

gdzie N - liczba przetężeniowa przy oporności obciążenia Z ,
 N' - liczba przetężeniowa przy oporności obciążenia Z' .

D. Wyznaczyć wartość liczby przetężeniowej zdefiniowanej wg VDE przy znamionowym obciążeniu przekładnika.

E. Przeprowadzić analizę dokładności pomiarów i określać liczbę przetężeniowej metodą pośrednią.

F. Przeprowadzić krytyczną analizę porównawczą obu metod wyznaczania liczby przetężeniowej.

5. Wybrane badania z zakresu techniki łączenia

Ćwiczenie 5.1. Pomiary ciśnień szybkozmiennych

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

Jedną z najważniejszych wielkości nieelektrycznych, której przebieg rejestruje się podczas badań aparatów elektrycznych jest ciśnienie. Z punktu widzenia warunków pomiaru można tu odróżnić następujące grupy pomiarów:

a. Pomiary wykonywane podczas prób zdolności łączenia. Do grupy tej będą należały pomiary ciśnień w wyłącznikach cieczo-
wych (gazujących). W tych przypadkach znajomość przebiegu ciśnienia oraz jego wartości maksymalnej potrzebna jest zarówno do obliczeń wytrzymałościowych komór wyłącznika, jak również do analizy warunków jego pracy. Ponadto do grupy tej można zaliczyć pomiary przebiegów ciśnień w wyłącznikach pneumatycznych podczas prób zdolności łączenia. Pomiary takie pozwalają na ustalenie wpływu łuku występującego w wyłączniku na warunki wpływu czynnika gaszącego.

b. Pomiary ciśnień wykonywane w wyłącznikach pneumatycznych podczas prób bezprądowych. Pomiary takie wchodzi w skład prób wyrobu i wykonywane są na wszystkich egzemplarzach aparatów. Umożliwiają one, drogą pomiaru ciśnień w kilku wybranych punktach, sprawdzenie prawidłowości wykonania oraz współdziałania wszystkich elementów układu ciśnieniowego wyłącznika.

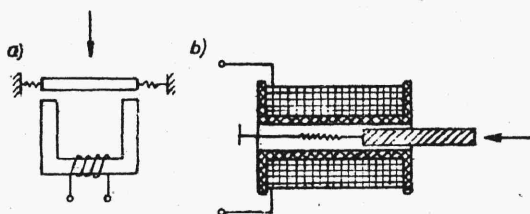
c. Pomiary ciśnień wykonywane w osłoniętych łącznikach n.n. i inne.

Pomiary ciśnień zmiennych w łącznikach mogą być wykonywane różnymi metodami. Wszystkie te metody mają wspólną cechę polegającą na tym, że zmiana mierzonej wielkości mechanicznej (ciśnienia) przetwarzana jest na zmianę wielkości elektrycznej, a następnie rejestrowana jako wielkość elektryczna (prąd lub napięcie).

W zależności od rodzaju przetwornika można odróżnić następujące metody pomiarowe:

- a) metoda pojemnościowa,
- b) metoda indukcyjna,
- c) metoda piezoelektryczna.

W metodzie pojemnościowej przetwornik wykonany jest w postaci czujnika kondensatorowego, którego pojemność zmienia się



Rys.134. Zasada działania czujników indukcyjnych: a - o zmiennej szczeliny powietrznej, b - o zmiennym położeniu rdzenia

w takt zmian mierzonego ciśnienia. Zmiana pojemności kondensatora powoduje zmianę określonej wielkości elektrycznej (np. częstotliwości drgań generatora napięcia sinusoidalnego), dzięki czemu w obwodzie wyjściowym otrzymuje się wielkość elektryczną (prąd lub na-

pięcie), której wartości chwilowe są do wartości ciśnienia proporcjonalne.

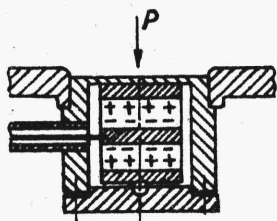
W metodzie indukcyjnej funkcję przetwornika zamieniającego wielkość mechaniczną na elektryczną spełnia czujnik indukcyjny wykonany w postaci cewki z rdzeniem stalowym, przy czym indukcyjność cewki jest zależna od wartości mierzonego ciśnienia.

