

doi:10.15199/48.2024.08.25

# Perspektywy grzejnictwa indukcyjnego w elektrotechnologiach i elektrociepłownictwie - dwóch dziedzinowych rynkach elektroprosumeryzmu

**Streszczenie.** Przedstawiono elektroprosumeryzację energetyki dotyczącą dwóch dziedzinowych rynków elektroprosumeryzmu: elektryfikacji ciepłownictwa jako transformacji energetycznej do ciepłownictwa elektroprosumenckiego oraz rynku użytkowania energii elektrycznej w procesach elektrotechnologicznych i w przemyśle 4.0, zwracając uwagę na optymalne zarządzanie energią na tych rynkach. Przedstawiono całościowe ujęcie magazynowania energii: energii elektrycznej, ciepła, gotowych produktów i termicznie izolowanych budynków, jako magazynów energii. Podkreślono techniczne, społeczne i rynkowe znaczenie transformacji energetycznej do elektroprosumeryzmu..

**Abstract.** The electroprosumerization of energy was presented regarding two specific electroprosumerism markets: the electrification of heating as an energy transformation to electroprosumer heating and the market for the use of electricity in electrotechnological processes and in industry 4.0. The emphasis is on optimal energy management in these markets. A comprehensive approach to energy storage is presented: electricity, heat, finished products and thermally insulated buildings as energy storage facilities. The technical, social and market significance of the energy transformation to electroprosumerism was highlighted. **Prospects of Induction Heating in Electrotechnologies and Electroheating - Two Specialized Markets of Electroprosumerism**

**Słowa kluczowe:** kocioł indukcyjny, elektroprosumeryzm, elektrociepłownictwo, transformacja energetyczna  
**Keywords:** induction boiler, electroprosumerism, electroheating, energy transformation.

## Wstęp

Elektroprosumeryzm, to cel transformacji energetycznej w trybie innowacji przełomowej, opracowanej i opublikowanej pod nazwą „Teorii Elektroprosumeryzmu” przez prof. dr hab. inż. Jana Popczyka [1] i wdrażanej teoretycznie jako dyscyplina naukowa oraz praktycznie, w formie technicznych rozwiązań, zgodnych ze strategią unijnego „Zielonego Ładu”.

Elektroprosumeryzm jest pojęciem wieloznacznym i wpływa na rozwój technologii, społecznej gospodarki rynkowej oraz na budowanie społeczeństwa obywatelskiego, nie roszczeniowego, nie nihilistycznego, lecz – poprzez zaangażowanie własnego kapitału - odpowiedzialnego za energetyczną odporność kryzysową, zatem za swoje bezpieczeństwo egzystencjonalne.

Teoria elektroprosumeryzmu wyodrębnia sześć dziedzinowych rynków elektroprosumeryzmu [1]: egzergetyzacja (pasywacja) budownictwa (1), elektryfikacja ciepłownictwa – transformacja ciepłownictwa do elektrociepłownictwa (ciepłownictwa elektroprosumenckiego) (2), elektryfikacja transportu (3), użytkowanie energii elektrycznej, elektrotechnologie, przemysł 4.0 (4), reelektryfikacja OZE (5), rolnictwo i hodowla (6).

Artykuł dotyczy dwóch rynków elektroprosumeryzmu: drugiego (elektrociepłownictwo) i czwartego (elektrotechnologie).

W zaproponowanym procesie elektryfikacji ciepłownictwa źródłem ciepła jest kocioł indukcyjny zasilany generatorem wysokiej częstotliwości, opracowanym w ramach projektu współfinansowanego ze środków UE, nr umowy: POIR.01.01.01-00-1768/20-00.

Opracowane i opatentowane rozwiązanie techniczne elektrycznego źródła ciepła – kotła indukcyjnego - przeznaczone jest dla budynków wielorodzinnych, nowo budowanych i remontowanych oraz budynków przemysłowych i użyteczności publicznej, jako alternatywa dla ciepłownictwa systemowego. Umożliwia praktyczne rozwiązanie ciepłownictwa elektroprosumenckiego.

