



Csuka Antal

IMPULZUSBOMBÁK ÉS REPÜLŐGÉP FEDÉLZETI NAGYENERGIÁJÚ IMPULZUSKELTŐK HATÁSFOKÁNAK NÖVELESE SZUPRAVEZETŐK ALKALMAZÁSÁVAL

BEVEZETÉS

Több évtizedes távlatokban gondolkodó katonai műszaki fejlesztések koncepciója, kényszerű módon a műszaki tudományok fejlődésének vonala mentén halad és az eredményeiből építkeznek. Lendületet ad a tudományos kutatásnak, újabb és újabb célok, feladatok megfogalmazásával kísérleti terepet kínál, vagy éppen az eredmények gyakorlatba ültetéséhez járul hozzá építő jelleggel. Kölcsönhatások összetett és bonyolult rendszere, amelyben a civilizációs fejlődés ütemét a műszaki fejlesztések korlátolt lehetőségei szabják meg. Ezek az összefüggések nyomon követhetők a korszerű fejlesztések eredményét hasznosító civil de még inkább a katonai rendeltetésű alkalmazásokban.

Komplex, világméretű infokommunikációs hálózat kialakulásának és fejlődésének lehetünk tanúi, amelynek termináljai kivétel nélkül mind elektromos és elektronikus eszközök, berendezések. Ezek az eszközök által maga a társadalom és annak a tagjai is kényszerű módon hálózatba szervezetté és kiszolgáltatottá válnak. A kiszolgáltatottság abból fakad, hogy ezen eszközökhöz fűződő viszonyuk egyre szorosabbá válik. A katona – deszant rádió, digitális katona – body-LAN (számítógép) jól ismert ember – kommunikációs eszköz vagy az utóbbi esetben még ennél is többet jelentő szoros kapcsolatot fejez ki. Megbonthatatlan kapcsolat, ami egyre inkább kiterjed az elgépiesedő civil szférára is, ahol a kényelmi szempontokat szolgáló, mindent behálózó interkommunikációs eszköz nem csupán kiegészíti az embert, hanem hatásosan visszafejleszt bizonyos túlélést szolgáló képességét is. Éppen a kiegészítő kommunikációs eszköze révén válik egyre kiszolgáltatottabbá az ember. Hadszíntéren a kiszolgáltatottság végzetes következményekkel járhat, ha a katona, a harcos elszigetelődik a környezetétől, megfosztottá válik az információs és infokommunikációs eszközeitől.

Az elektronikai eszközök és hálózati rendszerek fejlettségével hatványszerűen nő a sebezhetőségük, aminek oka az egyre növekvő alkatelem szám és azok magas fokú integráltsága. A hosszú távú tervezés figyelmen kívül hagyja azt a tényt, hogy a szolgálatába állított korszerű elektronikai és informatikai eszközök, az esetek többségében, a szükséges és megfelelő védelem hiányában kerülnek felhasználásra. Megfelelkezik arról, hogy a háttérben fejlődik egy különleges fegyvertechnikai ágazat, amelynek kifejlesztett eszközei, fegyverei igazodnak a megváltozott környezethez, koncepciókhoz és követelményekhez. Ezek az irányított energiájú fegyverek, csapásmérő eszközök, egy része éppen a stratégiai jelentőségű elektronikai és kommunikációs

eszközöket, a másik része a kezelő személyzetet veszik célba, azok védtelenségét használják ki. Mindezt teszik úgy, hogy az emberéleket közvetlen módon nem veszélyeztetik. Egy újkori hadviselés elemei kezdenek kibontakozni úgy, hogy közben az emberélet látszólag felértékelődött. Joggal merül fel a kérdés, hogy mennyire beszélhetünk újdonságról akkor, amikor bizonyíthatóan több mint fél évszázaddal ezelőtt lefektetett alapelvek és ismeretek alapján kifejlesztett fegyverekről beszélünk. Ha a küszöbön álló tényleges alkalmazásukat vesszük alapul, kétségtelenül újdonságnak számítanak. Újdonság azért is, mert ez idő alatt számottevő eredmények születtek. Megteremtődtek azok a kutatóközpontok, ahol nagy lendülettel folyik a fejlesztésük, és bámulatos eredmények születnek. Az irányított energiájú fegyverek teljesítménye időközben megsokszorozódott, hatások látványosan javultak, és bevetésre megérett, hatásos fegyverré váltak. Különleges képességüknek köszönhetően, nagy érdeklődésre tartanak számot, mivel fokozatosan háttérbe szorítják a fizikai pusztítás módszereit és eszközeit. Méltán a 21. század hadviselésének a jeles képviselőivé váltak. Az irányított energiájú fegyverek rendszerelmélete kiforratlan, kidolgozásra vár csak úgy, mint alkalmazásának jogi, etikai és más részletei. Ilyen értelemben talán a műszaki részletek jelenthetnek alapot valamiféle rendszerelméleti keretbe való foglalásukhoz, bár ez is tényleg vezet, ha nem vagyunk kellően körültekintőek. Sok esetben a műszaki részletek éppúgy hiányoznak, mint más támpontok egy átfogó elemzéshez, éppen ezért csak egy módszer követhető, az információmorzsák gyűjtése. Kiegészítve a naprakész, vagy annak feltételezett információkat, megfelelő műszaki elméleti alapokkal, továbbá hasonlóan fiatal tudományterületek eredményeit integrálva meglepő következtetésekre juthatunk. Az említett fiatal tudományterület; a szupravezető technika. A következőben vázolt elképzelések háttérében nem állnak kísérleti eredmények, amelyek minden kétséget kizáróan bizonyíthatnák a megoldás létjogosultságát.

