

Секция 6. Моделирование физико-химических процессов в современных технологиях.
Математическое моделирование.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВРЕМЕННОГО ОТКЛИКА МОДАЛЬНОГО ФИЛЬТРА С УЧЕТОМ ПОТЕРЬ В ПРОВОДНИКАХ И ДИЭЛЕКТРИКАХ

А.Т. Газизов, студент гр. 8Т31

Томский политехнический университет, 634050, г.Томск, пр.Ленина,30,

тел.(3822)-606-333

E-mail: gazizov@tpu.ru

В настоящее время возрастает угроза воздействия по сети электропитания сверхкоротких импульсов (СКИ), способных приводить к сбою или выводу из строя электронной аппаратуры [1]. Традиционные защитные компоненты (LC-фильтры, варисторы, газоразрядники, TVS-диоды), а, следовательно, и защитные устройства на их основе (сетевые фильтры, источники бесперебойного питания и др.) не обеспечивают защиту от СКИ [2]. На данный момент известны только промышленные устройства для защиты от СКИ, имеющие крупные габариты и высокую стоимость [3]. Таким образом, актуальны разработка и исследование новых устройств защиты от СКИ в сети электропитания. В работе [4] впервые предложена идея создания фильтра подавления СКИ в сети электропитания на основе печатного модального фильтра (МФ) и представлены его перспективные преимущества. Показано, что МФ может быть выполнен в виде полоски из тонкого фольгированного стеклотекстолита и встроен в сетевой фильтр. Цель данной работы – представить результаты моделирования временного отклика МФ с учетом потерь в проводниках и диэлектриках.

Моделирование электрических характеристик произвольных трехмерных структур с электрически большими размерами часто проводится посредством электродинамического анализа, однако для протяженных по одной координате структур с неизменными параметрами в поперечном сечении более эффективен квазистатический анализ. В частности, он позволяет получить результаты с учетом частотнозависимых потерь в проводниках и диэлектриках. В данной работе используется квазистатический анализ, основанный на быстрых и точных математических моделях, внедренных в систему TALGAT [5]. В ней любая линия передачи полагается регулярной с произвольным поперечным сечением. Отрезок линии передачи, с N сигнальными проводниками и одним опорным, описывается следующими матрицами погонных параметров: электромагнитной индукции (\mathbf{L}), электростатической емкости (\mathbf{C}), сопротивления (\mathbf{R}), проводимости (\mathbf{G}). Матрицы \mathbf{L} и \mathbf{C} вычисляются методом моментов [6]. Потери в проводниках и диэлектриках определяются соответственно матрицами \mathbf{R} и \mathbf{G} с учетом их частотной зависимости. Кроме того, учитывается частотная зависимость комплексной диэлектрической проницаемости используемого материала FR-4 согласно аналитической модели [7]. Элементы матрицы \mathbf{R} вычисляются с учетом скин-эффекта. Все проводники имеют одинаковое поперечное сечение, поэтому диагональные (r) и недиагональные (r_m) элементы матрицы \mathbf{R} связаны выражением:

$$r=2r_m,$$

где $r_m=1/(w\sigma t)+r_s/w$, где σ – удельная проводимость меди, w – ширина проводника, $r_s=(\pi f\mu_0/\sigma)^{1/2}$, где f – частота, μ_0 – абсолютная магнитная проницаемость меди.

Задается произвольное периодическое воздействие во временной области, выполняется его быстрое преобразование Фурье. Для каждой частоты определяются

напряжения в каждом узле. Напряжения во временной области получаются с помощью обратного преобразования Фурье.

Временной отклик МФ вычисляется для поперечного сечения (рис. 1 а) с толщиной диэлектрической подложки $h=1,5$ мм с относительной диэлектрической проницаемостью $\varepsilon_r=4$ (дешевый и распространенный материал FR-4). Остальные параметры МФ выбраны из практических соображений: расстояние между проводниками $s=5$ мм и ширина проводников $w=5$ мм (МФ должен помещаться в сетевой фильтр); толщина проводников $t=105$ мкм (большая толщина фольги для больших токов); расстояние между краем структуры и проводником $d=w$.

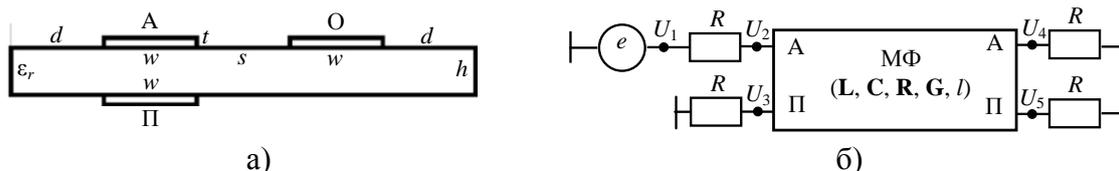


Рис. 1. Поперечное сечение (а) и схема включения (б) модального фильтра.