Warunkiem koniecznym ciepłownictwa elektroprosumenckiego jest jego powiązanie z

minimalizacją strat ciepła w obiekcie. Zatem wprowadzanie go wówczas, gdy już nie ma rezerw w obniżaniu strat energii, czyli po pasywacji obiektu budowlanego (egzergetyzacja budownictwa). Drugi warunek to obniżenie cen energii elektrycznej poprzez jej pozyskiwanie ze źródeł OZE, własnych, bądź innych elektroprosumentów, wzajemnie powiązanych, tworzących „zieloną sieć elektroprosumencką” i platformy handlowe, umożliwiające optymalne zarządzanie wytwarzaniem i użytkowaniem tej energii.

Optymalne zarządzanie energią jest zadaniem i wyzwaniem dla elektroprosumeryzacji procesów technologicznych, czyli transformacji technologii do elektrotechnologii [2]. Podkreślić należy znaczenie grzejnictwa wysokiej częstotliwości w procesach elektrotechnologicznych, w szczególności realizowanych przez maszyny inteligentne, stanowiące podstawowe wyposażenie w zautomatyzowanych liniach produkcyjnych, charakterystycznych dla Przemysłu 4.0. Procesy elektrotechnologiczne, w szczególności dotyczące obróbki cieplnej metali o kształtach nieregularnych, wymagają precyzyjnego kształtowania pola temperaturowego nagrzewanej strefy. To z kolei wymaga zastosowania generatora prądu o szerokim paśmie częstotliwości. Generator o paśmie częstotliwości prądu wzbudnika w granicach 30 – 300 kHz, opracowany w ramach projektu nr POIR.01.01.01-00-1768/20-00, umożliwia sterowanie polem temperaturowym o głębokości w granicach od 0,5 do 6 mm. Wysoka częstotliwość umożliwia także kształtowanie pola temperaturowego elementów o powierzchni odkształconej, których obróbka cieplna jest trudnym zadaniem technologicznym.

## Elektryfikacja ciepłownictwa – drugi rynek dziedzinowy elektroprosumeryzmu

Świadomość społeczna producentów i konsumentów ciepła dotycząca transformacji ciepłownictwa do elektrociepłownictwa jest inna w odniesieniu do źródeł ciepła w prosumenckich gospodarstwach indywidualnych, w komunalnym ciepłownictwie sieciowym oraz w ciepłownictwie przemysłowym i technologicznym. W

każdym z w/w przypadków ważna jest efektywność transformacji ciepłownictwa do elektrociepłownictwa.

W gospodarstwach indywidualnych elektrociepłownictwo jest naturalną konsekwencją elektroprosumeryzacji. Indywidualna minielekrownia fotowoltaiczna z magazynem energii elektrycznej zasilająca pompę ciepła i magazyn ciepła, zwiększają energetyczną odporność kryzysową tego gospodarstwa.

Ciepłownictwo sieciowe jest szczególnym rynkiem dziedzinowym elektroprosumeryzmu, szczególnym z punktu widzenia świadomości społecznej tego rynku. Dlatego jest też szczególnym wyzwaniem dla innowatorów, związanym z rodzajem transformacji energetycznej w ciepłownictwie, transformacji, której efektem jest ciepłownictwo elektroprosumenckie.

Transformacja ciepłownictwa do elektrociepłownictwa przebiega dwutorowo jako:

- przyrostowa - zachowany system dystrybucji ciepła przez centralne sieci ciepłownicze, a źródła ciepła oparte na paliwach kopalnych zamieniane są na źródła OZE;
- przełomowa - polegająca na dystrybucji energii przez sieć elektryczną i zamianie energii elektrycznej w ciepło, w miejscu jego użytkowania.