NAGYENERGIÁJÚ IMPULZUSKELTŐK

Repülőgép fedélzeti irányított energiájú fegyverek

Az irányított energiájú fegyverek mindegyike alkalmas, kivétel nélkül repülőgép fedélzeti fegyvernek. Egy berendezés fizikai mérete nem jelent számottevő akadályt ilyen értelemben. Erre talán a legjobb példa a Boeing 747-400S teherszállító teljes raketerét kitöltő, több száz KW teljesítményű oxigén-jód gázlézer. [1] Korábbi projekt részletei is ismertek; nevezetesen az 1978-ban a Boeing 707 katonai változatába, a KC-135 típusú teherszállítóba beépítésre került egy 400KW teljesítményű, CO₂ gázlézer fegyver.[2]

Részecskefegyverek fedélzeti berendezésként való alkalmazása csak az űrfegyverkezésben, mint műholdfedélzeti fegyver merült fel, meglehetősen futurisztikus ötletként a szakirodalomban, annak ellenére, hogy léteznek mindössze 20m hosszú részecskegyorsítók is, ami egyáltalán nem számít nagyoknak. A lézerfegyverekhez képest a részecskefegyverek kutatása és fejlesztése lényegesen kisebb

pénzügyi támogatásnak örvendett az évek folyamán, aminek következtében jelentős hátrányba került a lézerfegyverek fejlesztésével szemben. [2] Nemcsak a lézerfegyver alkalmas repülőgép fedélzeti fegyverként, hanem a fizikai elveket tekintve a másik végletet képviselő akusztikus fegyver is. Propaganda és pszichológiai fegyver céljára kiválóan alkalmas eszköz lehet a fedélzeti, széles frekvenciatartományban sugárzó nagy teljesítményű akusztikus fegyver. Mikrohullámú fegyver, hasonlóképpen használható repülőgép fedélzeti fegyverként. Fegyvertelen tömeg oszlatására mindenekelőtt helikopter fedélzeti fegyvereként képzelhető el az alkalmazása. A nagy energiájú mikrohullámú fegyver (HPMW) különlegessége éppen abban nyilvánul meg, hogy bevethető az elektronikai eszközök ellen, csakúgy, mint az élő erő ellen. Az impulzusfegyver közismert formája az impulzusbomba. Mint egyszer felhasználható, önmegsemmisítő fegyver vonult be a szakirodalomba. Viszonylag egyszerű felépítésével és jó hatásfokával az impulzusbomba, viszonylag korán, hatékony eszköznek bizonyult és a figyelem középpontjába került. Nagy energiájú elektromágneses impulzus (EMP) előállításának az eszköze, amely túlfeszültséget hoz létre a bevetés körzetében levő vezetőkben. Túlfeszültség védelem és megfelelő árnyékolás hiányában, de még annak megléte mellett is komoly veszély fenyegeti az elektromos és elektronikai berendezéseket. Irányítottan kisugárzott elektromágneses impulzussal képes tönkretenni, rövidzárlatot és villamos átütést előidézni a nagy elemsűrűségű integrált áramköröktől kezdve villamos szigetelő anyagokig vezetőkben, félvezetőkben és a szigetelőkben. Ellene teljes körű és kellőképpen hatékony védelem nem létezik, következésképpen egy kivételesen nagy hatékonyságú támadó eszközről van szó, amely ráadásul közvetlen módon az emberi életet nem veszélyezteti. Utóbbi tulajdonságával a konfrontációs helyzetek egyre humánusabb megoldását kínálja. Az impulzusfegyverek kihasználják azt a tényt, hogy az elektromos és elektronikai berendezések, eszközök teljes körű védelme rendkívül költséges megoldást eredményezne. Pusztán gazdasági okok miatt az eszközvédelem annyira a háttérbe szorult, hogy védtelenné és kiszolgáltatottá tette a létfontosságú stratégiai eszközöket, legyen az infokommunikációs eszköz, fegyver vagy fegyverirányító, harcászati eszköz, stb.

EMP előállításának egy alternatívája

A robbanótöltettel ellátott fluxuskompressziós generátoron (FCG) kívül létezik más módja is a nagy energiájú elektromágneses impulzus (EMP) előállításának. Eltérő felépítésű, és ennek következtében látszólag más fizikai elven működik, a többször is bevethető impulzusfegyver. Repülőgép fedélzeti berendezésként való alkalmazása viszont nem problémamentes, hiszen veszélyt jelenthet a hordozóra is, a repülőeszköz fedélzeti elektromos és elektronikai berendezéseire. Ilyen impulzuskeltő lényegében ugyanazt a jelenséget, a matematika és fizika nyelvén megfogalmazott alapelveket alkalmazza, de más módon teremti meg a jelenség létrejöttéhez szükséges feltételeket. Az FCG által létrehozott nagy energiájú elektromágneses impulzus robbanótöltet nélküli előállítása kettős célt szolgál. Az egyik a jelenség tanulmányozása „laboratóriumi körülmények közt” és annak didaktikai célú felhasználása, míg a másik a repülőgép fedélzeti vagy más hordozón való alkalmazása és ismételt felhasználása. Új elven működő eszköz csak úgy valósulhat meg, ha

sikerül találni új, a jelenséget leíró elveket, feltárhatók az összefüggések és kidolgozhatók azok a módszerek, analógiák, amelyekkel modellezhetők az ott lejátszódó jelenségek.

