

4. MATERIAŁ NAUCZANIA

4.1. Pomiar temperatury

4.1.1. Materiał nauczania

Ogólna charakterystyka czujników

Czujnik jest to element układu pomiarowego, na który bezpośrednio oddziałuje wielkość mierzona. Sygnał wyjściowy czujnika jest funkcją zmian mierzonej wielkości fizycznej. Przetwornik przekształca sygnał wyjściowy czujnika na standardowy sygnał elektryczny lub pneumatyczny, aby umożliwić łączenie układów pomiarowych z innymi urządzeniami wchodzącymi w skład układów regulacji.

Dla aparatury produkowanej w Polsce przyjęto następujące sygnały standardowe:

- elektryczny $0 \div 5 \text{ mA}$, $0 \div 20 \text{ mA}$ lub $4 \div 20 \text{ mA}$,
- pneumatyczny $20 \div 100 \text{ kP}$.

Porównując czujniki należy uwzględnić następujące cechy:

- zakres, czyli dopuszczalny przedział zmian sygnału wyjściowego ze względu na budowę i zasadę działania czujnika,
- jednoznaczność charakterystyki przetwarzania, czyli nieliniowość (największe odchylenie od teoretycznej linii prostej) oraz niejednoznaczność (histereza charakterystyki statycznej) muszą mieścić się w dopuszczalnych granicach,
- czułość, która ma istotny wpływ na dokładne przetwarzanie i przesyłanie informacji,
- odporność na zakłócenia,
- stałość charakterystyki w czasie,
- mała bezwładność, szczególnie istotna przy pomiarach szybkozmiennych,
- duża niezawodność,
- niska cena.

Temperatura i jej jednostki

Temperatura jest to podstawowa wielkość określająca stan układu termodynamicznego, która przyjmuje tę samą wartość dla układów będących w stanie równowagi termodynamicznej ze sobą. Pomiar temperatury można przeprowadzić tylko w sposób pośredni, opierając się na zależności od temperatury właściwości ciał, które można zmierzyć bezpośrednio. Temperaturę ciała określa się w stopniach, a jej wartość zależy od przyjętej skali termodynamicznej.

W układzie SI jednostką temperatury termodynamicznej jest 1 Kelwin [K].

Powszechnie używana jest jednostka 1 stopień Celsjusza [$^{\circ}\text{C}$].

Zależność pomiędzy temperaturą wyrażoną w [$^{\circ}\text{C}$], a w [K] przedstawia wzór:

$$T [\text{K}] = 273,15 + t [^{\circ}\text{C}].$$

Międzynarodowa Skala Temperatur MST 90

Jest ona wyznaczona przez kilkanaście punktów stałych, będących temperaturami wrzenia, krzepnięcia lub punktów potrójnych różnych ciał (punkt potrójny tlenu $-218,7916^{\circ}\text{C}$, punkt potrójny wody $0,01^{\circ}\text{C}$, punkt krzepnięcia cyny $231,928^{\circ}\text{C}$, punkt krzepnięcia złota $1064,18^{\circ}\text{C}$). Skala MST pokrywa się ze skalą termodynamiczną.

Podział i przeznaczenie czujników temperatury

Stosowane są stykowe i bezstykowe metody pomiarów temperatury. Wyróżnia się następujące rodzaje termometrów:

1. stykowe (wymagane jest, aby czujnik bezpośrednio stykał się z mierzonym obiektem):
 - rozszerzalnościowe: cieczowe i metaliczne (bimetaliczne i dylatacyjne),
 - ciśnieniowe (manometryczne): cieczowe, gazowe, parowe,
 - oporowe (rezystancyjne): metalowe, półprzewodnikowe (termistory),
 - termoelektryczne;
2. bezstykowe (czujnik nie styka się z mierzonym obiektem):
 - pirometryczne: radiacyjne, monochromatyczne, bichromatyczne.

Tabela 1. Zakresy pomiarowe termometrów

Rodzaj termometru	Zakres pomiarowy (°C)
Rozszerzalnościowy	-200 ÷ 1000
Manometryczny	-160 ÷ 600
Rezystancyjny (oporowy)	-200 ÷ 850
Termoelektryczny	-200 ÷ 1700
Pirometr	-100 ÷ 5000

Termometry rozszerzalnościowe

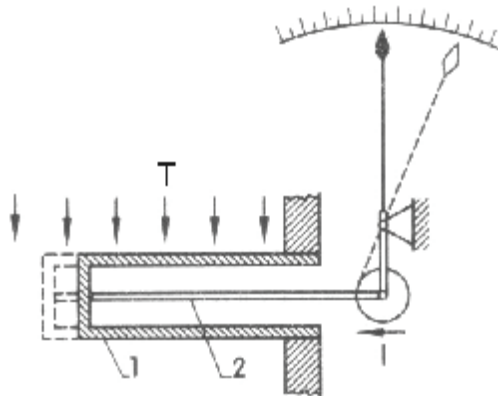
W termometrach rozszerzalnościowych cieczowych szklanych (rys.1) wykorzystuje się zjawisko rozszerzalności cieczy termometrycznej od temperatury. Ciecze te charakteryzują się dużym współczynnikiem rozszerzalności objętościowej, temperatury ich krzepnięcia i wrzenia znajdują się poza zakresem pomiarowym oraz niezwilżają szkła (rtęć) albo słabo zwilżają (alkohol, pentan, toluen).



Rys. 1. Termometr cieczowy szklany [5, s. 80]

W termometrach rozszerzalnościowych metalicznych wykorzystuje się zjawisko różnicy temperaturowej rozszerzalności dwóch materiałów:

- w dylatacyjnych (rys. 2): pręt -1 z materiału o małym liniowym współczynniku rozszerzalności liniowej α_p (porcelana, kwarc, inwar) znajduje się w tulei -2 z materiału o dużym współczynniku rozszerzalności liniowej α_t (glin, miedź, nikiel);

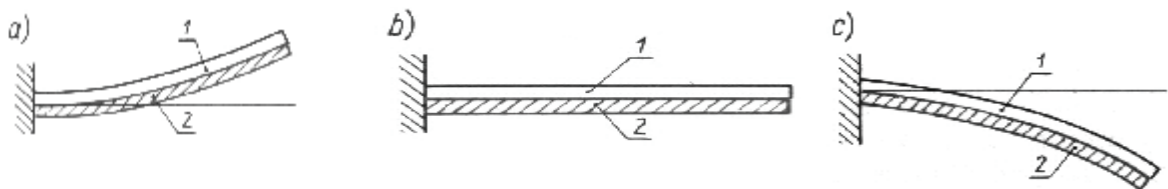


$$l = l_0 (\alpha_t - \alpha_p) \Delta T,$$

gdzie: l_0 czynna długość pręta i tulei

Rys. 2. Zasada działania termometru dylatacyjnego [12 s. 75]

- w bimetalowych (rys.3): płytka lub taśma składająca się z dwóch połączonych ze sobą warstw metali o różnych współczynnikach rozszerzalności liniowej, zamocowana jest jednym końcem nieruchomo; drugi koniec swobodny (przez odpowiedni układ mechanizmów połączony ze wskazówką) ulega odkształceniu pod wpływem temperatury. Element bimetaliczny jest przeważnie zwinięty w kształcie spirali.

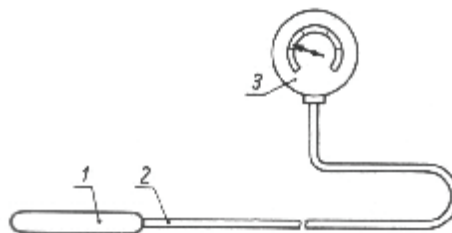


Rys. 3. Zasada działania termometru bimetalicznego w temperaturze: a) podwyższonej, b) normalnej, c) obniżonej [6, s. 110]

Termometry ciśnieniowe

W termometrach ciśnieniowych (manometrycznych) wykorzystano zasadę, że przy stałej objętości ciśnienie gazu lub cieczy zależy od temperatury (rys. 4). W zależności od użytego czynnika termometrycznego można je podzielić na:

- cieczowe (układ pomiarowy wypełniony rtęcią),
- gazowe (układ pomiarowy wypełniony azotem),
- kondensacyjne (czujnik wypełniony częściowo cieczą o niskiej temperaturze wrzenia - acetonem - a częściowo parą nasyconą, reszta układu parą nasyconą lub cieczą pośredniczącą - gliceryną).



Rys. 4. Termometr manometryczny: 1 – czujnik, 2 – kapilara, 3 – manometr [6, s. 111]

Termometry oporowe

W termometrach oporowych (rezystancyjnych) zasada ich działania wykorzystuje zależności rezystancji niektórych metali i półprzewodników od temperatury. W pewnym zakresie

temperatury zależność rezystancji od temperatury dla danego przewodnika jest praktycznie liniowa:

$$R_2 = R_1 (1 + \alpha \Delta t)$$

gdzie: R_2 – rezystancja przewodnika w temperaturze t_2 ,

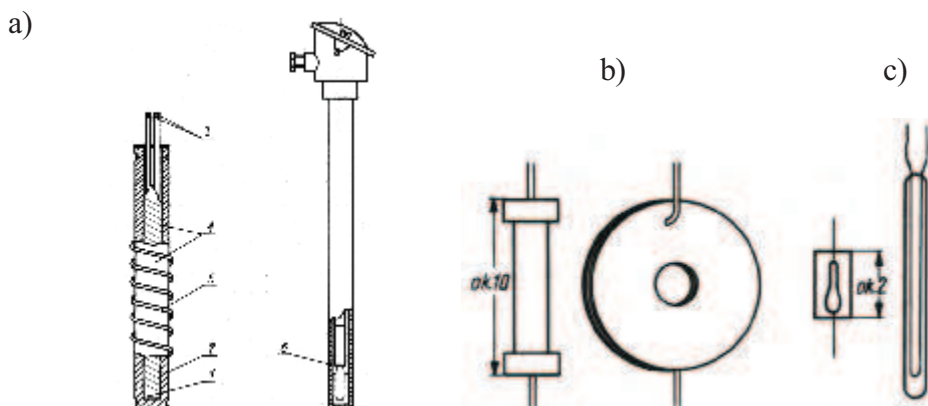
R_1 – rezystancja przewodnika w temperaturze t_1 ,

Δt – różnica temperatur $t_2 - t_1$,

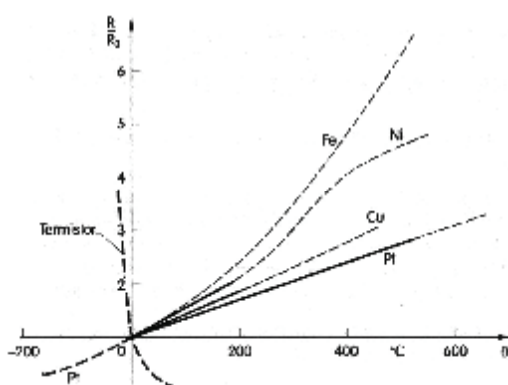
α – współczynnik temperaturowy rezystancji.

W termometrach oporowych metalicznych (rys.5) stosuje się najczęściej platynę, nikiel oraz miedź. Metale te charakteryzują się stałością charakterystyki rezystancji w funkcji temperatury, dużym współczynnikiem temperaturowym oraz odpornością na wpływ czynników zewnętrznych.

Czujniki termistorowe (rys.5) są wykonane z tlenków metali (żelaza, manganu, litu i tytanu) w postaci niewielkich elementów (płytek, prętów i kulek) z metalowymi wyprowadzeniami. Charakteryzują się one dużym ujemnym współczynnikiem temperaturowym, a ich charakterystyka temperaturowa rezystancji jest nieliniowa (rys.6). Największą ich zaletą jest duża czułość.

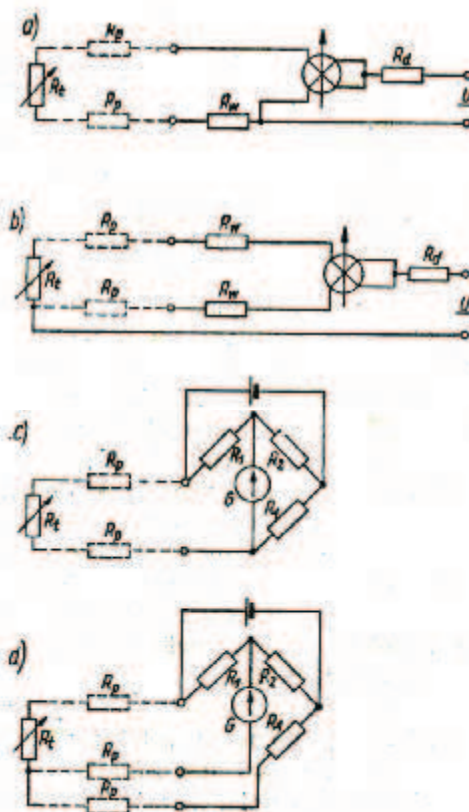


Rys. 5. Budowa termometru: a) rezystancyjnego metalicznego; b) termistorów masywnych niehermetyzowanych; c) termistorów perełkowych zatapiających w szkło 1 - listwa izolacyjna, 2 – drut oporowy, 3 – przewody wyprowadzające, 4 - przekładki mikowe, 5 – taśma metalowa, 6 – osłona ceramiczna [6, s. 115 i 116]



Rys. 6. Charakterystyki $R_2/R_1 = f(t)$ wybranych metali i półprzewodników [10, s. 243]

Do pomiaru rezystancji czujnika, która jest miarą temperatury stosuje się mierniki ilorazowe - logometry lub mostki Wheatsona'a. Czujniki rezystancyjne łączy się z tymi przyrządami za pomocą dwóch lub trzech przewodów. Przy połączeniu trójprzewodowym kompensują się uchyby dodatkowe pochodzące od wahań rezystancji doprowadzeń (rys.7).



