

4. Opracowanie wyników pomiarów i wnioski

A. Zestawy wyznaczonych doświadczalnie charakterystyk czasowo-prądowych wyzwalacza bezpośredniego (tabela C protokołu).

B. Wykres zależności czasu własnego wyłącznika od napięcia zasilania wyzwalacza podnapięciowego (tabela D protokołu).

C. Rodzina charakterystyk opóźniania elektrycznego wyzwalacza podnapięciowego $t_0 = f(R_2)$ dla różnych wartości C_0 (tabela F protokołu).

D. Ocena badanych wyzwalaczy w oparciu o przepisy obowiązującej normy krajowej (międzynarodowej) na aparaty łączeniowe wys.nap.

Dyskusja wyników

E. Ocena dokładności przeprowadzanych w czasie ćwiczenia pomiarów.

Ćwiczenie 2.3. Wyznaczanie charakterystyk urządzeń do samoczynnego działania łączników n.n.

1. O b j a ś n i e n i a w s t ę p n e d o ć w i c z e n i a

1.1. Metodyka badań wyzwalaczy i przekaźników termobimetalowych

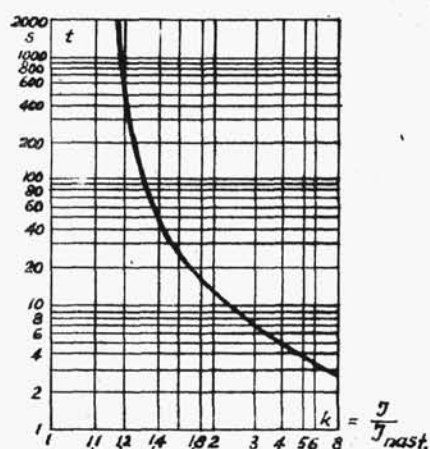
Urządzenia do samoczynnego działania łączników przemysłowych podzielić można na dwie zasadnicze grupy:

- wyzwalacze i przekaźniki elektromagnetyczne
- wyzwalacze i przekaźniki termiczne (w szczególności termobimetalowe).

Podobnie jak w przypadku wyzwalaczy elektromagnetycznych współpracujących z wyłącznikami w.n. zachowamy i w tym przypadku zasadniczy podział wszystkich odmian wyzwalaczy i przekaźników na pomiarowe i pomocnicze.

Zagadnienia dotyczące metodyki badań nastawiania czasów charakterystycznych wyzwalaczy i przekaźników elektromagnetycznych zostały wcześniej zreferowane we wstępie do ćwiczenia 2.2. i są tutaj w całości aktualne. Krótkiego wprowadze-

nia wymagają badania wyzwalaczy i przekaźników termobimetalowych.



Rys.105. Przykład charakterystyki czasowo-prądowej przekaźnika (wyzwalacza) termobimetalowego

Wyzwalacze i przekaźniki termobimetalowe są typowymi pomiarowymi przyrządami zabezpieczeniowymi o zależnej charakterystyce czasowo-prądowej (rys.105).

Stosowane jako zabezpieczenie od przeciążeń służą głównie do ochrony silników indukcyjnych i przewodów. Zastosowanie ich nie ogranicza się jedynie do urządzeń na napięcia niskie-częste są bowiem przypadki stosowania tych przyrządów dla zabezpieczania silników i kabli elektroenergetycznych w.n.

Cechą charakterystyczną zabezpieczeniowych przyrządów termobimetalowych jest bardzo znaczna zależność przebiegu ich charakterystyk czasowo-prądowych od ich konstrukcji, jakości wykonania i montażu.

Przyrząd termobimetalowy działa na zasadnicze ugięcia elementu termobimetalowego, będącego funkcją temperatury (kwadratu prądu). Dokładność wielokrotnego przenoszenia tego ugięcia na wykonawczy organ wyzwalający lub łącznik pomocniczy decyduje o dokładności działania przyrządu. Z drugiej strony podnoszenie dokładności działania powiększa koszty wytwarzania i skalowania takich przyrządów. W rezultacie obserwować możemy poważne zróżnicowanie w stopniu precyzyjności wykonania zabezpieczeniowych przyrządów termobimetalowych o różnych przeznaczeniach.

