

ПЕЧАТНАЯ ЛОГОПЕРИОДИЧЕСКАЯ АНТЕННА С УЛУЧШЕННЫМ КОЭФФИЦИЕНТОМ УСИЛЕНИЯ

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь

Дворецкий Е.А., Седюкевич Ю.А.

Бобков Ю.Ю. – к.т.н., доцент

Современные беспроводные средства связи нуждаются в антеннах с улучшенными направленными свойствами в широком диапазоне частот. Логопериодическая антенна - известный класс антенн, который обеспечивает равномерный коэффициент усиления в широкой полосе частот. В этой работе предлагается модифицированная печатная логопериодическая антенна, обеспечивающая усиление порядка 10дБи на частоте 2,45 ГГц.

Логопериодическая печатная антенна представляет собой набор симметричных вибраторов, возбуждаемых от двухпроводной печатной линии. Плечи вибраторов имеют различную длину, и ширину, убывающую по логарифмическому закону. На двух сторонах печатной платы размещаются печатные вибраторы в порядке чередования и возбуждаются от двухпроводной линии. Соседние вибраторы размещены таким образом, чтобы от питающей линии они возбуждались с разностью фаз 180°. В узкой части рабочего диапазона частот антенны эффективными являются лишь несколько соседних вибраторов (активная зона), длина плеч которых близка к четверти длины волны, а все остальные вибраторы являются пассивными. Активная область перемещается вдоль антенны с изменением частоты. Логопериодические печатные антенны могут быть использованы в системах наземного телевидения, систем телекоммуникации или как измерительные антенны, однако КНД известных конструкций печатных логопериодических антенн не превышает 6-8 дБи в диапазоне частот. В настоящей работе рассматривается конструкция печатной логопериодической антенны, обеспечивающая КНД ≈10 дБи в диапазоне частота 0,4-4 ГГц.

В печатных логопериодических антеннах длина плеч вибраторов, их ширина и расстояние между соседними вибраторами изменяются по логарифмическому закону. Размеры элементов логопериодической антенны рассчитываются с использованием теории Карреля [1]. Коэффициент расширения $\tau=0,84$, угол раскрытия антенны $\alpha=12,7^\circ$, относительная постоянная распространения $\sigma=0,155$, диэлектрическая проницаемость $\epsilon_r=2,2$ (Rogers 5880) и толщина подложки $h=1,575$ в расчетах принимались за константы. Конструкция антенны рассчитывалась для согласования с линией $Z_a=50$ Ом. Первоначальный печатной логопериодической антенны производился по известной методике [1] с последующим добавлением в конструкцию элементов согласования:

1. Относительная ширина рабочей полосы частот антенны B и ширина полосы работы активной зоны $B_{\text{акт.зона}}$ находится с использованием уравнений (1) и (2):

$$B_{\text{акт.зона}} = 1,1 + 7,7 \cdot (1 - \tau)^2 \cdot \text{ctg} \alpha \quad (1)$$

$$B = F_{\text{max}} / F_{\text{min}} \quad (2)$$

2. Рабочая полоса частот проектируемой антенны B_S равна:

$$B_S = B_{\text{акт.зона}} \cdot B \quad (3)$$

3. Число требуемых вибраторов определяется с помощью уравнения (4):

$$N = 1 + (\log B_S / \log \tau^{-1}) \quad (4)$$

Длина плеча наибольшего вибратора L_n равна четверти максимальной длины волны рабочего диапазона, которая вычислялась по уравнению (5):

$$\lambda_{\text{max}} = c / (2 \cdot F_{\text{max}} \cdot \sqrt{\epsilon_r}) \quad (5)$$

4. Принимая импеданс питающей линии равным $Z_0=50$ Ом и выполняя условие согласования вибратора с линией, ширина самого длинного вибратора по находится формуле (6):

$$Z_i = 120 \cdot (\ln(L_n/a) - 2.25) \quad (6)$$

где a - эквивалентный диаметр печатного диполя, связанный с шириной печатного диполя соотношением $W_n = \pi \cdot a$.

5. Расстояние между диполями на самых низких частотах рассчитывается с использованием уравнения (7):

$$D_n = 4 \cdot \sigma \cdot L_n \quad (7)$$

6. Длина, ширина, расстояние между соседними излучающими элементами рассчитываются с использованием соотношения:

$$L_n / L_{n+1} = W_n / W_{n+1} = D_n / D_{n+1} = \tau \quad (8)$$

По представленной выше методике расчета геометрических параметров элементов печатной логопериодической антенны были проведены расчеты антенны для диапазона 0,4-4 ГГц. Предварительные расчеты показали, что антенна имеет большие продольные и поперечные размеры. С целью уменьшения размеров антенны в ее конструкцию внесены дополнения.

