Andrzej Warachim, Krzysztof Dekarz

Wybrane zagadnienia modernizacji węzłów sieci średnich napięć

Selected problems of MV grid nodes modernization

Konieczność modernizacji węzłów sieci elektroenergetycznej średniego napięcia wynika wprost z natury Krajowego Systemu Elektroenergetycznego (KSE), który, rozwijając się nieustannie, musi sprostać wymaganiom przyszłości [1]. Sieć elektroenergetyczna średnich napięć, a w szczególności sieć dystrybucyjna, funkcjonując w swoim makrootoczeniu musi nadążać za jego potrzebami.

Niezależnie od wyżej wskazanej konieczności o modernizacji i rozwoju decydują:

- naturalne zużycie infrastruktury sieciowej,
- aspekty ekonomiczne,
- wymagania bezpieczeństwa,
- konieczność dostosowania sieci do funkcjonujących standardów oraz wymagań funkcjonalnych oraz wiele innych czynników.

Na podkreślenie zasługuje fakt kreatywności podmiotów przyłączanych do sieci, zwłaszcza [2, 3] łączących pobór energii elektrycznej z jej wytwarzaniem, często z możliwością pracy wyspowej, dla tej grupy właściwe wydaje się przyjęcie określenia „prosumenci" (producent – konsument).

Modernizacja sieci SN w sektorze Operatorów Sieci Dystrybucyjnej OSD stanowi od lat zagadnienie najwyższej wagi [3- 11].

Rozproszone źródła wytwarzania i sieci SN w Krajowym Systemie Elektroenergetycznym

Krajowy system elektroenergetyczny [9] stoi wobec kluczowych wyborów odnośnie do dalszej drogi jego rozwoju. Jedną z nich jest budowa sieci, jakie będą lepiej niż system tradycyjny dostosowane do:

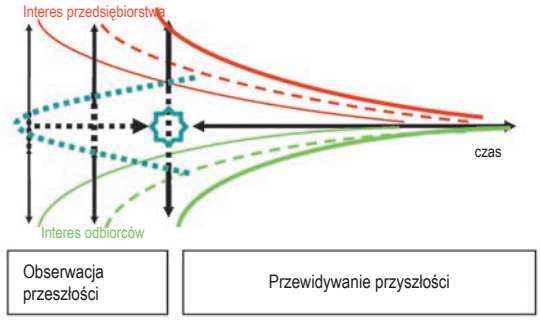
- zjawiska całkowicie nowego, jakim jest nieskrępowany rozwój generacji rozproszonej,
- nowych form pozyskiwania i wykorzystania energii elektrycznej,
- stawienia czoła zakłóceniom w funkcjonowaniu systemu elektroenergetycznego, spowodowanym w szczególności zjawiskami meteorologicznymi oraz deficytem mocy.

Zatem w węzłach sieci SN muszą być zastosowane nowe rozwiązania techniczne, które przez swoje walory funkcjonalne będą zdolne spełnić powyższe wymagania.

Niezwykle istotnego znaczenia nabiera obserwowalność [4-6, 9] systemu i zdolność do przewidywania jego przyszłego funkcjonowania.

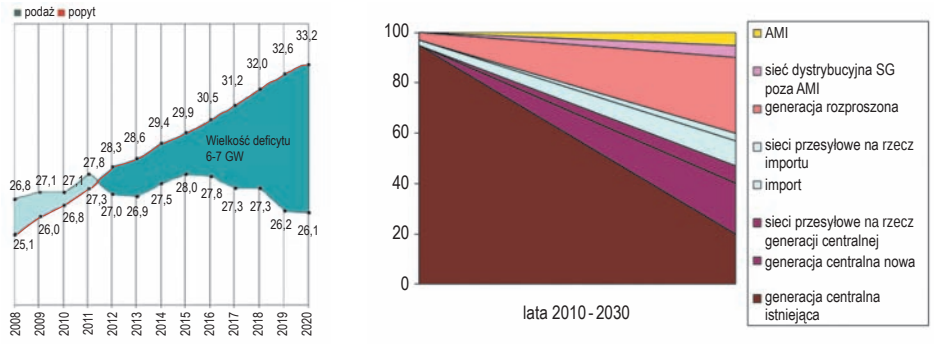
Monitorowanie węzłów sieci SN w zakresie wszystkich parametrów dystrybucji energii, z możliwością rejestracji zdarzeń w niej zachodzących oraz możliwością archiwizacji i obróbki danych pomiarowych, stanowi konieczny warunek akwizycji danych wejściowych, zarówno w skali globalnej jak i pojedynczych elementów sieci.

Na podstawie danych pomiarowych po ich przetworzeniu i analizie, w odpowiedniej skali problemu, operator lub administrator sieci SN jest w stanie podjąć właściwe decyzje, nie tylko w aspekcie ekonomicznym, ale również w zakresie bezpieczeństwa, którego zachowanie powinno przeważać nad prostym rachunkiem ekonomicznym. Na tej podstawie prawdziwe jest twierdzenie, że dostępność danych pomiarowych z węzłów sieci SN stanowi istotny element procesu jej modernizacji, umożliwia bowiem właściwe podejście do długoterminowego planowania procesów inwestycyjnych w systemie (rys.1).



Rys. 1. Równoważenie interesów przedsiębiorstw energetycznych i odbiorców w horyzoncie długoterminowym [9], za: *Tomasz Kowalak,* Problematyka taryf w polskim prawie energetycznym, *Zakopane, 13 marca 2008 r.*

Na pojęcie bezpieczeństwa energetycznego składają się [9] następujące komponenty: techniczny, ekonomiczny i ekologiczny, a zdaniem autorów [12, 13], również bezpieczeństwo obsługi oraz osób postronnych. Spełnienie obostrzonych wymogów bezpieczeństwa obsługi i osób postronnych skutkuje koniecznością modernizacji węzłów sieci SN.



