

Tomasz JARMUDA*

MODELOWANIE STRUKTURY SYTEMU FOTOWOLTAICZNEGO I SYMULACJA EFEKTÓW ROZPROSZONEGO ZACIENIENIA W ŚRODOWISKU MATLAB & SIMULINK

W referacie przedstawiono metodę modelowania systemu fotowoltaicznego (PV) w środowisku MATLAB & SIMULINK oraz wyniki badań wpływu częściowego zacielenia na wartość uzysku energii z instalacji fotowoltaicznej. Zaproponowano model układu PV zbudowanego z pięciu połączonych równolegle paneli fotowoltaicznych typu TPSM6U. Przeprowadzono badania symulacyjne, uwzględniając efekt lekkiego rozproszonego zacielenia paneli, powodującego różnice w gęstości mocy promieniowania (irradiacji) dla poszczególnych paneli. Wyznaczono wartości energii elektrycznej generowanej przez poszczególne panele PV oraz cały system fotowoltaiczny dla wymuszenia rzeczywistego, opracowano wyniki i sformułowano wnioski końcowe.

SŁOWA KLUCZOWE: system fotowoltaiczny, efekt zacielenia, środowisko MATLAB

1. WSTĘP

W ostatnich latach dynamicznie rozwijają się badania nad instalacjami technicznymi stosowanymi do przetwarzania energii promieniowania słonecznego na energię elektryczną. Jest to związane z zagadnieniami ochrony środowiska naturalnego (protokół z Kioto, Biała i Zielona Księga UE), kończącymi się zasobami paliw kopalnych, a także ciągłym wzrostem zapotrzebowania na energię elektryczną. Bardzo duży potencjał energetyczny Słońca, ogólna dostępność źródła oraz postęp technologiczny w zakresie produkcji paneli fotowoltaicznych doprowadziły w latach 2010-2012 do wzrostu mocy zainstalowanej systemów PV z 40 GWp do 100 GWp na świecie. Pomimo niskiego obecnie udziału wymienionych systemów w globalnej produkcji energii elektrycznej, na systemy fotowoltaiczne należy spoglądać ze szczególnym zainteresowaniem, bowiem już w latach 2030 -2050 przewidywany jest ich intensywny rozwój i powstanie znacznej liczby instalacji energetyki zawodowej o dużych mocach [11].

* Politechnika Poznańska.

Ilość wytworzonej w panelu PV energii elektrycznej jest funkcją wielu czynników, z czego najważniejszymi są: moc panelu, gęstość mocy promieniowania słonecznego i temperatura fotoogniwa. Praca panelu odbywa się w warunkach zmiennych wartości wymienionych parametrów. Na zmiany irradancji w czasie wpływ mają zarówno składowa stochastyczna (bieżące warunki pogodowe) oraz składowa deterministyczna (pory roku oraz pory dnia). Zakres zmian gęstości mocy promieniowania jest ściśle określony dla danego położenia geograficznego i pory roku. Na terenie Polski irradancja przyjmuje wartości do około 1000 W/m^2 , chociaż w praktyce jej wartości chwilowe mogą w niewielu, krótkich okresach roku przewyższać wartość stałej słonecznej. Występuje to w przypadku skumulowania dużej ilości chmur konwekcyjnych typu Cu lub Cb (powyżej 60% - 70%), które chwilowo nie przykrywają tarczy słonecznej. Powoduje to, że składowa bezpośrednia o wartościach nawet powyżej 900 W/m^2 sumuje się ze składową rozproszoną o wartości około 500 W/m^2 [7].

2. WPŁYW ZACIENIENIA NA PRACĘ SYSTEMU PV

Całkowita moc złożonego systemu fotowoltaicznego zależy od sposobu i liczby połączonych paneli PV. W celu uzyskania wyższych wartości prądu i mocy, moduły PV łączy się w większe struktury systemów fotowoltaicznych [3]. W referacie przyjęto, że system PV oznacza układ zbudowany z pięciu paneli PV, które są ułożone w niewielkiej odległości od siebie.

