

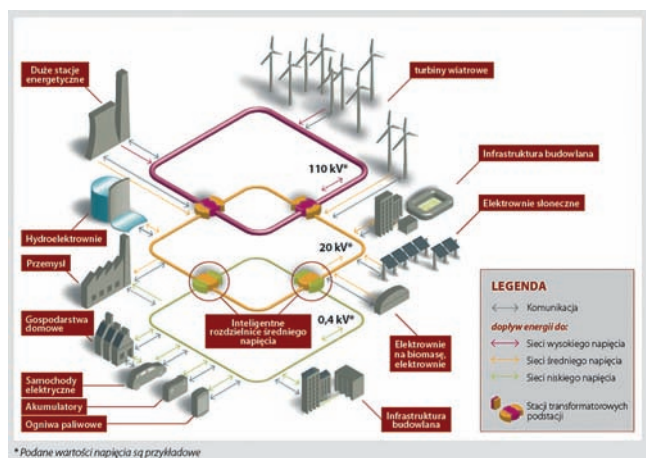
## Nowe rozwiązania w modernizacji i rozbudowie sieci dystrybucyjnej średnich napięć

## New solutions in modernization and expansion of MV distribution network

Połączenie sieci dystrybucji energii z odpowiednimi technologiami teleinformatycznymi umożliwiło powstanie zinformowanych sieci elektroenergetycznych SN nowej generacji, czyli sieci typu smart. Sieć taka jest [1] zdefiniowana jako dowolne urządzenia lub instalacje:

- 1) zapewniające cyfrową, dwukierunkową komunikację, realizowaną w czasie rzeczywistym lub zbliżonym do czasu rzeczywistego;
- 2) umożliwiające interaktywne i „inteligentne” monitorowanie i zarządzanie procesem wytwarzania, przesyłu, dystrybucji i odbioru energii elektrycznej;
- 3) integrujące zachowania i działania wszystkich podłączonych do niej użytkowników – wytwórców, odbiorców oraz podmiotów łączących oba rodzaje aktywności, w celu zapewnienia efektywnego ekonomicznie, zrównoważonego systemu elektroenergetycznego, charakteryzującego się niewielkimi stratami, wysoką jakością i bezpieczeństwem dostaw energii elektrycznej oraz bezpieczeństwem obsługi.

Powyższe określenie wiąże sieci energetyczne typu smart z wyzwaniami, jakie stawiane są Krajowemu Systemowi Energetycznemu (KSE) zarówno w aspekcie polityki energetycznej kraju [2-4], aktów prawnych i działań legislacyjnych w kraju, powiązanych ze standaryzacją i typizacją urządzeń [5-7] oraz stosowanych regulacji Unii Europejskiej [8-18].



Rys. 1. Powiązania systemowe sieci SN w Krajowym Systemie Energetycznym [27-31]

Proces przekształcania tradycyjnych sieci elektroenergetycznych w sieci typu smart trwa od wielu lat [19-26], stanowi proces nieodwracalny, podobnie jak proces informatyzacji całego otoczenia. Budowa Smart Grid może być zorientowana na różne funkcjonalności i realizowana w zróżnicowanej skali, ze zróżnicowaną dynamiką. Kluczowe znaczenie dla jej realizacji ma niezawodna i szybka sieć wymiany informacji. Muszą być jednak podejmowane działania związane z budową nowych i modernizacją istniejących sieci dystrybucyjnych SN, konieczna jest bowiem ich zdolność do realizacji działań w systemie (por. rys. 1) [27-31].

Tradycyjne sieci SN (łącznie z rozdzielnicami) od lat [32-38] wyposaża się w rozbudowaną infrastrukturę teleinformatyczną [19-21, 26, 39] z wykorzystaniem urządzeń do pomiaru, obróbki, przekazywania, analizy, gromadzenia itd. różnego rodzaju sygnałów i danych związanych z parametrami prądu i napięcia. Wiele nowych technologii jest ciągle na etapie badań. Istotny jest również rozwój technologii obwodów pierwotnych [32, 33, 35] oraz konstrukcji [40-44] węzłów sieci SN, których konieczność modernizacji i rozbudowy wynika wprost [45-47] z potrzeb KSE (rys. 1).

### Projektowanie nowych i modernizacja istniejących sieci i rozdzielni SN

W układach do rozdziału energii elektrycznej (np. sieciach i stacjach rozdzielczych SN) można wyróżnić [34, 37, 38]:

- obwody pierwotne,
- obwody pomocnicze.

W obwodach pierwotnych następuje rozdział energii, zaś obwody pomocnicze spełniają szereg funkcji związanych ze sterowaniem, monitorowaniem, sygnalizacją i zabezpieczeniem pracy urządzeń wchodzących w skład obwodów pierwotnych.

Przy doborze urządzeń projektant musi uwzględniać fakt, że są one poddawane oddziaływaniom związanym z przepływającą przez nie energią elektryczną oraz oddziaływaniu warunków środowiskowych, w jakich są zainstalowane. Przy doborze urządzeń rozdzielczych zachodzi ponadto konieczność uwzględnienia szeregu dodatkowych czynników, związanych np. ze standaryzacją urządzeń elektrycznych, unifikacją elementów aparatury rozdzielczej, a także z przystosowaniem aparatury rozdzielczej

do warunków, w jakich będzie ona pracować w ciągu całego przewidzianego okresu eksploatacji. Rozwój systemu elektroenergetycznego prowadzi do zmiany warunków pracy urządzeń rozdzielczych (np. mocy zwarciowej w miejscu ich zainstalowania). Względy ekonomiczne wymagają uwzględnienia tej zmiany już na etapie projektowania, aby uniknąć konieczności przedwczesnej wymiany lub przerw w pracy. Prawidłowe uwzględnienie wymienionych czynników przy doborze urządzeń rozdzielczych wymaga od projektanta nie tylko wiedzy teoretycznej, ale także doświadczenia.

