

18

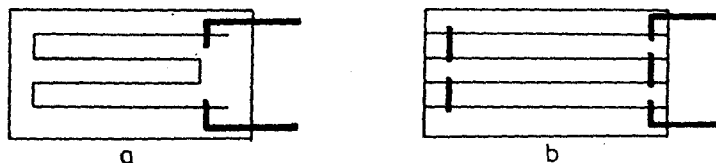
wpływ zmian rezystancji r_1 i r_2 pod wpływem zmian temperatury otoczenia. W układzie trójprzewodowym unika się tych wpływów, ponieważ rezystancje doprowadzeń r_1 i r_2 wchodzą do przeciwległych gałęzi mostka.

1.2.3. Tensometr oporowy

Tensometrem oporowym nazywamy czujnik rezystancyjny, w którym zmiana rezystancji następuje pod wpływem zewnętrznych naprężeń mechanicznych rozciągających lub ściskających.

1.2.3.1. Budowa tensometrów

Tensometr jest zbudowany z cienkiego drutu oporowego wklejonego między dwie warstwy papieru lub odpowiedniej folii. Materiał oporowy stosowany do budowy tensometru powinien odznaczać się bardzo małym termicznym współczynnikiem oporu.



Rys. 1.9. Tensometry metalowe oporowe: a) wężykowy, b) kratowy

Kształty typowych tensometrów oporowych metalowych przedstawiono na rys. 1.9. Oprócz oporowych tensometrów metalowych stosuje się również tensometry półprzewodnikowe. Podstawowym parametrem tensometru jest tzw. stała tensometru k , która jest związana ze zmianą rezystancji i naprężeniem następującą zależnością:

$$\frac{\Delta R}{R} = k \epsilon_t, \quad (1.12)$$

w której: $\Delta R/R$ - względna zmiana rezystancji tensometru,

ϵ_t - wydłużenie względne tensometru.

Przykładowe materiały stosowane w tensometrii podano w tabeli 1.5.

T a b e l a 1.5

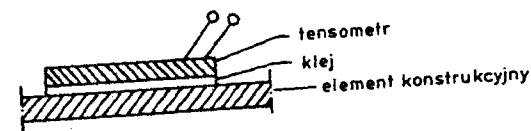
Podstawowe dane techniczne
wybranych materiałów tensometrycznych

Materiał	Współczynnik k
Konstantan	2,1
Nichrom	2,1
Półprzewodnik (krzem)	100-300

1.2.3.2. Pomiary tensometryczne

Tensometry nakleja się specjalnym klejem na element konstrukcyjny, którego naprężenia chcemy zmierzyć. Warunkiem stosowalności metody tensometrycznej jest równość wydłużenia względnego tensometru ϵ_t i wydłużenia względnego elementu konstrukcyjnego ϵ_r , na którym tensometr został naklejony (rys. 1.10), co gwarantuje odpowiedni klej

$$\epsilon_t = \epsilon_r = \epsilon. \quad (1.13)$$



Rys. 1.10. Sposób zamocowania tensometru na elemencie konstrukcyjnym

Dzięki zachowaniu tej równości można obliczać wydłużenie względne tensometru z zależności dotyczących badanego elementu konstrukcyjnego

$$\sigma = E \epsilon, \quad (1.14)$$

$$\sigma = \frac{F}{S}, \quad (1.15)$$

gdzie: σ - naprężenie panujące w badanym elemencie,

E - moduł Younga badanego materiału,

F - siła wywołująca mierzone odkształcenie,

S - pole przekroju badanego elementu.

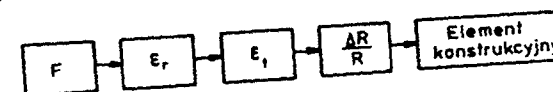
Z zależności (1.14) i (1.15) wynika:

$$\epsilon = \frac{F}{ES} \quad (1.16)$$

oraz korzystając z (1.12) otrzymamy:

$$\frac{\Delta R}{R} = \frac{k}{ES} F. \quad (1.17)$$

Zasadę pomiaru siły lub naprężenia za pomocą tensometru ilustruje rys. 1.11. Aby zmierzyć siłę F (ewentualnie małe przesunięcie) za po-

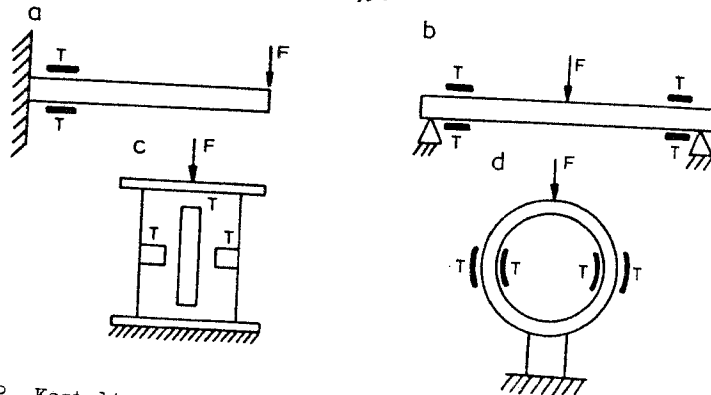


Rys. 1.11. Zasada pomiaru tensometrycznego

mocą tensometru, należy go nakleić na elemencie sprężystym o znanych parametrach. Dopuszczalny zakres obciążeń tego elementu musi mieścić się w granicach odkształceń sprężystych. Przykładowe kształty stosowanych

elementów sprężystych i rozmieszczenia tensometrów przedstawiono na rys. 1.12. Jako materiał sprężysty stosuje się stal konstrukcyjną stopową chromowo-niklowo-molibdenową o symbolu 30H2N2M, która ma następujące parametry:

- granica sprężystości $k_c = 4 \cdot 10^8 \text{ N/m}^2$,
- moduł sprężystości $E = 2 \cdot 10^{11} \text{ N/m}^2$,
- liczba Poissona $\nu = 0,3$.