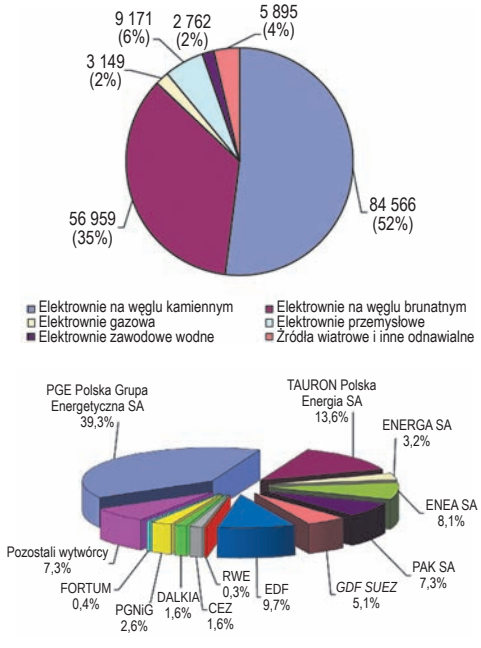
Rys. 2. Moc osiągalna w istniejących elektrowniach a wzrost zapotrzebowania na energię elektryczną [9], źródło: opracowanie *PGE* (za http://www.polska2030.pl) oraz perspektywa wypełnienia poprzez inwestycje perspektywicznego deficytu w bilansie mocy, z uwzględnieniem inwestycji sieciowych stowarzyszonych z inwestycjami w źródła wytwórcze

Ryzyko [9] pojawienia się deficytu w bilansie mocy po roku 2015, zilustrowane na rysunku 2, sprawia, że działania w aspekcie technicznym bezpieczeństwa energetycznego podejmowane są w skali kraju, ale również lokalnie, w tym przez prosumentów. Te ostatnie działania skutkują rozwojem generacji rozproszonej, wrażliwej na zdolności przyłączeniowe sieci SN, a także rozwojem i modernizacją samej sieci SN.

Na rysunku 3 zilustrowano [14] strukturę produkcji energii elektrycznej w roku 2013 [GWh], na podstawie danych *PSE*, oraz udział grup kapitałowych w wolumenie energii elektrycznej wprowadzonej do sieci w 2013 r., na podstawie danych Ministerstwa Gospodarki oraz URE.

Na uwagę zasługuje nadal niski udział energii odnawialnej, na poziomie 4%, 6% z uwzględnieniem elektrowni wodnych.

Jednocześnie 7,3-procentowy udział drobnych wytwórców energii elektrycznej uwidacznia potencjalne znaczenie wzrostu rozproszonej generacji, również w aspekcie wysokosprawnej kogeneracji przemysłowej i ciepłowniczej.



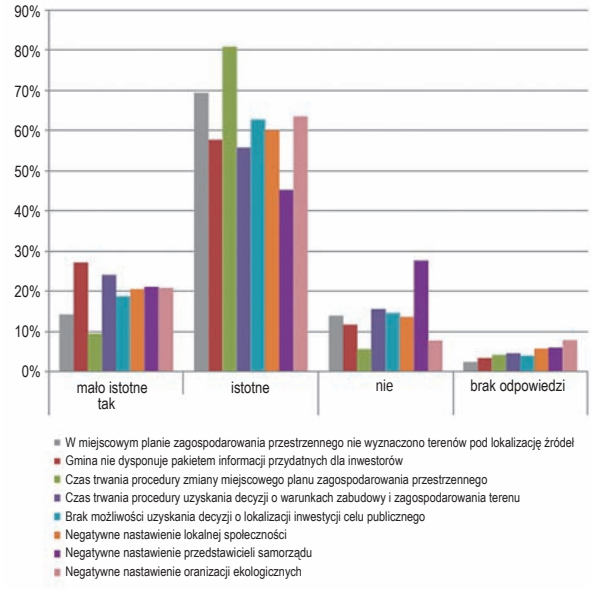
Rys. 3. Struktura produkcji energii elektrycznej w roku 2013 [GWh], wraz z udziałem grup energetycznych

Rozproszone źródła energii przyłączane są, w dużej części, do KSE za pośrednictwem sieci dystrybucyjnej SN.

Zagadnienie gwarantowanego zasilania często postrzegane jest przez odbiorców jako wyłączne zadanie OSD, a znacznie rzadziej postrzegają oni możliwość wykorzystania rozproszonych źródeł wytwarzania energii jako zasilania podstawowego własnych procesów technologicznych.

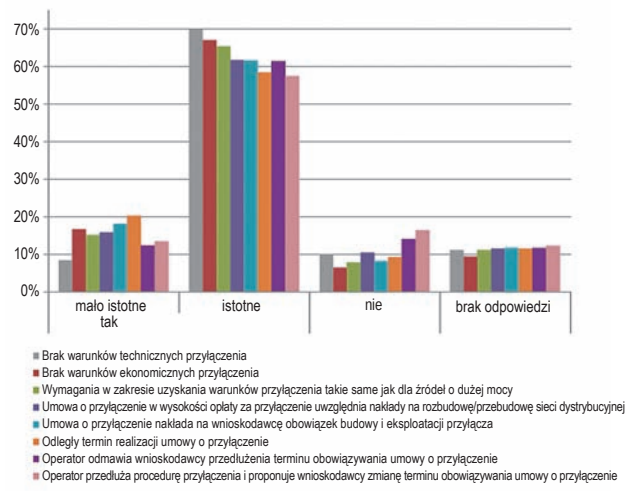
W procesach inwestycyjnych w sektorze energetycznym występują bariery ograniczające możliwość ich realizacji.

