dr inż. Krzysztof Konopka
Politechnika Śląska, Wydział Elektryczny, Katedra Metrologii, Elektroniki i Automatyki.
Zakład Elektroniki i Automatyki Przemysłowej ELKON sp. z o.o.

dr inż. Zdzisław Konopka
Zakład Elektroniki i Automatyki Przemysłowej ELKON sp. z o.o.

Elektrotechnologie, Przemysł 4.0 i Elektrociepłownictwo w aspekcie Transformacji Energetycznej w Trybie Innowacji Przełomowej do Elektroprosumeryzmu

Streszczenie

Zaprezentowana w artykule tematyka dotyczy zagadnień technicznych Teorii Elektroprosumeryzmu, opracowanej przez prof. dr hab. inż Jana Popczyka i rozwijanej w ramach Konwersatorium Inteligentna Energetyka. Jest jednocześnie perspektywą działań praktycznych i zadaniem dla pretendentów do elektroprosumeryzmu, kreujących te zagadnienia w ramach „panelu 3" Konwersatorium IE o nazwie „Przedsiębiorcy MMSP jako pretendenci do innowacyjnych rynków elektroprosumeryzmu". W wielopłaszczyznowej strukturze Teorii Elektroprosumeryzmu, opisanej w literaturze [1], zagadnienia omawiane w artykule dotyczą dwóch dziedzinowych rynków elektroprosumeryzmu o priorytetach: drugim (ciepłownictwo sieciowe i pozasieciowe, inaczej elektrociepłownictwo) oraz czwartym (użytkowanie energii i elektrotechnologie, w tym przemysł 4.0) [1].
Elektrotechnologie, przemysł 4.0, elektrociepłownictwo, to tylko pozornie trzy różne zagadnienia. Pozornie, bowiem wszystkie trzy w transformacji do elektroprosumeryzmu, związane są z optymalnym zarządzaniem energią, wykorzystującym technikę cyfrową, charakterystyczną dla idei o nazwie „Przemysł 4.0". Nowoczesne technologie, oparte na sztucznej inteligencji, charakterystyczne dla przemysłu 4.0 i wdrażane do zastosowania w gospodarce komunalnej, „na naszych oczach" tworzą model zintegrowanego i zrównoważonego świata mającego u podstaw ochronę środowiska i poszanowanie energii pozyskiwanej ze źródeł odnawialnych. Idealnym byłby model energetyczny w którym 100 % energii byłoby energią odnawialną, w środowisku życia typu „inteligentny dom", inteligentna fabryka" „inteligentne miasto". Istotne znaczenie ma w tej wizji inteligentne zarządzanie wytwarzaniem energii zielonej, jej przesyłaniem, magazynowaniem i optymalnym użytkowaniem. Ten zbliżony do idealnego model energetyczny jest możliwy do zrealizowania przy uwzględnieniu tripletu paradygmatycznego - z paradygmatami: elektroprosumenckim, egzergetycznym i wirtualizacyjnym [1] .
Artykuł uwzględnia doświadczenia autorów w budowie elektroprosumeryzmu w obszarze elektrotechnologii przemysłowych, w obszarze przemysłu 4.0 oraz uwzględnia propozycje rozwiązań w elektrociepłownictwie, ważnym obszarze transformacji energetycznej w przemyśle i w gospodarce komunalnej. Jest ujęciem zbiorczym, korespondującym z artykułem [1] i odnoszącym się do wcześniej prezentowanych przez autorów artykułów oraz materiałów szczegółowych.

1 Wstęp.

Dyskusja dotycząca transformacji energetycznej dotyczy jej modelu: transformacja przyrostowa, bądź przełomowa. Transformacja przyrostowa to rozwijany dotychczasowy monopolistyczny model energetyki, korporacyjno-oligarchiczny, dyktujący ceny energii, rządny ciągłego wzrostu zysku, niezdolny do wyzwolenia się z doktryny WEK-PK(iEJ), czyli wielkoskalowej energetyki korporacyjnej paliw kopalnych, w tym energetyki jądrowej [1]. Transformacja przełomowa, to transformacja do energetyki o rozproszonych źródłach energii, to wytwarzanie energii w miejscu jej konsumpcji, to transformacja do elektroprosumeryzmu, zapewniającego maksymalną odporność kryzysową. To również transformacja społeczna, to budowa społeczeństwa obywatelskiego, uczestniczącego w inwestycjach we własny majątek i odpowiedzialnego za jego funkcjonowanie.

Intensywne prace nad takim ukształtowaniem świata, w którym jak największa liczba podmiotów będzie uczestnikami rynku energii: firmy, klastry, spółdzielnie, jednostki komunalne, ale też każde gospodarstwo domowe, prowadzą do transformacji energetyki w trybie przełomowym: od generacji konwencjonalnej energii, zwanej czarną, opartej na źródłach kopalnych, do generacji zielonej, czyli opartej na energii odnawialnej.

Jest to w szerszym ujęciu problem zmian klimatycznych, co jest priorytetem społecznym, politycznym i gospodarczym. Ochrona klimatu jest możliwa, jeśli wszyscy, a przede wszystkim główne siły polityczne i gospodarcze podejmą odpowiednie działania. Jednym z nich jest wskazanie obszarów, w których można oszczędzać energię dzięki optymalnemu zarządzaniu jej produkcją, dystrybucją i użytkowaniem.

Transformacja energetyczna do „energetyki zielonej" jest, szczególnie w Unii Europejskiej, zjawiskiem trwałym i nieodwracalnym. Zwiększenie efektywności energetycznej oraz zmniejszenie śladu węglowego produktów przemysłowych ma coraz większy wpływ na postrzeganie i konkurencyjność polskich firm na rynkach międzynarodowych.

Na rynkach lokalnych działają duże, średnie i małe przedsiębiorstwa, w których konieczne są inwestycje służące poprawie efektywności energetycznej w zakresie modernizacji procesów przemysłowych, w których dotychczasowe technologie oparte na energii pozyskiwanej z paliw kopalnych należy zastąpić elektrotechnologiami, opartymi na energii „zielonej". Elektrotechnologie są podatne na „inteligentną infrastrukturę", ułatwiającą sterowanie parametrami procesów. Podobnie jak w technologiach przemysłowych, również w ciepłownictwie konieczne są zmiany organizacyjne i strukturalne, dotyczące między innymi przekazania ciepłownictwa systemowego pod władanie samorządów z harmonogramem przejścia na elektrociepłownictwo.

Transformacja Energetyczna w Trybie Innowacji Przełomowej do Elektroprosumeryzmu, wymaga twórczego podejścia do transformacji, podejścia związanego z ryzykiem. Ryzyko stanowi koszt innowacyjnego myślenia i wolności twórczej, ale trzeba je ponieść. Zauważalne jest jeszcze zniewolenie tradycyjnym myśleniem o energetyce, często wynikającym ze zniewolenia przyzwyczajeniami korporacyjnymi, paraliżującymi myślenie innowacyjne, bądź wynikające z lobbowania środowisk zachowawczych, uśpionych przyzwyczajeniami. To zachowawcze podejście nie może oderwać się od uzależnienia energetyki od paliw kopalnych, usiłując modernizować schodzące technologie, a jednocześnie strasząc wizjami niezachowania tzw. „bezpieczeństwa energetycznego", bądź wyolbrzymionymi

kosztami ekonomicznymi transformacji do OZE. Należałoby jednak, przedstawiając koszty transformacji, zadać sobie pytanie ile i jakie środki zainwestować, aby żyć i zapewnić życie następnym pokoleniom w środowisku przyjaznym człowiekowi? Przy takim podejściu, transformacja energetyczna staje się nie tyle problemem, co wyzwaniem. Wyzwaniem mobilizującym twórcze myślenie i działanie. Działanie przez coraz liczniejsze rzesze uczestników rynku energii elektrycznej – elektroprosumentów, kształtujących i twórczo wpływających na swoją odporność elektroprosumencką.

Mając wieloletnie doświadczenie w twórczym podejściu do wdrożeń nowych rozwiązań inteligentnych urządzeń elektrotechnologicznych, będących pierwszym etapem transformacji energetycznej w trybie innowacji przełomowej, autorzy dzielą się tymi doświadczeniami w artykule. Przedstawione przykłady, to opracowane w firmie ELKON rozwiązania maszyn i linii elektrotechnologicznych, wdrożone w przedsiębiorstwach na terenie Polski, które wskazują drogę do technicznej realizacji zarządzania optymalnego energią w procesie jej użytkowania (paradygmat egzergetyczny) i co w dalszej kolejności prowadzi do integracji z zarządzaniem optymalnym procesem wytwarzania energii elektrycznej w źródłach OZE (paradygmat elektroprosumencki i wirtualizacyjny).

Większość działających przedsiębiorstw produkcyjnych na terenie Polski jest obligowana, przez wymagania rynku europejskiego, do dokonywania stopniowych modernizacji już istniejących zakładów produkcyjnych i transformacji poszczególnych procesów technologicznych dążąc perspektywicznie do zbudowania fabryki w formie tzw. „fabryki inteligentnej". Firmy mają świadomość filozofii „fabryki inteligentnej ", ale działając w określonych warunkach rynkowych, nie mogą ani przerwać produkcji, ani zainwestować bez uprzedniego zaplanowania, dużych środków finansowych, co oznacza, że będzie to raczej proces rozłożony w czasie. Pozytywne procesy transformacji należy upowszechniać przez ich prezentowanie, bez obawy, że mogą stanowić naruszenie informacji poufnych dotyczących procesów wytwarzania. Należy też dążyć w firmach, które zainwestowały w OZE, w szczególności w źródła fotowoltaiczne, do zmiany dotychczasowej technologii produkcji, w elektrotechnologie. Te zmiany wymagają świadomego podejścia do zintegrowanego zarządzania produkcją energii elektrycznej z OZE i jej użytkowania. Zatem zmiany technologicznej, ale także organizacyjnej, umożliwiającej optymalne wykorzystanie wyprodukowanej energii elektrycznej z własnej, zakładowej elektrowni OZE do celów własnej produkcji, zamiast oddawać ją do sieci elektroenergetyki zawodowej.

2 Elektrotechnologie i automatyzacja na bezsieciowych rynkach elektroprosumenckich, mianowicie na rynkach fabrycznych urządzeń, technologii, materiałów, produktów

Zrobotyzowane i zautomatyzowane procesy technologiczne tę rzeczywistość tworzą. Nowoczesne maszyny wyposażone w sterowniki programowalne, umożliwiają prowadzenie większości procesów technologicznych w okresach maksymalnej produkcji energii elektrycznej z OZE, lub w okresach minimalnej ceny energii kupowanej od dostawcy zewnętrznego. Świadomość rozwiązań określanych mianem Przemysł 4.0 rośnie bardzo szybko. Z produkcją opartą na zasadach Przemysłu 4.0 wiąże się: wzrost efektywności i elastyczności produkcji, wzrost konkurencyjności i wzrost pozycji na rynku. Przemysł 4.0 to również nowoczesny styl pracy i funkcjonowania zarówno firm korporacyjnych, ale również MiSP.

Przedstawione w artykule przykłady rozwiązań maszyn realizujących tę ideę, wskazują miejsce elektrotechnologii w inteligentnej infrastrukturze przemysłu 4.0 i jej związek z transformacją energetyki do elektroprosumeryzmu, procesu, który jest w Polsce z powodzeniem realizowany. Dlatego przykłady przedstawione w dalszej części artykułu dotyczą wyłącznie maszyn elektrotechnologicznych opracowanych, wykonanych i wdrożonych przez firmę ELKON sp. z o.o. (polska spółka rodzinna), na terenie Polski, w firmach polskich i korporacjach międzynarodowych produkujących w Polsce. Prezentują wkład firmy ELKON w rozwój elektrotechnologii i elektroprosumeryzmu, w którym duży udział mają autorzy artykułu.
Przemysł 4.0 jest szczególnym wyzwaniem dla inżynierów, którzy muszą podołać wymaganiom technicznym „maszyn inteligentnych", które w wielozadaniowych procesach technologicznych tworzą zintegrowaną strukturę i komunikując się wzajemnie, realizują program wymaganych operacji technologicznych.
Inteligentne maszyny pozwalają na pełną automatyzację i robotyzację procesów produkcyjnych, w efekcie czego na każdym etapie produkcji są dostępne na bieżąco informacje o aktualnym stanie procesu, co stanowi punkt wyjścia do zarządzania energią. Ta inteligentna struktura procesów produkcyjnych tworzy „inteligentną fabrykę".
Transformacja energetyki do elektroprosumeryzmu jest powiązana z transformacją przemysłową do przemysłu 4.0. Automatyzacja i cyfryzacja procesów technologicznych jest możliwa w dużej mierze poprzez ich elektryfikację, zatem poprzez elektrotechnologię, co w szczególności jest istotne i korzystne, gdy konsumowana jest energia elektryczna z własnych źródeł OZE.
Paradygmat egzergetyczny wypełnia model działalności przemysłowej o nazwie Przemysł 4.0, a integracja fabryki z zasilaniem fabryki z elektrowni wirtualnej (rozproszone źródła OZE), nadaje fabryce charakter elektroprosumencki, zatem spełnione są paradygmaty: prosumencki i wirtualizacyjny.
W tym kompleksowym modelu transformacji energetycznej, transformacji w trybie innowacji przełomowej, zarządzanie energią odbywa się poprzez inteligentne liczniki i sterowniki nazwane sieciowymi terminalami dostępowymi (STD). Terminal STD jest to urządzenie techniczne silno- i słabo prądowe oraz programy sterujące z warstwą komunikacyjną pozwalającą na zarządzanie odbiornikami i handel energią. Sieciowy Terminal Dostępowy umożliwia zatem zarządzanie popytem i podażą energii w obszarze odbiorców końcowych, dzięki czemu istnieje możliwość zaprogramowanego obniżenia zużycia energii, gdy przewidywane jest obniżenie jej produkcji ze źródeł OZE (np. z uwagi na warunki atmosferyczne) lub możliwość przesunięcia tego zużycia w czasie (np. w tę porę doby, w której występuje jej nadmiar lub jest obniżone zapotrzebowanie). Istotą elektroprosumeryzmu jest wytwarzanie energii na miarę potrzeb i zarządzanie procesami produkcyjnymi „wygładzającymi" zapotrzebowanie na energię.

Przedstawione w artykule przykłady organizacji produkcji spójnej z ideą Przemysł 4.0, mające wpływ na zarządzanie energią i dotyczące elektrotechnologii przemysłowej, umożliwią w dalszej części artykułu przeniesienie tych doświadczeń do elektrociepłownictwa komunalnego i przemysłowego. Prezentacja rozwiązań technicznych, wybranych przykładowo spośród licznych wdrożonych przez firmę ELKON rozwiązań specjalistycznych, ma na celu uwypuklenie tych cech, które umożliwiają zarządzanie energią w celu minimalizacji jej zużycia i racjonalnego jej wykorzystania w dobowym rozkładzie jej produkcji i użytkowania, w szczególności produkcji energii przez OZE. Ta racjonalność jest możliwa dzięki programowanemu

sterowaniu zarówno pracą poszczególnych maszyn, jak również sterowaniu złożonymi procesami produkcji wykorzystującymi wiele maszyn. Prezentowane przykłady rozwiązań wdrożonych, akcentują, że z punktu widzenia Transformacji Energetyki w Trybie Innowacji Przełomowej do Elektroprosumeryzmu, ważne jest zarówno zarządzanie energią w procesach produkcji seryjnej drobnych elementów i podzespołów za pomocą maszyn inteligentnych w małej bądź średniej firmie, jak również zarządzanie energią w ciągach produkcyjnych z wieloma zintegrowanymi gniazdami technologicznymi w firmach korporacyjnych. Przy takim podejściu Transformacja Energetyki w Trybie Innowacji Przełomowej do Elektroprosumeryzmu jest, mówiąc kolokwialnie, w zasięgu ręki tak dla MiSP jak również dla dużych korporacji. Wszyscy mogą mieć w niej udział angażując się w globalną ochronę środowiska.

