

Ekonomiczno-rynkowa metodyka planowania rozwoju sieci przesyłowej

Streszczenie. W artykule zidentyfikowano zmiany uwarunkowań długoterminowego planowania rozwoju Krajowego Systemu Przesyłowego (KSP). W celu uwzględnienia tych uwarunkowań niezbędne jest wdrożenie ekonomiczno-rynkowej metody planowania, dla której wyspecyfikowano w zakresie podstawowym szczegółowe wymagania analityczne. Optymalną drogą do wdrożenia nowej metodyki planowania jest pozyskanie na zasadach komercyjnych narzędzia obliczeniowego spełniającego te wymagania.

Abstract. The paper identifies the changes of determinants of long-term development planning of the national transmission system. In order to take account of these considerations, it is necessary to implement economic and market planning methodology, for which the basic analytical requirements were specified in detail. The optimal way to implement a new planning methodology is to obtain at a commercial basis the calculation tool that meets these requirements. (**Economic and market development planning methodology of power transmission grid**).

Słowa kluczowe: system elektroenergetyczny, sieć przesyłowa, planowanie rozwoju, rynek energii elektrycznej.

Keywords: power system, transmission grid, development planning, electricity market.

doi:10.12915/pe.2014.09.32

Wstęp

Opracowywanie długoterminowych planów rozwoju KSP jest działalnością wykraczającą poza obszar infrastruktury przesyłowej, ponieważ obejmuje określanie kierunków rozwoju całego Krajowego Systemu Elektroenergetycznego (KSE). Do określenia zadań rozwojowych dotyczących infrastruktury przesyłowej niezbędne jest zdefiniowanie wielkości potrzeb w zakresie zapotrzebowania na usługi przesyłowe (popytu na energię elektryczną) oraz określenie scenariuszy rozwoju źródeł wytwórczych energii elektrycznej (strony podażowej energii elektrycznej). Mamy więc tutaj do czynienia z przetwarzaniem informacji dotyczących całego sektora elektroenergetycznego. W obszarze sieciowym w szczególności odnosi się to do tej części systemu, która pracuje w układzie zamkniętym.

Ze względu na wysoką kapitałochłonność sektora, metodyka wykonywania analiz dotyczących określania potrzeb w zakresie długoterminowego rozwoju infrastruktury przesyłowej powinna odpowiadać aktualnym wyzwaniom stawianym przed całą elektroenergetyką. Powinna ona również zapewnić Operatorowi Systemu Przesyłowego (OSP) pełne wywiązywanie się z dwóch podstawowych zadań, tzn. zapewnienia infrastruktury technicznej do realizacji transakcji handlowych zgodnie z potrzebami uczestników rynku energii elektrycznej oraz utrzymania niezawodnej pracy tej infrastruktury.

Poza umożliwieniem realizacji przez OSP wymienionych zadań, metodyka planowania rozwoju powinna być również na bieżąco dostosowywana do zmieniających się uwarunkowań rozwoju infrastruktury przesyłowej o charakterze zewnętrznym.

Celem niniejszego artykułu jest identyfikacja tych uwarunkowań oraz określenie na tej podstawie nowych potrzeb w zakresie stosowanej metodyki planowania rozwoju KSP, głównie w kierunku uwzględniania w niej czynników o charakterze ekonomiczno-rynkowym. Czynniki te zaakcentowano na tle dotychczas prowadzonych - głównie o charakterze technicznym - analiz rozwojowych.

Zmiany uwarunkowań rozwoju KSP

W stosunku do wcześniejszych potrzeb odnośnie metodyki planowania rozwoju KSP, w ciągu ostatnich lat pojawiło się szereg nowych uwarunkowań zewnętrznych charakteryzujących się długoterminowymi konsekwencjami dla skutków rzeczowych tego planowania. Należą do nich:

