

doi:10.15199/48.2023.09.49

Wpływ wybranych czynników na produktywność rzeczywistych instalacji fotowoltaicznych

Streszczenie. W pracy przedstawiono wyniki badań rzeczywistych instalacji fotowoltaicznych zlokalizowanych w okolicach Gdyni. Instalacje te różnią się między sobą kierunkiem ustawienia paneli fotowoltaicznych. Zamieszczono wyniki ilustrujące czasowe przebiegi mocy generowanej przez badane instalacje w wybranych dniach roku oraz porównano uzyskiwane wartości energii produkowanej przez nie w poszczególnych miesiącach. Przedyskutowano wpływ kierunku ustawienia badanych instalacji na ich produktywność i sformułowano zalecenia dla projektantów takich instalacji.

Abstract. The paper presents the results of tests of real photovoltaic installations located in the vicinity of Gdynia. These installations differ in the orientation of the photovoltaic panels. The results illustrating the waveforms of the power generated by the tested installations on selected days of the year and the obtained values of energy produced by them in individual months are compared. The influence of the orientation of the tested installations on their productivity was discussed and recommendations for designers of such installations are formulated. (**The influence of selected factors on the productivity of real photovoltaic installations.**)

Słowa kluczowe: instalacje fotowoltaiczne, pomiary, produktywność instalacji PV, OZE.

Keywords: photovoltaic installations, measurements, productivity of PV installations, renewable power sources.

Wstęp

Energia słoneczna, jako czyste źródło energii odnawialnej, zyskuje coraz większe znaczenie w świetle globalnych wyzwań związanych z ochroną środowiska [1-3]. Wraz z rosnącą świadomością ekologiczną społeczeństwa i zmianami w przepisach regulujących produkcję energii elektrycznej, zwiększa się popyt na instalacje fotowoltaiczne. Jak wiadomo, wydajność takich instalacji silnie zależy od warunków pogodowych, charakteryzowanych m.in. przez temperaturę i natężenie oświetlenia [4-10]. Ogromny wpływ na wydajność instalacji fotowoltaicznych ma również kąt padania promieni słonecznych na pracujące panele fotowoltaiczne (PV) [8]. Wartości wszystkich wymienionych wielkości zmieniają się wraz z porą dnia i porą roku [11-14].

Przyjmuje się [5, 15, 16], że dla uzyskania maksymalnego nasłonecznienia paneli PV w instalacjach zlokalizowanych w Polsce kieruje się je w stronę południową. Jednak projektując elektrownie fotowoltaiczne warto mieć na uwadze również to, iż kąt pod jakim padają promienie słoneczne na pracujące panele PV ulega zmianie w zależności od pory dnia i roku. Różna jest też, w różnych porach roku, godzina początku i końca produkcji energii przez instalacje PV [17-19]. Stąd w zależności od pory dnia i roku zmienia się moc produkowana przez instalacje fotowoltaiczne. Niezależnie od pory roku, instalacje skierowane na południe najwięcej energii produkują w godzinach 12-14 [17-19]. Tymczasem od grudnia 2022 r. Polskie Sieci Elektroenergetyczne (PSE) - operator krajowego systemu elektroenergetycznego, każdego dnia po godzinie 16 wskazuje tzw. godziny szczytu, tj. godziny, w których produkcja energii ze źródeł konwencjonalnych jest największa. W tym czasie energia produkowana m.in. z elektrowni fotowoltaicznych będzie tańsza, bądź w ogóle nie będzie odbierana od dostawców zielonej energii [20, 21].

W świetle wskazanych zmian, a także pamiętając o tym, iż wydajność instalacji fotowoltaicznych silnie zależy od warunków pogodowych, charakteryzowanych m.in. przez natężenie oświetlenia zdaje się być celowe opracowanie metod zoptymalizowania mocy wyjściowej paneli fotowoltaicznych rozpatrywanej w ujęciu godzinowym, zwiększając przez to dochodowość instalacji fotowoltaicznych.

Celem pracy jest zbadanie wpływu ustawienia paneli fotowoltaicznych pod różnym kątem azymutalnym na ilość energii elektrycznej produkowanej w poszczególnych porach roku przez wybrane instalacje fotowoltaiczne pracujące w rejonie Gdyni.

