

ОБ ОДНОМ СПОСОБЕ ГЕНЕРАЦИИ СВЧ КОЛЕБАНИЙ

Ж. М. ОВСЕПЯН

В работе [1] рассмотрено действие электронно-лучевого прибора, состоящего из входного и выходного биспиральных резонаторов, и показано, что при выполнении условия синхронизма с одной из медленных волн $\beta_p = \beta_i$ ($i' = 2$ или 4), означающего равенство между периодом поля вдоль биспирального элемента связи и шагом электронной спирали, образованной i -ой волной, можно осуществить регенеративное усиление СВЧ колебаний.

В настоящей работе рассматриваются условия возникновения устойчивой генерации в регенеративном усилителе.

Согласно [1] коэффициент усиления с увеличением тока пучка растет, а при токе, обеспечивающем выполнение равенства

$$Y = Y_p + Y_{el} = 0, \quad (1)$$

наблюдается бесконечный рост амплитуд медленных волн и коэффициента передачи, т. е. происходит самовозбуждение прибора, что свидетельствует о возможности создания генератора на медленной циклотронной или синхронной волне. Если обеспечить $\beta_p = \beta_i$, то условие (1) будет выполняться при наименьшем значении параметра согласования $\alpha_c = 1$ или при значении тока пучка, называемом пусковым и равном

$$I_{\text{пуск.}} = 8 G_p V_{ol} \frac{\omega_c}{\omega} \left(\frac{\alpha}{cl} \right)^2.$$

Здесь G_p — активная проводимость нагруженного резонатора, V_{ol} — постоянный потенциал биспирали относительно катода, при котором выполняется условие синхронизма с одной из медленных волн, α — радиус спиралей, c — коэффициент, учитывающий геометрию спиралей [2]. Эквивалентная схема элемента связи приведена в [1], согласно которой частота генерации определяется из условия равенства нулю суммарной реактивной проводимости:

$$B = B_p + B_{el} = 0. \quad (2)$$

При выполнении условия синхронизма с одной из медленных волн реактивная электронная проводимость B_{el} , обусловленная данной волной, становится равной нулю, вследствие чего частота генерации, определяемая из условия (2), совпадает с резонансной частотой ω_0 холодного резонатора. При нарушении условия синхронизма ($\beta_p \neq \beta_i$) реактивная электронная проводимость станет отличной от нуля, и выражение (2) будет выполняться при другой частоте ω . Иначе говоря, произойдет электронная перестройка частоты. Относительное изменение частоты генерации из-за нарушения условия синхронизма мало, т. е. $\epsilon_f = (\omega - \omega_0)/\omega_0 \ll 1$, поэтому величину реактивной проводимости контура $B_p = \omega c - 1/\omega L$ можно представить в виде

$$B_p = 2\varepsilon_f Q_H G_p. \quad (3)$$

В биспиральных элементах связи на условие синхронизма, в общем случае, может влиять как скорость электронного потока (ускоряющий потенциал биспирального резонатора), так и циклотронная частота (магнитное поле). Для определения влияния изменения этих величин на частоту генерации введем понятия относительных расстройек: по ускоряющему потенциалу $\varepsilon_V = (V - V_0)/V_0$ и по магнитному полю $\varepsilon_H = (\omega_c - \omega_{co})/\omega_{co}$, где V и V_0 , ω_c и ω_{co} — соответственно текущие и „синхронные“ значения продольного ускоряющего потенциала и циклотронной частоты.

Используя выражения для электронных проводимостей, приведенные в [2], из (1) с учетом (3) для ε_f в зависимости от ε_V и ε_H при связи соответственно с медленными циклотронной и синхронной волнами, получаем следующие соотношения:

$$\varepsilon_f = \frac{\beta_p l}{12 Q_H} \left(\varepsilon_V - \frac{2\varepsilon_H}{1 + \omega_0/\omega_{co}} \right), \quad (4)$$

$$\varepsilon_f = \frac{\beta_p l}{12 Q_H} \varepsilon_V. \quad (5)$$

Из полученных выражений следует, что в случае связи с медленной циклотронной волной при изменении как ускоряющего потенциала биспирального резонатора, так и магнитного поля осуществляется электронная перестройка частоты. В случае связи с медленной синхронной волной электронная перестройка частоты имеет место только при изменении ускоряющего потенциала резонатора.

Наиболее ценным свойством данного способа генерации СВЧ колебаний является зависимость частоты генерируемых колебаний от ускоряющего потенциала биспиральных резонаторов. Это дает возможность изменять частоту путем регулирования ускоряющего потенциала, причем изменение частоты можно осуществлять без затраты мощности, так как путем надлежащего выбора диаметра биспирального элемента и точной юстировкой прибора можно исключить перехват потока в резонаторах, т. е. ток в их цепях.

Экспериментальные исследования устройства для случая связи с медленной циклотронной волной показали, что устойчивая генерация наблюдается при $I_{\text{пуск}} \approx 175 \text{ мкА}$ ($\alpha_c \approx 1,05$). При синхронизме частота генерации совпадала с резонансной частотой холодного резонатора, а при изменении продольного ускоряющего потенциала на $\pm 6\%$ частота генерации изменялась на $\pm 0,25\%$, что хорошо согласуется с теоретическими выводами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ж. М. Овсепян. Изв. АН АрмССР, Физика, 13, 207 (1978).
2. А. С. Бондарев, Ж. М. Овсепян. Изв. вузов, Радиоэлектроника, 13, 948 (1968).

ԳԵՆԵՐԱՐՁՐ ԶԱՃԱԽՈՒԹՅԱՆ ՏԱՏԱՆՈՒՄՆԵՐԻ ԳԵՆԵՐԱՑՄԱՆ ՄԻ
ԵՂԱՆԱԿԻ ՄԱՍԻՆ

Ժ. Մ. ՂՈՎՍԵՓՅԱՆ

Դիտվում են էլեկտրոնային հոսքի դանդաղ ալիքներով աշխատող ռեգեներատիվ ուժեղացուցիչներում կայուն զենեքացիայի առաջացման պայմանները: Ստացված է արտահայտություններ թողարկման հոսանքի համար և գտնված է զենեքացվող տատանումների հաճախության կախվածությունը երկայնական արագացնող պոտենցիալից և մագնիսական դաշտից:

ON ONE METHOD OF MICROWAVE OSCILLATIONS
GENERATION

J. M. OVSEPYAN

Conditions for the stable generation of microwave oscillations in a regenerative amplifier on the slow transverse waves of an electron beam are considered. The expression for the starting current as well as the dependence of the generation frequency on the accelerating potential and magnetic field are obtained.