

Tomasz MOTOWIDLAK*

Bezpieczeństwo dostaw energii elektrycznej w polityce energetycznej UE

STRESZCZENIE. Artykuł dotyczy polityki energetycznej UE w zakresie rynku energii elektrycznej. Cele tej polityki wynikają bezpośrednio z teorii zrównoważonego rozwoju. Cel obejmujący zapewnienie dostaw energii elektrycznej można bowiem postrzegać jako przejaw realizacji celu społecznego wspomnianej teorii. Odpowiednikiem celu rynkowego w rozumieniu teorii zrównoważonego rozwoju jest zapewnienie „możliwie niskich” cen energii elektrycznej, zaś zmniejszenie negatywnego wpływu sektora wytwarzania tej energii na środowisko można utożsamiać z realizacją celu ekologicznego tej teorii. Artykuł poświęcono zbadaniu efektywności polityki energetycznej UE w zakresie zapewnienia bezpieczeństwa dostaw energii elektrycznej. Badanie przeprowadzono z wykorzystaniem jakościowego modelu rynku energii elektrycznej, którego strukturę przedstawiono w części pierwszej artykułu. Treści drugiej części artykułu poświęcono prezentacji zasad dostosowania tego modelu do oceny możliwości zapewnienia bezpieczeństwa dostaw energii elektrycznej w UE. Z kolei w części trzeciej przedstawiono wnioski wynikające z tej oceny.

SŁOWA KLUCZOWE: rynek energii elektrycznej UE, cele polityki energetycznej UE, bezpieczeństwo dostaw energii elektrycznej UE

* Dr hab. inż., prof. nadzw. UŁ – Katedra Międzynarodowych Stosunków Gospodarczych, Uniwersytet Łódzki, Łódź, e-mail: tmotowid@uni.lodz.pl

Wprowadzenie

Jednym z kluczowych problemów rozwoju gospodarczego i społecznego Unii Europejskiej (UE) jest sprostanie rosnącemu zapotrzebowaniu na energię, której wytwarzanie jest generalnie uciążliwe dla środowiska. Wobec dużej zależności od importu surowców energetycznych, konieczności znacznej rozbudowy zdolności wytwórczych oraz infrastruktury przesyłowej, zapewnienie bezpieczeństwa energetycznego stało się istotnym wyzwaniem dla UE; jego rozwiązanie jest istotne także ze względów politycznych.

Ponadto z uwagi na realizację założeń Strategii Lizbońskiej, zmierzającej do tworzenia warunków do wzrostu konkurencyjności gospodarki UE, niezwykle ważnym zadaniem stało się zapewnienie „możliwie niskich” cen energii, która jest istotnym elementem kosztów wielu gałęzi przemysłu. Wysokie ceny energii to bowiem obecnie jedna z głównych przeskód wzrostu unijnej konkurencyjności.

Zatem zapewnienie bezpieczeństwa energetycznego jest jednym z trzech celów głównych polityki energetycznej UE. Pozostałe cele tej polityki dotyczą uruchomienia konkurencyjnych rynków energii i zapewnienia „możliwie niskich” cen tej energii oraz ograniczenie negatywnego wpływu sektora wytwarzania energii na środowisko.

Cele polityki energetycznej UE są ambitne, ale ich realizacja może okazać się trudna, bądź niemożliwa (Szczęśniak 2013). Wynika to bowiem ze wzajemnej współzależności tych celów. W przypadku zapewnienia bezpieczeństwa energetycznego współzależność ta oznacza nie tylko dbałość o podaż odpowiedniej ilości energii, ale także o „możliwie niskie” ceny tej energii oraz o poszanowanie środowiska naturalnego i antropogenicznego przez sektor jej wytwarzania. Zatem bezpieczeństwo to można postrzegać zarówno jako kategorię społeczną, jak również jako kategorię rynkową, ekonomiczną i ekologiczną (Borgosz i Herlender 2007).

W tej sytuacji należy się liczyć z tym, że bezpieczeństwo energetyczne będzie kształtowane nie tylko przez działania UE zmierzające bezpośrednio do jego zapewnienia, ale także przez działania zmierzające bezpośrednio do realizacji dwóch pozostałych celów polityki energetycznej UE, które wpływają jednak pośrednio na to bezpieczeństwo.

Nie można bowiem wykluczyć ujemnych korelacji między zapewnieniem bezpieczeństwa energetycznego, a realizacją pozostałych celów polityki energetycznej UE. Korelacje te wskazują na możliwość osłabienia tego bezpieczeństwa w rezultacie podejmowania niektórych działań wynikających z tej polityki. W tych warunkach nie można mieć pewności, że realizacja polityki energetycznej UE będzie sprzyjała zapewnieniu bezpieczeństwa energetycznego, zarówno w skali UE, jak i w skali poszczególnych krajów członkowskich UE.

W dalszej części artykułu skoncentrowano się na bezpieczeństwie dostaw energii elektrycznej, które jest jednym z przejawów bezpieczeństwa energetycznego. Zasady funkcjonowania sektora energii elektrycznej UE ulegają bowiem w ostatnich latach dynamicznym zmianom, które wpływają w istotny sposób na bezpieczeństwo tych dostaw.

Oceny możliwości zapewnienia bezpieczeństwa dostaw energii elektrycznej w UE dokonano opierając się na opracowanym jakościowym modelu rynku energii elektrycznej.

1. Jakościowy model rynku energii elektrycznej UE

Ze względu na kluczową rolę, jaką sektor energetyczny pełni w gospodarce większość decyzji związanych z jego funkcjonowaniem powinna być zbadana pod kątem celowości i skutków jeszcze przed ich wdrożeniem (Kamiński 2007). Dotychczasowe badania nad tym sektorem prowadzone były głównie z wykorzystaniem ilościowych modeli rynków energii.

Do najbardziej znanych na świecie modeli tego typu stosowanych do prognozowania rozwoju tego sektora można zaliczyć m.in. model PRIMES, POLES (*Perspective Outlook on Long-term Energy Systems*), EFOM (*Energy Flow Optimisation Model*), MIDAS (*Multinational Integrated Demand and Supply*), POEMS (*Policy Office Electricity Modeling System*) oraz NEMS (*National Energy Modeling System*). Wspomniane modele służą do analizy interakcji zachodzących między systemami energetycznymi, ekonomicznymi i środowiskowymi (Malko 2011). Dlatego modele te określane są mianem modeli E3 (*Energy-Economy-Environment Modelling*).

