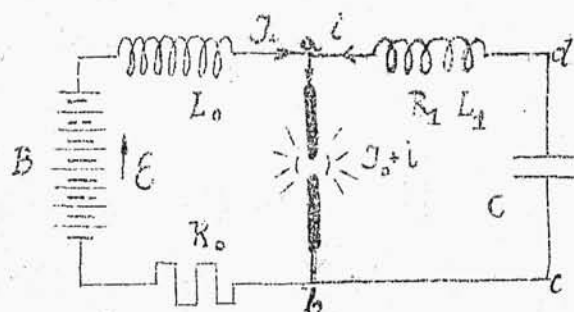


16. Prądy zmienne wywołane za pośrednictwem łuku.



rys. 12.

Warunki powstawania prądów zmiennych w obwodzie a, b, c, d dadzą się określić według następującego rozumowania.

Oznaczmy przez zmienną składową napięcia na łuku, to różniczkując równanie wyrażające, że suma napięć w obwodzie a, b, c, d jest równa zero, otrzymamy:

$$L \cdot \frac{d^2 i}{dt^2} + R \cdot \frac{di}{dt} + \frac{dU}{dt} + \frac{i}{C} = 0 \quad /36/$$

$U = -2i + L \cdot \frac{di}{dt}$

Wprowadzając w to równanie wzór /35/ na napięcie U otrzymamy równanie na prąd:

$$(L + l) \cdot \frac{di}{dt} + (R - r) \cdot \frac{di}{dt} + \frac{i}{C} = 0 \quad /37/$$

Powołując się na omówione poprzednio rozwiązanie równania /5/ stwierdzamy że prąd i , czy-
niący zadość równaniu /37/, może być zmiennym prą-
dem ustalonym o stałej amplitudzie tylko wtedy gdy

$$R - r = 0$$

a więc, gdy:

$$R = \frac{U_0}{J_0} \left(\frac{S}{K \cdot U_0} - 1 \right)$$

Jeżeliby w chwili włączenia równoległe do kłu-
ku obwodu z L i C wielkość r byłaby mniejsza co
do absolutnej wartości od R , to mógłby powstać tyl-
ko prąd zmienny tłumiony o zanikającej amplitudzie.

Przy powstawaniu zmiennych prądów ustalonych,
w chwili włączenia obwodu z L i C , r ma wartość
bezwzględną większą od R , wtedy powstaje prąd zmien-
ny o amplitudzie stopniowo rosnącej do pewnej gra-
nicy, na której ustala się.

Wzrost amplitudy zostaje zahamowany przez
zmiany właściwości kuku, które obniżają wartość
oporności r do tego stopnia, że się staje równą opo-
rowi R . Okres zmienności tych prądów według po-
przednich wywodów /patrz wzór 21/ wynosić będzie:

$$T = 2\pi \sqrt{(L + l) \cdot C}$$

W miarę zmniejszania L i C okres zmienności prądu maleje.

Spółczynniki jednak charakteryzujące pozorny opór żuku z częstotliwością ulegają zmianie.

Z rosnącą częstotliwością coraz bardziej przejawia się histereza żuku.

Dla otrzymania prądów zmiennych coraz wyższej częstotliwości należy żuk uczynić coraz bardziej chwiejnym, łatwo poddającym się wpływowi zmiennej energii prądu.

Uczynić to można w dwojaki sposób przez chłodzenie elektrod - przede wszystkim dodatniej i po-
dział żuku na kilka żuków w szereg połączonych /według Simona/ albo przez umieszczenie żuku w atmosferze wodoru i w polu magnetycznym /według Poulsena/.

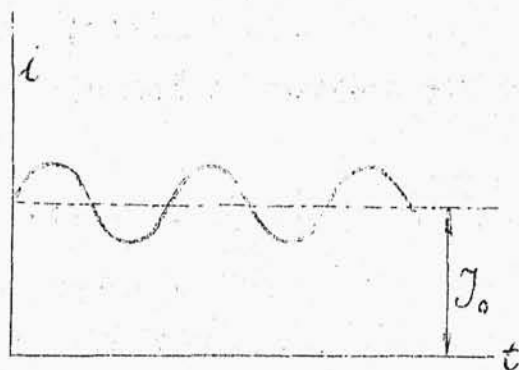
Obecnie zwykle dodatni biegun bierzemy miedziany nieraz chłodzony wodą ujemny węglowy i żuk umieszczamy w polu magnetycznym, którego natężenie jest odpowiednio dobrane, pozatem żuk zamknięty jest w pudełku metalowym wypełnionym parą węgle-

wodorów op. spirytusu.