W nadchodzącym czasie od projektanta będzie się dodatkowo wymagać umiejętności doboru urządzeń (przede wszystkim łączników) ze względu na możliwość współpracy z systemem teleinformatycznym. W przypadku nowo projektowanych sieci i stacji sprawa wydaje się oczywista – w procesie projektowania należy już teraz uwzględniać dobór urządzeń wyposażonych w aparaturę mogącą współpracować z systemem teleinformatycznym. Inaczej rzecz wygląda w przypadku sieci i stacji już istniejących. Najbardziej oczywiste wydaje się doposażenie istniejącej infrastruktury elektroenergetycznej w sensory, mierniki typu smart i inne elementy infrastruktury teleinformatycznej. Takie podejście może jednak generować znaczne koszty. O ile koszty elementów teleinformatycznych mogą nie być wysokie, o tyle koszty dostosowania tych elementów do współpracy z elementami istniejącej infrastruktury elektroenergetycznej mogą okazać się bardzo wysokie, zakładając, że taka integracja będzie możliwa. Bardziej rozsądne wydaje się rozwiązanie polegające na wymianie niektórych elementów sieci i stacji na nowe, wyposażone w moduły zdolne do współpracy z systemem teleinformatycznym. Tymi elementami są niewątpliwie wyłączniki lub rozłączniki. W takim przypadku można – uwzględniając możliwość reakcji sieci na różne zjawiska towarzyszące jej eksploatacji – zastanowić się nad zmianą infrastruktury sieciowej i np. zastąpić część wyłączników tańszymi rozłącznikami. O ile w tradycyjnych sieciach nie zawsze było to możliwe, o tyle w sieciach typu smart staje się to bardzo realne.

Operatorzy Sieci Dystrybucyjnej instalują w sieciach SN punkty rozłącznikowe sterowane radiowo, z założeniem zdalnego nadzoru nad siecią napowietrzną średnich napięć. Automatyzacja procesów łączeniowych polega na wykorzystaniu możliwości technicznych rozłączników, informacji o przepływie prądów zwarciowych oraz zaniku napięcia na linii. Na podstawie prostego algorytmu, w zależności od spełnienia warunków, ciąg przesyłowy energii elektrycznej może zostać wyłączony lub przełączony automatycznie lub zdalnie.

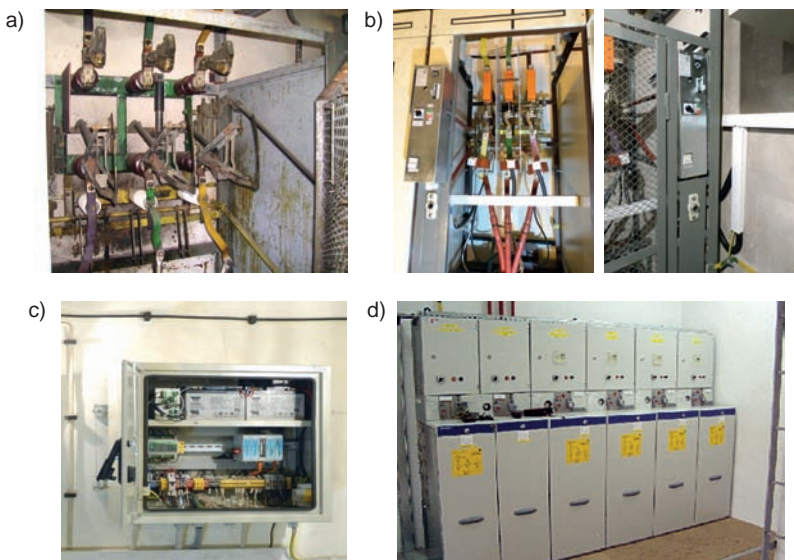
Praca w ośrodku dyspozytorskim wspomagana jest sygnałami (informacjami) od zainstalowanych w głębi sieci wyłączników i rozłączników wyposażonych w napędy elektryczne sterowane środkami łączności radiowej, co daje możliwość telemechanizacji procesów łączeniowych przy lokalizacji uszkodzeń i zmianach konfiguracji sieci. Jest to niewątpliwie efektywny sposób usprawnienia eksploatacji sieci. Docelowo jednak należy dążyć do automatyzacji takich procesów, co pozwala dużo lepiej wykorzystać możliwości sprzętowe, zarówno w zakresie telemechaniki jak i parametrów łączeniowych stosowanych urządzeń. Optymalne jest wykorzystanie zdalnie sterowanych rozłączników wyposażonych np. w system lokalizacji zwarcia do wyłączania lub przełączania ciągów przesyłowych w trakcie przerwy beznapięciowej SPZ w liniach napowietrznych średnich napięć. Oczywiście rozłączniki takie mogą być wyposażane także w inne systemy.

## Modernizacja stacji wewnętrznych SN

Modernizację stacji wewnętrznych uznaje się za konieczną w celu poprawy bezpieczeństwa lub wprowadzenia sterowania zdalnego i telemetrii (rys. 2) [33, 34, 47].

W modernizacji sieci SN często bardziej uzasadnione, ze względów ekonomicznych, jest wybudowanie nowej stacji wewnętrznej o tej samej lub rozbudowanej funkcji rozdzielczej niż modernizacja starych obiektów i urządzeń. Powszechnie [38, 40-42] wykorzystuje się wówczas kontenerowe stacje rozdzielcze, w różnych rodzajach obudów. Ze względu na ochronę przed skutkami zwarć łukowych [48-58] stosowane są kontenery betonowe, których wykorzystanie ogranicza możliwość transportu lub rozładunku na placu budowy.

Ogólną praktykę stanowi stosowanie nowych aparatów i urządzeń [33, 34, 47] (rys. 2b), w miejsce starych (rys. 2a), przy każdej modernizacji związanej z funkcją rozdzielczą obiektu. Często aparaty w izolacji powietrznej są zastępowane rozdzielnicami modułowymi w izolacji gazowej [32, 33, 41, 47] (rys. 2d).