A következőkben egy hasonlóságot szeretnék feltárni, és röviden összefoglalni, amit úgy vélem nem nehéz belátni, mert a jelenségek képletekbe öntött leírásában is találhatunk erre vonatkozó burkolt megállapítást. A fluxuskompresszió jelenségének megértéséhez vissza kell térni az alapelvekhez. Megállapítható, hogy az eszközben lejátszódó folyamatok sok hasonlóságot mutatnak a plazmafizikai jelenségekkel. A plazmajelenségek a magnetohidrodinamika témakörében fordulnak elő gyakran, amiből következik, hogy érdemes egy kicsit alaposabban megvizsgálni ezt a kapcsolatot.

MHD generátor és az FCG kapcsolata

MHD generátor vagy FCG? Az összefüggés tisztázása során talán az a kérdés merül fel elsőként, hogy mi a különbség a két eszköz között. A magnetohidrodinamika egy általános megfogalmazás szerint a mágneses térben levő elektromosan vezető folyadékokat és gázokat tanulmányozza. A magnetohidrodinamikai elvek egy részét a plazmafizikai modellek alkotják. A szakirodalom a magnetohidrodinamikai generátort és a fluxus kompresszió elvén működő generátort mindig külön kezelte. Valami oknál fogva a fluxus kompresszió jelenségének leírása elég messze került a klasszikus magnetohidrodinamikai alapelvektől. Gondolok itt arra, hogy egyetlen leírás sem említi a FCG úgy, hogy valamilyen köze lenne a magnetohidrodinamikai leírásokban oly gyakran szereplő plazmajelenségekhez. Ennek a kapcsolatnak a felismeréséhez szeretnék néhány támpontot adni a továbbiakban, néhány pontban összefoglalva egy pár gondolatot és analógiát.

1. A magnetohidrodinamikai generátort alkalmas arra, hogy a mechanikai energiát közvetlenül elektromos energiává átalakítsa.[3] A fluxuskompresszió generátorban levő robbanótöltet vegyi energiája szabadul fel és alakul át mechanikai energiává. A vegyi energia egy része valóban mechanikai energiává alakul és közrejátszik a nagy energiájú elektromos impulzus létrejöttében.

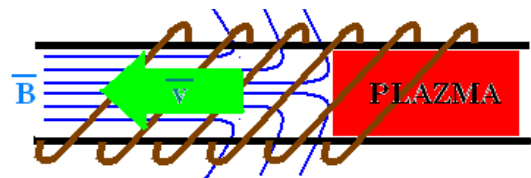
2. A fluxuskompresszió jelenségének magyarázatára csakúgy, mint a magnetohidrodinamikai jelenség leírására a semleges gázok egyenletei, az erőtérré pedig, a Maxwell egyenletek szolgálnak kiinduló összefüggésekként. A magnetohidrodinamikai hullámok leírásával foglalkozó Hannes Alfvén 1942-ben a mágneses teret a Maxwell egyenletekkel, a gázt illetve a folyadékot pedig a szokásos kontinuitási egyenletek módosított alakjával írta le. [4] A folyadékra vonatkozó Maxwell egyenleteket; *a tömegmegmaradás, impulzus megmaradás, energia megmaradás*, valamint az erőtérré vonatkozó összefüggés; *a fluxus megmaradás törvényei* alkotják.

A fluxus kompresszió jelenségének leírására négy egyenlet szolgál; az *impulzus megmaradási törvény, sebesség törvény, az energia megmaradási törvény* valamint az *Ohm törvény* egy speciális formája. Anélkül, hogy az egyenletrendszereket és az azokból származó összefüggések levezetését ismertetném, csak egyetlen összefüggést szeretnék kiemelni, ami talán nem véletlenül mindkét eszköz leírásában szerepel, vagy átalakításokkal nyerhető. Az alábbi differenciálegyenlet a mágneses indukció és az áramló közeg közti összefüggést fejezi ki:

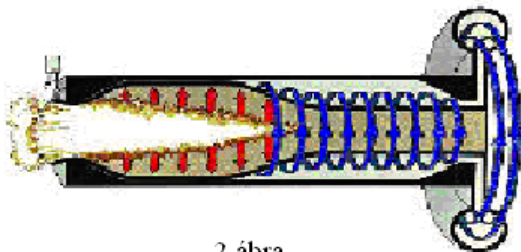
$$\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} = \nabla \times (\mathbf{v} \times \mathbf{B})$$

