

クセノン入熱陰極グリッド制御放電管

Xenon-gas-filled Grid-controlled Rectifier

小 島 秀 雄*
Hideo Kojima

内 容 梗 概

熱陰極グリッド制御放電管はリレー制御をはじめ電動機制御、熔接機制御などの工業応用面に次第に広く用いられるようになった。なかでもクセノンガス入熱陰極グリッド制御放電管は動作が安定で取り扱いが簡単なので工業用としては特に好適である。

管球の定格をよく守り熱陰極グリッド制御放電管に適した回路設計を行えば十分な信頼度のもとにはかの機器の追従を許さない精巧な制御動作を比較的安価に実現することができる。

誘導性負荷を用いる回路ではガス消耗のためにクセノン入熱陰極グリッド制御放電管が短寿命となることがある。このような場合には高転流率形の品種を使用するか、または緩衝回路を付加することによって十分な長寿命を得ることができる。

1. 緒 言

熱陰極グリッド制御放電管は「サイラトロン」の名で古くから一般に親しまれているが、ここ数年来特に中電圧用（出力電圧 1,000V 以下）にはクセノン入熱陰極グリッド制御放電管が従来の水銀入熱陰極グリッド制御放電管に代って盛んに用いられるようになってきた。

ここではクセノン入熱陰極グリッド制御放電管の特長、定格、使用上の注意などについて説明し、またガス入熱陰極グリッド制御放電管の宿命ともいべきガス消耗の問題に触れ、その防止方法を述べた。

2. クセノン入熱陰極グリッド制御放電管の特長

熱陰極グリッド制御放電管は水銀入とガス入とに大別される。このうち水銀入りは取り扱いが不便な点があるが寿命的に安定であり、逆にガス入は取り扱いは便利であるが寿命的に不安定なものとされてきた。しかしこのガス入の欠点たる短寿命も新形のクセノン封入管において著しく改善されてきた。最近のクセノン入り熱陰極グリッド制御放電管は設計上の改善も行われて次のような特長を有している。

- (1) ガス入り放電管に共通の封入ガス消耗による短寿命は少なくほとんど水銀入と同等の寿命を有する。
- (2) 陽極耐逆電圧はほかのガス入より高く工業用途として十分な 1,500V 程度の定格を有せしめうる。
- (3) 陰極の予熱時間が短い（中大形管でも 1 分程度）。水銀封入管においては毎動作前の陰極予熱に数分から数十分を必要とするものがあり、特に輸送や長期保存ののち初めて管を使用するときには管の陽極付近に付着した水銀を蒸発せしめるために動作開始前に陰極のみを 30 分以上予備加熱するを要することになっ

* 日立製作所茂原工場

第1表 クセノン入と水銀入熱陰極グリッド制御放電管の比較

	水 銀 蒸 気 入	クセノン入
使 用 温 度 範 囲	管壁温度+40~+80°C位	周囲温度-55~+70°C位
毎使用時ごとの陰極予備加熱時間	数分~数十分	1 分
放置後の陰極予備加熱およびエージング	約1時間	必要なし
取 付 位 置	正 立	任 意
制 御 特 性	温度による変化大	温度による変化小
陽 極 耐 電 圧	30kV程度まで	現在 1,500V 程度

ており、水銀入管の取扱上の欠点となっている。クセノン封入管にこのようなことは不必要である。

(4) クセノン封入管の取付方向は任意に選ぶことができる。また実用上周囲温度の制限がない。これに対し水銀封入管は水銀粒を口金付近の下部管壁に落つかせ、しかもその水銀粒の付着した部分の管壁温度をせまい範囲におさえて管内水銀蒸気圧の調整を行う必要があるため、取付方向は直立に限られ、周囲温度の制限も厳重である。クセノン入封入管にはこのような制限がなく水銀封入管よりも用途範囲が広い。

3. クセノン入熱陰極グリッド制御放電管の定格

わが国においては電子管の定格は一般定格および最大定格に区分して示されている。一般定格はそれぞれの品種の特性または使用条件の代表的数値の標準値を示し、最大定格は使用条件の許容限界値を示す。

クセノン入熱陰極グリッド制御放電管の定格もこの区分に従って発表されている。以下電氣的定格の主な項目についてその内容を説明する。

3.1 一般 定 格

3.1.1 陰極加熱電圧

これは陰極を動作温度に保つに必要な電圧であっ

て、クセノン入熱陰極グリッド制御放電管において小形の傍熱陰極管は一般の受信管類と同じく 6.3V、中大形の直熱フィラメン形管は 2.5V のものがほとんどである。

陰極加熱電圧の変動は傍熱形で定格値の $\pm 10\%$ 以内、直熱形で $\pm 5\%$ 以内におさえることが望ましい。陰極加熱電圧がこの範囲より低い時は陰極温度が過度に低下して電子放射が不足し、陰極の受けるイオン衝撃が増し電子放射物質のスパッタを増し短寿命となる。また陰極加熱電圧が高すぎるときは陰極温度が過度に上昇して陰極物質の蒸発を増し陰極の電子放射寿命を短縮するほか、グリッドエミッションなど特性不安定の原因となりやすい。

陰極加熱に関しては電圧が低く電流の大きな直熱フィラメント管において口金、ソケットの接触不良のため陰極加熱電圧が予想外に下がり短寿命となることがあるから特に注意を要する。

3.1.2 陰極加熱時間

陽極電圧印加前陰極の予熱に必要な時間でこの時間はクセノン封入管は水銀封入管に比べてはるかに短く中大形管においても 1 分程度である。この時間が規定されるのは陰極電圧印加後まだ陰極が所定の動作温度に達していないうちに陽極電圧を加えて電流を取り出すと、管内電圧降下増大のために過大のイオン衝撃を受けて陰極が破壊されるためである。常に規定の加熱時間が守られるように陽極回路には遅延継電器を使用することが望ましい。

3.1.3 臨界グリッド電流

放電開始前にグリッドの電位を負の大きな値から次第に放電開始臨界条件値に近づけていくと第 1 図(A)に一例を示すようにグリッド電流が増してくる。放電開始直前にグリッドに流れる電流を臨界グリッド電流という。この値は球ごとのばらつき、一つの球における経時変化があるので、定格値としては品種ごとの最

