

MOŻLIWOŚCI ZWIĘKSZENIA ELASTYCZNOŚCI PRACY KRAJOWEGO SYSTEMU ELEKTROENERGETYCZNEGO

Leszek BRONK

Instytut Energetyki Instytut Badawczy Oddział Gdańsk
tel.: 58 349 8211 e-mail: l.bronk@ien.gda.pl

Streszczenie: W referacie przedstawiono wyzwania Krajowego Systemu Elektroenergetycznego (KSE) wynikające ze zmian sposobu zapotrzebowania na moc odbiorców końcowych, wpływu zmian technologicznych obejmującej każdy segment systemu elektroenergetycznego (SEE) w całym łańcuchu dostaw: od generacji, poprzez przesył oraz dystrybucję do odbiorcy końcowego. W artykule zaproponowano kierunki działań sektora energetyki, które mogą w przyszłości przyczynić się do zwiększenia elastyczności funkcjonowania KSE wobec zmian w strukturze wytwarzania energii. Wnioski przedstawione w referacie szerzej zaprezentowano w raporcie „Elastyczność Krajowego Systemu Elektroenergetycznego. Diagnoza, potencjał, rozwiązania.” zrealizowanego przy współudziale Instytutu Energetyki Oddział Gdańsk oraz Forum Energii.

Słowa kluczowe: elastyczność pracy KSE, rynek energii, OZE, magazynowanie energii, zarządzanie popytem, sieci przesyłowe.

1. WSTĘP

Unijne zobowiązania Polski dotyczące energii z OZE oraz postęp technologiczny powiązany ze spadkiem kosztów, przyczyniły się do rozwoju OZE. Rozwój generacji rozproszonej przyczynia się do stopniowej zmiany roli sieci dystrybucyjnej (SD) – z sieci pasywnej na sieć aktywną. Dotychczasowe funkcjonowanie (KSE) polegało na jednokierunkowym przepływie mocy od dużych centralnie dysponowanych jednostek wytwórczych (JWCD) przyłączonych do sieci przesyłowej, przez sieci wysokiego, średniego i niskiego napięcia, do odbiorców końcowych.



Rys. 1. Tradycyjny model funkcjonowania SEE

Obecny, scentralizowany model rynku nie będzie w przyszłości stymulować elastycznej pracy KSE. Coraz większa zmienność i nieprzewidywalność składowych bilansu mocy w KSE wymusi zmianę w sposobie planowania rozwoju i prowadzenia ruchu systemu z deterministycznego na probabilistyczny. Przejście do bardziej elastycznego SEE wymaga nowego podejścia w celu zapewnienia bezpieczeństwa i niezawodności dostaw energii [1,2].

2. WYZWANIA KSE W PRZYSZŁOŚCI

2.1. Zmiany zapotrzebowania odbiorców na moc

Rozwój urządzeń wykorzystywanych przez odbiorców końcowych wpływa na strukturę zapotrzebowania oraz sposób zużycia energii w budynkach. W centrach handlowo-usługowych, w biurach powszechne staje się użytkowanie klimatyzacji co wpływa na zwiększenie wartości szczytowego zapotrzebowania na moc w okresie letnim. Szybki rozwój technologii informacyjnych i komunikacyjnych, budowa centrów zarządzania danymi wielkoskalowymi przyczyniły się do wzrostu nieprzewidywalności zapotrzebowania na moc. W konsekwencji wyzwaniem staje się pokrywanie szczytowego zapotrzebowania na energię elektryczną i zapewnienie wymaganego poziomu rezerw mocy, w szczególności w okresie letnim.

W sierpniu 2015 roku długo utrzymujące się wysokie temp. powietrza przyczyniły się do wysokiego zapotrzebowania na moc w KSE (ok. 22 GW). Wzrost ten wynikał ze zwiększonego wykorzystania urządzeń klimatyzacyjnych, których liczba wg GUS w ostatnich latach zwiększyła się o 200%. Wysokie temperatury spowodowały pogorszenie się warunków hydrologicznych, co przyczyniło się do problemów z chłodzeniem konwencjonalnych bloków cieplnych. Część JW (w tym blok o mocy 858 MW w elektrowni Bełchatów) pracowała ze zmniejszoną mocą, bądź została całkowicie wyłączona. OSP w celu pokrycia zapotrzebowania KSE podjął działania polegające na redispatchingu, m.in. przy współpracy z operatorami z Czech i Słowacji. Mimo nadwyżki mocy w systemach niemieckim i czeskim (dysponujących znaczącymi mocami z PV) import był utrudniony ze względu na ograniczenia przesyłu. Efektem serii zdarzeń było wystąpienie deficytu mocy w KSE skutkujące wprowadzeniem administracyjnego ograniczenia zużycia energii elektrycznej.

