

Wpływ warunków eksploatacyjnych na parametry materiałów nadprzewodnikowych przeznaczonych do zastosowań w układach nadprzewodnikowych ograniczników prądu zwarciovego

Współczesny system elektroenergetyczny wymaga ciągłej rozbudowy i modernizacji. Przyłączanie nowych lokalnych źródeł energii pociąga za sobą zwiększanie mocy zwarcioviej w punkcie przyłączenia, a co za tym idzie większych prądów zwarciovych. Prądy te mogą przekraczać dopuszczalny poziom prądów zwarciovych dla zainstalowanych elementów infrastruktury sieci. Istnieje więc konieczność modernizacji systemu lub stosowania układów ograniczających prądy, takie jak dławiki zwarciove czy is-limitery. Alternatywą dla konieczności modernizacji i kosztownych inwestycji mogą być nadprzewodnikowe ograniczniki prądu zwarciovego (NOPZ). NOPZ wykorzystuje zjawisko nagłego przejścia materiału nadprzewodnikowego ze stanu nadprzewodzącego do stanu rezystywnego, w którym są one w stanie ograniczyć prądy zwarciove. NOPZ chronią wrażliwy obwód przed dynamicznymi skutkami prądów zwarciovych. NOPZ mają niemal zerową impedancję w stanie normalnej pracy układu, oraz możliwość samoczynnego powrotu do stanu nadprzewodnictwa.

Zastosowane w NOPZ taśmy nadprzewodnikowe, wykonane w technologii cienkowarstwowej, mogą ulegać degradacji w wyniku eksploatacji urządzenia. W pracy przedstawiono wyniki badań wysokotemperaturowych taśm nadprzewodnikowych drugiej generacji (HTS 2G), przeznaczonych do NOPZ. Badania przeprowadzone dla taśm HTS SF12100-CF z warstwą srebra o grubości 4 μm i 2 μm wskazują, że parametry taśm podawane przez producentów są niewystarczające przy projektowaniu i analizach pracy NOPZ w sieciach SN. Wykonano badania parametrów taśm HTS:

- prądów udarowych I_{0max} ,
- minimalnych prądów ograniczonych I_{min} ,
- napięć maksymalnych na taśmie U_{max} ,
- energii E wydzielanej na taśmie,

w funkcji działania spodziewanych prądów zwarciovych.

Wykonano również:

- badania zmian wartości prądu krytycznego taśm HTS 2G spowodowanych wielokrotnym wyprowadzaniem ich ze stanu nadprzewodnictwa,
- wpływ izolacji elektrycznej na zmianę wartości prądu krytycznego,
- badania wpływu czasu trwania spodziewanych prądów zwarciovych na degradację parametrów taśm HTS, obejmujące badania zmian wartości prądu krytycznego, prądu udarowego, minimalnego prądu ograniczonego oraz napięcia na taśmie,
- badań czasu powrotu taśm HTS do stanu nadprzewodnictwa w funkcji wartości prądu obciążenia,
- oraz badania mikrostrukturalne.

W pracy zaproponowano dwie metody wyznaczania wartości prądu krytycznego I_C .

Przedstawione w pracy wyniki badań wykazały, że wielokrotne wyprowadzanie taśm nadprzewodnikowych ze stanu nadprzewodnictwa spodziewanym prądem zwarciovym, powoduje spadek wartości prądu krytycznego I_C , na który wpływ ma liczba wyprowadzeń, wartość spodziewanego prądu zwarciovego oraz jego czas trwania. Na proces degradacji wartości I_C ma także wpływ przebieg procesu chłodzenia taśmy w ciekłym azocie. Zmiany wartości I_C taśmy HTS nie są uwzględniane na etapie projektowania NOPZ, a mogą mieć wpływ na współpracę NOPZ z układami EAZ oraz mogą być przyczyną konieczności przyspieszonej wymiany ogranicznika. Zmianie ulega także wartość prądu udarowego I_{max} .

Wyznaczono zakresy energii wydzielanej w taśmie i bezpieczny zakres spadków napięć, dla których taśma HTS nie ulega uszkodzeniu i nie zmienia się wartość prądu krytycznego. Przeprowadzono analizę współpracy NOPZ z zabezpieczeniami elektroenergetycznej automatyki zabezpieczeniowej EAZ w sytuacji obniżenia wartości prądu krytycznego taśmy HTS. Z uwagi na konieczność współpracy NOPZ z układami SPZ wyznaczone zostały czasy powrotu taśm do stanu nadprzewodnictwa oraz zakresy prądów obciążenia przy których możliwy jest szybki powrót taśmy do stanu nadprzewodnictwa. Przeanalizowano możliwość zabezpieczania turbin wiatrowych z podwójnym zasilaniem opartym na generatorze indukcyjnym DFIG przez NOZP podczas trwania zapadów napięcia, w czasie wynikającym z kodeksu sieci. Przeprowadzono badania mikrostrukturalne taśm HTS w celu dokonania

identyfikacji zmian mogących wpływać na zmiany wartości parametrów. Wykazano, że podstawowe parametry taśm podawane przez producenta są niewystarczające przy projektowaniu NOPZ.