

Fizykalne problemy zastosowań nadprzewodników wysokotemperaturowych w elektro-energetyce

Streszczenie. Przedyskutowano perspektywy i fizykalne problemy wykorzystania nadprzewodników wysokotemperaturowych w silnopiędowych urządzeniach energetycznych - magazynach energii, szczególnie typu wirujących kół zamachowych oraz kriokablach nadprzewodnikowych. Zanalizowano występujące w tych urządzeniach zagadnienia elektromagnetyczne wpływające na ich pracę, w tym straty mocy w taśmach drugiej generacji.

Abstract. There are discussed prospects and physical problems of applications in power engineering high temperature superconductors, for magnetic energy storing, especially of the type flywheels energy storages and for electric energy transport in cryocables. Electromagnetic phenomena appearing in these devices are discussed, including generated a.c. losses in superconducting tapes of second generation. **Physical problems of applications HTc superconductors in electro-engineering**

Słowa kluczowe: materiałoznawstwo elektryczne, nadprzewodnictwo wysokotemperaturowe, przesył energii, zakotwiczenie strumienia.

Keywords: electrotechnical materials, high temperature superconductors, electric energy transport, flux pinning

doi:10.12915/pe.2014.05.54

Wstęp

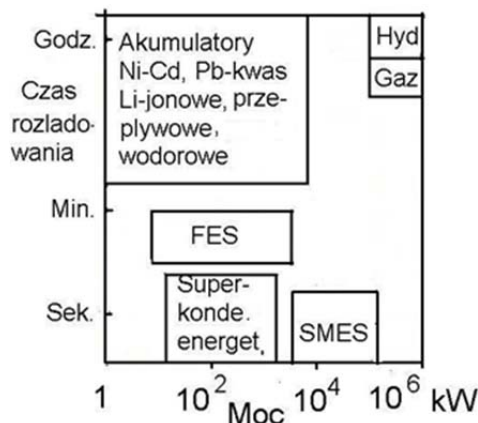
Zjawisko nadprzewodnictwa coraz szerzej wchodzi w obszar zainteresowań elektryków, co związane jest z faktem, że wg sondażu organizacji zrzeszającej firmy zajmującej się nadprzewodnictwem stosowanym CONECTUS, światowy budżet na nadprzewodnictwo rocznie osiągnął w skali globalnej 5,250 mld Euro w 2010 r. z przewidywaną silną tendencją wzrostową do 45 mld Euro w 2020 r. Obecnie z punktu widzenia ekonomicznego nadal dominuje rynek niskotemperaturowych nadprzewodników, w którym szczególnie mocną pozycją jest wykorzystanie nadprzewodnictwa w NMR i MRI, czyli tomografii z zastosowaniem elektromagnesów nadprzewodnikowych do badań jądrowego rezonansu magnetycznego w medycynie oraz niewątpliwie w akceleratorach nadprzewodnikowych. W perspektywie roku 2020 te proporcje powinny się wyróżnić. Najbardziej znaną konstrukcją akceleratorów nadprzewodnikowych jest Large Hadron Collider w CERN-ie o obwodzie 27 km i Nuklotron wraz z będącym jego rozszerzeniem projektem NICA, o długości docelowej około 1 km, w ZIBJ w Dubnie, w Rosji. Widok zakrzywionego elektromagnesu nadprzewodnikowego o długości 2,1 m budowanego w projekcie Nuklotron-NICA pokazuje rys. 1.



Rys. 1. Elektromagnes nadprzewodnikowy budowany w projekcie Nuklotron-NICA w ZIBJ w Dubnie, Rosja [1-2]

Z punktu widzenia energetycznego największe oczekiwania są związane z budową reaktora ITER (International Thermonuclear Experimental Reactor), w Cadarache we Francji, w którym zderzające się wiązki