Rys. 1.12. Kształty elementów sprężystych stosowanych w pomiarach tensometrycznych (T - tensometr): a) jednowspornikowy, b) dwuwspornikowy, c) rurowy, d) pałkowy

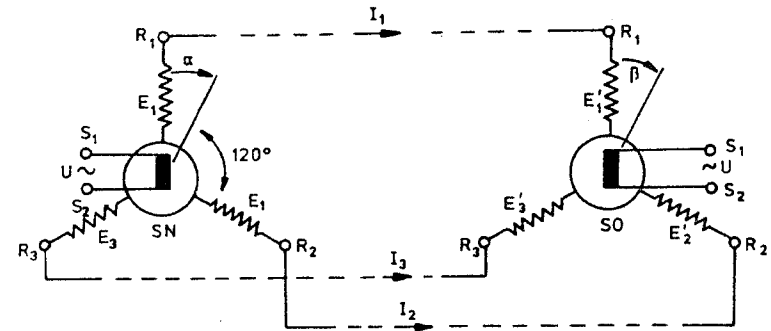
Tensometry najczęściej są połączone w układ mostka Wheatstone'a z wykorzystaniem odpowiednich par tensometrów ściskanych i rozciąganych. Względne zmiany rezystancji tensometru oporowego zwykle nie przekraczają wartości 0,1%. Dlatego też w pomiarach tensometrycznych trzeba używać odpowiednio czułych wzmacniaczy.

1.2.4. Selsyny

Selsyny są to małe indukcyjne maszyny elektryczne służące do zdalnego przekazywania położenia kąowego na drodze elektrycznej lub do przekształcania przemieszczenia kąowego na wielkość elektryczną. Selsyny pracują zawsze parami - selsyn nadawczy z selsynem odbiorczym. Para selsynów wraz z przewodami łączącymi tworzy łącze selsynowe (rys. 1.13).

1.2.4.1. Budowa i zasada działania selsynów

Konstrukcja selsynów nadawczych i odbiorczych wskaźnikowych może być jednakowa. Na stojanie o dwóch wydrotnych biegunach jest umieszczone jednofazowe pierwotne uzwojenie wzbudzenia. W żłobkach wirnika znajduje się trójfazowe uzwojenie wtórne (synchronizujące). Uzwojenie wtórne



Rys. 1.13. Selsynowe łącze wskaźnikowe

jest wykonane z trzech identycznych uzwojeń, przesuniętych między sobą o 120° i połączonych w gwiazdę. Końce uzwojeń połączone z pierścieniami stykowymi i dalej za pośrednictwem szczotek z tabliczką zaciskową.

Współczesne typy selsynów mają stojan o biegunach utajonych. W żłobkach stojana umieszcza się trójfazowe uzwojenie synchronizujące. Jednofazowe uzwojenie zasilające znajduje się na wirniku. Wirnik jest zasilany za pośrednictwem pierścieni stykowych i szczotek. Przy tej konstrukcji zmniejsza się liczba pierścieni i szczotek na wirniku z trzech na dwie oraz wydrotnie zmniejsza się ciężar wirnika, dzięki czemu można uzyskać mniejszy moment tarcia i lepsze wykorzystanie materiałów czynnych selsyna.

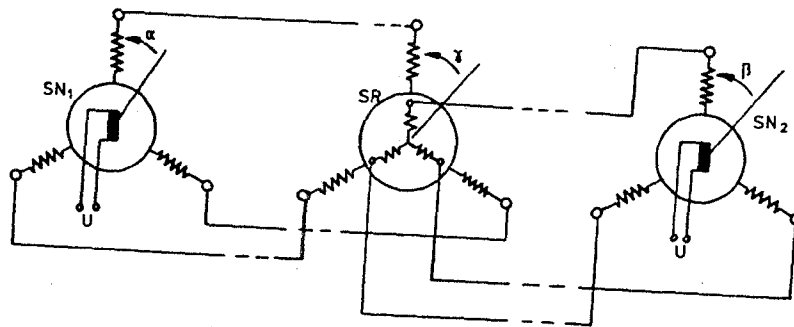
Selsyn transformatorowy ma pierwotne uzwojenie trójfazowe połączone w gwiazdę umieszczone na stojanie o utajonych biegunach. Na wirniku również o utajonych biegunach znajduje się jednofazowe uzwojenie wtórne. Cechą charakterystyczną selsynów transformatorowych jest duża rezystancja uzwojenia wirnika, sięgająca kilkuset omów. Uzwojenie wirnika selsyna transformatorowego łączy się zwykle z wysokoomowym wejściem wzmacniacza. Selsyn transformatorowy zamienia wychylenie kątowe na napięcie przemienne.

Selsyn różnicowy ma stojan podobny do selsyna transformatorowego oraz wirnik trójfazowy o utajonych biegunach podobny do wirnika normalnego selsyna odbiorczego.

Działanie łącza selsynowego polega na wytwarzaniu przez uzwojenie pierwotne przemiennego strumienia magnetycznego o kierunku w przestrzeni określonym przez położenie uzwojenia. Pod wpływem tego strumienia w fazach uzwojenia wtórnego indukują się siły elektromotoryczne, których wartość zależy od położenia poszczególnych faz uzwojenia wtórnego względem uzwojenia pierwotnego. Zgodnie z rysunkiem 1.13 mamy zatem:

5. Selsynowe łącze wskaźnikowe różnicowe (rys. 1.19) składa się z dwóch selsynów nadawczych i jednego selsyna różnicowego lub z dwóch selsynów odbiorczych i jednego selsyna różnicowego. Selsyn różnicowy ma specjalną konstrukcję, zarówno na wirniku, jak i na stojanie ma uzwojenie trójfazowe. Położenie wirnika selsyna różnicowego zależy od ustawienia dwóch pozostałych wirników selsynów i wynosi:

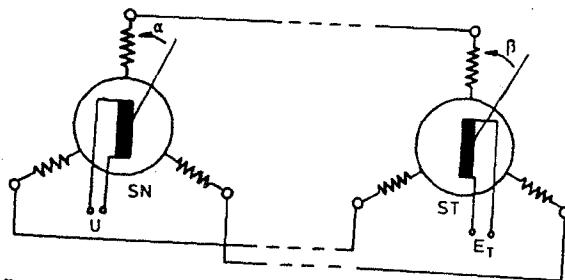
$$\gamma = \alpha \pm \beta.$$



Rys. 1.19. Łącze selsynowe wskaźnikowe różnicowe

6. Selsynowe łącze transformatorowe składa się z selsyna nadawczego i selsyna transformatorowego (rys. 1.20). Napięcie indukowane w uzwojeniu wirnika selsyna transformatorowego wynosi:

$$E_T = E_{Tm} \cos(\alpha - \beta) = E_{Tm} \cos \delta.$$



Rys. 1.20. Selsynowe łącze transformatorowe

Ponieważ jest to funkcja dwuznaczna, można po przestawieniu odpowiednio wirnika selsyna transformatorowego o $\pi/2$ względem stojana otrzymać:

$$E_T = E_{Tm} \sin \delta,$$

gdzie $\delta = \alpha - \beta$.

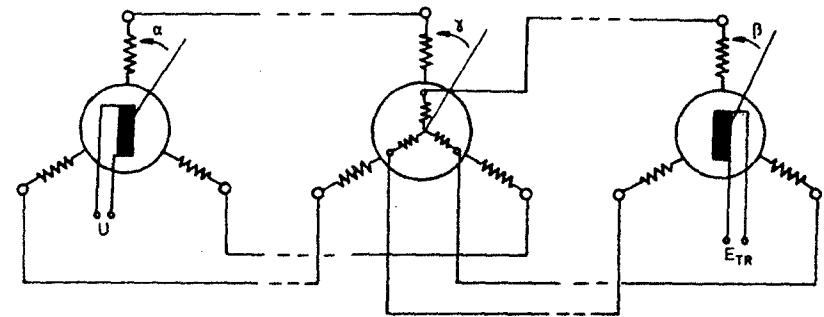
(1.32)

Parametrem charakteryzującym selsynowe łącze transformatorowe jest czułość łącza określana jako:

$$V = \left. \frac{dE_T}{d\delta} \right|_{\delta=0}. \quad (1.33)$$

7. Selsynowe łącze transformatorowe różnicowe (rys. 1.21) tworzą: selsyn nadawczy, selsyn różnicowy i selsyn transformatorowy. Napięcie indukowane w uzwojeniu wirnika selsyna transformatorowego ma wartość:

$$E_{TR} = E_{TRm} \sin(\alpha - \beta \pm \gamma). \quad (1.34)$$



Rys. 1.21. Selsynowe łącze transformatorowe różnicowe

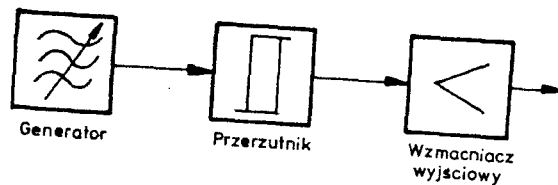
Łącza selsynowe wymagają starannego montażu. Najczęściej spotykane błędy w połączeniach łączy selsynowych:

1. Przerwa w obwodzie wzbudzenia. Wirnik ma wtedy dwa położenia równowagi przesunięte o 180° .
2. Nieprawidłowe włączenie uzwojenia wzbudzającego. Powstaje niezgodność kątów wynosząca 180° , poza tym przekazywanie położenia kąтового odbywa się w sposób normalny.
3. Nieprawidłowe połączenie uzwojeń selsyna nadawczego i odbiorczego. Wirnik selsyna odbiorczego obraca się w kierunku przeciwnym od obrotu wirnika selsyna nadawczego. Uchyby kątowe mogą być różne: 30° , 60° , 120° .

1.2.5. Czujniki zbliżeniowe

Czujniki zbliżeniowe, zwane też przekaźnikami zbliżeniowymi, są elementami powszechnie stosowanymi w technice pomiarowo-regulacyjnej. Reagują na zbliżenie różnych przedmiotów do ich części czołowych. Wykonywane są czujniki indukcyjne lub pojemnościowe. Schemat blokowy czujnika zbliżeniowego przedstawiono na rys. 1.22.

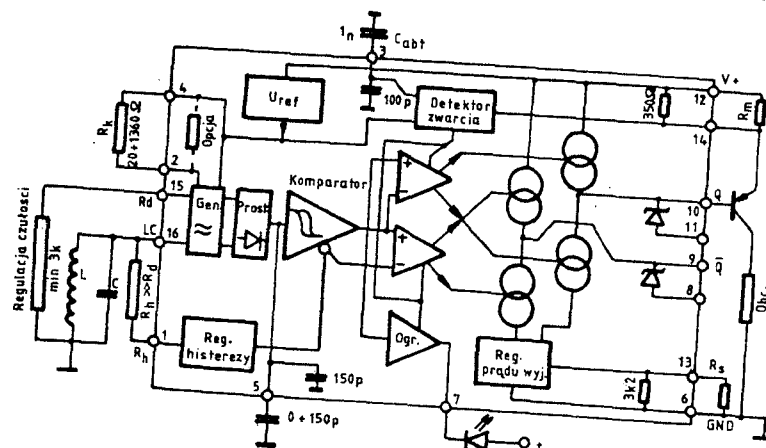
Wewnętrzny generator czujnika jest przestrajany wskutek zbliżenia do jego czoła elementów metalowych (czujniki indukcyjne) lub nie metalo-



Rys. 1.22. Schemat blokowy czujnika zbliżeniowego

wych (czujniki pojemnościowe). Zmiana częstotliwości generatora powoduje zmianę stanu przerzutnika. Podstawowym elementem czujnika zbliżeniowego jest specjalizowany układ scalony. Przykładem takiego rozwiązania jest układ scalony FM-303-1 produkowany przez szwajcarską firmę Favag Microelectronics (rys. 1.23) [6].