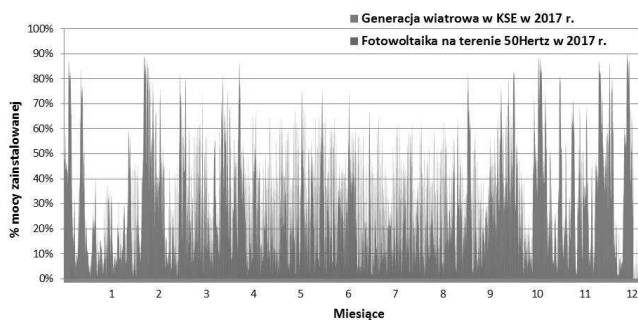
2.2. Wzrost udziału OZE o zmiennej charakterystyce wytwarzania

W KSE moc OZE wynosi ok. 8,6 GW [3]. W strukturze mocy zainstalowanej w KSE źródła odnawialne stanowią ok. 16%, z dominującym udziałem generacji wiatrowej 13 %, natomiast w bilansie produkcji energii OZE ma 8 % udział (14 TWh ze 165 TWh).

Zgodnie z zapisami Pakietu energetyczno-klimatycznym do 2020 roku Polska powinna osiągnąć 15%

udział OZE w bilansie energetycznym. Cel dla sektora elektroenergetycznego wynosi ok. 19 %. Po 2020 zacznie obowiązywać nowa dyrektywa OZE przyjęta w 2018 r. oraz tzw. rozporządzenie governance w ramach tzw. pakietu zimowego, którego zadaniem będzie realizacja celu OZE w UE w 2030 r. tj. osiągnięcie poziomu 32%. OZE w kolejnych latach będzie się więc dynamicznie rozwijać, co pogłębi problemy związane z bilansowaniem KSE.

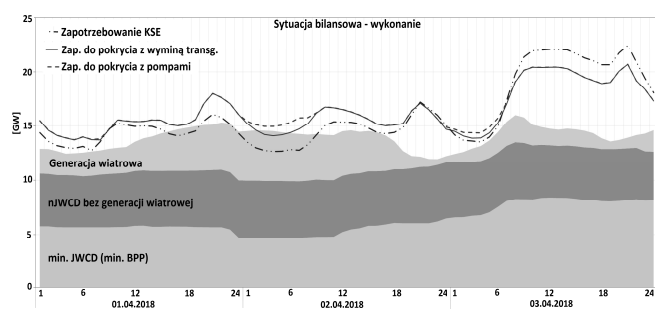
Generacja OZE o zmiennej charakterystyce wytwarzania, tj. elektrowni wiatrowych i fotowoltaiki jest wyzwaniem dla operatorów sieci z punktu widzenia bezpieczeństwa pracy SEE. Źródła te charakteryzują się zmiennością sezonową i dobową (rysunek 2).



Rys. 2 Sezonowa zmienność GW oraz fotowoltaiki -opracowanie własne na podstawie [5,6]

Wskaźnik wymaganej regulacyjności dobowej JWCD wynika z minimum technicznego bloków i wynosi średnio nieco powyżej 50%. Przy wysokiej generacji wiatrowej i niskim zapotrzebowaniu na moc w KSE obciążenie JWCD spada na tyle, że OSP może być zmuszony do okresowego obniżania mocy oddawanej do sieci przez FW. Przykładem może być zdarzenia, które wystąpiły w okresie świątecznym w grudniu 2018 oraz w kwietniu 2018.

Na Rys. 3 przedstawiono bilans mocy w okresie Świąt Wielkanocnych w 2018 roku. Z zamieszczonych danych wynika, że generacja nJWCD (konwencjonalnych i OZE) przy małym zapotrzebowaniu odbiorców na moc uniemożliwiła utrzymanie w ruchu wymaganej liczby JWCD. Podjęto działania zaradcze m.in. ograniczono generację z nJWCD konwencjonalnych oraz wyprzedzająco, w szczycie zapotrzebowania spracowano wodę ze zbiorników górnych elektrowni szczytowo-pompowych (ESP). W efekcie, w dolinie obciążenia ESP mogły zostać uruchomione do pracy pompowej, zwiększając obciążenie w KSE (ok. 1,2 GW przez 6 h). W przeciwnym wypadku zapotrzebowanie na moc pokrywane przez JWCD byłoby mniejsze od sumy minimów tech. JW o statusie „must run”, co byłoby nie do przyjęcia ze względu bezpieczeństwa pracy KSE i wymagałoby ograniczenia generacji OZE.