Grupa 1 obejmuje bariery formalne i prawne, związane z prawem do dysponowania gruntami na cele budowlane, klasyfikowane według danych ankietowych URE [14], na rysunku 4.



Rys. 4. Klasyfikacja istotności barier związanych z pozyskaniem terenu pod lokalizację inwestycji

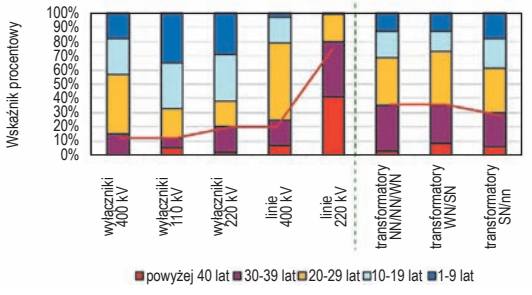
Grupa 2 obejmuje bariery o charakterze technicznym związane ze zdolnością przyłączeniową sieci dystrybucyjnej, a tym samym ograniczoną możliwością przyłączenia do sieci, względnie niekorzystnymi warunkami przyłączenia (rys. 1), klasyfikowane według danych ankietowych URE [14], na rysunku 5.



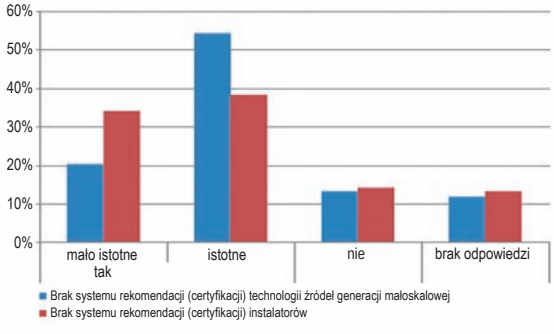
Rys. 5. Klasyfikacja istotności barier związanych z warunkami przyłączenia do sieci dystrybucyjnej

Biorąc pod uwagę strukturę wiekową sieci energetycznej [15], zilustrowaną na rysunku 6, wiek i stan techniczny sieci SN jest oczywiste, że proces rozwoju i modernizacji sieci SN znacząco wpływa na przełamywanie barier w tej grupie oraz, częściowo, w grupie 3, która obejmuje bariery o charakterze technicznym związane z wyborem technologii, klasyfikowane według danych ankietowych URE [14], na rysunku 7.

Widać więc, że konieczny zakres modernizacji węzłów sieci SN wynika, w znacznej mierze, z zużycia infrastruktury sieciowej.

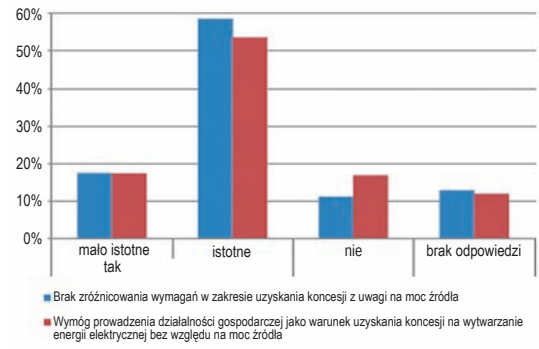


Rys. 6. Struktura wiekowa wybranych elementów krajowej sieci elektroenergetycznej wraz z krzywą określającą tendencję wiekową powyżej 30 lat (linia czerwona)

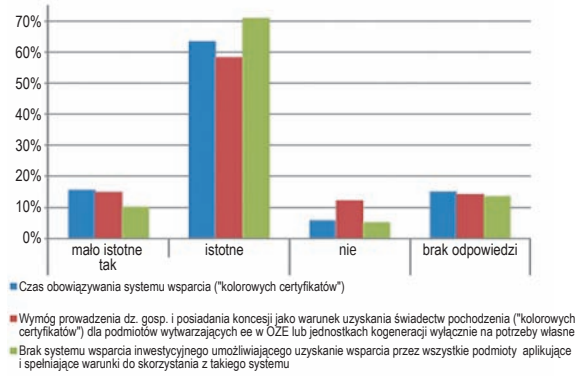


Rys. 7. Klasyfikacja istotności barier związanych z wyborem technologii

Grupę 4 stanowią, w rozumieniu jak wyżej, bariery wynikające z procesu koncesjonowania – rysunek 8, a grupę 5 – bariery związane z brakiem systemu wsparcia – rysunek 9.



Rys. 8. Klasyfikacja istotności barier związanych z uzyskaniem koncesji



Rys. 9. Klasyfikacja istotności barier związanych z systemem wsparcia

Aktywność działań OSD w zakresie rozbudowy i modernizacji sieci dystrybucyjnej SN oraz współdziałanie z inwestorami w obszarze rozproszonych źródeł wytwarzania energii, zapewnienie im należytego wsparcia, również o charakterze wiedzy technicznej, może znacząco wpłynąć na wzrost dynamiki procesów inwestycyjnych w tym sektorze.

Godnym podkreślenia jest fakt uwzględnienia potrzeb sieci SN w misji rynkowej firm obsługujących rynek energetyki zawodowej.

Modernizacja stacji wnętrzowych SN

Modernizację stacji wnętrzowych uznaje się za konieczną w celu poprawy bezpieczeństwa lub wprowadzenia sterowania zdalnego i telemetrii.

W modernizacji sieci SN często bardziej uzasadnione, ze względów ekonomicznych, jest wybudowanie nowej stacji wnętrzowej, o tej samej lub rozbudowanej funkcji rozdzielczej, niż modernizacja starych obiektów i urządzeń.

