

高真空整流管の許容動作条件

— 図表による最大定格の表現について —

Permissible Operating Conditions of High Vacuum Rectifier Tube

中 田 九 州 男*

Kusuo Nakada

内 容 梗 概

高真空整流管の最大定格を図表によつて表現する方法について考察した。整流回路の設計にあつて、真空管の動作条件をその最大定格の範囲内に保たせることを容易にするために、それぞれ

(1) 交流入力電圧—直流出力電流

(2) 整流能率—直流出力電流

(3) 交流入力電圧—陽極直列抵抗

の相互関係によつて許容動作範囲を示す三つの図表を用いることができる。ここではこれらの図表と高真空整流管の最大定格との関係を説明し、図表を作成する方法について述べた。

〔I〕 緒 言

高真空整流管を用いた整流回路の解析は一般にかなり複雑であり、ある回路について用いられている真空管の尖頭陽極電流や陽極損失などの値を正確に計算することはきわめて困難である。一方、その構造が簡単であるにもかかわらず、高真空整流管は比較的高電圧かつ大電力で動作するために使用法が適切でないとき異常現象が起りやすい。異常現象としてはプレート、カソード間のスパーク、プレートからの電子放射、ステムの電解などが知られているが、どの現象も最後にはカソードの劣化ないしは破壊を引き起し、真空管の動作を不能にするものである。これらの異常現象の原因の中には究明しつくされていないものもあるが、いずれにしても陽極電流、陽極逆電圧、陽極損失などの動作時の値がその真空管のもつ実質的な限度をこえた場合に起ることは確かである。

したがつて高真空整流管に多い短寿命を防止するために、これらの動作時の値を与えられた最大定格の範囲内に保つて使用することは必要な最低の条件である。しかも異常現象が起るのは定常動作状態で過負荷が続くことによつてだけでなく、電源電圧を印加した直後の過渡状態で加えられる苛酷な条件によると推定されることも少なくない。このような過渡状態の最大定格については、真空管の製造者側でもその使用者側でも比較的軽視されてきた傾向がある。

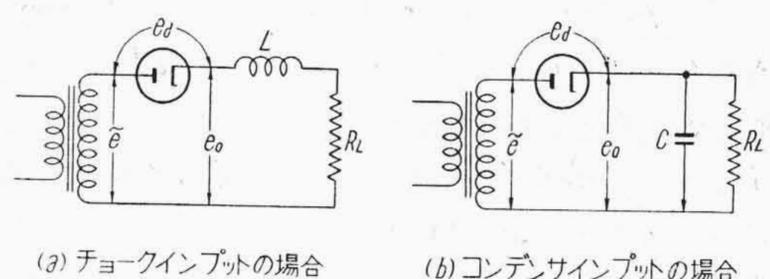
図表による最大定格の表現は、過渡および定常状態における高真空整流管の陽極電流、陽極逆電圧、陽極損失などの値を最大定格の範囲内に保たせることを容易にするために、交流入力電圧、直流出力電流、整流能率および陽極直列抵抗の相互関係によつて許容動作範囲を示すものである。したがつてこのような図表は真空管自体の特性と最大定格値とがきまつていればそれらの値から理

論的に導くことによつて作成できるものである。この種の図表は米国ではいろいろな品種に用いられているが、図表の作り方、したがつてそれらの図表の内容はかならずしも一定ではないらしい。

高真空整流管の動作特性、ことにコンデンサインプット回路におけるそれについては、O. H. Schade 氏が発表した図表⁽¹⁾があり、ひろく用いられている。この報告でも特別な場合をのぞいては特に計算を行う代りに Schade の図表を利用することにした。

〔II〕 整流回路の一般的特性

はじめに高真空整流管を用いた整流回路の一般的特性を述べ、真空管の動作が回路によつてどのように変化するかを検討する。もつとも多く使用されるのは単相の半波および全波整流回路で、フィルタ回路の種類によつてそれぞれチョークインプット回路とコンデンサインプット回路とがある。第1図はそれぞれ単純化した半波のチョークインプット回路 (a) およびコンデンサインプット回路 (b) を表わしている。このような回路における各部分の電圧および電流の波形の変化を第2図に示した。第2図の電圧波形で縦線を引いてある部分は管内電圧降下に相当し、下に示した陽極電流の波形に対応している。第2図 (a), (b) および (c) は、第1図 (a) の回路においてそれぞれフィルタチョークのインダクタンスが無限大、有限および0の場合である。(c) はまた

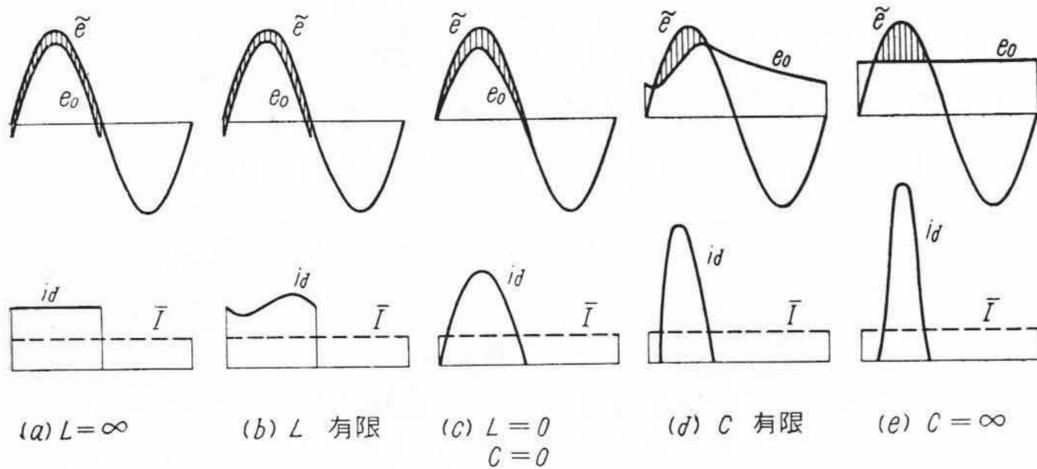


(a) チョークインプットの場合

(b) コンデンサインプットの場合

第1図 単相半波整流回路

* 日立製作所茂原工場



第 2 図 単相半波整流回路における電圧電流の波形

第 1 図 (b) においてフィルタコンデンサの容量が 0 である場合にも相当する。第 2 図 (d) および (e) は、第 1 図 (b) の回路でフィルタコンデンサの容量がそれぞれ有限および無限大の場合を示している。これらの波形図では、交流入力電圧および直流出力電流を一定に描いてあるから、真空管の尖頭陽極電流や陽極損失が回路定数によつてどのように変化するかを知ることができる。すなわち、直流出力電流を一定とした場合に

