

PODSTAWOWE PROBLEMY SYSTEMU ELEKTROENERGETYCZNEGO ZWIĄZANE Z LAWINOWYM PRZYROSTEM INSTALACJI FOTOWOLTAICZNYCH

Adam Filipiak¹, Michał Lenart²

¹Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny, Wydział Transportu, Elektrotechniki i Informatyki, Malczewskiego 29, 26-600 Radom, Polska, 109361@student.uthrad.pl

²Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny, Wydział Transportu, Elektrotechniki i Informatyki, Malczewskiego 29, 26-600 Radom, Polska, 107954@student.uthrad.pl

Streszczenie – Poniższy artykuł zawiera krótką analizę wpływu lawinowego przyrostu źródeł OZE, a szczególnie instalacji fotowoltaicznych, na stan systemu elektroenergetycznego w Polsce. Opisuje możliwości regulacyjne wytwarzanej mocy znajdującej się w systemie, podkreślając jak duże znaczenie ma to w zapewnieniu bezpieczeństwa dostaw energii elektrycznej. Analizie została poddana zmieniająca się na przestrzeni lat struktura wytwarzania energii w Polsce i jej wpływ na rezerwę mocy w systemie. Przedstawione zostały także już podejmowane jak i możliwe do podjęcia działania łagodzące negatywne skutki dużego przyrostu mocy z odnawialnych źródeł energii, takich jak elektrownie wiatrowe czy fotowoltaiczne.

Słowa kluczowe – lawinowy przyrost mocy z OZE, problemy systemu elektroenergetycznego, rezerwa mocy.

WSTĘP

Produkcja energii elektrycznej z wykorzystywaniem paneli fotowoltaicznych jest stosunkowo młodą gałęzią OZE w Polsce. Jak wynika z danych udostępnionych przez Urząd Regulacji Energetyki (URE), instalacje wykorzystujące energię promieniowania słonecznego do produkcji energii elektrycznej, jeszcze 10 lat temu posiadały łączną moc 1,9MW [1]. Stanowiło to nikły procent wytwarzanej sumarycznej mocy elektrycznej w całej Polsce i mimo że roczne sumy energii promieniowania słonecznego docierającego do płaszczyzny poziomej na terenie naszego kraju kształtują się na poziomie $1000 \text{ kWh/m}^2 \pm 10\%$, gdzie dla południowej Europy to 1500 kWh/m^2 , natomiast dla niektórych szerokości geograficznych Afryki czy Ameryki to nawet 2100 kWh/m^2 [2], to dziedzina ta z roku na rok zwiększała swój potencjał. W ostatnim czasie, a szczególnie w przeciągu minionych 4 lat przyrost PV w sektorze odnawialnych źródeł energii jest ogromny. Wzrost zainstalowanych dużych farm fotowoltaicznych, jak i również mikro-instalacji jest imponujący. Najbardziej zauważalnym, dla przeciętnego mieszkańca Polski, jest coraz częstszy widok paneli fotowoltaicznych montowanych na gruncie, dachach budynków mieszkalnych, a również na elewacjach zarówno pionowych jak i poziomych. Najnowsze osiągnięcia umożliwiają także montaż paneli zintegrowanych z poszyciem dachowym, a niedługo zapewne panele te zastępować będą okna czy całe ściany budynków.

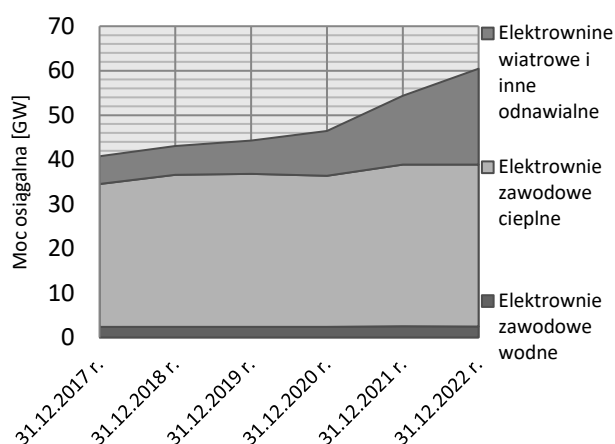
Według danych opublikowanych w raporcie Instytutu Energii Odnawialnej (IEO), z końcem marca 2023 roku, moc zainstalowanych PV przekroczyła 13 GW. Ponadto pod koniec 2022 roku Polska znalazła się w czołowej szóstce Europy, pod względem łącznej mocy

