

通信用受信管の最近の発達

村田良雄*

Receiving Tubes for Communication Equipments

By Yoshio Murata

Mobara Works, Hitachi, Ltd.

Abstract

Recent development of many complicated and delicate electronic equipments, including electronic computers, multi-channel carrier systems, industrial electronic regulators, etc., has created a surprisingly active demand for electron tubes. Employed in these applications, the tubes have encountered serious requirements for the reliability, uniformity and long life, and to meet such requirements specifically reliable electron tubes have been developed. The so-called communication type receiving tube is a representative of this sort.

The features by which the reliability of the tubes is meant are the uniformity and stability of characteristics, a minimum failure rate during the early hours of life.

The writer discusses such points of the first consideration in the manufacturing and testing of the communication tubes.

〔I〕 緒 言

受信用真空管は一般家庭用ラジオ受信機に用いるものに大量の需用があつたため、生産の主流はこの方面に向けられており、真空管の改善も主としてこれ等ラジオ用を対象として行われて来た。

近時電子工業の発達に伴い、有線無線の通信施設はもとより、レーダー、自動制御装置や計算機等あらゆる種類の工業、研究に電子管が使用されるようになった。これ等の機器の中には1台で20,000本もの真空管を使用するものさえあり、機器それ自体の構造、動作は非常に複雑化されている。このように使用される真空管の数が多くなるにつれて、その装置での真空管の役割が大きくなりそれ等の真空管に一層高度の信頼度が要求されるようになった。又複雑化した回路での動作であるので、安定な、均一な、そして精度の高いものが要求されるようになった。

このようなことが要求される機器に、従来の家庭の娯楽に供される受信機を対象にして製作された受信管がそのまま使用され十分な働きをすることは期待出来ない。当

然ラジオ用と比べて一段と精度の高い確実なものが要求されるはずである。

中継器に使用される真空管にしても、長距離回線の普及、それにとまなう多数の中継所の無人化、或は通信の品位を高めるための低雑音、無歪化等のため、従来より一層の長寿命化、その他特性の改善が要求せられている。

これらの新しい用途に応ずるための真空管は従来その要求が少なかつたので、あまり進んでいなかつた。しかし新しい電子装置の普及発達に伴い、急速にこの種の真空管への要求が高まり、問題として取上げられるようになった。

我国ではこのような特殊用途の真空管に就いては、一般的には殆ど開拓されておらず、無線通信機械工業会標準として制定されている真空管の規格に、僅かに通信用と一般用と区別してある程度であり、現状では電子機器需用者と真空管メーカーとの協同により各箇に研究され作られている形である。

以下これ等特殊用途に用いられる真空管を便宜上「通信用真空管」なる標題の下に、要求される性能、規格、製作、試験等で注意すべき点に就いて述べる。

* 日立製作所茂原工場

〔II〕 通信用受信管に要求される事項

一般の電気的特性の上で要求される事項はその真空管の用途に従い雑多である。例えば測定用に使用されるものではグリット回路が高抵抗で使用されることが多いので、グリット電流の少ないもの、又ブリッジ回路で使用される場合には、双三極管の場合、両三極部の平衡がよく取れていることが大切である。又マイクロホン増幅器に使用するものではマイクロホニックとか、ハムとかの雑音の少ないことが大切である。しかし共通にいえることは均一な電気的特性のものであることである。このことを実際の例として 6SN7-GT をとつて調べてみると通信用とそうでない一般用のものとは第1表に示すように異っている。即ち第一グリットの逆電流の許容範囲が一般用では最大 $2\mu\text{A}$ のものが通信用では最大 $1\mu\text{A}$ に押えられ又相互コンダクタンスの測定点が更に追加されている。

通信用真空管にとつて更に大切なことは、信頼性 (Reliability) であり長寿命 (Longlife) ということであろう。信頼出来る真空管であるということは各真空管の使用される目的に応じて異なるであろうが、一般的にいうならば信頼性とは次のように定義される。

「保管してあつた真空管をある機器の所定の場所に使用したとき、その真空管が非常な確実さで正常の動作をし且つその機器に要求されている動作時間中に殆ど事故を生じないこと。」