Rys. 2. Warianty modernizacji rozdzielni wewnętrznych SN

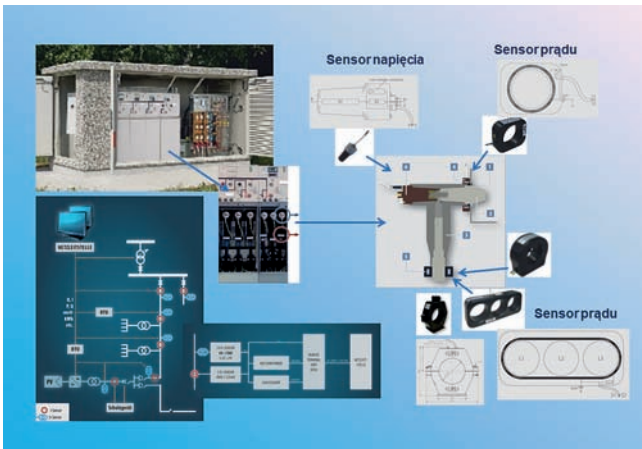
- a) stary rozłącznik SN,
- b) nowy rozłącznik SN, typu H27 [27-30, 33, 41, 47]  
z zastosowaniem telemechaniki i telemetrii, sterowanie lokalne,
- c) skrzynka sterownicza,
- d) wariant zastąpienia łączników w izolacji powietrznej rozdzielnicami modułowymi

Większość nowoczesnych rozdzielnic SN może być zmodernizowana poprzez zabudowę napędów silnikowych, których zastosowanie stanowi warunek konieczny wprowadzenia telemechaniki do rozdzielni. Wystarczy wówczas dokonać instalacji tych napędów oraz zastosować szafę sterowniczą (rys. 3). Ograniczenia wynikają jedynie z gabarytów rozdzielni. Alternatywą jest zawsze wymiana starej rozdzielni na nową, często połączona z rozbudową funkcjonalną całej rozdzielni.



Rys. 3. Modernizacja pól rozdzielczych SN poprzez wprowadzenie mechaniki i telemetrii [27, 28]

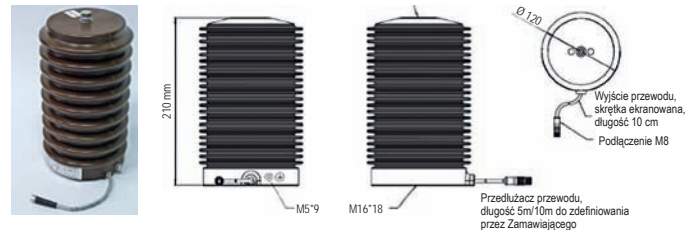
Poważny problem stanowiło dotychczas opomiarowanie pól rozdzielczych SN w modernizowanej rozdzielni. Na podstawie danych pomiarowych, po ich przetworzeniu i analizie, w odpowiedniej skali problemu, operator lub administrator sieci SN jest w stanie podjąć właściwe decyzje, nie tylko w aspekcie ekonomicznym, 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. Zabudowa konwencjonalnych przekładników prądowych i napięciowych w pracujących polach rozdzielczych (poza polami pomiarowymi) jest zwykle niemożliwa. Zastosowanie elektronicznych przekładników prądowych (sensorów prądowych) oraz elektronicznych przekładników napięciowych (sensorów napięciowych) częściowo rozwiązywało ten problem [27-29, 33, 34, 47].



Rys. 4. Sensory prądowe i napięciowe w rozdzielnicach SN

Instalacja sensorów prądowych nie sprawia trudności w modernizacji rozdzielni SN, podobnie jak sensorów napięciowych w polach rozdzielni, w których połączenia kablowe wykonywano za pomocą głowic kątowych [33, 34] (rys. 4).

Minimalizacja gabarytów, spowodowana rozwojem techniki izolacyjnej, zaowocowała pojawieniem się na rynku nowego rozwiązania sensora napięciowego typu SMVS-UW1011, obecnie zastąpionego typem SMVS-UW1013 (rys. 5). Sensor umożliwia pomiar napięcia w każdym polu rozdzielczym w izolacji powietrznej [27-29].



Rys. 5. Sensor napięciowy typu SMVS-UW1013

Możliwe jest zatem uzyskanie klasy dokładności 0,5 przy pomiarze prądów i napięć w sieci SN, a co za tym idzie pełna obserwowalność węzłów tej sieci oraz wykorzystanie wartości mierzonych w technice zabezpieczeniowej. Przykładem takiego zastosowania [27-29] jest moduł GIM (Grid Intelligent Monitor) wskazujący rodzaj zwarcia, z określeniem kierunku propagacji awarii także w przypadku zwarcia doziemnego. Dodatkowo, zaimplementowany interfejs Modbus RTU zapewnia dostęp do aktualnie mierzonych wartości, co pozwala na dokładną ocenę stanu sieci dystrybucyjnej.

Przedstawiony na rysunku 6 monitor GIM:

- jest użyteczny w sieciach uziemionych, izolowanych i kompensowanych,
- stanowi zintegrowany wskaźnik kierunku przepływu obciążenia,
- umożliwia wykrywanie zwarć międzyfazowych i doziemnych wraz z określeniem kierunku,
- zapewnia oszczędność kosztów dzięki precyzyjnej i szybkiej lokalizacji usterek,
- monitoruje aktualne wartości pomiarowe dla zarządzania operacyjnego oraz planowania, co ułatwia ukierunkowane wykorzystanie zasobów inwestycyjnych w rozbudowie i modernizacji sieci,
- obsługuje do czternastu punktów pomiarowych (monitoruje do czternastu pól rozdzielni) prądu, zapewniając pomiar energii w czterech kwadrantach.



