

РЕЗУЛЬТАТЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ КАК РЕСУРС ДЛЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ОБУЧЕНИЯ ПО МАГИСТЕРСКОЙ ПРОГРАММЕ

Рассматривается внедрение результатов научных исследований деятельности в учебный процесс. Описана постановка практических занятий по дисциплине «Электромагнитная совместимость бортовой радиоэлектронной аппаратуры». Показана их полезность для получения навыков минимизации чувствительности характеристик полосковых структур к изменению их параметров.

В настоящее время важным является превращение научного потенциала вузов в один из основных интеллектуальных ресурсов устойчивого экономического роста. В этой связи подготовка аспирантов как преподавателей-исследователей особо актуальна и должна осуществляться в течение всего процесса обучения. Она может осуществляться путем внедрения научных результатов исследований аспирантов в учебный процесс, например в виде разработки методических пособий для лабораторных и практических занятий.

Особо актуальным это представляется для магистерских программ. Важным значением такого внедрения является повышение качества образования на основе реальных научных результатов и получения навыков согласно требуемым компетенциям, которые будут полезны для работы по профессии как для магистрантов, так и аспирантов. Цель данной работы – представить внедрение результатов научных исследований автора [1–7] в проведение практических занятий по дисциплине «Электромагнитная совместимость бортовой радиоэлектронной аппаратуры» (ЭМСБРА).

Целью дисциплины ЭМСБРА является приобретение базовых знаний в области обеспечения электромагнитной совместимости бортовых устройств [11]. Проектирование любых бортовых устройств радиоэлектронной аппаратуры невозможно без учета электромагнитной совместимости (ЭМС). По этой

причине на кафедре телевидения и управления (ТУ) ТУСУРа активно ведется подготовка магистров по направлению ЭМС (ЭМС радиоэлектронной аппаратуры, ЭМС в топливно-энергетическом комплексе, защита от электромагнитного терроризма). Значительным аспектом подготовки магистров данных направлений является освоение навыков работы с программой квазистатического анализа моделирования в системе TALGAT [11]. Однако моделирование ЭМС отличается особой сложностью. Для точного и корректного моделирования необходимы соответствующие модели электронных компонентов, а также их параметры. Одним из важных компонентов радиоэлектронной аппаратуры являются линии передачи. Их параметры определяют многие важные характеристики устройств и систем, такие как быстродействие, стабильность и надежность. В настоящее время с ростом требований к характеристикам радиоэлектронной аппаратуры возникает необходимость воспроизведения линий передачи печатных плат (ПП) со стабильными значениями характеристик погонной задержки (τ) и волнового сопротивления (Z). Это привело к необходимости создания моделей линии передачи для расчета τ и Z с учетом новых конструкторско-технологических решений. В этой связи актуально внедрить исследования автора [1–7] по этой тематике в учебный процесс путем разработки методического пособия по практическим занятиям для дисциплины ЭМСБРА.

Основное содержание методических указаний по выполнению практических работ ориентировано на обучение моделированию в системе TALGAT с акцентом на инвариантность. Поэтому первые практические работы предназначены для освоения программирования и моделирования основных алгоритмических конструкций: составления подпрограмм, циклов. Последующие практические работы посвящены работе по построению различных структур поперечных сечений (рисунки 1, 2), а также расчету их характеристик (рисунок 3).

Например, согласно рисунку 3, для структуры рисунка 1,в можно отметить, что приближение боковых проводников к границе раздела воздух-подложка оказывает особое влияние на характеристики τ : при $s = 0,5–0,9$ мм выявляется минимальная (близкая к нулевой) чувствительность τ к изменению $h1$, что можно использовать для получения стабильной задержки.

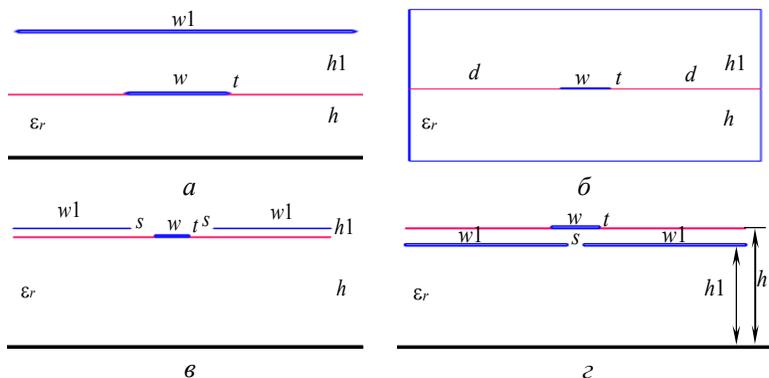


Рисунок 1. Поперечное сечение линий: а) покрытой заземленным проводником; б) экранированной; с боковыми заземленными проводниками: в) сверху; г) углубленными в подложку

