Podstawy Automatyki

dr inż. Marek Krok

Na tym wykładzie:

- Czym jest i czym zajmuje się automatyka
- W jaki sposób definiowany jest proces
- Czym jest sterowanie
- Od czego zależy trudność sterowania
- Jak opisujemy obiekty poddawane sterowaniu
- Do czego wykorzystywana jest transformata Laplace’a

Czym jest automatyka?

Automatyka

dziedzina techniki i nauki zajmująca się zagadnieniami sterowania różnorodnymi procesami, w tym technologicznymi i przemysłowymi (zwykle bez udziału lub z ograniczonym udziałem człowieka).

Automatyka nie jest tożsama z automatyzacją, czyli metodami i środkami służącymi do wyeliminowania lub ograniczenia udziału człowieka w różnych czynnościach.

Proces

«przebieg następujących po sobie i powiązanych przyczynowo określonych zmian»

«kolejno następujące po sobie zmiany fizykochemiczne materii»

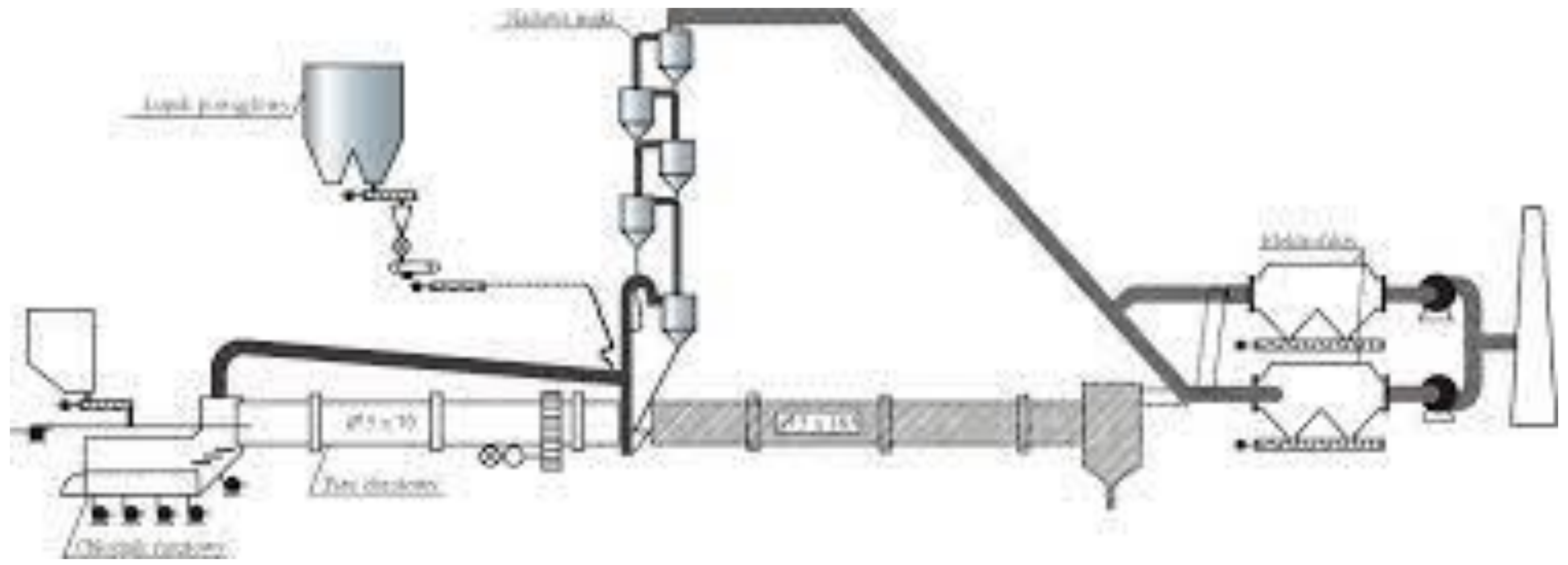
-Logistyczne: związane ze sterowaniem strumieniami materiałów począwszy od ich zakupu, a skończywszy na dostarczeniu gotowego produktu do klienta.

-Regulacyjne: dostosowujące siłę roboczą i środki produkcji do bieżącego zapotrzebowania na produkt.

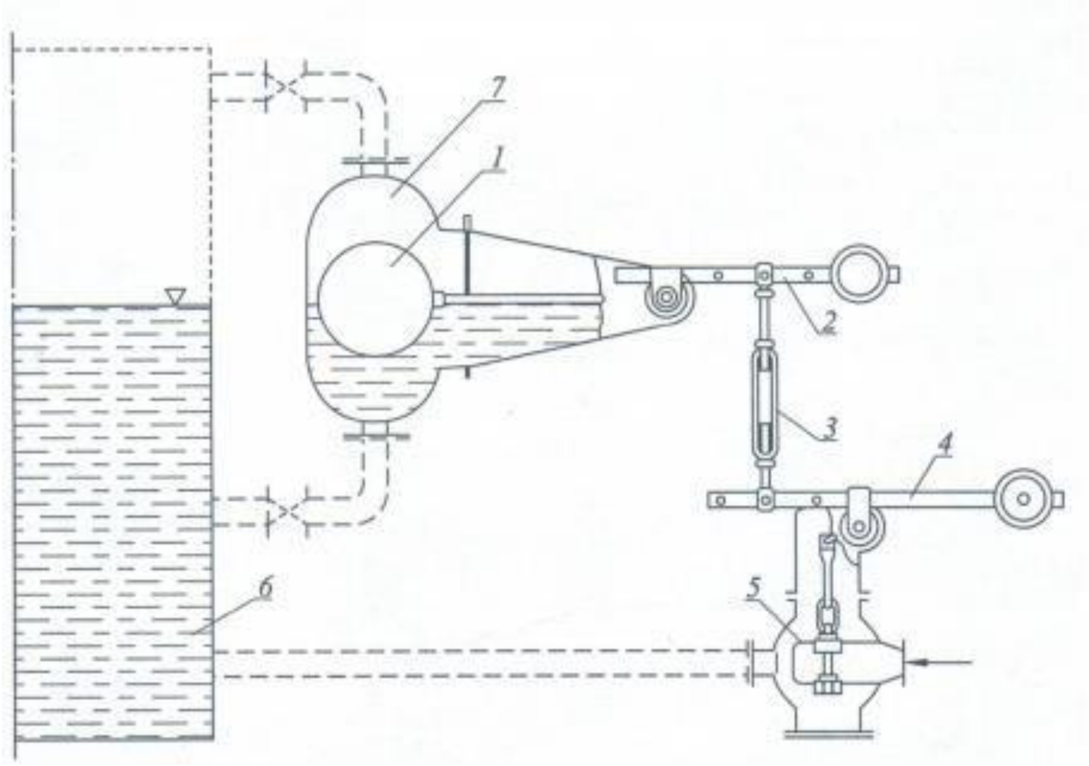
-Kontrolne: kontrolowanie produkcji oraz procesów z nią związanych, finalnych produktów oraz realizacji zamówień.

-Informacyjne: związane z systematyczną aktualizacją danych oraz prawidłowym wykorzystaniem systemów informacyjnych.