Rys. 3 Bilans mocy KSE w okresie 01-02.04.2018 [4]

2.3. Systemowe ograniczenia w przesyłach energii

Ograniczenia sieciowe występujące w KSE wynikają z:

- słabo rozwiniętej sieci przesyłowej w półn. części kraju;
- nierównomiernej struktury lokalizacyjnej źródeł wytwarzania (większość JWCD jest na południu kraju);
- nieplanowanych przepływach na połączeniach transgranicznych.

Ograniczenia sieciowe wpływają na pracę JW. Niektóre ograniczenia mają charakter stały, co wymusza pracę JW w trybie „must run”. Pozostałe są likwidowane poprzez zmianę topologii sieci lub programów pracy JW, czyli tzw. redispatching. Połączenia transgraniczne i możliwości importu energii elektrycznej w szczególnych przypadkach zagrożenia bezpieczeństwa dostaw zwiększają elastyczność pracy SEE. Słabo rozwinięta sieć przesyłowa przyczynia się do braku (przepływy kołowe) lub ograniczenia importu [7], co wpływa na zmniejszenie możliwości reakcji OSP w sytuacjach awaryjnych.

2.4. Konwencjonalne elektrownie węglowe

Elektrownie węglowe stanowią blisko 70% mocy zainstalowanej w KSE. Są to JWCD - 90 bloków, z czego 70 przekroczyło zakładany czas eksploatacji. Jednostki te były projektowane do pracy w podstawie obciążenia SEE z czasem wykorzystania ponad 5 tys. godzin w roku. Ograniczenia techniczne większości użytkowanych obecnie bloków wymuszają pracę z minimum technicznym na poziomie ok. 55%¹ mocy nominalnej, przy nie więcej niż 50-ciu uruchomieniach na rok.

Rosnący udział OZE wpływa na zmianę charakteru pracy bloków konwencjonalnych, które dotychczas pracujące w podstawie krzywej obciążenia będą „wypierane” przez OZE w kierunku pracy jako źródła podszytowe, zarówno pod względem współczynnika wykorzystania mocy zainstalowanej (czas pracy ok. 1,5-4,5 tys. h/rok), jak i liczby uruchomień w roku [8]. Dlatego w celu zapewnienia bezpieczeństwa pracy KSE wystąpi zwiększone zapotrzebowanie na JW charakteryzujące się dużą elastycznością pracy, tj.:

- zdolnością do częstego odstawiania i uruchamiania bloku, np. w cyklu dobowym,
- zdolnością do pracy nieregularnej bloku (praca z przerwami kilkudniowymi – święta, weekend),
- niskim minimum obciążenia w stosunku do mocy osiągalnej bloku.

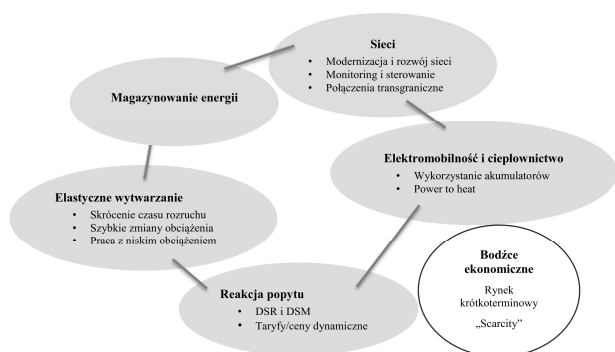
2.5. Wpływ zmian technologicznych

Rozwój energetyki obywatelskiej (prosument, klastry energii), a w przyszłości rozwój elektromobilności przyczyni się do zwiększenia znaczenia odbiorcy końcowego w SEE. Nowe technologie wytwarzania, elektrownie wiatrowe czy słoneczne, obniżyły koszty krańcowe produkcji energii elektrycznej praktycznie do zera. Prognozowany dalszy spadek cen [10] oraz rozwój technologii magazynowania energii pozwoli indywidualnym odbiorcom na uzyskanie częściowej niezależności energetycznej i przyczyni się do decentralizacji sektora energetyki. Wraz z rosnącym udziałem mikrogeneracji, zmieni się specyfika działania SEE. Postępująca digitalizacja sektora wpłynie na optymalizację funkcjonowania sieci elektroenergetycznej (smart grid, smart metering) i zwiększy możliwości aktywnego wykorzystania zasobów przyłączonych do sieci dystrybucyjnej.

