

ВЛИЯНИЕ НЕИДЕНТИЧНОСТИ НЕЭКВИДИСТАНТНО РАСПОЛОЖЕННЫХ ПИРОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ НА СОГЛАСОВАНИЕ С СВЧ ТРАКТОМ

Для контроля и измерения импульсной или пиковой мощности СВЧ больших уровней достаточно успешно используется метод на основе пирозлектрического эффекта [1 – 3]. По сравнению с традиционными методами измерения импульсной мощности он характеризуется рядом преимуществ, среди которых высокое быстродействие, низкий уровень шумов, реакция лишь на переменную составляющую потока излучения, линейность амплитудной характеристики в динамическом диапазоне порядка 60 дБ.

Одной из наиболее важных задач, решение которой в значительной мере будет способствовать распространению пирозлектрических преобразователей (ПЭП) в технике СВЧ, является согласование в широкой полосе частот пирозлектрических чувствительных элементов с линией передачи.

Наиболее эффективным способом уменьшения погрешности рассогласования при работе в полосе частот является использование системы из n чувствительных элементов в виде неэквидистантной решетки, которая характеризуется равномерным амплитудным и неравномерным фазовым распределениями.

Цель данной работы – определение по экспериментальным данным характера и параметров зависимости КСВН от величины погружения h в волновод чувствительных элементов, находящихся в различных позициях $П_i$ неэквидистантной решетки, а также нахождение граничной величины погружения в каждой из позиций.

Многие авторы считают, что погружение на одинаковую глубину чувствительных элементов, находящихся в различных позициях неэквидистантной решетки, оказывает одинаковое влияние на изменение КСВН многоэлементного преобразователя в целом. Вследствие этого, до настоящего времени не рассмотрено влияние неточности установки чувствительных элементов, в частности пирозлектрических [4, 5], на степень их рассогласования с СВЧ трактом. В связи с этим, в полосе частот проведены экспериментальные исследования по определению КСВН линии передачи при изменении величины погружения чувствительного элемента в каждой из четырех позиций неэквидистантной решетки.

Объектом исследования являлась волноводная секция сечением 23x10 мм, аналогичная описанной в работе [5], с четырьмя чувствительными элементами той же конструкции, расположенными неэквидистантно. В связи с тем, что значение диаметра пирозлектрических чувствительных элементов из керамики ЦТС – 19, составляющее 8 мм, соизмеримо с параметрами неэквидистантной решетки для волновода сантиметрового диапазона, чувствительные элементы расположены попарно на противоположных узких стенках волноводной секции (рис. 1).

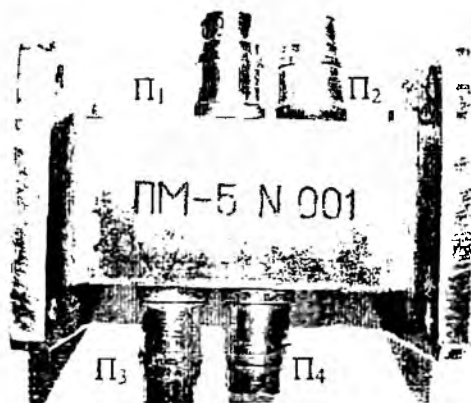


Рис. 1

График зависимости КСВН в полосе частот при фиксированном погружении чувствительных элементов на величину $h = 3$ мм, находящихся в позициях $\Pi_1, \Pi_2, \Pi_3, \Pi_4$, приведен на рис. 2. Аналогичные зависимости получены для всех позиций при дискретном погружении чувствительных элементов на глубину 1, 2, 3, 4, 5 мм. Измерение КСВН производилось с использованием панорамного измерителя Р2-61.

С целью исключить влияние неучтенных факторов, возможно увеличивающих погрешность рассогласования (например, вследствие различия свойств пироматериалов различных чувствительных элементов), погружение производилось в каждой из позиций одного и того же чувствительного элемента путем установки его в позицию погружения вместо находящегося там элемента. Последний помещался в позицию, в которой погружение не производилось.

