

РАЗРАБОТКА НАПРАВЛЕННОЙ АНТЕННЫ НА ЧАСТОТУ 868 МГц*Ружицкий А. С., Коротков А. Н.*

Уральский федеральный университет, Екатеринбург, Россия

ruzhitsky99@mail.ru, an.korotkov@urfu.ru

Аннотация. Настоящая работа посвящена разработке направленной антенны на частоту 868 МГц. Конструкция разрабатываемой антенны представляет из себя полосковую антенну на воздушной подложке с пассивными элементами, изготавливаемую из металла. В результате проведенных работ была получена восьмиэлементная директорная антенна, решающая задачу приема сигналов с произвольной поляризацией с датчиков, работающих на протоколе LoRa. Областью применения антенны является приемные станции энергопротокола LoRaWAN. Внедрение антенны ведется из расчета одной антенны на одно здание. Проведенные исследования показали, что на данный момент аналоги не представлены на рынке. Антенна недорога и проста в изготовлении.

Ключевые слова: энергоэффективные протоколы, LoRa, круговая поляризация, антенна, директорная антенна, полосковый резонатор

DEVELOPMENT OF A DIRECTIONAL ANTENNA FOR 868 MHz*Ruzhitsky A., Korotkov A.*

Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

Abstract. This paper is devoted to the development of a directional antenna for 868 MHz. The design of the developed antenna is a strip antenna on an air substrate with passive elements, made of metal. As a result of the work, an eight-element director antenna was obtained, which solves the problem of receiving signals with arbitrary polarization from sensors operating on the LoRa protocol. Antenna is used for receiving stations of the LoRaWAN energy protocol. Antenna application is based on using one antenna per building. Studies demonstrated that there are no analogues on the market. Antenna is cheap and easy to manufacture

Key words: Energy efficient protocols, LoRa, circular polarization, antenna, Yagi antenna, stripline resonator

Введение. Энергоэффективный протокол LoRaWAN – технология, использующая радио модуляцию LoRa для подключения между конечными устройствами и шлюзами [1] и работающая в нелицензируемом частотном диапазоне, на частоте 868 МГц [2]. Круговая поляризация позволяет принимать

сигналы с разными видами поляризации сигналов. Однако, проведенный аналитический обзор существующих конструкций антенн, в частности направленных, говорит нам о том, что на данный момент на рынке не представлены антенны на частоту 868 МГц с круговой поляризацией и коэффициентом усиления (КУ) не менее 11 дБ [3], [4].

Таким образом, разработка направленной антенны на частоту 868 МГц с круговой поляризацией и коэффициентом усиления не менее 11 дБ является актуальной задачей. С учетом всего вышеизложенного, к разработке предъявляется ряд следующих требований: центральная частота 868 МГц; полоса рабочих частот не менее 2 МГц; КСВ в полосе рабочих частот не более 2; круговая поляризация с коэффициентом эллиптичности 1–0,8; коэффициент усиления антенны не менее 11 дБ; входное сопротивление 50 Ом, разъем типа N.

Разработка будет осуществляться при помощи составления математической модели с применением ПО Ansys HFSS, макетирования, сравнения результатов моделирования с параметрами макета.

Моделирование антенны. Исходя из достаточно узкой полосы рабочих частот, в качестве активного элемента антенны был выбран квадратный полосковый резонатор со скошенными противоположными по-диагонали краями для получения круговой поляризации. Выбор обусловлен тем, что рабочая полоса у прямоугольного резонатора меньше, чем у круглого.

Согласно [5], резонансный размер выбирается меньше половины длины волны для компенсации реактивной части входного сопротивления, образующейся из-за возмущения поля в области торца антенны. Для получения круговой поляризации необходимо выполнить скос краев антенны, как показано на рисунке 1. При этом скос должен быть одинаковый.

