УДК 621.396.67 (621.37)

DOI: 10.17277/voprosy.2015.03.pp.257-262

СИНТЕЗ СПИРАЛЬНОГО ИЗЛУЧАТЕЛЯ ДЛЯ СИСТЕМ ГИБРИДНОГО ЦИФРОВОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ

**С. Н. Калашников, Е. Д. Шатский, О. А. Белоусов,
П. А. Горшков, П. А. Щеголихин**

*ФГБОУ ВПО «Тамбовский государственный технический
университет», г. Тамбов*

Рецензент д-р техн. наук, профессор С. И. Данилов

Ключевые слова: антенна-решетка; гибридное цифровое телевидение; диаграмма направленности; коэффициент направленного действия; коэффициент усиления; коэффициент стоячей волны; одностороннее осевое излучение; спиральная антенна; стандарт DVB-T2.

Аннотация: Рассмотрены особенности построения спирального излучателя, для систем гибридного цифрового телевидения. Основное внимание уделено синтезу данного типа излучателя. Разработана компьютерная модель и определены основные электродинамические характеристики спиральной антенны для диапазона ДМВ стандарта DVB-T2.

На сегодняшний момент к сфере цифрового эфирного телевидения проявляется огромное внимание. Внедрение стандарта DVB-T2 на территории России позволяет доставлять цифровой аудио/видео контент эфирного вещания с различными мультиплексами и создать основу для реализации гибридного цифрового телевидения (HbbTV). Все это накладывает определенные ограничения, как на терминальное оборудование абонента, так и на оконечное оборудование эфирных станций, в частности это расширение уверенной зоны приема с минимумом использования ретрансляторов и т.д. [1, 2]. Таким образом, для минимизации таких ограничений

Калашников Сергей Николаевич – студент, e-mail: deform.wl@mail.ru; Шатский Егор Дмитриевич – студент; Белоусов Олег Андреевич – кандидат технических наук, доцент кафедры «Конструирование радиоэлектронных и микропроцессорных систем»; Горшков Павел Андреевич – студент; Щеголихин Павел Александрович – студент, ТамбГТУ, г. Тамбов.

необходимо использовать эффективные антенные системы, которые позволяют увеличить зону охвата без снижения качественных характеристик. В качестве таких систем желательно использовать системы на основе фазированных антенных решеток или Smart-антенн [1]. Основная проблема при реализации антенных решеток заключается в выборе вида антенной решетки, а также ее излучателя. В настоящий момент известно довольно много излучателей, которые могут применяться в составе антенных решеток [1, 5].

В данной работе рассматриваются вопросы синтеза спирального излучателя для систем цифрового эфирного вещания, так как данный вид антенны с позиции электродинамических характеристик и особенностей построения оконечных устройств, стандарта DVB-T2, представляет наибольший интерес, а именно широкополосность, невысокое активное входное сопротивление, простота конструкции, возможность использования разного вида поляризации электромагнитной волны.

Спиральные антенны относятся к классу антенн бегущей волны. Данные излучатели имеют круглую цилиндрическую спираль из толстого провода или металлической трубки и формируют диаграмму направленности, состоящую из двух лепестков, расположенных вдоль оси спирали по разные стороны от нее.

При угле намотки $\alpha = 0^\circ$, она превращается в плоскую спираль рамку, а при $\alpha = 90^\circ$ вытягивается в прямолинейный проводник – несимметричный вибратор [3, 4]. В зависимости от соотношения геометрических размеров и длины волны имеют место два основных режима: ненаправленного и осевого излучения (рис. 1).

Рис. 1. Излучение антенны:
a – ненаправленное; *б* – осевое

Для формирования требуемой диаграммы направленности необходимо использовать режим одностороннего осевого излучения [3, 4]. Поэтому необходимо соблюдать ряд условий:

– длина одного витка спирали должна быть равна средней длине волны

$$L = \lambda = 0,445 \text{ м},$$

где L, λ – длина витка спирали и волны соответственно, м;

– спираль необходимо установить перед экраном, диаметр которого равен

$$d = 1,1\lambda = 0,152 \text{ м}.$$

При этом скорость распространения волны вдоль провода спирали уменьшается на 10...20 % по сравнению со скоростью в свободном пространстве, сопротивление излучения возрастает, в антенне устанавливается режим бегущей волны. Спираль работает в режиме осевого излучения, при котором главный максимум излучения ориентируется вдоль ее оси.

