

Publikacja ze zbiorów Biblioteki Głównej AGH w Krakowie



**Biblioteka Główna
AGH w Krakowie**



**UCZELNIA
BADAWCZA**
INICJATYWA DOSKONALOSCI

**Digitalizacja dorobku naukowo-badawczego Profesorów AG w Krakowie
w latach 1919-1945. Część 2**

projekt dofinansowany ze środków budżetu państwa, przyznanych przez Ministra Nauki w ramach
Programu Społeczna Odpowiedzialność Nauki II - moduł: Wsparcie dla bibliotek naukowych

01.12.2024-31.07.2026

BIBL/SP/0003/2024/02



**Ministerstwo Nauki
i Szkolnictwa Wyższego**



430

AKADEMJA GÓRNICZA W KRAKOWIE.

RADJO - TELEGRAFJA

i RADJO - TELEFONIA.

Wykłady Prof. Dr. Jana Steeka.



1289

Nakładem Sekcji Wydawniczej Stowarzyszenia
Studentów Akademii Górniczej w Krakowie

1924.



~~II 22 206~~

II. 50442 /



N213 14025

BIBLIOTEKA GŁÓWNA AGH



1000177059

O DRGANIACH ELEKTRYCZNYCH.

W przesyłaniu znaków na odległość przy pomocy sił elektromagnetycznych uwzględniać się musi kolejno trzy zjawiska:

1. Perjodyczne wytwarzanie w stacji nadawczej zjawisk elektromagnetycznych.

2. Wysyłanie ich w przestrzeń.

3. Wychwytywanie tych znaków przez stację odbiorczą i zamiana ich na zjawiska akustyczne lub optyczne, dostępne naszemu zmysłom.

Zajmiemy się temi trzema zjawiskami, ilustrując teoretycznie wywoły doświadczeniami, a całość telegrafu i telefonu sama się złoży.

Perjodyczne zjawiska elektryczne, czyli t.j.w. drgania elektryczne powstają w obwodzie, w którym znajduje się pewna pojemność i pewna samoindukcja.

Teorię takich drgań podał pierwszy fizyk angielski W. Thomson, późniejszy lord Kelvin.

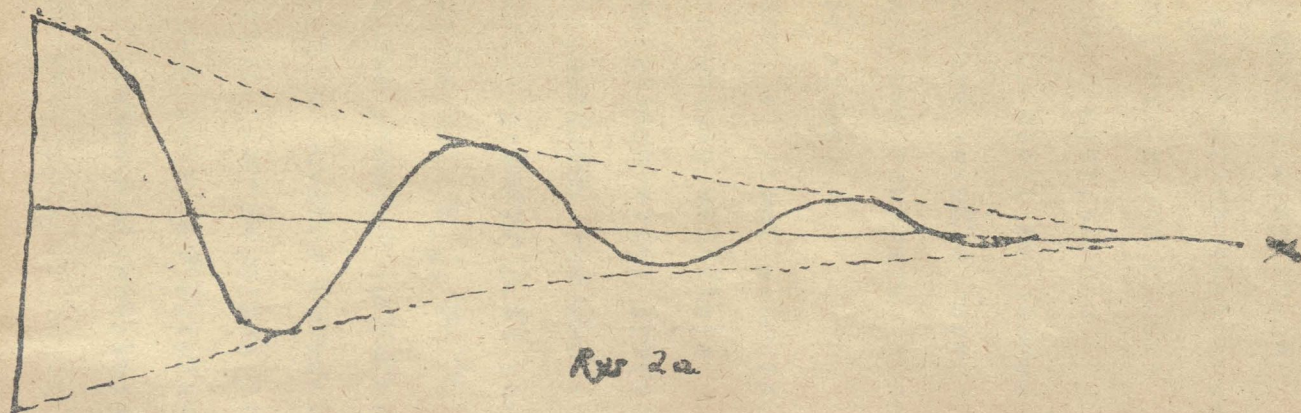
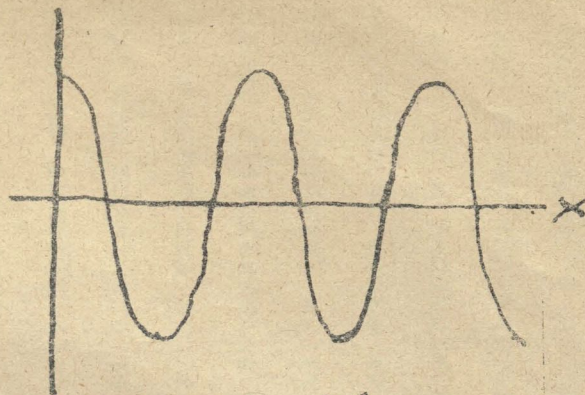
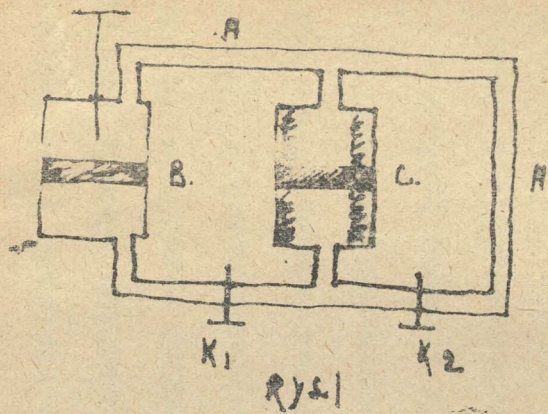
Aby zrozumieć istotę drgań elektrycznych, rozpatrzmy przyrząd, w którym mogą powstać drgania mechaniczne /rys. 1.1./

Rury A wypełnione cieczą, ruchliwą kończą się w cylindrach B i C. Cylinder B zawiera szczelny tłok, którym można ciecz przepychać przez rury, tłok w cylindrze C jest przytrzymany sprężynami tak, że zajmuje stałą pozycję w środku.

Gdy kurek K_1 otworzymy, a K_2 zamknijemy i następnie tłok B znikamy, ładujemy naczynie C; tłok C podnosi się w górę, nabierając energii potencjalnej. Zamknijmy kurek K_1 , otwórzmy zaś K_2 , tłok C pod wpływem sprężyn, pchając ciecz przed sobą. I tu można mieć dwa wypadki:

albo ciecz jest bardzo lepka, rury A wąskie, opór stawiany ruchowi cieczy duży, wtedy tłok powoli wraca do swej pierwotnej pozycji i więcej się zatrzymuje,

albo też opór stawiany ruchowi tłoka i cieczy jest mały, a wtedy tłok po osiągnięciu normalnego położenia zatrzymuje większą lub mniejszą część swej energii kinetycznej, przejdzie w dół od normalnego położenia, wraca z powrotem i t.d., słowem

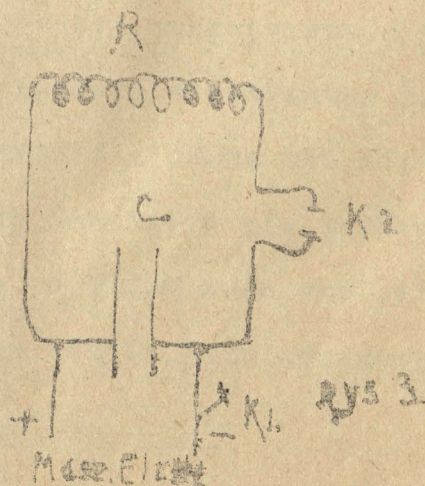


wykonywa ruch drgający, którego amplitudy są coraz mniejsze i mniejsze. Graficznie drgania przedstawia się w formie linii falowej /rys.2.a./ którą otrzymamy jeśli ruchem jednostajnym przesuwać będziemy tablicę obok tłoka C, zaopatrzonego w pryzmę piszącą na tablicy. Amplitudy drgania jak widzimy zmniejszają się według funkcji eksponentyjalnej e^{-ax} , co wskazuje linja kreskowana figury. Drgania tego rodzaju nazywają się drganiami tłumionymi lub zanikającymi. Aby drgania nie znikaly, lecz miały stałą amplitudę /rys.2.b./ trzeba dostarczyć sprężynie z zewnątrz energii tyle, ile ona jej traci wskutek oporów, nie mniej ale też i nie więcej.

Ten mechaniczny obraz pozwoli nam założyć istnienie drgań elektrycznych. Elektryczną energję potencjalną wytwarzamy w jakiegokolwiek ciele mechanicznometalicznem, które ma pojemność elektryczną, najczęściej w kondenzatorze; okładki kondensatora łączymy celem zgromadzenia w nim elektrycznej energii potencjalnej z biegunami maszyny elektrosta-

tycznej lub baterji ogniw /rys.3./Kondensator od-
powiada w powyższem urządzeniu mechanicznem cylin-
drowi C, wraz z tłokiem i sprężynami, maszyna elek-
tryczna naczyniu B, rury A stawiające opór sasta-
pione są przez przewód elektryczn. R, kurki K_1 i
 K_2 są tutaj kluczami elektrycznymi K_1 i K_2 .

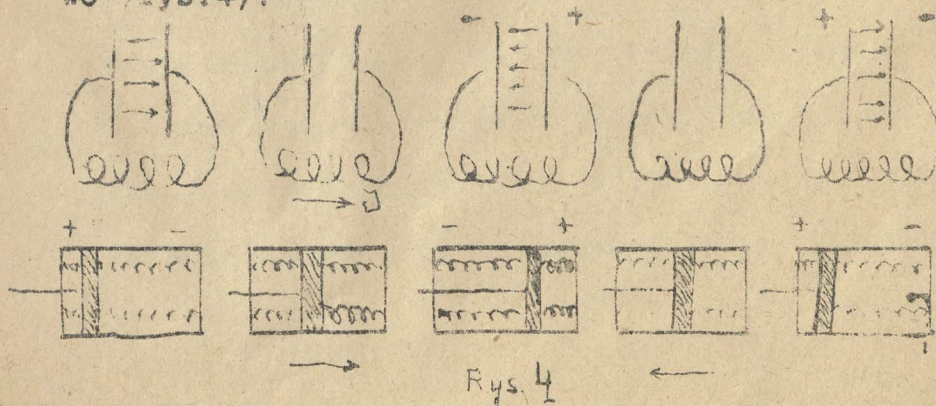
Im większa jest różnica napięć elektrycznych
/porównaj napięcie sprężyny/ i im większa pojem-
ność kondensatera, tem większa jest energia poten-
cjalna.



