

Dr inż. JÓZEF CHMIEL  
ODDZIAŁ GLIWICKI SEP  
KOŁO TERENOWE nr 17

Dr TOMASZ MÜLLER  
STOWARYSZENIE KLASTER 3x20

## Konwersatorium Inteligentna Energetyka 2016 sprawozdanie ze spotkań wrzesień-grudzień

**Wprowadzenie:** Sprawozdanie z działania w roku 2016 podzielono na dwie części co zostało podyktowane koniecznością nadążania za szybkością zmian zachodzących w energetyce. Pierwsza część obejmuje okres 6 miesięcy od stycznia do czerwca, a druga, okres od września do grudnia. Obydwie części oparte są na prezentacjach, wystąpieniach i dyskusjach prezentowanych w ramach Konwersatorium odbywającego się na Wydziale Elektrycznym Politechniki Śląskiej w Gliwicach. Całość tychże prezentacji znajduje się na stronie internetowej Stowarzyszenia Klaster 3x20, w zakładce Konwersatorium.

### Spis wybranych skrótów użytych w tekście:

|           |  |
|-----------|--|
| μŻB/ μEB  | mikro-źródło biogazowe/ mikro-elektrownia biogazowa  |
| μEW       | mikro-elektrownia wiatrowa   |
| AJAX      | ang: <i>Asynchronous JavaScript and XML</i> – asynchroniczny JavaScript i XML  |
| BMS       | ang; <i>Building Management System</i> – System Zarządzania Budynkiem  |
| CAN       | ang; <i>Controlled Area Network</i> – szeregowa magistrała komunikacyjna   |
| CCR       | cenotwórstwo czasu rzeczywistego   |
| C- GEN    | rodzaj innowacyjnego źródła regulacyjno-bilansującego  |
| DSM/DSR   | ang. <i>Demand Side Management/Demand Side Response</i> – zarządzanie popytem  |
| EB        | elektrownia biogazowa  |
| ENTSO-E   | ang; <i>European Network of Transmission System Operators for Electricity</i> – Europejska Sieć Operatorów Systemu Przesyłowego Energii Elektrycznej                     |
| EP        | energetyka prosumencka   |
| EP(H)     | roczne zapotrzebowanie na nieodnawialną energię pierwotną przeliczone na jednostkę powierzchni pomieszczeń o regulowanej temperaturze powietrza kWh/(m <sup>2</sup> rok) |
| ETS       | ang; <i>Emissions Trading System</i> – System Handlu Emisjami  |
| GPZ       | Główny Punkt Zasilania   |
| HTML      | ang; <i>HyperText Markup Language</i> – hipertekstowy język znaczników   |
| iLab EPRO | Internetowe Laboratorium Energetyki Prosumenckiej  |
| IoT       | ang; <i>Internet of Things</i> – Internet Rzeczy   |

|                    |  |
|--------------------|--|
| IREE               | Interaktywny Rynek Energii Elektrycznej  |
| JDBC               | ang; <i>Java DataBase Connectivity</i> – łączy do baz danych w języku Java   |
| JRB                | Jednostki Regulacyjno-Bilansujące  |
| KE                 | klaster energii  |
| KSE                | Krajowy System Elektroenergetyczny   |
| NI/EP <sup>□</sup> | rynek energii elektrycznej na infrastrukturze SN/nN z własnymi zasobami regulacyjno-bilansującymi  |
| NISS               | operator działający na rynkach rozproszonych w charakterze operatora OSD przeznaczonego do obsługi wszystkich procesów zachodzących w obrębie infrastruktury SN/nN.  |
| nN                 | niskie napięcie  |
| OHT                | Operator Handlowo Techniczny   |
| OK                 | osłona kontrolna   |
| OSD                | Operator Systemu Dystrybucyjnego   |
| PLC                | ang; <i>Programmable Logic Controller</i> – uniwersalne urządzenie mikroprocesorowe przeznaczone do sterowania pracą maszyny lub urządzenia technologicznego         |
| PME                | Prosumencka Mikroinfrastruktura Energetyczna   |
| PSE                | Polskie Sieci Elektroenergetyczne  |
| PTPiREE            | Polskie Towarzystwo Przesyłu i Rozdziału Energii Elektrycznej  |
| PV                 | ang; <i>photovoltaics</i> – fotowoltaika   |
| RB                 | rynek bilansujący  |
| R– HVAC            | ang; <i>Heating Ventilation Air Conditioning</i> – Ogrzewanie Wentylacja i Klimatyzacja  |
| RM(O)              | rynek mocy odbiorców   |
| RM(W)              | rynek mocy wytwórców   |
| SCADA              | ang; <i>Supervisory Control And Data Acquisition</i>   |
| SE                 | spółdzielnia energetyczna  |
| SVG                | ang; <i>Scalable Vector Graphics</i> – Format dwuwymiarowej grafiki wektorowej   |
| TD                 | taryfa dynamiczna  |
| TGE                | Towarowa Giełda Energii  |
| TCP/IT             | ang. <i>Transmission Control Protocol/Internet Protocol</i> – teoretyczny model warstwowej struktury protokołów komunikacyjnych                                      |
| TPA                | ang; <i>Third Party Access</i> – zasada dostępu stron trzecich   |
| TW                 | turbina wiatrowa   |
| UART               | ang; <i>Universal Asynchronous Receiver and Transmitter</i> – Układ scalony używany do asynchronicznego przekazywania i odbierania informacji poprzez port szeregowy |
| UGZ                | Układ Gwarantowanego Zasilania   |
| USB                | ang; <i>Universal Serial Bus</i> – Uniwersalna Magistrala Szeregową  |
| WEK <sup>⊖</sup>   | (rynek WEK) Wielkoskalowa Energetyka Korporacyjna  |
| WNM                | współczynnik net meteringu   |
| ZE                 | zasobnik energii   |
| ZOS                | zmienna opłata sieciowa.   |

## **Konwersatorium 27 września 2016**

Temat przewodni:

### **Badania klastrowego rynku energii elektrycznej w kontekście zapowiadanej nowelizacji ustawy OZE**

#### **Koncepcja konkurencji na klastrowym rynku energii elektrycznej (na obszarach wiejskich)**

prof. Jan Popczyk Politechnika Śląska

#### **Symulacja godzinowa bilansów energii elektrycznej klastra KE (na miedzianej płycie) – pierwsze wytyczne rozwojowe**

dr inż. Krzysztof Bodzek Politechnika Śląska

#### **Net-metering węzłowy i na osłonie kontrolnej klastra KE jako narzędzie taryfowe KE – infrastruktura pomiarowo – rozliczeniowa**

dr inż. Robert Wójcicki, Politechnika Śląska, Instytut Informatyki

#### **PME(prosumencka mikroinfrastruktura energetyczna) w nowelizacji ustawy OZE – okresy bilansujące, oprogramowanie liczników prosumenckich**

dr inż. Marcin Fice, Wydział Elektryczny Politechnika Śląska

#### **Indukcyjna pompa ciepła**

Julian Opatowiecki – WTS Capital Trust

#### **Konkurs 3x20 – komunikat**

Izabela Mendel – Dyrektor Biura Klaster Dolina Czystej Energii

#### **Pierwsze półrocze Konwersatorium Inteligentna Energetyka 2016**

dr inż. Józef Chmiel, SEP

#### **Komunikat do Konwersatorium z dnia 28 czerwca 2016 r.**

Konwersatorium czerwcowe odbyło się w czasie wchodzenia w życie nowelizacji Ustawy o odnawialnych źródłach energii (ustawa OZE). Nowelizacja wprowadziła kilka nowości (wstępnie komentowane podczas czerwcowego Konwersatorium). Najważniejsze z nich to klastry energii, spółdzielnie energetyczne i oczywiście definicja prosumenta wraz z mechanizmem rozliczeniowym opartym na *net-meteringu*. Jeśli chodzi o prosumentów to wydawać by się mogło, że zaproponowany mechanizm *net-meteringu*, z bardzo korzystnym współczynnikiem 0,8/1 (współczynnik WNM), powinien pobudzić rynek mikroinstalacji, głównie fotowoltaicznych. Jednak obserwując sytuację sprzedaży nowych instalacji można odnieść wrażenie oczekiwania. Być może na kolejną nowelizację ustawy OZE lub ustabilizowanie się sytuacji ze zmianami w umowach z dostawcami energii. W tym obszarze również można zauważyć nerwową sytuację, prosumenci otrzymują aneksy do umów kompleksowych z kilkumiesięcznym opóźnieniem, a wprowadzane sposoby rozliczania (okresy rozliczeniowe) są nieadekwatne do charakteru generacji przez mikroinstalacje. W tym miejscu należy wspomnieć, że dostawcy energii stosują rozliczanie na zasadzie prognozowania zużycia, choć prosumenci są wyposażeni w nowoczesne elektroniczne liczniki z możliwością zdalnego odczytu. Dlatego dziwi fakt stosowania rozliczania na podstawie prognoz mając do dyspozycji rzeczywiste odczyty. Rozpatrując współczynnik NM w kontekście regulacji i zarządzania energią ustalona w ustawie OZE wartość 0,8/1 nie jest

zachęcająca do stosowania jakichkolwiek technicznych narzędzi zarządczych (np. strażnik mocy, router OZE).

Konwersatorium czerwcowe było skoncentrowane głównie na mechanizmie *net-meteringu* w kontekście usług regulacyjnych i zarządzania energią w energetyce prosumenckiej. Wprowadzone w ustawie OZE pojęcia klastra energii (klastrer KE) oraz spółdzielni energetycznej, które w chwili publikowania ustawy były pojęciami bez pokrycia w jakiegokolwiek koncepcji, w kontekście *net-meteringu* i *self-dispatchingu* nabierają znaczenia ogromnego potencjału w przebudowie energetyki. Prowadzone w Centrum Energetyki Prosumenckiej badania koncepcyjne (J. Popczyk) oraz symulacje numeryczne (K. Bodzek, R. Wójcicki) pokazują, że możliwe jest stworzenie samodzielnych obszarowych klastrów energii (Raport dr. Krzysztofa Bodzka [Analiza symulacyjna możliwości pracy samowystarczalnego klastra energetycznego](#)). Oczywiście prowadzone badania są jeszcze na etapie dużych uproszczeń, jednak wyniki pokazują, że narzędziem regulującym ceny energii, ceny dystrybucji oraz bilansowania mocy i zarządzania energią w klastrze KE będzie *net-metering* z kalibrowanym współczynnikiem WNM. Profesor Jan Popczyk w Raporcie [Klustry energetyczne – tak. Energetyka jądrowa i rynek mocy – nie. Nowy rynek energii elektrycznej – tak, na ten jest już najwyższy czas !!!](#), przedstawia koncepcję kalibrowania współczynnika WNM w czterech wymiarach: 1) technologia źródła, 2) kalibracja czasowa długookresowa związana z uzyskiwaniem koncesji (np. w okresach 3 lat – tak jak taryfy dystrybucyjne), 3) kalibracja czasowa krótkoterminowa związana z okresami rozliczeniowymi (np. pół roku, doba, godzina, 5 min.), 4) miejsce instalacji w sieci rozdzielczej. Wykonane do tej pory badania wykazują, że od zagadnień technicznych (np. dobór technologii oraz ilości/mocy źródeł wytwórczych z generacją wymuszoną oraz regulacyjnych) zagadnienia regulacji prawnych oraz kwestie ekonomicznego doboru współczynnika WNM są nieporównywalnie bardziej skomplikowane. Technologicznie nie istnieją już bariery do uruchomienia nowego rynku energii, konieczne jest natomiast opracowanie spójnej koncepcji klastra KE, spójnej w obszarach technologicznym, prawnym, ekonomicznym i społecznym.

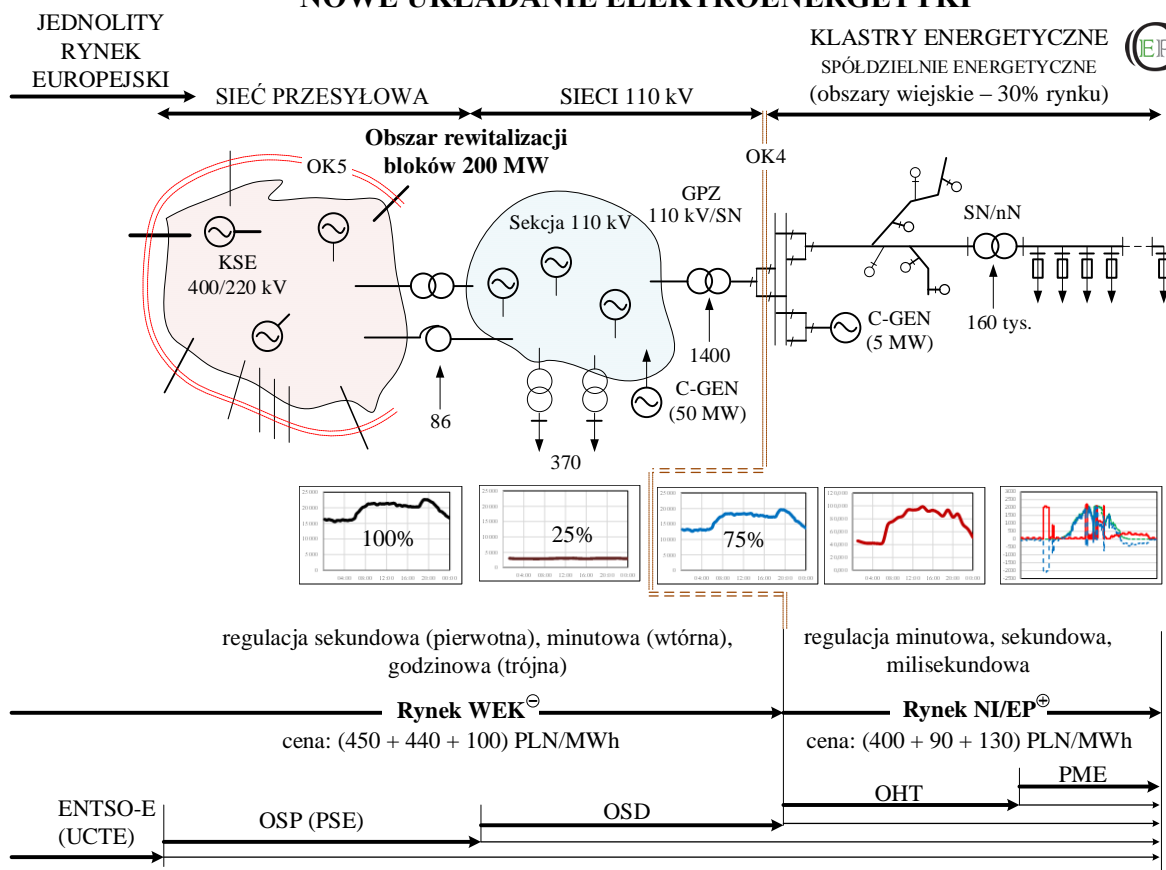
Podpisali: profesor **Jan Popczyk** (Prezes Stowarzyszenia Klastrer 3x20, Politechnika Śląska – Centrum Energetyki Prosumenckiej), **Matthias Rehm** (Ambasada Niemiec w Polsce, Główny Specjalista ds. Ekonomicznych), **Matt Tymowski** (IMERGY), dr hab. inż. **Krzysztof Dębowski** (obszar działania: elektrotechnika, Politechnika Śląska - Wydział Elektryczny), dr inż. **Jarosław Michalak** (obszar działania: energoelektronika, Politechnika Śląska - Wydział Elektryczny), dr inż. **Marcin Fice** (obszar działania: elektrotechnika, Politechnika Śląska - Wydział Elektryczny), dr inż. **Krzysztof Bodzek** (obszar działania: praktyczne wykorzystanie informatyki w elektrotechnice, Politechnika Śląska - Wydział Elektryczny).

### Omówienia wystąpień;

Prof. Jan Popczyk w swoim wystąpieniu zatytułowanym „Koncepcja konkurencji na klastrowym rynku energii elektrycznej (na obszarach wiejskich)”, zauważył, że istota konkurencji na w/w rynku wynika z alokacji w KSE produkcji energii elektrycznej i usług systemowych między bloki węglowe (podstawowe), źródła OZE z produkcją wymuszoną (PV,  $\mu EB_w$ ,  $EB_w$ ,  $\mu EW$ , EW, inne), oraz źródła OZE o charakterze bilansująco-regulacyjnym ( $\mu EB_b$ ,  $EB_b$ , inne). Usługi systemowe, realizowane dotąd z poziomu KSE, czyli operatora OSP, będą stopniowo przechodzić na poziom lokalny, czyli prosumencki, stając się domeną klastrów KE i spółdzielni SE (Ryc. 1). Ponadto w maju bieżącego roku, w ramach Konwersatorium, profesor Popczyk prezentował 4 filary rynku IREE:

1. pierwszy filar to rynek mocy odbiorców skierowany przeciwko rynkowi mocy wytwórców; RM(O) vs RM(W),
2. drugi filar to 5-minutowe bilansowanie energii (105120 bilansów energii w roku),

## NOWE UKŁADANIE ELEKTROENERGETYKI



Opracowanie:  
J. Popczyk, M.Fice

**Ryc. 1. Synteza zagadnień związanych z przebudową systemu operatorskiego w KSE**

3. trzeci filar to zmienna opłata sieciowa 5 – minutowa skierowana przeciwko zasadzie TP; ZOS(5) vs TP(TPA),
4. filar czwarty z kolei, to zarządzanie popytem i źródłami rozproszonymi z taryfą dynamiczną i cenotwórstwem czasu rzeczywistego, z regulacyjnymi i zindywidualizowanymi usługami systemowymi w energetyce EP/NI, skierowane przeciwko regulacyjnym usługom systemowym w energetyce WEK, wraz z 5 minutowym opomiarowaniem netto (*net-metering*); DSM/DSR – TD – CCR(EP, NI) – RUS(EP, NI) vs RUS(WEK), NM(5).

Następnie profesor Popczyk omówił sekwencję działań na drodze do wykształcenia się Sieciowego Parytetu Cenowego OZE począwszy od pierwszego etapu polegającego na przyłączeniu źródeł OZE do sieci, a dokładniej do KSE, co umożliwi pracę źródeł OZE w systemie on grid oraz na obecności inteligentnego licznika i opomiarowania netto (*net-metering*), poprzez wyposażenie PME w router OZE (DSM/DSR), a w dalszej kolejności wyposażenie PME w akumulator, co potencjalnie umożliwi pracę w systemie pracy mieszanej (*semi off grid*), kończąc na wyposażeniu PME w superkondensator, co potencjalnie umożliwi pracę w systemie pracy wyspowej (*off grid*), oraz cztero-wymiarowe opomiarowanie netto (*net-metering*).

W kolejnej części wystąpienia profesor Popczyk zwrócił uwagę na cztery wymiary opomiarowania netto (*net-metering*).

1. pierwszy wymiar polega na zróżnicowaniu wartości współczynnika opomiarowania netto w zależności od technologii wytwórczej: prosumenckiej (PV,  $\mu$ EB,  $\mu$ EW), oraz inwestorskiej (EB, EW);

2. drugi wymiar to taryfowanie (np. zatwierdzenie współczynników WNW co 3 lata przez URE);
3. trzeci wymiar to węzły sieciowe (prosumenckie, inwestorski), osłona kontrolna (klastr KE, spółdzielnia SE);
4. czwarty wymiar to zróżnicowanie okresów czasu rozliczeniowych (rok, pół roku, sezon, doba, godzina, 15 minut, 10 minut, 5 minut).

Na zakończenie profesor Popczyk przedstawił kilka uwag odnoszących się do alokacji produkcji energii elektrycznej, alokacji usług systemowych, oraz autonomizacji energetycznej klastra energii KE. Alokacja produkcji energii elektrycznej za pomocą klastrów KE obejmuje 30% krajowego rynku energii elektrycznej, 300 powiatów, przy zapotrzebowaniu na energię elektryczną w powiecie rzędu 120 GWh. Roczna wartość rynku w obrębie klastra energii KE to 60 mln PLN, punkty węzłowe w procesie tworzenia klastrów energii KE przypadają na lata 2020 i 2030. Alokacja usług systemowych do klastra energii KE obejmuje usługi systemowe, prawa majątkowe oraz podatki o rocznej wartości 20 mln PLN. Autonomizacja energetyczna klastra KE w horyzoncie 2040 wymaga inwestycji w źródła wytwórcze o wartości 390 mln PLN.

