

ストロージャ型自動交換機の寿命 Life of Strowger Type Relay and Its Mechanism

山内 康平* 岡島 良次* 兼子 誠治*

内容 梗 概

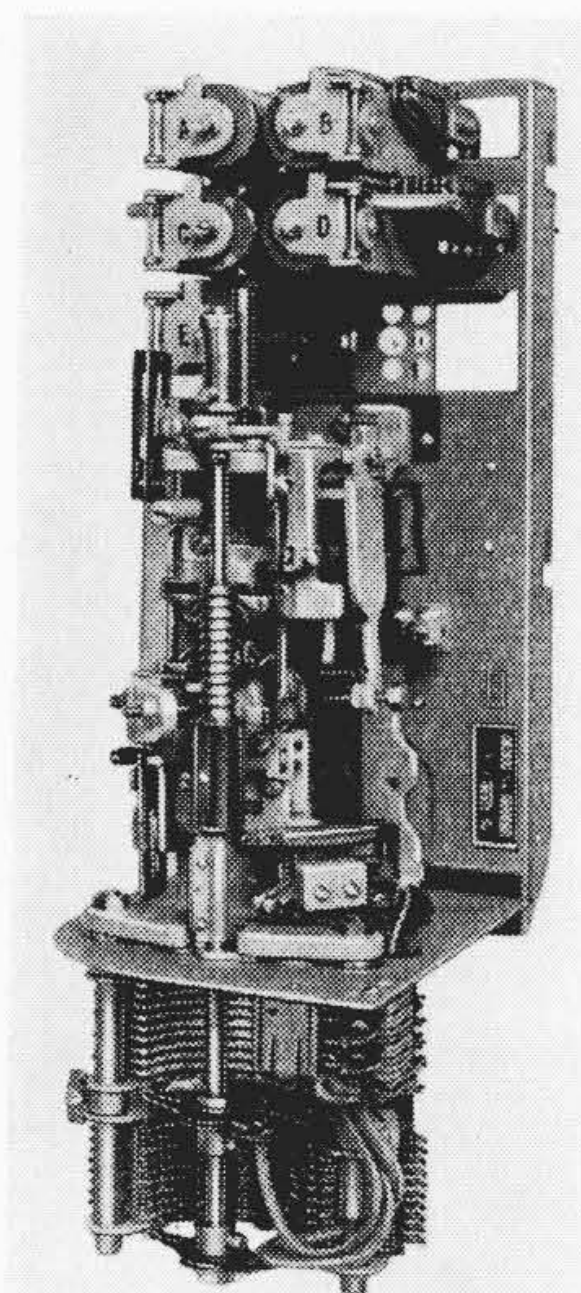
本報告は自動交換用スイッチの寿命をその代表機種である 1-A セレクタについて推計しかつ現在の品質のもつとも弱点が A, E リレーにあること, およびその改良の対策について述べ現在の製品で実用動作 100 万回はおおむね保証でき, また二, 三の改良を施すことにより 200 万回の寿命を保証できる見込と, 保守作業に対する要点二, 三を提案したものである。

〔I〕 緒 言

自動交換機の納入後の成績からして, 初期における障害数が比較的多くしばらくするとこの種のものが減少してゆく。これらの障害は設計製造などの根本的原因によるものではなく, いわゆる作業そのほかにおける不注意によるものが多い。したがって原因の種頭が多岐にわたり少数個の試料によつてその全貌を把握することが困難である。

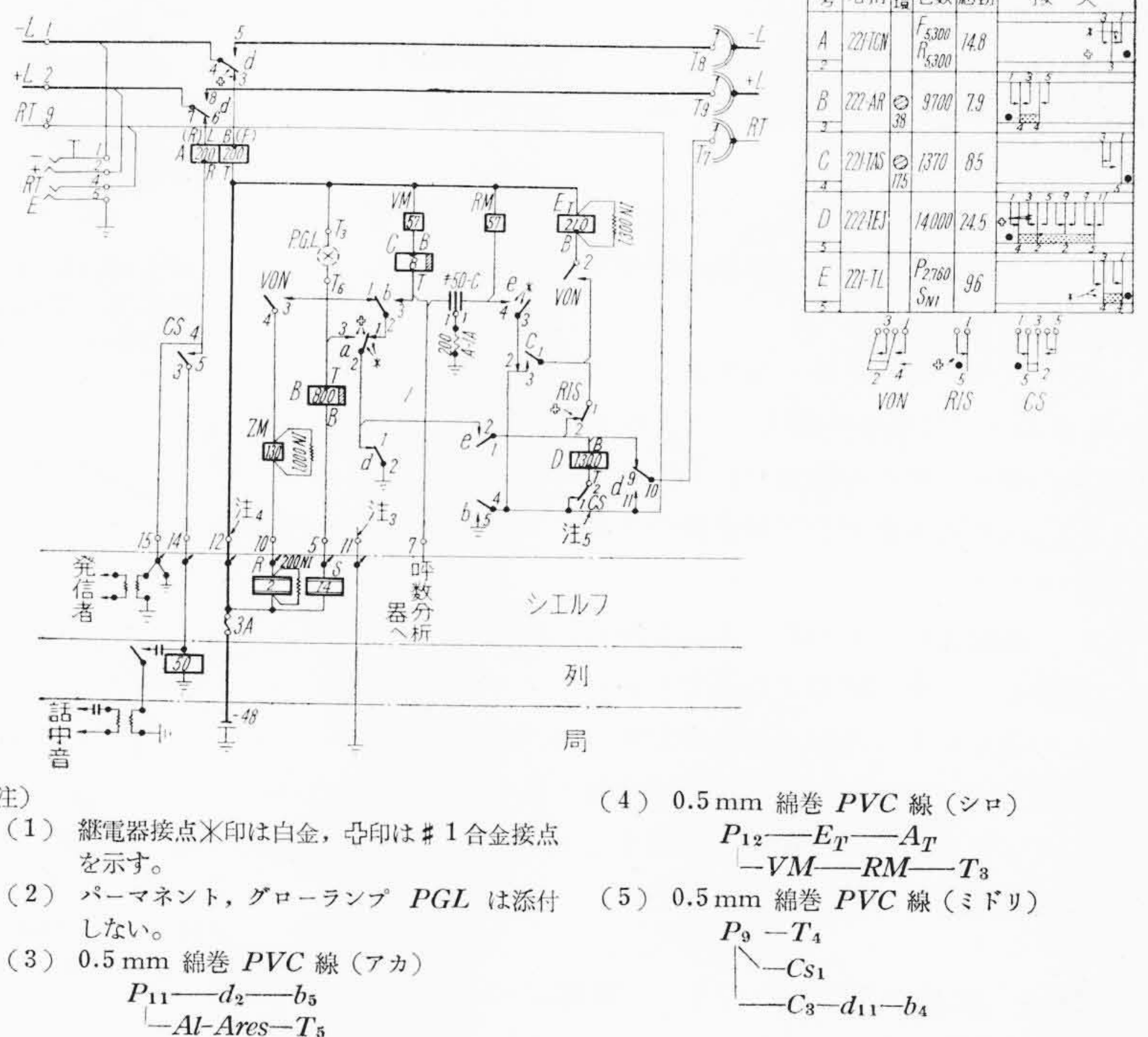
われわれはこの種の初期障害を撲滅するため数年前から自動交換用スイッチのうち 30 % を占める代表機種 1-A セレクタにつき全数 1 万回動作試験を行い最近にいたり 1-F コネクタにまで拡張して品質管理サークルによつて改良を加えてきた。その結果は既報⁽¹⁾のごとく所期の効果をおさめ 30 年以降ほとんど無事故の状態になった。