Proces

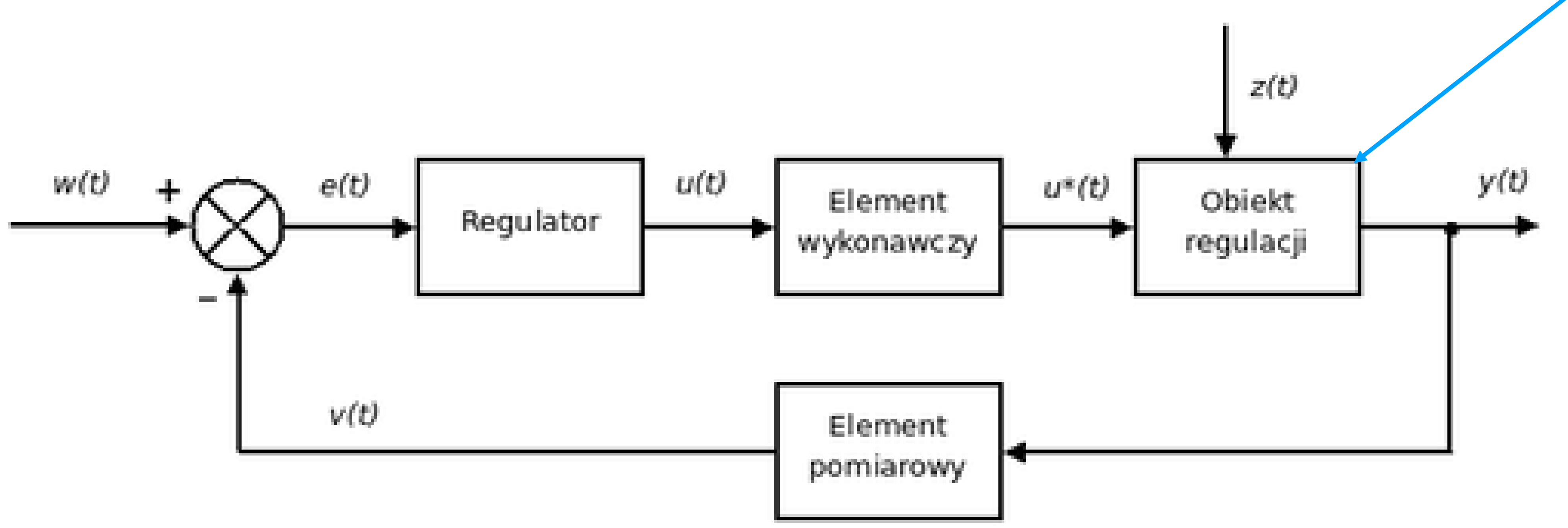


Proces



Regulacja/Sterowanie

PROCES

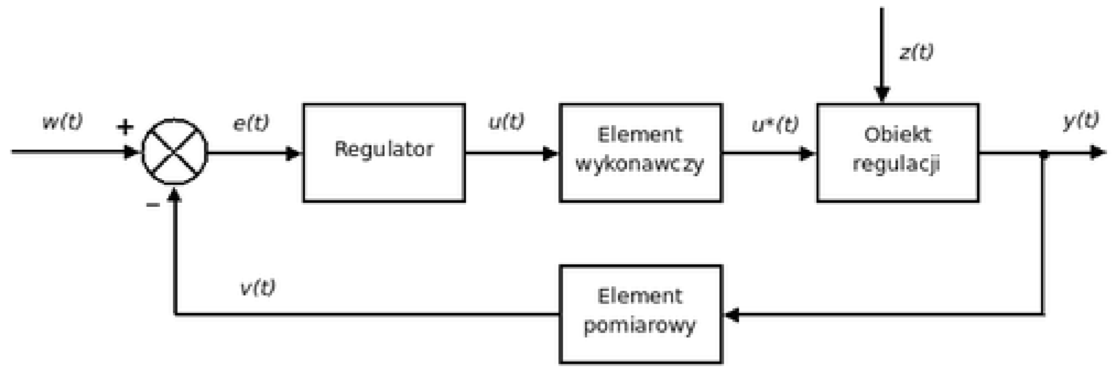


Sterowaniem nazywa się celowe oddziaływanie na dany proces, w sposób zamierzony, mający doprowadzić do spełnienia określonego celu. Proces, na który wywiera się oddziaływanie sterujące, nazywa się obiektem sterowania.

