

Andrzej Białęcki

Janusz Borowski

Wojciech Kropaczewski

Z-d Regulatorów Bezpośredniego Działania

i Automatyki Klimatyzacji PIAP

Stanowiska do badania regulatorów o bezpośrednim działaniu

KD:62-55

IA:4.7.0.1

Przedstawiono zakres prowadzonych i planowanych badań laboratoryjnych regulatorów o bezpośrednim działaniu oraz ważniejsze urządzenia wyposażenia laboratorium: stanowisko przepływowe wraz z aparaturą pomiarową, stanowisko do badania pod obciążeniem silowym i indukcyjny miernik przesunięcia grzybka zaworu.

1. Zakres prac i rodzaje stanowisk badawczych

Dające się zaobserwować w ostatnich latach wzrastające zapotrzebowanie na regulatory o bezpośrednim działaniu w przemyśle i innych gałęziach gospodarki narodowej spowodowane jest możliwością szerokiego stosowania tych urządzeń przy regulacji podstawowych parametrów, takich jak temperatura, przepływ, poziom i ciśnienie. Zalety stosowania tego typu regulatorów zostały częściowo omówione w "Biuletynie PIAP" nr 2/66 r.

Przenikanie automatyki do coraz mniejszych zakładów produkcyjnych, a nawet do życia codziennego przeciętnego obywatela, zmusza wytwórców do znalezienia taniego i niezawodnego w działaniu układu automatyki. Takie wymagania spełniają regulatory o bezpośrednim działaniu.

Wymagania dotyczące poziomu krajowej produkcji regulatorów o bezpośrednim działaniu, ich jakości i nowoczesności oraz efektywności stosowania stale wzrastają. Zdecydowało to o celowości powołania placówki naukowej, której zadaniem jest czuwanie nad właściwymi kierunkami rozwoju tej gałęzi techniki regulacji, sprawdzanie poziomu jakości bieżącej produkcji i opiniowanie nowych rozwiązań opracowanych przez zakłady produkcyjne oraz prowadzenie prac nad nowymi oryginalnymi rozwiązaniami w tej dziedzinie. W tym celu powołany został w Przemysłowym Instytucie Automatyki i Pomiarów Zakład Regulatorów Bezpośredniego Działania i Automatyki Klimatyzacji, który powstał na bazie wcześniej powołanej Pracowni Regulatorów Bezpośredniego Działania.

Zadanie jakie postawiono przed Zakładem, to w pierwszym rzędzie zorganizowanie i uruchomienie laboratorium, w którym można by badać regulatory o bezpośrednim działaniu. do średnicy nominalnej $D_n = 65 \text{ mm}$.

Podjęcie w pierwszej kolejności prac planowych nad regulatorami temperatury określiło rodzaj badań i rodzaj stanowisk badawczych.

Po dokładnej analizie wymagań jakie stawia się regulatorom bezpośredniego działania ustalono następujące rodzaje badań:

1. Próby szczelności zaworu:

- korpusu,
- układu grzybek - gniazdo,
- mieszka,

2. Próby działania:

- charakterystyki statyczne temperatura - skok - przepływ,
- sprawdzenie nominalnej wydajności,
- sprawdzenie wydatku w $f / \Delta p /$ dla otwartego zaworu,
- określenie nieczułości,
- określenie dokładności nastawienia temperatury.

3. Wyznaczenie dodatkowych charakterystyk statycznych:

- skok grzybka zaworu w funkcji ciśnienia przed i za zaworem,
- skok grzybka zaworu w funkcji temperatury otoczenia i temperatury medium przepływającego.

4. Wyznaczenie charakterystyk dynamicznych:

5. Próby na przechłodzenie i przegrzanie.

6. Sprawdzenie wypełnienia czujnika cieczą manometryczną.

7. Próby uderowe.

8. Próby długotrwałe.

Próby przewidziane w programie badań możliwe są do przeprowadzenia na specjalnie przygotowanych stanowiskach badawczych. W związku z tym w Pracowni Regulatorów Bezpośredniego Działania opracowano i wykonano szereg urządzeń i stanowisk, dających możliwość analizy pracy regulatorów bezpośredniego działania, a w pierwszym rzędzie regulatorów temperatury. Wymienić tu można:

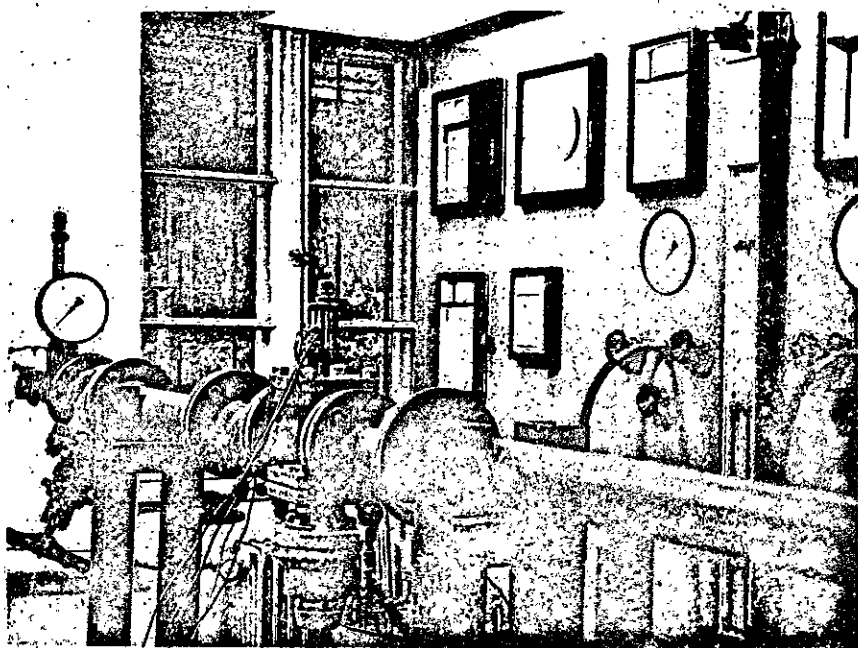
1. Stanowisko przepływowe,
2. Stanowisko siłowe,
3. Stanowisko temperaturowe,
4. Stanowisko ciśnieniowe,
5. Stanowisko próżniowe.

Stanowiska temperaturowe, ciśnieniowe i próżniowe zostały wyposażone w typową aparaturę dostępną na rynku i nie będą obecnie bliżej omawiane. Pozostałe dwa stanowiska zostały całkowicie zaprojektowane w PIAP i zostały wyposażone m. in. w urządzenia, z którymi chcemy zapoznać szerszy ogół użytkowników elementów automatyki i aparatury pomiarowej.