W artykule scharakteryzowane są trzy formy organizacji produkcji spójne z ideą o nazwie Przemysł 4.0, związane z procesami elektrotechnologicznymi mającymi wpływ na zarządzanie energią elektryczną. Są to:

Inteligentna Fabryka,
Inteligentne Autonomiczne Gniazdo Technologiczne,
Inteligentna Maszyna Autonomiczna.

W przemysłowych procesach elektrotechnologicznych, wykorzystywane jest głównie grzejnictwo indukcyjne i dotyczy to obróbki cieplnej metali, a mianowicie: hartowania, lutowania, wyżarzania, odpuszczania, kształtowania form na gorąco oraz topienia metali. O rozwoju elektrotechnologii decydują względy ekonomiczne i praktyczne. Są one związane z możliwością programowanego prowadzenia procesu technologicznego dzięki:

- komunikacji cyfrowej pomiędzy urządzeniami realizującymi proces technologiczny, tzw. komunikacja pozioma,
- możliwości zarządzanie wykonywanymi operacjami technologicznymi,
- możliwości kontroli parametrów technologicznych i decyzji o ich poprawności,
- możliwości kontroli własnych parametrów pracy urządzeń zastosowanych w procesie technologicznym,
- komunikacji zdalnej z zespołem IT, utrzymania ruchu (UR) oraz z zespołem serwisowym Producenta, tzw. komunikacja pionowa.

Są to podstawowe cechy urządzeń wpisujących się w obszar technologii Przemysłu 4.0.

Inteligentna Fabryka jest wizjonerską i przyszłościową, wdrażaną głównie w dużych firmach korporacyjnych, organizacją procesów produkcyjnych, spełniającą kryteria: integrację inteligentnych maszyn, maksymalizację efektów produkcji , elastyczną zmianę asortymentu i identyfikację produktu, a po sprzedaży śledzenie drogi jego życia. W fabrykach inteligentnych, wielowarstwowa struktura sterowania procesami produkcji, będąca domeną specjalistów IT i specjalistów w dziedzinie elektrotechnologii, skupia się w centrum sterowania procesem, opartym na sterowniku programowalnym. Jeśli sterownik ten będzie zintegrowany z licznikiem inteligentnym energii elektrycznej, wówczas można zarządzać energią zapewniając ciągłość zasilania z inteligentnej sieci elektroenergetycznej i źródeł własnych OZE, lub źródeł prosumenckich (źródeł generacji rozproszonej) [2]. Takie rozwiązanie zapewnia odporność elektroprosumencką i jest kanonicznym przykładem Transformacji Energetycznej w Trybie Innowacji Przemysłowej do Elektroprosumeryzmu.

Inteligentna fabryka może tworzyć ciąg gniazd technologicznych, zintegrowanych posobnie, począwszy od gniazd przygotowania podzespołów , poprzez gniazda obróbki mechanicznej i cieplnej, po gniazda montażu końcowego.

Przykładem może być inteligentna fabryka zlokalizowana w Polsce, produkująca silniki elektryczne, w której, w potokowej linii produkcyjnej, pośród innych, występują dwa gniazda elektrotechnologiczne. Pierwsze z gniazd technologicznych służące do połączenia wirników silników elektrycznych i wałów silników, metodą ściskową przedstawione jest na rys.1. Wirniki nagrzewane są indukcyjnie do wymaganej temperatury, następnie do otworów w wirnikach wsuwany jest wał zimny, a wirniki, po schłodzeniu, zaciskają się na wałach. Proces ten jest zautomatyzowany, a przemieszczanie elementów w przestrzeni operacyjnej jest zrobotyzowane.

Rys.1. Wdrożony przez firmę ELKON zrobotyzowany system indukcyjnego nagrzewania wirników i wprasowywania wałów silników elektrycznych w zlokalizowanej w Polsce międzynarodowej firmie korporacyjnej produkującej maszyny elektryczne.

Prezentowane tu drugie gniazdo elektrotechnologiczne w inteligentnej fabryce dotyczy indukcyjnego nagrzewania otworów w gniazdach tarcz bocznych silników elektrycznych, w których osadzane są łożyska, rys.2.

Rys.2. Wdrożony przez firmę ELKON zautomatyzowany system indukcyjnego nagrzewania tarcz bocznych silników elektrycznych w celu ściskowego osadzania łożysk, w zlokalizowanej w Polsce międzynarodowej firmie korporacyjnej produkującej maszyny elektryczne.

Te dwa gniazda elektrotechnologiczne w linii produkcyjnej zaprezentowane są celowo, ponieważ w procesie produkcyjnym, zużywając energię elektryczną, mają istotny wpływ na optymalizację jej zużycia. Zarządzanie energią jest w tych dwóch gniazdach technologicznych najbardziej uzasadnione.
Inteligentna Fabryka jest koncepcją w pełni skomputeryzowanego zakładu produkcyjnego, zgodnie z którą stale gromadzone i udostępniane są liczne dane dotyczące stanu produkcji. Dane te, poddawane bieżącej analizie i wykorzystywane do zarządzania zużyciem energii elektrycznej, stanowią o egzergetycznym paradygmacie transformacji energetycznej, a jeśli dostawy energii będą związane z własnymi źródłami OZE i/lub z wirtualną elektrownią, wówczas transformacja w tej fabryce dokonana jest w trybie innowacji przełomowej do elektroprosumeryzmu.
Wdrażanie inteligentnych rozwiązań produkcyjnych, w szczególności w formie Inteligentnej Fabryki, jest często długotrwałym procesem i nie zawsze przynosi od razu zamierzone efekty, co może być przyczyną zwątpienia w końcowy sukces, lub być źródłem tworzonych mitów na temat potencjalnych korzyści [6].

Budowa nowej, Inteligentnej Fabryki od podstaw jest dużo łatwiejsza do zrealizowania w porównaniu z dostosowaniem do nowych wymogów działającego już zakładu produkcyjnego. Wdrażane są wówczas od razu nowe technologie i nie są zakłócane w fabryce żadne procesy produkcyjne, jak w fabryce modernizowanej. Jednak funkcjonuje już wiele fabryk, które można określić mianem inteligentnych, które zostały gruntownie zmodernizowane i dostosowane do statusu Inteligentnej Fabryki.
Chociaż duże, zwłaszcza korporacyjne, przedsiębiorstwa produkcyjne dysponują o wiele większymi środkami finansowymi, umożliwiającymi im stworzenie Inteligentnej Fabryki, to jednak istnieją liczne sposoby, dzięki którym również firmy z grupy MISP z ograniczonymi budżetami, mogą zrealizować projekty związane z Inteligentną Fabryką. Wymaga to głębokiej analizy przedsięwzięcia ukierunkowanej na własne potrzeby, ponieważ nie ma dwóch Inteligentnych Fabryk, które byłyby identyczne w swym funkcjonowaniu. Każda z nich może ma własne cele biznesowe z inną charakterystyką produkcji.
Automatyzacja zapewnia integrację inteligentnych maszyn, jako warunku optymalizacji produkcji, ale kluczowa jest również komunikacja pionowa, dotycząca transmisji danych, umożliwiająca zarządzającym fabryką, podejmowanie szybszych, bardziej świadomych i finalnie lepszych decyzji. Służą temu specjalistyczne programy zarządzania, przykładowo program opracowany przez polską specjalistyczną firmę informatyczną COMARCH. Aplikacja „Comarch Industry 4.0” to system zarządzania produkcją, zbierający informacje o historii produktu i operacjach technologicznych, pomagający podejmować właściwe decyzje biznesowe. System ten pozwala zwiększyć wydajność produkcji, racjonalizować zużycie zasobów firmy, obniżyć koszty produkcji.
Z punktu widzenia transformacji energetycznej w trybie innowacji przełomowej do elektroprosumeryzmu te dwa aspekty organizacji produkcji: komunikacja pozioma i komunikacja pionowa mają znaczenie fundamentalne.

Autonomiczne Gniazdo Technologiczne. Poświęcono w artykule dużo czasu omówieniu zagadnień związanych z Inteligentną Fabryką, ponieważ struktura organizacyjna jej funkcjonowania najlepiej obrazuje istotę Transformacji Energetycznej w Trybie Innowacji Przełomowej. Jednak i inne formy idei o nazwie Przemysł 4.0, uzasadnione technicznie i ekonomicznie predystynują również do transformacji TETIPE.

W Autonomicznym Gnieździe Technologicznym nie wszystkie cechy charakteryzujące Przemysł 4.0 są istotne, np. elastyczność zmiany profilu produkcji, w szczególności, gdy przedsiębiorstwo to realizuje wielkoseryjną i wieloletnią produkcje podzespołów w ramach dostaw kooperacyjnych. Ważna jest wówczas optymalizacja procesu produkcyjnego przez integrację i zarządzanie inteligentnymi maszynami, mająca na celu minimalizację kosztów zużycia energii oraz zachowanie wymaganych parametrów obrabianego przedmiotu.
Przykłady gniazd technologicznych o takim zadaniu, przedstawione są na kolejnych zdjęciach.

Rys.3. Opracowany i wdrożony przez firmę ELKON zrobotyzowany proces spawania wyżarzania, hartowania i odpuszczania, w zlokalizowanej w Polsce firmie z kapitałem amerykańskim, związanej z przemysłem samochodowym.

Rys.3 przedstawia rozwiązanie, w którym realizowanych jest sześć operacji technologicznych w celu uzyskania produktu finalnego, wielkoseryjnego: nagrzewanie indukcyjne przed spawaniem, spawanie, wyżarzanie spawów, hartowanie powierzchniowe i odpuszczanie po hartowaniu, a w końcowej fazie znakowanie laserowe produktu. Elementy do obróbki podawane są automatycznie podajnikami i automatycznie wywożone na zewnątrz strefy produkcyjnej.
Zarządzanie energią może obejmować jedno gniazdo technologiczne, lub szereg gniazd technologicznych w fabryce. Sieciowy Terminal Dostępowy będzie się wówczas komunikował, przez lokalną sieć komputerową np. ETHERNET, z centrami sterowania poszczególnych gniazd technologicznych oraz z służbami zarządzania produkcją i utrzymaniem ruchu. Centrum sterowania prezentowanego gniazda technologicznego ma możliwość komunikowania się w układzie poziomym i pionowym, co umożliwia integrację z Sieciowym Terminalem Dostępowym. Zatem możliwe jest zarządzanie energią dla zoptymalizowania jej kosztów.

Innym przykładem gniazda technologicznego sterującego automatycznie czterema maszynami inteligentnymi (nagrzewnicą indukcyjną, walcarką gwintów, podajnikiem

wałków i odbiornikiem wałków nagwintowanych), jest układ walcowania gwintów na gorąco, rys.4.

Rys.4. Opracowane i wdrożone przez firmą ELKON gniazdo technologiczne w automatycznym procesie walcowania gwintów, w fabryce o kapitale amerykańskim, zlokalizowanej w Salowej Woli.

Opisana struktura procesu produkcji przemysłowej – Autonomiczne Gniazdo Technologiczne – wykorzystana będzie w dalszej części artykułu, do opisania - przez analogię - struktury budowy i sterowania procesem cieplnym, w którym obiektem sterowania (obiektem „obróbki" cieplnej) jest budynek mieszkalny wielorodzinny.

Autonomiczna Maszyna Inteligentna. W obszarze technologii Przemysłu 4.0 najczęściej spotykanym lub pożądanym przez MMISP rozwiązaniem organizacji produkcji jest Autonomiczna Maszyna Inteligentna, o integracji pionowej, czyli maszyna zintegrowana z systemem zarządzania produkcją, a niekoniecznie z innymi maszynami inteligentnymi. Przykładem może być piec indukcyjny do hartowania, lutowania, bądź topienia metali. Jest to najtańsza inwestycyjnie forma optymalizacji kosztów procesu produkcyjnego, a jednocześnie umożliwiająca optymalizację zarządzania energią. Wybrane przykłady rozwiązań, przedstawione są na poniższych zdjęciach.

Rys.5. Przykład autonomicznej maszyny inteligentnej - piec do hartowania indukcyjnego powierzchniowego [ELKON], wdrożony w licznych firmach na terenie Polski

Sterownik pieca hartowniczego zapewnia kontrolę parametrów technologicznych, kontrolę parametrów pracy i komunikację z otoczeniem umożliwiając integrację np. z robotem, podajnikami, bądź innymi urządzeniami współpracującymi(komunikacja pozioma) oraz archiwizację parametrów, komunikację z działem IT i serwisem i STD , zarządzającym energią (komunikacja pionowa).
Programowane parametry:
- droga wzbudnika,
- szybkość ruchu wzbudnika,
- prąd grzewczy,
- prędkość wirowania lub prędkość kątowa elementu hartowanego,
- temperatura czynnika hartującego,
- intensywność schładzania.

Rys.6. Opracowany i wdrożony przez firmę ELKON, piec do indukcyjnego lutowania elementów z miedzi. Wdrożenie w firmie DANFOSS w Polsce.

W przedstawionym na rys.6 rozwiązaniu technicznym maszyny, lutowanie lutem twardym odbywa się w procesie automatycznym, zapisanym w sterowniku. Różnorodność lutowanych elementów wymaga różnorodności technologii lutowania, a zatem właściwego dla danego elementu uchwytu mocującego, wielkości i kształtu

wzbudnika oraz parametrów lutowania: mocy i czasu, zapisanych w pamięci sterownika.
Sterownik zapewnia kontrolę parametrów technologicznych i ich archiwizację, kontrolę parametrów pracy urządzenia oraz komunikację zewnętrzną.

