

# Podstawy automatyki kolokwium 2

## Spis treści

- [1 Gr. A](#)
  - [1.1 Regulator rzeczywisty PD](#)
  - [1.2 Termopary](#)
  - [1.3 Metoda funkcji opisującej](#)
  - [1.4 Pomiary przepływu](#)
- [2 Gr. B](#)
  - [2.1 Regulator PI rzeczywisty](#)
  - [2.2 Termistor](#)
  - [2.3 Rodzaje termistorów](#)
  - [2.4 Podstawowe parametry](#)
  - [2.5 Zastosowania](#)
  - [2.6 Metoda płaszczyzny fazowej](#)
  - [2.7 Pomiar poziomu](#)
- [3 Gr. C](#)
  - [3.1 Metody dobierania regulatorów](#)
  - [3.2 Pirometr](#)
  - [3.3 Metoda płaszczyzny fazowej](#)
  - [3.4 Pomiary tensometryczne](#)

## Gr. A

### Regulator rzeczywisty PD

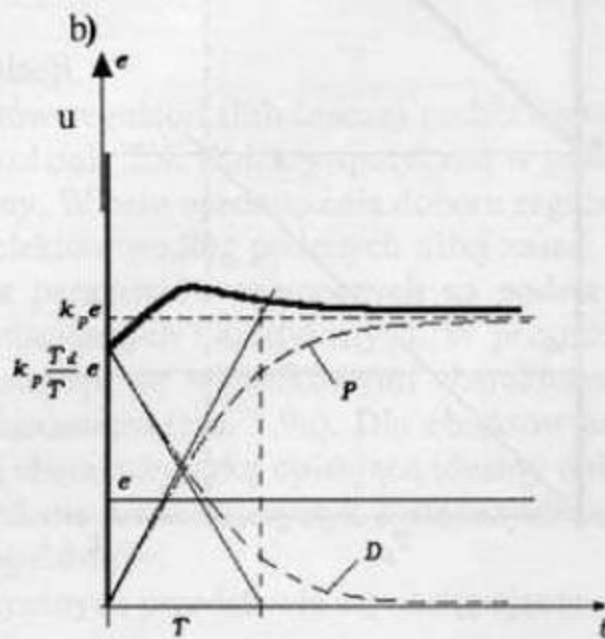
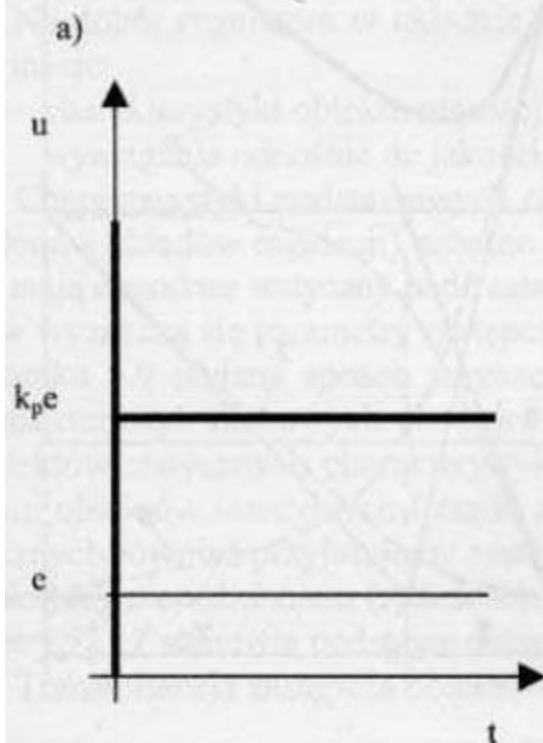
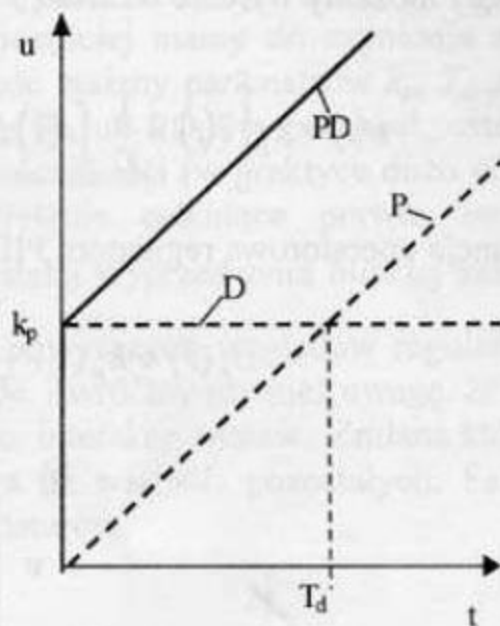
Regulator PD realizuje sumaryczne działania proporcjonalne i różniczkujące. Transmittancja (z inercją) wyrażona jest wzorem:

$$G_r(s) = \left( \frac{k_p}{1 + T_s} \right) (1 + T_d s)$$

gdzie

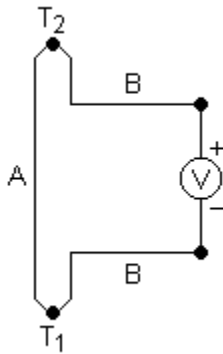
- $T_d$  - stała wyprzedzenia - czas po którym stała składowa z działania proporcjonalnego zrówna się ze składową z działania różniczkującego, po podaniu na wejście sygnału narastającego liniowo.

Rys. 5.6. Wyznaczanie stałej wyprzedzenia dla regulatora typu PD



Rys. 5.7. Charakterystyka skokowa regulatora typu PD: a) idealnego, b) z inercją

# Termopary



**Termopara** służy do pomiaru różnicy temperatur pomiędzy dwoma punktami, związanej z występowaniem zjawiska Seabacka. Jeżeli dwa końce tego samego przewodnika (A) będą miały różną temperaturę ( $T_1$  i  $T_2$ ) to powstanie między nimi różnica potencjałów elektrycznych. Aby ją zmierzyć trzeba by się do obu końców podłączyć (B) zamykając obwód. Gdyby użyć do tego tego samego rodzaju przewodnika wytworzyłoby się odwrotne napięcie niwelujące to które chcemy zmierzyć. Żeby temu zapobiec wykorzystuje się inny przewodnik (B), dla którego inna jest zależność różnicy temperatur do napięcia. W takim układzie mierzy się *de facto* różnice napięć wytworzonych przez taką samą temperaturę ( $T_1$  i  $T_2$ ) w różnych przewodnikach (A i B). Jedną, ze spoin (tam gdzie mamy  $T_1$ ) nazywamy pomiarową, a drugą odniesienia. Najczęściej wykorzystywane materiały to: Pt (platyna) + Rh (rod), Ni (nikiel) + Cr (chrom), Fe (żelazo) + konstantan. Do pomiaru wytworzonego napięcia wykorzystuje się miliwoltomierze magnetoelektryczne oraz specjalne kompensatory lub układy cyfrowe. Za pomocą miliwoltomierzy uzyskuje się klasę niedokładności 1 i 1,5.

## Metoda funkcji opisującej

Funkcją opisującą  $J(A)$  członu nieliniowego nazywamy stosunek wartości zespolonej amplitudy pierwszej harmonicznej odpowiedzi, wywołanej wymuszeniem sinusoidalnym, do amplitudy zespolonej tego wymuszenia:

$$J(A) \triangleq \frac{B e^{j\varphi}}{A} = \frac{B_1 + jC_1}{A}$$

## Pomiary przepływu

Najpowszechniejsze pomiary natężeń przepływu opierają się na różnicy ciśnień na odpowiednio ukształtowanej zwężce.

**Indukcyjnościowy czujnik magnetyczny.** W cieczy przepływającej z prędkością w prostopadle do strumienia magnetycznego o indukcyjności  $B$  indukuje się SEM opisana wzorem:

$$d\vec{E} = (\vec{B} \times \vec{v}) \cdot d\vec{l}$$

gdzie  $d\vec{l}$  jest elementem drogi od punktu 1 do 2.

