

ОСОБЕННОСТИ РАССЕЯНИЯ ВОЛН НА НЕСИММЕТРИЧНОМ КОРОТКОМ ВИБРАТОРЕ С ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИМ РЕЗОНАНСНЫМ РАССЕИВАТЕЛЕМ

Диэлектрические резонансные рассеиватели (ДРР) широко применяются в линиях передачи СВЧ для обеспечения электромагнитной совместимости радиоэлектронных устройств, миниатюризации трактов, при создании полосовых и режекторных фильтров, измерении параметров диэлектриков и т.д. [1; 2]. Области практического использования ДРР постоянно расширяются благодаря их уникальным свойствам, малым массогабаритным параметрам, возможности включения в линию передачи без дополнительных элементов связи, простоте конструкций на их основе, экономичности, эффективности. Малые размеры ДРР позволяют совмещать их непосредственно с антенными устройствами [3 — 6]. Однако свойства ряда излучающих устройств с такими резонансными диэлектрическими элементами изучены недостаточно полно либо совсем не изучены.

Поэтому нами выполнены экспериментальные исследования резонансного рассеяния электромагнитных волн на диэлектрической неоднородности, расположенной на коротком несимметричном вибраторе. Априорно предполагалось, что путем изменения соответствующих параметров диэлектрических рассеивателей могут быть выделены резонансы отражения и прохождения, аналогичные полученным ранее для ДРР в прямоугольных волноводах [7; 8].

Комплекс исследований заключался в следующем: 1) изучалось влияние формы и диэлектрической проницаемости рассеивателя на дисперсионные характеристики вибратора с ДРР; 2) выяснялись условия оптимального расположения ДРР на вибраторе; 3) изучалось влияние покрытия металлом торцов диэлектрических резонансных рассеивателей на характеристики рассеяния; 4) выявлялось распределение электромагнитного поля в ближней зоне антенны и измерялись диаграммы направленности на частотах резонансов прохождения.

Макеты излучателей состояли из несимметричных вибраторов, на которых располагались диэлектрические рассеиватели в форме дисков и прямоугольных пластин. Диэлектрические резонансные рассеиватели были изготовлены из материалов с диэлектрической проницаемостью $\epsilon = 7; 10; 1200$ и $\text{tg}\delta = 1,5 \cdot 10^{-3} \dots 10^{-2}$.

Вибратор, используемый в макете с дисковыми рассеивателями, был цилиндрической формы и имел относительный диаметр $\xi = 0,01$ и относительную длину $\gamma = 0,1$. Здесь $\xi = d/\lambda_{\max}$, $\gamma = l/\lambda_{\max}$, где d , l — абсолютные диаметр и длина вибратора соответственно; λ_{\max} — максимальная длина волны исследуемого диапазона. Рассеивающий диск располагался на вибраторе между тонкими металлическими дисками-экранами. Один диск-экран был соединен непосредственно с самим вибратором, а другой диск-экран, укрепленный на изоляторе, контактировал с внешней оплеткой соответствующего коаксиального перехода, связывающего вибратор с автоматическим измерителем коэффициентов стоячих волн. Диэлектрический

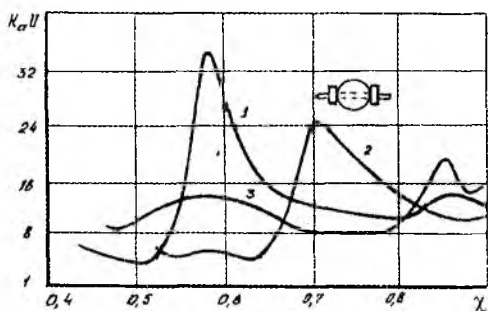


Рис. 1

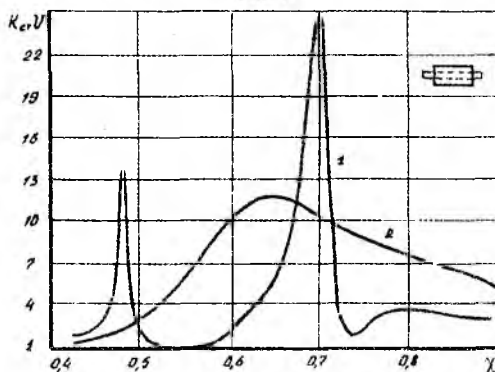


Рис. 2

диск был выполнен в двух вариантах: 1) один торец диска был покрыт металлическим экраном, а второй торец и боковая поверхность не имели покрытий; 2) оба торца были покрыты металлическим экраном.