jonów atomów lekkich: deuteru, trytu, utrzymywane w polu magnetycznym uzwojeń nadprzewodnikowych pozwolą na przeprowadzenie kontrolowanej reakcji syntezy termojądrowej przez 1000 s wytwarzając moc 500 - 1100 MW. Równie ważnym obszarem zastosowań energetycznych nadprzewodników, szczególnie już obecnie wysokotemperaturowych jest wykorzystanie ich do transportu energii elektrycznej w kriokablach [2] oraz w magazynach energii typu SMES (Superconducting Magnet Energy Storage) [3] lub FES (Flywheel Energy Storage) [4] lewitujących kół zamachowych, które czasem są nawet nazywane SFES (Superconducting Flywheel Energy Storage) [5]. W ten sposób podkreślona jest rola łożysk magnetycznych w konfiguracji nadprzewodnik wysokotemperaturowy – magnes trwały, co jest niezbędne zgodnie z teorią Earnshawa, w której wykazano, że lewitacja dwóch magnesów trwałych jest niestabilna. Unika się tego problemu niestabilności przy wykorzystaniu materiałów nadprzewodnikowych, właśnie ze względu na specyfikę zjawiska nadprzewodnictwa. W celu uzyskania odpowiedniej siły lewitacji rozwinięta została specjalna preparatyka wysokotemperaturowych materiałów nadprzewodnikowych już w formie makromolekuł ciągniętych z zarodków, a nie spiekanych ceramik itrowych w atmosferze powietrza. Powyższe stwierdzenia wskazują na specyfikę właściwości nadprzewodników, zrozumienie której niezbędne jest dla prawidłowego funkcjonowania urządzeń elektro-energetycznych wykorzystujących nadprzewodniki, a także konstrukcji nowych przyrządów.

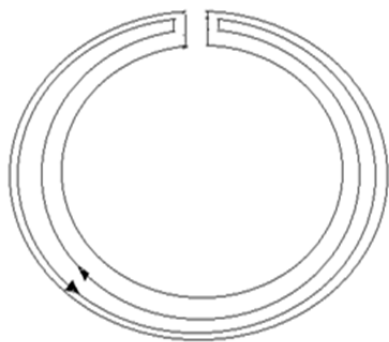


Rys. 2. Zależność pomiędzy mocą i czasem rozładowania różnych rodzajów magazynów energii

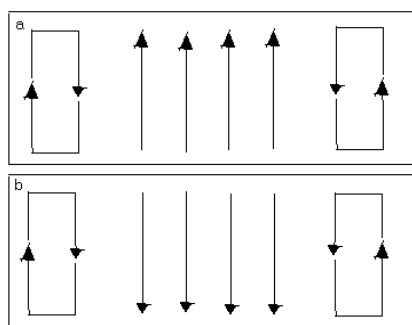
Elektro-fizyczne zagadnienia nadprzewodnikowych magazynów energii

Jak wynika z rys. 2 porównującego charakterystyki różnych rodzajów magazynów energii, konkurencją dla nadprzewodnikowych rozwiązań mogą być superkondensatory, które są prostsze w obsłudze i nie wymagają specjalnej aparatury kriogenicznej, a gęstość objętościowa zmagazynowanej energii osiąga 20 MJ/m^3 . Jednak zarówno czasy rozładowań dochodzące do minut w przypadku FES-ów i moce 10^6 kW w przypadku SMES-ów są wyższe niż dla superkondensatorów. Symbole na rys. 2 Hyd – oznaczają szczytowo-pompowe elektrownie wodne, Gaz – magazyny energii oparte na sprężonym powietrzu.

Dla poprawy efektywności SMES-ów pożądane jest uzyskanie jednorodnego pola magnetycznego wewnątrz uzwojenia nadprzewodnikowego solenoidalnego lub toroidalnego. Taką podwyższoną jednorodność indukcji magnetycznej uzyskać można poprzez zastosowanie cewek korekcyjnych albo używając ekrany nadprzewodnikowe. Zmniejszają one rozproszone pole magnetyczne, prowadząc do podwyższenia wewnętrznej indukcji magnetycznej. Z kolei zewnętrzne ekrany magnetyczne wskazane są ze względu na zagadnienia ochrony środowiska.