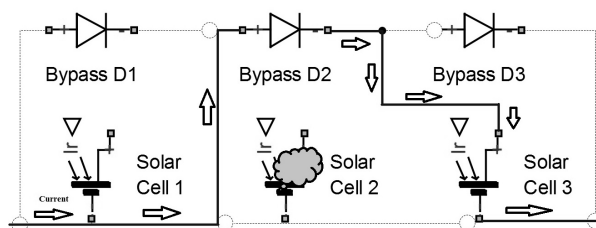
Wydajność paneli fotowoltaicznych, a także struktur systemów PV zależy od początkowych i końcowych temperatur paneli, gęstości mocy promieniowania słonecznego, struktury fizycznej paneli PV, a także zacielenia. Panele fotowoltaiczne, należące do rozbudowanego systemu PV, mogą ulegać częściowemu lub całkowitemu zacieleniu. Przyczyną takiego stanu są przemieszczające się chmury, sąsiednie budynki, elementy konstrukcyjne dachów, wieże RTV, słupy telefoniczne, krzewy, drzewa, śnieg, pyłki drzew, kurz oraz zabrudzenia i inne zanieczyszczenia. Problem ten ma szczególne znaczenie w przypadku dużych instalacji fotowoltaicznych, stosowanych w energetyce zawodowej [1, 2, 4, 9, 10, 12, 14, 15, 16, 17].

Zacielenie negatywnie wpływa na pracę systemu PV. Pojawienie się cienia na ogniwie fotowoltaicznym powoduje proporcjonalny do stopnia zacielenia spadek wartości generowanego przez ogniwo PV prądu i związany z tym spadek mocy. Panele fotowoltaiczne są budowane z ogniw PV połączonych szeregowo w celu podwyższenia wartości napięcia. Zacielenie jednego z ogniw powoduje obniżenie wartości generowanego prądu w całym module fotowoltaicznym. Cały ciąg połączonych szeregowo ogniw PV może generować zatem prąd równy prądowi zacielenionego ogniwa. W zacielenionym ogniwie może

wystąpić odwrócenie polaryzacji i wydzielanie się ciepła, co może doprowadzić do przegrzania ogniwa i jego przepalenia.

W celu zapobiegania negatywnym skutkom zacielenia w panelach stosuje się diody bocznikujące (ang. bypass). Umożliwiają one przepływ prądu z obejściem zacielenionego ogniwa. Diody bypass są niezbędnym elementem budowy modułu fotowoltaicznego, chroniącymi instalację przed skutkami zacielenia. Aktywacja diody bocznikującej następuje przy 20-procentowej różnicy w natężeniu oświetlenia dla poszczególnych ogniw PV połączonych szeregowo [13]. Są one również przyczyną zmniejszenia generowanej mocy nieproporcjonalnie większej jak powierzchnia zacielenia.

Rozproszone zacielenie, wynikające np. z przemieszczających się po niebie chmur, skutkuje obniżeniem wartości natężenia prądu w punkcie mocy maksymalnej *MPP* w stosunku do teoretycznej charakterystyki prądowo-napięciowej niezacielenionego układu. Na rysunku 1 przedstawiono drogę przepływu prądu przez ogniwa PV z pominięciem zacielenionego fotoogniwa i wykorzystanie diody bypass.



Rys. 1. Przepływ prądu przez ogniwa PV w przypadku zacielenia ogniwa Solar Cell 2

W przypadku dominującej obecności konstrukcji paneli fotowoltaicznych z trzema diodami bypass, punktowe zacielenie powoduje istotne (33%) obniżenie mocy znamionowej. Ze względu na stosowanie niewielkiej liczby diod typu bypass, nawet niewielkie (3%) zacielenie powierzchni systemu fotowoltaicznego może spowodować spadek mocy całej instalacji o 25%. Cień na powierzchni od 6% do 13% systemu PV, w zależności od miejsca i sposobu zacielenia, może być przyczyną utraty 50% mocy. Zacielenie fragmentu ogniwa PV powoduje zmniejszenie uzysku energii z całego modułu PV, co wpływa znacząco na działanie całej instalacji PV [13].

