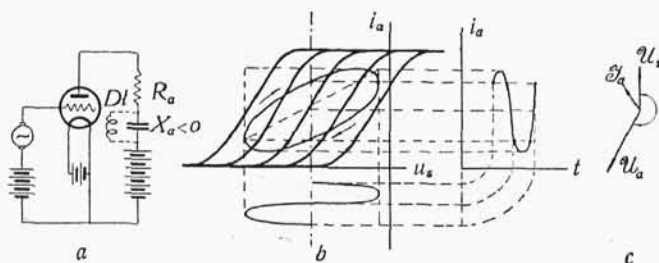


W przypadku, gdy  $X_a > 0$ , a więc gdy w obwodzie anodowym znajduje się oporność indukcyjnościowa (rys. III,29 a), wyrażenie (III,71) jest zespolone, przyczem jego moduł jest określony wzorem (III,72). Charakterystyka robocza jest wtedy elipsą (rys. III,29 b), opisywaną w kierunku przeciwnym do ruchu wskazówek zegara; nachylenie przekątnej prostokąta opisanego na elipsie jest równe modułowi nachylenia charakterystyki roboczej. Między  $I_a$  i  $U_s$  nie ma już zgodności faz:  $I_a$  opóźnia się względem  $U_s$ ; również między  $U_a$  i  $I_a$  przesunięcie jest mniejsze od  $180^\circ$  (rys. III,29 c).



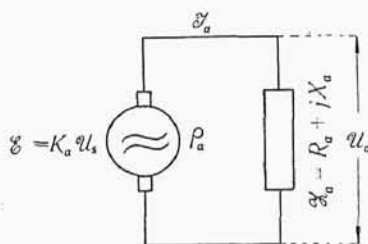
Rys. III.30.

W przypadku, gdy  $X_a < 0$ , czyli gdy oporność w obwodzie anodowym jest pojemnościowa\*) (rys. III,30 a), charakterystyka robocza jest elipsą, opisywaną w kierunku ruchu wskazówek zegara (rys. III,30 b);  $I_a$  wyprzedza  $U_s$ , zaś między  $I_a$  i  $U_a$  przesunięcie faz jest większe od  $180^\circ$  (rys. III,30 c).

**Lampa trójelektrodowa jako alternator.** Mnożąc licznik i mianownik wyrażenia (III,70) przez  $\rho_a$ , a więc przedstawiając go w postaci:

$$I_a = \frac{K_c U_s}{\rho_a + Z_a}, \quad (\text{III,75})$$

zauważymy, iż wyraża ono drugie prawo Kirchhoff'a dla obwodu, składającego się ze źródła o SEM-nej  $\mathcal{E} = K_a U_s$  i o oporności wewnętrznej  $\rho_a$ , działającego na oporność zewnętrzną  $Z_a$  (rys. III,31).



Rys. III.31.

Trójelektrodowa lampa elektrowa, na siatce której działa zmienne napięcie  $U_s$ , jest więc równoważna alternatorowi o SEM-nej  $K_a U_s$  i oporności wewnętrznej  $\rho_a$ . Okoliczność

\*) Dławik  $Dl$  o wielkiej oporności pozornej służy tu jedynie do zamknięcia obwodu anodowego dla prądu stałego.

ta pozwala sprowadzić wszystkie rozważania zależności prądów i napięć w obwodzie anodowym lampy do rozważań nad prostym obwodem prądu zmiennego.

**Moc prądu zmiennego w obwodzie anodowym.** Moc ta składa się z dwóch części: z mocy  $P_a'$  wydzielanej wewnątrz lampy i z mocy  $P_a$  wydzielanej na zewnątrz lampy w oporności rzeczywistej  $R_a$ , wchodzącej w skład oporności zespolonej  $Z_a$ . W przypadku, gdy  $Z_a = R_a$ , będziemy mieli:

$$P_a' = \frac{1}{2} \bar{I}_a^2 \rho_a; \quad (\text{III,76})$$

$$P_a = \frac{1}{2} \bar{I}_a^2 R_a. \quad (\text{III,77})$$

Uwzględniając (III,73) i (III,74) w (III,77), otrzymamy:

$$P_a = \frac{1}{2} S_r^2 R_a \bar{U}_s^2 = \frac{1}{2} K_a^2 \frac{R_a}{(R_a + \rho_a)^2} \bar{U}_s^2. \quad (\text{III,78})$$

To ostatnie wyrażenie, przy danych  $\bar{U}_s$ ,  $K_a$  i  $\rho_a$ , osiąga maximum:

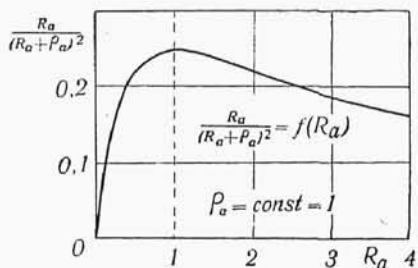
$$P_{a\max} = \frac{1}{8} \frac{K_a^2}{\rho_a} \bar{U}_s^2 \quad (\text{III,79})$$

dla

$$R_a = \rho_a. \quad (\text{III,80})$$

Wykres zależności

$$\frac{R_a}{(R_a + \rho_a)^2} = f(R_a), \quad (\text{III,81})$$



Rys. III,32.

od której zależy przebieg funkcji  $P_a = f(R_a)$ , przedstawiony jest na rys. III,32.

Spełnienie warunku (III,80) nazywamy dopasowaniem oporności zewnętrznej do wewnętrznej oporności lampy; odpowiada temu najlepsze wykorzystanie źródła SEM-nej pod względem mocy wydzielanej w oporności zewnętrznej  $R_a$ . Wobec

warunku (III,80), moc wydzielana w lampie jest wówczas

$$P_a' = P_{a\max}.$$

**Dobroć lampy.** Wyrażenie (III,79) może być przekształcone na zasadzie wzoru (III,43) do postaci

$$P_{a\max} = \frac{1}{8} K_a S_a \bar{U}_s^2. \quad (\text{III},82)$$

Oznaczając

$$K_a S_a = G_a, \quad (\text{III},83)$$

mamy

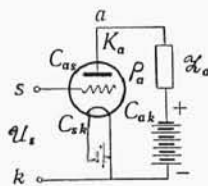
$$P_{a\max} = \frac{1}{8} G_a \bar{U}_s^2. \quad (\text{III},84)$$

Wielkość  $G_a$  nazywamy dobrocią lampy; wymiar dobroci jest

$$[G_a] = (V/V), (mA/V) = mW/V^2.$$

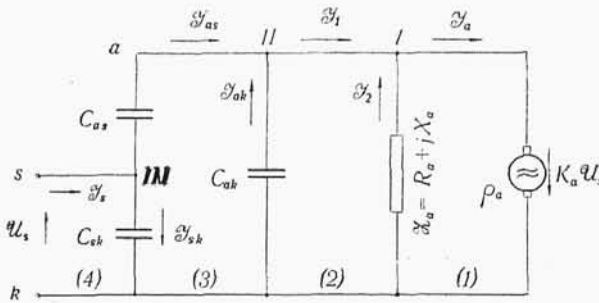
Dobroć  $G_a$  daje pojęcie o wartości największej mocy prądu zmiennego (wzmocnienia energetycznego), jaką można uzyskać przy pomocy danej lampy.

**Oporność wejściowa lampy.** Dla prądu stałego oraz zmiennego o niewielkiej częstotliwości oporność wejściowa siatki określona jest wyłącznie przez prąd przewodzenia — elektronowy wzgl. jonowy — i wyraża się wielkością  $\rho_s$ , daną przez charakterystykę prądu siatki. Przy wyższych częstotliwościach zaczynają tu jeszcze odgrywać rolę prądy przesunięcia, spowodowane pojemnościami międzyelektrodowymi. Istotnie, jeśli pojemności te są  $C_{sk}$ ,  $C_{sa}$  i  $C_{ak}$ , zaś oporność (zewnętrzna) w obwodzie anodowym jest  $Z_a = R_a + jX_a$ , to — zakładając na razie, dla uproszczenia, że prąd przewodzenia siatki jest stale równy zero — możemy układ lampy, przedstawiony na rys. III,33, sprowadzić do układu jak na rys. III,34 ( $K_a$  — współczynnik amplifikacji,  $\rho_a$  — oporność wewnętrzna lampy). Dla układu tego możemy ułożyć szereg następujących równań:



Rys. III,33.

$$\begin{aligned}
 1) \quad K_a U_s &= I_a \rho_a + I_2 Z_a; & \text{I) } I_1 + I_2 - I_a &= 0; \\
 2) \quad 0 &= -I_2 Z_a - j I_{ak} \frac{1}{\omega C_{ak}}; & \text{II) } I_{as} + I_{ak} - I_1 &= 0; \\
 3) \quad 0 &= -j I_{as} \frac{1}{\omega C_{as}} + j I_{ak} \frac{1}{\omega C_{ak}} + j I_{sk} \frac{1}{\omega C_{sk}}; & \text{III) } I_s - I_{as} - I_{sk} &= 0; \\
 4) \quad U_s &= -j I_{sk} \frac{1}{\omega C_{sk}}. & &
 \end{aligned} \tag{III,85}$$



Rys. III,34.