Rys.7. Opracowany i wdrożony przez firmę ELKON piec indukcyjny dwutyglowy o mocy 150 kW do topienia żeliwa i metali nieżelaznych. Konfiguracja tygli i zastosowań może być dowolna dla różnych metali

Piece indukcyjne topielne wdrażane są w przemyśle odlewniczym w związku z ograniczeniem i w przyszłości eliminacją energii pozyskiwanej ze źródeł kopalnych. W odlewniach żeliwa proces zastąpienia żeliwiaków i topienia w piecach indukcyjnych wprowadzany jest intensywnie. W odlewniach metali nieżelaznych, z reguły małych lecz licznych, funkcjonujące piece gazowe i olejowe wymagają wymiany na indukcyjne. Z uwagi na ograniczone możliwości inwestycyjne tych odlewni , szczególnie artystycznych, należałoby środki finansowe np. unijne przeznaczone na transformację energetyczną, skierować do tego sektora.
Sterownik programowalny w inteligentnym indukcyjnym piecu topielnym umożliwia:

- programowane sterowanie mocą i czasem topienia metalu,
- programowane sterowanie temperaturą podczas topienia metali nieżelaznych,
- zdalne sterowanie opróżnianiem tygli,
- archiwizację parametrów technologicznych i parametrów pracy pieca,
- podłączenie zewnętrznej aparatury kontrolnej, np. wagi elektronicznej przez wejście analogowe sterownika,
- kontrolę parametrów pracy pieca, a w przypadku sygnalizacji awarii, lokalizację tej awarii,
- sterowanie zdalne przełączaniem zestawu topielnego w zależności od potrzeb,
- sterowanie układem chłodzenia pieca,
- połączenie siecią Ethernet z innymi urządzeniami umożliwiającymi zdalne sterowanie np. załadunkiem, zdalną kontrolę parametrów pracy oraz analizę techniczno-ekonomiczną (np. analizę mocy i czasu pracy pieca),
- połączenie Internetem z serwisem producenta pieca.

Te możliwości sterowania pracą pieca są wystarczające dla optymalnego zarządzania energią, w szczególności energią pozyskiwaną z OZE, ograniczając koszty funkcjonowania odlewni.
Odlewnie, w których z procesem topienia powiązane są inne maszyny inteligentne np. załadowcze bądź odbiorcze, są typowym przykładem gniazda technologicznego z integracja poziomą i pionową.

Przykładem zastosowania jest układ ciągłego topienia i odlewania metalu, przedstawiony na rys.8.

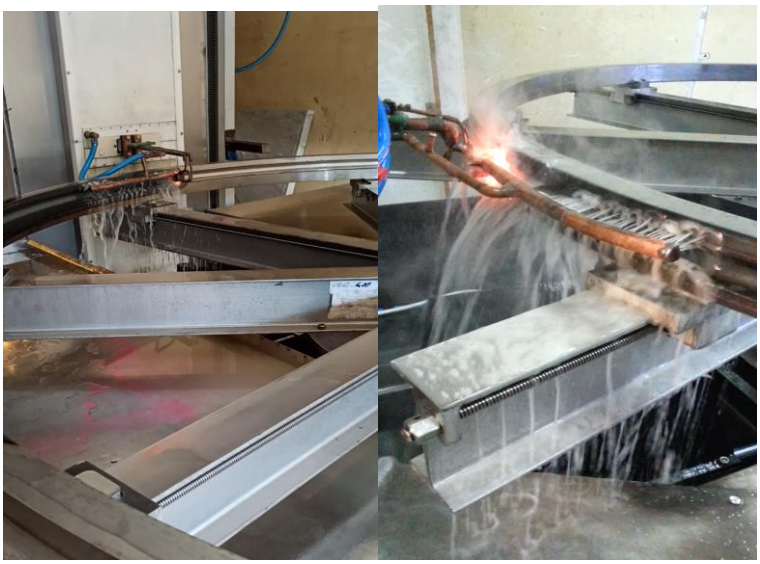
Rys.8. Opracowana i wdrożona przez firmę ELKON elektrotechnologia ciągłego topienia miedzi i automatycznego odlewania do form, w procesie recyklingu kabli.

Topienie i odlewanie metali jest wzorcowym przykładem możliwości i celowości zarządzania energią elektryczną w celu optymalizacji jej kosztów użycia. Topienie, w szczególności miedzi, wymaga niskiej wilgotności powietrza, zatem powinno być wykonywane w czasie sprzyjającej aury, czyli maksymalnego pozyskiwania energii ze źródeł fotowoltaicznych. Ponadto topienie metali może odbywać się w okresach minimalnego poboru energii z sieci KSE, zatem w okresach ich najniższej ceny w rozkładzie dobowym.

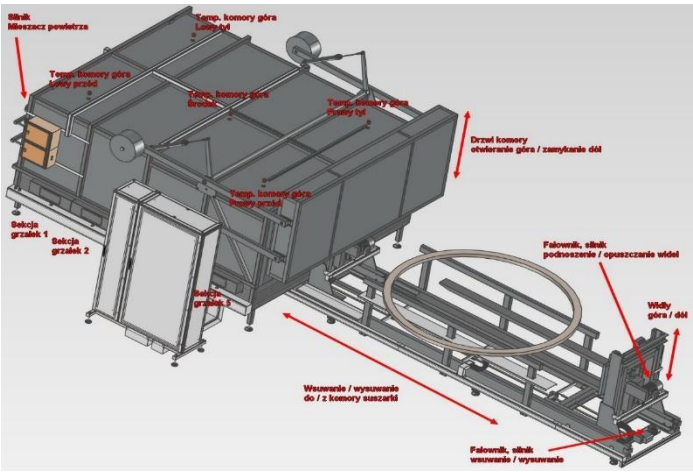
Istotnym aspektem dla zarządzania energią jest możliwość organizacji procesów elektrotechnologicznych występujących w ciągu produkcyjnym, jako procesów niezależnych, wykonywanych w oddzielnych gniazdach technologicznych. Przykładowo, proces hartowania jest krótszy niż wykonanie elementu przeznaczonego do hartowania. Zatem obróbka cieplna produktu może być skomasowana i wykonywana w czasie np. pozyskiwania maksymalnej mocy ze źródeł OZE. Jest to racjonalizacja produkcji pod względem zużycia energii – redukcja egzergii. Tego typu procesy mogą i powinny być sterowane z Sieciowego Terminala Dostępowego optymalizując koszt zużywanej energii elektrycznej.

Proces produkcji rozpatrywany w aspekcie Transformacji Energetycznej w Trybie Innowacji Przełomowej do Elektroprosumeryzmu, rozważmy na przykładzie fabryki łożysk. Firma produkująca łożyska ma zapewnić utwardzenie bieżni łożyska zachowując wymagania dotyczące strefy utwardzonej: kształt strefy utwardzonej, jej głębokość, rozkład twardości w funkcji odległości od powierzchni i ponadto zapewnić wymaganą strukturę materiału po zahartowaniu. Materiał ma ściśle określony składu chemiczny. Proces ten przedstawia rys.9. Po procesie hartowania następuje proces odpuszczania. Również proces elektrotechnologiczny. Piec do odpuszczania o mocy 120 kW przedstawia zdjęcie rys.10. Każde hartowanie profilowe to wyzwanie dla inżyniera, a dotrzymanie parametrów, wymaga opracowania specjalnej technologii oraz sprzętu. Przykłady profili utwardzonych wymaganych przez konstruktorów przedstawiono na rys.11. Z punktu widzenia firmy wykonującej ten proces, np. hartowni, opracowana technologia może stanowić innowacją przyrostową. Firma hartownicza wykona ten proces jako jeden z wielu, programując jego wykonanie w dogodnym dla niej czasie, pośród innych zadań. Paradygmat egzergetyczny nie

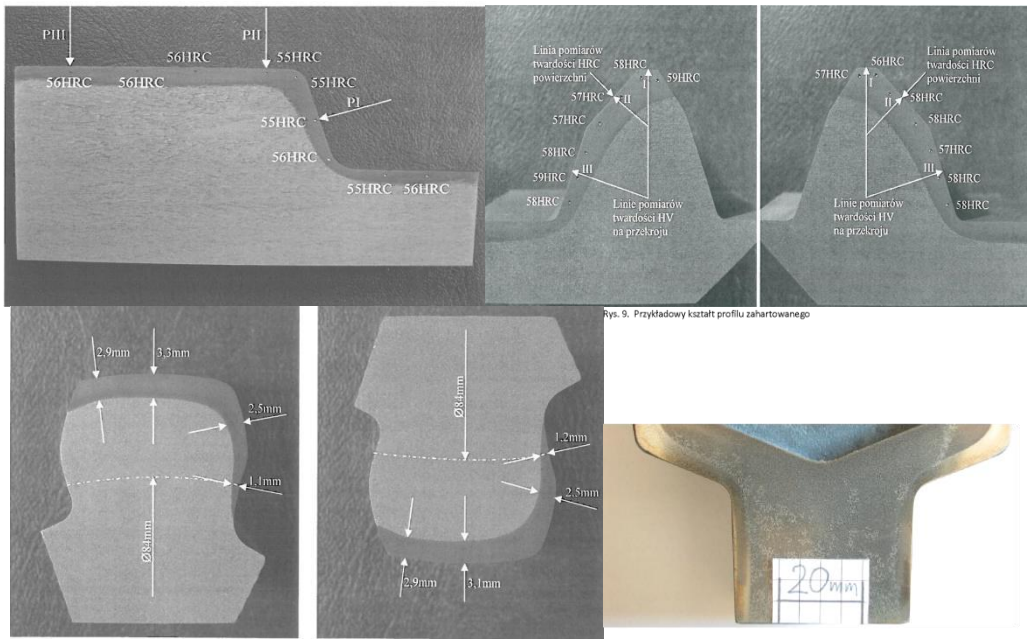
będzie dla niej aż tak istotny. Dla producenta łożysk natomiast, proces hartowania i odpuszczania jest jedną z operacji w cyklu produkcyjnym. Do procesu produkcyjnego produktu finalnego firma ta powinna podejść według logiki tripletu paradygmatycznego transformacji. Ta logika prowadzi do zarzadzania energią, zatem ukierunkowuje na elektroprosumeryzm. I to stanowi o innowacji przełomowej.



RYS.9. Opracowane i wdrożone przez firmę ELKON stanowisko i technologia hartowania bieżni wewnętrznej i zewnętrznej pierścieni łożysk kulkowych.

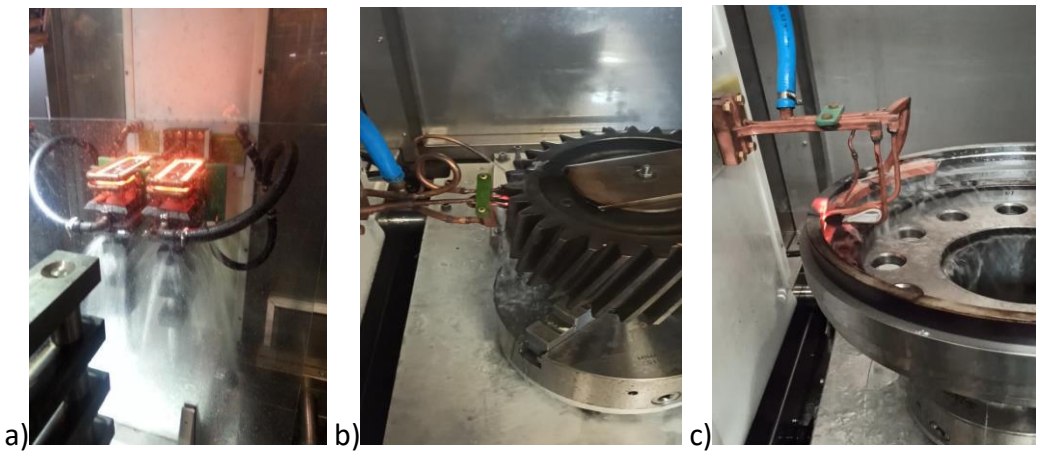


Rys.10. Opracowany i wdrożony przez firmę ELKON piec do odpuszczania po hartowaniu – model



Rys.11. Przykładowe przebiegi strefy zahartowanej procesów hartowania wg technologii opracowanych w firmie ELKON

Inne przykłady procesów elektrotechnologicznych, dotyczące hartowania przedstawiają zdjęcia na rys.12.

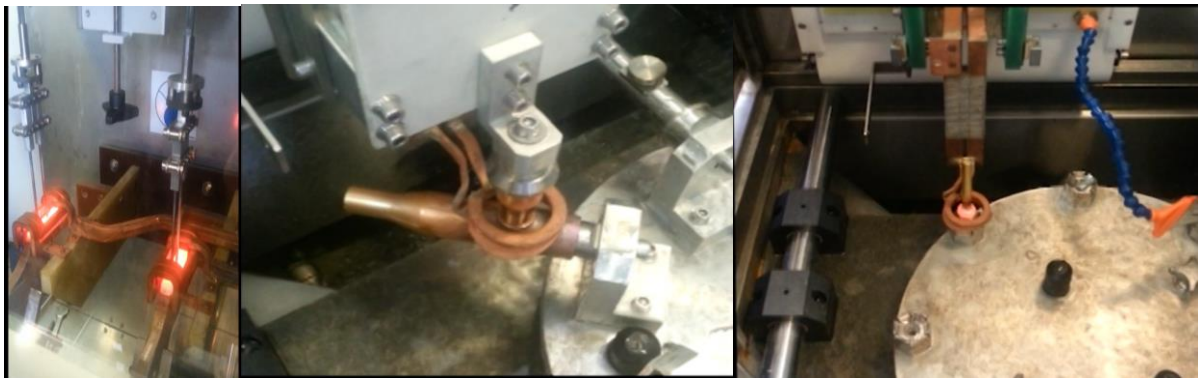


12. Przykłady procesów hartowania a) krawędzi noży rozdrabniacza odpadów w procesie recyklingu, b) koła zębatego, c) zadanego fragmentu powierzchni. Technologie i maszyny opracowane i wdrożone przez firmę ELKON.

Charakterystyczne dla tych procesów, oprócz źródła pozyskiwania energii, jest możliwość kształtowania pola temperaturowego w celu uzyskania wymaganego przebiegu strefy utwardzonej. Przykładowe przebiegi tej strefy przedstawiają zdjęcia na rys.11.

Również w procesach lutowania indukcyjnego, czas przygotowania elementów do lutowania jest znacznie dłuższy aniżeli sam proces lutowania, dzięki czemu proces lutowania może być zaplanowany na okres, w którym energia jest produkowana w źródłach OZE z maksymalną wydajnością, zatem osiąga minimalną cenę.
Przykład maszyny inteligentnej w zastosowaniu do lutowania indukcyjnego przedstawiają rys.13 i rys.14.

Na rys.14. przedstawiony jest proces lutowania indukcyjnego końcówek kablowych. Proces lutowania indukcyjnego został wdrożony w celu zwiększenia stabilności i wydajności procesu technologicznego oraz ograniczenia braków w stosunku do dotychczas stosowanego lutowania płomieniowego. Był on finansowany przez NCBiR i w zakresie badań przemysłowych Inwestor współpracował z AGH. Firma Elkon wdrożyła wyniki badań przemysłowych dotyczących transformacji energetycznej z kopalnego źródła energii (gaz) w prąd, który może być pozyskany ze źródeł OZE. Proces lutowania jest operacją najbardziej energochłonną, a jednocześnie czasowo najkrótszą w stosunku do mechanicznego ukształtowania końcówki. Zatem proces lutowania może być zaplanowany w okresie intensywnego pozyskiwania energii z OZE.



Rys.13. Przykłady opracowanych i wdrożonych przez firmę ELKON zautomatyzowanych procesów lutowania indukcyjnego

Rys.14. Wdrożona przez firmę ELKON maszyna do zautomatyzowanego lutowania indukcyjnego końcówek kabli i przewodów elektrycznych.