Przy odpowiednim dobraniu parametrów konstrukcyjnych można uzyskać w przybliżeniu zależność liniową między napięciem a prędkością przepływu (lub przepływem). Przetworniki indukcyjne są niezastąpione przy pomiarach prędkości cieczy agresywnych oraz tam, gdzie niemożliwe jest stosowanie przewężeń.

**Metoda kalorymetryczna** Do cieczy o cieple właściwym  $c$  doprowadza się moc w postaci ciepła  $Q$  i na podstawie przyrostu temperatury  $\Delta t$  oznacza się masowe natężenie przepływu:

$$M = \frac{Q}{c \Delta t}$$

Wyrażenie to jest słuszne, gdy  $c = \text{const}$  oraz nie ma wymiany ciepła z otoczeniem. Aby uzyskać równomierne ogrzewanie w całym przekroju używa się grzejników w postaci siatek.

## Gr. B

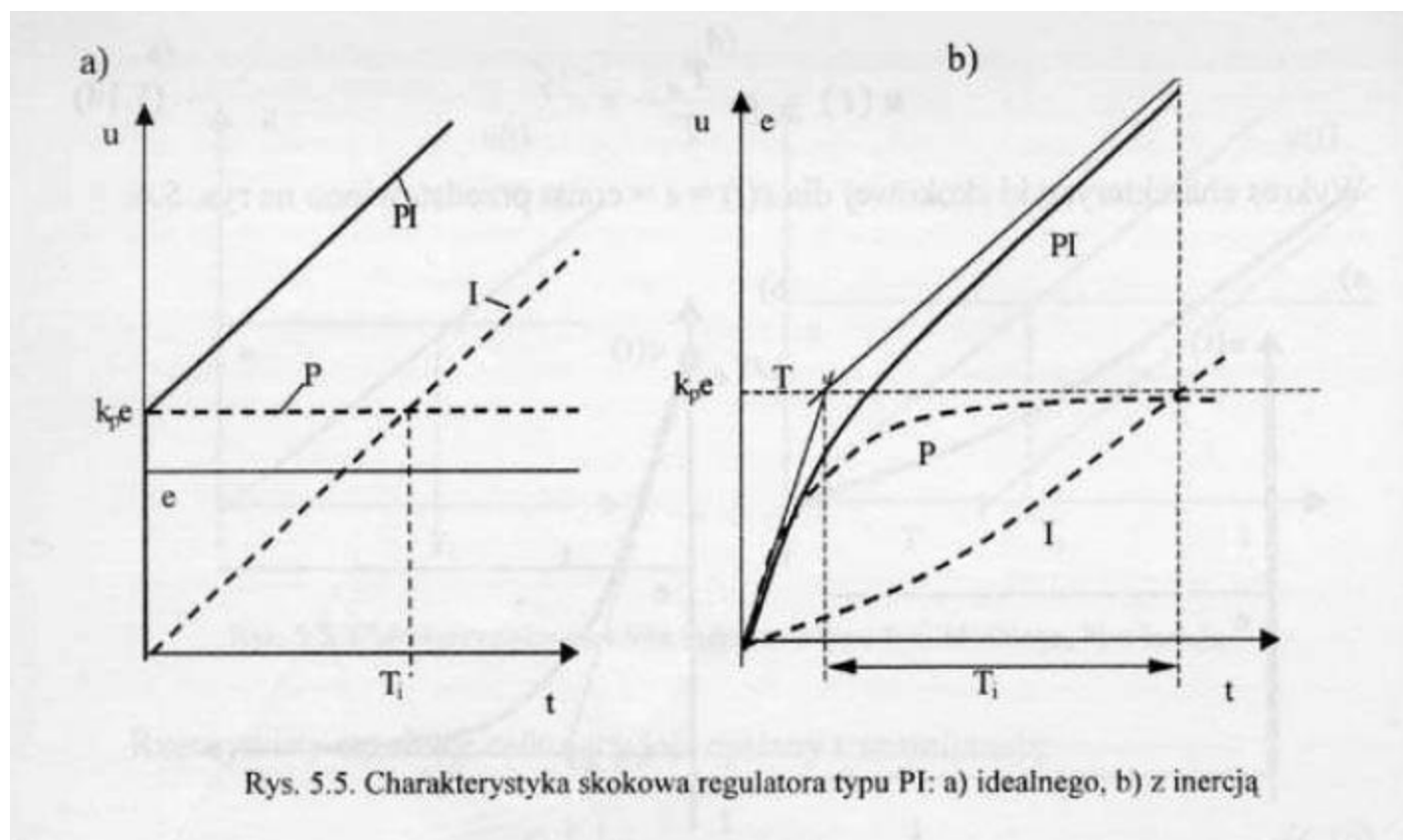
### Regulator PI rzeczywisty

Regulator typu PI realizuje sumaryczne działania proporcjonalne i całkujące.

