ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ ТЕОРІЇ СИСТЕМ ЩОДО АНАЛІЗУ ЕЛЕКТРИЧНИХ ПРИСТРОЇВ

Бондар О.Д.
Науковий керівник: − к.т.н. Скорик Ю.В.
Харківський національний університет радіоелектроніки
(61166, Харків, просп. Науки, 14, каф. інформаційно-мережної інженерії,
(057) 702-14-29)

The increasing complexity of processes and events in science, technology and other fields of activity is the ever-expanding use of mathematical and computational methods. In connection with these circumstances, the concept of "system" is enriched in content and acquires quantitative characteristics. The concepts of complex and large systems, systems engineering, systems theory, systems approach are widely used. Traditional scientific directions and educational disciplines are influenced by the theory of systems and systems approach. terminological and mathematical apparatus.Here we consider an example of applying a systematic approach to the analysis of electrical devices.

Система − це сукупність об'єктів, пов'язаних будь-якими формами взаємодії або взаємозалежності.

З точки зору математичної моделі система має форму сукупності змінних та співвідношень, що їх пов'язують.

Модель фізичної системи пов'язує між собою змінні трьох типів:

− вхідні $[V]=[v_1, v_2, v_3, \ldots, v_m]$;

− вихідні $[Y]=[y_1, y_2, y_3, \ldots, y_r]$;

− внутрішні (проміжні) $[X]=[x_1, x_2, x_3, \ldots, x_n]$.

Внутрішні змінні також мають назву змінних стану.

Аналіз системи ґрунтується на розв'язанні системи матричних рівнянь:

$$\begin{cases} \frac{d}{dt}x(t)=F[x(t), v(t)]; \\ y(t)=\varphi[x(t), v(t)]. \end{cases}$$

Перше рівняння є рівнянням стану системи. Розв'язок цього рівняння повинен задовольняти початковій умові $x_0 = x(t_0)$.

$$x(t)=\psi[x(t_0), v(t)].$$

Друге рівняння називається вихідним рівнянням, оскільки визначає вихідні змінні в залежності від вектору вхідних впливів та вектору станів системи.

У випадку коли функції правих частин рівнянь є лінійними, система вважається лінійною.

$$\begin{cases} \dfrac{d}{dt}x(t) = A(t)x(t) + B(t)\,v(t); \\ y(t) = C(t)x(t) + D(t)\,v(t). \end{cases}$$

де $A(t)$ − матриця системи, є квадратною n-го порядку; $B(t)$ − матриця керування розміром $n \times m; C(t)$ − матриця виходу розміром $r \times n; D(t)$ − матриця входу розміром $r \times m$. Оскільки елементи матриць залежать від часу, система є нестаціонарною (параметричною).

Якщо Матриці A, B, C , та D не залежать від часу, то система є лінійною стаціонарною і рівняння набувають вигляду:.

$$\begin{cases} \dfrac{d}{dt}x(t) = Ax(t) + B\,v(t); \\ y(t) = Cx(t) + D\,v(t). \end{cases}$$

Для того, щоб побудувати в такій формі математичну модель електричного пристрою слід виконати наступні кроки:

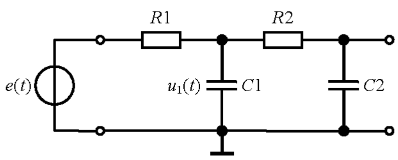
1. На схемі пристрою замінити кожну індуктивність L_k ідеальним джерелом струму величиною $i_k(t)$, кожну ємність C_m – ідеальним джерелом напруги $u_m(t)$.

2. У колі, що утворилося та складається лише з джерел та опорів, розрахувати на підґрунті законів Кирхгофа та Ома струми через джерела напруги та напруги на джерелах струму. Слід розглядати тільки ті джерела, якими було замінено ємності та індуктивності.

3. Провести заміну змінних розрахованих напруг та струмів за правилом: $u_m(t) = L_m \dfrac{di_m(t)}{dt}$; $i_k(t) = C_k \dfrac{du_k(t)}{dt}$.

Внаслідок цих кроків буде утворена система лінійних диференціальних рівнянь першого порядку, виражена через змінні стану, якими є струми через індуктивності та напруги на ємностях.

Приклад утворення системі на підґрунті пасивного фільтру нижніх частот наведено на рис. 1.



$$\tau_1 = R1C1; \quad \tau_2 = R2C2; \quad k = \frac{R1}{R2};$$

$$\frac{d}{dt}\begin{bmatrix} u_1(t) \\ u_2(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\dfrac{1+k}{\tau_1} & \dfrac{k}{\tau_1} \\ \dfrac{1}{\tau_2} & -\dfrac{1}{\tau_2} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} u_1(t) \\ u_2(t) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \dfrac{1-k}{\tau_1} \\ 0 \end{bmatrix} \cdot [e(t)]$$

Рисунок 1 Схема ФНЧ та відповідна система рівнянь в просторі станів

Перелік джерел

1. Сигорский В.П., Математический аппарат инженера [Текст]: − Киев, «Наука», 1977, 770 с.

2. Заде Л., Дезоер Ч., Теория линейных систем. (Метод пространства состояний). Под редакцией Г. С. Поспелова [Текст]: − М., «Наука», 1970, 704 с.