

Analiza pracy wybranej instalacji odnawialnych źródeł energii

Streszczenie. W artykule przedstawiono analizę pracy wybranej instalacji odnawialnych źródeł energii. Celem badań wykonanych przez autorów było rozważenie pozytywnych oraz negatywnych oddziaływań odnawialnych źródeł energii na sieci elektroenergetyczne. Analizując poszczególne parametry sieci takie jak współczynnik THD, stabilność napięcia oraz wartość prądu zwarciovego określono wpływ źródła odnawialnego na jakość energii. Wskazano pozytywne aspekty istnienia OZE w systemie. Poza negatywnymi oraz pozytywnymi aspektami istnienia w systemie odnawialnych źródeł należy przeanalizować możliwości oraz występujące ewentualne zagrożenia.

Abstract. The article presents an analysis of the operation of a selected renewable energy source installation. The aim of the research carried out by the authors was to consider the positive and negative effects of renewable energy sources on power grids. By analyzing individual network parameters such as THD, voltage stability and the value of short-circuit current, the influence of the renewable source on the quality of energy was determined. Positive aspects of the existence of RES in the system were indicated. Apart from the negative and positive aspects of the existence of renewable energy sources in the system, it is necessary to analyze the possibilities and possible threats (*Analysis of the operation of the selected installation of renewable energy sources*).

Keywords: renewable energy sources, biogas plants, prosumer, energy quality.

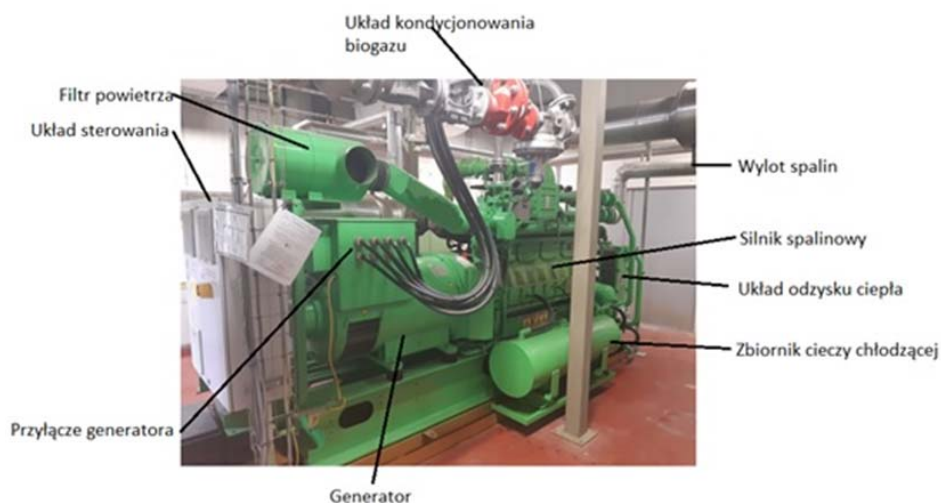
Słowa kluczowe: odnawialne źródła energii, biogazownie, prosument, jakość energii.

Wprowadzenie

Wokół współczesnego człowieka występuje coraz więcej urządzeń wytwarzających pole elektromagnetyczne [1 - 3]. Są to zarówno urządzenia konwencjonalne znane od lat, jak i te, w których stosowane są najnowsze technologie [4 - 6]. Zakres wykorzystania tych urządzeń to od codziennego zastosowania po specjalistyczną aparaturę medyczną ratującą życie ludzkie [7 - 9].

W tym artykule analizie została poddana wybrana instalacja odnawialnych źródeł energii.

Badana instalacja produkcji prądu elektrycznego z biogazu jest to układ skojarzony zamieniający energię mechaniczną powstałą na skutek spalania biogazu w silniku spalinowym na energię elektryczną. Układ posiada również układ odzysku energii cieplnej wydzielanej w silniku spalinowym.



