

Jacek ROMAN¹

Koncepcja wykorzystania magazynu gazu w celu poprawy współpracy pomiędzy OZE a układem zgazowarka–silnik gazowy

Wprowadzenie

W ostatnich latach w systemie elektroenergetycznym dochodzi do dywersyfikacji źródeł wytwórczych energii elektrycznej zarówno pod względem typu nośnika energii pierwotnej (elektrownie gazowe, odnawialne (OZE), a w przyszłości jądrowe) oraz mocy. Do dużych elektrowni systemowych dochodzą elektrownie mniejszej mocy, pracujące jako generacja rozproszona. Są to często elektrownie wykorzystujące odnawialne źródła energii. Rozwój tych źródeł jest spowodowany przez wiele czynników, wśród których należy wymienić: konieczność dekarbonizacji energetyki, liberalizację i demonopolizację energetyki, rozwój nowych źródeł energii oraz chęć zwiększenia niezawodności zasilania odbiorców (Paska 2017). OZE są źródłami niestabilnymi. Generacja energii elektrycznej w nich jest silnie zależna od warunków pogodowych. Jest ona zmienna zarówno sezonowo, jak i w ciągu doby. Ze względu na kumulację produkcji energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych w całym kraju, do 2 lipca 2023 roku generacja w źródłach fotowoltaicznych (PV) została ograniczona trzykrotnie („Czy wyłączyli Ci fotowoltaikę?” 2023). Powstaje konieczność uzupełniania OZE o sterowalne źródła konwencjonalne oraz o magazyny energii, które pozwalają na ograniczenie ewentualnych strat związanych z wyłączeniem instalacji. Bilansowanie energii może odbywać się na skalę systemową lub lokalnie, przy wykorzystaniu układów hybrydowych, czyli układów wytwarzających energię elektryczną o różnych nośnikach energii pierwotnej, które mogą zawierać dodatkowo magazyny energii (Paska 2017).

¹ Politechnika Poznańska, Instytut Elektroenergetyki, Poznań;
ORCID iD: 0000-0003-3816-0088; e-mail: jacek.roman@put.poznan.pl

Najbardziej rozpowszechnionymi formami hybrydowych systemów wytórczych (HSW) są układy OZE wykorzystujące magazyny energii elektrycznej takie jak baterie akumulatorów lub układy elektrolizer-ogniwo paliwowe. Układy takie pozwalają na zwiększone wykorzystanie energii ze źródeł odnawialnych. Zasilanie odbiorcy off-grid przy wykorzystaniu takiego układu byłoby utrudnione, ze względu na konieczność znacznego przewymiarowania wszystkich źródeł. Układy, które służą do zasilania takiego odbiorcy, mogą wykorzystywać generatory Diesla, ale również silniki zasilane syngazem ze zgazowania biomasy (Aslam i in. 2021). W układach wykorzystujących zgazowanie biomasy możliwe do zastosowania są magazyny wytwarzanego gazu, który może zostać wykorzystany jako forma magazynowania energii. Jednakże są one stosunkowo rzadko analizowane w literaturze (Roman i in. 2023). W niniejszym rozdziale za cel postawiono przeanalizowanie układu wykorzystującego zgazowanie biomasy, silnik tłokowy oraz magazyn syngazu do równoważenia niestabilnej generacji ze źródeł odnawialnych. W tym celu wykonany został przegląd literatury oraz przeprowadzone zostały badania modelowe.

