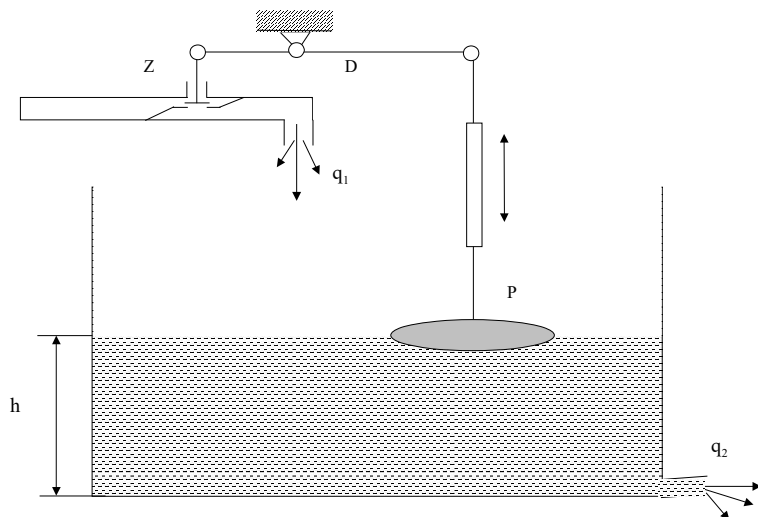


Podstawy automatyki

WYKŁAD:
ANALIZA UKŁADÓW DYNAMICZNYCH -
TRANSMITANCJA

Edward Tertel
dr inż.

Układ dynamiczny



Układ dynamiczny

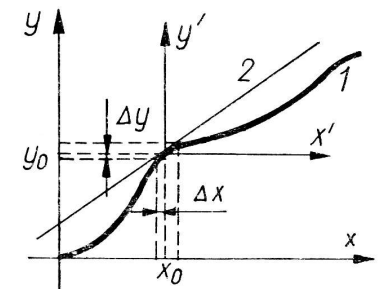
Układem dynamicznym jest dowolny układ fizyczny rozpatrywany z punktu widzenia jego zachowania się w czasie.

Układy dynamiczne opisywane są równaniami różniczkowymi opisującymi przebiegające w nich procesy (równania dynamiki, ruchu).

Układ dynamiczny

Analiza układów dynamicznych polega na określeniu wpływu sygnałów wejściowych na przebieg odpowiednich sygnałów wyjściowych.

Rzeczywiste układy fizyczne często są opisywane równaniami nieliniowymi, dlatego przystępując do analizy takich układów należy przeprowadzić linearyzację.



Układ dynamiczny

Ogólna postać zlinearyzowanego równania ruchu dla układu ciągłego:

$$a_0 y(t) + a_1 y'(t) + \dots + a_{n-1} y^{(n-1)}(t) + a_n y^{(n)}(t) = \\ = b_0 x(t) + b_1 x'(t) + \dots + b_{m-1} x^{(m-1)}(t) + b_m x^{(m)}(t)$$

lub:

$$\sum_{i=0}^n a_i y^{(i)} = \sum_{j=0}^m b_j x^{(j)}, \quad m \leq n$$

Powyższe równanie opisuje układ o parametrach stałych (stacjonarny) i skupionych.

Analiza układów dynamicznych

Analiza układów dynamicznych może być prowadzona dwoma metodami:

1. **Czasowa** - w oparciu o różniczkowe równania ruchu rozwiązywane zgodnie z teorią równań różniczkowych.

Rozwiązanie określa zachowanie analizowanego układu w czasie (właściwości dynamiczne)

Analiza układów dynamicznych

Analiza układów dynamicznych może być prowadzona dwoma metodami:

2. **Częstotliwościowa** - w oparciu o równania transmitancji operatorowej lub widmowej układów.

Daje bardziej ogólne informacje o układzie niezależne od rodzaju wymuszenia. Analiza wielu połączonych układów jest łatwiejsza. Proces projektowania układów może być uproszczony

Analiza układów dynamicznych transformacja Laplace'a

Def.: Przekształcenie Laplace'a przyporządkowuje funkcji $f(t)$ zmiennej rzeczywistej t , funkcję $F(s)$ zmiennej zespolonej s wg wzoru zwanego całką Laplace'a.

$$F(s) = \int_{-\infty}^{+\infty} f(t) e^{-st} dt$$

$f(t)$ - oryginał funkcji,

$F(s)$ - transformata funkcji,

s – zmienna zespolona.