大値を示す。またこの値は陽極電圧などの動作条件によっても変化するのでその条件を必ず付記する。

この電流はグリッドへ流入するイオン電流およびグリッドからの電子放射電流よりなる負方向電流であって、グリッド抵抗を流れてグリッドバイアスの負電圧を打消す電圧を発生する。しかもその値はばらつき、変化が大きいからこの値の大きい球ほどグリッド抵抗を小さくして使用せぬとグリッド負電圧が不安定に変化し、球の動作が不安定になる。この点は特にグリッド抵抗を大きくして感度を上げたいリレー用品種で問題になるが、最近のリレー用クセノン封入管は臨界グリッド電流定格値が $0.5 \mu\text{A}$ 程度になるよう設計的工夫が行われておりグリッド抵抗として $10 \text{ M}\Omega$ 程度の高抵抗を用いることができる。中大形管においてはグリッド抵抗は $100 \text{ k}\Omega$ 以下が安全である。

3.1.4 イオン化時間

グリッド電圧が放電開始の臨界値をこえてから管内で放電が完成し、陽極電流が外部回路定数で定まる値に達するまでの時間をいう。通常 $1 \sim 10 \mu\text{sec}$ 程度の値で一般の用途に問題となることは少ない。

3.1.5 消イオン時間

いったん電流を停止してからグリッドがふたたび制御機能を回復するまでの時間をいう。電流停止直後に陽極電圧を通電中の値にもどすとたとえグリッドは放電開始電圧より負の値であっても残留イオンがグリッドによる負電界を打消し放電は開始されてしまう。

この値は陽極電圧、グリッド電圧などの動作条件により大きく変化するので定格値はこれらの条件を付記して示す。小形のリレー用管で数十～百 μsec 、中大形管で数百 μsec の程度であり、一般にクセノン封入管は水銀封入管よりも短い。この値はグリッド制御放電管が使用可能の最高繰返し周波数を決定する。

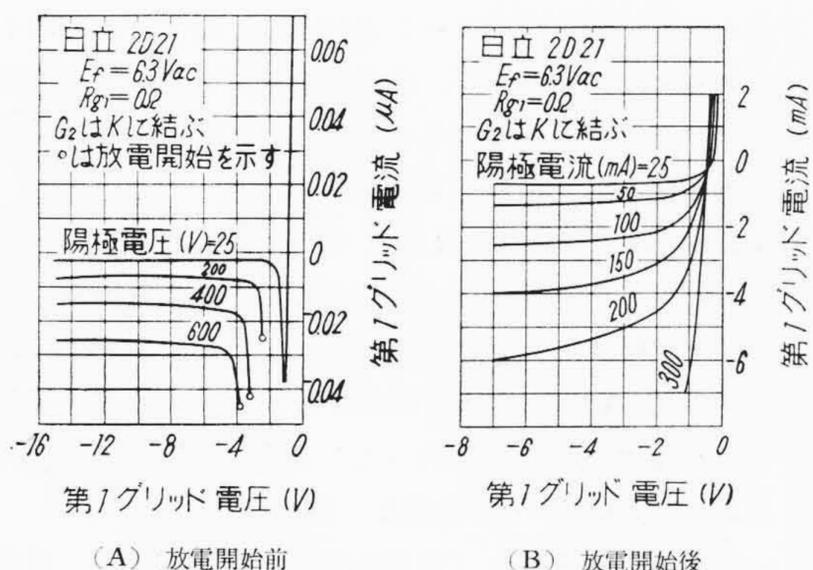
3.1.6 管内電圧降下

通電中の陽極、陰極間の電圧降下をいい、小形管で $8 \sim 10 \text{ V}$ 、中大形管で $12 \sim 16 \text{ V}$ 程度の値であって陽極電圧が数十ボルト以下の低い場合にのみ回路能率上問題になる。この値は陽極電流が変化してもほとんど変化しないが、陰極劣化がある程度進行すれば電流の多い範囲で急に上昇する傾向があり、この値の測定によって陰極劣化を予知することができる。

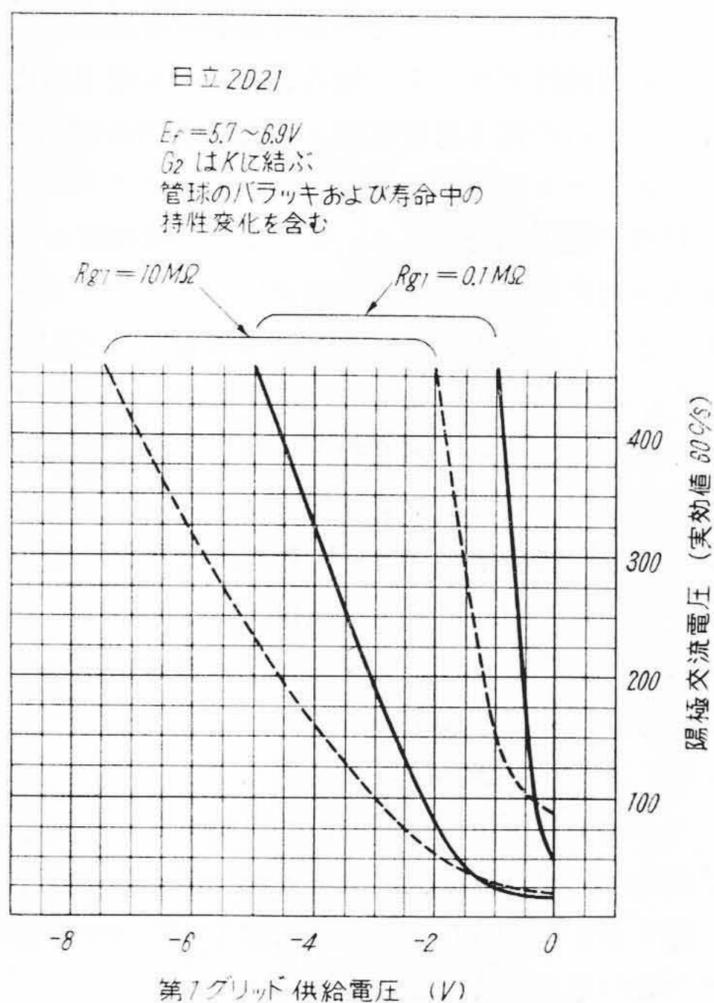
3.1.7 グリッド制御特性

放電開始の瞬間における陽極電圧、グリッド電圧の瞬時値の関係は第 2 図に例示するように広い幅をもった曲線によって示される。定格値としてはこの曲線の幅の中央を通る曲線上の 1 点または 2 点における陽極電圧、グリッド電圧の対応値を併記して示す。

