

СОДЕРЖАНИЕ

ТЕМА НОМЕРА:

“Системы подвижной связи и цифрового телерадиовещания”

Абрамов В.А., Попов О.Б., Ождин Г.М., Черников К.В. Повышение эффективности регулирования громкости сигналов телерадиовещания	4
Абрамов В.А., Попов О.Б., Ождин Г.М., Рихтер С.Г. Оценка качества обработки звуковых сигналов в радиовещательных студиях	6
Александрова О.Ю., Бондаренко С.М., Гутцайт Э.М., Жидков Р.А. Плазменные осветительные устройства на основе СВЧ-разряда	9
Андрейко Д.Н., Комаров П.Ю., Игнатов Ф.М. Основные методы сжатия данных в передаче цифровых видеоизображений	12
Белов А.С. Адаптивный способ сжатия изображений	16
Борисов А.А., Глебович А. А., Ождин Г.М., Чернышева Т.В. Накопление искажений в многозвенных трактах первичного распределения канала звукового вещания	19
Бушин Д.С., Игнатов Ф.М. Методы оптимизации определения направления предсказания intra модели кодирования	23
Быков В.В., Меньшиков К.В. Помехоустойчивые коды цифрового телевидения	30
Быховский М.А. Повышение эффективности использования РЧС при применении в телерадиовещании синхронных сетей	34
Варламов О.В. Разработка требований к приемному оборудованию сетей цифрового радиовещания стандарта DRM	39
Варламов О.В. Особенности частотно-территориального планирования сетей радиовещания DRM диапазонов НЧ и СЧ	43
Варламов О.В. Разработка отечественной нормативной базы цифрового радиовещания стандарта DRM	47
Гайнутдинов Т.А., Гаранкина Н.И. Кочержевский В.Г. Исследование способов модернизации действующей передающей радиовещательной антенны АМШП для работы в стандарте DRM	51

Заказ журналов:

- по каталогу "Роспечать" (индекс 80714)
- "Деловая пресса" (www.delpress.ru)
- в редакции (info@media-publisher.ru)

Возможен также заказ через региональные альтернативные подписные агентства
<http://www.media-publisher.ru/raspr.shtml>

Стоимость одного экземпляра 300 руб.

Целевая аудитория по распространению

- Телекоммуникационные компании;
- Дистрибьюторы телекоммуникационного оборудования и услуг;
- Контент-провайдеры;
- Разработчики и производители абонентского оборудования;
- Предприятия и организации нефтегазового комплекса;
- Энергетические компании;
- Автотранспортные предприятия;
- Крупные организации с собственным автомобильным автопарком;
- Компании, занимающиеся железнодорожными, воздушными и морскими перевозками;
- Логистические и экспедиционные компании;
- Провайдеры охранно-поисковых услуг;
- Геодезические и картографические организации;
- Государственные ведомства и организации;
- Строительные компании;
- Профильные учебные заведения

Тираж 3000 экз. + Интернет-версия

Адрес редакции

111024, Россия, Москва,
ул. Авиамоторная, д. 8, офис 512-514
e-mail: ds@media-publisher.ru
Тел.: +7(495) 957-77-43

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия. Свидетельство о регистрации: ПИ № ФС77-27364

Мнения авторов не всегда совпадают с точкой зрения редакции. За содержание рекламных материалов редакция ответственности не несет

Материалы, опубликованные в журнале — собственность ООО "ИД Медиа Паблшер".
Перепечатка, цитирование, дублирование на сайтах допускаются только с разрешения издателя.
All articles and illustrations are copyright.
All rights reserved. No reproduction is permitted in whole or part without the express consent of Media Publisher Joint-Stock Company

Вниманию авторов!

Для начисления авторского гонорара необходимо указать ваши ФИО, почтовый адрес (с индексом), паспортные данные (серия, номер, кем и когда выдан), ИНН, номер свидетельства пенсионного страхования, дату и место рождения, номер телефона.

Плата с аспирантов за публикацию рукописи не взимается

© ООО "ИД Медиа Паблшер", 2013

www.media-publisher.ru

Груздев В.В.

Ключевые генераторы с внешним возбуждением класса Е с ППГ-ферровариометром в формирующем П-контуре 57

Гутцайт Э.М., Маслов В.Э., Агафонова Т.А.

Эффективные светодиодные модули с высоким качеством цветопередачи 60

Дулов И.В.

