

Антенна за полтора часа

Организация образовательного процесса в радиотехническом вузе — непростая задача. И если с лекционными занятиями особенных проблем не возникает, то проведение лабораторных работ часто вызывает вопросы. Поскольку недостатка в компьютерах в настоящее время вузы не испытывают (чего не скажешь о специализированном лабораторном оборудовании), большинство лабораторных работ виртуальны. То есть студенты программируют, моделируют, эмулируют, симулируют и т. д., сводя тем самым профессиональные отношения с окружающим миром к нажиманию кнопок на клавиатуре. Чтобы хоть как-то изменить сложившуюся ситуацию, авторы, преподаватели УГТУ-УПИ (Екатеринбург), подготовили и апробировали оригинальную лабораторную работу, описанию которой и посвящена настоящая статья.

С. ШАБУНИН,
д. т. н.
Иван МАЛЫГИН,
к. т. н.

Образовательный процесс в вузе основан на сочетании двух равнозначных процедур: накопление студентами теоретических знаний и приобретение практических навыков. Исторически сложилось так, что с первым особых проблем не возникает. Накопленные за предыдущие годы опыт и знания, методические наработки обеспечили создание хороших теоретических основ по изучаемым дисциплинам. С развитием практических навыков у студентов, а в быстро развивающихся радиотехническом и телекоммуникационном направлениях особенно, разрыв между теорией и практикой только нарастает. В первую очередь это связано с большой стоимостью лабораторного оборудования, его достаточно быстрым старением. Существенно пострадала технологическая база вузов. Изготовить образец для исследования, соответствующий по качеству лучшим промышленным стандартам, стало почти непреодолимой проблемой. В связи с этим все большее распространение получают эмулированные лабораторные работы.

Сейчас публикуется много материалов о примерах использования тех или иных программных продуктов для расчета радиотехнических цепей и устройств. Авторы хотели этого избежать, поскольку программные продукты и примеры работы с ними не являются сутью этой статьи. И, кроме того, на взгляд авторов, статья о моделировании антенны программно, как правило, скучна либо интересна лишь узкому кругу специалистов. Авторы же хотят привлечь внимание широкого круга читателей к одной большой проблеме высшей школы (в радиотехнике): студенты, как правило, не могут ничего сделать своими руками профессионально.

Современные программы компьютерного проектирования, в том числе антенн

и устройств СВЧ, позволяют достаточно хорошо в формате 3D представить конечный результат. Однако увидеть в эмулированном объекте реальную конструкцию сможет лишь тот, кто хотя бы однажды держал в руках или рассматривал подобное изделие. Как найти выход из такой ситуации? И в этом случае преподаватели УГТУ-УПИ избрали совершенно оригинальный путь. Они предложили студентам самостоятельно изготовить макеты высокочастотной техники как в рамках учебных дисциплин, так и в учебной или научной

исследовательской работы. К сожалению, использование качественных высокочастотных материалов, например, фольгированных диэлектриков, для изготовления печатных конструкций сопряжено с большими затратами. Процесс вытравливания топологии печатных конструкций, пайки и сварки, резки и формования элементов СВЧ устройств и антенн также сопряжен с определенными проблемами. Желательно, с одной стороны, дать студентам навыки по проектированию, изготовлению и измерению характеристик

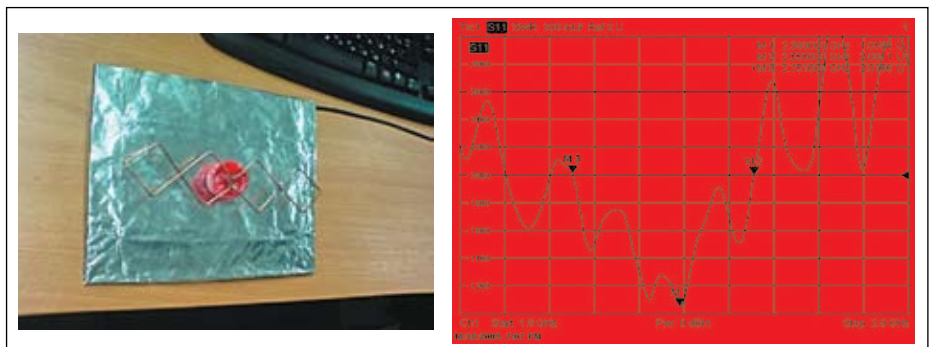


Рис. 1. Внешний вид и частотная зависимость КСВ антенны «четыре квадрата»