第 2 図の曲線の幅は管球個々のばらつき、1 個の球



第 1 図 日立 2D21 の第 1 グリッド電流特性



第2図 日立 2D21 グリッド制御特性

の経時変化などを含んでいるがクセノン封入管においては水銀封入管におけるような周囲温度による変化はほとんどないので幅はこの分だけせまい。この特性曲線の幅のために熱陰極グリッド制御放電管を正確に制御したい場合にはグリッドの直流バイアスによって放電開始の制御を行うことは避けるべきであって、必ず直流バイアスに交流電圧または衝撃波形の電圧を重ねなければならない。

グリッド制御特性の定格値は大体的見当をつける目安としてのみ用いる。

3.2 最大定格

最大定格をこえた条件の動作は管球の特性を変化せしめ、寿命を短縮し、または管球を破壊する。常に最大定格値以下の条件で動作するよう各種の尖頭条件を考慮してセットを設計することが望ましい。

3.2.1 尖頭陽極耐逆電圧

逆弧そのほかの異常現象を起さずに印加できる最高の陽極逆電圧尖頭値をいう。クセノン入グリッド制御放電管においてこの値は 1,200~1,500V であり、特に水銀封入管と異なり周囲温度による変化はまったくくない。

3.2.2 尖頭陽極耐順電圧

放電開始前グリッドが制御能力を失う危険なしに、陽極に加える最大の正電圧尖頭値をいう。この値の

絶対値は最大尖頭陽極耐逆電圧に等しいかまたは数百ボルト低い場合が多い。

3.2.3 最大尖頭陽極電流

これは陽極、陰極間に流しうる最大の瞬時電流のことをいう。この値は陰極の電子放射能力によって定まるもので、これ以上の電流を管に流すと陰極は過大のイオン衝撃を受けて電子放射寿命を短縮し、また破壊されることもある。

3.2.4 最大平均陽極電流、最大平均時間

最大平均陽極電流とは陽極陰極間に流しうる最大の平均電流のことをいい、管球の温度上昇を限界内におさめるために定められている。平均陽極電流は電流が連続的に流れている場合には陽極回路に挿入した直流電流計によって測定することができるが、間歇的に流れているときは直流電流計によっては測定できないことがある。このときは電流瞬時値をオシログラフなどによって測定し、各瞬時値をある時間について平均して求める必要がある。平均値算出期間としてとりうる最大の時間が最大平均陽極電流とならんで規定されこれを最大平均時間という。この値の大きい品種ほど電流を時間的に集中して流しうる能力が大きい。この値は主としてその品種の陽極の熱容量と最大陽極損失（最大平均陽極電流×管内電圧降下）との比によって決定される。

3.2.5 最大サージ電流

これは短絡などの事故によって生ずる大きな過渡電流に対し放電管が耐えうる限度の一応の目安を示すもので、電流値とともに電流の最大継続時間を必ず付記して示す。最大サージ電流の値は通常最大尖頭陽極電流の 10 倍、継続時間は 0.1 秒程度の値とすることが多い。この定格は決してこの電流を繰返し流しても放電管に無害だということを示すものではなく、繰返すほど放電管の寿命は短縮しまた破壊してしまう確率は大きくなる。

この最大定格値は回路の設計にあたり放電管電源回路の短絡電流が最大サージ電流をこえぬようにそのインピーダンスをえらび、過負荷継電器の遮断時間が最大継続時間をこえぬようにするというような回路設計上の目安として用いるものである。

3.2.6 最大グリッド負電圧（放電開始前）

放電開始前グリッドに加える負の最大電圧でグリッドにこれより大きな負電圧を加えると陽極が正の最大尖頭電圧になったとき陽極グリッド間で放電を起しグリッドは制御能力を失ってしまう。

3.2.7 最大グリッド負電圧（放電開始後）

放電開始後グリッドに加える負の最大電圧。放電中は多数の陽イオンが存在するのでこれより大きな負

電圧をグリッドに加えるとグリッドはイオン衝撃のために過熱し、不純ガス放出、変形などを起す。また後述するガス消費をも生ずる。

3.2.8 最大尖頭グリッド電流および最大平均グリッド電流

グリッドの温度上昇を限界以内に納めるために決められている定格で尖頭電流、平均電流、平均時間の関係は陽極電流の場合と同じである。

放電開始後のグリッド電流の一例は第1図(B)に示してあるがグリッド電流を定格値以下に保つためにはグリッド抵抗値を上げて電流制限を行う必要のあることが多い。

3.2.9 最大転流率

これは後述するようにガス消費を防止するために設けられている最大定格値であって、放電繰返し各サイクルの電流終止点の直前における陽極電流の減少速度(A/μs)と直後における陽極逆電圧の増加速度(V/μs)との積を転流率(Commutation Factor)と名づけ、その許容最大値を最大定格値としたものである。

この定格値は特にクセノン封入管が多品種開発されるに及んで用いられるようになった。

転流率の測定は第7図Cに示すように放電停止の10 μs 前における陽極電流値と、放電停止後陽極逆電圧が200Vに達するまでの時間とを測定して算出するのを普通としている。

4. クセノン入熱陰極グリッド制御放電管の品種

第2表は外国製品も含めて現在造られているクセノン入熱陰極グリッド制御放電管のおもなものを陽極平均電流の順に並べた定格一覧表である。これらクセノン入熱陰極グリッド制御放電管は主たる用途から平均陽極電流0.1A程度でリレー用の1G50, 2D21と、平均陽極電流1A前後から始まって40Aにまで至る電力制御用の二つに分類できる。