На рис. 1 показаны зависимости коэффициентов стоячих волн $K_{сгU}$ от относительной длины электромагнитной волны $\chi = \lambda/\lambda_{\max}$ для вибратора с диэлектрическим диском, параметры которого были следующими:

$\varepsilon = 10$; $\text{tg}\delta = 2 \cdot 10^{-3}$; $\tau = 0,1$; $\eta = 0,017$; $\tau = D/\lambda_{\text{max}}$; $\eta = h/\lambda_{\text{max}}$, где D , h — диаметр и толщина диска соответственно. Кривая 1 характерна для диска, одна из торцовых поверхностей которого покрыта тонким слоем металла, а кривая 2 — для диска, обе торцовые поверхности которого покрыты металлом. Для сравнения представлена дисперсионная характеристика ненагруженного вибратора, использованного в данном макете (кривая 3).

Как следует из экспериментальных результатов, рассеяние электромагнитных волн на вибраторе с диэлектрическим диском носит резонансный характер. Сравнение кривых 1 и 2 с характеристикой ненагруженного вибратора приводит к выводу, что резонансы, возникающие в результате рассеяния волн, обусловлены наличием диска на вибраторе. При этом, как и в случае использования диэлектрических резонансных рассеивателей, в прямоугольном волноводе [7; 8] резонансы являются парными — в окрестностях резонанса отражения $\chi = \lambda/\lambda_{\text{max}} = 0,58$ находится резонанс прохождения на длине волны $\chi = 0,515$.

Резонансные характеристики весьма чувствительны к изменению параметров самих рассеивателей или к наличию каких-либо дополнительных включений. Так, добавление тонкого металлического экрана из фольги толщиной $\tau = 0,0017$ на вторую торцовую поверхность диска привело к увеличению резонансных длин волн с 0,58 до 0,7 (резонанс отражения) и с 0,515 до 0,635 (резонанс прохождения). Кроме этого, $K_{\text{ст}U}$ при резонансе отражения уменьшился соответственно с 35 до 25, а при резонансе прохождения увеличился с 4 до 5.

Следует заметить, что коэффициент $K_{\text{ст}U}$ при резонансе прохождения можно значительно уменьшить, подобрав соответствующий материал для ДРП и изменив форму или размеры рассеивателя. Так, на рис. 2 дана дисперсионная характеристика антенны (кривая 1), состоящей из несимметричного вибратора, нагруженного рассеивателем из того же самого материала, но в форме прямоугольной пластины с относительными размерами $0,325 \times 0,12 \times 0,0183$, обе плоскости которой экранированы тонкой медной фольгой. Относительная длина вибратора составляла 0,376, диаметр — 0,01. Его характеристика представлена на рис. 2 кривой 2. В этом случае, как следует из данных эксперимента, $K_{\text{ст}U}$ в области прохождения на центральной длине волны достигает лишь 1,08.

Таким образом, путем изменения формы и размеров диэлектрического рассеивателя можно управлять дисперсионной характеристикой излучателя.

Для исследования влияния местоположения ДРП на вибраторе на характеристики рассеяния был использован излучатель, превышающий по длине наибольший размер пластины в 1,5 раза. Это позволило последовательно перемещать ДРП вдоль вибратора. В качестве ДРП была использована пластина из $\text{Ba}_{0,3}\text{Sr}_{0,7}\text{TiO}_3$ с относительными размерами сто-

рон $0,117 \times 0,05 \times 0,0033$ и резонансом отражения на длине волны $\chi = 0,605$ при размещении пластины вблизи конца вибратора, наиболее удаленного от соединительного перехода с автоматическим измерителем $K_{CT}U$. Исследования показали, что при перемещении этой пластины вдоль вибратора в сторону соединительного коаксиального перехода резонанс смещается в длинноволновую область диапазона. Однако максимальное смещение резонанса не превышало 1 % по сравнению с резонансом при начальном положении пластины на вибраторе. Наблюдались изменения резонансных значений $K_{CT}U$ в пределах от 8 до 16, а также исчезло расщепление резонанса, которое имело место при первоначальном положении пластины на вибраторе.

