

И. Р. ДОБРЯНСКИЙ, Л. В. МАКАРОВА

К ВОПРОСУ О РАСЧЕТЕ РЕЖИМОВ МОЩНЫХ ГЕНЕРАТОРНЫХ ЛАМП

Характерные особенности современных мощных генераторных ламп, обусловленные применением активированного катода для повышения эффективности, а также конструктивными и технологическими требованиями, следующие:

веерообразность анодно-сеточных характеристик;

значительная нелинейность и веерообразность сеточных характеристик;

повышенные значения сеточных токов;

большая склонность сетки к термоэмиссии.

Последнее обстоятельство в ряде случаев является основным ограничивающим фактором использования лампы, поэтому к точности расчета режимов (особенно сетки) предъявляются высокие требования.

Наиболее приемлемым методом для таких расчетов является графоаналитический. Однако громоздкость вычислений ограничивает его применение, в особенности, когда необходимо произвести расчет серии режимов для выбора оптимального. Значительное упрощение расчета может быть получено, если использовать для вычислений составляющих анодного и сеточных токов приближенный метод интегрирования (например, обобщенную формулу Симпсона), а для определения необходимых мгновенных значений напряжений на сетке и аноде — специально изготовленный трафарет.

ВЫЧИСЛЕНИЕ СОСТАВЛЯЮЩИХ АНОДНОГО И СЕТОЧНОГО ТОКОВ

В динамике работы генераторной лампы импульсы анодного i_a и сеточного i_g токов являются периодической и при надлежащем

выборе координатной системы — четной функцией времени с периодом, равным периоду напряжения возбуждения, и определяется выбранными значениями постоянных напряжений на аноде E_a , на сетке E_g , а также амплитудой высокочастотного напряжения возбуждения U_{gm} и на анодном контуре $U_{им}$. Эти импульсы могут быть представлены рядом Фурье

$$i_a = I_{a0} + I_{a1} \cos \omega t + I_{a2} \cos 2\omega t + \dots + I_{ak} \cos n \omega t + \dots$$

$$i_g = I_{g0} + I_{g1} \cos \omega t + I_{g2} \cos 2\omega t + \dots + I_{gk} \cos n \omega t + \dots,$$

коэффициенты которого определяются следующим образом:

$$I_{a0} = \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} i_a(\omega t) d\omega t,$$

$$I_{an} = \frac{2}{\pi} \int_0^{\pi} i_a(\omega t) \cos n\omega t d\omega t,$$

$$I_{g0} = \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} i_g(\omega t) d\omega t,$$

$$I_{gn} = \frac{2}{\pi} \int_0^{\pi} i_g(\omega t) \cos n\omega t d\omega t,$$

где ω — круговая частота, равная частоте напряжения возбуждения;

t — текущее значение времени;

$n=1, 2, 3, \dots$ — номера гармоник.

Для вычисления приведенных интегралов воспользуемся обобщенной формулой Симпсона:

$$\int_c^d f(x) dx = \frac{d-c}{6m} [y_0 + 4y_1 + 2y_2 + 4y_3 + \dots + 4y_{2m-1} + y_{2m}], \quad (1)$$

где $2m$ — число равных отрезков, на которые разбивается интервал интегрирования $c-d$;

$y_0, y_1, y_2, \dots, y_{2m}$ — значение функции $f(x)$ в точках интерполирования.

Разобьем наш интервал интегрирования π на $2m=12$ равных частей, то есть через $\frac{180^\circ}{12} = 15^\circ$. Учитывая, что формула Симпсона предполагает совпадение интерполирующей параболы и интерполируемой функции, по меньшей мере, по краям и середине элементарного интервала интерполирования, можно считать, что практически интервал интерполирования равен $\frac{15^\circ}{2} = 7,5^\circ$. Это уже предполагает достаточно высокую точность расчета.

С учетом отмеченного для постоянной составляющей и амплитуды основной частоты анодного тока имеем:

$$I_{a0} = \frac{1}{18} \left[\frac{i_{a0}}{2} + 2i_{a1} + i_{a2} + 2i_{a3} + i_{a4} + 2i_{a5} + i_{a6} + 2i_{a7} + i_{a8} + 2i_{a9} + i_{a10} + 2i_{a11} + \frac{i_{a12}}{2} \right]; \quad (2)$$

$$I_{a1} = \frac{1}{9} \left[\frac{i_{a0}}{2} + 1,93i_{a1} + 0,866i_{a2} + 1,41i_{a3} + 0,5i_{a4} + 0,518i_{a5} - 0,518i_{a7} - 0,5i_{a8} - 1,41i_{a9} - 0,866i_{a10} - 1,93i_{a11} - \frac{i_{a12}}{2} \right]. \quad (3)$$

