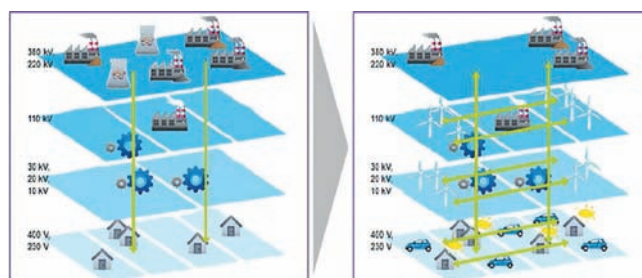


Andrzej Warachim, Przemysław Szywało, Ryszard Dekarz
STROM Przemysław Szywało

Rozdzielnice modułowe HMH z możliwością oddalonego dokonywania czynności łączeniowych

HMH modular switchgears with ability to perform remote switching operations

Sieć energetyczna średnich napięć, a w szczególności sieć dystrybucyjna [1-3], funkcjonując w swoim makrootoczeniu musi nadążać za jego potrzebami. Oprócz rozbudowy, modernizacja sieci SN w sektorze dystrybucji stanowi od lat [4-10, 12-14] zagadnienie najwyższej wagi. Krajowy system elektroenergetyczny [12-14] wymaga podjęcia działań w zakresie rozbudowy i rozwoju. Jedną z nich jest budowa sieci (rys. 1) [9], lepiej niż system tradycyjny dostosowanej do zjawisk całkowicie nowych, jakimi jest nieskrępowany rozwój generacji rozproszonej oraz nowych form pozyskiwania i wykorzystania energii elektrycznej, lepiej dostosowanej do stawienia czoła zakłóceniom w funkcjonowaniu systemu elektroenergetycznego spowodowanym w szczególności 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 [4-7, 9-11] systemu i zdolność do przewidywania jego przyszłego funkcjonowania.



Sieć tradycyjna

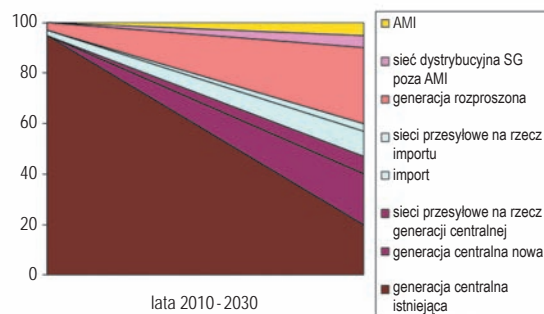
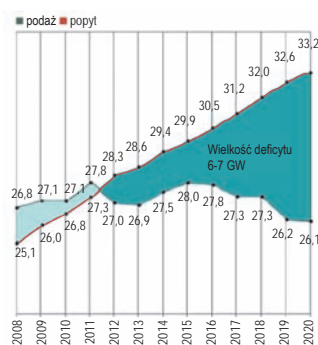
Sieć typu smart [2-4, 11, 15-18]

Rys. 1. Ewolucja sieci tradycyjnych w sieci typu smart [9]

Ryzyko [12] 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. Skutkuje to rozwojem generacji rozproszonej, wrażliwej na zdolności przyłączeniowe sieci SN, a także rozwojem i modernizacją samej sieci SN.

Rys. 2. Moc osiągalna w istniejących elektrowniach a wzrost zapotrzebowania na energię elektryczną [12] oraz perspektywa wypełnienia przez inwestycje perspektywicznego deficytu w bilansie mocy, z uwzględnieniem inwestycji sieciowych stowarzyszonych z inwestycjami w źródła wytwórcze

Źródło: opracowanie PGE za: <http://www.polska2030.pl>



W procesach inwestycyjnych w sektorze energetycznym występują bariery ograniczające możliwość ich realizacji [19]:

- grupa 1 obejmuje bariery formalne i prawne, związane z prawem do dysponowania gruntami na cele budowlane;
- 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; biorąc pod uwagę strukturę wiekową sieci energetycznej [20] i stan techniczny sieci SN jest oczywiste, że proces rozwoju i modernizacji sieci SN znacząco wpływa na przełamywanie bariery zwłaszcza w tej grupie;
- grupa 3 obejmuje bariery o charakterze technicznym, związane z wyborem technologii;
- grupę 4 stanowią, w rozumieniu jak wyżej, bariery wynikające z procesu koncesjonowania;
- grupę 5 stanowią bariery związane z brakiem systemu wsparcia.

