

АНТЕННА ДЛЯ БЕСПРОВОДНОЙ СЕТИ ВНУТРИ ЗДАНИЙ

А.И. КАРПОВ, К.А. ЛУКИН, Н.А. СИВОЗАЛИЗОВ, И.Ф. ХРОМЮК

Разработана, изготовлена и испытана широкополосная антенна для внутриофисной связи. Предлагаемая многодиапазонная антенна для базовой станции локальной сети внутри помещений обеспечивает работу в полосе, соответствующей диапазонам GSM 900 и GSM 1800, WiMax(2,5-2,69ГГц) и WiMax (3,3-3,5 ГГц) при требуемой форме диаграммы направленности (ДН). Применение ряда конструктивных решений позволило достичь значительного улучшения таких параметров антенны как коэффициент усиления и размер антенны.

Ключевые слова: внутриофисная связь, многодиапазонная антенна, беспроводная сеть, шлейф-вибратор.

ВВЕДЕНИЕ

С наступлением информационного века неуклонно растет количество информационных сетей. Во многих зданиях оборудуются локальные сети с многочисленными базовыми станциями, антенны которых устанавливаются на стенах и потолке. Внедрение локальных сетей расширяет функциональные возможности телекоммуникационных систем, что диктует новые требования к антеннам беспроводной связи. К ним относятся: расширение рабочей полосы или возможность работы в нескольких диапазонах частот, уменьшение габаритных размеров и удобство располагать внутри помещения.

Значительное распространение в последнее время получили антенны [1 – 5], изготовленные по планарной технологии. К их преимуществам следует отнести высокую технологичность в изготовлении при низкой стоимости. Однако, они имеют малую полосу пропускания, что является их недостатком. Существующие для планарных технологий технические решения: применение петлевых конфигураций [2], поверхностного травления [3], заземляющих систем [4] или материалов с высокой диэлектрической проницаемостью [5] – не дают решения проблемы в целом, а лишь позволяют незначительно улучшить отдельные электрические характеристики.

Пример более успешного решения проблемы разработки антенны базовой станции локальной сети беспроводной связи внутри помещений приведен в [6]. Данная разработка представляет собой несимметричную вибраторную (монополю) проволочно – «лоскутную» (monopolar wire-patch) антенну, имеющую широкую по входному сопротивлению полосу, перекрывающую несколько диапазонов мобильной связи (от 0.77 до 2.55 ГГц на уровне 14 дБ). Возможен иной подход к решению данной проблемы: покажем, что использование свойств электрического и магнитного диполя дает возможность разработать антенну с параметрами, не уступающими и превосходящими показатели антенны [6].

1. КОНСТРУКЦИЯ АНТЕННЫ

Внешний вид предлагаемой антенны представлен на рис.1. Антенна состоит из активного 1 и пассивного 2 шлейф-вибраторов, расстояние между которыми составляет $(0,04 - 0,05) \lambda_{ср}$, (где $\lambda_{ср}$ – средняя длина волны рабочего диапазона), противовеса 3, и металлической пластины 5, которая образует укорачивающий конденсатор. Активный шлейф-вибратор в своей нижней части посредством узла питания связан с фидером, в то время как пассивный – с противовесом. Диаметр противовеса равен 190 мм, на высоте 60 мм от него расположена металлическая пластина с размерами 55x55 мм. Активный и пассивный шлейф-вибраторы изготовлены идентично и состоят из двух металлических пластин, между которыми расположены одновитковые удлиняющие катушки. Параллельное включение излучателей позволяет увеличить в 4 раза сопротивление излучения и соответствующее уменьшение габаритов антенны [8]

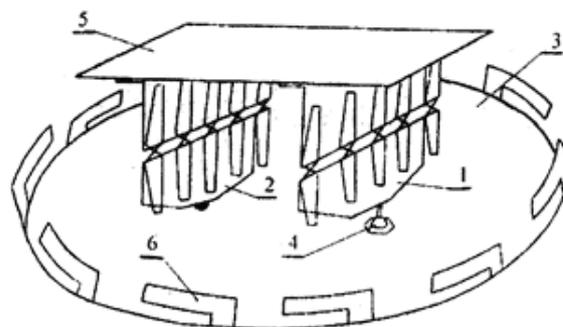


Рис.1. Внешний вид предлагаемой антенны

2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ АНТЕННЫ

В процессе создания антенны решались следующие задачи: выбор типа и конструкции антенны, обеспечивающий требуемую полосу частот излучения и габаритные характеристики, вертикальную поляризацию и постоянство коэффициента усиления; последующее численное моделирование характеристик излучения антенны и характеристик согласования с

входным трактом; анализ и оптимизация характеристик в САПР, принятие решения о конструировании антенны; разработка конструкторской и технологической документации, необходимой для изготовления и тестирования антенны.

