

ПРИМЕНЕНИЕ ВОЛНОВОДОВ И РЕЗОНАТОРОВ В ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЯХ

Мухин Николай Андреевич

*студент, Нижегородский государственный инженерно–экономический
университет,
Россия, г. Княгинино*

Михайлова Ольга Валентиновна

*докт. техн. наук, доцент,
Нижегородский государственный инженерно–экономический университет,
Россия, г. Княгинино*

АННОТАЦИЯ

В этой статье рассмотрены волноводы, используемые в различном радиооборудовании, таком как фидеры, колебательные системы, с резонансными полостями, фильтрами, линиями связи и т. д.

Ключевые слова: волноводный фидер, объемный резонатор, прямоугольный волновод, резонансная частота.

Рассмотрим линию из двух проводов $AB + CD$, сопротивление которой равно сопротивлению волны на рисунке 1.

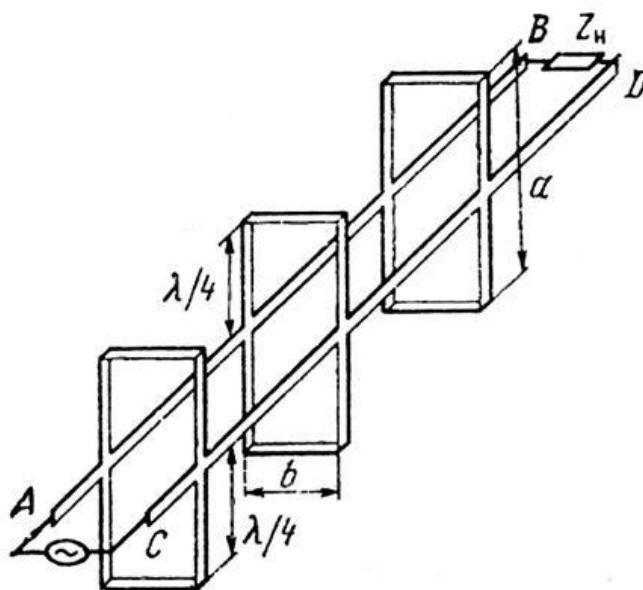


Рисунок 1 – Пояснение принципа образования волновода.

В такой линии наблюдается подвижная волновая мода. Чтобы укрепить провода АВ и CD в воздухе, мы используем короткие опоры кабелей четверти длины, которые размещаются на произвольном расстоянии друг от друга. Поскольку входное сопротивление таких шлейфов теоретически бесконечно, их можно рассматривать как металлические изоляторы, и они не мешают работе исходной двухпроводной линии. Пусть число полюсов достигает бесконечности, а расстояние между ними равно нулю, мы получаем конструкцию, называемую прямоугольной направляющей.

Таким образом, вы можете перейти от двухпроводной линии к вращающейся направляющей. Только в этом случае металлическим изоляторам следует придавать круглую форму, а не прямоугольную.

Методика обработки направляющей сильно отличается от режима работы двухпроводной линии с согласованной нагрузкой. В волноводе, помимо бегущей волны, распространяющейся в осевом направлении, в срезе есть еще стоячие волны. Эти волны образуются за счет распределения энергии от волны на оси до металлического изолятора.

Критическая длина волны в волноводе.

Если длину волны изменить так, чтобы ширина волновода была меньше $\lambda/2$, то передача энергии по волноводу прекращается, потому что сопротивление металлического изолятора резко уменьшается, количество энергии, распределенной в них, увеличивается, а длина волны увеличивается. Ось резко уменьшается. Следовательно, существует определенная длина волны $\lambda_{кр}$, которая называется критической, выше которой распространение энергии по волноводу невозможно. Следовательно, для передачи энергии через волновод требуется, чтобы длина волны λ_p была меньше критической длины:

$$\lambda_p < \lambda_{кр}.$$

Критическая длина волны $\lambda_{кр}$ зависит от размеров волновода. Для прямоугольного волновода $a = 2 \cdot (\lambda_{кр}/4)$, то есть:

$$\lambda_{кр} = 2 \cdot a.$$

Типы волн в волноводе.

