

**Zadanie badawcze Zakładu 1. Instytutu Elektroenergetyki i Sterowania Układów
Politechniki Śląskiej objęte planem zadaniowo-finansowym z roku 2014**

Temat zadania badawczego:

Zadanie 1. Optymalizacja rozwiązań w restrukturyzowanej elektroenergetyce

Skład zespołu badawczego:

prof. dr hab. inż. Jan Popczyk
dr hab. inż. Henryk Kocot
dr hab. inż. Roman Korab (kierownik zespołu badawczego)
dr hab. inż. Maksymilian Przygodzki
dr inż. Mirosław Kielboń
dr inż. Edward Siwy
mgr inż. Paweł Kubek
mgr inż. Robert Owczarek

Badania i analizy dotyczyły następujących zagadnień szczegółowych:

- 1.1. elektroenergetyka w warunkach rynku energii – kształtowanie efektywnych opłat przesyłowych w sieci elektroenergetycznej,
- 1.2. energetyka prosumencka w procesie strukturalnej przebudowy sektora energetycznego,
- 1.3. planowanie rozwoju systemu elektroenergetycznego i jego elementów – ocena możliwości sterowania transgranicznym przepływami mocy czynnej przy wykorzystaniu przesuwników fazowych,
- 1.4. intensyfikacja wykorzystania zdolności przesyłowych sieci elektroenergetycznych,
- 1.5. zastosowanie urządzeń rozproszonej energetyki w budownictwie,
- 1.6. praca i sterowanie nowoczesnych układów oświetleniowych.

1.1. Elektroenergetyka w warunkach rynku energii – kształtowanie efektywnych opłat przesyłowych w sieci elektroenergetycznej

Wykonawca podzadania:

dr hab. inż. H. Kocot

Cel badań:

Celem badań było określenie wpływu wprowadzenia opłat przesyłowych węzłowych w krajowym systemie elektroenergetycznym.

Opis realizowanych prac:

Prace badawcze koncentrowały się głównie na analizie efektów wprowadzenia opłat węzłowych zarówno dla celów rozwoju rynku energii ale również dla celów planowania rozwoju systemu elektroenergetycznego. Zostały również poddane analizie dokumenty europejskie i krajowe związane z cenotwórstwem oraz rozwojem rynku energii. W obu grupach dokumentów znajdują się wyraźne wskazania, co do możliwości wprowadzenia tego typu opłat, które wnoszą do taryfy przesyłowej dodatkowe funkcje - oprócz funkcji dochodowej taryfa powinna spełniać również funkcję informacyjną dla właściciela sieci oraz funkcję motywacyjną dla jej użytkowników.

W pracach odwołano się także do doświadczeń krajowych w zakresie kształtowania opłat przesyłowych w tym do prac realizowanych w Instytucie Elektroenergetyki i Sterowania Układów.

Opis najważniejszych osiągnięć:

Wyniki prowadzonych prac potwierdzają zapisy w dokumentach europejskich i krajowych odnośnie rekomendacji wprowadzenia takiego rozwiązania. Głównym czynnikiem, który opóźnia tego typu sposób rozliczeń, jest pewne niezrozumienie opłat węzłowych w środowisku elektroenergetyki zawodowej.

W czasie konferencji Rynek Energii Elektrycznej REE'14 odbyła się konstruktywna dyskusja nad prezentowanym referatem. Wydaje się, że tym samym został uczyniony kolejny krok, który może przybliżyć moment wprowadzenia efektywnego sposobu naliczania opłat przesyłowych.

Wykorzystanie uzyskanych wyników:

Efekty badań zostały prezentowane na konferencji Rynek Energii Elektrycznej REE'14 oraz zostały opublikowane w czasopiśmie *Rynek Energii* [1.1]. Całość wyników może służyć jako materiał do tworzenia polityki energetycznej w najbliższych latach.

1.2. Energetyka prosumencka w procesie strukturalnej przebudowy sektora energetycznego

Wykonawca podzadania:

prof. dr hab. inż. J. Popczyk

Cel badań:

Celem jest tworzenie podstaw pod przebudowę energetyki od WEK do EP. Na obecnym etapie (globalnej konsolidacji celów polityki klimatyczno-energetycznej w horyzoncie 2050 i polskiej petryfikacji energetyki) podstawowe znaczenie ma wypracowanie doktryny energetycznej, która powinna zastąpić „operacyjną” politykę energetyczną. Badania miały na celu syntezę ścisłego powiązania rozwoju energetyki z programami gospodarczymi w nowej sytuacji technologicznej, politycznej i społecznej (tym samym odejścia od autonomizacji rozwoju energetyki, która jest głównym wyznacznikiem polskiej polityki energetycznej, na rzecz rozwoju podporządkowanego polityce gospodarczej: „najpierw gospodarka, a dopiero potem, wynikowo, energetyka”).

Opis realizowanych prac:

Przeprowadzona została kolejny raz analiza uwarunkowań. Na tej podstawie opracowana została propozycja doktryny, której istotą jest wyłączenie energetyki (wszystkich obecnych sektorów energetycznych) w horyzoncie 2020 ze sfery specjalnych wpływów politycznych, w szczególności ze sfery działań na rzecz stosowania ustaw specjalnych oraz na rzecz odstępstw (w postaci derogacji) od unijnych regulacji antymonopolowych i dotyczących pomocy publicznej (naruszającej konkurencję).

W propozycji doktryna jest traktowana jako podstawa **dynamicznego systemu dwubiegunowego bezpieczeństwa energetycznego w perspektywie 2050. W koncepcji tej bezpieczeństwo jest wynikiem** rynkowej równowagi (w horyzoncie 2050, realizowanej za pomocą infrastruktury smart grid) zasobów na dwóch biegunach:

1. Na jednym biegunie jest **intensyfikacja i koordynacja wykorzystania istniejących zasobów korporacyjnej energetyki wielkoskalowej**, na które składają się: 1^o - system elektroenergetyczny (sieci i bloki wytwórcze, łącznie z kopalniami węgla brunatnego i górnictwem węgla kamiennego), 2^o - system gazowniczy, łącznie z infrastrukturą wydobywczą i infrastrukturą LNG, 3^o - cała infrastruktura paliw transportowych, 4^o - ciepłownictwo, łącznie z kogeneracją (rewitalizacja elektroenergetycznych bloków węglowych ma w aspekcie intensyfikacji i koordynacji wykorzystania istniejących zasobów korporacyjnej energetyki wielkoskalowej największe znaczenie).
2. Na drugim biegunie są szeroko rozumiane **inwestycje w energetykę prosumencką**: 1^o - przemysłową (autokogeneracja gazowa, efektywność energetyczna, OZE), 2^o - na obszarach wiejskich (rewitalizacja zasobów budynkowych za pomocą technologii domu pasywnego, rozwój rolnictwa energetycznego, transformacja w kierunku wiejskich sieci elektroenergetycznych *semi off grid*), 3^o - w miastach (rewitalizacja zasobów budynkowych za pomocą technologii domu pasywnego, rozwój OZE, rozwój systemów *car sharing* i infrastruktury transportu elektrycznego).
3. Inteligentna infrastruktura jest przede wszystkim interfejsem energetyki prosumenckiej (EP), służącym do połączenia tej energetyki z korporacyjną energetyką wielkoskalową (nie odwrotnie); w konsekwencji inteligentna infrastruktura, to przede wszystkim smart grid EP służący do zarządzania i sterowania w obszarze energetyki prosumenckiej, ale także smart grid WEK służący do intensyfikacji wykorzystania istniejących zasobów infrastrukturalnych w korporacyjnej energetyce wielkoskalowej, przede wszystkim sieciowych w elektroenergetyce, ale także w gazownictwie, a ponadto całych (łącznie ze stacjami paliwowymi) zasobów transportowej infrastruktury paliwowej.