2. Stanowisko przepływowe /SBL-01/

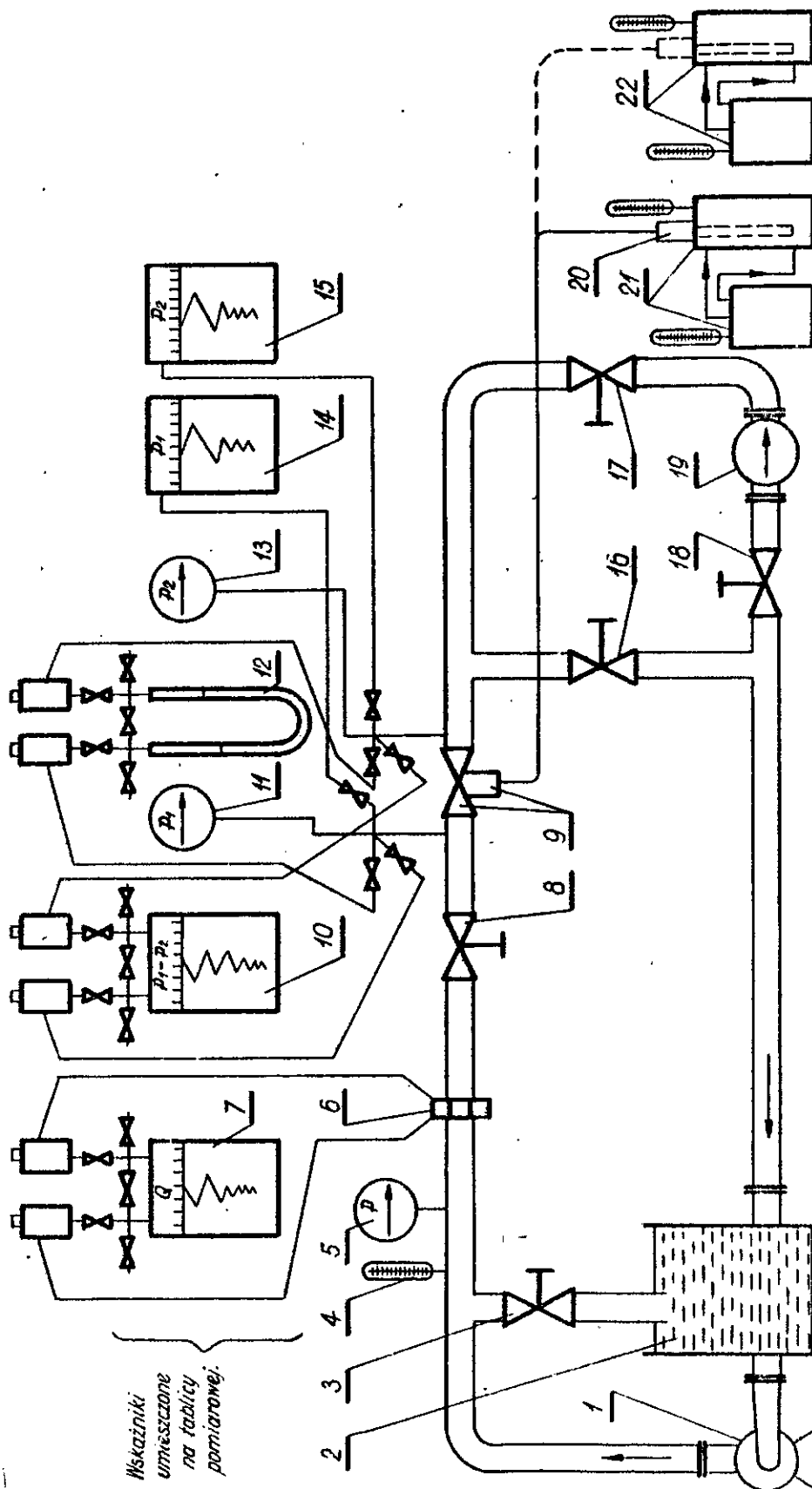
Stanowisko przepływowe zostało zaprojektowane w ramach pierwszego etapu wyposażenia Zakładu Regulatorów Bezpośredniego Działania i Automatyki Klimatyzacji w urządzenia badawcze.

Stanowisko przepływowe służy do prowadzenia prób i badań, w których jednym z badanych parametrów jest przepływ wody, a więc zawór regulatora może znajdować się w warunkach statycznych i dynamicznych zbliżonych do rzeczywistych. Z podanego wyżej zakresu prób i badań wchodzi tu w grę próby działania /pkt 2 i 3/, a także próby wytrzymałościowe /na przechłodzenie i przegrzanie oraz długotrwałe/. Widok ogólny stanowiska przedstawia fot. 1.



Fot. 1. Stanowisko przepływowe /widok ogólny/

Schemat stanowiska przedstawiono na rys. 1. Pompa wodna wirowa /1/ zasysa wodę ze zbiornika otwartego /2/ i tłoczy przez rurociąg główny oraz bocznikujący /z zaworem ręcznym /3/. Na rurociągu zainstalowane są: termometr /4/, manometr /5/, zwężka pomiarowa /6/ w obudowie komorowej połączona z przepływomierzem pływakowym wskazująco-rejestrującym /7/ klasy 1,5, zawór ręczny /8/ oraz zawór badanego regulatora /9/. Przed i za regulatorem znajdują się króćce poboru impulsów ciśnienia do przyrządów manometrycznych. Za regulatorem znajduje się wodomierz przemysłowy wskazówkowy /19/ klasy 2 oraz układ bocznikujący z zaworami ręcznymi /16/, /17/ i /18/. Przepływ powyżej zakresu wodomierza $30 \text{ m}^3/\text{godz.}$ mierzony jest jedynie przy pomocy zwężki.