Ogólną praktykę stanowi stosowanie nowych aparatów, w miejsce starych, przy każdej modernizacji związanej z funkcją rozdzielczą obiektu.

Poprawa bezpieczeństwa

Typowy przykład stanowi modernizacja stacji wieżowych. Modernizacje są konieczne ze względu na bezpieczeństwo obsługi, która dokonywała czynności łączeniowych nad urządzeniami pozostającymi pod napięciem, przy utrudnionej ewakuacji. Należy zauważyć, że często koszt modernizacji przekracza koszt nowej stacji transformatorowej.

Wariant I modernizacji obejmuje:

1) demontaż starych urządzeń,
2) kompletny remont budowlany,
3) wykonanie podłogi technologicznej,
4) całkowitą wymianę urządzeń; nowa rozdzielnica SN, w izolacji gazowej wraz z urządzeniami pomocniczymi jest zlokalizowana na parterze.

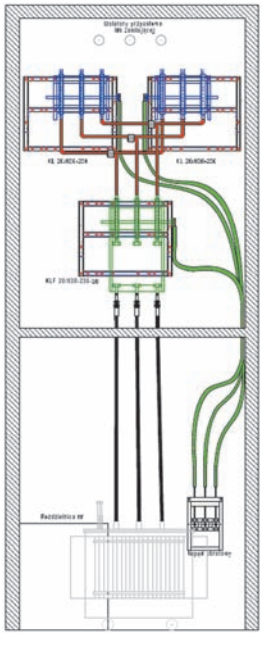
Wariant zapewnia:

1) usunięcie zagrożeń dla obsługi,
2) możliwość zdalnego sterowania i kontroli procesu rozdziału energii, przy dowolnych środkach łączności,
3) rozbudowę funkcji rozdzielczej obiektu, ograniczonej gabarytami budynku,
4) zachowanie formy architektonicznej wkomponowanej w otoczenie (częste wymaganie ze względu na lokalizację obiektu w sąsiedztwie obiektów zabytkowych).

Wadą tego wariantu jest wysoki koszt realizacji, często przekraczający koszt zabudowy nowego obiektu o tej samej lub rozbudowanej funkcji rozdzielczej.

Wariant II z zastosowaniem napędu elastycznego [16], zilustrowanym na rysunku 10, obejmuje:

1) demontaż starych urządzeń,
2) zabudowę nowych rozłączników z napędem elastycznym,
3) umieszczenie dźwigni manewrowych napędu na dole.



Rys. 10. Napęd elastyczny do zdalnego sterowania rozłącznikami wnętrzowymi SN

Wariant ten jest najprostszy, umożliwia najszybsze, w konfiguracji jak na rysunku, w czasie 20 godzin i najtańsze usunięcie zagrożeń dla obsługi.

Wariant ten jest szczególnie zalecany dla obiektów o prostej funkcji rozdzielczej. Należy bowiem podkreślić relatywnie wysoki koszt napędu elastycznego, mimo że jest on tańszy od napędu silnikowego. Wariant cechuje możliwość sterowania miejscowego. Jednocześnie jest on najbardziej niezawodnym rozwiązaniem problemu bezpieczeństwa.

Jest oczywiste, że stosowanie napędu elastycznego może być uzasadnione również w modernizacji stacji wnętrzowych, w rozwiązaniach innych niż stacje wieżowe, opisane jako przypadek szczególny.

Wariant III jest rozwinięciem wariantu II, w którym napęd elastyczny zastępuje się napędem silnikowym, ze sterowaniem zdalnym lub miejscowym.

Należy podkreślić:

- celowość stosowania gwarantowanego zasilania obwodów zasilania i sterowania napędem silnikowym,
- w przypadku awarii zasilania lub sterowania napędu: po zaniku zasilania szafki sterowniczej rozłącznik musi zapewnić możliwość awaryjnego sterowania ręcznego,
- możliwość rozbudowy funkcji rozdzielczej obiektu ograniczonej jego wymiarami, co wynika z faktu mniejszych gabarytów nowych rozłączników wnętrzowych.

Wariant jest droższy w stosunku do wariantu II, gdzie dodatkowo uwzględniono koszty sterowania i gwarantowanego zasilania.

W przypadku perspektywicznej automatyzacji sterowania obiektem wariant jest ekonomicznie uzasadniony, jako że jest tańszy i szybszy od wariantu I.

Wprowadzenie sterowania zdalnego i telemetrii

Wobec opisanych wymagań stawianych sieci SN konieczność wprowadzenia telemechaniki i telemetrii do stacji wnętrzowych jest oczywista.

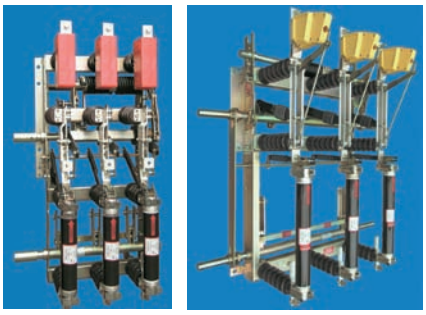
Proces modernizacji przebiega analogicznie jak w powyżej zilustrowanych wariantach I lub III. Oczywiście, o ile nie zachodzą ograniczenia gabarytowe możliwe jest stosowanie rozdzielnic w izolacji powietrznej, albo o ile to możliwe, modernizacja istniejących rozdzielnic poprzez zabudowę napędów silnikowych oraz czujników i sensorów telemetrii [17-19].

Przykład łączników, które mogą być zastosowane ze względu na fakt, że współpracują z zupełnym systemem dyspozytorskim, opisanym poniżej dla rozwiązań napowietrznych, stanowią rozłączniki wnętrzowe typu H27, H22. System zawiera przekładniki pomiarowe prądu i napięcia oraz czujniki – sensory do monitorowania tych wielkości wraz z innymi parametrami procesu dystrybucji energii [5-7].

