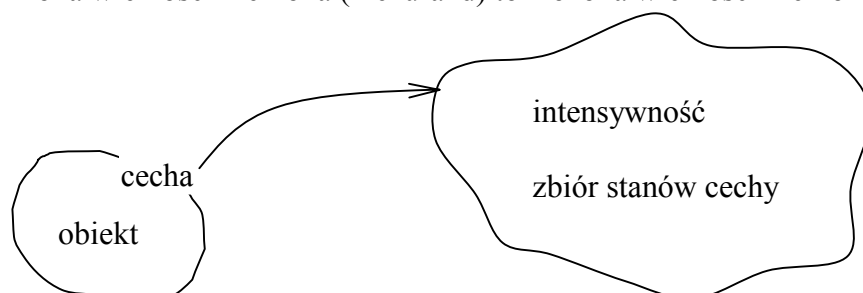


Pomiar jest czynnością abstrakcyjną. Pierwszym etapem pomiaru jest określenie podmiotu procesu pomiarowego. Określić obiekt pomiaru to wyodrębnić, z otaczającej rzeczywistości, interesujący nas fragment (może mieć wyraźne granice fizyczne lub nie, np. ławka lub powietrze). Kolejnym etapem pomiaru jest wskazanie cech charakteryzujących obiekt (ławka ma: szerokość, wysokość, długość, kolor, temperaturę). Wskazanie obiektu i jego cech jest jakościowym opisem rzeczywistości. Następnym krokiem jest wskazanie intensywności z jaką występują lub ujawniają się poszczególne cechy. Intensywność jest elementem pewnego zbioru zwanego zbiorem stanów cechy. Ten krok pomiaru jest już ilościowym opisem rzeczywistości. Możemy powiedzieć, że pomiar jest czynnością abstrakcyjną ponieważ nazwy obiektów są umowne (nazwy to abstrakcje). Teraz na poziom abstrakcji możemy przenieść cechę obiektu. Jeżeli za abstrakcją uznajemy cechę to abstrakcjami muszą być również stany cechy (wyrażane liczbowo). **Wielkość mierzona** to cecha, która podlega pomiarowi. Zbiór stanów cechy w świecie rzeczywistym związany jest z jednostką i ze skalą danej wielkości fizycznej, którą mierzymy. Cechy to wielkości fizyczne (temperatura, ciśnienie). Stany cechy to najczęściej liczby, które wynikają z przyjętej jednostki i skali. Uogólniona wielkość mierzona (mezurand) to złożona wielkość mierzona, np. widmo.



Pomiar jest zbiorem czynności mającym na celu wyznaczenie aktualnej wartości wielkości fizycznej (wielkości mierzonej = mezurandu).

Podstawowy aksjomat meteorologii: nie ma pomiarów bezbłędnych, z każdym pomiarem wiąże się błąd, który wyraża niezgodność wartości uzyskanej w wyniku pomiaru z faktyczną wielkością wartości mierzonej.

Pomiar to zbiór czynności po wykonaniu, których możemy stwierdzić, że w danej chwili w określonych warunkach wielkość mierzona miała wartość (x) spełniającą następujący warunek: $a \leq x \leq b$. W wyniku pomiaru jesteśmy w stanie jedynie wskazać przedział $\langle a, b \rangle$, w którym znajduje się faktyczna wartość wielkości mierzonej.

Regulacja (czym zajmuje się automatyka). Jeżeli mówimy o regulacji i automatyce to również należy określić obiekt (jak w przypadku pomiaru). Należy rozważyć jak otoczenie oddziałuje na obiekt i jak obiekt oddziałuje na otoczenie. Otoczenie oddziałuje na obiekt po przez kanał wejścia, obiekt oddziałuje na otoczenie po przez kanał wyjścia (jeżeli ławka ma temperaturę to oddziałuje na otoczenie). W pomiarze mamy jedynie wyjście, w regulacji mamy również wejście (sygnały we/wy nie muszą być elektryczne). Szczególną grupą sygnałów wejścia są sygnały losowe (nieprzewidywalne, ludzie i urządzenia nie są w stanie nad nimi zapanować) zwane **zakłóceniami**. Nie istnieją układy regulacji pozbawione zakłóceń.

Celem **procesu sterowania** jest zapewnienie właściwego kształtu sygnału wyjścia obiektu (kształt to przebieg sygnału w czasie; kształt jest pojęciem ogólnym, może przyjąć pewną wartość).

Rozpatrzmy obiekt jakim jest pomieszczenie: sygnałem wyjścia niech będzie temperatura powietrza, sygnałem wejścia niech będzie ilość energii doprowadzana do pomieszczenia przez grzejnik. Pokrętło zaworu grzejnika będzie **urządzeniem sterującym**, położenie gałki zaworu będzie **wielkością zadaną** urządzenia sterującego (wielkość zadana jest informacją o celu sterowania).

Gdy wielkość zadana jest nie sprzężona z sygnałem wyjścia obiektu to układ taki nazywamy **otwartym układem regulacji** (sterowania) (jego zaletą jest prostota, wadą brak samokontroli). Temperatura powietrza w pomieszczeniu wskazywana przez termometr jest **aktualną wartością**

sygnału wyjściowego. Aby układ podlegał samokontroli należy przekazać przedział wielkości zadanej do urządzenia sterującego. Boddźcem do sterowania układu jest wynik odejmowania: (wielkość wyjścia)–(wielkość zadana). Układ podlegający samokontroli nazywamy zamkniętym układem regulacji (gdy w jego skład wchodzi człowiek to mówimy o ręcznym sterowaniu obiektem). Rolą człowieka jest **sprężenie zwrotne**. Istotą sprzężenia zwrotnego jest przekazywanie sygnału wyjścia do urządzenia sterującego. W układzie regulującym mówimy o ujemnym sprzężeniu zwrotnym (bo ma miejsce odejmowanie). Istnieje też dodatnie sprzężenie zwrotne, powoduje ono rozchwianie układu, używane jest do generowania sygnałów, nie nadaje się do sterowania.

(rys. układ do sterowania przepływem czynnika grzejącego)

(rys. zamknięty układ automatycznej regulacji (bez człowieka ze sprzężeniem zwrotnym))

$w(t)$ - wielkość zadana

$\varepsilon(t)$ - uchybienie regulacji

$y(t)$ - sygnał wy.

$x(t)$ - sygnał we.

$\varepsilon(t) = w(t) - y(t)$

(rys. układ do regulacji poziomu cieczy)

Układy z jednym sygnałem wejścia i jednym sygnałem wyjścia to **układy jednowymiarowe**, obiekty jednowymiarowe.

POMIAR WIELKOŚCI ELEKTRYCZNYCH.

Napięcie.

$[U] = 1[V]$

szumy to $[mV]$

24[V] to maksymalne napięcie uznawane jako bezpieczne dla człowieka.

Natężenie.

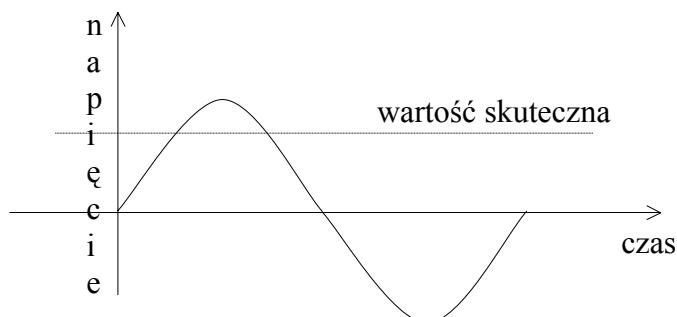
$[I] = 1[A]$

20[A] to maksymalne natężenie uznawane jako bezpieczne dla człowieka.

Stałość napięcia lub natężenia nie oznacza stałej wartości ale stałobiegunowość (prąd płynie w jednym kierunku). Napięcie i natężenie stałe oraz ich wartości skuteczne oznaczamy dużymi literami.

W gniazdku sinusoida jest zaśmiecona wyższymi harmonicznymi.

Wartości chwilowe prądów i natężeń zmiennych oznaczamy małymi literami. 220[V] w gniazdku to wartość skuteczna napięcia (razy pierwiastek z 2).



Rezystancja (opór).

$$U = I \cdot R$$

$$[R] = 1[\Omega]$$

Pojemność elektryczna i indukcyjność.

$$[C] = 1[F]$$

$$[L] = 1[H]$$

R, L i C są biernymi obiektami elektrycznymi.

Moc.

Jeżeli jest napięcie i płynie prąd to układ generuje pewną moc:

$$P = U \cdot I$$

$$[P] = 1[W]$$

Energia.

$$[E] = [J] = [W \cdot s]$$

Częstotliwość.

$$[f] = [Hz]$$

W gniazdku 0,02[Hz].

Symbole:



USTROJE POMIAROWE.

Mimo tej samej budowy mogą pełnić różne role.

Ustrój magnetoelektryczny.

