

全自動エレベータに応用した電子装置

— エレクトロ・ドア・セーフティ, エレクトロ・ボタンほか —
Electronic Applications for Full Automatic Elevators

石 塚 泰 司* 齋 藤 肇*
Taiji Ishizuka Hajime Saitō

内 容 梗 概

最近目ざましい進出をみせている全自動エレベータは、数多くの電子装置を駆使してその運転の安全と能率の向上を図っている。これら電子装置には安定な動作と高い信頼度とがまず第一条件となる。このたびエレクトロ・ドア・セーフティをはじめエレクトロ・ボタンなどを完成し、各地の高級エレベータに使用して好評を博している。

1. 緒 言

ビルが大形、高層化し、エレベータが一般の足として普及するにつれ、乗客自身で簡単に操作できる全自動エレベータが増加の一途をたどっている。これら運転手なしの自動エレベータでは、個々のエレベータの運転や、並設エレベータの群管理が全自動化されており、これによれば刻々の交通状態の変化に応じて合理的にエレベータが配分され、乗客はごく簡単な操作を行なうだけで、安全に能率よく目的階に達することができる。

これら全自動エレベータの機能は、各種の電子装置を駆使することによっていっそう高度化する。つまり、電子装置を織り込んだ制御の合理的な有機性でエレベータの運転能率をさらに高め、またその安定した機敏さと正確さが乗客の安全をより忠実に確保するからである。

これら全自動エレベータの制御要素としてのSM形エレクトロ・ドア・セーフティ、PH形光電装置、EB形エレクトロ・ボタン、およびTZ形タイマーなど電子装置について概略説明し、エレベータ需要家の参考に供したいと思う。

2. 全自動エレベータにおける電子装置の使命

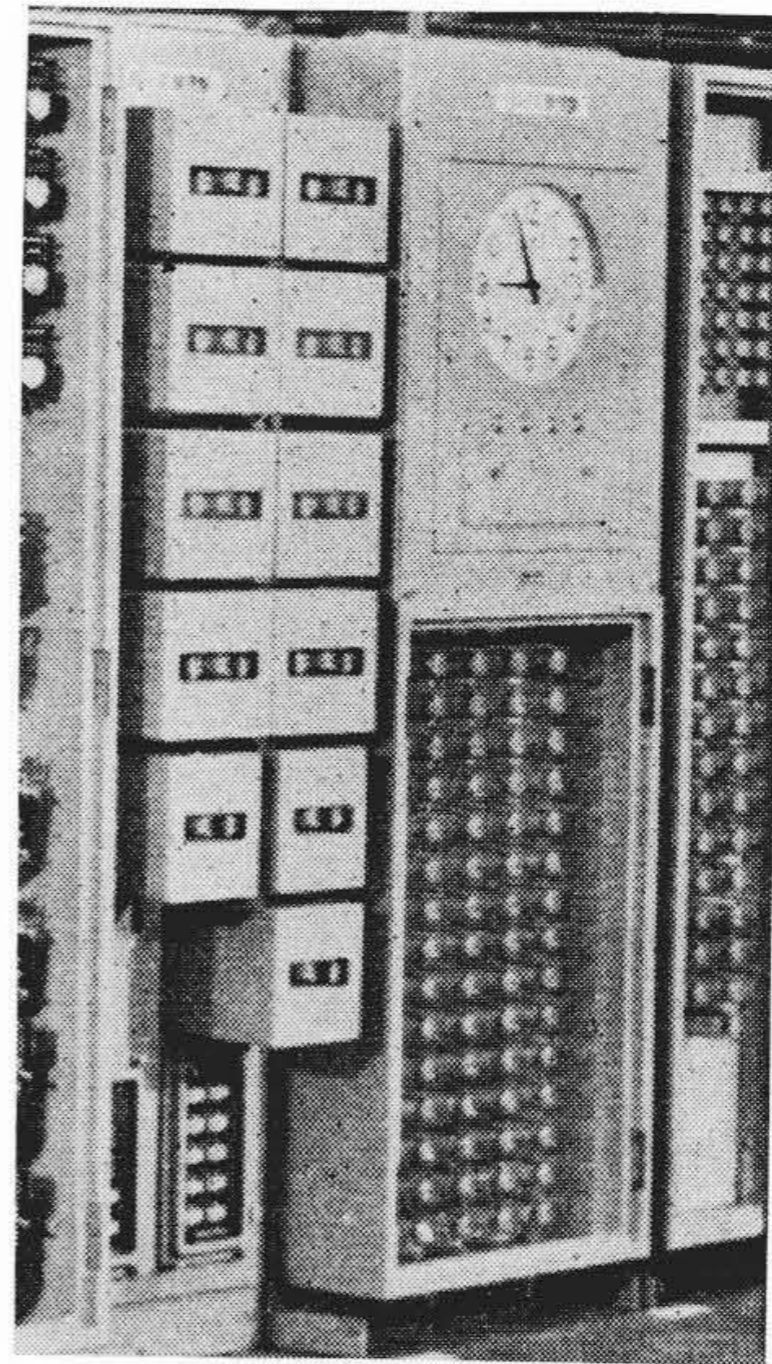
全自動エレベータには数多くの電子装置を駆使して、その運転に安全性と有機性とを織り込んでいる。たとえば全自動群管理方式のエレベータの動きをもって例示してみよう。