しかしながら一方多数回の動作をかさねるにしたがつて劣化, 磨耗などに起因する障害が存在する。これらはおもに機構, 材料などの設計上の問題によるところが多い。これらの障害はその部品の寿命とも称すべきもので 1 万回動作の場合に比べ修理および対策も比較的困難である。こゝでわれわれはこの種障害を少なくし長寿命化を計るために数年前より上記代表機種 1-A セレクタにつき各ロットから試料を抜取つて連続 200 万回の寿命試験を行い品質管理サークルにしたがつて事故現象の分析, 改良, 結果の確認のみちをたどり既報のごとく⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾改善の効果をおさめ, 一応 100 万回 (実用使用状態で 20 年) の寿命を保証することができ, さらに改良を施すことにより 200 万回 (40 年) の寿命を確保できる見通しがついた。



第 1 図 1-A セレクタの概観

Fig. 1. 1-A Selector



第 2 図 1-A セレクタ回路図
Fig. 2. 1-A Selector Circuit Diagram

* 日立製作所戸塚工場

以下概要を述べて諸賢の御批判御教示をあおぎたいと思う。

〔II〕 供試品と試験方法

緒言において述べたとおり供試品としては使用個数も多く使用頻度も高い（ほかのスイッチにくらべ平均 1.5 倍）1-A セレクタを使用した。第1図はその概観を示したもので、リレー部と機構部とよりなり、その動作の概略はダイヤルインパルスによりインパルス数だけインパルスリレー（Aリレー）が動作しそれによつて機構部のスイッチシャフトがダイヤル数だけ上昇し次に E リレーと回転電磁石の交互動作により回転しバンクの空き端子までワイパーが摺動してとまり次位スイッチを捕捉し通話が完了したときに復旧電磁石の動作により復旧する。回路図を第2図に示す。

試験方法はダイヤルインパルスに相当するインパルスを試験機より送り 9 歩上昇せしめ自己断続により 10 歩回転せしめる。次位スイッチ該当回路を捕捉し（動作回数の登算および保持）加入者線該当回路の切断により復旧せしめる。試験機は第3図に示す構造のもので 80 個実装可能であり障害発生時警報のブザーをならすと同時にランプを点灯せしめる。インパルスは 10 インパルス/秒、33 % メーク率で、D.C. 48 V $\pm$ 2 V の電源を使用し実用状態で 200 万回約 40 年を要するものを 3 月で完了せしめる。そのあいだ 10 万回ごとに注油を行う。