Wspólną cechą przedstawionych rozwiązań jest cyfryzacja, umożliwiająca precyzyjne programowanie ruchów maszyn technologicznych oraz możliwość komunikowania się maszyn pomiędzy sobą i pomiędzy ośrodkiem zarządzania procesami technologicznymi. To wyzwanie i ten etap rozwoju maszyn mają inżynierowie już za sobą. Tak budowane są wszystkie nowoczesne maszyny, w które wyposażone są, bądź są wyposażane, małe i średnie przedsiębiorstwa, aby sprostać wymaganiom precyzyjnej obróbki.

Maszyna inteligentna stwarza możliwość zarządzania energią poprzez Sieciowy Terminal Dostępowy. Wiele procesów elektrotechnologicznych może być wykonywanych w czasie największej produkcji energii z OZE, a więc energii najtańszej.

Korzystniejszą sytuację w zakresie optymalnego zarządzania energią, a zatem w procesie Transformacji Energetycznej w Trybie Innowacji Przełomowej do Elektroprosumeryzmu, posiadają duże firmy i korporacje, dysponując znacznymi środkami inwestycyjnymi oraz kadrą inżynierów branży IT. Zadaniem informatyków jest wówczas integracja pionowa gniazd technologicznych oraz powiązanie centrów sterowania technologią realizowaną przez te gniazda, z zasilaniem elektrycznym i zarządzaniem energią, wybierając źródła zasilania na podstawie analizy bieżących cen energii. Dla MMŚP pomocne mogą być samorządy (JST).
Na terenie każdej jednostki samorządu terytorialnego (JST) funkcjonują MMiŚP wyposażone w maszyny inteligentne, zatem tryplet paradygmatyczny transformacji energetycznej może być realizowany na obszarze tej JST, za pomocą lokalnej sieci OZE zintegrowanej z siecią nN KSE np. według schematu sieci sołectwa na trajektorii jego autonomizacji w trybie on/off grid [7]. Samorząd jest wówczas realizatorem transformacji energetycznej do elektroprosumeryzmu. Dla samorządu zadanie to jest szczególnie ważne w ciepłownictwa sieciowego i pozasieciowego.
Optymalne zarządzanie energią zwieńcza Transformację Energetyczną w Trybie Innowacji Przełomowej do Elektroprosumeryzmu

3 Elektrociepłownictwo komunalne

Dużym wyzwaniem dla zarządów JST jest transformacja energetyczna ciepłownictwa komunalnego: sieciowego i pozasieciowego. W energetyce cieplnej, Transformacja Energetyczna w Trybie Innowacji Przełomowej do Elektroprosumeryzmu wymaga istotnej przebudowy infrastruktury oraz zmian świadomości społecznej u odbiorców i wśród osób zarządzających. W instalacjach centralnego ogrzewania i wody użytkowej budownictwa wielomieszkaniowego, ciepło doprowadzane jest z centralnej sieci ciepłowniczej o parametrach wysokich do węzła ciepłowniczego, w którym przez wymiennik ciepła przekazywane jest do wewnętrznej instalacji centralnego ogrzewania pomieszczeń i wody użytkowej. Miejskie ciepłownie posiadają rozbudowane wielokilometrowe sieci doprowadzające ciepło do budynków mieszkalnych, o różnym przekroju, różnym zużyciu technicznym i o wielotonowym zładzie, który decyduje o dużej bezwładności cieplnej systemu grzewczego. Elektrociepłownie miejskie opalane paliwem kopalnym, w szczególności węglem oraz rozbudowane sieci ciepłownicze, należy uznać za rozwiązania już historyczne, które spełniły swoją rolę w minionej epoce. Sieci ciepłownicze wymagają gruntownego remontu, zatem rozkopania ulic miast, co jest zadaniem kosztownym i społecznie uciążliwym.

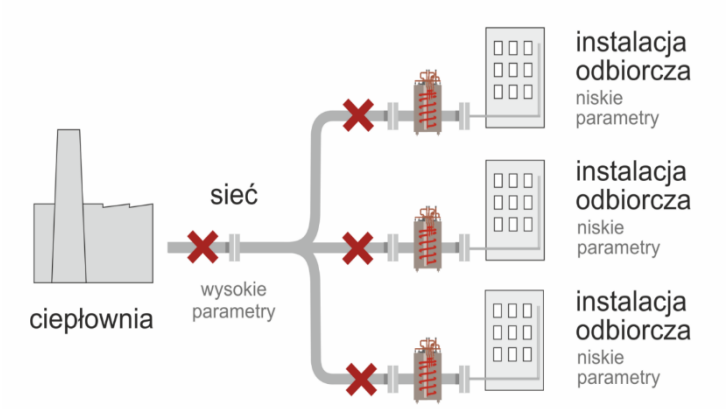
Z tymi problemami spotykają się, lub spotkają w najbliższej przyszłości, prezydenci i burmistrzowie wszystkich miast w Polsce. Wiele miast „przeżyło” problemy komunikacyjne związane z remontem lub budową nowych sieci wodociągowych i kanalizacyjnych. W przypadku ciepłownictwa sieciowego powyższe problemy mogą być wyeliminowane za pomocą **elektryfikacji węzła ciepłowniczego**. Transport energii elektrycznej jest prostszy niż ciepła i prowadzenie instalacji elektrycznej nie burzy infrastruktury komunikacyjnej jak w przypadku budowy lub remontu sieci ciepłowniczej. Transformacja energetyki cieplnej, konieczna i niezbędna, może być

rozłożona w czasie i dotyczyć odcinków sieci ciepłowniczej, najbardziej narażonych na awarię i w których usunięcie awarii skutkuje największymi problemami komunikacyjnymi i społecznymi.
Chociaż rok 2050 wydaje się być odległym, jednak wielkość zadań i nakładów inwestycyjnych powinna skłonić prezydentów i burmistrzów do działań planowanych na okres przekraczający ich kadencje i realizowanych również przez ich następców.
Zagadnienia elektrotermiczne w zakresie ogrzewania budynków i wody użytkowej są zatem niezbędne i pilne.
Badania naukowe dynamizujące rozwój ogniw fotowoltaicznych, wzrost wydajności ogniw, nowoczesne rozwiązania ogniw fotowoltaicznych perowskitowych, a w szczególności badania nad fotowoltaiką kosmiczną, magazynowanie energii elektrycznej, stanowią o reelektryfikacji (wtórnej elektryfikacji) świata, w której energia pozyskiwana będzie z niewyczerpywalnego źródła jakim jest słońce i wiatr. Ciepło w celach grzewczych będzie pozyskiwane głównie z prądu, zatem przetwarzanie energii elektrycznej w ciepło użytkowe jest głównym kierunkiem transformacji energetyki cieplnej. Wszelkie inne działania, w których pozostawiana jest tradycyjna sieć ciepłownicza i proponowane jest wprowadzanie zastępczych źródeł energii, np. solarne wraz z magazynowaniem ciepła w okresie letnim, aby wykorzystywać go w okresie zimowym, są owszem, innowacją przyrostową, lecz nie przełomową. Działania te nie eliminują problemów związanych z utrzymaniem rozbudowanej sieci ciepłowniczej. Elektrotechnologia jest niewątpliwie pożądanym kierunkiem transformacji energetycznej do elektrociepłownictwa.
Opracowaniom innowacyjnych rozwiązań technicznych dotyczących przekształcania energii elektrycznej w ciepło i jej optymalnego wykorzystania poświęcane są obecne badania przemysłowe i prace rozwojowe.

Pozyskiwanie ciepła użytkowego z energii elektrycznej może budzić obawy użytkowników, obawy dotyczące bezpieczeństwa zasilania. Przerwy w dostawie prądu skutkować będą nie tylko brakiem oświetlenia ale również ciepła. Jednak w elektroprosumeryźmie, odporność elektroprosumencka jest tym większa im bardziej rozproszone są źródła pozyskiwania energii. Elektrownie fotowoltaiczne, elektrownie wiatrowe, magazyny energii, źródła rezerwowe wykorzystujące agregaty prądotwórcze zasilane biogazem lub wodorem i w końcu Krajowa Sieć Energetyczna (KSE) dostarczająca energię zieloną, są gwarancją niezawodności dostaw energii elektrycznej. Inteligentne zarządzanie energią powinno pozwolić zachować bezpieczeństwo zasilania w ciepło i energię elektryczną. Reasumując, transformacja energetyki cieplnej poprzez pasywizację budownictwa i elektryfikację ciepłownictwa (z wykorzystaniem pomp ciepła, kotłów indukcyjnych i innych rozwiązań, np. solarnych podgrzewaczy wody) jest kanonicznym przykładem Transformacji Elektroenergetyki w Trybie Innowacji Przełomowej (TETIP) do elektroprosumeryzmu [1] [3].

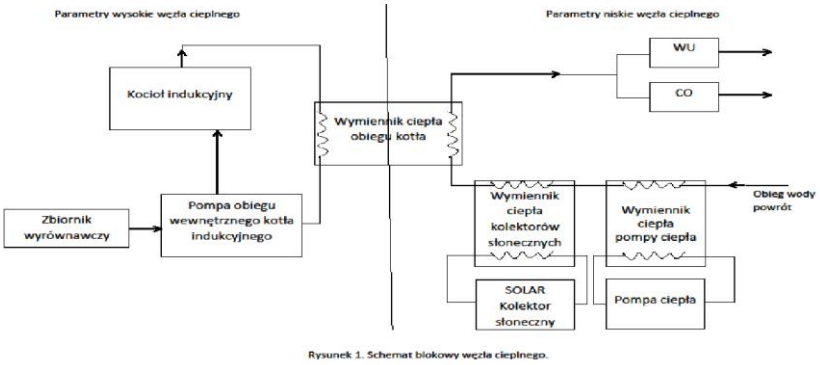
Zastosowanie grzejnictwa indukcyjnego w ciepłownictwie sieciowym i bezsieciowym, pomimo dyskusji, często krytycznej, jest obszarem intensywnego zainteresowania inżynierów, o czym świadczą artykuły prasowe reklamujące te rozwiązania oraz zgłoszone patenty. Opatentowane rozwiązania kotłów indukcyjnych wykorzystują zjawisko indukcji elektromagnetycznej i dotyczą konstrukcji w której cewka indukcyjna umieszczona jest na rdzeniu z materiału ferromagnetycznego, indukując w nim prądy nagrzewające ten rdzeń, a wewnątrz rdzenia przepływa nagrzewana ciecz, z reguły woda. Zastrzeżenia patentowe dotyczą rozwiązań konstrukcyjnych i kształtu obwodu magnetycznego [4].

W pracach badawczych dotyczących rozwiązania technicznego kotła indukcyjnego ma swój udział również firma ELKON prowadząc badania własne w zakresie konstrukcji kotła i jego sprawności. Wstępne badania zaowocowały zgłoszeniami patentowymi o numerach: P.439308 - „ Kocioł indukcyjny"; P.439426 - „Układ węzła ciepłowniczego z kotłem indukcyjnym" oraz P.442100 - „Mobilny zespół elektrociepłowniczy". Kocioł indukcyjny, zainstalowany w węźle ciepłowniczym w miejscu przyłączenia sieci ciepłowniczej systemowej do budynku, może zasilać węzeł ciepłowniczy takimi samymi parametrami jak z magistrali ciepłowniczej, lub wyższymi.
Umiejscowienie kotła indukcyjnego po stronie wysokich parametrów sieci ciepłowniczej przedstawia rys.15.



Rys.15. Umiejscowienie kotła indukcyjnego po stronie wysokich parametrów sieci ciepłowniczej

Pozostałe elementy systemu grzewczego i sterowania mogą być zachowane, lub rozszerzone, w szczególności doposażone w pompy ciepła po stronie niskich parametrów układu grzewczego, solarne pogrzewacze wody oraz magazyn ciepła. Energia elektryczna może być pozyskiwana z ogniw fotowoltaicznych zainstalowanych w obiekcie, z magazynu energii elektrycznej, z sieci elektrycznej systemowej KSE integrującej różne źródła pozyskiwania energii OZE, bądź z agregatu prądotwórczego. Wymaga to inteligentnego zarządzania energią, poprzez sieciowy terminal dostępowy(STD) – interfejs między elektroprosumencką instalacją służącą elektroprosumenckiej elektryfikacji ciepłownictwa a zasobami sieciowo-bilansującymi KSE – zbierający informacje ze wszystkich możliwych źródeł np. z systemu zarządzającego budynkiem (automatyka ogrzewania, wentylacji, klimatyzacji) oraz dodatkowych czujników opisujących stan cieplny obiektu.
Opisany powyżej węzeł ciepłowniczy przedstawiono schematycznie na rys.16.



Rys.16. Schemat blokowy węzła ciepłowniczego

W strukturze indukcyjnego węzła ciepłowniczego przedstawionej na rys. 16 znajdują się następujące elementy:

1.1. Wymiennik ciepła w obiegu wewnętrznym kotła indukcyjnego (wymiennik główny), który po stronie obiegu pierwotnego zasilany jest z kotła cieczą o temperaturze np.130 °C, czyli o parametrach odpowiadających parametrom sieci systemowej w założonej koncepcji, lub wyższej temperaturze, w przypadku koncepcji rozszerzonej np. o magazyn ciepła. W tym przykładowym węźle ciepłowniczym system regulacji temperatury, (np. pogodowy) oraz rozdział ciepła na obieg grzewczy i obieg wody użytkowej może pozostać niezmieniony, jak w dotychczasowych rozwiązaniach węzłów ciepłowniczych przyłączających budynki wielorodzinne do systemowej sieci ciepłowniczej (opcja minimalna), bądź może być zastąpiony Sieciowym Terminalem Dostępowym o bardziej rozbudowanym systemie regulacji, jeśli po stronie niskich parametrów cieplnych, węzeł ciepłowniczy będzie rozbudowany o dodatkowe źródła, np. pompy ciepła, solarne podgrzewacze wody, magazyn ciepła.

1.2. Kocioł indukcyjny nagrzewający ciecz w obiegu pierwotnym wymiennika głównego (olej termalny) wraz z pompą obiegową tej cieczy oraz układem pomiaru temperatury cieczy, przepływu i układem sterowania mocą kotła dla utrzymania wymaganych parametrów cieplnych cieczy w obiegu pierwotnym. Jest to zatem kocioł indukcyjny z olejowym nośnikiem ciepła (ONC)

1.3. Zbiornik buforowy oleju (alternatywnie), nagrzewany z kotła indukcyjnego i w okresie pozyskiwania energii elektrycznej z własnych ogniw fotowoltaicznych, będący magazynem ciepła. Zbiornik włączany do systemu za pomocą elektrozaworów sterowanych przez Sieciowy Terminal Dostępowy.

1.4. Pompa ciepła lub pompy ciepła, zainstalowane po stronie niskich parametrów obiegu wody CO i wody użytkowej. Wymiennik ciepła pompy ciepła jest zamontowany w obwodzie wejściowym do wymiennika głównego.

1.5. Solarny podgrzewacz wody wraz z wymiennikiem ciepła zainstalowanym w obwodzie wejściowym do wymiennika głównego obiegu wody po stronie niskich parametrów.

1.6. Zbiornik buforowy wody użytkowej, nagrzewany z solarnego podgrzewcza wody, pompy ciepła, albo kotła indukcyjnego w okresie pozyskiwania energii elektrycznej z własnych ogniw fotowoltaicznych, będący magazynem ciepłej wody użytkowej. Zbiornik włączany do systemu grzewczego za pomocą elektrozaworów sterowanych przez Sieciowy Terminal Dostępowy.

