

Aplicații industriale ale supraconductorilor în ingineria electrică – o marcă ICPE-CA

Creșterea eficienței sistemelor și a facilităților electrotehnice utilizate în producerea, conversia și transmiterea energiei electrice, joacă un rol important în realizarea obiectivelor specifice domeniului. Cererea crescândă de energie, datorită creșterii și multiplicării nevoilor societății, implică găsirea de soluții alternative de producere (vezi utilizarea energiei eoliene, a valurilor și a soarelui), cât și de perfecționare a celor existente. În acest context, utilizarea supraconductibilității în etapele de producere, transport și consum a energiei electrice, s-a dovedit a fi o soluție pentru maximizarea eficienței acestor procese. ■ Dr. Ing. Ion Dobrin, CS1, ICPE-CA



Colectivul laboratorului de aplicații ale supraconductibilității și criogeniei în ingineria electrică

Un aport deosebit la realizarea de aplicații care să depășească stadiul de laborator și să devină operabile la scară industrială, l-a avut descoperirea supraconductorilor de „înalță temperatură” prescurtat HTS (High Temperature Superconductor), în anul 1986. Acești supraconductori au temperatura de tranziție relativ ridicată: 110K pentru materialul compozit denumit prescurtat BSCCO, respectiv 92K pentru materialul denumit YBCO. Aceste două tipuri de materiale s-au dovedit a fi și utilizabile în aplicații practice chiar la temperatura azotului lichid (77K), constituind baza dezvoltării aplicațiilor la scară industrială: electromagneți generatori de câmpuri magnetice intense și foarte intense (100T), motoare și generatoare supra-

conductoare, cabluri supraconductoare pentru transmisia fără pierderi a energiei electrice, transformatoare și limitatoare de curent de asemenea supraconductoare, pentru a enumera doar câteva.

Un alt material supraconductor promițător pentru aplicații la scară industrială este MgB₂, care, deși are o temperatură critică mai joasă (39K), se obține la un preț mult mai mic decât cele prezentate anterior și din acest motiv este intens studiat ca tehnologie de realizare sub formă de conductori utilizabili în aplicații de inginerie electrică.

Aplicațiile generale ale acestor supraconductori nu se limitează doar la zona ingineriei electrice, ci sunt extinse și în domeniul medical, la realizarea sistemelor moderne de imagistică medicală (MRI și NMR), în zona transporturilor

la realizarea de trenuri de mare viteză (MAGLEV) prin utilizarea levitației magnetice și, nu în ultimul rând, la realizarea de aplicații în electronică de putere și a senzorilor speciali de înaltă sensibilitate.

- Realizarea supraconductorilor HTS de generația a 2-a, sub formă de fire și benzi de lungimi mari (zeci de km), a permis realizarea de bobine supraconductoare în diverse forme și dimensiuni pentru electromagneți destinați acceleratoarelor de particule sau pentru realizarea de mașini electrice supraconductoare (motoare, generatoare și transformatoare).
- Întrucât tehnologia de realizare a supraconductorilor HTS nu este facilă, la nivel mondial numărul producătorilor este destul de redus, producătoare fiind doar câteva țări: Japonia, SUA, China, Germania și mai nou Rusia.

Prețul acestor materiale HTS este încă ridicat (comparativ cu al cuprului), dar perspectivele de dezvoltare sunt uriașe, ceea ce face ca speranțele de scădere a prețului în viitorul apropiat să fie tot mai ridicate.

Interesul în privința aplicațiilor în zona ingineriei electrice este imens datorită avantajelor majore obținute: performanțe net superioare, comparativ cu cele realizate convențional, dimensiuni și masă mult reduse (cu circa 60%) la puteri echivalente obținute, iar pierderile sunt aproape de zero.

Putem enumera aici principalele aplicații la scară industrială în ingineria electrică, la care se lucrează intensiv în mai multe țări (SUA, Japonia, Germania, Coreea de Sud, China și Rusia):

- realizarea de motoare și generatoare supraconductoare: motoare cu puteri de ordinul MW pentru nave maritime și submarine sau de uz industrial sunt deja în funcțiune; generatoare eoliene supraconductoare cu puteri instalate de ordinul MW sunt realizate sau în curs de finalizare;
- limitatoare supraconductoare de curent;

- ▶ transformatoare supraconductoare de curent;
- ▶ linii de transport a energiei electrice;
- ▶ electromagneți supraconductori generatori de câmpuri magnetice intense pentru: acceleratoare de particule, stocarea magnetică a energiei, în industrie (cupatoare inductoare supraconductoare și separatoare magnetice supraconductoare) și chiar medicină (imagistică medicală - RMN și tomografie).

Realizarea de motoare și generatoare electrice supraconductoare constituie o preocupare constantă a ICPE-CA în ultimii ani. Astfel, primul prototip de motor electric supraconductor sincron a fost finalizat și testat cu succes în anul 2011, rod al programului de cercetare național PN II/2008. Prototipul a fost expus atât la expoziția internațională de la Hanovra, Germania, în anul 2011, cât și la Expoziția Cercetării Românești din București (TIB 2011 și 2012). În fig. 1 este prezentat acest prototip.

