

d) badania pracy przekładników prądowych (ćwiczenia 4.1., 4.2.),

e) badania specjalne (ćwiczenie 5.1).

Opis każdego z tych ćwiczeń lub grupy ćwiczeń poprzedzają informacje wstępne na temat zagadnień związanych z prezentowaną grupą badań aparatów.

Pewne bardzo istotne dla aparatów badania opisane w części I nie mogły być przedstawione tutaj również w formie ćwiczeń z uwagi na brak odpowiedniego wyposażenia laboratoryjnego (np. badania łączalności zwarciowej łączników w.n.). Nie zajmowano się też w ogóle w skrypcie badaniami napięciowymi aparatów, ponieważ wszyscy studenci Wydziałów Elektrycznych Politechnik wykonują ćwiczenia w Laboratorium Wysokich Napięć oraz istnieje bogate piśmiennictwo przedmiotu (L 1, L 2).

Wykaz literatury

1. Bader J. i in.: Próby wysokonapięciowych przyrządów rozdzielczych, PWT, W-wa 1954.
2. Lidmanowski W.: Laboratorium wysokich napięć, Dział Wydawnictw PW, W-wa 1962.

C Z Ę Ś Ć I

UKŁADY PROBIERCZE I TECHNIKA POMIAROWA

1. Układy probiercze do badań łączeniowych i wielkoprądowych aparatów elektrycznych

1.1. Badania zdolności łączenia i wytrzymałości zwarciowej

1.1.1. Podział badań i warunki probiercze

W zależności od rodzaju badanego aparatu próby zdolności łączenia oraz wytrzymałości zwarciowej łączników w.n. obejmują:

- a) próby zwarciowej wytrzymałości dynamicznej i cieplnej,
- b) próby zdolności wyłączania prądów zwarciowych,
- c) próby zdolności łączenia w szeregu łączeniowym zwarciowym,
- d) próby zdolności łączenia w szeregu SPZ,
- e) próby wyłączania prądów krytycznych,
- f) próby specjalne dla wyłączników obejmujące przykładowo:
 - próbę zdolności wyłączania przy opozycji faz,
 - próbę zdolności wyłączania małych prądów indukcyjnych (transformatory w stanie jałowym),
 - próbę zdolności łączenia prądów pojemnościowych (baterie kondensatorów oraz linie długie w stanie jałowym),
 - próbę zdolności wyłączania zwarć przy krytycznej odległości,
- g) sprawdzenie charakterystyki działania bezpieczników przy prądach przeciążeniowych i zwarciowych.

Szczegółowe warunki badań zwarciowej wytrzymałości dynamicznej i cieplnej dla poszczególnych aparatów zostaną podane w punkcie 1 cz.2. Warunki dotyczące prób specjalnych wyłączników, jak również sprawdzania charakterystyk działania bezpieczników, stanowią bardzo obszerny materiał i nie będą tu bliżej precyzowane. Zainteresowanym można polecić odpowiednią literaturę dotyczącą tych tematów [L 4, L 6].

1. Obecnie zajmiemy się bliżej warunkami dotyczącymi prób zwarciowej zdolności łączenia. Podstawową będzie próba zdolności wyłączania prądu zwarciowego. W próbie takiej powinny być spełnione następujące zasadnicze wymagania:

a. W momencie utraty styczności styków w obwodzie powinna wystąpić żądana wartość prądu wyłączeniowego symetrycznego lub niesymetrycznego. Z prądem niesymetrycznym należy się liczyć jedynie przy próbach wyłączników o bardzo krótkich czasach własnych.

b. Obwód powinien charakteryzować się odpowiednią wartością $\cos \varphi$ (zwykle $\cos \varphi \leq 0,15$).

c. W momencie zgaszenia łuku na zaciskach wyłącznika powinno pojawiać się napięcie powrotne o określonej wartości i przebiegu. Przebieg przejściowy napięcia powrotnego zależy od częstotliwości drgań własnych układu f_0 , przy czym dla przypadku zwarcia występującego bezpośrednio na zaciskach

wyłącznika będzie to zwykle przebieg z jedną częstotliwością. Częstotliwość drgań własnych zależna jest od parametrów układu sieciowego. Dla wyższych napięć znamionowych sieci wartość f_0 zmniejsza się, a przy stałym napięciu sieci maleje wraz ze wzrostem mocy zwarciowej.

d. Czas trwania próby powinien być dobrany w taki sposób, aby po wyłączeniu prądu zwarciowego na stykach aparatu badanego pozostawało przez określony czas napięcie powrotne.