1.7. System zasilania elektrycznego i sterowania procesem cieplnym obiektu. Zakłada się, że w przyłączu elektrycznym obiektu będzie pole zasilania energią elektryczną z sieci systemowej oraz z ogniw fotowoltaicznych własnych, obiektowych.
1.8. Sieciowy Terminal Dostępowy (STD), zapewniający sterowanie procesem cieplnym obiektu (ogrzewanie i ciepła woda użytkowa), który ponadto steruje wentylacją, klimatyzacją i zasilaniem elektrycznym. W szczególności zadaniem STD jest inteligentne sterowanie procesem cieplnym obiektu poprzez zarządzanie kotłem indukcyjnym, pompą ciepła, solarnym podgrzewaczem wody, magazynem ciepła, wentylacją, klimatyzacją, ogniwami fotowoltaicznymi własnymi, magazynem energii elektrycznej i zasilaniem elektrycznym z KSE, zapewniając minimalne zużycie energii elektrycznej. Informacje dotyczące dynamiki zmiany temperatury zewnętrznej, dynamiki zmiany temperatury w obiekcie, pory dnia i prognozy mocy pozyskiwanej z ogniw fotowoltaicznych, a także informacje o cenach energii z sieci systemowej, pozwolą tak sterować elementami wykonawczymi, by zapewnić wymagane parametry cieplne, minimalizując koszty energii elektrycznej.

Jest to przykładowa struktura węzła ciepłowniczego. Istotą jest autonomia cieplna obiektu budowlanego, polegająca na zastąpieniu ciepła sieciowego, ciepłem pochodzącym z kilku źródeł: z kotła indukcyjnego, pompy ciepła lub solarnych podgrzewaczy wody. Zatem jest to zasilanie rozproszone, a źródła ciepła znajdują się w miejscu ich użytkowania, przez co eliminowane są straty przesyłowe i koszty utrzymania sieci ciepłowniczej.
Korzystne zastosowanie pompy ciepła w obiegu wody CO i wody użytkowej oraz zastosowanie solarnych podgrzewaczy wody w tym obiegu, poparte jest dotychczasową praktyką eksploatacyjną, co przedstawiono we wcześniejszej publikacji [9]. Autonomia w obszarze ciepła rozszerzona jest również o autonomię w obszarze energii elektrycznej, bowiem obiekt budowlany może posiadać własną elektrownię fotowoltaiczną, magazyn energii elektrycznej, rezerwowy agregat prądotwórczy oraz połączenie z krajową siecią elektroenergetyczną KSE, umożliwiające uzupełnienie zapotrzebowania w energię elektryczną.

Opisana struktura „obróbki cieplnej" budynku wielorodzinnego, czyli procesu zapewniającego ciągłą dostawę ciepła dla uzyskania wymaganego komfortu życia w budynku, jest analogią struktury „gniazda technologicznego" w procesach przemysłowych. Przedmiotem procesu jest budynek, miejsce zamieszkania ludzi, który ma zapewnić określone parametry cieplne. Zintegrowane w węźle ciepłowniczym „maszyny inteligentne": kocioł indukcyjny, pompy ciepła, solarne podgrzewacze wody, magazyn ciepła, elektrownia fotowoltaiczna, elektrownia biogazowa, magazyn energii elektrycznej, rezerwowy agregat prądotwórczy oraz przyłącze elektryczne sieci KSE, komunikują się na drodze elektronicznej pomiędzy sobą (komunikacja pozioma) oraz z centrum zarządzania tj. Sieciowym Terminalem Dostępowym (komunikacja pionowa). Ta struktura umożliwia zarządzanie energią w celu minimalizacji kosztów jej pozyskiwania i użytkowania.

Reasumując: proponowane rozwiązanie, eliminuje wady istniejącego ciepłownictwa sieciowego. Węzeł elektrociepłowniczy, zastępując dotychczasowy sposób zasilania budynków wielorodzinnych w ciepłownictwie systemowym, eliminuje straty przesyłowe ciepła i zwiększa odporność kryzysową obiektu, szczególnie w przypadkach sieci ciepłowniczych o wysokiej awaryjności. Koszt doprowadzenia dodatkowego zasilania

w energię elektryczną jest nieporównanie niższy od kosztów doprowadzenia ciepła przez sieć systemową, a koszt zainstalowania kotła indukcyjnego pokryje koszty usuwania awarii sieci, wymagający rozkopania ulic i zmiany układu komunikacyjnego na czas awarii. Ponadto proponowane rozwiązanie umożliwia zainstalowanie w węźle ciepłowniczym źródeł ciepła wykorzystujących energię odnawialną oraz zarządzanie optymalne zużyciem energii pod względem kosztów.

Kocioł indukcyjny jest zasadniczym elementem wyposażenia węzła ciepłowniczego w prezentowanej strukturze. Dla optymalnego wykorzystania zjawiska indukcji elektromagnetycznej w przetwarzaniu energii elektrycznej w ciepło w kotle indukcyjnym, wykorzystano istotę budowy transformatora, a więc zamkniętego obwodu magnetycznego. Uzwojenie grzewcze podłączone jest do generatora średniej lub wysokiej częstotliwości. Nagrzewanie cieczy (oleju termalnego) odbywa się w rdzeniu i uzwojeniach. Obieg cieczy jest wymuszony pompą i zamyka się przez wymiennik główny indukcyjnego węzła ciepłowniczego.
W firmie ELKON prowadzone są wstępne badania własne modelu przemysłowego kotła indukcyjnego, aby sprawdzić ideę jego działania umożliwiającą przeprowadzenie wstępnych badań rynku.
Przedstawiony na rys.17 i rys.18 kocioł jest wersją badawczą i dlatego konstrukcyjnie jest on przystosowany do łatwej wymiany podzespołów, bądź przebudowy, wynikającej z analizy otrzymanych wyników w trakcie badan. Estetyka rozwiązania ma tutaj najmniejsze znaczenie.

Rys.17. Badawczy indukcyjny węzeł ciepłowniczy wykonany w firmie ELKON w celu przeprowadzenia badań wstępnych, sprawdzających ideę kotła indukcyjnego.

Rys.18. Badawczy indukcyjny węzeł ciepłowniczy

Cechy charakterystyczne badanego kotła indukcyjnego są następujące:

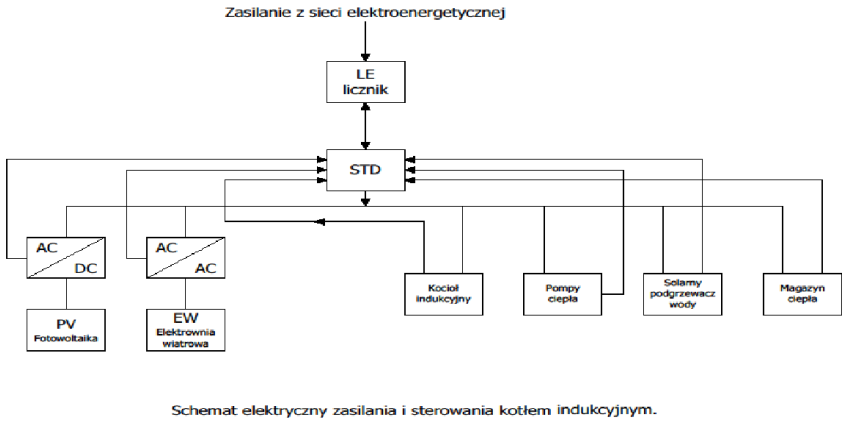
- prąd zasilający wysokiej lub średniej częstotliwości – korzystniejsze grzanie,
- rdzeń stanowi zamknięty obwód magnetyczny dla strumienia wytwarzanego przez wzbudnik indukcyjny,
- wykorzystano istotę budowy transformatora,
- konstrukcja transformatora kubkowego z rdzeniem litym udrożnionym wewnętrznie dla przepływu cieczy,
- rdzeń z rur lub profili stalowych zamkniętych,
- nagrzewanie cieczy (oleju termalnego) odbywa się w rdzeniu i uzwojeniach, zatem jest to nagrzewanie wykorzystujące straty jak w transformatorze.

Badania modelu przemysłowego kotła indukcyjnego będą miały na celu określenie sprawności kotła, co jest podstawowym parametrem z punktu widzenia użytkownika oraz optymalizację konstrukcji w celu minimalizacji strat przetwarzania energii.

Sterowanie pracą węzła ciepłowniczego, zarządzanie energią elektryczną i ciepłem oraz optymalizacją pracy węzła pod względem kosztów energii i komfortu cieplnego użytkowników obiektu, realizuje Sieciowy Terminal Dostępowy. Pełni on funkcję inteligentnego regulatora pogodowego - zarządza energią elektryczną wybierając jej dostawcę: własne zasilanie z baterii fotowoltaicznej, z magazynu energii elektrycznej, dodatkowego agregatu prądotwórczego, lub zasilanie sieciowe z KSE. Zarządza także ciepłem wybierając źródło zasilania w optymalnej konfiguracji np: pompa ciepła i solarny podgrzewacz wody, pompa ciepła plus magazyn ciepła, pompa ciepła plus kocioł indukcyjny, tylko kocioł indukcyjny, itp. Jest to zatem sterownik programowalny o określonym algorytmie pracy, który mierzy i analizuje tendencje zmiany temperatury zewnętrznej i wewnętrznej obiektu, rejestruje porę dnia, wydajność ogniw fotowoltaicznych, wydajność pompy ciepła i na tej podstawie zarządza pracą źródeł energii. Cechą charakterystyczną STD jest bieżąca analiza zapotrzebowania na ciepło uwzgledniająca obiekt budowlany jako magazyn ciepła. Inercja zmiany temperatury wewnętrznej obiektu i jej rejestracja, umożliwia, sterowanie dostawą ciepła zapewniającą stabilizację temperatury wewnątrz obiektu, przy uwzględnieniu dynamiki zmiany temperatury zewnętrznej, nasłonecznienia i minimalnej ceny energii

elektrycznej w okresach dobowych. W przypadku ciepłej wody użytkowej, STD, na podstawie historii zużycia wody w ciągu doby oraz informacji o temperaturze wody użytkowej w zbiorniku, steruje załączaniem ogrzewania tej wody w najkorzystniejszym przedziale cenowym energii elektrycznej. Opracowanie algorytmu pracy STD, jego oprogramowanie oraz praktyczne sprawdzenie na wzorcowym obiekcie umożliwi ocenę merytoryczną oraz ekonomiczną takiego rozwiązania.

Schemat zasilania i sterowania pracą węzła ciepłowniczego przedstawia rys.19. Na rysunku zaznaczono jedynie sygnały zwrotne z urządzeń wykonawczych, dochodzące do STD, nie zaznaczono sygnałów z czujników pomiarowych, opisanych w dalszej części, istotnych dla procesu sterowania węzłem ciepłowniczym.



Rys.19. Schemat zasilania i sterowania pracą węzła ciepłowniczego

Struktura sterowania Sieciowego Terminala Dostępowego (STD) zawiera:
Sygnały wejściowe:
- temperatura wody CO,
- temperatura wody użytkowej,
- temperatura powietrza w obiekcie (klatka schodowa),
- temperatura powietrza w obiekcie (wybrany dodatkowy punkt pomiarowy),
- temperatura zewnętrzna powietrza oraz informacja o tendencji jej zmiany
- temperatura czynnika grzewczego kotła indukcyjnego (olej termalny),
- temperatura czynnika grzewczego w magazynie ciepła,
- sygnał pracy pompy ciepła,
- sygnał podłączenia zasilania sieciowego,
- sygnał podłączenia zasilania z baterii fotowoltaicznej,
- sygnał podłączenia rezerwowego agregatu prądotwórczego,
- sygnał aktualnej wydajności baterii fotowoltaicznej i dynamikę jej zmiany
- sygnał aktualnej wydajności pompy ciepła i dynamikę jej zmiany,
- sygnał aktualnej wydajności pompy ciepła i dynamikę jej zmiany,
- informacja o cenie energii sieciowej i dobowej zmianie ceny.
- sygnały z elektrozaworów magazynu ciepła,
Sygnały wyjściowe:
- sterowanie pracą pompy ciepła – załączanie i wyłączanie pompy
- Sterowania pracą solarnych podgrzewaczy wody
- sterowanie pracą kotła indukcyjnego – złączanie i wyłączanie kotła,

- sterowanie mocą generatora kotła indukcyjnego,
- sterowanie załączaniem zasilania sieciowego,
- sterowanie załączaniem zasilania z baterii ogniw fotowoltaicznych,
- sterowanie pracą magazynu energii
- sterowanie elektrozaworami magazynu ciepła.

Są to sygnały, które przetworzy STD zarządzając optymalnym zużyciem energii**.**

Analizując różne warianty pozyskiwania ciepła w zastosowaniu do centralnego ogrzewania pomieszczeń, należy przede wszystkim uwzględnić dotychczasowe doświadczenia w dziedzinie ogrzewania obiektów, w wyniku których dąży się do możliwie maksymalnego ograniczenia tzw. zładu, w celu zwiększenia dynamiki regulacji temperatury w ogrzewanych pomieszczeniach. Tę zasadę zapewnia w najwyższym stopniu kocioł indukcyjny. Szczególnie, w przypadku ciepłej wody użytkowej CWU, której zużycie jest dynamicznie zmieniające się w ciągu doby. Dynamika ta jest ważna, dla komfortu użytkowników, wymagających niemal natychmiastowego uzyskania ciepłej wody po odkręceniu kranu.
Podgrzewanie indukcyjne pośrednie wody jest szybsze niż podgrzewanie wody za pomocą grzałek elektrycznych. Ponadto magazyn ciepła zbudowany z wykorzystaniem oleju termalnego zgromadzi 2,5 razy więcej energii aniżeli magazyn z wodą, przy tej samej objętości czynnika nagrzewanego [9].

Kocioł indukcyjny z olejowym nośnikiem ciepła (ONC) ma ponadto następujące zalety:

1. Koszty eksploatacje kotła z olejowym nośnikiem ciepła są znikome w porównaniu do kosztów eksploatacji instalacji centralnej sieci grzewczej z wodą grzewczą o wysokim ciśnieniu.
2. Instalacje ONC pracują praktycznie przy ciśnieniu atmosferycznym. Nie jest wymagane stosowanie drogiej armatury i urządzeń zabezpieczających instalacje.
3. Niskie ciśnienie pracy instalacji ONC sprawia, że instalacja wyłączona spod nadzoru UDT.
4. Dzięki zastosowaniu oleju jako nośnika ciepła nie występuje problem osadów kamienia kotłowego. Instalacja ONC nie zawiera elementów związanych z odsalaniem i odmulaniem. Użytkownik instalacji ONC nie ma problemów z usuwaniem odpadów (odmuliny).
5. Olej termalny nie powoduje korozji.
6. Łatwość i dokładność regulacji temperatury oleju termalnego.
7. Brak konieczności uzupełniania czynnika grzewczego czynnik grzewczy znajduje się cały czas w obiegu, nie występują straty czynnika grzewczego.
8. Brak instalacji kondensatu.
9. Możliwość osiągnięcia temperatury oleju termalnego do 300°C, a nawet 400 ˚C. (olej Therminol® VP-1)
10. Wysoka sprawność układu.
11. Instalacja kotła indukcyjnego jest możliwa do zastosowania miejscowego.

