ШАПОВАЛОВ Р.Г., ПАХОМОВ А.А.

Таганрогский радиотехнический университет

ЧИСЛЕННО-АНАЛИТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИ АКТИВНЫХ ФИЛЬТРОВ

Автоматизированный анализ различных радиотехнических устройств с помощью схемотехнических систем автоматизированного проектирования (САПР) в частотной области очень часто связан с необходимостью качественного и количественного анализа получаемых численных результатов. В тех случаях, когда необходимо исследовать влияние изменения величины одного или нескольких элементов на характеристики цепи, проведение многовариантного анализа в среде стандартных схемотехнических САПР является достаточно продолжительной процедурой. Результатом расчёта является громоздкий набор чисел, не дающих однозначного ответа о функциональном характере полученных зависимостей. Если искомая характеристика имеет вид сложной функции (например, характеристика фильтра Чебышева, имеющая неравномерности как в полосе пропускания, так и в полосе заграждения), то определение характера зависимости затруднено. Точно характер полученной зависимости можно определить, зная выражение искомой функции в символьном виде. В [1] приводятся следующие соображения, из которых следует необходимость применения символьных функций электронных схем, важнейшими из которых| являются следующие:

наглядность, возможность контроля ошибок, анализ чувствительности и влияния изменения параметров.

Примером эффективного применения численно-аналитических методов для получения символьных функций является анализ известных схем активных фильтров на операционных усилителях. При вычислении кривых амплитудно- и фазочастотных характеристик требовалось оценить влияние величин элементов фильтрующих цепей на форму кривых и| значения характерных параметров: частоты резонанса и добротности. Если производить расчет с помощью стандартных С'АПР (PSpice, MicroCap и т.п.), то необходимо для каждого значения фильтрующего элемента выполнять расчет характеристики для полной схемы фильтра. Если же коэффициент передачи выразить в виде формулы, в которой интересующий параметр представлен символьным обозначением, то задача анализа сведётся к вычислению значений функции для нескольких различных значений переменной. Реализация программным путем второго подхода значительно проще, чем при применении стандартных пакетов схемотехнического моделировании и имеет следующие преимущества: повышает скорость и точность расчетов.

Аналитическое выражение позволяет полнее учесть влияние каждого параметра на все свойства системы - получается более совершенная модель радиоэлектронного каскада. Численный расчет дает возможность преодолеть тупик, связанный с |факториальным ростом сложности аналитических соотношений. При исследовании схем активных фильтров в частотной области с учетом паразитных элементов в модели операционного усилителя с помощью универсальной системы компьютерной алгебры REDUCE было получено выражение коэффициента передачи напряжения в символьном виде.

Для практического применения наиболее перспективно совместное использование аналитических и численных методов: аналитическим путем определяется выражение, описывающее искомую зависимость, и затем полученная формула программируется на языке численного программирования высокого уровня [2]. Для получения аналитического выражения могут использоваться универсальные системы компьютерной алгебры (REDUCE, MATHEMATICA, MAPLE, DERIVE и другие).

Практические результаты применения описанного подхода к анализу схем активных фильтров следующие:

- расчет частотных характеристик известных схем фильтров производится в десятки раз быстрее, чем в среде САПР PSpice;
- аналитически получены выражения расчета чувствительности коэффициента передачи фильтров к изменению параметров элементов.

Литература

1. Чуа Л.О., Лин Пен-Мин. Машинный анализ электронных схем: Алгоритмы и численные методы. Пер. с англ. - М.:
2. Энергия. 1980. С. 640.
3. Орличенко А.Н. Информационный подход к построению схемотехнической САПР /ТРТИ. 1987. С. 12. Деп. в ВИНИТИ 20.6.88. № 4819-В 88. Реферат опубл. в Библ. указ. ВИНИТИ "Депонир. рук". 1988. № 9. б/о 564.