

Вестник МОСКОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

№ 1 — 1963

Б. П. БОЙКО, А. А. ЧЕРЕПАНОВ

СИНХРОНИЗАЦИЯ СИГНАЛОМ, ДЕЙСТВУЮЩИМ СО СТОРОНЫ НАГРУЗКИ, 600 мГц КЛИСТРОНА и 800 кГц LC-ГЕНЕРАТОРА

Синхронизация генераторов СВЧ имеет ряд особенностей, связанных с наличием общего тракта распространения мощности, идущей в нагрузку, и воздействующего сигнала. Проведена качественная экспериментальная проверка существующей теории [1] такой системы в дециметровом и радиочастотном диапазонах.

Синхронный режим генератора СВЧ в случае, если синхронизирующий сигнал поступает через нагрузочный тракт, теоретически исследован в работе [1]. Расчет, проведенный для эквивалентной схемы одноконтурного генератора с запаздывающей обратной связью (отражательный клистрон, магнетрон и пр.), в стационарном случае привел к формулам

$$B^2 = E_0^2 - 4\beta \frac{\gamma^2 p^2}{\omega_0^4} \left[1 - \eta \cos \gamma \frac{J_1(A)}{A} \right] A^2, \quad (1)$$

$$\left[(1 + \beta) - \eta \cos \gamma \frac{J_1(A)}{A} \right]^2 + \left[\Delta - (1 + \beta) \operatorname{tg} \gamma + \eta \sin \gamma + \eta \sin \gamma \frac{J_1(A)}{A} \right]^2 = \frac{\omega_0^4 E_0^2}{4\beta p^2 A^2},$$

где B — амплитуда волны, идущей от генератора, E_0 — амплитуда внешнего сигнала, A — амплитуда колебаний в контуре генератора, γ — угол, характеризующий запаздывание, Δ — относительная расстройка между частотой внешнего сигнала и частотой автономных автоколебаний.

Мощность, отдаваемая в нагрузку, пропорциональна B^2 . Из формул (1) и (2) следует, что при реальных значениях параметров $B^2(\Delta)$ имеет минимум (в частном случае $B^2(\Delta) = 0$), тогда как $A^2(\Delta)$ при тех же Δ достигает максимума. Минимумы мощности в нагрузке наблюдались экспериментально при синхронизации отражательных клистронов 3-сантиметрового диапазона [1]. Клистрон имел только один вывод энергии, поэтому измерить амплитуду поля в резонаторе и полностью проверить выводы теории не удалось.

В настоящей работе описываются эксперименты по синхронизации 50-сантиметрового отражательного клистрона, который имел несколько выводов энергии; и LC-генератора с сосредоточенными постоянными в диапазоне 800 кГц.

Блок-схема установки в диапазоне 600 мГц изображена на рис. 1. Из-за отсутствия циркулятора или однонаправленного ответвителя о ве-

личине мощности, идущей от клистрона в нагрузку (роль согласованной нагрузки играл аттенюатор), судили по КСВН, который измерялся с помощью измерительной линии. Генератором внешнего сигнала служил ГС-6. Его выходная мощность изменялась по диапазону не более чем на 20%. Назначение остальных элементов ясно из рис. 1. Результаты измерений представлены в виде графиков на рис. 2. Две пары кривых соответствуют запаздываниям разного знака (пролетный угол отличен от оптимального). Из графиков видно, что при максимальной

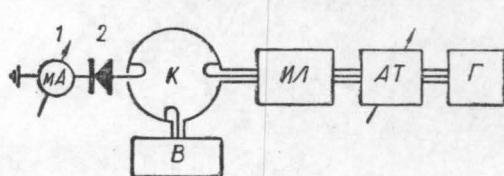


Рис. 1. 1 — микроамперметр, 2 — квадратичный детектор; К — резонатор 50-сантиметрового клистрона, В — волномер, ИЛ — измерительная линия, АТ — переменный аттенюатор на 15 дБ, Г — генератор ГС-6