Metrologia Elektronika

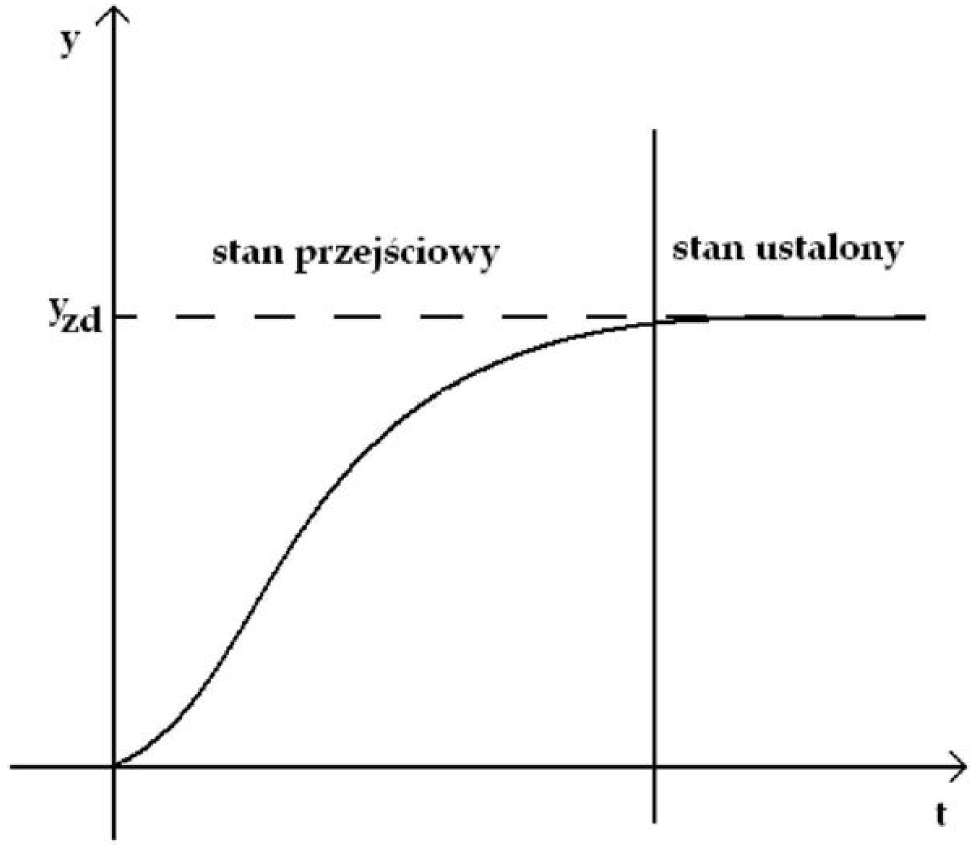
Energetyka Automatyka Mechanika

Mechanika Informatyka

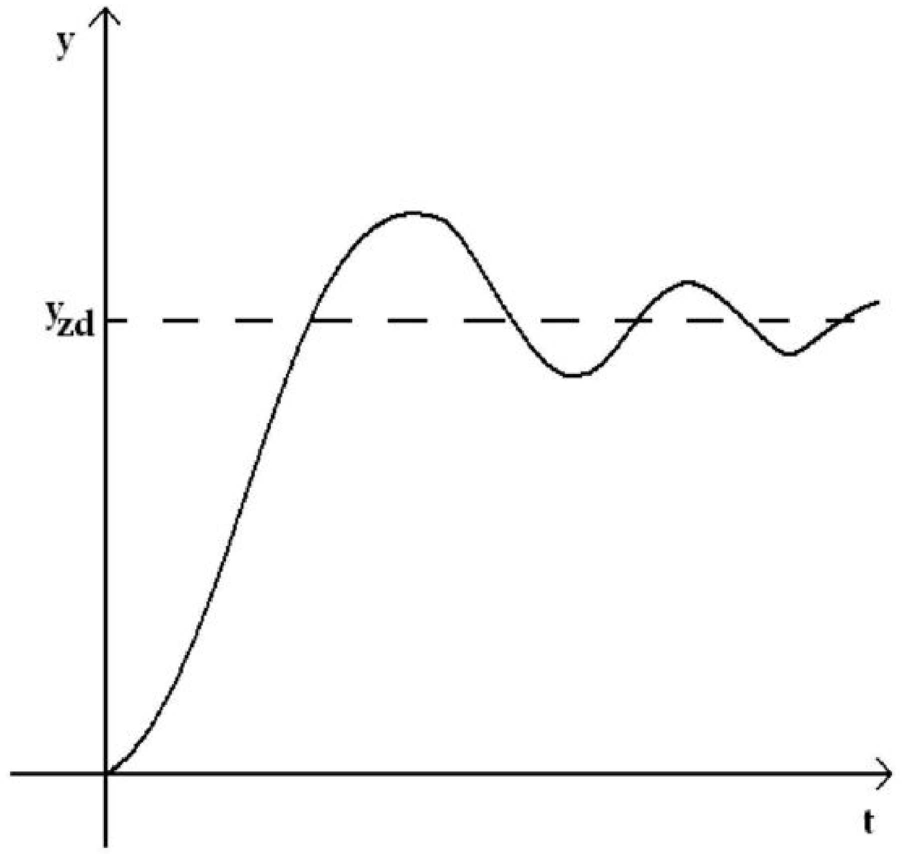


Elementy wykonawcze i pomiarowe

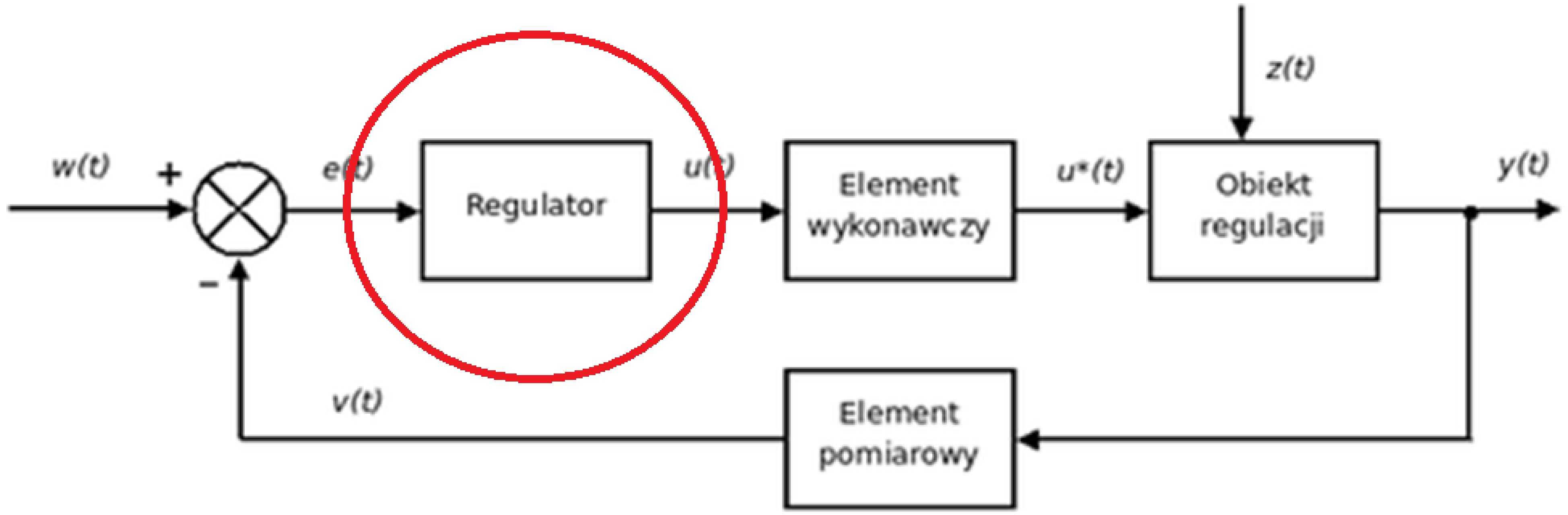
Regulacja/Sterowanie



Rys. 8 – Przebieg procesu regulacji

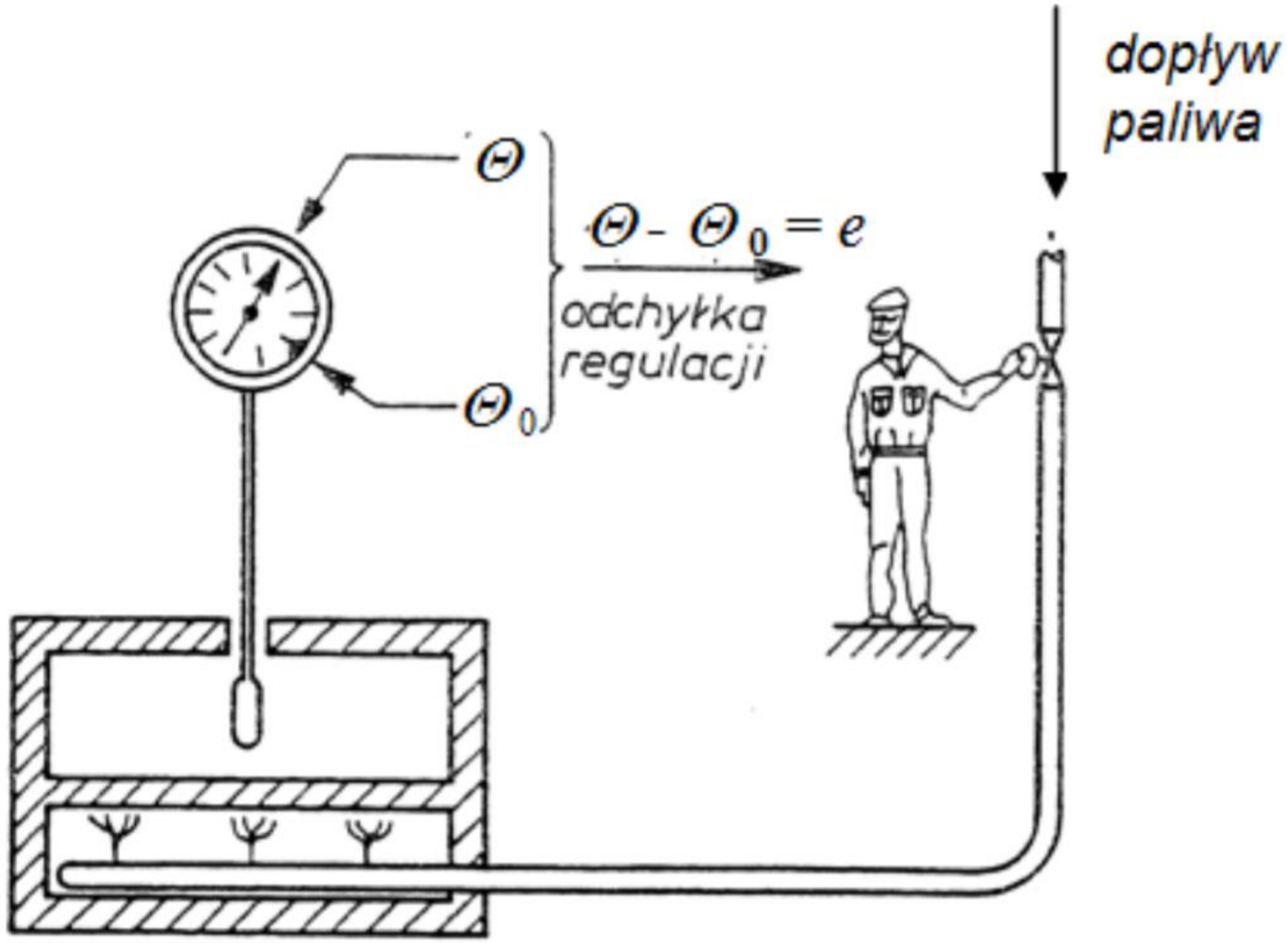


Rys. 9 – Proces regulacji z przeregulowaniem

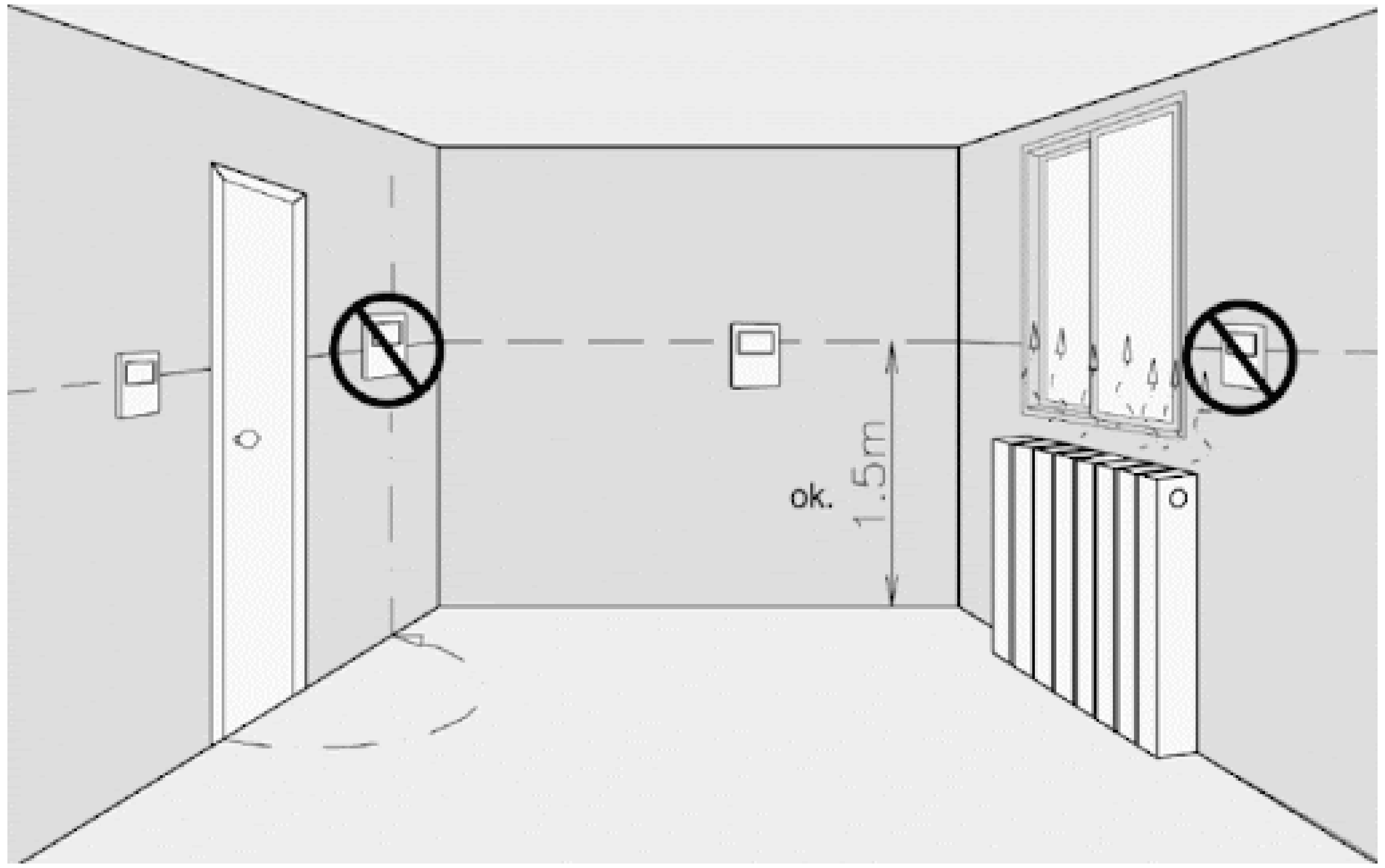


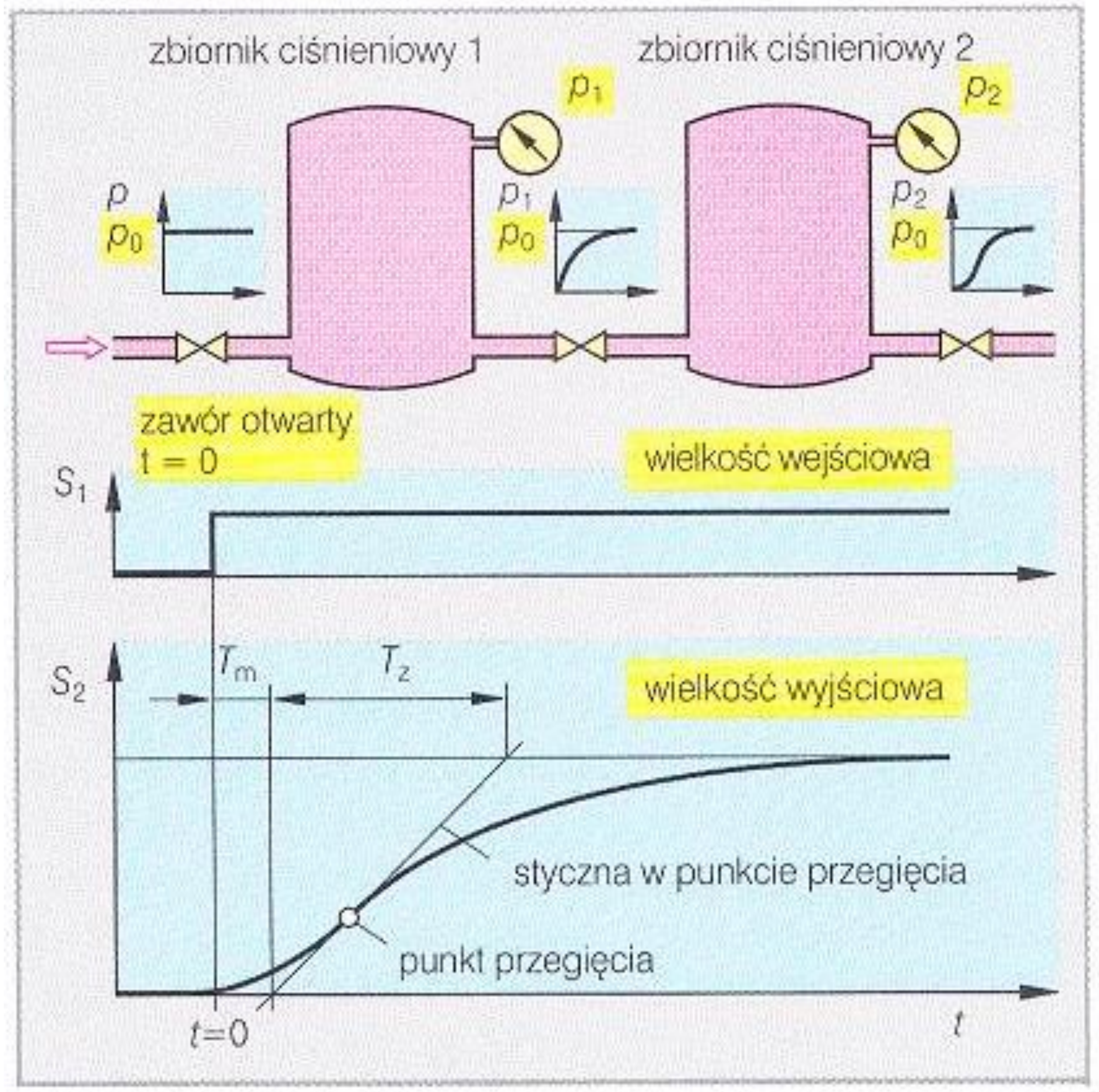
Regulator - jeden z elementów składających się na obwód regulacji. Zadanie regulatora polega na wygenerowaniu odpowiedniego <u>sygnału sterującego</u>, tak aby obiekt sterowany zachowywał się w pożądany sposób

Metoda ekspertowa – sterowanie ręczne



Poziom trudności regulacji





Poziom trudności regulacji zależny w dużej mierze od:
- przyjętego kryterium jakości,
- poziomu trudności obiektu.

Modelowanie procesów

Modelem matematycznym nazywamy reprezentację istniejącego lub hipotetycznego fragmentu rzeczywistości, tworzoną w określonym celu, z wykorzystaniem skończonego zbioru symboli i operatorów matematycznych, z którymi związane są ścisłe zasady posługiwania się nimi, pozbawioną szczegółów i cech nieistotnych dla osiągnięcia postawionego celu. Zawarte w modelu symbole i operatory matematyczne mają interpretację odnoszącą je do konkretnych elementów modelowanego fragmentu rzeczywistości.

Dzięki znajomości modelu procesu/obiektu, możliwy jest efektywny dobór metody regulacji.

Podział modeli

Ze względu na zasadę superpozycji

Ze względu na obecność zmiennych losowych

Ze względu na stałość parametrów

Ze względu na charakter zjawiska

Ze względu na charakter sygnałów

Statyczne - Dynamiczne

Jest to układ, w którym nie można określić ani jednej zmiennej stanu. W układzie statycznym nie ma elementów magazynujących, lecz są tylko elementy rozpraszające energię. Przykładami układów statycznych są np. sieć elementów rezystancyjnych w elektrotechnice lub układ dźwigni mechanicznych (o pomijalnej bezwładności) w mechanice. Układy takie nazywa się też bez inercyjnymi. Niektóre obiekty sterowane można przedstawić jako układy statyczne. Do opisania takich obiektów potrzebna jest tylko zależność funkcyjna między wejściami a wyjściami, obowiązująca zwykle w sposób jednoznaczny w każdej chwili. Zależność zmiennej wyjściowej od zmiennej wejściowej w układzie statycznym nazywa się charakterystyką statyczną.