Dla regulatora typu PI z inercją (rzeczywistego) mamy transmitancję:

$$G(s) = \frac{k_p}{1+sT} \left(1 + \frac{1}{T_i s}\right)$$

gdzie  $T_i$  jest stałą czasową zdwojenia i jest to czas, po którym składowa pochodząca z działania całkującego zrówna się ze składową pochodzącą z działania proporcjonalnego, po podaniu skoku na wejście regulatora.



## Termistor

**Termistor** to opornik półprzewodnikowy, którego rezystancja (opór) zależy od temperatury. Wykonuje się je z tlenków: manganu, niklu, kobaltu, miedzi, glinu, wanadu i litu. Od rodzaju i proporcji użytych tlenków zależą właściwości termistora.

## Rodzaje termistorów

- NTC – o ujemnym współczynniku temperaturowym (ang. negative temperature coefficient) – wzrost temperatury powoduje zmniejszanie się rezystancji;
- PTC – (pozystor) o dodatnim współczynniku temperaturowym (ang. positive temperature coefficient), wzrost temperatury powoduje wzrost rezystancji;
- CTR – o skokowej zmianie rezystancji (ang. critical temperature resistor) – wzrost temperatury powyżej określonej powoduje gwałtowną zmianę wzrost/spadek rezystancji. W termistorach polimerowych następuje szybki wzrost rezystancji (bezpieczniki polimerowe), a w ceramicznych zawierających związki baru, spadek.

## Podstawowe parametry

- R – rezystancja nominalna, znormalizowana podawana jest zazwyczaj w temperaturze 25°C jako  $R_{25}$

- $\alpha$  – TWR – Temperaturowy Współczynnik Rezystancji (dla termistorów typu CTR podaje się temperaturę krytyczną)
- $P$  – dopuszczalna moc
- $B$  – stała materiałowa [wyrażona zwykle w  $kK$  – kiloKelwinach]
- tolerancja, w zależności od rodzaju wykonania termistora

Dla termistorów (z wyjątkiem typu CTR) dla niezbyt dużych różnic temperatur zależność rezystancji od temperatury można uznać za liniową, co można wyrazić wzorem:

$$R = R_0 * [1 + \alpha * (T - T_0)]$$

gdzie

$R$  – rezystancja termistora w temperaturze  $T$

$R_0$  – rezystancja w temperaturze odniesienia  $T_0$

$\alpha$  – główny współczynnik temperaturowy termistora.

Dla termistorów PTC współczynnik  $\alpha$  jest większy od zera, natomiast dla NTC – mniejszy od zera.

Zmiana temperatury wewnętrznej termistora, a tym samym i jego rezystancji może być powodowana zmianą temperatury otoczenia lub też zmianą natężenia prądu płynącego przez termistor (wydzielanej mocy elektrycznej).

Temperatura termistora zależy od wydzielanej w nim mocy zgodnie z zależnością:

$$T = K * P_T + T_a$$

gdzie

$T$  – temperatura termistora

$T_a$  – temperatura otoczenia;  $P_T$  – moc wydzielana w termistorze

$K$  – opór cieplny liczony w [ $K/W$ ].

Zależność oporu  $R$  termistora typu NTC od temperatury  $T$  (w kelwinach) wyraża się wzorem:

$$R(T) = R_0 \exp \frac{W}{2kT}$$

gdzie

$R_0$  – stała termistora,

$W$  – szerokość pasma zabronionego półprzewodnika,

$K$  – stała Boltzmannna.

