

System Zarządzania Mikrosiecią

Adam Adamek – TAURON Polska Energia

Grzegorz Mudrak, Tomasz Rodziewicz – TAURON Dystrybucja

Michał Zając – SPIE Energotest

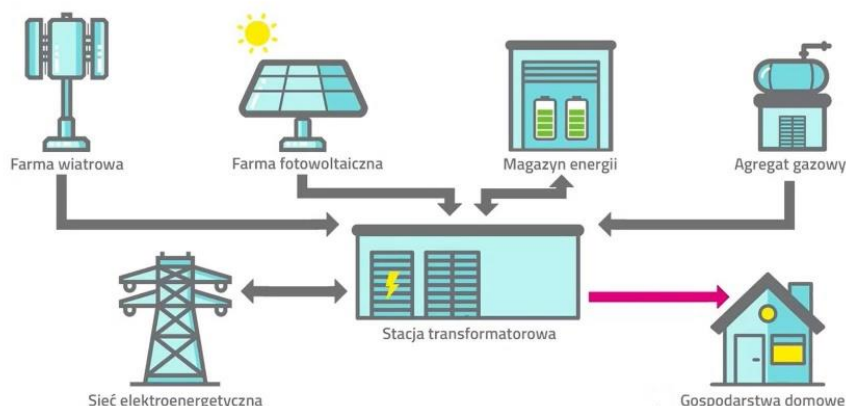
Streszczenie

W niniejszym referacie opisano realizację budowy pilotażowej mikrosieci w Bytomiu, wraz z wdrożeniem dla niej innowacyjnego systemu zarządzania. Poruszono także tematykę związaną ze zdobytymi doświadczeniami podczas prób funkcjonalnych.

1. Opis instalacji

Grupa TAURON zbudowała pilotażową mikrosieć energetyczną w m. Bytom w ramach projektu „Model funkcjonowania energetyki rozproszonej 2.0 – samobilansujące się obszary sieci elektroenergetycznej” dofinansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju ze środków Unii Europejskiej. Projekt został zrealizowany w ośmiu etapach przez konsorcjum złożone ze Spółek Grupy TAURON. Poszczególne prace badawczo-rozwojowe obejmowały projektowanie, budowę i eksploatację mikrosieci z wykorzystaniem własnej instalacji pilotażowej. W efekcie powstała w pełni funkcjonalna instalacja pilotażowej mikrosieci, pozwalająca na zagwarantowanie dostaw energii elektrycznej dla odbiorców do niej przyłączonych. Docelowo mikrosieci przyczynią się do poprawy bezpieczeństwa energetycznego, ograniczenia strat przesyłu energii, zwiększenia jej jakości, poprawy niezawodności i elastyczności systemu elektroenergetycznego.

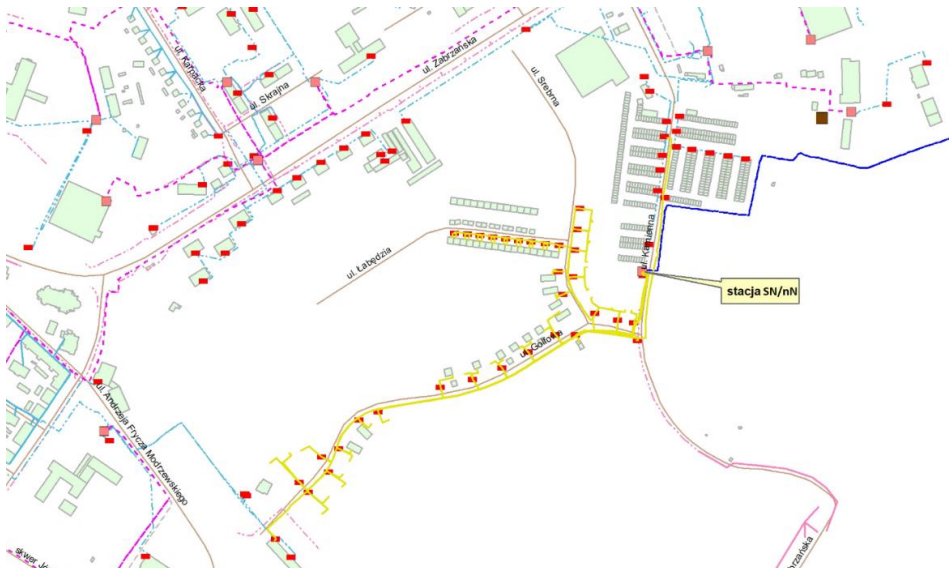
Mikrosieć energetyczna to fizycznie wydzielony obszar zasilania w energię elektryczną, obejmujący lokalne źródła energii, w głównej mierze oparte o technologie odnawialnych źródeł energii (OZE), oraz skupionych wokół nich odbiorców, wykorzystujących energię z tych źródeł. Źródłem bilansującym odpowiedzialnym za właściwe parametry jakości energii elektrycznej jest najczęściej magazyn energii (źródło odniesienia). Dla zapewnienia odpowiedniego bezpieczeństwa pracy mikrosieci zabudowuje się dodatkowo źródła stabilizacyjne (np. agregaty produkujące energię z gazu lub biopaliw), które umożliwiają pokrycie zapotrzebowania na energię elektryczną, kiedy generacja ze źródeł OZE nie jest wystarczająca. Mikrosieć może być połączona z lokalną siecią dystrybucyjną energii elektrycznej (mikrosieć zsynchronizowana), ale może pracować również zupełnie niezależnie (wyspowo). Nad zarządzaniem pracą mikrosieci, oraz bilansowaniem popytu i podaży energii elektrycznej czuwa dedykowany system IT – sterownik mikrosieci SZM (zcentralizowany lub zdecentralizowany).



