

Przykłady realnych zdarzeń ilustrują skalę potencjalnych strat:

- Zakład Profim w Turku - zwarcie w instalacji elektrycznej doprowadziło do strat szacowanych na 300 milionów złotych,
- Magazyn Ocado w Andover (Wielka Brytania) - zwarcie w ładowarce baterii spowodowało straty oszacowane na 110 milionów funtów, a sama akcja gaśnicza kosztowała dodatkowe 132 tysiące funtów.



Rys. 7 .Pożar katedry Notre Dam zainicjowany przez instalację elektryczną

4.2. Urazy ciała

Oddziaływanie łuku elektrycznego na organizm człowieka może prowadzić do szeregu poważnych obrażeń:

- oparzenia termiczne (do IV stopnia włącznie) spowodowane bezpośrednim działaniem wysokiej temperatury łuku,
- oparzenia wtórne spowodowane stopionymi elementami metalowymi i płonąca odzieżą,
- uszkodzenia oczu w wyniku intensywnego promieniowania świetlnego (w tym UV),
- uszkodzenia słuchu spowodowane falą dźwiękową,
- poparzenie płuc od gorącego powietrza.

Charakter urazów jest zależny od ilości uwolnionej energii, odległości od miejsca powstania łuku oraz sytuacji poprzedzającej samo zdarzenie



Rys. 8 .Poparzenia nóg przed i po

5. Standardy i regulacje

5.1. Regulacje europejskie i polskie

Świadomość zagrożeń związanych z łukiem elektrycznym znalazła odzwierciedlenie w szeregu regulacji prawnych na poziomie europejskim i krajowym:

- Dyrektywa 89/391/EEC z dnia 12 czerwca 1989 r. w sprawie wprowadzenia środków w celu poprawy bezpieczeństwa i zdrowia pracowników w miejscu pracy. Art. 6.2. wprowadza zasady ogólne dotyczące zapobiegania zagrożeniom,
- Rozporządzenie Ministra Energii z dnia 28 sierpnia 2019 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy urządzeniach energetycznych (Dz.U. z 2019 Poz. 1830),
- PN-EN 50110-1:2023 Eksploatacja urządzeń elektrycznych - Część 1: Wymagania ogólne.

5.2. Standardy międzynarodowe

Na świecie opracowano szereg norm i standardów dotyczących ochrony przed zagrożeniem łukiem elektrycznym:

- IEC 61482-2 Live working - Protective clothing against the thermal hazards of an electric arc - Part 2: Requirements Norma określa wymagania dla odzieży ochronnej stosowanej przy pracach pod napięciem, chroniącej przed zagrożeniami termicznymi łuku elektrycznego,
- IEC 61482-1-1 Prace pod napięciem -- Odzież ochronna przed zagrożeniami termicznymi spowodowanymi łukiem elektrycznym -- Część 1-1: Metody badań -- Metoda 1 -- Określanie parametrów łuku (ATPV, EBT50, ELIM) dla materiałów trudnopalnych na ubrania,
- NFPA 70E Handbook for Electrical Safety in the Workplace (wydanie 2024),
- IEEE 1584-2018 IEEE Guide for Performing Arc-Flash Hazard Calculations,
- ISSA Guide Guideline for the selection of personal protective equipment when exposed to the thermal effects of an electric fault arc (2011),
- DGUV 203-077 Thermal hazards due to electric fault arcing Guide for the selecting personal protective equipment (2021),
- EPRI-TR (2011) Raport Electrical Power Research Institute z badań dla zwarć łukowych dla sieci o napięciach powyżej 15 kV (15 do 800 kV).

5.3. Procedury i instrukcje wewnętrzne

W celu zapewnienia odpowiedniego poziomu bezpieczeństwa, w przedsiębiorstwach energetycznych stosuje się szereg instrukcji i procedur wewnętrznych:

- IOBP - Instrukcja Organizacji Bezpiecznej Pracy,
- IEUEE - Instrukcja Eksploatacji Urządzeń Elektroenergetycznych,
- IRiESD - Instrukcja Ruchu i Eksploatacji Sieci Dystrybucyjnej,
- Instrukcje stanowiskowe,
- PPN - Procedura Prac Pod Napięciem przy urządzeniach elektroenergetycznych. Zarządzanie ryzykiem.

6. Zarządzanie ryzykiem

Skuteczne zarządzanie ryzykiem związanym z łukiem elektrycznym wymaga systematycznego podejścia, obejmującego następujące etapy:



Pierwszy etap procesu zarządzania ryzykiem polega na identyfikacji potencjalnych miejsc, w których może wystąpić zagrożenie łukiem elektrycznym. Daje nam to możliwość:

- określenie poziomu energii łuku elektrycznego,
- strefy oddziaływania łuku elektrycznego (ang.Arc Flash Boundary),
- dalszych działań i rekomendacji.

Po zidentyfikowaniu poziomu zagrożeń, należy ocenić ryzyko poprzez określenie prawdopodobieństwa wystąpienia łuku elektrycznego dla poszczególnych czynności oraz prac eksploatacyjnych i nie tylko.

Hierarchia metod kontroli zagrożeń. Standard NFPA 70E wprowadza hierarchię metod kontroli zagrożeń związanych z łukiem elektrycznym, od najbardziej do najmniej efektywnych

- eliminacja zagrożenia,
- zastosowanie procedur LOTO (Lockout/Tagout),
- wykonywanie prac bez napięcia,
- zastosowanie systemów „gaszenia” łuku (Arc Quenching).

Redukcja zagrożenia

- stosowanie napięć poniżej 50V,
- ograniczanie energii zwarć (np. systemy detekcji łuku elektrycznego).

Rozwiązania techniczne

- izolowanie ludzi od zagrożenia, np. poprzez zdalne sterowanie,
- bariery i osłony łukochronne.

Rozwiązania administracyjne

- procedury prac pod napięciem (PPN),
- instrukcje organizacji bezpiecznej pracy (IOBP),
- instrukcje ruchu i eksploatacji sieci dystrybucyjnej (IriESD),
- instrukcje eksploatacji urządzeń elektroenergetycznych (IEUEE),
- programy BHP.

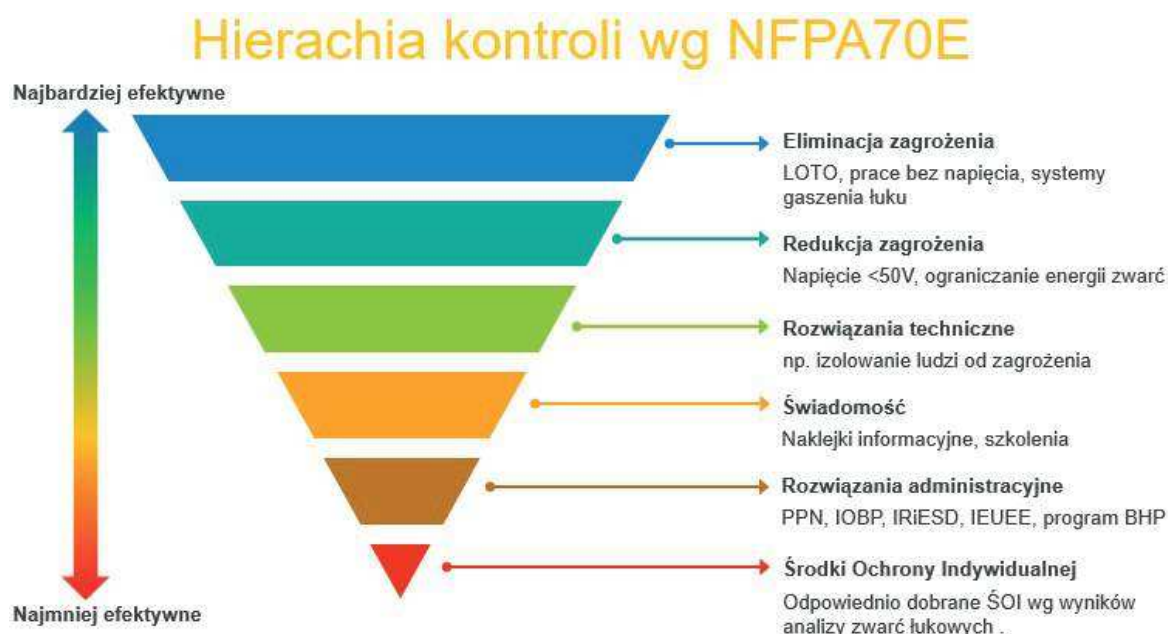
Świadomość zagrożeń

- naklejki informacyjne na urządzeniach,
- szkolenia personelu.

Środki Ochrony Indywidualnej (ŚOI)

- odpowiednio dobrane środki ochrony indywidualnej na podstawie wyników analizy zwarć łukowych.

Najskuteczniejszą formą kontroli ryzyka jest całkowita eliminacja zagrożenia. Jeśli to niemożliwe, należy stosować kombinację różnych metod kontroli, z naciskiem na te znajdujące się wyżej w hierarchii.



7. Podsumowanie

Zagrożenie łukiem elektrycznym stanowi jeden z najpoważniejszych aspektów bezpieczeństwa w kontekście eksploatacji urządzeń elektrycznych zaraz po porażeniu prądem elektrycznym. Skuteczne zarządzanie ryzykiem od porażenia prądem oraz poparzenia łukiem elektrycznym wymaga kompleksowego podejścia, obejmującego:

- właściwą identyfikację potencjalnych zagrożeń,
- dokładną analizę ryzyka z wykorzystaniem uznanych metodologii,
- wdrożenie odpowiednich środków kontroli zgodnie z hierarchią efektywności,
- zapewnienie adekwatnych środków ochrony indywidualnej,
- regularne szkolenia i podnoszenie świadomości personelu,
- monitoring i aktualizację procedur bezpieczeństwa.

Przestrzeganie norm, standardów i regulacji prawnych, w połączeniu z systematycznym podejściem do zarządzania ryzykiem, pozwala znacząco ograniczyć zagrożenie związane z łukiem elektrycznym, chroniąc zarówno personel, jak i infrastrukturę elektroenergetyczną.

Literatura

- [1] Dyrektywa Rady 89/391/EEC z dnia 12 czerwca 1989 r. w sprawie wprowadzenia środków w celu poprawy bezpieczeństwa i zdrowia pracowników w miejscu pracy
- [2] Rozporządzenie Ministra Energii z dnia 28 sierpnia 2019 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy urządzeniach energetycznych (Dz.U. z 2019 Poz. 1830)
- [3] PN-EN 50110-1:2023 Eksploatacja urządzeń elektrycznych - Część 1: Wymagania ogólne
- [4] IEC 61482-2 Live working - Protective clothing against the thermal hazards of an electric arc – Part 2: Requirements
- [5] IEC 61482-1-1 Prace pod napięciem -- Odzież ochronna przed zagrożeniami termicznymi spowodowanymi łukiem elektrycznym – Część 1-1: Metody badań
- [6] NFPA 70E Handbook for Electrical Safety in the Workplace (2021)
- [7] IEEE 1584-2018 IEEE Guide for Performing Arc-Flash Hazard Calculations
- [8] ISSA Guide (2011) Guideline for the selection of personal protective equipment when exposed to the thermal effects of an electric fault arc
- [9] DGUV 203-077 (2021) Thermal hazards due to electric fault arcing Guide for the selecting personal protective equipment
- [10] EPRI Technical Report (2011) Arc-Flash Phenomena in High Voltage Systems (15-800 kV)
- [11] Lee, R. (1982). The Other Electrical Hazard: Electric Arc Blast Burns. IEEE Transactions on Industry Applications, IA-18(3), 246-251
- [12] Hoagland, H. (2013). Arc-Flash Hazard Analysis and Mitigation. Wiley-IEEE Press
- [13] Phillips, J. (2018). Complete Guide to Arc Flash Hazard Calculation Studies. McGraw-Hill Education
- [14] Gammon, T., & Matthews, J. (2001). The Historical Evolution of Arcing-Fault Models for Low-Voltage Systems. IEEE Industry Applications Conference

Magazyny Energii – bezpieczeństwo, zarządzanie i integracja w nowoczesnej energetyce

Magazyny Energii – bezpieczeństwo, zarządzanie i integracja w nowoczesnej energetyce

Krzysztof Jamróz, Krzysztof Wybrański – ZPUE S.A.

Streszczenie

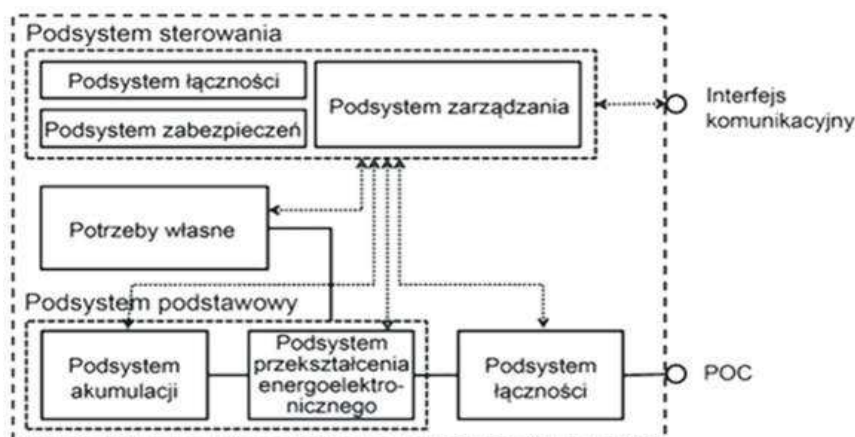
Magazyny energii są kluczowe dla transformacji energetycznej Europy, stabilizując sieci elektroenergetyczne i wspierając rozwój OZE. Poprawiają efektywność zarządzania energią i umożliwiają optymalizację kosztów. Ich bezpieczeństwo obejmuje zaawansowane zabezpieczenia fizyczne i cybernetyczne, zgodne z unijnymi regulacjami. Nowoczesne systemy zarządzania, jak SPS SOFT pro, wykorzystują sztuczną inteligencję do monitorowania i optymalizacji pracy magazynów. Integracja tych technologii wzmacnia bezpieczeństwo energetyczne i przyspiesza rozwój zrównoważonej gospodarki.

1. Wstęp

Magazyny energii stanowią dziś kluczowy element transformacji energetycznej Europy, wspierając proces dekarbonizacji oraz rozwój odnawialnych źródeł energii. Ich rola stale rośnie w kontekście dążenia Unii Europejskiej do neutralności klimatycznej i ograniczenia emisji gazów cieplarnianych [1]. Zastosowanie nowoczesnych systemów magazynowania energii umożliwia nie tylko stabilizację parametrów sieci elektroenergetycznych, ale również gwarantuje ciągłość dostaw energii w warunkach rosnącego udziału pogodozależnych źródeł odnawialnych. Dzięki ich elastyczności możliwe jest wygładzenie krzywej obciążenia dobowego, regulacja mocy biernej, stabilizacja napięcia na końcach linii energetycznej, a także optymalizacja infrastruktury przesyłowej i dystrybucyjnej. Magazyny odgrywają również istotną rolę w funkcjonowaniu rynku energii – umożliwiają arbitraż cenowy [2], uczestnictwo w rynku mocy [3], bilansującym [4] oraz w programach zarządzania popytem (DSR) [5], co czyni je integralną częścią nowoczesnej gospodarki energetycznej. Dodatkowo, magazyny energii przyczyniają się do zwiększenia efektywności energetycznej poprzez minimalizowanie strat energii i umożliwienie jej redystrybucji w optymalnych momentach. Warto podkreślić, że cena energii pochodzącej ze źródeł wytwórczych, najczęściej podłączonych do magazynów energii, zwykle jest najniższa w okresach ich największej produkcji, na przykład w słoneczne dni dla farm fotowoltaicznych czy przy silnym wietrze dla elektrowni wiatrowych. Wykorzystując tę zależność, magazynowanie energii umożliwia jej sprzedaż w czasie największych zgodnie z Towarową Giełdą Energii (TGE) [6], co pozwala na maksymalizację zysków i bardziej efektywne zarządzanie ekonomiczne produkcją energii.

2. Bezpieczeństwo fizyczne systemów magazynowania energii

Bezpieczeństwo fizyczne systemów magazynowania energii to jeden z najważniejszych aspektów ich projektowania i eksploatacji. Ryzyka związane z przegrzaniem, pożarami, wyciekami elektrolitów czy emisją niebezpiecznych gazów wymagają zastosowania odpowiednich środków prewencyjnych. Współczesne rozwiązania obejmują wykorzystanie obudów betonowych lub metalowych o podwyższonej odporności ogniowej. Beton o specjalnym składzie chemicznym, wysoka pojemność cieplna obudowy, a także zastosowanie nowoczesnych systemów chłodzenia HVAC i certyfikowanych systemów przeciwpożarowych znacząco podnoszą poziom bezpieczeństwa. Ważnym elementem są również systemy wydzielenia stref oddzielenia pożarowego oraz właściwa topologia układu wewnętrznego, które ograniczają rozprzestrzenianie się ewentualnych zagrożeń w przypadku awarii. Dodatkowo, coraz częściej stosuje się czujniki dymu, detektory gazów oraz systemy automatycznego gaszenia oparte na gazach obojętnych, co zapewnia szybkie reagowanie w sytuacjach awaryjnych i minimalizuje ryzyko uszkodzeń [7]. Podstawowy schemat budowy magazynu energii przedstawia norma dotycząca systemów magazynowania energii elektrycznej [8] (Rys. 1).

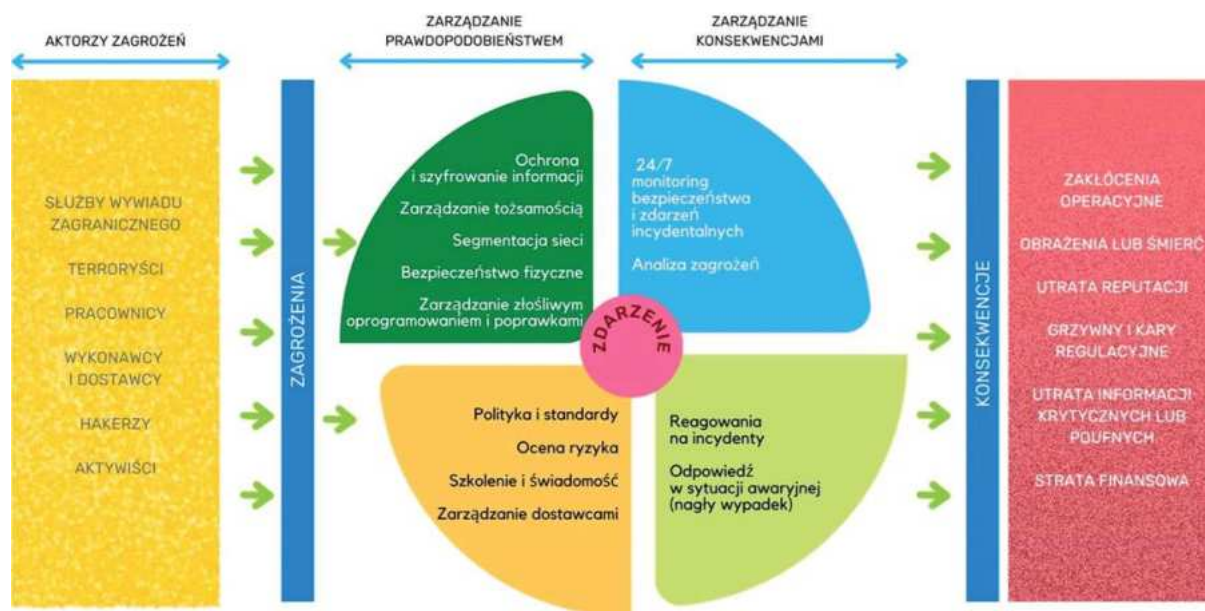


Rys. 1. Architektura magazynu energii

3. Bezpieczeństwo informatyczne magazynów energii

Nie mniej istotne jest bezpieczeństwo informatyczne magazynów energii. Systemy te, zintegrowane z sieciami informatycznymi i platformami zarządzania, są narażone na cyberataki, błędy komunikacyjne oraz potencjalne błędne sterowanie algorytmami. W odpowiedzi na rosnące zagrożenia, Unia Europejska wdrożyła dyrektywy NIS-1 i NIS-2, które znacznie podniosły wymagania w zakresie zarządzania ryzykiem oraz reagowania na incydenty cybernetyczne. Operatorzy infrastruktury krytycznej są zobowiązani do stosowania odpowiednich środków technicznych i organizacyjnych, raportowania incydentów oraz utrzymania wysokiej odporności systemów. Dodatkowym wsparciem są międzynarodowe normy ISO/IEC 27001 [9] (zarządzanie bezpieczeństwem informacji) oraz ISO 22301 [10] (zarządzanie ciągłością działania), które systematyzują procesy związane z identyfikacją zagrożeń, ochroną danych i zasobów, planowaniem reakcji na incydenty oraz ciągłym doskonaleniem procesów zabezpieczeń. Coraz większy nacisk kładzie się na cyberhigienę, szkolenia pracowników oraz wdrażanie wielopoziomowych zabezpieczeń dostępu. Stosowanie się do norm i przepisów w tej dziedzinie jest kluczowe, ponieważ pozwala skutecznie minimalizować ryzyko cyberzagrożeń, które mogą wpływać na bezpieczeństwo energetyki, będącej jednym z fundamentów infrastruktury krytycznej.

PRZYKŁADY CYBERZAGROŻEŃ W ENERGETYCE



Rys. 2. Przykłady cyberzagrożeń w energetyce [11]

4. Nowoczesne systemy magazynowania energii ZPUE S.A.

Nowoczesne systemy magazynowania energii, charakteryzują się konstrukcją zgodną z obowiązującymi normami, zapewniającą bezpieczeństwo i efektywność. Obudowy wykonane z odpornych materiałów, takich jak stal nierdzewna i beton ogniotrwały, chronią urządzenia przed uszkodzeniami mechanicznymi i ekstremalnymi warunkami zewnętrznymi. Wysokiej jakości przekształtniki energii (PCS), zapewniają efektywną konwersję energii minimalizując straty i obligatoryjnie muszą spełniać kodeks sieciowy obowiązujący w Polsce [12]. Baterie litowo-jonowe są podstawowym i najbardziej skomercjalizowanym zasobnikiem energii. Instalowane w szafach rakowych oraz kontenerach bateryjnych, gwarantują dużą gęstość energii i żywotność. Systemy chłodzenia, w tym klimatyzatory HVAC i wentylacja naturalna, utrzymują optymalną temperaturę, zapobiegając przegrzaniu. Dodatkowo, magazyny wyposażone są w zaawansowane systemy gaszenia pożaru, oparte na gazach obojętnych oraz detektory gazów i czujniki dymu, zapewniając szybkie wykrywanie zagrożeń. Wszystkie te elementy są zaprojektowane zgodnie z obowiązującymi normami, co zapewnia bezpieczeństwo, niezawodność i zgodność z wymaganiami współczesnych systemów energetycznych [13].



Rys. 3. Inteligentny magazyn energii z instalacją OZE i stacją ładowania prod. ZPUE SA

5. Zaawansowane systemy zarządzania energią ZPUE S.A.

W praktyce wdrożeniowej w Europie wykorzystywane są różnorodne typy magazynów energii – od niewielkich instalacji domowych i przemysłowych, przez kontenerowe systemy bateryjne, aż po wielkoskalowe jednostki przyłączane do sieci przesyłowej lub współpracujące z farmami PV i wiatrowymi. Kluczowym elementem zarządzania magazynami energii jest zaawansowany system SPS SOFT pro. System ten oferuje pełną integrację z systemami zarządzania bateriami (BMS) oraz platformami typu SCADA, umożliwiając kompleksowe monitorowanie, analizę oraz sterowanie parametrami pracy instalacji. SPS SOFT pro wyposażony jest w interaktywne interfejsy użytkownika, które wizualizują strukturę systemu, bieżące stany urządzeń oraz trendy pracy w czasie rzeczywistym. Dodatkowo, system zapewnia dostęp do dynamicznych diagramów jednokreskowych (SLD), modułów alarmowych oraz diagnostycznych, które pozwalają na szybką identyfikację i reagowanie na ewentualne problemy.



Algorytmy sztucznej inteligencji wbudowane w SPS SOFT pro wspierają procesy prognozowania produkcji energii ze źródeł odnawialnych podłączonych do magazynu, analizę zużycia oraz bardzo precyzyjne przewidywanie cen energii na dzień w przód, co umożliwia optymalne zarządzanie energią i zwiększenie efektywności operacyjnej. SPS SOFT pro posiada także rozbudowane moduły wizualizacji zdarzeń i alarmów, które umożliwiają bieżące monitorowanie wszystkich istotnych zmian w systemie, takich jak awarie, zmiany parametrów pracy, logowania użytkowników oraz inne zdarzenia operacyjne. Każdy alarm klasyfikowany jest według priorytetu, co ułatwia operatorom szybkie rozpoznanie i reagowanie na sytuacje krytyczne. System oferuje również zaawansowane wykresy, które prezentują dane w czasie rzeczywistym oraz umożliwiają analizę historycznych parametrów pracy magazynów, takich jak moc, napięcie, prąd czy poziom naładowania baterii, ułatwiając tym samym optymalizację i efektywne zarządzanie energią [13].

6. Podsumowanie

Integracja magazynów energii z europejską infrastrukturą energetyczną to nie tylko kwestia techniczna, ale również strategiczna. Wspierają one niezależność energetyczną regionów, poprawiają elastyczność systemów elektroenergetycznych i umożliwiają lepsze zarządzanie zasobami w czasie kryzysów. Ich rozwój jest kluczowy w kontekście transformacji w kierunku systemów zdecentralizowanych, opartych na lokalnych źródłach OZE, które wymagają zaawansowanego wsparcia w zakresie bilansowania i bezpieczeństwa. W nadchodzących latach magazyny energii będą jednym z filarów nowoczesnej energetyki europejskiej, zapewniając nie tylko efektywność i niezawodność, ale również bezpieczeństwo energetyczne w zmieniającym się świecie. Rozwój technologii magazynowania energii, wsparcie legislacyjne oraz zwiększająca się dostępność funduszy unijnych stanowią solidną podstawę dla dynamicznego wzrostu tego sektora. Integracja technologii cyfrowych, automatyzacji oraz nowoczesnych standardów zarządzania sprawia, że magazyny energii stają się nieodzownym ogniwem europejskiej sieci energetycznej przyszłości.

Literatura

- [1] Rozporządzenie (UE) 2021/1119 Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 30 czerwca 2021 r. w sprawie Europejskiego Prawa Klimatycznego
- [2] Nowelizacja Prawa energetycznego została wprowadzona ustawą z dnia 17 sierpnia 2023 r. o zmianie ustawy – Prawo energetyczne oraz niektórych innych ustaw (Dz.U. 2023 poz. 1681)
- [3] Ustawa z dnia 8 grudnia 2017 r. o rynku mocy
- [4] Warunki Dotyczące Bilansowania Energii Elektrycznej (WDB) wprowadzone dnia 14 czerwca 2024 r.
- [5] Rozporządzenie (UE) nr 943/2019 dotyczące rynku wewnętrznego energii elektrycznej, wprowadzone dnia 1 lipca 2020 r.
- [6] Towarowa giełda energii - <https://www.tge.pl/>
- [7] Wymagania dotyczące instalacji, bezpieczeństwa i działania systemów magazynowania energii – PN-EN IEC 62933-5-2:2024
- [8] Systemy magazynowania energii - IEC 62933-2-1:2020-12
- [9] Systemy zarządzania bezpieczeństwem informacji - ISO 27001:2023-08
- [10] Systemy zarządzania ciągłością działania - ISO 22301:2019
- [11] Ilustracja z portalu <https://e-magazyny.pl/cyberzagrozenia-w-energetyce> na podstawie książki pt. "Security Risk Management Body of Knowledge" (autorzy: Julian Talbot, Miles Jakeman, 2009)
- [12] UE (2016). Rozporządzenie Komisji (UE) 2016/631 z dnia 14 kwietnia 2016 r. ustanawiające kodeks sieci dotyczący wymogów w zakresie przyłączenia jednostek wytwórczych do sieci
- [13] Strona producenta - <https://zpue.pl/magazyny-energii>

Centralny system zarządzania obiektami OZE - ECONTROLoze

Centralny system zarządzania obiektami OZE – ECONTROLoZe

Tomasz Szumski - SPIE Energotest

Streszczenie

Referat przedstawia system ECONTROLoZe – nowoczesne i kompleksowe rozwiązanie opracowane przez SPIE Energotest, przeznaczone do zarządzania obiektami odnawialnych źródeł energii (OZE). System umożliwia zdalny nadzór, sterowanie oraz optymalizację pracy instalacji takich jak farmy fotowoltaiczne, wiatrowe, biogazownie, magazyny energii i inne układy elektroenergetyczne. Dzięki integracji z prognozami pogody oraz danymi rynkowymi, ECONTROLoZe wspiera dynamiczne dostosowywanie pracy obiektów do zmieniających się warunków technicznych i ekonomicznych. System wyróżnia się skalowalnością, zaawansowaną funkcjonalnością oraz zgodnością z europejskimi standardami, oferując użytkownikom znaczące korzyści operacyjne i finansowe. Stanowi efektywne narzędzie dla operatorów poszukujących niezawodnych rozwiązań w zarządzaniu rozproszoną infrastrukturą OZE.