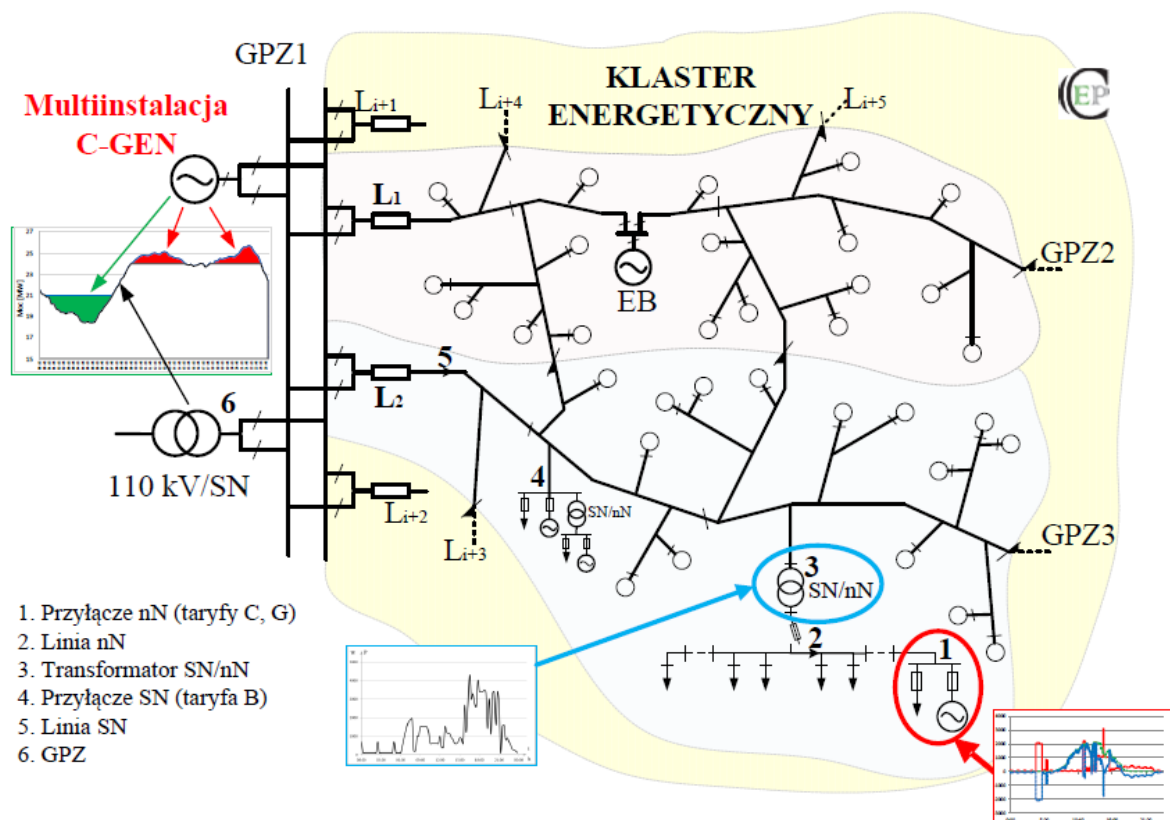
Dr inż. Krzysztof Bodzek (Politechnika Śląska) przedstawił referat pt. „Symulacja godzinowa bilansów energii klastra KE (na miedzianej płycie) – pierwsze wytyczne rozwojowe”. Prelegent omówił referencyjny klastr energii, którego schemat pokazano poniżej (Ryc. 2). Klastr energii obejmuje 14,3 tys. domów jednorodzinnych – w tym 4,1 tys. gospodarstw rolnych o powierzchni do 20 ha, oraz 350 średnio-towarowych gospodarstw rolno-hodowlanych o powierzchni od 20 do 100 ha. Klastr znajduje się w zasięgu trzech GPZ-ów, ale zasilany jest tylko z GPZ1, przy rocznym zapotrzebowaniu na energię na poziomie 120 GWh i mocy szczytowej 21 MW. Występują dwie linie SN L1 i L2 obejmujące odpowiednio 8,1 tys. gospodarstw o rocznym zapotrzebowaniu na energię 68 GWh, oraz 6,2 tys. gospodarstw o rocznym zapotrzebowaniu na energię 52 GWh, dalsze szczegóły opisowe można znaleźć w pracy [1]. Ponadto dr inż. Bodzek zaprezentował technologie, dzięki którym można produkować energię elektryczną w ramach klastra KE: źródła PV, elektrownie wiatrowe, elektrownie biogazowe klasy 1 MW (dwa agregaty po 0,5 MW, podłączenie do linii SN, klasy 10 kW) oraz mikroźródła biogazowe 10 kW pracujące w średnio-towarowych gospodarstwach rolno-hodowlanych (podłączenie do linii nN). Informacje na temat działających w kraju instalacji OZE można śledzić na stronach [pvmonitor.pl](http://pvmonitor.pl) i [gpi.tge.pl](http://gpi.tge.pl). Prelegent omówił także rolę akumulatorów o pojemności 3 kWh (użyteczna pojemność 1,5 kWh), montowanych tylko ze źródłami PV u prosumentów, które są modelowane jako dwa akumulatory podłączone do linii L1 oraz L2, przy czym model uwzględnia straty w akumulatorach.

Instalacja C-GEN widoczna na (ryc. 2), wykorzystuje niskotemperaturowe zgazowanie biomasy/odpadów. Jest przyłączona do GPZ1 po stronie SN i pełni funkcję instalacji bilansująco - regulacyjnej. W analizie traktowana jest jedynie jako źródło energii. Dr inż. Bodzek zaprezentował trzy warianty doboru źródeł wytwórczych dla klastra energii:

1. roczny bilans energii i dobór racjonalny, produkcja o 15% większa od zapotrzebowania,
2. roczny bilans energii i wykorzystane całe szacowane zasoby klastra,
3. godzinowy bilans energii, dobór z uwzględnieniem grafikowanych godzinowo profili.

Dr inż. Robert Wójcicki (Politechnika Śląska) zabierając głos skupił się na temacie „Net - metering węzłowy i na osłonie kontrolnej klastra KE jako narzędzie taryfowe KE – infrastruktura pomiarowo - rozliczeniowa”. Wyjaśnił na wstępie, że opomiarowanie netto (*net-metering węzłowy*, inaczej saldowanie, wymiana barterowa) stanowi usługę pozwalającą prosumentowi lub grupie użytkowników sieci (spółdzielnia, klastr) na korzystanie z sieci

## Klaster energetyczny



Ryc. 2. Infrastruktura SN/nN rynku NI/EP na obszarach wiejskich, w osłonie kontrolnej OK3 klastra energii

wyższego poziomu jak z magazynu energii. Podłączony do sieci prosument, może produkować energię elektryczną, oddając ją do sieci, ale w razie potrzeby ma możliwość pobrania energii z sieci bez ponoszenia dodatkowych kosztów, poza kosztami wynikającymi z wartości współczynnika opomiarowania netto (WNM). Zakładając, że wartość współczynnika opomiarowania netto wynosi  $x$ , to za każdą wprowadzoną do sieci kilowatogodzinę energii elektrycznej, prosument/grupa użytkowników, może odebrać ilość energii elektrycznej równą  $x \cdot 1\text{kWh}$ ; np. przy współczynniku WNM równym 0,8 prosument może pobrać 0,8 kWh energii elektrycznej (za każdą wprowadzoną do sieci kilowatogodzinę energii elektrycznej), pozostałość czyli 0,2 kWh przepada na rzecz operatora sieci pokrywając koszty dystrybucji energii wprowadzonej przez prosumenta do sieci. W obecnej Ustawie o OZE są przyjęte dwie wartości WNM: 0,8 dla prosumentów i 0,7 dla mikroinstalacji o łącznej mocy zainstalowanej elektrycznej nie większej niż 10 kW. Rozliczenia ilości energii, dokonuje się na podstawie wskazań urządzenia pomiarowo-rozliczeniowego dla danej mikroinstalacji. Odrębny problem stanowi sposób rozliczania opomiarowania netto u odbiorcy, który ma kilka taryf. Ponadto wątpliwości wzbudza sytuacja potencjalnego prosumenta równocześnie wprowadzającego i odbierającego energię z sieci na odrębnych fazach. W takim przypadku prawodawca zastrzegł, że jeśli mamy instalację 3-fazową, to bilansowanie energii eksportowanej i importowanej na różnych fazach powinno odbywać się na bieżąco, tak jak to się dzieje u prosumenta posiadającego 1-fazową instalację PV, a jednocześnie 3-fazową instalację elektryczną.

Dr Wójciki podkreślił, że w zależności od wartości współczynnika WNM, optymalna strategia energetyczna prosumenta może przedstawiać się w bardzo odmienny sposób. W przypadku wysokiej wartości WNM pozostającej na poziomie zbliżonym do jedności,

prosument otrzymuje sygnał zachęcający do inwestycji w źródła OZE, co może w skali kraju przyczynić się do rozwoju niestabilnych źródeł OZE, takich jak PV (stan obecny w Polsce), nie zakłócając jednocześnie pracy sieci elektroenergetycznej. Z drugiej strony obecność wysokiego współczynnika WNM zniechęca prosumentów do aktywnego zarządzania energią. Z kolei niska wartość współczynnika WNM oscylująca wokół 0,5 istotnie zmniejsza opłacalność inwestycji w źródła OZE, mobilizując jednocześnie prosumentów do aktywnego zarządzania energią i inwestycji np. w inteligentną infrastrukturę w postaci zasobników i innych rozwiązań. Kończąc rozważania na temat opomiarowania netto, dr Wójcicki podkreślił – na co już uprzednio zwrócił uwagę profesor Popczyk (patrz powyżej), że można wyróżnić cztery wymiary opomiarowania netto (*net-meteringu*).

W dalszej części wystąpienia dr Wójcicki zaprezentował wyniki badań symulacyjnych dla dwóch hipotetycznych prosumentów, z których tylko jeden stosował reguły zarządzania energią pochodzącą z własnych instalacji OZE, co przyczyniło się do wzrostu proporcji energii przeznaczanej na potrzeby własne. Ponadto prelegent omówił zagadnienia opomiarowania netto na poziomie węzła SN/nN, oraz 3 scenariusze rocznego bilansu energii dla stacji SN/nN 100 kVA, stanowiącej węzeł osłony kontrolnej OK2, obejmującej fragment klastra energii z zestawem instalacji wytwórczych OZE. Ponadto dr Wójcicki poruszył problematykę osłony kontrolnej klastra energii, w strefie styku pomiędzy KSE a infrastrukturą klastra, której zadaniem jest minimalizacja, a docelowo wyeliminowanie, przepływów energii pomiędzy klastrem i KSE, dzięki utworzeniu własnych zdolności regulacyjnych i bilansujących klastra. Kończąc swoje wystąpienie prelegent omówił wymagania dla opomiarowania netto (*net-meteringu*) w klastrze na osłonie kontrolnej klastra oraz infrastrukturę pomiarowo – rozliczeniową klastra.

Dr inż. Marcin Fice (Centrum Energetyki Prosumenckiej; Wydział Elektryczny), przedstawił prezentację „PME (prosumencka mikroinfrastruktura energetyczna) w nowelizacji ustawy OZE – okresy bilansujące, oprogramowanie liczników prosumenckich”. Z punktu widzenia prosumenta istotna jest długość okresu rozliczeniowego oraz sposób rozliczania fazowego i międzyfazowego. Licznik elektroniczny powinien umożliwiać bilansowanie wszystkich trzech faz, jest to problem oprogramowania a nie problem własności sprzętu. W mikroinstalacji licznik 1- fazowy w jednym czasie może wskazywać pobór i oddawanie energii do sieci, tak jest do tej pory. Dla instalacji 3-fazowych jest to już zdefiniowane i nie ulega zmianie wg nowej Ustawy o OZE. Dr Fice podał podstawowe parametry techniczne własnej mikroinstalacji PV i przedstawił roczne koszty energii elektrycznej we własnym gospodarstwie domowym, w zależności od proporcji wykorzystania energii pochodzącej z własnej mikroinstalacji PV. Ponadto prelegent oszacował moc mikroinstalacji PV (4,4 kW), przy której dojdzie do zbilansowania rocznego zapotrzebowania na energię elektryczną w gospodarstwie domowym i energii produkowanej rocznie w instalacji PV. Oszacowana w ten sposób moc instalacji PV maleje wraz ze wzrostem proporcji energii elektrycznej zużywanej na potrzeby własne i rośnie ze wzrostem wartości współczynnika opomiarowania netto.

Dr Fice zwrócił uwagę na problem związany z rozliczeniem za energię bierną pojemnościową, gdzie w umowie kompleksowej z prosumentem jest napisane, że współczynnik mocy  $\text{tg}\varphi_0$  dla kierunku wprowadzania energii do sieci OSD, jest równy 0,4.

Pan Julian Opatowiecki (WTS Capital Trust Sp. z o.o. z Nowego Sącza), przedstawił temat „Indukcyjne pompy ciepła”. W skład instalacji grzewczej Foto Duo Induktor – Hybrydowe ogrzewanie domu, wchodzi: kocioł indukcyjny, panele fotowoltaiczne oraz bufor na energię cieplną. Zastosowanie: budynki wielomieszkaniowe, szklarnie, szkoły, hale i zakłady produkcyjne, baseny, zbiorniki wodne.



Pani Izabela Mendel (Dyrektor Biura Klastra Dolina Czystej Energii) podała w komunikacie informacje na temat „Konkursu 3x20”, organizowanego przy współpracy ze Stowarzyszeniem Klaster 3x20.

Dr inż. Józef Chmiel (SEP, oddział gliwicki) zaprezentował opracowanie pt. „Pierwsze półrocze Konwersatorium Inteligentna Energetyka 2016”.

## Konwersatorium 25 października 2016

Temat przewodni

### **Badania koncepcyjno-symulacyjne rynków regulacyjno-bilansujących NI/EP<sup>+</sup> na infrastrukturze sieciowej SN/nN**

**Komunikat o tym, że Konwersatorium zakończy 25 października 2016 r. pierwsze dziesięciolecie działalności**

prof. Jan Popczyk

**Rynki regulacyjno – bilansujące NI/EP<sup>□</sup> na infrastrukturze sieciowej SN/nN vs rynek energii WEK<sup>⊖</sup> na infrastrukturze sieciowej NN/110 kV**

prof. Jan Popczyk

**Modele symulacyjne miksu energetycznego dla klastra KE – osłona kontrolna, poziom 3 (dobór źródeł z uwzględnieniem wymagań regulacyjno – bilansujących)**

dr inż. Krzysztof Bodzek, Wydział Elektryczny Politechnika Śląska

**Modele symulacyjne net-meteringu dla Mźb (mikroźródła biogazowego) – osłona kontrolna, poziom 2 (spółdzielnia SE)**

dr inż. Robert Wójcicki, Wydział Automatyki, Elektroniki i Informatyki Politechnika Śląska

**Inteligentna infrastruktura budynkowa**

Ernest Cichoń – ZAMEL Sp. z o.o.

**Modelowanie inteligentnej infrastruktury budynkowej do zarządzania energią elektryczną w PME – osłona kontrolna, poziom I**

dr inż. Marcin Fice, Wydział Elektryczny Politechnika Śląska

**Komunikat do Konwersatorium z dnia 27 września 2016 r.**

W czasie od wrześniowego Konwersatorium ukazał się w BŻEP Raport „E7” [[J. Popczyk, R. Wójcicki, M. Małyszczuk, Ł. Kordas: E7- Globalna przebudowa energetyki w perspektywie siedmiu krajów/regionów \(USA, Chiny, Niemcy, Indie, Japonia, UE i Afryka Subsacharyjska\) i wnioski oraz propozycje dla Polski.](#)]. Analiza sytuacji w E7 wskazuje na potrzebę prac nad metodą nowej energetyki dla Polski (na świecie prace takie są już bardzo intensywnie prowadzone). W zrealizowanych próbach na drodze do tej metody (środowisko biblioteki BŻEP, między innymi Raport E7) odchodzi się od stosowanego do tej pory prognozowania/szacowania potrzeb energetycznych na zasadzie wykresów przyrostowych, przeprowadza się natomiast szacunki i formułuje prognozy wykorzystując logiczne konsekwencje rozwoju energetyki i skutki wprowadzania technologii z obszaru innowacji przełomowych. Bardzo ważną rolę w urynkowaniu energetyki odegrają mechanizmy *net-meteringu*, *self-dispatchingu* oraz osłony kontrolne. Pierwsze dwa mechanizmy (*net-metering*, *self-dispatching*) były już dyskutowane w środowisku Konwersatorium Inteligentna Energetyka jako narzędzia tworzenia rynkowych cen za energię.

Waga osłon kontrolnych, jako kolejnego mechanizmu metody nowej energetyki, jest istotna z punktu widzenia powiązania bezpieczeństwa dostaw energii elektrycznej (wydzielenia obszarów odpowiedzialności za to bezpieczeństwo) z przejrzystą konkurencją. Na dwóch osłonach kontrolnych polskiego rynku hurtowego (rynek WEK<sup>⊖</sup>), mianowicie na

osłonie przecinającej wszystkie trans-graniczne połączenia liniowe oraz na osłonie przecinającej pola transformatorowe SN transformatorów 110 kV/SN (w GPZ-tach sieciowych i w stacjach zasilających odbiorców przemysłowych) odpowiedzialność za przepływy należy bezdyskusyjnie (przynajmniej na razie) do operatora systemu przesyłowego (PSE).

W obszarze infrastruktury sieciowej SN/nN (rynek NI/EP<sup>□</sup>) odpowiedzialność za bezpieczeństwo elektroenergetyczne będzie (powinna) bardzo szybko podlegać decentralizacji. Mianowicie, będzie (powinna) przemieszczać się na poziom **odbiorców** (zarządzających swoimi profilami zużycia energii elektrycznej), **prosumentów** (z segmentu ludnościowego, MSP oraz samorządowego, maksymalizujących wykorzystanie energii elektrycznej produkowanej we własnych źródłach), **niezależnych inwestorów** (zarządzających produkcją swoich źródeł), a dalej na poziom **klastrów KE** oraz **spółdzielni SE**.

Na rynku NI/EP<sup>□</sup> proponowane jest, na początek, zdefiniowanie trzech osłon kontrolnych: OK1 – osłona przecinająca przyłącze nN odbiorcy/prosumenta, OK2 – osłona przecinająca pole/pola transformatorowe nN w indywidualnej stacji SN/nN (może to być w szczególności osłona spółdzielni SE działającej na infrastrukturze sieciowej nN, zasilanej przez mikro-źródło biogazowe  $\mu$ ŻB), OK3 – osłona przecinająca pole/pola transformatorowe SN w GPZ-tach zasilających klastr KE działający na infrastrukturze sieciowej SN/nN). Każda z wymienionych trzech osłon kontrolnych charakteryzuje się swoim profilem mocy, narzędziami bilansowania (źródła, zasobniki, DSM/DSR, IoT) i współczynnikiem *net-meteringu* (WNM).

Niebagatelną rolę w zakresie usług regulacyjno-bilansujących (DSM/DSR) na rynku NI/EP<sup>□</sup> odegrają technologie informatyczne i komunikacyjne (IoT). Muszą to być „szybkie” technologie komunikacyjne, ponieważ wymagana będzie reakcja na zmiany parametrów sieci elektroenergetycznej w czasie milisekund. Już w tej chwili można zaobserwować szybki rozwój automatyki budynkowej, do tej pory przeznaczonej dla potrzeb przemysłu i dużych odbiorców energii elektrycznej, a obecnie kierowanej do małych odbiorców z segmentu ludnościowego. Są to na razie technologie poprawiające komfort użytkowania budynków i posiadające zamknięte systemy komunikacyjne. Można jednak sądzić, że rynek automatyki budynkowej wygrają systemy otwarte, umożliwiające dowolne konfigurowanie i integrację z energetycznymi instalacjami budynkowymi (tak jak w latach 80 wygrały na rynku komputerów osobistych tzw. PC-ty).

Obok technologii informatycznych w zasobach regulacyjno-bilansujących rynków NI/EP<sup>□</sup> konieczne są technologie zasobnikowe. Stawia się tu roboczą hipotezę, że nie będą to zasobniki centralne o wielkich pojemnościach (i dużych kosztach inwestycyjnych), lecz małe, budynkowe rozwiązania (których koszty można pokryć w ramach inwestycji modernizacyjnych lub budowy nowego budynku). Takie technologie pozwolą na szybką reakcję regulacyjną w osłonach kontrolnych OK1.

