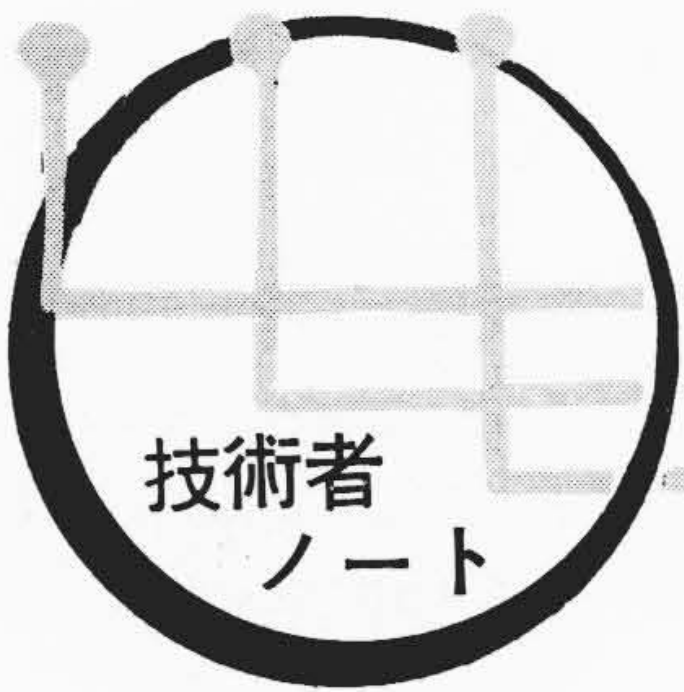


UHF 送信管の使い方

Notes for Application of UHF Power Tubes



山田 徳太郎* 大塚 信治*
Tokutarō Yamada Shinji Ōtsuka

1. 緒言

わが国における UHF 帯、特に 400~1,000 Mc 帯の各種通信の開
発実用化は、列車無線電話⁽¹⁾、移動無線電話、UHF 帯 TV サテラ
イト、そして工業用テレビジョン⁽²⁾と最近急速に進展しつつある。
日立製作所では各種の UHF 送信管、とりわけセラミック封止を用
いた送信管を率先開発⁽³⁾して各分野でのご採用をいただき、その発
展に寄与している。しかしながら実用面での歴史が比較的新しく、
また扱う技術もかなり高度であるだけに管球の使用法についても特
別の考慮、注意を必要とする点が多い。

一般的な“送信管の使い方”についてはすでに資料⁽⁴⁾もあるの
で、本文ではセラミック封止 UHF 送信管に重点をおいて、最近の
製品の特長とこれらの応用、取扱についての参考資料を説明し、あ
わせて製造者の立場よりみた望ましい使用法を述べて機器の設計
者、保守者のお役に立てたいと考える。

2. 最近の製品の特徴

2.1 製品例

日立製作所で製造しているおもな UHF 送信管の特性を第1表に
示す。第1図はセラミック封止を用いた UHF 送信管の外観を示す
ものである。これらはいずれも緒言に述べた各種 UHF 帯通信器に
実用化されているもの、あるいは近々の実用化が予定されているも
のである。4 T 10 R は 2,500 Mc 以上まで使用できる板極 3 極管で
あるが、その他は同軸円筒電極構造をもったビーム 4 極管である。
4 F 16 R は 2,000 Mc 帯まで動作可能であり、7 F 13 R は 600 Mc で
1.35 kW の有効出力が得られる (最大周波数は 1,215 Mc)。5 F 60 R
は日立製作所が独自に開発した品種⁽⁵⁾であって 4 F 16 R と 7 F 13 R
の中間に位する。

2.2 セラミック封止

第1図のような送信管には主として高純度のアルミナ磁器が用い
られている。セラミック封止の採用は UHF 送信管の性能を格段に
進歩させた重要な背景の一つであって、そのおもな特長を下記に述

第1表 日立 UHF 送信管の主要特性

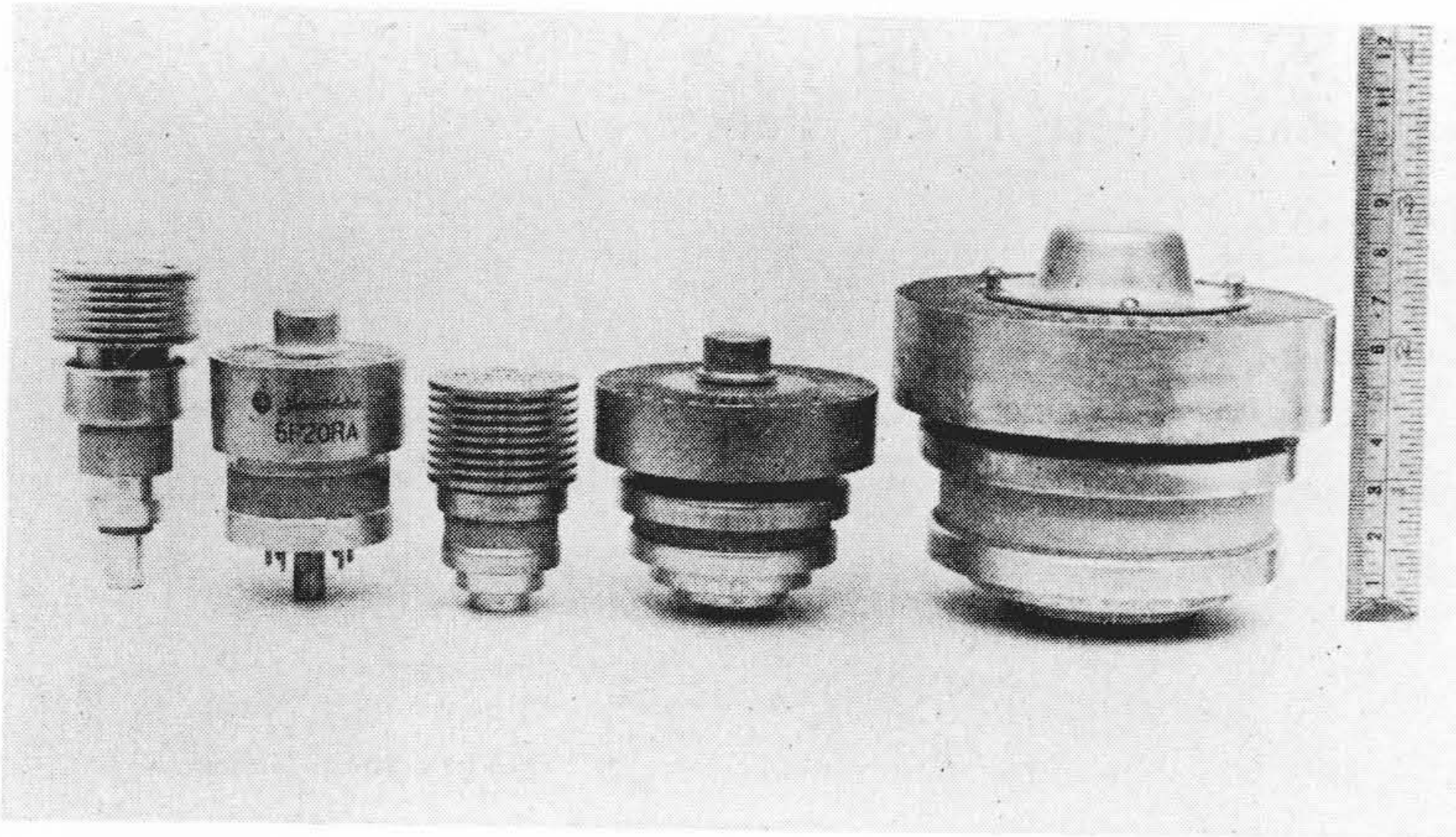
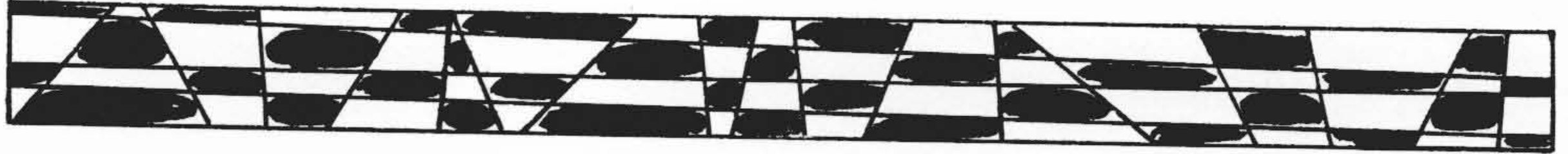
日立形名	概 要	陰 極		増 幅 率 ⁽²⁾	最 大 定 格 ⁽⁸⁾			動 作 例 ⁽³⁾					相当外国 品種形名
		種 別 ⁽¹⁾	ヒータ電圧 V		陽極電圧 V	陽極入力 または 陽極電流	陽極損失 W	周 波 数 Mc	陽極電圧 V	陽極電流 A	励振電力 W	出 力 W	
2 C 40	ライトハウス形 3 極管	HO	6.3	36	500	0.025A	6.5	500 3,270	250 250	0.02 0.02	—	0.7 0.075	2 C 40
2 C 43	ライトハウス形 3 極管	HO	6.3	48	500 3,500 ⁽⁶⁾	0.04A 2.75A ⁽⁶⁾	12 12	350 ⁽⁷⁾ 3,370	470 3,000	0.038 ⁽⁵⁾ 2.5 ⁽⁶⁾	—	9 ⁽⁵⁾ 1,750 ⁽⁶⁾	2 C 43
2 C 39 A	板極 3 極管, 強制空冷	HO	6.3	100	1,000	0.125A ⁽⁴⁾	100	500 2,500	800 900	0.8 0.9	6 —	27 15	2 C 39 A
4 T 10 R	2 C 39 A のセラミック封 止形	HO	6.0	100	1,000 3,500 ⁽⁶⁾	0.125A ⁽⁴⁾ 3A ⁽⁶⁾	100 27	2,500	900	0.9	—	15	3 C × 100 A 5
6939	双ビーム管, 9 ピンミニア チューブ	HO	6.3 12.6	31	250	12W	6	500	180	0.055	1.2	5.8 ⁽⁸⁾	6939 QQE 02/5
2 B 52	双ビーム管, 通風冷却	HO	6.3 12.6	8	600	0.1A	20	200 600	600 400	0.1 0.1	1.5 —	48 ⁽⁸⁾ 20 ⁽⁸⁾	6252 QQE 03/20
2 B 94	双ビーム管, 通風冷却	HO	6.3 12.6	8.2	750 500	120W 100W	40 40	250 500	600 500	0.2 0.2	— —	90 ⁽⁸⁾ 60 ⁽⁸⁾	5894 QQE 06/40
4 F 15 R	ラジアルビーム 4 極管, 強 制空冷	HO	6.0	5	1,250	300W	150	500	1,250	0.2	30	140	4 × 150 A
4 F 16 R	ラジアルビーム 4 極管, セ ラミック封止, 強制空冷	HO	6.3	16	1,000	180W	115	400 1,200	900 900	0.17 0.17	3 5	80 40	6816
4 F 20 R	4 F 15 R のヒータ電圧 26.5V 形	HO	26.5	5	1,250	300W	150	500	1,250	0.2	30	140	4 × 150 D
5 F 20 RA	4 F 15 R のセラミック封止 形, 陽極損失を増大した	HO	6.0	5.2	2,000	500W	250	500	2,000	0.25	18	250	4 C × 250 B
5 F 25 R	5 F 20 RA のヒータ電圧 26.5V 形	HO	26.5	5.2	2,000	500W	250	500	2,000	0.25	18	250	4 C × 250 F
5 F 60 R	ラジアルビーム 4 極管, セ ラミック封止, 強制空冷	HO	6.0	15	2,000	1,000W	450	500 ⁽⁹⁾	2,000	0.5	21	550	—
7 F 13 R	ラジアルビーム 4 極管, セ ラミック封止, 強制空冷	HO ⁽¹⁰⁾	5.5	17	2,500	2,500W	1,500	600 ⁽⁹⁾	2,500	1.0	75	1,350	7213