M - moment siły

$$M = c \cdot I$$

c - współczynnik proporcjonalności

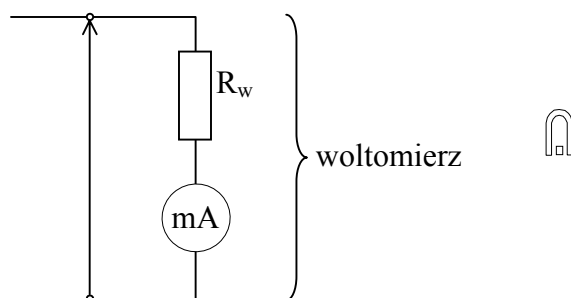
$$M = k \cdot \alpha$$

α - kąt obrotu ramki

k - stała sprężyny, współczynnik proporcjonalności

W pewnych warunkach nastąpi równowaga.

$$c \cdot I = k \cdot \alpha$$



R_w - opór wzorcowy

$$U = I \cdot (R_w + R_{mA})$$

Ustrój magnetoelektryczny ilorazowy.

Na rdzeń nawinięte są dwie a nie jedna (jak poprzednio) cewki. Cewki są ze sobą skrzyżowane, nieruchome względem siebie. W tym uстроju nie ma sprężyn zwrotnych. Do jednej cewki doprowadzamy prąd I_1 a do drugiej prąd I_2 .

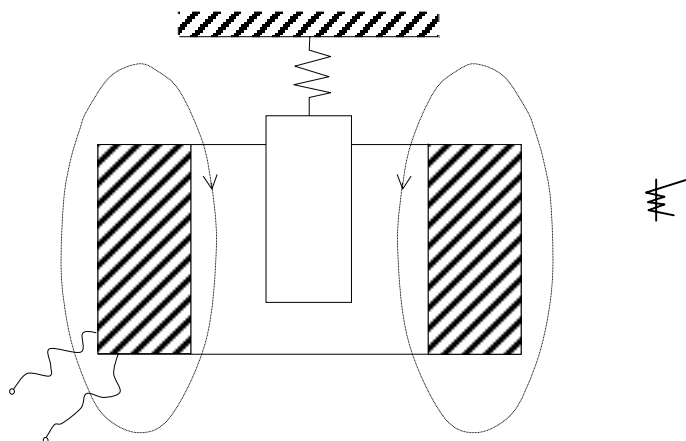
Tego typu ustrój nadaje się jako omomierz: $I_1 \sim U$, $I_2 \sim I$.

$$\alpha = f\left(\frac{I_1}{I_2}\right)$$



Ustrój elektromagnetyczny.

Zasada działania przypomina działanie elektromagnesu.



Taka cewka ma indukcyjność. Wytwarza pole elektromagnetyczne. Rdzeń jest wciągany do środka.

$$\alpha = f(I^2)$$

To mogą być amperomierze lub woltomierze.

Ustrój elektrodynamiczny.

Dwa rdzenie z nawiniętymi cewkami, zamocowane współosiowo. Jeden rdzeń jest nieruchomy drugi może się obracać. Do każdego z rdzenie jest doprowadzany inny prąd.

$$\alpha = f(I_1 \cdot I_2)$$

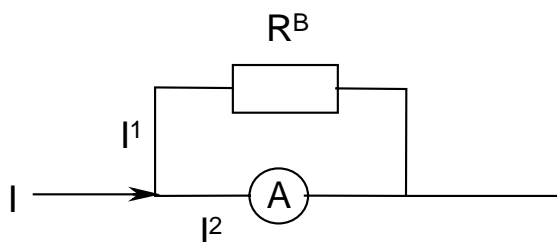


Może być stosowany do pomiaru mocy. Nadaje się do prądu stałego i zmiennego. Przy prądzie zmiennym prądy zmieniają się jednakowo i oddziaływania są takie same.

Ustrój indukcyjny.

Miernik energii elektrycznej. Tarcza mająca możliwość obrotu umieszczona jest w bardzo silnym polu magnetycznym. Tarcza nie jest wykonana z ferromagnetyka (np. aluminium). W tarczy indukują się prądy wirowe. Jeżeli w polu znajduje się element przez który płynie prąd to element ten jest wypychany z pola. W wyniku tego tarcza zaczyna się obracać. Im większy prąd tym szybciej się tarcza obraca.

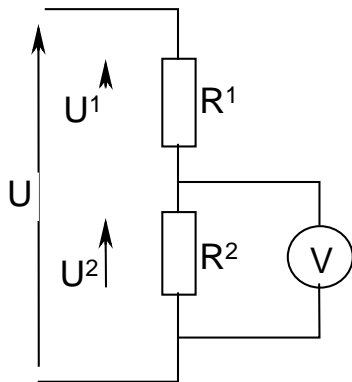
Boczniki (do pomiaru dużych wartości prądów stałych).



$$\begin{cases} I_1 = \frac{R_A}{R_B} \\ I_2 \\ I = I_1 + I_2 \end{cases}$$

I_2 - odczytujemy z miernika

Posobniki (do pomiaru dużych wartości napięć stałych).



$$\begin{cases} \frac{U_1}{U_2} = \frac{R_1}{R_2} \\ U = U_1 + U_2 \end{cases}$$

U_2 - znane z miernika

Takie układy stosuje się przy pomiarze prądu stałego. Przy pomiarze prądu zmiennego stosujemy przekładniki (swego rodzaju transformatory).

POMIAR WIELKOŚCI NIEELEKTRYCZNYCH.

Temperatura - jednostką podstawową jest [K], związany jest z termodynamiczną skalą temperatury. Bazuje ona na cyklu Carnota.

Skala Celcusa zakłada 100[°C] wrzenie wody i 0[°C] topnienie lodu.

$$1[\text{K}] = \frac{1}{273,16} \text{ punktu potrójnego wody}$$

$$[^\circ\text{C}] = 0,556([^\circ\text{F}] - 32)$$

Metody pomiaru temperatury (ksero).

Podział sposobów pomiarów temperatury ze względu na sposób przekazywania ciepła.

- przewodzenie
- konwekcja
- promieniowanie

} czujniki stykowe

} czujniki bezstykowe

Czujniki stykowe dzielimy na czujniki nieelektryczne i elektryczno-domiczne (rodzaj sygnału uzyskiwanego z czujnika).

Czujniki bezstykowe to pirometry.

Czujniki stykowe nieelektryczne.

Termometry cieczowe (szklane).

Wykorzystują cieplną objętościową rozszerzalność cieczy. Wzrost objętości jest proporcjonalny do pierwszej potęgi temperatury, współczynnikiem proporcjonalności jest współczynnik cieplnej objętościowej rozszerzalności cieczy. Czuły termometr to duże zmiany objętości towarzyszące małym zmianom temperatury. Regulujemy czułość termometru przez dobór cieczy, i konstrukcję (np. zwiększenie zbiorniczka - pogarsza to jednak bezwładność termometru). Cały czujnik zanurza się w cieczy o określonej temperaturze i skaluje się. Termometr lekarski jest specyficznym rodzajem termometru, zaraz za zbiornikiem kapilara jest bardzo zwężona co zapobiega cofaniu się rtęci po pomiarze.

Czujniki dylatacyjne.

Dylatacja to wydłużenie. Wykorzystują cieplną liniową rozszerzalność ciał stałych. We wnętrzu zaślepionej z jednej strony rurki znajduje się trzpień. Oba elementy wykonane są z materiałów o różnym współczynniku cieplnej rozszerzalności liniowej. Rurka zew. jest materiałem czynnym (większy współczynnik), trzpień jest materiałem biernym. W temperaturze T_1 oba elementy mają tę samą długość L . Zmiana temperatury ΔT powoduje wydłużenie rurki:

$$W_r = L + L \cdot \alpha_1 \cdot \Delta T$$

wydłużenie trzpienia:

$$W_t = L + L \cdot \alpha_2 \cdot \Delta T$$

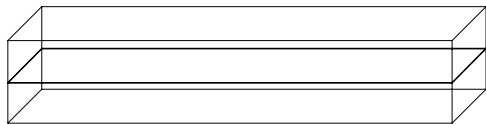
$$\Delta L = W_r - W_t = L \cdot (\alpha_1 - \alpha_2) \cdot \Delta T$$

α - cieplny liniowy współczynnik rozszerzalności.

Wydłużenie jest proporcjonalne do różnicy temperatur. Dużą czułość osiąga się gdy $(\alpha_1 - \alpha_2)$ jest duże, lub gdy wydłużenie jest duże.

Czujniki bimetalowe.

Wykorzystują różnicę ciepln. wsp. rozszerzal. liń.



Zmiana temperatury powoduje proporcjonalne wygięcie blaszki wprost proporcjonalne. Współczynnik proporcjonalności zależy od grubości i długości blaszki. Im czujnik dłuższy tym dokładniejszy.

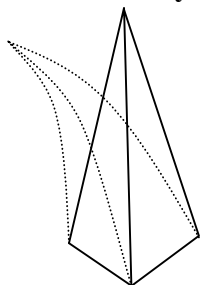
Manometr cieczowy.

Wykorzystuje zjawisko cieplnej objętościowej rozszerzalności cieczy. Zbudowany jest ze zbiorniczka o zmiennej, pod wpływem temperatury, objętości dalej jest mosiężna lub miedziana rurka oraz sprężysty element odkształcający się pod wpływem ciśnienia. Zbiornik, rurka i element sprężysty wypełnione są cieczą. Spirala się odkształca i porusza wskazówką.