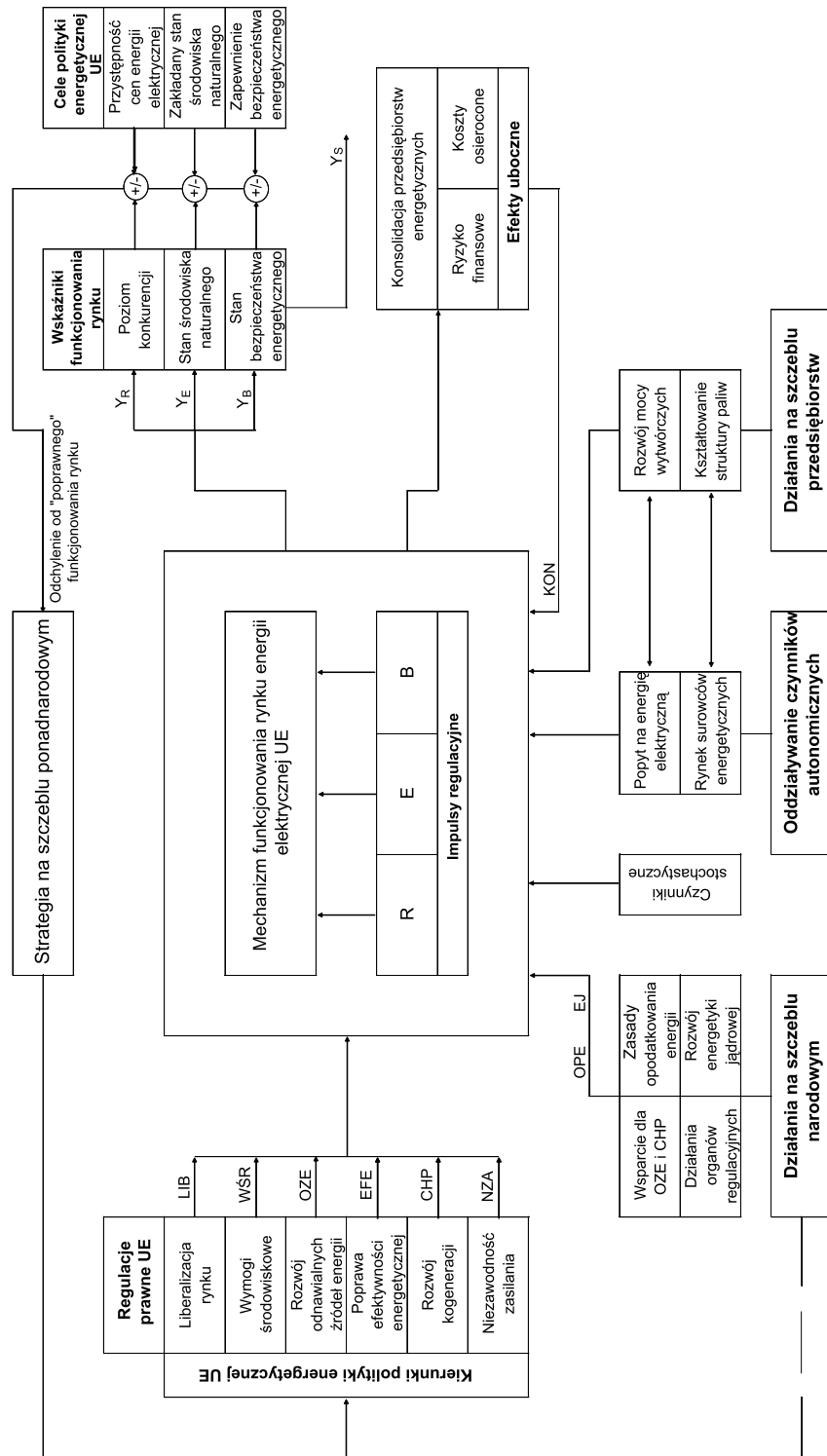
Zagadnienie modelowania rynków energii podejmowane jest także w Polsce. Modelowanie to z wykorzystaniem metodyki równowagi rynkowej przeprowadził J. Kamiński (szerzej Kamiński 2011). Wspólnie z M. Kudełko opisał on także matematyczny model do ilościowej oceny wpływu liberalizacji rynku energii elektrycznej na zużycie węgla kamiennego w sektorze elektroenergetycznym (szerzej Kamiński i Kudełko 2010). Tematyka modelowania rynków energii podejmowana była także przez W. Suwałę (Suwała 2010, 2011), A. Wyrwę (Wyrwa i in. 2013) oraz T. Mirowskiego i A. Szurleja (Mirowski i in. 2013).

Główną przesłanką budowy przez autora jakościowego modelu rynku energii elektrycznej UE była stosunkowo szybka i wygodna możliwość odwzorowania zależności tkwiących w mechanizmie funkcjonowania rynku energii elektrycznej oraz związków występujących między tym mechanizmem a polityką energetyczną UE. Model pozwala w szczególności na zbadanie wpływu działań wynikających z tej polityki na zapewnienie bezpieczeństwa dostaw energii elektrycznej UE.

W modelu tym przyjęto, że za realizację trzech opisanych wcześniej celów polityki energetycznej UE odpowiedzialne są główne impulsy regulacyjne, kształtowane pod wpływem cząstkowych impulsów regulacyjnych, których źródłem są regulacje prawne UE (rys. 1). Tym samym główne impulsy regulacyjne można traktować jako pewnego rodzaju „produkty” polityki energetycznej UE w zakresie rynku energii elektrycznej.

Pierwszy z impulsów (impuls R) jest odpowiedzialny za strategię UE w zakresie budowy konkurencyjnego rynku energii elektrycznej, drugi impuls (impuls E) czyni z konieczności przestrzegania wymogów ekologicznych element gry rynkowej, zaś trzeci (impuls B) odpowiada za zapewnienie bezpieczeństwa dostaw energii elektrycznej.

Konstrukcja modelu zakłada, że cząstkowe impulsy regulacyjne są nośnikami głównych kierunków polityki energetycznej UE. Impulsy te odnoszą się zatem do liberalizacji rynku energii elektrycznej (impuls LIB), przestrzegania wymogów środowiskowych przez sektor wytwarzania energii elektrycznej (impuls WŚR), rozwoju odnawialnych źródeł energii (impuls OZE), poprawy efektywności energetycznej i oszczędności energii (impuls EFE),



Rys. 1. Jakościowy model rynku energii elektrycznej UE
Źródło: opracowanie własne

Fig. 1. The qualitative model of the EU electricity market

rozwoju skojarzonego wytwarzania energii elektrycznej i ciepła (impuls CHP) oraz do niezawodności zasilania (impuls NZA). Impulsy cząstkowe można traktować jako zmienne wejściowe lub sygnały sterujące modelu. Impulsy te w różnym stopniu współtworzą główne impulsy regulacyjne, uznane wcześniej za „produkty” polityki energetycznej UE w zakresie rynku energii elektrycznej.

