

Leszek WOLSKI

BADANIA MODELU WIELOPOZIOMOWEGO FALOWNIKA PRĄDU

STRESZCZENIE *W pracy przedstawiono wyniki badań nad wielopoziomowym falownikiem prądu. Koncepcja sterowania proponowanego układu falownika przebadana przy zastosowaniu metod symulacyjnych została zaimplementowana w rzeczywistym układzie modelowym. Zademonstrowane wyniki badań symulacyjnych i ich weryfikacja eksperymentalna potwierdziła poprawność przyjętych założeń dotyczących budowy i sterowania wielopoziomowego falownika prądu.*

1. WSTĘP

Charakter fizyczny źródeł energii często wymaga konwersji jej parametrów. Źródła prądu stałego, takie jak fotoogniwa i ogniwa paliwowe, wymagają przekształtników w celu przetwarzania energii na postać użyteczną w powszechnych zastosowaniach. Ze względu na ich prądowy charakter najlepszym rozwiązaniem jest zastosowanie falowników prądu. Wady przekształtników dwupoziomowych doprowadziły w ostatnich latach do dynamicznego rozwoju falowników wielopoziomowych, których zaletą jest znaczna poprawa kształtu przebiegów wyjściowych. W ramach prac nad nowymi topologiami wielopoziomowych falowników prądu, prowadzonych w gdańskim oddziale Instytutu Elektrotechniki, skonstruowany został model potrójnego falownika prądu. Wyniki badań podwójnego falownika prądu zostały zaprezentowane na Warsztatach

mgr inż. Leszek WOLSKI
e-mail: leszek.wolski@iel.gda.pl

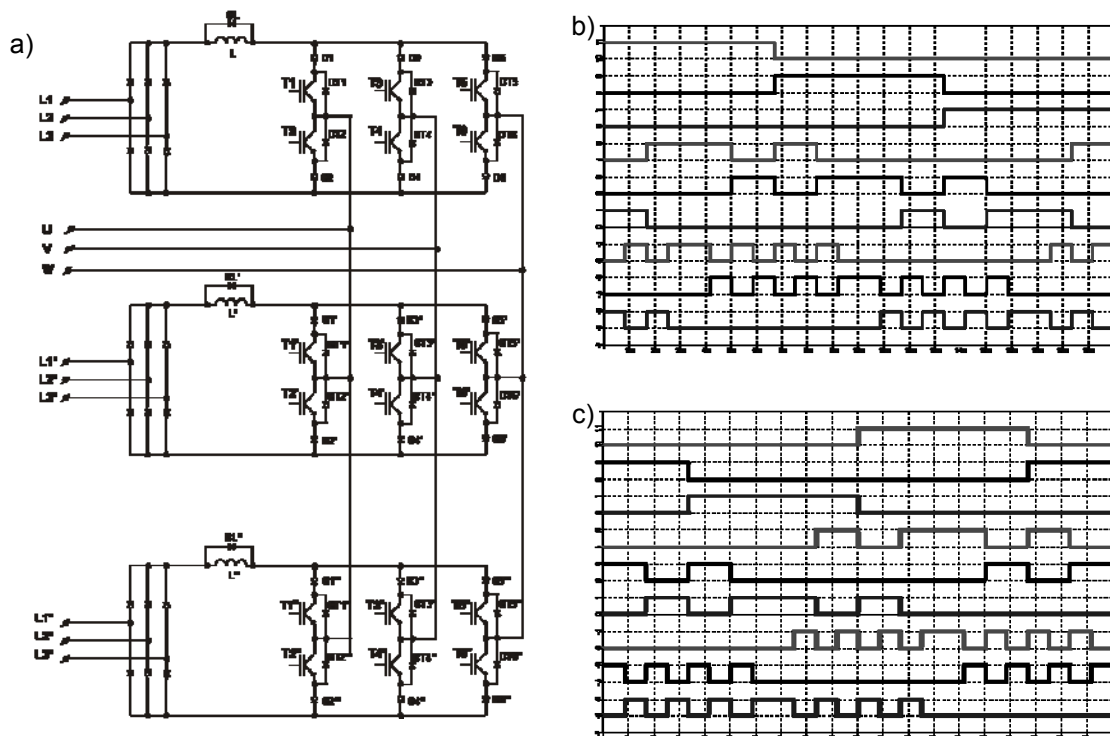
Instytut Elektrotechniki, Oddział w Gdańsku