Zależnie od właściwości kuku amplituda prądów zmiennych w kuku osiąga różną wartość.

Wyróżniamy trzy rodzaje prądów w obwodzie kuku zamkniętego przez L i C .

Pierwszy rodzaj prądów są to prądy zmienne o amplitudzie mniejszej od wielkości prądu stałego przyppływającego ze źródła.



rys. 13.

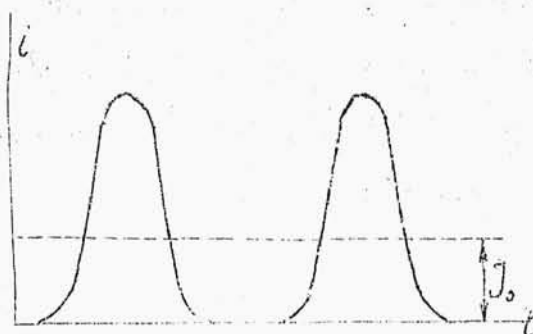
Takie prądy
niemal dok-
ładnie si-
nusoidalne
powstają przy
znaczonej tem-
peraturze ele-
ktrod / dość
silny prąd sta-
ły I_0 / i indu-

kcyjności zwiększonej kosztem pojemności w obwodzie równoległym do kuku.

Drugi rodzaj prądów są to prądy o amplitudzie przewyższającej natężenie prądu stałego zasilającego kuku. Prąd zmienny składa się wtedy z szeregu

impulsów przedzielonych krótkimi przerwami w których prąd w łuku całkiem nie płynie.

Tego rodzaju prądy otrzymujemy przez energiczne obkro-
dzenie dodatniej elektrody, i umieszczenie łuku w odpowiedniej atmosferze przy



zastosowaniu po-

rys. 14.

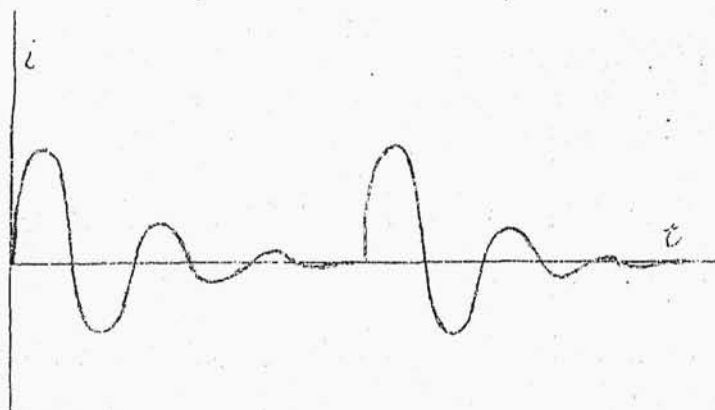
la magnetycznego. Tego rodzaju prądy są najkorzystniejsze w radiotechnice.

Trzecim rodzajem prądów są łuki prądu zmiennego tłumionego, stanowiące okresowo powtarzające się wyładowania kondensatora, który wyładowuje się przez przerywany łuk mający charakter iskry.

Do takich prądów prowadzi stosowanie jeszcze w wyższym stopniu środków wspomnianych przy prądach drugiego rodzaju.

17. Energetyka układu łukowego. Energetykę

zjawisk zachodzących w omawianym obwodzie naj-
łatwiej ująć we wzory matematyczne, gdy amplituda
prądów zmiennych jest niewielka i przy zastosowa-
niu, znacznego oporu R_0 i znacznej indukcyjności L_0
rys. 12 przebieg tych prądów odbywa się tylko
w obwodzie a, b, c d, prąd J_0 może być uważany w przy-
bliżeniu za stały.



rys. 15.

Oznaczmy przez i_1 , zmienną składową prądu
w żuku, przez i_2 , prąd zmienny w obwodzie L, C,
a zmienną składową napięcia na żuku przez U , sta-
łą zaś przez U_0 .

