

---

УДК 621.385

*Г. И. ЧУРЮМОВ*, канд. техн. наук

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ДВУХЧАСТОТНОГО  
РЕЖИМА РАБОТЫ МАГНЕТРОННОГО УСИЛИТЕЛЯ ОБРАТНОЙ  
ВОЛНЫ С РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ЭМИССИЕЙ**

---

Усиление сложного многочастотного сигнала в магнетронных усилителях с распределенной эмиссией изучено преимущественно с помощью упрощенных моделей усилителей, в основу которых был

пложен радиотехнический подход [1—4]. Более широкими потенциальными возможностями анализа электронного механизма взаимодействия полигармонического сигнала с электронным потоком обладает модель магнетронного усилителя, предложенная в работе [5]. Данная модель позволяет анализировать явления, связанные с конкуренцией видов побочных колебаний, а также интермодуляцию с учетом дисперсии замедляющей системы (ЗС) усилителя.

Рассмотрим усиление двухчастотного сигнала в магнетронном усилителе обратной волны. Особенность данной работы состоит в попытке комплексного подхода к анализу электронно-волнового взаимодействия и заключается в том, что сначала осуществляется расчет электродинамических характеристик ЗС в основной полосе пропускания. Затем с учетом полученных данных проводится непосредственно расчет многочастотного усиления. Причины, способствующие возникновению многочастотных ситуаций не рассматриваются, а предполагается, что на вход усилителя подаются два сигнала, разнос частот которых не превышает 10 %. Один из сигналов является рабочим ( $\omega_c$ ), а второй — помехой ( $\omega_{п}$ ). Задача состоит в оценке нелинейных искажений, обусловленных конкуренцией усиливаемых сигналов (эффект кросс-модуляции) \*.

Для анализа процессов многочастотного усиления воспользуемся математической моделью усилителя обратной волны с распределенной эмиссией [6]. В качестве начальных значений входных параметров используем следующие данные:

Радиус анода $r_A/\lambda$	0,213
Радиус катода $r_K/\lambda$	0,12
Длина ламели $l_{л}/\lambda$	0,22
Число ламелей $N$	13
Высота анодного блока $\Delta x/\lambda$	0,11
Параметр магнитного поля $B, T$	0,2
Анодное напряжение $U_A, kV$	55,9
Максимальный коэффициент вторичной эмиссии $\epsilon_m$	2,8
Энергия, соответствующая максимальному коэффициенту вторичной эмиссии $W_m, eV$	560
Катод	Холодный
Замедляющая система	Лопаточная
Связки	Двойные, двухсторонние

На рис. 1 показаны дисперсионная характеристика и зависимость сопротивления связи от длины волны, рассчитанные методом эквивалентных схем.

Наличие связок приводит к сдвигу  $\pi$ -вида в длинноволновую область (по сравнению с аналогичной ЗС без связок) и в области фазовых сдвигов  $\pi/2 < \theta < \pi$  образуется участок с аномальной дисперсией. Точка  $A$  является рабочей.

\* Существующая методика анализа процессов в приборах обратной волны (с выхода на вход усилителя) не позволяет рассмотреть генерацию интермодуляционных составляющих усиливаемых сигналов.

Рассмотрим двухчастотное взаимодействие основного сигнала  $\omega_c = 10\Omega$  с сигналом-помехой  $\omega_{\text{п}} = 9\Omega$ , где  $\Omega$  — фундаментальная частота. Пользуясь дисперсионной характеристикой, определяем параметры «холодной» расстройки сигналов. Полагая, что выполняет

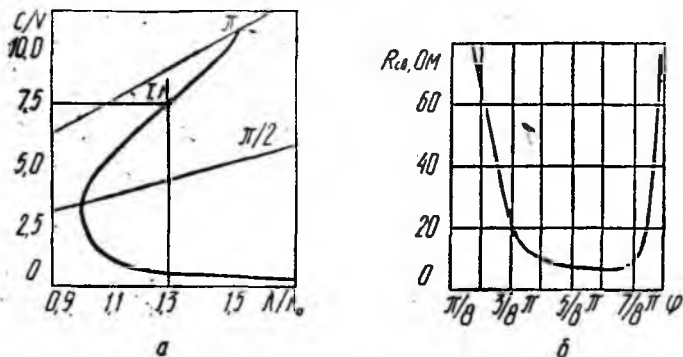


Рис. 1

ся условие «холодного» синхронизма для рабочего сигнала  $v_s/\omega_c = v_e$ , имеем  $b\omega_c = 0$ . Тогда для сигнала-помехи получаем  $b\omega_{\text{п}} = 0,11$ .