1. Proces zgazowania

Zgazowanie jest to cykl przemian chemicznych (endo- i egzotermicznych), którego produktem końcowym jest palny gaz syntezowy (ale również smoły czy żużel) składający się w większości z CO, H₂, CO₂, CH₄ oraz N₂ i zanieczyszczeń. Przemiany realizowane są przy ilości powietrza mniejszej niż niezbędna do przeprowadzenia reakcji spalania całkowitego i zupełnego. Najczęściej stosowanym utleniaczem jest powietrze. Wytwarzany syngaz jest gazem niskokalorycznym (Skorek i Kalina 2005). Zgazowanie przebiega w reaktorach, wśród których można wyróżnić reaktory: ze złożem stałym (współprądowe i przeciwprądowe), ze złożem fluidalnym, strumieniowe. Reaktory współprądowe stosuje się w układach o mocach do 10 MW_e, a produkowany w nich gaz jest stosunkowo dobrej jakości. Charakteryzują się mniejszą zawartością smół niż reaktory przeciwprądowe oraz fluidalne. Dzięki temu możliwe jest wykorzystanie reaktorów współprądowych w małych układach z silnikami tłokowymi. Gazogenerator ten wymaga jednakże stałości składu wsadu (Chmielniak 2021).

Proces zgazowania skutkuje uzyskaniem gazu palnego, który może być wykorzystany w instalacjach zawierających wysokosprawne i elastyczne źródła takie jak silniki tłokowe lub turbiny gazowe. Gaz ten może być również spalany w kotłach (Chmielniak 2021). Ponadto istnieje możliwość oczyszczenia gazu syntezowego jeszcze przed poddaniem go procesowi spalania, co zwiększa benefity środowiskowe takiego rozwiązania, w szczególności przy wykorzystaniu jako paliwa odpadów (Primus i Rosik-Dulewska 2017).

W przypadku współpracy instalacji zgazowania z OZE istotnymi aspektami są: zmiana parametrów pracy wraz ze zmieniającym się obciążeniem oraz zakres możliwych zmian obciążenia. W przypadku reaktorów współprądowych zakres regulacji wynosi od około 20 do około 125% obciążenia znamionowego. Jednakże, reaktor obciążony jest znacząco inercją, zatem aby dostosować się do zmiany obciążenia wymagany jest czas (Soares i Oliveira 2020). Ponadto wraz ze zmieniającym się obciążeniem zmienia się temperatura panująca wewnątrz reaktora oraz, co ważniejsze, wraz z oddalaniem się od obciążenia znamionowego maleje

zarówno sprawność procesu, jak i wartość opała syngazu (Soares i Oliveira 2020). Czas rozruchu zgazowarki jest rzędu dziesiątek minut, co potwierdzają zarówno dane producentów (All Power Labs 2020), jak i badania eksperymentalne (Mazhko i in. 2021). W trakcie rozruchu nie jest możliwe zasilanie silnika gazem ze względu na zbyt duże zanieczyszczenie smołami (Mazhko i in. 2021).

2. Magazyny gazu syntezowego w układach zgazowania

W literaturze, ze względu na brak komercyjnie dostępnych magazynów dedykowanych gazom pochodzącym z procesu zgazowania, do analizy możliwości magazynowania przyjmuje się zwykle powszechnie stosowane rozwiązania dla gazu ziemnego lub wodoru. Z tego powodu wśród proponowanych rozwiązań należy wymienić: magazynowanie ciśnieniowe (zarówno nadziemne w wysokociśnieniowych *bullet tanks* (nawet do kilkuset barów) lub cylindrycznych niskociśnieniowych magazynach (ciśnienia rzędu kilkunastu bar), jak i podziemne), zbiorniki gazu o bardzo niskich ciśnieniach (do 0,1 bara), magazynowanie kriogeniczne lub w gazociągach (Apt i in. 2008). Najprostszymi rozwiązaniami, wymagającymi jedynie sprężarki oraz magazynu, są magazyny ciśnieniowe (Stolecka i Rusin 2019). Ponadto, są to rozwiązania najtańsze. Magazynowanie w kawernach solnych lub wyczerpanych złożach surowców wymaga dostępu do takich formacji. Ze względu na warunki w nich panujące może dojść do zanieczyszczenia syngazu. Takie rozwiązania są opłacalne w przypadku magazynowania dużych objętości w długim czasie. Podobnym rozwiązaniem jest magazynowanie gazu w rurociągach. Wymaga ono dostępu do instalacji o długościach dziesiątek lub setek kilometrów, ale pozwala na zmagazynowanie dużych objętości gazu. Magazynowanie kriogeniczne wymaga natomiast znacznych nakładów finansowych. Dodatkowo, w przypadku magazynowania niejednorodnego gazu, jaki powstaje w reaktorach zgazowania, istnieją problemy techniczne związane z różnymi temperaturami i ciśnieniami procesu skraplania poszczególnych gazów (Apt i in. 2008).

