

КОЛЕБАНИЯ ТИПА ВРАЩАЮЩЕЙСЯ ВОЛНЫ В НЕРАЗРЕЗНОМ МАГНЕТРОНЕ

M. И. Кузнецов, B. E. Нечаев

В работе приводятся результаты экспериментального исследования автоколебаний пространственного заряда в неразрезном магнетроне с накоротко замкнутыми по высокой частоте катодом и анодом. Путем сравнения фаз токов, наводимых на малые участки анода с различными азимутами, установлено, что автоколебания имеют характер вращающейся волны.

Известно [1-3], что в цилиндрическом неразрезном магнетроне пространственный заряд может совершать автоколебания не только при наличии колебательного контура в цепи анод—катод, но и тогда, когда электроды лампы накоротко замкнуты по высокой частоте. В этом случае все высокочастотные поля в системе создаются самим пространственным зарядом. Механизм таких колебаний недостаточно изучен. В частности, неизвестно, могут ли происходить такие автоколебания пространственного заряда цилиндрического неразрезного магнетрона, при которых переменные компоненты физических величин (скоростей электронов, плотности пространственного заряда, электрического поля) имеют характер вращающейся по азимуту волны.

Нами был выполнен эксперимент, результаты которого показали, что в цилиндрическом неразрезном магнетроне действительно могут иметь место автоколебания типа вращающейся волны. Эксперимент заключался в измерении разности фаз между токами, наводимыми в процессе автоколебаний на малые участки анода с различными азимутами. Ясно, что в случае аксиально-симметричных движений пространственного заряда наведенные токи должны быть синфазны. Если же автоколебания пространственного заряда имеют характер вращающейся волны, то между токами должен быть сдвиг фаз, который легко находится для любого номера n при известных угловых расстояниях между участками анода.

Измерения проводились на специально сконструированной лампе (рис. 1), в анодном цилиндре которой вырезаны три круглых отверстия; в эти отверстия помещены маленькие диски (рис. 2). Анод и катод лампы замкнуты накоротко по высокой частоте с помощью специально изготовленных слюдяных цилиндрических конденсаторов (см. рис. 2). Угловые расстояния между центрами дисков соответственно равны 75° , 105° и 180° . Токи, наводимые на измерительные диски, поступают по коаксиальным линиям одинаковой длины на входы фазометрического устройства. Входные сопротивления фазометрического устройства равны волновым сопротивлениям линий ρ (75 ом). Напряжения на входах фазометрического устройства имеют ту же разность фаз, что и соответствующие токи, наводимые на измерительные диски. Любые два из этих напряжений поступают на электронный коммутатор, который с частотой 50 гц поочередно подключает их ко входу супергетеродинного приемника с несколькими преобразова-

телями частоты. Блок-схема фазометрического устройства изображена на рис. 3. В клетках, изображающих отдельные блоки, указаны их назначение и частоты напряжений на выходах, а фазы (с точностью до постоянной составляющей) указаны на стрелках выходящих из соответствующих клеток.

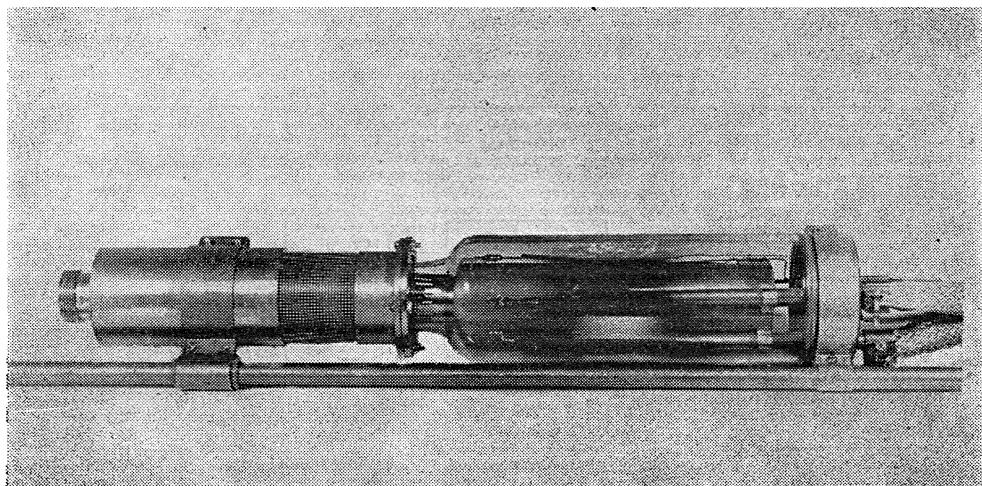


Рис. 1. Экспериментальная лампа.

