

**К ИНЖЕНЕРНОМУ РАСЧЕТУ ГЕНЕРАТОРА СИНУСОИДАЛЬНЫХ  
КОЛЕБАНИЙ НА ГАЗОРАЗРЯДНЫХ ПРИБОРАХ**

М. В. КИМ, Ю. П. ЯРУШКИН

(Представлена научным семинаром научно-исследовательского института ядерной физики электроники и автоматики при ТПИ и кафедры промышленной электроники)

Для нагрузок, являющихся в основном потребителями реактивной энергии, в случае необходимости питания их напряжением с частотой, отличной от 50 гц, возможно построение генератора синусоидальных колебаний на основе импульсного ввода энергии.

Одним из потребителей реактивной энергии является бетатрон. На рис. 1 приведены принципиальная и эквивалентная схемы генератора для

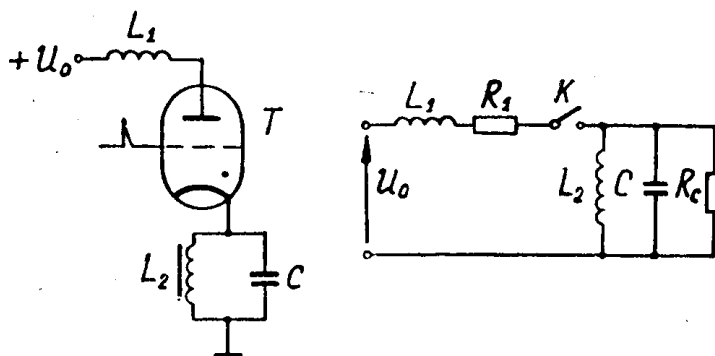


Рис. 1

возбуждения электромагнита бетатрона на повышенной частоте.

На эквивалентной схеме приняты обозначения:

$L_1$  — индуктивность анодного реактора,

$R_1$  — эквивалентное сопротивление анодного реактора и вентиля Т,

$L_2C$  — индуктивность и емкость резонансной схемы возбуждения бетатрона,

$R_c$  — сопротивление потерь в емкости С при параллельной схеме замещения контура.

В установившемся режиме энергия, поступающая из цепи постоянного тока, компенсирует активные потери в контуре  $L_2C$ .

Энергия потерь в колебательном контуре  $L_2C$  равна

$$W_1 = \frac{U_{km}^2 C}{2Q}, \quad (1)$$

где  $U_{km}$  — амплитудное значение напряжения на контуре,  
 $Q$  — добротность контура.

Подставляя значение добротности контура  $L_2C$  в (1) получим:

$$W_1 = \frac{U_{km}^2 C \omega_0 L_2}{2R_C R_L} (R_C + R_L). \quad (2)$$

Рассматривая диаграмму напряжений рис. 2, можно заключить, что максимальный ввод энергии в контур из цепи постоянного тока соответствует фазе открытия вентиля в нуль напряжения на контуре, т. е.  $\psi=0$ .

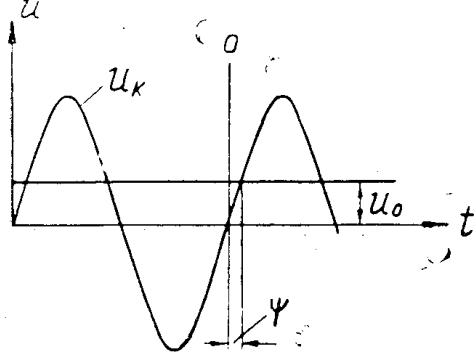


Рис. 2

Принимаем момент  $\psi=0$  за начало ввода энергии в емкость. Величина запасаемой энергии в емкости без учета переменного напряжения  $U_k$  (так как  $L_2 \gg L_1$ ) равна.

$$W_2 = \frac{U_C^2 C}{2}, \quad (3)$$

где  $U_C$  — амплитуда напряжения на емкости  $C$ , до которой он заряжается при открытом вентиле.

Рассматривая последовательный колебательный контур  $L_1C$ , получающийся с момента открытия вентиля (включение ключа К), определим амплитуду напряжения на конденсаторе при  $\omega_n t = \pi$ .

$$U_C = \frac{U_0 R_C}{R_1 + R_C} \left( 1 - e^{-\delta \frac{\pi}{\omega_n}} \right).$$

После преобразований получим

$$U_C = \frac{U_0 R_C}{R_1 + R_C} \left( 2 - \delta \frac{\pi}{\omega_n} \right). \quad (4)$$

Приравнявая (2) и (3) с учетом (4), амплитуду напряжения на контуре запишем:

$$U_{km} = \frac{U_0 R_C}{R_1 + R_C} \left( 2 - \delta \frac{\pi}{\omega_n} \right) \sqrt{\frac{R_C R_L}{\omega_0 L_2 (R_C + R_L)}}. \quad (5)$$

Учитывая, что  $R_1 \ll R_C$  и  $\delta \ll \omega_n$ , после упрощений получим

$$U_{km} = 2U_0 \sqrt{Q}. \quad (6)$$

Таким образом, амплитуда напряжения на контуре зависит от параметров контура на данной частоте и может значительно превосходить  $U_0$ . Максимальное значение тока через вентиль в момент ввода энергии в контур  $L_2C$  находим также, рассматривая последовательный колебательный контур, положив  $\omega_n t = \frac{\pi}{2}$ .

