

Wykorzystanie wodoru w gospodarstwie domowym na przykładzie urządzeń, w których zastosowano technologię ogniw paliwowych

Usage of hydrogen in the household on the example of devices utilising fuel cell technology

Maciej Basiura, Urszula Żyjewska

Instytut Nafty i Gazu – Państwowy Instytut Badawczy

STRESZCZENIE: W artykule przedstawiono tematykę zagospodarowania wodoru w kontekście polityk krajowych (np. Porozumienie sektorowe na rzecz rozwoju gospodarki wodorowej w Polsce) i unijnych (pakiet aktów prawnych „Fit for 55”). Jednym ze sposobów wykorzystania wodoru do produkcji energii elektrycznej lub ciepłej jest technologia ogniw paliwowych. Umożliwia ona wytwarzanie ww. energii bez emisji szkodliwych substancji, np. pyłów. W dalszej części artykułu przedstawiono stan ogniw paliwowych w Polsce. Omówiono, jakie projekty i działania podejmują polskie jednostki na rzecz rozwoju technologii ogniw paliwowych w Polsce. Następnie scharakteryzowano rynek urządzeń dla użytkowników domowych. Obecnie rynek tego typu urządzeń dla gospodarstw domowych jest stosunkowo mały. W katalogach producentów znajdują się agregaty prądotwórcze oraz kogeneratory lub mikrokogeneratory. Krótko omówiono dostępne urządzenia: jakie ogniwa paliwowe wykorzystują, jakim rodzajem paliwa są zasilane, jakie są ich parametry eksploatacyjne (tj. moc cieplna, moc elektryczna, sprawność). W dalszej części artykułu przedstawiono sposoby wprowadzania produktów na rynek Unii Europejskiej. Jeśli ogniwa paliwowe i urządzenia je wykorzystujące mają być dopuszczone do obrotu w Unii Europejskiej, muszą spełniać wymagania odpowiednich rozporządzeń i dyrektyw. Wymieniono rozporządzenia i dyrektywy, którym mogą podlegać urządzenia wykorzystujące ogniwa paliwowe. Następnie przedstawiono zagadnienia związane z certyfikacją i badaniami potwierdzającymi właściwości deklarowane dla urządzeń z ogniwami paliwowymi w Laboratorium Badań Urządzeń Gazowych i Grzewczych Instytutu Nafty i Gazu – Państwowego Instytutu Badawczego. Omówiono zagadnienia związane z zakupem generatora energii elektrycznej wykorzystującego stos ogniw paliwowych, a także konfigurację stanowiska pomiarowego przygotowanego na potrzeby prowadzenia badań realizowanych w ramach pracy statutowej. Podano, jakie instalacje oraz ich opomiarowanie są konieczne do prowadzenia badań. Po stronie zasilającej urządzenia z ogniwem paliwowym znajdują się: paliwo, utleniacz (np. powietrze), energia elektryczna potrzebna do rozruchu urządzenia, natomiast po stronie wyjścia: energia elektryczna i ciepła produkowana przez urządzenie, gazy wylotowe oraz woda.

Słowa kluczowe: ogniwo paliwowe, wodór, AGD.

ABSTRACT: The article presents the topic of hydrogen management in the context of national (Sectoral agreement for the development of the hydrogen economy in Poland) or EU policies (the document “Fit for 55”). Possible way of using hydrogen to produce electricity or heat is through fuel cell technology. It enables the production of the above-mentioned energy without the emission of harmful substances, e.g. particulate matter. The further part of the article presents the state of art of fuel cells in Poland. The projects and activities undertaken by Polish organization for the development of fuel cell technology in Poland were discussed. Then, the household appliances market was characterized. Currently, the market for this type of appliances is relatively small. Manufacturers' catalogues include power generators and cogenerators or micro-cogenerators. The available devices were briefly discussed: what fuel cells they use, what kind of fuel they are powered by, their operational parameters are given (thermal power, electric power, efficiency). The further part of the article presents the ways of introducing products to the European Union market. If fuel cells and devices that use them are to be marketed in the European Union, they must comply with the relevant regulations and directives. The regulations and directives that fuel cell equipment may be subject to were listed. The issues related to certification and tests confirming declared properties of appliances with fuel cells at the Gas and Heating Equipment Test Laboratory of the Oil and Gas Institute – National Research Institute were presented. The purchase of an electric energy generator using a stack of fuel cells, as well as the configuration of a measuring stand, prepared for the needs of research carried out under the statutory work, were discussed. It was indicated which installations, along with their metering, are necessary for the research. On the supply side of a fuel cell device there is: fuel, oxidant (e.g., air), electricity needed to start the device, while on the output side: electricity and heat produced by the device, exhaust gases and water.

Key words: fuel cell, hydrogen, household appliances.

Autor do korespondencji: U. Żyjewska, e-mail: urszula.zyjewska@inig.pl

Artykuł nadesłano do Redakcji: 01.12.2021 r. Zatwierdzono do druku: 30.05.2022 r.

Wstęp

W związku z rosnącym zapotrzebowaniem rynku na szeroko rozumianą czystą energię trwają poszukiwania zeroemisyjnych paliw i systemów wytwarzania energii. Konieczność zmian wynika przede wszystkim z zanieczyszczenia atmosfery ziemskiej gazami cieplarnianymi, a także z rozwoju technologicznego i niemalejącego zapotrzebowania na energię użytkową. Rosnące zainteresowanie urządzeniami wykorzystującymi wodór jako paliwo wynika również z rozwoju technologii *power-to-gas*. Technologia ta ma umożliwić magazynowanie nadwyżek energii elektrycznej wyprodukowanej przez odnawialne źródła energii, wykorzystując wodór jako nośnik energii. Zwiększenie udziału odnawialnych źródeł energii w energetyce wynika z konieczności ograniczenia wykorzystywania paliw konwencjonalnych, takich jak węgiel kamienny czy ropa naftowa.