Analiza układów dynamicznych transformacja Laplace'a

W układach automatyki zmienną rzeczywistą jest czas, więc stosuje się tzw. jednostronne przekształcenie Laplace'a.

$$F(s) = \int_0^{+\infty} f(t) e^{-st} dt$$

przyjmując, że dla $t < 0$, $f(t) = 0$

Analiza układów dynamicznych transformacja Laplace'a

Transformację Laplace'a przyporządkowującą oryginałowi $f(t)$ transformatę $F(s)$ zapisuje się symbolem α

$$F(s) = \alpha[f(t)]$$

Aby możliwe było wyznaczenie transformaty danej funkcji, to funkcja ta w analizowanym przedziale powinna:

1. Osiągać skończone wartości,
2. Mieć pochodną w każdym punkcie przedziału.

Przykład 1: Wyznaczyć transformatę Laplace'a funkcji $f(t) = e^{-at}$.

Tabela 2. Wybrane transformaty Laplace'a

$f(t)$	$F(s)$
1. $\delta(t)$ (impuls jednostkowy)	1
2. $1(t)$ (skok jednostkowy)	$\frac{1}{s}$
3. $\delta_T(t) = \sum_{k=0}^{\infty} \delta(t - kT) \cdot 1(t)$	$\frac{1}{1 - e^{-Ts}}$
4. $t \cdot 1(t)$	$\frac{1}{s^2}$
5. $\frac{1}{2} t^2 \cdot 1(t)$	$\frac{1}{s^3}$
6. $\frac{1}{n!} t^n \cdot 1(t)$	$\frac{1}{s^{n+1}}$
7. $e^{\sigma t} \cdot 1(t)$	$\frac{1}{s - \sigma}$
8. $t e^{\sigma t} \cdot 1(t)$	$\frac{1}{(s - \sigma)^2}$

Wybrane własności przekształcenia Laplace'a

1. Twierdzenie o liniowości:

$$\begin{aligned} \mathcal{L}[a_1 f_1(t) + a_2 f_2(t)] &= a_1 \mathcal{L}[f_1(t)] + a_2 \mathcal{L}[f_2(t)] = \\ &= a_1 F_1(s) + a_2 F_2(s) \end{aligned}$$

2. Twierdzenie transformacji pochodnych:

$$\begin{aligned} \alpha[f^{(n)}(t)] &= s^n \alpha[f(t)] - s^{n-1} f(0+) - s^{n-2} f'(0+) - \dots \\ &\quad - s f^{(n-2)}(0+) - f^{(n-1)}(0+) \end{aligned}$$

$f(0+), f'(0+), \dots$ - prawostronne granice funkcji f i jej pochodnych dla $t=0$, tzw. warunki brzegowe.

Wybrane własności przekształcenia Laplace'a

3. Twierdzenie transformacji całki:

$$\mathcal{L}\left[\int_0^t f(t) dt\right] = \frac{1}{s} \mathcal{L}[f(t)] = \frac{1}{s} F(s)$$

4. Twierdzenia o przesunięciu w dziedzinie rzeczywistej:

dla dowolnego $a > 0$

$$\alpha[f(t-a)] = e^{-a \cdot s} \alpha[f(t)] = e^{-a \cdot s} \cdot F(s)$$

$$\alpha[f(t+a)] = e^{a \cdot s} \left[F(s) - \int_0^a f(t) e^{-s \cdot t} dt \right]$$

Przykład 2: Zapisać równanie różniczkowe w postaci operatorowej: $Ty'(t) + y(t) = kx(t)$

Odwrotne przekształcenie Laplace'a

Znając postać transformaty $F(s)$ można obliczyć oryginał, tj. funkcję zmiennej rzeczywistej $f(t)$.

$$f(t) = \frac{1}{2\pi j} \int_{c-j\omega}^{c+j\omega} F(s) e^{st} ds$$

Przekształcenie to oznacza się symbolicznie:

$$f(t) = \alpha^{-1}[F(s)]$$

Analityczne uzyskiwanie oryginału funkcji

1. Wielomianowa postać transformaty:

$$F[s] = \frac{L(s)}{M(s)} = \frac{a_l s^l + a_{l-1} s^{l-1} + \dots + a_1 s + a_0}{s^m + b_{m-1} s^{m-1} + \dots + b_1 s + b_0} \quad m > l$$

