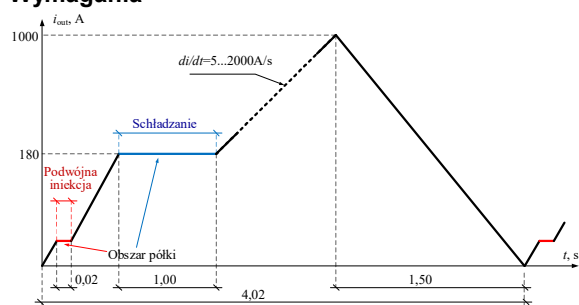


Modułowy przekształtnik AC/DC sterowany predykcyjnie do zasilania cewek nadprzewodzących cyklotronu

Streszczenie: W artykule przedstawiono modułowy przekształtnik AC/DC do zasilania cewek nadprzewodnikowych soczewek magnetycznych cyklotronu ciężkich jonów. Modułowość zasilacza pozwala na skalowanie rozwiązania w zależności od wymaganych parametrów wyjściowych. Do sterowania prądem wyjściowym zaimplementowano autorski algorytm predykcyjny. Jego zastosowanie pozwoliło zwiększyć precyzję zasilania o rząd wielkości w porównaniu do wcześniejszych rozwiązań. Przydatność przedstawionego podejścia została oceniona za pomocą symulacji i eksperymentów.

Słowa kluczowe: cewka nadprzewodząca, zasilacz, precyzyjne źródło prądu, przetwornice modułowe, sterowanie predykcyjne

Wymagania



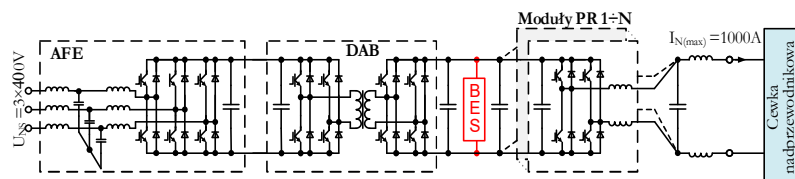
Rys. 1. Typowe cykle pracy zasilacza

Źródła prądu dużej mocy o wysokiej dynamice, minimalnym tętnieniu i najwyższej dokładności są kluczowymi elementami elektromagnesów cyklotronów [1]. Na rys.1 przedstawiono typowy cykl projektowanego zasilacza przy pracy iniektorowej, który należało zapewnić pierwotnie z dokładnością $\leq 1 \cdot 10^{-4}$ w stanach dynamicznych oraz $\leq 1 \cdot 10^{-5}$ w stanach statycznych w zakresie zmian indukcyjności 1-40mH. To zadanie zrealizowano w 2015 roku [2]. W 2020 roku wynikła potrzeba modernizacji zasilacza ograniczająca moc szczytową sieci i zwiększająca dokładność co najmniej o rząd wielkości.

Modernizacja zasilacza



Rys. 2. Widok instalacji zmodernizowanego zasilacza na obiekcie i przykładowe wyniki badań eksperymentalnych zsynchronizowanych 2 cewek



Rys. 3. Schemat ideowy zasilacza modułowego cyklotronu

W nowym zasilaczu (rys.2) uwzględniając wskazania [3], zastosowano przekształtniki AFE i DAB oraz zasobnik BES (rys.3). Zmieniono także sterowanie pracujących w trybie „interleave” 3 modułów PR. Zastosowano przy tym wyprzedzające sterowanie [4] modułami PR za pomocą algorytmu predykcyjnego na bazie modelu hybrydowego (analityczno-różnicowego).

Literatura

1. K.L. Haugen, K. Papastergiou, P. Asimakopoulos, D. Peftitsis, High precision scalable power converter for accelerator magnets, Journal of Instrumentation, vol.17,

no.03, 2022, pp.C03021.

1. M. Parchomiuk, R. Strzelecki, K. Zymmer, T. Sak, *Modular high precision high current source for special applications — Simulation and verification*, 10th International Conference on Compatibility, Power Electronics and Power Engineering (CPE-POWERENG), Bydgoszcz, Poland, 2016, pp. 422-427
2. K.L. Haugen, *Scalable Regenerative Power Converters for Accelerator Magnets*, Thesis for the Degree of Philosophiae Doctor, NTNU Trondheim, December 2023, 144 p
3. В.Я. Жуйков, Б.Б.Павлов, Р.Г. Стжелецки, *Системы упреждающего управления вентиляционными преобразователями*. Киев, Наукова думка, 1991, 240 с.

Autorzy: prof. dr hab. inż. Ryszard Strzelecki, Uniwersytet Morski w Gdyni, 81-225 Gdynia, ul.Morska 81-87, e-mail: r.strzelecki@we.umg.edu.pl; dr inż. Natalia Strzelecka, Uniwersytet Morski w Gdyni, 81-225 Gdynia, ul.Morska 81-87, e-mail: n.strzelecka@we.umg.edu.pl