Rys. 7. Termometr rezystancyjny w układzie pomiarowym: a) z logometrem przy połączeniu dwuprzewodowym; b) z logometrem przy połączeniu trójprzewodowym; c) z mostkiem przy połączeniu dwuprzewodowym; d) z mostkiem przy połączeniu trójprzewodowym [8, s. 282]

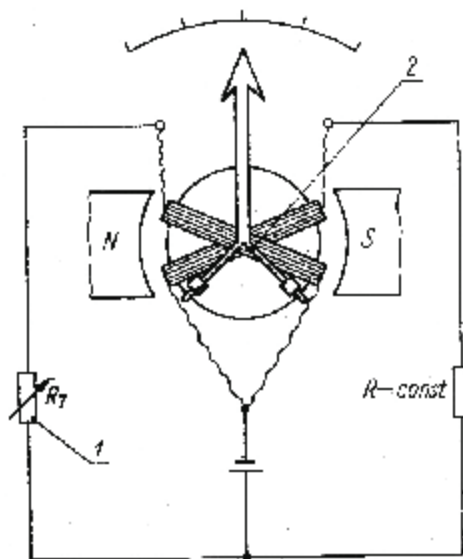
Układy pomiarowe z termometrami rezystancyjnymi

Do pomiaru temperatury za pomocą termometrów rezystancyjnych mogą być wykorzystane układy do pomiarów rezystancji, ponieważ należy zmierzyć rezystancję czujnika (sondy) w stanie jego pracy. Najczęściej wykorzystywane są układy mostkowe równoważone ręcznie lub automatycznie oraz niezrównoważone (wychyleniowe). W mostkach wychyleniowych rolę wskaźnika stanu równowagi pełnią miliwoltomierze z podziałką opisaną w [°C] lub [K]. Natomiast tam gdzie nie jest wymagana duża dokładność, stosowane są do pomiaru temperatury mierniki ilorazowe (logometry - rys.8), wyskalowane bezpośrednio w wartościach temperatury.

Cewki logometru są dołączone do dwóch obwodów zasilanych ze wspólnej baterii o napięciu U . Prąd I_1 płynie przez czujnik o rezystancji R_T , prąd I_2 – przez opornik wzorcowy R . W stanie ustalonym momenty obrotowe obu cewek są sobie równe, wówczas zachodzi zależność:

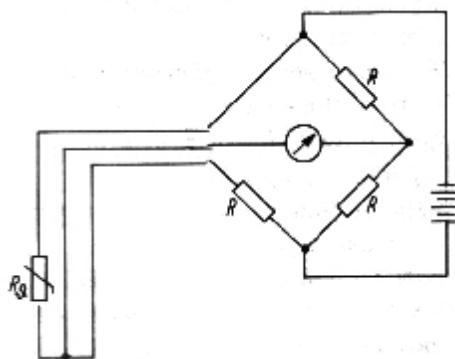
$$I_1/I_2 = B_2 / B_1,$$

gdzie: B_1, B_2 - indukcja magnetyczna w szczelinie z cewkami.



Rys. 8. Schemat połączenia czujnika termorezystancyjnego z logometrem: 1 – czujnik termorezystancyjny, 2 – logometr, 3 – opornik wzorcowy [7, s. 84]

Czujniki rezystancyjne łączy się z mostkiem lub logometrem za pomocą dwóch lub trzech przewodów. Połączenie dwuprzewodowe może być przyczyną powstawania znacznych błędów pomiarowych (zmiany rezystancji przewodów łączących), szczególnie przy znacznych odległościach czujników od układu pomiarowego. Przy połączeniu trójprzewodowym zmiany rezystancji przewodów łączących wzajemnie się kompensują (rys.9).



Rys. 9. Mostek termometryczny z kompensacją temperaturowych zmian przewodów łączących: R_T – czujnik termorezystancyjny [6, s. 116]

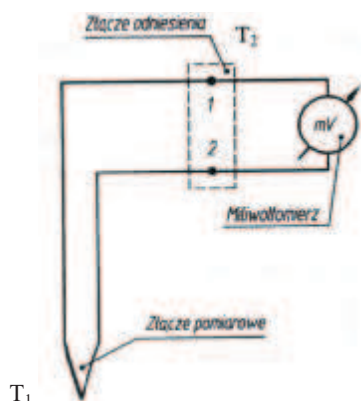
Termometry termoelektryczne

W termometrach tych wykorzystuje się zjawisko powstawania siły termoelektrycznej wywołane zmianą temperatury. Termoelementy (termopary) wykonuje się przez spawanie lub lutowanie na jednym końcu dwóch przewodów A i B z różnych metali. W obwodzie zamkniętym z termoelementem (rys.10), w którym połączone końce mają różną temperaturę powstaje siła termoelektryczna. Oblicza się ją ze wzoru:

$$U = STE = \alpha (T_1 - T_2),$$

gdzie: α jest czułością termoelementu zależną od rodzaju materiałów A i B,

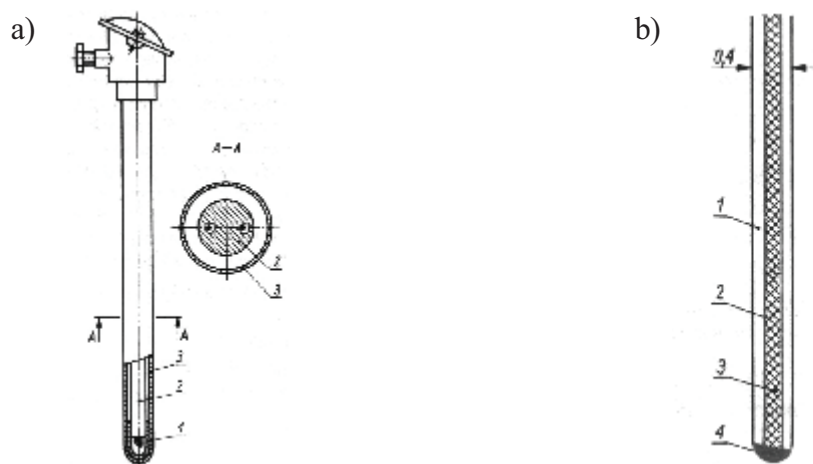
T_1 - jest temperaturą mierzoną (tzw. gorące końce),
 T_2 - jest temperaturą odniesienia (tzw. zimne końce).



Rys. 10. Schemat termoelektrycznego przetwornika temperatury (termoelementu) [5, s. 96]

W nazwach termoelementów na pierwszym miejscu podawana jest elektroda dodatnia. Najczęściej stosowane termoelementy to : platynorod – platyna (PtRh-Pt); nikielchrom – nikiel (NiCr-Ni); żelazo - konstantan (Fe-konstantan); miedź – konstantan (Cu-konstantan).

Konstrukcja termoelementów zależy od ich przeznaczenia, np. typu przemysłowego charakteryzuje się dużą bezwładnością cieplną, a typu specjalnego do pomiarów powierzchniowych - bardzo małą bezwładnością cieplną (rys.11).

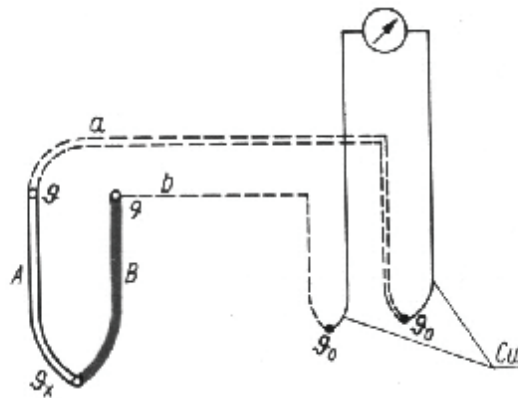


Rys. 11. Schemat budowy czujnika z termoelementem: a) o dużej bezwładności cieplnej; b) o małej bezwładności cieplnej. 1 – spoina pomiarowa, 2 – osłona ceramiczna, 3 – rurka z metalu A, 4 – tuleja pomiarowa, 5 – głowica, 6 – pręt z metalu B, 7 – izolacja [6, s. 118]

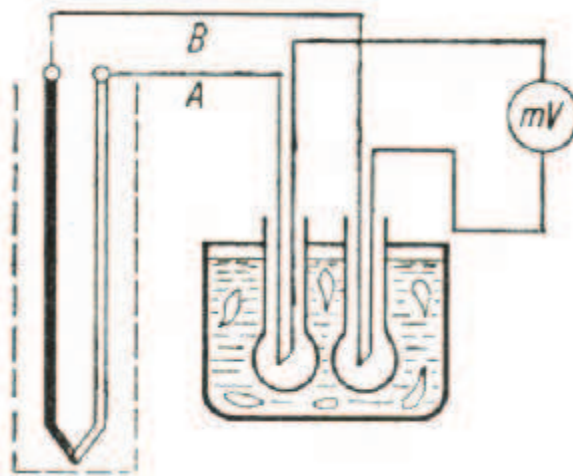
Układy pomiarowe z termoelementami

Przy pomiarach temperatury z użyciem czujników termoelektrycznych największym źródłem niedokładności pomiarów są zmiany temperatury odniesienia T_2 . W celu wyeliminowania tych niedokładności stosuje się:

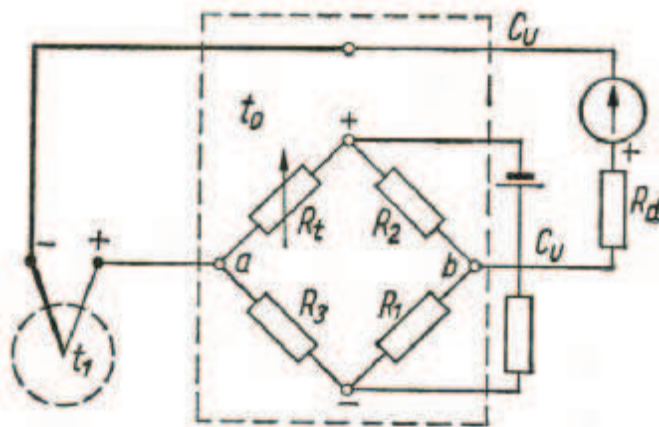
- odsunięcie złącza odniesienia od miejsca pomiaru (rys.12) – stosuje się wówczas tzw. przewody kompensacyjne,
- stabilizację temperatury złącza odniesienia (termostatowanie - rys.13),
- kompensację zmian temperatury odniesienia (rys.14).



Rys. 12. Układ termoelementu z przewodami kompensacyjnymi [6, s. 120]



Rys. 13. Układ połączenia ogniwa termoelektrycznego z termostatowaniem [9, s. 297]



Rys. 14. Układ do pomiaru siły termoelektrycznej termoelementu z kompensacją wpływu zmian temperatury złącz odniesienia z miliwoltomierzem [8, s. 284]

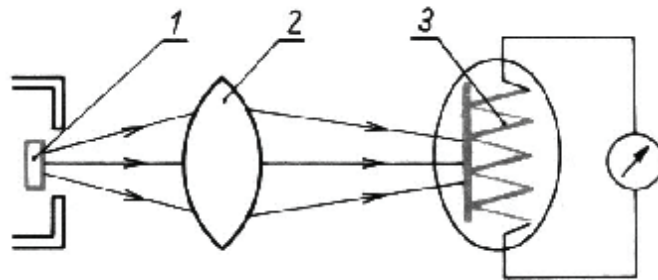
Dodatkowe siły termoelektryczne (oprócz termoelementu AB powstały dwie dodatkowe A-Cu i B-Cu) są kompensowane przez napięcie w przekątnej a-b mostka. Zmiana wartości rezystancji termorezystora R_T , który jest czuły na zmiany temperatury odniesienia, powoduje zmianę napięcia kompensującego.

Pirometry

Do pomiaru temperatury za pomocą pirometrów wykorzystano zależność między strumieniem energii wypromieniowanym przez rozżarzone ciało a jego temperaturą.

Ze względu na sposób działania rozróżnia się trzy podstawowe typy pirometrów:

- radiacyjne (pirometry całkowitego promieniowania), stosowane do pomiaru energii wypromieniowanej w całym zakresie widma (rys.15),
- monochromatyczne, stosowane do pomiaru temperatury w wąskim monochromatycznym paśmie widma,
- barwowe (dwo- lub trójbarwowe), w których mierzone są i porównywane ze sobą dwie (trzy) składowe promieniowania.



Rys. 15. Schemat ideowy radiacyjnego pirometru termoelektrycznego: 1 – obiekt badany, 2) – układ optyczny, c) – termostos [6, s. 122]

4.1.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Co to jest temperatura?
2. W jaki sposób można dokonać pomiaru temperatury?
3. Jaka zależność istnieje pomiędzy temperaturą wyrażoną w skali [K] a [°C]?
4. Jak została wyznaczona Międzynarodowa Skala Temperatur?
5. Jaka jest różnica między czujnikiem a przetwornikiem?
6. Jakie znasz przyrządy (klasyfikacja) do pomiaru temperatury?
7. Które termometry mają największy zakres pomiarowy?
8. Jakie właściwości powinna mieć ciecz termometryczna stosowana w termometrach cieczowych?
9. Czym różnią się termometry rozszerzalnościowe metaliczne: dylatacyjny od bimetalowego?
10. Co może być czynnikiem termometrycznym w termometrach manometrycznych?
11. Jaka jest zasada działania termometrów oporowych?
12. Jakie materiały stosuje się na termometry rezystancyjne i dlaczego?
13. Co to są termistory?
14. Jakie znasz układy pomiarowe z termometrami oporowymi?
15. Kiedy stosuje się układ z kompensacją wpływu zmian rezystancji przewodów łączących?
16. Jakie zjawisko wykorzystano w termometrach termoelektrycznych?
17. Od czego zależy siła termoelektryczna w obwodzie z termoelementem?
18. Do czego służą przewody kompensacyjne w układach z termoelementami?
19. Jaka rolę spełnia termorezystor w układzie z kompensacją zmian temperatury złącz odniesienia?
20. Jaka jest zasada działania pirometrów?