Na zmianę indukcyjności cewki można wpływać bądź przez zmianę szczeliny powietrznej między zworą a rdzeniem, bądź też przez zmianę położenia rdzenia (rys.134).

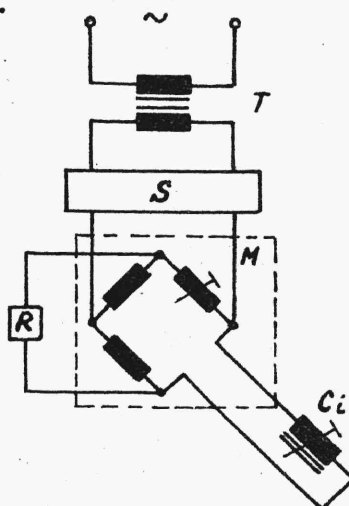
Czujniki indukcyjne do pomiaru ciśnienia pracują zwykle w układach mostkowych, zasilanych napięciem o częstotliwości akustycznej (rys.135). Przed pomiarem układ mostka jest zrównoważony; w czasie pomiaru zmiana ciśnienia mierzonego powo-

duje zmianę indukcyjności czujnika, a tym samym przepływ prądu w gałęzi różnicowej. Obwiednia amplitud tego prądu jest proporcjonalna do mierzonego ciśnienia.

W czujnikach piezoelektrycznych wykorzystuje się piezoelektryczne właściwości kryształów polegające na tym, że przy ściskaniu lub rozciąganiu kryształów w granicach sprężystości w kierunku prostopadłym do osi elektrycznej, na powierzchniach kryształu prostopadłych do kierunku działania siły, pojawiają się ładunki elektryczne. Na rys.136 przedstawiono przekrój czujnika kwarcowego. Czujnik ten posiada dwie płytki kwarcowe, które podlegają ściskaniu pod wpływem przenoszzonego przez membranę ciśnienia. Wartość napięcia powstającego pomiędzy elektrodami czujnika jest wprost proporcjonalna do ciśnienia (siły) działającego na czujnik. Napięcie to jest następnie wzmacniane, a rejestracja odbywa się za pomocą oscylografu pętlicowego (przy prądowym wyjściu wzmacniacza) lub elektronicznego (przy wyjściu napięciowym).



Rys.136. Zasada działania czujnika piezoelektrycznego

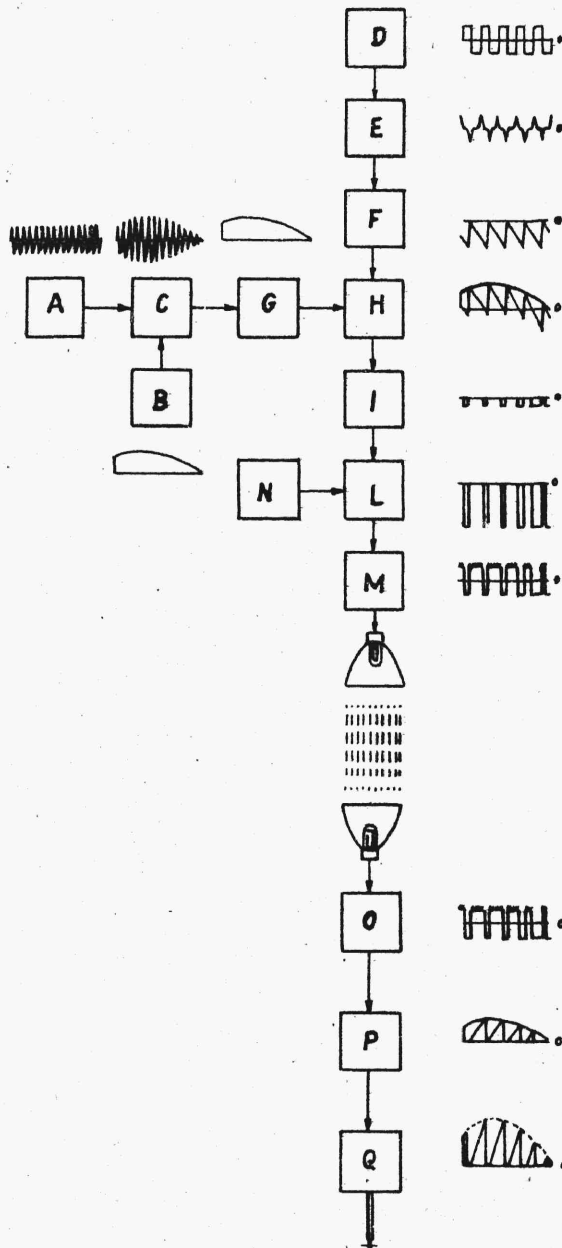


Rys.135. Układ do pomiaru ciśnienia z wykorzystaniem czujnika indukcyjnego: T - transformator, S - stabilizator napięcia, M - układ mostkowy, C_i - czujnik indukcyjny, R - układ rejestrujący