Problematyka strategii wodorowej w kontekście polityk krajowych lub unijnych była poruszana w artykułach Jaworskiego et al. (2019) oraz Ciechanowskiej (2020a, 2020b, 2020c). *Krajowy plan na rzecz energii i klimatu na lata 2021–2030* (Plan, 2019), opracowany przez Ministerstwo Aktywów Państwowych, został przekazany do Komisji Europejskiej w dniu 30 grudnia 2019 r. Plan (2019) zakłada osiągnięcie do 2030 r. 21–23% udziału odnawialnych źródeł energii w finalnym zużyciu energii brutto. Kolejnym celem jest podniesienie efektywności energetycznej do 23% w odniesieniu do zużycia energii pierwotnej w porównaniu z prognozą PRIMES 2007. Istotnym dokumentem dotyczącym polskiej gospodarki jest *Strategia na rzecz Odpowiedzialnego Rozwoju (z perspektywą do 2030 r.)* (Strategia, 2020). Dokument precyzuje wyzwania rozwojowe kraju, a także cele i sposoby rozwoju w wymiarze gospodarczym oraz społecznym w skali regionalnej i krajowej. Jednym z obszarów mających wpływ na osiągnięcie tych celów jest wytwarzanie energii, a jednym ze strategicznych celów – rozwój energetyki rozproszonej. Uchwalony przez Parlament Europejski pakiet aktów prawnych „Fit do 55” zakłada poważną transformację energetyczną. Odnawialne źródła energii oraz wodór mają stać się podstawą miksu energetycznego wszystkich krajów europejskich. Między innymi dlatego, z inicjatywy Ministra Klimatu i Środowiska, podpisano Porozumienie sektorowe na rzecz rozwoju gospodarki wodorowej w Polsce (Porozumienie, 2021). Jak czytamy: „wizją i nadrzędnym celem Polskiej Strategii Wodorowej jest stworzenie nowej gałęzi gospodarki, jaką jest gospodarka wodorowa, jej rozwój i maksymalizacja udziału technologii wodorowych w procesach służących osiągnięciu neutralności klimatycznej i podniesieniu konkurencyjności polskiej gospodarki”.

Pracownicy Instytutu Nafty i Gazu – Państwowego Instytutu Badawczego (INiG – PIB) od wielu lat zajmują się tematami związanymi z różnymi możliwościami wykorzystania wodoru.

Podejmowane badania nie skupiają się tylko na jednym temacie. Na przykład prowadzone są prace nad komercyjnym wykorzystaniem gazu ziemnego wzbogaconego o domieszki wodoru. Magazynem wyprodukowanego w układach *power-to-gas* wodoru mogą być istniejące sieci gazowe, jak piszą Jaworski et al. (2019). Zatłaczanie wodoru do istniejących sieci gazowych będzie miało wpływ na poszczególne elementy tych sieci. W kolejnych publikacjach (Jaworski et al., 2020; Jaworski i Dudek, 2020; Szewczyk i Jaworski, 2020) zaprezentowano, jak wpływa dodatek wodoru na aparaturę pomiarową i system rozliczeniowy. Na podstawie przeprowadzonych badań wpływu dodatku wodoru (od 0% do 15%) do gazu ziemnego na gazomierze miechowe nie stwierdzono znaczącego oddziaływania tego dodatku na zmiany metrologiczne badanych gazomierzy (Jaworski et al., 2020). Jaworski i Dudek (2020) zaprezentowali badania wpływu dodatku 2%, 4%, 5%, 10% i 15% wodoru do gazu ziemnego wysokometanowego na błędy wskazań gazomierzy termicznych. Autorzy stwierdzili, że w przypadku mieszanin gazowych zawierających 2%, 4% i 5% wodoru zdecydowana większość wyników spełniła wymogi błędu MPE. Odnotowano sporadyczne przekroczenia wartości MPE, ale nie były one znaczące. W przypadku mieszanin gazowych zawierających 10% i 15% wodoru, tj. powyżej wartości zalecanej przez producenta przyrządu, błędy wskazań wszystkich gazomierzy znacznie przekraczały wartości MPE. Metody wyznaczania współczynnika ściśliwości gazu dla mieszanek gazu ziemnego z wodorem przedstawił w artykule Łach (2016). Dodatek wodoru do gazu ziemnego i zatłaczanie do sieci gazu ziemnego będą miały wpływ na pracę urządzeń końcowych. Z kolei Wojtowicz (2019) przedstawił wyniki badań wybranych urządzeń użytku domowego. Badania przeprowadził z wykorzystaniem trzech mieszanin gazu ziemnego wysokometanowego z wodorem o zawartości wodoru 10%, 15% i 23%. Autor stwierdza, że nawet 23-procentowy dodatek wodoru do mieszaniny z gazem ziemnym nie ma wpływu na bezpieczną pracę badanych urządzeń AGD.

Wodór i ogniwa paliwowe

Układy *power-to-gas*, w których przy użyciu energii pochodzącej ze źródeł odnawialnych w wyniku elektrolizy wody produkowany jest wodór, idealnie wpisują się w obecne polityki energetyczne Polski i innych krajów Europy. Kluczowe zagadnienia, istotne z punktu widzenia wdrażania technologii *power-to-gas*, przedstawia Piskowska-Wasiak (2017). Autorka dokonała przeglądu rozwiązań technicznych w procesie *power-to-gas* i omówiła kierunki zagospodarowania jego produktów. Ponadto przedstawiła stan w zakresie wdrożenia tej technologii (w Europie, w tym w Polsce) oraz perspektywy

jej rozwoju. Wodór wytworzony w układach *power-to-gas* może zasilać ogniwa paliwowe, a tym samym może stać się jednym z elementów składowych niskoemisyjnego systemu energetycznego.

