"磁電管ノImpedanceニ就テ"

小谷正雄

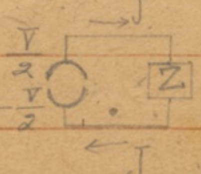
磁電管ノ作働ノ理論，就中磁電管ノimpedanceノ理論ヲ考ヘルニ當ツテハ次ノ二ツノ問題，即チ

(1) 共振回路(外部ノ負荷ヲモ含メテ)ノ電氣的振動ガ管内ノ電子運動ニ如何ナル影響ヲ及ボスカ

(2) 電子運動ガ如何ニシテ共振回路ノ振動ヲ勵起スルカ

トイフ問題ヲ取扱フ必要ガアル。本稿デハ(1)ノ問題ヲ比較的簡單ニ取扱フコトノ出來ルイハユル理想的磁電管，即チ直流電位ガ陰極カラノ距離ノ2乗ニ比例スルト仮定スルコトノ許サレル磁電管ニ就テ考ヘルコトトシ，且ツ(2)ノ問題ニ対シテハ一応分割陽極片カラ外ヘ流レル電流ヲ仲介ニ導入スルコトニ依テ問題ヲ單純化シ，共振回路及ビ外部負荷ヲ一ツノimpedance Zデ代表サセルコトトスル．

例ヘバ2分割磁電管ニ就テハ磁電管ト共振回路トヲ第1図ノ様ニ形式化シ，作働状況ニ於テ分割陽極片ノ振動電位差ヲV，陽極片カラ流レ出ル(又ハ他方ノ陽極片ヘ流レ入ル)振動電流ヲJトスルトキ陽極ノ直グ外側カラ見タ時ノ磁電管ノimpedance Z_mヲ



第1図

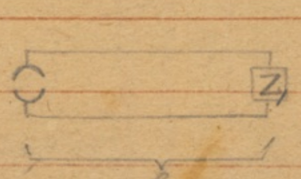
$$Z_m = -\frac{V}{J} \qquad (1)$$

ニ依テ定義スル．明カニimpedance matchingノ関係

$$Z_m = -Z \qquad (2)$$

ガ成立スル。

共振回路及ビ負荷ガ長サlノLecher線トソノ端ニ結合サレタZ_1ナルimpedanceヨリ成ル場合ヲ例ニトレバ



第2図

$$Z = \frac{\cos kl + j\frac{Z_0}{Z_1}\sin kl}{\cos kl + j\frac{Z_1}{Z_0}\sin kl} Z_1 .$$

但シ $k = \frac{\omega}{c} = \frac{2\pi}{\lambda}$．$Z_0$ハLecher線ノ特性impedance $\sqrt{\frac{C}{L}}$デ，ココニCハLecher線ノ單位長サノ容量，Lハ單位長サノ誘導係数ヲ意味スル