Docelowo zasobnikami energii elektrycznej powinny zostać akumulatory samochodów elektrycznych (wykorzystanie *second hand*). Jest to naturalny proces obniżający koszty i podnoszący efektywność ekonomiczną samochodów elektrycznych, które będą wykorzystane poza funkcją transportową. W Polsce koncepcja elektromobilności nie jest jednak wystarczająco przemyślana. Plany rządowe określają co prawda jednoznacznie ile po polskich drogach będzie poruszać się samochodów elektrycznych (w 2025 roku ma to być 1 milion samochodów), ale są to na razie tylko plany wydania publicznych pieniędzy na kolejne projekty, nie mające wiele wspólnego z wprowadzeniem samochodów elektrycznych do codziennego użytkowania, ale jako technologii przełomowej, ukierunkowanej na zintensyfikowanie rozwoju źródeł OZE.

W szczególności plan polskiej elektromobilności wygląda tak jakby rząd chciał za wszelką cenę odnieść sukces i wybrał modny, i medialny obszar gospodarki obiecując rozwiązanie, które jednak nie poprawi sytuacji energetycznej, w tym nie ograniczy emisji CO<sub>2</sub> i nie ograniczy zużycia paliw kopalnych (lansując tym samym polski samochód elektryczny na węgiel). Rozwiązanie, które nie poprawia także sytuacji drogowej (promowany jest transport elektryczny, ale głównie indywidualny).

Z punktu widzenia rynków NI/EP<sup>□</sup> ważne są nie tylko samochody elektryczne, ale również cała infrastruktura transportu elektrycznego. W tym obszarze szczególnie ważne jest rozróżnienie stacji ładowania samochodów elektrycznych przeznaczonych do szybkiego ładowania (kilka minut) od stacji przeznaczonych do długotrwałego ładowania (kilka godzin). Podpisali: profesor **Jan Popczyk** (Prezes Stowarzyszenia Klaster 3x20, Politechnika Śląska – Centrum Energetyki Procuemenckiej), dr inż. **Krzysztof Bodzek** (obszar działania: praktyczne wykorzystanie informatyki w elektrotechnice, Politechnika Śląska - Wydział Elektryczny), dr inż. **Robert Wójcicki** (obszar działania: informatyka, Politechnika Śląska - Wydział Automatyki, Elektroniki i Informatyki), dr inż. **Marcin Fice** (obszar działania: elektrotechnika, Politechnika Śląska - Wydział Elektryczny).

### Omówienia wystąpień:

Profesor Popczyk powitał studentów kierunku energetyka, zapraszając do udziału w przebudowie energetyki w horyzoncie 2050 następującymi słowami: *„W ciągu Waszego życia musicie przebudować energetykę, to jest trud, ale jest to też ogromne wyzwanie, życzę wam by to co Was czeka było radością, a nie nieszczęściem dla Was”*.

Ukazał się komunikat informujący, że Konwersatorium pod obowiązującą obecnie nazwą INTELIGENTNA ENERGETYKA, zakończy pierwsze dziesięciolecie działalności w dniu 25 października 2016 roku (JP). W listopadzie 2006 r. odbyło się pierwsze spotkanie, rozpoczynało byt jako Konwersatorium ENERGETYKA PRZYSZŁOŚCI. Na pierwszym spotkaniu w styczniu 2007 roku (a trzecim spotkaniu licząc od początku historii Konwersatorium) był poruszany temat „Mapa drogowa bezpieczeństwa energetycznego Polski”.

Profesor Popczyk przedstawił referat „Rynki regulacyjno-bilansujące NI/EP<sup>□</sup> na infrastrukturze sieciowej SN/nN vs rynek energii WEK<sup>⊖</sup> na infrastrukturze sieciowej NN/110 kV”. Elementem głębokiej strukturalnej przebudowy energetyki będzie wykształcanie się nowego rynku opartego o infrastrukturę SN/nN, który będzie stopniowo wypierał stary rynek Wielkoskalowej Energetyki Korporacyjnej. O praktycznej realizacji koncepcji nowego rynku energii elektrycznej świadczą zarówno doświadczenia gminy Gierałtowice, jak i realizacje przyłączy kilku dużych megawatowych źródeł OZE przez takiego OSD jakim jest Tauron. Z drugiej strony polityka cyfryzacji energetyki prowadzona przez Tauron, jest nakierowana przede wszystkim na obsługę sieci w stanach normalnych i awaryjnych, a w mniejszym stopniu na współpracę z nowymi źródłami OZE.

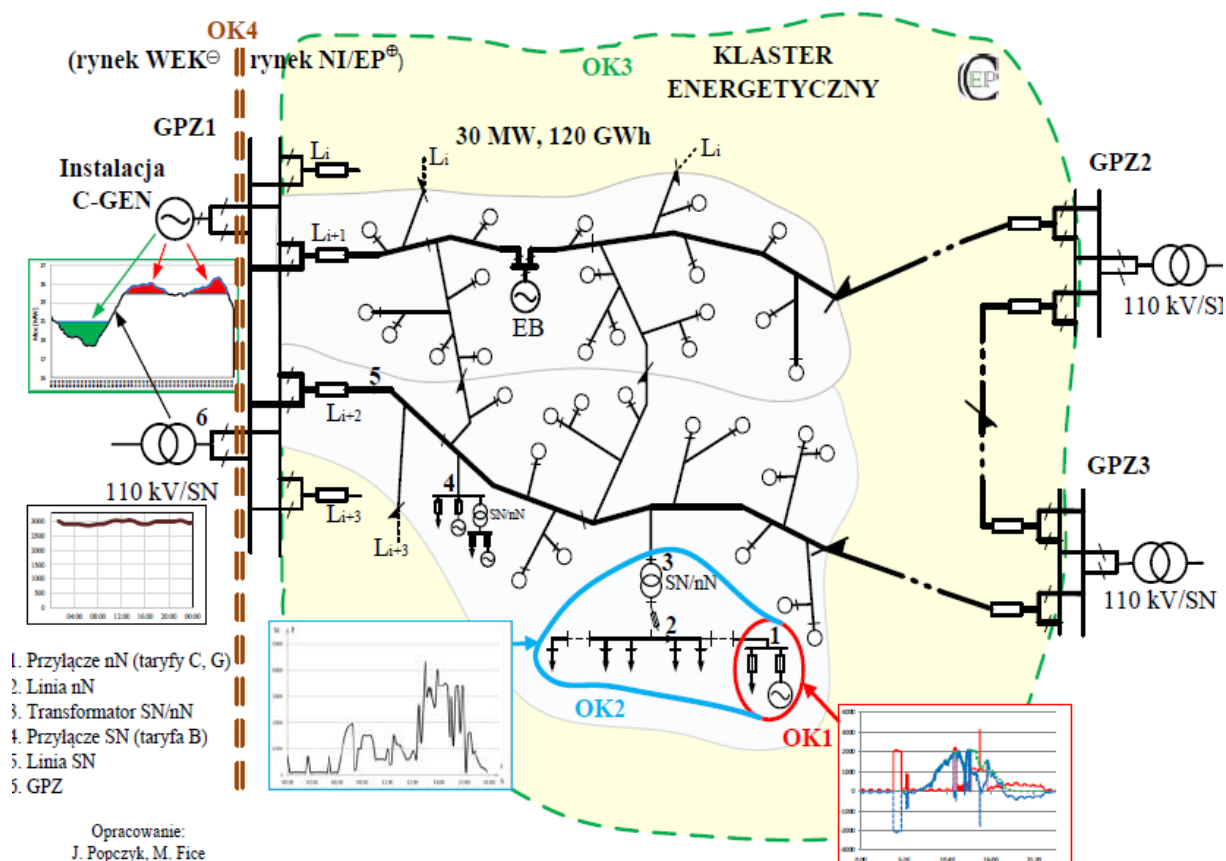
W dalszej części swojego wystąpienia profesor Popczyk zwrócił uwagę na szczególną rolę sieci SN/nN w tworzeniu „nowych” rynków energii elektrycznej. Analizując rynek końcowy energii elektrycznej możemy zauważyć, że udział procentowy odbiorców wiejskich, odbiorców w miastach i odbiorców przemysłowych wynosi odpowiednio 30%, 45% oraz 25%. Co niezwykle istotne, aż 75% energii elektrycznej jest pobierane z sieci SN/nN, ponieważ jedynie odbiorcy przemysłowi są zasilani bezpośrednio z sieci 110 kV. Tworzenie zasobów wytwórczych i regulacyjno-bilansujących będzie miało miejsce w obrębie sieci SN/nN, stanowiących infrastrukturę krytyczną w procesie przebudowy energetyki w ciągu najbliższych dziesięcioleci. Z tego punktu widzenia możemy powiedzieć – jak podkreślił profesor Popczyk, że sieci SN/nN to najcenniejsza część infrastruktury elektroenergetycznej w Polsce.

Kolejnym zagadnieniem były perspektywy pokrycia zapotrzebowania na energię elektryczną za pomocą źródeł OZE, na wsi, w miastach, i w przemyśle, w horyzoncie 2050. Jak podsumował profesor Popczyk – dociekania prowadzone w ramach Konwersatorium pozwalają nam stwierdzić, że obszary wiejskie mogą produkować tyle energii elektrycznej ile wynosi ich zapotrzebowanie, przy uwzględnieniu możliwości regulacyjno-bilansujących i źródeł odnawialnych z wymuszoną produkcją jak elektrownie słoneczne. Z kolei w miastach pokrycie zapotrzebowania na energię elektryczną wyłącznie ze źródeł OZE charakteryzujących się niską gęstością energii, nie będzie możliwe w horyzoncie 2050 bez źródeł gazowych i źródeł na paliwa transportowe. Istotne zmiany w polityce energetycznej miast będą związane z pasywizacją budownictwa i elektryfikacją ciepłownictwa oraz transportu, co wiąże się z zastąpieniem węgla kamiennego przez gaz ziemny i paliwa transportowe. Sektor wielkiego przemysłu, zasilany z sieci 110 kV, charakteryzuje się wysokim zapotrzebowaniem na moc na ograniczonej powierzchni, dlatego – podobnie jak w przypadku sektora miast, zapewnienie zasilania tego sektora wyłącznie ze źródeł OZE nie jest na razie możliwe bez wykorzystania źródeł gazowych i źródeł na paliwa transportowe.

Podsumowując swoje wystąpienie, profesor Popczyk stwierdził, że powstanie nowej energetyki w horyzoncie 2050 jest sprawą nagłą, i wiąże się z alokacją usług systemowych z poziomu obecnego monopolisty jakim są KSE, (czyli z poziomu operatora OSP) na rynki sieci SN/nN. Gra toczy się o rynek energetyczny, na którym działają niezależni inwestorzy NI i prosumenci, o rynek zbudowany na infrastrukturze sieci SN/nN. W 2050 roku na osłonie kontrolnej 3 (Ryc. 2), zanikną przepływy energii elektrycznej, a całe wytwarzanie będzie realizowane w obrębie sieci SN/nN za pomocą źródeł odnawialnych zarówno z wymuszoną produkcją, jak i regulowanych, ale też przy wykorzystaniu źródeł zasilanych gazem i paliwami transportowymi. W tym scenariuszu, w horyzoncie 2050, cena energii elektrycznej dla przysłowiowego Kowalskiego będzie wynosić około 600 zł/MWh, w kontraście do ceny w wysokości około 1000 zł/MWh, jaką trzeba będzie zapłacić za energię elektryczną w przypadku kontynuacji obecnej polityki energetycznej państwa, zakładającej utrzymanie dominującego udziału energetyki węglowej i wyraźnie zaznaczoną rolę energetyki jądrowej.

Dr inż. Krzysztof Bodzek (Politechnika Śląska) prezentował temat „Modele symulacyjne miksu energetycznego dla klastra KE – osłona kontrolna, poziom 3 (dobór źródeł z uwzględnieniem wymagań regulacyjno – bilansujących)”. Bilans na osłonie kontrolnej OK 3, pozwala na wykreślenie bardzo istotnej krzywej, a mianowicie uporządkowanego bilansu energii elektrycznej. Na podstawie tej krzywej – jak stwierdził dr Bodzek, można określić czy dany klastr jest w stanie pracować samodzielnie, czy też nie. Na ile trzeba mu pomóc kupując energię z KSE, ewentualnie wyposażyć go w źródła bilansująco-regulacyjne, co jest możliwe, jak wykazał prelegent w swojej wcześniejszej prezentacji. Dalsza analiza na osłonie klastra OK 3 była prowadzona przez dr Bodzka przy założeniu, że bilansowanie energii jest prowadzone wyłącznie wewnątrz klastra (Ryc. 3). Główne wnioski wynikające z przeprowadzonej analizy są następujące:

1. magazyny energii są niezbędne w klastrze energii ze względu na duży udział w koszyku instalacji wytwórczych, źródeł z produkcją wymuszoną jak ogniwa PV i elektrownie wiatrowe. Do podstawowych funkcji magazynów energii należy poprawa jakości energii elektrycznej, zapewnienie zasilania zapasowego oraz zarządzanie energią;
2. magazyny energii powinny być dobierane z uwzględnieniem warunków, w jakich odbywa się produkcja energii elektrycznej w klastrze, przy uwzględnieniu liczby i rodzaju funkcjonujących jednostek wytwórczych;
3. istotnym elementem systemu magazynów energii w ramach klastra są zasobniki



**Ryc. 3. Oslona kontrolna OK3 klastra energii KE**

należące do prosumentów;

4. zastosowanie wirtualnych magazynów energii jest możliwe pod warunkiem dobrania odpowiednich współczynników opomiarowania netto (*net-meteringu*).

W podsumowaniu prezentacji dr Bodzek przypomniał, że tworzenie klastra energii jest procesem długotrwałym, który będzie się odbywać w ciągu najbliższych dziesięcioleci.

Dr inż. Robert Wójcicki z Politechniki Śląskiej zaprezentował temat „Modele symulacyjne net-meteringu dla  $\mu\text{ZB}$  (mikroźródła biogazowego) - osłona kontrolna, poziom 2 (spółdzielnia energetyczna SE)”. Drugi poziom kontrolny, to przyłącze transformatora SN/nN, do którego podpiętych jest wielu odbiorców, w tym również prosumentów. W praktyce osłona kontrolna 2 może obejmować kilkanaście gospodarstw rolnych, o łącznym zapotrzebowaniu na energię elektryczną w skali roku na poziomie od 60 do 100 MWh. W obrębie osłony kontrolnej 2 będą powstawać w przyszłości małe spółdzielnie energetyczne SE, oparte o zasoby odnawialne, np. mikro-biogazownię kontenerową o mocy rzędu 10 kW, odgrywającą rolę bilansującego źródła energii odnawialnej. Oprócz tego rosnąca proporcja domów w SE będzie wyposażona w źródła PV. W skład systemu energetycznego objętego osłoną OK 2 wchodzić będą także linie nN wyprowadzone z transformatora SN/nN, do której podpięci są poszczególni odbiorcy. Część odbiorców będzie należeć do SE, a część nie, natomiast wszyscy będą podłączeni do tej samej linii nN. Dr Wójcicki przeprowadził symulacje opomiarowania netto (*net-meteringu*) na osłonie kontrolnej OK 2, spółdzielni energetycznej SE, w zależności od przyjętego okresu opomiarowania, liczby instalacji PV w gospodarstwach rolnych, oraz liczby gospodarstw rolnych wchodzących w skład spółdzielni energetycznej. Ponadto oszacowano stopień wykorzystania biogazowni w roku przy wybranych parametrach opisujących spółdzielnię energetyczną. Wyniki badań symulacyjnych przeprowadzonych przez dr Wójcickiego można podsumować następująco:

1. mikro-biogazownia klasy 10 kW stanowi dobre źródło regulacyjne dla małej spółdzielni energetycznej SE, istotna jest możliwość dopasowania produkcji energii elektrycznej do potrzeb poboru. Wykorzystanie mikro-biogazowni jest intensywniejsze w okresie zimowym;
2. wzrost proporcji gospodarstw posiadających instalację PV, pozwala na zmniejszenie kosztów zakupu energii elektrycznej z sieci, niezbędnych w sytuacji, gdy zapotrzebowanie przekracza możliwości biogazowni;
3. wydłużenie okresu opomiarowania netto (*net-meteringu*), skutkuje zwiększeniem proporcja energii pochodzącej ze źródeł OZE, która jest wykorzystywana na potrzeby własne, i zmniejszeniem proporcji energii kupowanej z sieci. Co istotne, nawet przy krótkim okresie opomiarowania netto wynoszącym np. 1 godzinę, proporcja energii kupowanej z sieci (klastra) nie przekracza kilkunastu procent;
4. im większa jest liczba członków spółdzielni energetycznej (gospodarstw), tym większa jest proporcja energii pochodzącej z OZE, która jest wykorzystywana na potrzeby własne; spółdzielnia energetyczna lepiej wykorzystuje energię elektryczną na potrzeby własne niż pojedynczy prosument;
5. spadek wartości współczynnika opomiarowania netto poniżej wartości 1, skutkuje zwiększeniem proporcji energii kupowanej z sieci zewnętrznej.

Profesor Jan Popczyk podsumowując wystąpienie dr Wójcickiego dodał, że jest to pierwsza analiza dotycząca źródła regulacyjno-bilansującego jakim jest biogazownia klasy 10 kW, które wzbudza zainteresowanie przedsiębiorców, i powoli staje się produktem rynkowym oferowanym przez np. firmę eGmina, Infrastruktura, Energetyka prezesa Jurkiewicza. Profesor Popczyk wyraził przekonanie, że w Ministerstwie Energii śledzi się wyniki przedstawiane w ramach spotkań konwersatoryjnych, opisane także w bibliotece BŻEP. Mowa tutaj na przykład o opomiarowaniu-netto (*net-meteringu*), funkcjonującym dopiero od paru miesięcy, bo od 1 lipca 2016 r. gdy został wprowadzony do Ustawy OZE. Obecnie opomiarowanie netto dotyczy osłony prosumenckiej, czyli osłony kontrolnej OK 1, tymczasem w ramach Konwersatorium rozszerza się ten mechanizm, definiujemy osłonę OK 2 na SE, a także osłonę OK 3, czyli osłonę klastra energii, nie wspominając już o osłonie OK 4 dzielącej rynek WEK od rynku na infrastrukturze SN/nN, ze źródłami jakie tutaj rozważamy. Kończąc, profesor Popczyk zauważył, że w Ministerstwie Rolnictwa dostrzega się zrozumienie dla przedstawianych powyżej zagadnień.

Ernest Cichoń – ZAMEL Sp. z o.o. z Pszczyny, przedstawił temat „Inteligentna infrastruktura budynkowa”. Firma ZAMEL istnieje na rynku już od 27 lat, natomiast systemy określane mianem inteligentnej infrastruktury budynkowej rozpowszechniły się kilkanaście lat temu. Obecnie na rynku systemy stanowią ofertę skierowaną do osób zamożnych, natomiast w firmie ZAMEL postanowiono stworzyć prosty i tani system zarządzania budynkiem w celu optymalizacji zużycia mediów w gospodarstwie domowym. Stworzono własny protokół łączności radiowej, który odniósł sukces na rynku krajowym. Protokół ten zapewnia dwukierunkowość przesyłu informacji (z jednostki sterującej do urządzeń sterowanych i odwrotnie), jej kodowanie, znaczny zasięg i niewielki pobór mocy skutkujący wydłużeniem czasu działania bez zmiany baterii. System, którego centralnym punktem jest kontroler, umożliwia sterowanie oświetleniem, roletami, alarmami, funkcjami logicznymi, bramami oraz ogrzewaniem. W nawiązaniu do chmury urządzeń połączonych w całość za pomocą Internetu Rzeczy, system stanowi rodzaj prywatnej chmury zarządzanej przez kontroler. Integralną częścią systemu jest aplikacja mobilna działająca w urządzeniach wykorzystujących systemy operacyjne Windows, Android, a także systemy łączności bezprzewodowej takie jak bluetooth, wi-fi i inne. Jak poinformował Prelegent, plany firmy ZAMEL obejmują stworzenie systemu do bieżącego monitoringu mediów w gospodarstwie

domowym, przy wykorzystaniu liczników o rozdzielczości pomiarowej rzędu 15-30 minut, dzięki którym możliwe będzie stworzenie profilu użytkownika odnoszącego się do charakterystyki zużycia mediów. Profile wielu użytkowników tworzących sieć mogą stanowić informację przydatną do osiągnięcia zbilansowania sieci.