2. Rozkład wielomiany na ułamki proste:

$$F[s] = \frac{L(s)}{M(s)} = \frac{L(s)}{(s-s_1)(s-s_2)\dots(s-s_m)} = \frac{A_1}{s-s_1} + \frac{A_2}{s-s_2} + \dots + \frac{A_m}{s-s_m}$$

gdzie:

$$A_k = \frac{L(s_k)}{M'(s_k)}, \quad M'(s_k) = \frac{dM(s)}{ds} \Big|_{s=s_k}$$

Analityczne uzyskiwanie oryginału funkcji

2a. Rozkład wielomiany na ułamki proste

(gdy mianownik $M(s)$ ma wielokrotne miejsca zerowe):

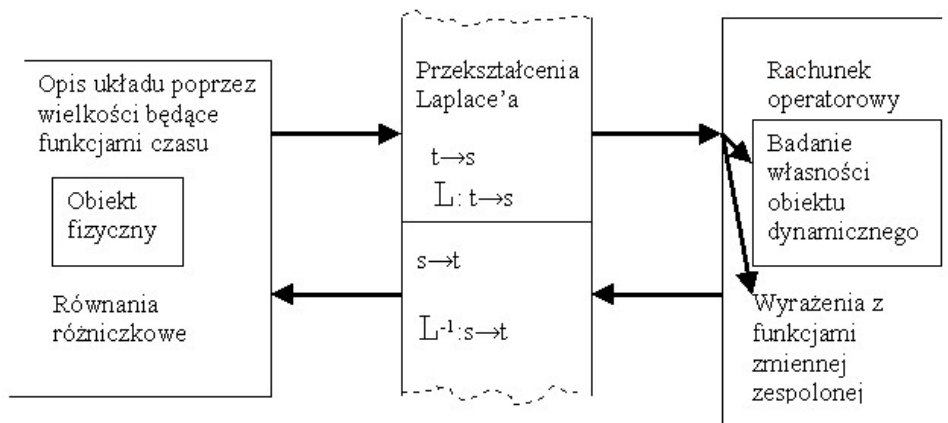
$$F[s] = \frac{L(s)}{M(s)} = \frac{A_1}{s-s_1} + \frac{A_2}{s-s_2} + \dots + \frac{A_{n-1}}{s-s_{n-1}} + \frac{B_1}{s-s_n} + \frac{B_2}{(s-s_n)^2} + \dots + \frac{B_p}{(s-s_n)^p} + \frac{A_{n+1}}{s-s_{n+1}} + \dots + \frac{A_m}{s-s_m}$$

gdzie:

$$B_p = \frac{L(s)(s-s_n)^p}{M(s)} \Big|_{s=s_n}; \quad B_{p-1} = \frac{d}{ds} \left[\frac{L(s)(s-s_n)^p}{M(s)} \right] \Big|_{s=s_n}; \quad B_{p-2} = \frac{1}{2} \frac{d^2}{ds^2} \left[\frac{L(s)(s-s_n)^p}{M(s)} \right] \Big|_{s=s_n};$$
$$B_{p-i} = \frac{1}{i!} \frac{d^i}{ds^i} \left[\frac{L(s)(s-s_n)^p}{M(s)} \right] \Big|_{s=s_n}$$

Przykład 3: Wyznaczyć oryginał transformaty: $F(s) = \frac{s^2}{s^3 + s^2 - 6s}$

Rachunek operatorowy



Transmitancja operatorowa

Rozpatrując układ dynamiczny opisany równaniem liniowym:

$$a_0 y(t) + a_1 y'(t) + \dots + a_{n-1} y^{(n-1)}(t) + a_n y^{(n)}(t) = b_0 x(t) + b_1 x'(t) + \dots + b_{m-1} x^{(m-1)}(t) + b_m x^{(m)}(t)$$

w którym sygnał wejściowy $x(t)$ powoduje powstanie sygnału wyjściowego $y(t)$ wprowadza się pojęcie transmitancji operatorowej.

Transmitancja operatorowa

Def.:

Transmitancją operatorową obiektu dynamicznego o sterowaniu $x(t)$ i odpowiedzi $y(t)$ nazywa się iloraz transformat Laplace'a odpowiedzi $Y(s)$ i sterowania $X(s)$, przy zerowych warunkach początkowych

$$G(s) = \frac{\mathcal{L}[y(t)]}{\mathcal{L}[x(t)]} = \frac{Y(s)}{X(s)}$$

$$x(0) = x'(0) = \dots = x^{(n)}(0) = 0$$

$$y(0) = y'(0) = \dots = y^{(m)}(0) = 0$$

Transmitancja operatorowa

Liniowe równanie ruchu:

$$a_0 y(t) + a_1 y'(t) + \dots + a_{n-1} y^{(n-1)}(t) + a_n y^{(n)}(t) = b_0 x(t) + b_1 x'(t) + \dots + b_{m-1} x^{(m-1)}(t) + b_m x^{(m)}(t)$$