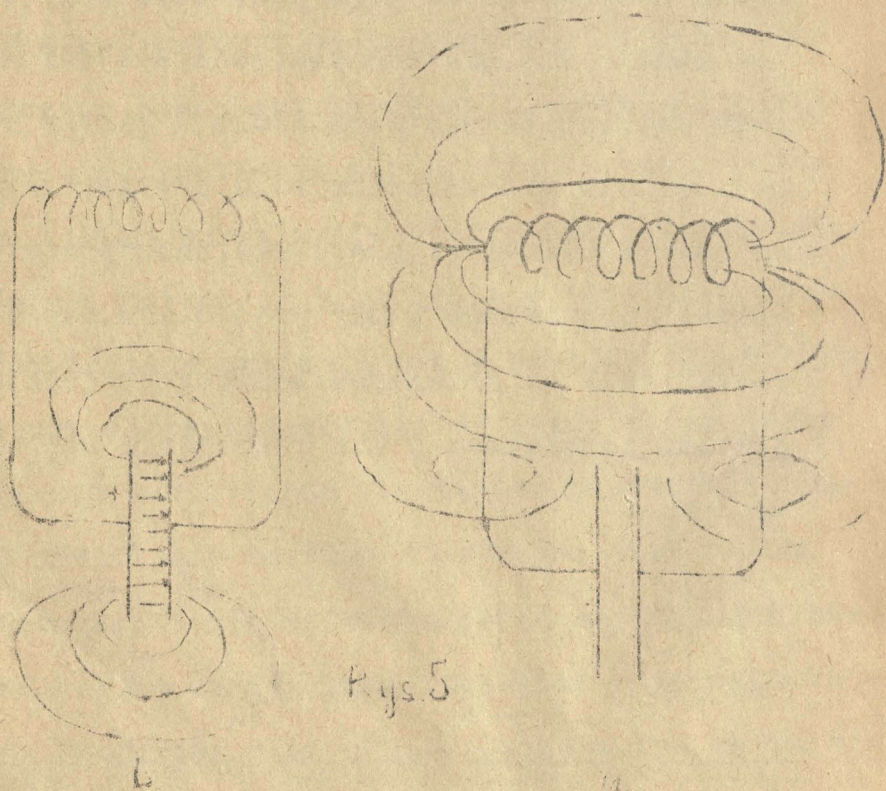
Miedzy okładkami kondensatora istanieje przes-
trzeń elektryczna, linje siły elektrycznej prze-
chodzą od dodatniej okładki do ujemnej, gęstość
ich na 1 cm^2 przekroju wynosi jak wiadomo $\frac{V_2 - V_1}{d}$
gdzie $V_2 - V_1$ jest różnicą napięć, d zaś odstępem
plyt. Tem więcej ich jest, im większa jest
różnica napięć, a mniejszy odstęp.

Gdy bieguny maszyny po naładowaniu kondensatora
odłączymy, a zamknijemy klucze K_2 i pozwolimy wylado-
wać się elektryczności, nie odrazu zostanie osią-
gnięty "stan normalny", w którym obie okładki ma-
ją ten sam potencjał. Przeciwnie, elektryczna ener-
gia potencjalna zamienia się w energję "kinetycz-
ną" prądu elektrycznego, której siedliskiem jest
przestrzeń magnetyczna otaczająca przewodnik prą-
du. W chwili, gdy energia kinetyczna jest zerem,
bo kondensator się wyladował, prąd elektryczny, zda-
wałoby się, powinien ustać, bo niema różnicy poten-
cjaliów. Tymczasem prąd płynie dalej w tym samym kie-

runku. Pochodziło to jak wiadomo stąd, że przepływowi prądu towarzyszą w otoczeniu przewodnika linie siły magnetycznej. Znikanie linii siły wywołuje według reguły Lenza w drucie siłę elektromotoryczną przeciwdziałającą ich znikaniu i podtrzymującą pierwotny kierunek prądu. Można powiedzieć, że prąd jest bezwładny i nie zatrzymuje się natychmiast, podobnie jak nie od razu zatrzymała się masa tłoka i cieczy w naszym modelu mechanicznym. Prąd płynący ładuje na nowo kondensator, ale w kierunku przeciwnym aniżeli poprzednio i gdy prąd znika, napięcie elektryczne na okładkach kondensatora osiągnie wartość największą i gra rozpocznie się na nowo /rys. 4/.



Znowu więc mamy wahania między dwiema formami energii elektrycznej: potencjalną, której głównym siedliskiem jest przestrzeń między okładkami kondensatora /rys.5.a./ i magnetyczną, której linie sił zamknięte w sobie obiegają przewodnik /rys.5.b./



Wskutek oporu stawianego przez drut i w ogóle przez każdy przewodnik, drgania są zanikające i można je przedstawić znowu falową linią, z malejącą amplitudą. Aby drgania elektryczne miały słabą amplitudę i nie zanikały, trzeba je podtrzymać, dostarczając elektrycznemu obwodowi drgającemu tyle elektrycznej energii, ile jej traci wskutek oporu elektrycznego i promieniowania.

Ten problem wytwarzania stałych drgań elektrycznych został najidealniej rozwiązany przy pomocy lamp elektronowych.

Zanim te niezmiernie ważne dla radiotelefonji i telegrafji lampy opiszemy, zastanówmy się jeszcze nieco nad wielkością charakteryzującą drgania, mianowicie nad częstością drgań $T = \frac{1}{n}$.

Okres drgania sprężyny zależy, jak się to wykazuje w mechanice i jak wiadomo z prostego doświadczenia, od masy poruszanej „m” i od zdolności

oi

ci sprężyn gromadzenia w sobie energii potencjalnej czyli od pojemności sprężystej. Łatwo wykazać, że okres T jest tem dłuższy, im większe są oba czynniki, t. zn. masa tloka i wody i owa "pojemność" sprężyn.

Analogicznie rozumując dochodzi się do wniosku, że okres drgania elektrycznego zależy będzie od 2 czynników:

od pojemności C i samoindukcji L .

Im większa jest pojemność, tem mniejsza jest przy danej energii elektrycznej różnica potencjałów, która stara się rozbroić kondenzator, tem powolniej odbywa się rozbrojenie.

Im większa jest samoindukcja, tem więcej jest linii sił, tem powolniej znikają z obrebu przewodnika.

Okres drgania elektrycznego T jest jak okazał Thomson równy : $T = 2\pi \sqrt{L.C}$, a zatem częstość drgań:

$$n = \frac{1}{T} = \frac{1}{2\pi \sqrt{L.C}}$$
, C i L są mierzone w jednostkach absolutnych t. zn. cm.

Aby stałe drgania elektryczne otrzymać należy więc:

1. W obwodzie zawierającym samoindukcję i kondensator wzbudzić różnicę potencjałów między okładkami kondensatora.

2. Podtrzymać drgania.

Pierwsze zrobić łatwo przy pomocy jakiegokolwiek maszyny elektrostatycznej, baterji akumulatorów i t.d. Drugie a mianowicie stałość drgań, niezmiennosc amplitud można otrzymać przy pomocy kilku metod, z których najdoskonalsza opiera się na własnościach lampy elektronowej.

LAMPY ELEKTRONOWE.

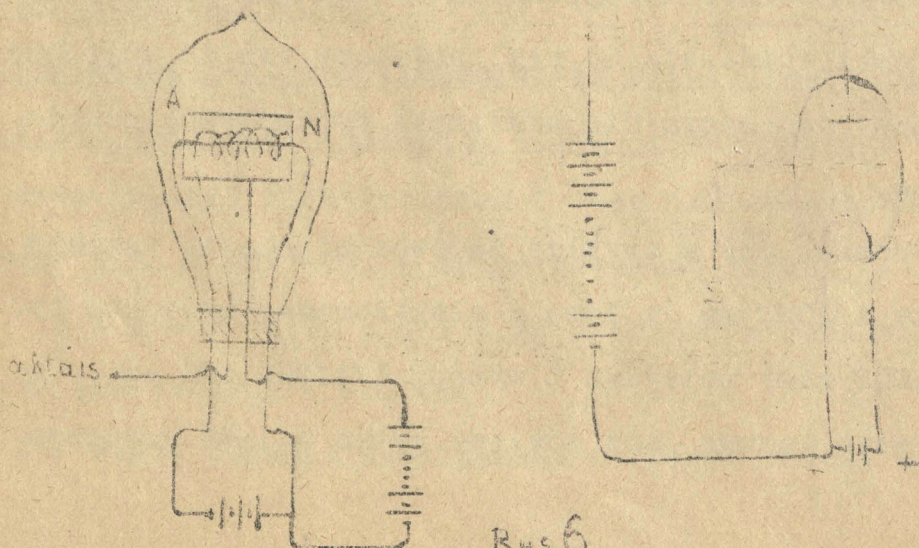
Lampa elektronowa, podobna z wyglądu do zwykłej żarówki, różni się od niej najpierw tem, że musi być z niej nadzwyczajnie starannie wypompowane powietrze.

Podczas gdy w zwykłej żarówce ciśnienie wynosić może $1/1000$ mm, w lampie elektronowej musi ono być o 1000 razy mniejsze i wynosi $1/1,000.000$ mm.

Takie vacuum jest możliwe tylko dzięki nowoczes-

nym pompom rozrzedzającym, jak rtęciowa, kondensacyjna i t.d.

Oprócz nitki N /rys.6./świecącej, /z tungstenu lub tlenków wapnia, strontu i t.d./ jak w zwykłej lampie żarowej, zawiera lampa elektrowowa jeszcze dwie elektrody niklowe, mianowicie anodę A i siatkę S. - Anoda ma zwykle kształt walca, wewnątrz którego znajduje się w formie spirali z drutu siatka, ośią obu walców jest zerząca się nitka. Końce nitki łączymy z biegunami baterji ogniów --kilkadziesiąt-do-kilkuset-woltów --



o różnicy potencjałów 4-6 voltów, nitka rozrządza się pod wpływem prądu wynoszącego około 0.5A. Anodę łączymy z dodatnim biegunem baterji ogniowej - kilkadziesiąt do kilkuset voltów - zależnie od wielkości lamp i innych czynników -, ujemny zaś biegun z ujemnym biegunem nitki żarzącej się tak, że w obwodzie anodowym nitka jest katodą. Siatka otrzymuje również pewien potencjał dodatni lub ujemny względem nitki i to albo z baterji albo z innych przyrządów, n.p. z anteny, z kondensatorów i t.d.

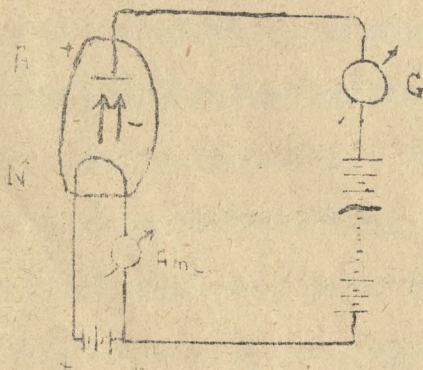
Jakież jest działanie lampy elektronowej?

