

Jerzy BAKALARCZYK¹

PRZEKSZTAŁTNIKI ENERGOELEKTRONICZNE W INSTALACJACH FOTOWOLTAICZNYCH

W artykule opisano główne energoelektroniczne części składowe instalacji fotowoltaicznej przeznaczonej do wytwarzania i dystrybucji energii elektrycznej. Dokonano przeglądu przekształtników energoelektronicznych stosowanych w nowoczesnych instalacjach fotowoltaicznych. Przedstawiono podział na przekształtniki prądu stałego na prąd stały oraz - prądu stałego na prąd przemienny. Podano podstawowe układy pracy tych przekształtników w instalacjach fotowoltaicznych oraz ich topologie. Dokonano podziału instalacji ze względu na współpracę z siecią elektroenergetyczną na instalacje fotowoltaiczne z transformatorem i bez transformatora sieciowego. Poruszono zagadnienie śledzenia punktu mocy maksymalnej MPPT w układach przekształtników prądu stałego na prąd stały. Zwrócono uwagę na problem narzuconego reżimu związanego z zachowaniem parametrów sinusoidalnej fali napięcia wyjściowego falowników w instalacjach fotowoltaicznych. Dokonano zestawienia światowych producentów urządzeń fotowoltaicznych oraz poruszono problem trwałości tych urządzeń i innych wymagań stawianych tym urządzeniom. Zaprezentowano układ falownika oraz sieciowego filtra wygładzającego zaprojektowanego oraz przebadanego przez autora. Przedstawiono zarówno wyniki badań symulacyjnych jak i laboratoryjnych. Wyniki badań potwierdziły przydatność tej konstrukcji w układzie generowania napięcia sinusoidalnego do systemu sieci elektrycznej. W podsumowaniu stwierdzono przydatność zaprojektowanej konstrukcji ze względu na niski poziom zawartości wyższych harmonicznych w przebiegu napięcia wyjściowego oraz potrzebę rozbudowy zaprojektowanego układu falownika o człon przekształtnika prądu stałego na prąd stały wraz z układem sterowania zarówno do ładowania baterii akumulatorów i dopasowania mocy paneli ogniw fotowoltaicznych do układu wejściowego falownika. Na koniec stwierdzono, że dynamiczny rozwój techniki fotowoltaicznej – ze względu na stawiane im wymagania - pociągnie za sobą opracowania urządzeń energoelektronicznych o coraz wyższym stopniu niezawodności i trwałości.

Słowa kluczowe: mikroinstalacje, falowniki, sieć elektroenergetyczną, panele fotowoltaiczne, bateria akumulatorów, punktu mocy maksymalnej MPPT, kontrolery MPPT, przekształtniki prądu stałego na prąd stały.

¹ Autor do korespondencji: Jerzy Bakalarczyk, Wyższa Szkoła Techniczna we Włocławku, Łęgska 20, 87-800 Włocławek, +48 503363281, jbakal1@wp.pl.

1. Wprowadzenie

Ostatnio fotowoltaika szczególnie cieszy się dużym zainteresowaniem naukowców i konstruktorów na całym świecie. Wkracza ona powoli we wszystkie dziedziny życia. Choć nie jest nauką młodą, przyciąga swą uwagę ze względu na ogólny popyt na ekologicznie czyste wytwarzanie energii elektrycznej. Można przyjąć, że jej rozwój datuje się od 1954 r., kiedy to opracowano pierwsze komercyjne ogniwo fotowoltaiczne w firmie Bell Telephone. Szybko potem znalazło ono swe miejsce w technice kosmicznej w panelach satelit do przetwarzania energii słonecznej w elektryczną. Jednak jeszcze wtedy było to rozwiązanie kosztowne. W miarę upływu czasu koszty produkcji ogniw spadały. Obecne ceny spowodowały, że fotowoltaiczne wytwarzanie energii elektrycznej stało się powszechne i uważane za coś zupełnie oczywistego. Ogniwa fotowoltaiczne weszły na dobre do instalacji generowania energii elektrycznej m.in. w gospodarstwach domowych, zakładach przemysłowych i farmach słonecznych.