Кроме этого, при проектировании антенны нужно учитывать ряд конструктивных и технологических требований, определяющихся условиями физической реализации антенны в соответствии с существующими технологиями. Нельзя забывать также о том, что цена антенны должна быть как можно ниже, а материалы, из которых она изготовлена, должны быть доступны.

Как видно из представленной выше конструкции антенны ее работу, а, следовательно, и характеристики, определяет в значительной степени взаимодействие двух шлейф-вибраторов. Предварительно оценить параметры данной антенной системы позволяет выполненный в [7] теоретический анализ.

Простейшая математическая модель двух идентичных параллельно расположенных шлейф-вибратора изображена на рис. 2.

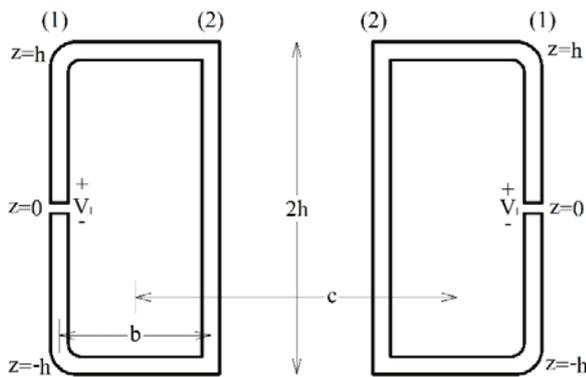


Рис. 2. Симметрично запитанные связанные шлейф-вибраторы

Каждая структура содержит два провода длиной $2h$, обозначенных как 1 и 2, радиуса a , расстояние между которыми равно b . Провода 1 запитаны в центральной части.

В предположении, что $a \ll h$

$$\begin{aligned} \beta a &= \frac{2\pi a}{\lambda} \ll 1 \\ \beta b &\ll 1, \quad c \geq 5b \end{aligned} \quad (1)$$

токи в проводах 1 и 2 удовлетворяют интегральным уравнениям

$$\begin{aligned} \int_{-h}^h I_1(z') K_a(z, z') dz' + \int_{-h}^h I_2(z') K_b(z, z') dz' + \\ + \int_{-h}^h I_T(z') K_c(z, z') dz' = -i \frac{4\pi}{\zeta} \left\{ c_1 \cos \beta z + \frac{V_1}{2} \sin \beta |z| \right\} \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \int_{-h}^h I_1(z') K_b(z, z') dz' + \int_{-h}^h I_2(z') K_a(z, z') dz' + \\ + \int_{-h}^h I_T(z') K_c(z, z') dz' = -i \frac{4\pi}{\zeta} c_2 \cos \beta z \end{aligned} \quad (3)$$

где $I_T = I_1(z) + I_2(z)$.

$$K_a(z, z') = \exp(-i\beta\sqrt{(z-z')^2 + a^2}) / \sqrt{(z-z')^2 + a^2}, \quad (4)$$

$K_b(z, z')$ и $K_c(z, z')$ получаем из (4) путем замены a на b и a на c соответственно; $\zeta = 120\pi \text{ Ом}$, c_1 и c_2 – константы интегрирования.

Путем решения системы связанных интегральных уравнений (2) и (3), находим импеданс

$$Z = \frac{V_1}{2I_T(0)}. \quad (5)$$

Данный подход можно распространить и на другие содержащие проволочные шлейфы структуры.

Так, увеличение КПД антенны и расширение ее полосы пропускания способствует увеличению ее поперечного сечения при большей величине емкостной нагрузки в верхней части антенны. Однако для обеспечения резонансного условия электрическая длина антенны должна быть кратна половине длины волны в рабочем диапазоне. Отсюда следует необходимость применения удлиняющих катушек, включенных параллельно.

Увеличение сопротивления излучения и соответствующее уменьшение габаритов антенны можно достичь путем параллельного включения отдельных боковых излучателей, как показано на рис.1. В этом случае один из излучателей является активным (подключается к питающему фидеру), а второй – пассивным.