注 (1) HO: 傍熱形酸化物塗布
(2) 4 極管の場合は第 2 グリッド増幅率
(3) C 級電信および FM 電話の場合
(4) 陰極電流

(5) プッシュプル動作, 2 管の値
(6) パルス発振, 陽極損失以外はせん頭値
(7) 最大周波数は 1,500 Mc
(8) 陽極出力値

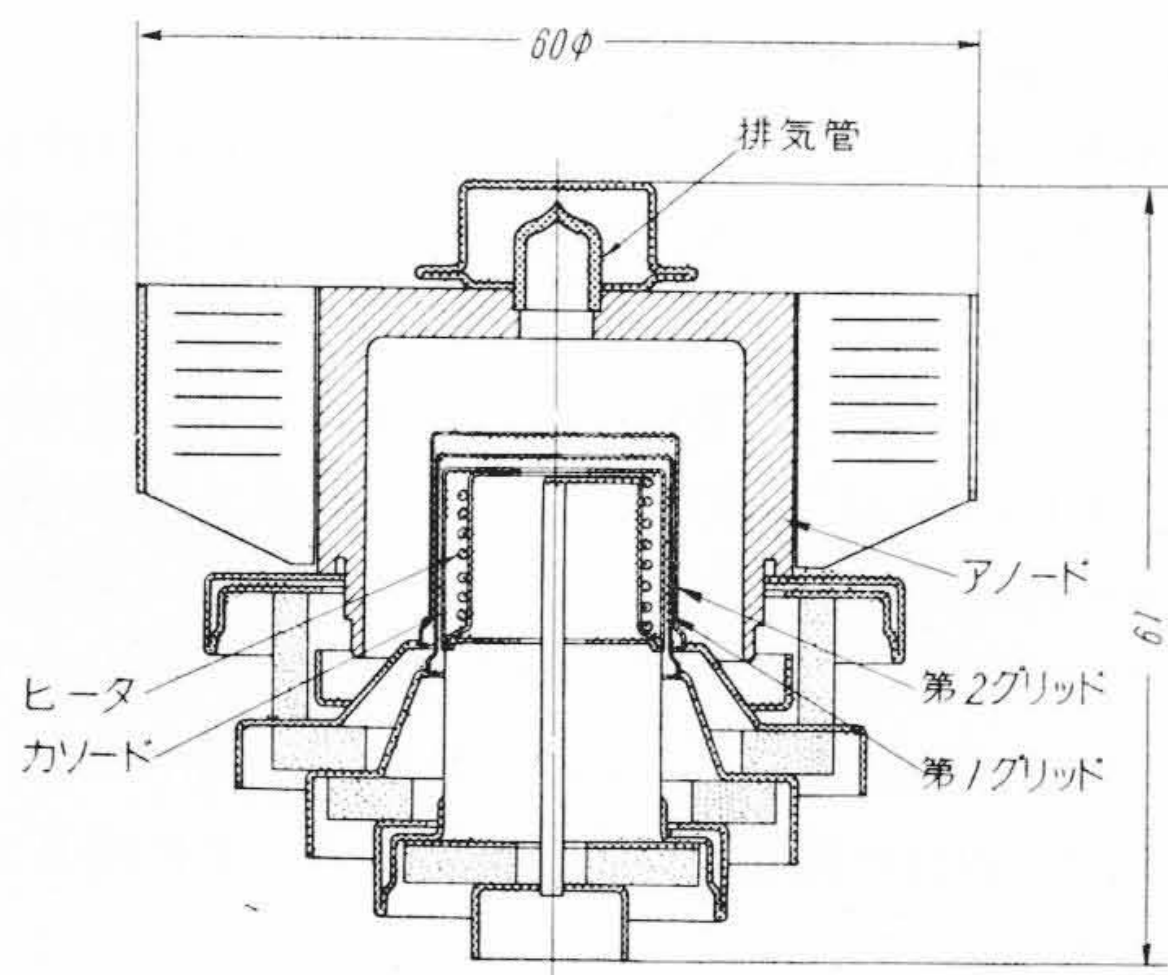
(9) 最大周波数は 1,215 Mc
(10) マトリックス形

* 日立製作所 茂原工場

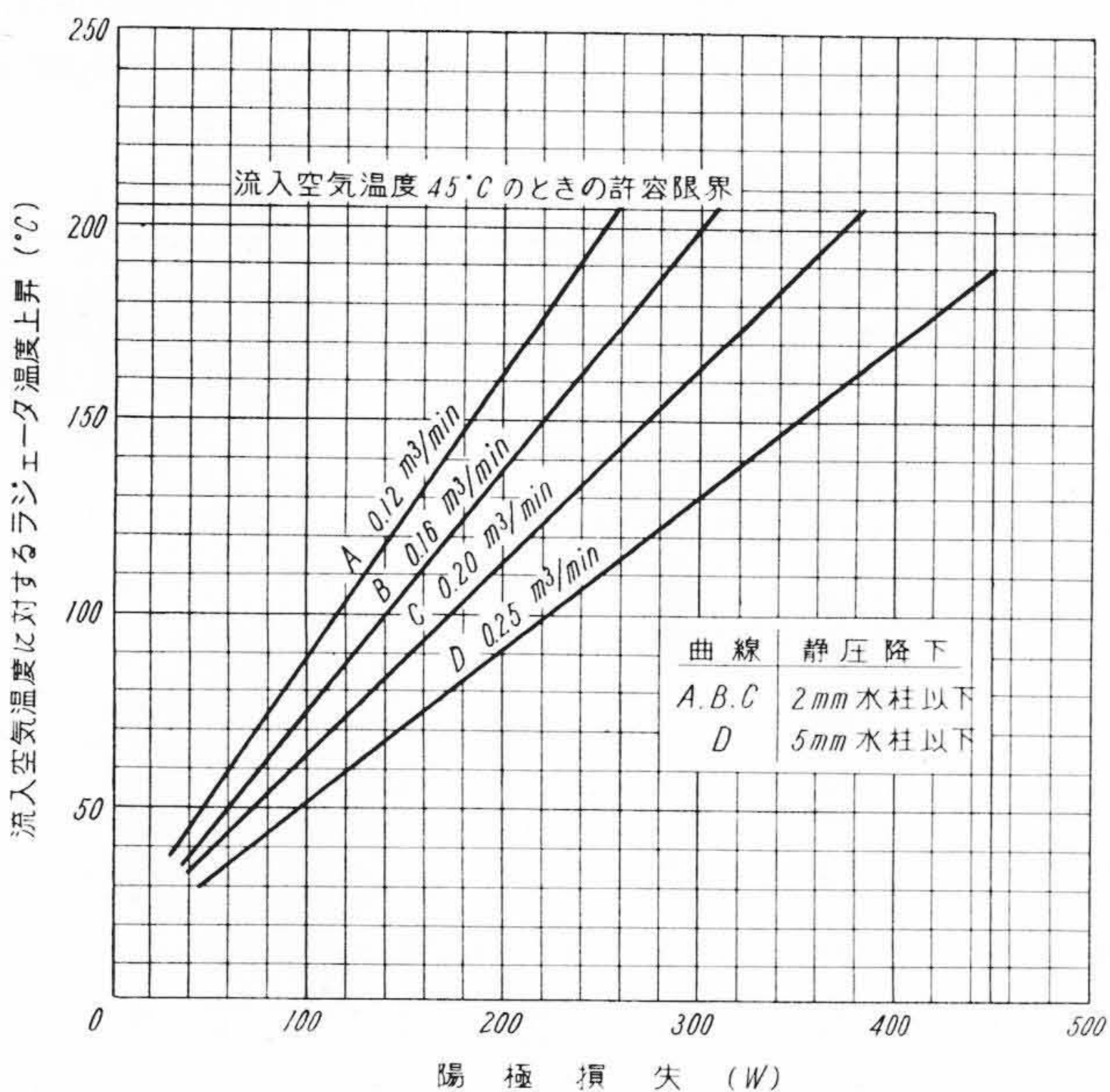


左より 4T10R, 5F20RA, 4F16R, 5F60R, 7F13R

第1図 セラミック封止 UHF 送信管の例



第2図 UHF 送信管 5F60R の断面図



(ラジエータ下部より送風したときのラジエータ上部の温度)

第3図 UHF 送信管 5F60R の冷却特性

である。一方管球製造工程の面よりみても、排気操作中に電極および外囲器を十分高い温度（使用時の許容温度よりはるかに高い温度）まで上げることができるので、高真空と安定な性能を得るのにも有効である。

2.2.2 高周波損失

高純度アルミナ磁器の誘電体力率は常温においてたとえばタングステンガラスの大略 1/7 以下であって、この差は高温時にはさらに拡大される。電極間の絶縁外囲器の高周波損失が問題となる UHF 送信管にとってはきわめて有利である。

2.2.3 機械的強度

機械的衝撃、熱的衝撃に強いのもセラミックの特長である。耐振性、耐衝撃性の点ですぐれているばかりでなく、封止端子に直接大きい力がかかったり、動作開始時あるいは停止時に熱的衝撃を生じやすい UHF 送信管の使用条件にも適している。

2.2.4 機械加工精度

セラミックは高精度の機械加工が可能である。UHF 送信管では外囲器絶縁物が電極間の寸法に直接関連しているのでこの特長も有効に利用されている。

2.3 新形 4 極管

4F16R, 5F60R および 7F13R は新形の姉妹管である。これらには電力の増大に対応して構造寸法と電圧、電流を大きくする、いわゆるスケールアップによる設計⁽⁶⁾がなされており、高周波動作における性能、たとえば陽極能率、電力利得なども近似している。第2図は 5F60R の構造を示す断面図である。新形 4 極管は上述のセラミック封止を用いていることのほかに次のようなすぐれた特性も持っている。

2.3.1 最高周波数

軸長が短く小形にできており、1,215 Mcあるいはそれ以上の周波数まで使用できる。キャビティなど UHF 回路の使用に適した同軸端子構造をもっている。

2.3.2 電力利得

相互コンダクタンスが大きく、電力利得が大きい。たとえば 500 Mcにおける陰極接地 C 級電力増幅動作では約 23 (13.6 dB) の利得が得られる。励振電圧が低くてすむからグリッド接地回路にした場合も陰極接地回路に比較した電力利得の低下が少ない。

2.3.3 直線性

グリッドのピッチが細かいので、いわゆるインセル効果がきん少で直線性がよい。TV サテライト、SSB 通信などの直線電力増幅動作にも適している。

2.3.4 安定性

第2図の断面図にみられるように各グリッドはそのまま外部接続端子に導かれている。グリッド電極部は放電加工により金属にひずみを加えることなく精密な加工が行われており、材料には熱伝導のよい銅合金が用いられている。したがって機械的にじょうぶなばかりでなく、動作時のグリッド温度上昇が少なく、グリッドエミッションをほとんど発生しないので安定な使用成績が得られる。

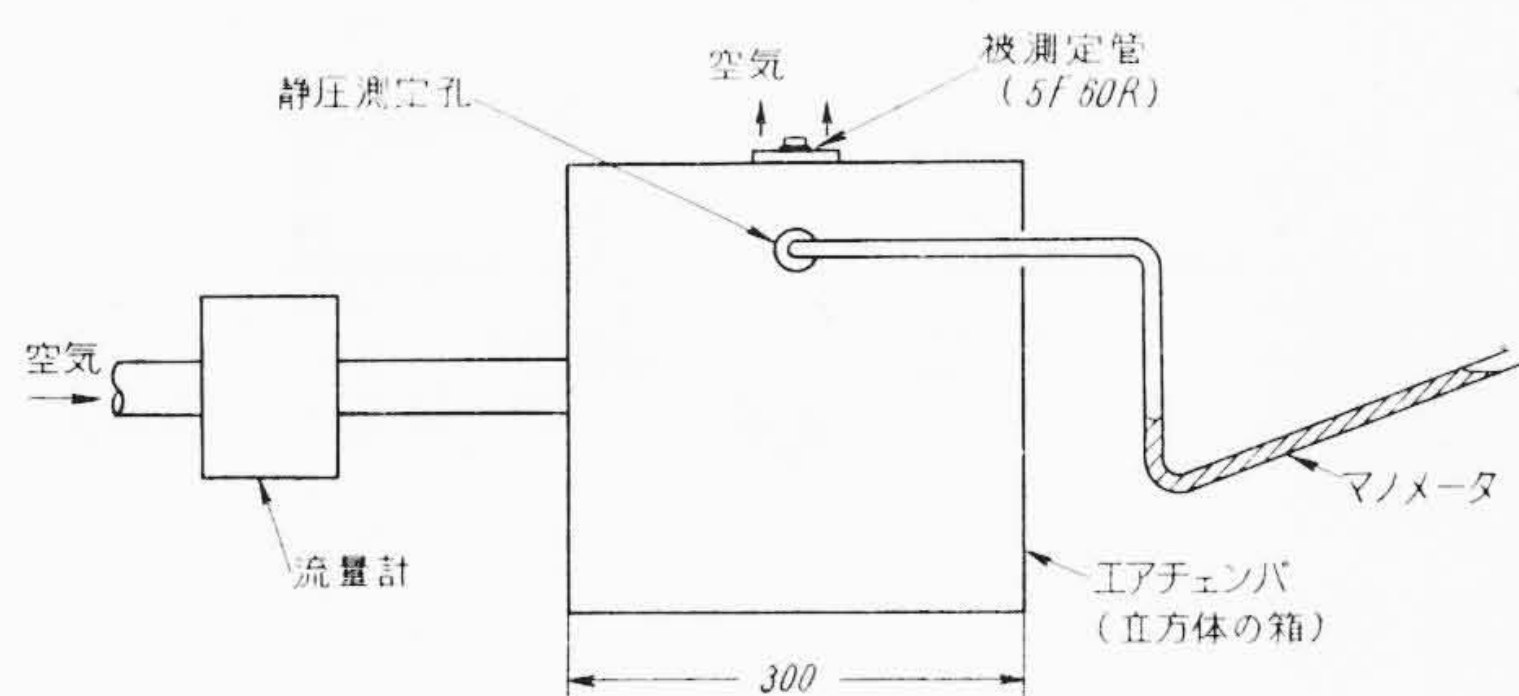
3. 機械的事項

3.1 冷却

UHF 送信管のほとんどは強制空冷方式をとっているので主としてこれに関係することを述べる。

2.2.1 耐熱性

従来のガラス封止では使用時の封止部最高許容温度は大略 150～200°C である。セラミック封止では 250～300°C まで許容できるので管球の構造寸法を高周波特性上の要求に近づけて小形化できる。また高温ふん囲気中で使用されるような特殊用途にも有利



第4図 冷却特性の測定方式

3.1.1 冷却特性

各品種の必要最小風量はそれぞれの技術資料に記されている。厳密に言えば必要風量は管球を指定温度以下に保つに必要な風量であるから、動作条件、環境によって異なる。周囲温度の著しく高い場所、あるいは気圧の低い場所で使用される場合はさらに大きい風量が必要である。新形4極管には第3図のような陽極の冷却特性が示されているのでそれぞれの条件に適した値を選ぶことができる。機器の設計には、機器内のふん囲気温度上昇、後述のような送風機のエアフィルタ、キャビティ保護網などのじんあい付着による風量低下を見込んで十分安全な値を採られることが望ましい。

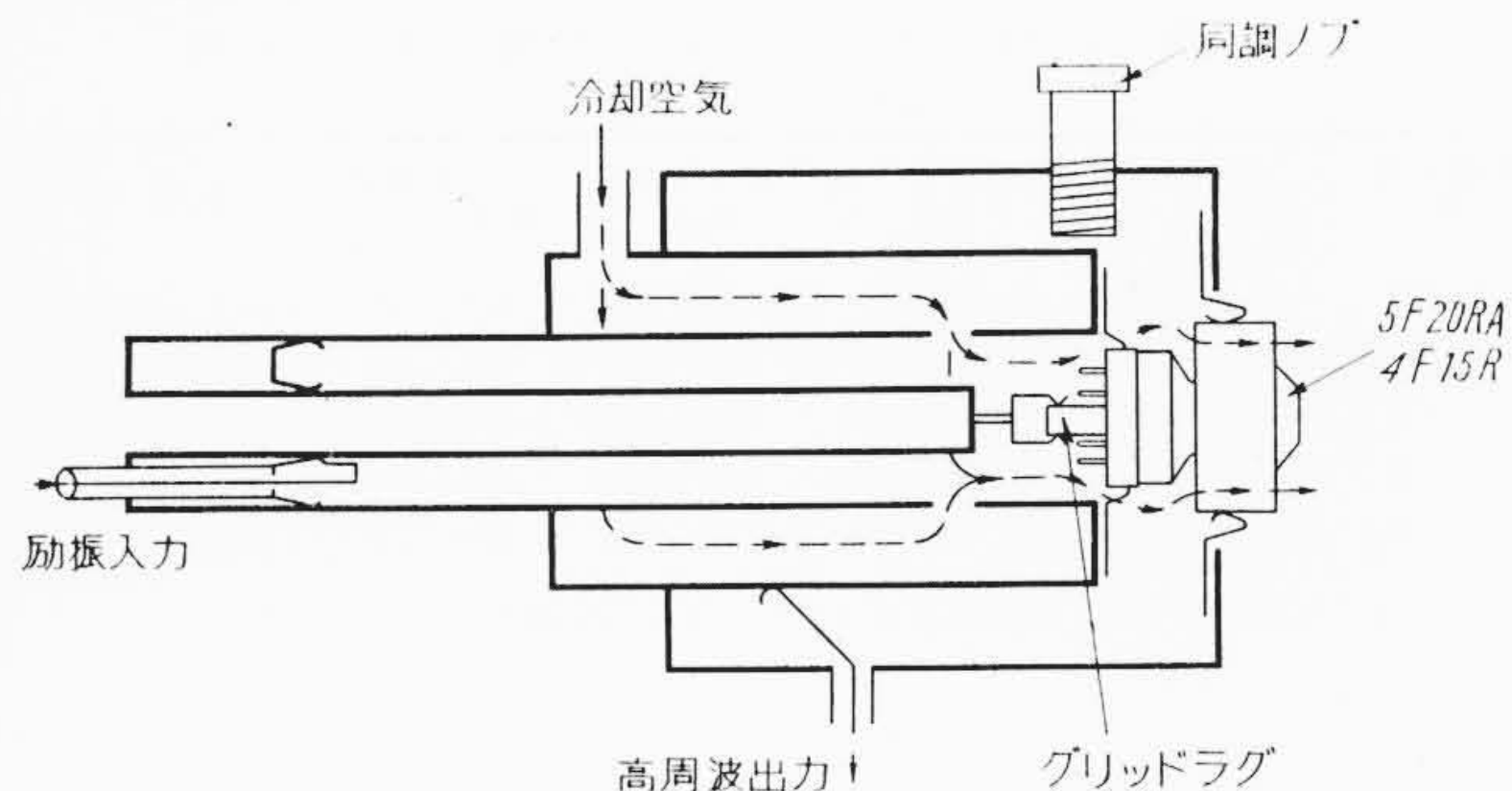
3.1.2 風量、風圧の測定

第3図のような冷却特性は第4図のような方式で測定される。エアチェンバおよび静圧測定孔は静圧測定に動圧が影響しないように選んである。たとえば5F 60Rの場合は第4図のような位置に静圧測定孔を設ければ、エアチェンバは20cmの立方体でも、40cmの立方体でも動圧の影響はほとんどはらない。実際の機器においてもマノメータによる静圧指示はしばしば用いられているが、技術資料などに記されている冷却風量—陽極ラジエータ静圧降下の関係値によって直接風量値を推定するためには上述のような考慮が必要である。しかしながら機器の構造ではそのような自由度がない場合も多いし、送風機から管球までの導風管(ダクト)によって予想外の圧力降下を生じていて実際の冷却風量が送風機定格風量よりはるかに少ない場合もある。このような場合に正確な風量を知るためには、一度第4図のような構成で(ただしエアチェンバのかわりにキャビティなどの適当な空気のたまる場所を利用する)風量とマノメータ指示圧を較正しておき、あとはこの指示圧から間接的に風量を知るのが便利である。風量計としては風量が小さい場合には浮子形流動計が簡便であるが、0.5 m³/min以上のものになると流量計の圧力損が相当大きくなるので(数十mm水柱に達するものもある)、むしろピトー管などによる風速測定から風量を求める方法が適している。後者の測定法についてはたとえばJIS B 8330“送風機試験方法”にも説明されている。

3.1.3 温度測定

温度測定の方法にも種々あるが、被測定部と測定器感温部との接触、感温部を通しての熱伝導と感温部の管球冷却風による冷却効果などによって誤差を生ずることが多い。また高電圧の印加されている電極端子、陽極コア、ラジエータの測定では感電の危険を伴うことも重要な問題である。したがってむしろ示温塗料による温度測定のほうが適しており、信頼できる結果が得られる。テンピラック(商品名、ウェスタン トレーディング社扱い)はその例で取扱方法も簡便である。温度測定の箇所はそれぞれの技術資料を参照していただきたい。