Aktywność działań w zakresie rozbudowy i modernizacji sieci dystrybucyjnej SN oraz współdziałanie z inwestorami w obszarze rozproszonych źródeł wytwarzania energii, zapewnienie im należytego wsparcia, również w postaci 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.

Wymagania stawiane konstrukcjom oraz aparaturze rozdzielczej w węzłach sieci dystrybucyjnej SN

Ewolucja konwencjonalnych kablowych i napowietrznych sieci dystrybucyjnych SN w kierunku [4] sieci typu smart wprowadza do niej: nowoczesne systemy obudów stacji transformatorowych SN [21-23], systemy konstrukcji stosowanych w sieciach napowietrznych [4, 24, 25], aparaturę rozdzielczą SN, systemy telemechaniki i telemetrii [4, 9, 16-18, 26, 29], nowoczesne systemy pomiarowe i transmisji danych [5-7, 9, 28]. Autorzy szczególną wagę przykładają do zapewnienia bezpieczeństwa obsługi i osób postronnych wobec zagrożeń wynikających z ryzyka wystąpienia zwarć łukowych [29-37].

Zjawiskiem łuku elektrycznego, jako zagrożenia [31, 34-36] innego niż porażenie prądem elektrycznym, zaczęto się interesować pod koniec lat 80. ubiegłego stulecia. Łuk elektryczny jest formą wyładowania zupełnego w gazie, a także w cieczy. Zależnie od mocy źródła, odstępów międzyelektrodowego i parametrów obwodu zwarcia łuk elektryczny charakteryzuje się bardzo zróżnicowanymi wartościami gęstości prądu, niewielkim napięciem między elektrodami i wysoką temperaturą kanału wyładowania. Długość łuku i stopień zagrożenia zależy od wartości przyłożonego napięcia, wartości prądu i czasu jego przepływu oraz od warunków palenia się łuku. Te same czynniki wpływają na skomplikowane zjawiska energetyczne zachodzące wewnątrz łuku, podczas których energia elektryczna dostarczana z zewnątrz zamieniana jest na energię łuku (nazywaną w literaturze amerykańskiej energią zdarzenia (*incident energy*)), określaną jako jej gęstość na powierzchni jednostkowej w określonej odległości od źródła. Energia ta wymiarowana jest w dżulach (lub kaloriach) na centymetr kwadratowy ($1 \text{ cal/cm}^2 = 4,184 \text{ J/cm}^2$).

Skutkiem wyładowania łukowego jest pojawienie się w okolicy (nawet do kilku metrów) od źródła łuku:

- bardzo wysokiej temperatury (do 13000°C w kolumnie łukowej),
- oślepiającego błysku zawierającego m. in. bardzo niebezpieczne dla oczu promieniowanie podczerwone i ultrafioletowe,
- gwałtowne rozszerzenie się (zwiększenie objętości) powietrza oraz wyparowujących metalowych elektrod i innych elementów w pobliżu łuku,
- fali uderzeniowej o bardzo dużym ciśnieniu (np. 70 kN/m^2 w odległości 1 m od źródła, przy prądzie zwarcia 25 kA), rozchodzącej się na wszystkie strony z prędkością nawet 1100 km/h ,
- fali dźwiękowej o poziomie dźwięku 160 db przekraczającym wartości bezpieczne dla słuchu człowieka,
- wyrzucanych na wszystkie strony odłamków i stopionych drobin metalu,
- dużych ilości toksycznych gazów.

Konsekwencją tych zjawisk jest zniszczenie wszystkich urządzeń znajdujących się w pobliżu oraz uszkodzenie różnych narządów człowieka, a w konsekwencji często jego śmierć. Łuk elektryczny może zaistnieć zarówno wtedy, gdy w pobliżu jego źródła nie ma ludzi oraz gdy ludzie świadomie lub przypadkowo tam się znajdują. Skutki porażenia łukiem elektrycznym można w tym drugim przypadku ograniczyć, stosując specjalne łukochronne konstrukcje rozdzielnic. W przypadku świadomego podjęcia przez człowieka prac pod napięciem przy elementach obwodów trójfazowych instalacji elektrycznej ochrona jest zdecydowanie trudniejsza i rodzaj tej ochrony musi być poprzedzony wnikliwą analizą kategorii zagrożenia porażeniem łukiem elektrycznym. Wynikiem takiej analizy jest bowiem określenie wartości energii łuku oraz strefy rażenia łuku. W przypadku gdy, w wyniku analizy, okazuje się, że poziom energii łuku jest większy niż 40 cal/cm^2 , w ogóle zabrania się wykonywania jakichkolwiek prac pod napięciem.