Analizowane instalacje fotowoltaiczne

W celu zbadania wydajności instalacji fotowoltaicznych skierowanych pod różnym kątem azymutalnym [22], przeprowadzono analizę porównawczą wydajności trzech arbitralnie wybranych instalacji fotowoltaicznych zlokalizowanych w Gdyni i jej okolicach. Instalacje te zostały nazwane odpowiednio instalacją B₁, instalacją B₂ oraz instalacją W.

Panele fotowoltaiczne w instalacji B₁ ustawione są pod kątem 202,78° (na południowy – zachód), panele w instalacji B₂ - pod kątem 112° (na wschód), natomiast panele w instalacji W - pod kątem 230,68° (na zachód). Wszystkie nachylone są pod kątem 34° względem powierzchni ziemi. Fotowoltaiczne panele wszystkich rozważanych instalacji wykonane zostały w technologii half-cut [23, 24]. Zawierają one przecięte na pół fotoogniwa standardowe, przez co zamiast 60 fotoogniw o wymiarach 156×156 mm, w panelu wykonanym w rozważanej technologii instaluje się 120 fotoogniw o wymiarach 156×78 mm. Dodatkowo, inaczej niż w tradycyjnych panelach PV, w panelach half-cut połowę fotoogniw łączy się w jeden szereg, a pozostałe fotoogniwa w drugi szereg. Oba szeregi są połączone ze sobą równolegle. Pozwala to na zwiększenie wydajność zainstalowanych paneli fotowoltaicznych podczas zacienienia części panelu [25].

Każda z rozważanych instalacji wyposażona jest w falowniki sieciowe. Jednak zarówno moc szczytowa poszczególnych instalacji, jak i rodzaj oraz sprawność paneli PV i rodzaj falownika są różne dla każdej z rozważanych instalacji. Wybrane parametry wymienionych komponentów poszczególnych instalacji PV pokazano w Tabeli 1.

Jak można zobaczyć największą mocą szczytową charakteryzuje się instalacja W. Zawiera ona 22 panele PV produkujące 9,79 kW_p mocy elektrycznej. Najmniejszą zaś mocą szczytową charakteryzuje się instalacja B₂, która zawiera 12 paneli PV o mocy szczytowej 400 W_p. Instalacja B₁ wyposażona jest w 18 paneli fotowoltaicznych o mocy szczytowej równej 455 W_p. Sprawność zainstalowanych

paneli PV instalacji W, B₂, B₁ wynosi odpowiednio 20,5%, 20,9% oraz 20,8% [26, 27].

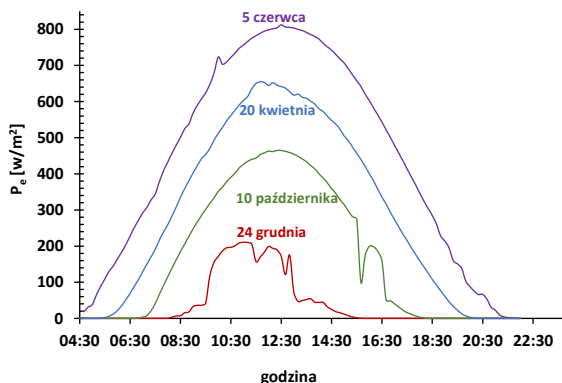
Tabela 1. Dane wybranych komponentów badanych instalacji PV

Instalacja	P _{max} instalacji [kW _p]	Falownik	Panele PV		
			Typ	P _{max} [W _p]	Sprawność [%]
W	9,79	SUN2000-8KTL-M1	LR4-72 HIH – 445M	445	20,5
B ₁	8,19	SUN2000-6KTL-M1	LR4-72 HIH – 445M	455	20,9
B ₂	4,8	T4-G3	RISEN RSM40-8-400M BF	400	20,8%

Wyniki analiz

W celu przeanalizowania wpływu wartości kąta azymutalnego pod jakim zostały ustawione panele rozważanych instalacji fotowoltaicznych na ilość produkowanej przez nie energii na przestrzeni roku niezbędna jest uprzednia długoterminowa rejestracja parametrów pogodowych obszaru na jakim zlokalizowane są rozważane instalacje PV. Następnie przeanalizowano przebiegi czasowe mocy wyjściowej rozważanych instalacji fotowoltaicznych w wybranych dniach okresu wiosennego, wiosenno-letniego, jesiennego oraz zimowego, a także ich produkcję roczną.