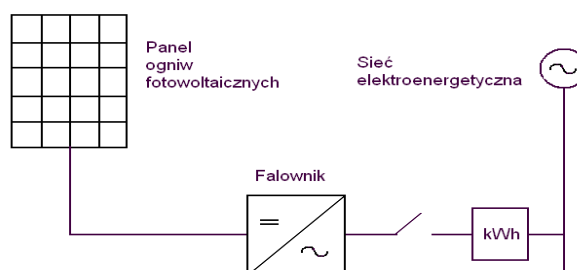
Produkcji energii elektrycznej towarzyszy, jak zwykle, energoelektronika wraz ze swoimi urządzeniami. Urządzenia energoelektroniczne znajdują zastosowanie w instalacjach fotowoltaicznych głównie jako falowniki czyli przekształtniki prądu stałego, pochodzącego z ogniw fotowoltaicznych, na prąd przemienny wykorzystywany do zasilania odbiorów oraz przesyłania go do sieci elektroenergetycznej. Jednak urządzeń energoelektronicznych w wymienionych instalacjach fotowoltaicznych jest więcej i spełniają one równie ważne i skomplikowane zadanie. Z uwagi na to zasługują one na poświęcenie im więcej miejsca.

2. Instalacje fotowoltaiczne

Podziału instalacji fotowoltaicznych można dokonać ze względu na różne kryteria. Można spotkać systemy nie współpracujące z siecią elektroenergetyczną tzw. wyspowe (ang. off-grid) lub podłączone do sieci elektroenergetycznej (ang. on grid). Wyspowe - przeznaczone są głównie dla obszarów niezelektryfikowanych wykorzystujące baterie akumulatorów do gromadzenia energii.

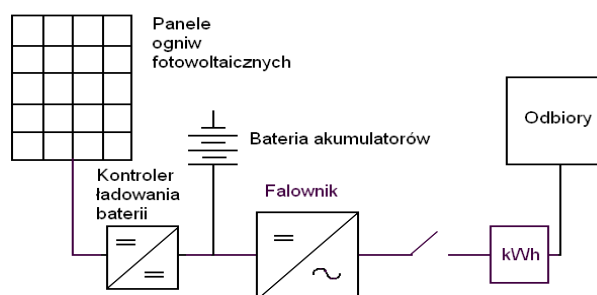
Na Rys. 1 przedstawiono podstawowy układ instalacji fotowoltaicznej przesyłający energię do sieci. Falownik przekształca prąd stały z ogniw fotowoltaicznych na prąd przemienny sinusoidalny przesyłany do sieci. Spotyka się również wykonania mieszane (hybrydowe) wyżej wymienionych rozwiązań. Do zasilania domów jednorodzinnych służą tzw. mikroinstalacje o mocy do 40 kW. Zakłady przemysłowe wykorzystują zazwyczaj małe instalacje o mocy od 40 do 100kW, a farmy słoneczne uzyskują moc powyżej 100 kW. Na Rys. 2. przedstawiono autonomiczny (wyspowy) układ instalacji fotowoltaicznej zasilający odbiory prądu przemiennego. W skład instalacji fotowoltaicznej wchodzi panele fotowoltaiczne, przekształtniki DC/DC prądu stałego na prąd stały

z kontrolerami śledzenia punktu mocy maksymalnej MPPT oraz falowniki. Te dwa ostatnie stanowią przełączniki energoelektroniczne. Na rys. 3 pokazano system mieszany scalający sieć elektroenergetyczną z układem bateryjnym.



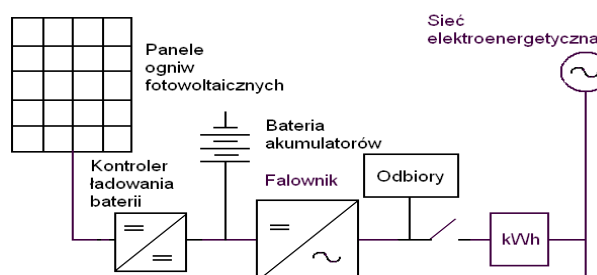
Rys. 1. Podstawowy układ instalacji fotowoltaicznej połączonej z siecią elektroenergetyczną

Fig. 1. Basic grid tied PV installation system



Rys. 2. Układ autonomiczny bez dostępu do sieci elektroenergetycznej

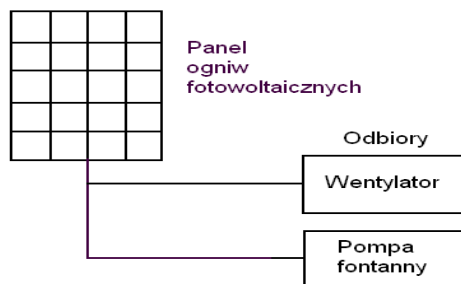
Fig. 2. PV off-grid system



Rys. 3. Fotowoltaiczny system mieszany

Fig. 3. PV grid-tie with battery backup system

W praktyce spotyka się również fotowoltaiczne układy bezpośrednio zasilające przykładowo wentylatory, czy pompy fontanny ogrodowych itp. W tym przypadku panele fotowoltaiczne bezpośrednio połączone są z tymi odbiorami, co przedstawiono na Rys. 4.