Rys.1. Widok generatora energii elektrycznej oraz silnika spalinowego zasilanego biogazem

Tabela 1. Dane techniczne badanej prądnicy

Lp.	Parametry	Wartość danej znamionowej
1	Moc pozorna znamionowa	445.0 kVA
2	Moc czynna	356.0 kW
3	Częstotliwość	50 Hz
4	Prędkość obrotowa	1500 obr./min.
5	Napięcie	400/230 V
6	Ilość faz	3
7	Prąd znamionowy	640 A
8	$\cos \varphi$	0,8
9	Napięcie zwarcia	44 V
10	Prąd zwarcia	2,6 A
11	Temperatura	40°C
12	IP	23
13	Układ połączeń	12
14	Sposób podłączenia	gwiazda
15	Masa	1250 kg

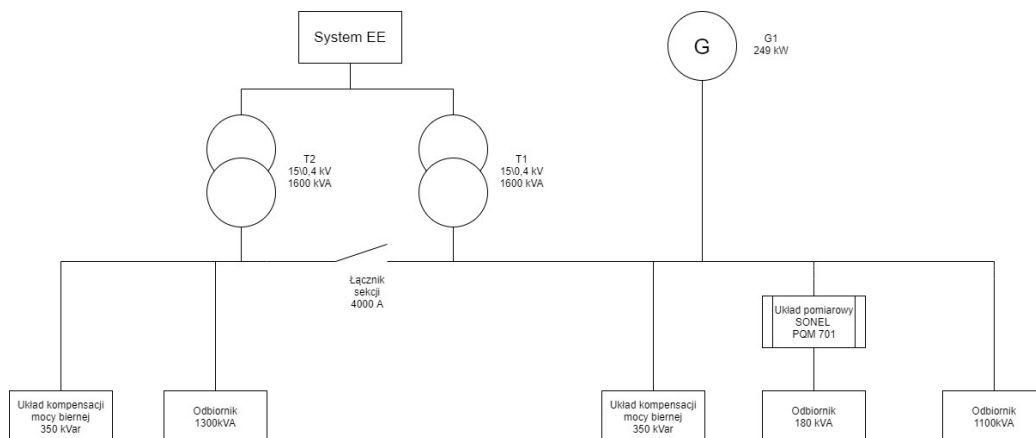
Energia ta służy do ogrzewania zakładu produkcyjnego. Układ złożony jest z prądnicy synchronicznej na prąd trójfazowy 400/230 V +/- 5%, 50 Hz o mocy elektrycznej 249 kW sprzęgniętej mechanicznie z silnikiem gazowym zasilanym biogazem. Zdjęcie silnika gazowego oraz generatora w badanym układzie do produkcji energii elektrycznej pozyskiwanej z biogazu przedstawiono na rys. 1.

Tabela 2 Parametry mocy oraz sprawnościowe badanego układu

Symbol	Rodzaj wielkości fizycznej	Jednostka	Wartość wielkości fizycznej
P_m	Moc mechaniczna	kW	259
P_{el}	Moc elektryczna	kW	249
η_{el}	Sprawność elektryczna	%	39,1
η_{the}	Sprawność cieplna	%	46,0

W tabeli 2. przedstawione zostały parametry techniczne badanego układu biogazu. Przeanalizowano wpływ generatora trójfazowego na odbiornik będący linią produkcyjną. Ze względu na znaczącą przewagę silników indukcyjnych odbiornik ma charakter indukcyjny. Wykonano pomiary wpływu instalacji generatora na parametry sieci elektroenergetycznej zakładu w punkcie zasilania

wybranego odbiornika do tej samej sieci. Z powodu niedostępności szyn zasilających cały fragment sieci NN przeanalizowano tylko wybrany odbiornik. Na rysunku 2 przedstawiono schemat ideowy fragmentu sieci wraz z zaznaczonym urządzeniem pomiarowym wykorzystanym do przeprowadzonej analizy wpływu generatora na sieć NN.