ではこのような目的のためには真空管としてはどのような性質を持たなければならないかと考えてみると

- (1) 比較的短い期間中に発生する事故の少ないこと。
- (2) 電気的特性の一定サービス期間中の変化が少いこと。
- (3) 高温、低温の環境で安定で且つ事故の少ないこと。
- (4) 急激なショックに対して十分耐えられること。
- (5) 機械的振動に対して丈夫であること。

以上の諸点が上げられる。

〔III〕 信頼性と長寿命

一般に信頼性と長寿命ということが同じように考えられることがあるが、必ずしもその必要はなく又長寿命が即ち信頼性とも限らない。極端な例として無線誘導弾に用いられる真空管では、その動作時間は数時間あるか無しであろう。この種の目的に対しては長寿命の必要はない。しかしその数時間の間は急激なショックに耐えて確実に動作することが要求される。しかし一般的用途に対しては長寿命ということも要求される。

真空管の寿命の表わし方として種々の方法があるが、

第1表 6SN7-GT の試験規格比較表

Table 1. Comparison of Electrical Tests Specifications for 6SN7-GT Proto Type (General Use) and Communication Type

	一般用		通信用		試験条件		
	最小	最大	最小	最大	E_f (V)	E_b (V)	E_{c1} (V)
グリット逆電流 (μA)	0	2	0	1	6.3	250	-8
陽極電流 (mA)	5.0	13.0	5.5	12.5	6.3	250	-8
相互コンダクタンス (μS)	2,000	3,200	2,050	3,150	6.3	250	-8
相互コンダクタンス (μS)	—	—	2,400	3,600	6.3	90	0
陰極効率 (%)	—	—	90	—	5.7	250	-8
陽極遮断電流 (μA)	—	—	0	5	6.3	250	-24

代表的な方法として平均寿命及び平均寿命百分率とがある。前者は同種類の真空管のロットに就いて、全体の寿命時間の総和を真空管の数で割つたものであり、平均寿命百分率は使用開始時より或る特定の時間経つた時それ迄に真空管が動作し得た正味の延時間とその時までの延時間の比で表わされる。即ち

$$\text{平均寿命百分率} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i + (N-n)X}{X \cdot N} \times 100\%$$