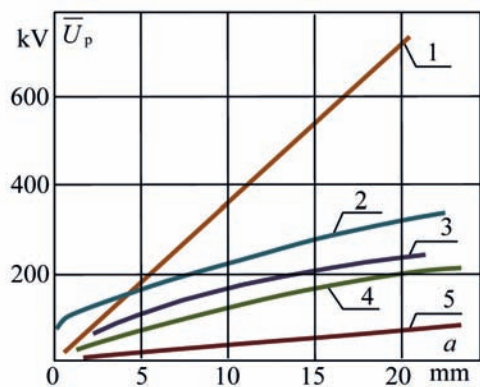
Najczęściej stosowane metody obniżenia poziomu energii łuku elektrycznego, a co za tym idzie kategorii zagrożenia można podzielić na dwie grupy:

- 1) metody klasyczne,
- 2) metody nowoczesne.

Do metod klasycznych można zaliczyć metody, które polegają na zmianie parametrów wpływających na wartość energii łuku. Najczęściej próbuje się poprzez różne zabiegi techniczne zmieniać odległość tułowia pracownika od źródła łuku, wartość prądu zwarcia łukowego, czas palenia się łuku itp. Z kolei do metod nowoczesnych zalicza się takie metody, w których dzięki zastosowanym urządzeniom oraz odpowiedniej konstrukcji urządzeń próbuje się w możliwie krótkim czasie wykryć łuk i wyłączyć obwód, w którym łuk się pali oraz zmniejszać skutki łuku poprzez kontrolowany wyrzut energii łuku w strefy, w których nie znajdują się ludzie. Jednym ze sposobów zmniejszania zagrożenia wyładowaniem łukowym jest stosowanie specjalnie zaprojektowanych urządzeń [33-37, 39].

W gazowych układach bezpowietrznych stosuje się silnie sprężone gazy (głównie sześćiofluorek siarki) lub gazy rozrzedzone (o ciśnieniu znacząco mniejszym od 1013 hPa). Największe znaczenie praktyczne ma obecnie sześćiofluorek siarki [40]. Wytrzymałość elektryczna tego gazu przy dużych ciśnieniach może być większa od wytrzymałości oleju transformatorowego, a nawet niektórych materiałów elektroceramicznych (rys. 3) [41]. Jest to efektem dużej elektroujemności fluoru, nawet po połączeniu

z siarką. Poza tym SF₆ jest gazem niepalnym, ma dobre właściwości cieplne i może być bardzo dobrym medium gaszącym łuk elektryczny. Wytrzymałość elektryczna sześciopfluorku siarki zależy od wielu czynników: kształtu i krzywizny elektrod, rodzaju i biegunowości napięcia, rodzaju i ilości zanieczyszczeń, obecności materiałów izolacyjnych stałych. Mechanizm przeskołu w układach izolowanych sprężonym SF₆ jest złożonym mechanizmem strimerowym lub strimerowo-liderowym (przy odstępach elektrod i ciśnieniach występujących w wysokonapięciowych urządzeniach elektroenergetycznych). Jest on tym bardziej uzależniony od lokalnego rozkładu natężenia pola elektrycznego, im większe jest ciśnienie gazu. Statyczne napięcie przeskołu w układzie o polu równomiernym różnie w przybliżeniu proporcjonalnie do ciśnienia w przedziale 0,1 - 1 MPa. W polu silnie nierównomiernym wytrzymałość SF₆ wykazuje „siodłową”, a więc niekorzystną zależność od ciśnienia. Chcąc efektywnie wykorzystać właściwości izolacyjne tego gazu należy stosować elektrody o małych krzywiznach i dużej gładkości. O wytrzymałości elektrycznej rzeczywistych układów izolacyjnych ciśnieniowych decydują bowiem nawet takie defekty, jak opiłki i zbyt duża chropowatość powierzchni elektrod [41].