Rys. 1. Schemat stanowiska przepływowego: 1 - pompa wirowa, 2 - zbiornik, 3 - zawór ręczny boczny-kufajcy, 4 - termometr, 5 - manometr, 6 - zwężka pomiarowa, 7 - przepływomierz, 8, 16, 17 i 18 - zawory ręczne, 9 - zawór badanego regulatora, 10 - wskaźnik różnicy ciśnień / poziomowca, 11 i 13 - manometry precyzyjne, 12 - manometr różnicowy rtęciowy dwururkowy, 14 i 15 - manometry wskazująco-rejestrujące, 19 - wodomierz, 20 - czujnik regulatora, 21 i 22 - ultrasoniczne mostki

Ciśnienia P_1 przed zaworem P_2 za zaworem badanego regulatora mierzone są manometrami precyzyjnymi /11/ i /13/ o zakresie 0 - 10 kg/cm^2 i klasie 0,6 oraz manometrami wskazująco-rejestrującymi /14/ i /15/ klasy 1,5.

Do pomiaru spadku ciśnienia $/P_1 - P_2/$ na zaworze regulatora służy manometr różnicowy hydrostatyczny /ręciowy/ dwururkowy /12/ o zakresie 0 - 1200 mm słupa cieczy oraz - ze względu na wygodniejszy odczyt i umożliwienie rejestracji - poziomowskaz manometryczny ręciowy /10/ o zakresie 0 - 10000 mm słupa wody z nadajnikiem potencjometrycznym, umożliwiającym podłączenie rejestratora.

Przepływomierz, poziomowskaz oraz manometr hydrostatyczny wyposażone są w zawory pięciodrogowe oraz naczynia odpowietrzające.

Wymienione wyżej przyrządy pomiarowe umieszczone są na stałe przy rurociągu lub umieszczone na tablicy pomiarowej /rys.1/, na której znajdują się również zawory odcinające. W tablicy przewidziano ponadto możliwości zabudowy przyrządu do pomiaru i rejestracji położenia grzybka zaworu, współpracującego z czujnikiem indukcyjnym.

Rejestratory są wyposażone w dodatkowe szybkie posuwy taśmy. Zawory ręczne na rurociągu głównym i boczniku przed badanym regulatorem służą przede wszystkim do ustawienia głównych parametrów prób: przepływu oraz ciśnienia P_1 przed zaworem regulatora. Zawory ręczne za regulatorem umożliwiają dodatkowo zmianę stosunku oporów przepływu całkowitego oraz na regulatorze, tzn. zmianę spadku ciśnienia $/P_1 - P_2/$ na regulatorze dla określonego stopnia otwarcia zaworu regulatora.

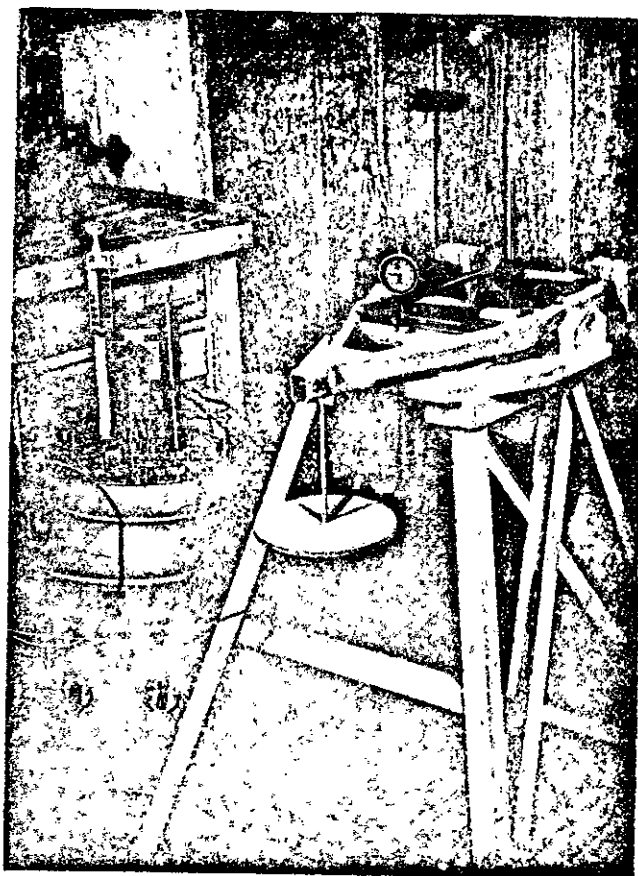
Przewidziany jest w miarę potrzeby dokładniejszy pomiar spadku ciśnienia na zwężce przy pomocy dostawnego manometru hydrostatycznego /ręciowego/ o zakresie 0 - 760 mm słupa cieczy oraz pomiaru ciśnień P_1 i P_2 przy pomocy wymienionych /o różnych zakresach/ manometrów precyzyjnych klasy 0,4.

