

受信管自動検査機

An Automatic Testing Machine for Receiving Tubes

畑 捨 三* 藤 森 辰 雄*
Sutezō Hata Tatsuo Fujimori
松 倉 寿 一** 小 菅 富 士 夫**
Juichi Matsukura Fujio Kosuge

内 容 梗 概

選別検査機として本格的に自動化された高性能の受信管自動検査機が完成した。本機は2,000個/時の検査能力を持ち、9ピンミニチュア形受信管の全品種に使用可能な万能機であり、日立製作所茂原工場で稼動中である。その概略について紹介する。

1. 緒 言

小形受信管は、テレビ・ラジオをはじめ通信用・工業用などのあらゆる近代的な電子装置の主要構成部品として広く活用されており、その生産量は膨大である。

一般に電子装置は多数の部品の構成により高度の機能を発揮するが、構成部品の個々の性能が装置全体に大きく影響するため、1個でも信頼度の低い部品が混入することは許されない。したがって、かかる部品の生産における製品検査の占める役割りはきわめて大きい。なかでも受信管は、ほかの機成部品に比べて装置の機能を発揮させる諸元が複雑高級であり、要求される信頼度も特にきびしいので、通常全数選別方式による性能の厳密な検査が採用されているが、その検査にはかなり複雑な操作を要するため、従来そのほとんどが人手によって行われてきた。したがって、生産量の増加とともにその良否を選別するには膨大な設備と人員が必要となり、検査の信頼性の管理もしいに煩雑になってきた。そのため受信管の正確かつ能率のよい自動的な検査方法の出現が強く要望されるに至った。

このような要求にこたえて、今般、2,000個/時の検査能力を持ち、多数の品種にわたり精度の高い自動選別ができる画期的な万能形全自動受信管検査機が完成したので、これを紹介する。

2. 受信管検査の自動化に関する諸問題

受信管自動検査機はその検査内容の多いことと、要求される高い精度のため、かなり高級かつ高価なものとなる。したがってこれを製作するにあたっては、あらかじめ経済性について十分検討されなければならないが、これは本稿の目的ではないので省略する。

2.1 受信管検査の自動化の内容

受信管の検査には、電気的および機械的なあらゆる性能にわたり品種ごとに10数項目に及ぶ検査が規定されており、通常の製品検査ではおもに電気的特性について全数検査が実施され、特殊検査、および機械的検査については抜取検査が行われる。自動化が特に要求されるのは全数検査のほうである。

全数検査項目としては、(1) 一般によく知られている受信管の静特性曲線上の数点を選び、規定限度に対し、いわゆる“go-no-go”判定を行う静特性および動特性検査と、(2) 電極相互間の短絡、接続不良を点検するなどの機能的検査がおもなものである。

検査方法は、前者では10数個に及ぶ電気計器の指針の読取り操作を主体とし、精度はだいたい3%以内が必要であり、また検査条件の設定および監視が厳重に要求される。後者の検査では、たとえば外部加撃に対し数 μ s内の短絡とか導通不良などの機能的欠陥を確

実に検出することが必要とされる。また、このような検査とは別に、測定に取りかかる前の準備操作として、供試品に検査条件を与えて特性が十分安定するまで数分間にわたり予備加熱(以下予熱とする)が行われる必要がある。

このような受信管の検査を人手によって行ってきた従来の方法について分析してみると、下記のとおりである。

検査条件の設定→供試品を予熱ソケットにそう入→予熱ソケットから抜く→検査用ソケットにそう入→検査項目の設定(電けんを選択し切り替える)→測定する計器の選択→測定・判定→検査項目の切替え(電けんを選択し切り替える)→計器の選択→測定・判定…(数回繰返し)…検査用ソケットから抜く→良品・不良品の分類

このように異質な作業が継続しており、これを受信管1個ごとに繰り返して行うためかなり複雑な作業となり、また熟練も要する。このほか検査項目の多い品種では、検査機1台では必要な検査が不可能となり数台の検査機を経ることとなる場合も多い。

自動化はかようなプロセスを簡略化し、測定・分類を精度の高い装置によって自動的に行わせることを目的としたもので、これによりむらのない信頼度の高い選別検査を迅速に進めることができ、また量産化に伴う膨大な人員設備が省略できる。

2.2 自動機の技術的問題点

受信管自動検査機を具体化するにあたっては、経済性の検討はもちろん、技術的にも検査精度、動作の確実性、操作の簡易化、保守などについて次のような問題点を十分検討する必要がある。

(1) 自動送り装置の給電機構—予熱および検査の各項目の自動的な切替えは供試品の移動とともに行われることが必要であり、かつコンベヤ式、回転式のいずれの方式の場合もほかの一般運搬機械と異なり、全過程にわたり供試品に正確に所定の電圧を供給することが必要である。この給電機構は検査項目の増加、検査速度の向上に比例して使用される数が大量となり、給電電極間の絶縁抵抗、接触抵抗の変動など測定回路の不安定要素として検査精度に直接影響を及ぼすことになるため、構造、材質などについて特に入念な検討が必要である。

(2) 異状現象の防止—供試品自身で起す寄生発振、供試品および測定回路に誘導する外乱など受信管の測定に固有の異状現象に対する防止策が必要である。

(3) 供試品の供給装置—ソケットへの着脱、方向判定など複雑な操作をもつ供給装置の自動化はむずかしい技術内容を必要とし、高価なものとなることが予想されるので、検査機の総合的な能力を考慮して実現の可否を決めるべきである。