Rys. 1. Przykładowy schemat mikrosieci

W ramach projektu przeanalizowano kilkadziesiąt potencjalnych lokalizacji, biorąc pod uwagę różne kryteria doboru. Ostatecznie zdecydowano o budowie mikrosieci w mieście Bytom głównie z uwagi na aspekty bezpieczeństwa (dokładnie zidentyfikowany odbiór, spełnione warunki ochrony przeciwporażeniowej, prosty do wydzielenia układ sieci). Głównym celem mikrosieci zlokalizowanej w Bytomiu jest zapewnienie zasilania w energię elektryczną określonej grupy odbiorców, z możliwością chwilowej, intencjonalnej pracy wyspowej. Praca wyspowa oznacza, iż wydzielony obszar sieci dystrybucyjnej (mikrosieć) może w określonym przedziale czasowym pracować zupełnie autonomicznie,

niezależnie od sieci dystrybucyjnej. W takiej sytuacji lokalne źródła wytwórcze zaspokajają zapotrzebowanie na energię elektryczną przez odbiorców (bilansowanie). Ewentualne nadwyżki produkcji są akumulowane w magazynie energii. W takim stanie pracy mikrosieć nie współpracuje z siecią dystrybucyjną, jest więc samowystarczalna. Pilotażowa mikrosieć jest zlokalizowana w obrębie istniejącej sieci dystrybucyjnej *nn* zasilanej z innowacyjnej stacji SN/*nn* z dwusystemową rozdzielnicą *nn*. Wszyscy odbiorcy *nn* zasilani z przedmiotowej stacji posiadają inteligentne układy pomiarowe. Sumaryczna moc przyłączeniowa odbioru *nn* we wskazanym obszarze wynosi ponad 1 MW, a moc przyłączeniowa instalacji prosumenckich ok. 70 kW.

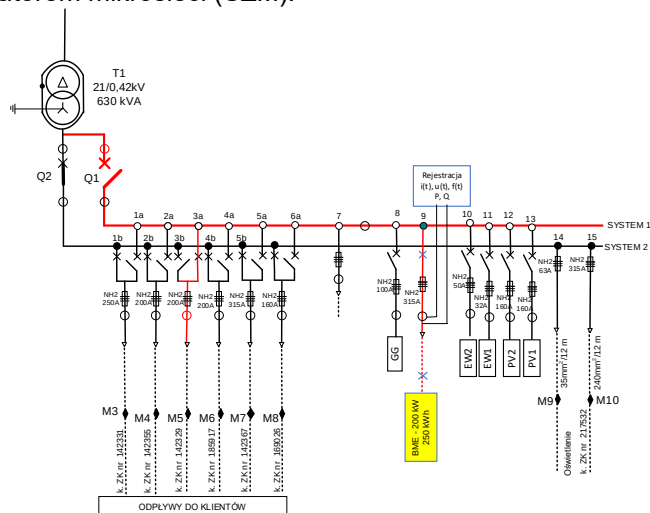


Rys. 2. Obszar zasilania mikrosieci

Systemem nadrzędnym w stosunku do systemu sterowania pracą mikrosieci jest system dyspozytorski SCADA w TAURON Dystrybucja S.A., co oznacza, że każdorazowo proces tworzenia układu wyspowego jest możliwy po dostawieniu systemu SZM w systemie SCADA. Stacja transformatorowa SN/*nn* wyposażona jest w system automatyki i kontroli umożliwiający elastycznie sterowanie w obrębie rozdzielni *nn*:

- przełączanie obwodów sieci *nn* pomiędzy dwoma systemami szyn *nn* nr 1 i 2 – dopasowanie obciążenia do możliwości bilansowania układu mikrosieci (elastyczne przełączanie pól odbiorczych pomiędzy systemami umożliwia tworzenie wyspy o różnych konfiguracjach),
- wydzielenie obszaru wyspy z jednoczesnym zapewnieniem zasilania dla pozostałej części obwodów *nn* – synchronizacja/resynchronizacja (Q1/Q2) z siecią dystrybucyjną.

Po dostawieniu SZM wszystkie sygnały sterujące dla urządzeń wykonawczych znajdujących się w stacji są wysyłane przez centralny sterownik mikrosieci (system zarządzania mikrosiecią SZM) zlokalizowany w podstacji mikrosieci. Zastosowany koncentrator telemechaniki (sterownik obiektowy) w stacji SN/*nn* współpracuje z koncentratorem mikrosieci (SZM).



Rys. 3. Innowacyjna stacja transformatorowa SN/*nn* z dwusystemową rozdzielnicą *nn*

Pilotażowa mikrosieć składa się z następujących źródeł energii elektrycznej:

- farma fotowoltaiczna - 2 x 94,5 kW (2 przyłącza nn),
- turbiny wiatrowe - 5 x 9,8 kW (2 przyłącza nn),
- magazyn energii – 200 kW, 250 kWh (1 przyłącz nn),
- generator gazowy – 36 kW (1 przyłącz nn).