- szybki rozwój energetyki odnawialnej (głównie farm wiatrowych) stanowiący duże wyzwanie dla OSP w zakresie zdeteterminowanego rozwoju infrastruktury przesyłowej w postaci dokonywania przyłączeń tych źródeł do sieci przesyłowej oraz wpływający na zmianę geografii wytwarzania energii elektrycznej w kraju;
- konsekwentne zaostrzanie ograniczeń w zakresie emisji zanieczyszczeń, dotyczące w pierwszej kolejności źródeł wytwórczych wykorzystujących paliwa węglowe, a powodujące stopniową reorientację odnośnie technologii wytwarzania w nowych źródłach przyłączanych bezpośrednio do sieci przesyłowej (np. poprzez wprowadzanie technologii gazowych lub jądrowych) oraz ich lokalizację często w nowych miejscach, wcześniej nie wykorzystywanych do wytwarzania energii elektrycznej;
- narastanie problemów związanych z rozbudową sieci przesyłowej, dotyczące głównie fazy przygotowawczej i inwestycji liniowych, związanych z przewlekłością procedur administracyjnych i ograniczeniami lokalizacyjnymi. Skutkuje to wydłużeniem cykli inwestycyjnych oraz rozchwyaniem czasu realizacji inwestycji punktowych (np. źródła, stacje elektroenergetyczne) i inwestycji liniowych;
- tworzenie się w Europie regionalnych rynków energii elektrycznej, a docelowo plany uruchomienia jednego wspólnego rynku energii elektrycznej o charakterze paneuropejskim, co spowoduje zdefiniowanie nowych zadań i nowej roli dla narodowych operatorów sieci przesyłowych, a także nowych potrzeb infrastrukturalnych w zakresie połączeń międzysystemowych;
- poprawa efektywności użytkowania energii elektrycznej poprzez odbiorców końcowych w istniejących grupach odbiorników, pojawienie się nowych kategorii odbiorników, zmiana przyzwyczajeń odbiorców, rozszerzające się możliwości autoprodukcji oraz wewnętrzne migracje ludności powodujące zmiany w alokacji terytorialnej popytu.

Uwzględnienie powyższych uwarunkowań w obszarze metodycznym wymaga reorientacji stosowanego podejścia w kierunku wydatnego zwiększenia udziału analiz ekonomiczno-rynkowych oraz obiektywizacji sposobu uwzględnienia czynnika niepewności poprzez stworzenie podstaw do wprowadzenia do tych analiz elementów probabilistyki.

Specyficzne cechy ekonomiczno-rynkowej metodyki planowania rozwoju sieci przesyłowej

Cechy charakterystyczne ekonomiczno-rynkowej metodyki planowania rozwoju

W relacji do tradycyjnego podejścia metodycznego, dotyczącego planowania rozwoju KSP skoncentrowanego na analizach technicznych, podejście ekonomiczno-rynkowe polega na uwzględnieniu dodatkowych elementów, w tym m.in.:

- uwypuklenia kryterium ekonomicznego przy określaniu kierunków rozwoju KSE (w szczególności infrastruktury przesyłowej), w którym obok zdyskontowanych kosztów systemowych za cały okres wykonywanej analizy uwzględnione zostaną efekty ekonomiczne podejmowanych działań. Podejście takie pozwala na optymalizację rozwoju systemu elektroenergetycznego w kategoriach użytecznych, tj. sprzyjających użytkownikom;
- wykonywania analiz porównawczych zróżnicowanych wariantów rozwoju infrastruktury przesyłowej poprzez porównywanie korzyści dla użytkowników systemu związanych z realizacją każdego z tych wariantów;
- określania efektywności ekonomicznej poszczególnych projektów inwestycyjnych o charakterze infrastrukturalnym (lub ich wariantów) poprzez określenie relacji pomiędzy poniesionymi nakładami inwestycyjnymi a osiągniętymi efektami ekonomicznymi w skali całego systemu, w tym systemu przesyłowego (np. zmniejszenie kosztów ograniczeń przesyłowych);
- określania wskaźników krańcowych krótkookresowych w węzłach sieci przesyłowej LMP (ang. *Locational Marginal Price*) wraz z odpowiednimi składnikami [1]. Wartość LMP może być wielorakim wyznacznikiem, w tym określającym atrakcyjność lokalizacji pod kątem budowy nowych mocy wytwórczych, kształtowania rynku mocy oraz zróżnicowanych geograficznie kosztów świadczenia usługi przesyłu energii elektrycznej;
- rozszerzenia stosowanych technicznych kryteriów eksperckich i wprowadzenia kryteriów niezawodności o wartościach uzasadnianych ekonomicznie przy wykonywaniu długoterminowych prognoz wystarczalności dla podsystemu wytwórczego energii elektrycznej będących nieodzownym składnikiem analiz rozwojowych.