W niektórych przypadkach, podczas badań łączalności wyłączników w.n. zachodzi konieczność pomiarów ciśnień w miejscach znajdujących się pod wysokim napięciem. Jest rzeczą oczywistą, że z uwagi na izolację zarówno układu zasilania przyrządu pomiarowego jak i rejestracyjnego (oscylografu), niemożliwe jest w tym przypadku bezpośrednie zastosowanie jakiegokolwiek z opisanych wyżej metod pomiarowych.

Konieczne jest tu zatem bezprzewodowe przekazanie wielkości mierzonej (ciśnienia) z układu pomiarowego, znajdującego

się pod wysokim napięciem do układu odbiorczego (rejestrującego) z izolacją n.n. Początkowo usiłowano zastosować metodę



przekazywania w oparciu o technikę krótkofalową. Okazało się jednak, że pole magnetyczne wywołane znacznymi prądami probierczymi powoduje zniekształcenia uniemożliwiające prawidłowy pomiar. W ostatnich latach w laboratorium f-my Galileo (Włochy) opracowano układ, w którym przekazywanie wartości ciśnienia odbywa się za pomocą impulsów świetlnych. Uproszczony schemat blokowy urządzenia przedstawiono na rys.137.

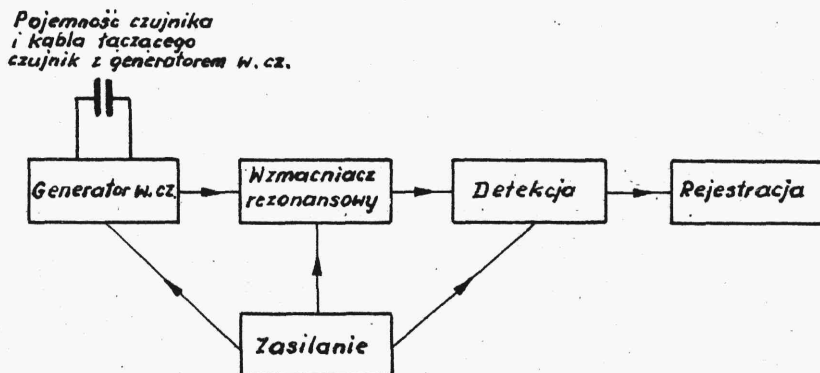
Układ nadawczy znajduje się pod wysokim napięciem i zasilany jest z niewielkich akumulatorów.

Amplituda napięcia sinusoidalnego o częstotliwości akustycznej, powstającego w generatorze A modulowana jest napięciem doprowadzonym z układu B, do którego przyłączony jest czujnik ciśnieniowy (np. pojemnościowy lub piezoelektryczny). Modulowane napięcie po wzmacnieniu i detekcji doprowadzone

Rys.137. Uproszczony schemat blokowy układu do pomiaru ciśnienia ze świetlnym przekazywaniem impulsów

jest w punkcie H do układu zasilania lampy L nadającej impulsy świetlne. Lampa ta charakteryzująca się bardzo małymi stałymi czasowymi, zasilana jest impulsami prostokątnymi modulowanymi napięciem o amplitudzie proporcjonalnej do wartości ciśnienia (źródłem impulsów prostokątnych jestibrator D). W wyniku modulacji lampa zasilana jest impulsami prostokątnymi o czasach trwania zależnych od wartości ciśnienia. Impulsy świetlne wysyłane przez lampę L odbierane są przez fotokomórkę K, a następnie przez zamianę modulacji częstotliwości na modulację amplitudy i wzmacnienie, otrzymuje się przebieg napięcia, którego obwódnia proporcjonalna jest do mierzonego ciśnienia (napięcie w punkcie O na rys.137). Rejestracja ciśnienia odbywa się za pomocą oscylografu elektronicznego lub pętlicowego (po uprzedniej zamianie impulsu napięciowego na prądowy).