Opis najważniejszych osiągnięć:

Do propozycji doktryny dołączona została propozycja operacyjnego „oprzyrządowania”. Na to oprzyrządowanie składają się **wybrane regulacje prawne**. Dotyczą one trzech obszarów. Są to:

1. Zmiana płatnika opłaty przesyłowej na rynku energii elektrycznej z odbiorcy na wytwórcę; tę regulację prawną – mającą walor siły sprawczej (głównego mechanizmu napędowego) rozwoju całej energetyki prosumenckiej, zdolną przekształcać ułomny rynek energii elektrycznej w rynek w pełni konkurencyjny – traktuje się w doktrynie jako innowację przełomową w kontekście całej energetyki.
2. Zapewnienie za pomocą sygnałów cenowych (z giełdy energii elektrycznej i rynku bilansującego) dynamicznego i powszechnego wzajemnego powiązania energetyki WEK z całą energetyką EP, przy wykorzystaniu do tego celu licznika inteligentnego, który Polska zdecydowała się powszechnie wprowadzić w okresie do 2018 r. (Polska nie odrzuciła fakultatywnego rozwiązania dyrektywy 2009/72 dotyczącego inteligentnego licznika); powiązanie to traktuje się w doktrynie jako główny mechanizm równowagi między schyłkową energetyką wielkoskalową (obciążoną w obszarze rozwojowo-inwestycyjnym właściwościami gospodarki planistycznej) oraz innowacyjną energetyką prosumencką,
3. Wprowadzenie monitoringu wykorzystania środków publicznych przeznaczonych na przebudowę energetyki w kontekście efektywności/skuteczności tworzenia trwałych podstaw do funkcjonowania energetyki EP po 2020 r.; monitoring ten traktuje się jako podstawowe narzędzie do oceny dynamiki zmniejszania się luki finansowej konkurencyjności inwestycji w energetykę prosumencką względem wielkoskalowej.

Do propozycji doktryny dołączona została ponadto propozycja powołania **Rady Bezpieczeństwa Energetycznego**. Uznając, że bezpieczeństwo energetyczne (powszechna dostępność energii elektrycznej, energii transportowej i ciepła) jest zbyt ważnym czynnikiem gospodarczym i całego dobrostanu społecznego, aby pozostawić je bezbronny wobec wrogich sił spekulacyjnych zaproponowano Radę Bezpieczeństwa Energetycznego (RBE), której zadaniem jest monitorowanie (zestandaryzowanego) wskaźnika bezpieczeństwa energetycznego i rekomendowanie rządowi na tej podstawie adekwatnych decyzji wdrożeniowych wybranych z pakietu trójstopniowych działań ubezpieczających i/lub pobudzających (w postaci programów około-energetycznych, o charakterze rynkowym).

1. Na pierwszym poziomie jest wskaźnik bezpieczeństwa operatywnego (wynik zintegrowanych analiz technicznych rynków energii elektrycznej, ciepła i energii transportowej); na podstawie monitoringu tego wskaźnika ogłaszane są zestandaryzowane, publiczne komunikaty RBE, kierowane przede wszystkim do społeczeństwa i do przedsiębiorstw z obszaru korporacyjnej energetyki wielkoskalowej, oraz zestandaryzowane propozycje rekomendacji adekwatnych (wyprzedzających) regulacji prawnych kierowane do rządu,
2. Na drugim poziomie jest wskaźnik w postaci ryzyka wystąpienia *stranded costs* (wynik koordynacyjnych analiz statystycznych istniejących zasobów w obszarze całej korporacyjnej energetyki wielkoskalowej); na podstawie monitoringu tego wskaźnika ogłaszane są zestandaryzowane, publiczne komunikaty RBE, kierowane przede wszystkim do przedsiębiorstw z obszaru korporacyjnej energetyki wielkoskalowej,
3. Na trzecim poziomie jest wskaźnik w postaci ryzyka niewykorzystania szans rozwojowych (gospodarczych, społecznych) kraju związanych z potencjałem innowacyjności w sferze przebudowy energetyki (wynik antycypacyjnych badań modelowych); na podstawie monitoringu tego wskaźnika ogłaszane są zestandaryzowane, publiczne komunikaty RBE, kierowane przede wszystkim do społeczeństwa.

Najważniejsze znaczenie w oprzyrządowaniu doktryny ma propozycja **pakietu strategicznych programów energetycznych i około-energetycznych**. Są to:

Program I(P), modernizacyjny. Krajowy program modernizacyjny dotyczący pobudzenia efektywnościowego energetyki (prosumenckiej) przemysłowej (obecnie około 50% krajowego zużycia energii elektrycznej) obejmuje (auto) kogenerację gazową, efektywność energetyczną i rozwój OZE, a jego fundamentem jest przesłanka, że prosumenckie łańcuchy wartości (oznaczające na początek, w szczególności, integrację strony popytowej i podażowej gospodarki energetycznej) mają na obecnym etapie technologicznym znaczenie fundamentalne. (Szacuje się, że działania bezinwestycyjne i inwestycje w efektywność popytową o czasie zwrotu kapitału poniżej dwóch lat – czyli około 5-krotnie mniejszym niż okres zwrotu kapitału w źródła wytwórcze – umożliwiają w szeroko rozumianym przemyśle redukcję zapotrzebowania na energię elektryczną około 20%; w wypadku ciepła jest to redukcja rzędu 30%).

Program II(OW), rozwojowy. Krajowy program rozwojowy dotyczący energetyki (prosumenckiej) na obszarach wiejskich (obecnie około 15% krajowego zużycia energii elektrycznej) obejmuje rewitalizację zasobów budynkowych za pomocą technologii domu pasywnego (czyli technologii, której potencjał techniczno-ekonomiczny zapewni w horyzoncie 2050 co najmniej 5-krotną redukcję ciepła grzewczego w zasobach budynkowych), rozwój OZE i modernizację gospodarstw rolnych mała- i średnio-towarowych za pomocą mikrobiogazowni utylizacyjno-rolniczych zintegrowanych z agregatami kogeneracyjnymi pracującymi w trybie *semi off grid*. (Program II jest ukierunkowany na niezbędną reelektryfikację obszarów wiejskich za pomocą innowacyjnych rozwiązań energetyki prosumenckiej, zastępujących tradycyjną reelektryfikację sieciową; w szczególności transformację wiejskich sieci elektroenergetycznych niskiego napięcia w kierunku *semi off grid*, prawie autonomicznych).