Na rysunku 1 pokazano czasowe przebiegi gęstości mocy promieniowania słonecznego w wybranych dniach poszczególnych pór roku. Na potrzeby przeprowadzenia niniejszych badań wybrano w miarę bezchmurne dni.



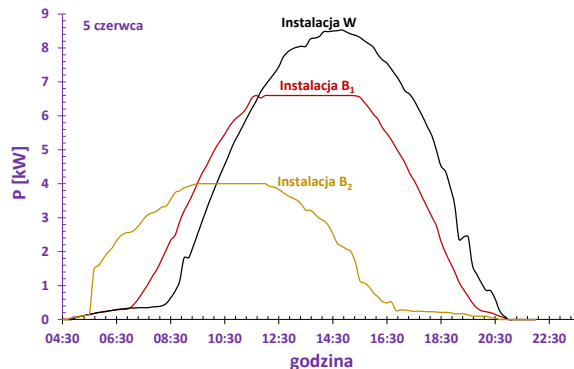
Rys.1 Czasowe przebiegi gęstości mocy promieniowania słonecznego w wybranych dniach.

Jak można zauważyć analizując rysunek 1, zarówno czas rozpoczęcia, jak i zakończenia ekspozycji na promienie słoneczne w poszczególnych porach roku jest różny. W czerwcu rejestrowano niezerową wartość gęstości mocy promieniowania w godzinach od 4:30 aż do 21:30, natomiast w grudniu promienie słoneczne oświetlały pracujące panele PV zaledwie od godz. 7:30 do godz. 15:30. Warto też zwrócić uwagę na to, że wartość maksymalna gęstości mocy promieniowania zmienia się od około 200 W/m² w grudniu do 812 W/m² - w czerwcu.

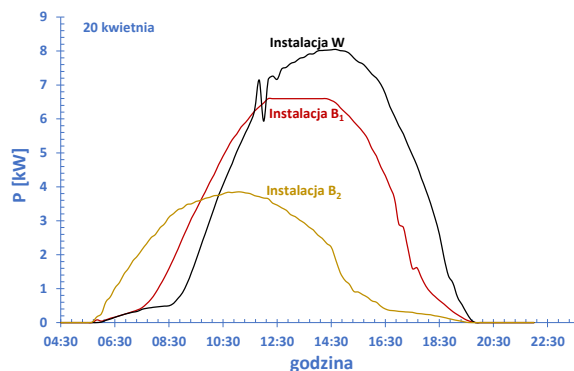
Na rysunkach 2 - 5 pokazano czasowe przebiegi mocy wytwarzanej przez rozważane instalacje fotowoltaiczne w dniach, dla których wyznaczono czasowe przebiegi gęstości mocy napromienienia. Na każdym z prezentowanych rysunków widać, że czas generacji mocy jest krótszy od czasu, w którym obserwowane jest niezerowe napromienienie.

Na rys. 2 widać, że w czerwcu, gdy maksymalna gęstość mocy napromienienia jest największa, widoczne są wyraźne różnice między czasowymi przebiegami mocy generowanej przez każdą z badanych instalacji PV. W

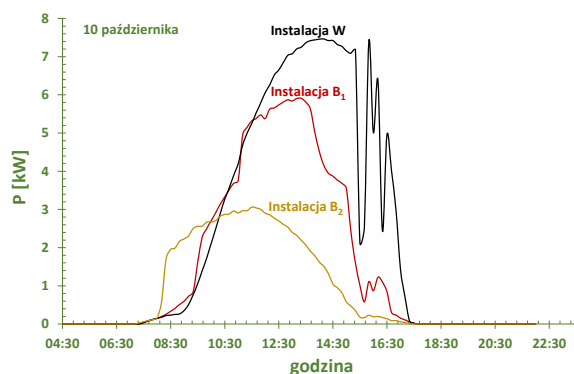
godzinach porannych instalacja B₂ (skierowana na wschód) wykazuje szybsze narastanie przebiegu czasowego mocy niż instalacja W (skierowana na zachód). W godzinach wieczornych sytuacja jest odwrotna. W środkowej części dnia widoczne jest obcięcie charakterystyki dla instalacji B₁ i B₂ wynikające z ograniczonej mocy wyjściowej falownika pracującego w tych instalacjach. Wartości maksymalne generowanej mocy uzyskane dla instalacji W osiągają 8,8 kW, a dla instalacji B₁ – 6,5 kW, a dla instalacji B₂ – 4 kW.