Nitka żarząca się wysyła elektrony równomiernie we wszystkich kierunkach i wypełnia nimi przestrzeń otaczającą nitkę. Gęstość tej chmury elektronowej utrzymującej się wokoło nitki jest tem większa im wyższa jest temperatura nitki, a zatem im silniejszy jest prąd zasilający nitkę o czem się można łatwo przekonać w następujący sposób:

Gdy włączymy w obwód anodowy, baterję anodową, pozostaje między katodą przestrzeń elektryczna, dodatnia anoda ujemnie naładowane elektrony przyciąga ku sobie i powstaje zamknięty prąd anodowy w obwodzie N - A - G - B /rys.7./, płynący w przeciwnym kierunku jak ujemne elektrony.

Galwanometr czuły wstawiony w ten obwód pozwala natężenie tego prądu mierzyć i śledzić jego zależność od:

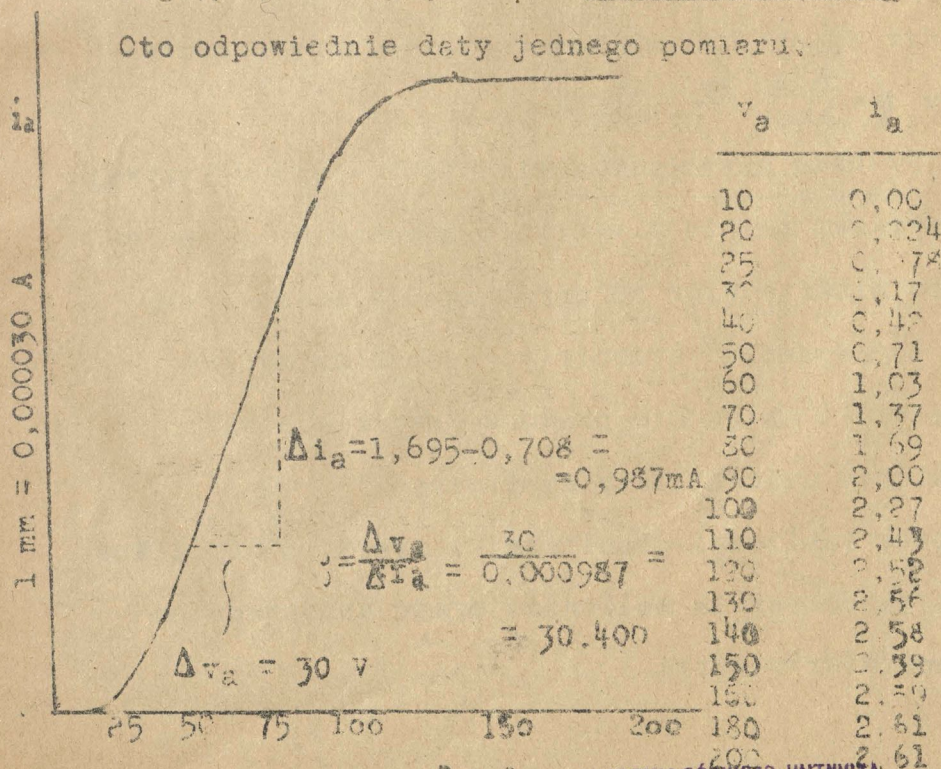
1. Napięcie baterji anodowych
2. Od natężenia prądu zasilającego nitkę
3. Od napięcia siatki.



Rys. 7

Ad 1/ okazują pomiary najpierw powolny a potem szybki wzrpsť natężenia prądu anodowego/rys.8 / ze zwiększeniem się napięcia, a wreszeie gdy j. wszystkie elektrony wyrzucone z nitki pod wply- wem siły elektrycznej dochodza do anody,prąd anodowy osiąga największą przy danej temperaturze nitki wartość,dalsze zwiększanie napięcia anodo- wego nie powoduje wzrostu natężenia prądu anodo- wego,prąd osiągnął t zw stan nasycenia i_a

Oto odpowiednie daty jednego pomiaru.

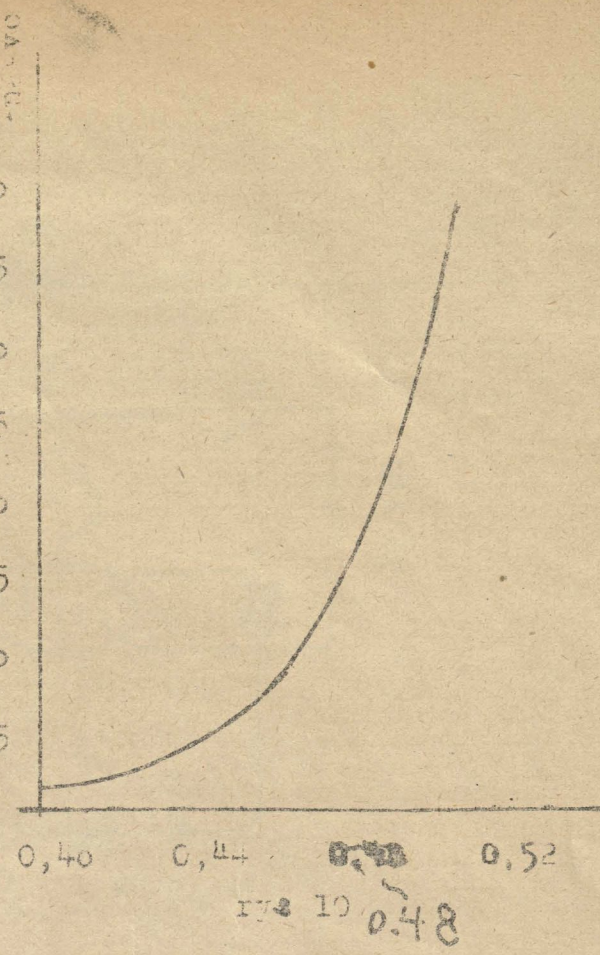
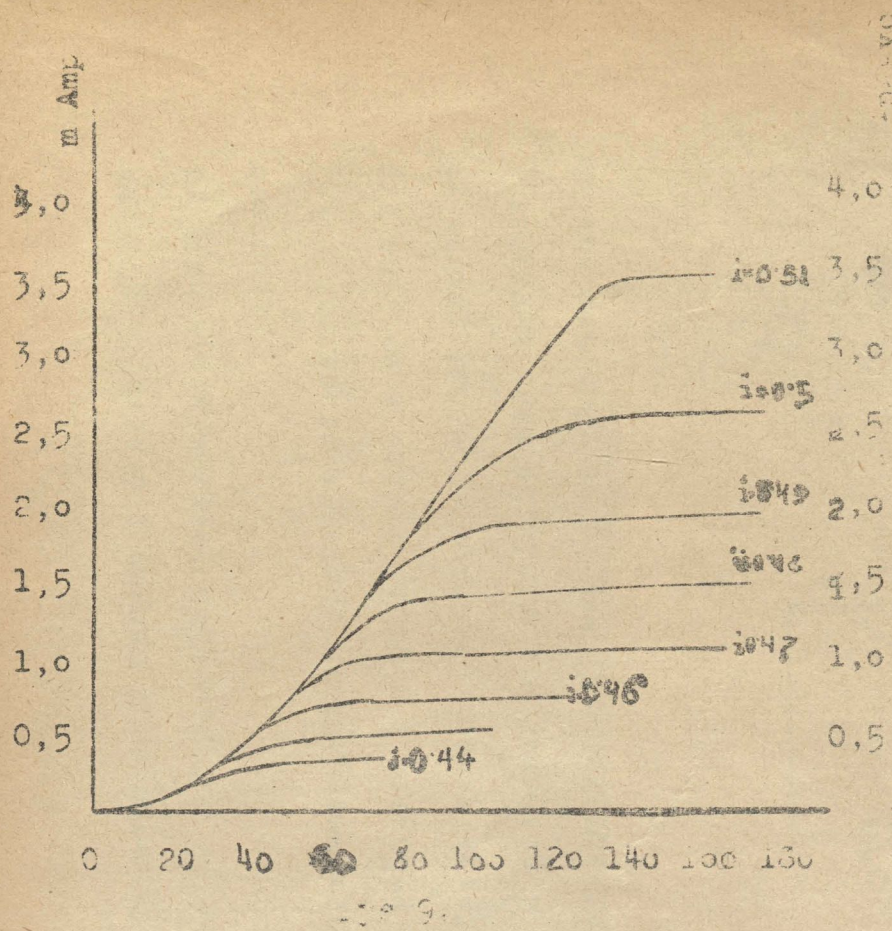


Rys. 8.

Z ryciny jest widocznem, że natężenie prądu anodowego nie jest liniową funkcją napięcia anodowego, jak w przewodnikach metalowych lub elektrolitycznych /według prawa Ohma/ a wskutek tego nie można przyjąć lampce elektronowej stałego oporu $R = \frac{V}{I}$, jak to czynimy z innymi przewodnikami. Tylko w stosunkowo małym obszarze M - N powyższej krzywej można mówić o pewnego rodzaju stałym oporze wewnętrznym / ρ / lampki, który wynosi, jak wynika z przytoczonych pomiarów $\rho = \frac{\Delta V_a}{\Delta I_a} \approx 30000$.

Ad. 2/ Prąd nasycenia, a więc także wykład krzywej powyższej zależy w wybitnym stopniu od temperatury nitki, a więc od prądu zasilającego nitkę co można okazać zmieniając opór elektryczny i tem samem natężenie prądu w obwodzie nitki, w którym umieszcziliśmy ampermeter.

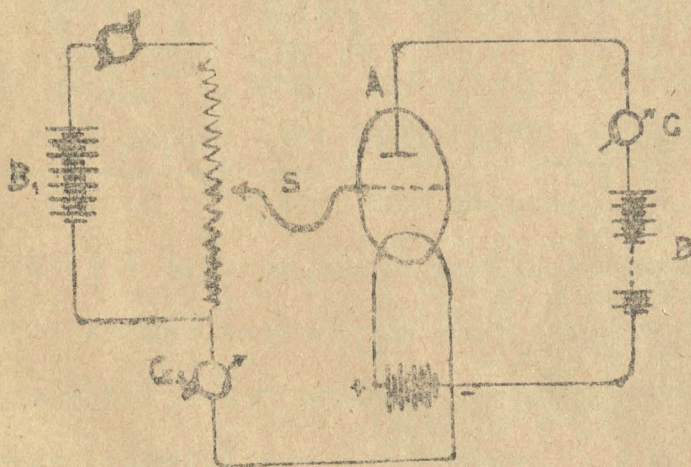
Liczby tabliczki poniżej i rys. 9. i 10 ilustrują dobrze tę zależność prądu anodowego od temperatury nitki.