Generator z zewnętrznym obwodem rezonansowym jest wzbudzony lub rozstrajany wskutek obecności przed czołem czujnika elementów metalowych. Częstotliwość generatora może mieścić się w przedziale od 5 kHz



Rys. 1.23. Schemat układu scalonego FM303-1

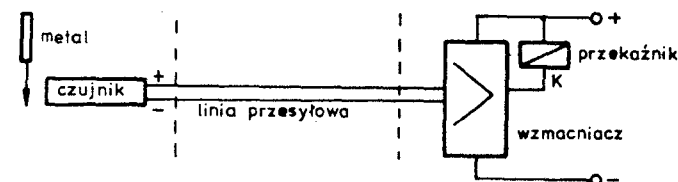
do 2,5 MHz. Sygnał z generatora po wyprostowaniu steruje przerzutnikiem Schmitta. Do wyjścia układu scalonego Q lub \bar{Q} dołącza się element wykonawczy tranzystor, w zależności od tego czy w stanie wzbudzonym ma on być otwarty, czy zwarty. Do wyjścia 7 może być dołączona dioda sygnalizacyjna. Rezystor R_k służy do kompensacji temperaturowej obwodu rezonansowego LC. Sam układ scalony może pracować przy napięciu zasilającym 4,5-40 V, pobierając z zasilacza prąd 1,4 mA bez oscylacji i 2 mA przy występowaniu oscylacji. Zewnętrzny kondensator C_{abt} służy do opóźnienia czasu włączenia obciążenia (dla $C_{abt} = 1 \text{ nF}$, $t_o =$

$= 2 \text{ ms}$). Czujniki wykonywane są z wyjściem dwuprzewodowym lub trójprzewodowym. W czujnikach dwuprzewodowych obecność przedmiotu przed czołem czujnika sygnalizowana jest zmianą rezystancji wyjściowej:

- przedmiot przed czołem czujnika $R_{wy} \approx 7 \text{ k}\Omega$,
- brak przedmiotu przed czołem czujnika $R_{wy} \approx 1 \text{ k}\Omega$.

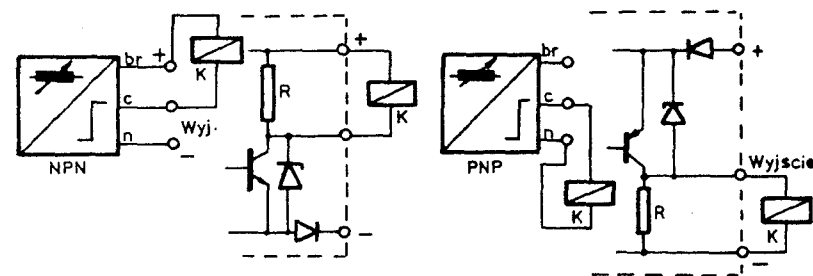
Różnica rezystancji wyjściowych czujnika jest wykorzystywana np. we współpracy czujnika z wzmacniaczem przełącznikowym prądu stałego, którego wejście z czujnikiem zasilają go jednocześnie napięciem stałym U_z poprzez rezystancję szeregową R_B . Wzmacniacz reaguje na różnicę prądów w obwodzie wejściowym:

- przedmiot przed czołem czujnika $I_o \leq 1 \text{ mA}$,
- brak przedmiotu przed czołem czujnika $I_o \geq 3 \text{ mA}$.



Rys. 1.24. Układ pracy czujnika typu FCIN z wyjściem dwuprzewodowym

Układ pracy czujnika z wyjściem dwuprzewodowym przedstawiono na rys. 1.24. Czujniki o wyjściu trójprzewodowym mają dwustanowe wyjście bezstykowe i realizują jedną z dwóch funkcji wyjściowych: po przekroczeniu częstotliwości progowej następuje przepływ prądu w obwodzie obciążenia (układ NPN) lub przerwa w przepływie prądu w obwodzie obciążenia (układ PNP) (rys. 1.25).



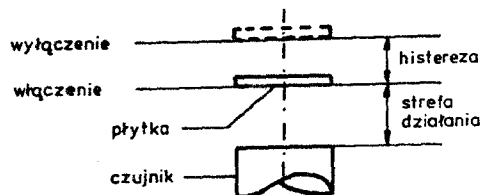
Rys. 1.25. Układy pracy czujników z wyjściem typu NPN i PNP

Odległość przedmiotu od czoła czujnika, przy której następuje zmiana stanu czujnika jest określana jako strefa działania. Odległość ta zależy od rodzaju materiału. Wyróżnia się następujące strefy działania:

- nominalna strefa działania S_n
 - rzeczywista strefa działania S_r
- $$0,9 S_n \leq S_r \leq 1,1 S_n$$
- robocza strefa działania

$$S_a \leq 0,81 S_n$$

Strefy działania mierzy się zwykle przy zbliżaniu płytki stalowej St37 o grubości 1 mm, kwadratowej o boku $3 \times S_n$. Dla innych metali strefy ulegają skróceniu i określają je współczynniki korekcyjne. Istotną dla zastosowań strefą działania przedstawiono na rys. 1.26. Czujniki



Rys. 1.26. Strefy działania czujników zbliżeniowych

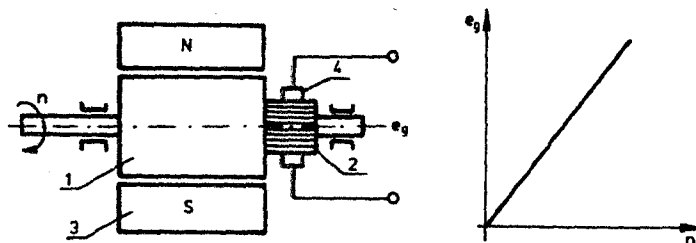
zbliżeniowe (indukcyjne, pojemnościowe) stosuje się w układach automatyki i sterowania jako wyłączniki krańcowe, łączniki drogowie, czujniki ruchu itp.

1.2.6. Prądnice tachometryczne

Prądnice tachometryczne należą do grupy czujników prędkości obrotowej. Wyróżnia się prądnice tachometryczne prądu stałego i zmiennego.

