

dr inż. Józef Chmiel
Oddział Gliwicki SEP
Koło Terenowe nr 17

dr Tomasz Müller
Stowarzyszenie Klaster 3x20

Konwersatorium Inteligentna Energetyka 2017 sprawozdanie ze spotkań wrzesień-grudzień

Streszczenie: Sprawozdanie z działania w roku 2017 podzielono na dwie części. Pierwsza część obejmuje okres 6 miesięcy od stycznia do czerwca, a druga, okres od września do grudnia. Sprawozdanie oparto na prezentacjach, wystąpieniach i dyskusjach prezentowanych w ramach Konwersatorium Inteligentna Energetyka odbywającego się na Wydziale Elektrycznym Politechniki Śląskiej w Gliwicach. Całość prezentacji dostępna jest na stronie internetowej Stowarzyszenia Klaster 3x20 w zakładce Konwersatorium.

Spis wybranych skrótów użytych w tekście:

AC – (ang; *Alternating Current* – prąd przemienny),
ADMS – (ang; *Advanced Distribution Management System* – Zaawansowany System Zarządzaniem Siecią Rozdzielczą)
BŹEP – BiblioteDSMICTka Źródłowa Energetyki Prosumenckiej,
CCR – Cenotwórstwo Czasu Rzeczywistego,
CIRE – Centrum Informacji o Rynku Energii,
DC – (ang; *Direct Current* – prąd stały),
DEMS – (ang; *Distributed Energy Management System*) – system zarządzania rozproszonym systemem energetycznym
DERMS – (ang; *Distributed Resource Energy Management System*) – System Zarządzania Rozproszonym Systemem Energetycznym
DNA – ang. *Distribution Network Application* – system umożliwiający współpracę platformy Windows z Internetem
DSM/DSR – (ang. *Demand Side Management/Demand Side Response* – Zarządzanie popytem),
EB – elektrownia biogazowa,
μEB – mikrobiogazownia,
EW – elektrownia wiatrowa,
ICT – (ang; *Information and Communication Technology* – teleinformatyka),
IGCC – technologia bloku gazowo-parowego ze zintegrowanym zgazowaniem paliwa,
IPCC – (ang; *Intergovernmental Panel on Climate Change* – Międzyrządowy Panel ds. Zmian Klimatu),
IoT – (ang; *Internet of Things* – Internet Rzeczy),
LED – (ang; *Light-emitting Diode* – dioda emitująca światło),

NMG – (ang; Network Media Group – Grupa Mediów Sieciowych),
NOP – Niezależny Operator Pomiarów,
OHT – Operator Handlowo Techniczny
OK – osłona kontrolna,
OMS – (ang. *Outage Management System* – system komputerowy umożliwiający przywrócenie mocy w systemie elektroenergetycznym)
OSD – Operator Sieci Dystrybucyjnej
PME – Prosumencka Mikroinfrastruktura Elektroenergetyczna,
PV – (ang; *Photovoltaics* – fotowoltaika),
REWIPROMIEN – Rewitalizacja prosumenckich mikroinstalacji energoelektrycznych,
SCADA – (ang. *Supervisory Control And Data Acquisition* – system informatyczny nadzorujący przebieg procesu technologicznego lub produkcyjnego)
TD – taryfa dynamiczna,
UPS – (ang; *Uninterruptible Power Supply* – zasilacz awaryjny),
WEK[⊖] – (rynek WEK) Wielkoskalowa Energetyka Korporacyjna
WNM – współczynnik *net meteringu*.

Temat przewodni: **Energetyka prosumencka na jednolitym rynku energii elektrycznej OZE**

Agenda; 26 wrzesień 2017

- prof. Jan Popczyk Politechnika Śląska – **Architektura nowego rynku energii elektrycznej: rynki schodzący i wschodzący**
- dr inż. Marcin Fice Politechnika Śląska – **Self dispatching w osłonach węzłowych OK1 i OK2**
- dr hab. inż. Krzysztof Dębowski Politechnika Śląska – **Cenotwórstwo energii elektrycznej na rynku schodzącym**
- dr inż. Robert Wójcicki Politechnika Śląska – **Net metering na osłonach kontrolnych węzłowych OK1 i OK2 oraz wirtualnej OK3**
- dr inż. Jarosław Michalak Politechnika Śląska – **Układy energoelektroniczne w procesie automatyzacji wschodzącego rynku energii elektrycznej**
- dr inż. Krzysztof Bodzek Politechnika Śląska – **Wyniki badań symulacyjnych polskiego łącznego miksu energetycznego 2050, obejmującego rynki wschodzący i schodzący**
- mgr inż. Dariusz Wereszczyński eGmina, Infrastruktura, Energetyka – **Biogazowa rolnicza mikrobiogazownia regulacyjno-bilansująca w osłonie OK2 – faza badań przedrynkowych**
- Izabela Mendel Wiceprezes Stowarzyszenia Klaster 3x20 – **Komunikat: Stowarzyszenie Klaster 3x20 – próba systematyzacji pożądaných kompetencji sieciowych w świetle potencjalnych potrzeb rynkowych**

Miejsce: Politechnika Śląska, Wydział Elektryczny, ul. Krzywoustego 2, 44-100 Gliwice, sala 615.

Termin kolejnego spotkania: 24 października 2017 r.

Komunikat do Konwersatorium z dnia 27 czerwca 2017 r.

Gościem specjalnym czerwcowego Konwersatorium był prof. Leszek Czarnecki (Louisiana State University –Baton Rouge, USA), autor Teorii Mocy Fizycznych Składowych Prądu. W swoim wykładzie pt. [Fizyczne przyczyny redukcji współczynnika mocy](#) Profesor przedstawił zagadnienie pomiaru mocy czynnej i biernej, oraz rzeczywistego wpływu odkształceń (od przebiegów sinusoidalnych) prądów i napięć oraz wielkiej asymetrii fazowej prądów na wartość zmierzonej mocy w układach 3-fazowych. Teoria odwołująca się do fizycznych składowych mocy wychodzi naprzeciw potrzeb nowej energetyki, ze źródłami OZE, niezwykle wysyczonej w przekształtniki energoelektroniczne, z wielkimi problemami w zakresie pomiarów energii czynnej w układach 3-fazowych o bardzo dużej prądowej niesymetrii fazowej, spowodowanej między innymi przyłączeniem źródeł PV do jednej fazy układu 3-fazowego (w Polsce nadal nie został rozwiązany problem algorytmizacji układów licznikowych i systemów rozliczeniowych dla mikroźródeł OZE przyłączonych do jednej fazy instalacji 3-fazowych). Poprawny pomiar mocy w takich układach (poprawne wskazania liczników energii elektrycznej), w tym poprawne określenie współczynnika mocy (patrz tytuł

wykładu) jest wyjściowym warunkiem poprawności analiz ekonomicznych (prosumenckich decyzji inwestycyjnych).

Powszechnym zarzutem w stosunku do układów przekształtnikowych jest odkształcanie przebiegów prądów i napięć (poprzez bardzo szybkie przełączanie w obwodzie prądowym, co sprowadza się do generacji wyższych harmonicznych). Efekt ten może mieć znaczny wpływ na poprawność pomiaru mocy i energii elektrycznej (ale również na pracę innych odbiorników podłączonych do instalacji). Efekty takie występują dla błędnie zaprojektowanych układów przekształtnikowych. Doświadczenia zdobyte w trakcie realizacji projektu REWIPROMIEN w Centrum Energetyki Prosumenckiej pokazały, że poprawnie zaprojektowany układ przekształtnikowy wraz z dobranym układem filtrującym nie jest generatorem zakłóceń. Co więcej, przekształtniki mogą mieć bardzo korzystny wpływ na jakość energii w sieci elektroenergetycznej np. poprzez kompensację składowej biernej lub „wygładzanie” i symetryzację przebiegów prądów i napięć.

Profesor Jan Popczyk w swoim wystąpieniu pt. [Jeszcze raz o roli elektryków w transformacji energetyki](#), przedstawił rolę nauki w transformacji energetyki. Pokazane zostały obszary kompetencji i wyróżniki dla „starej” energetyki WEK i nowej prosumenckiej. Rola nauki podczas transformacji będzie miała znaczenie przy tworzeniu nowego rynku (aspektów technicznego, ekonomicznego i społecznego) tylko podczas płynnego przejścia za pomocą wyznaczonej i zaszczerpionej społeczeństwu trajektorii i paradygmatu rozwojowego, a nie w drodze rewolucji.

Pokazane przez Profesora Popczyka szacunki bilansów energetycznych i ekonomicznych energetyki EP (w horyzoncie 2050) wskazują, że transformacja nie musi być rewolucją, a koszty docelowe mogą być niższe niż obecne. Na poparcie liczb podanych przez Profesora można przytoczyć wyniki przeprowadzonej w czerwcu aukcji na źródła OZE. W kategorii źródeł do 1 MW energii elektrycznej planowany wolumen wynosił 4,7 TWh za łączną cenę ok. 2,2 mld. zł. (średnia cena referencyjna, to ok. 460 zł/MWh). Aukcję wygrały oferty na łączny zakontraktowany wolumen niemal 4,7 TWh, ale po średniej cenie ok. 370 zł/MWh, przy czym najniższa cena to 195 zł/MWh. Pokazuje to, że istnieje duży potencjał obniżki cen energii produkowanej w źródłach OZE (część wygranych aukcji to instalacje istniejące, poddane procedurze przekwalifikowania wsparcia).

Z drugiej strony operator PSE, w celu ochrony bezpieczeństwa energetycznego kraju, przeprowadził aukcje na redukcję zapotrzebowania na polecenie OSP, w ramach tzw. Programu gwarantowanego. Jest to typowy system DSM/DSR, ale sterowany przez operatora OSP i adresowany do energetyki WEK. Program gwarantowany oznacza, że wykonawca zawsze otrzyma zapłatę za gotowość do redukcji mocy. Koszt redukcji wyłonionych w aukcji wykonawców wynosi od 3 tys. zł/MWh do ponad 13 tys. zł/MWh. W tym miejscu warto zadać pytanie, dlaczego tak wysokie ceny brane są w ogóle pod uwagę skoro praca układów gwarantowanego zasilania 3 (generatorów napędzanych silnikami spalinowymi) nie będzie kosztować więcej niż 2 tys. zł/MWh (szacunki własne). Oczywiście uruchomienie usługi redukcji na polecenie operatora nie pociąga za sobą kosztów inwestycyjnych, lub koszty te są przenoszone na wykonawcę usługi (jeśli w ogóle takie są konieczne). Ceny te skłaniają do hipotezy, że jest to usługa ukierunkowana na transfer środków do operatorów dystrybucyjnych WEK i do wielkich odbiorców przemysłowych.

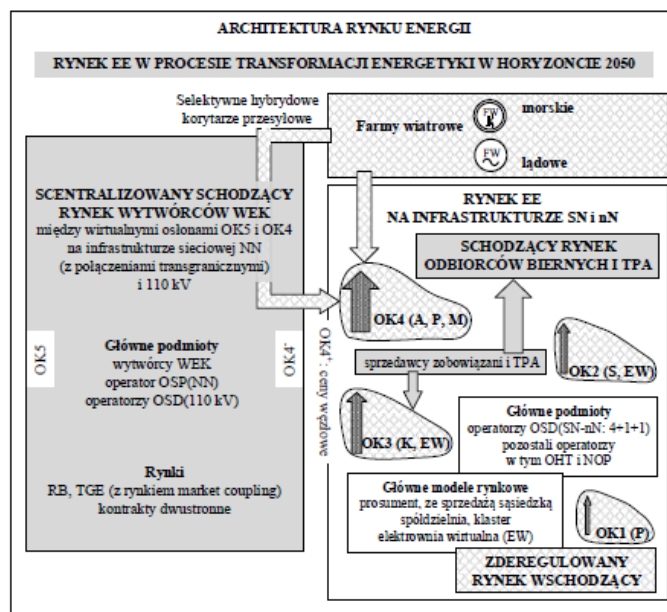
W usłudze redukcji zapotrzebowania na polecenie OSP koszty są ponoszone jedynie po stronie odbiorców energii i prosumentów. Natomiast inwestycje w indywidualne zasobniki

i dostosowanie układów gwarantowanego zasilania wymagają dodatkowych środków. Jednak należy te inwestycje traktować jako rozwojowe, szczególnie, że dla tych drugich koszty nie będą wysokie, a źródła gwarantowanego zasilania istnieją i generują koszty stałe związane z konserwacją i wymianą paliwa. Wykorzystanie istniejącej infrastruktury będzie tańsze, a także zapewni czas na budowę lokalnych źródeł regulacyjno-bilansujących (np. biogazowni rolniczych) i zautomatyzowanie oraz z informatyzowanie lokalnych sieci rozdzielczych (komunikat Pana Wojciecha Zimnego – głównego specjalisty ds. projektów systemowych w GE Energy Connections).

