УДК 621.372.061

АЛГОРИТМ КОРРЕКЦИИ ДЛЯ ПОИСКА КОРНЕЙ ОПРЕДЕЛИТЕЛЕЙ МАТРИЦЫ ИММИТАНСОВ

Я. К. ТРОХИМЕНКО, А. И. РЫБИН, Е. Г. ПЛАВНЕВА

Рассмотрены особенности использования параметрического критерия оценки точности вычисления координаты корня при реализации метода модификаций. Показано, что критерий является эффективным средством поиска корней, особенно в вырожденных случаях («расщеплении» кратных корней, при внесении «выращиваемой» реактивной ветвью нового корня в полином и др.).

Метод модификаций для вычисления координат корней сложных схем [1] включает три этапа: 1) аппроксимацию траектории движения каждого корня рядом Тейлора относительно проводимости «выращиваемого» параметра и вычисление приближения модификации корня; 2) коррекцию значения координаты корня не по приближенному ряду Тейлора, а по точной зависимости проводимости w_i от значения координаты корня; 3) оценку точности скорректированной пары параметров p_j, w_i по критерию отклонения истинного значения проводимости $\tilde{w}_i$ от значения w_i в ряде Тейлора в предположении, что вычисленное значение модификации корня p_j точное. В данной статье рассматриваются вопросы реализации 2-го и 3-го этапов, подробно не исследованные в работе [1].

Пусть при «выращивании» связи с проводимостью w_i между двумя подсхемами первое приближение модификации корня p_j вычислено в соответствии с рядом Тейлора k-го порядка. При этом возникает погрешность $\delta p_j < \varepsilon$, величина которой мала, если шаг Δw_i выбран таким образом, что относительный вклад членов ряда Тейлора от t-го по k-й в вычисляемое значение p_j меньше некоторой наперед заданной погрешности ε. Однако по мере вычисления модификации корня p_j как по параметру w_i, так и по другим параметрам $w_1, \dots, w_{i-1}, w_{i+1}, \dots, w_m$, погрешность будет накапливаться и вычисляемая траектория будет все более удаляться от истинной. Более того, для ряда Тэйлора неизвестен вклад производных $m+1$-го порядка и более высоких, что также может привести к значительной погрешности. Поэтому во избежание накопления погрешности на каждом шаге модификации необходима дополнительная коррекция.

Для коррекции результата воспользуемся следующими соображениями. Определитель функции всей цепи (или определитель функции двух объединяемых подсхем) как функция «выращиваемого» параметра w_i представляется в виде

$$\Delta(p, w_i) = \Delta(p)\big|_{w_i=0} + w_i \left.\frac{\partial \Delta(p)}{\partial w_i}\right|_{w_i=0}. \tag{1}$$

Если корни полинома $\Delta(p)$ известны, то для каждого p_j выражение (1) может быть представлено в виде

$$\Delta(p)\big|_{w_i=0} + w_i \left.\frac{\partial \Delta(p)}{\partial w_i}\right|_{\substack{w_i=0\\ p=p_j}} = 0, \tag{2}$$

откуда для каждого нового значения $p_j(w_i)$ обратная зависимость $w_i(p_j)$ может быть представлена в явном виде

$$w_i = -\left.\frac{\Delta(p)}{\dfrac{\partial \Delta(p)}{\partial w_i}}\right|_{p=p_j}, \tag{3}$$

где $\Delta(p)$ и $\partial\Delta(p)/\partial w_i$ вычислены для случая $p = p_j^0 = p_j(w_i = 0)$; $w_i = 0$.

Изменяя значение p_j, т. е. текущее значение p в выражении (3), получаем значение w_i, при котором вычисленное при помощи ряда Тэйлора или грубо оцененное по первой производной приближение корня, является точным корнем полинома $\Delta(p, w_i)$. Следует особо подчеркнуть, что в отличие от функции $p_j(w_i)$ функция $w_i(p)$ представляется в виде явной функциональной зависимости (3), что упрощает все вычисления.

Механизм коррекции поясним на примере (рис. 1). Пусть траектория координаты корня (для простоты рассмотрим действительный корень), вычисленная в соответствии с рядом Тэйлора (кривая *2*), отличается от истинной (кривая *1*) на величину Δp_j в точке $w_i = w_i^{\circ}$.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Трохименко Я. К., Рыбин А. И., Плавнева Е. Г.* Вычисление корней определителей матрицы иммитансов методов модификаций // Радиоэлектроника.— 1987.— № 11.— С. 30—37. (Изв. высш. учеб. заведений).

2. *Трохименко Я. К.* Метод обобщенных чисел и анализ линейных цепей.— М. : Сов. радио, 1972.— 312 с.

3. *Система* автоматизированного проектирования аналоговых электронных цепей / Я. К. Трохименко, В. К. Ловкий, Н. И. Ястребов, Н. В. Гребеньков // Радиоэлектроника.— 1984.— № 6.— С. 95—96. (Изв. высш. учеб. заведений).

Поступила в редакцию 20.10.86.