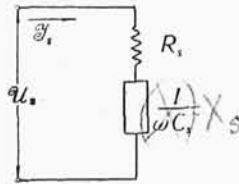
Układ rys. III,34 może być w dalszym ciągu sprowadzony do układu prostszego, jak na rys. III,35, dla którego mamy równanie

$$U_s = I_s (R_s + j X_s) = I_s Z_s. \tag{III,86}$$

Oporność

$$Z_s = R_s + j X_s \tag{III,87}$$

będziemy nazywać zespoloną opornością wejściową lampy,  $R_s$  i  $X_s$  — jej składowymi: rzeczywistą i urojoną. Rozwiązując układ równań (III,85) i doprowadzając go do postaci (III,87) — przez porównanie — określimy:



Rys. III,35.

$$R_s = \frac{a C_s - b}{C_s^2 + \omega^2 b^2}; \tag{III,88}$$

$$X_s = -\frac{C_s + a b \omega^2}{\omega (C_s^2 + \omega^2 b^2)}. \tag{III,89}$$

Tutaj jest:

$$a = \frac{\rho_a}{1 + \frac{\rho_a R_a}{Z_a^2}} \left( C_{as} + C_{ak} - \frac{X_a}{\omega Z_a^2} \right); \tag{III,90}$$

$$b = \frac{\rho_a}{1 + \frac{\rho_a R_a}{Z_a^2}} \left[ C_{sk} C_{as} + C_{as} C_{ak} + C_{ak} C_{sk} - \frac{X_a}{\omega Z_a^2} (C_{sk} + C_{as}) \right]; \quad (\text{III},91)$$

$$C_s = C_{sk} + C_{as} \left( 1 + \frac{K_a}{1 + \frac{\rho_a R_a}{Z_a^2}} \right); \quad (\text{III},92)$$

$$Z_a^2 = R_a^2 + X_a^2. \quad (\text{III},93)$$

Zazwyczaj bywa  $\omega^2 b^2 \ll C_s^2$  oraz  $a b \omega^2 \ll C_s$ , a przeto równania (III,88) i (III,89) upraszczają się i sprowadzają do postaci:

$$R_s \simeq \frac{a C_s - b}{C_s^2}; \quad (\text{III},94)$$

$$X_s = -\frac{1}{\omega C_s}. \quad (\text{III},95)$$

Ponieważ  $C_s > 0$ , więc  $X_s < 0$ , czyli  $X_s$  ma charakter pojemnościowy;  $C_s$  nazywamy przeto pojemnością wejściową lampy. Co się tyczy oporności  $R_s$ , może być  $R_s \lesseqgtr 0$ , zależnie od wartości licznika wyrażenia (III,94). W ten więc sposób wejściową oporność zespoloną możemy przedstawić, zgodnie z rys. III,35, jako

$$Z_s = R_s - j \frac{1}{\omega C_s}. \quad (\text{III},96)$$

Dla przeprowadzenia dyskusji wyrażenia (III,96), rozpatrzmy przypadki szczególne.

I. Gdy  $X_a = 0$ , a więc  $Z_a = R_a$ , wówczas mamy:

$$C_s = C_{sk} + C_{as} \left( 1 + \frac{K_a}{1 + \frac{\rho_a}{R_a}} \right) \quad (\text{III},98)$$

$$R_s = \frac{\rho_a}{1 + \frac{\rho_a}{R_a}} \frac{C_{as}}{C_s^2} \left[ C_{as} + \frac{K_a}{1 + \frac{\rho_a}{R_a}} (C_{as} + C_{ak}) \right] \quad (\text{III},99)$$

W dalszym ciągu rozróżniamy tu przypadki:

1. jeżeli  $R_a = 0$ , wówczas  $C_s = C_{sk} + C_{as}$ ,

zaś  $R_s = 0$ .