Rozłączniki (rys. 11) przeznaczone są do łączenia linii średniego napięcia w pomieszczeniach zamkniętych i wykorzystywane są do rozłączania prądów znamionowych 400 A, 630 A i 1250 A. Rozłącznik został przystosowany do sterowania ręcznego oraz do pracy w układach zdalnie sterowanych.

Łączenie w rozłącznikach H27 polega na szybkim przesuwaniu noża z grotem opalnym, a w przypadku rozłącznika H22 na migowym łączeniu prądów roboczych za pomocą styku pomocniczego wyposażonego w grot wolframowy. Dzięki umiejętnej kombinacji różnych zasad gaszenia łuku dochodzi do bezpiecznego wyłączenia obwodu. Niezawodna konstrukcja wyzwalacza mechanicznego zapewnia prawidłową pracę urządzenia. Rozłączniki H27 i H22 są urządzeniami trójbiegunowymi, części nośne konstrukcji wykonano ze stali zabezpieczonej przed korozją cynkowaniem. Izolatory wsporcze wykonane są z kompozytu, charakteryzującego się lekkością i wytrzymałością mechaniczną oraz odpornością na działanie łuku elektrycznego. Wszystkie części przewodzące prąd są wykonane z elektrolitycznej miedzi zabezpieczonej poprzez srebrzenie.

Ze względu na specyfikę aparatury wnętrzowej, w izolacji powietrznej, zabudowa przekładników prądowych, napięciowych lub czujników – sensorów nie stanowi istotnego problemu.

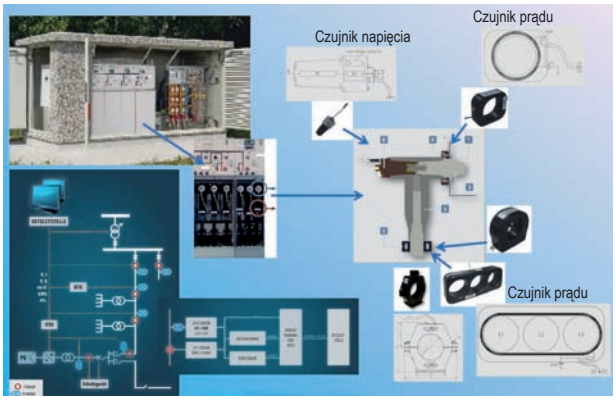


Rys. 11. Konstrukcja rozłączników wnętrzowych typu H27 i H22

W przypadku modernizowanych rozdzielni wnętrzowych z rozdzielnicami w izolacji gazowej, pomiar prądów i napięć stanowi problem, który można rozwiązać poprzez zabudowę dodatkowych pól w rozdzielnicy, o ile rozdzielnica jest rozbudowywalna, lub wymianę całej rozdzielnicy.

Powyższe wykazuje istotną przewagę rozwiązań modułowych rozdzielnic SN w izolacji gazowej.

Dla potrzeb monitorowania stacji wnętrzowych oraz stacji rozdzielczych SN z aparaturą w izolacji gazowej [5-7] można wykorzystać model przedstawiony na rysunku 12.



Rys. 12. Przekształcanie złącz kablowych i stacji z obsługą zewnętrzną w rozwiązania typu [3] smart

Modernizacja stacji i stanowisk słupowych w sieci napowietrznej SN

W sieciach napowietrznych SN [20, 21] powszechnie stosowane są obecnie słupy i żerdzie betonowe oraz metalowe konstrukcje wsporcze napowietrznej aparatury łączeniowej SN. W przypadkach, w których istotną rolę odgrywają ograniczenia transportowe stosowane są słupy drewniane, rurowe lub kompozytowe.

Rachunek ekonomiczny, w większości przypadków modernizacji, uzasadnia wymianę starego łącznika na nowy oraz umieszczenie go na nowym stanowisku słupowym. Wynika to ze skrócenia czasu realizacji modernizacji oraz kosztów transportu i prac instalacyjnych w terenie.

Przykładowe nowoczesne rozwiązania aparatury stosowanej w modernizacji sieci napowietrznej SN *PGE Dystrybucja* [17-19] pozwalają zarówno na rozbudowę, jak również modernizację sieci w celu realizowania nowych funkcji rozdzielczych.

Łączniki (również wnętrzowe) zdalnie sterowane przeznaczone są do pracy w sieciach średniego napięcia, umożliwiają jej automatyzację, zdalne sterowanie i nadzór nad urządzeniami działającymi w terenie, zapewniając: całkowitą kontrolę nad urządzeniami zainstalowanymi w sieci za pomocą kanału inżynierskiego; długotrwałą pracę przy braku zasilania; szybką lokalizację uszkodzeń; skrócenie czasu trwania awaryjnych wyłączeń ciągów liniowych; bezpieczne i bezobsługowe wykonywanie czynności łączeniowych w terenie; prawidłową pracę w ekstremalnych warunkach terenowych i pogodowych. Składają się z dwóch części: dyspozytorskiej – montowanej w miejscu, gdzie stała obsługa nadzoruje system oraz wykonawczej – montowanej w terenie.

Część dyspozytorską stanowią urządzenia umożliwiające transmisję danych pomiędzy serwerem a sterownikami łączników zdalnie sterowanych. Dobór elementów części dyspozytorskiej jest uzależniony od rodzaju systemu wspomagania dyspozytora i systemu łączności.

Część wykonawcza składa się z zespołu sterującego, zespołu napędowego, łącznika napowietrznego i innych elementów, m.in. transformatora, przekładników prądowych lub wskaźnika przepływu prądu zwarć, anteny i konstrukcji mocujących.

