

Zasady przyłączania rozdzielnic SF₆

Marek Garbarski

Małe wymiary pól, krótkie drogi upływu izolatorów przepustowych i niewielkie odległości izolacyjne w powietrzu sprawiają, że zaprojektowanie i wykonanie przyłączenia rozdzielnic SF₆ bywa zadaniem trudnym. Zasady podane poniżej są uniwersalne, jednak wymiary występujące w artykule wynikają z dokumentacji, badań i doświadczeń Raychem, dotyczących kablowych głowic wewnętrznych, adapterów, głowic konektorowych i ograniczników przepięć SN.

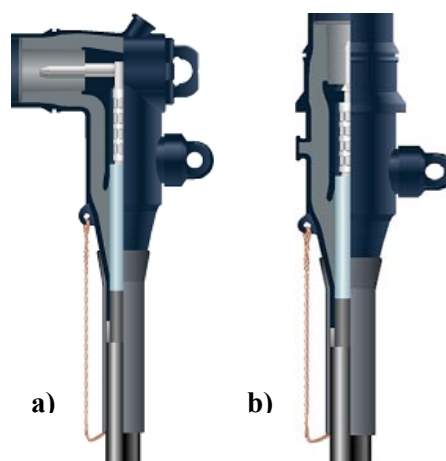
Ogólna charakterystyka systemu przyłączy.

Rozważamy system przeznaczony do znormalizowanych izolatorów (PN-EN 50181) ze stożkiem zewnętrznym o profilu „C” (prąd dopuszczalny 630 A) i profilu „A” (prąd dopuszczalny 250 A). Napięcie maksymalne izolatorów „C” wynosi 24, 36 lub 42 kV, a izolatorów „A” - 24 kV. System dzieli się na: izolowany (adaptery z głowicą kablową) i ekranowany (głowice konektorowe). Potencjał elektryczny powierzchni dostępnych systemu izolowanego w warunkach normalnych jest różny od zera i wymaga przestrzegania ogólnych zasad bezpieczeństwa w elektroenergetyce. Potencjał elektryczny powierzchni dostępnych głowic konektorowych w warunkach normalnych jest równy potencjałowi elementów uziemionych rozdzielnic i kabla. W zależności od lokalnych przepisów powierzchnie te uznaje się za dotykowe. Oba systemy należą do grupy „dead-break” – łączenie bez napięcia.

Do zalet systemu izolowanego należą: możliwość bezpośredniego przyłączania kabli o dowolnej konstrukcji i rodzaju izolacji (w tym kabli o izolacji papierowej) oraz niższa cena. Podstawową wadą jest konieczność zachowania odstępu izolacyjnego w powietrzu pomiędzy jego elementami i częściami uziemionymi celek kablowych (od 15 do 50 mm). Tej wady nie posiada system ekranowany. Podstawową wadą tego systemu jest to, że nadaje się wyłącznie do kabli o izolacji z tworzyw sztucznych, a w praktyce tylko do izolacji z polietylenu usieciowanego (XLPE) ze spojonym ekranem (np. YHAKXS). Cena głowic konektorowych jest z reguły wyższa od ceny zestawu głowicy kablowej i adaptera.

Przyłączanie pól transformatorowych.

Typowe pola transformatorowe są tak małe, że można instalować w nich wyłącznie głowice konektorowe. Ponieważ połączenie z transformatorem SN/nn wykonywane jest krótkimi odcinkami kabli, ograniczenie stosowania wyłącznie kabli o izolacji XLPE nie ma znaczenia. Na rysunkach 1a i 1b przedstawiono głowicę konektorową kątową i prostą, w wersji doszczelnionej żyły powrotnej (np. do zastosowań napowietrznych).



Rys. 1 Konektorowa głowica kątowa (a), prosta (b)

Żyła robocza kabla łączona jest z gniazdem izolatora przepustowego za pośrednictwem prasowanej końcówki bimetalowej z bolcem, usytuowanym pod kątem prostym lub w osi kabla. Korpus izolacyjny głowicy, wykonany z kauczuku EPDM, posiada na zewnątrz ekran z mieszanki przewodzącej. Ekran, którego grubość wynosi 3 mm, jest połączony elektrycznie z żyłą powrotną kabla. Głowica zapewnia geometryczne wysterowanie pola elektrycznego w kablu i wyrównanie pola przy końcówce kablowej. Głowice wyposażone są w pojemnościowy

dzielnik napięcia, przeznaczony do współpracy ze wskaźnikami.