Przedstawiony układ pomiarowy ma na celu umożliwienie pomiarów oraz rejestracji przy użyciu dostępnej na rynku aparatury krajowej /poza czujnikiem indukcyjnym/. W dalszej kolejności przewidziany jest rejestrator elektryczny wielomiejscowy z kompletem odpowiedniego wyposażenia. Rejestracja wszystkich mierzonych parametrów umożliwia - oprócz kontroli prawidłowości przeprowadzenia prób - kompleksowe badania z uwzględnieniem właściwości dynamicznych regulatora.

Stanowisko przepływowe umożliwia prowadzenie badań nie tylko regulatorów temperatury, lecz także - w odpowiednim zakresie - regulatorów ciśnienia i przepływu o bezpośrednim działaniu oraz regulacyjnych elementów nastawczych.

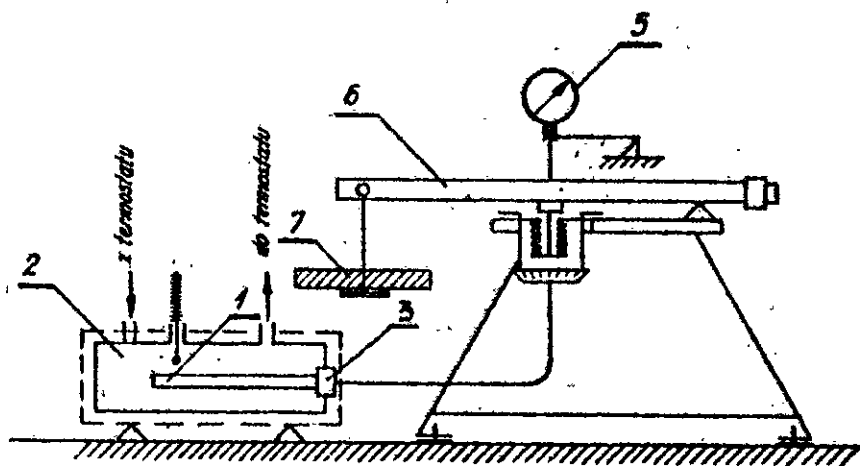
3. Stanowisko siłowe /SBL-02/

Stanowisko siłowe przewidziane jest do przeprowadzenia prób mierników, regulatorów temperatury o bezpośrednim działaniu, prób napełnienia układu termometrycznego, wyznaczenie charakterystyk statycznych "temperatura - skok grzybka", określenie strofu nieczułości i dokładności nastawiania, wyznaczenia charakterystyk dynamicznych oraz przeprowadzenia prób przegrzania i przechłodzenia. Widok ogólny stanowiska przedstawiono na fot. 2, schemat działania - rys. 2.



Fot. 2. Stanowisko siłowe /widok ogólny/

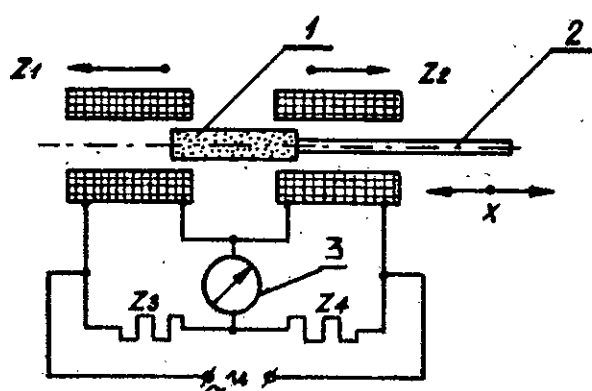
Stanowisko daje się łatwo dostosować do badania różnych typów i wielkości regulatorów temperatury krajowych i zagranicznych. Wykorzystanie stanowiska omawiamy na przykładzie próby wyznaczania charakterystyki statycznej "temperatura - skok grzybka" /Rys. 2./.