Zespół sterujący ma za zadanie przesył sygnałów i pomiarów do centrum dyspozytorskiego. Wyposażony jest w sterownik, baterie akumulatorów, zasilacz oraz modem radiowy, a także w zabezpieczenia linii współpracujące z przekładnikami. W przypadku montażu reclozera napęd jest zintegrowany z urządzeniem. W przypadku rozłącznika jest on doposażony w zespół napędowy, składający się z: przekładni mechanicznej, silnika elektrycznego i układu automatyki, których zadaniem jest wytworzenie siły do poruszania łącznika.

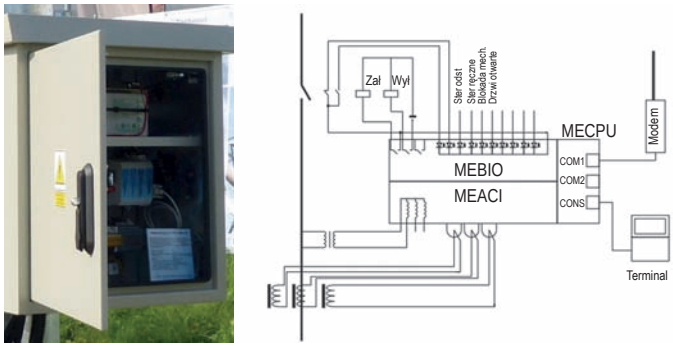
System zawiera przekładniki pomiarowe prądu i napięcia, przystosowane do pracy w sieci napowietrznej, oraz czujniki – sensory do monitorowania tych wielkości wraz z innymi parametrami procesu dystrybucji energii [5-7].

Wyłącznik próżniowy GVR Recloser (rys. 13) jest przeznaczony do stosowania w napowietrznych sieciach dystrybucyjnych SN; w połączeniu z urządzeniem telemechaniki i zabezpieczeniami stanowi element nowoczesnego, zautomatyzowanego systemu dyspozytorskiego, umożliwiającego automatyczną rekonfigurację sieci i pełną kontrolę nad obiektem, z wykorzystaniem łączności bezprzewodowej. Podstawowe walory wyłącznika stanowią: niezawodność uzyskana dzięki prostej konstrukcji i opatentowanemu, jednocewkowemu napędowi magnetycznemu, z neodymowymi magnesami (NdFeB) oraz sprężynowym wspomaganiem procesu wyłączania, umożliwiającym ręczne otwieranie wyłącznika za pomocą drążka manewrowego; brak niekorzystnego wpływu na środowisko dzięki uszczelnieniu konstrukcji oraz zastosowaniu próżniowych komór łączeniowych (w trakcie łączenia nie powstają toksyczne produkty rozpadu SF_6; długi czas pracy bezobsługowej (min. 20 lat); duża żywotność elementów łączeniowych (min. 30 000 łączeń); łatwość instalacji.

Wyłączniki GVR są eksploatowane od kilkunastu lat w sieciach kilkudziesięciu krajów, na wszystkich kontynentach, gdzie udowodniły swoją trwałość i niezawodność. Dzięki zastosowanym rozwiązaniom i zabezpieczeniom wyłącznik GVR można stosować w miejscach, w których inne tego typu urządzenia nie są używane. Zalety produktu potwierdzone zostały wyróżnieniem Międzynarodowych Energetycznych Targów Bielskich ENERGETAB 2012.

Rys. 13. GVR Recloser

Rys. 14. Rozłącznik napowietrzny typu INEXT – ekspozycja targowa



Rys. 15. Sterowanie rozłącznikiem napowietrznym typu INEXT – ekspozycja targowa, sterownik Panda schemat przyłączenia w wersji podstawowej sterownika

Rozłącznik napowietrzny typu INEXT przeznaczony jest do pracy w liniach średniego napięcia, przystosowany do rozłączania prądów roboczych do 630 A. Może być wyposażony w napęd elektryczny zintegrowany z rozłącznikiem lub znajdujący się na zewnątrz, jak również w napęd ręczny. Doposażony w przekładniki może stanowić część nowoczesnych zautomatyzowanych układów dyspozytorskich.

Dzięki zaletom aparatu oraz jego zdolnościom w integracji z systemami monitorowania i kontroli pracy sieci została mu przyznana Statuetka Polskiego Stowarzyszenia Elektroinstalacyjnego na Międzynarodowych Energetycznych Targach Bielskich ENERGETAB 2014. Na rysunku 14 uwidoczniono konstrukcję rozłącznika, w sąsiedztwie, po prawej stronie, GVR, z szafą telemechaniki i łączności, stanowiącą fragment ekspozycji targowej.

Jest to rozłącznik budowy zamkniętej, z izolacją wewnętrzną w postaci gazu SF_6, niewrażliwy na jakiekolwiek niekorzystne warunki klimatyczne lub środowiskowe. Jego działanie może być realizowane zarówno poprzez napędy elektryczne jak i poprzez napędy ręczne. Urządzenie jest wyposażone w optyczny wskaźnik położenia oraz ciśnienia gazu. W wersji do linii napowietrznej jest wyposażony w samoczyszczące izolatory przepustowe, a dla linii kablowych, jedno- lub dwustronnie, w przyłącze konektorowe. Rozłącznik może być wyposażony w przekładniki prądowe, współpracujące z zabezpieczeniami linii oraz w styki pomocnicze służące do określenia stanu pracy urządzenia. Konstrukcja rozłącznika zapewnia wieloletnią, bezobsługową pracę.

