

napięciem, bez obciążenia, nie powinny wskazywać więcej 0,001 części tej ilości energii, jaką w tym samym czasie wykazałby licznik przy pełnem obciążeniu.

5/ Liczniki elektryczne prądu stałego do 2 KW powinny ruszać przy obciążeniu, stanowiącem 2 % normalnego obciążenia, liczniki ponad 2 KW - przy 1,5 % normalnego obciążenia.

Liczniki dla prądu jedno- i wielofazowego powinny ruszać przy 1 % normalnego obciążenia bezindukcyjnego.

Uwaga: Liczniki dla prądu stałego już zainstalowane winny ruszać conajwyżej przy 3 % normalnego obciążenia.

6/ Wszelkie powyżej wskazane przepisy dla liczników elektrycznych pozostają bez zmiany i dla liczników ustawianych z transformatorami pomiarowymi prądu i napięcia.

R O Z D Z I A Ł XVII.

TRANSFORMATORKI POMIAROWE.

1/ Zasada działania.

Głównym celem stosowania transformatek

pomiarowych jest w pierwszej linii oddzielenie przyrządów pomiarowych od sieci wysokiego napięcia prądu zmiennego w celu zabezpieczenia ich izolacji od przebicia, jak również w celu usunięcia niebezpieczeństwa w razie dotknięcia. - Oprócz tego transformatoriki pomiarowe służyć mogą do rozszerzenia zakresu skali przyrządów i wówczas odgrywają podobną rolę jak boczniki i oporniki dodatkowe, przewyższając te ostatnie mniejszem zużyciem energii.

Rozróżniamy następujące rodzaje transformatorów pomiarowych:

a/ do zniżania wysokiego napięcia, które mamy pomierzyć, do wysokości nie przedstawiającej niebezpieczeństwa w razie dotknięcia; są to transformatoriki napięciowe

b/ do zniżania wysokiego napięcia prądu, którego natężenie, mamy pomierzyć, do granic bezpiecznych; są to transformatoriki prądowe wysokiego napięcia.

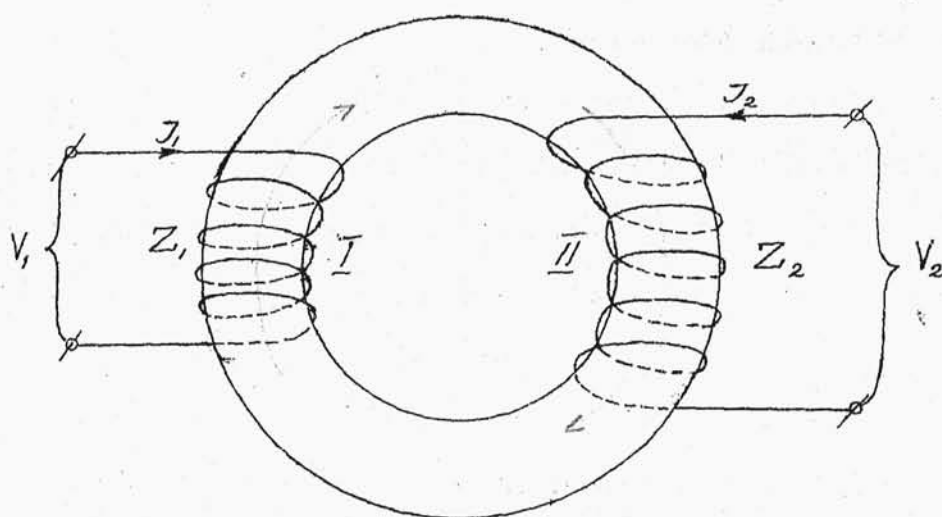
c/ do zmniejszania natężenia prądu niskiego napięcia do granic dopuszczalnych dla przyrządów pomiarowych, przyłączanych do transformatora; są to transformatoriki prądowe niskiego napięcia.

Dwa ostatnie rodzaje są najczęściej razem połączone.

Żądania stawiane transformatorom pomiarowym są następujące:

α / możliwie daleko idąca proporcjonalność wielkości mierzonych po stronie pierwotnej i wtórnej w granicach mierzonych wielkości; a więc przy transformatorach napięciowych wystarczają często granice normalnych wahań napięcia w sieci, zaś przy transformatorach prądowych musi być zachowana proporcjonalność w całej skali prądu od zera do maximum, t.j., możliwie stały stosunek transformacji /przekładnia/ ν .