Poszczególne źródła wytwórcze posiadają osobne przyłącza elektryczne nn zgodnie z zapisami miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego, oraz określonymi warunkami przyłączenia. Jednocześnie wszystkie źródła OZE i magazyn energii są przystosowane do pracy wyspowej (off-grid).



Rys. 4. Innowacyjna stacja SN/nn z dusystemową rozdzielnicą nn – widok wewnątrz





Rys. 5. Źródła wytwórcze instalacji mikrosieci

Mikrosieć może pracować w trybie pracy synchronicznej (praca normalna on-grid) z siecią dystrybucyjną, oraz intencjonalnie w trybie pracy wyspowej (praca off-grid). Podstawowym trybem pracy mikrosieci jest tryb on-grid.

Tryb pracy synchronicznej (on-grid)

W tym trybie pracy źródła mikrosieci są przyłączone do systemu 1 w stacji SN/*nn* i pracują z mocą maksymalną wynikającą z warunków pogodowych. Wyłącznik Q1 jest załączony, a nadwyżka wyprodukowanej energii elektrycznej przez źródła mikrosieci (niezbilansowana na poziomie *nn* w obrębie systemu 2) jest transmitowana na stronę SN. Jednocześnie w każdym momencie, gdy ilość energii produkowanej przez źródła przewyższa zapotrzebowanie odbiorców, następuje doładowanie magazynu energii. Magazyn energii jest ładowany do ustalonego poziomu SOC, natomiast generator gazowy nie pracuje. Wszyscy odbiorcy są zasilani z systemu 2. System sterowania mikrosiecią (SZM) monitoruje pracę źródeł mikrosieci.

Tryb pracy wyspowej (off-grid)

W tym trybie pracy wyłącznik Q1 jest wyłączony a wybrane przez SZM obwody *nn* (pola) 1-6 są przyłączone odpowiednio do systemu 1. Odbiory niezasilane z systemu 1 pozostają na zasilaniu synchronicznym z systemu 2. Aby wyspa mogła się utrzymać w trybie pracy off-grid, konieczne jest pokrycie zapotrzebowania odbiorców na moc, przy użyciu wszelkich aktualnie dostępnych środków. Dla bilansowania mikrosieci w trybie pracy wyspowej nie bez znaczenia jest udział produkcji ze strony odbiorców (prosumentów), jednak nie mając nad nimi kontroli, system nie bierze pod uwagę tych źródeł jako zasobów biorących udział w bilansowaniu układu. Jedynym odzwierciedleniem wpływu prosumentów na moc w mikrosieci jest spadek zapotrzebowania poszczególnych odbiorców w czasie (potencjalnie) wzmożonej produkcji przez prywatne panele fotowoltaiczne. Prognozowanie czasu pracy wyspowej będzie zależne od następujących czynników stałych:

- poziom naładowania SOC magazynu energii,
- poziom zbiornika gazu,
- sprawność urządzeń,
- zapotrzebowanie odbiorców na moc (wartość uśredniona).

Zmienną niezależną mającą największy wpływ na pracę OZE mikrosieci jest pogoda.

Magazyn energii jest podstawowym źródłem mikrosieci (master).

Proces synchronizacji/ resynchronizacji mikrosieci (zmiana trybu pracy mikrosieci)

Proces zmiany trybu pracy mikrosieci można opisać następująco:

Etap 1: wydzielenie wyspy:

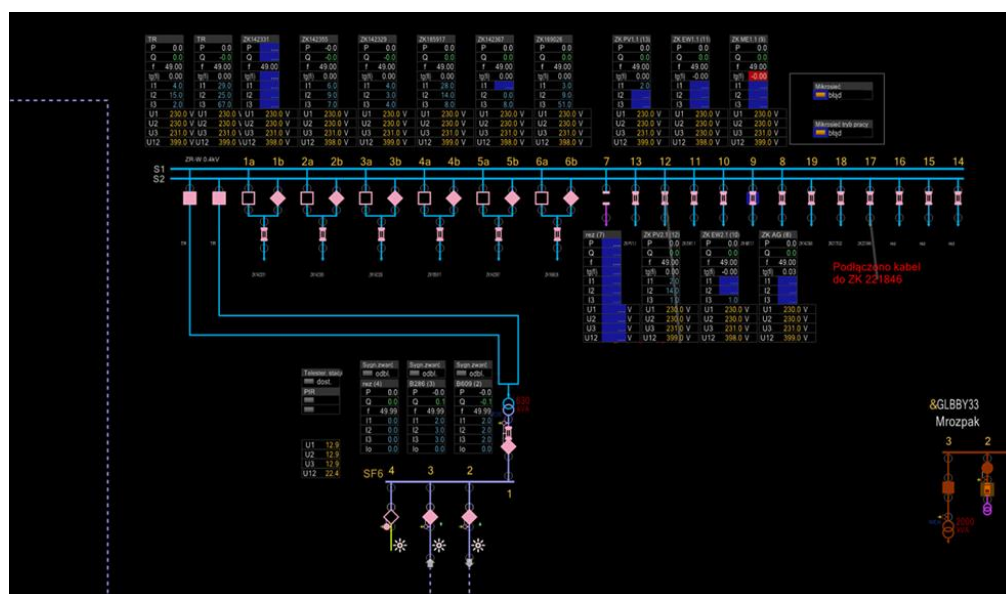
- intencjonalne dostawienie w SCADA TD sterownika SZM,
- oszacowanie wielkości potencjalnej produkcji i zapotrzebowania ee,
- dobór wielkości odbiorców,
- przejście w tryb pracy wyspowej.