Pojawia się w dyskusjach często pytanie: grzałka elektryczna czy kocioł indukcyjny?

- Zastosowanie grzałek elektrycznych o mocy porównywalnej z mocą kotła indukcyjnego, np. 100 kW, wymagałoby zastosowania zbiornika z wodą o pojemności około 2000 l, aby praktycznie można było je zainstalować. Ta masa wody w obiegu CO zwiększa zasadniczo bezwładność systemu i przeciwstawia się

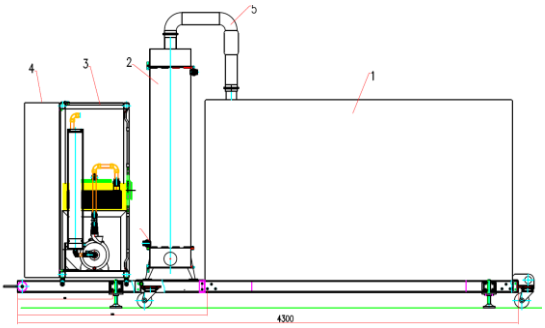
zasadzie minimalizacji tzw. „zładu” w obwodzie CO, w celu uzyskania maksymalnej dynamiki systemu grzewczego. Kocioł indukcyjny jest praktycznie bezinercyjny
- Osadzający się kamień na grzałkach zmniejsza efektywność nagrzewania.
- Awaria grzałki wymaga opróżnienia zbiornika w celu jej wymiany.
- Sterowanie mocą wymaga zastosowania złożonego systemu sterowania sekcjami grzałek, lub falownika umożliwiającego płynną regulację mocy. Koszt takiego rozwiązania jest porównywalny z kosztem generatora częstotliwości, zasilającego kocioł indukcyjny, zapewniającego płynną regulację mocy kotła w zakresie od 10 do 100% mocy.
- Kocioł indukcyjny jest praktycznie bezawaryjny, a kontrola serwisowa ogranicza się do serwisu pomp obiegowych oleju termalnego i obiegu chłodzenia generatora. Umożliwia ponadto proste magazynowanie ciepła w zbiorniku oleju termalnego z efektem 2,5 krotnym w stosunku do magazynowania ciepła w wodzie [9].

Niskie koszty eksploatacyjne kotła indukcyjnego w porównaniu z kosztami eksploatacji sieci ciepłowniczej, a przede wszystkim korzyści środowiskowe, uzasadniają kierunek transformacji energetyki ciepłowniczej do elektrociepłownictwa.
Kocioł indukcyjny w węźle ciepłowniczym z zainstalowanym magazynem ciepła, jest najprostszą i najtańszą metodą magazynowania energii, w szczególności, jeśli energia elektryczna zasilająca kocioł indukcyjny będzie wytwarzana w elektrowni fotowoltaicznej.
Budowa i badania wstępne modelu przemysłowego kotła indukcyjnego to pierwszy ważny krok na trajektorii doświadczeń praktycznych związanych z elektryfikacją ciepłownictwa. Kolejny krok to doświadczenia związane z węzłem ciepłowniczym zawierającym kocioł indukcyjny oraz inne odnawialne źródła energii wraz ze sterowaniem węzłem ciepłowniczym za pomocą sieciowego terminala dostępowego (STD). Dla przeprowadzenia tych doświadczeń i analiz, korzystne i pożądane jest zbudowanie poligonu doświadczalnego, który umożliwiłby badania szczegółowe dotyczące nakładów inwestycyjnych, możliwości regulacyjnych i kosztów eksploatacyjnych węzła ciepłowniczego w obiekcie doświadczalnym odzwierciedlającym potrzeby komunalne i przemysłowe. Optymalnym rozwiązaniem będzie obiekt przemysłowo-biurowy obejmujący halę produkcyjną, w której prowadzone będą procesy elektrotechnologiczne i zastosowane ogrzewanie nawiewne wysokotemperaturowe, jednocześnie obejmujący pomieszczenia biurowe, w których będzie odwzorowane zapotrzebowanie na ciepło dla celów CO i CWU tak, jak w rzeczywistych obiektach mieszkalnych.
Taki obiekt posłuży sprawdzeniu systemu ciepłowniczego, z opisaną strukturą węzła ciepłowniczego oraz sprawdzeniu systemu optymalnego zarządzania energią z wykorzystaniem Sieciowego Terminala Dostępowego (STD) połączonego z inteligentnym licznikiem energii. Obiekt powinien być wyposażony w elektrownię fotowoltaiczną, wiatrową, magazyn energii elektrycznej, rezerwowy agregat prądotwórczy i magazyn ciepła. Badania prowadzone na obiekcie przemysłowo-biurowym, oprócz możliwości skojarzenia elektrotechnologii przemysłowej z elektrociepłownictwem, nie będą powodowały uciążliwości dla użytkowników ciepła dla Co i CWU, jak w przypadku badań i regulacji nastaw STD w blokach mieszkalnych już zasiedlonych.
Przeprowadzone badania w obiekcie doświadczalnym pozwolą również opracować program umożliwiający obliczenie kosztów budowy i eksploatacji systemu zasilania budynków w ciepło, z węzłem elektrociepłowniczym obejmującym źródła OZE, elektryczne i cieplne oraz kocioł indukcyjny - systemu ogrzewania

zdecentralizowanego, pozasieciowego. Program obliczeniowy będzie dotyczył budynków mieszkalnych wielorodzinnych, jednorodzinnych szeregowych oraz przemysłowych, handlowych i administracyjnych.

Dla inwestorów ten program wstępnej analizy będzie punktem wyjścia do obliczenia kosztów systemu ogrzewania dla budowanych obiektów, jak również przyszłych kosztów jego eksploatacji. Taki program badań powinien zainteresować zarządy JST, które staną przed problemem elektryfikacji ciepłownictwa sieciowego.
Nie dysponując aktualnie takim poligonem doświadczalnym, autorzy przeprowadzili wstępną analizę celowości transformacji energetycznej do elektrociepłownictwa prosumenckiego, z zastosowaniem kotła indukcyjnego w węźle elektrociepłowniczym w budynkach wielorodzinnych, w oparciu o rzeczywiste zużycie ciepła na potrzeby CO i CWU, w rozliczeniu rocznym, dla dwóch budynków wielorodzinnych w jednej ze śląskich spółdzielni mieszkaniowych. Zestawienie dotyczy budynku 11 kondygnacyjnego z 33 mieszkaniami i 5 kondygnacyjnego z 45 mieszkaniami. Dane dotyczące zużycia ciepła są za rok 2019. Budynki są ocieplone. Dla celów CO wykorzystane jest ciepło dostarczane klasycznie, z centralnej magistrali ciepłowniczej, natomiast dla celów CWU, w węźle elektrociepłowniczym zainstalowane są pompy ciepła oraz solarne źródła ciepła. Ciepło z centralnej sieci ciepłowniczej jest ciepłem uzupełniającym. Wobec dużej dynamiki zmiany cen nośników energii, obliczenia te nie są aktualne w sensie ilościowym, niemniej jednak są eksperymentem analitycznym przedstawiającym i dokumentującym celowość ścieżki elektroprosumeryzacji. Wyniki tego eksperymentu przedstawiono w artykule opublikowanym w nr 2/2022 „Energetyka” [9].
Wstępna analiza celowości transformacji energetycznej do elektrociepłownictwa z zastosowaniem kotła indukcyjnego w węźle ciepłowniczym w budynkach wielorodzinnych wykazała pozytywne cechy tej transformacji skutkujące oszczędnością kosztów energii na cele grzewcze nawet przy cenach energii elektrycznej dyktowanej przez zmonopolizowany system jej dystrybucji. Uwzględniając dodatkowe korzyści wynikające z ceny energii elektrycznej pozyskiwanej ze źródeł OZE z zastosowaniem sterowania optymalnego przez sieciowy terminal dostępowy (STD) oraz magazynowanie energii, korzyści te znacznie wzrosną. Ponadto znikome koszty eksploatacyjne kotła indukcyjnego w porównaniu z kosztami eksploatacji sieci ciepłowniczej, a przede wszystkim korzyści środowiskowe, uzasadniają kierunek transformacji do elektrociepłownictwa.
Kocioł indukcyjny w węźle elektrociepłowniczym z zainstalowanym magazynem ciepła, zapewni najprostszą i najtańszą metodę jego magazynowania, w szczególności, jeśli energia elektryczna zasilająca kocioł indukcyjny będzie wytwarzana w ogniwach fotowoltaicznych. Kocioł indukcyjny może być zasilany z krajowego systemu elektroenergetycznego (KSE/OSD), z węzła elektroenergetycznego zawierającego własne źródła OZE lub z agregatu prądotwórczego. W przypadku zasilania kotła z agregatu prądotwórczego, agregat, wymienniki ciepła, kocioł indukcyjny i pompy obiegowe czynnika grzewczego mogą być zintegrowane w jednej konstrukcji mechanicznej, tworząc **autonomiczny zespół elektrociepłowniczy** (rys. 20), który może być umieszczony w oddzielnym pomieszczeniu budynku lub na zewnątrz obiektu np. w kontenerze. Autonomiczny zespół elektrociepłowniczy, w wersji stacjonarnej, dzięki dużej sprawności, może być też rezerwowym źródłem ciepła w węźle elektrociepłowniczym budynku mieszkalnego lub przemysłowego, bazującym wyłącznie na energii z OZE. Agregat prądotwórczy, w którym np. zastosowany jest

obecnie silnik wysokoprężny, w kolejnych aplikacjach może być napędzany silnikiem wykorzystującym biogaz lub zielony wodór, tworząc bezemisyjne źródło ciepła i prądu.



Rys. 20. Autonomiczny zespół elektrociepłowniczy 1.Agregat prądotwórczy, 2. wymiennik ciepła spaliny/ciecz, 3 kocioł indukcyjny, 4. Sterowanie kotła.

Rys. 21. Mobilny zespół elektrociepłowniczy.

Autonomiczny zespół ciepłowniczy może być umieszczony na samochodzie dostawczym lub przyczepie samochodowej, tworząc **mobilny zespół elektrociepłowniczy**, podłączany do węzła ciepłowniczego obiektu na czas usuwania awarii systemowej sieci ciepłowniczej. Zatem jego zastosowanie może być wielozadaniowe.

Mobilny zespół elektrociepłowniczy powinien być podstawowym wyposażeniem **pogotowia elektroprosumenckiego**. Wówczas awaria systemowej sieci ciepłowniczej , zasilającej w ciepło budynki wielorodzinne, nie musi skutkować brakiem ciepła CO i CWU podczas jej usuwania. Pogotowie elektroprosumenckie**,** które powinno być zorganizowane w każdej gminie, dla której cel społeczny jest istotnym elementem działania w warunkach kryzysowych, może obejmować swym działaniem budynki wielorodzinne , zespół domów jednorodzinnych jeśli zasilane są ze wspólnego źródła ciepła, a także budynki użyteczności publicznej: zarządów miast i gmin, szkół, przedszkoli, bibliotek, basenów itp.

W proponowanym rozwiązaniu, w obiegu chłodzenia silnika w miejsce chłodnicy wentylatorowej, wbudowany jest płytowy wymiennik ciepła typu „ciecz – ciecz”, którego obwód wtórny włączony jest do obwodu wtórnego wymiennika typy „gaz/ciecz” zainstalowanego na rurze wydechowej silnika spalinowego oraz do obiegu grzewczego kotła indukcyjnego, zasilanego energią elektryczną wytwarzaną w prądnicy agregatu prądotwórczego. Wytwarzany jest wówczas z paliwa jeden rodzaj energii – ciepło, lecz w ilości większej, aniżeli w znanych układach kogeneracyjnych. Jeśli jest zapotrzebowanie na dwa rodzaje energii: ciepło i energię elektryczną, wówczas kocioł indukcyjny zasilany jest mocą częściową z generatora. Uniwersalność autonomicznego mobilnego zespołu elektrociepłowniczego jest jego istotnym atutem.

Podłączenie autonomicznego mobilnego zespołu elektrociepłowniczego wymaga niewielkich prac przygotowawczych, możliwych do wykonania przez służby techniczne spółdzielni mieszkaniowych lub jednostek administrujących budynki wielorodzinne, w ramach przygotowania budynków do sezonu zimowego. Jednostki administrujące budynki mieszkalne powinny przygotować je do zasilania rezerwowego w ciepło na wypadek awarii systemowej sieci ciepłowniczej.
Jeśli węzeł ciepłowniczy zlokalizowany jest w budynku i do węzła doprowadzona jest centralna cieć ciepłownicza, wówczas w węźle tym, po stronie niskich parametrów, bezpośrednio za przyłączeniami obiegu wody do strony wtórnej wymiennika płytowego, należy wykonać dodatkowe elementy przyłączeniowe. Będą to dwa trójniki, o przekroju takim jak rury wychodzące z wymiennika, z dwoma zaworami odcinającymi w każdym trójniku. Zawory w trójnikach należy umieścić od strony wymiennika i od strony przyłącza awaryjnego. Do tak przygotowanego obiektu, autonomiczny zespół elektrociepłowniczy może być podłączony w ciągu 1 – 2 godzin od czasu zgłoszenia awarii, o ile taki zespół elektrociepłowniczy będzie na wyposażeniu administratora obiektów mieszkalnych stanowiąc „pogotowie elektroprosumenckie". W tym czasie budynek nie zdąży się wychłodzić, zatem komfort cieplny mieszkańców oraz dostęp do CWU będą zachowane.
Warto również podkreślić, że jeden autonomiczny mobilny zespół elektrociepłowniczy może zasilić kilka budynków wielorodzinnych w przypadku awarii systemowej sieci ciepłowniczej. Można cyklicznie przestawiać autonomiczny mobilny zespół elektrociepłowniczy i podłączać budynki w ustalonym harmonogramie i ogrzewając je metodą „pompowania" ciepła do budynków, które z uwagi na inercję cieplną, zapewniają odpowiednią temperaturę w czasie, gdy zespół elektrociepłowniczy podłączony jest do innego budynku.

4 Elektrociepłownictwo przemysłowe

W instalacjach przemysłowych stosowane jest nagrzewanie technologicznych nośników ciepła, oleju termalnego, wykorzystywanego do stabilizacji temperatury procesów. Stosowane jest też do dynamicznego nagrzewania hal produkcyjnych.

Zastosowanie kotła indukcyjnego do nagrzewania hal przemysłowych. Wysoka dynamika pracy kotła indukcyjnego stwarza możliwości 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. Jest to szczególnie istotne, gdy kocioł indukcyjny zasilany jest z własnej zakładowej farmy fotowoltaicznej. Alternatywnie, energia elektryczna uzupełniająca może być pozyskiwana z KSE lub ze źródła zapasowego, np. agregatu prądotwórczego.
Dla przeprowadzenia oceny realnego zastosowania kotła indukcyjnego do ogrzewania hali produkcyjnej, przyjęto halę o powierzchni 2000 m^2 (50 m x 40 m) i wysokości 5m.