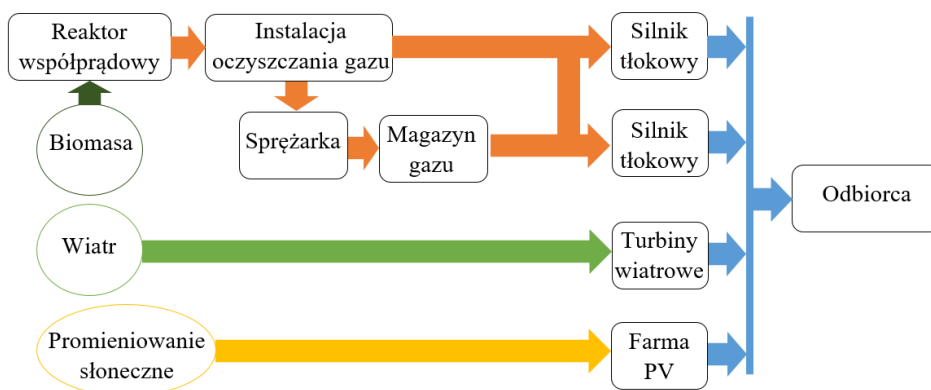
Wykorzystanie magazynów syngazu w układach zgazowania może mieć wiele zalet. W literaturze często wspomina się zwiększoną niezawodność i dostępność mocy takich układów (Stolecka i Rusin 2019). Możliwe jest wykorzystanie zmagazynowanego gazu do podtrzymania generacji energii elektrycznej w trakcie planowych przestojów reaktora (Pedrazzi i in. 2016) lub do pokrywania szczytów zapotrzebowania przy utrzymaniu stałego obciążenia generatora gazu (Apt i in. 2008). W efekcie możliwe jest utrzymanie stałej temperatury wewnątrz reaktora, a przez to zwiększenie sprawności procesu i ostatecznie zmniejszenie kosztów paliwa (Zhang i in. 2021). Korzyści finansowe łączone są również z większą elastycznością takiego rozwiązania i możliwością wykorzystania gazu, produkowanego w okresach niskich cen energii elektrycznej, w okresach kiedy te ceny są wysokie (Yang i in. 2020). Nieliczne prace wskazują również na możliwość połączenia układu z magazynem gazu ze źródłami odnawialnymi w celu uzupełniania generacji w OZE (Perez-Navarro i in. 2010).

Pomimo wielu potencjalnych zalet, magazynowanie syngazu obarczone jest różnymi zagrożeniami. Instalacje takie nie są powszechnie stosowane, co utrudnia ich projektowanie i eksploatację. Nie jest możliwe również dokładne przewidzenie ostatecznych kosztów takich

magazynów (Apt i in. 2008). Syngaz charakteryzuje się niskimi gęstością i wartością opałową, co powoduje konieczność magazynowania bardzo dużych objętości gazu, a w efekcie konieczność sprężania gazu do wysokich ciśnień i utrudnioną eksploatację układu (Fiore i in. 2020). Duża zawartość wodoru w gazie syntezowym powoduje możliwość zwiększenia kruchości metalu oraz jego korozyjność (przy pojawieniu się wodoru atomowego) (Apt i in. 2008). Ponadto, ewentualne nieszczelności lub uszkodzenia magazynu mogą skończyć się pożarem lub nawet wybuchem w razie osiągnięcia odpowiedniej mieszanki z powietrzem (Stolecka i Rusin 2019).