Вопросы коррекции характеристик усилителя мощности цифрового СВЧ радиовещания с АРР по питающему напряжению 63

Елизаров А.А., Ефремова М.В.

Системы формирования электронных пучков в электровакуумных СВЧ-приборах: современное состояние и тенденции развития 70

Елизаров А.А., Закирова Э.А.

Моделирование излучения крамок многослойных печатных плат СВЧ-диапазона 74

Елизаров А.А., Каравашкина В.Н.

Конструктивно-технологические особенности устройств на замедляющих системах с аномальной дисперсией 77

Елизаров А.А., Шаймарданов Р.В.

Исследование электродов для внутриволновой микроволновой физиотерапии с экранировкой магнитного поля 82

Жук А.П., Орёл Д.В.

Ускоренный численный метод приближенного вычисления значений логарифмической функции для решения задачи формирования систем квазиортогональных кодовых последовательностей 85

Иванюшкин Р.Ю., Юрьев О.А.

Проблематика построения РЧ-тракта передатчиков цифрового радиовещания диапазона СВЧ на основе метода Л. Кана 91

Карлушин К.А., Медведева Е.В.

Метод выделения движущихся объектов в видеозображениях на основе трехмерных цепей маркова 94

Комаров С.Н., Тertyшников А.В.

Разработка и исследование многофазных синтезаторов радиочастот с мощным выходом 97

Косичкина Т.П., Хасьянова Е.Р.

Анализ влияния характеристик квадратурных преобразователей на работу радиоприемных устройств цифровых сигналов радиосвязи и телерадиовещания 100

Кузнецов А.Л., Бусаев О.Г. Исследование различимости цвета	104
Лорей Н.А. Оценка требований к производительности измерительного комплекса, обслуживающего средства подвижной радиосвязи	106
Мирошникова Н.Е. Обзор систем когнитивного радио	108
Мирошникова Н.Е. Влияние ошибок синхронизации на прием цифровых сигналов	112
Орлов В.Г., Пушкарев А.В. Перспективы развития мобильного видео	115
Панкратов Д.Ю. Моделирование пропускной способности радиоканала системы MIMO в условиях пространственно коррелированных замираний	118
Петренко А.А., Кирик Ю.М. Перспективы применения радиорелейных линий в новых частотных диапазонах 60-80 ГГц	120
Рихтер С.Г., Смирнов А.В. Оценка скорости абонента системы Mobile Wimax ...	123
Самойлов А.Г., Самойлов С.А. Концепция согласования радиопередающих устройств с нагрузками	127
Смирнов А.В., Горгадзе С.Ф. Принципы повышения эффективности усиления сигнала с большим пик-фактором	132
Захарова С.С., Солнцев В.А. Свойства излучения синхронной спирали на обратной волне	135
Суворов К.А. Системы виртуальной реальности и их применение ...	140
Федотова Т.Н. Исследование фазовых и частотных характеристик многослойных взаимных ферритовых фазовращателей	144

Журнал включен в перечень периодических научных изданий, рекомендуемый ВАК Минобрнауки России для публикации научных работ, отражающих основное научное содержание кандидатских и докторских диссертаций.

Учредитель
ООО "Издательский дом Медиа Паблшер"

Главный редактор
В.О. Тихвинский

Издатель
С.С. Дымкова
ds@media-publisher.ru

Редакционная коллегия
А.С. Аджамов, Е.Б. Алексеев,
Альберт Вааль, А.А. Гоголь,
Юлиус Головачев, В.Л. Горбачев,
Ю.А. Громаков, А.И. Демьянов,
Б.В. Зверев, Ю.Б. Зубарев, В.Р. Иванов,
Юрий Кирхгесснер, Т.А. Кузюкова,
В.Н. Лившиц, С.Л. Мищенко,
О.Е. Наний, Н.П. Резникова,
И.В. Парфенов, Ш.Ж. Сеилов,
В.О. Тихвинский, В.В. Фронов,
Майкл Шарп, А.Б. Юрчук

Редакция

Выпускающий редактор
Андрей Волков
va@media-publisher.ru

Специалист по маркетингу и PR
Кристина Маркарова
kristina@media-publisher.ru

Директор отдела развития и рекламы
Ольга Дорошкевич
ovd@media-publisher.ru

Отдел распространения и подписки
info@media-publisher.ru

Предпечатная подготовка
ООО "ИД Медиа Паблшер"

Поддержка Интернет-портала
Сергей Алексанян

www.media-publisher.ru

Конструктивно-технологические особенности устройств на замедляющих системах с аномальной дисперсией

Ключевые слова: аномальная дисперсия, замедляющие системы, продольно-проводящий экран, связанные спирали, коэффициент замедления.