Rys. 4. Fotowoltaiczny bezpośredni system zasilania

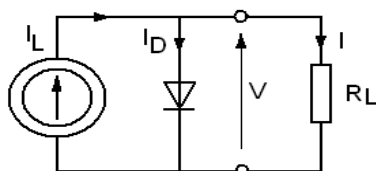
Fig. 4. PV direct system

Instalacje fotowoltaiczne mogą zawierać transformator mocy łączący filtr wyjściowy z siecią jednak układ taki stosowany jest przy największych mocach. Na ogół unika się tych transformatorów z uwagi na to, że zabierają dużo miejsca i są kosztownym rozwiązaniem. W takim przypadku jednak należy się liczyć z możliwościami pojawienia się prądów upływnościowych.

3. Panele fotowoltaiczne

Panele fotowoltaiczne składają się z połączonych modułów zawierających ogniwa fotowoltaiczne. Najbardziej popularne to panele z ogniw polikrystalicznych o sprawności ok. 12-14%, później – z ogniw monokrystalicznych o sprawności 14-16%, - z ogniw z krzemu amorficznego o sprawności 6-8%, - z ogniw z tellurku kadmu o sprawności ok. 11%, z ogniw z arsenku galu o sprawności ok. 30%.

Na Rys. 5 przedstawiono schemat zastępczy idealnego ogniwa fotowoltaicznego. Składa się on ze źródła prądowego i podłączonej do niego równolegle diody złączonej.



Rys. 5. Schemat zastępczy idealnego ogniwa fotowoltaicznego

Fig. 5. Ideal PV cell equivalent circuit

Zależności związane z Rys. 5 podano poniżej.

$$I = I_L - I_D \quad (1)$$

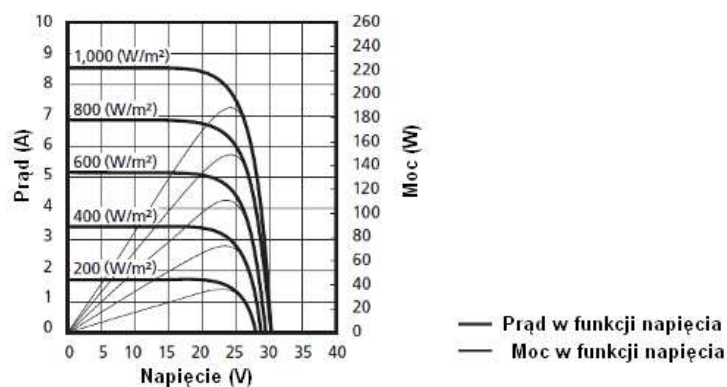
gdzie: I - prąd wyjściowy
 V - napięcie wyjściowe
 R_L - rezystancja wyjściowa
 I_L - prąd wytwarzany przez strumień świetlny
 I_D - prąd diody lub złącza

Panele fotowoltaiczne mogą być łączone między sobą w różny sposób w zależności od wartości wymaganego napięcia wyjściowego oraz rodzaju systemu instalacji.

Główni producenci paneli fotowoltaicznych:

1. Yingli Green, Chiny (1450 MW)
2. Trina Solar, Chiny (1040 MW)
3. First Solar, USA (900 MW)
4. Sharp, Japonia (800 MW)
5. Canadian Solar, Kanada, (790 MW)
6. Jinko Solar, Chiny (660 MW)
7. Kyocera, Japonia (650 MW)
8. ReneSola, Chiny (570 MW)
9. SunPower, USA (490 MW)
10. Suntech, Chiny (480 MW).

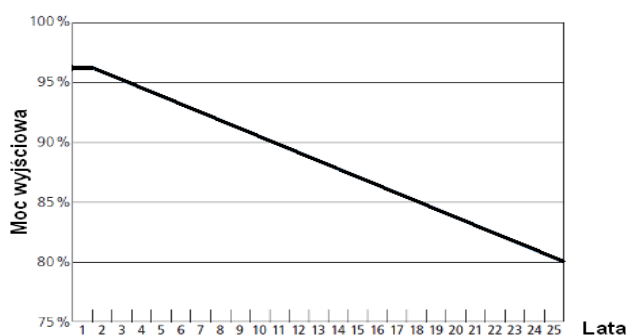
Żywotność takich paneli przyjmuje się na okres min. ok 25 lat. Przykładowe charakterystyki panelu fotowoltaicznego przedstawiono na Rys. 6.