Program III(RE), rozwojowy. Krajowy program rozwoju rolnictwa energetycznego – dotyczący restrukturyzacji rolnictwa, głównie w obszarze gospodarstw wielkotowarowych (powyżej 50 ha) – jest ukierunkowany na efektywne wykorzystanie polskich zasobów gruntów ornych uwzględniające, jako podstawowe uwarunkowanie, pełną równowagę żywnościowo-energetyczną. Podstawową technologią rolnictwa energetycznego w pierwszym etapie rozwojowym są biogazownie klasy 20 GWh (jest to roczna produkcja biogazowni wyrażona w energii chemicznej), czyli produkujące biogaz w ilości 2 mln m³/rok w przeliczeniu na czysty metan; są to biogazownie bez magazynów biogazu pracujące na sieć gazową średniego ciśnienia lub, opcjonalnie, biogazownie z magazynami biogazu zasilające agregaty kogeneracyjne klasy 1 MW, pracujące w trybie źródeł regulacyjnych słabo powiązanych z siecią średniego napięcia. (Roczny potencjał produkcyjny Programu III w horyzoncie 2050 wynosi 200 TWh w energii chemicznej, albo 20 mld m³ biogazu w przeliczeniu na czysty metan; w przeliczeniu na energię elektryczną jest to około 80 TWh. Taki potencjał wynika z ostrożnego oszacowania, zakładającego wykorzystanie na cele energetyczne poniżej 20% dostępnych gruntów ornych).

Program IV(M), rozwojowy. Krajowy program rozwojowy dotyczący energetyki (prosumenckiej) w miastach (z wyłączeniem „wielkiego przemysłu”) – obecnie około 35% krajowego zużycia energii elektrycznej, około 70% zużycia ciepła, około 70% zużycia paliw transportowych – obejmuje trzy kierunki działań: rewitalizację zasobów budynkowych za pomocą technologii domu pasywnego, rozwój OZE oraz rozwój systemów *car sharing* i infrastruktury transportu elektrycznego. Główny potencjał ekonomiczny jest związany przy tym z dwoma działaniami: pierwszym i trzecim. (Wykorzystanie potencjału techniczno-ekonomicznego w horyzoncie 2050 w Programie IV oznacza w miastach co najmniej 5-krotną redukcję ciepła grzewczego w zasobach budynkowych oraz 3-krotną redukcję paliw transportowych. Jednocześnie oznacza zrównoważenie produkcji w źródłach OZE – głównie słonecznych, PV i hybrydowych – z następującymi potrzebami: 1^o - ze wzrostem zużycia energii elektrycznej jako energii napędowej dla pomp ciepła produkujących ciepło grzewcze i ciepłą wodę użytkową, 2^o - ze wzrostem zużycia energii elektrycznej wynikającym z rozwoju transportu elektrycznego oraz 3^o - z produkcją ciepła grzewczego, realizowaną poza segmentem pomp ciepła, w źródłach słonecznych hybrydowych i kolektorach słonecznych).

Program V(WEK), pomostowy. Krajowy program intensyfikacji wykorzystania istniejących zasobów korporacyjnej energetyki wielkoskalowej (w największym uproszczeniu, ale z zastosowaniem dużego nadmiarowego marginesu, szacuje się że bezinwestycyjne zasoby tej energetyki są całkowicie wystarczające w horyzoncie 2050) ma dwa główne uwarunkowania i obejmuje dwa główne kierunki. Uwarunkowania, to po pierwsze nowe możliwości wynikające z gwałtownego rozwoju technologicznego infrastruktury inteligentnej; z tym uwarunkowaniem jest związany w szczególności pierwszy kierunek działań, którym jest intensyfikacja wykorzystania zasobów, przede wszystkim sieciowych, za pomocą inteligentnej infrastruktury (smart grid WEK). Drugie uwarunkowanie, to dwa wielkie transfery paliwowe do segmentu źródeł wytwórczych energii elektrycznej (kogeneracyjnych, poligeneracyjnych) w energetyce prosumenckiej, przede wszystkim przemysłowej i budynkowej; będzie je wymuszała dwubiegunowa rynkowa doktryna 2050 mająca na celu redukcję wykorzystania paliw kopalnych zgodną z minimalną redukcją przyjętą w unijnej Mapie Drogowej 2050, czyli o 80% (dla Polski realną i pożądaną). Najszybszy będzie transfer gazu z rynku ciepła (wypieranego przez technologie domu pasywnego, przez pompy ciepła i biomasowe źródła ciepła), późniejszy transfer będzie dotyczył paliw transportowych (wypieranych przez transport elektryczny). Potencjał docelowego transferu gazu szacuje się na około 8 mld m³. Uwzględniając potencjał wzrostu krajowego wydobycia gazu ziemnego (w przeliczeniu na czysty metan) do 6 mld m³/rok oraz potencjał wzrostu zdolności przeładunkowych terminala LNG w Świnoujściu do 6 mld m³/rok uzyskuje się potencjał produkcji energii elektrycznej w prosumenckich technologiach gazowych wynoszący około 100 TWh/rok (przy elektrycznej sprawności przeciętnej tych technologii 50%, będącej wypadkową sprawności poligeneracyjnych i *combi*); jest to potencjał znacznie przekraczający potrzeby. Transfer paliw transportowych w horyzoncie 2050 wynoszący 2/3 obecnego rynku tych paliw oznacza potencjał produkcji energii elektrycznej w prosumenckich technologiach wytwórczych (na obecne paliwa transportowe) wynoszący około 70 TWh/rok (przy elektrycznej sprawności przeciętnej tych technologii 50%, podobnej jak w wypadku technologii gazowych); jest to znowu potencjał znacznie przekraczający potrzeby. Drugi kierunek działań, mający podstawy w obydwu uwarunkowaniach, ale przede wszystkim w błędach polityki energetycznej w ostatnich 15 latach, to inwestycje „korekcyjne” w infrastrukturę podstawową (sieci elektroenergetyczne i gazowe, elektrownie, instalacje petrochemiczne, kopalnie, ...) niezbędne ze względu na nieskoordynowanie istniejących zasobów w łańcuchach technologicznych.

Program VI(EE), pomostowy. Krajowy program intensyfikacji wykorzystania istniejących zasobów elektroenergetyki WEK ma kluczowe znaczenie (produkcja w elektrowniach węglowych wynosząca ponad 140 TWh, w tym 80 TWh w elektrowniach na węgiel kamienny i 60 TWh na węgiel brunatny, wymagająca 400 TWh energii chemicznej w węglu kamiennym i brunatnym, zapewnia prawie 90% pokrycia krajowego zapotrzebowania na energię elektryczną przez odbiorców końcowych, wynoszącego ponad 120 TWh). Zasoby wytwórcze w blokach węglowych, uwzględniając ekonomiczny potencjał ich rewitalizacji, ocenia się (z blokiem 1075 MW w Kozienicach, ale bez 2 bloków o mocy jednostkowej 900 MW każdy w Opolu) na około 3500 TWh, a bezinwestycyjne techniczne zasoby wydobywcze polskich kopalń węgla kamiennego (po odliczeniu całości węgla koksowego i węgla energetycznego zużytego w horyzoncie 2030 do celów ciepłownictwa rozproszonego) wystarczają do wyprodukowania 2300 TWh energii elektrycznej (wyeliminowanie węgla z ciepłownictwa rozproszonego do 2030 r. jest sprawą bezdyskusyjną, ale już wcześniej, bo po 2018 r. polskie górnictwo węgla kamiennego będzie, obok szczątkowego górnictwa czeskiego, jedynym w UE). Wielkie niebilansowanie w energetyce na węgiel kamienny (zasoby mocy wytwórczych w blokach przewyższające ponad 50% zasoby wydobywcze w kopalniach) będzie skutkowało rosnącym importem węgla kamiennego i/lub kosztami osieroconymi w segmencie mocy wytwórczych. Odrębną sprawą jest koordynacja zasobów w elektroenergetyce na węgiel brunatny. Do końca minionego stulecia koordynacja ta miała charakter systemowo-technologiczny i była wzorcowa. W ciągu ostatnich 15 lat, wraz z konsolidacją elektroenergetyki (która była realizowana pod hasłami potrzeby lepszego