Etap 2: praca wyspowa:

- zapewnienie ciągłości zasilania odbiorców, oraz utrzymywanie właściwych parametrów jee,
- bilansowanie energii w czasie rzeczywistym.

Etap 3: synchronizacja z siecią OSD

- analiza parametrów w sieci dystrybucyjnej (SZM),
- dostosowanie parametrów w mikrosieci (ESS),
- ponowne przyłączenie do sieci OSD.



Rys. 6. Schemat układu normalnego pracy stacji SN/nn

Integracja z systemem dyspozytorskim SCADA (OSD)

W systemie dyspozytorskim SCADA SN zapewnione są sterowania:

Dostawienie systemu SZM

Przy braku przeciwwskazań ze strony służb ruchowych następuje dostawienie w systemie dyspozytorskim SCADA systemu SZM. Oczekiwany tryb przejścia do pracy wyspowej polega na: ocenie zdolności mikrosieci do utrzymania bilansu i przygotowaniu mikrosieci do pracy wyspowej (zapewnienie zdolności do przejęcia kontroli nad bilansem mocy czynnej/biernej i parametrami jakości energii elektrycznej, w tym m.in. częstotliwości, napięcia. Wówczas następuje intencjonalne odłączenie od synchronicznej sieci dystrybucyjnej. Od momentu odłączenia, SZM musi być zdolny do utrzymania pracy wyspowej, a jeśli okaże się to niemożliwe, do uruchomienia procesu bezprzerwowej resynchronizacji z wyprzedzeniem zapewniającym ciągłość zasilania odbiorców. Wszystkie parametry jakościowe energii elektrycznej podczas pracy mikrosieci (praca wyspowa) muszą być zgodne z obowiązującymi rozporządzeniem systemowym, oraz IRIESD TAURON Dystrybucja S.A.

Odstawienie systemu SZM

W każdym czasie dyspozytor sprawujący operatywne kierownictwo nad siecią niskiego napięcia może w systemie SCADA wydać polecenie wcześniejszego, bezprzerwowego odstawienia systemu SZM, co należy rozumieć jako polecenie powrotu pracy sieci do pracy synchronicznej - jeżeli sieć pracowała w trybie pracy wyspowej.

Awaryjne odstawienie pracy mikrosieci

W przypadku wystąpienia konieczności natychmiastowego, bezzwłocznego przerwania pracy mikrosieci dyspozytor sprawujący operatywne kierownictwo nad siecią niskiego napięcia może w systemie SCADA odstawić SZM, co jest równoznaczne z brakiem procesu synchronizacji, oraz wystąpieniem przerwy w zasilaniu odbiorców przyłączonych do stacji GLBB406.

Testy pracy wyspowej mikrosieci

Zapewnienie możliwości bezpiecznej pracy wyspowej mikrosieci wymagało szeregu działań, w tym m.in.:

- odpowiedniego dostosowania układu sieci dystrybucyjnej: budowa innowacyjnej stacji transformatorowej SN/nn, wymiana zabezpieczeń w obwodach nn zasilanych z przedmiotowej stacji, zastosowania wyłączników z wyzwaczami zwarciovymi, oraz przeciążeniowymi;
- realizacji usług badawczych przy wsparciu uczelni technicznej w zakresie jakości energii elektrycznej, oraz działania zabezpieczeń i ochrony przeciwporażeniowej;
- przeprowadzenia testów z wykorzystaniem sztucznego obciążenia i związanych z badaniem charakterystyk zwarciovych magazynu energii.



Rys. 7. Testy mikrosieci z wykorzystaniem sztucznego obciążenia

Z uwagi na niestabilny charakter pracy odnawialnych źródeł energii, oraz konieczność zapewnienia odpowiednich parametrów jakości energii elektrycznej w układzie wyspowym pracy mikrosieci, istotnym elementem prac badawczych było monitorowanie parametrów jakości energii elektrycznej.

Równie ważnym zagadnieniem z perspektywy bezpieczeństwa pracy układu mikrosieci była analiza działania układów elektroenergetycznej automatyki zabezpieczeniowej (EAZ). Układy EAZ muszą działać prawidłowo zarówno w przypadku zakłóceń mających miejsce w sieci dystrybucyjnej, jak i samej mikrosieci. Działanie układów automatyki zabezpieczeniowej w mikrosieci różni się od sposobu pracy automatyki stosowanej w tradycyjnych sieciach rozdzielczych, co wynika m.in. z dwukierunkowych przepływów mocy. Trudności w działaniu układów zabezpieczeń, oraz zapewnienia właściwego stopnia ochrony przeciwporażeniowej wynikają z ograniczonego poziomu prądów zwarcia, które z kolei są spowodowane sposobem przyłączenia źródeł mikrosieci tj. poprzez falowniki. W trakcie pracy wyspowej źródła są w stanie zapewnić prąd zwarciový zaledwie dwukrotnie wyższy od znamionowego. Dzięki odpowiednim rozwiązaniom m.in. zastosowanie magazynu energii przystosowanego do pracy wyspowej, zapewnienie odpowiedniej selektywności działania zabezpieczeń potwierdzono podczas testów skuteczność działania EAZ, oraz spełnienie warunków wymaganej ochrony przeciwporażeniowej.