Rys. 6. Przykładowe charakterystyki panelu fotowoltaicznego: prąd i moc w funkcji napięcia przy temperaturze 25°C

Fig. 6. Exemplary panel characteristics: current and power vs. voltage at temperature 25°C

Na Rys. 7 przedstawiono przykładową zależność mocy wyjściowej panelu fotowoltaicznego od lat eksploatacji. Jak widać spadek mocy z upływem czasu eksploatacji stanowi zależność liniową. Po ok. 25 latach moc panelu maleje do 80% mocy wyjściowej. Stanowi to pewną informację co do trwałości układu instalacji fotowoltaicznej. Inne urządzenia wchodzące w skład tej instalacji by nie ograniczać czasu żywotności całego systemu też powinny stanowić elementy o dużym stopniu trwałości i niezawodności. Przekształtniki napięcia stałego na napięcie stałe oraz falowniki powinny być niezawodne i o dużym stopniu trwałości. Jest to podstawowe wymaganie dla tych urządzeń.

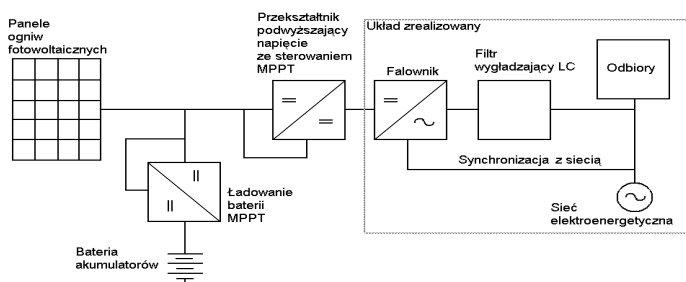


Rys. 7. Przykładowa zależność mocy wyjściowej panelu fotowoltaicznego od lat eksploatacji

Fig. 7. Exemplary dependency between output power and exploiting years of PV panel

4. Przekształtniki energoelektroniczne

Przekształtniki energoelektroniczne znajdują swoje miejsce w instalacji fotowoltaicznej jak to przedstawiono na Rys. 8. Można tu wyróżnić przekształtniki napięcia stałego na napięcie stałe oraz falowniki PWM. Przekształtniki napięcia stałego na napięcie stałe pracują ze sterowaniem MPPT. Na Rys. 8 cienką linią zaznaczono część zrealizowaną i badaną przez autora.



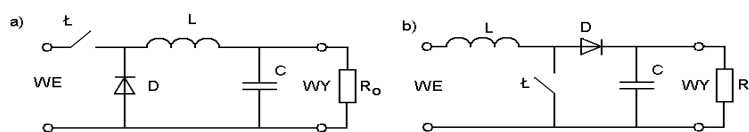
Rys. 8. Ogólny schemat blokowy system fotowoltaicznego

Rys. 8. Overall block scheme of PV system

4.1. Przełączniki prądu stałego na prąd stały

Mają tu zastosowanie przełączniki prądu stałego na prąd stały DC/DC służą one do dopasowania źródła napięcia w postaci panelu fotowoltaicznego do odbioru. Odbiorem w tym przypadku może być albo falownik zasilający odbiory prądu przemiennego albo bateria akumulatorów służąca do gromadzenia energii pochodzącej z ogniw fotowoltaicznych. Ma tu zastosowanie szeroka gama przełączników DC/DC. Szczegółową klasyfikację i ocenę tych urządzeń energoelektronicznych podaje literatura [7]. Sterowanie ich w celu osiągnięcia punktu maksymalnej mocy MPPT może odbywać się różnymi metodami, które wymienia i porównuje literatura [9]. Tych metod jest już powyżej dziesięciu. Najpopularniejsze metody: Perturb and Observe (P&O), Incremental Conductivity (IC), oraz metoda wykorzystująca logikę rozmytą Fuzzy Logic - zostały wymienione i opisane w literaturze [13].

Na Rys. 9 Przedstawione zostały najczęściej wykorzystywane w systemach fotowoltaicznych przełączniki napięcia stałego na napięcie stałe. Jeden z nich to przełącznik obniżający napięcie a drugi – podwyższający napięcie. Obydwa z nich pracują zgodnie z zasadą modulacji szerokości impulsów PWM.