Rys. 6. Monitor GIM

Oczywista jest możliwość stosowania omówionej techniki pomiarowej w nowo budowanych węzłach sieci kablowej SN, niezależnie od producenta aparatury obwodów pierwotnych oraz architektury obwodów wtórnych i systemu sterowania. Należy jednak uwzględnić niższą, niż w przypadku konwencjonalnych przekładników prądowych i napięciowych, moc wyjściową sensorów. Zatem jeden sensor współpracuje tylko z jednym zabezpieczeniem lub sterownikiem. Monitor GIM łączy więc funkcje zabezpieczenia wraz z monitorowaniem prądu i napięcia, zapewniając obserwowalność sieci. Zdaniem Autorów stosowanie sensorów będzie skutkować rozwojem techniki zabezpieczeniowej nowej generacji.

## Modernizacja stacji i stanowisk słupowych w sieci napowietrznej SN

W sieciach napowietrznych SN w obecnym czasie [43, 44] powszechnie stosowane są 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.



Rys. 7. Zdalnie sterowane łączniki budowy zamkniętej

- a) wyłącznik GVR Recloser [27, 28, 30],  
b) rozłącznik budowy zamkniętej INEXT

Łączniki zdalnie sterowane w sieciach średniego napięcia umożliwiają ich 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 bezobstugowe wykonywanie czynności łączeniowych w terenie oraz
- prawidłową pracę w ekstremalnych warunkach terenowych i pogodowych.

Budowa zamknięta i izolacja wewnętrzna w postaci próżni lub SF<sub>6</sub> sprawiają, że łączniki budowy zamkniętej są niewrażliwe na jakiegokolwiek niekorzystne warunki klimatyczne lub środowiskowe, takie jak: szadź, oblodzenie, wiatr, deszcz, ptactwo lub zanieczyszczenia przemysłowe. Zastosowanie łącznika z powyższą izolacją powoduje, że łączniki posiadają bardzo małą przerwę pomiędzy stykami roboczymi, a to z kolei wymusza stosowanie np. jednobiegunowych odłączników SN dla trwałego odłączenia odcinka linii.

W ostatnich latach, w dystrybucyjnej sieci napowietrznej SN wzrasta liczba wyłączników próżniowych – recloserów. Tendencja ta wynika głównie ze stosowania automatyki przywracania zasilania. Cechą charakterystyczną tych aparatów, budowy zamkniętej, jest integracja napędu oraz odwodów wtórnych i przetworników pomiarowych w obudowie wyłącznika. Wyłącznik próżniowy GVR Recloser (rys. 7a) [27, 28, 30, 33] był jednym z pierwszych wyłączników próżniowych zastosowanych w sieci napowietrznej, na terenie obecnej *PGE Dystrybucja*. Aparat zawiera trójfazowy próżniowy wyłącznik automatyczny oraz mechanizm uruchamiający umieszczony w szczelnej aluminiowej obudowie. Obudowa jest wypełniona gazem SF<sub>6</sub>, którego zadaniem jest zapewnienie izolacji wewnętrznej oraz utrzymanie stałego kontrolowanego środowiska dla elementów elektrycznych i mechanicznych. Wyłączniki próżniowe stanowią wiodące rozwiązanie w aplikacjach sieci typu smart; obwody sterownicze i przetwarzania, transmisji sygnałów oraz gwarantowanego zasilania mieszczą się w szafie sterowniczej (rys. 8).



Rys. 8. Ekspozycja targowa wyłącznika typu [27] GVR, z szafą sterowniczą

Rozłączniki budowy zamkniętej w izolacji SF<sub>6</sub> stanowią właściwe rozwiązania dla przyjętego określenia sieci dystrybucyjnych SN typu smart. Mogą być wyposażone w napęd elektryczny zintegrowany z rozłącznikiem lub znajdujący się na zewnątrz, jak również w napęd ręczny. Przykładowe rozwiązanie stanowi pracujący w sieci napowietrznej *PGE Dystrybucja* rozłącznik typu INEXT (rys. 7 b) [27, 28, 30, 34]. Rozłącznik ten przeznaczony jest do pracy w liniach napowietrznych średniego napięcia, przystosowany do rozłączania prądów roboczych do 630 A.

Na rysunku 9 [27] zilustrowano modelowe stanowisko słupowe z szafą sterowniczą i napędem elektrycznym znajdującym się na zewnątrz. Ze względu np. na selektywność zabezpieczeń w sieci napowietrznej typu smart celowe jest stosowanie takich rozłączników zamiast wyłączników.



Rys. 9. Ekspozycja targowa stanowiska słupowego z rozłącznikiem budowy zamkniętej z szafą sterowniczą

W rozłącznikach budowy otwartej [27, 28, 30, 34], środowiskiem izolacyjnym i gaszącym łuk elektryczny jest [38, 59, 60, 61, 62] powietrze, próżnia lub olej. Warto docenić parametry izolacyjne oraz zdolność gaszenia łuku elektrycznego w izolacji olejowej.

Na rysunku 10 przedstawiono budowę rozłącznika Fla 15/60 oraz nowatorskie rozwiązanie stanowiska słupowego w sieci typu smart [31]. Zmodernizowana w 2017 roku konstrukcja aparatu umożliwia jego proste mocowanie na słupach za pomocą adapterów, co znacznie poprawia możliwości prac bez odłączania linii.

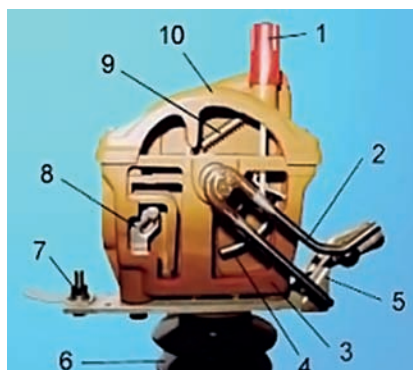
Sprawdzone [27, 30] w ciągu kilkudziesięciu lat (okres pomiędzy przeglądami 20 lat), olejowe komory gaszące tego rozłącznika są połączone równolegle z głównym obwodem i wyposażone w mechanizm szybko rozłączający. Komory gaszące posiadają wystarczającą wytrzymałość, aby ich szczelność nie była naruszona nawet w ekstremalnych warunkach pracy. Każda komora gasząca jest napełniona około 0,5 litra oleju biodegralnego.