Podpisali: profesor **Jan Popczyk** (Prezes Stowarzyszenia Klaster 3x20), profesor **Leszek Czarnecki** (Louisiana State University – Baton Rouge, USA), **Wojciech Zimny** (Główny Specjalista ds. Projektów Systemowych, GE Energy Connections), dr inż. **Robert Wójcicki** (obszar działania: informatyka, w tym jej praktyczne wykorzystanie w badaniach na rzecz przebudowy opłaty systemowo-sieciowej na nowym rynku energii elektrycznej, Politechnika Śląska – Wydział Automatyki, Elektroniki i Informatyki), dr inż. **Krzysztof Bodzek** (obszar działania: energoelektronika i informatyka w elektrotechnice, w tym praktyczne ich wykorzystanie w badaniach symulacyjnych miksu energetycznego Polski w horyzoncie 2050, Politechnika Śląska – Wydział Elektryczny), dr inż. **Marcin Fice** (obszar działania: elektrotechnika, w tym jej praktyczne wykorzystanie w badaniach symulacyjnych przebudowy zasobów regulacyjno-bilansujących na nowym rynku energii elektrycznej, Politechnika Śląska – Wydział Elektryczny).

Omówienia wystąpień

Prof. J. Popczyk wywiódł konieczność aktywizacji wszystkich uczestników Konwersatorium, powiązanego ze Stowarzyszeniem Klaster 3x20, w obliczu dramatycznych zmian zachodzących w światowym sektorze energii i coraz bardziej uwidaczniających się zagrożeń dla energetyki (elektroenergetyki) polskiej. Referat „Architektura nowego rynku energii elektrycznej – Rynki schodzący i wschodzący” zawierał syntetyczny opis transformacji globalnej elektroenergetyki w bieżącym stuleciu, którego istotnym elementem jest współistnienie dwóch przeciwbieżnych rynków; schodzącego i wschodzącego (Rys.1). Rynek schodzący jest reprezentowany przez scentralizowaną energetykę WEK działającą między osłonami kontrolnymi OK4 i OK5, natomiast zdecentralizowany rynek wschodzący zawiera się między osłonami kontrolnymi OK1 i OK4. Prelegent uwypuklił kontrast między spadającymi cenami energii elektrycznej na rynkach światowych, kształtującymi się na poziomie 0,03-0,05 \$/kWh dla instalacji PV w strefie równikowej (Indie, Australia, Bliski Wschód, Ameryka Środkowa), oraz do 60 GBP/MWh dla morskich elektrowni wiatrowych (Wielka Brytania), a działaniami władz centralnych Polski promującymi realizację programu energetyki jądrowej, wdrażanie rynku mocy, a także przyczyniającymi się do pogarszania warunków działania sektora energetyki wiatrowej. Prelegent zwrócił uwagę na kontrast pomiędzy rosnącymi możliwościami dostępnymi na rynku technologii energetycznych, prezentując listę 18 możliwych do realizacji inwestycji w zakresie energetyki EP dla szerokiego kręgu podmiotów (od indywidualnych prosumentów do przedsiębiorców i sieci elektroenergetycznych), a skostnieniem koncepcji i wyobrażeń na temat sposobu funkcjonowania rynku energii. W podsumowaniu, profesor Popczyk zaapelował do spotkania o aktywizację działań w celu rozwoju kompetencji związanych z energetyką EP.

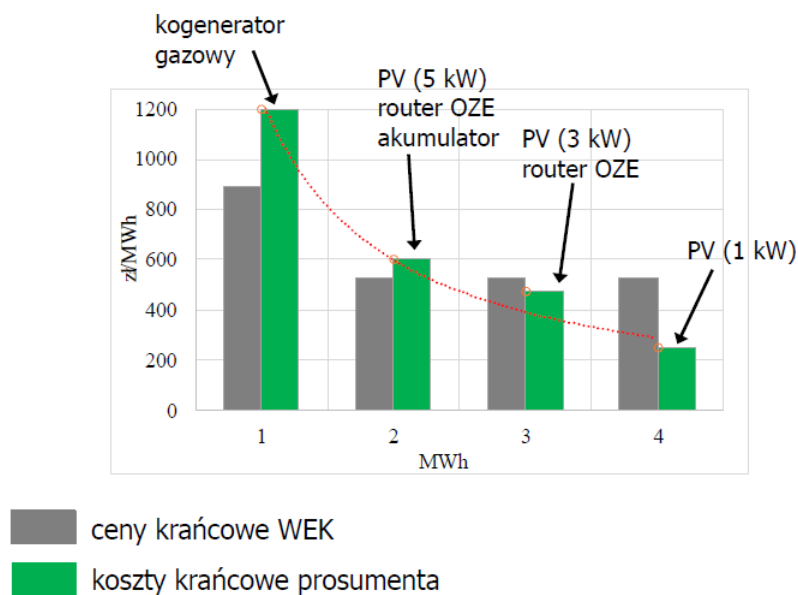


Rys. 1. Przeobrażenia rynku energii elektrycznej w horyzoncie 2050

W kolejnej prezentacji „Self Dispatching w osłonach węzłowych OK1 i OK2” dr inż. Marcin Fice (Politechnika Śląska), podjął temat optymalnej gospodarki energią elektryczną w gospodarstwie domowym prosumenta wyposażonym w instalację fotowoltaiczną. W toku rozważań prelegent posłużył się przykładem własnej przydomowej instalacji PV o mocy 2,5 kW produkującej rocznie ok. 2,4 MWh energii elektrycznej. Przy proporcji wykorzystania tej energii na potrzeby własne na poziomie 25% i współczynnika opomiarowania-netto wynoszącym 0,8 w skali roku, prelegent zmuszony jest zakupić rocznie 2 MWh energii elektrycznej. Porównanie cen krańcowych energii elektrycznej pochodzącej z sieci (a więc wyprodukowanych i dostarczonych przez energetykę WEK), z kosztami krańcowymi energii elektrycznej pochodzącej z instalacji prosumenckiej, dla gospodarstwa domowego o rocznym zapotrzebowaniu na energię elektryczną w wysokości 4 MWh, prowadzi do następujących wniosków (Rys. 2):¹

- cena krańcowa zakupu pierwszej MWh energii elektrycznej z sieci (WEK) przewyższa cenę zakupu kolejnej (drugiej) MWh energii z sieci (WEK), przy czym cena krańcowa zakupu drugiej i każdej kolejnej MWh z sieci (WEK) jest taka sama,
- koszty krańcowe prosumenta rosną wraz każdą kolejną wyprodukowaną MWh energii elektrycznej, którą może on przeznaczyć na potrzeby własne, rezygnując tym samym z zakupu jednej MWh energii elektrycznej z sieci,
- opłacalność inwestycji prosumenta mających na celu osiągnięcie częściowej – a w dalszej kolejności – całkowitej niezależności energetycznej, zależy od relacji kosztów krańcowych prosumenta i cen krańcowych narzucanych przez energetykę WEK. Obecnie, redukcja zapotrzebowania na energię z sieci o 2 MWh rocznie (instalacja PV o mocy 2 kW i router OZE) jest bardziej opłacalna niż zaspokajanie całości zapotrzebowania na energię elektryczną z sieci, z kolei osiągnięcie całkowitej niezależności energetycznej wiąże się z koniecznością poniesienia kosztów krańcowych przewyższających ceny krańcowe energetyki WEK,

¹ Koszty krańcowe to koszty ponoszone przez producenta na zwiększenie wartości produkcji o jedną jednostkę.



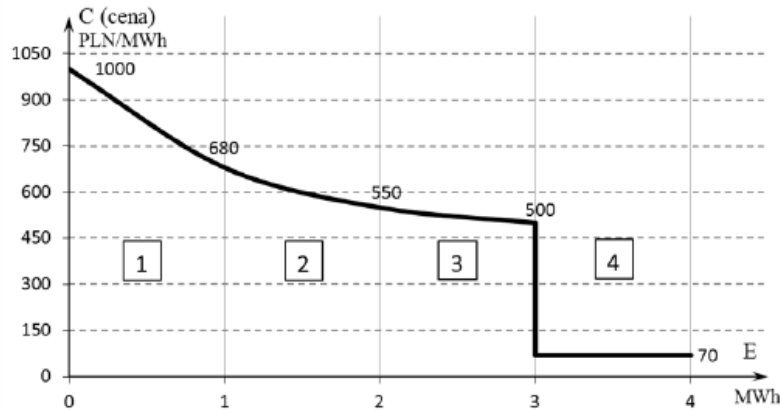
Rys. 2. Porównanie cen krańcowych energii elektrycznej z sieci (WEK) i kosztów krańcowych prosumenta

- w przyszłości należy się spodziewać wzrostu cen krańcowych energii elektrycznej z sieci (choćby ze względu na koszty finansowania tzw. rynku mocy) oraz spadku cen instalacji PV, co może przyczynić się do poprawy opłacalności inwestycji prosumenckich.

Dr hab. inż. Krzysztof Dębowski (Politechnika Śląska) przedstawił temat „Cenotwórstwo energii elektrycznej na rynku schodzącym”, w ramach którego zaprezentował wstępne wyniki prognozowania cen energii elektrycznej, możliwych do uzyskania na poszczególnych osłonach kontrolnych w ramach mono rynku energii elektrycznej. Główne wnioski płynące z przedstawionych rozważań są następujące;

- wykorzystanie instalacji odnawialnych (przede wszystkich źródeł PV) pozwala na znaczną obniżkę kosztów pozyskania energii elektrycznej na osłonach OK1 i OK2,
- w toku zmian rynku energii elektrycznej konieczne będzie powołanie instytucji zwanej roboczo Niezależnym Operatorem Pomiarów NOP, która byłaby odpowiedzialna za przeprowadzanie i kontrolę pomiarów na rynku energii elektrycznej i dystrybucję danych pomiarowych dla upoważnionych do tego podmiotów takich jak operatorzy sieci dystrybucyjnej, niezależni inwestorzy czy lokalni operatorzy OHT.

Ponadto prelegent wskazał, że w prosumenckich gospodarstwach domowych opłacalność inwestycji w źródła OZE zależy od relacji pomiędzy cenami energii elektrycznej na osłonie OK1 i kosztami redukcji zapotrzebowania na energię elektryczną z sieci. Na Rys. 3 przedstawiono oszacowania kosztów redukcji zapotrzebowania na energię elektryczną w gospodarstwie domowym o rocznym zapotrzebowaniu na poziomie 4 MWh. Redukcja zapotrzebowania na energię elektryczną o 1 MWh do poziomu 3 MWh, w wyniku zastosowania technologii LED jako źródła światła, wiąże się ze stosunkowo niewielkimi kosztami krańcowymi na poziomie 70 złotych, a więc znacznie poniżej kosztów krańcowych prosumenta towarzyszących redukcji zapotrzebowania na energię elektryczną o 1 MWh w wyniku instalacji elektrowni fotowoltaicznej (Rys. 2). Przykład ten wskazuje, że działania



Rys. 3. Koszt zmniejszenia zapotrzebowania na energię elektryczną w gospodarstwie domowym o rocznym zużyciu energii elektrycznej wynoszącym 4 MWh

na rzecz ograniczania zużycia energii elektrycznej w gospodarstwie domowym powinno się podejmować jeszcze przed realizacją inwestycji we własne źródła energii.