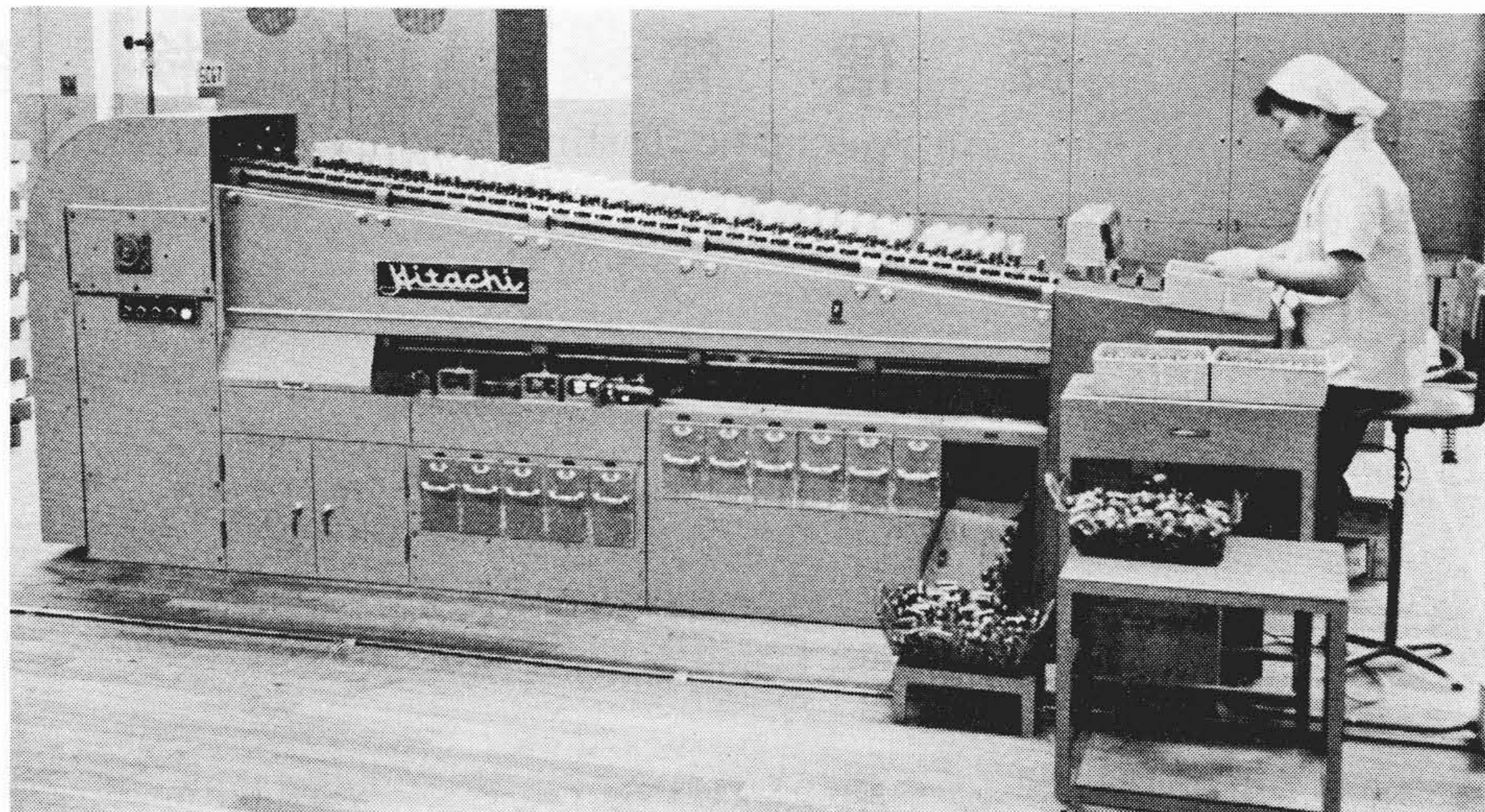
(4) 使用目的と経済運転

生産品種数百に及ぶ受信管に対し、品種ごとの単能機とするか、

* 日立製作所茂原工場

** 日立製作所川崎工場

数品種に使用可能な万能機とするかについては、管球製品の現状や将来の動向を考慮に入れる必要がある。単能機は生産量の特に多い品種に適するが、このような品種は必然的に品質改善が進み検査項目を切り詰めることが可能となるほか、進歩の早い管球工業では生産品種の移り変わりが激しいので、短期間に設備の一部あるいは全体が遊休化するおそれがある。万能機にすれば多品種に適用できて効果的であるが、反面、機構が複雑化し品種切替え時間などが増加し稼働率が単能機よりは劣ることが考えられるので、操作の簡易化を特に考慮する必要がある。



第1図 機械本体外観

3. 自動機の概要

本格的な受信管自動検査機として今までに発表された代表的なものには、RCA および Sylvania⁽¹⁾ のものがある。前者は横形コンベヤ式であり、後者は縦形である。また回転テーブル式のものも、国内および欧米諸国⁽²⁾で開発されている。本報告の自動検査機は上述のような自動化の諸問題を検討したうえ、RCA 式の横形コンベヤ式を参考にして開発したものであって、その性能は下記のとおりである。

機械分類	コンベヤ式
検査品種	ミニチュア形9ピン受信管全品種
検査項目	9項目
選別方式	自動選別
検査能力	2,000 個/時
検査精度	3%以下
供試品供給法	手動
品種切替え時間	検査員1名にて約15分間

以下にその主要な機構とその動作の概要について少し詳しく述べる。

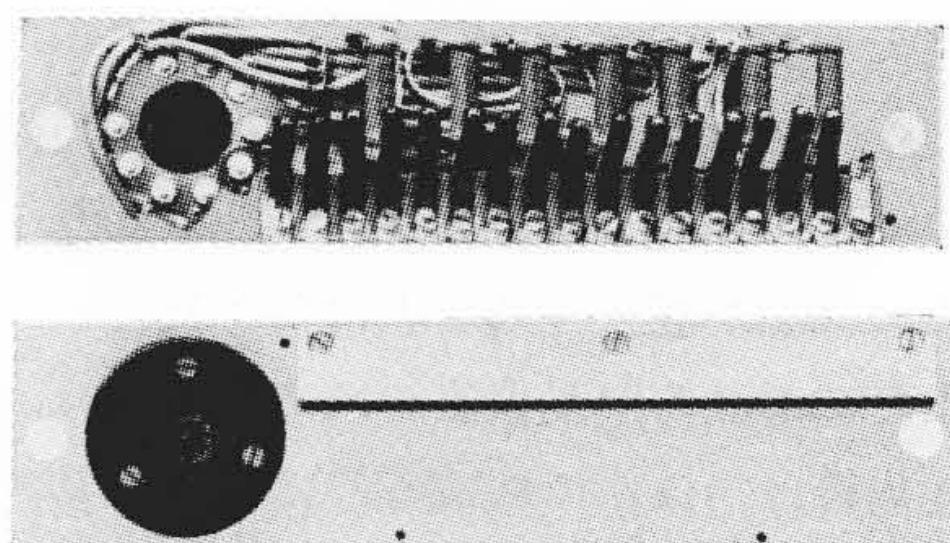
3.1 本機の構成

この受信管自動検査機は大別して機械本体、検査ラックおよび電源ラックより構成されている。

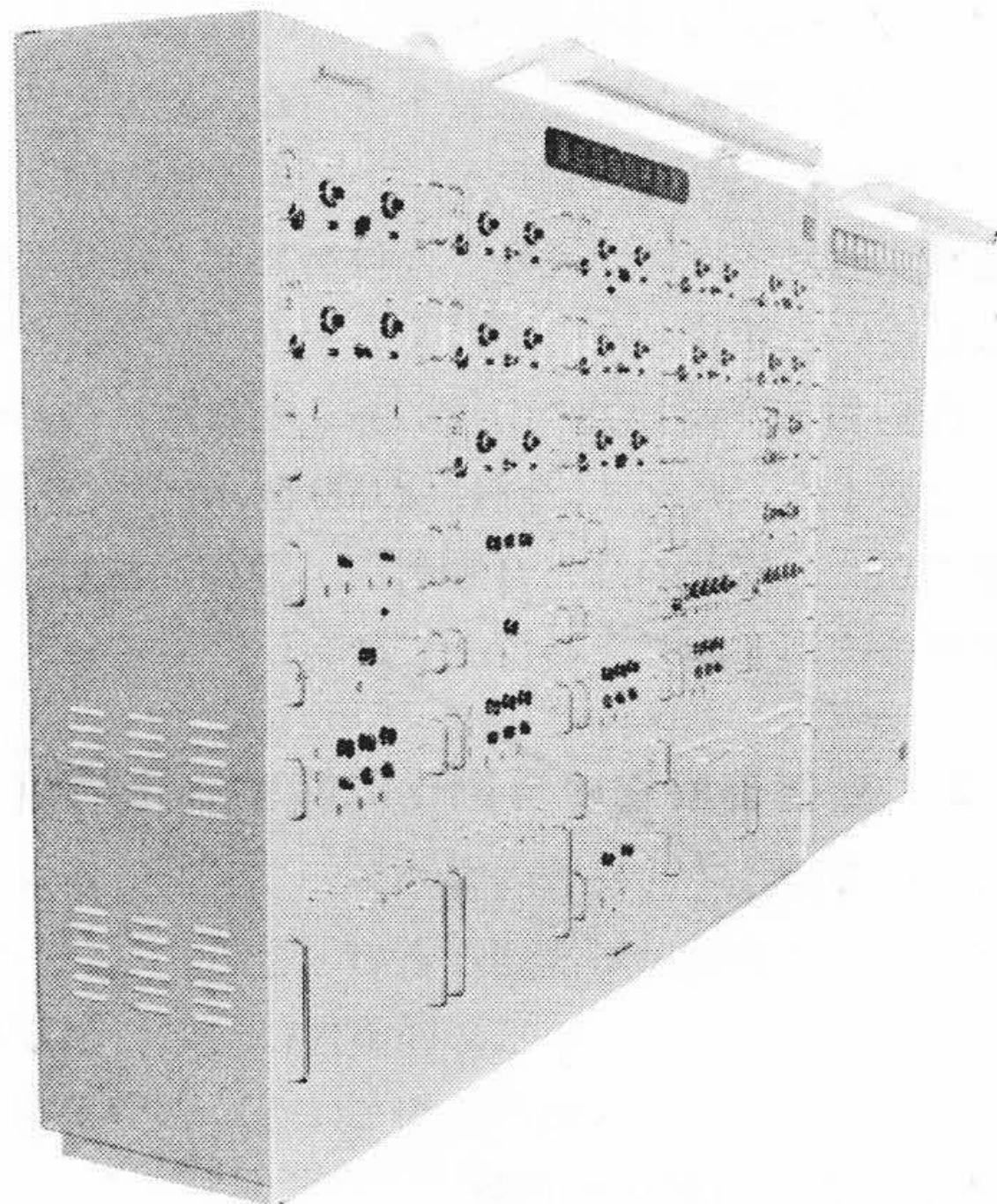
機械本体では供試品のそう入、予熱、検査、選別が行われ、検査や自動選別に必要な検出器、予熱や検査時の規定条件を印加するに必要な電源および全体制御回路などはそれぞれ検査ラックおよび電源ラックに収納され、機械本体と相互に接続されている。

機械本体としては第1図に示すようなコンベヤ方式が採用されている。本体のチェンには112枚のテストプレートが取り付けられており、(第2図)テストプレートはポリエステル製絶縁板で17枚のしゅう動接点、供試管用ソケットおよび寄生発振防止用の抵抗を備えている。このテストプレートは本機に固定されたセグメントプレートの導電レール上をしゅう動しながら間けつ駆動される。セグメントレールには所定のステーションごとに予熱電源または検出器が接続されていて予熱または検査が行われる。