この方法は実用状態とは多少ことなるが本寿命試験結果は下記を考えれば実用状態との換算、比較が可能である。すなわち、

（1）時間的にいちじるしく短縮されるため温度、湿度、ほこりの影響、および部品の時効変化による障害は少い。

（2）9 歩上昇 10 歩回転であるので実用状態では、1~0 歩の上昇回転の平均として 5 歩上昇回転と考えて本試験の動作が実用の場合の約 2 倍に相当する。

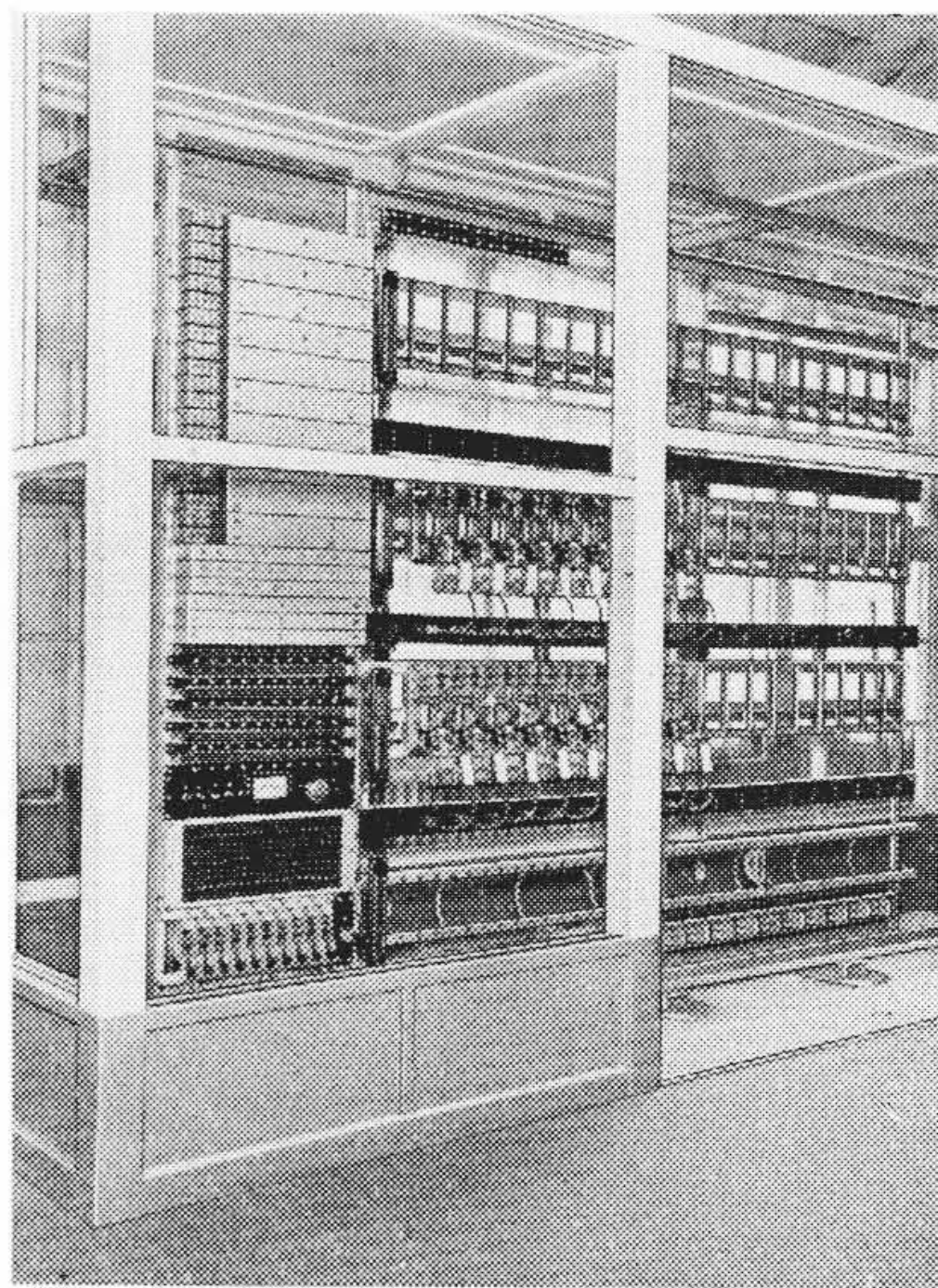
（3）同時に多数個の試料が動作するので振動が実用状態より大きい。

（4）連続動作であるので部品の繰返し荷重による磨耗、疲労などは実用状態より過大である。

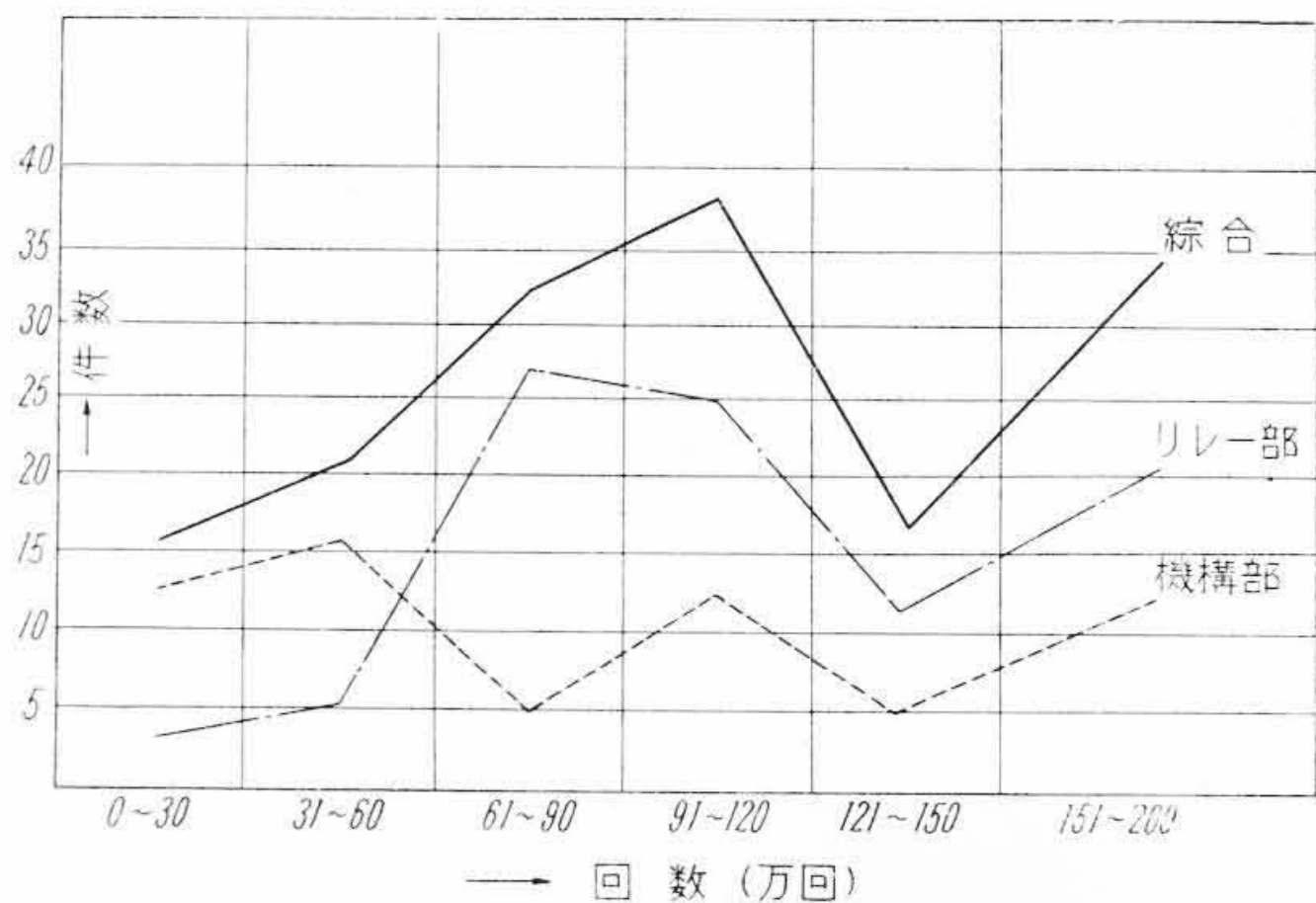
などの差がある。なお本報告の対象とした試料は 29 ~ 30 年のあいだに抽出した合計約 80 個で途中動作不能となつたときはその該当箇所を調査するとともに、修理または取替を行い 200 万回まで続行した。

〔III〕 試験の結果(その1)―障害について

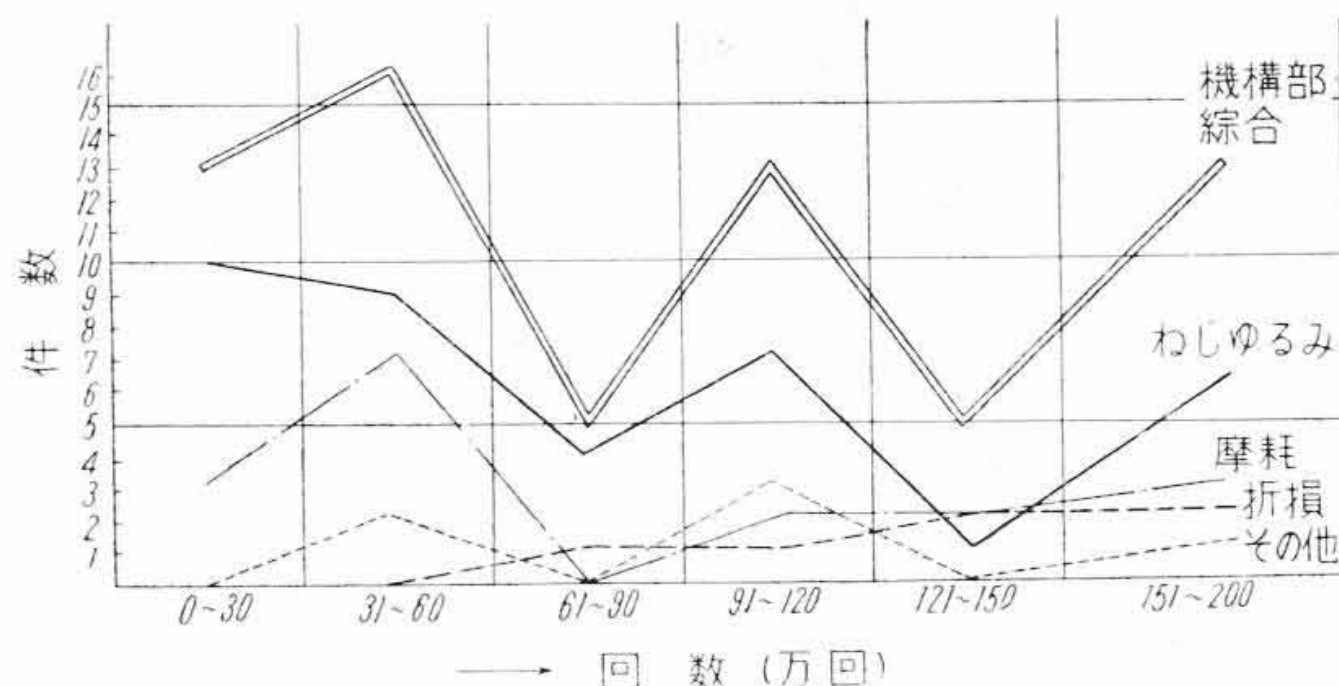
まず動作回数に対する障害の発生分布をみると第4図であらわされる。ただしこの図は同一試料の障害は初回



第3図 1-A セレクタ寿命試験機
Fig. 3. 1-A Selector Life Tester



第4図 1-A セレクタ寿命試験障害分布図
Fig. 4. Trouble Frequency Distribution Diagram of 1-A Selector