サテ発振シテヰル状態(或ハ他カラ振動電圧ヲ加ヘテ勵振シテヰル状態)ニ於テ

上方及ビ下方（第1図参照）ノ分割陽極片ノ電位ヲ，陰極ヲ0トシテ，夫々

$$V_a+\frac{1}{2}V \quad 及ビ \quad V_a-\frac{1}{2}V \tag{3}$$

トスル．ココニV_aハ陽極ノ直流電圧，Vハ分割陽極片ノ間ノ振動電位差デ，Vガ純粋ニ単一ノ周波数ωデ振動スルトスレバ

$$V=A\cos\omega t \qquad (A>0) \tag{4}$$

ト書クコトガ出来ル（電子運動ヲ取扱フ際ニハ(4)ノ様ニ実ノ形ヲ採ルノガ便利デアルガ，impedanceヲ考ヘル場合ニハcomplexノ書方

$$V=Ae^{j\omega t} \tag{4'}$$

ガ適当シテ居ル）コノ電位ノ振動ニ対シテハ，上方ノ分割陽極片カラ外ヘ流レ出ル電流（＝下方ノ陽極片ヘ外カラ流レ入ル電流）ヲJトスレバ，外部回路ニ着目シテ明カニ

$$J=ZAe^{j\omega t} \tag{5}$$

一方，Jハ磁電管内ノ電子運動ヲ調ベルコトニ依リ磁電管内部ノ性質トシテ計算サレル．サウスレバ(5)，(2)ニ依テ磁電管ノimpedance Z_mガ求メラレル．

Jハ次ノ如ク三ツノ部分ヲ成立ッテ居ル

$$J=J_i+J_e+J_c \tag{6}$$

J_i＝磁電管内ノ密度変調ヲ受ケテ回転シテ居ル電子雲ニ依ル誘導電流

J_e＝磁電管内ノ電子ガ陽極ヘ飛込ムコトニ依テ生ズル電流（ノ交流分）

J_c＝分割陽極片ノ一対ヲ蓄電器ト見做シタトキノ充電電流

コノウチJ_cハ最モ簡単ニ求メラレル．即チ分割陽極片ノ間ノ静電容量ヲC_mトスレバ

$$J_c=-C_m\frac{dV}{dt}=-j\omega C_mAe^{j\omega t} \tag{7}$$

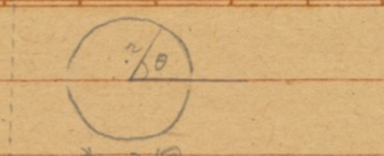
J_i，J_eヲ計算スルニハ磁電管内ノ電子運動ヲ調ベル必要ガアル

「二分割磁電管内ノ電子運動」

陽極表面ノ電位ハ(3)ニ依テ与ヘラレルガ，電子運動ヲ定メルニハ管内ノ任意ノ点(r,θ)ニ於ケル電位ヲ知ラナケレバナラナイ．直流電位ニツイテハ理想的磁電管ノ基本仮定トシテ電位ガr^2ニ比例スルモノトスル

即チ、陽極半径ヲRトスルトキ

$$U = V_a\left(\frac{r}{R}\right)^2 \qquad (8)$$



第3図

又振動部分ニツイテハ、其ノ瞬間ノ陽極電位カラLaplaceノ式ヲ解イテ静電的ニ定マル電位分布ヲ採用スル（之ハ波長ガ陽極寸法ニ比ベテ大キイ事ヲ仮定スルト共ニ、空間電荷ノ振動ニ依ル電位ヲ無視シテオルコトニナル）ソウスレバ電位ノ振動部分ハ

$$V(r,\theta) = \frac{A}{\pi}\tan^{-1}\frac{2Rr\sin\theta}{R^2-r^2}\cos\omega t$$

$$= \frac{A}{\pi}\left\{\tan^{-1}\frac{z}{jR} - \tan^{-1}\frac{\bar{z}}{jR}\right\}\cos\omega t \qquad (9)$$

但シココニzハ複素座標 $z = x+jy$, $\bar{z}$ハ其ノ共軛複素量 $x-jy$ デアル、尚、xy面ニ垂直ニ一様ナ磁界Hガアルトスルト、xy面内ニ於ケル電子ノ運動方程式ハ（電子ノ荷電ヲ$-e$トスル）

$$m\frac{d^2x}{dt^2} = (-e)\left(-\frac{\partial U}{\partial x} - \frac{\partial V}{\partial x}\right) + \frac{-e}{c}\frac{dy}{dt}H \qquad (10_1)$$

$$m\frac{d^2y}{dt^2} = (-e)\left(-\frac{\partial U}{\partial y} - \frac{\partial V}{\partial y}\right) - \frac{-e}{c}\frac{dx}{dt}H \qquad (10_2)$$

$U=(8)$ヲ代入シ、$(10_1)+j(10_2)$ヲ作リzニ対スル微分方程式トシテ書ケバ

$$\frac{d^2z}{dt^2} - j2\omega_H\frac{dz}{dt} - \omega_c^2 z = \frac{2e}{m}\frac{\partial V}{\partial \bar{z}} \qquad (11)$$

トナル、但シ

$$\omega_H = \frac{eH}{2mc} \quad (\text{Larmor}ノ角周波数) \qquad (12)$$

$$\omega_c^2 = \frac{2eV_a}{mR^2} \qquad (13)$$

(11)ハ周期的ナ外力ニ依ル強制振動ノ式ノ型式ヲモッテ居ル、外力即チ(11)ノ右辺ヲ0トシテ自由振動ヲ考ヘレバ

$$\frac{d^2z}{dt^2} - j2\omega_H\frac{dz}{dt} - \omega_c^2 z = 0 \qquad (14)$$

ヲ解イテ

$$z = C_1 e^{j\Omega_1 t} + C_2 e^{j\Omega_2 t} \qquad (15)$$

$$\left.\begin{matrix}\Omega_1\\ \Omega_2\end{matrix}\right\} = \omega_H \pm\sqrt{\omega_H^2-\omega_c^2} \qquad (16)$$

トナリ、角速度Ω_1, Ω_2ノ二ツノ円運動ノ重畳トナル、外力ヲ表ハス(11)ノ

右辺ハ(9)ヲ代入スレバ

$$\frac{2jeA}{m\pi R}\cdot\frac{1}{1-\frac{z^2}{R^2}}\cdot\cos\omega t \qquad (17)$$