planowania rozwoju) nastąpiło ciężkie naruszenie zasad koordynacji w kompleksie Bełchatów związane z budową nowego bloku 860 MW, i rewitalizacją istniejących bloków 360 MW. W wyniku zasoby wytwórcze energii elektrycznej w blokach węglowych w Elektrowni Bełchatów szacuje się na 1000 TWh, a zasoby w kopalniach Bełchatów i Szczerców, wynikające z posiadanych przez kopalnie koncesji, wystarczają do produkcji około 650 TWh. Błędy w polityce energetycznej ostatnich 15 lat w niewielkim stopniu przeniosły się na kompleks Pątnów-Adamów (Elektrownia Konin nie ma już praktycznego znaczenia w przyszłościowym bilansie energii elektrycznej); w kompleksie tym zasoby węgla brunatnego wystarczą do produkcji około 110 TWh energii elektrycznej (z podziałem: kopalnia Konin – około 80 TWh, kopalnia Adamów – około 30 TWh). Zasoby zdolności wytwórczych tylko w nowym bloku 460 MW (z uwzględnieniem jego potencjalnej rewitalizacji) wynoszą około 150 TWh (adekwatność zasobów wytwórczych w blokach i zasobów wydobywczych w kopalniach kompleksu PAK byłaby całkowita, gdyby zamiast bloku 460 MW został wybudowany w elektrowni Pątnów blok 200 MW, właściwy systemowo). W kompleksie Turów zasoby węgla brunatnego wystarczają do produkcji około 300 TWh. Są to zasoby praktycznie zrównoważone z zasobami zdolności wytwórczych w blokach (jednak rozważana przez Polską Grupę Energetyczną budowa nowego bloku 460 MW w elektrowni Turów naruszyłaby istniejącą równowagę). Niezbilansowanie w energetyce na węgiel brunatny (zasoby mocy wytwórczych w blokach przewyższające około 20% zasoby wydobywcze w kopalniach) będzie skutkowało kosztami osieroconymi w segmencie mocy wytwórczych (w wypadku bloków na węgiel brunatny, inaczej niż w wypadku bloków na węgiel kamienny, nie ma możliwości wykorzystania nadmiarowych zasobów mocy). W programie intensyfikacji wykorzystania istniejących zasobów elektroenergetyki WEK bardzo ważne znaczenie, oprócz bloków wytwórczych oraz kopalń (na węgiel kamienny i brunatny), mają sieci elektroenergetyczne: przede wszystkim przesyłowe, ale także rozdzielcze. W zakresie szacowania czasu życia sieci następuje współcześnie fundamentalne przewartościowanie. Na przykład dopuszczalny czas eksploatacji linii przesyłowych ulega zwiększeniu z 40 do 70 lat. To oznacza, że wykorzystanie istniejących zasobów wytwórczych bloków nie wymaga istotnych inwestycji w sieci przesyłowe (które są systemowo bardzo dobrze skoordynowane z blokami), poza inwestycjami w infrastrukturę smart grid WEK. Inwestycje w nowe bloki wytwórcze, zwłaszcza klasy 1000 MW, wymusiłyby istotne podstawowe inwestycje sieciowe, zarówno przesyłowe jak i rozdzielcze, które nieuchronnie stałyby się źródłem kosztów osieroconych w przyszłości. Otwartą sprawą jest zarządzanie istniejącymi zasobami elektroenergetyki WEK. Przyspieszenie rozwoju energetyki prosumenckiej do 2020 r. (za pomocą efektywnych systemów wsparcia) spowoduje bardziej równomierne wykorzystanie istniejących zasobów.

Wykorzystanie uzyskanych wyników:

Wyniki są wykorzystywane w sposób ciągły w środowisku obejmującym: iLab EPRO, Konwersatorium Inteligentna Energetyka oraz Stowarzyszenie Klaster 3x20. W szczególności efekty badań, bezpośrednich i pośrednich, zawierają się w autorskich RAPORTACH zamieszczonych w BŻEP:

- [1] Energetyka prosumencka jako skutek konwergencji postępu technologicznego i rozwoju społecznego. Dział 1.1.05
- [2] Energetyka prosumencka – od sojuszu polityczno-korporacyjnego do energetyki prosumenckiej w prosumenckim społeczeństwie. Dział 1.1.06 (raport zaktualizowany w 2014)
- [3] Energetyka prosumencka jako innowacja przełomowa. Dział 1.4.04
- [4] Bloki referencyjne wielkoskalowe do analizy ekonomicznej inwestycji w energetyce prosumenckiej. Dział 1.1.03
- [5] Referencyjny bilans zasobów na polskim rynku energii elektrycznej. Model interakcji EP i WEK (w kontekście zarządzania i sterowania) w ramach ii trajektorii rozwoju. Dział 2.2.01

[6] Doktryna energetyczna. Dział 1.1.06

[7] Słownictwo i inne (encyklopedyczne) podstawy z obszaru przebudowy energetyki. Dział 1.1.06

[8] E10 - energetyka w kluczowych/charakterystycznych krajach (regionach świata). Dział 2.1.02

a ponadto w innych publikacjach [1.2] ÷ [1.8].

Za szczególnie istotne z punktu widzenia wykorzystania wyników badań uznaje się ich zamieszczenie w referacie wprowadzającym do konferencji ekspertów zorganizowanej przez Kancelarię Prezydenta RP (prowadzonej przez Sekretarza Stanu w Kancelarii) nt. „Energetyka obywatelska na rzecz lokalnego rozwoju gospodarczego”, strona internetowa Kancelarii. W wyniku konferencji wynikami zainteresowały się między innymi: ministerstwo gospodarki (poziom Sekretarza Stanu), Sejm (poziom Przewodniczącego stałej Komisji ds. Energetyki), PSE (poziom prezesa).

1.3. Planowanie rozwoju systemu elektroenergetycznego i jego elementów – ocena możliwości sterowania transgranicznym przepływami mocy czynnej przy wykorzystaniu przesuwników fazowych

Wykonawcy podzadania:

**dr hab. inż. H. Kocot, dr hab. inż. R. Korab, dr hab. inż. M. Przygodzki,
mgr inż. R. Owczarek**

Cel badań:

Celem badań było dokonanie oceny efektów wynikających z zastosowania jednoczesnej regulacji przepływów mocy czynnej za pomocą przesuwników fazowych instalowanych na zachodnich połączeniach transgranicznych KSE oraz na połączeniach systemów niemieckiego i czeskiego. Przeanalizowano również wpływ przesuwników fazowych instalowanych na liniach wymiany na bezpieczeństwo pracy i możliwości importowe systemu polskiego.