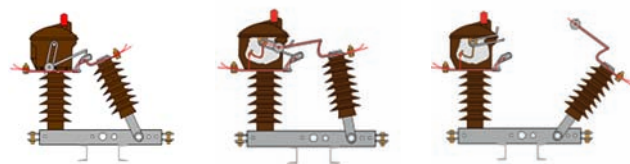
Rys. 10. Rozłącznik Fla 15/60, budowa oraz modelowe stanowisko słupowe dla sieci typu smart

Na rysunku 11, oprócz przekroju komory gaszeniowej, przedstawiono przebieg przerywania prądu w trakcie rozłączania, od stanu zamkniętego poprzez stan pośredni do stanu otwartego rozłącznika. Styk pomocniczy, umieszczony na wahadłowych nożach, jest zakończony dwoma rolkami (2), a ich wygięcie jest skierowane do wewnątrz. Komora gasząca (1) jest

sterowana przez widłowy styk z nierdzewnej stali (3). W trakcie sterowania łącznikiem ten widłkowy styk jest unoszony przez rolki styków pomocniczych zarówno w czasie załączania, jak i wyłączenia. Migowy mechanizm połączony ze stykiem widłkowym oddziałuje na system styków wewnątrz komory zamykając lub otwierając je błyskawicznie, niezależnie od szybkości sterowania. W trakcie rozłączania otwierają się najpierw styki główne, a następnie po osiągnięciu bezpiecznej odległości dochodzi do błyskawicznego otwarcia styków w komorze gaszącej.

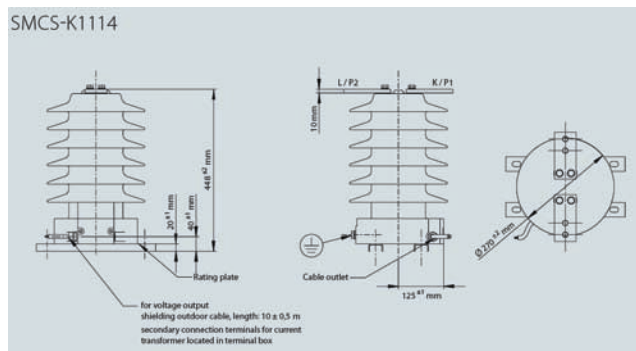


- 1 – zawór odpowietrzający ze wskaźnikiem
- 2 – rolki poziome oleju
- 3 – dźwignia sterująca (ze stali nierdzewnej)
- 4 – dolna część gaszącej komory (w przekroju)
- 5 – styk wewnętrzny ruchomy
- 6 – główny styk
- 7 – izolator wsporczy
- 8 – przyłączający zacisk ze śrubą
- 9 – styk wewnętrzny stały
- 10 – mechanizm migowy
- 11 – górna część komory gaszącej (w przekroju)



Rys. 11. Gaszenie łuku w rozłączniku Fla 15/60

Proces gaszenia łuku w oleju oprócz wydłużenia drogi jest wspomagany wzrostem ciśnienia par oleju w kanale wyładowania. Dodatkowo, w stosunku do próżni, nie są generowane przepięcia łączeniowe. Pojemność cieplna oleju wpływa korzystnie na odporność termiczną aparatu, a praca elementów ruchomych w oleju zwiększa żywotność aparatu.



Rys. 12. Napowietrzny sensor prądu i napięcia typu SMCS-K1114

Do 2017 roku stosowanie rozłączników budowy otwartej w sieci typu smart było ograniczone koniecznością wykorzystania przekładników napięciowych i prądowych napowietrznych. Powodowało to wzrost ciężaru oraz ceny takich stanowisk słupowych.

Opisany powyżej aparat cechują porównywalne parametry jak rozłączników budowy zamkniętej, a dodatkowo zapewniona jest widoczna przerwa izolacyjna.

Wprowadzenie w 2017 roku na rynek sensorów napowietrznych typu kombi [27-29] (połączony sensor prądowy i napięciowy – rys. 12) skutkuje możliwością nowych zastosowań rozłączników budowy otwartej w sieci typu smart. Dzięki temu zapewniona jest, w stanowiskach słupowych z rozłącznikami budowy otwartej, możliwość pomiarów prądów i napięć w klasie dokładności 0,5. Tym samym takie węzły sieci SN stają się w pełni obserwowalne i sterowalne, przy znacznie niższych kosztach.

## Podsumowanie

Funkcjonowanie i ewolucja rozwiązań typu smart w sieci kablowej i napowietrznej SN ma znaczenie dla poprawnego funkcjonowania całego systemu energetycznego. Nowe węzły tej sieci są już projektowane z uwzględnieniem nowych technologii. Rozwój tych technologii sprawia, że należy przewidywać konieczność modernizacji nie tylko obiektów eksploatowanych, ale i będących na etapie analizy funkcjonalnej, jeszcze przed etapem projektowania.

Z tego względu Autorzy szczególną uwagę poświęcili aspektom modernizacji węzłów sieci SN wskazując możliwości adaptacji nowych technologii. Prawdziwe jest twierdzenie, że zapewnienie sterowalności i obserwowalności obiektu jest warunkiem koniecznym jego zdolności do poprawnego funkcjonowania w przyszłości.

