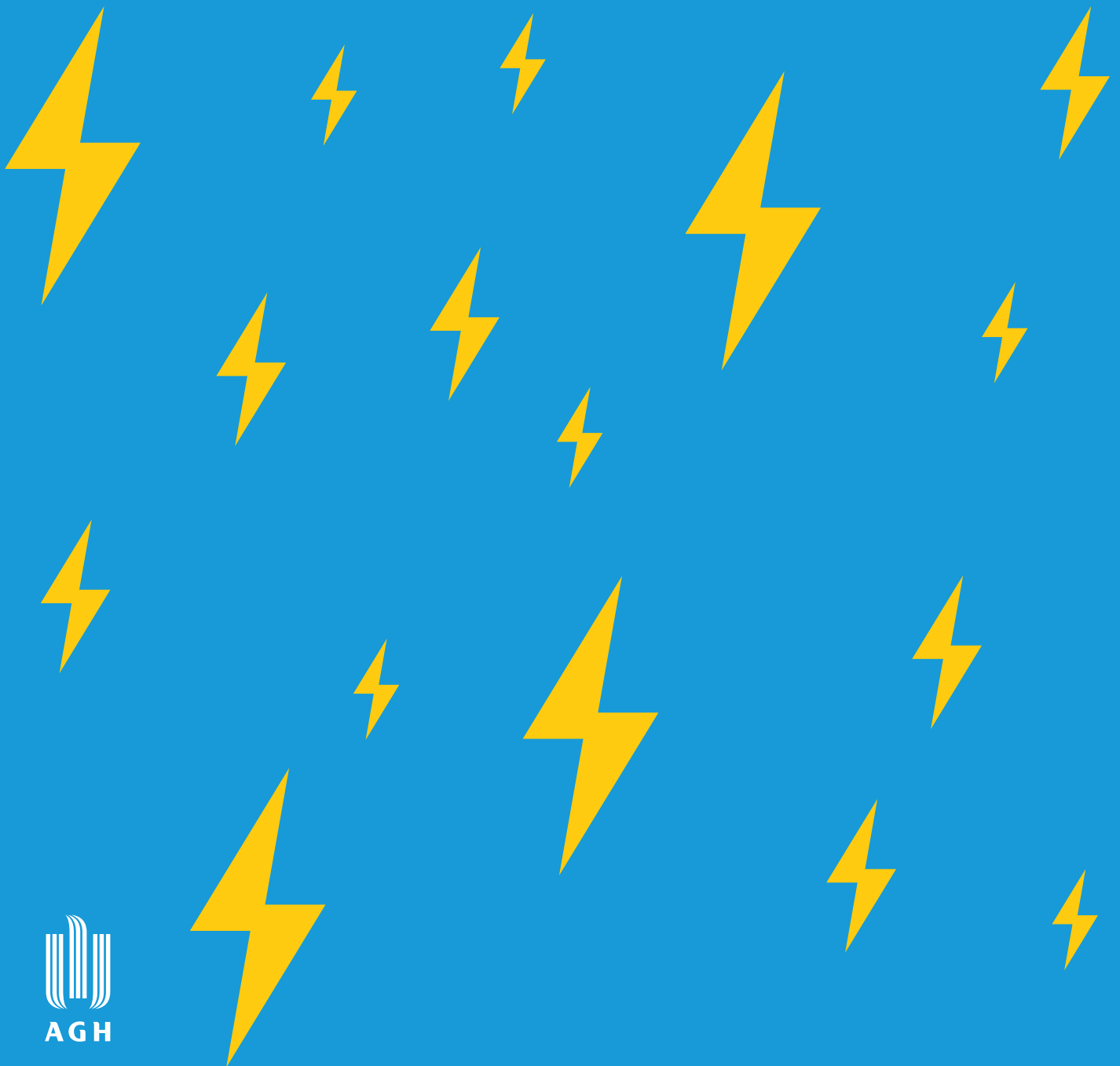


Energetyka

R o z p r o -

s z o n a

Zeszyt 10
2023



Energetyka **R o z p r o -** **s z o n a**

Zeszyt 10
2023



Energetyka Rozproszona

Czasopismo redagowane przez zespół projektu „Obserwatorium Transformacji Energetycznej jako instrument wspierania społeczno-gospodarczego rozwoju Polski (OTE)” w ramach programu badań naukowych i prac rozwojowych „Społeczny i gospodarczy rozwój Polski w warunkach globalizujących się rynków” – GOSPOSTRATEG.



Redaktor naczelny:
Sławomir Kopeć

Redaktor prowadząca
i korekta językowa:
Malwina Mus-Frosik

Członkowie redakcji:
Zbigniew Hanzelka
Andrzej Kaźmierski
Marek Kisiel-Dorohinicki
Ryszard Sroka
Wojciech Suwała
Tomasz Szmuc
Karol Wawrzyniak

Sekretarz redakcji:
Katarzyna Faryj

Strona internetowa:
Katarzyna Kwiatkowska
Jakub Mirek

Skład:
MUNDA Maciej Torz

Projekt okładki i layoutu:
Tomasz Budzyń

Wydawca:
Wydawnictwa AGH (AGH University Press)
al. A. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków
tel. 12 617 32 28, 12 636 40 38
e-mail: redakcja@wydawnictwoagh.pl
www.wydawnictwa.agh.edu.pl

Kontakt:
Redakcja portalu Energetyka-rozproszona.pl
ul. Władysława Reymonta 23, 30-059 Kraków
tel. 12 888 55 29
e-mail: redakcja-er@agh.edu.pl
www.energetyka-rozproszona.pl

ISSN 2720-0973
<https://doi.org/10.7494/er>

© Wydawnictwa AGH, Kraków 2023
Creative Commons CC-BY 4.0



Ministerstwo
Rozwoju i Technologii



Spis treści

Wstęp	5
Michał KURTYKA	
Jaka jest przyszłość energetyki rozproszonej? I Kongres Energetyki Rozproszonej, AGH, Kraków, 25 września 2023 r.	7
Waldemar SKOMUDEK	
Współpraca nauki z biznesem w obszarze energetyki rozproszonej	13
Ryszard SROKA	
I Konferencja Naukowa Energetyki Rozproszonej – podsumowanie	19
Andrzej FIRLIT	
Innowacyjne rozwiązania techniczne i technologiczne w obszarze energetyki rozproszonej – podsumowanie sesji technicznej I Kongresu Energetyki Rozproszonej	25
Maciej MRÓZ, Tomasz RODZIEWICZ	
Inteligentna dystrybucja	33

Drodzy Czytelnicy,

Dziesiąte wydanie „Energetyki Rozproszonej” jest okazją do podsumowania historii pisma oraz skłania do snucia dalszych planów. Minęły cztery lata, odkąd oddaliśmy w Wasze ręce pierwszą publikację, która miała służyć upowszechnianiu wyników projektu „Rozwój energetyki rozproszonej w klastrach energii (KlastER)”, finansowanego przez NCBiR. Od tego czasu przeszliśmy drogę od środowiskowej broszury do profesjonalnego czasopisma naukowego o zasięgu ogólnopolskim, jednego z trzynastu prowadzonych w tej chwili przez Wydawnictwa AGH. Na naszych łamach gościliśmy zarówno uznanych naukowców w dziedzinie energetyki, jak i decyzyjnych polityków oraz praktyków transformacji energetycznej, którzy dzielili się swoimi doświadczeniami i wyrażali branżowe postulaty. Właśnie owo rozpięcie między teorią a empirią stanowi podstawowy wyróżnik naszego pisma i jego największą wartość, z której – przy zachowaniu wymogów stawianych czasopismom naukowym – nie zamierzamy rezygnować.

Tematem przewodnim artykułów zamieszczonych w bieżącym numerze jest Kongres Energetyki Rozproszonej – najważniejsze w Polsce wydarzenie poświęcone nowej energetyce, którego pierwsza edycja odbyła się 25–26 września 2023 r. w Krakowie. **Michał Kurtyka** przedstawia konkluzje z prowadzonej przez siebie sesji I KER dotyczącej przyszłości energetyki rozproszonej (ER). Perspektywy rozwoju tego sektora zostały tu ujęte w aspektach geopolitycznym, technologicznym, przemysłowym, instytucjonalnym, a także dotyczącym systemu energetycznego oraz europejskich wyzwań. Autor podkreślił również znaczącą rolę ER dla bezpieczeństwa energetycznego kraju.

Podczas I KER **Waldemar Skomudek** wygłosił wykład dotyczący współpracy nauki z biznesem w obszarze energetyki rozproszonej. W swoim artykule rozwija zasygnalizowane tam wątki, podkreślając, że intensywny rozwój ER wzmaga potrzebę współdziałania dwóch środowisk, pomiędzy którymi w dalszym ciągu istnieje wiele różnic utrudniających kooperację. Jako naukowiec z doświadczeniem pracy w biznesie energetycznym autor wskazuje główne przeszkody zrównoważonej współpracy i proponuje rozwiązania, które mogą doprowadzić do rozwoju techniki i innowacyjnych technologii, a także do wytworzenia nowej kadry oraz własności intelektualnej.

Ryszard Sroka – przewodniczący Komitetu Sterującego I Konferencji Naukowej Energetyki Rozproszonej odbywającej się w ramach I KER – podsumował obrady sesji naukowych, które dotyczyły m.in. takich kwestii jak: współpraca rozproszonych źródeł energii (RZE) z siecią zasilającą, geotermia oraz podziemne magazynowanie energii i ciepła, geotermia płytka i głęboka, metan z pokładów węgla, paliwa z odpadów i ciepło odpadowe, magazynowanie i konwersja energii, wyceny energetycznych projektów inwestycyjnych (opłacalność i ryzyko) oraz odzyskiwanie energii z otoczenia.

Szczegółowym podsumowaniem jednej z sesji naukowych, dotyczącej innowacyjnych rozwiązań technicznych i technologicznych w obszarze energetyki rozproszonej, zajął się **Andrzej Firlit**. W swoim artykule przedstawił on główne wnioski z referatów konferencyjnych poświęconych zagadnieniu, które jest istotne dla postępującej transformacji energetycznej oraz wiąże się z rozwojem i wdrażaniem inteligentnych systemów elektroenergetycznych *smart grids*.

Maciej Mróz i Tomasz Rodziewicz przybliżyli Czytelnikom projekt zorganizowania inteligentnej sieci elektroenergetycznej, który TAURON Dystrybucja S.A. realizuje od kilku lat w ramach działań inwestycyjnych oraz badawczo-rozwojowych. Propozycja stanowi odpowiedź na plany Komisji Europejskiej, która zmierza do stworzenia cyfrowego bliźniaka (digital twin) europejskiej sieci elektroenergetycznej.

Rozwiązanie TAURON Dystrybucja S.A. zakłada wytworzenie nowych narzędzi, które w tych warunkach pomogą OSD w pełnieniu funkcji moderatora sieci.

Zapraszamy do lektury i współpracy!

Sławomir Kopec

Malwina Mus-Frosik

Kraków, grudzień 2023

Jaka jest przyszłość energetyki rozproszonej? I Kongres Energetyki Rozproszonej, AGH, Kraków, 25 września 2023 r.

Abstrakt: W artykule omówiono perspektywę rozwoju energetyki rozproszonej (ER) w aspektach geopolityki, technologii, przemysłu, systemu energetycznego, instytucji oraz europejskich wyzwań. Przedstawiono także znaczenie bezpieczeństwa energetycznego w kontekście geopolitycznym oraz rosnącą rolę ER w zabezpieczeniu dostaw energii. Zwrócono uwagę na techniczne wyzwania związane z generacją niesterowalną, a także na konieczność różnicowania źródeł energii oraz rozwoju technologii. W perspektywie przemysłowej uwypukla się potrzeba utrzymania dotychczasowego potencjału Europy i zlokalizowania procesów przemysłowych na jej terenie. Przeanalizowano również kwestie systemowe, w tym zmiany prawodawstwa oraz sposobu zarządzania systemem energetycznym, a także rozwój lokalnych społeczności energetycznych. W kontekście europejskim istotną rolę odgrywają zmiany w unijnych instytucjach oraz miejsce Polski w procesie transformacji energetycznej (TE). Artykuł podkreśla znaczenie współpracy, innowacji oraz społecznego wsparcia dla rozwijającej się energetyki rozproszonej.

Słowa kluczowe: energetyka rozproszona, bezpieczeństwo energetyczne, przemysł energetyczny, sprawiedliwa transformacja

Przyszłość energetyki rozproszonej wymaga holistycznego spojrzenia oraz debaty. Wdrożenie rozproszonego modelu w energetyce jest możliwe, jednak proces ten wymaga ustrukturyzowanej strategii, która połączy rozproszoną na różne obszary wiedzy problematykę oraz wytyczy realistyczne cele i działania.

Geopolityka

W perspektywie geopolitycznej system energetyczny jawi się jako jeden z głównych elementów funkcjonowania państwa i czynnik jego siły. To bowiem od wysokości i stabilności cen energii oraz pewności jej dostaw zależy kondycja każdej gospodarki i każdego społeczeństwa. Jest to wprost związane z kategorią bezpieczeństwa państwa – zarówno w szerokim znaczeniu, jak i konkretnie w aspekcie energetycznym.

Tak rozumiane bezpieczeństwo to nie tylko zdolność do rywalizacji gospodarczej czy militarnej, ale też odporność na kryzysy będące efektem współzawodnicstwa na arenie międzynarodowej, takie jak np. zaburzenia i przerwanie łańcuchów dostaw.

Energetyka rozproszona odpowiada na potrzebę zapewnienia bezpieczeństwa energetycznego, ponieważ pozwala na rozłożenie wysiłku utrzymywania mocy wytwórczych na dużą liczbę uczestników systemu oraz – co za tym idzie – na lepszą dystrybucję ryzyk związanych z utrzymaniem sprawności systemu, a także na zmniejszenie uzależnienia systemu od wrażliwości sieci przesyłowych. Budowanie bezpieczeństwa i pozycji państwa poprzez tworzenie rozproszonego systemu energetycznego na poziomie globalnym realizuje się przede wszystkim przez tworzenie łańcuchów dostaw komponentów i surowców potrzebnych do budowy oraz utrzymania systemu w obrębie jednego państwa bądź wspólnoty państw. Z kolei na poziomie pojedynczych krajów polega na rozdzielaniu odpowiedzialności za funkcjonowanie systemu na jego poszczególnych uczestników.

Warto zwrócić uwagę na trwające obecnie konflikty i kryzysy, które stanowią katalizator zmian międzynarodowego ładu. Problemy gospodarek światowych (rosnąca inflacja czy zaburzenia łańcuchów dostaw) i kryzysy bezpieczeństwa, które występują z coraz większą intensywnością i coraz bliżej obszaru euroatlantyckiego, prowadzą do przesilenia, którego przezwyciężenie wymaga podjęcia działań. Stany Zjednoczone odpowiedziały na to wyzwanie dokumentem Inflation Reduction Act of 2022 (H.R.5376, dalej IRA), z kolei Europa przygotowała Green Deal (Europejski

Zielony Ład, COM/2019/640 final) i pracuje nad jego aktualizacjami. Obie te polityki mają doprowadzić do uniezależnienia się państw od dostaw zewnętrznych energii i jej nośników oraz do budowy sprawnego, bezpiecznego i taniego systemu elektroenergetycznego, który będzie w stanie wspierać konkurencyjność gospodarki. W obu zatem przypadkach energetyka została uznana za koło zamachowe szerszych zmian.

W interesie Polski leży czynny udział w pracach nad udoskonalaniem Zielonego Ładu, poszukiwanie platform współpracy technologicznej, a także pozyskiwanie innowacji na poziomie wspólnotowym i globalnym. Istotne jest dzielenie się naszymi doświadczeniami w zakresie TE oraz działanie na rzecz maksymalizacji wsparcia¹ dla naszej gospodarki. Warto zaznaczyć, że w europejskiej debacie o bezpieczeństwie energetycznym Polska potrafiła zająć zdecydowane stanowisko i sformułować trafne prognozy (Business Insider 2022).

Technika

Pod względem technicznych uwarunkowań rozwoju energetyki rozproszonej należy zwrócić uwagę na rosnący udział generacji niesterowalnej, powodujący powiększanie się luki pomiędzy produkcją, której rozmiar, z uwagi na zmianę typu źródeł, staje się coraz bardziej zależny od czynników pogodowych, a zapotrzebowaniem, które da się przewidzieć ze sporą dokładnością. Ważne, żeby w planowaniu TE postąpić się rozróżnieniem innowacji na produktowe i procesowe. Pozwoli to utrzymać poziom innowacji całego przedsięwzięcia transformacyjnego na rozsądnym poziomie. Chodzi o to, by nie łączyć nowego procesu z technologią, która jeszcze nie istnieje, nawet jeśli ma zostać opracowana (lub dostatecznie dopracowana) w bliskiej przyszłości. Jeśli chcemy w bezpieczny

sposób przejść z tradycyjnej generacji na energetykę rozproszoną, nie możemy eksperymentować z nieistniejącymi jeszcze źródłami.

Pod względem charakterystyki pracy źródła można podzielić na entropowe i nieentropowe. W przypadku źródeł postępujących się ciepłem (entropowych) – im są one mniejsze, tym mniejszą wykazują sprawność termodynamiczną. Rozwój elektrowni węglowych pracujących na parametrach nadkrytycznych jest ograniczony problemami materiałowymi, a nie brakiem zrozumienia procesów fizycznych przez projektantów tych rozwiązań. Potrzeba nam źródeł, które będą konwertowały energię ze źródeł rozproszonych na energię elektryczną bez pośrednictwa procesu termodynamicznego.

Przy braku nowych rozwiązań należy kształtować procesy bazujące na technologiach już dostępnych. Dla przykładu, brakujące technologie bateryjne można zastępować procesami takimi jak magazynowanie energii cieplnej w ogrzanej wodzie w gospodarstwach domowych. Jednocześnie trzeba skupić się na innowacjach procesowych, co pozwala budować innowacyjny system, do którego można implementować nowe rozwiązania. Co więcej, przy planowaniu procesu potrzebne jest bardzo realistyczne spojrzenie na poszczególne jego elementy, tak by był on stabilny. Trzeba zwrócić uwagę na przewidywane tempo spłat inwestycji w technologie i wybierać te, które mogą szybciej znaleźć się na rynku i przynieść zwrot. Wodór z księżycy nie spełnia tych warunków!