3. Metodologia analizy

W badaniu zamodelowano dwie wersje HSW: 1) bez magazynu gazu oraz 2) z magazynem gazu. Układy zawierały źródła odnawialne (PV oraz turbinę wiatrową (TW)) oraz instalację zgazowania biomasy (reaktor współprądowy wraz z dwoma silnikami tłokowymi). Dwa silniki zostały wykorzystane, aby w jak największym stopniu pokryć cały przedział zapotrzebowania na moc odbiorcy. Przyjęto, że minimum techniczne silnika wynosi 25% obciążenia znamionowego, więc moce nominalne silników stanowią odpowiednio 80 i 20% maksymalnego zapotrzebowania. Schemat układu z magazynem zaprezentowano na rysunku 1.



Rys. 1. Schemat układu z magazynem gazu

Fig. 1. Diagram of the system with a gas storage

Zgazowarka zamodelowana została w programie Epsilon Professional na podstawie charakterystyk pochodzących z badań eksperymentalnych (Soares i Oliveira 2020). Charakterystyki silników tłokowych zamodelowane zostały na podstawie charakterystyk silnika CG 132B-12, które przeliczono, tak aby odpowiadały parametrom silników pracujących na niskokalorycznym syngazie (Bhaduri i in. 2017). Panele PV zamodelowane zostały na podstawie paneli Solarfam 200 W, turbiny wiatrowe na podstawie turbiny Aeolos H 100KW.

W obu wariantach silniki tłokowe wykorzystywane były do pokrycia różnicy pomiędzy zapotrzebowaniem a generacją w TW i PV. W przypadku układu bez magazynu, instalacja zgazowania załączana była wraz z sygnałem, że zapotrzebowanie przekracza generację. Ze względu na konieczność jej rozruchu przez 20 minut nie była generowana energia elektryczna w silnikach. W przypadku układu z magazynem paliwo pobierane było z magazynu, a jeśli nie było takiej możliwości – realizowane było to jak w układzie bez magazynu. Gaz był pobierany z magazynu również przy pracy silników z wyłączoną zgazówką oraz do pokrycia zapotrzebowania przez mniejszy silnik. Do magazynu przekazywany był gaz przy niskim obciążeniu zgazówki oraz gdy jego wypełnienie spadało poniżej 30%.

Analizę przeprowadzono w trzech kierunkach:

- średniej rocznej sprawności układu zgazowanie-silniki gazowe (wzór 1),
- niezawodności HSW – w tym celu obliczono wskaźnik *LOLP* (wzór 2),
- liczby rozruchów instalacji zgazowania *n*.

$$\eta = \frac{\sum_{i=1}^n (P_{sil,i} - P_{np,i}) \cdot 600}{\sum_{i=1}^n (B_i \cdot 600) \cdot Q_{w,bio} - \frac{F_k \cdot Q_{w,mag,k} - F_p \cdot Q_{w,mag,p}}{\eta_{zgaz,sr}}} \quad (1)$$

$$LOLP = 100\% \frac{\sum_{i=1}^n P_{np,i}}{\sum_{i=1}^n P_d} \quad (2)$$

gdzie:

- η – sprawność średnioroczna układu zgazowanie-silniki gazowe [-],
- P_{sil} – moc którą muszą pokryć silniki [kW],
- P_{np} – moc niepokryta [kW],
- B_i – zużycie biomasy [kg/s],
- $Q_{w,bio}$ – wartość opałowa biomasy [kJ/kg],
- F_k – wypełnienie magazynu końcowe [m³],
- $Q_{w,mag,k}$ – wartość opałowa gazu w magazynie końcowa [kJ/m³],
- F_p – wypełnienie magazynu początkowe [m³],
- $Q_{w,mag,p}$ – wartość opałowa gazu w magazynie początkowa [kJ/m³],
- $\eta_{zgaz,sr}$ – średnioroczna sprawność zgazowania [-],
- P_d – zapotrzebowanie na moc [kW],
- LOLP* – Loss of Load Probability [-],
- n* – liczba okresów pomiarowych w danym roku [-].