Transformacja przełomowa ciepłownictwa sieciowego do ciepłownictwa elektroprosumenckiego spowoduje stopniową, częściową eliminację centralnej sieci ciepłowniczej, w miarę jej technicznego zużycia i zastąpienia jej siecią elektryczną z węzłami elektrociepłowniczymi tam, gdzie będzie to miało uzasadnienie techniczne i ekonomiczne. Uwolni władze lokalne od problemów ekonomicznych i społecznych związanych z awariami sieci ciepłowniczej (rozkopywanie ulic podczas remontów sieci ciepłowniczej, objazdy, problemy komunikacji zbiorowej) i społeczeństwo od skutków tych awarii.

Ciepłownictwo elektroprosumenckie umożliwia pracę w systemie on-off grid w ciepłownictwie.

W lecie, gdy produkcja energii ze źródeł OZE jest na najwyższym poziomie, węzeł elektrociepłowniczy może być odłączony od centralnej sieci ciepłowniczej i zasilac obiekt w CWU z pompy ciepła lub kotła indukcyjnego. Ciepłownictwo elektroprosumenckie może być również całkowicie autonomiczne, a ponadto umożliwia proste magazynowanie ciepła w magazynach rozproszonych, w pobliżu użytkowników ciepła, bez konieczności transportu tego ciepła z magazynów wielkoskalowych. [7][8]

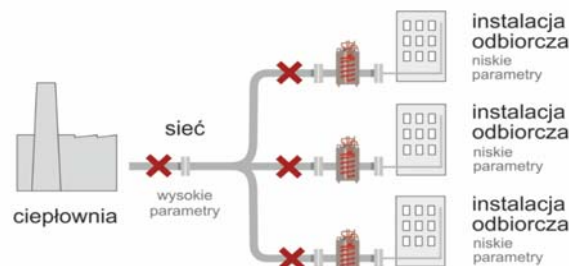
Ciepłownictwo sieciowe będzie funkcjonować i modernizować się, szczególnie w aglomeracjach, w pobliżu których zlokalizowane będą np. wytwórnie zielonego wodoru (Żuławy - Trójmiasto).

Ciepło z elektrolizerów bądź ogniw paliwowych może zasilac sieć ciepłowniczą. Zwolennicy energetyki jądrowej sugerują możliwość wykorzystania w sieci ciepłowniczej ciepła odzyskiwanego w układzie chłodzenia małych elektrowni jądrowych - SMR-ów.

### Kocioł indukcyjny jako źródło ciepła w węźle elektrociepłowniczym

Budynki wielorodzinne zarządzane przez spółdzielnie, wspólnoty bądź przez innego administratora, obiekty przemysłowe, handlowe lub inne obiekty użyteczności publicznej, mogą korzystać dla zasilania węzła elektrociepłowniczego z własnych źródeł OZE, ze źródeł należących do jednostek samorządu terytorialnego (JST), lub innych źródeł elektrycznych OZE zintegrowanych w elektroprosumenckich, transsłonowych platformach handlowych. Ponadto, awaryjnie, z agregatu elektrociepłowniczego. W węźle elektrociepłowniczym obiektu mogą być zainstalowane jako źródła ciepła: pompa

ciepła, kocioł indukcyjny, lub solarne źródła ciepła [3][5]. Propozycja zastosowania kotła indukcyjnego umożliwiającą autonomizację ciepłownictwa w budynkach wielorodzinnych i innych obiektach wielogabarytowych, przedstawiona jest na rys.1.



Rys.1. Propozycja zastosowania kotła indukcyjnego

Elektryfikacja węzła ciepłowniczego budynku wielorodzinnego, bądź innego obiektu budowlanego, wymaga odłączenia tego węzła od centralnej sieci ciepłowniczej i zainstalowania kotła indukcyjnego i/lub pomp ciepła w obiekcie odłączonym. Zapewnienie dodatkowej mocy elektrycznej nie jest uciążliwe i nie wymaga rozkopania ulic (przewierci). Kabel może być położony pod chodnikiem lub na poboczu. Takie operacje mogą być przeprowadzane planowo, a znajomość historii sieci ciepłowniczej umożliwia przewidywanie awarii i wcześniejsze przygotowanie zasilania elektrycznego węzła ciepłowniczego. Można również odcinki sieci ciepłowniczej wyłączonej z eksploatacji wykorzystać do przeprowadzenia kabla elektrycznego potrzebnego do zasilania obiektu.

