

XVI Międzynarodowa Konferencja Naukowa

AKTUALNE PROBLEMY W ELEKTROENERGETYCE APE'13

Jurata, 12-14 czerwca 2013

Referat nr 40

**WNIOSKI Z ANALIZY NARZĘDZI WSPOMAGAJĄCYCH PLANOWANIE
ROZWOJU SIECI PRZESYŁOWEJ W WARUNKACH RYNKOWYCH**

Maksymilian PRZYGRÓDZKI^{1,2}, Mieczysław KWIATKOWSKI¹

1. PSE Innowacje Sp. z o.o.
tel: (22) 242 13 02 fax: (22) 242 38 29 e-mail: mieczyslaw.kwiatkowski@pse-operator.pl
2. Politechnika Śląska, Instytut Elektroenergetyki i Sterowania Układów
tel: (32) 237 24 43 fax: (32) 237 14 86 e-mail: maksymilian.przygodzki@polsl.pl

Streszczenie: W referacie poddano dyskusji zachodzące zmiany uwarunkowań funkcjonowania systemu elektroenergetycznego oraz powiązanego z nim procesu planowania rozwoju, skutkujących zwiększaniem znaczenia analiz o charakterze ekonomiczno-rynkowym. Opierając się na doświadczeniach wynikłych z przeprowadzonej analizy metodyki i narzędzi obliczeniowych oferowanych na zasadach komercyjnych, przedstawiono przesłanki kierunków modyfikacji metodyki planowania rozwoju w warunkach polskich.

Słowa kluczowe: sieć przesyłowa, planowanie rozwoju.

1. PLANOWANIE ROZWOJU SIECI PRZESYŁOWEJ

1.1. Wstęp

Problematyka metodyki długoterminowego planowania rozwoju krajowego systemu przesyłowego (KSP) jest ściśle związana z rozwojem całego krajowego systemu elektroenergetycznego. Wynika to głównie z funkcji usługowej świadczonej przez KSP na rzecz uczestników rynku energii elektrycznej. Funkcja usługowa systemu przesyłowego przejawia się w dwóch zasadniczych zadaniach realizowanych przez ten system. Pierwsze z nich dotyczy zapewnienia infrastruktury technicznej umożliwiającej realizację transakcji handlowych pomiędzy uczestnikami rynku energii elektrycznej w ramach funkcjonowania łańcucha wartości tej energii od momentu jej wytworzenia w źródłach wytwórczych aż do jej zużycia przez odbiorców końcowych. Drugie zasadnicze zadanie dotyczy utrzymania niezawodności pracy systemu przesyłowego w zakresie uzasadnionym ekonomicznie. Oba zadania są ściśle ze sobą związane oraz wzajemnie zależne. Infrastruktura techniczna systemu przesyłowego powinna zapewniać od strony ilościowej realizację transakcji zawieranych pomiędzy uczestnikami rynku energii elektrycznej, natomiast od strony jakościowej niezawodność pracy tej infrastruktury. Realizacja obu tych zadań w warunkach polskich jest w gestii spółki PSE S.A. pełniącej w kraju funkcje operatora systemu przesyłowego (OSP).

1.2. Uwarunkowania rozwoju

Przyjmując założenie, że energia elektryczna jest dobrem konsumpcyjnym, można się liczyć w kolejnych

latach ze zwiększaniem wymagań ilościowych i jakościowych odnośnie dostaw tego dobra. Przy spełnianiu w przyszłości tych wymagań należy brać pod uwagę pewne specyficzne uwarunkowania związane z:

- dużą kapitałochłonnością elektroenergetyki jako gałęzi gospodarki o charakterze infrastrukturalnym,
- problemami związanymi z rozbudową sieci przesyłowej zgodnie z potrzebami uczestników rynku energii elektrycznej spowodowanymi narastającymi ograniczeniami lokalizacyjnymi nowych elementów infrastruktury przesyłowej oraz zwiększającą się długością cykli inwestycyjnych.