e. Próby zdolności wyłączania prądów symetrycznych wykonuje się dla kilku wartości prądu wyłączeniowego, poczynając od wartości znacznie mniejszych od znamionowego prądu wyłączalnego wyłącznika (np. 10, 30, 60 i 100% prądu wyłączalnego). W ostatnich latach wprowadzono wymaganie umieszczania w układach probierczych, dla prób przy prądach mniejszych od znamionowego, części oporności ograniczającej prąd zwarciowy po drugiej stronie wyłącznika licząc od strony źródła. Jest to dość kłopotliwe ze względów technicznych, szczególnie przy próbach wyłączników najwyższych napięć, kiedy istnieje konieczność stosowania dławików przy bardzo wysokim napięciu. Ostatnio wprowadza się również wymaganie przeprowadzania prób wyłączania prądów zwarciowych dla różnych faz napięcia w chwili utraty styczności styków (norma amerykańska wymaga przeprowadzenia prób co 30°). To ostatnie wynika ze stwierdzonej zależności wartości wydzielanej podczas wyłączania energii i mocy łuku od fazy napięcia, w chwili utraty styczności styków. Zjawisko to występuje szczególnie wyraźnie podczas prób wyłączników cieczowych, gdzie o naprężeniach mechanicznych decyduje zarówno energia określająca maksymalną wartość ciśnienia, jak również moc łuku, charakteryzująca ilość gazu wydzieloną w jednostce czasu tj. szybkość zmian ciśnienia, a tym samym dynamiczne naprężenia komory. W dotychczasowej praktyce badań łączalności zwarciowej wyłączników, nie poświęcano tej sprawie dostatecznej uwagi. Opierając się na powyższej analizie można tłumaczyć obserwowane wielokrotnie podczas prób, różne zachowanie się wyłączników, przy wyłączaniu prądów zwarciowych, w jednakowych obwodach probierczych. Czynnikiem zmiennym była tu jedynie przypadkowa zmiana fazy napięcia w chwili utraty styczności styków, co powodowało, że w wyłączniku badanym występowały róż-

ne wartości energii i mocy łuku, a w zależności od tych wartości wyłączanie przebiegało bardzo lekko, bądź niezmiernie ciężko. Dlatego też w celu zapewnienia właściwych warunków probierczych konieczne jest, aby próby wyłączników przy wartościach prądów wyłączeniowych w pobliżu znamionowego prądu wyłączalnego wykonywane były przy różnych wartościach fazy napięcia w chwili utraty styczności styków. Z uwagi na złożoność zagadnienia nie będziemy się bliżej zajmować ustalaniem wartości faz napięcia w chwili utraty styczności styków, przy jakich powinny być wykonywane próby. Do ustalenia pozostaje ponadto przedział w jakim powinna zmieniać się faza napięcia w chwili utraty styczności styków dla poszczególnych rodzajów układów probierczych.

2. Próba zdolności łączenia w szeregu łączeniowym zwarcio-
wym W - t - ZW - t - ZW

gdzie

W - wyłączenie,
Z - załączenie,
t - czas przerwy = 3 min.

W próbie tej poza wszystkimi podanymi uprzednio warunkami dotyczącymi wyłączania, dochodzi warunek dotyczący załączania. Wymaga się aby napięcie na stykach badanego wyłącznika przed załączeniem, miało wartość dobraną odpowiednio do napięcia znamionowego wyłącznika. Oznaczenie ZW określa, że wyłączenie od-
wa się natychmiast po załączeniu wyłącznika.

3. Dla wyłączników, które są przeznaczone do pracy z SPZ (samoczynne powtórne załączanie) wymagane jest przeprowadzenie próby w szeregu łączy SPZ

W - t' - ZW,

gdzie t' - czas trwania przerwy bezprądowej.

Czas przerwy jest zależny od rodzaju stosowanego SPZ. Przy SPZ powolnym stosowanym dla napięć średnich i układów zasilanych jednostronnie $t' = 0,6 \div 0,8$ s, natomiast przy SPZ szybkim z jakim mamy do czynienia w układach najwyższych napięć $t' = 0,2 \div 0,3$ sek.

Cykl powyższy jest wykonywany jedynie dla prądu wyłączeniowego równego znamionowemu prądowi wyłączalnego wyłącznika. Próbę tę przeprowadza się na wyłączniku, który przeszedł z wynikiem dodatnim próbę wyłączania prądów zwarciovych.

Próba w szeregu SPZ jest szczególnie istotna dla wyłączników cieczowych, gdzie warunek odzyskania przez komorę w ciągu krótkiego czasu przerwy bezprądowej zdolności ponownego wyłączenia pełnego prądu zwarciovego jest w wielu przypadkach trudny do spełnienia.

4. Dla wyłączników, które charakteryzują się występowaniem obszaru prądów krytycznych wykonuje się próby stwierdzające zdolność ich wyłączania w tym obszarze. Pod pojęciem prądu krytycznego rozumie się taką wartość prądu, przy wyłączaniu której występuje najdłuższy czas łukowy.

Prądy krytyczne występują w wyłącznikach pełno- i małoolejowych, przy czym wartości ich zależne są od konstrukcji komory wyłącznika (dla wyłączników małoolejowych zakres prądów krytycznych wynosi od kilkudziesięciu do kilkuset A). Wyznaczenie analityczne prądów krytycznych jest praktycznie niemożliwe, z uwagi na złożoność i różnorodność czynników wpływających na ich wartość. Pozostaje zatem eksperymentalna droga wyznaczania prądu krytycznego, co łączy się z przeprowadzaniem badań w określonym zakresie prądowym. Warunki przeprowadzania prób prądu krytycznego ustalane są szczegółowo przez normy.

1.1.2. Układy probiercze do badania zdolności łączenia łączników w.n.

1.1.2.1. Układy probiercze do prób bezpośrednich

Wymienione w poprzednim punkcie próby zdolności łączenia powinny być przeprowadzane w układach probierczych, które zapewniają spełnienie określonych wymagań. Przykładowy układ probierczy do prób bezpośrednich przedstawiono na rys.1. Źródłem mocy jest tutaj prądnica zwarciova (G). W przypadku prób aparatu o napięciu znamionowym wyższym od napięcia prądnicy, stosuje się w układzie transformator podwyższający. Do nastawiania wartości prądu w obwodzie służą dławiki bezrdzeniowe L. Za pomocą oporników R nastawia się wartość $\cos \varphi$ obwodu. Obydwa powyższe elementy umieszczone są zwykle bezpośrednio w