4. Wyniki

Na podstawie wzorów zamieszczonych w części 4 obliczono parametry układów z magazynem (ZM) oraz bez niego (BM). Wyniki zamieszczono w tabeli 1.

TABELA 1. Wyniki obliczeń

TABLE 1. Results

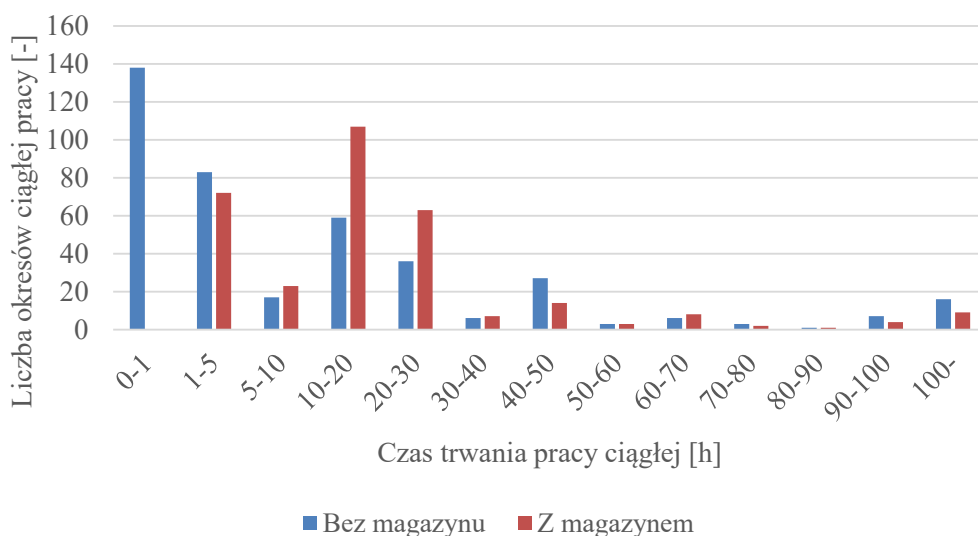
Rok	Sprawność [%]		Zmiana [%]	LOLP [%]		Zmiana [%]	Liczba rozruchów		Zmiana [%]
	BM	ZM		BM	ZM		BM	ZM	
2013	24.26	24.30	0.155	1.082	0.665	-38.58	319	250	-21.63
2014	24.21	24.26	0.200	1.197	0.645	-46.10	358	268	-25.14
2015	24.14	24.21	0.294	1.271	0.678	-46.62	405	299	-26.17
2017	24.14	24.21	0.283	1.253	0.686	-45.20	407	309	-24.08
2018	24.08	24.19	0.457	1.164	0.582	-50.01	429	305	-28.90
2019	24.07	24.18	0.468	1.147	0.656	-42.78	402	313	-22.14
Średnia	24.15	24.23	0.310	1.19	0.65	-44.88	389	291	-24.68

Układ zawierający magazyn charakteryzuje się lepszymi wskaźnikami w każdej kategorii. Sprawność jest wyższa w układzie z magazynem. Jest to efekt wyższej sprawności reaktora zgazowania (dzięki częstszej pracy w górnych granicach obciążenia). Dodatkowo rzadsza jest praca zgazowarki przy zapotrzebowaniu na gaz mniejszym niż jej minimum techniczne.

Sprawność średnioroczna jest wyższa średnio jedynie o 0,31% w przypadku układu wykorzystującego magazyn. Wynika to z faktu, że w takim układzie, dodatkowa energia jest pochłaniana przez sprężarkę. Energia ta jest w obliczeniach traktowana jako potrzeby własne przez co obniżona jest sprawność.

