
Kable i przewody

Stacje wysokich napięć Wybrane aspekty doboru schematów głównych i rozwiązań konstrukcyjnych

dr hab. inż. Waldemar Dołęga
Politechnika Wrocławska

Streszczenie

Stacje wysokich napięć do których zalicza się stacje elektroenergetyczne 110kV/SN i 110kV/SN/SN wchodzą w zakres bardzo złożonych dystrybucyjnych systemów elektroenergetycznych i mają kluczowe znaczenie dla ich funkcjonowania. Są nie tylko ważnymi elementami składowymi sieci dystrybucyjnej, ale również sieci przesyłowej, w wielu regionach kraju sieć 110kV pełni bowiem funkcję przesyłową, na skutek niewystarczająco rozwiniętej sieci przesyłowej [1]. W kraju znajduje się 1391 stacji wysokich napięć, które zasadniczo dzieli się na dwie podstawowe grupy: węzłowe i odbiorcze [2].

W artykule przedstawiono wybrane aspekty doboru schematów głównych i rozwiązań konstrukcyjnych w stacjach 110 kV. Przedstawiono ogólne zalecenia doboru schematów głównych rozdzielni 110 kV. Omówiono stosowane rozwiązania konstrukcyjne stacji 110 kV, zwracając szczególną uwagę na rozwiązania kompaktowe, modułowe. Omówiono także wybrane aspekty techniczne rozwiązań konstrukcyjnych stacji 110kV oraz przedstawiono możliwości ograniczenia obszaru zajmowanego przez rozdzielnię 110 kV.

Ogólne zalecenia doboru schematów głównych i rozwiązań konstrukcyjnych rozdzielni 110 kV

Rozwiązania techniczne i konstrukcyjne stosowane w stacjach 110 kV podobnie jak w innych stacjach elektroenergetycznych muszą spełniać określone wymagania. Obejmują one m.in.: dostateczną niezawodność pracy stacji, łatwość eksploatacji, spełnienie wymagań dotyczących warunków zasilania odbiorców (rezerwowanie zasilania), możliwość łatwej rozbudowy, bezpieczeństwo personelu obsługującego oraz możliwie najmniejsze nakłady inwestycyjne i koszty eksploatacyjne [2]. Wymagania te muszą być spełnione zarówno w warunkach pracy normalnej jak i zakłóceń.

W stacjach węzłowych jest stosowany układ szynowy po stronie 110 kV, z podwójnym systemem szyn zbiorczych z jednym wyłącznikiem na pole (schemat główny 2S). Podwójny układ szyn stosuje się ze względu na większą niezawodność oraz w celu podwyższenia elastyczności manewrowej układu stacji [2].

W stacjach odbiorczych pobierających energię z sieci 110 kV występują następujące układy rozdzielni:

- na terenach o ograniczonej powierzchni oraz w przypadku krótkich linii 110 kV – pojedynczy lub podwójny układ blokowy L – T,
- w rozdzielniach z dwiema liniami i dwoma transformatorami, przy przelotowym układzie pracy linii – układ mostkowy H4,
- w rozdzielniach z dwiema liniami i dwoma transformatorami zasilanymi z dwóch odczepów, bez tranzytu energii przez poprzeczkę – układ mostkowy H2, a w uzasadnionym przypadku H3t,
- w rozdzielniach do czterech pól linii i do czterech transformatorów – schemat 1S sekcjonowany wyłącznikiem, □
- w rozdzielniach o łącznej liczbie pól linii i transformatorów większej niż 8 – schemat 2S z jednym łącznikiem szyn [10].

Nowe projektowane i wybudowane stacje 110 kV są realizowane w dwóch technologiach: rozdzielnie napowietrzne otwarte (na obszarach słabo zaludnionych i wiejskich) i wewnętrzne w izolacji SF₆ (na terenach podmiejskich i w obszarach zabudowanych). W uzasadnionych ekonomicznie przypadkach są również budowane stacje w technologii HIS (stacje z aparaturą o wysokim stopniu integracji), np. do zasilania centrów finansowo -biurowych w aglomeracjach miejskich, gdzie wysokie wymagania zasilania wymagają stosowania rozwiązań o najwyższej dostępnej niezawodności zasilania [5]. Wprowadzenia linii dla stacji wewnętrznych są z reguły kablowe, a linie napowietrzne kończą się w pewnej odległości od stacji tym większej im bliżej centrum aglomeracji zlokalizowana jest stacja. We wszystkich nowych projektach jest zauważalna tendencja do redukcji liczby aparatów i rezygnacji z budowy pól w układzie klasycznym. Nie powoduje to jednak obniżenia funkcjonalności pierwotnych i wtórnych obwodów stacyjnych.