4.1 リレー用クセノン入熱陰極グリッド制御放電管

リレー用の熱陰極グリッド制御放電管はその使用目的から高感度であること、動作特性が安定していることが望まれ1G50, 2D21がそうであるように4極管が多い。

第3図にリレー用品種の構造例として2D21の構造略図を示してあるが、陽極、グリッド、陰極の各電極は遮蔽グリッドによって外部からと相互間とを嚴重に遮蔽されている。

このような構造によって次のような特長を生ずる。

(1) 放電開始前の制御グリッド電流が小さい

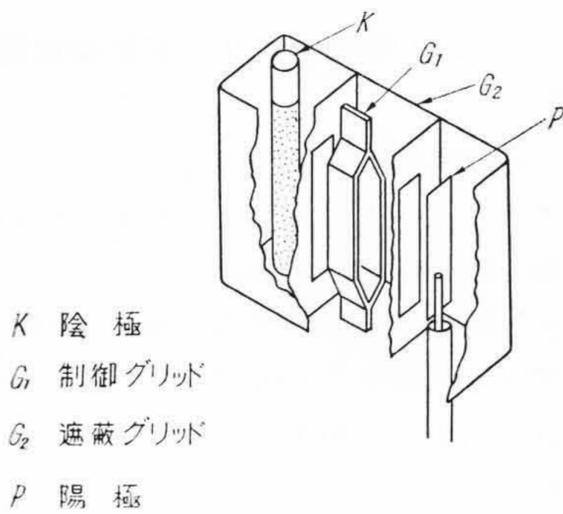
制御グリッドはよく陰極から遮蔽されているので陰極活性物質が表面に蒸着したり、陰極からの熱輻射を受けて温度が上昇することが少ないのでグリッドエミッションが少ない。またこの遮蔽は放電開始前のイオン電流を小さくすることにも役だつ。したがって放電開始前のグリッド電流は三極管に比べて非常に小さい。第1図Aは

第2表 クセノン入熱陰極グリッド制御放電管定格一覧表

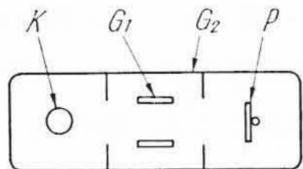
形名	外国形名	極数	口金		外形寸法		陰極			管内電圧降下約(V)	周囲温度範囲(°C)	最大陽極定格					始動特性陽極電圧/格子電圧(kV Peak/Vdc)	最大転流率(VA/μsec ²)	開発会社	形名	
			上部	底部	全長(mm)	最大直径(mm)	種別	電圧(V)	電流(A)			加熱時間(s)	尖頭耐逆電圧(kV)	尖頭耐順電圧(kV)	尖頭電流(A)	平均電流(A)					平均時間(s)
2D21	2D21	4	—	E7-1	55	18	HO	6.3	0.6	10	10	-50~+65	1.3	0.65	0.5	0.1	30	AC0.46/-3.7		RCA	2D21
1G50	2050	4	—	H17S	105	38	HO	6.3	0.6	10	10	-75~+90	1.3	0.65	1.0	0.1	30	AC0.46/-3.7		RCA	1G50
3G22	3D22A	4	—	G25PA	117	60	HO	6.3	2.6	30	10	-75~+90	1.3	0.65	8.0	0.8	30	0.7/-6.8		RCA	3G22
4G14	C1K	3	—	D16P	100	38	FO	2.5	6.3	25	8	-55~+75	1.25	1.0	8.0	1.0	4.5	1.0/-4.5	0.15	EL	4G14
					5796	5 1/2"	1 9/16"	FO	2.5	8.5		1.5	1.5	20	1.6						WL
5G32	C3J	3	A14S	D16P	160	40	FO	2.5	9.0	30	15	-55~+75	1.25	0.75	30	2.5	4.5	0.75/-4.5	0.67	EL	5G32
5G44	5544	3	A14S	D25PA	190	65	FO	2.5	12.0	60	16	-55~+90	1.5	1.5	40	3.2	15	1.0/-7	130	GL	5G44
					5877	5 7/8"	1 3/4"	FO	2.5	10.8		1.5	1.5	40	3.2						WL
6G21	C6J	3	A14S	D25SC	250	50	FO	2.5	21.0	60	15	-55~+75	1.25	0.75	77	6.4	6	0.75/-3.5	0.66	EL	6G21
6G45	5545	3	A14S	D25PA	215	65	FO	2.5	21.0	60	16	-55~+70	1.5	1.5	80	6.4	15	1.0/-7	130	GL	6G45
6G68	6808	3	A14S	特殊	186	64	FO	2.5	21.0	60	16	-55~+70	1.5	1.5	80	6.4	16	1.0/-6	130	GL	6G68
					5878	6 7/8"	2 3/16"	FO	2.5	21.0		1.5	1.5	80	6.4						WL
	C16J	3	特殊	特殊	10 1/2"	4 1/8"	FO	2.5	31.0	60	11	-55~+75	1.25	1.0	160	16	4.5	1.0/-4.0	0.66	EL	(C16J)
	5855	3	特殊	特殊	11 5/64"	3 3/8"	FO	2.5	34.0	60	16	-55~+70	1.5	1.5	160	18	15	1.5/-5.0	200	GL	(5855)
	7086	3	特殊	特殊	11.8"	4.62"	FO	2.5	92.0	60	最大40	-55~+75	0.65	0.65	160	40	15	0.65/-6.5	400	RCA	(7086)

FO: 直熱形酸化物塗布陰極
HO: 傍熱形酸化物塗布陰極

EL: Electrons
GL: G. E.
WL: Westinghouse



K 陰極
G₁ 制御グリッド
G₂ 遮蔽グリッド
P 陽極



第3図 日立2D21の構造略図

日立2D21の放電開始前のグリッド電流を示す。

このようにグリッド電流が小さいことと(2)で述べる陽極-グリッド間静電容量が小さいことの両方から、4極管ではグリッド回路に高抵抗を使用して回路の安定度を損うことなく感度を高めることができる。

第2図には日立2D21でグリッド抵抗 R_g に 0.1MΩ と 10MΩ を使用したときの第1グリッド制御特性の差が示してある。三極管では 1MΩ 以上のグリッド抵抗は使用困難であるのに対し小形四極管では 10MΩ まで可能な上グリッド抵抗を大幅に変えても制御特性の変化は少ない。

(2) 電極間の静電容量が小さい

小形熱陰極グリッド制御放電管の場合三極管では制御グリッド-陽極間静電容量が 3~4PF 程度であるのに対して 1G50 では 0.26 PF, 2D21 では 0.026 PF にすぎない。したがって陽極側のサージ電圧がグリッド側に饋還されることによって生ずる誤動作がない。また同様に陽極交流電圧のグリッド側への饋還が少ないから前記のグリッド電流の少ないこととあいまってグリッド抵抗に大きなものを用いることができる。