2. jeżeli  $R_a = \infty$ , wówczas  $C_s = C_{sk} + C_{as} (1 + K_a)$ ,

$$\text{zaś } R_s = \rho_a \frac{C_{as} [C_{as} + K(C_{as} + C_{ak})]}{[C_{sk} + C_{as} (1 + K_a)]^2}. \quad (\text{III}, 100)$$

Widzimy więc, iż w przypadku  $X_a = 0$ , jest  $R_s \geq 0$ , zaś

$$[C_{sk} + C_{as}] < C_s < [C_{sk} + C_{as} (1 + K_a)]. \quad (\text{III}, 101)$$

II. Gdy  $X_a > 0$  oraz  $R_a = 0$ , a więc  $Z_a = j \omega L_a$ , wówczas mamy

$$C_s = C_{sk} + C_{as} (1 + K_a); \quad (\text{III}, 102)$$

$$R_s = \rho_a \frac{C_{as}}{C_s^2} \left[ C_{as} + K_a (C_{as} + C_{ak}) - \frac{K_a}{\omega^2 L_a} \right]. \quad (\text{III}, 103)$$

Tutaj jest  $R_s \leq 0$ , zależnie od wartości wyrażenia w nawiasie kwadratowym, a mianowicie w zależności od tego, czy

$$\omega^2 L_a \begin{matrix} \leq \\ \geq \end{matrix} \frac{K_a}{C_{as} + K_a (C_{as} + C_{ak})}. \quad (\text{III}, 104)$$

Ponieważ zazwyczaj jest  $K_a \gg 1$ , zaś  $C_{as}$  jest tego samego rzędu lub znacznie mniejsze od  $C_{as} + C_{ak}$ , upraszczając, otrzymujemy (III,104) w postaci warunku

$$\omega^2 L_a (C_{as} + C_{ak}) \begin{matrix} \leq \\ \geq \end{matrix} 1, \quad (\text{III}, 105)$$

jako sprawdzian znaku oporności rzeczywistej  $R_s$ .

III. Gdy  $X_a < 0$  oraz  $R_a = 0$ , czyli  $Z_a = -j \frac{1}{\omega C_a}$ , wówczas

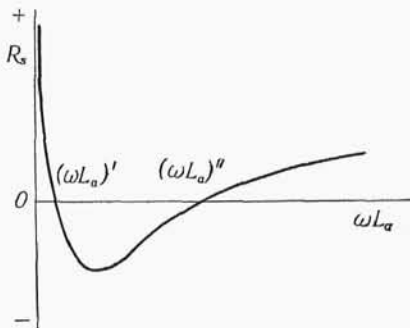
$$C_s = C_{sk} + C_{as} (1 + K_a), \quad (\text{III}, 106)$$

$$R_s = \rho_a \frac{C_{as}}{C_s^2} \left[ C_{as} + K_a (C_{as} + C_{ak} + C_a) \right]. \quad (\text{III}, 107)$$

Zatem jest tu zawsze  $R_s > 0$  i rośnie ze wzrostem  $C_a$ , nie zależąc od  $\omega$ .

IV. Gdy  $X_a > 0$  oraz  $R_a > 0$ , a więc  $Z_a = R + j\omega L_a$ , wyrażenia na  $R_s$ ,  $C_s$  są dość złożone i mało przejrzyste.

Przebieg oporności  $R_s$  jest ważny ze względu na to, iż bywa ona przyczyną powstawania drgań w układach amplifikacyjnych. Dyskusja wyrażenia  $R_s = f(\omega L_a)$  (dla  $R_a = \text{const}$ ) pokazuje, iż ze wzrostem  $\omega L_a$  od zera do  $\infty$ , oporność  $R_s$  zmienia się w ten sposób, że będąc najpierw dodatnia, maleje do zera, zmienia znak, osiąga ujemne maximum, znów zdąża do zera i znów staje się dodatnia (rys. III,36). Wartości  $(\omega L_a)'$  i  $(\omega L_a)''$ , dla których staje się  $R_s = 0$ , są:



Rys. III.36.

$$(\omega L_a)' \simeq 0, \quad (\omega L_a)'' = \frac{K_a}{\omega [C_{as} + K_a (C_{as} + C_{ak})]}. \quad (\text{III},108)$$

W tych więc granicach wartości  $\omega L_a$  oporność  $R_s$  jest ujemna. Dla  $\omega L_a = \infty$  oporność  $R_s$  staje się znów dodatnia i może być obliczona ze wzoru

$$R_s = \rho_a \frac{C_{sk} + C_{ak}}{C_{sk} + C_{as}(1 + K_a)}. \quad (\text{III},109)$$