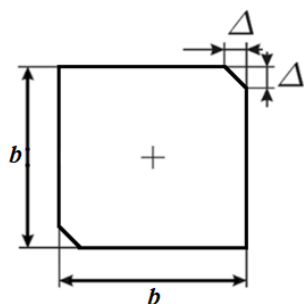


Рисунок 1 – Полосковый резонатор с одинаковыми скосами

Согласно [6], для проверки наличия круговой поляризации строится график зависимости КНД по правой и левой круговым, а также линейным составляющим поляризации поля от частоты. Ниже на рисунке 2 показана зависимость, при которой антенна излучает с круговой поляризацией.

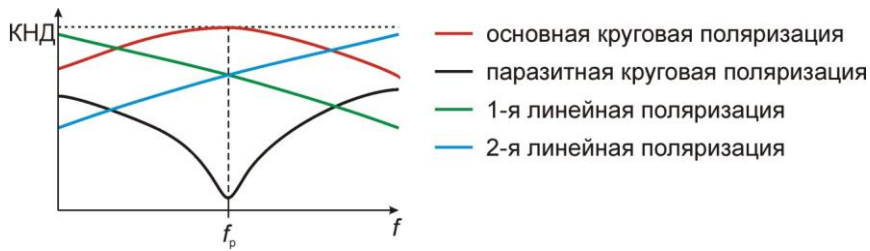


Рисунок 2 – Зависимости КНД разных составляющих поля от частоты [6]

Из приведенных на нем зависимостей следует, что на резонансной частоте антенна имеет максимум КНД по основной круговой поляризации и минимум КНД по паразитной поляризации, а линейно-поляризованные составляющие поля равны [6].

Степень эллиптичности волны оценивают по коэффициенту эллиптичности, равному отношению меньшего значения одной из линейных составляющих поляризации к большему [7].

В результате моделирования мы получили, что необходимое число директоров для соответствия требованиям задания является шесть. Толщина всех элементов составляет 1 мм. Величина скоса составляет 25 % от длины стороны резонатора. На рисунке 3 представлена полученная конструкция директорной антенны.

Полоса пропускания антенны по уровню КСВ = 2 составляет 25,3 МГц (от 852 до 877,3 МГц). КСВ на центральной частоте равен 1,79. Коэффициент эллиптичности равен 0,92, что является приемлемым значением.

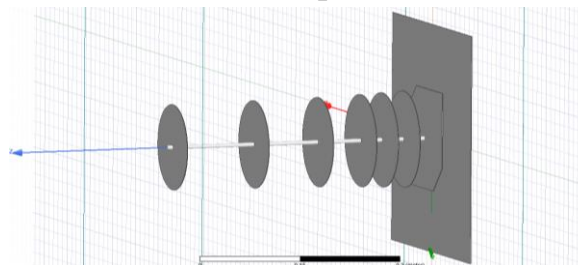


Рисунок 3 – Восьмизначная директорная антенны в Ansys HFSS

На рисунке 4 показана зависимость КСВ, и составляющих КНД от частоты.

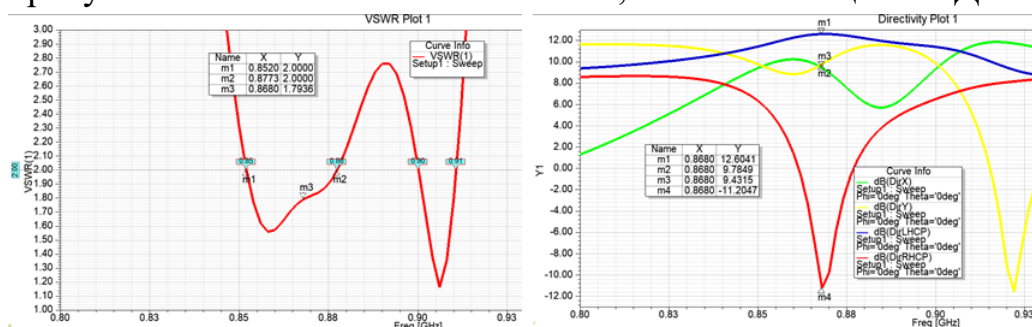


Рисунок 4 – График КСВ и составляющих КНД антенны в Ansys HFSS

Ширина диаграммы направленности по уровню 0,7 равна $44,10^\circ$ в горизонтальной плоскости и $44,35^\circ$ в вертикальной плоскости. Максимальное значение КУ составляет 12,58 дБ.