В волноводе могут быть разные типы волн, которые различаются структурой силовых линий, которые называются волноводной модой. Чтобы найти выражения, описывающие векторы поля E и H в волноводе, необходимо найти систему уравнений Максвелла, которую необходимо решить с учетом геометрии конструкции. Конкретная структура результирующего поля обозначается индексами m и n , т.е. волны представлены H_{mn} , E_{mn} , EH_{mn} , EH_{mn} и так далее.

Число m равно количеству полуволн изменения напряженности поля, расположенных на широкой стороне направляющей стенки a , число n – количеству волн изменения напряженности поля узкой направляющей стенки b . Для круговода индекс m описывает количество волн поля по периметру, а n – полуволны в диаметре.

Зная тип волн, изображение поля в частях волновода может быть построено качественно без использования формул для векторов поля E и H .

Волны разных типов различаются не только строением линий электропередач. Длина их критической волны также различается. Например, в прямоугольном волноводе:

$$\lambda_{EP} = 2/\sqrt{(m/a)^2 + (n/b)^2}.$$

Тип волны, критическая длина которой является самой длинной из всех возможных типов волн, называется типом основной волны или волны (моды) существующего волновода.

В микроволновом диапазоне распространены следующие типы линий передачи:

1. Металлические волноводы.
2. Коаксиальные волноводы.
3. Полосковые линии.

Металлические направляющие. Каждая волноводная волна характеризуется парой индексов m и n , физический смысл которых определяется формой поперечного сечения волновода.

Коаксиальные направляющие. На практике наиболее распространенным является коаксиальный или простой коаксиальный круговод. Пространство между внешним и внутренним проводами может быть заполнено воздухом или другим диэлектриком с относительного разрешения ϵ_r . Основная волна обозначается как Т (поперечная электромагнитная волна).

Полосковые линии. На практике наиболее распространены симметричные и асимметричные полосы.

Пространство между полосовыми линиями может быть заполнено воздухом или другим диэлектриком.

Направляющая используется в различной радиоаппаратуре в качестве фидера, колебательных систем, которые называются пузырьковыми резонаторами, фильтрами, линиями связи и т. д.

На частотах выше 1 ГГц маршрутизатор обычно используется в качестве фидера для передачи электромагнитной энергии от радиопередатчика к антенне или от антенны к передатчику. Поскольку фидер должен иметь минимальные внутренние потери, внутренние стенки волновода тщательно шлифуются и покрываются слоем серебра. Это, а также отсутствие изоляторов внутри волновода приводят к значительно меньшим потерям, чем в коаксиальных фидерах.

Наибольшее значение КПД фидера достигается в режиме подвижной волны; поэтому направляющая изготавливается с равномерным распределением параметров по длине и соответствует как нагрузке, так и внутреннему сопротивлению источника энергии.

Волноводный фидер может проводить значительно больше энергии, чем коаксиальный фидер того же размера. Однако важно, чтобы в волноводах присутствовала критическая длина волны.

Объемные резонаторы. Колебательная система может быть построена на прямоугольных и круглых направляющих.

Если взять прямоугольный волновод, работающий на волне H_{mn} , и приложить короткие импульсы с обеих сторон от него, мы получим объемный

резонатор с типом колебаний Н_{тпр}, где индекс р количество полувольт изменения интенсивности поля вдоль оси z на его длине l. На рис.2 показана структура силовых линий для колебаний типа Н₁₀₁ (читается Н один–ноль–один). Длина резонансных волн в прямоугольном резонаторе равна $\lambda_{\text{рез}} = 2/\sqrt{(m/a)^2 + (n/b)^2 + (h/l)^2}$.