Prostszą i tańszą konstrukcją wyróżniają się wyzwalacze i przekaźniki termobimetalowe, służące do ochrony mniejszych silników, przewodów itp. Ze znaczną precyzją i przy dużym nakładzie kosztów wytwarzane są przekaźniki termobimetalowe dla ochrony silników dużej mocy, kabli w.n. i in.

Z powyższego wynika, że należy liczyć na możliwość zachowania przy różnym stopniu dokładności zadanej charakterystyki

czasowo-prądowej przyrządu termobimetalowego w zależności od jego wykonania. W każdym razie interesujące nas głównie wyzwalacze i przekaźniki termobimetalowe, w jakie wyposaża się łączniki przemysłowe, należą do grupy przyrządów prostszych i mniej dokładnych. W związku z tym ujęte w normach wymagania dla tej grupy wyzwalaczy i przekaźników formułowane są w sposób szczególny - a mianowicie przez podanie pewnych dwustronnych ograniczeń czasu zadziałania dla wybranych wartości prądu. Jako przykład może tu posłużyć tablica 8, zaczerpnięta z projektu normy krajowej, normalizująca przebieg charakterystyki wyzwalaczy i przekaźników termobimetalowych (L 2). Warto tu zaznaczyć, że wymagania tego typu ujmowane są na ogół powszechnie w systemie właśnie pewnych tylko punktów ograniczających przebieg rzeczywistej charakterystyki, niemniej jednak istnieją znaczne rozbieżności, zwłaszcza w ustaleniu rozpiętości między skrajnymi przebiegami charakterystyki. Zainteresowani bliżej tym zagadnieniem powinni przejrzeć pracę (L 1).

Stosunkowo znaczne rozpowszechnienie przyrządów zabezpieczeniowych termobimetalowych wynika stąd, że stanowią one drogą z uwagi na zależny przebieg ich charakterystyki $t = f(J)$ w większym lub mniejszym przybliżeniu, model cieplny zabezpieczanego urządzenia (silnika, przewodu). W związku z tym doświadczalne wyznaczanie charakterystyk czasowo-prądowych wyzwalaczy i przekaźników termobimetalowych przeprowadza się odpowiednio (w przypadku zestawów trójbiegunowych):

a) przy elementach termobimetalowych nagrzanych prądem nastawczym we wszystkich biegunach powiększamy prąd we wszystkich biegunach. Odpowiada to warunkom pracy przyrządu przy przeciążeniu,

b) jw. tylko prąd powiększamy w dwóch lub jednym biegunie. Odpowiada to warunkom pracy przyrządu przy zakłóceniach niesymetrycznych (zwarciach),

c) przy elementach termobimetalowych nie nagrzanych postępowanie jak w punkcie a) i b) odpowiada warunkom działania przyrządu przy rozruchu silnika, zakłóceniu bezpośrednio po włączeniu do pracy itp.

Tablica 8

Charakterystyki wyzwalaczy i przekaźników cieplnych

Ip.	Warunki pracy wyzwalacza lub przekaźnika	Typ	Prąd probierczy	Czas zadziałania
-	-	-	$x J_n$	$t, \text{min, sek}$
1	Powiększenie prądu przy wyzwalaczach (przekaźnikach) nagrzanych prądem nastawczym we wszystkich biegunach	TS TP	1,2	$\leq 20 \text{ min}$
2	Jak 1 przy powiększeniu prądu tylko w 2 spośród 3 biegunów	TS TP	1,3	$\leq 20 \text{ min}$
3	Jak 1 tylko w 1 biegunie spośród 3	TS TP	1,4	$\leq 20 \text{ min}$
4	Jak 1	TS TP	1,5	$\leq 2 \text{ min}$
5	Powiększenie prądu przy wyzwalaczach nie nagrzanych (temp. otoczenia $+ 20^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$)	TS TP	1,05	$> 2 \text{ h}$
6	Jak 5	TS	6,0	$\leq 8 \text{ sek}$
		TP	6,0	8÷40 sek

Oznaczenia: TS - wyzwalacz (przekaźnik) typu szybkiego,
TP - wyzwalacz (przekaźnik) typu powolnego.