PRACE INSTYTUTU ELEKTROTECHNIKI, zeszyt 242, 2009

Doktoranckich w Kazimierzu nad Wisłą w 2008 roku i opublikowane w czasopiśmie naukowym "Prace Instytutu Elektrotechniki", zeszyt nr 236/2008 r. W pracy przedstawiono modelowe rozwiązanie potrójnego wielopoziomowego falownika prądu wraz z wynikami symulacyjnymi oraz eksperymentalnymi.

2. MODELOWY POTRÓJNY FALOWNIK PRĄDU

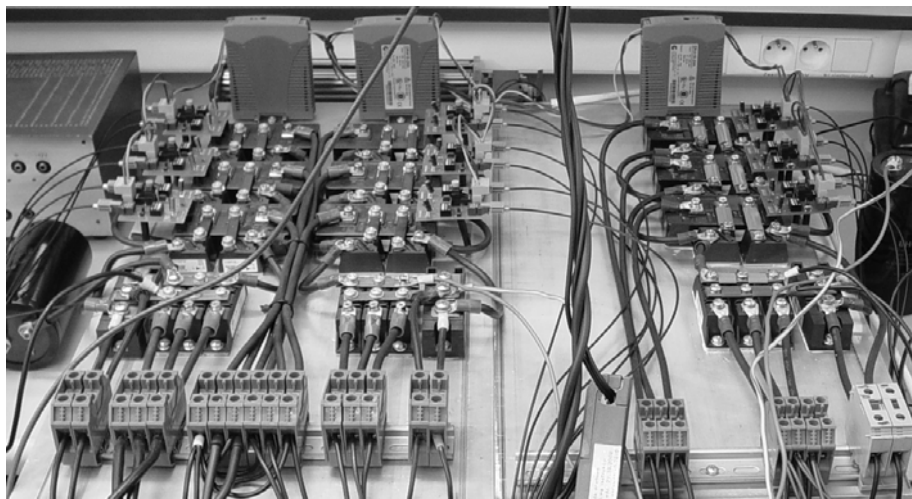
Struktura potrójnego falownika prądu, zgodnie z przyjętą zasadą, zawiera trzy standardowe falowniki prądu połączone galwanicznie wyjściami i pracujące na wspólne obciążenie. Schemat takiego układu został przedstawiony na rysunku 1a. Odpowiednie sterowanie trzeciego falownika prądu ma zapewnić ciągłość prądu w indukcyjnościach obwodów pośredniczących oraz przy jak najmniejszej ilości przełączeń – zmniejszenie zawartości harmonicznych falownika potrójnego. Przebiegi sygnałów sterujących trzeciego falownika prądu przedstawiono na rysunkach 1b i 1c.



Rys. 1. Struktura potrójnego falownika prądu (a) oraz przebiegi impulsów sterujących górnych (b) i dolnych (c) tranzystorów zespołu falownikowego

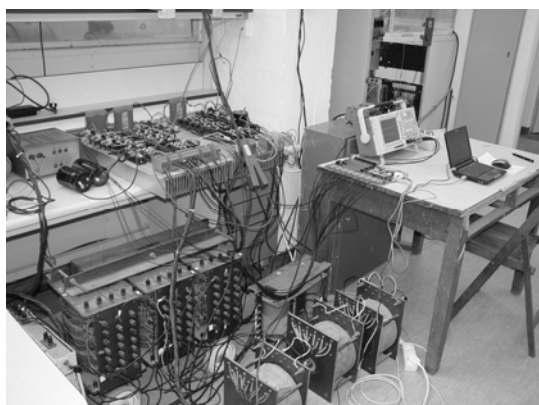
W pierwszym etapie eksperymentu zmodernizowano stanowisko badawcze, przedstawione na rysunkach 2, 3 i 4, wyposażając podwójny falownik

prądu w trzeci energoelektroniczny układ mocy przedstawiony na rysunku 1a oraz światłowodowy układ sprzęgający zintegrowany z układem sterowania z procesorem sygnałowym DSP TMS320F2812 przedstawiony na rysunku 8.

