УДК 621.375.7

Л.В. ГОЛОВКИНА, канд. техн. наук, И.В. САЛАЙ,
П.И. ЧЕРЕДНИКОВ, канд. техн. наук

МЕТОД ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ФУНКЦИЙ СВЯЗИ ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ

В многоконтурных нелинейных параметрических индуктивных системах связь между контурами осуществляется через взаимную индуктивность контуров, когда создаваемый током контура накачки магнитный поток проходит через другие контуры, индуцируя напряжение*.

Рассмотрим индуктивную параметрическую систему, содержащую n цепей на k сердечниках (рис. 1). Она описывается следующим образом:

$$\begin{cases} sw_1 \dfrac{d}{dt}(B_1 + \sum\limits_{k=2}^{n} B_k) + i_1 R_1 + \dfrac{1}{C_1}\int i_1 dt = U_0 \sin(\omega t + \varphi^{©}); \\ \ldots \\ sw_j \dfrac{d}{dt}(B_{j-1} - B_j) + i_j R_j + \dfrac{1}{C_j}\int i_j dt = E_j \sin(\omega t + \psi_j),\ j = \overline{2,n}; \\ i_1 w_1 + i_2 w_2 = lH_1; \\ \ldots \\ i_1 w_1 - i_k w_k + i_{k+1} w_{k+1} = lH_k,\ k = \overline{2,n-1}; \\ \ldots \\ i_1 w_1 - i_n w_n = lH_n. \end{cases} \quad (1)$$

Здесь s – площадь сечения; B_k, H_k – индукция и напряженность для k-го сердечника; l – длина средней магнитной линии сердечника. Параметры обмоток и сердечников идентичны. Остальные обозначения ясны из рис. 1.

Пусть нелинейная зависимость $H = f(B)$ аппроксимируется гиперболическим синусом

$$H = \alpha \,\mathrm{sh}\, \beta B. \quad (2)$$

Использовав закон полной силы тока (1), выразим силы токов в контурах:

---

* *Головкина Л.В., Чередников П.И.* Функции связи в параметрических системах. Х., 1992. 29 с. Деп. в УкрНИИНТИ 02.07.91, № 952.

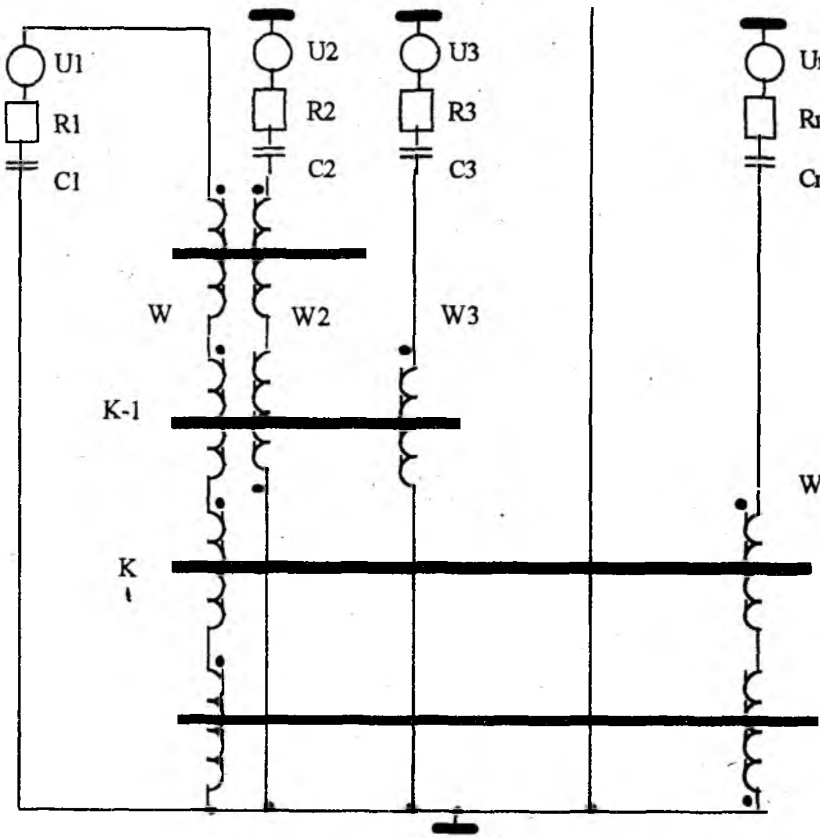

Рис. 1

$$\begin{cases} i_1 = \dfrac{l}{nw_k} \sum\limits_{j=1}^{n} H_j; \\ \dots \\ i_k = \dfrac{l}{nw_k} \left\{ n \sum\limits_{j=1}^{k-1} H_j - (k-1) \sum\limits_{j=1}^{n} H_j \right\}, \ k = \overline{2,n}. \end{cases} \quad (3)$$

