

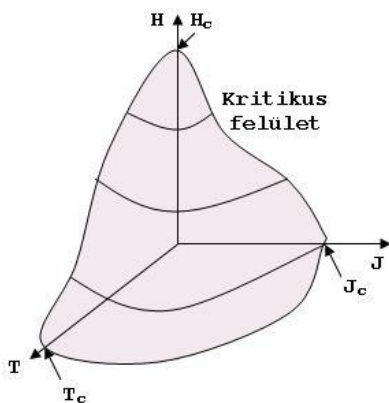
Szupravezető anyagok alkalmazása villamos gépekben

Összefoglaló: A közlemény összefoglalót ad a szupravezetés jelenségéről, a szupravezető anyagokról, és azok eddigi és potenciális alkalmazásairól a villamos gépek terén illetve a villamosenergia-iparban.

Kulcsszavak: szupravezető anyagok, villamos gépek, kvázidiamágneses forgógép, magashőmérsékletű szupravezetés.

1. Mire képesek a szupravezető anyagok?[1]

Amikor a szupravezetés jelenségéről beszélünk, a szupravezető állapotban lévő anyagoknak két lényeges tulajdonságát kell megemlítenünk. Az első az ellenállásmentes áramvezető-képesség, a másik az ún. Meissner-effektus, a mágneses tér kiszorulása a szupravezető anyagból - az anyag diamágnesessé válása. A szupravezető állapotot három paraméterrel lehet jellemezni, ezek a kritikus hőmérséklet (T_c), a kritikus áramsűrűség (J_c) és a kritikus mágneses térerősség (H_c).



1. ábra

II. típusú szupravezető anyag
kritikus felülete

Ahhoz, hogy az anyag az említett tulajdonságokat birtokolja, mind a hőmérsékletnek, mind az áramsűrűségnek, mind a mágneses térerősségnek az adott anyagra jellemző kritikus értékek alatt kell maradnia. A három paraméter egy ún. kritikus felületet (1. ábra) határoz meg. Ha a paraméterek közül valamelyik átlépi a kritikus értéket, az anyag elveszíti ellenállásmentes vezetőképességét, diamágneses tulajdonságát és visszakerül az ún. normál állapotába.

* Dr. Vajda István, egyetemi tanár, Óbudai Egyetem, Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar, Automatika Intézet, Budapest

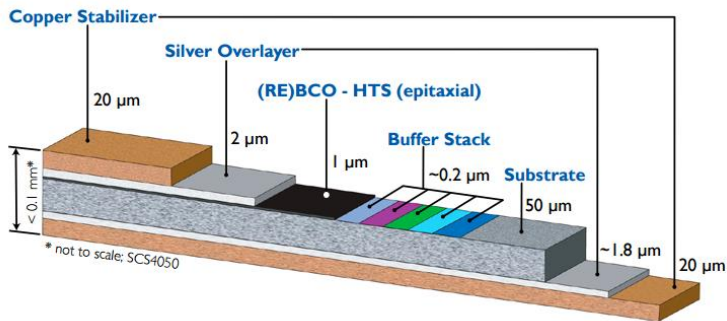
** Baranyai Marcell, egyetemi tanársegéd, Óbudai Egyetem, Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar, Automatika Intézet, Budapest

2. Szupravezető anyagok [1]

A szupravezetés jelenségének felfedezése óta (1911) eltelt időszakban számos szupravezető tulajdonságú anyag, ötvözet lett kifejlesztve, felfedezve. Ezek között megkülönböztetünk ún. I. és II. típusú szupravezetőket. Az I. típusú szupravezető anyag, ha megfelelő nagyságú mágneses térnek van kitéve (kritikus térerősség), hirtelen, átmenet nélkül veszíti el szupravezető képességét (*quenching*), a II. típusú anyagok ezzel szemben két kritikus térerősség-értékkel rendelkeznek, az első, alacsonyabbik (H_{c1}) érték alatt az anyag teljesen diamágneses jellemzőket mutat, azonban az érték fölött *kevert* állapotba kerül, ekkor a mágneses fluxus egy része behatol az anyagba, azonban amíg a térerősség el nem éri a magasabbik (H_{c2}) kritikus értéket, az ellenállás nélküli vezetés továbbra is fennáll.