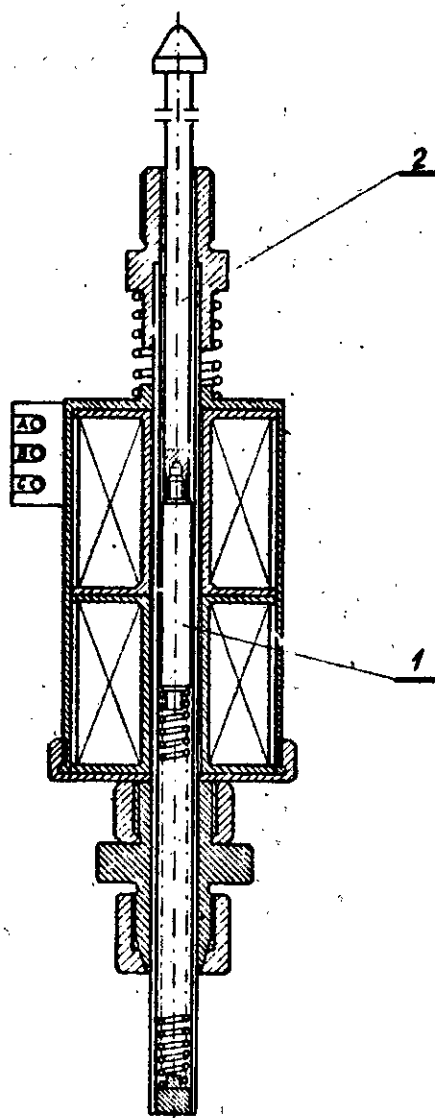
Rys. 2. Schemat stanowiska siłowego: 1 - czujnik regulatora, 2 - zbiornik termostatyczny, 3 - głowica, 4 - zbiornik, 5 - mechaniczny czujnik przesunięcia, 6 - dźwignia, 7 - obciążniki

Czujnik regulatora /1/ zanurza się w zbiorniku termostatycznym /2/ wypełnionym wodą o temperaturze nieco niższej od temperatury nastawionej na głowicy /3/. Podnosząc wolno temperaturę w zbiorniku /2/ podnosi się temperaturę cieczy w czujniku /1/, a wzrost objętości cieczy powoduje wypychanie trzpienia /4/ z głowicy /3/. Przesunięcie trzpienia odczytuje się na mechanicznym czujniku przesunięcia /5/ z dokładnością do 0,01 mm. Dźwignia /6/ z obciążnikiem /7/ zapewnia obciążenie trzpienia podobne do obciążenia występującego w warunkach pracy. Możliwe jest uzyskanie obciążenia w granicach 0 - 100 kg.

4. Indukcyjny miernik przesunięcia grzybka /CP/



Rys. 3. Schemat ideowy indukcyjnego miernika przesunięć

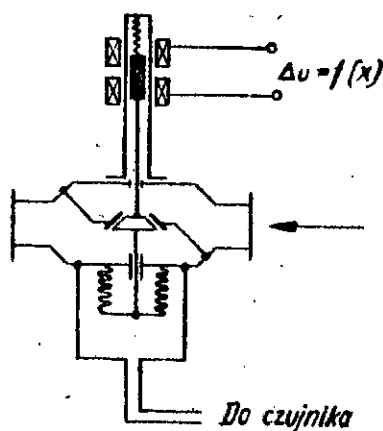


Rys. 4. Indukcyjny czujnik przesunięcia /przekrój/

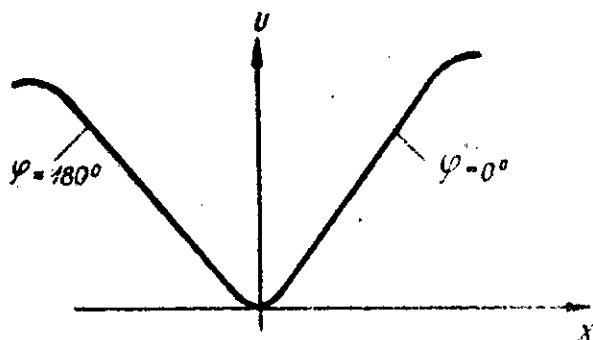
Badania charakterystyk "temperatura - przepływ czynnika regulowanego" przeprowadzone na regulatorach temperatury bezpośredniego działania wykazywały częste nieuzasadnione rozbieżności wyników. Analiza wykazała, że powodem tych nieprawidłowości jest zacinanie się trzpienia, na którym osadzony jest grzybek sterujący przepływem lub nieprawidłowe napełnienie czujnika temperatury.