zainstalowanej w fotowoltaice. Kolejną ciekawą rzeczą jest to, że udział prosumentów wynosił aż 74%, gdzie udział małych instalacji (50-100kW) 21%, a dużych farm fotowoltaicznych 5% [1]. Przyrost ten wywołany jest między innymi programami rządowymi takimi jak „Mój Prąd” czy „Czyste powietrze”. Ta tendencja wywołana jest również coraz to większą świadomością wśród społeczeństwa o potrzebie dbania o nasze środowisko. Ludzie coraz częściej wybierają proekologiczne produkty, takie, które zarówno przynoszą korzyści prosumentowi jak i środowisku.

Kolejnym powodem tak intensywnego przyrostu są windujące w ostatnim czasie ceny prądu, które rosną i zapewne rosnąć będą, ponieważ obecna sytuacja na rynku energii nie jest łatwa i konwencjonalne metody wytwarzania mocy elektrycznej borykają się z wieloma problemami rynkowymi. Dlatego też sposobem na uniknięcie skutków wyższych cen prądu, może stać się inwestowanie w odnawialne źródła energii.

Dla zilustrowania wspomnianych zmian w strukturze wytwarzania energii elektrycznej w Polsce został zaprezentowany Rysunek 1, który na podstawie danych publikowanych na stronie Krajowego Operatora Przesyłowego, przedstawia przyrost mocy produkowanej w Krajowym Systemie Elektroenergetycznym [3]. Poniższy rysunek uwzględnia udział poszczególnych elektrowni pracujących na jeden wspólny system. Dla przejrzystości wskazywanych danych elektrownie konwencjonalne pracujące na takie paliwa, jak: węgiel kamienny, brunatny czy gaz ziemny, zostały ujęte w jednym wspólnym zakresie elektrowni ciepłych.

Na podstawie tych danych możemy zaobserwować i potwierdzić jak bardzo dynamiczny przyrost odnawialnych źródeł energii, nastąpił na przestrzeni ostatnich kilku lat.



Rys.1. Dynamika wzrostu mocy w Krajowym Systemie Elektroenergetycznym (źródło danych www.pse.pl, opracowanie własne)

Widzimy, że produkcja energii z OZE w Polsce, nie stanowi już pomijalnego procentu w strukturze wytwarzania energii, lecz jest jednym z kluczowych jej źródeł. Dotychczasowa struktura wytwarzania opierająca się na elektrowniach zawodowych ciepłnych czyli głównie jednostkach konwencjonalnych opalanych węglem (węgiel kamienny i brunatny) znacznie się zmieniła. Według danych publikowanych przez PSE, w ostatnich latach następuje również przyrost elektrowni gazowych, lecz największy przyrost notują oczywiście odnawialne źródła energii. Śmiało można nazwać ten proces transformacją energetyczną opartą na OZE, a szczególnie na fotowoltaice. Według informacji przedstawianych przez Operatora Systemu Przesyłowego najwyższa generacja PV, którą odnotowano 21.04.2023r. i wynosiła ponad 8,4GW (maksymalne zapotrzebowanie kraju, tego dnia wyniosło 21,216 GW), natomiast rekordowa produkcja energii z farm wiatrowych wystąpiła w dniu 20.02.2023r i wyniosła 7.9GW (maksymalne zapotrzebowanie kraju, tego dnia wyniosło 23,511 GW).