Rys.2. Schemat ideowy analizowanego fragmentu sieci NN

Metodologia przeprowadzonych pomiarów

Do pomiarów parametrów sieci elektroenergetycznej zastosowano analizator firmy SONEL model PQM-701. Widok urządzenia prezentuje rysunek 3.

Zastosowane do pomiarów urządzenie spełnia wymogi PN-EN 61010-1 dla kategorii pomiarowej IV 600 V oraz dla izolacji podwójnej z zamkniętą pokrywą obudowy. Natomiast dla otwartej obudowy spełnione zostają wymagania kat. IV 600 V z izolacją podstawową. Urządzenie za pomocą czterech wejść prądowych umożliwiających pomiar natężenia prądu za pomocą przyłączonych cęgów prądowych. Do badania użyte zostały cęgi giętkie F-1 o nominalnym zakresie pomiarowym 3000A. Analizator zasilany jest z badanej sieci elektroenergetycznej za pomocą szczypiec przeznaczonych jednocześnie do pomiaru napięcia. Komunikacja z komputerem klasy PC odbywa się za pomocą izolowanego galwanicznie portu USB o szybkości 921,6 kbit/s lub łączem radiowym o szybkości 57,6 kbit/s. Urządzenie posiada izolowaną galwanicznie kartę SD na której zapisywane są dane. Użyty w badaniach miernik parametrów sieci elektroenergetycznej spełnia wymagania: PN-EN 61000-4-30:2009 – Metody pomiaru jakości energii, PN-EN 61000-4-7:2007 – Ogólny przewodnik dotyczący pomiarów harmonicznych i interharmonicznych oraz stosowanych do tego celu przyrządów pomiarowych dla sieci zasilających i przyłączonych do nich urządzeń, PN-EN 61000-4-15:1999 – Miernik migotania światła - Specyfikacja funkcjonalna i projektowa, PN-EN 50160:2008 – Parametry napięcia zasilającego w publicznych sieciach rozdzielczych. Urządzenie PQM-701 ma możliwość pomiaru oraz rejestracji następujących parametrów:

- wartości skutecznej napięć międzyfazowych oraz w zakresie do 760V (szczytowo do 1150 V),
- wartości skutecznej prądów do 3000 A (szczytowo 10 kA) przy użyciu cęgów giętkich (F-1, F-2, F-3), do 1000 A (szczytowo do 3600 A),
- współczynnik szczytu prądu,
- współczynnik szczytu napięcia,
- częstotliwość sieci w zakresie 40..70 Hz,
- moc czynna, bierna i pozorna,
- moc odkształcenia,
- energii czynnej, biernej i pozornej,

- harmoniczne prądu i napięcia (do 50-tej),
- THDF i THDR prądu i napięcia,
- współczynnik strat K wywołanych wyższymi harmonicznymi (K-Factor),
- moc czynna i bierna harmonicznych,
- kąty między harmonicznymi napięcia i prądu,
- współczynnik mocy,
- $\cos \varphi$,
- $\tan \varphi$,
- współczynniki asymetrii sieci trójfazowych,
- składowe symetryczne,
- wskaźniki migotania światła Pst i Plt.

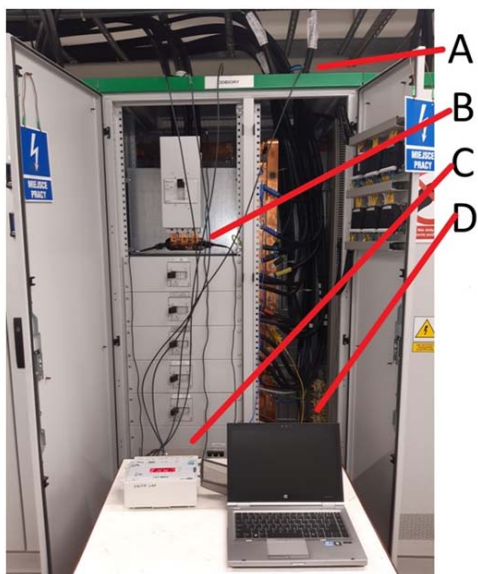
Stanowisko pomiarowe w badaniach eksperymentalnych

Stanowisko pomiarowe wykorzystane podczas wykonywania badań przedstawiono na rysunku 4.