Wymienione uwarunkowania mają charakter egzogeniczny w stosunku do możliwości decyzyjnych OSP w zakresie rozwoju infrastruktury przesyłowej. Dodatkowo w ostatnich latach pojawiły się kolejne uwarunkowania wpływające na możliwości realizacji przez system przesyłowy dwóch na wstępie postawionych zadań. Są to:

- szybki rozwój energetyki odnawialnej (głównie farm wiatrowych), która w dużej skali wpływa na zmianę geografii wytwarzania energii elektrycznej oraz na konieczność zapewnienia wyprowadzenia mocy elektrycznej z takich źródeł i dostarczenia jej do odbiorców końcowych;
- systematyczne zaostrzanie ograniczeń w zakresie emisji zanieczyszczeń spowodowanych wytwarzaniem energii elektrycznej, dotyczące w pierwszej kolejności źródeł konwencjonalnych wykorzystujących paliwa węglowe, mogące skutkować w przypadku zdekapitalizowania się majątku brakiem odtworzeń w ogóle lub odtworzeniami w innych, niż dotychczas wykorzystywane, technologiach (np. gazowych, jądrowych);
- zwiększanie znaczenia problematyki rezerw systemowych oraz udziału w strukturze jednostek wytwórczych źródeł o bardziej elastycznych charakterystykach operacyjnych (jako odpowiedź na zwiększenie ilości w systemie źródeł wytwórczych o pracy stochastycznej, nie poddających się planowaniu);
- zmiany przyzwyczajęń odbiorców końcowych w zakresie użytkowania energii elektrycznej wynikające z pojawiania się nowych kategorii odbiorników energii elektrycznej, możliwości

autoprodukcji, czy też zmian w rytmie funkcjonowania jednostek i całych grup społecznych.

Na dalszy sposób realizacji przez OSP zadań w dziedzinie planowania rozwoju KSP szczególny wpływ będzie miało również ograniczenie pola w zakresie kształtowania konfiguracji sieci przesyłowej spowodowane zwiększaniem udziału rozwoju zdeterminowanego w całym rozwoju sieci przesyłowej, wynikające głównie z przyłączeń nowych źródeł wytwórczych (w tym OZE) oraz ewentualnie dodatkowym wzmocnieniem systemu przesyłowego wynikającym z realizacji tych przyłączeń. Ograniczenie pola decyzyjnego w zakresie kierunków rozwoju systemu przesyłowego skutkuje tym, że jego rozwój staje coraz mniej optymalny, przez co osiągnięcie tych samych celów strategicznych może się okazać bardziej kosztowne.

1.3. Wymagania dla metodyki planowania

Wyspecyfikowane powyżej uwarunkowania dotyczące zadań realizowanych przez KSP na rzecz uczestników rynku energii elektrycznej wymagają modyfikacji, lub nawet zmiany podejścia do metodyki planowania rozwoju KSP [1]. Dotyczy to wymiaru technicznego, jak i wymiaru ekonomiczno-rynkowego.

Wymiar ekonomiczny powinien koncentrować się głównie na wycenie technicznych efektów wariantów rozwoju KSP w następującym zakresie [2]:

- określanie korzyści ekonomicznych i syntetycznych ich miar na poziomie systemowym wynikających z realizacji poszczególnych wariantów rozwojowych (całego KSP lub poszczególnych projektów inwestycyjnych),
- określania wpływu wariantów rozwojowych KSP na rynkową cenę energii elektrycznej,
- wyznaczania ekonomicznych wskaźników węzłowych, np. kosztów (cen) krańcowych energii elektrycznej w węzłach sieci przesyłowej.

Ostatni z przytoczonych elementów efektów ekonomiczno-rynkowych rozwoju KSP ma szczególne znaczenie dla:

- poszukiwania w długim horyzoncie czasu instrumentów o charakterze rynkowym pozwalających na kształtowanie zachęt inwestycyjnych do budowy nowych mocy wytwórczych,
- racjonalizacji opłat przesyłowych ponoszonych przez uczestników rynku energii elektrycznej w celu ich dostosowania do rzeczywistych kosztów dostarczania energii elektrycznej do danego punktu sieciowego,
- skutków obszarowych i regionalnych realizacji nowych projektów inwestycyjnych w zakresie rozwoju sieci przesyłowej.