Kocioł indukcyjny zainstalowany w węźle ciepłowniczym obiektu może stanowić główne źródło zasilania w ciepło. Nie wyklucza to zastosowania innych źródeł ciepła: pomp ciepła i ogniw solarnych. Kocioł indukcyjny w swoim obiegu wewnętrznym, nagrzewa olej termalny do zadanej temperatury i przekazuje ciepło do węzła ciepłowniczego systemu CO i CWU obiektu, przez wymiennik typu ciecz/ciecz (olej/woda). Sterownik kotła kontroluje parametry pracy oraz realizuje zadany program mocy grzewczej. Przetwarzanie energii elektrycznej w ciepło realizuje generator o nadakustycznej częstotliwości prądu, co zapewnia cichą pracę kotła. Zakres płynnej regulacji mocy wynosi 10-100%. Kocioł zawiera obieg zamknięty nagrzewanego oleju termalnego, a ciepło przekazywane jest przez wymiennik do systemu centralnego ogrzewania. Zawiera ponadto system przekierowania ciepła do magazynu ciepła oraz odzyskiwania zmagazynowanego ciepła przez system centralnego ogrzewania [5]. Zalety kotła indukcyjnego w porównaniu z innymi rozwiązaniami np. z kotłem rezystancyjnym przedstawiono w literaturze [2].



Rys. 2. Prototyp kotła indukcyjnego

Przykładowe rozwiązanie prototypu kotła indukcyjnego zainstalowanego w węźle elektrociepłowniczym zakładu przemysłowego (średniego w kwalifikacji przedsiębiorstw), w celu przeprowadzenia badań eksploatacyjnych, przedstawiono na rys. 2. Jest on jednocześnie wyposażeniem przemysłowej energetycznej osłony kryzysowej [1], której zadaniem jest autonomia energetyczna przedsiębiorstwa i optymalne zarządzanie energią.

Kocioł indukcyjny w wersji kompaktowej, w której część grzewcza i sterująca umieszczone są w jednej obudowie, przedstawiony jest na rys. 3.



Rys. 3. Wersja kompaktowa kotła indukcyjnego

Ważnym elementem dla ciepłownictwa elektroprosumenckiego ogólnie, a dla energetycznej osłony kontrolnej w szczególności, jest autonomiczny zespół elektrociepłowniczy (AZE), który może być umieszczony w oddzielnym pomieszczeniu budynku lub na zewnątrz obiektu np. w kontenerze. Może być wówczas rezerwowym źródłem ciepła w węźle elektrociepłowniczym budynku mieszkalnego lub przemysłowego, bazującym wyłącznie na energii z OZE [6].

W procesie elektroprosumeryzacji energetyki, AZE umożliwi pełną autonomizację energetyczną obiektu. Agregat prądotwórczy, może być napędzany biogazem lub zielonym wodorem, tworząc zeroemisyjne źródło ciepła i prądu.

Autonomiczny zespół elektrociepłowniczy może być umieszczony na samochodzie dostawczym lub przyczepie samochodowej, tworząc mobilny zespół elektrociepłowniczy, podłączany do węzła ciepłowniczego obiektu na czas usuwania awarii centralnej sieci ciepłowniczej.