### Przykłady.

1. Wykreślić charakterystyki prądu anodowego i prądu siatki (elektronowego) lampy trójelektrodowej o układzie elektrod jak na rys. III,10 dla napięcia anodowego  $U_{ao} = 100 \text{ V}$ . Wymiary elektrod (w cm) są następujące:

$$r_a = 1; r_s = 0,5; \delta_s = 0,02; d_s = 0,2; l_a = l_s = l_k = 3; \delta_k = 0,01.$$

Obliczyć współczynniki charakterystyczne ( $K_a$ ,  $S_a$ ,  $\rho_a$  i  $G_a$ ) dla punktu pracy  $U_{ao} = 300 \text{ V}$  i  $U_{so} = -10 \text{ V}$ , oraz moc admisyjną anody nielowej.

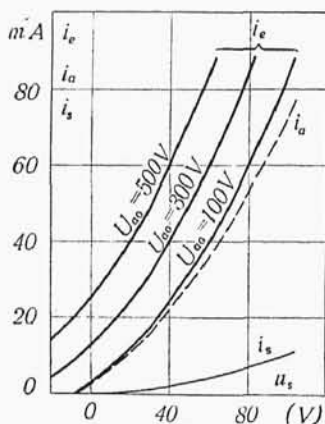
— Ze wzoru (III,24), względnie z wykresów na rys. III,12 i III,13 obliczamy  $K_e \simeq 10 \text{ V/V}$ . Ze wzoru (III,17) jest  $c_o = 8,8 \cdot 10^{-2}$ . Równanie prądu emisyjnego dla  $U_{ao} = 100 \text{ V}$  jest:  $i_e = 0,24 \cdot 10^{-2} (100 + 10 u_s)^{3/2}$ .

Dla określenia rozdziału prądu na  $i_a$  i  $i_s$ , obliczamy z (III,59)  $\mu = 0,118$ , wstawiając go do równania (III,58), otrzymujemy dla  $U_{ao} = 100$  V:

$$i_s = i_e \frac{0,118 \sqrt{u_s : 100}}{1 + 0,118 \sqrt{u_s : 100}} \approx i_e \cdot 0,01 \sqrt{u_s}$$

co, łącznie z równaniem prądu emisyjnego, daje

$$i_s = 0,24 \cdot 10^{-2} \cdot 0,01 \sqrt{u_s} (100 + 10 u_s)^{1/2}.$$



Rys. III,37.

Równania  $i_e = f(u_s)$  i  $i_s = f(u_s)$  wykreślamy, a następnie, przez odjęcie  $i_s$  od  $i_e$ , otrzymujemy  $i_a = f(u_s)$  (rys. III,37).

Nachylenie  $S_a = S_e$  dla  $U_{so} = -10$  V i  $U_{ao} = 300$  V obliczamy ze wzoru (III,44) jako  $S_e = 0,6$  mA/V. Ze wzorów (III,42) i (III,83):

$$\rho_e = \frac{K_e}{S_e} = 16,7 \text{ k } \Omega, \quad G_e = 6 \text{ mW/V}^2.$$

Przez równoległe przesunięcie charakterystyki  $i_e$  otrzymujemy rodzinę krzywych dla innych  $u_a$  (20 V

skali  $u_s$  odpowiada 20  $\cdot K_e = 200$  V skali  $u_a$ ). Powierzchnia anody  $S_a = 2\pi \cdot 1 \cdot 3 = 19 \text{ cm}^2$ . Przyjmujemy  $O_a = 3 \text{ W/cm}^2$  i obliczamy  $P_{a\max} = 60 \text{ W}$ .

2. Wyznaczyć charakterystykę prądu siatki  $i_s = f(u_s)$  oraz oporność siatki  $\rho_s = f(u_s)$  dla zakresu ujemnych potencjałów siatki lampy trójelektrodowej odbiorczej z katodą tlenkową, w której prąd siatki przy  $u_s = 0$  wynosi 1  $\mu\text{A}$  (próżnia doskonała).

— Dla katody tlenkowej przyjmujemy  $T_k \cong 1100^\circ\text{K}$  i obliczamy z (III,52)  $\gamma = \frac{11600}{1100} \approx 10$ .