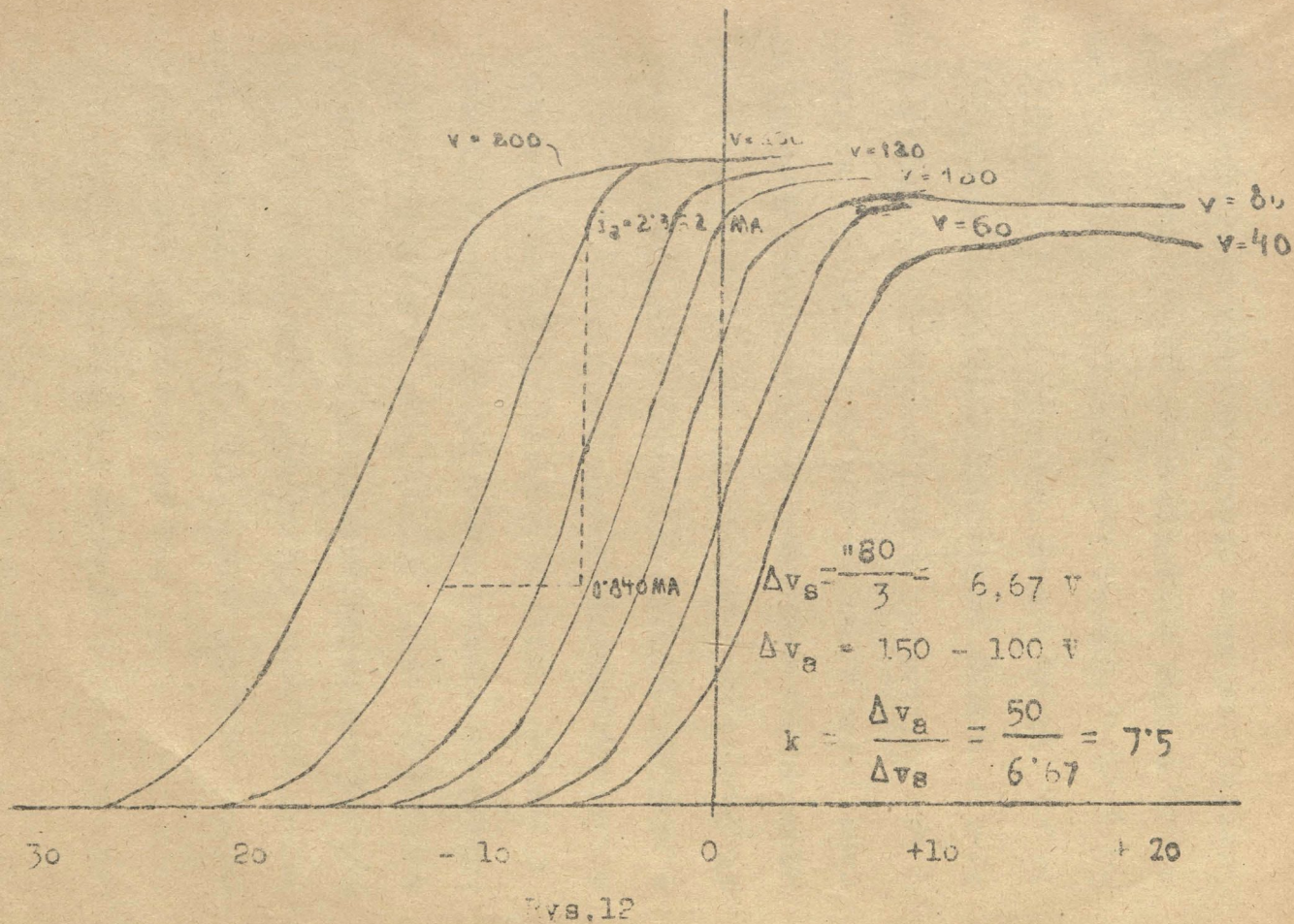
Ad 3 Co się dzieje z prądem anodowym, gdy siatkę również naładujemy dodatnio lub ujemnie względem nitki?

Aby zbadać to zjawisko utrzymujemy stałe napięcie anodowe, a siatkę łączymy z biegunem baterji B_1 , której napięcie zmienić możemy /rys. 11/

Wierzymy natężenie prądu w obwodzie i otrzymujemy następujące krzywe /jak na rys. 12./



Rys. 11



Podczas pomiarów utrzymywaliśmy napięcie anodowe na stałym poziomie $V_a = 100$ Voltów /lub 75, 50, 30 V /, i powoli zmienialiśmy napięcie siatki od -20 do +20 Volt, odczytując dla każdego napięcia siatki odpowiednie natężenie prądu.

Z tak otrzymanej sieci krzywych charakterystycznych lampy widać, że one są oczywiście krzywymi nasycenia. W środkowej części każdej krzywej małe zmiany napięcia siatki powodują duże zmiany w natężeniu prądu anodowego, lampa jest w tych miejscach najwrażliwsza, najczulsza.

W innych punktach krzywej charakterystycznej nasycenia, mianowicie w jej początku i końcu wrażliwość lampy znacznie maleje. Odczytujemy np. że wystarczy wzrost napięcia siatki ΔV_s zaledwie o 6,66 Volty, aby otrzymać wzrost natężenia prądu anodowego $\Delta i_a = 0,340$ mA. podczas gdy - i to jest bardzo ważne - na uzyskanie takiego samego wzrostu natężenia prądu anodo-

wego przez zmianę napięcia anodowego trzeba, jak odczytujemy z diagramu aż $\Delta v_a = 50 \text{ Volt}$

Stosunek $\left(\frac{\Delta v_a}{\Delta v_s} \right)_{i_a = \text{const}} = k$, dla $\Delta i_a = \text{const}$, nazywamy spółczynnikiem wzmacniania lampy.

W naszym wypadku $k = \left(\frac{\Delta v_a}{\Delta v_s} \right)_{i_a = \text{const}} = 7,5$

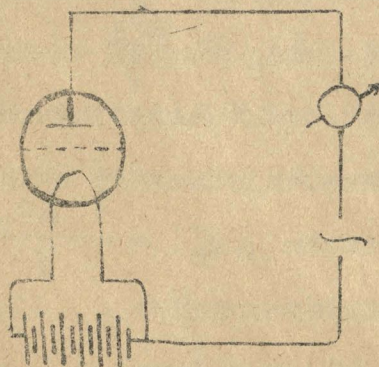
Sieć, krzywych charakterystycznych lampy pozwala nam odpowiedzieć na pytanie: Jaka powstaje zmiana prądu anodowego Δi_a , gdy napięcie anodowe zmieni się o Δv_a , a równocześnie napięcie siatki o Δv_s ?

Otóż zmiana napięcia o Δv_a powoduje zmianę prądu anodowego $\Delta i_a' = \frac{\Delta v_a}{\xi}$ / oczywiście tylko w obszarze prostoliniowym charakterystyk/ zaś Δv_s wywołuje zmianę taką jak napięcie anodowe $k \Delta v_s$ zatem $\Delta i_a'' = \frac{k \Delta v_s}{\xi}$ w rezultacie całkowita zmiana prądu

$$\Delta i = \frac{\Delta v_a + k \Delta v_s}{\xi}$$

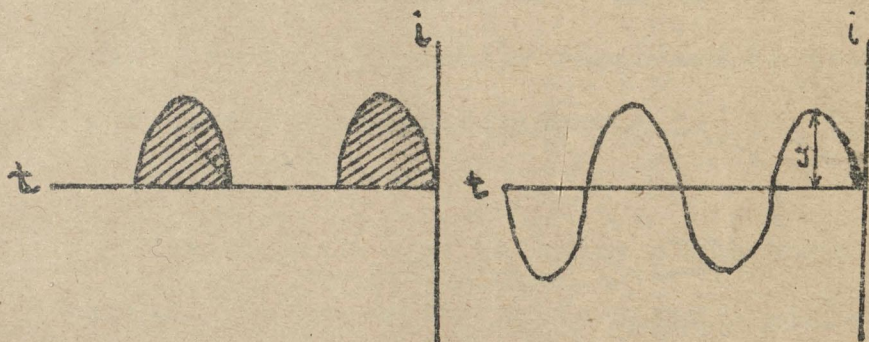
To równanie stanowi podstawę elementarnej teorii lamp elektronowych.

Z kształtu charakterystyki wynika pierwsza ciekawa własność lampy, a mianowicie: lampa przepuszcza prąd elektronowy tylko wtedy, gdy napięcie anody jest dodatnie / napięcie siatki niech będzie chwilowo zerem / Gdy więc przyczepimy do anody napięcie zmienne np. z sieci miejskiej, okaże się że prąd anodowy płynie tylko w ciągu połowy okresu. Można to pokazać łatwością w ten sposób, że w obwód anody, włączymy ampermeter prądu stałego. Mimo iż przepuszczamy zmienny prąd, ampermeter prądu stałego się wychyli /rys 13./



Rys. 13

Graficznie przedstawić można prąd zmienny jako linię falową w układzie, którego odcięta jest czas t , rzędna zaś natężenie prądu i /rys. 14. /.



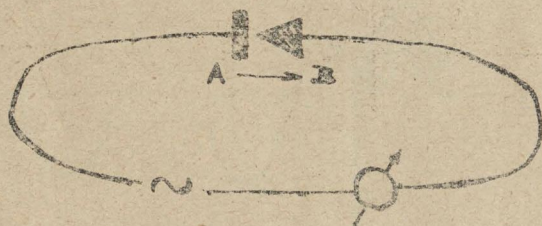
Rys. 14.

Przy pomocy rury Browna łatwo można taką krzywą prądu zmiennego otrzymać. Gdy ten prąd przejdzie przez lampę elektronową, pozostaną tylko dodatnie części krzywej, które świadczą o tym, że prąd zmienny /pulsujący/ płynie obecnie tylko w jednym kierunku.

Lampa wskazująca taką własność nazywa się lampą -detektorem.

Obok lampy elektronowej ważną rolę odgrywa

w radjotelegrafii i telefonii detektor z kryształów. Jest to prosty przyrząd złożony z gładko szlifowanego metalicznego kryształu /galenitu/, do którego przylega metaliczne ostrze ./rys.15/.



Rys.15.

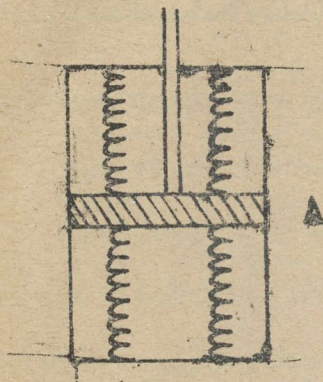
Detektor taki wstawiony w obwód prądu zmiennego stawia inny opór prądowi płynącemu w kierunku A-B, aniżeli przeciwnie i wskutek tego silniejszy płynie prąd w jednym aniżeli w drugim kierunku. Gdy więc chcemy słaby a zmienny prąd wykryć oszuliym galwanometrem prądu stałego, trzeba w obwód prądu włączyć detektor.

LAMPY ELEKTRONOWE JAKO OSCYLATORY.

Poznawamy własności lamp elektronowych postaramy się sposobem elementarnym wyjaśnić ich działanie jako oscylatorów i wzmacniaczy słabych napięć i wyjaśnimy równocześnie owe tajemnicze zjawiska, które razem stanowią radjotelegrafię i telefonię.