トナリ、之ハ時間的ニ $\cos\omega t$ ニ比例シテ変化スル他ニ、電子ノ座標 z ノ函数デモアル。併シ $\left(1-\frac{z^2}{R^2}\right)^{-1}$ ヲ z ノ冪デ展開シテ最初ノ項ダケヲトレバ(17)ハ $const\times\cos\omega t$ ノ形トナリ、ω ガ(16)ノ Ω_1, Ω_2 ノ何レカニ等シイ時ニ共鳴ノ現象ガ起ル。コノ様ナ共鳴條件ノ成立ツ場合ニ限テ比較的小サイ振幅ヲ持ツ外力ガ電子ノ運動ニ對シテ永年的ニ大キイ影響ヲモツノデ、少クトモ近似的ニ共鳴條件ノ成立ツ場合ガ我々ノ興味ヲ惹クコトニナル。事実、磁電管ノ発振ノ理論ニ依レバ $\omega\doteqdot\Omega_2$ ノ場合ニハ二分割磁電管デ極数 $p=1$ ノ発振ガ可能デアル。因テ我々ハ先ヅ $\omega\doteqdot\Omega_2$ ト仮定シヨウ。サウスレバ(17)ノ $\left(1-\frac{z^2}{R^2}\right)^{-1}$ ノ展開カラ現レル z ノ高次ノ冪乗ノ項ハ自由振動ニ共鳴シナイコトニナルノデ、無視シテ大キイ誤ハナイ。尚 $\cos\omega t$ ノウチ $e^{-j\omega t}$ ノ部分モ同ジ理由カラ無視出来テ結局外力(17)トシテハ

$$j\frac{eA}{m\pi R}e^{j\omega t}$$

ダケヲ採レバ宜シイコトガワカル。従ッテ(11)ハ

$$\frac{d^2z}{dt^2}-j2\omega_H\frac{dz}{dt}-\omega_c^2 z=j\frac{eA}{m\pi R}e^{j\omega t} \qquad (18)$$

コノ一般解ハ

$$z=C_1e^{j\Omega_1 t}+C_2e^{j\Omega_2 t}-j\frac{\frac{eA}{m\pi R}}{(\omega-\Omega_1)(\omega-\Omega_2)}\cdot e^{j\omega t} \qquad (19)$$

デ、C_1, C_2 ハ初期條件ニ依ッテ定マル常数デアル。

電子ガ $t=0$ ニ於テ中心ニアル十分細イ陰極カラ殆ンド0ト見做シ得ル初速度ヲ以テ放射サレタトスレバ

$$C_1\doteqdot 0,\qquad C_2\doteqdot -j\frac{\frac{eA}{m\pi R}}{(\Omega_1-\Omega_2)\Delta\omega}$$

但シ $\Delta\omega=\omega-\Omega_2$

トナリ

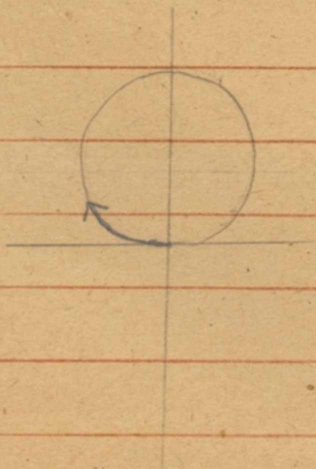
$$z\doteqdot j\frac{eA}{m\pi R(\Omega_1-\Omega_2)\Delta\omega}\left(1-e^{-j\Delta\omega t}\right)e^{j\omega t} \qquad (20)$$

ト書カレル。$\Delta\omega$ ハ ω ノ共鳴カラノズレヲ表ハスモノデアルガ

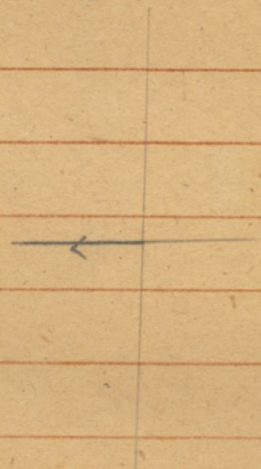
共鳴ガ正確ニ成立チ $\Delta\omega=0$ デアル場合ニハ

$$Z=-\frac{eA}{m\pi R(\Omega_1-\Omega_2)}\,t\cdot e^{j\omega t} \tag{21}$$

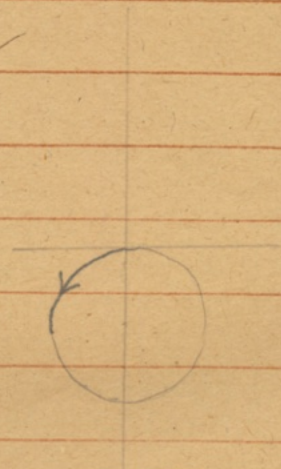
(20), (21) ノ表ハス電子運動ヲ見易クスルニハ複素平面上ニ $Ze^{-j\omega t}$ ヲ描ケバヨイ. 之ハ丁度 ω ナル角速度デ回轉スル座標系カラ見タ電子ノ軌道ヲ描クコトニ相當スル.