1.2.6.1. Prądnica tachometryczna prądu stałego

Prądnica ta jest odwróceniem pracy silnika prądu stałego. Obwód wzbudzenia stanowi magnes stały lub elektromagnes (rys. 1.27). Wirnik



Rys. 1.27. Schemat budowy prądnicy tachometrycznej prądu stałego i jej charakterystyka: 1 - twornik, 2 - komutator, 3 - obwód wzbudzenia (magnes stały lub elektromagnes), 4 - szczotki

prądnicy tachometrycznej jest napędzany urządzeniem zewnętrznym i wskutek tego w jego uzwojeniu indukuje się napięcie:

$$(1.35)$$

$$e_g = c \Phi n,$$

w którym: c - stała,

Φ - strumień magnetyczny,

n - prędkość obrotowa.

Wskutek działania komutatora, oprócz składowej stałej, sygnał wyjściowy zawiera również składową zmienną o częstotliwości:

$$(1.36)$$

$$f_z = \frac{1}{2\pi} \omega m,$$

gdzie: ω - prędkość kątowa, rad/s,

m - liczba sektorów komutatora.

Im więcej działek komutatora, tym częstotliwość tętnień jest większa i tym łatwiej odfiltrować ją od użytecznego sygnału e_g .

Zawartość składowej zmiennej U_t w sygnale wyjściowym określa współczynnik tętnień:

$$(1.37)$$

$$T = \frac{U_t}{e_g},$$

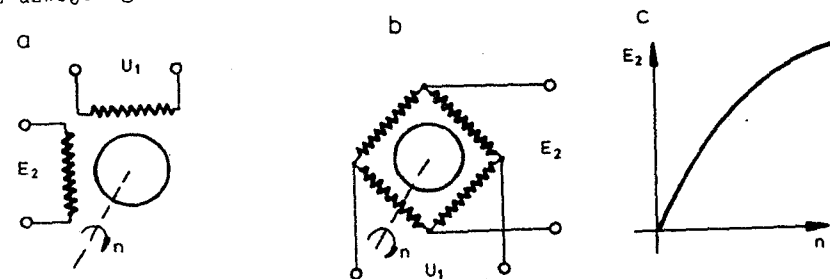
w którym: U_t - napięcie tętnień (przemienne),

e_g - napięcie wyjściowe prądnicy (stałe).

Zaletą prądnicy tachometrycznej prądu stałego jest liniowość charakterystyki statycznej, wadą zaś zakłócenia pochodzące od pracy komutatora.

1.2.6.2. Prądnica tachometryczna prądu zmiennego

Prądnica tachometryczna prądu zmiennego jest zbudowana podobnie jak silnik dwufazowy. Składa się z wirnika klatkowego lub kubkowego oraz uzwojonego stojana (rys. 1.28). Uzwojenia stojana mogą być niezależne



Rys. 1.28. Prądnica tachometryczna prądu zmiennego: a) z dwoma niezależnymi uzwojeniami, b) w układzie mostkowym, c) charakterystyka statyczna

leżne lub połączone w układ mostkowy. Jedno z uzwojeń lub przekątna mostka są zasilane napięciem przemiennym. Przy idealnej symetrii konstrukcji i nieruchomym wirniku napięcie na drugim uzwojeniu (przesuniętym w przestrzeni o 90° względem pierwszego) lub przekątnej mostka wynoszą 0 V. Wprowadzenie w ruch obrotowy wirnika powoduje zmianę symetrii układu i indukowanie napięcia na drugim uzwojeniu lub przekątnej mostka proporcjonalnego do prędkości obrotowej. Wartość skuteczna tego napięcia wynosi:

$$E_2 = c_1 U_1 n,$$

gdzie: c_1 – stała,

U_1 – napięcie zasilające prądnice,

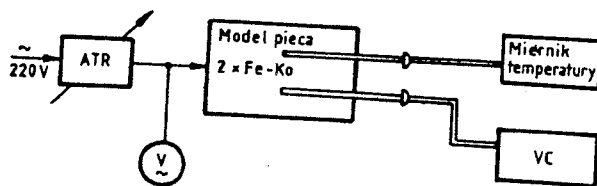
n – prędkość obrotowa.

Napięcie indukowane E_2 ma częstotliwość taką samą jak napięcie zasilające. Zmiana kierunku wirowania wirnika powoduje zmianę fazy napięcia wyjściowego. Przy dużych prędkościach obrotowych charakterystyka przetwarzania przestaje być liniowa i zakrzywia się jak podczas nasycenia.

1.3. Układ i program ćwiczenia

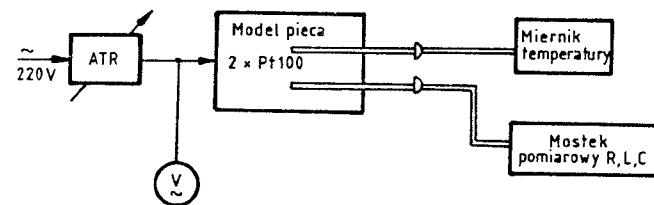
1.3.1. Badanie czujników termometrycznych

1. Zapoznać się z budową termoelementu Fe-Constantan i termometru oporowego Pt100.
2. Zdjąć charakterystykę statyczną termoelementu Fe-Ko (rys. 1.29).



Rys. 1.29. Układ do zdejmowania charakterystyki statycznej termoelementu

3. Wyznaczyć zakres liniowy charakterystyki statycznej i określić w jego granicach liniowość czujnika.
4. Określić niejednoznaczność charakterystyki statycznej czujnika.
5. Porównać zdjętą charakterystykę statyczną termoelementu Fe-Ko z normą PN-81/M-53854.04 (tab. 1.2).
6. Zdjąć charakterystykę statyczną termometru oporowego Pt100 (rys. 1.30).

