

1.5. Pomiary wielkości elektrycznych

1.5.1. Pomiar napięcia

Przebiegi przejściowe napięć występujących podczas badań łączników są z reguły mierzone przy użyciu dzielników napięcia i rejestrowane za pomocą oscylografów.

Przy projektowaniu i doborze dzielników do pomiaru napięć w zakresie obejmującym badania łączników (wyłączając próby napięciem uderowym) należy uwzględnić następujące czynniki:

- a) napięcie obwodu probierczego i, związaną z tym izolację dzielnika,
- b) pasmo częstotliwości, w którym dzielnik powinien przenosić napięcie z określoną dokładnością. Zwykle przyjmuje się zakres częstotliwości mierzonej od $f = 50 \text{ Hz}$ do $f = 50 \dots 60 \text{ kHz}$, a dokładność pomiaru około 3%,
- c) właściwy dobór elementów dzielnika z punktu widzenia obciążalności prądowej (istotne dla dzielników oporowych i mieszanych),
- d) sposób rejestracji - zwykle rejestracja odbywa się przy użyciu oscylografu elektronicznego, w niektórych jednakże przypadkach stosuje się również oscylograf pętlicowy,

e) wpływ dzielnika na częstotliwość i amplitudę drgań napięcia obwodu probierczego. Jest to bardzo istotne szczególnie w przypadku rejestracji napięć powrotnych w układach do prób zdolności łączenia. Zwykle dopuszcza się wpływ dzielnika na w.w. parametry rzędu kilku procent. Dla dzielników oporowych warunek ten decyduje o doborze wartości oporności dzielnika.

Z punktu widzenia konstrukcyjnego dzielniki można podzielić na:

- dzielniki oporowe,
- dzielniki pojemnościowe,
- dzielniki mieszane oporowo-pojemnościowe.

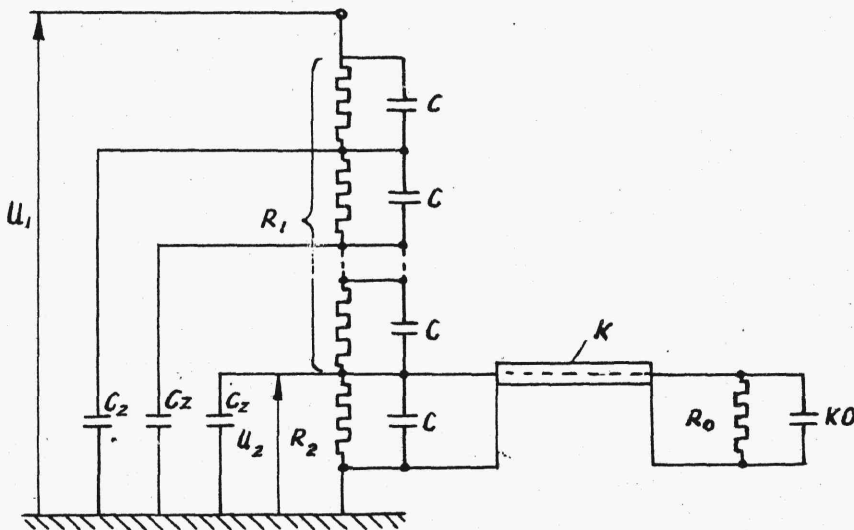
1. Dzielniki oporowe

Schemat rzeczywistego dzielnika oporowego przedstawiono na rys.27. W rzeczywistym układzie występują zarówno pojemności szeregowe między poszczególnymi elementami oporników (C), jak również pojemności względem ziemi (Cz). Przy pominięciu pojemności napięcie występujące na dolnym elemencie R_2 wyniesie