Model matematyczny rzeczywistego zjawiska przyrody, którego ewolucja jest wyznaczona jednoznacznie przez stan początkowy; najczęściej jest opisany pewnym wektorowym równaniem różniczkowym (czyli w istocie układem równań różniczkowych zwyczajnych), zwanym równaniem stanu. Teoria układów dynamicznych stanowi ważny dział matematyki znajdujący liczne zastosowania przy opisie konkretnych zjawisk, m.in. w teorii sterowania. Układy złożone są najczęściej symulowane komputerowo. Niektóre układy dynamiczne mogą wykazywać właściwości chaotyczne, najprostszym przykładem jest odwzorowanie logistyczne.

Analogowy - Cyfrowy

Układ automatyki, którego wartość wyjściowa regulatora może przyjmować dowolną wartość z ciągłego przedziału (nieskończonego lub ograniczonego zakresem zmienności).

W teorii sterowania układy ciągłe stanowią podstawową klasę układów.

W teorii sterowania, w odróżnieniu od układów ciągłych, określa się, że układ jest dyskretny, jeżeli przynajmniej jeden jego sygnał ma charakter dyskretny, tzn. przyjmuje tylko określone wartości dla określonych argumentów (zob. sygnał dyskretny, sygnał cyfrowy). Układy przejawiające w swym zachowaniu zarówno cechy układów ciągłych, jak i dyskretnych, nazywane są układami hybrydowymi.

Liniowe - Nieliniowe

Układ liniowy – matematyczny model układu regulacji oparty na przekształceniu liniowym. Będąc matematyczną abstrakcją i swoistą idealizacją, układ liniowy charakteryzuje się znacznie prostszymi własnościami niż układ nieliniowy.

Podstawowymi własnościami układów liniowych są:

własność superpozycji (addytywności),
własność skalowania (jednorodności).

Stacjonarne - Niestacjonarne

Układ niestacjonarny – układ, którego wyjście zależy wprost od czasu, układ stacjonarny natomiast to układ, którego wyjście nie zależy wprost od czasu.

Z układem stacjonarnym ma się do czynienia wówczas, gdy spełniony jest następujący warunek: jeśli sygnał generuje na wyjściu układu to wówczas jakikolwiek sygnał wejściowy opóźniony w skutkuje opóźnionym sygnałem na wyjściu. Własność ta, w kontekście schematu, może być również wyrażona w inny sposób: układ jest stacjonarny, jeśli blok układu dla dowolnie wybranego opóźnienia zachowuje przemienność.

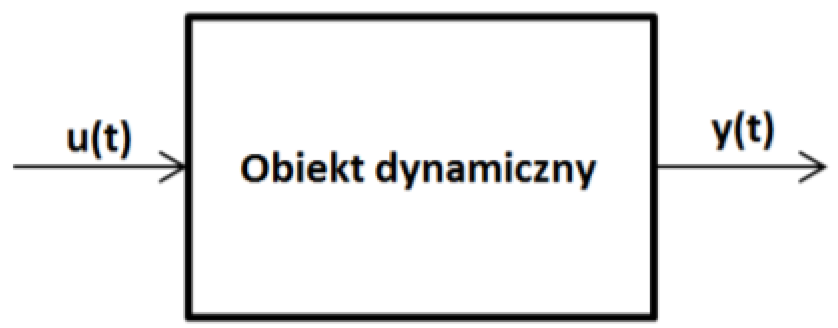
Heurystyczne - Deterministyczne

Model deterministyczny to model matematyczny, który danemu na wejściu zdarzeniu jednoznacznie przypisuje konkretny stan. Opis modelu nie zawiera żadnego elementu losowości. Oznacza to, że ewolucja układu w modelu deterministycznym jest z góry przesądzona i zależy wyłącznie od parametrów początkowych lub ich wartości poprzednich.