Rys. 3. Porównanie [42, 43] wytrzymałości elektrycznej SF₆ i innych materiałów elektroizolacyjnych przy napięciu przemiennym 50 Hz w polu równomiernym (średnie z wartości szczytowych napięcia przeskołu lub przebiecia)
 1 – sprężony SF₆ (p = 0,7 MPa), 2 – wysoka próżnia (p ≈ 10-3 Pa),
 3 – olej transformatorowy mineralny, 4 – porcelana elektrotechniczna,
 5 – powietrze atmosferyczne

Mimo istotnych ograniczeń na ogół uważa się, że sześciopfluorek siarki jest gazem prawie idealnym do zastosowań w wysokonapięciowej technice izolacyjnej. Pierwsze z tych ograniczeń polega na tym, że – w obecności nawet śladowych ilości wody i tlenu – wyładowania łukowe i iskrowe oraz wszelkie wyładowania niepełne sprzyjają powstawaniu silnie toksycznych fluorków (głównie czteropfluorku siarki), bardzo agresywnego fluorowodoru i niewielkiej ilości kwasu siarkowego. Drugie poważne ograniczenie wynika stąd, że SF₆ (podobnie jak CO₂) jest gazem cieplarnianym. Powoduje to dużą presję, aby ograniczać emisję tego gazu do atmosfery (w CIGRE opracowano i wdrożono zalecenia dotyczące racjonalnej gospodarki SF₆, w tym również jego recyklingu i niszczenia). Aby zaspokoić popyt na trwałe i niezawodne urządzenia elektroenergetyczne izolowane gazami sprężonymi, a jednocześnie zmniejszyć do minimum związane z tym zagrożenie ekologiczne, coraz częściej stosuje

się mieszaninę N₂/SF₆ o stosunkowo małej zawartości sześciopfluorku siarki. Stwierdzono bowiem, że takie mieszaniny nie są wprawdzie przydatne do celów łączeniowych ze względu na ich niewielką zdolność do gaszenia (dejonizacji) łuku elektrycznego, ale mają dobre właściwości izolacyjne (nieco gorsze od czystego SF₆) i wykazują się zdolnością do odprowadzania ciepła podobną do czystego SF₆ [41]. Mimo wspomnianych ograniczeń względy praktyczne przeważają i coraz większa liczba inwestorów decyduje się na instalowanie średnio- i wysokonapięciowych rozdzielnic i przewodów szynowych izolowanych SF₆, o znacząco mniejszych wymiarach, bardziej niezawodnych i przyjaznych środowisku. Wydaje się, że dobre doświadczenia eksploatacyjne z takimi łącznikami były jednym z istotnych argumentów przemawiających za celowością budowy i rozwojem rozdzielnic gazowych ciśnieniowych.

Mając świadomość występowania zagrożeń związanych z wybuchem łuku elektrycznego, skutki takiego zdarzenia należy starać się ograniczać już na etapie projektowania nowej lub modernizacji istniejącej rozdzielni. Obecnie na rynku dostępne są nowoczesne, łukoochronne konstrukcje aparatury, urządzeń rozdzielczych oraz obudów stacji transformatorowych, zapewniających odporność na skutki zwarć łukowych oraz „kierunkowe rozprężanie gazów łukowych”, potwierdzone odpowiednimi badaniami (rys. 4) [39].



Rys. 4. Próba bezpieczeństwa obsługi a), b), c) oraz osób postronnych d), przy zwarciu łukowym w kontenerowej stacji z korytarzem dla obsługi [33- 37, 39]

System rozdzielnic modułowych HMM

Cechą charakterystyczną systemu rozdzielnic HMM [44] jest zupełnie nowe, oryginalne podejście do zagadnienia bezpieczeństwa obsługi aparatury łączeniowej SN. Każde pole rozdzielnic może być wyłączane lub załączone z miejsca oddalono-

nego, o maksymalnie pięć metrów, stąd termin sterowanie oddalone, dla rozróżnienia z pojęciem sterowania zdalnego w układach elektrycznych napędów silnikowych łączników sterowanych lokalnie lub zdalnie, w układach telemechaniki. Prezentowane rozdzielnice przystosowane są bowiem do stosowania układów telemechaniki i telemetrii, w najwyższych światowych standardach, obowiązujących w Krajowym Systemie Energetycznym.

Producentem rozdzielnic jest *Ulusoy Elektrik A.S.*, aktualny lider na rynku tureckim, zatrudniający 600 pracowników, osiągający roczny obrót w wysokości 150 milionów USD, o zdolności produkcyjnej 75 000 pól rozdzielczych rocznie [44].