Wynikające z nowych uwarunkowań postulowane rozszerzenie metodyki planowania rozwoju KSP w obszarze ekonomiczno-rynkowym może być realizowane dwoma podstawowymi ścieżkami. Pierwsza z nich może zakładać opracowanie dla potrzeb OSP nowej metodyki we własnym krajowym zakresie, wykonanie na jej podstawie stosownego narzędzia analitycznego oraz jego wdrożenie.

Druga z alternatywnych ścieżek rozwoju metodycznego polega na implementacji w warunkach krajowych gotowego oprogramowania pozyskanego z zagranicy na warunkach komercyjnych, łącznie z ewentualną jego adaptacją do specyficznych potrzeb PSE S.A. Koncentrując się na tym rozwiązaniu do jego pozytywnych można zaliczyć:

- krótszy okres implementacji metodyki przy oczekiwanych niższych kosztach całego przedsięwzięcia,
- możliwość wdrożenia metodyki i narzędzia sprawdzonego już u innych operatorów sieciowych,
- możliwość pozyskania rozwiązań metodycznych i informatycznych nie stosowanych do tej pory w warunkach krajowych.

Do podstawowych negatywów tej ścieżki należy możliwość adaptacji narzędzia w niewystarczającym stopniu odwzorowującego specyfikę KSP i krajowego rynku energii elektrycznej. Ryzyko negatywnych efektów implementacji metodyki zagranicznej można częściowo ograniczyć poprzez włączenie w przedsięwzięcie prac o charakterze dostosowawczym.

2. PRZESŁANKI WYNIKAJĄCE Z ROZPOZNANIA RYNKU

2.1. Rozwój narzędzi

Analizując dostępne narzędzia (można je traktować jako narzędzia o zakresie sektorowym) można zauważyć, że większość z nich posiada stosunkowo długi staż obecności na rynku komercyjnym. Powstały one zatem jeszcze przed rozpoczęciem deregulacji sektora elektroenergetycznego. Wówczas odpowiadały na zapotrzebowanie na narzędzia analityczne dużych zintegrowanych pionowo przedsiębiorstw elektroenergetycznych. Potrzeby analityczne tych przedsiębiorstw kładły głównie nacisk na analizy planistyczne dotyczące podsystemu wytwarzania energii elektrycznej i jego rozbudowy. Było to głównie motywowane tym, że największa część kosztów związanych z łańcuchem wartości energii elektrycznej jest zlokalizowana właśnie w tym podsystemie. Z czasem wobec zwiększania zainteresowania zrównoważonym rozwojem coraz większe zainteresowanie było kierowane w stronę tematyki ekologicznej, co spowodowało ewolucję tych narzędzi właśnie w tym kierunku.

Stopniowa deregulacja oraz kształtowanie się coraz bardziej konkurencyjnych rynków energii elektrycznej spowodowały potrzebę wykonywania analiz dotyczących określania perspektyw lokowania energii elektrycznej wytworzonej przez producentów na rynku oraz określania wartości aktywów wytwórczych.

Kolejnym impulsem do dostosowywania narzędzi o charakterze ekonomiczno-rynkowym do bieżących potrzeb analitycznych była ekspansja energetyki odnawialnej i jej integracja z systemem elektroenergetycznym. Przy tej okazji szczególnie uwydatniły się problemy związane z nienadążaniem rozwoju sieci przesyłowej za potrzebami przyłączeniowymi źródeł wytwórczych, a zwłaszcza źródeł wiatrowych. Coraz większego znaczenia zaczęło nabierać określenie kosztów ponoszonych przez operatorów sieciowych związanych z przyłączaniem tych źródeł, a także kosztów społecznych ich rozwoju.