Составляющие сеточного тока также могут быть определены по аналогичным формулам, однако в связи с тем, что напряжение

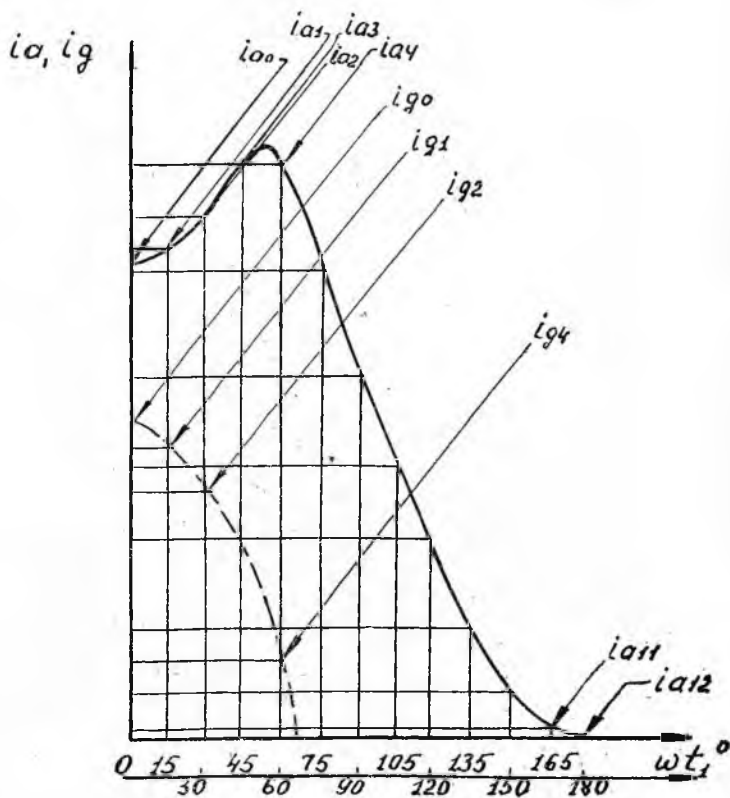


Рис. 1. Мгновенное значение импульсов анодного и сеточного токов

смещения E_g , как правило, отрицательно, то есть угол отсечки сетевого тока меньше 90° , то $i_{g7} = i_{g8} = \dots = i_{12} = 0$ и тогда

$$I_{g0} = \frac{1}{18} \left[\frac{i_{g0}}{2} + 2i_{g1} + i_{g2} + 2i_{g3} + i_{g4} + 2i_{g5} \right], \quad (4)$$

$$I_{g1} = \frac{1}{9} \left[\frac{i_{g0}}{2} + 1,93i_{g1} + 0,866i_{g2} + 1,41i_{g3} + 0,5i_{g4} + 0,518i_{g5} \right]. \quad (5)$$

Для наглядности на рис. 1 показаны обозначения $i_{a0}, i_{a1}, \dots, i_{g0}, i_{g1}, \dots$

Следует отметить, что практически угол отсечки анодного тока выбирается в пределах $70 \div 120^\circ$, и тогда ряд значений равняется нулю и формулы (2) и (3) упрощаются. Так, например, если угол отсечки анодного тока выбран равным 90° , то они имеют вид, аналогичный (4) и (5).

ПОСТРОЕНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТРАФАРЕТА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗНАЧЕНИЙ e_a и e_g

Мгновенные значения напряжений на сетке и аноде генераторной лампы равны:

$$e_g = E_g + U_{gm} \cos \omega t;$$

$$e_a = E_a - U_{km} \cos \omega t.$$

Для быстрого определения значений e_g и e_a через интересующие нас 15° изготвим трафарет из тонкого прозрачного пластмассового листа, как показано на рис. 2.