Rys.2 Przebiegi czasowe mocy wyjściowej rozważanych systemów fotowoltaicznych w wybranym dniu czerwca.



Rys.3 Przebiegi czasowe mocy wyjściowej rozważanych systemów fotowoltaicznych w wybranym dniu kwietnia.

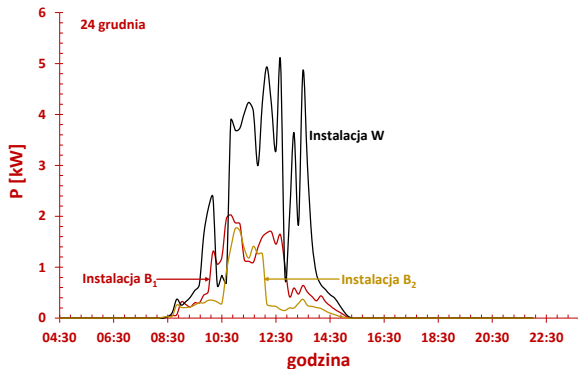


Rys.4 Przebiegi czasowe mocy wyjściowej rozważanych systemów fotowoltaicznych w wybranym dniu października.

Na rys. 3 widoczne są bardzo duże różnice między wartościami szczytowymi mocy produkowanej przez rozważane instalacje w kwietniu. Różnice te sięgają 60%. Widoczne jest też szybsze aż o 2 godziny zakończenie generacji mocy przez instalację B₂ i o ok. 40 min - przez instalację B₁ w stosunku do instalacji W (skierowanej na zachód).

Na rys. 4 widać, że w miesiącu październiku w stosunku do instalacji W, występuje istotne (nawet o 2 godziny) skrócenie czasu generacji mocy w instalacjach B₁ i B₂. W godzinach porannych produktywność instalacji B₁ i W jest

prawie taka sama, natomiast instalacja B₂ o około 1 godzinę szybciej wytwarza moc o dużej wartości. Wartości maksymalne mocy generowanej przez instalację B₁ są o 20% mniejsze niż dla instalacji W, a dla instalacji B₂ różnica ta przekracza aż 60%. Jednak różnice te nie są aż takie duże gdy rozważa się dzienną produkcję energii unormowaną względem ich szczytowej mocy znamionowej P_{max}. W dniu tym instalacja W wyprodukowała 4,195 kWh, instalacja B₁ - 3,413 kWh, natomiast skierowana na wschód instalacja B₂ - 3,375 kWh energii elektrycznej.

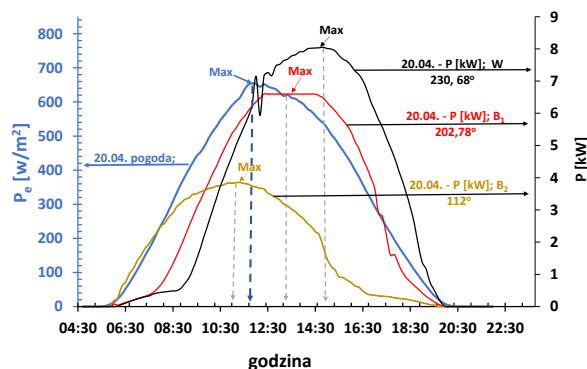


Rys.5 Przebiegi czasowe mocy wyjściowej rozważanych systemów fotowoltaicznych w wybranym dniu grudnia.

Widoczne na rys. 5 przebiegi generowanej mocy wskazują, że w grudniu czas pracy wszystkich instalacji jest bardzo krótki, ale taki sam dla każdej z nich. Wartości maksymalne generowanej mocy przez rozważane instalacje różnią się aż o 60%.