Aktualna prognoza IEO wskazuje, że w przeciągu tylko trzech kolejnych lat, moc zainstalowana instalacji fotowoltaicznych wzrośnie aż dwukrotnie. Już na koniec 2025 roku w systemie energetycznym będzie pracować 26,8 GW instalacji PV. Oznacza to, że Polska znajdzie się w pierwszej trójce krajów UE pod względem łącznej mocy zainstalowanej PV [4].

Dynamiczny rozwój fotowoltaiki jest źródłem wyzwań dla wielu branży PV, zarówno dla dostawców technologii, dostawców rozwiązań zintegrowania przestrzennego paneli, jak i dla instytucji regulujących rynek, a szczególnie operatorów sieci energetycznej.

W tym artykule skupimy się na tym jak szybka zmiana oraz duża ilość wytwarzanej przez OZE mocy, wpływa na pracę całego systemu energetycznego w Polsce, a następnie spróbujemy znaleźć optymalne rozwiązania pozwalające na utrzymanie prawidłowych parametrów pracy Krajowego Systemu Elektroenergetycznego.

I. CO WPŁYWA NA BEZPIECZNĄ I STABILNĄ PRACĘ SYSTEMU ELEKTROENERGETYCZNEGO

Bezpieczna i stabilna praca systemu elektroenergetycznego jest uzależniona od wszystkich składowych elementów Krajowego Systemu Elektroenergetycznego, które dzięki skoordynowanej współpracy gwarantują dostarczanie energii o określonej jakości. System energetyczny kraju nie tworzą, choć są jego bardzo ważną częścią, jedynie linie przesyłowe, dzięki którym moc przesyłana jest z punktu wytwarzania do punktu odbioru. W skład systemu wchodzi stacje elektroenergetyczne wraz z całą aparaturą (transformatory, odłączniki, wyłączniki, przekładniki, a także automatyka zabezpieczeniowa), która umożliwia, sterowanie, obserwację i reagowanie na powstające zagrożenia. Natomiast podstawowym elementem bez którego wszystkie wymienione wcześniej elementy nie miałyby sensu bytu, są elektrownie. Oprócz podstawowej roli produkowania energii, która następnie jest rozprowadzana po całym kraju, odpowiadają za dotrzymanie ściśle określonych parametrów wytwarzanej mocy. Dzięki temu jakość energii elektrycznej jest odpowiednia, a także wszystkie źródła wytwórcze mogą być podłączone do systemu i współpracować we wspólnym układzie synchronicznym. Polski system elektroenergetyczny zsynchronizowany jest również z systemami zagranicznymi, tworząc w ten sposób jeden ogromny, największy na świecie układ synchroniczny tzw. kontynentalnej Europy. Taka współpraca z zagranicznymi systemami niesie za sobą wiele korzyści takich jak m.in.:

- międzynarodowa wymiana handlowa,
- możliwość redukcji wymaganej rezerwy mocy w systemie,
- możliwość skorzystania z pomocy zagranicznej w przypadku awarii systemu.

Wyżej wymienionymi elementami zarządza odpowiedzialny za nadzór i bezpieczeństwo KSE operator systemu przesyłowego, którego funkcję w Polsce pełnią Polskie Sieci Elektroenergetyczne [5]. To właśnie PSE wykorzystując wyżej wymienione elementy systemu dba o jego ciągłość i bezpieczną pracę. Podstawowym celem jest zapewnienie ciągłości dostaw energii elektrycznej wszystkim odbiorcom, przy utrzymaniu odpowiednich parametrów i zasad postępowania określonych w ustawie z dnia 10 kwietnia 1997 r. - Prawo Energetyczne.