Przemysł

Perspektywa przemysłowa rozwoju ER powinna uwzględniać zależność funkcjonowania systemu od dostępności technologii. Rozpraszanie energetyki wiąże się z koniecznością pozyskiwania potrzebnych technologii. Obranie takiego kierunku przez część światowych gospodarek wynika z założenia, że większość etapów tego pozyskiwania albo jego całość będzie odbywać się w ramach jednego obiegu i gospodarki będą w stanie samodzielnie zaspokoić większość

¹ Wsparcie takie to zarówno działania krajowe, odpowiednio przygotowana pomoc publiczna, jak i przyjazne środowisko regulacyjne kształtowane razem z unijnym porządkiem prawnym. Państwo i jego instytucje muszą wykazać się tu umiejętnością odczytania trendów lokalnych, globalnych i regionalnych oraz sprawnością i determinacją w osiąganiu swoich celów.

bądź całość tego zapotrzebowania. Warto tu przypomnieć choćby amerykański IRA, który ustanawia system wspierania gospodarki bazujący na udzielaniu pomocy z preferencją dla amerykańskich innowacji w obszarach związanych z zieloną transformacją, m.in. także dla sektora energii. Europa musi sama inwestować w poszukiwanie technologii i surowców, które zapewnią jej bezpieczeństwo w okresie TE oraz umożliwią eksport własnych modeli i rozwiązań. Istotne jest bowiem nie tylko to, czy sektor wymyśli określone rozwiązanie na własny użytek (ono i tak w mniejszym lub większym stopniu zostanie zaimplementowane, bez względu na skuteczność, a z uwagi na samą wolę wykorzystania innowacji), ale czy model będzie na tyle innowacyjny i zmieniający sektor, że każdy działający w nim podmiot będzie starał się go pozyskać.

Trzeba mieć świadomość, że w światowej gospodarce silnie i coraz częściej uwidacznia się tzw. efekt motyla. Zerwanie łańcuchów dostaw, do którego doszło w ostatnich latach, pokazuje, jak istotne jest ich skracanie. Nie można tracić z pola widzenia żadnego ich fragmentu. Im dłuższy czy bardziej złożony proces, tym wrażliwsze są jego elementy. Dodawanie kolejnych zmiennych zwiększa ryzyko upadku całej struktury.

Aby utrzymać swój potencjał przemysłowy, Europa powinna zadbać o każdy jego element składowy. Niezwykle istotną kwestią jest zlokalizowanie procesów przemysłowych – w im większym stopniu zachodzą na kontynencie, tym bardziej teren ten jest odporny na kryzysy związane z zaburzeniami rynku. Europejska struktura gospodarcza zdecydowanie potrzebuje przemysłu energochłonnego. Należy więc podjąć wszelkie działania, by zapewnić mu energię w ilości, jakiej będzie potrzebował, i w cenie, jaka pozwoli mu konkurować na rynku światowym. Ponadto konieczna jest budowa na tyle stabilnego łańcucha dostaw energii, by móc zapewnić sektorowi bezpieczeństwo. Co warto podkreślić, myślenie nie powinno dotyczyć jedynie ogólnego mechanizmu rynku węglowodorów, ale musi obejmować konkretne produkty, np. śruby czy procesory używane choćby do budowy reaktora jądrowego.

Na ten skomplikowany obraz nakłada się prognozowany w Krajowym Systemie Energetycznym w horyzoncie do 2050 r. wzrost zapotrzebowania na moc, który spowoduje konieczność budowy 18–20 GW nowych mocy. Aby Polska była gotowa na takie wyzwania, będzie musiała przejść przez długi proces budowy i modernizacji jednostek mocy wytwórczych. Jeśli założymy, że w centrum tego procesu znalazłyby się reaktory jądrowe o mocy 70–300 MW, to aby osiągnąć potrzebny wolumen, konieczne będzie uruchomienie dziesiątek takich instalacji. Jest to jednak trud, który warto podjąć dla zapewnienia stabilności i bezpieczeństwa systemu, ale też konkurencyjności gospodarki. Obecnie bowiem decyzje inwestycyjne bazują nie tylko na kryteriach ilościowych, ale w dużej mierze również na czynnikach jakościowych – przy budowie zdolności produkcyjnych inwestorzy zagraniczni zwracają uwagę nie tylko na dostępność określonych mocy, ale też na udział odnawialnych źródeł energii w miksie energetycznym.

Perspektywa systemowa

Troska o system energetyczny nie powinna ograniczać się wyłącznie do równomiernego rozłożenia mocy wytwórczych czy dostosowywania przepustowości określonych linii do prognozowanego zapotrzebowania. Tu potrzebne jest szerokie podejście i formułowanie zasad dotyczących budowy całego systemu. Projektowanie energetyki, szczególnie budowa systemu nowego rodzaju – rozproszonego – wymaga więc także wejścia w sferę aksjologii, czyli ustalenia norm dla funkcjonowania systemu.

W tym kontekście warto spojrzeć na przypadek Niemiec, które powróciły do energetyki bazującej na węglu (WNP.pl 2023). Skąd taka postawa i gwałtowny odwrót od dotychczas obranego kierunku? Upadek strategii importu gazu z Rosji zagroził stabilności systemu, wobec czego niemiecka gospodarka musiała zmierzyć się z ryzykiem niedoboru surowców. Ponieważ strategia geopolityczna naszych zachodnich sąsiadów opiera się na dominacji przemysłowej, tamtejsi

decydenci stanęli przed poważnym dylematem. O ile bowiem łatwo ograniczyć zużycie energii elektrycznej przez gospodarstwa domowe, choćby poprzez wprowadzenie specjalnych taryf i politykę oszczędności, to przemysł, który potrzebuje stałej podaży energii przez całą dobę i musi dbać o zachowanie konkurencyjności, nie przetrwałby spodziewanych cięć.

W skrajnych sytuacjach trzeba dokonać wyboru wartości, którymi system będzie się kierował i które będzie premiował. Takiego wyboru powinna dokonać także Polska, która przystępując do planowania systemu rozproszonego, musi jasno ustalić priorytety oraz zbudować dla nich polityczną i społeczną akceptację. Nie jest bowiem wykluczone, że w drodze do zielonej generacji przyjdzie nam zmierzyć się z sytuacją niestabilności systemu.

Trzeba przygotować się na to, że gdy w Polsce zacznie obowiązywać paradygmat rozproszenia systemu, odbiorców czeka duża zmiana. Istotne będzie inwestowanie przez nich we własne moce wytwórcze, a w konsekwencji – przejmowanie odpowiedzialności za dostarczanie energii dla siebie oraz do systemu. Za głównego gwaranta bezpieczeństwa należy uznać jednak sam system i uczestniczących w nim operatorów źródeł sterowalnych. Musimy zmierzyć się z prostą konstatacją, że im mniej wyspecjalizowany uczestnik obrotu, tym mniejsze są jego zdolności dywersyfikacji źródeł energii elektrycznej. Szczególną kategorią uczestników obrotu są konsumenci indywidualni. Jakkolwiek posiadacze całych budynków, przede wszystkim domów jednorodzinnych, są w stanie kreować przynajmniej w części swoją niezależność, to mieszkańcy budynków zamieszkania zbiorowego są w o wiele trudniejszej sytuacji. Jak pokazuje Narodowy Spis Powszechny z 2021 r., ponad 57% mieszkań stanowią te zlokalizowane w budynkach zawierających co najmniej cztery lokale². Trzeba więc poważnie przemyśleć kwestię umiejscowienia w systemie rozproszonym tego typu odbiorców. W przypadku energii elektrycznej dużą zmianą będzie wprowadzenie

liczników zużycia ze zdalnym odczytem, które umożliwią praktycznie natychmiastowe reagowanie systemu na zmiany zużycia (TAURON Dystrybucja 2023). Takie rozwiązanie może być też krokiem w kierunku przeniesienia odpowiedzialności za stabilność systemu na jego poszczególnych użytkowników³.

Podsumowując, prawo do równego i stałego dostępu do mocy nie może być trwale wpisane w poczet zasad rządzących dostarczaniem energii. Nieuniknione może być wyznaczenie priorytetowych odbiorców oraz ustalenie zasad rozdzielania energii w przypadku jej niedoborów. Oczywiście idzie za tym też potrzeba zaproponowania premii za korzystanie z energii i jej magazynowanie w czasie zwiększonej generacji. Ostateczne pytanie o priorytety pozostanie jednak w niniejszym tekście bez odpowiedzi, gdyż jej udzielenie wymaga przeprowadzenia szerszej debaty i dialogu społecznego.

Instytucje

Perspektywa systemowa skłania do rozważań nad rolą państwa oraz instytucji, które mają tworzyć nową, rozproszoną energetykę. Pojawia się bowiem wątpliwość, czy centralnie zarządzane organy i ich aparaty mogą służyć przyszłemu systemowi? Coraz pilniejszą potrzebą staje się reforma administracji publicznej. Obecnie kompetencje dotyczące energetyki są rozdzielone pomiędzy kilka resortów: Ministerstwo Klimatu i Środowiska, Ministerstwo Aktywów Państwowych, Ministerstwo Rozwoju i Technologii oraz Ministerstwo Funduszy i Polityki Regionalnej. Tymczasem podział kompetencji nie służy efektywnej dyskusji, a prowadzi jedynie do rozmycia odpowiedzialności, które paraliżuje decyzyjność i daje wielu grupom nacisku wpływ na proces decyzyjny. Należy przeciwdziałać przenikaniu się kompetencji instytucji państwa na polu energetyki.

² Opracowanie własne na podstawie danych z Narodowego Spisu Powszechnego Ludności i Mieszkań (2021).

³ Ciekawym działaniem było wydanie przez PSE aplikacji Energetyczny Kompas, która pokazuje użytkownikowi, kiedy zalecane są oszczędności, a kiedy korzystanie z nadwyżki mocy (Polskie Sieci Elektroenergetyczne 2023).

Stabilność i przewidywalność prawa to dwie zasady zrównoważonego ustroju państwa, które powinny znaleźć odzwierciedlenie w sposobie myślenia architektów systemu zarządzania energetyką. Ważne, by legislacja była budowana z uwzględnieniem kompleksowego i wyczerpującego planowania, tak by zminimalizować wszelkie ryzyka przed wdrożeniem regulacji.

Obok instytucji zarządzających, warto wspomnieć również o jednostkach zarządzanych – w szczególności o spółkach Skarbu Państwa. Czy nie należałoby byłoby skierować znacznego strumienia ich środków na dofinansowanie społeczności energetycznych, lokalnych systemów energetycznych oraz przybliżenie źródeł do odbiorców?

Europa

Na energetykę warto spojrzeć w końcu z perspektywy europejskiej, by zauważyć zbliżające się zmiany na ważnych stanowiskach w unijnych instytucjach związanych z energetyką i transformacją klimatyczną TE. Bez wątplenia podejście do tych kwestii zostanie zmodyfikowane przez Parlament Europejski, który rozpoczął nową kadencję w 2023 r., oraz wyłonioną zaraz później Komisję. Dla utrzymania konkurencyjności w interesie europejskich gospodarek leży urealnienie celów polityki klimatycznej i transformacyjnej, które nastąpi w wyniku zderzenia założeń z realiami polityki bezpieczeństwa. Dziejowym wyzwaniem będzie koordynacja polityki Zielonego Ładu i polityki przemysłowej UE. Dużą rolę w tych przemianach może odegrać Polska, która dotychczas bardzo ostrożnie kierowała się ku transformacji.

Polska i Europa stoją w obliczu kluczowych decyzji co do swojej przyszłości. Doświadczenia takie jak pandemia COVID-19 oraz rosyjska agresja na Ukrainę, będące udziałem Komisji pod przewodnictwem Ursuli von der Leyen, stanowiły dopiero pierwszą próbę zmierzania się z dziejowym wyzwaniem transformacji. Bez wątplenia oba te kryzysy stanowią dla unijnej administracji cenną lekcję, którą powinna wykorzystać nowa Komisja, wyłoniona po wyborach w 2024 r. Demokratyczny i złożony charakter energetyki rozproszonej

może okazać się koronnym argumentem za przyjęciem tego modelu dla naszej gospodarki. Warto podjąć wysiłek związany nie tylko z poszukiwaniem nowych rozwiązań, ale również z promocją dotychczasowych rezultatów oraz pozyskaniem społecznej akceptacji i poparcia dla energetyki rozproszonej.

Bibliografia:

- Business Insider (2022), *Ursula von der Leyen o sytuacji Unii. „Trzeba było słuchać Polski”*, <https://businessinsider.com.pl/gospodarka/ursula-von-der-leyen-o-sytuacji-unii-trzeba-bylo-sluchac-polski/13ngccw> [dostęp: 20.12.2023].
- Europejski Zielony Ład (COM/2019/640 final), Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady Europejskiej, Rady, Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów.
- H.R.5376 – Inflation Reduction Act of 2022.
- Narodowy Spis Powszechny Ludności i Mieszkań (2021), <https://spis.gov.pl/> [dostęp: 20.12.2023].
- Polskie Sieci Elektroenergetyczne (2023), *Energetyczny Kompas*, <https://www.energetycznykompas.pl/> [dostęp: 20.12.2023].
- TAURON Dystrybucja (2023), *Inteligentne liczniki*, <https://amiplus.tauron-dystrybucja.pl/o-amiplus/inteligentne-liczniki> [dostęp: 20.12.2023].
- WNP.pl (2023), *Niemcy wskrzeszają elektrownie węglowe*, <https://www.wnp.pl/energetyka/niemcy-wskrzeszaja-elektrownie-weglowe,759171.html> [dostęp: 20.12.2023].

What is the future of distributed energy?

Abstract: The article discusses the perspective of decentralized energy (DE) development in the aspects of geopolitics, technology, industry, energy system, institutions, and European challenges. The significance of energy security in a geopolitical context is presented, highlighting the growing role of DE in securing energy supplies. Attention is drawn to technical challenges associated with uncontrollable generation, as well as the necessity of diversifying energy sources and technological development. From an industrial perspective, there is an emphasis on the need to maintain Europe's existing potential and localize industrial processes within its territory. Systemic issues, including changes in legislation and energy system management, as well as the development of local energy communities, are also analyzed. In the European context, changes in EU institutions and Poland's position in the energy transformation process are crucial. The article underscores the importance of cooperation, innovation, and societal support for the evolving decentralized energy sector.

Keywords: distributed energy, energy security, energy industry, just transition

Dr Michał Kurtyka

Minister Klimatu i Środowiska
w latach 2019–2021



Współpraca nauki z biznesem w obszarze energetyki rozproszonej

Abstrakt: Obecnie znajdujemy się w okresie zmian gospodarczych, które traktujemy jako zaawansowany i dynamicznie przebiegający proces transformacji energetycznej. Z założenia proces ten zmierza do wytworzenia bardziej konkurencyjnego, bezpiecznego i zrównoważonego systemu elektroenergetycznego oraz osiągnięcia długoterminowego celu ograniczenia emisji gazów cieplarnianych. Treść artykułu nawiązuje w szczególności do energetyki rozproszonej, której intensywny rozwój wyzwała ogromną potrzebę zacieśnienia współpracy nauki i biznesu. Zrównoważona współpraca tych obszarów powinna prowadzić do rozwoju techniki i innowacyjnych technologii, a także do wytworzenia nowej kadry oraz własności intelektualnej.

Słowa kluczowe: transformacja energetyczna, energetyka rozproszona, odnawialne źródła energii, współpraca nauki z biznesem

Wprowadzenie

Na przestrzeni wieków w wyniku rozwoju cywilizacyjnego technologie podlegają nieustannym przemianom – są modyfikowane, unowocześniane, a także tworzone od podstaw, jako nowe narzędzia procesu wytwórczego wszelkich dóbr. Doskonałym tego przykładem jest ewolucja przemysłowa, w której obserwujemy przejście od pracy ręcznej, wykonywanej przez ludzi wspomaganą przez zwierzęta, poprzez wykorzystanie pary do mechanizacji produkcji (wiek XVIII, „przemysł 1.0”), wynalezienie elektryczności i zastosowanie jej w organizacji produkcji linii montażowej (wiek XIX, „przemysł 2.0”), wdrożenie częściowej automatyzacji produkcji za pomocą programowalnych sterowników z pamięcią oraz komputerów (wiek XX, lata 70., „przemysł 3.0”), aż po wykorzystanie technologii informacyjnych i komunikacyjnych w przemyśle do kontynuowania automatyzacji produkcji, połączenie wszystkich systemów informatycznych w sieć (stworzenie cyberprzestrzeni), budowanie inteligentnych fabryk,

organizowanie autonomicznej produkcji, wznoszenie inteligentnych miast i aglomeracji miejskich, powszechne wykorzystanie sztucznej inteligencji i hybrydowych narzędzi genetycznych oraz integrującego Internetu. W ciągu następujących po sobie dziejowych zdarzeń nietrudno dostrzec, że historyczną przyczyną każdego przełomu cywilizacyjnego jest stopniowy i nieprzerwany rozwój nauki i techniki (Gleaser et Skomudek 2019).

W toku dziejowych przemian widać, że rozwój wiedzy i umiejętności technicznych wspierał odkrycia, wynalazki i wszelkie ułatwienia kształtujące egzystencję człowieka. Bezsporne staje się zatem stwierdzenie, że głównym czynnikiem rozwoju cywilizacji była i jest działalność poznawcza, naukowa i techniczna człowieka, u podstaw której leży siła jego uzdolnień.

W czasach nam najbliższych także doświadczamy stale postępującej ewolucji przemysłowej, która frazeologicznie zwana jest transformacją gospodarki. Jednak w tym przypadku główną jej zasadą jest wytwarzanie więzi między różnymi podmiotami gospodarczymi i konsumentami próbującymi sprzedać i kupić towar, w wyniku czego dochodzi do ukształtowania określonej ceny. Proces ten podlega zatem mechanizmom rynkowym, czyli opiera się na konkurencji, która prowadzi do uzyskania korzystnych efektów w działalności gospodarczej. Należą do nich m.in.: rozwój naukowo-techniczny umożliwiający tworzenie nowych technologii, wzrost liczby wynalazków, jakości wytwarzanych dóbr i poziomu konsumpcji, a także obniżka cen. Wśród sektorów gospodarczych, które w ostatnich kilkunastu latach zostały poddane działaniu mechanizmów rynkowych, znalazła się szeroko rozumiana branża energetyczna.