Dr inż. Marcin Fice z Wydziału Elektrycznego Politechniki Śląskiej przedstawił referat pt. „Modelowanie inteligentnej infrastruktury budynkowej do zarządzania energią elektryczną w PME – osłona kontrolna 1”. W swoim referacie dr Fice zajął się osłoną kontrolną OK 1 oddzielającą instalację elektroenergetyczną prosumenta od całego systemu elektroenergetycznego (Ryc. 3). Zarządzanie energią elektryczną w PME w najogólniejszym ujęciu sprowadza się do optymalizacji profilu mocy gospodarstwa domowego w celu minimalizacji kosztów energii elektrycznej, przy wykorzystaniu inteligentnej infrastruktury i dzięki dwukierunkowej wymianie informacji z innymi użytkownikami systemu elektroenergetycznego. Wielkościami bezpośrednio sterowanymi przez prosumenta są ilość energii wysyłanej do KSE i ilość energii pobieranej z KSE, a podstawowym czynnikiem sterującym jest czterowymiarowy współczynnik opomiarowania netto czyli *net-meteringu*, czynnikiem takim może też być także żądanie zwiększenia lub zmniejszenia zapotrzebowania na moc przez prosumenta, pochodzące np. od operatora systemu elektroenergetycznego klastra energii.

W skład inteligentnej infrastruktury wchodzi zarówno elementy sprzętowe (*hardware*), jak i oprogramowanie (*software*), a do jej podstawowych funkcji należy zapewnienie dwukierunkowej komunikacji z OSD/OHT w celu integracji z lokalnym i krajowym systemem energetycznym, reakcja na współczynnik opomiarowania netto (*net-meteringu*) na osłonie kontrolnej OK 1, zwiększenie efektywności wykorzystania energii z OZE oraz szybka reakcja na awarie systemu elektroenergetycznego.

Podsumowując swoje wystąpienie dr Fice zauważył, że na podstawie licznych symulacji można stwierdzić, że najkorzystniejsze dla właściciela instalacji prosumenckiej, jest wykorzystanie energii na potrzeby własne. Magazynowanie energii wiąże się zawsze ze stratami, przy czym te straty mogą być niższe niż straty wynikające z odłączania odbiorników, dlatego algorytmy sterowania PME są niezwykle rozbudowane.

Profesor Jan Popczyk w kilku słowach podsumował wszystkie wystąpienia i zaprosił do dyskusji.

Pierwszy zabrał głos Wójt Gminy Gierałtowice, który przypomniał, że mija 10 lat od rozpoczęcia działań Gminy ukierunkowanych na rozbudowę energetyki gminnej. W celu zapewnienia awaryjnego zasilania w sytuacjach kryzysowych (Gmina jest narażona na powódzie, a część jej obszaru znajduje się w depresji rzeki Kłodnicy), Rada Gminy Gierałtowice podjęła w 2005 roku decyzję o budowie tzw. mini centrów energetycznych, zasilanych między innymi ze źródeł OZE. Początkowo uważano, że budowa takich mini centrów energetycznych rozwiąże wszelkie potrzeby energetyczne gminy, okazało się jednak, że użyte źródła OZE (początkowo rzędu 30 kW, obecnie 400 kW, a nawet 1 MW) nie wystarczą do pokrycia zapotrzebowania całej gminy na energię elektryczną. Przykładem instalacji odnawialnej w Gminie jest źródło hybrydowe w Ośrodku Zdrowia, składające się z instalacji PV, pomp ciepła i ogrzewania podłogowego, które wytwarza ciepło w okresie grzewczym, będąc jednocześnie źródłem chłodu w okresie letnim. Gmina Gierałtowice podjęła współpracę z firmą Tauron w celu podziału sieci, za pomocą reklozerów. Ponadto Gmina pokłada nadzieje we współpracy z Wydziałem Elektrycznym Politechniki Śląskiej. Do roku 2020 Gmina będzie w stanie spełnić wymagania pakietu klimatycznego, a mianowicie ograniczyć emisję CO<sub>2</sub> o 20%, oraz zwiększyć proporcję energii elektrycznej produkowanej z OZE do 20%.



Profesor Jan Popczyk po tym wystąpieniu stwierdził, że nadszedł czas, gdy rozwój energetyki będzie odbywać się zgodnie z modelem endogenicznym w opozycji od modelu egzogenicznego charakteryzującego energetykę WEK. Mówca wyraził powyższą myśl następującymi słowami „W modelu egzogenicznym jest tyle gospodarki ile energetyki, a w modelu endogenicznym jest tyle energetyki ile pomysłów na gospodarkę”. W odniesieniu do konkretnego obiektu, jak dla przykładu wspomniany przez wójta Bargiela Ośrodek Zdrowia w Gminie Gierałtowie, z zasady tej wynika konieczność doboru jednostki wytwórczej mogącej zaspokoić istniejące zapotrzebowane na energię elektryczną. W nadchodzących latach istotne będą inwestycje w energetykę lokalną prowadzone na podstawie profili w węzłach sieciowych, mowa w tym miejscu o osłonach OK 1, OK 2, OK 3, oraz OK 4. Informacje o tych profilach mogą zostać upublicznione przez URE. Takie inwestycje będą możliwe dzięki współpracy pomiędzy samorządem, niezależnymi inwestorami NI a operatorami sieci. Przykład wójta Bargiela z Gminy dowodzi możliwości prowadzenia samodzielnej polityki energetycznej przez gminy przy stosunkowo niewielkim wsparciu ze strony wyższych uczelni.

Odnosząc się do wypowiedzi wójta Bargiela, profesor Bartoszek z Uniwersytetu Śląskiego i mieszkaniec Gminy Gierałtowie, poinformował, że absolwent studium podyplomowego „Społeczeństwo prosumencie - prosumencka energetyka” zapisał się na studia doktoranckie, i pod kierunkiem profesora Bartoszka będzie pracować nad projektem badawczym o roboczym tytule: „Świadomość i odpowiedzialność ekologiczna mieszkańców Gminy prosumenckiej na przykładzie Gminy Gierałtowie”. Będą to socjologiczne badania społeczności Gminy, w której istnieje znaczna ilość indywidualnych instalacji PV, ponadto w Gminie powstaje dużo nowych domów. W ramach projektu badawczego zostanie podjęta próba odpowiedzi na pytanie czy polityka władz gminy odzwierciedla doświadczenie zbiorowe jej mieszkańców, a równocześnie jak doświadczenia indywidualne prosumentów i spontanicznych inwestorów instalacji OZE, promują energetykę EP w przestrzeni sąsiedzkiej i lokalnej.

## Konwersatorium 28 listopada 2016

Temat przewodni

### **Interfejs sieciowy PME – praktyczne aspekty zarządzania energią w prosumenckiej mikronfrastrukturze energetycznej**

#### **Prawdopodobny scenariusz transformacji Polskiej Energetyki w naprawie 2050 zwanym rynkiem energii elektrycznej w centrum**

prof. J. Popczyk

#### **Modele symulacyjne bilansów energetycznych (ze szczególnym uwzględnieniem właściwości cieplnych) inteligentnego domu zeroenergetycznego**

dr inż. Jacek Biskupski – właściciel firmy Unihome oraz Inteligentnego Domu „Galia”

#### **Sterownik nadrzędny interfejsu sieciowego PME (prosumencka mikroinfrastruktura energetyczna)**

dr inż. Marcin Fice Wydział Elektryczny Politechnika Śląska

#### **SCADA PME**

Michał Krzempek, dr inż. Dawid Buła, Politechnika Śląska

#### **Wyniki badań funkcjonalnych interfejsu sieciowego PME** dr inż. Jarosław Michalak, Politechnika Śląska

#### **Komunikat do Konwersatorium z dnia 25 października 2016 r.**

W czasie od październikowego konwersatorium w BŻEP ukazały się dwa raporty. W pierwszym z nich [[J. Popczyk: Koncepcja \(polskiego\) rynku transformacyjnego energii elektrycznej](#)] został przedstawiony prognozowany scenariusz zmian na rynku energii elektrycznej z uwzględnieniem horyzontów rynkowych: bieżącego, inwestycyjnego i transformacyjnego. Proponowana koncepcja uwzględnia również prognozy zapotrzebowania w horyzoncie do roku 2050, zmiany w strukturze rynku (rynki regulacyjno-bilansujące NI/EP<sup>⊕</sup> na infrastrukturze sieciowej SN/nN vs rynek WEK<sup>⊖</sup> na infrastrukturze sieciowej NN/110 kV) i zmiany w zakresie operatorstwa. Podkreślony został istotny aspekt mechanizmów *netmeteringu* i *self-dispatchingu* w koncepcjach transformacji rynku WEK w rynki NI/EP<sup>⊕</sup> oraz aukcji na źródła OZE jako mechanizmu na rynku inwestycyjnym. Raport uwzględnia również zagadnienia związane z regulacjami prawnymi (potrzeba koordynacji zapisów w ustawach dotyczących transformacji rynku energii) i polityką (w rozumieniu przyjęcia doktryny energetycznej, w połączeniu z utworzeniem Rada Bezpieczeństwa Energetycznego).

W drugim raporcie [[J. Popczyk: Program rewitalizacji bloków 200 MW na rynku energii elektrycznej \(w procesie transformacji polskiej energetyki\)](#)] przedstawione zostało znaczenie samego programu i potencjał bilansowy rewitalizacji bloków 200 MW wraz z mechanizmem aukcyjnym na ich rewitalizację. W raporcie została również przedstawiona propozycja pięciu programów inwestycyjnych w źródła OZE, kluczowych dla przebudowy rynku WEK<sup>⊖</sup> w rynki NI/EP<sup>⊕</sup> (inwestycje w źródła fotowoltaiczne PV, mikrobiogazownie μEB, elektronie biogazowe EB, elektrownie wiatrowe EW oraz realizacja programu integracji gospodarki odpadami z rynkami energii elektrycznej NI/EP<sup>⊕</sup>).

W ramach październikowego konwersatorium przedstawione zostały bieżące wyniki prac związanych z prowadzonymi badaniami rozwoju rynków NI/EP<sup>®</sup> uwzględniających zdefiniowane już wcześniej trzy osłony kontrolne:

OK1 - osłona przecinająca przyłączy nN odbiorcy/prosumenta;

OK2 - osłona przecinająca pole/pola transformatorowe nN w indywidualnej stacji SN/nN (może to być w szczególności osłona spółdzielni SE działającej na infrastrukturze sieciowej nN, zasilanej przez mikro-źródło biogazowe  $\mu$ EB);

OK3 – osłona przecinająca pole/pola transformatorowe SN w GPZ-tach zasilających klastry KE działający na infrastrukturze sieciowej SN/nN.

Zakłada się, że osłony kontrolne to, w kontekście technicznym, granice bilansowania energii elektrycznej produkowanej z lokalnych źródeł i pobieranej przez lokalnych odbiorców (dla osłony OK1 bilansowanie to odbywa się na poziomie pojedynczego odbiorcy-prosumenta), natomiast w szerszym kontekście granice osłon kontrolnych wyznaczają obszary, dla których buduje się bezpieczeństwo energetyczne (docelowo niezależność energetyczną) przy jednoczesnym tworzeniu warunków dla działań inwestorów na rynkach NI/EP<sup>®</sup> w ramach przejrzystej konkurencji. Osłony OK1 i OK2 są to rzeczywiste węzły sieciowe, w których można zainstalować rzeczywiste „liczniki”. Natomiast osłona OK3 jest osłoną wirtualną, w obszarze której budowana będzie samowystarczalność energetyczna klastra KE dla osłon OK1 i OK2. Od strony sieciowej konieczne jest zapewnienie dostawy energii, od strony odbiorców konieczna jest „współpraca” uwzględniająca bilans mocy w poszczególnych osłonach. Od strony odbiorców należy wziąć pod uwagę ich wymagania energetyczne. Sterowanie popytem u odbiorców można bezpiecznie zrealizować sterując ceną energii oraz współczynnikiem *net-meteringu* (WNM). Natomiast mechanizm *self-dispatchingu* spowoduje dopasowanie się odbiorcy końcowego do chwilowego bilansu mocy na osłonie OK3.

Istotną rolę w budowaniu bezpieczeństwa energetycznego klastra KE odegrają zasobniki energii elektrycznej (w znacznej mierze akumulatory w samochodach elektrycznych). Mechanizmy *netmeteringu* i *self-dispatchingu* wraz z prognozowanym wzrostem cen energii elektrycznej dla końcowego odbiorcy będą w naturalny sposób powodowały wzrost inwestycji związanych z zabudową i wykorzystywaniem zasobników akumulatorowych. Efektywne ich wykorzystywanie u odbiorców-prosumentów wymaga zastosowania nowych rozwiązań instalacyjnych, wykorzystujących nowoczesne technologie informatyczne i komunikacyjne, w tym Internet rzeczy (IoT). W tym sensie rozwojowi rozwiązań instalacyjnych dla tzw. budynków inteligentnych, oferowanych już jako produkty również przez polskie firmy, towarzyszyć będzie konstruowanie nowej kategorii urządzeń związanych właśnie z efektywnym (czyli przede wszystkim na własne potrzeby) wykorzystywaniem dostępnych zasobów energetycznych odbiorcy-prosumenta. Podkreśla się tutaj istotnie konieczność otwartości oferowanych rozwiązań produktowych w zakresie protokołów komunikacyjnych, co umożliwił będzie docelowo integrację urządzeń oferowanych przez różnych producentów i nie będzie ograniczać możliwości szybkiego wprowadzania nowych produktów.

Podpisali: profesor **Jan Popczyk** (Prezes Stowarzyszenia Klastry 3x20, Politechnika Śląska – Centrum Energetyki Prosumenckiej), dr inż. **Krzysztof Bodzek** (obszar działania: praktyczne wykorzystanie informatyki w elektrotechnice, Politechnika Śląska - Wydział Elektryczny), dr hab. inż. **Krzysztof Dębowski** (obszar działania: elektrotechnika, Politechnika Śląska - Wydział Elektryczny), dr inż. **Marcin Fice** (obszar działania: elektrotechnika, Politechnika Śląska - Wydział Elektryczny).

## Omówienia wystąpień;

Profesor Jan Popczyk na wstępie przywitał studentów I roku kierunku Energetyka oraz dr inż. Jacka Biskupskiego z Krakowa. Swoje wystąpienie poświęcił prawdopodobnemu scenariuszowi transformacji Polskiej Energetyki (z nowym rynkiem energii w centrum) w horyzoncie 2050. Profesor Popczyk skomentował najważniejsze zagadnienia związane z poszczególnymi osłonami kontrolnymi w kontekście transformacji rynku energii elektrycznej (Ryc. 1). Na trans granicznej osłonie OK5 do zagadnień tych należy obecność przesuwnika fazowego na połączeniu Polska – Niemcy (drugą częścią tego układu jest przesuwnik fazowy na połączeniu Dolna Odra – Turów), a także istnienie połączeń energetycznych ze Szwecją i z Litwą. Z kolei znaczenie osłony OK4 polega na oddzielaniu rynku WEK od rynków opartych o infrastrukturę SN/nN. Niezwykle istotną rolę, obok klastrowej osłony OK3, oraz osłony spółdzielni energetycznej OK2, odgrywa prosumencka osłona OK1. Badania prosumenckiej osłony OK1 wskazują na możliwość znacznego obniżenia szczytowego zapotrzebowania na moc za pomocą mechanizmu CCR, i takich urządzeń jak strażnik mocy i router OZE, co przełoży się min. na zwiększenie czasu wykorzystania mocy szczytowej.

Dyskusja w ramach Konwersatorium będzie się także koncentrować wokół perspektyw zwiększenia wykorzystania proporcji energii elektrycznej produkowanej w przydomowym źródle PV na potrzeby własne do około 50%, za pomocą mechanizmu DSM/DSR, bez stosowania opomiarowania netto (*net-meteringu*), przy czym proporcja ta może ulec zwiększeniu do 80% przy wykorzystaniu małego akumulatora elektrycznego. Zwiększenie proporcji energii wykorzystywanej przez prosumenta na potrzeby własne ma kluczowe znaczenia z punktu widzenia procesów zachodzących na kolejnych osłonach kontrolnych poczynając od OK 1, a kończąc na OK 5. Za modelowanie procesów zachodzących na osłonie OK 3 – a w przyszłości także OK4, odpowiedzialny jest dr Bodzek. Badania osłony OK 5 będą prowadzone w mniejszym zakresie.

Dalszą część wystąpienia profesor Popczyk poświęcił zagadnieniom aukcji na wytwarzanie energii w kontekście nowelizacji ustawy o OZE zapowiadanej przez Ministerstwo Energii. Autorska propozycja sekwencji aukcji w roku 2017 profesora Popczyka zawiera zarówno aukcje na energię elektryczną ze źródeł OZE, jak i rewitalizowanych bloków o mocy 200 MW (Ryc. 4). Propozycja obejmuje aukcje wiosenno-letnie i jesienno-zimowe. Proponowane aukcje mogą przyczynić się do ochrony bezpieczeństwa energetycznego, a samo przeprowadzenie aukcji jest przedsięwzięciem jak najbardziej realnym. Rok 2017 będzie rokiem rozruchowym dla systemu aukcyjnego, który powinno się kontynuować do roku 2025. W dalszej części wystąpienia profesor Popczyk scharakteryzował potencjalne problemy towarzyszące poszczególnym aukcjom wymienionym w Ryc. 4.

W uzupełnieniu powyższych profesor Popczyk przedstawił pożądaną scenariusz polskiej polityki klimatyczno-energetycznej – przy założeniu elektryfikacji ciepłownictwa oraz sektora paliw i transportu, koncentrując się na bilansie emisji CO<sub>2</sub> sporządzonym łącznie dla sektorów ETS i non-ETS, w rozbiciu na poszczególne paliwa kopalne i sektory (rynki) energii (Ryc. 5). Rok 1990 stanowi bazę do rozważań o redukcji emisji CO<sub>2</sub>, która wyniosła wtedy 340 mln ton. Emisja CO<sub>2</sub> została zmniejszona w 2015 roku do 260 mln ton. Chcąc pozostawać w zgodzie z unijną polityką klimatyczno-energetyczną powinniśmy w dalszym ciągu zredukować emisję CO<sub>2</sub> do poziomu 17-68 mln ton w roku 2050, co jest celem realnym, przy wykorzystaniu źródeł OZE oraz technologii przełomowych. Powyższe uwarunkowania powinny zwiększyć poziom akceptacji w Polsce dla europejskich celów klimatycznych, i przyczynić się do przyspieszenia realizacji przebudowy energetyki krajowej. Profesor Popczyk przypomniał, że zadaniem środowiska skupionego wokół Konwersatorium jest obniżenie poziom lęku w stosunku do celów Unijnych oraz zbudowanie przekonania, że realizacja tych celów jest zgodna z interesem polskiej gospodarki.

| Rok  | aukcja<br>(net metering) | zasób   | Moc                  |
|------|--------------------------|---|----------------------|
| 2017 | wiosenna/letnia          | <b>budynkowe źródła PV</b><br>10-40 kW, z routerem OZE, prosumenci (OK1)  | 500 MW               |
|      |                          | <b>mikro-elektrownie <math>\mu</math>EB (użytkowo-rolnicze)</b><br>10-40 kW, regulacyjno-bilansujące, spółdzielnie SE (OK2) | 100 MW               |
|      |                          | <b>hydroelektrownie</b><br>< 1 MW, regulacyjno-bilansujące, klastry KE (OK3)  | 50 MW                |
|      |                          | <b>DSM/DSR</b><br>wielki przemysł (OK4)   | 1000 MW              |
|      | jesienna/zimowa          | <b>elektrownie w obszarze gospodarki odpadami</b><br>0,1-0,5 MW, regulacyjno-bilansujące, klastry (OK3)                     | 50 MW                |
|      |                          | <b>elektrownie EB (użytkowo-rolnicze)</b><br>0,5-1 MW, regulacyjno-bilansujące, klastry KE (OK3)                            | 100 MW               |
|      |                          | <b>elektrownie EW</b><br>2-3 MW, z regulacją pierwotną, klastry KE (OK3)  | 200 MW               |
|      |                          | <b>bloki 200 MW</b><br>rewitalizacja do pracy podstawowej (OK4)   | 1000 MW <sub>5</sub> |

**Ryc. 4. Sekwencja aukcji na energię elektryczną w roku 2017 – autorska propozycja profesora Popczyka**

Dr inż. Jacek Biskupski, właściciel firmy Unihome oraz Inteligentnego Domu „Galia”, zaprezentował temat „Modele symulacyjne bilansów energetycznych (ze szczególnym uwzględnieniem właściwości cieplnych) inteligentnego domu zeroenergetycznego”. Dr Biskupski zdefiniował budynek zero energetyczny netto to taki budynek, który w okresie rozliczeniowym (rok) w swojej granicy bilansowej pobiera z infrastruktury zewnętrznej tyle samo energii, ile sam wyprodukuje. Z kolei stosowane coraz częściej pojęcie budynku inteligentnego oznacza budynek wyposażony w infrastrukturę techniczną umożliwiającą

przede wszystkim zarządzanie energią. Budynki zero energetyczne, a także wszelkie inne budynki o niskim zapotrzebowaniu na energię w ciągu roku, wymagają własnej generacji energii elektrycznej; w tym kontekście ciągle zastrzanie przez Unię Europejską norm zapotrzebowania budynków na nieodnawialną energię pierwotną do poziomu 70 kWh/m<sup>2</sup> w 2021 roku dla budynków jednorodzinnych, zmusi architektów do uwzględniania źródeł wytwórczych energii w projekcie budynku. Istotną właściwością takich budynków jest także zdolność do gromadzenia energii elektrycznej (także przy pomocy samochodu elektrycznego jako zasobnika), której dostępność w ciągu roku wykazuje znaczne wahania, ponadto ważna jest także możliwość przesuwania dobowego zapotrzebowania na energię.