Для синтеза спиральной антенны, необходимы следующие геометрические параметры: l – осевая (общая) длина спирали, м; S – шаг намотки спирали, м; L – длина витка спирали, м; n – число витков спирали; α – угол подъема витка; R – радиус спирали, м;

$$\nu = 674 \text{ МГц};$$

$$\lambda = \frac{c}{\nu} = 0,445 \text{ м}.$$

Чтобы определить значение шага намотки, необходимо выполнить развертку витка спирали (рис. 2)

$$L^2 = (2\pi R)^2 + S^2;$$

$$S = L \sin \alpha;$$

$$R = \frac{\sqrt{L^2 - S^2}}{2\pi}.$$

Увеличение максимальной широкополосности антенны достигается изменением угла α , который выбирают от 5 до 14°. Примем угол $\alpha = 12^\circ$, а число витков – $n = 5$. Данные значения позволяют обеспечить высокую направленность антенны. Тогда шаг намотки

$$S = 0,093 \text{ м},$$

радиус спирали равен:

$$R = 0,069 \text{ м}.$$

Рис. 2. Развертка витка спирали

Общая длина спирали равна

$$l = nS = 0,465 \text{ м.}$$

Исходя из полученных данных построим компьютерную модель антенны (рис. 3).

Результаты моделирования данного излучателя представлены на рис. 4 – 6.

Анализ построенной модели излучателя показывает, что он обладает существенными направленными свойствами, имеет оптимальные коэффициент направленного действия, коэффициент усиления (8 дБ), коэффициент стоячей волны (1,35) и малый уровень боковых лепестков.

Рис. 3. Компьютерная модель спиральной антенны

Рис. 4. Диаграмма направленности спиральной антенны

Рис. 5. Зависимость значения коэффициента стоячей волны от частоты

Рис. 6. Распределение электромагнитной составляющей по антенне

Таким образом, посредством разработки компьютерной модели произведено исследование спиральной антенны для дециметрового диапазона стандарта DVB-T2, которое позволяет сделать вывод о возможности применения данного излучателя как одиночного, так и в составе антенной решетки. Применение данных результатов исследования при построении антенных систем может существенно расширить их зону покрытия, повысить энергоэффективность оконечного оборудования и качество передаваемого мультимедийного контента, что является немаловажным при реализации технологии гибридного цифрового телевидения.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ № 14-08-00198, № 14-08-00489.

Список литературы

1. Устройства СВЧ и антенны / Д. И. Воскресенский [и др.]. – М. : Радиотехника, 2008. – 384 с.
2. Карякин, В. Л. Цифровое телевидение : учеб. пособие для вузов / В. Л. Карякин – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : СОЛОН-ПРЕСС, 2013. – 448 с.

3. Калашников, С. Н. Фазированная антенная решетка для систем цифрового телевидения / С. Н. Калашников, О. А. Белоусов // *Вопр. соврем. науки и практики*. Университет им. В. И. Вернадского. – 2014. – № 3(53). – С. 92 – 95.
4. Виноградов, А. Ю. Устройства СВЧ и малогабаритные антенны : учеб. пособие для вузов / Р. В. Кабетов, А. М. Сомов ; под ред. А. М. Сомова. – М. : Горячая линия–Телеком, 2012. – 440 с.
5. Сысоев, А. Н. Математическая модель передающей КФАР / А. Н. Сысоев // *Антенны*. – 2010. – № 11. – С. 28 – 29.

References

1. Voskresenskii D.I., Gostyukhin V.L., Maksimov V.M., Ponomarev L.I. (2008), *Ustroystva SVCh i antennoy* (Microwave devices and antennas), Moscow: Radiotekhnika, 384 p.
2. Karyakin V.L. (2013), *Tsifrovoe televidenie: uchebnoe posobie dlya vuzov, 2-e izdanie, pererabotannoe i dopolnennoe* (Digital TV: a textbook for high schools, 2nd edition, revised and enlarged), Moscow: SOLON-PRESS, 448 p.
3. Kalashnikov S.N., Belousov O.A. (2014), *Voprosy sovremennoi nauki i praktiki. Universitet imeni V. I. Vernadskogo*, no. 3(53), pp. 92-95.
4. Vinogradov A.Yu., Kabetov R.V., Somov A.M. (2012), *Ustroystva SVCh i malogabaritnye antennoy: uchebnoe posobie dlya vuzov* (Ustroystva microwave and small-sized antenna: Textbook for High Schools), Moscow: Goryachaya liniya–Telekom, 440 p.
5. Sysoev A.N. (2010), *Antennoy*, no. 11, pp. 28-29.

Synthesis of the Helical Radiator for Hybrid Digital TV Systems

**S. N. Kalashnikov, E. D. Shatsky, O. A. Belousov,
P. A. Gorshkov, P. A. Shchegolikhin**

Tambov State Technical University

Keywords: antenna array; antenna directivity; hybrid digital television; helical antenna gain; radiation pattern standard DVB-T2; SWR; unilateral axial radiation.

Abstract: The paper studies the features of the construction of the helical radiator for digital television hybrid systems. Attention is focused on the synthesis of this type of radiator. The computer model and definition of the basic electrodynamics characteristics of the helical antenna for UHF standard DVB-T2 have been developed.

© С. Н. Калашников, Е. Д. Шатский, О. А. Белоусов,
П. А. Горшков, П. А. Щеголихин, 2015