WSKAŹNIKI TEMPERATURY (NIEELEKTRYCZNE).

Nie informują nas jaka panuje temperatur a jedynie, że pewna temperatura została przekroczone.

Stożek termometryczny.



Gdy zostanie osiągnięta pewna wartość temperatury piramidka zgina się. Mając kilka piramidek zginających się w różnych temperaturach możemy określić jaka temperatura została przekroczone.

Kredki i farby termometryczne.

Zmieniają barwę gdy przekroczone jest pewna temperatura. Mogą być odwracalne i nieodwracalne. Mogą też być kilkustopniowe.

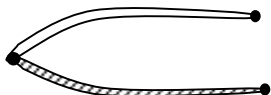
Wskaźniki foliowe.

Nakleja się je na badane powierzchnie. Również zmieniają barwę pod wpływem temperatury.

ELEKTRYCZNE STYKOWE CZUJNIKI TEMPERATURY.

Termoelektryczne (termoelementy).

Dwa elementy metalowe wykonane z pewnych stopów zespawane na jednym z końców (kontakt elektryczny i mechaniczny).



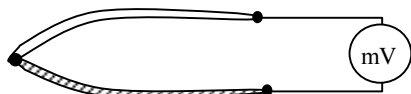
Jeżeli rozkład temperatury obszaru połączonego jest różny od rozkładu temp. obszaru niepołączonego to między końcówkami występuje napięcie elektryczne (zjawisko Seebeck'a).

Napięcie na końcówkach zależy od rodzajów użytych materiałów oraz różnicy temperatur.

Materiały należy dobrać do mierzonego zakresu temperatur. Końcówki nie zetknięte umieszcza się w znanej temperaturze (temp. odniesienia), napięcie między nimi staje się funkcją temperatury spiny pomiarowej. Końcówki rozdzielone to spoina odniesienia. Uzyskiwane napięcia są rzędów [mV]. Termoelementy normalizuje się dla znamionowej temperatury odniesienia $0[^{\circ}\text{C}]$.

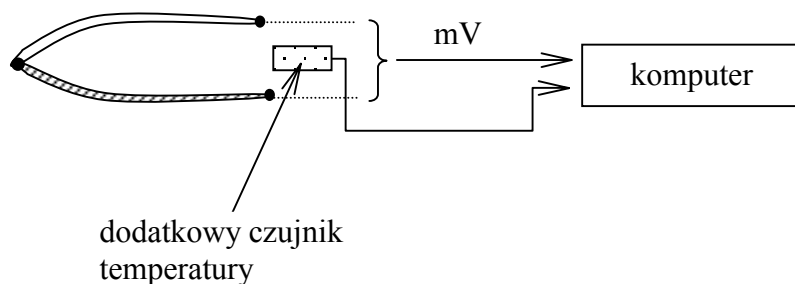
Korekcja nieznamionowej temperatury odniesienia - wyznaczamy różnicę napięć dla temperatury znamionowej np. pokojowej. Tę różnicę napięć dodajemy do zmierzonego napięcia i z tej sumy wyznaczamy mierzoną temperaturę.

Stabilizacja temperatury odniesienia - spoina odniesienia powstaje tam gdzie końcówki łączą się z przewodami miedzianymi.



By stabilizować oddalamy połączenie końcówek z miedzią. Nie wydłużamy elektrod (drogie), zamiast tego stosujemy przewody kompensacyjne (jedynym wymaganiem jest zgodność

charakterystyki termometrycznej z charakterystyką danego elementu w wykorzystywanym zakresie temperatur). Dla dane termoelementu należy stosować odpowiednie przewody kompensacyjne.
Automatyczna korekcja temperatury odniesienia, cyfrowy układ pomiarowy -



Szczególnym typem termoelementów są termoelementy płaszczowe (śred. 1[mm]). Są one plastyczne (można je giąć), mają małą bezwładność, są stosowane np. jako układy zabezpieczające w elektrowniach atomowych.

Czujniki rezystancyjne.

Wykorzystują zmiany przewodnictwa wraz temperaturą.

$$\alpha = \frac{1}{R_0} \cdot \frac{R_{100} - R_0}{100}$$

R_0 - rezystancja w temperaturze 0[°C]

R_{100} - rezystancja w 100[°C]

α - względny współczynnik zmiany rezystancji przewodnika w zakresie 0-100[°C].

Do budowy tych czujników wykorzystuje się nikiel (najwyższa czułość), miedź (niższa czułość, w wyższych temp. utlenia się), platynę (szeroki zakres pomiarowy, charakterystyka niemal liniowa). Przewodniki wykazują wzrost rezystancji wraz ze wzrostem temperatury. Znamionowa rezystancja czujnika to rezystancja w 0[°C].

Czujniki półprzewodnikowe.

- termistor - zmiana rezystancji półprzewodnika wraz ze zmianami temp., nieliniowa charakterystyka, mały zakres pomiarowy, brak powtarzalności wykonania, bardzo duża czułość, wartości rezystancji rzędu [kΩ] i [mΩ]
- dioda półprzewodnikowa -
- tranzystor

BEZSTYKOWY POMIAR TEMPERATURY.

Określenie temperatury na podstawie barwy. Każdy obiekt o temp. powyżej 0[K] emituje promieniowanie elektromagnetyczne. Natężenie tego promieniowania można opisać równaniem (prawo Planca):

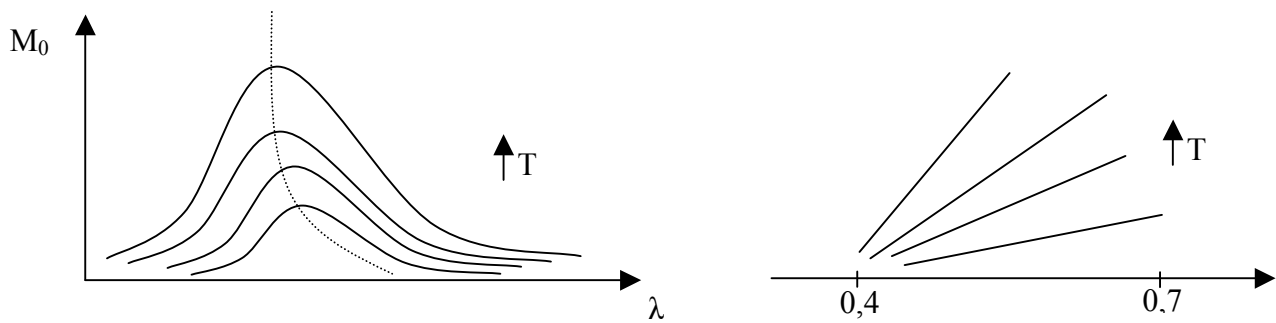
$$M_{0\lambda} = \frac{C_1 \cdot \lambda^{-5}}{e^{\frac{C_2}{\lambda \cdot T}} - 1}$$

$M_{0\lambda}$ - monochromatyczne natężenie promieniowania

λ - długość fali

C_1, C_2 - stałe Planca

Prawo to dotyczy ciała doskonale czarnego.



W pirometrze możemy spotkać soczewki i zwierciadła do skupiania wiązki.

Wyróżniamy dwa detektory:

- całkowitego promieniowania (termostopy i bolometry)
- fotoelektryczne - pasmowe (mierzą określone pasmo promieniowania)

Pirometrycznie można mierzyć temperaturę ciała ludzkiego, na podstawie barwy chrząstki w uchu.

Emisyjność, $\varepsilon(0,1)$ - charakteryzuje zdolność danego obiektu do emitowania (pochłaniania) energii.

Emisyjność ciała doskonale czarnego jest równa 1. Ciała połyskliwe mają emisyjność zero.

Mierząc temperaturę pirometrycznie nie można zapomnieć o emisyjności.

Pirometr z zanikającym włóknem - detektorem jest oko ludzkie, między obiektem pomiarów jest włókno wolframowe, przez które płynie prąd. Należy tak dobrać wartość prądu aby stracić włókno z pola widzenia.

Termowizja.

Promieniowanie nie jest skupiane w punkcie lecz odwzorowywane na matrycy 1024x1024 punkty. Uzyskujemy obraz pola temperaturowego.

POMIAR CIŚNIENIA.

$$1[\text{Bar}] = 10^5[\text{Pa}]$$

Pomiar ciśnienia jest zawsze pomiarem względnym. Ciśnienie mierzone względem próżni bezwzględnej nazywa się ciśnieniem absolutnym (przyrządy do ich pomiaru to ciśnieniomierze absolutne). Szczególnym przypadkiem ciśnienia absolutnego jest ciśnienie barometryczne (mierzone barometrami). Ze względów praktycznych stanowi drugi poziom odniesienia. Jeżeli mierzymy ciśnienie wyższe od barometrycznego w odniesieniu do barometrycznego to mówimy o nadciśnieniu (do jego pomiarów służą manometry).

Źródła ciśnienia.

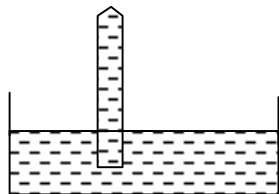
- piezostatyczne - wywołane przez płynące powietrze
- hydrostatyczne - wywołane przez słup cieczy ($p = \rho g h$)
- hydrodynamiczne - wywołane przez płynącą ciecz:

$$p = \frac{\rho \cdot w^2}{2}$$

w - prędkość

Ciśnieniomierze hydrostatyczne.

