HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	電力發振器の負荷と出力等の關係
Author(s)	黑部, 貞一
Citation	北海道大學工學部彙報, 4, 8-23
Issue Date	1950-08-01
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/40462
Type	departmental bulletin paper
File Information	4_8-23.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

電力發振器の負荷と出力等の關係

助教授　黒　部　貞　一

(昭和25年1月27日受理)

The Relation Between the Load and the Output etc. of the Power Oscillator

Teiichi Kurobe

Abstract

The load is not constant and varies considerably on the power oscillator which is employed by the high frequency industry except communication. So I studied theoretically the relation between the load resistance and the output, the grid loss, the plate loss, and the efficieney assuming that the vacume tube characteristics are linear and the grid current wave form is triangle. The results obtained are as follows.

(1) The case the grid leak resistance is constant.

(a) The case assuming that the plate current = the emission current.

The output, the grid loss, and the efficiency increase as the load resistance increases.

(b) The case assuming that the plate current = the emission current — the grid current.

The output, the plate loss and the efficiency have the maximum value. The maximum point of the output is near $E_{p\,\min}/E_{g\,\max} \fallingdotseq 1$, the maximum point of the plate loss is near $E_{p\,\min}/E_{g\,\max} \fallingdotseq 10$, and the maximum point of the efficiency is near $E_{p\,\min}/E_{g\,\max} \fallingdotseq 0.5$. The plate loss curve is very sharp, the efficiency curve is flat, and the output curve is middle. The grid loss increases and saturates as the load resistance increases.

(2) The case the grid bias is constant.

(a) The case assuming that the plate current = the emission current.

The output, the grid loss, and the efficiency increase as the load resistance decreases.

(b) The case assuming that the plate current = the emission current — the grid current.

The grid bias is constant at the two different grid leak resistances, and at the small grid leak resistance the output and the grid loss are very large. In the range of the large grid leak resistance the output and the grid loss increase as the load resistance decrease, otherwise in the range of the small grid leak resistance these relations are inverse and the output have maximum value.

(3) The case $E_{p\,\min}/E_{g\,\max} = 1.2$ and assuming that the plate current = the emission current — the grid current.

The output, the grid loss, and the plate loss increase as the load resistance decreases, and the efficiency relation is inverse.

目　次

Ⅰ 緒　言 …… 9
Ⅱ 格子偏倚電壓一定なる場合 …… 9
1. 出　力 …… 9
2. 格子損失，能率 …… 11
3. 例 …… 13
Ⅲ 格子漏洩抵抗一定なる場合 …… 14
Ⅳ 陽極電流＝放射電流—格子電流とした場合 …… 16
1. 格子漏洩抵抗一定なる場合 …… 17
2. 格子偏倚電壓一定なる場合 …… 20
3. $E_{p\min}/E_{g\max}=1.2$ なる場合 …… 21
Ⅴ 結　論 …… 23

Ⅰ 緒　言

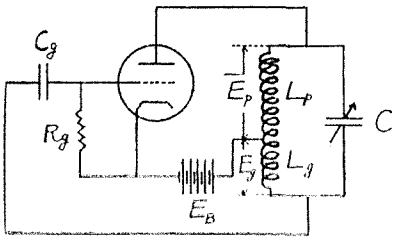
高周波加熱，Diathermy の如き通信以外の高周波應用に用いられる高周波電源は主に電力發振器である．即ち發振器に直接負荷を結合して電力を供給するものである．高周波應用に之が用いられる理由は適當な遮蔽室を設ければ空間に發射されるエネルギーは無視出來る程度であるから，周波數安定度がきびしくないことと無線送信機の如く水晶發振器，勵振器，電力增幅器等よりなる物に比し價格が遙かに安く，又保守も遙かに容易であるからである．

而して斯かる高周波應用に於ては負荷が變動することが特徴である．A級增幅器ならば定起電力，定內部抵抗の發電機と考えられるから，負荷と出力の關係は負荷インピーダンス＝內部抵抗，即ちインピーダンス整合のとき最大出力が得られる．又此の時能率も最大にして50％である．而しB級及びC級增幅器に於ては定起電力ではあるが內部抵抗は負荷と共に變動し，出力最大の點は負荷インピーダンス＝內部抵抗の點ではなくて內部抵抗よりも小なる點である．又能率は負荷の大なる程よくなる．而して發振器の場合は起電力，內部抵抗共に負荷と共に變動し負荷と出力等の關係は增幅器の如く簡單には求められず，未だ明らかにされていない．そこで筆者は眞空管の特性を linear とし格子電流波形を三角波と假定して，理論的に之等の關係を求め，ここに發表した次第である．

Ⅱ 格子偏倚電圧一定なる場合

1. 出　力

發振器は反結合發振器であれば何れの型でもよいが，便宜上ハートレー型發振器を第1圖にのせた．又陽極電壓，電流，格子電壓，電流等の關係が第2圖の如くなることは周知の通りである．



第1圖 發振器回路

今眞空管の特性を linear と假定すれば

$$i_p = g_m\left(-E_c + E_g\cos\omega t + \frac{E_B - E_p\cos\omega t}{\mu}\right) \cdots (1)$$

但し

i_p ＝陽極電流瞬時値

E_B ＝陽極直流電壓

E_p ＝陽極交流電壓振幅（基本波）

E_c ＝格子偏倚電壓

E_g ＝格子交流電壓振幅（基本波）

μ ＝増幅率

g_m ＝相互コンダクタンス

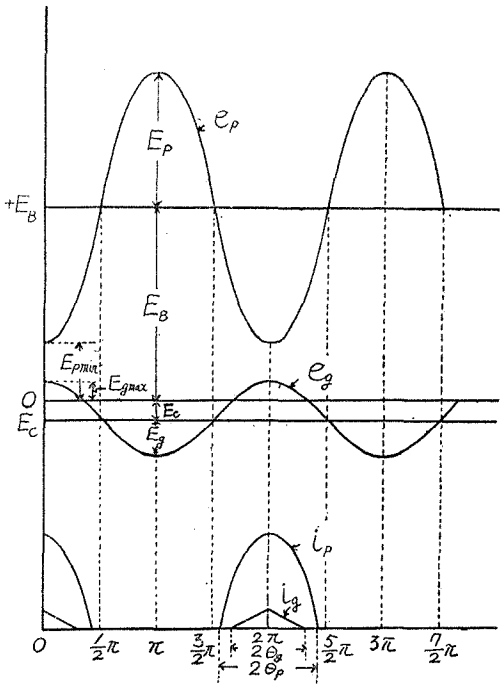
E_c なる格子偏倚電壓は格子漏洩抵抗 R_g の兩端の直流電壓で，負荷が變化すれば R_g を加減して E_c を一定に保つものとす．