1. Wstęp

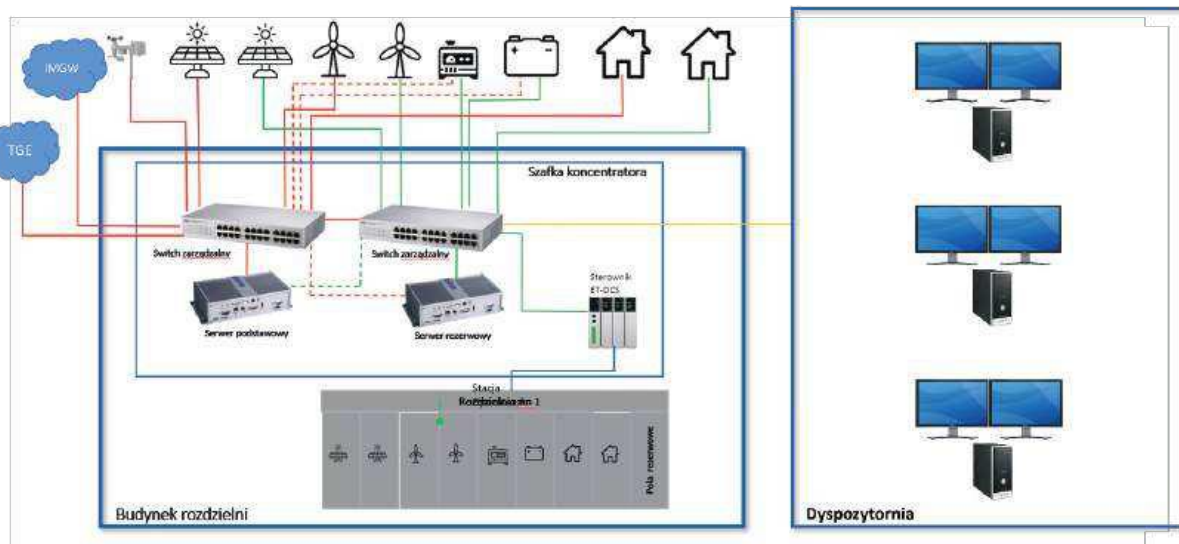
SPIE Energotest od ponad 30 lat świadczy kompleksowe usługi w zakresie projektowania oraz wdrażania zaawansowanych systemów sterowania i nadzoru dla układów elektroenergetycznych.

ECONTROLplus to uznany i sprawdzony system wizualizacji i sterowania, z powodzeniem wdrożony w dziesiątkach obiektów energetyki zawodowej oraz przemysłowej. Dzięki swojej niezawodności i elastyczności zdobył zaufanie czołowych przedsiębiorstw z sektora energetycznego.

Bazując na wieloletnim doświadczeniu oraz dogłębnej analizie specyfiki i potrzeb rynku odnawialnych źródeł energii (OZE), opracowaliśmy oraz wdrożyliśmy system ECONTROLoZe – innowacyjny system dedykowany do kompleksowego zarządzania i sterowania obiektami OZE. System ten łączy w sobie nowoczesne technologie z praktycznymi rozwiązaniami, odpowiadając na rosnące wymagania w zakresie automatyzacji i optymalizacji pracy odnawialnych źródeł energii.

System ECONTROLoZe umożliwia efektywne zarządzanie i sterowanie takimi obiektami jak:

- klastry energii – integracja i koordynacja pracy rozproszonych źródeł w ramach lokalnych klastrów energetycznych,
- farmy fotowoltaiczne – monitorowanie, sterowanie i optymalizacja produkcji z energii słonecznej,
- farmy wiatrowe – bieżąca kontrola parametrów pracy turbin oraz dostosowanie ich działania do warunków rynkowych i pogodowych,
- elektrownie wodne – pełen monitoring oraz sterowanie, w tym kontrola przepływu, poziomu wody, pracy turbin i optymalizacja procesów wytwarzania energii,
- magazyny energii – automatyczne zarządzanie procesami ładowania i rozładowywania w oparciu o aktualne ceny energii,
- magazyny ciepła – kontrola i optymalizacja przechowywania oraz wykorzystywania energii cieplnej,
- pompy ciepła – zdalne sterowanie i monitorowanie efektywności pracy urządzeń,
- biogazownie – pełna kontrola procesu produkcji energii z biogazu, w tym zarządzanie parametrami wytwarzania i dystrybucji,
- układy kogeneracji/trigeneracji – efektywne zarządzanie równoczesną produkcją energii elektrycznej, cieplnej oraz chłodu,
- stacje GPZ/GPO (Główne Punkty Zasilania/ Odbioru) – nadzór nad kluczowymi punktami przyłączenia do sieci elektroenergetycznej,
- układy elektroenergetyczne – kompleksowe sterowanie i monitoring złożonych systemów energetycznych.



Rys. 1. System ECONTROLoZe – zarządzanie Klastrem Energii

2. Funkcjonalności systemu

System ECONTROLoZe oferuje szeroki zakres funkcjonalności, zapewniając kompleksowe wsparcie w zakresie monitorowania, sterowania oraz analizy procesów technologicznych. Kluczowe cechy systemu obejmują:

Wizualizacja i monitorowanie:

- prezentacja w czasie rzeczywistym stanu pracy każdego nadzorowanego układu, umożliwiającą szybką ocenę sytuacji,
- automatyczne kolorowanie linii, ułatwiające identyfikację stanu poszczególnych urządzeń i połączeń,
- płynne skalowanie ekranów, zapewniające wygodne dostosowanie widoku do poziomu szczegółowości.

Akwizycja i archiwizacja danych:

- rejestracja i przechowywanie danych pomiarowych z urządzeń oraz procesów sterowania,
- archiwizacja wszystkich działań operatorów oraz wprowadzanych wartości zadanych,
- precyzyjna i szybka lokalizacja alarmów oraz ich źródła, z możliwością przeglądu historii zdarzeń.

Sterowanie i automatyzacja:

- implementacja zaawansowanych algorytmów sterowania, układów regulacji oraz blokad bezpieczeństwa,
- synchronizacja wszystkich urządzeń z wzorcem czasu GPS, zapewniająca spójność czasową w rejestracji zdarzeń.

Dostępność i integracja:

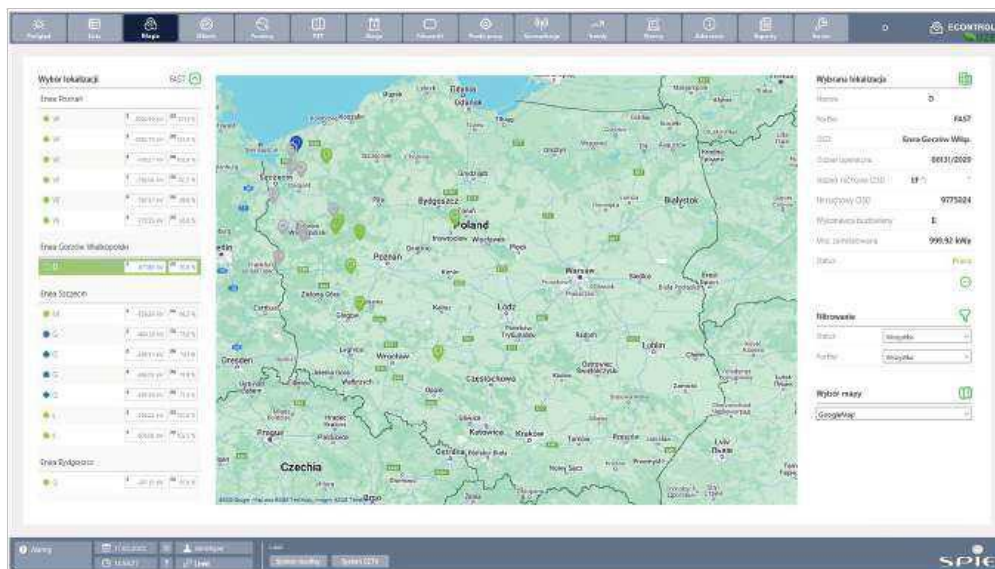
- możliwość zdalnego dostępu do systemu poprzez przeglądarkę WWW lub urządzenia mobilne (tablet, smartfon), co zwiększa elastyczność zarządzania,
- możliwość podpinania dokumentacji (np. DTR, instrukcje obsługi, projekty) do dowolnego elementu systemu (np. stacji, rozdzielnic, pól, konkretnego urządzenia), co ułatwia szybki dostęp do niezbędnych informacji.

Diagnostyka i analiza:

- diagnostyka sieci komunikacyjnej, umożliwiająca wykrywanie i rozwiązywanie problemów z transmisją danych,
- szczegółowa analiza danych i raportowanie na podstawie zgromadzonych informacji,
- generowanie automatycznych raportów z kluczowych parametrów procesu, w tym raportów alarmowych, eksploatacyjnych i statystycznych.

Personalizacja i komfort użytkowania:

- obsługa wielu języków (wielojęzyczność) pozwalająca na dostosowanie interfejsu do preferencji użytkowników,
- wsparcie dla trybu ciemnego (motywu kontrastowego), zwiększające komfort pracy w różnych warunkach oświetleniowych.



Rys. 2. System ECONTROLoze – Topologiczne rozmieszczenie obiektów OZE

Funkcjonalności zaimplementowane w systemie oraz jego ergonomia zapewniają użytkownikowi szybki i przejrzysty podgląd na bieżący stan wszystkich jego źródeł wytwórczych.

Dzięki intuicyjnemu interfejsowi oraz zaawansowanym mechanizmom monitorowania użytkownik otrzymuje:

Natychmiastowy dostęp do kluczowych informacji:

- aktualna moc generowana przez każde źródło,
- status operacyjny (np. praca, redukcja mocy, alarmy),
- parametry pomiarowe (napięcie, prąd, moc czynna/bierna, częstotliwość),
- komunikaty o awariach i nieprawidłowościach w czasie rzeczywistym.

Scentralizowany podgląd wielu obiektów:

- jedno miejsce do zarządzania wszystkimi źródłami OZE – farmami PV, farmami wiatrowymi, magazynami energii, biogazowniami i innymi instalacjami.
- możliwość grupowania obiektów według wybranych kryteriów (typ obiektu, lokalizacja, portfel).

Szybka reakcja na zmiany i sytuacje awaryjne:

- natychmiastowe generowanie alarmów oraz wykrywanie odchyłeń,
- możliwość zdalnego sterowania (zmiana nastaw, wyłączenie/włączenie obiektu) bez potrzeby fizycznej obecności na miejscu.

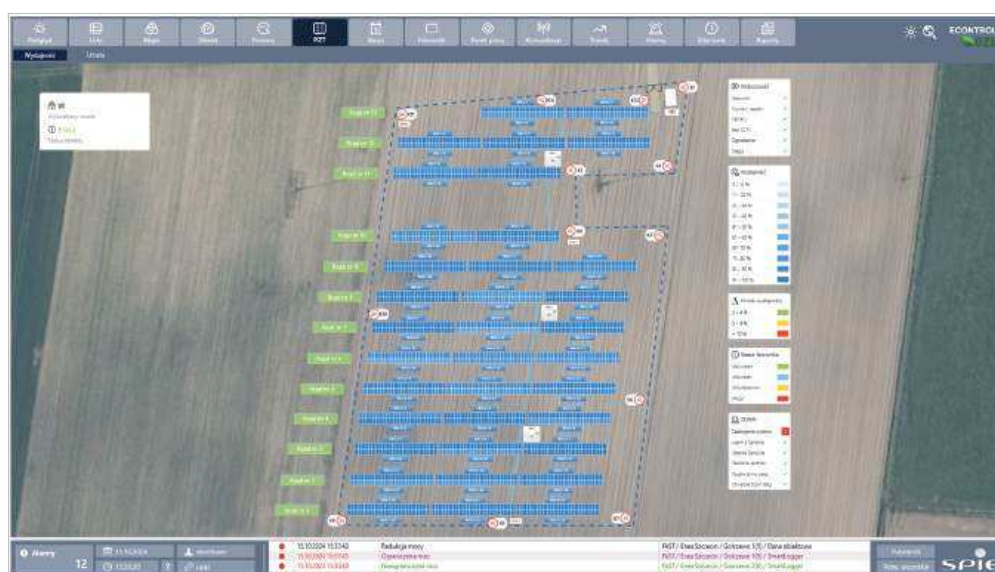
Przyjazny i czytelny interfejs użytkownika:

- wizualizacja danych w formie tabel, wykresów i map ułatwiająca analizę,
- personalizacja widoków – użytkownik może dostosować prezentowane informacje do własnych potrzeb.

Dzięki tym funkcjonalnościom system ECONTROLoze zwiększa efektywność zarządzania rozproszonymi źródłami energii, umożliwia podejmowanie szybkich decyzji oraz minimalizuje czas reakcji na sytuacje krytyczne.



Rys. 3. System ECONTROLoze – Farma PV



Rys. 4. System ECONTROLoze – Plan Zagospodarowania Terenu

Wszystkie obiekty OZE mogą być pogrupowane według różnych kryteriów, takich jak:

Typ obiektu – klasyfikacja według rodzaju instalacji:

- farmy wiatrowe,
- farmy fotowoltaiczne (PV),
- magazyny energii,
- biogazownie,
- elektrownie wodne,
- inne układy elektroenergetyczne (np. GPO/GPZ, systemy hybrydowe).

Pakiet/Portfel – grupowanie według strategii sprzedaży i umów handlowych:

- obiekty sprzedające energię w ramach kontraktów typu **PPA** (Power Purchase Agreement),
- grupy farm przypisane do określonych partnerów biznesowych lub odbiorców końcowych,
- portfele projektów zarządzane w ramach jednego podmiotu lub klastra energii.

Obszar – podział według lokalizacji lub zasięgu administracyjnego:

- lokalni OSD (Operatorzy Systemów Dystrybucyjnych), do których obiekty są fizycznie przyłączone,
- regiony geograficzne (np. kraj, województwo).

Inne kryteria według indywidualnych potrzeb użytkownika – elastyczne dostosowanie grupowania do specyficznych wymagań, takich jak:

- wydajność produkcji (np. obiekty o wysokiej lub niskiej efektywności),
- status operacyjny (np. obiekty aktywne, w konserwacji, w budowie),
- właściciel lub operator obiektu,

- rodzaj sterowania (automatyczne/manualne).

Takie podejście umożliwia użytkownikowi systemu ECONTROLoZe:

- szybkie filtrowanie i zarządzanie dużą liczbą obiektów,
- optymalizację procesów decyzyjnych w zależności od specyfiki danej grupy,
- automatyczne wykonywanie operacji na wielu obiektach jednocześnie (np. zmiana nastaw, monitorowanie KPI),
- łatwiejsze generowanie raportów i analiz zgodnych z wymaganiami biznesowymi i regulacyjnymi.

Rys. 5. System ECONTROLoZe – Lista obiektów OZE

Wszystkie wyświetlane obiekty mają oznaczony kolorem bieżący status, który może przyjąć jedną z następujących wartości:

- praca – obiekt działa prawidłowo, generując energię zgodnie z ustalonymi parametrami,
- redukcja mocy – obiekt pracuje z ograniczoną mocą na skutek polecenia OSD, automatycznych reguł systemu lub ręcznej interwencji użytkownika,
- alarm z generacją – obiekt generuje energię, jednak wystąpiły nieprawidłowości wymagające uwagi, np. częściowa awaria lub przekroczenie parametrów pracy,
- alarm bez generacji – obiekt nie produkuje energii z powodu wykrytych problemów technicznych lub innych nieprawidłowości,
- brak komunikacji – system nie otrzymuje danych z obiektu, co może wskazywać na awarię łączności lub wyłączenie urządzeń.

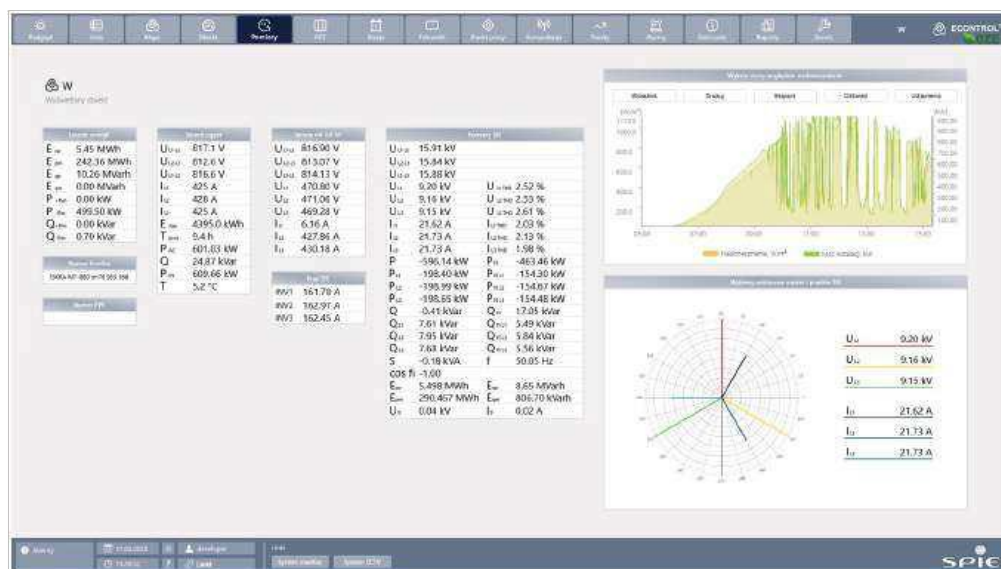
System ECONTROLoZe monitoruje każdy obiekt w zakresie:

- bieżąca produkcja – ciągły pomiar i prezentacja aktualnej mocy wytwarzanej przez obiekt OZE,
- pomiary – zbieranie i analiza kluczowych parametrów, takich jak napięcie, prąd, moc czynna i bierna, częstotliwość itp.,
- statusy – monitoring stanu pracy obiektu, w tym informacji o normalnej pracy, redukcji mocy, alarmach lub braku komunikacji,
- alarmy – wykrywanie i raportowanie nieprawidłowości, takich jak awarie urządzeń, przekroczenie parametrów pracy czy utrata łączności,
- lokalne warunki pogodowe – integracja z czujnikami i lokalnymi stacjami pogodowymi w celu monitorowania nasłonecznienia, prędkości wiatru, temperatury i innych istotnych parametrów,
- współczynniki jakości (KPI) – analiza kluczowych wskaźników wydajności (np. dostępność obiektu, efektywność produkcji),
- utrata wydajności paneli – identyfikacja spadków efektywności paneli fotowoltaicznych w wyniku zanieczyszczenia, starzenia lub awarii,
- stan systemów teletechnicznych – bieżąca kontrola i diagnostyka systemów wspierających obiekt, takich jak:
 - SSWiN (System Sygnalizacji Włamania i Napadu),
 - HVAC (systemy ogrzewania, wentylacji i klimatyzacji),
 - CCTV (systemy monitoringu wizyjnego),
 - UPS (zasilacze awaryjne).
- układy oraz urządzenia elektroenergetyczne – monitorowanie stanu pracy transformatorów, falowników, rozdzielnic oraz innych elementów infrastruktury energetycznej,

-

[illegible]

16.6



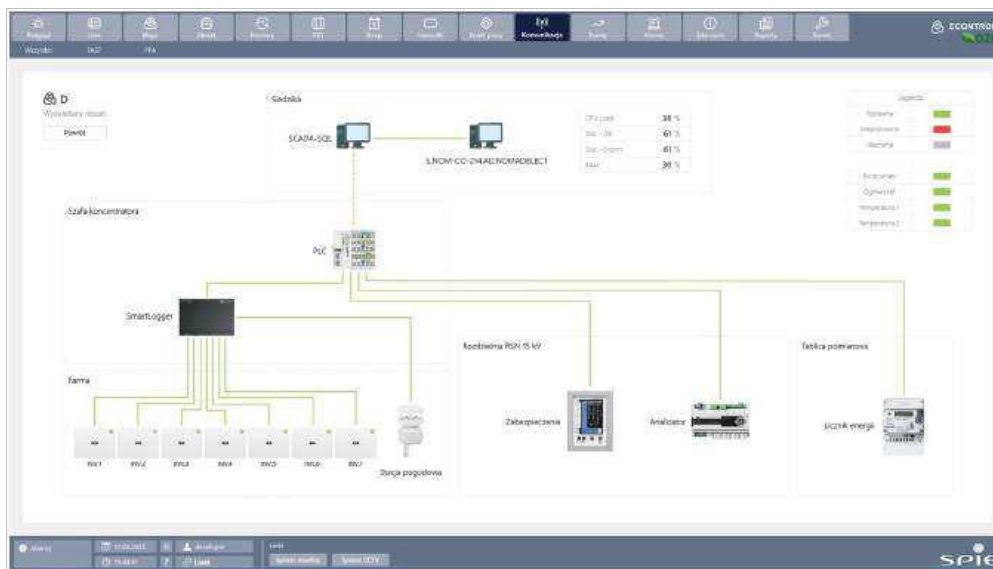
Rys. 8. System ECONTROLoze – Wyprowadzenie Mocy - Pomiary



Rys. 9. System ECONTROLoze – Monitoring Punktu Pracy paneli PV



Rys. 10. System ECONTROLoze – Monitoring komunikacji obiektów OZE z OSD



Rys. 11. System ECONTROLze – Monitoring komunikacji lokalnie

System ECONTROLze oferuje zaawansowane i rozbudowane funkcjonalności umożliwiające kompleksowe zarządzanie obiektami OZE w zakresie produkcji energii.

System oferuje funkcjonalność regulacji mocy czynnej, umożliwiając precyzyjne dostosowanie poziomu wytwarzanej energii do aktualnych potrzeb sieci oraz wymagań operatora systemu lub użytkownika. Dodatkowo, ECONTROLze wspiera automatyczną regulację mocy biernej, co przekłada się na poprawę jakości energii oraz ograniczenie kosztów związanych z wprowadzaniem mocy biernej do sieci.

Podstawowa funkcjonalność systemu pozwala użytkownikowi na wprowadzanie nastaw mocy czynnej i mocy biernej dla całego obiektu (np. farmy wiatrowej, farmy PV).

Użytkownik ma również możliwość zmiany nastaw lub odstawienia poszczególnych układów wchodzących w skład obiektu OZE – takich jak wybrana turbina wiatrowa, stacja trafo, smartlogger czy falownik.



Rys. 12. System ECONTROLze – Sterowanie Mocą Czynną oraz Bierną

System oferuje możliwość pracy w ramach rynku bilansującego, co pozwala na aktywne uczestnictwo w procesach stabilizacji krajowego systemu elektroenergetycznego. Dzięki integracji z mechanizmami rynku bilansującego, system może dynamicznie dostosowywać swoją pracę do aktualnych potrzeb operatora sieci, zarówno poprzez regulację mocy czynnej, jak i poprzez reagowanie na sygnały dotyczące niedoboru lub nadwyżki energii w systemie. Rozwiązanie to umożliwia nie tylko wsparcie stabilności sieci, ale także generowanie dodatkowych przychodów dla właściciela instalacji poprzez świadczenie usług bilansujących.

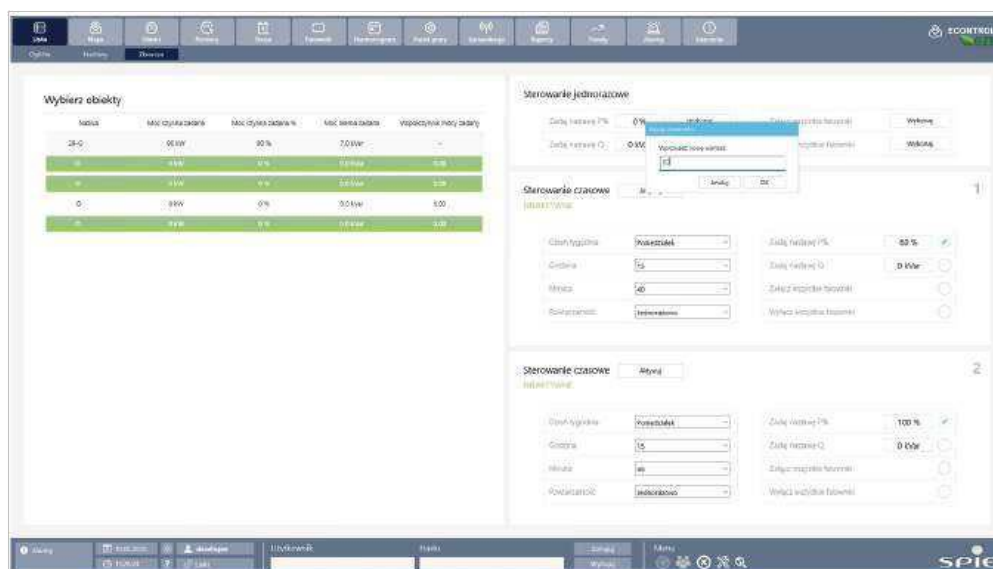
Sterowanie całymi obiektami (farmami) może odbywać się zarówno indywidualnie, jak i grupowo. System ECONTROLze umożliwia użytkownikowi jednocześnie wprowadzanie nowych nastaw dotyczących produkcji energii (a także pełne włączenie lub wyłączenie) dla dowolnej liczby obiektów OZE. Wystarczy

zaznaczyć na liście wybrane obiekty, wprowadzić odpowiednie parametry i wysłać rozkaz, co znacznie upraszcza proces zarządzania.

Zmiana nastaw w wybranych obiektach może odbywać się również w sposób automatyczny, zgodnie z wcześniej przygotowanymi harmonogramami. W tym przypadku użytkownik, oprócz wyboru obiektów i określenia wartości nastaw, wskazuje także daty i godziny, w których system ma automatycznie przesłać polecenia do wybranych obiektów. Przykładowo, użytkownik może zaplanować, o której godzinie obiekty mają zredukować produkcję i w jakim zakresie, a także kiedy powinny przywrócić pełną moc.

Funkcjonalność ta znajduje zastosowanie m.in. w sytuacjach, gdy Operator Systemu Dystrybucyjnego (OSD) wymaga czasowej redukcji produkcji. Może być również wykorzystywana przez użytkownika w celu minimalizacji strat w przypadku ujemnych cen energii, umożliwiając szybkie i precyzyjne reagowanie na zmieniające się warunki rynkowe.

Automatyzacja zwiększa efektywność zarządzania i minimalizuje ryzyko błędów operacyjnych.



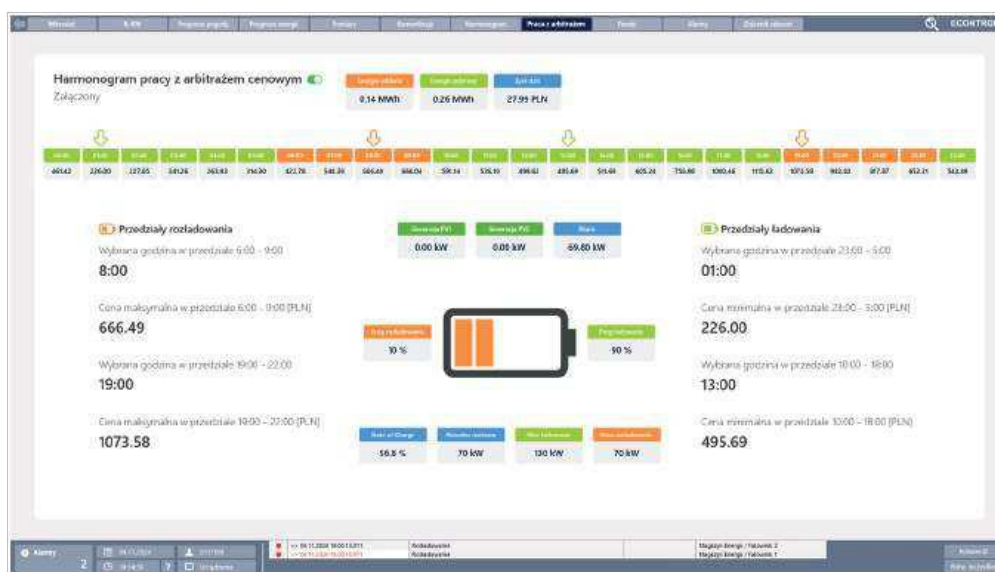
Rys. 13. System ECONTROLze – Grupowe sterowanie obiektami OZE

3. Optymalizacja pracy źródeł OZE

System, na podstawie prognoz pogody pobieranych z zewnętrznych serwisów (np. IMGW) oraz dzięki informacjom o cenach energii pochodzącym z Towarowej Giełdy Energii (Rynek Dnia Następnego) ma wiele możliwości sterowania posiadanymi obiektami OZE w celu optymalizacji ich pracy oraz umożliwia dynamiczne dostosowanie strategii produkcji energii do aktualnych warunków rynkowych, co przekłada się na szereg korzyści:

- dokładne prognozowanie produkcji: precyzyjna analiza prognoz pogodowych (nasłonecznienie, prędkość wiatru, temperatura) umożliwia określenie przewidywanej generacji energii w różnych przedziałach czasowych,
- optymalizacja zarządzania energią: użytkownik może lepiej planować procesy związane z magazynowaniem i dystrybucją energii, dostosowując produkcję do oczekiwanego zapotrzebowania i sytuacji rynkowej,
- maksymalizacja zysków: możliwość zwiększenia przychodów poprzez sprzedaż energii w okresach najwyższych cen oraz ograniczenie produkcji w czasie ujemnych cen,
- optymalizacja pracy obiektów: automatyczne dostosowywanie parametrów pracy instalacji OZE (np. mocy czynnej i biernej) pozwala na efektywne zarządzanie procesami w czasie rzeczywistym,
- redukcja kosztów operacyjnych: automatyzacja procesów minimalizuje potrzebę ręcznej interwencji, co zmniejsza koszty obsługi i konserwacji,
- integracja z magazynami energii: w przypadku obiektów wyposażonych w magazyny energii system umożliwia automatyczne ładowanie w godzinach niskich cen i oddawanie energii do sieci, gdy ceny są najwyższe,
- lepsza przewidywalność i planowanie: dzięki analizie danych i predykcji użytkownik może lepiej planować produkcję i reagować na zmiany na rynku energii,
- zwiększenie elastyczności operacyjnej: możliwość ręcznego lub automatycznego sterowania wieloma obiektami jednocześnie, zarówno indywidualnie, jak i grupowo,
- redukcja strat finansowych: wczesne wykrywanie okresów niskiej produkcji pozwala na podjęcie działań prewencyjnych, takich jak przełączenie na inne źródła energii lub optymalizacja zużycia,

- zwiększenie efektywności handlowej: dokładne prognozy umożliwiają lepsze planowanie sprzedaży energii na rynku i korzystanie z najbardziej opłacalnych przedziałów cenowych,
- automatyzacja procesów decyzyjnych: system może automatycznie uruchamiać procedury, takie jak ładowanie magazynów energii lub redukcja produkcji, w zależności od prognozowanych warunków,
- spełnianie wymogów regulacyjnych: dokładne prognozy ułatwiają realizację obowiązków związanych z dostarczaniem informacji o planowanej produkcji do Operatorów Systemów Dystrybucyjnych (OSD) i Operatora Systemu Przesyłowego (OSP).



Rys. 14. System ECONTROLoZe – Magazyn Energii – Arbitraż cenowy

4. Korzyści finansowe

Szerokie kompetencje specjalistów SPIE Energotest pozwalają na wdrażanie systemu ECONTROLoZe zarówno w istniejących i działających obiektach, jak i w tych nowo budowanych.