Вертикальную линию ABC , соответствующую интервалу интегрирования 180° , разбиваем на 12 частей по косинусoidalному закону через 15° аргумента, приняв участки $AB = BC = l$ точки $0, 1, 2, \dots, 12$. Соответствующие значения косинусов будут равны 1; 0,966; 0,866; 0,707; 0,500; 0,259; 0. По горизонтали откладываем линию OB произвольной длины и соединяем точку O с точками разбивания линии ABC . Параллельно линии ABC проводим ряд вертикальных прямых, которые наклонными линиями будут разбиты также на 12 частей по косинусoidalному закону. Если теперь трафарет совместить с осью e_g (рис. 3) так, чтобы точка B (или соответствующая ей точка на линии OB) совпадала с выбранным значением напряжения смещения E_g , а точка C (или соответствующая ей точка на линии OC) с $e_{gmax} = E_g + U_{gm}$, тогда точки $0, 1, 2, \dots, 12$ (или им соответствующие) укажут необходимые нам значения e_g^k . Аналогично определяются мгновенные значения напряжения на аноде e_{ak} (рис. 3). Эти величины e_{gk} и e_{ak} заносятся в таблицу и по сеточным характеристикам лампы обычным способом определяются мгновенные значения токов $i_{a0}, i_{a1}, \dots, i_{g0}, i_{g1}, \dots$. Используя формулы (1), (2), (3) и (4), определяют значения токов $I_{a0}, I_{a1}, I_{g0}, I_{g1}$ для выбранного режима.

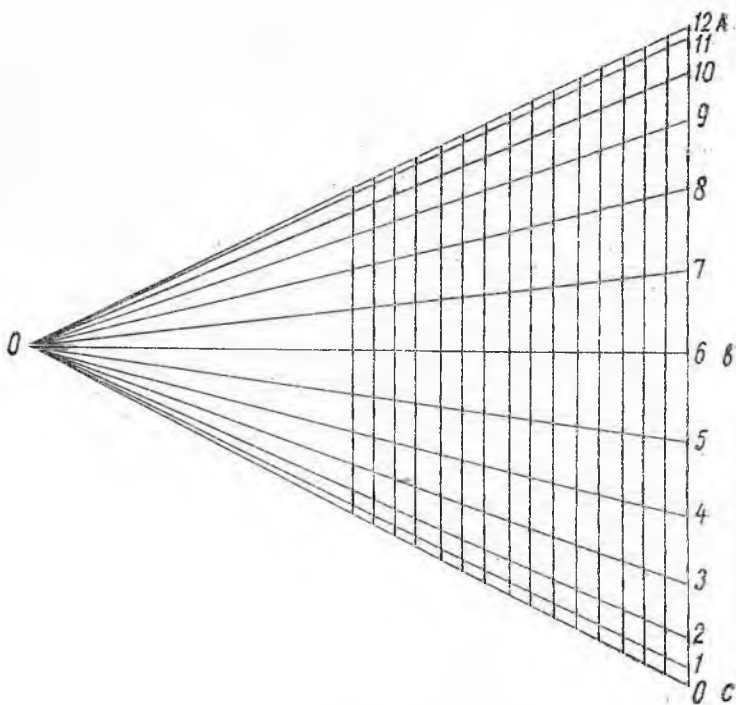


Рис. 2. Трафарет

ПОРЯДОК РАСЧЕТА РЕЖИМОВ ПО ПРЕДЛАГАЕМОЙ МЕТОДИКЕ

1. Выбираются обычным способом E_a , U_{km} , E_g , U_{gm} .
2. С помощью трафарета определяются e_{gh} и e_{ah} .
3. По характеристикам лампы определяются i_{ah} , i_{gh} .
4. По формулам (1), (2), (3), (4) определяются I_{a0} , I_{a1} , I_{g0} , I_{g1} .
5. Подводимая к аноду лампы мощность $P_0 = I_{a0} E_a$.
6. Колебательная мощность $P_{\sim} = \frac{1}{2} I_{a1} \cdot U_{km}$.
7. Мощность, рассеиваемая на аноде, $P_a = P_0 - P_{\sim} \leq P_{a \text{ доп.}}$
8. КПД. $\eta = \frac{P_{\sim}}{P_0}$
9. Мощность, подводимая к сетке, $P_{\sim g} = \frac{1}{2} I_{g1} \cdot U_{gm}$.
10. Мощность, выделяемая в цепи смещения, $P_{0g} = I_{g0} |E_g|$.
11. Мощность, рассеиваемая на сетке, $P_{\text{расс. g}} = P_{\sim g} - P_{0g} \leq P_{\text{грасс. доп.}}$
12. Коэффициент усиления каскада $K_p = \frac{P_{\sim}}{P_{\sim g}}$;
13. Сопротивление нагрузки, обеспечивающее заданный режим, $R_3 = \frac{U_{km}}{I_{a1}}$.