Zmienne wyjściowe modelu (Y_S , Y_R , Y_E , Y_B), reprezentujące efekty polityki energetycznej UE w zakresie rynku energii elektrycznej, zależą nie tylko od sygnałów sterujących, ale także od sygnałów zakłócających modelu, które tylko pośrednio kształtowane są przez Komisję Europejską (KE). Ostateczny kształt sygnałów zakłócających zależy bowiem bezpośrednio od rządów państw członkowskich UE (działań na szczeblu narodowym), przedsiębiorstw energetycznych (działań na szczeblu przedsiębiorstw), a także od wpływu czynników autonomicznych i stochastycznych.

Sygnały zakłócające determinują warunki wdrażania regulacji prawnych UE, tj. sygnałów sterujących modelem. Rządy państw członkowskich UE są bezpośrednim źródłem sygnałów zakłócających, które odnoszą się do zasad opodatkowania energii elektrycznej (sygnał zakłócający OPE) oraz rozwoju energetyki jądrowej (sygnał zakłócający EJ). Także bezpośrednio rządy te determinują politykę w zakresie wsparcia dla rozwoju OZE i kogeneracji oraz działalności organów regulacyjnych.

Jednak sygnały zakłócające – pozostając bezpośrednio w gestii państw członkowskich UE – zależą w stosunkowo dużym stopniu od strategii samej Unii. Przykładowo, krajowe systemy opodatkowania energii elektrycznej uwzględniają w mniejszym, bądź większym stopniu wytyczne wynikające z Dyrektywy 2003/96/UE „w sprawie restrukturyzacji wspólnotowych przepisów ramowych dotyczących opodatkowania wyrobów energetycznych i energii elektrycznej”, zaś rozwój energetyki jądrowej determinowany jest m.in. działalnością Euroatomu.

W gestii samych przedsiębiorstw energetycznych znajdują się decyzje dotyczące rozwoju mocy wytwórczych oraz rozwiązania dotyczące struktury stosowanych źródeł energii pierwotnej. Decyzje te są jednak także w pewnym stopniu determinowane strategią na szczeblu unijnym, której bezpośrednim przejawem są strategie narodowe (Priorytety... 2012).

Najbardziej ograniczony arsenał środków pozostaje UE do kształtowania sytuacji na światowym rynku surowców energetycznych oraz poziomu popytu na energię elektryczną, wywołanego wzrostem gospodarczym. Sytuacja na światowym rynku surowców energetycznych zależy bowiem głównie od decyzji organizacji krajów posiadających liczące się rezerwy surowców energetycznych, do których UE nie należy. Wzrost popytu na energię elektryczną można wprawdzie ograniczyć przez poprawę efektywności energetycznej i oszczędność energii, jednak wzrost ten jest nieuchronny (zwłaszcza w długim okresie) w obliczu wzrostu gospodarczego (Capros i in. 2010).

Możliwość zapewnienia bezpieczeństwa dostaw energii elektrycznej, a także realizacja pozostałych dwóch celów polityki energetycznej UE, mogą zależeć od siły i kierunku oddziaływania czynników stochastycznych. Negatywne efekty oddziaływania czynników stochastycznych mogą być związane np. z czynnikami politycznymi, ekstremalnymi warunkami pogodowymi, bądź błędami operacyjnymi, które w konsekwencji mogą prowadzić do zakłóceń procesu wytwarzania, przesyłu i dystrybucji energii elektrycznej.

Z kolei źródłem pozytywnych efektów oddziaływania tych czynników może być np. korzystny rozwój sytuacji politycznej (zatem możliwe jest dwukierunkowe oddziaływanie czynników politycznych), a także odkrycie i udostępnienie nowych złóż surowców energetycznych i/lub technologii wytwarzania energii elektrycznej, będących wynikiem prac naukowo-badawczych.

Regulacje prawne UE, tj. sygnały sterujące (LIB, WŚR, OZE, EFE, CHP, NZA) modelu jakościowego oraz sygnały zakłócające (OPE, EJ, KON), stają się źródłem sygnału wyjściowego Y_S , będącego nośnikiem bieżącej informacji na temat stanu rynku energii elektrycznej. Sygnał Y_S pełni zatem w pewnym sensie rolę wskaźnika funkcjonowania rynku energii elektrycznej UE.

Poprzez swoją część składową Y_B wskaźnik ten określa zdolność tego rynku do zapewnienia bezpieczeństwa dostaw energii elektrycznej. Z kolei sygnały Y_R i Y_E , tj. dwa pozostałe elementy struktury sygnału Y_S , identyfikują odpowiednio etap rozwoju rynku energii elektrycznej UE oraz zdolność tego rynku do ograniczenia negatywnego wpływu sektora wytwarzania tej energii na środowisko.

Jednak rynek energii elektrycznej generuje także inne sygnały wyjściowe. Sygnały te oznaczają inicjację procesów, które nie były zakładane, a wystąpiły (jako efekty uboczne) w związku z wdrażaniem regulacji prawnych UE dotyczących zasad funkcjonowania rynku energii elektrycznej. Do procesów tych należy w szczególności (nadmierna) konsolidacja przedsiębiorstw energetycznych, pojawienie się kosztów osieroconych oraz ryzyka finansowego.

Przykładowo, działania konsolidacyjne wspomnianych przedsiębiorstw są ich reakcją (generalnie wspieraną przez rządy) na zaostrzającą się konkurencję i mają na celu wzmocnienie ich pozycji rynkowej. Uboczny efekt tego procesu związany jest z możliwością wtórnej monopolizacji rynku, chociaż sprzyja on poprawie bezpieczeństwa dostaw energii elektrycznej i stanu środowiska. Na rysunku 1 efekt ten reprezentowany jest przez sygnał wyjściowy KON. Sygnał ten zmienia warunki wdrażania regulacji prawnych UE, dotyczących zasad funkcjonowania rynku energii elektrycznej, tj. staje się sygnałem zakłócającym dla sygnałów sterujących (na rys. 1 ten sygnał wyjściowy kierowany jest z powrotem na model).

W takich okolicznościach może się okazać, że pierwotna konfiguracja sygnałów sterujących, tj. wyjściowy wariant polityki energetycznej UE, może być niewystarczająca do realizacji zakładanych celów tej polityki, w tym zapewnienia bezpieczeństwa dostaw energii elektrycznej. Różnica (odchylenie) wynikająca z porównania stanu zakładanego i rzeczywistego stanowi podstawę do bezpośredniej korekty polityki energetycznej UE (sygnałów sterujących), a pośrednio także sygnałów zakłócających. Rolę regulatora w tym klasycznym, zaczerpniętym z teorii sterowania, układzie sterowania pełni KE, tj. organ ponadnarodowy oraz współpracujące z nią międzynarodowe organizacje branżowe (np. ENTSO-E, ACER, CEER, ERGEG, Eurelectric).