$$I_{вт} = U_0 \frac{\omega_n L_1 + R_C}{\omega_n L_1 R_C}. \quad (7)$$

Вычисление среднего значения тока через вентиль с учетом синусоидальности формы импульсов тока, следующих с  $\omega_0$ , дает

$$I_0 = \frac{f_0}{\pi f_n} \cdot \frac{\omega_n L_1 + R_C}{\omega_n L_1 R_C} U_0. \quad (8)$$

Как видно из рис. 2, обратное напряжение, прикладываемое к вентилю, равно

$$U_{обр} = U_{км} - U_0 = U_0 (2\sqrt{Q} - 1). \quad (9)$$

Нормальная работа генератора обеспечивается при условии  $f_n \gg f_0$ , практически должно выполняться  $f_n = (7 \div 8) f_0$ . Отсюда индуктивность анодного реактора

$$L_1 \approx \frac{L_2}{50}. \quad (10)$$

Конструктивные параметры дросселя  $L_1$  определяются величиной запасаемой в ней энергии, которая в данном случае зависит от потерь в контуре  $L_2 C$ , и могут быть рассчитаны по формуле

$$W_{L_1} = \frac{f_0^2 W_{L_2}}{f_n^2 Q^2}. \quad (11)$$

Таким образом, при заданных  $U_k$ ,  $Q$ ,  $f_0$  колебательного контура выражения (6), (7), (8), (9), (10), (11) позволяют провести некоторые элементы расчета схемы генератора.

По приведенным соотношениям была рассчитана и собрана экспериментальная установка генератора для возбуждения электромагнита бетатрона типа ПМБ на частоте 200 гц со следующими данными:  $Q \approx 10$ ,  $L_2 = 0,08$  гн,  $C = 8,25$  мкф,  $L_1 = 1,7$  мгн.

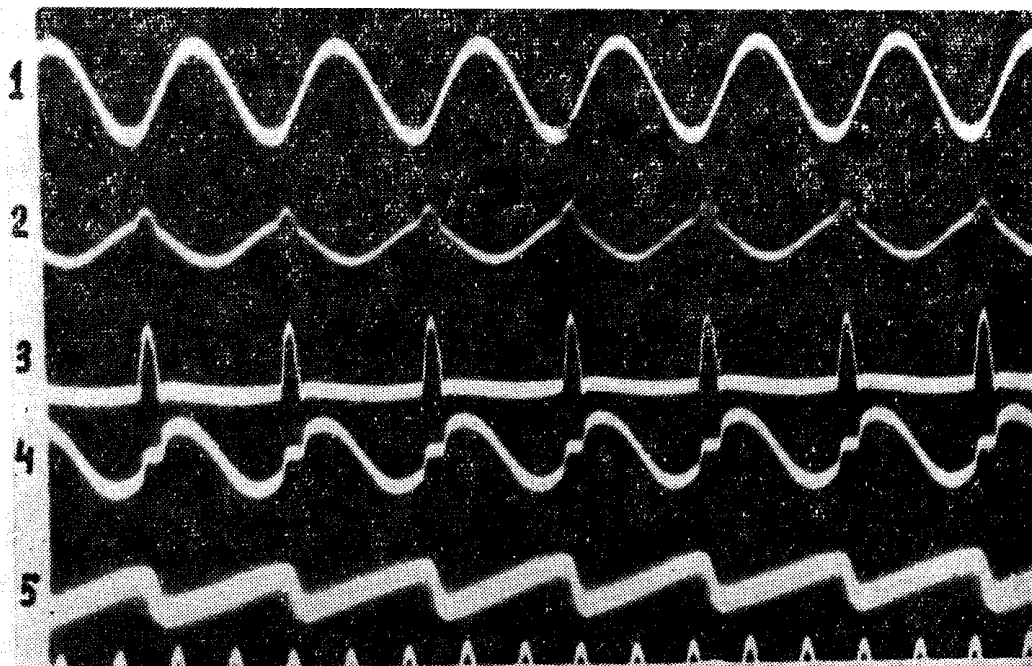


Рис. 3

Напряжение на контуре при этом составило 1300 в, ток в контуре—14 а, среднее значение тока выпрямителя — 1,5 а. На рис. 3 приведены осциллограммы напряжений и токов: 1 — ток в индуктивности  $L_2$ , 2 — ток в емкости  $C$ , 3 — импульсы анодного тока, 4 — напряжение на емкости  $C$ , 5 — напряжение на накопительной емкости.

В результате экспериментальных исследований были выявлены, во-первых, правильность теоретических предпосылок при анализе генерато-

ра и пригодность полученных математических соотношений для инженерного расчета схемы, во-вторых, эксперименты подтвердили возможность регулирования величины вводимой энергии с помощью фазы зажигания вентиля.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Л. Р. Нейман, К. С. Демирчан. Теоретические основы электротехники. Госэнергоиздат, 1966.
  2. Л. М. Ананьев, А. А. Воробьев, В. И. Горбунов. Индукционный ускоритель электронов — бетатрон. Атомиздат, 1961.
  3. Электричество, № 1, 1965.
-