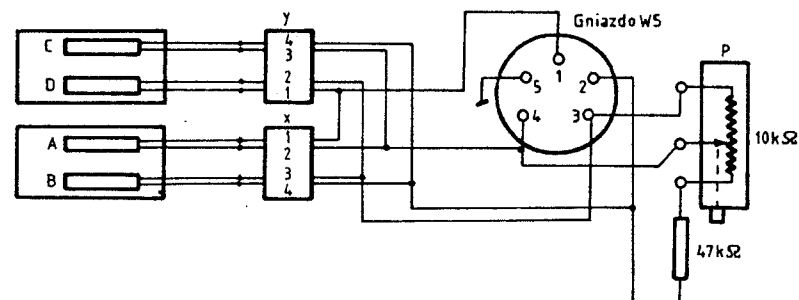


Rys. 1.30. Układ do zdejmowania charakterystyki statycznej $R = f(T)$ czujnika termooporowego

7. Wyznaczyć zakres liniowy charakterystyki statycznej i określić w jego granicach liniowość czujnika.
8. Określić niejednoznaczność charakterystyki statycznej czujnika.
9. Porównać zdjętą charakterystykę statyczną termometru oporowego Pt100 z normą PN-83M-53852.

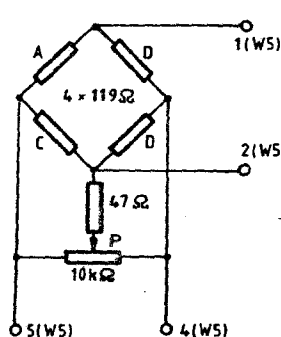
1.3.2. Badanie czujnika tensometrycznego

W ćwiczeniu czynnik tensometryczny zastosowany do pomiaru przesunięcia liniowego. W tym celu tensometry A, B, C, D naklejono na metalową płytkę po dwa na każdej stronie i połączono w układ mostkowy (rys. 1.31 i 1.32). Zastosowano tensometry kratowe typu RL 120/20. Sygnałem



Rys. 1.31. Połączenia tensometrów: A, B – jedna strona płytki, C, D – druga strona płytki

wejściowym czujnika jest zadawane za pomocą śruby przesunięcia L. Wartość przesunięcia jest mierzona czujnikiem zegarowym o zakresie 0–10 mm z podziałką 0,01 mm na działkę. Koniec płytki odkształca się śrubą. Zmiany odkształcenia płytki powodują zmiany rezystancji tensometrów pracujących w układzie mostkowym. Wartość niezerównoważenia mostka jest w przybliżeniu proporcjonalna do wartości przesunięcia wolnego końca płytki. Sygnał niezerównoważenia poprzez gniazdo W5 podaje się specjalnym ka-



Rys. 1.32. Mostek tensometryczny (A-D - tensometry)

Użyty wzmacniacz zbudowano w układzie różnicowym wzmacniacza prądu stałego z zastosowaniem układu scalonego SFC-2709. Potencjometr na płycie czołowej służy do kalibracji wzmacniacza. Schemat układu pomiarowego przedstawiono na rys. 1.34.

1. Przygotowanie układu pomiarowego do pracy:

- zestawić układ pomiarowy jak na rys. 1.34,
- włączyć przycisk zasilania wzmacniacza. Wcisnąć przycisk WYJŚCIE WZMACNIACZA CZUJNIKA TENSOMETRYCZNEGO na płycie czołowej przełącznika woltomierza cyfrowego, przełączając tym samym VC na pomiar napięcia wyjściowego wzmacniacza,
- pokrętkiem "KALIBRACJA" wyzerować wzmacniacz
- mikrometr ustawić względem płytki sprężystej tak, aby jego wskazanie wynosiło "zero" na skali zgrubnej i dokładnej przy minimalnym odkształceniu płytki, ale tak, by zapewniony był kontakt mikrometru z płytką; w tym stanie unieruchomić czujnik śrubą zaciskową,
- połączyć kablem mostek tensometryczny z wejściem wzmacniacza,
- pokrętkiem "RÓWNOWAGA MOSTKA" na obudowie czujnika sprowadzić do minimum wskazania woltomierza.

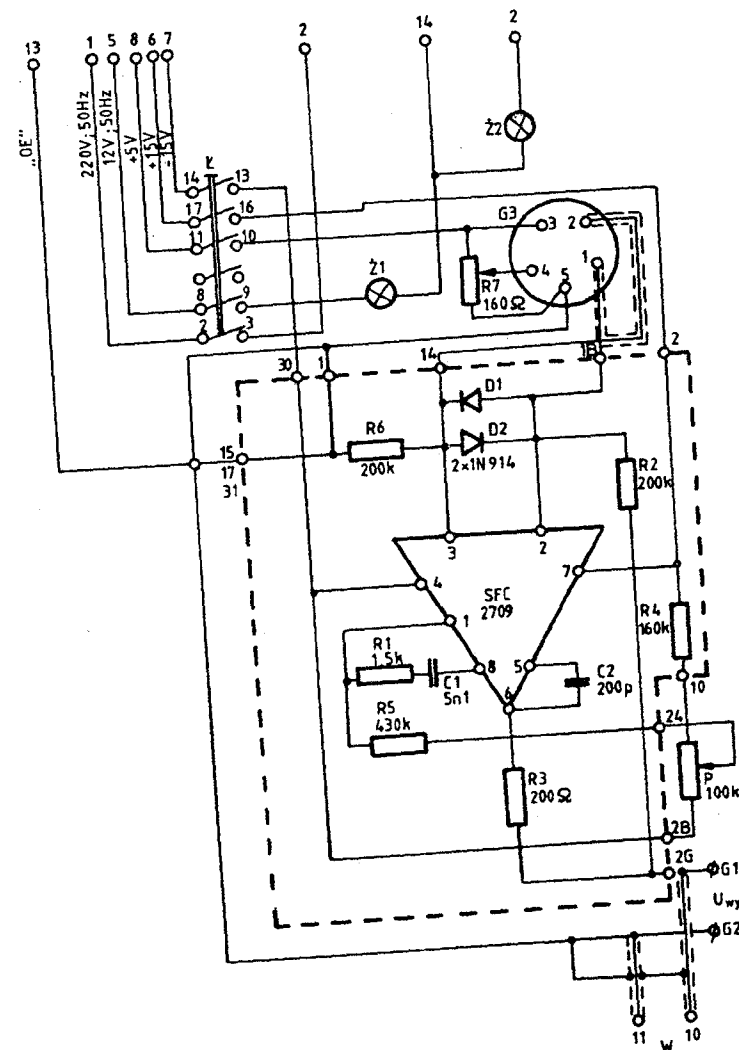
Po wykonaniu tych czynności układ gotowy jest do pracy. Sygnał wejściowy zadaje się przez wkręcenie śruby i następnie odczytuje odkształcenie płytki na wskaźniku (milimetry skala zgrubna, setne części milimetra - skala dokładna). Sygnałem wyjściowym są wskazania woltomierza.

