

УДК 621.396.677

ШИРОКОПОЛОСНАЯ ВИБРАТОРНАЯ АНТЕННА С АПЕРИОДИЧЕСКИМ РЕФЛЕКТОРОМ

Н.И. Войтович, А.В. Ершов

Рассматривается вибраторная антенна, обладающая КСВ ниже 1,1 в полосе частот 8 %. Антенна характеризуется компактностью, механической прочностью, малым сопротивлением воздушному потоку. Антенна может быть выполнена как в трубчатом, так и в микрополосковом исполнении.

Ключевые слова: широкая полоса частот; вибратор; радиовещание; компенсация импеданса.

В ряде практически важных случаев, например, в радиовещании, важно, чтобы антенна была согласована с фидером в широком диапазоне частот. Как правило, широкая полоса частот достигается в ущерб либо уровню согласования с фидером (КСВ), либо диаграмме направленности, либо размерам конструкции. Однако это противоречит требованиям к антеннам, предназначенным для работы на антенных опорах в виде башен. Здесь важным является сохранение компактных размеров антенны в целях снижения весовой и ветровой нагрузок. Для мощных передающих антенн важно также обеспечение минимального КСВ, при этом незначительная отраженная мощность не будет вызывать нарушения режима работы выходных цепей передатчика. Способность антенны работать в широкой полосе частот позволяет снизить количество антенн на опоре, а значит весовую и ветровую нагрузку на опору.

Представленная в настоящей работе широкополосная вибраторная антенна является компромиссным решением: обладая размерами и диаграммой направленности, незначительно отличающимися от таковых для обычной полуволновой вибраторной антенны, она обеспечивает низкий КСВ в достаточно широкой полосе частот.

Конструктивно антенна (рис. 1) состоит из первого вибратора 1, второго вибратора 2, первого и второго короткозамыкающих проводников 3, симметрирующего устройства 4, устройства компенсации реактивной составляющей входного импеданса антенны 5, фидера 6, соединителя радиочастотного 7. Первый вибратор состоит из первого 8 и второго 9 плеча, разнесенных вдоль продольной оси, в результате чего образован зазор. Вторым вибратором 2 не имеет разрыва, расположен параллельно первому вибратору на расстоянии много меньшем длины волны. Короткозамыкающие проводники 3 гальванически соединяют первый и второй вибраторы. Возбуждающая мощность к антенне подводится коаксиальным кабелем 6. В антенне применено симметрирующее устройство в виде короткозамкнутого четвертьволнового отрезка двухпроводной линии переда-

чи. Коаксиальный кабель проложен внутри одной из трубок симметрирующего устройства и соответствующего плеча вибратора. Внешний проводник кабеля соединён в зазоре с плечом вибратора. Центральный проводник коаксиального кабеля соединен с центральным проводником согласующего отрезка кабеля, расположенного внутри трубки другого плеча вибратора. Второй конец центрального проводника согласующего отрезка ни с чем не соединён. Внешний проводник согласующего отрезка кабеля в области зазора гальванически соединён с плечом вибратора. В результате источник возбуждения расположен симметрично относительно конструкции антенны. Одним полюсом источник подключен непосредственно ко одному из плеч вибратора, а другим полюсом подключен через согласующее устройство другому плечу вибратора.