Odrazu zaznaczymy, że lampy elektronowe rozwiązywały sprawę wytwarzania drgań o stałej amplitudzie w sposób idealny.

Celem zrozumienia sposobu działania lamp jako oscylatorów posłużymy się znowu analogją mechaniczną. Wahania wahadła w zegarze szybko ustalałyby, gdybyśmy ich nie podtrzymali stała działająca sprężyna. Maszyna parowa nawet nie obciążona zatrzymałaby się po pewnym czasie wskutek oporów tarcia w łożyskach, w cylindrze i t.d. gdybyśmy jej nie zasilali parą.



Pomyślmy sobie następujący mechaniczny model drgający:

W walcu znajduje się tłok, o dużej masie, który przytrzymany jest sprężyną w normalnym położeniu A /rys.16./

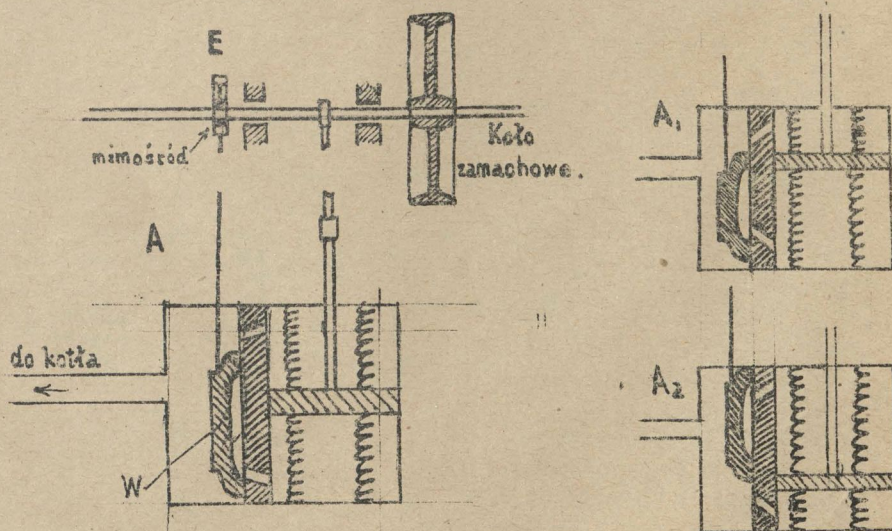
Rys.16.

Tłok ten wraz ze sprężynami stanowi system drgający jako już poprzednio zaznaczyliśmy. Opór w mechanizmie powodujący zanikanie amplitud ruchu można podzielić na dwie części: Szkodliwy opór tarcia tłoków, sprężyn itp. i opór użyteczny, który pochodzi z tego, że mechanizm oddaje użyteczną pracę na zewnątrz. Ten opór użyteczny można jak wiadomo regulować, odbierając więcej lub mniej pracy z maszyny.

Aby amplitudy drgania podtrzymać połączymy

ten system drgający /rys.17./ za pośrednictwem ruchomego wentylatora W ze stałym źródłem energii, kotłem parowym, w którym para znajduje się w stanie wysokiego napięcia.

Po tej stronie walca, gdzie sprężyny są rozciągnięte / A_1 / można nazwać ten stan sprężyn, ujemnym względem drugiej strony tłoka, gdzie sprężyny są ściśnięte. Koło ekscentryczne E sprzęga system drgający z wentylem W w ten sposób, że następuje dopływ /+/ pary

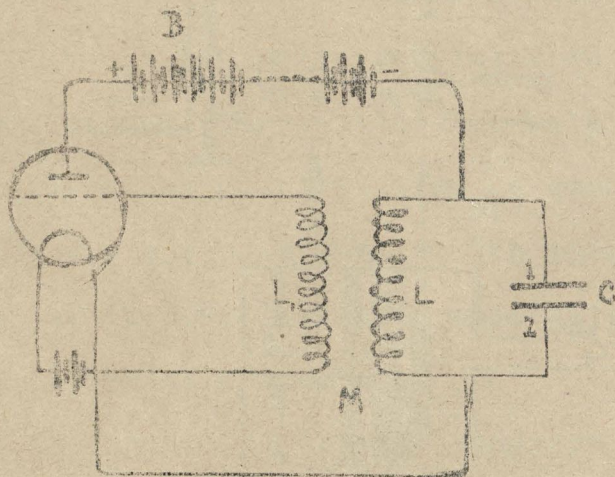


Rys. 17.

do części dodatniej /D/ sprężyn, zaś odpływ od strony ujemnej /U/.

Regulator ma zadanie ograniczyć dopływ pary do pewnej maksymalnej wartości.

Porównujemy z tym systemem mechanicznym, drgający system elektryczny, podtrzymywany /rys. 18./ przez lampę elektronową. Drgania odbywają się w zamkniętym obwodzie, złożonym z kondensatora C i z samoindukcji L, i są zanikające wskutek oporu elektrycznego. I znowu część oporu, ta mia-



Rys. 18

nowicie, wskutek której prąd przemienia się w ciepło Joula, jest szkodliwa i potrzeba ją zmniejszyć do minimum, druga część - ta mianowicie która jako ciąg fal elektromagnetycznych - promieniuje w przestrzeni i stanowi istotę przesyłania znaków radjotelegraficznych, jest użyteczna i dążyć trzeba do tego, aby była możliwie duża. Aby drgania w obwodzie L-C były trwałe, należy je podtrzymać przy pomocy stałego źródła energii o wysokim napięciu a mianowicie baterji anodowej B. Z niej jednak ma tylko - podobnie jak z kotła parowego - w pewnych odpowiednich momentach dopływać energia elektryczna do zamkniętego obwodu L-C, celem uzupełnienia strat i podtrzymania drgań. Rolę idealnego wentylatora W spełnia siatka lampy elektronowej, która musi łatwo odmykać i zamykać dla przepływu względnie odpływu elektronów.

Siatka-wentyl winna być sprzężona z obwodem drgającym L-C, aby regulowała dopływ energii

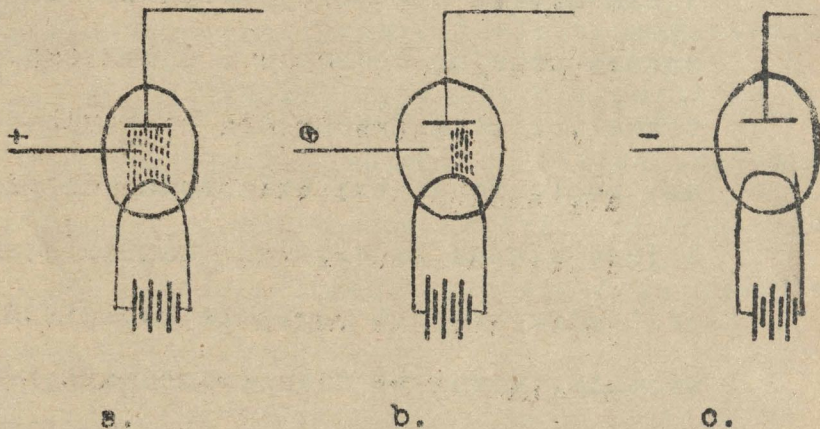
elektrycznej w tempie drgań, co można uskutecz-
nić w różne sposoby: albo przez indukcję M jak
na rys.18. albo przez kondenzator, i t-d-.

Wskutek wzajemnej indukcji elektromagnetycznej
obu cew L i L_1 wzbudzona zoszaże w cewie L_1
pewna siła elektromagnetyczna; siatka otrzymuje
więc zmienne napięcie elektrycznie dodatnie lub
ujemne w tem samym tempie w jakim drga zamknięty
obwód A .

A wiemy już jaki ma wpływ na prąd anodowy
o napięcie siatki. Gdy napięcie siatki jest do-
datnie i rośnie, wzmaga się, jak wynika z sieci
charakterystyk lampy elektronowej, prąd anodowy
/elektronów/ choćby nawet napięcie anody nieco
zmalalo. Gdy zaś przeciwnie rośnie ujemne napię-
cie siatki, prąd anodowy maleje, choćby napięcie
anodowe wzrosło. Pochodzi to, jak wyjaśniliśmy
stąd, że siatka leży bliżej źródła elektronów
t.j. nitki anizeli anoda. Teraz jasnem jest jak

utrzymuje się w obwodzie zamkniętym / L-C/
ciąg drgań: gdy z jakiegokolwiek powodu n.p.
przez włączenie prądu anodowego wzbudzone zos-
tały choćby bardzo słabe drgania elektryczne
w zamkniętym obwodzie, ładują się okładki konden-
zatora kolejno dodatnio i ujemnie a podobnie
także i siatka. Trzeba się tylko postarać o to
aby napięcie siatki było dodatnie, gdy okładka
1 jest ujemna /a więc gdy napięcie anodowe
jest mniejsze, niż napięcie baterji B/ i od-
wrotnie. Można to zawsze bardzo łatwo osiągnąć
w ten sposób, że cewy L i L_1 obrócimy o 180°
względem zgodnego biegu zwojów. Gdy więc okładka
1 jest ujemna a siatka dodatnia wzmacnia się
prąd elektronowy od nitki przez siatkę i anodę
do okładki 1 kondenzatora i wzmacnia ujemny
ładunek okładki i odwrotnie prąd dodatni ply-
nie przez nitkę ku okładce 2. W drugim okre-
sie gdy okładka 1 ładuje się dodatnio, napię-
cie siatki jest ujemne i rośnie, siatka zbie-

ła jak wentyl, który zamknął dostęp prądowi ujemnych elektronów, a wskutek tego ładunek okładki 1 nie osłabia się /rys 19, a.b.c/



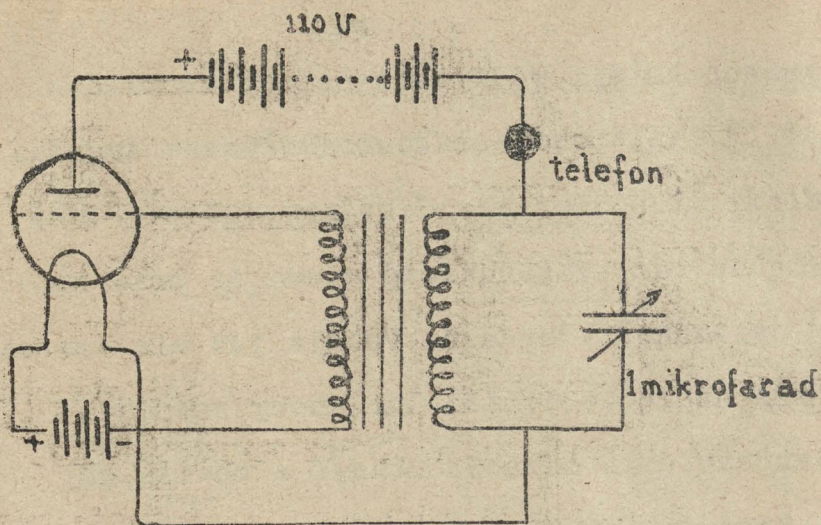
Rys 19.