Rys. 4. Autonomiczny zespół elektrociepłowniczy

W obwodzie chłodzenia silnika agregatu oraz w układzie wydechowym zamontowane są wymienniki ciepła

umożliwiające jego odzyskiwanie. W zależności od zapotrzebowania na ciepło, jest ono pozyskane z układu chłodzenia silnika i ze spalin i sumowane z ciepłem pozyskiwanym z kotła indukcyjnego, zasilanego z agregatu.[6]

### Elektrociepłownictwo przemysłowe

W instalacjach przemysłowych stosowane jest nagrzewanie technologicznych nośników ciepła - oleju termalnego - wykorzystywanego do stabilizacji temperatury procesów. Kocioł indukcyjny może mieć zastosowanie w tych procesach nagrzewając olej termalny do wymaganych temperatur w granicach 200-300 °C, zastępując kotły gazowe lub olejowe. Są to technologie stosowane przy produkcji mas bitumicznych, krokietów, piwa, żywic, blach powlekanych, technologie o zapotrzebowaniu mocy od 100 do 1500 kW, zatem duży obszar dla zastosowania ciepłownictwa elektroprosumenckiego opartego na grzejnictwie indukcyjnym [2].

Wysoka dynamika pracy kotła indukcyjnego stwarza również możliwość szybkiego, ogrzewania hal przemysłowych. W obiektach tego typu następuje czasem skokowe wychłodzenie na skutek otwarcia bram, przykładowo do załadunku wyrobów lub wyładunku dostaw. Kocioł indukcyjny z olejem termalnym umożliwia szybkie uzyskanie wysokiej temperatury oleju. Olej termalny może być bezpośrednio czynnikiem grzewczym w urządzeniach nadmuchowych, co dzięki jego wysokiej temperaturze, przykładowo 200 °C, pozwoli szybko nagrzać wychłodzoną halę. Właściwość związana z magazynowaniem ciepła w zbiorniku wypełnionym olejem termalnym jest bardzo istotna w zarządzaniu optymalnym użytkowaniem energii w halach produkcyjnych, uwzględniając ciepło zmagazynowane, ciepło wytwarzane przez kocioł indukcyjny oraz ciepło pozyskiwane w wyniku procesów elektrotechnologicznych w hali.

### Elektroprosumeryzm w elektrotechnologiach obróbki metali i przemysle 4.0

Na rynku użytkowania energii elektrycznej elektroprosumeryzm umożliwia „odciążenie” sieci przesyłowej KSE, przez zaspokojenie zapotrzebowania na energię lokalnie na poziomie elektroprosumenckim. Przemysł, inwestując we własne źródła energii elektrycznej odnawialnej oraz jej magazynowanie, jest automatycznie zainteresowany optymalnym zarządzaniem energią.

Najtańsza energia to energia zaoszczędzona. Zarządzanie energią jest możliwe dzięki zastosowaniu w procesach technologicznych maszyn inteligentnych na poszczególnych stanowiskach oraz w gniazdach technologicznych. Dotyczy to w szczególności obróbki cieplnej metali wykorzystującej zjawisko indukcji elektromagnetycznej i elektrotermię, dotyczy zatem technologii hartowania, odpuszczania, nagrzewania, lutowania i topienia metali. Te procesy obróbki wymagają zastosowania „maszyn inteligentnych”, ale także generatorów o szerokim zakresie częstotliwości prądu wzbudnika, dzięki czemu jest możliwe kształtowanie pola temperaturowego umożliwiające nagrzewanie wybranych fragmentów powierzchni elementów, które mają być utwardzone. Podobne zagadnienia występują w przypadku kształtowania pola temperaturowego dla procesu lutowania indukcyjnego. Ta możliwość jest uzyskana dzięki opracowaniu i wykonaniu generatora o szerokim paśmie częstotliwości prądu wzbudnika, wykonanego w ramach projektu POIR.01.01.01-00-1768/20-00.