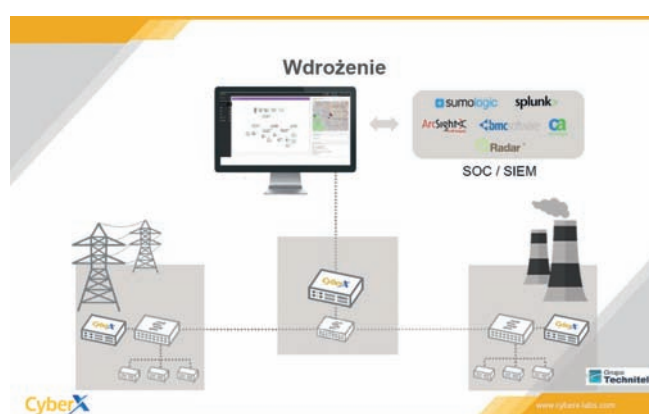
Technologie smart powinny uwzględniać możliwości aparatów obwodów pierwotnych, które zapewniają zdolności rzeczywistych akcji w systemie, stąd przedstawienie wybranych rozwiązań.

Możliwość pomiarów prądu i napięcia w sieci typu smart wraz z analizą statystyczną zdarzeń, zakłóceń, zmiennością parametrów zasilania [19-21] jest istotna nie tylko dla zabezpieczeń i analiz jakości zasilania, ale również dla stosowania transformatorów typu smart [31] ze zdalną regulacją napięcia.

Zapewnienie cyberbezpieczeństwa sieci SN typu smart stanowi [63] narastający i niestety często nieuświadomiony problem. Infrastruktura przemysłowa staje się w coraz większym stopniu przedmiotem zainteresowania cyberprzestępców, którzy wykorzystują podatność systemów SCADA oraz brak ich właściwego zabezpieczenia. Jednocześnie sieci SCADA są krytycznymi z punktu widzenia dostaw energii oraz zapewnienia ciągłości procesu produkcyjnego.

Platforma CyberX [27, 28, 31] stanowi ogromną wartość dla operatorów systemów SCADA i inżynierów odpowiedzialnych za bezpieczeństwo sieciowe, ponieważ uwzględnia rosnące wyzwania w zakresie bezpieczeństwa sieci technologicznych. Korzystając z opatentowanej analizy behawioralnej, która pozwala na modelowanie sieci jako deterministycznych sekwencji stanów i przejść, CyberX Industrial Finite State Machine (IFSM) umożliwia wykrywanie i szybsze reagowanie na zagrożenia. Ponadto ciągła ocena słabych punktów i podatności daje niezrównany

i wszechstronny wgląd w zagrożenia sieciowe oraz tworzy nową rzeczywistość, w której system SCADA może z łatwością utrzymać podwyższony poziom bezpieczeństwa i odporności sieci na ataki. Zrozumienie faktu, że cyberbezpieczeństwo musi stanowić nierozłączną część systemu SCADA pogłębia się z każdym dniem. Wdrażając rozwiązania bezpieczeństwa w sieciach przemysłowych trzeba wziąć pod uwagę działające od lat jak i nowe urządzenia, fizyczne elementy systemu jak i te wirtualne, zarówno samą technologię, jak i ludzi, którzy nią zarządzają, aby upewnić się, że wszystkie elementy sieci są wystarczająco zabezpieczone. Bezpieczeństwo działania systemów SCADA powinno być proste i bezpośrednie oraz nie powinno mieć wpływu na prowadzoną działalność. Platforma CyberX łączy w sobie stały, nieinwazyjny monitoring słabych punktów oraz zaawansowaną analizę behawioralną z badaniem zagrożeń, pozwalając szybko wykrywać zarówno incydenty bezpieczeństwa jak i operacyjne błędy systemu.



- CyberX daje pełną wiedzę o złośliwym oprogramowaniu, ukierunkowanych zagrożeniach sieciowych i słabych punktach w sieci technologicznej systemu ITS, które mogą doprowadzić do zakłócenia pracy systemu.
- CyberX pozwala na stałą i nieinwazyjną ocenę słabych punktów sieci przemysłowej, jak np. nieautoryzowane połączenia zdalne, nieznanne urządzenia podłączone do sieci, nieaktualny firmware podatny na ataki.
- Wdrożenie systemu CyberX trwa nie więcej niż godzinę, system pozwala na monitorowanie urządzeń wszystkich dostawców urządzeń przemysłowych, a także zapewnia integrację z zewnętrznymi systemami typu SIEM.

Większość prezentowanych w artykule rozwiązań uzyskała wyróżnienie na Międzynarodowych Energetycznych Targach Bielskich ENERGETAB, więcej szczegółów technicznych i informacji dodatkowych jest dostępna w albumach projektowych PTPIREE, ENERGOLINIA, STELEN, katalogach producentów oraz materiałach źródłowych.

## PIŚMIENICTWO

- [1] Regulation (EU) No 347/2013 of the European Parliament and of the Council of 17 April 2013 on guidelines for trans-European energy infrastructure and repealing Decision No1364/2006/EC and amending Regulations (EC) No 713/2009, (EC) No 714/2009 and (EC) No 715/2009.

