

Nowe rozwiązania techniczne stosowane w rozdzielnicach produkcji ELEKTROBUDOWA SA

Stanisław Wapniarski - ELEKTROBUDOWA

Artur Kozłowski - EMAG

Streszczenie

W referacie przedstawiono proces rozwoju produktów oferowanych przez ELEKTROBUDOWĘ oraz wyniki uzyskane w ramach realizacji projektu Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój nr POIR.04.01.04-00-0073/15. Projekt współfinansowany przez Unię Europejską ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój. Projekt realizowany w ramach konkursu Narodowego Centrum Badań i Rozwoju „Projekty aplikacyjne”.

1. Wstęp

W Polsce od dziesięcioleci system przesyłu i dystrybucji energii był niedoinwestowany. Skutkiem takiego zaniedbania jest postępująca degradacja stanu technicznego linii, stacji i urządzeń elektroenergetycznych, co powoduje zmniejszenie tempa rozwoju kraju i pogorszenie bezpieczeństwa dostaw energii elektrycznej. Polscy operatorzy sieci oraz dystrybutorzy energii elektrycznej muszą sprostać wyzwaniom wynikającym nie tylko ze spodziewanego wzrostu zapotrzebowania na energię elektryczną, lecz także z faktu, że coraz większy udział w polskim rynku odbiorców energii mają małe i średnie przedsiębiorstwa, oraz następuje wzrost zużycia energii przez odbiorców komercyjnych. W Polsce powstaje również coraz więcej odnawialnych źródeł energii o rozproszonej lokalizacji, które potrzebują dostępu do sprawnej sieci dystrybucji energii z wchodzącymi w ich skład nowoczesnymi rozdzielnicami.

W związku z powyższym istnieje konieczność opracowywania nowych rozwiązań konstrukcyjnych urządzeń zasilających i rozdzielczych. Niezbędne wręcz staje się dzisiaj wprowadzanie na rynek rozwiązań posiadających coraz wyższe parametry techniczne, wysoką niezawodność i wyposażenie w systemy zdalnej diagnostyki i monitorowania stanu pracy.

ELEKTROBUDOWA SA jest krajowym liderem w produkcji rozdzielnic średniego napięcia produkującym prefabrykowane rozdzielnice w obudowach metalowych od początku lat siedemdziesiątych. Firma od kilkadziesiątu już lat specjalizuje się w produkcji rozdzielnic przeznaczonych dla pierwotnego rozdziału energii. Minione dziesięciolecie były okresem bezustannego powiększania poziomu technicznego rozdzielnic, ich technicznych parametrów, rozbudowy asortymentu produkcyjnego. W połowie lat osiemdziesiątych podjęto decyzję o skonstruowaniu pierwszych łukoodpornych, dwuczłonowych i przedziałowych rozdzielnic średnich napięć: zgodnych z wprowadzoną w 1981 roku przełomową normą IEC 298. Spółka w sposób ciągły monitoruje potrzeby rynku i klientów, odpowiada na te potrzeby poprzez wdrażanie nowych rozwiązań konstrukcyjnych w szerokim zakresie. Współpracuje z jednostkami naukowymi i uczelniami wyższymi. Jednym z przykładów dobrej i efektywnej współpracy jest realizacja wspólnych prac badawczo rozwojowych z Instytutem Technik Innowacyjnych EMAG z Katowic.