Opis realizowanych prac:

- Przy wykorzystaniu modeli matematycznych systemów połączonych w regionie Europy Centralnej, dla stanów bilansowych skutkujących znaczącymi (ale dopuszczalnymi) przepływami mocy czynnej między systemami Niemiec i Polski, wykonano analizy rozptyłowe pozwalające na dokonanie oceny wpływu jednoczesnej regulacji kąta obciążenia przesuwników fazowych instalowanych na przekrojach Polska – Niemcy i Czechy – Niemcy.
- Dokonano oceny możliwości regulacyjnych przesuwników planowanych do zainstalowania na zachodnim przekroju KSE również w trudnych sytuacjach bilansowych, skutkujących przepływami mocy czynnej od strony systemu niemieckiego, przekraczającymi wartości dopuszczalne (wynoszące 1600 MW w okresie zimowym i 1300 MW w okresie letnim). Przeanalizowano wpływ przesuwników na bezpieczeństwo pracy KSE oraz możliwości importowe systemu polskiego w tych sytuacjach.

Opis najważniejszych osiągnięć:

Na podstawie uzyskanych wyników analiz rozptyłowych stwierdzono, że:

- Przy pewnym sposobie regulacji kąta obciążenia przesuwników fazowych instalowanych na połączeniach Czechy – Niemcy, możliwa jest znacząca neutralizacja efektów uzyskiwanych w wyniku regulacji prowadzonej na połączeniach Polska – Niemcy. Z kolei odpowiednio skoordynowana regulacja będzie prowadzić do wzmocnienia uzyskiwanych efektów.
- Instalacja przesuwników fazowych o zakresie regulacji kąta obciążenia $\pm 40^\circ$ na połączeniach Polska – Niemcy pozwoli na „odepchnięcie” na tym przekroju mocy czynnej w wysokości około 1100 MW. Możliwe będzie zatem zapewnienie bezpieczeństwa pracy systemów przy przepływach z systemu niemieckiego (bez regulacji) wynoszących do 2400 MW w okresie letnim oraz do 2700 MW w okresie zimowym. Uzyskanie takiego samego efektu regulacyjnego przy braku przesuwników wymagałoby zwiększenia generacji w systemie polskim o około 2200 MW, przy jednoczesnym zmniejszeniu generacji w systemie niemieckim o podobną wartość. Może to być niewykonalne z powodu braku wystarczających rezerw mocy w polskim systemie lub ograniczeń przesyłowych, m.in. na przekroju południowym KSE.
- Przy braku przesuwników fazowych na zachodnich połączeniach KSE, jedynie w sytuacji umiarkowanego rozkładu sald wymiany w regionie Europy Centralnej, system polski posiada niewielkie możliwości importowe przez połączenia synchroniczne. W trudniejszych sytuacjach bilansowych, skutkujących zwiększonymi przepływami międzysystemowymi, utrzymanie dopuszczalnych przepływów mocy czynnej na przekroju Polska – Niemcy jest możliwe tylko przy eksportowym saldzie KSE. Z kolei zastosowanie regulacji przepływów mocy czynnej za pomocą przesuwników fazowych zainstalowanych na zachodnich połączeniach systemu polskiego, umożliwi realizację importu na poziomie 1000 MW również w trudnych sytuacjach bilansowych.

Wykorzystanie uzyskanych wyników:

Efekty badań zostały opublikowane w referacie konferencyjnym [1.9] oraz w artykułach [1.10] ÷ [1.12]. Uzyskane doświadczenia zostały również wykorzystane w opracowanych na zlecenie PSE S.A. pracach naukowo-badawczych, których wyniki stanowiły jeden ze znaczących czynników uwzględnianych przy podejmowaniu decyzji inwestycyjnej dotyczącej instalacji przesuwników fazowych na połączeniach transgranicznych Polska – Niemcy.

Przedstawione wyżej wnioski wskazują, że konieczne jest opracowanie metody skoordynowanego sterowania przesuwnikami fazowymi, prowadzącej do zwiększenia bezpieczeństwa pracy połączonych systemów elektroenergetycznych Europy Centralnej, z uwzględnieniem technicznych ograniczeń przesyłowych, ekonomiki pracy systemu oraz uwarunkowań związanych z międzysystemowym handlem energią elektryczną. Zagadnienie to stanowić będzie główny obszar zainteresowań w przygotowywanej pracy doktorskiej mgr inż. R. Owczarka.

1.4. Intensyfikacja wykorzystania zdolności przesyłowych sieci elektroenergetycznych

Wykonawcy podzadania:

dr hab. inż. H. Kocot, dr inż. E. Siwy, mgr inż. P. Kubek

Cel badań:

Celem badań było przeprowadzenie analizy zwiększenia zdolności przesyłowej istniejącej infrastruktury WN i NN funkcjonującej w naszym kraju. Wiele linii napowietrznych 110 i 220 kV pracujących w Polsce jest obciążonych w stopniu bliskim ich dopuszczalnej obciążalności prądowej, ponadto zostały wybudowane na niskich konstrukcjach wsporczych z założeniem wysokiej wartości naprężenia podstawowego oraz z niewielkim zapasem zwisu. Obecnie, szczególnie w okresie letnim pojawiają się problemy z zachowaniem dopuszczalnych odstępów do obiektów znajdujących się w przestrzeni pod linią napowietrzną. Niedostateczna zdolność przesyłowa sieci w połączeniu z awaryjnością niektórych torów prądowych, mogą przyczynić się do powstania rozległych awarii systemowych. Powyższe czynniki sprawiają, że intensyfikacja wykorzystania zdolności przesyłowych istniejącej infrastruktury sieciowej w naszym kraju, staje się bardzo ważnym zagadnieniem. Przeprowadzone analizy stanowią kontynuację tematyki badawczej podejmowanej w ostatnich latach.

Opis realizowanych prac:

- Dokonano przeglądu metod zwiększenia zdolności przesyłowej linii napowietrznych stosowanych przez operatorów sieciowych w kraju i za granicą.
- Przedstawiono wybrane aspekty związane z rozszerzeniem stosowanych dotychczas modeli mechanicznych, na potrzeby analiz przewodów niskoźwisowych, cechujących się nieliniową charakterystyką rozciągania.
- Opracowano model matematyczny pozwalający uwzględniać poprzeczny rozkład temperatury wewnątrz przewodów bimateriałowych.
- Przeprowadzono obliczenia obrazujące efekty uzyskane w wybranych sekcjach odciągowych linii WN, poprzez wymianę tradycyjnych przewodów AFL na przewody niskoźwisowe HTLS.
- Przeprowadzono analizę obciążalności prądowej linii 110 kV poprzez zastosowanie monitoringu pośredniego, z wykorzystaniem dostępnych stacji meteorologicznych.

