

АНАЛИЗ АМПЛИТУДНО-ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭКВИВАЛЕНТА СЕТИ

А.А. Дроздова, Н.В. Богданов, студенты; С.А. Тернов, магистрант

Научный руководитель М.Е. Комнатнов, к.т.н.

*г. Томск, ТУСУР, каф. ТУ, nastya040218@mail.ru, maxmek@mail.ru
Проект ГПО ТУ-1503 «Разработка устройств для испытаний на ЭМС»*

Измерение кондуктивных помех, распространяющихся по цепям питания от испытуемого радиоэлектронного средства (РЭС), проводят с использованием эквивалента сети (Line Impedance Stabilization Network (LISN)) [1]. Устройство эквивалента сети представляет собой фильтр, позволяющий снабжать испытуемое РЭС сетевым напряжением, отфильтровывать высокочастотные составляющие сетевого напряжения, согласовывать импеданс со стороны сети, выполнять измерения, используя контрольно-измерительные приборы (КИП). Фильтрация кондуктивных помех от испытуемого РЭС в цепь электропитания осуществляется с помощью элементов с сосредоточенными параметрами для работы в требуемом диапазоне частот [2]. Однако остается неясным, каким образом оказывает влияние сопротивление нагрузки на амплитудно-частотную характеристику эквивалента сети.

Цель работы – выполнить анализ амплитудно-частотной характеристики эквивалента сети при изменении значения сопротивления нагрузки.

Схема [3] эквивалента сети представлена на рис. 1. Схема согласно [3] содержит: $L_1 = 56$ мкГн; $C_1 = 22,5$ мкФ; $C_2 = 22,5$ мкФ; $R_1 = 1$ Ом; $R_2 = 1$ кОм. С помощью ключей S_1 и S_2 включают испытуемое РЭС и КИП.

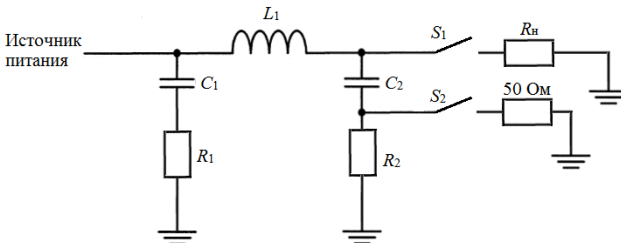
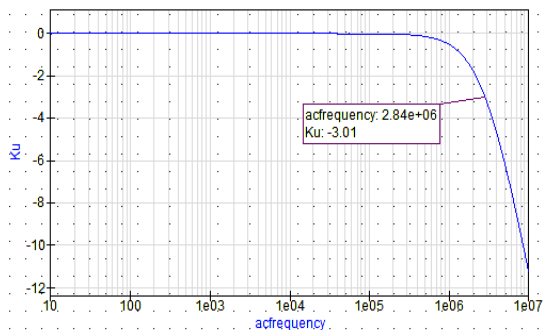


Рис. 1. Схема эквивалента сети [3]

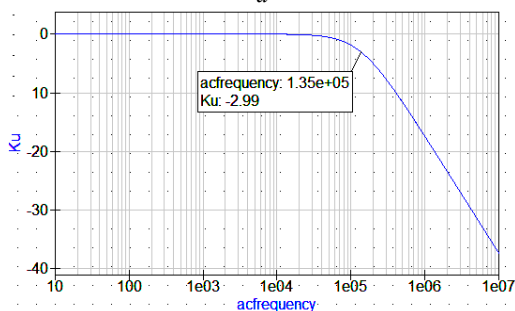
Выполнено моделирование схемы (см. рис. 1) и получены амплитудно-частотные характеристики (АЧХ) эквивалента сети без (рис. 2, а) и с поочередным включением КИП (S_2 замкнут) (рис. 2, б) и испытуемого РЭС (S_1 и S_2 замкнуты) (рис. 2, в, г). Сопротивление нагрузки изменялось от 5 до 50 Ом. Диапазон сопротивлений нагрузки

R_n выбран исходя из возможных волновых сопротивлений силовой шины электропитания [7].

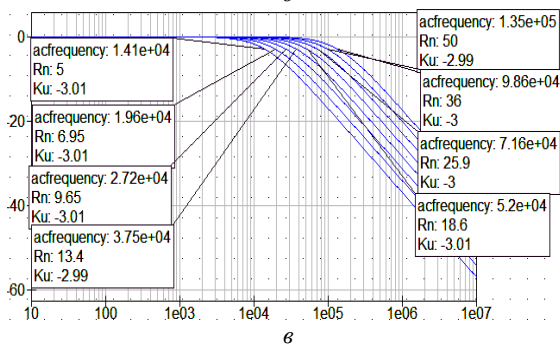
Из полученных результатов видно, что без испытуемого РЭС и КИП частота среза f_{CP} составляет 2,84 МГц (см. рис. 2, а), при этом крутизна 12,5 дБ/дек. При подключении КИП (см. рис. 2, б) f_{CP} уменьшается более чем в 2 раза (135 кГц), а крутизна увеличивается до 17,5 дБ/дек.



а



б



в

Рис. 2 (начало)

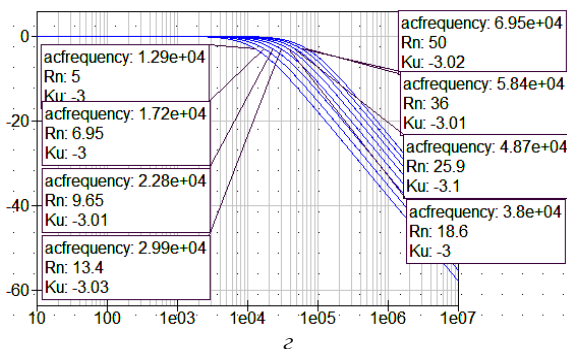


Рис. 2 (окончание). АЧХ эквивалента сети без подключения испытуемого РЭС и измерительного оборудования (а), с подключенным КИП (б), с подключенным испытуемым РЭС (в), с подключенными испытуемым РЭС и КИП (з)

При подключении испытуемого РЭС (см. рис. 2, в) и с ростом R_n увеличивается f_{CP} от 14,1 до 135 кГц, в то время как крутизна неизменна (17,5 дБ/дек). Из рис. 2, з видно, что при подключении КИП и изменении значения R_n увеличивается f_{CP} от 12,9 до 69,5 кГц, при этом крутизна составляет 20 дБ/дек.

Таким образом, вычисление АЧХ эквивалента сети без и с нагрузкой в виде испытуемого РЭС и КИП.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации по проекту RFMEFI57417 X0172.

ЛИТЕРАТУРА

1. Clayton R.P. Introduction to Electromagnetic Compatibility. – John Wiley & Sons, 1992.
2. CISPR 16-1-2: 2006. Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods. – Part 1.2: Radio disturbance and immunity measuring apparatus – Ancillary equipment – Conducted disturbances, IEC, Geneva.
3. Richard L.O. EM1 Filter Design, Second Edition Revised and Expanded.
4. MIL-STD-461G: 2015. Department of defense interface standard. Requirements for the control of electromagnetic interference characteristics of subsystems and equipment.
5. AIAA S-121: 2009. Electromagnetic compatibility requirements for space equipment and systems.
6. ГОСТ Р 56529: 2015. Совместимость космической техники электромагнитная. Общие требования и методы испытаний.
7. Ternov S. Influence of the cross-section form of the power bus bar on its parameters / S. Ternov, A.V. Demakov, M.E. Komnatnov // Moscow Workshop on Electronic and Networking Technologies (MWENT–2018) (принято к печати).