但し X : 使用時間

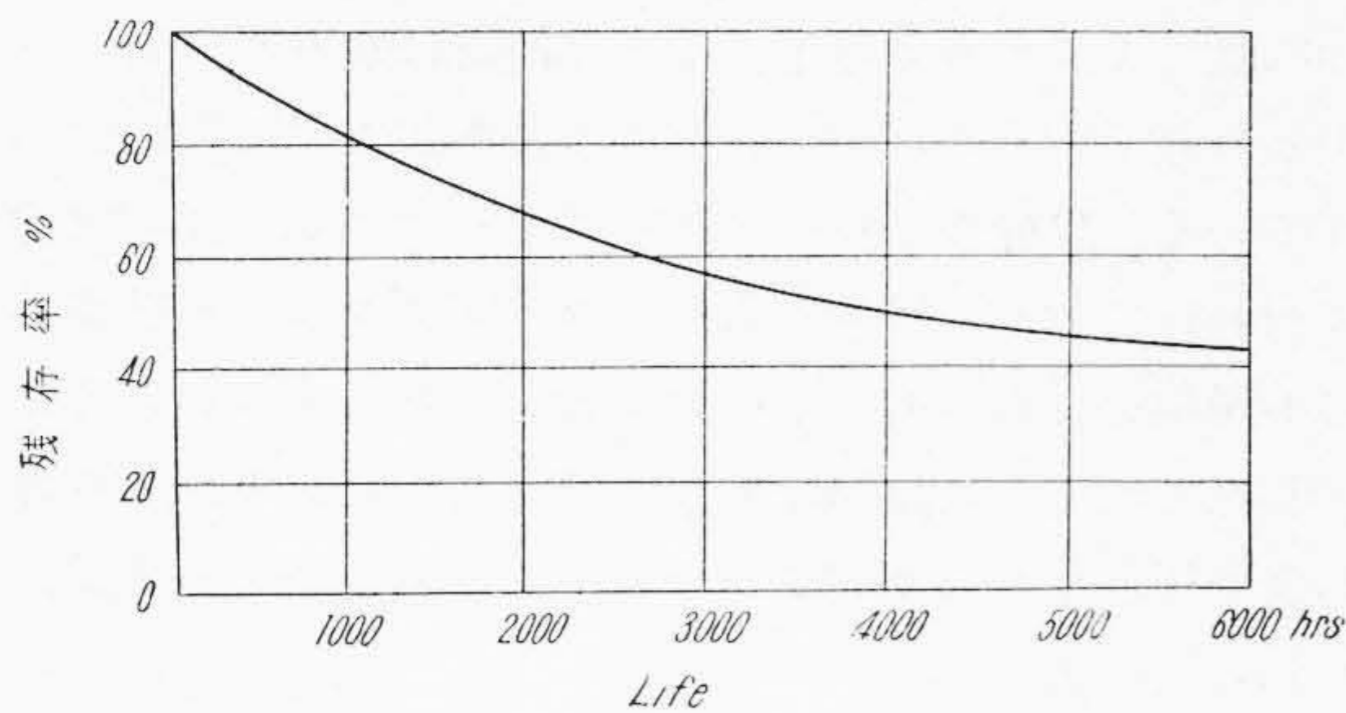
X_i : X 時間までに不良になつた真空管の寿命時間

N : 真空管の総数

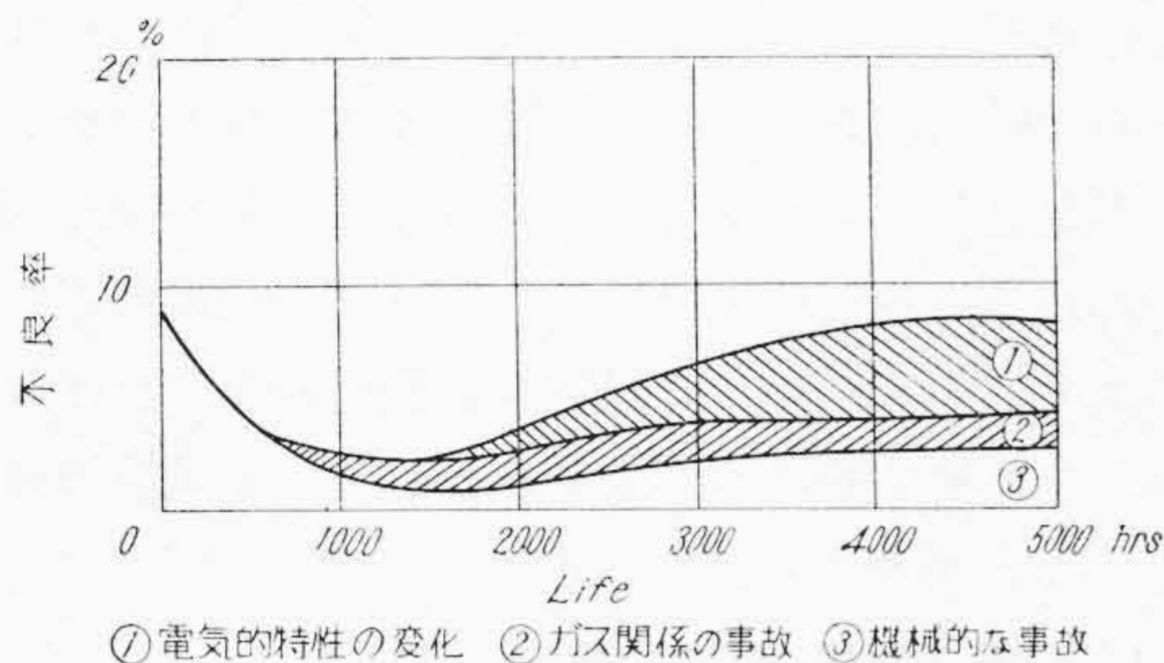
で定義されるものである。

これ等の算定方法は、各ロット相互間、あるいは他品種との寿命の比較等には便利であるが、高信頼管 (Reliable tube) に対しては不十分である。何故かという、これに示されたものからは初期不良に対する何の知識も得られない。又他の異つた用途、使用方法に対してのデータが得られない。信頼性に対して大切なことは、その真空管をある目的である回路に使用したとき、その真空管がどんな事故をどの程度の比率で発生するかというデータが必要なのである。このような目的のためには、更に寿命試験のデータを詳細に解析し、又それぞれの状況に応じた試験方法が必要になるのである。