¹ Średni wskaźnik dla bloków w KSE

3. DEFINICJA ELASTYCZNOŚCI

Elastyczność to zdolność SEE do utrzymania ciągłej pracy w warunkach szybkich i dużych wahań generacji i poboru energii elektrycznej. Jest nieodłącznym elementem, uwzględnianym przy projektowaniu i sterowaniu pracą SEE, który zawsze funkcjonował w sposób umożliwiający obszarowe jak i czasowe równoważenie wytwarzania i poboru. W przeszłości w KSE elastyczność była zapewniana przez JWCD. W nowoczesnym SEE kluczem do zwiększenia elastyczności jest wykorzystanie możliwości wszystkich uczestników SEE (Rys. 3). Narzędziem do ich aktywizacji jest rynek energii elektrycznej (REE).



Rys. 3 Elastyczny system elektroenergetyczny [11]

Opcje elastyczności cechują się zróżnicowanym stopniem dopasowania do ram czasowych planowania pracy SEE:

- krótkoterminowa elastyczność (od kilku sekund do około 15 minut) - wymagana do bilansowania energii elektrycznej w czasie rzeczywistym.
- średnioterminowa elastyczność (od godziny, kilku godzin do dnia) - wymagana na rynkach dnia bieżącego i dnia następnego, aby zaplanować wolumen generacji w celu zbilansowania prognozowanego popytu lub zaplanowania zasobów wynikających z błędnego prognozowania OZE o zmiennym charakterze pracy.
- długoterminowa elastyczność (miesiące, lata) - związana z przewidywaniem długoterminowych zmian np.: zdolności do długoterminowego: pokrycia szczytowego zapotrzebowania na moc, planowania rozwoju sieci, generacji lub poprawy efektywności (DSM).

4. KIERUNKI ZWIĘKSZANIA ELASTYCZNOŚCI W KSE

Cechą charakterystyczną obecnego SEE jest koncentracja w systemie przesyłowym zasobów zapewniających jego elastyczność. Procesy zachodzące w KSE, w szczególności rozwój OZE przyłączane głównie do SD oraz wzrost liczby zastosowań energii elektrycznej u odbiorców końcowych, w tym rozwój elektromobilności wymagają udziału tych zasobów w zapewnieniu niezbędnego poziomu elastyczności pracy KSE.

W Polsce podejmowane są działania zmierzające do zwiększenia elastyczności pracy KSE, dotyczą one głównie zasobów przyłączonych do sieci przesyłowej. Obejmuje to zarówno rozwój sieci i połączeń transgranicznych [5] jak i zwiększanie elastyczności pracy systemowych JW [9]. W oparciu o już uruchomione projekty modernizacji istniejących JWCD oczekuje się, że powinny one zostać przystosowane do wielokrotnych uruchomień w ciągu roku (ok. 200), pracy w zmniejszonej ilości godzin rocznie (ok. 1500-4500) oraz charakteryzować się krótkimi czasami

rozruchu, niskimi wartościami minimów technicznych i zdolnością do szybkich zmian obciążenia.

W kolejnych podrozdziałach przedstawiono działania mające na celu poprawę elastyczności SEE.

4.1. Zwiększenie roli odbiorców energii

Część odbiorców energii jest gotowa za wynagrodzeniem na chwilowe obniżenie jakości dostaw energii wynikającej z umowy przyłączeniowej. Obecnie OSP posiada zakontraktowany potencjał DSR (Demand Side Response) wynoszący ok. 500 MW. Operatywny potencjał redukcji na żądanie OSP obciążenia przez dużych odbiorców energii w Polsce szacuje się na ok. 1.2 GW (ok. 5% obciążenia szczytowego). Agregacja redukcji obciążeń wielu drobnych odbiorców z wykorzystaniem systemu AMI mogłaby stanowić dodatkowy zasób elastyczności w KSE.