Opis najważniejszych osiągnięć:

Przeprowadzone analizy wykazały, że jedną z efektywnych metod zwiększenia termicznej zdolności przesyłowej istniejącej infrastruktury sieciowej jest wymiana tradycyjnych przewodów na przewody niskoźwisowe, zbudowane na bazie nowych materiałów. Takie działania przeprowadzić można w krótkim czasie oraz przy stosunkowo niskich nakładach inwestycyjnych. Należy jednak podkreślić, że często nie jest możliwe pełne wykorzystanie katalogowej obciążalności przewodu niskoźwisowego ze względu na ograniczenia związane z dopuszczalnym zwisem przewodów. Dotyczy to zwłaszcza wybranych przęseł krytycznych w linii. Jak pokazały przeprowadzone analizy, w niektórych przypadkach do obliczeń zwisów, zasadne jest także uwzględnianie poprzecznego rozkładu temperatury na przekroju poprzecznym przewodu. Zastosowanie monitoringu pośredniego jest również atrakcyjną możliwością zwiększenia przepustowości linii napowietrznych. Do określania bieżącej obciążalności linii można wykorzystać dane pogodowe z istniejących stacji pogodowych, dlatego nie wymaga praktycznie żadnych nakładów inwestycyjnych. Wprowadzenie monitoringu pośredniego wymaga opracowania odpowiedniego modelu statystycznego obciążalności prądowej, który powinien być zweryfikowany poprzez zastosowanie monitoringu bezpośredniego na wybranych liniach.

Wykorzystanie uzyskanych wyników:

Wybrane efekty badań zostały opublikowane w artykułach [1.13], [1.14]. Całość uzyskanych wyników zostanie również wykorzystana w przygotowywanej monografii habilitacyjnej oraz rozprawie doktorskiej.

1.5. Zastosowanie urządzeń rozproszonej energetyki w budownictwie

Wykonawca podzadania:

dr hab. inż. R. Korab

Cel badań:

Celem badań było określenie możliwości zwiększenia udziału odnawialnych źródeł energii w pokrywaniu potrzeb energetycznych typowego, wolnostojącego budynku mieszkalnego.

Opis realizowanych prac:

Jako obiekt analiz wybrano budynek mieszkalny, wybudowany w technologii z końca lat 70. XX wieku. Po analizie dostępnych zasobów energii odnawialnej jako źródła OZE w budynku wybrano źródła wykorzystujące promieniowanie słoneczne. Omówiono najważniejsze dane charakteryzujące promieniowanie słoneczne oraz przedstawiono rodzaje konwersji promieniowania słonecznego w energię użytkową. W ramach omawiania konwersji fototermicznej, porównano konstrukcję oraz przedstawiono zasadę działania dwóch rodzajów kolektorów słonecznych – płaskiego i próżniowego. Jako przykład wykorzystania kolektorów słonecznych w pokrywaniu potrzeb energetycznych budynków omówiono standardową instalację przygotowania CWU oraz, zrealizowaną przez autora, hybrydową instalację CO i CWU, wykorzystującą również biomasę drzewną (konwersja fotochemiczna). Przedstawiono wyniki pomiarów własnych, ilustrujące efektywność zastosowania kolektorów słonecznych. W dalszej części, w ramach omawiania konwersji fotowoltaicznej, zaprezentowano zasadę działania oraz rodzaje ogniw słonecznych. Przedstawiono przykładową budowę, współpracującą z siecią rozdzielczą nN, instalacji fotowoltaicznej zintegrowanej z instalacją odbiorczą budynku. Na podstawie wyników symulacji dokonano oceny efektywności zastosowania ogniw fotowoltaicznych w instalacji zasilania budynku mieszkalnego.

Opis najważniejszych osiągnięć:

W ramach wykonanych prac dokonano oceny możliwości zmiany sposobu pokrywania potrzeb energetycznych budynku mieszkalnego. Stwierdzono, że:

- zastosowany układ kolektorów słonecznych umożliwił pokrycie około 75% rocznych potrzeb energetycznych związanych z przygotowaniem CWU w analizowanym budynku, a średnioroczna sprawność instalacji wynosi około 55%,
- dzięki wyposażeniu budynku w hybrydową instalację CO i CWU (kolektory słoneczne i kocioł biomasowy), przy zastosowaniu odpowiedniej ilości biomasy, możliwe jest całkowite wyeliminowanie wykorzystania paliw kopalnych na potrzeby grzewcze analizowanego budynku, przy jednoczesnym zapewnieniu takiego samego komfortu cieplnego, jak w przypadku zastosowania kotła gazowego,
- przy założeniu instalacji ogniw fotowoltaicznych na południowej ścianie budynku pod kątem 90°, na podstawie symulacji przeprowadzonych z wykorzystaniem modelu matematycznego budynku plus-energetycznego, otrzymano roczną produkcję energii elektrycznej na poziomie 5560 kWh (czas użytkowania mocy szczytowej wynosi 927 h/rok, a średnioroczna sprawność instalacji osiąga poziom 13,9%); oznacza to, że przy obecnym zużyciu energii elektrycznej w analizowanym budynku mieszkalnym oraz przy wykorzystaniu istniejących zasobów energii odnawialnej możliwej do zastosowania do produkcji energii elektrycznej, nie jest możliwe przekształcenie tego budynku w obiekt plus-energetyczny, a jedynie w obiekt nisko-energetyczny.

Wykorzystanie uzyskanych wyników:

Wybrane efekty badań zostały opublikowane w artykule [1.15].

1.6. Praca i sterowanie nowoczesnych układów oświetleniowych

Wykonawca podzadania:

dr inż. M. Kielboń

Cel badań:

Celem badań była ocena możliwości wykorzystania oświetlenia elektrycznego wyposażonego w opcję pracy autonomicznej do pracy w strukturach sieci smart grid, jako elementu wytwórczego i magazynującego energię (łagodzenie obciążeń szczytowych).

Opis realizowanych prac:

Dokonano analizy pracy oferowanych na rynku autonomicznych systemów oświetleniowych, przy czym w pierwszym etapie uwagę poświęcono systemom zasilanym z paneli fotowoltaicznych. Oceniono możliwości wykorzystania elementów wytwórczych i zasobników lamp autonomicznych do produkcji energii na potrzeby sieci elektroenergetycznej.

Opis najważniejszych osiągnięć:

Sformułowano ogólny wniosek mówiący, że lampy uliczne z zasilaniem z paneli fotowoltaicznych, przeznaczone do współpracy z siecią zewnętrzną, powinny posiadać zoptymalizowany układ wytwórczo-zasobnikowy. Obecne konstrukcje, w przypadku ich użycia jako źródeł dodatkowej energii w sieci, nie będą w stanie pracować poprawnie w przypadku niekorzystnych warunków atmosferycznych (ich ograniczone wykorzystanie jako dodatkowych zasobników dla energii z sieci jest oczywiste ze względu na małą pojemność tych zasobników – akumulatorów).

Wykorzystanie uzyskanych wyników:

Uzyskane efekty badań zostały opublikowane w artykule [1.16].