Rys. 9. Przełącznik obniżający napięcie a) i przełącznik podwyższający napięcie b)

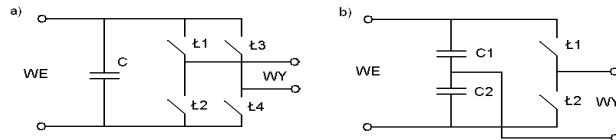
Fig. 9. DC/DC Buck converter a) and DC/DC Boost converter b)

4.2. Falowniki

Falowniki są to urządzenia energoelektroniczne służące do przekształcania napięcia lub prądu stałego na napięcie lub prąd przemienny sinusoidalny. Pracują one zazwyczaj zgodnie z zasadą modulacji szerokości impulsów PWM przy dużej częstotliwości kluczowania rzędu kilkudziesięciu kiloherców. Generują one falę sinusoidalną o stałej częstotliwości 50Hz. W przypadku instalacji fotowoltaicznej będą one służyły do zasilania odbiorów i przesyłania energii do sieci. Trzeba się jednak liczyć z wymaganiami norm co do zawartości wyższych harmonicznych w przebiegu prądu i napięcia i z tego względu wyposażane są w filtry wygładzające LC jak to przedstawiono na Rys. 8. Aby falownik mógł oddawać energię do sieci musi istnieć warunek zgodności faz i równości amplitud napięć sieci i falownika oraz brak przesunięcia fazowego między obydwoma przebiegami napięć. Do kontroli przesunięcia fazowego służy układ synchronizacji fazowej jak to przedstawiono na Rys. 8.

Istnieje duża różnorodność topologii falowników i powstają wciąż nowe umożliwiające doskonalszą pracę przy mniejszych stratach i większej sprawno-

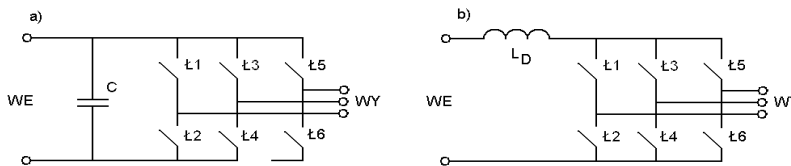
ści a także ograniczające przepływ prądów upływnościowych w przypadku braku transformatora sieciowego. Ogólnie można dokonać podziału falowników na falowniki jednofazowe i trójfazowe. Na Rys. 10 przedstawiono topologie najczęściej stosowanych falowników jednofazowych – w układzie mostkowym H oraz 1/2 H.



Rys. 10. Topologie jednofazowych falowników napięcia: mostka H a) oraz 1/2 mostka H b)

Fig. 10. Topologies of 1-phase voltage inverters: H- bridge a) and 1/2 H-bridge b)

Na Rys. 11. Zaprezentowano topologie falowników trójfazowych w układzie mostkowym przy czym jeden z nich stanowi falownik prądu, a drugi falownik napięcia.



Rys. 11. Topologie falowników trójfazowych: mostkowy falownik napięcia a) oraz mostkowy falownik prądu

Fig. 11. Topologies of three-phase inverters: voltage source bridge inverter a) and current source bridge inverter

Niektóre pozostałe rodzaje falowników jednofazowych przedstawiono w tabeli 1.

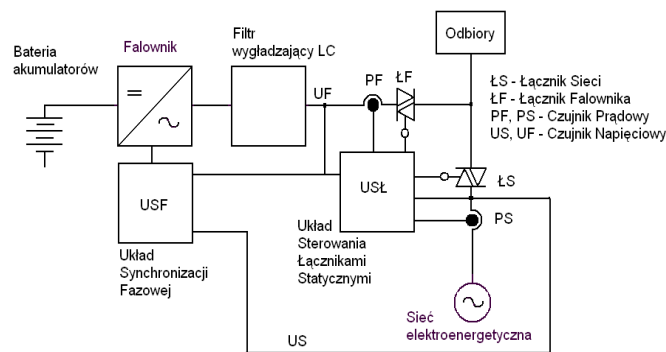
Tabela 1. Topologie niektórych falowników jednofazowych

Table 1. Topologies of some 1-phase inverters

Falowniki 1- fazowe z modulacją PWM
Topologia H4 z jednobiegunową modulacją PWM
Topologia H5 z dwubiegunową modulacją
Topologia H6
Topologia NPC
Falownik w konfiguracji pełnego mostka typu H
Przekształtnik półmostkowy 1/2 H
Przekształtnik o topologii HERIC