W ćwiczeniu do pomiaru ciśnienia zastosowano indykator pojemnościowy opracowany w Katedrze Aparatów Elektrycznych Politechniki Warszawskiej. Schemat blokowy przyrządu przedstawiono na rys.138.



Rys.138. Schemat blokowy pojemnościowego indykatora ciśnień zmiennych

Zasada działania układu jest następująca. Do obwodu generatora wysokiej częstotliwości pracującego przy częstotliwości około 1,5 MHz dołączony jest za pośrednictwem kabla koncentrycznego czujnik pojemnościowy, którego pojemność zależna jest od mierzonego ciśnienia. Okładziny kondensatora płaskiego, którego pojemność włączona jest w obwód, generatora sta-

nowią: stalowa membrana oraz płytka mosiężna czujnika. Membrana czujnika wykonana jest ze stali stopowej o dużej sprężystości i wytrzymałości. Przy zmianach ciśnienia membrana "a" wygina się powodując zmianę pojemności czujnika. Czujniki wykonywane są na różne zakresy pomiarowe, przy czym grubość membrany dobierana jest w taki sposób, aby zmiana pojemności wywołana ciśnieniem znamionowym czujnika była dla wszystkich zakresów możliwie jednakowa. Pozwala to bowiem na zastosowanie przy czujnikach o różnych zakresach pojemnościowych takiej samej pętlicy rejestrującej.

Generator wysokiej częstotliwości zasila wzmacniacz rezonansowy, przy czym przed pomiarem punkt pracy (tj. częstotliwość drgań generatora) ustalony jest na zboczu krzywej rezonansu w pobliżu jej wierzchołka. Podczas pomiaru przy wzroście ciśnienia, pojemność czujnika rośnie, a więc jednocześnie wzrasta częstotliwość generatora i punkt pracy przesuwają się po krzywej rezonansu w najbardziej stromej jego części. Zmiana wzmocnienia we wzmacniaczu rezonansowym powoduje zmianę prądu w obwodzie wyjściowym, w którym znajduje się przyrząd rejestrujący np. pętlica oscylografu, przy czym zmiana prądu wyjściowego jest proporcjonalna do mierzonego ciśnienia. Układowi stawiany jest warunek odpowiedniej czułości, pozwalający na uzyskanie obrazu o dostatecznej wielkości. Optymalne warunki pracy dla przyrządu współpracującego z określonym czujnikiem i określoną pętlą pomiarową ustalane są doświadczalnie, przez wyznaczanie tzw. optymalnego początkowego punktu pracy, to znaczy wartości prądu w obwodzie wyjściowym, na którą układ jest następnie ustawiany przed każdym pomiarem. W przypadku konieczności zmniejszenia prądu płynącego przez pętlę przed pomiarem, należy stosować kompensację z dodatkowego źródła prądu stałego.

Zakres pomiarowy przyrządu charakteryzują dwie wielkości:

- a) wartość amplitudy ciśnienia,
- b) zakres częstotliwości zmian badanego przebiegu.

Pierwszy z tych parametrów określany jest zakresem pomiarowym czujników. Czujniki wykonywane są na różne zakresy pomiarowe np. 5, 10, 15, 25, 50 i 100 atn, przy czym są one dostateczne dla większości prób wykonywanych na wyłącznikach w.n.

Parametrami ograniczającymi zakres częstotliwości zmian badanych przebiegów są częstotliwości drgań własnych membrany czujnika oraz częstotliwość drgań własnych pętlicy rejestrującej. Dla opisywanego przyrządu obie te częstotliwości są w przybliżeniu sobie równe i wynoszą ok. 5-6 kHz, co umożliwia pomiar z uchybem ok. 10% przebiegów o częstotliwości zmian do ok. 2 kHz.

Kompletny schemat przyrządu podany jest w instrukcji obsługi indykatora, z którą odrabiający ćwiczenie powinien się dokładnie zapoznać.