Aby zapewnić bezpieczną i ekonomiczną pracę KSE, oraz utrzymać wymagane parametry niezawodnościowo-jakościowe, PSE korzysta, z następujących usług systemowych [3]:

- regulacyjne usługi systemowe takie jak udział regulacji pierwotnej i wtórnej, praca z zaniżeniem lub z przeciążeniem, udział w automatycznej regulacji napięcia i mocy biernej,
- usługi uruchamiania jednostek wytwórczych,
- regulacyjne usługi systemowe reprezentujące jednostki wytwórcze elektrowni szczytowo-pompowych: udział w automatycznej regulacji napięcia i mocy biernej (ARNE) oraz praca kompensatorowa,
- udział w automatycznej regulacji napięcia i mocy biernej jednostek wytwórczych nieuczestniczących

aktywnie w rynku bilansującym,

- usługi dyspozycyjności jednostek wytwórczych nie będących jednostkami centralnie dysponowanymi,
- usługi odbudowy krajowego systemu elektroenergetycznego,
- regulacyjne usługi systemowe w zakresie rezerwy interwencyjnej,
- interwencyjna oferta redukcji poboru mocy przez odbiorców (IRP).

Dzięki wykorzystywaniu powyżej wymienionych usług, OSP jest w stanie czuć nad odpowiednim pokryciem pojawiającego się zapotrzebowania, mocą wytworzoną w elektrowniach.

Dobrze funkcjonujący system elektroenergetyczny jest jednym z najważniejszych elementów polityki państwa, ponieważ dostęp do energii elektrycznej jest obecnie podstawą funkcjonowania każdej gospodarki krajowej. Jak bardzo duże ma to znaczenie dla bezpieczeństwa energetycznego kraju podkreśla Zygmunt Maciejewski w pracy „Sieci przesyłowe jako element bezpieczeństwa elektroenergetycznego Polski” [6.]. Pisał on m.in.: „Skutki przerw w dostawie gazu lub przetworów ropy naftowej nie powodują tak negatywnych skutków dla gospodarki jak przerwy w dostawie energii elektrycznej. Świadczą o tym duże elektroenergetyczne awarie systemowe na świecie, które spowodowały policzalne straty gospodarcze wynoszące miliardy dolarów, a także znaczne straty niepoliczalne poniesione przez indywidualnych odbiorców.”

Dlatego też tak ważną kwestią jest ciągle podejmowanie działań wspierających i rozwijających Krajowy System Energetyczny. Działania te muszą być bieżąco dostosowywane do aktualnego stanu systemu. To właśnie tutaj warto zauważyć, że obecnie w systemie pojawiają się nowe problemy, które jeszcze kilka lat temu, ze względu na inny rozkład struktury generacji energii elektrycznej, były niezauważalne. Polegają one na malejących możliwościach odpowiedniego bilansowania mocy w systemie – podstawa prawidłowej pracy KSE.

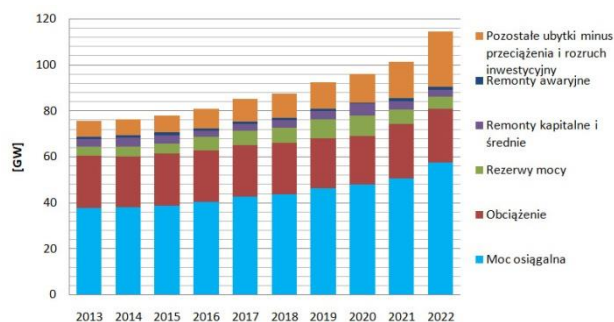
II. DLACZEGO INSTALACJE FOTOWOLTAICZNE W OBECNEJ FORMIE STWARZAJĄ PROBLEMY

Aby móc skutecznie sterować mocą osiągalną w systemie, wykorzystuje się wymienione w powyższym podpunkcie usługi systemowe [10]. Niestety aby takie usługi oferować, dana jednostka wytwórcza musi posiadać możliwość płynnej zmiany generowanej mocy w zależności od zapotrzebowania. Elektrownie gazowe czy węglowe posiadają określony zakres pracy w którym mogą się swobodnie poruszać zmieniając przy tym ilość produkowanej mocy czynnej oraz biernej i co najważniejsze wykonują takie zmiany nie zależnie od pory dnia i roku. Niestety w gałęzi OZE, nie wszystkie jednostki wytwórcze taką możliwość posiadają. Elektrownie wiatrowe czy fotowoltaiczne są uzależnione od aktualnie panujących warunków atmosferycznych – oczywiście wiatru i słońca. Wiąże się to z brakiem możliwości awaryjnego uruchomienia danego źródła energii w momencie gdy tej mocy brakuje w sieci, a jej szybki wzrost

produkcji jest potrzebny do zbilansowania systemu.