Odpowiednio do powyższych stanów pracy przyrządów termobimetalowych przeprowadzić należy ich badanie, zważając na dobór odpowiednich czasów chłodzenia i nagrzewania termobimetalu po i przed pomiarem.

Pomocne mogą tu być orientacyjne wartości stałych czasowych nagrzewania

- samotnej płytki termobimetalowej nieosłoniętej $\sim 100 \text{ sek}$,
- płytki termobimetalowej owiniętej azbestem i z nałożonym grzejnikiem $\sim 150 - 200 \text{ sek}$.

1.2. Wpływ charakterystyk przekładnika prądowego na działanie wyzwalacza (przełącznika) termobimetalowego

Człony termobimetalowe wyzwalaczy lub przełączników stanowią typowe zabezpieczenie silników elektrycznych od przeciążeń. Zadanie ochrony od zwarcia przejmują zwykle na siebie człony bezwzględne - elektromagnetyczne lub bezpieczniki.

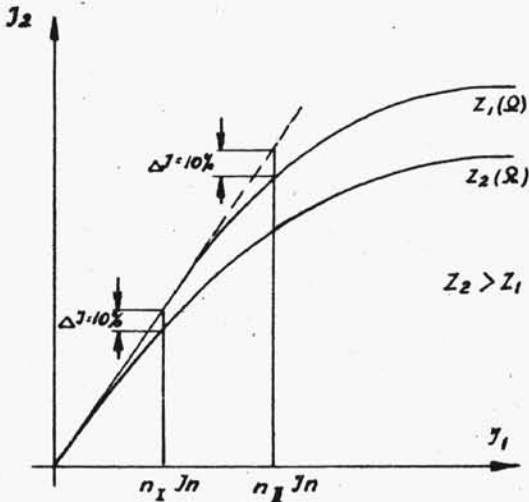
Załatwiając jednakże sprawę zabezpieczenia silników od przeciążeń za pomocą termobimetalu napotykamy często na istotne trudności przy przeprowadzeniu rozruchu, zwłaszcza rozruchu o czasie trwania powyżej 12 sek lub przy ruchu przerywanym o dużej liczbie łączów. Element termobimetalowy dobrany właściwie do ochrony od przeciążeń nie wytrzymuje zwykle bez zadziałania dłuższego trwającego rozruchu z powodu zbyt małej bezwładności cieplnej jak i samego rozwiązania jego mechanizmu, mającego umożliwić mu działanie przy mniejszych, a niebezpiecznych dla silnika przeciążeniach.

Oczywiście mechaniczne przystosowanie elementu termobimetalowego do wytrzymywania ciężkiego rozruchu niweczy jego prawidłowe działanie przy przeciążeniach.

Zagadnienie to można w pewnej mierze rozwiązać przez grzanie pośrednie lub kombinowane elementu termobimetalowego. Droga ta nie daje jednak wyniku przy zasilaniu termobimetalu z pomiarowego przekładnika prądowego, a więc w przypadku użycia taśmy termobimetalowej o małym przekroju. Bardzo dobre wyniki daje wtedy załączenie do obwodu grzejnego termobimetalu przekładników o małej liczbie przetężeńowej tzw. nasycających się.

Przekładniki te dzięki odpowiedniemu kształtowi i wymiarom rdzenia - zwykle z blachy żelazoniklowej nasycają się przy małej krotności prądu znamionowego. Innymi słowy ich liczba przetężeńowa, czyli taka krotność znamionowego prądu pierwotnego, przy której uchyb prądowy osiąga wartość minus 10% przy $z = n \cdot a \cdot m \cdot i \cdot o \cdot n \cdot o \cdot w \cdot y \cdot m$ obciążeniu uzwojenia wtórnego - jest mała, rzędu 1,5 - 3. Powyżej tej krotności znamionowego prądu pierwotnego coraz większa wartość prądu zużywa się na magnesowanie rdzenia - coraz mniejszy - względem wynikającego z przekładni zwojowej - jest prąd wtórny rośnie zatem bardzo szybko uchyb prądowy przekładnika (rys.106).

Łatwo jest teraz zrozumieć rolę, jaką odegrać mogą przekładniki nasycające się, jeśli w ich obwód wtórny włączony będzie element termobimetalowy.