A szupravezetők kutatásában jelentős fordulat volt a magas hőmérsékletű szupravezető (MHS) anyagok felfedezése (1986), az ezt követő években lehetővé vált a szupravezető anyagok folyékony nitrogénnel történő hűtése, melynek előállítása jóval gazdaságosabb, mint a korábban használt folyékony héliumé.

A villamos gépes alkalmazásokban alapvetően kétféle formában alkalmazzák a – főként magas hőmérsékletű – szupravezető anyagokat: huzalként vagy tömbként (néhány mm^3 vagy cm^3 méretben).



2. ábra

(RE)BCO alapú második generációs szupravezető szalag felépítése [4]

A MHS huzalok két generációja kapható kereskedelmi forgalomban. Az első generációs (1G) huzalban a szupravezető szálak egy ezüst ötvözet anyagú mátrixba vannak beágyazva (pl. a BSCCO szalag), míg a második generációs (2G) huzal (ún. beborított szalag) réteges kialakítású

(2. ábra), ott a szupravezető anyagot egy fémszalagra felületén lévő puffer rétegre viszik fel (pl. YBCO). A második generációs szalagok előnye, hogy a kritikus áramsűrűségük kisebb mértékben csökken a mágneses tér jelenlétében, mint az 1G szalagoké, jobb mechanikai tulajdonságokkal bírnak, alacsonyabbak a váltakozó áramú veszteségeik, viszont nagyobbak az előállítási költségeik.

3. Szupravezető anyagok alkalmazása villamos gépekben [5]

A villamos forgógépek hatékonyságának szupravezetős tekercselés segítségével történő növelése már a magas hőmérsékletű szupravezetők felfedezése előtt felkeltette a kutatók figyelmét.

Az 1987-ben induló japán SuperGM (Engineering Research Association Project for Superconductive Generation Equipment and Materials) program keretén belül épült és került üzembe helyezésre (1999-ben) egy 79 MW maximális teljesítményű generátor Neobium-titán alacsony hőmérsékletű (AHS) szupravezető alkalmazásával.



3. ábra

AMSC hajó meghajtómotor (36.5 MW, 2900 kNm)

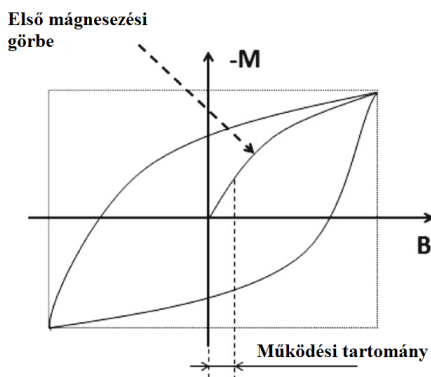
A magas hőmérsékletű szupravezetők elterjedésével újabb lendületet vettek az ilyen irányú kutatások. Számos project vizsgálta a szupravezetők alkalmazásának lehetőségeit. Ezek közül a legígéretesebbeknek a nagynyomatékú illetve viszonylag alacsonyabb fordulatszámú alkalmazások bizonyulnak, mint amilyen az MHS anyagok használata hajó meghajtómotorokban illetve nagy teljesítményű szélgenerátorokban.

A hajó meghajtómotoros fejlesztésekben az AMSC (American Superconductor) vállalat töltött be vezető szerepet, amikor az amerikai haditengerészettel együttműködve megépítettek egy 16 pólusú, 120 fordulat/perc fordulatszámú, 2900 kNm nyomatékú, 36.5 MW-os motort. Ezt egy kisebb, 5 MW-os, 230 fordulat/perc fordulatszámú prototípus kifejlesztése előzte meg a német Siemens-szel közösen.

A fejlesztések másik jelentős része a nagyteljesítményű offshore szélturbinák generátoraira irányul. Az egyik ilyen aktuális projekt a GE Hydro-Genie nevű 1.7 MW-os generátora, 214 fordulat/perc fordulatszámú, 76 kNm nyomatékkal, forgórészen kialakított szupravezetős tekercseléssel, melynek prototípusát eredetileg vízerőműves alkalmazásra építették, de elképzeléseik szerint ez képezné az alapot a jövőbeli szélerőműves alkalmazásokhoz is. Egy másik ehhez hasonló nagyobb volumenű projekt az AMSC SeaTitan™ nevű, közvetlen hajtású, 10 MW-os turbinája, melyben (RE)BCO szupravezető huzalt használnak.