Rys. 3. Poprzeczny przekrój otwartego ekranu nadprzewodnikowego z pokazanym schematycznie rozkładem prądów, o kierunku zaznaczonym strzałkami

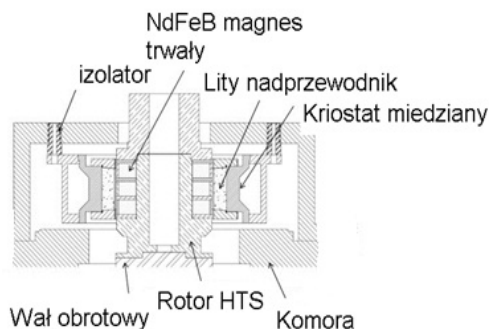


Rys. 4. Rozkład prądów ekranujących na (a) górnej i (b) dolnej powierzchni otwartego ekranu nadprzewodnikowego

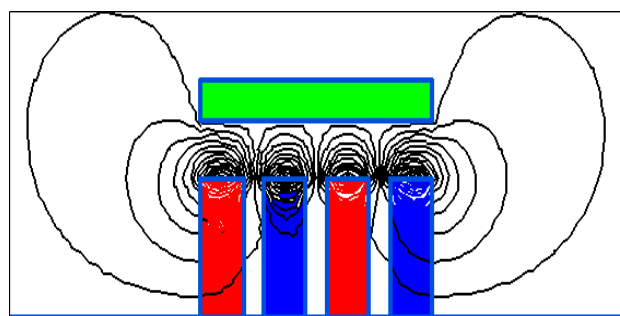
Dotychczasowe ekrany nadprzewodnikowe stosowane w elektromagnesach nadprzewodnikowych konstruowane były przy użyciu nadprzewodników klasycznych w postaci zwiniętej folii z Nb-Ti, co jest pierwszym prekursorem otwartego ekranu nadprzewodnikowego. Obecnie stosuje się wysokotemperaturowe ekrany nadprzewodnikowe, wykonane w formie zamkniętej tulei z ceramiki bizmutowej, natomiast w niniejszym artykule przedstawimy alternatywne rozwiązanie otwartego ekranu wykonanego z nawiniętej wysokotemperaturowej taśmy nadprzewodnikowej. W takim ekranie o przekroju pokazanym na rys. 3, indukują się specyficznego kształtu prądy powierzchniowe, rozkład

których na górnej i dolnej powierzchni pokazuje rys. 4. Jak wynika z tego rysunku prądy powierzchniowe odejmują się w środkowej części ekranu, natomiast sam efekt ekranowania zachodzi w brzegowych obszarach, w których prądy z obydwu powierzchni sumują się i ekranowana jest radialna składowa indukcji magnetycznej. Prowadzi to do ujednorodnienia rozkładu indukcji magnetycznej na brzegach elektromagnesu nadprzewodnikowego.

Badania poświęcone wykorzystaniu elektromagnesów nadprzewodnikowych do magazynowania energii w SMES-ach rozpoczęte zostały w latach 50-tych ubiegłego wieku, między innymi w Uniwersytecie Wisconsin w USA. Oczekiwano wykorzystania SMES-ów w elektrowniach jądrowych, które produkują stałą energię niezależnie od zapotrzebowania na prąd sieci energetycznej. W ostatnim okresie SMES-y konstruowane są głównie dla zapewnienia energii elektrycznej o wysokiej jakości, co jest istotne w procesach przemysłowych i szczególnie dla zasilania rozbudowanych sieci komputerowych. Analogiem SMES-ów wykorzystujących elektromagnes nadprzewodnikowe są FES-y, oparte na magazynowaniu energii mechanicznej w rotującym wirniku, wytworzonym z lekkich kompozytów. Ruch tego koła zamachowego z prędkością dochodzącą do 30 000 obrotów na minutę, o osi umocowanej w mechanicznym łożysku spowolniony byłby przez efekty tarcia mechanicznego. Dlatego też w tych rozwiązaniach stosuje się łożyska magnetyczne, w których magnes trwały lewituje nad nadprzewodnikiem wysokotemperaturowym [6]. Przekrój łożyska magnetycznego pokazano na rys. 5-6.



Rys. 5. Schemat konstrukcji hybrydowych łożysk magnetycznych stosowanych w nadprzewodnikowym magazynie energii FES



Rys. 6. Numeryczna analiza linii sił pola magnetycznego w hybrydowym łożysku nadprzewodnikowym z czterema przeciwnymi magnesami trwałymi wewnątrz tulei nadprzewodnikowej. Kolory oznaczają polaryzację magnetyczną.

