

#### 4. Opracowanie pomiarów i dyskusja wyników

A. Opierając się na uzyskanych wynikach wykreślić charakterystykę pasmową  $t_p = f(J)$  stosując w obu osiach skalę logarytmiczną. Otrzymaną charakterystykę porównać z wymaganiami określonymi w normie resortowej.

✓ B. Przeanalizować wpływ elementów układu probierczego na dokładność pomiaru czasu metodą sekundomierza elektrycznego.

✓ C. Opisać metody wpływania na charakterystykę prądowo-czasową bezpieczników n.n.

D. Określić warunki wybiórczego działania bezpieczników i wyłączników n.n.

#### 4. Badanie pracy przekładników prądowych

##### Ćwiczenie 4.1. Pomiary uchybów przekładników prądowych

##### 1. Objaśnienia wstępne do ćwiczenia

Jednym z podstawowych wymagań stawianych przekładnikom prądowym jest możliwie wierne transformowanie prądów pierwotnych na wtórną stronę przekładnika. Wiadomo jednakże, że błędne transformowanie - z uwagi na występowanie prądu magnetyzującego - jest niemożliwe, w wyniku czego podstawowa zależność występująca w przekładniku prądowym  $J_2 = J_1 \frac{Z_1}{Z_2}$  jest spełniona jedynie z pewnym przybliżeniem. Dla oceny tego przybliżenia wprowadzone zostały pojęcia uchybów przekładnika, przy czym odróżnia się uchyb prądowy, dotyczący wartości skutecznej prądu oraz uchyb kątowy, określający przesunięcie fazowe pomiędzy prądem pierwotnym i wtórnym.

Uchyb prądowy przekładnika prądowego  $\Delta i$  jest to różnica wartości skutecznych prądu wtórnego  $J_2$  pomnożonego przez przekładnię znamionową  $(\mathcal{V}_{izn} = \frac{Z_2}{Z_1})$  i prądu pierwotnego, wyrażona w % prądu pierwotnego.

$$\Delta i = \frac{\mathcal{V}_{izn} J_2 - J_1}{J_1} 100\%, \quad (39)$$

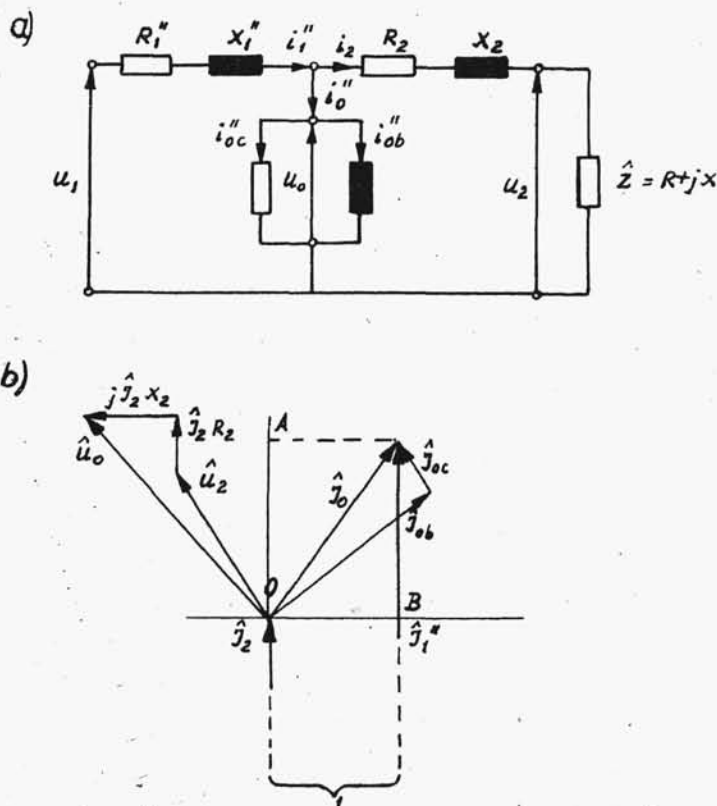
po dokonaniu przekształceń

$$\Delta i = \frac{J_2 - J_1''}{J_1} \cdot 100\%, \quad (40)$$

gdzie  $J_1''$  - wartość prądu pierwotnego sprowadzona do obwodu

$$\text{wtórnego tzn. } J_1'' = J_1 \frac{Z_1}{Z_2}.$$

Na wykresie wskazowym sporządzonym na podstawie schematu zastępczego przekładnika (rys.119) miarą uchybu prądowego jest



