# 蓄電器放電法に於けるX線放射時間の算定(其一)

教授 工博 本 多 侃 士*
(東 京 大 學 理 學 部)

## Evaluation of the Exposure Time of X-ray for the Condenser Discharge Method. (Part. I)

Prof. Kanji Honda
(Faculity of Science, Tokyo Univ.)

### 前おき

X線の曝射時間をなるべく短縮しようとの目的から，蓄電器放電の利用が注意されつつある．周知の如く蓄電器放電の電流，電壓は過渡的に變化し，その變化の有様は放電回路の定數，即ち蓄電器容量 $C$，直列抵抗 $R$，更にX線管の纖條溫度 $T$，即ちその加熱電流 $If$ によつて種々に異る．そこで放電回路の外觀が單純である割合に，X線發射の繼續時間を算出することは餘り容易ではない．以下にはなるべく忠實にこの繼續時間 $\tau$ を算出する．

蓄電器放電法と呼ばれるものに二つの方法がある．一はX線管の纖條を豫め加熱して置いて，高壓スキツチによつて蓄電器電壓を印加する方法であつて，以下これを**電壓印加法**と呼ぶ．これに對し他の方法は，冷纖條の儘のX線管に蓄電器電壓を加えておき，次に纖條を加熱するものであつて，**纖條加熱法**と呼んで區別することとする．

分割揭載の場合を慮り記述順を揭げて置く．

**(a) 定電壓回路に於ける動作特性**

**(b) 蓄電器放電回路に於ける動作特性**

(i)電壓印加の場合．(ii)纖條加熱の場合．

**(c) 數式的解法**

(i)電壓印加の場合．(ii)纖條加熱の場合．

**(d) 曝射時間**

(i)電壓印加法($ith$, $isp$ 共に現れる場合)
(ii)電壓印加法($ith$ 部分のみで定まる場合)
(iii)電壓印加法($isp$ のみ現れる場合)
(iv)纖條加熱法($ith$, $isp$ 共に現れる場合)
(v)纖條加熱法($ith$ 部分のみで定まる場合)

---

* 紹介者　中泉正德，樋口助弘

(e) X線管の最大入力

(f) 考 察

(a) 定電壓回路に於ける動作特性

豫備的考察として第1圖の如く定電壓 $V_0$ の電源に接續したX線管の動作特性を考える．第2圖はその動作狀態を示すもので，曲線(X)はX線管の電壓 $v$ と電流 $i$ の關係を與える．その中，曲線部は空間電荷電流 $isp$，水平部分は熱電子飽和電流 $ith$ に當る．また直線(R)は橫軸上の $V_0$ と縱軸上の $V_0/R$ とを結んだものであつて，その傾斜($\tan\theta$)は $R$ に等しい，その時これら二線(X)及び(R)の交點bの $i$, $v$ はX線管の動作値に等しくなる．それは

$$bc = ac - ab = V_0 - ad \cdot \tan\theta = V_0 - iR$$

となり，キルヒホフの法則を滿足するからである．點bを動作點と名づけよう．

第3圖は $V_0$ を變えた場合，第4圖はX線管の纖條電流 $If$，即ち纖條溫度 $T$ を變えた場合，第5圖は直列抵抗 $R$ を變えた場合に動作點が移動する狀況を示す．動作點の $i$ は $V_0$, $If$, $R$ の大さ次第で $ith$ となることも，また $isp$ であることも起り得ることがわかる．

(b) 蓄電器放電回路に於ける動作特性

電源は豫め電壓 $V_0$ は充電された蓄電器のみとし，放電中整流管を通して變壓器から供給される電荷の影響は考えない．即ち放電に先だち變壓器回路は蓄電器から切り離されているものとする．この場合は放電に伴い蓄電器電壓 $V$ は當初の充電々壓 $V_0$ から減少して行くのが特徵であつて，動作點は刻々に移動する．

(i)電壓印加の場合

纖條は豫め加熱されているから(X)曲線は定つてをり，たゞ電源電壓 $V$ だけが時間 $t$ と共に減少する．從つて動作點は $t$ と共に第3圖の b→b′→b″ の如く移動する．(R)直線の走り方次第で $i$ には $ith$ 部分が現れたり缺けたりする．

(ii)纖條加熱の場合

この場合は $V$, $T$(管溫度)が同時的に變つて行くので，第3圖及び第4圖の作圖を竝行して行う必要がある．即ち第6圖に示す如く，蓄電器電壓が $V'$ になつた時に管溫度は $T'$ であり，$V''$ の時 $T''$ であるから，動作點はAから出發し，b′→b″→B→Cの經路を辿る．その中AからB迄は $ith$，B→Cは $isp$ に屬する．同じ蓄電器放電を用いるにも電壓印加の場合と纖條加熱の場合とではその電流の變り方に著しい相違のあることが，第3圖並に第6圖から明かにわかる．