作業によってテストプレートのソケットにそう入された供試管はタクト1.8秒で駆動され約2分間予熱されたのち倒立の状態機械本体下面の検査ステーションにはいる。検査ステーションは9個あり、その間に予熱ステーションが各1個ずつそう入されて検査条件を整えている。検査ステーションにある供試管は別に置かれた検査ラック(第3図)に収納されている検出器 DLD (Dual Limit



第2図 テストプレート外観



第3図 検査ラック外観

Detector), ショートテスタ, オープンテスタなどによって良否の判定が行われる。不良球はそのステーションで供試管ソケットに取り付けられている突き出しピンがエアシリンダによりたたかれて突き落され、下部の項目別不良品受箱へ収納される。品種によって異なるが、およそ9項目の検査が行われ、各ステーションで良品とされたものが最終ステーションで合格品として自動的に取り出される。以上の操作に必要な人員は供試管のそう入を担当する作業員1名である。

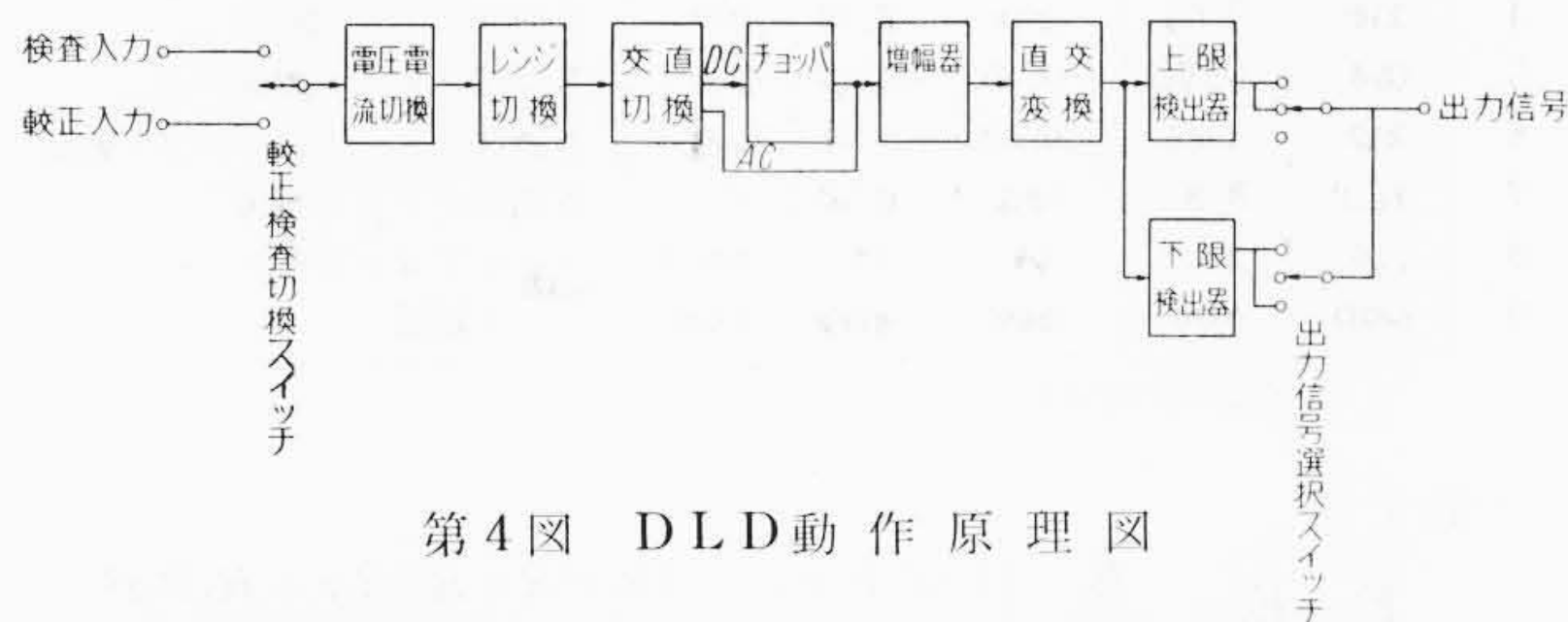
3.2 検査項目

本機で検査可能な項目と検査範囲は第1表のとおりである。このうち静的特性に相当する $-I_{c1}$, I_b , I_{c2} , I_{bco} , I_s および I_{hk} は全く同一の検出器 DLD によって検査され、さらに動特性である G_m の検査にも DLD が使用されている。

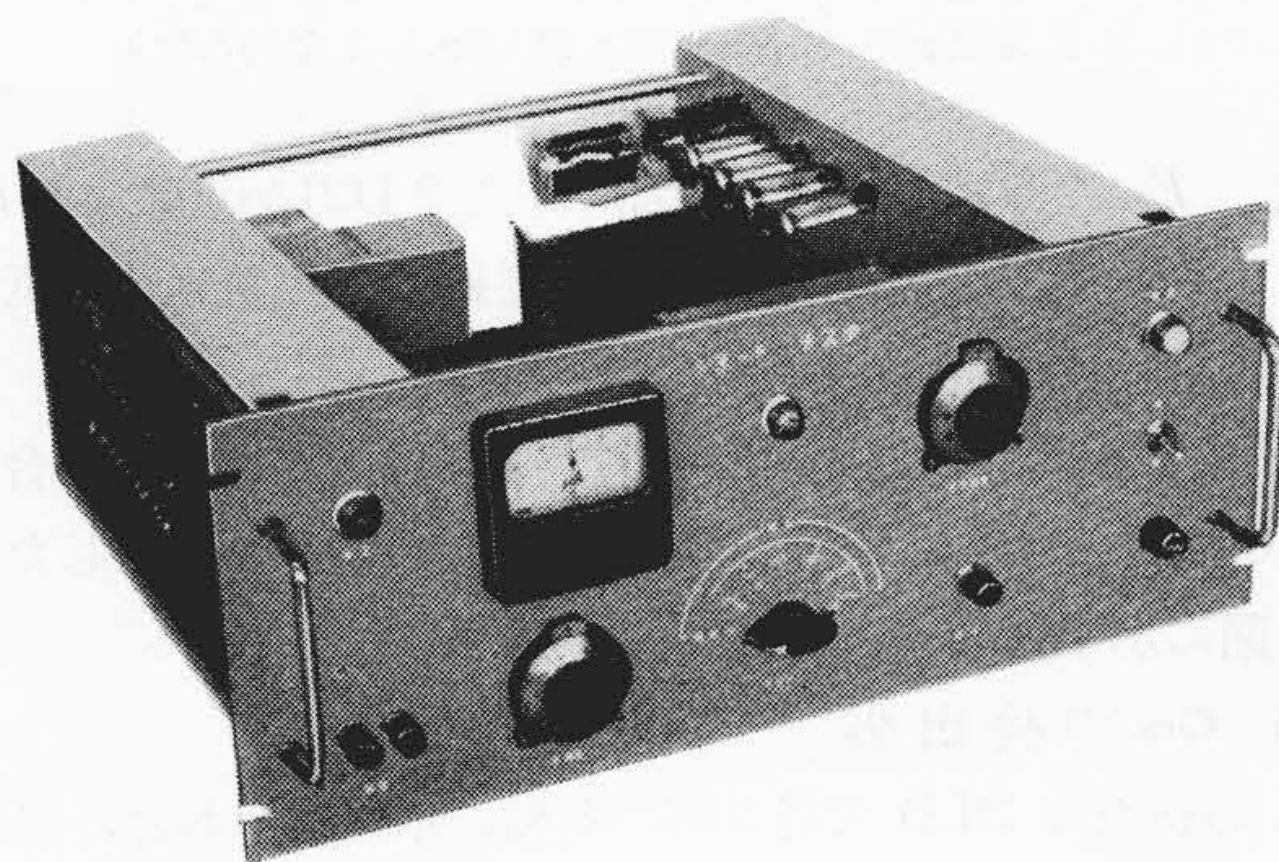
このように同一の検出器を多く使用することによって予備検出器

第1表 検査項目と検査範囲

検査項目	記号	検査範囲	使用検出器
短絡検査	Short	50 kΩ ~ 2 MΩ	ショートテスタ
第1グリッド電流検査	$-I_{c1}$	0.1 μA 以上	DLD
断線検査	Open	50 kΩ ~ 2 MΩ	オープンテスタ
プレート電流検査	I_b	1 μA ~ 300mA	DLD
第2グリッド電流検査	I_{c2}	1 μA ~ 300mA	DLD
G_m 検査	G_m	900 ~ 13,500 μS	G_m アンプ + DLD
カットオフプレート電流検査	I_{bco}	1 μA ~ 300mA	DLD
エミッション電流検査	I_s	1 μA ~ 300mA	DLD
ヒータカソード漏えい電流検査	I_{hk}	1 μA ~ 300mA	DLD