2. Wykorzystanie jakościowego modelu energii elektrycznej do oceny możliwości zapewnienia bezpieczeństwa dostaw energii elektrycznej w UE

Bezpośredniej oceny możliwości zapewnienia bezpieczeństwa dostaw energii elektrycznej w UE dokonano za pośrednictwem wartości i kierunku sygnału wyjściowego Y_B (tab. 1). Równoległa ocena dotycząca możliwości utrzymania „możliwie niskich” cen energii elektrycznej oraz ograniczenia negatywnego wpływu sektora wytwarzania tej energii na środowisko może zostać przeprowadzona z wykorzystaniem wartości i kierunków sygnałów wyjściowych odpowiednio Y_R i Y_E .

W tabeli 1 zmiennym jakościowym modelu rynku energii elektrycznej (rys. 1) nadano bowiem charakter ilościowy. Dokonując zmiany charakteru tych zmiennych wykorzystano metody sztucznej inteligencji, z których najistotniejsze znaczenie miała metoda systemów rozmytych (Fuzzy Logic) oraz metoda sieci neuronowych (Neural Nets).

Ta pierwsza z metod umożliwiła rozwiązanie problemu różnokierunkowego, jednoczesnego oddziaływania impulsów cząstkowych na główne impulsy regulacyjne. Z kolei metoda sieci neuronowych pozwoliła na powiązanie sygnałów wejściowych z wyjściowymi, a przez to na wykorzystanie jakościowego modelu rynku energii elektrycznej do oceny efektów polityki energetycznej UE.

Istotną zaletą metod sztucznej inteligencji jest ograniczony (w stosunku do tradycyjnych metod statystycznych) wymóg odnośnie dysponowania bazą danych statystycznych. Do wyboru zmiennych modelu oraz odwzorowania zależności między nimi od badacza oczekuje się bowiem „jedynie” posiadania wiedzy na temat zasad funkcjonowania rynku energii elektrycznej. Ważne przy tym jest, aby wspomniane zależności były regularne, a sytuacja taka ma miejsce w przypadku tego rynku (Tadeusiewicz 1993).

Podstawą nadania jakościowym zmiennym wejściowym modelu charakteru ilościowego było przypisanie im wartości, przy czym suma tych wartości wynosi 100 jednostek. Wartości przypisane tym zmiennym identyfikują ich znaczenie dla funkcjonowania rynku energii elektrycznej UE.

Traktując sygnały sterujące i zakłócające modelu jako zmienne lingwistyczne, określono stopień ich przynależności do trzech głównych impulsów regulacyjnych. Zatem np. zmienna lingwistyczna „rozwój energetyki jądrowej” może „należać” (w określonym stopniu) do zbioru rozmytego B (impulsu regulacyjnego B) i „wpływać”, bądź „oddziaływać” (także w określonym stopniu) na bezpieczeństwo dostaw energii elektrycznej. Zmienna ta może jednak także jednocześnie należeć (w innym stopniu) do impulsów regulacyjnych R i E, wpływać odpowiednio na rozwój konkurencji na rynku energii elektrycznej i przyczyniać się do utrzymania „możliwie niskich” cen tej energii oraz na ograniczenie negatywnego wpływu sektora wytwarzania energii elektrycznej na środowisko.

Stąd też – zgodnie z teorią zbiorów rozmytych – wszystkie wyszczególnione w tabeli 1 sygnały sterujące i zakłócające mogą należeć jednocześnie do trzech takich zbiorów,

TABELA 1. Założenia ilościowe dotyczące sygnałów sterujących i zakłócających modelu rynku energii elektrycznej

TABLE 1. Quantitative assumptions about the control signals and interfering signals of the model of the EU electricity market

Lp.	Sygnały sterujące i zakłócające modelu	Oznaczenie	Wartość	Stopień przynależności			Kierunek oddziaływania			Waga sygnału ster./zakłóc.			Wartość sygnału wyjściowego		
				R	E	B	R	E	B	R	E	B	YR	YE	YB
1.	Liberalizacja rynku energii	LJB	16	0,60	0,20	0,20	1	1	-1	0,60	0,20	-0,20	9,60	3,20	-3,20
2.	Wymogi środowiskowe	WŚR	16	0,20	0,60	0,20	-1	1	-1	-0,20	0,60	-0,20	-3,20	9,60	-3,20
3.	Rozwój energetyki odnawialnej	OZE	6	0,30	0,30	0,40	-1	1	1	-0,30	0,30	0,40	-1,80	1,80	2,40
4.	Poprawa efektywności energetycznej	EFE	10	0,20	0,50	0,30	1	1	1	0,20	0,50	0,30	2,00	5,00	3,00
5.	Rozwój kogeneracji	CHP	6	0,20	0,50	0,30	-1	1	1	-0,20	0,50	0,30	-1,20	3,00	1,80
6.	Niezawodność zasilania	NZA	16	0,30	0,20	0,50	1	-1	1	0,30	-0,20	0,50	4,80	-3,20	8,00
7.	Rozwój energetyki jądrowej	EJ	10	0,20	0,30	0,50	1	1	1	0,20	0,30	0,50	2,00	3,00	5,00
8.	Harmonizacja zasad opodatkowania energii	OPE	4	0,50	0,30	0,20	1	1	1	0,50	0,30	0,20	2,00	1,20	0,80
9.	Konsolidacja przedsiębiorstw energ.	KON	8	0,50	0,10	0,40	-1	1	1	-0,50	0,10	0,40	-4,00	0,80	3,20
10.	Czynniki stochastyczne	CST	8	0,33	0,33	0,34	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Razem	X	100				1	7	5	0,60	2,60	2,20	10,20	24,40	17,80

Oznaczenia: R, E, B – główne impulsy regulacyjne, YR, YE, YB – sygnały wyjściowe modelu, pełniące rolę wskaźników funkcjonowania rynku energii elektrycznej
 Źródło: opracowanie własne.

tzn. zbioru R, E i B. Zbiory te oznaczają trzy główne impulsy regulacyjne, które odpowiedzialne są za realizację trzech podstawowych celów polityki energetycznej UE w zakresie rynku energii elektrycznej.