## Zastosowania

Termistory wykorzystywane są szeroko w elektronice jako:

- czujniki temperatury (KTY), w układach kompensujących zmiany parametrów obwodów przy zmianie temperatury, w układach zapobiegających nadmiernemu wzrostowi prądu, do pomiarów temperatury,

- elementy kompensujące zmianę oporności innych elementów elektronicznych np. we wzmacniaczach i generatorach bardzo niskich częstotliwości.
- ograniczniki natężenia prądu (bezpieczniki elektroniczne) – termistory typu CTR, np. w układach akumulatorów telefonów, zapobiegając uszkodzeniu akumulatorów w wyniku zwarcia lub zbyt szybkiego ładowania.
- Czujniki tlenu.

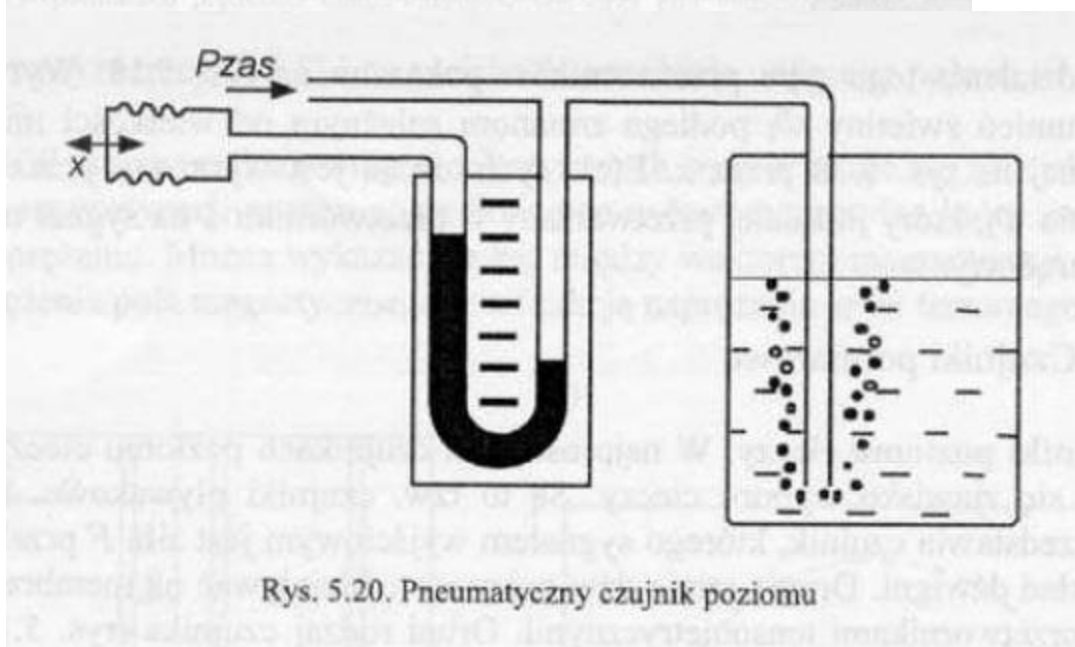
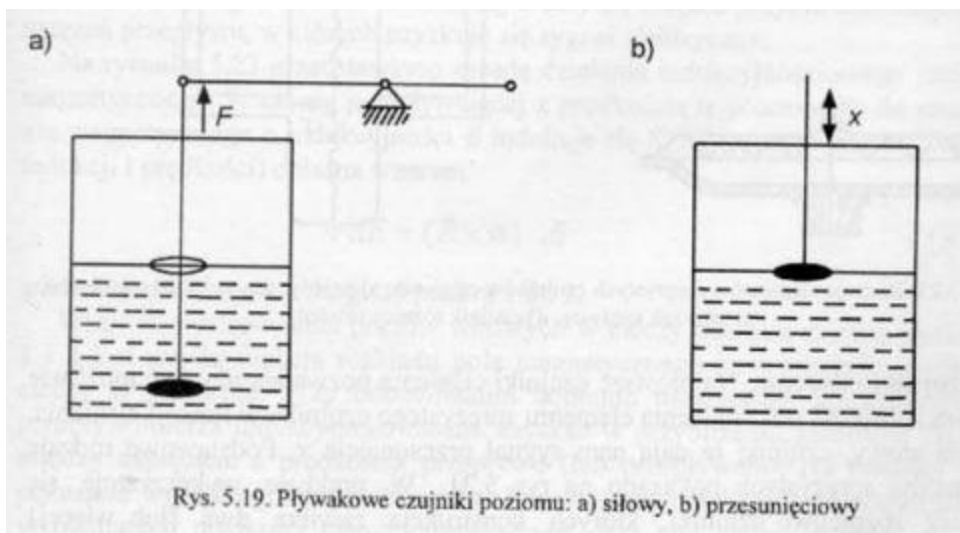
## Metoda płaszczyzny fazowej

