



Рис. 5. Формы сигналов на выходе фильтра

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президента Российской Федерации №14.256.18.356МД.

ЛИТЕРАТУРА

1. Балюк Н.В., Кечиев Л.Н., Степанов П.В. Мощный электромагнитный импульс: воздействие на электронные средства и методы защиты. – М.: ООО «Группа ИДТ», 2007. – 478 с.

АНАЛИЗ ПАРАЗИТНЫХ ВЗАИМОВЛИЯНИЙ В ЕМИ-ФИЛЬТРАХ: ОБЗОР

А.Т. Илияс, студент

Научный руководитель П.Е. Орлов, доцент каф. ТУ, к.т.н.

г. Томск, ТУСУР, alihan.iliyas@gmail.com

При создании электронных систем большое внимание уделяется вопросам надежности и электромагнитной совместимости (ЭМС). Электромагнитные помехи (ЭМП) по классификации происхождения подразделяются как преднамеренные и паразитные, а по среде распространения на кондуктивные и излучаемые. В современном мире, технические средства (ТС) принимают непосредственное участие во многих процессах жизнедеятельности людей, и нарушения их функционирования, по причинам вредоносных влияний друг на друга на различных системных уровнях, могут нести угрозу для людей. Следовательно, появляется необходимость в защите ТС от паразитных взаимовлияний. В данной статье производится обзор паразитных взаимовлияний в ЕМИ-фильтрах, а также методов их снижения.

Цель работы – выполнить обзор паразитных взаимовлияний в ЕМИ-фильтрах.

В настоящее время при проектировании какого-либо ТС, производится тщательный схемотехнический анализ ЭМС-компонентов ТС. Применяются различные методы по снижению паразитных емкостных и индуктивных взаимовлияний. В работе представлены исследования паразитных взаимовлияний в ЕМИ-фильтрах, при помощи анализа эквивалентной схемы и экспериментов [1]. В фильтрах имеются два вида паразитных элементов. Первый – собственные паразитные элементы отдельных компонентов фильтра, другой – паразитное взаимодействие между отдельными компонентами фильтра. Влияние этих паразитных элементов существенно сказывается на работоспособности фильтра [2]. В данной работе фильтры имеют структуру С–L–С, включающую в себя фольговые конденсаторы, проходные конденсаторы и тороидальную катушку индуктивности. В С–L–С-фильтре, несколько типов конденсаторов необходимы для получения высокого ослабления в широком диапазоне частот. Установлено, что между входным и выходным конденсатором существуют два пути взаимодействия: первый – паразитное индуктивное взаимодействие между двумя резонансными цепями, которые образованы проходными конденсаторами и фольговыми конденсаторами.

Другой путь – паразитное емкостное взаимодействие между входным и выходным фольговыми конденсаторами. Эти паразитные взаимодействия приводят к изменению передаточной функции в верхнем диапазоне частот, что отрицательно влияет на работоспособность фильтра. Данные паразитные взаимодействия вызваны появлением паразитных элементов в отдельных компонентах схемы, а также паразитным взаимодействием между двумя резонансными схемами. Предложены два метода по снижению взаимовлияний: Первый – балансирование индуктивного и емкостного взаимодействия. Другой – резонансная частота входных конденсаторов должна быть отличной от резонансной частоты выходных конденсаторов. Первый метод реализуется за счет добавления дополнительного конденсатора. Балансирование индуктивного и емкостного взаимодействия реализуется за счет изменения емкости дополнительного конденсатора.

Второй метод реализуется за счет изменения емкости входного проходного конденсатора. Эти методы применимы только для фильтров с различными типами конденсаторов. Данные методы снижения взаимовлияний не требуют финансовых затрат и увеличения габаритов фильтра. Для реализации оптимальной конструкции фильтра использовались программы электромагнитного моделирования, при по-

мощи которых рассчитывались паразитные взаимовлияния, как отдельных компонентов, так и взаимовлияния между ними [3].

По проведенному обзору выявлены причины возникновения паразитных взаимовлияний в С–L–С ЕМI-фильтрах, а также приведены методы снижения данных взаимовлияний. Предложенные методы, позволяют снизить паразитные взаимовлияния в фильтре, не внося дополнительных финансовых затрат и увеличения габаритов фильтра, и хорошо применимы тогда, когда допустимы лишь минимальные структурные изменения ТС.

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

ЛИТЕРАТУРА

1. Murata Y., Takahashi K., Kanamoto T., Kubota M. Analysis of parasitic couplings in EMI filters and coupling reduction methods// IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility. – December 2017. – Vol. 59, No. 6. – P. 1880–1886.

2. Weber S.P. Predicting parasitics and inductive coupling in EMI-filters / S.P. Weber, E. Hoene, S. Guttowski, W. John, H. Reichl // in Proc. IEEE 21st Annu. Appl. Power Electron. Conf. Expo. – Mar. 2006. – Vol. 1. – P. 1157–1160.

3. Masuzawa T. Modeling method of stray magnetic couplings in an EMC filter for a SiC solar inverter / T. Masuzawa, E. Hoene, K. Lang // in Proc. 2014 Int. Power Electron. Conf. – 2014. – P. 2366–2371.

ОБЗОР МЕТОДОВ И ПОДХОДОВ К ОЦЕНКЕ ПОТЕРЬ НА ИЗЛУЧЕНИЕ В ПОЛОСКОВЫХ ЛИНИЯХ

С.Х. Карри, студент каф. ТУ;

Р.С. Суровцев, доцент каф. ТУ, к.т.н.

г. Томск, ТУСУР salim96@list.ru

На сегодняшний день неотъемлемым этапом проектирования радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) является обеспечение ее электромагнитной совместимости (ЭМС). Неучет требований ЭМС может привести к нарушению или даже выходу РЭА из строя. Поэтому на раннем этапе проектирования необходимо проводить тщательное компьютерное моделирование РЭА. Одной из важных задач ЭМС является защита РЭА от электромагнитных воздействий, в частности от сверхкоротких импульсов (СКИ) наносекундного диапазона, поскольку такие импульсы способны проникать внутрь РЭА минуя электромагнитные экраны и другие средства защиты. Недостатки традиционных устройств защиты не позволяют обеспечить должной защиты РЭА от СКИ. На практике требуется простота таких устройств, поэтому