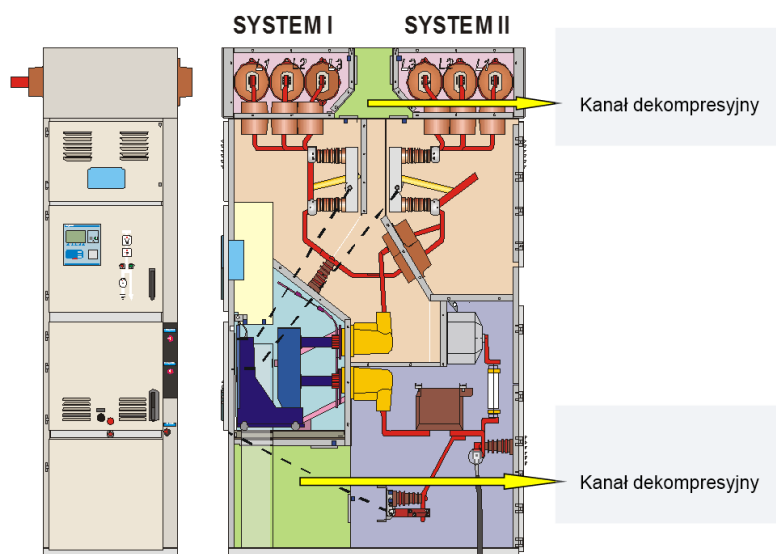
Aktualnie realizowany jest projekt badawczo rozwojowy pn. „Zwiększenie poziomu niezawodności i bezpieczeństwa rozdzielnic izolowanej gazem SF₆ (g3) o podwyższonych parametrach znamionowych poprzez wprowadzenie systemu nadzoru pracy oraz nowatorskiego rozwiązania minimalizującego skutki zwarcia łukowego”. Projekt współfinansowany przez Unię Europejską ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój. Projekt jest realizowany w ramach konkursu Narodowego Centrum Badań i Rozwoju „Projekty aplikacyjne”. Wykonawcą jest konsorcjum w składzie: ELEKTROBUDOWA SA (Lider), Instytut EMAG oraz KIZO sp. z o.o.

2. Rozwój rozdzielnic

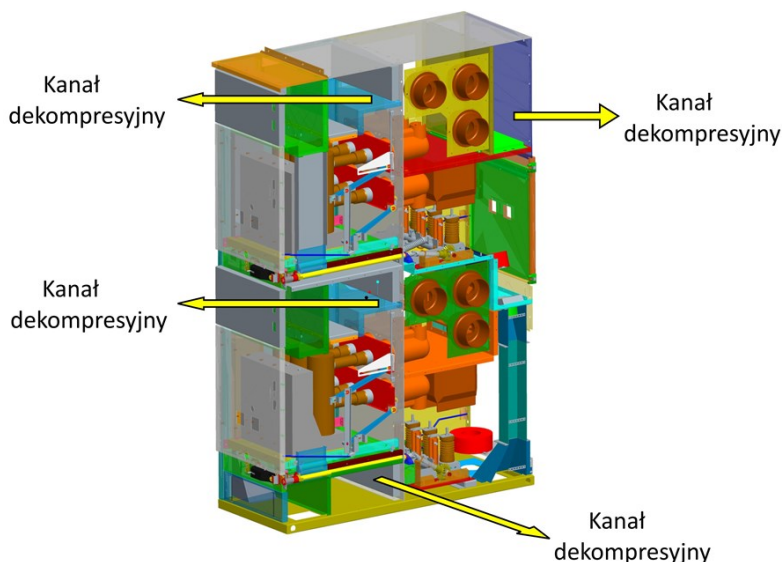
Od początku lat osiemdziesiątych ELEKTROBUDOWA wdrożyła do produkcji ponad 30 typów rozdzielnic SN począwszy od napięcia 7,2 do 40,5 kV. Wykonano około 70 serii prób łukoodporności, co być może jest światowym rekordem. Ta wielka ilość przetestowanych rozdzielnic jest rezultatem strategii przyjętej przez ELEKTROBUDOWĘ: jesteśmy elastyczni, budujemy rozdzielnice „szyte na miarę”, dostosowując je do szczególnych uwarunkowań poszczególnych grup klientów i realizując ich nietypowe życzenia. W ostatnich kilku latach przeprowadziliśmy badania, proces certyfikacji oraz wyprodukowaliśmy - przeznaczone dla El. Opole - rozdzielnice dwuczłonowe, jednosystemowe o parametrach $U_n=12$ kV; I_n do 5000 A; $I_{3s} = 63$ kA i - rekordowy w skali światowej poziom łukoodporności AFLR 63 kA w ciągu pełnej jednej sekundy. Drugą „rekordzistką” jest przeznaczona dla KGHM rozdzielnica dwusystemowa 12 kV; $I_n=4000$ A; $I_{3s} = 72$ kA; poziom łukoodporności AFLR 72 kA również w ciągu pełnej jednej sekundy.