Średnio o 45% niższy jest wskaźnik LOLP, co oznacza wyższą niezawodność takiego układu. Ze względu na fakt, że są to badania na modelu, w obliczeniach niezawodności nie uwzględniono awarii, a jedynie dostępność gazu do produkcji energii elektrycznej. W układzie bez magazynu nie ma możliwości zasilenia generatorów od razu po wystąpieniu niedoboru energii, gdyż niezbędny jest rozruch instalacji zgazowania. W układzie z magazynem jest to ograniczone dzięki wykorzystaniu zmagazynowanego paliwa w okresach rozruchu reaktora. Jednakże, w takim układzie, ze względu na zmniejszoną moc znamionową zgazowarki, mogą wystąpić niedobory generacji energii elektrycznej związane ze zbyt niskim poziomem wypełnienia magazynu.

Na rysunku 2 przedstawiono porównanie okresów pracy ciągłej zgazowarki. Widoczne jest, że całkowita liczba rozruchów spadła wraz z zastosowaniem magazynu (w całym analizowanym okresie o około 25%). W szczególności nastąpił spadek pracy zgazowarki w okresach pracy poniżej godziny, natomiast zwiększył się w okresach pomiędzy 10 a 30 godzin. Jest to korzystne ze względu na fakt, że rozruchy związane są najczęściej z koniecznością doprowadzenia dodatkowego ciepła z zewnątrz (np. poprzez spalanie gazu ziemnego wewnątrz reaktora). Powoduje to, że krótkookresowa praca zgazowarki jest nieopłacalna ekonomicznie i środowiskowo.



Rys. 2. Wykres liczby okresów pracy ciągłej reaktora zgazowania (rok 2019)

Fig. 2. The number of periods of continuous operation of the gasifier (2019)

Podsumowanie

Analiza literatury wskazała, że wykorzystanie magazynów gazu wytworzonego w procesie zgazowania może mieć zalety. Wśród nich należy wymienić zwiększenie niezawodności układu, dostępności mocy (np. w trakcie planowych przestojów zgazowarki) czy polepszenie sprawności zgazowania. Dodatkowo możliwa jest poprawa współpracy z OZE. Jednakże, magazyny syngazu nie są powszechnie stosowane, co zwiększa ich koszty i utrudnia zarówno proces inwestycyjny, jak i eksploatację. Ponadto z magazynowaniem syngazu związane są zagrożenia. Ze względu na niską kaloryczność i gęstość gazu konieczne jest sprężanie go do wysokich ciśnień. Znaczna zawartość wodoru stwarza zagrożenia korozyjne, a w przypadku wycieku gazu może dojść do pożaru lub nawet eksplozji.

Wyniki modelowania przedstawione w referacie wskazały, że pomimo zwiększenia energii zużywanej na potrzeby własne takiego układu (sprężanie części gazu do magazynu) sprawność całkowita układu zgazowanie–magazyn–silniki wzrosła. Potwierdzono również, że zastosowanie magazynu syngazu w układzie hybrydowym pozwala na ograniczenie liczby rozruchów oraz zwiększenie niezawodności. Dzięki temu możliwe staje się zasilanie odbiorcy w trybie off-grid i zastąpienie innych form magazynowania energii w układach wykorzystujących niestabilne OZE.

W analizie nie dokonano obliczeń ekonomicznych. Pomimo wzrostu sprawności układu i ograniczenia wolumenu gazu zużytego do rozruchów instalacji (niższe koszty eksploatacyjne) oraz obniżenia mocy generatora gazu (obniżenie kosztów inwestycyjnych), ze względu na

dodanie instalacji składającej się z magazynu ciśnieniowego syngazu oraz sprężarki wzrosłyby znacznie koszty inwestycyjne. W efekcie konieczne jest sprawdzenie czy taka instalacja okazałaby się ekonomicznie opłacalna.