Transformacja Laplace'a obu stron równania ruchu:

$$a_0 Y(s) + a_1 s Y(s) + \dots + a_{n-1} s^{n-1} Y(s) + a_n s^n Y(s) = b_0 X(s) + b_1 s X(s) + \dots + b_{m-1} s^{m-1} X(s) + b_m s^m X(s)$$

Wyłączenie transformat przed nawias:

$$(a_0 + a_1 s + \dots + a_{n-1} s^{n-1} + a_n s^n) Y(s) = (b_0 + b_1 s + \dots + b_{m-1} s^{m-1} + b_m s^m) X(s)$$

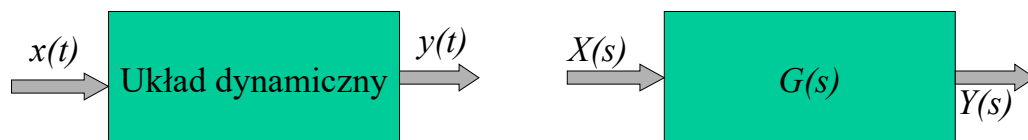
Transmitancja operatorowa

Stąd:

$$G(s) = \frac{Y(s)}{X(s)} = \frac{(b_0 + b_1 s + \dots + b_{m-1} s^{m-1} + b_m s^m)}{(a_0 + a_1 s + \dots + a_{n-1} s^{n-1} + a_n s^n)} = \frac{\sum_{i=0}^m b_i s^i}{\sum_{i=0}^n a_i s^i}$$

$$X(s) = \alpha[x(t)]$$

$$Y(s) = \alpha[y(t)]$$



Przykład 5: Wyznaczyć transmitancję układu z przykładu 2.

Transmitancja operatorowa

Stąd:

$$G(s) = \frac{Y(s)}{X(s)} = \frac{(b_0 + b_1 s + \dots + b_{m-1} s^{m-1} + b_m s^m)}{(a_0 + a_1 s + \dots + a_{n-1} s^{n-1} + a_n s^n)} = \frac{\sum_{i=0}^m b_i s^i}{\sum_{i=0}^n a_i s^i}$$

Transmitancja operatorowa w powyższej postaci jest funkcją wymierną zmiennej s .

Postać ilorazu dwóch wielomianów, przy czym $m \leq n$ dla układów fizycznie realizowalnych.

Transmitancja operatorowa jest wielkością stałą, nie zależy od postaci sygnału wejściowego i odzwierciedla naturę fizyczną układu.

Transmitancja operatorowa - właściwości

Dysponując równaniem transmitancji układu można wyznaczyć transformatę wyjścia $Y(s)$ wg zależności:

$$Y(s) = G(s) \cdot X(s)$$

stąd można wyznaczyć przebieg czasowy odpowiedzi drogą odwrotnego przekształcenia Laplace'a:

$$y(t) = \alpha^{-1} [G(s) \cdot X(s)]$$

Transmitancja operatorowa - właściwości

Dysponując równaniem transmitancji układu oraz znając postać transformaty sygnału wyjściowego można wyznaczyć transformatę wejścia $X(s)$ wg zależności:

$$X(s) = Y(s) / G(s)$$

stąd można wyznaczyć przebieg czasowy sterowania drogą odwrotnego przekształcenia Laplace'a:

$$x(t) = \alpha^{-1} [Y(s) / G(s)]$$

Transmitancja widmowa

Wyznaczanie charakterystyk częstotliwościowych jest jedną z podstawowych metod określania właściwości układów dynamicznych.

Charakterystyka częstotliwościowa opisuje odpowiedź układu na **wymuszenie harmoniczne** (sinusoidalne) o częstotliwości zmieniającej się w określonym zakresie.

Transmitancja widmowa

Sygnał harmoniczny jest szczególnie przydatny jako sygnał testowy z kilku powodów:

- każdy sygnał (skończony lub okresowy) może być wyrażony jako **suma sygnałów sinusoidalnych o różnych częstotliwościach** (rozkład na szereg Fouriera),
- odpowiedź stacjonarnego stabilnego układu liniowego na wymuszenie sinusoidalne jest sinusoidą o tej samej częstotliwości,
- przebieg sinusoidalny jest łatwy do wygenerowania,
- sygnały robocze w wielu układach są (przynajmniej w pewnym zakresie) harmoniczne.