Założono ponadto pracę dwuzmianową i wyłączenie ogrzewania hali na zmianie trzeciej (nocnej). Podgrzewanie hali zostanie załączone pół godziny przed rozpoczęciem pracy na zmianie pierwszej, energią zakumulowaną w magazynie ciepła w formie zbiornika z olejem termalnym. Analizę przeprowadzono uwzględniając podaną przez IMiGW średnią obszarową temperaturę powietrza w zimie 2020/2021 roku (XII 2020 – II 2021), która wyniosła –0,2°C. Według klasyfikacji warunków termicznych, zimę 2020/2021 zaliczyć należy do termicznie normalnych, biorąc pod uwagę średnią dla Polski.
Przyjęto poniżej opisany obiekt i poniższe wartości do obliczeń:
- hala o powierzchni 2000 m^2 i wysokości 5 m, wykonana z płyty warstwowej poliuretanowej o grubości 100 mm. Współczynnik przenikania ciepła wynosi
0,23 $W/m^2 * K$,

- objętość powietrza w hali: 10 000 m^3, masa powietrza w hali 12 000 kg (1,2 kg/m^3),
- ciepło właściwe w temp -120 - + 400 st.: C = 1003 J/kg * K
- powierzchnie przegród:
  dach - 2200 m^2
  ściany dłuższe 50 x 5 = 250 m^2x 2 szt. = 500 m^2
  ściany krótsze 40 x 5 = 200 m^2 x 2 szt. = 400 m^2
  posadzka 2000 m^2
  razem 5100 m^2.

Strata ciepła hali na przegrodach termicznych (dach, ściany, posadzka), przy założeniu temperatury powietrza w hali 20 ˚C i temperatury powietrza na zewnątrz – 0,2 ˚C (średnia zimowa), wyniesie w ciągu 1 godziny na trzeciej zmianie:
5 100 m^2 x 0,23 W/m^2*K x 20,2 K x 1 godz. = 23,69 kWh
Ciepło zmagazynowane w powietrzu hali, dla różnicy temperatur 20,2 ˚C wynosi:
mp x cp x delta Tp = 12 000 kg x 1003 J/kg * K x 20,2 K = 0,2431 GJ = 67, 581 kWh.

Zatem temperatura powietrza w hali osiągnie temperaturę powietrza zewnętrznego po czasie wynikającym ze stosunku: 67,581 kWh / 23,69 kWh = 2,85 godz., czyli, w przybliżeniu, po około 3 godzinach.
Ponowne nagrzanie powietrza w hali do temperatury 20 ˚C w ciągu 30 min wymagałoby mocy kotła indukcyjnego wynoszącej : 12 000 kg x 1006 J/kg*K x 20 K / 1800 sek.= 132 kW.
Wówczas energia przekazana do powietrza w ciągu 0,5 godziny wyniesie 66 kWh.
Moc potrzebna na pokrycie strat ciepła przez przegrody wynosi:
5100 m^2 x 0,23 W/m^2*K x 20,2 K= 23,69 kW.
Zatem energia strat przez przegrody w ciągu 30 min nagrzewania wyniesie około 12 kWh.
Sumaryczna energia potrzebna na nagrzanie hali w ciągu 30 min wyniesie:
66 kWh + 12 kWh = 78 kWh.
Ciepło zamagazynowane w 1 m^3 oleju w zakresie temperatur 250 – 40 ˚C wynosi 114, 814 kWh.
Zatem ciepło zmagazynowane w magazynie ciepła o pojemności 1 m^3 oleju termalnego jest wystarczające i wynosi 1,46 zapotrzebowania. Zapas ciepła zmagazynowanego wynosi 46 %.

W analizie powyższej nie uwzględniono ciepła zmagazynowanego w masie maszyn, urządzeń i innego sprzętu nagrzanego do temperatury zbliżonej do temperatury

powietrza w hali. Ta energia wydłuży czas wystudzenia powietrza w hali, ale może też prowadzić do konieczności powiększenia magazynu energii.
Przeprowadzona analiza nie wskazuje optymalnego sposobu zarządzania energią, a jedynie wykazuje celowość magazynowania energii w czasie gdy jej koszt produkcji jest najniższy, aby wykorzystać ją w okresach gdy jest potrzebna. Kocioł indukcyjny zasilany energią elektryczną wytwarzaną po kosztach optymalnych będzie najkorzystniejszym rozwiązaniem. Algorytm zarządzania energią ogrzewania hali i dobór parametrów sterowania należy wyznaczyć metodą prób, które uwzględnią również ciepło zmagazynowane w wyposażeniu hali. Ten dobór praktyczny określi temperaturę minimalną, którą należy utrzymywać w hali podczas zmiany nieprodukcyjnej (mogą to być druga i trzecia zmiana), aby koszt utrzymania tej temperatury i podgrzania do wymaganej temperatury pracy na rozpoczynającej się zmianie, był minimalny. Na podstawie praktycznych badań dotyczących konkretnej hali produkcyjnej, można również dobrać wielkość magazynu ciepła: masę oleju termalnego i temperaturę do której należy go nagrzać.

Zastosowanie kotła indukcyjnego do nagrzewania oleju termalnego w elektrociepłowniczych procesach technologicznych. Technologia cieplna, wykorzystująca olej termalny nagrzany do temperatury o zakresach 160 – 300 ˚C, oparta jest aktualnie na instalacjach zawierających kotły olejowe i gazowe o mocach od 100 kW do 1500 kW. Technologia ta ma liczne zastosowania przemysłowe:

- osuszanie gazu ziemnego, temperatury 270/240 ˚C., moce 120 – 450 kW
- ogrzewanie linii technologicznej produkcji piwa, temp 200/160 ˚C., moc ponad 350 kW
- ogrzewanie linii technologicznej produkcji krokietów, temp 290/250 ˚C., moc 1500 kW
- ogrzewanie linii technolog. produkcji mas bitumicznych, temp 250/210 ˚C., moc 500 kW
- ogrzewanie linii technologicznej produkcji żywic, temp 280/240 ˚C, moc 700 kW
- ogrzewanie linii technologicznej produkcji folii ochronnych blach powlekanych, temp 260/220 ˚C, moc 450 kW
- ogrzewanie linii technologiczna produkcji oklein meblowych, temp 230/210 ˚C, moc 600 kW

Wymienionych jest tylko kilka przykładów instalacji technologicznych, których w Polsce są tysiące. Wymiana kotów gazowych i olejowych na elektryczne indukcyjne, zasilane ze źródeł OZE wraz z zastosowaniem magazynów ciepła w formie zbiornika oleju termalnego, prostego i niedrogiego w stosunku do innych sposobów magazynowania energii, jest pożądaną trajektorią do elektroprosumeryzmu. Zastosowanie sieciowego terminala dostępowego STD, zoptymalizuje zarządzanie energią elektryczną, dążąc do zaspokojenia zapotrzebowania w energię elektryczną z własnych źródeł OZE. Inwestycja w elektrownię fotowoltaiczną o mocy 500 – 1000 kW jest w zakresie możliwości wszystkich wymienionych wyżej, przykładowych przedsiębiorstw. Jest to przedsięwzięcie w skali Polski o dużym znaczeniu i wpływie na obszar wykorzystania energii zielonej oraz oszczędności tej energii. I nie jest to odległa perspektywa.

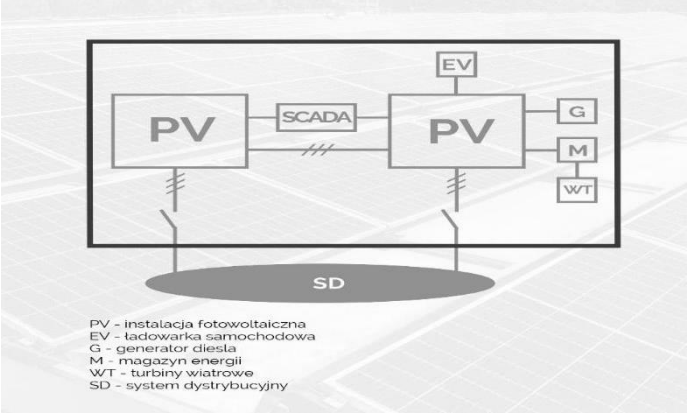
Poza wyżej wymienionymi, w wielu technologiach wymagających ciepła o wysokiej temperaturze, można przeprowadzić transformację do prosumenckich technologii elektrociepłowniczych.

Przykładowo, fabryka szkła izolacyjnego, w której linia produkcyjna o mocy palników gazowych wynoszącej 1000 kW, po transformacji do elektrotechnologii prosumenckiej, zużyje 450 kW mocy elektrycznej uzyskiwanej z elektrowni fotowoltaicznej o mocy 2 x 500 kW. Fabryka rusztowań dla budowanej linii elektrotechnologicznej o mocy 150 kW zainstalowała elektrownię fotowoltaiczną o mocy 250 kW. Specjalistyczny zakład obróbki mechanicznej, dla zainstalowanego w 2022 roku gniazda obróbki cieplnej o mocy 320 kW (rys. 22 - piec hartowniczy 200 kW i piec do odpuszczania 120 kW), zainstalowała elektrownię fotowoltaiczną o mocy 250 kW. Kolejne inwestycyjne w fotowoltaikę w tych firmach to będą magazyny energii i sterowanie optymalne procesami elektrotechnologicznymi. To są tylko niektóre przykłady transformacji energetycznej do elektroprosumeryzmu przemysłowego. Skalę zainteresowania można określić na podstawie rozmów podczas targów specjalistycznych branży OZE.

Rys.22. Opracowany i wdrożony przez firmę ELKON proces hartowania i odpuszczania bieżni wewnętrznej i zewnętrznej pierścieni łożysk kulkowych. Gniazdo obróbki cieplnej 320 kW z zainstalowaną elektrownią fotowoltaiczną o mocy 250 kW.

5 Zarządzanie energią w przykładowej elektroprosumenckiej osłonie kontrolnej OK(EP)

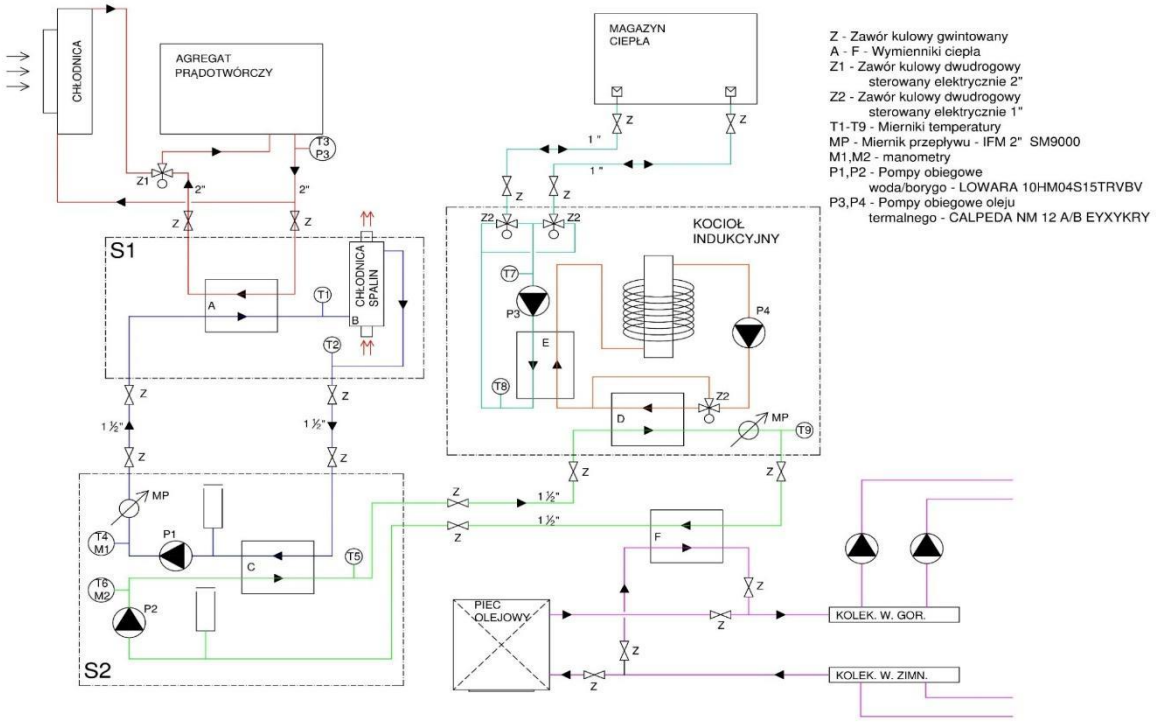
Przykładem optymalizacji zarządzanie energią, jest osłona kontrolna wyspowa, budowana przez firmę Energo-Complex, schematycznie przedstawiona na rys. 23 [11]



Rys.23.Schemat osłony kontrolnej (OK-EP) [11]

Osłona kontrolna zbudowana jest z dwóch baterii fotowoltaicznych, magazynu energii elektrycznej, ładowarki samochodowej, generatora prądu, turbiny wiatrowej, systemu dystrybucyjnego energii elektrycznej. W obszarze ciepła, jest wyposażana w kocioł indukcyjny oraz system odzyskiwania ciepła silnika spalinowego agregatu prądotwórczego oraz magazyn ciepła wysokotemperaturowego.

Wdrożenie jest realizowane w obiekcie przemysłowo-biurowym obejmującym halę produkcyjną z ogrzewaniem nawiewnym, oraz pomieszczenia biurowe, w których występuje zapotrzebowanie na ciepło dla celów CO i CWU.



Rys. 24. Schemat zasilania obiektu w ciepło.

Kocioł indukcyjny będzie zasilany w pierwszym rzędzie z energii wyprodukowanej z OZE, a w przypadku jej niedoborów z agregatu prądotwórczego lub z sieci OSD w zależności od tego co będzie bardziej opłacalne. W obwodzie chłodzenia silnika spalinowego agregatu oraz w układzie wydechowym spalin zamontowane zostaną wymienniki ciepła umożliwiające jego odzyskiwanie. W zależności od zapotrzebowania na ciepło w zakładzie Energo-Complex, będzie ono pozyskiwane z układu chłodzenia silnika i ze spalin. Celem projektu jest pełne wykorzystanie energii paliwa silnika spalinowego. Jeśli zapotrzebowanie na ciepło będzie mniejsze niż możliwości opisanego systemu, wówczas ciepło pozyskane z układu chłodzenia silnika i ze spalin będzie ciepłem użytkowym, natomiast moc czynna z generatora będzie zasilała układ elektryczny zakładu, a ewentualne jej nadwyżki będą mogły być magazynowane w magazynach energii. Nad poprawną pracą systemu będzie czuwał system SCADA/EMS, który będzie pozwalał na dowolną parametryzację algorytmu sterowania w zależności od bieżących cen rynkowych energii dostarczanej przez OSD oraz ceny paliw.