Stosowanie metodyki ekonomiczno-rynkowej wymaga wprowadzenia rozwiązań rynkowych, w tym rozdziału obciążeń źródeł stosownie do zapotrzebowania przy uwzględnieniu uwarunkowań przesyłowych oraz zawartych transakcji pomiędzy podmiotami – uczestnikami rynku energii elektrycznej.

Ważną kwestią jest, że wykonywanie analiz planistycznych o charakterze długoterminowym nie powinno być związane z określonym (np. bieżącym) modelem rynku, podlegającym zresztą stałej ewolucji. Nie jest bowiem celem analiz długoterminowych określanie skutków długoterminowych funkcjonowania bieżącej postaci rynku. Istota rozwiązań leży w tym, aby odwzorować idee rynkowe w postaci konkurencji, zastępowalności produktów i alternatywy wyborów stawianych przed użytkownikami sieci przesyłowej.

Strona popytowa

Wprowadzenie ekonomiczno-rynkowej metodyki planowania rozwoju KSP na obecnym etapie nie zakłada istotnych zmian w odwzorowywaniu strony popytowej w stosunku do dotychczas prowadzonych analiz. Nadal jest niezbędne posiadanie informacji prognostycznych nt. spodziewanych obciążeń w poszczególnych węzłach odwzorowanej sieci zamkniętej. Nie deprecjonuje to jednak faktu, że w przyszłości będzie można zastosować modele z uwzględnieniem elastyczności popytu.

Najważniejszą modyfikacją metodyczną jest potrzeba określenia w ramach badanego okresu (horyzontu planistycznego) stanów systemu elektroenergetycznego w sposób chronologiczny, tzn. np. godzina po godzinie. Oznacza to, że prognozy popytowe dotyczące obciążeń w węzłach analizowanej sieci powinny być opracowane przy spełnieniu takich wymagań. Będzie to sprzyjać lepszemu uwzględnieniu relacji ekonomicznych i zbliżeniu odwzorowania pracy systemu przesyłowego do jej realiów. Odróżnia to podejście ekonomiczno-rynkowe od podejścia technicznego bazującego na wykonywaniu analiz wyłącznie dla wybranych ekspercko przekrojów czasowych w ciągu roku o charakterze krytycznym dla funkcjonowania infrastruktury sieciowej. W analizach praktycznych to drugie podejście sprowadza się do wykonywania analiz dla maksymalnie kilku przekrojów czasowych w jednym roku.

Zaletą analizy wykonywanej w trybie chronologicznym jest jednoznaczne zidentyfikowanie skutków pracy systemu elektroenergetycznego o charakterze ciągłym (w okresach np. miesięcznych, kwartalnych, rocznych lub wieloletnich). Dotyczy to np. produkcji energii elektrycznej i jej skutków związanych z zapotrzebowaniem na paliwa i wymiarem ekologicznym, a także wszelkich zdarzeń kosztowych i ich pochodnych identyfikowanych w ramach procesu analitycznego. W przypadku określania wartości tych wielkości jedynie na podstawie przekrojów czasowych przejście z wartości chwilowych (godzinowych) na okresowe jest możliwe poprzez przyjęcie odpowiedniego czasu trwania dla każdego z przekrojów czasowych. Może to prowadzić do generowania błędów w otrzymywanych wynikach.

Należy jednak podkreślić, że z kolei podejście chronologiczne, wymagające w horyzoncie kilkunastoletnim prognoz godzinowych obciążeń dla wszystkich węzłów analizowanej sieci, wymaga zastosowania złożonych metod prognostycznych oraz odpowiednich danych wejściowych. Od jakości tych ostatnich zależy jakość otrzymywanych wyników analiz.