(3) 任意のグリッド制御特性が得られる

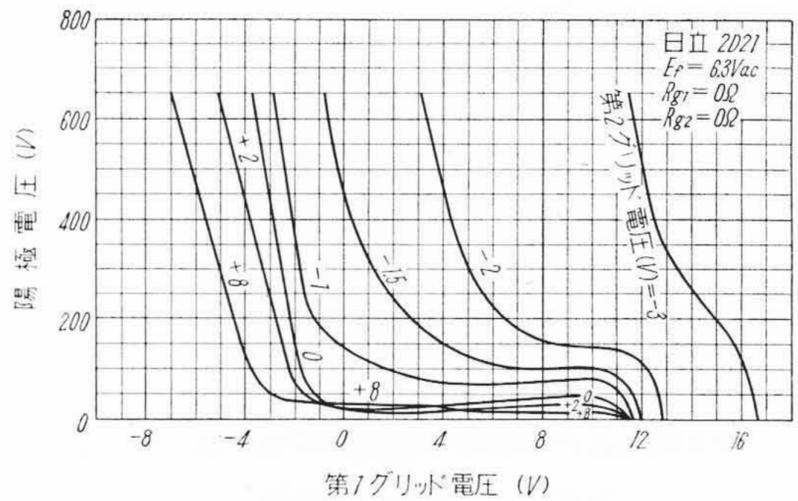
普通遮蔽グリッド G₂ は陰極電位にして用いるが、この電位をより正またはより負にすることによって制御グリッド特性を負または正の方向へずらすことができる。

第4図に日立2D21の始動特性変化の様子を示す。

4.2 電力制御用クセノン入熱陰極グリッド制御放電管

電力制御用のクセノン入熱陰極グリッド制御放電管のうち、第2表の定格表に示されているものには以下に述べるごとき三つのおもな系列がある。

- (1) 4G14 (CIK, 1A), 5G32 (C 3 J, 2.5A), 6G21 (C 6 J, 6.4 A), -(C16J, 16A) の系列



第4図 日立2D21, 第2グリッド電圧による始動特性の変化

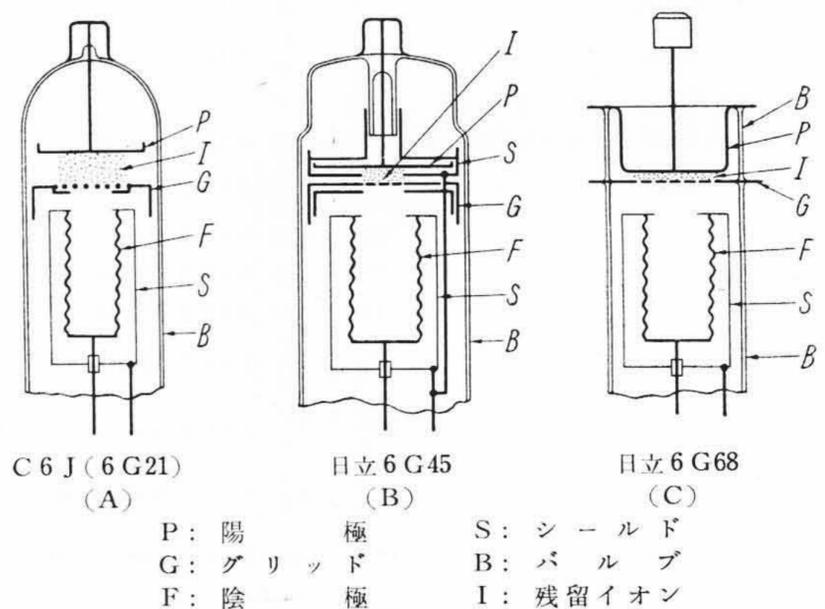
(括弧内は外国形名と平均陽極電流を示す) で米国 Electrons 社が開発したものである。3系列中最も早く開発され現在広く使用されている。

(2) 5G44 (5544, 3.2A), 6G45 (5545, 6.4A), 6G68 (6808, 6.4A), -(5855, 18A) の系列で米国 GE 社によって開発されたもので転流率定格が大きいのがその特長である。

(3) -(5796, 1.6A), -(5877, 3.2A), -(5878, 6.4A) の系列で米国 Westinghouse 社が最近発表したものである。この系列の特長は、半球状の陽極と半球状のバルブ上部とを組み合わせることによって、バルブと陽極の間をごく狭い間隔に保ち、これによって陽極耐電圧(定格 1,500V)の上昇を計っていることである。

平均陽極電流 40A でクセノン入熱陰極放電管として現在世界最大の 7086 は RCA 社によって開発されたものであるが、その構造および転流率定格からは(2)の系列にきわめて近い。