Alacsony frekvencián érvényesnek tekintett klasszikus magnetohidrodinamikai leírás szerint, ha az áramlástani viselkedésnek és hasonlóságnak a leírására szolgáló Reynolds szám; $R_M \gg 1$, akkor a magnetohidrodinamikai egyenletekből a fenti összefüggés nyerhető. Leegyszerűsítve ez azt fejezi ki, hogy a folyadékkal együtt mozgó, zárt görbén áthaladó mágneses fluxus időben állandó mennyiség, vagyis a mágneses indukciós vonalak együtt mozognak az áramló közeggel. Bizonyításából további következtetések vonhatók le, aminek ismertetésétől jelen esetben eltekintek. [4]

3. Szembeötlő, felépítésbeli azonosság figyelhető meg, ha alaposabban megvizsgáljuk R. Meyer és E. Mayfield féle lökésűvet. A lökésű felépítése (1.ábra) minden részletében azonos a 2.ábrán látható, jól ismert FCG felépítésével. Az FCG- ban a robbanótöltetnek kettős szerepe van. Az 1. pontban említett gondolatot folytatva, a vegyi energia egy része plazma létrejöttét szolgálja a tekercs belsejében. Plazma kialakulásának, és a gáz részleges vagy teljes ionizációjának nem kizárólagos feltétele a nagy hőmérséklet, bár kivételesen ez a feltétel is teljesül. A vegyi energia másik része, ami közvetlenül mechanikai energiává alakul, nagy sebességre gyorsítja a plazmát. Nagy sebességgel áramló



1. ábra



2. ábra

gáz részleges ionizációja az áramlás következtében is megvalósul, akkor is, ha külső hőhatás nem növeli az entalpiáját.[5] Plazma kialakulásához mindkét folyamat hozzájárul egymástól függetlenül is, következésképpen plazmajelenség mindenképpen hozzájárul a nagy energiájú impulzus létrejöttéhez. A gyorsuló

plazma, mint valami dugattyú mozdul el a tekercs belsejében és a mágneses térrel való kölcsönhatása következtében, impulzusszerű feszültséget indukál. Belsejében, mivel a nagy sebességre gyorsított gáz, plazma legalább annyira jó elektromos vezető, mint egy rézvezető huzal, benne feszültség indukálódik, ami nagy energiájú elektromágneses impulzus formájában kicsatolható az eszközből. Más feltételeket is figyelembe véve, mint például azt, amikor a $R_M \ll 1$, a diffúziós jelenség következtében a mágneses erővonalak diffundálnak a „folyadékba”, plazmába, akkor módosított egyenletekkel még jobban közelítő leírás nyerhető. Lényegében az FCG nem egyéb, mint az MHD generátorok egy formája. Mindkét eszköz esetében, mágneses térben áramló, mozgó plazmáról van szó, még akkor is, ha a FCG esetében ez nem annyira nyilvánvaló. A magnetohidrodinamikai összefüggések lehetővé teszik, hogy a plazmára gyakorolt mágneses térerőt elvileg minden határon túl növelni lehessen. Az indukált feszültségimpulzus különbözőképpen kicsatolható a rendszerből. Nagyenergiájú impulzus többféleképpen előállítható, annak energiája az eszköz veszteségeinek a csökkentésével, növelhető.

HATÁSFOK NÖVELÉSE SZUPRAVEZETŐK ALKALMAZÁSÁVAL

Az irányított energiájú fegyverekkel csaknem azonos ütemben és dinamizmussal fejlődő szupravezető technika ígéretes eredményei nem hagyhatók figyelmen kívül. Szeretném ismertetni a továbbiakban a szupravezetők mindazon kiemelkedő jellemzőit és figyelemreméltó tulajdonságát, ami egészen különleges technikai megoldásokhoz vezethetnek. Ezek a jellemzők és a hozzájuk kapcsolódó egyedi megoldások adhatnak választ mindazokra a kérdésekre, amelyek az irányított energiájú fegyverek csodálatra méltó teljesítményével kapcsolatosak. Erre, és ehhez hasonló kérdésekre keresve a választ előbb- utóbb kapcsolatba kerülünk a szupravezető technikával. Azzal a tudományterülettel, amely nemcsak forradalmian új megoldásokat kínál, úgy civil, mint katonai téren, hanem alaposan megreformálni készül mindent, aminek valami köze van az erősáramú és gyengeáramú technikához.