$$u_2 = u_1 \frac{R_2}{R_1 + R_2}, \quad (7)$$

gdzie u_1 - wartość napięcia mierzonego,

$$k = \frac{R_1 + R_2}{R_2} \text{ - przekładnia dzielnika.}$$

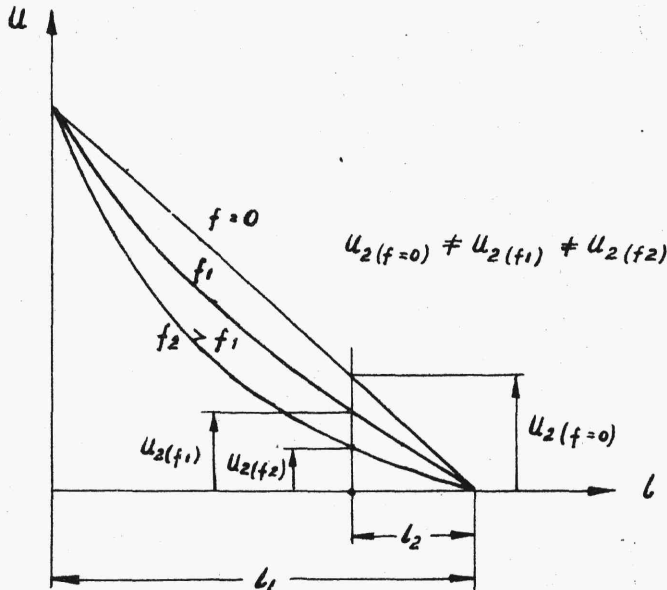


Rys.27. Schemat dzielnika oporowego. Oznaczenia: R_1 - oporność części w.n., R_2 - oporność części n.n., C - pojemności szeregowe elementów oporowych, C_z - pojemności do ziemi elementów oporowych, K - kabel koncentryczny o oporności falowej Z , R_o - opornik pomocniczy, K_o - płytki pomiarowe oscylografu elektronicznego

Napięcie to podawane jest na oscylograf (najczęściej elektroniczny) za pośrednictwem kabla koncentrycznego o oporności falowej z_o . W celu uniknięcia odbić od otwartego końca kabla, na wejściu oscylografu umieszcza się oporność $R_o = z_o$.

Dzielnik oporowy nadaje się do pomiaru w szerokim zakresie częstotliwości, pod warunkiem zastosowania środków zmierzających do dopasowania pojemnościowego i opornościowego rozkładu napięcia. Jak wiadomo bowiem przy dużych częstotliwościach decyduje rozkład pojemnościowy, a przy napięciach stałych i wol-

nozmiennych oporowy (rys.28). W przypadku niedopasowania obu rozkładów powstaje uchyb przekładni zależny od częstotliwości.



Rys.28. Rozkład napięcia na dzielniku w funkcji jego długości dla różnych wartości częstotliwości mierzonych przebiegów

($\alpha = \sqrt{\frac{C_z}{C}} = \text{const}$). l_1 - całkowita długość dzielnika, l_2 - długość części niskonapięciowej dzielnika

tości α poprawia przebieg charakterystyki; praktycznie dla $\alpha \leq 0,3$ przebieg jest prawie liniowy. W tym celu stosuje się specjalne pierścienie ekranujące, kompensujące pojemność względem ziemi, dzięki czemu charakterystyka rozkładu napięcia linearyzuje się i zbliża do opornościowej;

- przez dopasowanie rozkładu opornościowego do pojemnościowego. Sposób ten polega na odpowiednim nawinięciu oporników dzielnika. Jednakowe pod względem oporności elementy opornika nawijają się z różną gęstością, dzięki czemu uzyskuje się rozkład napięcia zbliżony do rozkładu pojemnościowego (rys.30). Wadą tego układu jest znaczna wysokość dzielnika i trudność wykonania.

W celu uniknięcia zmiany przekładni w funkcji częstotliwości należy dążyć do dopasowania obu rozkładów. Można tego dokonać w dwojaki sposób:

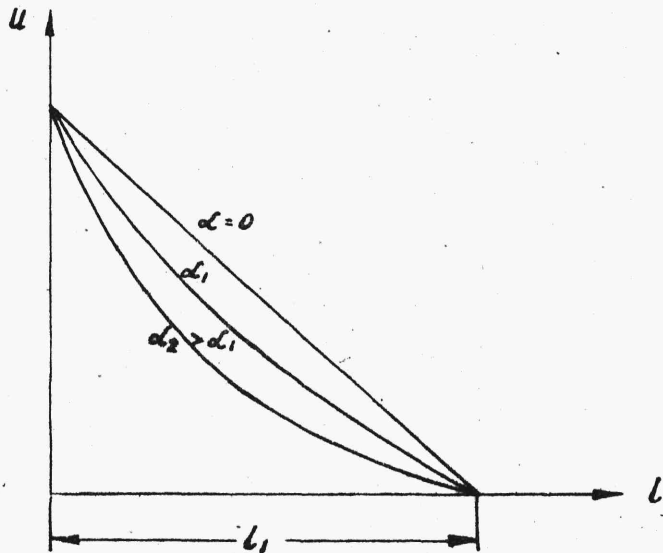
- przez dopasowanie rozkładu pojemnościowego do opornościowego. Nieliniowość rozkładu pojemnościowego zależy od wartości współczynnika $\alpha = \sqrt{\frac{C_z}{C}}$ (rys.29). Z przebiegów przedstawionych na tym rysunku wynika, że zmniejszanie war-