Sterowanie oddalone realizowane jest w prosty sposób za pomocą przewodu sterowniczego i autonomicznie zasilanego przycisku. Stosowane napędy zasobnikowe pozwalają na wykonanie cyklu *załącz - wyłącz*, nawet w przypadku niezastosowania napędów silnikowych i zasilania potrzeb własnych, w każdym polu dowolnego rodzaju łącznika.

System HMH rozdzielnic modułowych (rys. 5) SN można scharakteryzować następująco:

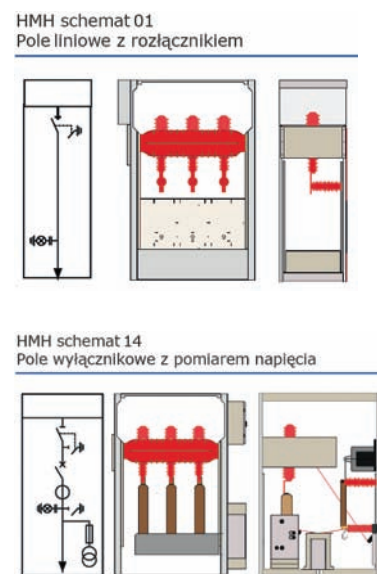
- 1) łukochronny;
- 2) sterowanie oddalone zwiększa bezpieczeństwa obsługi, ponieważ czynności łączeniowe zawsze mogą być wykonywane poza strefą zagrożenia łukiem;
- 3) w przypadku zastosowania w rozdzielnicach układów telemechaniki, sterowanie oddalone zawsze może zostać wybrane przez obsługę jako sposób posiadający bezwzględny nadrzędny priorytet w systemie;
- 4) stanowi zamknięty system rozwiązań pól, umożliwiających realizację dowolnej funkcji rozdzielczej, przy wykorzystaniu typów pól (rys. 5a) jest najczęściej stosowany w sieciach rozdzielczych średnich napięć [44];
- 5) przystosowany do pracy w sieci typu smart;
- 6) modułowy.

Pierwsze rozwiązania znalazły już zastosowanie na rynku krajowym (rys. 5b), a udział w ich wdrożeniu oraz adaptacji biorą w sposób kreatywny polscy inżynierowie, którzy od lat aktywnie zajmują się problematyką bezpieczeństwa i zagadnieniami telemechaniki i telemetrii w krajowej sieci SN.



Rys. 5. Przykładowe pole rozdzielnic typu HMH

Nr schematu	Opis pola
01	Pole liniowe z rozłącznikiem
02	Pole transformatorowe z rozłącznikiem i bezpiecznikami
03	Pole pomiaru napięcia
04	Pole wyłącznikowe
05	Pole sprzęgłowe
06	Pole liniowe z odłącznikiem
07	Pole przyłącza na szyny zbiorcze
08	Pole pomiaru prądu i napięcia z rozłącznikiem
09	Pole wzniosu szyn zbiorczych
10	Pole wzniosu szyn z pomiarem prądu
11	Pole pomiaru prądu
12	Pole wzniosu szyn z wyłącznikiem
13	Pole wzniosu szyn z rozłącznikiem
14	Pole wyłącznikowe z pomiarem napięcia
15	Pole pomiaru prądu i napięcia z odłącznikiem
16	Pole sprzęgłowe z rozłącznikiem
17	Pole ograniczników przepięć
18	Pole łącznika szyn
19	Pole pomiaru prądu i napięcia
20	Pole liniowe, rozłącznikowe z pomiarem prądu i napięcia



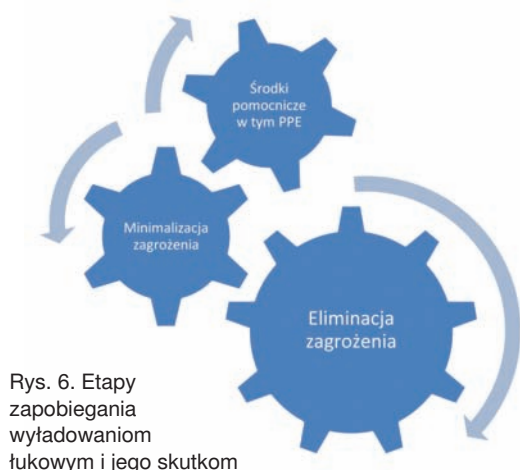
Rys. 5a. Funkcjonalność pól rozdzielnic HMH



Rys. 5b. Pierwsza krajowa instalacja rozdzielnic HMH

System spełnia wymagania norm europejskich i światowych, co potwierdzają stosowne dokumenty. Funkcjonalność systemu jest porównywalna z innymi rozwiązaniami dostępnymi na rynku krajowym.