Technologia ogniw paliwowych pozwala na zagospodarowanie wodoru do produkcji energii elektrycznej (i/lub energii cieplnej). Urządzenia lub systemy ją wykorzystujące mogą być zasilane czystym wodorem, bez konieczności zmian konstrukcyjnych. Produktem reakcji zachodzącej w ogniwie paliwowym są: woda, energia elektryczna, energia cieplna. Żyjewska (2020a) przedstawia zasadę działania oraz opisuje rodzaje ogniw paliwowych. W jej artykule omówione zostały potencjalne kierunki rozwoju i możliwości wykorzystania ogniw paliwowych w różnych dziedzinach i sektorach gospodarki (transport, produkcja energii elektrycznej i/lub ciepła, magazynowanie energii w systemach EES).

W Polsce pracuje kilka systemów z ogniwami paliwowymi, ale wszystkie są instalacjami demonstracyjnymi. Jednym z nich jest układ ze stałotlenkowymi ogniwami paliwowymi znajdujący się w Zakładzie Wysokotemperaturowych Procesów Elektrochemicznych w Instytucie Energetyki – Instytucie Badawczym. Instytut realizował projekt NewSOFC – *Nowe konstrukcje, materiały i technologie wytwarzania zaawansowanych stałotlenkowych ogniw paliwowych*. Jego przedmiotem było „opracowanie nowych rozwiązań materiałowych, konstrukcyjnych i technologicznych wytwarzania stałotlenkowych ogniw paliwowych na podłożu anodowym zmierzających do poprawy osiągnięć ogniw, zwiększenia ich niezawodności oraz obniżenia kosztów wytwarzania pojedynczych ogniw, a także kompletnych stosów” (Informacje prasowe 1).

W Polsce istnieje zainteresowanie rozwojem technologii ogniw paliwowych. List intencyjny w sprawie współpracy podpisali przedsiębiorstwo PESA Bydgoszcz S.A. i PKN ORLEN (Informacje prasowe 2). Współpraca ma dotyczyć produkcji ogniw paliwowych zasilanych wodorem i wykorzystywanych w transporcie kolejowym. Początkowo mają być skonstruowane lokomotywy towarowe z napędem wodorowym, a docelowo – bezemisyjny zespół trakcyjny przeznaczony do obsługi ruchu pasażerskiego (Informacje prasowe 2). Kolejna informacja dotycząca próby wdrożenia ogniw paliwowych w rozwiązaniach przemysłowych dotyczy Polskiej Grupy Energetycznej i Instytutu Energetyki – Instytutu Badawczego. Współpraca ma dotyczyć autorskiego projektu źródeł mikrokogeneracyjnych (Informacje prasowe 3). W komunikacie można przeczytać, że układ ma być oparty na stałotlenkowych ogniwach paliwowych zasilanych gazem ziemnym. Komunikat podsumowany jest stwierdzeniem, że liczne zalety ogniw paliwowych oraz rozwinięcie technologii, odpowiednie do zastosowań przemysłowych, potwierdzone są przez dane z rynku. Dodatkowo zauważalny jest rozwój tańszych i trwalszych materiałów

stosowanych do budowy pojedynczych ogniw, stosów i ich komponentów (Informacje prasowe 3).

Urządzenia dostępne dla użytkowników indywidualnych

Wymienione przykłady dotyczą wykorzystania ogniw paliwowych w systemach przemysłowych o stosunkowo wysokich mocach. Jednak coraz więcej dostępnych rozwiązań zaczyna pojawiać się na rynku przeznaczonym dla użytkowników indywidualnych. Urządzenia gospodarstwa domowego mniejszych mocy do skojarzonego wytwarzania energii mogą stanowić elementy prosumenckiego systemu energetycznego. Obecnie rynek tego typu urządzeń dla gospodarstw domowych jest stosunkowo mały i nie ma polskiego producenta tego typu systemów. Jednakże są firmy produkujące urządzenia z wykorzystaniem tej technologii mające swoich przedstawicieli w Polsce. Większość tych urządzeń nie jest dostępna „od ręki”.

Producentami urządzeń dostępnych na rynku europejskim są między innymi: BOC (członek Linde Group), Viessmann, Solid Power, SFC Energy AG, Bosch, H2planet. W katalogach tych producentów znajdują się agregaty prądotwórcze oraz kogeneratory lub mikrokogeneratory wytwarzające energię elektryczną i ciepło (na cele grzewcze lub chłodnicze). Paliwami zasilającymi urządzenia, w zależności od ich konstrukcji i wykorzystanych ogniw paliwowych, są: wodór, gaz ziemny, mieszaniny gazu ziemnego z wodorem lub paliwa ciekłe (metanol). W większości do pracy wykorzystują tlen pozyskany z otaczającego powietrza. Ponieważ ogniwa paliwowe wytwarzają stałe napięcie elektryczne, w przypadku większości urządzeń istnieje możliwość doposażenia ich w falownik przekształcający napięcie stałe na napięcie przemienne sieciowe.

W ofercie producentów dostępne są urządzenia wyposażone w stałotlenkowe ogniwa paliwowe (ang. *solid oxide fuel cell*, SOFC), np. urządzenie kogeneracyjne model BlueGEN firmy Solid Power (Materiały producenta 1). Przedstawiony kogenerator zasilany jest gazem ziemnym. Wodór wytwarzany jest wewnątrz urządzenia. Całkowita sprawność urządzenia wynosi do 88%, a jednostka może wytwarzać do 13 000 kWh elektryczności i 7500 kW ciepła rocznie. W ofercie firmy Viessmann dostępne są dwa mikrokogeneratory: Vitovalor PT2 oraz Vitovalor PA2. Obydwa wyposażone są w stopy ogniw paliwowych z membraną do wymiany protonów (ang. *proton exchange membrane fuel cell*, PEMFC) (Materiały producenta 2; Materiały producenta 3). Vitovalor PA2 wyposażony jest w stos ogniw paliwowych o mocy elektrycznej 750 W_{el} oraz cieplnej 1,1 kW_{th} (wartość nominalna podana zgodnie z DIN EN 50465). Vitovalor PT2 wyposażony jest w stos ogniw paliwowych o mocy elektrycznej 750 W_{el} oraz cieplnej

1,1 kWth oraz w gazowy kocioł kondensacyjny o nominalnej mocy cieplnej 0,9–30,8 kWth (kocioł może mieć mniejszą moc, zależnie od wybranego modelu). Obydwa modele mogą być zasilane gazem ziemnym E(H) lub LL(L).