Проведен обзор физических и конструктивно-технологических особенностей устройств на замедляющих системах с аномальной дисперсией. Рассмотрены причины возникновения и возможные способы управления частотной дисперсией в спиральных системах с помощью продольно-проводящего экрана и экрана с емкостной проводимостью в азимутальном направлении. Отмечена возможность получения аномальной дисперсии с помощью связанных замедляющих систем с противофазным возбуждением, которые обеспечивают не только дополнительное замедление, но и разделение электрической и магнитной энергии волны в поперечном сечении. На основе выполненного обзора показано, что создание конструкций замедляющих систем с аномальной дисперсией является перспективным способом уменьшения продольных размеров устройств при сохранении их электродинамических характеристик и параметров. При этом с ростом частоты колебаний фазовая скорость волны увеличивается при сохранении электрической длины структуры, а наличие замедления позволяет сократить геометрическую длину устройства в целом.

Елизаров А.А., д.т.н., профессор кафедры Электроника

Каравашкина В.Н., к.т.н., доцент кафедры Электроника

Миниатюризация современных СВЧ-устройств связана с уменьшением габаритов элементов с распределенными постоянными (ответвители, фильтры, резонаторы и др.) и может быть достигнута без увеличения рабочей частоты, путем повышения диэлектрической проницаемости используемых материалов. Однако более существенный результат – уменьшение в десятки раз габаритов устройств, получается при выполнении проводников в виде замедляющих систем (ЗС).

Кроме того, перспективным способом уменьшения продольных размеров устройств является создание конструкций ЗС с аномальной дисперсией. В этом случае с ростом частоты колебаний фазовая скорость увеличивается при сохранении электрической длины структуры, а наличие замедления позволяет сократить геометрическую длину устройства в целом при сохранении электродинамических характеристик и параметров. Сложный характер распределения поля между проводниками ЗС позволяет, в зависимости от конфигурации, в широких пределах управлять дисперсионной характеристикой, что представляет интерес при создании антенно-фидерных устройств, направленных ответвителей, поглощающих нагрузок, фазовращателей с управлением магнитным полем, резонаторов и линий задержки, согласующих устройств и ряда других пассивных элементов СВЧ-трактов.

Дисперсия волн – зависимость фазовой скорости электромагнитных волн от частоты или длины волны и, как следствие, изменение формы произвольных волновых возмущений в процессе их распространения. Термин «дисперсия» (от латинского *dispergo* – рассеивать, развевать, разгонять) был введен в физику И.Ньютоном в 1672 году при описании разложения пучка белого света, преломляющегося на границе раздела сред. Экспериментальное исследование этого явления проведено им с помощью скрещенных призм (рис. 1).

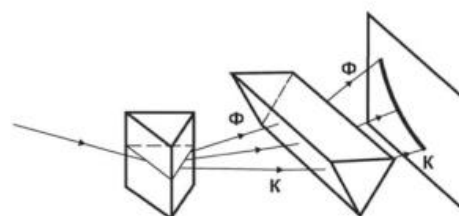


Рис. 1

Спектральные составляющие исходного пучка преломляются под разными углами в зависимости от частоты и образуют цветную полосу. Во второй призме, расположенной перпендикулярно к первой, различные участки спектра также отклоняются не одинаково. На экране наблюдается изогнутая цветная полоса, расположение и форма которой, дают информацию о зависимости показателя преломления от частоты $n(\omega)$ для обеих призм. Для большинства оптических материалов в видимом диапазоне n растет с частотой – нормальная дисперсия показателя преломления. Вблизи полос поглощения вещества наблюдается уменьшение n с частотой – аномальная дисперсия (рис. 2).

