



ОЦЕНОЧНЫЙ КРИТЕРИЙ ВЫДЕЛЕНИЯ СУЩЕСТВЕННЫХ РЕАКТИВНОСТЕЙ СХЕМЫ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ЧАСТОТНЫХ МАКРОМОДЕЛЕЙ

ПРАСОЛ И.В., СЕМЕНЕЦ В.В., СОВА А.В.

При построении линейных макромоделей электронных схем в частотной области выделяют наиболее существенные реактивности. Предложен оценочный критерий такого выделения, который базируется на оценке области локализации собственных значений матрицы с помощью кругов Гершгорина.

В [1] предлагается универсальная процедура редукции математической модели линейной электронной схемы в однородном координатном базисе узловых потенциалов. Она учитывает часть внутренних узлов в качестве формальных полюсных.

Внутренний узел рассматривается как полюсный, если к нему подключена хотя бы одна из доминирующих в заданном частотном диапазоне емкостей.

При построении модели считалось известным инвариантное правое подпространство матрицы A_1 размерности s . Несмотря на то, что в настоящее время существуют довольно эффективные алгоритмы отыскания собственных чисел и инвариантных подпространств матриц, процесс их поиска не отличается оперативностью.

В связи с этим необходимо ввести оценочный критерий разбиения. Оценить область локализации собственных значений матрицы можно с помощью кругов Гершгорина или овалов Кассини [2]. Так, если использовать теорему Гершгорина, оценочный алгоритм формирования множества C_m будет следующим.

Шаг 1. Фиксируем значение $k = 1$.

Шаг 2. Для главного минора матрицы A_1 , расположенного в столбцах матрицы A_1 с номерами

$j = \overline{i_1, i}$, где $i_1 = i + 1 - k$; a_{ij} — число реактивностей схемы, определяем область локализации его значений, которая представляет собой объединение кругов Гершгорина

$$|\lambda - a_{nn}| \leq \sum_{m \neq n} |a_{nm}|. \quad (1)$$

Здесь a_{nn} — элементы рассматриваемого главного минора.

Шаг 3. Проверяем вложенность полученной области локализации собственных значений главного минора в допустимую область комплексной плоскости, ограниченную прямыми $\text{Re}(z) = 1$ и $\text{Re}(z) = -1$.

Шаг 4. Если спектральный радиус выбранного минора меньше единицы, наращиваем значение K и возвращаемся к шагу 2.

Шаг 5. Выполняем, если происходит нарушение условия, проверяемого на шаге 3. Это означает, что включение емкости с номером i_1 в состав множества C_m нарушает условие обратимости матрицы $E_{mm} + p \cdot A'_{mm}$ в заданном диапазоне частот, где A'_{mm} — рассматриваемый минор. При этом i_1 — e строку и столбец помещаем в начало матрицы A_1 и переходим к шагу 2.

Процесс прекращается, если на шаге 2 получен минор, содержащий перемещенные ранее строку и столбец.

В результате реализации данной процедуры получаем матрицу A . Представим уравнение (4) и первое блочное системы (2) [1]:

$$\begin{aligned} H_{cc} \cdot \Phi_c + H_{cs} \cdot V_s + H_{cm} \cdot V_m &= J_c; \\ G_{sc} \cdot \Phi_c + V_s &= -p \cdot A'_{ss} \cdot V_s - p \cdot A'_{sm} \cdot V_m; \\ G_{mc} \cdot \Phi_c + V_m &= -p \cdot A'_{ms} \cdot V_s - p \cdot A'_{mm} \cdot V_m. \end{aligned} \quad (2)$$

Используя низкочастотное приближение

$$V_m \approx -(E_{mm} - p \cdot A'_{mm}) \cdot G_{mc} \cdot \Phi_c - p \cdot A'_{ms} \cdot V_s, \quad (3)$$