Rys.3. Analizator jakości zasilania PQM-701

Parametry sieci przeanalizowane zostały za pomocą analizatora jakości energii elektrycznej Sonel PQM 701 zgodnie z europejską normą EN 50160 oraz rozporządzeniem Ministra Gospodarki z dnia 4 maja 2007 r. w sprawie szczegółowych warunków funkcjonowania systemu elektroenergetycznego.



Rys. 4. Widok stanowiska pomiarowego (A - cęgi do pomiaru prądów, B - szczytce do pomiaru napięcia, C - urządzenie pomiarowe, D - komputer)

Analizowany fragment sieci NN może pracować zasilony z samego systemu elektroenergetycznego lub też zasilony z generatora i sieci elektroenergetycznej.

Analizowany układ nie ma możliwości pracować zasilony wyłącznie z generatora. Synchronizacja układu odbywa się automatycznie za pomocą układu elektronicznego przyłączającego generator do sieci. Wartości napięcia międzyfazowego podczas pracy z

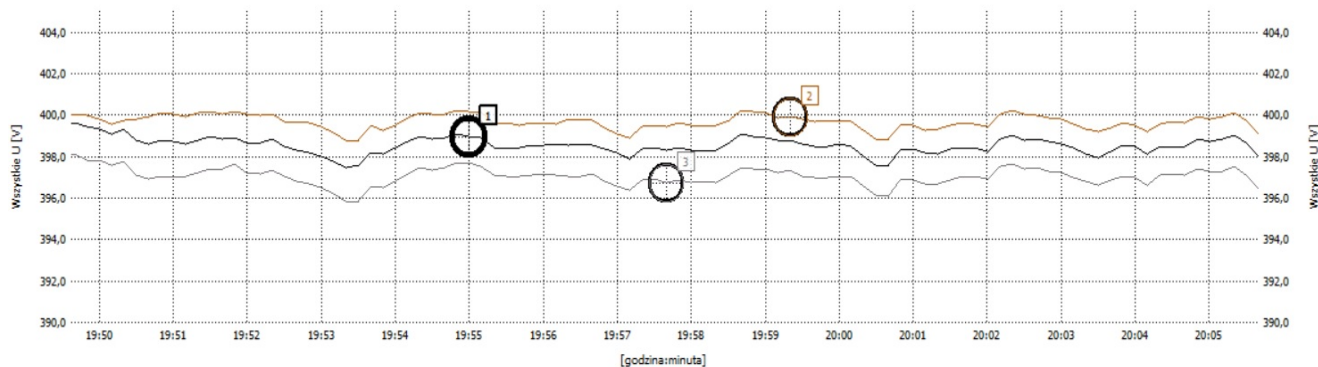
nieprzyłączonym do sieci generatorem przedstawiono na rys. 5.

Zaobserwowano, że napięcia międzyfazowe w badanym fragmencie sieci mają porównywalne wartości co wskazuje na równomierne obciążenie wybranego fragmentu. Na równomierne obciążenie wskazują również uzyskane przebiegi czasowe napięć. Na rysunku 6 przedstawiono wybrany przebieg czasowy napięć międzyfazowych.