W przypadku działających już obiektów (szczególnie małych farm PV) często spotykamy się z sytuacją, w której sterowanie obiektem odbywa się "manualnie" – poprzez ręczne wprowadzanie nastaw bezpośrednio w falownikach. Zabudowane na obiekcie koncentratory i układy telemechaniki nie posiadają możliwości zdalnego sterowania obiektem (wprowadzania nastaw) ani z poziomu systemu SCADA operatora sieci, ani z poziomu systemu SCADA użytkownika. System ECONTROLoZe eliminuje te ograniczenia, umożliwiając zdalne zarządzanie i automatyzację procesów sterowania.

SPIE Energotest, bazując na doświadczeniu i wiedzy swoich pracowników, podejmuje się modyfikacji oprogramowania w istniejących sterownikach i koncentratorach telemechaniki (*), dzięki czemu uzyskujemy możliwość pełnego i przede wszystkim wygodnego (zautomatyzowanego) sterowania obiektem z poziomu systemu ECONTROLoZe.

Dzięki tym modyfikacjom użytkownik zyskuje:

- automatyzację i zdalne sterowanie – eliminację konieczności ręcznej obsługi falowników,
- integrację z systemem SCADA – możliwość bezpośredniego wprowadzania nastaw i monitorowania parametrów pracy obiektu,
- optymalizację pracy obiektów – zwiększenie efektywności i dostosowanie produkcji do bieżących warunków rynkowych i technicznych,
- redukcję kosztów operacyjnych – minimalizacja potrzeby fizycznej interwencji w obiekcie.

(*) Modyfikacja oprogramowania w istniejących koncentratorach i sterownikach telemechaniki oraz jej zakres są uzgadniane pomiędzy stronami na etapie przedofertowym i zależą głównie od typu urządzeń oraz dostępności kodów źródłowych.

System spełnia najwyższe standardy w zakresie cyberbezpieczeństwa, co zapewnia ochronę przed nieautoryzowanym dostępem oraz minimalizuje ryzyko zakłóceń w pracy instalacji. Rozwiązanie zostało zbudowane w oparciu o platformę zgodną z wymaganiami normy IEC 62443-3-1, która określa najlepsze praktyki w zakresie bezpieczeństwa systemów automatyki przemysłowej i infrastruktury krytycznej. Dzięki temu system gwarantuje nie tylko bezpieczną komunikację i ochronę danych, ale również odporność na zagrożenia wynikające z dynamicznie zmieniającego się krajobrazu cyberataków.

W przypadku nowo budowanych obiektów SPIE Energotest oferuje swoje usługi jako projektant oraz dostawca kompletnych układów telemechaniki i lokalnych systemów SCADA.

Dzięki kompleksowemu podejściu, w sytuacji, gdy SPIE Energotest odpowiada za dostawę układów telemechaniki, Inwestor zyskuje pewność, że zakres danych przekazywanych z obiektu do systemu ECONTROLoże obejmie wszystkie układy i podsystemy zabudowane na obiekcie. Przekłada się to na pełne wykorzystanie potencjału systemu oraz jego optymalną integrację.

Już na etapie realizacji inwestor odnosi wymierne korzyści finansowe, wynikające z synergii wdrażanych rozwiązań, do których należą:

- standaryzacja rozwiązań – jednolite, sprawdzone technologie zwiększające niezawodność systemu,
- bezpośrednia integracja lokalnych systemów SCADA z systemem ECONTROLoże, co pozwala na płynne i efektywne zarządzanie obiektami,
- redukcja czasu i kosztów przy włączaniu kolejnych obiektów, dzięki zoptymalizowanym procesom wdrożeniowym,
- ograniczenie liczby podwykonawców, co minimalizuje ryzyko koordynacyjne i obniża koszty operacyjne,
- przygotowanie dokumentacji projektowej oraz uzgodnień z OSD realizowane w pełni przez SPIE Energotest, co odciąża inwestora.

Po pełnym wdrożeniu systemu ECONTROLoże użytkownik nadal czerpie dodatkowe korzyści finansowe, wynikające z:

- utrzymania oraz rozwoju (upgrade) jednego systemu zamiast wielu, co upraszcza zarządzanie i obniża koszty eksploatacyjne,
- jednej umowy serwisowej, obejmującej zarówno układy telemechaniki, lokalne systemy SCADA, jak i nadrzędny system zarządzania ECONTROLoże,
- zmniejszenia konieczności utrzymywania dużego magazynu części zamiennych, co przekłada się na optymalizację kosztów operacyjnych.

SPIE Energotest w dostarczanych układach telemechaniki implementuje zaawansowane algorytmy wspierające nowoczesne zarządzanie infrastrukturą elektroenergetyczną oraz integrację źródeł OZE.

Do kluczowych funkcjonalności systemów należą:

- strażnik mocy (Power Guard) — algorytm odpowiada za monitorowanie oraz kontrolę poziomu mocy oddawanej do sieci, zapewniając automatyczną ochronę przed przekroczeniem ustalonych limitów mocy umownej. Rozwiązanie to zwiększa bezpieczeństwo pracy instalacji, stabilizuje parametry sieci i pozwala unikać kosztownych kar za przekroczenia mocy,
- cable pooling — mechanizm umożliwiający współdzielenie infrastruktury kablowej przez kilka źródeł energii, np. farmy wiatrowe i instalacje fotowoltaiczne, co pozwala na optymalizację wykorzystania istniejących zasobów sieciowych i redukcję kosztów inwestycyjnych.
- oversizing — koncepcja przewymiarowania mocy zainstalowanych paneli fotowoltaicznych względem mocy przyłączeniowej, co pozwala maksymalizować uzyski energii w ciągu roku, szczególnie w warunkach niskiego nasłonecznienia, oraz zoptymalizować pracę całej instalacji pod kątem wydajności i zwrotu z inwestycji.

Oferowane przez SPIE Energotest rozwiązania są w pełni zgodne z wymogami określonymi w kodeksach sieciowych NC RfG, co gwarantuje spełnienie europejskich standardów w zakresie przyłączania i eksploatacji jednostek wytwórczych w sieci elektroenergetycznej. Zgodność z NC RfG zapewnia nie tylko bezpieczną i stabilną współpracę instalacji z systemem elektroenergetycznym, ale również umożliwia elastyczne dostosowanie parametrów pracy do obowiązujących norm prawnych i technicznych, co znacząco upraszcza procesy certyfikacji i odbioru instalacji.

5. Podsumowanie

ECONTROLoże to unikalny system umożliwiający integrację wielu różnego typu i wielkości obiektów OZE oraz innych układów elektroenergetycznych. Jego wszechstronność i skalowalność pozwalają na efektywne zarządzanie zarówno pojedynczymi instalacjami, jak i rozbudowanymi strukturami, a także klastrami energii.

- system oferuje szeroki zakres zaawansowanych funkcjonalności, takich jak:
- predykcja produkcji – precyzyjne prognozowanie wytwarzania energii na podstawie danych pogodowych i historycznych,
- współpraca z Towarową Giełdą Energii – automatyczne dostosowywanie pracy obiektów do aktualnych cen energii, co umożliwia optymalizację kosztów i maksymalizację zysków,
- zaawansowany monitoring obiektów – ciągła kontrola parametrów technicznych, statusów, alarmów, lokalnych warunków pogodowych oraz stanu komunikacji,
- automatyzacja i uproszczenie procesów sterowania – możliwość ręcznego, grupowego i automatycznego zarządzania produkcją oraz harmonogramowania działań zgodnie z wymaganiami OSD lub strategią biznesową.

Dzięki tym funkcjonalnościom system ECONTROLoZe nie tylko spełnia, ale zdecydowanie przewyższa większość oczekiwań i wymagań stawianych systemom tego typu przez osoby zarządzające klastrami energii oraz obiektami energetyki odnawialnej.

Dodatkowe korzyści wynikające z wdrożenia systemu ECONTROLoZe:

- redukcja kosztów operacyjnych – dzięki automatyzacji i centralizacji procesów,
- zwiększenie efektywności – precyzyjne sterowanie obiektami w czasie rzeczywistym, m.in. sterowanie produkcją, redukcją mocy, czy zarządzaniem magazynami energii w oparciu o bieżące dane rynkowe (np. ceny z Towarowej Giełdy Energii),
- elastyczność i skalowalność – łatwa rozbudowa systemu o nowe obiekty i układy. Możliwość dostosowania systemu do specyficznych wymagań Inwestora oraz rozbudowy w przyszłości,
- szybsze reagowanie na zmiany rynkowe – automatyczna adaptacja do wahań cen energii oraz wymagań regulatorów,
- jednolita platforma do zarządzania – integracja wielu technologii w jednym, intuicyjnym środowisku,
- kompleksowa obsługa – od projektowania, przez wdrożenie, po serwis i rozwój systemu.

System ECONTROLoZe to nowoczesne narzędzie, które nie tylko ułatwia codzienne zarządzanie obiektami OZE, ale także otwiera nowe możliwości optymalizacji i zwiększania rentowności w dynamicznie zmieniającym się rynku energii.

**Integracja wielkoskalowych
farm fotowoltaicznych z siecią
elektroenergetyczną.
Wyzwania techniczne i regulacje prawne**

Integracja wielkoskalowych farm fotowoltaicznych z siecią elektroenergetyczną. Wyzwania techniczne i regulacje prawne

Artur Myca – SPIE Energotest

Streszczenie

W referacie zebrano i omówiono wybrane zagadnienia związane z integracją wielkoskalowych farm fotowoltaicznych z siecią elektroenergetyczną. Opisano strukturę farmy PV w oparciu o rzeczywisty obiekt, przy projektowaniu którego brali udział przedstawiciele SPIE Energotest oraz omówiono wymagania regulacyjne dla farm PV. Zwrócono uwagę na kluczowe akty prawne i kodeksy sieciowe regulujące proces integracji. Przywołano koncepcje oversizingu i cable pooling oraz omówiono wybrane problemy związane z przyłączaniem dużych farm fotowoltaicznych do systemu elektroenergetycznego.

1. Nowy krajobraz energetyczny

Transformacja energetyczna to wielowymiarowy proces, obejmujący zmiany w produkcji, przesyłach, dystrybucji i użytkowaniu energii elektrycznej. Jej celem jest przejście od modelu opartego na paliwach kopalnych do nowoczesnego, skoncentrowanego na odnawialnych źródłach energii (OZE). Transformacja ta, choć potencjalnie korzystna dla klimatu, rozwoju technologicznego i bezpieczeństwa energetycznego, stawia przed branżą elektroenergetyczną szereg wyzwań. Polityka klimatyczna Unii Europejskiej, wywiera znaczący wpływ na kierunek transformacji energetycznej w Polsce. Poprzez dyrektywy i rozporządzenia, kształtowane są formalno-prawne warunki do dynamicznego rozwoju OZE, wspierane różnorodnymi dotacjami i innymi formami wsparcia, które stymulują ten proces. Postęp technologiczny w fotowoltaice, wzrost efektywności paneli fotowoltaicznych i oczekiwany w rezultacie spadek kosztów wytwarzania energii przyczyniają się do dynamicznego rozwoju tego sektora. W Polsce, podobnie jak w innych krajach UE, obserwujemy dynamiczny wzrost mocy zainstalowanej fotowoltaiki, zarówno w małych, przydomowych instalacjach, jak i w wielkoskalowych farmach fotowoltaicznych, które mają bezpośredni wpływ na pracę krajowego systemu elektroenergetycznego.



Rys. 1. Wielkoskalowa farma PV [28]

2. Wielkoskalowe farmy fotowoltaiczne

Przyjęto, że wielkoskalowa farma fotowoltaiczna to instalacja fotowoltaiczna o mocy co najmniej 75 MW, przyłączona do sieci elektroenergetycznej o napięciu co najmniej 110 kV. Wskazane kryteria mocy i napięcia wynikają wprost z kodeksów sieciowych.

Kodeks sieciowy NC RfG [6] w artykule 5 ustala istotność modułów wytwarzania energii (MWE) dzieląc je na cztery typy A, B, C i D w zależności od poziomu mocy generowanej i napięcia w punkcie przyłączenia. Po przeprowadzonych konsultacjach publicznych w sprawie progów mocy Prezes Urzędu Regulacji Energetyki wydał Decyzję zatwierdzającą propozycję PSE S.A. w zakresie wartości progów mocy dla modułów wytwarzania energii. Wartości te zestawiono w Tab. 1.

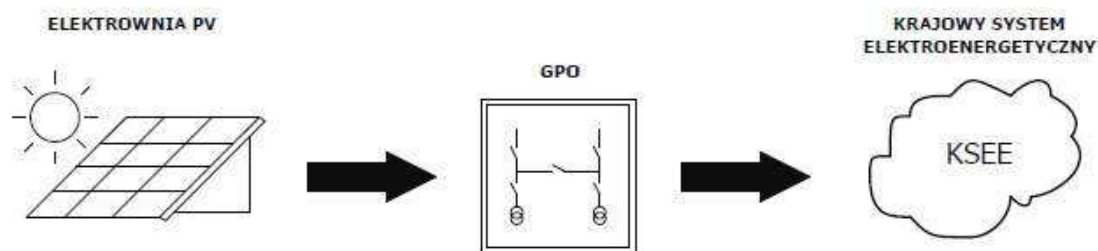
Obszar	Wartość mocy maksymalnej, począwszy od której MWE zalicza się do typu B	Wartość mocy maksymalnej, począwszy od której MWE zalicza się do typu C	Wartość mocy maksymalnej, począwszy od której MWE zalicza się do typu D
Polska	0,2 MW	10 MW	75 MW*

Tab. 1. Progi mocy dla modułów wytwarzania energii

* Zgodnie z art. 5 ust. 2 lit. d kodeksu NC RfG [6] do typu D zaliczać się będą także wszystkie moduły wytwarzania energii, bez względu na ich moc maksymalną, jeśli napięcie w punkcie ich przyłączenia ma wartość co najmniej 110 kV.

Na potrzeby artykułu struktura elektroenergetyczna wielkoskalowej farmy fotowoltaicznej została opisana na przykładzie rzeczywistego obiektu przyłączonego do sieci dystrybucyjnej 110 kV, przy którym istotny udział w zakresie projektowania układu wyprowadzenia mocy miał zespół projektowy SPIE Energotest Sp. z o.o.

W systemach fotowoltaicznych tego typu, pomiędzy źródłem mocy (panelem PV) a miejscem odbioru mocy (punktem przyłączenia), znajduje się złożony, wielonapięciowy układ elektroenergetyczny. Uproszczona struktura takiego układu przedstawiono na Rys. 2.

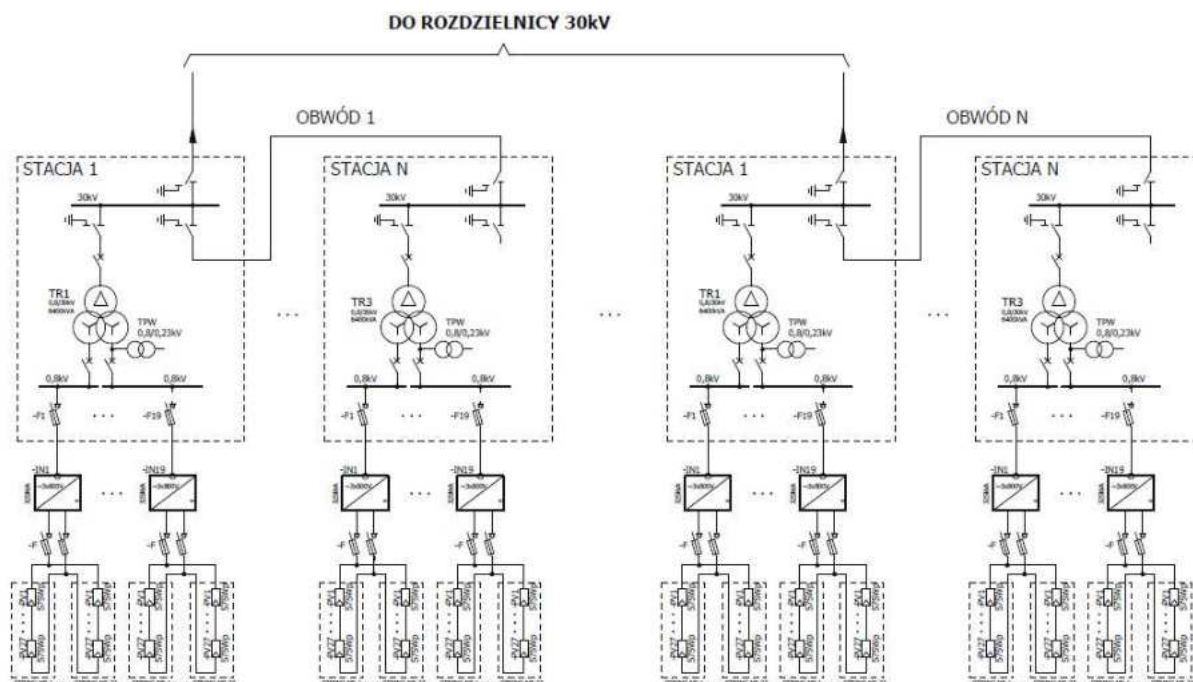


Rys. 2. Uproszczony schemat wyprowadzenia mocy z farmy PV

Moduły fotowoltaiczne o jednostkowej mocy 570 Wp (Watopik) i 575 Wp, zostały połączone szeregowo w stringi składające się z 27 modułów. Następnie, 23 stringi, połączone równolegle, zostały przyłączone do inwerterów DC/AC o mocy 352 kW każdy. W celu uzyskania sumarycznej mocy instalacji na poziomie 130 MW, zastosowano łącznie około 204 000 modułów fotowoltaicznych o mocy 575 Wp oraz 23 000 modułów fotowoltaicznych o mocy 570 Wp.

Na terenie farmy fotowoltaicznej rozmieszczono 19 stacji transformatorowych 0,8/30 kV, z których każda umożliwia podłączenie 367 inwerterów pracujących po stronie AC na napięciu 0,8 kV. Stacja transformatorowa została wyposażona w rozdzielnicę sieciową 0,8 kV i 30 kV oraz trójzwojowy transformator 0,8/30 kV o mocy 7040 kVA. Rys. 3 przedstawia schemat pokazujący sposób połączenia opisywanych wyżej urządzeń.

W bezpośrednim sąsiedztwie farmy fotowoltaicznej zlokalizowano stację elektroenergetyczną 110/30 kV, zwaną dalej GPO (Główny Punkt Odbioru). GPO to szczególny rodzaj stacji elektroenergetycznej, której celem jest odbiór energii elektrycznej ze źródeł wytwórczych i przekazanie jej do systemu elektroenergetycznego, a przepływ mocy jest odwrotny niż w typowej stacji zasilającej, określanej jako GPZ (Główny Punkt Zasilania). Projekt GPO wymaga uwzględnienia i skoordynowania aspektów wszystkich branż: instalacyjnej, konstrukcyjno-budowlanej, elektrycznej, teletechnicznej, SSiN i in. Ze względu na kluczowe znaczenie dla funkcjonowania GPO, w niniejszym artykule skupiono się na branży elektrycznej.



Rys. 3. Struktura połączeń na farmie PV

XXV KONFERENCJA SPIE ENERGOTEST - REFERAT 17

17.3



Wyprowadzenie energii elektrycznej z farmy fotowoltaicznej do systemu elektroenergetycznego zrealizowano za pomocą linii kablowej 110 kV, łączącej stację GPO z punktem przyłączenia w stacji GPZ, należącej do Operatora Systemu Dystrybucyjnego. Na Rys. 4 przedstawiono schemat strukturalny połączeń elektrycznych pomiędzy poszczególnymi elementami omawianego GPO.

Stacja elektroenergetyczna GPO oraz farma fotowoltaiczna objęta jest systemem telemechaniki, który zapewnia zdalną kontrolę nad obiektem oraz powiązany jest z systemami nadrzędnymi Operatora Sieci Dystrybucyjnej. Układ telemechaniki wykonany został w oparciu o dwa koncentratory. Do jednego z nich podłączono urządzenia cyfrowe, zabezpieczenia rozdzielni 110 kV, zabezpieczenia rozdzielni 30 kV, urządzenia potrzeb własnych, przetworniki pomiarowe itp. zabudowane na terenie GPO. Drugi koncentrator wykorzystany został do przyłączenia koncentratorów obiektowych zlokalizowanych w poszczególnych stacjach transformatorowych 0,8/30 kV znajdujących się na terenie farmy fotowoltaicznej. System telemechaniki oraz łączność zrealizowano zgodnie z wymaganiami zawartymi w warunkach przyłączenia oraz w IRIEDS i IRIESP.

Opisana struktura układu elektroenergetycznego, typowa dla wielkoskalowych farm fotowoltaicznych, składająca się z elektrowni fotowoltaicznej (moduły fotowoltaiczne, inwertery, stacje transformatorowe 0,8/30 kV), stacji elektroenergetycznej GPO oraz przyłącza wysokiego napięcia, charakteryzuje się uniwersalnością i może być adaptowana dla różnych wartości mocy przyłączeniowych oraz różnych poziomów napięcia po stronie systemu elektroenergetycznego. W praktyce inżynierskiej spotyka się realizacje farm fotowoltaicznych przyłączanych do sieci na różnych poziomach napięcia. Wielkoskalowe farmy fotowoltaiczne mogą być przyłączane zarówno do sieci dystrybucyjnej na poziomie napięcia 110 kV, jak i do sieci przesyłowej najwyższych napięć.

3. Przegląd regulacji prawnych i kodeksów sieciowych

Realizując inwestycje w sektorze elektroenergetycznym funkcjonujemy w oparciu o ugruntowane ustawy i rozporządzenia oraz instrukcje ruchu i eksploatacji a także normy techniczne, które od lat regulują procesy inwestycyjne w obszarze wytwarzania, przesyłu i dystrybucji energii elektrycznej. Z tymi aktami prawnymi szerokie grono specjalistów jest zaznajomione od lat. Przypomnijmy dla porządku najważniejsze z nich:

- ustawa z dnia 10 kwietnia 1997 r. Prawo energetyczne [19] to podstawowy akt prawny regulujący sektor energetyczny, w tym zasady przyłączania źródeł energii do sieci,
- ustawa z dnia 20 lutego 2015 r. o odnawialnych źródłach energii [1] określa zasady wytwarzania energii z odnawialnych źródeł, w tym z farm fotowoltaicznych, oraz system wsparcia dla takich źródeł.
- ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane [25] reguluje proces budowy obiektów budowlanych, w tym farm fotowoltaicznych,
- ustawa z dnia 27 marca 2003 r. o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym [26] określa zasady planowania przestrzennego, w tym lokalizacji farm fotowoltaicznych,
- ustawa z dnia 17 sierpnia 2023 r. o zmianie ustawy o odnawialnych źródłach energii oraz niektórych innych ustaw [24] wprowadza zmiany do szeregu ustaw pod kątem promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych,
- ustawa z dnia 3 października 2008 r. o udostępnianiu informacji o środowisku i jego ochronie, udziale społeczeństwa w ochronie środowiska oraz o ocenach oddziaływania na środowisko [27] reguluje kwestie związane z oceną oddziaływania na środowisko przedsięwzięć, w tym budowy farm fotowoltaicznych,
- rozporządzenie systemowe [2] określa szczegółowe wymagania techniczne dotyczące przyłączenia do sieci, zasady bilansowania systemu elektroenergetycznego, oraz warunki eksploatacji sieci,
- Instrukcja Ruchu i Eksploatacji Sieci Przesyłowej (IRIESP) [5] jest to zbiór zasad i wymagań technicznych, które regulują funkcjonowanie sieci przesyłowej oraz określają m.in. warunki przyłączania do niej źródeł energii, w tym odnawialnych źródeł energii (OZE). IRESP opracowywana jest przez operatora sieci przesyłowej czyli PSE S.A.,
- instrukcja Ruchu i Eksploatacji Sieci Dystrybucyjnej (IRIEDS) określa zasady i wymagania techniczne regulujące działanie sieci dystrybucyjnych. IRIEDS opracowywana jest przez poszczególnych operatorów sieci dystrybucyjnej.

Oprócz wymienionych ustaw i rozporządzeń, istnieje szereg innych aktów prawnych, takich jak ustawy dotyczące ochrony środowiska, przepisy budowlane czy prawo miejscowe, które również mają wpływ na inwestycje w sektorze OZE. Przepisy te podlegają ciągłym zmianom, dlatego tak ważne jest ich bieżący monitoring, który nie może pominąć decyzji Prezesa Urzędu Regulacji Energetyki (URE) oraz informacji publikowanych przez operatorów sieci przesyłowej (OSP) i dystrybucyjnej (OSD). Szczegółowe wymagania techniczne dla urządzeń i instalacji określone są na ogół w standardach sieci przesyłowej i dystrybucyjnej. Poza wymienionymi wyżej aktami prawnymi obowiązują również kodeksy sieciowe, czyli akty prawa Unii Europejskiej, które regulują funkcjonowanie rynku energii w krajach członkowskich.

Kodeksy sieciowe, obowiązujące od 2016 roku, wciąż stanowią stosunkowo nowy element w krajobrazie prawnym i mogą być źródłem niepewności oraz wyzwań dla uczestników rynku. Kodeksy sieciowe, jako

akty prawa europejskiego, zostały wprowadzone w celu stworzenia jednolitego rynku energii, zwiększenia konkurencji i poprawy bezpieczeństwa energetycznego. Wprowadzają one jednolite standardy i wymagania dla wszystkich krajów członkowskich UE. Oznacza to, że polskie firmy i inwestorzy muszą dostosować się do tych unijnych regulacji, co czasami wiąże się z dodatkowymi kosztami i wyzwaniem. Warto zaznaczyć, że z założenia kodeksy sieciowe mają w dłuższej perspektywie przyczynić się do ogólnej poprawy funkcjonowania sektora elektroenergetycznego. Poniżej zestawienie obowiązujących kodeksów sieciowych:

- Kodeks Sieci NC RfG (Requirements for Generators) [6] dotyczący wymogów w zakresie przyłączenia jednostek wytwórczych do sieci,
- Kodeks Sieci NC DCC (Demand Connection Code) [7] dotyczący przyłączenia odbioru,
- Kodeks Sieci NC HVDC (High Voltage Direct Current) [8] określający wymogi dotyczące przyłączenia do sieci systemów wysokiego napięcia prądu stałego oraz modułów parku energii z podłączeniem prądu stałego,
- Kodeks Sieci NC ER (Emergency and Restoration) [9] dotyczący stanu zagrożenia i stanu odbudowy systemów elektroenergetycznych,
- Kodeks Sieci NC SOGL (System Operation Guideline) [10] dotyczący pracy systemu przesyłowego energii elektrycznej,
- Kodeks Sieci NC EBGL (Electricity Balancing Guideline) [11] ustanawiający wytyczne dotyczące bilansowania,
- Kodeks Sieci NC FCA (Forward Capacity Allocation) [12] ustanawiający wytyczne dotyczące długoterminowej alokacji zdolności przesyłowych,
- Kodeks Sieci NC CACM (Capacity Allocation and Congestion Management) [13] ustanawiający wytyczne dotyczące alokacji zdolności przesyłowych i zarządzania ograniczeniami przesyłowymi,
- Kodeks Sieci NC CS (Cyber Security) [14] uzupełniający rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2019/943 poprzez ustanowienie kodeksu sieci dotyczącego zasad sektorowych w zakresie aspektów cyberbezpieczeństwa w transgranicznych przepływach energii elektrycznej.

Zapisy kodeksu sieciowego NC RfG oraz art. 9 ga ust. 1 Ustawy – Prawo energetyczne zobowiązały PSE S.A. do opracowania wymogów ogólnego stosowania. Wymogi ogólnego stosowania to dokument zawierający merytoryczne rozstrzygnięcia dotyczące wymogów technicznych, wynikających z NC RfG [3]. Zaktualizowane wymogi ogólnego stosowania z dnia 01.02.2024 dostępne są na stronie www.pse.pl

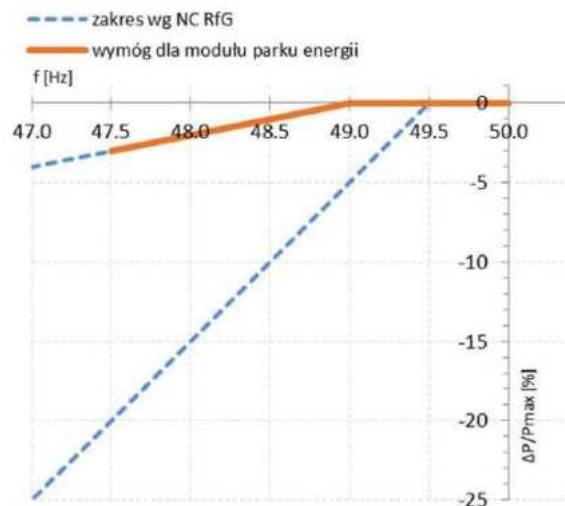
4. Wielkoskalowe farmy fotowoltaiczne w systemie elektroenergetycznym

Stabilność systemu elektroenergetycznego (SEE) to w dużym uproszczeniu zdolność do powrotu do stanu równowagi po wystąpieniu zakłócenia. Ze względu na wielkości elektryczne istotne dla pracy SEE rozróżnia się stabilność kątową, stabilność częstotliwościową i stabilność napięciową. Farmy fotowoltaiczne będące źródłami przyłączonymi do SEE poprzez układy energoelektroniczne, nie uczestniczą w kołysaniach mocy i nie mają bezpośredniego wpływu na stabilność kątową systemu. Rosnący udział źródeł fotowoltaicznych w systemie elektroenergetycznym ma natomiast istotny wpływ na stabilność częstotliwościową oraz napięciową SEE.

Wielkoskalowa farma fotowoltaiczna, mimo dysponowania znaczną mocą zainstalowaną, charakteryzuje się zmiennym profilem generacji mocy, który silnie zależy od warunków pogodowych. Tym nie mniej jako źródło energii z przekształtnikami energoelektronicznymi, wyposażone w odpowiednie funkcje regulacyjne i pracujące z zapasem mocy, może wspomagać system elektroenergetyczny w stanach zagrożeniowych lub awaryjnych. Wynika to z faktu, że o właściwościach dynamicznych farmy fotowoltaicznej decydują w zasadzie tylko zastosowane algorytmy regulacji. Reakcja układów regulacji farmy PV na zakłócenia w SEE związane ze zmianą częstotliwości lub napięcia jest o wiele szybsza niż układów regulacyjnych jednostek wytwórczych z generatorami synchronicznymi. Jednocześnie farmy fotowoltaiczne jako źródła przyłączone do sieci poprzez układy energoelektroniczne nie wprowadzają inercji i są przez to wyzwaniem dla stabilności systemu elektroenergetycznego. Szerzej to zagadnienie opisano w punkcie 6 niniejszego artykułu.