Stacje elektroenergetyczne napowietrzne zbudowane na bazie pól kompaktowych i aparatów wielofunkcyjnych mają wiele zalet. Należą do nich: znaczne zmniejszenie powierzchni terenu zajmowanego przez rozdzielnię w stosunku do rozwiązań konwencjonalnych, uproszczenie projektu rozdzielni dzięki zastosowaniu rozwiązań typowych pól, skrócenie czasu budowy oraz obniżenie kosztów inwestycji, zwiększenie przejrzystości układu rozdzielni, większa niezawodność pracy dzięki zintegrowaniu wielu funkcji w jednym urządzeniu, zwiększenie bezpieczeństwa obsługi, szybka i skuteczna reakcja w przypadku awarii elementu pola kompaktowego (naprawa polega na wymianie całego pola lub uszkodzonego modułu, elementu), ograniczenie prac montażowych, ograniczenie koniecznych prac serwisowych oraz poprawa estetyki [3].

Inwestorem i zarazem przyszłym użytkownikiem nowych stacji 110 kV są przeważnie operatorzy systemów dystrybucyjnych dla których jednym z najważniejszych zadań jest stałe obniżanie kosztów eksploatacyjnych [1]. Z tego względu przy wyborze rozwiązania technicznego stacji oprócz bezpośrednich kosztów związanych z budową uwzględnia się kryteria eksploatacyjne uwzględniające takie elementy jak: awaryjność, okresy przeglądów czy żywotność urządzeń.

Rozwiązania techniczne pól kompaktowych 110 kV

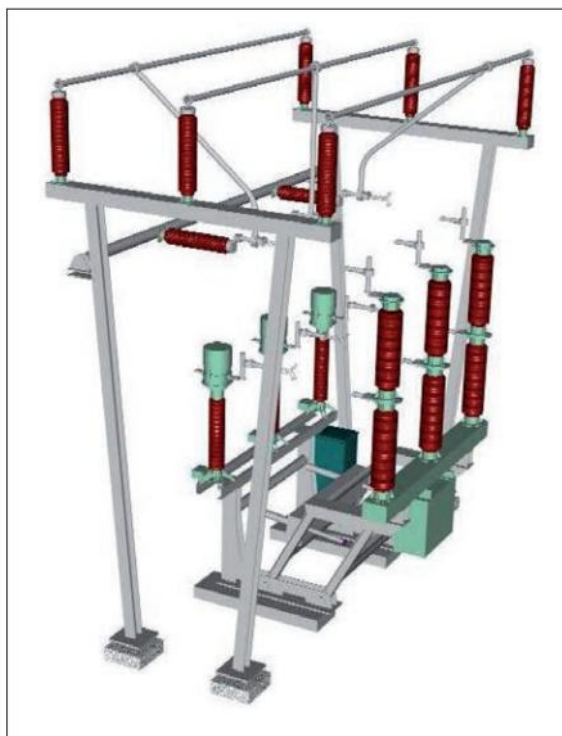
Obecnie przy budowie i modernizacji rozdzielni 110kV w stacji WN/SN powszechnie są stosowane dwa rodzaje pól kompaktowych z wyłącznikiem wysuwnym lub obrotowym.

W pierwszym rozwiązaniu na wspólnej konstrukcji wsporczej (posadowionej na wspólnym fundamencie) są umieszczone w zależności od wymaganych potrzeb następujące aparaty: wyłącznik, przekładniki prądowe, przekładniki kombinowane, uziemnik i ogranicznik przepięć.