Wobec ograniczonej przewidywalności pracy dynamicznie rozwijanych źródeł wiatrowych dotychczasowe sposoby uwzględniania niepewności w długich horyzontach czasowych w postaci scenariuszy okazują się niewystarczające. Stale wzrasta znaczenie metod probabilistycznych w odwzorowywaniu pracy tych źródeł, co ma już odbicie w stosowanych algorytmach obliczeniowych.

2.2. Miejsce i rola sieci przesyłowej

System przesyłowy zaprojektowany do świadczenia uczestnikom rynku energii elektrycznej usług w zakresie przesyłu w okresie deregulacji i spontanicznego rozwoju źródeł odnawialnych coraz bardziej traci swoje możliwości optymalnego rozwoju. Budowa nowych linii oraz nowych stacji elektroenergetycznych jest w coraz większym stopniu podyktowana doraźnymi potrzebami przyłączeniowymi, a nie koniecznością budowy sieci szkieletowej zoptymalizowanej pod kątem niezawodności oraz pod kątem np. minimalizacji strat przesyłowych. Z tego względu obserwuje się proces kurczenia obszaru optymalizacji rozwoju sieci przesyłowej nawet w długim okresie czasowym oraz mniejsze zapotrzebowanie na narzędzia analityczne optymalizujące ten rozwój. Skutkiem tego zwiększa się pole do analiz planistycznych z wykorzystaniem narzędzi o charakterze symulacyjnym.

Narzędzia tej grupy w oparciu o zdefiniowaną konfigurację sieci przesyłowej i zdeterminowany skład źródeł wytwórczych są w stanie w sposób chronologiczny (np. cały rok godzina po godzinie) odwzorować relacje techniczne pomiędzy tymi dwoma obszarami i ich skutki rynkowo-ekonomiczne. Stąd, między innymi uwzględnia się wskaźniki (ceny) węzłowe, w niektórych przypadkach mylnie przypisywane wyłączenie zastosowaniom rynkowym. Prawidłowe określenie wartości tych cen wymaga określenia składników kosztowych związanych z: produkcją energii elektrycznej, kosztami ograniczeń przesyłowych oraz kosztami strat. Daje to impuls z jednej strony do taryfowania uczestników rynku energii elektrycznej zgodnie z ich rzeczywistą rolą w systemie elektroenergetycznym, z drugiej strony daje prawidłowe sygnały o rozbudowie bazy wytwórczej oparte na kryteriach rynkowych.

Przypisanie tych sygnałów konkretnym lokalizacjom (węzłom) ma – poza wspomnianym powyżej celem indykacyjnym – charakter poznawczy, wskazując rozkład, lokalizację, przyczyny i wartość powstawania kosztów ograniczeń. Redukcja tych kosztów powinna być zasadniczym elementem procesu planowania w warunkach rynkowych.

2.3. Optymalizacja rozplywu mocy

Ważnym elementem analiz rynkowych w zakresie systemu przesyłowego jest określanie rozdziału obciążeń jednostek wytwórczych energii elektrycznej przy uwzględnieniu uwarunkowań sieciowych metodą optymalnego rozplywu mocy (OPF). Metoda OPF pozwala na jak najlepsze (optymalne) wykorzystanie istniejących zdolności przesyłowych w analizowanym systemie elektroenergetycznym. Uzyskane rozwiązanie spełnia przy tym narzucone ograniczenia, wynikające często ze względów technicznych, a także handlowych. Przede wszystkim zaś wyznaczone w ramach obliczeń rozwiązanie spełnia sformułowaną w zadaniu optymalizacyjnym funkcję celu. Funkcja ta zwykle jest związana z kosztami funkcjonowania systemu elektroenergetycznego, a więc kosztami wytwarzania, przesyłu i dystrybucji. Minimalizacja tej funkcji spełnia więc postawione przed operatorem systemu przesyłowego statutowe zadanie świadczenia usługi przesyłu energii elektrycznej w sposób bezpieczny i po możliwie najniższych kosztach. Zbieżność tego zadania z zasadą realizacji OPF w pełni uzasadnia wykorzystanie tej funkcji w ramach planowania rozwoju.