Transmitancja widmowa

Z przedstawionych właściwości wymuszenia harmonicznego oraz zasady superpozycji wynika, że

na podstawie charakterystyki częstotliwościowej można wnioskować o postaci odpowiedzi liniowego stacjonarnego układu na dowolną postać wymuszenia.

(dla przykładu, jakość sygnału wyjściowego wzmacniacza audio ocenia się na podstawie jego charakterystyki częstotliwościowej, chociaż sygnały dźwiękowe nie są sinusoidalne).

Transmitancja widmowa

Jeżeli na wejście liniowego układu dynamicznego podamy sygnał harmoniczny:

$$\bar{x}(t) = X_a (\cos \omega t + j \sin \omega t) = X_a e^{j\omega t}$$

gdzie: X_a - amplituda, $\omega = \frac{2\pi}{T}$ - pulsacja sygnału, T - okres drgań

to na wyjściu układu otrzymamy również sygnał harmoniczny:

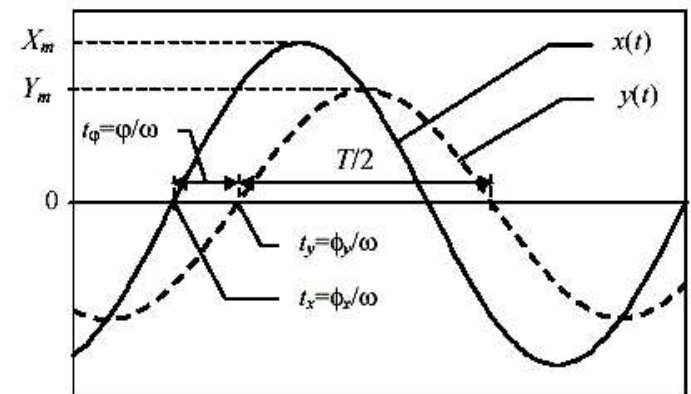
$$\bar{y}(t) = Y_a [\cos(\omega t + \phi) + j \sin(\omega t + \phi)] = Y_a e^{j(\omega t + \phi)}$$

o tej samej częstotliwości kołowej (pulsacji) ω , ale w ogólności o innej amplitudzie Y_a i przesunięciu w fazie o kąt ϕ .

Transmitancja widmowa

Sygnał wyjściowy jest o tej samej częstotliwości kołowej (pulsacji), ale w ogólności o innej amplitudzie i fazie.

Przy czym zmiana amplitudy i fazy sygnału po przejściu przez układ jest różna dla różnych wartości ω .



Transmitancja widmowa

Podstawiając zależności na harmoniczne sygnały wejściowy i wyjściowy do podstawowego równania dynamiki elementu lub układu:

$$\begin{aligned} a_0 y(t) + a_1 y'(t) + \dots + a_{n-1} y^{(n-1)}(t) + a_n y^{(n)}(t) = \\ = b_0 x(t) + b_1 x'(t) + \dots + b_{m-1} x^{(m-1)}(t) + b_m x^{(m)}(t) \end{aligned}$$

otrzymujemy:

$$\begin{aligned} a_0 Y_a e^{j(\omega t + \phi)} + \dots + a_{n-1} (j\omega)^{(n-1)} Y_a e^{j(\omega t + \phi)} + a_n (j\omega)^n Y_a e^{j(\omega t + \phi)} = \\ = b_0 X_a e^{j\omega t} + \dots + b_{m-1} (j\omega)^{(m-1)} X_a e^{j\omega t} + b_m (j\omega)^m X_a e^{j\omega t} \end{aligned}$$

Skąd po przekształceniach:....

Transmitancja widmowa

uzyskuje się równanie na TRANSMITANCJĘ WIDMOWĄ :

$$G(j\omega) = \frac{\bar{Y}}{\bar{X}} = A(\omega) e^{j\phi(\omega)} = \frac{b_m (j\omega)^m + b_{m-1} (j\omega)^{(m-1)} + \dots + b_0}{a_n (j\omega)^n + a_{n-1} (j\omega)^{(n-1)} + \dots + a_0}$$

$$\text{gdzie: } A(\omega) = \frac{Y_a}{X_a}$$

Transmitancja widmowa jest równa stosunkowi wartości zespolonej odpowiedzi układu, wywołanej wymuszeniem harmonicznym, do wartości zespolonej tego wymuszenia, w stanie ustalonym.