5. Zrealizowana konstrukcja przekształtnika

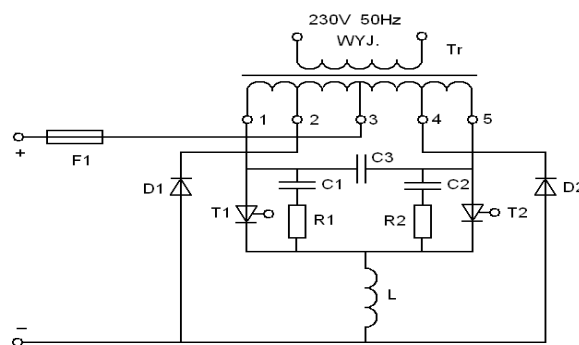
Ogólny schemat blokowy zrealizowanego układu przedstawiono na Rys. 12. Zawiera on falownik, filtr wygładzający LC przedstawiony na Rys. 14. Ponadto urządzenie to zawiera układ synchronizacji fazowej USF, oraz układ sterowania łącznikami statycznymi ŁS i ŁF. Układ ten zawiera również czujniki pomiarowe prądu PS i PF i czujniki pomiarowe napięcia UF i PS. Na podstawie dostarczanych informacji układ sterowania w oparciu o pętlę fazową dokonuje zsynchronizowania przebiegu napięcia falownika z przebiegiem napięcia sieci. Zrealizowano projekt przekształtnika energoelektronicznego w formie falownika o komutacji impulsowej jednostopniowej co przedstawiono na Rys. 13.



Rys. 12. Ogólny schemat blokowy zrealizowanego układu

Fig. 12. Overall block scheme of realized system

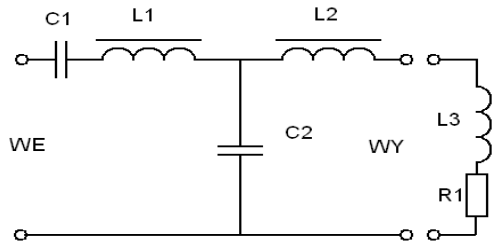
Jest to układ tyrystorowy pracujący z częstotliwością 50 Hz. Podczas badań został on zasilony napięciem z akumulatorów.



Rys. 13. Topologia zrealizowanego falownika napięcia

Fig. 13. Topology of realized inverter

Rys. 14 Przedstawia zaprojektowany filtr wygładzający falownika. Składa się on z indukcyjności i pojemności i zapewnia idealnie sinusoidalny kształt fali napięcia wyjściowego przy częstotliwości 50 Hz. Elementy L3 i R1 stanowią obciążenie wyjścia filtra.

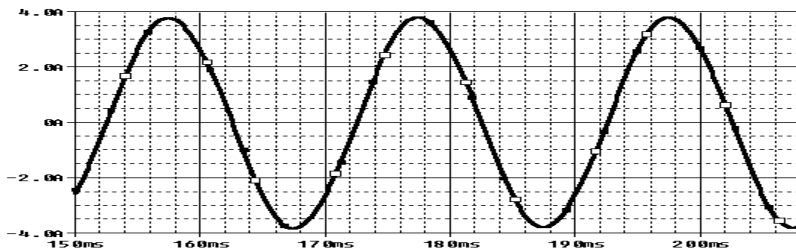


Rys. 14. Zaprojektowany filtr wygładzający falownika

Fig. 14 . Designed smoothing filter of the inverter

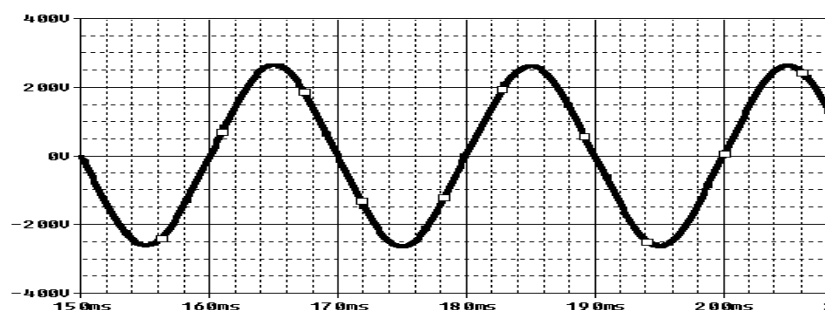
6. Badania symulacyjne

Badania symulacyjne wykonano przy wykorzystaniu programu Pspice. Wyniki symulacji przedstawiono na Rys. 15 i Rys. 16. Na rysunkach tych przedstawiono przebiegi prądu i napięcia wyjściowego falownika za filtrem wygładzającym.