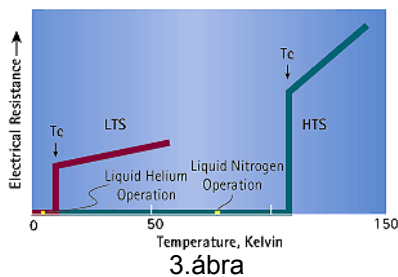
A korábban említett irányított energiájú fegyverek közös jellemzője, hogy beépítve tartalmaznak vezetőket, állandó és/vagy elektro- mágneseket. Ezek mindegyike veszteséges behatárolt fizikai paraméterekkel rendelkező alkatétel. Veszteségmentes, ugrásszerű teljesítményjavulást eredményez a rézvezető szupravezetővel, az állandó mágnesek szupravezető permanens vagy elektro- mágnesekkel való kiváltása. Természetesen ez nem annyira egyszerű, mint ahogy néhány szóban meg lehet fogalmazni. Szeretném összefoglalni röviden a szupravezető huzal és szupravezető mágnesek jellemzőit. Minden ilyen helyettesítés az adott eszköz kisebb vagy nagyobb mértékű átalakítását teszi szükségessé, de a várható hatások és teljesítménynövekedés a többletráfordítást ellensúlyozza. Javuló hatások, csökkenő veszteségek elérése azonos teljesítmény mellett, a tápenergia forrás méret és súly csökkenése érhető el. Repülőgép fedélzeti elektromos berendezések villamos energiával történő ellátása általában fosszilis tüzelőanyag felhasználásával történik. Jelentős tüzelőanyag megtakarítás érhető el a nagyobb hatásfokkal üzemelő, lényegesen kisebb tömegű szupravezető generátorok alkalmazásával. A szupravezető technika lendületes fejlődése nyomán egyre világosabban körvonalazódnak azok a lehetőségek, amelyek hozzájárulnak a szupravezetőt tartalmazó berendezések hatásfokának tovább javításához. Lehetőség van a rézből készült vezetőt helyettesíteni szupravezetővel, a rézhuzalból készült elektromágnes helyett szupravezetőből készült elektromágnes, az állandó mágnesek helyett meg tömbszupravezető állandó mágneseket használni.

A szupravezető huzal és jellemzői

A világ legjelentősebb és feltehetően a legkorszerűbb gyártástechnológiát alkalmazó, szupravezetők előállításával foglalkozó nagyvállalata, az American Superconductor.¹ Termékpalettáján megtalálhatók a széleskörű felhasználásra alkalmas szupravezető huzalok, nagyfeszültségű szupravezető kábelek, mágnesek, stb. Ha utalni szeretnénk egy szupravezető huzal felépítésére, akkor úgy kellene fogalmazni, hogy; szupravezetőt tartalmazó huzal.

¹ <http://www.amsc.com/products/htswire/1Gwire.html>

A gyakorlatban bevált szupravezetők többnyire vegyületek, kerámiaszerű rideg anyagok. Kizárólag szupravezető anyagból készített huzal gyenge mechanikai tulajdonsága miatt nem helyettesítheti a rézvezetőt. Nincs szükség arra, hogy a rézvezető geometriai méreteit kövesse a szupravezető huzal, hiszen rá éppen az jellemző, hogy a szükséges feltételek biztosítása mellett veszteségmentesen képes vezetni az elektromos áramot azáltal, hogy az egyenáramú ellenállása 0 Ohm-ra csökken. A 3. ábrán látható, amint a két kategóriába sorolt alacsony hőmérsékletű szupravezetők – LTS, hozzávetőleg 10 Kelvin körül, míg a



3. ábra

magas hőmérsékletű szupravezetők – HTS, 108 Kelvin hőmérséklet küszöb érték alatt elveszti az ohmikus ellenállását. Ilyenformán megvalósuló veszteségmentes vezetés esetén, a szupravezető huzalon folyó, megengedett legnagyobb áramot nem a vezetési keresztmetszet és az áramsűrűség szorzata adnja, mint a rézvezető huzal esetében, hanem az anyagra jellemző küszöbáram. A küszöbáram az, az áramérték, ami alatt a szupravezető állapot még fennmarad.

Következésképpen szó nincs arról, hogy végtelen nagy áram folyhat a szupravezető huzalban a veszteségmentes vezetésnek köszönhetően, hanem csak ezek a jellemzők nagyságrendi javulása remélhető a rézvezetőhöz képest. Míg egy rézvezetőben a megengedett áramsűrűség 3-4 A/mm², addig azonos keresztmetszeten egy szupravezető huzal esetében ennek az áramnak akár 600 szorosa is folyhat. A szokásos értékek a nagy áramú szupravezetőre vonatkozóan a 4.

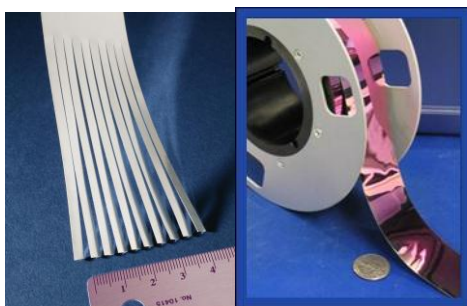
Minimum amperage (Ic)	Average engineering current density (Je) ^{III}
125 A ^{II}	13,900 A/cm ^{2II}
135 A ^{II}	15,000 A/cm ^{2II}
145 A ^{II}	16,100 A/cm ^{2II}
155 A ^{II}	17,200 A/cm ^{2II}

Continuous piece length: up to 800 m
 Insulation options: Contact Sales
 Splice options: None

4. ábra

ábrán levő táblázatban láthatóak. Ez természetesen nem minden, hiszen további anyagra jellemző adatok

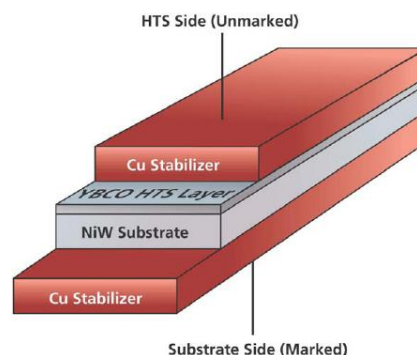
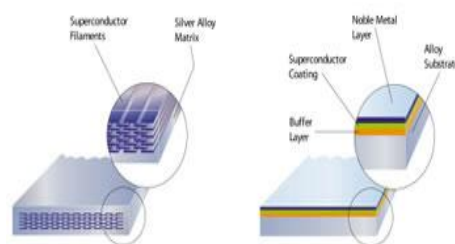
támasztják még alá ezt a tényt, de talán ez az egy,



5. ábra

az áramerősségre vonatkozó adat is igazolja azt, hogy a teljesítménynövelésnek ez lehet egyik módja.