今 $\omega t=\theta_p$ のとき $i_p=0$，即ち θ_p を陽極電流流通角の $\frac{1}{2}$ とすれば，(1) 式より

$$\cos\theta_p=\frac{E_c-E_B/\mu}{E_g-E_p/\mu} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots \quad (2)$$

この關係を (1) 式に代入すれば

$$i_p=g_m(E_g-E_p/\mu)(\cos\omega t-\cos\theta_p)\cdots \quad (3)$$



第 2 圖　陽極電壓，電流，格子電壓，電流の關係

(3) 式をフーリエの級數により基本波 I_{p1} を求むれば

$$I_{p1}=\int_{-\theta_p}^{\theta_p} g_m\left(E_g-\frac{E_p}{\mu}\right)(\cos\omega t-\cos\theta_p)\cos\omega t\,d\omega t$$

$$=\frac{g_m}{2\pi}\left(E_g-\frac{E_p}{\mu}\right)(2\theta_p-\sin 2\theta_p) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots \quad (4)$$

$$=g_m'(E_g-E_p/\mu) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots \quad (4')$$

但し

$$g_m'=g_m(2\theta_p-\sin 2\theta_p)/2\pi=\text{等價相互コンダクタンス}$$

又陽極回路は發振周波數に同調してゐる故，陽極インピーダンスは發振周波數即ち基本波に對して純抵抗となる．之を陽極抵抗 R_p とすれば，R_p は回路の實効 Q に比例し，又タンク回路自身の損失を省略すれば負荷抵抗に比例する．

今

$$k=\frac{E_f}{E_p}\fallingdotseq\frac{L_g}{L_p}=\text{反結合係數}$$

とすれば，(2) 式より

$$E_p = \frac{E_c - E_B/\mu}{\cos\theta_p\,(k-1/\mu)} \qquad \cdots\cdots (5)$$

$$I_{p1} = \frac{E_p}{R_p} = \frac{E_c - E_I/\mu}{R_p\cos\theta_p\,(k-1/\mu)} = g_m' E_p\left(k-\frac{1}{\mu}\right) \qquad \cdots\cdots (6)$$

$$\therefore\quad R_p = \frac{1}{g_m'\left(k-\frac{1}{\mu}\right)} = \frac{2\pi}{g_m\,(2\theta_p - \sin 2\theta_p)\left(k-\frac{1}{\mu}\right)} \qquad \cdots\cdots (7)$$

尙（7）式は

$$k = \frac{1}{\mu} + \frac{1}{g_m' R_p}$$

なる發振條件よりも求めることができる.

故に出力 P は

$$P = \frac{E_p^2}{2R_p} = \frac{(E_c - E_B/\mu)^2}{2R_p\cos\theta_p\,(k-1/\mu)^2} \qquad \cdots\cdots (8)$$

但し θ_p は (7) 式より R_p が與えられれば求められる.

2. 格子損失，能率

Tank の法則によれば

$$\frac{i_p}{i_g} = \delta\sqrt{\frac{e_p}{e_g}} = q$$

但し

e_p ＝陽極電壓瞬時値

e_g ＝格子電壓瞬時値

i_g ＝格子電流瞬時値

δ ＝眞空管の電極構造による定數

q ＝電流分配比

$\omega t = 0$ に於て $e_p = E_{p\,\min}$（陽極電壓最小値），$e_g = E_{g\,\max}$（正格子電壓最大値）（第2圖參照）とし，そのときの放射電流を I_m，陽極電流を I_{pm}，格子電流を I_{gm} とすれば

$$I_{pm} = \frac{I_m}{1+1/q_m} \qquad I_{gm} = \frac{I_m}{1+q_m} \qquad \cdots\cdots (9)$$

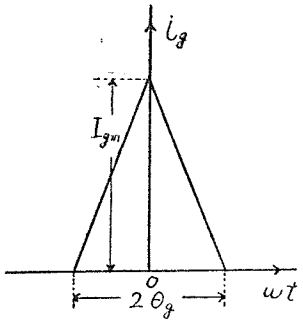
但し

$$\left.\begin{aligned} q_m &= \frac{I_{pm}}{I_{gm}} = \delta\sqrt{\frac{E_{p\,\min}}{E_{g\,\max}}} \\ I_m &= g_m E_p\left(k-\frac{1}{\mu}\right)(1-\cos\theta_p) \end{aligned}\right\} \qquad \cdots\cdots (10)$$

今格子電流波形を第3圖の如き三角波と假定すれば

$$\left.\begin{aligned} i_g &= I_{gm}(1-\omega t/\theta_g) \qquad \omega t > 0 \\ i_g &= I_{gm}(1+\omega t/\theta_g) \qquad \omega t < 0 \end{aligned}\right\} \quad \cdots\cdots\cdots \quad (11)$$

$$e_g = E_g \cos \omega t - E_c$$



第3圖 格子電流波形

$e_g = 0$ のとき $i_g = 0$ なる故，$\omega t = \theta_g$ のとき $e_g = 0$ とすれば θ_g は格子電流流通角の $^1/_2$ にして

$$\cos \theta_g = E_c/E_g \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (12)$$

故に格子損失 P_g は

$$P_g = \frac{1}{2\pi}\int_{-\theta_g}^{\theta_g} i_g e_g = \frac{1}{2\pi}\int_{-\theta_g}^{0} I_{gm}\left(1+\frac{\omega t}{\theta_g}\right)(E_g \cos \omega t - E_c)\, d\omega t$$

$$+ \frac{1}{2\pi}\int_{0}^{\theta_g} I_{gm}\left(1-\frac{\omega t}{\theta_g}\right)(E_g \cos \omega t - E_c)\, d\omega t$$

$$= \frac{I_{gm}E_g}{\pi}\frac{(1-\cos\theta_g)}{\theta_g} - \frac{I_{gm}\theta_g E_c}{2\pi} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (13)$$