Dzielniki odporowe stosowane w technice badań aparatów wykonywane są jako wysoko odporowe (o wartości oporności rzędu kilkuset $k\Omega$), przy czym jako materiał oporowy stosuje się specjalne stopy o możliwie dużej wartości oporności właściwej. Istotną sprawą jest również specjalny sposób nawijania oporników, umożliwiający zmniejszenie do mi-

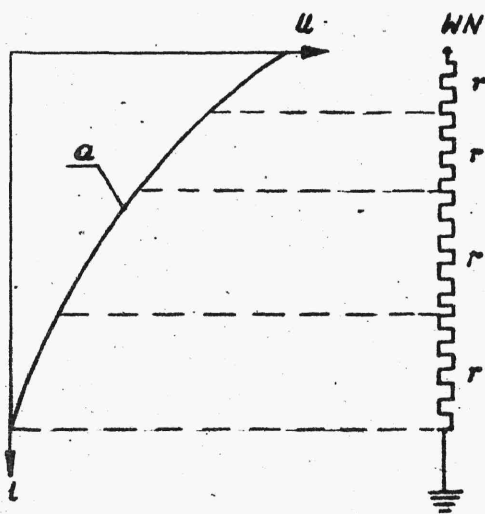
nimum indukcyjności dzielnika. Dużego znaczenia, szczególnie przy dzielnikach najwyższych napięć dostosowanych do rejestracji przebiegów oscylografem pętlicowym, nabiera sprawa obciążalności prądowej. Dzielniki napięć szybkozmiennych mogą bowiem znajdować się pod napięciem w ciągu kilku do kilkunastu minut, co prowadzi do wydzielania w nich znacznej ilości ciepła. Z tego też względu dzielniki takie budowane są często jako olejowe.

2. Dzielniki pojemnościowe

Dzielniki pojemnościowe wykonywane są zwykle dla zakresu wysokich napięć ≥ 30 kV. Zaletą ich jest prosta konstrukcja oraz znikomo mała moc wydzielona w dzielniku. Wadą jest natomiast brak możliwości używania jako urządzenia rejestrującego oscylografu pętlicowego (z uwagi na zbyt duży pobór mocy). Dzielniki pojemnościowe nie nadają się poza tym do pomiaru napięć stałych i wolnozmiennych o częstotliwości kilku Hz. Roz-



Rys.29. Pojemnościowy rozkład napięcia w funkcji długości dzielnika dla różnych wartości współczynnika $\alpha = \sqrt{\frac{C_z}{C}}$.
 l_1 - całkowita długość dzielnika



Rys.30. Zasada dopasowywania rozkładu opornościowego do pojemnościowego przez odpowiednie nawijanie oporników dzielnika. a - opornościowy rozkład napięcia na dzielniku w funkcji jego długości

niem pominięcia pasożytniczych pojemności względem ziemi ($C_1 \gg C_z$) wyniesie

$$k = \frac{u_1}{u_2} = \frac{C_1 + C_2 + C_0 + C_k}{C_1} \quad (8)$$

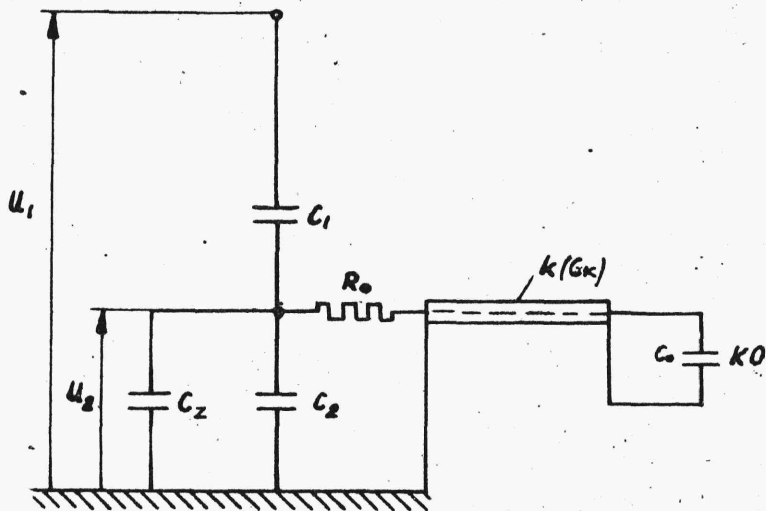
Oznaczenia jak na rysunku 31.

Dzielniki pojemnościowe budowane są zwykle z kondensatorów ceramicznych, których pojemność zmienia się w funkcji częstotliwości. Zależność pojemności od częstotliwości dla kondensatorów C_1 i C_2 może być różna niż dla kondensatorów C_0 i C_k , co powoduje zmienność przekładni dzielnika od częstotliwości.