Aby precyzyjnie określić jak bardzo, poszczególne technologie wytwórcze, przekładają się na stabilność działania Krajowego Systemu Elektroenergetycznego, został stworzony i określony przez Ministra Klimatu tzw. korekcyjny współczynnik dyspozycyjności (KWD), który wskazuje dyspozycyjność źródeł w zależności od zastosowanej technologii. I tak według Rozporządzenia Ministra Klimatu i Środowiska, KWD dla poszczególnych grup technologii dla aukcji dodatkowych i okresu dostaw przypadającego na rok 2023 określa się na poziomie: 91,54% – dla turbin parowych, układów turbin parowych, turbin powietrznych, ogniw paliwowych oraz organicznego cyklu Rankine’a; 91,80% – dla układów gazowo-parowych; 93,21% – dla turbin gazowych pracujących w cyklu prostym oraz silników tłokowych; 10,94% – dla elektrowni wiatrowych na lądzie; 44,39% – dla elektrowni wodnych przepływowych; 97,61% – dla elektrowni wodnych zbiornikowo-przepływowych, zbiornikowych z członem pompowym oraz zbiornikowo-przepływowych z członem pompowym; 2,07% – dla elektrowni słonecznych; 96,11% – dla magazynów energii elektrycznej w postaci akumulatorów, kinetycznych zasobników energii i superkondensatorów; 87,76% – dla pozostałych rodzajów technologii [7].

Niestety przy posiadaniu tak małego współczynnika korekcyjnego dyspozycyjności, instalacje fotowoltaiczne nie są stabilnym źródłem energii elektrycznej. Tyczy się to również farm wiatrowych, które posiadają ww. współczynnik na poziomie 10,94%. W związku z powyższym obecny lawinowy przyrost generacji mocy z OZE, odbija się znacznie na sumarycznej ilości rezerwy mocy w systemie.

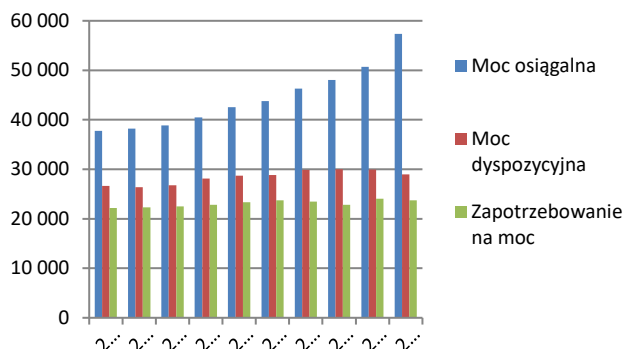


Rys.2. Średnie roczne wielkości mocy osiągalnej, obciążenia, ubytków mocy i rezerw w elektrowniach krajowych z dobowych szczytów obciążenia dni roboczych w latach 2013÷2022 (źródło danych www.pse.pl, opracowanie własne)

Z powyższego wykresu wynika, że mimo przyrostu mocy osiągalnej w systemie, ilość rezerwy mocy nie rośnie, a co gorsza maleje (8,977 GW w 2020r. do 5,167 GW w 2022r.) co jest oczywiście niepokojące. Ponadto według analizy przeprowadzonej przez URE do roku 2036 ma powstać dodatkowe 22 GW mocy wytwarzanej, a blisko połowa ma być generowana ze źródeł OZE (farmy wiatrowe - 5,2 GW i PV – 5,7). W tym samym czasie, planowane jest wycofanie jednostek o mocy 20 GW – głównie jednostek wykorzystujących węgiel kamienny i

węgiel brunatny, czyli bloków o prawie największym współczynniku KWD.

