

STAN – инструмент для анализа устойчивости СВЧ-цепей

AMCAD Engineering

Перевод: Елена Кириленко

В статье описывается оригинальный метод анализа устойчивости СВЧ-цепей, а также построенное на его базе инструментальное средство, интегрируемое с рядом популярных систем автоматизированного проектирования.

Возникновение автоколебаний в СВЧ-цепях является одной из основных проблем, которые встречаются в процессе разработки усилителей мощности. Такие автоколебания имеют место из-за присутствия обратной связи, которая, в свою очередь, может проявляться в случаях высокого уровня усиления, в том числе и вне рабочего диапазона частот. Наличие нежелательных колебаний также зависит от выбранной рабочей точки питания устройства (устойчивость при линейных возмущениях) или же от уровня мощности, подаваемой на вход устройства (устойчивость при нелинейных возмущениях). Возможность получения максимально полной информации об устойчивости усилителя в процессе проектирования очень важна, в особенности для монолитных интегральных цепей (Monolithic Microwave Integrated Circuit, MMIC), где полностью отсутствует возможность какой-либо коррекции цепи после её производства.

Для анализа устойчивости СВЧ-цепей на маломощных и мощных сиг-

налах разработчиками используются различные методы. Некоторые из них встроены в коммерческие САПР, что упрощает их применение, например, μ -анализ и анализ методом К-фактора, которые предназначены для линейных устройств с двумя точками подключения и нежелательны в случае цепей с множеством активных компонентов. Более точные методы анализа на малом сигнале, применимые к устройствам с большим количеством активных компонентов, представлены в литературе, но являются слишком сложными для использования в САПР, особенно в случае цепей с множеством активных элементов.

В большинстве коммерческих САПР нет инструментов для анализа устойчивости в нелинейных режимах работы СВЧ-цепи. При этом разработаны различные методы такого анализа, но большинство из них не обеспечивают требуемую точность или же они являются слишком сложными для использования в процессе промышленной разработки.

Инструмент анализа устойчивости СВЧ-цепей STAN позволяет решить описанные проблемы и осуществить анализ устойчивости цепей на маломощных и мощных сигналах. Запатентованная методика, разработанная в Университете Страны Басков совместно с французским Национальным центром космических исследований (CNES), способна обнаружить и распознать природу автоколебаний, например, таких как параметрические колебания в усилителях мощности, которые могут зависеть от входного управляющего сигнала. Знание типа автоколебания упрощает введение стабилизирующих цепей, обеспечивающих баланс между требуемым запасом устойчивости и сохранением исходных характеристик цепи.

Описываемый метод базируется на идентификации нулей и полюсов. Пре-

имущество метода заключается в том, что одну и ту же методику можно применять для анализа систем с постоянным током, а также для анализа устойчивости при маломощном и мощном сигналах, основываясь на результатах симуляций, полученных средствами коммерческих САПР. На рисунке 1 показан источник синусоидального тока, соединённый с выбранным узлом цепи для анализа устойчивости, где f_0, P_{in} – частота и мощность генератора, R_G – внутреннее сопротивление генератора, R_L – сопротивление нагрузки, V_{out} – выходное напряжение, i_{in}, f_s – ток и частота источника синусоидального тока.

ИНТЕГРАЦИЯ С СИСТЕМАМИ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

На первом этапе работы с СВЧ-цепью нужно выбрать узел в цепи и подключить к нему источник тока. Далее для получения частотной характеристики цепи необходимо воспользоваться соответствующей линейной или нелинейной симуляцией. Соответствующие шаблоны для проведения симуляций доступны для программных пакетов Keysight ADS и AWR Microwave Office.

Вторым шагом является определение частотной характеристики цепи, получение передаточной функции и соответствующих ей нулей и полюсов. Этот шаг выполняется с помощью инструмента STAN, который на основе текстового файла, экспортированного из симулятора цепей, позволяет легко получить и проанализировать результаты. На рисунке 2 продемонстрирована карта нулей и полюсов, где \times – полюса; \circ – нули, а красным \times отмечены полюса с положительной реальной частью, означающие наличие колебаний на данных частотах.

ВЫБОР УЗЛА ЦЕПИ И АВТОКОЛЕБАНИЯ

В простой цепи с ясной структурой обратной связи (ряд усилителей, осцилляторов, и так далее) любой из узлов может использоваться для анализа. Однако для более сложных

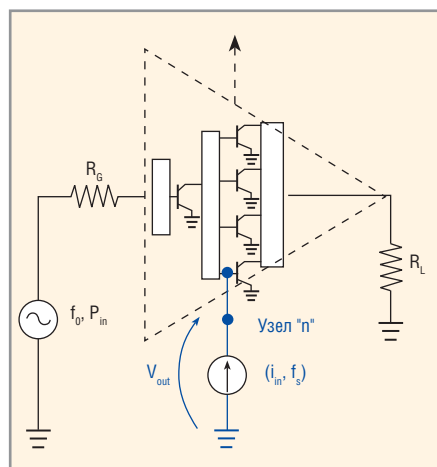


Рис. 1. Маломощный источник синусоидального тока, соединённый с выбранным узлом цепи для анализа устойчивости

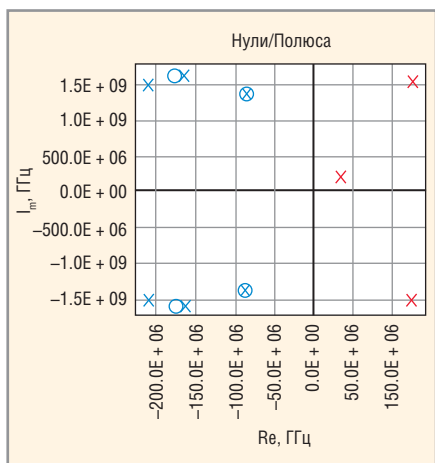


Рис. 2. Карта нулей и полюсов

цепей, например для многокаскадных усилителей мощности, рекомендуется проводить как минимум один анализ на каждый усилительный каскад.