温度は管球の寿命、ならびに動作の安定度を左右するきわめて



第5図 UHF 送信管 5F 20 RA の試験用キャビティ概要図

第2表 UHF 送信管 5F 20 RA のグリッドラグ温度上昇例

その1 キャビティの場合

ヒータ電圧 V	陽極入力 W	グリッド電圧 V	励振電力 W	グリッドラグ温度上昇 °C	送風冷却	動作周波数 Mc
5.5	500	-90	14	83以下	あり	480
5.5	0	-90	14	168~173	なし	480
5.5	0	0	0	96~103	なし	—
6.0	0	0	0	103~110	なし	—

その2 キャビティでない場合

ヒータ電圧 V	グリッド損失 W	グリッドラグ温度上昇 °C
6.0	0	137~144
6.0	2.5	155~162

重要な値であって、冷却の適否も要は温度で決まることになる。したがって機器の検査者、保守者は特に関心を持たれ、個々の機器について必ずチェックされることが望ましい。

3.1.4 キャビティへの熱伝導と陽極以外の端子の冷却

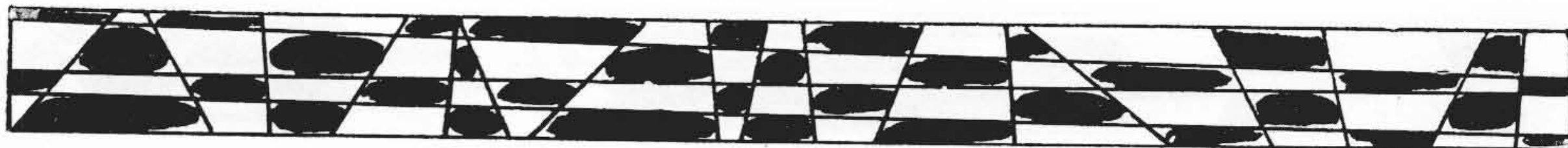
UHF帯の増幅または発振回路としてはほとんどの場合キャビティ回路が用いられるのでキャビティへの熱伝導とこれによる端子冷却効果がある。その程度はそれぞれのキャビティの構造によって当然異なるわけで、場合によっては特に冷却を要しない端子もある。端子温度はキャビティの構造のほかに、キャビティの冷却、管球の動作条件、周波数によっても異なる問題で、一般的な結論は述べがたいが、太略の見当を与える意味で以下二つの実測例を記す。

(1) 5F 20 RA の例

475 Mcの増幅試験用キャビティで実験したものである。キャビティは最大径107mm、全長386mmでかなり大形なものである。その概略構造と送風径路を第5図に示した。

規格動作条件(陽極電圧2,000V、陽極電流250mA)におけるグリッドラグ温度上昇、これと同一励振状態で送風を止めた場合、さらにヒータ点火のみとした場合の温度上昇を測定した。別に増幅試験キャビティと同一の送風冷却ソケット日立F 550、(Eimac SK-600相当)を用いてキャビティに装着しない状態で(ソケット端子は接続リード線のみ)、ヒータ点火のみの場合と、グリッド損失2.5W(最大定格値)を加えた場合のグリッドラグ温度上昇を測定した。これらの結果を第2表に示す。

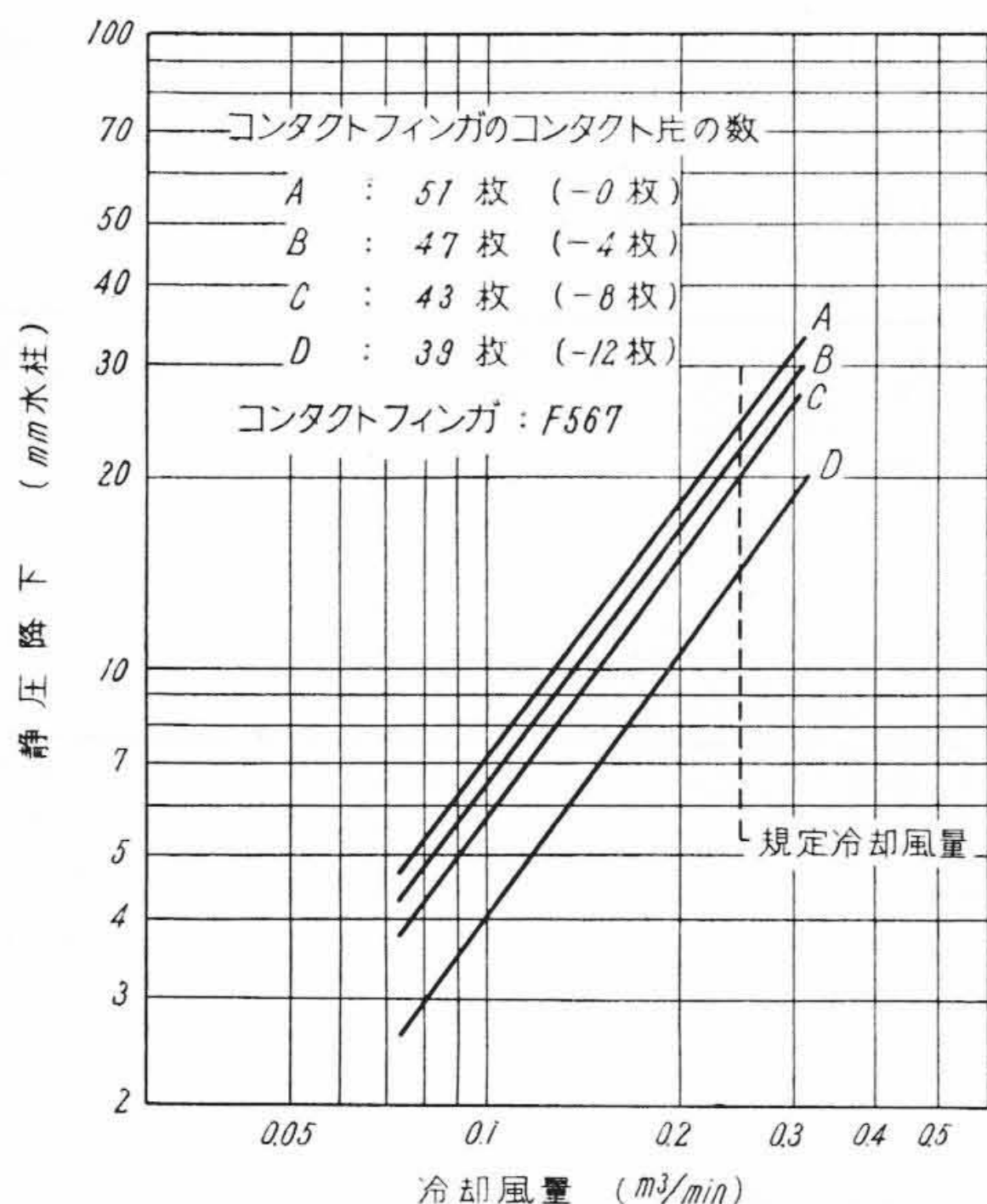
第2表よりヒータ電圧6.0Vのみの場合を比較するとキャビティに装着したときのグリッド温度上昇は約35°C低いことがわかる。また冷却しないで励振電力を加えるとグリッドラグはさらに約70°C温度が高くなり、高周波損失による影響が大きいことが知られる。冷却をしている場合は温度上昇は83°C以下で問題はないが、冷却しないときは安全でない場合も予想される。したがって第5図に示したような正規の送風径路による冷却が必要である。



第3表 UHF 送信管 5F60R の端子温度上昇例
(キャビティの場合)

陽極入力 W	グリッド 電圧 V	励振電力 W	グリッド端 子温度 °C	カソード端 子温度 °C	ヒータ端 子温度 °C	送風冷却	備 考
1,000	-48	21.5	89 以下	130~137	151~176	あり	500 Mc
1,000	-48	21.5	109~116	137~144	151~176	あり	500 Mc ⁽¹⁾
0	-48	20.5	109~116	137~144	176~179	なし	
0	-45	15.0	102~109	137~144	176~179	なし	
0	-40	9.0	89~95	137~144	176~179	なし	

(1) 入力キャビティの排風孔をふさいで G₁, K 端子の冷却をとめた。



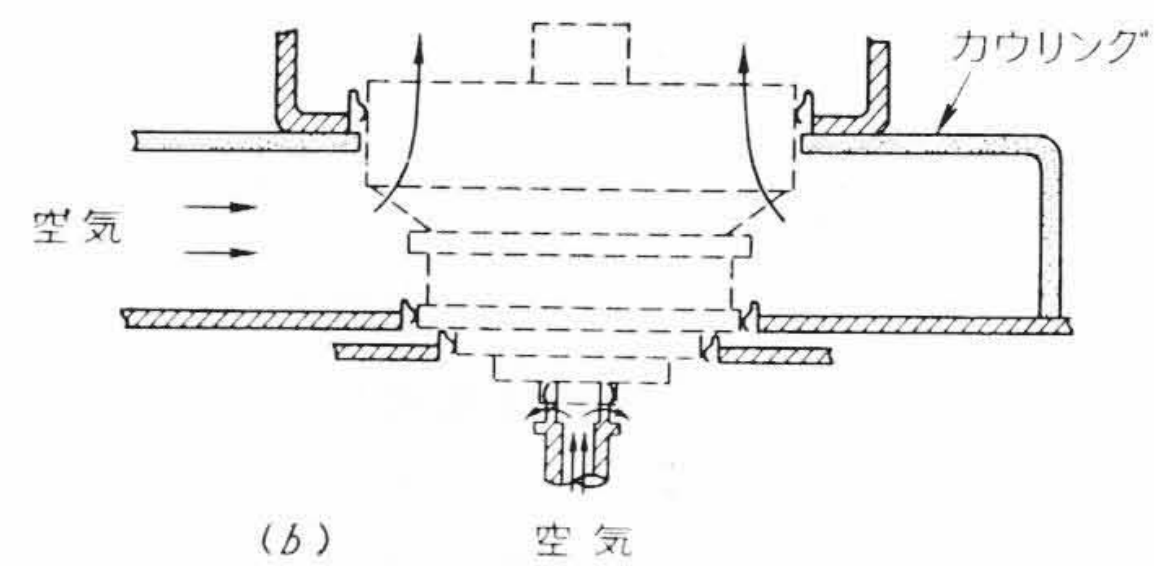
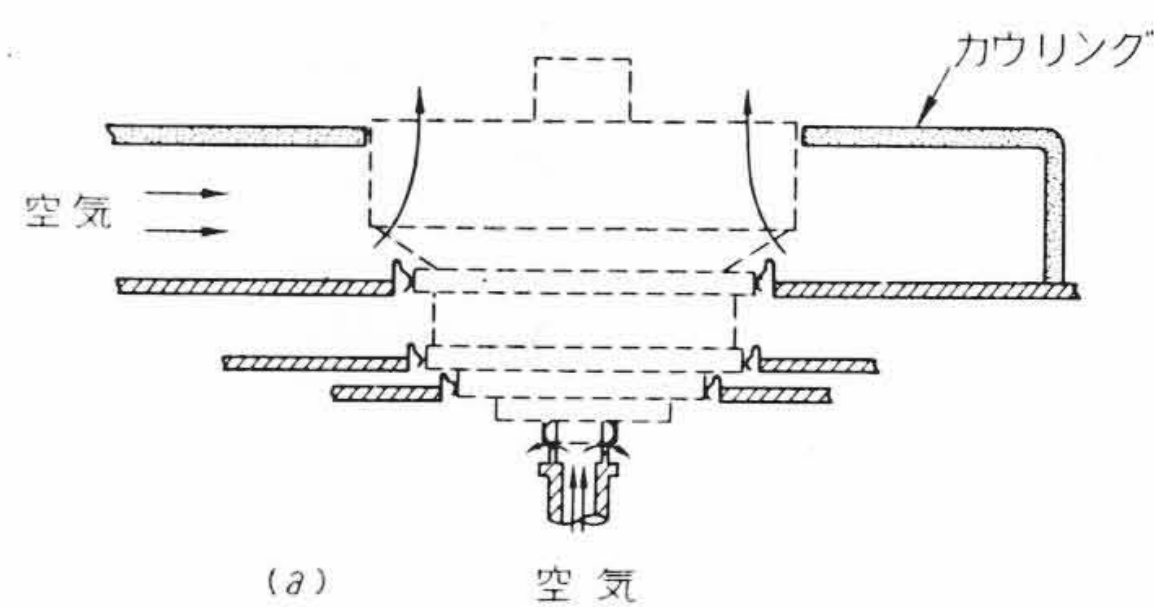
第6図 5F60R 陽極端子のコンタクトフィンガによる静圧降下

(2) 5F60R の例

これも 500 Mc 増幅試験用の同軸キャビティの一つについて実験したものである。キャビティの最大径は 160 mm, 全長は 382 mm である。この場合の陽極冷却空気は陽極と第 2 グリッドに接続された出力側キャビティにはいり, その大部分は陽極ラジエータを通過して外部に出るが, 一部は第 2 グリッドコンタクトフィンガを通り第 1 グリッドおよび陰極端子に達し, 入力側キャビティを通過して外に出る。後述のようにコンタクトフィンガによる通風抵抗はかなり大きいので第 1 グリッド, 陰極およびヒータ端子に達する風量はごくわずかである。このキャビティについて前項と同様の実験を行ない第 3 表のような結果が得られた。なおキャビティに装着しない場合では, 冷却なしでヒータ端子温度上昇は 193°C であり, 陰極および第 1 グリッド端子ではいずれも 131°C であった。

これで見ると, この動作条件では第 1 グリッド, 陰極の両端子は特に送風冷却しなくとも問題はないが, ヒータ端子は送風冷却したほうが安全なことがわかる。5F60R, 7F13R のヒータ端子は他の端子より温度上昇が大きいので注意を要する。

一般的送風方式としては後述 3.1.6 にまとめて述べるが, 陽極以外の端子の冷却要否の正確な判定は個々の場合の温度測定によるほかはない。キャビティ設計に際しては上述のような熱伝導に考慮を払われること, また使用周波数が特に高い場合, あるいは励振電力の大きい場合はあらかじめ送風方式を用意されることが望ましい。キャビティ内のヒータ, 陰極および第 1 グリッドに関連した部分の支持絶縁物に熱伝導がよくて高周波損失の少ないベリリア磁器を採用することも有効である。



(5F60R, 7F13R 形の場合)

第7図 推奨送風冷却方式

3.1.5 コンタクトフィンガによる静圧降下

第 5 図のような 5F20RA 形に用いる冷却ソケットは 500 Mc 以下の使用を主目的としたものであり, 第 2 グリッド端子部のコンタクトフィンガも枚数が少なく, 間げきも大きいのでこれを通して底部口金側より送風しても圧力降下はあまり大きくない。しかしほかの場合で周波数が高くなり, コンタクトフィンガも細かくなると相当の圧力降下を生ずる場合がある。第 6 図は 5F60R の陽極端子について実測した例である。この実験は第 4 図と同じ方式で, 管球のかわりに 5F60R の陽極端子を加工したカップ状の円板を入れた。コンタクトフィンガには後述の日立 F567 (第 8 図参照) を用いた。フィンガ間げきの影響を知るためフィンガを対称 4 方向で順次各 1 枚ずつ切取った場合も求めてある。5F60R の陽極ラジエータに風量 0.25 m³/min (規定値) を流す場合の静圧降下は 5 mm 水柱以下であるから, これと第 6 図の結果を比較してもコンタクトフィンガによって相当大きな圧力損が出るということが知られる。

したがって 5F60R, 7F13R などでは陽極への冷却風をコンタクトフィンガを通して送ることは不利である。

3.1.6 送風冷却方式

一般的に推奨できる冷却方式の例と考慮を要する事項をまとめて述べる。

(1) 2C39A, 4T10R, 4F16R

陽極ラジエータを横から送風冷却すればよいから比較的簡単に送風機の静圧も低くてすむ。ラジエータ周囲にカウリング (導風管) を設けると冷却の効果がよいし, 有効風量も明確にできる (たとえば 4F16R 技術資料参照)。グリッド, 陰極およびヒータ端子の冷却は必要でない場合が多い。

(2) 4F15R, 5F20RA

冷却用ソケット (日立形番 F550, Eimac SK-600 相当) を用いて第 5 図のように底部口金側より送風冷却するのがよい。

(3) 5F60R, 7F13R

第 7 図のように送風するのがよい。ヒータ端子は別個に送風する必要がある。その必要風量は陽極冷却風量の大概 1/10 程度である。ヒータ端子の送風路は送風抵抗を生じやすいので注意を要する。後に示す第 19 図は 5F60R を用いたキャビティ構造における具体例である。