Liniowe stacjonarne deterministyczne procesy dynamiczne

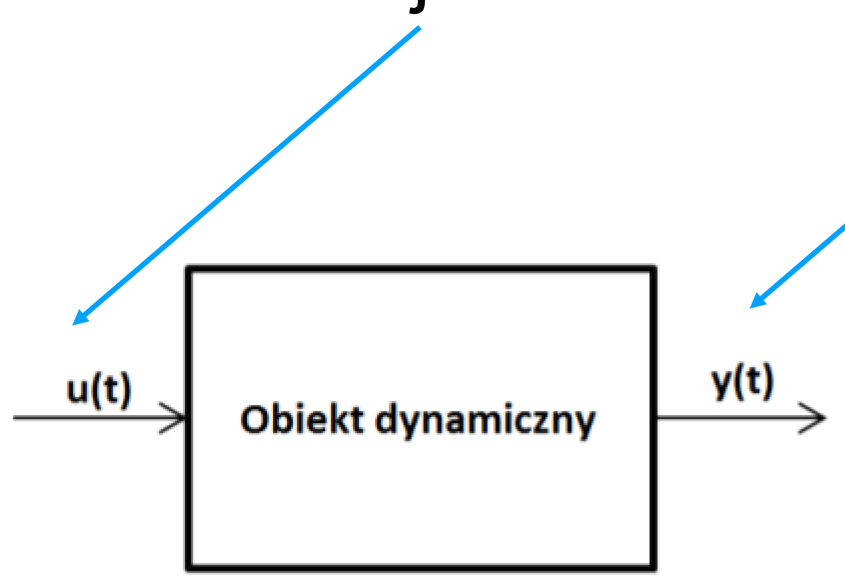
Jest to najprostsza klasa modelu, która pozwala na zastosowanie uproszczonych narzędzi matematycznych do opisu takich zjawisk. Spośród wielu metod należy wymienić najbardziej popularne sposoby:

- Równanie różniczkowe
- Równania stanu
- Transmitancja operatorowa



Metoda czarnej skrzynki

Metoda czarnej skrzynki polega na pominięciu fizycznej istoty zjawisk zachodzących wewnątrz obiektu. Pomiarom poddawane są wartości wejściowe oraz wyjściowe

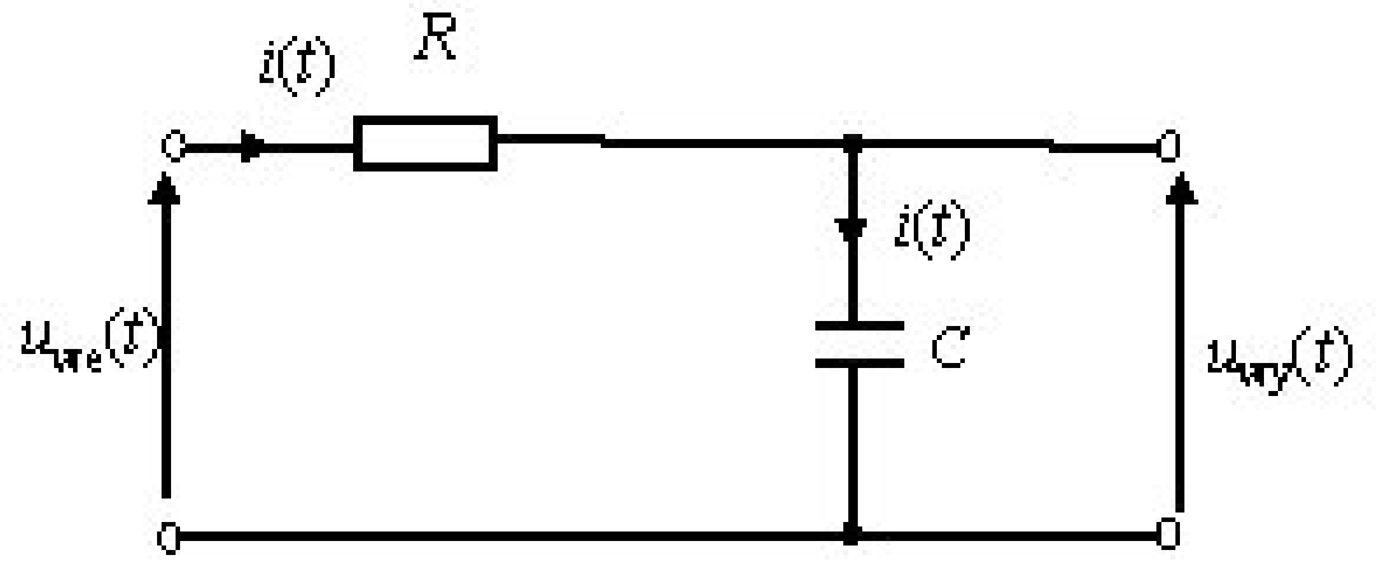


i w oparciu o uzyskane informacje budowana jest zależność pomiędzy badanymi zmiennymi. Zależność ta pozwoli na późniejszy dobór odpowiedniego układu sterowania.

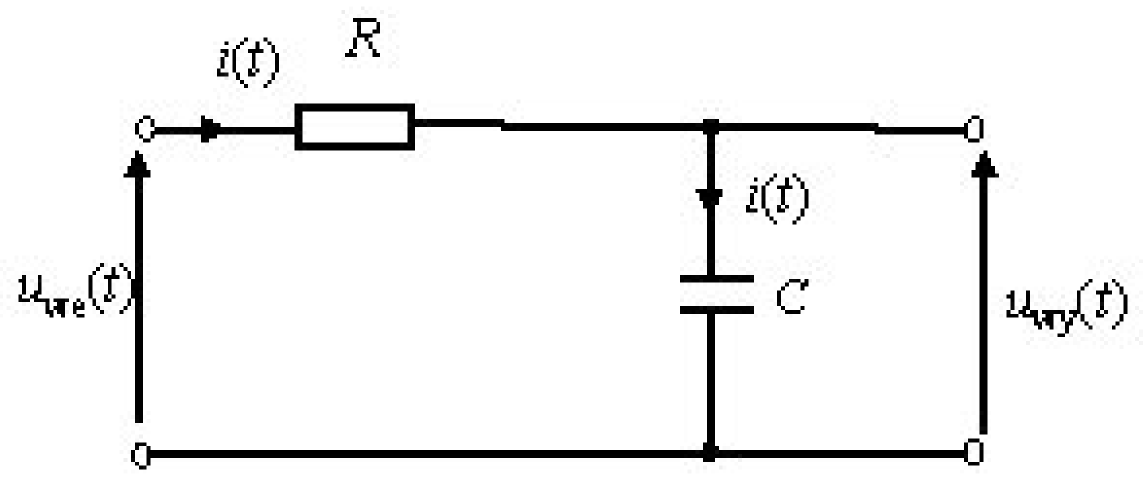
Metoda białej skrzynki

Metoda białej skrzynki wymaga znajomości aparatu matematycznego służącego do opisu procesów zachodzących wewnątrz obiektu.

Modelowanie tą metodą zazwyczaj jest bardziej wymagające, ale pozwala na przewidzenie zachowania obiektów w lepszym stopniu niż w przypadku zwykłego pomiaru jego działania (w określonych warunkach funkcjonowania)



Model w postaci równań różniczkowych



$$u_{we}(t) = Ri(t) + u_{wy}(t) \qquad i(t) = C\frac{du_{wy}}{dt} \qquad u_{we}(t) = RC\frac{du_{wy}}{dt} + u_{wy}(t)$$

$$RC\frac{du_{wy}}{dt} + u_{wy}(t) = u_{we}(t) \qquad \boxed{T\frac{du_{wy}}{dt} + u_{wy}(t) = u_{we}(t)}$$

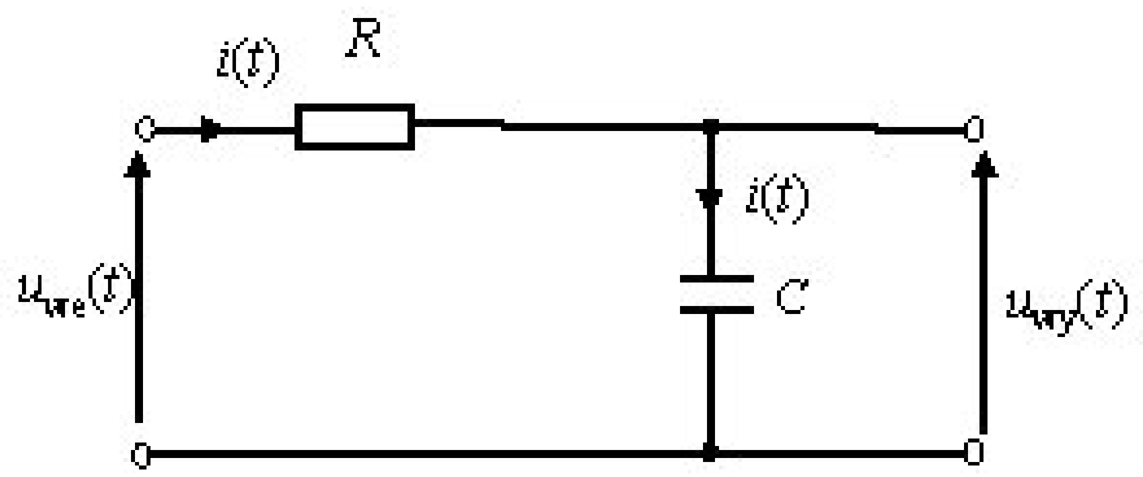
$$a_n \frac{\mathrm{d}^n y}{\mathrm{d}t^n} + a_{n-1}\frac{\mathrm{d}^{n-1} y}{\mathrm{d}t^{n-1}} + \ldots + a_1 \frac{\mathrm{d}y}{\mathrm{d}t} + a_0 y =$$
$$= b_m \frac{\mathrm{d}^m u}{\mathrm{d}t^m} + \ldots + b_1 \frac{\mathrm{d}u}{\mathrm{d}t} + b_0 u$$