又格子平均電流 I_{g0} は

$$I_{g0} = I_{gm}\theta_g/2\pi$$

故に格子漏洩抵抗に於ける損失 P_{gl} は

$$P_{gl} = E_c I_{g0} = I_{gm}\theta_g E_c/2\pi \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (14)$$

又格子損失と格子漏洩抵抗損失との和 P_g' は

$$P_g' = \frac{I_{gm}E_g}{\pi}\frac{(1-\cos\theta_g)}{\theta_g} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (15)$$

但し

$$I_{gm} = \frac{g_m E_p (k-1/\mu)(1-\cos\theta_p)}{1+\delta\sqrt{\dfrac{E_B-E_p}{E_g-E_c}}}$$

而して (8) 式で求めた出力の中一部は勵振電力として格子損失及び格子漏洩抵抗損失に失われる故，眞の出力 P' は

$$P' = P - P_g - P_{gl}$$

となる．

次に陽極平均電流 I_a は (4) 式をフーリエの級數により求むれば

$$I_0 = \frac{1}{2\pi}\int_{-\theta_p}^{\theta_p} g_m\left(E_g - \frac{E_p}{\mu}\right)(\cos\omega t - \cos\theta_p)\,d\omega t$$

$$= \frac{g_m}{\pi}\left(E_g - \frac{E_p}{\mu}\right)(\sin\theta_p - \theta_p\cos\theta_p) \quad \cdots\cdots (16)$$

故に陽極入力 P_{in} は

$$P_{in} = I_0 E_B = \frac{g_m}{\pi} E_p\left(k - \frac{1}{\mu}\right)(\sin\theta_p - \theta_p\cos\theta_p)E_B \quad \cdots\cdots (17)$$

$$= \frac{g_m}{\pi}\left(E_c - \frac{E_B}{\mu}\right)(\tan\theta_p - \theta_p)E_B \quad \cdots\cdots (17')$$

陽極損失 P_l は

$$P_l = P_{in} - P'$$

又能率 η は

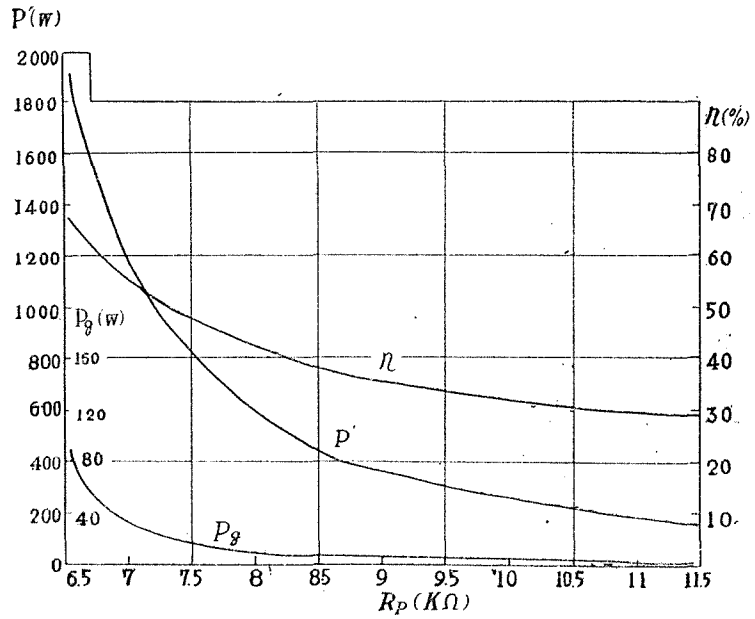
$$\eta = \frac{P - P_g - P_{gl}}{P_{in}}$$

3. 例

使用眞空管を SN 157 とすれば

$g_m = 2000\,\mu\mho$, $\mu = 240$, 又 δ は測定の結果によれば, $\delta \fallingdotseq 1.8$.

$E_B = 6000$V, $E_c = 200$V, $k = 0.2$ とすれば出力 $P' = P - P_g - P_{gl}$ と陽極抵抗 R_p との關係は第 4



第 4 圖　$E_c = 200$ V の場合　其の一

圖の如くなり，陽極抵抗小なる程出力大にしてその變化は急激である．又格子損失 P_g と陽極抵抗 R_p との關係も第4圖の如く，陽極抵抗小なる程格子損失大にしてその變化も出力の場合と同樣に急激である．能率の關係も第4圖に示してある如く陽極抵抗が小なる程能率はよくなるが，この變化は出力の時程著るしくない．

尙之等の關係は格子電壓の正の値が餘り大きくなく從つて格子電流が小なる範圍に於て當てはまるものである．何となれば，眞の陽極電流は (3) 式に示したものより格子電流を差し引いたものであり，又眞の陽極電流基本波分も (4) 式に示したものより格子電流基本波分を差し引いたものであるからである．故に格子電流が增加してくると之等の關係は可なり相違してくる．第4圖は $E_{p\min} = E_{g\max}$ までの範圍を描いてあるが，$E_{p\min} = E_{g\max}$ の附近では格子電流の影響が可なり大きく，格子電流を考慮に入れた實際のものと可なり相違している故，陽極抵抗の小なる部分は確かなものではない．

III 格子漏洩抵抗一定なる場合

上述の II の場合では格子漏洩抵抗を適當に加減して格子偏倚電壓を一定にしたときの種々の關係を求めた．之は一般に格子偏倚電壓が一定である電力增幅器と比較の意味でもあつた．而し實際の電力發振器では普通格子漏洩抵抗一定である故，次に此の場合に就て述べる．

(5) 式及び (12) 式より

$$E_p = \frac{E_c - E_B/\mu}{\cos\theta_p\,(k-1/\mu)} = \frac{kE_p\cos\theta_g - E_f/\mu}{\cos\theta_p\,(k-1/\mu)}$$

$$\therefore\quad E_p = \frac{E_B}{\mu k\,(\cos\theta_g - \cos\theta_p + \cos\theta_p/\mu k)} \qquad \cdots\cdots (19)$$

$$\therefore\quad P = \frac{E_p^2}{2R_p} = \frac{E^2_B}{2R_p\mu^2k^2\,(\cos\theta_g - \cos\theta_p + \cos\theta_p/\mu k)^2} \qquad \cdots\cdots (20)$$

而して

$$R_p = \frac{2\pi}{g_m\,(2\theta_p - \sin 2\theta_p)\,(k-1/\mu)} \qquad \cdots\cdots (7)$$