Przez wiele lat uważano, że jedynie silny państwowy monopol w formie korporacyjnej energetyki wielkoskalowej może zapewnić prawidłowe działanie tego sektora. Tymczasem okazało się, że podmioty gospodarcze funkcjonujące w systemie z ograniczonym udziałem państwa osiągają wyższą sprawność i skuteczniejszą przewagę na rynku konkurencyjnym – przykładem jest rozwój odnawialnych źródeł rozproszonych o bardzo krótkich okresach realizacji, wspierany społeczną akceptacją zrównoważonego traktowania produkcji energii i jej użytkowania, w tym także oszczędzania, i włączeniem dotychczasowych odbiorców w proces wytwarzania i dystrybucji energii jako prosumentów (Popczyk 2011; Zator et Skomudek 2020).

Energetyka rozproszona jako wsparcie rozwoju współpracy nauki i biznesu

Dynamiczny rozwój energetyki rozproszonej w kraju tworzy nową perspektywę energetyczną, która wymaga udoskonalenia metodyki odwzorowania systemu elektroenergetycznego i procesów w nim zachodzących. Obecne i przyszłe działania powinny być bezwzględnie ukierunkowane na tworzenie warunków do zwiększenia zdolności generacji, przesyłu i dystrybucji energii elektrycznej pochodzącej ze źródeł odnawialnych, a także na poprawę zdolności przyłączeniowych dla klientów/odbiorców/prosumentów (Filipiak et Mielczarski 2023; Hanzelka et Skomudek 2022; Wojtkowska-Łodej 2023).

Według prognozy przyrostu mocy z odnawialnych źródeł energii ujętej w aktualizacji PEP 2040 już w roku 2030 poziom generacji OZE może pokryć 47% krajowego zapotrzebowania energetycznego, a w roku 2040 nawet 51% (PEP 2040). W dostępnych scenariuszach Eurelectric i Deloitte w trwającej transformacji energetycznej oczekuje się, że do 2030 r. znacznie wzrośnie zapotrzebowanie na energię elektryczną – prognozy dla Polski wskazują na roczny wzrost o ok. 1,3%. Udział w tym wzroście będą miały

niemalże wszystkie podsektory gospodarcze, tj. transport, przemysł, handel, branża mieszkaniowa i wykorzystanie energii elektrycznej do wytwarzania gazów (rozwój technologii wodorowych).

Przywołane wcześniej dane prognostyczne należy analizować w powiązaniu z potrzebami sieciowymi ujętymi w dokumencie o nazwie *Karta efektywnej transformacji sieci dystrybucyjnej polskiej elektroenergetyki* (2022). Wynika z niego, że pilnego dokapitalizowania wymagają sieci elektroenergetyczne, które tworzą potencjał dla rozwoju gospodarczego i komunalnego oraz wspierają przejście na gospodarkę niskoemisyjną, co wzmocni tendencję dalszego rozwoju energetyki rozproszonej. W okresie do roku 2030 roczne nakłady operatorskie lokowane w aktywa sieciowe powinny być wyższe od obecnych o ok. 30–35%. Inwestycje konieczne do wykonania w założonym okresie będą wymagały zaangażowania inicjatyw rzeczowych skupionych na:

- tworzeniu nowych dostępnych mocy przyłączeniowych na potrzeby: odbiorców energii elektrycznej, źródeł generacji OZE, magazynów energii elektrycznej, e-mobility, a także koniecznych do wzrostu zdolności przepustowych sieci dystrybucyjnych;
- restrukturyzacji technologicznej sieci średnich i wysokich napięć (m.in. sukcesywnym kablowaniu sieci elektroenergetycznych);
- cyfryzacji i automatyzacji procesów operatorskiego zarządzania siecią elektroenergetyczną (sterowaniu pracą sieci z wykorzystaniem systemów SCADA, EMS, DMS, automatyki typu FDIR i in.), zarządzaniu bilansowaniem technicznym sieci lub jej wydzielonych obszarów;
- wyposażeniu sieci elektroenergetycznej w inteligentne układy pomiarowe służące do akwizycji danych odbiorców/prosumentów oraz obszarowych danych bilansowych na potrzeby utworzenia operatorskiego katalogu usług elastyczności sieci;
- uzyskaniu zdolności sieci do tworzenia lokalnej autonomii energetycznej w formie klastrów energii, spółdzielni energetycznych czy obywatelskich wspólnot energetycznych – m.in. z udziałem jednostek samorządu terytorialnego.

Jeśli przyjąć, że kierunki krajowej transformacji energetycznej są wytyczone właściwie, zaś potrzeba osiągnięcia bardziej konkurencyjnego, bezpiecznego i zrównoważonego systemu elektroenergetycznego została prawidłowo zidentyfikowana, a dodatkowo, że operacyjne wskazanie obszarów rzeczywiście wymagających dokapitalizowania jest uzasadnione pod względem potencjału i efektywności gospodarczej, można niewątpliwie stwierdzić, że tak ogromne przedsięwzięcie gospodarcze, jakim jest transformacja energetyczna, wymaga – poza kapitałem finansowym oraz kapitałem ludzkim: wykonawczym i trudniącym się utrzymaniem istniejących aktywów sieciowych – także ogromnego wsparcia ze strony nauki i badań. Transformacja energetyczna, jako potencjalny stymulator rozwoju gospodarczego, wręcz obliuguje naukę do współpracy z biznesem, głównie poprzez wprowadzanie nowych i innowacyjnych rozwiązań. Do dalszego rozwoju energetyki rozproszonej w Polsce – z nastawieniem na uzyskanie pożądanego rezultatu dla gospodarki i społeczeństwa – równie istotna jest relacja odwrotna, czyli współpraca biznesu z nauką. Ponieważ aktywna współpraca obu obszarów jest przydatna dla kraju, warto lepiej przyjrzeć się jej strukturze.

Potencjał i bariery współpracy nauki z biznesem

Funkcjonowanie we współczesnym świecie wymaga posługiwania się informacjami, które są rzetelne i kompletne, a dodatkowo zgodne z aktualną wiedzą. Dzięki temu możliwe jest dogłębne poznanie, sprawne działanie i dokonywanie zmian. System edukacji na poziomie wyższym powinien uwzględniać taki stan rzeczy i dostosowywać się do wymagań gospodarki i potrzeb współczesnego społeczeństwa.

Obecnie świat nauki najczęściej jest postrzegany jako zamknięty, skoncentrowany na ogólnych, teoretycznych i dość abstrakcyjnych problemach. To mocno zakorzenione w społeczeństwie postrzeganie nauki determinuje różnicę między pracą naukową

a działalnością praktyczną. W konsekwencji przedsiębiorcy są zachowawczy wobec wychodzącej od naukowców inicjatywy nawiązania bądź zacieśnienia współpracy.

Szukanie wspólnego języka dla przedstawicieli biznesu i naukowców jest procesem długotrwałym, jednak osiągnięcie celu jest możliwe przy obustronnym przeświadczeniu o jego słuszności. Niechęć do praktykowania współpracy wynika często z braku rzeczywistych doświadczeń oraz z przekonania, że efekty kooperacji będą oderwane od rzeczywistości gospodarczej i mało aplikacyjne. Dodatkowym problemem jest jakość promocji krajowych jednostek naukowych i naukowo-badawczych – w materiałach informacyjnych ich potencjał jest prezentowany bardzo powściągliwie, bez należytej dbałości o wykazanie osiągnięć oraz możliwości. To również niekorzystnie wpływa na poziom zainteresowania strony biznesowej rozwojem współpracy.

Tymczasem wiele wskaźników charakteryzujących ten potencjał wskazuje na postępujący od lat rozwój sfery naukowej i badawczej. Warto w tym miejscu wspomnieć, że w latach 2008–2020 nastąpił ponad 33-procentowy wzrost liczby osób zaliczanych do kadry nauki i techniki. W tym samym czasie ponad dwukrotnie wzrosła również liczba osób sklasyfikowanych jako personel badawczo-rozwojowy. Jednocześnie stopniowo zmniejsza się odsetek badaczy zatrudnionych w szkolnictwie wyższym: w roku 2008 było to ok. 65% ogółu badaczy, a w roku 2020 udział ten wynosił już tylko 46%. Zmiana wskaźnika potwierdza, że w zakresie struktury zatrudnienia zbliżamy się do krajów o silnie rozwiniętym i dobrze prosperującym przemyśle. Istotne jest również to, że w latach 2008–2020 stopniowo wzrastały wydatki na działalność badawczo-rozwojową w szkolnictwie wyższym – odpowiednio z 0,2% do 0,5% PKB (w tym samym czasie w nakładach brutto na tę działalność odnotowano wzrost z 0,6% do 1,4% PKB) (Geodecki et Hausner 2023). Niemały udział w lokowaniu środków finansowych w działalność badawczo-rozwojową ma sektor przedsiębiorstw. W roku 2020 w skali kraju ponad 62% nakładów zostało ulokowanych w działalność B+R

prowadzoną przez przedsiębiorstwa (dotyczy działalności B+R prowadzonej indywidualnie lub we współpracy z jednostką naukową). Mocną stroną krajowej nauki są także zbudowane w ostatnich latach i oddane do użytkowania obiekty zaplecza badawczo-rozwojowego (laboratoria uczelni i instytutów badawczych).

Tych kilka wskaźników potwierdza, że działalność badawczo-rozwojowa realizowana na drodze współpracy nauki z biznesem wykazuje tendencję rozwojową, choć nie całkiem adekwatną do posiadanych możliwości i szeroko pojętych zasobów. Nie oznacza to jednak, że dynamiki tej nie można zwiększyć, zwłaszcza że wiele czynników utrudniających lub spowalniających rozwój jest osadzonych w sferach innych niż finanse. Wśród często przywoływanych barier znajdują się m.in.:

- brak synchronizacji pomiędzy jednostkami biznesowymi a uczelnią przy realizowaniu wspólnych projektów, m.in. wskutek rozbudowanej struktury organizacyjnej, która wydłuża proces decyzyjny;
- trudny do osiągnięcia kompromis w zakresie komercjalizacji badań; przedsiębiorstwa nierzadko dążą do zachowania w tajemnicy rezultatów współpracy i wyłączności, co sprawia, że słabnie zainteresowanie uczelni podjęciem współpracy, której efektów nie będą mogły wykorzystać we własnym zakresie;
- horyzont czasowy związany z komercjalizacją wiedzy i technologii płynących z uczelni do biznesu – biznes oczekuje szybkich efektów współpracy, natomiast projekty uczelniane wymagają dłuższych ram czasowych, często realny wynik prac możliwy jest do osiągnięcia nie wcześniej niż po kilku latach;
- niewielki wpływ osiągnięć wynikających ze współpracy z jednostkami biznesowymi na ocenę okresową pracownika uczelni.

Uwzględniając wyżej wymienione kwestie, trzeba zauważyć, że przebieg transformacji energetycznej może budzić niepokój, ponieważ łączy szereg

zagadnień, które wymagają profesjonalnego zaangażowania wielu sfer gospodarczych. Znaczącą rolę w tym procesie powinna odgrywać współpraca nauki z biznesem. Może ona przynieść liczne korzyści dla obu stron, zwłaszcza w kontekście dynamicznego rozwoju energetyki rozproszonej, od którego nie ma odwrotu.

Podsumowanie

Powyższe rozważania doprowadzają do następujących konkluzji. Opisane w artykule wyzwania powinny stanowić wystarczający impuls do podjęcia lub rozwijania współpracy nauki i biznesu (wspólne inicjatywy naukowo-badawcze i projekty, wspólna dbałość o rozwój kadry – łączenie umiejętności przedsiębiorcy i naukowca i in.). Personalne relacje między uczelniami i przedsiębiorstwami wymagają zintensyfikowania, np. poprzez obecność przedstawicieli uczelni w radach nadzorczych spółek, w radach naukowo-biznesowych, w radach przedsiębiorców po stronie uczelni i in. Należy dążyć do wykorzystania różnorodnych płaszczyzn współpracy nauki i biznesu w tworzeniu własności intelektualnej po obu stronach. Dynamicznie transformująca się gospodarka potrzebuje szerokiego rozwoju form kształcenia i doskonalenia kadr oraz nowych kompetencji, które może zapewnić współpraca akademii i biznesu. Przyspieszenie rozwoju personalnych relacji między przedstawicielami uczelni i przedsiębiorstw powinno doprowadzić do intensywniejszej wymiany kadr. Dotyczy to zwłaszcza okresowego zatrudniania badaczy akademickich w przedsiębiorstwach oraz pracowników przedsiębiorstw na uczelniach, przede wszystkim w celu wzmocnienia i uprzątnienia procesu kształcenia. Szczególnie ważnym dla uczelni partnerem w zakresie współpracy badawczo-rozwojowej powinny być jednostki samorządu terytorialnego. Współdziałanie szkół wyższych i samorządów może odbywać się np. w obszarze osiągania samodzielności energetycznej, tworzenia klastrów i spółdzielni energetycznych, a także uczestnictwa w regionalnych programach operacyjnych.

Bibliografia:

- Filipiak I., Mielczarski W. (2023), *Energetyka w okresie transformacji*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Geodecki T., Hausner J. (red.) (2023), *Współpraca uczelni z biznesem. Polska na tle wybranych krajów Unii Europejskiej*, Fundacja Gospodarki i Administracji Publicznej, Kraków.
- Gleaser Z., Skomudek W. (2019), *Teologia – technologia – ekologia. Ku integralnej odpowiedzialności za dzieło stworzenia*, „Człowiek, Rodzina, Społeczeństwo” 31, Uniwersytet Opolski, Opole.
- Hanzelka Z., Skomudek W. (2022), *Strategia rozwoju energetyki rozproszonej w Polsce do 2040 roku – obszar techniczno-technologiczny*, „Energetyka Rozproszona” 8: 31–39.
- Karta efektywnej transformacji sieci dystrybucyjnych polskiej elektroenergetyki (2022), <http://fundusze-regiony/karta-efektywnej-transformacji-sieci-dystrybucyjnych> [dostęp: 24.11.2023].
- Polityka Energetyczna Polski do 2040 r. (PEP 2024), <https://www.gov.pl/web/ia/polityka-energetyczna-polski-do-2040-r-pep2040> [dostęp: 24.11.2023].
- Popczyk J. (2011), *Energetyka rozproszona*, Instytut na rzecz Ekorozwoju, Warszawa.
- Wojtkowska-Łodej G. (red.) (2023), *Transformacja rynków energii. Gospodarka – Klimat – Technologia – Regulacje*, Oficyna Wydawnicza SGH, Warszawa.
- Zator S., Skomudek W. (2020), *Impact of DSM on Energy Management in a Single-Family House with a Heat Pump and Photovoltaic Installation*, “Energies” 13 (20): 5476–5496.

Cooperation between science and business in the area of distributed energy

Abstract: We are currently in a period of economic changes, which we treat as an advanced and dynamic energy transformation process. By design, this process aims to create a more competitive, secure and sustainable electricity system and achieve the long-term goal of reducing greenhouse gas emissions. The content of the article refers in particular to distributed energy, the dynamic development of which triggers a huge need for closer cooperation between science and business. Sustainable cooperation of these areas should lead to the development of technology and innovative technologies, as well as to the creation of new staff and intellectual property.

Keywords: energy transformation, distributed energy, renewable energy sources, cooperation between science and business

Prof. Waldemar Skomudek

AGH Akademia Górniczo-Hutnicza
wskomudek@agh.edu.pl



Ryszard SROKA

I Konferencja Naukowa Energetyki Rozproszonej – podsumowanie

Transformacja energetyczna (TE) i postępujący w jej ramach intensywny rozwój energetyki rozproszonej (ER), w tym odnawialnej, są nieuniknione. Przedmiotem rozważań może być natomiast tempo tego procesu. Jest ono motywowane zarówno europejską, jak i krajową polityką energetyczną, ale także obiektywnymi czynnikami sprzyjającymi poprawie efektywności energetycznej (w skali pojedynczych gospodarstw domowych, lokalnych społeczności i *smart cities*), rozwojem transportu elektrycznego (prywatnego oraz – w jeszcze większym stopniu – publicznego), pasywnym budownictwem itp. W centrum procesu transformacji energetyki stoi obecnie świadomy odbiorca wyznaczający jej kierunki i decydujący o skali TE, wyposażony w nowoczesne narzędzia oraz mający nowe oczekiwania, np. dotyczące tego, z jakich źródeł energia ma pochodzić. On sam, opierając się na własnym rachunku ekonomicznym, podejmuje decyzję o inwestowaniu w coraz tańsze źródła energii.

Fundamentem transformacji energetycznej i gwarancją jej sukcesu są niewątpliwie wiedza oraz kompetencje realizatorów. W ostatnich dwóch dekadach na polskich uczelniach oraz w instytutach naukowych i firmach prywatnych prowadzone są badania dotyczące szeroko rozumianej energetyki rozproszonej. Zrealizowano w tym obszarze wiele ważnych projektów, stworzono również działające instalacje będące przykładem dobrych praktyk inżynierskich, które przynoszą wymierne korzyści inwestorom i zwiększają grono zwolenników nowego energetycznego ładu. Warto promować te działania, gdyż mogą one zmniejszyć obawy o to, jak nowe

technologie wpływają na niezawodność i jakość dostaw energii. Rozwój energetyki rozproszonej wymaga upowszechniania wiedzy i budowy systemu edukacji na wszystkich poziomach: od podstawowego, niezbędnego do pozyskania społecznej akceptacji tej formy zaspokajania potrzeb energetycznych, po ekspercki, uniwersytecki – gwarantujący poprawność techniczną podejmowanych decyzji i ekonomiczną opłacalność ich efektów. Cel ten może być realizowany między innymi przez takie inicjatywy jak konferencje naukowe.



fot. Mateusz Wójtów

W dniach 25–26 września 2023 r. w obiektach Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie (Klub Studio, Centrum Informatyki, aula A-1) odbył się I Kongres Energetyki Rozproszonej. Wydarzenie składało się z dwóch części: VI Forum

Energetyki Rozproszonej (FER) oraz I Konferencji Naukowej Energetyki Rozproszonej (KNER). Organizatorem Kongresu była Akademia Górniczo-Hutnicza, a współorganizatorami Izba Gospodarcza Energetyki i Ochrony Środowiska oraz Krajowa Izba Kłastrów Energii i OZE. FER, jak zawsze, był okazją do wymiany poglądów w zakresie zasad i kierunków w TE oraz debat dotyczących zagadnień geopolitycznych, trendów, regulacji prawnych i wyzwań energetycznych kraju.



fot. Mateusz Wójtów

Obok tego dorocznego spotkania przedstawiciele administracji centralnej i samorządowej, środowisk gospodarczych oraz inicjatyw obywatelskich po raz pierwszy odbyła się konferencja, w ramach której naukowej refleksji poddano najważniejsze aspekty szeroko pojętej transformacji energetycznej i energetyki rozproszonej w kontekście technicznym i naukowo-badawczym. W I KNER wzięło udział 110 uczestników. O randze wydarzenia i jego doniosłości dla rozwijania i popularyzowania wiedzy na temat ER świadczy patronat honorowy dwóch jednostek Polskiej Akademii Nauk: Komitetu Elektrotechniki PAN oraz Komitetu Problemów Energetyki PAN. Konferencja zorganizowana została przez osiem wydziałów Akademii Górniczo-Hutniczej: Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Inżynierii Biomedycznej; Informatyki, Elektroniki i Telekomunikacji; Inżynierii Mechanicznej i Robotyki; Wiertnictwa, Nafty i Gazu; Inżynierii Lądowej i Gospodarki Zasobami; Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska; Energetyki i Paliw oraz Matematyki Stosowanej.