Na rys. 6 przedstawiono przeprowadzoną analizę teoretyczną hybrydowego łożyska magnetycznego złożonego z cylindra nadprzewodnikowego, wewnątrz którego umieszczone są cztery przeciwnie zorientowane magnesy trwałe. Pokazane tutaj są wyniki obliczeń rozkładu linii sił pola magnetycznego, w konfiguracji odpychania zapewniającej swobodny obrót łożyska. Podczas wirowania

jednak mogą zachodzić oscylacje wału, na którym umieszczone jest rotujące koło zamachowe. Te vibracje osi wirnika $r(t)$ opiszemy równaniem oscylatora tłumionego:

$$(1) \quad m \frac{d^2 r(t)}{dt^2} + c \frac{dr(t)}{dt} + \omega_0^2 r = 0$$

w którym m jest masą wirnika, $\sqrt{\omega_0^2/m}$ częstością vibracji drgań własnych osi wału nietłumionego, a c współczynnikiem tłumienia związanym z efektami tarcia i stabilizującymi siłami magnetycznego oddziaływania pomiędzy magnesem trwałym i nadprzewodnikiem, w łożysku magnetycznym. Rozwiązanie ruchu oscylatora tłumionego opisanego równaniem 1 przybiera postać:

$$(2) \quad r = A e^{\delta t}$$

gdzie parametru δ szukamy w postaci

$$(3) \quad \delta = -(\beta + i\omega)$$

$i = \sqrt{-1}$. Parametr β w równaniu 3 opisuje tłumienie vibracji osi wirującego koła zamachowego FES, natomiast ω swobodne drgania harmoniczne. Poszukiwany parametr δ jest pierwiastkiem z równania:

$$(4) \quad m\delta^2 + c\delta + \omega_0^2 = 0$$

i jest dany wyrażeniem:

$$(5) \quad \delta = \frac{-c - i\sqrt{4m\omega_0^2 - c^2}}{2m}$$

Równanie 5 opisuje zarówno oscylacje wału z częstością ω niższą od częstości drgań swobodnych

$\omega = \sqrt{\omega_0^2/m - (c/2m)^2}$, jak też tłumienie amplitudy oscylacji, opisane czynnikiem $c/2m$. Drgania wirnika z elementami nadprzewodnikowymi w polu magnetycznym magnesów trwałych prowadzą do strat mocy w materiałach nadprzewodnikowych, gdyż traktować ten efekt można jak umieszczenie nadprzewodnika w polu magnetycznym o zmiennej amplitudzie. Pojawiają się wówczas straty mocy związane z histerezą magnetyczną, które opisane są polem pętli histerezy pod krzywymi histerezy magnetycznej dla narastającego i malejącego pola magnetycznego. Krzywe te dane są następującymi wyrażeniami dla prądu krytycznego opisanego relacją $\mu_0 j_c = \alpha/B^\gamma$ w przypadku prostopadłościennego długiego nadprzewodnika o grubości 2D, umieszczonego w równoległym do powierzchni polu magnetycznym. α i γ są parametrami materiałowymi. Kształt krzywej histerezy magnetycznej dla narastającego pola magnetycznego o amplitudzie $B_a < B_p$ będzie opisany wzorem:

$$(6) \quad -M_1 = \frac{1}{(\alpha D(1+\gamma))^2} ([\alpha D(1+\gamma) - B_a^{1+\gamma}]^2 B_a + 2B_a^{2\gamma+3} \frac{\langle \alpha D(1+\gamma) - B_a^{\gamma+1} \rangle}{\gamma+2})$$

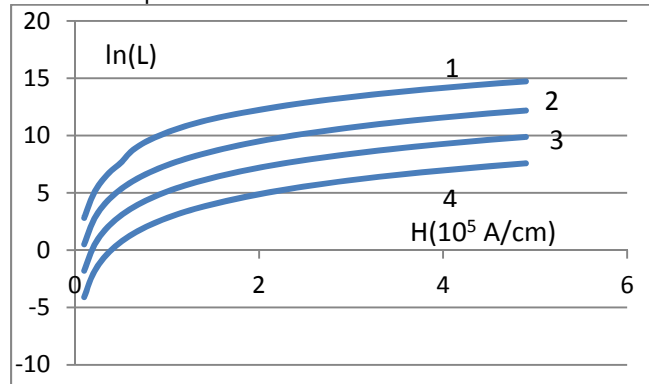
Gdzie B_p jest indukcją magnetyczną pełnej penetracji do wnętrza nadprzewodnika oraz równaniem 7 dla narastającego pola magnetycznego o amplitudzie $B_p < B_a$

