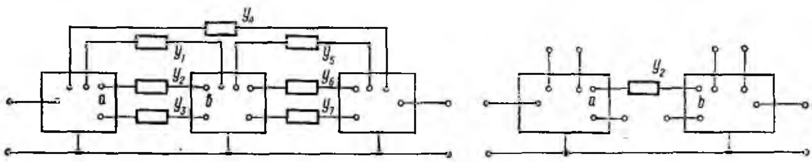
УДК 621.372.061

Я. К. ТРОХИМЕНКО, д-р техн. наук, А. И. РЫБИН, канд. техн. наук, Е. Г. ПЛАВНЕВА, студентка

ПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ КРИТЕРИЙ ОЦЕНКИ ТОЧНОСТИ ВЫЧИСЛЕНИЯ КООРДИНАТ КОРНЕЙ

Несмотря на фундаментальный характер проблемы собственных значений при решении большинства задач теории цепей и многочисленные работы в этой области [1, 3], чисто математические аспекты использования разработанных процедур встречают на практике значительные трудности.

Одним из важнейших вопросов при поиске координат корней является оценка точности получаемого результата, позво-



б

ляющая сделать вывод о целесообразности дальнейших уточнений вычисляемых величин. Известные математические критерии точности [1, 3] носят абстрактный характер и не сводятся к «естественным» исторически сложившимся инженерным понятиям. Предлагаемый параметрический критерий в значительной степени позволяет решить вышеизложенную проблему.

Пусть схема анализируемой цепи разбита на ряд подсхем обнулением проводимостей — связей между подсхемами (см. рисунок), т. е. $y_1 = y_2 = y_3 = y_4 = \ldots = y_7 \equiv 0$. В полученной схеме матрица узловых проводимостей является блочно-диагональной матрицей, а ее определитель равен произведению определителей обособленных подсхем (блоков диагоналей). Тогда при объединении двух подсхем необходимо «вырастить» последовательно каждую из разорванных ранее проводимостей в соответствии с известным [2] соотношением

$$\Delta_\Sigma = \Delta_1^0 \Delta_2^0 + y_2 \Delta_{(a+b)(a+b)}. \tag{1}$$

Здесь Δ_Σ — определитель матрицы подсхем с проводимостью y_2, равной номинальной (см. рисунок, *б*); Δ_1 и Δ_2^0 — определители обособленных подсхем (при $y_2 = 0$); $\Delta_{(a+b)(a+b)}$ — суммарное алгебраическое дополнение. Если корни определителя p_j найдены, то $\Delta_\Sigma(p_j) \equiv 0$ и выражение (1) может быть представлено в виде

$$y_2 = -\Delta_1^0 \Delta_2^0 / \Delta_{(a+b)(a+b)}. \tag{2}$$

Зависимость $p_j(y_2)$, как известно, не представима в виде аналитического выражения, а $y_2(p_j)$ как раз и является выражением

(2). Таким образом, выражение (2) — это формула для коррекции значения параметра при вычисленном $p_j(y_2)$. Относительная параметрическая погрешность

$$\delta_{2,j} = (y_2 - \bar{y}_2)/y_2 \qquad (3)$$

выступает параметрическим критерием для оценки точности вычисления координаты корня p_j. В самом деле, если вычисленное значение $\bar{y}_2$ весьма мало отличается от номинального, нет смысла в дальнейших уточнениях координаты p_j; если отклонение $\delta_{2,j}$ лежит ниже границы точности для параметра y_2 — координаты корней p_j можно считать вычисленными не для заданной схемы, а для некоторой гипотетической, параметры которой y_i заданы с некоторым наперед заданным малым отклонением δ_{ij} от номинальных параметров исходной схемы.

Удобство предложенного критерия очевидно. Процедура поиска корней в соответствии с (1), (2) требует последовательного «выращивания» всех ранее обнуленных проводимостей y_i. Поэтому погрешность δ_Σ в процессе «выращивания» связей будет накапливаться. Если малое отклонение Δy_i приводит к малому отклонению координаты Δp_j и наоборот, очевидной является линеаризация отклонений вблизи истинных значений y_i и p_j, что позволяет линеаризовать погрешность, вследствие чего погрешности на каждом этапе «выращивания» проводимостей становятся независимыми. Поэтому максимальная суммарная погрешность для всех m «выращенных» параметров y_i для каждого корня p_j имеет вид

$$\delta_\Sigma = \sqrt{\delta_{1j}^2 + \delta_{2j}^2 + \ldots + \delta_{mj}^2}. \qquad (4)$$

Следует отметить, что по формуле (4) можно оценить параметрическую погрешность для всех практически интересных случаев. В самом деле, пусть малое отклонение Δy_i приводит к большому отклонению Δp_j. Если координата p_j является показателем качества разрабатываемой схемы, то полученный результат заставляет отбраковывать такую схему, поскольку она не будет ни серийно способна, ни надежна в условиях изменения внешних факторов. Предложенный критерий весьма удобен при ручных вычислениях, а также анализе с помощью ПМК и ЭВМ.

1. *Гантмахер Ф. Р.* Теория матриц. М.: Наука, 1966. 573 с. 2. *Сигорский В. П.* Методы анализа электрических схем с многополюсными элементами. К.: Изд-во АН УССР, 1958. 475 с. 3. *Уилкинсон А.* Алгебраическая проблема собственных значений. М.: Наука, 1970. 263 с.

Поступила в редколлегию 02.09.86