Transformata Laplace'a

$$F(s) = \{\mathcal{L}f\}(s) = \int_0^\infty e^{-st} f(t)\,dt.$$

$$\mathcal{L}\{\delta(t)\} = 1$$
$$\mathcal{L}\{\delta(t-a)\} = e^{-as}$$
$$\mathcal{L}\{a\} = a\frac{1}{s}$$
$$\mathcal{L}\{at\} = a\frac{1}{s^2}$$
$$\mathcal{L}\{at^n\} = a\frac{n!}{s^{n+1}} \qquad dla \quad n = 0, 1, 2, 3, \ldots$$
$$\mathcal{L}\{e^{at}\} = \frac{1}{s-a}$$
$$\mathcal{L}\{\sin(at+b)\} = \frac{a\cdot\cos b + s\cdot\sin b}{s^2+a^2}$$
$$\mathcal{L}\{\sin(at)\} = \frac{a}{s^2+a^2}$$
$$\mathcal{L}\{\cos(at)\} = \frac{s}{s^2+a^2}$$
$$\mathcal{L}\{\sinh(at+b)\} = \frac{\frac{1}{2}(a-s)e^{-b} + \frac{1}{2}(a+s)e^{b}}{s^2-a^2}$$
$$\mathcal{L}\{\sinh(at)\} = \frac{a}{s^2-a^2}$$
$$\mathcal{L}\{\cosh(at)\} = \frac{s}{s^2-a^2}$$
$$\mathcal{L}\{t^n e^{at}\} = \frac{n!}{(s-a)^{n+1}}$$
$$\mathcal{L}\{e^{at}\sin(bt)\} = \frac{b}{(s-a)^2+b^2}$$
$$\mathcal{L}\left\{\frac{t}{2b}\sin(bt)\right\} = \frac{s}{(s^2+b^2)^2}$$
$$\mathcal{L}\{e^{at}\cos(bt)\} = \frac{s-a}{(s-a)^2+b^2}$$
$$\mathcal{L}\{\ln(at)\} = -\frac{\gamma + \ln(s) - \ln(a)}{s},$$

Model w postaci transmitancji operatorowej



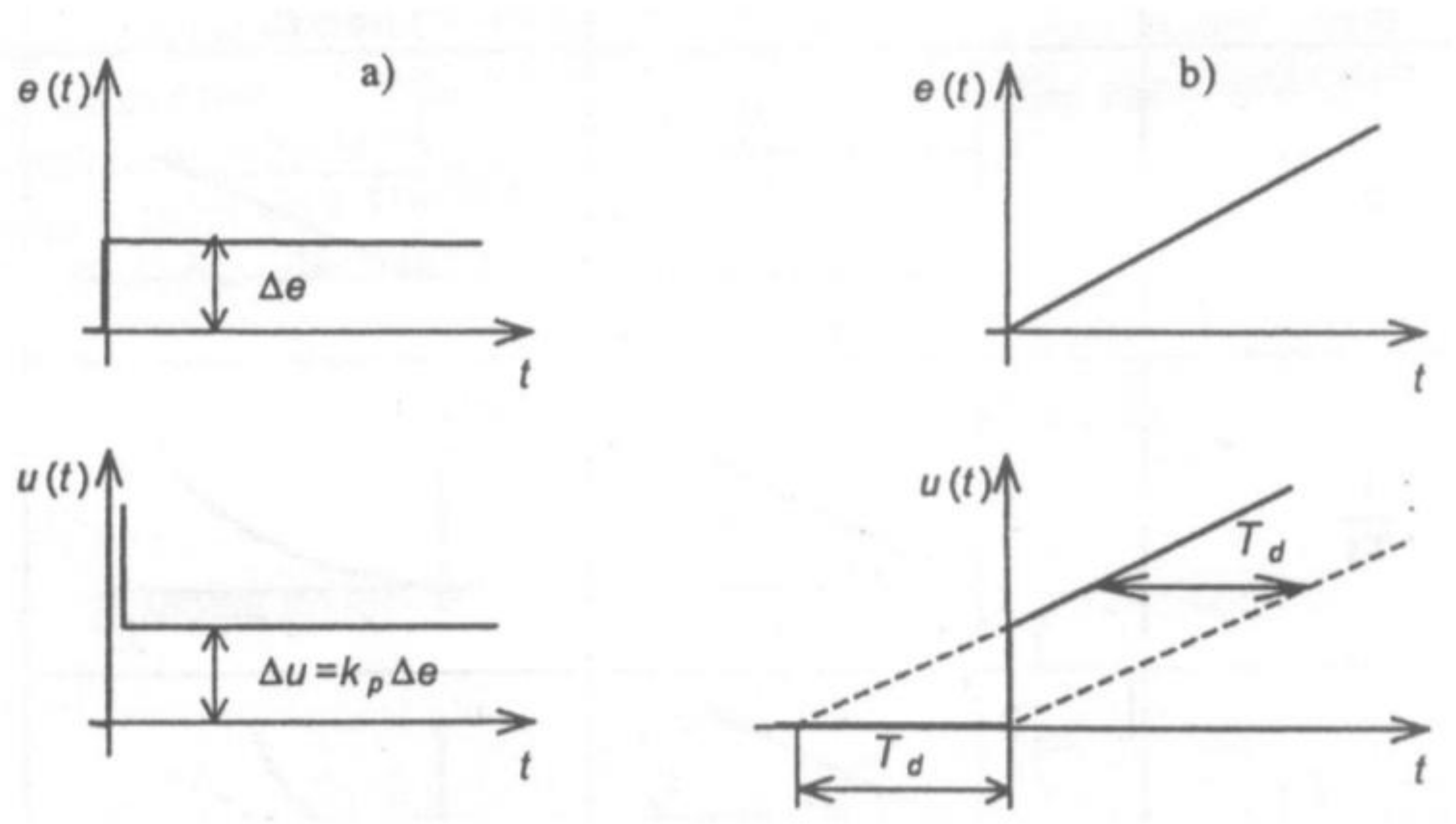
$$TsU_{wy}(s) + U_{wy}(s) = U_{we}(s) \qquad T = RC$$

$$\frac{U_{wy}(s)}{U_{we}(s)} = \frac{1}{Ts+1} \qquad \boxed{G(s) = \frac{1}{Ts+1}}$$

$$G(s) = \frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{b_m s^m + b_{m-1}s^{m-1} + \ldots + b_1 s + b_0}{a_n s^n + a_{n-1}s^{n-1} + \ldots + a_1 s + a_0}$$

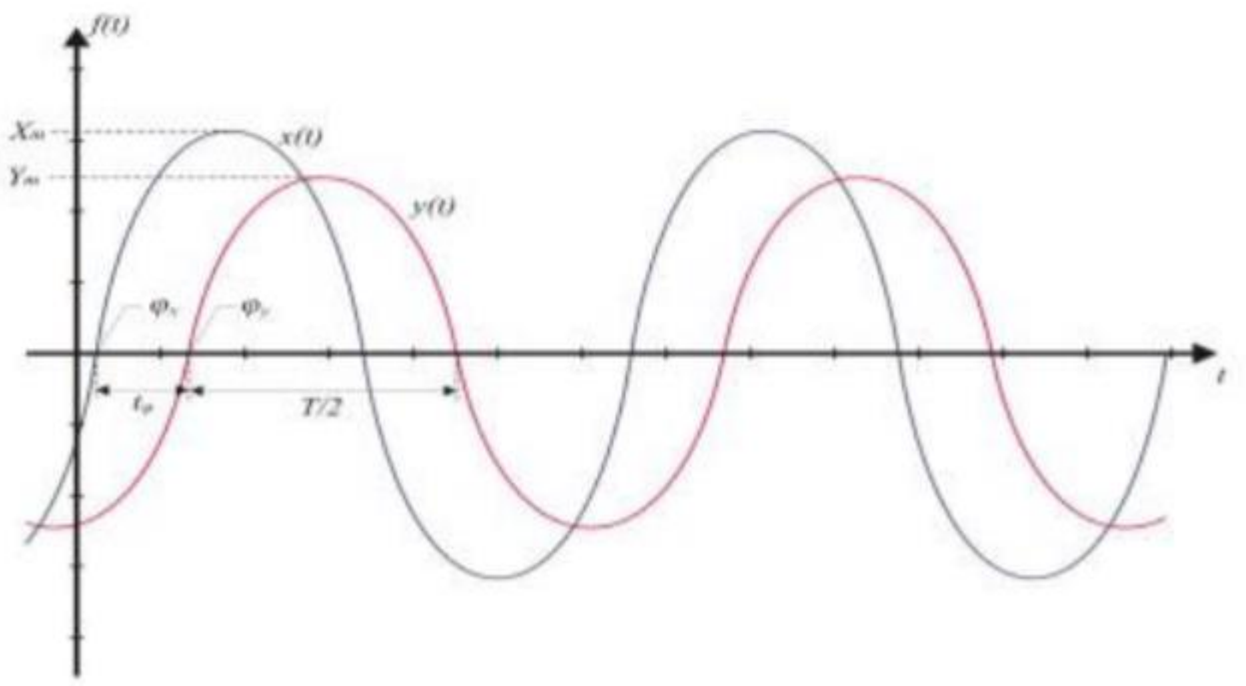
Charakterystyki podstawowych członów automatyki

Charakterystyki czasowe – opis dynamiki w postaci graficznej, na której przedstawia się przebieg sygnału wyjściowego y(t) w funkcji czasu. Jako wymuszenie u(t) stosuje się do celów analizy i testów standardowe sygnały jak: sygnał skokowy, sygnał liniowo-narastający bądź impuls.