$$(7) \quad -M_2 = \frac{1}{(\alpha D(1+\gamma))^2} ([\alpha D(1+\gamma) - B_a^{1+\gamma}]^2 (B_a - B(D)) + \frac{(B_a^{2\gamma+3} - B(D)^{2\gamma+3})}{2\gamma+3} + 2(B_a^{\gamma+2} - B(D)^{\gamma+2}) \frac{\langle \alpha D(1+\gamma) - B_a^{\gamma+1} \rangle}{\gamma+2})$$

Dla malejącego pola magnetycznego zachodzi relacja:

$$(8) \quad -M_3 = \frac{1}{(\alpha D(1+\gamma))^2} ([\alpha D(1+\gamma) - B_a^{1+\gamma}]^2 (B_a - B(D)) + \frac{(B_a^{2\gamma+3} - B(D)^{2\gamma+3})}{2\gamma+3} - 2(B_a^{\gamma+2} - B(D)^{\gamma+2}) \frac{\langle \alpha D(1+\gamma) - B_a^{\gamma+1} \rangle}{\gamma+2})$$

$B(D)$ we wzorach 7-8 jest wartością indukcji magnetycznej w centrum nadprzewodnika.



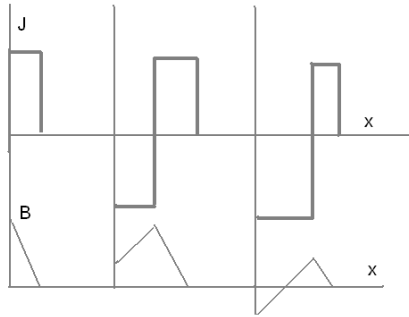
Rys. 7. Zależność obliczonych strat mocy L na histerezą magnetyczną w płycie nadprzewodnikowej w logarytmicznej skali, w funkcji zmiennego pola magnetycznego dla różnych prądów krytycznych nadprzewodnika: 1 - $j_c = 5 \cdot 10^6$ A/cm², 2- $j_c = 5 \cdot 10^7$ A/cm², 3- $j_c = 5 \cdot 10^8$ A/cm², 4- $j_c = 5 \cdot 10^9$ A/cm²

Zależność obliczonych strat mocy związanych z histerezą magnetyczną od amplitudy zmiennego pola magnetycznego w funkcji gęstości prądu krytycznego pokazana jest w jednostkach umownych na rys. 7 w logarytmicznej skali.

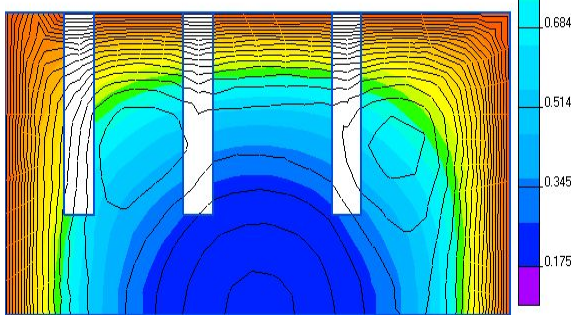
Elektro-fizyczne zagadnienia krikabli nadprzewodnikowych

Krikable nadprzewodnikowe budowane są już w uprzemysłowionych państwach jak USA, Japonia, Korea, Niemcy, Rosja, przede wszystkim przez koncerny międzynarodowe, wspierane przez programy rządowe. W Europie pierwszy krikabel nadprzewodnikowy zbudowany został w Danii w Kopenhadze i miał długość 30 m. Po 2 latach eksploatacji wrócił na Politechnikę Kopenhaską (DTU) w celu przeprowadzenia badań post-eksploatacyjnych. Opracowanie ostatnio konstrukcji taśm nadprzewodnikowych 2 generacji (2G) tzw. Imperium wires o olbrzymich możliwościach przesyłu prądu o natężeniu ponad 200 A czyni problematykę krikabla znowu aktualną [2]. Nadprzewodniki podczas przepływu prądu stałego nie generują strat mocy. Jednak superpozycja zmiennego pola magnetycznego i prądu transportu prowadzi już do powstania strat mocy związanych z histerezą magnetyczną. Ilustruje to rys. 8 pokazujący korelację pomiędzy czasowymi przebiegami indukcji magnetycznej i prądu w jednorodnej płycie nadprzewodnikowej w sytuacji zależnej od czasu, w modelu stanu krytycznego.

