

# Семинар №4 по курсу «Электромагнитная совместимость РЭС».

## Способы измерения помех.

к.т.н., доцент кафедры ЭИУ1-КФ Кузнецов В.В.

15 октября 2015 г.

### 1 Введение

Цель данного семинара — рассмотрение способов сопряжения измерительного оборудования с объектом измерения при измерении уровня кондуктивных помех, отдаваемых аппаратурой в цепь питания и в нагрузку. Рассматриваются эквиваленты сети и пробники напряжения.

### 2 Средства сопряжения измерительного оборудования с источником помех

#### 2.1 Схемы измерения кондуктивных помех

Помехи по сети питания могут быть измерены при помощи эквивалента сети или пробника напряжения. Схемы измерения уровня помех установлены государственными стандартами.

Схема измерения при помощи эквивалента сети применяется для измерения помех отдаваемых аппаратурой (например источником вторичного электропитания — ИВЭП) в питающую сеть. Схема измерения показана на рис.1.

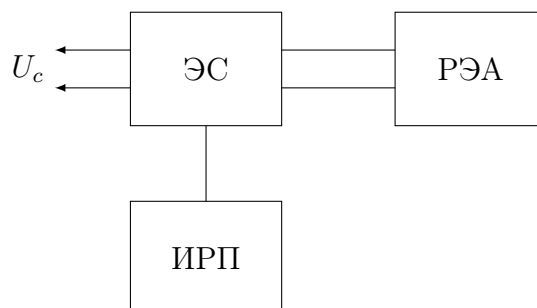


Рис. 1. Структурная схема измерения напряжения помех, отдаваемых РЭА в питающую сеть при помощи эквивалента сети (ЭС). ИРП — измеритель помех

Как правило производится измерение помех при помощи селективного микровольтметра, который представляет собой супергетеродинный широкополосный радиоприёмник с калиброванной АРУ. Ведущим производителем селективных микровольтметров является фирма Rohde&Schwarz.

Пробник напряжения подобен частотнокомпенсированному делителю, применяемому в осциллографах. Он включается параллельно нагрузке и применяется как правило для измерения помех, отдаваемых РЭА (как правило ИВЭП) в нагрузку.

## 2.2 Эквиваленты сети

Для отбора напряжения помех из сети питания и согласования сети питания со входом измерительного прибора применяются эквиваленты сети. Эквивалент сети (англ. Line Impedance Stabilization Network, сокр. LISN) это электротехническое приспособление, которое используется как эквивалент сети низкого напряжения при измерениях и тестах на электромагнитную совместимость.

Эквивалент сети решает следующие задачи:

1. Снабжение проверяемого устройства сетевым напряжением.
2. Отфильтровывание высокочастотных составляющих сетевого напряжения.
3. Предоставление проверяемому устройству стандартного импеданса со стороны сети.
4. Соединение проверяемого устройства и измерительного прибора.

Наиболее частот применяется V-образный эквивалент сети. Его схема показана на рис.2. Прибор применяется при измерении помех как в сетях постоянного, так и переменного тока.

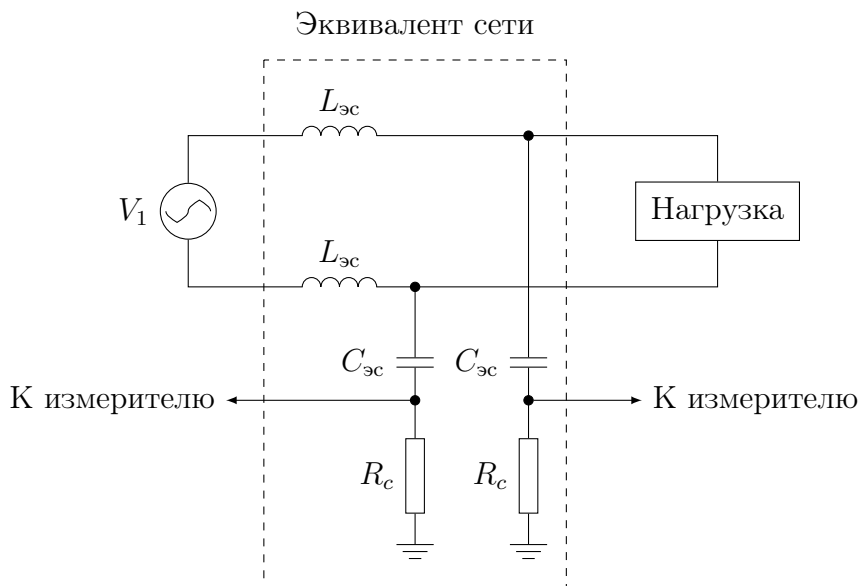


Рис. 2. Схема включения двухпроводного V-образного эквивалента сети.

Данная схема позволяет измерять напряжение радиопомех по каждому проводу отдельно.

На схеме элементы  $L_{эс}C_{эс}R_c$  образуют фильтр, предотвращающий попадание в измеритель помех напряжения с частотой сети. Конденсаторы  $C_{эс}$  отделяют постоянную составляющую.