Charakterystyki podstawowych członów automatyki

Charakterystyki częstotliwościowe – opisują dynamikę układu w dziedzinie częstotliwości, poprzez określenie związku pomiędzy odpowiedzią y(t) a wymuszeniem harmonicznym (np. sinusoidalnym) x(t) w pewnym zakresie zmian częstotliwości.

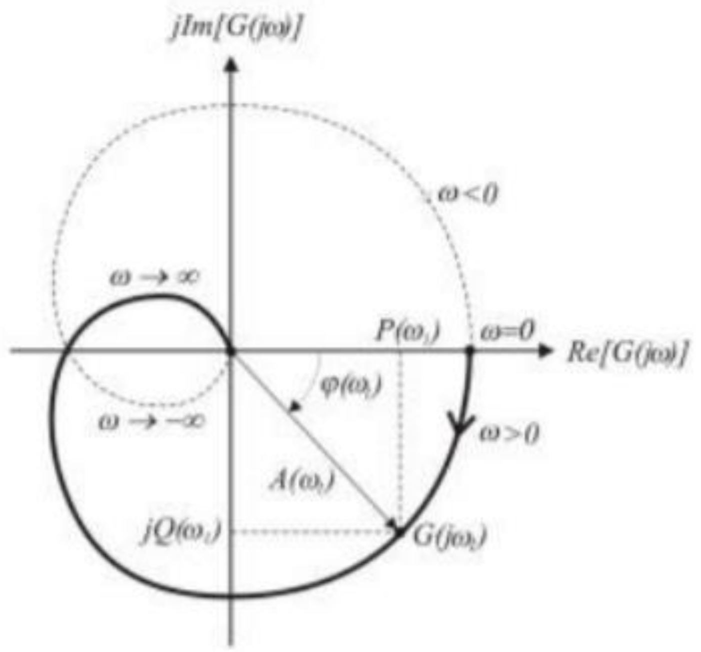


Charakterystyki podstawowych członów automatyki

Charakterystyki częstotliwościowe – związek pomiędzy charakterystykami częstotliwościowymi a transmitancją układu określa transmitancja widmowa:

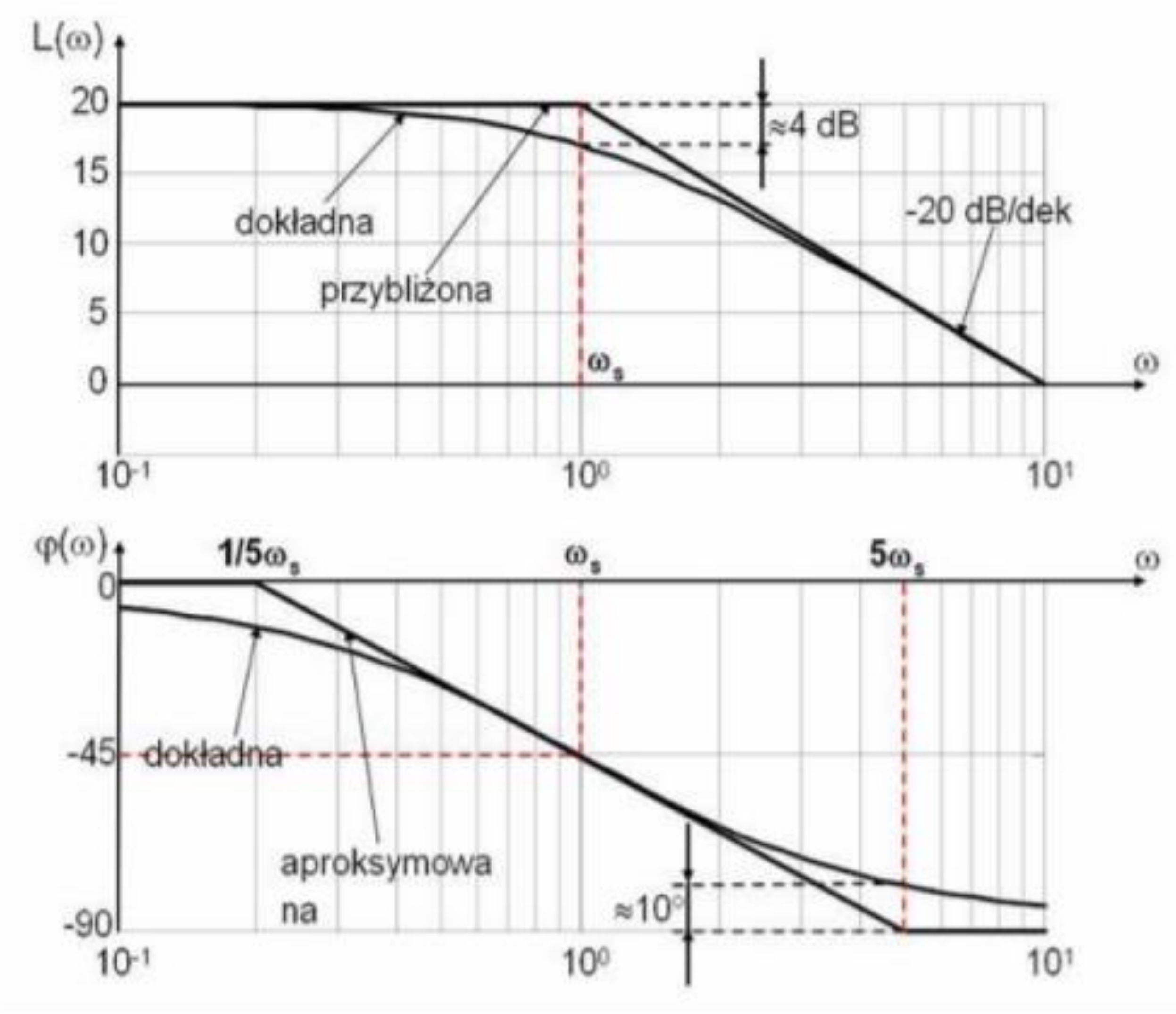
$$G(j\omega) = G(s)|_{s=j\omega} = \frac{Y(j\omega)}{X(j\omega)}$$

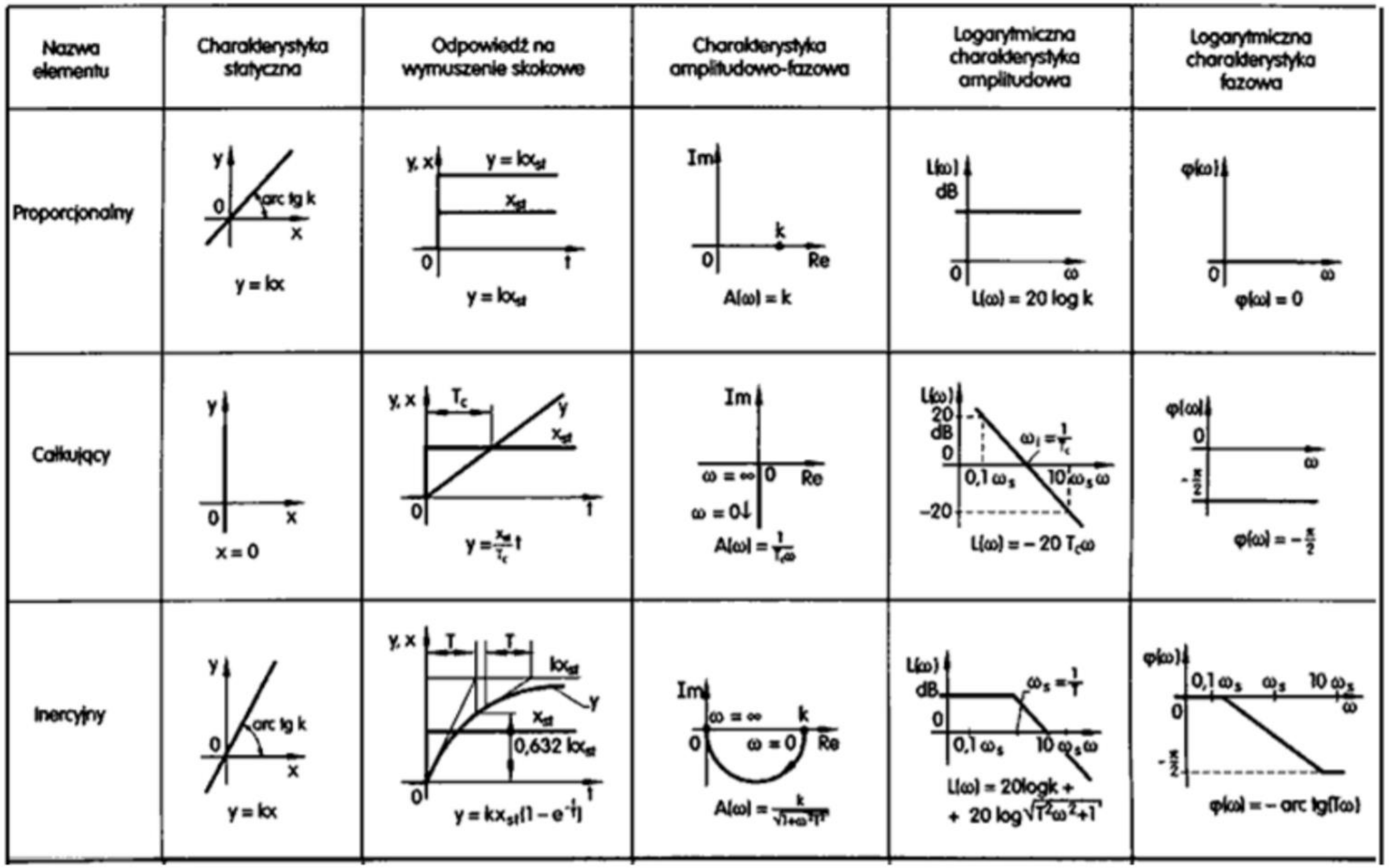
Charakterystyka amplitudowo-fazowa reprezentuje w przestrzeni geometrycznej położenie końca wektora o długości wzmocnienia układu (modułu) i przesunięcia fazowego pomiędzy charakterystykami czasowymi pomiędzy wejściem a wyjściem układu.