より R_p が與えられれば θ_p が求まる．

又 θ_g は次の如くにして求められる．

$$E_c = I_0R_g = \frac{I_{gm}\theta_g R_g}{2\pi} = E_g\cos\theta_g$$

但し

$$I_{gm} = \frac{g_mE_g\,(1-1/\mu k)\,(1-\cos\theta_p)}{1+\delta\sqrt{\dfrac{E_B-E_p}{E_g-E_c}}}$$

而して

$$\sqrt{\frac{E_B-E_p}{E_g-E_c}} = \sqrt{\frac{E_B-E_p}{kE_p(1-\cos\theta_g)}}$$

$$= \sqrt{\frac{\mu k\cos\theta_g-\mu k\cos\theta_p+\cos\theta_p-1}{k(1-\cos\theta_g)}}$$

$$\therefore \quad \frac{g_m(1-1/\mu k)(1-\cos\theta_p)R_g\theta_g}{1+\delta\sqrt{\frac{\mu k\cos\theta_g-\mu k\cos\theta_p+\cos\theta_p-1}{k(1-\cos\theta_g)}}} = 2\pi\cos\theta_g \quad \cdots\cdots\cdots\cdots \quad (21)$$

即ち R_p より θ_p を求めた後，(21) 式より θ_g を求めることができる．故に格子漏洩抵抗 R_g 一定のとき，陽極抵抗 R_p が與えられれば θ_p，θ_g が求まり，(19) 式より E_p が求まり (20) 式より P が得られる．

又格子損失は

$$P_g = \frac{I_{gm}kE_p(1-\cos\theta_g)}{\pi\theta_g} - \frac{I_{gm}^2\theta_g^2R_g}{4\pi^2}$$

格子漏洩抵抗損失は

$$P_{gl} = I_g^2R_g = \frac{I_{gm}^2\theta_g^2R_g}{4\pi^2}$$

但し

$$I_{gm} = \frac{g_mE_p(k-1/\mu)(1-\cos\theta_p)}{1+\delta\sqrt{\frac{\mu k\cos\theta_g-\mu k\cos\theta_p+\cos\theta_p-1}{k(1-\cos\theta_g)}}}$$

而して眞の出力 P' は

$$P' = P - P_g - P_{gl}$$

又陽極入力 P_{in} は

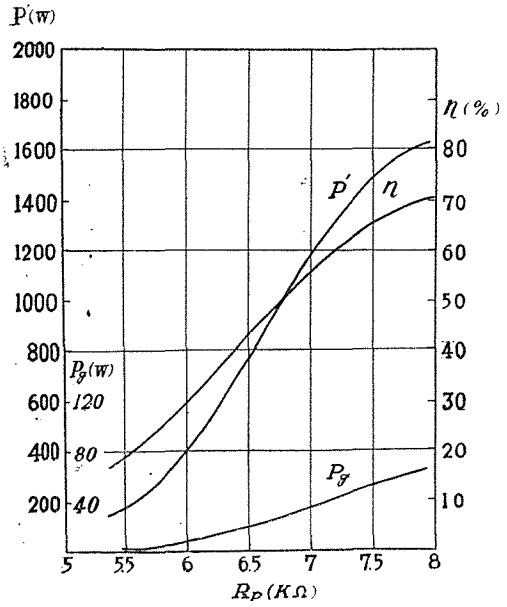
$$P_{in} = \frac{g_m}{\pi}E_p\left(k-\frac{1}{\mu}\right)(\sin\theta_p-\theta_p\cos\theta_p)E_B$$

能率 η は

$$\eta = \frac{P-P_g-P_{gl}}{P_{in}}$$

第5圖は眞空管 SN 157, $E_B=6000$ V, $R_g=3$ KΩ $k=0.2$ としたときの陽極抵抗 R_p に對する出力 $P'=P-P_g-P_{gl}$ 格子損失 P_g 及び能率 η の關係を上式より求めたものである．此の場合は II の場合とは反對に陽極抵抗が増す程出力，格子損失，能率共に増す．

尙以上の結果も格子電流小なる範圍に於て成立するものであり，第5圖は $E_{g\min}=E_{g\max}$ までの範圍を示してある故，陽極抵抗の大なる部分は實際の物と多少相違している．



第 5 圖 $R_g = 3\,K\Omega$ の場合

IV 陽極電流＝放射電流－格子電流とした場合

前述の如く嚴密に言えば (3) 式の i_p は陽極電流ではなくて放射電流であり，眞の陽極電流は之から格子電流を差し引いたものである.

即ち

$$i_p = g_m\left(E_g - \frac{E_p}{\mu}\right)\left(\cos\omega t - \cos\theta_p\right) - I_{gm}\left(1 \pm \frac{\omega t}{\theta_g}\right)$$

此の基本波分はフーリエの級數により

$$I_{p1} = \frac{1}{\pi}\int_{-\theta_p}^{\theta_p} g_m\left(E_g - \frac{E_p}{\mu}\right)(\cos\omega t - \cos\theta_p)\cos\omega t\, d\omega t$$

$$- \frac{1}{\pi}\int_{-\theta_g}^{0} I_{gm}\left(1 + \frac{\omega t}{\theta_g}\right)\cos\omega t\, d\omega t - \frac{1}{\pi}\int_{0}^{\theta_g} I_{gm}\left(1 - \frac{\omega t}{\theta_g}\right)\cos\omega t\, d\omega t$$

$$= \frac{g_m}{2\pi}\left(E_g - \frac{E_p}{\mu}\right)(2\theta_p - \sin 2\theta_p) - \frac{2I_{gm}}{\pi\theta_g}(1 - \cos\theta_g)$$

$$= \frac{g_m}{\pi}\left(E_g - \frac{E_p}{\mu}\right)\left\{\theta_p - \frac{\sin 2\theta_p}{2} - \frac{2(1-\cos\theta_p)(1-\cos\theta_g)}{(1+q_m)\theta_g}\right\} \quad \cdots (22)$$

但し

$$q_m = \delta\sqrt{\frac{\mu k\cos\theta_g - \mu k\cos\theta_p + \cos\theta_p - 1}{k(1-\cos\theta_g)}} \quad \cdots\cdots (23)$$

等價相互コンダクタンス g_m' は

$$g_m' = \frac{g_m}{\pi}\left\{\theta_p - \frac{\sin 2\theta_p}{2} - \frac{2(1-\cos\theta_p)(1-\cos\theta_g)}{(1+q_m)\,\theta_g}\right\}$$

陽極抵抗 R_p は

$$R_p = \frac{1}{g_m'(k-1)}$$

$$= \frac{2\pi}{g_m\left(k-\frac{1}{\mu}\right)\left\{2\theta_p - \sin 2\theta_p - \frac{4(1-\cos\theta_p)(1-\cos\theta_g)}{(1+q_m)\,\theta_g}\right\}} \quad \cdots\cdots (24)$$

即ち格子電流を考慮したときは同じ陽極抵抗でも而らざる時に比し θ_p は大なる値となる.