Dr inż. Robert Wójcicki (Politechnika Śląska) przedstawił prezentację „Net metering na osłonach kontrolnych węzłowych OK1 i OK2 oraz wirtualnej OK3. Koszty krańcowe i uniknięte”, w której podjął tematykę opłacalności inwestycji w energetykę rozproszoną na przykładzie instalacji PV w domu jednorodzinnym i w domu wielorodzinnym, oraz mikrobiogazowni zlokalizowanej na obszarach wiejskich (także w wariancie z instalacją PV). Dla każdej z w/w instalacji prelegent obliczył koszty krańcowe i koszty uniknięte, oraz prosty okres zwrotu inwestycji w latach w zależności od takich parametrów jak współczynnik net-meteringu, koszt zakupu energii elektrycznej w sieci oraz wymiarowanie źródła PV (dla domu wielorodzinnego) i proporcja wykorzystania ciepła (dla mikrobiogazowni). Obliczenia prowadzono dla inwestycji finansowanych ze środków własnych i za pomocą kredytu. Analiza przedstawionych wyników pozwala na wysnucie następujących wniosków:

- prosty okres zwrotu inwestycji ulega skróceniu wraz ze wzrostem wartości współczynnika net-meteringu, wzrostem kosztu energii elektrycznej z sieci, oraz wzrostem proporcji energii elektrycznej wykorzystywanej na potrzeby własne, a także – dla mikrobiogazowni – wzrostem proporcji wykorzystywanego ciepła (Rys. 4),
- prosty okres zwrotu inwestycji wynosi dla większości analizowanych instalacji mniej niż 10 lat; i tak w przypadku instalacji PV w domu jednorodzinnym waha się od 5 lat (współczynnik WNM równy 1, koszt energii elektrycznej z sieci 1000 złotych/MWh) do 17,5 lat (brak net-meteringu, koszt energii elektrycznej z sieci równy 600 złotych/MWh),
- prognozowany wzrost kosztów energii elektrycznej z sieci oraz spadek cen systemów PV w wyniku postępu technicznego i efektu skali związanego ze zwiększeniem ich sprzedaży, przyczyni się do skrócenia prostego okresu zwrotu z inwestycji i zwiększenia opłacalności inwestycji w prosumenckie źródła OZE.

W komentarzu prof. J. Popczyk zauważył, że spadek cen energii elektrycznej ze źródeł OZE do poziomu 5 centów za kWh zrewolucjonizuje globalny rynek energii.

Współczynnik WNM	Energia rocznie [MWh]				Koszty krańcowe ²	
	Odbiorniki	Bilansowanie	Redukcja zakupu	Zakup z zewnątrz	Bez kredytu [PLN]	Kredyt 6% [PLN]
1	0,27	0,63	0,9	0,1	200	369
0,8	0,27	0,504	0,774	0,226	232	428
0,7	0,27	0,441	0,711	0,289	253	466
0	0,27	0	0,43	0,57	418	772

	Koszt energii [MWh/rok]					
	600		800		1000	
	Koszt uniknięty ³ [PLN]	Prosty okres zwrotu [rok] ⁴	Koszt uniknięty [PLN]	Prosty okres zwrotu [rok]	Koszt uniknięty [PLN]	Prosty okres zwrotu [rok]
1	540	8,33	720	6,25	900	5
0,8	464	9,70	619	7,27	774	5,81
0,7	426	10,56	569	7,91	711	6,33
0	257	17,51	343	13,11	428	10,51

Rys. 4. Koszty krańcowe i prosty okres zwrotu z inwestycji w instalację PV na osłonie OK1⁵

Dr inż. Krzysztof Bodzek (Politechnika Śląska) w prezentacji „Wyniki badań symulacyjnych polskiego łącznego miks energetycznego 2050, obejmującego rynki wschodzący i schodzący”, kontynuował omawianie problematyki zmian w elektroenergetyce Polski w horyzoncie 2050. Prelegent określił punkty węzłowe transformacji polskiej elektroenergetyki do połowy bieżącego stulecia (Rys. 5) oraz przedstawił wyniki modelowania dla krajowego koszyka instalacji wytwórczych w horyzoncie 2050 (Rys. 6) oraz dla bilansów energii w rozbiciu na poszczególne województwa. Główne wnioski płynące z prezentacji dr Bodzka są następujące;

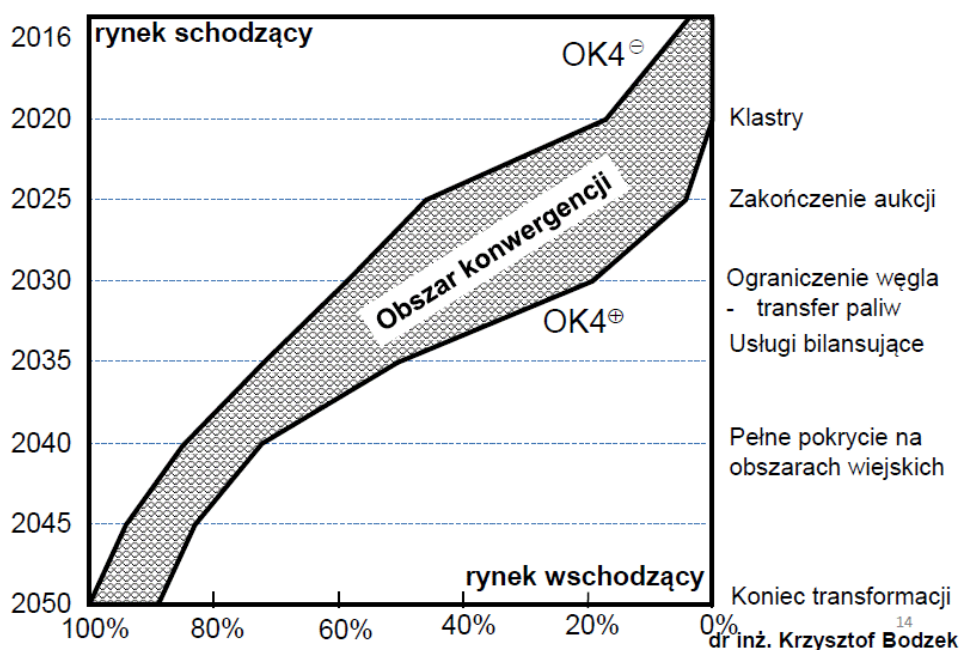
- zakończenie transformacji polskiego sektora elektroenergetycznego polegającej na eliminacji rynku schodzącego (WEK) i objęciu przez rynek wschodzący całości rynku energii elektrycznej, będzie miało miejsce nie później niż w horyzoncie 2050. Udział źródeł OZE w produkcji energii elektrycznej ma wtedy wynosić około 70%,
- bilanse energii dla poszczególnych województw będą się znacząco różniły między sobą, poczynając od województw o znacznej nadwyżce produkcji energii (Polska północno-zachodnia), a kończąc na województwach o ujemnym bilansie energii (Polska południowa), co podkreśla znaczenie przesyłu energii w przyszłym systemie elektroenergetycznym (przesył energii elektrycznej będzie także następował między sektorami wiejskim, miejskim i przemysłowym).

² Koszt krańcowy rozumiany jako iloraz kosztu instalacji PV i ilości wyprodukowanej energii elektrycznej. Instalacja PV o mocy 1 kW wyprodukuje w ciągu 25 lat $25 \cdot 0,9 = 22,5$ [MWh] energii elektrycznej, koszt krańcowy 1 MWh energii wyniesie więc $4500/22,5 = 200$ [PLN/MWh]. Koszt instalacji PV z kredytem wynosi $332 \cdot 25$ (założona wysokość rocznej raty kredytu i czas trwania kredytu w latach) = 8300, a koszt krańcowy $8300/22,5 = 369$ [PLN/MWh] (jak zauważyła Pani J. Wolska, zwrot kredytu oblicza się dla okresu co najwyżej 17 lat – skrócenie okresu spłaty kredytu zmniejszy jego koszt, co przełoży się na obniżenie kosztu krańcowego).

³ Koszt energii elektrycznej, której zakupu prosument uniknie dzięki wykorzystaniu (bezpośrednio lub pośrednio poprzez net-metering) energii wyprodukowanej przez instalację PV. Przykładowo wykorzystanie 0,9 MWh energii elektrycznej w cenie 600 [PLN/MWh] pozwoli na zaoszczędzenie 540 złotych.

⁴ Policzony dla inwestycji ze środków własnych, czyli bez wykorzystania kredytu.

⁵ Założenia; koszt zakupu instalacji 4500 [PLN/MWh], produkcja 900 [kWh/rok], autokonsumpcja 30%, trwałość 25 lat, zapotrzebowanie na energię elektryczną 1000 [kWh/rok].



Rys. 5. Punkty węzłowe transformacji elektroenergetyki w horyzoncie 2050; współlistnienie rynku wschodzącego i schodzącego

Technologia	Produkcja [TWh/rok]	Moc [GW]	Wykorzystanie [h/rok]
Źródła PV	23 (12%)	24,5	930
EW ₁	53 (27%)	27,0	1960
EW _m	14 (7%)	4,0	3630
Inne źródła OZE	22 (11%)	4,4	5000
EB z zasobnikiem	26 (13%)	3,3	8000
Bloki combi	33 (17%)	6,0	5570
ED	25 (13%)	6,5	3820
SUMA	196 (100%)	74	

Rys. 6. Proponowany koszyk instalacji wytwórczych energii elektrycznej w Polsce w horyzoncie 2050⁶

Prezes Wereszecki z Opola (eGmina, Infrastruktura, Energetyka) w prezentacji „Biogazowa rolnicza mikroelektrownia regulacyjno-bilansująca w osłonie OK2- faza badań przedrynkowych” omówił cele i stopień realizacji projektu mikrobiogazowni rolniczej o mocy elektrycznej 10 kW_e i mocy cieplnej 12 kW_c, przeznaczonej dla gospodarstw rolnych o areale od 3 ha do 10 ha, których w Polsce jest około 900 tys. (prof. Popczyk jako grupę docelowych odbiorców biogazowni wskazał gospodarstwa rolne o powierzchni od 30 do 100 ha, których w Polsce jest około 100 tys. Biogazownia pozwala na produkcję energii elektrycznej i ciepła, a także masy pofermentacyjnej, na potrzeby gospodarstwa rolnego. Przewidywany koszt biogazowni to 800 tys. złotych. Projekt znajdujący się w fazie badań przedrynkowych

⁶ Założenia; roczne zapotrzebowanie na poziomie 200 TWh, deficyt <5%, wykorzystanie godzinowych profili, bilansowanie dla segmentów obszarów wiejskich, miast i przemysłu z wymianą energii między segmentami, kaskadowy algorytm sterowania źródłami.

wymaga nakładów inwestycyjnych w celu rozwiązania takich problemów jak min. brak możliwości pracy wyspowej i regulacji mocy, zbyt mała pojemność magazynu biogazu i brak kotła spalającego biogaz, co prowadzi do spalania biogazu w pochodni lub wyrzucania go do atmosfery.

W dyskusji, jaka wywiązała się po prezentacji prezesa Wereszeckiego podniesiono min. problem braku podobnych rozwiązań w zakresie biogazowni w innych państwach, co pozwala postawić pytanie czy budowa mikrobiogazowni jest uzasadniona z ekonomicznego punktu widzenia. Zadaniem prof. Popczyka mikrobiogazownie znakomicie uzupełniają paletę rozwiązań energetyki EP dla sektora wiejskiego w warunkach polskich, i mogą przyczynić się do modernizacji gospodarstw rolnych o wielkości od 30 do 100 ha.

Na zakończenie wiceprezes Stowarzyszenia Klaster 3x20 Izabela Mendel zaprezentowała komunikat pt. „Stowarzyszenie Klaster 3x20 – próba systematyzacji pożądaných kompetencji sieciowych w świetle potrzeb rynkowych”, w którym przedstawiła strategię działania Stowarzyszenia zmierzającą do integracji podmiotów zdolnych do włączenia się w procesy przebudowy energetyki w horyzoncie 2050. Istotną częścią tej strategii ma być wymiana informacji na temat dalszego funkcjonowania Konwersatorium oraz stworzenie listy kompetencji członków Stowarzyszenia i podmiotów skupionych wokół Konwersatorium, a także listy produktów oferowanych przez te dwa współpracujące ze sobą środowiska. Działania te mają ułatwić funkcjonowanie na rynku energetycznym i pozyskiwanie finansowania ze źródeł zewnętrznych.

W dyskusji na zakończenie wzięli udział mgr inż. A.S. Grabowski, prezes J. Wolska, mgr inż. B. Wachowicz, mgr inż. J. Skalmierski, dr inż. M. Fice, dr inż. S. Kiluk, prezes mgr inż. A. Pawelec, prof. Jan Popczyk i mgr inż. K. Konopko.