(1) 尖頭陽極電流は第 2 図で (a) から (e) まで次第に大きくなつていく。すなわち、チョークインプット回路ではインダクタンス 0 の場合に最大となり、コンデンサインプット回路では容量無限大の場合に最大となる。

(2) 陽極損失は同様にチョークインプット回路ではインダクタンス 0 の場合に、またコンデンサインプット回路では容量無限大の場合に最大となる。

(3) 尖頭陽極逆電圧は、チョークインプット回路では半波整流の場合には常にほぼ等しく、全波整流の場合にはインダクタンス無限大の場合に最大となる。コンデンサインプット回路では、どの場合にも容量無限大の場合に最大となる。

これらのほかに、コンデンサインプット回路では陽極直列抵抗の影響を考慮しなければならない。電源トランスの直流抵抗および陽極回路に直列に挿入した抵抗がある場合、尖頭陽極電流および陽極損失は同じ直流出力電流値に対して減少する。すなわち陽極直列抵抗が 0 の場合にこれらの値は最大となる。

このような一般的特性の数式的な証明はここでは省略するが、Schade 氏の解析によつてもあきらかにされている。整流回路のこれらの性質から、回路条件の限界値をきめるためにはそれぞれの場合に特定の条件を仮定して計算を簡単に行うことができる。たとえば、コンデンサインプット回路の尖頭陽極電流を最大定格値以下に保つための直流出力電流の限界値をきめる計算では、フィルタコンデンサの容量を無限大と仮定して行えば、有限の容量をもつコンデンサの場合には同じ直流出力電流の

値に対しては常にこれよりも尖頭陽極電流は小さくなるから、限界値をきめるという意味ではこのような仮定をすることが妥当であるといえる。

〔III〕 最大定格とそれらの相互関係

高真空整流管において真空管自体に直接与えられる限界値として

- (1) 陽極損失
- (2) 尖頭陽極耐逆電圧

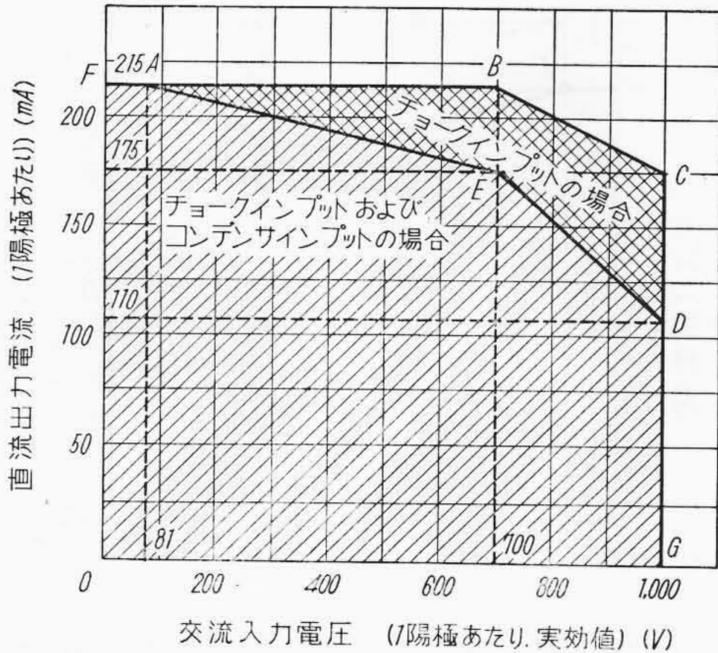
- (3) 交流入力電圧
- (4) 尖頭陽極電流
- (5) 直流出力電流

が考えられる。これらは真空管内部の物理的な制限によつてきまるが、それぞれの限界値の間には次に述べるように互いに関連性がある。

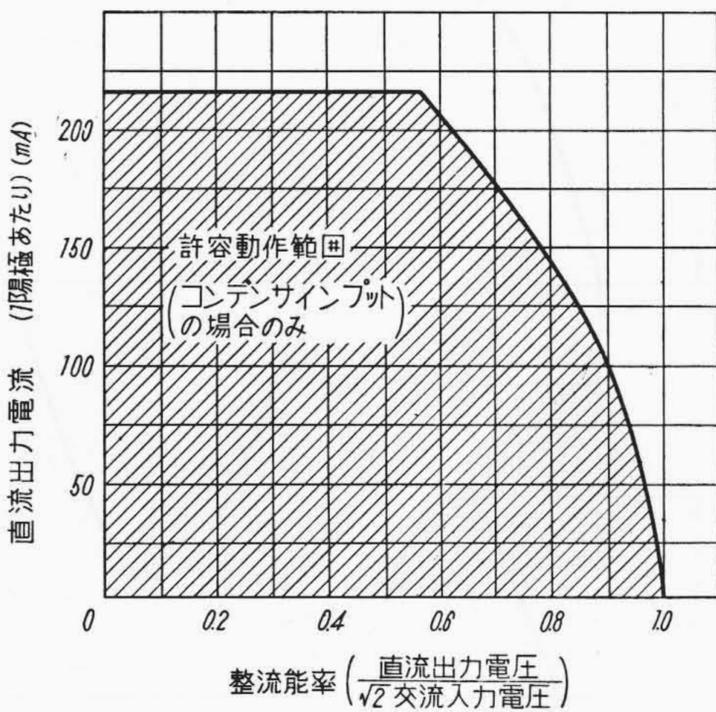
陽極損失は、電流値とそれに対応する管内電圧降下とからきまるので、直流出力電流の最大定格を規定することによつて一般には陽極損失の最大定格は規定しない習慣になつていく。このことは、直流出力電流の最大定格値がカソードの電子放射能力だけによつて制限されるのではなく、陽極損失の点からも制限されることを意味する。直流出力電流と陽極損失との関係は陽極電流の波形によつて異なるから、コンデンサインプット回路で陽極損失を一定に保つための直流出力電流の最大定格は、与えられる交流入力電圧の値に対して異なつてしかなるべきである。