Wtedy równanie mocy chwilowych może być wyra-
żone wzorem.

$$(\bar{U}_0 + v) \cdot \bar{I}_0 = (\bar{U}_0 + v)(\bar{I}_0 + i_1) + (\bar{U}_0 + v) \cdot i_2$$

Tu: $(\bar{U}_0 + v) \cdot \bar{I}_0$ — moc dostarczona do układu

$(\bar{U}_0 + v)(\bar{I}_0 + i_1)$ — moc prądu w łuku

$(\bar{U}_0 + v) i_2$ — moc prądu w części L, C .

Jeżeli rozkryjemy nawiasy i weźmiemy wartości średnie za okres zmienności prądu, biorąc całki za okres i dzieląc przez okres, to wypadnie:

$$\bar{U}_0 \cdot \bar{I}_0 = \bar{U}_0 \cdot \bar{I}_0 + \bar{U}_{SK} \cdot i_{1SK} \cos \varphi_1 + \bar{U}_{SK} \cdot i_{2SK} \cos \varphi_2 / 38/$$

Ze wzoru /35/ wynika, że pomiędzy \bar{U} i i_1 mamy różnicę faz określoną wzorem:

$$\cos \varphi_1 = \frac{-r}{\sqrt{r^2 + (L\omega)^2}}$$

a więc iloczyn $\bar{U}_{SK} \cdot i_{1SK} \cos \varphi_1$ jest ujemny.

Iloczyn zaś $\bar{U}_{SK} \cdot i_{2SK} \cos \varphi_2$ jest dodatni, gdyż w powyższym wzorze moc pobrana przez obwód L, C z pewną opornością omowa w cewce może być tylko dodatnia, zresztą prąd $i_1 = -i_2$ przy zachowaniu dodatnich kierunków odchodzących od punktu *b* rys. 12, co jest niezbędne przy wypisywaniu równania /38/.

Wypada więc, że: $\bar{U}_{SK} i_{1SK} \cos \varphi_1 = -\bar{U}_{SK} i_{2SK} \cos \varphi_2$

Oznaczając przez p moc pobraną przez część

L, C obwodu równoległą do łuku napiszemy:

$$U_0 \cdot I_0 = (U_0 I_0 - p) + p$$

Z tego wynika, że gdy obwodu L, C niema, łuk pobiera całą energję dostarczoną przez źródło prądu stałego.

Po przyłączeniu obwodu z L i C , gdy powstają prądy zmienne, ilość energji dostarczona do układu a, b, c, d pozostaje bez zmiany, ale łuk bierze wtedy mniej, oddaje część energji gałęzi równoległej z L, C .

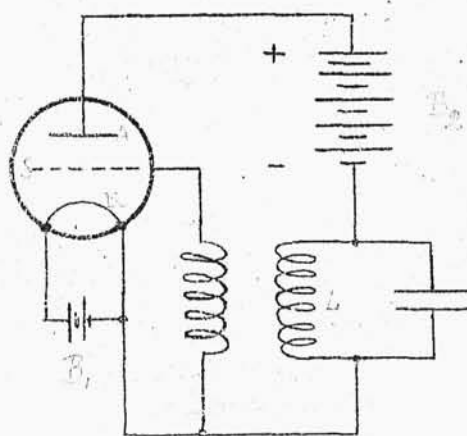
18. Wywoływanie zmiennych prądów własnych nietłumionych w obwodzie z R, L, C , zapomecą lampy katedowej. Obwód z R, L, C zaznaczony na rysunku grubemi linjami włączamy w obwód lampy katedowej trójelektrodowej.

K - katoda w postaci drucika rozżarzonego prądem baterji B_1 wysyłająca elektrony.

S - siatka z cienkich drucików, A - anoda w postaci blaszki, B_2 - baterja wytwarzająca prąd stały płynący przez lampę i cewkę L .

W obwodzie siatki mamy drugą cewkę sprzęgniętą indukcyjnie z cewką L .