Эквиваленты сети производит фирма Rohde&Schwarz.

## 2.3 Пробники напряжения

Пробник напряжения выполняет задачу отделения постоянной составляющей от напряжения помех и согласования входа измерителя помех с сетью. Пробник вносит затухание в измеряемый сигнал. Типовая схема пробника показана на рис.3.

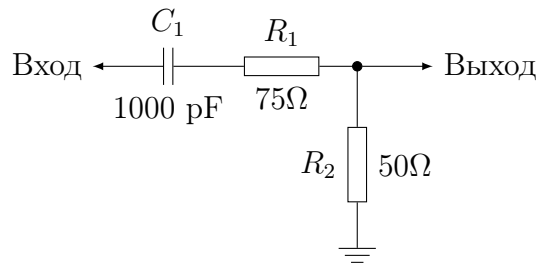


Рис. 3. Схема электрическая принципиальная пробника для измерения напряжения радиопомех

### 3 Моделирование характеристик эквивалента сети и пробника напряжения в частотной области

#### 3.1 Эквивалент сети NNB-101

Промоделируем АЧХ эквивалента сети NNB-101. Нужно провести моделирование АЧХ со стороны линии на вход, со стороны нагрузки. Эквивалент сети NNB-101 предназначен для измерения уровня кондуктивных помех в сетях питания при помощи селективного микровольтметра со входным сопротивлением 75 Ом.

Чтобы снять данные характеристики в Qucs имеется моделирование S-параметров многопортовой схемы. Чтобы произвести такое моделирование, на схеме нужно разместить несколько источников питания и выполнить моделирование S-параметров.

Пример схемы эквивалента сети с моделированием S-параметров многопортовой схемы показан на рис.4

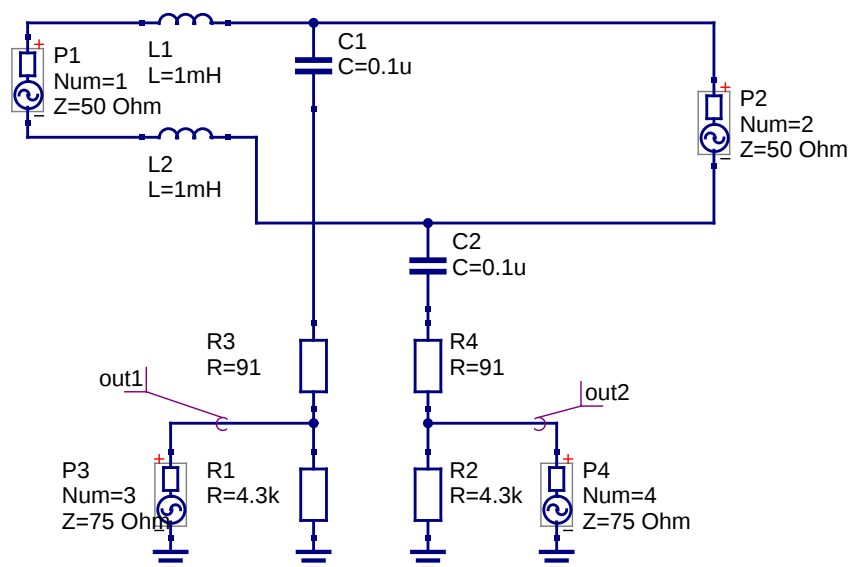


Рис. 4. Эквивалент сети NNB-101

Коэффициенту передачи со стороны линии питающего напряжения на выходы будет соответствовать параметры  $S_{13}$  и  $S_{14}$ , а со стороны аппаратуры на выходы — параметры  $S_{23}$  и  $S_{24}$ . На рис.5 показана частотная зависимость коэффициента передачи со стороны линии, а на рис.6 — коэффициента передачи со стороны проверяемой аппаратуры. Оба выхода прибора (out1 и out2) равнозначны и коэффициент передачи одинаков.