Literatura

- All Power Labs 2020 – 130KW HYBRID BIOMASS MICROGRID. [Online] https://www.allpowerlabs.com/wp-content/uploads/2020/10/130PPBaseContainerMicrogridOneSheetSmall10_28_20.pdf [Dostęp: 28.07.2023].
- Apt i in. 2008 – Apt, J., Newcomer, A., Lave, L.B., Douglas, S. i Dunn, L.M. 2008. An engineering-economic analysis of syngas storage. DOI: 10.1184/R1/6703679.V1.
- Aslam i in. 2021 – Aslam, Z., Li, H., Hammerton, J., Andrews, G., Ross, A. i Lovett, J.C. 2021. Increasing access to electricity: An assessment of the energy and power generation potential from biomass waste residues in Tanzania. *Energies* 14(6), DOI: 10.3390/en14061793.
- Bhaduri i in. 2017 – Bhaduri, S., Berger, B., Pochet, M., Jeanmart, H. i Contino, F. 2017. HCCI engine operated with unscrubbed biomass syngas. *Fuel Processing Technology* 157, s. 52–58, DOI: 10.1016/j.fuproc.2016.10.011.
- Chmielniak, T. 2021 – *Technologie Energetyczne*. 2 ed. Warszawa: WN PWN.
- „Czy wyłączyli Ci fotowoltaikę?” 2023 – Czy wyłączyli Ci fotowoltaikę? Kolejne wyłączenia mocy z PV. [Online] <https://globenergia.pl/czy-wylaczyli-ci-fotowoltaike-kolejne-wylaczenia-mocy-z-pv/> [Dostęp: 27.07.2023].
- Fiore i in. 2020 – Fiore, M., Magi, V. i Viggiano, A. 2020. Internal combustion engines powered by syngas: A review. *Applied Energy* 276, DOI: 10.1016/j.apenergy.2020.115415.
- Mazhko i in. 2021 – Mazhko, S., Dadfar, H., HajiHashemi, M. i Pourali, O. 2021. A comprehensive experimental and modeling investigation of walnut shell gasification process in a pilot-scale downdraft gasifier integrated with an internal combustion engine. *Energy Conversion and Management* 231, DOI: 10.1016/j.enconman.2021.113836.
- Paska, J. 2017 – *Rozproszone źródła energii*. Warszawa: Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej.
- Pedrazzi i in. 2016 – Pedrazzi, S., Allesina, G. i Tartarini, P. 2016. Effects of upgrading systems on energy conversion efficiency of a gasifier-fuel cell-gas turbine power plant. *Energy Conversion and Management* 126, s. 686–696, DOI: 10.1016/j.enconman.2016.08.048.
- Perez-Navarro i in. 2010 – Perez-Navarro, A., Alfonso, D., Álvarez, C., Ibáñez, F., Sanchez, C. i Segura, I. 2010. Hybrid biomass-wind power plant for reliable energy generation. *Renewable Energy* 35(7), s. 1436–1443, DOI: doi.org/10.1016/j.renene.2009.12.018.
- Primus, A. i Rosik-Dulewska, C. 2017. Produkcja energii w źródłach kogeneracyjnych małej mocy z wykorzystaniem technologii zgazowania odpadów pochodzenia komunalnego. Uwarunkowania prawne i ekonomiczne. *Polityka Energetyczna – Energy Policy Journal* 20(3), s. 79–92.
- Roman i in. 2023 – Roman, J., Wróblewski, R., Kłojzy-Karczmarczyk, B. i Ceran, B. 2023. Energetic, Economic and Environmental (3E) Analysis of a RES-Waste Gasification Plant with Syngas Storage Cooperation. *Energies* 16(4), DOI: 10.3390/en16042062.
- Skorek, J. i Kalina, J. 2005 – *Gazowe układy kogeneracyjne*. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne.
- Soares, J. i Oliveira, A.C. 2020 – Experimental assessment of pine wood chips gasification at steady and part-load performance. *Biomass and Bioenergy* 139, DOI: 10.1016/j.biombioe.2020.105625.
- Stolecka, K. i Rusin, A. 2019 – Hazards associated with syngas storage. *E3S Web of Conferences*. EDP Sciences, DOI: 10.1051/e3sconf/201913701022.
- Yang i in. 2020 – Yang, M., Yang, H., Zhou, H., Yang, Q., Zhao, H., Gul, E., Khan, M.A., Skreiberg, Ø., Wang, L. i Chao, H. 2020. Syngas Production, Storage, Compression and Use in Gas Turbines. *Production of Biofuels and Chemicals with Pyrolysis* 10, s. 323–371, DOI: 10.1007/978-981-15-2732-6_12.
- Zhang i in. 2021 – Zhang, K., Zhou, B., Wu, Q., Cao, Y., Liu, N., Voropai, N. i Barakhtenko, E. 2021. Modeling and utilization of biomass-to-syngas for industrial multi-energy systems. *CSEE Journal of Power and Energy Systems* 7(5), s. 932–942, DOI: 10.17775/CSEEJPES.2020.06190.