получаем уравнения редуцированной модели

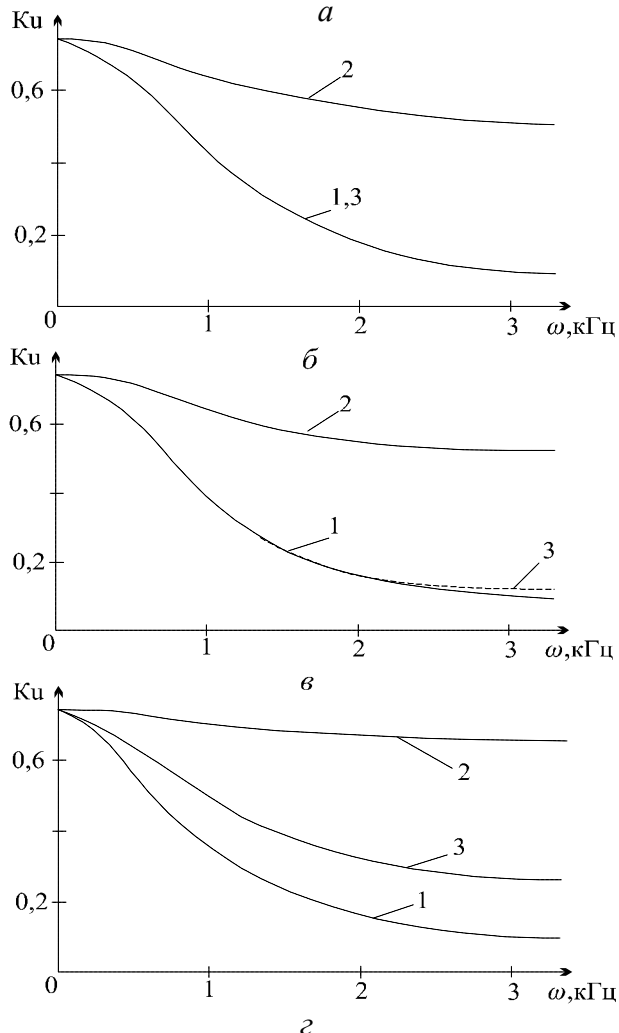
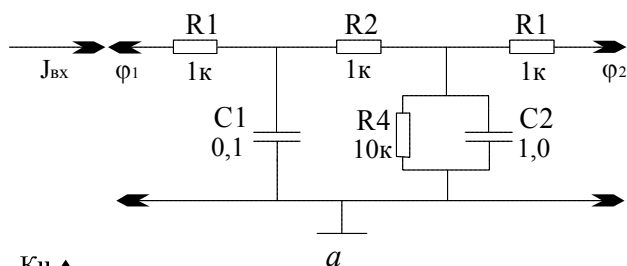
$$\begin{aligned} (H_{cc} - H_{cm} \cdot G_{mc} + p \cdot H_{cm} \cdot A'_{mm} \cdot G_{mc}) \cdot \Phi_c + \\ + (H_{cs} - p \cdot H_{cm} \cdot A'_{ms}) \cdot V_s &= J_c; \\ (G_{sc} - p \cdot A'_{sm} \cdot G_{mc}) \cdot \Phi_c + (E_{ss} + p \cdot A'_{ss}) \cdot V_s &= 0. \end{aligned} \quad (4)$$

С помощью рассмотренного алгоритма получим модель схемы, изображенной на рисунке, в диапазоне частот от 0 до $\omega_{\max} = 2$ кГц. Оценка собственных значений матрицы A_1 с помощью кругов Гершгорина показывает, что в данном диапазоне частот ёмкость C_2 не может быть включена в состав множества C_m , так как при этом нарушается условие обратимости матрицы $E_{mm} + p \cdot A'_{mm} \cdot MM$, построенной согласно предложенному алгоритму:

$$\begin{aligned} \left[\begin{array}{l} 0,34375 + p \cdot 4,10977 \cdot 10^{-5} - 0,3125 + p \cdot 3,33 \cdot 10^{-5} \\ -0,3125 + p \cdot 2,05078 \cdot 10^{-5} - 0,375 + p \cdot 6,35 \cdot 10^{-4} \end{array} \right] \times \\ \times \left[\begin{array}{l} \Phi_1 \\ \Phi_2 \end{array} \right] = \left[\begin{array}{l} j_{\text{ex}} \\ 0 \end{array} \right]. \end{aligned} \quad (5)$$

На рисунке (поз.б-г) показаны АЧХ схемы для значений ёмкости C_1 0,01, 0,1 и 1,0 мкФ соответственно. АЧХ рассчитывали по полной математической модели в базисе узловых потенциалов (кривая 1) и макромоделям, полученным по методике [3], а также с помощью предложенного выше алгоритма (кривые 2 и 3 соответственно).