Oprócz wartości i przynależności do zbiorów rozmytych (głównych impulsów regulacyjnych), które określono z uwzględnieniem stanu rozwiązań technologicznych, każdemu sygnałowi sterującemu i zakłócającemu przypisano także kierunek oddziaływania. Konstruktywny wpływ tych sygnałów na kształtowanie się głównych impulsów regulacyjnych oznaczono cyfrą „1”, zaś wpływ destrukcyjny cyfrą „-1”. Przyjęto na przykład, że „konsolidacja przedsiębiorstw energetycznych” sprzyja „zapewnieniu bezpieczeństwa dostaw energii elektrycznej” oraz „ograniczeniu negatywnego wpływu sektora wytwarzania energii elektrycznej na środowisko”, jednak wpływa jednocześnie niekorzystnie na budowę konkurencyjnego rynku energii elektrycznej.

W konsekwencji wpływ poszczególnych sygnałów sterujących i zakłócających na wartości zmiennych wyjściowych Y_R , Y_E i Y_B jest iloczynem wartości tych sygnałów, stopni ich przynależności do impulsów regulacyjnych R, E i B oraz kierunku ich oddziaływania.

W przypadku czynników stochastycznych przyjęto upraszczające założenie o symetrycznej ich przynależności do poszczególnych impulsów regulacyjnych oraz o neutralnym efekcie ich oddziaływania (czynniki stochastyczne się nie pojawiają, ich oddziaływanie będzie miało charakter chwilowy lub będzie się równoważyć).

Ostateczne wartości zmiennych wyjściowych Y_R , Y_E i Y_B otrzymuje się w rezultacie sumowania wspomnianych wpływów. Miernikiem możliwości zapewnienia bezpieczeństwa dostaw energii elektrycznej jest wartość zmiennej Y_B . Wartość ta jest jednocześnie miernikiem realizacji celu polityki energetycznej UE w zakresie zapewnienia tego bezpieczeństwa.

Miernikami realizacji dwóch pozostałych celów tej polityki są wartości zmiennych wyjściowych Y_R i Y_E . Wartość zmiennej Y_R wskazuje bowiem na efekty w zakresie liberalizacji rynku energii elektrycznej UE i możliwości utrzymania „możliwie niskich” cen energii elektrycznej, zaś wartość Y_E na efekty w zakresie ograniczania negatywnego wpływu sektora wytwarzania energii elektrycznej na środowisko.

3. Ocena możliwości zapewnienia bezpieczeństwa dostaw energii elektrycznej w UE

Z przeprowadzonych analiz wynika, że zapewnienie bezpieczeństwa dostaw energii elektrycznej UE może być drugim, pod względem efektywności realizacji, celem polityki energetycznej UE w zakresie rynku energii elektrycznej (tab. 1).

Z łącznej wartości sygnałów sterujących i zakłócających wynoszącej 100,0 jednostek, przeznaczonych do realizacji trzech podstawowych celów polityki energetycznej UE w zakresie rynku energii elektrycznej, na wyjściu modelu może pozostać 52,4 „efektywnych”

jednostek. Świadczy to o możliwości znacznej wzajemnej kompensaty efektów proponowanych przez UE działań. Można bowiem obrazowo stwierdzić, że do wyznaczonych celów „trafia” tylko 52,4% tych działań. Oznacza to stosunkowo niską ogólną sprawność wdrażania regulacji prawnych UE w zakresie rynku energii elektrycznej.

Z danych zestawionych w tabeli 1 wynika, że 17,8 z 52,4 „efektywnych” jednostek może być bezpośrednio zaangażowanych do zapewnienia bezpieczeństwa dostaw energii elektrycznej. Dziedziną najbardziej konstruktywnego oddziaływania polityki energetycznej UE dotycząca zasad funkcjonowania rynku energii elektrycznej jest ochrona środowiska, która „odbiera” 24,4% „emitowanych” przez UE działań. Z kolei tylko 10,2 tych działań ukierunkowanych jest na budowę konkurencyjnego rynku energii elektrycznej i utrzymania „możliwie niskich” cen tej energii. Głównym powodem stosunkowo niskiej efektywności polityki energetycznej UE w zakresie tej budowy jest różnokierunkowość wpływu proponowanych przez UE działań.

Podstawowe znaczenie dla wzrostu wartości zmiennej wyjściowej Y_B , odpowiedzialnej za zapewnienie bezpieczeństwa dostaw energii elektrycznej, mają działania „na rzecz niezawodności zasilania” (ten kierunek polityki energetycznej UE wyraża sygnał sterujący NZA), „rozwoju energetyki jądrowej” (sygnał sterujący EJ), „konsolidacji przedsiębiorstw energetycznych” (sygnał sterujący KON), „rozwoju oze” (sygnał sterujący OZE) oraz „poprawy efektywności energetycznej i oszczędności energii” (sygnał sterujący EFE).

Jednocześnie sygnał Y_B staje się słabszy w wyniku wprowadzania konkurencji na rynek energii elektrycznej (ten kierunek polityki energetycznej UE wyraża sygnał sterujący LIB) oraz konieczności spełnienia wymogów środowiskowych przez wytwórców energii elektrycznej (sygnał sterujący WŚR).

Sygnał sterujący NZA „dostarcza” sygnałowi wyjściowemu Y_B najwięcej, tj. 8,0 jednostek wartości. Źródłem tej zależności jest głównie potrzeba podjęcia działań na rzecz zapewnienia zaopatrzenia w surowce energetyczne, stabilnych i bezpiecznych w eksploatacji zdolności wytwórczych (w tym zdolności rezerwowych) oraz niezawodności systemów przesyłowych i dystrybucyjnych (Directive 2005/89/EC... 2005).

Zależność ta jest także kształtowana przez konieczność przestrzegania standardów ciągłości dostaw energii elektrycznej, a także standardów dotyczących jej jakości oraz standardów obsługi klienta. Sygnał NZA jest również nośnikiem konieczności prowadzenia przez UE wspólnej polityki energetycznej. Tylko taka polityka pozwala bowiem na osiągnięcie satysfakcjonujących efektów negocjacji z dostawcami surowców i technologii energetycznych (Speaking with one voice... 2011).

Oprócz bezpośredniego i korzystnego wpływu na wartość sygnału wyjściowego Y_B , sygnał sterujący NZA wywiera także pośredni i korzystny wpływ na wartość sygnału wyjściowego Y_R oraz pośredni i niekorzystny wpływ na wartość sygnału wyjściowego Y_E .

Pięć jednostek wartości sygnałowi wyjściowemu Y_B „dostarcza” sygnał sterujący EJ. Jednostki te kryją w sobie przede wszystkim stosunkowo stabilną podaż uranu. Podaż ta jest efektem znacznych światowych rezerw tego surowca, a także możliwości jego powtórnego wykorzystania do wytwarzania energii elektrycznej. Nie bez znaczenia dla stabilnej podaży uranu jest rozproszona lokalizacja jego złóż, co sprawia, że na rynku uranu czynniki polityczne odgrywają znacznie mniejszą rolę niż na rynkach surowców konwencjonalnych.