従来行つて来た寿命試験のデータを解析してみると第1図に示すように残存率曲線は旧型のものでは指数函数的な変化をしている。この場合に生じた事故を分析してみると、第2図に示すように大体 200~300 hr 前後ではヒータ断線とか、クラックとかの機械的事故が多く発生



第1図 受信管の残存率曲線
Fig.1. Survival Curves for Receiving Tubes



第2図 寿命試験中の事故分析図
Fig.2. Analysis of Failures During Life Test

し、500~1,000 hrの間ではステムの電解とかガラスによる不良が多く発生し、純粋な電氣的不良、即ち相互コンダクタンスの低下等はそれ以後に生じている。

真空管の信頼性を高めるためにはこの初期不良を少なくすることがまず大切なことである。

真空管の信頼度を表わすものに信頼度因子なるものがある。これはある真空管 1,000 箇を 1,000hr 寿命試験を行いその間に生じた事故の箇数で表わしている。この程度の時間内に生ずる事故の大部分は前述のようにヒータ断線とかガラス事故等であり、これ等の事故は使用中全く予測することが出来ず、又完全な電子装置の機能の停止をもたらす。そこで通信用受信管としてはこれ等の初期不良も少なく且つ長寿命であることが要求されるのである。

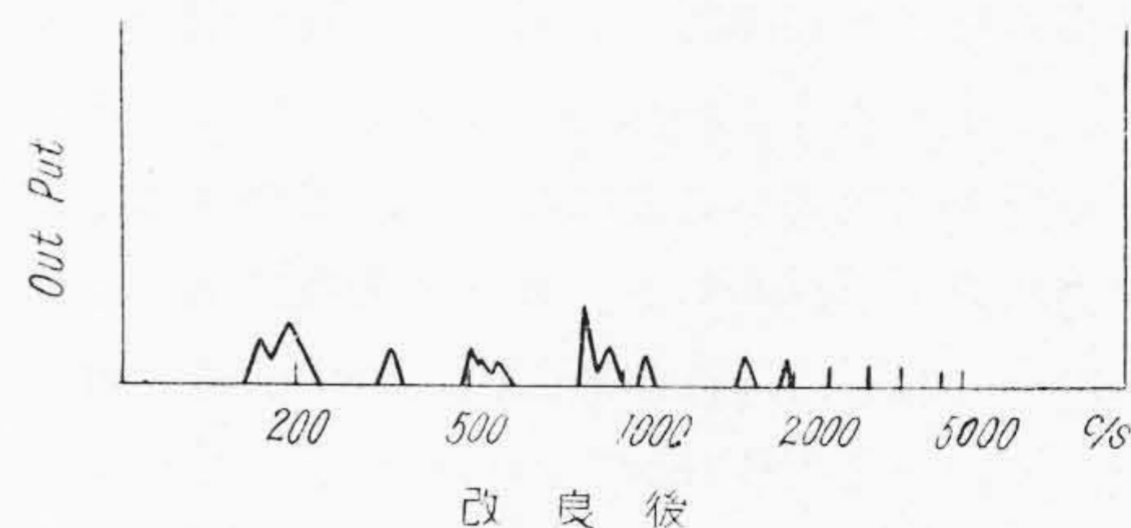
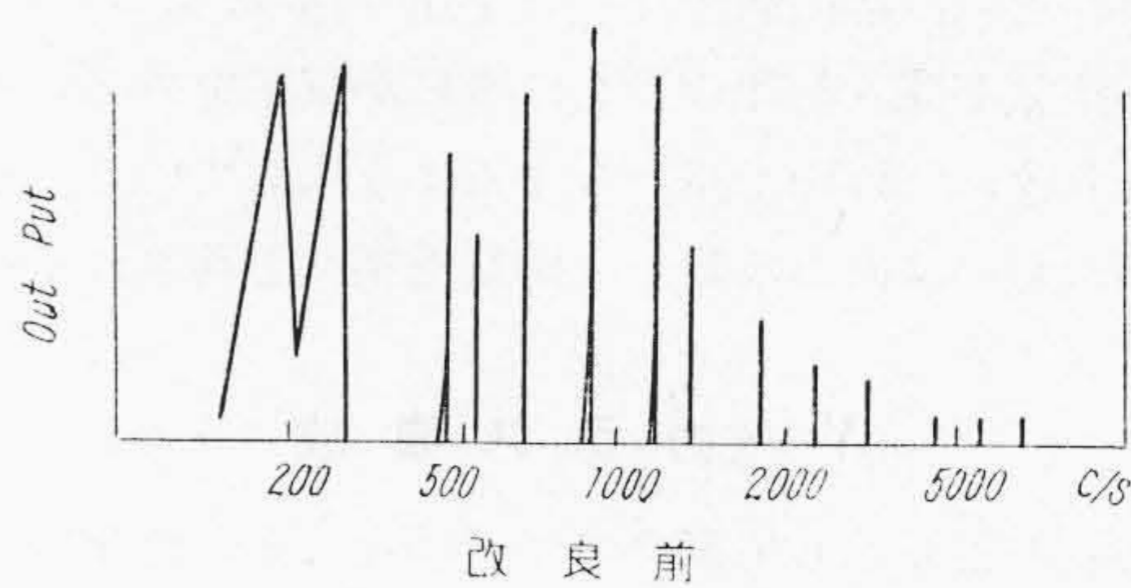
〔IV〕 機械的強度の増加