(4) ヒータ点火のみの場合の冷却

一般的には少なくともヒータ点火と同時に送風を開始する方式が望ましい。電池電源機器などのように特に送風機の運転時間を短縮する必要がある場合は下記によりたい。

熱伝導のよいキャビティなどに装着されている場合でヒータ電圧のみ加えられている時は、2C39A、4T10R、および4F16Rでは送風を止めてもよい。4F15R およびそれ以上の電力の管球ではヒータのみの点火時も冷却することが必要である。

なお予備機として待機している機器で長時間ヒータのみを点火していることは管球の寿命、動作時の安定度の点では好ましくない。正常動作時の 1/10 程度でよいから陽極電流を流しておくことが望ましい。この場合はもちろん陽極の冷却も必要である。

3.1.7 陽極ラジエータ側よりの送風とキャビティの温度上昇

陽極ラジエータ側より送風してキャビティ内を通過させて排風する方式も考えられるが、キャビティを加熱することになって好ましくない。特に冷却翼が直接陽極コアにろう付けされているラジエータ構造では冷却効率がよいので空気の温度上昇が大きい。たとえば5F60Rを陽極損失 450 W で風量 0.25 m³/min により冷却する場合の冷却空気温度上昇は 90°C をこえる。

キャビティの温度上昇は熱膨張による同調のずれ、膨脹収縮お

よびその繰返しによる機械的な狂い、メッキなど表面状態の劣化による高周波損失の増大、ならびに可動接触部品の劣化などを生じて機器の動作をそこなう原因となる。特にセラミック封止管は管球は小形であるが、端子許容温度も高くキャビティへの熱的影響が大きいので、キャビティのみでなくその支柱、支盤についても熱的考慮を入れて機器を設計されることが望ましい。

3.2 端子接続部とエキストラクタ

3.2.1 コンタクトフィンガ

UHF ではいきおい小形でピッチの細かいコンタクトフィンガが要求される。コンタクトフィンガの不良は接触不良による高周波損失、動作不安定および高周波漏えいなどの電氣的故障の原因になるばかりでなく、管球の着脱困難、管球の損傷そしてフィンガ自体の折損などの機械的故障の原因となって調整者、保守者を悩ますことが多いのでその選定はたいせつである。

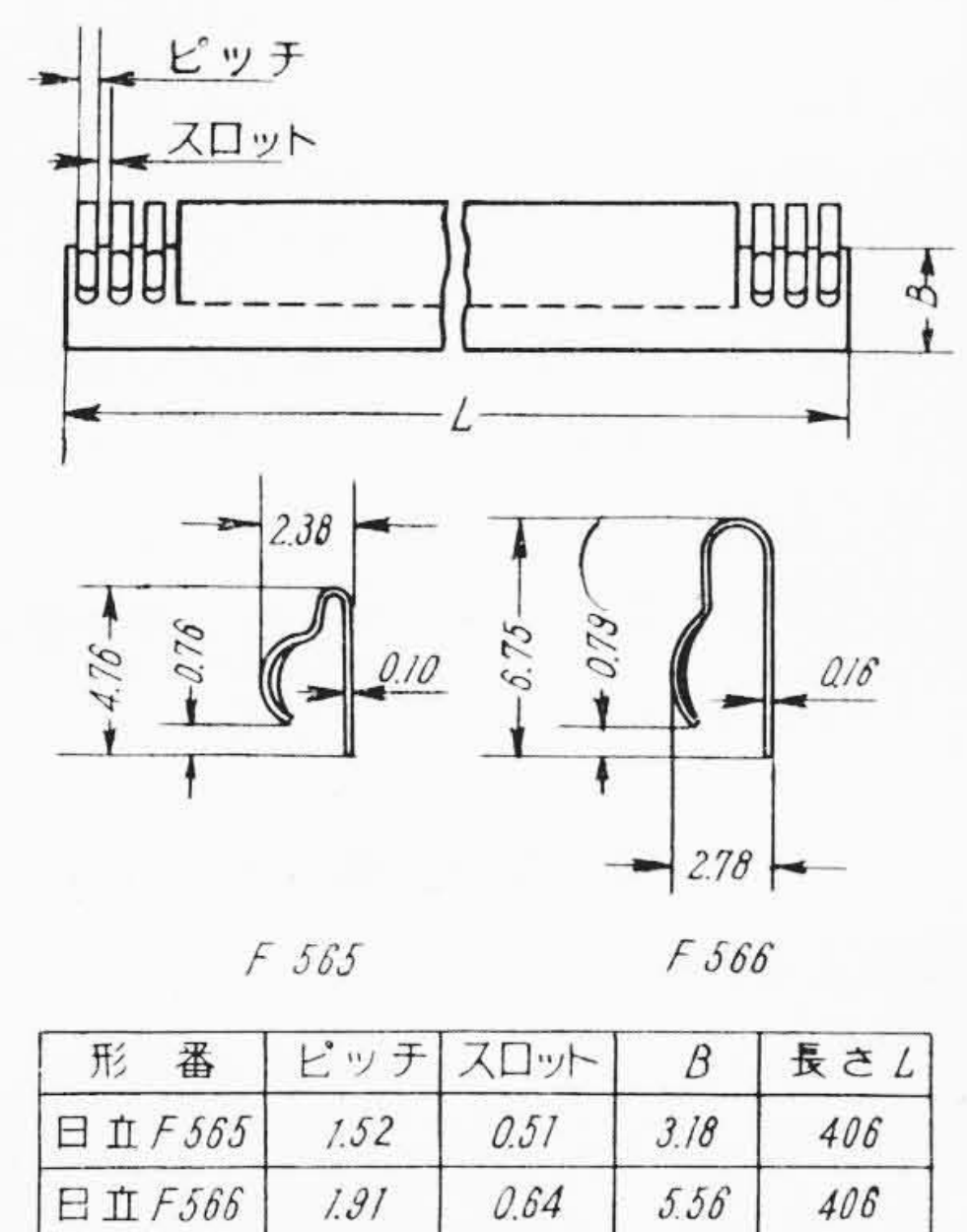
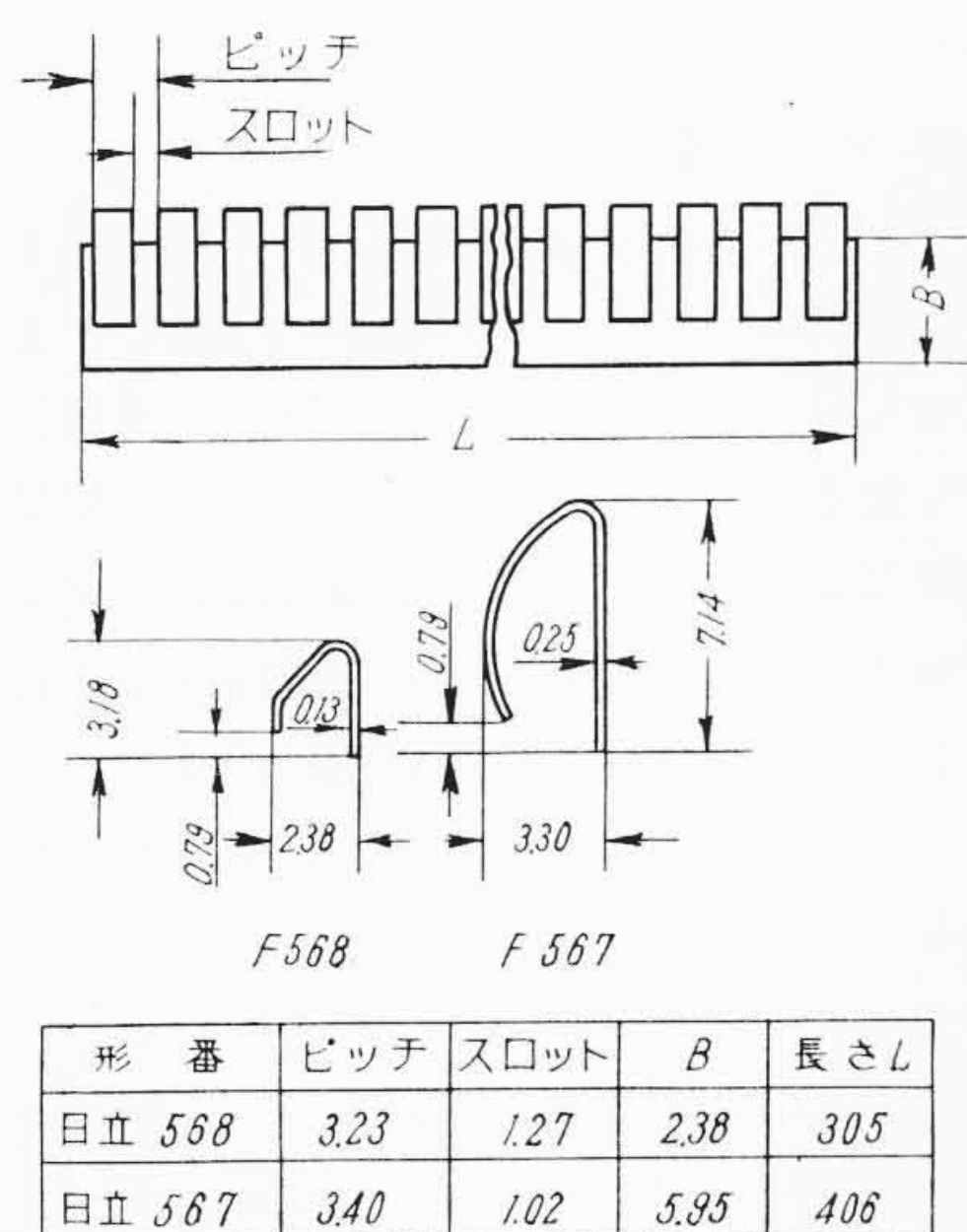
手加工によって小形で均一なコンタクトフィンガを製作することはむずかしいばかりでなく、非能率であると考え、日立製作所では UHF 送信管の使用に適したフィンガストリップを用意している。第8図はその主要寸法を示すものであり、第9図は外観例である。各管球端子にどのフィンガを用いるかは機器の設計条件で異なるが、一般に推奨できると思われる組み合わせを第4表に示した。

コンタクトフィンガのキャビティ電極板の取付には大形なものではリベット締めなどを用いているが、小形なものではかえってはんた付したほうが便利である。キャビティへの熱伝導については前にも述べたが、その際コンタクトフィンガによって生ずる温度低下はかなり大きいもので、たとえばコンタクトフィンガ F567 について実験したところでは第10図のような結果が得られている。したがって一般的には高融点はんたを用いれば十分安全だと

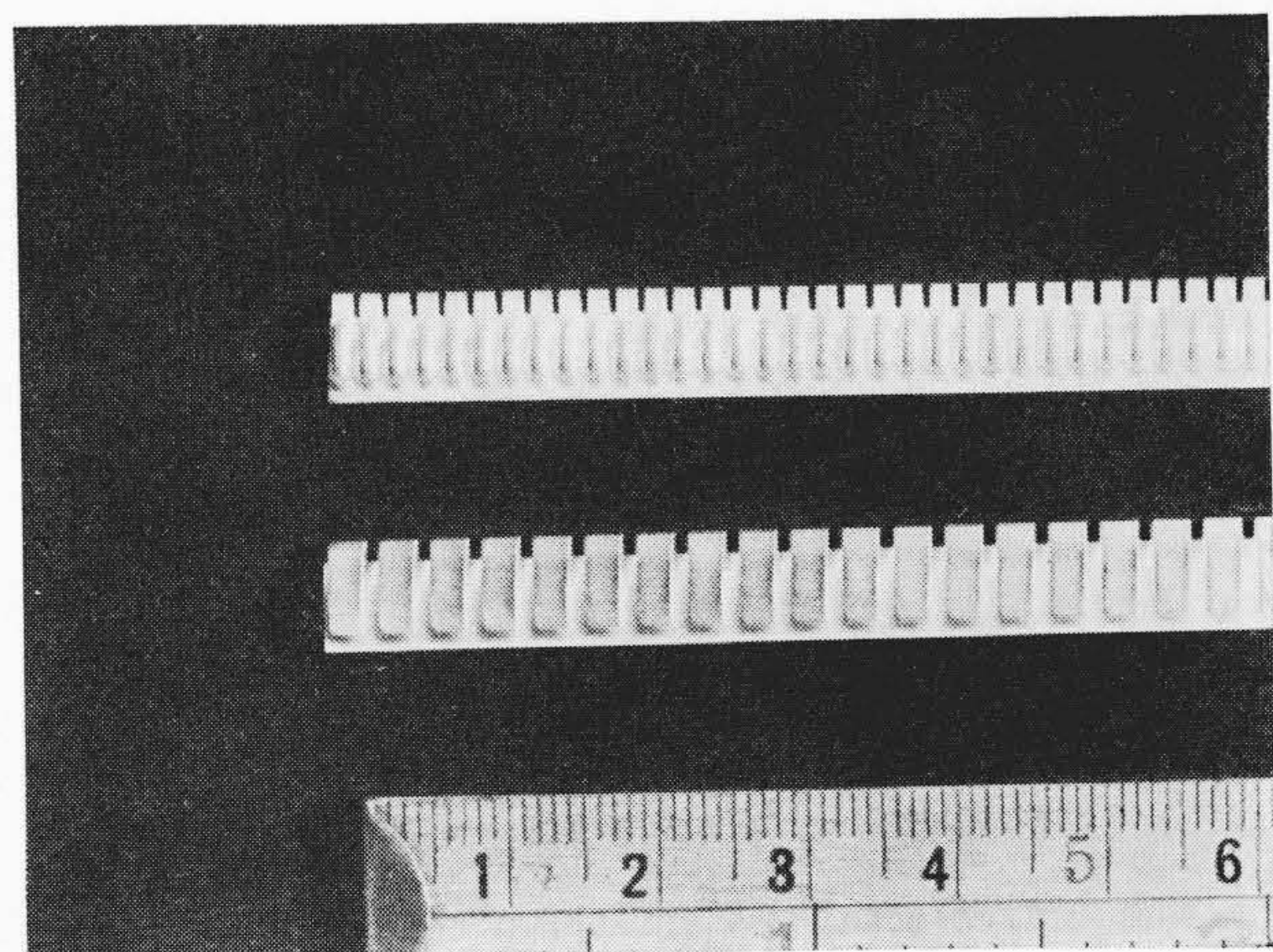
第4表 推奨コンタクトフィンガ例

管球形名	陽極端子	第2グリッド端子	第1グリッド端子	陰極端子
4T10R 2C39A	F568 F565	—	F568 F565	F568 F565
5F20RA 4F15R	F566	—(1)	—(1)	—(1)
4F16R	F568 F565	F568 F565	F568 F565	F568 F565
5F60R	F566 F567	F566 F567	F566 F567	F566 F567
7F13R	F566 F567	F566 F567	F566 F567	F567 F566