Bezpośrednie przełożenie na poprawę bezpieczeństwa dostaw energii elektrycznej ma wzrost zdolności wytwórczych, który jest konsekwencją rozwoju energetyki jądrowej. Mimo stosunkowo wysokich kosztów inwestycyjnych i stosunkowo długiego cyklu inwestycyjnego związanych z tym rozwojem dla zapewnienia wspomnianego bezpieczeństwa istotna jest stabilność wytwarzania energii elektrycznej w elektrowniach jądrowych, stosunkowo długi okres eksploatacji tych elektrowni oraz stosunkowo niskie jej koszty.

Zasadniczym źródłem niskich kosztów eksploatacji elektrowni jądrowych jest relatywnie niski udział kosztów paliwa jądrowego (ok. 13%) w wytwarzaniu energii elektrycznej (Sowiński 2012). W konsekwencji niska jest wrażliwość kosztów wytwarzania na wzrost cen tego paliwa (Widerski 2011). W efekcie nawet około 50% wzrost cen paliwa jądrowego sprawia, że koszt wytworzenia jednej megawatogodziny energii elektrycznej w elektrowni jądrowej zwiększy się jedynie o około 3%. Ten atut energetyki jądrowej zyskuje jeszcze bardziej na znaczeniu wobec względnie stabilnych rynkowych cen uranu.

Oprócz bezpośredniego i korzystnego wpływu na wartość sygnału wyjściowego Y_B , sygnał sterujący EJ wywiera także pośredni i korzystny wpływ na wartości sygnałów wyjściowych Y_R i Y_E .

Sygnał zakłócający KON „dostarcza” sygnałowi wyjściowemu Y_B 3,2 jednostki wartości. Źródłem tej wartości jest dążenie poszczególnych państw członkowskich UE do powstania silnych przedsiębiorstw energetycznych, zdolnych do stawienia czoła pojawiającej się konkurencji międzynarodowej, a przez to do zapewnienia bezpieczeństwa dostaw energii elektrycznej (Wiśniewski 2007).

Skonsolidowane przedsiębiorstwa energetyczne, np. przedsiębiorstwa multienergetyczne, mogą zapewnić bezpieczeństwo także dlatego, że dysponują szerszymi możliwościami w zakresie zaopatrzenia w surowce energetyczne. Możliwości te obejmują np. wykorzystanie lokalnych zasobów energii, w tym źródeł odnawialnych.

Jednocześnie przedsiębiorstwa multienergetyczne aktywniej i efektywniej działają na rzecz zaopatrzenia w energię społeczności lokalnych. Mocna pozycja rynkowa i stabilność finansowa skonsolidowanych przedsiębiorstw energetycznych powinna pozwolić im na realizację inwestycji poprawiających niezawodność zasilania.

Oprócz pośredniego i korzystnego wpływu na wartość sygnału wyjściowego Y_B , sygnał sterujący KON wywiera także bezpośredni i niekorzystny wpływ na wartość sygnału wyjściowego Y_R oraz pośredni i korzystny wpływ na wartość sygnału wyjściowego Y_E .

Trzema jednostkami wartości sygnał wyjściowy Y_B zasilany jest przez sygnał sterujący OZE. Wspomniana ilość jednostek zasilających jest wypadkową zarówno zalet, jak i wad rozwoju odnawialnych źródeł energii dla bezpieczeństwa dostaw energii elektrycznej. Zalety obejmują przede wszystkim wzrost zdolności wytwórczych energii elektrycznej ogółem. Bardzo istotne jest przy tym, że wykorzystanie tych zdolności wiąże się z ograniczeniem zapotrzebowania na surowce kopalne, co prowadzi do zwiększenia samowystarczalności energetycznej UE (Ölz i in. 2007).

Stosunkowo krótki jest cykl inwestycyjny i niskie są koszty eksploatacji instalacji odnawialnych. Istotny wpływ na wysokość wspomnianych kosztów stwarza bowiem możliwość wykorzystania darmowych nośników energii. Ma to niebagatelne znaczenie w kontekście prognoz znacznego (zwłaszcza w dłuższym horyzoncie czasowym) wzrostu

cen konwencjonalnych nośników energii. Z raportu firmy doradczej McKinsey wynika, że w latach 2000–2012 ceny te wzrosły średnio o 260% (Piszczałowska 2013).

Do zalet rozwoju odnawialnych źródeł energii należy także zaliczyć możliwość wykorzystania lokalnych źródeł energii oraz ograniczenie zależności odbiorców od dostaw energii elektrycznej z systemów scentralizowanych, co zwiększa dostępność energii na terenach peryferyjnych i odizolowanych. Ponadto wspomniani odbiorcy w mniejszym stopniu są narażeni na awarie systemów.

Z rozwojem odnawialnych źródeł energii związane są także wady, które wpływają na osłabienie bezpieczeństwa dostaw energii elektrycznej. Stosunkowo wysokie koszty inwestycyjne i wynikająca stąd potrzeba rozwoju systemów wsparcia wywierają bowiem dużą presję na wzrost cen energii elektrycznej, zmniejszając jej dostępność. Niestabilny charakter odnawialnych źródeł energii ogranicza do minimum możliwość powierzenia tym źródłom funkcji gwaranta bezpieczeństwa dostaw energii elektrycznej.

Ponadto generowane w okresie korzystnych warunków pogodowych nadwyżki energii elektrycznej (wobec braku efektywnych metod magazynowania) obciążają w sposób nieplanowy transgraniczne zdolności przesyłowe między systemami elektroenergetycznymi państw członkowskich UE, a także same te systemy. Nieplanowane przepływy energii elektrycznej niekorzystnie wpływają na pracę systemów elektroenergetycznych (Majchrzak i Purchała 2012). Wobec niedostatecznej liczby i zdolności przesyłowych linii elektroenergetycznych łączących krajowe systemy przesyłowe przepływy te dodatkowo ograniczają możliwości importu energii elektrycznej, co niekorzystnie wpływa na bezpieczeństwo jej dostaw (Widerski 2013).

Oprócz bezpośredniego i korzystnego wpływu na wartość sygnału wyjściowego Y_B , sygnał sterujący OZE wywiera także pośredni i niekorzystny wpływ na wartość sygnału wyjściowego Y_R oraz pośredni i korzystny wpływ na wartość sygnału wyjściowego Y_E .