初期不良の一因として構造的な欠陥にもとづく事故がある。このような事故を分類してみると

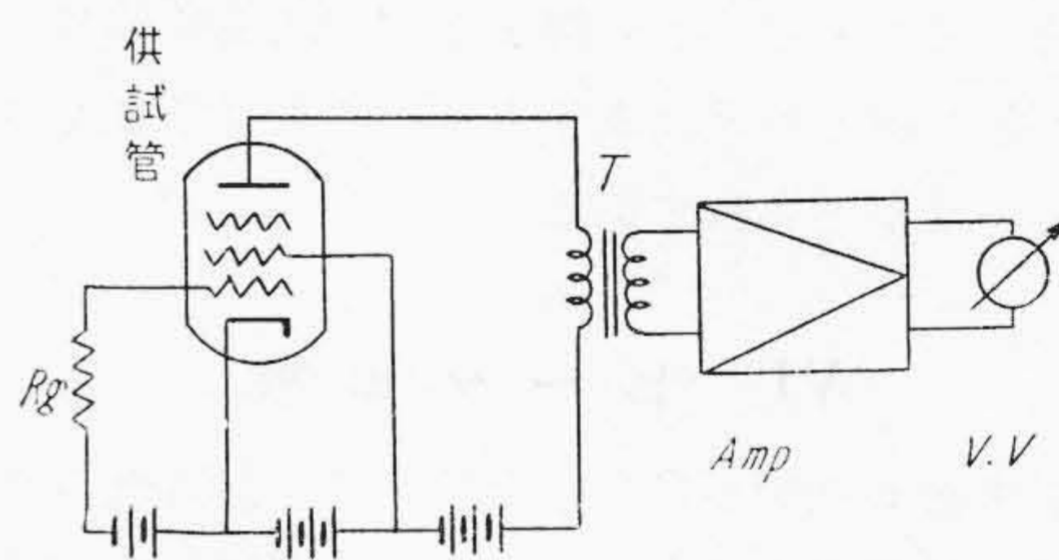
- (1) 熔接の不確実なことから生ずる事故
- (2) 電極が機械的な振動をするため生ずる事故
- (3) 真空管内に混入したごみによる事故

の如きものである。

真空管の組立には普通電気抵抗熔接が行われているがこの熔接は 1 本の真空管に普通 20 数箇所行われている。



第3図 真空管からの雑音出力の周波数特性 (マイクロホニック)
Fig.3. Frequency Spectrum of Noise Output



第4図 振動試験回路図
Fig.4. Circuit Diagram of Vibration Test Set

第一の (1) の不良の対策としては抵抗熔接機の改良と厳重な作業管理によつて克服している。電極振動を防ぐためには、各電極を電極支持体であるマイカに堅く押込むとか、電極支持線は堅く丈夫で太く短いものを用いる等してしつかりした構造にしている。このような改良が如何に効果的であつたかを示す一例として第3図に振動試験の一例を示す。この振動試験は真空管を第4図に示すような回路に入れ、15回/secより3,000回位の間に振動させ、このときの周波数と真空管の出力電流とを測定するのである。この方法では真空管の各部の共振点又振動のし易さ等が測定され、真空管改良の有力なデータとなつている。