尖頭陽極逆電圧は、負荷状態および無負荷状態における絶縁破壊やイオン衝撃などによるカソード表面の破壊によつて制限される。また、しばしば短寿命の原因となるステム電解などのように温度上昇と関連して尖頭陽極逆電圧によつておこる異常現象がある。後者の場合のように、真空管の温度上昇の影響が大きい場合には、交流入力電圧の高い範囲に対して陽極損失が小さくなるように直流出力電流の限界を規定して、実質的に尖頭陽極逆電圧の最大定格を下げるのが望ましい。

尖頭陽極電流の最大定格値はカソードの電子放射能力によつてきめられる。過大な尖頭陽極電流が引き出されるような回路でしばしばスパーク現象が起つてカソードが破壊される。コンデンサインプット回路では、直流出力電流が陽極損失からばかりでなく当然尖頭陽極電流からも制限されるが、この場合には直流出力電圧と交流入力電圧の尖頭値との比（これを電圧整流能率あるいは単に整流能率という）に対して直流出力電流の値を規定する方がよい。整流能率によつて尖頭陽極電流と直流出力電流との比が変わるからである。



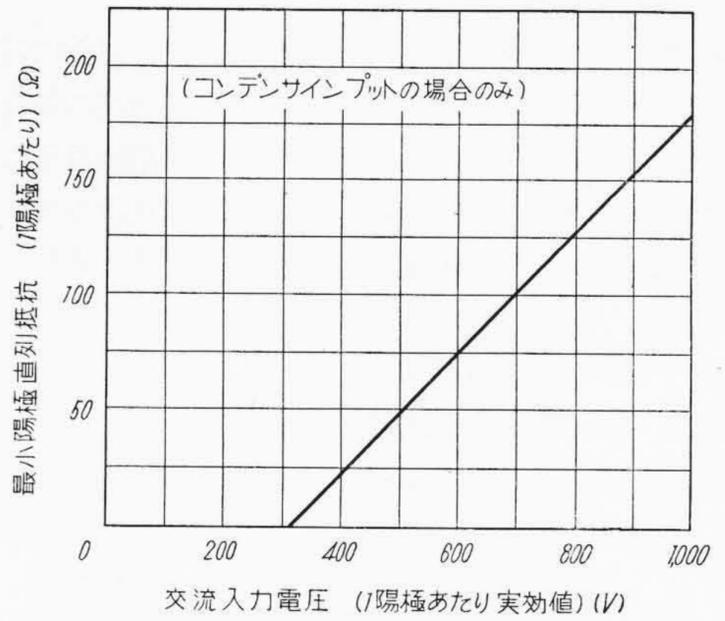
第3図 日立 2K12 許容動作範囲



第4図 日立 2K12 許容動作範囲 (コンデンサインプットの場合)

コンデンサインプット回路では、入力電圧が印加された瞬間にフィルタコンデンサを充電するサージ電流が流れ、このサージ電流の値は定常状態の尖頭陽極電流よりもはるかに大きくなり得る。したがって過渡尖頭陽極電流としてこのサージ電流に対する最大定格が与えられなければならない。また与えられた交流入力電圧に対して、この過渡尖頭陽極電流を最大定格値以下におさえるためには、陽極回路に直列に入る抵抗の最小値を規定すればよい。

このように高真空整流管のそれぞれの最大定格は互いに関連をもっているから、たとえば最大交流入力電圧何V、最大直流出力電流何mAというようにそれぞれ一つずつの最大定格値を示すことは適当でない。また、はじめに書いたように整流回路の解析は複雑であるから、直接測定することが困難な尖頭陽極電流などの定格値は、かなりの余裕を見越さなくては簡単に適用できない。こ



第5図 日立 2K12 最小陽極直列抵抗 (コンデンサインプットの場合)

のような最大定格間の相互関係を合理的に表現し回路設計における厄介な計算を省くために、図表によつて許容動作範囲を表わす方法が考えられたわけである。

〔IV〕 図表による最大定格の表現

第3、4図および第5図は、高真空全波整流管日立2K12の許容動作範囲を表わした図表である。これらの図表の意味および使用方法は次のとおりである。

第3図は、陽極損失と尖頭陽極逆電圧とを最大許容値以下に保つために、交流入力電圧と直流出力電流との関係で許容動作範囲を示したものである。許容範囲はフィルタ回路の種類によつて区別されており、OFBCGでかこまれる範囲がチョークインプット回路で使用する場合、またOFAEDGでかこまれる範囲がコンデンサインプット回路で使用する場合に相当する。交流入力電圧および直流出力電流はどちらも一陽極あたりの値を示してあるので、全波整流回路で用いる場合には交流入力電圧は電源トランスの二次側巻線で中性点と一端との間の電圧に相当し、また回路の直流出力電流はこの図表によつて与えられる値の2倍まで許容されることになる。

第4図はコンデンサインプット回路の場合に整流能率と直流出力電流との関係で許容動作範囲を示したもので、定常状態の尖頭陽極電流を最大定格値以下に保つためのものである。整流能率は次のように定義される。

$$\eta = \frac{\bar{E}}{\sqrt{2} |\tilde{E}|} \dots\dots\dots (1)$$

- ただし η : 整流能率
- \bar{E} : 直流出力電圧
- $|\tilde{E}|$: 交流入力電圧 (一陽極あたり, 実効値)

(1) 式によつて直流出力電圧と交流入力電圧とから整流能率を求め、これと直流出力電流とからきまる点が第4図の斜線の範囲内に入れば、定常状態の尖頭陽極電

流は最大定格値以下に保たれる。

第 5 図は陽極直列抵抗の最小値を交流入力電圧に対して規定したもので、コンデンサインプット回路の場合にだけ適用され、過渡尖頭陽極電流を最大定格値以下におさえるためのものである。陽極直列抵抗は電源トランスの一次側および二次側の抵抗を含めて次の式で表わされる。

$$R_s = R_{sec} + N^2 R_{prim} + R_a \dots \dots \dots (2)$$

- ただし R_s : 総陽極直列抵抗
- R_{sec} : トランスの二次側直流抵抗
- R_{prim} : トランスの一次側直流抵抗
- R_a : 陽極回路に挿入された直列抵抗
- N : トランスの巻線比