第4図
$\Delta\omega>0$



第5図
$\Delta\omega=0$



第6図
$\Delta\omega<0$

$\Delta\omega\neq0$ ノトキハ コノ軌道ハ原点ニ於テ x 軸ニ切スル円デ $\Delta\omega>0$ 及ビ $\Delta\omega<0$ ノトキニハ円ハ夫々 x 軸ノ上方

 陸軍

及ビ下方ニアル円ノ半徑ヲρトスレバ

$$\rho = \frac{eA}{m\pi R(\Omega_1 - \Omega_2)|\Delta\omega|} \qquad (22)$$

デ電子ガ陽極ニ到達スルタメニハ

$$\rho > \frac{R}{2}$$

即チ

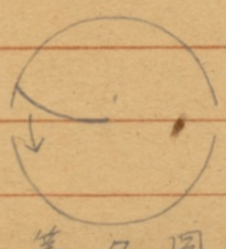
$$|\Delta\omega| < \frac{2eA}{m\pi R^2(\Omega_1 - \Omega_2)} \qquad (23)$$

デアルコトヲ必要トスル. 電子ハ之等ノ円ノ周上ヲ

$$v = \frac{eA}{m\pi R(\Omega_1 - \Omega_2)} \qquad (24)$$

ナル一定ノ速サデ運動スル. 特ニ$\Delta\omega = 0$ノ場合ニハ電子ハコノ速度デ$-x$方向ニ直線ノ軌道ヲ描イテ進ム.

電子ノ初メノx及ビ初速度ガ無視デキル限リ, 電子ガ陰極カラ飛出ストキノ振動ノ位相ニ関係ナク電子ノ軌道ガ上述ノヤウニ定マルトイフコトハ磁電管内デ電子ガ振動電位ノタメニ極端ナ密度変調ヲ受ケテ, 電子群ガ電荷ノ線(三次元的ニ考ヘレバ面)トシテ角速度ωデ回轉スルコトヲ意味シテヰル(第7圖). コノヤウニシテ電子極ノ生成ガ説明サレル.



第7.圖

(数値例) $U_a = 500$ボルト, $H = 500$ガウス,

$R = 0.5\ cm$ トスレバ $\frac{2m}{e}\omega_c = H_c = 300$ガウス

$$v = \frac{A}{\pi R\sqrt{H^2 - H_c^2}} = \frac{A\ (\text{ボルト})}{0.6\pi \times 10^5} \times c$$

AヲU_aノ15% 75ボルトトスレバ $v = \frac{c}{800\pi}$

陸軍

$$\omega = \omega_H - \sqrt{\omega_H^2 - \omega_c^2} = 0.88 \times 10^9, \quad \omega R = \frac{c}{68}$$

(24) ニヨル $\frac{|\Delta\omega|}{\omega}$ ノ上限ハ $\frac{v}{\omega R} = 0.027$,

尚コノ作動條件ニ対シテ發振波長ハ $\lambda = \frac{2\pi c}{\omega} = 214$ cm.

[J_e ノ計算]

電子ハ第7図ニ示シタヤウナ線状ノ電子極ガ陽極ニ達スル所(P点)デソノ分割陽極片ニ飛込ムト考ヘル. 第7図ニ示サレテヰルノハ $t=0$ ニ於ケル電子極ノ位置デ

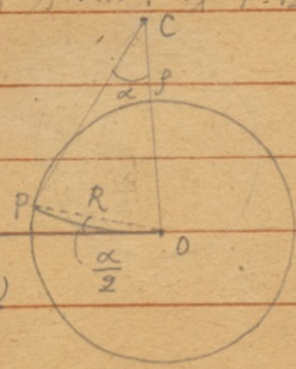
コレガ角速度 ω デ回轉スルコトヲ考ヘレバ, 電子流ハ

$$\frac{\alpha}{2\omega} + \frac{2\pi n}{\omega} < t < \frac{\alpha}{2\omega} + \frac{2\pi(n+\frac{1}{2})}{\omega}$$