Takie zmiany w strukturze KSE prowadzą do szybkiego wzrostu mocy osiągalnej w systemie elektroenergetycznym. Niestety deklarowana moc dyspozycyjna, nie rośnie równomiernie szybko, co przedstawia poniższy wykres.



Rys. 3 Zestawienie średnich rocznych wielkości mocy osiągalnej i dyspozycyjnej elektrowni krajowych z dobowych szczytów obciążenia dni roboczych w latach 2013÷2022 [MW] (źródło danych www.pse.pl, opracowanie własne)

Z powyższego wykresu wynika, że do 2020r. moc dyspozycyjna rosła wraz ze wzrostem mocy osiągalnej, niestety po roku 2020 nastąpiło zahamowanie tego trendu. Obecnie występuje ewidentny spadek mocy dyspozycyjnej (30 001 MW w 2020r. do 28 963 w 2022r.) przy jednocześnie dużym przyroście mocy osiągalnej, co prowadzi do problemów w utrzymaniu odpowiedniego bilansu mocy w systemie.

Niestety wspomniane zmiany w strukturze wytwarzania mocy, dały o sobie znać niecały rok temu, gdy to w szczycie wieczornym, przy planowanej niskiej generacji farm wiatrowych i PV, w dniu 23 września 2022r., Operator Przesyłowy ogłosił okresy zagrożenia na rynku mocy w godz. 19-20 i 20-21 [3]. Było to związane z przewidywanym brakiem wystarczającej rezerwy mocy, która musi być dostępna w systemie, w przypadku awaryjnego wypadnięcia największego, pracującego bloku. W związku z czym wszystkie jednostki posiadające obowiązki mocowe (elektrownie oraz jednostki redukcji zapotrzebowania DSR) były zobowiązane wywiązać się ze swoich umów związanych z przymusową produkcją lub redukcją mocy elektrycznej i dzięki temu sytuacja została opanowana.

Problemem także staje się zbyt duża produkcja energii elektrycznej z OZE przy jednocześnie małym zapotrzebowaniu na moc w systemie. W związku z czym występuje w nim nadwyżka energii elektrycznej, która powoduje niebilansowanie systemu. Taka sytuacja wystąpiła w tym roku, w związku z czym w dniu 23.04 został ogłoszony Stan Zagrożenia Bezpieczeństwa Dostaw Energii Elektrycznej na godz. 11:00-17:00. Ze względu na nadpodaż przekraczającą 3000 MW OSP ograniczył możliwą generację w elektrowniach oraz zredukował generację źródeł OZE [3].

III. MOŻLIWE ROZWIĄZANIA PRZEDSTAWIONEGO

PROBLEMU

Z powyższych informacji wynika, że szybki rozwój fotowoltaiki, a co za tym idzie duży przyrost mocy przy bardzo niskim korekcyjnym współczynniku dyspozycyjności, skutkuje brakiem stabilności systemu energetycznego [9]. Wiąże się to czasem z koniecznością podejmowania przez Operatora Systemu Przesyłowego ww. radykalnych metod regulacyjnych. Aby ich uniknąć należy inwestować w zrównoważony, pod względem sterowalności źródeł energii, rozwój energetyki w Polsce. Proporcjonalnie do rozwoju farm wiatrowych i fotowoltaicznych powinny rozrastać się źródła o dużym współczynniku KWD. Jednym z rozwiązań są magazyny energii elektrycznej w postaci akumulatorów, kinetycznych zasobników energii czy superkondensatorów, posiadające wspomniany współczynnik na poziomie 96,11%.