この陽極直列抵抗は一陽極あたりの値であるから、全波整流の場合には R_{sec} はトランスの二次側巻線の中性点と一端との間の直流抵抗であり、 R_a は各陽極ごとに挿入されるべき抵抗である。この式からわかるように、トランスの抵抗が十分大きくて、与えられた交流入力電圧に対して第 5 図の最小陽極直列抵抗の値と等しいかそれ以上である場合には、特に陽極回路にほかの抵抗を挿入する必要はない。またトランスの漏洩インダクタンスも、過渡電流をおさえる作用をもつから、この効果を含めて考えてもよい。しかし、これら全部を含めて第 5 図の最小陽極直列抵抗値にたりない場合には陽極回路に直列にほかの抵抗を挿入する必要がある。

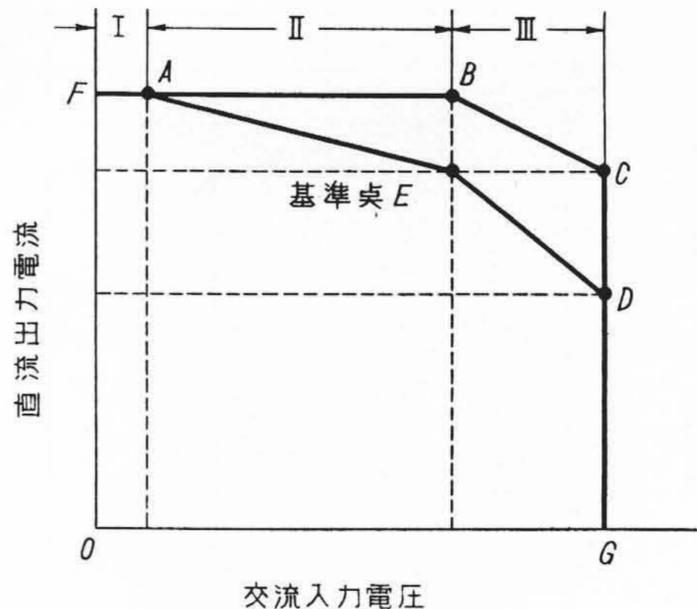
[V] 図表の作り方

前節に述べた三つの図表は、次のように真空管の特性と最大定格値とから理論的に導くことができる。途中で引用してある Schade 氏の図表の番号は文献⁽¹⁾にある番号である。

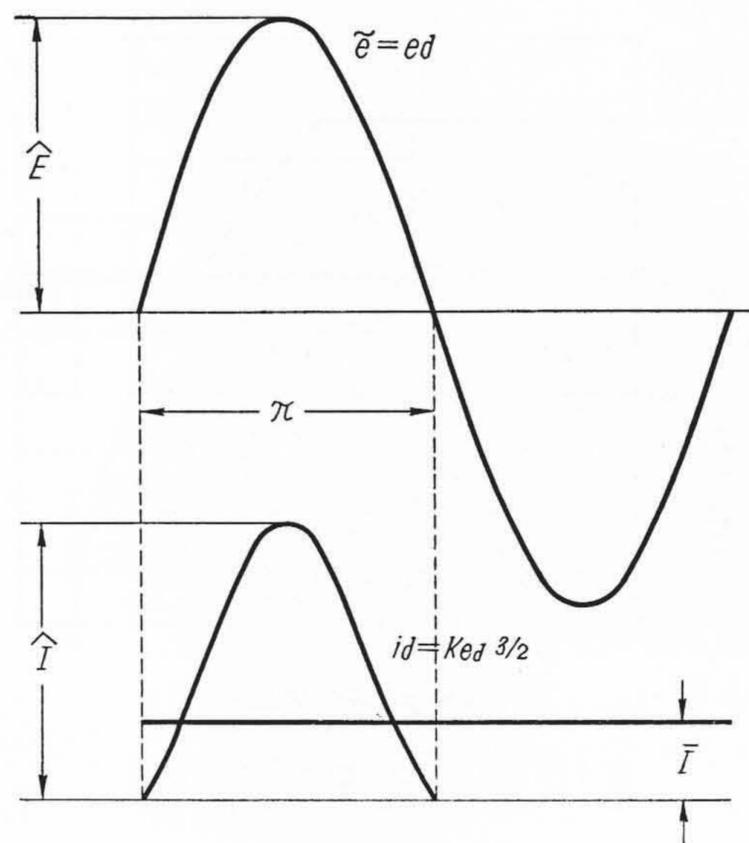
(1) 交流入力電圧—直流出力電流図表

第 3 図に実例を示したこの図表の構造は第 6 図のようになっている。この図表でコンデンサインプットの場合の一つの角になっている E 点が図表を作るとき基準になる点である。この点は真空管の代表的な動作を示すもので、新しい真空管を設計する場合ならば設計の目標となるべき交流入力電圧と直流出力電流の値を示すものと考えてよい。

A 点は、コンデンサインプットの場合に直流出力電流の最大値が得られる点で、負荷抵抗 0 の場合に相当する。このときに陽極直列抵抗を 0 とすると、入力電圧がそのまま管内電圧降下になるから、電圧と電流との関係は第 7 図のようになる。さきに述べたように、この図表では陽極損失を一定値以下に保つことを目的としているから、この A 点における陽極損失が E 点における値と同じになるような直流出力電流値およびそれに対応する交流



第 6 図 交流入力電圧—直流出力電流図表の構造



第 7 図 第 6 図 A 点における電圧電流の波形

入力電圧値を求めるとよい。陽極損失を直接計算する代りに陽極電流の実効値を用いると便利なので、陽極電流の実効値と平均値との比を Schade 氏の図表 Fig. 6 から求めると、E 点では与えられた条件からきまる値、A 点では 1.584 が得られるから、A 点の直流出力電流の値は両点における陽極電流の実効値を等しくなるようにすると決定される。この場合第 7 図において交流入力電圧が正弦波で変化し、陽極電流はその 3/2 乗に比例して変化すると計算すると、A 点における陽極電流の実効値と平均値との比として 1.634 が求められる(附録 I)。負荷抵抗 0 の場合には陽極電流は真空管の特性だけできまるからこの方が Schade 氏による 1.584 よりも適切で、また A 点の電流値が低くであるので最大定格値としてこの方がより安全である。