Strona podażowa

Ekonomizacja metodyki planowania rozwoju KSP wymaga dodatkowych danych dla poszczególnych źródeł wytwórczych w stosunku do wykorzystywanych w analizach rozwojowych o charakterze technicznym. Poza oczywistym rozszerzeniem o dane ekonomiczne (zróżnicowane pozycje kosztów operacyjnych i inwestycyjnych – w przypadku nowych źródeł) metodyka ekonomiczno-rynkowa wprowadza nowe obszary analityczne dotyczące:

- optymalizacji kosztowej wprowadzania do eksploatacji nowych źródeł wytwórczych lub wycofywania z eksploatacji źródeł istniejących. Ponadto mogą być brane pod uwagę kryteria ekologiczne lub rynkowe. Podobnie jak w przypadku metodyki zintegrowanego planowania rozwoju IRP (ang. *Integrated Resource Planning*), mogą być również definiowane ograniczenia na liczbę wprowadzanych lub wycofywanych z eksploatacji źródeł wytwórczych;
- optymalnego (rynkowego) doboru jednostek wytwórczych do pokrycia obciążenia systemu, z uwzględnieniem całego zbioru możliwych ograniczeń o charakterze technicznym i ekonomicznym;
- określenia potrzeb dotyczących potencjału wytwórczego zaangażowanego w świadczenie usług systemowych oraz związanych z tym kosztów systemowych, przy uwzględnieniu możliwości regulacyjnych poszczególnych jednostek wytwórczych oraz przy zmiennych warunkach sieciowych (uwarunkowaniach rozpyłów mocy). Ta cecha nabiera znaczenia w przypadku odwzorowywania w analizie rozwojowej źródeł odnawialnych o nieplanowym

charakterze pracy (farm wiatrowych lub źródeł fotowoltaicznych) oraz konieczności zapewnienia środków zaradczych umożliwiających poprawną pracę całego KSE;

- wykorzystania możliwości jakie dają obecnie dostępne oraz rozwijane na skalę przemysłową nowe technologie magazynowania energii elektrycznej [2], jako kolejnego ze środków pozwalających na łagodzenie wpływu źródeł o pracy nieplanowej na system elektroenergetyczny.

W odniesieniu do źródeł wytwórczych, charakteryzujących się pracą nieplanową ważnym aspektem metodycznym wymagającym uwzględnienia w analizach rozwojowych jest odwzorowanie niepewności tej pracy. Stosowane tradycyjnie techniki scenariuszowania poprzez uwzględnienie w obliczeniach zróżnicowanych stopni obciążenia źródeł mogą okazać się już niewystarczające dla wychwycenia wszystkich niekorzystnych stanów pracy systemu elektroenergetycznego. W tym zakresie prawidłowym może okazać się podejście probabilistyczne, dla celów właściwego zwymiarowania przyszłych potrzeb rozwojowych w zakresie infrastruktury przesyłowej. Można tutaj posłużyć się rozkładami prawdopodobieństwa przypisanymi najważniejszym parametrom tych źródeł.

Ważnym aspektem jest odwzorowanie dyspozycyjności źródeł przez pryzmat realizacji zawartych kontraktów. Rozwiązanie takie określa dostępny zakres pracy jednostek wytwórczych w rozpatrywanych warunkach rynkowych.

System przesyłowy

Ostatnim z opisywanych tu, prawdopodobnie najważniejszym dla OSP obszarem analitycznym wymagającym wprowadzenia metodyki ekonomiczno-rynkowej w planowaniu rozwoju KSP, jest obszar sieciowy.

W tym zakresie zakłada się, że przedmiotem analizy, podobnie jak w przypadku realizowanych sieciowych analiz technicznych, powinna być krajowa sieć zamknięta (sieć przesyłowa i sieć 110 kV). W zależności od potrzeb analitycznych zakres odwzorowanej sieci może być rozszerzony o sieci krajów sąsiednich.