Rozdzielnice modułowe HMM doskonale wpisują się w zadania stawiane nowoczesnym rozwiązaniem w sieci SN. Wykonanie aparatury łączeniowej w izolacji SF₆ spełnia wszelkie wymagania stawiane w zakresie bezpieczeństwa łukowego oraz ograniczenia ryzyka porażeniem łukiem, któremu poświęcono sporo uwagi powyżej, w celu uświadomienia potrzeby ochrony pracownika lub przypadkowego człowieka przed bardzo niebezpiecznymi skutkami wyładowania łukowego. Należy jednak pamiętać, że konieczna jest realizacja (rys. 6) wszystkich działań, które należy podjąć, aby do wyładowania łuku elektrycznego nie doszło.



Rys. 6. Etapy zapobiegania wyładowaniom łukowym i jego skutkom

Najważniejsze jest wyeliminowanie zagrożeń i należy się do tego stosować wszędzie, gdzie tylko jest to możliwe. Zasada jest prosta – tam, gdzie nie ma zagrożenia, nie ma możliwości nieszczęśliwego wypadku. W przypadku urządzeń elektrycznych nie należy, o ile nie ma bezwzględnie takiej potrzeby, dopuszczać do prac pod napięciem. Wyjątkiem są prace, które mogą zostać wykonane za pomocą odpowiednich narzędzi lub urządzeń, których operator znajdować się będzie w bezpiecznej strefie, tzn. poza zasięgiem rażenia łuku elektrycznego. Do minimalizacji zagrożenia należy przystąpić w przypadku, gdy – w uzasadnionych sytuacjach – nie można całkowicie wyeliminować zagrożenia, w tym przypadku pracy pod napięciem. Skoro zagrożenia mogą występować, należy je ograniczyć do minimum. Należy o tym pamiętać już na etapie projektowania czy modernizacji rozdzielnic.

W aspekcie bezpieczeństwa [26] wprowadzenie sterowania oddalonego, zilustrowanego na rysunku 7, stanowi prosty i efektywny sposób poprawy bezpieczeństwa obsługi w pomieszczeniach zagrożonych łukiem elektrycznym, bez dodatkowych urządzeń. Jednocześnie rozdzielnice spełniają wszystkie wymagania oraz standardy obowiązujące w sterowalnych i obserwowalnych węzłach sieci SN.



Sterowanie oddalone realizowane jest w prosty sposób za pomocą przewodu, a czynności łączeniowe dokonywane są poza strefą zagrożenia.

Rys. 7. Oddalone sterowanie czynnościami łączeniowymi w rozdzielnicach HMM

Rysunek 7 ilustruje zwiększenie bezpieczeństwa dokonywania czynności łączeniowych poza strefą zagrożenia. Zilustrowany przypadek [26] stacji wieżowej, w której aparaturę w izolacji powietrznej można zastąpić rozdzielnicą modułową w izolacji SF₆, stanowi dodatkowy wariant modernizacji rozdzielni wewnątrzowych, w których, ze względów bezpieczeństwa, zalecane jest dokonywanie operacji na zewnątrz pomieszczenia.

Podsumowanie

Autorzy artykułu, przedstawiając możliwość sterowania oddalonego aparaturą rozdzielczą SN w systemie HMM, mieli na celu zilustrowanie prostej, oryginalnej i nowatorskiej koncepcji zwiększenia bezpieczeństwa obsługi i osób postronnych. Rozwijanie tej idei i odwzorowanie sterowania oddalonego w układzie sterowania i obserwowania obiektu stwarza wiele dodatkowych możliwości. Zależnie od zakresu budowy lub modernizacji obiektu rozbudowy projektant ma do dyspozycji, nowy na rynku polskim, system rozdzielnic z dodatkowym walorem bezpieczeństwa eksploatacji, uhonorowany wyróżnieniem na Targach ENERGETAB'2017.