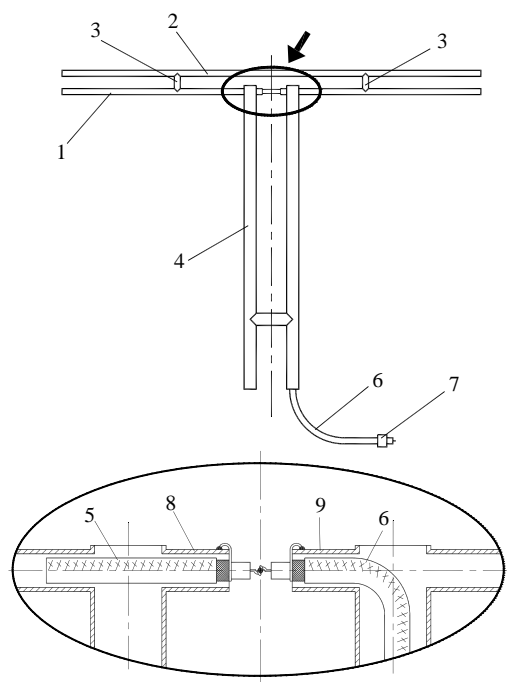


Рис. 1. Конструкция широкополосной вибраторной антенны

С точки зрения физической модели предложенная широкополосная симметричная вибраторная антенна представляет собой два параллельных друг другу полуволновых вибратора с «сильной» распределённой электромагнитной связью, кроме того имеющих гальваническую связь друг с другом в двух сечениях посредством коротких по сравнению с длиной волны проводников (короткозамыкателей). Антенна возбуждается в зазоре между плечами одного из вибраторов источником, включенным последовательно с согласующим устройством в виде отрезка коаксиальной линии передачи; причём с плечами возбуждаемого вибратора соединён также отрезок короткозамкнутой двухпроводной линии. Длина двухпроводной линии равна четверти длины волны на средней рабочей частоте. Короткозамкнутый

четвертьволновый отрезок двухпроводной линии выполняет роль симметрирующего устройства. Предполагается, что вибраторы, короткозамыкатели и симметрирующее устройство выполнены из цилиндрических проводников, радиусы цилиндров которых много меньше длины волны. Все проводники выполнены из идеально проводящего материала. Антенна расположена в свободном пространстве.

В основу математической модели положен обобщённый метод наведённых электродвижущих сил, называемый в некоторых источниках методом согласования реакций. Этот метод предполагает определение взаимного влияния электрически коротких диполей, образованных соседними сегментами, на которые разбиваются проводники антенны, и так называемых пробных диполей.

Будем считать, что антенна возбуждается генератором с напряжением V_0 на зажимах, включенным в зазор вибратора.

Численная модель антенны аналогична модели, получаемой при решении интегрального уравнения антенны методом моментов. Интегралы, входящие в выражения для коэффициентов матрицы взаимных влияний, вычисляются с помощью метода Симпсона. Решение СЛАУ будем искать с использованием метода Гаусса.

Вводя в рассмотрение N пробных диполей, получим систему N линейных алгебраических уравнений с N неизвестными величинами I_n :

$$[V]=[Z][I], \quad (1)$$

где $[V]$ – вектор-столбец, элементы которого равны значениям напряжений источников «истинных» и «пробных» диполей; $[Z]$ – матрица взаимных сопротивлений «истинных» и «пробных» диполей; $[I]$ – вектор-столбец, элементы которого равны комплексным амплитудам базисных функций, с помощью которых аппроксимируется токовая функция.

На основе решения систему уравнений определяется приближённое распределение тока вдоль рассматриваемой антенны. По известному распределению тока рассчитываются входное сопротивление, диаграмма направленности и коэффициент усиления антенны.

На рис. 2 показано распределение амплитуды тока вдоль проводников широкополосной симметричной вибраторной антенны на средней частоте рабочего диапазона.

За исключением центрального участка, закон распределения тока вдоль вибраторов близок к синусоидальному закону, что характерно для обычного полуволнового вибратора. Амплитуда тока на участках вибраторов, расположенных между короткозамыкающими проводниками, примерно в два раза выше, чем на крайних участках вибраторов вблизи этих проводников.

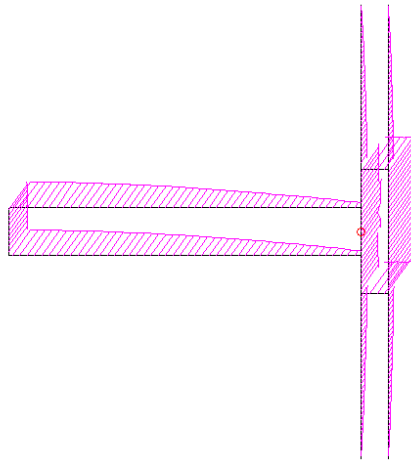


Рис. 2. Распределение амплитуды тока вдоль проводников антенны

Распределение тока вдоль проводников симметрирующего устройства, а именно практически нулевой ток в этих элементах вблизи их подключения к вибратору, свидетельствует о высоком входном сопротивлении симметрирующего устройства и, следовательно, о его малом влиянии на распределение тока вдоль вибратора.