Cechy charakterystyczne rozłącznika to: sprawdzona, mechaniczna wytrzymałość urządzenia, gwarantująca wysoką niezawodność i bezpieczeństwo użytkowania, solidna konstrukcja zapewniająca prawidłową pracę nawet w najcięższych warunkach klimatycznych, możliwość stosowania napędów elektrycznych wewnętrznych i zewnętrznych.

Warto zaznaczyć [17-20] systemowość omawianych rozwiązań; przedmiotem wyróżnienia był również pełny „minisystem dyspozytorski", oparty na własnym sterowniku Panda (rys. 15).

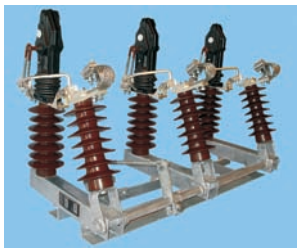
Sterownik przeznaczony jest do kontroli małych obiektów przemysłowych i energetycznych. Zastosowanie sterownika nie ogranicza się wyłącznie do współpracy z rozłącznikiem. Może on współpracować i nadzorować szereg procesów w sieci dystrybucyjnej średniego napięcia typu smart. Właśnie rodzaj sterownika i struktura jego oprogramowania, w połączeniu z jego uniwersalnością i zdolnością tworzenia lub komunikacji z systemem nadrzędnym, określa „poziom inteligencji" rozwiązania. Zaletą sterownika jest prostota konfiguracji i szybkie uruchomienie. Przyjazne oprogramowanie konfiguracyjne i prostota obsługi są atutem dla służb nadzorujących pracę urządzeń w terenie. Domyślne ustawienia pozwalają na łatwe i szybkie dołączanie dodatkowych sygnałów. Dodawanie dodatkowych modułów pozwala na bezproblemowe rozszerzanie sterownika w miarę potrzeb i rozwoju obiektu. Możliwość rozbudowy poprzez łączenie na magistrali powoduje łatwe uruchomienie telemechaniki rozproszonej, co pozwala zaoszczędzić czas i ograniczyć koszty związane z okablowaniem.

Sterownik znajduje zastosowanie w modernizacji dystrybucyjnych stacji wnętrzowych średnich napięć, opisanych powyżej. Przyporządkowanie go rozwiązaniom napowietrznym wynikło z uzyskanego wyróżnienia, właściwego dla konkretnej aplikacji sterownika.

Rozłącznik Fla 15/97 przeznaczony jest do eksploatacji w liniach średniego napięcia i wykorzystywany do rozłączania prądów roboczych do 630 A. Przystosowany jest do napędu ręcznego i pracy w układach zdalnie sterowanych. Jego cechy charakterystyczne stanowią: unikatowo zaprojektowana komora gaszenia i układ styków pomocniczych gwarantujące prawidłowe działanie nawet w najcięższych warunkach klimatycznych; uniwersalna konstrukcja ramy umożliwiajaca montaż na wszystkich rodzajach słupów energetycznych; sprawdzona mechaniczna wytrzymałość urządzenia gwarantujaca niezawodność i bezpieczeństwo użytkowania; możliwość wyposażenia w przekładniki prądowe oraz styki pomocnicze, w układach zdalnie sterowanych.

Rozwiązania rozłącznika [17] uzupełniają rozłączniki typu Fla, Flc, Flr, Flrm, umożliwiające stosowanie tych rozłączników we wszystkich węzłach sieci dystrybucyjnej SN oraz ich wyposażenie stosowne do realizowanej funkcji rozdzielczej.

Łączenie w rozłącznikach Fla 15/97 (rys. 16) przebiega w komorach próżniowych, co zapewnia bezpieczne wyłączanie prądów obciążeniowych. Fla 15/97 jest aparatem trójbiegunowym, części nośne konstrukcji wykonano ze stali zabezpieczonej przed korozją cynkowaniem ogniowym. Izolatory wsporcze wykonane są z kompozytu charakteryzującego się lekkością, wytrzymałością mechaniczną oraz odpornością na działanie łuku elektrycznego. Styki główne są wykonane z srebrzonej miedzi, a styki ruchome ze stali nierdzewnej. W przypadku uszkodzenia styków głównych istnieje możliwość ich łatwej naprawy, bez konieczności wymiany całych torów prądowych. Rozłącznik może być wyposażony w przekładniki prądowe współpracujące



Rys. 16. Konstrukcja rozłącznika Fla 15/97

z zabezpieczeniami linii oraz w styki pomocnicze służące do określenia stanu pracy urządzenia. Konstrukcja rozłącznika zapewnia wieloletnią i bezobsługową pracę. Rozłącznik został uhonorowany wyróżnieniem na Międzynarodowych Energetycznych Targach Bielskich ENERGETAB 2004.

Podsumowanie

Proces modernizacji tradycyjnych sieci elektroenergetycznych SN oraz ich ewolucja w kierunku sieci typu smart [3] jest procesem nieodwracalnym. Znaczenie tego procesu jest oczywiste dla parametrów funkcjonalnych oraz ograniczeń i zagrożeń pracy całego KSE. Jakkolwiek waga rozpatrywanych przez autorów zagadnień wydaje się, na pozór, mniejsza niż problemów sieci przesyłowej oraz dystrybucyjnej WN, nie należy nie dostrzegać rangi tego procesu, który najlepiej ilustruje rysunek 2. Jego znaczenie w przełamywaniu barier inwestycyjnych w obszarze rozproszonych źródeł energii jest oczywiste. Próba, podjęta przez autorów, ma na celu zobrazowanie znaczenia połączenia misji firm oferujących produkty i usługi na rynku energetyki z wymaganiami KSE, w każdym z jego elementów. Modernizacja sieci SN będzie procesem długotrwałym i kosztownym, który może być zorientowany na różne funkcjonalności i realizowany w zróżnicowanej skali, ze zróżnicowaną dynamiką. Kluczowe znaczenie będzie miała niezawodna i szybka sieć wymiany informacji, dzięki czemu możliwe będzie realizowanie celów stawianych sieci. Jednak, aby to się stało, muszą być podejmowane działania związanie z budową nowych i modernizacją istniejących sieci dystrybucyjnych SN. Nowa i modernizowana infrastruktura tych sieci musi być dostosowana do wymagań sieci typu smart. Stąd tyle uwagi przyłożonej przez autorów do praktycznych realizacji aparatury i systemu monitorowania i kontroli.