SFC Energy AG produkuje agregaty prądowłórcze wykorzystujące ogniwa paliwowe zasilane metanolem (Materiały producenta 4). Dostępne modele agregatów to EFOY 80 i EFOY 150, o maksymalnej mocy odpowiednio 40 W i 75 W oraz znamionowym napięciu 12 V/24 V. Agregaty mogą zasilać różne rodzaje popularnych akumulatorów, m.in.: kwasowo-ołowiowy, AGM, LiFePO₄ (litowo-żelazowo-fosforanowy). Te agregaty są urządzeniami przenośnymi i mogą mieć różnorodne zastosowanie. Włoska firma H2planet, mająca swojego przedstawiciela w Polsce, jest producentem agregatów prądowłórczych. Nazwa katalogowa urządzenia to generator z wodorowymi ogniwami paliwowymi, model GreenHub 2 PRO. Generator oparty jest na technologii ogniw typu PEM (ang. *proton exchange membrane*). Dostępne są generatory o wyjściowym napięciu stałym lub przemiennym sieciowym o mocy od 0,4 kW do 4,5 kW.

Wprowadzanie produktów na rynek

Wszystkie urządzenia lub osprzęt wprowadzane na rynek na terenie Unii Europejskiej muszą spełniać odpowiednie wymagania. Obowiązek wykazania zgodności spoczywa na producencie lub importerze. W zależności od wprowadzanego urządzenia lub osprzętu, sposobu produkcji (seryjna czy pojedynczy egzemplarz) itp. rozróżnia się sposoby potwierdzenia zgodności oraz systemy oceny. Ścieżka oceny zgodności mająca zastosowanie do danego urządzenia przedstawiona jest w odpowiednich dyrektywach i rozporządzeniach wydawanych przez Komisję Europejską. Dwa istotne elementy każdego z tych aktów prawnych to: wymagania prawne regulujące właściwości danego produktu (wymagania zasadnicze) oraz procedury oceny zgodności (określające, czy ocena zgodności może zostać przeprowadzona przez producenta samodzielnie, czy wymagany jest udział strony trzeciej, np. jednostki notyfikowanej). Ocena zgodności (certyfikacja/badania) wykonywana jest przez akredytowane jednostki certyfikujące / laboratoria badawcze / producenta.

Dodatkowe informacje na temat wymagań dotyczących wyrobów oraz systemów oceny zgodności można znaleźć w Niebieskim przewodniku wydawanym przez Komisję Europejską (Przewodnik, 2016).

Jeśli ogniwa paliwowe i urządzenia je wykorzystujące mają być dopuszczone do obrotu w Unii Europejskiej, muszą spełniać wymagania odpowiednich rozporządzeń i dyrektyw. Poniżej przedstawiono rozporządzenia i dyrektywy, którym

mogą podlegać urządzenia, w których zastosowano ogniwa paliwowe:

- Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2016/426 z dnia 9 marca 2016 r. w sprawie urządzeń spalających paliwa gazowe oraz uchylenia dyrektywy 2009/142/WE (Rozporządzenie 2016/426);
- Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2014/35/UE z dnia 26 lutego 2014 r. w sprawie harmonizacji ustawodawstw państw członkowskich odnoszących się do udostępniania na rynku sprzętu elektrycznego przewidzianego do stosowania w określonych granicach napięcia (Dyrektywa 2014/35/UE);
- Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2014/68/UE z dnia 15 maja 2014 r. w sprawie harmonizacji ustawodawstw państw członkowskich odnoszących się do udostępniania na rynku urządzeń ciśnieniowych (Dyrektywa 2014/68/UE);
- Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/125/WE z dnia 21 października 2009 r. ustanawiająca ogólne zasady ustalania wymogów dotyczących ekoprojektu dla produktów związanych z energią (Dyrektywa 2009/125/WE);
- Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2017/1369 z dnia 4 lipca 2017 r. ustanawiające ramy etykietowania energetycznego i uchylające dyrektywę 2010/30/UE (Rozporządzenie 2017/1369).

Jednocześnie z ww. aktami prawnymi zharmonizowane są normy ogólne i produktowe dotyczące wykorzystania technologii ogniw paliwowych w urządzeniach, między innymi przeznaczonych dla gospodarstw domowych. Trzy normy (EN 62282-3-100:2012, EN 62282-5-1:2012, EN 62282-3-300:2012) dotyczące ogniw paliwowych są zharmonizowane z dyrektywą 2014/35/UE. Trwają prace nad wykazem norm zharmonizowanych z rozporządzeniem 2016/426. Projekt przygotowany przez CEN-CENELEC zakłada, że dwie normy (EN 50465 oraz EN 62282-3-400) mogą zostać zharmonizowane z rozporządzeniem 2016/426. W wykazie norm zharmonizowanych z dyrektywą 2014/68/UE nie znajdują się normy dotyczące ogniw paliwowych, jednakże ich konstrukcja może podlegać wymaganiom tej dyrektywy. Poszerzoną analizę wymagań prawnych i normatywnych odnoszących się do urządzeń wykorzystywanych w gospodarstwie domowym można znaleźć w pracy statutowej (Żyjewska, 2020b).

