

Słownik opanowanych pojęć

Wykład 1

Komutacja – ogólna nazwa wyrażająca dowolne przełączenie (zmianę) w obwodzie powodujące powstanie stanu nieustalonego.

Metoda klasyczna – metoda rozwiązywania stanu nieustalonego polegająca na sprowadzeniu układu równań różniczkowych pierwszego rzędu do jednego równania różniczkowego wyższego rzędu i wyrażeniu rozwiązania tego równania za pośrednictwem postaci ogólnej wykorzystującej funkcje wykładnicze.

Metoda zmiennych stanu – metoda opisu układów dynamicznych (zawierających elementy RLC) wyrażona poprzez równanie różniczkowe typu macierzowego o postaci $\frac{dx}{dt} = \mathbf{Ax} + \mathbf{Bu}$, w której \mathbf{A} i \mathbf{B} są macierzami, \mathbf{x} – wektorem zmiennych stanu a \mathbf{u} – wektorem wymuszeń.

Metoda Cayleya-Hamiltona – metoda wyznaczania $e^{\mathbf{A}t}$ wykorzystując rozwinięcie funkcji w skończony szereg potęgowy i twierdzenie Cayleya-Hamiltona.

Metoda Lagrange’a-Sylwestera – metoda wyznaczania macierzy $e^{\mathbf{A}t}$ przy zastosowaniu jawnej postaci wzoru analitycznego. Obowiązuje dla wartości własnych pojedynczych.

Metoda wektorów własnych (diagonalizacji macierzy) – metoda wyznaczania macierzy $e^{\mathbf{A}t}$ poprzez procedurę diagonalizacji macierzy \mathbf{A} . Obowiązuje dla wartości własnych pojedynczych.

Prawa komutacji – prawa określające równość wartości napięć na kondensatorach i prądów cewek w obwodzie RLC w chwili komutacji (przełączenia). Wyrażone są one wzorami $u_C(0^-) = u_C(0^+)$ oraz $i_L(0^-) = i_L(0^+)$ gdzie 0^+ oznacza chwilę przełączenia.

Równanie charakterystyczne – równanie operatorowe względem zmiennej zespolonej s przyporządkowane równaniu stanu. Określone jest zależnością $\det(s\mathbf{1} - \mathbf{A}) = 0$.

Równanie różniczkowe jednorodne - równanie różniczkowe n -tego rzędu, w którym funkcja wymuszająca występująca po prawej stronie równania różniczkowego jest równa zero, $a_n \frac{d^n x}{dt^n} + a_{n-1} \frac{d^{n-1} x}{dt^{n-1}} + a_{n-2} \frac{d^{n-2} x}{dt^{n-2}} + \dots + a_1 \frac{dx}{dt} + a_0 x = 0$

Równanie stanu – zbiór równań różniczkowych pierwszego rzędu zapisanych w postaci $\frac{dx}{dt} = \mathbf{Ax} + \mathbf{Bu}$ w której \mathbf{A} i \mathbf{B} są macierzami, \mathbf{x} – wektorem zmiennych stanu a \mathbf{u} – wektorem wymuszeń.

Równanie wyjściowe stanu – równanie macierzowe $\mathbf{y} = \mathbf{Cx} + \mathbf{Du}$ opisujące wektor zmiennych wyjściowych \mathbf{y} jako funkcję liniową zmiennych stanu \mathbf{x} i wymuszeń \mathbf{u} .

Składowa przejściowa – część rozwiązania stanu nieustalonego odpowiadająca niezerowym warunkom początkowym dla tej składowej przy braku wymuszenia zewnętrznego.

Składowa wymuszona (ustalona) - część rozwiązania stanu nieustalonego odpowiadająca stanowi ustalonemu w obwodzie. Jest odpowiedzią ustaloną obwodu na wymuszenie zewnętrzne.

Stan nieustalony – stan obwodu RLC powstający wskutek przełączeń w obwodzie lub zmiany wartości parametrów elementów. W stanie nieustalonym charakter odpowiedzi w obwodzie jest inny niż charakter wymuszenia (np. w odpowiedzi na wymuszenie stałe odpowiedź obwodu jest sinusoidalna, sinusoidalnie tłumiona lub wykładnicza).

Stan przejściowy – ogólna nazwa stanu obwodu między jednym a drugim stanem ustalonym powstałym wskutek zmian w obwodzie. Często utożsamiany ze stanem nieustalonym.

Wartości własne – pierwiastki równania charakterystycznego $\det(s\mathbf{1} - \mathbf{A}) = 0$. Odgrywają ogromną rolę w analizie stanów nieustalonych w obwodzie.

Wektory własne – wektory \mathbf{x} stowarzyszone z wartościami własnymi macierzy \mathbf{A} . Spełniają relację $s\mathbf{x} = \mathbf{Ax}$.