Temat przewodni: **Energetyka prosumencka na mono rynku energii elektrycznej OZE, w środowisku nowych usług energetycznych**

Agenda; 24 października 2017

- inż. Jacek Skalmierski, wynalazca – **Koszt produkcji energii napędowej dla różnych sposobów jej wytwarzania,**
- dr inż. Sebastian Kiluk, Akademia Górniczo-Hutnicza – **Bitcoin/Blockchain na mono rynku energii elektrycznej OZE - Bezpieczeństwo ruchu i automatyczne ubezpieczenia kontraktów na dostawy energii i elektrycznej**
- dr hab. inż. Krzysztof Dębowski, Politechnika Śląska – **Koncepcja rozproszonych systemów nowych (inteligentnych) układów billingowych na mono rynku energii elektrycznej OZE**
- dr inż. Robert Wójcicki Politechnika Śląska – **Ekonomika prosumenckiej partycypacji w osłonach kontrolnych OK1 i OK2 w środowisku kosztów krańcowych długookresowych i kosztów unikniętych**
- dr inż. Krzysztof Bodzek Politechnika Śląska – **Analiza wpływu źródeł PV i akumulatorów na zdolności integracyjne sieci nN**
- **dr inż. Marcin Fice, Politechnika Śląska – Rzeczywiste zapotrzebowanie na energię odbiorców końcowych w kontekście selfdispatchingu prosumenckiego**

Miejsce: Politechnika Śląska, Wydział Elektryczny, ul. Krzywoustego 2, 44-100 Gliwice, sala 615.

Termin kolejnego spotkania: 28 listopada 2017 r.

Komunikat do Konwersatorium z dnia 26 września 2017 r.

Konwersatorium wrześniowe miało bezpośrednie odniesienie do prac prowadzonych w zespole prof. Jana Popczyka dotyczących monografii. Prezentacja Profesora pokazała możliwą architekturę mono rynku energii elektrycznej OZE oraz zagrożenia jakie niosą za sobą działania polityków w Polsce. Właściwie każda decyzja podejmowana na szczeblu rządowym wywołuje lub wywoła wzrost cen za energię oraz może doprowadzić do kryzysu, którego skutkiem będzie rewolucja energetyczna, a nie zaplanowana w wieloletnim (2050) horyzoncie transformacja. W swojej prezentacji Profesor Popczyk przedstawił zestawienie produktów i usług adresowanych do wszystkich segmentów energetyki prosumenckiej, od mieszkań i domów jednorodzinnych, poprzez spółdzielnie i gminy, aż po sieć dystrybucyjną. Każdy z tych segmentów charakteryzuje się wymaganymi dyspozycyjnymi zasobami inwestycyjnymi, a są one dopasowane do możliwości finansowych w poszczególnych segmentach. Rozpiętość wartości inwestycji w zakresie od 2 tys. zł do 10 mln zł bardzo mocno kontrastuje z inwestycjami w energetyce WEK, które rozpoczynają się od poziomu setek mln zł. W przeciwieństwie do energetyki WEK, w energetyce EP-NI inwestycje mogą być realizowane w sposób bezpieczny w ramach środków własnych prosumentów i niezależnych inwestorów lub ze wsparciem kredytowym banków w nowoczesne technologie.

W przebudowie energetyki w mono rynek energii elektrycznej OZE bardzo dużą rolę odegrają dostawcy technologii, czyli przedsiębiorcy, którzy już posiadają kompetencje

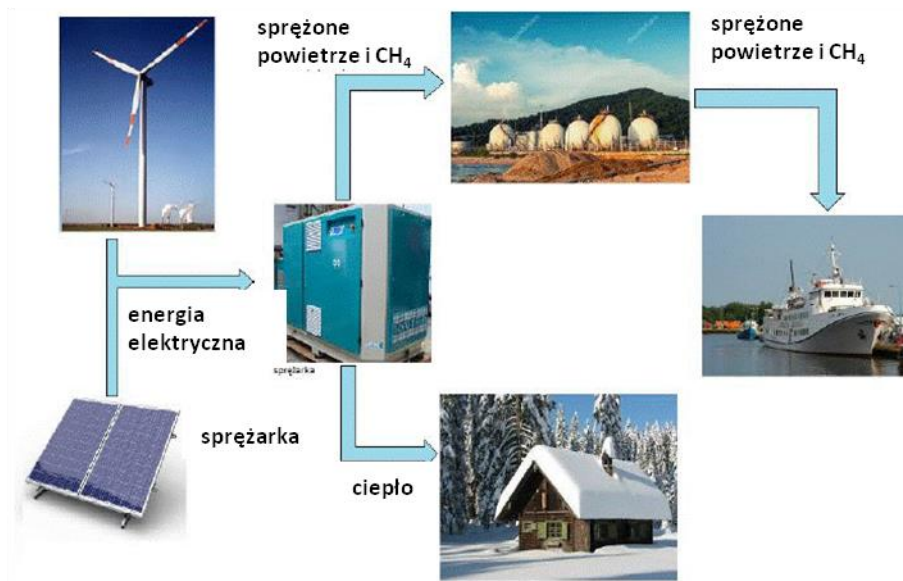
wystarczające do zapewnienia dostaw technologii i usług w zakresie wytwarzania i zarządzania energią. W obszarze produktów charakterystycznych dla mono rynku energii elektrycznej OZE charakterystyczne są bardzo zróżnicowane źródła, o różnej wielkości – te z generacją wymuszoną (PV, EW) jak i regulacyjno-bilansujące (np. μ EB). Do charakterystycznych produktów należą również produkty branży ICT – energoelektronika, automatyka budynkowa i IoT –pozwalające zarządzać efektywnie energią. Są to również technologie termomodernizacyjne budynków.

Sama warstwa hardwarowa nie zapewni poprawnego funkcjonowania mono rynku bez regulacji prawnych zapewniających rynkowe przepływy usług pomiędzy operatorami, wytwórcami energii i prosumentami. Nowe mechanizmy rynkowe nie będą polegać na wskazywaniu, skąd można czerpać energię elektryczną („z gniazdka”), ale będą musiały zapewnić operatorstwo rozproszone w sieciach SN i nN –czyli możliwość zapewnienia zasilania odbiorników we własnym zakresie (w zakresie obszaru, wirtualnej elektrowni). Do tych mechanizmów z pewnością należą cenotwórstwo czasu rzeczywistego (CCR) dla rynku schodzącego oraz *net metering* dla rynku wschodzącego.

Pani Prezes Izabela Mendel przedstawiła komunikat o prowadzonej w Stowarzyszeniu Klaster 3x20 próbie systematyzacji poszczególnych kompetencji sieciowych pożądaných z punktu widzenia transformacji energetyki.

Jedną z kluczowych technologii w obszarze źródeł regulacyjno-bilansujących jest mikrobiogazownia rolnicza (rolniczo-utylizacyjna) o mocy do 40 kW. Technologia ta została przedstawiona przez Pana Dariusza Wereszczyńskiego z firmy eGmina, w której opracowano koncepcję (wraz z Profesorem Popczykiem) oraz wykonano gotowy układ kogeneracyjny zasilany biogazem. Przedstawione w prezentacji problemy wskazują, że tego typu układy doskonale spełniają swoją rolę w gospodarstwach o powierzchni do 100 ha. Jednak pierwsze próby pokazały, że tego typu urządzenia, aby mogły w pełni wykazać swoje możliwości jako źródła regulacyjno-bilansujące, muszą być wyposażone w zasobnik biogazu oraz układ przekształtnikowy pozwalający na pracę wyspową, czyli kształtowanie, poprzez regulację, dowolnego profilu mocy elektrycznej.

Podpisali: profesor **Jan Popczyk** (Prezes Stowarzyszenia Klaster 3x20), prezes **Dariusz Wereszczyński** (eGmina, Infrastruktura, Energetyka), dr **Izabela Mendel** (wiceprezes Stowarzyszenia Klaster 3x20), dr hab. inż. **Krzysztof Dębowski** (obszar działania: elektrotechnika, w tym jej praktyczne wykorzystanie w badaniach na rzecz przebudowy systemów pomiarowo-rozliczeniowych na nowym rynku energii elektrycznej, Politechnika Śląska –Wydział Elektryczny), dr inż. **Robert Wójcicki** (obszar działania: informatyka, w tym jej praktyczne wykorzystanie w badaniach na rzecz przebudowy opłaty systemowo-sieciowej na nowym rynku energii elektrycznej, Politechnika Śląska –Wydział Automatyki, Elektroniki i Informatyki), dr inż. **Krzysztof Bodzek** (obszar działania: energoelektronika i informatyka w elektrotechnice, w tym praktyczne ich wykorzystanie w badaniach symulacyjnych miksu energetycznego Polski w horyzoncie 2050, Politechnika Śląska – Wydział Elektryczny), dr inż. **Marcin Fice** (obszar działania: elektrotechnika, w tym jej praktyczne wykorzystanie w badaniach symulacyjnych przebudowy zasobów regulacyjno-bilansujących na nowym rynku energii elektrycznej, Politechnika Śląska – Wydział Elektryczny).



Rys. 7. Produkcja energii napędowej dla żeglugi przybrzeżnej i ciepła grzewczego

Omówienia wystąpień

Inż. Jacek Skalmierski wygłosił referat „Koszt produkcji energii napędowej dla różnych sposobów jej wytwarzania”, w którym oszacował i porównał koszty produkcji energii napędowej w silniku o zapłonie samoczynnym, w silniku elektrycznym i w ogniwie paliwowym, a następnie porównał je z kosztami produkcji energii w autorskim systemie napędowym dla żeglugi na krótkich dystansach (promy) pracującym w systemie kogeneracji. Oszacowane koszty produkcji energii napędowej wynoszą dla silnika wysokoprężnego 115 [\$/MWh], dla silnika elektrycznego 131 [\$/MWh], dla ogniwa paliwowego 79 [\$/MWh], a dla proponowanego systemu napędowego 37,4-75,3 [\$/MWh] w zależności od proporcji wykorzystanego ciepła. Proponowany system napędowy zakłada wykorzystanie ciepła odpadowego powstającego podczas sprężania powietrza na lądzie, do ogrzewania domów, oraz gromadzenie na pokładzie jednostki pływającej sprężonego na lądzie powietrza, wykorzystywanego do napędu okrętowej turbiny gazowej napędzanej metanem. Warunki pracy turbiny gazowej mają zapewnić produkcję spalin o temperaturze zbliżonej do temperatury otoczenia (Rys. 7).

Dr inż. Sebastian Kiluk (Akademia Górniczo-Hutnicza) w referacie „Bitcoin/Blockchain – na mono rynku energii elektrycznej OZE - Bezpieczeństwo ruchu i automatyczne ubezpieczenia kontraktów na dostawy energii i elektrycznej” kontynuując rozważania na temat potencjalnych zastosowań technologii Bitcoin/Blockchain w energetyce prosumenckiej, skoncentrował się tym razem na problematyce ubezpieczania kontraktów na dostawę energii elektrycznej zawieranych między prosumentem (wytwórcą) a odbiorcą. Technologia Bitcoin/Blockchain pozwala na realizację takich kontraktów wraz z ewentualną wypłatą odszkodowania, bez udziału zewnętrznej instytucji nadzorującej, lub – w szerszym ujęciu – bez ingerencji człowieka. W przypadku ubezpieczenia wytwórcy od strat wynikających z niemożności wywiązania się z kontraktu w następstwie czynników wewnętrznych (awarie), zewnętrznych (warunki pogodowe) i operacyjnych (wynikających ze zdarzeń losowych wewnętrznych i zewnętrznych, jak np. podane powyżej), technologia Bitcoin/Blockchain umożliwia zdalne wykrycie spadku produkcji energii elektrycznej poniżej poziomu określonego przez warunki atmosferyczne, poziom produkcji sąsiadujących źródeł OZE i inne

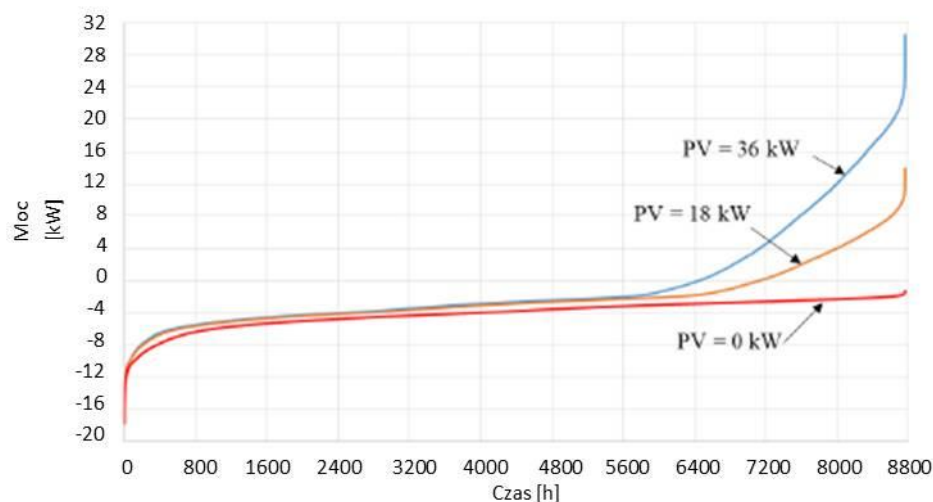
czynniki, i w konsekwencji uruchomienie sekwencji zdarzeń umożliwiających wypłatę odszkodowania dla wytwórcy energii elektrycznej.