Obecnie w Polsce nie ma laboratorium akredytowanego przez Polskie Centrum Akredytacji (PCA) zajmującego się badaniem szeroko rozumianych ogniw paliwowych na potrzeby procesu certyfikacji i udostępnienia ich na rynku. Na europejskim rynku badań certyfikacyjnych istnieją laboratoria akredytowane zajmujące się m.in. urządzeniami wykorzystującymi ogniwa paliwowe. Dla przykładu w Niemczech znajduje się Centrum badań DVGW (pełna

nazwa: DVGW-Forschungsstelle am Engler-Bunte-Institut des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) – Prüflaboratorium Gas) akredytowane przez Deutsche Akkreditierungsstelle GmbH (DAkKS), które prowadzi badania akredytowane ogniwo paliwowych i systemów w nie wyposażonych. Ponieważ żadne laboratorium w Polsce nie jest akredytowane przez PCA do prowadzenia badań urządzeń i/lub systemów wykorzystujących technologię ogniwo paliwowych, w tym momencie wszystkie produkowane w Polsce systemy, a także ogniwa paliwowe będą musiały być badane w laboratoriach zagranicznych.

Ogniwa paliwowe w Laboratorium Badań Urządzeń Gazowych i Grzewczych

Pracownicy Laboratorium Badań Urządzeń Gazowych i Grzewczych (GU-1) INiG – PIB w ramach posiadanej akredytacji PCA prowadzą badania urządzeń spalających paliwa na potrzeby ich certyfikacji i udostępnienia na rynku. W Laboratorium GU-1 jest wdrożony system zarządzania jakością według ISO 9001 i ISO 17025. W halach Laboratorium znajdują się instalacje oraz stanowiska testowe. Laboratorium posiada aparaturę pomiarową, która jest odpowiednio utrzymywana, to znaczy tak, jak wymaga tego akredytacja. Pracownicy Laboratorium przeprowadzili wstępne rozpoznanie możliwości wykonywania badań urządzeń wyposażonych w stosy ogniwo paliwowych, ponieważ zauważono niszę na polskim rynku badań akredytowanych urządzeń wykorzystujących tę technologię. Szczegółowo przeanalizowano cztery normy, z których największe szanse wdrożenia, przy stosunkowo małym nakładzie finansowym, ma zakres badań zgodnie z normą PN-EN 50465. Zgodnie z przeprowadzoną analizą Laboratorium GU-1, przy współpracy z innymi laboratoriami INiG – PIB, jest w stanie zmierzyć bezpośrednio lub pośrednio większość wymaganych parametrów wraz z określonymi niepewnościami. Drugą możliwością jest wdrożenie normy PN-EN 62282-3-200:2016-06, ale przy doposażeniu i współpracy między laboratoriami.

Jak już wspomniano, dostępnymi na rynku urządzeniami wykorzystującymi ogniwa paliwowe są agregaty prądotwórcze oraz kogeneratory lub mikrokogeneratory wytwarzające energię elektryczną i ciepłą. Wychodząc naprzeciw potrzebie zapoznania pracowników Laboratorium GU-1 z urządzeniami, w których zastosowano ogniwa paliwowe, został zakupiony przenośny generator energii elektrycznej wyposażony w stos ogniwo paliwowych o mocy elektrycznej 500 W. Dla użytkownika dostępna jest moc 400 W o parametrach napięcia sieciowego, tj. 230 V, AC, 50 Hz. Urządzenie może być zasilane tylko i wyłącznie wodorem o minimalnej klasie czystości 99,995% (klasa 4.5). Zakupiony generator został przedstawiony na rysunku 1.