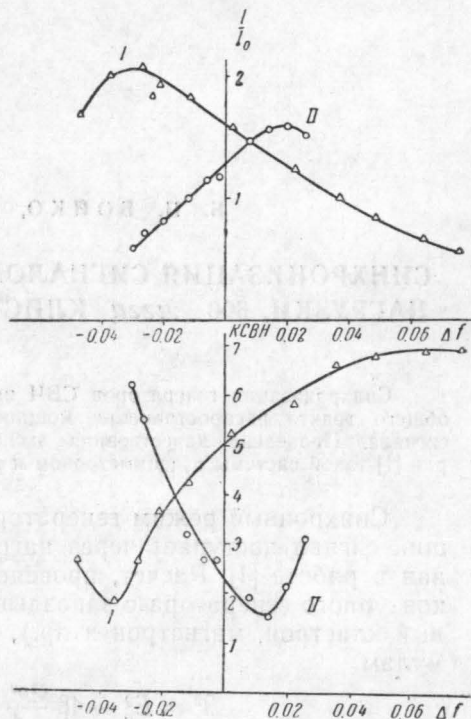


Рис. 2. Амплитудные кривые для синхронного режима клистрона. I — напряжение на отражателе $U_0 = -180$ в, относительная внешняя мощность $\frac{W_{ВН}}{W_0} = 2,5$, II — $U_0 = -100$ в, $\frac{W_{ВН}}{W_0} = 1,6$

Рис. 3. Амплитудные кривые для синхронного режима LC-генератора при $\frac{E}{A_0} = 1$

амплитуде в резонаторе КСВН минимален, т. е. минимальна амплитуда волны, идущей от клистрона. Исследовалась также зависимость минимального КСВН от величины внешнего сигнала. Эта зависимость имеет хорошо выраженный минимум.

При отсутствии запаздывания ($\gamma = 0$) формулы (1) и (2) описывают синхронный режим обычного томсоновского генератора. Поэтому был поставлен эксперимент на радиочастотах. В этом эксперименте нагрузочный тракт моделировался цепочкой LC-фильтров (обычная линия задержки), а синхронизируемым генератором служил ламповый генератор гармонических колебаний с LC-контуром в цепи сетки. Выход линии задержки связывался индуктивно с контуром генератора. На вход линии через катодный повторитель подавался синхронизирующий сигнал. Выход повторителя был согласован с линией, чтобы изменение

максимума напряжения в линии определялось только изменением мощности, отдаваемой в линию генератором. Появление режима синхронизации контролировалось по осциллографу. Амплитуда в контуре генератора и максимальная амплитуда в линии задержки измерялись одновременно при изменении частоты внешнего сигнала. Графики экспериментальных кривых представлены на рис. 3.

Верхняя кривая — это обычная «амплитудная» кривая синхронизованных автоколебаний в контуре генератора, нижняя представляет изменение максимальной амплитуды в линии в полосе синхронизации, что по существу характеризует изменение мощности, отдаваемой генератором в нагрузку (нагрузкой считается выход катодного повторителя). Видно, что отдаваемая мощность минимальна там, где амплитуда автоколебаний максимальна.

В заключение отметим.

Теория, развитая для эквивалентной схемы и использующая из электроники вид нелинейной характеристики, учет запаздывания и пр., качественно хорошо согласуются с экспериментом.

При синхронизации генератора со стороны нагрузки мощность, отдаваемая в согласованную нагрузку, и мощность автоколебаний в контуре генератора связаны нелинейно.

Амплитудные кривые синхронизованных колебаний для контура и для нагрузки имеют качественно разный вид, причем максимуму амплитуды в контуре соответствует минимум в нагрузке.

Авторы приносят глубокую благодарность доценту И. И. Минаковой за внимание к работе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бойко Б. П., Минакова И. И. «Вестн. Моск. ун-та», сер. физики, астрономии, № 1, 1962.
2. Валитов Р. А., Сретенский В. Н. Радиозмерения на СВЧ. Воениздат, М., 1958.
3. Асеев Б. П. Колебательные цепи (учебн. пособ. для радиотехнич. вузов и фак-тов). Связьиздат, М., 1955.

Поступила в редакцию
13.6 1962 г.

Кафедра
теории колебаний