真空管内に混入するごみの大半は作業者の衣服からの繊維質のものであるが、これが製作工程中に炭化されて電極間短絡等の事故を生ずる。通信用真空管を製作する工場では普通空気調整装置 (Air conditioning) を設けているがなお不十分であり、この中で更にガラス張の箱

を作り、その内部に清浄な空気を送り込み、この中へ外部から空気が流入しないように幾らか気圧を外部より高くしておき、この中で組立をするようにしている。組立の終わったものは直ちに封じ、排気作業へと移される。

〔V〕 ガラス事故

真空管の容器としてガラスが透明なこと、化学的に安定なこと、電気の絶縁物であり高周波損失の少ないこと、加工が容易なこと等の利点があり、一般に用いられている。しかしガラスはこわれ易い欠点をもっている。そこで種々の技術的改善が必要になるが、ガラスは圧力に強いが張力に弱い性質がある。ガラス事故は加工中に生じた歪が残っており、それが原因になつている。ガラス歪の検出に工場では“B test”が行われる。これはミニチュア管の場合には、ピンの間に円錐形の鋼鉄プラグを押し込み、ピンを曲げて熱湯中に入れるのである。この時のクラックの有無で歪の有無を検出している。

クラック以外にステム等の導線封入部からの真空漏洩がある。ガラスと金属との接着状態は封入部の色により推察するのであるが、ごく僅かな漏洩は長時間放置して特性の劣化を観るか又は高圧水素中に入れて加速させて観察する方法がとられている。

〔VI〕 ヒータ事故

ヒータ事故も初期不良の一因である。最近航空機用にしても中継器用にしても、ヒータは高電圧、少電流の方向に進んでいる。このためヒータ芯線は細くなり一層ヒータ事故が生じ易くなつている。ヒータの事故としては次のようなものがある。

- (1) 芯線温度が高過ぎるための事故
- (2) ヒータがカソード内で機械的な振動をしそのために絶縁物が破壊される。
- (3) ヒータを極端に折曲げるための折損

(1) に対しては芯線を太くして温度を下げるとか、純タングステン線のヒータの使用が考えられる。(2) に対してはヒータがカソード内で動けないようにカソード内部に一杯になるようなヒータにする。又(3)の対策としては折曲部の少いダブルヘリカルヒータを採用する。このような種々の点を注意することにより殆ど事故を無くすことが出来る。

〔VII〕 長寿命管

長寿命ということとは、中継器用の真空管にとつては極めて大切なことである。現在普通の真空管での寿命は10,000 hr 程度といわれているが、長寿命管とはそれ以上数万乃至数十万時間のものをいう。この種真空管の製

作に就いてはその要求される寿命時間により異つた方法がとられているが、陰極自身の改良が主として取上げられている。陰極の改良でも特にスリーブ材料の研究は種々行われており、純粹なもの又タングステンとか硅素等の不純物を含有させたもの等に就いて数々の実験研究が行われている。又陰極温度を下げることによりある程度寿命を延ばすことが可能となることがみとめられ実験が行われている。

〔VIII〕 検査方法

通信用真空管のように、高度の信頼性が要求される真空管に対しては、それ相当の厳重な検査が行われなければならない。試験はその真空管に要求されていることがらが満足されているかどうかについて、あらゆる方面から行われる。各需要者側にはそれぞれの用途に応じた要求があり、それに対する試験は勿論行わなければならないが、この外一般の真空管に行われている試験以外に次のようなことが行われている。

(1) 振動疲労試験

この試験は米国の軍用規格(JAN規格)によつて規定されている方法を適用する。真空管に25回/sec, 振幅1mmの振動を約96hr加え、その後短絡導通試験、一般の振動試験及び相互コンダクタンス試験を行い異常の有無を調べる。