Transmitancja widmowa

Jeżeli na wejście liniowego członu lub układu zostanie wprowadzony sygnał harmoniczny, to w stanie ustalonym na wyjściu powstanie sygnał również harmoniczny o tej samej częstotliwości co sygnał wejściowy lecz o innej amplitudzie i fazie.

Przesunięcie fazowe $\phi(\omega)$ oraz amplituda sygnału wyjściowego $Y_a(\omega)$ są funkcjami zmian częstotliwości sygnału wejściowego.

Można więc stwierdzić, że transmitancja widmowa opisuje sposób w jaki dany element lub układ odtwarza okresowo zmieniający się sygnał wejściowy.

Transmitancja widmowa

Porównując zależności na TRANSMITANCJĘ WIDMOWĄ :

$$G(j\omega) = \frac{\bar{Y}}{X} = A(\omega)e^{j\phi(\omega)} = \frac{b_m(j\omega)^m + b_{m-1}(j\omega)^{(m-1)} + \dots + b_0}{a_n(j\omega)^n + a_{n-1}(j\omega)^{(n-1)} + \dots + a_0}$$

i TRANSMITANCJĘ OPERATOROWĄ:

$$G(s) = \frac{Y(s)}{X(s)} = \frac{(b_0 + b_1s + \dots + b_{m-1}s^{m-1} + b_ms^m)}{(a_0 + a_1s + \dots + a_{n-1}s^{n-1} + a_ns^n)} = \frac{\sum_{i=0}^m b_i s^i}{\sum_{i=0}^n a_i s^i}$$

Widać analogiczną postać obu wyrażeń, które różnią się jedynie postacią zmiennej: s - dla transmitancji operatorowej,
 $j\omega$ - dla transmitancji widmowej.

co można zapisać:

$$G(j\omega) = G(s) \Big|_{s=(j\omega)}$$

Transmitancja widmowa

Transmitancja widmowa jest liczbą zespoloną, którą można zapisać w postaci wykładniczej:

$$G(j\omega) = A(\omega)e^{j\phi(\omega)}$$

lub trygonometrycznej:

$$G(j\omega) = \frac{Y_a}{X_a} [\cos \phi(\omega) + j \sin \phi(\omega)]$$

Na podstawie powyższych można określić moduł transmitancji widmowej, który jest równy stosunkowi amplitud Y_a i X_a :

$$|G(j\omega)| = A(\omega) = \frac{Y_a}{X_a}$$

Zależność modułu transmitancji widmowej od pulsacji ω jest **amplitudową charakterystyką częstotliwościową $A(\omega)$**

Transmitancja widmowa

Transmitancja widmowa jest liczbą zespoloną, którą można zapisać w postaci wykładniczej:

$$G(j\omega) = A(\omega)e^{j\phi(\omega)}$$

lub trygonometrycznej:

$$G(j\omega) = \frac{Y_a}{X_a} [\cos \phi(\omega) + j \sin \phi(\omega)]$$

oraz argument transmitancji widmowej równy przesunięciu fazowemu między odpowiedzią i wymuszeniem:

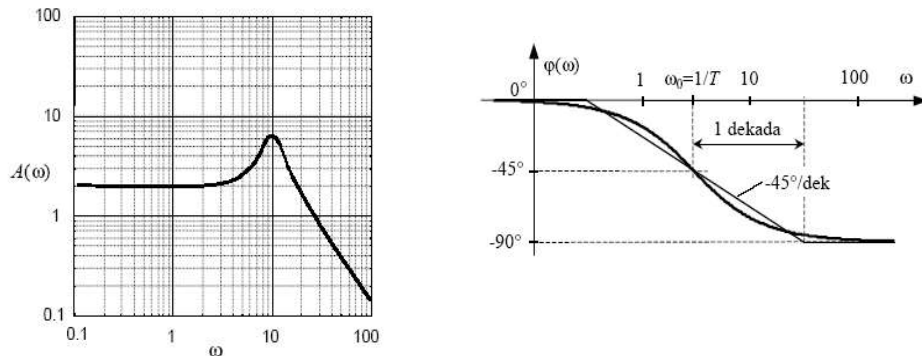
$$\arg G(j\omega) = \phi(\omega) = \phi(\omega)_x - \phi(\omega)_y$$

Zależność argumentu transmitancji widmowej od pulsacji ω jest **fazową charakterystyką częstotliwościową $\phi(\omega)$**
jest to *przesunięcie fazowe* sygnału wyjściowego w stosunku do sygnału wejściowego w funkcji częstotliwości ω

Transmitancja widmowa

Charakterystyki częstotliwościowe: amplitudowa oraz fazowa przedstawiają więc graficznie transmitancję widmową elementu lub układu.