W pracy rozważany jest wpływ rozproszonego zacielenia na stochastyczne zmiany rozkładu irradiancji na powierzchni, obejmującej strukturę systemu PV i w konsekwencji jej nierównomierność na sąsiednich panelach PV. Skutkuje to stochastycznym spadkiem wartości irradiancji o wartościach nie przekraczających 5% wartości na panelach sąsiednich. Powoduje to przechodzenie paneli systemu na różne charakterystyki prądowo-napięciowe i generację mocy o różnych wartościach. Przy takich zacieleniach nie jest

uwzględniane działanie układów z diodami bypass. Można zakładać zatem, że spadek uzysku energii z instalacji PV, w porównaniu z przypadkiem działania układów obejściowych, będzie zdecydowanie mniejszy.

3. MODELOWANIE STRUKTURY SYSTEMU PV W ŚRODOWISKU MATLAB & SIMULINK

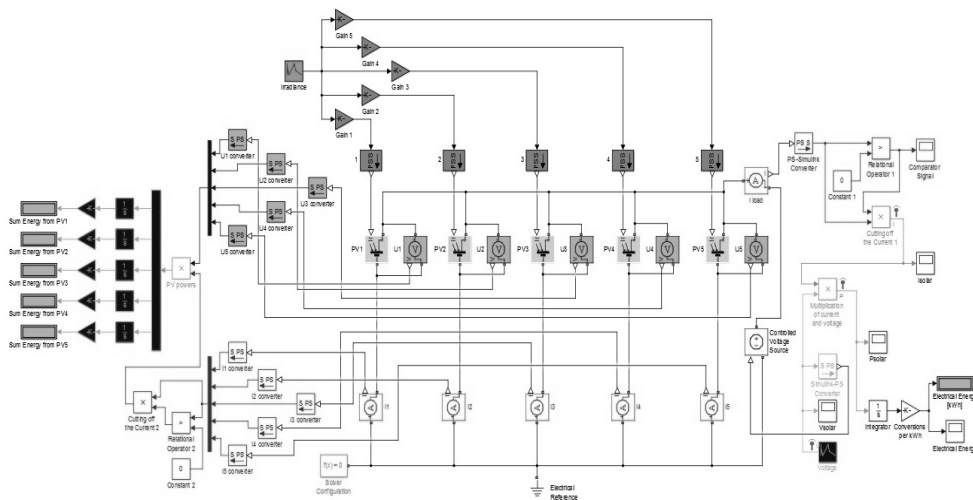
Modelowanie struktury systemu PV, zbudowanego z pięciu paneli fotowoltaicznych połączonych równolegle w celu podwyższenia wartości natężenia prądu, zrealizowano z wykorzystaniem środowiska MATLAB & SIMULINK w wersji R2015a. Zaprojektowany w środowisku Simulink model systemu PV wykorzystuje wariant 5-parametrowy o rezystancji szeregowej $R_s > 0$. Wybór wersji modelu wynika z największej zgodności jego parametrów z typowymi danymi katalogowymi paneli fotowoltaicznych. Badania dotyczące symulacji pracy panelu PV przy wymuszeniu rzeczywistym przedstawiono w wcześniejszej pracy autora [6].