Rys.106. Przebieg charakterystyk przekładnika prądowego przy różnych obciążeniach obwodu wtórnego. Oznaczenia: J_n - znamionowy prąd wtórny przekładnika, n_I, n_{II} - liczby przetężeniowe przekładnika przy obciążaniu jego obwodu wtórnego kolejno opornościami Z_2 i Z_1

Przy przeciążeniach, a zatem do osiągnięcia n -krotnej wartości znamionowego prądu pierwotnego przekładnika nasycającego się, odpowiadającego prądowi znamionowemu zabezpieczanego silnika - przekładnik ten transformuje normalnie w granicach 10% uchybu. Do elementu termobimetalowego doprowadzana jest wtedy wartość prądu, w przybliżeniu proporcjonalna do prądu silnika.

Przy rozruchu silnika, gdy pobierany przez niego prąd jest zależną od rodzaju silnika krotnością jego prądu znamionowego przekład-

nik nasycający się transformuje prąd rozruchowy z dużym uchybem (u c h y b p r á d o w y j e s t z a w s z e u j e m n y). Prąd doprowadzony do termobimetalu czy też uzwojenia grzania pośredniego jest wtedy mniejszy od wynikającego z przekładni zwojowej przekładnika, odpowiednio mniejsza jest też ilość wydzielanego ciepła. W efekcie otrzymujemy skutkiem zastosowania przekładników nasycających się zwiększenie czasów zadziałania elementu termobimetalowego przy znacznych przetężeniach, a o to nam właśnie chodziło.

Dla zabezpieczenia danego silnika o podanej wartości i czasie trwania prądu rozruchowego musimy narzucić przekładnikowi odpowiednią liczbę przetężeniową.

Zależy ona od obciążenia obwodu wtórnego przekładnika, dlatego też podaje się ją zawsze dla określonej oporności obwodu

wtórnego, wyrażonej w Ω (lub co jest mniej właściwe w VA jako obciążenie obwodu wtórnego). Ze wzrostem obciążenia liczba przetężeńiowa maleje w przybliżeniu odwrotnie proporcjonalnie.

Wynika z tego, że nastawianie przekaźnika do określonego rozruchu przeprowadzić można przez regulację oporności obciążenia w obwodzie wtórnym przekładnika nasycającego się. Im większa będzie ta oporność, tym szybciej nasyci się przekładnik - mniejsza zatem będzie jego liczba przetężeńiowa i na odwrót. Przy doborze opornika dla pomiarów pamiętać należy o tym, że musi on wytrzymywać obciążenie prądem rzędu 20 A a jego oporność powinna być rzędu $(0,2 \div 1) \Omega$.

Wspomnianym opornikiem dodatkowym regulujemy liczbę przetężeńiową nie tylko w kierunku jej zmniejszania - ale mamy również możliwość zwiększać ją powyżej znamionowej, ponieważ obciążenie przekładnika nasycającego się o mocy zwykle rzędu 10 VA przez człon termobimetalowy jest małe, rzędu $1 \div 3$ VA.

Wykaz literatury

1. Walentynowicz B.: Zabezpieczenia silników indukcyjnych, PWT, Warszawa 1956.
2. Łączniki o obciążalności znamionowej 25 A i powyżej, na znamionowe napięcia robocze do 1000 V prądu zmiennego i do 3000 V prądu stałego (projekt normy państwowej).
3. VDE - 0660/52. Regeln für Schaltgeräte bis 1000 V Wechselspannung (für Steuerschalter bis 10 kV Wechselspannung) und 3000 V Gleichspannung.