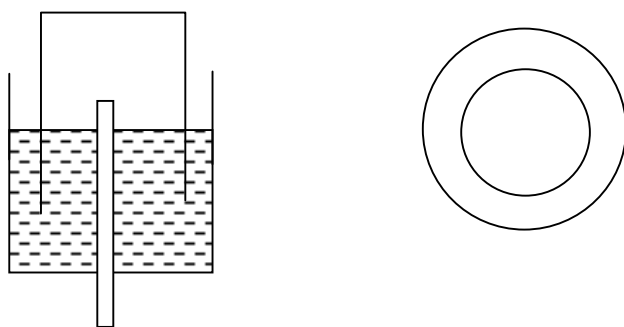
Wykorzystują zjawisko ciśnienia hydrostatycznego.



Równowaga ma miejsce gdy ciśnienie słupa cieczy jest równe ciśnieniu na powierzchni cieczy. Gdy zbiornik jest otwarty to mamy barometr. W części zamkniętej panuje próżnia (odniesienie gdyż jest to ciśnieniomierz absolutny)

Ciśnieniomierz dzwonowy.

Gdy do wnętrza dzwonu wprowadzimy ciśnienie wyższe niż barometryczne dzwon unosi się.



$$\begin{cases} A_1 \cdot h = (A_z - A_w) \cdot z \\ p_1 - p_B = \rho \cdot g \cdot h \end{cases}$$

$$p_1 = \rho \cdot g \cdot h \cdot \left(\frac{A_z}{A_w} \right) + p_B$$

A_z - pole przekroju dzwonu zew.

A_w - pole przekroju dzwonu wew.

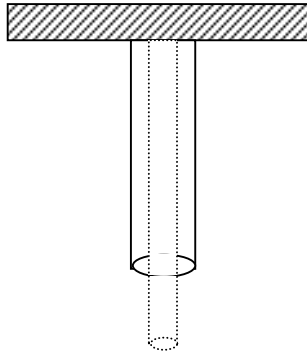
Gdy $A_z \gg A_w$ to mamy dużą czułość przyrządu. Są to bardzo czułe przyrządy do pomiaru nadciśnień.

Ciśnieniomierze z elementami sprężystymi.

Pomiar ciśnienia opiera się na ocenie wielkości odkształcenia pod wpływem ciśnienia elementu sprężystego. Jest to najpopularniejsza grupa ciśnieniomierzy.

Sprężysty element rurkowy - (rurka boudron) - zwinięta pod kątem $270[^\circ]$, jeden koniec jest zamknięty i nieumocowany, drugi otwarty i umocowany. Rurka ma przekrój w kształcie elipsy. W wyniku nadciśnienia przekrój rurki zbliża się do kołowego co powoduje prostowanie się rurki i ruch końca nieumocowanego. Odkształcenia są proporcjonalne do nadciśnienia (manometry i wakuometry).

Tensometr - zmienia rezystancję w wyniku zmiany kształtu.

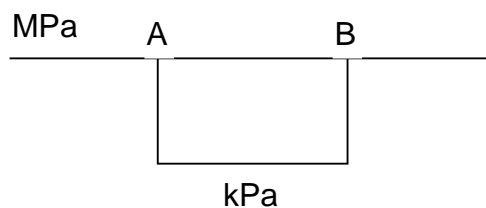


$$R_1 = \rho \cdot \frac{L}{S}$$

$$R_2 = \rho \cdot \frac{L + \Delta L}{S - \Delta S}$$

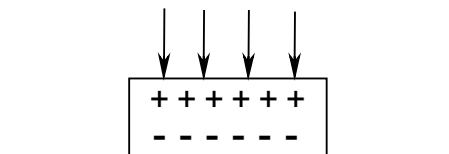
ρ - rezystancja właściwa

POMIARY RÓŻNICY CIŚNIEŃ.



W obwodzie mamy nadciśnienie rzędu [MPa]. Chcemy zmierzyć różnicę ciśnień między A i B która jest rzędu [kPa]. Jeżeli w obwodzie pomiarowym nastąpi przerwa to ciśnienie wywierane na membranę będzie znów rzędu [MPa] i ulegnie ona uszkodzeniu. Montujemy więc dwie membrany a między nimi olej. Miechy mogą kurczyć się lub rozszerzać. Miech jest wypełniony cieczą (olej silikonowy). Wew. miecha jest trzpień z dwoma kołnierzami. W wyniku odkształceń jednego z miechów ciecz przepływa do drugiego. W przypadku przerwania obwodu kołnierze zabezpieczają membranę przed różnicą ciśnień. Do tego można dołączyć tensometr.

Ciśnieniomierz piezoelektryczny.



W wyniku odkształcenia na powierzchni kryształu powstają różnoimienne ładunki, mamy więc różnicę potencjałów. Napięcie jest funkcją ciśnienia działającego na kryształ.

Ciśnieniomierz rezonansowy (strunowy).

Membrana połączona ze struną. Odkształcenia membrany powodują zmiany napięcia struny. Struna znajduje się w polu magnetycznym.

POMIARY BARDZO MAŁYCH CIŚNIEŃ (POMIARY PRÓŻNI).

Tu nie wystarcza element sprężysty ani tensometr.

Metoda kompresyjna.

Wykorzystuje prawo Boyle'a - Mariotte'a (przemiana izotermiczna).

$$p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2$$

Mamy objętość gazu V_1 pod ciśnieniem, które chcemy wyznaczyć p_1 . Zmniejszamy objętość gazu do V_2 , ciśnienie rośnie więc do p_2 . p_1 wyznaczamy ze wzoru na p_1 .

Pomiarów dokonujemy przy pomocy rurki Mc Leoda.

POMIAR POZIOMU CIECZY.

Wodowskaz rurkowy.

Naczynie i rurka są naczyniami połączonymi. Gdy zbiornik jest otwarty to rurka też musi być otwarta. Jeżeli zbiornik jest zamknięty to ze zbiornikiem muszą być połączone dwa końce rurki. Gdy zbiornik jest bardzo wysoki to stosujemy wiele rurek.

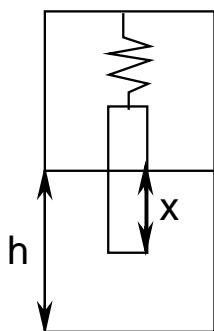
Poziomomierze hydrostatyczne.

$$p = \rho \cdot g \cdot h$$

- membrana w dnie zbiornika i tensometr
- zbiornik zamknięty i miernik różnicy ciśnień: na dnie zbiornika i ponad cieczą
- otwarty zbiornik i gaz wtłaczany na poziomie dna zbiornika

Poziomomierze pływakowe.

- z pływakami o stałym zanurzeniu
- z pływakami o zmiennym zanurzeniu (nurnikowe)



Na pływak działają siły:

- wyporu W
- ciężkości G
- sprężystości sprężyny S

Pływak zanurzony na głębokości (x) ma pole przekroju (a). Gdy zbiornik jest pusty sprężyna jest wyciągnięta maksymalnie, pływak sięga do dna ale o dno się nie opiera.

h - wysokość cieczy

L - maksymalna długość sprężyny

$$x = \frac{k \cdot h}{k + \rho \cdot g \cdot a}$$

Poziomomierze elektryczne.

Są dwa typy poziomomierzy elektrycznych: rezystancyjne i pojemnościowe.

Rezystancyjne to dwa pręty zanurzone w substancji, której poziom w zbiorniku mierzymy.

$$R = \frac{\rho \cdot L}{S}$$

Odległość między elektrodami odpowiada długości L. Wysokość cieczy to powierzchnia S. Elektroda może być jedna, wtedy drugą jest uziemiona obudowa.

Poziomomierze pojemnościowe to dwie przewodzące płyty zanurzone w substancji.

$$C = \frac{S}{D} \cdot \varepsilon$$

S - powierzchnia płyt

D - odległość między płytami

ε - przenikalność elektryczna

Pojemność kondensatorów połączonych równolegle to suma pojemności każdego z nich. Pojemność kondensatora zanurzonego w substancji dodać pojemność kondensatora w powietrzu ponad substancją.

$$C = \varepsilon \cdot \frac{h \cdot B}{D} + \varepsilon_0 \cdot \frac{(H-h) \cdot B}{D}$$

$$C = C_0 \left[1 + \frac{h}{H} \cdot \left(\frac{\varepsilon}{\varepsilon_0} - 1 \right) \right]$$

Pojemność układu rośnie ze wzrostem poziomu substancji h. Jeżeli elektrody pokryjemy warstwą izolatora to można mierzyć poziom substancji przewodzących.

Poziomomierze ultradźwiękowe.

Wykorzystują odbicie fali dźwiękowej od granicy faz.

Poziomomierze izotopowe.