4.2. Świadczenie usług systemowych przez OZE

Nowoczesne technologie oparte na OZE, w szczególności turbiny wiatrowe, oferują parametry regulacyjne co najmniej odpowiadające wymaganiom technicznym dla świadczenia regulacyjnych usług systemowych (RUS) zdefiniowanych przez OSP, a dla wybranych usług je przewyższają [14,15]. Jednocześnie rośnie udział źródeł OZE w pokrywaniu zapotrzebowania na moc i energię elektryczną, a udział jednostek konwencjonalnych - obecnie jedynej dostawcy usług regulacyjnych w KSE - maleje. Niezbędnym staje się, by źródła OZE, zastępując konwencjonalne źródła, przejęły również obowiązki (RUS).

4.3. Zwiększenie roli ciepłownictwa w bilansowaniu KSE

Modernizacja i rozwój jednostek kogeneracyjnych to potencjał zwiększenia mocy zainstalowanej w KSE o ok. 1,7÷3,3 GW_e [16] oraz potencjał zwiększenia elastyczności pracy KSE dzięki wykorzystaniu akumulacji ciepła - komplementarnego do magazynowania energii elektrycznej.

4.4. Usługi regulacyjne na poziomie SD

Zwiększenie kompetencji OSD w zakresie wykorzystania usług regulacji mocy czynnej oraz napięcia i mocy biernej, szczególnie w kontekście rozwiązań wprowadzanych przez pakiet zimowy oraz zmian w wdrażanych kodeksach sieciowych.

4.5. Rynek jako platforma komunikacji pomiędzy użytkownikami KSE

Rynki usług regulacyjnych, bilansujący i energii staną się platformami, na których OSP (w przyszłości także OSD) będą mogli składać oferty zakupu określonych pod względem technicznym produktów, a pozostali użytkownicy SEE (wytwórcy i odbiorcy) oferty dostawy tych produktów po określonej cenie. Pozwoli to na zapewnienie bezpiecznej i niezawodnej pracy KSE oraz minimalizację kosztów bezpieczeństwa dostaw. Zmiany w dotychczasowym funkcjonowaniu rynków powinny dotyczyć w szczególności:

- rozwoju rynków krótkoterminowych o większej płynności, w których na równoprawnych warunkach mogą uczestniczyć wszyscy, a ceny za energię elektryczną będą odzwierciedlały występujące przypadki niedoboru i nadpodaży energii oraz pozwalały na wycenę elastyczności oferowanej przez poszczególnych użytkowników systemu;
- wdrożenie rozwiązań umożliwiających wykorzystanie na rynkach energii: bilansującym oraz usług regulacyjnych

(dawniej usług systemowych) potencjału elastyczności (regulacyjnego) wszystkich użytkowników systemu, tj. wytwórców (elektrowni systemowych, elektrociepłowni, OZE) i odbiorców (w tym zagregowanych odbiorców indywidualnych), niezależnie od ich miejsca przyłączenia do sieci elektroenergetycznej;

- wdrożenie rozwiązań wykorzystujących infrastrukturę AMI, umożliwiającą pośrednie oddziaływanie na zachowania odbiorców za pomocą bodźców cenowych, np.: taryf wielostrefowych i cen czasu rzeczywistego;
- uzupełnienia mechanizmu wyceny energii o koszty jej dostarczenia do odbiorcy końcowego (tzw. lokalizacyjny REE). Stworzy to bodźce cenowe dla lokalizacji nowych źródeł energii.

4.6. Działania dodatkowe

W wyniku dynamicznego postępu technologicznego w najbliższej przyszłości należy oczekiwać pojawienia się kolejnych obszarów w elektroenergetyce, które będą mogły partycypować w zwiększaniu elastyczności KSE.

Magazynowanie energii elektrycznej

Obecnie, ze względu na ceny technologii, magazynowanie nie jest rozwiązaniem konkurencyjnym w stosunku do innych opcji zwiększenia elastyczności. W przyszłości należy oczekiwać obniżenia cen technologii magazynowania energii [17], co przy założeniu udziału tych jednostek w rynkach usług regulacyjnych, bilansującym i energii z pewnością przyczyni się do poprawy elastyczności KSE. W ramach aukcji rynku mocy zgłoszonych zostało 15 instalacji o łącznej mocy 111 MW.

Rozwój elektromobilności

Dostępne komercyjnie rozwiązania pozwalają wyłącznie na pasywne wspieranie elastyczności KSE przez pojazdy elektryczne (podobnie jak inni odbiorcy energii). W przyszłości należy oczekiwać rozwoju technologii Vehicle to Grid (V2G) umożliwiającej sterowanie poborem /oddawaniem do sieci energii przez pojazdy elektryczne. Wyprzedzając rozwój elektromobilności, należy podjąć działania promujące elastyczne zachowanie pojazdów elektrycznych, wykorzystujące bezpośrednie lub pośrednie metody wpływania na ich profil zapotrzebowania na moc.