Koncepcja wykorzystania magazynu gazu w celu poprawy współpracy pomiędzy OZE a układem zgazowarka–silnik gazowy

Słowa kluczowe: niezawodność, hybrydowe systemy generacji energii elektrycznej, zgazowanie biomasy, magazyny energii

Streszczenie: W rozdziale przedstawiono koncepcję wykorzystania magazynu gazu w hybrydowym systemie wytwarzania energii elektrycznej składającym się z odnawialnych źródeł energii elektrycznej oraz układu reaktor zgazowania biomasy–silnik gazowy. Wyjaśnione zostały powody wyboru takiego tematu oraz zaprezentowany został brak literatury obejmującej ten temat, w szczególności w Polsce. Dokonana została analiza dostępnej literatury odnoszącej się do magazynowania syngazu. Przedstawiono różne typy magazynów gazu syntezowego. Wskazano ich zalety (takie jak zwiększenie stabilności i sprawności procesu zgazowania lub poprawę dostępności mocy) oraz wady (trudności inwestycyjne i eksploatacyjne, wymagane wysokie ciśnienia gazu). Opisano również zagrożenia związane z ich eksploatacją. Wśród nich należy wymienić w szczególności korozyjność związaną z dużą zawartością wodoru oraz niebezpieczeństwo pożaru. Następnie zaproponowano koncepcję i zamodelowano układ hybrydowy wykorzystujący magazyn gazu. Dokonano jego analizy pod kątem energetycznym (sprawności), niezawodnościowym (wskaźnik LOLP) oraz liczby rozruchów w ciągu roku. Następnie porównano go z układem bez magazynu gazu. Na tej podstawie stwierdzono, że wykorzystanie magazynu nieznacznie zwiększa sprawność układu pomimo zwiększenia zużycia energii na potrzeby własne. Ponadto magazyn zmniejsza niemal dwukrotnie prawdopodobieństwo utraty zasilania, co poprawia niezawodność układu. O około 25% zmniejszona zostaje również liczba rozruchów, co może zmniejszyć ilość paliwa rozpałkowego.

The concept of using a gas storage to improve cooperation between RES and the gasifier – gas engine system

Keywords: reliability, hybrid electricity generation systems, biomass gasification, energy storages

Abstract: The paper presents the concept of the use of a gas storage in a hybrid electricity generation system consisting of renewable energy sources and a gasifier – gas engine system. The reasons for choosing the topic were explained and the research gap, especially in Poland, was presented. A literature analysis on the topic of syngas storage was conducted. Different types of syngas storages were presented. The paper shows their advantages and disadvantages. The hazards associated with the use of syngas storages are also described. They are: the corrosivity associated with the high content of hydrogen, and the risk of fire. Next, the concept of a hybrid generation system with the gas storage was proposed. It was analyzed in terms of energy (efficiency), reliability (LOLP) and the number of start-ups per year. Moreover, it was compared with a system without the gas storage. As a result, it was found that the use of the gas storage slightly increases the efficiency of the system, despite the increase in energy consumption for own needs of the system. In addition, the storage decreases the probability of power loss (about 50%), which improves system reliability. The number of starts is also reduced by about 25%, which can reduce the amount of start-up fuel.