Szybko działające systemy magazynowania energii (FA-ESS) umożliwiające natychmiastowe dostarczenie do sieci przesyłowej dużej ilości mocy są w stanie skutecznie regulować aktualny bilans mocy w systemie elektroenergetycznym [8]. W szczytach zapotrzebowania na moc w systemie, kiedy to fotowoltaika zazwyczaj dopiero zaczyna produkować moc lub gdy ona już spada, takie magazyny mogą ją dostarczyć w bardzo krótkim czasie, praktycznie natychmiast (co jest niemożliwe w elektrowniach fotowoltaicznych czy wiatrowych). Ta zdolność wykorzystywana mogłoby być również w stanach poawaryjnych do szybkiej regulacji prądów płynących w sieci oraz mocy biernej do uzyskania odpowiedniego marginesu stabilności napięciowej. Ponadto w szczytach produkcji energii, najczęściej w godzinach południowych, gdzie zapotrzebowanie na moc jest mniejsze i może wystąpić nadwyżka energii w systemie, ww. źródła mogłyby być ładowane, a co za tym idzie poprzez zwiększenie poboru mocy z sieci wpływałyby na poprawę bilansu mocy w systemie.

Kolejnym rozwiązaniem jest budowa elektrowni wodnych zbiornikowo-przepływowych, z lub bez członu pompowego oraz zbiornikowych z członem pompowym, których współczynnik KWD wynosi aż 97,61%. Niestety są one znacznie trudniejsze w realizacji, ponieważ polskie uwarunkowania hydroenergetyczne nie są zbyt sprzyjające, a ponadto nad inwestorem ciąży obowiązek pozyskania dużej ilości pozwoleń, głównie związanych z warunkami środowiskowymi, które mogą trwać latami. Nie zmienia to faktu, że połączenie fotowoltaiki z elektrowniami szczytowo-pompowymi znacznie zwiększyłoby ich potencjał i wpływałoby na zwiększenie stabilności energetycznej systemu.

Krokiem do lepszego zbilansowania systemu energetycznego kraju jest również wspieranie, już na poziomie niskich napięć, różnych sposobów na autokonsumpcję mocy wyprodukowanej przez instalowane instalacje fotowoltaiczne. Są to np. pompy ciepła czy małe magazyny energii, których budowa jest wspierana przez programy rządowe. Takie działania zachęcające zakładających instalacje w inwestowanie ww. sposób, wpływają na zwiększenie stabilności źródeł PV.

Energia wyprodukowana przez gospodarstwo domowe czy przedsiębiorstwo jest automatycznie zużywana np. do ogrzewania budynku lub do ładowania akumulatorów z których energię można wykorzystać w dowolnym okresie czasu np. w szycie wieczornym, gdy dana instalacja PV nie pracuje, a obciążenie sieci jest duże. Takie działania obciążają sieć, przez co zwiększają jej przepustowość.

Sposobem na zwiększenie stabilności systemu, przy tak dużej liczbie małych elektrowni, którymi stają się farmy wiatrowe i fotowoltaiczne jest użycie rozwiązań integrujących wszystkie elementy systemu i pozwalających na ich sterowanie. Jak wskazuje Prezes Regulacji Energetyki: „Konieczna jest zatem nie tylko zwykła modernizacja obecnej infrastruktury sieciowej, ale też „cyfryzacja sieci” oparta o technologie akwizycji i analizy olbrzymiej ilości danych na temat funkcjonowania systemu, zapewnienie powszechnego dostępu do tych informacji, a także opracowanie kompleksowych systemów IT wspierających analizę, predykcję i optymalizację lokalnych obszarów sieci, wraz z ofertą usług elastyczności dla wszystkich jej użytkowników na danym obszarze. W tym kontekście niezwykle istotne staje się odpowiednie zarządzanie energią, co stanowi kolejny krok w rozwoju energetyki OZE”