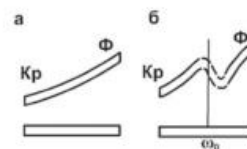


Рис. 2

Волновая концепция позволила объяснить явление дисперсии зависимостью скорости распространения монохроматических волн от частоты (цвета). В результате под дисперсией волн стали понимать именно эту зависимость, относя к следствиям дисперсии такие физические эффекты как расплывание импульсов, различие фазовой и групповой скоростей, неравномерное движение волновых фронтов и т.д. Иногда термин

«дисперсия» используется для обозначения разложения волнового поля в гармонический спектр (например, при прохождении волны через дифракционную решетку). Последующая эволюция понятия «дисперсия» связана с его обобщениями на поглощающие, параметрические и нелинейные системы (среды, волноводы, поверхности жидкостей и т.д.).

В классической оптике обычно имеет место положительная дисперсия, которая может быть нормальной и аномальной. Дисперсия прозрачных для света тел в широкой полосе частот нормальная и, следовательно, положительная. И только в узких полосах вблизи резонансных частот молекул наблюдается аномальная дисперсия, обусловленная поглощением света. При этом направление потока энергии и фазовой скорости совпадают, т.е. дисперсия положительная. Следует отметить, что в отличие от всегда положительной нормальной дисперсии, аномальная дисперсия может быть как положительной, так и отрицательной. В последнем случае знаки замедленной фазовой и групповой скоростей не совпадают. Такая дисперсия в оптике связана с квантовыми эффектами, например, индуцированными переходами атомов и молекул в состояние с меньшей энергией [1]. На рис. 3 приведены дисперсионные кривые для всех трех возможных случаев дисперсии.

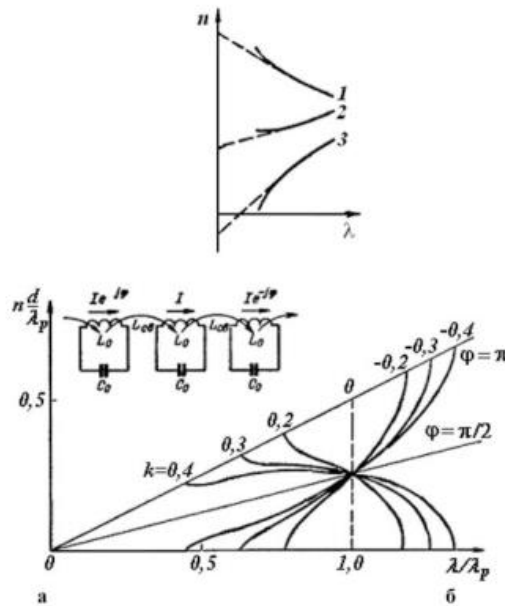


Рис. 3

Все законы дисперсии электродинамических систем обусловлены, естественно, неклассическими эффектами. В общем случае, в ЗС без потерь следует различать четыре вида дисперсии:

- нормальную дисперсию, при которой абсолютная величина фазовой скорости v_ϕ в рассматриваемом диапазоне частот уменьшается с ростом частоты колебаний;
- аномальную дисперсию, характеризующуюся увеличением абсолютной величины фазовой скорости при повышении частоты;

– положительную дисперсию, при которой направления фазовой v_ϕ и групповой v_g скоростей совпадают;

– отрицательную дисперсию, в случае которой фазовая скорость волны направлена в сторону, противоположную групповой скорости v_g .

Из анализа свойств ЗС на примерах электрических цепей, представляющих собой периодические последовательности связанных между собой ячеек из сосредоточенных индуктивностей и емкостей, следует, что система обладает положительной дисперсией, если связь ячеек емкостная, и отрицательной – если связь индуктивная [2, 3].

В качестве примера цепочки, которая может обладать аномальной положительной дисперсией, рассмотрим цепочку индуктивно связанных контуров (рис. 3). Она служит эквивалентной схемой цепочки индуктивно связанных резонаторов.

Уравнение Кирхгофа для одного из контуров цепочки имеет вид

$$\frac{1}{j\omega C_0} I + j\omega [L_0 + L_{ce} (e^{j\varphi} + e^{-j\varphi})] I = 0 \quad (1)$$

откуда следует уравнение дисперсии

$$\frac{\lambda}{\lambda_p} = \sqrt{1 + 2k \cos \varphi}, \quad (2)$$

где $\lambda_p = 2\pi c \sqrt{L_0 C_0}$; $k = \frac{L_{ce}}{L_0}$.