На завершающих этапах проектирования выполняется численное моделирование характеристик антенны и их оптимизация. Оптимизация может быть выполнена в среде конструирования, таких как HFSS, Microwave Office, Microwave Studio и т.д., реализующих численные электродинамические методы, например, методы конечных элементов и конечных разностей.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Как отмечалось выше, коэффициент усиления (КУ) антенны в Н-плоскости во всех направлениях имеет одну и ту же величину, а результат измерений КУ на высоких и низких частотах представлен на рис. 3.

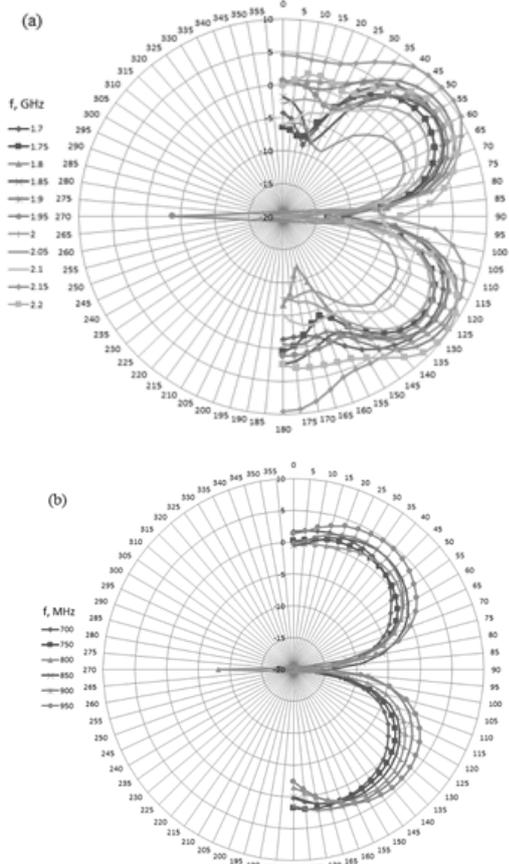


Рис. 3. Результаты измерений коэффициента усиления антенны в Е-плоскости на высоких(а) и низких (б) частотах

В результате оптимизации антенны КСВ ≤ 2.5 в полосе частот 0,5-3 ГГц, причем на частоте 1.2 – 2.4 ГГц КСВ ≤ 2 . График КСВн антенны измеренный с помощью измерителя КСВн фирмы Agilent HP8714ES показан на рис. 4.

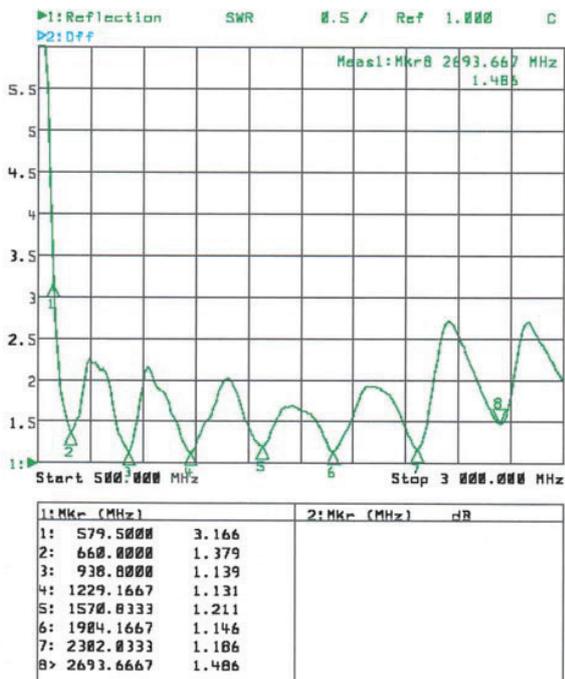


Рис. 4. КСВн антенны

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной статье описана многодиапазонная антенна для базовой станции локальной сети внутри помещений. Рассмотренный вариант антенны обеспечивает работу в полосе, соответствующей диапазонам GSM900 и 1800, WiMax (2.5 – 2.69 ГГц) и WiMax(3.3 – 3.5 ГГц), а так же требуемую форму ДН. Благодаря ряду конструктивных решений удалось достичь существенного улучшения параметров антенны: КУ и размеров антенны.

