már tizedik alkalommal megrendezett Szupravezetős Nemzetközi Nyári Egyetemet, továbbá az ipari szemináriumokat, amelyeket *Az energiaminőség javítása szupravezetős mágne-*

4. ábra. A General Atomics/Intermagetics áramkorlátozója MHS szupravezetővel a Southern California Edison alállomásán üzembe helyezve

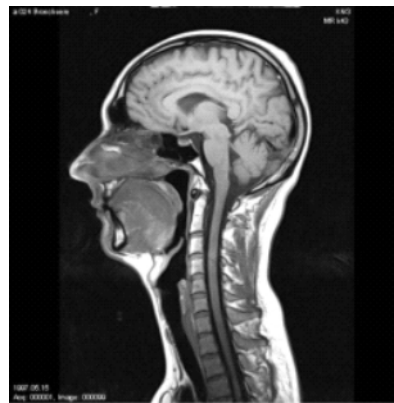


ses *energiatárolókkal* címmel tartottunk a BME-n, valamint az ÉDÁSZ Rt., és az MVM szakemberei számára.

A SuperTech tagja az EU 5. Keretprogramjának részeként működő Európai Szupravezetős Hálózatnak (SCENET), képviselteti magát az USA *Superconductivity for Power Systems* (Szupravezetés az energiarendszerek számára) nemzeti programjában, és közvetlen kapcsolata van Japán erősáramú szupravezetős programjaihoz.

Jelenleg nagyáramú MHS zárlati áramkorlátozó, valamint rövididejű energiatárolásra alkalmas – úgynevezett teljesítménytároló – mágnesesen lebegtetett MHS lendkerék ipari modelljeinek fejlesztése van fejlesztéseink középpontjában. Az egyedi eszközök fejlesztését követően a jövő terveinek középpontjában komplex, több eszközt (transzformátor–áramkorlátozó–motor–energiatároló) magában foglaló és azok együttműködését igénylő MHS-rendszer (minierőmű modellje) kivitelezése áll. Ez a koncepció nemzetközi összehasonlításban is újszerűnek minősül.

A nemzetközi együttműködések eredményeként rendezhetjük meg 2004. november 22–25. között a BME K. épület aulájában a *Mágikus Vonzás* című kiállítást. Az in-



5. ábra. MHS huzalból készült mágneses rezonanciakészülék és a vele készült felvétel

teraktív tárgyak az Oxfordi Egyetem, a Barcelonai Egyetem, a Ben-Gurion Egyetem, a caeni Crismat és a jénai IPHT kutatóhelyek, a Sydkraft svéd vállalat, a Diamond Congress rendezvényszervező cég, az S-Metalltech kutatóvállalat, valamint a BME SuperTech Laboratóriuma szoros együttműködésében készültek el.

A kiállításról a www.szupravezetes.hu címen bővebb információk is elérhetők.

50 ÉVES A CERN – ÜNNEPI ÜLÉS AZ AKADÉMIÁN

Az alábbiakban röviden összefoglalom az MTA ünnepi CERN-ülésén, 2004. szeptember 22-én elhangzott előadásokat. A NIIFI jóvoltából videofelvétel készült az egész ülésről, amely a világháló <http://vod.niif.hu/cern/> lapján megnézhető, ugyanott az előadások fóliái is megtekinthetők. Az ünnepi ülés első részén részt vett *Carlo Rubbia* Nobel-díjas professzor, akinek kedvéért a bevezető előadások angolul hangzottak el.

Az ülést *Horváth Zalán* akadémikus, az MTA Fizikai Osztályának elnöke nyitotta meg rövid bevezetővel.

Magyar kutatók már jóval Magyarország 1992-es csatlakozása előtt dolgoztak a CERN-ben, de csatlakozásunk új távlatokat nyitott számunkra, amellyel élünk is. Különös öröm, hogy Carlo Rubbia mellett, aki a csatlakozás idején a CERN főigazgatója volt, a hallgatóság soraiban üdvözölheti *Pungor Ernő* akadémikust is, aki magyar részről a csatlakozási tárgyalásokat vezette. A CERN-nek ma már 25 ország teljes jogú tagja, de rajtuk kívül valamennyi kontinens országai részt vesznek a CERN munkájában.

Keviczky László akadémikus, az MTA alelnöke *A nagy tudomány szerepe a magyar társadalomban* című előadásában elsősorban arra keresett választ, mit nyújt ma a CERN a kutatási szférán kívül.

A CERN legfontosabb szerepe alapításakor a békés egymás mellett élés és együttműködés üzenete volt a világháború után és a hidegháború alatt. Mérnökként

kijelentheti, hogy a CERN nemcsak a tudomány temploma, hanem vezető technológiai központ; az Akadémia alelnökeként viszont azt kell hangsúlyoznia, hogy a jelenleginél sokkal komolyabb népszerűsítésre van szükségünk a fizikai kutatások, benne a nagyenergiájú fizika és magyar CERN-részvétel terén. Magyarország CERN-tagsága sokba kerül ugyan, de az az összeg nem is annyira kiugró, ha ahhoz viszonyítjuk, mennyit költünk egyébként is kutatásra, és mit nyer az ország a CERN-tagsággal. Kevesen tudják, hogy Magyarország csatlakozási tárgyalásai még a rendszerváltás előtt, a 80-as években indultak meg, Carlo Rubbia első budapesti látogatásával.

Carlo Rubbia professzor *A CERN alapítása, fejlődése és eredményei* című, rendkívül érdekes és színes előadásában szabadon beszélt, föliasegédlet nélkül.

A CERN alapításának és működésének mindig volt a tudományos mellett politikai jelentősége is. A tudományos együttműködés sokkal egyszerűbb, mint a politikai: a kutatók közös nyelvet beszélnek és közös a céljuk, ezért a tudományos együttműködés mindig előtte jár a politikainak. A CERN alapításának hármasságát jelentősége volt: 1) a háború utáni újjáépítés idején a korábban háborúzó európai országok összefogását segítette; 2) az európai kultúra egységét szimbolizálta; és 3) az első jele volt annak, hogy a nagy tudomány túlnövi egy-egy ország határait. A CERN volt az első nemzetközi kutatóintézet, de azóta több hasonló intézmény jött létre az űrkutatás, a csillagászat, az anyagtudomány és a biológia