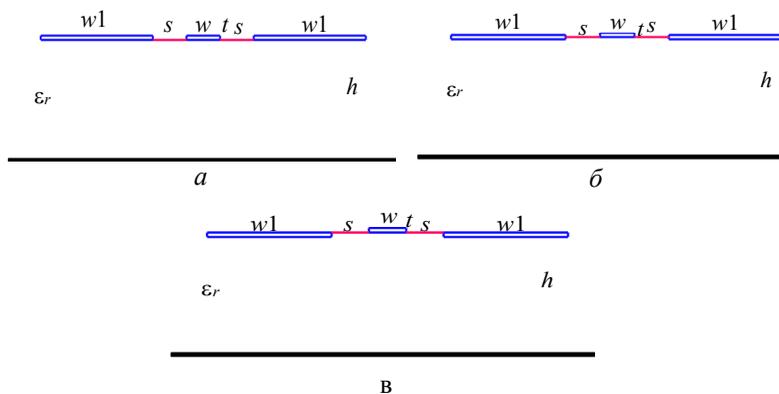


Рисунок 2. Поперечное сечение линий с боковыми заземленными проводниками над (а), посреди (б), под (в)

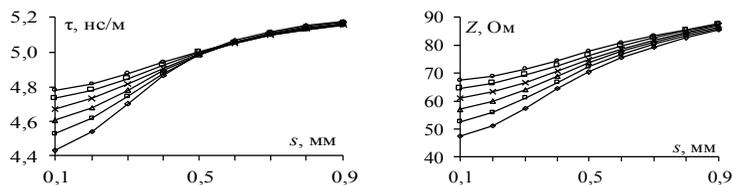


Рисунок 3. Зависимости τ (а) и Z (б) от s при $h1=0,1$ (◇); 0,12 (□); 0,14 (Δ); 0,16 (×); 0,18 (□); 0,2 (○) мм для рисунка 1,в

Осенью 2018 г. выполнена апробация проведения практических занятий в группе 117-М1. Она показала полезность этой работы. Результаты работы могут быть использованы для проектирования линий передачи со стабильными характеристиками бортовой радиоэлектронной аппаратуры.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации по проекту RFMEFI57417X0172.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сагиева И.Е. Моделирование характеристик микрополосковой линии, покрытой заземленным проводником // Научная сессия ТУСУР-2017: материалы Междунар. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной 55-летию ТУСУРа. Томск, Россия, 10–12 мая, 2017. Ч. 3. С. 77–79.

2. Сагиева И.Е. Исследование характеристик экранированной микрополосковой линии // Изв. вузов. Сер. Физика. 2017. Т. 60, № 12/2. С. 103–107.

3. Сагиева И.Е. Экранирование микрополосковой линии как ресурс для уменьшения чувствительности ее характеристик // 23 Междунар. науч.-практ. конф. «Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири (СИБРЕСУРС-23-2017)». Томск, Россия, 24 ноября, 2017. С. 145–149.

4. Сагиева И.Е. Моделирование характеристик микрополосковой линии с боковыми заземленными проводниками сверху // Материалы XIII междунар. науч.-практ. конф. «Электронные средства и системы управления», посвященной 55-летию ТУСУРа. Томск, Россия, 29 ноября – 1 декабря, 2017. Ч. 2. С. 19–20.

5. Сагиева И.Е. Моделирование характеристик микрополосковой линии с боковыми заземленными проводниками у границы воздух-подложка // Сб. избранных ст. науч. сессии ТУСУР по материалам междунар. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых «Научная сессия ТУСУР-2018». Томск, Россия, 16–18 мая, 2018. Ч. 2. С. 278–280.

6. Sagiyeva I.Ye., Gazizov T.R. Side grounded conductors dipped in a substrate of a microstrip line, as a tool of line characteristics control // Siberian journal of science and technology. 2018. Vol. 19, No 2. P. 303–307.

7. Сагиева И.Е. Моделирование характеристик микрополосковой линии с боковыми заземленными проводниками у границы воздух-подложка при изменении толщин проводников //

Актуальные проблемы авиации и космонавтики: сб. материалов XIV междунар. науч.-практ. конф., посвященной Дню космонавтики. Красноярск, Россия, 09–13 апреля, 2018 [Электронное издание]. Т. 1. С. 386–388.

8. Суровцев Р.С. Электромагнитная совместимость бортовой радиоэлектронной аппаратуры. Рабочая программа учебной дисциплины «Электромагнитная совместимость бортовой радиоэлектронной аппаратуры». 2018.

9. Новые возможности системы моделирования электромагнитной совместимости TALGAT / С.П. Куксенко, А.М. Заболоцкий, А.О. Мелкозеров, Т.Р. Газизов // Доклады ТУСУР. 2015. № 2(36). С. 45–50.

I.YE. Sagiyeva

Results of scientific researches as a resource for improving a learning on a master-program

Introduction of scientific research activities in the learning process is considered. Implementation of practical work on the subject "Electromagnetic Compatibility of onboard radio electronic equipment" was described. Their usefulness for obtaining skills to minimize the sensitivity of strip structures characteristics to changes in their parameters was shown.

indira_sagieva@mail.ru