Do udziału w KNER organizatorzy zaprosili wszystkie ośrodki naukowe działające w obszarze zdefiniowanym tematyką konferencji, licząc, że przyniesie ona wiele korzyści zawodowych, wymianę doświadczeń, inspirację do dalszych działań i konstruktywną dyskusję w czasie obrad.

Na konferencję nadesłało 64 prace. Obrady odbywały się na terenie AGH. 46 referatów zaprezentowano w 9 sesjach tematycznych, zaś w ramach sesji posterowej dyskutowano nad 18 prezentacjami. Streszczenia zgłoszonych prac, które uzyskały pozytywną ocenę zespołu recenzentów, zostały opublikowane w materiałach konferencyjnych, a wybrane szczególnie cenne artykuły, po uzyskaniu rekomendacji komitetu naukowego, zostały skierowane do publikacji w wysoko punktowanych czasopismach.

Wiodącymi tematami obrad konferencyjnych były między innymi:

- współpraca rozproszonych źródeł energii (RZE) z siecią zasilającą,
- geotermia oraz podziemne magazynowanie energii i ciepła,
- geotermia płytka i głęboka,
- metan z pokładów węgla,
- paliwa z odpadów i ciepło odpadowe,
- magazynowanie i konwersja energii,
- wyceny energetycznych projektów inwestycyjnych (opłacalność i ryzyko),
- odzyskiwanie energii z otoczenia (*energy harvesting*).

Rozwój RZE, w tym źródeł odnawialnych i magazynów energii, jest tendencją pożądaną i nieuniknioną. Aby proces ten nie został niepotrzebnie spowolniony, należy dążyć do ominięcia lub przezwyciężenia istniejących wciąż barier, między innymi tych o charakterze technicznym. Rosnąca popularność RZE negatywnie wpływa na sieć zasilającą, zwiększając poziom dobrze znanych zaburzeń jakości dostawy energii, tj. powolnych i szybkich zmian napięcia, wahań, asymetrii i odkształceń napięcia, przepięć itp. Ponadto w sieciach pojawiają się nowe, nieznane wcześniej zaburzenia elektromagnetyczne i problemy związane z obecnością źródeł rozproszonych.

W ramach tego obszaru tematycznego prezentowano zagadnienia związane z analizą wpływu farm fotowoltaicznych na parametry jakości dostawy energii elektrycznej w sieci elektroenergetycznej SN, rozważano, jak system magazynów energii z wysoką bezwładnością może wpłynąć na stabilizację napięcia i częstotliwości w sieci elektroenergetycznej, zaproponowano koncepcję systemu pomiarowo-sterującego w układzie zasilania odbiorcy indywidualnego wyposażonego w źródło fotowoltaiczne, przedstawiono wyniki analizy pracy sieci dystrybucyjnej nN z baterijnym systemem magazynowania energii elektrycznej, dyskutowano o pracy sieci dystrybucyjnej nN z dużym udziałem instalacji prosumenckich narażonej na ryzyko przekroczenia normalnych warunków pracy sieci, zaproponowano rozwiązanie wielopunktowej prognozy mocy elektrowni fotowoltaicznej z wykorzystaniem uczenia maszynowego, rozważano możliwość współpracy generacji rozproszonej z siecią dystrybucyjną, zastanawiano się nad wpływem działań prosumenckich na wybrane parametry pracy sieci dystrybucyjnej nN, zaproponowano też nowy sposób rozliczeń opłat za energię bierną w Krajowym Systemie Elektroenergetycznym.

Tematyka związana z geotermią objęta głównie kwestie poszukiwania, udostępniania, eksploatacji i wykorzystania ciepła Ziemi. Ciepło geotermalne może być pozyskiwane za pośrednictwem wód termalnych przez otwory wiertnicze. Otworowe wymienniki pozyskują ciepło z Ziemi – proces zachodzi poprzez wymianę ciepła, bez wymiany masy. Geoenergetyka obejmuje także magazynowanie w górotworze ciepła pochodzącego np. z klimatyzacji. W ramach sesji zaprezentowano również wykorzystanie kawern do podziemnego magazynowania dużych ilości energii.

Bardzo szeroko dyskutowano na temat możliwości technicznych i wpływu na środowisko dostępnych aktualnie źródeł energii, w tym energii geotermalnej – jako ekologicznego i odnawialnego źródła dostępnego do wykorzystania zarówno w geotermalnych systemach ciepłowniczych (geotermia głęboka), jak i w lokalnych rozproszonych systemach grzewczych przy zastosowaniu pomp ciepła (geotermia płytka).

Wykorzystanie tego źródła energii przynosi wiele korzyści i ma istotne znaczenie dla TE i osiągnięcia neutralności klimatycznej. Rozwój tej technologii rozważano zarówno jako efektywne wykorzystanie zasobów geotermalnych, zwłaszcza w kontekście rozwoju wspomaganych systemów geotermalnych, jak i rozwiązywanie problemu scalingu instalacji geotermalnych.



fot. Mateusz Wójtów

W sesji „Geotermia oraz podziemne magazynowanie energii i ciepła” zaprezentowano prace związane z magazynem energii potencjalnej w otworze wiertniczym zlokalizowanym na terenie AGH w Krakowie, przedstawiono też możliwość wykorzystania w Polsce kawern solnych jako magazynów energii, dyskutowano o budowie otworów geotermalnych skojarzonych z otworowymi wymiennikami ciepła (tzw. dubletami) i parametrach takich wymienników, rozważano aktualne oraz przyszłe możliwości użycia mieszanin kwasujących w celu poprawienia przepuszczalności skał zbiornikowych ujmujących wody termalne, a także analizowano specyficzne wymagania stawiane materiałom uszczelniającym otwory wiertnicze w geoenergetyce. Tematem obrad była też analiza porównawcza płynów roboczych stosowanych obecnie w tzw. wspomaganych systemach geotermalnych, zastanawiano się nad problemami skalowalności systemów geotermalnych i możliwością modelowania takich procesów, analizowano ewentualne wykorzystanie płytkich systemów geotermalnych na potrzeby ogrzewania i chłodzenia, a także zwiększania efektywności dostępnych aktualnie pomp ciepła.

Wykorzystanie metanu z pokładów węgla z jednej strony wspiera bezpieczeństwo robót górniczych, a z drugiej – traktowane jest jako pozyskiwanie gazu z niekonwencjonalnych źródeł, ze względu na formę jego występowania, która wymaga zastosowania specjalnych, desorpcyjnych technologii odzysku. Udokumentowane zasoby bilansowe wydobywalne metanu z pokładów węgla (CBM) w Polsce w 2022 r. wyniosły około 106 362 mln m³. W ramach sesji związanej z tą tematyką omówiono kwestię emisji metanu z pokładów węgla kamiennego oraz możliwości jego utylizacji. Ważnym punktem dyskusji były rozwiązania techniczne mające na celu ograniczenie emisji metanu z pokładów węgla oraz jego efektywne wykorzystanie.



fot. Mateusz Wójtów

W sesji poświęconej metanowi przedstawiono szczegółowo aktualne problemy związane z występowaniem metanu w kopalniach węgla kamiennego, omówiono nowe regulacje UE w odniesieniu do likwidacji kopalń węgla kamiennego w Polsce, zaprezentowano Międzynarodowe Centrum Doskonałości, którego celem jest wsparcie działań związanych z redukcją emisji metanu do atmosfery, efektywne wykorzystanie tego gazu oraz zmniejszenie zagrożeń związanych z jego wybuchami w kopalniach węgla kamiennego w Polsce, przedstawiono proces pozyskiwania energii z metanu jako główny cel strategii środowiskowej JSW SA, dyskutowano też o problemie odmetanowania jako istotnym elemencie strategii PGG w kontekście walki ze zmianami klimatycznymi oraz spełnienia wymogów zrównoważonego rozwoju.

Analizowano też najnowsze osiągnięcia dotyczące rozwoju technologii magazynowania i konwersji energii, a więc dwóch filarów dokonującej się transformacji energetycznej. Wraz z rosnącym udziałem OZE w rynku energii magazynowanie staje się niezbędne do stabilizacji sieci energetycznej oraz zapewnienia ciągłości dostaw. Z kolei odpowiednio dobrane systemy konwersji energii pozwalają na optymalizację jej użycia w różnych sektorach gospodarki. W kontekście energetyki rozproszonej wyniki badań naukowych oraz innowacyjne rozwiązania technologiczne umożliwiają optymalizację wykorzystania energii przez zwiększenie funkcjonalności, elastyczności i niezawodności tego procesu.

Problemy energetyki rozproszonej dotyczą nie tylko systemów dużych mocy. Bardzo często problem odzyskiwania tzw. energii odpadowej, dostępnej w każdym praktycznie procesie technologicznym, związany jest z zasilaniem autonomicznych węzłów sieci czujnikowych, elementów systemów pomiarowych oraz monitorujących stan rozległych obiektów i procesów. W sesji „Odzyskiwanie energii z otoczenia (*energy harvesting*)” przedstawiono wyniki badań związanych z pozyskiwaniem energii z ciepła odpadowego występującego w procesie sterylizacji narzędzi chirurgicznych do zasilania urządzeń nadzorujących ten proces i weryfikujących poprawność procesu sterylizacji oraz zliczania, ile razy dane narzędzie było sterylizowane. Przedstawiono możliwości pozyskiwania energii z fal elektromagnetycznych (przez zastosowanie układów przetwarzających energię RF na prąd stały), a także ze sprężonego powietrza będącego elementem odpadowym w maszynach i systemach pneumatycznych stosowanych często do automatyzacji i mechanizacji linii produkcyjnych w wielu obszarach przemysłu (np. spożywczym, motoryzacyjnym, elektrotechnicznym, opakowaniowym itp.). Oceniono, że efektywność energetyczna układu pneumatycznego jest obecnie na poziomie 10–20%. W czasie tej sesji przedstawiono również stan badań i nowe trendy oraz modele procesu zamiany ciepła na prąd elektryczny w układach termoelektrycznych. Dyskutowano także o możliwości wykorzystania fal dźwiękowych (np. hałasu).

Doskonałym uzupełnieniem sesji technicznych były wystąpienia związane z wyceną energetycznych projektów inwestycyjnych oraz ich opłacalnością i ryzykiem. W czasie tej sesji dyskutowano między innymi o kwestiach związanych z modelowaniem i prognozowaniem cen energii elektrycznej, prognozowaniem zapotrzebowania na energię elektryczną, bilansowaniem przepływów energii w klastrach, wyceną opcji dostępnych dla uczestników rynku energii, a także o problemach wyceny instalacji fotowoltaicznej z magazynem energii. Zagadnienia te doskonale wpisują się w problematykę transformacji rynku energii w Polsce, a w szczególności – dynamicznych zmian w sposobie generowania i bilansowania energii elektrycznej.

Tematyka energetyki rozproszonej jest niezwykle różnorodna i rozległa, a wiele jej aspektów wciąż

czeka na omówienie. W czasie podsumowania I Konferencji Naukowej Energetyki Rozproszonej podjęto decyzję o kontynuowaniu dyskusji nad zagadnieniami związanymi z ER w ramach kolejnej edycji KNER, której termin ustalono na 30 października 2024 r. Wydarzenie będzie towarzyszyło II Kongresowi Energetyki Rozproszonej, a informacje na jego temat można znaleźć pod linkiem: <http://kner2024.agh.edu.pl>.

Serdecznie zapraszam do udziału w kolejnej edycji Konferencji Naukowej Energetyki Rozproszonej.

Dr hab. inż. Ryszard Sroka, prof. AGH
AGH Akademia Górniczo-Hutnicza
Wydział Elektrotechniki, Automatyki,
Informatyki i Inżynierii Biomedycznej



Andrzej FIRLIT

Innowacyjne rozwiązania techniczne i technologiczne w obszarze energetyki rozproszonej – podsumowanie sesji technicznej I Kongresu Energetyki Rozproszonej

Abstrakt: W artykule podsumowano obrady jednej z sesji I Kongresu Energetyki Rozproszonej dotyczącej innowacyjnych rozwiązań technicznych i technologicznych w obszarze energetyki rozproszonej. Ten szeroki i wielopłaszczyznowy temat dotyczy istotnego aspektu trwającej właśnie transformacji energetycznej oraz silnie wiąże się z rozwojem i wdrażaniem inteligentnych systemów elektroenergetycznych *smart grids*.

Słowa kluczowe: inteligentne systemy elektroenergetyczne, *smart grids*, mikrosieci, *grid forming*, agregacja źródeł energii i odbiorników, zarządzanie źródłami energii i odbiornikami, *smart metering*

Wprowadzenie

W ramach VI Forum Energetyki Rozproszonej (będącego częścią I Kongresu Energetyki Rozproszonej, zorganizowanego w Krakowie w dniach 25–26 września 2023 r.) odbyła się sesja (9C) dotycząca innowacyjnych rozwiązań technicznych i technologicznych w obszarze energetyki rozproszonej. Niniejszy artykuł stanowi podsumowanie najistotniejszych wątków poruszonych przez uczestników. Wystąpienia były podzielone na dwa panele. W pierwszej części prelegenci przedstawili siedem prezentacji, które są dostępne na portalu energetyka-rozproszona.pl (VI Forum Energetyki Rozproszonej). Poniżej wymieniono tytuły tych wystąpień.

- *Przyszłość energetyki rozproszonej, Grid Forming jako rozwiązanie problemów stabilności sieci. RFG 2.0.* – Marcin Kłomski, Solution Team Expert, Huawei Polska.

- *Inwertery nowej generacji. Rozwiązania wzmacniające stabilność systemu elektroenergetycznego* – Rafał Koziół, ekspert techniczny, SMA Solar Technology.
- *Zielone sieci energetyczne. Dystrybucja energii wytwarzanej z OZE z zerowym śladem węglowym* – Łukasz Trześniewski, prezes zarządu ZKlaster.
- *Akceleracja integracji OZE z wykorzystaniem technologii HVDC (systemy wysokiego napięcia prądu stałego)* – Mariusz Wójcik, kierownik Grupy R&D MACH PL, Hitachi Energy.
- *Agregacja rozporoszonych źródeł wytwórczych, magazynowych i odbiorczych w wirtualną elektrownię z wykorzystaniem nowoczesnych narzędzi IT* – Piotr Błach, kierownik zespołu ds. rynku OZE, Transition Technologies Systems.
- *Mikrosieć przemysłowa* – Jacek Stankiewicz, prezes zarządu Elsta.
- *Licznik w roli inteligentnego asystenta energetycznego* – Paweł Pisarczyk, prezes zarządu Phoenix Systems.

Część drugą panelu stanowiła dyskusja moderowana przez przewodniczącego całej sesji – dra Krzysztofa Hellera reprezentującego Krajową Izbę Gospodarczą Elektroniki i Telekomunikacji. Obrady dotyczyły innowacyjnych rozwiązań technicznych i technologicznych w obszarze energetyki rozproszonej (ER) oraz inteligentnych systemów elektroenergetycznych (*smart grids*).

Uczestnicy skoncentrowali się na następujących zagadnieniach:

- stosowanie zaawansowanych układów energoelektronicznych,
- stosowanie systemów magazynowania energii elektrycznej,
- stosowanie rozproszonych systemów pomiarowych przeznaczonych do ciągłego monitorowania parametrów pracy sieci zasilających,
- budowanie mikrosieci, czyli wydzielonych, autonomicznych systemów elektroenergetycznych,
- tworzenie wirtualnych elektrowni poprzez agregację źródeł energii i magazynów energii oraz ich integrację z częścią odbiorczą,
- stosowanie systemów wysokiego napięcia prądu stałego HVDC,
- „zielona dystrybucja” – plan (cel) modernizacji infrastruktury elektroenergetycznej klastra energii,
- zapewnienie cyberbezpieczeństwa infrastruktury elektroenergetycznej, a szczególnie jej krytycznym fragmentom.

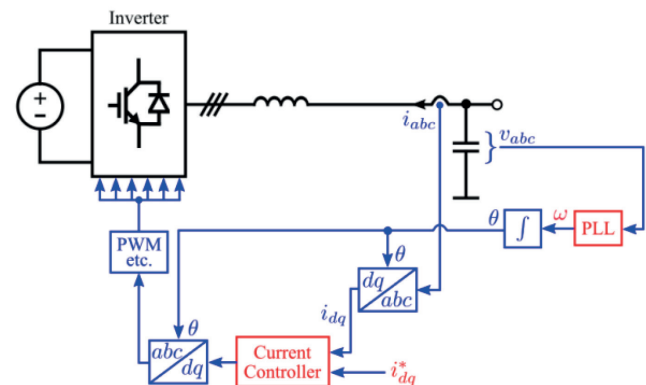
Rozwinięcie zasygnalizowanych powyżej tematów znajduje się w dalszej części niniejszego artykułu.