Potem gra rozpoczyna się na nowo. A więc wskutek dopływu elektronów do okładki 1 w odpowiednim momencie, napięcie kondensatora rośnie mimo oporów tarcia; to zwiększone napięcie kondensatora powoduje wzrost napięcia siatki, któ-

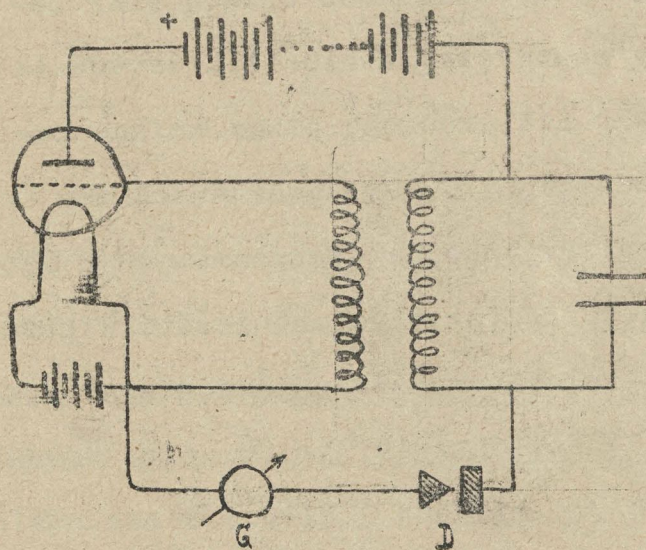
re znów z kolei podwyższa napięcia okładek i t.d. W ten sposób słabo rozkołysane drgania urosłyby niepomierzenie, gdyby nie automatyczny regulator lampy. Mianowicie wiemy, że prąd anodowy osiągnąwszy stan nasycenia już nie wzrasta chociaż napięcie siatki lub anody rośnie.

Wzrost napięcia okładek ustaje z chwilą, gdy prąd anodowy osiągnął stan nasycenia. Amplitudę drgań moglibyśmy zwiększyć, podwyższając temperaturę nitki czyli natężenie prądu grzejącego nitkę. Drgania wytworzone w ten sposób przy pomocy lampy są nadzwyczaj stałe i z łatwością można regulować ich częstość przez zmianę pojemności kondensatora C lub samoindukcji L .

Łatwo otrzymujemy powolne drgania prądu w ilości dziesiątek lub setek w sekundzie, które przepływają przez telefon wywołują jednostajny spokojny dźwięk /doświadczenie rys. 20. albo drgania bardzo szybkie /do miliona i więcej w sekundzie/ które wykryć można albo przy pomocy czułego



Rys. 20.

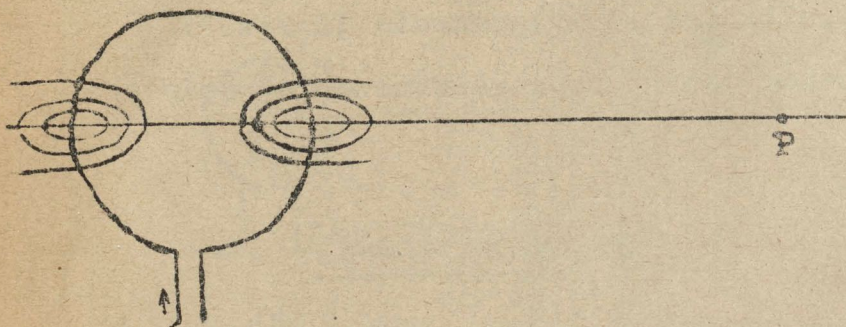


Rys. 21.

galwanometru cieplikowego, wstawionego w obwód anodowy, albo też /doświadczenie II rys. 21/ przy pomocy detektora i galwanometru prądu stałego.

FALE ELEKTROMAGNETYCZNE.

Wskutek szybkich drgań w zamkniętym obwodzie powstają w jego otoczeniu zmienne siły elektryczne i magnetyczne, które pędzą z prędkością 300,000 km/sek w przestrzeń. Jeśli przewodnik jest zamknięty, linie siły magnetycznej są krzywami zamkniętymi, opasującymi przewodnik. W odległości P od przewodnika natężenie magnetyczne da się obliczyć według prawa Biot-Savarta /rys. 22./ a mianowicie natężenie magnetyczne jest proporcjonalne do kwadratu odległości. Ponieważ odległości obu drutów od P są prawie równe, a prąd w jednej połowie płynie przeciwnie, aniżeli w drugiej przeto działanie magnetyczne w punkcie P obu połów, prawie się znosi.

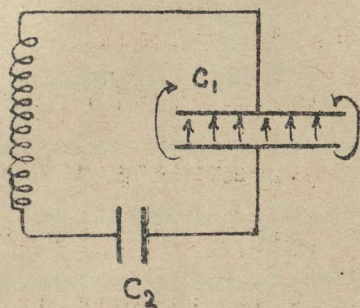


Rys.22.

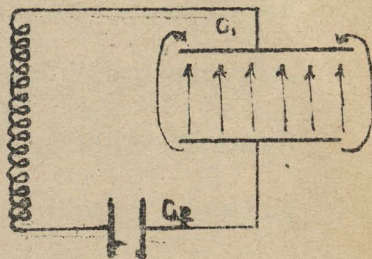
Podobnie także działanie sił elektrycznych skupia się prawie wyłącznie między okładkami kondensatora; poza nim linje siły elektrycznej są rzadkie. Inaczej ma się rzecz, gdy obwód drgający jest otwarty, wtedy działania wszystkich elementów drutu sumują się /rys.23./ w punkcie P.



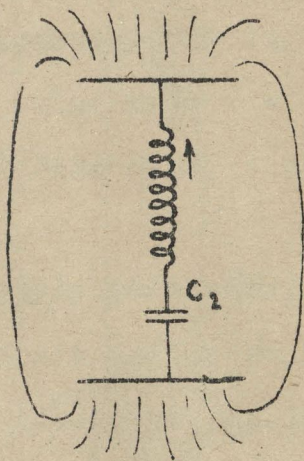
Rys.23.



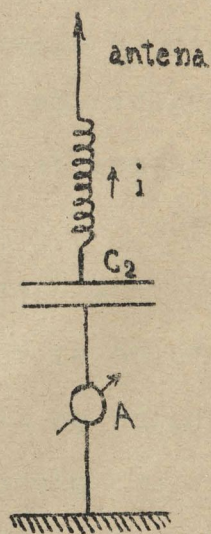
Rys. 24.



Rys. 25.



Rys. 26



Rys 27.

Stąd wniosek, że tylko otwarty obwód drgający może działać na znaczne odległości.

Jak zbudować taki otwarty obwód drgający?

Rysunki 24, 25, 26, 27 przedstawiają kolejne przejścia od obwodu zamkniętego do otwartego.

W rysunku 24. mamy zamiast jednego kondensatora dwa: C_1 i C_2 , w rysunku 25. okładki kondensatora C_1 są rozsunięte, linie siły elektrycznej występują na zewnątrz kondensatora, podobnie w rysunku 26., a wreszcie rysunek 27. przedstawia rzeczywisty obwód otwarty, w którym jedna okładka połączona jest z ziemią, a druga jest wysoka antena.

Im wyższa jest antena, tem dalej sięga jej działanie, bo siły magnetyczne są jak wiadomo proporcjonalne do długości drutu /wysokości anteny! w której płynie prąd. Ponieważ zmienia się natężenie prądu w antenie i napięcie, przeto i wielkość sił elektromagnetycznych w przestrzeni ulega zmianie: podużej sile magnetycznej a małej elektrycznej postępuje ciąg sił słabnących względnie ros-

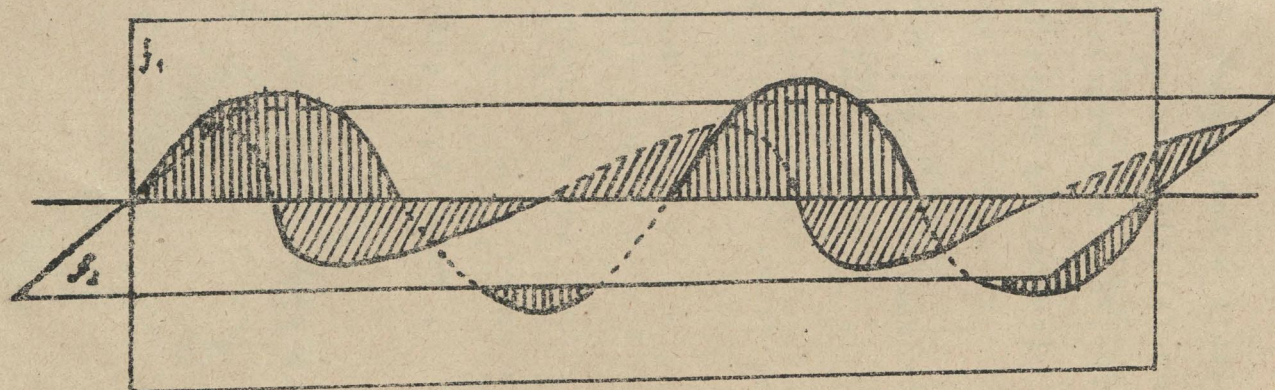


Fig. 22.

nałych i t.d. i powstaje w ten sposób zjawisko zwane promieniowaniem fal elektromagnetycznych.

Płaszczyzna fal /rys.28./ magnetycznych f_1 jest prostopadła do płaszczyzny drgań fal elektrycznych f_2 .

Długość fali elektromagnetycznej :

$$= 300,000.T \text{ km} = \frac{300,000}{n} \text{ km},$$

gdy przez T oznaczymy okres drgania, a przez n częstość.

Fale używane w radjotelefonji mają długość mniej więcej od 300 m do 1 km, w radjotelegrafji zaś od 2 do 10 km, zatem ilość drgań w sekundzie: $n = \frac{300,000}{\text{długość}}$, waha się między 1000,000 a 30,000.

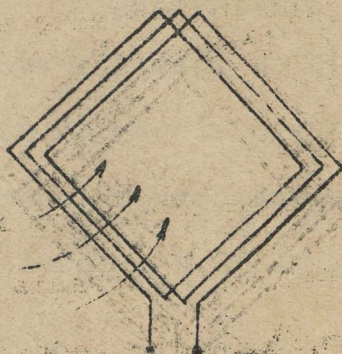
-----: o :-----

TELEGRAF I TELEFON BEZ DRUTU.

Mamy już dane wszystkie elementy, które pozwalają zrozumieć zasadę działania stacji radjotelegraficznej i telefonicznej - nadawczej i odbiorczej.

STACJA ODBIORCZA.