A点における交流入力電圧の実効値は上記の条件における解析から

$$1.99\bar{I} = K |\bar{E}|^{3/2} \dots\dots\dots (3)$$

ただし \bar{I} : 直流出力電流
 $|\bar{E}|$: 交流入力電圧 (実効値)
 K : 二極管のパービアンス

によつて求められる (附録 II)。真空管の陽極特性から $1.99\bar{I}$ に相当する陽極電流値に対応する陽極電圧値を求めるとそのまま交流入力電圧の実効値になる。

このA点はチョークインプット回路の場合にも共通する限界点で、これよりも交流入力電圧の低い範囲 (第6図の I) ではこれ以上の直流出力電流は流れ得ない。したがつて横軸と平行にFA線が引かれ、Iの範囲がきまる。

第6図の II の範囲では、まずA点とE点を結んでAE線をコンデンサインプットの場合の限界線とする。実際にはこの間の限界線はやや上に凸な曲線になる筈であるが、簡単にするために直線で結ぶ。場合によつてはAEの途中に第2の基準点を設けてA-E'-Eを結んでもよい。またE点の交流入力電圧に相当するB点までFAを延長してチョークインプットの場合の限界線とする。チョークインプットの場合、フィルタチョークのインダクタンスを0とすれば、電流波形が一定で流通角は常に π であるから、陽極電流の実効値と平均値との比は変化しない。したがつて、陽極損失一定ということは直流出力電流一定ということになる。

第6図の III の範囲は交流入力電圧が基準点Eにおける値よりも高くなる部分で、さきに述べたように尖頭陽極耐逆電圧とのかね合いで陽極損失を低くしなければならない。実際には計算を適用できないので次のようにしてC点およびD点をきめると、定性的にこの要求が満足される。

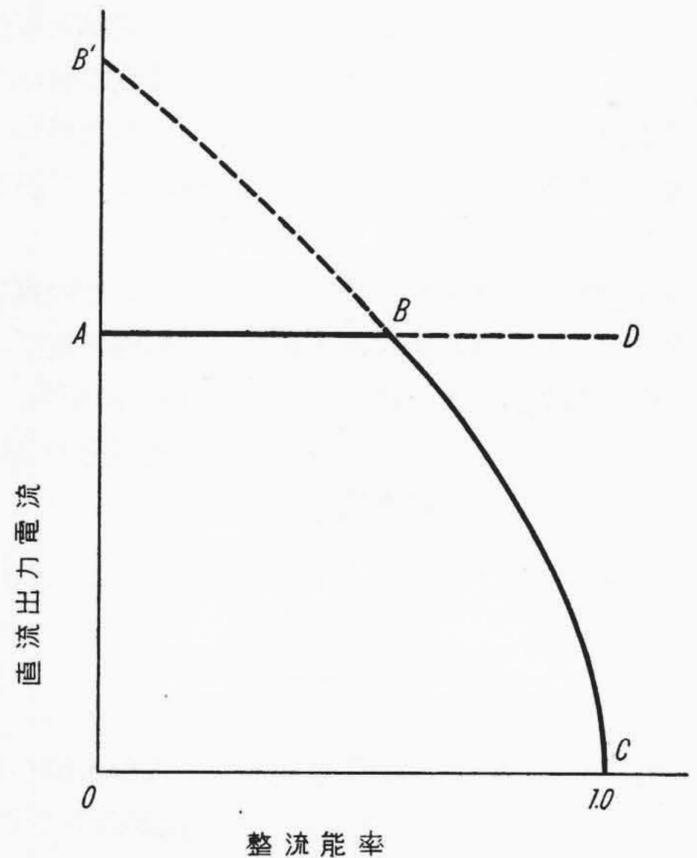
CDG線は全範囲に対する最大交流入力電圧の限界線であり、第2図からわかるように尖頭陽極逆電圧が交流入力電圧の尖頭値の2倍以上にはなり得ないことから

$$|\bar{E}| = \frac{e_{px}}{2\sqrt{2}} \dots\dots\dots (4)$$

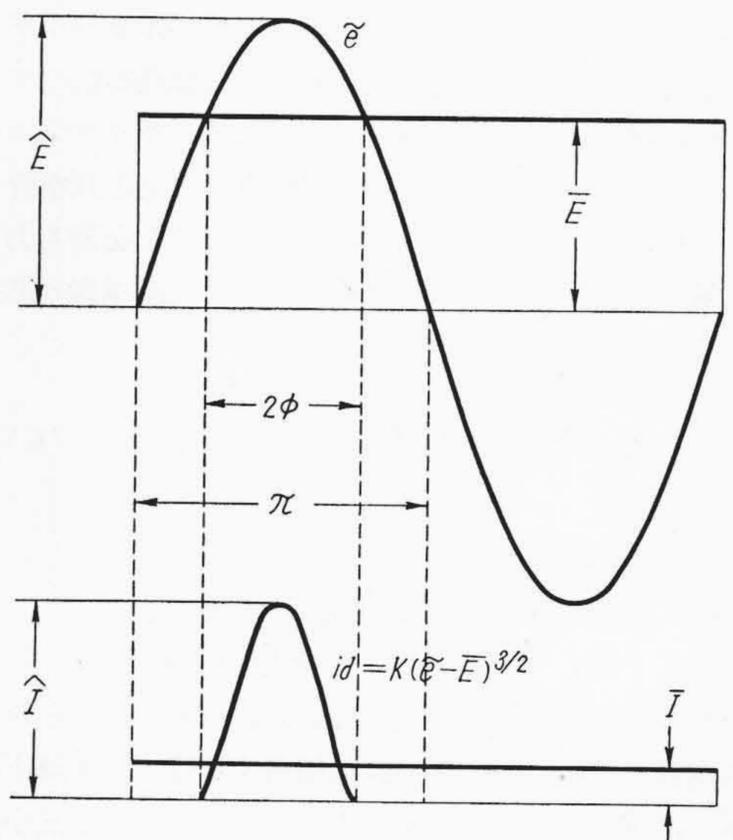
によつて求められる。 e_{px} は尖頭陽極耐逆電圧の最大定格値である。

C点は最大交流入力電圧におけるチョークインプットの場合の最大直流出力電流の値を示し、便宜上基準点Eにおける出力電流と同じ値を与える。この場合C点における陽極損失は最大の場合でもB点における値の70~80%となる。D点はコンデンサインプットの場合の同様な点で、C点と同じ値の陽極損失になるように直流出力電流の値をきめることができる。まずC点でインプットチョークのインダクタンスを0とすると、第2図(C)の