Zaawansowane układy energoelektroniczne

Zaawansowane układy energoelektroniczne mogą być wykorzystywane do kompleksowego i efektywnego przetwarzania oraz kondycjonowania energii elektrycznej. Na szczególną uwagę zasługują falowniki (inwertery) wykonane w technologii zwanej *grid forming*. Dzięki jej zastosowaniu uzyskujemy układy zachowujące się jak źródło napięcia, w odróżnieniu od falowników *grid following*, które działają jak źródło prądu (Rys. 1). Systemy wyposażone w falowniki *grid forming* (źródła energii elektrycznej, magazyny energii) mogą pełnić funkcję wzorca napięcia zasilającego (pod względem jego wartości i częstotliwości). Posiadają możliwość autonomicznej pracy poza siecią operatora/dostawcy (praca wyspowa).

Charakteryzują się krótszym czasem reakcji oraz są odporniejsze na zdarzenia pojawiające się w systemie elektroenergetycznym, co jest bardzo istotne w przypadku „słabych/miękkich” sieci zasilających o niskiej wartości mocy zwarciowej. Mogą współpracować z układami typu *grid following*. Inne pożądane funkcje układów energoelektronicznych związane są z ograniczeniem zakresu zmienności napięć zasilających, redukcją wyższych harmonicznych napięć i prądów, symetryzacją napięć i prądów oraz kompensacją mocy bierniej.

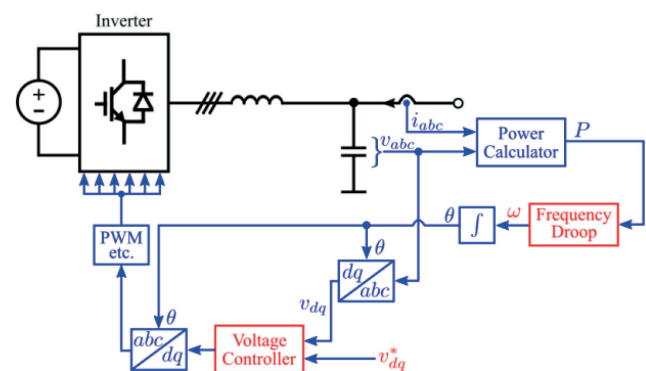
a)



Układ energoelektroniczny typu *grid following*:

- źródło prądu,
- zależny od napięcia sieci w punkcie przyłączenia,
- zakres odpowiedzi czasowej prądu: od 20 ms do 40 ms

b)



Układ energoelektroniczny typu *grid forming*:

- źródło napięcia,
- niezależny od napięcia sieci w punkcie przyłączenia,
- zakres odpowiedzi czasowej prądu: od wartości chwilowych do 10 ms

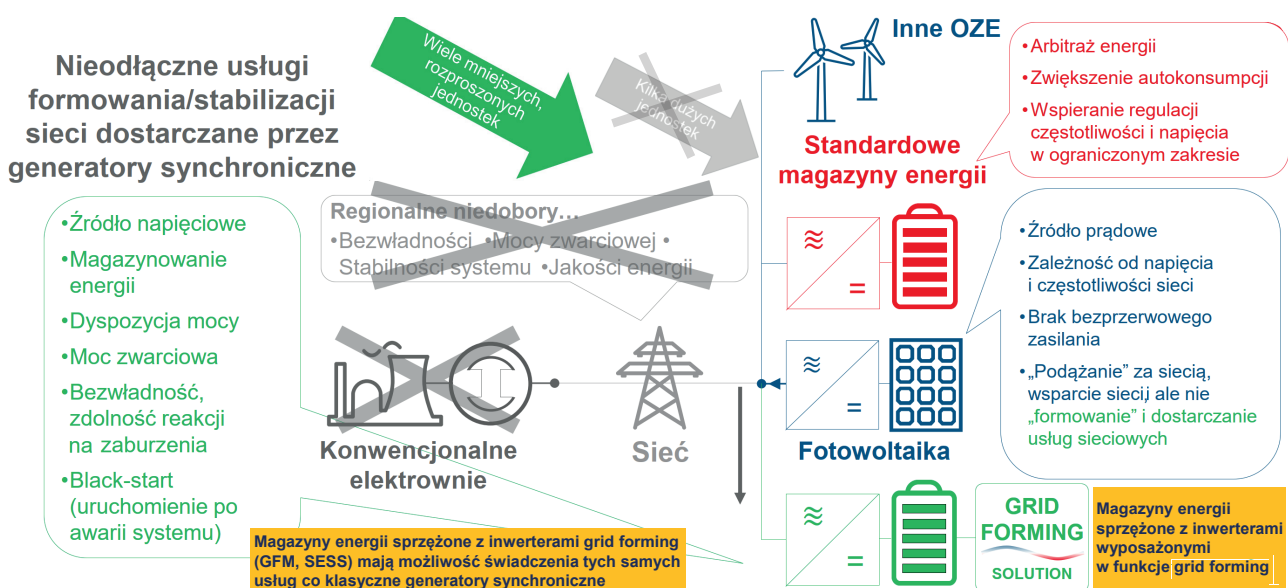
Rys. 1. Układ energoelektroniczny (falownik, inwerter) typu: a) *grid following*; b) *grid forming* (źródło: prezentacja Huawei Polska)

Magazynowanie energii elektrycznej

W dyskusji skoncentrowano się przede wszystkim na bateryjnych systemach magazynowania energii elektrycznej. Zwrócono jednak uwagę na potrzebę rozwijania różnych technologii i rozwiązań, w tym wodorowych, co już można obserwować i co daje obiecujące perspektywy na przyszłość. Coraz więcej tradycyjnych źródeł energii (elektrowni) bazujących na generatorach synchronicznych jest odłączanych od sieci, co skutkuje zmniejszeniem inercji (bezwładności) systemu elektroenergetycznego. Tymczasem odpowiedni poziom inercji jest niezbędny do stabilizowania częstotliwości oraz minimalizowania ryzyka występowania awarii systemu. Rekomendowano stosowanie magazynów energii wykorzystujących układy energoelektroniczne wykonane w technologii *grid forming*. Przy odpowiedniej implementacji (sterowaniu) zapewniają one inercję (*synthetic inertia*), dzięki czemu zwiększają niezawodność (stabilność) systemu zasilającego, nawet w przypadku awarii (Rys. 2). Podkreślono, że magazyny energii powinny być stosowane nie tylko przez klientów, ale również przez operatorów systemu dystrybucyjnego (OSD) i operatorów systemu przesyłowego (OSP) (Firlit et al. 2023b).

Rozproszone systemy pomiarowe (RSP)

Stosowanie RSP z licznikami energii elektrycznej typu *smart to de facto* wdrażanie koncepcji smart meteringu. W tym celu można wykorzystać np. wysoce skalowalny system operacyjny czasu rzeczywistego Phoenix-RTOS (licencja typu *open source*) bazujący na opracowanej od podstaw architekturze mikrojądra. Dostępne są już kompatybilne liczniki energii elektrycznej oraz gazomierze z komunikacją GSM (Rys. 3). Istnieje możliwość tworzenia aplikacji dla użytkownika i instalowania ich w licznikach, co umożliwi wykorzystanie platform chmurowych i komunikację z przekształtnikami fotowoltaicznymi, magazynami energii oraz stacjami ładowania samochodów elektrycznych. W kluczowych punktach systemu elektroenergetycznego (zakładu przemysłowego, dużego i krytycznego odbiorcy, sieci dystrybucyjnych i przesyłowych) należy prowadzić monitorowanie z wykorzystaniem analizatorów jakości energii elektrycznej, najlepiej klasy A według normy PN-EN 61000-4-30, w celu poszerzania zbioru wskaźników jakości energii opisujących kompleksowo stan pracy sieci. W gminie Ochotnica Dolna (klaster energii „Zielone Podhale”) w ramach projektów KlastER i OTE (NCBR, program GOSPOSTRATEG) prowadzony jest pilotaż platformy *besmart.energy* (Rys. 4) (Firlit et al. 2023a; Hanzelka et Firlit 2015).

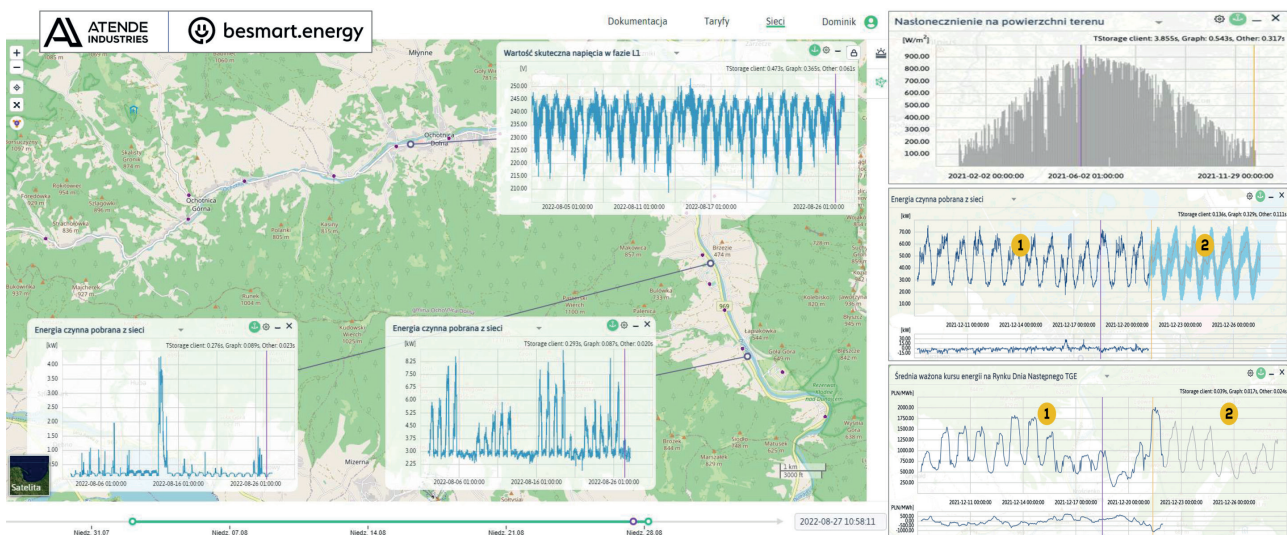


Rys. 2. Potrzeba stabilizacji pracy sieci zasilających z wysokim udziałem OZE (źródło: prezentacja SMA Solar Technology)



PLC (PRIME, G3-PLC)

Rys. 3. Smart metering – licznik energii elektrycznej typu smart meter jako „asystent energetyczny” (źródło: prezentacja Phoenix Systems)

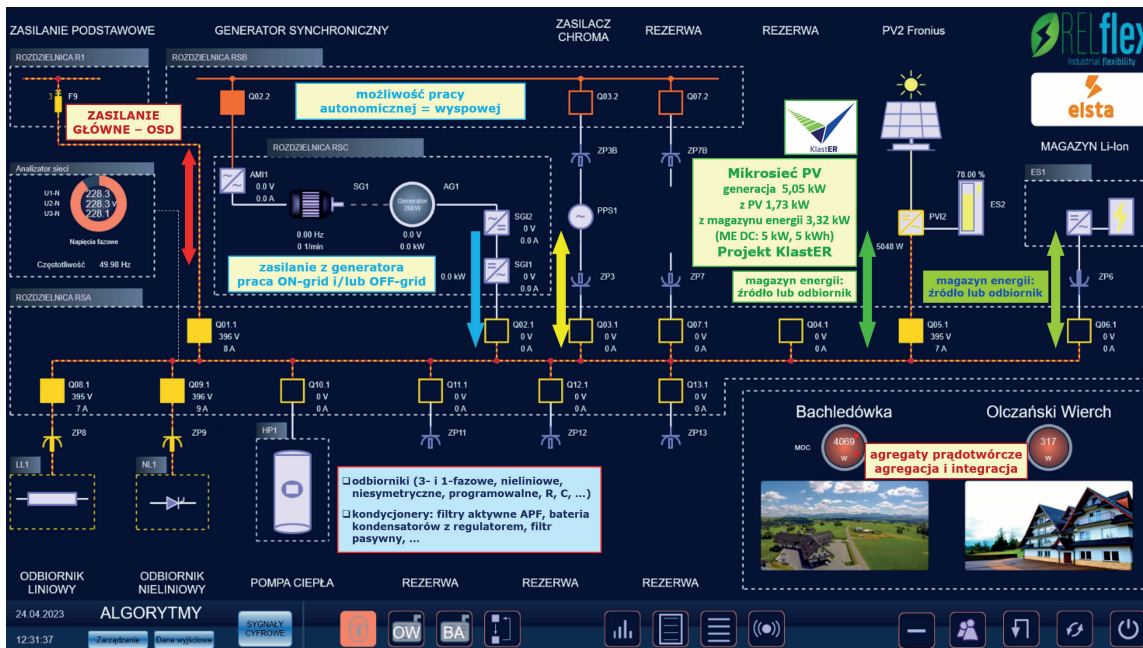


Rys. 4. Monitorowanie parametrów pracy sieci zasilających na przykładzie platformy besmart.energy. Przykładowe funkcjonalności: prognoza pogody wysokiej rozdzielczości (3-dniowa, aktualizacja co 12 godzin), indywidualna predykcja (sygnałów: 7-dniowa, ceny na TGE: rynek dnia następnego i bilansujący) (źródło: prezentacja Phoenix Systems)

Mikrosieci

Budowanie mikrosieci, czyli wydzielonych, autonomicznych systemów elektroenergetycznych, polega na tworzeniu zbioru połączonych ze sobą odbiorców, rozproszonych źródeł energii (RZE) różnego typu (np. instalacje fotowoltaiczne i wiatrowe, biogazownie, agregaty prądotwórcze), kondycjonerów oraz magazynów energii (Rys. 5). Tego typu systemy zasilania mają określone granice i zazwyczaj jeden punkt przyłączenia do krajowej sieci elektroenergetycznej, posiadają także rozwiązania techniczne pozwalające na przejście w tryb pracy wyspowej. Mikrosieci stanowią

szczególny przykład inteligentnych systemów elektroenergetycznych *smart grids*. Tego typu systemy mogą mieć zastosowanie w zakładach przemysłowych i firmach, klastrach energii i społecznościach energetycznych, w infrastrukturze samorządowej, sieciach gmin wiejskich i małych miast, szpitalach, budynkach samowystarczalnych energetycznie, uczelniach wyższych i jednostkach badawczych. Wszystkie urządzenia wchodzące w skład mikrosieci powinny być opomiarowane i połączone liniami komunikacyjnymi z systemem centralnego zarządzania, zaś krytyczne obiekty, szczególnie źródła wytwórcze, powinny mieć możliwość sterowania.



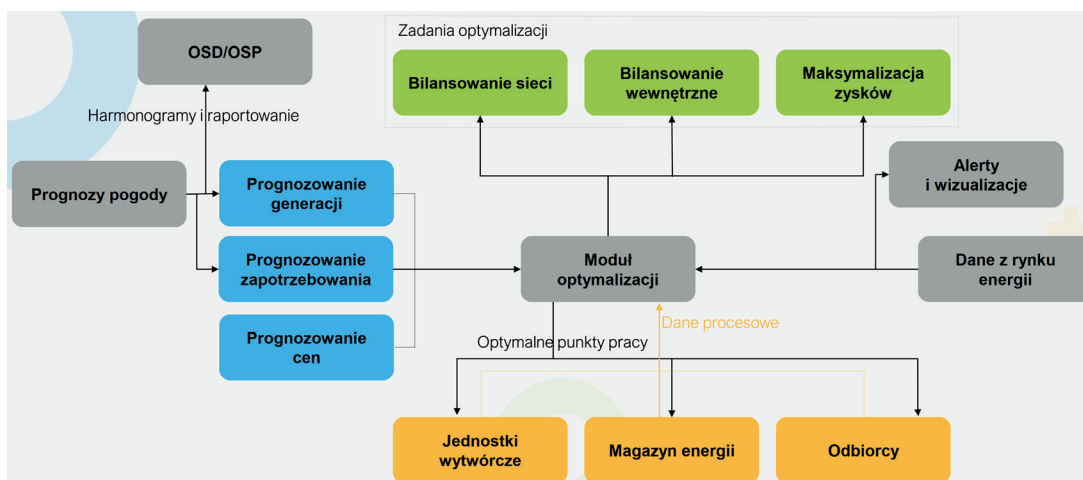
Rys. 5. Ekran główny aplikacji (ZENON Energy Edition) do zarządzania mikrociącią RELflex wdrożoną w Laboratorium Jakości Energii Elektrycznej AGH. Przykład agregatora źródeł i magazynów energii oraz wirtualnego źródła energii (źródło: materiały własne AGH)

Istotną kwestią w przypadku pracy wyspowej jest odpowiednie zarządzanie mocą i energią elektryczną w zakresie podaży (produkcji) oraz popytu (zużycia i zapotrzebowania; DSM i DSR). Mikrościeci to systemy zasilania typu premium – są przykładem praktycznej realizacji koncepcji usług elastyczności energetycznej w skali mikro. Umożliwiają uzyskanie niezależności oraz maksymalizację wykorzystania energii z RZE. Ważną sprawą jest konieczność zapewnienia biernego i czynnego bezpieczeństwa przeciwpożarowego w związku z instalacją baterijnych

magazynów energii (implementacja zabezpieczeń wewnętrznych i zewnętrznych) (Firlit et Hołdyński 2023; Firlit et al. 2023).

Wirtualne elektrownie

Możliwe jest tworzenie wirtualnych elektrowni poprzez agregację źródeł i magazynów energii oraz ich integrację z częścią odbiorczą danej sieci elektroenergetycznej za pomocą odpowiedniego oprogramowania (Rys. 6).



Rys. 6. Agregacja źródeł i magazynów energii oraz ich integracja z częścią odbiorczą – tworzenie wirtualnych elektrowni, bilansowanie, prognozowanie i optymalizacja. Architektura systemu na przykładzie Energy Link (źródło: prezentacja Transition Technologies Systems)

Istotnym wyzwaniem w tym kontekście jest zarządzanie częścią wytwórczą i odbiorczą z uwzględnieniem narzędzi do prognozowania generacji energii z rozproszonych źródeł oraz sposobu pracy magazynów energii, a także zapotrzebowania na energię elektryczną odbiorców. Zaawansowane platformy/środowiska software'owe oferują implementację algorytmów optymalizacji techniczno-ekonomicznej w celu zmniejszenia zużycia energii elektrycznej oraz obniżenia kosztów (Hanzelka et Firlit 2015).