Импульс подается между активным (А) и опорным (О) проводниками (рис. 1 а). Схема включения МФ представлена на рисунке 1 б, где источник трапециевидных импульсных сигналов с длительностями фронтов и плоской вершины по 1 нс и амплитудой 2 кВ представлен идеальным источником ЭДС; U_1-U_5 – узлы; R – сопротивления, равные среднегеометрическому значению импедансов четной и нечетной мод; длина структуры $l=0.5$ м.

Вычисленная форма сигнала на ближнем (U_2) и дальнем (U_4) концах активного проводника МФ с заданными параметрами с учетом и без учета потерь представлена на рисунке 2.

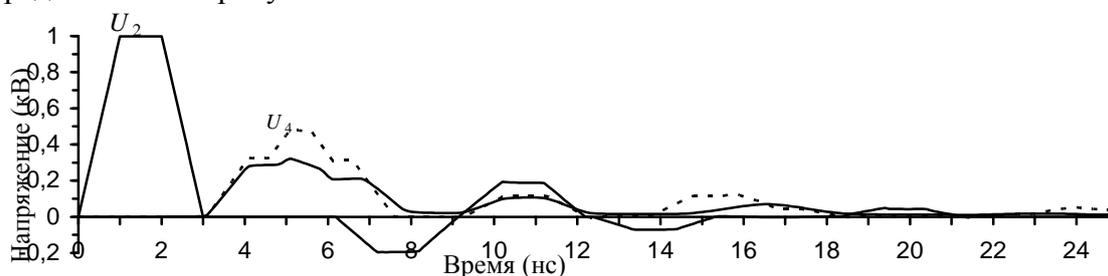


Рис. 2. Временной отклик МФ с учетом (—) и без учета (- - -) потерь.

Из рисунка 2 видно, что потери в проводниках и диэлектриках сильно влияют на амплитуду импульса на выходе МФ. Так, при анализе временного отклика устройства без учета потерь (пунктирная кривая на рис. 2) может возникнуть неверный вывод о том, что структура с данными геометрическими параметрами не удовлетворяет требованиям разложения опасного помехового импульса, поскольку происходит наложение разложенных импульсов. Моделирование с учетом потерь показывает, что уровень этого наложения в действительности близок к уровню разложенных импульсов, что делает реализацию устройства с данными геометрическими параметрами приемлемой для практики. Тем не менее, на предварительном этапе разработки устройства временной отклик защитных структур моделируется без учета потерь, поскольку это требует гораздо меньших

вычислительных затрат. Таким образом, результаты данной работы могут быть использованы для корректной оценки предварительного моделирования временного отклика без учета потерь. В дальнейших исследованиях планируется рассмотреть влияние потерь в проводниках и в диэлектриках отдельно.

Список литературы:

1. Genender E., Garbe H., Sabath F. Probabilistic Risk Analysis Technique of Intentional Electromagnetic Interference at System Level // IEEE Trans. on Electromagn. Compat. – 2014. – V. 56. – № 1. – P. 200–207.
2. Zabolotsky A.M., Gazizov T.R., Bova A.G., Radasky W.A. Dangerous pulse excitation of coupled lines // 17-th Int. Zurich Symp. on Electromagnetic Compatibility. EMC-Zurich, 2006. – P. 164–167.
3. ЗАО «ЭМСОТЕХ». Фильтр подавления сверхширокополосных импульсов. Электронный ресурс: <http://www.emcotec.ru/catalog/fpsi>.
4. Газизов А.Т. Идея создания фильтра подавления сверхкоротких импульсов в сети электропитания // Научная сессия ТУСУР-2014: материалы Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – 2014. – Ч. 5. – С. 140–142.
5. Официальный сайт системы TALGAT. Электронный ресурс: <http://talgat.org>.
6. Gazizov T.R. Analytic expressions for Mom calculation of capacitance matrix of two dimensional system of conductors and dielectrics having arbitrary oriented boundaries // Proc. of the 2001 IEEE EMC Symp., 2001. – P. 151–155.
7. Djordjevich A.R., Biljic R.M., Likar-Smiljanic V.D., Sarkar T.K.: Wideband frequency-domain characterization of FR-4 and time-domain causality // IEEE Trans. on Electromagnetic Compatibility. – 2001. – V. 43. – I. 4. – P. 662–666.

ПРИМЕНЕНИЕ АЛГОРИТМОВ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ЛОКАЛИЗАЦИИ И РАСПОЗНАВАНИЯ ДОРОЖНЫХ ЗНАКОВ НА ИЗОБРАЖЕНИЯХ

П.А. Каковкин, магистрант гр. 8ВМ41

А.А. Друки, ассистент. каф. ВТ,

В.Г. Спицын, д.т.н., профессор,

Томский политехнический университет, 634050, г.Томск, пр.Ленина,30,

E-mail: nitrokot@mail.ru

Введение. В современном автомобилестроении все чаще встречаются технические системы, направленные на оптимизацию вождения автомобиля, включающие в себя также системы автоматического распознавания дорожных знаков. Это упрощает задачу водителя, позволяет ему лучше сосредоточиться на процессе вождения, повышает безопасность всех участников дорожного движения.

Одним из вариантов системы идентификации могут быть радиометрические «маяки», способные сообщить радио-модулю автомобиля о том, что он вошел в зону