По полученной модели было произведено макетирование. На рисунке 5 представлен полученный макет.

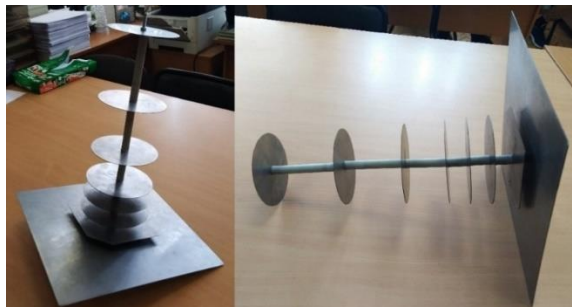


Рисунок 5 – Полученный макет

Для определения центральной частоты и уровня КСВ были проведены измерения макета при помощи векторного анализатора цепей «Обзор». На рисунке 6 представлен график зависимости КСВ от частоты – центральная частота и полоса частот отмечены маркерами.

Согласно рисунку, КСВ на частоте 868 МГц составляет 1,55. Полоса рабочих частот составляет 23,3547 МГц (855,42169–878,77665 МГц).

Для измерения ДН и проверки наличия круговой поляризации были проведены измерения в безэховой камере с использованием программно-измерительного комплекса. В результате проведенных измерений были получены ДН в двух сечениях, представленные на рисунке 7.