W prezentowanym rozwiązaniu kocioł indukcyjny zainstalowany będzie w pomieszczeniu węzła ciepłowniczego zakładu. Agregat prądotwórczy umieszczony jest natomiast na zewnątrz, w odległości około 50 m od węzła ciepłowniczego. Obok agregatu umieszczony będzie wymiennik ciepła związany z systemem odzyskiwania ciepła z układu chłodzenia silnika i wymiennik ciepła umożliwiający jego odzyskiwanie ze spalin. Kocioł indukcyjny może być również zasilany z węzła elektroenergetycznego zakładu, zawierającego własne źródła OZE, a węzeł elektroenergetyczny będzie podłączony do niskonapięciowej sieci bilansującej się, mogącej zawierać wszystkie

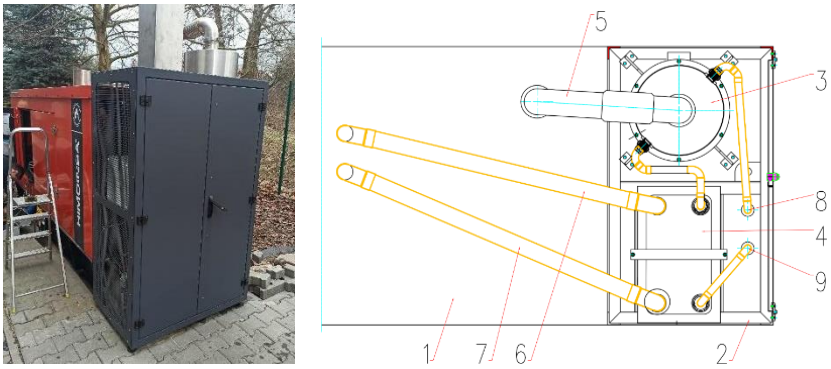
dostępne źródła OZE, współpracującej z OSD poprzez transformator SN/nn stanowiący zarazem sieciowy terminal przyłączeniowy (STD).
Nie wszystkie wymienione wyżej źródła energii muszą występować w każdym węźle elektro- energetycznym i elektrociepłowniczym. Kluczowym elementem każdej osłony kontrolnej jest system magazynowania energii, który w połączeniu z systemem zarządzania energią (EMS), umożliwia efektywne zarzadzanie przepływami energii .
Zastosowany magazyn energii w technologii LiFePO4 to modułowy system umożliwiający pracę z instalacjami OZE. System magazynowania o szerokim zastosowaniu, konfigurowalny i w systemie EMS zarządzany przez sterownik PLC, pozwala na pracę w sieciach nN prądu przemiennego 3x400 V lub SN. Podstawowe tryby pracy systemu:

- Peak-Shaving (cięcie szczytowe), aktywne zarządzanie zapotrzebowaniem energii w celu uniknięcia jej krótkotrwałych wzrostów,
- Stabilizacja napięcia sieci lokalnej,
- Optymalizacja stopnia wykorzystania mocy przyłącza i mocy zamówionej,
- Regulacja wektora mocy [P/Q/cos φ],
- Godzinowy scenariusz pracy umożliwiający arbitraż cen,
- Wsparcie dla systemu stabilizacji ogólnokrajowej sieci dystrybucyjnej (DSR) i usług elastyczności,
- Możliwość udziału w rynku mocy,
- Możliwość budowy harmonogramu pracy,
- Możliwość pracy w trybie stałej ceny lub trybie „rynek dnia następnego”(RDN - TGE).

Atuty zastosowania opisanego magazynu energii:

- Znaczny spadek opłat za energię elektryczną, wynikający z większego użycia własnej energii z OZE, ograniczenie opłat dystrybucyjnych i dodatkowych wynikających z bilansowania przez operatora,
- Odporność kryzysowa w przypadku awarii sieci, przejście na bezpieczną sieć wewnętrzną (unikanie przepięć i uszkodzeń urządzeń elektrycznych)
- Brak wzrostu napięcia w sieci, brak negatywnego wpływu fotowoltaiki na żywotność urządzeń
- Podniesienie współczynnika odporności elektroprosumenckiej OEP
- Poprawa jakości energii elektrycznej, dzięki stabilizacji napięcia
- Możliwość udziału w rynku mocy
- Możliwość udziału w wirtualnej elektrowni i świadczenie usług od roku 2024

System jest zintegrowany z układem ciepłowniczym pozwalającym na uzyskanie efektu synergii, wynikającego z zarządzania instalacjami wytwórczymi energii elektrycznie i ciepła. Przekształtnik pozwala na sprzężenie akumulatora (magazyn energii) z siecią 3 x 400 V.
Poprzez zadawanie mocy z poziomu nadrzędnego sterownika (systemu SCADA) możliwa jest realizacja różnych trybów pracy.
Przekształtnik posiada możliwość pracy w każdej konfiguracji sieci, tzn. gdy zakład jest połączony z publiczną siecią, gdy pracuje wyspowo z generatorem rezerwowym oraz gdy zawiodą oba źródła i konieczne jest zasilenie (przynajmniej częściowe) zakładu z magazynu energii.
Opisana osłona elektroprosumencka OK-EP jest w trakcie realizacji.



Rys.25. Wymiennik ciepła odzyskiwanego z silnika oraz wymiennik ciepła odzyskiwanego ze spalin

Rys.25 przedstawia szafę zawierająca wymiennik ciepła odzyskiwanego z silnika oraz wymiennik ciepła odzyskiwanego ze spalin, oraz schemat układu odzyskiwania ciepła z silnika spalinowego.
Uogólnienie wyników badań przeprowadzonych na zaprezentowanej trajektorii transformacji energetycznej i ich rozszerzenie na inne, wyspowe, elektroprosumenckie osłony kontrolne OK(EP) lub związane z jednostkami samorządu terytorialnego OK(JST), będzie kwestią skali.

6 Elektrotechnologie wodorowe i biogazowe w perspektywie zainteresowania i prac pretendentów do elektroprosumeryzmu

Technologie wodorowe i biogazowe będące obszarem licznych dyskusji i treścią publikacji oraz referatów na konferencjach naukowych, budzą duże zainteresowanie również w obszarze elektrotechnologii. Wyróżnić można dwa obszary zastosowania wodoru i biogazu:

1. Obszar bezpośredniego wykorzystania wodoru lub biogazu jako paliwa bezemisyjnego w wytwarzaniu ciepła.
2. Obszar wykorzystania wodoru lub biogazu jako magazynu cieplnej i/lub energii elektrycznej.

W pierwszym przypadku, w technologii wytwarzania wodoru , będącej technologią egzotermiczną, „wysoko” lub „nisko”-temperaturową, ciepło, będące energią odpadową, wykorzystywane jest do celów grzewczych. Wodór jest produktem docelowym, handlowym. Propozycje takiego rozwiązania produkcji wodoru dotyczą budowy jego wytwórni w pobliżu dużych osiedli domów wielo- lub jednorodzinnych, w których ciepło odpadowe będzie ciepłem grzewczym użytecznym. Wraz z takim rozwiązaniem pojawia się propozycja wykorzystania wodoru w gospodarstwach domowych, kuchenkach gazowych i piecach gazowych w miejsce metanu. Podawane są informacje o próbach mieszania wodoru z metanem w ilości do 10% wodoru, w celu wykorzystania istniejącej infrastruktury gazowej i sprzętu AGD. Dla całkowitej eliminacji metanu i zastąpienia go wodorem konieczna byłaby gruntowna przebudowa sieci dystrybucyjnej gazowej i dostosowanie jej do ciśnienia przesyłania wodoru o wartości 600 barów oraz wymiana kuchenek i kotłów gazowych. Ta droga wydaje się być działaniem zastępczym, zmierzającym do utrzymania istniejącej struktury organizacyjnej gazowniczej.
W drugim obszarze technologii wodorowych, wyprodukowany wodór traktowany jest jako magazyn energii. Wodór przetworzony w agregatach kogeneracyjnych jest

źródłem prądu i ciepła. Ciepło pozyskiwane w procesie kogeneracji i ciepło technologiczne powstałe podczas produkcji wodoru, wykorzystywane jest wspólnie w celach grzewczych w miejscu produkcji wodoru. Prąd wytworzony w agregacie kogeneracyjnym i wyprodukowany wodór są produktami rynkowymi. Prąd może być przesyłany i wykorzystywany jako źródło energii elektrycznej oraz źródło ciepła powstałego w kuchenkach elektrycznych indukcyjnych bądź mikrofalowych i źródło ciepła grzewczego CO i CWU, powstałego w kotłach indukcyjnych. Wyprodukowany wodór może być też towarem rynkowym sprzedawanym do napędu autobusów miejskich z silnikami zasilanymi wodorem. Jest to rozwiązanie adekwatne z istniejącymi już rozwiązaniami agregatów kogeneracyjnych z biogazem jako paliwem bezemisyjnym, z powodzeniem stosowanym w oczyszczalniach ścieków. Technologia produkcji wodoru, wymagająca urządzeń o dużym zużyciu energii elektrycznej może wykorzystywać energię elektryczną OZE, produkowaną w elektrowniach fotowoltaicznych lub wiatrowych, stając się technologią elektroprosumencką.
Wodór wyprodukowany dzięki „zielonej" energii elektrycznej, gdy jest jej nadmiar, wykorzystany do ponownego przetworzenia na energię elektryczną w przypadku jej braku, staje się magazynem energii. Przy sprawności przetwarzania energii elektrycznej w wodór wynoszącej 60 % i ponownym przetworzeniu wodoru na energię elektryczną w agregacie kogeneracyjnym ze sprawnością 40 – 45 %, sprawność magazynowania energii wyniesie 24 – 27 %. Nie jest to dużo w porównaniu z magazynowaniem energii w magazynach akumulatorowych. Dla rzeczywistej oceny należałoby porównać koszty inwestycyjne i eksploatacyjne obydwu form magazynowania energii elektrycznej. Uwzględniając kogenerację w procesie magazynowania energii, sprawność wyniesie: 0,6 (sprawność wytwarzania wodoru) x 0,8 (sprawność kogeneracji) = 48%.
Technologia wodorowa jest dla rynku elektroprosumeryzmu istotną i ważną technologią wymagającą badań przemysłowych i prac rozwojowych uzasadniających jej zastosowanie praktyczne, aby nie prowadzić przeciągających się dyskusji teoretycznych.
Bioelektrownie wdrażane i rozwijane są z powodzeniem przez firmę eGIE sp. z o.o. doświadczonego pretendenta do rynków elektroprosumeryzmu i partnera Konwersatorium, a doświadczenia firmy będą mogły być wykorzystane przy kogeneracji z zastosowaniem wodoru.

7 Podsumowanie

Transformacja energetyki cieplnej do elektrociepłownictwa z rozproszonymi źródłami pozyskiwania energii, może być kontestowana przez przedsiębiorstwa PEC, które będą poszukiwały zastępczych źródeł energii poza źródłami kopalnymi (np. wodór) dla pozostawienia istniejącej infrastruktury ciepłowniczej. W świetle Transformacji Energetycznej w Trybie Innowacji Przełomowej do Elektroprosumeryzmu, transformacja przedsiębiorstw energetyki cieplnej powinna jednak zmierzać w kierunku rozwijania autonomicznych zautomatyzowanych węzłów ciepłowniczych, ich montażu i obsługi, wykorzystujących rozproszone źródła pozyskiwania ciepła i likwidować kolejne odcinki wyeksploatowanych sieci ciepłowniczych. Dla Przedsiębiorstw Energetyki Cieplnej transformacja energetyczna stwarza możliwość rozwinięcia nowej działalności w zakresie montażu i eksploatacji pomp ciepła, solarnych podgrzewaczy wody oraz ogniw fotowoltaicznych, magazynów energii i kotłów indukcyjnych.

Ochrona klimatu to wojna o jakość życia, to nie są pomysły polityków, profesorów, czy lobbystów zielonej energii oderwane od rzeczywistości. Klimatu nie ochronią politycy i uczeni. Poszanowanie energii jest zadaniem dla wszystkich. Na Śląsku w szczególności.
Opracowana na Śląsku przez prof. Jana Popczyka Teoria Elektroprosumeryzmu i rozwijana od ponad 10 lat w ramach Konwersatorium „Inteligentna Energetyka" wymaga dziś zdecydowanych działań praktycznych, konsolidacji MMiSP działających w obszarze produkcji i montażu pomp ciepła, kotłów indukcyjnych, magazynów energii, bioelektrowni, ogniw fotowoltaicznych, inwerterów, sieciowych terminali dostępowych STD, agregatów kogeneracyjnych i programów zarządzania energią, umożliwiających dynamiczny rozwój elektroprosumeryzmu, jako jedynej skutecznej metody zapewniającej energetyczną odporność kryzysową.

Wiele MMiŚP zainstalowało już „inteligentne maszyny", lub są w trakcie tych inwestycji, instalowane są elektrownie fotowoltaiczne, magazyny energii, a racjonalne zarządzanie energią staje się podstawową formą jej oszczędzania i związaną z tym ochroną naturalnego środowiska. Elektroprosumeryzm przemysłowy rozwija się dynamiczniej, niż społeczny, komunalny, chociaż lawina już zainstalowanych baterii fotowoltaicznych w gospodarstwach domowych i dalsza dynamika ich montażu świadczy o podjętej przez społeczeństwo elektroprosumeryzacji jako odpowiedzi na potrzebę zapewnienie energetycznej odporności kryzysowej.

Literatura.

1. Jan Popczyk. Elektroprosumeryzm – czyli więcej niż neutralność klimatyczna, i energetyka. Materiał przygotowany do druku w tym wydaniu Energetyki
2. Jan Popczyk. Pierwsza lista identyfikacyjna rozwiązań do wprowadzenia w ustawach pilotażowych do prawa elektrycznego. Konwersatorium Inteligentna Energetyka. Gliwice, 22 marca 2022
3. Zbigniew Hanzelka. Rozproszone źródła energii-perspektywa operatora sieci elektroenergetycznej. Energetyka 1/2021
4. Krzysztof Konopka, Zdzisław Konopka. Kocioł indukcyjny w węźle z pompą ciepła w wysokotemperaturowej sieci ciepłowniczej sukcesywnie eliminowanej w transformacji TETIP do elektroprosumeryzmu. Energetyka nr 10/2021
5. Magazyn Przemysłowy luty 2022 NEWSLETTER nr 7/2022
6. Wojciech Traczyk. „Siedem mitów inteligentnej fabryki". NEWSLETTER 10/22. 9.03.2022 Elektrotechnik Automatyk ONLINE
7. NCBiR. Serwis Rzeczpospolitej Polskiej. Konkurs "Ciepłownia przyszłości, czyli system ciepłowniczy z OZE".
8. Krzysztof Konopka, Zdzisław Konopka. Kocioł indukcyjny w wysokotemperaturowej sieci ciepłowniczej. Badania modelu przemysłowego.
9. Krzysztof Konopka, Zdzisław Konopka. Wstępna analiza celowości transformacji energetycznej ciepłownictwa do elektroprosumeryzmu z zastosowaniem kotła indukcyjnego w węźle ciepłowniczym w budynkach wielorodzinnych. Energetyka 8/2022
10. Elektrociepłownia w lokalnym systemie energetycznym. Newsletter NCBiR 12.05. 2022

11. Marek Szrot, Zdzisław Konopka, Zbigniew Kosidowski, Dariusz Paluszczak,. Transformacja energetyczna w przełomowym trybie innowacji do elektroprosumeryzmu (TETIPE) – studium przypadku Energo-Complex. Energetyka nr 11/82
12. Krzysztof Konopka, Artur Skórkowski. Badania węzła ciepłowniczego z kotłem indukcyjnym. Przegląd Elektrotechniczny, ISSN 0033-2097, R. 98 NR 12/2022 ss. 88-91

Materiały na etapie prac redakcyjnych do opublikowania w Biuletynie PPTE2050 nr 1(7)/2023, Energetyka 4/2023