第4図 DLD動作原理図



第6図 ショートテスタ外観

の台数をへらすことができ、万一故障の際もパネルを交換するだけで直ちに運転できる利点を持っている。

3.3 検出器の機構

本検査機に使用されている検出器は第1表に示すように DLD, ショートテスタおよびオープンテスタの3種類である。

3.3.1 D L D

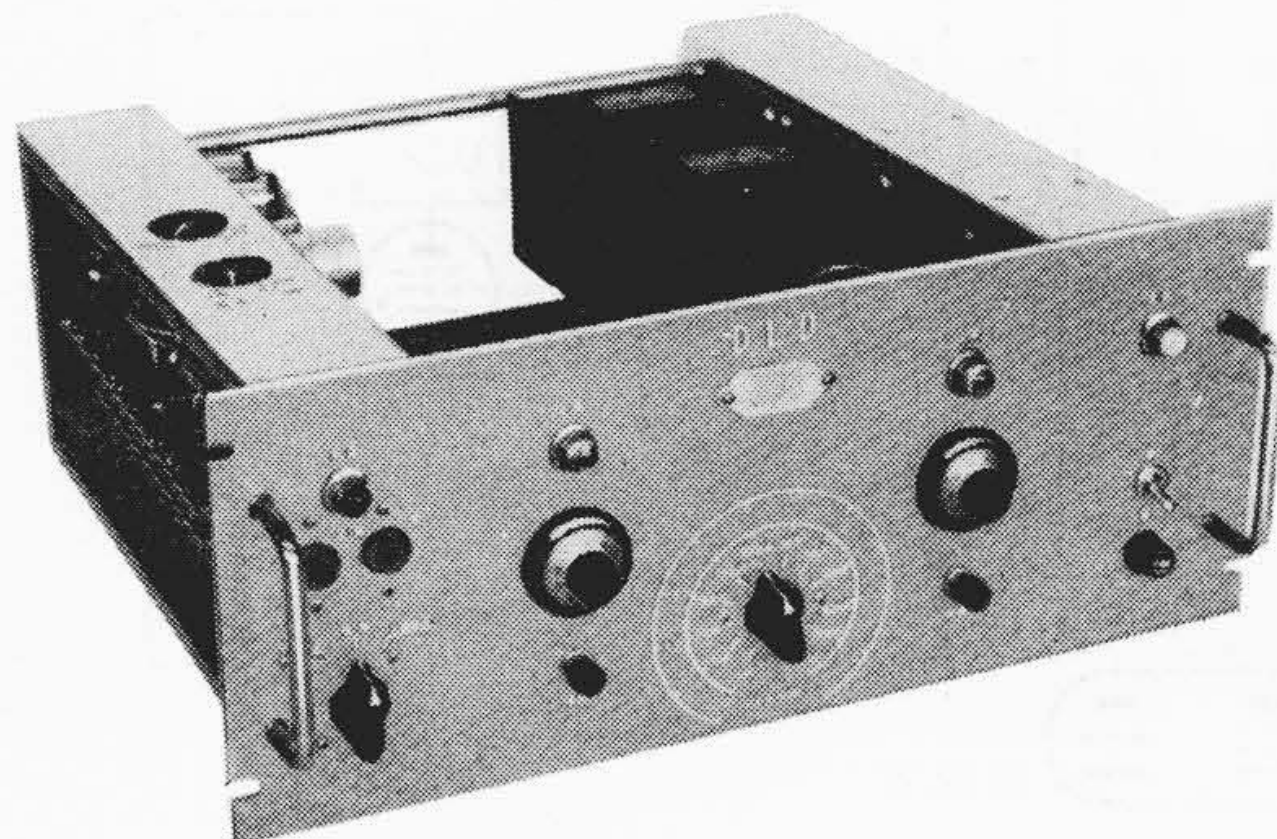
DLDは入力が直流の場合はチョッパにより交流に変換後増幅し、交流入力の場合はそのまま増幅して、その出力電圧の大小により入力の大きさの判定をする装置で、その原理を第4図に、外観を第5図に示す。DLDは内部に高精度の標準抵抗を有し、測定電流の標準抵抗における電圧降下により電流値を測定するのであるが、電流値そのものを知る必要がなく、規定値の内外いずれにあるかを判定すればよいので、あらかじめ品種ごとに定められた規定電流を校正入力端子に加え、この信号によって、上限および下限の検出器の動作点を設定する。この校正電流をうるためにはあとで述べるような校正プラグによる方法を用いて迅速に行えるように考慮されている。この DLD のレンジを第2表に示す。このレンジはフルレンジを示すが電子管式であるため、レンジ値の2倍の入力までは飽和せずに使用できる。また交流の場合の周波数範囲は 25 ~ 5,000 c/s まで使用可能であり、1 kc/s の周波数を使用する G_m 検査も DLD により行うことができる。

3.3.2 ショートテスタ

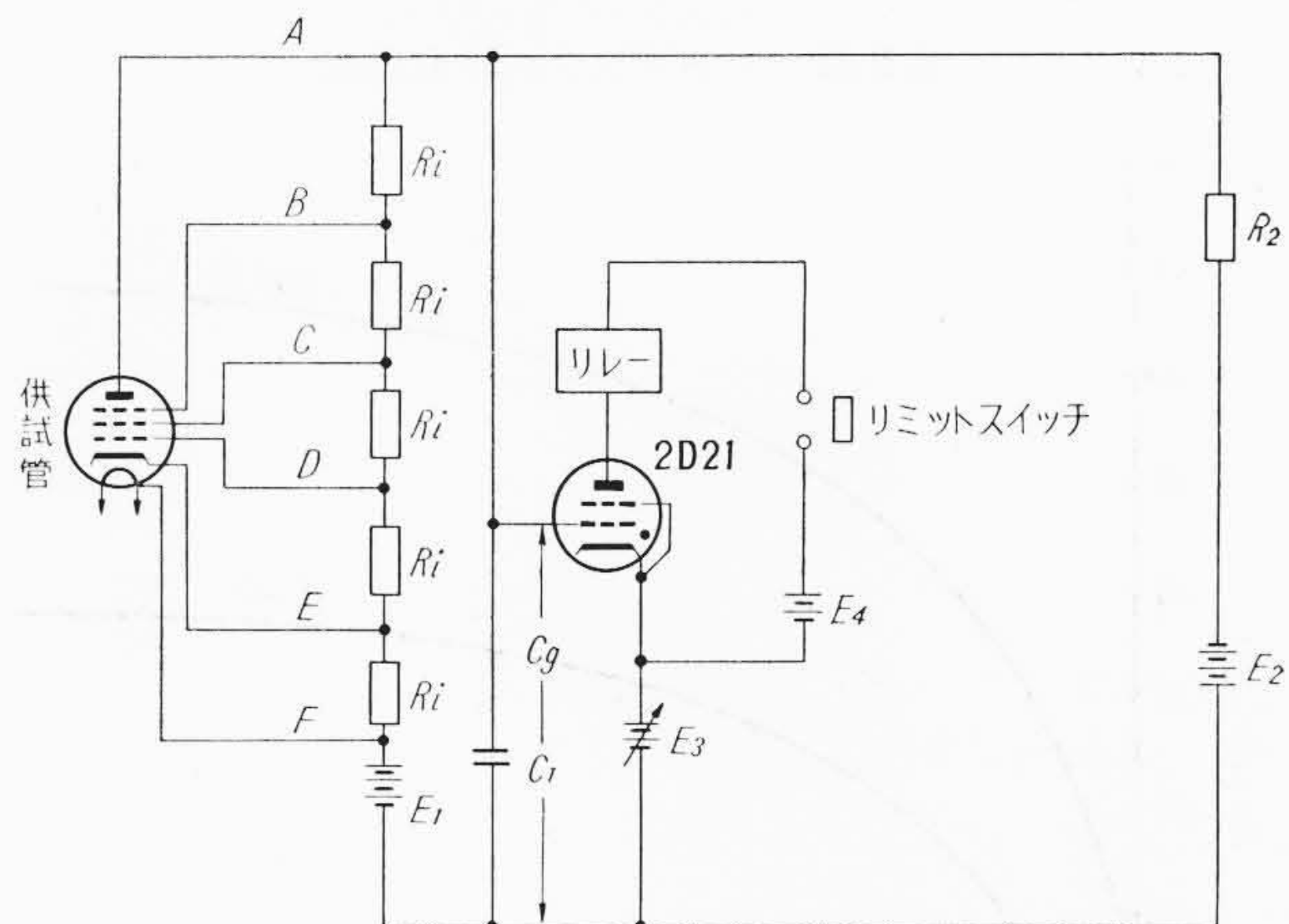
ショートテスタの外観を第6図、原理を第7図に示す。すなわち、 R_i と R_2 , E_1 , E_2 でブリッジを形成し R_i の各端子が供試管に接続されている。供試管のいずれかの電極に短絡（ある抵抗値 r