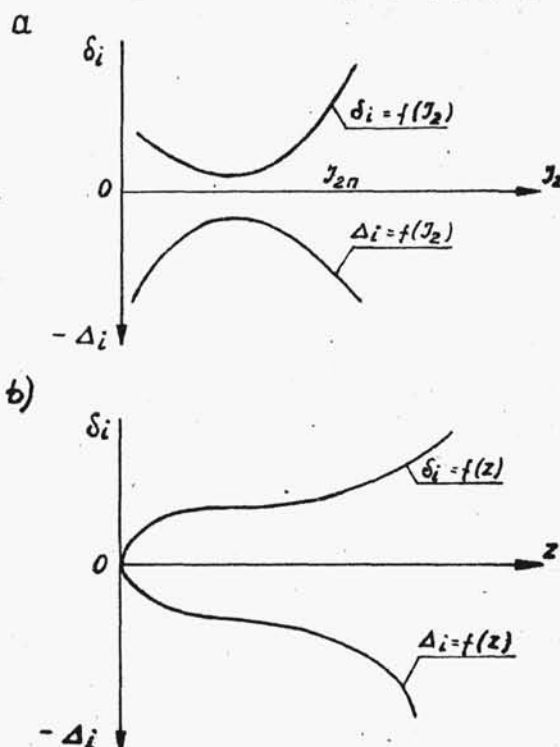
Rys.119. a.- Schemat zastępczy przekładnika prądowego, b - uproszczony wykres wskazowy przekładnika.

Uwaga: na wykresie wskazy  $J_1''$  i  $J_2$  przedstawiono jako równoległe. W rzeczywistości wychodzą one z jednego punktu, którego początek leży w p-cie 1 daleko poza granicami rysunku

odcinek OA będący różnicą  $J_1'' - J_2$ . Z wykresu wskazowego wynika, że o ile w przekładniku nie wprowadza się poprawki zwojowej, uchyb prądowy ma zawsze wartość ujemną.

Uchyb kątowy określony jest kątem o jaki przesunięty jest na wykresie wskazowym wskaz prądu wtórnego  $J_2$  względem wskazuspro-  
wadzonego prądu pierwotnego  $J_1''$ . Uchyb ten oznaczony jest symbolem  $\delta_1$  i wyrażany w minutach. Przyjęto również oznaczenie dodatkowego uchybu kąowego w przypadku, kiedy wskaz prądu wtórnego wyprzedza wektor  $J_1''$ . Na wykresie wektorowym (rys. 119) miarą uchybu kąowego jest odcinek OB.

Dla określonego rodzaju przekładnika wartości uchybów zależne są od wartości prądu, płynącego przez przekładnik, jak



również od obciążenia uzwojenia wtórnego (Z).

Przykładowe przebiegi tych zależności przedstawiono na rys.120.

W zależności od przeznaczenia przekładnika stawiane mu są określone wymagania dokładności transformowania prądu, wyznaczonej przez dopuszczalne wartości uchybów. W związku z tym wprowadzono podział przekładników na klasy dokładności, scharakteryzowane ściśle określonymi granicami dopuszczalnych uchybów, przy czym klasy te dostosowano do dokładności używanych w praktyce przyrządów pomiarowych i zabezpieczających. Według polskich przepisów PN/E-06500 normalizuje się 4

Rys.120. Przykładowe przebiegi zależności: a -  $\delta_1 = f(J_2)$ ,  $\Delta_1 = f(J_2)$  przy  $Z = \text{const.}$ , b -  $\delta_1 = f(Z)$ ,  $\Delta_1 = f(Z)$  przy  $J_2 = \text{const.}$

podstawowe klasy dokładności przekładników prądowych, zgodnie z danymi przedstawionymi w tabelicy 11.