Przylączenie pól liniowych w systemie izolowanym.

Podstawą systemu jest adapter pojedynczy z głowicą kablową. Na rysunku 2 pokazano kombinację montażową z głowicą termokurczliwą na kablu jednożyłowym. Końcówka kablowa, prasowana lub śrubowa, kompatybilna z materiałem żyły roboczej kabla i/lub narzędziami używanymi podczas montażu, jest dokręcana na trzpieniu do powierzchni stykowej izolatora przepustowego. Adapter zamykany jest korkiem izolacyjnym, który może być zastąpiony specjalnym izolatorem probierczym. Umożliwia to wykonanie prób napięciowych bez konieczności rozłączania układu.

Adapter dobierany jest do głowicy w zależności od jej średnicy w obszarze uszczelniania pod końcówką kablową. Szczególnie w przypadku kabli wielożyłowych, projektant powinien uwzględnić dopuszczalne promienie gięcia kabli, przestrzeń wymaganą do montażu i system uziemień żył powrotnych i powłok. Wywołuje to najwięcej problemów w przypadku trójżyłowych kabli papierowych, opancerzonych drutami stalowymi. Elementy te mogą decydować o możliwości instalowania danego rozwiązania.

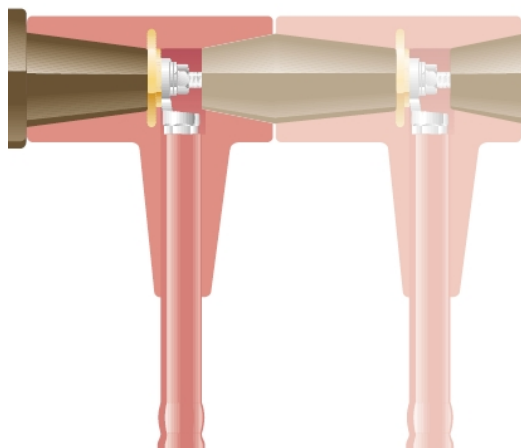


Rys. 2 Pojedynczy adapter izolowany

Jednym z podstawowych, oprócz szczelności, warunków poprawnej

eksploatacji jest kompatybilność materiałów głowicy i adaptera, szczególnie w warunkach kondensacji wilgoci (np. nowe stacje betonowe). Stosowanie głowic kablowych i adapterów różnych producentów jest więc wielce ryzykowne.

Niektóre sieci wymagają tak zwanego podwójnego przyłącza z sumarycznym prądem dopuszczalnym 1250 A. Izolatory przepustowe rozdzielnic są w takim przypadku zmodyfikowane. Zewnętrzne wymiary są takie jak w profilu „C”. Modyfikacji uległ również system podwójnych adapterów izolowanych (rys. 3). Umożliwia on aktualnie podłączenie dwóch kabli w pojedynczym biegunie. Ograniczenie prądu dopuszczalnego w każdym z kabli do 630 A obliuguje projektanta do sprawdzenia rozptyłu prądów, jak również sprawdzenia dynamicznej obciążalności zwarciowej układu.

