

Kondensatory energetyczne średnich napięć

Konstrukcja kondensatorów energetycznych napięć rozwijana jest od kilkudziesięciu lat – seryjną ich produkcję rozpoczęto w pierwszej połowie lat trzydziestych ubiegłego wieku.

W chwili obecnej standardem produkcji kondensatorów średnich napięć są jednostki składające się z elementów pojemnościowych niskiego napięcia i małej mocy, połączonych pomiędzy sobą w układ równoległy i szeregowy, impregnowanych płynem izolacyjnym i umieszczonych w hermetycznej obudowie z wyprowadzonymi na zewnątrz biegunami. Kondensatory mocy wyposażone są w wewnętrzne oporniki rozładowcze, gwarantujące obniżenie napięcia do wartości przewidzianych standardami.



Rys. 1. Jednofazowe kondensatory średnich napięć z dwoma izolatorami, połączone w układ podwójnej gwiazdy z przekładnikiem zabezpieczenia zero-prądowego

Elementy pojemnościowe

Najczęściej stosowaną, najnowocześniejszą technologią produkcji kondensatorów średnich napięć jest technologia „all-film”, w której elementy pojemnościowe stanowi syntetyczna folia polipropylenowa. Wcześniej, stosowana była również technologia oparta na układzie mieszanym z bibułką kondensatorową, jednakże do roku 1993 papiernie wycofały się z produkcji bibułki, jako że koszt folii polipropylenowej stał się niższy od kosztu bibułki.

Kondensatory wykonywane w technologii all-film, w porównaniu z kondensatorami starej generacji, wykonywanymi w oparciu o dielektryk papierowy lub mieszany, charakteryzują się zdecydowanie dłuższą żywotnością, wynikającą z:

- dużej stabilności termicznej związanej z niższym współczynnikiem strat elektrycznych $\text{tg}\delta$ (niższymi stratami mocy czynnej),
- dużej stabilności elektrycznej dielektryka, co skutkuje wyższą zdolnością pochłaniania wyładowań częściowych, dużą odpornością na przetężenia i przepięcia chwilowe, małą zmiennością pojemności w funkcji temperatury

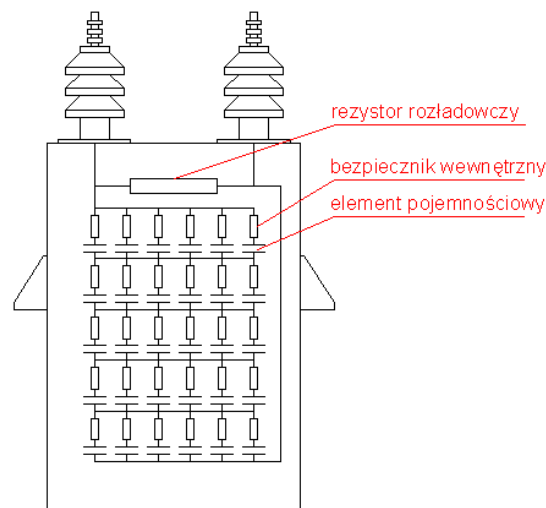
Impregnat

Jako impregnat, używane są oleje mineralne (np. Jarylec C-101, SAS-40, PXE). Próby zastosowania technologii suchych, ze względu na właściwości elementów pojemnościowych (np. duży wpływ temperatury na żywotność kondensatora), jak dotąd nie odniosły większego sukcesu.

W chwili obecnej, stosowane impregnaty nie zawierają polichlorowanych bifenyli (PCB) – które, choć zapewniają komfortowe warunki pracy i wydłużają żywotność kondensatora, przez swoją toksyczność i skłonność do akumulacji w organizmach żywych mają całkiem przeciwny wpływ na środowisko i otoczenie. Należy zaznaczyć, że kondensatory z PCB, znajdujące się obecnie w użyciu, należy jak najszybciej wymienić i zutylizować.

Zabezpieczenia wewnętrzne kondensatorów.

W przypadku kondensatorów wyższej mocy, często stosowane są zabezpieczenia wewnętrzne, które działają w przypadku uszkodzenia pojedynczego elementu pojemnościowego kondensatora, powodując odłączenie jedynie uszkodzonego elementu i zapewniając pracę całej jednostki kondensatorowej przy jedynie nieznacznie zmniejszonej mocy.

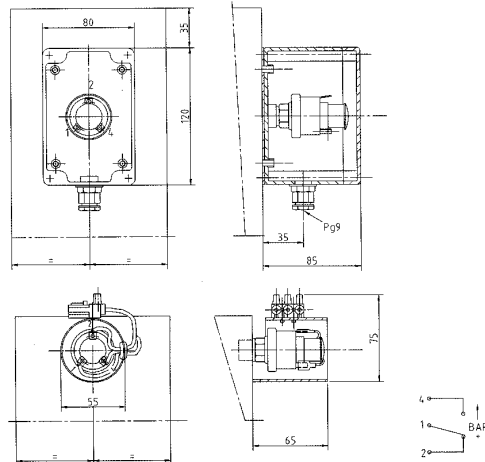


Rys. 2. Przekrój kondensatora SN typu „all-film” z bezpiecznikami wewnętrznymi

Zabezpieczenia nadciśnieniowe.

Zabezpieczenia nadciśnieniowe służą do zabezpieczenia kondensatorów w układach, gdzie brak możliwości zastosowania bezpieczników wewnętrznych lub kontroli nierównowagi. Czujnik nadciśnieniowy jest przymocowany hermetycznie do kadzi kondensatora. W czujniku tym znajduje się membrana reagująca na podwyższone ciśnienie, które może być spowodowane uszkodzeniem elementów pojemnościowych kondensatora.