5. WNIOSKI KOŃCOWE

W wyniku zmian technologicznych obecny sposób planowania pracy i prowadzenia ruchu KSE będzie mało wydajny. Dotychczas metodą na pokrycie szczytowego zapotrzebowania była budowa nowych mocy wytwórczych. Jest to rozwiązanie kosztowne, obciążające konsumenta energii kosztami.

W ciągu najbliższych lat w wyniku zmian technologicznych powstanie SEE, gdzie istotną rolę w bilansie mocy będą spełniały odnawialne źródła o zmiennej generacji, które będą przyłączone do wszystkich poziomów napięć. Dodatkowo postęp technologiczny ICT

zwiększy możliwości aktywnego udziału odbiorców końcowych w SEE.

Powyższe zmiany będą wymagały od Operatorów Systemu zastosowania nowego podejścia w celu zapewnienia bezpieczeństwa i niezawodności dostaw energii. Zwiększą zapotrzebowanie na zasoby charakteryzujące się dużą elastycznością. Kluczem do zwiększenia elastyczności będzie wykorzystanie możliwości wszystkich uczestników REE oraz integracja energetyki z syst. ciepłowniczym czy transportem (elektromobilność).

6. BIBLIOGRAFIA

1. Flexibility in the Power System. The need, opportunity and value of flexibility. DNV GL, White Paper 2017
2. Electric Power System Flexibility Challenges and Opportunities; EPRI 2016, raport dostępny on-line: www.epri.com/#/pages/product/3002007374/
3. Raport URE dot. mocy zainstalowanej w OZE; www.ure.gov.pl
4. Kornicki M.: Aktualne aspekty prowadzenia ruchu KSE; VII Konferencja Przyłączenie i współpraca OZE z SEE, PTPiREE 19-20.06.2018, Warszawa
5. www.pse.pl
6. www.50hertz.com
7. Terlikowski P., Paska J.: Metodyka wyznaczania transgranicznych zdolności przesyłowego KSE, ze szczególnym uwzględnieniem połączeń transgranicznych; Przegląd elektrotechniczny nr 3/2018
8. Przybylski M.: Wyzwania stojące przed KSE i JWCD; Konferencja Flex-E-Elastyczność w energetyce, 2017
9. Program rewitalizacji „Błoki 200+”, zakres techniczny, Towarzystwo Gospodarcze Polskie Elektrownie, Warszawa, 26.10.2017 r
10. 8 sposobów integracji OZE. Bezpieczeństwo systemu wobec wzrostu źródeł odnawialnych; Forum Energii
11. Maćkowiak Pandera J.: Przyszłość-elastyczność w pakiecie zimowym; Konferencja Elastyczność KSE. Zmiany na REE; Forum Energii 2018
12. Socha J.: DSR Program Bieżyący Uproszczony; PSE lipiec 2018, www.pse.pl
13. FLEX - E. Jak rozwinąć potencjał DSR w Polsce i obniżyć koszty SEE; Forum Energii 2017
14. Praca zbiorowa: Możliwości świadczenia i zapotrzebowanie w KSE na usługi regulacyjne dostarczone przez generację wiatrową w Polsce; Instytut Energetyki IB O/Gdańsk
15. Lubośny Z.: Wpływ elektrowni wiatrowych na system elektroenergetyczny, Automatyka-Elektryka-Zakłócenia, vol. 7, nr 4 (26), str. 54-70, XII 2016
16. Potencjał kogeneracji we wspieraniu KSE; Energoprojekt Katowice SA
17. Support to R&D Strategy for battery based energy storage; Ecofys 2016 by order of: European Commission Directorate General Energy

POSSIBILITIES TO INCREASE FLEXIBILITY OF THE POLISH POWER SYSTEM

The paper presents the challenges of the National Power Systems (NPS) in the future resulting from the changes in the demand for end users, the impact of technological changes covering each segment of the power system throughout the supply chain: from generation, transmission / distribution to the final recipient. The article proposes directions of activities of the energy sector, which may in the future contribute to increasing the flexibility of the operation of the NPS to changes in the energy mix.

Keywords: flexibility of the NPS, energy market, RES, energy storage, demand management, transmission networks.