Было проведено исследование распределения электромагнитного поля в ближней зоне излучателей с ДРР на длинах волн резонансов прохождения. Зонд индикатора поля перемещали вдоль оси антенны вблизи от нее. На рис. 3 отражено типичное распределение поля для

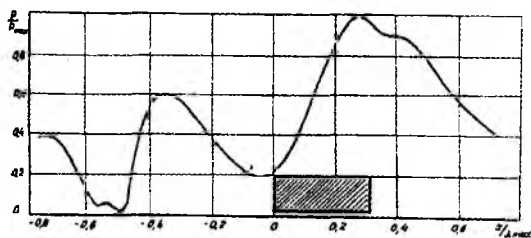


Рис. 3

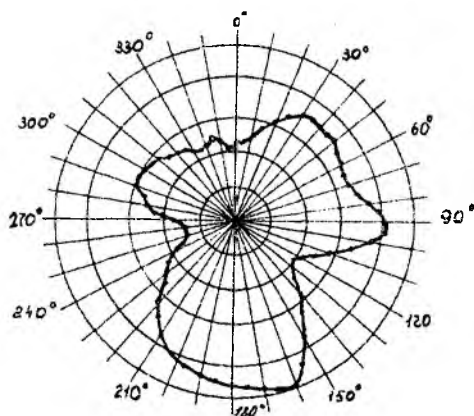


Рис. 4

антенны, характеристики которой представлены на рис. 2. Здесь P/P_{max} — относительная мощность в рассматриваемой точке поля. Измерения проведены на длине волны $\chi = 0,55$, соответствующей резонансу прохождения ($K_{\text{ст}}U = 1,08$).

На рис. 4 показана диаграмма направленности излучателя с прямоугольной пластиной на основе титаната бария, снятая на длине волны резонанса прохождения ($\chi = 0,665$).

Таким образом, по результатам экспериментов можно сделать следующие выводы.

1. Рассеяние электромагнитных волн на несимметричном коротком вибраторе с диэлектрическим резонансным рассеивателем характеризуется возникновением парных резонансов — отражения и прохождения.

2. Изменение формы рассеивателя, его диэлектрической проницаемости, геометрических размеров приводит к смещению резонансов, что позволяет создавать антенны на основе вибраторов с требуемыми дисперсионными характеристиками.

3. Изменение местоположения ДРР на вибраторе вызывает изменение резонансных длин волн, однако не более 1 %, и меняет резонансные значения коэффициентов стоячих волн.

4. Совмещение коротких несимметричных вибраторов с диэлектрическими резонансными рассеивателями открывает возможности для миниатюризации вибраторных антенн.

В заключение авторы выражают признательность Л.П. Тарасовой за помощь в работе.

Список литературы: 1. *Твердотельные устройства СВЧ в технике и связи* / Л.Г. Гассанов, А.А. Липатов, В.В. Марков, Н.А. Могильченко. М.: Радио и связь, 1988. 288 с. 2. *Диэлектрические резонаторы* / М.Е. Ильченко, В.Ф. Взятышев, Л.Г. Гассанов и др.; Под ред. М.Е. Ильченко. М.: Радио и связь, 1989. 328 с. 3. *Горобец Н.Н., Хижняк Н.А., Украинец Н.И.* Волноводные и рупорные антенны со встроеными диэлектрическими резонансными фильтрами // *Электромагнитная совместимость и устройства СВЧ*. К., 1977. С. 40. 4. *Горобец Н.Н., Хижняк Н.А., Украинец Н.И.* Экспериментальное исследование волноводных и рупорных антенн, совмещенных с резонансным диэлектрическим шаром // *Изв. вузов. Радиоэлектроника*. 1979. Т. 22, № 10. С. 83. 5. *Горобец Н.Н., Хижняк Н.А., Украинец Н.И.* Исследование волноводных и рупорных излучателей, совмещенных с диэлектрическими резонансными пластинами // *Радиотехника*. 1983. Вып. 65. С. 19 — 21. 6. *Горобец Н.Н., Хижняк Н.А., Украинец Н.И.* Исследование полосовых характеристик волноводных излучателей, совмещенных с фильтрами на диэлектрических цилиндрах // *Там же*. 1982. Вып. 63. С. 74 — 80. 7. *Козарь А.И., Хижняк Н.А.* Отражение электромагнитных волн от резонансной диэлектрической сферы в волноводе // *Укр. физ. журн.* 1970. Т. 15, № 5. С. 847 — 849. 8. *Украинец М.Л., Хижняк М.А.* Дослідження резонансного розсіяння електромагнітних хвиль на діелектричному еліпсоїді в прямокутному хвилеводі // *Вісн. Харк. ун-ту*. 1972. № 80: *Радіофізика і електрон.* С. 34 — 38.