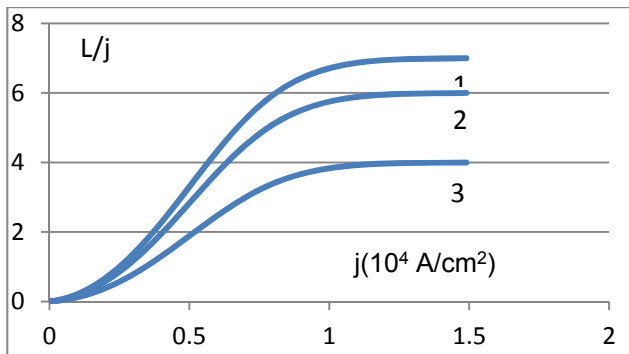
W przypadku prądowo-przemiennej histerezy strat mocy istotną rolę pełnią straty związane z prądami sprzężenia pomiędzy włóknami nadprzewodnikowymi. Dla uniknięcia ich skręca się odpowiednio włókna. Nie można tej procedury twistowania zastosować do wysokotemperaturowych taśm nadprzewodnikowych 2 generacji, które mają strukturę warstwową, a nie włóknistą. Problem ten próbuje się redukować stosując nacinięcie, drapanie warstwy nadprzewodzącej w taśmie 2G, co ogranicza prądy sprzężenia w tzw. z angielska striated superconductors.



Rys. 8. Profile rozkładów prądu i związanej indukcji magnetycznej w płycie nadprzewodnikowej dla różnych chwil czasowych



Rys. 9. Obliczony rozkład gęstości prądu przemiennego w jednostkach 10^5 A/m^2 oraz linii sił pola elektrycznego w taśmie nadprzewodnikowej nacinanej, typu „striated”

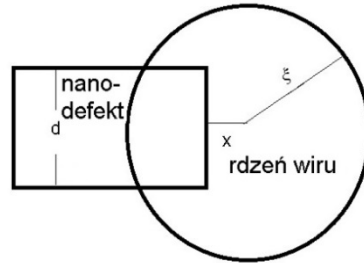


Rys. 10. Zależność zredukowanych strat mocy w kompozytowym przewodzie 2G od parametrów charakterystyki magnetycznej podłoża opisanych funkcją $B = \alpha \text{th}(0,6 H)$: 1- $\alpha = 0,7$, 2- $0,6$, 3 - $0,4$

W celu uzyskania jak najwyższych wartości prądu krytycznego taśm nadprzewodnikowych 2G dokonuje się wzrostu epitaksjalnego warstwy nadprzewodnika na specjalnie dobranym w tym celu podłożu zawierającym na ogół magnetyczny nikiel. Powoduje to wzrost przemienną indukcji magnetycznej w obszarze warstwy nadprzewodzącej i wobec tego powstanie pola elektrycznego, które w superpozycji z przepływem prądu prowadzi do generacji strat mocy. Ważną rolę odgrywa krzywa magnesowania niklu, opisana w niniejszej pracy funkcją tangensa hiperbolicznego. Na rys. 10 pokazane są obliczone straty mocy w zredukowanych jednostkach w funkcji charakterystyki magnetycznej niklowego podłoża.

Ta delikatna struktura warstwowa nanometrycznych rozmiarów taśm nadprzewodnikowych 2G o możliwościach przepustowości prądu przekraczających 200 A jest wrażliwa na jej zdefektowanie, które pojawia się zarówno w procesie technologicznym wytwarzania taśm nadprzewodnikowych jako defekty wewnętrzne (intrinsic defects) albo powstałe w procesie eksploatacji tych taśm np. w uzwojeniach reaktorów jądrowych, gdzie defekty wywołane są napromieniowaniem ciężkimi jonami i szybkimi neutronami.