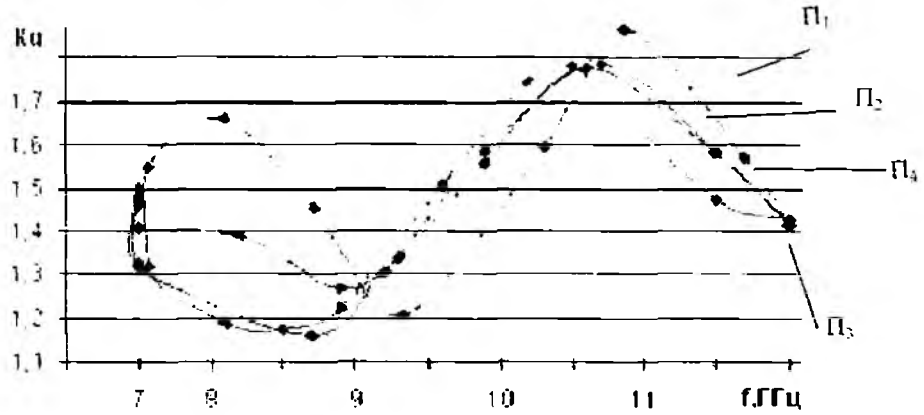


Рис. 2

Обработка результатов измерений, проведенных в полосе частот 7.5 – 12 ГГц, позволила получить зависимость КСВН от величины погружения чувствительных элементов $K_{u\Pi_i} = f(h_i)$ на различных частотах диапазона волновода для каждой из позиций $\Pi_1, \Pi_2, \Pi_3, \Pi_4$ неэквидистантной решетки.

Графическое представление функции, полученной для средней частоты диапазона, приведено на рис. 3. На этом же рисунке помещен график зависимости КСВН при одновременном погружении в полость волновода всех четырех пирозлектрических элементов на одну и ту же величину $K_{u\Sigma} = f(h)$.

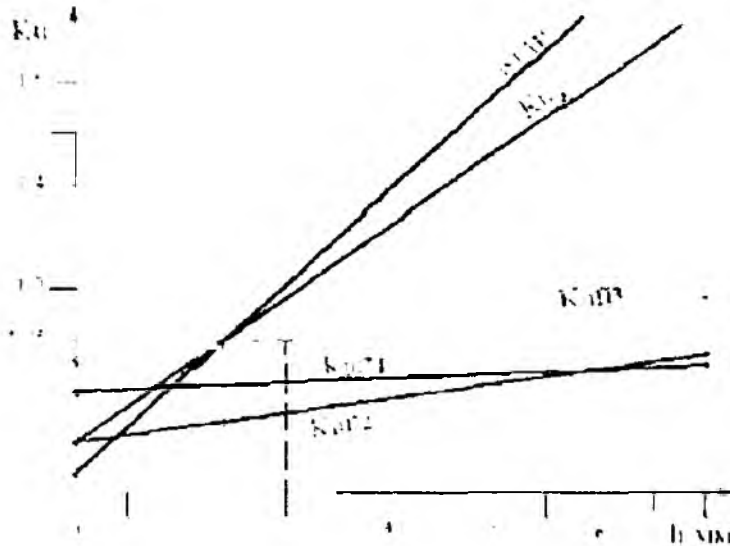


Рис. 3

Как следует из графиков, поочередное погружение на одинаковую глубину чувствительных элементов в каждой из позиций приводит к изменению КСВН на различную величину. При этом наибольший вклад в погрешность рассогласования вносит чувствительный элемент, расположенный в первой позиции Π_1 .

Зависимость КСВН от погружения чувствительного элемента, находящегося в первой позиции $Ku_{П1} = f(h)$, наиболее близка по значениям к общей зависимости $Ku_{\Sigma} = f(h)$.

Полученные зависимости позволяют оценить вклад каждого из чувствительных элементов в погрешность рассогласования, обусловленную неточностью установки элемента в любой из позиций неэквидистантной решетки.

В связи с этим разработана методика по определению граничных величин погружения для каждой из позиций неэквидистантной решетки.