W rozwiązaniu pola kompaktowego Simover C firmy Siemens nie ma wyodrębnionego odłącznika, a jego funkcję spełnia wyłącznik umieszczony na wyjezdnym wózku. Wyłącznik jest wyposażony w styki odłącznikowe (współpracujące z stykami najazdowymi na konstrukcji wsporczej) umieszczonymi na izolatorze wsporczym lub bezpośrednio na przekładnikach [6]. Wyprowadzenie wózka z wyłącznikiem do pozycji odpowiadającej otwartemu odłącznikowi daje dwie widoczne i bezpieczne przerwy odłącznikowe po obu stronach wyłącznika.

Cechy charakterystyczne takiego rozwiązania to: ruchomy wyłącznik oraz widoczne i bezpieczne przerwy odłącznikowe w powietrzu (uzyskane dzięki ruchowi całego wyłącznika) [11].

Na rysunku 1. przedstawiono pole kompaktowe Simover C. Zastosowanie takiego rozwiązania w porównaniu z polem konwencjonalnym, powoduje oszczędności powierzchni na poziomie 60% [7].

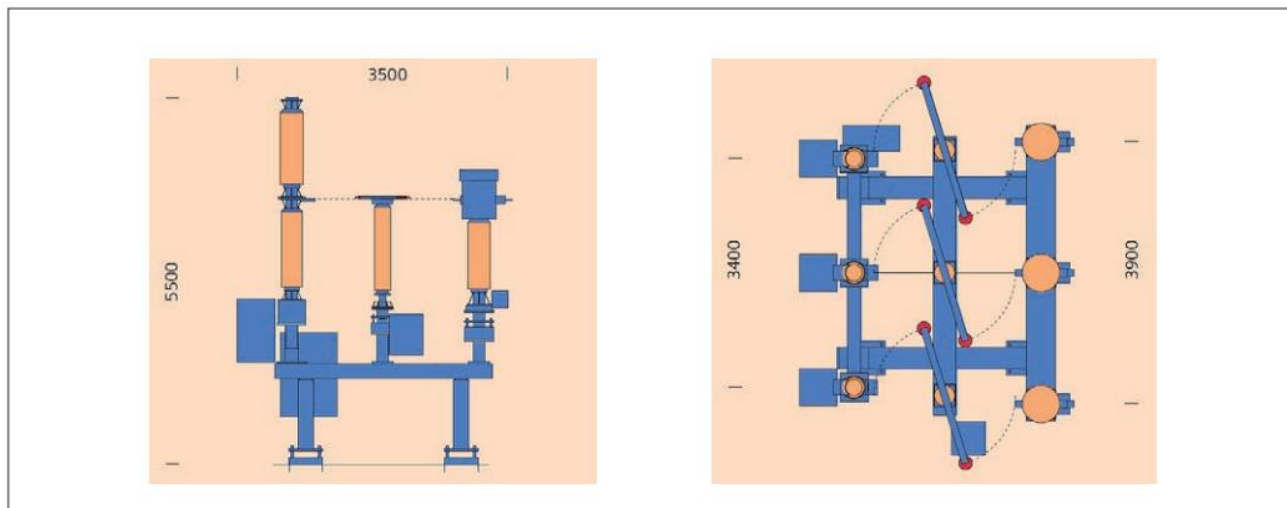


Rys. 1. Pole kompaktowe Simover C: rzut izometryczny i zabudowa pola kompaktowego [6]

Innym rozwiązaniem firmy Siemens jest moduł kompaktowy z odłącznikiem obrotowym Simobreaker, w którym pole jest zbudowane z umieszczonych na wspólnej ramie następujących aparatów: wyłącznika z izolacją SF₆, przekładnika prądowego lub kombinowanego, odłącznika poziomo-obrotowego, napędu silnikowego odłącznika, uziemnika [6].

Pola tego typu są budowane dla napięć znamionowych do 145 kV, wytrzymałości 3 sek. zwarciowej do 40 kA i dla znamionowych prądów ciągłych do 2500A [6]. Wartość prądu znamionowego wynika z parametrów zastosowanego odłącznika poziomo-obrotowego 110kV. Moduł ten stanowi wariant dla rozwiązań technicznych pól w miejscach, gdzie niepożądane jest zastosowanie ruchomego wyłącznika lub w sytuacji, gdy nie ma potrzeby stosowania dwóch przerw odłącznikowych po obu stronach wyłącznika. Z tych względów pole tego typu jest dobrym rozwiązaniem dla pól transformatorowych [11].