Wśród ciekawszych wdrożeń w minionych latach można wymienić w chronologicznej kolejności:

- opracowanie pierwszych polskich rozdzielnic przedziałowych, łukochronnych dla dużych prądów zwarciovych i prądów znamionowych ciągłych,
- wprowadzenie neonowych wskaźników obecności w rozdzielnicach średniego napięcia,
- opracowanie pierwszych polskich, małogabarytowych rozdzielnic przedziałowych, dwuczłonowych dla poziomu napięcia 17,5 kV i 24 kV,
- opracowanie pierwszych polskich rozdzielnic dwuczłonowych wyposażonych w napędy silnikowe do zamykania i otwierania uziemników oraz do przesuwania członu wysuwnego z położenia pracy do położenia próby i odwrotnie,
- opracowanie pierwszych polskich rozdzielnic średnich napięć wyposażonych w wewnętrzne kanały dekompresyjne, do których są kierowane skutki wewnętrznego zwarcia łukowego – nie ma wyrzutu gazów, płomieni poza wnętrze rozdzielnicy (rys. 1),
- opracowanie - jednego z trzech w skali światowej - rozwiązania rozdzielnic dwupoziomowej średniego napięcia (rys. 2).



Rys. 1. Widok rozdzielnicy D-17-2S



Rys. 2. Widok 3D pola rozdzielnicy D-12-2P

Skonstruowanie przez ELEKTROBUDOWĘ kilkanaście lat temu pierwszej polskiej rozdzielnicy z wewnętrznymi kanałami dekompresyjnymi rozpoczęło coraz bardziej zauważalny nowy trend w konstruowaniu rozdzielnic średniego napięcia z izolacją powietrzną. Klasyczne łukochronne rozdzielnice średniego napięcia posiadają dekompresyjne kłapy umieszczone z reguły w górnej części obudowy pól rozdzielnicy.

Jak wcześniej wspomniano wydostające się z wnętrza uszkodzonej rozdzielnicy produkty zwarcia łukowego stanowią zagrożenie dla pracowników eksploatacji przebywających w korytarzu obsługi lub korytarzu nadzoru. Wewnątrz rozdzielnic nowszej generacji - przez wszystkie pola każdej sekcji - biegną jeden, dwa albo trzy podłużne kanały dekompresyjne. Każdy z przedziałów konstrukcyjnych średniego napięcia posiada swoją własną klapę dekompresyjną, która - w przypadku powstania zwarcia łukowego w tym przedziale - zostaje odgięta do wnętrza kanału powodując dekompresję uszkodzonego przedziału oraz wyrzucenie i następnie wytlumienie produktów łuku elektrycznego w kanale. Wprowadzenie tej koncepcji w życie umożliwiło skonstruowanie małogabarytowych, wielopredziałowych rozdzielnic dwusystemowych i dwupoziomowych. Kanały i zewnętrzna obudowa rozdzielnicy muszą być szczelne, odpowiednio wytrzymałe na działanie dynamicznych skutków wewnętrznych zwarc łukowych.

Jednym z ostatnich ciekawych wdrożeń jest implementacja w rozdzielnicach średniego napięcia tzw. okienek termowizyjnych, które umożliwiają pomiar temperatury wrażliwych punktów obwodu głównego podczas pracy, przy zachowaniu stopnia szczelności obudowy. W rozdzielnicy przedziałowej istnieje możliwość badania temperatury niemal wyłącznie w przedziale przyłączowym. Ale jest to zarazem przedział w którym można się obawiać wzrostu temperatury na przyłączach kablowych i przyłączach przekładników prądowych. Okienka nie są odporne na wysoką temperaturę, łatwo ulegają perforacji. Na poniższych fotografiach pokazano sposób implementacji okienek na drzwiach przedziału przyłączowego rozdzielnicy D-17P. Od zewnętrznej strony drzwi są one dodatkowo osłonięte łukoochronnymi, stalowymi osłonkami zamykającymi okienka podczas eksploatacji.