1. 格子漏洩抵抗一定なる場合

(III) の場合と同様に次式が成り立つ.

$$\frac{g_m(1-1/\mu k)(1-\cos\theta_p)\,R_g\theta_g}{1+q_m} = 2\pi\cos\theta_g \quad \cdots\cdots (21')$$

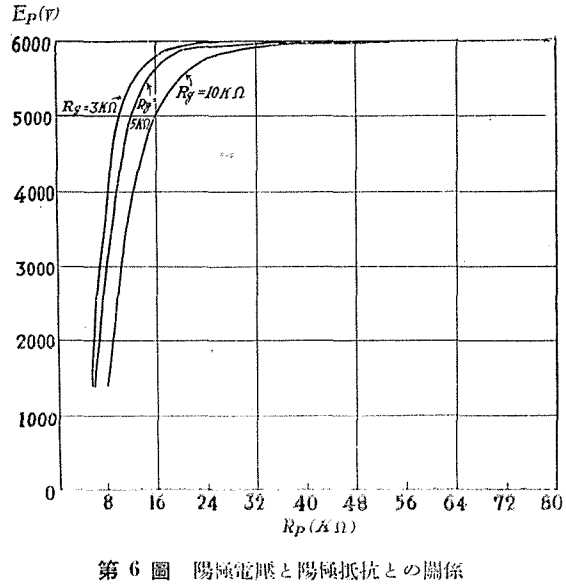
故に (21') (23) (24) 式より R_g, R_p が與えられれば θ_p, θ_g が求められる.

故に

$$E_p = \frac{E_s}{\mu k(\cos\theta_g - \cos\theta_p + \cos\theta_p/\mu k)}$$

より陽極電壓が求まる.

SN 157, $k=0.2$, $R_g = 3\,\mathrm{K}\Omega$, $5\,\mathrm{K}\Omega$, $10\,\mathrm{K}\Omega$ の場合の陽極抵抗對陽極電壓の關係を上式より求めれば第6圖に示す如くなる. 之より明らかなる如く陽極抵抗增加と共に陽極電壓は急激に上昇し飽和狀態になる. 飽和の理由は陽極抵抗が增し陽極電壓が增加すると格子電壓の正の部分が增し, 格子電流が增加するために陽極電流が格子電流分だけ減少して, 陽極抵抗と陽極電流の積である陽極電壓は餘り變化しないためである.



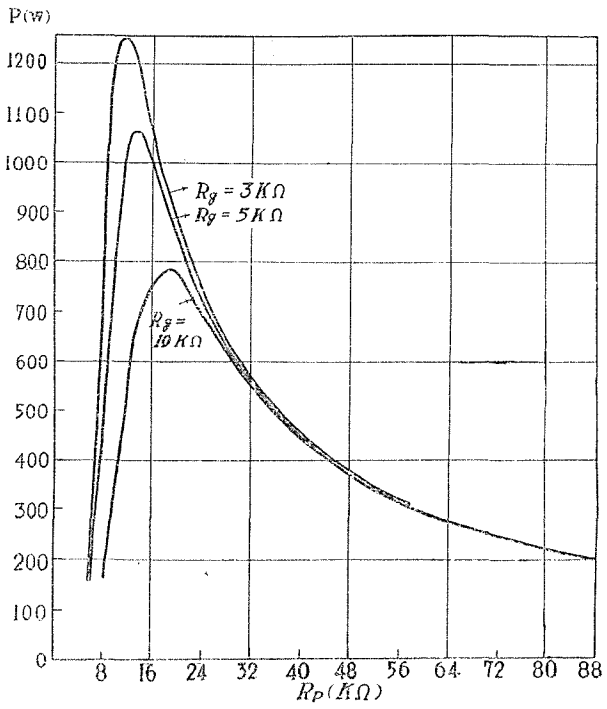
第 6 圖　陽極電壓と陽極抵抗との關係

尙 $E_{p\,\min} = E_{g\,\max}$ になるときの陽極抵抗及び陽極電壓の値は $R_g = 3\,\mathrm{K}\Omega$ では $R_p = 11\,\mathrm{K}\Omega$, $E_p = 5230\,\mathrm{V}$, $R_g = 5\,\mathrm{K}\Omega$ では $R_p = 13.5\,\mathrm{K}\Omega$, $E_p = 5355\,\mathrm{V}$, $R_g = 10\,\mathrm{K}\Omega$ では $R_p = 19.2\,\mathrm{K}\Omega$, $E_p = 5485\,\mathrm{V}$ となる. 即ち格子漏

洩抵抗の小なる程小なる陽極抵抗で $E_{p\min}=E_{g\max}$ に達し，その時の陽極電壓は R_g の小なる程低い値となる．又 $E_p=6000\,\mathrm{V}$ 即ち直流電壓に等しい値に達する陽極抵抗は $R_g=3\,\mathrm{K}\Omega$ では 55.2 $\mathrm{K}\Omega$, $R_g=5\,\mathrm{K}\Omega$ では 80.3 $\mathrm{K}\Omega$, $R_g=10\,\mathrm{K}\Omega$ では 114 $\mathrm{K}\Omega$ である．即ち格子漏洩抵抗小なる程小なる陽極抵抗で $E_p=6000\,\mathrm{V}$ に達す．