IV. PODSUMOWANIE

Podsumowując powyższe rozważania, rozwój odnawialnych źródeł energii powinien odbywać się w sposób zrównoważony, tak aby móc dotrzymać warunki wymagane dla bezpiecznej pracy KSE. W tym celu należy zwrócić szczególną uwagę na potrzebę dotrzymania odpowiedniego poziomu zbilansowania OZE przez źródła konwencjonalne, których przyrost nie jest współmiernie szybki do przyrostu farm wiatrowych czy fotowoltaicznych. Dlatego też ważnym aspektem w rozwoju systemu elektroenergetycznego powinien stać się rozwój elektrowni wykorzystujących do wytwarzania energii elektrycznej, takie paliwa jak biomasa czy gaz ziemny, ponieważ są znacznie korzystniejsze dla środowiska, a jednocześnie posiadają duże możliwości regulacyjne, tak bardzo potrzebne w rozrastającym się systemie elektroenergetycznym.

Kolejnym rozwiązaniem w celu utrzymania odpowiednich możliwości regulacyjnych w systemie, staje się budowanie źródeł energii elektrycznej takich jak elektrownie szczytowo-pompowe czy inne magazyny energii w celu szybkiego dostarczenia mocy do systemu. Rozwiązanie to jest już realizowany u podstaw systemu czyli na poziomie najniższych napięć, poprzez wspieranie rozwoju magazynowania mocy i autokonsumpcji.

Ostatnim rozważanym aspektem do uzyskania jak najlepszego poziomu stabilności systemu

elektroenergetycznego staje się jego pełna „cyfryzacja”. Konieczna jest ona ze względu na coraz to bardziej rozproszoną generację energii elektrycznej w Polsce. Spowodowaną głównie rozwojem farm wiatrowych i fotowoltaicznych oraz odchodzeniem od dużych, zlokalizowanych w paru miejscach sieci, punktów wytwórczych. Wiąże się to z koniecznością stałej obserwacji, analizy i zarządzania rozproszonymi źródłami, co jest nie możliwe bez dobrze rozwiniętych systemów IT.

BASIC POWER SYSTEM PROBLEMS RELATED TO THE ARRANGE OF PHOTOVOLTAIC INSTALLATIONS

Abstract: The article contains an analysis of the impact of the rapid growth of renewable energy sources, especially photovoltaic installations, on the power system in Poland. The analysis was based on the changing structure of energy production in Poland over the years. Measures to mitigate the negative effects of large increases in power from renewable energy sources, such as wind and photovoltaic farms, were presented.

Key words: Photovoltaic installations, Renewable Energy Sources (RES), power system disturbances, system stability

BIBLIOGRAFIA

- [1] <https://www.ure.gov.pl>
- [2] Dworak Z. „Z astronomią za pan brat.” Warszawa : Iskry, 1989.
- [3] <https://www.pse.pl>
- [4] Instytut Energetyki Odnawialnej Raport „Rynek Fotowoltaiki w Polsce 2023”.
- [5] Art. 11y ust. 3 ustawy z dnia 10 kwietnia 1997 r. - Prawo energetyczne (Dz. U. z 2022 r. poz. 1385 z późn. zm.).
- [6] Zygmunt Maciejewski „Sieci przesyłowe jako element bezpieczeństwa elektroenergetycznego Polski.” Polityka Energetyczna, 2008.
- [7] Rozporządzenie Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 12 sierpnia 2021r. w sprawie parametrów aukcji głównej dla roku dostaw 2026 oraz parametrów aukcji dodatkowych dla roku 2023.
- [8] Gacitua L., Olivares D. „The role of fast-acting energy storage for contingency grid support in the transmission planning.” Energy. 2023, Tom 283.
- [9] Wasiak I. „Elektroenergetyka w zarysie. Przesył i rozdział energii elektrycznej.” Łódź, 2010.
- [10] Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 22 marca 2023 r. w sprawie szczegółowych warunków funkcjonowania systemu elektroenergetycznego (Dz. U. z 2022 r. poz. 1385, z późn. zm.).
- [11] G. King, „Physics of Energy Sources.”, Wiley (2018).