Wykorzystują zjawisko pochłaniania promieniowania przez substancje. Nadajnik i detektor są umieszczone na ściankach zbiornika na tej samej wysokości na przeciwko siebie. Jeżeli są one umieszczone na poziomie substancji to stosunek natężenia promieniowania emitowanego do odbieranego jest stały. Jeżeli zmieni się poziom substancji to zmieni się stosunek natężeń. Nadajnik i detektor mogą się przesuwać w górę i w dół. W ten sposób doprowadzamy stosunek natężeń do poprzedniej wartości i znamy poziom substancji. W ten sposób można mierzyć poziom substancji sypkich, np. zboże w silosach.

POMIAR NATĘŻENIA PRZEPIYWU.

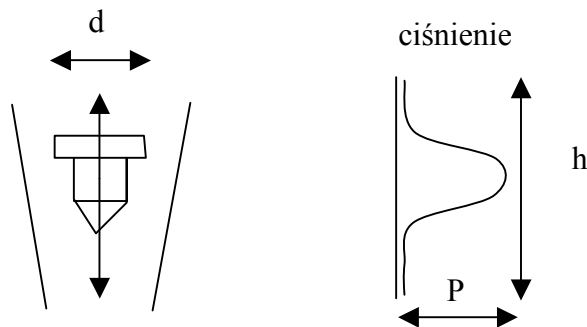
Zwężki.

Ważna jest średnia wartość prędkości przepływu. Przepływ masowy (m) i przepływ objętościowy (V). Metoda zwężkowa polega na ograniczeniu pola przekroju kanału. Korzystamy z zasady

zachowania strumienia i równania Bernoulliego. Suma ciśnień: statycznego, hydrostatycznego (zależy od wysokości kanału ponad poziomem odniesienia) i hydrodynamicznego jest stała. Na zwężce następuje jednak niewielki spadek ciśnienia (ciecz traci energię), ciśnienie nie odzyskuje poprzedniej wartości. Mierzmy różnicę ciśnień przed zwężką i za zwężką (przy ściance kanału lub w jego osi). Wielkość przepływu jest proporcjonalna do pierwiastka z różnicy ciśnień:

$$m \sim \sqrt{p_2 - p_1}$$

Rotametr.



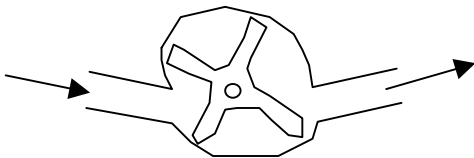
Kanał jest w kształcie rurki o rozszerzającej się średnicy. Przepływ musi być o dołu do góry, a kanał musi być zainstalowany pionowo. Na pływak działają siły ciężkości G oraz siłą hydrodynamiczną F , która wynika z faktu iż przed pływakiem wartość ciśnienia jest wyższa z za pływakiem niższa. Występuje różnica ciśnień ($p_1 - p_2$).

$$F = A \cdot (p_1 - p_2)$$

A - zastępcza powierzchnia pływaka

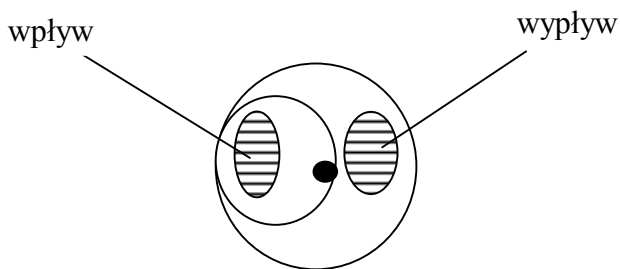
Gdy siły się zrównoważą pływak pozostaje w spoczynku. Gdy przepływ wzrasta siła wzrasta i aby ją zrównoważyć pływak unosi się do góry czemu towarzyszy wyrównanie spadku ciśnienia ($p_1 - p_2$). O przyrządzie tym mówi się, że jest przepływomierzem o stałym spadku ciśnienia. Cylindryczne zacięcia powodują, że pływak nie zacina się w rurze. (stąd pochodzi nazwa rotametr).

Przepływomierze tachometryczne.



Turbina lub zespół łopatek napędzany jest siłą płynącego medium.

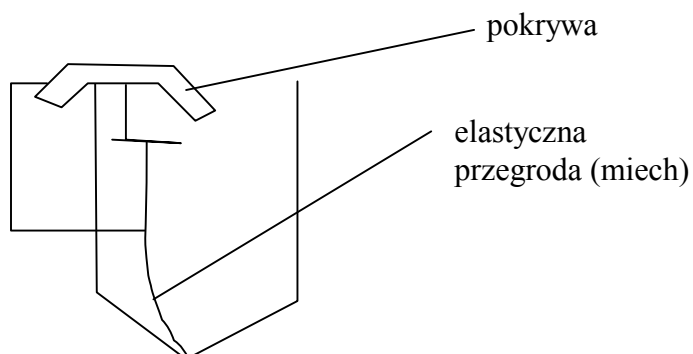
Przepływomierze komorowe.



Przepływomierz pracuje cyklicznie i w każdym takim cyklu odmierzana jest jednakowa ilość

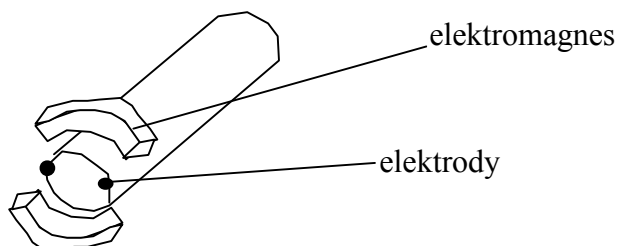
(znana) medium. Inną odmianą tego typu jest przepływomierz tłokowy, tłok porusza się wewnątrz owalnej obudowy w sposób mimośrodowy. W każdym cyklu przez przepływomierz przepływa suma objętości (V_1+V_2).

Przepływomierz miechowy.



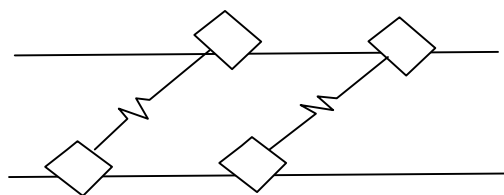
Pokrywa ma możliwość przemieszczania się, które jest związane z położeniem miecha. Dopływający płyn napełnia prawą część komory i powoduje przemieszczanie miecha w lewą stronę aż do momentu kiedy przekładnia zamknie pokrywę. Następnie płyn dopływa do lewej części komory itd. Gazomierze są przepływomierzami miechowymi.

Przepływomierz elektromagnetyczny.



Działa on na zasadzie indukcji magnetycznej (jeśli w polu magnetycznym porusza się przewodnik to na końcach tego przewodnika powstaje napięcie). Im przewodnik będzie poruszał się szybciej tym napięcie będzie wyższe. Rolę przewodnika pełni płynące medium. W nim indukuje się napięcie. Napięcie jest proporcjonalne do prędkości przepływu. Nie ma strat ciśnienia.

Przepływomierz ultradźwiękowy.



Fala dźwiękowa przemieszcza się do odbiornika z prędkością V . Prędkości W i V nakładają się na siebie. Fala dźwiękowa jest falą mechaniczną. Można zmierzyć czas przelotu między nadajnikiem a odbiornikiem. Wadą jest to, że prędkość jest silnie zależna od temperatury, aby temu zapobiec dodaje się drugi bliźniaczy układ. Wektor V zmienia zwrot. Z układu równań znajdujemy prędkość W , która jest niezależna o wielkości V .

$$W = W_1 \cdot \cos\alpha$$

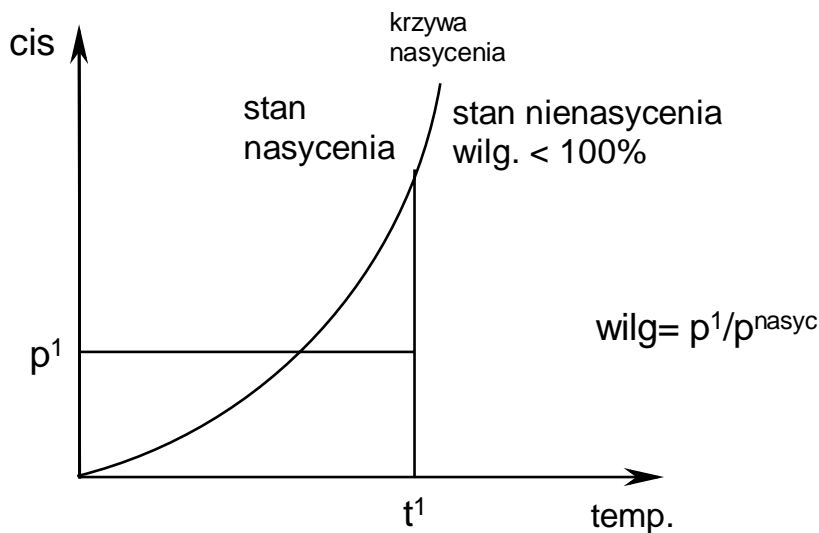
$$\Delta t_1 = \frac{1}{V - W \cdot \cos\alpha}$$

$$\Delta t_2 = \frac{1}{V - W \cdot \cos\alpha}$$

WILGOTNOŚĆ.