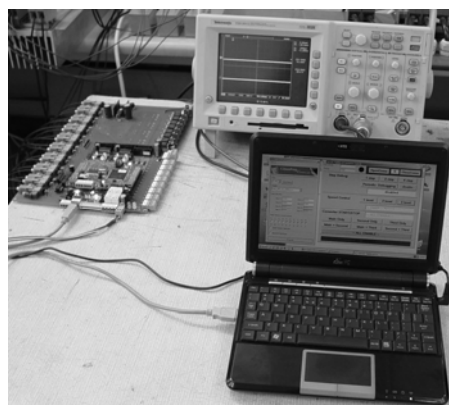


Rys. 2. Widok modelowego potrójnego falownika prądu

Widok stanowiska oraz jego części składowe przedstawione są na rysunku 3.



Rys. 3. Widok stanowiska badawczego

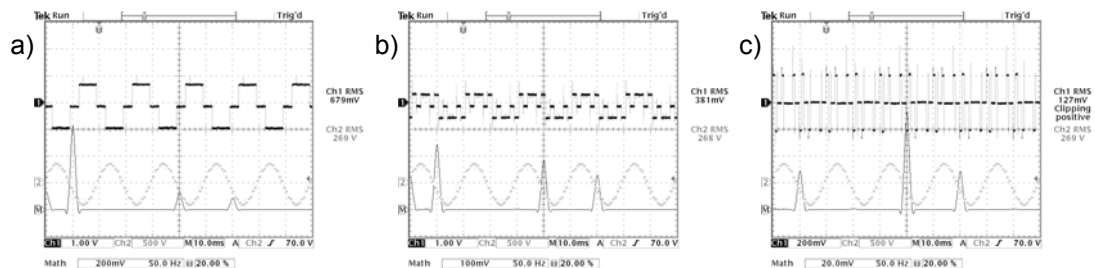


Rys. 4. Widok systemu sterowania i kontroli pracy falownika prądu

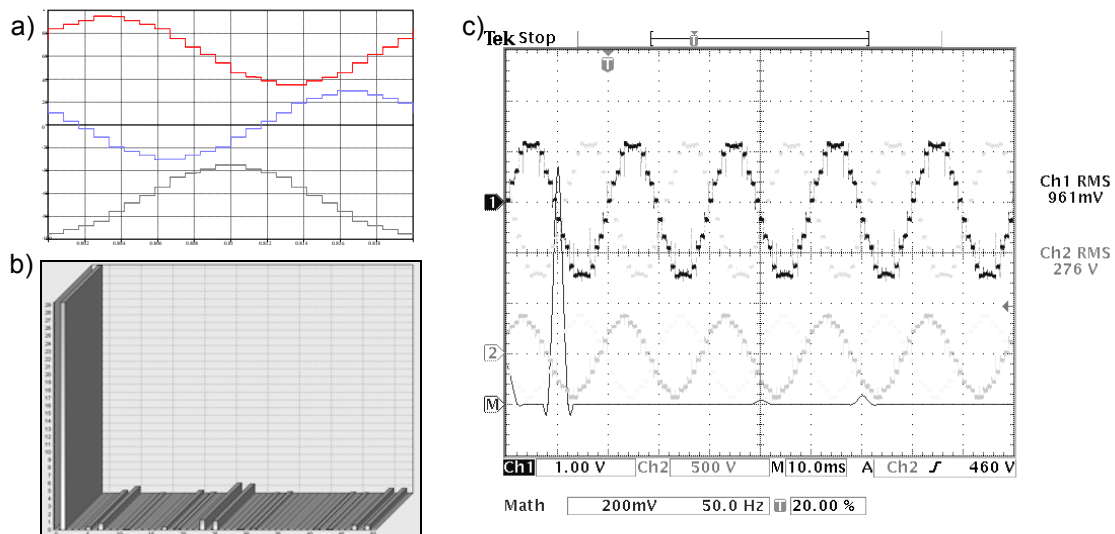
Przy sterowaniu falownika zgodnie z rysunkami 1a i 1b uzyskano prądy wyjściowe o współczynniku zawartości harmonicznych w granicach 7,5%. Symulacyjne przebiegi prądów wyjściowych falownika przedstawiono na rysunkach 7a i 7b. Wyniki eksperymentalne zaprezentowane są na rysunkach 6a, 6b, 6c oraz 7c.