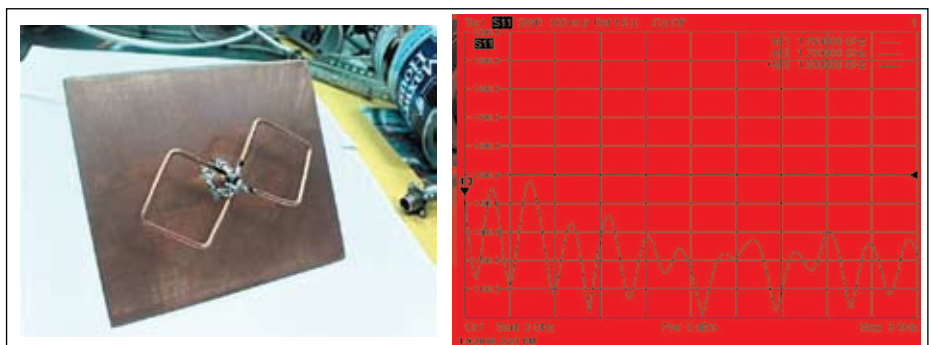


Рис. 2. Внешний вид и частотная зависимость КСВ антенны «восьмерка»

устройств, а с другой — минимизировать затрачиваемые на это средства. А чтобы привить студентам уверенность в собственных силах, следует показать, что изготовить собственное высокочастотное изделие не так уж и сложно. Следующие шаги цепи — использование желания человека, изготовившего антенну, проверить работоспособность изделия, результата своего творчества. Почти игра, но с большой пользой.

Учитывая вышеизложенное, студентам в рамках лабораторного практикума было предложено попробовать свои силы в самостоятельном изготовлении антенн для широко используемого сейчас диапазона 2,4 ГГц. Задача существенно упрощается в связи с тем, что вопросам прочности конструкций и противостоянию ветровым нагрузкам, характерным для промышленных антенн, особого внимания можно не уделять. С материалом проблем нет. В лабораторных целях макеты антенны можно изготовить практически из мусора — шоколадной фольги, алюминиевых банок, картона.

Для простоты задача расчета точных размеров и разработка конструкции антенны перед студентами не ставилась. В Интернете опубликовано достаточно разнообразных примеров [1–10]. Мы остановили свой выбор на наиболее распространенных типах антенн: вибраторных, рамочных, волноводных и печатных. В статье приведены фотографии созданных конструкций и их характеристики. Параметры антенн исследовались с помощью анализатора параметров цепей ZVA24 фирмы Rohde&Schwartz.

На рис. 1 и 2 показаны антенны, которые чаще используются как телевизионные в диапазоне метровых и дециметровых волн. Несмотря на отсутствие симметрирующего устройства, их характеристики оказались вполне приличными и в диапазоне 2,4 ГГц. Естественно, размеры антенны соответствовали заявленному диапазону.

Частотная зависимость коэффициента усиления антенны «восьмерка» (рис. 3) подтверждает, что, несмотря на простоту и дешевизну, параметры антенны хорошие.

Антенны типа «волновой канал» и графики, иллюстрирующие их согласование, показаны на рис. 4 и 5. Устройство симметрирования отсутствует. Профессионалы, конечно, раскритикуют как сами антенны, так и их характеристики. Однако будем снисходительны к первым изделиям студентов.

Волноводные излучатели (рис. 6, 7) используются как самостоятельные слабонаправленные излучатели, так и в качестве облучателей зеркальных антенн. Параметры их далеки от совершенства. Частота согласования первой антенны получилась на 0,3 ГГц выше желаемой, кабель второй антенны длинноват, что привело к изрезанности АЧХ, но оба недостатка легко исправить.

Линейная 3-элементная «печатная» антенна показана на рис. 8. Проводники выпол-

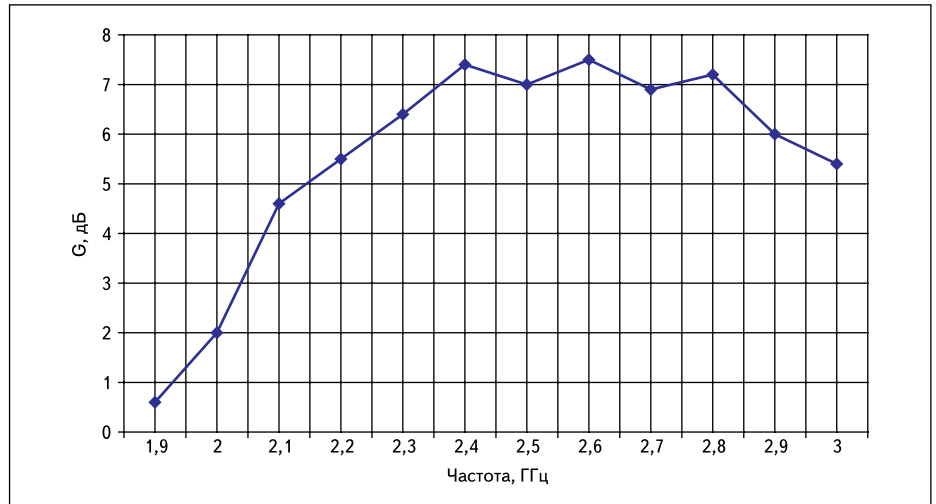


Рис. 3. Частотная зависимость КСВ антенны «восьмерка»

