

Поступила в редколлегию 24.01.97

УДК 621.385.64

А.В.ВАСЯНОВИЧ, канд. физ.- мат. наук,
Г.И.ЧУРЮМОВ, канд. техн. наук

ВЛИЯНИЕ ОТРАЖЕНИЙ НА УРОВНИ ГАРМОНИК В АМПЛИТРОНЕ

Отсутствие идеального согласования замедляющей системы (ЗС) с устройствами ввода и вывода, как показывают проведенные исследования [1], является одной из причин ухудшения выходных характеристик магнетронных усилителей, что проявляется в увеличении амплитудных и фазовых искажений основного сигнала. Количественно величина данных искажений зависит от модуля и фазы коэффициента отражения. Тот факт, что при определенных значениях данных параметров характеристики основного сигнала ухудшаются, позволяет использовать его для управления уровнями побочных колебаний и, в частности, уровнями высших временных гармоник основного сигнала.

В статье приводятся результаты численного моделирования многочастотного режима работы амплитрона при рассогласованной нагрузке. При этом основное внимание уделяется анализу зависимости электронно-волнового механизма многочастотного взаимодействия от величины и фазы коэффициента отражения на выходе усилителя. Для проведения исследований воспользуемся многопериодной математической моделью амплитрона, подробно описанной в работе [2].

Учет отраженных волн позволяет рассматривать движение электронного потока в суммарном ВЧ поле двух волн: падающей и отраженной. Амплитуды и фазы данных волн связаны следующими соотношениями:

$$A_{-n}(\varphi_{\text{вых}}) = |\Gamma_n| A_{+n}(\varphi_{\text{вых}}); \quad (1)$$

$$A_{-n}(\varphi_{\text{вых}}) = |\Gamma_n| A_{+n}(\varphi_{\text{вых}}),$$

где $\varphi_{\text{вых}}$ — азимутальная координата расположения устройства вывода энергии;

$|\Gamma_n|$ и Φ_0 — модуль и фаза коэффициента отражения ВЧ волны на частоте $n\omega$.

Выражение для составляющих суммарного ВЧ поля падающих и отраженных волн имеет вид

$$\begin{aligned}\varepsilon_r &= \sum_n [A_{+n} F_{+n}^r \sin \Phi_{+n}^* - A_{-n} F_{-n}^r \sin \Phi_{-n}^*]; \\ \varepsilon_\varphi &= \sum_n [A_{+n} F_{+n}^\varphi \cos \Phi_{+n}^* - A_{-n} F_{-n}^\varphi \cos \Phi_{-n}^*],\end{aligned}\quad (2)$$

где $F_{\pm n}^{r,\varphi}$ — структурные функции ВЧ поля.

Дополнение математической модели амплитрона, представленной в работе [2], выражениями (1) и (2), а также соответствующими уравнениями возбуждения на частотах рассматриваемых падающих, и отраженных волн позволяет строго в рамках самосогласованной постановки задачи рассмотреть и проанализировать влияние, которое оказывают отраженные от выходного устройства амплитрона ВЧ волны на основной сигнал частоты ω и его гармоники (2ω , 3ω и 4ω).

Расчеты проводились для амплитрона, основные параметры которого приведены в [3]. Предполагается, что дисперсия ЗС отсутствует и постоянные распространения "холодных" ВЧ волн на частотах $n\omega$ $\gamma_n = n\gamma_1$, а значения сопротивления связи для основного сигнала и его гармоник задавались $R_1=50$; $R_2=8$; $R_3=1$; $R_4=0,1$ Ом. Для определения условий рассогласования полагаем, что в полосе частот усилителя значение модуля коэффициента отражения $|\Gamma_1| = 0,13$. Соответствующие значения модуля коэффициента отражения на частотах гармоник 2ω , 3ω и 4ω выбираются $|\Gamma_2| = 0,26$, $|\Gamma_3| = 0,42$ и $|\Gamma_4| = 0,52$. Варьирование значениями $|\Gamma_n|$ позволяет изменять условия рассогласования. Диапазон данных изменений модуля коэффициента отражения $|\Delta\Gamma_1| = \pm 0,05$; $|\Delta\Gamma_2| = \pm 0,1$; $|\Delta\Gamma_3| = \pm 0,15$; $|\Delta\Gamma_4| = \pm 0,2$.