Максимальный поперечный размер приблизительно равен половине максимальной длины волны требуемого диапазона. Уменьшения поперечного размера достигнуто за счет применения Г-образной формы плеча симметричного печатного вибратора. Экспериментальный образец такой антенны показан на рисунке 1а.

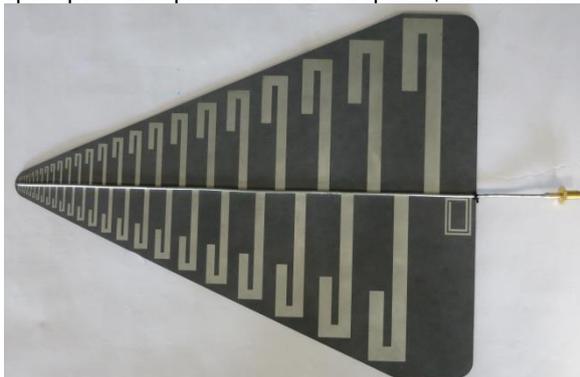


Рисунок 1 – Экспериментальный образец печатной логопериодической антенны с Г-образной формой плеч вибраторов

Максимальный поперечный размер экспериментального образца антенны не превышает 250 мм, что составляет 0,33 максимальной длины волны рабочего диапазона длин волн.

Для согласования антенны с коаксиальным фидером в области нижних частот печатная двухпроводная линия дополнена разомкнутым шлейфом.

Результаты экспериментального исследования опытного образца антенны приведены на рисунке 2.

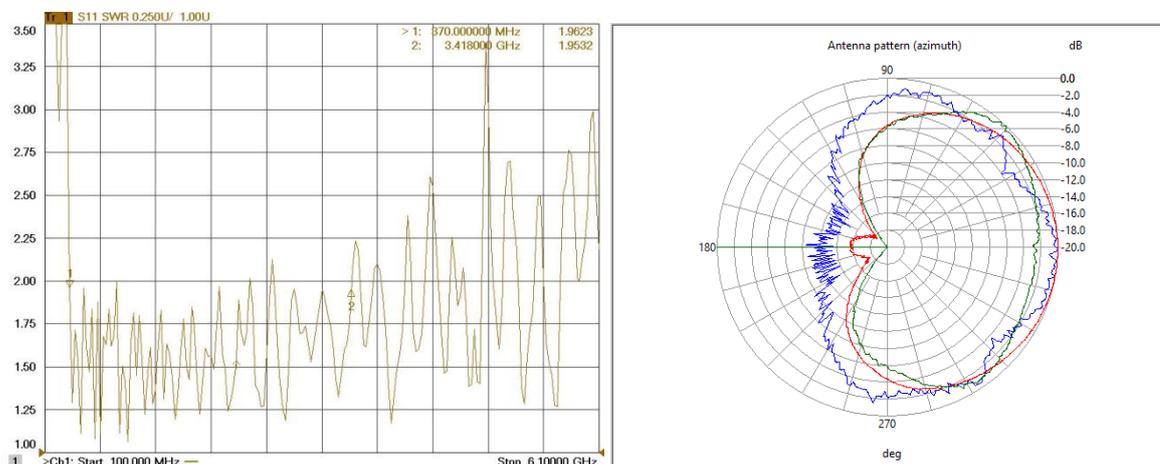


Рисунок 2 – Частотная зависимость КСВН печатной логопериодической антенны и диаграммы направленности антенны в Н-плоскости на частотах: $f=0.4$ ГГц – синяя линия, $f=0.9$ ГГц – красная линия, $f=2.45$ ГГц – зеленая линия

Экспериментальное исследование печатной логопериодической антенны с уменьшенным поперечным сечением показало, что в диапазоне частот 0,4-4 ГГц согласована и обеспечивает усиление 8-10 дБи, что позволяет ее использование в качестве приемной для приема сигналов цифрового эфирного телевидения, сигналов система сотовой и сигналов беспроводных локальных вычислительных сетей.

Список использованных источников:

1. Carrel, Robert L. Analysis and Design of the log-periodic dipole antenna / Robert L. Carrel // Electrical Engineering Research Laboratory. University of Illinois, Urbana, Illinois. – 1962. – Technical Report №52