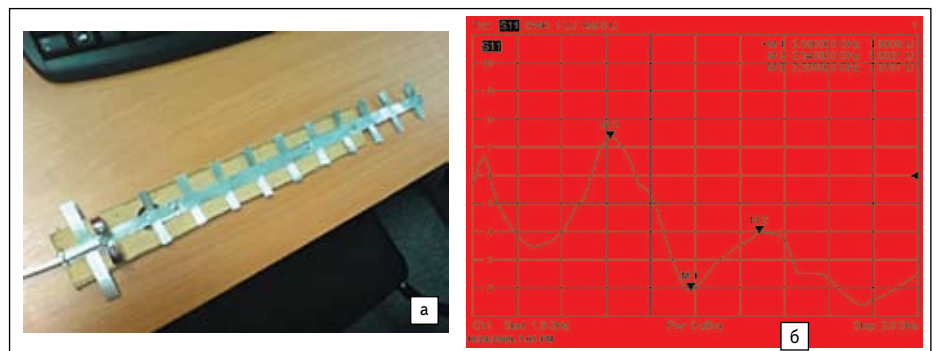


Рис. 4. а) Внешний вид; б) КСВ антенны «волновой канал_1»

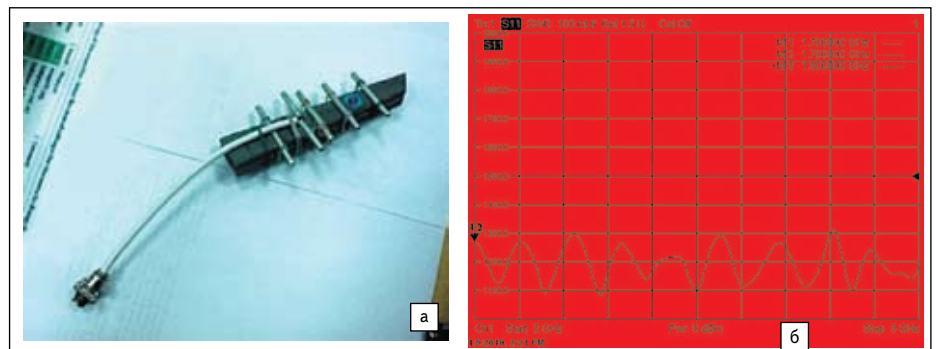


Рис. 5. а) Внешний вид; б) КСВ антенны «волновой канал_2»

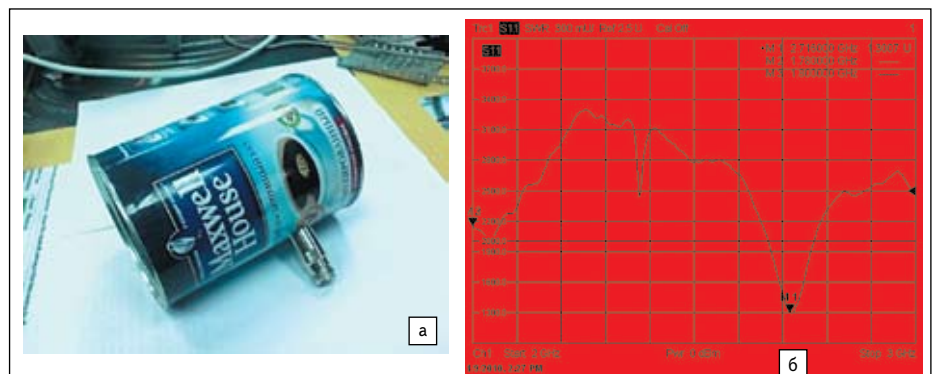


Рис. 6. а) Внешний вид; б) КСВ антенны «кофе»