Załóżmy że obok prądu stałego wywołanego baterją anodową B_2 skutkiem naruszenia równowagi spowodowanej



rys. 16

np. chwilowym wzrostem prądu zarzenia popłynie prąd zmienny,

którego war-

tości chwi-

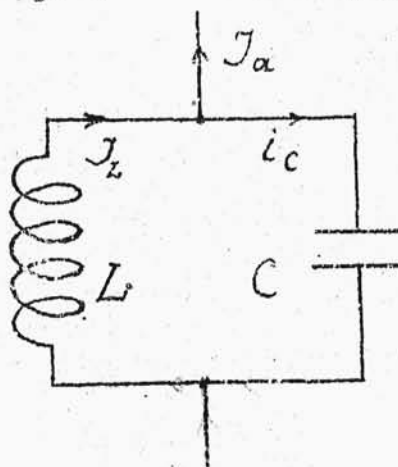
lowe oznaczy-

my przez i_c

w kondensa-

torze ,

przez i_L



rys. 17.

w cewce L , przez i_a - w baterji i w lampie, przez J_{ao} oznaczmy stałą składową prądu w obwodzie lampy, wtedy stosując inne oznaczenia jak na rysunku otrzymamy:

$$J_a = J_{ao} + i_a ; J_L = J_{ao} + i_L$$

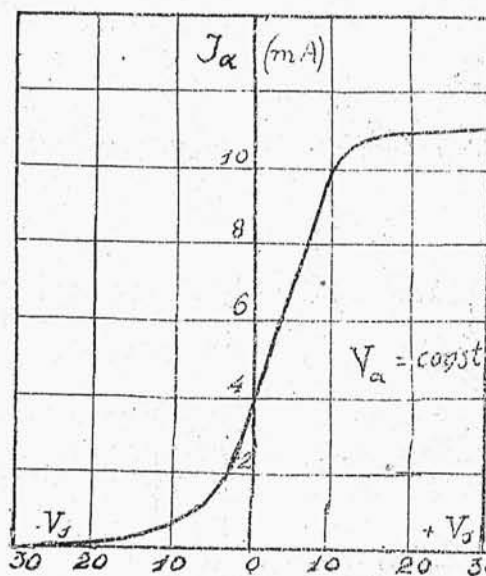
$$J_L = J_a + i_c$$

więc: $J_{ao} + i_L = J_{ao} + i_a + i_c$

Skąd: $i_L = i_a + i_c$

a $i_c = i_L - i_a$ /39/

Pod wpływem zmiennej składowej prądu w cew-



rys. 18.

ce L , powstaje indukowana siła elektromotoryczna w cewce siatki, która daje napięcie na siatce V_s więc wzór na to napięcie

będzie:

$$V_s = -M \cdot \frac{di_L}{dt}$$

$$U_s = -M \cdot \frac{di_L}{dt}$$

tu M wyraża współczynnik indukcji wzajemnej pomiędzy cewką siatki i cewką L .

Charakterystykę każdej lampy katodowej stanowi zależność prądu anodowego od napięcia na siatce rys. 18.

W niewielkich granicach zmiany napięcia w środku tej charakterystyki przyjąć możemy, że

$$i_a = S' \cdot U_s$$

S' - stały współczynnik charakteryzujący stromość charakterystyki.

Uwzględniając poprzedni wzór na U_s , wypadnie:

$$i_a = -M \cdot S' \cdot \frac{di_L}{dt}$$

Wprowadzając ten wynik do wzoru /39/ znajdziemy:

$$i_c = i_L + M S' \cdot \frac{di_L}{dt} \quad /40/$$

Chcąc zbadać warunki jak może powstać prąd zmienny o stałej amplitudzie, napiszemy równanie równowagi napięć dla obwodu R, L, C po zróźniczkowaniu po dt :

$$L \cdot \frac{d^2 i_L}{dt^2} + R \cdot \frac{di_L}{dt} + \frac{i_c}{C} = 0$$

Wziewledniając zaś wzór /40/, wypadnie:

$$L \cdot \frac{d^2 i_L}{dt^2} + (R + MS) \frac{di_L}{dt} + \frac{i_L}{C} = 0$$

Przypominając rozwiązanie takiego równania podane w paragrafie 1 wypada, że prądy zmienne sinusoidalne o stałej amplitudzie będą mogły powstać tylko wtedy gdy:

$$R + MS = 0$$

Stąd:

$$MS = -R$$

Dla M łatwo dobrać znak przez zastosowanie odpowiedniego układu zwojów cewek oddziaływujących na siebie indukcyjnie.