並列設置されたエレベータ群の交通実体は常に監視され、刻々に変化する交通実体、すなわちエレベータ内の乗客数、全階床の呼びの分布、数、性質などをあらかじめ設定された一定のサンプリング・タイム中に検出し、かつ各エレベータの運転方向、到着階、他機との関係、運転時間などを掌握して、その需要に応じた運転系統に

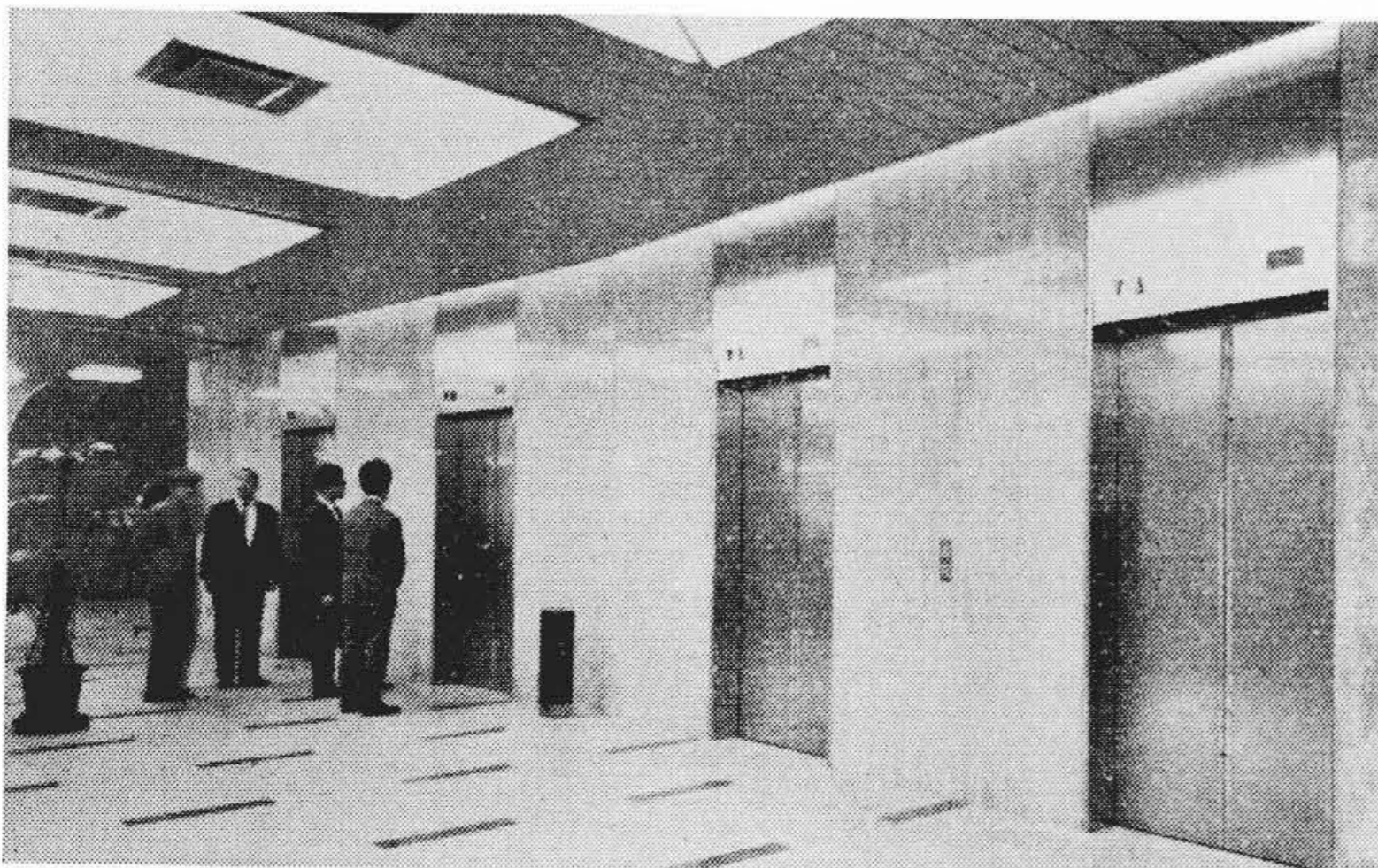
移行される。このような検出、管理はタイマーを骨子とする制御回路によって、すべて自動的に行なわれる。

