Tekst poniżej

Ćwiczenie 9

STANY NIEUSTALONE

WPROWADZENIE

Celem ćwiczenia jest przypomnienie podstawowych wiadomości z teorii stanów nieustalonych i procesów przejściowych w liniowych obwodach elektrycznych oraz doświadczalne sprawdzenie tych wiadomości. Będzie ono polegało na pomiarach sygnałów elektrycznych w najprostszych układach RLC i porównaniu uzyskanych wyników z wynikami odpowiednich obliczeń przeprowadzonych dla tych układów.

Badanymi obwodami elektrycznymi są czwórniki RC, RL i RLC, złożone z elementów liniowych. Jak wiadomo, zależności między napięciami i prądami płynącymi w takich układach opisuje układ równań różniczkowych o stałych współczynnikach. Rozwiązanie tego typu równań sprowadza się, po zastosowaniu transformacji Laplace'a, do rozwiązania układu równań algebraicznych. Badanie procesów przejściowych w czwórnikach jest właściwie badaniem reakcji czwórników na pobudzenie impulsowe. Dlatego też celowe jest przypomnienie impulsowych właściwości czwórników.

W liniowym, stacjonarnym czwórniku o parametrach skupionych, w którym wyróżnia się wielkości: wejściową x(t) i wyjściową y(t) (mogą to być np.: natężenie prądu lub napięcie), wielkości te powiązane są równaniem [1]

$$y(s) = K(s)\,x(s), \tag{9.1}$$

gdzie y(s) i x(s) są transformatami Laplace'a funkcji y(t) i x(t)

$$x(s) = \int_0^{\infty} e^{-st} x(t) dt, \tag{9.2}$$

a funkcja K(s) jest transmitancją czwórnika.

Przyjęto przy tym, że w chwili początkowej na żadnym z elementów pojemnościowych układu nie było napięcia i przez żaden z elemntów indukcyjnych nie płynął prąd.

Do opisu właściwości czasowych układu wykorzystuje się z reguły dwa rodzaje charakterystyk:
- charakterystykę czasową impulsową k(t),
- charakterystykę czasową jednostkową h(t).

Charakterystyką czasową impulsową k(t) lub odpowiedzią impulsową układu nazywany jest przebieg wielkości fizycznej y(t), wywołany przy początkowych warunkach zerowych (tzn. gdy energia zmagazynowana w chwili początkowej w układzie wynosi zero) przez sygnał $x(t) = \delta(t)$ na wejściu ($\delta(t)$ – funkcja delta Diraca). Ponieważ transformata Laplace'a funkcji $\delta(t)$ wynosi 1

$$\mathscr{L}[\delta(t)] = 1,$$

więc

$$y(s) = K(s) \cdot 1, \tag{9.4}$$

$$k(t) = \mathscr{L}[K(s)]. \tag{9.5}$$

Zatem, odpowiedzią impulsową czwórnika jest funkcja czasu, której obrazem jest transmitancja układu. Można to również ująć inaczej.

Transmitancja czwórnika jest transformatą Laplace'a jego odpowiedzi czasowej k(t) na pobudzenie impulsem $\delta(t)$.

Odpowiedzią czwórnika y(t) na pobudzenie x(t) jest (na podstawie twierdzenia o splocie) wyrażenie

$$y(t) = k(t) * x(t). \tag{9.6}$$

UWAGA.
Splot w wyrażeniu (9.6) jest splotem dystrybucyjnym.

Charakterystyką czasową jednostkową h(t) lub odpowiedzią jednostkową układu nazywany jest przebieg wielkości wyjściowej y(t), wywołany przez sygnał x(t) = 1(t) na wejściu przy zerowych warunkach początkowych.
Ponieważ dla x(t) = 1(t) mamy

$$\mathscr{L}[1(t)] = \frac{1}{s}, \tag{9.7}$$

więc

$$y(s) = \frac{K(s)}{s} \tag{9.8}$$

lub

$$\mathscr{L}[h(t)] = \frac{K(s)}{s}. \tag{9.9}$$

Transformatą Laplace'a odpowiedzi układu na skok jednostkowy jest iloraz K(s)/s, gdzie K(s) – transmitancja układu. Zatem odpowedź układu na dowolny sygnał x(t) można wyrazić za pomocą funkcji h(t) równaniem