Wykorzystanie metody OPF w wyznaczaniu przyszłych stanów systemu elektroenergetycznego, w tym w określaniu wykorzystania jednostek wytwórczych ma podstawowe znaczenie. Waga tego problemu określa bowiem sposób wykorzystania (obciążania się) sieci przesyłowej i wyznacza potrzeby rozwojowe. Metoda OPF jest zatem rozwinięciem metody rynkowego rozdziału obciążeń na jednostki wytwórcze o uwzględnienie ograniczeń sieciowych [4].

Uwzględniając powyższe spostrzeżenia należy zauważyć, że szczególnego znaczenia dla potrzeb planowania rozwoju nabierają zatem te narzędzia analityczne, które posiadają w swoich funkcjach możliwość określenia optymalnego rozplywu mocy zarówno w stanach pracy ustalonej, jak i w stanach awaryjnych (np. n-1 czy n-2). Niestety tylko część oferowanych programów posiada takie możliwości. Tym samym wpływa to na zakres zastosowań i sposób jakości wykorzystania w pracach analitycznych na potrzeby OSP. Należy zatem podkreślić, że przeprowadzając rozpoznanie możliwości analitycznych badanych programów komputerowych powyższy fakt postawiono jako jeden z bardzo ważnych atutów poszczególnych aplikacji.

2.4. Odwzorowanie sieci

Podniesiony w poprzednim punkcie problem uwzględniania wpływu sieci – będącej przedmiotem badań – na plany rozwojowe tej sieci jest kluczowym elementem całego procesu. Należy również zauważyć, że czasem ze względów historycznych (pierwotne przeznaczenie narzędzia), czasem aplikacyjnych (brak wystarczających możliwości obliczeniowych) stosowane programy komputerowe mają ograniczone możliwości odwzorowania sieci przesyłowej w obliczeniach.

Kwestia ta została w niektórych dostępnych programach rozwiązana połowicznie, tj. wprowadzono uproszczoną „sieć”, która określa jedynie wybrane połączenia dotyczące zwykle powiązań pomiędzy obszarami systemu elektroenergetycznego (zwanymi czasem też obszarami rynkowymi). W tym przypadku nie występuje rzeczywista reprezentacja sieci, a jedynie jej namiastka, w której parametry techniczne ograniczone zostają do określenia dopuszczalnej zdolności przesyłowej. W takim układzie nie można mówić o rozwiązaniu w kategorii OPF, a jedynie o uzyskiwaniu rozwiązania na miarę uproszczonego układu bez możliwości jego odpowiednika w systemie rzeczywistym. Nie spełnia to zatem postulatów rozwoju sieci przesyłowej.

Właściciele oprogramowania (często również jego autorzy) dostrzegli nakreślony powyżej problem oraz jego wagę w obecnych strukturach organizacyjnych funkcjonowania elektroenergetyki, gdzie rozdzieleniu uległa działalność przesyłowa (operatorska) i wytwórcza (oraz handlowa). W związku z tym zaproponowano kolejną wersję modyfikacyjną istniejących narzędzi obliczeniowych. W niektórych programach dodano interfejsy, za pomocą których następuje możliwość wyprowadzenia uzyskanych wyników optymalizacji rozdziału obciążeń na jednostki wytwórcze (bez sieci) i wprowadzenia ich jako wielkości wejściowych do innych (zewnętrznych) aplikacji posiadających możliwość realizacji obliczeń z wykorzystaniem technicznych parametrów fizycznej sieci elektroenergetycznej. Rozwiązanie to pozwala na zweryfikowanie zadania uzyskania najlepszego (z uwagi na

funkcję celu) wyniku przy zweryfikowaniu ograniczeń sieciowych.