Na rysunku 2. przedstawiono pole kompaktowe Simobreaker. Zastosowanie takiego rozwiązania w porównaniu z polem konwencjonalnym, powoduje oszczędności powierzchni na poziomie 70% [7].



Rys. 2. Kompaktowe pole Simobreaker z odłącznikiem obrotowym, podane wymiary pola w mm [11]

W rozwiązaniu pola kompaktowego COMPASS firmy ABB z wyłącznikiem wysuwającym z komorami łukowymi w układzie poziomym moduł zbudowany jest z następujących elementów: wyłącznik z komorą wyłącznikową z izolacją SF₆, sprężynowy napęd wyłącznika, wielordzeniowe elektromagnetyczne przekładniki prądowe z izolacją SF₆[4]. Przekładniki prądowe umieszczone są na wysuwanej podstawie i podtrzymują poziomo położone komory łukowe wyłącznika. Takie rozwiązanie pozwala na umieszczenie wyłącznika i przekładników prądowych w izolacji gazowej SF₆ pomiędzy przerwami odłącznikowymi. Zabudowa wyłącznika jest umieszczona na specjalnym wózku. Wyłączenie pola następuje wyłącznikiem 110 kV, a następnie wysunięciem (przemieszczenie w poziomie) aparatu ze stałych styków pola (odłączenie), tworząc widoczną przerwę w obwodzie [4]. W tradycyjnym polu taką przerwę stanowi otwarcie odłącznika. Wózek z modułem może być przestawiany z wykorzystaniem napędu elektrycznego lub ręcznie tylko przy otwartym wyłączniku.

Moduł COMPASS obok wyłącznika i przekładników prądowych może być dodatkowo w zależności od potrzeb wyposażony w uziemniki zainstalowane na jednym lub obu izolatorach wsporczych, oraz w ograniczniki przepięć.

Na rysunku 3. przedstawiono rozwiązanie modułu kompaktowego COMPASS. Zastosowanie takiego rozwiązania w porównaniu z polem konwencjonalnym, powoduje oszczędności powierzchni na poziomie 50% [8].



Rys. 3. Trójbiegunowy moduł kompaktowy COMPASS [4]

W tabeli 1. przedstawiono podstawowe dane pola kompaktowego COMPASS stosowanego na napięcie znamionowe do 170 kV, natomiast na rysunku 4. przedstawiono zdjęcia rozwiązań modułów kompaktowych COMPASS na stacjach elektroenergetycznych.

Napięcie znamionowe, w [kV]	123	145	170
Piorunowe udarowe napięcie wytrzymywane, w [kV]			
Napięcie doziemne i międzyfazowe, w [kV]	550	650	750
Napięcie przerwy izolacyjnej, w [kV]	630	750	860
Napięcie udarowe wytrzymywane o częstotliwości sieciowej, w [kV]			
Napięcie doziemne i międzyfazowe, w [kV]	230	275	325
Napięcie przerwy izolacyjnej, w [kV]	265	315	375
Znamionowy prąd roboczy, w [A]	1600		
Znamionowy wytrzymywany prąd zwarciov, w [kA]	31,5		

Tab. 1. Podstawowe dane techniczne pola kompaktowego COMPASS z wyłącznikiem wysuwym [8]

Moduł kompaktowy PASS M0 firmy ABB jest równoważny polu rozdzielczemu 110kV i może zawierać następujące elementy: wyłączniki (1 lub 2), odłączniko-uziemiające (1 lub 2), przepustowe przekładniki prądowe, przekładniki napięciowe w izolacji gazowej i silikonowe izolatory przepustowe [8]. Wszystkie części aktywne w module umieszczone są w szczelnym, uziemionym zbiorniku aluminiowym, wypełnionym sprężonym gazem SF₆.

Przedstawione rozwiązania pól kompaktowych Simover C lub Simobreaker firmy Siemens [6] oraz COMPASS i PASS firmy ABB [3] należą do rozwiązań najczęściej stosowanych w kraju w stacjach 110 kV. Natomiast na świecie jest wielu producentów takich modułów. Obok firm ABB i Siemens należą do nich inne renomowane koncerny branży elektrotechnicznej takie jak: Alstom, General Electric itd.