Uwaga! Nie należy przekraczać wartości 10 V sygnału wyjściowego.

2. Zdjąć charakterystykę statyczną czujnika (co 0,1 mm), zwiększając, a następnie zmniejszając wartość przesunięcia l.

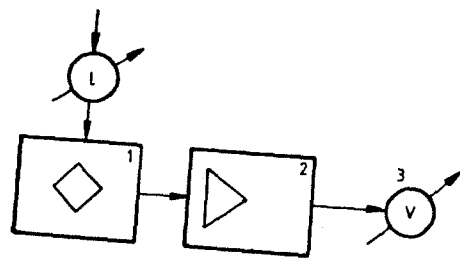
blem do wzmacniacza standaryzującego. To samo gniazdo i kabel służą do podania napięcia zasilającego mostek. Potencjometr P (rys. 1.31 i 1.32) służy do zerowania mostka. Czułość ustalania zera mostka wynosi 1 μ V. Wzmacniacz tensometryczny (rys. 1.33) służy do wzmocnienia sygnałów z mostka. Maksymalny sygnał z mostka (przy przesunięciu końca płytki o 2 mm i zasilaniu mostka napięciem 3 V) wynosi 2 mV. Sygnał ten wzmocniony jest do wartości 10 V, co pozwala na współpracę z przetwornikiem ASW-1 (wzmacniacz standaryzujący). Zastosowany wzmacniacz musi więc mieć następujące parametry:

- wzmocnienie 500 V/V,
- rezystancja wyjściowa 200 k Ω ,
- napięcia zasilające +15 V, -15 V, +5 V.



Rys. 1.33. Wzmacniacz tensometryczny

3. Powtórzyć pomiary kilkakrotnie i dokonać obróbki statystycznej (nie zaliczając kalibracji i zerowania mostka).
4. Powtórzyć pomiary z pktu 3 po ponownej kalibracji i wyzerowaniu mostka.

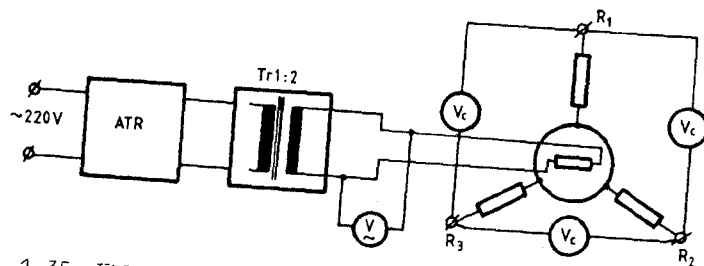


Rys. 1.34. Układ pomiarowy: 1 - mostek tensometryczny, 2 - wzmacniacz, 3 - woltomierz cyfrowy

- e) niejednoznaczność charakterystyki statycznej N ,
- f) liniowość charakterystyki statycznej L .

1.3.3. Badanie selsynów i łącz selsynowych

1. Zbadać dokładność wskazań i określić uchyb maksymalny selsyna nadawczego (rys. 1.35).



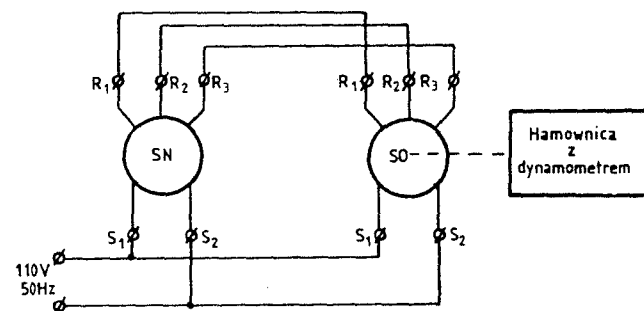
Rys. 1.35. Układ do pomiaru dokładności wskazań selsyna

2. Połączyć selsyny w układ łącza selsynowego wskaźnikowego symetrycznego (rys. 1.13) i zbadać zachowanie się tego łącza w przypadku dokonania błędnych połączeń symulowanych uszkodzeń łącza:
 - przerwa w obwodzie wzbudzenia selsyna odbiorczego,
 - przerwa w obwodzie uzwojenia fazowego selsyna odbiorczego,
 - zwarcie uzwojenia wirnika selsyna odbiorczego,
 - nieprawidłowe połączenie uzwojeń selsyna nadawczego i odbiorczego (tzn. inaczej niż R_1 z R_1 , R_2 z R_2 itd. jak na rys. 1.13),
 - połączenie uzwojeń wzbudzenia selsyna odbiorczego i nadawczego w przeciwfazie (tzn. S_1 z S_2 , S_2 z S_1).

5. Z uzyskanych wyników wyznaczyć:

- a) charakterystykę statyczną $y = f(x)$,
- b) charakterystykę idealną $y^* = f(x)$ (tzn. linię prostą wyznaczoną przez punkty $y_p = f(0)$ oraz $y_k = f(x_{\max})$, gdzie x_{\max} - wychylenie odpowiadające $U_{wy} = 10 \text{ V}$),
- c) błąd bezwzględny Δy ,
- d) błąd względny δ_{\max}

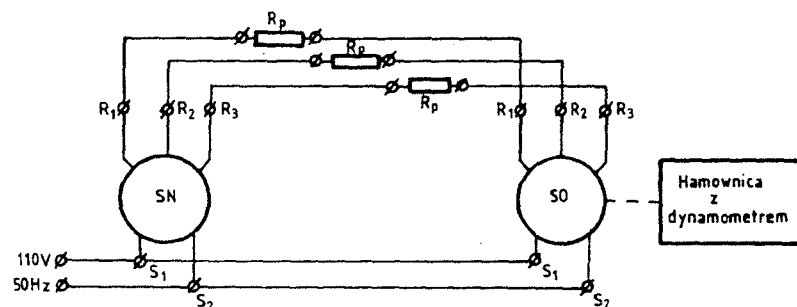
3. Zdjąć charakterystykę przebiegu momentu obrotowego w funkcji kąta niezgodności dla wskazanego łącza selsynowego. Pomiarów dokonuje się za pomocą dynamometru (rys. 1.36).



