

ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОХОЖДЕНИЯ СВЧ-ВОЛНЫ ЧЕРЕЗ МЕТАЛЛИЗИРОВАННУЮ ТКАНЬ

Y.G. Zamastotski, M.F. Sharkova, D.V. Smelkov, A.G. Kogan

RESEARCH OF PENETRATION OF SHF WAVE THROUGH METAL FABRIC

СВЧ применяют в многоканальной импульсной радиосвязи, при которой на одной несущей частоте передается несколько десятков и сотен (и более) телефонных разговоров. Используемая для этой цели импульсная модуляция требует передачи колебаний в очень широкой полосе частот, что можно осуществить только в диапазоне СВЧ-частот. СВЧ-частоты применяют также для телевизионного вещания, где тоже требуется широкий диапазон частот. Распространение СВЧ-волн имеет ряд особенностей. Эти волны обладают сравнительно малой способностью к дифракции, т.е. огибанию препятствий, и весьма слабо преломляются в ионосфере. Волны СВЧ поглощаются зданиями, деревьями, самой землей, а также частицами воды и льда, находящимися в воздухе (дождь, туман, снег, облака) [1].

В настоящее время в некоторых случаях (например, при создании ткани для спецодежды персонала, обслуживающих СВЧ-установки) имеет значение прохождение СВЧ-волн

через материал. Степень «поглощения» металлизированной тканью волн СВЧ необходимо проверить экспериментально.

На ткацком станке СТБ2-180 на кафедре ПНХВ УО «ВГТУ» были выработаны ткани переплетением саржа 4/1 (микропроволока в составе нити с эмалированным покрытием) и саржа 2/3 (проволока без изоляции) с различным содержанием электропроводной нити. Для тканей переплетения саржа 4/1 и саржа 2/3 в основе использовалась хлопчатобумажная пряжа линейной

плотностью 25 текс×2, в утке – полиэфирная пряжа линейной плотностью 38 текс с различным интервалом прокладывания электропроводящей нити по основе по утку. Плотность ткани по основе составляла 20 нит/см, по утку – 19 нит/см.

В составе металлизированных тканей находится комбинированная электропроводящая нить, где в качестве сердечника используется медная микропроволока, а в качестве покрытия – комплексные химические нити (табл. 1).

Полученные образцы тканей с электропроводной нитью исследовались на лабораторной СВЧ-установке на предмет прохождения сверхвысокочастотной

Таблица 1

ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЭЛЕКТРОПРОВОДЯЩЕЙ НИТИ

№	Наименование продукта	Линейная плотность, текс	Разрывная нагрузка, сН	Разрывное удлинение, %	Крутка, кр/м	Направление крутки, Z или S	Процентное содержание в нити, %
1	Полуфабрикат: полиэфирная комплексная нить + медная микропроволока d = 0,05 мм	43	1700	15	450	Z	(П/Э упр)-58 (Мп)-42
2	Готовая нить: полиэфирная комплексная нить + медная микропроволока d = 0,05 мм + полиамидная комплексная нить	50	1900	20	630	S	(П/Э упр)-51 (Мп)-36 (П)-13

Е.Г. Замостоцкий

аспирант

М.Ф. Шаркова

аспирант

Д.В. Смелков

к.т.н., доц

А.Г. Коган

д.т.н., проф.

Витебский государственный технологический университет

волны через металлизированную ткань с различным вложением металлизированной нити.

Цель эксперимента

Исследовать прохождение СВЧ-волны через металлизированную ткань.

Суть эксперимента

Эксперименту подвергались образцы ткани, имеющие различные вложения металлизированных нитей как в основе, так и в утке (через 0,5; 1; и 1,5; 2 см, сплошной уток из электропроводящей нити и сплошной уток из полиэфирной пряжи). В качестве металлизированных нитей использовалась комплексная нить, содержащая в своем составе медную проволоку диаметром 0,05 мм.

В целях эксперимента исследовались образцы с медной проволокой в лаковой изоляции, а также без изоляции. Для проведения измерений первоначально образцы были пронумерованы.