Moduły kompaktowe są bardzo dobrym rozwiązaniem dla rozdzielni napowietrznej 110 kV w sytuacji, gdy występują ograniczenia powierzchni. Dzięki ich zastosowaniu wymagana powierzchnia rozdzielni w porównaniu z rozwiązaniami konwencjonalnymi jest znacznie mniejsza. Przykładowo, rozwiązanie techniczne oparte na kompaktowych modułach COMPASS redukuje powierzchnię potrzebną dla budowy stacji średnio o około 50% [4].

Standardowa stacja realizowana w układzie H z zastosowaniem rozwiązania konwencjonalnego zajmuje powierzchnię 2600 m², z czego powierzchnia rozdzielni 110 kV wynosi 930 m² [3]. Łączna powierzchnia uziemienia to 3700 m² [3]. Natomiast taka sama stacja zbudowana z pól kompaktowych COMPASS obejmuje powierzchnię 1200 m², z czego powierzchnia rozdzielni 110 kV wynosi 300 m² [3]. Łączna powierzchnia uziemienia w takim przypadku wynosi tylko 1000 m² [3].

Czas budowy rozdzielni realizowanej w układzie H zbudowanej z pól kompaktowych jest krótszy prawie o połowę od czasu budowy tradycyjnej rozdzielni [3]. Wymagana powierzchnia terenu pod budowę stacji elektroenergetycznej zależy ściśle od zastosowanych technologii. Jeśli powierzchnię stacji napowietrznej w izolacji powietrznej przyjąć na poziomie 100%, to stacje w izolacji gazowej SF₆ będą miały powierzchnię na poziomie 30%, a stacje o wysokim stopniu integracji na poziomie 10% [12].

Wnioski

Stacje elektroenergetyczne wysokich napięć odgrywają ważną rolę w Krajowym Systemie Elektroenergetycznym zarówno w obszarze dystrybucji jak i przesyłu dlatego bardzo istotne jest właściwe kształtowanie ich układów połączeń i stosowanie odpowiednich rozwiązań konstrukcyjnych.

Rozwiązania schematów głównych rozdzielni 110 kV w stacjach WN/SN powinny być realizowane w układach: z podwójnym systemem szyn zbiorczych (2S), mostkowych (H), z pojedynczym systemem szyn zbiorczych (1S) lub blokowych (L-T). Przy czym zalecane układy zależą m.in. od grupy, rodzaju i parametrów technicznych stacji 110 kV.

Rozwiązania konstrukcyjne rozdzielni 110kV w stacjach WN/SN zależą od wielu elementów, wśród których szczególnie istotne dotyczą: terenu stacji, jej powiązania z siecią 110kV, planu generalnego stacji oraz układów konstrukcyjnych. Rozdzielnie realizuje się jako: napowietrzne otwarte, wewnętrzne z izolacją gazową SF₆ lub hybrydowe o wysokim stopniu integracji. Przy czym wśród rozwiązań napowietrznych otwartych dominują rozwiązania modułowe kompaktowe.

Literatura

- [1] W. Dołęga, Planowanie rozwoju sieciowej infrastruktury elektroenergetycznej w aspekcie bezpieczeństwa dostaw energii i bezpieczeństwa ekologicznego. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2013.
- [2] W. Dołęga, Stacje elektroenergetyczne. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2007.
- [3] Materiały informacyjne firmy ABB: Nowoczesne rozwiązania stacji i systemów elektroenergetycznych. Warszawa 2010.
- [4] Materiały informacyjne firmy ABB: COMPASS Rozwiązania dla stacji elektroenergetycznych wysokiego napięcia. Kraków 2004.
- [5] Materiały informacyjne firmy Siemens Polska: Rozdzielnice w izolacji gazowej, rozdzielnice HIS. Warszawa 2006.
- [6] Materiały informacyjne firmy Siemens: SIMOBREAKER and SIMOVER – Space-saving air-insulated switchgear. Erlangen 2008.
- [7] Materiały informacyjne firmy Siemens: High-voltage substations. Siemens Energy Sector – Power Engineering Guide – Edition 7. Erlangen 2013.
- [8] www.abb.pl
- [9] www.pse.pl
- [10] www.tauron-dystrybucja.pl
- [11] www.siemens.com
- [12] www.schneider-electric.pl