Sygnał sterujący EFE „dostarcza” sygnałowi wyjściowemu Y_B także 3,0 jednostki wartości. Dzięki tym jednostkom sygnał Y_B staje się nośnikiem działań na rzecz oszczędności paliw pierwotnych, poprawy efektywności wytwarzania energii elektrycznej oraz ograniczenia strat podczas jej przesyłu i dystrybucji. Korzystnie na bezpieczeństwo dostaw energii elektrycznej wpływa racjonalizacja jej zużycia przez finalnych odbiorców energii (Malko 2013). Zatem działania na rzecz poprawy efektywności energetycznej i oszczędności energii prowadzą do stosunkowo szybkiego uruchomienia wirtualnych źródeł tej energii i stanowią alternatywę dla kosztownych inwestycji w moce wytwórcze i zdolności przesyłowe. Działania te należą jednocześnie do najbardziej opłacalnych sposobów zwiększenia bezpieczeństwa dostaw energii elektrycznej (Stawski 2012). Najtańsza jest bowiem ta energia, która nie musi zostać wytworzona i przesłana.

Oprócz pośredniego i korzystnego wpływu na wartość sygnału wyjściowego Y_B , sygnał sterujący EFE wywiera także pośredni i korzystny wpływ na wartość sygnałów wyjściowych Y_R i Y_E .

Sygnał wyjściowy Y_B w mniejszym stopniu współtworzą sygnały sterujące CHP i OPE. Sygnał wejściowy CHP „dostarcza” sygnałowi Y_B 1,8 jednostek wartości i jest nośnikiem wysokiej efektywności wytwarzania energii elektrycznej (i ciepła). Efektywność (a także stosowanie odnawialnych źródeł energii) prowadzi do poprawy bezpieczeństwa dostaw

energii elektrycznej poprzez znaczne ograniczenie zapotrzebowania na energię pierwotną. Bezpieczeństwo ulega poprawie także w rezultacie wzrostu zdolności wytwórczych oraz rozproszonego charakteru tych zdolności.

Z kolei 0,8 jednostki, które do wartości sygnału wyjściowego Y_B wnosi sygnał wejściowy OPE, obejmuje efekty rozwiązań podatkowych, prowadzące do bardziej wydajnego wykorzystania zasobów naturalnych i energii. Dla poprawy bezpieczeństwa dostaw energii elektrycznej korzystne powinny okazać się także rozwiązania fiskalne preferujące rozwój energetyki odnawialnej i skojarzonej.

Sygnały sterujące CHP i OPE wywierają także wpływ na sygnały wyjściowe Y_R i Y_E . I tak oprócz pośredniego i korzystnego wpływu na wartość sygnału wyjściowego Y_B , sygnał sterujący CHP wywiera także pośredni i niekorzystny wpływ na wartość sygnału wyjściowego Y_R oraz pośredni i korzystny wpływ na wartość sygnału wyjściowego Y_E . Z kolei sygnał sterujący OPE oprócz pośredniego i korzystnego wpływu na wartość sygnału wyjściowego Y_B wywiera także pośredni i korzystny wpływ na wartość sygnałów wyjściowych Y_R i Y_E .

Wartość sygnału wyjściowego Y_B zmniejszają sygnały wejściowe WŚR i LIB. Pierwszy z tych sygnałów zmniejsza bowiem tę wartość o 3,2 jednostki, zaś drugi o 1,6 jednostki. Źródło niekorzystnego wpływu sygnału wejściowego WŚR na wartość sygnału wyjściowego Y_B tkwi głównie w możliwości upadku części konwencjonalnych wytwórców energii, którzy nie są w stanie sprostać wymogom środowiskowym lub sprostanie tym wymogom łączy się ze zbyt wysokimi kosztami i utratą konkurencyjności rynkowej. Ponadto niepewność co do przyszłych cen uprawnień do emisji CO₂ może spowodować, że koncerny energetyczne nie zdecydują się na budowę nowych, klasycznych elektrowni węglowych (Maroo 2013).

Sygnał wejściowy LIB zmniejsza wartość sygnału wyjściowego Y_B , ponieważ liberalizacja rynków energii przyczynia się do rozproszenia odpowiedzialności za niezawodność zasilania. Wraz z liberalizacją przerwany zostaje bowiem, w obrębie przedsiębiorstwa energetycznego, łańcuch łączący wydobywanie surowca oraz wytwarzanie i dostarczanie energii elektrycznej. Także rozwiązanie kontraktów długoterminowych (KDT-ów) może osłabić bezpieczeństwo dostaw energii elektrycznej. Kontrakty te oznaczają bowiem dla odbiorców końcowych stabilne warunki zakupu energii (uzgodniona ilość, stosunkowo niska cena) w długim horyzoncie czasowym.

Oprócz pośredniego i niekorzystnego wpływu na wartość sygnału wyjściowego Y_B , sygnał sterujący WŚR wywiera także pośredni i niekorzystny wpływ na wartość sygnału wyjściowego Y_R oraz bezpośredni i korzystny wpływ na wartość sygnału wyjściowego Y_E . Z kolei sygnał sterujący LIB oprócz pośredniego i niekorzystnego wpływu na wartość sygnału wejściowego Y_B wywiera także bezpośredni i korzystny wpływ na wartość sygnału wyjściowego Y_R oraz pośredni i korzystny wpływ na wartość sygnału wyjściowego Y_E .

Podsumowanie i rekomendacje

Generalnym wnioskiem wynikającym z przeprowadzonej analizy jest możliwość stosunkowo niskiej efektywności polityki energetycznej UE w zakresie rynku energii elektrycznej. Z analizy tej wynika także, że cel polityki dotyczący zapewnienia bezpieczeństwa dostaw energii elektrycznej może zostać zrealizowany w większym stopniu niż cel w zakresie utrzymania „możliwie niskich” cen energii elektrycznej i jednocześnie w mniejszym stopniu niż cel w zakresie ograniczenia negatywnego wpływu sektora wytwarzania energii elektrycznej na środowisko. Przedstawiając te wnioski autor zdaje sobie jednocześnie sprawę z dyskusyjnego charakteru założeń do nich prowadzących.

Wspomniane wnioski wskazują na konieczność korekty polityki energetycznej UE w zakresie rynku energii elektrycznej w kierunku zwiększenia jej efektywności, co w szczególności dotyczy wysiłków na rzecz utrzymania „możliwie niskich” cen energii. Wydaje się, że korekta ta powinna głównie obejmować podejmowanie lub intensyfikację działań zmierzających do:

- ✧ rozwoju niskoemisyjnych technologii wytwarzania energii elektrycznej, np. poprzez szerokie stosowanie technologii CCS,
- ✧ poprawy efektywności funkcjonowania infrastruktury przesyłowej, np. poprzez wdrażanie rozwiązań *smart grid* i *smart metering*,
- ✧ optymalizacji kosztowej wsparcia OZE,
- ✧ rozwoju energetyki prosumenckiej,
- ✧ rozbudowy i modernizacji transgranicznej infrastruktury przesyłowej, będącej jednym z głównych warunków budowy jednolitego wewnętrznego rynku energii elektrycznej UE,
- ✧ wykorzystania zarówno przez wytwórców energii elektrycznej, operatorów systemów przesyłowych i dystrybucyjnych, jak i finalnych odbiorców bardzo dużego potencjału oszczędności energii.