Praca wyspowa mikrosieci (on-grid)

Przeprowadzone testy i badania pozwoliły na przeprowadzenie prób pracy wyspowej z siecią rzeczywistą z wynikiem pozytywnym. Obecnie trwa dalsza eksploatacja testowa mikrosieci.

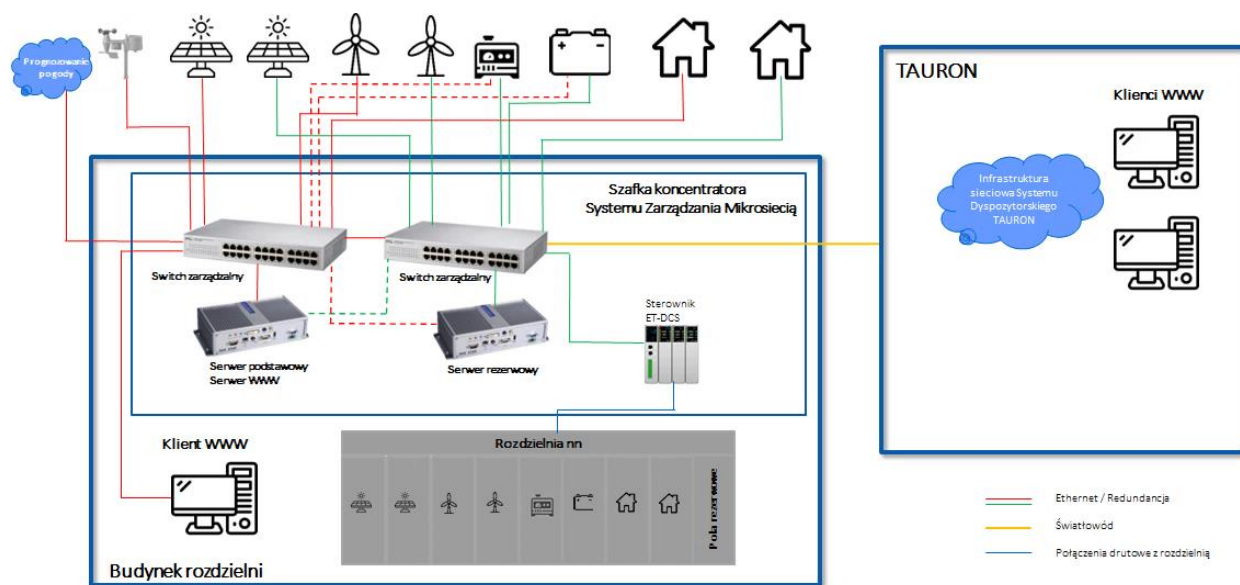
2. Opis Systemu Zarządzania Mikrosiecią

System Zarządzania Mikrosiecią dla instalacji OZE nie różni się znacząco od systemów dla energetyki zawodowej (systemy elektryczne), czy też systemów pracujących w przemyśle. System posiada moduł raportowania, alarmy, stacyjki informacyjno-sterujące, administrację użytkownikami. Różnice są widoczne na poziomie poszczególnych masek synoptycznych, oraz na poziomie zaszytych w nim algorytmów sterowania - w przypadku konieczności bilansowania mocy wytwarzanej i konsumowanej (oddawanej do sieci). System dedykowany jest dla klastrów energetycznych, mikrosieci, na których terenie znajduje się wiele różnych źródeł wytwórczych, a także odbiorców, np.:

- farm wiatrowych,
- farm fotowoltaicznych,
- magazynów energii,
- rozdzielni,
- stacji GPO, GPZ,
- układów mieszanych (samobilansujących się klastrów energetycznych i mikrosieci),
- kogeneracji,
- odbiorcy indywidualni,
- odbiorcy biznesowi.

2.1. Opis ogólny Systemu Zarządzania Mikrosiecią

Głównym zadaniem systemu jest monitorowanie, sterowanie, zarządzanie pracą instalacji OZE, w skład której mogą wchodzić, farmy fotowoltaiczne, turbiny wiatrowe, magazyny energii, układy zasilania awaryjnego i odbiory energii. System na bieżąco odczytuje stany urządzeń, a następnie realizuje zaimplementowane w nim algorytmy sterowania, regulacji i blokad. Wybrane dane są archiwizowane i przechowywane na potrzeby analizy. Dla każdego pomiaru można zdefiniować częstotliwość archiwizacji.



Rys. 8. Przykładowy schemat ogólny zarządzanej przez system instalacji OZE

Urządzenia i instalacje wchodzące w skład omawianej mikrosieci, a będące pod kontrolą SZM:

- farmy fotowoltaiczne (PV) – dwie instalacje o mocy 95-100 kW każda,
- farmy wiatrowe (FW) – pięć turbin o mocy 9-10 kW każda,
- magazyn energii (ME) – moc 150 kW i pojemność użytkowa 250 kWh,
- generator gazowy – moc 36 kW,
- wyłączniki/rozłączniki w polach rozdzielni B406,
- synchronizator,
- lokalna stacja pogodowa (meteo),

- przetworniki pomiarowe zamontowane w dopływach i odpływach rozdzielni B406,
- szafa koncentratora SZM i synchronizacji.