Rys. 1.36. Układ do pomiaru momentu obrotowego

Uwaga! Ponieważ przy dużej niezgodności kątowej δ płyną w przewodach fazowych łącza selsynowego duże prądy pomiarowe, należy przeprowadzać tak, aby tylko na bardzo krótki czas utrzymywać uchyb kątowy δ .

4. Na podstawie wyników pomiarów w pkt 3. określić sztywność łącza selsynowego.
5. Zdjąć zależność momentu obrotowego od napięcia zasilającego przy ustalonej wartości kąta niezgodności (parametr).
6. Zdjąć zależność sztywności łącza od rezystancji przewodów R_p (rys. 1.37) przy nominalnym napięciu zasilania.



Rys. 1.37. Układ pomiarowy do badania wpływu rezystancji przewodów na sztywność łącza

7. Połączyć układ łącza transformatorowego (rys. 1.20) i zdjąć przebieg napięcia wyjściowego selsyna transformatorowego w funkcji kąta niezgodności dla selsynów połączonych w układach:

- a) transformatorowego łącza jednotorowego,
- b) transformatorowego łącza różnicowego.

Uwaga! Pomiary wykonywać z odczytem wskazań co 20° dla całkowitego obrotu tarczy, tzn. $\pm 180^\circ$.

8. Zbadać wpływ obciążenia sygnału wyjściowego selsyna transformatorowego na wartość napięcia wyjściowego.

$$E_T = f(R_{obc.}).$$

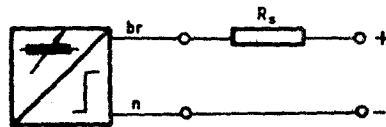
9. Zapoznać się z budową i działaniem selsynowego łącza wskaźnikowego:

- a) wielokrotnego (rys. 1.17),
- b) różnicowego (rys. 1.19).

Zbadać dokładność wskazań i określić uchyb maksymalny wymienionego łącza.

1.3.4. Badanie czujników zbliżeniowych

Stoisko składa się z czterech czujników zbliżeniowych różnych typów, zasilanych zewnętrznym napięciem stałym 24 V. Aby dokonać pomiarów parametrów czujnika, należy ustawić go na środku patrząc od czoła i wcisnąć odpowiadający mu przycisk stabilny. Pomiaru odległości różnych płytek od czoła czujnika dokonuje się za pomocą mechanicznego czujnika zegarowego (mikrometru). Dioda świecąca umieszczona na płycie czołowej stoiska sygnalizuje działanie czujnika (stan) po zbliżeniu do jego czoła wybranej płytki.



Rys. 1.38. Schemat połączenia czujnika FCIN-4

- $U_{zas} = 8 V$, $R_s = 1 k\Omega$,
- nominalna strefa działania $S_n = 4 mm$,
- powtarzalność $0,2 mm$,
- maksymalna częstotliwość przełączania $500 Hz$,
- współczynnik korekcji: stal $\times 1$, chrom $\times 0,9$, aluminium, miedź $\times 0,4$, mosiądz $\times 0,5$
- histereza przełączania $1-10\% S_n$.

2. Indukcyjny przełącznik bezstykowy IPBD-10ZVP:

- typ PNP,
- napięcie zasilania $10-30 V DC$,
- nominalna strefa działania $S_n = 10 mm$,
- powtarzalność $0,2 mm$,
- maksymalna częstotliwość przełączania $300 Hz$,
- histereza przełączania $1-10\% S_n$.

3. Pojemnościowy przełącznik bezstykowy PFPD-25ZN:

- typ NPN,
- napięcie zasilania $10-30 V DC$,
- nominalna strefa działania (regulowana) $S_n = 25 mm$,
- powtarzalność $\pm 0,1 mm$,
- maksymalna częstotliwość przełączania $200 Hz$,
- histereza 25% ,
- współczynniki korekcji: metale $\times 1$, woda $\times 1$, szkło $\times 0,5$, drewno $0,3-0,6$, PCW $\times 0,6$, olej $\times 0,1$.

Przy stosowaniu czujników typu PFB należy potencjometrem wewnętrznym wyregulować czułość przełącznika i dobrać strefę działania dla rodzaju materiału w zakresie $5-25 mm$ zależnie od potrzeb.

4. Indukcyjny przełącznik bezstykowy IPBD-2RP:

- typ PNP,
- napięcie zasilania $10-30 V DC$,
- nominalna strefa działania $S_n = 2 mm$,
- powtarzalność $0,1 mm$,
- maksymalna częstotliwość przełączania $1000 Hz$,
- histereza przełączania $1-10\% S_n$.

Zmierzyć strefę działania i histerezę wskazanych czujników zbliżeniowych. Pomiary wykonać dla płytek wykonanych z różnych materiałów.

1.3.5. Badanie prądnic tachometrycznych

Stoisko składa się z silnika napędowego o regulowanych i mierzonych obrotach oraz dwóch wymiennych prądnic tachometrycznych. Prądnice sprzęga się z silnikiem za pomocą elastycznego sprzęgła.

1. Zdjąć charakterystykę $e_g = f(n)$ prądnicy tachometrycznej prądu stałego. Określić współczynnik napięciowy prądnicy

$$k_g = \frac{e_g}{n} \left[\frac{V}{obr/min} \right]. \quad (1.39)$$

2. Zdjąć charakterystykę $E_2 = f(n)$ prądnicy tachometrycznej prądu zmiennego i określić jej współczynnik napięciowy w zakresie liniowym. Zaobserwować na oscyloskopie przebieg napięcia wyjściowego prądnicy przy zmianie kierunku obrotów.