第2表 DLDの入力レンジ

直 流		交 流	
電 流	電 圧	電 流	電 圧
1 μA	0.1V	1 μA	0.1V
3 μA	0.5V	3 μA	0.5V
10 μA	1 V	10 μA	1 V
30 μA	5 V	30 μA	5 V
100 μA	10V	100 μA	10V
300 μA	25V	300 μA	25V
1 mA		1 mA	
3 mA		3 mA	
10mA		10mA	
30mA		30mA	
100mA		100mA	
300mA		300mA	



第5図 D L D 外 観



第7図 ショートテスタ原理図

であっても同様）を生じたときは、ブリッジのバランスがくずれサイラトロン 2 D21 のグリッド電位が上昇することにより検出される。この場合 E_3 の電圧を変化することによりショートテスタの感度 (R_i の A B 端子を $r\Omega$ なる抵抗で短絡したとき、2 D21 が点弧する場合の r で感度を表わすものとする) を自由に変化しうる。この検査では供試管は加熱状態にあるのでエミッションに基づく電流を零ならしめるよう接続される。

このショートテスタの感度は次の式で与えられる。

$$E_c - E_3 = \left\{ \frac{1}{R_2 + (5-n)R_i + \frac{nR_i r}{nR_i + r}} - \frac{1}{R_2 + 5R_i} \right\} E R_2 \dots (1)$$

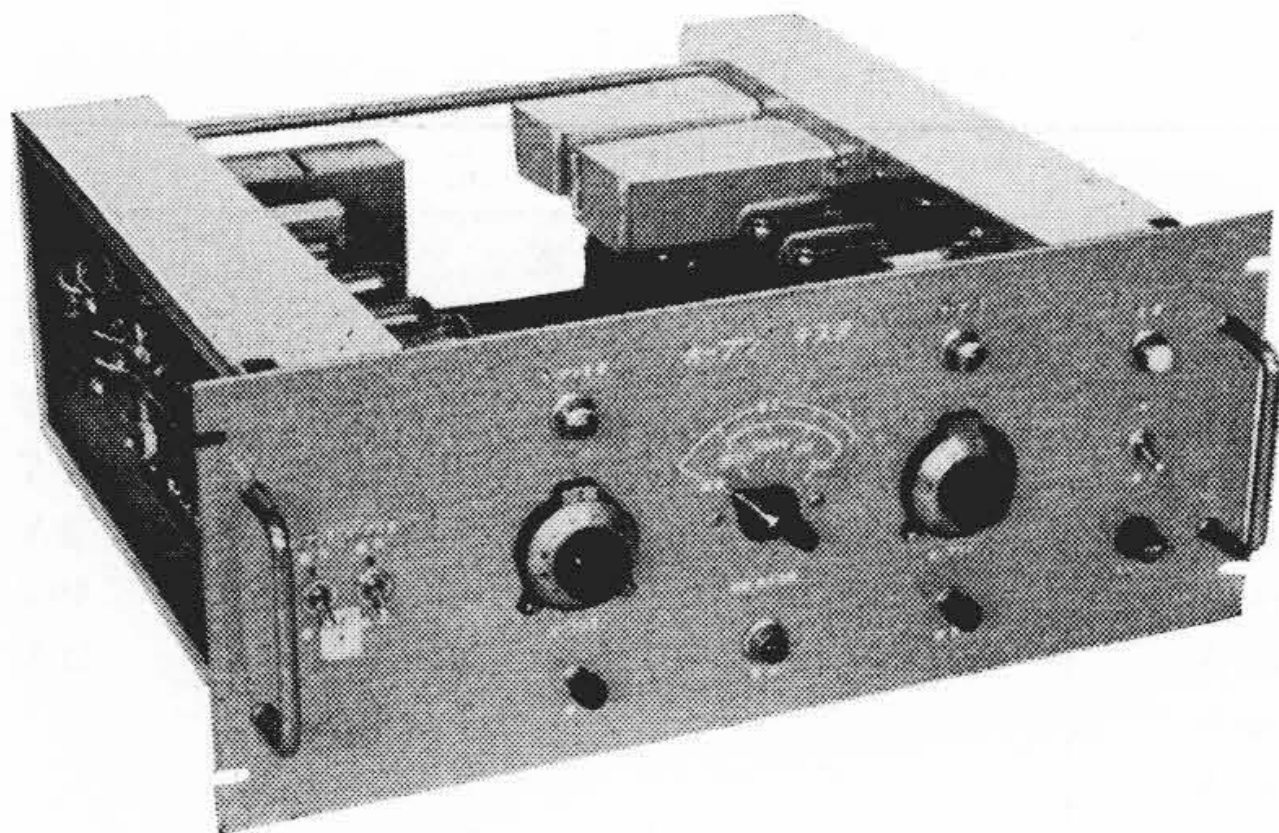
ただし $E = E_1 + E_2$

E_c : $r = \infty$ の場合 2 D21 が点弧する E_3 の値

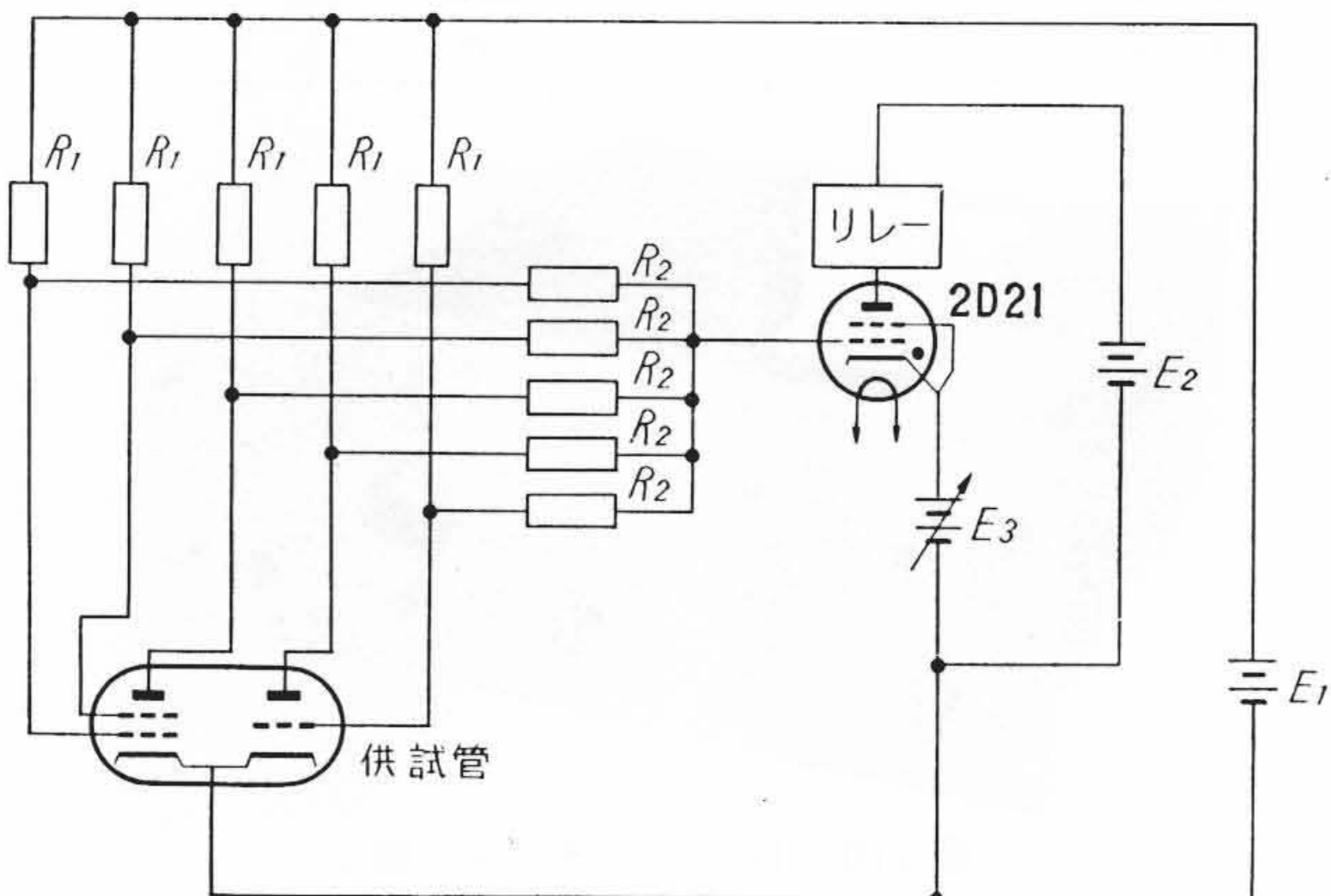
n : 短絡端子間隔 (A B 短絡のときは 1, A C 短絡のときは 2)