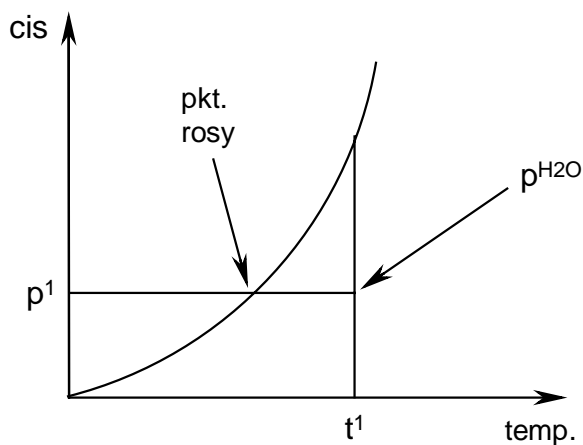
masa powietrza = masa powietrza suchego + masa pary wodnej

Wilgotność bezwzględna to gęstość pary wodnej w powietrzu (masa pary wodnej podzielona przez objętość powietrza, którym jest obecna). Masa suchego powietrza wywołuje ciśnienie p_s a masa wody ciśnienie p_w . Całkowite ciśnienie to ciśnienie barometryczne. Wilgotność względna ϕ to ciśnienie pary wodnej zawartej w powietrzu podzielone przez ciśnienie pary nasyconej w tych samych warunkach (temperatura). ϕ podawane jest w [%]. Wilgotność mierzą higrometry.

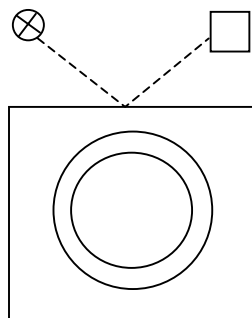


Pomiar wilgotności sprowadza się do zmierzenia ciśnienia pary wodnej.

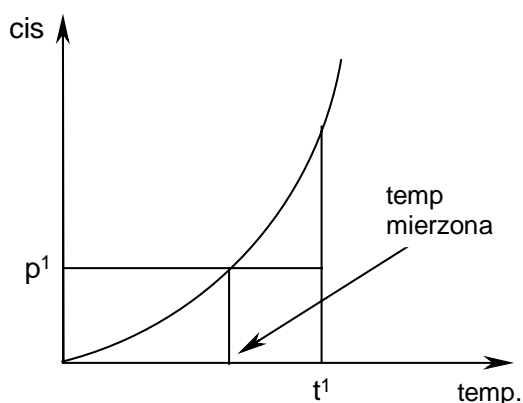
Osiągnięcie punktu rosy.



W punkcie rosy para obecna w powietrzu ulega skropleniu. Gdy obniżamy temp. para się skrapla. Musimy wiedzieć kiedy przestać obniżać temp. Poniżej temp. punktu rosy wilgotność jest zawsze 100[%].



Rurą płynie chłodna woda. Gdy punkt rosy zostanie osiągnięty powierzchnia metalu matowieje od skroplonej pary wodnej i następuje rozpraszanie światła.



W punkcie rosy mierzymy temp. i z wykresu odczytujemy ciśnienie pary wodnej.

Higrometr włosowy.

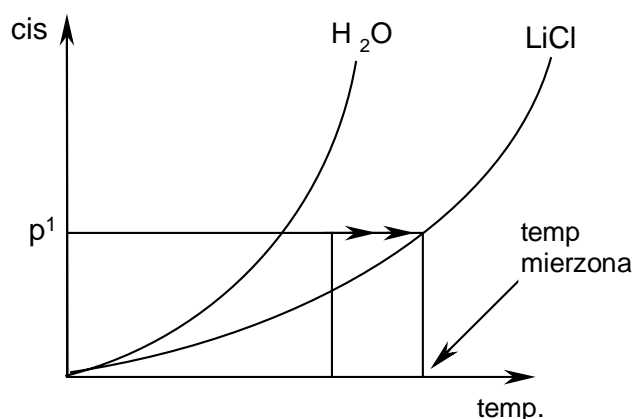
Zmiana długości włókna pod wpływem wilgotności. Przy skoku ϕ od 0 do 100[%] wydłużenie względne dochodzi jedynie do 2,5[%].

Metoda psychrometryczna.

Dwa termometry są omywane powietrzem, którego wilgotność mierzymy. Jeden jest suchy a drugi owinięty włókniną, która jest nasączona wodą. Termometr mokry wskazuje temp. niższą ponieważ woda parując pobiera od niego ciepło. Wilgotność względną wyznacza się z empirycznego wzoru. ϕ jest funkcją temp. termometru suchego, mokrego, prędkości przepływu powietrza itd...

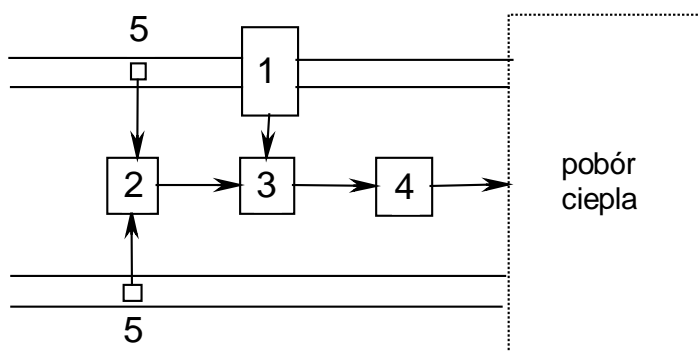
Higrometr litowy.

Czujnik temperatury owinięty jest włókniną nasyconą wodnym roztworem chlorku litu. Na otulinie nawinięte są dwa zwoje, które się nie stykają ze sobą. Do jednego z końców każdego ze zwojów przyłożone jest napięcie. Przez otulinę płynie prąd od jednego drutu do drugiego dzięki przewodnictwu LiCl. W wyniku przepływu prądu wydziela się ciepło, które jest zużywane na odparowanie wody z roztworu, wytrącają się kryształy LiCl, które nie przewodzą prądu i temperatura spada Ustala się stan równowagi, w którym mierzymy temperaturę układu i ciśnienie pary wodnej odczytujemy z wykresu.



POMIAR ILOŚCI ENERGII CIEPLNEJ.

Ciepło pochłonięte przez substancję to (masa x ciepło właściwe x zmiana temp.). Mierzymy temp. i natężenie przepływu i mamy pobrane ciepło.

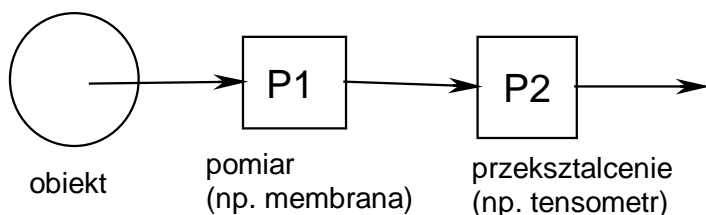


1-przepływomierz, 2-liczenie różnicy temperatur, 3-mnożenie $\Delta T \cdot m \cdot C_p$, 4-sumowanie przepływającej energii (całka), 5-pomiar temp.

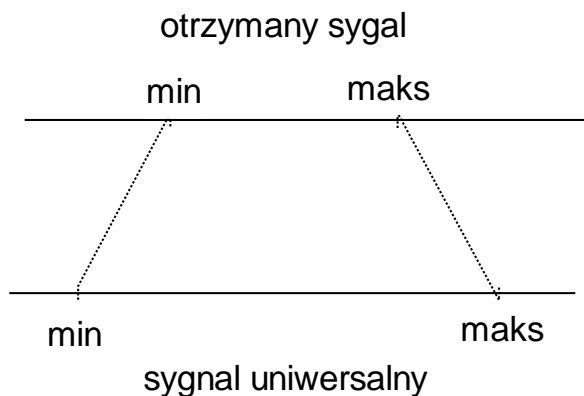
Takich układów nie instaluje się w mieszkaniach, daje się jeden na blok lub osiedle a wynik dzieli z uwzględnieniem różnych czynników.

PRZETWARZANIE SYGNAŁÓW POMIAROWYCH.

Mamy obiekt pomiaru i cechę, której intensywność chcemy wyznaczyć przy pomocy czujnika (przrzędu pomiaru). Często sygnał wychodzący z czujnika idzie dalej. W ten sposób powstaje łańcuch pomiarowy. Każdy z bloków to przetworik.



Przetwarzamy sygnał. P1 pobiera informacje z obiektu, jest to przetwornik wstępny. Wyróżniamy trzy ogólne metody przetwarzania sygnału. Przetwarzanie natury sygnału, przetwarzanie skali sygnału, przetwarzanie kształtu sygnału. Przetwarzanie natury to zmiana rodzaju energii sygnału np. cieplna w elektryczną, cieplna w mechaniczną. Bardzo często to przetwarzanie następuje w P1. Zmiana skali to wzmacnianie lub tłumienie (np. prąd błyskawicy), (posobniki, boczniki, przekładniki). Sygnały poddaje się unifikacji.