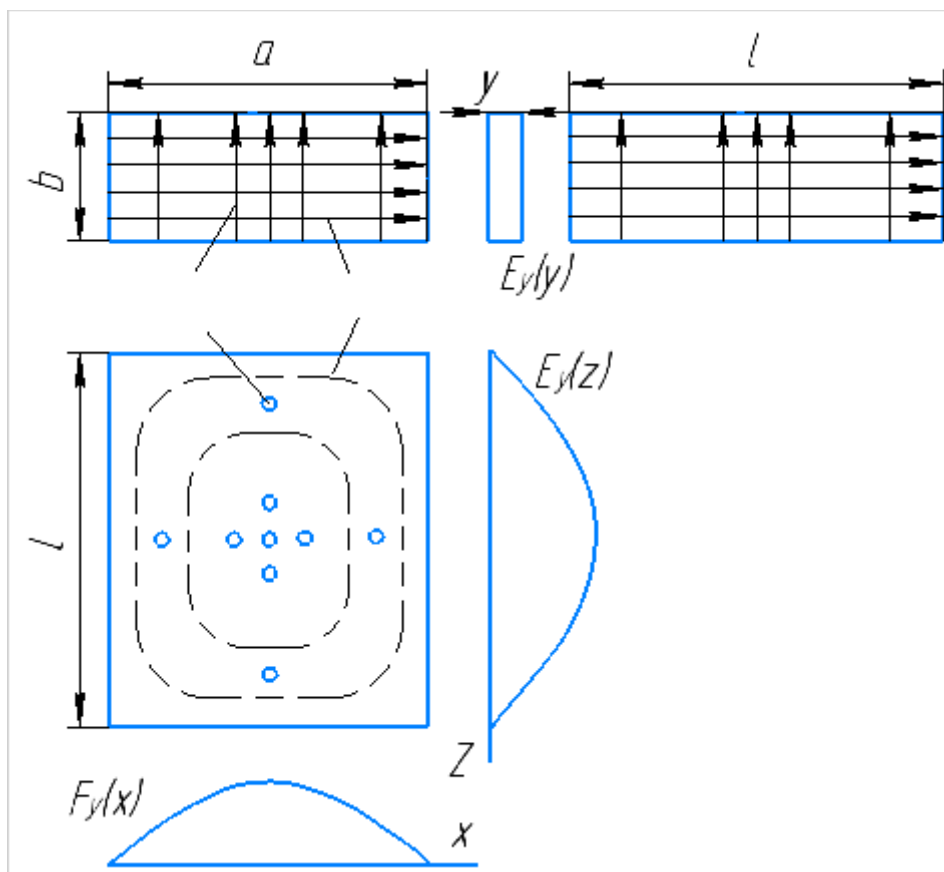


Рисунок 2 – Структура поля колебаний типа в цилиндрическом резонаторе

Для реконструкции волноводных резонаторов один из коротковолновых волноводов выполнен в виде подвижного поршня. Перемещение резонаторов и снятие с них энергии осуществляется с помощью штифта, рамы или соединительного отверстия.

Отличительной особенностью щелевых резонаторов является их высокая добротность и, следовательно, высокая фильтрующая способность, например, колебательные системы и высокая стабильность резонансных частот. Значение

добротности в зависимости от конструкции, частотного диапазона, точности обработки внутренней поверхности резонатора колеблется от нескольких тысяч до нескольких сотен тысяч. Для увеличения добротности внутреннюю поверхность резонатора обычно покрывают тонким слоем серебра.

Главный недостаток объемных резонаторов – наличие высоких резонансных частот.

Список литературы:

1) Падусова Е.В. Расчёт диэлектрических волноводов и объёмных резонаторов : учебное пособие / Падусова Е.В., Шارانгович С.Н.. — Томск : Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2009. — 116 с. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/13866.html> (дата обращения: 24.06.2021). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

2) Электромагнитное поле в прямоугольном волноводе : практикум № 3 / . — Москва : Московский технический университет связи и информатики, 2015. — 16 с. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/63349.html> (дата обращения: 24.06.2021). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

3) Микрополосковые резонаторы и СВЧ-устройства на их основе : учебное пособие / Р.Г. Галеев [и др.]. — Красноярск : Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М. Ф. Решетнева, 2020. — 166 с. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/107208.html> (дата обращения: 24.06.2021). — Режим доступа: для авторизир. пользователей