(注) その他とは、調整不良、脱落をいう。

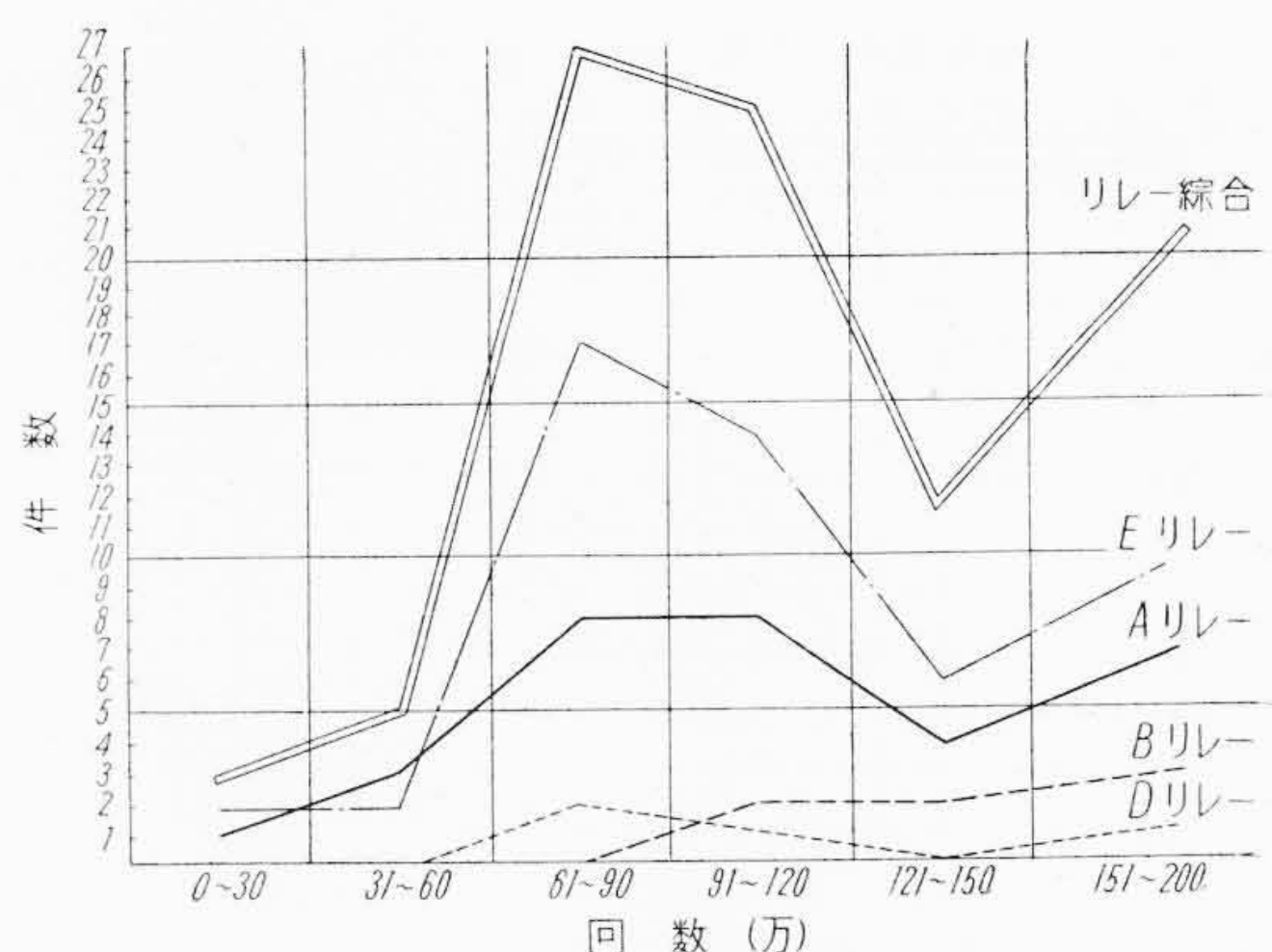
第5図 1-A セレクタ寿命試験機構部障害分布図
Fig. 5. Trouble Frequency Distribution Diagram of Mechanical Parts

のみならず修理後再発したものも含んでいる。障害は回を追うにしたがつて逐次増加し、61~90 万回の範囲で

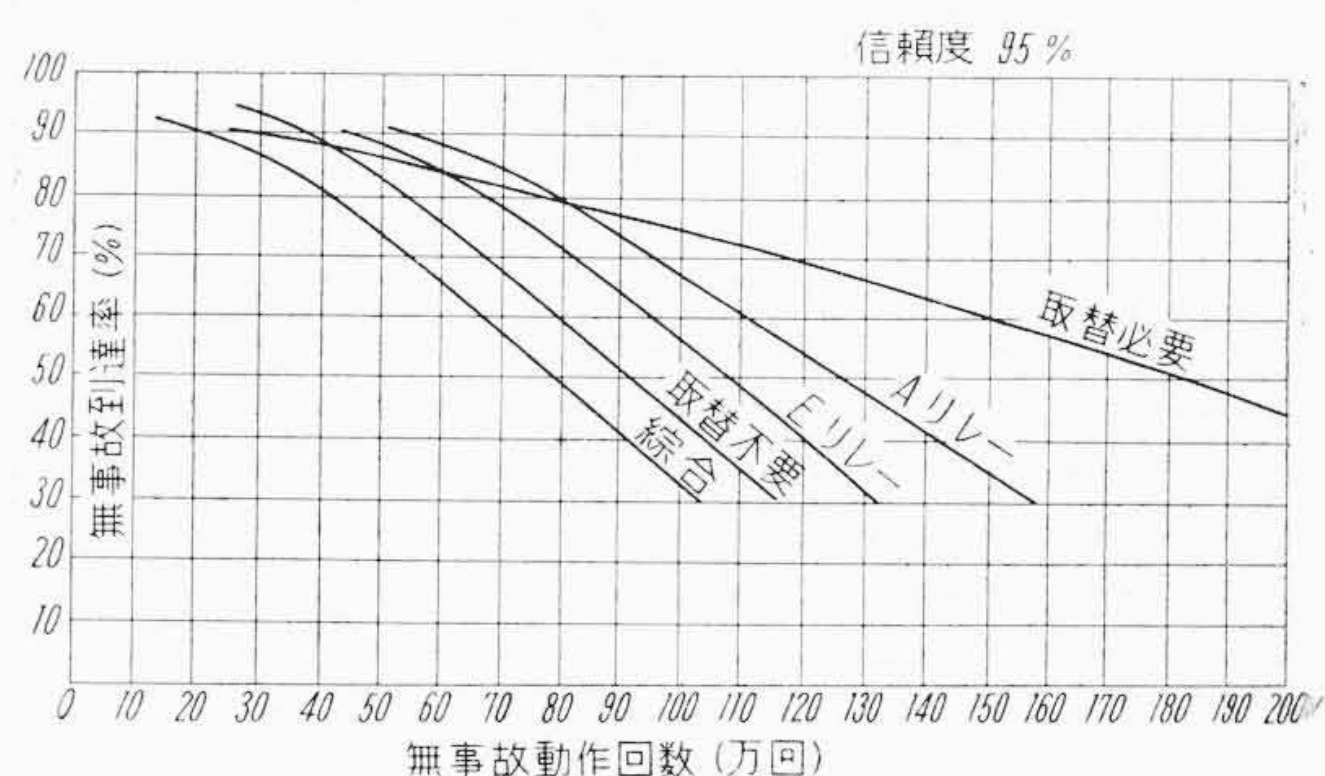
急激に増し、91～120万回で頂点に達している。121～150万回で減少しているのはたとえばネジゆるみの事故でネジを締めたり、調整不良のため再調整したりしたためと考えられ、151～200万回でもつとも傾斜の急なのは再調整しても新品同様とはならぬため再発したものと思われる。この現象は機構部とリレー部とにわけるとさらに明白となり、機構部分は事故件数も少く31～60万回で最高値を示しているが以後91～120万回の山も31～60万回より低く全動作回数にわたり平均しているのに反し、リレー部は61～120万回で障害がいちじるしく多く、全障害の分布図はリレー部障害の分布で決定されるといっても過言でない。おのおのにつきその内訳をみると第5図、第6図に示すとおりでリレー部はA、Eリレーが圧倒的で、機構部はネジゆるみが多い。