Rys. 15. Przebieg prądu wyjściowego zasymulowanego falownika

Fig. 15. Output current waveform of simulated inverter

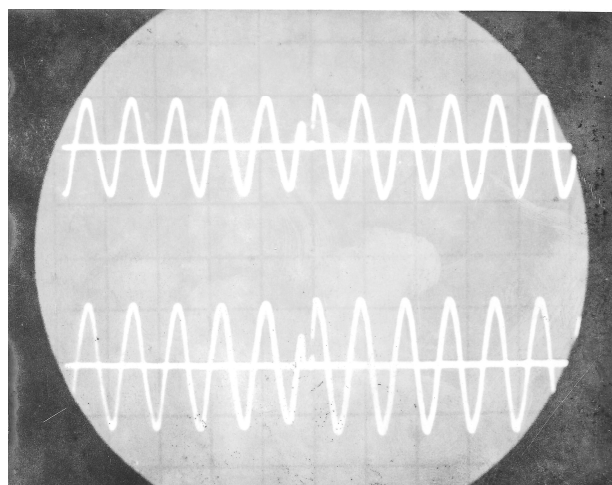


Rys. 16. Przebieg napięcia wyjściowego zasymulowanego falownika

Rys. 16. Output voltage waveform of simulated inverter

7. Badania laboratoryjne

Podczas prób laboratoryjnych wykonano oscylogramy napięć wyjściowych falownika za filtrem wygładzającym oraz pomierzono częstotliwość wyjściową falownika. Dokonano również pomiaru zawartości wyższych harmonicznych w przebiegu wyjściowym za falownikiem. Stwierdzono niską zawartość wyższych harmonicznych w przebiegu wyjściowym.



Rys. 17. Przebieg prądu (u góry) i napięcia (na dole) wyjściowego X=20ms/dz, Y=200V/dz

Fig. 17. Output waveforms of current (upper) and voltage (bottom) X=20ms/div, Y=200V/div

Częstotliwość fali napięcia wyjściowego falownika podczas normalnej pracy oraz podczas synchronizacji z siecią zasilającą wahała się w granicach 49,5 – 50,5 Hz co jest zgodne z normą PN-EN-50160. Całkowity współczynnik

odkształcenia harmonicznymi THD $\ll 8\%$ co jest zgodne również wyżej wymienioną normą. Na Rys. 17 przedstawiono oscylogram przebiegów wyjściowych napięcia i prądu za dławikiem wygładzającym. Na zdjęciu widać moment przełączania zasilania odbiornika z sieci na falownik.

Kształt napięcia wyjściowego falownika za filtrem falownika nie ulegało zmianie ani przy zmianie charakteru obciążenia ani zmianie częstotliwości w zakresie ± 10 Hz. Badania przeprowadzono przy następujących wartościach elementów falownika i filtru wygładzającego:

Filtr wygładzający:		Falownik
C1 = 15,6 μ F	L3 = 154 mH	C3 = 2 μ F
C2 = 31,2 μ F	R1 = 47,4 Ω	C1=C2=1k
L1= 486 mH		R1=R2=1k
L2= 108 mH		

8. Uwagi końcowe i wnioski

Wyniki badań symulacyjnych potwierdziły przydatność przedstawionej przez autora konstrukcji do pracy w układzie generowania napięcia sinusoidalnego do systemu sieci elektrycznej. Zaprojektowana konstrukcja ze względu na niski poziom zawartości wyższych harmonicznymi w przebiegu napięcia wyjściowego spełnia wymagania stawiane przez normy energetyczne. Dalsze prace będą zmierzały do rozbudowy zaprojektowanego układu falownika o człon przekształtnika prądu stałego na prąd stały wraz z układem sterowania zarówno do ładowania baterii akumulatorów i dopasowania mocy paneli ogniw fotowoltaicznych do układu wejściowego falownika. Najprawdopodobniej dynamiczny rozwój techniki fotowoltaicznej – ze względu na stawiane im wymagania - pociągnie za sobą opracowania urządzeń energoelektronicznych o coraz wyższym stopniu niezawodności i trwałości.

Literatura

- [1] Alonso-Martinez, J., Eloy-Garcia J., Arnaltes S.: Control of a three-phase grid-connected inverter for photovoltaic applications with a fuzzy MPPT under unbalanced conditions, Power Electronics and Applications, 2009, EPE '09, 13th European Conference on, 8-10 Sept. 2009, pp.1-7.
- [2] Franke W.T.; Oestreich N.; Fuchs F.W.: Comparison of transformerless converter topologies for photovoltaic application concerning efficiency and mechanical volume, Industrial Electronics (ISIE), 2010 IEEE International Symposium on, 4-7 July 2010, pp.724-729.
- [3] Esram T., Chapman P.L.: Comparison of Photovoltaic Array Maximum Power Point Tracking Techniques, Energy Conversion, IEEE Transactions on, Vol.22, no.2, June 2007, pp.439-449.
- [4] George M., Prakash P., George S., Eldo S., Raina A.: Cascaded boost converter for