Oddziaływanie defektów z wirami magnetycznymi typu naleśnikowego (pancake) pokazane na rys. 11 stabilizuje strukturę trójkątnej sieci wirów magnetycznych i ogranicza ich ruch, w ten sposób wpływając na wzrost prądu krytycznego. Z drugiej strony obecność nano-defektów prowadzi do deformacji czulej struktury warstwowej nadprzewodników wysokotemperaturowych i uszkodzenia nadprzewodnika, a następnie kosztownych urządzeń, w procesie niekontrolowanego przejścia do stanu normalnego, tzw. quenchu.

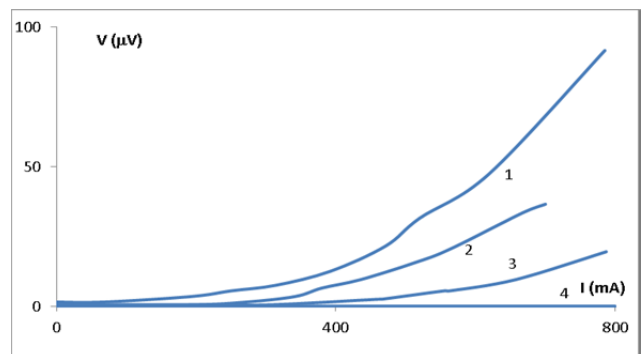


Rys. 11. Schemat zakotwiczenia wiru typu pancake na nano-rozmiarowym centrum zakotwiczenia

Opracowany został model opisujący ograniczenia prądu krytycznego materiałów nadprzewodnikowych HTc, w którym interpretuje się oddziaływanie zakotwiczące wiry, poprzez występowanie bariery potencjału ΔU , jaką musi pokonać wir magnetyczny w procesie pelzania strumienia:

$$(9) \quad \Delta U = \frac{\mu_0 H_c^2 l \xi^2}{2} \left[-\arcsin\left(\frac{j}{j_c}\right) - \frac{j}{j_c} \sqrt{1 - \left(\frac{j}{j_c}\right)^2} + \frac{\pi}{2} \right]$$

Równanie 9 opisuje zależność bariery potencjału ΔU oddziaływania zakotwiczącego od zredukowanej gęstości prądu transportu j/j_c , gdzie j_c jest gęstością prądu krytycznego, dla przejścia od procesu pelzania do płynięcia strumienia. H_c jest termodynamicznym polem krytycznym, l grubością warstwy nadprzewodzącej w strukturze nadprzewodnika wysokotemperaturowego, ξ długością koherencji nadprzewodnika. Jak wynika z równania 9 wzrost prądu transportu j powoduje obniżenie wysokości bariery potencjału i pojawienie się napięcia związanego z ruchem strumienia magnetycznego w postaci wirów. Równanie to opisuje więc charakterystyki prądowo-napięciowe nadprzewodnika i ich zależności od pola magnetycznego i temperatury w sposób zgodny z eksperymentem pokazanym na rys. 12.



Rys. 12. Doświadczalne krzywe charakterystyk prądowo-napięciowych dla nadprzewodnika wysokotemperaturowego BiSrCaCuO w temperaturze ciekłego azotu i stałym polu magnetycznym: (1) $B = 21,5 \text{ mT}$, (2) $16,3 \text{ mT}$, (3) $8,5 \text{ mT}$, (4) 0 mT .

Podsumowanie

W pracy przeprowadzono analizę wybranych zagadnień fizycznych wpływających na działanie energetycznych urządzeń nadprzewodnikowych – omówiono ekranowanie pola magnetycznego, straty mocy, wpływ zakotwiczenia wirów na prąd krytyczny. Ponieważ urządzenia nadprzewodnikowe pracując w niskich temperaturach są czułe na nawet drobne zaburzenia, które mogą prowadzić do niekontrolowanego ich wyjścia ze stanu nadprzewodnictwa – quenchu, więc analiza towarzyszących im pracy zagadnień elektro-fizycznych ma istotne znaczenie. Skoncentrowano się na najbardziej perspektywicznych urządzeniach, jak magazyny energii i kriokable nadprzewodnikowe, które rokują możliwości zastosowań w Polsce.