Полоса пропускания цепочки зависит от величины коэффициента связи и лежит в пределах

$$\lambda_p \sqrt{1 - 2k} \leq \lambda \leq \lambda_p \sqrt{1 + 2k}. \quad (3)$$

Значение λ , соответствующее $\varphi = \pi/2$, не зависит от коэффициента связи и равно λ_p . Дисперсия цепочки отрицательная при $k < 0$ и положительная при $k > 0$. Если коэффициент связи отрицателен и достаточно велик по абсолютной величине, то в цепочке возможна аномальная положительная дисперсия при $\varphi > \pi/2$.

Наиболее известным примером конструкции ЗС с аномальной положительной дисперсией может служить спираль радиуса b с продольно-проводящим экраном радиуса d_1 , помещенным в изотропный металлический экран с радиусом d_2 (рис. 4а). Такая структура широко используется для коррекции дисперсионной характеристики широкополосных ламп с бегущей волной [4, 5].

На рис. 4б приведены дисперсионные характеристики спирали в продольно-проводящем экране в виде зависимостей замедления от обобщенного параметра спирали $Q_c = b k t g \Phi$ (где $k = 2\pi/\lambda$ – волновое число, λ – длина волны в линии, Φ – угол намотки спирального проводника), при различном отношении радиуса внешнего продольно-проводящего экрана d к радиусу внутреннего спирального проводника b . Пунктирная кривая соответствует случаю отсутствия экрана.

Из представленных дисперсионных зависимостей видно, что уже при $d/b = 1,7$ и $Q_c > 1,5$ дисперсионная характеристика оказывается практически горизонтальной, что соответствует минимальному значению дисперсии. При уменьшении отношения d/b дисперсия линии меняется с нормальной ($d/b > 1,7$), при которой

фазовая скорость волны уменьшается с ростом частоты, на аномальную, при которой увеличение частоты приводит к росту фазовой скорости волны ($d/b < 1,7$).

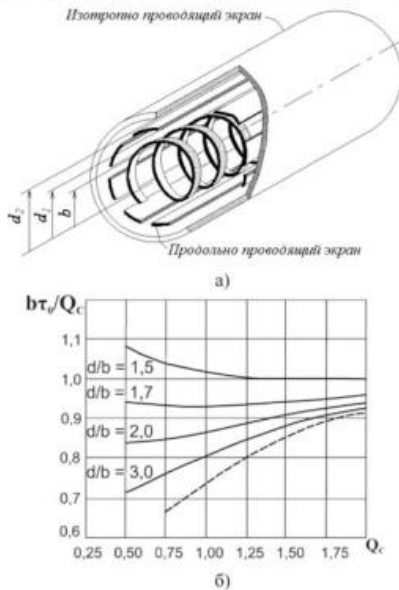


Рис. 4

На практике продольно-проводящий экран часто выполняется в виде продольных полосок, размещенных снаружи спирали (рис. 5а). Расчет спирали с различным числом полосок разной ширины и находящихся на разном расстоянии от спирали дан в работах [6, 7]. Из расчетов следует, что ширина полосок влияет на дисперсию незначительно.

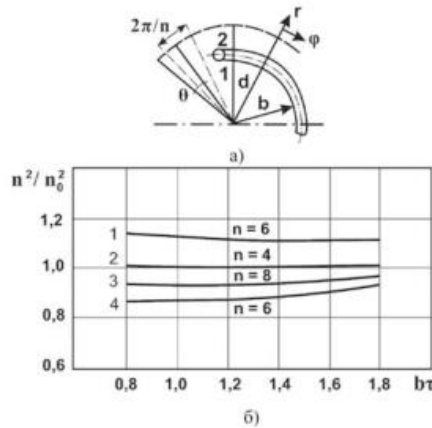


Рис. 5

На рисунке 5б приведены результаты решения дисперсионного уравнения вышеуказанной системы для различного числа полосок n с угловой шириной $\Theta = 7,5^\circ$ и значений отношения радиуса экрана d , образованного

полосками, к радиусу спирали b . Кривые 1 и 2 получены при $d/b = 1,2$ и числе полосок, соответственно 6 и 4, а кривые 3 и 4 – при $d/b = 1,4$ и числе полосок соответственно 8 и 6.

Естественно, что продольно-проводящий экран также как и обычный изотропный, уменьшает поле волны внутри спирали; однако это уменьшение при равном влиянии на дисперсионную характеристику оказывается значительно меньшим. Это следует как из непосредственного расчета сопротивления связи, так и из результатов экспериментального исследования. Уменьшение сопротивления связи в случае продольно-проводящего экрана почти такое же, как и в случае изотропного экрана, а возможность управления дисперсионной характеристикой гораздо больше.