A、Eリレーについては〔IV〕で詳述するがほかのB、C、Dリレーが1回の動作中1回しか働かぬのに対し、実用状態では1～10回動作し本試験ではAリレーは9回、Eリレーは10回動作するためであり、一方機構部のネジゆるみは大体においてもつともショックの大きいノルマルクランプとめネジで占められている点から、しめつけたネジは平均60万回でふたたびゆるむということを示している。上述の障害は修理後再発も含んでいるが、寿命そのものは無事故到達回数をもつて定義すべきが原則であるから無事故到達回数の分布を統計的に求めたものが第7図である。ここに統計の信頼度は95%である⁽⁵⁾。第7図で総合とあるのは無事故到達回数であり、調整不良、ネジゆるみなどの部品をとりかえずに修理できる事故のみに着目したものが「取替不要」の寿命推定図である。逆に折損、脱落、断線などの部品取替を要する事故のみに着目したものが「取替必要」のカーブである。換言すれば取替不要のカーブは折損などの事故を皆無になしえた場合の寿命をあらわすもので、総合のカーブからあまり寿命が延びていないのに対し、調整不良、ネジゆるみなどを除いた場合の「取替不要」のカーブはいちじるしく長寿命化されている。これは第4～6図に示したところと一致して調整不良、ネジゆるみが1-Aセレクタの寿命を決定しているといっても過言ではない。調整不良、ネジゆるみのうちでもつとも大きいのはA、Eリレーであることは第4～6図であきらかであるが、第7図でAリレーのみに着目した寿命推定図、Eリレーのみに着目した寿命推定図（すなわちAまたはEリレー以外は事故なしとした場合のカーブ）を画いてみても、総合の曲線よりあまりよくなっていない。

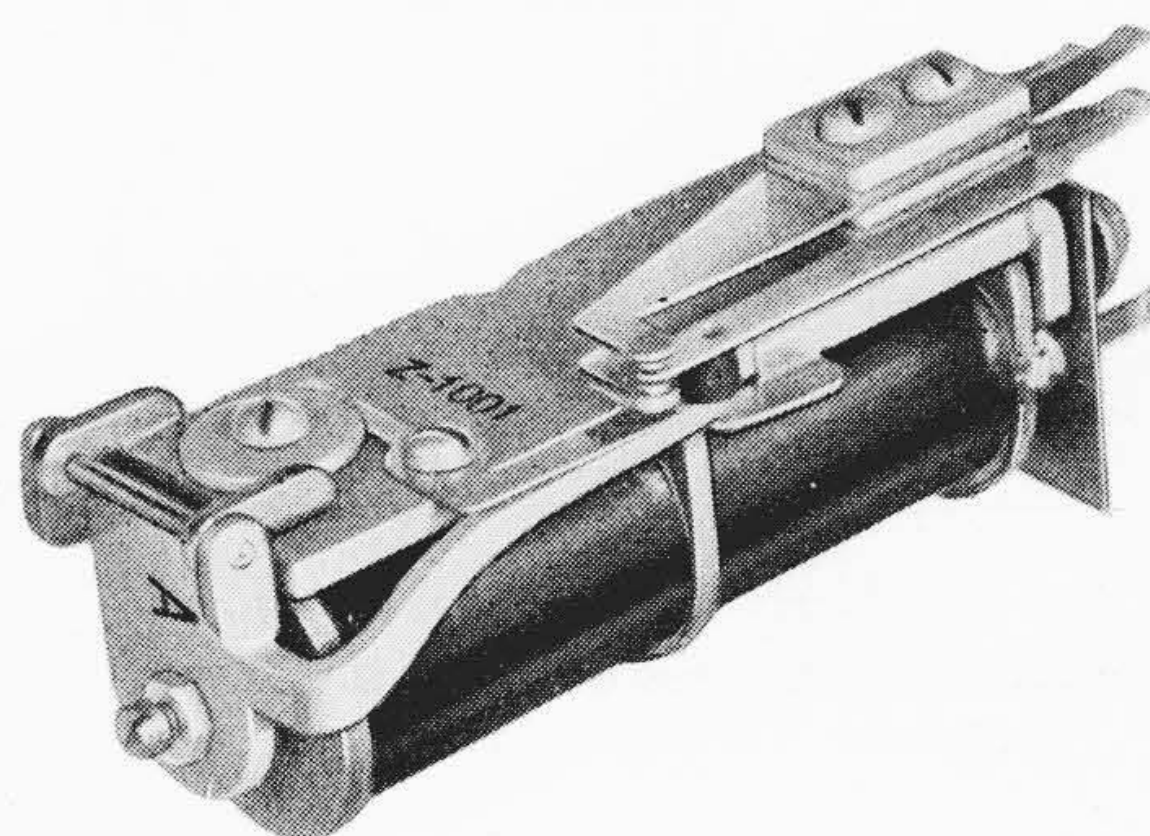
上述したところから、種々の障害があるがEリレー、ついでAリレーの障害が大部分である。これをなくな



第6図 1-A セレクタ寿命試験リレー部障害分布図
Fig. 6. Trouble Frequency Distribution Diagram of Relay Parts