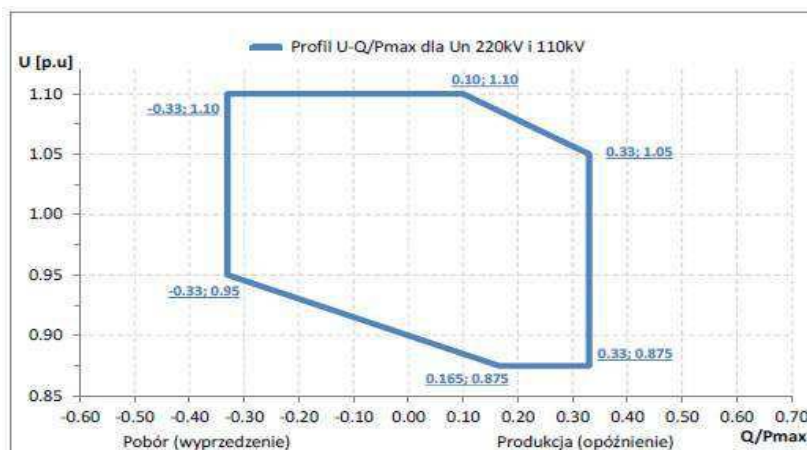
Kodeks sieci NC RfG [6] określa wymagania dla modułów wytwarzania energii (MWE) w zakresie zachowania się źródła w warunkach spadku częstotliwości oraz zdolności MWE do produkcji i poboru mocy biernej co ma wpływ na warunki napięciowe. Wymogi ogólnego stosowania [3] precyzują te wymagania uwzględniając warunki i potrzeby Krajowego Systemu Elektroenergetycznego.

Aby w sytuacji spadku częstotliwości uniknąć przedwczesnego odłączenia instalacji OZE i dalszego pogłębienia deficytu mocy, kodeks NC RfG wymaga aby źródła te w przedziale 49-50 Hz nie reagowały na zmianę częstotliwości. Przy dalszym jej zmniejszaniu redukcja generacji powinna następować w tempie nie większym niż 2%/Hz. Wymaganie to przedstawia charakterystyka pokazana na Rys. 5.



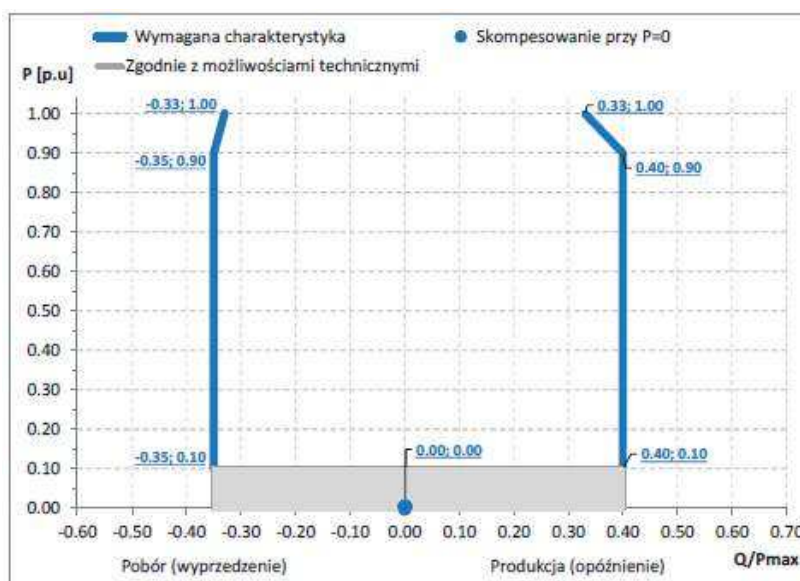
Rys. 5. Maksymalny spadek zdolności do generacji mocy przy spadku częstotliwości [3]

Wymaganie zdolności modułu parku energii do produkcji i poboru mocy biernej określone zostało w kodeksie NC RfG dla dwóch przypadków. Pierwszy określa wymaganie produkcji i poboru mocy biernej przy maksymalnej mocy czynnej co zostało pokazane na profilu przedstawionym na Rys. 6.



Rys. 6. Profil U-Q/Pmax moduły parku energii dla $U_n=220$ kV i 110 kV [3]

W drugim przypadku określono wymaganie produkcji i poboru mocy biernej przy generowanej mocy czynnej poniżej mocy maksymalnej. Wymaganie to przedstawia profil pokazany na Rys. 7.



Rys. 7. Profil P-Q/Pmax moduły parku energii [3]

Wymogi ogólnego stosowania [3] określają jeszcze szereg innych wymagań i podają szczegółowe parametry jakie moduł wytwarzania energii powinien osiągać. Pokazano jedynie najistotniejsze wymagania odnoszące się do modułów parku energii (PPM) będących modułami wytwarzania energii (MWE) typu D.

Wielkoskalowa farma fotowoltaiczna będąca modułem wytwarzania energii typu D kwalifikowana jest jako SGU (*Significant Grid User* – Znaczący Użytkownik Sieci). W praktyce, kwalifikacja farmy fotowoltaicznej jako SGU wynika z art. 5 ust. 2 pkt. d kodeksu NC RfG oraz art. 2 ust. 1 pkt. a kodeksu SO GL i jest formalnie potwierdzana decyzją Prezesa URE na podstawie niepublicznego wykazu SGU, który to operator sieci przekazuje do Urzędu Regulacji Energetyki. Operator sieci uwzględnia obiekt jako SGU na etapie realizacji testów zgodności, pomiędzy wydaniem tymczasowego pozwolenia na użytkowanie (ION) a wydaniem ostatecznego pozwolenia na użytkowanie (FON).

Kwalifikacja wielkoskalowej farmy fotowoltaicznej jako Znaczącego Użytkownika Sieci (SGU) jest niezwykle istotna z punktu widzenia planu obrony i odbudowy systemu elektroenergetycznego. Każdy moduł wytwarzania energii, posiadający status SGU, musi wykazać zdolność do aktywnego udziału w tym planie, a w szczególności w procesie odbudowy systemu, zgodnie z wymogami określonymi w kodeksie sieciowym NC RfG.

Testy zgodności czyli sprawdzenie czy wymogi NC RfG są spełnione przeprowadzane są po uruchomieniu nowego MWE lub modernizacji istniejącego MWE jako testy odbiorowe. Testy sprawdzają zdolność MWE do realizacji działań z planu obrony oraz planu odbudowy systemu elektroenergetycznego. W *Tab. 1* w procedurze testowania [4] określono następujące testowane zgodności modułu wytwarzania energii typu D:

Sprawdzenia podstawowe:

- tryb LFSM-O – oznacza tryb pracy modułu wytwarzania energii, w którym generowana moc czynna zmniejsza się w odpowiedzi na wzrost częstotliwości systemu powyżej określonej wartości,
- tryb LFSM-U – oznacza tryb pracy modułu wytwarzania energii, w którym generowana moc czynna zwiększa się w następstwie spadku częstotliwości systemu poniżej określonej wartości,
- tryb FSM – tryb pracy modułu wytwarzania energii, w którym generowana moc czynna zmienia się w zależności od zmian częstotliwości systemu w sposób wspomagający przywrócenie częstotliwości docelowej,
- możliwość regulacji mocy czynnej,
- tryb regulacji napięcia,
- tryb regulacji mocy biernej,
- tryb regulacji współczynnika mocy,
- wprowadzenie szybkiego prądu zwarcowego,
- pozostanie w pracy podczas zwarcia,
- pozwarcowe odtworzenie mocy czynnej,
- zdolność do generacji mocy biernej.

Sprawdzenia dodatkowe:

- moc maksymalna,
- moc minimalna,
- praca wyspowa.

Szczegółowo sposób przeprowadzania testów w odniesieniu do wymagań instrukcji IRESP oraz kodeksu sieci NC RfG określony został w opracowanym przez PSE S.A. planie testów [16]. W wymogach ogólnego stosowania [3] określono szczegółowe parametry jakie musi osiągać MWE.

Definicje:

- moduł wytwarzania energii (MWE) – oznacza synchroniczny moduł wytwarzania energii albo moduł parku energii [6],
- synchroniczny moduł wytwarzania energii – oznacza niepodzielny zestaw instalacji, który może wytwarzać energię elektryczną w taki sposób, że częstotliwość generowanego napięcia, prędkość wirowania generatora oraz częstotliwość napięcia sieciowego pozostają w stałej proporcji i są tym samym zsynchronizowane [6],
- moduł parku energii (PPM) – oznacza jednostkę lub zestaw jednostek wytwarzających energię elektryczną, która(-y) jest przyłączona(-y) do sieci w sposób niesynchroniczny lub poprzez układy energoelektroniki, i która(-y) ma również jeden punkt przyłączenia do systemu przesyłowego, systemu dystrybucyjnego, w tym zamkniętego systemu dystrybucyjnego, lub systemu HVDC [6],
- farma fotowoltaiczna – moduł parku energii wykorzystujący do wytwarzania energii elektrycznej energię promieniowania słonecznego, przyłączony do sieci w jednym miejscu przyłączenia [2].

Kwestia zdolności do pracy wyspowej modułu parku energii (PPM), jakim jest farma fotowoltaiczna (PV), stanowi istotny problem. Zgodnie z obowiązującym kodeksem sieci NC RfG (*Requirements for Grid Connection of Generators*), tryb pracy grid-forming w inwerterach dla instalacji fotowoltaicznych nie jest

wymagany. Niemniej, realizacja pracy wyspowej przez falowniki pracujące w trybie grid-following, jako wyspy jednomaszynowej (składającej się wyłącznie z instalacji PV), jest technicznie niemożliwa ze względu na brak zdolności tych inwerterów do pracy jako lidera częstotliwości. W tym kontekście, przepisy określają ogólne wymagania dla modułów wytwarzania energii (MWE), bez rozróżnienia na synchroniczne moduły wytwarzania energii i moduły parku energii.

5. Moc przyłączeniowa a moc zainstalowana OZE – oversizing i cable pooling

Koncepcje cable pooling i oversizingu, stanowią innowacyjne podejścia do optymalizacji wykorzystania infrastruktury przesyłowej i zwiększenia efektywności instalacji OZE. Cable pooling, definiowany jako współdzielenie infrastruktury przesyłowej przez kilka instalacji OZE, oraz oversizing, polegający na projektowaniu instalacji o większej mocy zainstalowanej niż moc przyłączeniowa, umożliwiają efektywniejsze wykorzystanie istniejącej infrastruktury, redukując koszty inwestycji i optymalizując pracę instalacji OZE. Wprowadzenie tych rozwiązań, możliwe dzięki nowelizacji ustawy o odnawialnych źródłach energii oraz niektórych innych ustaw z dnia 17 sierpnia 2023 r., stanowi odpowiedź na wyzwania związane z dynamicznym rozwojem OZE, takie jak ograniczenia przepustowości sieci i zmienność produkcji energii.

Definicje i akty prawne:

- **moc przyłączeniowa:** Zgodnie z Rozporządzeniem Systemowym [2], moc przyłączeniowa to moc czynna planowana do pobierania z sieci lub wprowadzania do sieci, określona w umowie o przyłączenie do sieci jako wartość maksymalna, wyznaczana w ciągu każdej godziny okresu rozliczeniowego ze średnich wartości tej mocy w okresach 15-minutowych, służąca do zaprojektowania przyłącza,
- **moc zainstalowana elektryczna instalacji OZE:** Zgodnie z ustawą o odnawialnych źródłach energii [1], moc zainstalowana elektryczna instalacji OZE to łączna moc znamionowa czynna zespołu urządzeń służących do wytwarzania energii elektrycznej, podana przez producenta na tabliczce znamionowej, a w przypadku jej braku, moc znamionowa czynna tego zespołu określona przez jednostkę posiadającą akredytację Polskiego Centrum Akredytacji,
- **art. 7 ustawy Prawo energetyczne [19]:** Znowelizowane przepisy tego artykułu wprowadzają formalne możliwości dla realizacji przewymiarowania instalacji OZE, w tym oversizingu farm fotowoltaicznych. Art. 7.1 stanowi, że przedsiębiorstwo energetyczne zajmujące się przesyłaniem lub dystrybucją energii jest obowiązane do zawarcia umowy o przyłączenie do sieci z podmiotami ubiegającymi się o przyłączenie, na zasadzie równoprawnego traktowania i przyłączania, w pierwszej kolejności, instalacji OZE, jeżeli istnieją techniczne i ekonomiczne warunki przyłączenia. W przypadku przyłączenia źródła energii elektrycznej, moc przyłączeniowa tego źródła może być mniejsza lub równa jego mocy zainstalowanej elektrycznej,
- **art. 7.22 ustawy Prawo energetyczne [19]:** Odnosi się do technicznych zabezpieczeń przed przekroczeniem mocy przyłączeniowej w przypadku, gdy moc przyłączeniowa jest niższa niż suma mocy zainstalowanej elektrycznej instalacji OZE. Umowa o przyłączenie do sieci zawiera szczegółowy opis sposobu zabezpieczenia zdolności technicznych do nieprzekraczania mocy przyłączeniowej. Koszt zakupu i zainstalowania urządzeń służących do tego zabezpieczenia ponoszą podmioty przyłączane do sieci, a nadzór nad pracą tych urządzeń sprawuje przedsiębiorstwo energetyczne zajmujące się przesyłaniem lub dystrybucją energii elektrycznej.

Mówiąc o oversizingu czyli o przewymiarowaniu elektrowni fotowoltaicznej opisujemy sytuację kiedy moc zainstalowana czyli sumaryczna moc modułów fotowoltaicznych jest wyższa od mocy przyłączeniowej. Mamy wtedy do czynienia z przewymiarowaniem po stronie DC. Kiedy dodatkowo zostanie zwiększona sumaryczna moc inwerterów mówimy o przewymiarowaniu po stronie AC i DC. Zarówno w przypadku przewymiarowania po stronie DC jak i przewymiarowania po stronie AC i DC nie może zostać przekroczona moc przyłączeniowa w punkcie przyłączenia.

Moc znamionowa modułów fotowoltaicznych podawana jest przez producentów dla standardowych warunków testowych (STC) zakładających min. określoną i stałą temperaturę pracy oraz stałe i idealne nasłonecznienie co jest nie do uzyskania w rzeczywistych warunkach pracy modułów. Warunki pracy inne niż STC powodują obniżenie sprawności modułów fotowoltaicznych do tego dochodzą straty mocy w torze przyłączeniowym. Te dwa fakty powodują, że aby osiągnąć w punkcie przyłączenia moc wynikającą z warunków przyłączenia należy podnieść moc zainstalowaną. Wyższa wartość mocy zainstalowanej pozwala dodatkowo zwiększyć czas generowania mocy maksymalnej instalacji. Profil generacji dla instalacji bez przewymiarowania zobrazowano na Rys. 8.

Aby zrekompensować obniżenie wydajności modułów fotowoltaicznych pracujących w warunkach innych niż standardowe warunki pomiarowe (STC) wskazane jest aby moc znamionowa modułów fotowoltaicznych była co najmniej o ok. 20% większa niż moc znamionowa inwerterów.



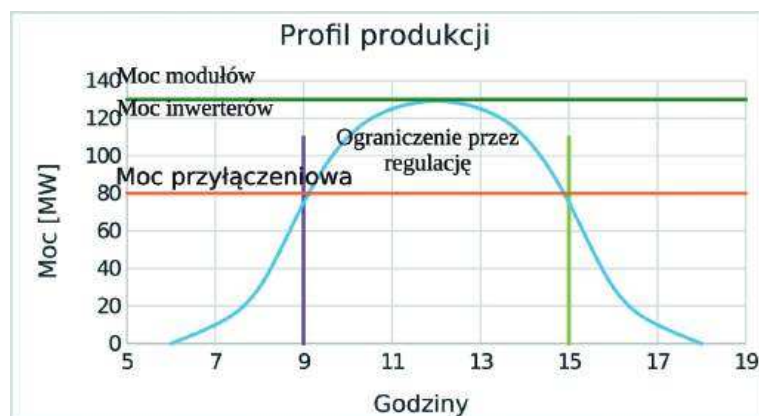
Rys. 8. Profil produkcji PV bez przewymiarowania

W przypadku zwiększenia mocy modułów fotowoltaicznych w stosunku do mocy inwerterów (przewymiarowanie po stronie DC) nadmiar energii produkowany w okresie maksymalnego nasłonecznienia jest ograniczany przez inwertery i nie jest wprowadzany do sieci, wydłuża się natomiast okres generowania mocy maksymalnej. Sytuację tą pokazano na poniższym rysunku poglądowym:



Rys. 9. Profil produkcji PV – przewymiarowanie po stronie DC

Kolejnym krokiem do wzrostu efektywności i wydajności elektrowni fotowoltaicznej jest przewymiarowanie po stronie DC i AC tj. zwiększenie mocy zarówno modułów fotowoltaicznych jak i inwerterów przy jednoczesnym ograniczeniu mocy w punkcie przyłączenia do wartości wynikającej z warunków przyłączenia. Ograniczenie generacji realizowane jest w sposób określony w umowie o przyłączenie do sieci zgodnie z zapisami art. 7.2² ustawy prawo energetyczne [19]. Może to być realizowane przez dedykowany algorytm zaimplementowany w regulatorze elektrowni PPC, który zabezpiecza sieć odbiorczą przed wprowadzeniem do niej mocy większej niż wynikająca z warunków przyłączenia. Dodatkowo przełączniki nadprądowe w torze wyprowadzenia mocy mogą pełnić rolę redundantnego zabezpieczenia przed wprowadzeniem do sieci nadmiaru mocy. Przewymiarowanie po stronie AC i DC pozwala w pełni wykorzystać infrastrukturę przesyłową, która projektowana jest w odniesieniu do mocy przyłączeniowej oraz jeszcze bardziej poszerza okres generowania mocy maksymalnej jak widać na poniższym Rys. 10:



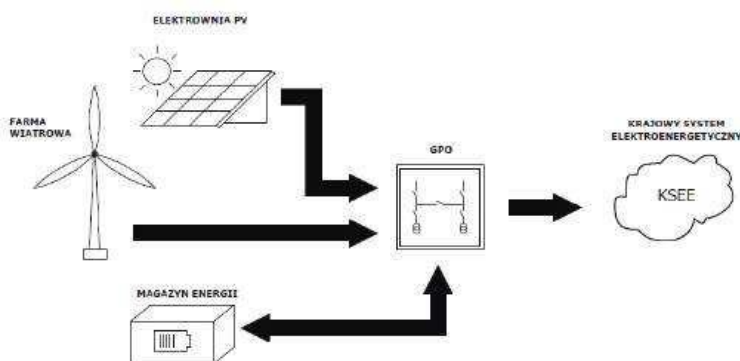
Rys. 10. Profil produkcji PV – przewymiarowanie po stronie AC i DC

Celem przewymiarowania jest przede wszystkim pokrycie strat w torze wyprowadzenia mocy a także osiągnięcie w punkcie przyłączenia mocy wynikającej z warunków przyłączenia oraz generacja mocy

czynnej w punkcie przyłączenia o wartości wynikającej bezpośrednio z warunków przyłączenia przez jak najdłuższy okres czasu oraz w warunkach niepełnego nasłonecznienia.

Nowelizacja ustawy Prawo energetyczne, a w szczególności art. 7.1f [19], umożliwia wdrożenie cable pooling czyli dzielenia przyłącza. Zgodnie z tym przepisem, do sieci elektroenergetycznej o napięciu znamionowym powyżej 1 kV można przyłączyć w jednym miejscu dwie lub więcej instalacji OZE, należących do jednego lub wielu podmiotów. Wyjątkiem są instalacje, których miejscem przyłączenia jest instalacja odbiorcy końcowego.

To rozwiązanie pozwala na dostarczanie do systemu elektroenergetycznego energii z różnych źródeł OZE poprzez jedno przyłącze. Co więcej, znowelizowane przepisy dopuszczają, aby suma mocy poszczególnych źródeł była wyższa niż moc przyłączeniowa określona w umowie. W efekcie, zwiększa się efektywność wykorzystania OZE, obniżają się koszty inwestycji i przyspiesza transformacja energetyczna.



Rys. 11. Uproszczona struktura cable pooling

Poprzez jedno przyłącze można wprowadzać moc z farmy fotowoltaicznej i farmy wiatrowej lub z magazynu energii. Można też realizować kombinacje wyżej wymienionych. Poprzez łączenie instalacji o różnej charakterystyce pracy otwiera się możliwość naprzemiennego wykorzystywania mocy wytwórczych poszczególnych źródeł wspieranych przez magazyny energii. Docelowo rozwiązanie to umożliwia wypłaszczenie dobowego profilu produkcji energii co z kolei ma wpływ na stabilność systemu elektroenergetycznego.



Rys. 12. Profil produkcji PV + FW

Nadwyżki energii generowane w okresie dużego nasłonecznienia i silnego wiatru mogą być magazynowane i wprowadzane do sieci w okresach niższej generacji. Działanie takie dodatkowo poprawia profil produkcji wprowadzając do układu elektrowni PV i farmy wiatrowej trzeci element czyli magazyn energii.

Koncepcja cable pooling nabiera szczególnego znaczenia w kontekście średniorocznego współczynnika wykorzystania mocy zainstalowane paneli fotowoltaicznych (CF) [%]. Pomimo prognozowanego wzrostu, współczynnik ten oscyluje obecnie w granicach 10%, co stanowi wartość znacznie niższą w porównaniu z morskimi i lądowymi farmami wiatrowymi. W Tab. 2 zestawiono wartości współczynnika CF dla trzech rodzajów źródeł OZE.

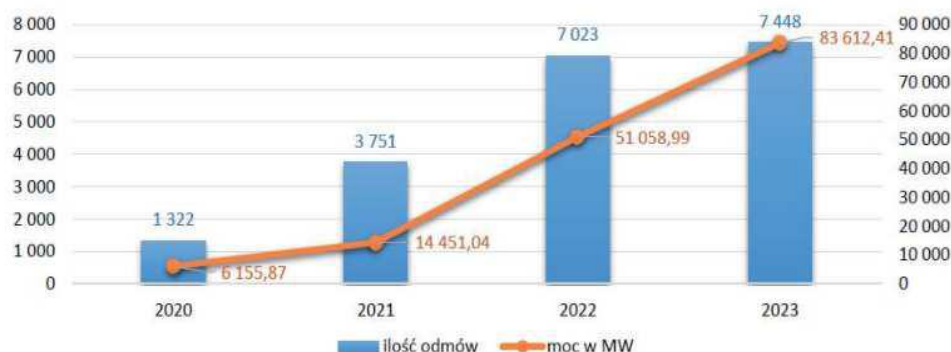
	2020	2025	2030	2035	2040
Morskie farmy wiatrowe MFW	44,5%	45,7%	46,9%	48,2%	49,5%
Lądowe farmy wiatrowe LFW	35,4%	36,2%	36,9%	37,6%	38,4%
Fotowoltaika PV	10,6%	11,5%	12,4%	13,2%	14,1%

Tab. 2. Średnioroczny współczynnik wykorzystania mocy zainstalowanej [33]

Współdzielenie przyłącza przez dwie instalacje OZE bazujące na różnej energii pierwotnej oraz dodatkowo przez magazyn energii jest uzasadniona z punktu widzenia efektywności w punkcie przyłączenia.

6. Wybrane problemy przyłączeniowe

Proces przyłączenia do sieci zarówno dla odbiorcy energii jak i dla wytwórcy rozpoczyna się, zgodnie z art. 7 ustawy Prawo energetyczne [19] od złożenia do operatora sieci wniosku o wydanie decyzji dotyczącej „warunków przyłączenia”. W praktyce kwestie przyłączeń odbiorców nie wzbudzają większych emocji. Kontrowersje natomiast budzi skala odmów wydania warunków przyłączenia do sieci dla instalacji wytwórczych, co przedstawia wykres pokazany na Rys. 13. Moc instalacji wytwórczych (głównie OZE), którym odmówiono przyłączenia przekracza 80 GW [21].



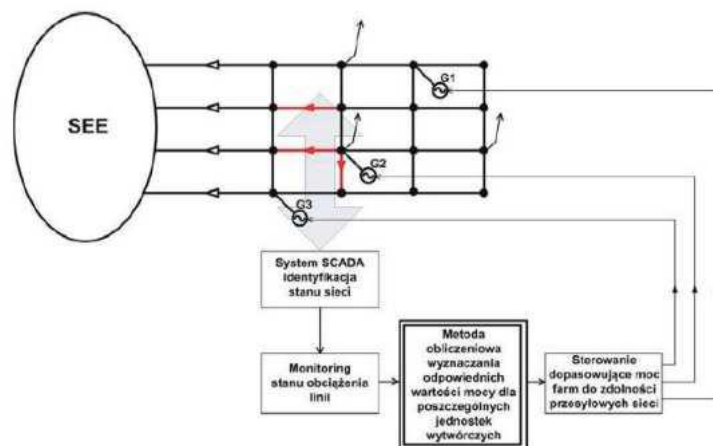
Rys. 13. Odmowy przyłączenia do sieci w latach 2020-2023 [23]

Moc zainstalowana źródeł fotowoltaicznych w Krajowym Systemie Elektroenergetycznym osiągnęła poziom 21,2 GW (stan na koniec grudnia 2024) [34]. Rekordowa chwilowa generacja źródeł OZE, łącznie farm wiatrowych i instalacji PV to ok. 16 GW. Zgodnie z wydanymi już warunkami przyłączenia, obecne plany dotyczące instalacji OZE umożliwiają osiągnięcie celów dekarbonizacji sektora energetycznego w zakładanej perspektywie czasowej. Szacuje się, że do 2030 roku potencjalna moc instalacji fotowoltaicznych (PV) przyłączonych do sieci osiągnie 50,1 GW. Z perspektywy celów klimatycznych, takie prognozy są niewątpliwie pozytywne i pożądane. Niemniej jednak, z punktu widzenia operatora sieci, dynamiczny rozwój OZE generuje szereg wyzwań i ograniczeń.

Jednym z pierwszych problemów, które pojawiają się w związku ze znacznym udziałem OZE w miksie energetycznym, jest kwestia ograniczeń sieciowych. Ograniczenia te pojawiają się zarówno w przypadku instalacji prosumenckich w sieci niskiego napięcia (nN), jak i większych instalacji przyłączanych do sieci dystrybucyjnej i przesyłowej. Z uwagi na specyfikę artykułu autor skupi się na ograniczeniach sieciowych w sieci przesyłowej i sieci 110 kV.

Artykuł 7 ust. 8e ustawy Prawo Energetyczne mówi, że dokumentem decydującym o wydaniu lub braku wydania warunków przyłączenia do sieci jest ekspertyza z opisem i wynikami przeprowadzonych obliczeń. Wytyczne dotyczące opracowania ekspertyzy znajdują się w dokumencie ZiWWE (Zakres i Warunki Wykonania Ekspertyzy), który publikowany jest przez PSE S.A.. Upraszczając można powiedzieć, że zasadniczym kryterium decydującym o możliwości przyłączenia do sieci jest niewystępowanie stanu przeciążenia linii w przeprowadzanych symulacjach uwzględniających rozpatrywane źródło. Każde przekroczenie wartości prądu dopuszczalnego linii w standardowych warunkach letnich powoduje automatyczną dyskwalifikację przyłączenia źródła dla którego przeprowadzana była analiza rozpyłowa. Wielkością w zasadniczy sposób ograniczającą prąd, który może płynąć przewodami danej linii jest temperatura projektowa linii. Temperatura projektowa blisko 70% krajowych linii o napięciu 110 kV wynosi 40°C chociaż dla przewodów AFL temperatura dopuszczalna wynosi 80°C. Według autorów publikacji [21] zasadne było by dopuszczenie możliwości przeciążenia takich linii np. o 30% co spowoduje zwiększenie zwisu zaledwie o niecałe 30cm. Oczywiście należy wiedzieć czy takie zwiększenie zwisu nie oznacza przekroczenia normatywnych wymagań odległościowych. Innym rozwiązaniem problemu ograniczeń sieciowych jest dynamiczne dopasowanie generacji źródeł do możliwości przesyłowych linii. Idea takiego rozwiązania pokazana jest na Rys. 14.

Innym problemem wynikającym z dużego udziału OZE w systemie elektroenergetycznym jest problem bilansowania SEE i wynikająca z tego konieczność redysponowania nierynkowego. Operator systemu przesyłowego (OSP) PSE S.A. wydaje polecenia zaniżenia wytwarzania energii elektrycznej w instalacjach OZE (Redysponowanie Nierynkowe) przyłączonych do Krajowego Systemu Elektroenergetycznego, gdy jest to niezbędne dla zapewnienia jego bezpiecznej pracy. Polecenia są wydawane przez OSP na podstawie art. 9c ust. 7a ustawy z dnia 10 kwietnia 1997 roku Prawo energetyczne [19], z uwzględnieniem art. 30 ust. 5 ustawy z dnia 28 lipca 2023 r. o zmianie ustawy – Prawo energetyczne oraz niektórych innych ustaw [24].

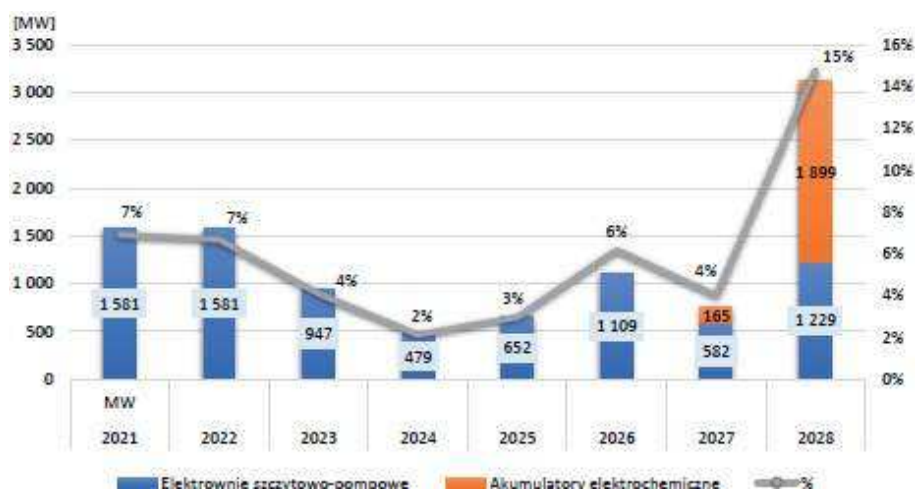


Rys. 14. Ogólny schemat koncepcji dynamicznego dopasowania [21]

Redysponowanie nierynkowe powoduje zaniepokojenie inwestorów mimo tego, że właściciele Instalacji OZE, które zrealizowały zanieżenie produkcji, mają prawo do rekompensaty finansowej z tytułu niewyprodukowania energii elektrycznej w ilości, w jakiej zostałaby ona wyprodukowana w przypadku niewydania polecenia przez PSE S.A.. Rekompensata wypłacana jest na podstawie art. 13 ust. 7 Rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2019/943 z dnia 5 czerwca 2019 roku w sprawie rynku wewnętrznego energii elektrycznej, z uwzględnieniem zasad określonych w art. 30 ust. 5 i 6 ustawy Prawo Energetyczne [19]. Jak podaje miesięcznik Forum Energii na podstawie danych PSE S.A. w ciągu 2024 roku produkcja energii elektrycznej z OZE została ograniczona o 731,4 GWh.