Tablica 11

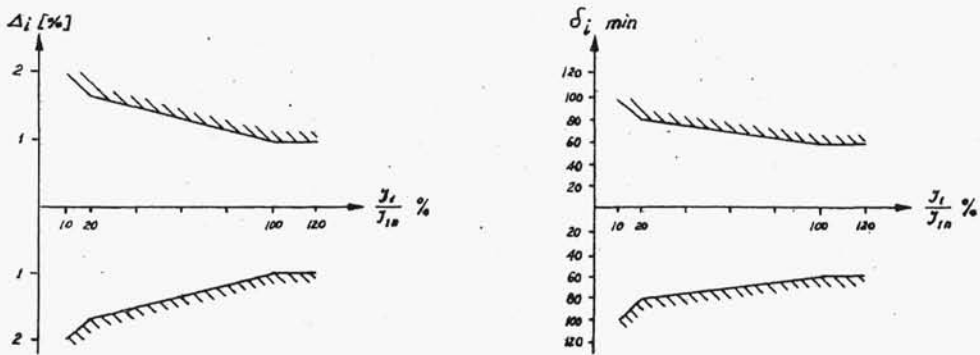
Podział przekładników na klasy dokładności wg PN/E-06500

Klasa dokładności	Prąd pierwotny w % prądu znamionowego	Obciążenie wtórne przy znam. prądzie wtórnym w % mocy znam.	Dopuszczalne uchyby przy $f = 50 \text{ Hz}$ i $\cos \varphi_{ob} = 0,8 \text{ ind}$	
			uchyb prądowy $\pm \Delta_i$	uchyb kątowy $\pm \delta_i$
-	%	%	%	
3	50 i 100	50 - 100	3	-
1	100 i 120	25 - 100	1	60
	20		1,5	80
	10		2	120
0,5	100 i 120	25 <sup>x</sup> ) - 100	0,5	30
	20		0,75	40
	10		1,0	60
0,2	100 i 120	25 <sup>x</sup> ) - 100	0,2	10
	20		0,3	15
	10		0,4	20

x) Jeżeli 25% mocy znamionowej jest większe od 15 VA, to dopuszczalne uchyby nie mogą być przekroczone przy obciążeniu uzwojenia wtórnego w granicach od 15 VA do 100% mocy znamionowej.

W ramach danej klasy wymagania dotyczące dopuszczalnych uchybów muszą być spełnione w określonym zakresie zmian prądu pierwotnego np. (10-120)%  $J_n$ , jak również w oznaczonym zakresie zmian obciążenia w odniesieniu do mocy znamionowej obciążenia np. (25%-100%)  $S_n$ . Tak więc pojęcie mocy znamionowej przekładnika charakteryzuje obciążenie wtórne, przy którym spełnione są warunki danej klasy dokładności. Oznacza to jednocześnie, że ten sam przekładnik może mieć w różnych klasach dokładności różne wartości mocy znamionowej. Przykładowy przebieg dopuszczalnych uchybów prądowych i kątowych dla klasy do-

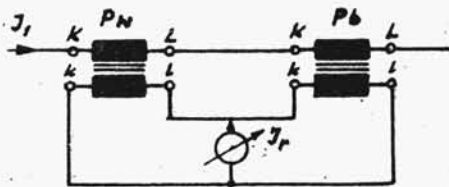
kładności 1,0 przedstawiono wykreślnie na rys.121. Rzeczywiste uchyby spełniające wymagania tej klasy przekładnika przy żą-



Rys.121. Granice uchybów  $\Delta_i$  i  $\delta_i$  dla klasy dokładności 1

danym zakresie zmian prądu i obciążenia muszą mieścić się pomiędzy prostymi dopuszczalnych uchybów. Poza klasami dokładności wymienionymi w tablicy 11, obejmującymi przekładniki stosowane w urządzeniach elektroenergetycznych i laboratoryjnych, istnieją klasy dokładności dla specjalnych przekładników laboratoryjnych o znacznie mniejszych wartościach dopuszczalnych uchybów.