Литература

- [1] Garg R., Barthia P., Bahl I., and Ittipibon A. Microstrip antenna. Design handbook. Norwood, MA: Artech house, 2001.
- [2] Targonski S. D., Waterhouse R. B., Pozar D. M. Design of wide-band aperture-stacked patch microstrip antennas //IEEE Transactions Antennas Propagation, – 1998. – Vol. 46, №. 9. – P. 1245 – 1251.
- [3] Kossiavas, G., Papiernik, A., Boisset, J. P., and Sauvan M. The C-patch: A small microstrip element.// Electron.Let.-1989. – Vol.25, No. 4 – P. 253 – 254.
- [4] Waterhouse R. Small microstrip patch antenna // Electron. Let. – 1995. – Vol. 31, №. 8. – P. 604 – 605.
- [5] Colburn J. S., Rahmat-Samii Y. Patch antennas on externally perforated high dielectric constant substrates // IEEE Transactions Antennas Propagation, – 1999. – Vol. 47. – №. 12. – P. 1785 – 1794.
- [6] Lau K. L., Li P., Luk K. M. A monopolar patch antenna with very wide impedance bandwidth //IEEE Transactions Antennas Propagation. – 2005. – Vol. 53. – №. 3. – P. 1004-1010.
- [7] Harrison C.W., King R. Theory of coupled folded antennas //IEEE Transactions Antennas Propagation.-1960.-Vol.8, N2 – P. 131 – 135.
- [8] Karpov A. I., Katrich V. A., Kozheshkurt V. A., Antonenko Y. A., Tuz V. R. Broadband small antenna design for use on a vehicles glass //Ultrawideband and Ultrashort Impulse Signals, 15-19 September, 2014, Kharkiv, Ukraine pp. 139-142.

Надійшла до редколегії 20.10.2016



Карпов Александр Иванович, кандидат технических наук, старший научный сотрудник Харьковского национального университета им. В.Н. Каразина. Научные интересы: радиосвязь, антенная тематика.



Лукин Константин Александрович, фото и сведения об авторе см. на с. 354.



Сивозализов Николай Антонович, научный сотрудник Харьковского национального университета им. В.Н. Каразина. Научные интересы: антенны и линии передачи СВЧ и КВЧ, антенны для мобильной связи, передача данных

Хромюк Илларион Федорович, студент Харьковского национального университета им. В.Н. Каразина. Научные интересы: проектирование и изготовление антенн и антенных систем.

УДК 621.396.67

Антенa для бездротової мережі усередині будівель / О.І. Карпов, К.О. Лукін, М.А. Сивозалізов, І.Ф. Хромюк // Прикладна радіоелектроніка: наук.-техн. журнал. — 2016. — Том 15, № 4. — С. 362 – 365.

Розроблена, виготовлена та випробувана широкосмугова антенa для внутрішньоофісного зв'язку. Багатосмугова антенa, що пропонується для базової станції локальної мережі усередині приміщень, забезпечує роботу в смузі, що відповідає діапазонам GSM 900 та GSM 1800, WiMax (2,5-2,69 ГГц) та WiMax (3,3-3,5 ГГц) при заданій формі діаграми спрямованості. Застосування ряду конструкційних рішень дозволило досягнути значного покращення таких параметрів антени як коефіцієнт підсилення та розмір антени.

Ключові слова: внутрішньоофісний зв'язок, багатосмугова антенa, бездротова мережа, шлейф-вібратор.

Іл.: 04. Бібліогр.: 08 найм.

UDC 621.396.67

Antenna for indoor wireless network / A.I. Karpov, K.A. Lukin, M.A. Syvozalizov, I.F. Khromiuk // Applied Radio Electronics: Sci. Journ. — 2016. — Vol. 15, № 4. — P. 362 – 365.

A broadband antenna for indoor networks was designed, manufactured and investigated experimentally. This proposed multiband antenna for an indoor base station of a wireless LAN with the required antenna patterns has a bandwidth wide enough to cover several operating frequency bands of the mobile communication systems (e.g., GSM 900, GSM 1800, WiMax (2.5 – 2.69 GHz) and WiMax (3.3 – 3.5 GHz)). Using a number of design solutions has enabled to achieve good antenna gain and reduce the antenna size.

Keywords: indoor wireless communications, multiband antenna, wireless network, folded dipole.

Fig.: 04. Ref.: 08 items.