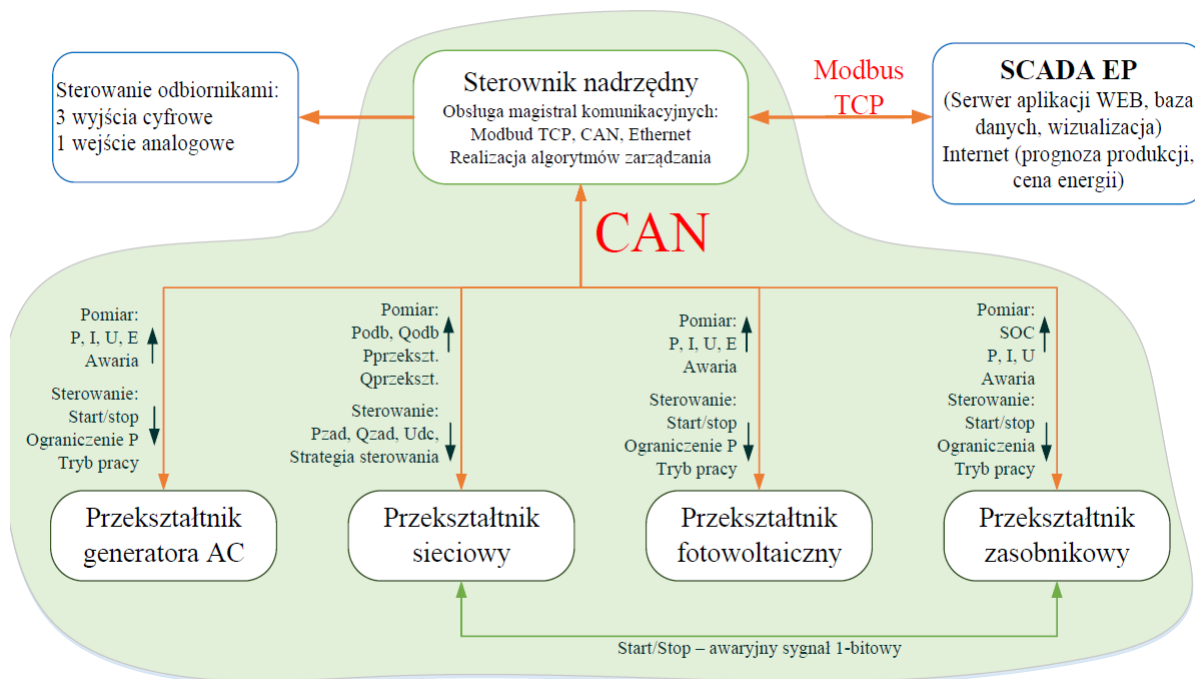
Do podstawowych założeń przyjmowanych podczas projektowania budynków oszczędnych energetycznie czy zero energetycznych, należy uwzględnienie w projekcie łącznie systemów odpowiedzialnych za ogrzewanie, otrzymywanie c.w.u. oraz wentylację. W tym kontekście dr Biskupski skłania się do projektowania budynków mono energetycznych i z mono walentnym systemem grzewczym. Budynek mono energetyczny posiada jedno główne źródło zasilania, którym najczęściej jest energia elektryczna, natomiast monowalentny system grzewczy wykorzystuje jedynie jedno urządzenie do ogrzewania. Po drugie istnieje szereg możliwości pozyskiwania energii elektrycznej wewnątrz budynku; najtańsze i najprostsze do instalacji jest źródło fotowoltaiczne, następną w kolejności jest mała

| Rynek  | Baza<br>CO <sub>2</sub> – 1990<br>mln ton |            |            | Cel<br>CO <sub>2</sub> – 2050<br>mln ton |
|--|---|------------|------------|--|
|  |   | 2015       | 2030       |  |
| <b>Perspektywa paliw kopalnych</b>             |   |            |            |  |
| <b>Węgiel kamienny</b>                         | <b>240</b>                                | <b>120</b> | <b>75</b>  | <b>0-28</b>                              |
| <b>Węgiel brunatny</b>                         | <b>70</b>                                 | <b>60</b>  | <b>30</b>  | <b>0</b>                                 |
| <b>Gaz ziemny</b>                              | <b>10</b>                                 | <b>20</b>  | <b>15</b>  | <b>5-20</b>                              |
| <b>Ropa naftowa</b>                            | <b>20</b>                                 | <b>40</b>  | <b>35</b>  | <b>12-20</b>                             |
| <b>Razem</b>                                   | <b>340</b>                                | <b>260</b> | <b>155</b> | <b>17-68</b>                             |
| <b>Perspektywa rynków usług energetycznych</b> |   |            |            |  |
| <b>Energia elektryczna</b>                     | <b>180</b>                                | <b>120</b> | <b>85</b>  | <b>12-58</b>                             |
| <b>Ciepło</b>                                  | <b>140</b>                                | <b>100</b> | <b>40</b>  | <b>0</b>                                 |
| <b>Transport</b>                               | <b>20</b>                                 | <b>40</b>  | <b>30</b>  | <b>5-10</b>                              |
| <b>Razem</b>                                   | <b>340</b>                                | <b>260</b> | <b>155</b> | <b>17-68</b>                             |

**Ryc. 5. Prawdopodobny scenariusz polskiej polityki klimatyczno-energetycznej; bilanse CO<sub>2</sub>**

elektrownia wiatrowa, która podlega pewnym ograniczeniom, kolejnym źródłem energii elektrycznej (niestety kosztownym) jest biogazownia. Wykorzystywany przez firmę Unihome system zunifikowanego dostarczenia energii do budynku mieszkalnego składa się z optymalnej konfiguracji z pomp ciepła w liczbie od 1 do 3 (wyjątkowo do 4), wentylacji nawiewnej, oraz wentylacji wywiewnej z rekuperacją umożliwiającą ograniczanie zapotrzebowania na ciepła dla zaspokojenia potrzeb wentylacyjnych, z gruntowym wymiennikiem ciepła. W systemie przygotowania ciepłej wody użytkowej, nie grzeje się wody w dużej objętości, bo to powoduje straty, a przygotowuje się ją wtedy, kiedy jest potrzebna i najczęściej bez cyrkulacji. Zarządzanie energią w budynku nie jest możliwe bez systemu zarządczego BMS realizującego strategię gospodarowania energią wybrane przez właściciela czy zarządcę. W ogólności sposób zarządzania energią w budynku stanowi wypadkową interakcji między mieszkańcami a istniejąca infrastrukturą techniczną. Ważnym elementem jest także współpraca z dystrybutorem OSD, która w Polsce niestety niejednokrotnie nie układa się najlepiej. Generalnie podstawowe założenie dotyczące zarządzania energią jest takie, że pozyskawszy energii elektryczną z instalacji PV wykorzystuje się ją na potrzeby własne budynku, natomiast ewentualny nadmiar energii jest składowany w akumulatorze lub u operatora sieci dystrybucyjnej. System BMS unika składowania ciepła, co najwyżej przechowuje energię elektryczną, która jest następnie zamieniana na ciepło. Problemem, z którym niejednokrotnie spotykamy się w Polsce, są przerwy w dostawie energii elektrycznej, które mogą trwać nawet 100 godzin w roku, a to jest bardzo dużo. Na nas – jak poinformował dr Biskupski, spada zadanie takiego zaprojektowania systemu energetycznego budynku, by możliwe było podtrzymanie zasilania głównych urządzeń budynku także bez dopływu energii elektrycznej z zewnątrz. Wobec trudności we współpracy z operatorem OSD ludzie próbują rozwiązań alternatywnych; stosują systemy hybrydowe z akumulatorem lub oddają nielegalnie energię elektryczną do sieci.

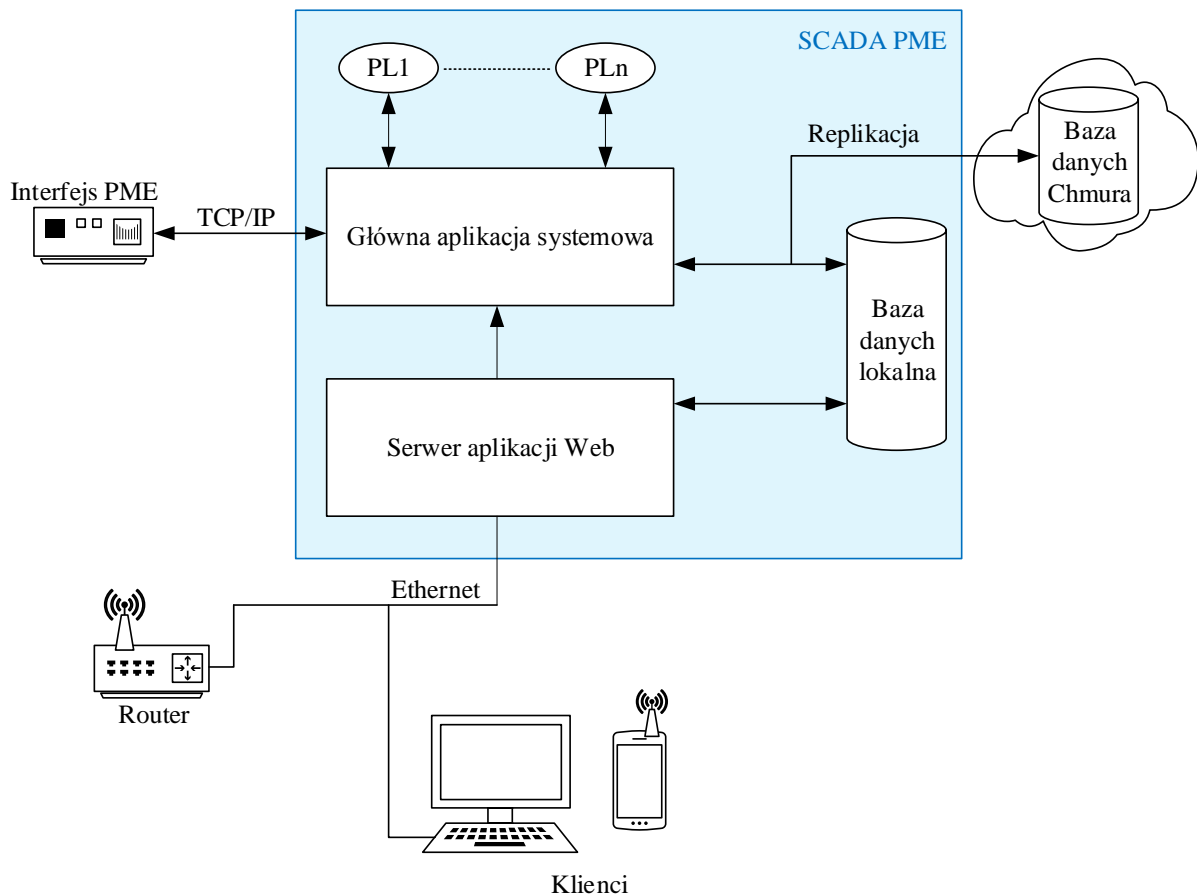
Profesor Jan Popczyk podsumowując pierwszą prezentację dr Biskupskiego zauważył, że źródłem ciepła w budynkach być energia elektryczna. Tak się dzieje zarówno wtedy gdy dom jest ogrzewany za pomocą pompy ciepła, jak i w sytuacji gdy instalacja grzewcza



**Ryc. 6. Struktura komunikacji interfejsu sieciowego PME**

wykorzystuje ogrzewanie rezystancyjne. W tym sensie doświadczenia dr Biskupskiego stanowią ilustrację procesu elektryfikacji ciepłownictwa, którego znaczenie często podkreśla się podczas spotkań w ramach Konwersatorium. W prezentacji była mowa o trzech rodzajach ciepła niezbędnych do funkcjonowania budynku: chodzi mianowicie o ciepło do ogrzewania, ciepło do otrzymywania c.w.u. oraz ciepło odzyskiwane z wentylacji. Kończąc profesor Popczyk wyraził przekonanie, że tematyka zainteresowań badawczych dr Biskupskiego wzbogaca środowisko skupione wokół Konwersatorium.

Dr inż. Marcin Fice przedstawił temat „Sterownik nadrzędny interfejsu sieciowego PME (prosumencka infrastruktura energetyczna)”. Prelegent przedstawił strukturę interfejsu sieciowego, na który składają się sterownik nadrzędny oraz przekształtniki, komunikujące się za sobą za pomocą magistrali CAN. (Ryc. 6). Sterownik nadrzędny zapewnia komunikację między przekształtnikami, umożliwiając nieprzerwany dostęp do energii elektrycznej przy wykorzystaniu określonej strategii zarządzania energią elektryczną. Spośród przekształtników, najważniejszy jest przekształtnik sieciowy łączący interfejs sieciowy z instalacją zewnętrzną prądu przemiennego. Kolejne przekształtniki to przekształtnik fotowoltaiczny prądu stałego na prąd stały DC/DC, przekształtnik zasobnikowy kontrolujący stan naładowania akumulatora, oraz przekształtnik generatora prądu przemiennego wiatraków lub generatorów biogazowych. Oprogramowanie SCADA PME służy do komunikacji użytkownika ze sterownikiem nadrzędnym, a w ramach takiej komunikacji użytkownik może m.in. opisywać parametry pracy systemu oraz zadawać wartości poszczególnych parametrów. Użytkownik może obsługiwać system SCADA za pomocą telefonu, tabletu lub innego urządzenia, a także strony internetowej, przy czym jest bez znaczenia jaki system operacyjny jest w takim urządzeniu zainstalowany (Ryc. 7). Sterownik sieciowy zarządza energią elektryczną w gospodarstwie domowym za pomocą algorytmu, który może być modyfikowany przez prosumenta. Istotną funkcją sterownika sieciowego jest także optymalizacja kosztów energii elektrycznej, przy czym zwykle w interesie użytkownika



**Ryc. 7. System informatyczny SCADA współpracujący z interfejsem PME**

systemu leży maksymalizacja proporcji energii pochodzącej z instalacji PV zużywanej na potrzeby własne, oraz minimalizacja ilości energii kupowanej z sieci. Sterownik sieciowy realizuje te cele na podstawie informacji na temat przewidywanej produkcji energii elektrycznej w instalacji PV (lub innej instalacji, w która wyposażony jest dom), aktualnej ceny energii elektrycznej pobieranej z sieci, poprzez podejmowanie decyzji o włączaniu i wyłączaniu poszczególnych odbiorników domowych, z którymi jest połączony, i przy wykorzystaniu akumulatorowego zasobnika energii elektrycznej. Informacje o prognozowanej wielkości produkcji energii elektrycznej są przygotowane przez oprogramowanie SCADA na podstawie prognozy pogody i statystycznych średnich dobowych produkcji.

W drugiej części wystąpienia dr Fice omówił trzy technologie, które można wykorzystać do stworzenia sterownika nadrzędnego interfejsu sieciowego PME. Sterownik przemysłowy PLC oznacza się niską awaryjnością, szybkością działania, odpornością na zakłócenia, obecnością kompleksowego środowiska sprzętowego oraz łatwością serwisowania i diagnostyki, a także odpornością na rozwój technologii (wsparcie producenta), jest jednak drogi i posiada ograniczenia dotyczące zasobów wykonywanych instrukcji. Środowisko programistyczne tego sterownika jest średnio trudne. Mikrokomputer płytkowy z kolei jest tani, a ponadto charakteryzują go niewielkie rozmiary i niskie zapotrzebowanie na energię, możliwość użycia wielu różnych środowisk programistycznych i dowolność zastosowanego oprogramowania, a także możliwość rozbudowy sprzętowej, choć podstawowa warstwa sprzętowa jest uboga. Do wad mikrokomputera płytkowego zalicza się



niewielkie możliwości komunikacji, obecność systemu operacyjnego, brak odporności na rozwój technologii i trudności w serwisowaniu. Trzecie rozwiązanie stanowi sterownik dedykowany (mikrokontroler). Nadaje się on do produkcji seryjnej i odznacza się niską mocą zasilania, małymi wymiarami i szybkością działania. Z drugiej strony sterownik dedykowany (mikrokontroler) jest dość kosztowny, nieodporny na rozwój technologii, wymaga budowania od podstaw środowiska systemu operacyjnego i środowiska sprzętowego.

W podsumowaniu profesor Jan Popczyk wskazał na postęp jaki został dokonany przez energetykę EP w ostatnich latach. Jeszcze nie tak dawno rozpoznawano zaledwie możliwości poszczególnych rodzajów instalacji odnawialnych, a obecnie wprowadza się na rynek rozwiązania w pełni funkcjonalne. Co oczywiście nie oznacza, że w kwestii funkcjonalności rozwiązań prosumenckich nic już nie zostało do zrobienia, wręcz przeciwnie, czeka tutaj jeszcze wszystkich wiele pracy. Dr Fice – jak zauważył profesor Popczyk, wielokrotnie wspominał o różnych przekształtnikach wchodzących w skład interfejsu PME: był to przekształtnik sieciowy, źródła fotowoltaicznego, zasobnika oraz źródła elektrycznego opartego na jednostce napędowej w postaci silnika spalinowego. Przekształtniki te zostały już zaprojektowane, wykonane i przetestowane.

Michał Krzempek i dr Dawid Buła (Politechnika Śląska) przedstawili referat pt. „SCADA PME”. System SCADA stanowi rodzinę systemów informatycznych, których głównym zadaniem jest nadzorowanie procesu technologicznego lub produkcyjnego, poprzez wizualizację bieżącego stanu procesu i zadawanie parametrów tego procesu, bez ingerencji w sam proces. SCADA PME, jest systemem przeznaczonym do prosumenckiej infrastruktury energetycznej, której najważniejszym elementem jest sterownik nadrzędny, podłączony do aplikacji napisanej w najnowszej technologii Java klasy NT1007, którą można uruchomić zarówno na mikrokomputerach Raspberry P, jak i na bardzo słabych maszynach typu PLC. Aplikacja współpracuje nie tylko ze sterownikiem nadrzędnym, ale również z własną bazą danych, w której znajduje się zapis konfiguracji systemu PME, obejmujący m.in. wszystkie rejestry odczytywane w sterowniku nadrzędnym. Drobną edycją bazy danych pozwala na zmianę konfiguracji sterownika nadrzędnego, a także na dodanie dodatkowych rejestrów lub ich przesunięcie. Z kolei przeglądarka internetowa umożliwia użytkownikowi komunikację z systemem. Komunikację pomiędzy aplikacją a nadrzędnym sterownikiem zapewnia protokół ModBus realizowany po warstwie TCP/IP, wybrany ze względu na swoją elastyczność, natomiast łączność między aplikacją a bazą danych zapewnia standardowy sterownik JDBC, używany w silnikach bazodanowych. Stronę internetową zrealizowano w HTML 5 z wykorzystaniem najnowszych możliwych takich technologii jak AJAX i SVG. Warstwa interfejsu użytkownika została zrealizowana w Java Server Faces w wersji 2.2, wraz z biblioteką komponentów 6.0. Istnieje możliwość rozszerzania i dowolnego kształtowania komponentów dołączanych do tego interfejsu. Obecnie interfejs obsługuje cztery rodzaje przekształtników umożliwiając jednocześnie dodanie kolejnych (Ryc. 7). Ponadto istnieje możliwość dodania dodatkowych funkcji przetwarzających dane pochodzące z przekształtników, chodzi tu min. o informacje na temat ilości wyprodukowanej energii elektrycznej; w istniejącej konfiguracji system SCADA przeprowadza takie obliczenia na podstawie innych danych, otrzymanych od sterownika nadrzędnego. W systemie SCADA PME, ze względu na relacyjny charakter bazy danych, zastosowano silnik bazodanowy Posters SQL. Moduł relacyjny i baza danych umożliwiają tradycyjny dostęp do danych, a także zabezpieczają przed wystąpieniem niespójności danych i ich utratą. Ponadto baza danych posiada możliwości kopiowania danych, w celu przeprowadzania badań naukowych.