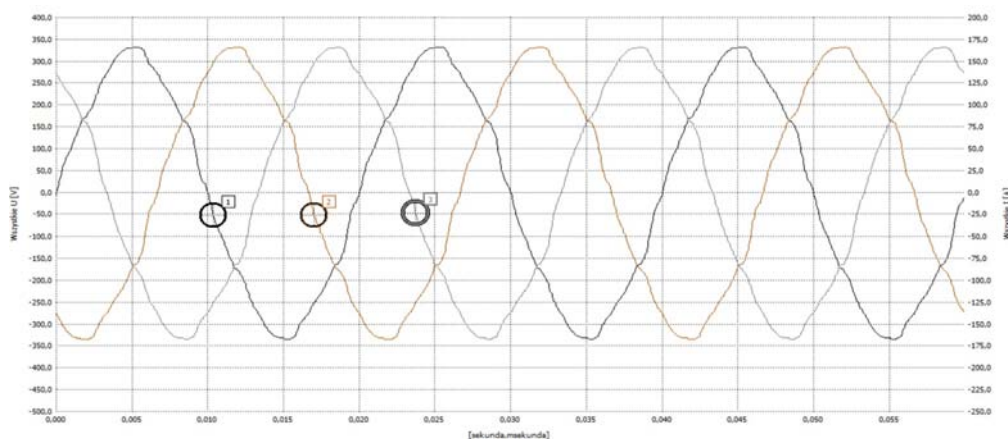
Na rysunku 7 zaprezentowane zostały poziomy napięć badanego układu z dołączonym generatorem. Badany generator po zsynchronizowaniu się z siecią elektroenergetyczną stopniowo zwiększa moc, aż do uzyskania wartości zadanej przez operatora.

W analizowanym przypadku moc czynna wynosi 200 kW. Chwilowy spadek wartości napięcia, który nastąpił po przyłączeniu generatora do sieci elektroenergetycznej został przedstawiony na rys. 8. Istnieje możliwość regulacji mocy generatora poprzez regulację ilości przepływu gazu dostarczanego do silnika spalinowego zasilającego generator. Dzięki układowi automatycznej regulacji jednostka wytwórcza dołączana jest do sieci elektroenergetycznej o stosunkowo małej wartości mocy czynnej, co ma wpływa na niewielki spadek napięcia.

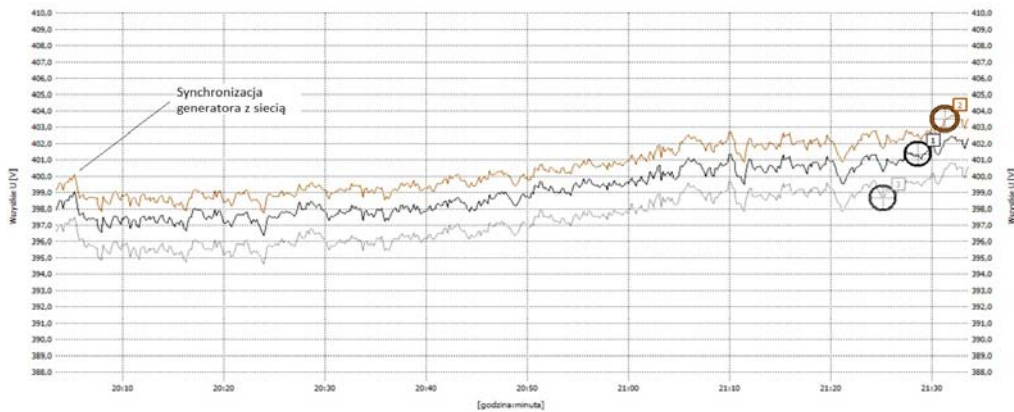
Następnie układ automatycznej regulacji dokonuje stopniowego zwiększania mocy układu co można zauważyć na powyższym rysunku jako delikatny wzrost napięcia w badanym fragmencie sieci. Dzięki zastosowaniu sprzężenia zwrotnego układ ciągle analizuje poziomy napięć w sieci dostosowując parametry generatora.