(2) 衝撃試験

これは真空管に数方向から衝撃を加えその間の電極の短絡、その他電気的特性の変化が測定される。

(3) ヒータ電流断続試験

ヒータ及びカソードの部分はヒータ電流の断続により熱的な変形をするため歪が発生する。この歪のためヒータやカソードリードの断線等の事故があるので、この試験が行われる。これはヒータに定格より20%位高い電圧を断続して加え変化をみるのである。

〔IX〕 寿命試験

通信用受信管に対しても、多年一般受信管に対して工業規格とされて来た500hrの寿命試験が行われている。しかし通信用の場合には一般の場合と比べて寿命終止点とか平均寿命率等が嚴重になつている。一般管の場合寿命終止点として相互コンダクタンスでは定格の65%がとられており平均寿命率が80%位にされているが、通信用の場合には終止点として定格の80%位又は平均寿命率は95%位が採用されたりする。

この寿命試験の外に、最大定格寿命試験及び陽極電流を遮断した寿命試験等が行われ、更に長時間の寿命試験も併用される。

長時間寿命試験に対して従来から、加速寿命試験が考えられているが、すべての現象に適する加速寿命試験方法は期待出来ない。現在行われている方法としては、陰極温度を上げて行う方法や下げて行う方法等であるが、これ等の方法に就いては現在未だ異論があり研究を要する問題である。

[X] ロット検査

通信用真空管の検査にあたって特に注意しなければならないことは、ロット検査ということである。従来は真空管に対して100%の試験(全数検査)を行えば不良品は完全に除外されると考えられていたが、このような選別作業ではロットの品位を向上させることがあまり出来ないのである。特に信頼度に対しては機構的な原因による事故の少いことが大切であるが、その部類に属する不良としてのマイクロホック、短絡、雑音等はその発見が偶然であることが多く、ある一つのロットに就いて、一度全数検査をして不良を除いてもその選別されたロットを再検査すると往々にしてまた同種の不良が発見される。即ち全数選別ということによつては製品の質的向上はあまり期待出来ないのである。それ故にロット検査が大切なことになる。ロットの合格不合格はそのロットの中に含まれている不良箇数によつて判定される。

[XI] 実 例

現在通信用受信管に該当する品種としてはどんなものがあるか調べてみると、

(1) 一般受信真空管と全く同じ球種であるが、特に製作検査に注意して作られたもの。

この部に属するものとしては通信用 6SH7-GT, 通信用 6SN7-GT, 6AK5-W 等がある。これ等のものは構造的には殆ど一般用と同じであるが部品製作検査より組立、排気等の各工程及び使用材料等を吟味して作られたものである。

(2) 一般の受信管を原形としてこれに更に改良を加えたもの。

例えば R.C.A. の Red tube の如きもので 6SN7-GT に対する 5692, 6SL7-GT に対する 5691 等で静特性等一般電気特性は原形の受信管に殆ど同じであるが構造的に強固にし且つ長寿命対策が取られている。

(3) 最初から全くこの種目的に作られたもの。

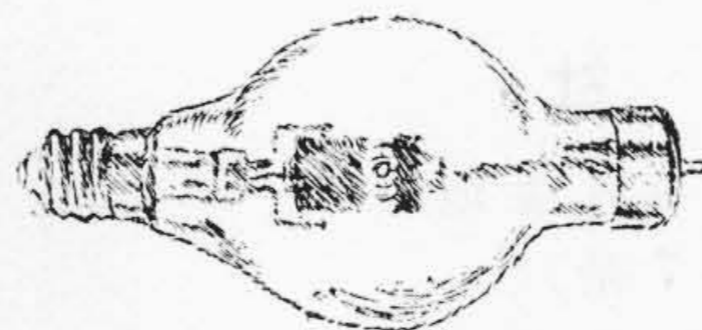
これに属するものは我国に於ける中継器用の CZ-501 D, CZ-504D, 又 19M-R9, 19R-P11 等又各種の Premium Tube, ARINC Tube 等計算機や航空機用として作られたもの等がある。

