

Поэтому, в этой области регулируется и процесс двумерной фокусировки.

Для  $2aR_2 \gg 1$  фокусное расстояние в меридиональной плоскости:

$$F_2(a) \approx \frac{1}{4a \sin \theta_B}, \quad (10)$$

и двумерная фокусировка теоретически возможна лишь для очень больших значений градиента или больших  $R_2$

#### С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Кочарян Л.А., Бегларян А.Г., Унанян О.А., Галоян К.Г., Арутюнян Э.М. // Изв. АН Арм. ССР, сер. физика. 1986. Т. 21. В. 6. С. 323-325.
- [2] Кочарян Л.А., Сукьясян Р.Р., Борназян А.С., Бегларян А.Г., Гаспарян Р.А. // Изв. АН Арм. ССР, сер. физика. 1986. Т. 21. В. 6. С. 317-319.
- [3] Навасардян М.А., Мирзоян В.К., Галоян К.Г. // Изв. АН Арм. ССР, сер. физика. 1986. Т. 21. В. 6. С. 331-336.
- [4] Мкртчян А.Р., Навасардян М.А., Габриелян Р.Г. // Письма в ЖТФ. 1985. Т. 11. В. 22. С. 1354-1359.
- [5] Мкртчян А.Р., Габриелян Р.Г., Асланян А.А., Мкртчян А.Г., Котанджян Х.В. // Изв. АН Арм. ССР, сер. физика, 1986. Т. 21. В. 6. С. 297-305.

Московский государственный  
университет им. М.В. Ломоносова

Поступило в Редакцию  
17 марта 1990 г.

Письма в ЖТФ, том 16, вып. 11

12 июня 1990 г.

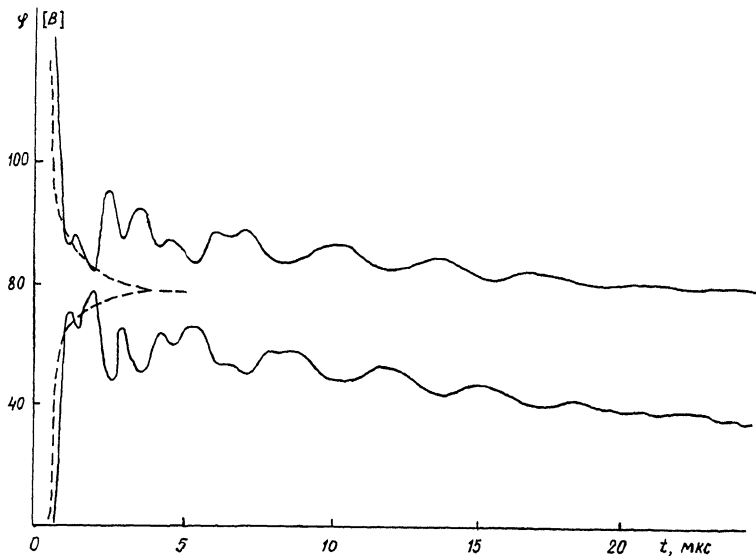
01; 04

© 1990

#### АВТОКОЛЕБАНИЯ В СИСТЕМЕ ИСТОЧНИК ЭЛЕКТРОНОВ - ПЛАЗМА

А.Ю. Богомолов, Н.А. Романова,  
В.А. Федоров

В последние годы проявляется большой интерес к изучению автоколебаний в самых различных системах, который вызван расширением классического понятия автоколебательного режима после открытия хаотических колебаний нелинейных осцилляторов под действием периодической силы [1]. В данной работе сообщается



Огибающая амплитуды колебаний потенциала  $\psi$  в зависимости от времени.

об обнаружении автоколебаний в системе источник электронов — плазма.

Рассмотрим изотропную инжекцию с электрически изолированного сферического источника радиуса  $R_0$  в пространственно-однородную, неограниченную, бесстолкновительную плазму. Будем считать, что  $t \ll R_c/v_{iT}$ ,  $|v_i/v_{iT}| \leq 1$ ,  $|v_e/v_{eT}| \gg 1$ , где  $v_{e,i}$  и  $v_{eT,iT}$  направленные и тепловые скорости электронов и ионов плазмы соответственно,  $R_c$  — характерный размер области возмущения. С учетом приведенных условий, для описания процессов в плазме использовалась система уравнений одножидкостного гидродинамического приближения, которая с учетом сферической симметрии задачи имеет вид:

$$\frac{\partial v_{e,I}}{\partial t} + v_{e,I} \cdot \frac{\partial v_{e,I}}{\partial R} = \frac{e}{m} E,$$

$$\frac{\partial n_{e,I}}{\partial t} + \frac{1}{R^2} \cdot \frac{\partial}{\partial R} (R^2 n_{e,I} v_{e,I}) = 0, \quad (1)$$

$$\frac{\partial E}{\partial t} = -4\pi e (n_e v_e + n_I v_I),$$

где  $e$  и  $m$  - заряд и масса электрона,  $E$  - напряженность электрического поля,  $n_e$  - концентрация электронов плазмы,  $n_I$  и  $U_I$  - концентрация и скорость инжектируемых электронов. Начальные и граничные условия задавались аналогично [2]. Решение проводилось методом конечных разностей при следующих параметрах задачи:  $R_0 = 50$  см, ток инжекции  $I = -0.3$  А, невозмущенная концентрация  $n_e^0 = 5 \cdot 10^5$  см<sup>-3</sup> и температура электронов плазмы  $T = 1000$  К, энергия инжектируемых электронов  $W = 0.3$  кэВ.

В [3] показано, что возникающие с началом инжекции колебания плазмы при условии  $W \gg |e|\varphi$  ( $\varphi$  - электрический потенциал источника) и  $I = \text{const}$  затухают. В данной работе исследовались колебания для  $W \sim |e|\varphi$ . В этом случае  $U_I = [2(W + e\varphi)/m]^{1/2} + \text{const}$  и значительно меняется в зависимости от  $\varphi$ . Поскольку в рассматриваемой системе  $\varphi$  осциллирует с частотой, близкой к плазменной [3], то  $U_I$  модулируется той же частотой. Модулированный поток инжектируемых электронов, взаимодействуя с электронами плазмы, увеличивает амплитуду их колебаний. Так как  $U_e$  направлена к источнику, энергия колебаний переносится на его поверхность, вызывая раскачку амплитуды осциллирующего потенциала  $\varphi$ . Таким образом, электроны плазмы осуществляют обратную связь между  $\varphi$  и инжектируемым потоком.

На рисунке изображена огибающая амплитуды колебаний  $\varphi$  (для сравнения пунктирной линией приведена огибающая при  $W \gg |e|\varphi$ ). Из графика видно, что колебания не затухают, аналогичные зависимости наблюдаются для всех переменных системы (1). Рассматриваемый процесс удовлетворяет характерным признакам автоколебаний [4], причем автомодуляционный режим устанавливается под влиянием осциллирующего воздействия и относится к расширенному по сравнению с классическим понятию автоколебательных систем.

#### С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Рабинович М.И., Трубецков Д.И. Введение в теорию колебаний и волн. М.: Наука, 1980.
- [2] Седов Л.И. Механика сплошной среды, т. 1. М.: Наука, 1983.
- [3] Федоров В.А. // Физика плазмы. 1983. Т. 9. С. 874.
- [4] Ланда П.С., Дубошинский Я.Б. // УФН. 1989. Т. 158. С. 729.

Радиотехнический институт  
им. А.Л. Минца АН СССР

Поступило в Редакцию  
6 апреля 1990 г.