Według schematu transformatora pomiarowego, uwidocznionego na rys.105, przekładnia transfor-



Rys. 105.

matorka napięciowego wyraża się wzorem:

$$v_u^e = \frac{V_1}{V_2} = \frac{Z_1}{Z_2}$$

zaś transformator prądowego - wzorem:

$$v_i^e = \frac{I_1}{I_2} = \frac{Z_2}{Z_1}$$

U transformatora napięciowego przekładnia v_u^e zależy od jego obciążenia. Przy większym obciążeniu wtórnym wskutek większego spadku napięcia wartość V_2 napięcia wtórnego maleje szybciej. Okoliczność ta powoduje wzrost przekładni v_u^e wraz z obciążeniem. Dążymy zatem do jaknajmniejszego obciążania transformatorów napięciowych.

U transformatora prądowego przekładnia v_i^e zależy od prądu jałowego, którego wpływ na prąd pierwotny przy większym obciążeniu jest stosunkowo mniejszy; przyczem przekładnia v_i^e rośnie z obciążeniem. Dążymy zatem do jaknajwiększego obciążania transformatorów prądowych /zwarcie obwodu wtórnego/.

β / możliwie duże /prawie 180°/ przesunięcie fazy między pierwotnymi wielkościami mierzonymi i wtórnymi.

Wykres wektorowy transformatora pomiarowego uwidocznia rys.106. Przy biegu jałowym siły elektromotoryczne E_1 i E_2 są prostopadłe do strumienia Φ

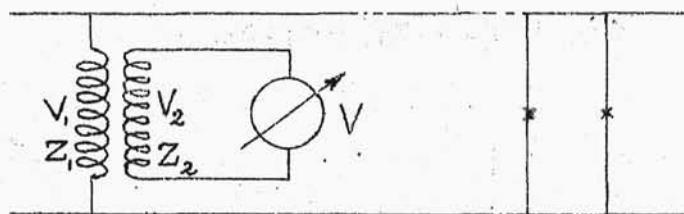
oznaczono przez φ_1 i φ_2 . Kąty δ_u i δ_i zmieniają się wraz z obciążeniem, powodując przez to zmianę przesunięcia faz φ_1 i φ_2 , a co zatem idzie - zmianę wskazania licznika. Stąd wynika, że należy kąty δ_u i δ_i czynić jaknajmniejszymi. Wskutek istniejących spadków napięć, jak również wskutek obecności prądu jałowego, kąty δ_u i δ_i nie są nigdy równe zero.

δ / niezależność przekładni od częstotliwości w możliwie szerokich granicach; bowiem wskutek zmian częstotliwości zmieniają się stosunki oporów, strumieni i prądów w transformatorze, co powoduje zmianę przekładni.

δ / równość kształtu krzywych mierzonych wielkości pierwotnych i wtórnych.

2/ Transformatorke napięciowe.

Układ połączeń transformatora napięciowego uwidocznia rys.107. Uzwojenie pierwotne jest załą-



Rys. 107

ozone na wysokie napięcie V_1 , które jest normalnie stałem i wywołuje stałe niskie napięcie

V_2 w uzwojeniu wtórnym. Przekładnia ν_u^e , wyrażająca się wzorem:

$$\nu_u^e = \frac{E_1}{E_2} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{Z_1}{Z_2}$$

zmienia się bardzo mało wraz z obciążeniem. -

Straty napięciowe wynoszą maximum 1 %.

Indukcja w żelazie jest duża i wynosi $B \cong \approx 10000$ c.g.s: wskutek czego prąd jałowy jest duży. Prąd ten powoduje jednak małe spadki i straty napięć i jest on prawie stały, gdyż napięcie V_1 i strumień magnetyczny są prawie niezmiennne.

Transformator napięciowy pracuje jako bardzo słabo obciążony transformator mocy; nie można go zbyt obciążać, a tem bardziej zwierać, gdyż to spowodowałoby jego spalenie się.

Na tabliczce transformatora podane jest maksymalne obciążenie wtórne P , wynoszące zwykle kilkadziesiąt woltamperów /nie mniej niż 30 V A/. Stosunek $\frac{P}{V_2}$ wyraża zatem maksymalny prąd I_2 , jaki można odebrać z transformatora /zwykle

dziesiąta część ampera/. Jako błąd transformator-
ka napięciowego jest uważany błąd napięcia Δ_v ,
wyrażający się wzorem:

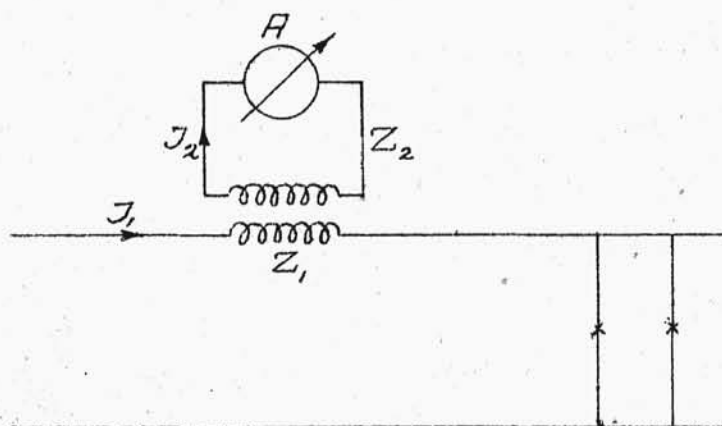
$$x/ \quad \Delta_v = \frac{V_2 - \frac{V_1}{\frac{V_1}{V_2}}}{\frac{V_1}{\frac{V_1}{V_2}}} \cdot 100\%$$

nie powinien on przekraczać $\pm 0,5 \%$ przy obciążeniu wynoszącym $0,8 \div 1,2$ mocy.

Błąd przesunięcia fazy napięć winien być $\delta_v \leq \pm 20'$; jeżeli wektor V_2 wyprzedza wektor V_1 , to obowiązuje znak dodatni.

3/ Transformatoriki prądowe.

Układ połączeń transformatora prądowego uwi-
docznia rys.108. Uzwojenie pierwotne jest załą-



rys. 108.

czono na duży prąd J_1 , który ulega zmianie, zaś w uzwojeniu wtórnym powstaje prąd J_2 o natężeniu niższym.

Podczas gdy w transformatorze napięciowym pole magnetyczne wypadkowe /strumień/ praktycznie jest niezmiennie i równe polu przy biegu luzem, to w transformatorze prądowym pole wtórne jest równe polu pierwotnemu i odwrotnie doń skierowane, tak, że pola te znoszą się wzajemnie. Stąd wynika, że i amperozwoje pierwotne i wtórne są sobie równe, t.j.

$$J_1 Z_1 \cong J_2 Z_2$$

zatem przekładnia:

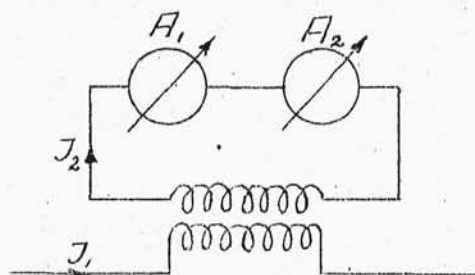
$$\mathcal{K} = \frac{J_1}{J_2} = \frac{Z_2}{Z_1}$$

Wobec wzajemnego znoszenia się amperozwojów, prąd magnesujący jest prawie równy zeru, zaś liczba amperozwojów magnesujących $J_0 Z_1$ - bardzo mała.

W celu uzyskania niezależności przekładni \mathcal{K} od obciążenia należy transformatorek silnie obciążać, zwierając uzwojenie wtórne /opór amperomierza mały/ i czynić prąd magnesujący jaknajmniejszym, dając małe nasycenie $B \cong 1000$ c.g.s./ i jaknajlepsze blachy /aljażowe/ starannie wyrobione oraz wycinane z jednego kawałka w celu dobrego

zamknięcia obwodu magnetycznego /bez styków/.

Obciążenie transformatora prądowego dobiera się odpowiednio do jego maksymalnej mocy. Napięcie wtórne jest bardzo małe i wynosi ono tyle woltów, ile potrzeba na pokrycie spadku napięcia na amperomierzu względnie na cewce prądowej licznika /parę woltów/. Napięcie to jest zależne od prądu \mathcal{I}_2 , a co za tem idzie również od prądu \mathcal{I}_1 . Jeżeli jednak prąd \mathcal{I}_1 jest stały, to napięcie wtórne pozostaje prawie stałe, niezależne od oporu obwodu wtórnego, natomiast moc wtórna jest odpowiednio większą lub mniejszą. -



Rys. 109.

W wypadku przedstawionym na rys.109 moc wtórna jest dwa razy większa niż w wypadku przedstawionym na rys.108, co jest niekorzystnem dla transformatora. Im mniejszy jest opór obwodu wtórnego /mniej przyrządów połączonych w szereg/, tem

lepsza jest praca transformatora. W wypadku idealnym opór ten równa się zero /zwarcie/.