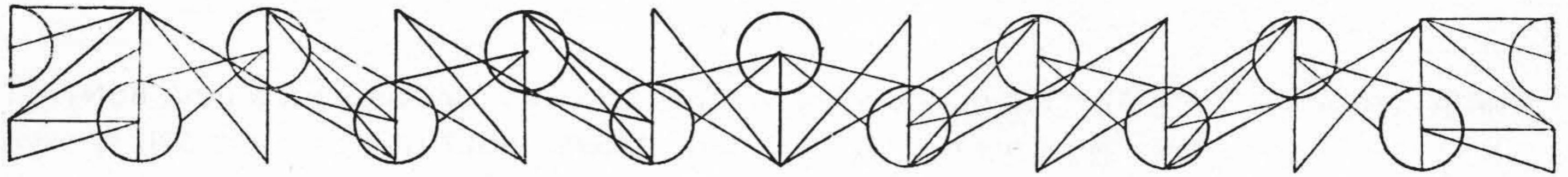
[XII] 結 言

通信用真空管に要求されている信頼性と均一性、及び長寿命ということに就いて述べ、且つこの目的のために設計的に又は製作面更に検査面に於て種々の検討が加えられていることを記した。このような問題の解決に対しては永い間の経験と高度に発達した工場施設とが必要であり、一般受信管の生産に於ても常に高品質のものを生産している技術的裏付けがあつて初めて達成し得るものである。又これ等真空管の使用者である需用家各位との密接な連携によつて今後ますます発達させて行かなければならない問題である。資料の提供等御援助をいただいた電々公社の方々に謝意を表すると共に、今後とも御忠告御意見を願ひする次第である。

参 考 文 献

- (1) C. R. Knight: General Considerations in Regard to Specification for Reliable Tubes I.R.E. October, 1952
- (2) M. A. A. Acheson: Concerning the Reliability of Electron Tubes I. R. E. October, 1952
- (3) 高田: 受信真空管の寿命に就いて 日立評論 電子管特集号 (昭 28-6)
- (4) H. J. Prager: Performance Evaluation of Special Red Tubes R.C.A. Review Vol. XIV No. 3. September, 1953
- (5) E.G. Technique of Trustworthy Valves I.R.E. October, 1952





第 36 卷 日 立 評 論 第 6 号

- ◎ 姫川電力株式会社納姫川第七発電所用
23,000kW 縦軸フランスス水車及び発電機に就いて……日立製作所・日立工場 {伴海老名 文啓 雄吾
北野 豊
- ◎ 日立起重機の電気設備に就いて ……日立製作所・亀有工場 原 政治
- ◎ 柱上変圧器の衝撃電圧特性 ……日立製作所・亀戸工場 {桐野 憲二
大西 真史
- ◎ 大日本印刷株式会社納多色グラビア輪転機 ……日立製作所・川崎工場 猪島 正雄
- ◎ 遠心清浄機の危険速度 ……日立製作所・日立研究所 小堀 与一
- ◎ タービン潤滑油の検討(第2報)……日立製作所・日立工場 {高橋 治男
茂庭 弘
- ◎ 微小音響振動の絶対的測定の一方法 ……日立製作所・戸塚工場 {西山 静男
猪瀬 武
- ◎ ゴム絶縁電線の連続加硫に関する基礎的考察……日立製作所・日立電線工場 {山本 三郎
伊勢 明
- ◎ チタニウムの二次電子放射抑制効果 (第1報)
——二次電子利得に対する表面粗度の影響—— ……日立製作所・茂原工場 北川 賢司
- ◎ 特殊鋼に応用した超音波探傷法に就いて ……日立製作所・安来工場 {山中 輝夫
古川 巖
- ◎ 鋳鋼純生型の研究……日立製作所・笠戸工場 上杉 鉄雄
- ◎ 13% Cr 鋼の鋳造 ……日立製作所・日立工場 清野 信二

東京都千代田区丸の内1ノ4
(新丸の内ビルディング7階)

日 立 評 論 社

誌代 { 1冊分 ¥100 ㊦12
6冊分 ¥430(送料共)
12冊分 ¥840(送料共)

「日立評論」綴込みカバー発売

(上製綴込み紐付) 特価1組 ¥100 (郵送料共)

「日立評論」の綴込み用として写真に示すような堅牢美麗な綴込みカバーを発売致しております。

御希望の方には特に実費にてお預ち致しておりますから、直接下記に御申込み下さい。

日 立 評 論 社

東京都千代田区丸の内1丁目4番地
(新丸の内ビルディング7階)
振替口座 東京 7 1 8 2 4