Схема экспериментальной установки имеет следующий вид:

Рисунок 1 СХЕМА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

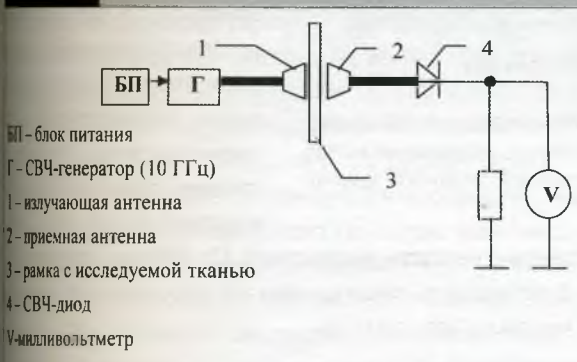
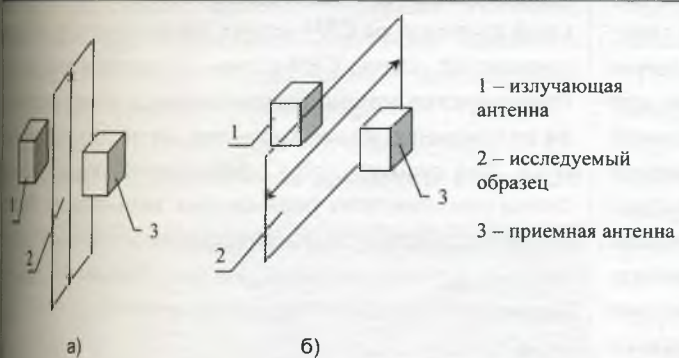


Рисунок 2

СХЕМА РАСПОЛОЖЕНИЯ ОБРАЗЦОВ МЕТАЛЛИЗИРОВАННОЙ ТКАНИ



До проведения эксперимента генератор настраивают на максимальные показания милливольтметра V. Затем исследуемую ткань закрепляют на диэлектрической

рамке и помещают между рупорными антеннами. Образцы тканей представляют собой прямоугольники со сторонами 100x200 мм. В разных образцах максимальное вложение металлизированных нитей совпадало либо с «длинной» стороной образца (уток), либо с «короткой» стороной (основа). Поэтому первоначально измерения производились при вертикальном расположении образцов, затем образцы поворачивались в этой же плоскости на 90° и проводились измерения (рис. 2).

Частота генератора лабораторной СВЧ-установки – 10 ГГц (длина волны – 30 мм). Электрическое напряжение на измерительном элементе до проведения эксперимента $U_{перв.}$ – 882 мВ. В ходе эксперимента наблюдалось изменение напряжения на измерительном элементе U_1 ($U_1 \in [4...880]$ мВ), характеризующее степень пропускания СВЧ-волны через исследуемую ткань. Исследованию подлежали ткани саржевого переплетения 4/1, содержащие медную проволоку без изоляции и ткани саржевого переплетения 2/3 – с изоляцией на поверхности проволоки. Результаты эксперимента представлены в табл. 2.

Итоги эксперимента

Результаты эксперимента можно представить в виде функциональных зависимостей изменения напряжения на измерительном элементе лабораторной СВЧ-установки от различных параметров.

1) $U_1 = f(A)$, где A – параметр, характеризующий положение ткани по отношению к вектору СВЧ-волны. Установлено, что в случаях, когда вектор СВЧ-волны совпадал с направлением металлизированных нитей в ткани, наблюдалось наибольшее ослабление прошедшей через ткань волны. Если плоскость распространения СВЧ-волны перпендикулярна металлизированным

нитям, ослабление было незначительно и характеризовалось собственным свойством ткани задерживать СВЧ-волны. Положим, что $A = 0$ при перпендикулярном направлении вектора СВЧ-волны относительно металлизированных нитей в ткани и $A = 1$ при параллельном направлении (направления совпадают). Тогда $U_1 \rightarrow \min^*$ при $A = 1$, или $U_1 = U_{перв.} - \Delta U$ при $A = 0$, где ΔU напрямую зависит от собственных свойств ткани и характеризует волну, не прошедшую через ткань. Для ткани, не содержащей металлизированную нить $\Delta U = 2$ мВ. \min^* – относительный минимум, зависящий от

материала нитей, их толщины, переплетения и т.д.

