

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ СОГЛАСОВАНИЯ ЗАМЕДЛЯЮЩЕЙ СИСТЕМЫ НА КРЕСТООБРАЗНОМ ДИАФРАГМИРОВАННОМ ВОЛНОВОДЕ

В. Е. Коновалов, В. П. Улитенко, А. Г. Шейн, В. Г. Шульга

Развитие приборов СВЧ характеризуется дальнейшим освоением новых частотных диапазонов, увеличением выходной мощности генераторов и усилителей и расширением пределов перестройки генераторов и полосы пропускания усилителей.

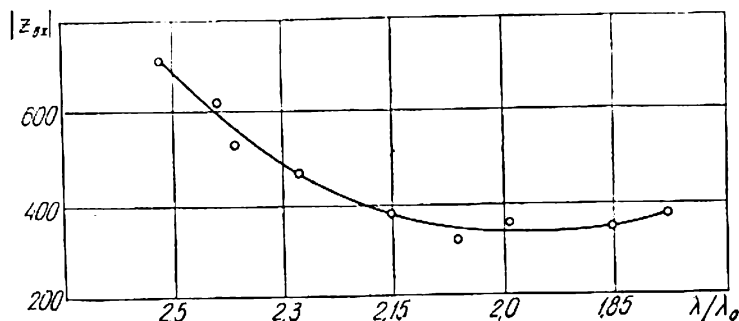


Рис. 1.

Полоса пропускания усилителей импульсного и непрерывного действия для широкополосных слабодисперсных замедляющих систем в основном ограничивается не эффективностью взаимодействия электронного потока с полем бегущей волны, а полосой согласования системы с регулярным волноводным трактом [1, 2]. Создание широкополосных выводов энергии особенно имеет большое значение при разработке и конструировании широкополосных ламп бегущей волны. В настоящее время эта проблема решается в значительной мере экспериментально. Расчету поддаются главным образом трансформаторы сопротивлений, которые выполняются в виде ступенчатых или плавных переходов, но и при этом необходима тщательная экспериментальная проверка полученных результатов [2].

В данной статье приводятся результаты экспериментального согласования с регулярным волноводным трактом замедляющей системы, созданной на базе крестообразного диафрагмированного волновода. Эта система может найти применение в мощных приборах типа «0» [3].

Условия согласования замедляющей системы с волноводным трактом сводятся к тому, чтобы величины волновых сопротивлений замедляющей системы и присоединенного к ней участка выводного тракта были равны.

На рис. 1 представлен график изменения входного сопротивления замедляющей системы в рабочем диапазоне частот. Как видно из рисунка,

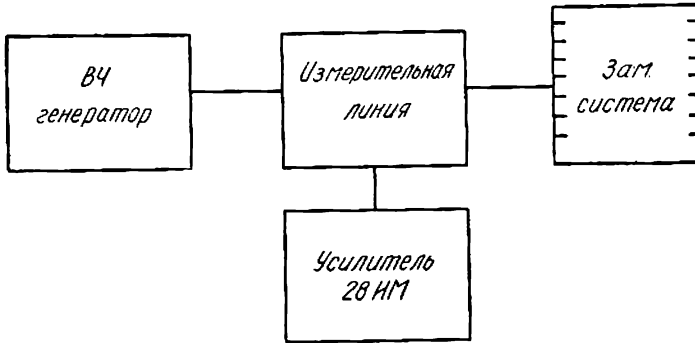


Рис. 2.

Z замедляющей системы растет по мере приближения к частотам отсечек ($\beta L = 0$ или π). Эти участки представляют значительную опасность возбуждения ЛБВ. В связи с этим основным требованием должно быть хорошее согласование вблизи отсечек [3]. Практически этого можно достигнуть, выбирая длинноволновую частоту отсечки системы вблизи $\lambda_{кр}$

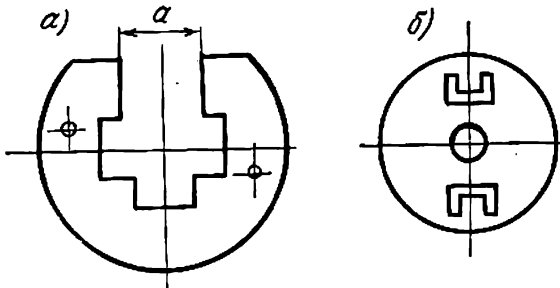


Рис. 3.