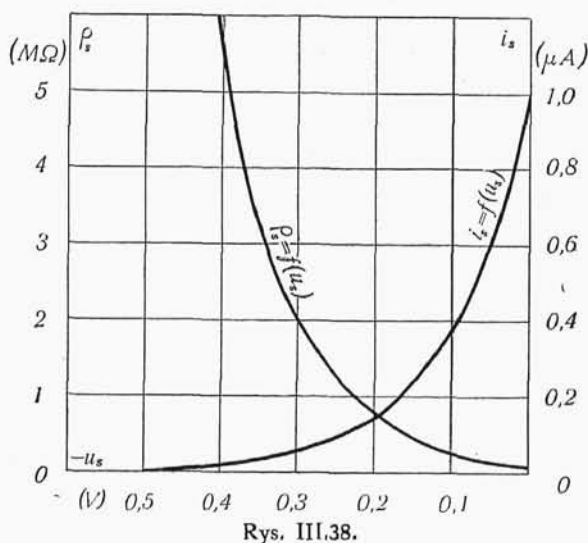
$i_s$  i  $\rho_s$  obliczamy ze wzorów (III,51) i (III,54) dla różnych  $u_s$ , przy założeniu

$$i_{s0} = 1 \mu\text{A}; \quad i_s = 1 \cdot e^{-10u_s} (\mu\text{A}); \quad \rho_s = \frac{1}{10 i_s} (\text{M } \Omega).$$

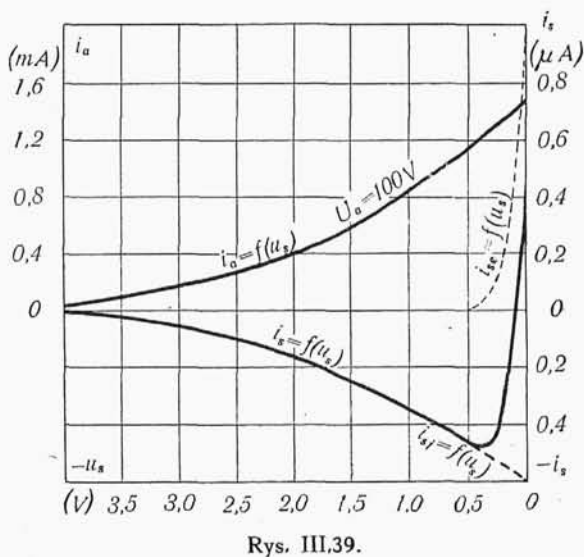
Z wyników obliczeń sporządzamy wykres przedstawiony na rys. III,38.



3. Wyznaczyć charakterystykę prądu siatki  $i_s = f(u_s)$  w zakresie ujemnych potencjałów siatki dla lampy odbiorczej z katodą tlenkową,



w której prąd siatki dla  $u_s = 0$  jest  $i_s = 0,4 \mu A$  (próżnia niedoskonała,  $J = 4 \cdot 10^{-4}$ ).

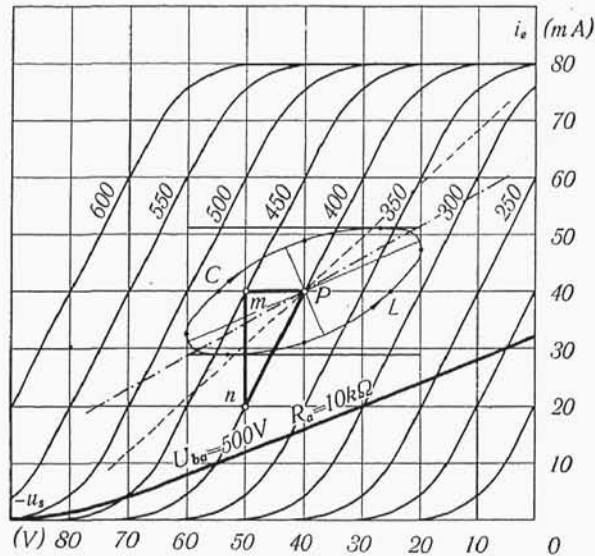


— Na rys. III.39 dana jest charakterystyka prądu anodowego  $i_a = f(u_s)$ , zdjęta przy  $U_a = 100 V$ . Prąd jonowy siatki obliczamy ze

wzoru (III,57) dla różnych  $u_s$ , korzystając z powyższej charakterystyki; następnie wykreślamy krzywą  $i_{sj} = f(u_s)$ .

Dla  $u_s = 0$ ,  $i_{se} = i_s - i_{sj} = 0,4 - (-0,6) = 1 \mu A$ ;] charakterystykę  $i_{se} = f(u_s)$  wykreślamy więc wg. danych, obliczonych w przykładzie 2. Zależność  $i_s = f(u_s)$  znajdujemy jako sumę  $i_{se} + i_{sj}$ .