- PV applications, *International Journal of Innovative Research in Electrical, Electronics, Instrumentation and Control Engineering*, Vol. 2, issue 4, April 2014, pp.1401-1406.
- [5] Guerrero-Rodríguez N. F., Rey-Boué A.B., de Pablo-Gómez S., Guerrero -Rodríguez N. F., Rey-Boué A.B., de Pablo-Gómez S.: Design of the Control Algorithms for Photovoltaic Grid-Connected Renewable Agents using the Hardware in the loop Simulation Technique, *International Conference on Power Systems Transients (IPST2013)* in Vancouver, Canada, July 18-20, 2013.
- [6] Hyosung K., Kyoung-Hwan K.: Filter design for grid connected PV inverters, *Sustainable Energy Technologies, ICSET 2008, IEEE International Conference on*, 24-27 Nov. 2008, pp.1070-1075.
- [7] Kasper M., Bortis D., Kolar J. W.: Classification and Comparative Evaluation of PV Panel-Integrated DC-DC Converter Concepts, *IEEE Transactions on Power Electronics*, Vol. 29, No. 5, May 2014, pp. 2511-2526.
- [8] Lin Ma, Xinmin Jin, Kerekes, T., Liserre, M., Teodorescu, R., Rodriguez, P.: The PWM strategies of grid-connected distributed generation active NPC inverters, *Energy Conversion Congress and Exposition, 2009. ECCE 2009, IEEE*, Sept. 20 - 24, 2009, pp.920-927.
- [9] Pradeep Kumar Yadav A., Thirumaliah S., Haritha G.: Comparison of MPPT Algorithms for DC-DC Converters Based PV Systems, *International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering*, Vol. 1, Issue 1, July 2012, pp. 18-23.
- [10] Saridakis S.; Koutroulis E.; Blaabjerg F., Optimal Design of Modern Transformerless PV Inverter Topologies, *Energy Conversion, IEEE Transactions on*, Vol.28, no.2, June 2013, pp.394-404.
- [11] Surma P.: Porównanie metod MPPT paneli fotowoltaicznych (P&O, IC, Fuzzy Logic) w środowisku Matlab Simulink, *Przegląd Elektrotechniczny*, ISSN 0033-2097, R. 90 Nr 1/2014, str. 66-69.
- [12] Vazquez, G.; Kerekes, T.; Rocabert, J.; Rodriguez, P.; Teodorescu, R.; Aguilar, D.: A photovoltaic three-phase topology to reduce Common Mode Voltage, *Industrial Electronics (ISIE), 2010 IEEE International Symposium on*, 4-7 July 2010, pp.2885-2890.
- [13] Zaremba A., Rodziejewicz T., Waclawek M.: Algorytmy śledzenia punktu mocy maksymalnej (mppt) w systemach fotowoltaicznych, *Proceedings of ECOpole, 2012*, str.805-810.
- [14] Surya Kumari J., Sai Babu Ch.: Mathematical Modeling and Simulation of Photovoltaic Cell using Matlab-Simulink Environment *International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE)* Vol. 2, No. 1, February 2012, pp. 26-34.

POWER ELECTRONICS CONVERTERS IN PHOTOVOLTAIC INSTALLATIONS

Summary

This article describes the main power electronics components of the photovoltaic installation intended for generation and distribution of electrical energy. The review of power electronics converters used in modern solar photovoltaic installations one has done. The split of the power electronics units has been done on the DC/DC and DC/AC converters. One has given basic work systems of these converters in photovoltaic installations and their topologies. Taking into account a kind of the work with main grid, an installation classification of photovoltaic installation on with and without power transformers one has done. The problem of Maximum Power Point Tracking MPPT in DC/DC converters has been risen. It is noted on the problem of enforcing the regime associated with the parameters of the sine output voltage wave of the inverters in photovoltaic systems. An overview of world manufacturers of photovoltaic units was done and one has broached the problem of the durability and other requirements for these equipment. In this paper it is shown the inverter and mains filter smoothing system designed and tested by the author. In this paper are presented both simulation and laboratory test results of this equipment. The test results confirmed the usefulness of this construction to generation of sinusoidal voltage into electrical grid system. In summary it was found the usefulness of the designed structure considering the low level of higher harmonics in the output voltage waveform and the need for expansion of the inverter system of DC/DC MPPT converter with the control system both to recharge the batteries and to power matching of photovoltaic panels to the inverter input. At the end of this paper, it was alleged that the dynamic development of photovoltaic technology – because of the requirements for them - will entail the development of power electronics units to get their higher and higher degree of reliability and durability.

Keywords: micro PV installations, inverters, electric grid, Solar panels, rechargeable batteries, maximum power point MPP, MPPT controllers, DC/DC converters.

DOI:10.7862/rb.2014.70

Przesłano do redakcji: 06.12.2014 r.

Przyjęto do druku: 16.12.2014 r.