Profesor dr hab. Krzysztof Dębowski (Politechnika Śląska) zaprezentował temat „Koncepcja rozproszonych systemów nowych (inteligentnych) układów billingowych na mono rynku energii elektrycznej OZE”, w którym kontynuował omawianie problematyki mechanizmów kształtowania cen na mono rynku energii elektrycznej. Prelegent zwrócił uwagę na uwarunkowania związane z gospodarowaniem energią w środowisku mono rynku energii elektrycznej. Kupujący (osłona kontrolna OK1, OK2 i OK3) będą mieli możliwość zakupu energii od prosumentów i z sektora NI, jeśli tylko proponowana cena będzie niższa niż cenaz sieci WEK. Uzmiennienie opłaty dystrybucyjnej pozwoli na zmniejszenie opłat za dystrybucję energii (przy zakupie od prosumenta lub inwestora NI działającego w obrębie tego samego klastra energii, dostarczana energia nie będzie przechodzić przez sieć wysokiego napięcia, a czasem także nawet przez sieć średniego napięcia). Z kolei sprzedający (osłona kontrolna OK1, OK2 i OK3) będą mogli wybrać pomiędzy sprzedażą do sieci WEK lub do innych odbiorców, w tym prosumentów. Ważną rolę w podejmowaniu decyzji dotyczących gospodarowania energią będzie odgrywać programowalny licznik inteligentny połączony z siecią za pomocą wbudowanego serwera sieciowego umożliwiającego odbiór sygnałów cenotwórczych w postaci współczynnika WNM (w tendencji o zmiennej wartości), oraz takich sygnałów jak DSM/DSR, TD i CCR. Decyzje o zakupie (ewentualnie sprzedaży) energii elektrycznej będą podejmowane przez inteligentne liczniki w oparciu o sygnały cenotwórcze, dane o profilu podstawowym odbiorcy i profilu produkcji energii własnego źródła PV (o ile istnieje).

Dr inż. Robert Wójcicki (Politechnika Śląska) przedstawił prezentację „Ekonomika prosumenckiej partycypacji w osłonach kontrolnych OK1 i OK2 w środowisku kosztów krańcowych długookresowych i kosztów unikniętych”, w którym kontynuował tematykę opłacalności inwestycji w prosumenckie instalacje energetyczne omawianą podczas wrześniowego Konwersatorium. Prelegent przedstawił oszacowania kosztów krańcowych, kosztów unikniętych, oraz prosty okres zwrotu z inwestycji dla prosumenckiej instalacji PV (OK1), instalacji PV w budynku wielorodzinnym (OK2), instalacji PV i systemu kogeneracji w budynku wielorodzinnym (OK2), oraz mikrobiogazowni rolniczej także w wariancie z instalacją PV, w zależności od takich parametrów jak współczynnik net-meteringu, koszt zakupu energii elektrycznej w sieci oraz wymiarowanie źródła PV (dla domu wielorodzinnego), a także proporcja wykorzystania ciepła i koszt obsługi (dla mikrobiogazowni). Obliczenia prowadzono dla inwestycji finansowanych ze środków własnych i ze środków zewnętrznych korzystając z charakterystyki kredytu konsumenckiego dostępnego na rynku. Analiza przedstawionych wyników potwierdza wnioski płynące z prezentacji przedstawionej podczas Konwersatorium we wrześniu br., w szczególności prelegent przedstawił następujące rekomendacje;⁷

- uwzględniając poziom inflacji, wysokość stóp procentowych oraz podatek od zysków kapitałowych, warto rozważyć realizację inwestycji przy wykorzystaniu środków własnych prosumenta,

⁷ Wszystkie warianty oprócz systemu kogeneracji z instalacją PV, były omawiane także podczas wrześniowego Konwersatorium Inteligentna Energetyka.



Rys. 8. Uporządkowany rozkład mocy w stacji Sn/nN dla źródeł PV o różnej mocy

- przeprowadzone obliczenia uzasadniają tworzenie na obszarach miejskich i wiejskich lokalnych mikrosieci zarządzanych przez operatorów OHT.

Dr inż. Krzysztof Bodzek (Politechnika Śląska) przedstawił prezentację „Analiza wpływu źródeł PV i akumulatorów na zdolności integracyjne sieci nN”. Prelegent zaprezentował wyniki symulacji obciążenia sieci nN o zapotrzebowaniu rocznym w wysokości 36 MWh, w której zainstalowano źródła PV oraz akumulatory. Obecność instalacji PV powoduje występowanie w pewnych okresach roku przepływów energii elektrycznej od użytkowników końcowych do stacji Sn/nN (nie dotyczy trybu pracy instalacji PV bez zwrotu energii do sieci nN), które pojawiają się w gdy produkcja energii elektrycznej w instalacjach PV przyłączonych do sieci nN przewyższa aktualne zapotrzebowanie na energię, przy czym wraz ze wzrostem mocy zainstalowanych instalacji PV przepływy energii elektrycznej w kierunku do stacji Sn/nN będą występować coraz częściej, a obciążenia sieci nN towarzyszące tym przepływom będą wzrastać (Rys. 8). Zastosowania zasobników energii w postaci akumulatorów skutkuje skróceniem okresu występowania przepływów energii elektrycznej do stacji Sn/nN oraz zmniejszeniem przenoszonych mocy (akumulatory pełnią rolę bufora magazynującego część nadwyżek produkcji energii elektrycznej). W drugiej części wystąpienia prelegent przedstawił wyniki modelowania obciążenia sieci nN zintegrowanej ze źródłami PV i zasobnikami energii, w zależności od przyjętej strategii sterowania pracą zasobnika energii. Omówiono strategię polegające na maksymalizacji wykorzystania produkcji źródła PV, produkcji ze źródła PV tylko na potrzeby własne, zwrocie energii elektrycznej do sieci z mocą mniejszą od 0,5 PV, oraz sterowaniu produkcją w źródle PV przy udziale operatora OSD (OHT) lub sterownika OK2. Wyniki symulacji wskazują, że sieć nN odznacza się znacznymi zdolnościami integracyjnymi umożliwiającymi przyłączenie instalacji PV o rocznej produkcji 36 MWh, a także wykorzystanie akumulatorów o pojemności do 72 kWh (sieć nN będąca przedmiotem symulacji obejmowała 9 odbiorców, a przyłączenie źródeł PV o łącznej mocy 36 kW, oznaczało, że każdy z 9 odbiorców zainstalował źródło PV o mocy 4 kW).

Dr inż. Marcin Fice (Politechnika Śląska) w referacie „Rzeczywiste zapotrzebowanie na energię odbiorców końcowych w kontekście selfdispatchingu prosumenckiego” kontynuował rozważania na temat optymalnej gospodarki energią w prosumenckim gospodarstwie domowym, rozpoczęte podczas wrześniowego spotkania w ramach Konwersatorium.

Prelegent zwrócił uwagę, że przewidywany wzrost znaczenia energii elektrycznej spowoduje, że będzie ona wykorzystywana nie tylko w sposób tradycyjny, ale także do zaspokojenia potrzeb transportowych przy wykorzystaniu pojazdów elektrycznych, oraz do zapewnienia zaopatrzenia w ciepło przy wykorzystaniu pomp ciepła w budynkach o standardzie zbliżonym do budynku pasywnego.

W dyskusji, która wywiązała się na zakończenie spotkania wzięli udział dr inż. M. Fice, K. Kolonko, prof. dr hab. K. Dębowski, mgr inż. J. Skalmierski, oraz dr T. Müller.

Temat przewodni: **Innowacje przełomowe w transformacji energetyki do mono rynku energii elektrycznej OZE i rynków energii użytecznej (nowych usług energetycznych)**

Agenda; 28 listopad 2017

- prof. Jan Popczyk Politechnika Śląska – **Hybrydowe układy przesyłowe w korytarzach urbanistycznych na mono rynku energii elektrycznej OZE**
- dr inż. Sebastian Kiluk AGH prezentuje, współpraca i obsługa techniczna dr inż. Robert Wójcicki Politechnika Śląska, dr inż. Marcin Fice Politechnika Śląska – **Eksperyment badawczy – wykorzystanie techniki Blockchain do zawierania szybkich kontraktów i rozliczeń za energię elektryczną**
- dr inż. Krzysztof Bodzek Politechnika Śląska – **Integracyjne zdolności źródłowo-sieciowe rynku OZE w obrębie infrastruktury nN-SN**
- dr inż. Robert Wójcicki Politechnika Śląska – **Net metering i Internet rzeczy na wschodzącym rynku energii elektrycznej**
- dr inż. Marcin Fice Politechnika Śląska – **Ekwiwalentowanie techniczno-ekonomiczne sieciowych osłon kontrolnych**

Miejsce: Politechnika Śląska, Wydział Elektryczny, ul. Krzywoustego 2, 44-100 Gliwice, sala 615.

Termin kolejnego spotkania: 28 listopada 2017 r.

Komunikat do Konwersatorium z dnia 24 października 2017 r.