Zmienne stanu – wielkości napięć kondensatorów i prądów cewek pozwalające na wyrażenie wszystkich rozwiązań w obwodzie za ich pośrednictwem.

Wykład 2

Prąd ładowania kondensatora – prąd płynący przez kondensator w stanie nieustalonym w obwodzie RC lub RLC (zwykle kojarzony z załączeniem napięcia stałego do obwodu zawierającego kondensator).

Stała czasowa – stała wyrażająca szybkość narastania napięcia kondensatora lub prądu cewki w czasie trwania stanu nieustalonego. Dla obwodu szeregowego RC stała czasowa jest równa $\tau = RC$. Dla obwodu szeregowego RL stała czasowa jest równa $\tau = L/R$.

Stan nieustalony w obwodzie RC – stan nieustalony powstały w obwodzie szeregowym RC przy załączeniu źródła napięciowego (tutaj rozpatrujemy jedynie źródło stałe).

Stan nieustalony w obwodzie RL – stan nieustalony powstały w obwodzie szeregowym RL przy załączeniu źródła napięciowego (tutaj rozpatrujemy jedynie źródło stałe).

Wykład 3

Bieguny – pierwiastki równania charakterystycznego, tożsame z wartościami własnymi macierzy stanu **A**.

Częstotliwość zespolona – zmienna zespolona, utożsamiana zwykle ze zmienną $s = \sigma + j\omega$.

Funkcja delta Diraca – funkcja standardowa $\delta(t)$ zdefiniowana jako wartość nieskończona dla $t=0$ i zero dla $t \neq 0$ spełniająca warunek $\int_{-\infty}^{\infty} \delta(t)dt = 1$.

Funkcja jednostkowa Heaviside'a – funkcja standardowa równa jedności dla czasu $t > 0$ i zero dla czasu $t < 0$.

Liniość przekształcenia – własność przekształcenia polegająca na tym, że transformata sumy ważonej sygnałów jest równa sumie transformat ważonych poszczególnych sygnałów z osobna, z wartościami wag identycznymi jak w sygnałach oryginalnych.

Metoda operatorowa Laplace'a – metoda obliczania stanów nieustalonych w obwodzie RLC przy zastosowaniu przekształcenia (transformacji) Laplace'a.

Metoda tablic transformat – metoda wyznaczania transformaty odwrotnej Laplace'a poprzez przekształcenie transformaty do jednej z gotowych postaci występującej w tablicy transformat Laplace'a.

Metoda residuów – metoda wyznaczania transformaty odwrotnej Laplace'a sprowadzająca się do obliczenia sumy residuów odpowiedniej funkcji transformaty po wszystkich biegunach układu.

Oryginał – funkcja pierwotna czasu $f(t)$.

Przekształcenie proste Laplace'a – przekształcenie zdefiniowane przez Laplace'a przyporządkowujące funkcji czasu $f(t)$ transformatę $F(s)$.

Przekształcenie odwrotne Laplace'a - przekształcenie odwrotne zdefiniowane przez Laplace'a przyporządkowujące funkcji operatorowej $F(s)$ funkcję czasu (oryginał) $f(t)$.

Przesunięcie w dziedzinie częstotliwości – własność przekształcenia Laplace'a wyrażająca się zależnością $L\{e^{at}f(t)\} = F(s - a)$.

Przesunięcie w dziedzinie czasu - własność przekształcenia Laplace'a wyrażająca się zależnością $L[f(t - a) \cdot 1(t - a)] = e^{-as}F(s)$.

Splot – operacja matematyczna w dziedzinie czasu określona na dwu funkcjach $f_1(t)$ i $f_2(t)$. Splot dwu funkcji oznaczony w postaci $f_1(t) * f_2(t)$ jest zdefiniowany w następujący sposób

$$f_1(t) * f_2(t) = \int_0^t f_1(\tau)f_2(t - \tau)d\tau = \int_0^t f_1(t - \tau)f_2(\tau)d\tau$$

Transformata Laplace'a – wynik przekształcenia prostego Laplace'a wykonanego na funkcji czasu. Dla funkcji $f(t)$ transformata jest oznaczana jako $F(s)$.

Transformata odwrotna Laplace'a – wynik działania przekształcenia odwrotnego Laplace'a (oryginał).

Transformata całki – transformacja Laplace'a dotycząca całki funkcji czasu spełniająca relację

$$L\left[\int_0^t f(\tau)d\tau\right] = \frac{F(s)}{s}$$

Pomnożenie funkcji $F(s)$ przez $1/s$ odpowiada więc w dziedzinie czasu całkowaniu funkcji. Stąd operator s^{-1} jest nazywany również operatorem całkowania.