ノ間ハ下方ノ分割陽極片ヘ,

$$\frac{\alpha}{2\omega} + \frac{2\pi(n+\frac{1}{2})}{\omega} < t < \frac{\alpha}{2\omega} + \frac{2\pi(n+1)}{\omega}$$

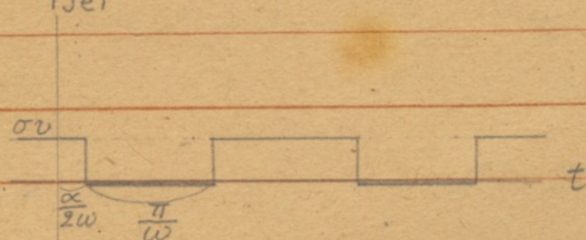
ノ間ハ上方ノ分割陽極片ヘ



第7図

O ハ陰極. OP ノ円弧ガ電子極ヲ表ハス. C ハソノ円ノ中心

流レ込ムト考ヘラレル. 電子流ノ絶対値ハ, 電子極ノ電荷面密度ヲ $-\sigma$ ($\sigma > 0$) トスレバ σv デアルカラ, 上方ノ陽極片ヘ流レ入ル電子流(ノ絶対値)ハ第8図ノヤウナ形ヲトル. 之ヲ Fourier 級数ニ展開スレバ



第8図

$$J_e = -\sigma v\left\{\frac{1}{2} - \frac{1}{\pi}\sum_{m=0}^{\infty}\frac{1}{2m+1}\sin\left[(2m+1)\left(\omega t + \frac{\alpha}{2}\right)\right]\right\} \qquad (25)$$

従ッテ, 角周波数 ω ノ成分ダケヲトレバ

$$J_e = \frac{\sigma v}{\pi}\sin\left(\omega t + \frac{\alpha}{2}\right)$$

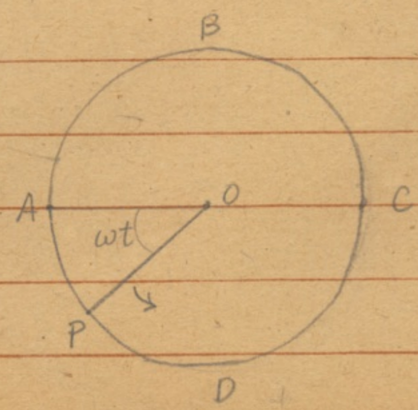
$$= \frac{\sigma v}{\pi}\cos\frac{\alpha}{2}\sin\omega t + \frac{\sigma v}{\pi}\sin\frac{\alpha}{2}\cos\omega t \qquad (26)$$

角αハ第7図及ビ(22)(24)カラ

$$\sin\frac{\alpha}{2}=\frac{R}{v}\Delta\omega=\frac{m\pi R^2(\Omega_1-\Omega_2)}{eA}\Delta\omega,\quad -\frac{\pi}{4}<\alpha<\frac{\pi}{4}\qquad(27)$$

ニヨツテ定マル。(26)カラワカルヤウニ、J_eハ印加電圧$A\cos\omega t$ト同位相(又ハ逆位相)ノ部分ト、ソレカラ$90°$ズレタ位相ノ部分トカラ成立チ、正確共鳴($\Delta\omega=0$)ノ場合ニハ前者ハ0トナル。後デワカルヤウニ、J_eノ電圧ト同位相(又ハ逆位相)ノ部分ハimpedanceニ負抵抗(又ハ正抵抗)ヲ寄與シ、$90°$ズレタ部分ハ容量的ニ作用スル。

[J_iノ計算]



第9図

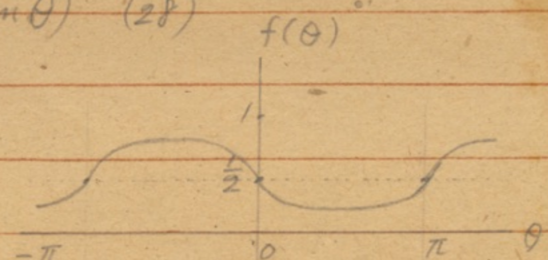
J_iノ計算ハ稍、複雑デアルカラ、先ヅ$\Delta\omega=0$デ、極ガ第9図ニ示スヤウニ直線状ニテキテヰル場合ヲ取扱フ。上ト同ジク、極ノ電荷面密度(紙面ニ垂直ナ單位長サ及ビ動径方向ノ單位長サニ含マレル電気量)ヲ$-\sigma$トスレバ、極ノ全体ノ電気量ハ$-\sigma R$デアル。今、分割陽極片ノ間ノ隙間ヲ無視シ、二ツノ陽極ノ面ガ完全ナ円ABCDヲ形成シテヰルト見做セバ、陽極面全体ニハσRダケノ電気量ガ誘導ニヨツテ現ハレテヰル筈デアルガ、ソノ密度ハP点ノ附近ガ最大デ反対方向デハ最小デアル。コノ電荷密度ノ分布ハ二次元的ナ静電気ノ問題ヲ解イテ求メラレルガ、ソノ詳細ノ計算ハコヽニ省ク。第9図ノABCノ半円周上ニ現ハレテヰル電気量ヲ$\sigma R f(\omega t)$、ADCノ半円周上ニ現ハレテヰル電気量ヲ$\sigma R[1-f(\omega t)]$トスレバ、計算ノ結果