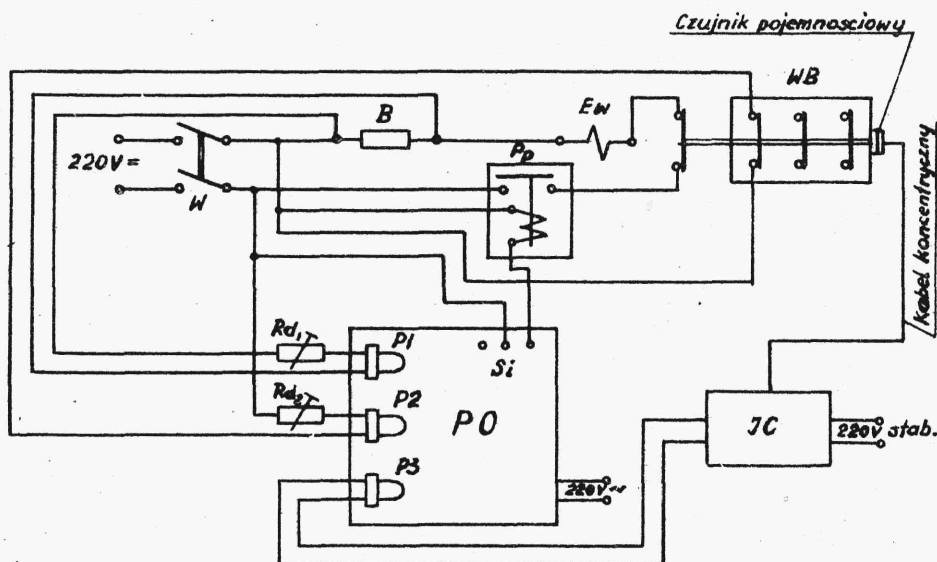
Wykaz literatury

1. Frate G., Scuccato J.: Systèmes d'observation et d'enregistrement, continu des pressions et des contraintes mécaniques en grandeur et phase en des points inaccessibles parce que sous tension, CIGRE 1960, ref. nr 126.
2. Łapiński M.: Czujniki pomiarowe, budowa i zastosowanie, PWT, Warszawa 1957.
3. Podgórski A.: Niektóre zagadnienia techniki pomiarowej przy próbach zwarciovych, Przegląd Elektrotechniczny 1953, z. 11/12.
4. Turiczin A.M.: Pomiarы elektryczne wielkości nieelektrycznych, PWT, Warszawa 1957.

2. P o m i a r y

W ćwiczeniu rejestruje się przebieg ciśnienia w komorze wyłącznika pneumatycznego przy otwieraniu w stanie beznapięciowym z użyciem opisanego powyżej indykatora pojemnościowego. Schemat układu pomiarowego przedstawiono na rys. 139. Czujnik wkręcony jest w specjalnie przygotowany do tego celu otwór, wywiercony w pokrywie komory wyłącznika w pobliżu styków stałych i połączony kablem koncentrycznym z indykatorem. Do rejestracji stosuje się oscylograf pętlicowy, za pomocą którego poza przebiegiem ciśnienia rejestruje się również przebieg prądu w uzwojeniu wyzwalacza pośredniego oraz moment rozdziału styków badanego wyłącznika.

Przed przystąpieniem do pomiarów indykator należy uruchomić, ustawić w optymalnych warunkach pracy oraz ewentualnie skompensować prąd początkowy. Czynności te należy wykonać zgodnie z wymienioną powyżej szczegółową instrukcją obsługi przyrządu. Zwraca się jednocześnie uwagę, że przyrząd jest bardzo



Rys.139. Schemat układu do rejestracji przebiegu ciśnienia w wyłączniku pneumatycznym przy wyłączaniu w stanie beznapięciowym: WB - wyłącznik badany, E_w - wyzwalacz pomocniczy na wyłączanie wyłącznika badanego, JC - pojemnościowy indykator ciśnień, PO - oscylograf pętlicowy, Si - styki impulsujące oscylografu, P_1 - pętlica do rejestracji przebiegu prądu w wyzwalaczu pośrednim E_w , P_2 - pętlica do rejestracji momentu rozdziału styków, P_3 - pętlica do rejestracji przebiegu ciśnienia w komorze wyłącznika badanego, R_{d1} , R_{d2} - oporniki, P_p - przekaźnik pomocniczy, B - bocznik

wrażliwy na wahania napięcia, w związku z czym powinien być zasilany napięciem stabilizowanym.