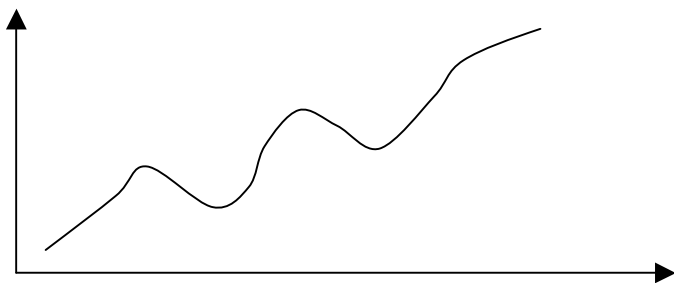


Sygnały zunifikowane:

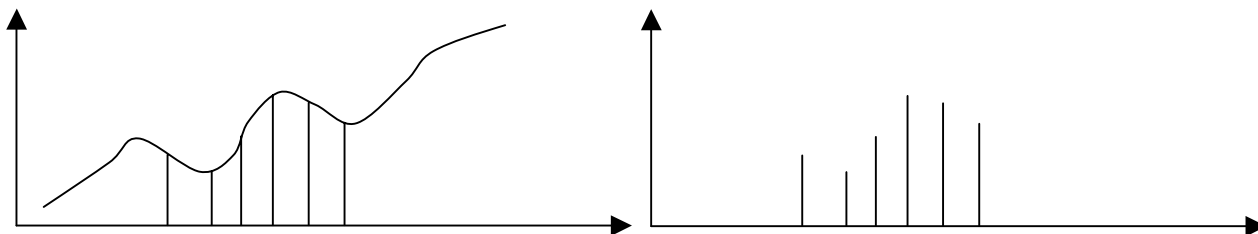
- zakresy napięciowe prądu stałego 0-10[V] lub 0-5[V] lub (-5,+5)[V]
- zakresy prądowe prądu stałego 0-20[mA] lub 4-20[V] (w przypadku uszkodzenia mamy 0, widać więc awarię)

Zmiana kształtu sygnału - przetwarzanie analogowo-cyfrowe.

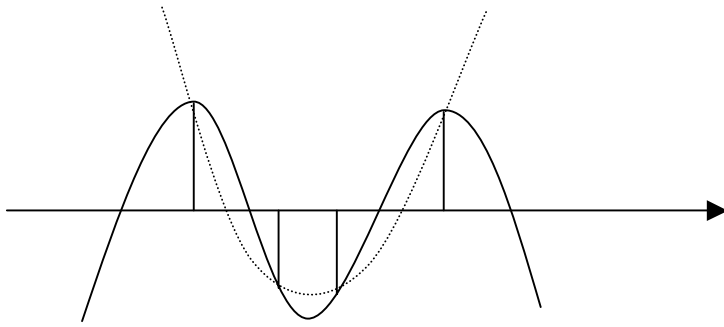
Wartości wielkości przestrzeni są ciągłe w czasie.



Układy komputerowe są nieciągłe w czasie i w dziedzinie wartości. Sygnał analogowy poddajemy próbkowaniu.



Minimalną wartość częstości próbkowania określa prawo Shanon'a. Próbkowanie musi się odbywać z częstotliwością minimum dwa razy większą niż najwyższa częstotliwość w sygnale analogowym.

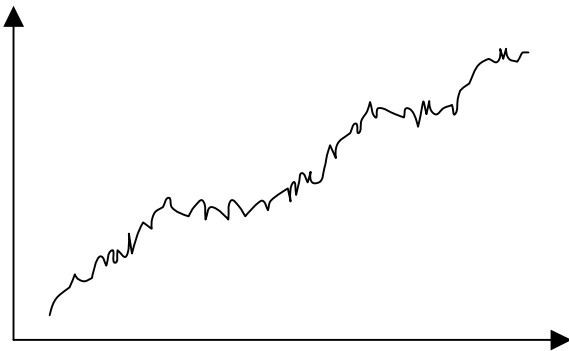


Poza tym nie wszystkie sygnały dotrą do komputera ponieważ sygnał jest kwantowany na 0 i 1. Oznacza to, że można przekazać tylko skończoną liczbę wartości sygnałów

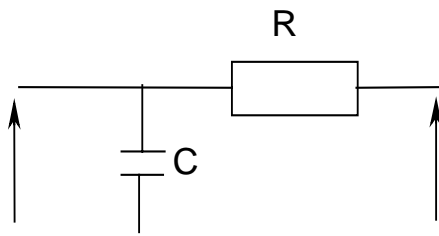


Filtracja sygnałów.

Mierzony sygnał jest obarczony szumami.

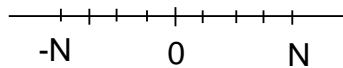


Filtry dolnoprzepustowe odrzucają składniki o wysokich częstotliwościach a przepuszczają dolne częstotliwości. Najprostszym filtrem dolnoprzepustowym jest:

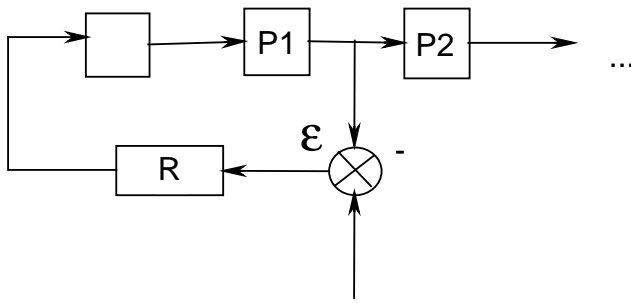


Jest to filtr RC. $R \cdot C = N$, N to stała czasowa filtru. Im N wyższe ty filtr lepiej tłumi. Cyfrową odmianą filtru RC jest program:

$$y_i = \frac{1}{2N + 1} \sum_{-N}^N x_{i-j}$$



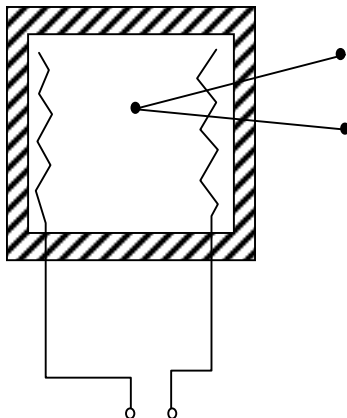
Chcemy znać wartość pewnej cechy. Ale pomiary prowadzimy także po to żeby regulować. Na pewnym etapie przetwarzania sygnału możemy go wykorzystać do potrzeb regulacji.



Musimy porównać sygnał z wielkością zadaną. Wykonujemy odejmowanie i otrzymujemy uchyb regulacji (różnica tego co jest i tego co chcemy żeby było). Regulator (R) doprowadza sygnały do równowagi i przesyła sygnał do układu. Mamy ujemne sprzężenie zwrotne. Żeby zastosować odpowiedni regulator musimy wiedzieć jaki są parametry obiektu (rodzaj obiektu), tylko w ten sposób stworzymy poprawny układ regulujący. Trzeba zidentyfikować obiekt.

Metody identyfikacji obiektu (wyznaczanie parametrów dynamicznych obiektu).

- 1) Modelowanie analityczne (teoretyczne)
 - 2) Modelowanie eksperymentalne (doświadczalne wyznaczanie parametrów)
- 1) Chcąc wyznaczyć w sposób analityczny cechy wykorzystujemy wszystkie znane prawa przyrody i przy pomocy matematyki opisujemy obiekt.



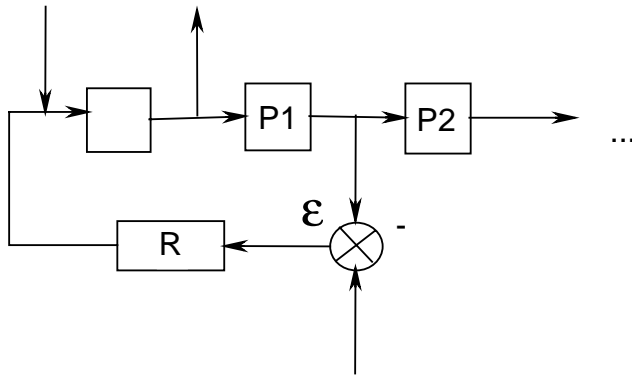
Elementy grzejne wytwarzają ciepło.

Ciepło się rozchodzi w pomieszczeniu.

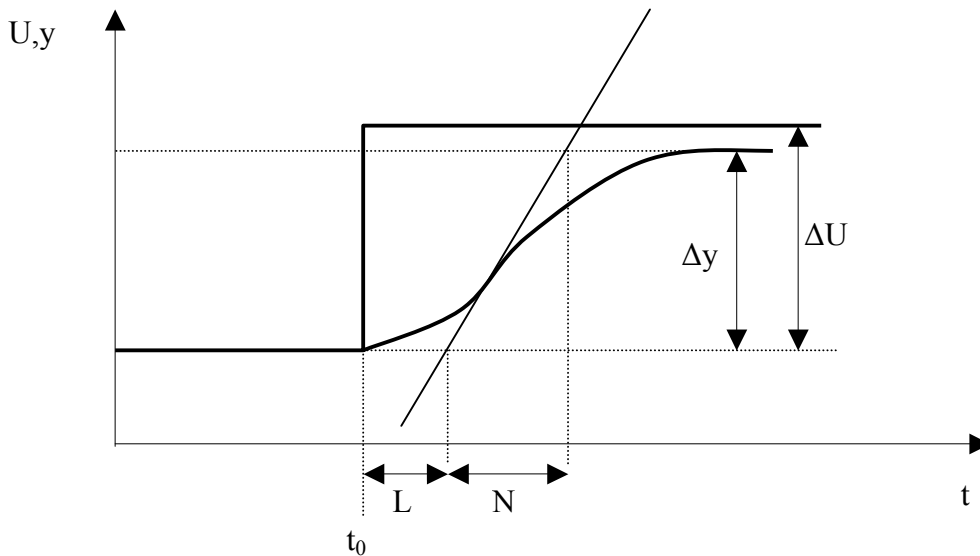
Ciepło przepływa przez ściany na zewnątrz.