W dalszej części wystąpienia prelegenci zaprezentowali możliwości interfejsu graficznego systemu SCADA PME na przykładzie wykresu opisującego charakterystyką pracy prosumenckiej instalacji. Użytkownik systemu SCADA PME ma możliwości oceny

charakterystyki pracy instalacji wytwórczych w dowolnie wybranym przedziale czasowym. System umożliwia jednoczesny podgląd wielu parametrów pracy wszystkich instalacji wytwórczych i innych urządzeń domowych, zapewniając dla przykładu dostęp do danych o wartościach prądów, mocy i energii, a także informacje o kodach awarii urządzeń, co umożliwia szybszą ocenę sytuacji w przypadku wystąpienia zakłóceń w pracy systemu.

Profesor Popczyk w podsumowaniu dodał, że co prawda prezentacja systemu SCADA PME otwiera pole do ciekawej dyskusji, to jednak z zdawaniem pytań najlepiej będzie wstrzymać się do zakończenia kolejnych prezentacji.

Dr inż. Jarosław Michalak (Politechnika Śląska) przedstawił referat pt. „Wyniki badań funkcjonalnych interfejsu sieciowego PME”. Prelegent rozpoczął wystąpienie od przypomnienia funkcji interfejsu energoelektronicznego dla PME:

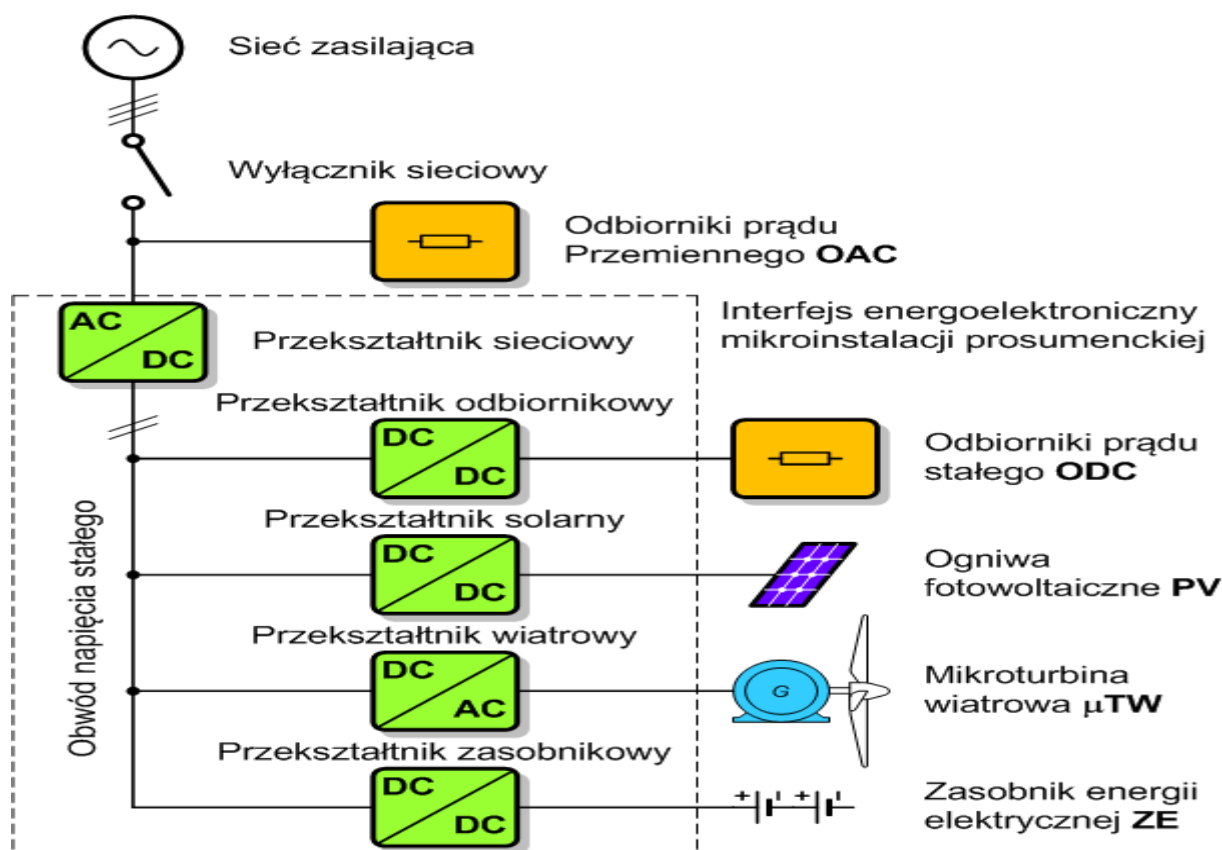
1. bilansowanie mocy w instalacji PME, zarówno w trybie pracy w sieci (*on-grid*), jak i w trybie mieszanym (*semi off-grid*),
2. możliwość kształtowania profili mocy czynnej i biernej w punkcie przyłączenia w trybie pracy w sieci (*on-grid*),
3. możliwość zasilania odbiorników w trybie wyspowym (*off-grid*),
4. integracja źródeł OZE na szynie DC z automatycznym śledzeniem mocy maksymalnej w trybie pracy w sieci (*on-grid*), oraz w trybie wyspowym (*off-grid*),
5. sterowanie energią zasobnika poprzez wpływanie na moc,
6. redukcja negatywnego wpływu odbiorników AC na sieć zasilającą.

Do najważniejszych cech interfejsu energoelektronicznego dla PME można zaliczyć możliwość pracy w trybie pracy w sieci (*on-grid*), jak i w trybie mieszanym (*semi off-grid*), oraz w trybie wyspowym (*off-grid*), ponadto stałość topologii systemu (skalowalność), niezależnie od tego czy mamy do czynienia z rozwiązaniem 1 fazowym czy 3 fazowym, wreszcie możliwość dopasowania systemu do potrzeb konkretnych użytkowników (modularność) przejawiająca się w zróżnicowaniu liczby i rodzaju przekształtników (Ryc. 8).

W dalszej kolejności dr Michalak przystąpił do opisu trzech strategii sterowania przekształtnikiem sieciowym (Ryc. 8). W przypadku strategii sterowania 0, w trybie pracy wyspowej (*off-grid*) wymagana jest obecność przekształtnika zasobnikowego i zasobnika energii elektrycznej. Strategia sterowania 1 w trybie pracy w sieci (*on grid*), lub w trybie pracy mieszanej (*semi off-grid*) także wymaga obecności przekształtnika zasobnikowego i zasobnika energii elektrycznej. Strategia sterowania 2 dotyczy trybu pracy w sieci (*on grid*) bez obecności zasobnika energii. Energia wytworzona przez źródła OZE musi być przekazana do odbiorników lub do sieci.

W kolejnej części wystąpienia dr Michalak zaprezentował szereg wyników badań eksperymentalnych nad interfejsem energoelektronicznym dla PME, w przypadku zastosowania strategii 0, strategii sterowania 1, oraz strategii sterowania 2. W przypadku strategii sterowania 1, dr Michalak zaprezentował redukcję wpływu odbiorników na sieć, natomiast dla strategii 2 wysnuł wniosek, że moc czynna wynika z bilansu między mocą ze źródeł OZE i mocą odbiorników.

Dr Michalak zaprezentował dwie topologie rozwiązań interfejsu energoelektronicznego; rozwiązanie ekonomiczne i rozwiązanie premium. W przypadku rozwiązania ekonomicznego układ interfejsu składa się tylko z przekształtnika sieciowego i przekształtnika współpracującego z źródłem OZE, którym może być system solarny lub system wiatrowy. W omawianym układzie możliwa jest jedynie praca z dostępem do sieci (*on-grid*). W przypadku rozwiązania premium w systemie występują wszystkie przekształtniki wraz z zasobnikiem energii, i możliwy jest zarówno tryb pracy w sieci (*on-grid*), jak i tryb pracy wyspowej (*off-grid*). Dla rozwiązania typu premium można zaproponować trzy strategie sterowania instalacją PME przez sterownik nadrzędny;



**Ryc. 8. Budowa interfejsu energoelektronicznego dla PME**

1. przekształtnik sieciowy kontroluje moce, przekształtnik zasobnikowy kontroluje napięcie w obwodzie pośredniczącym i pracują dwa przekształtniki ze źródłami OZE,
2. przełączenie przekształtnika zasobnikowego w tryb mocy, przekształtnik sieciowy przechodzi do pracy w trybie stabilizacji napięcia w obwodzie DC, pracują dwa przekształtniki ze źródłami OZE,
3. odłączenie od układu zasobnika po osiągnięciu przez zasobnik określonego poziomu naładowania, utrzymywanie stałego poziomu naładowania zasobnika poprzez ustawienie przekształtnika sieciowego w odpowiedni tryb pracy, pracują dwa przekształtniki ze źródłami OZE.

Dr inż. Krzysztof Bodzek (Politechnika Śląska), przedstawił temat „Modelowanie bilansu dla miasta Gliwice, jako miasta reprezentatywnego w klasie (100 do 500) tys. mieszkańców”, w którym naszkicował propozycję koszyka źródeł wytwórczych dla Gliwic w horyzoncie 2050. Dr Bodzek zaproponował klasyfikację miast w Polsce uwzględniającą uwarunkowania ich przyszłej polityki energetycznej. Do pierwszej grupy można zaliczyć liczne miasta o wielkości poniżej 100 tys. mieszkańców, zwykle otoczone terenami wykorzystywanymi rolniczo, co umożliwia transfer energii pochodzącej z np. biogazowni rolniczych. Drugą grupę stanowią miasta o wielkości od 100 tys. do 500 tys., mieszkańców, w których możliwości pozyskiwania energii z gmin ościennych są ograniczone ze względu na znaczne zapotrzebowanie na energię z jednej strony, oraz pewnego oddalenia od terenów wykorzystywanych rolniczo. Do grupy trzeciej prelegent zaliczył miasta powyżej 500 tys. mieszkańców wraz z Trójmiastem i aglomeracją Śląską, o bardzo znacznym zapotrzebowaniu na energię i mocno ograniczonych możliwościach transferu energii z obszarów ościennych.

Proponowany model koszyka energetycznego dla Gliwic, po wprowadzeniu pewnych modyfikacji, można potraktować jako rozwiązanie referencyjne dla miast w przedziale

wielkości od 100 tys. do 500 tys. mieszkańców. Gliwice są otoczone przez tereny wykorzystywane rolniczo – obszary zurbanizowane występują jedynie na wschód od miasta (Zabrze), co pozwala na ograniczony transfer energii do centrum. Obecnie roczne zapotrzebowanie na energię elektryczną, ciepło i paliwa transportowe – przy uwzględnieniu sektorów mieszkalnictwa i użyteczności publicznej (w tym oświetlenia), natomiast bez sektora przemysłu, kształtuje się na poziomie 2,5 TWh. Po uwzględnieniu pasytywacji budynków, elektryfikacji transportu oraz ciepłownictwa wobec rozpowszechnienia samochodów elektrycznych i pomp ciepła, założono, że w roku 2050 roczne zapotrzebowanie na energię w Gliwicach będzie wynosić 0,65 TWh. Koszyk instalacji wytwórczych energii elektrycznej otwierają generatory wykorzystujące paliwa transportowe. Obecnie w skali roku w Gliwicach zużywa się 250 mln litrów paliwa, o energii równej 925 GWh, a więc przekraczającej całe prognozowane zapotrzebowanie dla Gliwic w 2050 roku. Kolejną technologią wytwórczą energii elektrycznej są generatory gazowe. Aktualne zużycie gazu w skali roku w Gliwicach wynosi około 37 mln m<sup>3</sup>, przy czym możliwości gazociągu są znacznie większe. Zastosowanie generatorów gazowych pozwoli na ograniczenie emisji CO<sub>2</sub>, która w 1990 roku wyniosła około 935 tys. Mg, natomiast do 2050 roku powinna zostać zmniejszona, w zależności od przyjętych kryteriów, do 5%-20% emisji z 1990 roku, czyli do wartości od 47 tys. do 190 tys. Mg. Wykorzystując gaz ziemny jako jedyne źródło energii elektrycznej, jesteśmy w stanie wyprodukować, zachowując wymienione wyżej wartości emisji CO<sub>2</sub>, od 233 do 939 GWh energii – odpowiednie wartości dla paliw transportowych są mniejsze, ale i tak znaczne. Koszyk instalacji wytwórczych energii elektrycznej w Gliwicach w 2050 roku, uzupełniają źródła PV o mocy 100 MW, elektrownie wiatrowe o mocy 30 MW, oraz – jako źródła o stałej mocy, elektrownie biogazowe oraz elektrownia wodna na rzece Kłodnicy. W proponowanym koszyku instalacji wytwórczych największą mocą charakteryzują się instalacje PV, jednak około połowa produkcji energii elektrycznej pochodzi z generatorów diesla i generatorów gazowych. Wyniki symulacji rocznego bilansu energii elektrycznej dla miasta Gliwice, przy uwzględnieniu zaproponowanego koszyka instalacji wytwórczych wskazują na występowanie znacznych deficytów energii elektrycznej, przy czym deficyt przekraczający 20% zapotrzebowania utrzymuje się przez około 400 godzin w roku. Sposobem na zmniejszenie tak znacznego deficytu mogłoby być przewymiarowanie generatorów diesla i generatorów gazowych, jednak spowodowałoby to zmniejszenie ich czasu pracy z pełną mocą w skali roku, nie wspominając już o dodatkowych kosztach. Dr Bodzek wyraził przekonanie, że do poradzenia sobie z takim deficytem wystarczy wykorzystanie takich mechanizmów jak DSM/DSR oraz CCR.

Profesor Popczyk rozpoczynając dyskusję powiedział, że dzisiejsze wystąpienia stanowią relację z prac o charakterze pionierskim. Odnosząc się do referatu dr Bodzka, profesor Popczyk stwierdził, że przedstawiona klasyfikacja miast w Polsce opiera się o dane GUS, jednak dla celów Konwersatorium, z ogólnej liczby ponad 900 miast w Polsce, trzeba wydzielić te, których nie obejmuje nasz model opisujący obszary wiejskie. Miast tych jest mniej więcej 400. Po drugie – w tym miejscu profesor Popczyk odniósł się do referatu dr Michalaka, warto wiedzieć jaka powinna być pojemność zasobników energii współpracujących z instalacją PV o mocy 10 kW, pracującą w trybie mieszanym (*semi-off-grid*). Wreszcie – w kontekście systemu informatycznego SCADA, profesor Popczyk zapytał dr Bułę o to czy dokonał wyboru symboli (ikonek) dla systemu, a zwłaszcza symboli sygnalizujących wystąpienie sytuacji awaryjnych, w tym alarmów krytycznych (awaria sterownika nadrzędnego), i jak będzie wyglądać działanie PME w sytuacjach alarmowych.

Na tak postawione pytanie dr Michalak odpowiedział, że to wszystko zależy od tego czy chcemy współpracować z siecią, czy nie chcemy. W swojej odpowiedzi dr Buła zauważył, że wszelkie informacje o wystąpieniu awarii są przekazywane do systemu SCADA przez sterownik nadrzędny, natomiast w przypadku awarii samego sterownika nadrzędnego, ustaje

przesyłanie informacji do systemu. Sam wybór znaków graficznych odpowiedzialnych za sygnalizację sytuacji alarmowych jest prosty – wystarczy wykorzystać tanie pakiety grafiki dostępne w sieci.

W dalszej części Konwersatorium przystąpiono do zadawania pytań. Dr T. Müller zwracając się do dr Biskupskiego, zapytał o techniczne możliwości odzyskiwania ciepła przeznaczonego na ogrzewanie c.w.u, na przykład poprzez pozostawianie ciepłej wody w wannie po zakończeniu kąpieli. O takich praktykach pisze prezes Jurkiewicz w artykule „Jak się mieszka w budynku prawie pasywnym?”, zamieszczonym w monografii pt „Prosumenckie społeczeństwo a energetyka prosumencka”. Problem jest o tyle istotny, że możliwości redukcji ciepła przeznaczonego na otrzymywanie c.w.u. – w przeciwieństwie do ciepła grzewczego i ciepła przeznaczonego na wentylację, są ograniczone, nawet w budynkach pasywnych. Odpowiadając dr Biskupski zauważył, że odzyskiwanie ciepła z wody podgrzanej jest opłacalne jedynie w budynkach wielorodzinnych i hotelach, tam gdzie strumień energii jest większy niż w budynkach jednorodzinnych, natomiast opłaca się odzyskiwać wodę podgrzaną (szara woda), co ma szczególnie znaczenie w krajach o małych zasobach wody, jak np. Polska czy Egipt.

## Konwersatorium 19 grudnia 2016

Temat przewodni

### Klastry energii

(Komunikat nt. Raportu BŻEP) **Transformacje Energetyki**

**Z Rynkiem Energii Elektrycznej W Centrum**

prof. Jan Popczyk

**Selfdispatching i net metering w gospodarce energetycznej prosumentów oraz w klastrach/spółdzielniach energetycznych i w wirtualnych elektrowniach**

prof. Jan Popczyk

**Klastry energii – współpraca z OSD**

Piotr Ordyna (Tauron Dystrybucja – Doradca Zarządu ds. regulacji; PTPiREE – Doradca Zarządu)

**Prezentacja Ośrodka Pomiarów i Automatyki Przemysłu Węglowego S.A. Informacja o firmie, usługach i pracach badawczych w obszarze energetyki**

Bernard Hucz (Prezes OPA PW), Arkadiusz Krysiak, Agnieszka Tychoniuk

**Koncepcja nowego rozwiązania technicznego w obszarze inteligentnej infrastruktury na potrzeby nowego rynku energii elektrycznej**

Zbigniew Szkaradnik (3S) i Radosław Dymek (iEnergia) (Prezesi)

Komunikat nt. bieżących działań; **Inteligentny dom zero-energetyczny (pasywizacja budownictwa, elektryfikacja ciepłownictwa)**

dr inż. Jacek Biskupski

Komunikat nt. bieżących działań; **Symulator hardwarowo-sofwarowy iLab EPRO (symulator procesów na prosumenckich osłonach kontrolach OK1 i OK2)**

dr inż. Marcin Fice, Politechnika Śląska

Komunikat nt. bieżących działań; **Koncepcja taryfy dynamicznej dla Klastra Energetycznego**

dr hab. inż. Krzysztof Dębowski, Politechnika Śląska

Komunikat nt. bieżących działań; **Net metering na osłonach kontrolnych: węzłowych OK1 i OK2 (prosumenci) oraz wirtualnych OK2 (spółdzielnie energetyczne, spółdzielnie mieszkaniowe) i OK3 (klastry energetyczne)**

dr inż. Robert Wójcicki, Politechnika Śląska

### **Komunikat do Konwersatorium z dnia 22 listopada 2016 r.**

Konwersatorium listopadowe było poświęcone zarządzaniu energią elektryczną na osłonie kontrolnej OK1 czy w prosumenckiej mikroinfrastrukturze energetycznej (PME). W Polsce gospodarstwa domowe zużywają ok. 20% całkowitego zużycia energii elektrycznej i mają znaczący wpływ na dobowy profil mocy KSE. Omawiane podczas Konwersatorium rozwiązania mogą mieć znaczący wpływ na kształtowanie profilu zapotrzebowania KSE i PME oraz zużycie energii w gospodarstwie domowym pochodzącej z sieci energetycznej. Z jednej strony budowany w ramach projektu GEKON interfejs sieciowy pozwala

maksymalizować produkcje energii z OZE i jej magazynowanie, z drugiej strony umożliwia zarządzanie popytem. I tutaj rodzi się pytanie jaki należy zastosować mechanizm regulacji popytem i jak głęboko można ingerować w profil mocy prosumenta (i zwykłego odbiorcy). Wydaje się, że niedopuszczalne jest ograniczanie dostępu do energii elektrycznej, ale konieczne jest sterowanie zużyciem. W tym miejscu pojawiają się dwa, już kilkakrotnie omawiane, mechanizmy, czyli *net-metering* (ze zmiennym współczynnikiem) oraz *self-dispatching* (zadbanie o własną produkcję i potrzeby energetyczne). Wraz ze zmienną ceną energii (taryfa dynamiczna, cenotwórstwo czasu rzeczywistego CCR) odbiorca końcowy sam może ocenić i zdecydować na udział stosowanego mechanizmu i ocenić koszty końcowe energii we własnym gospodarstwie domowym. Mamy tutaj dwa bardzo proste mechanizmy, które sprowadzają się do wpływu odbiorcy końcowego na koszty za energię elektryczną – mechanizmy te wprowadzają zmienną cenę energii.