$$f(\theta)=\left(\frac{1}{2}-\frac{\theta}{\pi}\right)\cos\theta+\frac{\sin\theta}{\pi}\log(2\sin\theta)\qquad(28)$$

$$0<\theta<\pi$$

$$f(-\theta)=1-f(\theta),\quad f(\theta+2\pi)=f(\theta)$$

ヲ得ル。$f(\theta)$ハ第10図ニ示スヤウニ$\theta=n\pi$ノトキ$\frac{1}{2}$トナリ、ソノ近クデ



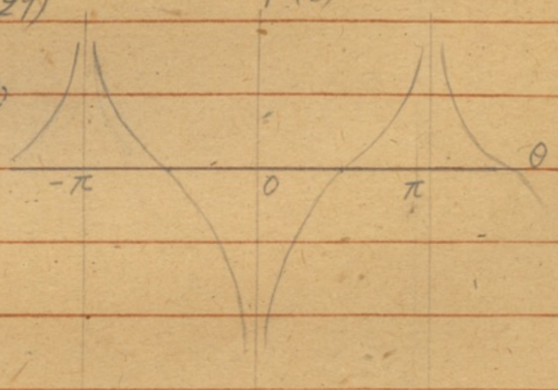
第10図

急激ニ変化スル. $\theta=\frac{\pi}{4}+2n\pi$ ノトキ最小値 $\frac{\log 2}{\pi}=0.226$, $\theta=-\frac{\pi}{4}+2n\pi$ ノトキ最大値 $1-\frac{\log 2}{\pi}=0.774$ ヲトル.

第1圖ヲ参照スレバ, J_i ハ第9圖ノ上ノ半円 ABC ニ現レテヰル誘導電荷ノ時間的変化ノ割合デ與ヘラレル. 即チ

$$J_i=\sigma R\omega f'(\omega t) \cdots\cdots \quad (29)$$

$$f'(\theta)=\left(\frac{\theta}{\pi}-\frac{1}{2}\right)\sin\theta+\frac{\cos\theta}{\pi}\log(2\sin\theta) \quad (30)$$



第 11 圖

$f'(\theta)$ ハ第11圖ニ示スヤウナ形ヲ有シ, $\theta=n\pi$ ノ附近デ対数的ニ無限大トナル. 之ハ電子極ガ陽極片ノ切レ目ヲ通過スルトキ陽極片ノ間ノ電荷ノ分配ガ急激ニ変化シ, 誘導電流ガ大キクナルコトヲ意味スル. (29) ヲ Fourier 級数ニ展開スレバ

$$J_i=\frac{\sigma R\omega}{\pi}\sum_{m=0}^{\infty}\frac{\cos(2m+1)\omega t}{m+1} \quad (31)$$

特ニ, 基本項ダケヲトレバ

$$J_i=\frac{\sigma R\omega}{\pi}\cos\omega t \quad (32)$$

トナル. (32) ヲ (26) ト比較スレバ, 大キサノ程度ニ於テ

$$|J_i|/|J_e| \sim \frac{R\omega}{v} \quad (33)$$

デアルコトガワカル. 之ハ通例1ヨリカナリ大キク, 前ニ掲ゲタ数値例デハ約37ノ程度ノ数デアル. 従ッテ J_e ニ比ベテ J_i ガ遥カニ重要デアル. 併シ陽極片間ノ振動電位差ノ振幅 A ガ更ニ大キクナリ, 又 H ガ更ニ H_c ニ近ヅケバ (33) ノ比ハ小サクナル筈デアル.

J_i ハ (31)(32) ニ見ルヤウニ, 正確共鳴ノ場合ニハ丁ト

同位相デアルガ之ハZ_mニ対シテ負抵抗ヲ實現スルコトヲ示ス.