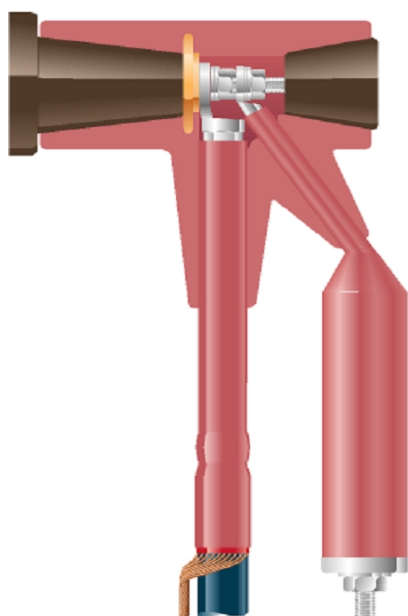


Rys. 3 Podwójny adapter izolowany

Zadanie to staje się relatywnie trudne, a w przypadku układów potrójnych (trzy kable na jeden biegun) – wręcz niewykonalne. Wobec powyższego, stosowanie tych układów należy poprzedzić szczegółową analizą techniczną, uwzględniając współczynniki bezpieczeństwa przyjmowane przy wyznaczaniu obciążalności kabli i strat dodatkowych w żyłach powrotnych (zależnych od ich impedancji). Do przeprowadzenia analizy skłaniać powinien fakt, iż minimalne wymiary celek (tablica 1) są większe, a rozdzielnice droższe (dotyczy to również systemu ekranowanego).

Pole rozdzielnic, połączone linią kablową z linią napowietrzną zazwyczaj wymaga

ochrony ogranicznikiem przepięć. W systemie izolowanym można (należy) zintegrować w jednej celce głowicę kablową z ogranicznikiem o prądzie znamionowym co najmniej 5 kA i znamionowym poziomie ochrony takim, jaki ma ogranicznik zainstalowany na drugim końcu linii przy głowicach napowietrznych. Celka w tym przypadku musi mieć wymiary większe niż w przypadku systemu pojedynczego (tablica 1). Wyższa cena celki jest kompensowana eliminacją dodatkowego pola ogranicznikowego. Wygląd ogranicznika zintegrowanego w adapterze z głowicą kablową pokazano na rysunku 4.

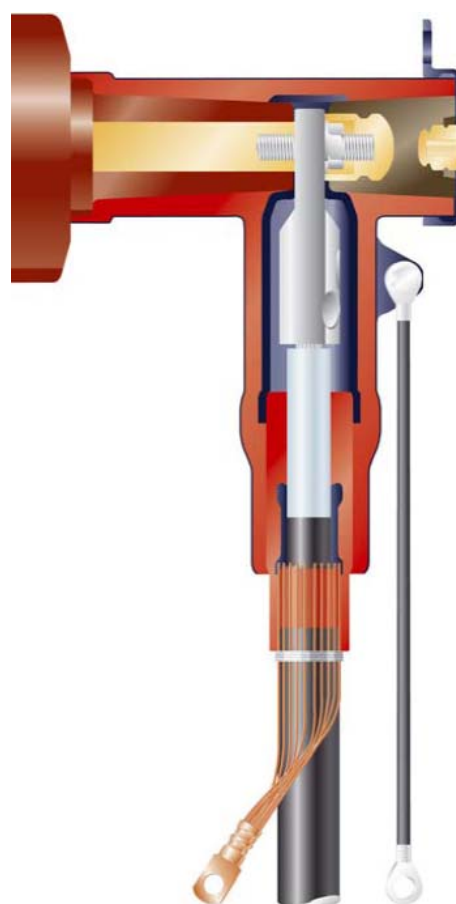


Rys. 4 Adapter izolowany z ogranicznikiem przepięć

Przylączenie pól liniowych w systemie ekranowanym.

Zmniejszające się wymiary rozdzielnic i celek wymuszają konieczność stosowania głowic konektorowych w polach liniowych. Na rysunku 5 przedstawiono budowę pojedynczej głowicy konektorowej. Głowica składa się ze stożka nasuwanego na zakończenie ekranu kabla, posiadającego wewnątrz profil sterujący pole elektryczne. Stożek łączony jest z izolatorem przepustowym za pomocą nasuwanego korpusu izolacyjnego, posiadającego wewnątrz część przewodzącą do wyrównania pola elektrycznego w obszarze końcówki kablowej. Zewnętrzna powierzchnia korpusu, połączona przewodem wyrównawczym z