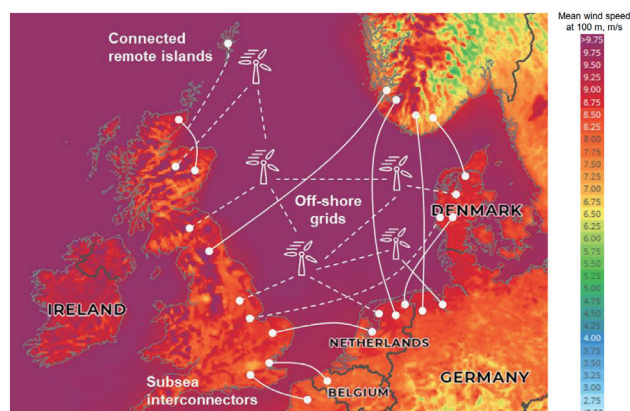
Systemy wysokiego napięcia prądu stałego HVDC

Systemy wysokiego napięcia prądu stałego HVDC mogą być stosowane do wsparcia rozwoju odnawialnych źródeł energii (OZE). Tego typu rozwiązania techniczne przeznaczone są do przesyłania wysokich wolumenów energii z OZE na duże odległości. W przypadku połączeń lądowych dotyczy to linii o długości od kilkuset kilometrów, a w przypadku połączeń podmorskich – od ok. pięćdziesięciu kilometrów. Przypuszcza się, że rosnąca liczba morskich elektrowni wiatrowych przyłączana będzie do krajowych systemów elektroenergetycznych za pomocą układów HVDC, podobnie jak odległych dużych elektrowni lądowych i fotowoltaicznych. Systemy HVDC pozwalają na integrację różnych systemów elektroenergetycznych, np.:

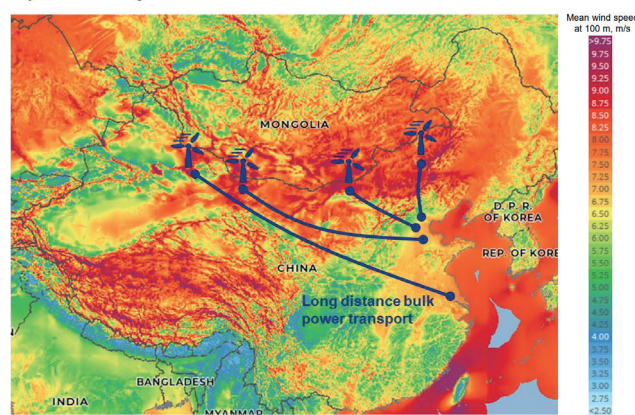
- między państwami,
- obszarów kontynentalnych z obszarami wyspiarskimi,
- o różnych parametrach nominalnych (takich jak częstotliwość, poziom napięcia itp.), np. w celu ich wzmocnienia.

Taka możliwość integracji jest istotna w kontekście rosnącego udziału w miksie odnawialnych źródeł energii silnie uzależnionych od zmiennych warunków pogodowych. Systemy elektroenergetyczne przyszłości będą potrzebowały elastycznych połączeń pomiędzy strefami czasowymi i klimatycznymi (Rys. 7).

Morskie farmy wiatrowe oraz połączenia podmorskie



Lądowe farmy wiatrowe



Rys. 7. System energetyczny przyszłości będzie potrzebował elastycznych połączeń (źródło: na podst. prezentacji Hitachi Energy)

„Zielona dystrybucja”

Ambitnym celem dla klastrów energii jest „zielona dystrybucja”. Chodzi o podjęcie prac modernizujących infrastrukturę elektroenergetyczną klastra, tak by zastosować magazyny energii i doprowadzić do sytuacji, gdy 100% energii zużywanej na potrzeby własne będzie pochodziło z OZE. Zakłada się, że strategia sterowania magazynami realizowana byłaby w cyklu dobowym. Uzasadnieniem i motywacją do podjęcia takich działań jest fragment definicji klastra energii zamieszczony w Ustawie z dnia 20 lutego 2015 r. o odnawialnych źródłach energii (Dz.U. 2015 poz. 478): „klastery energii – cywilnoprawne porozumienie, w skład którego mogą wchodzić osoby fizyczne, osoby prawne, szkoły i uczelnie, lub jednostki samorządu terytorialnego, **dotyczące wytwarzania i równoważenia zapotrzebowania,**

dystrybucji lub obrotu energią z odnawialnych źródeł energii lub z innych źródeł lub paliw, w ramach sieci dystrybucyjnej o napięciu znamionowym niższym niż 110 kV, na obszarze działania tego klastra nieprzekraczającym granic jednego powiatu lub 5 gmin (...)” (podkr. – AF) (za: Strategia Rozwoju Energetyki Rozproszonej... 2022).

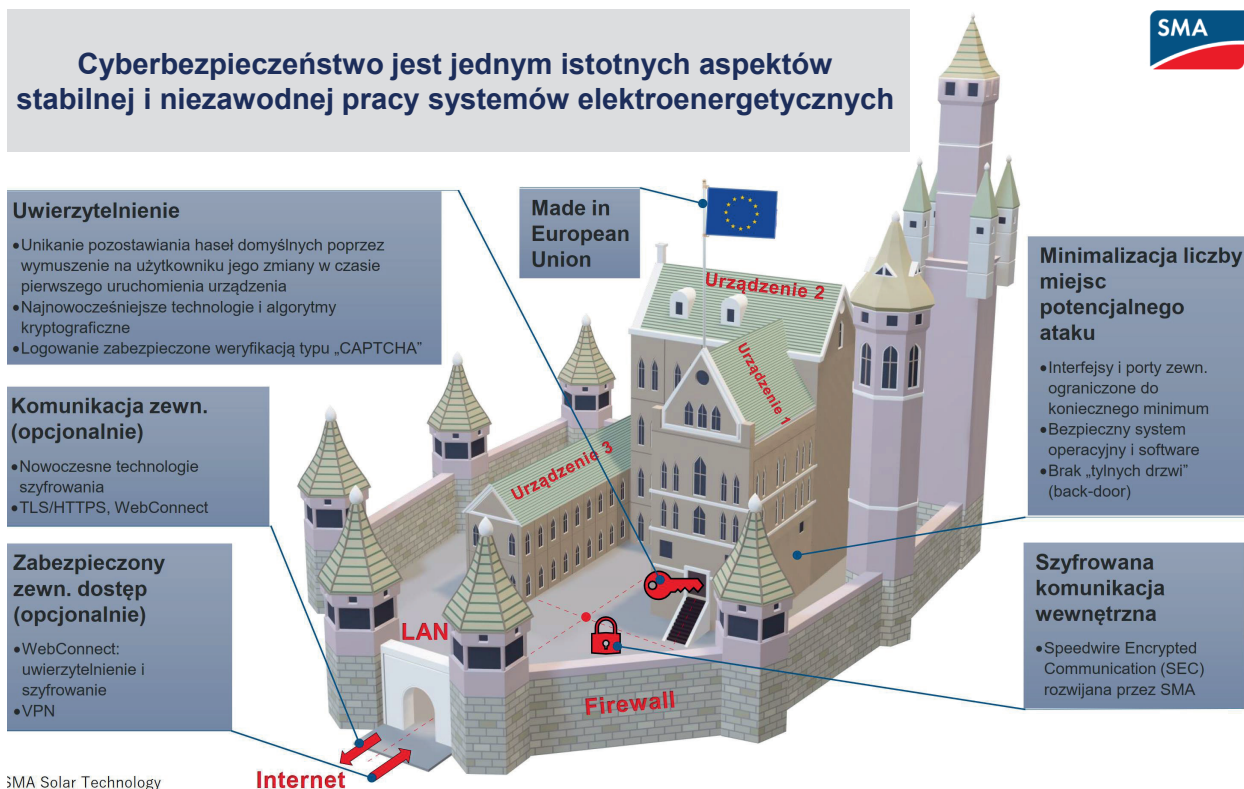
Cyberbezpieczeństwo

Jednym z filarów niezawodnej i stabilnej pracy systemów elektroenergetycznych jest zapewnienie cyberbezpieczeństwa infrastrukturze krytycznej (Rys. 8). Związana jest z tym konieczność rozwoju i stosowania odpowiednich (bezpiecznych) narzędzi informatyczno-telekomunikacyjnych, a więc sprzętu i oprogramowania opracowanych dla elektroenergetyki. W ostatnim czasie można zaobserwować coraz częstsze próby włamania do systemów informatycznych organizacji rządowych, firm energetycznych, instytucji i obiektów

o istotnym znaczeniu. Ich celem jest m.in. próba destabilizacji infrastruktury technicznej.

Podsumowanie

Nie ma jednego systemu technicznego ani jednej technologii mogącej rozwiązać wszystkie problemy czy odpowiedzieć na wszystkie potrzeby i wyzwania systemu elektroenergetycznego. Sugeruje się, by stawiać raczej na łączenie różnych rozwiązań fizycznych/energetycznych oraz informatycznych w obszarze wytwarzania, przesyłu, przetwarzania i odbioru energii. Należy zauważyć, że dzięki dużej aktywności badawczo-rozwojowej w ostatnich latach wielu dostawców, także krajowych, wypracowało szereg rozwiązań technicznych i technologii mogących wspomóc rozwój inteligentnych sieci elektroenergetycznych, a tym samym – rozwój energetyki rozproszonej. Za pozytywny należy uznać fakt, że wiele rozwiązań jest tworzonych przez polskie firmy i powstaje we współpracy z polskimi uczelniami.



Rys. 8. Znaczenie cyberbezpieczeństwa dla pracy systemów elektroenergetycznych (źródło: prezentacja SMA Solar Technology)

System elektroenergetyczny musi podlegać ciągłej modernizacji i rozwojowi. Konieczny jest wzrost poziomu jego automatyzacji, cyfryzacji i digitalizacji oraz innowacyjności. Ważną kwestią pozostaje opracowanie odpowiednich metod i algorytmów przetwarzania pozyskiwanych i gromadzonych danych w celu uzyskania użytecznych informacji. Dzięki temu sieci zasilające (lokalne i globalne) w coraz większym stopniu będą mogły być obserwowane i sterowane, zgodnie z założonymi kryteriami.

Działania inżynierskie powinny zostać wsparte odpowiednimi regulacjami prawnymi i ekonomicznymi, a przede wszystkim długofalową strategią rozwoju i modernizacji infrastruktury elektroenergetycznej w skalach mikro i makro oraz w różnych segmentach rynku (prosumenckim, przemysłowym, komercyjnym i wielkoskalowym). Jest to bardzo istotne ze względu na tworzenie modeli biznesowych oraz analizy opłacalności inwestycji. W tym kontekście rozwój usług elastyczności energetycznej jest z wielu powodów wskazany i oczekiwany.

Systemy elektroenergetyczne wyposażone w innowacyjne rozwiązania techniczne i technologiczne wraz z instalacjami generacji rozproszonej będą cechowały się wysokim poziomem elastyczności energetycznej. Dzięki temu uczestnicy rynku energii oraz innych rynków (finansowego, dóbr przemysłowych, usług, czynników produkcji, towarowego) uzyskają szereg korzyści, takich jak:

- zwiększenie bezpieczeństwa energetycznego (utrzymanie równowagi bilansowej oraz wymaganego poziomu napięć i częstotliwości),
- poprawa jakości i efektywności energetycznej sieci elektroenergetycznych (poprawa wskaźników jakości dostawy energii elektrycznej),
- poprawa niezawodności dostawy energii (ochrona przed blackoutami),
- zmniejszenie kosztów funkcjonowania systemu elektroenergetycznego,
- oszczędności oraz nowe możliwości dla odbiorców,
- rozwój techniki i nowych technologii,
- wdrażanie i rozwój koncepcji elektroprosumeryzmu – innowacji przełomowej, której propagatorem jest prof. Jan Popczyk.

Bardzo istotnym, a może kluczowym rezultatem będzie przeciwdziałanie negatywnym zmianom klimatycznym, redukcja emisji gazów cieplarnianych (dekarbonizacja) oraz wspieranie zrównoważonego rozwoju.

Bibliografia:

- VI Forum Energetyki Rozproszonej (2023), Energetyka-rozproszona.pl, www.energetyka-rozproszona.pl/wydarzenia/vi-forum-energetyki-rozproszonej/#PrezentacjeIKER [dostęp: 6.11.2023].
- Firlit A., Hołdyński G. (2023), *Elastyczność energetyczna w Polsce*, www.elastycznoscenergii.pl [dostęp: 6.11.2023].
- Firlit A., Hanzelka Z., Piątek K., Chmielowiec K., Barczeniewicz S., Dutka M., Siostrzonek T., Klempka R., Azebaze Mboving Ch.S., Skomudek W. (2023a), *Współczesne trendy i wyzwania w dziedzinie jakości dostawy energii elektrycznej – wybrane prace badawcze, eksperymentalno-rozwojowe oraz dydaktyczne Zespołu Jakości Energii Elektrycznej*, „Nauka – Technika – Technologia: Seria Wydawnicza AGH”, t. 7, Wydawnictwa AGH, Kraków: 41–64.
- Firlit A., Piątek K., Hanzelka Z., Szaniawski K., Piasecki S., Topolski Ł. (2023b), *Analiza pracy sieci zasilającej OSD po uruchomieniu magazynu energii elektrycznej w Ochothnicy Dolnej*, <https://www.energetyka-rozproszona.pl/artykuly/analiza-pracy-sieci-zasilajacej-osd-po-uruchomieniu-magazynu-energii-elektrycznej-firmit-apator-w-ochotnicy-dolnej/> [dostęp: 6.11.2023].
- Hanzelka Z., Firlit A. (red.) (2015), *Elektrownie ze źródlami odnawialnymi – zagadnienia wybrane*, Wydawnictwa AGH, Kraków.
- Strategia Rozwoju Energetyki Rozproszonej w Polsce do 2040 roku* (2022), www.energetyka-rozproszona.pl/media/ckeditor/2023/01/13/strategia-rozwoju-energetyki-rozproszonej-w-polsce-do-2040-roku.pdf [dostęp: 6.11.2023].
- Ustawa z dnia 20 lutego 2015 r. o odnawialnych źródłach energii (Dz.U. 2015 poz. 478), <https://isap.sejm.gov.pl/isap.nsf/download.xsp/WDU20150000478/U/D20150478Lj.pdf> [dostęp: 19.12.2023].

Innovative technical and technological solutions in the area of distributed power generation – summary of technical session I KER

Abstract: The article summarizes the issues raised during the session on innovative technical and technological solutions in the area of distributed energy. These topics are very broad and multidimensional, especially in the context of the energy transition we are currently undergoing. It is strongly related to the development and implementation of smart grids systems.

Keywords: smart grids systems, microgrids, grid forming, aggregation of energy sources and consumers, management of energy sources and consumers, smart metering

Dr inż. Andrzej Firlit

AGH Akademia Górniczo-Hutnicza
Wydział Elektrotechniki, Automatyki,
Informatyki i Inżynierii Biomedycznej
afirlit@agh.edu.pl



Maciej MRÓZ, Tomasz RODZIEWICZ

Inteligentna dystrybucja

Abstrakt: Aby transformacja energetyczna (TE) była możliwa, oprócz wykorzystania źródeł odnawialnych konieczne jest zastosowanie m.in. nowych technologii pomiarowych, komunikacyjnych i analitycznych. Efektywna transformacja nie zaistnieje bez inteligentnej sieci elektroenergetycznej. Prognozuje się, że do 2030 r. w Unii Europejskiej pojawi się kilkadziesiąt milionów pojazdów elektrycznych i pomp ciepła, nastąpi znacząca elektryfikacja transportu, przemysłu oraz sfery komunalnej. TAURON Dystrybucja S.A. od co najmniej kilku lat prowadzi wiele działań inwestycyjnych oraz badawczo-rozwojowych w tym obszarze. Jednym z przykładów jest projekt mikro sieci. Firma realizuje szereg inicjatyw wspierających rozwój inteligentnej infrastruktury sieciowej, zgodnie z założeniami Strategicznej Agencji Badawczej TAURON Dystrybucja S.A. Kluczowym zadaniem Spółki jest zapewnienie i utrzymanie wysokich standardów jakości energii elektrycznej w zmiennym otoczeniu dynamicznego rozwoju OZE. W tym celu konieczne będzie wytworzenie nowych narzędzi, które pomogą OSD w pełnieniu funkcji moderatora sieci. Komisja Europejska ogłosiła, że zamierza wspierać unijnych operatorów systemu przesyłowego (OSP) i operatorów systemu dystrybucyjnego (OSD) w procesie tworzenia cyfrowego bliźniaka (*digital twin*) europejskiej sieci elektroenergetycznej.

Słowa kluczowe: transformacja, elastyczność, mikro sieć, bliźniak cyfrowy

Kluczowe wyzwania związane z transformacją energetyczną

Transformacja krajowej energetyki staje się faktem. Warunkiem jej efektywności jest zastosowanie nie

tylko źródeł odnawialnych, ale również nowych technologii pomiarowych, komunikacyjnych i analitycznych. Z tego względu nie będzie ona możliwa bez inteligentnej sieci elektroenergetycznej, a co za tym idzie – bez istotnych nakładów na modernizację sieci dystrybucyjnej i wyposażenia jej w odpowiednie urządzenia oraz narzędzia informatyczne.

TAURON Dystrybucja S.A. jest największym dystrybutorem energii elektrycznej w kraju i jej głównym dostawcą na terenie województw: małopolskiego, śląskiego, opolskiego oraz dolnośląskiego. W 2023 r. wysokość nakładów inwestycyjnych Spółki wyniosła ponad 2,77 mld zł (Rys. 1).

Szybki rozwój odnawialnych źródeł energii przyłączanych do sieci dystrybucyjnej i postępująca elektryfikacja (czyli rosnące wykorzystanie energii elektrycznej przez takie technologie jak m.in. elektromobilność, magazynowanie energii czy pompy ciepła) – to jedne z głównych wyzwań TAURON Dystrybucja S.A. Do tego dochodzą wyzwania związane z dużą zmiennością generacji, gwałtownym wzrostem lub spadkiem zapotrzebowania na energię czy wahaniami napięcia.