Другой, не менее известной конструкцией ЗС с аномальной дисперсией, является спираль в металлическом экране с продольными ребрами [8] (рис. 6а). В этом случае отсутствуют изолированные проводники, и, при достаточно малом диаметре экрана, распространение быстрых волн, как в рассмотренной выше конструкции, невозможно. Применительно к лампам с бегущей волной это весьма важный фактор, поскольку наличие дополнительных проводников делает возможным распространение быстрых волн и, следовательно, увеличивает опасность паразитной генерации прибора.

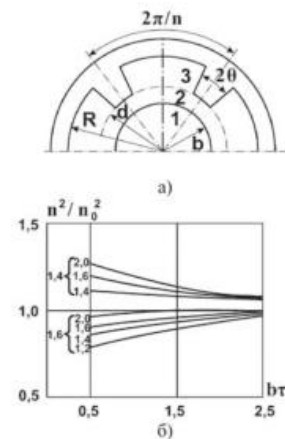


Рис. 6

На рис. 6б показаны зависимости квадратов относительных замедлений n^2/n_0^2 от параметра bt для спирали в экране с продольными ребрами при различных значениях R/d и $d/b = 1,4$ и $d/b = 1,6$, где R – радиус экрана по основанию ребер, d – радиус экрана по концам ребер.

Результаты расчета спирали в экране с ребрами конечной толщины показывают, что экран с конечным числом ребер (1 – 3) обладает корректирующим дисперсию действием и имеет участок с аномальной дисперсией.

Проанализируем более детально физические особенности воздействия диэлектрика и металлического экрана на возможность управления дисперсией. При полном отсутствии экрана уменьшение частоты сопровождается уменьшением погонной емкости и увеличением погонной индуктивности структуры. Однако

индуктивность увеличивается в меньшей степени, чем уменьшается емкость, а их произведение L_0C_0 стремится к $\mu_0\epsilon_0$. При этом фазовая скорость волны стремится к скорости света.

Приближение металлического экрана к спирали сопровождается увеличением емкости и уменьшением индуктивности. Действительно, возбуждаемые на поверхности экрана заряды противоположны зарядам на спирали, и емкостная связь между витками увеличивается, а возбуждаемый на поверхности экрана ток противоположен по направлению току спирали. При этом и магнитный поток, а следовательно, и индуктивность, уменьшаются.

На высоких частотах поле прижимается к виткам спирали, и изменение емкости и индуктивности под влиянием экрана могут быть небольшими. Чем ближе экран к спирали, тем больше L_0C_0 и, следовательно, меньше дисперсия. Однако полное отсутствие дисперсии возможно лишь при бесконечно малом зазоре между спиралью и экраном.

Изменение частоты сопровождается приблизительно одинаковым увеличением емкости и уменьшением индуктивности, так что их произведение, а, следовательно, и фазовая скорость, изменяются слабо. Приближение экрана к спирали сопровождается незначительным уменьшением дисперсии и существенным уменьшением волнового сопротивления ЗС, пропорционального $\sqrt{L_0C_0}$. При этом существенно уменьшается и сопротивление связи, которое в случае больших замедлений примерно равно волновому сопротивлению.

Так как основная составляющая тока спирали направлена по азимуту, то в случае экрана, проводящего только в продольном направлении, азимутальные токи в нем не возбуждаются, и индуктивность сохраняется практически такой же, как и при отсутствии экрана. В то же время наличие продольной проводимости не препятствует возбуждению на экране зарядов, противоположных по знаку на спирали, что приводит к увеличению емкости. При очень малых зазорах замедление может существенно превышать геометрическое, а дисперсия становится аномальной.

Если экран обладает только азимутальной проводимостью, создаваемой последовательностью идеально проводящих колец, то картина резко меняется (рис. 7).

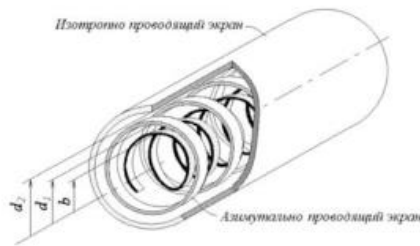


Рис. 7

Погонная емкость сохраняется такой же, как в спирали без экрана, а погонная индуктивность уменьшается также, как в случае изотропно проводящего экрана. Так как с ростом частоты влияние азимутальной проводимости увеличивается, дисперсия становится больше, чем в случае спирали без экрана. Однако, если

экран обладает емкостной проводимостью в азимутальном направлении, то такая ЗС также имеет участок с аномальной дисперсией.