次に出力 P は E_p が求まれば $P=E_p^2/2R_p$ より求めることができる．但し之は (II) (III) の場合と異り眞の出力である．

SN 157, $k=0.2$, $R_p=3\,\mathrm{K}\Omega$, $5\,\mathrm{K}\Omega$ $10\,\mathrm{K}\Omega$ の時の出力と陽極抵抗との關係は第7圖に示す如くになる．之より明らかなる如くある陽極抵抗にて最大出力が得られる．之は大體 $E_{p\min}\fallingdotseq E_{g\max}$ の點の附近である．而も此の出力最大の點は格子漏洩抵抗が小なる程陽極抵抗の小なる方に移動する．又其の時出力の値は格子漏洩抵抗の小なる程大きくなることが分る．出力最大點より小なる陽極抵抗では出力は急激に減少し，大なる陽極抵抗では除々に減少する．その理由は陽極抵抗小なる範圍では前述の如く陽極抵抗と共に陽極電壓が急激に上昇し，$P=E_p^2/2R_p$ の式より分る如く分子が自乘で急激に上昇する結果，出力も急激に增加することになる．他方陽極抵抗大なる範圍では前述の如く陽極電壓は略々飽和狀態になり，出力は略々陽極抵抗に逆比例する結果除々に減少することになる．尙その山の形は格子漏洩抵抗大なる程平滑になる．



第 7 圖　出力と陽極抵抗との關係

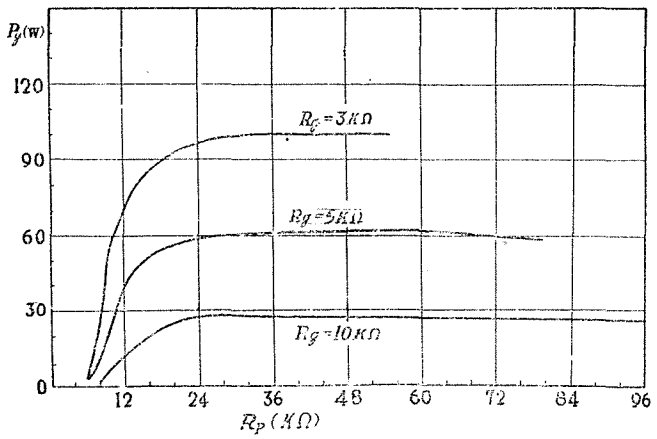
又格子損失は (III) の場合と同樣に

$$P_g=\frac{I_{gm}kE_p(1-\cos\theta_g)}{\pi\theta_g}-\frac{I_{gm}^2\theta_g^2R_g}{4\pi^2}$$

格子漏洩抵抗損失も同樣に

$$P_{gl}=I_{gm}^2\theta_g^2R_g/4\pi^2$$

SN 157, $k=0.2$, $R_g=3\,\mathrm{K}\Omega$, $5\,\mathrm{K}\Omega$, $10\,\mathrm{K}\Omega$ のときの格子損失の關係は第8圖に示す如くになる．之より明らかなる如く陽極抵抗の增すに從い格子損失も增すが，ある値以上では飽和狀態になる．



第 8 圖　格子損失と陽極抵抗との關係

而して $E_{p\min} = E_{g\max}$ の時の格子損失と飽和狀態の時の格子損失との比は，$R_g = 3\,\mathrm{K}\Omega$ では約 0.65, $R_g = 5\,\mathrm{K}\Omega$ では約0.78, $R_g = 10\,\mathrm{K}\Omega$ では約 0.92 である．又格子損失の値は格子漏洩抵抗の小なる程大である．

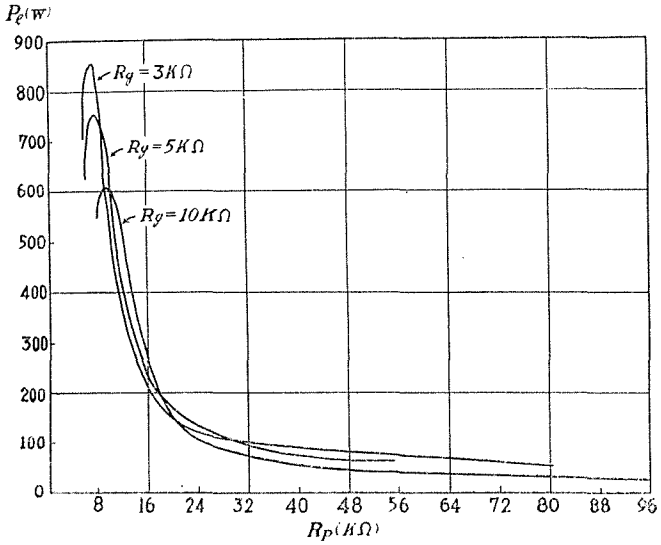
次に入力 P_{in} は

$$P_{in} = E_B(I_{p0} - I_{g0})$$
$$= E_B\left\{\frac{g_m}{\pi}E_p\left(k - \frac{1}{\mu}\right)(\sin\theta_p - \theta_p\cos\theta_p) - \frac{I_{gm}\theta_g}{2\pi}\right\}$$

陽極損失 P_l は

$$P_l = P_{in} - P$$

SN 157, $k = 0.2$, $R_g = 3\,\mathrm{K}\Omega$, $5\,\mathrm{K}\Omega$, $10\,\mathrm{K}\Omega$ の時の陽極抵抗と陽極損失の關係は第 9 圖に示す如くなる．之より明らかなる如く陽極損失にも最大値が存在する．この最大點は $E_{p\min}/E_{g\max} \fallingdotseq 10$ の附近である．即ち出力最大の點より陽極抵抗の小なる點である．その點は格子漏洩抵抗の小なる程陽極抵抗小なる方に移動する．又陽極損失の値は格子漏洩抵抗の小なる程大である．而して此の山の形は極めてシャープであり，ある陽極抵抗以上で平滑になる．