第7図 1-A セレクタ寿命推定図
Fig. 7. Life Estimation Diagram of 1-A Selector

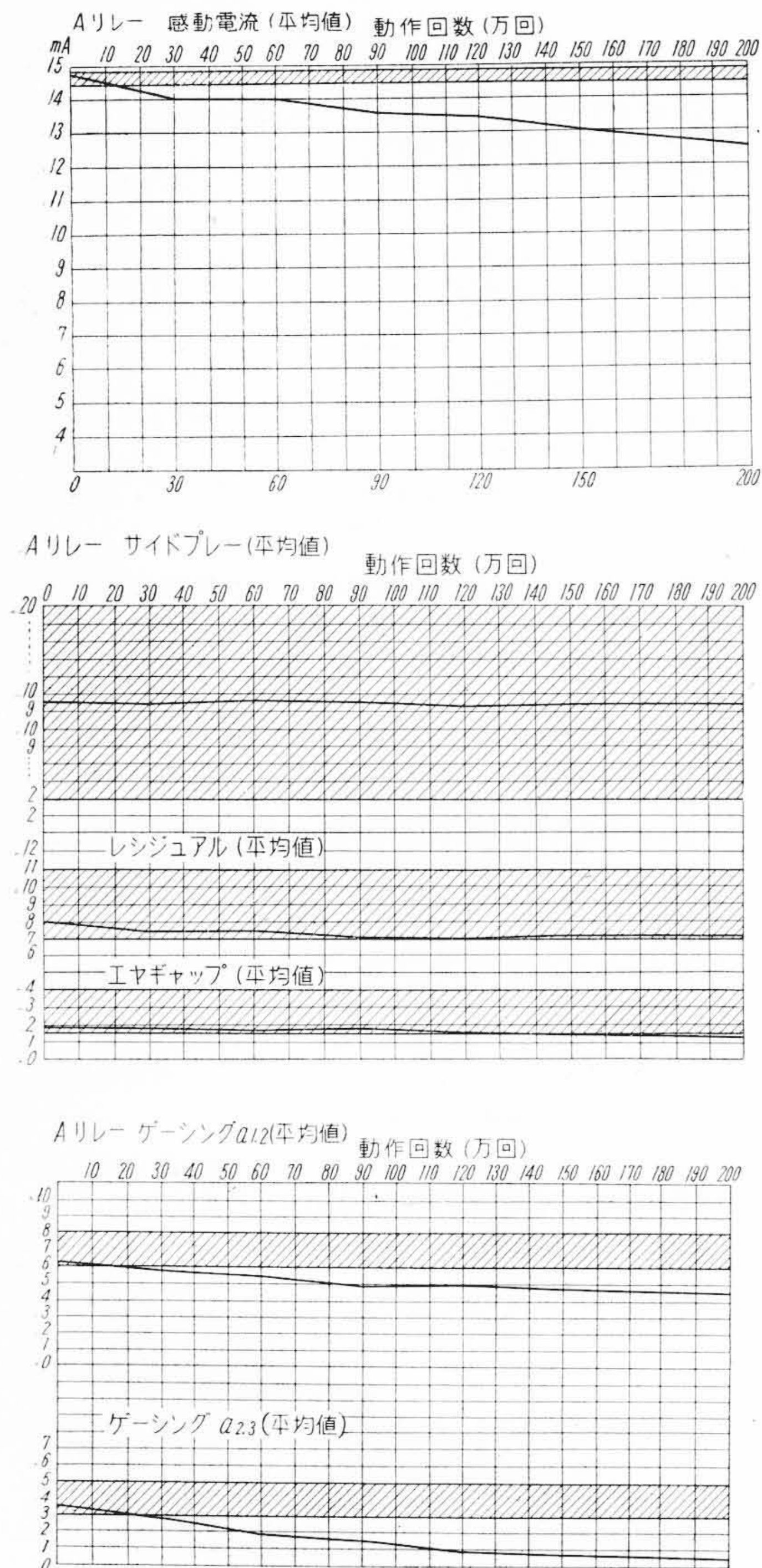


第8図 1-A セレクタ A リレー
Fig. 8. Relay A of 1-A Selector

すことが長寿命のはやみちであると結論できる。

〔IV〕 試験の結果(その2)―調整値の変化について

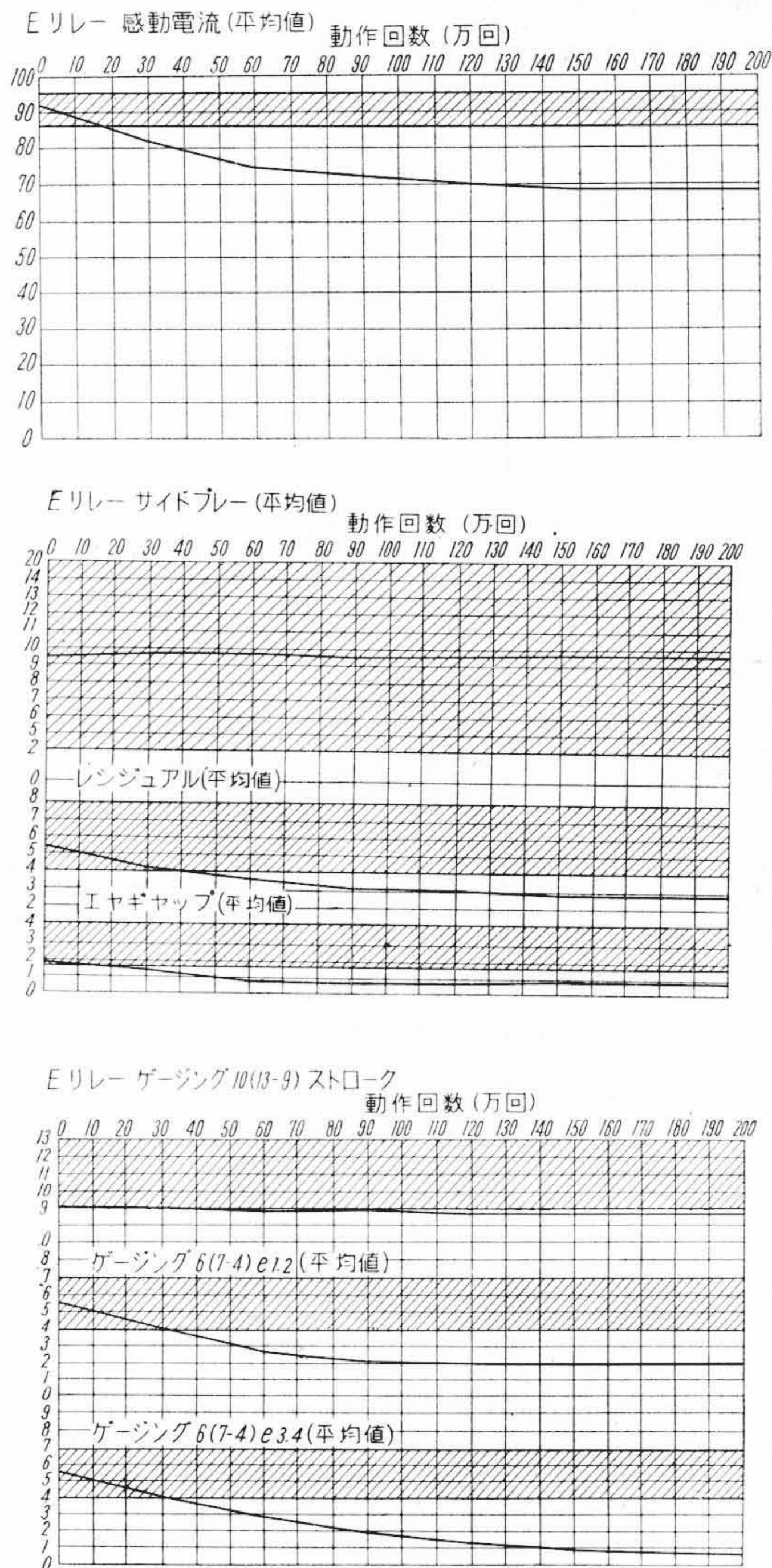
リレーなどの接点バネ調整は交換機に特有なものであり、部品点数が多く構成部品の精度の偏差の集積を一定範囲のうちにおさめることが困難であるためこれを調整で補なっている。調整値も動作回数にしたがい、一定の



第9図 Aリレーの調整値の変化状況図
Fig. 9. Variances of "A" Relay Adjustment Values

傾向をもつて変化してゆくもので本試験の結果でも共通して感動電流値が回を追うにつれて低下し、接点の間隔が磨耗などのためひろがりゲージングであらわした数値では減少しており、また遅緩復旧時間が増大している。しかしながら調整値が変化し規格外となつたものは、A、Eリレーのほか上昇回転機構部の上昇爪とオーバーストップ間、回転爪とフロントストップ間のほかはいちじるしいものではなく、特に動作不能の障害と直接関係しているのは〔III〕で詳述したごとく Aリレー、およびEリレーのみである。