Rys.5. Napięcia międzyfazowe analizowanego fragmentu sieci NN bez generatora



Rys. 6. Przebiegi napięć międzyfazowych badanego fragmentu sieci bez podłączonego generatora



Rys. 7. Przebiegi wartości napięć międzyfazowych po dołączeniu generatora

Wnioski

Badaniu poddany został generator energii elektrycznej zasilony biogazowym silnikiem spalinowym, który został prawidłowo dobrany do istniejącej infrastruktury sieciowej zakładu. Dołączanie generatora do sieci NN powoduje spadek napięcia, nie jest to jednak wartość odbiegająca w sposób znaczny od przyjętego minimalnego poziomu.

Badana jednostka wytwórcza nie wpłynęła na częstotliwość napięcia sieci niskiego napięcia. Nie zauważono również pogorszenia krótkotrwałego współczynnika migotania światła, a co za tym idzie nie pogarsza się komfort pracowników pracujących w obrębie zasilanym z odbiornika.

Authors: dr inż. Joanna Kozieł, Politechnika Lubelska, Wydział Elektrotechniki i Informatyki, Katedra Elektrotechniki i Elektrotechnologii, ul. Nadbystrzycka 38A, 20-618 Lublin, E-mail: j.kozieł@pollub.pl, dr hab. inż. Michał Majka, prof. uczelni, Politechnika Lubelska, Wydział Elektrotechniki i Informatyki, Katedra Elektrotechniki i Elektrotechnologii, ul. Nadbystrzycka 38A, 20-618 Lublin, E-mail: m.majka@pollub.pl.

REFERENCES

- [1] Mazurek P.A., Michałowska J., Kozieł J., Gad R., Wdowiak A., The intensity of the electromagnetic field in the coverage of GSM 900, GSM 1800, DECT, UMTS, WLAN in build – up areas, *Applications of Electromagnetics on Modern Engineering and Medicine PTZE*, 2018, 159-162
- [2] Pytka J., Budzyński P., Łyszczak T., Józwick J., Michałowska J., Tofil A., Błażejczak D., Laskowski J., Determining, Wheel Forces and Moments on Aircraft Landing Gear with a Dynamometer Sensor, *Sensors* 2020, Volume 20, Issue 1, DOI:10.3390/s20010227
- [3] Przystupa K., Kozieł J., Small photovoltaic installation in the power grid, *Applications of electromagnetic in Modern Engineering and Medicine (PTZE)*, 2019, 134-138, DOI: 10.23919/PTZE.2019.8781708
- [4] Stryczewska H., Wac – Włodarczyk A., Goleman R., Nalewaj K., Giżewski T., Jaroszyński L., Komarzyniec G., Mazurek P., Diatczyk J., Urządzenia elektrotechnologiczne stosowane w energetyce i ekologii, *Przegląd Elektrotechniczny*, 2013, vol. 89, Issue 5, 346-352
- [5] Michałowska J., Tofil A., Józwick J., Pytka J., Legutko S., Siemiątkowski Z. and Łukaszewicz A., Monitoring the Risk of the Electric Component Imposed on a Pilot During Light Aircraft Operations in a High-Frequency Electromagnetic Field, *Sensors*, 2019, vol. 19, Issue 24; DOI:10.3390/s19245537
- [6] Mika D., Michałowska J., Normatywne pomiary czynników szkodliwych na stanowisku pracy operatora obrabiarek sterowanych numerycznie, *Przegląd Elektrotechniczny*, 2016 vol. 12, 2016, DOI: 10.15199/48.2016.12.25
- [7] Michałowska J., Mazurek P.A., Gad R., Chudy A., Kozieł J., Identification of the electromagnetic field strength in public spaces and during travel, *Applications of Electromagnetics on Modern Engineering and Medicine PTZE*, 2019, 121-124
- [8] Janowski T., Kozieł J., Giżewski T., Czerwiński D., The branched reverse characteristics modeling in HTS 2 G tape, *Przegląd Elektrotechniczny*, 2012, 88 (7A), 168-171
- [9] Komarzyniec G., Surdacki P., Kozieł, The calculation of the inrush current peak value of superconducting transformers, *Selected Problems of Electrical Engineering and Electronics*, 2015, (WZEE), 61-64