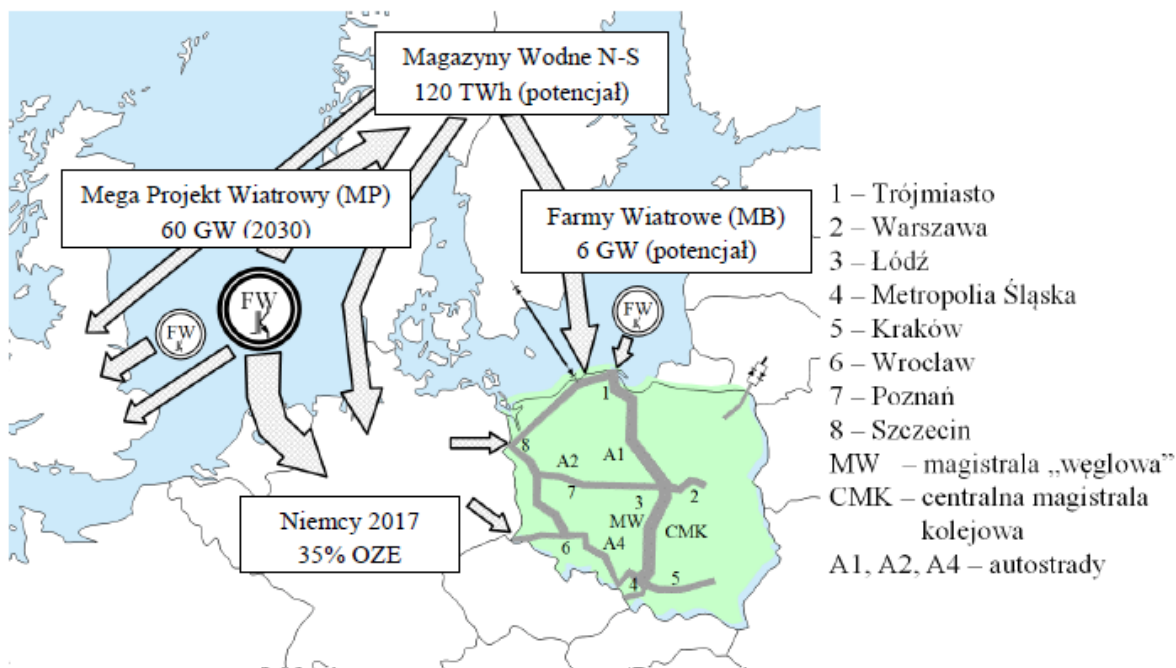
Koncepcja mono rynku energii elektrycznej OZE cechuje się zupełnie nowymi usługami w sferze zapewnienia dostaw energii elektrycznej. Z punktu widzenia odbiorcy końcowego, a docelowo prosumenta, zmiana ta będzie wyraźnie jakościowa, w mniejszym stopniu ilościowa. Zmiana ilościowa oznacza poziom zapotrzebowania na energię elektryczną, który zwiększy się tylko z powodu wprowadzenia nowych segmentów zapotrzebowania, a mianowicie: związanych z elektryfikacją ciepłownictwa i elektryfikacją transportu. Natomiast zmiana jakościowa dotyczy całkowicie nowej architektury rynkowej. Podstawowe znaczenie mają w tym względzie „przeciwbieżne” procesy na rynkach: schodzącym (dotychczasowym) i wschodzącym (OZE). Warunkiem koniecznym prawidłowego funkcjonowania rynków wschodzącego i schodzącego jest głęboka restrukturyzacja systemu operatorskiego: obecnego scentralizowanego (monopolistycznego) w przyszły, skrajnie rozproszony. Przeniesienie usług wytwarzania energii na poziom odbiorców/prosumentów (do osłon OK1, OK2 i OK3) wymaga przeprowadzenia analiz kosztów wytwarzania energii elektrycznej, w tym usług regulacyjno-bilansujących i dostosowania miksu energetycznego do profilu zapotrzebowania. Te zagadnienia były poruszone w prezentacjach inż. Jacka Skalmierskiego ([Koszt produkcji energii napędowej dla różnych sposobów jej wytwarzania](#)), dr. Roberta Wójcickiego ([Ekonomia prosumenckiej partycypacji w osłonach kontrolnych OK1 i OK2 w środowisku kosztów krańcowych długookresowych i kosztów unikniętych](#)) i dr. Marcina Fice ([Rzeczywiste zapotrzebowanie na energię odbiorców końcowych w kontekście selfdispatchingu prosumenckiego](#)). Zaprezentowano rozwiązania widziane z perspektywy różnych typów odbiorców/prosumentów oraz sposobów wytwarzania

i magazynowania energii elektrycznej. Te analizy pokazują jednoznacznie, że ekonomika na mono rynku energii elektrycznej OZE powinna być rozpatrywana w środowisku cen krańcowych i kosztów unikniętych. Takie podejście pokazuje rzeczywiste koszty dostarczenia energii i utrzymania wymaganych (ale przez odbiorców) standardów jakości energii. Kolejnym aspektem nowych usług są mechanizmy bilansowania i rozliczania za wyprodukowaną, zmagazynowaną i zużytą energię elektryczną. Rozproszone operatorstwo wymaga bardzo szybkich mechanizmów transakcyjnych pomiędzy bardzo dużą liczbą rozproszonych uczestników rynku. Szybkość zawierania kontraktów może zagwarantować dostęp do Internetu oraz bezpiecznych metod kontraktowania, jakim jest np. Blockchain (dr Sebastian Kiluk - [Bitcoin/Blockchain na mono rynku energii elektrycznej OZE - Bezpieczeństwo ruchu i automatyczne ubezpieczenia kontraktów na dostawy energii elektrycznej](#)). Niezwykle istotna jest również warstwa hardwarowo-sofwarowa układów billingowych energii elektrycznej, która przede wszystkim musi być transparentna dla wszystkich uczestników rynku (dr hab. Krzysztof Dębowski - [Koncepcja rozproszonych systemów nowych \(inteligentnych\) układów billingowych na mono rynku energii elektrycznej OZE](#)).

Podpisali: profesor **Jan Popczyk** (Prezes Stowarzyszenia Klaster 3x20), inż. Jacek Skalmierski (wynalazca), dr inż. Sebastian Kiluk (obszar działania: nowoczesne metody rozliczeń i wyceny rzeczywistej wartości usług sieciowych i energii, blockchain i bitcoin, Akademia Górniczo-Hutnicza), dr hab. inż. **Krzysztof Dębowski** (obszar działania: elektrotechnika, w tym jej praktyczne wykorzystanie w badaniach na rzecz przebudowy systemów pomiarowo-rozliczeniowych na nowym rynku energii elektrycznej, Politechnika Śląska – Wydział Elektryczny), dr inż. **Robert Wójcicki** (obszar działania: informatyka, w tym jej praktyczne wykorzystanie w badaniach na rzecz przebudowy opłaty systemowo-sieciowej na nowym rynku energii elektrycznej, Politechnika Śląska – Wydział Automatyki, Elektroniki i Informatyki), dr inż. **Krzysztof Bodzek** (obszar działania: energoelektronika i informatyka w elektrotechnice, w tym praktyczne ich wykorzystanie w badaniach symulacyjnych miksu energetycznego Polski w horyzoncie 2050, Politechnika Śląska – Wydział Elektryczny), dr inż. **Marcin Fice** (obszar działania: elektrotechnika, w tym jej praktyczne wykorzystanie w badaniach symulacyjnych przebudowy zasobów regulacyjno-bilansujących na nowym rynku energii elektrycznej, Politechnika Śląska – Wydział Elektryczny).

Omówienie wystąpień

Profesor J. Popczyk prezentując temat „Hybrydowe układy przesyłowe w korytarzach infrastrukturalno – urbanistycznych na mono rynku energii elektrycznej OZE”, zdefiniował innowację przełomową jako zmianę przerywającą tok rozwoju określonej branży (w odróżnieniu od innowacji przyrostowej zapewniającej kontynuację rozwojową czyli technologiczną), która prowadzi do zmiany organizacji rynku oraz przekształcenia roli, jaką odgrywa na nim klient. Rozwój energetyki prosumenckiej – traktowanej jako innowacja przełomowa, prowadzi do zmiany roli użytkownika energii elektrycznej, który z biernego odbiorcy staje się prosumentem prowadzącym świadomą i aktywną gospodarkę energetyczną w ramach gospodarstwa domowego.

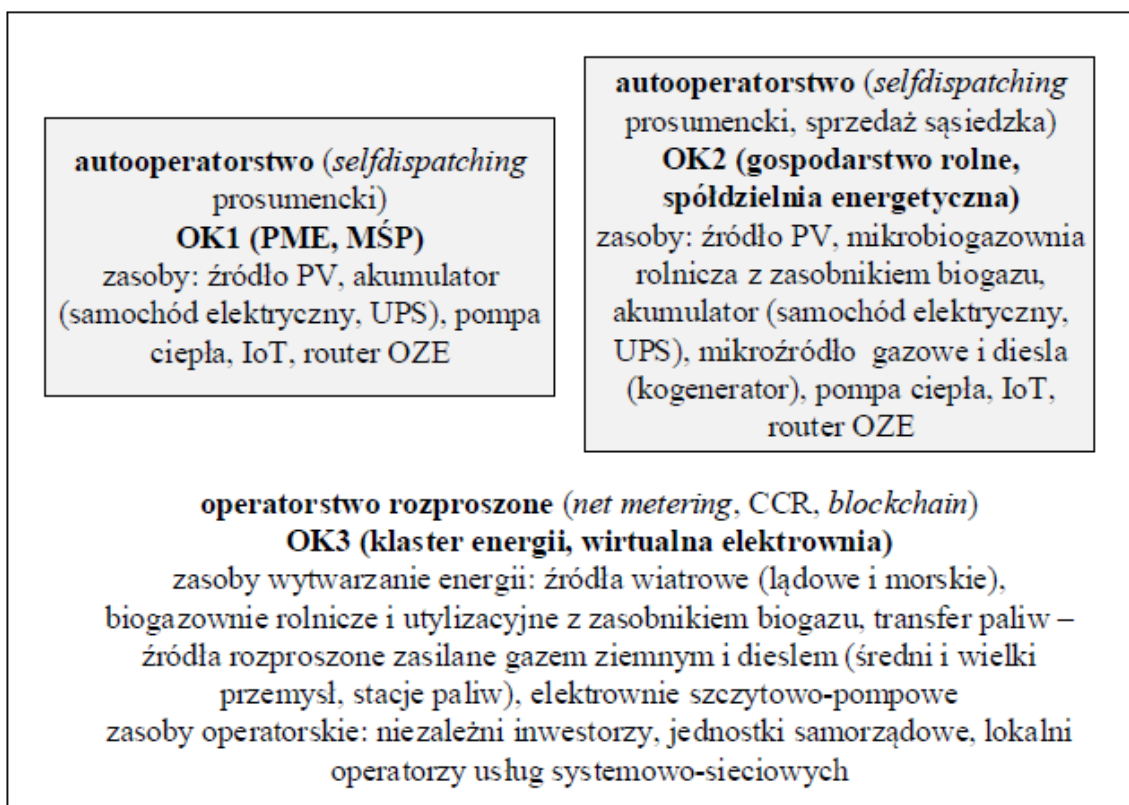


Rys. 9. KSE i rynek schodzący w północnoeuropejskiej strefy rynku energii elektrycznej

W dalszej części wystąpienia prelegent omówił architekturę nowego rynku energii, na którą składają się dwa przeciwbieżne rynki; wschodzący i schodzący (Rys. 1). Transformacja rynku energii odbywająca się za pomocą mechanizmów rynkowych będzie odbywać się w otoczeniu północnoeuropejskiej strefy rynku energii elektrycznej będącego areną realizacji wielkiego projektu budowy elektrowni wiatrowych na Morzu Północnym (Rys. 9). Polska dysponująca potencjałem rozwoju elektrowni wiatrowych na Morzu Bałtyckim może mieć dostęp do energii wyprodukowanej na Morzu Północnym przy wykorzystaniu wodnych magazynów energii w Norwegii i w Szwecji, a także połączenia SwePolLink wykorzystującego podmorski kabel przesyłowy oraz połączeń transgranicznych z Niemcami poprzez węzły sieciowe Krajnik i Mikułowa, a także krajowych hybrydowych (AC-DC) korytarzy przesyłowych.⁸

Dr inż. Sebastian Kiluk (Akademia Górniczo-Hutnicza) w prezentacji „Eksperyment badawczy – wykorzystanie techniki Blockchain do zawierania szybkich kontraktów i rozliczeń za energię elektryczną” omówił i przedstawił w sposób praktyczny, wykorzystanie techniki Blockchain do zawierania szybkich kontraktów i rozliczeń za energię elektryczną. Zawieranie kontraktów odbywa się w czasie rzeczywistym według zasad określonych w umowie realizowanej w neutralnym środowisku Blockchain, które odbiera sygnały od uczestników kontraktu i ich urządzeń, a także steruje pracą urządzeń, oraz rozlicza i przeprowadza płatności zgodnie z wymogami prawnymi. Technologia Blockchain zapewnia równouprawnienie wszystkich stron kontraktu, umożliwia zawieranie umów w trybie natychmiastowym, i cechuje się niskimi kosztami obsługi transakcji. Prelegent zaprezentował przykładową transakcję polegającą na zakupie energii elektrycznej niezbędnej do pracy odbiornika. Rozpowszechnienie technologii Blockchain może znacząco ułatwić i przyspieszyć przeprowadzanie rozliczeń za energię elektryczną w zdecentralizowanym systemie elektroenergetycznym, co więcej, może także przyspieszyć sam proces powstawania takiego systemu np. poprzez obniżenie wysokości kapitału niezbędnego do samodzielnej

⁸ Omówienie architektury nowego rynku energii znajdzie Czytelnik w Raporcie J. Popczyk. Architektura transformacyjna rynku energii elektrycznej. BŻEP, www.klaster3x20.pl, oraz CIRE.



Rys. 10. Zestawienie zasobów technicznych i ekonomicznych osłon kontrolnych

produkcji energii elektrycznej wynikające ze znaczącego skrócenia czasu oczekiwania na zapłatę za sprzedaną energię ([MITtechnologyreview](#), dostęp 20 grudnia 2017).