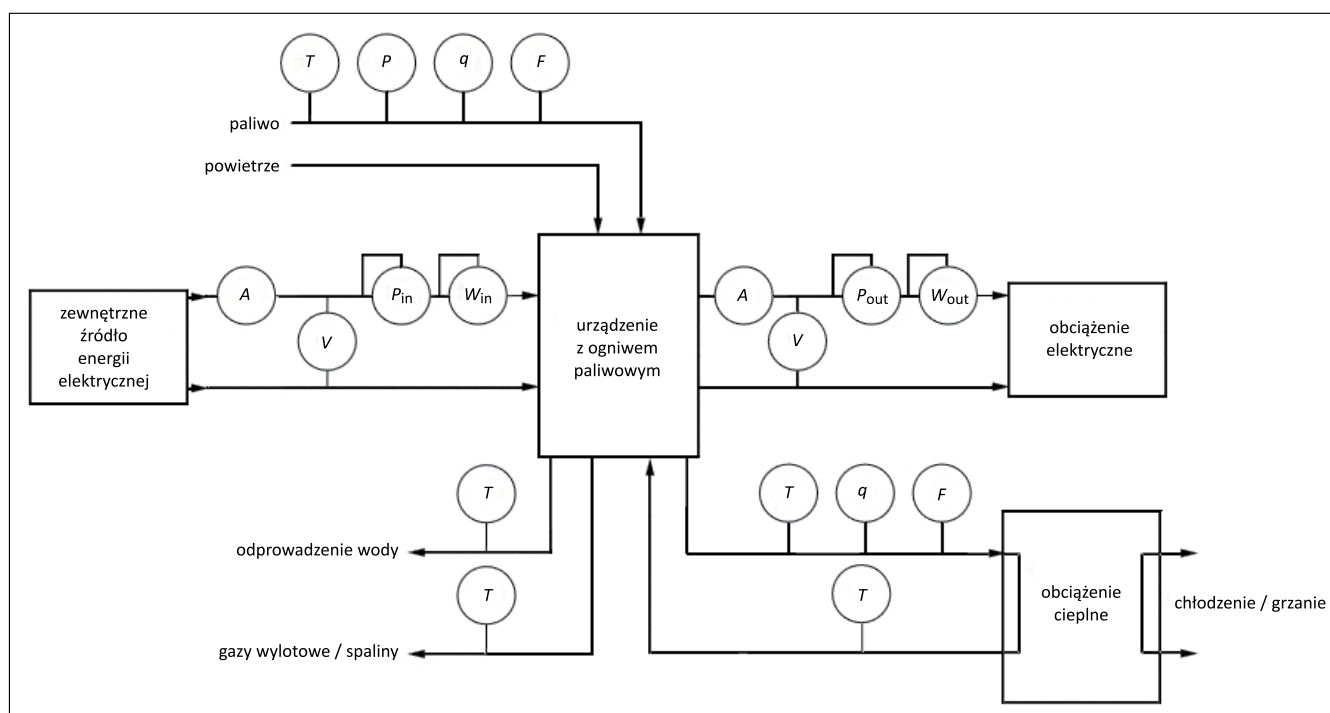


Rysunek 1. Zakupiony generator wodorowy wyposażony w stos ogniwo paliwowych (Źródło: własne)

Figure 1. Purchased hydrogen generator equipped with fuel cell stack (Source: own)

Pracownicy Laboratorium przygotowali stanowisko i przeprowadzili badania generatora wodorowego z wykorzystaniem posiadanej aparatury pomiarowej. Układ stanowiska pomiarowego, jaki należy stosować w badaniach tego typu urządzeń, został przedstawiony na rysunku 2. Stanowisko pomiarowe opracowano na podstawie norm przedmiotowych dotyczących urządzeń zawierających w swojej konstrukcji ogniwa paliwowe. Opracowane stanowisko może być wykorzystane do badania ogniwo paliwowych zasilanych zarówno czystym wodorem, jak i gazami węglowodorowymi, a także do badania mikrokogeneratorów. Zaproponowane stanowisko może znaleźć zastosowanie przy badaniach systemów kogeneracyjnych (produkcja energii elektrycznej i ciepła użytkowego) oraz – po wprowadzeniu drobnych modyfikacji (tak jak opisano w prezentowanym przykładzie) – badaniach urządzeń produkujących wyłącznie energię elektryczną.

Ponieważ zakupione urządzenie nie wytwarza ciepła użytkowego ani nie emituje spalin, instalacja odbioru ciepła i odprowadzenia spalin (wraz z opomiarowaniem) nie miała zastosowania. Po stronie zasilającej urządzenie z ogniwo paliwowym znajduje się: paliwo, utleniacz (np. powietrze) i źródło energii elektrycznej potrzebnej do rozruchu urządzenia, natomiast po stronie wyjścia: energia elektryczna i ciepła produkowana przez urządzenie, gazy wylotowe oraz woda.



Rysunek 2. Konfiguracja stanowiska pomiarowego dla małych, stacjonarnych, kogeneracyjnych systemów z ogniwem paliwowym zasilanych paliwem gazowym (Źródło: opracowanie własne na podstawie norm przedmiotowych)

Figure 2. Test bench set-up for small stationary fuel cell power CHP system fed with gaseous fuel (Source: own study based on the reference standards)

Najogólniej interpretując schemat, należy prowadzić pomiary wartości wielkości fizycznych na wejściu oraz na wyjściu. Do mierzonych wielkości należą: temperatura (T), ciśnienie (p), natężenie prądu (A), napięcie elektryczne (V), moc elektryczna zewnętrznego źródła (P_{in}), moc elektryczna wyprodukowana przez badane urządzenie (P_{out}), energia elektryczna zewnętrznego źródła (W_{in}), energia elektryczna wyprodukowana przez badane urządzenie (W_{out}), strumień objętości paliwa zasilającego badane urządzenie (lub objętość paliwa (q) i czas pracy urządzenia (F)). Użyte symbole literowe odpowiadają oznaczeniom na schemacie. Zmierzone wielkości fizyczne służą do wyznaczenia charakterystyki pracy urządzenia, bilansu energetycznego oraz sprawności.

W przypadku urządzeń małej mocy, wykorzystujących do pracy powietrze atmosferyczne, normy przedmiotowe nie wymagają opomiarowania dostarczanego powietrza. Konieczne jest zapewnienie wentylacji pomieszczenia, w którym znajduje się urządzenie. W przypadku urządzeń z ogniwami paliwowymi wykorzystujących czysty tlen lub urządzeń dużej mocy konieczne jest opomiarowanie również instalacji doprowadzającej utleniacz.

W wyniku podjętej działalności pracownicy Laboratorium GU-1 mogli zapoznać się z technologią ogniw paliwowych i zdobyć nowe doświadczenie w prowadzeniu badań. Praca pozwoliła jednocześnie określić konieczną do zakupu aparaturę, aby można było przystąpić do procesu akredytacji metod

badawczych zawartych w normie odniesienia dla badanego urządzenia.

Podsumowanie

Ogniwa paliwowe nie są nową technologią. W ostatnich latach widać ich coraz szybszy rozwój w kierunku powszechnego wykorzystania jako ekologicznego źródła energii elektrycznej i/lub cieplnej. Nacisk na szerokie wykorzystanie tej technologii jest coraz większy, ponieważ jej zastosowanie nie powoduje emisji szkodliwych związków i pyłów do atmosfery. Produktami reakcji elektrochemicznej zachodzącej w ogniwie jest energia elektryczna i woda, a w odpowiednich rozwiązaniach możliwe jest również zagospodarowanie energii cieplnej.

Rozwój obecnych technologii ogniw paliwowych jest potrzebny, aby stały się one ogólnie dostępne, a ich wykorzystanie – uzasadnione ekonomicznie. Intensywne prace nad technologią ogniw paliwowych spowodują ich powszechne zastosowanie w urządzeniach użytku domowego. Taki stan rzeczy wymusi ustanowienie odpowiedniego prawodawstwa i systemu oceny zgodności.