Poprzez kontrolę pracy układu rozumie się:

- monitorowanie parametrów pracy urządzeń Mikrosieci i parametrów sieci we wszystkich trybach pracy,
- prognozowanie możliwości wytwórczych OZE, ME i generatora pod kątem pracy wyspowej na podstawie prognozy pogody i zapotrzebowania odbiorców na moc (zastosowane algorytmy AI),
- bilansowanie mocy układu w trybie pracy wyspowej w celu zapewnienia bezprzerwowego zasilania odbiorców,
- realizowanie algorytmów przełączających tryby pracy układu – przejścia pomiędzy trybami on-grid, off-grid, oraz uruchomienie typu blackstart,
- archiwizacja mierzonych parametrów, zdarzeń i alarmów,
- wykonywanie niezbędnych przełączeń odbiorców pomiędzy systemami, poprzedzające i zakańczające pracę wyspową.

2.2. Opis ogólny głównych funkcji Systemu

Na etapie planowania wdrożenia określone zostały tryby pracy systemu (normalnej on-grid, wyspowej off-grid, awaryjnej blackout).

On-grid

W trybie pracy on-grid system skupia się na realizacji algorytmów pozwalających na utrzymaniu zadanych parametrów sieci, ładowaniu magazynu energii, wykonywaniu symulacji produkcji w oparciu o prognozy pogody ze stacji pogodowej. System może monitorować jakość energii produkowanej z OZE poprzez podłączenie do niego mierników jakości energii. Jako, że układ sterowania wyposażony jest w jednostkę umożliwiającą wdrożenie funkcjonalności PMU, w przyszłości po doposażeniu układu sieci SN w jednostki PMU (jednostki PMU zainstalowane w głębi sieci) będzie można szybciej wykryć moment wydzielenia się wyspy i skuteczniej zarządzać przełączeniami, bez szkody dla odbiorców energii i z zachowaniem lepszych parametrów energii. Zastosowanie jednostek PMU dla mikrosieci, oraz wdrożenie funkcjonalności SmartLoad (priorytetyzowaniu odbiorów) pozwoli na nieprzerwaną pracę klastrów energetycznych/zakładów dzięki bilansowaniu mocy generowanej (OZE, układów kogeneracyjnych, generatorów gazowych), oraz mocy niezbędnej dla kluczowych odbiorców (szpitale, szkoły, prywatni odbiorcy energii) /procesów w zakładach produkcyjnych.

Off-grid

W trybie pracy off grid, system może realizować zadanie bilansowania mocy wydzielonej wyspy tak, aby jak najdłużej zapewnić odbiorom zasilanie, w jak największym stopniu pochodzącym z produkcji z OZE bez konieczności korzystania z rezerwowego źródła zasilania (silnik gazowy).

System może na bieżąco wyliczać maksymalny możliwy czas w pracy wyspowej na podstawie aktualnego poziomu generacji i jego predykcji w przyszłości – z uwzględnieniem danych ze stacji pogodowej i serwera prognozy pogody. W okresie tym instalacja może być odłączona od zasilania z sieci głównej. W celu oszacowania czasu pracy wyspowej wykorzystywane są zaawansowane algorytmy sztucznej inteligencji. Sieć neuronowa uczona jest systematycznie, by w możliwie najwierniejszy sposób przekazać prognozę i nauczyć zmieniających się przyzwyczajęń odbiorców (wymiana urządzeń na bardziej ekologiczne zużywające mniej energii, zmiana przyzwyczajęń poprzez większą świadomość użytkowników, autokonsumpcja energii instalacji prosumenckich).