zaciskiem uziomowym, jest przewodząca. Stożek i korpus wykonane są z kauczuku silikonowego. Końcówki kablowe prasowane lub śrubowe (rys 6) łączone są do powierzchni czołowej na trzpieniu gwintowanym M16. Korpus głowicy zamykany jest przewodzącym deklem i korkiem izolacyjnym, wyposażonym w pojemnościowy dzielnik napięcia do współpracy ze wskaźnikami. W przypadku konieczności wykonania próby napięciowej izolacji bez rozłączania systemu, korek izolacyjny zastępowany jest izolatorem probierczym. Modułowa konstrukcja głowicy umożliwia również badanie napięciowe osłony kabla bez konieczności rozłączania systemu. Od poprzedniej wersji różni się większą obciążalnością (800 A zamiast 630 A) i przeniesieniem zacisku uziemiającego korpusu na stronę czołową. To ostatnie zwiększa łatwość instalowania i bezpieczeństwo obsługi.

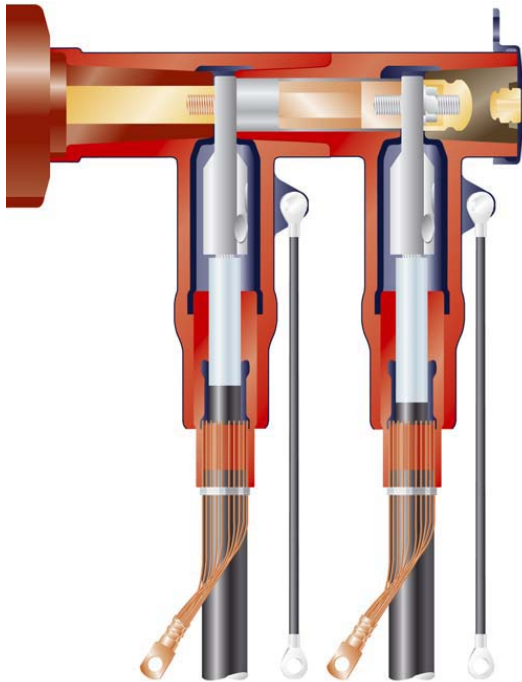


Rys. 5 Pojedyncza głowica konektorowa 800 A



Rys. 6 Końcówki kablowe do głowic konektorowych

Do podłączenia drugiego kabla w tym samym biegunie, zamiast korka izolacyjnego, można zainstalować głowicę sprzęgającą (rys. 7). Rozwiązanie to, krótsze od wersji z izolatorem sprzęgającym, umożliwia montaż w celkach o głębokości 305 mm.



Rys. 7 Podwójna głowica konektorowa

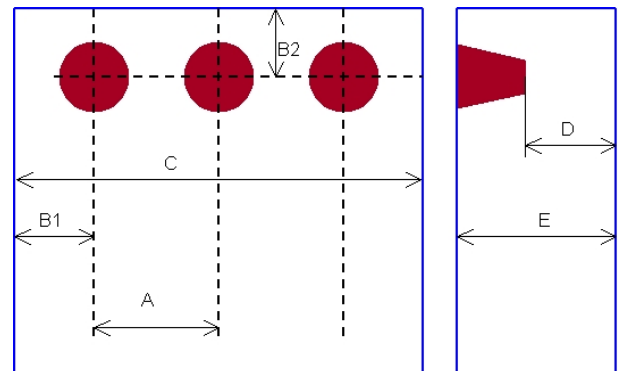
Oba wymienione rozwiązania mogą być stosowane do napięć 24 kV i prądów obciążenia 800 A w indywidualnym torze prądowym. Dotychczas omówiono głowice konektorowe z serii RSTI-58xx.

Obserwowany wzrost napięć maksymalnych rozdzielnic SN do 42 kV, szczególnie w fermach wiatrowych i energetyce przemysłowej, powoduje szersze stosowanie głowic konektorowych na napięcia powyżej 24 kV i prądy do 1 250 A. Należy w tym przypadku stosować systemy głowic

konektorowych z serii RSTI-68xx w wersji pojedynczej lub podwójnej. Wymiary zewnętrzne systemu 24 kV i 42 kV są podobne.