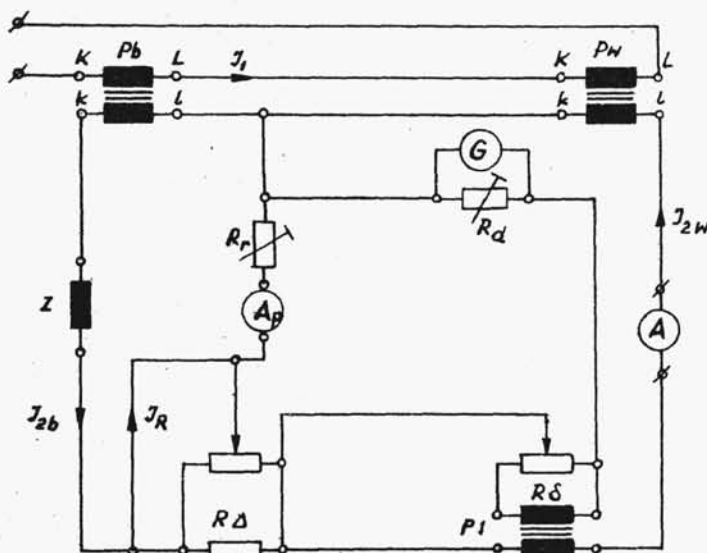
Uchyby przekładników można wyznaczać na drodze analitycznej opierając się na dokładnej znajomości konstrukcji przekładnika i użytych materiałach. Jest to jednak metoda bardzo pracochłonna i stosowana jedynie podczas projektowania przekładnika. Najwygodniejszą metodą wyznaczenia uchybów przekładników jest niewątpliwie metoda pomiarowa. Opiera się ona na porównaniu prądu wtórnego przekładnika badanego z prądem wtórnym przekładnika wzorcowego o takiej samej przekładni i pomijalnych uchybach (rys.122). Aby wy-



Rys.122. Zasada pomiaru uchybów przekładnika metodą różnicową

znaczyć uchyb prądowy i kątowy w sposób możliwie dokładny stosuje się kompensator prądu zmiennego. Istnieje dość duża różnorodność wykonania technicznych mostków kompensacyjnych zbudowanych na tej zasadzie. W ćwicze-

niu będzie stosowany mostek w układzie Hohle'a, którego schemat ideowy przedstawiono na rys.123.



Rys.123. Ideowy schemat mostka kompensacyjnego dla pomiaru uchybów przekładników prądowych w układzie Hohle'a. Oznaczenia:  $P_b$  - przekładnik badany,  $P_w$  - przekładnik wzorcowy,  $Z$  - obciążenie przekładnika badanego,  $R_\Delta$  - układ do kompensacji uchybu prądowego,  $R_\delta$  - układ do kompensacji uchybu kąтового,  $R_r$  - oporność gałęzi różnicowej,  $A$  - amperomierz do pomiaru prądu pierwotnego,  $A_p$  - amperomierz pomocniczy do sprawdzania prawidłowego połączenia  $P_b$  i  $P_w$ ,  $G$  - galwanometr wibracyjny,  $R_d$  - oporność zabezpieczająca galwanometr

Zasada działania mostka jest następująca. Przez połączone szeregowo uzwojenie pierwotne przekładnika wzorcowego  $P_w$  i badanego  $P_b$  przepływa ten sam prąd  $J_1$ , wywołując po stronie wtórnej prądy  $J_{2w}$  i  $J_{2b}$ . W gałęzi różnicowej płynie prąd będący różnicą geometryczną  $J_{2w}$  i  $J_{2b}$ .

Prąd różnicowy  $J_R$  powoduje powstanie na oporności  $R_r$  spadku napięcia o wartości skutecznej  $\Delta u = J_R \cdot R_r$ . Spadek ten można rozłożyć na dwie składowe:  $u_\Delta$  będący w fazie z prądem  $J_{2w}$  oraz  $u_\delta$  wyprzedzający o  $\frac{\pi}{2}$  wskaz  $J_{2w}$ .

W założeniu pominięcia uchybów przekładnika wzorcowego  $P_w$ , spadki te są w pewnej skali miarą uchybów przekładnika badanego. Spadki  $u_\Delta$  i  $u_\delta$  są kompensowane przy pomocy napięć występujących na opornikach  $R_\Delta$  i  $R_\delta$ . Napięcie na  $R_\Delta$  będące w fazie z prądem  $J_{2w}$  służy do kompensacji uchybu prądowego, podczas gdy napięcie na  $R_\delta$  dzięki zastosowaniu dławika  $M$  jest przesunięte względem  $J_{2w}$  o  $\frac{\pi}{2}$ , a więc kompensuje uchyb kątowy. Tak więc przy określonej wartości prądu w obwodach kompensacyjnych, w warunkach pełnej kompensacji uchyby badane-go przekładnika są proporcjonalne do oporności  $R_\Delta$  i  $R_\delta$ .

Warunkiem pełnej kompensacji jest brak prądu w obwodzie galwanometru wibracyjnego, który jest stosowany w tym układzie jako przyrząd zerowy prądu zmiennego.