Transformata pochodnej - transformacja Laplace'a dotycząca pochodnej funkcji czasu spełniająca relację

$$L\left[\frac{df(t)}{dt}\right] = sF(s) - f(0^+)$$

w której $f(0^+)$ oznacza wartość początkową funkcji $f(t)$. Pomnożenie funkcji $F(s)$ przez zmienną zespoloną s odpowiada w dziedzinie czasu różniczkowaniu funkcji. Stąd operator s nazywany jest operatorem różniczkowania.

Zera – pierwiastki licznika $L(s)$ transformaty wyrażonej jako funkcja wymierna $F(s)=L(s)/M(s)$.

Wykład 4

Model operatorowy cewki – połączenie szeregowo impedancji operatorowej cewki ($Z_L=sL$) i idealnego źródła napięciowego $Li_L(0^+)$ reprezentujące cewkę w dziedzinie operatorowej.

Model operatorowy kondensatora - połączenie szeregowo impedancji operatorowej kondensatora ($Z_C=1/sC$) i idealnego źródła napięciowego $u_C(0^+)/s$ reprezentujące kondensator w dziedzinie operatorowej.

Model operatorowy rezystora – rezystancja, identyczna z oryginalną rezystancją R .

Prawa Kirchhoffa dla transformat – prawa Kirchhoffa (prądowe i napięciowe) obowiązujące dla transformat prądu i napięcia zamiast dla wartości chwilowych.

Schemat operatorowy Laplace’a – model operatorowy obwodu rzeczywistego, w którym rzeczywiste elementy zostały zastąpione ich modelami operatorowymi.

Superpozycja stanów – metoda analizy stanów nieustalonych, polegająca na rozbiciu stanu nieustalonego na sumę stanu ustalonego i przejściowego w obwodzie po komutacji.

Wykład 5

Drgania niegasnące – drgania sinusoidalne powstałe w obwodzie LC, w którym nie ma rezystancji (tłumienia) jako wynik stanu nieustalonego po komutacji.

Przypadek aperiodyczny – specjalny przypadek występujący w obwodzie szeregowym RLC, w którym parametry obwodu spełniają relację $R > 2\sqrt{\frac{L}{C}}$. Przy spełnieniu tego warunku oba bieguny są rzeczywiste i ujemne. Charakter zmian prądu w obwodzie w stanie przejściowym jest aperiodyczny (nieokresowy) zanikający do zera w sposób wykładniczy

Przypadek aperiodyczny krytyczny - specjalny przypadek występujący w obwodzie szeregowym RLC, w którym parametry obwodu spełniają relację $R = 2\sqrt{\frac{L}{C}}$. Przy spełnieniu tego warunku oba bieguny są rzeczywiste i równe sobie.

Charakter zmian prądu w obwodzie w stanie przejściowym jest również aperiodyczny, podobnie jak w przypadku aperiodycznym, ale jego czas trwania jest najkrótszy z możliwych.

Przypadek oscylacyjny - specjalny przypadek występujący w obwodzie szeregowym RLC w którym parametry obwodu spełniają relację $R < 2\sqrt{\frac{L}{C}}$. Przy spełnieniu tego warunku oba bieguny są zespolone (zespolony i sprzężony z nim).

Charakter zmian prądu w obwodzie w stanie przejściowym jest sinusoidalny tłumiony, o oscylacjach zanikających do zera.

Pulsacja drgań własnych – pulsacja drgań swobodnych powstałych w stanie przejściowym w obwodzie RLC przy małej wartości rezystancji w obwodzie (tak zwany przypadek oscylacyjny) określona wzorem $\omega = \sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{4L^2}}$. Częstotliwość

drgań własnych w szeregowym obwodzie RLC określona jest zatem wzorem $f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{4L^2}}$.

Rezystancja krytyczna obwodu RLC – wartość rezystancji $R = 2\sqrt{\frac{L}{C}}$; oznaczana zwykle jako R_{kr} .

Stała czasowa obwodu RLC – stała czasowa, z jaką przebieg prądu i napięć w obwodzie RLC zanikają do zera. Pojęcie ściśle związane z częścią rzeczywistą biegunów. W przypadku aperiodycznym mamy do czynienia z dwoma biegunami rzeczywistymi i dwoma różnymi stałymi czasowymi. W przypadku oscylacyjnym i aperiodycznym krytycznym stała czasowa jest utożsamiona z wartością $\tau = 2L/R$. Dla przypadku oscylacyjnego stała czasowa decyduje o tłumieniu oscylacji w obwodzie. W każdym przypadku im większa stała czasowa tym praktycznie dłużej trwa dochodzenie do stanu ustalonego w obwodzie RLC.

Współczynnik tłumienia – parametr utożsamiony z odwrotnością stałej czasowej obwodu. Im większa stała czasowa tym mniejsze tłumienie.