

X_2 — нормированные реактивные сопротивления элементов связи [1]. Из формулы (1) при известной расстройке $\xi_{\text{рез}}$ получаем выражение для минимального затухания фильтра, изменение которого при перестройке фильтра в частотном диапазоне показано на рисунке (диаметр сферического резонатора $d_0=1$ мм; намагниченность насыщения феррита $M_0=560$ Гс; диаметры витков связи $d_1=1,8$ мм, $d_2=2$ мм, $K_{\text{отр}}=0,1$). На практике всегда $l_2 > 0$ и его выбором при заданной нагрузке можно уменьшить минимальное затухание фильтра в диапазоне перестройки. Следует также отметить влияние рассогласования и на частоту минимального затухания фильтра, сдвиг которой при увеличении коэффициента отражения от нагрузки до 0,5 сопоставим с полосой пропускания фильтра.

1. Ильченко М. Е., Мелков Г. А., Мирских Г. А. Твердотельные СВЧ-фильтры. Киев, Техника, 1977. 120 с. 2. Фельдштейн А. Л., Явич Л. Р., Смирнов В. П. Справочник по элементам волноводной техники. М., Сов. радио, 1977. 652 с.

Поступила в редколлегию 26.06.81

УДК 621.372.83

Н. Б. ПИРОГОВА, ассист.

ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ЛБВР У ДЛИННОВОЛНОВОЙ ГРАНИЦЫ ПОЛОСЫ ПРОПУСКАНИЯ

В широкополосных ЛБВ с замедляющими системами типа цепочки связанных резонаторов (ЛБВР) создание оптимальных режимов затрудняется прежде всего вследствие самовозбуждения на краях полосы пропускания. Это определяется использованием слабодисперсных замедляющих систем, в которых пучок оказывается в приближенном синхронизме с двумя гармониками не только вблизи частот отсечки [2].

Вблизи длинноволновой границы полосы с электронным пучком взаимодействуют две волны: ($n=+1$) — пространственная гармоника прямой волны и обратная ($n=0$) — пространственная гармоника встречной волны.

Теория многочастотного режима позволяет проанализировать возбуждение ЛБВР в нелинейном режиме с учетом этих гармоник [1]. В полосе пропускания направления потоков энергии рассматриваемых волн противоположны, поэтому удельные сопротивления связи R_{+1} и R_0 имеют разный знак ($R_{+1} > 0$, $R_0 < 0$) и

могут быть определены из выражения
$$R_n = \frac{Ad^2}{\beta_n^2 V_{\text{гр}}} \left(\frac{\sin \frac{\beta_n l}{2}}{\frac{\beta_n l}{2}} \right)^2, \quad n = +1,$$

$n=0$, где l — длина пролетного зазора; d — шаг системы; $V_{\text{гр}}$ — групповая скорость пространственной гармоники; β_n — постоянная распространения пространственной гармоники; $A = \frac{E^2(i)}{W(i)}$ — коэффициент формы поля.

На границе самовозбуждения должны выполняться следующие граничные условия: на входе лампы $F_{+1} = \Gamma_{\text{вх}} F_0$, где $\Gamma_{\text{вх}}$ — коэффициент отражения на входе; на выходе $F_0 = \Gamma_{\text{вых}} F_{+1}$, где $\Gamma_{\text{вых}}$ — коэффициент отражения на выходе.

Уравнения [1] решаются при начальных условиях: $\theta = 0$, $F_{+1} = F_{(0)+1} F_0 = \frac{1}{\delta_m^2 \Gamma_{\text{вх}}} F_{(0)+1}$, где $\delta_m = R_0/R_{+1}$.

Самовозбуждение при заданном $\Gamma_{\text{вх}}$ возможно, если

$$\Gamma_{\text{вых}} = -\frac{\delta_m^2 F_0(\theta)}{F_{+1}(\theta)} < 1.$$

На рис. 1 приведено семейство кривых $|\Gamma_{\text{вых}}| = f(\theta)$ для случая коэффициента отражения на входе $|\Gamma_{\text{вх}}| = 0,5$, $b_e = 1,2$, $QC = 0,28$ и различных значений отстройки от границы: $b_e = \frac{V_0 - V_e}{CV_e}$; $b_0 = \frac{V_0 - V_\phi}{CV_\phi}$, где V_0 — фазовая скорость волны на отсечки; V_ϕ — фазовая скорость волны; V_e — скорость пучка.