Podsumowanie

Warunkiem poprawnej, długoletniej eksploatacji przyłącza kablowego, niezależnie od systemu, jest poprawny dobór głowic i adapterów, sprawdzenie rzeczywistych rozplądów prądów oraz dynamicznej obciążalności zwarciowej systemów podwójnych, prawidłowe uziemienie i ewentualna ochrona od przepięć. Warunkiem poprawnej instalacji jest dobór systemu w zależności od wymiarów celki. W tabelicy 1 zestawiono minimalne wymiary celek dla różnych systemów przyłączania. Wymiary w tabelicy zostały wyjaśnione na rysunku 8.



Rys. 8 Wymiary w celkach rozdzielnic

Wymiary podane w tabelicy 1 dla systemu izolowanego są zbiorem ogólnym dla przypadków, w których nie wykonywano badań przyłącza wraz z rozdzielnicą. Wiele celek ma wymiary mniejsze od wymaganych. Jeżeli przeprowadzono badania, których zakres wynika z norm dotyczących osprzętu kablowego, norm dotyczących rozdzielnic o izolacji gazowej i norm związanych z koordynacją izolacji, to można zaakceptować wykonanie i eksploatację przyłącza. Na rysunkach 9 i 10 pokazano deklaracje wymieniające typy takich rozdzielnic i numery raportów z badań. System konektorowych głowic ekranowanych jest łatwiejszy w doborze, ocenie możliwości instalowania i wykonaniu.



Rys. 9 Deklaracja instalowania systemu izolowanego

Rys. 10 Deklaracja instalowania systemu izolowanego z ogranicznikiem

Tabela 1 Minimalne wymiary celek dla przyłączy kablowych. Izolatory przepustowe w jednej osi poziomej

RODZAJ POŁĄCZENIA	NAPIĘCIE MAKSYMALNE [kV]	A		B1/B2		D		C		E		PODSTAWOWE TYPY ADAPTERÓW/GŁOWIC
		ODLEGŁOŚĆ OSI IZOLATORÓW [mm]	ODLEGŁOŚĆ OSI IZOLATORÓW OD PŁASZCZYZNY UZIEMIENIOWYCH [mm]	ODLEGŁOŚĆ OD CZOLA IZOLATORA DO POKRYWY CZOLOWEJ [mm]	SZEROKOŚĆ CELKI [mm]	GLĘBOKOŚĆ CELKI [mm]						
IZOLOWANY POJEDYŃCZY	24	103	62/62	120	330	230	RICS 5113, 5123, 5133					
IZOLOWANY POJEDYŃCZY, DUŻE PRZEKROJE	24	103	62/62	130	330	240	RICS 5143					
IZOLOWANY PODWÓJNY	24	103	62/62	300	330	420	RICS 5733 - Cu + 5137					
IZOLOWANY PODWÓJNY, DUŻE PRZEKROJE	24	103	62/62	310	330	430	RICS 5743 - Cu+ 5147					
IZOLOWANY Z OGRANICZNIKIEM RDA	24	103	75 /62	195	355	300	RICS 5139, 5149					
EKRANOWANY POJEDYŃCZY	24	80	40/40	100	240	210	RSTI 5851, 5853, 5854 5855					
EKRANOWANY PODWÓJNY	24	80	40/40	200	240	310	RSTI - 5851+ CC 5851, 5853 + CC 5853, 5854 + CC 5854					
EKRANOWANY POJEDYŃCZY	42	85	50/45	95	270	210	RSTI 6851, 6852, 6853, 6855					
EKRANOWANY PODWÓJNY	42	80	50/45	210	270	320	RSTI - 6851+ CC 6851, 6852 + CC 6852, 6853 + CC 6853					
EKRANOWANY POJEDYŃCZY (IZOLATOR "A" - 250 A)	24	70	40/35	185	220	240	RSES 52 xx					



Rys. 11 Mufa przejściowa na 24 kV

W sieciach kablowych SN, takich jak w Polsce, gdzie ich przeważająca część wykonana jest kablami o izolacji papierowej, wykonanie przyłącza wymaga instalowania mufy przejściowej. Na rysunku 11 pokazano budowę nowoczesnej mufy termokureczliwej ze złączkami śrubowymi. Szersze omówienie zagadnienia muf przejściowych, choć ściśle związane z problemami przyłączania rozdzielnic, wykracza poza ramy niniejszego artykułu.