さて問題の A、E リレーにつき考えると障害箇所の



第10図 Eリレー調整値の変化状況図
Fig. 10. Variances of "E" Relay Adjustment Values

Aリレーの2-3接点、Eリレーの3-4接点に限定されている。第8図はAリレーを示す。また第9図にAリレーの、第10図にEリレーの調整値の変化状況を示す。問題の $a_{2.3}$ 、 $e_{3.4}$ 接点はいずれも30万回で規格の下限をはずれている。Aリレーの接点バネ組合せのうちでも $a_{1.2}$ 接点は障害の直接原因となつていないので $a_{2.3}$ 接点と比較するために調整値の変化について有異差検定を行つたものが第1表である。 $a_{1.2}$ 接点が平均値において0万回と30、60、90.....200万回とのあいだ、および30万回と60万回、60万回と90万回という相互間でも有異差がないのに反し、 $a_{2.3}$ はすでに30万回で有異差があらわれている。すなわち30万回において

調整値に変化ありとみなしうる。この原因としては $a_{2,3}$ 接点独自のものとして接点の磨耗と3バネ（内側から三番目のバネ）の変形の二つが考えられる。 $a_{1,2}$ と $a_{2,3}$ とに流れる電流値と接点材質を比較すると 第2表 のとおりで $a_{1,2}$ の方がむしろ負荷電流が多い。磨耗の原因となる接点火花についてみるとこれは接点がブレークするときこれをさまたげようとして流れる電流によるものでそのあいだの接点の切断が確実でない場合に発生しやすく、バネ厚さで考えると可動バネが同一厚であつても相手のバネ厚が厚いほど追従が少く過度現象が少いとみられる。 $a_{1,2}$ 使用の1のバネが 1.2 mm であり $a_{2,3}$ の3バネが 0.5 mm であり3バネが薄いのでこのために $a_{2,3}$ 障害が多いと判断される。

一方 E リレーについては第1表からみて $e_{1,2}$, $e_{3,4}$ 接点ともに 30 万回に調整値変化に有異差を生じているが $e_{3,4}$ 接点は直接電流を切るのに対し $e_{1,2}$ 接点は $d_{1,2}$ 接点で電流を切つたあとで復旧するので直接火花を発生しないため $e_{3,4}$ 接点のみ障害原因となつていていると考えられる。

〔V〕 長寿命化の対策

上述したところであきらかなとおり、寿命に対する当面の問題は A, E リレーの接点そのほかの磨耗による調整変化と、ネジゆるみとをなくすことである。ネジゆるみについては材質および形状の変更を行いすでに実施中であり、従来ネジ締付力の規定がなかつたが制限ドライバーを入手締付圧力を管理したこととにより、最近はいちじるしく改善されてきている。一方リレーの調整不良については接点の磨耗、ベアリング部の磨耗などにつきさらにくわしく調査研究を必要とするが、すでにその方針にしたがい調査中でありちかく明確なる対策がたてられるはずである。以上のごとく現在の寿命をさらに大とするための根本的研究も必要であるが、すでにもつとも弱点とするところがあきらかになつたのであるからそれに相応した調整法を行い、ひいては電信電話公社そのほかの自動交換局の保守にさいしネジゆるみに対する定期的点検、および $a_{2,3}$, $e_{3,4}$ 接点に対する予防保全的点検をお願いすることにより、保守の簡素化と機器の寿命を長くすることができることを確信する。以下これについて付言すれば、

(1) ネジゆるみは既述のとおりほとんどノルマルクランプとめネジでしかも 60 万回のピッチで発生すると考えてさしつかえない。したがつて実用動作 120 万回、年に 5 万回動作を標準として 24 年であるから納入後ノルマルクランプとめネジのみについて慎重をきして10年目に点検することにより障害を未然に防止しうる。

第 1 表 A, E リレーゲージングの平均値ならびに分散の有異差検定結果一覧表

Table 1. Results of the Significant Tests of Contact Gauging Mean Values & Variability of Relay A & E

			30	60	90	120	150	200
$a_{1,2}$	平均値	0 万回との間	×	×	×	×	×	×
		相互の間		×	×	×	×	×
	分散	0 万回との間	×	×	○	○	○	○
		相互の間		×	×	×	×	×
$a_{2,3}$	平均値	0 万回との間	○	○	○	○	○	○
		相互の間		×	×	×	×	×
	分散	0 万回との間	×	○	○	○	○	○
		相互の間		×	×	×	×	×
$e_{1,2}$	平均値	0 万回との間	○	○	○	○	○	○
		相互の間		○	×	×	×	×
	分散	0 万回との間	×	○	○	○	○	○
		相互の間		○	×	×	×	×
$e_{3,4}$	平均値	0 万回との間	○	○	○	○	○	○
		相互の間		○	×	×	×	×
	分散	0 万回との間	×	×	×	○	○	○
		相互の間		○	×	×	×	×

(注) ○ 有異差アリ, × 有異差ナシ。

第 2 表 $a_{1,2}$, $a_{2,3}$ 接点の比較

Table 2. Comparison of $a_{1,2}$ & $a_{2,3}$

接 点	電 流 値	接 点 材 料
$a_{1,2}$	740 mA	Pt
$a_{2,3}$	54 mA	G.S 合金

第 3 表 $a_{2,3}$, $e_{3,4}$ 接点の調整値と障害との関係

Table 3. Relations between Troubles & Adjustment Values of $a_{2,3}$ & $e_{3,4}$

接 点	(1) 障害となる回数	(2) その時の調整値	(3) 障害より30万回前の調整値	(4) 規 格
$a_{2,3}$	95 万回	1.2 mil	2 mil	5~3 mil
$e_{3,4}$	81 万回	2.1 mil	3 mil	7~4 mil

(2) A, E リレーの調整変化については、その 70 %が障害となる回数、そのときの調整値の変化状況を見ると第3表のとおりとなる。したがつてもし製造時に 1 mil 大きく調整をとつておき、変化の傾向が変らぬならば、第3表の障害時の調整値になる回数は第9図および第10図からあきらかなように A リレーで 150 万回、E リレーで 150 万回となるからいちじるしく改善される。本件については目下確認の試験を行つている。さらにもし保守のてをわずらわし第3表の障害発生時の 30 万回前のときにすなわち現行規格より 1 mil 小となつたときに再調整 (A リレーにあつては寿命試験回数で 65 万、E リレーでは 51 万回) を行うことにより寿命を延ばす

ことが可能となる。

〔VI〕寿命の推定

以上述べたところにより、寿命試験の結果から現在の1-Aセレクトアの寿命を推定すれば、

(1) 仮に容量1万回線の交換局にセレクトア4,000台が装機されたとして、実用動作でいえば第7図により8年目、40万回で10%が障害となり、次の10%が16年目、さらに次の10%が22年目に障害となるわけである。すなわち4,000台中70%はとりあつかいによる損傷などのないようによれば約20年一応無事故で動作することになる。

(2) この結果は、〔II〕で述べたごとく本来、寿命試験と実用動作との相関性、およびこの統計の危険率など考えた場合かならずしも正確なものとは断じがたいにしても、現在の製品の弱点があきらかになつた以上これに関し特別の関心を払うことにより要領をえた保守が可能となるしそれによりさらに寿命を大とすることが可能であると信ずる。