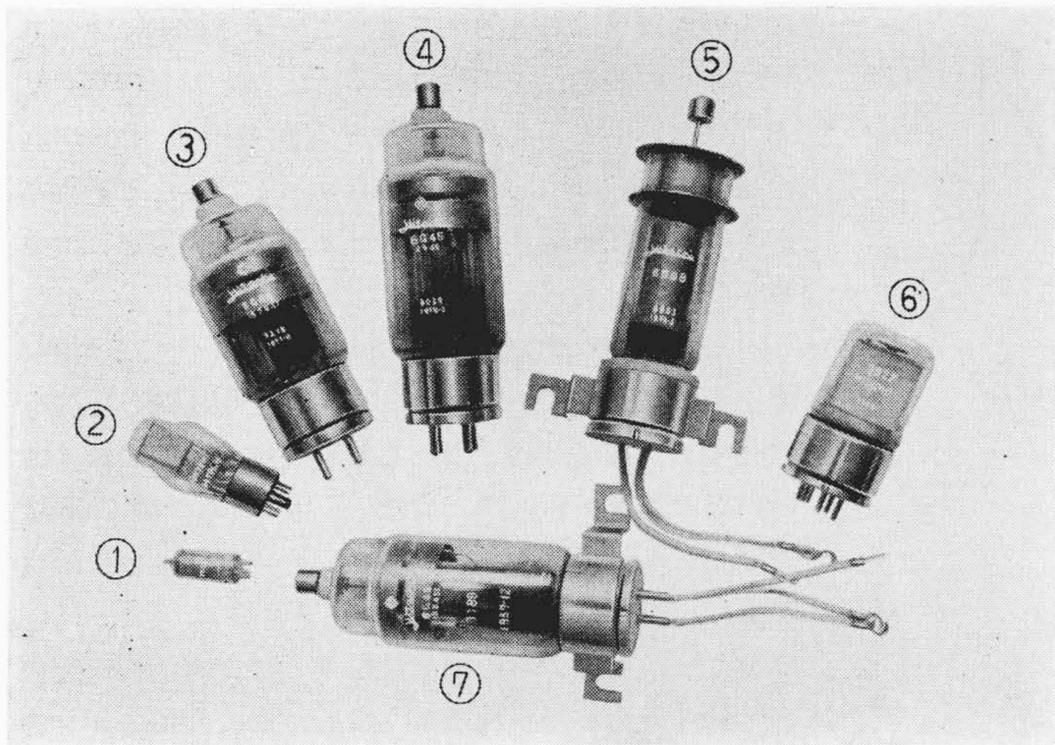
第5図に(1)(2)の系列の代表品種の構造略図を示す。



C 6 J (6 G 21) (A) 日立 6 G 45 (B) 日立 6 G 68 (C)

P: 陽極 S: シールド
G: グリッド B: バルブ
F: 陰極 I: 残留イオン

第5図 クセノン入熱陰極グリッド制御放電管の構造略図



① 2D21, ② 1G50, ③ 5G44, ④ 6G45, ⑤ 6G68, ⑥ 3G22, ⑦ 6G45A

第6図 日立クセノン入熱陰極グリッド制御放電管

以上主要なクセノン入熱陰極グリッド制御放電管の系列はいずれも米国において開発されたものであるが、日本や欧州でも今のところ独自の系列はなく米国系品種が生産されている。

第6図は現在日立製作所が製造しているクセノン入熱陰極グリッド制御放電管7品種の写真である。リレー用の2D21 (0.1A), 1G50 (0.1A)と同様に、陽極電流0.8Aの3G22もやはり4極管で大形リレー制御、小容量の電力制御用としてきわめて安定かつ高感度の動作を示す。5G44 (3.2A), 6G45 (6.4A), 6G68 (6.4A)は後述するごとく高転流率の回路で使用してもガス消耗の起きない(2)の系列相当管種である。

5. クセノン入熱陰極グリッド制御放電管のガス消耗とその防止

ガス消耗 (Gas-clean-up) とはガス入放電管において動作中封入ガスが電極そのほかに吸着されて圧力が次第に低下し、ついに放電不能となる現象をいい、クセノン入熱陰極グリッド制御放電管の場合には特に電力制御用の中大形品種においてこれが寿命限定の一つの要因をなしている。

ガス消耗は陰極または負電位にあるグリッド、陽極にガスイオンが衝突し、イオンが直接これらの電極に突入して捕えられまたは電極物質のスパッタリングを生じ電極物質の管壁付着とともにガス分子が管壁に吸着されることによって生ずる。このガス消耗現象はガス原子量の大きいほど少なくその点クセノンは最も有利であるがなお寿命に影響する程度は少ない。

陰極のイオン衝撃によるガス消耗は陰極の電子放射が減衰し陰極降下大の傾向になった場合に著しくなるもの

であるから、陰極におけるガス消耗の防止は電子放射の改善と尖頭陽極電流値を極力少なくとり最大定格値は絶対にこえぬようにすることによって可能となる。

グリッドのイオン衝撃によるガス消耗は使用中最大グリッド負電圧、最大グリッド電流の定格値をこえぬこと、特に数十kΩ程度の十分のグリッド抵抗を用いてグリッド電流の制限を行うことによって防止される。

最後に陽極におけるガス消耗は放電繰返し各サイクルにおいて放電停止直後陽極電圧が正から負の値に転換したとき、残留イオンが陽極に衝突することによって起る。このガス消耗の速さは3.2に記した転流率

$$\text{転流率} = (\text{放電停止直前の陽極電流減少速度 } A/\mu s) \times (\text{放電停止直後の陽極逆電圧上昇速度 } V/\mu s)$$

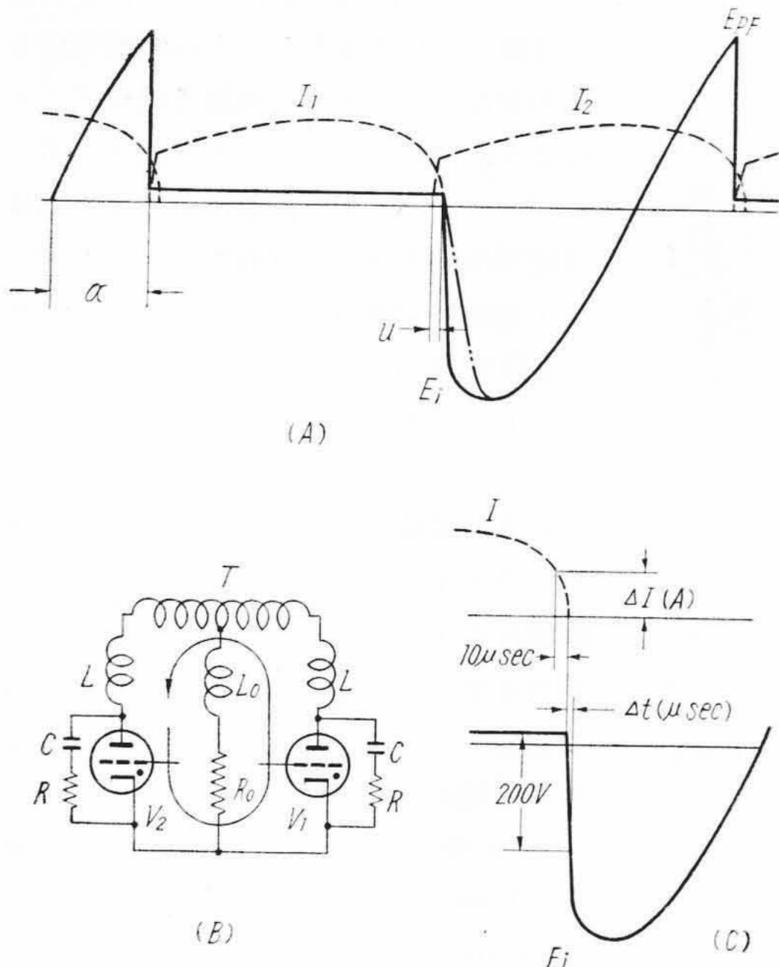
が大きいくほど増加するとされており、ガス消耗の防止は各品種ごとに定められた最大転流率をこえぬよう使用条件をえらぶことによって行われるが、一方大きな転流率にたえうる品種系列の開発も行われてきたことは4.2に記した。転流率が寿命に及ぼす影響のデーターとして発表された一例を第3表に示す⁽³⁾。