4. Określić współczynniki lampy trójelektrodowej o charakterystykach przedstawionych na rys. III,40, dla punktu pracy  $P$  o danych  $U_{ao} = 400 V$ ,  $U_{so} = -40 V$ .



Rys. III,40.

— Budujemy trójkąt  $Pmn$  o bokach:  $mP = 50 - 40 = 10 V$  w skali  $u_s$  oraz  $450 - 400 = 50 V$  w skali  $u_a$ . Stąd obliczamy  $K_e = K_a = \frac{50}{10} = 5 V/V$ .

Bok  $mn = 40 - 20 = 20 mA$  w skali  $i_e$ , oraz — jak poprzednio —  $50 V$  w skali  $u_a$ . Zatem  $\rho_e = \frac{50}{20} = 2,5 k\Omega$ . Nachylenie  $S_e = \frac{mn}{mP} = \frac{20}{10} = 2 mA/V$ .

Równanie wewnętrzne lampy jest:  $2 mA/V \cdot 2,5 k\Omega = 5 V/V$ . Dobroć  $G_e = 10 mW/V^2$ .

5. Wyznaczyć charakterystyki robocze lampy elektronowej o danych charakterystykach statycznych (rys. III,40) dla punktu pracy  $P$ , zakładając kolejno:

- a)  $Z_a = R_a = 3000$ ;
- b)  $Z_a = 3000 + j 7000$ ;
- c)  $Z_a = 3000 - j 7000$ .

Napięcie zmienne na siatce ma amplitudę  $\bar{U}_s = 20 \text{ V}$ . Obliczyć moc wydzieloną w opornościach rzeczywistych.

— Dla danego punktu pracy mamy:  $K_a = 5 \text{ V/V}$ ,  $S_a = 2 \text{ mA/V}$ ,  $\rho_a = 2,5 \text{ k}\Omega$ .

a) Ze wzoru (III,72) obliczamy nachylenie charakterystyki roboczej  $S_r = \frac{2}{1 + \frac{3}{2,5}} = 0,91 \text{ mA/V}$ , która jest w danym przypadku linią prostą.

Zakładając, iż na oporności rzeczywistej  $R_a$  składowa stała prądu anodowego nie daje spadku napięcia, prowadzimy charakterystykę roboczą przez punkt  $P$ . (W praktyce ma to miejsce na przykład przy zasilaniu równoległym).

b) i c) Ze wzoru (III,72) obliczamy nachylenie przekątnej prostokąta, opisanego na elipsie:

$$S_r = \frac{2}{\sqrt{\left(1 + \frac{3}{2,5}\right)^2 + \left(\frac{7}{2,5}\right)^2}} = 0,56 \text{ mA/V}.$$

Ze wzoru (III,73) obliczamy

dla a):  $\bar{I}_a = 0,91 \cdot 20 = 18,2 \text{ mA}$ ;

dla b) i c):  $\bar{I}_a = 0,56 \cdot 20 = 11,2 \text{ mA}$ .

Elipsa jest ograniczona prostokątem  $20 \text{ V} \div 60 \text{ V}$ ,  $28,8 \text{ mA} \div 51,2 \text{ mA}$ .

Przesunięcie faz między  $I_a$  i  $U_a$  jest

dla a)  $\text{tg } \varphi = 0$

dla b)  $\text{tg } \varphi = -X_a : (R_a + \rho_a) = -7 : (3 + 2,5) = -1,275$ ;  $\varphi = -52^\circ$

dla c)  $\text{tg } \varphi = +1,275$ ,  $\varphi = +52^\circ$ .

Równania napięcia siatki i prądu anodowego są następujące:

$$u_s = 20 \sin \omega t;$$

a)  $i_a = 18,2 \sin \omega t$ ;

b)  $i_a = 11,2 \sin (\omega t - 52^\circ)$ ;

c)  $i_a = 11,2 \sin (\omega t + 52^\circ)$ .

Dla momentów czasu, odpowiadających kątom:

$$\omega t = 0; \quad \text{a)}: i_a = 0; \quad \text{b) i c)}: i_a = \mp 8,8 \text{ mA.}$$

$$\omega t = \frac{\pi}{2}; \quad \text{a)}: i_a = 18,2; \quad \text{b) i c)}: i_a = 6,9 \text{ mA.}$$

$$\omega t = \frac{3\pi}{2}; \quad \text{a)}: i_a = -18,2; \quad \text{b) i c)}: i_a = -6,9 \text{ mA.}$$

$$i_a = 0; \quad \text{b) i c)}: u_s = \pm 15,7 \text{ V.}$$

$$i_a = \pm 11,2; \quad u_s = \pm 12,3 \text{ V.}$$

W ten sposób wyznaczamy poszczególne punkty elipsy, wpisanej w prostokąt.