Elektroprosumeryzm wymaga zmiany świadomości zarządzania produkcją i prognozowania procesów w funkcji prognozowanych mocy uzyskiwanych z OZE, zmiany

świadomości na myślenie o „energetycznej odporności kryzysowej”, na którą użytkownicy mają wpływ. Przykładowe procesy elektrotechnologiczne przedstawiono na zdjęciach poniżej. Są to procesy energochłonne i przy odpowiedniej organizacji produkcji, mogą być wykonywane w okresach maksymalnej produkcji energii elektrycznej przez źródła OZE. Zdjęcia przedstawiają procesy hartowania, nagrzewania, lutowania i topienia których czas wykonania jest kilka lub kilkanaście razy krótszy od czasu przygotowania tych elementów do procesów obróbki cieplnej. Jeśli procesy obróbki cieplnej będą przeprowadzone w okresach maksymalnej produkcji energii z OZE, będą w maksymalnym stopniu wykorzystywać tę energię, zwiększając samowystarczalność zakładu produkcyjnego, a efekty tych procesów (wyroby) można traktować jako magazyny energii [1].



Rys.5. Hartowanie pierścienia



Rys.6. Hartowanie zębów koła



Rys.7. Gniazdo technologiczne obróbki cieplnej



Rys.8. Nagrzewanie przed kuciem



Rys.9. Topienie w piecu indukcyjnym



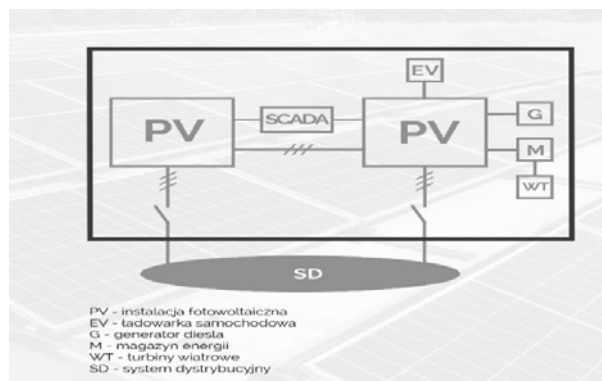
Rys. 10. Lutowanie indukcyjne

Elektroprosumeryzm to również magazynowanie energii. Wszystkie magazyny: energii elektrycznej, ciepła, czy wyrobów gotowych, są praktycznie magazynami energii. Do magazynu energii można również zaliczyć efekt termomodernizacji (energizacji) budownictwa.

#### Przykładowa przemysłowa, elektroprosumencka osłona kontrolna

Elektroprosumencka Osłona Kontrolna jest abstrakcyjnym obszarem funkcjonowania elektroprosumenta, w którym równoważy on swoje potrzeby energetyczne, a w szczególności realizuje pełną autonomię energetyczną.

Praktyczną badawczą przemysłową elektroprosumencką osłonę kontrolną zrealizowano w firmie Energo-Complex. W osłonie tej badana jest samowystarczalność energetyczna firmy. Badawczą osłonę elektroprosumencką zrealizowało konsorcjum firm: Energo-Complex, NRG-Project, Enel-PC i Elkon [4]. Jej schemat przedstawia rys. 11.



ZASILANIE: PV - instalacja fotowoltaiczna, EV - ładowarka samochodowa, G - zespół prądotwórczy, M - magazyn energii el. WT - turbiny wiatrowe, SD - system dystrybucyjny

OGRZEWANIE: kocioł indukcyjny, klimatyzatory, odzysk ciepła z silnika agregatu i splin, planowany magazyn ciepła: wodny lub olejowy

Rys. 11. Schemat przykładowej osłony kontrolnej

Obiekt przemysłowo-biurowy obejmujący halę produkcyjną z ogrzewaniem nawiewnym, oraz pomieszczenia biurowe, w których występuje zapotrzebowanie na ciepło dla celów CO i CWU, spełnia

warunki izolacji cieplnej. W osłonie tej zainstalowany jest system optymalnego zarządzania energią.

Rozwiązanie struktury osłony kontrolnej umożliwia jej skalowanie na inne osłony kontrolne, pracujące w systemie on-off grid. Elementy systemu przedstawiają poniższe zdjęcia.