4.1.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Rozpoznaj termometry. Zaklasyfikuj do odpowiedniej grupy ze względu na sposób pomiaru temperatury, podaj ich producenta, dane techniczne oraz rodzaj sygnału wyjściowego.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) zapoznać się materiałem teoretycznym o przyrządach do pomiaru temperatury,
- 2) zorganizować stanowisko pracy do wykonania ćwiczenia,
- 3) rozpoznać przyrządy do pomiaru temperatury,
- 4) znaleźć karty katalogowe termometrów i/lub odpowiednie normy,
- 5) określić sposób pomiaru temperatury: stykowy czy bezstykowy,
- 6) określić zasadę działania czujnika,
- 7) określić ich właściwości pomiarowe: zakres, działka elementarna, klasa dokładności,
- 8) określić rodzaj sygnału wyjściowego z czujnika,
- 9) zaprezentować wykonane ćwiczenie,
- 10) dokonać oceny poprawności wykonania ćwiczenia.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- termometry: szklane cieczowe, bimetalowy, manometryczny, czujniki rezystancyjne, termoelementy, termistory, pirometr,
- karty katalogowe,
- normy,
- kartki papieru,
- przybory do pisania,
- literatura z rozdziału 6.

Ćwiczenie 2

Dobierz czujnik temperatury do pomiaru temperatury gazów i cieczy w rurociągach i zbiornikach ciśnieniowych. Wymagania dodatkowe: wymienny wkład, linia 2, 3 lub 4 przewodowa.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) zapoznać się z materiałem teoretycznym o pomiarach temperatury,
- 2) zorganizować stanowisko pracy do wykonania ćwiczenia,
- 3) skorzystać z dostępnych kart katalogowych i norm,
- 4) skorzystać z zasobów sieci Internet,
- 5) określić typ czujnika i jego producenta (producentów),
- 6) podać podstawowe dane techniczne,
- 7) zaprezentować wykonane ćwiczenie,
- 8) dokonać oceny poprawności wykonania ćwiczenia.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- karty katalogowe różnych czujników temperatury,
- komputer osobisty klasy PC z dostępem do sieci Internet,
- literatura z rozdziału 6.

Ćwiczenie 3

Wykonaj badanie rezystancyjnego czujnika temperatury.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) zapoznać się materiałem teoretycznym dotyczącym termometrów oporowych oraz ich układami pomiarowymi,
- 2) zapoznać się z wymogami technicznymi dotyczącymi układów z czujnikami oporowymi podanymi w normach,
- 3) zorganizować stanowisko pracy do wykonania ćwiczenia,
- 4) zapoznać się ze sprzętem przeznaczonym do wykonania ćwiczenia,
- 5) zaprojektować układy pomiarowe (z dwoma przewodami, z trzema przewodami),
- 6) połączyć kolejno układy pomiarowe,
- 7) przeprowadzić pomiary rezystancji wybranych czujników dla kilku wartości temperatury dla obu układów pomiarowych,
- 8) podgrzać promiennikiem odcinki torów (wprowadzić zakłócenie) w obu układach,
- 9) wykonać pomiary w układach z wprowadzonym zakłóceniem,
- 10) zaprojektować układ do wyznaczenia charakterystyki statycznej $U(t)$ czujnika,
- 11) wyznaczyć charakterystykę statyczną $U(t)$ wybranego czujnika,
- 12) zaprojektować sposób wyznaczenia charakterystyki skokowej wybranego czujnika,
- 13) wykonać pomiary dla wyznaczenia charakterystyki skokowej,
- 14) sporządzić dokumentację techniczną z wykonanych badań,
- 15) sporządzić wnioski z przeprowadzonych badań,
- 16) dokonać oceny poprawności wykonanego ćwiczenia.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- czujniki rezystancyjne (metalowe i termistory),
- termometr wzorcowy,
- mostek pomiarowy Wheatstone'a,
- zestaw mierników (omomierze, woltomierze, amperomierze),
- galwanometr,
- piec laboratoryjny lub ultratermostat,
- długi odcinek przewodu czteryżyłowego do symulacji toru pomiarowego,
- kartki papieru,
- przybory do pisania i rysowania.

Ćwiczenie 4

Badanie czujników termoelektrycznych.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) zorganizować stanowisko pracy do wykonania ćwiczenia,
- 2) zapoznać się ze sprzętem przeznaczonym do wykonania ćwiczenia,
- 3) wykonać termoelement,
- 4) zaprojektować układ do badania charakterystyki statycznej wykonanego termoelementu,
- 5) wyznaczyć charakterystykę statyczną termoelementu,
- 6) zaprojektować układy ze stałą temperaturą spoiny odniesienia,
- 7) wykonać badanie termoelementu wg projektów układów,

- 8) porównać otrzymane wyniki,
- 9) oszacować błędy w obu pomiarach,
- 10) zaprojektować sposób wyznaczenia charakterystyki dynamicznej termoelementu,
- 11) wykonać pomiary do wyznaczenia charakterystyki dynamicznej termopary,
- 12) sporządzić dokumentację techniczną z przeprowadzonych badań,
- 13) sformułować wnioski z wykonanych badań,
- 14) dokonać oceny poprawności przeprowadzonego ćwiczenia.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- czujnik termoelektryczny,
- zestaw mierników (woltomierz, amperomierz),
- układ i przewody kompensacyjne,
- termometr szklany wzorcowy (termometr termoelektryczny do pomiarów w piecu),
- elementy do zestawienia kompensatora (bateria, rezystor dekadowy, rezystor wzorcowy, miliamperomierz),
- piec laboratoryjny lub ultratermostat,
- przewody do wykonania termoelementu,
- termos z mieszaniną wody z lodem,
- kartki papieru A4,
- przybory do pisania i rysowania.

4.1.4. Sprawdzian postępów

	Tak	Nie
Czy potrafisz:		
1) rozróżnić termometry?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2) określić ich zasadę działania?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3) dobrać rodzaj termometru w zależności od mierzonego ośrodka?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4) dobrać rodzaj termometru w zależności od zakresu badanych temperatur?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5) zaprojektować układ pomiarowy z czujnikiem rezystancyjnym?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6) zaprojektować układ pomiarowy z czujnikiem termoelektrycznym?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7) wykonać pomiary charakterystyki statycznej wymienionych wyżej czujników?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8) wykonać pomiary charakterystyki dynamicznej wymienionych wyżej czujników?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4.2. Pomiary siły i naprężeń mechanicznych

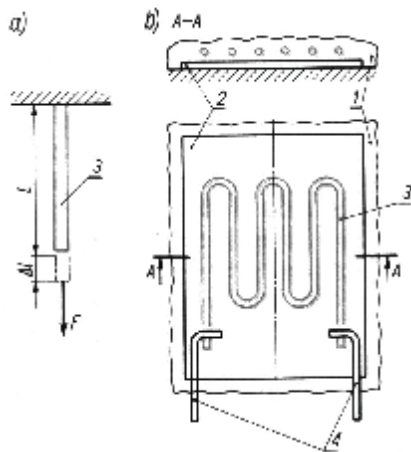
4.2.1. Materiał nauczania

Pomiary sił zewnętrznych działających w układzie mechanicznym oraz pomiary naprężeń występujących w obciążanych elementach konstrukcji mechanicznych są sprowadzane do pomiarów wartości odkształceń wywołanych przez te czynniki w czujniku pomiarowym.

Do pomiaru siły stosuje się czujniki, które mierzonej sile stawiają opór. Jako kompensujące wykorzystuje się układy dynamometryczne, elektromagnetyczne lub pneumatyczne. Bezpośrednie przetworzenie mierzonej siły na sygnał elektryczny umożliwiają czujniki magnetosprężyste i piezoelektryczne. Czujniki tensometryczne do pomiaru naprężeń mierzą wartość odkształcenia konstrukcji, która stawia opór działającym siłom wywołującym w niej naprężenia mechaniczne.

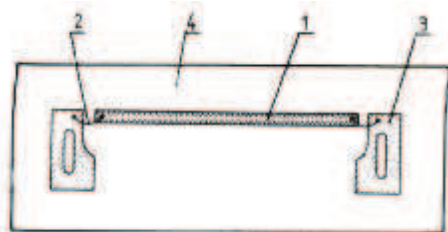
Czujniki tensometryczne

Czujniki te muszą być zespolone z odkształcaną konstrukcją przez ich naklejenie w określonych miejscach na badanej konstrukcji. Zmiana rezystancji tensometru wywołana jego odkształceniem jest funkcją działającej siły. Tensometr jest to rezystor wykonany z cienkiego drutu lub folii metalowej (rys.16), przyklejony do cienkiego dielektryka. Tensometry półprzewodnikowe mogą być wykonane jako monokrystaliczne (rys.17) lub cienkowarstwowe. Czułość tensometrów półprzewodnikowych jest prawie sto razy większa niż metalicznych. Pomiar rezystancji najczęściej odbywa się za pomocą mostka Wheatstone'a. Dla kompensacji wpływów wahań temperatury stosuje się identyczne tensometry kompensacyjne, umieszczone w przeciwległych gałęziach mostka pomiarowego, naklejone na tym samym podłożu co pomiarowe ale nie podlegające naprężeniu.



Rys. 16. Tensometr rezystancyjny metaliczny:

a) zasada działania; b) budowa (1 – klej, 2 – podkład, 3 – drut rezystancyjny, 4 – doprowadzenie) [6, s. 66]



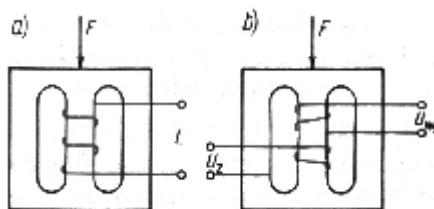
Rys. 17. Tensometr półprzewodnikowy (1 – półprzewodnik,

2 – drut łączący, 3 – doprowadzenie prądu, 4 – podkładka izolacyjna) [10, s. 251]

Czujniki magnetosprężyste

W czujnikach magnetosprężystych wykorzystane jest zjawisko magnetosprężyste, polegające na tym, że podczas deformacji (np. ściskaniu, skręcaniu, zginaniu) materiałów ferromagnetycznych (żelazo, nikiel, kobalt), w granicach odkształceń sprężystych, zmienia się ich przenikalność magnetyczna. Zjawisko to jest ściśle związane ze zjawiskiem magnetostrykcji polegającym na deformacji mechanicznej w materiale wzdłuż pola przy zmianie natężenia pola magnetycznego działającego na ten materiał.

Czujniki magnetosprężyste mogą pracować jako cewki indukcyjne o zmiennej indukcyjności własnej (czujniki dławikowe) lub jako transformatory o zmiennej indukcyjności wzajemnej (czujniki transformatorowe - rys.18).

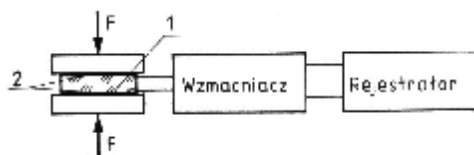


Rys. 18. Schemat budowy czujnika magnetosprężystego: a) dławikowego; b) transformatorowego [6, s. 65]

Czujniki piezoelektryczne

W czujnikach piezoelektrycznych wykorzystano zjawisko piezoelektryczne polegające na tym, że podczas deformacji w granicach sprężystości pewnych kryształów pojawiają się na odpowiednich ściankach ładunki elektryczne. Występuje również zjawisko odwrotne, które polega na tym, że doprowadzone ładunki elektryczne do elektrod przylegających do ścianek kryształu powodują zmianę jego wymiarów. Zjawisko to nazywamy elektrostrykcją.

Jako piezoelektryk stosuje się kryształy kwarcu, ze względu na dużą wytrzymałość mechaniczną, dużą rezystywność oraz małą zależność zjawiska piezoelektrycznego od temperatury. Czujniki piezoelektryczne kwarcowe stosuje się do pomiarów sił szybkozmiennych (rys.19).



Rys. 19. Piezoelektryczny przetwornik siły [10, s.255]

Pod wpływem siły ściskającej F płytkę 1 z kryształu kwarcu powstaną na naciskanych powierzchniach 2 ładunki elektryczne Q o przeciwnych znakach. Wartość bezwzględna tego ładunku wynosi:

$$Q = k_p F,$$

gdzie k_p jest współczynnikiem piezoelektrycznym. Pomiar tego ładunku umożliwiają elektrody metalowe naparowane na powierzchni kryształu kwarcu.

4.2.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Jaka jest zasada pomiaru siły a jaka naprężenia mechanicznego?
2. Jak klasyfikuje się czujniki do pomiaru sił?
3. Jaka jest zasada działania tensometrów rezystancyjnych?

4. Jaka jest zasada działania czujników magnetośprężystych?
5. Na czym polega zjawisko magnetostrykcji?
6. Jaka jest zasada działania czujników piezoelektrycznych?
7. Na czym polega zjawisko piezoelektryczne?
8. Jakże materiały stosuje się na czujniki magnetośprężyste a jakie na piezoelektryczne?

4.2.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Dobierz czujniki tensometryczne:

- do wag suwnicowych o obciążeniu nominalnym 100 kN,
- do przenośników taśmowych do ważenia ciągłego o obciążeniu nominalnym 5 kN.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) zorganizować stanowisko pracy do wykonania ćwiczenia,
- 2) dobrać czujniki na podstawie kart katalogowych, norm, informacji z Internetu,
- 3) podać producenta (producentów),
- 4) określić budowę i zasadę działania wytypowanych czujników,
- 5) podać dane techniczne czujników,
- 6) zaprezentować wykonane ćwiczenie,
- 7) dokonać oceny ćwiczenia.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- karty katalogowe,
- komputer PC z dostępem do Internetu,
- papier, przybory do pisania,
- literatura z rozdziału 6.