A fejlesztések célja az, hogy olyan, a hagyományos szélturbinánál kisebb tömegű és méretű, turbinát készítsenek, mely egy hajódaru segítségével könnyen szállítható és telepíthető a nyílt tengeren vagy óceánon.

4. A kvázidiamágneses motor (KDM)[2]



4. ábra

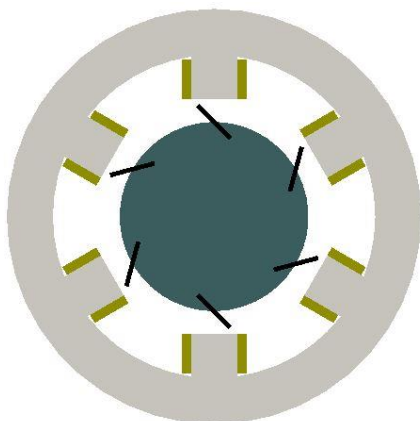
II. típusú szupravezető anyag mágnesezési görbéje

A szupravezető anyagok alkalmazására a villamos gépekben számos megoldás született, azonban ezek közül egyik sem használja ki a szupravezetők diamágneses tulajdonságát olyan módon, mint az ún. kvázidiamágneses motor. Működési elvének megértéséhez a II. típusú MHS anyagok mágnesezési görbéjét (4. ábra) kell megfigyelnünk.

Ha a hagyományos villamos gépekben használt nagyszámszámú indukciónak tesszük ki a szupravezető anyagot (1...2 T), abban az esetben még az anyag első mágnesezési görbéjének a lineáris szakaszán járunk. A feltételezés az, hogy ebben az esetben az anyag az ideális diamágneses anyaggal szinte

megegyező tulajdonságokat mutat. Az anyagnak ez az állapota az ún. kvázidiamágneses állapot.

Az elképzelést a kapcsolt reluktancia motor szerkezeti kialakítása és működési elve ihlette, ott az állórészen kialakított kiálló pólusok energizálása által hat vonzó erő, nyomaték a szintén kiálló pólusú forgórészre.



5. ábra
A kvázidiamágneses motor

A KDM-nél az állórész hasonló kialakítású a kapcsolt reluktancia motoréhoz, azonban az a forgórészen szupravezető anyaggal bevont vagy tömbi szupravezető lapátok helyezkednek el (5. ábra), és ezekre az állórész-tekerceslés megfelelő időpillanatban történő energizálásával taszító erő hat.

Egyszerűsített kísérleti modellek már igazolták a gép működésének elvét. Az álló- és forgórész geometriája, a lapátok és pólusok helyzete, száma, dőlésszöge nagyban befolyásolja a fellépő nyomaték nagyságát. Ezen paraméterek optimalizálására jelenleg is folynak vizsgálatok. [3]

Egyszerűsített kísérleti modellek már igazolták a gép működésének elvét. Az álló- és forgórész geometriája,

Összegezés

A közlemény ismertette a szupravezetés jelenségét, összefoglalót adott a szupravezető anyagok villamos gépekben történő alkalmazásairól, és bemutatta a szupravezetés egy új megközelítésű alkalmazásmódját a kvázidiamágneses motor esetében.

Felhasznált irodalom:

1. J. Gieras, "Advancements in Electric Machines", pp. 50-61, ISBN 978-1-4020-9007-3, Berlin, Germany, 2008.
2. A. Rácz, I. Vajda "Numerical evaluation of a novel high-temperature superconductor-based quasi-diamagnetic motor", Journal of Physics: Conference Series 507, IOP Publishing, Bristol, United Kingdom, 2014.

3. I. Vajda, S. Semperger, M. Baranyai "Analysing the characteristics of specific torque in HTS quasi-diamagnetic motor by variation of rotor blade geometry", pp. 230-233, 9th International Conference on Compatibility and Power Electronics (CPE), Costa da Caparica, Portugal, 2015.

4. "SuperPower®2G HTS Wire Specifications", Superpower Inc. 2012 <http://www.superpower-inc.com/system/files/SP_2G+Wire+Spec+Sheet_for+web_2012FEC_v2_1.pdf>

5. A. M. Wolsky "HTS from Precommercial to Commercial - A Roadmap to Future Use of HTS by the Power Sector" IEA Energy Technology Network, 2013 <<http://superconductivityiea.rse-web.it/document/HTS%20Roadmap%20Complete%20Report%20AWolsky%2010Sept2013.pdf>>