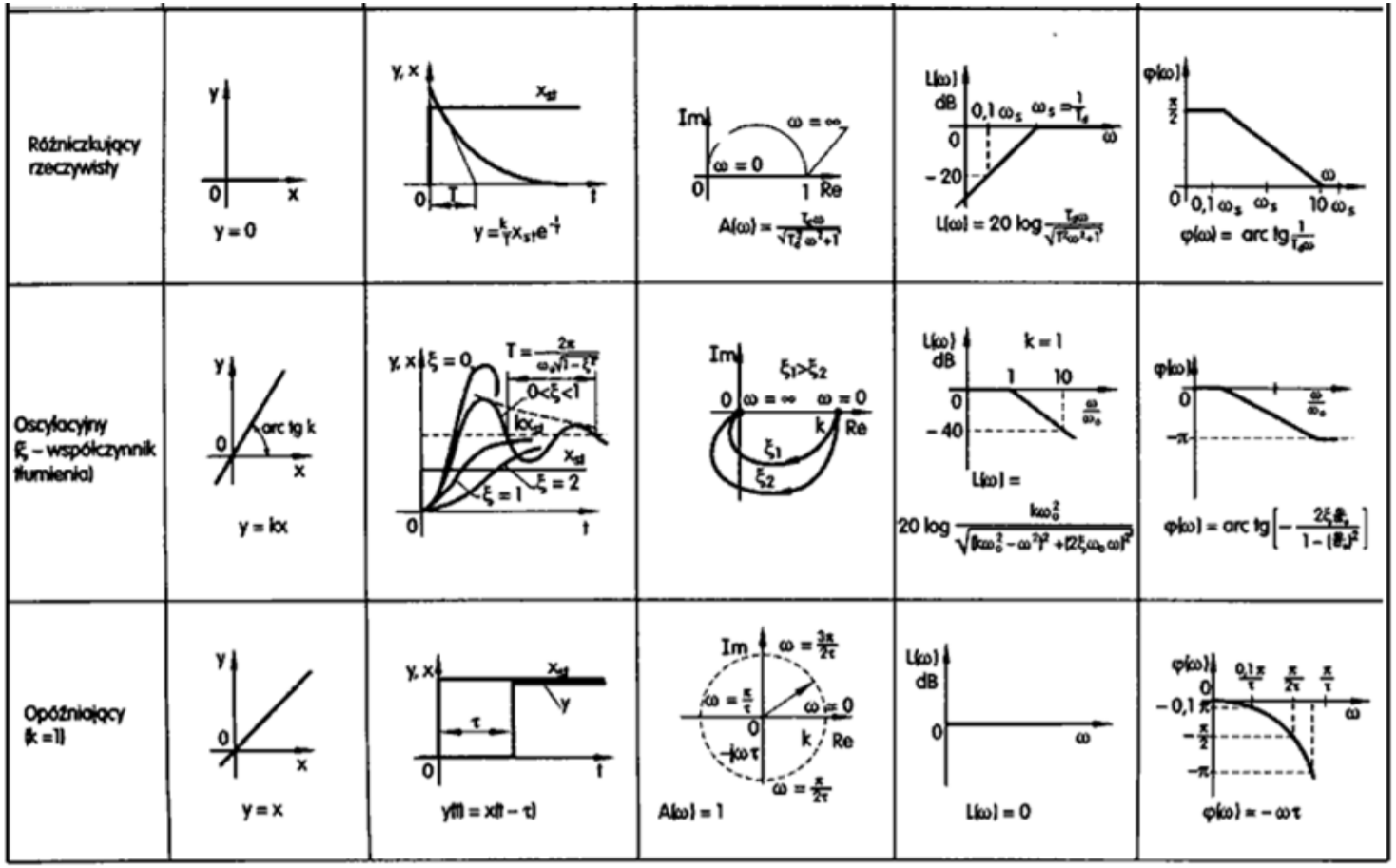


Charakterystyki podstawowych członów automatyki

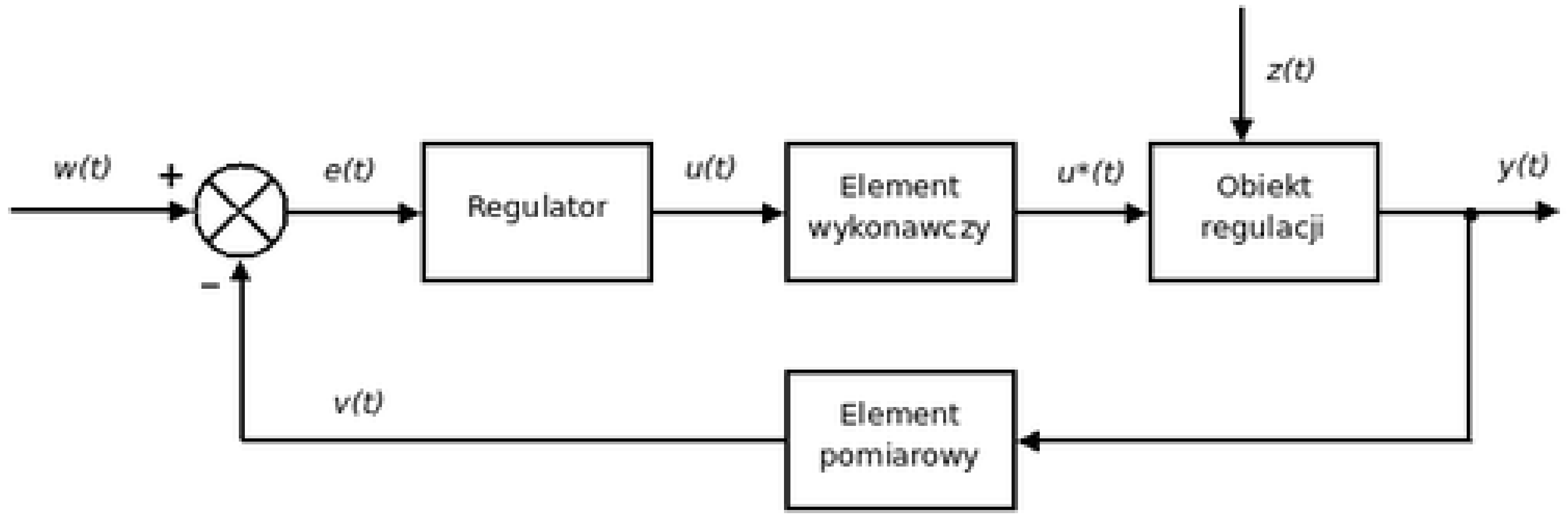
Charakterystyki częstotliwościowe – Charakterystyka Bodego - na której osie ω oraz modułu $G(j\omega)$, a właściwie funkcji $L(\omega)=20|\log G(j\omega)|$ określa się w sposób logarytmiczny, natomiast przesunięcie fazowe pozostawia się w skali liniowej.




Nazwa elementu
Charakterystyka statyczna
Odpowiedź na wymuszenie skokowe
Charakterystyka amplitudowo-fazowa
Logarytmiczna charakterystyka amplitudowa
Logarytmiczna charakterystyka fazowa
Proporcjonalny
$y = kx$
$y = kx_{st}$
$A(\omega) = k$
$L(\omega) = 20 \log k$
$\varphi(\omega) = 0$
Całkujący
$x = 0$
$y = \frac{x_{st}}{T_c} t$
$A(\omega) = \frac{1}{T_c \omega}$
$L(\omega) = -20\, T_c \omega$
$\varphi(\omega) = -\frac{\pi}{2}$
Inercyjny
$y = kx$
$y = kx_{st}(1 - e^{-\frac{t}{T}})$
$A(\omega) = \frac{k}{\sqrt{1+\omega^2 T^2}}$
$L(\omega) = 20 \log k + 20 \log \sqrt{T^2\omega^2 + 1}$
$\varphi(\omega) = -\operatorname{arc\,tg}(T\omega)$


Różniczkujący rzeczywisty
y = 0
y = k/T x_st e^(−t/T)
A(ω) = Tdω / √(Td²ω² + 1)
L(ω) = 20 log Tdω / √(Td²ω² + 1)
φ(ω) = arc tg 1/(Tdω)
Oscylacyjny
ξ – współczynnik tłumienia
y = kx
arc tg k
ξ = 0
0<ξ<1
ξ = 1
ξ = 2
ξ1>ξ2
k = 1
L(ω) = 20 log kω0² / √((ω0² − ω²)² + (2ξω0ω)²)
Opóźniający (k = 1)
y = x
y(t) = x(t − τ)
A(ω) = 1
L(ω) = 0
φ(ω) = −ωτ

Układ Automatycznej Regulacji - UAR



Dziękuję za uwagę