Generatorul electric supraconductor (fig. 2) realizat de ICPE-CA în stadiul de prototip este conceput într-o variantă cu stator realizat din înfășurări supraconductoare HTS, iar rotorul este cu magneți permanenți de tip NdFeB. Acest prototip a fost realizat în cadrul programului Nucleu/2012. Gândit pentru a putea fi folosit ca un generator eolian cu performanțe superioare, a fost proiectat să lucreze la turații reduse.

O altă direcție dezvoltată de Laboratorul de Supraconductibilitate și Criogenie din ICPE-CA este cea a realizării electromagneților supraconductori generatori de câmpuri magnetice intense ($>2T$) pentru acceleratoare de particule și aplicații de fizică nucleară. Astfel au fost realizate modele experimentale și prototipuri atât de electromagneți HTS de tip dipolar, cât și de tip cvadripolar, în cadrul Programului Nucleu (2012-2015). Acești electromagneți supraconductori au fost realizați pe baza unor soluții constructive originale, care se regăsesc în cererile de brevete naționale solicitate în perioada respectivă. Totodată, aceste realizări au fost apreciate la diverse târguri naționale și internaționale de invenție, prin câștigarea de premii și medalii de aur și argint: Eureka - Bruxelles, Geneva, Pro Invent - România etc.

Ca urmare a colaborării strânse cu Institute Internaționale, printre care și Institutul Unificat de Cercetări Nucleare de

la Dubna, Rusia, au fost dezvoltate aplicații avansate pentru realizarea unor generatoare de câmp magnetic intens (4T) și uniformitate de 10^{-4} într-un volum de 113 cm^3 , utilizând tehnologia HTS deja dezvoltată în ICPE-CA. (fig. 3)

În cadrul unei alte colaborări cu Institutul menționat, a fost finalizată și transferată tehnologia de realizare planară și cilindrică a bobinelor supraconductoare de tip NbTi (fig. 4), tehnologie aplicată la realizarea magneților supraconductori corectori de tip dipol, cuadripol și sextupol care vor intra în componența acceleratorului de particule NICA din IUCN-Dubna, aflat în construcție, la care ICPE-CA își aduce astfel contribuția. Aceasta realizare a fost apreciată de Asociația Inginerilor din România și premiată cu premiul AGIR/2015.

Din cele prezentate se pot evidenția eforturile depuse în ultimii ani de către Laboratorul de Aplicații ale Supraconductibilității și Criogenie în Ingineria Electrică, pentru realizarea de aplicații utile atât pentru necesitățile cercetării științifice (generatoare de câmp magnetic intens), cât și pentru industrie (motoare, generatoare, etc).

Desigur că realizarea aplicațiilor la scară industrială necesită continuarea eforturilor de cercetare-dezvoltare prin realizarea unor viitoare prototipuri care să răspundă unor necesități bine specificate la nivel industrial (de exemplu, puteri de ordinul MW).

În ultimii zece ani progresele înregistrate în tehnologia obținerii noilor materiale supraconductoare a permis ca majoritatea realizărilor ingineriei electrice clasice (bazată pe utilizarea cuprului) să fie depășite ca performanțe, prin utilizarea supraconductoarelor HTS și a criogeniei. Astfel, o tehnologie ce părea că nu poate depăși etapa utilizării în laboratoare de specialitate sa reușit să pășească ferm în spațiul industrial, contribuind astfel nu numai la obținerea de economii energetice uriașe la scară planetară, dar și la obținerea unor performanțe de neconceput în afară supraconductibilității.

O contribuție importantă la acest progres l-a avut însă și realizarea criocitoarelor cu ciclu închis (de tip Gifford McMahon sau de tip Pulse-tube), care au permis obținerea temperaturilor criogenice (4.2-70K) fără a mai fi necesară utilizarea agenților criogenici (heliu lichid, azot lichid, et.). Obținerea temperaturilor



Fig.1. Motor electric supraconductor



Fig.2. Generator electric supraconductor ICPE-CA

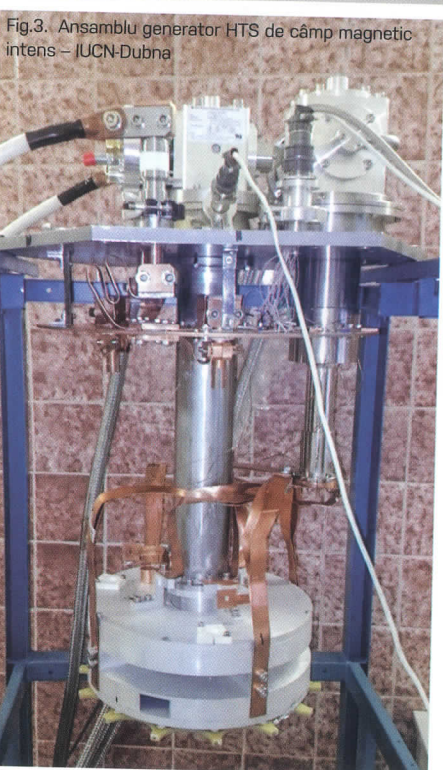


Fig.3. Ansamblu generator HTS de câmp magnetic intens - IUCN-Dubna



Fig.4. Bobine supraconductoare NbTi în formă planară și în formă cilindrică

joase pentru asigurarea regimului termic de funcționare a supraconductoarelor HTS a fost astfel mult simplificată, deschizând larg câmpul aplicațiilor industriale ale supraconductoarelor HTS. Se pare că viitorul va fi supraconductor!