Ćwiczenie 2

Wykonaj pomiary naprężeń rozciągających czujnik tensometryczny metaliczny.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) zorganizować stanowisko pracy do wykonania ćwiczenia,
- 2) zapoznać się z przyrządami i tensometrami,
- 3) zaprojektować układ mostka niezrównoważonego prądu stałego do pomiaru naprężeń,
- 4) zmontować układ według projektu,
- 5) dokonać pomiarów podczas rozrywania taśmy stalowej z naklejonymi tensometrami,
- 6) wykonać wykres charakterystyki,
- 7) dokonać oceny ćwiczenia.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- tensometry o niewielkim obciążeniu nominalnym,
- taśma stalowa,
- imadło (lub zrywarka),
- bateria (zasilacz stabilizowany),

- oporniki
- przyrządy pomiarowe (miliwoltomierz, siłomierz)
- papier,
- przybory do pisania,
- literatura z rozdziału 6.

Ćwiczenie 3

Badanie przemysłowego czujnika tensometrycznego o niewielkim obciążeniu nominalnym.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) zorganizować stanowisko pracy do wykonania ćwiczenia,
- 2) zapoznać się z kartą katalogową badanego czujnika i jego budową,
- 3) zapoznać się ze stanowiskiem pomiarowym i przyrządami,
- 4) zmontować układ zgodnie z danymi z karty katalogowej,
- 5) dokonać pomiarów i niezbędnych obliczeń,
- 6) wyznaczyć charakterystykę czujnika,
- 7) dokonać oceny ćwiczenia.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- przemysłowy czujnik tensometryczny stosowany w technice ważenia,
- źródło napięcia 6V/50Hz,
- woltomierz,
- odważniki (lub imadło z siłomierzem),
- literatura z rozdziału 6.

4.2.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:

- | | Tak | Nie |
|--|--------------------------|--------------------------|
| 1) omówić różnicę pomiędzy pomiarem siły a naprężenia mechanicznego? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 2) wyjaśnić zasadę działania czujników magnetościśmowych? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 3) wyjaśnić zasadę działania czujników piezoelektrycznych? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 4) wyjaśnić zasadę działania tensometru? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 5) scharakteryzować sposób kompensacji wpływu temperatury na dokładność pomiaru za pomocą tensometrów? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 6) dobrać czujnik tensometryczny w zależności od miejsca mierzonej siły i jej wartości? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 7) wyznaczyć charakterystykę przemysłowego czujnika tensometrycznego? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 8) dokonać pomiarów naprężeń rozciągających tensometr? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

4.3. Pomiar ciśnienia

4.3.1. Materiał nauczania

Ciśnienie jest to skalarna wielkość fizyczna równa liczbowo, w przypadku stałej siły F działającej na płaską powierzchnię, stosunkowi tej siły do pola S powierzchni:

$$p = \frac{F}{S}$$

gdzie: p - ciśnienie [Pa], F - siła [N], S - pole powierzchni [m^2].

W układzie SI jednostką ciśnienia jest pascal, $1\text{Pa} = 1\text{N}/1\text{m}^2$.

Pomiar ciśnienia to pomiar siły wywieranej przez ciecz lub gazy na określoną powierzchnię. Najczęściej pomiar ciśnienia ma charakter względny odniesiony do ciśnienia atmosferycznego. Jeżeli jest niższe od ciśnienia atmosferycznego to mierzymy podciśnienie, a jeżeli jest wyższe - to mierzymy nadciśnienie. Pomiar ciśnienia względem próżni to pomiar ciśnienia bezwzględnego (absolutnego).

Do pomiaru nadciśnienia stosujemy manometr, podciśnienia - wakuometr, ciśnienia atmosferycznego - barometr. Manowakuometr umożliwia pomiar zarówno nadciśnienia jak i podciśnienia.

Często występuje pomiar różnicy dwóch ciśnień, których wartości bezwzględne przewyższają znacznie wartość ciśnienia różnicowego. Przyrząd do pomiaru tego ciśnienia to manometr różnicowy.

Ciśnieniomierze ze względu na zasadę działania możemy sklasyfikować na:

- hydrostatyczne,
- z elementami sprężystymi,
- tensometryczne.

Ciśnieniomierze hydrostatyczne

Ciśnieniomierze hydrostatyczne działają na zasadzie równowagi ciśnień w naczyniach połączonych, to znaczy, że zmiany ciśnienia lub różnicy ciśnienia są przetwarzane na różnicę poziomów cieczy manometrycznej (rtęci, alkoholu, wody lub oleju). Rozróżniamy ciśnieniomierze hydrostatyczne: cieczowe - U-rurkowe i naczyniowe oraz obciążeniowe - waga pierścieniowa.

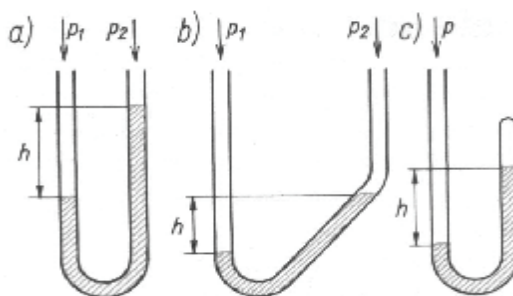
Rurka dwuramienna w kształcie litery U wypełniona częściowo cieczą to najprostszy manometr. Pochylając jedno z ramion rurki można otrzymać mikromanometr, charakteryzujący się dużą dokładnością odczytu różnicy poziomów. Zatapiając koniec jednego z ramion rurki i zachowując w nim próżnię otrzymamy barometr (rys.20).

$$p_1 - p_2 = \Delta p = h \cdot \gamma_c$$

gdzie: p_1, p_2 - mierzone ciśnienie [Pa],

h - różnica poziomów cieczy [m],

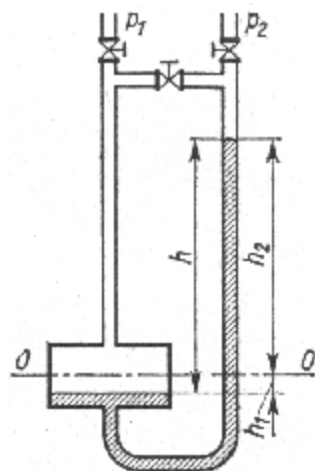
γ_c - ciężar właściwy cieczy [$\frac{\text{N}}{\text{m}^3}$].



Rys. 20. Zasada działania manometru U-rurkowego: a) różnicowego; b) mikromanometru; c) barometru.

[6, s. 88]

Niedogodnego odczytywania dwu poziomów cieczy manometrycznej unika się w manometrach naczyniowych (rys.21).



Warunek równowagi:

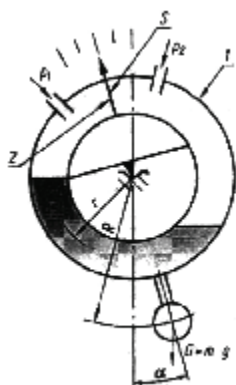
$$p_1 - p_2 = \Delta p = h_2 \gamma_c \left(1 + \frac{A_1}{A_2}\right)$$

gdzie: p_1, p_2 - mierzone ciśnienie [Pa],
 A_1, A_2 - pola wypełnione cieczą rurki manometrycznej i naczynia [m^2],
 h_2 - długość słupa cieczy w ramieniu pomiarowym, odczytywana bezpośrednio [m],

γ_c - ciężar właściwy cieczy [$\frac{N}{m^3}$].

Rys. 21. Zasada działania manometru naczyniowego [11, s.137]

Ciekawym rozwiązaniem ciśnieniomierza hydrostatycznego obciążeniowego jest tzw. waga pierścieniowa (rys.22).



$$p_2 - p_1 = \Delta p = \frac{G \cdot R \cdot \sin \alpha}{S \cdot r}$$

gdzie: p_1, p_2 - mierzone ciśnienie [Pa],
 S - powierzchnia przegrody [m^2],
 r - odległość środka przegrody od punktu podparcia wagi [m],
 G - siła ciężkości wagi [N],
 R - odległość środka ciężkości wagi od punktu podparcia [m],
 α - kąt wychylenia wagi.

Rys. 22. Zasada działania wagi pierścieniowej [5, s. 31]

Manometry cieczowe są stosowane do pomiaru ciśnienia w zakresie od kilku milimetrów słupa wody do 10^5 Pa.

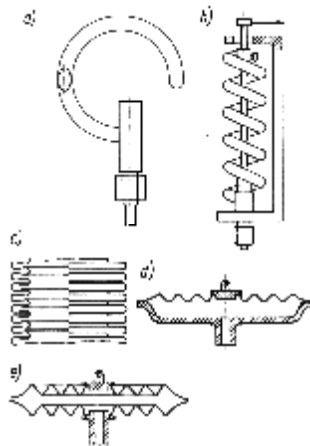
Ciśnieniomierze sprężyste

W ciśnieniomierzach sprężystych mierzone ciśnienie jest przetwarzane na przesunięcie lub odkształcenie. W ciśnieniomierzach tych elementami pomiarowymi są: membrana, pudełko (puszka membranowa), mieszek, rurka Bourdona i rurka spiralna, które stanowią fizyczną przegrodę między dwoma ośrodkami (rys. 23). Kształt elementów sprężystych jest tak dobrany, aby uzyskać możliwie ściśle liniową zależność między zmianą ciśnienia p , a odkształceniem s będącym pierwotną wielkością wyjściową ciśnieniomierza. Zależność przedstawia wzór:

$$s = \frac{k p}{E}$$

gdzie: k - funkcja kształtu elementu (zwykle bardzo zawiła), a E - współczynnik sprężystości materiału.

Manometry sprężyste mierzą zawsze różnicę między ciśnieniem panującym w naczyniu pomiarowym a ciśnieniem otoczenia.



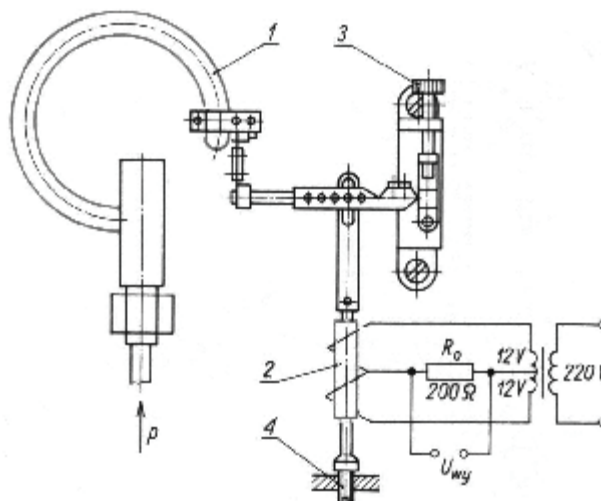
Rys. 23. Elementy sprężyste ciśnieniomierzy: a) rurka Bourdona; b) rurka spiralna; c) mieszek; d) membrana; e) pudełko [6, s. 89]

Należy tak dobierać zakresy pomiarowe manometrów z elementami sprężystymi, aby odkształcenia tych elementów były dużo mniejsze od granicy ich odkształcenia sprężystego. Przekroczenie tej granicy powoduje trwałe uszkodzenie manometru.

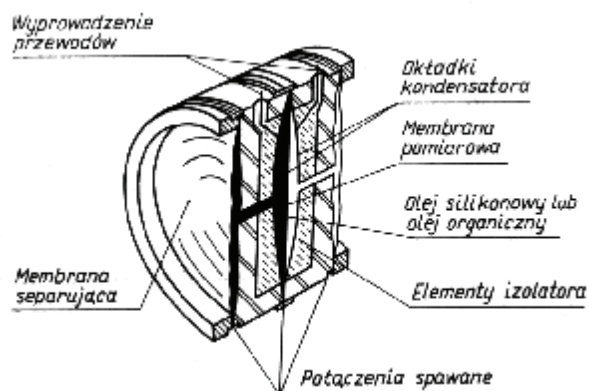
Ciśnieniomierze elektryczne

Przetwarzanie ciśnienia na sygnał elektryczny można uzyskać wykorzystując odkształcenia sprężystych elementów lub wykorzystując zjawiska, które związane są z powstawaniem naprężeń w materiałach (piezoelektrycznych, ferromagnetycznych i rezystancyjnych). Wyniki pomiarów ciśnienia za pomocą ciśnieniomierzy elektrycznych mogą być przesyłane na odległość.

Odkształcenia elementów sprężystych są mierzone za pomocą czujników przesunięcia, najczęściej indukcyjnymi (rys.24), pojemnościowymi (rys.25) lub potencjometrycznymi (rys.26).