Możliwości łącznego obniżenia mocy pracujących bloków polskich elektrowni ciepłych są mocno ograniczone. Przy średnim zapotrzebowaniu w systemie elektroenergetycznym na poziomie 20 GW minimalny poziom mocy generowanej przez bloki konwencjonalne tzw. minimum technologiczne to ok. 8 do 10 GW. To powoduje, że dla odnawialnych źródeł energii pozostaje do wykorzystania jedynie około 10 GW [32]. Przy mocy zainstalowanej samej tylko fotowoltaiki na poziomie 21,2 GW, w okresach pełnego nasłonecznienia redysponowanie nierynkowe i eksport nadwyżek energii, są niezbędne dla zachowania bilansu energetycznego w systemie.

Magazyny energii o dużej mocy i pojemności mogą stanowić środek znacznie zmniejszający problem nadmiaru energii produkowanej z OZE i wynikający z niego problem redysponowania nierynkowego. Magazynowanie energii będzie odgrywać dużą rolę w poprawie elastyczności SEE. Przez elastyczność systemu elektroenergetycznego rozumie się jego zdolność do utrzymania ciągłej pracy w warunkach szybkich i dużych zmian generacji i poboru energii elektrycznej [22]. Magazynowanie energii podobnie jak wytwarzanie można podzielić na rozproszone i systemowe. Działanie systemowe to budowanie wielkoskalowych magazynów energii przyłączonych do sieci WN i NN. Magazyny takie mogą świadczyć usługi systemowe i regulacyjne oraz pełnić rolę źródeł rezerwowych na wypadek awarii systemowej. Obecnie wielkoskalowe magazynowanie energii elektrycznej możliwe jest w zasadzie jedynie z wykorzystaniem w tym celu elektrowni szczytowo-pompowych. W przyszłości zwiększy się udział magazynów elektrochemicznych co pokazuje wykres przedstawiony na Rys. 15.

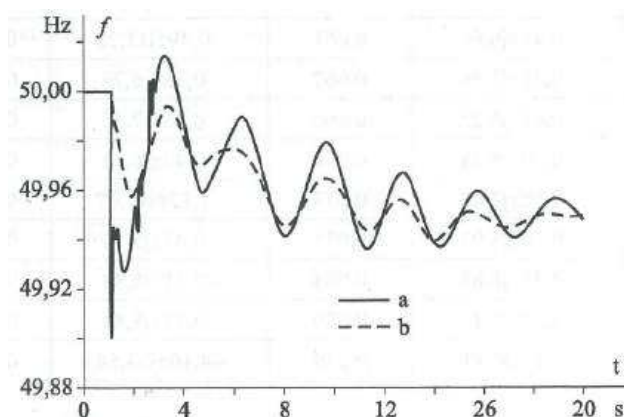


Rys. 15. Moc zakontraktowana przez magazyny energii w aukcjach głównych na lata 2021–2028 [28]

Główny zamysł jest jednak taki, aby skorelować pracę wielkoskalowej farmy fotowoltaicznej z towarzyszącym jej magazynem energii wykonanym w technologii elektrochemicznej. Odpowiednio dobrany, co do mocy i pojemności magazyn energii pozwalałby na magazynowanie nadwyżek energii produkowanej przez farmę fotowoltaiczną oraz ich efektywne wykorzystanie w okresach zwiększonego zapotrzebowania lub zmniejszonej produkcji energii.

Ostatnią kwestią, która zostanie poruszona w niniejszym artykule jest wpływ OZE a w szczególności wielkoskalowych farm fotowoltaicznych na inercję w systemie elektroenergetycznym. Kodeks sieciowy NC RfG [6] definiuje inercję jako właściwość wirującego ciała sztywnego, np. wirnika prądnicy, dzięki której utrzymuje ono swój stan jednolitego ruchu obrotowego i moment kątowy, o ile nie zostanie przyłożony zewnętrzny moment obrotowy. W tradycyjnym ujęciu system elektroenergetyczny w sposób aktywny kształtuje zasadnicze parametry tj. napięcie i częstotliwość a w przypadku zakłóceń wykazuje właściwość określaną właśnie jako inercja. Stosowane dotychczas powszechnie w instalacjach PV inwertery określane jako GFL (Grid Following Inverter) „nadażały” za parametrami kształtowanymi przez system. Nie można było zatem rozważać pracy systemu bez tradycyjnych generatorów synchronicznych. Inwertery GFL nie posiadały inercji.

Inercja w systemie elektroenergetycznym ma zasadniczy wpływ na jego stabilność. Zmiana częstotliwości w systemie elektroenergetycznym oznacza zmianę prędkości kątowej wirników maszyn elektrycznych i tym samym zmianę energii zgromadzonej w masach wirujących. Energia mas wirujących jest oddawana do systemu gdy częstotliwość zmniejsza się, i jest pobierana z systemu, gdy częstotliwość wzrasta. Inercja systemu zmniejsza wpływ zaburzeń bilansu mocy czynnej w systemie głównie przez ograniczenie szybkości zmian częstotliwości [20]. Elektrownie fotowoltaiczne wyposażone w inwertery GFL są źródłami bezinercyjnymi. Im więcej w SEE źródeł bezinercyjnych, tym wartość stałej inercji systemu jest mniejsza, a szybkość malenia częstotliwości odpowiednio większa [22]. Odpowiedź systemu na wyłączenie generacji przy różnym udziale OZE ilustruje Rys. 16.



Rys. 16. Odpowiedź SEE na wyłączenie generacji, a – duży udział OZE, b – mały udział OZE [20]

Zidentyfikowany przez operatorów systemów elektroenergetycznych i potwierdzony licznymi badaniami symulacyjnymi, niekorzystny wpływ odnawialnych źródeł energii na zmiany częstotliwości przy zaburzeniach bilansu mocy w systemie elektroenergetycznym stanowi istotny problem. W odpowiedzi na to wyzwanie, koncepcja wirtualnej (syntetycznej) inercji zyskała na znaczeniu. Producenci inwerterów zaczęli oferować urządzenia z dodatkowym układem sterującym, który reaguje na zmiany częstotliwości, wymuszając zmiany mocy generowanej na wzór źródeł inercyjnych.

Kodeks sieciowy NC RfG [6] definiuje inercję syntetyczną jako zdolność modułu parku energii (PPM) lub systemu HVDC do imitowania efektu inercji synchronicznego modułu wytwarzania energii do określonego poziomu parametrów pracy. Niemniej, należy podkreślić, że wirtualna inercja bazuje wyłącznie na możliwościach regulacyjnych układów energoelektronicznych. W przypadku spadku częstotliwości, efekt wirtualnej inercji może być efektywnie wykorzystany jedynie wtedy, gdy źródło fotowoltaiczne (PV) pracuje z rezerwą mocy.

Wraz z dynamicznym rozwojem energoelektroniki i zaawansowanych technik sterowania, technologia Grid Forming Inverter (GFM) staje się coraz bardziej obiecującym rozwiązaniem w kontekście integracji odnawialnych źródeł energii z siecią elektroenergetyczną. Falowniki oparte na technologii GFM, odpowiednio programowane, są w stanie „naśladować” parametry konwencjonalnych zespołów wytwórczych, co przyczynia się do zwiększenia stabilności sieci oraz umożliwia bardziej precyzyjną regulację.

Koncepcja wirtualnej maszyny synchronicznej (VSM) stanowi dalszy rozwój technologii GFM. VSM to zaawansowany model matematyczny, który odwzorowuje dynamiczne zachowanie tradycyjnego generatora synchronicznego. Implementacja VSM w falownikach GFM umożliwia jeszcze lepsze

naśladowanie pracy konwencjonalnych źródeł energii, co otwiera nowe możliwości w zarządzaniu sieciami elektroenergetycznymi z dużym nasyceniem OZE.

7. Podsumowanie

Transformacja energetyczna, wspierana unijną polityką klimatyczną i postępem technologicznym, dynamicznie rozwija sektor fotowoltaiki w Polsce, zarówno w mikro, jak i makro skali. Ten dynamiczny rozwój ma kluczowy wpływ na krajowy system elektroenergetyczny, otwierając nowe możliwości, ale i stawiając wyzwania związane z integracją OZE.

Wielkoskalowa farma fotowoltaiczna, definiowana jako instalacja o mocy co najmniej 75 MW przyłączona do sieci o napięciu co najmniej 110 kV, stanowi istotny element transformacji energetycznej w Polsce. Struktura takiego obiektu, składająca się z modułów fotowoltaicznych, inwerterów, stacji transformatorowych i Głównego Punktu Odbioru (GPO), jest uniwersalna i adaptowalna do różnych mocy i napięć przyłączeniowych.

Sektor energetyczny w Polsce funkcjonuje w oparciu o szeroki zbiór aktów prawnych, w tym ustawy takie jak Prawo energetyczne, ustawa o OZE i Prawo budowlane, a także rozporządzenia, instrukcje ruchu i eksploatacji sieci (IRIESP i IRIESD) oraz normy techniczne. Dodatkowo, obowiązują przepisy dotyczące ochrony środowiska, planowania przestrzennego oraz unijne kodeksy sieciowe, które regulują funkcjonowanie rynku energii w krajach członkowskich. Wymienione akty prawne podlegają ciągłym zmianom, dlatego istotne jest ich bieżące monitorowanie, w tym decyzji Prezesa URE oraz informacji publikowanych przez operatorów sieci przesyłowej i dystrybucyjnej.

Stabilność systemu elektroenergetycznego, w uproszczeniu, to zdolność do powrotu do stanu równowagi po wystąpieniu zakłócenia. Wielkoskalowe farmy fotowoltaiczne, mimo zmiennego profilu generacji, mogą w szczególnych przypadkach wspierać system w stanach zagrożenia, reagując szybciej niż konwencjonalne źródła dzięki zaawansowanym algorytmom regulacji. Warunkiem jest praca farmy fotowoltaicznej z zapasem mocy co umożliwi regulację generacji mocy także w górę.

Kodeks sieci NC RfG i Zaktualizowane Wymogi Ogólnego Stosowania precyzyjnie określają wymagania dla modułu parku energii jakim jest farma fotowoltaiczna, w tym zdolność do produkcji i poboru mocy biernej oraz zachowanie w warunkach spadku częstotliwości. Wielkoskalowa farma fotowoltaiczna, jako moduł wytwarzania energii typu D, jest klasyfikowana jako Znaczący Użytkownik Sieci (SGU). Status SGU jest formalnie potwierdzany decyzją Prezesa URE na podstawie wykazu przekazanego przez operatora sieci. Wielkoskalowa farma fotowoltaiczna, jako SGU, musi aktywnie uczestniczyć w planie obrony i odbudowy systemu. Spełnianie wymagań jest weryfikowane podczas testów zgodności przed wydaniem ostatecznego pozwolenia na użytkowanie.

Oversizing jako strategia polegająca na zwiększeniu mocy zainstalowanej farmy fotowoltaicznej powyżej mocy przyłączeniowej jest możliwa dzięki nowelizacji ustawy Prawo Energetyczne. Oversizing przynosi szereg korzyści, m.in. zwiększenie rocznej produkcji energii, lepsze wykorzystanie infrastruktury przesyłowej, która jest projektowana na podstawie mocy przyłączeniowej, a nie zainstalowanej, oraz możliwość elastycznego zarządzania produkcją energii. Należy jednak pamiętać o ograniczeniach, takich jak nieprzekraczalna moc przyłączeniowa i wyższe koszty inwestycji. Ostatecznie, decyzja o zastosowaniu oversizingu powinna być poprzedzona szczegółową analizą ekonomiczną i techniczną, uwzględniającą specyfikę danej instalacji fotowoltaicznej.

Cable pooling jako elastyczne rozwiązanie, pozwalające na łączenie różnych źródeł OZE, takich jak farmy fotowoltaiczne, farmy wiatrowe, a także magazyny energii umożliwia naprzemienne wykorzystywanie mocy wytwórczych poszczególnych źródeł. Prowadzi to do wyrównania dobowego profilu produkcji energii. To z kolei ma pozytywny wpływ na stabilność systemu elektroenergetycznego, ponieważ ogranicza wahania mocy generowanej przez OZE. Dodatkowo, nadwyżki energii produkowanej w okresach wysokiej generacji mogą być magazynowane i wprowadzane do sieci w okresach niższej generacji, co jeszcze bardziej poprawia profil produkcji.

Koncepcja cable pooling jest szczególnie istotna w kontekście niskiego współczynnika wykorzystania mocy paneli fotowoltaicznych, który w Polsce wynosi obecnie około 10%. Współdzielenie przyłącza przez instalacje OZE wykorzystujące różne źródła energii pierwotnej oraz magazyny energii pozwala na efektywniejsze wykorzystanie punktu przyłączenia.

Jednym z głównych problemów w kontekście integracji źródeł OZE z systemem elektroenergetycznym jest kwestia odmów przyłączenia instalacji wytwórczych do sieci. Moc instalacji, którym odmówiono przyłączenia, jest znacząca i przekracza 80 GW. Wynika to z ograniczeń sieciowych, które pojawiają się zarówno w sieciach niskiego napięcia (nN), gdzie przyłączane są instalacje prosumenckie, jak i w sieciach dystrybucyjnych i przesyłowych, do których podłączane są wielkoskalowe farmy fotowoltaiczne. Ograniczenia te wynikają z przeciążeń linii, spowodowanych zbyt wysoką temperaturą projektową, która w wielu przypadkach jest znacznie niższa od dopuszczalnej temperatury przewodów.

Innym istotnym problemem jest konieczność redysponowania nierynkowego, czyli zaniżania wytwarzania energii w instalacjach OZE, gdy jest to niezbędne dla zapewnienia bezpiecznej pracy systemu

elektroenergetycznego. Mimo że inwestorzy otrzymują rekompensaty finansowe z tytułu niewyprodukowanej energii, redysponowanie budzi ich zaniepokojenie i wpływa na opłacalność inwestycji w OZE. Problem ten wynika z trudności w bilansowaniu systemu elektroenergetycznego, nasyconego w dużym stopniu źródłami OZE. Zmienność produkcji tych źródeł wymusza utrzymywanie rezerwy regulacyjnej w konwencjonalnych elektrowniach co w sytuacji wzmożonej generacji przez źródła OZE wymusza ich ograniczanie.

Rozwiązaniem niektórych problemów mogą być magazyny energii, zarówno rozproszone, jak i systemowe. Magazynowanie energii pozwala na gromadzenie nadwyżek energii produkowanej przez OZE i ich wykorzystywanie w okresach zwiększonego zapotrzebowania lub zmniejszonej produkcji. Magazyny energii poprawiają elastyczność systemu elektroenergetycznego, czyli jego zdolność do utrzymania ciągłej pracy w warunkach szybkich i dużych zmian generacji i poboru energii elektrycznej. W przyszłości coraz większą rolę będą odgrywać wielkoskalowe magazyny energii wykonywane w technologii akumulatorów elektrochemicznych.

Śledząc publikacje branżowe i opracowania planistyczne takie jak [28], [33] i [29] można dojść do wniosku, że magazyny energii są niezbędnym elementem transformacji energetycznej i niejako remedium umożliwiającym efektywne wykorzystanie możliwości OZE i zwiększającym stabilność systemu elektroenergetycznego. Jednak zagłębiając się w publicystykę branżową skupiającą się na odnawialnych źródłach energii można doszukać się głosów przeciwnych. Autorzy artykułu [32] zastanawiają się czy wielkoskalowe magazynowanie energii jest w ogóle realizowalne technicznie. Wątpliwości te wydają się być uzasadnione biorąc pod uwagę ilość energii, która w 2024 roku została ograniczona przez redysponowanie nierynkowe. Wraz z planowanym dalszym rozwojem sektora wielkoskalowych farm fotowoltaicznych można sądzić, że problem nadwyżek energii w okresach pełnego nasłonecznienia będzie narastał.

Istotnym problemem jest również wpływ OZE na inercję w systemie elektroenergetycznym. Źródła fotowoltaiczne z inwerterami GFL (Grid Following Inverter) są bezinercyjne, co oznacza, że wraz ze wzrostem nasycenia KSE źródłami OZE maleje inercja systemu elektroenergetycznego, co zwiększa ryzyko wystąpienia niestabilności. W odpowiedzi na to wyzwanie, rozwijane są koncepcje wirtualnej (syntetycznej) inercji oraz technologie Grid Forming Inverter (GFM) i wirtualnej maszyny synchronicznej (VSM). Technologie te pozwalają na "naśladowanie" parametrów konwencjonalnych źródeł energii i poprawę stabilności sieci jednakże są dopiero na etapie badań i testów.

Rozwój sektora odnawialnych źródeł energii (OZE), w tym wielkoskalowych farm fotowoltaicznych, jest stymulowany przez regulacje prawne i dofinansowania. Wyzwania techniczne jakie za sobą niesie osiągnięcie celów dekarbonizacji w sektorze wytwarzania poddają w wątpliwość zasadność tych inicjatyw. Funkcjonuje jednak powiedzenie, że problem, który można rozwiązać poprzez odpowiednie nakłady finansowe przestaje być problemem a staje się kosztem. Ktoś jednak te koszty będzie musiał ponieść.

Literatura

- [1] Ustawa z dnia 20 lutego 2015 r. o odnawialnych źródłach energii (Dz. U. z 2022 r., poz. 1378, z późn. zm.)
- [2] Rozporządzenie Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 22 marca 2023 w sprawie szczegółowych warunków funkcjonowania systemu elektroenergetycznego
- [3] Zaktualizowane wymogi ogólnego stosowania, PSE S.A. Konstancin-Jeziorna, dn. 01.02.2024 r.
- [4] Procedura testowania modułów wytwarzania energii wraz z podziałem obowiązków między właścicielem zakładu wytwarzania energii a operatorem systemu na potrzeby testów, PSE S.A. wersja obowiązująca od 01.11.2020
- [5] Instrukcja Ruchu i Eksploatacji Systemu Przesyłowego, PSE S.A. obowiązująca od dnia 14.06.2024 r.
- [6] Rozporządzenie Komisji (UE) 2016/631 z dnia 14 kwietnia 2016 r. ustanawiające kodeks sieci dotyczący wymogów w zakresie przyłączenia jednostek wytwórczych do sieci
- [7] Rozporządzenie Komisji (UE) 2016/1388 z dnia 17 sierpnia 2016 r. ustanawiające kodeks sieci dotyczący przyłączenia odbioru
- [8] Rozporządzenie Komisji (UE) 2016/1447 z dnia 26 sierpnia 2016 r. ustanawiające kodeks sieci określający wymogi dotyczące przyłączenia do sieci systemów wysokiego napięcia prądu stałego oraz modułów parku energii z podłączeniem prądu stałego
- [9] Rozporządzenie Komisji (UE) 2017/2196 z dnia 24 listopada 2017 r. ustanawiające kodeks sieci dotyczący stanu zagrożenia i stanu odbudowy systemów elektroenergetycznych
- [10] Rozporządzenie Komisji (UE) 2017/1485 z dnia 2 sierpnia 2017 r. ustanawiające wytyczne dotyczące pracy systemu przesyłowego energii elektrycznej

- [11] Rozporządzenie Komisji (UE) 2017/2195 z dnia 23 listopada 2017 r. ustanawiające wytyczne dotyczące bilansowania
- [12] Rozporządzenie Komisji (UE) 2016/1719 z dnia 26 września 2016 r. ustanawiające wytyczne dotyczące długoterminowej alokacji zdolności przesyłowych
- [13] Rozporządzenie Komisji (UE) 2015/1222 z dnia 24 lipca 2015 r. ustanawiające wytyczne dotyczące alokacji zdolności przesyłowych i zarządzania ograniczeniami przesyłowymi
- [14] Rozporządzenie delegowane Komisji (UE) 2024/1366 z dnia 11 marca 2024 r. uzupełniające rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2019/943 poprzez ustanowienie kodeksu sieci dotyczącego zasad sektorowych w zakresie aspektów cyberbezpieczeństwa w transgranicznych przepływach energii elektrycznej
- [15] NC ER – Wymagania techniczne dla systemów komunikacji głosowej, PSE S.A. Konstancin-Jeziorna, czerwiec 2020 r.
- [16] Plan testów, na podstawie art. 43 ust. 2 Rozporządzenia Komisji (UE) 2017/2196 z dnia 24 listopada 2017 r. ustanawiającego kodeks sieci dotyczący stanu zagrożenia i stanu odbudowy systemów elektroenergetycznych
- [17] Decyzja Prezesa Urzędu Regulacji Energetyki DRE.WKP.744.9.13.2019.MKo4 z dnia 11 sierpnia 2020 r.
- [18] Wykaz SGU, PSE S.A. Konstancin-Jeziorna, maj 2024
- [19] Ustawa z dnia 10 kwietnia 1997 r. Prawo energetyczne (Dz. U. z 2022 r., poz. 1385, z późn. zm.)
- [20] Jan Machowski, Zbigniew Lubośny: Stabilność systemu elektroenergetycznego, WNT, Warszawa 2018
- [21] Piotr Kacejko, Paweł Pijarski: Podstawy elektroenergetyki, PWN, Warszawa 2024
- [22] Jan Machowski: Regulacja systemu elektroenergetycznego, OWPW, Warszawa 2023
- [23] Sprawozdanie z działalności Prezesa Urzędu Regulacji Energetyki, Warszawa kwiecień
- [24] Ustawa z dnia 17 sierpnia 2023 r. o zmianie ustawy o odnawialnych źródłach energii oraz niektórych innych ustaw;
- [25] Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane (Dz. U. z 2021 r., poz. 1915, z późn. zm.)
- [26] Ustawa z dnia 27 marca 2003 r. o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym (Dz. U. z 2022 r. poz. 1652, z późn. zm.)
- [27] Ustawa z dnia 3 października 2008 r. o udostępnianiu informacji o środowisku i jego ochronie, udziale społeczeństwa w ochronie środowiska oraz o ocenach oddziaływania na środowisko (Dz. U. 2008 Nr 199, poz. 1227)
- [28] Magazynowanie energii elektrycznej; Urząd Regulacji Energetyki, Warszawa, czerwiec 2024 r.
- [29] Plan rozwoju sieci przesyłowej na lata 2025 – 2034; PSE. S.A., grudzień 2024 r.
- [30] www.gramwzielone.pl
- [31] www.pse.pl
- [32] www.wysokienapiecie.pl
- [32] Zbigniew Handzel, Mirosław Gajer; Czy wielkoskalowe magazynowanie energii elektrycznej jest aby w ogóle realizowalne technicznie, <https://magazyn.wsei.edu.pl/czy-wielkoskalowe-magazynowanie-energii-elektrycznej-jest-aby-w-ogole-realizowalne-technicznie/>
- [33] Polityka energetyczna Polski do 2040 r. Ministerstwo Klimatu i Środowiska, Warszawa 2021 r.
- [34] www.rynekelektryczny.pl
- [35] www.forum-energii.eu

**Zaawansowane aplikacje
automatyki SZR szybkiego
w rozdzielniach wielowyłącznikowych
zrealizowane w oparciu
o automaty SPIE Energotest**

Zaawansowane aplikacje automatyki SZR szybkiego w rozdzielniach wielowyłącznikowych zrealizowane w oparciu o automaty SPIE Energotest

Rudolf Głowocz – SPIE Energotest

Streszczenie

W niniejszym referacie przedstawiono kolejne etapy rozwoju urządzeń automatyki SZR produkcji SPIE Energotest. We wstępie omówiono początki działalności związanej z SZR-ami jeszcze w ramach ZPBE Energopomiar. Po powstaniu firmy Energotest-Energopomiar podjęto prace nad stworzeniem własnego nowoczesnego automatu do SZR. W dalszej części referatu przedstawiono kolejne etapy rozwoju tych urządzeń oraz podano przykłady ich zastosowania w złożonych układach obiektowych.

1. Wstęp

Problematyka napędów elektrycznych ich układów zasilania i automatyki były od początku istnienia Zakładu Elektrycznego ZPBE Energopomiar jedną z głównych dziedzin jego działalności. Pracownicy zajmujący się tymi zagadnieniami dzięki bardzo dużym doświadczeniom zdobytym przy uruchamianiu tych układów, pracom eksperckim, badaniom eksploatacyjnym i poawaryjnym na bardzo wielu obiektach, należeli do grona najlepszych w kraju specjalistów w tej dziedzinie.

W 1992 roku w wyniku przekształceń własnościowych z Zakładów Pomiarowo-Badawczych Energetyki Energopomiar powstało Przedsiębiorstwo Usług Elektroenergetycznych Energotest-Energopomiar zatrudniające między innymi specjalistów zajmujących się automatyką SZR. Już w pierwszym roku istnienia podjęto decyzję o rozszerzeniu profilu działalności. Oprócz wykonywania badań i uruchomień automatyki SZR rozpoczęto, przy współpracy PUP Kared Gdańsk, prace nad skonstruowaniem własnych urządzeń do SZR.

Pierwszy automat wprowadzono na rynek w roku 1995. Do dnia dzisiejszego wyprodukowano łącznie ponad 4000 sztuk. Były to znane powszechnie automaty typu AZR, AZRS, APZ, APZmini.

W tym roku obchodzimy 30-tą rocznicę wyprodukowania pierwszego automatu typu AZR. Jest to okazja, żeby przybliżyć etapy rozwoju wyrafinowanych układów automatyki SZR oraz zaprezentować nasz najnowszy a jednocześnie najbardziej zaawansowany technicznie wyrób – APZplus.

2. Urządzenia produkcji SPIE Energotest

Doświadczenia nabyte w czasie wielu lat badań i uruchomień oraz wiedza konstruktorska i możliwości jakie stwarza nowoczesna technika zaowocowały w I półroczu 1995 roku wdrożeniem do produkcji pierwszych w Polsce w pełni nowoczesnych, mikroprocesorowych automatów do SZR typu AZR-J i AZR-U. Były one przewidziane do stosowania w rozdzielniach niskiego napięcia pracujących w układzie rezerwy jawnej lub ukrytej, zasilających głównie odbiory silnikowe i inne odbiory wymagające dużej pewności zasilania.

Omawiane urządzenia dały początek rodzinie automatów, która w kolejnych latach systematycznie była rozszerzana o nowe wersje.

W roku 1996 wprowadzono do produkcji automaty AZRS-J i AZRS-U. Są one przewidziane do stosowania w rozdzielniach średniego napięcia (lub niskiego napięcia) zasilających głównie odbiory silnikowe i inne odbiory wymagające dużej pewności zasilania. Wykonują przełączenia w cyklu SZR (samoczynnego załączania rezerwy) wolnego lub synchronicznego oraz w cyklu PPZ (planowego przełączania zasilania) wolnego lub synchronicznego.

W 1998 roku wprowadzono do produkcji automaty typu AZRS-2 i AZRS-3, w których dodatkowo wprowadzono możliwość wykonywania przełączeń quasi synchronicznych. Dzięki temu automaty AZRS-2 i AZRS-3 wykonują najbardziej wyrafinowane przełączenia spośród wszystkich ówczesnych urządzeń automatyki SZR.



Rys. 1. Automaty AZR w różnych wersjach obudów

Istotne jest, że wszystkie powyżej opisane urządzenia automatyki SZR były dedykowane dla rozdzielni pracujących w układzie rezerwy jawnej (dwa zasilania, jedna sekcja bez sprzęgła) i w układzie rezerwy ukrytej (dwa zasilania, dwie sekcje ze sprzęgłem).

Wychodząc naprzeciw potrzebom klientów w roku 2000 wdrożono do produkcji nową rodzinę automatów przełączania zasilania typu APZ. W automatach położono nacisk na dużą ilość funkcji oraz łatwość zmian konfiguracji automatu pod kątem indywidualnych wymagań klienta. Mogą pracować w rozdzielniach zarówno wysokiego jak i niskiego napięcia pracujących w dowolnym układzie o liczbie wyłączników zasilających rozdzielnię od 2 do 10, z możliwością jej zasilania z agregatu prądotwórczego. Mają możliwość załączania wyłączników po górnej stronie transformatora zasilającego rozdzielnię. Co prawda ówczesny poziom technologiczny nie pozwolił na to, żeby automaty tak uniwersalne jak APZ przeznaczone dla dowolnego układu rozdzielni miały możliwość wykonywania SZR-ów szybkich, ale APZ-y stanowiły uzupełnienie dla AZRS-ów w rozdzielniach wielowyłącznikowych.



Rys. 2. Automaty APZ

3. Rozwiązania automatyki SZR szybkiego w rozdzielniach wielowyłącznikowych w oparciu o kilka automatów

Typowymi układami pracy rozdzielni są układ rezerwy jawnej (jedna sekcja bez sprzęgła i dwa zasilania) i układ rezerwy ukrytej (dwie sekcje ze sprzęgłem i dwa zasilania). Chcąc poprawić pewności zasilania odbiorów zwiększa się ilości źródeł zasilania. Układy takie najczęściej są stosowane do zasilania napędów silnikowych pracujących w ciągach technologicznych dopuszczających jedynie krótkotrwałe przerwy w zasilaniu. W zależności od charakteru tych napędów wymagania te mogą być bardzo ostre: dopuszczalny czas przerwy $< 100 \div 500 \text{ ms}$ lub też łagodniejsze, kiedy czynnikiem decydującym jest nie czas przerwy, tylko warunek bezwzględnego przywrócenia zasilania po określonym czasie najczęściej

poniżej kilku – kilkudziesięciu sekund. W pierwszym przypadku automatyka SZR musi gwarantować przełączenia szybkie tzn. synchroniczne lub quasi synchroniczne, w przypadku drugim mogą to być tzw. przełączenia wolne. W obu przypadkach ze względu na ilość źródeł zasilania musi być to automatyka wielostopniowa.

