

ЛИТЕРАТУРА

1. C. R. Smallman, A. E. Slade, M. L. Cohen, Proc. IRE, № 9, 1575 (1960).
2. M. L. Cohen, Proc. IRE, № 1, 435 (1961).
3. Я. С. Кан, В. А. Рахубовский, ПТЭ, № 1, 221 (1966).
4. Я. С. Кан, В. А. Рахубовский, ПТЭ, № 3, 228 (1966).
5. Я. С. Кан, В. А. Рахубовский, Электронная техника, серия 15, Криогенная электроника, вып 1 (3), 72 (1971).
6. С. Н. Рычков, Б. М. Фомель, Изв. высш. уч. зав. — Радиофизика, 127, № 7, 1101 (1969).
7. Ю. И. Неймарк, Метод точечных отображений в теории нелинейных колебаний, изд. Наука, М., 1972.
8. В. Н. Розенвассер, Колебания нелинейных систем, изд. Наука, М., 1969

Институт математики СО АН СССР

Поступила в редакцию
17 июня 1974 г.

УДК 538.56

КОЛЕБАТЕЛЬНЫЕ СВОЙСТВА РАЗРЯДА В ГЕЛИИ, НАХОДЯЩЕГОСЯ
В ПРОДОЛЬНОМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ

К. И. Эфендиев, А. И. Бежанова

Известно, что при определенных разрядных условиях и параметрах внешней цепи в газоразрядной плазме могут существовать области самопроизвольных стационарных колебаний, и разряд можно рассматривать как автоколебательную систему [1]. Одну из основных особенностей автоколебательных систем составляет явление принудительной синхронизации [2,3] — захватывание внешней силой частоты ω собственных колебаний системы ω_0 .

В настоящем сообщении излагаются результаты исследований колебательных свойств гелиевого разряда в продольном магнитном поле при действии на него внешней переменной ЭДС. Разряд исследовался в трубке внутренним радиусом 1,1 см и длиной 80 см при давлении гелия от 1 до 0,3 тор. Магнитное поле менялось от 0 до 3200 Гс. Большая часть разрядной трубки находилась внутри соленоида, расстояние от торца соленоида до катода составляло 30 см. Искусственное возбуждение страт и изучение явления захватывания колебаний в разряде осуществлялось путем подачи напряжения $U_{ген}$ со звукового генератора ГЗ-33 либо между анодом и одним из электрических зондов, находящихся в плазме, либо между двумя зондами. Наблюдения и измерения велись по сигналам, снимаемым с ФЭУ-18.

Продольное магнитное поле, приложенное к разряду, уменьшает амплитуду страт, вызывая их затухание на участке положительного столба, расположенном внутри соленоида. Существует критическое магнитное поле для исчезновения страт; при фиксированных параметрах внешней цепи для каждого давления оно тем меньше, чем больше разрядный ток, что находится в согласии с данными работы [4]. Но во всех случаях страты можно вызвать внешним воздействием и продлить их существование вплоть до полей B_k , критических для возникновения токово-конвективной неустойчивости. При полях, больших B_k , страты исчезают. Резонансная частота искусственных страт так же, как и частота естественных страт, уменьшается в магнитном поле. Уменьшение частоты страт пропорционально изменению коэффициента амбиполярной диффузии поперек магнитного поля.

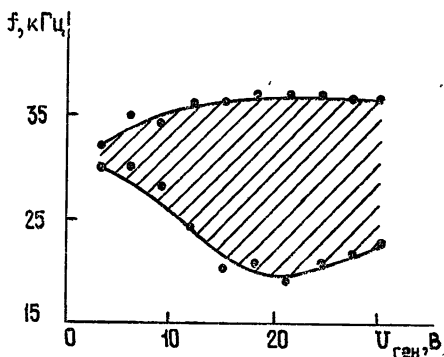


Рис. 1. Полоса захватывания винтовых колебаний при $B = B_k$, $P = 0,72$ тор, ток разряда 200 мА, $B_k = 1980$ Гс, $f_b = 31,5$ кГц.

Винтовые колебания, возникающие в разряде при B_k , так же как и стартовые колебания [1], можно захватить внешней силой. При этом их амплитудные кривые

в области полосы захватывания имеют несимметричный вид, нарастание амплитуды происходит быстрее, чем спад, при изменении расстройки от $-\Delta\omega$ до $+\Delta\omega$. Ширина полосы захватывания тем больше, чем больше синхронизирующее напряжение (рис. 1). На границах полос захватывания наблюдаются биения (рис. 2). Хотя следует отметить, что для винтовых колебаний наиболее характерным является асинхронное воздействие внешней силы на границах полос захватывания, приводящее к тому, что при $U_{\text{ген}} > 10 \text{ В}$ винтовые колебания гасятся.