Przyjmuje się, że w ramach analiz ekonomiczno-rynkowych wystarczającym przybliżeniem jest wykorzystanie w zakresie rozpiętkowym metody stałoprądowej. Pomimo, że uzyskiwane tą drogą wyniki analizy stanowią pewne przybliżenie rzeczywistych rozpiętków, to za jej stosowaniem przemawia szereg argumentów o charakterze technicznym i użytkowym. Stosowanie takich uproszczeń przy obliczeniach rozpiętkowych prowadzących do linearyzacji obwodów sieciowych wysokiego napięcia jest dopuszczalne z uwagi na następujące fakty:

- reakcja linii jest znacząco większa od jej rezystancji,
- zakresy napięć notowanych na szynach poszczególnych stacji nie różnią się istotnie od siebie,
- różnice pomiędzy kątami fazowymi na początku i na końcu linii są małe i z reguły nie przekraczają 30° ,
- właściwa gospodarka mocą bierną jest prowadzona na poziomie działań operacyjnych (w efekcie pomija się rozpiętki mocy biernej).

Stosowane uproszczenia w metodzie stałoprądowej nie odbiegają od rzeczywistych warunków pracy sieci przesyłowej.

Prowadzenie analiz ekonomiczno-rynkowych w obszarze sieciowym jest wspomagane przez zadanie optymalnego rozpiętki mocy OPF (ang. *Optimal Power Flow*). Ta forma analizy umożliwia określenie rozdziału obciążenia na jednostki wytwórcze w stanach normalnej pracy KSE, przy zapewnieniu dotrzymania wymagań technicznych, tj. głównie utrzymania dopuszczalnych przepływów mocy w gałęziach oraz napięć w węzłach sieci.

Wykonane analizy potwierdziły, że zastosowanie w planowaniu rozwoju zadania OPF przynosi, w relacji do stosowania wyłącznie analiz rozwojowych, wymierne korzyści ekonomiczne w wyniku ograniczenia potrzeb inwestycyjnych w infrastrukturze sieciowej i przez to zmniejszenia wymaganych nakładów inwestycyjnych (unikania się przeinwestowania sieci). Z uwagi na kumulację uzyskiwanego efektu w szczególności dotyczy to dalszych lat analizowanego horyzontu, przy realizacji tych samych celów w zakresie świadczenia usług przesyłowych [3]. Wynika to z większej swobody kształtowania przyszłej konfiguracji sieci w tych latach, podyktowanej coraz mniejszym wpływem uwzględnianych w momencie wykonywania analizy inwestycji już rozpoczętych lub zdefiniowanych. Zadanie OPF może być zatem użytecznym narzędziem do wytyczania strategicznych kierunków rozwoju KSP.

Rozwinięciem zadania OPF jest SCOPF (ang. *Security Constrained Optimal Power Flow*), gdzie poszukiwanie optimum ekonomicznego pracy systemu następuje przy uwzględnianiu quasiustalonych stanów zakłóceńowych (zwykle n-1 lub n-2). Zakładanym efektem zastosowania zadania SCOPF w planowaniu rozwoju jest uzyskanie w kolejnych latach układów sieci zamkniętej realizujących nie tylko minimalizację kosztów systemowych, ale i zapewniających utrzymanie wymogów bezpieczeństwa w przypadku wystąpienia zakłóceń w pracy KSP.

Ważnym składnikiem metodyki planowania rozwoju KSP wykorzystującej czynniki ekonomiczno-rynkowe jest możliwość zdefiniowania opcji rozwojowych infrastruktury przesyłowej (np. w postaci pojedynczych linii lub ich grup) i umożliwienie ich obiektywnego wyboru, łącznie ze wskazaniem momentu czasowego ich wprowadzenia do eksploatacji. Co do zasady filozofia ta od strony analitycznej jest tutaj symetryczna do stosowanej w metodyce zintegrowanego planowania rozwoju optymalizacji wprowadzania do eksploatacji nowych źródeł wytwórczych (tzw. kandydatów). Podstawowa różnica pomiędzy metodyką IRP i opisywaną metodyką ekonomiczno-rynkowego planowania rozwoju KSP polega na tym, że ta pierwsza z reguły bazuje na przypadkach analitycznych punktowych nie uwzględniających geograficznych uwarunkowań i sieciowych systemu elektroenergetycznego.