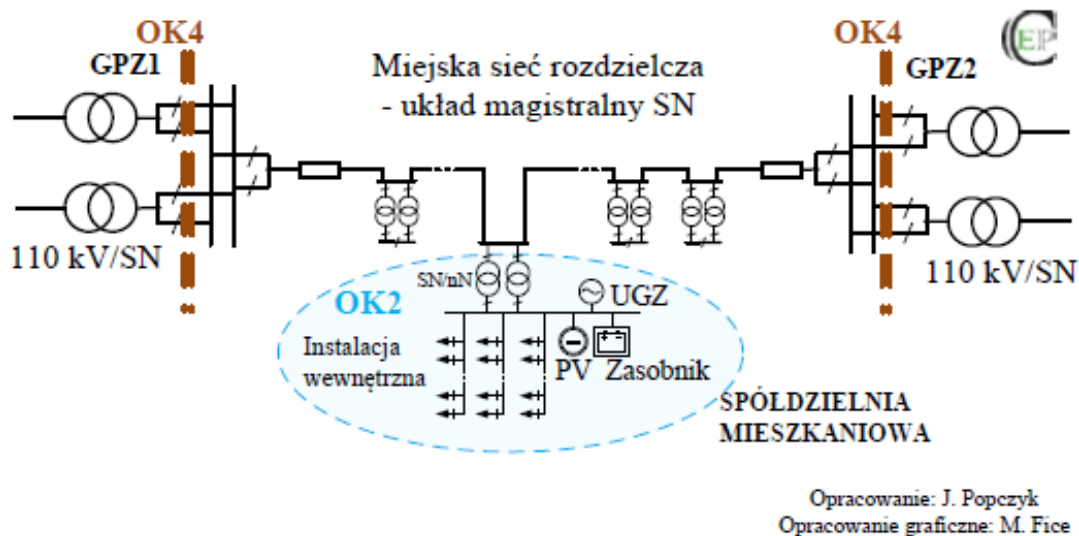
Podpisali: profesor **Jan Popczyk** (Prezes Stowarzyszenia Klaster 3x20, Politechnika Śląska – Centrum Energetyki Procuemenckiej), dr inż. **Jacek Biskupski** (obszar działania: inteligentne domy zero-energetyczne, Politechnika Krakowska, AGH), dr hab. inż. **Krzysztof Dębowski** (obszar działania: elektrotechnika, zastosowania w ..., Politechnika Śląska - Wydział Elektryczny), dr inż. **Jarosław Michalak** (obszar działania: energoelektronika, w tym jej wykorzystanie w KSE na osłonach OK1 do OK5), dr inż. **Krzysztof Bodzek** (obszar działania: energoelektronika i informatyka w elektrotechnice, w tym praktyczne ich wykorzystanie w badaniach symulacyjnych transformacji polskiej elektroenergetyki, Politechnika Śląska - Wydział Elektryczny), dr inż. **Marcin Fice** (obszar działania: elektrotechnika, w tym jej praktyczne wykorzystanie w badaniach symulacyjnych przebudowy zasobów regulacyjno-bilansujących na rynku energii elektrycznej, Politechnika Śląska - Wydział Elektryczny), dr inż. **Robert Wójcicki** (obszar działania: informatyka, w tym jej praktyczne wykorzystanie w badaniach na rzecz przebudowy rynku energii elektrycznej, Politechnika Śląska - Wydział Automatyki, Elektroniki i Informatyki).

### **Omówienia wystąpień;**

Jak co miesiąc kolega Aleksander Baranowski z sekcji Energetyki Oddział Gliwicki SEP dokonał otwarcia 80 spotkania w ramach Konwersatorium, zwracając się z prośbą do profesora Popczyka o prowadzenie sesji. Profesor Popczyk rozpoczynając swoje wystąpienie dodał, że rozpoczęcie drugiego dziesięciolecia spotkań brzmi lepiej niż rozpoczęcie 80-tego spotkania, wyrażając jednocześnie nadzieję na owocny przebieg spotkań konwersatoryjnych w drugim dziesięcioleciu.

Na wstępie profesor Popczyk powitał gości z Tauronu w osobach dyrektora Andrzeja Korpora reprezentującego oddziały Częstochowski i Opolski firmy Tauron - Dystrybucja, oraz dyrektor Piotra Ordyna, odpowiadającego za koncepcję klastrów energetycznych w Polskim Towarzystwie Przesyłu i Rozdziału Energii Elektrycznej, będącego jednocześnie doradcą zarządu Tauron Dystrybucja. Następnie profesor Popczyk zarysował w skrócie plan sesji, na którą złożą się prezentacje zaproszonych gości oraz osób reprezentujących Politechnikę Śląską. Wystąpienia obejmą pakiet komunikatów na temat bieżących badań i bieżących działań w ramach każdego z pakietów. Pakiety układają się w pewną koncepcję, wyznaczając kierunek działań w obszarze transformacji energetyki. Pierwsza prezentacja profesora Popczyka będzie miała charakter komunikatu, który powinien się ukazać w BŻEP. Profesor Popczyk wyraził nadzieję, że szczegółowa dyskusja zagadnień poruszonych w komunikacie nastąpi podczas styczniowego Konwersatorium.

Profesor Popczyk zaprezentował komunikat nt. Raportu BŻEP „Transformacja Energetyki Z Rynkiem Energii Elektrycznej W Centrum”. Przebudowa energetyki – jak zaznaczył profesor Popczyk, sprowadzająca się do przebudowy systemu operatorskiego, będzie zachodzić przede wszystkim na osłonie kontrolnej OK4, przez którą przechodzi



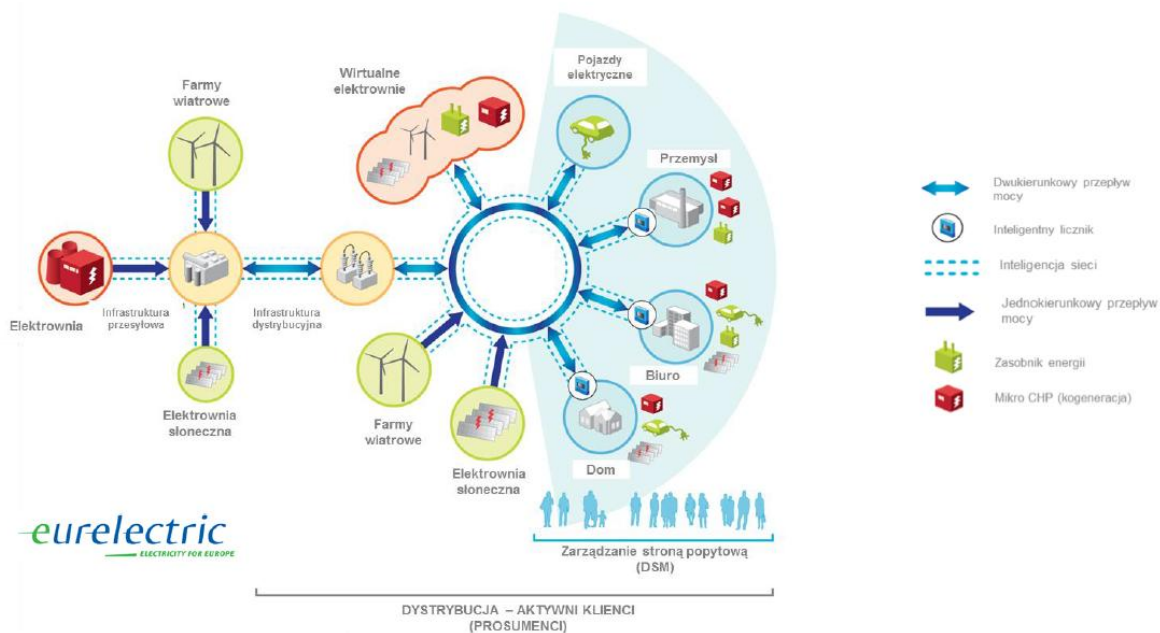
**Ryc. 9. Spółdzielnia mieszkaniowa – osłona kontrolna OK 2**

w Polsce 1400 GPZ-ów zawodowych i 370 GPZ-ów przemysłowych, z których 200 znajduje się na terenie działania Tauron Dystrybucja. (Ryc. 1). W ramach przebudowy energetyki będzie dochodzić do alokacji zasobów z obszaru energetyki WEK w obszar sieci SN/nN, będący terenem działania klastrów energetycznych i spółdzielni energetycznych (Ryc. 1, Ryc. 3). Transformacja energetyki na obszarach wiejskich powinna zostać w dużym stopniu ukończona w horyzoncie 2014.

W dalszej części wystąpienia profesor Popczyk nawiązał do tematyki referatu „Selfdispatching i net - metering w gospodarce energetycznej prosumentów oraz w klastrach/spółdzielniach energetycznych i w wirtualnych elektrowniach”, zwracając uwagę, że po przeniesieniu zasobów regulacyjno-bilansujących i wytwórczych do osłony OK 2, i potraktowaniu zasilania z wielkiego rynku jako rezerwowego źródła energii, spółdzielnia energetyczna, staje się prosumentem w imieniu mieszkańców (Ryc. 9). Profesor Popczyk zwrócił uwagę, że aukcje energetyczne mogą stać się ważnym alokacji zasobów z wielkiego rynku na rynek rozproszony, na infrastrukturze SN/nN, oczywiście obok spełniania innych istotnych funkcji jak zapewnienie bezpieczeństwa energetycznego (aukcje na rewitalizację bloków 200 MW, także aukcje OZE), wypełnianie celów unijnych i rozwój autonomizacji u prosumentów i operatorów (aukcje DSM/DSR) (Ryc. 4). W szerszym kontekście przyjęcie wyżej opisanej strategii dla bloków 200 MW, przy jednoczesnym przeniesieniu usług regulacyjnych na rynek rozproszony, może dać nam szansę na osiągnięcie kompromisu z UE i na negocjacje w sprawie wskaźnika emisyjności dla elektrowni, które zostaną dopuszczone do korzystania z rynku mocy – wskaźnik ten został w ramach Pakietu Zimowego wyznaczony w wysokości 550 kg CO<sub>2</sub>/MWh.

Zdaniem profesora Popczyka Specyfikacje Istotnych Warunków Zamówienia (SIWZ) dla aukcji powinny być sporządzane nie przez Ministerstwo Rozwoju, a przez operatora OSP, ponieważ jego wiedza na temat funkcjonowania sieci jest niewspółmiernie większa, ponadto operatorzy sieci są ustawowo odpowiedzialni za bezpieczeństwo ruchowe, zwłaszcza operator OSP. W omawianym raporcie wprowadza się operatora OSP na infrastrukturze WEK, jest to operator, który zajmuje się siecią 110 kV, natomiast na rynkach rozproszonych działa operator NISS w charakterze operatora OSD przeznaczonego do obsługi wszystkich procesów zachodzących w obrębie infrastruktury SN/nN. Zdaniem profesora Popczyka SIWZ powinien

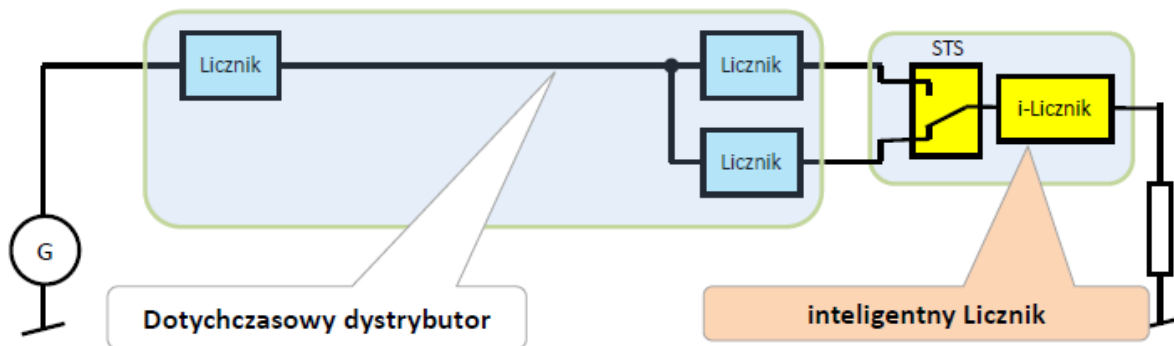




**Ryc. 10. Struktura inteligentnych sieci elektroenergetycznych**

określać środowisko opomiarowania netto (*net-meteringu*), w którym będą funkcjonować inwestycje zrealizowane w wyniku aukcji. Chodzi o opomiarowanie netto (*net-metering*) odwzorowujące kondycję sieci elektroenergetycznej SN/nN.

Piotr Ordyna (Tauron Dystrybucja – Doradca Zarządu ds. regulacji; PTPiREE – Doradca Zarządu) przedstawił temat „Klasy energii – współpraca z OSD”. Na wstępie prelegent zaznaczył, że prezentowane przemyślenia na temat klastrów energii nie odzwierciedlają oficjalnego stanowiska firmy Tauron Dystrybucja. W swoim wystąpieniu Pan Ordyna omówił cele rozwoju klastrów energii, ramy prawne funkcjonowania klastrów energii i OSD, możliwości współpracy klastra energii i operatora OSD oraz potencjalne korzyści związane z powstaniem klastrów energii. Powstanie klastrów energii ma pobudzić rozwój energetyki rozproszonej, zwiększyć lokalne bezpieczeństwo energetyczne i udział OZE w koszyku wytwórców energii elektrycznej, a także – na co ostatnio kładzie się silny nacisk, przyczynić się do rozwoju gospodarki niskoemisyjnej, wzrostu innowacyjności i modernizacji obszarów wiejskich. Klaster energii – jak stanowi ustawa o OZE, to cywilnoprawne porozumienie, dotyczące wytwarzania i równoważenia zapotrzebowania, dystrybucji i/lub obrotu energią z odnawialnych źródeł energii lub z innych źródeł lub paliw, działające na obszarze nieprzekraczającym granic jednego powiatu lub 5 gmin. Klaster energii jest reprezentowany przez koordynatora, będącego dowolnym członkiem klastra energii. Wykonywanie działalności gospodarczej przez klaster energii odbywa się w ramach koncesji wydanej dla koordynatora klastra. Operator OSD, z którym zamierza współpracować klaster energii, jest zobowiązany do zawarcia z koordynatorem klastra energii umowy o świadczenie usług dystrybucji. Usługi te mogą obejmować m.in. zawarcie umowy o przyłączenie do sieci, a także dystrybucję energii. Operator OSD realizuje określone w prawie zadania niezależnie od tego czy jest członkiem klastra czy też nie, przy czym operator OSD obsługujący nie mniej niż 100 tys. odbiorców nie może być koordynatorem klastra energii. W dalszej części wystąpienia Pan Piotr Ordyna podsumował najważniejsze założenia dotyczące współpracy operatora OSD z klastrem energii. Po pierwsze operator OSD nie jest członkiem klastra energii ze względu na zasadę separacji (*unbundling*) mówiącą, że przedsiębiorstwo zajmujące się przesyłem lub dystrybucją energii elektrycznej, nie może łączyć tej działalności z działalnością polegającą na produkcji i sprzedaży energii



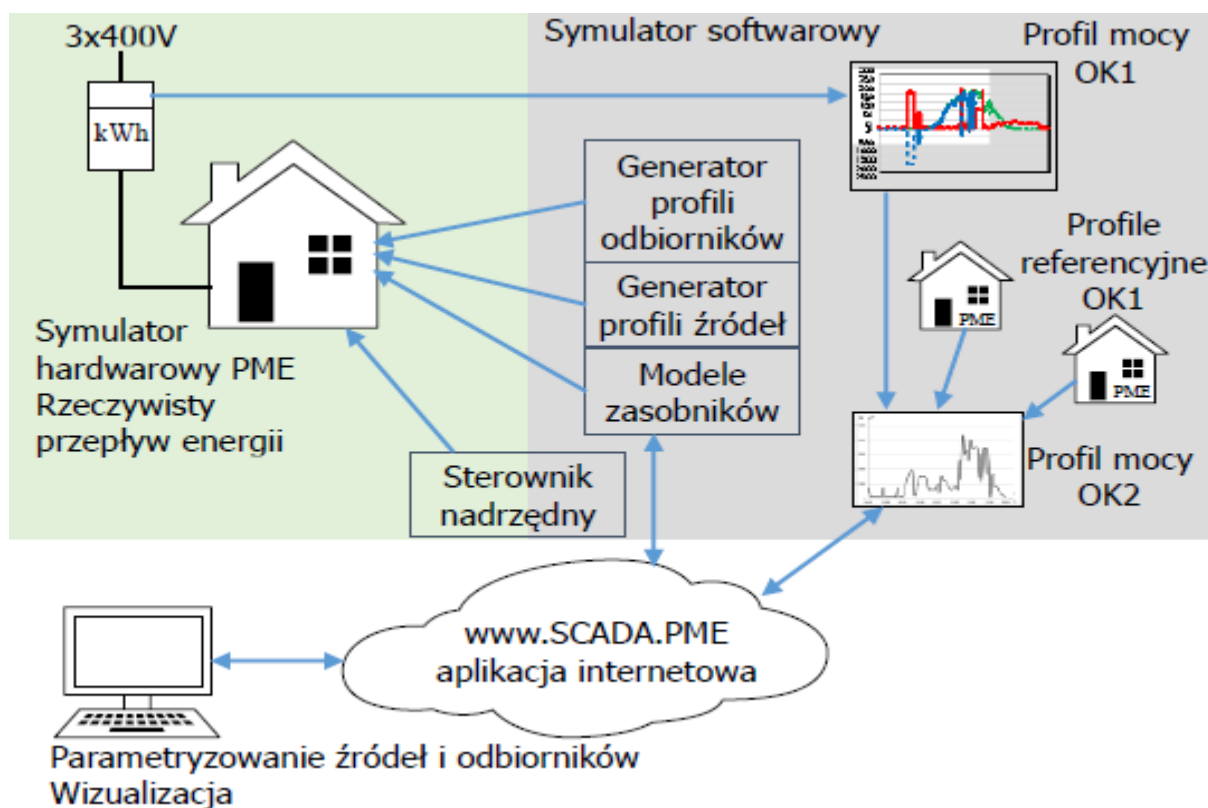
**Ryc. 11. Schemat ideowy nowego rozwiązania technicznego w obszarze inteligentnej infrastruktury**

elektrycznej. Po drugie operator OSD przyłącza członków klastra i sieć klastra do własnej sieci. Ponadto operator OSD prowadzi eksploatację swojej sieci i może świadczyć usługę eksploatacji sieci klastra, wreszcie operator OSD dostarcza dane pomiarowe dla koordynatora klastra w miejscach dostarczania energii do klastra (lub jego członków), w celu umożliwienia bilansowania oraz rozlicza członków klastra w miejscach dostarczania energii. Do korzyści wynikających z powstania klastra energii można zaliczyć obniżenie strat technicznych w sieci przesyłowej i dystrybucyjnej oraz obniżenie kosztów zakupu regulacyjnych usług systemowych. Na zakończenie Pan Ordyna zauważył, że sieci SN/nN przechodzą głębokie i nieuniknione przeobrażenia, które polegają min. na obecności dwukierunkowego przepływu energii elektrycznej, obecności licznych rozproszonych źródeł wytwórczych, zasobników energii (w tym samochodów elektrycznych). W czasach gdy projektowano sieci SN/nN, nie wiedziano, że system elektroenergetyczny będzie podlegał aż tak szybkim i drastycznym zmianom, rodzącym liczne wyzwania jak choćby konieczność przyłączania do sieci punktów ładowania samochodów, czy zarządzania licznymi źródłami OZE (Ryc. 10).

Bernard Hucz (Prezes Zarządu, główny akcjonariusz S.A. OPA PW), Arkadiusz Krysiak i Agnieszka Tychoniuk (przedsiębiorcy), zaprezentowali temat „Ośrodek Pomiarów i Automatyki Przemysłu Węglowego S.A.” Prelegenci przedstawili informację o firmie, świadczonych usługach i pracach badawczych w obszarze energetyki. Prezes Hucz przedstawił krótką historię spółki. Prace spółki koncentrują się głównie wokół tematyki badania układów energoelektrycznych, aż 90% prac dotyczy problematyki związanej z eksploatacją kopalń węgla, w tym badania maszyn wyciągowych, urządzeń szybowych, wentylatorów głównego przewietrzania oraz pomp głównego odwadniania, a także odbiorów urządzeń budowy przeciwwybuchowej w pokładach IV kategorii zagrożenia metanowego.

Przedsiębiorcy Radosław Dymek (iEnergia), Zbigniew Szkaradnik (3S), przedstawili komunikat „Koncepcja nowego rozwiązania technicznego w obszarze inteligentnej infrastruktury na potrzeby nowego rynku energii elektrycznej”. Poniżej pokazano proponowane rozwiązanie techniczne, w sposób maksymalnie uproszczony, by dotrzeć do osób, które nie mają na co dzień do czynienia z energetyką (Ryc. 11). Prelegenci postawili pytanie, czy proponowane rozwiązanie ma szansę na upowszechnienie w obrębie istniejącej infrastruktury sieci dystrybucyjnej.

