

## ИМПУЛЬСНЫЙ МАГНЕТРОН МИЛЛИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА В РЕЖИМЕ АВТОСИНХРОНИЗАЦИИ

В. Д. Науменко, Р. П. Федий

В последнее время возрастают требования к выходным параметрам генераторов СВЧ. Среди них важное место занимает стабильность частоты, так как она определяет возможность использования прибора в аппаратуре различного назначения.

Стабильность частоты можно улучшить в аппаратуре по-разному. Уходы частоты за достаточно длительное время компенсируют, например, электромеханические системы АПЧ, обладающие инерционностью, связанной с механической частью устройства. Кратковременную нестабильность обычно уменьшают, помещая в ВЧ тракт высокодобротный внешний резонатор. Но, несмотря на широкое применение, данный метод имеет существенные недостатки: увеличивается вероятность пробоя в передающей линии, теряется большое количество энергии.

В настоящей работе ставилась задача повысить стабильность частоты магнетрона от импульса к импульсу при малых энергетических затратах. Был применен режим работы с внешней дополнительной обратной связью, который называют автосинхронизационным [1]. До сих пор в миллиметровом диапазоне этот режим не применялся.

Физические процессы, происходящие в автосинхронизированном магнетроне, можно рассматривать с точки зрения явления затягивания частоты рассогласованной нагрузки, где сигнал, приходящий из цепи обратной связи, эквивалентен сигналу, отраженному от нагрузки. В этом случае коэффициент электронного смещения частоты (ЭСЧ) магнетрона с учетом влияния «отраженной» волны будет равен [1]

$$\varepsilon' = \varepsilon \left( \frac{U}{U'} \right)^2 (1 - \Gamma_n^2), \quad (1)$$

где  $\varepsilon$  — ЭСЧ без учета влияния нагрузки,  $U$  и  $U'$  — соответственно амплитуда ВЧ поля на зазорах резонаторной системы без учета влияния нагрузки и при рассогласованной нагрузке, а  $\Gamma_n$  — коэффициент отражения от нагрузки, а в нашем случае  $\Gamma_n = 1/\alpha$ , где  $\alpha$  — затухание направленного ответвителя в цепи обратной связи.

Коэффициент стабилизации частоты будет равен отношению коэффициентов ЭСЧ в обычном режиме и с «рассогласованной» нагрузкой:

$$K_{ст} = \frac{\varepsilon}{\varepsilon'} = \left( \frac{U'}{U} \right)^2 \frac{1}{1 - 1/\alpha^2}. \quad (2)$$

Амплитуда ВЧ напряжения на ламелях магнетрона с учетом сигнала в цепи обратной связи составляет [1]

$$U' = U (1 + \Gamma_n (\cos \Phi / \cos \theta)), \quad (3)$$

где  $\Phi = \varphi_0.c + \theta$ ,  $\Gamma_n = 1/\alpha$ , а  $\theta$  — угол рассогласования между ВЧ напряжением и наведенным током.

Преобразовав (2) с учетом (3), получим

$$K_{ст} = \left( 1 + \frac{\cos(\varphi_0.c + \theta)}{\alpha \cos \theta} \right)^2 \left( \frac{1}{1 - 1/\alpha^2} \right). \quad (4)$$

Таким образом, суть метода заключена в управлении комплексной проводимостью генератора при помощи внешней обратной связи. Схема экспериментальной установки показана на рис. 1.

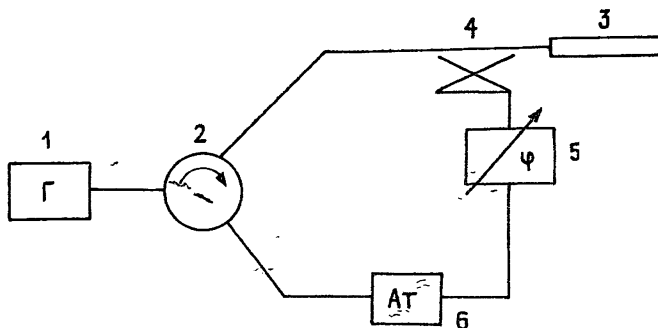


Рис. 1.

Сигнал генератора (1) через Y-циркулятор (2) подается в нагрузку (3). Часть сигнала с ответвителя с затуханием 10 дБ (4) поступает в цепь обратной связи, состоящую из фазовращателя (5) и аттенюатора (6). Сигнал из цепи обратной связи

попадает через циркулятор снова на выход магнетрона. В результате амплитуда ВЧ поля на зазорах резонаторов магнетрона возрастает. Это соответствует увеличению эффективной нагруженной добротности магнетрона.

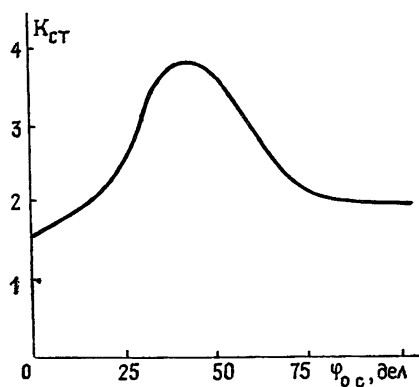


Рис. 2.

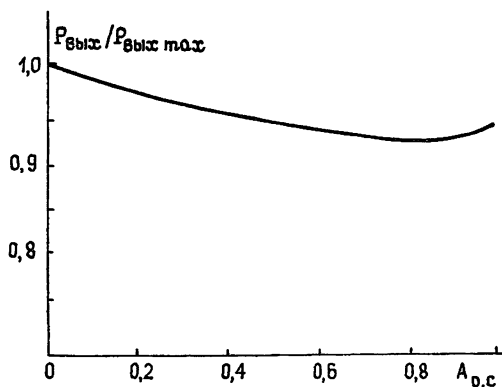


Рис. 3.

Эксперименты проводились в длинноволновой части миллиметрового диапазона на стандартном приборе. Основные результаты приведены на рис. 2 и рис. 3. (Цена деления по  $\varphi$  — 1 дел. =  $3,6^\circ$ .) Кратковременная нестабильность частоты магнетрона (относительная) в обычном режиме составляет  $6 \cdot 10^{-5}$ . При оптимальной фазе сигнала в цепи обратной связи нестабильность составляет  $1,5 \cdot 10^{-5}$ . Таким образом, стабильность повысилась и уход частоты от импульса к импульсу не превышает 560 кГц, что расширяет возможности использования магнетрона в аппаратуре различного назначения. Важным является то обстоятельство, что при этом практически не снижается уровень выходной мощности. Дальнейшее улучшение стабильности частоты может быть достигнуто путем включения в цепь обратной связи высокодобротного резонатора.

Таким образом, метод автосинхронизации может быть с успехом применен для повышения стабильности генераторов миллиметрового диапазона.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Минаев М. И. Радиопередающие устройства сверхвысоких частот. — Минск: Высшая школа, 1978.

Институт радиофизики и электроники  
АН УССР

Поступила в редакцию  
26 августа 1985 г.,  
после доработки  
24 апреля 1986 г.