Obiektywizm metodyczny proponowanych rozwiązań wprowadzania do eksploatacji nowych źródeł wytwórczych i nowych elementów sieci przesyłowej daje możliwości kształtowania elementów polityki w zakresie przyłączy nowych systemowych źródeł wytwórczych do sieci OSP. Z punktu widzenia operatora zapewniane są lepsze warunki kształtowania konfiguracji krajowego układu sieciowego w długim horyzoncie czasowym, z efektami w postaci zwiększenia jej niezawodności i zmniejszenia strat przesyłowych. Z punktu widzenia potencjalnego inwestora takie rozwiązania dają możliwość szybszego i tańszego przyłączenia do sieci przesyłowej w miejscu rekomendowanym przez operatora. Sprzyja temu wykorzystanie wskaźników LMP uzyskiwanych w wyniku rozwiązania zadania OPF. Przeprowadzona na tej podstawie wycena usług przesyłowych dostarcza informacji na temat rozkładu kosztów ograniczeń sieciowych i skutków dla rozwoju sieci. Działania nakierowane na redukcję tych kosztów powinny być jednym z zasadniczych celów realizowanych w ramach procesu planowania KSP przy wykorzystaniu metodyki ekonomiczno-rynkowej.

Praktyczna realizacja ekonomiczno-rynkowej metodyki planowania rozwoju

Zawarte w poprzednim rozdziale postulaty metodyczne rozszerzające obszar analiz dotyczących planowania

rozwoju KSP o aspekty ekonomiczno-rynkowe mają w różnym stopniu swoją realizację w dostępnych na rynku komercyjnych narzędziach informatycznych. Narzędzia te są za granicą stosowane przez przedsiębiorstwa elektroenergetyczne, w tym operatorów sieciowych, a w kraju problem ten jest już analizowany od paru lat [4]. Opierając się na pozyskanym w tym okresie doświadczeniu i wiedzy można sformułować minimalny pakiet wymagań analitycznych pozwalających na wykonywanie dla potrzeb KSP analiz rozwojowych w ujęciu ekonomiczno-rynkowym. W zakresie tych wymagań można zaznaczyć następujące:

- analiza jest wykonywana chronologicznie (np. godzina po godzinie) dla badanego okresu planistycznego;
- sieć przesyłowa (lub sieć zamknięta) jest odwzorowywana ze szczegółowością uwzględniającą jej topologię;
- optymalizacje wykonywane są metodą stałoprądową przy wykorzystaniu algorytmu OPF i SCOPF;
- wyniki dostarczają informacje na temat kształtowania się w węzłach odwzorowanej sieci wskaźników krańcowych krótkookresowych (LMP), wraz z wydzieleniem wartości ich podstawowych składników związanych z kosztem energii elektrycznej, kosztów strat przesyłowych oraz kosztów ograniczeń.

Powyższe zestawienie może być uzupełnione o szereg opcjonalnych właściwości analitycznych danego narzędzia obliczeniowego zwiększających jego użyteczność, wśród których można wyspecyfikować:

- wprowadzanie nowych elementów infrastruktury przesyłowej (linii) w wyniku optymalizacji;
- możliwość określania podaży usług systemowych ze strony źródeł wytwórczych i towarzyszących im kosztów,
- możliwość grupowania opcji rozwojowych dotyczących sieci przesyłowej w celu odwzorowywania projektów infrastrukturalnych o skali międzyregionalnej lub międzysystemowej.

Ze strony analitycznej dodatkowym atutem zastosowanego narzędzia byłby sposób odwzorowania w modelu specyficznych cech KSE zarówno w obszarze wytwarzania (duży udział źródeł konwencjonalnych węglowych), jak i w obszarze przesyłu (różne poziomy napięć sieci zamkniętej). Dla oceny otrzymywanych wyników obliczeń korzystne jest wykorzystanie rozbudowanego graficznego interfejsu użytkownika GUI (ang. *Graphic User Interface*), pozwalającego na prezentację wyników obliczeń sieciowych w postaci graficznej (np. map termicznych) przy uprzednim wprowadzeniu do narzędzia analitycznego danych GPS dla poszczególnych elementów (źródeł wytwórczych, stacji, linii). Umożliwia to wydajne przyspieszenie interpretacji wyników oraz dokonywanie porównań pomiędzy różnymi wariantami obliczeniowymi.