Schemat zastępczy układu obejmuje bloki związane z: wymuszeniem (zmiany gęstości mocy promieniowania słonecznego G_r w czasie) – blok *Repeating Sequence Interpolated*, modelowaniem obciążenia systemu PV - blok sterowanego źródła napięcia *Controlled Voltage Source*, układami pomiarowymi - bloki *Current Sensor*, *Voltage Sensor*, elementami związanymi z wyznaczeniem, przekształceniem i przeliczaniem parametrów wyjściowych - bloki *Simulink-PS Converter*, *PS-Simulink Converter*, *Integrator* oraz ich wizualizacją - bloki *Display*, *Scope*. Do podziału sygnałów wektorowych napięcia i natężenia prądu z pięciu paneli PV zastosowano dwa multipleksery z pięcioma wejściami *Inputs* i jednym wyjściem *Output* - bloki *Mux*. Do podziału sygnałów wektorowych mocy z pięciu paneli PV zastosowano jeden demultipleksers z pięcioma wyjściami *Outputs* i jednym wejściem *Input* - blok *Demux*. Do symulacji efektu rozproszonego zacienienia do 5% zmian irradancji, wynikających z różnego zacienienia dla poszczególnych paneli PV, zastosowano pięć bloków obliczeniowych *Gain*, wprowadzających stochastyczne zmniejszenie irradancji w zakresie do 5% dla każdej próbki pomiarowej. Dane z pliku binarnego wprowadzono do wektora o długości 879418 próbek pomiarowych z krokiem czasowym 36 sekund. Jako wymuszenie rzeczywiste, w procesie symulacji pracy pięciu paneli PV typu TPSM6U połączonych równolegle, wykorzystano pomiary gęstości mocy promieniowania z okresu jednego roku (2011), wykonane przez dr hab. Krzysztofa Markowicza w stacji transferu radiacyjnego w Strzyżowie koło Rzeszowa.

Dodatkowo opracowano zbiór funkcji i skryptów w języku środowiska MATLAB, związanych z procedurami wyznaczania zmian generowanego prądu

I , napięcia U i mocy P na zaciskach paneli oraz generowanej energii elektrycznej w funkcji czasu dla zadanego wymuszenia $G_r(t)$.

Schemat blokowy modelu złożonego systemu PV wraz z układem sterowania napięciem oraz blokami pomiarowymi, obliczeniowymi i wizualizacyjnymi utworzony w środowisku MATLAB & SIMULINK przedstawiono na rysunku 2.



Rys. 2. Schemat blokowy modelu systemu PV utworzony w środowisku MATLAB & SIMULINK

4. SYMULACJA PRACY SYSTEMU FOTOWOLTAICZNEGO I EFEKTU ROZPROSZONEGO ZACIENIENIA PANELI PV W ŚRODOWISKU MATLAB & SIMULINK

Do badań symulacyjnych wykorzystano pięć paneli monokrystalicznych typu TP6SM6U firmy Topray Solar o danych technicznych zamieszczonych w tabeli 1.

Tabela 1. Dane techniczne panelu TP6SM6U [8]

| Lp. | Nazwa parametru | Symbol i jednostka | Wartość |
|-----|---------------------------|--------------------|----------|
| 1 | Moc maksymalna (STC) | P_{max} [Wp] | 240,00 |
| 2 | Napięcie obwodu otwartego | U_{oc} [V] | 36,80 |
| 3 | Prąd zwarcia | I_{sc} [A] | 8,58 |
| 4 | Prąd w punkcie MPP | I_{mp} [A] | 8,09 |
| 5 | Napięcie w punkcie MPP | U_{mp} [V] | 29,70 |
| 6 | Temperatura pracy | T_o [°C] | -40 ÷ 85 |

Panel PV TPSM6U zbudowany jest z 60 połączonych szeregowo fotoogniw. Wartość rezystancji szeregowej panelu $R_s = 3,84 \Omega$ wyznaczono w oparciu o metodę graficzną, której opis przedstawiono we wcześniejszej pracy autora [6]. Na podstawie danych znamionowych i znanej struktury panelu typu TPSM6U, do bloków *Solar Cell* biblioteki *Simscape* w środowisku SIMULINK wprowadzono parametry o wartościach zamieszczonych w tabeli 2.