На рис. 3 представлена модель широкополосной симметричной вибраторной антенны с аperiodическим рефлектором.

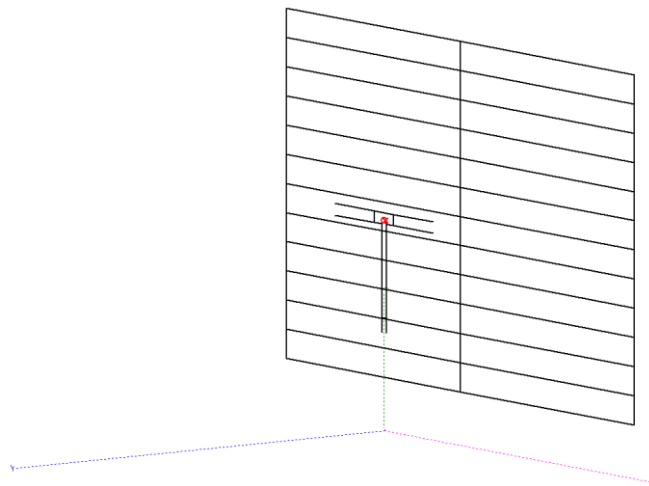


Рис. 3. Модель антенны с аperiodическим рефлектором

На рис. 4 показаны зависимости от частоты действительной и мнимой частей импеданса антенны. На графике видно, что мнимая часть импеданса в рабочем диапазоне частот меняется в пределах ± 5 Ом. Действительная часть импеданса равна волновому сопротивлению фидера (50 Ом) на двух частотах, в окрестности этих частот действительная часть изменяется

плавно. В точке максимума отклонение действительной части импеданса антенны от 50 Ом составляет +3 Ом. За пределами рабочего диапазона как мнимая, так и действительная части импеданса быстро отклоняются от оптимальных значений, что и обуславливает большую крутизну фронтов на графике зависимости КСВ от частоты.

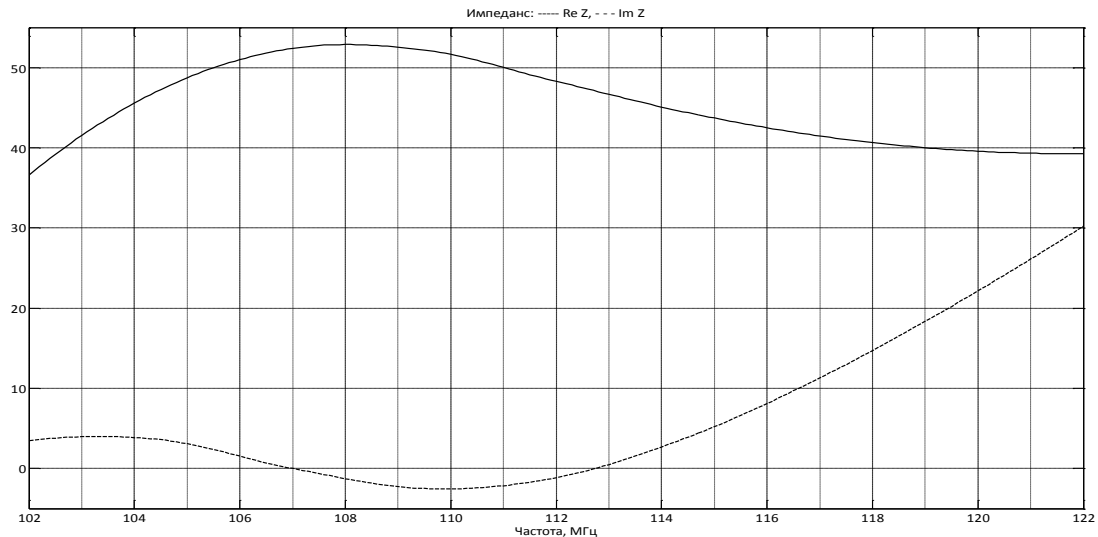


Рис. 4. Зависимость импеданса антенны с аperiodическим рефлектором от частоты при согласовании с фидером 50 Ом

На рис. 5 представлен график зависимости согласования антенны с фидером с волновым сопротивлением 50 Ом от частоты. Эта зависимость характеризуется наличием протяженного участка КСВ ниже 1,1, за пределами которого КСВ довольно быстро возрастает. Таким образом, полоса рабочих частот предложенной широкополосной антенны составляет 8 % при КСВ ниже 1,1.