W stosunku do pozyskania narzędzia komercyjnego alternatywnym wariantem implementacji ekonomiczno-rynkowej metodyki planowania rozwoju KSP jest wykonanie takiego narzędzia w warunkach krajowych od podstaw oraz jego wdrożenie. Należy się jednak wtedy liczyć z dłuższym okresem implementacji, większym ryzykiem nie ukończenia tego procesu oraz brakiem możliwości pozyskania rozwiązań metodycznych i informatycznych nie stosowanych do tej pory w kraju.

Implementacja nowych narzędzi analitycznych o charakterze ekonomiczno-rynkowym nie wyklucza jednak dalszego użytkowania wcześniej stosowanych narzędzi do technicznych analiz sieciowych. Mogą one być wykorzystane do weryfikacji opracowanych scenariuszy rozwojowych metodą ekonomiczno-rynkową z punktu widzenia specyficznych wymagań technicznych. Opracowanie jednak pełnego procesu planowania rozwoju KSP ze szczegółowym uwzględnieniem realizowanych zadań cząstkowych i wykorzystanych do ich realizacji narzędzi wymaga uprzedniego podjęcia decyzji o wyborze docelowego środowiska analitycznego.

Wnioski

Zachodzące w kraju zmiany uwarunkowań związanych z długoterminowym planowaniem rozwoju KSP uzasadniają potrzebę ewolucji stosowanej obecnie do tego celu metodyki technicznych analiz sieciowych w kierunku analiz ekonomiczno-rynkowych. Zidentyfikowane w sposób szczegółowy wymagania odnośnie metodyki ekonomiczno-rynkowej dotyczące obszarów:

- popytowego i podażowego energii elektrycznej,
- systemu przesyłowego,
- właściwości funkcjonalnych

mogą być spełnione przy pomocy narzędzi komercyjnych dostępnych na rynku. Przy wyborze jednego z narzędzi analitycznych dla potrzeb implementacyjnych dodatkowym kryterium powinny być dotychczasowe doświadczenia z jego wykorzystania przez innych operatorów sieciowych.

Przeprowadzone analizy wskazują, że implementacja metodyki ekonomiczno-rynkowej w procesie planowania rozwoju KSP może się przyczynić do uzyskania wymiernych oszczędności ekonomicznych w nakładach inwestycyjnych przy założeniu tego samego prognozowanego poziomu świadczenia usług przesyłowych na rzecz uczestników rynku energii elektrycznej.

LITERATURA

- [1] Kocot H.: Analiza i synteza rozwoju systemu elektroenergetycznego z wykorzystaniem kosztów krańcowych. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2012
- [2] Majchrzak H., Tomasik G., Kwiatkowski M., Wykorzystanie technologii magazynowania energii do integracji energetyki wiatrowej z systemem elektroenergetycznym, *Energetyka*, październik 2012, str. 579-586
- [3] Przygodzki M., Gwóźdź R.: Efektywność wykorzystania algorytmów optymalizacji rozptyłu mocy w planowaniu rozwoju sieci elektroenergetycznej. Materiały XIX Konferencji Naukowo-Technicznej „Rynek Energii, Elektrycznej 2013”, Kazimierz Dolny, 7 – 9 maja 2013 r. (referat zgłoszony)
- [4] Kwiatkowski M., Modele rynkowe i ich zastosowanie w sektorze elektroenergetycznym, *Rynek Energii*, nr 4 (89) sierpień 2010 r., str. 36-40

Autorzy: dr hab. inż. Maksymilian Przygodzki, Politechnika Śląska, Instytut Elektroenergetyki i Sterowania Układów, ul. B. Krzywoustego 2, 44-100 Gliwice; PSE Innowacje Sp. o.o., ul. Warszawska 165, 05-520 Konstancin-Jeziorna, E-mail: maksymilian.przygodzki@polsl.pl; maksymilian.przygodzki@pse.pl; dr inż. Mieczysław Kwiatkowski, PSE Innowacje Sp. z o.o., ul. Warszawska 165, 05-520 Konstancin-Jeziorna