Этот факт теоретически и экспериментально подтвержден на модели, в которой снаружи цилиндрической спирали устанавливались полукольца с отогнутыми наружу и изолированными друг от друга концами (рис. 8а) [9]. Изменяя длину отогнутых концов и расстояние между ними, можно в достаточно широких пределах изменять емкостную проводимость в азимутальном направлении.

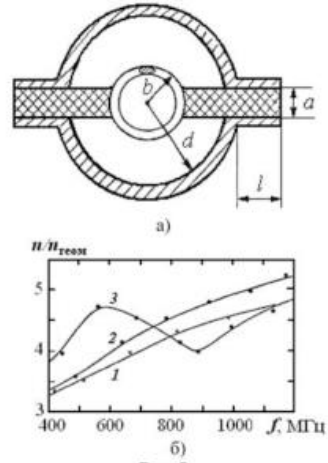


Рис. 8

На рисунке 8б приведены экспериментальные дисперсионные характеристики макета, полученные для $d/b = 1,2$, зазор между отогнутыми концами $a = 0,1$ мм и длин $l = 5$ мм (кривая 2) и $l = 20$ мм (кривая 3). Для сравнения здесь же показана характеристика, полученная для той же спирали без экрана (кривая 1). Анализ полученных кривых показывает, что при изменении длины отогнутых концов полуколец можно управлять протяженностью и крутизной участка аномальной дисперсии.

Особо следует отметить возможность получения аномальной дисперсии с помощью связанных ЗС, которые обеспечивают не только дополнительное замедление, но и разделение электрической и магнитной энергии волны в поперечном сечении. По определению к связанным ЗС относятся структуры, импедансные проводники которых расположены друг против друга и имеют идентичную конфигурацию с поворотом на 180° друг относительно друга. В случае радиальных, например, арифметических спиралей, это параллельно расположенные проводники с противоположными направлениями намотки. В случае цилиндрических спиралей, это коаксиально расположенные спирали также с противоположным направлением витков (рис. 9).

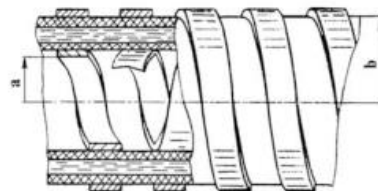


Рис. 9

При возбуждении противофазной волны в связанных ЗС большая часть энергии электрического поля сосредотачивается между импедансными проводниками, в то время как большая часть энергии магнитного поля находится снаружи. Как показывает анализ таких ЗС, отношение энергии магнитного поля к энергии электрического поля снаружи спиралей приблизительно равно квадрату замедления волны и уже при замедлении превышающем три, снаружи спиралей происходит сосредоточение преимущественно магнитного поля.

Другой положительной особенностью связанных ЗС является то, что благодаря совпадению направлений поперечных компонент токов в противоположащих проводниках, их погонная индуктивность L_0 увеличивается (около четырёх раз при малом зазоре между проводниками), в то время как их погонная ёмкость C_0 практически неограниченно возрастает при уменьшении зазора между импедансными проводниками и фактически обеспечивает наличие участка с аномальной дисперсией. Многократное увеличение замедления, вызванное увеличением ёмкости и индуктивности, приводит к возможности многократного снижения рабочей частоты при одновременном уменьшении габаритов структуры.

Таким образом, создание конструкций ЗС с аномальной дисперсией является перспективным способом уменьшения продольных размеров устройств при сохранении их электродинамических характеристик и параметров. При этом с ростом частоты колебаний фазовая скорость волны увеличивается при сохранении электрической длины структуры, а наличие замедления позволяет сократить геометрическую длину устройства в целом.