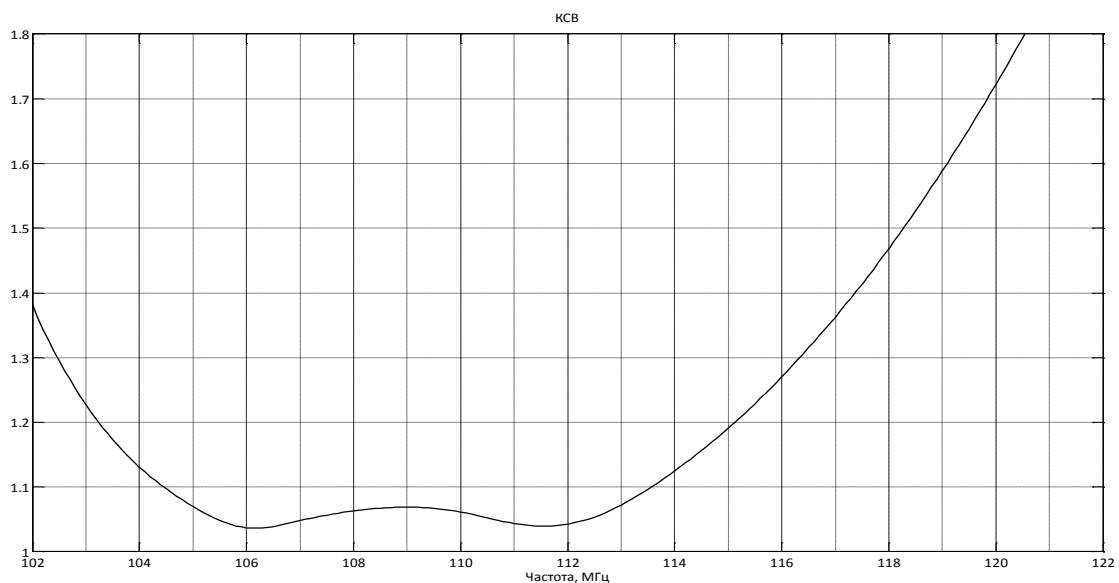


Рис. 5. Зависимость КСВ антенны с аperiodическим рефлектором от частоты

Диаграмма направленности антенны с аperiodическим рефлектором показана на рис. 6, 7. Коэффициент усиления антенны составляет 8 dBi.

Таким образом, создана новая полезная вибраторная антенна, обеспечивающая излучение сигналов в широкой полосе частот и тем самым решающая проблему ввода новых радиотелевизионных станций и станций связи с подвижными объектами.