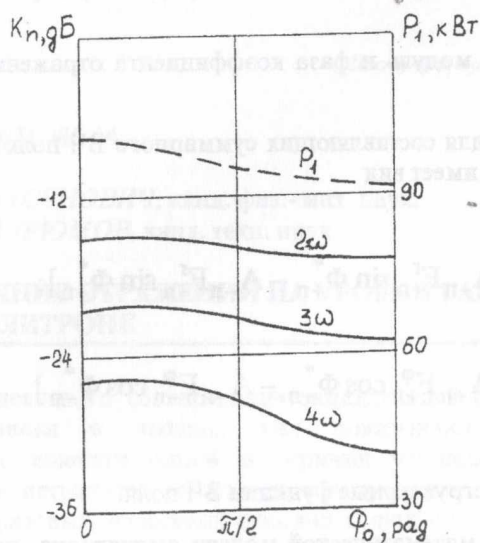


Рис.1

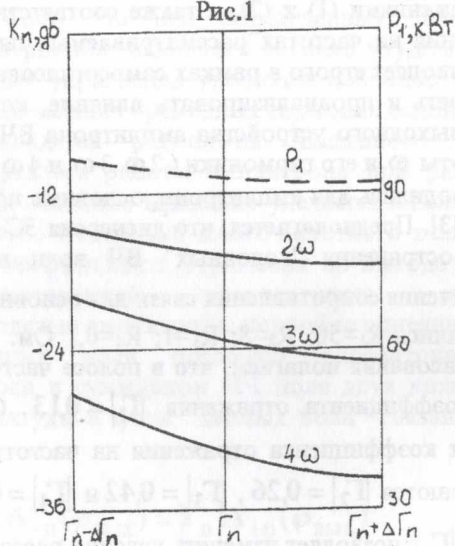


Рис.2

Результаты моделирования представлены на рис. 1 и 2. Зависимость уровней основного сигнала и его гармоник от фазы отражения показаны на рис.1 Необходимо отметить, что уровни гармоник являются нормированными к уровню основного сигнала и рассчитываются по формуле $k_n = 10 \lg P_n / P_1$, где P_n - мощность ВЧ сигнала на частоте $n\omega$. Из представленных на рисунке зависимостей видно, что изменение фазы отраженных волн в диапазоне $0 \leq \Phi_0 \leq \pi$ приводит к изменению уровней основного сигнала, так и его гармоник. Максимальное влияние на электронно-волновой процесс отраженные волны оказывают в случае, когда $\Phi_0 = \pi$, что соответствует противофазному распределению ВЧ полей падающих и отраженных волн. Увеличение в этом случае модуля коэффициента отражения $|\Gamma_n|$ в 1,4 раза приводит к дальнейшему монотонному уменьшению уровней основного сигнала и его гармоник (рис.2). При этом понижение уровней гармоник составляет: второй - 23,8%, третьей - 23,5% и четвертой - 32,8% по отношению к их максимальным уровням в децибелах, соответствующих выбранному режиму работы усилителя.

Таким образом, проведенные теоретические исследования показывают принципиальную возможность подавления гармоник в пространстве взаимодействия амплитрона за счет изменения условий рассогласования с нагрузкой на частотах гармоник. Установлено, что величина данного подавления зависит от модуля и фазы коэффициента отражения.

Список литературы: 1. Петроченков В.И. Влияние отражений на фазочастотные и амплитудно-частотные характеристики магнетронного усилителя // Электронная техника. Сер. Электроника СВЧ. 1968. Вып.4. С.18-38. 2. Васянович А.В. Численная модель многочастотного взаимодействия в усилителях с распределенной эмиссией // Радиотехника. 1987. Вып.80. С.90-96. 3. Чурюмов Г.И. Расчет стационарных рабочих характеристик амплитрона методом численного моделирования // Электронная техника. Сер. Электроника СВЧ. 1987. Вып.7. С.38-42.

Поступила в редколлегию 18.01.95