Zesuwając i rozsuwając cewki, łatwo dobrać odpowiednią wartość na M .

Przy znacznych M gdy wartość bezwzględna MS będzie większa od R : $[MS] > R$

powstaną prądy o rosnącej amplitudzie, która zostanie ograniczona zakrzywieniem charakterystyki lampy. Wtedy oczywiście wzory powyższe nie stosują się do zachodzących zjawisk.

Powstający w tych warunkach prąd zmienny przestaje być sinusoidalny.

W praktycznych zastosowaniach zwykle jednak właśnie takie prądy stosujemy, gdyż mają znaczną am-

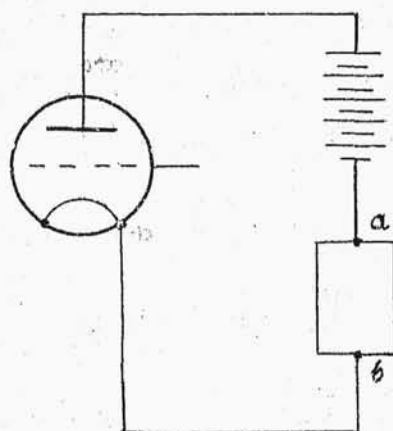
plitudę. Częstotliwość prądów ustalonych obliczymy w przybliżeniu według wzoru na swobodne prądy własne obwodu R, L, C :

$$T = 2\pi\sqrt{LC}$$

19. Energetyka obwodu lampy katodowej działającej jako wzбудnik prądów zmiennych. Rozważmy obwód anodowy rys. 19

w którym zachodzą omawiane przemiany energii.

Gdy prądu zmiennego nie ma suma stałych spadków napięć w obwodzie równa się sile



rys. 19.

elektromotorycznej baterji anodowej. Przez V_m oznaczmy spadek napięcia na lampie, przez V_{ab} spadek napięcia na obwodzie R, L, C , inne spadki napięcia pominiemy, gdyż są względnie małe, wtedy:

$$\mathcal{E} = \overset{\text{dla}}{U_{mn}} + \overset{\text{dla}}{U_{ab}} \quad /41/$$

Gdy powstaje prąd zmienny mamy obok spadków napięć stałych jeszcze składniki zmienne $\overset{\text{dla}}{U_{mn}}$ i $\overset{\text{dla}}{U_{ab}}$ tak że teraz:

$$\mathcal{E}' = \overset{\text{dla}}{U_{mn}} + \overset{\text{dla}}{U_{mn}} + \overset{\text{dla}}{U_{ab}} + \overset{\text{dla}}{U_{ab}} \quad /42/$$

Mnożąc powyższe równanie przez natężenie prądu płynącego w tym obwodzie: $I_{a0} + i_a$ przechodzimy do równania mocy:

$$\mathcal{E}(I_{a0} + i_a) = [\overset{\text{dla}}{U_{mn}} + \overset{\text{dla}}{U_{mn}} + \overset{\text{dla}}{U_{ab}} + \overset{\text{dla}}{U_{ab}}](I_{a0} + i_a)$$

Jeżeli przejdziemy od wartości chwilowych do mocy średniej za okres, to otrzymamy:

$$\begin{aligned} \mathcal{E} \cdot I_{a0} = & \overset{\text{dla}}{U_{mn}} \cdot I_{a0} + \overset{\text{dla}}{U_{mn}} \cdot i_{a5} \cdot \cos \varphi_1 + \\ & + \overset{\text{dla}}{U_{ab}} \cdot I_{a0} + \overset{\text{dla}}{U_{ab}} \cdot i_{a5} \cdot \cos \varphi_2 \end{aligned}$$

Wzór:

$$\overset{\text{dla}}{U_{ab}} \cdot i_{a5} \cdot \cos \varphi_2$$

wyraża moc pobraną przez układ R, L, C, skutkiem powstania tam prądu zmiennego.