Dr inż. Marcin Fice (Politechnika Śląska), w prezentacji „Ekwiwalentowanie techniczno-ekonomiczne sieciowych osłon kontrolnych” dokonał wprowadzenia w problematykę oceny możliwości stopniowego zastępowania palety usług wytwórczych i systemowo-sieciowych charakteryzujących rynek WEK przy wykorzystaniu możliwości regulacyjnych rynku EP-NI (Rys. 10); omówienie tych zagadnień znajdzie Czytelnik w Raporcie dostępnym na stronach BŻEP oraz na portalu CIRE.⁹ Aspekt ekonomiczny funkcjonowania mono rynku energii elektrycznej charakteryzuje wykorzystanie cen krańcowych, kosztów unikniętych oraz zysków marginalnych, co ma prowadzić do zastępowania technologii droższych technologiami tańszymi. Dr Fice określił podstawowe czynniki kształtujące koszt energii elektrycznej w osłonie kontrolnej, koszt zakupu przez prosumenta energii elektrycznej z sieci, a także koszt wytwarzania energii elektrycznej w źródłach OZE i jej magazynowania w zasobnikach. Ponadto prelegent zaprezentował znajdujący się w fazie rozwojowej symboliczny opis zależności technicznych i ekonomicznych obecnych w osłonach kontrolnych przy wykorzystaniu elektrotechnicznej teorii czwórników – wskaźnikami opisującymi osłony kontrolne są w tym ujęciu energia, moc, cena sprzedaży energii i współczynnik net-meteringu WNM.

⁹ Fice, M. Techniczno-ekonomiczne ekwiwalentowanie osłon kontrolnych na mono rynku energii elektrycznej OZE i rynkach energii użytecznej. BŻEP, www.klaster3x20.pl; CIRE.

lp. Strategia

1. Kontrola ograniczeń węzłowych
 2. Minimalizacja sumarycznych kosztów strat gospodarczych odbiorców
 3. Minimalizacja rocznych kosztów pracy sieci
 4. Minimalizacja kosztów i strat mocy i energii w sieci ponoszonych przez OSD
 5. Minimalizacja względnych strat w sieci
 6. Minimalizacja kosztów całkowitych
 7. Minimalizacja kosztów całkowitych oraz kosztów bonifikat i upustów w skutek przekroczenia odchyłeń napięcia i przerw w dostawie
 8. Minimalizacja kosztów odchyłeń napięcia
 9. Maksymalizacja zysku ze sprzedaży energii przez OSD
-

Rys. 10. Główne strategie sterowania napięciem w sieciach nN

Dr inż. Krzysztof Bodzek (Politechnika Śląska) zaprezentował temat „Integracyjne zdolności źródłowo-sieciowe rynku OZE w obrębie infrastruktury nN-SN”, w ramach którego omówił zagadnienia utrzymania w dopuszczalnych zakresach wartości napięcia (norma PN-EN 50160) w warunkach wzrostu udziału źródeł OZE w sieciach nN. Zagadnienie te przedstawiono w raporcie dostępnym na stronach BŻEP oraz na portalu CIRE.¹⁰ W prezentacji wykorzystano wyniki symulacji sieci nN o rocznym zapotrzebowaniu i produkcji energii elektrycznej na poziomie 36 MWh. Regulacja napięcia w obrębie sieci nN może się odbywać na drodze bezpośredniej zmiany napięcia w transformatorze, a także poprzez regulacje mocy biernej (także przy wykorzystaniu mikroinstalacji OZE) i mocy czynnej, oraz poprzez zmianę rezystancji i reaktancji sieci. Prelegent omówił wpływ odchyłeń napięcia na zmianę mocy czynnej, co ma bezpośredni wpływ na wysokość rachunków za energię elektryczną, w zależności od rodzaju odbiornika – największy wzrost poboru mocy czynnej w odpowiedzi na wzrost napięcia charakteryzuje urządzenia grzewcze, a najmniejszy – odbiory małych odbiorców przemysłowych. W podsumowaniu dr Bodzek wymienił podstawowe strategie sterowania napięciem w sieci nN (Rys. 11), a także poinformował o rozpoczęciu w Chinach pilotażowego programu handlu energią elektryczną ze źródeł rozproszonych na rynku hurtowym.

Dr inż. Robert Wójcicki (Politechnika Śląska) w prezentacji „Net metering i Internet Rzeczy na wschodzącym rynku energii elektrycznej” omówił perspektywy wykorzystania net-meteringu i Internetu Rzeczy w kontekście dynamicznych zmian rynku energii elektrycznej, który w tendencji będzie obejmował – poza tradycyjnymi obszarami wykorzystania energii elektrycznej, także sektory ciepła i transportu, prowadząc do powstania mono rynku. Do głównych tendencji kształtujących rynek energii elektrycznej należą:

- zmiany w sposobach wytwarzania ciepła polegające na zastosowaniu pomp ciepła, systemów wentylacji z odzyskiem ciepła (rekuperacją), magazynowaniu ciepła zwiększającym elastyczność popytu na energię elektryczną i prowadzącym – obok innych

¹⁰ Popczyk, J & Bodzek, K. Kierunki rewitalizacji technologiczno-systemowej na mono rynku energii elektrycznej OZE i rynkach energii użytecznej. BŻEP, www.klaster3x20.pl; CIRE.

Zadania

Optymalizacja kosztów zakupu energii (taryfy strefowe, dynamiczne, CCR, ograniczanie mocy)

Realizacja usług DSR

- aktywne dopasowanie poboru energii elektrycznej do produkcji w mikroinstalacji
- wstrzymywanie poboru energii w oczekiwaniu na zwiększenie mocy źródeł wytwórczych lub wyłączenie innych urządzeń
- harmonogramowanie i kolejkovanie pracy odbiorników

Realizacja nowych usług systemowych –rynek czasu rzeczywistego, sprzedaż sąsiedzka

Zmniejszenie pobieranej mocy wydłużające czas pracy odbiornika

Zmniejszenie pobieranej mocy – przesunięcie poboru w czasie

Sterowanie pracą urządzeń np. w kilku trybach; komfortowym, elastycznym oszczędnym itp.

Zastosowania

Automatyka budynków

Monitoring środowiska, zużycia mediów produkcji energii itp.

Monitorowanie i zarządzanie urządzeniami oraz instalacjami budynku

Inteligentne odbiorniki energii elektrycznej

Rys. 11. Potencjalne zadania i zastosowania Internetu rzeczy przez odbiorców aktywnych i prosumentów

procesów – do zwiększenia energooszczędności budownictwa, a w tendencji, do rozpowszechnienia standardu domu pasywnego,

- poprawa efektywności energetycznej odbiorników domowych (szczególnie oświetleniowych) w także sprzętu AGD i ICT oraz uelastycznienie popytu na energię elektryczną co otwiera możliwości zastosowania Internetu Rzeczy,
- przemiana tradycyjnego biernego konsumenta energii elektrycznej w konsumenta aktywnego wykorzystującego min. Internet Rzeczy i prosumenta korzystające z net-meteringu i Internetu Rzeczy,
- rozpowszechnianiu się Internetu Rzeczy dającego możliwości sterowania domową gospodarką energetyczną z dowolnego miejsca, w dowolnym czasie i za pomocą zarówno maszyn (komputerów) jak i ludzi, a także przy współdziałaniu człowieka z maszyną (Rys. 11).

W dyskusji udział wzięli: prof. Jan Popczyk, prezes Budzisz, dr T. Müller, mgr inż. J. Skalmierski i dr S. Kiluk.

Temat przewodni: **Rynek energii elektrycznej – synergistyczne technologie wytwórczo-zasobnikowe – klimat**

Agenda; 19 grudnia 2017

- prof. Jan Popczyk Politechnika Śląska – **Wprowadzenie – Uwolnić w Polsce konkurencję na rynku energii elektrycznej i przestać nadużywać bezpieczeństwa energetycznego do ochrony interesów polityczno-korporacyjnych**
Liberate the electricity market in Poland and stop overusing energy security reasons to protect political and corporal interests
- Thomas Duerr, Siemens – **Energiewende – the driver of the change in the distribution grid**
Energiewende – silnik transformacji w sieciach dystrybucyjnych
- Robert Duszka, NMG S.A. – **System do efektywnego zarządzania popytem i podażą energii elektrycznej w obszarze małych i średnich obiektów, jako nowy model funkcjonowania energetyki** – (projekt zatwierdzony do realizacji)
Effective system of electricity demand and supply management for small and medium sized objects as a new model of energy sector operation (project approved for implementation)
- Tadeusz Bąk, Clean World Energy Systems Sp. z o. o.– **Prezentacja multi-technologii C-GEN**
On the C-GEN technology
- Jacek Skalmierki, wynalazca – **Wysokotemperaturowe zasobniki ciepła**
High- temperature heat storage units
- Dr Tomasz Müller, Stowarzyszenie Klaster 3x20 - **Refleksje nad globalną polityką klimatyczną w horyzoncie 2050 w kontekście ustaleń V Raportu IPCC i porozumienia paryskiego 2015**
Thoughts on global climate policy by 2050 in the light of The Fifth Assessment Report (IPCC) and the Paris Agreement (2015)

Miejsce: Politechnika Śląska, Wydział Elektryczny, ul. Krzywoustego 2, 44-100 Gliwice, sala 615.

Termin kolejnego spotkania: 22 stycznia 2018 r.

Komunikat do Konwersatorium z dnia 28 listopada 2017 r.

Tytułowa innowacja przełomowa listopadowego Konwersatorium, to innowacja obejmująca wszystkie sektory energetyki. Podczas Konwersatorium poruszono zagadnienie innowacji przełomowej w kontekście ogólnej architektury mono rynku energii elektrycznej OZE. W szczególności przedstawiono obraz polskiej elektroenergetyki w perspektywie potencjalnej północnoeuropejskiej struktury rynku energii elektrycznej i możliwości ochrony konkurencji na rynku krajowym. Zwłaszcza przy uwzględnieniu ekstremalnych trudności dostosowania podaży z krajowych źródeł OZE do potrzeb popytowych korytarzy infrastrukturalno-

urbanistycznych –trudności mających źródło w polskiej polityce energetycznej, (prezentacja profesora Jana Popczyka pt.: [Hybrydowe układy przesyłowe w korytarzach infrastrukturalno-urbanistycznych na mono rynku energii elektrycznej OZE](#)). Układ głównych szlaków komunikacyjnych (drogowych i kolejowych) pokazuje, że północnoeuropejska struktura rynku energii elektrycznej pozwala na budowę układów dosyłowych energii elektrycznej do polskich korytarzy infrastrukturalno-urbanistycznych ze źródeł offshore. Jest to szczególnie istotne z punktu widzenia ekonomicznego (i jednocześnie środowiskowego). Dlatego, że źródła (farmy wiatrowe morskie, źródła OZE z rynku niemieckiego) i zasobniki (skandynawskie wodne zasoby magazynowe) pozwalają na ograniczenie wzrostów cen za energię elektryczną znacznie powyżej cen europejskich (także na ograniczenie nieuchronnych już kosztów osieroconych w energetyce węglowej, spowodowanych błędnymi decyzjami inwestycyjnymi). Jeśli krajowa polityka energetyczna nie zmieni się, to będzie to po 2030 r. jedyna alternatywa.

Elektroenergetyka prosumencka oparta na źródłach OZE wymaga szczególnej uwagi po stronie odbiorców, a mianowicie niezbędne jest dostosowanie się odbiorcy (jego profilu) do profilu źródła. Czym lepsze dopasowanie, tym efekt ekonomiczny jest korzystniejszy. Niemniej jednak istnieją mechanizmy rynkowe pozwalające na poszukiwanie przez odbiorcę odpowiedniego oddalonego źródła w określonej chwili zapotrzebowania na energię elektryczną. Przeprowadzony eksperyment badawczy (dr S. Kiluk: [Eksperyment badawczy – wykorzystanie techniki Blockchain do zawierania szybkich kontraktów i rozliczeń za energię elektryczną](#)) wykazał, że takie możliwości już istnieją. Technika blockchain pozwala na przeprowadzanie bardzo szybkich kontraktów na określone „paczki” energii potrzebnej do zasilania sparametryzowanego odbiornika. Dodatkowy akumulator dedykowany do odbiornika pozwala na uniezależnienie się od sieci w przypadku wystąpienia braku energii lub gdy parametry jakościowe i cenowe dostępnej energii są poza racjonalnym zakresem. Zastosowanie dedykowanej nowoczesnej technologii zarządzania energią w postaci Internetu rzeczy (dr R. Wójcicki: [Net metering i Internet rzeczy na wschodzącym rynku energii elektrycznej](#)), oraz modeli opisujących zależności pomiędzy podstawowymi parametrami rynku energii z wykorzystaniem znanych aparatów matematycznych (dr. M Fice: [Ekwiwalentowanie techniczno-ekonomiczne sieciowych osłon kontrolnych](#)) pozwala na opracowanie algorytmów dla urządzeń sterujących (sterowników automatyki domowej) optymalizujących zużycie energii oraz koszt jej zakupu. Uzupełnienie modeli ekwiwalentowania techniczno-ekonomicznego osłon kontrolnych o modele integracji źródeł i odbiorców w sieciach rozdzielczych (dr K. Bodzek: [Integracyjne zdolności źródłowo-sieciowe rynku OZE w obrębie infrastruktury nN-SN](#)) zapewni racjonalne użytkowanie sieci SN i nN (w zakresie wymagań jakościowych) oraz pozwoli na optymalne wykorzystanie sieci, w zakresie bardzo dużego nasycenia źródłami OZE, przez dopasowanie profilu produkcji do odbiorców.