A szupravezető hártjának a vastag és tömbszupravezetőktől eltérő, néhány nagyon érdekes tulajdonsága van. Maradva a tömb és hártja közt átmenetnek számító szupravezető huzal szerkezetnél, amint az 5. ábrán is látható a szupravezető szalagot d= 4-10mm széles csíkokra



6. ábra

szeletelik. A vezető szerkezete egészen különös, részletei a 6. ábrán megfigyelhetők. Mint korábban említettem a szupravezető anyag rendszerint rideg nehezen hajlítható inkább kerámiához hasonló anyag. Nikkel- Wolfram ötvözetből készült hordozóra, Ytrium alapú szupravezetőt visznek fel, 1-10 mikron vastagságban. Fejlett gyártási technológiával így állítanak elő mechanikailag stabil bizonyos mértékig hajlítható huzalt. Még ez a technológia sem alkalmas olyan huzal előállítására, amely úgy hajlítható, mint a rézvezeték. A szupravezető huzal két oldalát még réz fedőréteggel látják el, ami a forrasztását megkönnyíti. Ilyen formán kialakított szupravezető huzalt második generációs szupravezető huzalként említi a szakirodalom. [6] Ebből következik, hogy léteznie kell első generációs szupravezető huzalnak is. Ez utóbbinak a szerkezete a 6. ábra bal felső sarkában látható. Nem szendvics formában, hanem mátrixszerű elrendezésben nikkel vagy ezüst huzalban kialakított csatornában található a szupravezető anyag. A második generációs, szendvics szerkezetű huzal, valamivel szerényebb áramértékekkel terhelhető, ellenben jóval hajlékonyabb.

Szupravezető mágnesek és jellemzőik

Egy tekercs belsejében a térerő növelése legegyszerűbben a szupravezetők alkalmazásával valósítható meg Szupravezető huzalból kialakítható induktivitás, csakúgy, mint a rézhuzalból. Alkalmazásának viszont kritériumai vannak.

Egy rézhuzalból készült vasmagos tekercs vasmagja, hozzávetőleg 2 Tesla mágneses indukció elérése esetén telítődik. Leírására a Montgomery egyenlet szolgál:

$$B_0 G(\alpha, \beta) = \lambda a^2 J_c$$

ahol;

λ - a tekercs hűtőhővezetési együtthatója

a - a tekercs belső sugara

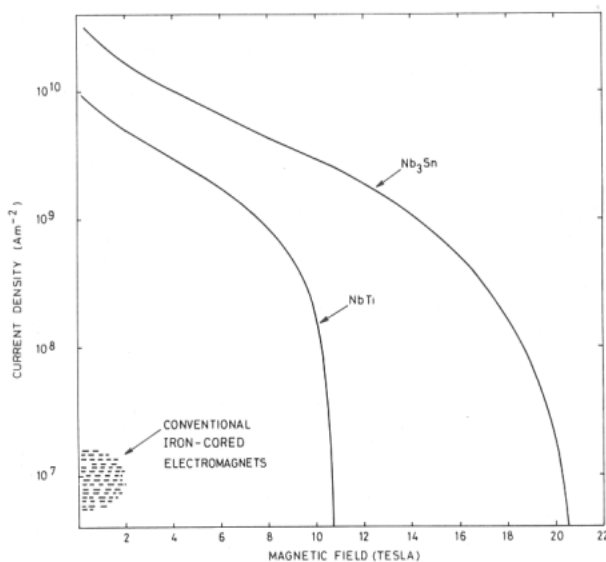
$G(\alpha, \beta)$ - a „Fabry faktor”

B_0 - mágneses indukció

Ugyanez figyelhető meg a 7. ábrán is, ahol a koordináta rendszer vízszintes tengelyén a mágneses indukció, a függőleges tengelyen pedig az áramsűrűség van feltüntetve. Niobium

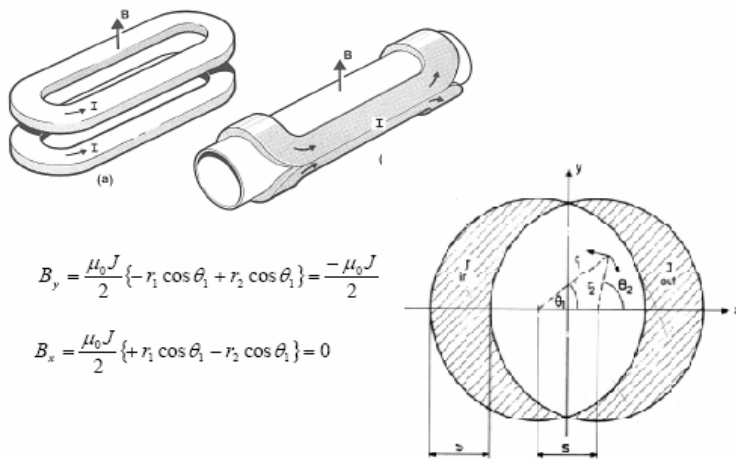
(Nb) alapú szupravezetőkkel a

rézhuzalból készült vasmagos tekercsel előállítható mágneses indukció 5-10 szerese állítható elő. A Nb alapú szupravezetők speciális, elektromágnes és tömbmágnesek céljára kifejlesztett szupravezetők. Akármilyen fegyvertechnikai alkalmazására gondolunk belátható, hogy az eszközben ugrásszerű