Należy jednak podkreślić, że uzyskany w tym przypadku rozdział procesu obliczeniowego na etap „bez sieci” oraz „z siecią” daje w wyniku wzmocnienie połączeń wymuszone ustalonym układem jednostek wytwórczych (minimalizacją kosztów wytwarzania), nie dając możliwości pełnego wykorzystania istniejącej infrastruktury. Zmusza to operatora do rozwijania połączeń względem istniejących tanich jednostek i zwiększa dysproporcje rozwoju systemu elektroenergetycznego (obszary generacyjne i odbiorcze) nadwyrężając zasady równomiernego rozwoju i bezpieczeństwa pokrycia zapotrzebowania.

Poza powyższymi względami należy zauważyć, że w przypadku przedstawionych rozwiązań należy, celem realizacji pełnego procesu analitycznego, zaopatrzyć się we wszystkie programy składowe wymagane do przeprowadzenia pełnych obliczeń rozwojowych.

2.5. Odwzorowanie czasu

W efekcie przeprowadzonego rozpoznania dostępnych programów warto również zwrócić uwagę na kwestie sposobu modelowania funkcji czasu. Podejście do tego problemu jest powiązane z miejscem narzędzia w procesie planowania.

Badane narzędzia można podzielić na dwie grupy, tj. narzędzia z symulacją w trybie ciągłym (chronologiczną) oraz narzędzia z symulacją w formie pojedynczych stanów (tzw. snap-shot). W pierwszym przypadku analiza dotyczy określonego odcinka czasu, przy uwzględnieniu kroku analizy wynikającego z wstępnie przyjętych wytycznych (zwykle jedna godzina). Analizy te są bardzo dokładne i efektywne. Niemniej jednak, dla ich realizacji i uzyskania efektywnych wyników niezbędnym jest posiadania odpowiednich danych wejściowych. Od jakości tych danych będzie bowiem zależał wynik analizy i jego jakość.

Drugą formułą realizacji analizy, to badanie określonych stanów pracy systemu i uogólnienie wniosków na bazie wyników uzyskanych dla tych stanów. W perspektywie planistycznej przyjęcie pojedynczych stanów może wносить mniejszy błąd, niż przyjęcie całej sekwencji (analiza ciągła). Niemniej jednak wadą tego rozwiązania jest trudność przełożenia wybranych stanów na efekty o szerszym horyzoncie czasu (roczne, wieloletnie). Również w

tym przypadku brak jest ciągłości analizy, a więc badania ciągów przyczynowo-skutkowych potrzeb i rozwoju systemu elektroenergetycznego.

3. WNIOSKI

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 powinien w pierwszej kolejności bazować na zagadnieniach ekonomiczno-rynkowych. Zmiana zakresu analiz planistycznych wymaga zmian 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 narzędzi obliczeniowych wspomagających proces planowania rozwoju sieci przesyłowej.

4. BIBLIOGRAFIA

1. Przygodzki M.: Modelowanie rozwoju sieci elektroenergetycznej współpracującej ze źródłami rozproszonymi. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2011, ISBN 978-83-7335-816-4.
2. Kocot H.: Analiza i synteza rozwoju systemu elektroenergetycznego z wykorzystaniem kosztów krańcowych. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2011, ISBN 978-83-7880-032-3.
3. Kwiatkowski M.: Modele rynkowe i ich zastosowanie w sektorze elektroenergetycznym. Rynek Energii, Nr 4 (89) -2010, ISSN 1425-5960.
4. Korab R.: Optymalizacja operatorstwa przesyłowego w krajowym systemie elektroenergetycznym. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2011, ISBN 978-83-7335-818-8.

CONCLUSIONS OF ANALYSIS OF TOOLS SUPPORTING THE TRANSMISSION GRID DEVELOPMENT PLANNING IN THE MARKET CONDITIONS

Key-words: transmission grid, development planning.

The paper is discussing the changes of power system operation conditions and associated power transmission system development planning which results with increasing importance of economic and market analysis. Based on performed analysis of methodologies and computational tools offered abroad in this field on a commercial basis, evidence shows the directions of necessary changes in a development planning methodology in Polish conditions.