Metoda płaszczyzny fazowej jest topologiczną metodą badania układów dynamicznych II rzędu, w tym także mechanicznych układów o jednym stopniu swobody. Polega ona na poszukiwaniu rozwiązania dynamicznego równania ruchu nie jako funkcji czasu, lecz w postaci zależności między prędkością a przemieszczeniem. Metoda płaszczyzny fazowej pozwala określić podstawowe właściwości ruchu bez potrzeby rozwiązywania wyjściowych równań ruchu w dziedzinie czasu. Najwygodniej jest ją stosować gdy dysponujemy maszyną analogową z ploterem lub oscyloskopem.

## Pomiar poziomu

W najprostszych czujnikach wykorzystane jest zjawisko wyporu cieczy - są to:

- czujniki pływakowe. Czujnik jest podłączony na zewnątrz i układ dźwigni zmienia siłę  $F$  na pomiar (drugie ramię dźwigni może być podłączone do czujnika tensometrycznego). Innym sposobem wykorzystania czujnika pływakowego jest badanie przesunięcia pływaka (mocując na stałe drut do pływaka -> badając jego przesunięcie  $X$  -> i wrzucając potem wynik przesunięcia do przetwornika przesunięcia na sygnał elektryczny);
- innym sposobem pomiaru jest czujnik pneumatyczny - powietrze jest jednocześnie wtłaczane pod stałym ciśnieniem  $P$  do 'U' rurki z cieczą nieprzezroczystą i do badanego pojemnika(przez rurkę zanurzoną na danej głębokości); Gdy wzrasta poziom cieczy w badanym zbiorniku - wzrasta ciśnienie wywierane na powietrze wtłaczane, więc wzrasta ciśnienie wywierane na ciecz w U-rurkę - która zmienia swój poziom, wskazując nowy poziom cieczy
- inny sposób to wykorzystanie ciśnienia na dnie zbiornika, bada się je w zbiornikach zamkniętych (manometrem), lub zbiornikach otwartych (czujnikiem różnicowym - trzeba odjąć ciśnienie z powietrza).
- można również zastosować czujniki pomiaru osiągnięcia danego poziomu - ciecz dochodząc do danego poziomu zwiera czujnik i sygnalizuje osiągnięcie danego poziomu.



## Gr. C

### Metody dobierania regulatorów

Na podstawie obliczeń analitycznych dla wymuszenia: skok jednostkowy.

typ	uchyb ustalony obiekt statyczny	uchyb ustalony obiekt astatyczny
P	$1 / (kk_p + 1)$	0
I	0	0



PI	0	0
PD	1 / (kk_p+1)	0
PID	0	0

## Pirometr

Pirometr (in. termometr optyczny) to przyrząd pomiarowy służący do bezdotykowego pomiaru temperatury poprzez analizę promieniowania cieplnego emitowanego przez badane ciała (w zakresie widma widzialnego oraz bliskiej podczerwieni). Przykładowo ciało doskonale czarne emituje promieniowanie zależne tylko od temperatury.