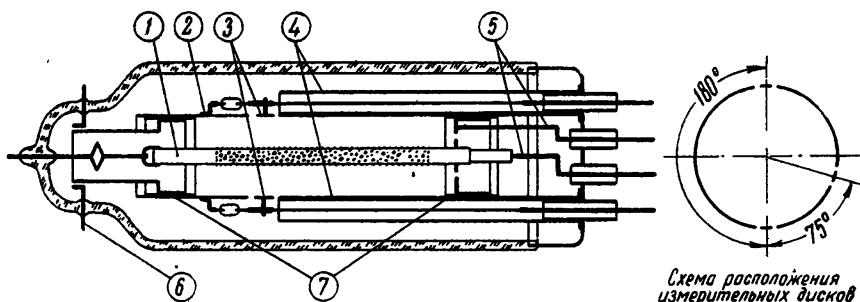


Рис. 2. Схематический чертеж экспериментальной лампы:
1—оксидный катод, Ф 3 мм; 2—анод, l=155 мм, Ф 35 мм; 3—измерительные диски; 4—коаксиальные выводы; 5—выводы накала; 6—дисковый впай; 7—слюдяные конденсаторы.

В приемнике предусмотрена автоматическая подстройка частоты, обеспечивающая независимость измеряемой разности фаз от флуктуаций частоты и фазы колебаний магнетрона. Из рис. 3 видно, что после нескольких преобразований частот на выходе приемника получается напряжение с частотой 0,5 мгц и фазой, равной (с точностью до постоянной составляющей)

$$\varphi = \varphi_{I, II} - \varphi_{III} + \varphi_{0, 5},$$

где $\varphi_{I, II, III}$ — фазы напряжений на входе фазометрического устройства.

Это напряжение поступает на вертикальный усилитель осциллографа, развертка которого синхронизуется с частотой 0,5 мгц и фазой $\varphi_{0, 5}$. Очевидно, что при работе коммутатора на экране осциллографа должны быть видны две синусоиды, сдвинутые по фазе на $\Delta\varphi = \varphi_I - \varphi_{II}$. Эта разность фаз совпадает с разностью фаз токов, наводимых на измерительные диски в процессе автом-

колебаний, если соответствующие линии передачи идентичны и электронный коммутатор вносит одинаковый сдвиг фаз для обоих сигналов. Чтобы убедиться в том, что измерительные линии передачи и коммутатор не вносят различного сдвига фаз, был произведен следующий эксперимент. От внешнего генератора по-

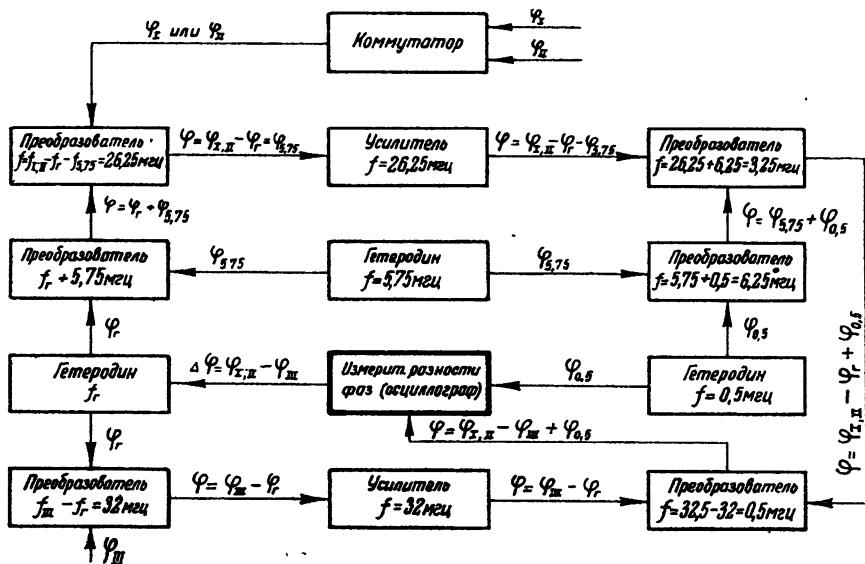


Рис. 3. Блок-схема фазометрического устройства.

давался сигнал исследуемой частоты на коаксиальный отрезок, образуемый анодом и катодом лампы. В этом случае токи смещения, текущие на измерительные диски, синфазны. Оказалось, что сдвиги фаз (в пределах точности измерений) одинаковы.