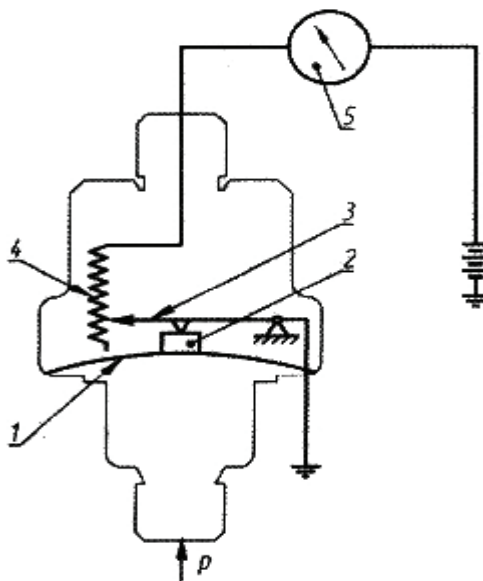


Rys. 24. Manometr z rurką Bourdona i czujnikiem indukcyjnościowym do pomiaru odkształcenia końca rurki (1 – rurka Bourdona, 2 – czujnik, 3 – zerowanie, 4 – regulacja napięcia początkowego [6, s. 90]



Rys. 25. Schemat budowy przetwornika różnicy ciśnień z membraną pomiarową działającą jako kondensator produkcji MERA PNEFAL na licencji firmy ROSEMOUNT [6, s. 96]

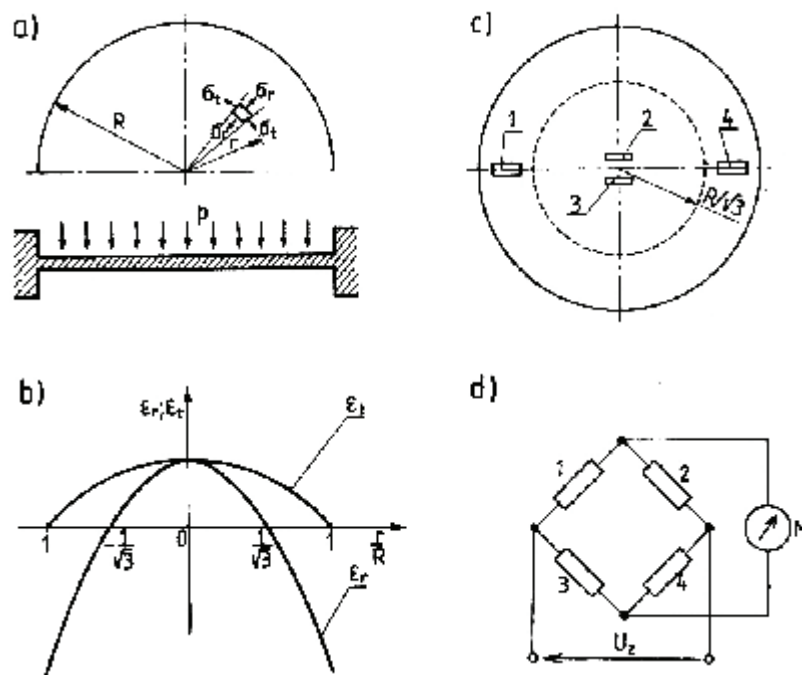
W przetworniku (rys.25) wykorzystano membranę jako czujnik różnicy ciśnień i pojemnościowy sposób pomiaru jej odkształceń. Mierzone ciśnienia działają na membrany separujące, za którymi znajduje się olej silikonowy. Olej silikonowy przenosi ciśnienie na sprężystą membranę pomiarową stanowiącą jedną z okładek kondensatora różnicowego. Pod wpływem różnicy ciśnień działających na membranę następuje proporcjonalne do różnicy ciśnień ugięcie membrany i zmiana pojemności między nią a zewnętrznymi okładkami kondensatora.



Rys. 26. Schemat budowy czujnika ciśnienia oleju FCCO 5 produkcji MERA PAFAL (1 – membrana, 2 – popychacz, 3 – dźwignia, 4 – potencjometr, 5 – wskaźnik wyskalowany w jednostkach ciśnienia) [12, s.29]

W praktyce przemysłowej najczęściej stosowane są przetworniki tensometryczne.

W celu wykonania dokładnych pomiarów ciśnienia układ tensometryczny wymaga kompensacji temperatury (rys. 27). Stosuje się wtedy 4 tensometry połączone w układ mostka czteroramiennego. Tensometry 1 i 4 są ściskane, a tensometry 2 i 3 rozciągane. Ponieważ tensometry znajdują się w tej samej temperaturze, to wpływ temperatury na wynik pomiaru jest bardzo mały.



Rys. 27. Tensometryczny membranowy przetwornik ciśnienia: a) płaska membrana, b) rozkład odkształcenia w membranie, c) zalecane rozmieszczenie tensometrów 1÷4, d) elektryczny układ pomiarowy [10, s. 252]

4.3.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Co to jest ciśnienie?
2. Co to jest ciśnienie absolutne, podciśnienie i nadciśnienie?
3. Jakimi ciśnieniomierzami służy do pomiaru podciśnienia a jakie nadciśnienia?
4. Jak klasyfikuje się ciśnieniomierze?
5. Wyjaśnij zasadę pomiaru ciśnienia manometrem U-rurkowym?
6. Jaka jest zaleta manometrów naczyniowych?
7. Wyjaśnij zasadę pomiaru różnicy ciśnień wagą pierścieniową?
8. Jakie elementy sprężyste stosuje się w ciśnieniomierzach?
9. Jaka jest zasada działania manometrów z elementami sprężystymi?
10. Jakie zakresy pomiarowe ciśnienia mają manometry z elementami sprężystymi?
11. Jakie zjawiska wykorzystywane są w manometrach elektrycznych?
12. Jakimi czujnikami są wykorzystywane na przekształcenie przesunięcia elementów sprężystych w przetwornikach ciśnienia na sygnał elektryczny?
13. Jaka jest zasada działania przetwornika różnicy ciśnień produkcji MERA-PNEFAL S.A. (firmy ROSEMOUNT)?
14. Jak działa czujnik ciśnienia oleju FCCO 5?
15. Dlaczego często stosuje się do pomiarów ciśnienia mostki tensometryczne?
16. Jak działa piezorezystancyjny czujnik różnicy ciśnień serii 41 firmy MERA- PNEFAL S.A.?
17. Które z poznanych ciśnieniomierzy umożliwiają przesył wyników pomiarów na odległość?

4.3.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Wartość ciśnienia absolutnego wynosi 1500 P, a przyjęta wartość ciśnienia odniesienia wynosi 2000 P. Jaki przyrząd należy użyć do pomiaru podciśnienia i jakie będzie jego wskazanie?

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

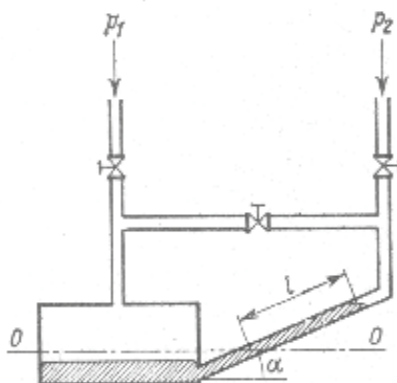
- 1) zapoznać się wiadomościami z zakresu pomiarów ciśnienia,
- 2) wybrać rodzaj ciśnieniomierza,
- 3) wykonać obliczenie,
- 4) zaprezentować wykonane ćwiczenie,
- 5) dokonać oceny ćwiczenia.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- zeszyt,
- przybory do pisania,
- literatura z rozdziału 6.

Ćwiczenie 2

Na rysunku przedstawiono zasadę działania manometru naczyniowego z ukośną rurką pomiarową. Wyznacz zależność $\Delta p = f(h)$. Kiedy należy stosować taki manometr? W jaki sposób można zmienić zakres pomiarowy?



Rysunek do ćwiczenia 1[11, s. 137]

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) zapoznać się z wiadomościami dotyczącymi manometrów hydrostatycznych,
- 2) wyprowadzić zależność $\Delta p = f(h)$,
- 3) wskazać do pomiaru jakich ciśnień stosuje się ten typ manometru,
- 4) zaproponować sposób zmiany zakresu pomiarowego,
- 5) zaprezentować efekty swojej pracy,
- 6) dokonać oceny wykonania ćwiczenia.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- zeszyt,
- przybory do pisania i rysowania,
- literatura z rozdziału 6 poradnika.

Ćwiczenie 3

Rozpoznaj przyrządy do pomiaru ciśnienia. Określ ich dane techniczne.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

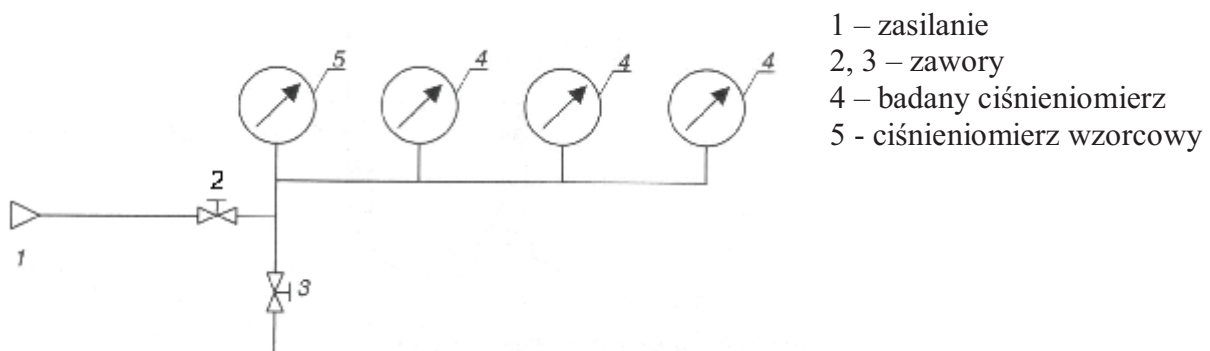
- 1) zorganizować stanowisko pracy do wykonania ćwiczenia,
- 2) określić typ ciśnieniomierza,
- 3) podać nazwę producenta,
- 4) odczytać zakresy pomiarowe, klasę dokładności,
- 5) wskazać gdzie mogą być stosowane,
- 6) wskazać ich sygnały wyjściowe,
- 7) zaprezentować efekty swojej pracy,
- 8) dokonać oceny ćwiczenia.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- ciśnieniomierze: mieszkowe, puszkowe, czujniki z rurką Bourdona, waga pierścieniowa, tensometry,
- karty katalogowe,
- komputer osobisty PC z dostępem do Internetu,
- kartki papieru A4,
- przybory do pisania i rysowania,
- literatura z rozdziału 6.

Ćwiczenie 4

Wyznacz charakterystyki statyczne ciśnieniomierzy w układzie jak na rysunku.



Rysunek do ćwiczenia 4 [14, s. 32]

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) zorganizować stanowisko pracy do wykonania ćwiczenia,

- 2) zapoznać się ze sprzętem wykorzystywanym w ćwiczeniu,
- 3) rozpoznać rodzaje ciśnieniomierzy,
- 4) zmontować stanowisko do pomiarów manometrów według rysunku,
- 5) zaproponować kolejność postępowania przy pomiarze sygnału narastającego i malejącego,
- 6) wykonać pomiary,
- 7) zanotować wyniki pomiarów,
- 8) wykreślić charakterystyki badanych ciśnieniomierzy,
- 9) zinterpretować otrzymane wyniki,
- 10) zaprezentować efekty swojej pracy,
- 11) dokonać oceny ćwiczenia.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- ciśnieniomierze, np. mieszkowy, puszkowy, czujnik z rurką Bourdona, waga pierścieniowa,
- manometr wzorcowy,
- sprężarka,
- zawory,
- instalacja,
- kartki papieru A4,
- przybory do pisania i rysowania,
- literatura z rozdziału 6.

4.3.4. Sprawdzian postępów

	Tak	Nie
Czy potrafisz:		
1) zdefiniować pojęcia: ciśnienie, ciśnienie absolutne, ciśnienie względne?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2) określić czym mierzymy podciśnienie, a czym nadciśnienia?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3) określić do pomiaru jakiego ciśnienia stosuje się mikromanometr?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4) wyjaśnić zasadę działania różnych typów manometrów?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5) dobrać manometr do instalacji?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6) dobrać manometr ze względu na wymagany zakres pomiarowy?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7) zmierzyć ciśnienie (różnicę ciśnień) za pomocą poznanych ciśnieniomierzy?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8) wyznaczyć charakterystykę statyczną ciśnieniomierza?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4.4. Pomiar poziomu

4.4.1. Materiał nauczania

Podział poziomomierzy

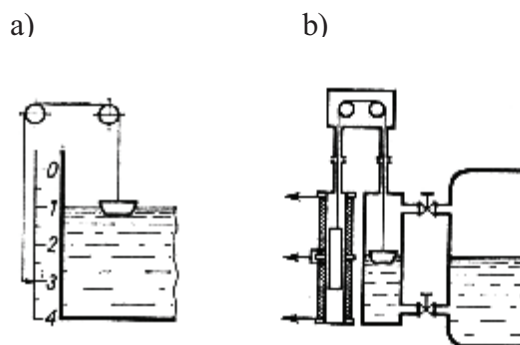
Pomiar poziomu cieczy i materiałów sypkich ma na celu określenie poziomu ich w zbiorniku lub wskazanie odchylenia od wartości zadanej: minimalnej lub maksymalnej. Przyrządy do pomiaru poziomu nazywamy poziomomierzami, a do wskazania odchylenia – sygnalizatorami.

Do najważniejszych przemysłowych mierników poziomu zaliczamy:

- pływakowe (ze stałym zanurzeniem pływaka; nurnikowe – ze zmiennym zanurzeniem),
- hydrostatyczne (z manometrem różnicowym, pneumatyczne),
- elektryczne (pojemnościowe, rezystancyjne),
- ultradźwiękowe,
- izotopowe.

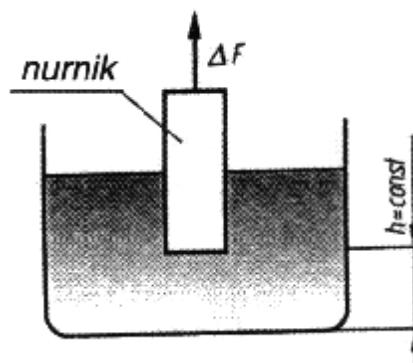
Poziomomierze pływakowe

Warunkiem wykonania pomiaru poziomu z pływakiem o stałym zanurzeniu jest określone i niezmiennie pionowe położenie pływaka w stosunku do lustra cieczy, ponieważ zmiana położenia pływaka jest bezpośrednim sygnałem wyjściowym [rys.28]. Aby zwiększyć dokładność pomiaru stosuje się pływaki płaskie, charakteryzujące się dużymi zmianami siły wyporu przy zmianach zanurzenia.