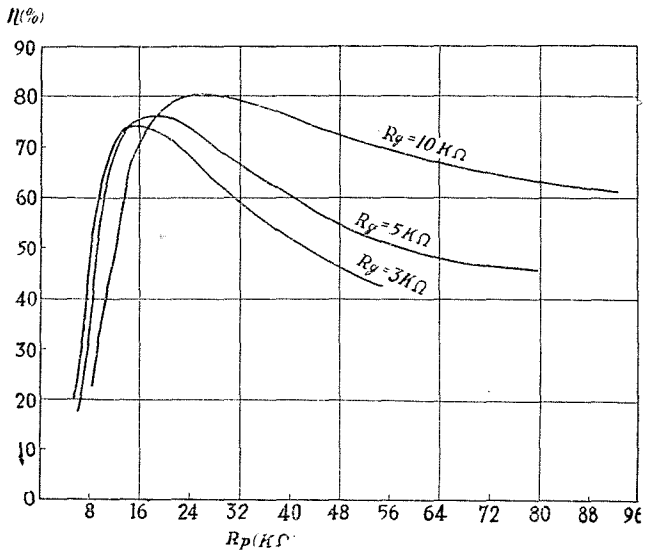


第 9 圖　陽極損失と陽極抵抗との關係

能率 η は

$$\eta = \frac{P}{P + P_l + P_g + P_{gl}} = \frac{P_o}{P_{in} + P_g + P_{gl}}$$

SN 157, $k=0.2$, $R_g=3\mathrm{K}\Omega$, $5\,\mathrm{K}\Omega$ $10\,\mathrm{K}\Omega$ の三つの場合の關係は第 10 圖に示す如くなる．此の場合も出力，陽極損失の如く最大値が存在する．此の最大點は $E_{p\,\min}/E_{g\,\max}$ ≒0.5の附近であり，出力最大の點より陽極抵抗の大なる所である．其の點より大なる陽極抵抗では能率は除々に減少し，小なる陽極抵抗では急に減少する．又その山の形は格子漏洩抵抗の大なる程平滑である．能率自身は格子漏洩抵抗の小なる程惡いが餘り大きな違いはない．又能率最大點は格子漏洩抵抗の小なる程陽極抵抗の小なる方に移動する．



第 10 圖 能率と陽極抵抗との關係

2. 格子偏倚電壓一定なる場合

(II) に於ては陽極電流=放射電流と假定した時の關係を求めたが，實際は格子電流を無視することは出來ない。

$$E_p=\frac{E_c-E_B/\mu}{\cos\theta_p\left(k-\frac{1}{\mu}\right)}=\frac{E_c}{k\cos\theta_g} \qquad \cdots\cdots (25)$$

$$\therefore\quad \cos\theta_g=\frac{\cos\theta_p\,(k-1/\mu)}{k\,(1-E_B/\mu E_c)} \qquad \cdots\cdots (26)$$

故に (23) (24) 及び (26) 式により，E_c, R_p が與えられれば θ_p, θ_g が求まる．そこで E_p は (25) 式より，出力 P は $P=E_p^2/2R_p$ より求めることが出來る．

格子損失は

$$P_g=\frac{I_{gm}E_g\,(1-\cos\theta_g)}{\pi\theta_g}-\frac{I_{gm}\theta_g E_c}{2\pi}$$

格子漏洩抵抗損失は

$$P_{gl}=I_{gm}\theta_g E_c/2\pi$$

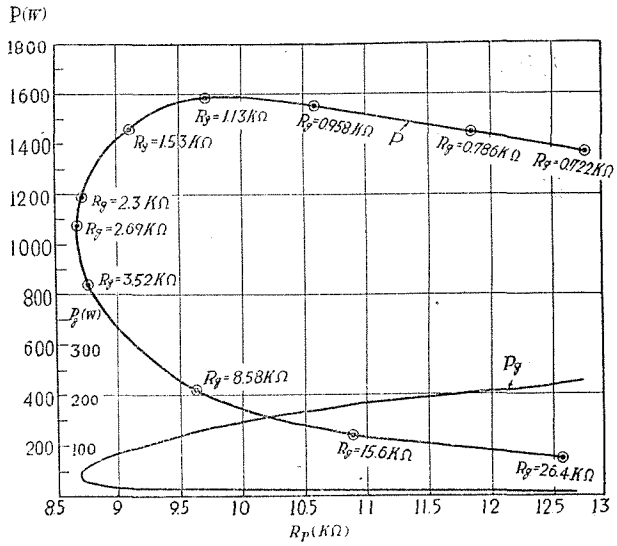
又能率は

$$\eta=\frac{P}{P_{ii}+P_g+P_{gl}}$$

但し

$$P_{in}=\text{入力}=E_B\left\{\frac{g_m}{\pi}\left(E_c-\frac{E_B}{\mu}\right)(\tan\theta_p-\theta_p)-\frac{I_{gm}\theta_g}{2\pi}\right\}$$

SN 157, $k=0.2$, $E_c=200$ V の時の陽極抵抗と出力及び格子損失の關係は第11圖の如くなる．ここで注意すべき事はある陽極抵抗で出力が二つ存在する事である．出力の曲線に所々印してあるのは其の點の格子漏洩抵抗の値である．格子漏洩抵抗の大なる時は格子電流が小にして．格子漏洩抵抗の小なる時は格子電流が大となり其の積が一定となる．同じ陽極抵抗でも格子漏洩抵抗の小なる方が出力格子損失共に遙かに大きい．又此の曲線から分る事は $E_c=200$ V = 一定とした時の格子漏洩抵抗と出力との關係は格子漏洩抵抗小なる程出力大となるが，ある點に最大値がある．格子損失も出力と同樣の變化をするが格子漏洩抵抗對格子損失の關係に最大點は無く，格子漏洩抵抗小なる程格子損失大である．



第 11 圖　$E_c=200$ V の場合　其の二

3.　$E_{p\,min}/E_{f\,max}=1.2$ なる場合

實際の裝置に於て，格子電流が多く流れ格子損失の大る事は望ましくない．格子電流は $E_{p\,min}/E_{f\,max}$ の小なる程大となる故，$E_{p\,min}/E_{f\,max}=1.2$ 程度に設計するのが普通である．此の時は

$$\frac{E_{p\,min}}{E_{g\,max}}=\frac{\mu k\cos\theta_g-\mu k\cos\theta_p+\cos\theta_p-1}{k(1-\cos\theta_g)}=1.2 \quad \cdots\cdots\cdots\cdots \quad (27)$$

故に (23) (24) 及び (27) 式より R_p が與えられれば，θ_p, θ_g が求まり E_p は (19) 式より P は (20) 式より求める事が出來る．又其の時の格子漏洩抵抗 R_f は次の如くにして求められる．

$$E_c=I_{g0}R_f=I_{fm}\theta_g R_f/2\pi \qquad \therefore\quad R_f=2\pi E_c/I_{fm}\theta_g$$

$$\frac{E_{p\,min}}{E_{f\,max}}=\frac{E_B-E_p}{E_g-E_c}=1.2 \qquad \therefore\quad E_c=E_f-\frac{E_B-E_p}{1.2}$$

$$\therefore\quad R_f=\frac{2\pi}{I_{fm}\theta_g}\left(E_f-\frac{E_B-E_p}{1.2}\right) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (28)$$