5.1 緩衝回路による転流率の低減

放電管を純抵抗負荷回路で使用するときには放電停止点の陽極電流の減少と陽極逆電圧の上昇とはともに時間に対して正弦曲線的に行われ、この場合には転流率は管球の最大定格値より小さく問題にならない。しかし誘導性負荷回路の場合には電流位相の電圧位相よりのおくれのために電流停止時にはすでに陽極電源変圧器には逆電圧が発生しており、その電圧が電流停止の瞬間から一挙に放電管の陽極に印加され大きなV/μsを生ずることおよび特に多相整流回路の場合には相間転流が相当急激に行われ一相についてA/μsが大きいことのため転流率はしばしば大きな値となる。第7図は電圧電流波形の一例として単相全波回路の場合を示した。

第3表 高転流率形と低転流率形の比較寿命試験

項	目	試験 I	試験 II
A.	陽極平均電流	2.5	4.75 A
B.	陽極尖頭電流	5	9.5 A
C.	陽極逆電圧尖頭値	1,000	1,000 V
D.	陽極逆電圧上昇率	10	50~100V/μsec
E.	陽極電流減少率	0.15	0.15A/μsec
F.	転流率 (D×E)	1.5	7.5~15VA/μsec ²
G.	寿命	{ GL-5545 低転流率形のもの	{ 4,000 300 h
			{ 3,500 200 h



I_1 : V_1 の陽極電流 T : 変圧器
 I_2 : V_2 の陽極電流 L : 変圧器漏洩インダクタンス
 u : 重なり角 L_0 : 負荷のインダクタンス
 E_{PF} : 陽極順電圧 R_0 : 負荷抵抗
 E_i : 陽極逆電圧 C : 緩衝回路静電容量
 α : 点弧角 R : 緩衝回路抵抗
 V_1, V_2 : 熱陰極グリッド制御放電管

第7図 熱陰極グリッド制御放電管整流回路と電圧電流波形

転流率を下げる方法として次のものがある。

(1) 陽極電源変圧器と陽極との間にリアクタを入れ相間転流の場合の重なり角を増し電流減少速度をおさえる方法

(2) 陽極陰極間に C, R よりなる緩衝回路を並列に挿入して逆電圧上昇速度 $\frac{\Delta V}{\Delta t}$ を小さくする方法
 一般に用いられるのは (2) の方法である。

第7図Bにこの方法の一例を示す。 C と R の直列接続を球に並列に入れて、整流終止点直後の逆電圧上昇速度 $\frac{\Delta V}{\Delta t}$ を第7図A中2点鎖線のように小さくし、転流率を下げようとしたものである。

この緩衝回路の設計方法に関しては Marshall と Shackelford 氏による計算式および図表がある⁽²⁾ (付記参照)。

5.2 転流率定格の大きなクセノン入熱陰極グリッド制御放電管

第5図に高転流率形の日立 6G45 および日立 6G68 の構造を示した。高転流率形の管球に共通にみられることは、陽極がその周囲をごく狭い距離を隔ててシールドあるいはグリッド、バルブなど低電位の電極によって完

全に包囲されていることである。こうすることによって

(1) 陽極耐電圧を犠牲にすることなしに十分高い圧力でクセノンガスを封入できる (耐電圧は Paschen の法則において $p \times d$ が小さいほど高くなる範囲にあり、電極間距離 d が小さいほど圧力 P を大きくできる)。

(2) 陽極のイオン衝撃に参加する残留イオンは第5図中Iで示されているようなグリッド陽極間の空間に存在する。電流が同一であるなら残留イオンの数はこの円筒の長さが短いほど少ない。6G45 や 6G68 は陽極—グリッド間の距離が小さいので残留イオンの数が少ない。

このようにクセノンの絶対量を増してガス消費が起きても十分な寿命が得られるようにし、また残留イオンを少なくしてガス消費を起きにくくしている。

かくして 6G45, 6G68 は第2表の定格表にも示すとおり最大転流率 130 を得ている。

このほか第5図Bの 6G45 タイプは陽極—グリッド間の静電遮蔽がよく行われているので陽極回路のサージ電圧がグリッド回路に饋還される心配がない⁽³⁾。

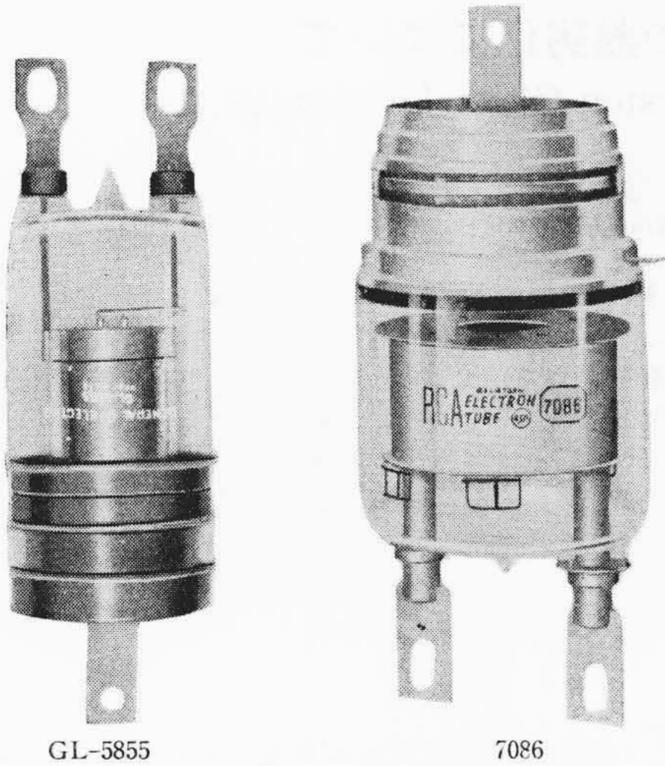
また第5図Cの 6G68 タイプではグリッド、陽極の電極自身が外部に露出しているので冷却効果がよく、グリッドエミッションによる始動特性の変化や、陽極の温度上昇によるガス放出を防止できる⁽⁴⁾ (この点からは 6G68 タイプに比べ 6G45 タイプは陽極温度が上昇しやすいという欠点がある) というそれぞれの利点がある。