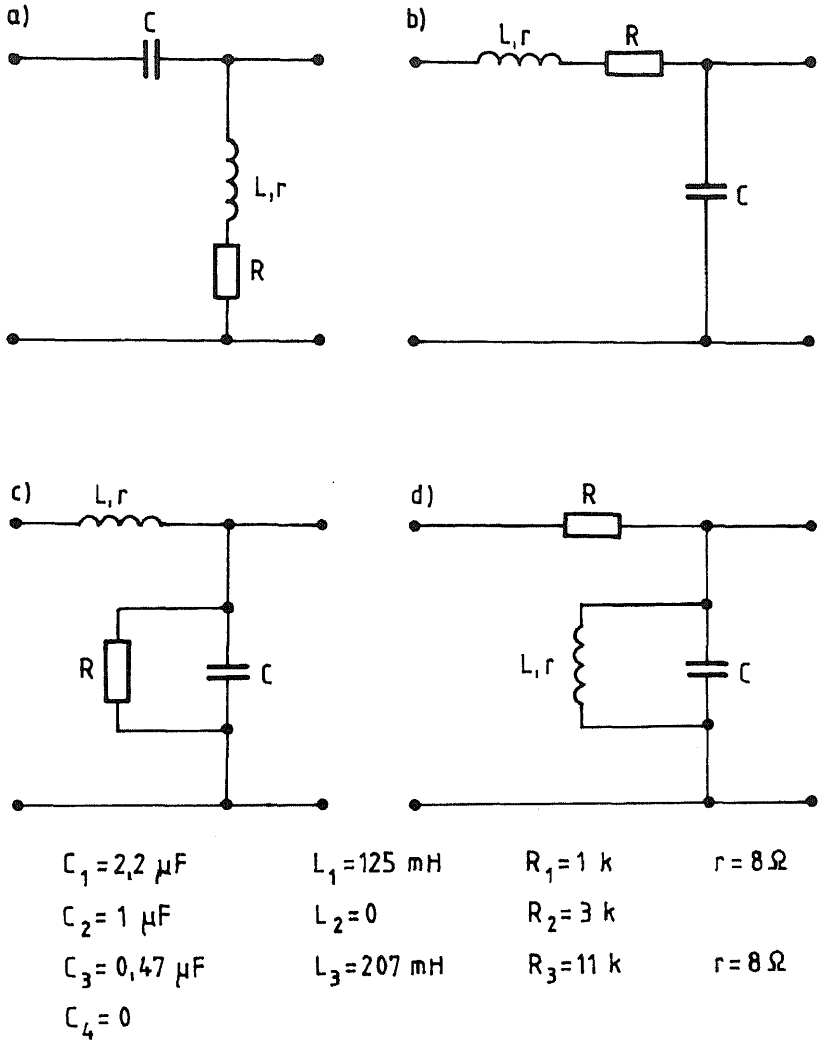
$$y(t) = \frac{d}{dt}<h(t) * x(t)>, \tag{9.10}$$

Przedstawione wyżej równania pokazują powiązania charakterystyk czasowych układu z transmitancją i związki między sygnałami wyjściowymi, wejściowymi i charakterystykami czasowymi.

WYKONANIE ĆWICZENIA

Ćwiczenie składa się z trzech etapów: zadania indywidualnego wykonywanego w domu, pomiarów przeprowadzanych w laboratorium oraz sprawozdania sporządzanego w domu.

Zadanie indywidualne polega na obliczeniu charakterystyk: częstotliwościowej amplitudowej, odpowiedzi impulsowej i odpowiedzi jednostkowej jednego z układów przedstawionych na rys.9.1. Wyniki obliczeń w postaci wykresów funkcji k(t), h(t) oraz $A(\omega) = |K(s)|_{s=i\omega}$ należy przygotować w dwóch egzemplarzach na papierze milimetrowym. Jeden egzemplarz otrzymuje prowadzący, a drugi zatrzymuje ćwiczący.



Rys. 9.1

Pomiary polegają na zarejestrowaniu na oscyloskopie i wykonaniu rysunku obserwowanego przebiegu h(t) oraz k(t), a następnie na pomiarze charakterystyki amplitudowej A(ω) badanego czwórnika.

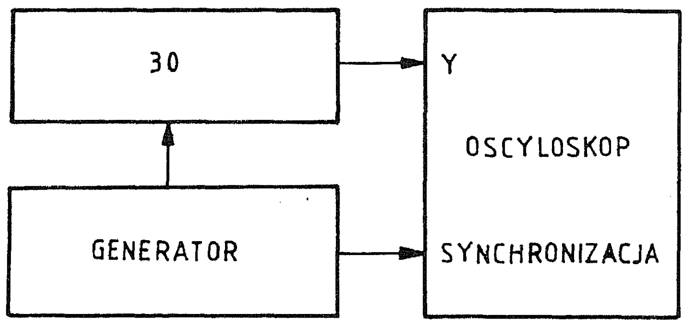
Ćwiczący ma do dyspozycji następujące przyrządy:

- oscyloskop KR 7008,
- woltomierz V 640,

– przyrząd nr 30 (zawiera elementy czwórników i wzmacniacze separujące),
– generator funkcyjny G432,
– generator krótkich impulsów PGP6.

