

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КАЛОРИМЕТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК С ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ ОКНАМИ

А. Ч. Ким, В. В. Макаров, Е. И. Попов

Москва

В настоящее время наиболее точным методом измерения мощности является калориметрический. Основной элемент калориметрического измерителя мощности — нагрузка. Широкое распространение получили нагрузки со стеклянными конусообразными поглотителями [1]. Однако из-за низкой электрической, тепловой и механической прочности их применение ограничено. Поэтому исследование других конструкций, свободных от отмеченных недостатков, представляет большой интерес. В [2] рассмотрена калориметрическая нагрузка с внешним поглотителем. Эта нагрузка обладает высокими электрическими и эксплуатационными характеристиками. К ее недостаткам относятся большие габариты, значительная инерционность и сложность технологии. В других работах исследована малогабаритная калориметрическая нагрузка, свободная от отмеченных недостатков.

Однако применение резонансного четвертьволнового диэлектрического окна привело к значительному сужению рабочей полосы. Применение обычных нагрузок с наклонным диэлектрическим окном [3] затруднительно на длинных волнах из-за больших габаритов герметизирующего окна.

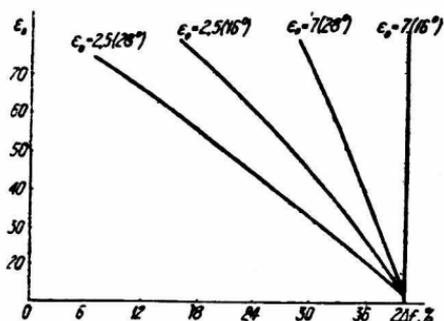
В данной работе проведено экспериментальное исследование зависимости полосы согласования нагрузки от материала диэлектрического окна при различных углах наклона с целью создания широкополосной калориметрической нагрузки с приемлемыми размерами окна.

Экспериментальные исследования

Для таких исследований сконструированы три макета нагрузок, в которых диэлектрическое окно можно было устанавливать под углами 16, 28 и 45°. В первых двух макетах диэлектрическое окно было изготовлено из пенопласта ($\epsilon_0 = 1,3$), полистирола ($\epsilon_0 = 2,5$) и макаленса ($\epsilon_0 = 7$). Диэлектрическая

постоянная (ϵ_n) поглощающей жидкости варьировалась изменением концентрации этиленгликоля в воде.

Изменение содержания этиленгликоля от 100 до 0% позволяло изменять (ϵ_n) от 12,2 до 80. Зависимость полосы согласования на уровне КСВН=1,2 от диэлектрической постоянной



Зависимость ширины полосы согласования от диэлектрической постоянной поглотителя.

поглощающей жидкости при различных углах наклона и диэлектрической постоянной окна приведена на рисунке. Эти кривые наглядно демонстрируют влияние ϵ_0 окна на ширину полосы согласования. Так, если с $\epsilon_0=7$, удовлетворительное согласование получается во всей полосе волновода, то с $\epsilon_0=1,3$ согласование полностью отсутствует при всех исследованиях ϵ_n .

Приведенные кривые показывают, что соответствующим выбором можно получить удовлетворительное согласование в полосе более 30% с углом 28° при всех ϵ_n .

Для того чтобы провести подробные исследования влияния ϵ_0 на полосу согласования, необходимо иметь большой набор диэлектрических окон с различными ϵ_0 и толщиной. Это связано с большими технологическими трудностями. Поэтому при исследовании макета с углом наклона в 45° использовано жидкое диэлектрическое окно из смеси нитрометана с бензолом. Разделение жидкостей, образующих диэлектрическое окно и поглощающей, осуществлялось тонкой пластинкой из фторопласта-4, которая практически не влияла на согласование. Такая конструкция позволила быстро изменять как диэлектрические параметры окна, так и его толщину. Исследования показали, что в наиболее интересной области изменения ϵ_0 (4,5—10,2) тангенс диэлектрических потерь не превосходит 0,06. Поэтому диэлектрическое окно можно считать радиопрозрачным. Соответствующим выбором материала диэлектрического окна можно значительно расширить полосу согласования calorиметрической нагрузки.

Так, при согласовании диэлектриком с $\epsilon_0=8,5$ полоса согласования с водой получается около 19%, что значительно превосходит полосу согласования нагрузки с четвертьволновым диэлектрическим окном. Во всех случаях подбирались экспериментально оптимальная толщина диэлектрического окна. Таким образом, для каждого поглотителя существует оптималь-

ная диэлектрическая постоянная окна, при которой получается максимальная полоса согласования калориметрической нагрузки.

Для предварительной оценки электрической прочности калориметрической нагрузки было снято распределение напряженности электрического поля вдоль нагрузки, из которого следует, что электрическая прочность калориметрической нагрузки этого типа близка к электрической прочности регулярного волновода. Она, по-видимому, будет определяться технологическими несовершенствами диэлектрического окна, а не увеличением напряженности электрического поля в области окна.

Методика расчета

Для расчета нерегулярных волноводов с изменяющимися параметрами широко используется метод поперечных сечений [4]. Наши исследования показали, что этот метод может быть успешно применен лишь для малых углов наклона. Поэтому в данной работе была сделана попытка рассмотреть применимость концепции волн Бриллюэна для исследованных нагрузок.

Предположим, что волновод одноволновый и распространяется только основная волна H_{10} . В прямоугольном волноводе простейшая волна H_{10} может быть представлена как суперпозиция двух плоских электромагнитных волн [5]. Коэффициент отражения от трехслойных сред при произвольном угле падения на границу раздела сред приведен в [6]. Формула расчета частотной характеристики нагрузки принимает простое аналитическое выражение

$$|V| = \frac{V_{\epsilon_1} A + V_{\epsilon_{11}} B}{A + B},$$

где V_{ϵ_1} и $V_{\epsilon_{11}}$ — суммарные коэффициенты отражения для волн с перпендикулярной и параллельной поляризациями; A и B — коэффициенты, зависящие от длины волны и угла наклона окна к оси волновода.

По формуле был проведен расчет коэффициента отражения нагрузки с углом наклона 28° и $\epsilon_0 = 9,4$. Результаты расчета и эксперимента достаточно хорошо согласуются.

Проведенные экспериментальные исследования показали, что соответствующим выбором материала диэлектрического окна можно при небольших габаритах нагрузки значительно расширить полосу согласования калориметрической нагрузки с наклонным окном. Полученные экспериментальные данные могут оказаться полезными при конструировании нагрузок этого типа.

ЛИТЕРАТУРА

1. ТУЛ № 5 СВЧ нагрузки, серия «Электрoвакуумные приборы». Институт «Электроника», М., 1968.
 2. С. Н. Ганшин, В. М. Кондратьев. Метод расчета и конструкция мощной калориметрической нагрузки. «Электронная техника», серия I, «Электроника СВЧ», вып. 7, 1969.
 3. Р. А. Валитов, В. Н. Сретенский. Радиоизмерения на СВЧ М., Изд-во «Наука», 1951.
 4. Б. Э. Кацеленбаум. Теория нерегулярных волноводов с медленно изменяющимися параметрами. Изд. АН СССР, 1961.
 5. Л. А. Вайнштейн. Электромагнитные волны. М., Изд-во «Наука» 1957.
 6. Л. М. Бреховских. Волны в слоистых средах. М., Изд-во «Наука» 1957.
-