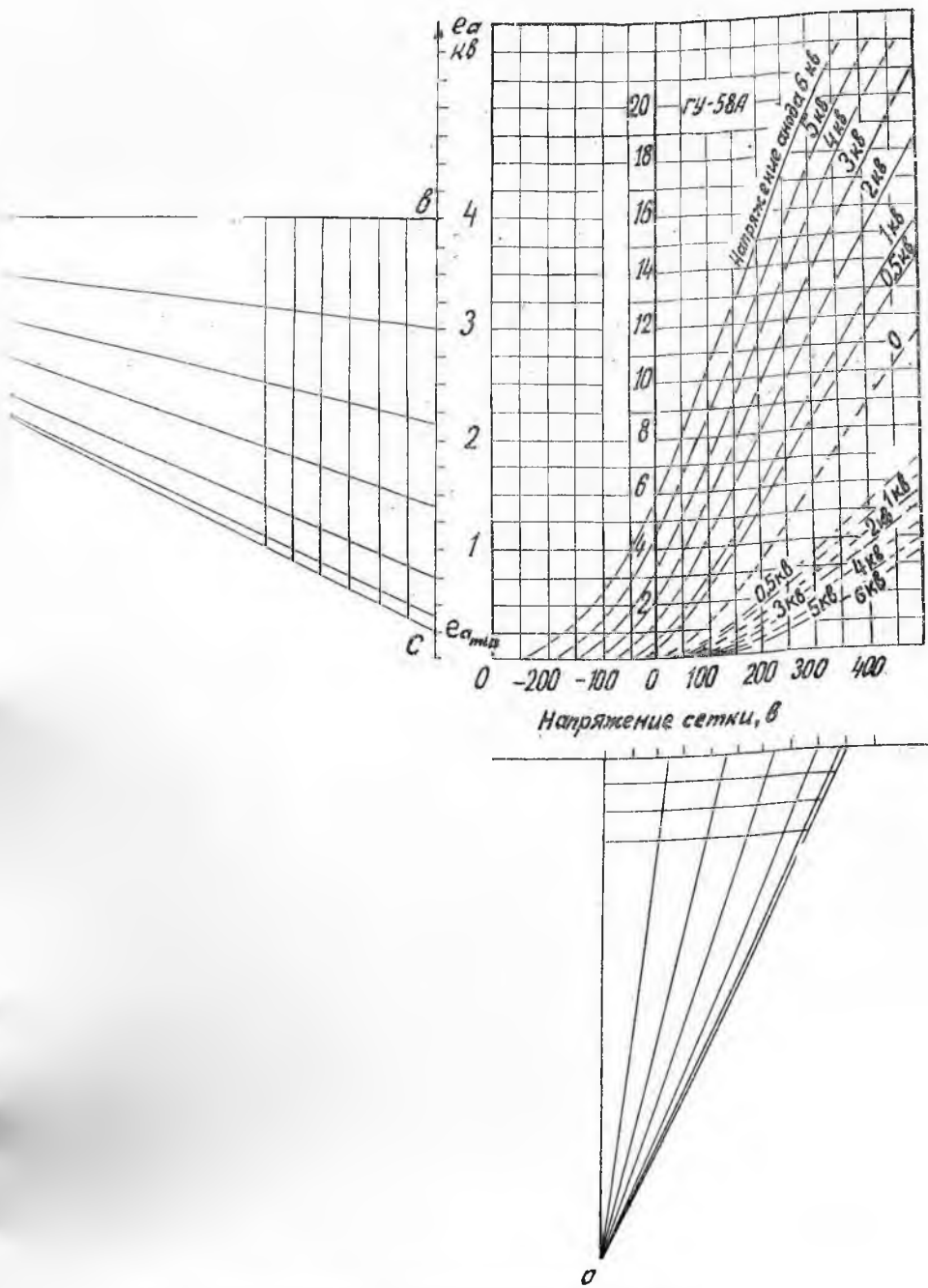


Рис. 3. Усредненные характеристики лампы ГУ-58А

Данный расчет проводится для нескольких значений величин U_{gm} , U_{km} , E_g , E_a и выбирается наиболее оптимальный режим. Для удобства расчета рекомендуется составить таблицу по форме табл. 1.

Таблица 1

№ режима	I							II						
	0	1	2	3	...	11	12	0	1	2	3	...	11	12
E_a														
E_g														
U_{km}														
U_{gm}														
№ участка														
e_{ak}														
e_{gk}														
i_{ak}														
i_{gk}														
I_{a0}														
I_{a1}														
I_{g0}														
I_{g1}														
P_0														
P_{\sim}														
P_a														
η														
$P_{\sim g}$														
P_{og}														
$P_{рассл}$														
K_p														
$R_{э}$														