共鳴ガ正確デナク, $\Delta\omega \neq 0$ノトキノJ_iノ計算モ原理ハ簡単デ第9圖ノ直線状電子極ノ代リニ第7圖ノヤウナ円弧状電子極ヲ考ヘテ誘導電荷ノ分配ヲ調ベレバヨイ. 併シ計算ハカナリ複雑デ(31)ニ相當スル式ハ簡単デナイ. (32)ニ相當スル基本項ダケノ結果ヲ記セバ

$$J_i = \frac{\sigma R \omega}{\pi}\left[\cos\omega t - \frac{\alpha - \sin\alpha}{1-\cos\alpha}\sin\omega t\right] \qquad (33)$$

トナリ, コノαハ(26), (27)ノαト同ジデアル.

(34)ニヨレバJ_iノウチVト同位相ノ部分ハ正確共鳴ノ場合ト同ジデ, 共鳴ガ不完全ノトキニハ, ソレト90°位相ノズレタ部分ガツケ加ハル

(34)

α	$\frac{\rho}{R}$	$\frac{\alpha-\sin\alpha}{1-\cos\alpha}$
0	∞	0
$\frac{\pi}{4}$	1,366	0,268
$\frac{\pi}{2}$	0,5	$\frac{\pi}{2}-1=0,571$

J_iヲ

$$J_i = \frac{\sigma R \omega}{\pi} F \cdot \cos(\omega t + \beta) \qquad (35)$$

ノ形ニ書ケバ F ノ最大値ハ 1.152, β ノ最大値ハ約 30° デアル.

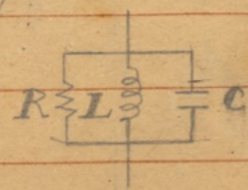
以上デ電流ノ計算ガ終ッタ. 之ヲ(6)ニ代入シ complex ノ書方ニカヘレバ

$$J=\left\{\frac{\sigma R\omega}{\pi}+\frac{\sigma v}{\pi}\sin\frac{\alpha}{2}\right\}e^{j\omega t}+\left\{\frac{\sigma R\omega}{\pi}\frac{\alpha-\sin\alpha}{1-\cos\alpha}-\frac{\sigma v}{\pi}\cos\frac{\alpha}{2}-\omega C_m A\right\}je^{j\omega t}\qquad(36)$$

従ッテ(2),(5)ニヨリ磁電管ノ impedance Z_m ハ

$$\frac{1}{Z_m}=-\frac{J}{V}=-\left(\frac{\sigma R\omega}{\pi A}+\frac{\sigma v}{\pi A}\sin\frac{\alpha}{2}\right)+j\left(-\frac{\sigma R\omega}{\pi A}\frac{\alpha-\sin\alpha}{1-\cos\alpha}+\frac{\sigma v}{\pi A}\cos\frac{\alpha}{2}+\omega C_m\right)\qquad(37)$$

トナル. 磁電管ヲ第12圖ノヤウナ等價回路デオキカヘタト考ヘレバ(フイラメントニ平行ナ方向ノ單位長サニツキ)



第12圖

$$\frac{1}{\mathbb{R}}=-\frac{\sigma R\omega}{\pi A}-\frac{\sigma v}{\pi A}\sin\frac{\alpha}{2}\qquad(38)$$

$$\frac{1}{\mathbb{L}}=\begin{cases}\frac{\sigma R\omega^2}{\pi A}\frac{\alpha-\sin\alpha}{1-\cos\alpha} & \Delta\omega>0 \text{ ノトキ}\\ 0 & \Delta\omega<0 \text{ ノトキ}\end{cases}\qquad(39)$$

$$\mathbb{C}=\begin{cases}C_m+\frac{\sigma v}{\pi A\omega}\cos\frac{\alpha}{2} & \Delta\omega>0 \text{ ノトキ}\\ C_m+\frac{\sigma v}{\pi A\omega}\cos\frac{\alpha}{2}+\frac{\sigma R}{\pi A}\cdot\frac{-\alpha+\sin\alpha}{1-\cos\alpha} & \Delta\omega<0 \text{ ノトキ}\end{cases}\qquad(40)$$

トナル

最モ主要ナ項ハ $\mathbb{R}$ ノ中ノ $-\frac{\pi A}{\sigma R\omega}$ デ, 之ハ誘導電流ニヨッテ生ジ, 負抵抗ヲ意味スル. 充電電流及ビ陽極ヘノ電子流ハ Z_m ニ對シテ容量的ナ項ヲ與ヘ, 誘導電流ノウケ共鳴ノ食違ヒニヨル分ハ $\omega>\Omega_2$ ノトキハ誘導的ニ, $\omega<\Omega_2$ ノトキハ容量的ニ作用スル.