3.3.3 オープンテスタ

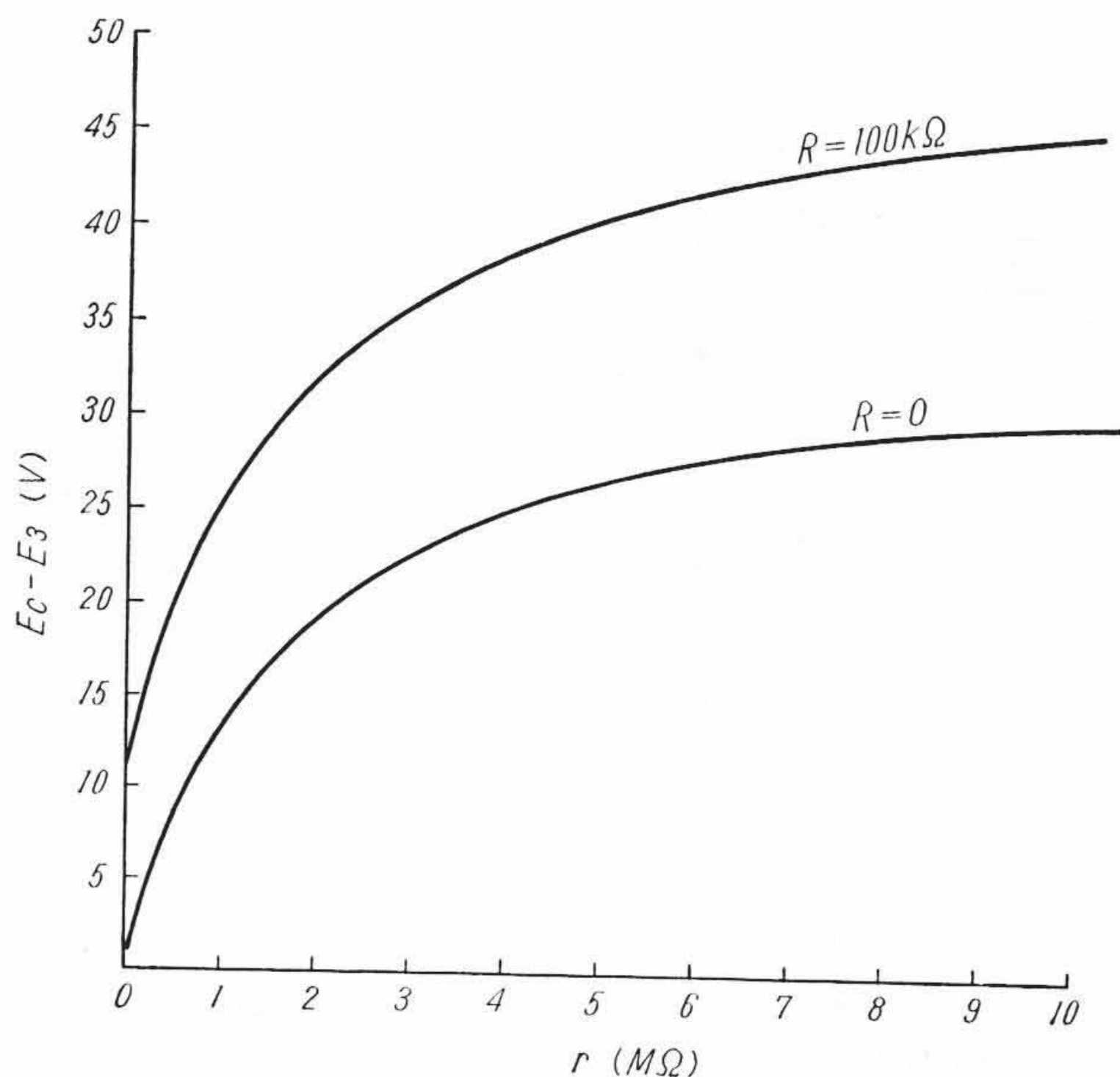
オープンテスタは真空管のピン足と内部電極との間の断線の有無を検査するもので、その装置の外観を第8図、動作原理を第9図に示す。すなわち、第9図で E_1 に高圧 (実例では 600V) を採用し、限流抵抗 R_1 を供試管を破損せぬ程度の微小電流となるよ



第 8 図 オープンテスタ外観



第 9 図 オープンテスタ原理図



第 10 図 感 度 曲 線

うに選り、供試管の電極とアース間の電圧を R_2 を通してサイラ
 トロン 2 D21 によって検出するもので、エミッションにより供試
 管の各電極は常に零電位付近に保たれている。電極が断線してい
 るときはエミッション電流が流れぬために 2 D21 のグリッド電位
 が上昇し点弧する。今 R_1, R_2 ともに $4\text{ M}\Omega$ 、 $E_1=600\text{ V}$ としたとき
 の供試管の各電極電位の測定値の一例を第 3 表、第 4 表に示す。
 第 3 表と第 4 表のデーターを比較すれば良品と不良品との間に大
 きな差があることが明らかである。

オープンテスタの感度は供試管に接続される 5 端子のうち 4 端
 子を接地し、残りの 1 端子を r なる抵抗を通して接地し 2 D21 が
 点弧する限界の r の値で表現する。この r は $50\text{ k}\Omega \sim 2\text{ M}\Omega$ まで
 E_3 を変化することによって変えることができる。このとき、感
 度 $r\Omega$ と E_3 との間には次式の関係があり、これは実験値とよく

第 3 表 $12\text{ A} \times 7$ の良品の各電極電圧

No	E_{b1}	E_{b2}	E_{g1}	E_{g2}
1	18.5(V)	11.0(V)	-0.24(V)	-0.11(V)
2	10.3	7.5	-0.07	-0.07
3	12.7	11.4	-0.18	-0.18
4	11.3	12.5	-0.23	-0.17
5	14.5	15.1	-0.12	-0.10

第 4 表 5 U 8 不良球の各電極電圧

No	E_{bp}	E_{bT}	E_{g1p}	E_{g1T}	E_{g2p}	断 線 内 容
1	8.3 (V)	0.1 (V)	190 (V)	-0.27 (V)	8.5 (V)	5 極部第 1 グリッド断線
2	188	1.75	-0.335	-0.34	2.9	5 極部プレート断線
3	6.85	190	-0.29	-0.42	15.5	3 極部プレート断線
4	218	3.68	218	-0.46	217	5 極部カソード断線
5	188	5.35	-0.45	-0.29	7.6	5 極部プレート断線
6	212	3.22	-0.40	-0.41	212	5 極部プレート、グリッド断線
7	17.0	5.25	185	-0.26	0	5 極部グリッド断線
8	7.0	35	34	26	40.5	エミッション不良
9	600	600	600	600	600	ヒータ断線

太字は異常電圧を示す。

一致する。

$$E_c - E_3 = \frac{E_1}{R + r} \left\{ \frac{10R_1R_2Rr + 13R_1r^2R + R_1^2R_2r + R_1R_2r^2}{R_1R(R_2 + r) + 4R_1r(R_1 + R)} + \frac{5R_2Rr^2 - 8R_1r^3 + 4R_1^2Rr + 4R_1^2R_2R}{5R_2(R + r)(R_1 + R)} \right\} \dots\dots (2)$$

ただし E_c : 5 端子すべて接地のとき 2 D21 が点弧する E_3 の値

R : 4 端子のおおのに接続されて接地する抵抗の値

r : 感度

(2) 式より $E_1=600\text{ V}$ 、 $R_1=R_2=4\text{ M}\Omega$ 、 $R=0$ の場合および
 $R=100\text{ k}\Omega$ の場合について $E_c - E_3$ と r の関係を計算したものを
 第 10 図に示す。

3.3.4 G_m の検出器

G_m の検査は DLD で行うが、前段に増幅器をおき、低出力イ
 ンピーダンスとして外乱を防ぐとともにメータによる較正を行う
 ことができるようにしてある。

一般に供試管内部抵抗 R_i と比べて負荷抵抗 R_l を十分小さくと
 れば次式の関係が成立することが知られている。

$$e_o = G_m R_l e_i \dots\dots\dots (3)$$

ただし G_m : 供試管の相互コンダクタンス

e_i : 供試管のグリッド入力信号電圧

e_o : 供試管のプレー出力信号電圧

したがって e_i を一定に保ち e_o を測定することによって G_m の
 値が間接的に測定される。

3.4 品種切替え方式

本機は 9 ピンミニアチュア管でヒータがピン番号 4、5 に接続さ
 れているものは、特殊なものを除きすべて検査できる。

品種切替えの際には次の二つの操作を行わなければならない。第
 一に品種が変わるごとに供試管のピン足の接続が変わるが、このため
 112 のステーションの各セグメントの配線を切り替える必要がある。