Proponowany układ pomiarowy

Do pomiarów odpowiedzi jednostkowej ustala się tak długi okres drgań generatora, aby po każdym skoku napięcia na wejściu badanego czwórnika panował stan ustalony. Do wyjścia czwórnika dołączyć należy jeden z separujących wzmacniaczy operacyjnych znajdujących się w przyrządzie nr 30, a oscyloskop dopiero do wyjścia tego wzmacniacza (rys.9.2). Pomiary odpowiedzi impulsowej wykonuje się za pomocą takiego samego układu, z tym że do pobudzania czwórników używa się krótkich impulsów prostokątnych z generatora PGP6.



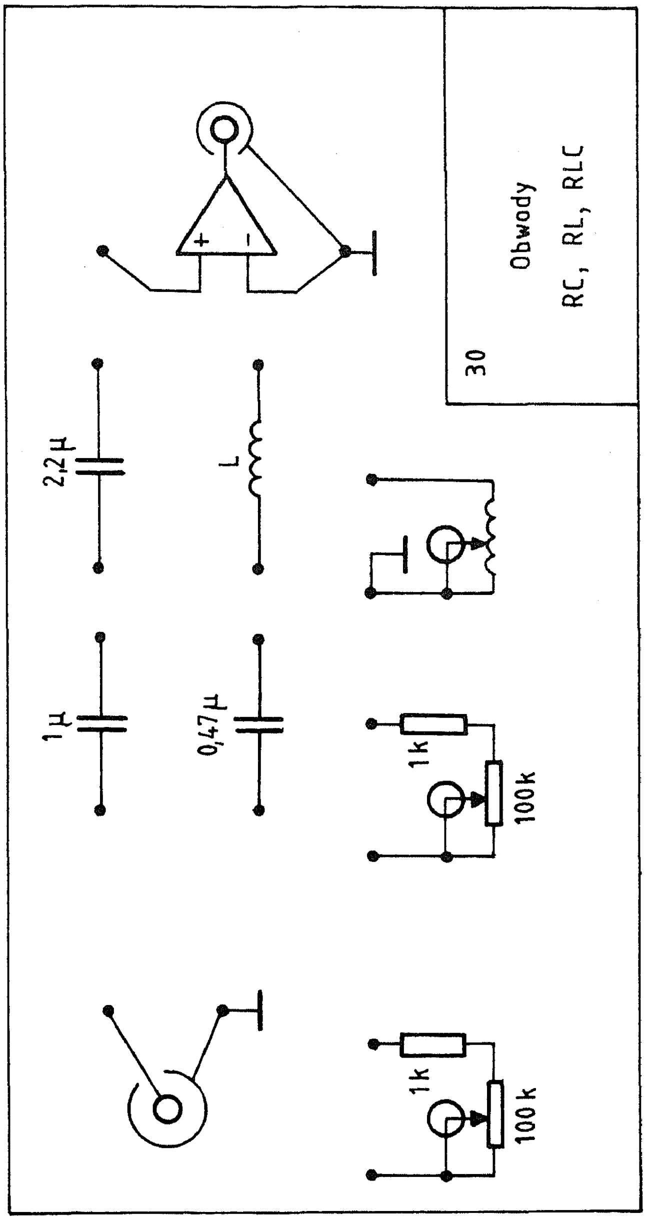
Rys. 9.2

W sprawozdaniu należy podać:
– schemat badanego czwórnika wraz z wartościami jego elementów,
– wyniki obliczeń k(t), h(t), A(ω) w postaci analitycznej i graficznej,
– wyniki pomiarów w postaci graficznej oraz ocenić zgodność wyników pomiarów z wynikami obliczeń oraz przedyskutować przyczyny ewentualnych rozbieżności.

Na rys. 9.3 przedstawiono schemat płyty czołowej przyrządu nr 30 z oznaczeniem końcówek lutowniczych poszczególnych elementów.

LITERATURA

[1] J. O s i o w s k i: Zarys rachunku operatorowego. WKT, Warszawa 1981, s. 519.



Rys. 9.3