第2表の定格表中 5G44, 6G45, 6G68, 5855, 7086 などの高転流率形の品種において転流率定格は平均陽極電流定格が大きくなるに従って大きくしてある。これは使用電流、電圧の大きな回路では必然的に転流率が大きくなっていくためである。

これら熱陰極グリッド制御放電管のうち 6G68, 5855, 7086 は第5図Cタイプの構造に属し(第8図参照)このうち最大の 7086 は陽極を強制通風によって冷却している。電流の大きなクセノン入熱陰極グリッド制御放電管の構造としては大きな転流率定格をもたせやすく、陽極、グリッドが外部に露出して冷却上も有利な点において第5図Cの形式はすぐれたものといえることができる。

6. 結 言

クセノン入熱陰極グリッド制御放電管は高感度リレー、タイマー、各種の電動機制御 (インダクションカップリングモータ、直流電動機などの制御) 抵抗溶接器制御、などの制御装置に用いて高級な機能をきわめて安価簡便に実現しうるものである。特に最新形の各品種は信頼度も向上し、適正な使用条件下においては寿命も十分長い。今後各方面の需要を期待してやまない。



第8図 クセノン入熱陰極グリッド制御放電管

(付記) 緩衝回路の C, R 常数の決定方法⁽²⁾

$$\frac{R}{\eta} = \frac{4L^2}{E_i^2} (10)^6 \dots\dots\dots (1)$$

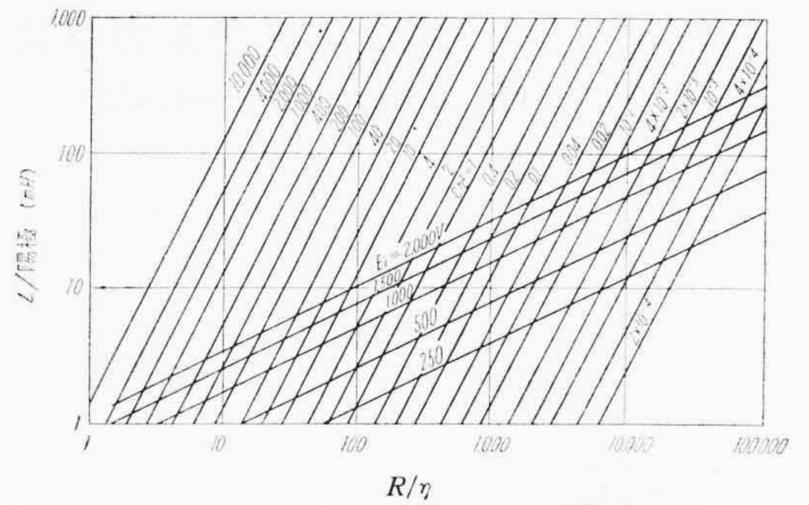
$$C\eta^2 = 8(10)^3 \frac{L}{\left(\frac{R}{\eta}\right)^2} \dots\dots\dots (2)$$

- ここに R : 緩衝回路抵抗 (Ω)
- C : 緩衝回路静電容量 (μF)
- η : 転流率 ($VA/\mu sec^2$)
- L : 変圧器漏洩インダクタンス/
陽極 (mH)
- E_i : 陽極逆電圧 (V)

(1)式は緩衝回路の R を, (2)式は同じく C を求める式である。

これらの式からは回路の転流率を所定の値 (熱陰極グリッド制御放電管の転流率定格値) まで低減し, かつ変圧器の漏洩インダクタンス L によってちょうど臨界制動の条件が満たされるような R, C が求まる。したがって緩衝回路としてはこれらの式で求まる R より小さな値の抵抗, および C より大きな値の静電容量を用いるのはよいが, その反対はいけない。また回路の浮遊容量, 導線のインダクタンス, などは過制動の方向へもっていくので心配ない。

第9図のチャートは (4), (5) 式を図表化したもの



- L : 変圧器漏洩インダクタンス (mH)
- R : 緩衝回路抵抗 (Ω)
- C : 緩衝回路静電容量 (μF)
- η : 転流率 ($VA/\mu sec^2$)
- E_i : 陽極逆電圧 (V)

第9図 緩衝回路設計図表

で, その使い方は L の横線と E_i (傾斜のゆるい方の直線群) との交点を下に降ろすと R/η が求められる。またこの L と E_i の交点と $C\eta^2$ (傾斜の急な方) の直線群から C が求められる。

緩衝回路による電力損失は次の (6) 式で表わされる。

$$P_r = \frac{E_i^2 C}{R^2 \omega^2 C^2 + 1} \left(f \sin^2(\alpha - \theta) + \frac{\omega^2 CR}{4} \right) \dots\dots (6)$$

- ここで P_r : 緩衝回路で消費される電力 (W)
- α : 遅れの位相角 (rad)
- f : 周波数 (c/s)
- $\theta = \tan^{-1} \omega CR, \omega = 2\pi f$

第1項は過渡項による損失, 第2項が定常項による損失で, 一般に過渡項は定常項に比べて十分大きいので後者を無視して計算して差しつかえない。

参考文献

- (1) M. W. Brooker and D. G. Ware: Philips Tech. Rev, 16, 98 (1954)
- (2) D. E. Marshall and C. L. Shakelford: Electronics, 27, 198 (1954)
- (3) A. W. Coolidge: Trans, A.I.E.E, 67, 723 (1948)
- (4) A. W. Coolidge: Electrical Eng. 698 (1951)
- (5) D. V. Edwards and E. K. Smith: Trans. A.I.E.E, 67, 640 (1946)
- (6) 電気学会放電管専門委: 放電管便覧(昭-32 電気書院)
- (7) 原田常雄: 放電管 (昭-31 オーム社)