陰極カラノ電子放射ノ狀況ガ空間電荷制限ノトキハ σ ハ A ニヨラズ一定ト見ルコトガデキヨウ. コノトキニハ

$$\frac{\pi A}{\sigma R\omega}\propto A\qquad\frac{\sigma v}{\pi A}\propto A^0\qquad(41)$$

トナリ, 外部ノ負荷ヲ増セバ A ハ増加スルコトガ期待サレル. 温度制限ノトキニハ A ノ変化ニヨッテ直流電位ノ分布モ変ル可能性ガアルノデ明確ナ結論ヲ(38),(39),(40)カラ出スコトハ困難デアルガ, 直流電位ハ不変デ(8)ニヨッテ與ヘラレルモノトスレバ

$$\frac{\pi A}{\sigma R\omega}\propto A^2\qquad\frac{\sigma v}{\pi A}\propto A^{-1}\qquad\sigma v\propto A^0\qquad(42)$$

トナル.

正確共鳴ノトキノ等價負抵抗ノ絶對値ハ I ヲ陽極電流 $(=\sigma v)$ トシテ

$$-R=\frac{A}{I}\,\pi\frac{v}{R\omega} \qquad (43)$$

ノ形ニ書カレルカラ，陽極電位ノ振幅ト陽極電流トノ比ニ $\frac{\pi v}{R\omega}$ ヲ乘ジタモノニ等シイ．從ッテ抵抗ハ A/I ヨリハ絶對値ニオイテカナリ小サイ（前ノ数値例デハ $\frac{\pi v}{R\omega}=0.085$）

[エネルギー及ビ能率]

正確共鳴ノ場合ニエネルギーノ関係ヲ考ヘヨウ．

陽極電圧 V_a，陽極電流 I ナラバ入力ハ V_aI ワット．発振能率ヲ η トスレバ磁電管ノ出力ハ ηV_aI デアル．之ダケノエネルギーガ毎秒外部ノ Z デ消費サレテヰル筈デアルカラ，

$$\eta V_aI=\Re\left(\frac{1}{2Z}V\bar{V}\right)=\frac{A^2}{2}\Re\left(-\frac{1}{Z_m}\right) \qquad (44)$$

從ッテ (37) カラ

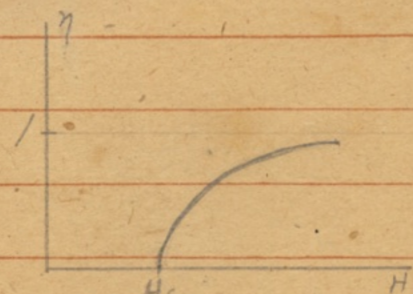
$$\eta V_aI=\frac{\sigma R\omega A}{2\pi}$$

$I=\sigma v$，(24)，(13) ヲ参照スレバ之カラ

$$\eta=\frac{\omega_H-\sqrt{\omega_H^2-\omega_c^2}}{2\pi V_a}\,\frac{2m\pi R^2\sqrt{\omega_H^2-\omega_c^2}}{e}=\frac{2(\omega_H-\sqrt{\omega_H^2-\omega_c^2})\sqrt{\omega_H^2-\omega_c^2}}{\omega_c^2}$$

即チ

$$\eta=\frac{2\sqrt{\omega_H^2-\omega_c^2}}{\omega_H+\sqrt{\omega_H^2-\omega_c^2}} \qquad (45)$$



ヲ得ル．次数 n トシテ

$$n=\frac{\Omega_1+\Omega_2}{\Omega_2}=\frac{2\omega_H}{\omega_H-\sqrt{\omega_H^2-\omega_c^2}}$$

ナル数ヲ導入スレバ

$$\eta=\frac{n-2}{n-1} \qquad (46)$$

ト書カレルガ，之ハ Herriger–Hülster ― 朝永ノ式ニ一致スル

以上ノ取扱ハ $\omega\sim\Omega_2$ トシタガ，$\omega\sim\Omega_1$ ナラバ磁電管ハ

正抵抗ヲ示ス、ソノ場合ノ議論ハココニハ省略スル、尚、
分割数（或ヒハ電子極ノ数）ガ多イ場合ノ計算モココニハ省ク、

尚、本稿ノ解析ハ磁電管内ノ空間電荷ノ問題トイフ面カラ
見レバ、カナリ理想化ガ過ギテ不完全ト思ハレル点ガ少クナイ
コトヲ附記スル、