Rys. 28. Schematy pływakowych mierników poziomu. a) prosty wskaźnik poziomu, b) miernik z przetwornikiem indukcyjnościowym [11, s.192]

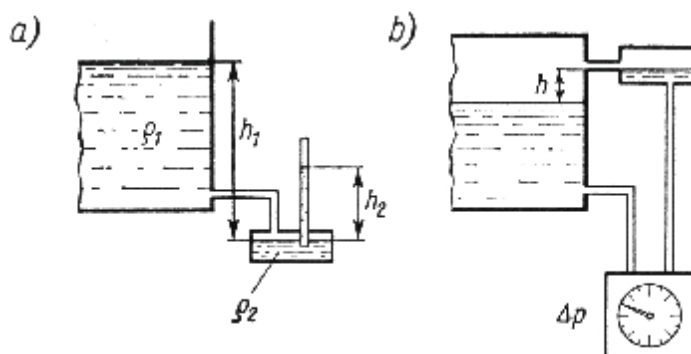
W poziomomierzach z nurnikiem zmiana poziomu cieczy jest przetwarzana na zmiany siły wyporu pływaka zanurzonego częściowo w cieczy na niezmiennie wysokości (rys. 29).



Rys. 29. Schemat działania poziomomierza nurnikowego [5, s. 65]

Poziomomierze hydrostatyczne

W poziomomierzach hydrostatycznych pomiar poziomu polega na pomiarze hydrostatycznego ciśnienia cieczy w odniesieniu do określonej wysokości odniesienia h_0 . Pomiar tego ciśnienia może być wykonany bezpośrednio (mierniki poziomu z manometrami różnicowymi - rys.30) lub za pośrednictwem gazu wtłaczanego do mierzonej cieczy (pneumatyczne mierniki poziomu cieczy).



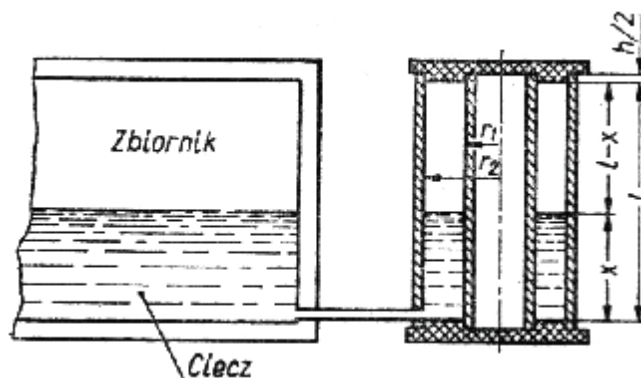
$$\rho_2 > \rho_1, \quad \text{to} \quad h_1 = \frac{h_2 \cdot \rho_2}{\rho_1}$$

$$h = \frac{\Delta p}{\rho_2 - \rho_1}$$

Rys. 30. Schematy mierników manometrycznych: a) do zbiorników otwartych, b) do zbiorników zamkniętych [11, s.192]

Poziomomierze elektryczne

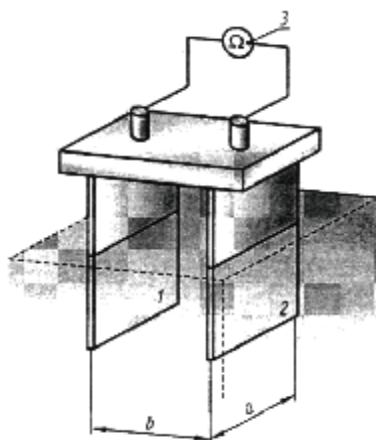
Czujnik o zmiennej przenikalności elektrycznej, dostosowany do pomiaru poziomu cieczy (rys.31), to kondensator cylindryczny zbudowany z dwóch metalowych cylindrów, które są od siebie odizolowane. Pomiędzy nimi znajduje się ciecz (dielektryk), której poziom chcemy zmierzyć. Pojemność całkowita, występująca między cylindrami jest liniową funkcją wysokości mierzonej cieczy.



Rys. 31. Schemat czujnika pojemnościowego do pomiaru poziomu cieczy [9, s.136]

Można wykorzystać bezpośrednio metalowe ściany zbiornika jako elektrodę. Umieszczając w zbiorniku drugą elektrodę w postaci drutu, pręta lub liny otrzymamy kondensator. Czujniki pojemnościowe można stosować zarówno do pomiaru poziomu cieczy jak również do pomiaru poziomu ciał sypkich. W tym drugim przypadku pomiar będzie miał charakter przybliżony.

Poziomomierze rezystancyjne są stosowane do pomiaru poziomu materiałów przewodzących. Zasada ich działania wykorzystuje pomiar rezystancji między dwoma elektrodami (rys.32) zanurzonymi w cieczy przewodzącej.



Poziom cieczy (głębokość zanurzenia elektrod) można określić za pomocą wzoru:

$$H = \frac{b}{R \cdot a \cdot \sigma}$$

gdzie: H – głębokość zanurzenia,

R – rezystancja zmierzona,

a – szerokość elektrod,

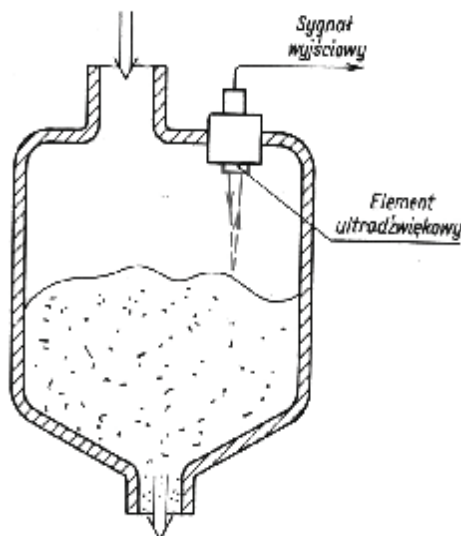
b – odległość elektrod,

σ – przewodność elektryczna właściwa cieczy.

Rys. 32. Schemat pomiaru poziomu cieczy poziomomierzem rezystancyjnym [5, s. 74]

Poziomomierze ultradźwiękowe

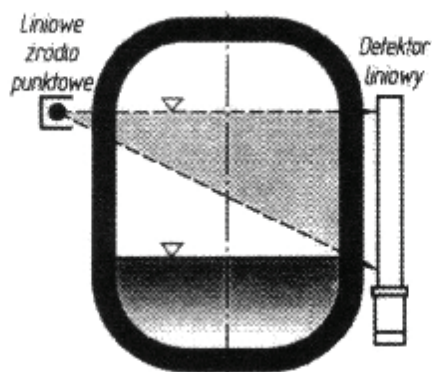
Zasada działania poziomomierzy ultradźwiękowych polega na pomiarze czasu między wysłaniem sygnału a odebraniem odbitego sygnału od mierzonej powierzchni (rys.33). Mogą być stosowane zarówno do pomiaru poziomu cieczy jak i materiałów sypkich.



Rys. 33. Schemat instalacji w zbiorniku ultradźwiękowego miernika poziomu [6, s.103]

Poziomomierze izotopowe

W izotopowych metodach pomiaru wykorzystuje się zjawisko pochłaniania lub odbijania w określonym stopniu promieniowania przez badany ośrodek, przy czym promieniowanie użyte do pomiaru nie powinno powodować dostrzegalnych zmian w ośrodku. Jest to metoda nieinwazyjna, znajdująca zastosowanie w ekstremalnych warunkach procesów chemicznych (wysokie temperatury i ciśnienie, środowiska chemicznie agresywne). Szczególnie metodę tę stosuje się do pomiaru i sygnalizacji poziomu cieczy w szczelnych zbiornikach (rys.34). Detektor wyznacza poziom cieczy na podstawie zmian natężenia odbieranej wiązki promieniowania, wywołanych jego stopniową absorpcją przez mierzoną ciecz w zbiorniku.



Rys. 34. Schemat pomiaru poziomomierzem izotopowym[5, s. 75]

4.4.2. Pytania sprawdzające

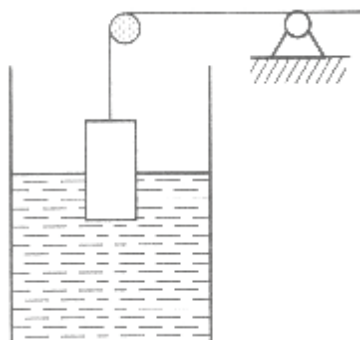
Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Jaka jest różnica pomiędzy poziomomierzem a sygnalizatorem poziomu?
2. Jak klasyfikuje się poziomomierze?
3. Jaka jest różnica pomiędzy pływakiem o stałym zanurzeniu a nurnikiem?
4. Jaka jest zasada działania poziomomierza pływakowego?
5. Jaka jest zasada działania poziomomierza nurnikowego?
6. Jaka jest zasada działania poziomomierzy manometrycznych?
7. Jakie zjawiska wykorzystano w poziomomierzach elektrycznych?
8. Na jakiej zasadzie działa poziomomierz ultradźwiękowy?
9. Gdzie szczególnie są stosowane pomiary poziomu metodami izotopowymi?
10. Na czym polega pomiar poziomomierzem izotopowym?
11. Które czujniki można użyć do pomiaru poziomu ciał sypkich?
12. Które czujniki poziomu mogą pracować jako sygnalizatory?

4.4.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Jakie warunki muszą być spełnione, aby poziomomierz wypornościowy przedstawiony na rysunku, był typu pływakowego albo nurnikowego?



Rysunek do ćwiczenia 1[5, s. 76]

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

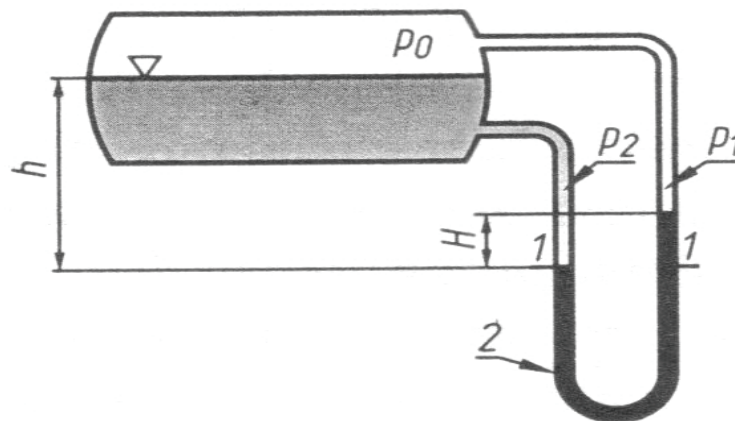
- 1) zapoznać się z materiałem teoretycznym dotyczącym poziomomierzy wypornościowych,
- 2) przeanalizować różnice w działaniu poziomomierzy pływakowych i nurnikowych oraz budowie pływaków,
- 3) zapisać wnioski,
- 4) dokonać oceny pracy.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- literatura zgodna z rozdziałem 6 poradnika,
- zeszyt, przybory do pisania,

Ćwiczenie 2

Na podstawie rysunku przedstawiającego zasadę działania poziomomierza manometrycznego wyjaśnij zależność określającą wartość poziomu wody w zbiorniku zamkniętym. W układzie zainstalowano manometr rtęciowy U-rurkowy.



Rysunek do ćwiczenia 2 [5, s. 69]

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) zapoznać się z materiałem teoretycznym dotyczącym poziomomierzy hydrostatycznych,
- 2) wyznaczyć wartości ciśnień p_1 i p_2 na poziomie 1 – 1,
- 3) określić zależność pomiędzy obliczonymi ciśnieniami,
- 4) wyznaczyć wzór na wysokość h poziomu wody w zbiorniku,
- 5) zaprezentować wykonaną pracę,
- 6) dokonać oceny poprawności obliczeń.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- zeszyt, przybory do pisania,
- literatura zgodna z punktem 6 poradnika.

Ćwiczenie 3

Dobierz poziomomierz do pomiarów zdalnych i rejestracji poziomu cieczy w zbiornikach otwartych i ciśnieniowych. Wymagany zakres pomiarowy 0 – 4m. Temperatura cieczy w zbiorniku do 80 °C, ciśnienie robocze max 2 MPa.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) zorganizować stanowisko pracy do wykonania ćwiczenia,
- 2) określić wymagania jakie musi spełnić poszukiwany przepływomierz,
- 3) zapoznać się z dostępnymi katalogami, czasopismami,
- 4) wykorzystać zasoby internetu,
- 5) wytypować przepływomierz (przepływomierze) spełniające wymagania,
- 6) przygotować prezentację przepływomierzy,
- 7) zaprezentować efekty swojej pracy,
- 8) dokonać oceny ćwiczenia.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- katalogi, czasopisma,
- zestaw komputerowy z drukarką i skanerem,
- papier do drukarki,
- literatura z rozdziału 6.

4.4.4. Sprawdzian postępów

	Tak	Nie
Czy potrafisz:		
1) wskazać różnice pomiędzy poziomomierzem a sygnalizatorem poziomu?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2) przedstawić zasadę działania poziomomierzy pływakowych?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3) określić zasadę działania poziomomierzy hydrostatycznych?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4) wyznaczyć zależność poziomu cieczy od różnicy ciśnień mierzonej przez poziomomierze manometryczne?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5) dobrać poziomomierz w zależności od rodzaju zbiornika i rodzaju mierzonego czynnika?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6) dokonać pomiaru poziomu poziomomierzem pływakowym?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7) dokonać pomiaru poziomomierzem manometrycznym?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8) dokonać pomiaru poziomomierzami elektrycznymi?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9) dokonać pomiaru poziomomierzem ultradźwiękowym?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4.5. Pomiar natlenienia wody

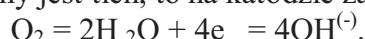
4.5.1. Materiał nauczania

Elektrochemiczne metody analizy tlenu

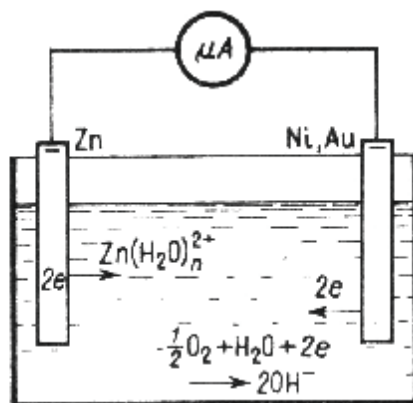
Tlen jest pierwiastkiem o zasadniczym znaczeniu w większości procesów przemysłowych. Jego zawartość w gazach, a także w cieczach jest często jednym z głównych parametrów mających wpływ na przebieg procesu. Analiza zawartości tlenu jest również często przeprowadzana ze względu na bezpieczeństwo urządzeń oraz personelu (podczas kontroli odtleniania wody dużych kotłów).