Z równań /41/ i /42/ wynika że:

$$\overset{\text{dla}}{U_{mn}} = - \overset{\text{dla}}{U_{ab}}$$

$\overset{\text{dla}}{U_{mn}}, \overset{\text{dla}}{U_{ab}}, i_{a5}$ - wartości skuteczne.

a więc sinusoidalnie zmienne napięcia U_{mn} i U_{ab} mają przeciwne fazy, przeto.

$$\cos \varphi_1 = -\cos \varphi_2$$

$\cos \varphi_2$ - jest z istoty rzeczy dodatni, więc $\cos \varphi_1$ ujemny i moc:

$$U_{mn} I_{ao} \cos \varphi_1$$

będzie ujemna. Wprowadzając skrót $-p$ możemy napisać:

$$I_{ao} = [U_{mn} I_{ao} - p] + U_{ab} I_{ao} + p$$

Wzór:

$$U_{mn} I_{ao} - p$$

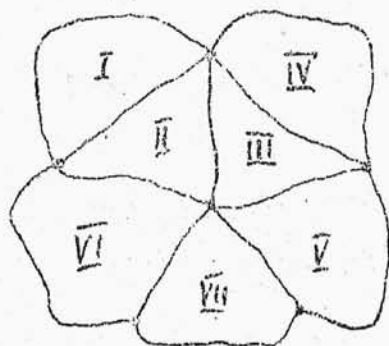
wyraża energję pobraną przez lampę gdy jest prąd zmienny, moc ta więc będzie o p watów mniejsza od mocy $U_{mn} I_{ao}$ pobranej przez lampę gdy prądu zmiennego niema.

Moc dostarczona przez baterję anodową pozostaje bez zmiany.

Widzimy więc że przy powstaniu własnych prądów zmiennych w obwodzie R, L, C , energja pobrana przez lampę zmniejsza się i przenosi się do obwodu z R, L, C .

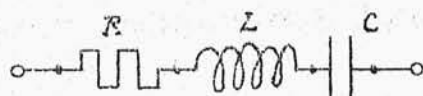
20. Sprzężenie w obwodach rozgałęzionych. W dowolnym układzie obwodów rozgałęzionych rys. 20 mamy gałęzie, które należą jednocześnie do dwóch obwodów, wtedy, obwody mające gałęzie wspólne, nazywamy sprzężonemi.

W tej wspólnej gałęzi może być w ogólnym przypadku oporność, indukcyjność i pojemność szeregowo połączone.



rys.20.

Gdy w tej wspólnej gałęzi mamy pojemność - kondensator - powia-



rys.21.

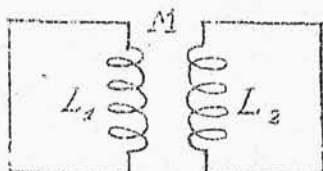
damy, że sprzężenie jest elektryczne inaczej

pojemnościowe. Gdy w tej wspólnej gałęzi mamy indukcyjność mówimy, że sprzężenie jest magnetyczne inaczej indukcyjne.

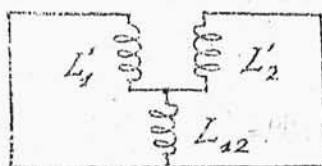
Zależnie od okoliczności mogą być oczywiście różne sprzężenia złożone.

21. Sprzężenie indukcyjne obwodów nie połączonych elektrycznie. Dwa obwody elektryczne mogą być sprzę-

żone między sobą polem magnetycznem w ten sposób, że przewodzącego łącznika pomiędzy niemi nie będzie.



Wszystkie własności jednak i zjawiska tam zachodzące będą identyczne jak w obwodzie rozgałęzionym z odpowiednio dobranemi



rys.22.

indukcyjnościami. Tak np. układ dwóch obwodów z indukcyjnościami własnymi L_1 i L_2 oraz indukcyjnością wzajemną M ma własności identyczne z obwodem rozgałęzionym rys.22 w którym:

$$L'_1 = L_1 - L_{12} ; L'_2 = L_2 - L_{12} ; L_{12} = M$$

22.Prądy własne w obwodach rozgałęzionych.

Rozważmy sieć przewodów zamkniętą, stanowiącą szereg obwodów sprzęgniętych ze sobą w najrozmaitszy sposób.

Przez L_{pp} , R_{pp} i C_{pp} oznaczmy całkowitą indukcyjność, oporność i pojemność wypadkową obwodu p - uwzględniając zarówno te częś-