2) $U_1 = f(B)$, где B – параметр, характеризующий расстояние между металлизированными нитями в

Таблица 2

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТА ПО ПРОХОЖДЕНИЮ СВЧ
ЧЕРЕЗ МЕТАЛЛИЗИРОВАННУЮ ТКАНЬ

№ п/п	Напряжение на диоде после прохождения волны через ткань, мВ				Вложения металлизированных нитей		Наличие изоляции на проволоке (С)
	При горизонтальном расположении образца (U_1)	$U_1, \%$	При вертикальном расположении образца (U_2)	$U_2, \%$	Уток (А)	Основа (В)	
1	2	3	4	5	6	7	8
1	880	99,8	880	99,8	Нет МН	Нет МН	Нет
2	485	55	4,5	0,5	Все МН	0,5	Нет
3	750	85	4,5	0,5	Все МН	1	Нет
4	732	83	4	0,5	Все МН	1	Нет
5	800	90,7	4,5	0,5	Все МН	Нет МН	Нет
6	826	93,7	4,5	0,5	Все МН	Нет МН	Нет
7	466	52,8	4	0,5	Все МН	0,5	Нет
8	817	92,6	700	79,4	1	2	Да
9	670	76	800	90,7	1,5	1	Да
10	820	93	780	88,4	1,5	2	Да
11	767	87	800	90,7	2	1,5	Да
12	815	92,4	820	93	2	2	Да
13	696	78,9	5	0,6	Все МН	1	Да
14	805	91,3	5	0,6	Все МН	1,5	14
15	695	78,8	880	99,8	Нет МН	1	15
16	780	88,4	880	99,8	Нет МН	1,5	16
17	783	88,8	880	99,8	Нет МН	2	17
18	5	0,6	860	97,5	Нет МН	Все МН	18

Примечание. «МН» – металлизированная нить;

0 – обозначение образца, не содержащего металлизированные нити;

А, В, С – условное обозначение параметров металлизированной ткани.

ткани. Установлено, что с возрастанием расстояния между токопроводящими нитями ослабевают защитные свойства ткани. Положим, что $B = 0$ при расстоянии между токопроводящими нитями L , большем критического расстояния для данной длины волны ($L_{кр} = \lambda/4$, в нашем случае $L_{кр} = 30 \text{ мм}/4 = 7,5 \text{ мм}$) и $B = 1$ при расстоянии, меньшем либо равным $7,5 \text{ мм}$. Наиболее эффективно ослабление волны при сочетании факторов $A = 1 \cup B = 1$. Причем максимальное ослабление СВЧ-волны наблюдалось у тканей, где $L < L_{кр}$ при соблюдении $A = 1$, т.е. металлизированной нитью являлась каждая нить одного направления и эти нити были параллельны вектору СВЧ-волны. В этом случае регистрировалось ослабление волны в 176 раз. Однако при условии изменения ориентации токопроводящих нитей относительно вектора СВЧ-волны ($A = 0$) наблюдалась слабая защита от СВЧ-волны.

3) $U_1 = f(C)$, где C – параметр, характеризующий наличие изоляции на поверхности медной проволоки, входящей в состав электропроводящей ткани.

эффективность возрастает). От наличия изоляции эффективность защиты при данных условиях эксперимента не зависит.

Заключение

Анализируя полученные результаты, заметим, что металлизированная ткань действительно обладает функцией «экрана» от СВЧ-волны. Эффективность защиты зависит от длины СВЧ-волны, ее распространения в пространстве, мощности этой волны, а также количества наложенных на нее гармоник, их частот, мощностей и т.д. Для производства эффективной экранируемой ткани влияние этих переменных значительно. Поэтому целесообразно вырабатывать несколько групп тканей для различных областей применения с разными вложениями металлизированных нитей.

Литература

1. Богуш В.А., Борботько Т.В., Гусинский А.В. Электромагнитные излучения. Методы и средства защиты / Под ред. Л.М. Лынькова. – Мн.: Бестпринт, 2003. – 406 с., ил.: 173.

Положим, что $C = 1$ при наличии изоляции и $C = 0$ при ее отсутствии. При исследовании образцов ткани, различающихся только наличием или отсутствием изоляции на проволоке, не было выявлено отличий при прохождении волны через схожие ткани. Это позволяет сделать вывод, что при сочетании факторов: $A = 1 \cup B = 1 \cup C = 1$ или $A = 1 \cup B = 1 \cup C = 1$ ткань одинаково эффективна. Однако здесь следует заметить, что степень эффективности защиты зависит от $L < L_{кр}$. Чем больше величина $L < L_{кр}$, тем лучше защита.

Выводы

Таким образом, при данных условиях эксперимента определяющим является параметр А, т.е. расположение металлизированной нити относительно вектора СВЧ-волны, а эффективность защиты напрямую зависит от степени вложения токопроводящих нитей (при $L < L_{кр}$