LITERATURA

[1] Khodzhbagiyani H., Bazanov A. i in.: Experimental Study of Superconducting Magnets for the NICA Accelerator Complex, *The 12-th Cryogenics Conference Proceedings* (2012) 53-58

- [2] Sosnowski J.: Kriokable nadprzewodnikowe, *Wydawnictwo Książkowe Instytutu Elektrotechniki*, (2012) 1-101
- [3] Wolsky A., M.: The status and prospects for flywheels and SMES that incorporate HTS, *Physica C* (372–376) (2002)1495–1499
- [4] Saito K., Saito S., Nakamura O., Yamamoto Y., Takahata H., Itoh R., Ikezawa Y., Tomita, M.: Progress of superconducting bearing technologies for flywheel energy storage systems, *Physica C* (386): (2003) 444–450
- [5] de Andrade Jr. R, Ferreira A.C., Sotelo G.G., Suemitsu W.I., Rolim L.G.B., Silva Neto J.L., Neves M.A., dos Santos V.A., da Costa G.C., Rosario M., Stephan R., Nicolisky R.: A superconducting high-speed flywheel energy storage system, *Physica C* (408–410) (2004) 930–931
- [6] Pałka R: Maszyny elektryczne z ekranami nadprzewodnikowymi, *Przegląd Elektrotechniczny*, (2009), 174-176

Autor: prof. dr hab. Jacek Sosnowski, Instytut Elektrotechniki, Zakład Wielkich Mocy, ul. Pożaryskiego 28, 04-703 Warszawa
E-mail: sosnowski.jacek@wp.pl.

ZASTOSOWANIA ELEKTROMAGNETYZMU W NOWOCZESNYCH TECHNIKACH I INFORMATYCE XXIV SYMPOZJUM ŚRODOWISKOWE PTZE

Instytucje współorganizujące i osoby odpowiedzialne:

- Polskie Towarzystwo Zastosowań Elektromagnetyzmu
- Wojskowy Instytut Higieny i Epidemiologii
- Politechnika Częstochowska, Wydział Elektryczny
- Polsko-Japońska Wyższa Szkoła Technik Komputerowych
- Polski Komitet Narodowy Międzynarodowej Unii Nauk Radiowych

Przewodniczący Komitetu Naukowego: **Lech Borowik** –
Politechnika Częstochowska

Przewodniczący Komitetu Organizacyjnego: **Ewa Łada-Tondyra** – **Politechnika Częstochowska**

Miejsce konferencji:



**Ośrodek Wypoczynkowy
Orle Gniazdo Hucisko
Hucisko, ul. Orle Gniazdo 20
42-421 Włodowice**

**Tel. 34 321 7377
www.orlegniazdo.pl
e-mail: info@orlegniazdo.pl**

Termin konferencji: 7-10 września 2014

Tematyka:

- Zastosowania elektromagnetyzmu w medycynie (sesja specjalna Komitetu SEP)
- Zastosowania elektromagnetyzmu w elektrotechnice
- Bioelektromagnetyzm i ochrona środowiska
- Elektromagnetyzm obliczeniowy
- Zastosowania elektromagnetyzmu w informatyce
- Materiały elektromagnetyczne
- Elektromagnetyzm w edukacji i polityce społecznej

Terminy

23.06.2014 – zgłoszenie, streszczenie referatu (2 strony, forma elektroniczna)

21.07.2014 – zakończenie procesu recenzowania prac

25.08.2014 – termin wniesienia opłaty konferencyjnej

08.09.2014 – wręczenie program konferencji (wcześniej dostępny na www.ptze.pl)

Zgłoszenia i rejestracja

1. zgłoszenie w postaci dwustronicowego streszczenia (format A4, tekst podstawowy 12 pkt, odstępy pojedynczy, plik.doc) ze wskazaniem i podaniem danych teleadresowych (e-mail, nr telefonu) osób zgłaszających uczestnictwo w konferencji powinno być wysłane na dwa adresy: ankra.new@gmail.com, ptze.poczta@gmail.com

2. Opłata konferencyjna wynosi 1400 PLN/1700¹ PLN powinna zostać przetransferowana na konto: :

PKO BP III O/Warszawa

60 1020 1097 0000 7602 0105 8536

z adnotacją: PTZE'14

Językami konferencji są: angielski i polski.

¹ Druga cena dotyczy zakwaterowania w pokoju jednoosobowym.