В случае заданной максимальной величины погрешности рассогласования δ_{max} , с учетом известной зависимости погрешности рассогласования от модуля коэффициента отражения нагрузки [6], находим максимальное значение $|\Gamma_H|$:

$$|\Gamma_H| = \frac{2S \pm \sqrt{(2S)^2 - 4(2 - \delta_{max})\delta_{max}}}{2(2 - \delta_{max})}$$

где $S = \prod_{i=1}^n \cos(\gamma L_i)$; n – количество чувствительных элементов;

γ – коэффициент распространения волны; L_i – расстояние между первым чувствительным элементом и i -й решеткой.

Принимая во внимание зависимость КСВН от $|\Gamma_H|$, находим допустимое значение коэффициента стоячей волны по напряжению (КСВН_{доп}) для заданной погрешности рассогласования $K_{U_{доп}} = \frac{1 + |\Gamma_H|}{1 - |\Gamma_H|}$. Используя графическое представление зависимостей $Ku_{Пi} = f(h)$

(см. рис. 3) и учитывая найденное значение КСВН_{доп} для каждой из позиций P_i , определяем предельно допустимую величину погружения h_{Pi} .

Например, для неэквидистантной решетки с числом преобразователей равным 4 на частоте 9 ГГц при $\delta_{max} = 10\%$ $\Gamma_H = 0,2$, при этом $КСВН_{доп} \leq 1,5$. Из графиков рис. 3 находим, что глубина погружения для позиции P_1 – $h_{P1} = 2,4$ мм; для позиции P_3 – $h_{P3} = 3$ мм; для позиции P_2 и P_4 : h_{P2}, h_{P4} – максимальная глубина погружения должна составлять не более 5 мм.

Таким образом, анализ полученных результатов позволяет сделать вывод о различном влиянии глубины погружения каждого из чувствительных элементов неэквидистантной решетки на уровень рассогласования с линией передачи.

При этом согласование многоэлементного первичного преобразователя с линией передачи наиболее существенно зависит от параметров чувствительного элемента, находящегося в первой позиции. Кроме того, следует учитывать, что глубина погружения элементов влияет не только на степень рассогласования преобразователя в целом, но и на чувствительность отдельных датчиков. Естественный разброс по чувствительности у пирозлектрических чувствительных элементов может быть обусловлен неоднородностями в материалах используемых образцов, несовершенством технологии изготовления датчиков и т.д.

Таким образом, принимая во внимание полученные зависимости, варьирование глубиной погружения в допустимых пределах позволит выравнивать чувствительность отдельных датчиков, входящих в неэквидистантную решетку.

Таким образом, принимая во внимание полученные зависимости, варьирование глубиной погружения в допустимых пределах позволит выравнивать чувствительность отдельных датчиков, входящих в неэквидистантную решетку.

Список литературы: 1. Ключник И.И., Жилков В.С. Пирозлектрические преобразователи энергетических характеристик мощных СВЧ-трактов // Сб. науч. трудов. Теория, элементы и узлы антенно-волноводных трактов. 1989. Вып. 1. 120 с. 2. Ключник И.И. Пирозлектрические преобразователи в устройствах СВЧ / И.И. Ключник, В.К. Новик. М., 1980. 35 с. 3. Новик В.К. Пирозлектрические преобразователи / В.К. Новик, Н.Д. Гаврилова, Н.Б. Фельдман. М., 1979. 177 с. 4. Механиков А.И. Синтез неэквидистантных СВЧ устройств / А.И. Механиков // Вопр. радиоэлектроники. Сер. Радиоизмерительная техника. 1979. №1. С.94 – 100. 5. Дидык Л.С. Пирозлектрический детектор для волноводного тракта сантиметрового диапазона / Л.С. Дидык, В.С. Жилков // Радиотехника. 1976. №39. С.128 – 130. 6. Билько М.И. Измерение мощности на СВЧ: Учебник / М.И. Билько, А.К. Томашевский. М.: Сов. радио, 1976. 168 с

Харьковский национальный
университет радиоэлектроники

Поступила в редколлегию 05.08.2008