Jest kilka metod wyznaczania tlenu rozpuszczonego w wodzie, ale najbardziej rozpowszechniona i najdokładniejsza to metoda galwaniczna polegająca na depolaryzacyjnym działaniu tlenu rozpuszczonego w wodzie, który ulega jonizacji na katodzie mającej odpowiedni potencjał. Metoda ta szczególnie nadaje się do analizy ciągłej.

Ogniwo elektryczne z anodą z metalu trudno ulegającego polaryzacji (cynk) oraz katodą z trwałego metalu o niższym od pierwszego potencjale elektrycznym (nikiel, złoto) oraz z czystej wody jako elektrolitu szybko ulega polaryzacji. Do elektrolitu przechodzi część jonów metalu anody, co wyzwala odpowiednią liczbę elektronów, które poprzez obwód zewnętrzny doprowadzają katodę do potencjału ujemnego, odpowiadającego potencjałowi elektrochemicznemu metalu anody. Gdy nastąpi stan ustalony, dalszy przepływ ładunku ustaje (rys. 35). Gdy w wodzie rozpuszczony jest tlen, to na katodzie zachodzi reakcja:



W wyniku tego spada potencjał na obu elektrodach, co umożliwia przejście dalszych jonów cynku do roztworu. W obwodzie zewnętrznym płynie prąd proporcjonalny do liczby cząsteczek tlenu zjonizowanych w jednostce czasu. W pobliżu katody stężenie tlenu w roztworze ulega zmniejszeniu.

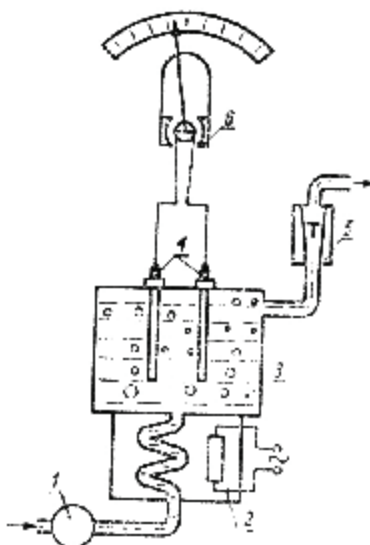


Rys. 35. Schemat działania celki galwanicznej tlenomierza [11, s. 340]

Prąd katodowy jest proporcjonalny do małych stężeń tlenu w roztworze. Dla większych stężeń prąd katodowy nie jest liniową funkcją stężenia. Przyczyną zakłóceń może być wzrost stężenia w elektrolicie jonów metalu anody. Jony te są usuwane przez przepływ wody.

W układzie do pomiaru zawartości tlenu w wodzie (rys.36) metodą galwaniczną, badana woda za pomocą pompy 1 jest doprowadzana do komory termostatowej 2, która utrzymuje stałą temperaturę 40 C. Przepływomierz 5 umożliwia pomiar natężenia przepływu (około 50 l/h). W naczyniu 3 zanurzone są elektrody pomiarowe (nikiel i żelazo-cynk) 4, które wraz z badaną wodą tworzą ogniwo elektrochemiczne. Dobór zasilania elektrod umożliwia uzyskać proporcjonalną zależność siły elektromotorycznej od zawartości tlenu. Wartość siły

elektromotorycznej jest na tyle duża, że elektrody można bezpośrednio połączyć z miernikiem wskazującym 6.



Rys. 36. Czujnik do pomiaru zawartości tlenu w wodzie [1, s. 318]

Prąd odpowiadający zawartości $1 \mu\text{g O}_2$ na 1 litr H_2O wynosi około $0,5 \mu\text{A}$. Za pomocą czułego mikroamperomierza uzyskujemy wskazania stężenia od $0 - 20 \mu\text{g/l}$.

4.5.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Dlaczego wykonuje się analizy zawartości tlenu ?
2. Na czym polega metoda galwaniczna wykorzystywana do pomiaru tlenu w wodzie?
3. Jaka jest zasada działania celki galwanicznej tlenomierza?
4. Z jakich metali wykonuje się anodę i katodę ogniwa galwanicznego?
5. Od czego zależy prąd katodowy?
6. Dlaczego podczas pomiarów metodą galwaniczną badana woda powinna przepływać przez czujnik?
7. Jaka jest zasada działania czujnika do pomiaru tlenu w wodzie?

4.5.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Wykonaj analizę budowy czujnika do pomiaru zawartości tlenu w wodzie.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) zapoznać się z materiałem dotyczącym pomiarów natlenienia wody,
- 2) zorganizować stanowisko pracy,
- 3) zapoznać się z budową czujnika,
- 4) narysować schemat połączeń elementów,
- 5) zanotować dane techniczne czujnika,

- 6) porównać wyniki z dokumentacją techniczną,
- 7) zapoznać się z instrukcją obsługi,
- 8) zaprezentować wynik swojej pracy,
- 9) ocenić ćwiczenie.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- czujnik do pomiaru zawartości tlenu w wodzie,
- dokumentacja techniczna czujnika,
- instrukcja obsługi czujnika,
- literatura z rozdziału 6.

Ćwiczenie 2

Wykonaj pomiar natlenienia wody.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinienes:

- 1) zapoznać się z materiałem dotyczącym zasady działania czujnika,
- 2) zorganizować stanowisko pracy,
- 3) zapoznać się z instalacją do badania natlenienia wody,
- 4) zapewnić odpowiednie warunki do badania (temperatura, przepływ),
- 5) wykonać pomiary, określić błędy,
- 6) zinterpretować wyniki,
- 7) zaprezentować efekty swojej pracy,
- 8) dokonać oceny ćwiczenia.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- czujnik do pomiaru natlenienia wody,
- instalacja wodna ze zbiornikiem z podgrzewaczem,
- termometr do pomiaru temperatury wody,
- pompa i rotometr do pomiaru przepływu,
- instrukcja obsługi,
- miliwoltomierz,
- literatura z rozdziału 6.

4.5.4. Sprawdzian postępów

	Tak	Nie
Czy potrafisz:		
1) wyjaśnić metodę galwaniczną do pomiaru zawartości tlenu w wodzie?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2) scharakteryzować budowę czujnika do pomiaru zawartości tlenu w wodzie?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3) wyjaśnić na czym polega depolaryzacyjne działanie tlenu w wodzie?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4) wykonać pomiar natlenienia wody?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4.6. Pomiar pH roztworów

4.6.1. Materiał nauczania

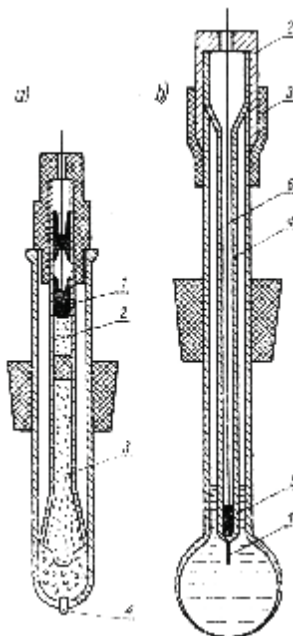
Wskaźnik pH

Dla scharakteryzowania kwasowości lub zasadowości roztworu elektrolitu określa się stężenie jonów wodorowych. Jest to jeden z najważniejszych mierzalnych parametrów informujących o intensywności i kierunku reakcji chemicznych. W pomiarach zamiast stężeń, stosuje się ujemny logarytm dziesiętny z wartości stężenia jonów wodorowych, nazywany wskaźnikiem pH. Dla roztworów kwasowych $\text{pH} < 7$ (silny kwas - $\text{pH} = 1$), dla zasadowych $\text{pH} > 7$ (silna zasada - $\text{pH} = 14$), a dla roztworów obojętnych $\text{pH} = 7$. Jako wzorców pH używa się roztworów buforowych, będących mieszaniną słabego kwasu, soli tego kwasu oraz wody. Posiadają one ściśle określoną wartość pH zależną jedynie od temperatury.

Pomiary pH

Przyrządy służące do pomiarów pH nazywają się pehametrami. Do pomiaru wskaźnika pH najczęściej stosowana jest metoda potencjometryczna, oparta na porównaniu potencjałów dwóch elektrod.

Pomiarów pH dokonuje się najczęściej dwoma elektrodami: pomiarową i porównawczą. Elektroda pomiarowa zanurzona jest w badanym roztworze, natomiast porównawcza w roztworze buforowym o znanym pH. Elektroda porównawcza ma stały potencjał, niezależny od zmian pH. Pomiar potencjału odbywa się w zasadzie bezprądowo, najczęściej wzmacniaczami elektronicznymi przystosowanymi do bardzo dużej rezystancji wyjściowej elektrod ($100\text{M}\Omega$) - elektrometrami elektronicznymi. Jako elektrod pomiarowych używa się elektrody szklanej (rys. 37.b), natomiast jako elektrod porównawczych (odniesienia) najczęściej elektrody kalomelowe (rys. 37.a).



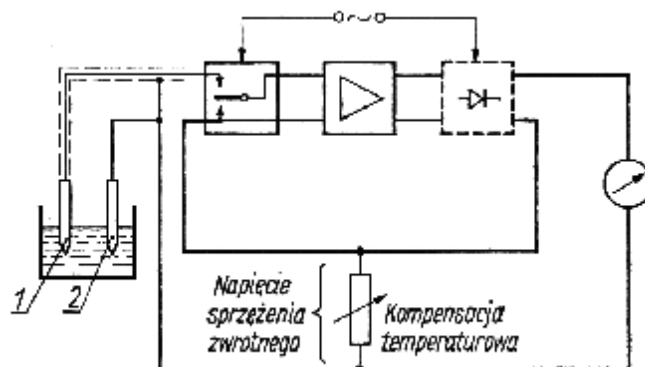
Rys. 37. Elektrody do pomiaru pH: a) kalomelowa; b) szklana [1, s. 320]

Elektroda szklana (pomiarowa) ma postać rurki szklanej zakończonej cienkościnną bańką o średnicy około 5 do 15 mm, która stanowi właściwą elektrodę pomiarową. Bańka napełniona jest roztworem buforowym, w którym jest zanurzona pomocnicza elektroda 1, zamocowana w ebonitowym uchwycie 2 i korku gumowym 3. Elektroda pomocnicza to drut platynowy

wtopiony do szklanej rurki 4. Wystający koniec elektrody pomocniczej, zanurzony w roztworze buforowym jest srebrzony, a następnie pokryty chlorkiem srebra. Drugi koniec drutu platynowego jest przyspawany 5 do drutu miedzianego 6.

Elektroda kolomelowa (porównawcza) ma postać szklanej rurki zakończonej mikroskopijnymi otworkami. W elektrodzie wytwarza się potencjał na granicy styku rtęci 1 i kalomelu 2. Rurka jest wypełniona nasyconym roztworem chlorku potasu 3 pełniącym rolę mostu solnego, który oddziela kalomel od bezpośredniego styku z badaną cieczą. Styk badanej cieczy z roztworem chlorku potasu odbywa się poprzez włókno azbestowe 4, które znajduje się w otworze zewnętrznej rurki szklanej.

Różnica potencjałów między elektrodą szklaną a kalomelową zanurzonymi w badanej cieczy wskazuje wartość pH (rys.38).



Rys. 38. Uproszczony schemat pehametru przemysłowego: 1 – elektroda szklana, 2 – elektroda kalomelowa [8, s.294]

Podczas pomiarów pH konieczna jest korekcja temperaturowa, ponieważ wartość potencjału elektrody zależy w znacznym stopniu od temperatury (wpływa na przesunięcie zera oraz zmiany nachylenia wykresu potencjałów elektrod). Wyprowadzenia elektrod są ekranowane dla wyeliminowania zakłóceń elektrostatycznych.

4.6.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Co to jest wskaźnik pH?
2. Dlaczego jako wzorców pH używa się roztwory buforowe?
3. Jaka metoda wykorzystywana jest do pomiaru pH?
4. Jak jest zbudowana elektroda szklana?
5. Jak jest zbudowana elektroda kalomelowa?
6. Dlaczego w przy pomiarach pH konieczna jest korekcja temperaturowa?
7. Dlaczego w układach do pomiaru pH stosuje się elektrometry elektroniczne?

4.6.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Scharakteryzuj budowę i posługiwanie się pehametrem.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) zapoznać się z materiałem dotyczącym pomiarów pH,
- 2) zorganizować stanowisko pracy,
- 3) zapoznać się z dokumentacją techniczną,
- 4) zanotować dane techniczne,
- 5) zapoznać się z instrukcją obsługi pehametru,
- 6) zanotować uwagi eksploatacyjne,
- 7) przedstawić efekty pracy.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- pehametr z elektodami,
- dokumentacja techniczna pehametru,
- instrukcja obsługi,
- kartki papieru, przybory do pisania,
- literatura z rozdziału 6.