W Energoteście opracowano wiele układów automatyki przełączania zasilania dla rozdzielni klasycznych oraz dla rozdzielni o złożonych układach pierwotnych. Wykorzystano w nich automaty z rodziny AZRS i APZ. Wieloletnie doświadczenia oraz dogłębna znajomość zjawisk zachodzących w układzie elektroenergetycznym pozwoliły na optymalne wykorzystanie możliwości sprzętowych oraz spełnienie różnorodnych wymagań Klientów.

Takie układy automatyki SZR-u szybkiego dla rozdzielni wielowyłącznikowych składające się z kilku automatów opracowywano i produkowano w Energoteście od końca lat 90-tych XX wieku do ok. roku 2018. Istotne jest, że była to automatyka SZR wielostopniowa i poszczególne stopnie realizowały różne automaty. W celu ustawienia priorytetów konieczna była komunikacja pomiędzy automatami polegająca na blokowaniu przełączeń o niższym priorytecie na czas realizacji przełączeń o wyższym priorytecie. W ten sposób przełączenia pierwszego stopnia (o najwyższym priorytecie) mogły być wykonywane jako szybkie, ale przełączenia pozostałych stopni (o niższych priorytetach) siłą rzeczy musiały być realizowane jako wolne.

W dalszej części zostaną przedstawione przykładowe realizacje automatyki SZR szybkiego dla układów wielowyłącznikowych zrealizowanych w oparciu o kilka automatów.

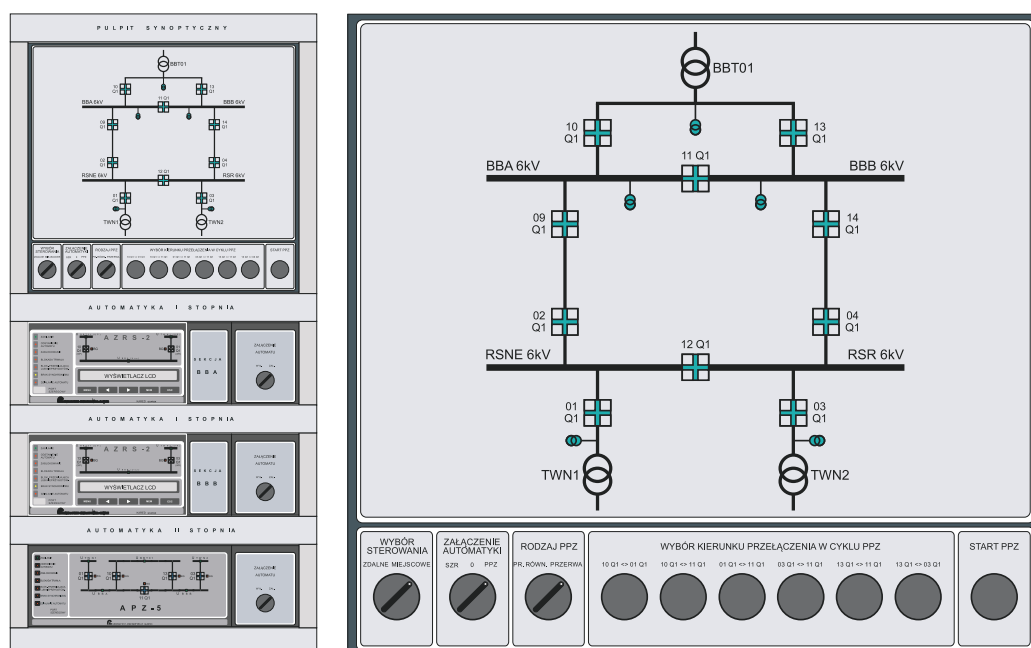
3.1. Dwie połączone ze sobą rozdzielnie dwusekcyjne SN, automatyka SZR obsługuje pięć wyłączników – zasilanie potrzeb własnych bloku

Układ składa się z dwóch rozdzielni BBA, BBB oraz RSNE, RSR. Obydwie rozdzielnie są spięte liniami kablowymi (wyłączniki 09, 02, 14, 04 są na stałe zamknięte). W rozdzielni RSNE, RSR sprzęgło 12 jest na stałe otwarte.

Automatyka SZR cały układ traktuje jako jedną rozdzielnię dwusekcyjną (sekcja BBA,RSNE oraz sekcja BBB,RSR) ze sprzęgłem 11, zasilaną podstawowo z transformatora BBT01 poprzez wyłączniki 10, 13, a rezerwowo poprzez wyłączniki 01, 03.

W rozdzielni zastosowano układ oparty o:

- automat AZRS-2 przeznaczony do pracy w układzie rezerwy jawnej – realizuje pierwszy stopień automatyki SZR szybkiego pomiędzy zasilaniem podstawowym 10 i rezerwowym 01 sekcji BBA,RSNE,
- automat AZRS-2 przeznaczony do pracy w układzie rezerwy jawnej – realizuje pierwszy stopień automatyki SZR szybkiego pomiędzy zasilaniem podstawowym 13 i rezerwowym 03 sekcji BBB,RSR,
- automat APZ-5 przeznaczony do pracy w dowolnym układzie rozdzielni – realizuje drugi stopień automatyki SZR wolnego z aktualnego zasilania danej sekcji (podstawowego 10, 13 lub rezerwowego 01, 03) na sprzęgło 11,



Rys. 3. Automatyka SZR w oparciu o dwa AZRS-2 i jeden APZ

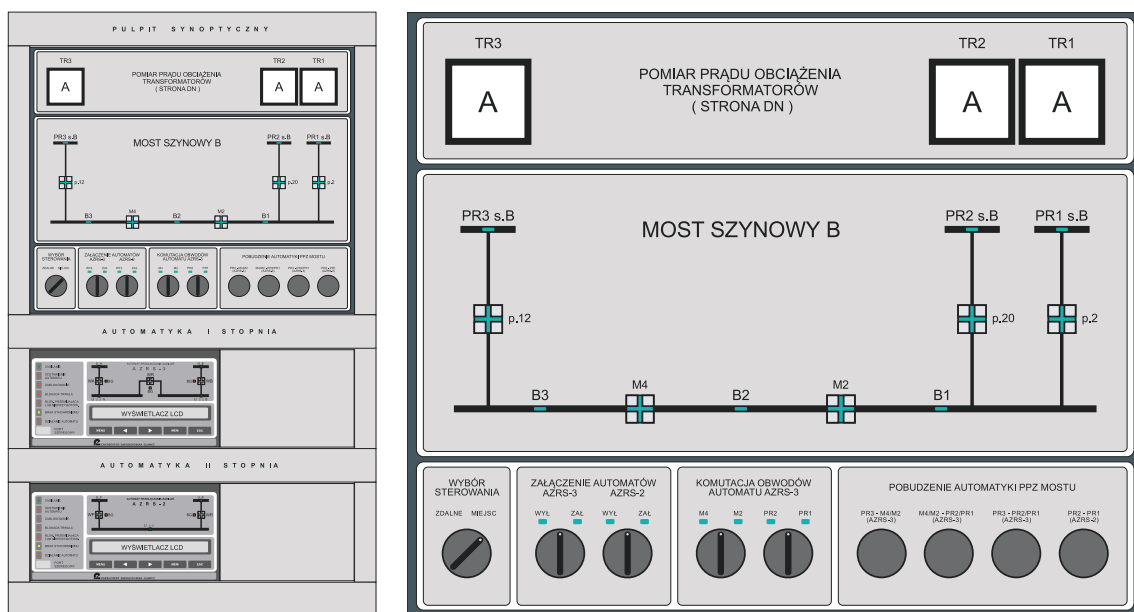
3.2. Układ czterowłaznikowy SN – zasilanie mostu szynowego w elektrowni

Most szynowy składa się z trzech odcinków B3, B2, B1 rozdzielonych sprzęgłami M4 i M2. W zależności od bieżących potrzeb, odcinek środkowy B2 może być zasilany przez odcinek B3 (zamknięte sprzęgło M4) lub przez odcinek B1 (zamknięte sprzęgło M2). Podstawowo odcinek B3 jest zasilany z jednego źródła PR3, natomiast odcinek B1 jest zasilany z jednego z dwóch źródeł PR2, PR1. Zasilania PR2 i PR1 są równorzędne i jako podstawowe traktuje się zasilanie aktualnie pracujące, a jako rezerwowe traktuje się zasilanie aktualnie niepracujące.

Automatyka SZR cały układ traktuje jako jedną rozdzielnię dwusekcyjną (sekcjami są odcinki mostu B3 i B1, natomiast odcinek środkowy B2 jest traktowany jako fragment jednego z odcinków B3 lub B1) ze sprzęgłem M4 lub M2 zasilaną podstawowo ze źródła PR3 oraz jednego ze źródeł PR2 lub PR1.

W rozdzielni zastosowano układ oparty o:

- automat AZRS-2 przeznaczony do pracy w układzie rezerwy jawnej – dla odcinka B1 realizuje pierwszy stopień automatyki SZR szybkiego pomiędzy zasilaniem podstawowym (aktualnie pracujące PR2 lub PR1) i rezerwowym (aktualnie niepracujące PR2 lub PR1)
- automat AZRS-3 przeznaczony do pracy w układzie rezerwy ukrytej – dla odcinka B3 realizuje pierwszy stopień automatyki SZR szybkiego pomiędzy zasilaniem podstawowym z PR3 a sprzęgłem M4 lub M2 – dla odcinka B1 realizuje drugi stopień automatyki SZR wolnego z aktualnie pracującego zasilania tej sekcji PR2 lub PR1 na sprzęgło M4 lub M2.



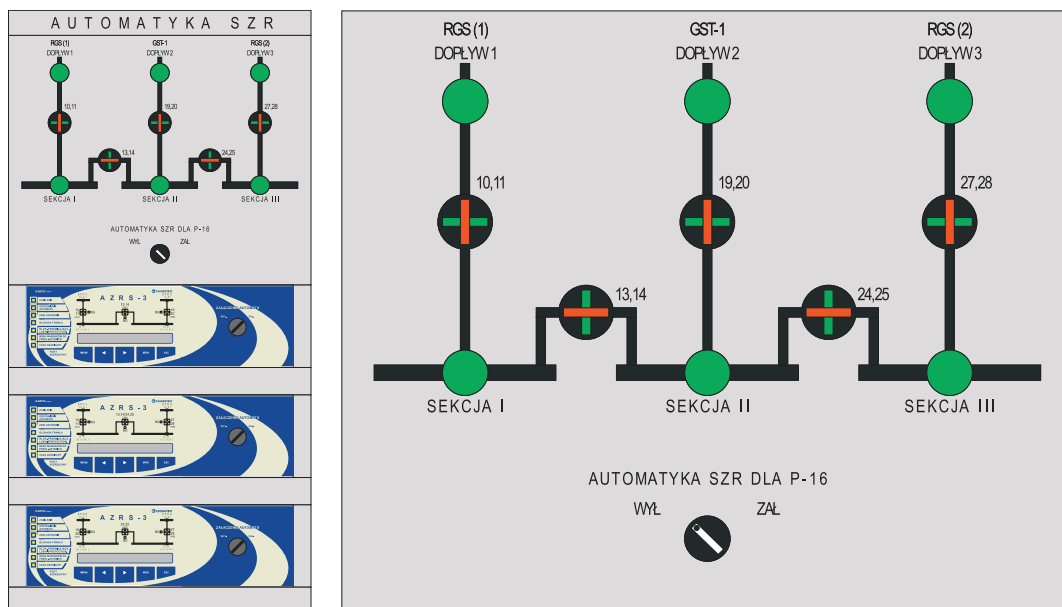
Rys. 4. Automatyka SZR w oparciu o dwa automaty AZRS

3.3. Rozdzielnia trzysekcyjna pięciowłaznikowa SN – zasilanie instalacji technologicznej w zakładzie przemysłowym

Układ składa się z trzech sekcji I, II, III rozdzielonych sprzęgłami 13,14 i 24,25. Każda sekcja posiada jedno zasilanie odpowiednio 10,11 i 19,20 i 27,28.

W rozdzielni zastosowano układ oparty o:

- automat AZRS-3 przeznaczony do pracy w układzie rezerwy ukrytej – realizuje pierwszy stopień automatyki SZR szybkiego pomiędzy zasilaniem 10,11 sekcji I a sprzęgłem 13,14 oraz realizuje pierwszy stopień automatyki SZR szybkiego pomiędzy zasilaniem 19,20 sekcji II a sprzęgłem 13,14,
- automat AZRS-3 przeznaczony do pracy w układzie rezerwy ukrytej – realizuje pierwszy stopień automatyki SZR szybkiego pomiędzy zasilaniem 19,20 sekcji II a sprzęgłem 24,25 oraz realizuje pierwszy stopień automatyki SZR szybkiego pomiędzy zasilaniem 27,28 sekcji III a sprzęgłem 24,25,
- automat AZRS-3 przeznaczony do pracy w układzie rezerwy ukrytej – wykonuje przełączenia w sytuacji, gdy jest zamknięte jedno ze sprzęgł 13,14 lub 24,25 – realizuje pierwszy stopień automatyki SZR szybkiego pomiędzy zasilaniem 10,11 sekcji I a otwartym sprzęgłem 13,14 lub 24,25 oraz realizuje pierwszy stopień automatyki SZR szybkiego pomiędzy zasilaniem 27,28 sekcji III a otwartym sprzęgłem 13,14 lub 24,25.



Rys. 5. Automatyka SZR w oparciu o trzy automaty AZRS

W zdecydowanej większości układy automatyki SZR szybkiego dla rozdzielni wielowyłącznikowych były montowane w szafach. Na Rys. 6 pokazano przykładowe szafy SZR na obiekcie.



Rys. 6. Szafy z automatyką SZR dla rozdzielni wielowyłącznikowych

4. Rozwiązania automatyki SZR szybkiego w rozdzielniach wielowyłącznikowych w oparciu o jeden automat typu APZplus

W latach 2019 - 2020 w SPIE Energotest opracowano i wdrożono do produkcji nowy automat o nazwie APZplus, który praktycznie jako jedyny dostępny na rynku spełnia jednocześnie dwa warunki:

- wykonuje przełączenia szybkie (dotyczy wersji specjalnej oznaczonej literą „S”),
- jest przewidziany do pracy w dowolnym układzie rozdzielni do 10 wyłączników.

Można stwierdzić, że APZplus łączy w sobie szybkość przełączeń wcześniejszego AZRS i uniwersalność wcześniejszego APZ. Powstanie tego automatu było możliwe dzięki dostępności na rynku sprawdzonych procesorów posiadających odpowiednio dużą moc obliczeniową.

Co prawda kilka lat wcześniej pojawiły się na rynku automaty wykonujące przełączenia SZR szybkiego w układach wielowyłącznikowych, ale jak wynika z dokumentacji tych urządzeń, liczba układów jest ograniczona do kilku konkretnych opracowanych przez producenta automatu.

We wcześniej opisywanych rozwiązaniach automatyki SZR dla układów wielowyłącznikowych składających się z kilku automatów, przełączenia SZR pierwszego stopnia mogły być realizowane jako szybkie, natomiast przełączenia SZR kolejnych stopni musiały być realizowane jako wolne. W przypadku

zastosowania jednego automatu APZplus, dzięki odpowiednim procedurom przełączeń, istnieje możliwość, że w przypadku braku warunków do wykonania SZR pierwszego stopnia (np. z powodu braku napięcia rezerwowego) przełączenia kolejnych stopni SZR mogą być realizowane również jako szybkie. Jest to uzależnione od warunków istniejących w rozdzielni w momencie wykonywania przełączenia.

Na Rys. 7 pokazano przykładowe rozwiązania zabudowy automatów APZplus na obiekcie. Niewielka obudowa o wysokości 4U i szerokości połowy rack 19 cali pozwala na montaż praktycznie w każdej celce przekątnikowej.



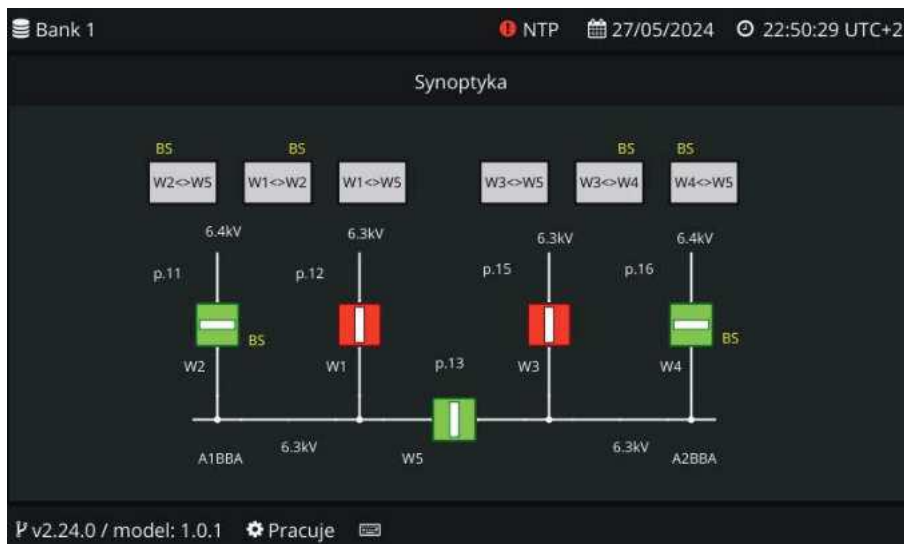
Rys. 7. Zabudowa automatów APZplus w rozdzielni

W dalszej części zostaną przedstawione przykładowe realizacje automatyki SZR szybkiego dla rozdzielni wielowyłącznikowych zrealizowanych w oparciu o jeden automat APZplus.

4.1. Rozdzielnia dwusekcyjna pięciowyłącznikowa SN – zasilanie instalacji technologicznej w zakładzie przemysłowym – wariant 1

Układ składa się z dwóch sekcji rozdzielonych sprzęgłem. Każda sekcja posiada jedno zasilanie podstawowe oraz jedno zasilanie rezerwowe. Automatyka w pierwszej kolejności dokonuje przełączenia z zasilania podstawowego na zasilanie rezerwowe danej sekcji (jest to działanie typowe dla układu rezerwy jawnej), a w drugiej kolejności dokonuje przełączenia na sprzęgło (analogia do układu rezerwy ukrytej).

Na synoptyce dodatkowo pokazano informacje o braku synchronizmu dla każdego wyłącznika (tekst „BS” obok wyłączników) i dla każdego kierunku przełączeń (tekst „BS” nad przyciskami startu PPZ).. Dzięki temu obsługa przed zainicjowaniem przełączenia PPZ jest poinformowana o sposobie realizacji tego przełączenia (z przerwą lub bezprzerwowo).



Rys. 8. Automat APZplus dla rozdzielni dwusekcyjnej pięciowylącznikowej

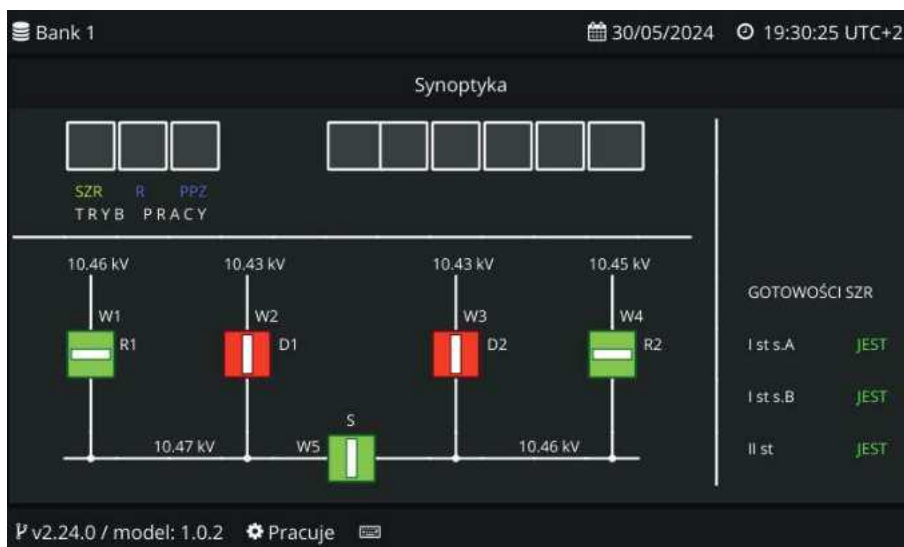
4.2. Rozdzielnia dwusekcyjna pięciowylącznikowa SN – zasilanie instalacji technologicznej w zakładzie przemysłowym – wariant 2

Układ rozdzielni jest identyczny jak wcześniejszy, składa się z dwóch sekcji rozdzielonych sprzęgłem. Każda sekcja posiada jedno zasilanie podstawowe oraz jedno zasilanie rezerwowe. Automatyka w pierwszej kolejności dokonuje przełączenia z zasilania podstawowego na zasilanie rezerwowe danej sekcji (jest to działanie typowe dla układu rezerwy jawnej), a w drugiej kolejności dokonuje przełączenia na sprzęgło (analogia do układu rezerwy ukrytej).

W tym konkretnym rozwiązaniu rozdzielono tryby pracy:

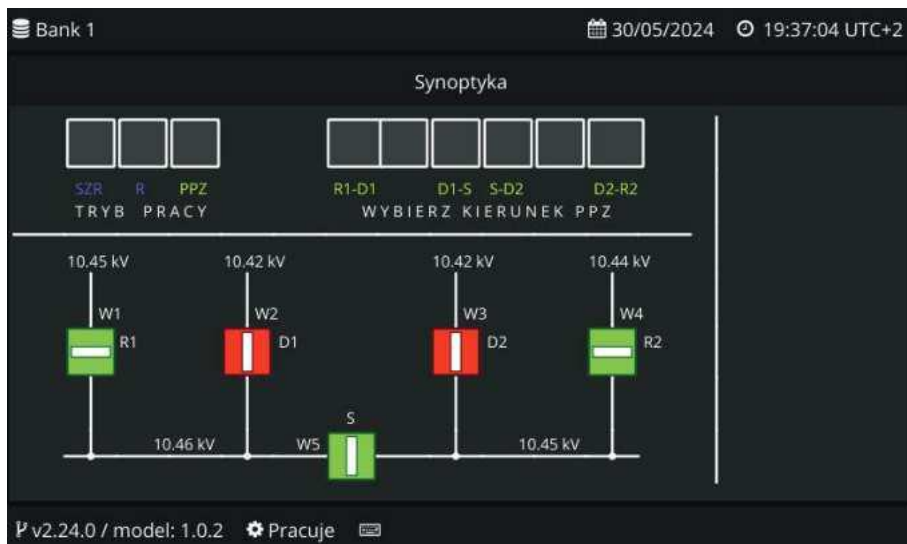
- SZR – samoczynnego załączania rezerwy
- PPZ – planowego przełączania zasilania.

W trybie SZR na synoptyce są pokazywane informacje o możliwości wykonania przełączeń SZR dla pierwszych stopni na zasilanie rezerwowe danej sekcji oraz wykonania przełączenia SZR drugiego stopnia na sprzęgło.



Rys. 9. Automat APZplus dla rozdzielni dwusekcyjnej pięciowylącznikowej aktywny tryb SZR

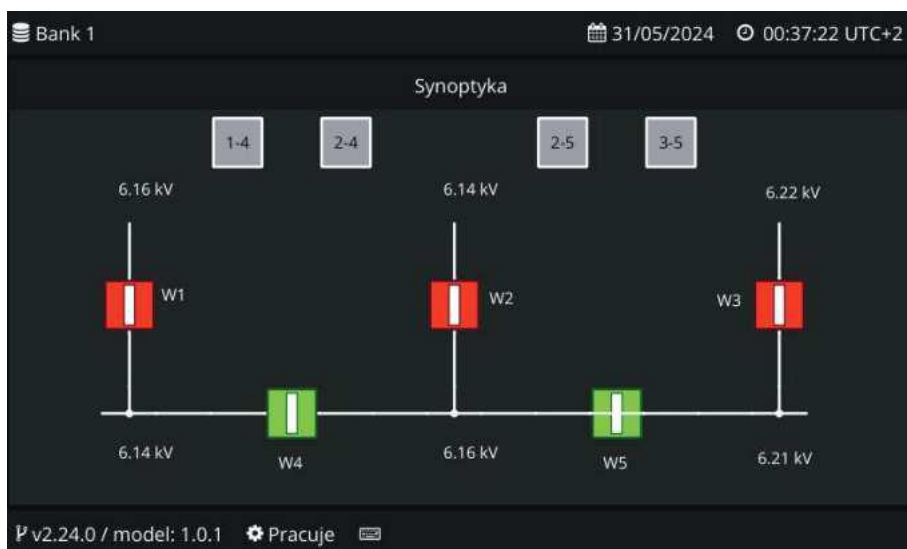
W trybie PPZ na synoptyce są ukrywane te kierunki przełączeń PPZ, które aktualnie nie mogą być wykonane.



Rys. 10. Automat APZplus dla rozdzielni dwusekcyjnej pięciowyłącznikowej aktywny tryb PPZ

4.3. Rozdzielnia trzysekcyjna pięciowyłącznikowa SN – zasilanie instalacji technologicznej w zakładzie przemysłowym

Układ składa się z trzech sekcji rozdzielonych dwoma sprzęgłami. Każda sekcja posiada jedno zasilanie. Automatyka dokonuje przełączenia z zasilania danej sekcji na sprzęgło (typowe działanie dla układu rezerwy ukrytej). W przypadku, gdy aktualnie w rozdzielni jest już zamknięte jedno lub dwa sprzęgła, to istnieje możliwość wykonania przełączenia połączonych sekcji z aktualnie pracujące zasilanie na zasilanie aktualnie niepracujące (jest to analogia do układu rezerwy jawnej).

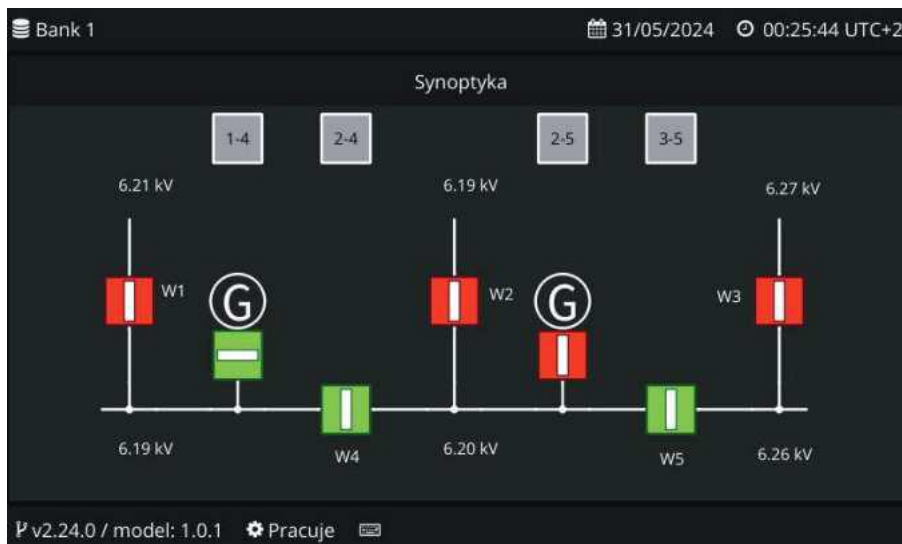


Rys. 11. Automat APZplus dla rozdzielni trzysekcyjnej pięciowyłącznikowej

4.4. Rozdzielnia trzysekcyjna pięciowyłącznikowa SN z dołączonymi generatorami – zasilanie instalacji technologicznej w zakładzie przemysłowym

Układ rozdzielni jest identyczny jak wcześniejszy, składa się z trzech sekcji rozdzielonych dwoma sprzęgłami. Każda sekcja posiada jedno zasilanie. Automatyka dokonuje przełączenia z zasilania danej sekcji na sprzęgło (typowe działanie dla układu rezerwy ukrytej). W przypadku, gdy aktualnie w rozdzielni jest już zamknięte jedno lub dwa sprzęgła, to istnieje możliwość wykonania przełączenia połączonych sekcji z aktualnie pracujące zasilanie na zasilanie aktualnie niepracujące (jest to analogia do układu rezerwy jawnej).

W tej rozdzielni dodatkowo na dwóch sekcjach pracują generatory, które podczas przełączenia SZR muszą być wyłączane. Automatyka generuje impulsy na wyłączenie generatora dla sekcji, która jest przełączana w cyklu SZR. Podczas wykonywania SZR automatyka zamyka wyłącznik rezerwowy dopiero po potwierdzeniu wyłączenia generatora.



Rys. 12. Automat APZplus dla rozdzielni trzysekcyjnej pięciowyłącznikowej z dodatkowymi generatorami

4.5. Rozdzielnia SN o dwóch różnych układach pracy – zasilanie zakładu przemysłu chemicznego

Rozdzielnia jest dwusystemowa. W związku z tym istnieje konieczność dodatkowej kontroli stanu położenia odłączników systemowych w polach biorących udział w przełączeniach.

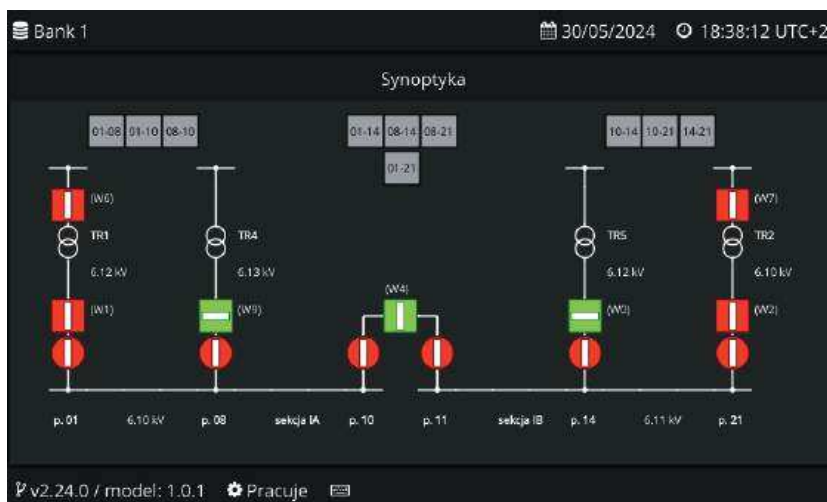
Drugi system podczas normalnej pracy jest wyłączony i nie bierze udziału w automatyce SZR.