Transformator prądowy nie powinien być nigdy otwarty po stronie wtórnej, gdyż wówczas jego własności magnetyczne ulegają zmianie. Należy zatem przewidzieć urządzenie do zwierania po wyłączeniu przyrządów.

Na tabliczce transformatora podany jest maksymalny opór pozorny, jaki można przylaczyć po stronie wtórnej.

Najczęściej buduje się transformator pomiarowe na 5 A wtórnych, w których opór pozorny wtórny nie może przekroczyć 0,6 Ω .

Jako błąd transformatora prądowego jest uważany błąd prądu Δ_i , wyrażający się wzorem:

$$\Delta_i = \frac{I_2 - \frac{I_1}{k_i}}{\frac{I_1}{k_i}} \cdot 100\%$$

nie powinien on przekraczać $\pm 0,5\%$ od obciążenia maksymalnego do 1/5, poniżej zaś - $\pm 1\%$.

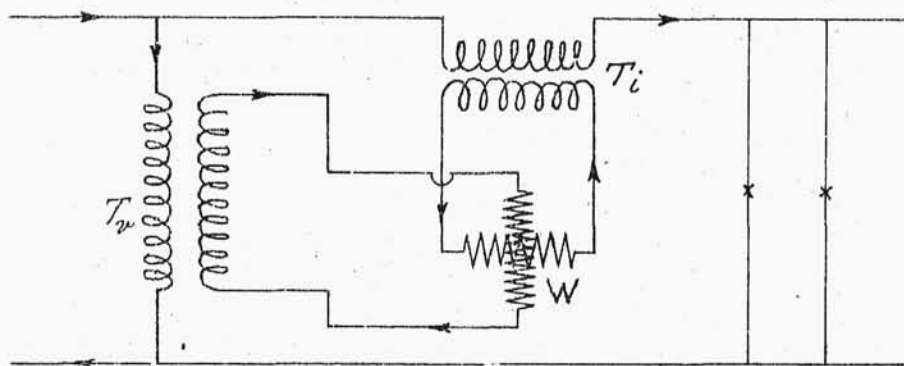
Błąd przesunięcia fazy prądów winien być

$\delta_i \leq \pm 40'$; jeżeli wektor I_2 wyprzedza wektor I_1 /rys.106/, to obowiązuje znak dodatni.

4/ Zastosowanie.

Transformatoriki pomiarowe są stosowane do pomiaru napięcia, natężenia prądu i mocy lub energii przy wysokim napięciu, jak również do uruchomienia przekaźników wszelkiego rodzaju w sieciach wysokiego napięcia lub o dużym natężeniu prądu.

Na rys.110 podany jest układ połączeń watomierza W wraz z zastosowaniem transformatora prądowego T_i i napięciowego T_v



Rys. 110.

Należy przytem pamiętać o racjonalnem i prawidłowem połączeniu, zwłaszcza przy watomierzach i licznikach trójfazowych. Na rys.110 podane są dla pewnej chwili prawidłowe kierunki prądów.

Cechowanie i sprawdzanie transformatora może odbywać się dwoma sposobami, a mianowicie:

- wspólnie z odpowiednim przyrządem; wówczas transformator może nie odpowiadać żądaniom, zacytowanym poprzednio. Przy cechowaniu błąd jest już uwzględniony we wskazaniach przyrządu; do innych przyrządów nie można go jednak użyć.

- oddzielnie - wówczas musi odpowiadać wspomnianym żądaniom i nadaje się do każdego przyrządu.

Koniec Części I.

S P I S R Z E C Z Y.

CZĘŚĆ I.

str.

Rozdział I. Jednostki miary i wzorce	3.
" II. Ogólne własności mierników i liczników.	40.
" III. Przyrządy galwanometryczne	56.
A/ Przyrządy galwanometryczne z ruchomym magnesem	71.
B/ Przyrządy galwanometryczne z ruchomą cewką	87.
Rozdział IV. Przyrządy dynamometryczne	101.
" V. Przyrządy indukcyjne.	118.
" VI. " elektromagnetyczne	130.
" VII. " elektrokaloryczne	137.
" VIII. " elektrostatyczne	153.
" IX. " wibracyjne	175.
" X. Ogólne własności liczników	182.
" XI. Liczniki elektrolityczne	187.
" XII. Liczniki wahadłowe	191.
" XIII. Liczniki magnetomotoryczne	201.
" XIV. Liczniki elektrodynamiczne	219.

- II.

	str.
Rozdział XV. Liczniki indukcyjne	237.
" XVI. Przepisy o użyciu liczników	262.
" XVII. Transformatorki pomiarowe.	267.



nr. 19