Относительная среднеквадратическая погрешность моделирования АЧХ с помощью модели (4) составляет 0,07% ($C_1 = 0,01$ мкФ) и 1,3% ($C_1 = 0,1$ мкФ).



Исследуемая схема (а) и ее амплитудно-частотные характеристики (б-г)

Возрастание погрешности моделирования в случае увеличения емкости C_2 до 1 мкФ объясняется отсутствием главных миноров матрицы A_1 , имеющих спектральный радиус, меньший единицы.

Предложенный алгоритм реализован в комплексе программ сквозного проектирования РЭА, эффективен при решении ряда конкретных задач.

Литература: 1. Прасол И.В., Семенец В.В. Редукция модели при частотном анализе схем // Радиоэлектроника и информатика. 1997. №1. С. 95-96. 2. Вревдин В.В., Кузнецов Ю.А. Матрицы и вычисления. М.: Наука, 1984. 216 с. 3. Баталов Б.В., Егоров Ю.Б., Русаков С.Г. Основы математического моделирования больших интегральных схем на ЭВМ. М.: Радио и связь, 1982. 304с.

Поступила в редколлегию 10.02.98

Прасол Игорь Викторович, канд. техн. наук, доцент кафедры биомедицинских электронных устройств и систем ХТУРЭ. Научные интересы: компьютерное моделирование и оптимизация сложных аналоговых схем, синтез цифровых схем, проектирование портативных диагностических устройств. Увлечения и хобби: нетрадиционные методы лечения, психология, автотуризм. Адрес: 310726, Украина, Харьков, пр. Ленина, 14, тел. 40-93-64.

Семенец Валерий Васильевич, д-р техн. наук, профессор, проректор по учебно-методической работе ХТУРЭ. Научные интересы: конструкторское проектирование БИС, логический синтез. Увлечения и хобби: футбол. Адрес: 310726, Украина, Харьков, пр. Ленина, 14, тел. 30-27-05.

Сова Анна Васильевна, канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры высшей математики ХТУРЭ. Научные интересы: математическая статистика, математическое моделирование, радиофизика. Адрес: 310726, Украина, Харьков, пр. Ленина, 14, тел. 40-93-72.

УДК 621.317.733.011.2.088.3

ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ ТОЧНОСТІ ВИМІРЮВАНЬ ЕЛЕКТРИЧНОГО ОПОРУ ШЛЯХОМ УДОСКОНАЛЕННЯ ЕТАЛОННИХ ЗАСОБІВ

ІВИЦЬКИЙ І.Р.

Надана еволюція удосконалення еталонних засобів електричного опору. Проведено науковий аналіз сучасних еталонних засобів. Розглянуто можливості підвищення точності відтворення, зберігання й передавання розміру одиниці електричного опору на основі застосування наукових досягнень і новітніх технологій.

Від точності та достовірності результатів вимірювань значною мірою залежать технічні рівні виробництва, боєздатності військової техніки, безаварійної роботи транспорту, ресурсозабезпечення, охорони здоров'я, праці та довкілля тощо.

Актуальність досягнення необхідної точності метрологічних робіт щодо вимірювань електричного опору обумовлена розвитком наукових досліджень із застосуванням еталонних і зразкових засобів, створенням нових високоточних засобів вимірювальної техніки та прецизійних резисторів, які використовуються у космічній та оборонній галузях, приладобудуванні, ядерній фізиці, радіоелектроніці, медицині, в обчислювальних, автоматизованих та інших системах.

Підвищення рівня точності базується на сучасних досягненнях в галузі технологій, математиці та пов'язано, в першу чергу, з фізичними можливостями