Необходимость анализа устойчивости в нескольких узлах цепи не является недостатком данного метода, потому что именно так можно получить дополнительную информацию о природе автоколебаний, а также о конкретном месте, в котором возникает такое колебание. Итак, после завершения анализа нескольких узлов с полученными результатами можно определить тип режима возникающих автоколебаний и их расположение в цепи. Данная информация, в свою очередь, поможет разработчику выбрать оптимальную стратегию стабилизации.

ПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

Инструмент STAN также позволяет выполнить мультипараметрический анализ, то есть анализ с изменением значений параметров цепи. Этот анализ можно применять для проверки работы цепи в различных условиях или же для контроля критических резонансов, при изменении уровня входной управляющей мощности, импеданса нагрузки или любого параметра внутри цепи. Отслеживание положения критических полюсов цепи позволяет лучше понять динамику цепи и помогает выяснить, какой из параметров влияет на её устойчивость. На рисунке 3 приведено положение полюсов в зависимости от входной мощности и показано, что начиная с уровня 13 дБм появляются автоколебания.

Параметрический анализ также очень полезен для оптимизации цепей стабилизации. Он упрощает поиск оптимального компромисса между

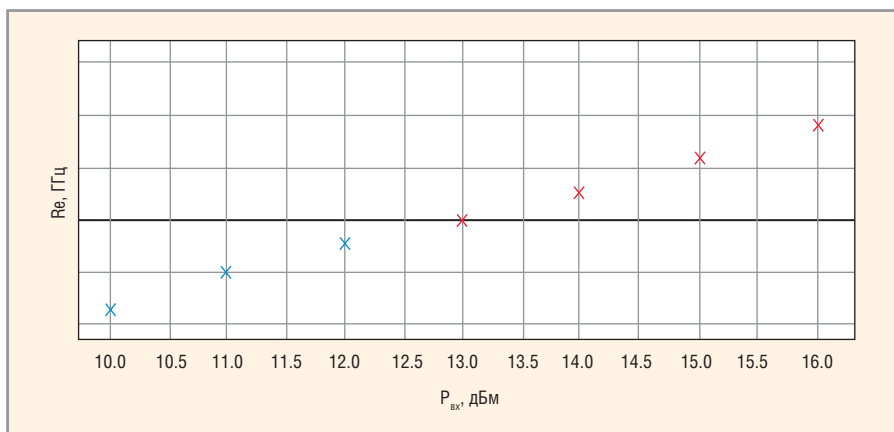


Рис. 3. Зависимость положения полюсов от уровня входной мощности

(Красным отмечены полюса, в которых возникают автоколебания)

запасом устойчивости цепи и сохранением её СВЧ-характеристик.

Новый подход К РАЗРАБОТКЕ

Широко используемые техники стабилизации СВЧ-цепей в основном являются эмпирическими и слишком консервативными. Зачастую разработчики перегружают цепи, перестраховываются и оставляют слишком большой запас устойчивости. Это приводит к тому, что итоговые цепи будут ограничены в значениях выходной мощности, размере и других качественных характеристиках.

Использование инструмента STAN с первых этапов разработки – это современный подход к проектированию СВЧ-цепей. STAN может исполь-

зоваться на протяжении всего процесса оптимизации, что помогает снизить влияние цепей стабилизации на качественные характеристики работы устройства на основной частоте и позволяет одновременно сохранить запас устойчивости цепи. Благодаря скорости идентификации характеристик цепи, в данном инструменте появляется возможность выполнить анализ устойчивости по методу Монте-Карло, показывающий устойчивость схемы к изменениям процесса производства.

ЛИТЕРАТУРА

1. www.microwavejournal.com/articles/21971-stan-circuit-stability-analysis-tool.





IF/RF & Microwave Design

UNO-10M

Синтезатор частот

Диапазон частот: **100 кГц .. 13 ГГц**

Шаг перестройки: **0.001 Гц**

Уровень фазового шума: **-140 дБн/Гц**
при отстройке **20 кГц @ 1 ГГц**

Выходная мощность: **-10..+15 дБм**

Шаг регулировки: **0.5 дБ**

Время перестройки:
шаг 10 МГц: **<1 мкс**
шаг 1 ГГц: **<40 мкс**
во всем диапазоне: **<140 мкс**

Опорный сигнал:
диапазон частот: **1-250 МГц**
уровень мощности: **0±10 дБм**

Габаритные размеры: **185x87.5x26.8 мм**

Сделано в России

Выход опорной частоты: **10/100 МГц**

Рабочий диапазон: **-40...+65°C**

www.advantex.ru
info@advantex.ru