W stacji odbiorczej odpowiednia antena odbiera fale elektromagnetyczne. Im większa jest antena tem silniejsze jest jej działanie. W ostatnich czasach oprócz anteny rozległej, dobrze izolowanej, rozpiętej na wysokich słupach, używa się - zwłaszcza w radjotelefonji - anteny ramowej. Jest to zwój drutów / rys.29. / o dużym - ile



Rys.29.

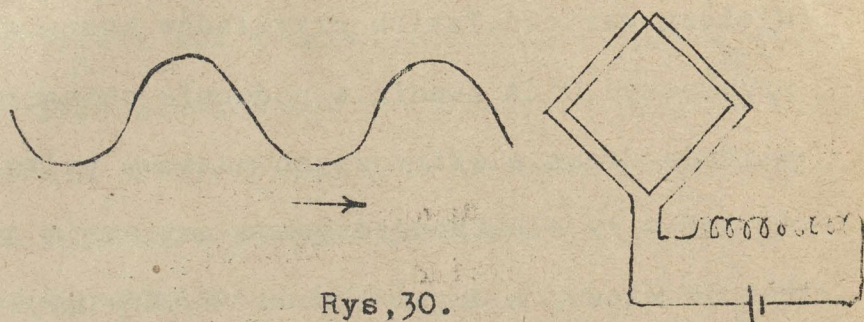
możności promieniowania, który ustawia się w kierunku, skąd przychodzi promieniowanie. Na tę antenę działają głównie po-

zione siły magnetyczne, które wzbudzają w drutach anteny siłę elektromotoryczną E , proporcjonalną jak wiadomo, do całkowitej ilości linii sił przecinającej przekrój anteny i do częstości zmian n . - Jeśli końce anteny połączymy z sobą, płynie w niej pod wpływem wzbudzonej siły elektromotorycznej bardzo słaby prąd, którego jednak bezpośrednio nie moglibyśmy wykryć. - Celem wzmocnienia go a tem samem uzyskania możności odbierania znaków radjotelefonicznych i -telegraficznych korzystamy z dwóch zjawisk:

1. zjawiska rezonancji
2. wzmocnienia słabych napięć przez lampę elektrową.

REZONANCJA ELEKTRYCZNA.

Celem skorzystania ze zjawiska rezonancji wstawiamy w obwód anteny używanej do odbierania słabych sił elektromagnetycznych jeszcze jedną cewę i kondenzator /rys. 30./ i obwód taki dostra-



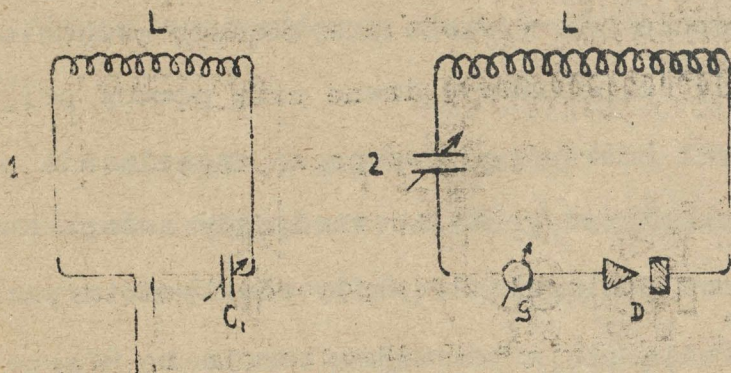
Rys, 30.

jamy do nadlatującej fali.

Fale elektromagnetyczne wzbudzają w tym obwodzie siły elektromotoryczne, które w pewnych razach mogą wywołać silne napięcia na okładkach kondensatora. i silne prądy. Rzecz przedstawia się podobnie jak w wielu, przykładach mechanicznych. Gdy np. pobudzony dzwon przy pomocy periodycznych pociągnięć sznura do drgania uda nam się rozkołysać go tylko wtedy, gdy zewnętrzne okresowe pociągnięcia /siły elektromotoryczne/ odbywają się w tem samym tempie co własne drgania dzwonu /obwodu zamkniętego./.

Wtedy amplituda wychyleń dzwona osiągnie największą wartość. Takich przykładów można więcej przytoczyć. Otóż zupełnie podobnie osiągnie amplituda drgań elektrycznych maximum tylko wtedy, gdy siły elektromotoryczne zmieniają się w tempie własnych drgań obwodu /2/. Mówimy, że obwód drgający jest w rezonancji z nadciągającymi falami.

Łatwo można zjawisko rezonancji pokazać:
Wytwarzamy w obwodzie /1/, /rys.31./ drgania

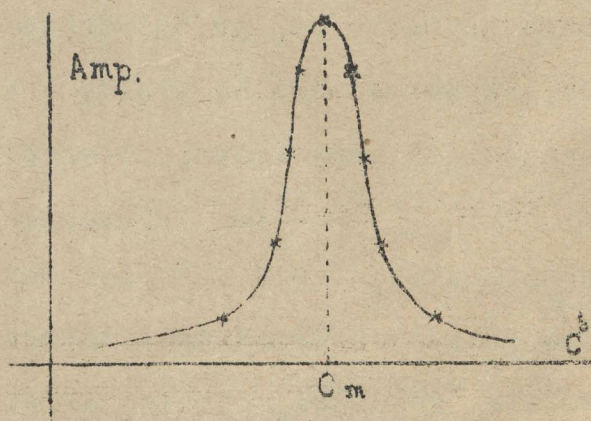


Rys.31.

elektryczne w sposób, który okazaliśmy.

W obwodzie zaś drugim umieszczamy oprócz samoindukcji L , zmiennego kondensatora C , także detektor D i czuły galwanometr. Zmiennym kondensatorem C , zmieniamy częstość własnych drgań obwodu 2, można również zmieniać częstość sił elektromotorycznych kondensatora C_1 w obwodzie 1, /porównaj ze zjawiskiem rozkołysania dzwonu/ i odczytujemy za każdym razem wychylenie galwanometru.

Rys. 32., w którym rzędne są wychyleniami galwano-



Rys. 32.

metru, a odcięte pojemnością, podaje rezultaty naszego pomiaru.

Przedstawia on t.zwaną

k r z y w ą r e z o n a n s j i .

Tylko dla pewnej wartości C_m , która sprawia, że częstość drgań obwodu 2 równa się częstości nadlatujących fal, a więc także częstości drgań obwodu 1, osiągnie wychylenie galwanometru największą wartość. Mówimy także, że dostroiliśmy oba obwody do siebie.

LAMPY ELEKTRONOWE JAKO WZMACNIACZE.

Słabe jeszcze napięcie jakie się wytwarza na okładkach kondensatora w odbiorczym aparacie, możemy jeszcze wzmocnić dzięki własnościom lampy elektronowej /rys.33./.

Słabe i zmienne napięcie Δv_s na okładkach kondensatora działa, jak na rysunku na siatkę i wywołuje dzięki własnościom lampy zmianę natężenia prądu anodowego: $\Delta i_a = \frac{k \cdot \Delta v_s}{\rho + R}$, przyczem k oznacza współczynnik wzmacnienia, ρ opór wewnętrzny lampy w obwodzie anodowym, R opór zewnętrzny w tym samym obwodzie. Prąd Δi_a płynie, jak widac

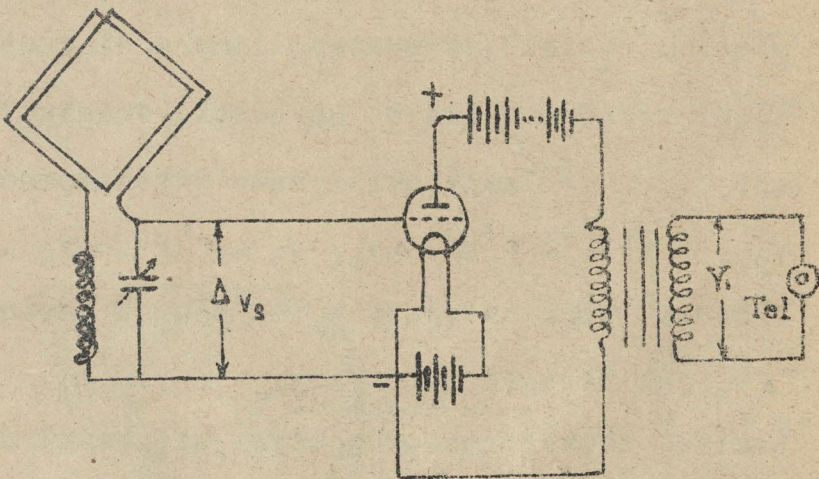
z rysunku, przez pierwszą cewę transformatora
włączoną w obwód anodowy, a ponieważ jej opór
wynosi R omów, przeto napięcie na jej końcach

$$V'_1 = R \cdot \Delta i_a = R \cdot \frac{k \cdot \Delta v_s}{\rho + R} = \frac{k \cdot \Delta v_s}{1 + \frac{\rho}{R}}$$

Gdy R zrobimy bardzo duże /100,000 do 200,000/

wobec oporu wewnętrznego lampy / $\rho = 25,000$ /

można $\frac{\rho}{R}$ wobec 1 pominąć i $V'_1 = k \cdot \Delta v_s$.



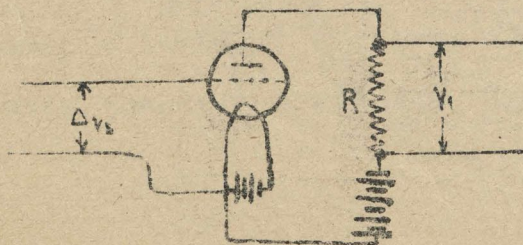
Rys. 33.

Widzimy więc, że napięcie Δv_s zostało zwiększone k razy / około 10 razy / przez jedną lampę. Ale na tem nie koniec. Zmienne napięcie v_1' zostaje przetransformowane w drugiej cewce transformatora na wyższe napięcie $v_1 = \varepsilon v_1' = \varepsilon k \cdot \Delta v_s$, gdzie $\varepsilon > 1$ równa się w przybliżeniu stosunkowi ilości zwojów w drugiej i pierwszej cewce. Nic nie stoi na przeszkodzie, aby postąpić z napięciem v_1 tak jak postąpiliśmy z napięciem Δv_s , t.j.azać mu działać na siatkę drugiej, trzeciej..... lampy, otrzymamy w ten sposób:

$$v_2 = k \cdot v_1 = \varepsilon^2 k^2 \cdot \Delta v_s, \quad v_3 = \varepsilon^3 k^3 \cdot \Delta v_s \dots\dots\dots$$

trzecia lampa zwiększy w ten sposób napięcie Δv_s już okragło 1000 razy.