Rys.12. Zestaw odzyskiwania ciepła chłodzenia i ciepła spalin



Rys.13. Zabudowany zestaw odzyskiwania ciepła z obwodu chłodzenia silnika i ze spalin. Obudowa kontenerowa



Rys.14. Kocioł indukcyjny w kotłowni

Zakład zasilany jest z instalacji fotowoltaicznej, a w przypadku niedoborów energii, z magazynu energii elektrycznej i kolejno z agregatu prądotwórczego lub z sieci OSD w zależności od tego co będzie bardziej opłacalne. Uruchomiony agregat prądotwórczy jest również źródłem ciepła odzyskiwanego z systemu chłodzenia silnika i ze spalin.

### Zakończenie

Zautomatyzowane elektrotechnologie, cyfryzacja procesów produkcyjnych – przemysł 4.0, elektrociepłownictwo komunalne i elektrociepłownictwo przemysłowe, zrealizowane w elektroprosumenckich osłonach kontrolnych należą do podstawowych działań na trajektorii transformacji energetycznej zapewniającej:

- energetyczną odporność kryzysową,
- optymalne zarządzanie energią.

Udział energii odnawialnej w ogólnym bilansie energetycznym będzie rósł.

Koszty transformacji energetycznej do elektroprosumeryzmu są na początku relatywnie wysokie, ale liczy się także otwarcie na nowy ład klimatyczny, społeczne zaangażowanie w inwestycje, pozytywna oddolna inicjatywa społeczna oraz budowanie społecznej gospodarki rynkowej przeciwstawiającej się rynkowej dominacji korporacyjnej.

Technologia pozyskiwania energii OZE jest w ciągłym dynamicznym rozwoju, nie wyczerpała swoich możliwości. Wraz z jej rozwojem rozwijał się będzie prosumeryzm, szczególnie elektroprosumeryzm.

**Autorzy:** dr inż. Krzysztof Konopka, Politechnika Śląska, Katedra Metrologii, Elektroniki i Automatyki, ul. Akademicka 10, 44-100 Gliwice, E-mail: [krzysztof.konopka@polsl.pl](mailto:krzysztof.konopka@polsl.pl); dr inż. Zdzisław Konopka, ELKON sp. z o.o., ul. Prosta 3, 44-200 Rybnik, E-mail: [z.konopka@elkon.com.pl](mailto:z.konopka@elkon.com.pl)

### LITERATURA

- [1] Popczyk J., Biała Księga Transformacji Energetycznej do Elektroprosumeryzmu. *ENERGETYKA* nr 8/2023 i nr 10/2023
- [2] Konopka K., Konopka Z., Elektrotechnologie, Przemysł 4.0 i Elektrociepłownictwo w aspekcie Transformacji Energetycznej w Trybie Innowacji Przełomowej do Elektroprosumeryzmu, *ENERGETYKA* nr 4/2023 r.
- [3] Konopka K., Konopka Z., Kocioł indukcyjny w wysokotemperaturowej sieci ciepłowniczej. Badania modelu przemysłowego. *ENERGETYKA* nr 5/2022
- [4] Szrot M., Konopka Z., Kosidowski Z., Paluszczak D., Transformacja Energetyczna w trybie innowacji przełomowej do elektroprosumeryzmu. Studium przypadku Energo-Complex. *ENERGETYKA* nr 11/2022.
- [5] Konopka K., Konopka Z., Kocioł Indukcyjny. Patent P.439308. UPRP 23.10.2023
- [6] Konopka K., Konopka Z., Autonomiczny mobilny zespół elektrociepłowniczy z kotłem indukcyjnym, *ENERGETYKA* nr 8/2022
- [7] Konopka K., Skórkowski A., Badania węzła ciepłowniczego z kotłem indukcyjnym, *Przegląd Elektrotechniczny*, vol. 98, nr 12, 2022
- [8] Konopka K., Konopka Z., Wstępna analiza celowości transformacji energetycznej ciepłownictwa do elektroprosumeryzmu z zastosowaniem kotła indukcyjnego w węzłach ciepłowniczych w budynkach wielorodzinnych, *ENERGETYKA* nr 8/2022