Tabela 2. Zestawienie parametrów modelu panelu PV typu TPSM6U (warunki STC: 1000 W/m^2 , 25°C , $AM = 1.5$) [5]

| Lp. | Nazwa parametru | Symbol | Wartość |
|-----|------------------------------------|-----------------------------|---------|
| 1 | Prąd zwarcia | I_{sc} [A] | 8,58 |
| 2 | Napięcie obwodu otwartego | U_{oc} [V] | 36,80 |
| 3 | Irradiancja odniesienia | I_{r0} [W/m^2] | 1000 |
| 4 | Współczynnik jakości diody D_1 | N_f [-] | 1,5 |
| 5 | Rezystancja szeregowa panelu | R_s [Ω] | 3,84 |
| 6 | Liczba ogniw połączonych szeregowo | n [-] | 60 |
| 7 | Rezystancja szeregowa ogniwa | R_s [Ω] | 0,064 |
| 8 | Przerwa energetyczna ogniwa | EG [eV] | 1,11 |
| 9 | Wykładnik temperatury dla I_s | $TXIS1$ [-] | 3 |
| 10 | Temperatura pracy początkowa | T [$^\circ\text{C}$] | 25 |
| 11 | Temperatura pracy końcowa | T [$^\circ\text{C}$] | 65 |

W celu przeprowadzenia szczegółowej analizy pracy struktury systemu fotowoltaicznego wykonano serię 10 symulacji, na podstawie których wyznaczono uzysk energii elektrycznej z poszczególnych paneli oraz całego systemu PV. Zestawienie wyników symulacji efektu rozproszonego zacielenia paneli PV typu TPSM6U w środowisku MATLAB & SIMULINK przedstawiono w tabeli 3.

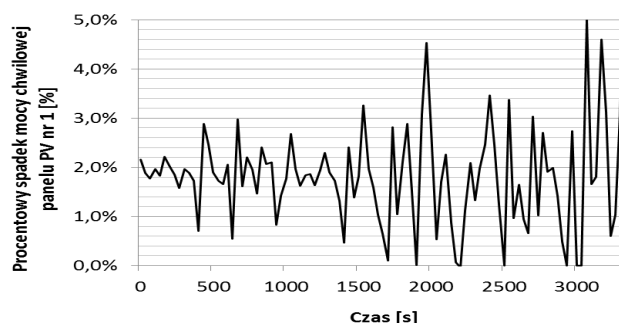
Tabela 3. Wyniki symulacji efektu rozproszonego zacielenia paneli PV typu TPSM6U dla serii 10 symulacji ($\Delta A\%$ – różnice energii elektrycznej między panelem zacielenionym a panelem niezacielenionym, $V\%$ – współczynnik zmienności)

| Lp. | Panele PV | Średnia produkcja energii elektrycznej [kWh/rok] | | $\Delta A\%$ [%] | $V\%$ [%] |
|-----|-----------|---|-----------------------------|---------------------|--------------|
| | | Brak zacielenia | Z uwzględnieniem zacielenia | | |
| 1 | PV nr 1 | 138,19 | 136,09 | 1,52 | 0,57 |
| 2 | PV nr 2 | 138,19 | 136,95 | 0,90 | 0,64 |
| 3 | PV nr 3 | 138,19 | 136,30 | 1,37 | 0,74 |
| 4 | PV nr 4 | 138,19 | 136,38 | 1,31 | 0,66 |
| 5 | PV nr 5 | 138,19 | 136,38 | 1,31 | 0,74 |
| 6 | System PV | 690,95 | 682,10 | 1,28 | 0,37 |

Na podstawie przeprowadzonych symulacji w środowisku Matlab & Simulink ustalono, że uzysk energii elektrycznej na każdym panelu PV przy braku zacielenia ma wartość 138,19 kWh. Całkowita energia elektryczna produkowana w okresie 1 roku przez system PV ma wartości 690,95 kWh. Skokowe zmiany irradancji (do 5%) wywołane przez zacielenie powodują obniżenie generowanej energii przez każdy panel w zależności od jego stopnia. Średnią produkcję i różnicę energii elektrycznej $\Delta A\%$ z każdego panelu oraz całego systemu PV zestawiono w tabeli 3. Symulowane w pracy zacielenie powoduje spadek energii elektrycznej do wartości 682,10 kWh, co wpływa na 1,28% różnicę energii elektrycznej $\Delta A\%$ produkowanej przez system PV.