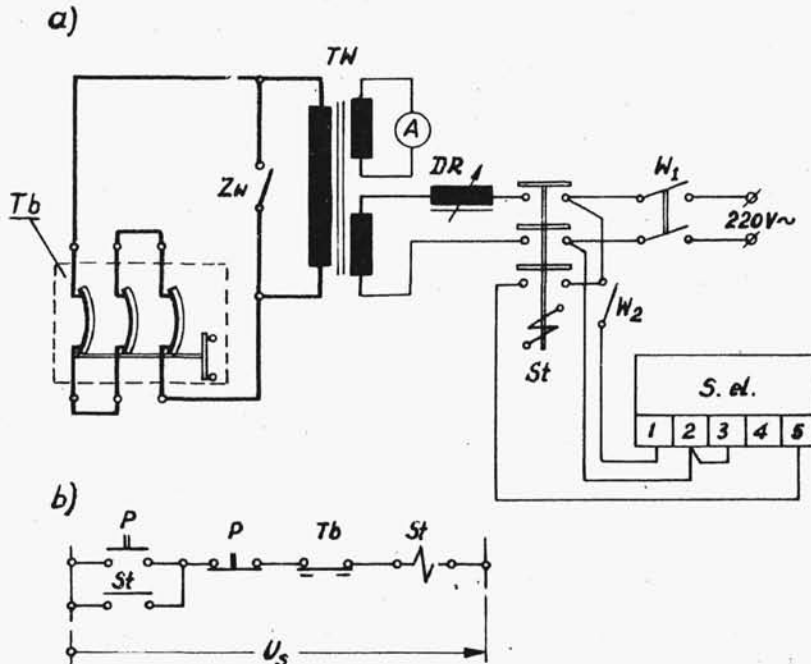
2. P o m i a r y

Cwiczenie obejmuje wyznaczenie charakterystyki przekaźnika termobimetalowego oraz zbadanie wpływu przekładników o małej liczbie przetężeńiowej na charakterystyki przekaźnika termobimetalowego.

2.1. Wyznaczenie charakterystyki przekaźnika termobimetalowego

Schemat układu pomiarowego dla zdejmowania charakterystyki czasowo-prądowej przekaźnika termobimetalowego podany jest na

rys.107. W układzie tym przewidziano jedynie próby przy przeciążaniu termobimetali we wszystkich biegunach przekaźnika trój-



Rys.107. Układ pomiarowy dla zdejmowania charakterystyki czasowo-prądowej przekaźnika termobimetalowego: a- schemat obwodu probierczego i pomiarowego, b - schemat obwodu sterowania stycznika St. Oznaczenia: TW - transformator wielkoprądowy z dławikiem nastawczym DR, Tb - przekaźnik termobimetalowy, Z_w - zwieracz sterowany przyciskami P, St - stycznik, W_1, W_2 - wyłączniki laboratoryjne, S.el. - sekundomierz elektryczny

biegunowego. W razie potrzeby można ten układ modyfikować dla przeciążania jedno- czy dwubiegunowego przy np. zasilaniu prądem nastawczym pozostałych biegunów z dodatkowego źródła. Sama metodyka pomiaru nie wymaga bliższego wyjaśnienia,

2.2. Badanie wpływu przekładników o małej liczbie przetężeńiowej na charakterystyki przekaźnika termobimetalowego

Schemat odnośnego układu pomiarowego podany jest na rys. 108. W układzie tym przewidziano przeciążenie jednobiegunowe przekaźnika przy nagrzewaniu prądem nastawczym pozostałych bie-

C. Zestawienie wyników pomiarów charakterystyk $J_2 = f(J_1)$ dla różnych wartości R_0 przekładnika nasycającego się (rys. 108).

J_1	J_2		
	$R_0 = \dots \Omega$	$R_0 = \dots \Omega$	$R_0 = \dots \Omega$
A	A	A	A

D. Zestawienie wyników pomiaru czasów zadziałania przekaźnika termobimetalowego (rys. 108)

Prąd probierczy		Czas zadziałania					
$x J_n$	-	$R_0 = \dots \Omega$		$R_0 = \dots \Omega$		$R_0 = \dots \Omega$	
-	A	min	sek	min	sek	min	sek

4. Opracowanie wyników pomiarów i wnioski

A. Charakterystyki czasowo-prądowe przekaźnika termobimetalowego (tabela B protokołu).

B. Charakterystyki $J_2 = f(J_1)$ przy różnych wartościach R_0 dla przekładnika nasycającego się (tabela C protokołu).

C. Charakterystyki czasowo-prądowe przekaźnika termobimetalowego, zasilanego poprzez przekładnik nasycający się (tabela D protokołu).

D. Ocena badanych przekaźników na podstawie przepisów obowiązującej normy krajowej (międzynarodowej) na łączniki przemyślne. Dyskusja wyników.

E. Ocena dokładności przeprowadzanych w czasie ćwiczenia pomiarów.