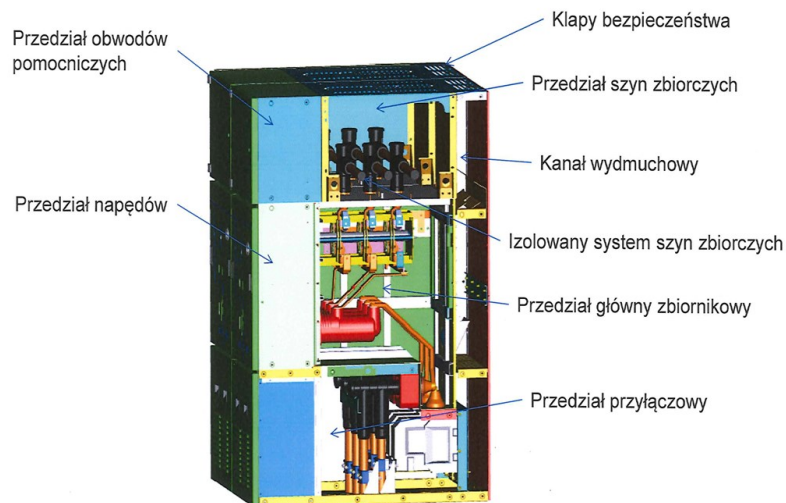


Fot. 1. Drzwi przedziału przyłączowego z dwoma „okienkami termowizyjnymi”



Fot. 2. Drzwi po próbie łukoochronności AFLR 31,5 kA w ciągu 1 sekundy

Reagując na utrzymujące się zapotrzebowanie rynku na rozdzielnice z izolacją SF₆ wdrożyliśmy do produkcji rozdzielnicę OPTIMA-24 klasy tzw. primary distribution: przedziałową, z metalowymi przegrodami wewnętrznymi, w izolacji gazowej i stałej, z wyłącznikami próżniowymi o maksymalnych parametrach: 24 kV/50 kV/125 kV, 2500 A, 25 kA/3 s, AFLR 25 kA/1 s. Decyzję o opracowaniu tego rozwiązania przesuwano z roku na rok, ze względu na pojawiające się wątpliwości o stosowaniu tego medium izolacyjnego w rozdzielnicach średnionapięciowych. Po 2000 roku w konstruowaniu rozdzielnic tej klasy utrwaliła się tendencja do minimalizowania ilości stosowanego SF₆. OPTIMA-24 jest również rozdzielnicą z izolacją mieszaną: stałą i gazową. Tory prądowe średniego napięcia przedziału szynowego oraz przedziału przyłączowego posiadają izolację stałą. Wyłącznik i odłącznik-uziemiający są zamontowane w szczelnej obudowie zawierającej izolacyjny gaz (rys. 3).



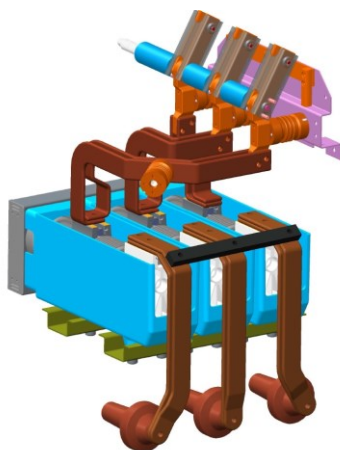
Rys. 3. Widok 3D pola rozdzielnicy OPTIMA-24

Do ciekawych technicznych rozwiązań tej rozdzielnicy należą wyłączniki. Standardowym wyposażeniem jest wyłącznik próżniowy z napędem zasobnikowo-sprężynowym, skonstruowany i przebadany przez konstruktorów ELEKTROBUDOWY. Ze względu na wysokie parametry musiał przejść próby typu w holenderskim laboratorium KEMY. Wyłącznik posiada rzadko spotykaną w wyłącznikach rozdzielnic SF₆ wytrzymałość mechaniczną – 30 000 cykli przestawień.



