

К. Д. ГИНДИЧ, ст. инж.,
Е. П. ОРНАТСКИЙ, В. С. СКРЫНСКИЙ, ст. науч. сотрудники

РЕАЛИЗАЦИЯ ЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ НА ОСНОВЕ ИНЕРЦИОННЫХ ЗВЕНЬЕВ

Задача реализации линейных электрических цепей сведена к нахождению структурной схемы по заданной дробно-рациональной функции передачи

$$F(p) = \frac{M(p)}{N(p)} = \frac{a_m p^m + a_{m-1} p^{m-1} + \dots + a_0}{p^n + b_{n-1} p^{n-1} + \dots + b_0} \quad (1)$$

на основе инерционных однонаправленных элементов двух типов: фильтров нижних частот первого порядка

$$F_n(p) = (A\tau) / \left(p + \frac{1}{\tau} \right) \quad (2)$$

и фильтров верхних частот первого порядка

$$F_v(p) = (A p \tau) / \left(p + \frac{1}{\tau} \right). \quad (3)$$

Примером элементов с такими функциями передачи и однонаправленностью могут служить электротепловые элементы, транзисторы, оптроны [1, 3].

Разложим числитель и знаменатель функции передачи (1) в ряд Тейлора в окрестности точки $\alpha = -1/\tau$, действительного полюса инерционных звеньев (2) и (3)

$$M(p) = A_m + A_{m-1}(p - \alpha) + \dots + A_1(p - \alpha)^{m-1} + A_0(p - \alpha)^m, \quad (4)$$

где

$$A_m = \sum_{j=0}^m a_j \alpha^j; \quad A_{m-l} = \frac{1}{l!} \sum_{j=l}^m j(j-1) \dots (j-l+1) a_j \alpha^{j-l}; \quad A_0 = a_m;$$

$$N(p) = \sum_{i=0}^n B_{n-1} (p - \alpha)^i, \quad (5)$$

где

$$B_n = \sum_{i=0}^n b_i \alpha^i; \quad B_{n-k} = \frac{1}{k!} \sum_{i=k}^n i(i-1) \dots (i-k+1) b_i \alpha^{i-k}; \quad B_0 = 1.$$

Разделив числитель (4) и знаменатель (5) на бином n -й степени $(p - \alpha)^n$, получим выражение

$$F(p) = \frac{A_0 (p - \alpha)^{-(n-m)} + A_1 (p - \alpha)^{-(n-m+1)} + \dots + A_m (p - \alpha)^m}{1 + B_1 (p - \alpha)^{-1} + B_2 (p - \alpha)^{-2} + \dots + B_n (p - \alpha)^{-n}}, \quad (6)$$

с помощью которого, приняв в качестве базового звена элемент (2), методом пространства состояний [2] несложно перейти к структурной схеме (рис. 1), по существу представляющей направленный граф передачи сигналов, реализующий заданную функцию передачи (1).

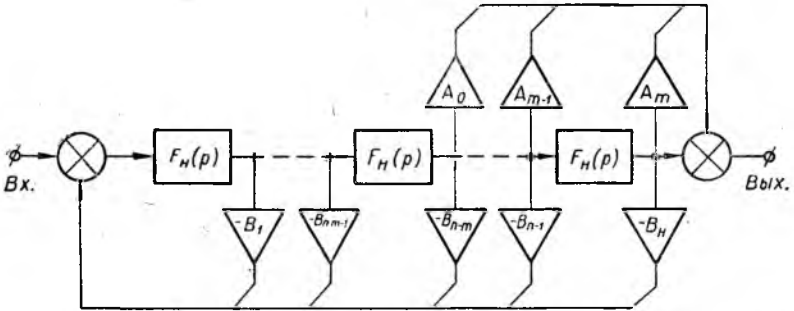


Рис. 1. Структурная схема цепи на основе фильтров нижних частот

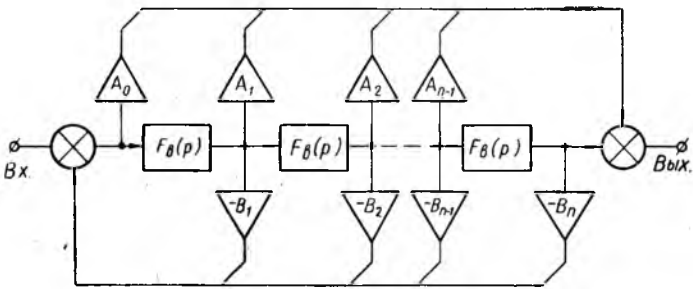


Рис. 2. Структурная схема цепи на основе фильтров верхних частот

Для того чтобы построить структурную схему на основе звеньев второго типа (3), произведем замену переменной $p \rightarrow 1/p$ в функции (1)

$$F(p) \Big|_{p \rightarrow \frac{1}{p}} = \frac{a_n p^{n-m} + a_{m-1} p^{n-m+1} + \dots + a_0 p^n}{1 + b_{n-1} p + \dots + b_0 p^n} \quad (7)$$

Затем, разложив числитель и знаменатель (7) в ряд Тейлора и разделив их на бином $(p-\alpha)^n$, перейдем к выражению, аналогичному (6). Произведя обратную замену переменной $p \rightarrow 1/p$, получим выражение

$$F(p) = \frac{A_m p^m (p-\alpha)^{-m} + \dots + A_k p^k (p-\alpha)^{-k} + \dots + A_0}{1 + B_1 p (p-\alpha)^{-1} + \dots + B_l p^l (p-\alpha)^{-l} + \dots + B_n p^n (p-\alpha)^{-n}} \quad ; (8)$$

$$A_n = \sum_{j=0}^m a_j \alpha^{n-j}; \quad A_{n-l} = \frac{1}{l!} \sum_{\substack{n-l; l > m \\ m; l \leq m}} (n-j)(n-j-1) \dots \\ \dots (n-j-l+1) a_j \alpha^{n-j};$$

где

$$B_n = \frac{1}{b_0} \sum_{i=0}^n b_i \alpha^{i-k}; \quad B_{n-k} = \frac{1}{b_0 k!} \sum_{i=k}^n i(i-1) \dots (i-k+1) b_i \alpha^{i-k},$$

используемое для построения искомой структурной схемы рис. 2.

Таким образом, линейные цепи с дробно-рациональными функциями передачи (1) могут быть реализованы с помощью однонаправленных звеньев первого порядка и элементов, осуществляющих операцию масштабного суммирования.

Список литературы: 1. Бокринская А. А. и др. Применимость уравнения теплового баланса для анализа электротепловых элементов.—Изв. вузов СССР. Радиоэлектроника, 1974, № 9, с. 55—58. 2. Галяничев Ю. П. и др. Синтез активных цепей. М., Связь, 1975. 296 с. 3. Федотов Я. П., Спиридонов Н. С. Классификация моделей транзисторов.—Автоматизация проектирования в электронике, 1976, 13, с. 31—36.

C. D. Gindich, E. P. Ornatsky, W. S. Shrynsky,

REALIZATION OF LINEAR ELECTRIC CIRCUIT ON THE BASIS OF INERTION SECTIONS

There was set a method of realization of linear circuit n -sequence on given fraction-rational function of transmission on the basis of unipolar inertion sections.