W celu zapewnienia bezpiecznego uruchamiania zespołu falowników i komfortu pracy, powstał program komputerowy nadrzędnego sterowania, współpracujący z procesorem sygnałowym DSP sterownika falownika, umożliwiający zmianę trybów pracy układu:

- pracę krokową;
- kontrolę prędkości przełączeń;
- wybór konfiguracji pracy falowników: głównego, pierwszego pomocniczego, drugiego pomocniczego, głównego z pierwszym pomocniczym, głównego z drugim pomocniczym, pierwszego pomocniczego z drugim pomocniczym. Możliwe jest też jednoczesne włączenie oraz wyłączenie wszystkich falowników.



Rys. 6. Wyniki eksperymentalne (4,5 kW): prąd fazowy (1) i napięcie międzyfazowe (2) falownika na obciążeniu oraz analiza harmonicznych prądu (M): a) falownika głównego; b) falownika pomocniczego 1; c) falownika pomocniczego 2



Rys. 7. Wyniki symulacji:

a) prądy obciążenia; b) widmo harmonicznych prądu wyjściowego THD-7.51%; c) wyniki eksperymentalne (4,5 kW): prąd fazowy (1) i napięcie międzyfazowe (2) zespołu falowników na obciążeniu oraz analiza harmonicznych prądu (M) THD-7.24%

3. WNIOSKI

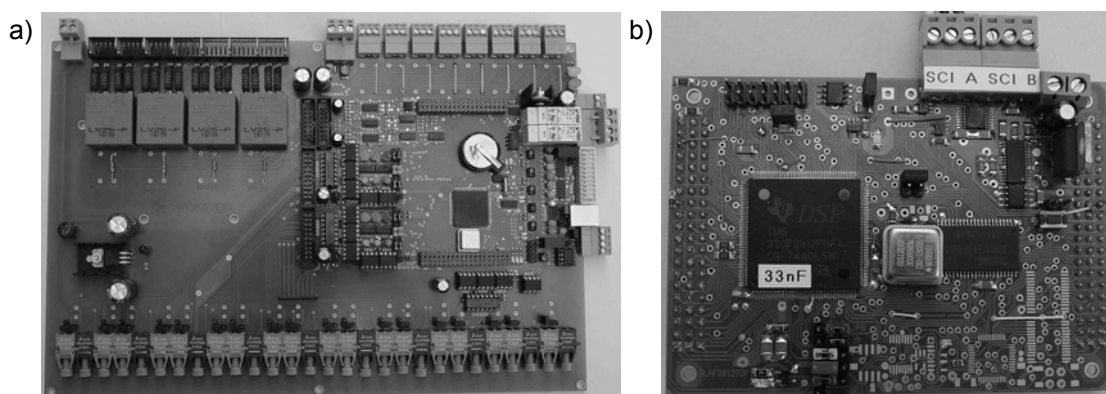
Proponowana struktura wielopoziomowego falownika prądu pozwala na poprawę kształtu przebiegu wyjściowego falownika prądu poprzez równoległe dołączanie kolejnych rekurencyjnych układów przekształtnikowych. Każdorazowa operacja dołączenia powoduje znaczną jakościową poprawę kształtu prądu wyjściowego układu przekształtników i obniżenie współczynnika zawartości wyższych harmonicznych THD (*Total Harmonic Distortion*). Łączenie równoległe falowników nie wymaga w tym wypadku budowania dodatkowych układów sprzęgających, a sterowanie kolejnych członów nie jest skomplikowane. Te zalety ułatwiają budowę nieskomplikowanych falowników prądu, spełniających wymogi niskiej zawartości harmonicznych w przebiegach wyjściowych.