但し

$$I_{gm}=\frac{g_m E_f(1-1/\mu k)(1-\cos\theta_p)}{1+\delta\sqrt{\ 1.2}}$$

又格子損失は

$$P_g = \frac{I_{gm}E_g(1-\cos\theta_g)}{\pi\theta_g} - \frac{I_{gm}\theta_g}{2\pi}\left(E_g - \frac{E_B - E_p}{1.2}\right)$$

格子漏洩抵抗損失は

$$P_{gl} = \frac{I_{gm}\theta_g}{2\pi}\left(E_g - \frac{E_B - E_p}{1.2}\right)$$

陽極入力は

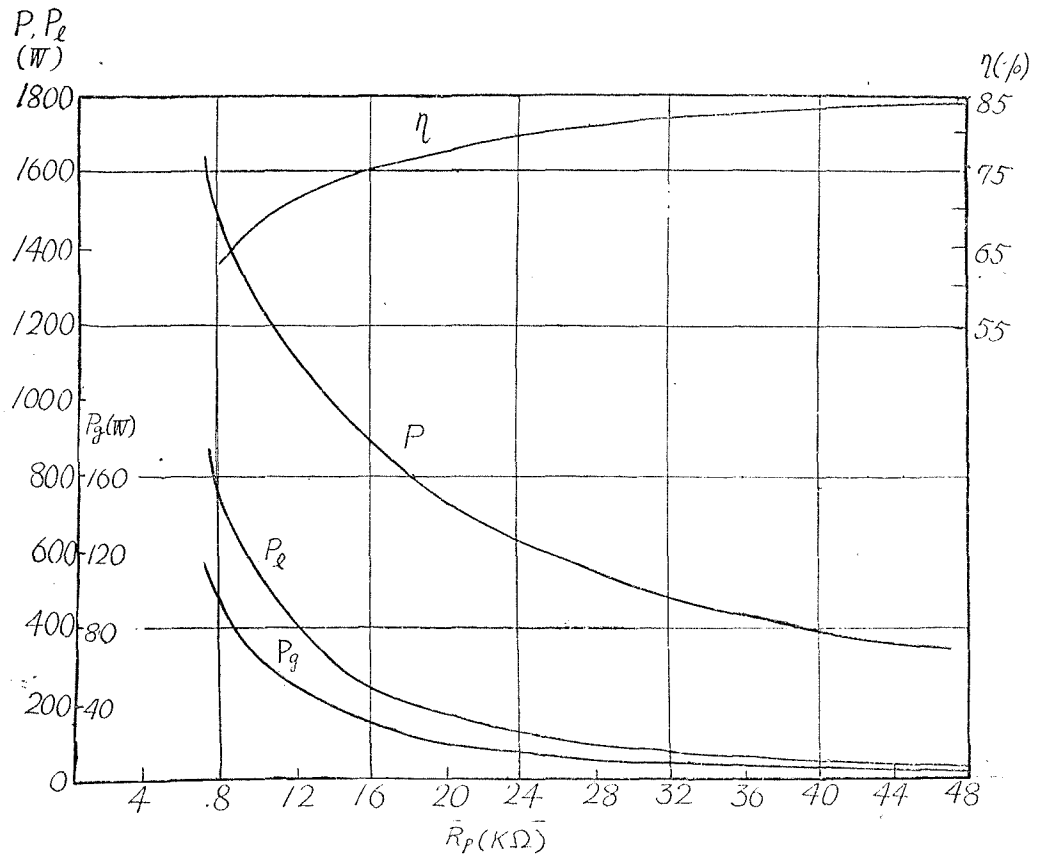
$$P_{in} = E_B\left\{\frac{g_m}{\pi}E_p\left(k - \frac{1}{\mu}\right)(\sin\theta_p - \theta_p\cos\theta_p) - \frac{I_{gm}\theta_g}{2\pi}\right\}$$

陽極損失は $P_l = P_{in} - P$

能率は

$$\eta = \frac{P}{P_{in} + P_g + P_{gl}}$$

SN 157, $k = 0.2$, $E_{p\min}/E_{g\max} = 1.2$ の時の之等の關係は第 12 圖に示す如くなる. 即ち出力, 格子



第 12 圖 $E_{p\min}/E_{g\max} = 1.2$ の場合

損失及び陽極損失は陽極抵抗小なる程大となる．而して其の變化は陽極抵抗小なる部分で急激である．又格子損失は出力に比し充分小である．能率は反對に陽極抵抗小なる程小であるがその變化は緩慢である．

V 結　　論

眞空管の特性を直線的とし，格子電流波形を三角波と假定した時電力發振器の陽極抵抗即ち負荷と出力，格子損失，陽極損失，能率の關係は次の如くなる．

(1) 格子漏洩抵抗一定なる場合

(a) 陽極電流＝放射電流とした場合

陽極抵抗が增加するに從い出力，格子損失，能率共に增加する．

(b) 陽極電流＝放射電流－格子電流とした場合

出力，陽極損失，能率共に最大値がある．

而して出力最大の點は $E_{p\,min}/E_{f\,max} \fallingdotseq 1$ の附近にあり，陽極損失最大の點は $E_{p\,min}/E_{g\,max} \fallingdotseq 10$ の附近にあり，能率最大の點は $E_{p\,mi}/E_{g\,max} \fallingdotseq 0.5$ の附近にある．而して山の形は陽極損失が最もシヤープで，次に出力，能率が最もフラツトである．格子損失は陽極抵抗と共に增し，ある値以上で飽和する．

(2) 格子偏倚電壓一定なる場合

(a) 陽極電流＝放射電流とした場合

(1) の場合と反對に陽極抵抗が減少する程出力，格子損失，能率共に增加する．

(b) 陽極電流＝放射電流－格子電流とした場合

格子漏洩抵抗が二つの異りたる値で格子偏倚電壓が一定となり，小なる格子漏洩抵抗で出力，格子損失共に遙かに大となる．格子漏洩抵抗大なる範圍では陽極抵抗減少と共に出力，格子損失增加し．格子漏洩抵抗小なる範圍では反對の關係になり．出力には山がある．

(3) $E_{p\,min}/E_{f\,max} = 1.2$ にして陽極電流＝放射電流－格子電流とした場合

出力，陽極損失，格子損失共に陽極抵抗が減少するに從い增加するが，能率は反對である．

終りに臨み本研究に關して種々御指導下さいました淺見敎授並びに松本敎授に對しまして深甚なる謝意を述べる次第です．