Литература

1. Физическая энциклопедия. Т. 1–5 / Под ред. А.М. Прохорова. – М.: Большая Российская энциклопедия, 1990 – 1995.
2. Елизаров А.А., Каравашкина В.Н., Шаймарданов Р.В. Анализ физических и конструктивных особенностей замедляющих систем с аномальной дисперсией. / Труды LXV Научной сессии, посвященной Дню радио. – Москва, 2010. – С. 345–347.
3. Замедляющие системы. Обзоры по электронной технике. / Под ред. Р.А. Силина. Вып. 1 (53). Ч. I и II. – М.: ЦНИИ «Электроника», 1972.
4. Пчельников Ю.Н. Расчет коэффициента связи электронного потока в лампах с бегущей волной с помощью параметров эквивалентной линии. – М.: Радиотехника и электроника, 2010 – Т. 55, №2. – С. 230–236.
5. Пчельников Ю.Н., Елизаров А.А. Анализ методов увеличения выходной мощности и рабочей частоты широкополосных ламп с бегущей волной. – М.: Радиотехника и электроника, 2009 – Т. 54, №9. – С. 1082–1090.
6. Пчельников Ю.Н., Елизаров А.А. Исследование дисперсионных характеристик спиральных замедляющих систем в экранах с изотропной и анизотропной проводимостью. – М.: МГИЭМ, 1994. – С. 230–236.
7. Лошаков Л.Н. О расчете параметров экранированной спиральной линии при наличии диэлектрических опор. / Радиотехника. – 1972. – Т.28, № 8. – С. 32–39.
8. Елизаров А.А., Пчельников Ю.Н. Радиоволновые элементы технологических приборов и устройств с использованием электродинамических замедляющих систем. – М.: Радио и связь, 2002. – 200 с.
9. Пчельников Ю.Н., Шумская Л.П. Спираль в экране с емкостной проводимостью в азимутальном направлении. – М.: Радиотехника и электроника, 1999. – Т.44, № 9. – С.1139–1141.

Constructive-technological features of devices on slow-wave systems with an abnormal dispersion

Elizarov A.A., Karavashkina V.N.

Abstract

The review of physical and constructive-technological features of devices on slow-wave systems with an abnormal dispersion is spent. The reasons of occurrence and possible ways of control by a frequency dispersion in helix systems by means of the longitudinal-conducting screen and the screen with capacitor conductivity in an azimuthal direction are considered. Possibility of obtaining of an abnormal dispersion by means of the connected slow-wave systems with antiphase excitation which provide not only additional delay, but also division of electric and magnetic energy of a wave in cross-section section is noted. On the basis of the executed review it is shown that creation of designs of slow-wave systems with an abnormal dispersion is perspective way of reduction of the longitudinal sizes of devices at preservation of their electrodynamic characteristics and parameters. Thus with growth of frequency of oscillations phase speed of a wave increases at preservation of electric length of structure, and delay presence allows to reduce geometrical length of the device as a whole.

Keywords: the abnormal dispersion, the slow-wave systems, the longitudinal-conducting screen, the connected spirals, delay factor.

References

1. Physical encyclopedia. Vol. 1-5 / Ed. A.M. Prokhorov. Moscow: Great Russian Encyclopedia, 1990-1995.
2. Elizarov A.A., Karavashkina V.N., Shaimardanov R.V. Analysis of physical and structural features of delay systems with anomalous dispersion / Proceedings LXV scientific session devoted to Radio Day. Moscow, 2010. Pp. 345-347.
3. Slowing down the system. Reviews Electronic Engineering / Ed. R.A. Silin. 1 (53). Parts I and II. M.: CRI "Electronics", 1972.
4. Пчельников Ю.Н. Calculation of the electron beam in connection with traveling wave tubes using parameters of the equivalent line. Moscow, Radio i Svyaz, 2010. Vol. 55, No 2. Pp. 230-236.
5. Pchel'nikov Yu.N., Elizarov A.A. Analysis methods to increase the output power and operating frequency broadband traveling wave tubes. Moscow, Radio i Svyaz, 2009. Vol. 54, No 9. Pp. 1082-1090.
6. Pchel'nikov Yu.N., Elizarov A.A. Study the dispersion characteristics of the spiral delay systems in screens with isotropic and anisotropic conductivity. Moscow, MGIEEM, 1994. Pp. 230-236.
7. Loshakov L.N. About sizing shielded helix in the presence of dielectric supports / Technol. 1972. Vol. 28, No 8. Pp.32-39.
8. Elizarov A.A., Pchel'nikov Yu.N. Radiowave elements technological devices and systems using electro-delay systems. Moscow, Radio i Svyaz, 2002. 200 p.
9. Pchel'nikov Yu.N., Shumskaya L.P. Spiral screen with capacitive conductivity in the azimuthal direction. Moscow, Radio i Svyaz, 1999. Vol.44, No 9. Pp.1139-1141.