Charakterystyki te są stosowane w logarytmicznej skali pulsacji ω i nazywane odpowiednio logarytmiczną charakterystyką amplitudową lub fazową.



Transmitancja widmowa

Jeżeli transmitancję widmową przedstawi się w postaci trygonometrycznej (algebraicznej), to uzyskuje się charakterystyki częstotliwościowe: rzeczywistą i urojoną.

$$G(j\omega) = A(\omega)[\cos \phi(\omega) + j \sin \phi(\omega)] =$$

$$= A(\omega) \cos \phi(\omega) + j A(\omega) \sin \phi(\omega) = P(\omega) + j Q(\omega)$$

Gdzie: $P(\omega) = \operatorname{Re}[G(j\omega)]$ $Q(\omega) = \operatorname{Im}[G(j\omega)]$

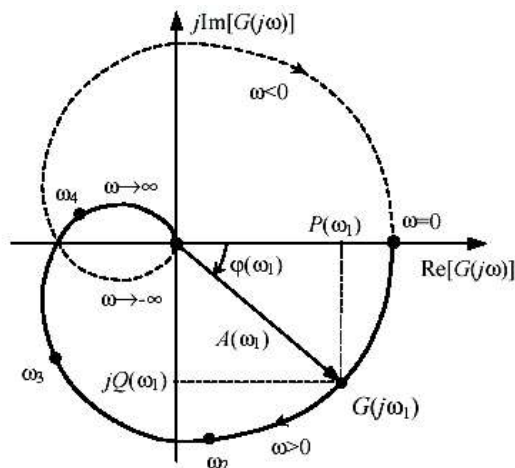
Charakterystyki częstotliwościowe można określić zależnościami:

$$A(\omega) = \sqrt{P(\omega)^2 + Q(\omega)^2}$$

$$\phi(\omega) = \arctg \frac{Q(\omega)}{P(\omega)}$$

Transmitancja widmowa

Charakterystyka transmitancji widmowej najczęściej jest przedstawiana w postaci amplitudowo-fazowej (charakterystyka Nyquista) na płaszczyźnie zmiennej zespolonej, przy zmianie częstotliwości ω od zera do nieskończoności.



Transmitancja widmowa

Przykład:

Wyznaczyć charakterystykę amplitudowo-fazową członu inercyjnego

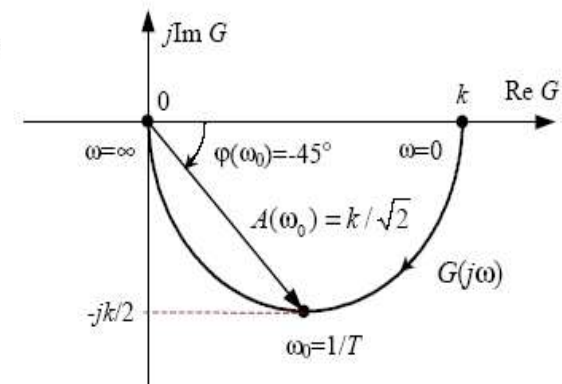
$$G(s) = \frac{k}{1 + Ts}$$

$$G(j\omega) = \frac{k}{1 + j\omega T} = \frac{k}{1 + \omega^2 T^2} - j \frac{k\omega T}{1 + \omega^2 T^2},$$

$$P(\omega) = \frac{k}{1 + \omega^2 T^2}, \quad Q(\omega) = \frac{-k\omega T}{1 + \omega^2 T^2}$$

$$A(\omega) = \sqrt{P^2 + Q^2} = \frac{k}{\sqrt{1 + \omega^2 T^2}}$$

$$\phi(\omega) = \arctg \frac{Q}{P} = -\arctg \omega T$$



Transmitancja widmowa

Charakterystyki logarytmiczne:

Większe znaczenie w praktyce mają charakterystyki częstotliwościowe wyznaczone w skali logarytmicznej, nazywane **charakterystykami Bodego**.

Logarytmiczna charakterystyka amplitudowa $Lm(\omega)$

(logarytmiczny moduł wzmocnienia) jest określona zależnością:

$$Lm(\omega) = 20 \log_{10} A(\omega) = 20 \log_{10} |G(j\omega)|$$

i podawana w *decybelach* [dB] wzmocnienia w funkcji częstotliwości przedstawionej w skali logarytmicznej.