Видно, что для каждого b_0 $\Gamma_{\text{вых}}$ имеет общую тенденцию к снижению при увеличении длины лампы. Однако это снижение

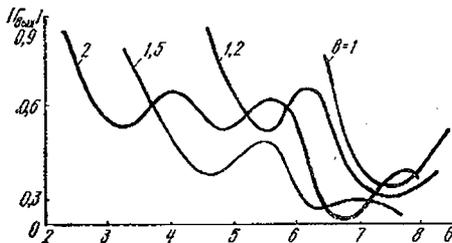


Рис. 1. Зависимость коэффициента отражения на выходе, вызывающего самовозбуждение вблизи длинноволновой границы, при $\Gamma_{\text{вх}} = 0,5$, $QC = 0,28$, $b_e = 1,2$

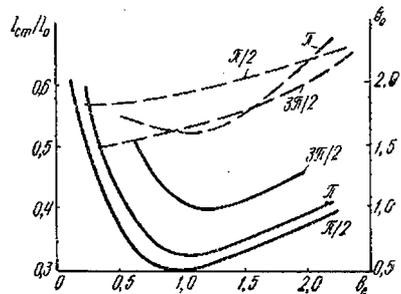


Рис. 2. Стартовые токи самовозбуждения ЛБВР вблизи длинноволновой отсечки (сплошные линии) и соответствующая отстройка от границы полосы (пунктирные линии) при различной фазе коэффициента отражения на выходе: $\Gamma_{\text{вх}} = 0,7$, $\Gamma_{\text{вых}} = 0,7$, $QC = 0,28$

происходит не монотонно — кривая имеет ряд последовательных минимумов и максимумов. Минимуму соответствует фаза коэффициента отражения $\pi/2$, максимуму — $3\pi/2$.

На рис. 2 представлен стартовый ток автогенерации как функция напряжения пучка b_e для $|\Gamma_{\text{вх}}| = 0,7$ и $|\Gamma_{\text{вых}}| = 0,5$. Параметром кривых является фаза коэффициента отражения на выходе. На этом же рисунке представлены соответствующие значения b_0 .

Как видно из рисунков, пусковой ток при уменьшении b_e от 2,5 медленно падает и достигает минимальных значений при $b_e = 1,0-1,2$. Параметр b_0 , соответствующий этому минимуму, в зависимости от фазы коэффициента отражения, меняется от 1,7 до 2,0.

Таким образом, проведенные расчеты показали, что согласование системы и выбор внутриламповых поглотителей должны обеспечивать устойчивость усиления вплоть до частоты $b_0 \approx 2$, где становится существенным взаимодействие с двумя пространственными гармониками.

1. Кац А. М., Ильина Е. М., Манькин И. А. Нелинейные явления в СВЧ-приборах О-типа с длительным взаимодействием. М., Сов. радио, 1975. 294 с.
2. Чайка В. Е. Исследование устойчивости вблизи границ полосы пропускания. — Изв. вузов. Радиоэлектроника, 1968, т. 11, № 9, с. 904—908.

Поступила в редколлегию 29.06.81

УДК 621.372.412

Ф. М. РЕПА, ст. науч. сотр.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ СОГЛАСОВАНИЯ МНОГШТЫРЕВЫХ ФИЛЬТРОВ НА ЗАПРЕДЕЛЬНЫХ ВОЛНОВОДАХ

Как известно [2, 3], уменьшение потерь при сохранении заданных значений развязок малогабаритных фильтров на запердельных волноводах (ФЗВ) достигается путем применения толстых штырей. Однако в ФЗВ с полосой более 5% это приводит к недопустимой неравномерности согласования в полосе прозрачности фильтра. Применение дополнительных согласующих элементов не всегда оправданно. В этой связи ин-

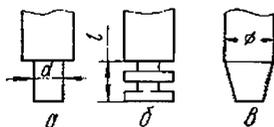


Рис. 1

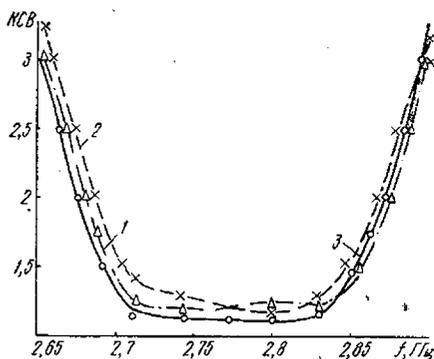


Рис. 2

терес представляет использование штырей с формой поперечного сечения, отличной от традиционной цилиндрической.

Экспериментальный макет трехштыревого полосового фильтра выполнен на отрезке запердельного волновода сечением 23×10 мм². Диаметр штырей $\varnothing = 8$ мм. Расстояния между штырями обеспечивали критическую связь между резонаторами. Связь под-