Wybór koncepcji oraz rozwiązań przykładowych, spośród tych, które oferuje: Grupa Technitel® wynika z zupełności jej produktów i usług w obszarze modernizacji SN. Oferowany zakres produktów i usług stanowi połączenie technologii obwodów pierwotnych, wtórnych, teletechniki, automatyki, sterowania systemów, łączności oraz usług projektowych i konsultacji w całym zakresie opracowania, uzupełnione o realizację prac montażowych w sieci SN.

PIŚMIENNICTWO

[1] Energy Policy of Poland until 2030, elaborated by the Ministry of Economy; Warsaw 10th of November 2009; Appendix to Resolution no. 202/2009 of the Council of Ministers of 10 November 2009, Document adopted by the Council of Ministers on 10 November 2009.

[2] Noga M., Ożadowicz A., Grela J., Hayduk G.: Active Consumers in Smart Grid Systems - Applications of the Building Automation Technologies, *Przegląd Elektrotechniczny* 2013, nr 6. ISSN 0033-2097, R. 89 NR 6/2013.

[3] Szadkowski M., Warachim A.: Przekształcanie istniejących sieci SN w sieci typu Smart, *Energetyka* 2014, nr 9.

[4] Januszewski W., Warachim A.: Koncepcja systemu zdalnego monitorowania i sterowania procesem przesyłu i rozdziału energii elektrycznej w stacjach transformatorowych systemu Scheidt, *Energetyka* 2002, nr 7.

[5] Warachim A., Lesyk K., Chudzyński W.: Parametry procesu przesyłu i rozdziału energii elektrycznej w stacjach transformatorowo-rozdzielczych systemu Scheidt, *Energetyka* 2002, nr 8.

[6] Saratowicz M., Warachim A.: Statistical monitoring of electric energy distribution, International Conference on Research in Electro technology and Applied Informatics, August 31 - September 3 2005, Katowice.

[7] System Zdalnego Sterowania i Nadzoru w Sieciach Średnich Napięć - *ZPUE S.A.* we Włoszczowie, *Urządzenia dla Energetyki,* http://www.urzadzeniadlaenergetyki.pl/, dostęp 11.02.2008 r.

[8] Babś A., Madajewski K., Ogryczak T., Noske S., Widelski G.: The Smart Peninsula pilot project of Smart Grid deployment at *ENERGA-OPERATOR SA*, http://actaenergetica.org/en/wp-content/uploads/, 2012.08.,s. 37-44.

[9] Stanowisko Prezesa URE w sprawie niezbędnych wymagań wobec wdrażanych przez OSD E- inteligentnych systemów pomiarowo-rozliczeniowych z uwzględnieniem funkcji celu oraz proponowanych mechanizmów wsparcia przy postulowanym modelu rynku, Warszawa, 31 maja 2011.

[10] Stanowisko Prezesa URE w sprawie szczegółowych reguł regulacyjnych w zakresie stymulowania i kontroli wykonania inwestycji w AMI, Warszawa, 11 stycznia 2013.

[11] Stanowisko Prezesa URE w sprawie niezbędnych wymagań dotyczących jakości usług świadczonych z wykorzystaniem infrastruktury AMI oraz ram wymienności i interoperacyjności współpracujących ze sobą elementów sieci Smart Grid oraz elementów sieci domowych współpracujących z siecią Smart Grid, Warszawa, 10 lipca 2013.

[12] Szywała P., Warchim A.: Łukoochronność aparatury średniego napięcia, *Energetyka* 2013, nr 9, s. 612-614.

[13] Szadkowski M., Warachim A.: Bezpieczeństwo eksploatacji stacji elektroenergetycznych SN typu PF-P, *Energetyka* 2014, nr 9.

[14] Sprawozdanie z działalności Prezesa URE w 2013 r., Biuletyn Urzędu Regulacji Energetyki nr 2 (88), 30 czerwca 2014. ISSN 1506-090X.

[15] Skomudek W., Szrot M.: Oddziaływanie inwestycji w elektroenergetyce na zdolność transformacji energii elektrycznej, *Energetyka* 2011, nr 8.

[16] Opis i zastosowanie napędu Flexball, uesa Polska, karta katalogowa, http: www.uesa.pl, 2011.

[17] Oferta i materiały grupy *Technitel*, ENERGETAB 2014, wrzesień 2014.

[18] Oferta i materiały firmy *Zakład Obsługi Energetyki Sp. z o.o.,* ul. Kuropatwińskiej 16, 95-100 Zgierz, http://www.zoen.pl/, wrzesień 2014.

[19] Oferta i materiały firmy *Technitel Polska S.A.,* ul. Górnicza 12/14, 91-765 Łódź, http://www.technitel.pl/, wrzesień 2014.

[20] Koza K., Warachim A.: Perspektywy stosowania żerdzi z betonu wirowanego w liniach energetycznych średnich napięć, *Elektro* 2008, nr 11, s. 94-95.

[21] Koza K., Łodo A., Warachim A.: Kierunki rozwoju konstrukcji betonowych dla potrzeb dystrybucji energii elektrycznej, *Energetyka* 2008, nr 8/9, s. 593-595.