Publikacje:

- 1.1. Kocot H.: *Opłaty przesyłowe węzłowe. Czy nadszedł już czas wdrożenia w Polsce?* Rynek Energii, nr 2 (111), kwiecień 2014, s. 35-40 **(10 pkt.)**
- 1.2. Popczyk J. (red.): *Energetyka alternatywna. Jedna doktryna i różnorodność rozwiązań.* Wydawnictwo Dolnośląskiej Wyższej Szkoły Przedsiębiorczości w Polkowicach, Polkowice 2014 (220 stron) **(???) pkt.)**
- 1.3. Popczyk J.: *Energetyka prosumencka i jej miejsce w energetyce.* Czysta energia, nr 5/2014, s. 20-24 **(0 pkt.)**
- 1.4. Popczyk J.: *Mikrobiogazownia jako innowacja przełomowa.* Czysta energia, nr 2/2014, s. 28-32 **(0 pkt.)**
- 1.5. Popczyk J.: *Energetyka prosumencka, i mikrobiogazownia w szczególności, jako innowacja przełomowa.* Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna „Odpowiedzialnie tworzymy instalacje OZE”, materiały konferencyjne s. 29-43, Ustroń Śląski, maj 2014 **(0 pkt.)**
- 1.6. Popczyk J.: *Energetyka prosumencka.* Monografia, Publikacja Europejskiego Kongresu Finansowego, Sopot 2014 (odrębne wydawnictwo, 92 strony) **(???) pkt.)**
- 1.7. *Energetyka prosumencka – pierwsza próba konsolidacji.* Monografia pod redakcją J. Popczyka, R. Kucęby, K. Dębowskiego, W. Jędrzejczyka, Sekcja Wydawnictw Wydziału Zarządzania Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa 2014 (233 strony) **(???) pkt.)**
- 1.8. Popczyk J.: *Prosumenctwo - innowacja przełomowa.* Energetyka Ciepła i Zawodowa, nr 2/2014, s. 36-43 **(0 pkt.)**
- 1.9. Kocot H., Korab R., Lubicki W., Przygodzki M., Tomasik G., Żmuda K.: *Improving the cross-border transmission capacity of Polish power system by using phase shifting transformers.* Paper no. C1-108, 2014 CIGRE Session, Paris, France, August 2014 **(???) pkt.)**
- 1.10. Korab R., Owczarek R.: *Międzynarodowy transport energii elektrycznej - sterowanie przepływami mocy czynnej na połączeniach transgranicznych.* Logistyka, nr 6/2014 (w druku, czasopismo ukáže się w styczniu 2015) **(10 pkt.)**
- 1.11. Kocot H., Korab R., Przygodzki M., Żmuda K.: *Dobór głównych parametrów przesuwników fazowych dla zachodnich połączeń transgranicznych KSE.* Przegląd Elektrotechniczny, nr 4/2014 **(12 pkt.)**
- 1.12. Bieroński S., Korab R., Owczarek R.: *Wpływ regulacji przesuwników fazowych instalowanych w rejonie Europy Środkowo-Wschodniej na transgraniczne przepływy mocy.* Elektryka 2014 (w druku) **(0 pkt.)**
- 1.13. Kocot H., Kubek P., Siwy E.: *Nowoczesne metody zwiększenia zdolności przesyłowej istniejącej infrastruktury sieciowej.* Logistyka, nr 6/2014 (w druku, czasopismo ukáže się w styczniu 2015) **(10 pkt.)**
- 1.14. Kubek P.: *Metody analizy przewodów elektroenergetycznych pod względem cieplnym i mechanicznym.* Elektryka 2014 (w druku) **(0 pkt.)**
- 1.15. Korab R.: *Energetyka słoneczna sposobem na zwiększenie udziału źródeł odnawialnych w pokrywaniu potrzeb energetycznych budynków.* Energetyka, nr 2/2014, s. 116-121 **(5 pkt.)**
- 1.16. Kielboń M.: *Stacjonarne oświetlenie drogowe jako element instalacji prosumenckiej w strukturach sieci Smart Grid.* Elektryka 2014 (w druku) **(0 pkt.)**

Temat zadania badawczego:

Zadanie 2. Racjonalizacja wysokonapięciowych układów izolacyjnych i elektroenergetycznych torów prądowych

Skład zespołu badawczego:

prof. dr hab. inż. Zbigniew Gacek

dr hab. inż. Maksymilian Przygodzki (kierownik zespołu badawczego)

dr inż. Dominik Duda

dr inż. Krzysztof Maźniewski

dr inż. Tomasz Rusek

dr inż. Marek Szadkowski

dr inż. Rafał Sosiński

mgr inż. Krzysztof Nowak

Cel zadania

Prowadzenie badań w zakresie metodycznym jak i przedmiotowym w odniesieniu do podstawowych składowych obwodów głównych urządzeń elektroenergetycznych, tj.: układów izolacyjnych oraz torów prądowych

Opis realizowanych prac

Zadanie skupia się na wybranych elementach obwodów głównych, charakterystycznych dla sieci i niektórych wysokonapięciowych urządzeń elektroenergetycznych. W zadaniu skupiono się na dwóch aspektach:

- Diagnostyka izolacji wysokonapięciowych transformatorów elektroenergetycznych oraz wysokonapięciowych linii kablowych.
- Analizy funkcjonalne i rozwój sieci elektroenergetycznej jako układu przesyłowo-rozdzielczego.

Opis najważniejszych osiągnięć

Badaniami w zakresie diagnostyki stanu izolacji układów wysokonapięciowych Zespół zajmuje się już od kilku lat. Do tego celu wykorzystuje się metodę analizy wyładowań niezupełnych (wnz). W ostatnim czasie zostały podjęte w Zespole badania modelowych źródeł wnz, których celem było ustalenie możliwości zwiększenia funkcjonalności i jakości metod emisji akustycznej (EA) tak aby uzyskać za jej pomocą informację o poziomie ładunku pozornego bądź innego parametru mierzonego metodą elektryczną. Pozytywne wyniki uzyskano dla prostych modeli ostrze-płyta uziemiona zanurzona w oleju. Dla uogólnienia jednak proponowanego podejścia wymagane jest rozszerzenie i kontynuacja prac.

W ramach analiz funkcjonowania sieci elektroenergetycznej w Zespole prowadzono badania nad liniami kablowymi WN. Jednym z aspektów była ocena układu przestrzennego ułożenia kabli jednożyłowych WN, sposobu połączenia i uziemienia żył powrotnych i wykonania ochrony przeciwprzebiegowej osłon kabli. Do ochrony tych osłon stosuje się ograniczniki przepięć, których parametry funkcjonalne wyznacza się na podstawie napięć indukowanych w żyłach powrotnych kabli.

W ramach badań prowadzonych nad efektywną metodyką planowania rozwoju sieci postawiono zadanie wzmocnienia zdolności transportowej tych układów. Nowe uwarunkowania funkcjonowania systemu elektroenergetycznego, w tym postępujące urynkwienie, wymagają od operatorów systemów przesyłowych zmiany podejścia do procesu długoterminowego planowania rozwoju sieci przesyłowej. W nowym podejściu proces ten nie powinien być utożsamiany wyłącznie z wymiarem technicznym, ale w

pierwszej kolejności powinien bazować na zagadnieniach ekonomiczno-rynkowych. Zmiana zakresu analiz planistycznych wymaga korekt metodycznych oraz pozyskania i implementacji stosownych narzędzi obliczeniowych. Wykorzystanie tych narzędzi nie może być ograniczone tylko do analiz w ramach opracowywania planów rozwoju systemu, ale również do analiz o charakterze strategicznym, w tym do analiz relacji popytowo-podażowych i oddziaływań rynkowych. Są to nowe właściwości komputerowych narzędzi obliczeniowych, wspomagających proces planowania rozwoju sieci przesyłowej. W tym zakresie przeprowadzono badania symulacyjne rozwoju krajowego systemu elektroenergetycznego sieci przesyłowej i dystrybucyjnej 110 kV (sieci zamkniętej). W prowadzonych badaniach rozpatrzono alternatywne podejście do rozwoju przy uwzględnieniu wymagań technicznych i techniczno-ekonomicznych. Na podstawie przeprowadzonych symulacji długoterminowych efektów sformułowano zalecenia metodyczne prowadzenia analiz perspektywicznych i formułowania planów rozwojowych, w tym planu rozwoju sieci przesyłowej (PRSP).