(c) 數式的解法

以上の如く蓄電器放電回路の一般特性を圖上に把握した所で，これを數式的に扱つて行くことにする．

任意の時刻 $t$ に於ける蓄電器電壓を $V$，管電壓を $v$ とすれば常に次の諸式が成り立つ．

$$v = V - Ri \qquad (1)$$

$$V = V_0 - \frac{1}{C}\int_0^t i dt \qquad (2)$$

$$i = f(v) \qquad (3)$$

(3)式はX線管の特性を表わすものであつて，空間電荷電流の領域では

$$i = K\, v^{3/2} \qquad (= isp) \qquad (4)$$

となり，$v$ 大きく熱電子飽和電流の領域では $i = ith$ となる．次に電壓印加，纖條加熱の場合に別けてこれ等の式を扱つて見る．

(i)電壓印加の場合

第3圖の點bの如く，動作點が $ith$ 線上に出發する場合について考える．この場合は $ith$ は一定であるから(2)式は $V = V_0 - \frac{ith}{C} t$ となり，(1)式と組合せて

$$t_{th} = \frac{(V_0 - v)C}{i_{th}} - RC \qquad (5)$$

となる．$t_{th}$ は管電壓が $v_{t=0} (= V_0 - R\, i_{th})$ から $v$ まで減少する時間であつて，suffix をつけたのは動作點が終始 $i_{th}$ 線上を移動したことを意味する．

第7圖に於てAは動作點の出發位置であつて，動作點がBにまで達する時間 $\tau_{th}$ は(5)式の $v = v_B$ と置いて得られる．而してB點では $i_{th} = i_{sp}$ であるから，$v_B$ は

$$i_{th} = K\, v_B^{3/2} \qquad (6)$$

から求められる．

Bから後は動作點は $i_{sp}$ 上を移動する．時間 $t$ は

改めてBから測るとし，これを$t_{sp}$と表わせば，(1)式及び(2)式から

$$v=V_B-\frac{1}{C}\int i\,dt-Ri \qquad (7)$$

を得る．これに(4)式を入れれば

$$t_{sp}=C\left[\frac{3}{2}R\ \mathrm{logn}\frac{v_B}{v}+\frac{2}{K\sqrt{v_B}}\left(\sqrt{\frac{v_B}{v}}-1\right)\right] \qquad (8)$$

として，B點以後に於て管電壓が$v$に達するまでの經過時間を得る．(7)式の$V_B$は第7圖に示す如くB點に達した時の蓄電器電壓であつて，(2)式により$V_0-\frac{1}{C}i_{th}\tau_{th}$として與えられるが，(8)式を求めるには(7)式を微分するので，(8)式は$V_B$を含まない．

最初から$i_{sp}$現れ$i_{sp}$部分を缺く場合には(8)式の$v_B$の代りに$t=0$に於ける$v$，即ち$V_0-RKv_0^{3/2}=v_0$を解いて得る$v_0$を代入すればよい．而して上式から$v_0$を求めるには，$v_0$の種々なる値に對して$v_0+RKv_0^{3/2}$を計算し，その値が$V_0$に等しいような$v_0$値を圖上に求めればよい．

**(ii)纖條加熱の場合**

この場合の解法は上の如く素直には行かない．それは纖條温度$T$，從つて熱電子飽和電流$i_{th}$が時間$t$の函數となるからである．$i_{th}$が$t$と共に變化する有様は第8圖の如くであるが，$t$に對し直線的に增加する範圍は相當廣く，撮影に於ては直線部のかなり上部の點(圖中×印で示す)にまで達すると考えられるので，近似的に(3)式を

$$i_{th}=at \qquad (9)$$

と表わす．從つて$t$の原點として第8圖のO點をとる．然らば(1)式及び(2)式から

$$V_0-\frac{a}{2C}t^2-Rat=v$$

從つて動作點が第6圖のAB範圍，即ち$i_{th}$領域にある限り上式から

$$t_{th}=\sqrt{C^2R^2+\frac{2C}{a}(V_0-v)}-CR \qquad (10)$$

となる．

動作點が$i_{sp}$領域に移行して後は，時間の原點を第6圖B點にとれば，$t_{sp}$は電壓印加の場合の(8)式で與えられる．式中の$v_B$は

$$v_B=V_0-\frac{K^2}{2Ca}v_B{}^3-RKv_B{}^{3/2} \qquad (11)$$

を解いて得られる(圖式解法，前項最後の$v_0$解法參照)．B點では$t_{th}=\tau_{th}$，$v=v_B$，この條件を入れた(10)式，並にB點では$i_{th}=i_{sp}$から得られる所の

$$a\ \tau_{th}=Kv_B{}^{3/2} \qquad (12)$$

を用い$\tau_{th}$を消去したものが(11)式あでる．

(未完)