Wdrożenie rekomendowanych działań powinno bowiem znacznie zmniejszyć obszar, w którym realizacja celów polityki energetycznej UE pozostaje we wzajemnej opozycji.

Literatura

- BORGOSZ-KOCZWARA, M. i HERLENDER, K. 2007. Zapewnienie bezpieczeństwa energetycznego – potrzeba czy konieczność. *Energetyka. Problemy energetyki i gospodarki paliwowo-energetycznej* nr 12, s. 882–883.
- CAPROS i in. 2010 – CAPROS, P., MANTZOS, L., TASIOS, N., DE VITA, A., KOUVARTAKIS, N. 2010. *EU Energy Trends to 2030*, European Commission in Collaboration with Climate Action DG and Mobility and Transport DG, Luxemburg, s. 30.
- Directive 2005/89/EC of the European Parliament and of the Council of 18 January 2006 concerning Measures to Safeguard Security of Electricity Supply and Infrastructure Investment.
- KAMIŃSKI, J. 2007. Liberalizacja rynku energii elektrycznej a zużycie węgla kamiennego w sektorze elektroenergetycznym – ujęcie modelowe. *Polityka Energetyczna – Energy Policy Journal* t. 10, z. spec. 2.

- KAMIŃSKI, J. i KUDEŁKO, M. 2010. The prospects for hard coal as a fuel for the Polish power sector. *Energy Policy* 38, Issue 12.
- KAMIŃSKI, J. 2011. Założenia metodyczne do budowy modelu równowagi rynku energii elektrycznej dla warunków Polski. *Energetyka. Problemy Energetyki i Gospodarki Paliwowo-Energetycznej* nr 1.
- MAJCHRZAK, H. i PURCHAŁA, K. 2012. Przepływy nieplanowe i ich wpływ na bezpieczeństwo pracy systemu elektroenergetycznego. *Elektroenergetyka* nr 3–4, s. 10.
- MALKO, J. 2011. Model „Poles” – ocena transformacji energetyki XXI wieku. *Polityka Energetyczna – Energy Policy Journal* t. 14, z. 1.
- MALKO, J. 2013. Niepewna przyszłość energetyczna. *Energetyka. Problemy Energetyki i Gospodarki Paliwowo-Energetycznej* nr 4.
- MAROO, J. 2013. „Half dead” EUA energy market hit by political uncertainty, <http://www.risk.net>, 26 March 2013.
- MIROWSKI, T., KAMIŃSKI, J. i SZURLEJ, A. 2013. Analiza potencjału efektywności energetycznej w sektorze mieszkalnictwa w perspektywie do 2030 roku. *Rynek Energii* nr 6.
- ÖLZ, S., SIMS, R. i KIRCHNER, N. 2007. Contribution of Renewables to Energy Security, *International Energy Agency*, April 2007.
- PISZCZATOWSKA, J. 2013. W długim terminie surowce będą drożeć. *Rzeczpospolita*, 26 września 2013.
- Priorytety Polskiej Polityki Zagranicznej 2012–2016*. 2012. Ministerstwo Spraw Zagranicznych, Warszawa, marzec 2012, s.10.
- SOWIŃSKI, J. 2012. Niepewność cen i kosztów technologii wytwarzania energii elektrycznej w analizach projektów inwestycyjnych. *Polityka Energetyczna – Energy Policy Journal* t. 15, z. 3, s. 312.
- Speaking with one voice – the key to securing our energy interests abroad. 2011. European Commission, IP/11/1005, 07/09/2011.
- STAWSKI, P. 2012. Metoda oceny parametrów efektywności energetycznej w regionach. *Energetyka. Problemy Energetyki i Gospodarki Paliwowo-Energetycznej* nr 12.
- SUWAŁA, W. 2010. Models of coal industry in Poland. *Gospodarka Surowcami Mineralnymi – Mineral Resources Management* t. 26, z. 3.
- SUWAŁA, W. 2011. *Modelowanie systemów paliwowo-energetycznych*. IGSMiE PAN.
- SZCZĘŚNIAK, A. 2013. Polityka energetyczna Unii przed załamaniem. *Energetyka Ciepła i Zawodowa* nr 2.
- TADEUSIEWICZ, R. 1993. *Sieci neuronowe*. Akademicka Oficyna Wydawnicza, Warszawa, s. 17.
- WIDERSKI, R. 2013. Liberalizacja rynku energii elektrycznej szansą na rozwój usług. *Polityka Energetyczna – Energy Policy Journal* t. 16, z. 1, s. 44.
- WIDERSKI, R. 2011. Wpływ energii jądrowej na bezpieczeństwo dostaw energii elektrycznej, konkurencyjność i emisję CO₂. Materiały XXV Konferencji z cyklu *Zagadnienia surowców energetycznych i energii w gospodarce krajowej*, Zakopane, 9–12.10.2011.
- WIŚNIEWSKI, G. 2007. Uboczne skutki centralizacji w sektorze energetycznym. *Czysta Energia* nr 2, s. 2.
- WYRWA, A., ZAJDA, E. i PLUTA, M. 2013. Na horyzoncie GAZ. Analiza scenariusza wykorzystania gazu ziemnego w polskim systemie elektroenergetycznym do 2035 r. *Energetyka Ciepła i Zawodowa* nr 6.

Tomasz MOTOWIDLAK

Ensuring the security of electricity supply one of the objectives of EU energy policy

Abstract

This article concerns energy policy affecting the EU electricity market. The objectives of this policy stem directly from the theory of sustainable development. Ensuring the supply of electricity could in fact be seen as a manifestation of the social objective of that theory. The economic consideration impacting the theory of sustainable development is the demand for “the lowest possible” prices of electricity, while reducing the negative effects of the energy generation sector on the environment can be associated with the implementation of the environmental objective of the theory. This article examines the effectiveness of EU energy policy in ensuring the security of electricity supply. The study was carried out using a qualitative model of the electricity market, the structure of which is detailed in the first part of the article. The second part of the article presents the rules for adapting this model to evaluate the possibility of providing adequate electricity supply in the EU.

KEY WORDS: EU electricity market, the objectives of EU energy policy, security of electricity supply EU