Analizy rozwojowe rozszerzono również na ocenę potencjału wytwórczego źródeł odnawialnych w warunkach polskich i w wybranych stanach pracy KSE. Analizując pracę źródeł odnawialnych o obecnie największym potencjale przyrostowym (źródła wiatrowe) oraz przedmiotowych źródeł fotowoltaicznych zbadano współdziałanie (synergię) w pokrywaniu zapotrzebowania w KSE. W efekcie przeprowadzonych rozważań możliwym jest oszacowanie potencjału wytwórczego źródeł fotowoltaicznych możliwego do zbilansowania w obszarze polskiego systemu elektroenergetycznego. Można w ten sposób wyznaczyć optymalny „mix” energetyczny, który pozwala na równoważenie rozwoju różnych źródeł odnawialnych. Stopień wzajemnej synergii tych źródeł pozwoli na lepsze wykorzystanie zasobów odnawialnych, jak również będzie wpływał na podniesienie bezpieczeństwa energetycznego, ale również i operacyjnego KSE.

Wykorzystanie uzyskanych wyników

Efekty badań zostały opublikowane w czasopismach naukowych, a także były prezentowane na konferencjach naukowych krajowych i zagranicznych. Wyniki prac naukowych zostały przedstawione m.in. w Przeglądzie Elektrotechnicznym (najwyżej punktowane branżowe czasopismo krajowe), Rynku Energii, Energetyce, Wiadomościach Elektrotechnicznych, ActaEnergetica, Logistyce, Spektrum i Zeszytach Naukowych Elektryka. Dodatkowo wyniki prac i zebrane doświadczenia w zakresie modeli i analiz przebiegów w sieciach elektroenergetycznych oraz ochrony przeciwprzebiegowej zaowocowały przygotowaniem do druku książki pt. „Przebiegi w sieciach elektroenergetycznych i ochrona przed przebiegami” autorstwa panów Dominika Dudy i Zbigniewa Gacka. Wyniki metodyczne i efekty symulacji rozwojowych KSE zaprezentowano na największej międzynarodowej konferencji dotyczącej sieci – 45 paryskiej sesji Komitetu Wielkich Sieci Elektrycznych (CIGRE) w sierpniu 2014 roku. Opracowane rozwiązania metodyczne w zakresie prowadzenia planowania rozwoju zostały w 2013 roku przyjęte do wdrożenia przez operatora systemu przesyłowego w Polsce.

Publikacje do Zadania 2:

- 2.1. Szadkowski M., Maźniewski K., Duda D.: Obraz statystyczny wyładowań niezupełnych w oleju. Przegląd Elektrotechniczny, nr 10/2014, ss. 164-167. **(10 pkt.)**
- 2.2. Duda D., Maźniewski K., Szadkowski M.: Komplementarne wykorzystanie metody elektrycznej i akustycznej do analizy modelowych źródeł wyładowań niezupełnych. Przegląd Elektrotechniczny, nr 10/2014, ss. 129-132. **(10 pkt.)**
- 2.3. Duda D., Gacek Z.: Przebiegi w sieciach elektroenergetycznych i ochrona przed przebiegami. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej 2015 (w druku).
- 2.4. Duda D., Szadkowski M.: Ochrona przeciwprzebiegowa osłon kabli WN w różnych układach połączeń żył powrotnych. Przegląd Elektrotechniczny, nr10/2014, ss.37-40. **(10 pkt.)**

- 2.5. Duda D., Szadkowski M., Żmuda K.: Aktualne problemy projektowania i eksploatacji linii kablowych 110 kV, głównie miejskich. *Spektrum*, lipiec-sierpień 2014. **(0 pkt.)**
- 2.6. Duda D., Szadkowski M., Żmuda K.: Aktualne problemy projektowania i eksploatacji linii kablowych 110 kV (głównie miejskich). *Wiadomości Elektrotechniczne*, nr 4/2014 **(5 pkt.)**
- 2.7. Maźniewski K., Szymonik M.: Laboratoryjna symulacja samochodowego układu wtrysku paliwa LPG. *Logistyka*. Artykuł po recenzji (w druku).
- 2.8. Rusek T.: Gazoszczelne przewody szynowe GIL a problem transportu energii elektrycznej. *Logistyka*. Artykuł po recenzji (w druku).
- 2.9. Rusek T.: Gospodarka SF6 w instalacjach elektroenergetycznych – wybrane aspekty prawne. *ZN Elektryka*. Artykuł po recenzji (w druku).
- 2.10. Kwiatkowski M., Przygodzki M.: Analysis of Tools Supporting the Transmission Grid Development Planning in Market Conditions. *ActaEnergetica* 2/19, ss. 80-85. **(6 pkt.)**
- 2.11. Webs E., Przygodzki M.: Lokalizacja źródeł generacji rozproszonej w sieci średniego napięcia. *Energetyka* 2/2014, ss. 102-108. **(4 pkt.)**
- 2.12. Przygodzki M., Turczak R., Gwóźdź R., Kałuża S.: Ocena zdolności przyłączeniowych Krajowego Systemu Przesyłowego w perspektywie długoterminowej. *Przegląd Elektrotechniczny*, nr 7/2014, ss. 123-126. **(10 pkt.)**
- 2.13. Przygodzki M., Kwiatkowski M.: Ekonomiczno-rynkowa metodyka planowania rozwoju sieci przesyłowej. *Przegląd Elektrotechniczny*, nr 9/2014, ss. 118-121. **(10 pkt.)**
- 2.14. Kocot H., Korab R., Przygodzki M., Żmuda K.: Dobór głównych parametrów przesuwników fazowych dla zachodnich połączeń transgranicznych KSE. *Przegląd Elektrotechniczny*, nr 4/2014. **(10 pkt.)**
- 2.15. Siekierski K., Przygodzki M.: Modelowanie sieci wielonośnikowych w zastosowaniach do obliczeń rozptylowych. *ZN Elektryka*. Artykuł po recenzji (w druku).
- 2.16. Przygodzki M.: Problematyka planowania rozwoju sieci przesyłowej jako zagadnienia transportowego. *Logistyka*. Artykuł po recenzji (w druku).
- 2.17. Kocot H., Korab R., Lubicki W., Przygodzki M., Tomasiak G., Żmuda K.: Improving the cross-border transmission capacity of Polish power system by using phase shifting transformers. C1-108. CIGRE, Paryż 2014 **(0 pkt.)**
- 2.18. Lubicki W., Przygodzki M., Tomasiak G.: New methodology of transmission system planning in Poland based on economic and market approach. C1-308. CIGRE, Paryż 2014 **(0 pkt.)**
- 2.19. Lubicki W., Przygodzki M.: Ekonomiczne aspekty w metodyce planowania rozwoju sieci przesyłowej. *Rynek Energii*. Zeszyt tematyczny nr I (IX), maj 2014, ss. 200-205. **(0 pkt.)**
- 2.20. Przygodzki M., Chmurski P.: Ocena możliwości zbilansowania energii produkowanej w źródłach fotowoltaicznych w krajowym systemie elektroenergetycznym. *Rynek Energii*. Zeszyt tematyczny nr I (IX), maj 2014, ss. 268-273 **(0 pkt.)**