- [2] Energy Policy of Poland until 2030, elaborated by the Ministry of Economy, Warsaw 10<sup>th</sup> 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.
- [3] Projection of Demand for Fuels and Energy UNTIL 2030, Appendix 2 to draft "Energy Policy of Poland until 2030", Warsaw, 10 November 2009.
- [4] National Report, The President of the Energy Regulatory Office in Poland, 2013.
- [5] Stanowisko Prezesa URE w sprawie szczegółowych reguł regulacyjnych w zakresie stymulowania i kontroli wykonania inwestycji w AMI, Warszawa, 11 stycznia 2013.
- [6] 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.
- [7] Position of the President of Energy Regulatory Office on necessary requirements with respect to smart metering systems implemented by DSO E taking into consideration the function of the objective and proposed support mechanism in context of the proposed market model, Warsaw, 31 May 2011.
- [8] Directive 2005/89/EC of the European Parliament and of the Council of 18 January 2006 concerning measures to safeguard security of electricity supply and infrastructure investment.
- [9] Directive 2006/32/EC of the European Parliament and of the Council of 5 April 2006 on energy end-use efficiency and energy services and repealing Council Directive 93/76/EEC.
- [10] Energy and Climate Package "3 x 20": A European Strategy for Sustainable, Competitive and Secure Energy approved at a meeting of the European Council on 8 and 9 March 2007.
- [11] Directive 2009/72/EC of the European Parliament and of the Council of 13 July 2009 concerning common rules for the internal market in electricity and repealing Directive 2003/54/EC.
- [12] Directive 2009/29/EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009 amending Directive 2003/87/EC so as to improve and extend the greenhouse gas emission allowance trading scheme of the Community.
- [13] Directive 2009/28/EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009 on the promotion of the use of energy from renewable sources.
- [14] Directive 2010/31/EC of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings.
- [15] Communication from the European Commission to the European Parliament, the Council and the European Economic and Social Committee, "A European Strategy on clean and energy efficient vehicles", Brussels, 28 April 2010, COM (2010)186 Final, p.10.
- [16] Declaration by the European electricity industry, Standardization of electric vehicle charging infrastructure, EURELECTRIC, October 2009.
- [17] Directive 2001/80/EC on the limitation of emissions of certain pollutants into the air from large combustion plants.
- [18] Directive 2001/81 on National Emission Ceilings for certain atmospheric pollutants, and draft directive on industrial emissions.
- [19] 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.
- [20] Warachim A., Lesyk K., Chudzyński W., *Parametry procesu przesyłu i rozdziалу energii elektrycznej w stacjach transformatorowo-rozdzielczych systemu Scheidt*, „Energetyka” 2002, nr 8.
- [21] Januszewski W., Warachim A., *Koncepcja systemu zdalnego monitorowania i sterowania procesem przesyłu i rozdziалу energii elektrycznej w stacjach transformatorowych systemu Scheidt*, „Energetyka” 2002, nr 7.
- [22] *System Zdalnego Sterowania i Nadzoru w Sieciach Średnich Napięć – ZPUE S.A. we Włoszczowie*, „Urządzenia dla Energetyki” 2008, <http://www.urzadeniadlaenergetyki.pl/>, 11 lutego 2008.
- [23] Noga M., Ożadowicz A., Grela J., Hayduk G. *Active Consumers in Smart Grid Systems – Applications of the Building Automation Technologies*, „Przegląd Elektrotechniczny” 2013, R. 89, nr 6.
- [24] 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.
- [25] Wiśniewski G., Michałowska-Knap K., Koć S., *Energetyka wiatrowa – stan aktualny i perspektywy rozwoju w Polsce*, Instytut Energetyki Odnawialnej (EC BREC IEO), sierpień 2012, [http://www.senat.gov.pl/gfx/senat/userfiles/\\_public/](http://www.senat.gov.pl/gfx/senat/userfiles/_public/)
- [26] Juraszek J., *Stacja na Hali Miziowej*, „Nasza Energetyka” 2002, nr 1(38), *Biuletyn Beskidzkiej Energetyki S. A.*
- [27] Materiały informacyjne, karty katalogowe *Zakładu Obsługi Energetyki Sp. z o.o.*, <http://www.zoen.pl/>, marzec 2018
- [28] Materiały informacyjne, karty katalogowe *Zakładu Technitel Polska S.A.*, <http://www.technitel.pl/>, marzec 2018
- [29] Materiały informacyjne, karty katalogowe *Zelisko*, <http://www.zelisko.at/>, marzec 2018
- [30] Materiały informacyjne, karty katalogowe *Dribo*, <http://www.dribo.cz/>, marzec 2018
- [31] Warachim A., Koc L., Kowalski M., *Sterowalne i obserwowalne węzły sieci SN*, „Energetyka” 2018, nr 1.
- [32] Warachim A., Szywała P., Dekarz R., *Rozdzielnice modułowe HMM z możliwością oddalonego dokonywania czynności łączeniowych*, „Energetyka” nr 2/2018, nr 2.
- [33] Warachim A., Dekarz K., *Wybrane zagadnienia modernizacji węzłów sieci średnich napięć*, „Energetyka” 2014, nr 10.
- [34] Szadkowski M., Warachim A., *Przekształcanie istniejących sieci SN w sieci typu Smart*, „Energetyka” 2014, nr 9.
- [35] Warachim A., Dekarz K., *Nowe standardy i funkcje złącz kablowych SN w sieci średnich napięć*, „Energetyka” 2016, nr 10.
- [36] Warachim A., Dekarz K., *Obserwowalność i sterowalność stacji węzłowych SN*, „Urządzenia dla Energetyki” 2015, nr 5.
- [37] Szadkowski M., Warachim A., *Węzłowe stacje transformatorowe w sieci typu smart*, „Biuletyn Oddziału Tarnowskiego SEP” 2016, nr 52.
- [38] Szadkowski M., Warachim A., *Węzłowe stacje energetyczne SN, w sieci typu smart, w aspekcie bezpieczeństwa i pewności zasilania*, VI Konferencja Naukowo-Techniczna PTPIREE „Stacje Elektroenergetyczne WN i SN”, Materiały konferencyjne, Wisła, czerwiec 2016.
- [39] Zając A., Juraszek J., Warachim A., *Powiązania systemowe węzłowych stacji dystrybucyjnych i abonenckich w sieciach SN typu SMART z zastosowaniem modemu MV BPL*, „Energetyka” 2015, nr 9.
- [40] Warachim A., *Wybrane zagadnienia konstrukcji nowoczesnego systemu produkcji stacji transformatorowo-rozdzielczych średniego napięcia w obudowie betonowej*, Konferencja Naukowo-Techniczna „Stacje Elektroenergetyczne WN/SN i SN/nN”, Materiały konferencyjne, Jelenia Góra, 28-29 maja 2001, s. 57-62.
- [41] Warachim A., Dekarz K., *Konstrukcje modułowe kontenerowych stacji energetycznych w sieciach średnich napięć*, „Energetyka” 2014, nr 11.