Z tego względu podjęto ponownie zagadnienie ochrony przed skutkami zwarć łukowych. Z kolei osadzenie problemu w zagadnieniach sieci typu smart, oprócz podkreślenia konieczności ewolucji sieci SN w tym kierunku, miało na celu przekazanie informacji, że opisywane rozdzielnice stanowią odpowiednie rozwiązanie, zapewniające pełną obserwowalność i sterowalność obiektu. Możliwe jest stosowanie kompleksowych rozwiązań Producenta w zakresie zabezpieczeń, telemechaniki i telemetrii. Alternatywnie projektant ma możliwość adaptacji wszelkich, dostępnych na rynku rozwiązań powiązań systemowych obiektu. Szczegółowy opis rozdzielnic HMM nie wchodził w zakres opracowania, z oczywistych względów, informacje te są dostępne w materiałach Producenta [44] lub w kontakcie bezpośrednim.



www.ulusoyelektrik.com.tr

Siedziba firmy

1. Organize Sanayi Bölgesi Oğuz Cad.
No: 6 sincan 06935 ANKARA / TURKEY
Tel: +90 312 267 07 12 (pbx)
Fax: +90 312 267 05 17
e-mail: iletisim@ulusoyelektrik.com.tr



Wyłączny przedstawiciel na Polskę, Czechy i Słowację

STROM Przemysław Szywała
ul. Smetanova 173/2, 73-701 Cesky Tesin
biuro@strom.pl
tel. +48 797 995 110

