

a więc:

$$m = \frac{R + r}{r}$$

stąd:

$$R = (m - 1) \cdot r.$$

Przykł. Za pomocą woltomierza o oporze 100Ω ze skalą do 1,5 wolta mamy zmierzyć napięcie 150 woltów; więc trzeba skalę rozszerzyć 100-krotnie. Według powyższego wzoru:

$$R = (100 - 1) \cdot 100 = 9900 \Omega$$



Rys. 61. Płytki z drutem oporowym.

Należy więc włączyć w szereg z woltomierzem opór dodatkowy, którego oporność wynosi 9900Ω .

Opory dodatkowe sporządzamy zwykle z cienkiego drutu manganinowego, którego oporność jest mało wrażliwa na wahania temperatury. W celu dobrego ochładzania się i zmniejszenia indukcyjności często nawijamy ten drut na cienkie płytki (rys. 61).

Nieraz są stosowane oporniki wielokrotne (rys. 61-a), mające w jednym pudełku kilka odgałęzień.

Oporniki dla prądów szybkozmiennych mają drut odpowiednio cienki.

Na skrzynkach opornikowych, przeznaczonych dla określonych woltomierzy, znajduje się zawsze napis, wskazujący do jakiego najwyższego napięcia służy skala woltomierza przy włączeniu w szereg z woltomierzem tego opornika.



Rys. 61-a. Opornik woltomierzowy wielokrotny w wyk. fir. S. & H.

33. Rozszerzenie skali woltomierzy za pomocą transformatorów napięciowych.

Gdy mamy zmierzyć napięcie pomiędzy punktami m i n dwóch przewodów (rys. 62), to z temi punktami łączymy uzwojenia pierwotne p napięciowego transformatora miernikowego, woltomierz zaś zasilany jest prądem, otrzymanym z uzwojenia wtórnego. Liczby zwojów w poszczególnych uzwojeniach transformatora są proporcjonalne do napięć, więc np., jeżeli mamy skalę woltomierza rozszerzyć 100-krotnie, to bierzemy uzwojenie pierwotne z liczbą zwojów sto razy większą od wtórnego, wprowadzając spadek napięcia w oporze

omowym uzwojenia i siły elektromotoryczne, wywołane rozproszeniem linii magnetycznych, powodują pewną niewielką różnicę pomiędzy stosunkiem napięcia i stosunkiem liczb zwojów.

Transformatorek umieszcza się zwykle w skrzynce, wypełnionej materiałem izolacyjnym (rys. 63), a końcówki wyprowadza się przez izolatory przepustowe, przystosowane do wysokości napięcia.

Napięcie pierwotne zwykle bywa wysokie, więc izolatory dla końcówek pierwotnych są wielkie, często karbowane, napięcie wtórne zwykle bierzemy około 100 woltów, przeto wystarczają tu izolatory przepustowe zupełnie małe.

W obwód pierwotny transformatorów napięciowych wprowadza się bezpieczniki topliwe na wszystkie bieguny nieuziemion.

Obwód wtórny na jednym biegunie i skrzynka żelazna zawsze uziemiają się. Uziemiający drut miedziany nie powinien mieć przekroju mniejszego od 16 mm².



Rys. 63. Transformator mernikowy napięciowy. Napięcie pierwotne do 3000 V, wtórne 110 V. fir. S. & H.

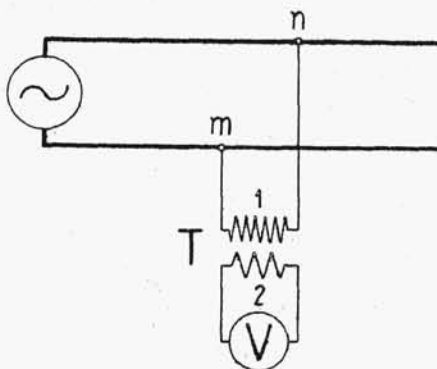
Bezpieczniki chronią urządzenie od zwarć, które mogą być wywołane uszkodzeniem transformatora.