Rozwiązanie to jest obecnie coraz rzadziej stosowane.



Rys. 3. Przykłady montowania zabezpieczenia ciśnieniowego

Zabezpieczenia zewnętrzne

Przy złożonych układach kompensacyjnych dużej mocy i wysokich napięć, często stosowane są bezpieczniki zewnętrzne, odcinające uszkodzony kondensator i pozwalające na dalszą pracę baterii kondensatorów, jeżeli nie spowoduje to niedopuszczalnej asymetrii baterii lub wzrostu napięcia na innych jednostkach.



Rys. 4. Bateria kondensatorów z zabezpieczeniami zewnętrznymi

Oporniki rozładowcze

Zgodnie z normą IEC60871, kondensatory średnich napięć powinny być wyposażone w oporniki rozładowcze, gwarantujące obniżenie napięcia do 75V w ciągu 10 minut od chwili odłączenia spod napięcia. W praktyce, na rynku polskim, przyjęło się stosowanie jednostek wyposażonych w oporniki pozwalające na obniżenie wartości napięcia szczytkowego na zaciskach do 50V w przeciągu 5 minut.

Czas rozładowania kondensatorów jest ważny nie tylko ze względu na bezpieczeństwo obsługi, ale również ze względu na fakt, że ponowne załączenie kondensatora nie rozładowanego do bezpiecznego poziomu może spowodować niebezpieczne stany nieustalone, które mogą prowadzić do uszkodzenia układu kompensacyjnego.

W przypadkach układów automatycznie regulowanych, w których wymagana jest szybsza regulacja, a co za tym idzie krótszy czas rozładowania, najczęściej stosowane są przekładniki napięciowe szybkiego rozładowania. Należy jednak wziąć pod uwagę, że szybsza regulacja oznacza szybsze zużywanie się aparatury łączeniowej, której żywotność dla średnich napięć jest mocno ograniczona.

Moc jednostek kondensatorowych

Wraz z rozwojem techniki, rośnie moc pojedynczego kondensatora w jednej obudowie. W chwili obecnej, seryjnie produkowane są jednostki kondensatorowe o mocy jednostkowej do 600÷800kVar, a także trójfazowe układy kompensacyjne średnich napięć, o mocy kilku MVar, umieszczone w jednej kadzi (rys. 5).



Rys. 5. Kondensator o mocy 4MVar na napięciu 11kV

Wybór mocy jednostki kondensatorowej dla instalacji kompensacyjnej jest kwestią wyboru pomiędzy:

- ceną zakupu, jako że koszt kondensatora w przeliczeniu na 1 kVar maleje wraz ze wzrostem mocy jednostki, zaś dodatkowe oszczędności przy

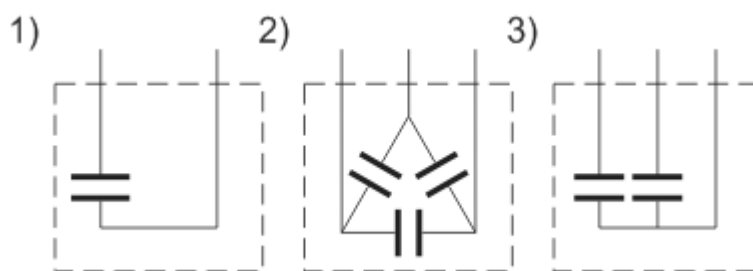
stosowaniu kondensatorów wyższych mocy osiąga się poprzez zmniejszenie niezbędnych konstrukcji, połączeń wewnętrznych, itp.,

- niezawodnością działania układu i kosztami zakupów jednostek rezerwowych oraz wymiany uszkodzonych jednostek, jako że procesy starzeniowe w jednostkach kondensatorowych nie przebiegają w tym samym tempie; dodatkowo, zastosowanie jednostek o mniejszej mocy, szczególnie w przypadku zakładów przemysłowych o rozbudowanej sieci rozdzielczej, umożliwia elastyczność w ich zastosowaniu – przenoszenie ich w przypadku zmiany zapotrzebowania na moc bierną pojemnościową w danej sekcji.

Konstrukcja, układ połączeń

Kondensatory energetyczne średnich napięć wykonywane są najczęściej jako:

- jednofazowe,
- trójfazowe (z wewnętrznym połączeniem w trójkąt, rzadziej w gwiazdę),
- podwójne (dwa kondensatory jednofazowe połączone ze sobą wewnątrz w jednej obudowie, stosowane do układów podwójnej gwiazdy o niskiej mocy całkowitej, przy zastosowaniu trzech kondensatorów).



Połączenia wewnętrzne kondensatorów średnich napięć: jednofazowe (1), trójfazowe (2), podwójne (3).

Kondensatory jednofazowe mogą być wykonywane z jednym lub z dwoma biegunami izolowanymi (dla napięcia fazowego do 12kV). Kondensatory z jednym biegunem izolowanym, dla których drugi biegun znajduje się na obudowie kondensatora i pod względem elektrycznym stanowi z nią punkt wspólny, jako że potrzebują dodatkowej izolacji konstrukcji pomiędzy fazami, najczęściej stosowane są w bateriach kondensatorów o napięciu znamionowym powyżej 21kV.

Kondensatory jednofazowe łączone są w następujące układy:

- trójkąt,
- gwiazda,
- podwójna gwiazda z przekładnikiem zabezpieczenia zero-prądowego (układ zalecany dla baterii nieregulowanej lub pojedynczego członu baterii automatycznie regulowanej o mocy przekraczającej 1MVar),
- układ H (stosowany do kompensacji mocy biernej w sieciach jednofazowych).

Kondensatory trójfazowe łączone są wewnątrz w układzie trójkąta, bardzo rzadko – w układzie gwiazdy.