Przed wykonaniem serii pomiarów z określonym czujnikiem i pętlą rejestrującą przyrząd powinien być wyskalowany. Skalowanie wykonywane jest statycznie i polega na wyznaczeniu zależności wychylenia pętlicy rejestrującej dla kilku wartości ciśnienia. Ciśnienie potrzebne do skalowania otrzymuje się

przy pomocy specjalnej pompki olejowej, zakończonej nagwintowanym otworem do wkręcenia czujnika. Pomiar ciśnienia skalującego odbywa się za pomocą manometru sprężynowego. Skalowanie należy przeprowadzić w zależności od potrzeb dla kilku wartości ciśnienia w zakresie do spodziewanej wartości mierzonej, przy czym należy pamiętać, że zależność $i_a = f(P)$ nie jest liniowa lecz paraboliczna tzn. dla większych wartości ciśnień należy skalować gęściej. Skalowanie można wykonywać bądź przez wykonanie szeregu oscylogramów, bądź też przez pomiar wychylenia pętlicy na ekranie oscylografu dla zadanych wartości ciśnienia. Drugi sposób skalowania jest możliwy jedynie w tych przypadkach kiedy wielkość obrazu na ekranie jest równa wielkości obrazu na papierze światłoczułym.

Po wykonaniu skalowania można przystąpić do właściwych pomiarów. Pomiar należy wykonać dla kilku wartości ciśnienia w zależności od ciśnienia znamionowego ($0,8 p_n$, $1,0 p_n$, $1,1 p_n$).

Załączenie wyłącznika badanego odbywa się ręcznie; impuls na wyłączenie podawany jest za pomocą pomocniczych styków oscylografu (rys.139) z jednoczesnym włączeniem sprzęgła powodującym przesuwanie papieru światłoczułego.

U w a g a: 1. Przed każdym pomiarem należy sprawdzić początkowy punkt pracy przyrządu (zgodnie z instrukcją obsługi).

2. Pętlicę pomiarową należy włączać jedynie na czas pomiaru. W pozostałym czasie pętlica powinna być zwarta zwieraczem umieszczonym w przyrządzie.

3. P r o t o k ó ł p o m i a r ó w

A. Parametry wyłącznika badanego

Typ NF $U_n = \dots$ kV, $J_n = \dots$ A, $S_{wył} = \dots$ MVA
 $p_n = \dots$ atn.

B. Parametry obwodu pomiarowego

a. Do pomiaru ciśnienia zastosowano indykator pojemnościowy typu z czujnikiem o zakresie pomiarowym atn.

b. Do rejestracji zastosowano oscylograf typu
z prędkością zapisu m/sek.

- do rejestracji ciśnienia zastosowano pętlę typu $i_{dop} = \dots \text{ mA}$ $f = \dots \text{ Hz}$,
- do rejestracji przebiegu prądu w uzwojeniu wyzwalacza pomocniczego zastosowano pętlę typu $i_{dop} = \dots \text{ mA}$ zasilaną z bocznika ... A przez oporność dodatkową $R_d = \dots \Omega$,
- do rejestracji momentu rozdziału styków zastosowano pętlę typu $i_{dop} = \dots \text{ mA}$ $R_d = \dots \Omega$.

C. Wykonane oscylogramy dla $p = 0,8 p_n = \dots \text{ atn}$

$p = 1,0 p_n = \dots \text{ atn}$

$p = 1,1 p_n = \dots \text{ atn}$

należy dołączyć do sprawozdania.

4. Opracowanie pomiarów i dyskusja wyników

A. Otrzymane oscylogramy należy opisać oraz nanieść na nie skalę ciśnienia. Następnie określić wartość ciśnienia w momencie rozdziału styków wyłącznika oraz czas trwania przepływu sprężonego powietrza przez komorę wyłącznika. Na podstawie przebiegu ciśnienia zanalizować warunki przepływu powietrza przez dyszę wyłącznika.

B. Określić zakres pomiarowy częstotliwości dla układu stosowanego w ćwiczeniu. Obliczenia przeprowadzić w oparciu o znajomość wymiarów i materiału czujnika oraz częstotliwości drgań własnych pętlicy.

C. Przeprowadzić krytyczną analizę porównawczą metod pomiaru ciśnień, stosowanych w technice badań aparatów elektrycznych.