Измерения разности фаз проводились на фотоснимках осциллографа (см., например, рис. 4); ошибка измерения не превышала

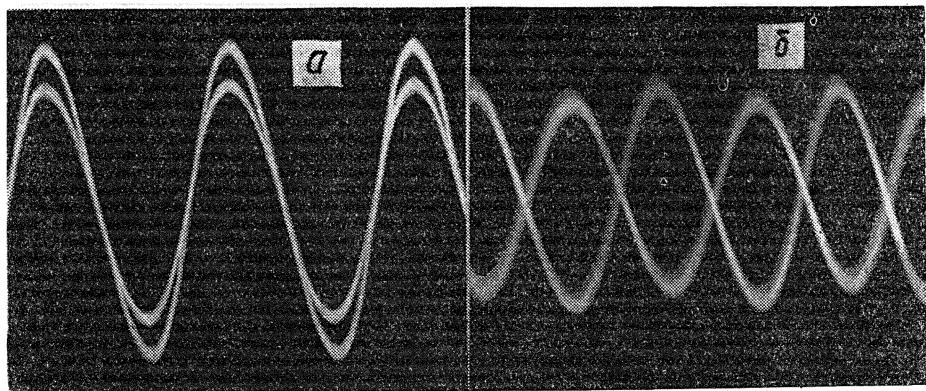


Рис. 4. Фотографии осциллографм для случая $n = 2$:

а) угловое расстояние между измерительными дисками равно 180° ; б) угловое расстояние между измерительными дисками равно 75° .

15°. Измерения контролировались с помощью спектроанализатора, позволявшего наблюдать спектр токов на измерительные диски или на весь анод в диапазоне $20 \div 180$ мгц. Авторы старались исследовать все виды колебаний в диапазоне $90 \div 120$ мгц (в этом диапазоне работает фазометрическое устройство). Было обнаружено

но, что при изменении магнитного поля в окрестности критического наблюдается несколько областей колебаний на одной частоте. Все колебания хорошо перестраивались по частоте с помощью магнитного поля и анодного напряжения на $10\pm 15\%$, что указывает на нерезонансный характер колебаний, т. е. на отсутствие резонансных цепей на частоте колебаний.

При эксперименте ни разу не удалось наблюдать аксиально-симметричных движений пространственного заряда в магнетроне. Все наблюдаемые автоколебания носили характер вращающейся волны, причем наиболее легко находимым и устойчивым было колебание с $n = 2$. Результаты экспериментов сведены в таблицу 1, а таблица 2 содержит рассчитанные разности фаз для различных n .

Таблица 1

№ № пп	H (эрстед)	U_a (в)	f (мгц)	Измеренные разности фаз			n
				$\Delta \varphi_{75^\circ}$	$\Delta \varphi_{105^\circ}$	$\Delta \varphi_{180^\circ}$	
1	45	147	104,5	159°	201°	5°	2
2	41,3	124	99	310°	222°	175°	9
3	46	157	106,5	230°	110°	9°	8
4	44,3	138	102	161°	199°	10°	2
5	44	139	102,5	141°	219°	3°	2
6	45,3	141	103	147°	213°	7°	2
7	41,3	122	97,5	158°	202°	4°	2

Таблица 2

n	Рассчитанные разности фаз		
	$\Delta \varphi_{75^\circ}$	$\Delta \varphi_{105^\circ}$	$\Delta \varphi_{180^\circ}$
1	75°	105°	180°
2	150°	210°	0°
3	225°	315°	180°
4	300°	60°	0°
5	15°	165°	180°
6	90°	270°	0°
7	165°	15°	180°
8	240°	120°	0°
9	315°	225°	180°
10	30°	330°	0°

Таким образом, и в неразрезном магнетроне с короткозамкнутыми по высокой частоте анодом и катодом наблюдаются автоколебания пространственного заряда типа вращающейся волны.

Авторы выражают благодарность дипломнице ГГУ Т. Я. Савицкой и старшему инженеру НИРФИ А. П. Седову за большую помощь, оказанную ими при разработке фазометрического устройства.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Л. Бриллюен, Теория магнетрона, изд. Сов. радио, М., 1945.
2. Г. Хольман, Генерирование и усиление дециметровых и сантиметровых волн, изд. Сов. радио, М., 1948.
3. В. П. Тычинский, Ю. П. Деркач, Радиотехника и электроника, 1, 2 (1956).

Исследовательский радиофизический институт
при Горьковском университете

Поступила в редакцию
23 марта 1958 г.