Analizując rysunki 2 – 5 można zaobserwować iż największą wartość chwilową mocy badane instalacje wytwarzają w miesiącu czerwcu. W tym też miesiącu wszystkie rozważane instalacje produkowały energię najdłużej – aż 16 godzin (od godziny 4:30 do godziny 20:30). Instalacja W cechuje się niewielkimi wahaniami wartości maksymalnej generowanej mocy. Jej zmiany obejmują przedział od 5 do 8,8 kW. Z kolei, w instalacji B₁ zmiany tego parametru obejmują przedział od 2 do 6,6 kW, a dla instalacji B₂ - od 1,8 do 4 kW. W każdym miesiącu widoczne jest zmniejszenie wartości chwilowej generowanej mocy przez instalacje B₁ i B₂ względem instalacji W. Widoczne jest przesunięcie w lewo charakterystyki p(t) dla instalacji B₁ i B₂ w tym zakresie czasu.

Przesunięcie czasowe między przebiegami p(t) badanych instalacji, a przebiegiem czasowym gęstości mocy promieniowania p_e(t) zilustrowano na rys. 6.



Rys. 6. Czasowe przebiegi gęstości mocy promieniowania słonecznego p_e oraz odpowiadające im czasowe przebiegi mocy wyjściowej rozważanych systemów fotowoltaicznych.

Na rys. 6 widać, że przebiegi p(t) w godzinach przedpołudniowych dla instalacji B₁ oraz W są opóźnione

względem przebiegu p_e(t). Opóźnienie to jest największe dla instalacji W przekraczając nawet 2 godziny. Oczywiście, żadna z badanych instalacji nie może pracować po zachodzie słońca. Natomiast przebieg p_e(t) w godzinach porannych pokrywa się z przebiegiem p(t) dla instalacji B₂, przy czym w rozważanym dniu instalacja ta praktycznie kończy produkcję o 4 h szybciej niż pozostałe instalacje.

W Tabeli 2 zestawiono ilość całkowitej energii E wyprodukowanej przez rozważane instalacje PV w poszczególnych miesiącach oraz wartość tej energii unormowaną względem ich szczytowej mocy znamionowej P_{max}. Dla instalacji fotowoltaicznych B₁ i W podano dane dla dwunastu miesięcy, natomiast dla instalacji B₂ (z uwagi na brak kompletu danych) – tylko dla czterech miesięcy. W Tabeli 3 przedstawiono wartość energii wyprodukowanej przez instalacje fotowoltaiczne B₁ i W na przestrzeni roku.

Tabela 2. Ilość energii wyprodukowanej przez rozważane instalacje PV w poszczególnych miesiącach

Mie- siąc	Instalacja B ₁		Instalacja B ₂		Instalacja W	
	E [kWh]	E/P _{max} [Wh/W _p]	E [kWh]	E/P _{max} [Wh/W _p]	E [kWh]	E/P _{max} [Wh/W _p]
IV	465,75	56,87	605	126,04	1 290	131,77
V	996,97	121,73	687,7	143,27	1 320	134,83
VI	1 190	145,30	709,9	147,90	1 450	148,11
VII	1 160	141,64	668	139,17	1 380	140,96
VIII	1 120	136,75	Brak danych		1 290	131,77
IX	692,72	84,58	Brak danych		872,35	89,11
X	462,71	56,50	Brak danych		653,25	66,73
XI	115,34	14,08	Brak danych		185,12	18,91
XII	48,56	5,93	Brak danych		78,07	7,97
I	93,59	11,43	Brak danych		135,26	13,82
II	207,63	25,35	Brak danych		292,11	29,84
III	533,61	65,15	Brak danych		711,32	72,66

Tabela 3. Ilość energii wyprodukowanej przez rozważane instalacje PV na przestrzeni roku.

Instalacja	Produkcja roczna E [kWh]	Produkcja roczna E/P _{max} [Wh/W _p]
W	9657,48	986,46
B ₁	7086,88	865,31

Można zauważyć duże zmiany wartości energii produkowanej w poszczególnych miesiącach, które różnią się między sobą ponad dwudziestokrotnie. Największe wartości energii produkowane są w miesiącach maj-sierpień, a najmniejsze – w miesiącach listopad – styczeń. Warto zauważyć, że dla instalacji W skierowanej najbardziej na zachód i instalacji B₂, skierowanej na wschód, uzyskuje się wysoką produktywność już w kwietniu. W miesiącu tym wartość wyprodukowanej energii przez instalację W unormowaną do mocy szczytowej jest ponad dwukrotnie większa niż dla instalacji B₁. Instalacja B₁ jest bardziej efektywna tylko w lipcu i w sierpniu. Wskazuje to, na korzystniejsze zorientowanie instalacji W.