W większości przypadków układ regulatora temperatury bezpośredniego działania nie pozwala na bezpośrednią obserwację ruchów grzybka, utrudniając wykrycie przyczyny nieprawidłowej pracy. W celu wyeliminowania tej niedogodności opracowano specjalny czujnik przesunięcia, wykorzystujący zjawisko zmiany indukcji cewki przy zmianie położenia rdzenia ferrytowego /rys. 3/. Rdzeń ferromagnetyczny /1/ osadzony na popychaczu /2/ wykonanym z materiału amagnetycznego powoduje zmiany indukcyjności cewek czujnika. Przekrój czujnika przedstawiony na rys. 4. Rurka mosiężna /3/ oddzielająca cewki od rdzenia, zapewnia szczelność układu. Sposób zamontowania czujnika indukcyjnego przedstawiono na rys. 5. Cewki są tak usytuowane, że przy wzroście indukcji w jednej cewce / L_1 / następuje spadek indukcji w drugiej cewce / L_2 /. Pozwala to dwukrotnie zwiększyć czułość układu oraz wyeliminować siły pochodzące z oddziaływania cewki na rdzeń.

Miliwoltomierz /3/ rys. 3. mierzy napięcie na przekątnej mostka, które jest w dużej części zakresu proporcjonalne do przesunięcia rdzenia /2/.



Rys. 5. Przykład zastosowania czujnika do pomiaru położenia grzybka w regulatorze temperatury



Rys. 6. Charakterystyka czujnika bez człenu korekcyjnego RC

Charakterystykę $u = f / x$ przedstawiono na rys.6. Ponieważ uzyskana charakterystyka nie pozwala na jednoznaczne przypisanie każdej wartości "x" odpowiedniej wartości "u", konieczne jest zastosowanie członu korekcyjnego RC/rys.7/. Układ taki zapewni charakterystykę rosnącą w całym przedziale przesunięć.

Parametry układu:

Zasilanie $U = 10 \text{ V}$, $f = 50 \text{ Hz}$.

Zakres pomiaru przesunięcia $\pm 8 \text{ mm}$.

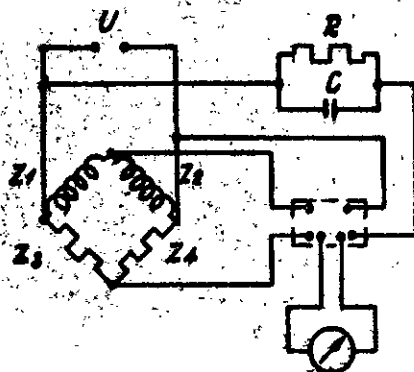
Klasa dokładności 1.

$Z_3 = Z_4 = 44 \text{ zwojów}$

Miernik elektryczny - miliwoltomierz kl. 1.

W układzie możliwe jest przeprowadzenie pomiaru przesunięcia z rejestracją w funkcji czasu, co pozwala na wyznaczenie charakterystyk dynamicznych.

Prowadzone są również dalsze prace przygotowawcze dotyczące budowy nowych stanowisk do badań regulatorów o bezpośrednim działaniu. Bardzo korzystna byłaby tu wymiana doświadczeń z innymi instytucjami, prowadzącymi prace o zbliżonej tematyce /dotyczącej np. uniwersalności stanowisk przepływowych, stosowania aparatury specjalnej itd./.



Rys. 7. Schemat połączeń układu z zastosowaniem członu korekcyjnego RC

L i t e r a t u r a

K.S. L i o n: Przyrządy do badań naukowych. WNT Warszawa 1962.

A. H. T u r i o z i: Pomiary elektryczne wielkości nieelektrycznych. PWT. Warszawa 1957.