Dr inż. Jacek Biskupski zaprezentował komunikat „Inteligentny dom zero-energetyczny (pasywizacja budownictwa, elektryfikacja ciepłownictwa)”, w ramach którego sformułował tezę, że przed przystąpieniem do organizacji klastrów energii konieczne jest rozpowszechnienie standardu, tzw. inteligentnych budynków (budynków dobrze zaprojektowanych w zakresie automatyki), co wyraża hasło „Nie ma inteligentnych sieci bez



**Ryc. 12. Schemat symulatora PME złożonego z części sprzętowej i oprogramowania**

inteligentnych domów”. Według prelegenta inteligentny budynek charakteryzuje się obecnością rozwiniętych systemów automatyki budynkowej, dzięki którym możliwe jest automatyczne zarządzanie wszystkimi istotnymi systemami technicznymi budynku (ogrzewanie, wentylacja, klimatyzacja R-HVAC) w sposób maksymalnie zoptymalizowany. W takim domu zarządzamy centralnym ogrzewaniem, użytkowaniem ciepłej wody użytkowej, centralnym systemem wentylacji z ogrzewaniem, schładzaniem, systemem klimatyzacji, oświetlenia i innymi urządzeniami domowymi. Cytując profesora Croma, prelegent zauważył, że inteligentny budynek musi być zrównoważony, także w znaczeniu jego oddziaływania na środowisko, takiego podejścia – jak zauważył prelegent, dopiero się w Polsce uczymy. Prelegent mieszka w jednym z 5 domów w Polsce, które spełniają kryteria budynku inteligentnego. W takim budynku system BMS umożliwia współpracę z podmiotami należącymi do klastra energii. Zdaniem prelegenta budynek inteligentny powinien mieć jedno źródło zasilania i posiadać jedno źródło ogrzewania (budynek mono energetyczny i monowalentny), przy czym optymalnym źródłem energii dla takiego budynku powinna być energia elektryczna, którą możemy zamienić na energię ciepłą, energię świetlną i wentylację. Ze względu na zagrożenie chwilowym brakiem dostaw energii elektrycznej, budynek powinien być wyposażony w rezerwowe źródło ogrzewania w postaci np. kotła na biomasę.

Dr inż. Marcin Fice kontynuował wystąpienie na temat symulatora PME, przedstawiając komunikat „Symulator hardwarowo-sofwarowy iLabEPRO (symulator procesów na prosumenckich osłonach kontrolnych OK1 i OK2)”. Motywem prac nad symulatorem jest przeniesienie części zadań regulacyjno-bilansujących z KSE na gospodarstwa domowe prosumentów, w kontekście ogólniejszym istotne jest także przenoszenie takich zadań na sieci SN/nN. Na Ryc. 12 przedstawiono schemat symulatora prosumenckiej instalacji PME złożonego z części sprzętowej, w której wymusza się przepływ energii elektrycznej przez licznik symulujący pracę rzeczywistych urządzeń gospodarstwa domowego (możliwe jest

także podłączenie urządzeń), oraz oprogramowania służącego do sterowania częścią sprzętową symulatora. Zadaniem symulatora jest sprawdzanie algorytmów bilansowania energii elektrycznej w skali roku, przy czym dąży się do maksymalizacji proporcji wykorzystywania na potrzeby własne energii elektrycznej wyprodukowanej w instalacji PV. Dzięki obecności symulatora udaje się osiągnąć 40% zużycia energii pochodzącej z instalacji PV, na potrzeby własne, proporcja ta wzrasta do 60% po zamontowaniu zasobnika energii.

Dążymy do tego – jak poinformował prelegent, aby grupa budynków (osiedle, spółdzielnia energetyczna) przyłączonych do stacji transformatorowej SN/nN w osłonie OK2, była samowystarczalna energetycznie przy wykorzystaniu energii pochodzącej z instalacji PV i biogazowni. Takie rozwiązanie byłoby dobre dla mieszkańców, dla operatora OSD byłoby już mniej korzystne. Obecnie prowadzimy prace symulacyjne dla zestawu domów, których zapotrzebowanie roczne wynosi 280 MWh, przy produkcji rocznej PV na poziomie 41 MWh, i produkcji rocznej mikro biogazowni o mocy 40 kW, wynoszącej 230 MWh. Osiedle wyposażone jest także w akumulator o pojemności 50 kWh. Mikro biogazownia pełni w tym systemie rolę źródła bilansującego. Wyniki przeprowadzonych symulacji wskazują na możliwość minimalizacji ilości energii elektrycznej oddawanej do sieci do poziomu 4,7 MWh/rok, co wiąże się z koniecznością kupienia z sieci 3,8 MWh energii elektrycznej.

Dr hab. inż. Krzysztof Dębowski (Politechnika Śląska) przedstawił komunikat nt. bieżących badań „Koncepcja taryfy dynamicznej dla Klastra Energetycznego”. Na początku wystąpienia prelegent przytoczył stwierdzenie profesora Popczyka, że przebudowa energetyki bez zmiany istniejących regulacji (w tym taryf) jest niemożliwa. Obecne taryfy obowiązujące od 25 lat, są taryfami statycznymi, które kształtowały się w oparciu o produkcję energii elektrycznej w blokach węglowych. Taryfy te są niezmiennie niezależnie od warunków atmosferycznych, pory roku, a nawet profilu zapotrzebowania na energię w KSE. Tymczasem ceny na TGE i RB zmieniają się bardzo mocno, często w ciągu jednej doby. W sierpniu 2015 roku PSE ogłosiły 20 stopień zasilania, a w tym samym czasie, pomiędzy godziną 13 a godziną 15 odbiorcy mogli włączać klimatyzatory korzystając z tańszej taryfy. Przykład ten wskazuje na zupełne rozmijanie się cen energii elektrycznej wyznaczanych zgodnie z obowiązującymi taryfami i realiów produkcji energii elektrycznej. Przewidywany wzrost udziału źródeł OZE w koszyku wytwórców energii elektrycznej oraz towarzyszący mu rozwój technologii komunikacyjnych, umożliwi opracowanie taryf dynamicznych TD, które mogą umożliwić lepsze gospodarowanie energią elektryczną bez potrzeby jej magazynowania. Opracowanie takich taryf może przyczynić się do znaczącego obniżenia kosztów energii elektrycznej. Taryfy takie mogą być ustalana na np. 24 godziny z góry, przy czym chcąc skorzystać z tej taryfy trzeba będzie posiadać dom wyposażony w odpowiednie układy, takie jak interfejs PME, umożliwiające przetwarzanie i wykorzystywanie nadchodzących sygnałów cenowych. W dalszej części wystąpienia profesor Dębowski przedstawił charakterystykę referencyjnego klastra energii, w którym miałyby obowiązywać taryfy dynamiczne. Roczne zapotrzebowanie na energię elektryczną wynosiłoby w klastrze 120 GWh, a moc szczytowa 21 MW. Do źródeł własnych klastra należałyby instalacje PV o mocy 4 kW każda, które znajdowałyby się w 50% gospodarstwach domowych, 3 elektrownie wiatrowe o mocy 3 MW każda, 5 elektrowni biogazowych o mocy 1 MW każda, 75 mikro biogazowni o mocy 10 kW każda oraz pojedyncza instalacja C-GEN (lub analogiczna) o mocy 5 MW. Biogazownie i instalacja C-GEN, które mogłyby pomóc w rozwiązaniu problemu odpadów w gminie, spełniałyby rolę źródeł regulacyjnych. Ponadto będzie obowiązywała umowa klastra z operatorem OSD na stałą moc w wysokości 5 MW. To spowoduje, że nie trzeba będzie przewymiarować źródeł wytwórczych klastra, a z drugiej strony część źródeł klastra będzie pracowała w podstawie. W podsumowaniu profesor Dębowski stwierdził, że próbuje stworzyć taryfę, która przekona odbiorców żeby pobierali energię wtedy gdy jest jej dużo,

czyli kiedy jej cena jest niższa niż w tradycyjnej taryfie G11, natomiast aby oszczędzali energię, gdy jest jej za mało.

Dr inż. Robert Wójciki (Politechnika Śląska) przedstawił komunikat nt. bieżących badań „Net metering na osłonach kontrolnych: węzłowych OK1 i OK2 (prosumenci) oraz wirtualnych OK2 (spółdzielnie energetyczne, spółdzielnie mieszkaniowe) i OK3 (klastry energetyczne)”. Prelegent przedstawił zakres i tematykę prowadzonych przez siebie badań nad opomiarowaniem netto (*net-meteringiem*). Opomiarowanie netto (*net-metering*) na osłonie OK 1 i OK 2 (prosumenci) dotyczy osłony kontrolnej na rzeczywistym węźle sieciowym (przyłączy lub stacji transformatorowej SN/nN), prosumenta indywidualnego i spółdzielni, a także wspólnoty mieszkaniowej i innych podmiotów, jako prosumentów instytucjonalnych. Opomiarowanie netto (*net-metering*) na osłonach wirtualnych OK 2 (spółdzielnie energetyczne i spółdzielnie mieszkaniowe), dotyczy – na obszarach wiejskich – małotowarowych gospodarstw rolnych i domostw w obrębie stacji transformatorowych SN/nN, natomiast na obszarach miejskich – wspólnot i spółdzielni mieszkaniowych oraz innych jednostek organizacyjnych.

Opomiarowanie netto (*net-metering*) na osłonach wirtualnych OK 3 (klastry energii) dotyczy zróżnicowanych odbiorców i zróżnicowanych źródeł wytwórczych na obszarze powiatu. W odniesieniu do samego opomiarowania netto (*net-meteringu*) prace badawcze dr Wójcickiego koncentrują się wokół zagadnień wymiarowania opomiarowania netto (*net-meteringu*), a w tym na statycznych i dynamicznych wartościach współczynnika WNM, wymiarowaniu wartości współczynnika WNM, oraz na wpływie długości okresu rozliczeniowego na usługę.

Ponadto dr Wójciki bada zróżnicowanie usługi opomiarowania netto (*net-meteringu*) dla różnych technologii wytwórczych OZE, zarówno prosumenckich, jak i inwestorskich, w tym dla fotowoltaiki, biogazowni i mikro biogazowni, elektrowni i mikro elektrowni wiatrowych, oraz małych i mikro elektrowni wodnych. Listę tematów badawczych dr Wójcickiego uzupełniają algorytmy naliczania i rozliczeniowe dla usługi opomiarowania netto (*net-meteringu*), opomiarowanie netto (*net-metering*) jako substytut opłaty przesyłowej, sterowanie popytem z wykorzystaniem opomiarowania netto (*net-meteringu*) oraz rzeczywista i wirtualna osłona kontrolna.

Dr inż. Jarosław Michalak (Politechnika Śląska) przedstawił komunikat nt. bieżących badań „Wykorzystanie układów energoelektronicznych na osłonach OK1 do OK5”. Prowadzone w zespole badania, mają na celu określenie przydatności przekształtników elektronicznych na potrzeby poszczególnych osłon. W przypadku osłony kontrolnej OK 1 zadanie przekształtników polega na maksymalizacji zużycia energii na potrzeby własne, z możliwością pracy wyspowej w tendencji, przy wykorzystywaniu mechanizmu autonomizacji (*self-dispatching*). Jednocześnie przekształtniki muszą zapewnić reagowanie na sygnały sterujące związane z dynamicznym współczynnikiem opomiarowania netto (*net-meteringu*). W przypadku osłony kontrolnej OK 2, przekształtniki odpowiadają za „uśrednianie” zmian profilu mocy odbiorników podłączonych do OK 2, a także za krótkotrwałe gromadzenie energii lub jej oddawanie, przy wykorzystaniu zasobnika regulacyjnego. Wreszcie istnieje tutaj możliwość stworzenia lokalnej wyspy energetycznej, za pomocą takich technik jak voltage droop i frequency droop. Na osłonie kontrolnej klastra OK 3 przekształtniki mogą uczestniczyć w pośredniej kontroli przepływów przez osłonę wirtualną klastra energii, poprzez wspomaganie procesów regulacyjno-bilansujących. Wreszcie, na osłonach kontrolnych OK 4 i OK5, przekształtniki mogą zapewnić kontrolę przepływów w połączeniach międzysystemowych.

Dr inż. Krzysztof Bodzek (Politechnika Śląska) przedstawił komunikat „Symulator transformacji polskiej energetyki na osłonie kontrolnej OK4 (symulator wykorzystujący

| regulacja pierwotna i wtórna                  |       | 2015/2016 |       | 2030    |       | 2040    |       | 2050    |       | wykorzystanie |
|---|-------|-----------|-------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|---------------|
|   | MW    | TWh/rok   | MW    | TWh/rok | MW    | TWh/rok | MW    | TWh/rok | h/rok |               |
| źródła PV                                     | 97    | 0,09      | 4000  | 3,7     | 6000  | 5,6     | 8000  | 7,4     | 925   |               |
| elektrownie wiatrowe                          | 5783  | 11,4      | 8000  | 15,7    | 10000 | 19,6    | 11000 | 21,6    | 1964  |               |
| elektrownie wodne                             | 991   | 5,5       | 1178  | 10,3    | 1525  | 13,4    | 1871  | 16,4    | 8760  |               |
| elektrownie biogazowe                         | 234   | 2,1       | 1500  | 13,1    | 1000  | 8,8     | 1000  | 8,8     | 8760  |               |
| elektrownie biomasowe                         | 1273  | 6,7       | 1299  | 11,4    | 1681  | 14,7    | 2062  | 18,1    | 8760  |               |
| elektrownie węglowe                           | 29736 | 113,4     | 20000 | 68,1    | 2000  | 17,5    | 0     | 0       |       |               |
| elektrownie przemysłowe                       | 2451  | 14,6      | 1716  | 15,0    | 1716  | 15,0    | 0     | 0       |       |               |
| elektrownie biog. z zasobnikiem               | 0     | 0         | 1000  | 8,8     | 4000  | 35,0    | 6000  | 52,5    | 8750  |               |
| silniki diesla (większość o mocy kilkaset kW) | 0     | 0         | 500   | 4,3     | 3000  | 11,6    | 5000  | 18,6    | 3720  |               |
| bloki combi (większość o mocy kilka MW)       | 973   | 8,5       | 1654  | 14,5    | 4500  | 28,9    | 5000  | 31,6    | 6320  |               |
| RAZEM   |       |           |       |         |       |         |       |         |       |               |
| źródła OZE                                    |       | 25,8      |       | 63,0    |       | 97,1    |       | 124,8   |       |               |
| transfer paliw                                |       | 8,5       |       | 18,8    |       | 40,5    |       | 54,5    |       |               |
| elektrownie konwencjonalne                    |       | 128,0     |       | 83,1    |       | 32,5    |       | 0       | 8     |               |

**Ryc. 13. Energetyka Polska; produkcje energii elektrycznej w różnych źródłach wytwórczych – prognoza w horyzoncie 2030/2040/2050**

środowisko LabVIEW)”. Badania dr Bodzka mają pomóc w odpowiedzi na pytanie, czy w osłonie OK4 da się zbudować nową energetykę, opartą nie tylko na źródłach odnawialnych, ale także dodatkowo na dwóch źródłach wykorzystujących transfery paliw z rynku ciepła i z rynku paliw transportowych. Badanie przeprowadzane są z uwzględnieniem obszarów wiejskich, miast i wielkiego przemysłu. Zwłaszcza w tym ostatnim segmencie zaznacza się swoiste napięcie między niewielką gęstością produkcji energii w źródłach odnawialnych i znaczną gęstością zużycia energii. Tworząc symulator transformacji polskiej energetyki dr Bodzek wykorzystał swoje poprzednie doświadczenia związane z pracą nad symulatorem hybrydowym.

Dr Bodzek zaprezentował propozycje koszyka wytwórców energii elektrycznej w Polsce dla wybranych punktów węzłowych transformacji energetyki, a mianowicie dla roku 2030, roku 2040, oraz roku 2050, wychodząc z rzeczywistego koszyka wytwórców energii elektrycznej z roku 2015 (Ryc. 13). Ponadto prelegent przedstawił propozycje bilansów energetycznych dla obszarów wiejskich, miast i wielkiego przemysłu w roku 2050. Symulacje prowadzono z wykorzystaniem rzeczywistych profili produkcji elektrowni fotowoltaicznych i wiatrowych, ponadto założono obecność grafikowanej produkcji elektrowni węglowych, brak przestojów z powodów remontu czy awarii, oraz brak wymiany energii elektrycznej z zagranicą. Wreszcie przyjęto, że elektrownie wodne, biomasowe i biogazowe pracują 8760 godzin w roku. Przewidziano także możliwość przesyłania energii elektrycznej między poszczególnymi sektorami. Przeprowadzając symulacje uwzględniono występowanie 11 dniowego okresu, który wystąpił w 2015 roku, w którym produkcja energii elektrycznej pochodzącej z elektrowni wiatrowych i fotowoltaicznych, jest bardzo niewielka. Jest to swoisty okres testowy, służący do sprawdzenia, czy również w tym najgorszym przypadku, jest możliwość zapewnienia pracy całego układu. W roku 2030 proponowany koszyk wytwórców energii elektrycznej zakłada dwuipółkrotny wzrost produkcji energii elektrycznej ze źródeł OZE, ponad dwukrotny wzrost produkcji energii elektrycznej pochodzącej z transferu paliw, oraz spadek produkcji energii elektrycznej w elektrowniach konwencjonalnych o około 1/3 (wszystko w odniesieniu do roku 2015). Przy tworzeniu tego koszyka wytwórców energii elektrycznej założono, że bilansowanie produkcji odbywa się z wykorzystaniem elektrowni węglowych. W roku 2040 bilansowanie produkcji jest przeniesione do sieci średniego i niskiego napięcia (SN/nN), a produkcja elektrowni węglowych nie jest grafikowana – pracują one ze stałą mocą w podstawie systemu, przy czym ich łączna moc jest prawie dziesięciokrotnie mniejsza niż w roku 2015. W porównaniu

z rokiem 2030 wzrasta produkcja energii w źródłach OZE i w źródłach wykorzystujących transfer paliw, a spada produkcja w elektrowniach konwencjonalnych. W roku 2050 produkcja energii elektrycznej odbywa się wyłącznie w źródłach OZE i w elektrowniach wykorzystujących transfer paliw, a bilansowanie energii odbywa się – jak w 2040 roku, w obrębie sieci średniego i niskiego napięcia SN/nN. Ponadto dr Bodzek podał prognozy produkcji energii elektrycznej w roku 2050 dla obszarów wiejskich, miast i wielkiego przemysłu, przy uwzględnieniu nadwyżki produkcji i deficytu energii elektrycznej. Prognozy te wskazują, że obszary wiejskie charakteryzują się występowaniem największej nadwyżki produkcji energii elektrycznej i jednocześnie najmniejszym jej deficytem (Ryc. 13).

W dyskusji udział wzięli: dr inż. M. Fice, Prezes Budzisz, dr inż. R. Wójcicki, dr inż. J. Bargiel, dr hab. inż. K. Dębowski, Prezes A. Jurkiewicz, Prezes G. Czornik.

## **Podsumowanie i wnioski z pierwszego i drugiego półrocza 2016 roku**

- Pierwsze i drugie półrocze 2016 r. w zmieniającej się na naszych oczach energetyce, minęło bardzo szybko. Stąd dwa półroczne opracowania spotkań konwersatoryjnych by nadążać za zmianami.
- Konwersatorium funkcjonuje dalej i obchodziło 25.10.2016 r. swoje 10 – lecie działalności.

### **Zakończenie**

Podsumowanie całorocznej działalności konwersatorium (w roku 2016) jest bogatsze o widoczne wokół nas zmiany, uczestnicy konwersatorium są dzisiaj w uprzywilejowanej pozycji przebudowujących energetykę.

### **LITERATURA**

[1]Popczyk J. *Klustry energetyczne – tak. Energetyka jądrowa i rynek mocy – nie. Nowy rynek energii elektrycznej – tak, na ten już najwyższy czas !!!*.(08.08.2016) Biblioteka BŻEP

<http://www.klaster3x20/stowarzyszenie-klaster-3x20>

### **Informacja**

Spotkania konwersatoryjne odbywają się dalej cyklicznie, w ostatni wtorek każdego miesiąca, oprócz miesięcy wakacyjnych (lipiec i sierpień), w sali 615 Politechniki Śląskiej w Gliwicach na Wydziale Elektrycznym (ul. B. Krzywoustego 2).