Rys. 1. Podstawowe dane na temat sieci elektroenergetycznej TAURON Dystrybucja S.A.

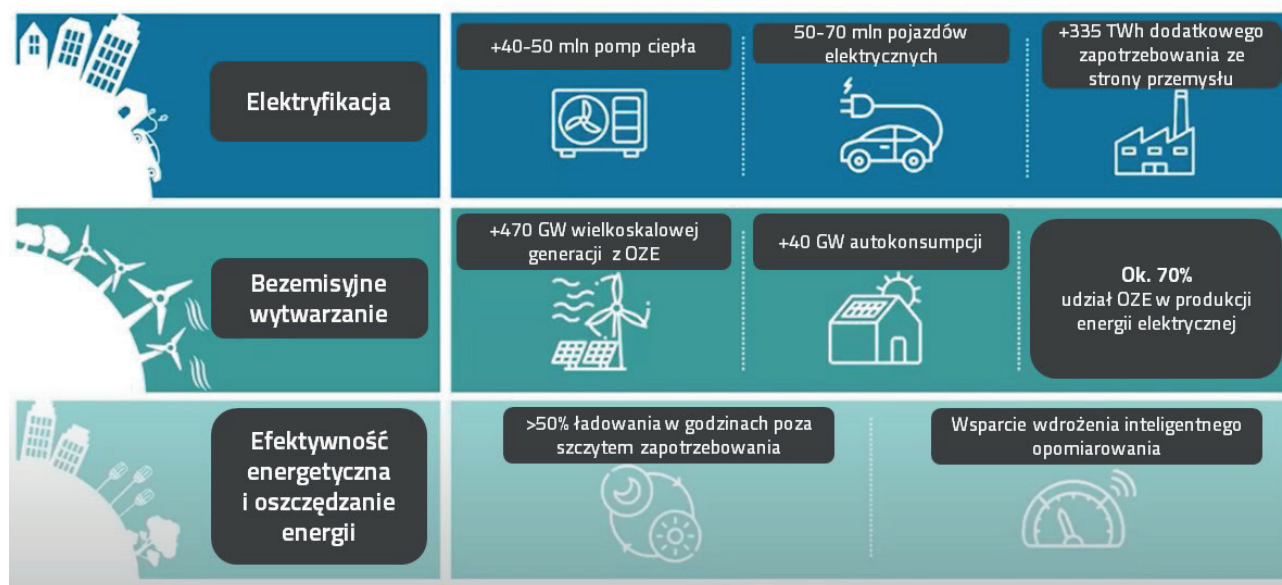
Sporo problemów wynikających z rozwoju generacji rozproszonej pośród prosumentów pojawia się w sieciach niskiego napięcia (nN). W szczycie generacji z mikroinstalacji energia z sieci nN coraz częściej jest transformowana do sieci średniego napięcia (SN) oraz sieci wysokiego napięcia (WN). Konieczne jest wdrożenie nowych rozwiązań technologicznych, ale także – co ważniejsze – regulacji stymulujących elastyczność po stronie zapotrzebowania na energię.

Prognozy transformacji energetycznej pokazują, że do 2030 r. w Unii Europejskiej pojawi się kilkadziesiąt milionów pojazdów elektrycznych i pomp ciepła oraz nastąpi znacząca elektryfikacja transportu, przemysłu i sfery komunalnej (Rys. 2). Bezemisyjne wytwarzanie będzie skutkowało pojawieniem się w Europie dodatkowej generacji wielkoskalowej o mocy co najmniej kilkudziesięciu gigawatów, a także istotnym wzrostem liczby instalacji prosumeckich. Coraz ważniejszą rolę będą odgrywać efektywność energetyczna oraz oszczędzanie energii. Konieczne będzie także zastosowanie nowych narzędzi umożliwiających zwiększenie elastyczności systemu elektroenergetycznego oraz wzrost inteligentnego opomiarowania.

Inteligenta dystrybucja

Jednym z istotnych elementów transformacji energetycznej jest rozwój inteligentnej sieci elektroenergetycznej. W TAURON Dystrybucja S.A. od co najmniej kilku lat prowadzony jest szereg działań inwestycyjnych, a także badawczo-rozwojowych w tym obszarze. Ruch sieciowy w TAURON Dystrybucja S.A. wykorzystuje dynamiczną obciążalność linii WN, postępuje automatyzacja sieci, wdrażane są stopniowo rozwiązania klasy FDIR (*Fault Detection, Isolation and Restoration*). Rośnie liczba liczników zdalnego odczytu (już ok. 1 mln klientów jest wyposażonych w takie liczniki). Większość stacji SN/nN posiada liczniki bilansujące. Postępuje robotyzacja procesów obsługi klienta oraz automatyzacja procesów wewnętrznych. Rozwijane są systemy typu SCADA, wdrażany jest system monitorowania jakości energii elektrycznej. Firma zdobywa doświadczenie w zakresie magazynowania energii oraz zasad efektywnej współpracy magazynów z siecią dystrybucyjną. Poszukiwane są metody, usługi oraz narzędzia umożliwiające zwiększenie elastyczności sieci.

Jednym z przykładów prac koncentrujących się na współdziałaniu sieci z energetyką rozproszoną



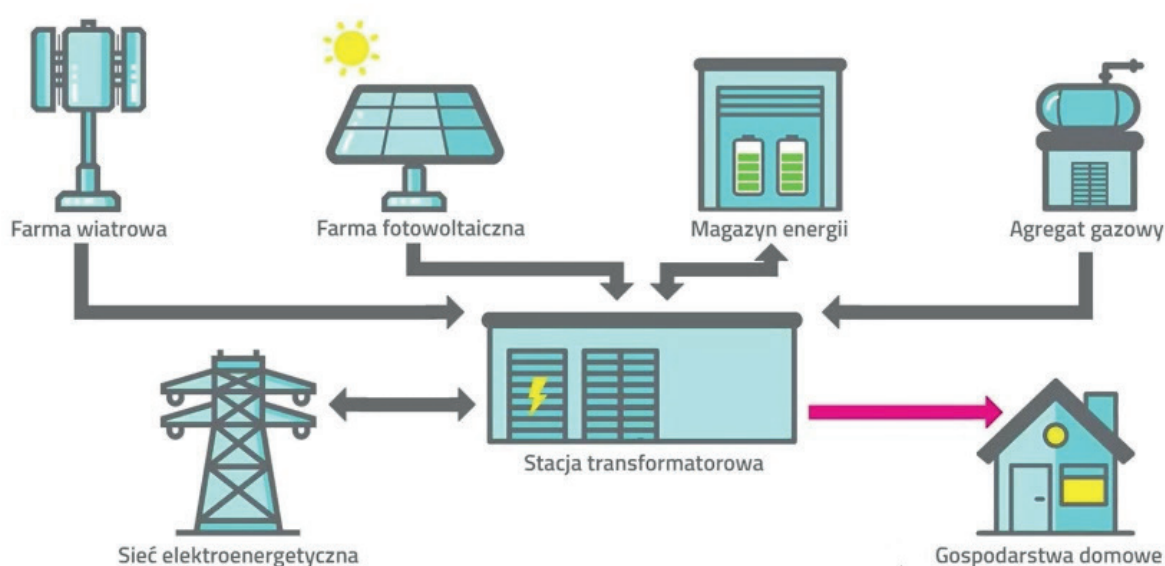
Rys. 2. Prognozy transformacji energetycznej w Unii Europejskiej na rok 2030 (źródło: 3rd E.DSO Projects in the Spotlight, Richard Vidlička – Chair of the Innovation & Research Committee of E.DSO)

jest projekt mikrosieci zrealizowany przy współpracy z innymi spółkami Grupy TAURON. Konsorcjum w ramach projektu „Model funkcjonowania energetyki rozproszonej 2.0 – samobilansujące się obszary sieci elektroenergetycznej” dofinansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju ze środków Unii Europejskiej (Projekt M-GRID) zbudowało pilotażową mikrosieć energetyczną w Bytomiu. Poszczególne prace badawczo-rozwojowe obejmowały projektowanie, budowę i eksploatację mikrosieci z wykorzystaniem własnej instalacji pilotażowej. W efekcie powstała w pełni funkcjonalna instalacja pilotażowej mikrosieci gwarantująca dostawy energii elektrycznej dla odbiorców do niej przyłączonych. Docelowo mikrosieci przyczynią się do zwiększenia bezpieczeństwa energetycznego, ograniczenia strat przesyłu energii, zwiększenia jej jakości, poprawy niezawodności i elastyczności systemu elektroenergetycznego.

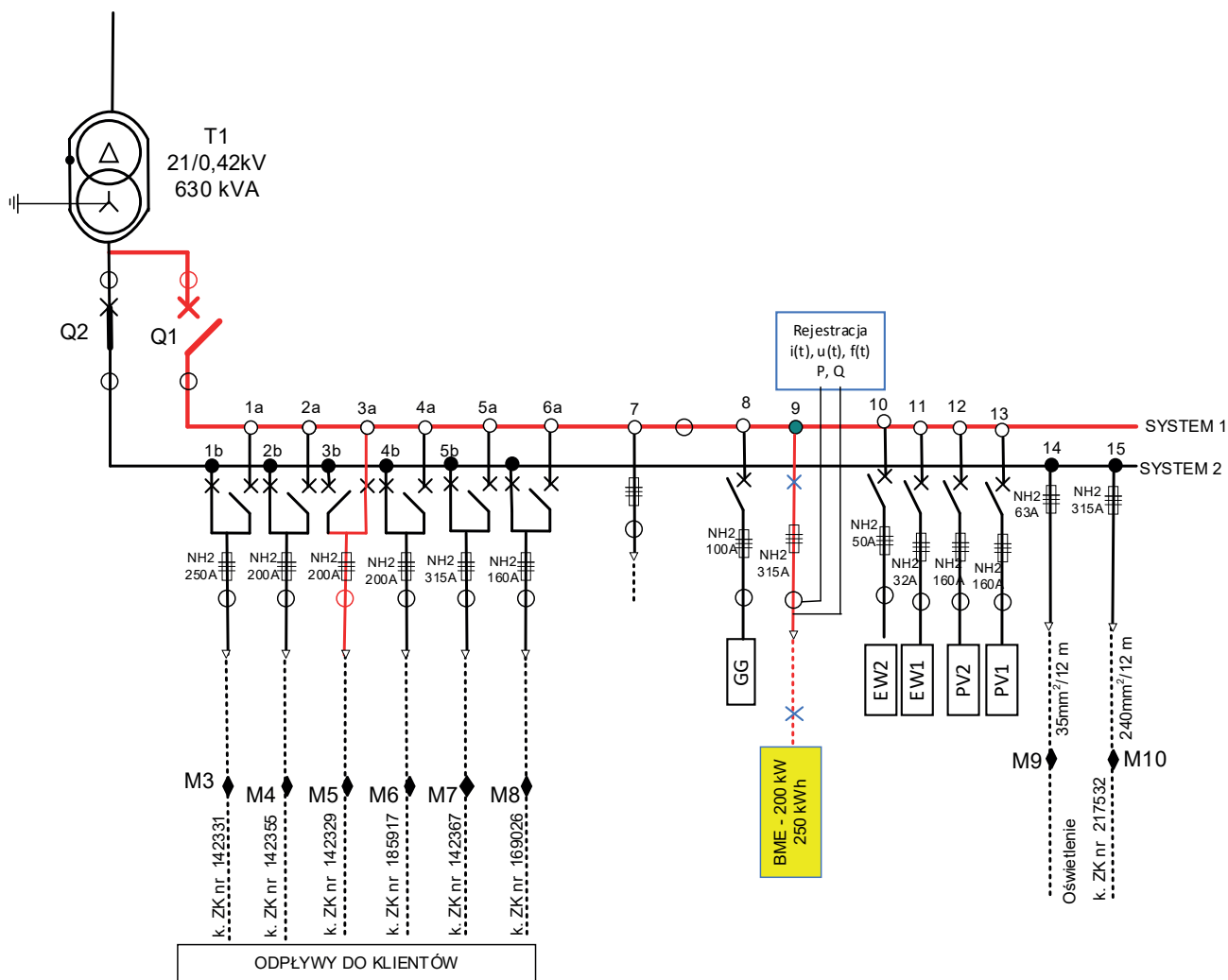
Mikrosieć energetyczna to fizycznie wydzielony obszar zasilania w energię elektryczną obejmujący lokalne źródła energii (głównie bazujące na technologiach odnawialnych źródeł energii – OZE) oraz ich odbiorców (Rys. 3). Źródłem bilansującym odpowiedzialnym za właściwe parametry jakości energii elektrycznej jest najczęściej magazyn energii (źródło

odniesienia). W celu zapewnienia odpowiedniego bezpieczeństwa pracy mikrosieci zabudowuje się dodatkowo źródła stabilizacyjne (np. agregaty produkujące energię z gazu lub biopaliw), które umożliwiają pokrycie zapotrzebowania na energię elektryczną, kiedy generacja ze źródeł OZE nie jest wystarczająca. Mikrosieć może być połączona z lokalną siecią dystrybucyjną energii elektrycznej (mikrosieć zsynchronizowana), ale może pracować również zupełnie niezależnie (wyspowo). Nad zarządzaniem pracą mikrosieci oraz bilansowaniem popytu i podaży energii elektrycznej czuwa specjalny system IT – sterownik mikrosieci (scentralizowany lub zdecentralizowany).

Głównym celem mikrosieci zlokalizowanej w Bytomiu jest zapewnienie określonej grupie odbiorców zasilania w energię elektryczną, z możliwością chwilowej intencjonalnej pracy wyspowej. Praca wyspowa oznacza, że wydzielony obszar sieci dystrybucyjnej (mikrosieć) może w określonym przedziale czasowym pracować zupełnie niezależnie od sieci dystrybucyjnej. Pilotażowa mikrosieć jest zlokalizowana w obrębie istniejącej sieci dystrybucyjnej nN zasilanej z innowacyjnej stacji SN/nN z dwusystemową rozdzielnicą nN (Rys. 4). Wszyscy odbiorcy zasilani z przedmiotowej stacji posiadają inteligentne układy pomiarowe.



Rys. 3. Przykładowy schemat mikrosieci



Rys. 4. Innowacyjna stacja transformatorowa SN/nN z dwusystemową rozdzielnicą nN

W TAURON Dystrybucja S.A. nadrzędnym względem systemu sterowania pracą mikro sieci jest system dyspozytorski SCADA, co oznacza, że proces tworzenia układu wyspowego jest możliwy każdorazowo po dostawieniu systemu zarządzania mikro siecią w systemie SCADA. Stacja transformatorowa SN/nn wyposażona jest w system automatyki i kontroli umożliwiający elastyczne sterowanie pracą sieci w obrębie rozdzielni nN.

Pilotażowa mikro sieć obejmuje – oprócz innowacyjnej stacji transformatorowej – przyłączone do niej następujące źródła energii elektrycznej:

- farma fotowoltaiczna – 2 × 94,5 kW,
- turbiny wiatrowe – 5 × 9,8 kW,
- magazyn energii – 200 kW, 250 kWh,
- generator gazowy – 36 kW.

Poszczególne źródła wytwórcze mają osobne przyłącza elektryczne nN zgodnie z zapisami miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego oraz określonymi warunkami przyłączenia. Jednocześnie wszystkie źródła OZE i magazyn energii są przystosowane do pracy wyspowej (off-grid).

Mikro sieć może pracować w trybie synchronicznym (praca normalna on-grid) z siecią dystrybucyjną oraz intencjonalnie w trybie pracy wyspowej (praca off-grid). Podstawowym trybem pracy mikro sieci jest tryb on-grid.

Operator TAURON Dystrybucja S.A. realizował też (ze środków własnych oraz różnych europejskich funduszy pomocowych) projekty badawczo-rozwojowe, które wspierają rozwój inteligentnej infrastruktury sieciowej.

Wśród nich warto wymienić, takie jak:

- „Opracowanie innowacyjnego systemu skutecznego monitorowania i wspierania urządzeń zabezpieczeniowych spełniających założenia DMS (Distribution Management System) wraz z opracowaniem prototypu sterowników zabezpieczeń (w tym sygnalizatorów) na sieci SN” – celem projektu jest opracowanie bardziej skutecznych i elastycznych narzędzi automatyzacji pracy sieci z wykorzystaniem rozwiązań typu FDIR.
- „Zintegrowany System Diagnostyki Sieciowej” – projekt zakładał przeprowadzenie prac B+R w celu stworzenia prototypu systemu informacyjnego wspomagającego proces zarządzania populacją transformatorów WN/SN. Wdrożenie rezultatów w Spółce nastąpiło w ramach odrębnego projektu.
- „Opracowanie i przetestowanie adaptacyjnego systemu magazynowania energii elektrycznej w oparciu o drugie życie baterii pochodzących z pojazdów elektrycznych” – celem projektu była budowa i testy prototypu innowacyjnego systemu magazynowania energii elektrycznej wykorzystującego baterie z transportu elektrycznego (m.in. wspierającego stabilną pracę sieci dystrybucyjnej) oraz stworzenie procedur, które znajdą zastosowanie w procesie kwalifikacji baterii do ponownego użycia.
- „Demonstracyjny projekt zastosowania stacjonarnego systemu magazynowania energii jako elementu stabilizacji pracy sieci oraz element Smart Grid” – w ramach tego projektu w SE Cieszanowice wybudowano system magazynowania energii z bateriami LTO o mocy znamionowej powyżej 3 MVA i pojemności użytecznej ponad 770 kWh.
- „Opracowanie narzędzia wspomagającego podejmowanie decyzji w zakresie doboru technologii ładowania autobusów elektrycznych oraz lokalizacji infrastruktury ładowania” – projekt miał na celu stworzenie metodologii optymalnego doboru technologii ładowania autobusów elektrycznych, uwzględniającej specyfikę flotową

przedsiębiorstw komunikacyjnych oraz uwarunkowania po stronie TAURON Dystrybucja S.A. W wyniku prac B+R powstał prototyp narzędzia, które analizuje parametry infrastruktury elektroenergetycznej oraz parametry transportowe operatora floty autobusów i pozwoli na świadczenie usługi doboru optymalnego systemu ładowania autobusów w sposób ograniczający nakłady inwestycyjne po stronie OSD.