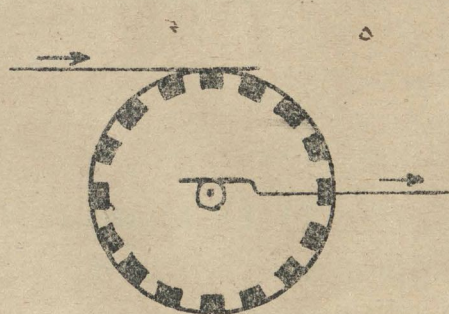
Zamiast transformatorów używa się zwykłych oporów R , które kilka razy są węższe aniżeli wewnętrzny opór lampy ρ /rys.34./



Rys.34.

RADJOTELEGRAF.

Stacja radjotelegraficzna nadawcza wysyła ciąg fal o stałej amplitudzie i częstotliwości $n=30,000$ do 300.000 jak wskazuje linja falowa /1.rys.35./ Odbierany od stacji odbiorczej anteną przy pomocy lampy elektronowej. Te szybkie grzania nie mogą jednak - z powodu wielkiej częstotliwości - działać na telefon, włączony w obwód stacji odbiorczej. Dlatego przerywany w stacji nadawczej ciąg fal n.p. 500 razy w sekundzie; automatycznie kółko metalowe /rys.36/ posiadające na

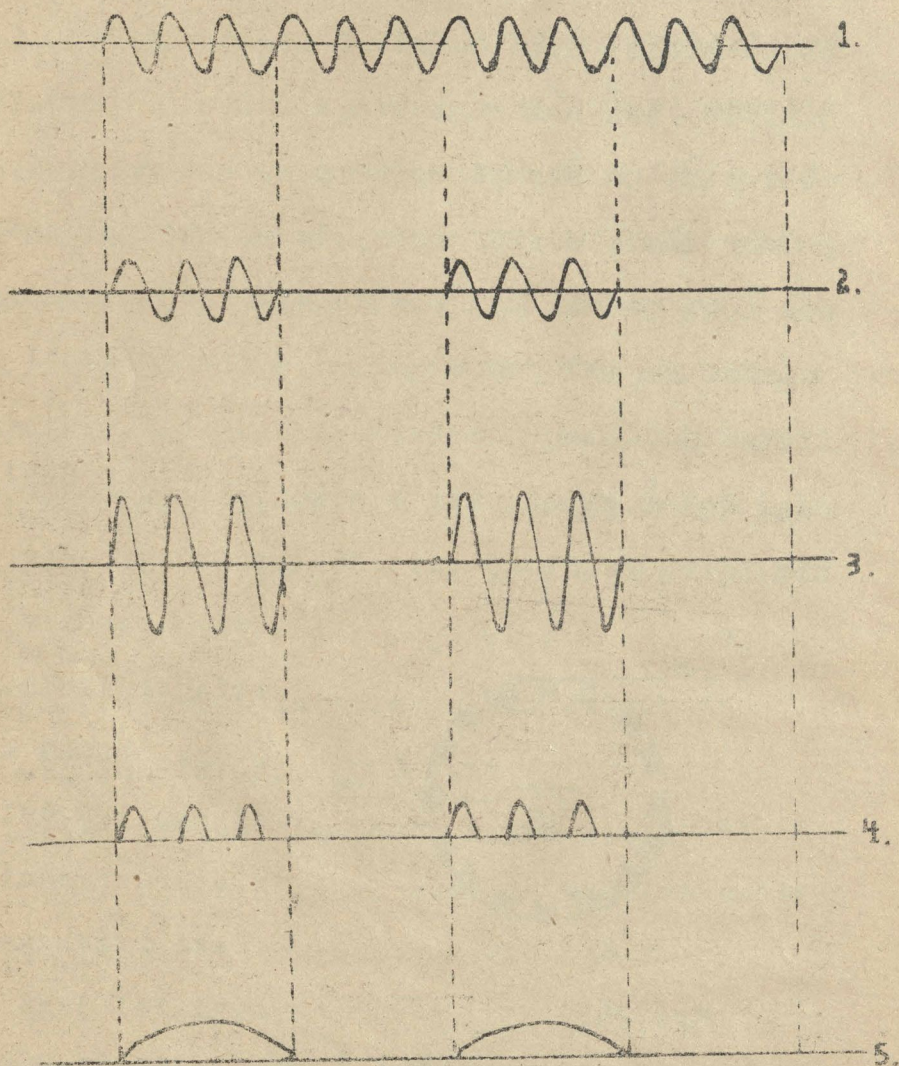


swem obwodzie wkładki izolacyjne obraca się szybko i uskutecznia przerywanie.

Taki przerywany ciąg fal jest

Rys.36,

przedstawiony linja /2/rys.35/ Jeśli długość fali wynosi dwa km, czyli $n = 150,000$, wtedy

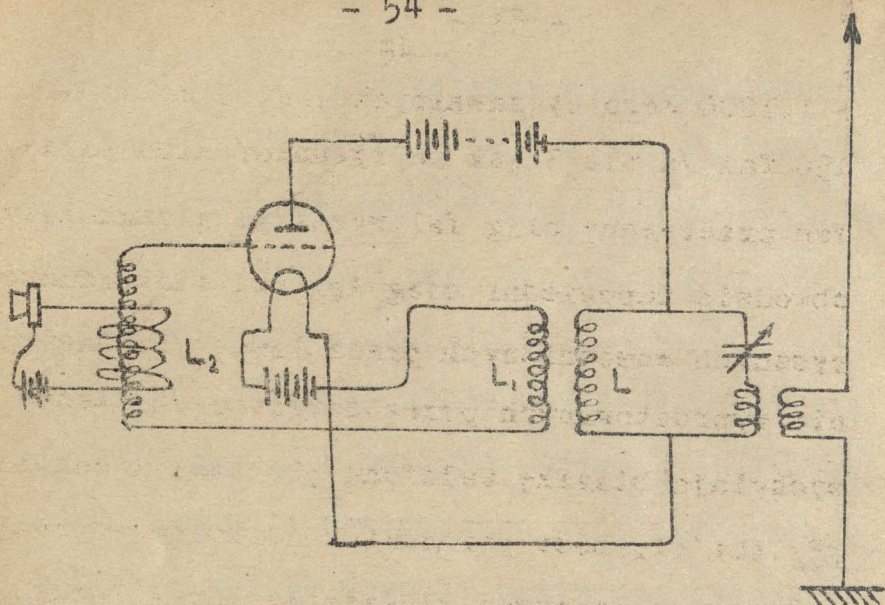


Rys. 35.

w 1/1000 sekundy zawartych jest pokolei albo 150 fal /a nie 3 jak na rysunku/ albo jedna. Ten przerywany ciąg fal wywołuje w zamkniętym obwodzie odpowiedni ciąg ~~fai~~ sił elektromotorycznych wzmocnionych przez lampę /3/, następnie wyprostowanych przez detektor /4/, które wychylają blaszkę telefonu 500 razy w sekundzie /5/. Aby się móc porozumiewać, trzeba w stacji nadawczej przerywać kluczem według alfabetu Morsego; w stacji odbiorczej słyszeć sygnały telefoniczne dłuższe lub krótsze odpowiadające kreskom i kropkom alfabetu, z których składają się litery.

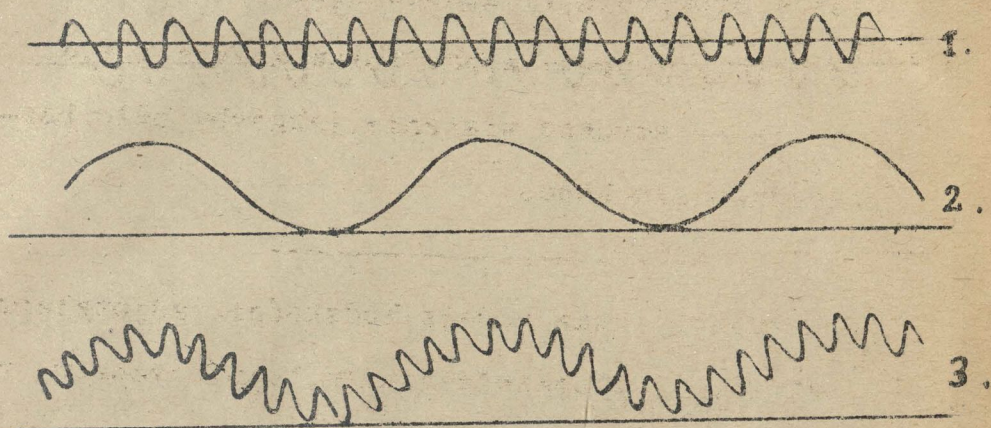
RADJOTELEFON.

Trochę odmiennie działa stacja radjotelefoniczna. Obwód zamknięty wytwarza ciąg fal przedstawiony linją falową /rys.33.1/. W obwodzie siatki znajduje się prócz cewy L_1 , także cewa L_2 , na którą nasunięta jest cewa z grubego drutu tworząca z mikrofonem M_1 /rys.37./1 ogniwem



Rys. 37.

zamknięty obwód. Gdy mówimy do mikrofonu, zmienia się jego opór w takt głosu i powoduje jak w zwykłym telefonie indukcyjne prądy w cewie L_2 , które w przybliżeniu przedstawione są na rys. 38, 2. Zatem w obwodzie siatki, a tem samem w obwodzie anodowym i drgającym tworzą się dwojakie drgania: o wysokiej częstotliwości /1/, na które nakładają się telefoniczne drgania o niskiej częstotliwości /2/ i dają razem wypadkowe



Rys. 38.

drgania, przedstawione linja /3/, które wylatują ze stacji nadawczej w świat. Na stacji odbiorczej są chwymane przez obwód drgający, nastrosjonv na drgania owvsokiej częstotści, następnie wzmochnione przez lampę działają na telefon drganiami niskiej częstotści, oddając głos bardzo wiernie. Stacje radjotelegraficzne tak silne wysyłają promieniowanie elektromagnetyczne, że z łatwością można odbierać znaki na antenach.

Znaki radjotelegraficzne działają obecnie najlepiej w promieniu kilkudziesięciu kilometrów /gorzej: kilkaset/ wtedy śpiew muzyka i t.d. sprawia estetyczne wrażenie, jakgdyby było bezpośrednio słuchane.

O usługach jakie oddają ludzkości radjotelegraf i telefon w dziedzinie handlu, bezpieczeństwa na morzu i w powietrzu w szerzeniu oświaty i kultury, przesłanie wiadomości meteorologicznych zbytecznie byłoby mówić - są to sprawy znane doskonale, mogę twierdzić, że radjotelefon nie zważający na słup graniczne będzie przede wszystkim powołany do wytworzenia wspólnego języka między narodami całego świata, do zasiśnienia między nimi węzłów szczerzego braterstwa oparteo na głębokiej kulturze, łatwości porozumiewania się i usuwania tarć - ku szczęściu ludzkości

K o n i e c .

AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA
W KRAKOWIE
BIBLIOTEKA

BIBLIOTEKA
GŁÓWNA



AKADEMII
GÓRNICZO
HUTNICZEJ

50442

Nie

wypożycza się

NZB 14025