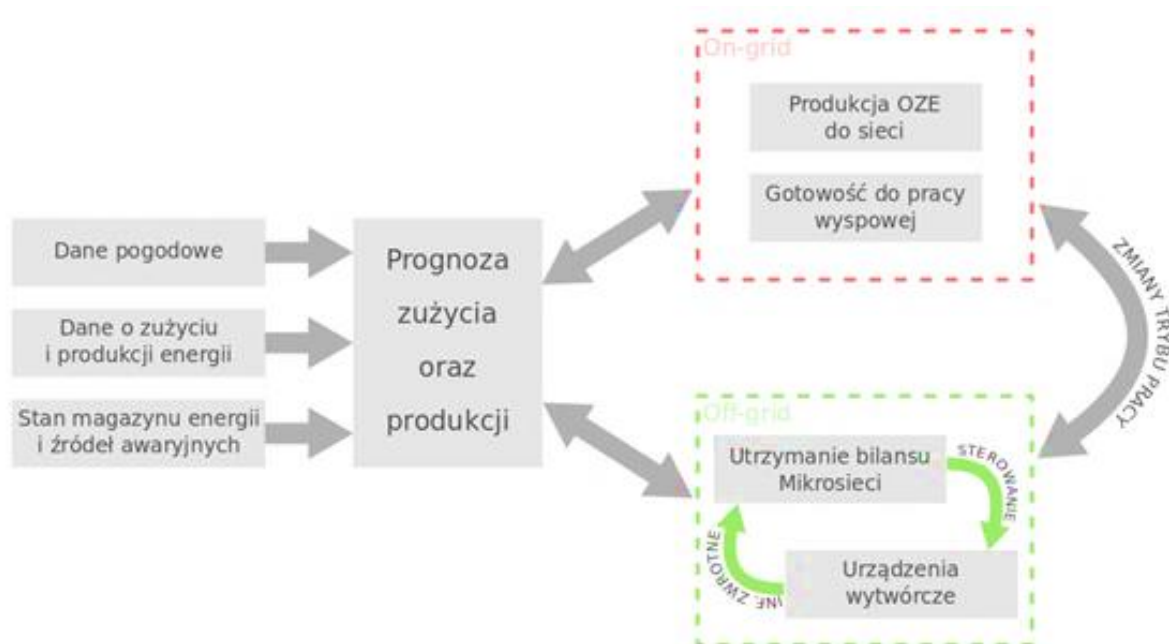
W przypadku nieoczekiwanej diametralnej zmiany pogody (co przekładałoby się na zmniejszenie produkcji) lub też wystąpienia poważniejszej awarii system może automatycznie przejść z powrotem do pracy on-grid (jeśli występują warunki na przełączenie), lub powiadomić operatora o konieczności podjęcia takiej decyzji.

Blackout

W trybie blackout, system oczekuje na warunki dogodne do powrotu instalacji do normalnej pracy. Szacowane jest zapotrzebowanie na moc na podstawie danych historycznych (sprzed blackout), uruchamiane jest zasilanie rezerwowe, podłączane są kolejne odbiory o ile bilans mocy na to pozwala. Oczekiwany jest moment usunięcia awarii i gotowości do synchronizacji z siecią.

Predykcja produkcji energii

System umożliwia śledzenie produkcji z paneli fotowoltaicznych, turbin wiatrowych, oraz rezerwowych źródeł zasilania w czasie rzeczywistym. Po zastosowaniu stacji pogodowej i przy wykorzystaniu połączenia z serwerem prognozy pogody, system umożliwia dodatkowo predykcję możliwości produkcyjnych poszczególnych źródeł wytwórczych kolejne 24, 48 czy też 72 godziny.



Rys. 9. Schemat blokowy pracy systemu zarządzania instalacją OZE

3. Zastosowania magazynu energii

System umożliwia zarządzanie magazynem energii, które pełnią funkcję rezerwy energetycznej na potrzeby procesu bilansowania mocy instalacji, lub na wypadek awarii/braku dostępności energii z sieci dystrybucyjnej. System utrzymuje zadany poziom naładowania magazynu energii, wykonując zalecane przez producenta cykle ładowania/rozładowania pozwalające na utrzymanie sprawności ogniw w dłuższej perspektywie czasu. W przypadku pracy wyspowej system może załączyć dodatkowe generacje (panele, turbiny, generator gazowy) w przypadku ujemnego bilansu energetycznego lub też wyłączyć odbiory o niższym priorytecie dostępności. System zlicza cykle ładowania i rozładowania magazynów energii i komunikuje się ze sterownikiem magazynu energii (systemem BMS – *battery management system*) w celu wizualizacji parametrów poszczególnych ogniw bateryjnych w poszczególnych sekcjach magazynu energii.

Magazyn Energii zastosowany w naszym przypadku składa się z następujących elementów:

- baterie – ogniwa zgrupowane w tzw. rack,
- BMS (*Battery Management System*) - Kontroler Magazynu Energii,
- falowniki – dwa inwertery.

Sterowanie i akwizycja danych magazynu energii odbywa się przy użyciu protokołu komunikacyjnego Modbus. SZM jest odpowiedzialny za odczyt stanów i pomiarów z BMS i falownika, oraz wysyłanie poleceń sterujących lub zmieniające parametry falowników.

4. Architektura systemu

Ze względu na lokalny charakter inwestycji (wszystkie źródła OZE, magazyn energii, generator gazowy) zainstalowane w jednej lokalizacji na ograniczonej powierzchni, komunikacja z elementami systemu odbywała się poprzez bezpośrednie połączenia w większości miedziane. Architektura gwiazdy i podział urządzeń generacyjnych na dwie grupy podłączone do niezależnych switchy połączonych redundantnie do serwerów, pozwala zachować funkcjonalność mimo ewentualnego wystąpienia awarii czy zakłóceń.

Instalacja Mikrosieci w Bytomiu to tylko przykład możliwości zarządzania i optymalizacji pracy instalacji. System ma budowę modułową o otwartej architekturze, jest w pełni skalowalny co umożliwia łatwą konfigurację i rozbudowę systemu o kolejne elementy, oraz dostosowanie go do nawet najbardziej złożonych warunków i potrzeb Klientów – komercjalizacji projektu, zarówno na istniejących jak i nowo budowanych obiektach. System umożliwia komunikację z urządzeniami i systemami różnych producentów, wyposażonymi w łącza komunikacyjne (szeregowo, Ethernet, itd.) z różnymi protokołami komunikacyjnymi (Modbus, IEC61850, IEC60870-5-103/104, DNP3, OPC, MQTT i wiele innych – około 300 protokołów, a ponad to niestandardowe drivery komunikacyjne), lub bezpośrednio poprzez wejścia/wyjścia cyfrowe/analogowe, lub konwertery i bramki komunikacyjne. W przypadku instalacji OZE głównymi elementami dostarczającymi dane do systemu są falowniki, smart loggery, koncentratory

danych, sterowniki, systemy zewnętrzne (serwery pogodowe, systemy SOT, systemy dyspozytorskie, BMS). Szerokie możliwości komunikowania się systemu są wręcz niezbędne do zintegrowania wielu systemów nadrzędnych w jednym miejscu.