Moc wydzielona w oporności rzeczywistej:

$$\text{dla a)}: P = \frac{1}{2} 3000 (18,2 \cdot 10^{-3})^2 = 0,49 \text{ W};$$

$$\text{dla b) i c)}: P = \frac{1}{2} 3000 (11,2 \cdot 10^{-3})^2 = 0,19 \text{ W.}$$

Moc prądu zmiennego wydzielona w lampie:

$$\text{dla a)} P' = \frac{1}{2} 2500 (18,2 \cdot 10^{-3})^2 = 0,41 \text{ W};$$

$$\text{dla b) i c)} P' = \frac{1}{2} 2500 (11,2 \cdot 10^{-3})^2 = 0,16 \text{ W.}$$

Największa moc, jaka wydzielalaby się, przy dopasowaniu, w oporności  $R_a = 2500 \Omega$  (wzór III,80)

$$P_{\max} = \frac{1}{8} 10 \cdot 20^2 = 500 \text{ mW.}$$

6. Wykreślić charakterystykę roboczą lampy trójelektrodowej o charakterystykach przedstawionych na rys. III,40 dla  $R_a = 10 \text{ k}\Omega$ , przy napięciu baterii anodowej  $U_{ba} = 500 \text{ V}$ , uwzględniając spadek napięcia na oporności  $R_a$ .

— Dla różnych prądów anodowych  $i_a$  obliczamy napięcie anodowe ze wzoru  $u_a = U_{ba} - i_a R_a$  i stąd otrzymujemy poszczególne punkty charakterystyki roboczej, którą następnie wykreślamy na rys. III,40 linią grubą.

Dla  $u_s = -40 \text{ V}$  z charakterystyki roboczej odczytujemy prąd  $i_a = 16 \text{ mA}$  oraz znajdujemy nachylenie charakterystyki roboczej w tym punkcie

$$S_r = \frac{\Delta i_a}{\Delta u_s} = \frac{6,2}{15,5} = 0,4 \text{ mA/V.}$$

7. Wyznaczyć zależność wejściowej pojemności siatki od oporności rzeczywistej  $R_a$ , włączonej do obwodu anodowego lampy o danych:

$$\rho_a = 7,5 \text{ k}\Omega, K_a = 15 \text{ V/V,}$$

$$C_{as} = 2,5 \text{ cm, } C_{sk} = 1,5 \text{ cm, } C_{ak} = 1 \text{ cm.}$$

— Korzystamy ze wzoru (III,98):

$$C_s = 1,5 + 2,5 \left( 1 + \frac{15}{1 + \frac{7500}{R_a}} \right), \text{ i wy-}$$

kreślamy zależność  $C_s = f(R_a)$  (rysunek III,41).

8. Obliczyć oporność wejściową siatki lampy z przykładu 5, dla częstotliwości  $f = 10^5 \text{ c}$ , przy włączonym w obwodzie anodowym dławiku o indukcyjności  $L = 0,1 \text{ H}$  (oporność rzeczywista do pominięcia).

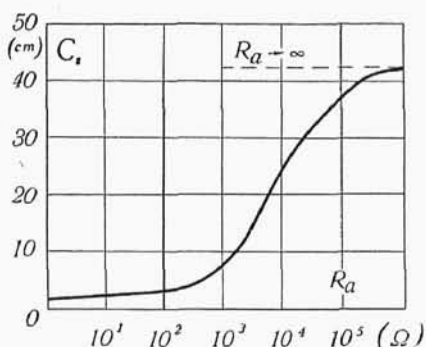
— Stosujemy wzory (III,102) i (III,103)

$$C_s = 1,5 + 2,5 (1 + 15) = 41,5; \quad \frac{1}{\omega C_s} = 340000 \Omega;$$

$$R_s = \frac{7500 \cdot 2,5}{41,5^2} \left[ 2,5 + 15 (2,5 + 1,0) - \frac{15 \cdot 9 \cdot 10^{11}}{(2 \pi \cdot 10^5)^2 \cdot 0,1} \right] = -3200 \Omega.$$

Zatem, zgodnie z oznaczeniami rys. III,35, oporność wejściowa siatki jest:

$$Z_s = -3200 - j 340000.$$



Rys. III,41.