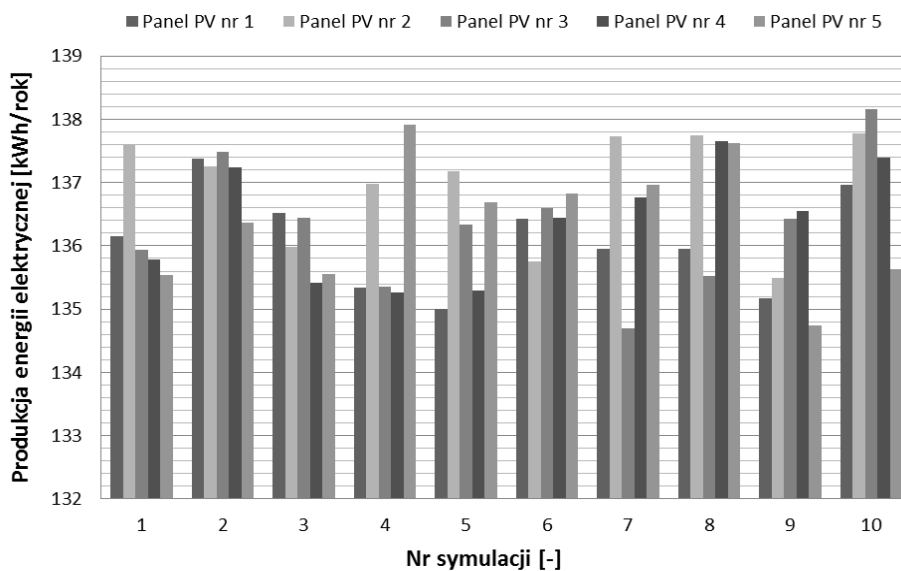
W tabeli 3 przedstawiono także wyniki obliczeń współczynnika zmienności $V\%$ na podstawie serii 10 symulacji, pozwalające estymować zakres zmian energii elektrycznej wokół jej wartości średniej dla każdego panelu i systemu PV. Wartości współczynnika zmienności $V\%$ nie przekraczają 1%, dlatego można stwierdzić, że zmienność cechy jest umiarkowana tzn. średnia jest dobrym parametrem miary położenia. Otrzymane wyniki wpływają na prawidłowy rezultat symulacji, który jest zgodny z teoretycznymi przewidywaniami.

Na rysunku 3 przedstawiono procentowe różnice mocy chwilowej panelu PV nr 1, między brakiem zacielenia a zacieleniem (stochastyczną zmianą irradancji na powierzchniach elementów składowych struktury systemu PV).

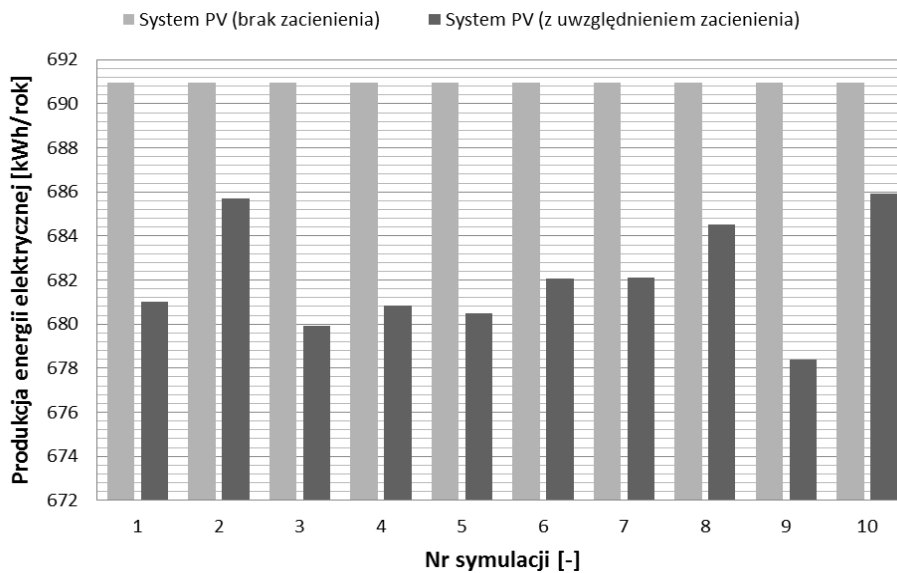


Rys. 3. Procentowy spadek mocy chwilowej generowanej przez panel PV nr 1 wywołany zacieleniem