Ćwiczenie 2

Wykonaj pomiary pH roztworów.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) zapoznać się z materiałem dotyczącym pomiarów pH,
- 3) zorganizować stanowisko pracy,
- 4) zapoznać się z instrukcją obsługi pehametru,
- 5) przygotować dwa roztwory o znanych stężeniach,
- 6) zmontować układ pomiarowy,
- 7) wykonać pomiary pH przygotowanych roztworów,
- 8) zanotować wyniki, określić błędy,
- 9) zinterpretować otrzymane wyniki,
- 10) zaprezentować efekty swojej pracy,
- 11) dokonać oceny ćwiczenia.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- pehametr,
- elektrody,
- naczynia z roztworami,
- instrukcja obsługi,
- dokumentacja techniczna pehametru,
- kartki papieru, przybory do pisania,
- literatura z rozdziału 6.

4.6.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:

- 1) wyjaśnić metodę potencjometryczną do pomiaru pH?
- 2) scharakteryzować budowę elektrody szklanej?
- 3) scharakteryzować budowę elektrody kalomelowej?
- 4) wyjaśnić zasadę działania pehametru?
- 5) wykonać pomiar pH?

Tak **Nie**

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4.7. Czujniki systemów alarmowych

4.7.1. Materiał nauczania

Systemy alarmowe mają za zadanie wykrywanie i sygnalizowanie nienormalnych warunków spowodowanych zaistniałym niebezpieczeństwem. Systemy pełnej sygnalizacji, ze względu na rodzaj zagrożenia, dzielimy na:

- systemy sygnalizacji włamania i napadu,
- systemy telewizji użytkowej,
- systemy ochrony peryferyjnej,
- systemy sygnalizacji pożaru.

Ze względu na strefy bezpieczeństwa systemy sygnalizacji zagrożeń dzielimy na systemy ochrony: peryferyjnej (1strefa), zewnętrznej (2 strefa) i wewnętrznej (3 strefa).

Ze względu na ryzyko szkód w chronionym obiekcie systemy sygnalizacji włamania i napadu oraz systemy transmisji alarmu podzielono na 4 klasy (małe, średnie, duże i bardzo duże ryzyko szkód).

Urządzenia alarmowe stosowane w powyższych systemach alarmowych podzielono na następujące klasy:

- klasa A – popularne,
- klasa B – standardowe,
- klasa C – profesjonalne,
- klasa S – specjalne.

Czujniki włamaniowe stosowane w poszczególnych klasach mają specjalne układy, które spełniają wymagania bezpieczeństwa poszczególnych systemów oraz chronionych obiektów. Dotyczy to między innymi odporności na zakłócenia elektromagnetyczne, ochrony przeciwsabotażowej, czasu sygnalizacji zakłócenia, sposobu montażu i warunków stosowania urządzeń alarmowych.

Do wykrywania ruchu człowieka stosuje się następujące czujki:

- pasywne podczerwieni, w których czujnik pyroelektryczny wykrywa obecność człowieka jako zmianę promieniowania cieplnego,
- mikrofalowe ruchu, w których do wykrywania poruszających się obiektów wykorzystano fale elektromagnetyczne,
- zespolone (dualne), złożone z detektora podczerwieni pasywnej i detektora mikrofal.

Do ochrony okien i drzwi stosuje się czujki magnetyczne stykowe, składające się z dwóch elementów – magnesu i kontaktronu. Stosowane są także czujki stłuczenia szyby reagujące na drgania mechaniczne szyby podczas uderzenia (czujki pasywne) oraz reagujące na hałas tłuczonego szkła (czujki aktywne).

Coraz częściej zastosowanie mają urządzenia i układy automatyki w sprzęcie powszechnego użytku. Są to urządzenia zautomatyzowane. W urządzeniach tych mogą występować niebezpieczne napięcia stałe i przemiennie, wysoka temperatura, gaz, a także inne czynniki. Wymagają one wyposażenia w układy automatyki aby niemożliwe było:

- porażenie prądem,
- oparzenie,
- powstanie pożaru,
- zatrucie gazem i spalinami lub inne urazy mechaniczne.

W celu ochrony przed porażeniem prądem elektrycznym stosowane są przekaźniki przeciwporażeniowe różnicowoprądowe.

W celu niedopuszczenia do powstania urazów mechanicznych stosuje się układy uniemożliwiające dostęp do ruchomych bądź niebezpiecznych elementów (blokady) oraz układy wyłączające urządzenia z chwilą otwarcia osłon (roboty kuchenne) lub pokryw (pralki, zmywarki)

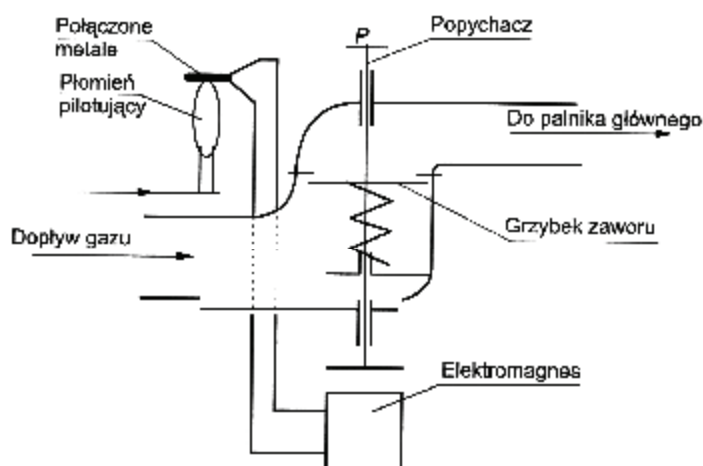
W celu ograniczenia możliwości powstania oparzeń stosuje się układy sygnalizujące występowanie na powierzchni urządzeń wysokiej temperatury.

Układy ograniczające możliwość powstania pożaru mogą wyłączać urządzenia elektryczne pozostawione bez dozoru. Dla zapewnienia bezpieczeństwa przeciwpożarowego stosuje się układy sygnalizujące występowanie wysokiej temperatury lub obecność dymu w pomieszczeniach. Układy te mogą być sprzężone funkcjonalnie z instalacją gaszącą.

Układy zabezpieczające przed wypływem z instalacji nie spalonego gazu i spalin to:

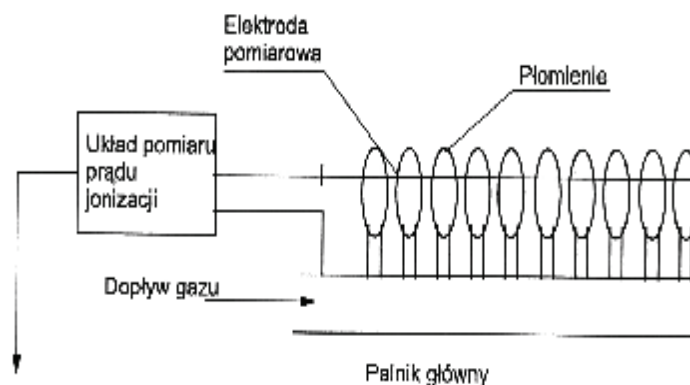
- układy kontroli płomienia,
- układy nadzoru drogi spalin.

W układzie nadzoru płomienia pilotującego (rys.39) złącze dwóch metali jest umieszczone w płomieniu, które po podgrzaniu wytwarza niewielkie napięcie ok. 1,5 V. Napięcie to zasila cewkę elektromagnesu, która przytrzymuje zworę połączoną z zaworem bezpieczeństwa. Gdy zgaśnie płomień – zanika napięcie i zwora nie jest przyciągana przez elektromagnes. Momentalnie zamyka się zawór bezpieczeństwa. Ponowne uruchomienie następuje po naciśnięciu przycisku P i zapaleniu płomienia pilotującego; po ok. 20 sek. potrzebnych do ogrzania złącza należy zwolnić przycisk.



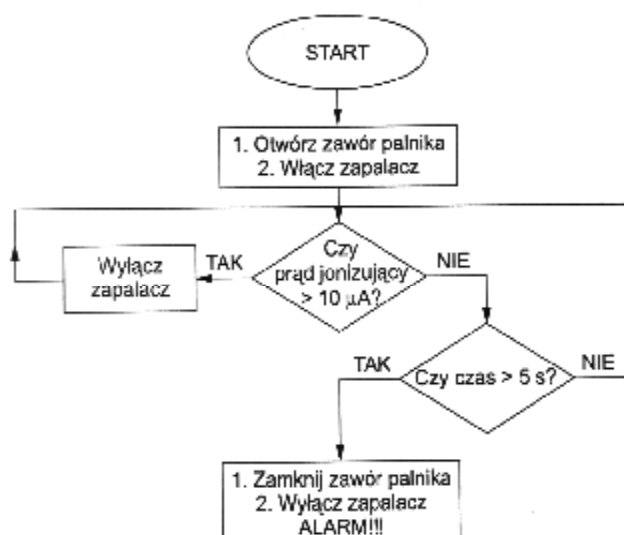
Rys. 39. Sposób nadzoru płomienia pilotującego [2, s. 52]

W układzie zabezpieczenia przed wypływem nie spalonego gazu (rys. 40) wykorzystano zjawisko jonizacji występujące w płomieniu. Powoduje ono, że podczas palenia się płomienia, pomiędzy elektrodą a korpusem palnika występuje pewna skończona rezystancja, która umożliwia przepływ prądu. Jeżeli wartość prądu wynosi ok. 10 μA to płomień się pali. Układ elektroniczny mierzy wartość tego prądu i jeżeli jego wartość spadnie poniżej dopuszczalnej granicy, to zamknie dopływ gazu do palnika.



Rys. 40. Sposób zabezpieczenia przed wypływem nie spalonego gazu [2, s. 52]

Ponieważ w układzie brak płomienia pilotującego ponowny rozruch dokonuje specjalny układ sterowania sekwencyjnego (rys. 41).



Rys. 41. Algorytm działania układu sterowania sekwencyjnego rozruchem [2, s. 53]

4.7.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Jak klasyfikujemy systemy alarmowe ze względu na zagrożenia?
2. Jakie wymagania powinny spełniać czujniki antywłamaniowe i od czego one zależą?
3. Na jakiej zasadzie działają czujki stosowane do wykrywania ruchu?
4. Na jakiej zasadzie działają czujki tłuczonej szyby?
5. Jakie układy stosuje się w systemach zabezpieczeń urządzeń powszechnego użytku?
6. Jakie układy stosuje się dla zapewnienia bezpieczeństwa przeciwpożarowego?
7. Jakie czujniki stosowane są w instalacjach elektrycznych w celu ochrony przed porażeniem?
8. Jak działa układ nadzoru płomienia pilotującego?
9. W jaki sposób odbywa się ponowny rozruch układu zabezpieczającego przed wypływem nie spalonego gazu?

4.7.3.Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Rozpoznaj czujki alarmowe. Określ ich dane techniczne oraz zasady instalacji.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) zorganizować stanowisko pracy do wykonania ćwiczenia,
- 2) określić rodzaje czujek,
- 3) podać nazwę producenta,
- 4) podać ich dane techniczne,
- 5) podać wymagania dotyczące montażu oraz warunki stosowania,
- 6) określić zasadę ich działania,
- 7) zaprezentować efekty swojej pracy,
- 8) dokonać oceny ćwiczenia.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- czujki: ruchu, dymu, wysokiej temperatury,
- karty katalogowe,
- komputer osobisty z dostępem do Internetu,
- norma PN 93/E-08390: Systemy alarmowe,
- kartki papieru A4
- przybory do pisania,
- literatura z rozdziału 6.

Ćwiczenie 2

Przygotuj prezentację multimedialną dotyczącą czujników jednego wybranego typu (np. czujników dymu, czujników spalin, czujników ruchu, itp.). Powinna ona stanowić przegląd dostępnych na rynku rozwiązań czujników oferowanych przez różnych producentów.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) dokonać poszukiwań w różnych źródłach informacji,
- 2) wykonać prezentację multimedialną w programie PowerPoint pakietu Microsoft Office,
- 3) dokonać prezentacji swojej pracy,
- 4) dokonać oceny ćwiczenia.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- katalogi, dokumentacja techniczna,
- publikacje w specjalistycznych pismach,
- komputer osobisty z dostępem do Internetu,
- skaner,
- drukarka,
- papier A4,
- dyskietka (płyta CD).

4.7.4. Sprawdzian postępów

	Tak	Nie
Czy potrafisz:		
1) wyjaśnić zasadę działania czujek ruchu?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2) scharakteryzować zasady montażu urządzeń alarmowych?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3) wyjaśnić zasadę działania układu nadzoru płomienia pilotującego?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4) wskazać układy zabezpieczające w sprzęcie gospodarstwa domowego?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

6. LITERATURA

1. Findeisen Wł. (red): Poradnik inżyniera automatyka. WNT, Warszawa 1973
2. Gerlach M., Janas R.: Automatyka. WSiP, Warszawa 1998
3. Jastrzębska M.: Podstawy automatyki dla elektroników. WSiP, Warszawa 1986
4. Komor Z.: Pracownia automatyki. WSiP, Warszawa 1996
5. Kordowicz-Sot A.: Automatyka i robotyka. Elementy aparatury kontrolno-pomiarowej. WSiP, Warszawa 1999
6. Kostro J.: Elementy, urządzenia i układy automatyki. WSiP, Warszawa 1997
7. Kostro J.: Pomiary wielkości nieelektrycznych. WSiP, Warszawa 1978
8. Lebson S., Kaniewski J.: Miernictwo elektryczne dla technikum. PWSZ, Warszawa 1973
9. Łapiński M., Włodarski W.: Miernictwo elektryczne wielkości nieelektrycznych. Czujniki pomiarowe. WNT, Warszawa 1970
10. Parchański J.: Miernictwo elektryczne i elektroniczne. WSiP, Warszawa 1997
11. Romer E.: Miernictwo przemysłowe. PWN, Warszawa 1970
12. Siemianko Fr., Gawrysiak M.: Automatyka i robotyka. WSiP, Warszawa 1996
13. Trybalski Z. (red): Laboratorium układów regulacji. WPŚl., Gliwice 1974
14. Elementy aparatury kontrolno-pomiarowej. Poradnik i materiały dla ucznia. WITE, Radom 2003