Tabela 3 wskazuje, że roczny bilans produkcji energii elektrycznej wypada najkorzystniej dla instalacji W. Uwzględniając różnice w wartościach mocy znamionowej badanych instalacji uzyskano, że produktywność instalacji W jest o ponad 12 % większa od produktywności instalacji B₁. Różnica ta jest spowodowana jedynie kierunkiem ustawienia badanych instalacji.

Podsumowanie

W pracy przedstawiono wyniki całorocznych badań trzech instalacji fotowoltaicznych zlokalizowanych w okolicach Gdyni. Instalacje te cechują się różnym kątem ustawienia względem południa.

Przedstawione w poprzednim rozdziale wyniki pomiarów dowodzą, że produktywność instalacji zależy silnie od

kierunku jej ustawienia. Zarówno zmierzone przebiegi czasowe generowanej mocy w poszczególnych dniach, jak i wartości produkowanej energii unormowane względem mocy znamionowej instalacji dowodzą, że bardziej korzystne jest ustawienie instalacji w kierunku zachodnim niż w kierunku wschodnim. Przy takiej orientacji instalacji maksimum przebiegu czasowego generowanej przez nią mocy jest przesunięte względem maksimum gęstości mocy promieniowania słonecznego nawet o 2 godziny.

Wykazano, że zmiana ustawienia instalacji fotowoltaicznej może spowodować zmianę wartości generowanej w ciągu roku energii elektrycznej nawet o 12%. Takie ustawienie powoduje wydłużenie czasu w ciągu roku, w którym generowana jest moc o najwyższej wartości.

Wyniki przedstawione w niniejszej pracy mogą być użyteczne dla projektantów instalacji fotowoltaicznych. Mogą też być podstawą do udoskonalenia modelu instalacji fotowoltaicznej opisanego w pracy [17] po uwzględnieniu wpływu kąta ustawienia instalacji.

Autorzy: dr inż. Ewa Krac, prof. dr hab. inż. Krzysztof Górecki, Uniwersytet Morski w Gdyni, Katedra Elektroniki Morskiej, ul. Morska 81-87, 81-225 Gdynia, E-mail: e.krac@we.umg.edu.pl, k.gorecki@we.umg.edu.pl.