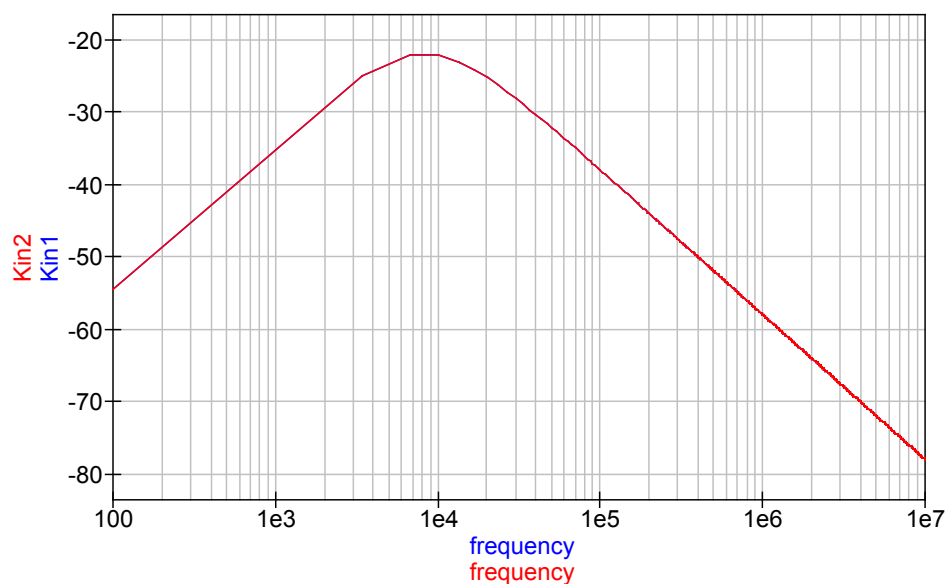


Рис. 5. Коэффициент передачи эквивалента сети со стороны линии питания

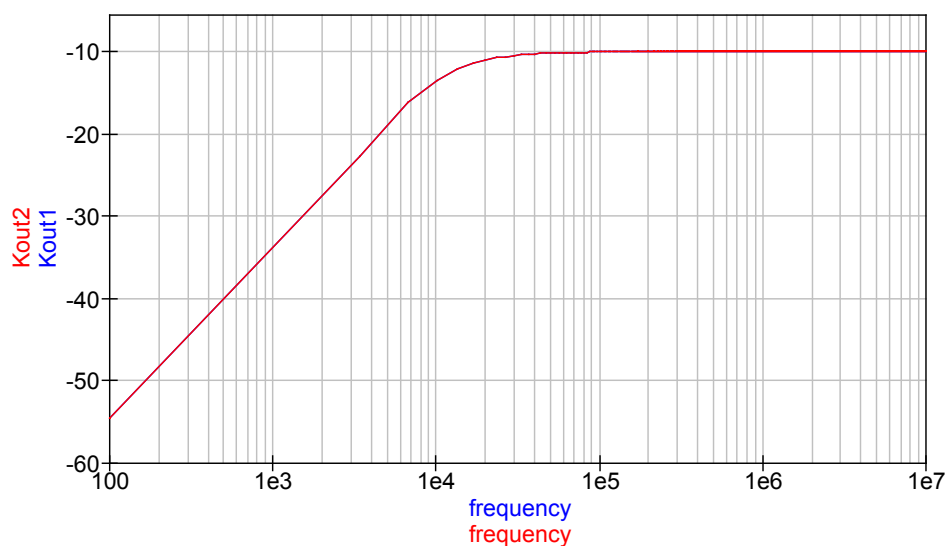


Рис. 6. Коэффициент передачи эквивалента сети со стороны аппаратуры

Из полученных зависимостей видно, что эквивалент сети пропускает все высокочастотные (ВЧ) составляющие спектра помех со стороны аппаратуры и блокирует постоянную составляющую и низкочастотные составляющие напряжения питания. Компонент Уравнение1 переводит значения S-параметров в децибелы.

## 3.2 Пробник ТК-111

Пробник ТК-111 представляет собой РС-ФВЧ, который блокирует постоянную составляющую на входе прибора для измерения помех. Схема пробника в Qucs показана на рис.7.

В результате моделирования мы получим зависимость коэффициента передачи проб-

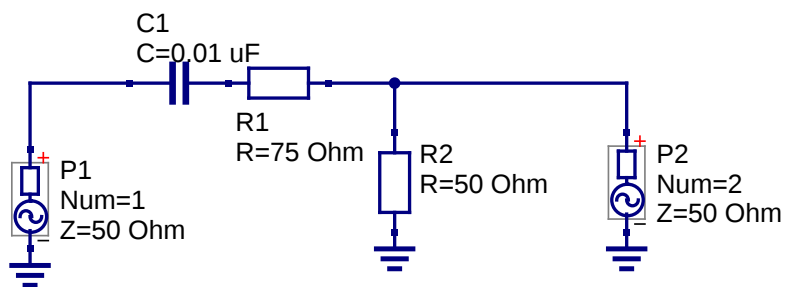


Рис. 7. Моделирование пробника ТК-111

ника  $S_{21}$  от частоты.

### 3.3 Задание для самостоятельной работы

Смоделировать в программе Qucs схему эквивалента сети рис. 4 и добиться её работоспособности. В отчёт включить схему и зависимости коэффициента передачи со стороны линии питания и аппаратуры. Выполнить подписи по осям графиков.

Выполнить моделирование схемы пробника ТК-111 рис.7. В отчёт включить зависимость коэффициента передачи от частоты. График построить в логарифмическом масштабе и выполнить подписи по осям.

## 4 Заключение

В результате выполнения семинара студенты ознакомились с аппаратурой для сопряжения измерителей уровня помех с объектом измерения: эквивалентами сети и пробниками напряжения. Проведено моделирование данного типа устройств при помощи моделирования S-параметров многопортовой схемы.