場合に相当する。この場合は負荷抵抗が真空管の等価抵抗に比べて十分大きいから、電流波形が交流入力電圧にしたがつて正弦波であると仮定して陽極電流の実効値と平均値との比を計算すると1.571となる (附録 III)。D点に対してはフィルタコンデンサの容量を無限大とし、陽極直列抵抗としてこの点の交流入力電圧に対して第5図のような図表から与えられる最小値を与えて、陽極電流の実効値と平均値との比をSchade氏の図表 Fig. 6から求める。陽極電流の実効値がC点における値と等しく



第8図 整流能率—直流出力電流図表の構造



第9図 コンデンサインプット回路の電圧、電流の波形 (C = ∞, R_s = 0 の場合)

なるように平均値をきめると D 点における直流出力電流の値が決定する。このとき負荷抵抗値は出力電流によつてきまるので、これらの一つを仮定して逐次近似させていく必要がある。

(2) 整流能率—直流出力電流図表

第 4 図の整流能率と直流出力電流とで表わした許容範囲の限界線は第 8 図に示すように二つの線の組合せからなつている。第 8 図で C-B-B' 線はコンデンサインプット回路で定常状態の尖頭陽極電流が最大定格値になる場合に整流能率からきまる直流出力電流の値を示している。しかし前項で述べたように直流出力電流は陽極損失の面からも制限され、この値は第 6 図の A 点の値になるから第 8 図の A-B-D 線が与えられる。したがつて両方を含めた許容動作範囲は A-B-C 線によつて限定されることになる。

陽極直列抵抗を 0 とし、フィルタコンデンサの容量を無限大とすると、コンデンサインプット回路の電圧、電流の波形は第 9 図のようになる(第 2 図(e)に相当)。前と同様に交流入力電圧が正弦波で陽極電流がその 3/2 乗に比例するとすれば、第 9 図から

$$\bar{I} = 0.185 \hat{I} \cos^{-1} \eta \dots \dots \dots (5)$$

ただし \hat{I} : 尖頭陽極電流
 η : 整流能率 ((2) 式による)

が得られ(附録 IV), 尖頭陽極電流の最大定格値が与えられると、整流能率に対して直流出力電流が計算される。この値から第 8 図の C-B-B' 線が描かれる。

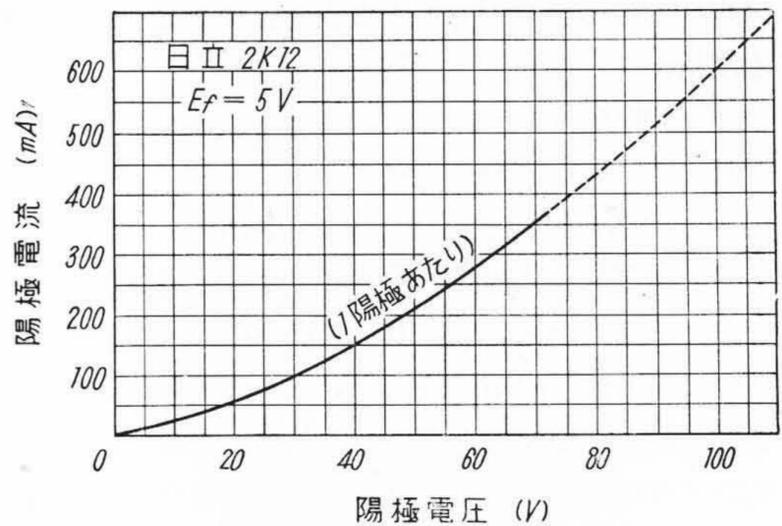
(3) 交流入力電圧—陽極直列抵抗図表

コンデンサインプットの場合にカソードが点火されている状態で入力電圧が加えられると、フィルタコンデンサを充電するサージ電流が流れる。これは負荷抵抗が短絡された場合に相当するので、回路にインダクタンスがないとすればサージ電流の値は陽極直列抵抗と真空管の内部抵抗によつてきまる。このサージ電流を交流入力電圧に対して一定の値におさえるためには、陽極直列抵抗として次の値が必要である。

$$R_s = \frac{\sqrt{2} |\tilde{E}| - \hat{E}_a}{\hat{I}_a} \dots \dots \dots (6)$$

ただし R_s : 陽極直列抵抗
 \hat{I}_a : 過渡尖頭陽極電流
 \hat{E}_a : \hat{I}_a に相当する管内電圧降下

したがつて過渡尖頭陽極電流の最大定格値が与えられると真空管の陽極特性からこれに相当する管内電圧降下がわかり、(6) 式によつて交流入力電圧に対応する最小陽極直列抵抗の値を計算することができ、第 5 図のような図表が作られる。



第 10 図 日立 2K12 平均陽極特性

[VI] 2K12 における計算例

高真空全波整流管日立 2K12 について、前項の方法で図表による最大定格の表現を試みた例を述べる。

2K12 の平均陽極特性は第 10 図に示すとおりである。また最大定格値は次のようになつている。

- 尖頭陽極耐逆電圧.....2,800 V 最大
- 過渡尖頭陽極電流..... 5.45 A 最大
- 定常尖頭陽極電流..... 1.2 A 最大

これらの数値からまず次の条件の全波整流回路で長期間にわたる寿命試験を行つて最大定格値の妥当性を確めた。この条件は第 6 図の E 点に相当し、かつ過渡および定常尖頭陽極電流は最大定格値と等しくなつている。

- 交流入力電圧 $|\tilde{E}| = 700 \text{ V}$
- 陽極直列抵抗 $R_s = 100 \Omega$
- フィルタコンデンサ $C = 4 \mu\text{F}$
- 負荷抵抗 $R_L = 2,000 \Omega$
- 直流出力電流 $2\bar{I} = 350 \text{ mA}$
- 直流出力電圧 $\bar{E} = 700 \text{ V}$
- 周波数 $f = 50 \sim$