Fot. 3. Wyłącznik podczas badań zwarciovych w KEMIE w Holandii

Unikalną cechą rozdzielnicy jest możliwość jej wyposażenia - poza klasycznym wyłącznikiem z napędem zasobnikowo-sprężynowym - w wyłącznik z napędem elektromagnesowym produkcji Tavrida Electric. Jak wiadomo napędy tego typu nie wymagają praktycznie działań konserwujących. Rozdzielnica staje się naprawdę rozdzielnicą bezobsługową. Wyłącznik potrafi wykonać 50 000 cykli przestawieniowych, nie posiada elementów wymagających częstszej konserwacji, przeglądów.



Rys. 4. Model 3D wyłącznika z napędem elektromagnesowym i jego oszynowanie

3. Wprowadzanie nowych technologii

W prezentowanych rozwiązaniach ELEKTROBUDOWA stosuje wiele rozwiązań i środków technicznych mających wpływ na bezpieczeństwo i zwiększenie poziomu niezawodności. Przykładowo, zastosowanie gazu SF₆ zdecydowanie poprawia bezpieczeństwo obsługi i niezawodność rozdzielni. Sześciofluorek siarki jest nieorganicznym związkiem chemicznym cechującym się bardzo dobrymi własnościami dielektrycznymi. Zastosowany gaz ma właściwości izolacyjne około 3 razy lepsze niż powietrze, dobrze gasi łuk elektryczny i przewodzi ciepło, przy tym cechuje go niepalność i mała aktywność chemiczna. SF₆ w warunkach normalnych jest nietoksyczny, porównywalny z gazami szlachetnymi takimi jak argon czy też hel.

Jednak w podwyższonej temperaturze przekraczającej 200°C, np. w temperaturze łuku elektrycznego i przy obecności wilgoci lub tlenu, mogą powstawać niewielkie ilości substancji toksycznych, głównie SF₄ i SOF₂. Ponadto gaz ten jest bezbarwny i bezwonny, a przy tym około 6 razy cięższy niż powietrze. Powoduje to, że jego wdychanie prowadzi do zalegania w układzie oddechowym i może być przyczyną obrzęku płuc. Z tego względu, gaz ten umieszcza się w hermetycznie zabudowanych zbiornikach, z kontrolą ich szczelności.

Stosowanie hermetycznych komór eliminuje dostęp do wnętrza przedziałów zanieczyszczeń atmosferycznych i przemysłowych. Dzięki temu ogranicza się do minimum ryzyko powstawania tzw. ścieżek półprzewodzących, które przyczyniają się do niszczenia izolacji i w konsekwencji do powstawania zwarcí wewnętrznych łukowych. Zwarcia łukowe stanowią największe zagrożenie dla izolacji aparatów elektrycznych powodując ich wypalenie i nadtopienie elementów metalowych. Występowanie ryzyka takich zdarzeń w rozdzielnicach z izolacją gazową SF₆ jest o jeden rząd wielkości mniejsze względem klasycznych rozdzielnic stało-powietrznych.

Należy także podkreślić, że dzięki właściwościom gazu możliwe jest ograniczenie gabarytów rozdzielnic względem rozwiązań powietrznych. Skutkuje to obniżeniem nakładów inwestycyjnych związanych z zapotrzebowaniem na grunty. Zaletą ta nabiera wartości szczególnie na obszarach silnie zurbanizowanych, gdzie cena gruntu stanowi zauważalny składnik kosztów całej inwestycji.