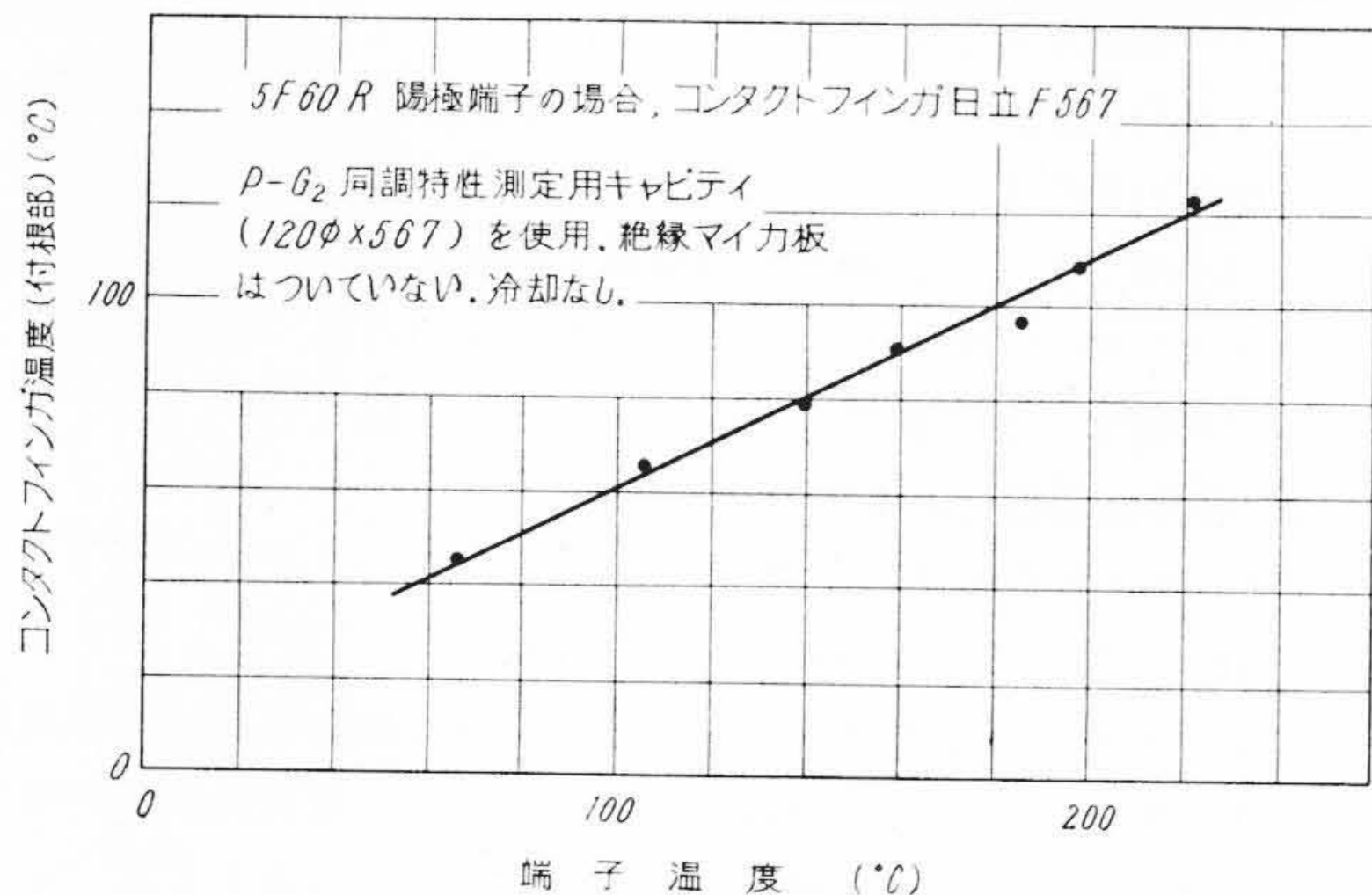
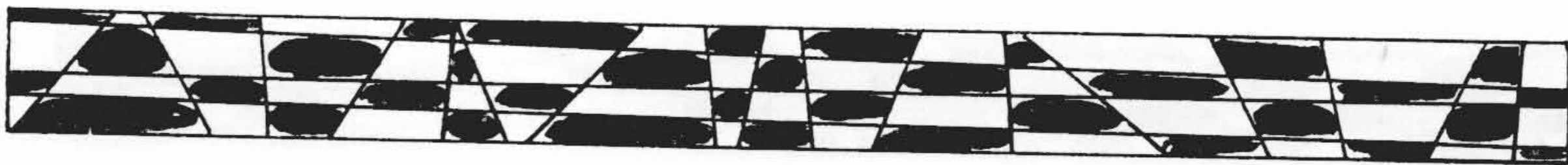
注 (1) 送風冷却ソケット F550 を用いる。



第8図 コンタクトフィンガの寸法



第9図 コンタクトフィンガの外観



第10図 管球端子とコンタクトフィンの温度差例

いえる。リベット締めを併用すればさらに確実であるし、今後は熔接も工夫すれば有効な方法となると思われる。

3.2.2 端子接触部の寸法

接触部の内径、位置の設計には管球実物で構造を確認するとともに、それぞれの技術資料による外形寸法図によって管球端子の寸法、公差を考慮に入れて設計値を選ぶことが必要である。少数の試料球によって現物合わせで作成すると管球が消耗して交換される場合に不都合を生ずる。確実な結果を得るためには管球の寸法の最大値、最小値に準じた寸法ゲージを作成して着脱の状況を確認しておくのがよい。

UHF 送信管では端子部の管軸方向の長さが短いので、管球装着時に各端子が同時にコンタクトフィンに接触するようにそれぞれ接触部の位置（管軸方向の高さ）をとるとかえって装着がやりにくいことがある。むしろたとえば陰極端子が先に接触するように位置を選び、ガイド的效果をもたせたほうが装着しやすい。

管球を装着するたびにそう入深さが変動することは、細かい寸法の問題となる UHF 回路では調整値の差などを生じて不都合である。そう入深さを決めるストッパをコンタクトフィン基盤に設けておくことと一定する。後述第19図の5F60Rを用いたキャビティの構造例にもこれが示してある。ストッパをつける基準面としては4F16Rでは陰極端子端面、5F60Rおよび7F13Rでは第2グリッド端子端面が適している。

3.2.3 エキストラクタ

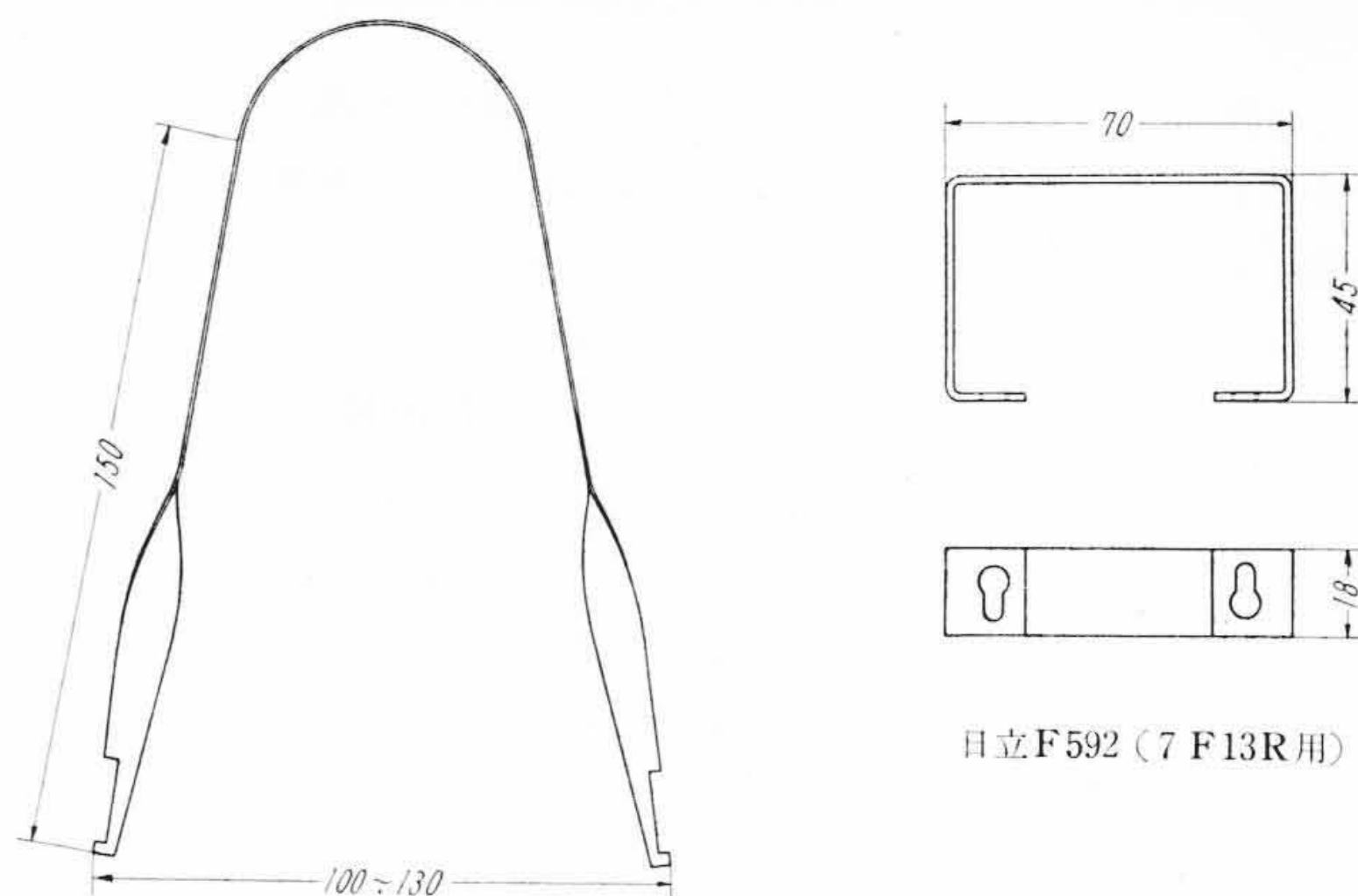
2C39A、4F16Rの形のものは陽極ラジエータをもって取はずしできるので問題ないが、5F20RA、5F60Rなどの形ではキャビティに装着してしまうと取はずしが困難な場合が多い。日立製作所では第11図に示すようなエキストラクタ（取はずし具）を製作している。F591は5F60Rの陽極ラジエータ内にそう入して用いるものであり、F592は7F13Rの陽極コア上面にある2本のピンに掛けて取はずしを行なうものである。4F15R、5F20RAにはF591と相似のF590がある。

5F20RAおよび5F60Rの陽極上部にあるキャップは排気管の保護カバーであって、この部分に力をかけて取はずしを行なうことは好ましくない。

3.3 保守、保管

3.3.1 送風冷却関係のじんあいの除去

機器の空気取入口、送風機の吸入口にはじんあい除去のエアフィルターが必要である。しかしこれらエアフィルターおよびキャビティなどにある保護網にじんあいが付着すると冷却風量が著しく減少する。時には管球を損傷させることもある。また管球ラジエータに付着したじんあいは冷却効果を減少させる。したがってこれ



日立F591 (5F60R用)

第11図 エキストラクタ（取はずし具）

らフィルタ、保護網などの清掃は機器の保守、運転上重要である。空気中のほこりの程度は当然環境で異なることであるから、新しい機器を設備した場合は最初は2週間～1月間隔で点検してじんあいの付着状況を調べ、以降の定期清掃予定をたてられるとよい。

冷却風量低下時には電源を開放する保護装置が必要で、またこれを設備している機器が多いが、さらに風量リレーの設置箇所としては管球冷却空気の排出口側を選んだほうがより確実であることも考慮を要する。

3.3.2 管球の清掃

管球に付着したじんあいは金属端子部では接触不良の原因となり、ガラスあるいはセラミックの表面に付着したものは電極間の絶縁劣化、せん絡、高周波損失を生じ、ガラス部吸込やクラックなどの原因にもなる。したがって上述の送風冷却関係と同様な定期的清掃が必要である。ガラス部の清掃は比較的簡単であるからセラミックの場合について機器保守の現場向きの清掃法を述べる。

まず高圧空気あるいはブラシで表面に付着しているじんあいを除去する。セラミックの表面は細かい粗面であるからぬれた布巾などでこすることは好ましくない。油脂のよごれはトリクレンなどで洗い落とす。セラミックについている小部分のよごれを除くには製図に用いる砂入り消ゴムを用いるのも簡便な方法である。全面的清掃には石けん温水中でブラシを用いて洗うのがよい。若干のクレンザを使用するのもよい。次に石けん分などが残らぬように温水で十分洗う。洗い終わったらよく乾燥させておくことが必要である。ヘアドライヤを用いるのもよいであろう。

セラミックのよごれは小程度のものは実質的にはほとんど問題にならないが、粗面に入込んだよごれ、じんあいはなかなか完全に取去りにくい。取扱当初よりよごさぬように心掛けることがたいせつである。

管球の端子、ラジエータにはコパールなどの鉄系統の合金や銅合金が用いられている。装着、取はずしの際にメッキ面に傷がついたりしていると湿気のため、さびやロクショウを生ずることがある。したがって保管の際はシリカゲルなどの乾燥剤を用い、封をしておくことが望ましい。

4. 電気的事項

4.1 ヒータ電圧と予熱

4.1.1 ヒータ電圧

ヒータ電圧は管球の動作安定度、寿命に大きく影響する重要な値である。ヒータ電圧過大であれば陰極からの蒸発が多くなり、電極間絶縁劣化、グリッドエミッション、およびヒータ陰極間絶

縁劣化を生じ、同時に陰極の寿命を縮める。一方過小であればエミッション不足による動作不安定や出力減少を生じ、また陰極をいためることにもなる。許容電圧範囲内でも寿命に関連していることには変りないから電圧変動をなるべく少なくすることが望ましい。

UHF 動作では陰極逆加熱を生ずるのでヒータ電圧を定格値より下げて使用する。逆加熱の程度は動作周波数だけでなく、励振電圧、および陽極電流などの動作条件によっても異なる。適正なヒータ電圧は次のようにして求める。

正常出力動作状態でヒータ電圧を次第に低下させる。もし同調ずれを生ずるならその都度再調整し出力が急速に低下しはじめるヒータ電圧を求める。使用時間中のエミッションの変動、寿命劣化、および電源電圧変動を考慮する必要があるから、その値だけ、たとえば 15% だけこのヒータ電圧より高い値を動作時の標準ヒータ電圧として選定する。

技術資料などに動作周波数に対するヒータ電圧値を示している場合もあるが、これらは参考値であってそれぞれの機器の使用条件で良好な成績を得るためには上述のような検討が必要である。

4.1.2 予 熱

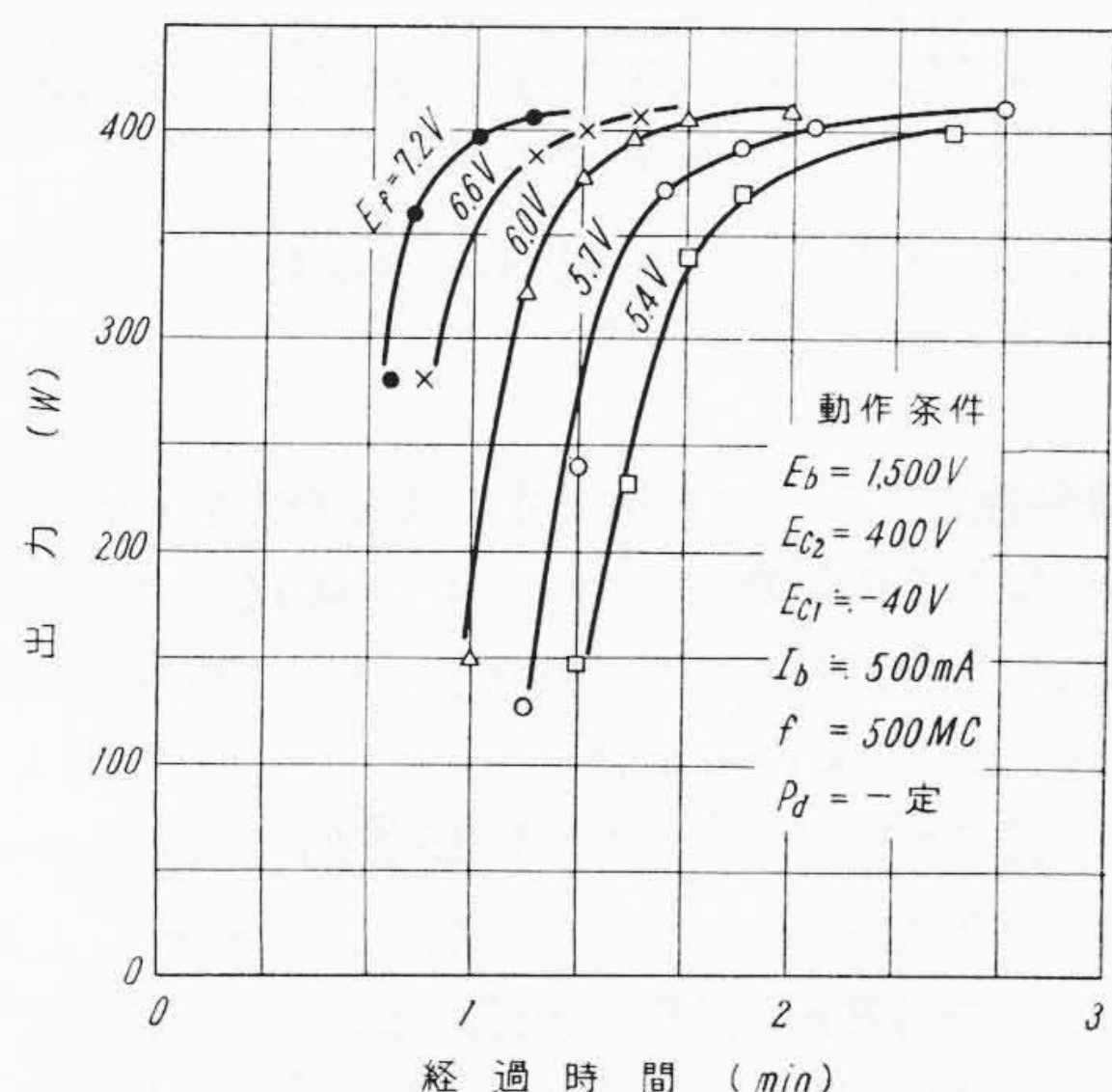
傍熱形酸化物陰極構造ではヒータ電圧印加後の陰極温度上昇がおそく、正常温度に達しない間に電流をとると陰極をいためる。極端な場合にはスパークを発生することがある。必要な最小予熱時間はそれぞれの技術資料に示してある。予熱時間後に陽極電圧および第 2 グリッド電圧が加えられるような保護回路を設計される際、予熱中は励振入力もはいらぬように考慮されることが望ましい。