Mostek stosowany w ćwiczeniu posiada kilka zakresów pomiarowych dla uchybów prądowych i kątowych, jak również przełączniki umożliwiające pomiar przy różnych znakach uchybów. Ponadto mostek wyposażony jest w oporniki zabezpieczające galwanometr dołączony z zewnątrz, jak również przyrząd umożliwiający kontrolę właściwego połączenia z mostkiem obwodów wtórnych przekładników  $P_w$  i  $P_b$ .

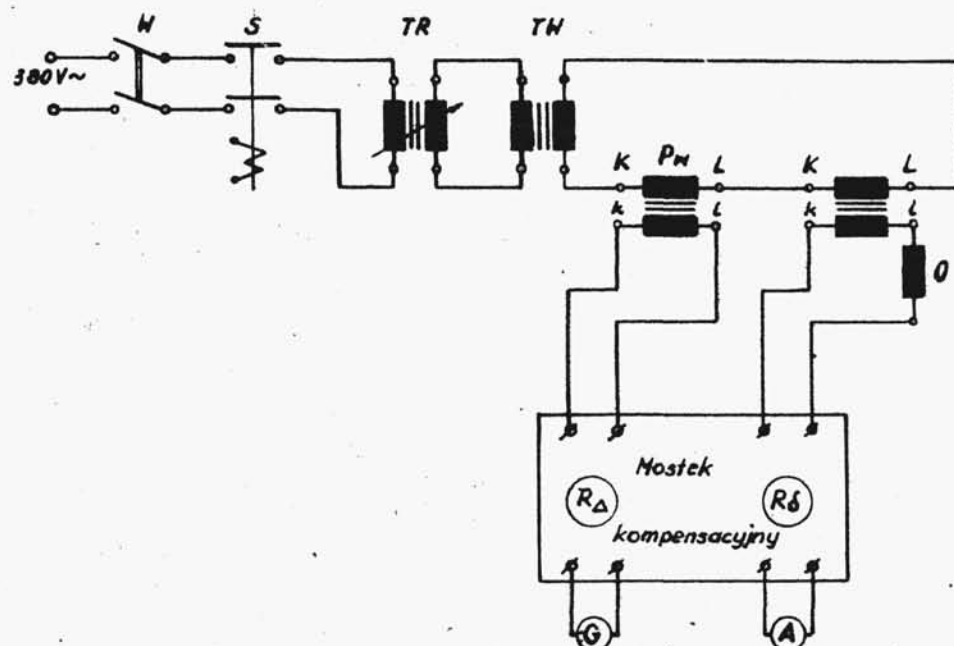
#### Wykaz literatury

1. Kwal M., Gałaszewski Z.: Kompensacja uchybów przekładników prądowych przez podwójne rozproszenie magnetyczne, Przegląd Elektrotechniczny 1955, z 2/3.
2. Starczakow W.: Przekładniki, WNT W-wa 1960.
3. Tyszkiewicz Z., Jerzykiewicz A.: Obwody magnetyczne współczesnych przekładników prądowych. Metody kompensacji uchybów, Przegląd Elektrotechniczny 1962, z.5.

## 2 P o m i a r y

W ćwiczeniu przeprowadzone będą pomiary mające na celu sprawdzenie klasy dokładności przekładnika prądowego przy określonej wartości jego mocy znamionowej. Pomiary będą przeprowadzone w układzie przedstawionym na rys.124. Badany prze-

kładnik przed przystąpieniem do pomiarów powinien być rozmagnesowany przez kilkakrotne magnesowanie, a następnie bardzo powolne zmniejszanie wartości prądu do zera.



Rys.124. Ideowy schemat układu do pomiaru uchybów przekładników prądowych. Oznaczenia: TR - transformator nastawczy, TW - transformator wielkoprądowy,  $P_w$  - przekładnik wzorcowy,  $P_b$  - przekładnik badany, O - skrzynka obciążeń, G - galwanometr wibracyjny, A - amperomierz prądu zmiennego, W, S - aparaty pomocnicze

Pomiary uchybów wykonuje się za pomocą opisanego w poprzednim punkcie mostka kompensacyjnego. Pomiary należy wykonać w żądanym dla danej klasy dokładności badanego przekładnika, zakresie zmian prądu dla kilku wymaganych wartości obciążenia.