7. ábra

teljesítménynövekedés érhető el. Irányított energiájú fegyverek csaknem mindegyikében található mágnes, ami felváltható szupravezető mágnessel.



8. ábra

Végül nézzük meg, hogy geometriáját tekintve miben különbözik egy szupravezetőből készült tekercs a rézvezetőből készült tekercstől. A 8. ábrán látható, hogy mindenekelőtt a tekercs kialakításában tapasztalható jelentős eltérés. A tömb mágnesek által létrehozott térerő leírására, ennél jóval bonyolultabb összefüggések szolgálnak. Tömb mágnesek

használhatók állandó mágnesként, és ami új és talán szokatlan, hogy energiatárolásra is alkalmasak. A tömb szupravezető olyan energiatároló, amelyben egységnyi térfogaton a legnagyobb mennyiségű elektromos energia tárolható. Az eltárolt energia visszanyerésének módja még nem kellőképpen kidolgozott, néhány ezzel kapcsolatos technikai akadályt még nem sikerült leküzdeni.

A szupravezetőt elektromágnesként használva, jelentős kihasználhatatlan, mágneses teljesítmény tartalékaik maradnak. Ez azért lehetséges, mert az anyag mechanikai stabilitása még nem érte el azt a szintet, ahol a belső összetartó erők kiegyensúlyozzák a belső mágneses erőket. Ebből az következik, hogy a tömb mágneseket túlterhelve (túlterjesztve) szabályosan felrobbannak. Jelentős előrelépések történtek a mechanikai stabilitás növelése során, aminek köszönhetően ma mindinkább megfelel az elvárásoknak. Különböző technikai fogásokkal, ezen sikerült segíteni, de a problémát máig nem sikerült teljesen áthidalni. A kémiai stabilitás tekintetében is tapasztalható javulás.

Energiatermelés és ellátás

Az energiatermelés-ellátás és sok esetben a tárolás központi kérdésként merül fel a nem helyhez kötött berendezések esetében. A nagy teljesítményű irányított energiájú fegyverek energiaigénye, áramfelvétele minden más eszköz energia felvételét meghaladhatja, tranziensek előidézője lehet. Az utóbbi kiküszöbölhető szupravezetőt tartalmazó puffertárolókkal. Rendszerint fosszilis tüzelőanyag felhasználásával, generátorokkal, áramfejlesztőkkel biztosítják a fedélzeti elektromos berendezések elektromos energia ellátását. Nagy teljesítményfelvétel esetén a hagyományos, rézvezetőt és vasmagot tartalmazó generátorok jelentős súlytöbbletet jelenthetnek. A szupravezető generátorokkal üzemanyag takarítható meg. A súlycsökkenés a vártnál mégis kisebb lesz, hiszen egy szupravezető generátor tekercseinek üzemi hőmérsékletét biztosító hűtőközeg és azt ellátó berendezés (cryogenic cooler)

súlya csökkenti a súlymegtakarítást. A 9. ábrán egy szupravezetőkkel készült generátor részegységei és kiegészítő elemei láthatók.

A szupravezetős generátorok felépítésüket tekintve lényeges eltérést mutatnak a rézvezetővel készült társaikhoz képest. Az eltérés főként a vasmag hiányából adódik. Szerkezeti elemeinek a megfelelő mechanikai szilárdsága csak különleges felépítéssel valósítható meg. A bonyolultabb felépítést mindenképpen ellensúlyozzák az alábbiakban felsorolt előnyös tulajdonságok:

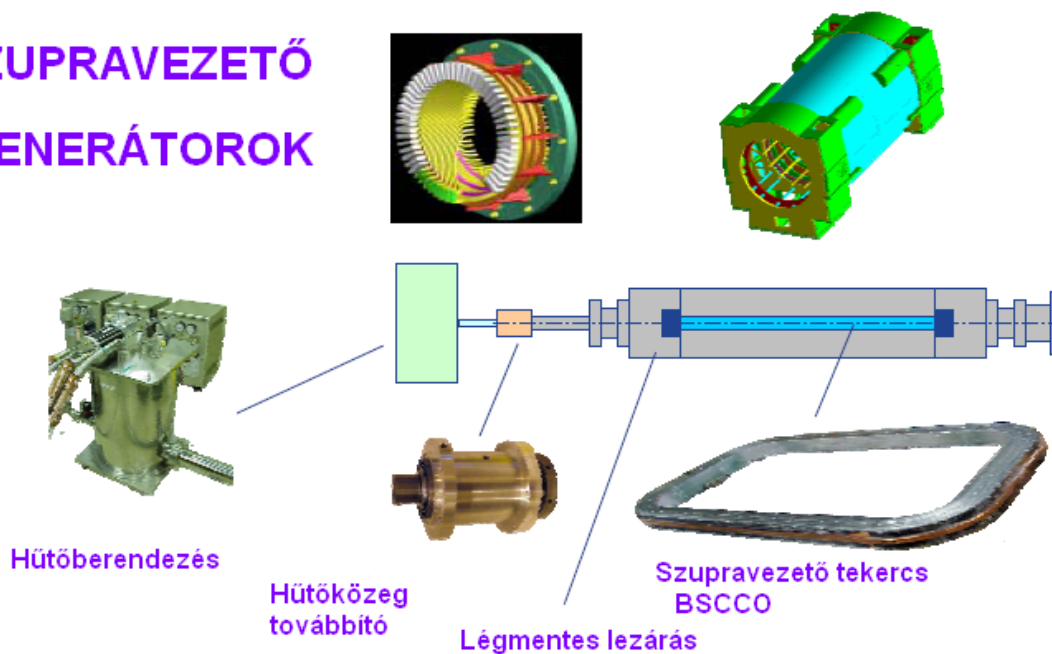
A szupravezetők;

- helyettesíthetik a rézvezetőket,
- az utóbbi öt évben olcsóbbá váltak, mint a rézvezetők,

Szupravezetők generátorokban való alkalmazásával;

- anyagfelhasználás jelentős mértékű csökkentése a gyártásnál,
- üzemanyag és CO₂ kibocsátás számottevő csökkentése,
- több, mint 100 x áramsűrűség a rézvezetőhöz képest,
- rendkívüli tranziens stabilitás,
- alacsony zaj,

SZUPRAVEZETŐ GENERÁTOROK



9 ábra

- alacsony szinkron reaktancia, kisebb reluktancia,
- induktív és kapacitív kompenzáló elemek kiküszöbölése,
- alacsony felharmonikus tartalom,
- 99%-os hatásfok,
- 50%-kal alacsonyabb veszteségek,
- 30-50% súlycsökkenés,

- 30-70% térfogat csökkenés,
- a vasmag teljes kiküszöbölése,
- karbantartás igény jelentős mértékű csökkenése.

Összegzés

A cikkben kiemelt szerepet szántam az EMP előállításának legismertebb eszközének, az FCG –t tartalmazó impulzusbombának. Tettem ezt azért, mert a benne lejátszódó jelenségek mélyrehatóbb vizsgálata olyan összefüggések feltárását teszi lehetővé, amelyek véleményem szerint szoros kapcsolatban vannak a jobban kidolgozott magnetohidrodinamikai alapelvekkel, közelebb állnak a plazmafizikához, mint az oly gyakran előforduló, általános elektrotechnikai leírásokhoz. A megszokottól egy kicsit eltérő analógiákkal az FCG –ban lezajló, meglehetősen rejtélyes folyamatok feltárásával, meg lehet találni véleményem szerint mindazokat a megoldásokat, amelyekkel kiküszöbölhető a robbanótöltet. Az FCG egyszerű felépítésű eszköz, amiben a lezajló folyamatok vizsgálata, mérésekkel történő igazolása nagyon sok problémát vet fel, kezdve a robbanóanyag birtoklástól és felhasználástól egészen az EMP jelenségének a méréséig és regisztrálásáig. Vizsgálatomnak kettős célja van: Az egyik a jelenség modellezéséhez és számítógépes szimulációjához vezető út feltárása és annak didaktikai célú kidolgozása, olyan hasonlatok feltárásával, amilyennel a cikk szűkre szabott keretein belül is foglalkoztam. A másik, a továbbfejlesztési lehetőségek feltárása más tudományterületek eredményeinek felhasználásával. Bemutattam a szupravezető huzal, áramerősséggel és a szupravezető mágnesek mágneses indukcióval kapcsolatos kiemelkedő jellemzőit. A szupravezetők kimagasló elektromos jellemzői által, az irányított energiájú fegyverek ugrásszerű teljesítménynövekedése, méret és súlycsökkenése érhető el. Az energiaellátás kérdéskörét is érintve, ismertettem a szupravezető generátorok legfontosabb jellemzőit, amelyek úgy gondolom alátámasztják a mondanivalóm lényegét, miszerint a szupravezetők ígéretes tulajdonságai semmiképpen sem hagyhatók figyelmen kívül.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Csuka Antal: Az irányított energiájú fegyverek perspektivikus alkalmazása az amerikai hadseregben, Repéstudományi Közlemények Különszám, Szolnok, 2007. április 20.
- [2] Jeff Heckt: Beam Weapons, Plenum Press New York and London, 1984 , 281p, 141-144pp
- [3] L.D.Landau- E.M. Lifšic: Elméleti fizika VI,VIII kötet, Tankönyvkiadó, Budapest, 1980.
- [4] Langmuir-Hershberger: A jövő elektronikája, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1964, 228-257pp
- [5] Dr.GOMBÁS Pál: Bevezetés az elméleti fizikába, Akadémiai Kiadó, Budapest, 1991
- [6] <http://www.amsc.com/products/htswire/1Gwire.html>