- [42] Konikowski K., Warachim A., *Standardy węzłowych stacji transformatorowych w wykonaniu podziemnym*, „Biuletyn Oddziału Tarnowskiego SEP” 2016, nr 53.
- [43] Koza K., Warachim A., *Perspektywy stosowania żerdzi z betonu wirowanego w liniach energetycznych średnich napięć*, „Elektro” 2008, nr 11(69), s. 94-95.
- [44] Koza K., Łodo A., Warachim A.: *Kierunki rozwoju konstrukcji betonowych dla potrzeb dystrybucji energii elektrycznej*, „Energetyka” 2008, nr 8-9, s. 593-595.
- [45] Sprawozdanie z działalności Prezesa URE w 2013 r., „Biuletyn Urzędu Regulacji Energetyki” 2014, nr 2 (88) z 30 czerwca 2014.
- [46] Skomudek W., Szrot M., *Oddziaływanie inwestycji w elektroenergetyce na zdolność transformacji energii elektrycznej*, „Energetyka” 2011, nr 8.
- [47] Juraszek J., Warachim A., *Modernizacja rozdzielni wewnątrzowych SN*, Śląskie Wiadomości Elektryczne” 2015, nr 5.
- [48] Szywała P., Warachim A., *Łukoochronność aparatury średniego napięcia*, „Energetyka” 2003, s. 612-614.
- [49] Szadkowski M., Warachim A., *Bezpieczeństwo eksploatacji stacji elektroenergetycznych SN typu PF-P*, „Energetyka” 2014, nr 9, s. 518-524.
- [50] Szadkowski M., Warachim A., *Analiza kategorii zagrożenia porażenia łukiem elektrycznym w instalacjach elektrycznych zakładów przemysłowych*, „Energetyka” 2015, nr 6, s. 422-427.
- [51] Warachim A., Dekarz K., *Odporność stacji kontenerowych SN na skutki zwarć łukowych*, „Urządzenia dla Energetyki” 2015, nr 7.
- [52] Szadkowski M., Warachim A., *Bezpieczeństwo eksploatacji stacji elektroenergetycznych SN typu PF-P*, „Urządzenia dla Energetyki” 2014, nr 6.
- [53] Szadkowski M., Warachim A., Dekarz K., *Minimalizacja skutków zwarć łukowych w stacjach wewnątrzowych SN*, „Energetyka” 2015, nr 12.
- [54] Szadkowski M., Warachim A., *Metody zmniejszania zagrożenia porażenia łukiem elektrycznym*, „Energetyka” 2016, nr 1.
- [55] Szadkowski M., Warachim A., *Ochrona przed skutkami tuku elektrycznego*, „Energetyka” 2016, nr 12.
- [56] Szadkowski M., Warachim A., *Metody ograniczania ryzyka porażenia łukiem elektrycznym*, „Biuletyn Oddziału Tarnowskiego SEP” 2016, nr 51.
- [57] *Arc Flash Mitigation – Remote Racking and Switching for Arc Flash Danger Mitigation in Distribution Class Switchgear* CBS ArcSafe.
- [58] Fachthema E., *Stationsbau normgerecht umgesetzt, Störlichtbogenprüfung an einer begehbaren Netzstation*, Sonderdruck PDF 6064 aus ew Jg. 1004 92005, Heft 8, s. 69-73.
- [59] Gacek Z., Szadkowski M.: *Wysokonapięciowa technika izolacyjna we współczesnej elektroenergetyce*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2016.
- [60] Florkowska B.: *Wytrzymałość elektryczna gazowych układów izolacyjnych*. Uczelniane Wyd. Naukowo-Dydaktyczne, Kraków 2003.
- [61] Gacek Z.: *Wysokonapięciowa technika izolacyjna*. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2006.
- [62] SF<sub>6</sub> and alternative technologies for electrical switchgear A EU-RELECTRIC position paper, September 2015.
- [63] *Najwyższy poziom stabilności sieci energetycznej i bezpieczeństwa IT dzięki inteligentnej automatyce SMART GRID SPRECON-E-T3*, „Urządzenia dla Energetyki” 2015, nr 4.



energoelektronika.pl

WORTAL



- nowości z branży
- porady specjalistów
- przegląd prasy branżowej
- katalogi irm i producentów
- opisy urządzeń i podzespołów
- kalendarium ważnych wydarzeń
- słownik techniczny angielsko-polski i polsko-angielski

**WORTAL BRANŻOWY**  
www.energoelektronika.pl

Seminaria  
techniczne

- 22.02.2018 Lublin** edycja 59 Utrzymanie Ruchu  
**13.03.2018 Toruń** edycja 60 Utrzymanie Ruchu  
**17.04.2018 Koszalin** edycja 61 Utrzymanie Ruchu  
**17.05.2018 Mrągowo** edycja 62 Utrzymanie Ruchu  
**20.09.2018 Mielec** edycja 63 Utrzymanie Ruchu  
**18.10.2018 Opole** edycja 64 Utrzymanie Ruchu  
**15.11.2018 Kalisz** edycja 65 Utrzymanie Ruchu

**6-7.06.2018 Bielsko-Biała (2-dni)** edycja IX Ex ATEX  
**13.12.2018 Łódź** edycja X Ex ATEX



**PRAKTYCZNE SZKOLENIA**  
Programowanie sterowników  
PLC Siemens S7-1200



**DRUKOWANY  
BIULETYN BRANŻOWY**



**NEWSLETTER  
(11.000 ODBIORCÓW)**



Energoelektronika.pl tel. (+48) 22 70 35 290/291, fax (+48) 22 70 35 101  
marketing@energoelektronika.pl, www.energoelektronika.pl