Для гелиевого разряда в магнитном поле характерна еще одна особенность по сравнению с разрядом в неоне [5]. Магнитное поле гасит стратовые колебания на участке положительного столба катод-торец соленоида, переводя его из автоколебательного состояния в потенциально-автоколебательное. Внешним воздействием на разряд на этом участке можно возбудить стратовые колебания, их резонансная частота не зависит от поля B .

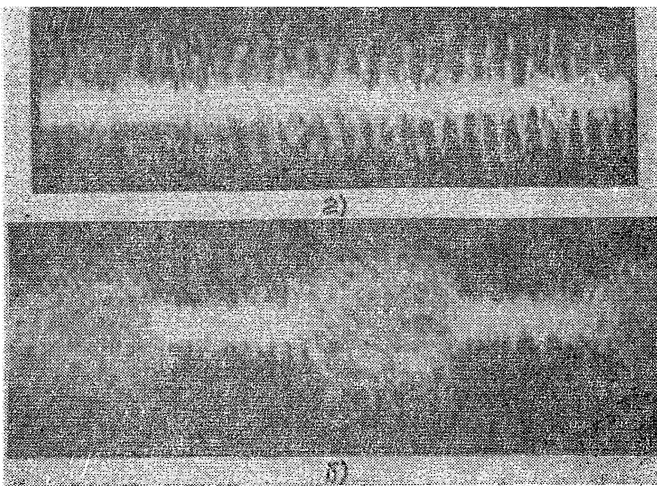


Рис. 2. Биения на границе полосы захватывания для винтовых колебаний. Экспериментальные условия те же, что и на рис. 1.

а) $f_{\text{ген}} = 0$, $U_{\text{ген}} = 0$, винтовые колебания; б) $f_{\text{ген}} = 36 \text{ кГц}$, $U_{\text{ген}} = 9,6 \text{ В}$, биения.

В автоколебательных системах сила резонансной частоты может быть не только внешней, но и внутренней [3]. В рассматриваемом случае такая внутренняя сила появляется в разряде с развитием в нем при $B = B_k$ винтовых колебаний. Под действием этой силы на участке разряда катод-торец соленоида образуются стартовые колебания на частоте винтовых колебаний (частота винтовых колебаний близка к частоте страт при $B = 0$). С увеличением магнитного поля больше B_k амплитуда стимулированных винтовыми колебаниями стратовых колебаний быстро падает и страты пропадают совсем, поскольку при увеличении B частота винтовых колебаний быстро растет и оказывается уже за границей полос захватывания для страт. После того, как стимулированные страты будут подавлены, их снова можно возбудить, подавая напряжение от генератора описанным выше способом. При этом для винтовых колебаний наблюдаются либо биения, либо синхронизация гашением в зависимости от амплитуды действующей силы.

Можно предположить, что исчезновение стратовых колебаний внутри соленоида при $B > B_k$ и то, что их не удастся возбудить внешним воздействием на этом участке разряда, связано с тем, что при большой разнице в частотах винтовых и стратовых колебаний ($f_{\text{стр}} = 8 \text{ кГц}$ и $f_b = 24,5 \text{ кГц}$ при $P = 0,96 \text{ тор}$) осуществляется синхронизация гашением так же, как это имеет место для стратовых колебаний в отсутствие поля при больших напряжениях и частотах внешнего воздействия.

Несколько иная, но принципиально не отличающаяся картина наблюдалась в разряде в неоне [5].

Таким образом, на основании проделанных опытов можно заключить, что разряд как со стратовыми, так и винтовыми колебаниями проявляет свойства автоколебательных систем.

В заключение авторы считают приятным долгом выразить благодарность А. Ф. Недоспасову и Л. М. Иманову за полезные обсуждения.

ЛИТЕРАТУРА

1. А. А. Зайцев, Докл. АН СССР, 84, № 1, 41 (1952).
2. Л. И. Мандельштам, Полн. собр. трудов, изд. АН СССР, 3, 1950.
3. К. Ф. Теодорчик, Автоколебательные системы, Гостехиздат, М., 1952.
4. M. Sato, Phys. Lett., A28, № 8, 555 (1969).
5. А. В. Недоспасов, К. И. Эфендиев, А. И. Бежанова, ЖТФ (в печати).

Азербайджанский государственный университет

Поступила в редакцию
4 июля 1974 г.