Uziemienie zapewnia niski potencjał obwodu wtórnego względem ziemi.

Na transformatorze jest zawsze zaznaczone napięcie pierwotne i wtórne np. $\frac{1000}{110}$, oraz częstotliwość prądu.

Rodzaj woltomierza, dla którego przeznaczony jest transformator, określa się największą pozorną mocą prądu w woltamperach, jaką można brać z transformatora; przy tej mocy zazwyczaj przekładnia jest zachowana z dokładnością przynajmniej do 1%. Do tego samego transformatora można włączać oprócz woltomierza uzwojenia napięciowe woltomierzy i liczników, przestrzegając, aby suma mocy pozornych wszystkich przyrządów, włączonych do transformatora, nie przekroczyła dopuszczalnej normy. Tak np. pewne transformatory fir. Hartmann-Braun'a są przeznaczone na moc pozorną wtórną 10 woltamperów, a moc, pobierana przez woltomierze różnego ustroju, waha się w granicach od 3 do 15 watów.

Ze względu na zagrzewanie się, transformatory napięciowe wytrzymują zwykle przeciążenie bardzo znaczne np. 10-krotne i większe.



Rys. 62. Włączenie mernikowego transformatora woltomierzowego.

Woltomierze, połączone z transformatorami miernikowymi, najczęściej mają skalę, wskazującą od razu napięcie na końcówkach uzwojenia pierwotnego. Wyjątkowo tylko, jeżeli transformatorów będzie używany z różnymi woltomierzami, mającymi skalę, wskazującą napięcie na końcówkach woltomierza, wypadnie wskazania woltomierza mnożyć przez przekładnię transformatora.

Przy pomiarach dokładnych należy posługiwać się transformatorami ściśle, których ustrój zapewnia większą dokładność pomiaru, niż wyżej podana.

Przy włączaniu do transformatora woltomierzy i liczników, należy jeszcze mieć na uwadze błąd, popełniony wskutek niedokładnego przesunięcia fazy wtórnego napięcia względem pierwotnego o 180° .

34. Szczegóły ustroju woltomierzy prądowych.

Tu mamy tyle rodzajów woltomierzy, ile mieliśmy amperomierzy.

Woltomierze elektromagnetyczne z nieruchomą cewką i ruchomą blaszką żelazną mają cewki, nawinięte z wielu zwojów cienkiego drutu.

Wobec znacznej indukcyjności, naogół wskazania są różne dla różnych częstotliwości prądu. Wpływ częstotliwości prądu zmniejsza się przez dodanie oporu bezindukcyjnego w szereg z uzwojeniem cewki. W ten sposób np. Hartmann-Braun wyrabia woltomierze powyżej 60 woltów z jednokową skalą na prąd zmienny i stały.

Dodatkowe opory, wykonane z materiału, którego oporność właściwa mało zmienia się z temperaturą, sprawiają, że ogólny opór przyrządu przy niewielkich wahaniach temperatury zmienia się bardzo mało i przez to praktycznie można uważać wskazania tych przyrządów za niezależne od temperatury.

Woltomierze z ruchomą cewką i nieruchomym magnetysem podobnie jak amperomierze mogą służyć tylko do pomiarów w obwodach prądu stałego.

Przyrządy laboratoryjne mają nieraz taki ustrój, że ten sam przyrząd może służyć, jako amperomierz i jako woltomierz.

Tak np. Siemens wyrabia amperomierze ze skalą do 4,5 miliampera o oporze $10\ \Omega$. Więc, jako woltomierz, skala ta służy do 45 miliwoltów.

Dla prądów silniejszych używamy tego przyrządu z osobnymi bocznikami, a dla większych napięć z osobnymi oporami dodatkowymi, włączanymi w szereg.

Są także przyrządy ze skalą wieloraką, w nich mamy kilka oporów, włączonych przed cewką ruchomą, opory te wprowadza się w obwód za pomocą przełącznika lub kołka przestawnego. Skala oczywiście jest równomierna.