Topologia sieci jest dowolna, uzależniona od specyfiki obiektu, instalacji i dopuszcza stosowanie ringów i gwiazd. Dane pochodzące z obiektu zapisywane są w bazach danych ze stopkami czasowymi nadanymi przez urządzenia źródłowe (moduły wejściowe, urządzenia obiektowe, itd.), co wraz z realizowaną przez system ECONTROLplus synchronizacją czasu, umożliwia rzetelną i dokładną analizę zaistniałych zdarzeń niezależnie od źródła ich pochodzenia. System wspiera dowolny protokół synchronizacji czasu - SNTP, NTP, PTP.

Każdorazowo zastosowana architektura systemu zależy od rodzaju obiektu, wymaganego poziomu niezawodności i rodzaju aparatury zainstalowanej na obiekcie, jej fizycznego rozmieszczenia, a także powiązań z innymi systemami. Wdrożenie systemu można rozpocząć już od jednego stanowiska komputerowego (może to też być komputer panelowy zainstalowany na elewacji szafy), a następnie można rozbudowywać system o kolejne stacje operatorskie. Można również skorzystać z serwera pracującego w chmurze, do którego wysyłają informacje lokalne koncentratory danych, lub bramki komunikacyjne za pośrednictwem protokołu MQTT. System pracuje w architekturze klient-serwer (serwer zapewnia usługi dla klientów, zgłaszających do serwera żądania obsługi). Architektura systemu ułatwia wprowadzanie w nim zmian, ponieważ są one dokonywane bezpośrednio na serwerach i nie ma konieczności wprowadzania zmian na każdym komputerze z osobna. Robi się to jednorazowo na poziomie serwera podstawowego, który następnie rozpropagowuje zmiany na wszystkie pozostałe stacje operatorskie, panele czy też serwery (np. serwer www, serwer rezerwowy itp.).

5. Bezpieczeństwo działania i bezpieczeństwo systemu

System Zarządzania Mikrosiecią w Bytomiu został opracowany w oparciu o wytyczne normy IEC-62443. System może być wyposażony w wiele warstw zabezpieczeń zgodnie z zasadami defence in depth. System jest zabezpieczony przed dostępem z zewnątrz poprzez firewall. Połączenie do sieci systemu z zewnątrz może się odbywać jedynie poprzez sieć internet za pośrednictwem VPN po protokole IPsec i SSL. Wszystkie krytyczne komponenty systemu są redundantne (serwery, urządzenia sieciowe, zasilacze, dyski twarde, etc.). Możliwa jest diagnostyka wszystkich urządzeń sieciowych za pomocą protokołu SNMP (status urządzenia, a także poszczególnych portów, statystyki ruchu sieciowego, raportowanie do pliku syslog). Komputery posiadają zautomatyzowane narzędzia do wykonywania kopii zapasowych czy też całych obrazów dysków.

Bezpieczeństwo działania systemu to przede wszystkim poprawność komunikacji, która sprawdzana jest na bieżąco przy użyciu słowa kontrolnego, tzw. heart beat – wartość słowa kontrolnego zmieniana jest na przemian przez SZM, oraz urządzenie co ustalony okres (zazwyczaj 1 sekundę). Jeżeli zmiana nie nastąpi w okresie dłuższym niż ustalona wartość krytyczna, urządzenia wykonują procedurę związaną z zanikiem komunikacji – wstrzymują pracę. Zanik „pulsu” komunikacji sygnalizowany jest odpowiednim alarmem w SZM. Obsługa Mikrosieci z poziomu systemu OSD.

System OSD jest dla SZM nadrzędny, a dzięki bezpośredniej komunikacji Dyspozytor OSD ma podgląd na dane wysyłane z SZM, oraz ma wpływ na Mikrosieć poprzez sygnały binarne zestawione pomiędzy sterownikami obu systemów (programowalny sterownik ET-DCS po stronie SZM). Cztery sygnały sterujące do sterownika SZM: „Odstaw Mikrosieć”, „Dostaw Mikrosieć”, „Tryb sieciowy”, „Tryb wyspowy”, oraz sygnały dotyczące stanu Mikrosieci do sterownika Mikroniki.

Dialogi i konsultacje techniczne pracowników obu stron pozwoliły na wdrożenie systemu, który pozwolił na wprowadzenie wielu innowacyjnych funkcji i rozwiązań w tak ustandaryzowanym obszarze jakim jest sieć dystrybucyjna.

Literatura

- [1] Czapla T., Kowalski A., Ropelewski D., Zajac M.: Materiały wewnętrzne SPIE Energotest, 2021-2023 r.
- [2] Materiały wewnętrzne, dokumentacja przetargowa i projektowa TAURON 2020-2023 r.