この基準の動作条件および最大定格値から、前項の方法で第 6 図の各点を求めると次のようになる。

- E 点: $|\tilde{E}| = 700 \text{ V}$
 $\bar{I} = 350/2 = 175 \text{ mA}$
 $|I/\bar{I}| = 2.01$ (Schade 氏の図表 Fig. 6 による)
- A 点: $\bar{I} = 175 \times \frac{2.01}{1.634} = 215 \text{ mA}$
 $1.99\bar{I} = 1.99 \times 215 = 428 \text{ mA}$
 $|\tilde{E}| = 81 \text{ V}$ (第 10 図による)
- B 点: $|\tilde{E}| = 700 \text{ V}$ (E 点と同じ)
 $\bar{I} = 215 \text{ mA}$ (A 点と同じ)
- C 点: $|\tilde{E}| = \frac{2,800}{2\sqrt{2}} = 1,000 \text{ V}$
 $\bar{I} = 175 \text{ mA}$ (E 点と同じ)
- D 点: $|\tilde{E}| = 1,000 \text{ V}$ (C 点と同じ)

$|I|/\bar{I}=2.5$ (Schade 氏の図表 Fig. 6 による)

$$\bar{I}=175 \times \frac{1.571}{2.5}=110 \text{ mA}$$

これらの数値によつて描いたのがさきに示した第3図の許容動作範囲である。

第8図の B-C 線の計算は(5)式において $\hat{I}=1.2\text{A}$ とすると

$$\bar{I}=0.185 \times 1,200 \times \cos^{-1}\gamma \text{ mA}$$

で行われる。これと A-B 線の $\bar{I}=215 \text{ mA}$ とから第4図が得られる。

陽極直列抵抗の計算では $\hat{I}_a=5.45 \text{ A}$ に相当する管内電圧降下を第10図の特性曲線の延長から求めると $\hat{E}_a=445 \text{ V}$ になるから、これらの値を(6)式に入れて

$$R_s = \frac{\sqrt{2} |\hat{E}| - 445}{5.45} \Omega$$

から計算できる、こうして描いたのが第5図である。

[VII] 結 言

高真空整流管の最大定格を図表によつて表現する方法について考察した。このような方法は、米国では以前から行われているが、図表の作り方に一定の基準がなく、わが国ではほとんど行われていない。ここでは日立2K12, 2K13 などについて昭和29年以来用いてきた方法を述べた。この方法によると真空管の特性と最大定格値とから比較的簡単に許容動作範囲を表わす三つの図表を作ることができる。

またこのような図表を用いることによつて、回路設計の際に複雑な計算を行うことなく、真空管の動作を規定された最大定格値内に保たせることができる。この場合フィルタの回路定数および電源周波数に関しては直接考慮に入れなくてよい。しかし、陽極直列抵抗の最小値が規定されるので、電圧変動率が悪くなるにもかかわらず陽極回路に抵抗を附加しなければならない場合も起り得る。過渡尖頭電流を重視していることはこの方法の特長の一つである。

高真空整流管には短寿命のものが従来非常に多いが、ここに述べたような図表による最大定格の表現が、高真空整流管を正しく使うために少しでも役立つことになれば幸いである。終りにこの方法について御討論をいただいた日立製作所茂原工場の関係各位に厚くお礼を申し上げます次第である。

参 考 文 献

- (1) O. H. Schade: "Analysis of Rectifier Operation" Proc. I. R. E., July, 1943

附 録

[I] 第6図A点の陽極電流の波形率の計算

第7図で陽極電圧(この場合は交流入力電圧の正の部分に等しい)が正弦波で、陽極電流がその3/2乗に比例するとすれば

$$e_a = \hat{E} \cos \theta \dots\dots\dots (7)$$

$$i_a = K(\hat{E} \cos \theta)^{\frac{3}{2}} = \hat{I} \cos^{\frac{3}{2}} \theta \dots\dots\dots (8)$$

$$\frac{\bar{I}}{\hat{I}} = \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} \cos^{\frac{3}{2}} \theta d\theta = \frac{1}{2\sqrt{\pi}} \dots\dots\dots (9)$$

$$\frac{|I|}{\hat{I}} = \sqrt{\frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} \cos^3 \theta d\theta} = \sqrt{\frac{2}{3\pi}} \dots\dots\dots (10)$$

(9), (10) から $\frac{|I|}{\bar{I}} = 1.634$ となる。

[II] (3) 式の計算

上記(8), (9) から

$$\bar{I} = \frac{\hat{I}}{2\sqrt{\pi}} = \frac{K\hat{E}^{\frac{3}{2}}}{2\sqrt{\pi}} \dots\dots\dots (11)$$

これに $|\hat{E}| = \sqrt{2} \hat{E}$ を代入し

$$1.99\bar{I} = K |\hat{E}|^{\frac{3}{2}} \dots\dots\dots (3)$$

が得られる。

[III] 第6図C点の陽極電流の波形率の計算

第2図(C)において負荷抵抗が真空管の等価抵抗に比べて十分大きいとすれば、陽極電流は交流入力電圧に比例して正弦波になると考えてよい。

$$i_a = \hat{I} \cos \theta \dots\dots\dots (12)$$

$$\frac{\bar{I}}{\hat{I}} = \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} \cos \theta d\theta = \frac{1}{\pi} \dots\dots\dots (13)$$

$$\frac{|I|}{\hat{I}} = \sqrt{\frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} \cos^2 \theta d\theta} = \frac{1}{2} \dots\dots\dots (14)$$

(13), (14) から $\frac{|I|}{\bar{I}} = 1.571$ となる。

[IV] (5) 式の計算

第9図で管内電圧降下は交流入力電圧と直流出力電圧との差になるから、

$$e_a = \hat{E} \cos \theta - \bar{E} = \hat{E}(\cos \theta - \cos \phi) \dots\dots (15)$$

$$i_a = KE(\cos \theta - \cos \phi)^{\frac{3}{2}} \dots\dots\dots (16)$$

$$\hat{I} = KE(1 - \cos \phi)^{\frac{3}{2}} \dots\dots\dots (17)$$

から,
$$i_a = \hat{I} \left(\frac{\cos \theta - \cos \phi}{1 - \cos \phi} \right)^{\frac{3}{2}} \dots\dots\dots (18)$$

$$\bar{I} = \frac{\hat{I}}{\pi} \int_0^{\phi} \left(\frac{\cos\theta - \cos\phi}{1 - \cos\phi} \right)^{\frac{3}{2}} d\theta$$

$$= 0.185 \hat{I} \cdot \phi \dots\dots\dots (19)$$

ここで (1) から $\eta = \bar{E}/\hat{E} = \cos\phi$ であるから

$$\frac{\bar{I}}{\hat{I}} = 0.185 \cos^{-1}\eta \dots\dots\dots (5)$$

が得られる。(19) 式の積分は近似計算である。

最近登録された日立製作所の特許および実用新案

(その 2)