Wartość prądu w obwodzie nastawia się za pomocą regulatora indukcyjnego TR, prąd pierwotny mierzy się na podstawie wskazań amperomierza A (rys.124) zasilanego z przekładnika wzorcowego. Nastawianie obciążenia Z odbywa się przez zmianę nastawienia oporności w tzw. skrzynce obciążeń O ( $\cos \varphi = 0,8 \sin \delta$ ). Kolejność pomiarów powinna być następująca. Po ustawieniu wymaganej wartości prądu, w obwód kompensacyjny włą-



cza się galwanometr wibracyjny, dostrojony do rezonansu z częstotliwością 50 Hz. W momencie włączenia galwanometru powinien on być zabezpieczony opornością szeregową  $R_d$  o dostatecznie dużej wartości. Następnie przez odpowiednie nastawianie opornikami  $R_{\Delta}$  i  $R_g$  i stopniowe uczulanie galwanometru (zmniejszanie wartości oporności zabezpieczającej) doprowadza się do pełnej kompensacji układu, przy której wychylenie galwanometru jest najmniejsze. Nastawianie  $R_{\Delta}$  i  $R_g$  szczególnie w obszarze bliskim pełnej kompensacji powinno być dokonywane na przemian, a nie jednocześnie. Umożliwia to bowiem szybsze skompensowanie mostka.

U w a g a: Po włączeniu obwodu probierczego i powiększaniu wartości prądu, należy obserwować wmontowany w mostek amperomierz pomocniczy  $A_p$ . W przypadku niewłaściwego połączenia obwodów  $P_b$  i  $P_w$  w gałęzi różnicowej będzie płynęła suma, a nie różnica prądów (amperomierz  $A_p$  będzie się wychylał). Po stwierdzeniu niewłaściwego połączenia należy skrzyżować końce dowolnego z uzwojeń wtórnych  $P_b$  lub  $P_w$ .

### 3. P r o t o k ó ł p o m i a r ó w

#### A. Parametry przekładnika badanego

Typ ... NF ....  $U_n = \dots$  kV,  $J_{n1} = \dots$  A,  $\mathcal{J} = \dots$  A/A

$S_n = \dots$  VA w klasie .....

#### B. Parametry układu probierczego (rys.124)

TW - transformator prądowy typ ..... moc ..... kVA  
przekładnia ..... A/A

TR - regulator napięcia typ ..... moc ..... kVA

TW - przekładnik wzorcowy typ .... kl .....  
przekładnia ..... A/A

O - skrzynka obciążeń typ ..... zakres .....

MK - mostek kompensacyjny typ ..... zakres pomiarowy .....

G - galwanometr wibracyjny typ .... czułość .....

A - amperomierz typ .... zakres ..... A

C. Tablica wyników pomiarów

Ip.	Wartość obciążenia	$\frac{J_1}{J_{1nb}}$	Wartości uchybów			
			wymagane		pomierzone	
			$\Delta i$	$\delta i$	$\Delta i$	$\delta i$
-	VA	-	%	'	%	'

4. Opracowanie pomiarów i dyskusja wyników

A. Na podstawie otrzymanych wyników wykreślić zależności  $\Delta i = f\left(\frac{J_1}{J_{1nb}}\right)$  oraz  $\delta i = f\left(\frac{J_1}{J_{1no}}\right)$  dla poszczególnych wartości obciążenia uzwojenia wtórnego. Porównać (na wykresie) otrzymane wyniki z wartościami wymaganymi przez PN/E-06500 i sprawdzić klasę dokładności badanego przekładnika w stosunku do danych podawanych przez wytwórcę.

B. Przeanalizować układ probierczy i pomiarowy pod kątem ustalenia źródeł błędów pomiaru.

C. Przeanalizować metody kompensacji uchybów przekładników prądowych.

Ćwiczenie 4.2. Wyznaczanie liczby przetężeniowej przekładników prądowych

W p r o w a d z e n i e

W poprzednim ćwiczeniu zajmowaliśmy się wymaganiami stawianymi przekładnikom prądowym w normalnych warunkach pracy układu. Obecnie zajmiemy się bliżej parametrami charakteryzującymi przekładniki przy prądach przekraczających wartości prądu znamionowego. Przy znacznych przetężeniach w wyniku zjawiska nasycania się rdzenia przekładnika prądowego, powstaje znaczny uchyb prądu transformowanego na stronę wtórną, przy czym jednocześnie występuje odkształcenie przebiegu prądu wtórnego od sinusoidy. Cechą charakteryzującą własności przekładnika przy przetężeniach jest liczba przetężeniowa  $N$  określana najczęściej jako 10% ( $N_{10}$ ). Liczba przetężeniowa 10% określona jest