TABELA 1

Zestawienie wyników symulacyjnych i eksperymentalnych badania modelowych układów falowników prądu

	pojedynczy falownik prądu	podwójny falownik prądu	potrójny falownik prądu
wyniki symulacyjne	30,33%	16,5%	7,51%
wyniki eksperymentalne	29,67%	13,94%	7,24%

W pracy wykazano, że możliwe jest sterowanie takiej struktury falowników przy pomocy sterownika opartego na procesorach sygnałowych (DSP). Do sterowania zespołu falowników wykorzystano pojedynczą kartę sterującą z jednym procesorem sygnałowym TM320F2812. Obsługuje on sterowanie całej 18-tranzystorowej struktury.



Rys. 8. Widok dodatkowych układów:

a) sprzęgającego; b) płytki sterującej z procesorem sygnałowym TMS320F2812

Zaprezentowane wyniki badań symulacyjnych oraz eksperymentalnych w pełni potwierdzają tezę o możliwości poprawy kształtu prądu wyjściowego falownika prądu przy pomocy wielopoziomowych falowników prądu. Potwierdzona została możliwość galwanicznego łączenia wielu falowników prądu pracujących na wspólne obciążenie.

Badania eksperymentalne potwierdziły, że przy odpowiednim doborze napięć zasilania możliwe jest ograniczenie zawartości wyższych harmonicznnych w przebiegu wyjściowym przy niskiej liczbie łączeń tranzystorów IGBT. Minimalny osiągnięty poziom wskaźnika THD wyniósł 7,24% w wyjściowym prądzie fazowym zespołu falowników.

LITERATURA

1. Iwaszkiewicz J.: Modele matematyczne energoelektronicznych przekształtników wielopoziomowych. Analiza właściwości i zastosowanie. Monografia. Prace Instytutu Elektrotechniki, 227/2006.
2. Iwaszkiewicz J.: Model matematyczny przekształtnika dla przebiegów dyskretnych. Prace Instytutu Elektrotechniki, 222/05/2005.
3. Iwaszkiewicz J., Perz J.: Mathematical Approach to THD Optimization in Multilevel Converters. International Conference on Renewable Energy and Power Quality ICREPQ'06, Palma de Mallorca, 5–7 April, 2006, Spain.
4. Scheblykin S. V., Zinoviev G. S.: Research of three-phase active current rectifier – Electron Devices and Materials, 2008. EDM 2008. 9th International Workshop and Tutorials on 1–5 July 2008, Page(s):196–199.
5. Sahan B., Notholt Vergara A., Henze N., Engler A., Zacharias P.: A single-stage PV module integrated converter based on low-power current-source inverter. Industrial Electronics, IEEE Transactions on Volume 55, Issue 7, July 2008 Page(s):2602–2609.
6. Wolski L.: Wielopoziomowy falownik prądu. Prace Instytutu Elektrotechniki 236/2008.

Rękopis dostarczono dnia 27.10.2009 r.

Opiniował: prof. dr hab. Marian Kaźmierkowski

MODEL TESTING OF MULTILEVEL CURRENT CONVERTER

L. WOLSKI

ABSTRACT *A new results of study on concept of multilevel current converters is presented in the paper. The control algorithms for proposed circuit have been tested using simulation and experimental methods. The results of the experimental tests confirm simulation tests and proof that idea of galvanic output connection of multilevel current converter are correct.*



Mgr inż. Leszek WOLSKI studia wyższe ukończył w 1996 r. na kierunku Przetwarzanie i Użytkowanie Energii Elektrycznej Wydziału Elektrotechniki i Automatyki Politechniki Gdańskiej. Od 1995 r. pracuje w gdańskim Oddziale Instytutu Elektrotechniki. Obecnie zajmuje się projektowaniem i oprogramowaniem układów mikroprocesorowych oraz procesorów sygnałowych, bezprzewodowymi i przewodowymi technikami komunikacyjnymi, technologiami wykorzystującymi alternatywne źródła energii oraz sterowaniem wielopoziomowych przekształtników energii.