(第52頁より続く)

| 区 別 | 登録番号 | 名 称 | 工 場 別 | 氏 名 | 登録年月日 |
|------|--------|---|-----------|------------------------|------------|
| 実用新案 | 454250 | 蓋 などの 締 付 け 装 置 | 笠 戸 工 場 | 稲 月 乾 | 31. 11. 26 |
| " | 454289 | 扉 開 閉 機 の 緩 衝 用 弁 装 置 | 笠 戸 工 場 | 高 森 恒 男 金 子 良 士 | " |
| " | 454231 | 天 井 走 行 起 重 機 の 走 行 用 駆 動 装 置 | 亀 有 工 場 | 吉 川 種 秀 | " |
| " | 454233 | 十 字 形 ア ク ス ル カ ウ ン タ 起 動 レ バ ー 装 置 | 亀 有 工 場 | 田 中 春 雄 秋 山 義 信 | " |
| " | 454234 | 寸 動 操 作 可 能 な 巻 上 機 用 制 動 装 置 | 亀 有 工 場 | 井 上 啓 | " |
| " | 454235 | 十 字 形 ア ク ス ル カ ウ ン タ | 亀 有 工 場 | 田 中 春 雄 秋 山 義 信 | " |
| " | 454251 | 電 動 制 水 弁 の 過 負 荷 防 止 装 置 | 亀 有 工 場 | 山 内 章 正 | " |
| " | 454253 | 巻 上 機 の ブ レ ー キ と ク ラ ッ チ を 兼 用 し た ハ ン ド ル 装 置 の 安 全 装 置 | 亀 有 工 場 | 赤 羽 祐 治 | " |
| " | 454272 | 吹 管 | 亀 有 工 場 | 浜 野 敏 夫 | " |
| " | 454273 | 節 部 を 有 す る 管 状 部 材 | 亀 有 工 場 | 村 田 敏 雄 | " |
| " | 454277 | 反 転 弁 の 弁 軸 支 持 装 置 | 亀 有 工 場 | 寺 田 進 | " |
| " | 454281 | 軸 の 摺 動 を 許 す メ カ ニ カ ル シ ー ル 装 置 | 亀 有 工 場 | 寺 田 進 | " |
| " | 454284 | シ ョ ベ ル 系 掘 削 機 に お け る 旋 回 止 め 装 置 | 亀 有 工 場 | 阿 部 哲 義 久 保 沢 稔 | " |
| " | 454288 | 流 体 導 通 装 置 | 亀 有 工 場 | 久 保 沢 稔 | " |
| " | 454237 | 空 気 に よ る 粉 体 輸 送 装 置 に お け る 粉 体 撒 布 装 置 | 川 崎 工 場 | 大 貫 重 信 西 岡 富 士 夫 | " |
| " | 454285 | パ イ プ 固 定 装 置 | 川 崎 工 場 | 松 本 源 次 郎 片 桐 貞 一 | " |
| " | 454241 | 軸 封 装 置 | 栃 木 工 場 | 南 部 誠 一 | " |
| " | 454278 | 冷 蔵 庫 の 化 粧 板 取 付 装 置 | 栃 木 工 場 | 楠 本 陽 一 郎 | " |
| " | 454229 | 電 動 ホ イ ス ト の 制 御 装 置 | 多 賀 工 場 | 後 藤 繁 | " |
| " | 454230 | 電 動 ホ イ ス ト 操 作 用 押 ボ タ ン ス イ ッ チ | 多 賀 工 場 | 後 藤 繁 | " |
| " | 454252 | フ リ ク シ ョ ン ホ イ ール 伝 導 装 置 付 遠 心 脱 水 機 | 多 賀 工 場 | 農 沢 靖 夫 福 山 博 | " |
| " | 454276 | 換 気 扇 装 置 | 多 賀 工 場 | 小 林 国 雄 | " |
| " | 454280 | テ ー パ ー ピ ン | 多 賀 工 場 | 藤 井 俊 雄 | " |
| " | 454247 | 温 度 継 電 器 な ど に お け る 調 整 ネ ジ 錠 止 装 置 | 亀 戸 工 場 | 松 田 幸 次 郎 | " |
| " | 454257 | 電 動 機 冷 却 扇 | 亀 戸 工 場 | 上 原 弘 | " |
| " | 454258 | 電 動 機 冷 却 扇 | 亀 戸 工 場 | 上 原 弘 | " |
| " | 454266 | 集 電 環 ボ ス 取 付 装 置 | 亀 戸 工 場 | 橋 本 勲 一 | " |
| " | 454267 | 集 電 環 短 絡 装 置 | 亀 戸 工 場 | 橋 本 勲 一 | " |
| " | 454269 | 減 速 装 置 付 電 動 機 | 亀 戸 工 場 | 伊 藤 虎 男 | " |
| " | 454279 | 油 圧 押 上 機 | 亀 戸 工 場 | 秋 山 勝 彦 | " |
| " | 454282 | 防 塵 兼 用 オ イ ル シ ー ル | 亀 戸 工 場 | 秋 山 勝 彦 | " |
| " | 454283 | オ イ ル シ ー ル | 亀 戸 工 場 | 秋 山 勝 彦 | " |
| " | 454236 | 多 数 共 同 加 入 電 話 に お け る 試 験 電 話 装 置 | 戸 塚 工 場 | 江 北 森 五 郎 大 塚 英 次 郎 | " |
| " | 454240 | 磁 心 線 輪 | 戸 塚 工 場 | 家 形 秀 夫 | " |
| " | 454249 | 室 内 用 空 中 線 | 戸 塚 工 場 | 古 谷 勝 美 | " |
| " | 454286 | エ ッ ク ス 線 管 | 茂 原 工 場 | 宇 多 村 幸 彦 | " |
| " | 454275 | 補 強 る つ ぼ | 中 央 研 究 所 | 岩 田 篤 雄 土 井 俊 | " |