- [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] Warachim A., Dekarz K., *Wybrane zagadnienia modernizacji węzłów sieci średnich napięć*, „Energetyka” 2014, nr 10.
- [3] 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.
- [4] Szadkowski M., Warachim A., *Przekształcanie istniejących sieci SN w sieci typu Smart*, „Energetyka” 2014, nr 9.
- [5] 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.
- [6] Warachim A., Lesyk K., Chudzyński W., *Parametry procesu przesyłu i rozdziału energii elektrycznej w stacjach transformatorowo-rozdzielczych systemu Scheidt*, „Energetyka” 2002, nr 8.
- [7] 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.
- [8] Juraszek J., *Stacja na Hali Miziowej*, „Nasza Energetyka” 2002, nr 1(38). „Biuletyn Beskidzkiej Energetyki S. A.”
- [9] Warachim A., Koc L., Kowalski M., *Sterowalne i obserwowalne węzły sieci SN*, „Energetyka” 2018, nr 1.
- [10] *System zdalnego sterowania i nadzoru w sieciach średnich napięć – ZPUE S.A. we Włoszczowie*, „Urządzenia dla Energetyki” 2008, <http://www.urzadzeniadlaenergetyki.pl/>, 11.02.2008.
- [11] 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>.
- [12] 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.
- [13] Stanowisko Prezesa URE w sprawie szczegółowych reguł regulacyjnych w zakresie stymulowania i kontroli wykonania inwestycji w AMI, Warszawa, 11 stycznia 2013.
- [14] 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.
- [15] Warachim A., Dekarz K., *Nowe standardy i funkcje złącz kablowych SN w sieci średnich napięć*, „Energetyka” 2016, nr 10.
- [16] Warachim A., Dekarz K., *Obserwowalność i sterowalność stacji węzłowych SN*, „Urządzenia dla Energetyki” 2015, nr 5.
- [17] Szadkowski M., Warachim A., *Węzłowe stacje transformatorowe w sieci typu smart*, „Biuletyn Oddziału Tarnowskiego SEP”, nr 52, Tarnów, maj 2016.
- [18] Szadkowski M., Warachim A., *Węzłowe stacje energetyczne SN, w sieci typu smart, w aspekcie bezpieczeństwa i pewności zasilania*, VI Konferencja Naukowo-Techniczna PTPIREE pt. „Stacje elektroenergetyczne WN i SN”, Materiały konferencyjne, Wisła, czerwiec 2016.
- [19] *Sprawozdanie z działalności Prezesa URE w 2013 r.*, „Biuletyn Urzędu Regulacji Energetyki” nr 2 (88), 30 czerwca 2014.
- [20] Skomudek W., Szrot M., *Oddziaływanie inwestycji w elektroenergetyce na zdolność transformacji energii elektrycznej*, „Energetyka” 2011, nr 8.
- [21] Warachim A., *Wybrane zagadnienia konstrukcji nowoczesnego systemu produkcji stacji transformatorowo-rozdzielczych średniego napięcia w obudowie betonowej*, Materiały Konferencji Naukowo Technicznej pt. „Stacje elektroenergetyczne WN/SN i SN/nN”, Jelenia Góra, 28-29 maja 2001, s. 57-62.
- [22] Warachim A., Dekarz K., *Konstrukcje modułowe kontenerowych stacji energetycznych w sieciach średnich napięć*, „Energetyka” 2014, nr 11.
- [23] Konikowski K., Warachim A., *Standardy węzłowych stacji transformatorowych w wykonaniu podziemnym*, „Biuletyn Oddziału Tarnowskiego SEP” nr 53, Tarnów, październik 2016.
- [24] Koza K., Warachim A., *Perspektywy stosowania żerdzi z betonu wirowanego w liniach energetycznych średnich napięć*, „Elektro” 2008, (69), listopad, s. 94-95.
- [25] Koza K., Łodo A., Warachim A., *Kierunki rozwoju konstrukcji betonowych dla potrzeb dystrybucji energii elektrycznej*, „Energetyka” 2008, nr 8-9, s. 593-595.
- [26] Juraszek J., Warachim A., *Modernizacja rozdzielni wewnętrznych SN*, „Śląskie Wiadomości Elektryczne” 2015, nr 5.
- [27] *Najwyższy poziom stabilności sieci energetycznej i bezpieczeństwa IT dzięki inteligentnej automatyce smart grid SPRECON-E-T3*, „Urządzenia dla Energetyki” 2015, nr 4.
- [28] 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.
- [29] Szywata P., Warachim A., *Łukoochronność aparatury średniego napięcia*, „Energetyka” 2003, nr 9, s. 612-614.
- [30] Szadkowski M., Warachim A., *Bezpieczeństwo eksploatacji stacji elektroenergetycznych SN typu PF-P*, Energetyka nr 9, wrzesień 2014, s. 518-524.
- [31] Szadkowski M., Warachim A., *Analiza kategorii zagrożenia porażenia łukiem elektrycznym w instalacjach elektrycznych zakładów przemysłowych*, „Energetyka” 2015, nr 6, s. 422-427.
- [32] Warachim A., Dekarz K., *Odporność stacji kontenerowych SN na skutki zwarć łukowych*, „Urządzenia dla Energetyki” 2015, nr 7.
- [33] Szadkowski M., Warachim A., *Bezpieczeństwo eksploatacji stacji elektroenergetycznych SN typu PF-P*, „Urządzenia dla Energetyki” 2014, nr 6.
- [34] Szadkowski M., Warachim A., Dekarz K., *Minimalizacja skutków zwarć łukowych w stacjach wewnętrznych SN*, „Energetyka” 2015, nr 12.
- [35] Szadkowski M., Warachim A., *Metody zmniejszania zagrożenia porażenia łukiem elektrycznym*, „Energetyka” 2016, nr 1.
- [36] Szadkowski M., Warachim A., *Ochrona przed skutkami łuku elektrycznego*, „Energetyka” 2016, nr 12.
- [37] Szadkowski M., Warachim A., *Metody ograniczania ryzyka porażenia łukiem elektrycznym*, „Biuletyn Oddziału Tarnowskiego SEP” 2016, nr 51, Tarnów, marzec 2016.
- [38] *Arc Flash Mitigation – Remote Racking and Switching for Arc Flash Danger Mitigation in Distribution Class Switchgear* CBS ArcSafe.
- [39] Fachthema, *Stationsbau normgerecht umgesetzt*, „Störllichtbogenprüfung an einer begehbaren Netzstation”, Sonderdruck PDF 6064 aus ew Jg. 1004 92005, Heft 8, s. 69-73.
- [40] SF₆ and alternative technologies for electrical switchgear A EURELECTRIC position paper, September 2015.
- [41] Gacek Z., Szadkowski M.: *Wysokonapięciowa technika izolacyjna we współczesnej elektroenergetyce*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2016.
- [42] Florkowska B., *Wytrzymałość elektryczna gazowych układów izolacyjnych*. Uczelniane Wyd. Naukowo-Dydaktyczne, Kraków 2003.
- [43] Gacek Z.: *Wysokonapięciowa technika izolacyjna*. Wyd. Pol. Śląskiej, Gliwice 2006.
- [44] Materiały i karty katalogowe Ulusoy Elektrik A.S, <http://www.ulusoy-elektrik.com>, styczeń 2018.