LITERATURA

- [1] A. Hemza, H. Abdeslam, R. Chenni, D. Narimene, Photovoltaic system output simulation under various environmental conditions, International Renewable and Sustainable Energy Conference (IRSEC), Marrakech, Morocco, 2016, pp. 722-726
- [2] E. Kabir, P. Kumar, S. Kumar, A.A. Adelodun, K. Kim, Solar energy: Potential and future prospects, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 82, No. 1, 2018, pp. 894-900
- [3] P. Moraitis, B. Kausika, N. Nortier, van Sark W., Urban Environment and Solar PV Performance: The Case of the Netherlands, Energies, Vol. 11, No. 6, 2018, 1333
- [4] T. Rodacki, A. Kandyba, Przetwarzanie energii w elektrowniach słonecznych, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, 2000
- [5] T. Rodziewicz, A. Zaremba, M. Waclawek, Postępy w fotowoltaice w Polsce i na Świecie, ECOpole'15 Conference, Vol. 9, No. 2, 2015, pp. 699-719
- [6] K. Znajdek, M. Sibiński, Postępy w fotowoltaice, Wydawnictwo Naukowe PWN, 2021
- [7] K. Górecki, P. Górecki, E. Krac., Modelling simple photovoltaic systems with thermal phenomena taken into account, Proceedings of 23rd International Conference Mixed Design of Integrated Circuits and systems MIXDES 2016, Łódź, 2016, pp. 276-281
- [8] P. Matuszczyk, T. Popławski, J. Flaszka, Wpływ natężenia promieniowania słonecznego i temperatury modułu na wybrane parametry i moc znamionową paneli fotowoltaicznych, Przegląd Elektrotechniczny, R. 91, Nr 12, 2015, doi:10.15199/48.2015.12.40
- [9] E. Krac, K. Górecki, Wpływ kąta padania światła na wartości natężenia oświetlenia zmierzone za pomocą czujników fotometrycznych, Przegląd Elektrotechniczny, R. 97, Nr 12, 2021, s. 212-215
- [10] J. Dąbrowski, E. Krac, K. Górecki, New Model of Solar Cells for SPICE, Proceedings of 25th International Conference Mixed Design of Integrated Circuits and Systems MIXDES 2018, Gdynia, 2018, pp. 338-342
- [11] P. Billewicz, P. Węgierek., Laboratory stand for examining the influence of environmental conditions on electrical parameters of photovoltaic cells, Przegląd Elektrotechniczny, R. 92, Nr 8, 2016, s. 176-179
- [12] E. Klugmann-Radziemska, Technologiczny postęp w fotowoltaice, Czysta Energia, Nr 5, 2014, s. 40-42
- [13] P. Górecki, K. Górecki, E. Krac, J. Zarębski: The use of photo-voltaic panels to charge mobile electronic devices. 3rd International Congress on Energy Efficiency and Energy Related Materials (ENEFM2015), Springer Proceedings in Energy, 2017, pp. 229-234. doi: 10.1007/978-3-319-45677-5_28
- [14] P. Korasiak, Sprawność konwersji promieniowania słonecznego na energię elektryczną współczesnych ogniw i modułów fotowoltaicznych, Przegląd Elektrotechniczny, R. 93, Nr 7, 2017, s. 122-127
- [15] M.T. Sarniak, Podstawy fotowoltaiki, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 2008
- [16] A. Gołąbek, Odnawialne źródła energii, wybrane zagadnienia, Praca zbiorowa pod redakcją Andrzeja Gołąbka, Agencja Użytkowania i poszanowania energii, Politechnika Łódzka, Łódź 2014
- [17] K. Górecki, J. Dąbrowski, E. Krac., SPICE-aided modeling of daily and seasonal changes in properties of the actual photovoltaic installation, Energies, Vol. 14, No. 19, 2021, 6247
- [18] E. Klugmann-Radziemska, Fotowoltaika w teorii i praktyce, Wydawnictwo BTC, Legionowo, 2010
- [19] K. Górecki, J. Dąbrowski, E. Krac, J. Zarębski, Modelling the influence of weather conditions on properties of the photovoltaic installation, Proceedings of the 24th International Conference Mixed Design of Integrated Circuits and Systems Mixdes 2017, Bydgoszcz, 2017, pp. 366-371
- [20] M. Graniszewska, PSE pokaże szczytowe godziny, Pułs Biznesu, 30 listopada, 2022, <https://www.pb.pl/pse-pokaze-szczytowe-godziny-1170915>
- [21] Szczytowe godziny zapotrzebowania na prąd. Od teraz wskaże je operator, Money.pl, <https://www.money.pl/gospodarka/szczytowe-godziny-zapotrzebowania-na-prad-od-teraz-wskaze-je-operator-6839848917367328a.html>
- [22] D. Chwiejuck, Modelowania i analiza pozyskiwania oraz konwersji termicznej energii promieniowania słonecznego w budynku, Instytut Podstawowych Problemów Techniki PAN, Warszawa 2006
- [23] A. Joshi, A. Khan and A. SP, Comparison of half cut solar cells with standard solar cells, 2019 Advances in Science and Engineering Technology International Conferences (ASET), Dubai, 2019, pp. 1-3,
- [24] H. Hanifi, J. Schneider, J. Bagdahn, Reduced Shading Effect On Half-Cell Modules – Measurement and Simulation, 2015
- [25] S. Guo, J. P. Singh, I. M. Peters, A. G. Aberle, T.M. Walsh., A Quantitative Analysis of Photovoltaic Modules Using Halved Cells, Hindawi Publishing Corporation, International Journal of Photoenergy, Bd. 2013, p. 8, 2013
- [26] Wysoko wydajny moduł monokrystaliczny PERC RSM-40-8-390M-410M, dane katalogowe, https://hurtownia-fotowoltaiczna.pl/file/1367/_pdf
- [27] Wysoko wydajny moduł w technologii Low LID Mono PERC Half-Cut, LR4-72HiH 425~455 M, dane katalogowe, Longi, <https://krainaoze.pl/upload/Katalogi/Panele/karta-panel-longi-lr4-72hih-445m-sr.pdf>