## Metoda płaszczyzny fazowej

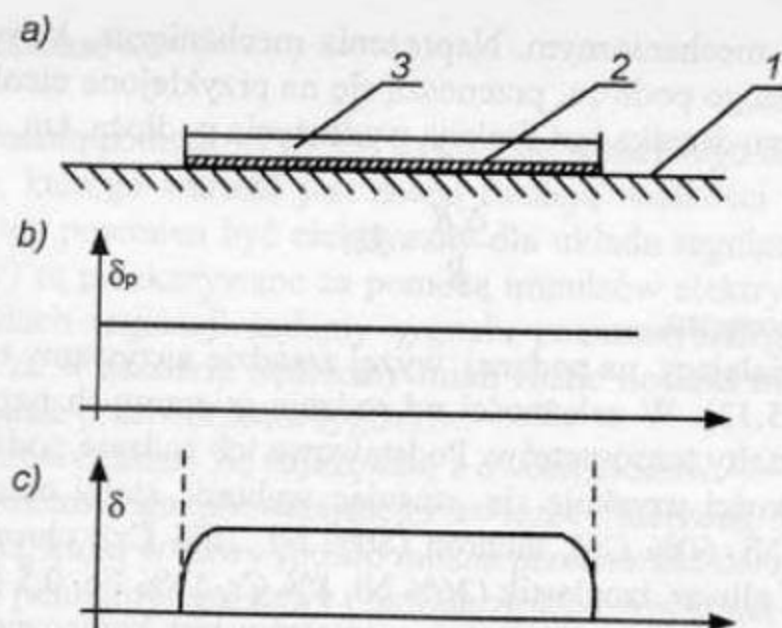
Metoda płaszczyzny fazowej jest topologiczną metodą badania układów dynamicznych II rzędu, w tym także mechanicznych układów o jednym stopniu swobody. Polega ona na poszukiwaniu rozwiązania dynamicznego równania ruchu nie jako funkcji czasu, lecz w postaci zależności między prędkością a przemieszczeniem. Metoda płaszczyzny fazowej pozwala określić podstawowe właściwości ruchu bez potrzeby rozwiązywania wyjściowych równań ruchu w dziedzinie czasu. Najwygodniej jest ją stosować gdy dysponujemy maszyną analogową z ploterem lub oscyloskopem.

## Pomiary tensometryczne

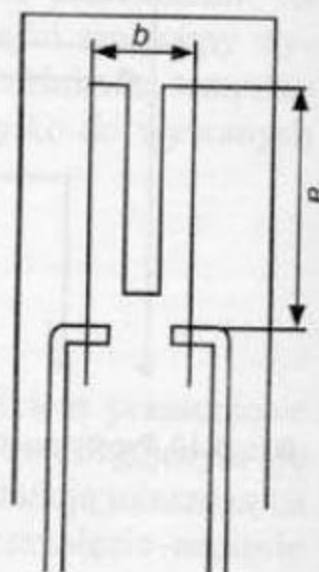
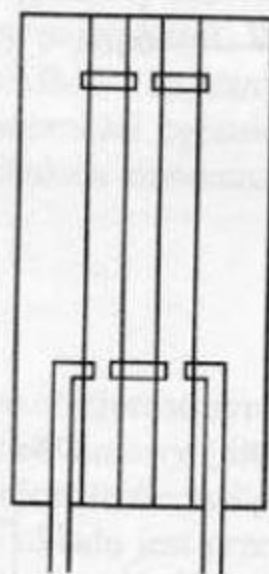
Tensometryczno-oporowe tensometry: W tensometrach wykorzystywane jest zjawisko zmiana oporu elektrycznego przewodnika metalowego poddawanego naprężeniom mechanicznym. Naprężenie mechaniczne sprężystego podłoża jest przekładane na cienkie druciki, zmiana długości drucika, powodują zmianę jego oporu wg wzoru:

$$\frac{\Delta R}{R} = K \epsilon \text{ gdzie } K - \text{to stała tensometru}$$

W tensometrach wykorzystywane są różne stopy w celu uzyskania optymalnych własności w różnych warunkach, największą wadą tensometrów jest to, że należy w ich przypadku kompensować zmiany oporu wynikające ze zmian temperatury - gdyż może to wpłynąć negatywnie na wynik pomiaru



Rys. 5.13. Zasada działania przetwornika tensometryczno-oporowego: a) sposób mocowania; 1 – podłoże, 2 – warstwa kleju, 3 – drucik tensometru, b) naprężenia w podłożu, c) naprężenia w druciku tensometru



Rys. 5.14. Podstawowe kształty tensometrów