動作時のヒータ電圧として陰極逆加熱効果のため定格値より低い値をとっている場合も、予熱中は逆加熱は起きていないから定格電圧で予熱することが必要で、動作開始後所定のヒータ電圧に下げる。予熱時間には陽極電圧印加後の出力安定度、エミッションの寿命劣化を考慮して十分な値をとることが望ましい。

第 12 図は 5F 60R についてヒータ電圧印加後の出力の立上り状況を実測した例である（この実験は管球をいためるので一般には推奨できない）。

管球が大電力になるほど必然的に予熱時間が大きくなる。機器の現用機、予備機の切替の場合などで特にウォームアップ時間が問題になる場合は下記を参照していただきたい。

第 12 図にみられるように印加ヒータ電圧が高ければ当然ウォームアップは早い。過大ヒータ電圧の印加はヒータの寿命を縮め



第 12 図 5F 60R の動作ウォームアップの実測例

るので一般的には好ましくないが、1日2回以下ならば予熱時間内のみ定格電圧の 20% 増加まで上げることは管球の寿命に著しい影響を与えないであろう。ただし上述のように電源電圧変動や管球の寿命劣化を考慮しておく必要があるから、第 12 図が示している時間の倍以上の予熱時間をとる必要がある。

第 13 図は周囲温度を変えた場合の 5F 60R のウォームアップ特性をエミッション測定によって求めたものである。周囲温度は大きな影響を与えないことがわかる。ただしこの実験例はキャビティに装着してない場合である。

4.2 第 1 グリッド電圧と励振電力

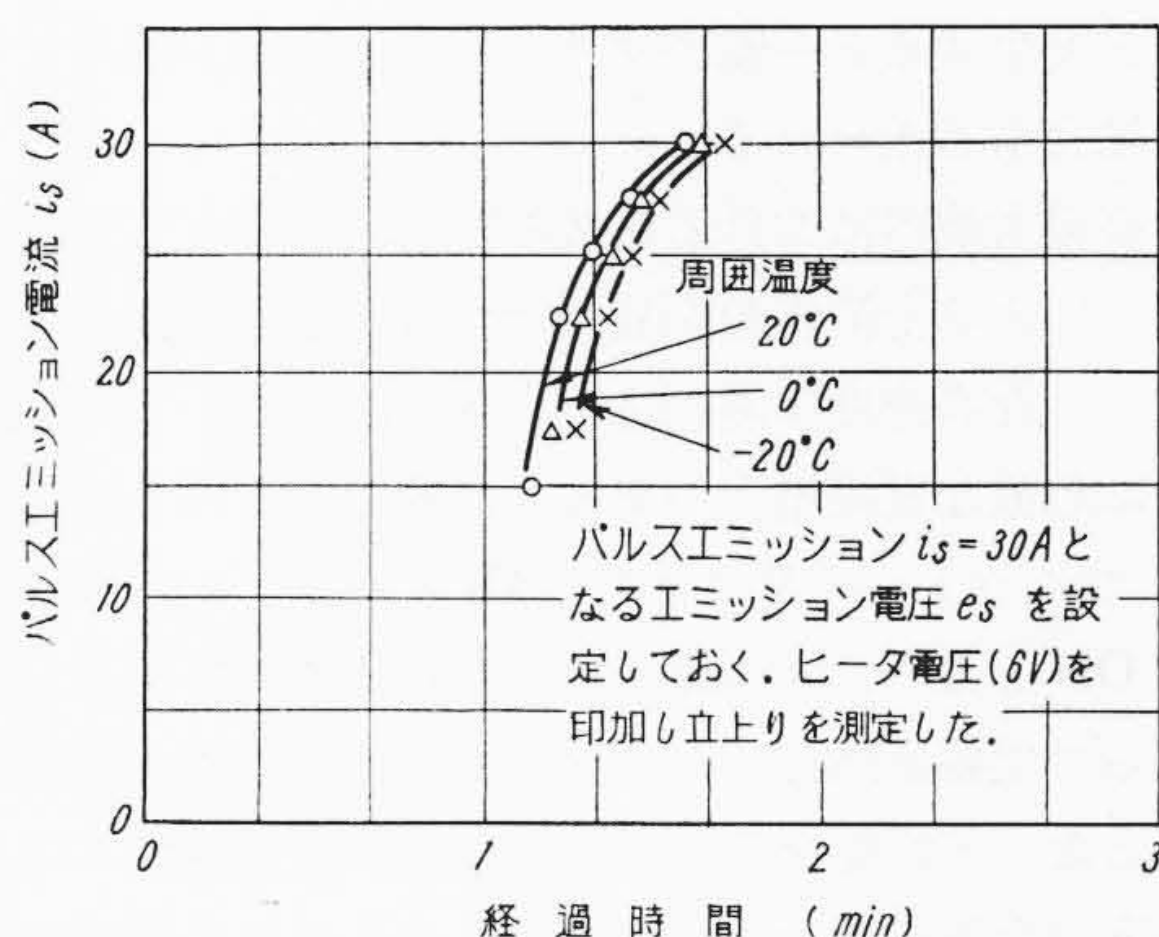
UHF の電力増幅動作では電子走行時間効果のため、直流電源電圧としては B 級増幅動作の場合でも陽極電流流通角はすでに 180 度以下になっており、電流波形もゆがんでいる。第 1 グリッドバイアス電圧を深くしても VHF 動作のように陽極能率（＝陽極出力/陽極入力）は向上しない。バイアスを深くすれば必然的に大きい励振電力が必要となるから電力利得の点でも不利である。C 級動作の場合もなるべく低めのバイアス電圧と高めの第 2 グリッド電圧で動作させるのが有利である。ただし軽負荷時に第 2 グリッド損失が過大になってはならない。

一般に UHF 送信管は高い相互コンダクタンスをもち、正の第 1 グリッド電圧領域の陽極電流の伸びが大きくなるような特性に設計されているので、普通の動作条件では励振電力—出力の特性における飽和傾向が少なくなっている。機器の安定度の一つを励振電力低減時の出力減少の少ないことに求める方式が VHF 帯の機器に準じてとられている場合もあるが、UHF 送信管の場合に同じ方式で安定度を求めようとするとかえって不必要に大きい励振電力を要することになり、よい成績の得られない場合も考えられるので、この点機器の設計にあたって考慮を要する。

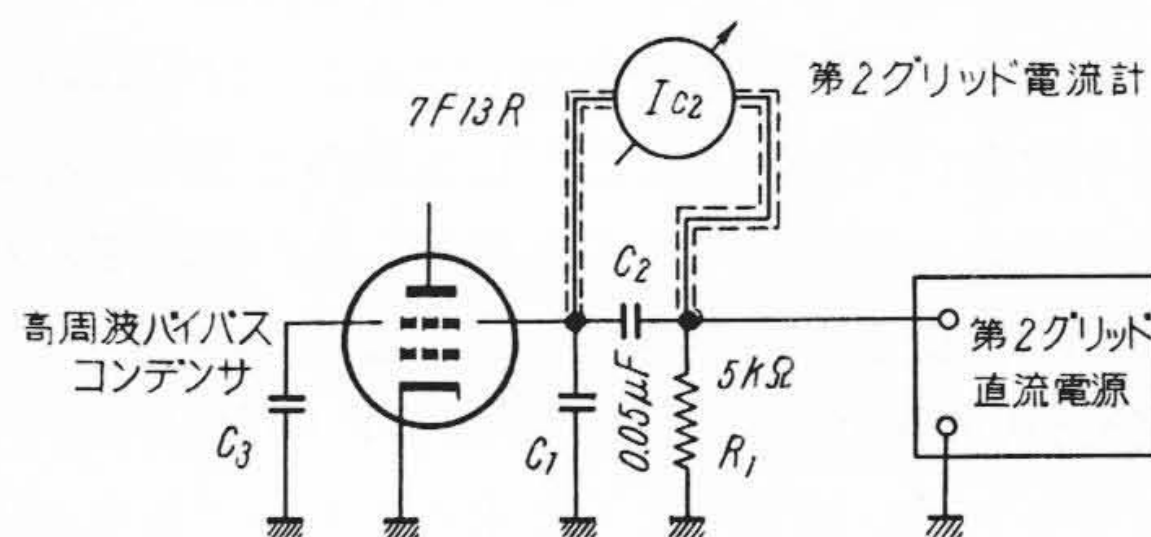
一方管球の相互コンダクタンスが大きく、動作が B 級に近いほど、管球を交換した際の特性のばらつきによる陽極電流の差が大きくなる。陽極出力の結合が適正であれば出力はほとんど陽極電流に比例するから、機器の出力差をきん小にするためにはバイアス電圧または第 1 グリッド回路直列抵抗によって陽極電流を調整できるようにし、さらに励振電力に余裕をもたせて設計することが必要である。技術資料などの動作例における励振電力値は回路損失の少ない、よく調整された増幅器における値（入射電力より反射電力をさし引く）であるから、一般機器設計にあたってはこの点からも余裕ある励振電力設計をとられることが望ましい。

4.3 第 2 グリッド電源回路

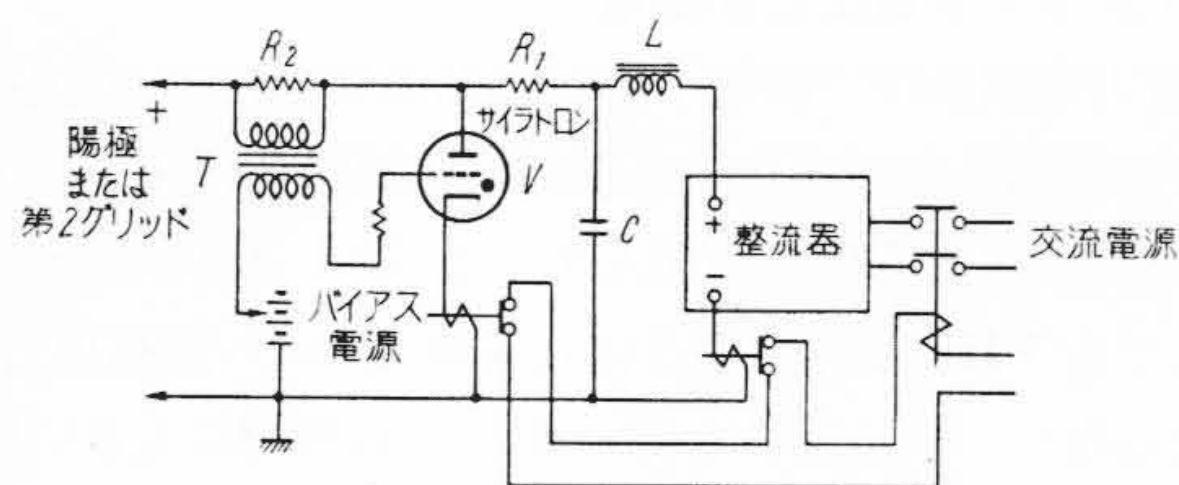
第 2 グリッド電流は陽極負荷によって敏感に変動するので第 2 グ



第 13 図 周囲温度を変えた場合の 5F 60R のエミッション電流ウォームアップの実測例



第14図 第2グリッド発振防止回路例



第15図 高速度保護回路の原理図

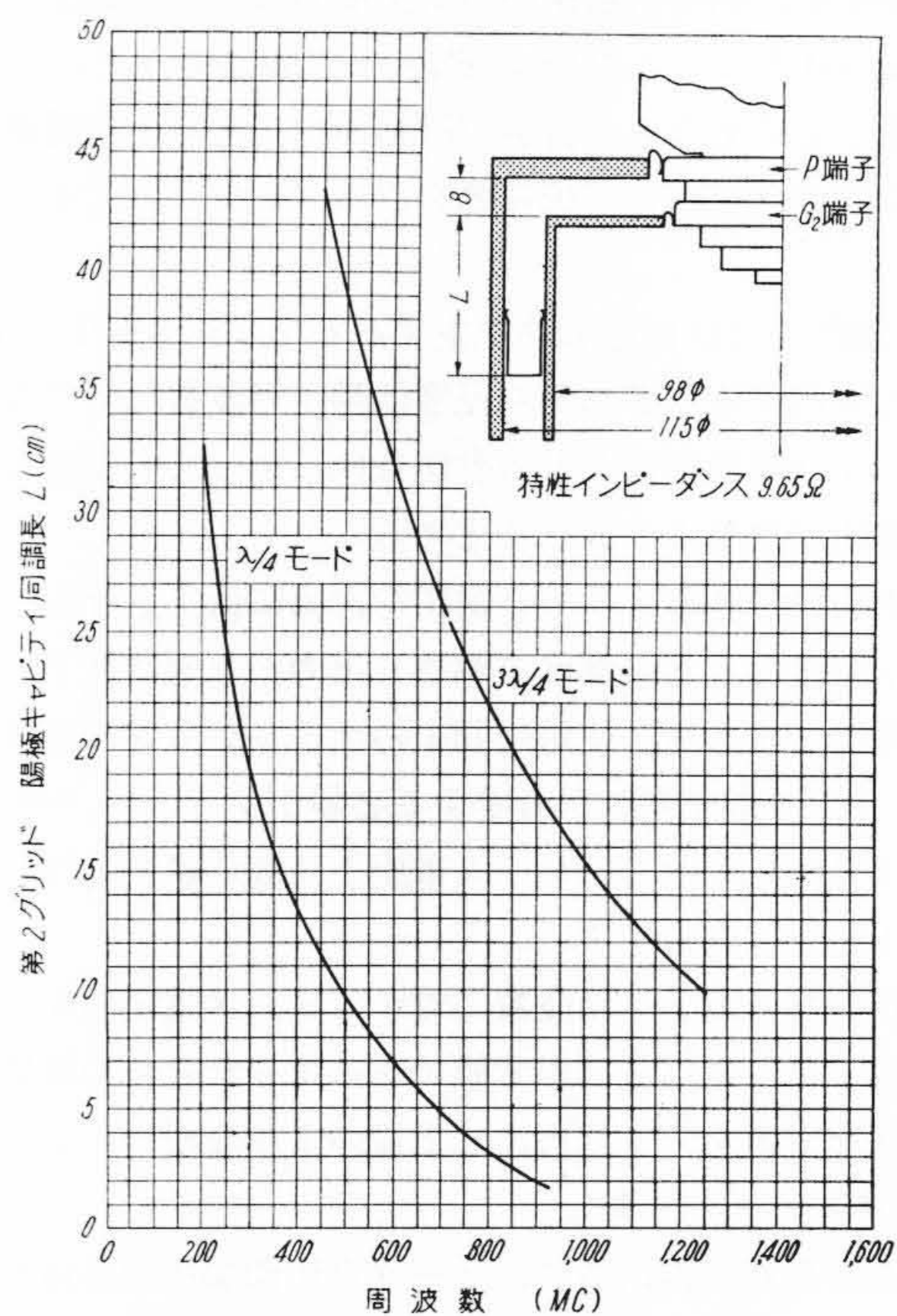
リッド電源は電圧変動率に考慮を要する。第2グリッド電圧を陽極電源よりとることは一般的には好ましくないが、これを行なう場合にはブリーダ抵抗電流を十分大きくしておく必要がある。

第1グリッド電圧が負またはこれに近い領域では第2グリッドより出る2次エミッションのため第2グリッド電流が負になる管種が多い。電力の大きい管種ほど負電流も大きいのが一般である。この負性抵抗と電源配線のインダクタンスなどが原因になっていわゆるダイナトロン発振を生ずることがある。ときには高周波(UHF)の再生発振による動作不安定と混同されている場合もある。これを避けるためには管球よりみた第2グリッド回路インピーダンスを下げればよく、電子管式定電圧電源を用いている場合は問題が少ない。定電圧電源を用いないときは第2グリッド電源の電流容量を大きくしておき、たとえば第14図のように並列接続抵抗 R_1 に十分大きい電流(図の場合は100mA)を流し、さらにコンデンサ C_1 を併用すればこれを押えることができる。抵抗 R_1 とコンデンサ C_1 はキャビティの給電点近くに設けないと効果が少なくなる。第14図には第2グリッド電流を測定する回路も示してある。