Podpisali: profesor **Jan Popczyk**, dr inż. **Sebastian Kiluk** (obszar działania: nowoczesne metody rozliczeń i wyceny rzeczywistej wartości usług sieciowych i energii, blockchain i bitcoin), dr inż. **Robert Wójcicki** (obszar działania: informatyka, w tym jej praktyczne wykorzystanie w badaniach na rzecz przebudowy opłaty systemowo-sieciowej na nowym rynku energii elektrycznej, Politechnika Śląska – Wydział Automatyki, Elektroniki i Informatyki), dr inż. **Krzysztof Bodzek** (obszar działania: energoelektronika i informatyka w elektrotechnice, w tym praktyczne ich wykorzystanie w badaniach symulacyjnych miksu energetycznego Polski w horyzoncie 2050, Politechnika Śląska –Wydział Elektryczny), dr

inż. **Marcin Fice** (obszar działania: elektrotechnika, w tym jej praktyczne wykorzystanie w badaniach symulacyjnych przebudowy zasobów regulacyjno-bilansujących na nowym rynku energii elektrycznej, Politechnika Śląska – Wydział Elektryczny).

Omówienie wystąpień

Thomas Duerr, (Siemens) w wystąpieniu „Energiewende – silnik transformacji w sieciach dystrybucyjnych” przedstawił zarys oferty firmy Siemens dla globalnego sektora energii podlegającego szybkiej transformacji. Pierwsza część prezentacji była poświęcona globalnym trendom w sektorze energii elektrycznej, wśród których wskazano na odejście od scentralizowanych systemów elektroenergetycznych i rozwój systemów rozproszonych, zastąpienie jednokierunkowego przepływu energii elektrycznej (od producenta do odbiorcy) przepływem dwukierunkowym realizowanym przy wykorzystaniu inteligentnych sieci, realizowany i planowany wzrost mocy źródeł OZE (w Kalifornii w 2045 roku źródła odnawialne mają produkować 100% energii elektrycznej), rozpowszechnianie taryf dynamicznych i gwałtownie postępująca cyfryzacja. Wszystkie te zmiany (ze szczególnym uwzględnieniem cyfryzacji) stanowią próbę odpowiedzi na wyzwania stojące przed elektroenergetyką, do których należy potrzeba równoważenia produkcji i popytu, wyrównywanie profili zapotrzebowania, zwiększanie bezpieczeństwa dostaw energii elektrycznej, redukcja kosztów i emisji CO₂, wykorzystanie stale rosnącej ilości danych, optymalizacji generacji rozproszonej, a także opracowanie nowych modeli biznesowych uwzględniających rosnącą rolę klienta. W dalszej części wystąpienia prelegent krótko scharakteryzował rozwiązania biznesowe firmy Siemens przeznaczone dla sektora energii. Można wśród nich wymienić następujące produkty i działania;

- System Spectrum Power ADMS do zarządzania siecią dystrybucyjną umożliwiającą komunikację z funkcjami typu (podsystemami) SCADA, DMS i EMS,
- Energy IP EMS – platforma do zarządzania rozproszonym systemem elektroenergetycznym ,
- Smart Pool – wykorzystanie systemu EMS do zarządzania wirtualnymi elektrowniami,
- DERMS – zarządzanie rozproszonymi źródłami energii przez operatorów sieci,
- Mind Sphere – system służący do podłączania urządzeń i innych elementów infrastruktury do Internetu Rzeczy,
- budowa elektrowni słonecznych i wiatrowych w Kalifornii.

Dyrektor Robert Duszka z firmy NMG w wystąpieniu „System do efektywnego zarządzania popytem i podażą energii elektrycznej w obszarze małych i średnich obiektów, jako nowy model funkcjonowania energetyki – projekt (zatwierdzony do realizacji)” przedstawił główne założenia projektu, który ma przyczynić się do zwiększenia możliwości regulacji mocy w KSE poprzez umożliwienie odbiorcom końcowym świadczenia usług regulacji mocy i bilansowania energii. W wyniku realizacji projektu powstaną rozwiązania dla odbiorców indywidualnych, spółdzielni mieszkaniowych, obiektów użyteczności publicznej, odbiorców biznesowych oraz operatorów centralnej regulacji mocy. Dwa pierwsze etapy projektu będą polegać na opracowaniu i realizacji planu badań przemysłowych, etap kończący natomiast będzie sprowadzał się do przeprowadzenia pilotażowej regulacji mocy w wybranej grupie obiektów mieszkalnych i publiczno-komercyjnych. Prelegent omówił potencjalne problemy związane z realizacją każdego z etapów projektu. Dyrektor Duszka zwrócił uwagę

na nowatorski charakter projektu, który ma posiadać następujące możliwości niedostępne w żadnym z produktów obecnych na rynku:

- rozliczanie energii w ramach rynku mocy,
- współpraca z rynkiem mocy (aukcja mocy) – narzędzie operatorskie,
- prognozowanie zużycia energii w oparciu o profile referencyjne,
- automatyczna, płynna regulacja mocy w obiektach.

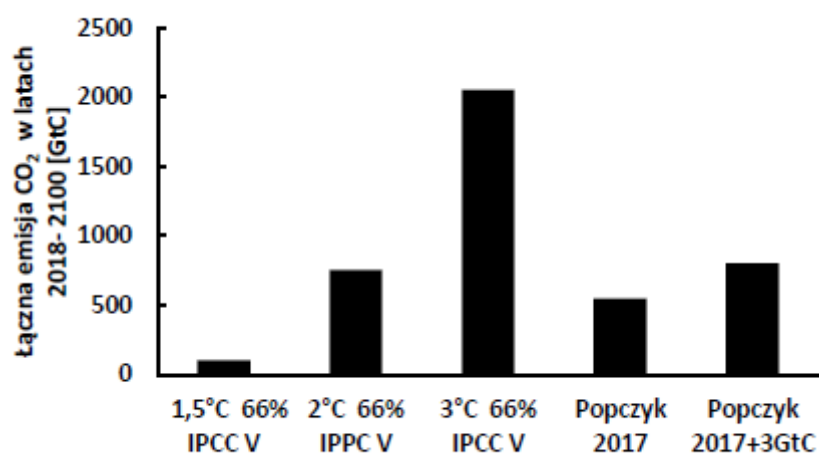
Tadeusz Bąk (prezes Clean World Energy Systems) w wystąpieniu „Prezentacja multi-technologii C-GEN”, przedstawił główne założenia technologii C-GEN, której zasadniczym elementem jest wykorzystanie układu gazowo-parowego zintegrowanego z układem zgazowania paliwa, do produkcji energii elektrycznej. Pomysłodawcy przewidzieli możliwość uzupełnienia technologii C-GEN o moduł wychwytu CO₂ w powiązaniu z produkcją mocznika. Zasadnicza część technologii C-GEN wykazuje podobieństwo do technologii zgazowania węgla w układzie gazowo-parowym (IGCC), do której zalet należą:¹¹

- produkcja CO₂ przed procesem spalania (a nie, jak ma to miejsce w konwencjonalnych blokach węglowych, w wyniku procesu spalania) co ułatwia wychwyt tego gazu cieplarnianego,
- produkcja odpadowego wodoru, który w przyszłości mógłby zostać wykorzystany jako paliwo o niewielkim oddziaływaniu na środowisko,
- wysoka sprawność produkcji energii elektrycznej przekraczająca 40% netto (separacja powietrza wymaga znacznych nakładów energetycznych), w perspektywie 2050 sprawność może wzrastać,
- mniejsze zużycie wody niż w konwencjonalnych blokach węglowych,
- możliwość zastosowania różnych gatunków węgla jako paliwa (technologia C-GEN przewiduje także wykorzystanie odpadowej materii organicznej).

Czynnikiem ograniczającym wykorzystanie technologii IGCC są przede wszystkim wysokie koszty kapitałowe.

Inż. Jacek Skalmierski w referacie „Wysokotemperaturowe zasobniki ciepła” podjął tematykę wykorzystania ciepła przemian fazowych do gromadzenia ciepła (Rys. 12). Prelegent zaproponował wykorzystanie glinu do zbudowania zasobnika ciepła. Na podstawie min. wartości ciepła topnienia glinu oraz jego gęstości, a także przy uwzględnieniu strat, i założeniu obecności izolacji, prelegent wyliczył promień kulistego zasobnika o pojemności 100 MWh. W dalszej części prezentacji inż. Skalmierski oszacował sprawność procesu gromadzenia ciepła w zasobniku na 37,5%, a także określił względną dobową stratę ciepła w zasobniku na poziomie 0,08%.

¹¹ IGCC – ang. Integrated Gasification Combined Cycle – technologia bloku gazowo-parowego z zintegrowanym zgazowaniem węgla.



Rys. 12. Emisje CO₂ w horyzoncie 2100 według scenariuszy V Raportu IPCC i raportu transformacji energetyki (Popczyk 2017)

Dr Tomasz Müller (Stowarzyszenie Klaster 3x20) przedstawił prezentację „Refleksje nad globalną polityką klimatyczną w horyzoncie 2050 w kontekście ustaleń V Raportu IPCC i porozumienia paryskiego 2015”, w której – po przedstawieniu wybranych zagadnień z zakresu historii badań nad klimatem (min. prace Arrheniusa oraz Revelle’go i Suessa), omówił perspektywy ograniczenia wzrostu średniej temperatury powietrza przy powierzchni ziemi w horyzoncie 2100, korzystając z danych zamieszczonych w V Raporcie IPCC (w tym scenariuszy RCP), w odniesieniu do postanowień paryskiego porozumienia klimatycznego. Prelegent przedstawił hipotetyczne scenariusze redukcji globalnej emisji CO₂, które pozwoliłyby na ograniczenie wzrostu temperatury przy powierzchni ziemi w horyzoncie 2100, w odniesieniu do okresu sprzed rozpoczęcia ery przemysłowej, do wartości 1,5° C, 2° C, oraz 3° C. Szczególnie istotne wydaje się ograniczenie wzrostu temperatury do poziomu 2° C, które prawdopodobnie pozwoli na ograniczenie niepożądanych skutków zmian klimatu, min. dzięki zapobieżeniu powszechnemu topnieniu wiecznej zmarzliny prowadzącemu do dalszego ocieplenia globu. Osiągnięcie tego celu klimatycznego wymaga bardziej radykalnych działań, niż te, do których zobowiązały się państwa-sygnatariusze porozumienia paryskiego, a które pozwoliłyby do ograniczenia wzrostu temperatury jedynie do poziomu 2,7-3,5° C. Harmonogram redukcji emisji CO₂ zgodny ze scenariuszem transformacji energetyki globalnej (Popczyk 2017), pozwoli prawdopodobnie na ograniczenie wzrostu średniej temperatury powierzchni Ziemi do 2° C (Rys. 12).¹²

W dyskusji udział wzięli: prof. Jan Popczyk, dr T. Müller, inż. J. Skalmierski, prof. Bartoszek (Uniwersytet Śląski, Katowice), prezes T. Bąk, dr Biskupski (AGH, Kraków).

¹² Popczyk, J. Przełom w energetyce. BŻEP, www.klaster3x20.pl; CIRE.