Przeanalizowane rozporządzenia i dyrektywy unijne, którym mogłyby podlegać ogniwa paliwowe, podają sposoby potwierdzenia zgodności. Prowadzenie badań typu lub badań

potwierdzających deklarowane właściwości użytkowe urządzeń wyposażonych w ogniwa paliwowe stanie się niezbędne w niedalekiej przyszłości.

Należy rozważyć możliwość prowadzenia badań w laboratoriach INiG – PIB, jeśli technologia ogniwa paliwowych będzie dalej intensywnie rozwijana, zostaną ustanowione systemy oceny zgodności oraz pojawią się odpowiednie przepisy prawne. Po spełnieniu ww. warunków doposażenie i przebudowa stanowisk laboratorium może okazać się ekonomicznie uzasadniona. W perspektywie najbliższych lat może to doprowadzić do rozszerzenia oferty badań o urządzenia wykorzystujące ogniwa paliwowe w swej konstrukcji oraz do rozszerzenia zakresu akredytacji PCA laboratoriów INiG – PIB. Autorzy mają nadzieję, że prace podjęte przez pracowników INiG – PIB przyczynią się do rozpowszechnienia wiedzy na temat technologii ogniwa paliwowych w urządzeniach przeznaczonych dla gospodarstw domowych, a także do wzrostu zainteresowania tą technologią.

Artykuł powstał na podstawie pracy statutowej pt. *Badania ogniwa paliwowych – nowy kierunek badawczy w INiG – PIB*, praca INiG – PIB; nr zlecenia: 0064/GU/2021, nr archiwalny: DK-4100-0052/2021.

Literatura

- Ciechanowska M., 2020a. *Europejski Zielony Ład* wyzwaniem dla transformacji polskiego przemysłu naftowego i gazowniczego. *Nafta-Gaz*, 76(10): 757–761. DOI: 10.18668/NG.2020.10.12.
- Ciechanowska M., 2020b. Program ramowy Horyzont Europa czynnikiem wspierającym transformację energetyczną kraju. *Nafta-Gaz*, 76(11): 870–874. DOI: 10.18668/NG.2020.11.13.
- Ciechanowska M., 2020c. Strategia w zakresie wodoru na rzecz Europy neutralnej dla klimatu. *Nafta-Gaz*, 76(12): 951–954. DOI: 10.18668/NG.2020.12.09.
- Informacje prasowe 1. NewSOFC. <<https://www.ien.com.pl/projekty-krajowe/items/84>> (dostęp: 27.11.2020).
- Informacje prasowe 2. Strategiczna współpraca PKN ORLEN i Pesa Bydgoszcz przy technologii wodorowej. <<http://pesa.pl/strategiczna-wspolpraca-pkn-orlen-i-pesa-bydgoszcz-przy-technologiei-wodorowej/>> (dostęp: 27.11.2020).
- Informacje prasowe 3. Ekologiczna mikroelektrociepłownia na gaz od PGE. <<https://www.gkpge.pl/biuro-prasowe/komunikaty-prasowe/korporacyjne/ekologiczna-mikroelektrociepłownia-na-gaz-od-pge/>> (dostęp: 27.11.2020).
- Jaworski J., Dudek A., 2020. Study of the effects of changes in gas composition as well as ambient and gas temperature on errors of indications of thermal gas meters. *Energies*, 13: 5428. DOI: 10.3390/en13205428.
- Jaworski J., Kukulska-Zajac E., Kułaga P., 2019. Wybrane zagadnienia dotyczące wpływu dodatku wodoru do gazu ziemnego na elementy systemu gazowniczego. *Nafta-Gaz*, 75(10): 625–632. DOI: 10.18668/NG.2019.10.04.
- Jaworski J., Kułaga P., Blacharski T., 2020. Study of the effect of addition of hydrogen to natural gas on diaphragm gas meters. *Energies*, 13: 3006. DOI: 10.3390/en13113006.
- Łach M., 2016. Dokładność wyznaczania współczynnika ściśliwości gazu z podwyższoną zawartością wodoru – porównanie metod obliczeniowych. *Nafta-Gaz*, 72(5): 329–338. DOI: 10.18668/NG.2016.05.04.
- Materiały producenta 1. Solid Power. <<https://www.solidpower.com/en/>> (dostęp: luty 2021).
- Materiały producenta 2. Viessmann. Strom und Wärme aus einem Gerät: VITOVALOR PR2. <https://www.viessmann.de/content/dam/vi-brands/DE/Produkte/Kraft-Waerme-Kopplung/Brennstoffzelle/Vitovalor-PT2/kpr-w-Vitovalor_PT2.pdf/_jcr_content/renditions/original.media_file.download_attachment.file/kpr-w-Vitovalor_PT2.pdf> (dostęp: październik 2021).
- Materiały producenta 3: Viessmann. Der eigene Stromerzeuger – die ideale Ergänzung zur Heizung: VITOVALOR PA2. <https://www.viessmann.de/content/dam/vi-brands/DE/Produkte/Kraft-Waerme-Kopplung/Brennstoffzelle/Vitovalor-PA2/kpr-vitovalor-pa2.pdf/_jcr_content/renditions/original.media_file.download_attachment.file/kpr-vitovalor-pa2.pdf> (dostęp: październik 2021).
- Materiały producenta 4. SFC Energy AG. <<https://www.my-efoy.com/en/>> (dostęp: luty 2021).
- Piskowska-Wasiak J., 2017. Doświadczenia i perspektywy procesu Power to Gas. *Nafta-Gaz*, 73(8): 597–604. DOI: 10.18668/NG.2017.08.07.
- Plan, 2019. Krajowy plan na rzecz energii i klimatu na lata 2021–2030. <<https://www.gov.pl/web/aktywa-panstwowe/krajowy-plan-na-rzecz-energii-i-klimatu-na-lata-2021-2030-przekazany-do-ke>> (dostęp: listopad 2021).
- Porozumienie, 2021. Porozumienie sektorowe na rzecz rozwoju gospodarki wodorowej w Polsce. <<https://www.gov.pl/web/klimat/porozumienie-sektorowe-gospodarka-wodorowa>> (dostęp: listopad 2021).
- Strategia, 2020. Strategia na rzecz Odpowiedzialnego Rozwoju do roku 2020 (z perspektywą do 2030 r.). <<https://www.gov.pl/web/fundusze-regiony/informacje-o-strategii-na-rzecz-odpowiedzialnego-rozwoju>> (dostęp: listopad 2021).
- Szewczyk P., Jaworski J., 2020. Analiza wpływu dodatku wodoru do gazu ziemnego na szczelność połączeń mechanicznych wybranych elementów sieci i instalacji gazowych. *Prace Naukowe INiG – PIB*, 231: 1–134. DOI: 10.18668/PN2020.231.
- Wojtowicz R., 2019. Analiza wpływu dodatku wodoru do gazu ziemnego na pracę urządzeń gazowych. *Nafta-Gaz*, 75(8): 465–473. DOI: 10.18668/NG.2019.08.03.
- Żyjewska U., 2020a. Rodzaje ogniwa paliwowych i ich potencjalne kierunki wykorzystania. *Nafta-Gaz*, 76(5): 332–339. DOI: 10.18668/NG.2021.05.06.
- Żyjewska U., 2020b. Ogniwa paliwowe jako element zagospodarowania wodoru wytworzonego w układach Power to Gas. *Praca statutowa INiG – PIB, nr zlec. 0109/GU/2020, Archiwum Instytutu Nafty i Gazu – Państwowego Instytutu Badawczego, Kraków.*