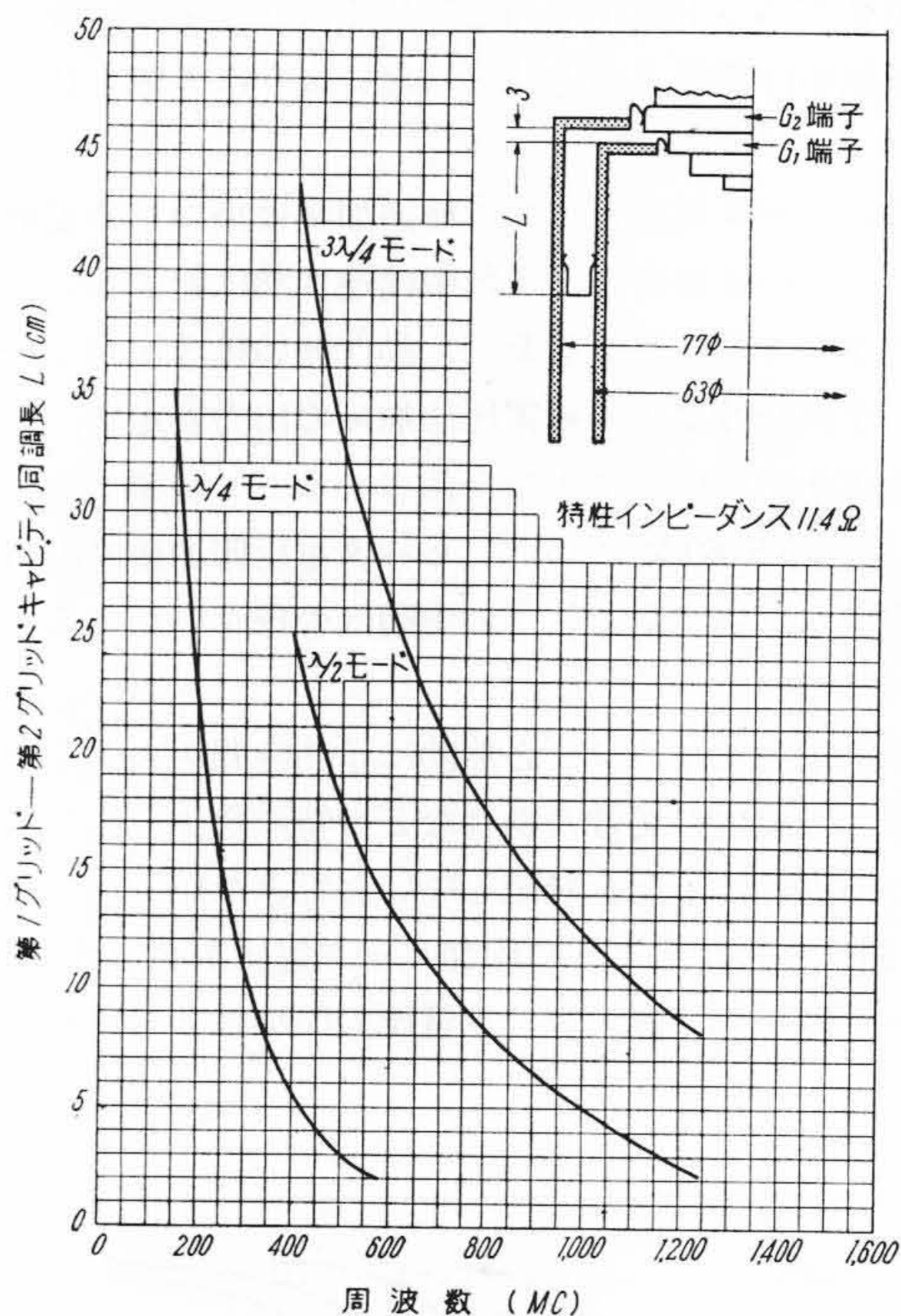
4.4 保護回路

UHFの回路は必然的に寸法も小さい。扱う電力が大きくなると特に陽極、第2グリッドの回路で絶縁破壊を生じやすい。金属部あるいは絶縁物部に熔損を生ずると、回路の調整、部品の修理がめんどろになることが多い。一方管球の構造においてもUHF送信管では構造自体は十分堅ろうであっても、グリッド線などは非常に繊細なものになっている。したがってきわめてまれであるにしても管内スパークなど発生すると一瞬でグリッド線の一部が熔けてしまうような不幸な場合も考えられる。

これらの高電力機器における事故の防止、保護としては一般の機械動作リレーによる交流電源開放だけでは不十分で、第15図に原理⁽⁷⁾を示すような高速度保護回路が有効であろう。第15図において負荷回路に急激な電流増大が起ると、変圧器Tの2次側に電圧が発生する。サイクロンVは常時はOFF状態にあるがこの入力電圧によってONとなり、整流器出力回路を抵抗 R_1 を通して短縮する。したがって増幅回路側への供給電圧は過大電流が流れはじめる急激に零となって損傷を防ぐ。文献ではアルミニウムはくを通して7kVの電源を短絡させても、はくに小孔があく程度にとどまると述べてある。サイクロンVを流れる電流は同時に過負荷リレーを動作させ交流電源を開放する。 R_1 はVの最大電流を制限する。



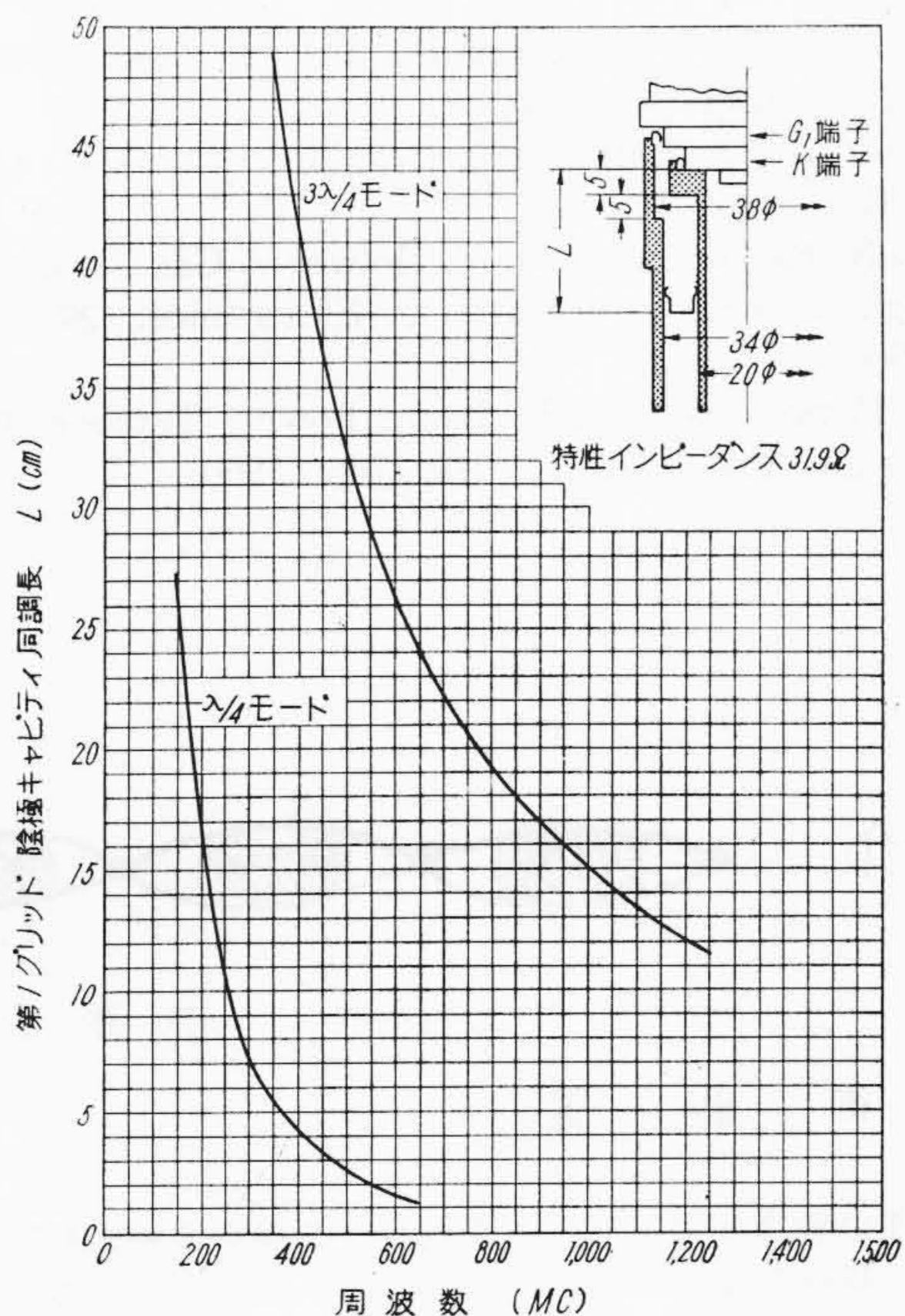
第16図 UHF送信管5F60Rの第2グリッド—陽極同調特性



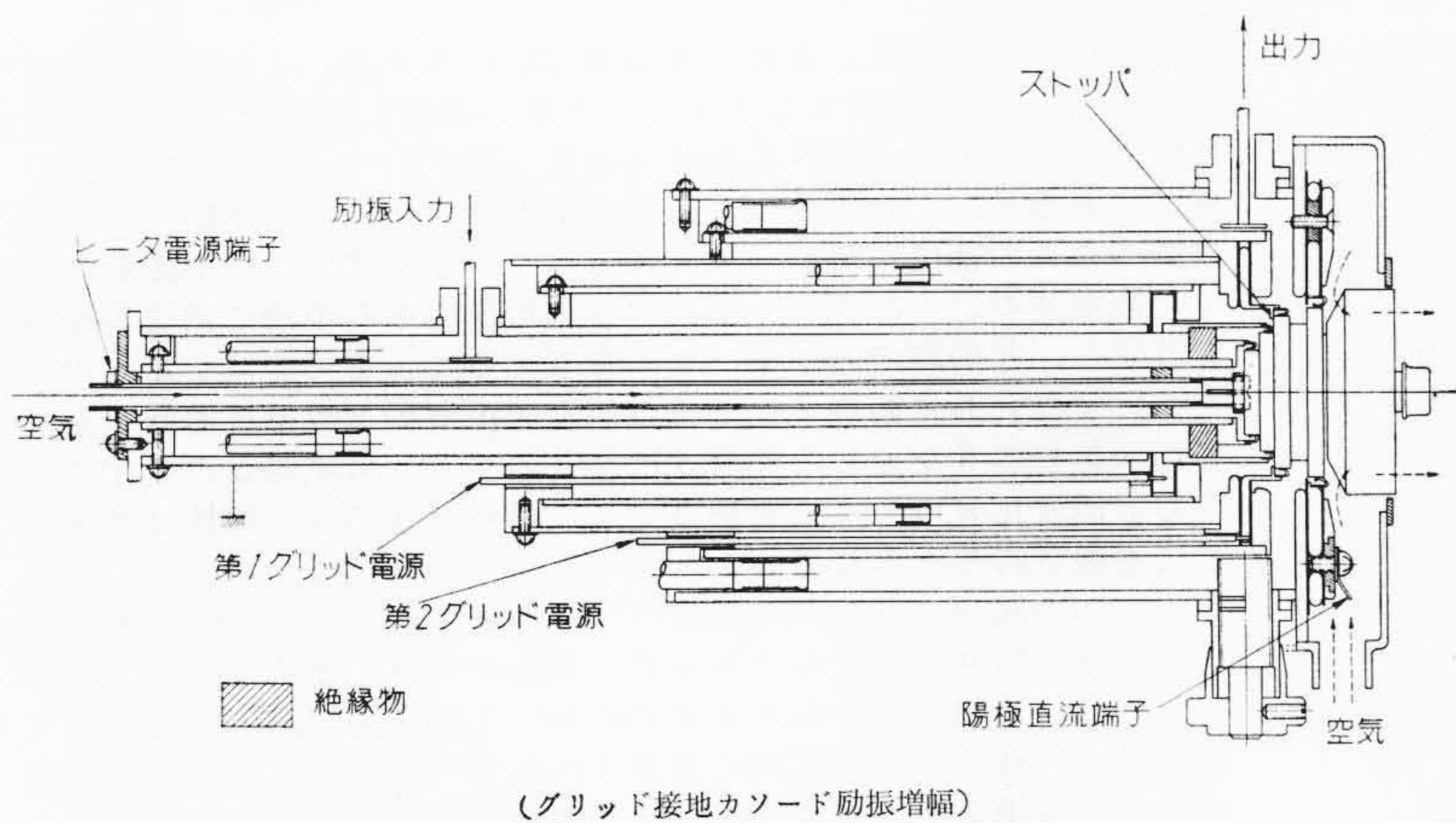
第17図 UHF送信管5F60Rの第1グリッド—第2グリッド同調特性

4.5 同調特性とグリッド接地動作の G_2-G_1 キャビティ

同調特性の例を5F60Rの場合について第16, 17, および18図に示す。これらはそれぞれの図に寸法を示した同軸共振回路についての同調特性である。4F16Rおよび7F13Rについても同様にそれぞれの技術資料に図示してある。UHF回路では管球の寸法、電極間静電容量が同調回路のかなり大きい部分を占めることになるので、キャビティの同調長を計算で正確に求めることはむずかしい。しかしこれらの図の同調特性から逆にそれぞれの周波数において管球の端子間に想定されるリアクタンスを算出すれば、図の例とは異



第18図 UHF 送信管 5F60R の第1グリッド—
陰極同調特性



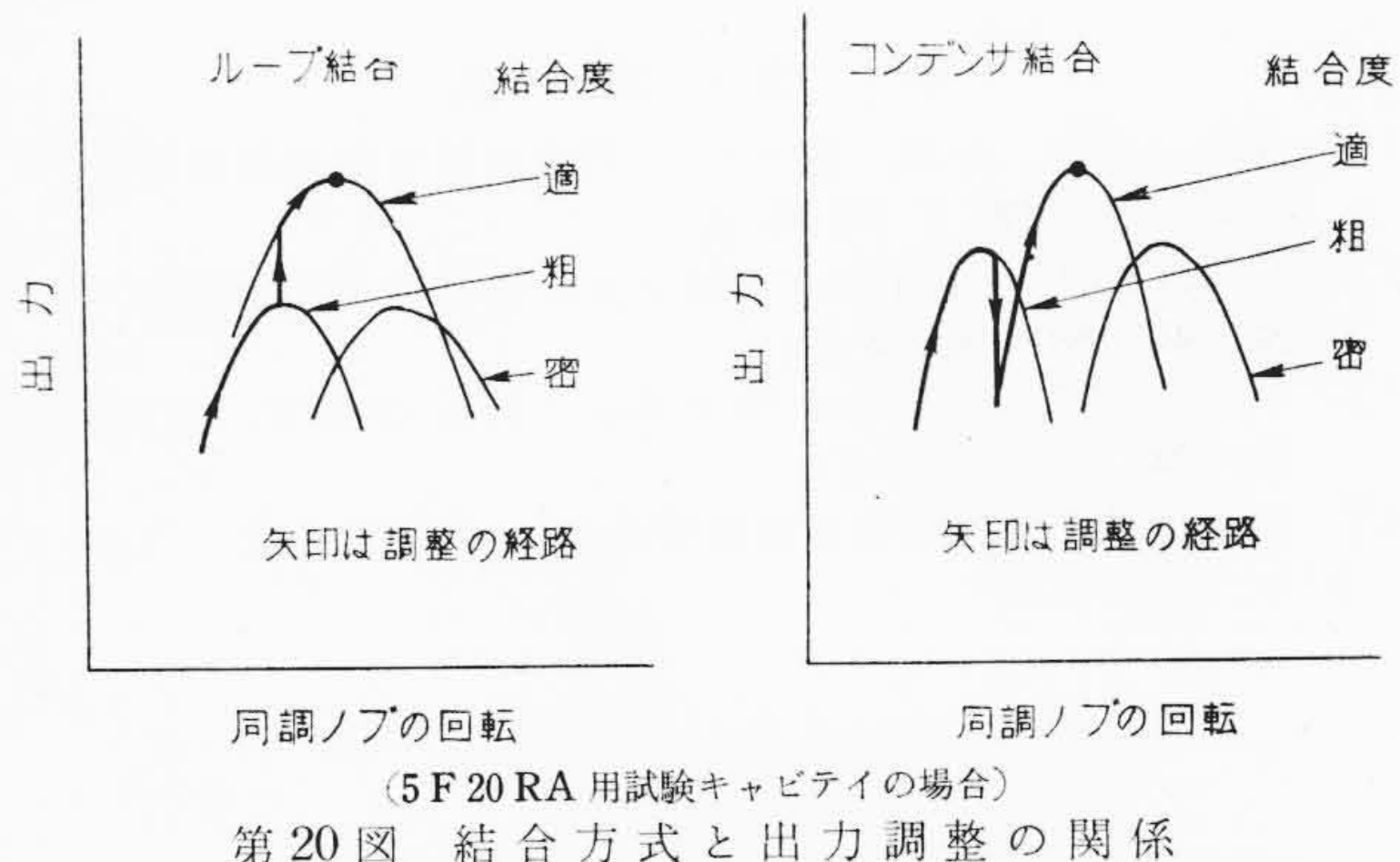
第 19 図 UHF 送信管 5F60R のキャビテイ構造例

なった寸法のキャビティにおける同調長を求める場合にもより正確な結果が得られよう。

グリッド接地増幅回路では第1グリッドと第2グリッドを高周波としては同一電位になるようにキャビティを設計する。しかし管球には端子から電極までの間にわずかではあるがインダクタンス分があるので、動作周波数が高いと第1グリッド、第2グリッドの両端子間を短絡しても電極間の高周波電圧は零にはならない。第17図で $\lambda/4$ の同調長が700 Mc 近辺で零に近づくのもこのためである。したがって5F60Rの場合では大略500 Mc 以上で動作するグリッド接地増幅回路としては第19図のキャビティ構造例に示してあるように、第2グリッド—第1グリッド間にも共振回路を設け⁽⁸⁾、 $\lambda/2$ 短絡とすることが必要である。ただしこの際の $\lambda/2$ の長さはあまり厳密でなくてもよい。