第 2 に供試管ごとにその品種について定められている電圧条件を
 作り、また検出器の上限、下限リミットも定められた規格に合わせ
 ねばならない。前者にはコンピュータなどに用いられるパッチコー
 ドプログラミングシステムが使用され、後者には較正プラグという
 方式が考案採用されている。この両者の併用により品種の切替えは
 約 15 分で完了することができる。

3.4.1 パッチコードプログラミングシステムによるピン足の切替え

ピン足の切替えには、ステーション数が多いため約 1,000 本の
 配線切替えが必要である。そのために AMP 社製パッチコードプ
 ログラミングシステム (第 11 図) を使用してあらかじめ正しく接

続されるようコードが配置されたボードを準備しておき、品種切替えの際はその品種に準備されたボードに差しかえることによって行われるようになっている。

3.4.2 較正プラグ

較正プラグの外観を第12図、原理を第13図に示す。すなわちDLDの較正は、供試品の規格（たとえば I_b : 14 mA, 7 mA）に一致するように R_1 , R_2 を定めておき、DLD を較正の上限側に倒すと DLD に上限規格の電流、下限側に倒すと下限規格の電流が流れるように設定してあるから、ただ上限検出器下限検出器のランプ点灯位置にポテンショメータをセットするだけで較正を終了するようになっている。また電源較正は、 R_4 , R_5 を規格に一致するように適当に定めておき、電源とこの R_5 端子電圧を比較すれば、ゼロメソッドで容易に較正できる。したがって作業者は検査規格を知らなくても短時間で較正でき、しかも較正ミスのない利点がある。この較正プラグ内には50個ほどの標準抵抗が内蔵されており、品種ごとに較正プラグが備えられている。

3.5 外乱による誤動作防止法

このような検査機においては誤動作は極力少なくしなければならないので、各種の対策が行われているが、そのうちのひとつとして時間プログラムについて述べる。第14図に示すように間けつ運動は移動0.6秒停止1.2秒で、移動時はリレーによってヒータ以外の電源を断とする。停止後電源を加え0.3秒経過後テスト回路を動作させる。0.45秒経過したのち記憶回路を動作させて0.05秒間だけ測定を行い、その結果を記憶させる。この測定の際にはすべてのリレーが動作しないように配慮されている。この記憶結果により0.25秒間で不良品突き出しが行われる。

4. 使用状況

4.1 精度

自動検査機の選別動作点における選別の誤差は必ず付随して起る問題である。本機においては、(a)予熱および試験用電源の電圧設定精度 (b) DLDなどの検出装置の設定精度と検出精度 (c) G_m 用増幅器など補助測定器の測定精度 (d) しゅう動接点などの測定回路中の接触抵抗の変動などがおもな誤差の原因となり、選別動作にばらつきを生じているが、実際に数品種の受信管について選別を行った結果では選別誤差の最大値は選別動作設定値に対し3%以下である。

また稼動開始以来、抜取りによる選別品の再検査の結果では不良品の混入率は皆無に近い実績を得ている。

4.2 保守

選別精度の監視は選別品の抜取検査により実施されている。また選別動作の点検は、較正箇所計器をそう入して随時行われる。

保守はコンベヤの供試品給電機構を主体としており、しゅう動部分の接触不良は特殊の自動検出装置により常時監視できるため、従来の選別検査機に比べ日常の保守についての難易はない。

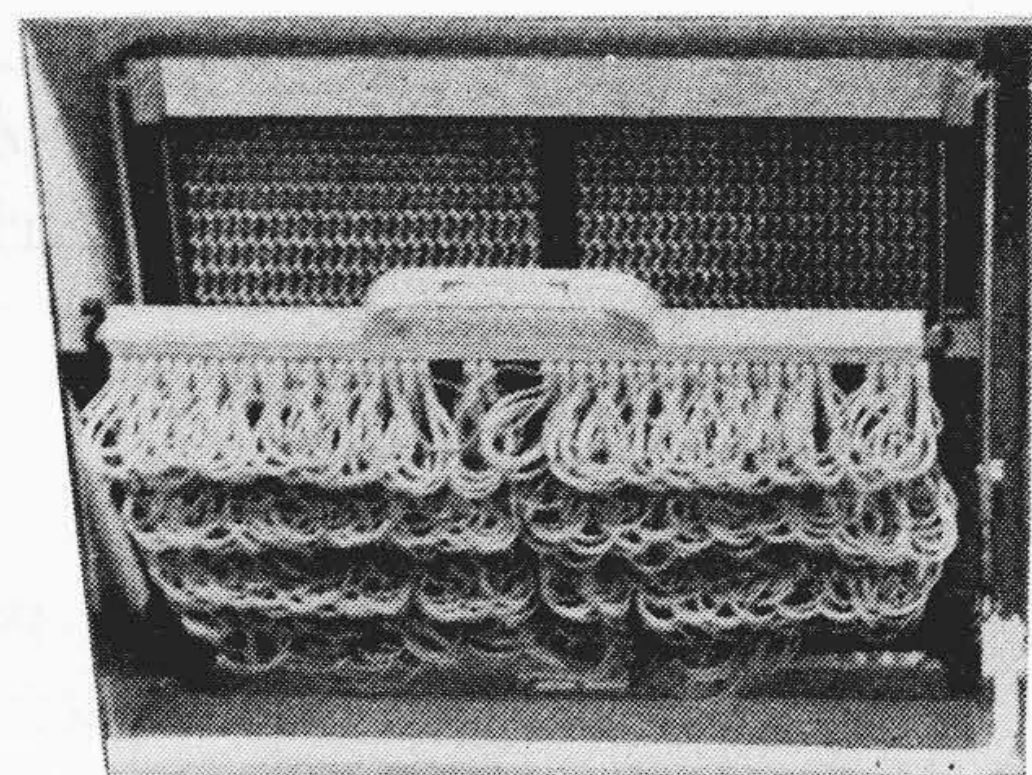
測定装置の定期較正、消耗部品の定期交換は3箇月ごとに実施している。

4.3 改良

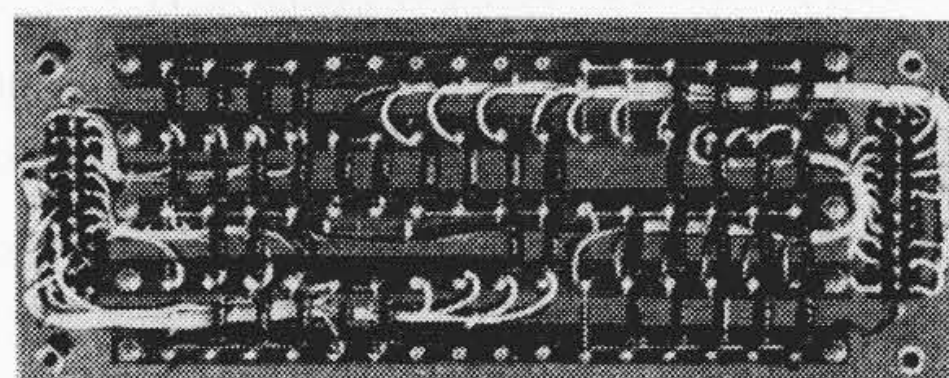
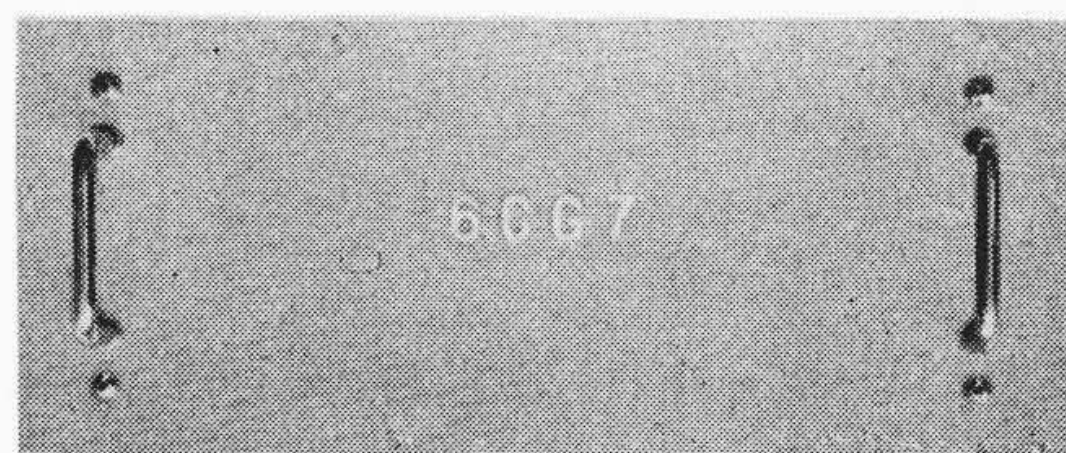
実稼動にはいつ今日までの間に電力増幅管の出力試験、交流増幅度試験、ヒータカソード間ハム試験、遮断点相互コンダクタンス試験などの検査項目の追加と、検出装置の一部にメータリレーを活用するなどの改良が行われており、本機をいっそう効果的な性能としている。