Проанализировав последнюю формулу системы (3), проведем перегруппировку слагаемых. Получим

$$i_k = \frac{l}{nw_k} \sum_{l=1}^{k-1} \sum_{m=k}^{n} (H_l - H_m), \quad k = \overline{2,n}.$$

Система (3) примет вид

$$\begin{cases} i_1 = \dfrac{l}{nw_1} \sum\limits_{j=1}^{n} H_j; \\ i_k = \dfrac{l}{nw_k} \sum\limits_{l=1}^{k-1} \sum\limits_{m=k}^{n} (H_l - H_m), \quad k = \overline{2,n}. \end{cases} \tag{4}$$

В качестве примера перегруппировки слагаемых рассмотрим случай, когда $n = 7$, $k = 4$. Согласно (3)

$$\begin{aligned} i_4 &= \frac{l}{7w_4} \left\{ 7\sum_{j=1}^{4-1} H_j - 3\sum_{j=1}^{7} H_j \right\} = \frac{l}{7w_4} (7H_1 + 7H_2 + 7H_3 - \\ &-3H_1 - 3H_2 - 3H_3 - 3H_4 - 3H_5 - 3H_6 - 3H_7) = \\ &= \frac{l}{7w_4} \{ (H_1 - H_4) + (H_1 - H_5) + (H_1 - H_6) + (H_1 - H_7) + \\ &\quad + (H_2 - H_4) + (H_2 - H_5) + (H_2 - H_6) + (H_2 - H_7) + \\ &\quad + (H_3 - H_4) + (H_3 - H_5) + (H_3 - H_6) + (H_3 - H_7) \} = \\ &\quad = \frac{l}{7w_4} \sum_{l=1}^{3} ((H_l - H_4) + (H_l - H_5) + (H_l - H_6) + \\ &\quad + (H_l - H_7)) = \frac{l}{7w_4} \sum_{l=1}^{3} \sum_{m=4}^{7} (H_l - H_m). \end{aligned} \tag{5}$$

С учетом (2) преобразуем (4):

$$\begin{cases} i_1 = \dfrac{\alpha l}{nw_1} \sum\limits_{j=1}^{n} \operatorname{sh} \beta B_j; \\ i_k = \dfrac{\alpha l}{nw_k} \sum\limits_{l=1}^{k-1} \sum\limits_{m=k}^{n} (\operatorname{sh} \beta B_l - \operatorname{sh} \beta B_m). \end{cases}$$

Поскольку

$$\operatorname{sh} \beta B_l - \operatorname{sh} \beta B_m = 2 \operatorname{ch} \beta \frac{B_l + B_m}{2} \operatorname{sh} \beta \frac{B_l - B_m}{2},$$

введем обозначения

$$x_{lm} = \beta\left(B_l + B_m\right);\ y_{lm} = \beta\left(B_l - B_m\right).$$

Второе уравнение системы (5) запишем в виде

$$i_k = \frac{2\alpha l}{n w_k} \sum_{l=1}^{k-1} \sum_{m=k}^{n} \operatorname{ch}\frac{x_{kl}}{2} \operatorname{sh}\frac{y_{kl}}{2}. \tag{6}$$

Таким образом, получена формула, выражающая силы токов в резонансных контурах через функции связи $x_{lm}/2$, $y_{lm}/2$, которые, в свою очередь, являются аргументами гиперболических функций.

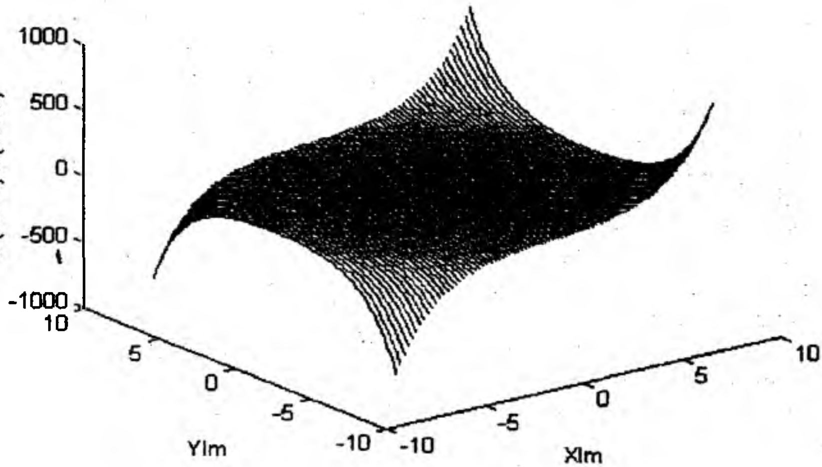

Рис. 2

Для проверки теоретических утверждений были проведены расчеты. Их результаты отражены на рис. 2.

Харьковский государственный технический университет радиоэлектроники

Поступила в редколлегию 13.04.98