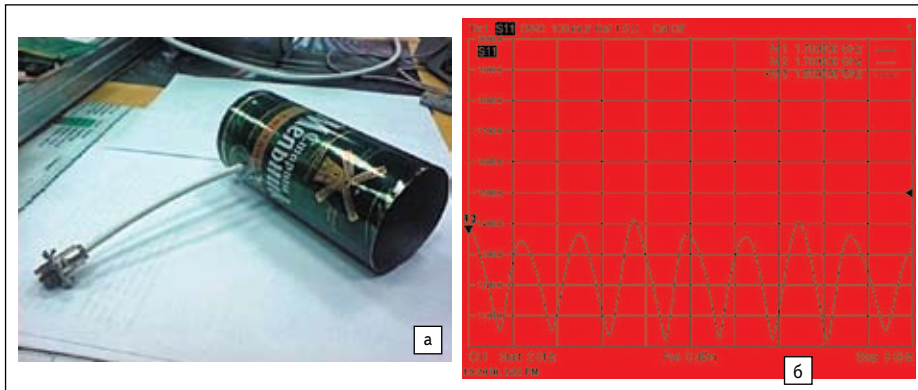


Рис. 7. а) Внешний вид; б) КСВ антенны «пиво»

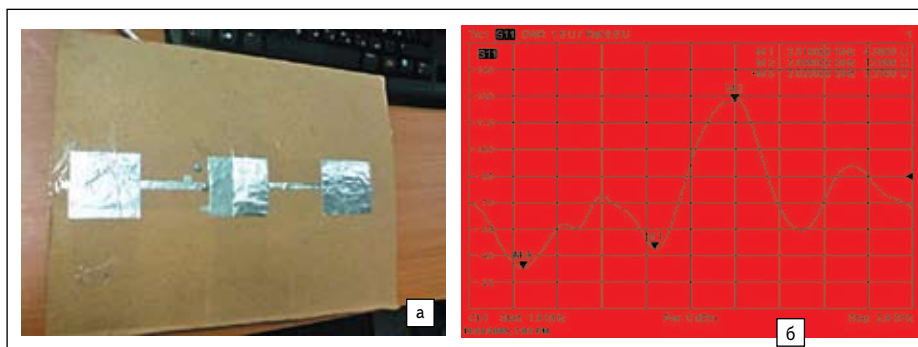


Рис. 8. а) Внешний вид; б) КСВ микрополосковой антенны

стик антенн при неправильном подключении коаксиального кабеля или разъема к антенне. Частотная зависимость коэффициента стоячей волны, характеризующего согласование антенны с фидерным трактом, становится резко изрезанной, а значение КСВ — далеким от идеального единичного значения. Простым помахиванием рукой перед антенной и наблюдением за частотной зависимостью КСВ легко определить диапазон частот, в котором антенна излучает наиболее эффективно. Именно на этих частотах отраженная от руки волна, вновь попав в антенну, заметен изменяет ее частотные свойства.

Процесс рождения специалиста в области высокочастотной техники долг и сложен. А прогресс не стоит на месте. Тактовая частота компьютеров ушла в гигагерцы, телекоммуникационные и радиоэлектронные системы штурмуют десятки и сотни гигагерц. Активно внедряются новые материалы и новые технологии. Задача вуза — увлечь и заинтересовать студента, дать ему необходимый багаж знаний и навыков. А на первом этапе — просто не испугать и дать студенту возможность поверить в свои силы. Авторы надеются, что эта методика может быть полезна и другим отечественным вузам. Авторы готовы обсудить свой опыт с коллегами из других регионов страны, что, несомненно, поможет им и их коллегам при обучении студентов. ■

Литература

1. www.cqham.ru/cantenna.htm
2. www.wificenter.ru/wifi-antenna-biquad-samodelnaya-antenna-bikvadrat
3. www.hub.ru/forum/index.php?
4. www.lan23.ru/wifi/anttest.html
5. <https://forum.antichat.ru/thread28939.html>
6. www.wifi-net.ucoz.ru/forum/4-2-1
7. www.wifiantenna.org.ua
8. www.wifievskiy.narod.ru
9. www.wificenter.ru
10. www.slatino-wi-fi.at.ua/forum/9-6

нены из фольги. В качестве диэлектрика использован картон. Профессионалы вновь обрушат град критики, глядя на приведенную зависимость коэффициента стоячей волны (КСВ). Но эти же профессионалы знают о принципиальной узкополосности микрополосковых антенн и существенном влиянии диэлектрической проницаемости подложки на ее характеристики. А какая она тут? Не совсем правильно подключен кабель с достаточно длинными «хвостами» проводников. Но на ошибках студенты учатся. Тем более, когда им есть у кого спросить о том, как исправить ошибки.

Теперь о главном. В результате выполнения проектов студенты, во-первых, приобретают навыки хотя бы приближенных расчетов конструкции антенн, во-вторых, у них появляется определенный навык по технологии изготовления антенн. С точки зрения функционирования антенн неважно, насколько качественными являются металл или диэлектрик, используемый в их конструкциях. Гораздо более важны вопросы согласования. Студенты приобретают хотя бы минимальный опыт по настройке антенн, наблюдая за изменением ее частотных характеристик. Ощущается ухудшение характери-