Bardzo ważnymi tematami związanymi z realizacją nowych projektów są zagadnienia zwiększenia bezpieczeństwa obsługi oraz minimalizacja kosztów użytkowania rozdzielnic średniego napięcia. W tym celu stworzony zostanie m.in. system monitorowania kluczowych parametrów rozdzielnic.

Podstawą zapewnienia powyższych założeń jest monitorowanie i analiza:

- zużycia styków komór próżniowych,
- zużycia napędu wyłącznika,
- ciśnienia gazu SF₆,
- poziomu wyładowań niezupełnych,
- poziomu temperatury wewnątrz zbiornika gazowego.

Do podstawowych funkcji zaawansowanego systemu monitoringu należeć będzie diagnozowanie stopnia zużycia styków komór próżniowych. Dotychczas parametr ten był badany przez specjalnie wykwalifikowany personel w trakcie czynności serwisowo – kontrolnych. Obecnie założeniem jest, aby system potrafił zdiagnozować stopień zużycia styków na podstawie określonych danych wejściowych. Po zbadaniu powyższych parametrów możliwe będzie oszacowanie przypuszczalnej żywotności wyłącznika i wygenerowanie w odpowiednim momencie ostrzeżenia o konieczności serwisowania. Kolejnymi elementami będącym pod stałą kontrolą systemu monitoringu będą badania szczelności i temperatury wewnątrz zbiornika. Kontrola ciśnienia umożliwi sygnalizację obniżania ciśnienia w przedziale dopuszczalnych jeszcze parametrów pracy i wyłączenie rozdzielnic, gdy ciśnienie obniży się do poziomu awaryjnego.

Parametry te będą monitorowane przy użyciu specjalnych czujników montowanych wewnątrz lub na obudowie zbiornika. Ich kontrola umożliwi zwiększenie bezpieczeństwa personelu obsługującego rozdzielnicę przed niepożądanymi skutkami gazu SF₆.

Uzyskane za pomocą monitoringu dane będą transmitowane do dyspozytorni ze stałą obsługą, a po analizie będą transmitowane do centrum serwisowego. Obniżenie parametrów będzie skutkowało uruchomieniem grupy serwisowej lub wyłączeniem danego pola z ruchu zapobiegając ciężkim awariom.

4. Podsumowanie

Przedstawione w artykule rozwiązania techniczne są doskonałym przykładem współpracy ELEKTROBUDOWY z Instytutem EMAG, czyli przedsiębiorcy z jednostką naukową. ELEKTROBUDOWA prowadzi ciągły rozwój swoich produktów dostosowując je do potrzeb klientów. Wprowadzanie nowoczesnych rozwiązań IT umożliwi prowadzenie rozbudowanej diagnostyki i predykcję zdarzeń. Nowoczesne rozwiązania stosowane w rozdzielnicach z zakresu układów zabezpieczeń, pomiarów, automatyki sieciowej oraz monitorowania pozwoli na sprawniejsze zarządzanie systemem dystrybucyjnym. Prezentowane nowo opracowywane w ramach projektu dofinansowanego z NCBiR rozwiązanie rozdzielnic OPTIMA będzie stanowiło kluczową nowość na rynku. Uzyskanie w wyniku projektu rozdzielnic o wytrzymałości zwarciowej 31,5 kA/3 sekundy,

o poziomie łukochronności do 31,5 kA przy jednoczesnym opracowaniu i wdrożeniu polskiego wyłącznika własnej konstrukcji o prądzie znamionowym ciągłym 2500 A i 31,5 kA/3 sekundy będzie stanowiło o atrakcyjności produktu i zainteresowaniu klientów. Należy podkreślić, że omówione elementy systemu monitoringu mają znaczący wpływ na niezawodność pracy rozdzielnic i gwarantują jej długoletnią bezawaryjną pracę.

Projekt współfinansowany przez Unię Europejską ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój. Projekt realizowany w ramach konkursu Narodowego Centrum Badań i Rozwoju „Projekty aplikacyjne”.