Ze względu na trudności w graficznej prezentacji różnic produkowanej energii elektrycznej przez poszczególne panele PV (nr 1-5) oraz system PV dla serii 10 symulacji dla roku 2011, wykresy zamieszczone na rysunkach 4 i 5 mają postać, która precyzyjnie eksponuje różnicę w wartościach energii elektrycznej na osi rzędnych Y . Zastosowanie skali logarytmicznej nie poprawiło jakości graficznej wykresów, dlatego oś rzędnych została wyskalowana w sposób poprawiający wizualizację uzyskanych wyników.



Rys. 4. Rozkład produkcji energii elektrycznej dla serii 10 symulacji dla roku 2011 dla 5 paneli PV z uwzględnieniem zacinienia



Rys. 5. Rozkład produkcji energii elektrycznej dla serii 10 symulacji dla roku 2011 dla systemu PV przy braku zacinienia i z uwzględnieniem zacinienia

5. PODSUMOWANIE

W artykule przedstawiono zastosowanie środowiska Matlab & Simulink do modelowania struktury systemu fotowoltaicznego o mocy znamionowej 1,2 kW zbudowanego z pięciu paneli PV (moc znamionowa 240 W), połączonych równolegle. Dodatkowo zaprojektowano model i przeprowadzono symulację efektów rozproszonego zacinienia paneli fotowoltaicznych. Na podstawie przeprowadzonych badań symulacyjnych modelowanej struktury systemu PV przy wymuszeniu rzeczywistym ustalono wartość całkowitej rocznej produkcji energii elektrycznej. W symulacji uwzględniono składową stochastyczną (bieżące warunki pogodowe, związane z występowaniem chmur na niebie) mającą wpływ na wielkość generowanej energii elektrycznej przez poszczególne panele PV. Przemieszczanie chmur wpływa na zróżnicowane wartości irradiancji na powierzchniach pojedynczych paneli, ale również pomiędzy sąsiednimi panelami. W pracy podjęto badania dotyczące drugiego przypadku, w którym nie odwołano się do działania diod typu bypass. W przeprowadzonej analizie uwzględniono stochastyczne obniżenie irradiancji do 5%. Działanie takie zrealizowano dla 879418 próbek pomiarowych z krokiem czasowym 36 sekund, powodując obniżenie generowanej mocy chwilowej przez system PV. Dla przykładowego dnia w miesiącu letnim (okres 1 godziny), zaprezentowano procentowy spadek generowanej mocy chwilowej dla panelu PV nr 1. Podana wartość uwzględnia pracę układu nadzorującego, którego zadaniem jest ustalanie punktu mocy maksymalnej paneli oraz ich wyłączenie przy zbyt niskiej wartości irradiancji. W wyniku przeprowadzonych symulacji uzyskano niewielkie wartości spadku mocy rzędu kilku procent. W dalszych badaniach należy zasymulować model struktury systemu fotowoltaicznego, powodujący załączanie w panelach PV diod bypass, które w określonych warunkach meteorologicznych mogą zwiększać spadki mocy.

LITERATURA

- [1] Bidram A., Davoudi A., Balog R. S., *Control and Circuit Techniques to Mitigate Partial Shading Effects in Photovoltaic Arrays*, Photovoltaics, IEEE Journal of Photovoltaics, 2012, Vol. 2, No. 4, pp. 532–546.
- [2] Bizzarri F., Bongiorno M., Brambilla A., Gruosso G., Gajani G. S., *Model of photovoltaic power plants for performance analysis and production forecast*, Sustainable Energy, IEEE Transactions on energy conversion, 2013, Vol. 4, No. 2, pp. 278–285.
- [3] Chojnacki J., *Odnawialne i niekonwencjonalne źródła energii. Fotowoltaika*, Poradnik, Wydawnictwo TARBONUS, Kraków, 2008.
- [4] Cipriani G., Di Dio V., La Manna D., Miceli R., Galluzzo G. R., *Technical and Economical Comparison between Different Topologies of PV Plant Under Mismatch Effect*, Ninth International Conference on Ecological Vehicles and Renewable Energies (EVER), 2014, pp. 1–6.