5. 結 言

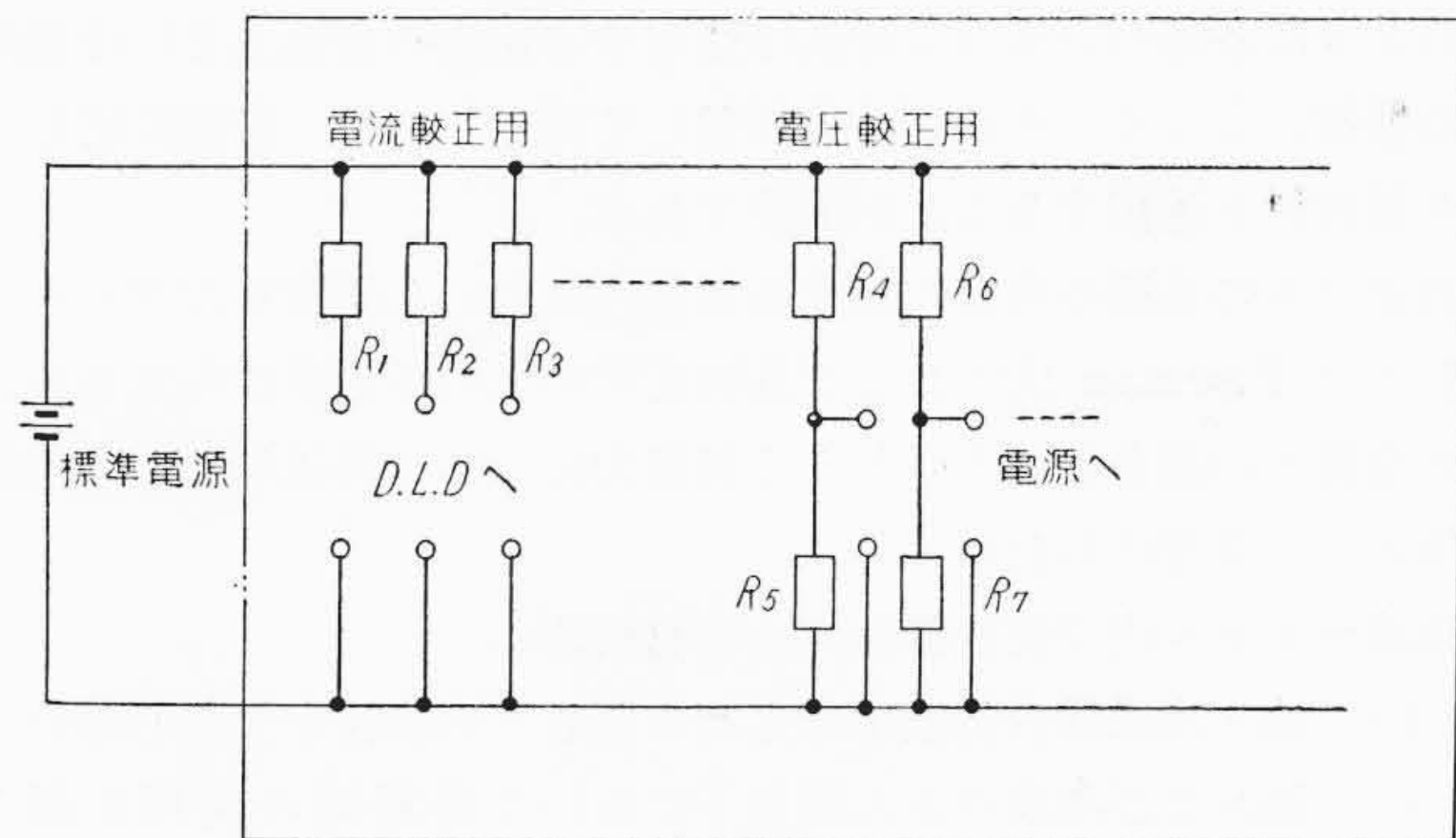
最近、自動計測あるいは自動選別などの検査の自動化の発達はめ



第11図 パッチコードプラグラミングシステム外観

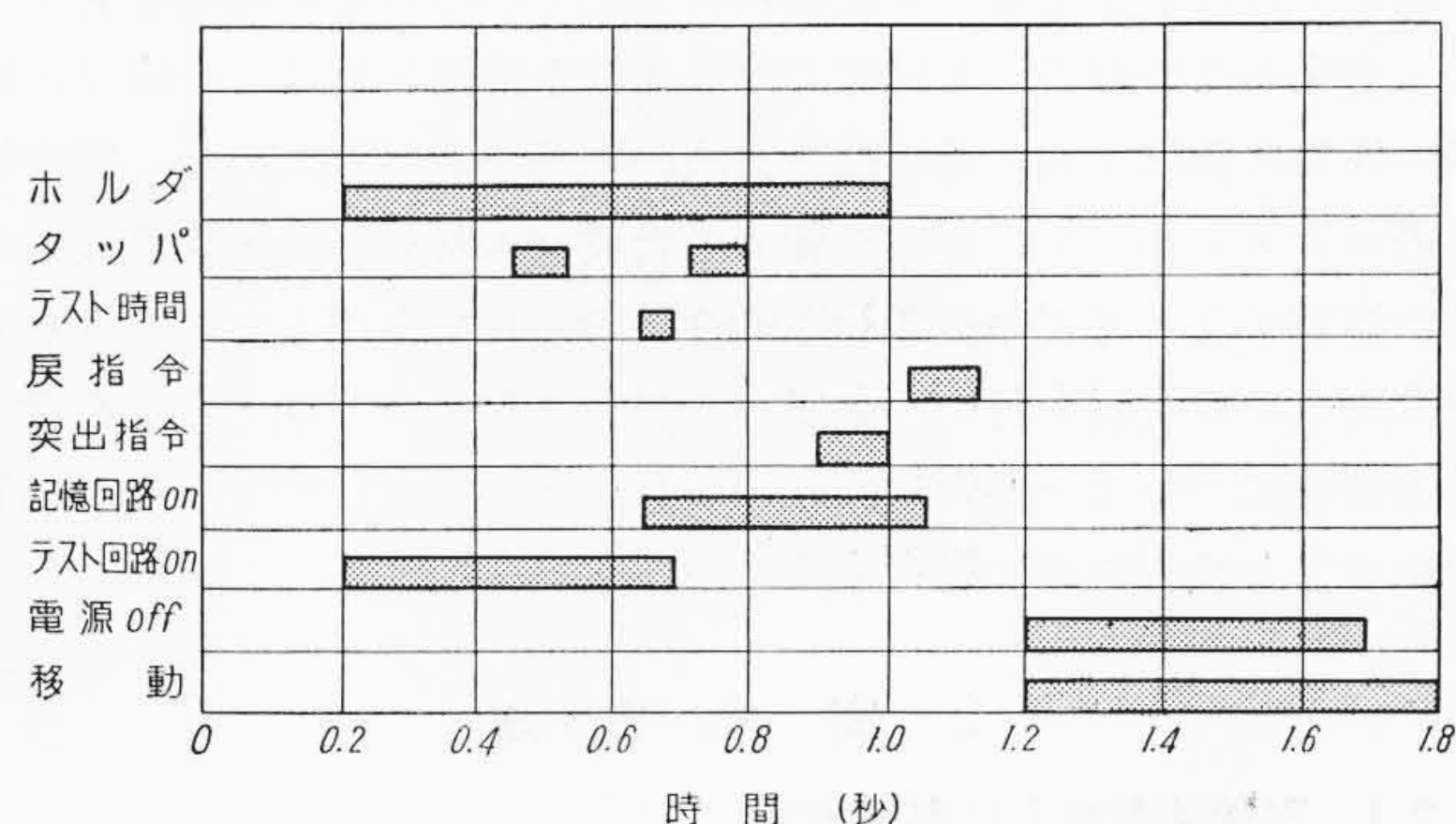


第12図 較正プラグ外観



較正プラグ

第13図 較正プラグ原理図



第14図 時間プログラム

ざましく、量産技術の進歩に数多くの効果をあげており、この種の自動機の開発は今後いっそう急速に進められるものと思われる。

本稿は受信管の自動検査機の概略を簡単に紹介した。いくらかでもご参考になれば幸である。

参 考 文 献

- (1) Sylvania News: 24 (May 1957)
- (2) たとえば British Communication & Electronics: 5, 923 (Dec. 1958)