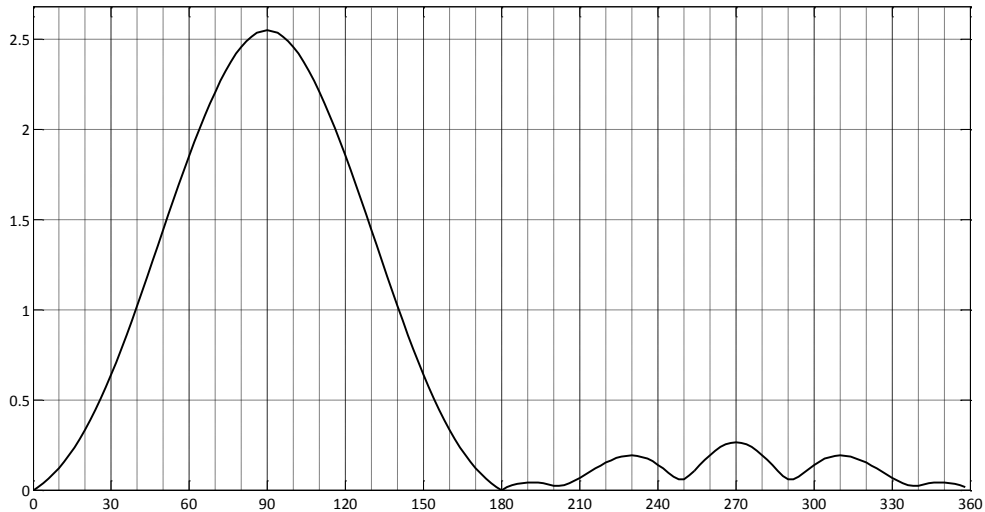


Рис. 6. Горизонтальная диаграмма направленности широкополосной вибраторной антенны с аperiodическим рефлектором

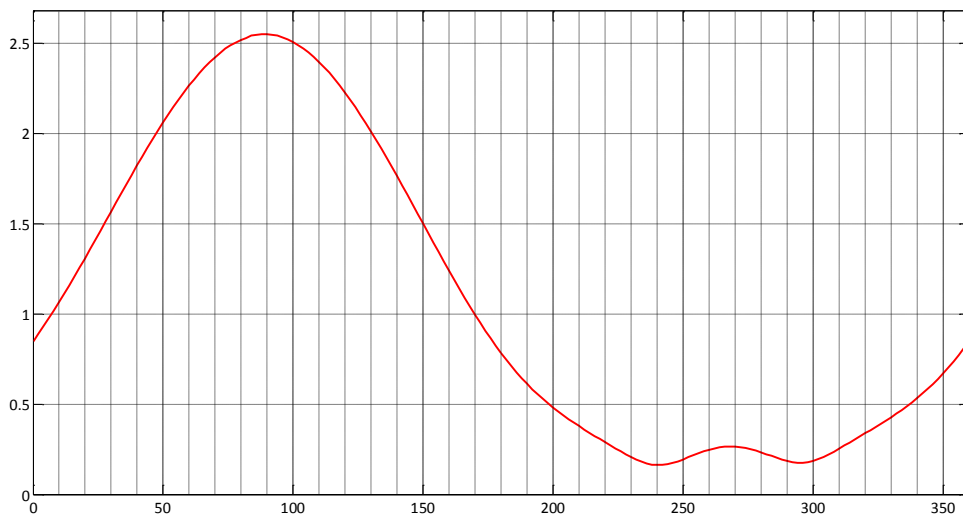


Рис. 7. Вертикальная диаграмма направленности широкополосной вибраторной антенны с аperiodическим рефлектором

Антенна обеспечивает:

– симметричную диаграмму направленности в плоскости E (без раздвоения диаграммы и без отклонения максимума диаграммы направленности от плоскости, перпендикулярной к вибраторам антенны);

– низкий КСВ в линии питания за счёт согласования входного импеданса антенны с волновым сопротивлением фидера в широкой полосе частот;

– удобный монтаж её на поясе решётчатой башни.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках комплексного проекта по договору № 02.G25.31.0046 между Минобрнауки РФ и ОАО «ЧРЗ Полет» в кооперации с головным исполнителем НИОКТР – ЮУрГУ (НИУ)

Библиографический список

1. N.I.Voytovich, A.V.Ershov. Wideband Dipole Antenna. Antennas and Propagation (EuCAP). 2013 7th European Conference on Antennas and Propagation (EuCAP). pp. 1176–1180.

2. N.I.Voytovich, A.V.Ershov. Wideband Dipole Antenna. IEEE Xplore, digital library. pp. 1214–1218.

3. Бузов, А.Л. Электродинамические методы анализа проволочных антенн / А.Л. Бузов, Ю.М. Сподобаев, Д.В. Филиппов; под ред. В.В. Юдина. – М.: Радио и связь, 2000. – 153 с.

4. Barzilani G. Mutual impedance of parallel aerials // Wireless Engr. – 1948.– vol. 25. – 343 p.

5. Richmond J.H. Digital computer solutions of the rigorous equations for scattering problems. Proc. IEEE, vol. 53 (1965), pp. 796–804.

[К содержанию](#)