Ponadto realizowane są następujące projekty badawczo-rozwojowe:

- „Elastyczna Dystrybucja B+R – prototyp narzędzia symulacyjnego” – celem projektu jest opracowanie prototypu narzędzia, które ma wspomagać Spółkę w podejmowaniu decyzji o zakupie usług elastyczności. Szybki wzrost liczby odnawialnych źródeł energii przyłączonych do sieci dystrybucyjnej OSD pociąga za sobą wzrost zapotrzebowania na modernizację sieci dystrybucyjnej oraz konieczność wdrożenia takich narzędzi do prowadzenia ruchu sieci, które umożliwią lokalne wykorzystanie generacji rozproszonej poprzez stymulowanie odpowiednich zachowań użytkowników sieci dystrybucyjnej. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2019/944 wskazuje na konieczność wprowadzenia usług elastyczności na poziomie regulacji krajowych. Plany rozwoju sieci będą musiały obejmować również wykorzystanie usług elastyczności, efektywności energetycznej, instalacji magazynowania energii lub innych zasobów, które OSD ma wykorzystać jako rozwiązanie alternatywne dla rozbudowy systemu.
- „Monitorowanie zwarć międzyfazowych oraz doziemnych parametrów sieci w sieciach napowietrznych SN” – celem projektu jest ocena możliwości monitorowania i poprawności wykrywania zwarć międzyfazowych oraz doziemnych w sieci kompensowanej przez automatykę wymuszania składowej czynnej na potrzeby zmniejszenia wartości wskaźników jakościowych CTP (czas trwania przerw) i CP (częstość przerw) w sieciach napowietrznych.

- „Zintegrowany system diagnostyki sieci kablowych” – celem projektu jest budowa prototypu informatycznego narzędzia (modułu/systemu) analitycznego wspomagającego zarządzanie liniami kablowymi i zmiana sposobu zarządzania majątkiem sieci kablowej w TD.
- „Opracowanie narzędzia wspierającego współpracę z klastrami energii w zakresie udostępniania i przetwarzania danych pomiarowych” – celem projektu jest opracowanie, przetestowanie i wdrożenie funkcjonalności aplikacji eLicznik WO dla nowego segmentu klientów – klastrów energii i społeczności energetycznych.

Spółka współpracowała z jednostkami naukowo-badawczymi przy większości wyżej wymienionych projektów, a także kontynuowała współpracę ze środowiskiem naukowym na innych polach. Spółka TAURON Dystrybucja S.A. powołała radę naukową złożoną z przedstawicieli takich uczelni, jak Akademia Górniczo-Hutnicza, Politechnika Częstochowska, Politechnika Opolska, Politechnika Śląska, Politechnika Warszawska czy Politechnika Wroclawska. W ramach tej współpracy opublikowano wyniki pikniku naukowego poświęconego oddziaływaniu OZE (w szczególności elektrowni fotowoltaicznych) na pracę sieci elektroenergetycznej i gotowości elementów instalacji fotowoltaicznych do współpracy z siecią na warunkach wynikających z sukcesywnie wprowadzanych do obowiązywania właściwych kodeksów sieci.

Strategiczna Agenda Badawcza

Strategiczna Agenda Badawcza (SAB) to plan działania w obszarze badań, rozwoju i innowacji TAURON Dystrybucja S.A., który pełni funkcję mapy drogowej. Opisuje kierunki rozwoju innowacji w obszarze operatora systemu dystrybucyjnego (Rys. 5). SAB jest skierowana do szerokiego grona interesariuszy: jednostek badawczych, dostawców innowacyjnych rozwiązań, biznesu, klientów czy pomysłodawców innowatorów.

Celem działalności badawczo-rozwojowej prowadzonej przez TAURON Dystrybucja S.A. jest wsparcie rozwoju OSD oraz realizacja celów biznesowych. Wdrożenie innowacyjnych rozwiązań w Spółce jest procesem wieloetapowym, wymagającym zaangażowania zarówno ze strony biznesowej, jak i technologicznej. Rozwój nowych obszarów biznesowych poprzedzamy analizą zapotrzebowania na technologię oraz identyfikacją naszych potrzeb rozwojowych. Pomysły na nowe rozwiązania, w zależności od etapu rozwoju i poziomu gotowości technologicznej (TRL – *Technology Readiness Level*), wymagają przygotowania koncepcji, organizacji pilotażu lub udoskonalenia produktu końcowego, jak również dopracowania modelu biznesowego.



Rys. 5. Kierunki badawcze w TAURON Dystrybucja S.A. opisane w Strategicznej Agendzie Badawczej Spółki

Ze względu na fakt, że podstawowym zadaniem TAURON Dystrybucja S.A. jest prowadzenie działalności biznesowej polegającej na dystrybucji energii elektrycznej, firma preferuje projekty o możliwie najwyższym poziomie gotowości technologicznej. Do realizacji kwalifikowane są konkretne, potwierdzone badaniami rozwiązania, które mogą przynieść korzyść w postaci oszczędności, efektywności lub zadowolenia klienta.

Oprócz analizy technologicznej rozwiązań i możliwości ich wdrożenia, weryfikowane są również wymagania infrastrukturalne, informatyczne oraz kadrowe. Dla naszych partnerów przygotowaliśmy wytyczne zawarte w polityce własności intelektualnej. W operacjonalizacji SAB uczestniczą zespoły o zróżnicowanym charakterze i zakresie obowiązków.

W zależności od specyfiki, potrzeb, zaawansowania i celu projektu angażowane są odpowiednie zasoby.

Zapewnienie jakości i niezawodności dostaw

Kluczowym zadaniem OSD jest zapewnienie i utrzymanie wysokich standardów jakości energii elektrycznej w zmiennym otoczeniu dynamicznego rozwoju OZE. W związku z tym w sferze zainteresowań Spółki pozostaje rozbudowa zdolności magazynowych służących optymalizacji pracy sieci dystrybucyjnej. Zwiększając poziom automatyzacji pracy sieci, a także rozwijając zdolności magazynowe, chcemy stać się aktywnymi uczestnikami rynku usług elastyczności. W tym obszarze napotykamy m.in. następujące wyzwania:

- optymalny rozwój infrastruktury sieciowej dostosowany do potrzeb zmian w otoczeniu;
- szybka i precyzyjna diagnostyka, identyfikacja wrażliwych punktów infrastruktury sieci, predykcja potencjalnych uszkodzeń komponentów sieci elektroenergetycznej w celu zapobiegania awarii oraz utrzymania odpowiednich parametrów jakościowych dostarczanej energii elektrycznej;
- rozwijanie automatycznej operatywności systemu podczas stanów awaryjnych oraz wykrywanie miejsca uszkodzenia;
- wykorzystanie systemów magazynowania energii oraz przygotowanie się do wykorzystania rynku usług elastyczności w celu zapewnienia stabilności pracy sieci;
- rewitalizacja elementów infrastruktury sieciowej.

Zaspokojenie potrzeb użytkowników systemu dystrybucyjnego

Ponieważ preferencje i potrzeby użytkowników sieci dystrybucyjnej cały czas się zmieniają, rośnie także ich świadomość, konieczne jest dążenie do tego, aby w sposób opłacalny ekonomicznie integrować w systemie nowe źródła energii elektrycznej (w tym OZE)

oraz odbiorców energii elektrycznej, w tym takich, którzy korzystają z pomp ciepła i pojazdów elektrycznych. Sieć dystrybucyjna ma być platformą, dzięki której użytkownicy systemu dystrybucyjnego realizują swoje cele użytkowe i biznesowe. Do ich osiągnięcia konieczne są następujące elementy:

- gotowość sieci do zwiększenia udziału przyłączonych źródeł odnawialnych, magazynów energii oraz infrastruktury ładowania pojazdów;
- utrzymanie odpowiednich parametrów dostarczanej energii elektrycznej oraz zapewnienie bezpieczeństwa pracy sieci w środowisku dynamicznie zwiększającej się liczby rozproszonych źródeł energii;
- dostosowanie cyfrowych kanałów komunikacji do potrzeb użytkowników systemu oraz struktury rynku.

Wykorzystanie potencjału digitalizacji i analityka danych

W TAURON Dystrybucja S.A. prowadzone są prace badawcze i rozwojowe w obszarze digitalizacji oraz zarządzania danymi, czyli dotyczące ich efektywnego gromadzenia, weryfikowania, przechowywania, ochrony, przetwarzania w dużej ilości, a także ochrony przed atakami w cyberprzestrzeni. Do odpowiedzi na wyzwania bardziej zdecentralizowanego systemu energetycznego, w którym zarówno energia, jak i informacje będą musiały płynąć w obu kierunkach, potrzebne są elastyczne, skalowalne narzędzia. Konsekwencją wzrostu liczby urządzeń pomiarowych, w tym liczników zdalnego odczytu, oraz rozwoju rozproszonych źródeł energii jest wzrost wolumenu danych. Wiąże się on z takimi kwestiami, jak:

- rozwój technologii cyfrowych i informatycznych w obszarze zarządzania danymi, pozwalający na kompleksowe wnioskowanie i podejmowanie decyzji na podstawie informacji z różnych obszarów operacyjnych;
- wykorzystanie analityki dużych zbiorów danych z inteligentnej infrastruktury pomiarowej do dostarczenia realnej wartości biznesowej;

- wprowadzanie innowacyjnych rozwiązań ukierunkowanych na transformację cyfrową, w tym cyfryzację procesów biznesowych, optymalne wykorzystanie technologii chmurowych oraz sztucznej inteligencji, przy jednoczesnym zapewnieniu wysokiego poziomu bezpieczeństwa wdrażanych rozwiązań;
- zarządzanie procesem odczytu danych pomiarowych dla całej populacji inteligentnych liczników oraz sprawne udrażnianie zdalnej transmisji;
- wdrażanie nowoczesnych cyfrowych miejsc pracy, w tym pracy w terenie, m.in. przez wprowadzanie nowoczesnej komunikacji, pracy grupowej, wykorzystanie automatyzacji procesów związanych z wykonywaniem obowiązków służbowych;
- zwiększenie bezpieczeństwa danych w urządzeniach końcowych i automatyzacja procesów zarządzania tymi urządzeniami.

Operator systemu dystrybucyjnego jako moderator lokalnych rynków energii

Transformacja energetyczna staje się faktem, a w związku z tym zmienia się nie tylko rola operatorów systemów dystrybucyjnych, ale również charakter przepływów w sieci. Istotną funkcją OSD – oprócz dystrybucji energii – będzie stabilizacja pracy tej sieci. Ponieważ z pewnością będzie rosła rola lokalnych rynków energii, to do OSD będzie należało moderowanie tych rynków, w celu ułatwienia współpracy lokalnym użytkownikom sieci, przy poszanowaniu interesów wszystkich interesariuszy (Rys. 6).

Konieczne będzie stworzenie nowych narzędzi, które pomogą operatorom w pełnieniu takiej funkcji. Komisja Europejska ogłosiła, że zamierza wspierać unijnych operatorów systemu przesyłowego (OSP) i operatorów systemu dystrybucyjnego (OSD) w procesie tworzenia cyfrowego bliźniaka (*digital twin*) europejskiej sieci elektroenergetycznej, będącego zaawansowanym wirtualnym modelem tej sieci (Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego...). Celem cyfrowego bliźniaka jest zwiększenie wydajności sieci i uczynienie jej bardziej inteligentną, a tym samym – podniesienie poziomu inteligencji nie tylko samych sieci, ale również systemu energetycznego rozumianego jako całość. Cyfrowy bliźniak ma powstać dzięki skoordynowanym inwestycjom przeprowadzanym w pięciu następujących obszarach:

- 1) obserwowalność i możliwość kontrolowania,
- 2) wydajna infrastruktura i planowanie sieci,
- 3) operacje i symulacje zwiększające odporność sieci,
- 4) aktywne zarządzanie systemem i prognozowanie służące wsparciu elastyczności i odpowiedzi odbioru,
- 5) wymiana danych między OSP a OSD.

Cyfrowy bliźniak nie powstanie od razu – jego utworzenie będzie wiązało się w nadchodzących latach z koniecznością ustawicznego inwestowania i podejmowania działań w obszarze innowacji.

Aby OSD mogli pełnić nowe funkcje, wdrażać i stosować nowe narzędzia, należy uwzględnić obecne oraz przyszłe regulacje prawne, ale przede wszystkim konieczny jest dalszy rozwój technologii oraz inwestycje. Trzeba zwrócić uwagę, że rosnąca cyfryzacja nie zastąpi niezbędnych inwestycji w infrastrukturę, ale



Rys. 6. Rola TAURON Dystrybucja S.A. w procesie transformacji energetycznej

umożliwi bardziej efektywne jej wykorzystanie i lepsze planowanie jej rozwoju. A więc, poza wydatkami na cyfryzację, należy także pamiętać o konieczności dysponowania środkami na rozwój i modernizację samej sieci, infrastruktury pomiarowej i powiązanej z nimi infrastruktury ICT.

7 listopada 2022 r. Urząd Regulacji Energetyki i pięciu największych krajowych operatorów systemów dystrybucyjnych podpisał *Kartę efektywnej transformacji sieci dystrybucyjnych polskiej energetyki*. W pracach nad przygotowaniem dokumentu uczestniczyli m.in. przedstawiciele pięciu resortów normujących funkcjonowanie polskiego sektora elektroenergetyki: Ministerstwa Klimatu i Środowiska, Ministerstwa Aktywów Państwowych, Pełnomocnika Rządu ds. Strategicznej Infrastruktury Energetycznej, Ministerstwa Funduszy i Polityki Regionalnej oraz Ministerstwa Rozwoju i Technologii.

Dokument przewiduje, że do 2030 r. powinno nastąpić przyłączenie do sieci dużej liczby nowych źródeł wytwórczych OZE, co pozwoli na uzyskanie w roku 2030 ponad 20 GW źródeł słonecznych (PV) o potencjale produkcyjnym 21 TWh rocznie, ponad 14 GW lądowych elektrowni wiatrowych o potencjale produkcyjnym 37 TWh rocznie oraz 11 GW morskich elektrowni wiatrowych o potencjale produkcyjnym 40 TWh/rok. W tym okresie do sieci przyłączonych zostanie również ok. 2 mln nowych odbiorców. Konieczne są więc wzrost cyfryzacji oraz automatyzacji sieci i usług, zwiększenie elastyczności sieci i aktywności uczestników rynku oraz rozwój nowych produktów i usług.

Jeśli transformacja energetyczna ma być skuteczna, należy pamiętać o wszystkich wyżej wymienionych kierunkach inwestycji, a cyfryzacja nie może być dla nich środkiem zastępczym. Inwestując w nowe technologie i rozwijając je, należy być świadomym szans i zagrożeń z nimi związanych, a także dobrze zarządzać ryzykami wynikającymi z nowych rozwiązań. Dzięki transformacji energetycznej korzyści mogą odnieść operatorzy systemów energetycznych, firmy technologiczne, użytkownicy sieci, a także instytucje publiczne. Transformacja energetyczna będzie efektywna i skuteczna dzięki inteligentnej sieci dystrybucyjnej, pracującej bezpiecznie i stabilnie.

Bibliografia:

- Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2019/944 z dnia 5 czerwca 2019 r. w sprawie wspólnych zasad rynku wewnętrznego energii elektrycznej oraz zmieniająca dyrektywę 2012/27/UE.
- Karta efektywnej transformacji sieci dystrybucyjnych polskiej energetyki, <https://www.ure.gov.pl/pl/urzadz/informacje-ogolne/aktualnosci/10630,Rynek-energii-elektrycznej-historyczne-porozumienie-sektorowe-regulatora-i-opera.html> [dostęp: 5.01.2024].
- Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady, Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-społecznego i Komitetu Regionów. Transformacja cyfrowa systemu energetycznego – plan działania UE, <https://www.gov.pl/attachment/f070d005-8e9f-408c-bac9-4da755fb8012> [dostęp: 5.01.2024].
- Projekt M-GRID, <https://www.tauron-dystrybucja.pl/o-spolce/innowacje/projekt-mgrid> [dostęp: 1.02.2024].

Smart distribution

Abstract: To support energy transformation and development of renewable resources, it is necessary to use, among others: new measurement, communication and analytical technologies. An effective energy transformation will not be possible without smart grid. It is forecasted that by 2030, several dozen million electric vehicles and heat pumps will appear in the European Union. And there will be significant electrification of transport, industry and the municipal sphere. TAURON Dystrybucja has been conducting a lot of investments, as well as research and development activities in this area for at least several years. One example is a microgrid project. The company implements many projects supporting the development of intelligent network infrastructure, in accordance with the assumptions of the Strategic Research Agenda. The key task of the Company is to ensure and maintain high standards of electricity quality in the changing environment of dynamic development of renewable energy sources. It will be necessary to create new tools that will support the DSO in performing the function of grid moderator. The European Commission announced its intention to support EU transmission system operators (TSOs) and distribution system operators (DSOs) in the process of creating a Digital Twin of the European electricity grid.

Keywords: transformation, flexibility, microgrid, digital twin

Maciej Mróz

TAURON Dystrybucja S.A.



Tomasz Rodziewicz

TAURON Dystrybucja S.A.





DOFINANSOWANO ZE ŚRODKÓW BUDŻETU PAŃSTWA

**SPOŁECZNY I GOSPODARCZY
ROZWÓJ POLSKI W WARUNKACH
GLOBALIZUJĄCYCH SIĘ RYNKÓW
GOSPOSTRATEG**

Obserwatorium Transformacji
Energetycznej jako instrument wspierania
społeczno-gospodarczego rozwoju Polski (OTE)

**DOFINANSOWANIE
7 719 705 PLN**

**CAŁKOWITA WARTOŚĆ
7 881 705 PLN**

Numer czasopisma jest efektem prac prowadzonych w ramach projektu Obserwatorium Transformacji Energetycznej jako instrument wspierania społeczno-gospodarczego rozwoju Polski (OTE) współfinansowanego ze środków Narodowego Centrum Badań i Rozwoju w ramach programu badań naukowych i prac rozwojowych „**Społeczny i gospodarczy rozwój Polski w warunkach globalizujących się rynków**” – GOSPOSTRATEG

Umowa nr GOSPOSTRATEG9/000D/2022

Wartość projektu: ogółem: 7 881 705 PLN, dofinansowanie NCBR: 7 719 705 PLN

www.agh.edu.pl

www.energetyka-rozproszona.pl

www.kongres.energetyka-rozproszona.pl