- [5] Dokumentacja techniczna MATLAB.
- [6] Jarmuda T., Mikulski S., Nawrowski R., Tomczewski A., *The use of the MATLAB & SIMULINK environment to simulate the operation of a PV panel with an actual input function*, Computer Applications in Electrical Engineering, Poznan University of Technology, Poznan, December 2014, Vol. 12, pp. 497–510.
- [7] Jastrzębska G., *Odnawialne źródła energii i pojazdy proekologiczne*, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne WNT, Warszawa, 2009.
- [8] Karta katalogowa panelu TPSM6U firmy Topray Solar.
- [9] Patel H., Agarwal V., *MATLAB-Based Modeling to Study the Effects of Partial Shading on PV Array Characteristics*, IEEE, Transactions on energy conversion, March 2008, Vol. 23, No. 1, pp. 302–310.
- [10] Ramabadrán R., Mathur B., *Effect of shading on series and parallel connected solar PV modules*, Modern Applied Science, 2009, Vol. 3, No. 10, p. P32.
- [11] REN 21, STEERING COMMITTEE, *Renewables 2013. Global status report*, France, 2013.
- [12] Sullivan C., Awerbuch J., Latham A., *Decrease in photovoltaic power output from ripple: Simple general calculation and the effect of partial shading*, Power Electronics, IEEE Transactions on energy conversion, February 2013, Vol. 28, No. 2, pp. 740–747.
- [13] Szymański B., *Instalacje Fotowoltaiczne. Teoria. Praktyka. Prawo. Ekonomia*, Wydawnictwo GLOBENERGIA, Wydanie II, Kraków, 2013.
- [14] Uno M., Kukita A., *Single-Switch Voltage Equalizer Using Multistacked Buck-Boost Converters for Partially Shaded Photovoltaic Modules*, IEEE Transactions on Power Electronics, June 2015, Vol. 30, No. 6, pp. 3091–3105.
- [15] Villa L. F. L., Picault D., Raison B., Bacha S., Labonne A., *Maximizing the Power Output of Partially Shaded Photovoltaic Plants Through Optimization of the Interconnections Among Its Modules*, IEEE Journal of Photovoltaics, April 2012, Vol. 2, No. 2, pp. 154–163.
- [16] Wandhare R. G., Agarwal V., Jain S., *Novel Multi-Input Solar PV Topologies for 1- ϕ and 3- ϕ Stand Alone Applications to Mitigate the Effects of Partial Shading*, Applied Power Electronics Conference And Exposition (APEC) Twenty-Eighth Annual IEEE Conference, 2013, pp. 76–83.
- [17] Wang Y.J., Hsu P.C., *An investigation on partial shading of PV modules with different connection configurations of PV cells*, Energy, 2011, Vol. 36, No. 5, pp. 3069–3078.

THE PHOTOVOLTAIC SYSTEM STRUCTURE MODELLING AND SIMULATION OF DIFFUSE SHADING EFFECTS IN MATLAB & SIMULINK ENVIRONMENT

The paper presents a method of modelling the photovoltaic system (PV) in MATLAB & SIMULINK environment and the research results of the partial shading impact on the energy yield value from the PV system. A model of the PV system made up of five parallel TPSM6U photovoltaic panels has been proposed. Simulation studies were carried out taking into account the effect of scattered light shading PV panels, resulting in differences in the solar radiation power density (irradiance) for each panel (up to 5%). The values of electricity generated by the PV panels and individual photovoltaic system for the actual input function were determined and to come up with results and draw final conclusions.