Akty prawne i dokumenty normatywne

- Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/125/WE z dnia 21 października 2009 r. ustanawiająca ogólne zasady ustalania wymogów dotyczących ekoprojektu dla produktów związanych z energią.
- Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2014/35/UE z dnia 26 lutego 2014 r. w sprawie harmonizacji ustawodawstw państw członkowskich odnoszących się do udostępniania na rynku sprzętu elektrycznego przewidzianego do stosowania w określonych granicach napięcia.
- Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2014/68/UE z dnia 15 maja 2014 r. w sprawie harmonizacji ustawodawstw państw członkowskich odnoszących się do udostępniania na rynku urządzeń ciśnieniowych.

EN 62282-3-100:2012 – Technologie ogniw paliwowych – Część 3-100: Systemy zasilania ze stacjonarnych ogniw paliwowych – Bezpieczeństwo.

EN 62282-5-1:2012 – Technologie ogniw paliwowych – Część 5-1: Przenośne ogniwa paliwowe – Bezpieczeństwo.

EN 62282-3-300:2012 – Technologie ogniw paliwowych – Część 3-300: Systemy zasilania ze stacjonarnych ogniw paliwowych – Instalacja.

Przewodnik, 2016. Zawiadomienie Komisji. Niebieski przewodnik – wdrażanie unijnych przepisów dotyczących produktów 2016 (Dz. Urz. UE C 272 z 26 lipca 2016 r.).

Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2016/426 z dnia 9 marca 2016 r. w sprawie urządzeń spalających paliwa gazowe oraz uchylenia dyrektywy 2009/142/WE.

Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2017/1369 z dnia 4 lipca 2017 r. ustanawiające ramy etykietowania energetycznego i uchylające dyrektywę 2010/30/UE.



Mgr inż. Urszula ŻYJEWSKA
Specjalista inżynieryjno-techniczny w Zakładzie
Użytkowania Paliw
Instytut Nafty i Gazu – Państwowy Instytut Badawczy
ul. Lubicz 25 A
31-503 Kraków
E-mail: urszula.zyjewska@inig.pl



Mgr inż. Maciej BASIURA
Asystent w Zakładzie Użytkowania Paliw
Instytut Nafty i Gazu – Państwowy Instytut Badawczy
ul. Lubicz 25 A
31-503 Kraków
E-mail: maciej.basiura@inig.pl

OFERTA BADAWCZA ZAKŁADU UŻYTKOWANIA PALIW

- badania typu urządzeń spalających paliwa gazowe według norm odniesienia w celu potwierdzenia zgodności z Rozporządzeniem UE 2016/426 (GAR);
- badania sprawności kotłów wodnych zasilanych paliwami gazowymi i olejowymi na zgodność z Dyrektywą 92/42/EWG;
- badania instalacji elektrycznych urządzeń gazowych i drobnego sprzętu domowego na zgodność z Dyrektywą 2014/35/UE „Niskie napięcia”;
- badania urządzeń grzewczych typu kominki oraz kuchnie i kotle na paliwo stałe, w oparciu o normy zharmonizowane z Rozporządzeniem UE CPR 305/2011;
- badania zapalniczek gazowych i ich zgodności z wymaganiami normy PN-EN ISO 9994 oraz ich zabezpieczenia przed uruchomieniem przez dzieci, zgodnie z normą PN-EN 13869;
- badania kominów metalowych i ceramicznych na zgodność z normami zharmonizowanymi z Rozporządzeniem UE CPR 305/2011;
- badania i wydawanie opinii technicznych o możliwości bezpiecznego użytkowania przemysłowych urządzeń zasilanych gazem;
- projektowanie i wykonanie mieszalni gazów oraz badanie zamienności paliw;
- ekspertyzy sądowe w zakresie użytkowania gazu;
- ekspertyzy termograficzne instalacji technicznych, maszyn i urządzeń mechanicznych, elektrycznych gazowych i grzewczych.



Kierownik: mgr inż. Robert Wojtowicz Adres: ul. Bagrowa 1, 30-733 Kraków
Telefon: 12 617 74 65 Faks: 12 653 16 65 E-mail: robert.wojtowicz@inig.pl



INSTYTUT NAFTY I GAZU
– Państwowy Instytut Badawczy