W celu zachowania stałej, niezależnej od częstotliwości przekładni dzielnika, należy spełnić następujące wymagania: $C_1 + C_2 \gg C_0 + C_k$, $C_1 \gg C_z$ oraz warunek, aby zmiana pojemności od częstotliwości była dla obu kondensatorów taka sama. Tak więc dzielniki o stosunkowo dużych wartościach pojemności mogą być z powodzeniem stosowane do pomiaru napięć w dość sze-

kład napięcia na dzielniku jest w tych przypadkach wymuszony opornościami upływu kondensatorów i nie pokrywa się z pojemnościowym rozkładem napięcia, co powoduje powstawanie znacznych uchybów przekładni dzielnika. Ideowy schemat dzielnika pojemnościowego przedstawiono na rys.31. Przekładnia dzielnika w założe-

rokiem zakresie częstotliwości. Wartość pojemności dzielnika jest ograniczona od góry względami natury konstrukcyjnej, jak



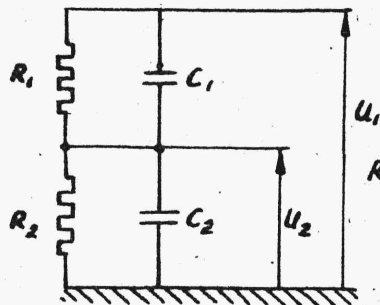
Rys.31. Ideowy schemat dzielnika pojemnościowego; C_1 - pojemność części w.n., C_2 - pojemność części n.n., C_z - pojemność względem ziemi, K - kabel koncentryczny o oporności falowej Z i pojemności względem ziemi C_K , KO - oscylograf elektryczny o pojemności wejściowej C_0 , R_0 - opornik pomocniczy

również dopuszczalnym wpływem na parametry obwodu probierczego. Doprowadzenie napięcia do oscylografu podobnie jak i poprzednio odbywa się za pośrednictwem kabla koncentrycznego o oporności falowej z_0 . W tym przypadku niemożliwe jest jednakże zwieranie wejścia oscylografu opornością falową w celu uniknięcia odbić, gdyż byłoby to równoważne ze zwarcie dolnego członu (C_2) dzielnika. Następuje tu więc odbicie fali napięciowej od końca otwartego, połączone z podwojeniem się jej wartości; dalszych odbić unika się przez umieszczenie szeregowo z kablem oporności $R_0 = z_0$.

3. Dzielniki mieszane

Najczęściej spotykanymi rozwiązaniami dzielników oporowo-pojemnościowych są dzielniki w układzie równoległym (rys.32), w których wykorzystuje się zalety obu opisanych powyżej rozwiązań. Warunkiem właściwej pracy dzielnika jest wzajemne do-

pasowanie pojemnościowego i opornościowego rozkładu napięcia. Wpływa stąd zależność określająca, że stałe czasowe poszczegól-



Rys.32. Schemat ideowy dzielnika mieszanego opornościowo-pojemnościowego

gólnych członów dzielnika powinny być sobie równe $R_1 C_1 = R_2 C_2$. Wartości oporności dzielnika dobiera się wg wskázówek podanych w opisie dzielników oporowych.

W dzielnikach mieszanych kondensatory równoległe mają zwykle znaczne wartości pojemności, co pozwala na zmniejszenie do minimum uchybu powodowanego pojemnościami doziem-

nymi (współczynnik ∞ jest bardzo mały).

Z przedstawionych powyżej typów dzielników, w technice badań łączników elektrycznych w.n. największe zastosowanie znajdują dzielniki pojemnościowe oraz mieszane. Szczególnie ostatni typ dzielnika, z uwagi na zapewnienie możliwości rejestracji zarówno oscylografem elektronicznym jak i pętlicowym jest bardzo przydatny.

1.5.2. Pomiar prądu

W badaniach aparatów elektrycznych zachodzi wielokrotnie konieczność pomiaru i rejestracji dużych prądów. Aktualnie istnieją tu 3 możliwości pomiarowe:

- a) boczniki wielkoprądowe,
- b) przekładniki prądowe,
- c) układy z wykorzystaniem hallotronów.

Jako urządzeń rejestrujących powszechnie używa się oscylografów pętlicowych, a w niektórych przypadkach (próby bezpieczników) oscylografów elektronicznych.

1.5.2.1. Boczniki wielkoprądowe

Boczniki wielkoprądowe służą do pomiaru dużych wartości prądów np. przy próbach zwarciovych aparatów elektrycznych. Zasada pomiaru polega na tym, że na pewnej ściśle określonej oporności bocznika mierzy się spadek napięcia proporcjonalny do war-