На рис. 2 показаны зависимости КПД сигналов  $\omega_c$ ,  $\omega_{\text{п}}$  от отношения входных мощностей данных сигналов при условии  $P\omega_c = \text{const}$ . Кривые построены для случаев отсутствия зависимости сопротивления связи от частоты (кривые 1) и наличия такой зависимости, определяемой из рис. 1, б (кривые 2). Для сравнения на рис. 2 представлена зависимость  $\eta = \eta[(P\omega_{\text{п}}/P\omega_c)_{\text{вк}}]$  (кривая 3), полученная в предположении отсутствия дисперсии и зависимости сопротивления связи от частоты.

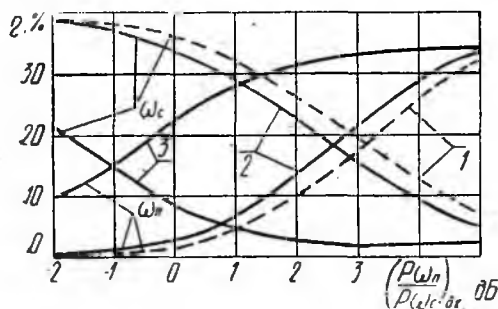


Рис. 2

Таким образом, учет дисперсии дает существенное ухудшение взаимодействия сигнала-помехи  $\omega_{\text{п}}$  с электронным потоком в стационарном режиме. Для усиления взаимодействия необходимо увеличивать входную мощность сигнала  $\omega_{\text{п}}$ , задавая ее больше входной мощности основного сигнала  $\omega_c$ . Из анализа частотной зависимости сопротивления связи следует, что в диапазоне рабочих значений фазовых сдвигов  $\theta$  его значение увеличивается в ростом длины волны (рис. 1, б). Поскольку  $\omega_{\text{п}} > \omega_c$ , учет в расчетах зависимости  $R_{\text{св}} = R_{\text{св}}(\lambda)$  приводит к повышению эффективности взаимодействия сигнала помехи с электронным потоком. В результате влияние сигнала помехи на мощный основной

сигнал проявляется при меньшем значении входной мощности сигнала помехи.

Таким образом, исследования конкуренции двух сигналов  $\omega_c = 10\Omega$ ,  $\omega_{\Pi} = 9\Omega$  в стационарном режиме работы усилителя обратной волны для случая реальной лопаточной замедляющей системы со связками показали, что диапазон значений отношения  $P_{\omega_{\Pi}}/P_{\omega_c}$ , где имеет место конкуренция между усиливаемыми сигналами, существенно зависит от параметров электродинамической структуры. Чтобы уменьшить амплитудные и фазовые искажения основного сигнала  $\omega_c$ , обусловленные наличием помехи  $\omega_{\Pi}$  в пространстве взаимодействия сигнала, необходимо увеличить разделение усиливаемых сигналов по анодному напряжению.

Список литературы: 1. *Корольков А. В.* Усиление в амплитроне многочастотного сигнала // — Тр. НИИР.—1971.— Вып. 2.— С. 24—30. 2. *Табаков А. В.* Воздействие бигармонического сигнала на амплитрон // Вопр. радиоэлектроники. Сер. Техника радиосвязи.— 1972.— Вып. 1.— С. 18—24. 3. *Михайлевский В. С., Махно В. И.* Амплитрон в двухчастотном режиме // Журн. техн. физики.— 1975.— 1.— С. 529—531. 4. *Минаев М. И., Бригидин А. М., Дунаева Г. П.* Амплитудные характеристики амплитрона в двухчастотном режиме // Радиотехника и электроника.— 1977, № 7.— С. 40—45. 5. *Ильин Е. М., Макаров В. Н., Чистякова Т. А.* Исследование усиления сигналов с близкими частотами в приборе М-типа с распределенным катодом // Электрон. техника. Сер. Электроника СВЧ.— 1977.— Вып. 12.— С. 39—47. 6. *Чурюмов Г. И.* Моделирование процесса взаимодействия замкнутого электронного потока с электромагнитной волной в системах магнетронного типа с распределенной эмиссией // Радиотехника.— 1982.— Вып. 62.— С. 14—23.

Поступила в редколлегию 03.01.86.