〔VII〕結 言

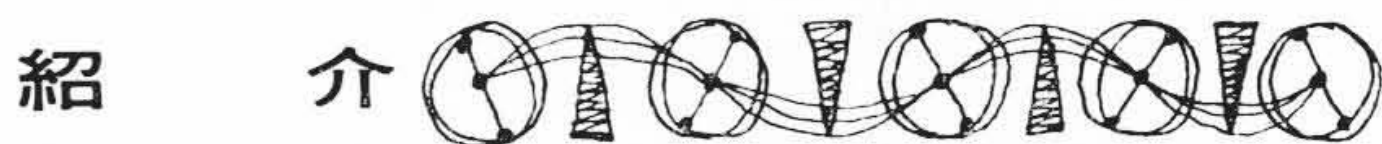
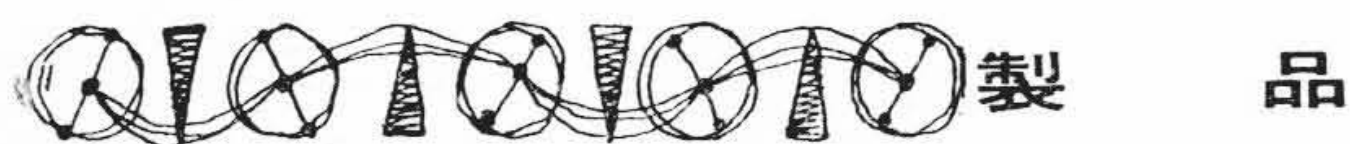
以上1-Aセレクトアを代表させて自動交換用スイッチの寿命を論じすでに実用動作換算の100万回の寿命はおおむね確保することができ、また現在のスイッチの弱点をあきらかにしたことにより保守方法に対する一提案

と、さらに長寿命化するための指針をつかむことができたと信ずる。なおわれわれは自動交換機器の品質の向上をめざして1万回試験および寿命試験を他機種にもおよぼし事故絶無を期しているしだいである。しかしながら本試験は繰返していうが一つの等価試験にほかならず、試験結果の信頼性はあくまでも各交換局における実用動作の成績と照合してはじめて確実なものとなる。何分にもいわゆる「40年無事故」動作は長年月をようするので一朝一夕にはなりがたいが今後とも電信電話公社そのほか関係納入先の好意ある御指導と御協力とによつて完璧を期したいと考えている。

終りに臨み種々有益な御助言をたまわつた日本電信電話公社のかたがた、寿命に関する推計学的手法に関し直接御指導を頂いた日立製作所中央研究所島田研究員、ならびに終始御指導を頂いた通信事業部渡辺技師長ほか関係上司のかたがたに厚く御礼申し上げるしだいである。

参 考 文 献

- (1) 菊地、山内：日立評論（昭31-10）
- (2) 山田：日立評論（昭24-10）
- (3) 渡辺、菊地：日立評論（昭25-4）
- (4) 中野、小野、山内：日立評論（昭29-10）
- (5) 島田正三：推計学入門（昭30-9）
- (6) A形上昇回転スイッチ寿命試験成績書—市内電話機器品質改良委員会（昭28-10）
- (7) 渡辺：通信学会誌（昭29-2）



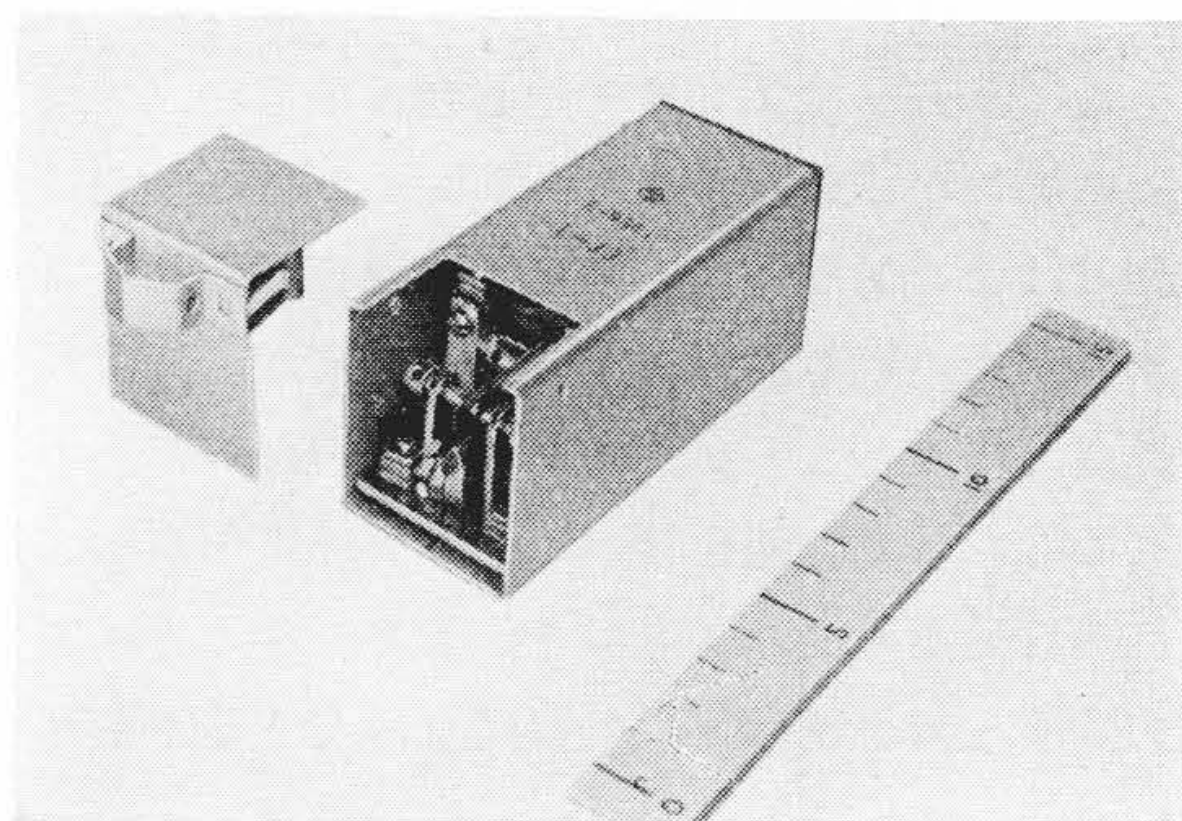
クロスバー式電話交換機に使用する EF形有極継電器

EF Type Polarized Relay for Crossbar
Telephone Exchange Switchboard

日立製作所においては、かねてから電話交換機用有極継電器の改良に努力を続けてきたが、このほどとくにクロスバー式電話交換機に使用する新しいEF形有極継電器を完成した。本継電器は従来の継電器に比較して感度よく、保守調整が容易で、長寿命であるばかりでなく、磁気遮蔽用カバーを有するため、隣接継電器の磁気干渉を受けることがなく、またクロスバー交換機一般用継電器と取付穴がまったく同一で、巻付接続可能な棒状の端子を有している。

おもな仕様を従来の206形継電器と比較して次に示す。

	EF形	206形
(1) 感動アンペアターン.....	3 个	10 个
(2) 動作時間 (一例).....	3~4 ms	4~5 ms
(3) 磁極間隙.....	約60 mil	約15 mil



第1図 EF形有極継電器
Fig. 1. EF Type Polarized Relay

- (4) 磁気干渉 (感動アンペアターンにおよぼす影響の一例) 最大0.5 个 最大15 个
- (5) 外形寸法 (mm) 104×41×38 118×40×37.5

本継電器はクロスバー交換機のみならず、そのほかの電話交換機、およびそれ以外の用途にも、従来の継電器に代つて使用されるものである。