4.6 陽極出力結合

出力を有効に取出すためには出力結合の調整は回路の同調調整と同等に重要である。したがって出力結合は少なくとも半固定式の調節可能な機構であることが望ましい。固定式をとる場合はきわどい状



第20図 結合方式と出力調整の関係

態にならぬように管球相互間の特性差を考慮し、管球を交換して動作させて普遍的な特性を示すように綿密な調整を行なっておくことが必要である。電極間静電容量の差などの影響を避けるためには後述のような理由でなるべく完全な電磁結合を行なうような場所に結合器を設けるのがよいと考えられる。正常な管球であれば **UHF** 帯（ただし大略 1,000 Mc 以下）の動作でも同一陽極入力を与えて出力が 15% 以上異なることは少ないから、管球間の出力差の大きい場合は出力結合、または端子の接触状態を調べてみる必要があろう。

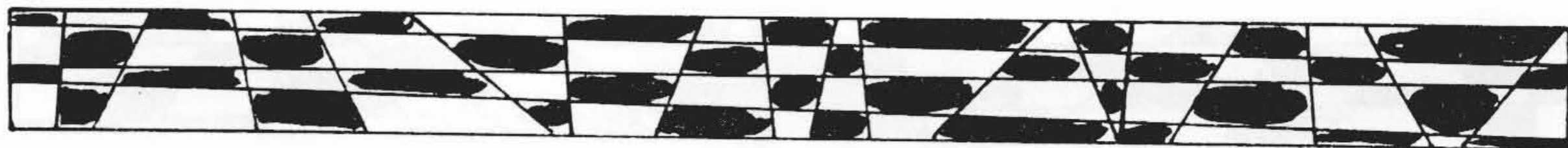
出力結合方式にはループによる電磁結合とキャパシタンスプロ
ブによる電界結合がある。前者は結合器と短絡板との相対位置が変
らねば、管球ごとに同調をとりなおしても最適結合位置
がほとんど変らぬ点は有利であるが、結合度を変えるし
ゅう動部の設計、製作に留意しないと接触不良による電
力損失を生ずることがある。後者はその点は有利である
が、結合度調整が同調調整に大きく影響を与えやすいの
で最良状態に調整するのがややめんどろである。たとえ
ば第5図の5F20RA用のキャビティでループ結合とキャ
パシタンス結合を比較してみると、同調および結合度
の調整と出力との間には第20図に示したような関係が
ある。ループ結合の場合は最良状態へもっていくことは
容易であるが、キャパシタンス結合の場合はややめんど
ろであることがわかる。

5. 結 言

以上の説明が UHF 送信管を扱われる各位にとってな
んらかのご参考になれば幸である。ご利用いただく際には
下記点についてご留意いただきたい。

- (1) 緒言にも述べたが本文では一般的事項、たとえば最大定格の意義などについての説明を省略したので、これらについては文献の項に記す資料(4)、あるいは他の送信管技術資料を参照していただきたい。
- (2) 本文中にはなるべく多くの具体的な実測例、あるいは構造図を引用したが、これらの値および図はあくまで例であって一般的にそのまま適用できるとは限らない。したがって個々の機器の設計、製作、あるいは保守においてはそれぞれの場合について詳細な検討、実験あるいは点検を試みて確認していただきたい。
- (3) たとえば温度のような機械的事項に含まれる値の測定、あるいは検討は電氣的なものに比べると2次的になりやすい傾向にある。しかし実際に機器または管球の安定度、信頼度を左右するものは機械的諸事項に多いのでこの点をご留意いただきたい。

本文の説明にはなお不足な点、不十分な点が多い。また今後新しい問題も多数現われるであろう。それらの点については各位のご指示、ご質問をいただき、さらにより有効な資料、説明を提供した



いと考えている。

参考文献

- (1) 寺井, 丸浜, 今西, 佐々木: 列車無線電話用無線装置, 日立評論別冊, 39, 8 (昭36-3)
- (2) 岡崎, 松井: 工業用テレビジョン信号の無線伝送, 日立評論, 42, 898 (昭35-8)
- (3) 中田, 久田, 小田原: セラミック封止送信管, 日立評論別冊, 34, 79 (昭35-2)
- (4) 電子機械工業会送信管技術委員会: 送信管の使い方, エレク

- トロニクスダイジェスト, No.27, 147 (昭36-2)
- (5) 久田: UHF 送信管 5F 60 R について, 電気4学会論文集, 電子管, 1274 (昭36-4)
- (6) 中田, 久田: UHF 送信管の諸問題, 日立評論, 43, 792 (昭36-6)
- (7) W. N. Parker and M. V. Hoover: Gas Tubes Protect High Power Transmitters, Electronics, 29, 144 (Jan. 1956)
- (8) W. P. Stearns: UHF Beam Power Tetrode Oscillator Design, Proc. N.E.C. 16, 766 (1960)



特許第275541号

特許の紹介



加藤 春雄

定張力巻取制御装置

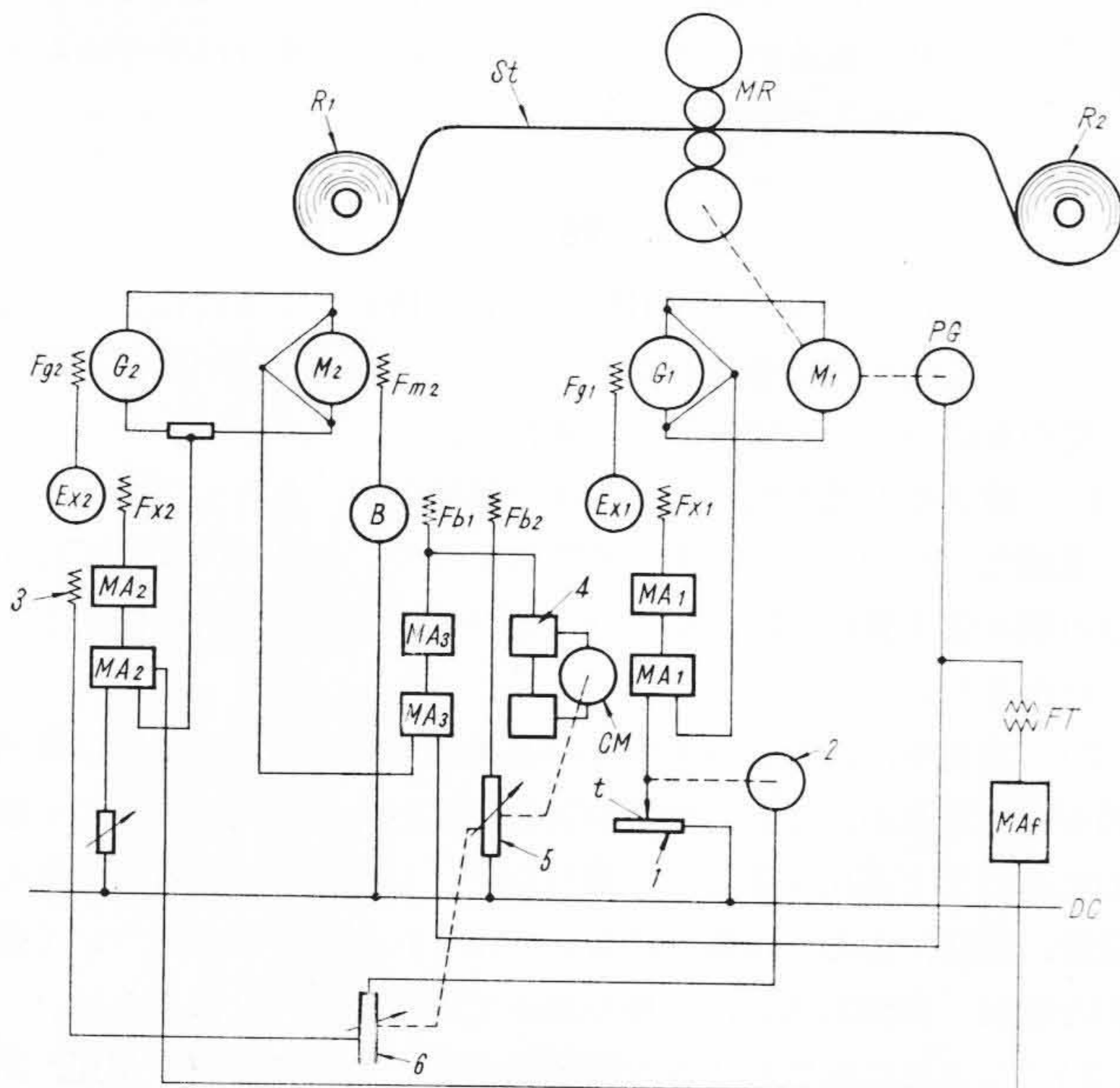
この発明は、圧延機用巻取機など定張力、定出力制御系における駆動電動機そのほかの駆動部分の静止摩擦トルクを補償するために前記制御系の中段に補償パワーを付与することによりその補償パワーをして静止摩擦トルク補償にだけ効果を発揮せしめ、常規制御過程に対しては無影響となるように構成している。

レオナード発電機 G_1 は基準電源 DC に連なる速度指令用加減抵抗器 1 の設定量 (操作電動機 2 で調整される) と G_1 の電機子電圧を突合わせることにより速度自動制御系を形成する。また発電機 G_2 は界磁線輪 F_{g2} , 励磁機 E_{x2} , 界磁線輪 F_{x2} , 二段増幅器 MA_2 を備え、初段 MA_2 に基準電源 DC から指令を与え、それと電動機 M_2 の電流を突合わせ定電流自動制御系を形成する。なお MA_2 の終段側 (あるいは E_{x2}) を定電流自動制御系の中段と見てそれに補償巻線 3 をほどく。電動機 M_2 に対しては増幅器 MA_3 の初段側に M_2 の電圧帰還と M_1 に直結した指速発電機 PG の電圧を突合わせに導入してブースタ B の界磁線輪 F_{b1} を調整し定電圧自動制御系を形成する。記憶制御抵抗 5 はリール R_1 の巻太り径に応じて制御する記憶

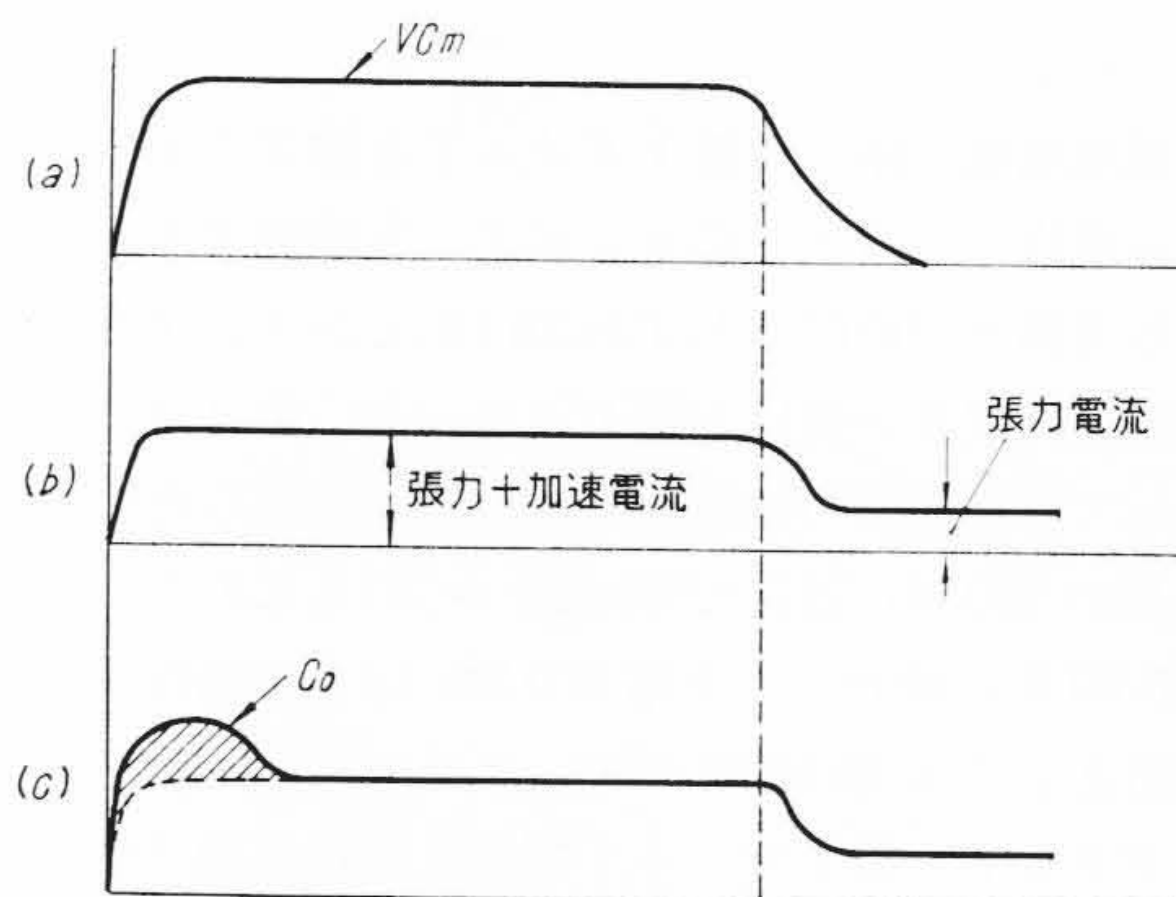
制御装置 4 の積算量に対応して駆動される操作電動機 CM により操作される。抵抗器 5 にはさらに補償パワー決定用抵抗器 6 が連動されこれにより補償巻線 3 は電動機 2 の電圧より付勢される。つまり抵抗器 6 はリール R_1 の巻太り径に応じた電流を補償巻線 3 に通ずることになる。なお MA_2 の初段入力として指速発電機出力回路に設けたフォーシング変圧器 FT を介しフォーシング増幅器の出力が与えられる。

巻取機の加速に際し実際に電動機 M_2 に与えることを要する電流はストリップ S_t の張力に見合うべき張力電流と速度および電動機、機械、リールなどの GD^2 に対する加速トルク (フォーシングと称す) 電流であるが、なおそのほかには巻取機駆動部の静止摩擦トルクに打勝つための補償電流を必要とする。この発明は、この要求を満たすため前述のように巻取リールの定電流制御系の中段に補償巻線 3 を設定し、起動時のみ補償パワーを与えることを可能にしたものである。すなわち電動機 2 の端子電圧を記憶制御加減抵抗器 5 と連動の加減抵抗器 6 を通じて巻線 3 に与えるから、抵抗器 5 の変化に応ずる界磁変化分のトルクを補償するのに必要な適当量が抵抗器 6 を通じて巻線 3 に与えられることとなる。よって抵抗器 1 から加速指令が出ている間中は巻線 3 に補償パワーが第 2 図 (a) の V_{cm} 曲線のように与えられているのであるが、これが定電流制御系の中段に加えられるため制御が行われる途中において第 2 図 (b) の曲線のように定電流制御系の指令電流に規制された量に電流は落ち着き、結局補償パワーは第 2 図 (c) の C_0 のように、定電流制御系の時間遅れ分の間だけ作用を現わすこととなり、静止摩擦トルクが、かくして完全に補償されることになる。

(渡辺)



第1図



第2図