Dodatkowo automatyka steruje wyłącznikami po stronie górnej transformatorów zasilających.

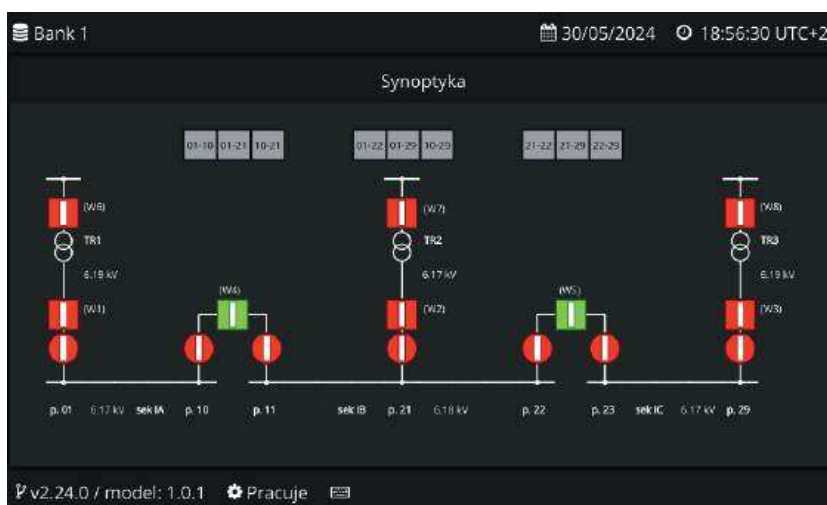
UKŁAD ISTNIEJĄCY Obecnie jest to rozdzielnia dwusekcyjna. Każda sekcja posiada jedno zasilanie podstawowe oraz jedno zasilanie rezerwowe.	
MODERNIZACJA W tej rozdzielni przewiduje się modernizację. Ma zostać dobudowana trzecia sekcja. Obecne zasilania rezerwowe zostaną zlikwidowane.	
UKŁAD DOCELOWY Docelowo będzie to rozdzielnia trzysekcyjna. Każda sekcja będzie posiadała jedno zasilanie z transformatora.	

Ze względu na przyszłościową modernizację rozdzielni wymagane było, żeby urządzenie automatyki SZR pracowało prawidłowo w obecnym układzie rozdzielni oraz było przygotowane sprzętowo do pracy w docelowym układzie rozdzielni. SPIE Energotest zaoferował zastosowanie uniwersalnego automatu APZplus w wersji specjalnej „S” (wykonujący przełączenia szybkie). Sprzętowo (hardwarowo) urządzenie dostosowano dla obydwu układów rozdzielni. W tej chwili do automatu została wczytana konfiguracja dla układu obecnego (tymczasowego). W momencie modernizacji rozdzielni wystarczy dokonać programowej zmiany konfiguracji automatu z obecnej (tymczasowej) na przyszłościową (docelową).

Należy nadmienić, że SPIE Energotest był jedyną firmą startującą w przetargu. APZplus jest jedynym dostępnym na rynku urządzeniem SZR, którego dopracowana konstrukcja i zaawansowane oprogramowanie pozwoliło na spełnienie tak specyficznych wymagań.



Rys. 13. Automat APZplus dla rozdzielni dwusekcyjnej siedmiowyłącznikowej konfiguracja obecna (tymczasowa)



Rys. 14. Automat APZplus dla rozdzielni trzysekcyjnej ośmiowyłącznikowej konfiguracja przyszłościowa (docelowa)

5. Podsumowanie

SPIE Energotest w dziedzinie automatyki SZR kontynuuje bogate tradycje Energopomiaru i utrzymuje znaczącą pozycję zarówno jako firma ekspercka jak i dostawca urządzeń automatyki, w tym wykonujące najbardziej wyrafinowane przełączenia w cyklu SZR szybkiego.

Początkowo były to urządzenia pracujące w układach rezerwy jawnej i ukrytej. Dzięki zastosowaniu układów składających się z kilku pojedynczych automatów możliwe było opracowanie i wykonanie szeregu rozwiązań dla rozdzielni wielowyłącznikowych

W roku 2020 wdrożono do produkcji pierwszy i jedyny dostępny na rynku automat do SZR typu APZplus, który może wykonywać przełączenia szybkie w rozdzielni o dowolnym układzie pracy.

Powstanie nowego automatu APZplus zostało dofinansowane z Funduszy Europejskich kwotą 277 448,68 zł w ramach projektu WND-RPSL.01.02.00-24-00B1/19-002 „Skonstruowanie urządzenia automatyki samoczynnego załączania rezerwy (automatu SZR) typu APZplus dla dowolnych układów rozdzielni, wykonującego przełączenia szybkie”.

Szanowni Państwo,

ponad trzy dekady obecności SPIE Energotest w sektorze energetyki i przemysłu to czas intensywnego rozwoju, zdobywania doświadczeń oraz realizacji projektów, które dziś stanowią fundament naszej inżynierskiej wiarygodności. Jako firma, która aktywnie uczestniczy w procesie transformacji energetycznej, dostrzegamy rosnącą potrzebę kompleksowego podejścia do projektowania, integracji i wdrażania nowoczesnych systemów automatyki elektroenergetycznej.

Nasza oferta, obejmująca m.in. projektowanie, systemy sterowania, układy EAZ i telemekanicę, układy wzbudzenia generatorów i rozruchu silników, prefabrykację szaf, urządzenia automatyki i zabezpieczeń – od stacji przesyłowych i dystrybucyjnych przez bloki wytwórcze i zakłady przemysłowe po instalacje OZE – została wielokrotnie sprawdzona w praktyce. Interdyscyplinarny zespół wysoko wykwalifikowanych inżynierów, własne zaplecze R&D oraz elastyczność działania sprawiają, że jesteśmy gotowi sprostać nawet najbardziej wymagającym zadaniom.

Z dumą i satysfakcją współtworzymy również wydarzenia takie jak konferencja „Automatyka elektroenergetyczna w dobie transformacji”, które pokazują, jak istotną rolę odgrywa współpraca środowisk branżowych oraz wszystkich uczestników KSE w budowaniu bezpiecznej i nowoczesnej energetyki.

Zapraszamy do współpracy – zarówno w zakresie usług inżynierskich, jak i wspólnego tworzenia innowacyjnych rozwiązań dla energetyki i przemysłu. Razem możemy więcej.

Z wyrazami szacunku,



Tomasz Olszewski
Prezes Zarządu – SPIE Energotest

WSPARCIE INŻYNIERSKIE DLA ENERGETYKI ZAWODOWEJ I PRZEMYSŁOWEJ





SPIE Energotest



Jesteśmy firmą inżynierską i dostawcą urządzeń automatyki elektroenergetycznej, aktywnie uczestniczącą w transformacji energetycznej Polski.

Od ponad **30** lat jesteśmy związani z elektroenergetyką zawodową w Polsce.

Ponad 75% z ponad 140 osób pracujących w naszej firmie posiada wyższe wykształcenie.

**WYSOKIE
KOMPETENCJE**



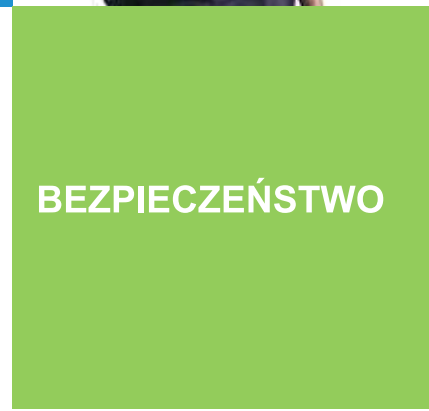
PROFESJONALIZM



DOŚWIADCZENIE



BEZPIECZEŃSTWO





Zadania realizujemy kompleksowo!

Powierzając nam całość zagadnień związanych z obwodami wtórnymi stacji: projekt, dostawy automatyki zabezpieczeniowej i systemu sterowania, prefabrykację oraz uruchomienie, Generalny Wykonawca lub Inwestor może skupić się na optymalizacji swojego podstawowego obszaru działalności.

Zakres kompetencji SPIE Energotest w przypadku realizacji obiektów energetyki rozproszonej:

Projektujemy układy automatyki elektroenergetycznej oraz całe systemy energetyczne. Realizujemy formalne prowadzenie projektów w celu uzyskania zgód administracyjnych.



PROJEKTOWANIE I ANALIZY

SYSTEM STEROWANIA



Jesteśmy integratorem systemów sterowania i zarządzania dostosowanych do unikalnych potrzeb elektrowni, elektrociepłowni i zakładów przemysłowych.

Posiadamy wieloletnie doświadczenie w zakresie elektroenergetycznej automatyki zabezpieczeniowej. Zasobami własnymi realizujemy dobór, konfigurację i uruchomienie układów automatyki elektroenergetycznej.



UKŁADY EAZ I TELEMECHANIKA

UKŁADY WZBUDZENIA GENERATORÓW i ROZRUCHU SILNIKÓW



W oparciu o rozwiązania produkcji własnej dostarczamy układy wzbudzenia generatorów i rozruchu silników dużej mocy.

Specjalizujemy się w kompleksowej prefabrykacji szaf automatyki zabezpieczeniowej oraz szaf sterowniczych.



PREFABRYKACJA SZAF

URZĄDZENIA AUTMATYKI I ZABEZPIECZEŃ



Jesteśmy uznanym dostawcą urządzeń automatyki elektroenergetycznej jak np.: automaty SZR, rejestratory zakłóceń, zabezpieczenia łukoochronne, sterowniki pól i inne. Posiadamy własny dział R&D.



Pion Projektowania i Analiz SPIE Energotest zapewnia klientom najwyższej jakości usługi projektowe, rozwijane nieprzerwanie od 2000 roku. Korzystając z zaawansowanych kompetencji projektowych, oferujemy wsparcie w zakresie automatyki elektroenergetycznej oraz projektowania systemów energetycznych. Dzięki naszej szerokiej ofercie, obejmującej zarówno energetykę konwencjonalną, jak i odnawialne źródła energii, jesteśmy kluczowym partnerem w transformacji elektroenergetycznej. Współpraca z nami oznacza dostęp do innowacyjnych rozwiązań i specjalistycznej wiedzy, co przekłada się na skuteczność i niezawodność realizowanych projektów.

WIELOBRANŻOWE PROJEKTOWANIE STACJI W OBSZARZE PRZESYŁU I DYSTRYBUCJI ENERGII ELEKTRYCZNEJ

W tym obszarze naszym podstawowym zakresem kompetencji jest kompleksowe opracowanie dokumentacji projektowej wielobranżowej, zarówno w zakresie technicznym jak i formalno-prawnym, dla każdego etapu realizacji inwestycji związanej czy to z modernizacją, rozbudową czy budową nowej stacji elektroenergetycznej WN/SN. W zależności od wybranego przez Inwestora sposobu realizacji zadania opracowujemy:

- koncepcje i projekty podstawowe,
- projekty budowlane wraz z dokumentacją formalno-prawną i koniecznymi decyzjami administracyjnymi i uzgodnieniami branżowymi,
- programy funkcjonalno-użytkowe (PFU),
- wytyczne realizacji inwestycji (WRI),
- dokumentację kosztorysową (PR i KI),
- projekty wykonawcze,
- dokumentację powykonawczą.

Oferowana dokumentacja obejmuje zarówno zakres tzw. obwodów pierwotnych, a więc silnopiędowych jak i obwodów wtórnych tj. sterowania, zabezpieczeń, sygnalizacji, pomiarów, rejestracji, automatów stacyjnych, łączności, SOT i in.

Posiadamy również kompetencje w zakresie opracowania dokumentacji projektowej dla linii kablowych WN. Kompetencje te dotyczą zarówno części technicznej jak i formalnej i pozwalają nam oferować usługi projektowe w zakresie opracowania:

- projektów budowlanych wraz z dokumentacją formalno-prawną i koniecznymi decyzjami administracyjnymi i uzgodnieniami branżowymi,
- projektów danych gwarantowanych/podstawowych,
- projektów wykonawczych,
- dokumentacji powykonawczej.

W każdym z tych obszarów świadczymy usługi Nadzorów Autorskich i jesteśmy gotowi do pełnienia roli Inspektora Nadzoru Inwestorskiego czy Inżyniera Kontraktu.

REFERENCJE

Tauron Dystrybucja

- GPZ Aleksandrowice
- GPZ Bolesławiec
- GPZ Brzesko
- GPZ Brzostów
- GPZ Dwory
- GPZ Grudzińska
- GPZ Grunwaldzka
- GPZ Jadwiga
- GPZ Juliusz
- GPZ Lubawka
- GPZ Miedzianka
- GPZ Mysłowice
- GPZ Piechowice
- GPZ Pilczyce
- GPZ Przylesie
- GPZ Wapienica
- GPZ Zabłocie
- R-333 Lwówek Śląski
- R-Kudowa
- SE Czarna
- SE Jamki
- SE Jawor
- SE Jawor Strefa
- SE Kalinówka
- SE Kamieniec

- SE Katowice
- SE Łososina
- SE Pawłowice
- SE Płaskowicka
- SE Pogoda
- SE Przeciszów
- SE Przeczyce
- SE Przybków
- SE Radlin
- SE Rokitnica
- SE Rozdzieński
- SE Rydułtowy
- SE Szombierki
- SE Tucznowa
- SE Walenty
- SE Wiskoza
- SE Wygoda
- SE Zabrze
- SE Żarków

PGE-Dystrybucja

- GPZ Rożki
- GPZ Stąporków

PSE

- SE Mikołowa
- SE Grudziądz - Węgrowo
- SE Świebodzice
- SE Ząbkowice

PROJEKTY DLA ELEKTROWNI I ELEKTROCIĘPŁOWNI

Jest to obszar, w którym nasze kompetencje projektowe koncentrują się wokół szeroko rozumianych układów automatyki elektroenergetycznej dedykowanej układom wyprowadzenia mocy z jednostek małej, średniej i dużej mocy. W tym zakresie opracowujemy Projekty Wykonawcze i Dokumentację Powykonawczą dla układów:

- elektroenergetycznej automatyki zabezpieczeniowej,
- wzbudzenia i synchronizacji,
- sterowania,
- regulacji napięcia generatorów,
- pomiarów i pomiarów rozliczeniowych energii,
- rejestracji zakłóceń,
- systemów sterowania i nadzoru (SCADA).

Nasze kompetencje projektowe w tym obszarze obejmują również zakres związany z zasilaniem potrzeb własnych i ogólnych jednostek wytwórczych w zakresie napięć średnich (SN), niskich (nN) i gwarantowanych prądu stałego DC i zmiennego AC.

Oferujemy opracowanie Projektów Podstawowych, Wykonawczych i Powykonawczych dla rozd. SN, rozd. nN, rozdzielnic napięć gwarantowanych AC i DC i zasilanych z nich odbiorów. Oferta dotyczy branży elektrycznej w zakresie obwodów pierwotnych jak i wtórnych w tym automatyki przełączania zasilania (SZR/PPZ), zabezpieczeń w tym zabezpieczeń łukoochronnych i in. Ponadto oferujemy opracowanie dokumentacji projektowej dla instalacji elektrycznych siły i oświetlenia oraz gospodarki kablowej.

PROJEKTY W PRZEMYŚLE

Zakres kompetencji projektowych dedykowanych dla przemysłu to przede wszystkim branża elektryczna wspierana branżą konstrukcyjno-budowlaną dla potrzeb projektowanych instalacji i urządzeń elektrycznych w związku z ich zabudową w istniejących, często adoptowanych czy przebudowywanych do tego celu pomieszczeniach. Oferta dotyczy prac projektowych w zakresie obwodów pierwotnych i wtórnych układów zasilania i dystrybucji energii elektrycznej w tym GPZ, rozdzielnic SN, nN, napięć gwarantowanych DC i AC, transformatorów mocy i transformatorów dystrybucyjnych, układów kompensacji mocy biernej a także instalacji elektrycznych siły i oświetlenia.

W ramach tej oferty opracowujemy:

- koncepcje programowo-przestrzenne i projekty podstawowe,
- projekty wykonawcze,
- dokumentację powykonawczą,
- analizy sieciowe.

Kompetencje, profesjonalizm, terminowość wykonanych w SPIE Energotest usług projektowych, praca zespołowa, umiejętność dzielenia się wiedzą są siłą projektantów, tworzących 25-osobowy zespół biura projektowego Spółki, wspartych nie tylko profesjonalnymi narzędziami wspomagającymi proces projektowania, ale przede wszystkim wiedzą, doświadczeniem i nabytymi przez lata pracy uprawnieniami projektowymi. Potwierdzają to referencje uzyskane od naszych klientów.

REFERENCJE

Elektrownie

- EL Bełchatów
- EL Dolna Odra
- EL Kozienice
- EL Opole
- EL Ostrołęka
- EL Turów

- EC Lublin-Wrotków
- EC Łódź
- EC Nowa
- EC Siekierki
- EC Stalowa Wola
- EC Wrocław
- EC Zawidawie
- EC Zielona Góra
- EC Żerań

Elektrociepłownie

- EC Bydgoszcz
- EC Czechnica
- EC Gdańsk
- EC Gdynia
- EC Gorzów
- EC Kędzierzyn-Koźle

Elektrownie wodne

- EW Niedzica
- EW Włocławek

REFERENCJE

- Anwil
- ArcelorMittal Poland
- Cementowania Rudniki
- Cementownia Kujawy
- Cementownia Ożarów
- CMC Poland
- Dalkia Polska Energia
- Grupa Azoty Zakłady Azotowe "Puławy"
- Grupa Azoty Zakłady Azotowe Kędzierzyn
- Huta Miedzi Legnica
- Huta Pokój
- Innowrocławskie Zakłady Chemiczne „Soda-Mątwy”
- MM Kwidzyn
- Janikowskie Zakłady Sodowe „Janikosoda”
- Koksownia Radlin
- Naftoport
- PCC Rokita
- Pern
- Pilkington Automotive Poland
- ORLEN
- Synthos
- ZG Sobieski
- ZGH Bolesław



SYSTEM STEROWANIA I NADZORU ECONTROLplus

W SPIE Energotest, na podstawie wieloletnich doświadczeń w energetyce i przemyśle opracowaliśmy autorski system **ECONTROLplus**. Nasz zespół inżynierów posiada kompetencje integratorskie i realizuje wdrożenia na bazie wielu platform systemowych i komponentów automatyki dostępnych na rynku. SPIE Energotest realizuje kompleksowe usługi w zakresie projektowania i wdrażania systemów sterowania i nadzoru.

ECONTROLplus



W systemie **ECONTROLplus** zaimplementowane zostały najnowsze rozwiązania dotyczące transmisji, archiwizacji i przetwarzania danych, a także sterowania oraz cyberbezpieczeństwa.



UNIWERSALNOŚĆ



MOBILNOŚĆ



REDUNDANCJA



SKALOWALNOŚĆ



CYBERBEZPIECZEŃSTWO



NIEZAWODNOŚĆ

System **ECONTROLplus** jest stosowany dla:

- systemów elektrycznych dla rozdzielni, wyprowadzenia mocy, synchronizacji (elektrownie wodne, gazowe, węglowe, PV, FW),
- systemów monitoringu mediów,
- systemów rejestracji,
- systemów przemysłowych i technologicznych – AKPiA (pompownie, oczyszczalnie ścieków, linie produkcyjne),
- systemów stacyjnych GPO/GPZ,
- farm morskich offshore / onshore,
- systemów pomiaru jakości energii,
- systemów dla energetyki jądrowej.

System **ECONTROLplus** został opracowany w oparciu o standardy opisane w normach IEC62443 oraz ISO27001, które precyzują obowiązki poszczególnych interesariuszy wdrażanego systemu, czyli:

- producenta platformy systemowej,
- integratora,
- użytkownika końcowego.

W ramach funkcji cyberbezpieczeństwa w **ECONTROLplus** oferujemy m.in.:

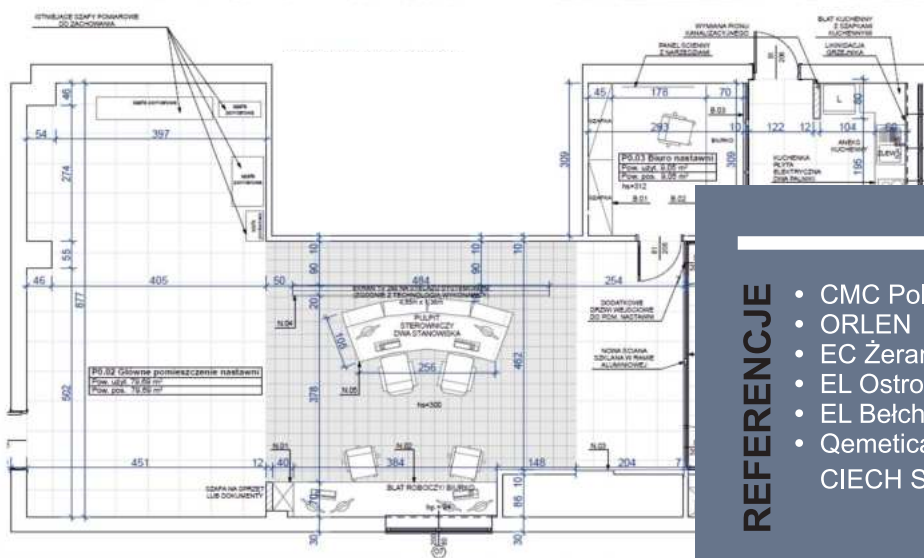
- segmentację sieci,
- poziomy dostępu,
- pełną historię zdarzeń,
- hardening, firewall.



A modern, minimalist office interior. The space features a long, low desk with multiple computer monitors. The walls are white, and the floor is a light-colored wood. A large, colorful, abstract art piece is mounted on the wall. The ceiling is white with recessed lighting. Large windows are visible in the background, providing natural light. The overall atmosphere is bright and open.



Oferujemy opracowanie projektów i wykonanie wszystkich instalacji pomocniczych, np. ppoż, klimatyzacji i innych. Nasze rozwiązania obejmują także ergonomiczne stanowiska pracy, dostosowane do potrzeb operatorów, co przekłada się na zwiększenie efektywności i komfortu użytkowania.



REFERENCJE

- CMC Poland
- ORLEN
- EC Żerań
- EL Ostrołęka
- EL Bełchatów
- Qemetica Soda Polska (dawniej CIECH Soda Polska)

SYSTEM BILANSOWANIA, WYDZIELANIA I UTRZYMANIA ZAKŁADU Z GENERACJĄ WŁASNĄ W PRACY WYSPOWEJ



SmartLoad

ochrona przed utratą zasilania!

SmartLoad jest optymalnym rozwiązaniem dla zakładów przemysłowych, w których zainstalowane są źródła wytwórcze. Zadaniem systemu jest, w przypadku zewnętrznej awarii zasilania, kontrolowane wydzielenie na wyspę i nadzorowanie pracy zakładu w układzie wydzielonym, oraz bezpieczne powrotne połączenie z KSE po usunięciu awarii.



Utrzymanie ciągłości produkcji pomimo utraty zasilania z zewnątrz



Podtrzymanie kluczowych procesów technologicznych



Obniżenie kosztów ubezpieczenia od przerwy w produkcji



System może też pełnić rolę adaptacyjnej automatyki SCO



Zwiększenie bezpieczeństwa ludzi



Skuteczne działanie w dynamicznym środowisku

SmartLoad wykorzystuje zaawansowane algorytmy bilansowania uwzględniające w czasie rzeczywistym ważność priorytetu odbioru, minimalizowanie ilości wyłączeń i wiele innych parametrów.

O skuteczności systemu decyduje szybkość jego działania - reakcja w czasie do 200 ms.

REFERENCJE

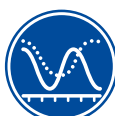
Pełna realizacja

- Tameh Dąbrowa Górnicza
- Koksownia Przyjaźń

Opracowanie koncepcji

- KGHM Legnica
- Kogeneracja SA - EC Czechnica
- Fortum Częstochowa

SmartLoad umożliwia:



Bardzo szybko (z wykorzystaniem techniki synchronizacji) wykryć obszarowe zaburzenia w Krajowym Systemie Elektroenergetycznym



Dokonać selektywnych wyłączeń części odbiorów oraz w razie potrzeby odłączyć zakład od KSE



Utrzymywać pracę wydzieloną zakładu na wyspę, w której moc pozostawionych odbiorów równoważy się z mocą generatora



KOMPLEKSOWE REALIZACJE AUTOMATYKI ELEKTROENERGETYCZNEJ

Nasza firma specjalizuje się w realizacji usług automatyki elektroenergetycznej, zapewniając najwyższą jakość na każdym etapie projektu. Dzięki wieloletniemu doświadczeniu i nowoczesnym technologiom dostarczamy niezawodne rozwiązania dla energetyki zawodowej. Dbamy o pełną zgodność z normami branżowymi, co gwarantuje bezpieczeństwo i efektywność naszych systemów. Nasz zespół wykwalifikowanych inżynierów zapewnia profesjonalne wsparcie na każdym etapie realizacji, od projektowania po wdrożenie i serwis. Współpracując z nami, klienci mogą liczyć na trwałe i innowacyjne rozwiązania dopasowane do indywidualnych potrzeb.

Specjalizujemy się w układach automatyki elektroenergetycznej:

- zabezpieczeń,
- automatyki stacyjnej,
- synchronizacji generatora,
- regulacji napięcia generatorów i transformatorów,
- przełączania zasilania,
- rejestracji zakłóceń.

Powyższe zadania realizujemy w zakresie:

- opracowania koncepcji i projektu,
- doboru urządzeń,
- konfiguracji, nastawienia i badania urządzeń EAZ,
- pomiarów i badań pomontażowych,
- kompleksowych prób funkcjonalnych,
- uruchomień.



REFERENCJE

W obszarze automatyki elektroenergetycznej jesteśmy wiodącą firmą w Polsce!

Unikalne doświadczenia zdobyliśmy podczas takich realizacji, jak:

- zabezpieczenia wyprowadzenia mocy: **ponad 130 aplikacji**,
- układy synchronizacji generatorów dużej mocy: **ponad 200 aplikacji**,
- układy przełączania zasilania potrzeb własnych elektrowni: **ponad 200 aplikacji**.

Wybrane realizacje:

Elektrownie

- EL Kozienice
- EL Opole
- EL Żarnowiec
- EL Pątnów
- EL Adamów
- EL Konin
- EL Jaworzono
- EL Narva - Estonia
- EL Jaworzno III
- EL Bełchatów
- EL Pątnów
- EL Skawina
- EL Rybnik
- EL Stalowa Wola
- EL Turów
- EL Połaniec Power Plant
- EL Kozienice
- EL Opole
- EL Łaziska
- EL Bełchatów
- EL Siersza
- EL Opole
- EL Patnów
- EL Łaziska
- EL Dolna Odra

Elektrociepłownie

- EC Białystok
- EC Bydgoszcz
- EC Bydgoszcz
- EC Czechnica
- EC Gdańsk
- EC Gorzów
- EC Karolin
- EC Kraków
- EC Lublin-Wrotków
- EC Łódź (II,III,IV)
- EC Nowa Sarzyna
- EC Rzeszów
- EC Tychy
- EC Wrocław
- EC Wybrzeże
- EC Zielona Góra
- EC Zofiówka
- EC Żerań, Siekierki
- ELCHO Chorzów

Zagraniczne realizacje stacji WN

- SE Umuahia Nigeria
- SE Aloja Nigeria
- HPP Globocica
- HPP Spilje
- HPP Tikves
- HPP Vrutok

Elektrownie wodne

- EW Globocica
- EW Gródek
- EW Pierzchały
- EW Pilchowice
- EW Porąbka Żar
- EW Raven
- EW Spilje
- EW Tikves
- EW Vrben
- EW Vrutok
- EW Żarnowiec
- EW Żydowo
- 6 EW Rep. Macedonii

Stacje PSE

- SE Blachownia
- SE Bujaków
- SE Byczyna
- SE Glinki
- SE Kozienice
- SE Plewiska
- SE Połaniec
- SE Siedlce Ujrzanów
- SE Skawina
- SE Tucznawa
- SE Wanda

Przemysł

- Cementownia Ożarów
- CMC Poland
- Hutmen
- KGHM
- Lotos
- ORLEN
- PCC Rokita
- Pilkington Polska
- Qemetica Soda Polska (dawniej CIECH Soda Polska)
- Stocznia Tlenownia CRIST
- Synthos Dwory
- Umicore
- Zachem Bydgoszcz
- Zakłady Azotowe Kędzierzyn-Koźle
- Zakłady Azotowe Puławy
- ZG Sobieski
- ZTUO Szczecin

ROZRUCHY UKŁADÓW ELEKTROENERGETYCZNYCH



Mamy blisko 30 lat doświadczeń w rozruchach układów elektroenergetycznych w energetyce zawodowej i przemyśle. Przeprowadziliśmy rozruchy ponad 100 jednostek wytwórczych o mocy znamionowej 50, 100, 200, 360, 560, 900 oraz 1000 MW oraz na wielu stacjach najwyższych napięć. Mamy szeroką wiedzę i bogate doświadczenie we współpracy z generalnymi wykonawcami takimi jak: ABB, ALSTOM, ANSALDO THOMASSEN, AREVA, BABCOCK, CEZ, DALKIA, EDF, ELBUDBIS, ELECTRABEL, ELFEKO, EMERSON, ENEL, FOSTER WHEELER, GE, HITACHI ENERGY, HITACHI, LURGI LENTIJES, MITSUBISHI ELECTRIC, MOTA-ENGIL, POLIMEX MOSTOSTAL, SCHNEIDER, SIEMENS, SNC-LAVALIN, SPIE ELBUD GDAŃSK, TECNICAS REUNIDAS, YOKOGAWA.



REFERENCJE

Bloki konwencjonalne

- EL Opolo, 2 x 900 MW (GE)
- EL Kozienice, 1000 MW (Polimex)
- EL Turów TG6, 200 MW (Energoserwis Kleszczów)
- EL Nowe Jaworzno, 910 MW (Energotechnika-Energorozruch)
- EL Bełchatów, 858 MW (Alstom)

Bloki gazowo-parowe

- Anwil Włocławek, 460 MW (SNC Lavalin)
- EL Stalowa Wola, 450 MW (Abengoa)
- EC Gorzów (łącznie 130 MW) (Energotechnika-Energorozruch)

Stacje PSE

- SE Kozienice
- SE Czerwonak
- SE Buczyna
- SE Skawina



PRÓBY ODBIORCZE PRZED PODŁĄCZENIEM BLOKÓW DO KSE

SPIE Energotest przeprowadza próby odbiorcze układów i urządzeń elektrycznych (w tym automatyki elektroenergetycznej i układów ARNE) dla PSE, przed podłączeniem nowych i modernizowanych bloków energetycznych do KSE.