Gdyby taki opis był dokładny problem stał by się zbyt skomplikowany do rozwiązania. Wprowadzamy więc pewne uproszczenia, pewne szczegóły pomijamy. Otrzymujemy opis matematyczny, który jest uniwersalny (np. dla różnych wielkości pomieszczenia). Jednak błędy wynikające z uproszczeń mogą się sumować i model może przestać opisywać rzeczywistość.

2) Tu nie szukamy praw, równań, nie robimy przybliżeń. Bierzymy obiekt o pewnych właściwościach i badamy jego zachowanie w różnych warunkach. To jest podejście jednorazowe do konkretnego obiektu. O trzymane parametry to parametry tylko tego obiektu, ale za to parametry rzeczywiste (nie ma uproszczeń). Badanie parametrów obiektu wygląda tak, że pobudza się wejście tego obiektu i obserwuje się sygnał na wyjściu.



Identyfikacja skokowa.



$$K = \frac{\Delta y}{\Delta U}$$

L - opóźnienie czasowe obiektu

W uproszczeniu można przyjąć, że do czasu $t_0 + L$ obiekt praktycznie nie reaguje.

N - zastępcza stała czasowa (liczona od t_0 lub $t_0 + L$)

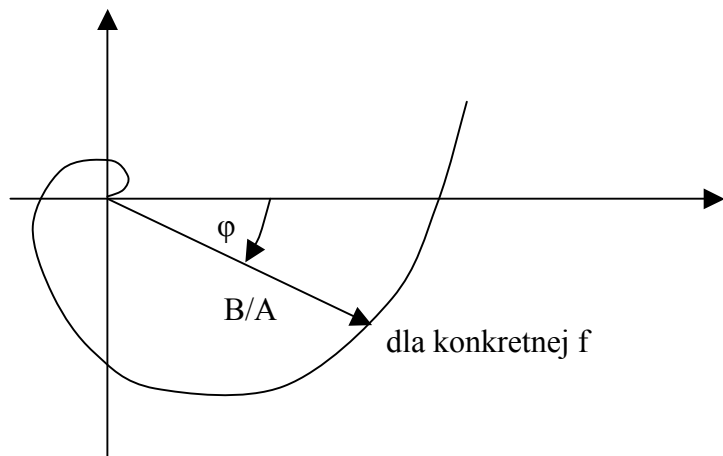
Po czasie N obiekt praktycznie zakończył swoją reakcję.

Mamy więc trzy parametry pozwalające jednoznacznie opisać obiekt (K, L, N). Nie ma dwóch obiektów o takich samych trzech parametrach. L i N to parametry czasowe [s]. Metoda wymuszenia skokowego jest identyfikacją w dziedzinie czasu.

Wymuszenia harmoniczne (sinusoidalne).

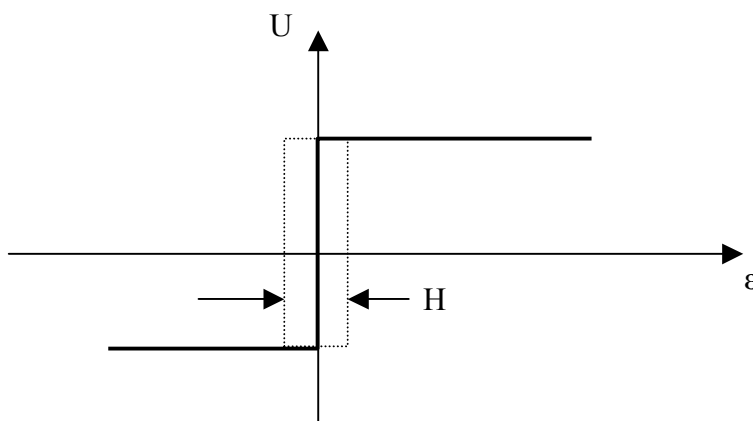
Obiekt pobudzamy sinusoidalnie. Na wejściu mamy sinusoidę o amplitudzie A i okresie T. Na wyjściu mamy sinusoidę o amplitudzie B, okresie T i przesunięciu fazowym φ . Tylko obiekty liniowe dają na wyjściu sinusoidę z sinusoidy na wejściu. W świecie rzeczywistym obiektów liniowych nie ma. Wiele obiektów jest nieznacznie nieliniowa (w przybliżeniu są liniowe). Jeżeli obiekt jest nieliniowy to stwarza się warunki, w których jest liniowy. W tym przypadku parametrami są B/A i φ . Do parametrów można również zaliczyć T przy, którym otrzymano pozostałe parametry (T sinusoidy we i wy są takie same). φ może być wyrażane w radianach. Wprowadzamy liczby zespolone, które wiążą jednym wzorem stosunek B/A i φ z konkretną

częstotliwością (okresem T). Prowadząc eksperymenty dla różnych częstotliwości otrzymujemy krzywą charakterystyki obiektu.



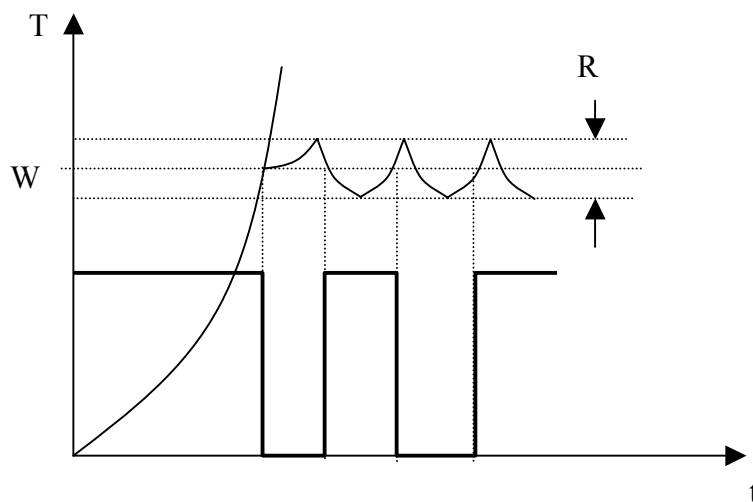
Regulator dwustawny.

Gdy uchyb regulacji jest równy zero to regulator nic nie robi, gdy ε jest różne od zera to mamy sygnał maksymalny lub minimalny.



H - histereza

Regulator ten zwany jest regulatorem ON-OFF. Taki regulator jest w żelazku.



W - wartość zadana

Otrzymujemy przebieg piłokształtny.

R - rozrzut regulacji. ($R = f(K, N, L...)$)

Rozrzut regulacji powoduje, że wartość sygnału otrzymanego różni się o wielkości zadanej. Rozrzut mówi o przydatności przełącznika do danego obiektu. Gdy rozrzut nas nie zadowala musimy zastosować regulator ciągły.

Regulator ciągły.

Najpopularniejszym jest regulator PID.

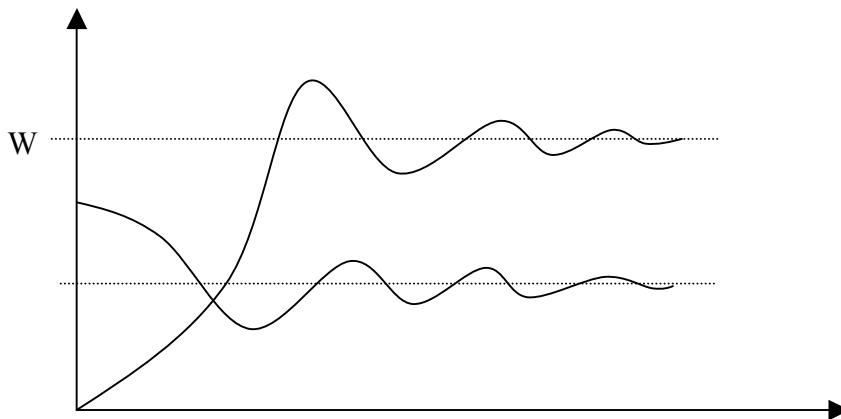
$$U(t) = K_R \left[\varepsilon(\tau) + \frac{1}{\tau_I} \int_0^t \varepsilon(\tau) d\tau + \tau_D \frac{d\varepsilon(t)}{dt} \right]$$

P - proporcjonalny

I - całka (integral)

D - pochodna (derivative)

Regulator proporcjonalno całkująco różniczkujący.



Duży uchyb daje duży sygnał wejściowy. Mamy przeregulowanie w czasie regulacji. Mamy trzy parametry, którymi możemy wpływać na jakość regulacji. K_R , τ_I , τ_D są nastawami regulatora PID.

$$K_R = f(K, N, L)$$