Logarytmiczna charakterystyka fazowa $\phi(\omega)$ jest zależnością przesunięcia fazowego od częstotliwości przedstawionej w skali logarytmicznej.

Transmitancja widmowa

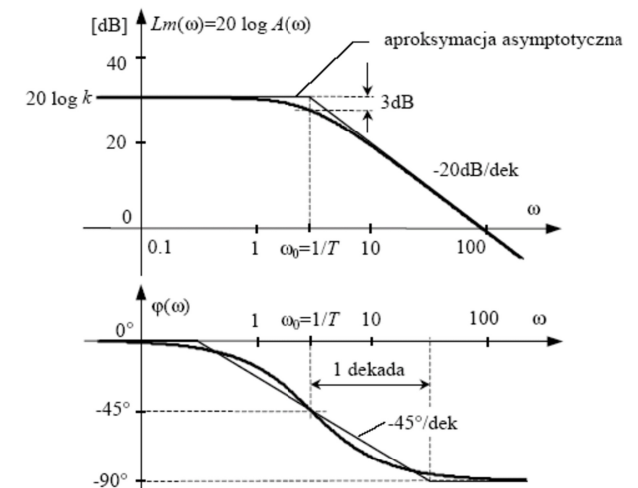
Przykład:

Wyznaczyć logarytmiczne charakterystyki amplitudową i fazową członu inercyjnego:

$$G(s) = \frac{k}{1 + Ts}$$

$$A(\omega) = \frac{k}{\sqrt{1 + \omega^2 T^2}},$$

$$\phi(\omega) = -\arctan \omega T$$



Częstotliwość $\omega_0 = 1/T$ nazywana jest **punktem załamania** charakterystyki

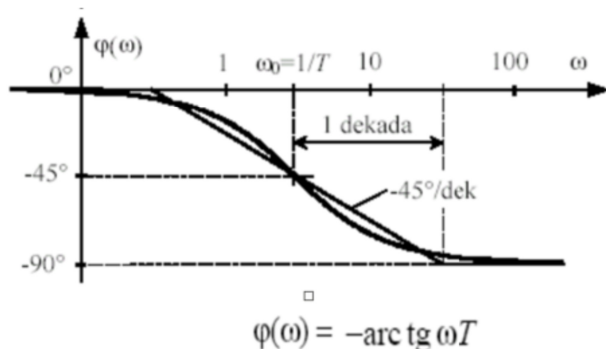
$$Lm(\omega) = 20 \log A(\omega) = 20 \log \frac{k}{\sqrt{1 + \omega^2 T^2}} = 20 \log k - 10 \log(1 + \omega^2 T^2)$$

Transmitancja widmowa

Cechy charakterystyk logarytmicznych:

logarytmiczna charakterystyka amplitudowa dowolnego układu liniowego w miarę oddalania się od punktów załamania ma przebieg asymptotycznie liniowy.

Umożliwia to aproksymacje charakterystyk rzeczywistych odcinkami liniowymi złożonymi z części asymptot.



Transmitancja widmowa

Zastosowanie charakterystyki częstotliwościowej do identyfikacji układu:

Identyfikacja układu na podstawie charakterystyk częstotliwościowych polega na dopasowaniu uzyskanej charakterystyki częstotliwościowej układu do charakterystyki któregoś z członów podstawowych lub ich połączenia.

Charakterystyki logarytmiczne są tu szczególnie przydatne, ponieważ asymptotycznie liniowe przebiegi umożliwiają wychwycenie cech charakterystycznych w całym zakresie częstotliwości i określenie postaci transmitancji układu.

Na podstawie punktów załamania charakterystyk asymptotycznych można z kolei łatwo wyznaczyć wartości parametrów transmitancji.

Transmitancja widmowa

Zastosowanie charakterystyki częstotliwościowej do identyfikacji układu:

- Jeżeli lewostronna (niskoczęstotliwościowa) część charakterystyki amplitudowej osiąga asymptotycznie nachylenie $-n \cdot 20\text{dB/dek}$, to w transmitancji układu występuje n członów całkujących.
- Zmiana nachylenia charakterystyki asymptotycznej o -20dB/dek w punkcie ω_0 oznacza występowanie inercyjnej stałej czasowej $T=1/\omega_0$ (zmiana o -40dB/dek wskazuje na obecność dwóch jednakowych lub bliskich stałych czasowych itd.).
- Jeżeli zmianie nachylenia o -40dB/dek towarzyszy pik rezonansowy, to w mianowniku występuje człon oscylacyjny (na podstawie wysokości piku można ocenić współczynnik tłumienia).