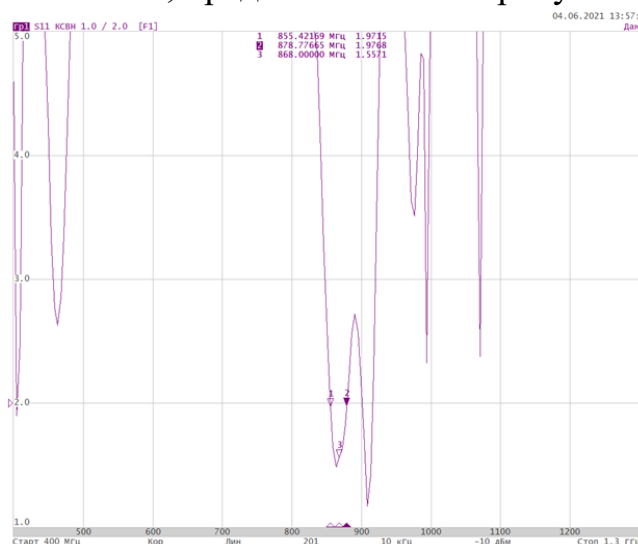


Рисунок 6 – Результаты измерений, проведенных с помощью анализатора цепей

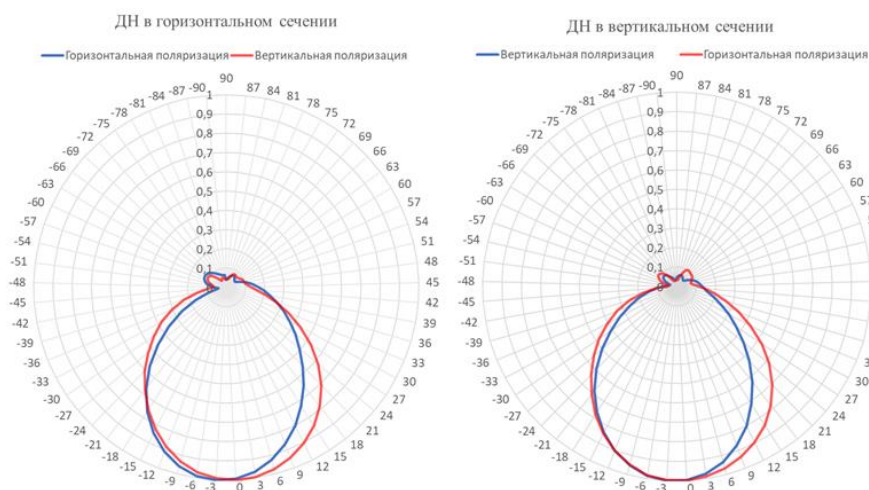


Рисунок 7 – ДН макета

Полученные значения коэффициентов эллиптичности в плоскостях сечений составляют: коэффициент эллиптичности в горизонтальном сечении равен 0,86, коэффициент эллиптичности в вертикальном сечении равен 0,94. Оба значения удовлетворяют требованию задания по коэффициенту эллиптичности.

Коэффициент усиления антенны был определен методом сравнения уровня сигнала на выходе макета с уровнем сигнала на выходе эталонной антенны [8]. В качестве эталонной антенны была выбрана антенна бренда GRANDWISDOM со значением КУ 3 дБ [9]. Антенны были расположены на расстоянии чуть большем дальней зоны. Передающая антенна подключена к генератору Rohde&Schwarz HM8134–3, приемная антенна подключена к анализатору спектра Rohde Schwarz FSC3. Получив показания анализатора с эталонной и разработанной антенн, было определено значение КУ, равное 21 дБ.

Исходя из представленных значений, можно сделать вывод, что полученная антенна удовлетворяет требованиям задания.

Библиографический список

1. Архитектура *LoRaWAN* [Электронный ресурс] / ООО «ТЕЛЕМЕТРИК». – Тольятти, 2019. – URL: <https://telemetric.tech/lorawan-%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D1%8F-%D0%B8-%D1%81%D0%BF%D0%B5%D1%86%D0%B8%D1%84%D0%B8%D0%BA%D0%B0%D1%86%D0%B8%D0%B8/> (дата обращения 01.06.2021).
2. Разъяснения о порядке использования полос радиочастот 864–865 МГц, 866–868 МГц и 868,7–869,2 МГц неспециализированными устройствами, работающими в режиме *IoT* и в сетях транспортной телематики [Электронный ресурс] / ООО «Селдон Новости». – Москва, 2021 URL: <https://news.myseldon.com/ru/news/index/203402975> (дата обращения 01.06.2021).

3. Parthiban, P. *Right-Angled V-Shaped conformal Dual-Patch Antenna Array for RAIN RFID Doorway Portals* / P. Parthiban // *IEEE Journal of Radio Frequency Identification*. – 2021. – doi:10.1109/JRFID.2021.3076805.
4. Batel, L. *Superdirective and Compact Electronically-Beam-Switchable Antenna for Smart Communication Objects* / L. Batel, A. Clemente, C. Delaveaud // *13th European Conference on Antennas and Propagation (EuCAP)*. – 2019. – Pp. 1–4.
5. Мительман, Ю. Е. Проектирование высокочастотных устройств и антенных систем / Ю. Е. Мительман. – Екатеринбург : УрФУ, 2020. – 20 с.
6. Полосковые излучатели [Электронный ресурс] / Облачное хранилище *OneDrive*. – Екатеринбург, 2021. – URL: <https://1drv.ms/w/s!AqBvPBiwCO1WgfZ1oJXBZis2Fe67iw?e=OaHYEb> (дата обращения: 01.06.2021). – Режим доступа: по ссылке.
7. Соловьянова И. П. *Электродинамика и распространение радиоволн* / И. П. Соловьянова, Ю. Е. Мительман, С. Н. Шабунин. – Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2020. – 412 с.
8. Сазонов, Д. М. *Антенны и устройства СВЧ* / Д. М. Сазонов. – Москва : Высшая школа, 1988. – 432 с.