Блок-схема экспериментальной установки для согласования приведена на рис. 2.

Согласование производилось последовательным изменением геометрии оконечных резонаторов замедляющей системы. Для каждой из исследуемых геометрий оконечных резонаторов определялось значение к. с. в. н. в рабочей полосе частот, причем обращалось внимание в основном на крайние точки диапазона и на выявление характерных точек скачков к. с. в. н. Для имитации электронного пучка в пролетный канал замедляющей системы вводился графитовый стержень, который должен иметь минимальные отражения.

волновода. При использовании стандартных волноводов это не всегда возможно, поэтому в каждом конкретном случае необходимо решать задачу о согласовании самостоятельно.

Входное сопротивление замедляющей системы определялось методом измерения полного сопротивления, который основан на исследовании картины стоячей волны при помощи измерительной линии [4].

Экспериментально установлено, что наилучшей формой выходного резонатора является резонатор (рис. 3а), один из выступов которого равен широкой стенке регулярного волновода. Коэффициент стоячей волны напряжения в тракте при этом не превышает 2,5 (рис. 4, кривая 1), а активная составляющая $Z_{\text{акт}}$ замедляющей системы оказывается в достаточной степени согласована с Z волноводного тракта.

Однако такое к. с. в. н. не удовлетворяет с точки зрения самовозбуждения ЛБВ, поэтому необходимо произвести дальнейшее согласование для уменьшения значения к. с. в. н. в полосе частот.

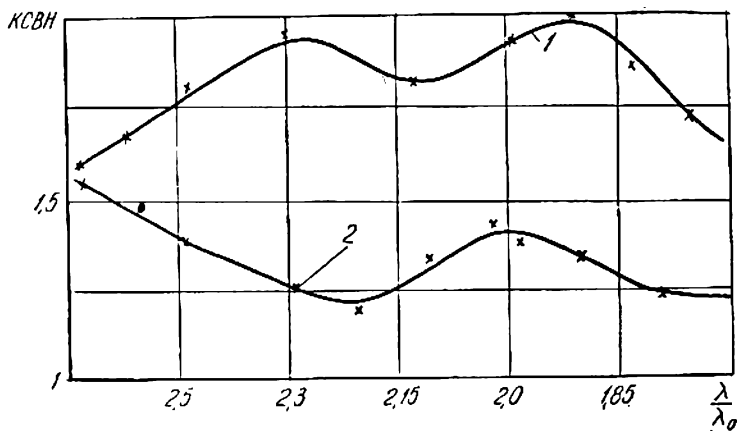


Рис. 4.

Для этой цели в окончательный резонатор были введены реактивные элементы, которые должны были скомпенсировать реактивные составляющие входного сопротивления замедляющей системы. В качестве таких элементов использовались диафрагмы с отверстиями различной формы, помещенными под торцевую стенку окончательного резонатора.

В связи с тем, что реактивная составляющая входного сопротивления замедляющей системы изменяется в рабочей полосе частот, отверстия в диафрагмах выбирались таким образом, чтобы скомпенсировать её во всем диапазоне.

Экспериментальным исследованием установлено, что наилучшее распределение к. с. в. н. в рабочем диапазоне частот (не выше 1,45) достигается при конфигурациях окончательного резонатора и диафрагм, показанных на рис. 3а и 3б. Зависимость к. с. в. н. в полосе частот для этого случая приведена на рис. 4 (кривая 2).

Важнейшим элементом волноводного вывода энергии являются вакуумноплотные окна. Они должны обладать минимальными высокочастотными потерями и обеспечивать наименьшие отражения. Однако, как правило, вакуумные окна вносят существенные отражения и ухудшают распределение к. с. в. н. в полосе частот [5]. Поэтому наличие вакуумного окна вызывает необходимость проведения дальнейшего согласования с целью компенсации вносимой ими неоднородности. Кроме того, наличие достаточно больших значений к. с. в. н. на самих окнах может

привести как к тепловому, так и электрическому пробую окна и вследствие этого к частичному или полному нарушению вакуума в приборе.