W ramach usługi opracowujemy ramowe i szczegółowe programy prób i testów zgodnie z wymaganiami IRIESP oraz kodeksu sieciowego NC RfG. Uczestniczymy w ich realizacji oraz opracowujemy raporty z wykonanych prób.

REFERENCJE

Moduły wtrwarzania energii

- EL Ostrołęka
- EL Kozienice, blok 11 1000MW
- EL Dolna Odra, bloki 2, 7, 8
- EL Turów, bloki 2 – na zlecenie Energopomiar
- EL Turów, blok 6 – na zlecenie Energoserwis Kleszczów
- EL Opolo, EC Gorzów
- EL Nowe Jaworzno 910MW
- ORLEN – 600MW
- ZEW Porąbka Żar





UKŁADY WZBUDZENIA GENERATORÓW ETW

SPIE Energotest jest uznanym dostawcą cyfrowych układów wzbudzenia i regulacji napięcia typu ETW przeznaczonych do generatorów średniej i dużej mocy.

Nasze rozwiązania dostępne są w dwóch wersjach jako:

- statyczne układy wzbudzenia, zasilane bocznikowo z wyprowadzenia mocy generatora poprzez transformator obniżający,
- automatyczne regulatory napięcia do wzbudnic z wyjściowym wzmacniaczem opartym na tranzystorach IGBT.

Regulator napięcia typu ETW wypracowuje sygnał wyjściowy sterujący układem zapłonowym prostownika tyrystorowego lub układem wzmacniacza tranzystorowego IGBT. Zawiera on wszystkie funkcje niezbędne do sterowania, regulacji i zabezpieczenia układu wzbudzenia generatora. Posiada również funkcje pozwalające na samoczynne dopasowanie się nieaktywnego trybu pracy do aktywnego.



UKŁADY ROZRUCHU SILNIKÓW



ETS - Synchronicznych ETA - Asynchronicznych

SPIE Energotest od wielu lat dostarcza również układy rozruchu ETS i ETA dla silników dużej mocy. Rozwiązania te posiadają budowę szafową. W typowym rozwiązaniu w jednej szafie znajduje się: układ sterowania i zabezpieczeń, panel operatorski dostosowany do potrzeb użytkownika, wzbudnica tyrystorowa z układem zabezpieczeń od przepięć, transformator wzbudzenia, stycznik zwierający i stycznik wzbudzenia. W przypadku układów ETA w dodatkowej szafie (szafach) znajduje się rozrusznik rezystorowy (alternatywnie wiroprądowy lub wodny).



Optymalizacja momentu wzbudzenia



Ograniczniki prądu wzbudzenia / stojana / niedowzbudzenia



System nadzoru parametrów wzbudzenia

Szeroka liczba funkcji zabezpieczeń



Bezudarowa zmiana parametrów



Autodiagnostyka



REFERENCJE

Elektrownie

- EL Adamów
- EL Dolna Odra
- EL Kozienice
- EL Łaziska
- EL Ostrołęka
- EL Połaniec
- EL Siersza
- EL Skawina

Elektrownie wodne

- EW Borowo
- EW Braniewo
- EW Czchów
- EW Dobczyce
- EW Gorzupia
- EW Klimkówka
- EW Lubachów

- EW Niedalino
- EW Rożnów
- EW Rutki
- EW Straszyn
- EW Strzegomino

Elektrociepłownie

- EC Białystok
- EC Bydgoszcz
- EC GIGA Świdnik
- EC Gorzów
- EC Kostrzyn
- EC Legnica
- EC Nowa Sarzyna
- EC Siekierki
- EC Tychy
- EC Wrocław

- EC Zielona Góra
- EC Żerań
- EC Łódź

Przemysł

- Arcelor Mittal Kraków
- Cukrownia Ropczyce
- Cukrownia Strzelin
- Cukrownia Strzyżów
- Cukrownia Zbiersk
- Gdańskie Zakłady Naw. Fosforowych
- Jezuitska Struga
- KGHM Głogów
- MM Kwidzyn
- ORLEN
- ZTUO Szczecin

ETW

ETS, ETA

REFERENCJE

- KGHM ZWR Polkowice
- Koksownia Przyjaźń Dąbrowa Górnicza
- Koksownia Zdzeszowice
- KWK Murcki
- Litwa ORLEN - Możejki
- SYNTHOS Dwory Oświęcim
- Tarnów Grupa AZOTY
- ZA Kędzierzyn - Koźle
- ZGH Bolesław



Realizujemy prefabrykację szaf:

- zabezpieczeń (w tym zgodnie z wymaganiami PSE),
- przełączania zasilania,
- rejestracji zakłóceń,
- synchronizacji,
- sterowniczych,
- układów wzbudzenia generatorów i rozruchu silników.

Wykonujemy projekty lub pracujemy na dokumentacji dostarczonej przez zamawiającego.

Prefabrykujemy w oparciu o komponenty własne lub powierzone.

Wykonujemy testy funkcjonalne.

Współuczestniczymy w testach FAT, SAT, HAT.



REFERENCJE

W naszej historii wykonaliśmy prefabrykację kilku tysięcy szaf sterowniczych i automatyki.

Przemysł:

- Arcelor Mittal Dąbrowa Górnicza
- Arcelor Mittal Kraków
- Arcelor Mittal Zdzeszowice
- Anwil Włocławek
- Azoty Puławy
- Azoty Police
- Azoty Tarnów
- CMC Zawiercie
- Cementownia Ożarów
- Cementownia Góraździe
- Ekocem Przemysłownia
- Huta Królewska
- Huta Pokój
- MM Kwidzyn
- KWK ROW Ruch Jankowice
- KWK Zofiówka
- ORLEN Południe
- ORLEN Płock
- ORLEN Możejki
- Piklington Sandomierz
- Radpec
- Qemetica Soda Polska (dawniej CIECH Soda Polska)
- Synthos Dwory
- Tameh Dąbrowa Górnicza
- Tameh Kraków
- Umicore
- ZA Kędzierzyn Koźle
- ZG Janina
- ZTUO Szczecin

Elektrownie

- EL Bełchatów
- EL Jaworzno III
- EL Dolna Odra
- EL Kozienice
- EL Łaziska
- EL Turów
- EL Opole
- EL Ostrołęka
- EL Połaniec
- EL Pomorzany
- EL Skawina
- EL Stalowa Wola

Elektrociepłownie

- EC Białystok
- EC Czechnica
- EC Łódź 3
- EC Gdańsk
- EC Gdynia
- EC Gorzów
- EC Elbląg
- EC Kraków
- EC Siekierki
- EC Skierniewice
- EC Zofiówka
- EC Żerań

Stacje PSE

- SE Bieczyna
- SE Choczewo
- SE Czarna
- SE Czerwonak
- SE Dunowo
- SE Gdańsk Przyjaźń
- SE Groszowice
- SE Kozienice
- SE Nysa
- SE Pasikowice
- SE Pelplin
- SE Piaseczno
- SE Plewiska
- SE Polkowice
- SE Praga
- SE Siersza
- SE Praga
- SE Rogowiec
- SE Wielopole
- SE Żydowo Kierzkowo

Stacje Dystrybucyjne

- GPZ Towarowa

Elektrownie Wodne

- EW Nidzica
- EW Włocławek
- EW Żarnowiec
- EW Porąbka-Żar

OZE

- GPO Skarszów
- Grupa PVE
- Tauron Polska Energia



AUTOMAT PRZEŁĄCZANIA ZASILAŃ APZplus

APZplus produkcji SPIE Energotest to najnowsze urządzenie realizujące automatykę przełączania zasilania. Dedykowane jest dla rozdzielni SN i nn zasilających instalacje technologiczne w przemyśle oraz dla rozdzielni WN, SN, nn pracujących w energetyce zawodowej.

Może obsługiwać układy standardowe (rezerwa jawna i rezerwa ukryta), oraz układy niestandardowe o liczbie wyłączników do 10, w tym typowe układy potrzeb własnych PSE. Posiada możliwość sterowania agregatu prądotwórczego.

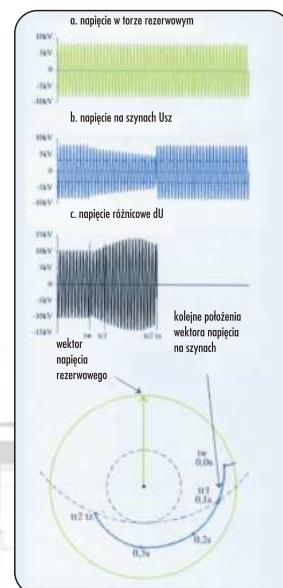


Może wykonywać przełączenia SZR w cyklu synchronicznym i quasi-synchronicznym.

Konfiguracja automatu dla potrzeb konkretnego układu rozdzielni przeprowadzana jest przez producenta na etapie produkcji automatu. Na życzenie klienta, w programie automatu można dopisać dodatkowe funkcje i logiki.

Użytkownik na obiekcie ma możliwość ustawienia sposobu działania automatu poprzez zablokowanie lub uaktywnienie poszczególnych przełączeń.

Posiada wejścia napięciowe 57,7/100 V oraz opcjonalnie wejścia prądowe 5A (pomiar prądu realizowany jest za pośrednictwem zewnętrznego przetwornika transformatorowego).



Przełączanie quasi-synchroniczne

WYBRANE REFERENCJE

Elektrownie i Elektrociepłownie

- EC Bielsko
- EC Czechnica
- EC Elbląg
- EC Elbląg
- EC Gdynia
- EC Gorzów
- EC Kalisz
- EC Lublin Wrotków
- EC Nowa Dąbrowa G.
- EC Radlin
- EC Rzeszów nn
- EL Łaziska
- EL Opole
- EL Turów

Przemysł

- Anwil Włocławek
- Lotos
- NemaK Fenice Poland
- MM Kwidzyn
- ORLEN
- ORLEN Południe Jedlicze
- PCC Rokita
- PERN
- Radpec Radom
- Synthos Dwory
- Szpital Gorzów
- Zakłady Azotowe Puławy
- Zakłady Azotowe Tarnów
- Zott Polska Opole

Dystrybucja

- Tauron-Dystrybucja Legnica
- Tauron-Dystrybucja Wałbrzych
- Energa Kalisz



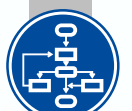
Ustandaryzowane schematy dla przemysłu i wytwarzania



Przełączanie synchroniczne i quasi-synchroniczne



Obsługa do 10 wyłączników



Zaawansowane algorytmy poprawy niezawodności



Wbudowane funkcje cyberbezpieczeństwa



Automaty SZR produkcji SPIE Energotest stosowane powszechnie od 1995. Ponad 4000 automatów zainstalowanych w polskiej energetyce



Protokoły komunikacyjne:
IEC 61850, Modbus TCP/RTU, IEC 103



Porty komunikacyjne:
2xETH 1xRS485 2xOPTO (opcjonalnie)

REJESTRATORY ZAKŁÓCEŃ



Przy prowadzeniu eksploatacji urządzeń elektroenergetycznych istotnym zagadnieniem jest szybka i precyzyjna ocena stanów awaryjnych i zakłóceńowych. Z tego względu na obiektach, gdzie istotne jest podejmowanie szybkich i prawidłowych decyzji ruchowych konieczne jest stosowanie specjalistycznych rejestratorów o bardzo wysokich parametrach pomiarowych (częstotliwość, rozdzielczość i dokładność próbkowania) powiązanych zazwyczaj w spójny system rejestracji.

SPIE Energotest jest uznanym w Polsce dostawcą rejestratorów zakłóceń – ponad 2000 zainstalowanych urządzeń, z przeważającą liczbą rejestratorów RZ-40. Najnowszym urządzeniem w ofercie firmy jest rejestrator RZ-50, który spełnia aktualne wymagania PSE.

Rejestratory RZ-40 i RZ-50 są przygotowane do realizacji funkcji pomiaru synchrofazorów. Spełnienie wymagań w zakresie synchrofazorów zostało potwierdzone certyfikatem Instytutu Fraunhofera.



RZ-50



RZ-40

WYBRANE REFERENCJE

Stacje PSE

- SE Abramowice
- SE Blachownia
- SE Boguchwała
- SE Choczewo
- SE Czerwonak
- SE Dobrzeń
- SE Dunowo
- SE Jasiniec
- SE Joachimów
- SE Kędzierzyn
- SE Kozienice
- SE Krajnik
- SE Krosno Iskrzynia
- SE Leszno-Gronowo
- SE Łagisza
- SE Łomża
- SE Mokre
- SE Ostrołęka
- SE Pasikowice
- SE Pątnów
- SE Pęplin
- SE Piaseczno
- SE Plewiska
- SE Pomorzany
- SE Rogowiec
- SE Siersza
- SE Skawina
- SE Słupsk
- SE Wanda
- SE Ząbkowice
- SE Żukowice
- SE Żydowo - Kierkowo

Dystrybucja (wybrane przykłady)

- GPZ Wanda
- GPZ Prądnik
- GPZ Brzegowa
- GPZ Ustronie
- GPZ Żukowice

Onshore/Offshore

- MFW Bałtyk II
- MFW Bałtyk III
- MFW Baltic Power

Elektrownie

- EL Adamów
- EL Bełchatów
- EL Dolna Odra
- EL Jaworzno III
- EL Konin
- EL Kozienice
- EL Łagisza
- EL Łaziska
- EL Nowe Jaworzno
- EL Opole
- EL Ostrołęka
- EL Pątnów
- EL Turów

Elektrociepłownie

- EC Gorzów
- EC Lublin-Wrotków
- EC Rzeszów
- EC Szczecin

Elektrownie wodne

- EW Porąbka - Żar
- EW Żarnowiec

Przemysł

- ArcelorMittal Kraków
- ArcelorMittal Dąbrowa Górnicza
- Cementownia Ożarów
- Cementownia GóraŹdże
- ORLEN

Cyberbezpieczeństwo



Zgodny z najnowszymi wymaganiami PSE



Kolorowy wyświetlacz



Liczba wejść analogowych (w konf. standardowej)



Liczba wejść dwustanowych (w konf. standardowej)



Osobne procesory: komunikacyjny i pomiarowy



Częstotliwość próbkowania



Możliwość obsługi pomiaru synchrofazorów



Precyzja synchronizacji czasu



Protokoły komunikacyjne: IEC 61850, Modbus TCP/RTU



Porty komunikacyjne: 2xETH 1xRS485 2xOPTO (opcjonalnie)





STEROWNIK EPROTECT

EPROTECT jest mikroprocesorowym urządzeniem automatyki elektroenergetycznej w sieciach średniego napięcia pełniącym funkcje zabezpieczeniowe, automatyki stacyjnej, sterownika pola, rejestracji, pomiarowe i inne.

Urządzenia systemu **EPROTECT** znajdują zastosowanie zarówno w energetyce zawodowej (wytworzenie, sieci przesyłowe, dystrybucja) jak i w przemyśle.

EPROTECT zapewnia możliwość zabezpieczenia urządzeń i odbiorów związanych z polem w zakresie różnych kryteriów nad- i podprądowych, nad- i podnapięciowych, admitancyjnych, pod- i nadczęstotliwościowych, mocowych, zwłoczných i bezzwłoczných, pomiary i rejestracje wielkości elektrycznych oraz realizuje automatyki stacyjne.

Funkcje zabezpieczeniowe dostępne w EPROTECT

Grupa	Kod ANSI	liczba stopni	Opis
Prądowe	50P 51P 67P 57V	4	Nadprądowe konfigurowalne jako: - bezzwłoczne - zwłoczne niezależne - kierunkowe - z blokadą napięciową
	50P	2	Nadprądowe bezzwłoczne
	51P	1	Nadprądowe czasowozależne 3 charakterystyki IEC + nastawialna przez użytkownika
	46	1	Asymetria obciążenia
	37	1	Podprądowe
	49	1	Model cieplny
Napięciowe	50C	1	Zwarcia wewnętrzne baterii kondensatora
	27 / 27P	2	Ponadnapięciowe międzyfazowe / fazowe
	27D	1	Ponadnapięciowe składowej zgodnej
	59 / 59P	2	Nadnapięciowe międzyfazowe / fazowe
	47	1	Nadnapięciowe składowej przeciwnej
Mocowe	32L/P/Q 37P	2	Mocowe kierunkowe (P, Q)
	55	1	Od współczynnika mocy
Ziemnozwarciowe	50N/50G/50SG 51N/51G/51SG	2	Nadprądowe bezzwłoczne lub zwłoczne
	67N / 67G	2	Kierunkowe
	59N / 59G	1	Nadnapięciowe
	21N / 21G	1	Admitancyjne lub admitancyjne kierunkowe
Częstotliwościowe	32N / 32G	1	Bierno / czynno mocowe
	81U / 81O	4	Pod / nad częstotliwościowe
	81R	1	Szybkość zmiany częstotliwości - df/dt (Df/Dt)
Technologiczne (uniwersalne)	30/74	1	Gazowo - przepływowe
	86	1	Blokada załączenia (np. technologiczne)
	62	2	Inne technologiczne (wejścia binarne)
	50LR	1	Utyk wornika
	66	1	Ograniczenie liczby rozruchów
	48	1	Wydłużony rozruch
Monitoring	VTFF	1	Uszkodzenie pomiaru napięcia
	74TCS	1	Kontrola obwodów wyłączających (2 obwody)
		1	Kontrola obwodu załączającego
Automatyka	50SOTF	1	Załączenie na zwarcie
	50BF	1	Uszkodzenie wyłącznika (LRW)
	ZSZ	1	Sygnały dla zabezpieczeń szyn zbiorczych
	SCO	1	Samoczynne częstotliwościowe odciążanie
	Inne		W oparciu o funkcje logiczne



Sterownik pola SN



Pełny zestaw funkcji zabezpieczeniowych



Pełny zakres obsługiwanych pól SN



Zintegrowany lub wyniesiony panel sterowania



Więcej informacji na wyświetlaczu, 2 konfigurowalne okna



Do 49 wejść i 32 wyjść (w tym wyjścia mocne)



Przedłużona żywotność dzięki obniżonej temperaturze pracy



Kompaktowe rozmiary - głębokość 12 cm



Osobne procesory: komunikacyjny i pomiarowy



Zgodny z najnowszą normą pomiaru częstotliwości PN-EN IEC 60255-181:2019-07



Kolorowy wyświetlacz



Protokoły komunikacyjne: IEC61850, IEC62439 PRP, Modbus TCP/RTU,



Porty komunikacyjne: 2xEthernet 1xRS485 2xOPTO (opcjonalnie)

REFERENCJE

- PV CP Gliwice
- PV Warszawice
- PV Woodpack
- PERN
- Synthos
- KGHM

Łącznie zainstalowanych kilkadziesiąt sterowników!

ZABEZPIECZENIE ŁUKOOCHRONNE ArcPRO-6



Ochrona ludzi i urządzeń
przed skutkami zwarć łukowych

Nr 1 w Polsce (chronionych ponad 20 tys. pól SN i nn)



Zabezpieczenie autonomiczne.
20-50 ms szybsze od rozwiązań
zintegrowanych w sterownikach polowych



Struktura modułowa umożliwiająca
optymalną konfigurację urządzenia
dla różnych aplikacji



Selektywność wyłączeń
(w tym dla przyłączy rozdzielnic
typu otwartego)



Czas własny zabezpieczenia
poniżej 8 ms



Detekcja światła łuku
w oparciu o czujniki czołowe
lub pętle światłowodowe



Możliwość konfiguracji urządzenia
z poziomu przeglądarki internetowej



Kontrola ciągłości pętli oraz
przewodów czujników czołowych



W ciągu ostatnich 25 lat zabezpieczenia łukoochronne SPIE Energotest zostały zainstalowane na przeszło dwudziestu tysiącach pól SN, głównie w energetyce krajowej, ale również na kilkudziesięciu obiektach zagranicznych, w tym w Afryce. Nie jest nam znany ani jeden przypadek zbędnego działania naszych zabezpieczeń. Są nam znane liczne przypadki gdzie nasze zabezpieczenia łukoochronne uratowały życie ludzkie.

REFERENCJE

**Ponad 100 GPZ w Polsce
należących do wszystkich kluczowych**

- Tauron-Dystrybucja
- PGE Dystrybucja
- ENERGA Operator
- ENEA Operator
- STOEN

Liczne zakłady przemysłowe, PSE,
wybrane obiekty energetyki rozproszonej.

AUTOMAT PRZEŁĄCZANIA APZmini



Sprawdzony (ponad tysiąc zainstalowanych urządzeń).

Urządzenie dedykowane dla prostych rozdzielni SN i nn. Może pracować w 7 najczęściej stosowanych układach rozdzielni. Posiada strukturę rozproszoną składającą się z:

- jednego automatu APZmini, którego zadaniem jest sterowanie automatyką SZR,
- kilku (do 5 sztuk) przekaźników PB (lub PB-04), których zadaniem jest zbieranie informacji z danego pola (w tym kontrola obecności napięcia). Pełnią one również rolę elementów wykonawczych automatyki przełączania zasilania. Mogą współpracować z wyłącznikami lub ze stycznikami.



Możliwość pomiaru napięcia SN
bez potrzeby stosowania
przekładników napięciowych

REFERENCJE

Kilkaset urządzeń zainstalowanych
na potrzebach własnych obiektów
przemysłowych i GPZ.



PRZEKŁADNIKI ZIEMNOZWARCIOWE FERRANTIEGO

Zwarcia doziemne w sieciach średnich napięć są poważnym zagrożeniem dla ludzi oraz urządzeń. Precyzyjna identyfikacja i szybkie wyłączenie zwarcia ogranicza zagrożenie i minimalizuje straty związane z uszkodzeniem kabli, silników, innych urządzeń oraz przerw w zasilaniu.

Różnorodność kształtów i rozmiarów przekładników IO umożliwia ich zastosowanie, praktyczne w każdym układzie zasilania SN z izolowanym bądź uziemionym punktem zerowym. Mogą one współpracować z każdym zabezpieczeniem ziemnozwarciowym.



Pełna gama kształtów i rozmiarów przekładników



Wersje z rdzeniem dzielonym i niedzielnym



Uzwojenie testowe



Standardowa przekładnia 1:100 (dostępne wersje niestandardowe)



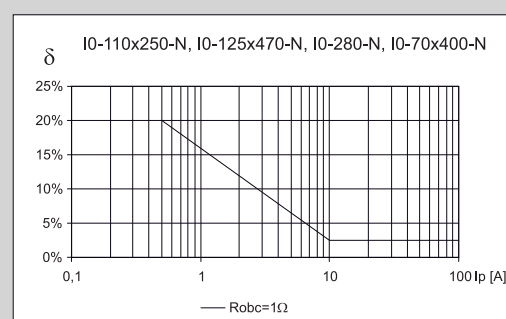
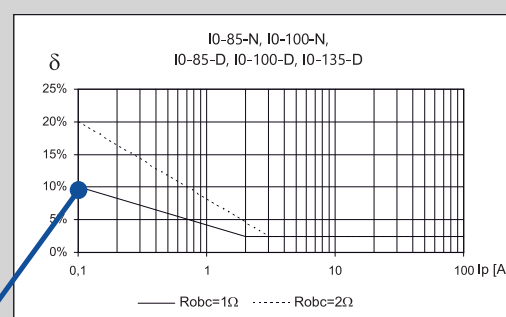
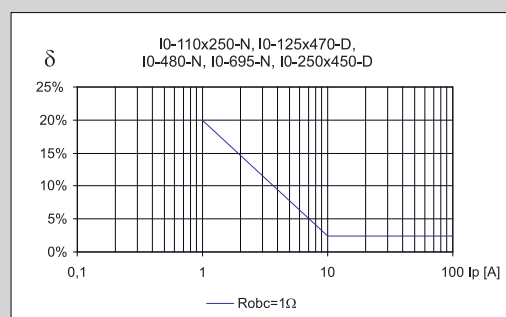
Wysoka dokładność pomiarów prądów pierwotnych już od 100 mA

Cechą wyróżniającą przekładników produkcji SPIE ENERGOTEST - w grupie 85D, 85N, 100D, 100N, 135D, jest zachowanie wysokiej klasy pomiaru (błąd w granicy 10%) dla obciążeń na poziomie 2 Ohm, przy prądzie ziemnozwarciowym po stronie pierwotnej na poziomie 100mA!

REFERENCJE

Kilkanaście tysięcy przekładników ziemnozwarciowych IO pracuje niezawodnie w sieciach SN w elektroenergetyce i w wielu branżach przemysłu w kraju i za granicą.

Charakterystyka błędu pomiaru prądu I_p przekładników ziemnozwarciowych SPIE Energotest



I_p — prąd pierwotny δ — błąd względny

PRZekaźniki Pośredniczące



Zgodne z wymaganiami Polskich Sieci Elektroenergetycznych.
Ponad 10 tysięcy przełączników pośredniczących zainstalowanych w polskiej energetyce.

Kompletna gama przełączników, ponad 20 różnych typów.

Najczęściej stosowane w stacjach GPO:

- przełącznik mocny szybki PWS-3,
- przełącznik szybki PPS-6,
- przełącznik czasowy PT-4,
- przełącznik pośredniczący PP-4,
- przełączniki bistabilne PBI-4/PBI-8.



Konstrukcja
bez kontaktów



Obudowa niepalna
(norma UL 94 V-0)



Zdolność rozłączania do
6A 220 V DC L/R=40ms



Konstrukcja odporna
na wrywanie styków



Małe gabaryty

REFERENCJE

Stacje PSE

- SE Choczewo
- SE Czerwonak
- SE Dunowo
- SE Halemba
- SE Joachimów
- SE Leszno-Gronowo
- SE Piaseczno
- SE Plewiska
- SE Wielopole
- SE Wyszaków

Onshore/Offshore

- MFW Baltica 2

Liczne realizacje w dystrybucji i przemyśle!

SYSTEM LOKALIZACJI DOZIEMIŃ W SIECI DC



Bezawaryjne funkcjonowanie sieci prądu stałego warunkuje poprawną pracę układów i urządzeń z niej zasilanych, a w szczególności układów sterowania, regulacji, pomiarów i zabezpieczeń.

Sieci prądu stałego w elektroenergetyce (elektrownie, stacje) są często bardzo rozległe (ponad 100 km) i w dużym stopniu narażone na niekorzystne działanie czynników zewnętrznych wpływających na pogorszenie stanu izolacji takich jak: zabrudzenia, zawilgocenia, uszkodzenia mechaniczne lub starzenie. Bieżące nadzorowanie stanu sieci i szybka lokalizacja miejsc zwarcia jest więc oczywistą potrzebą. System nadzoru DCtest maksymalnie skraca czas ustalenia miejsca zwarcia, a co za tym idzie, czas usunięcia awarii w sieci DC.



Szybki pomiar



Bez wyłączania odpływów



Cęgi przenośne



Wykrywanie wszystkich
rodzajów zwarć



Wysoka dokładność niezależnie
od pojemności sieci



Wykrywanie zwarć między bateriami
i odpływami dwóch sekcji

REFERENCJE

Ponad 100 realizacji w elektrowniach, elektrociepłowniach, zakładach dystrybucyjnych, PSE i w przemyśle.



Od 1992 roku braliśmy udział w zakresie badań pomontażowych, uruchomień oraz rozruchu urządzeń i układów elektroenergetycznych praktycznie we wszystkich nowo budowanych i modernizowanych elektrowniach i elektrociepłowniach w Polsce. Realizowaliśmy ten zakres prac również na wielu stacjach elektroenergetycznych oraz w licznych zakładach przemysłowych.

Dzięki naszym doświadczeniom potrafimy zaoferować kompleksowe wsparcie procesów inwestycyjnych w zakresie OZE. Nasi specjaliści są do Państwa dyspozycji zarówno na etapie weryfikacji możliwości technicznych inwestycji jak i podczas nadzoru i prowadzenia realizacji zadania. Zintegrowany system zarządzania instalacją oraz sterowniki i zabezpieczenia możemy dostarczyć na bazie produkcji własnej. Realizując prace, kompleksowo bierzemy odpowiedzialność nie tylko za dostarczone przez nas urządzenia, ale również za prawidłowe działanie całego układu elektroenergetycznego.

Dzięki unikalnemu doświadczeniu naszych specjalistów, zdobytemu w ciągu ostatnich kilkudziesięciu lat, gwarantujemy naszym Klientom pełne bezpieczeństwo związane z realizacją powierzonych nam prac a także oferujemy elastyczne i kreatywne podejście do każdego zadania. Oferujemy szeroką gamę usług, specjalistyczną wiedzę oraz indywidualne podejście do Państwa potrzeb. Dzięki unikalnemu zbiorowi kompetencji SPIE Energotest jest właściwym partnerem do realizacji zadań w obszarze energetyki rozproszonej.

BEZPIECZEŃSTWO INFORMACJI / STANDARDY ZARZĄDZANIA

W dzisiejszych czasach informacje są jednym z najcenniejszych zasobów! Posiadamy wdrożony system zarządzania bezpieczeństwem informacji:

ISO 27001

Wdrożone systemy zarządzania:

- ISO 9001: System zarządzania jakością,
- ISO 14001: System zarządzania środowiskowego,
- ISO 45001: System zarządzania bezpieczeństwem i higieną pracy.



SPIE Energotest sp. z o.o.

ul. Chorzowska 44b

44-100 Gliwice

Tel. : + 48 32 270 45 18



www.spie-energotest.pl

Konferencja **SPIE Energotest „Automatyka w Elektroenergetyce”** to wydarzenie o wieloletniej tradycji, organizowane od 1996 roku, które koncentruje się na automatyce oraz nowoczesnych technologiach wykorzystywanych w elektroenergetyce. Z biegiem lat, stała się jednym z kluczowych forum wymiany wiedzy i doświadczeń w tej dziedzinie, przyciągając ekspertów i liderów rynku elektroenergetycznego.

Zdjęcia historyczne z poprzednich edycji konferencji SPIE Energotest



SPIE Energotest sp. z o.o.

ul. Chorzowska 44b

44-100 Gliwice

Tel. : + 48 32 270 45 18



www.spie-energotest.pl