Согласование окна с волноводным трактом осуществляется подбором диаметра и толщины окна. Согласно окну можно рассматривать как короткий цилиндрический волновод, который имеет такое же волновое сопротивление, как прямоугольный, в разрез которого включено окно. Волновое сопротивление короткого цилиндрического волновода растет с уменьшением диаметра, поэтому, если окно применяется в волноводе с большим волновым сопротивлением, диаметр его должен быть невелик. Однако воспользоваться таким соотношением для расчета нельзя, так как толщина стекла мала по сравнению с длиной волны и существенную роль в согласовании окна с волноводным трактом играют концевые эффекты.

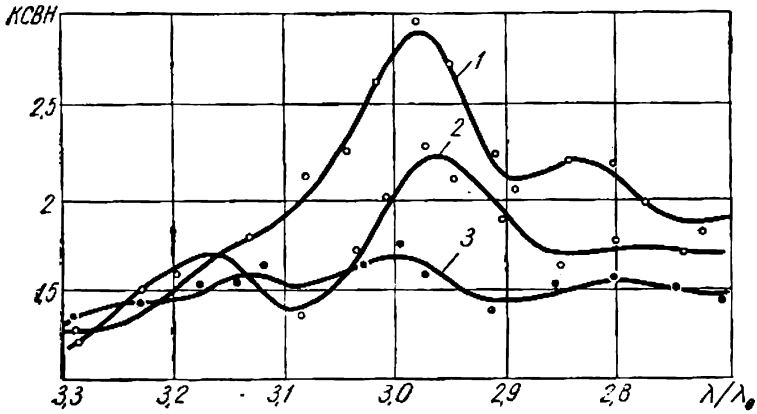


Рис. 5.

В данной работе в качестве окон использовались: кварцевое стекло и керамика марки 22ХС.

Для наилучших условий согласования толщина окна выбиралась равной $0,028\lambda_{\text{в}}$, а диаметр окна — $0,6\lambda_{\text{в}}$.

Кривая зависимости к. с. в. н. в диапазоне частот для волноводного вывода с кварцевым окном приведена на рис. 5 (кривая 1). В процессе эксперимента было выяснено, что наилучшее распределение к. с. в. н. в полосе частот дают окна, выполненные из керамики марки 22ХС. На рис. 5 (кривая 2) показана зависимость к. с. в. н. для этих окон. Максимальный к. с. в. н. по диапазону не превышает 2,2. При дополнительной компенсации реактивностей в точках максимального к. с. в. н. путем введения реактивного штыря удастся понизить к. с. в. н. по диапазону до 1,6 (рис. 5, кривая 3).

В результате экспериментального исследования установлено, что замедляющую систему на крестообразном диафрагмированном волноводе можно согласовать в достаточно широкой полосе частот. Использование оконечных резонаторов с предлагаемыми диафрагмами и определенным образом выбранными и согласованными окнами позволяет достигнуть достаточно низкого значения к. с. в. н. (не выше 1,6). Это не только уменьшает возможность самовозбуждения ЛБВ, но и значительно расширяет рабочую полосу пропускания усилителя.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. Клеен, К. Пешль. Введение в электронику сверхвысоких частот, М., изд-во «Сов. радио», 1963.
 2. Р. Фано, Теоретические ограничения полосы согласования произвольных импедансов, М., изд-во «Сов. Радио», 1965.
 3. Э. Л. Гинзтон. Измерения на сантиметровых волнах, М., изд.-во иностр. лит., 1960.
 4. Churchill Delos B., Waveguide window for high — power microwave tubes. IEEE Inter. Conv. Rec., № 3, 1963.
 5. А. И. Терещенко, А. Г. Шейн. Замедляющие системы на диафрагмированных волноводах крестообразного поперечного сечения. «Радиотехника и электроника», X, 6, 1965.
-