また各階でのエレベータへの乗降状態は、光電装置およびエレクトロ・ドア・セーフティによって常に監視され、その監視結果に応じて、エレベータの出発間隔、開扉(かいひ)状態での待機時間なども適切な値に自動的に管理される。

一方エレベータの呼び寄せ、操作などのためのホール・ボタンや運転盤にはエレクトロ・ボタンがあり、軽く指を触れるだけで動作するという近代感覚にマッチした軽快、確実な運転、管理機構の導入部となっている。



第2図 電子装置を組み込んだ管理盤



第1図 エレクトロニクス化された全自動群管理エレベータ



第3図 操作の容易な自動車用エレベータ

* 日立製作所水戸工場

このように、電子装置を駆使することによってエレベータの能率と安全さはより高められ、ひいては経済的な効果をも生み出すが、これら電子装置への依存度が高まるにつれ、電子装置の信頼度が不可欠の要素となる。

一般に任意の時間 t における機器の信頼度 $R(t)$ は、各要素の信頼度を $R_i(t), i=1, \dots, N$ とすると

$$R(t) = \prod_{i=1}^N R_i(t) \dots\dots\dots (1)$$

であり、一方瞬間故障率 $\lambda(t)$ は

$$\lambda(t) = \frac{dR(t)}{dt} \cdot R(t) \dots\dots\dots (2)$$

ここでその機器の運転率を α とすれば

$$R(t) = \exp\left(-\sum_{i=1}^N \int_0^t \alpha_i \lambda_i n_i dt\right) \dots\dots\dots (3)$$

となる。

このように制御系全体の信頼度 R は、構成要素の数、およびそれぞれの信頼度、運転率の指数関数として直接左右される。たとえば閉扉動作一つをとりあげても、エレクトロ・ドア・セーフティ、光電装置での検出につづき、のべ6種のタイマーによる計時を経て、はじめて閉扉条件が成立する。したがって、エレベータの一つの運転動作に対して、多数の電子装置が直列の系統を構成し、信頼度上の構成部品は相当の数におよぶ。

またひん度について考えると、たとえば光電装置の場合昼夜をわかつたビームを照射しており、回路の大部分は連続通電の状態にある。しかも乗客が乗降するたびにビームが遮断されて動作を繰り返す。統計によればエレベータは1日に二千数百回の起動、停止を行ない1回の停止ごとの平均乗降客数は4.2名であるといわれている。したがって光電装置は1日にのべ一万回前後の開閉動作を行なうことになる。

このようにその構成部品の数およびひん度などの過酷さにとまなない、当然個々の部品にはきわめて高度の信頼度が必要となる。かりに8台の全自動群管理方式のエレベータの場合について計算すると1,000時間の無保守を条件とすれば、個々の部品の信頼度指数としての故障率は 10^{-6} 以上が要求される。

トランジスタなど半導体は開発されてから約10年、取り扱う周波数と耐電圧、出力、コストの面で急速な進歩をとげるとともに、一方高信頼度化が重視され、年々新しい品種が発見されている。これら高信頼度のトランジスタでは老化故障に至るまでの寿命は少なくとも $10^5 \sim 10^6$ 時間以上であり、真空管などのそれに比べると非常に長い。したがって、あらかじめエージングなどの処理によって初期故障を根絶してあるトランジスタについては、偶発的に起こる故障のみを問題にすればよい。一般に1,000時間の不良率でトランジスタなどの信頼度を表わしているが、 10^{-8} 程度の高い信頼度を有するといわれている。

以上信頼度の面から論ぜられる誤動作、故障のほか、エレベータの運転能率に直接影響する電子装置のわずかな特性の変化もまた問題となる。電源電圧、周囲温度、湿度のような変動要因の存在は一般の各種装置と同様であるが、さらにエレベータの制御回路を直接開閉するという大きな容量が要求される。かご内に設けられるものは直接振動を受け、また機械室との間に長距離の配線をめぐらせるため、これらの対地容量が問題となり、並行して直流および交流の各種制御回路が走る関係から、サージや誘導障害のおそれも多い。

このような諸問題の予防保全については、メーカーとしても綿密な設計、検査を行なって解決しているが、一方ユーザーにおかれても当初のエレベータの設置計画に際し、これら諸問題と実効果の関連について十分ご考慮いただきたいものと考えている。

3. 電子装置

3.1 SM形エレクトロ・ドア・セーフティ

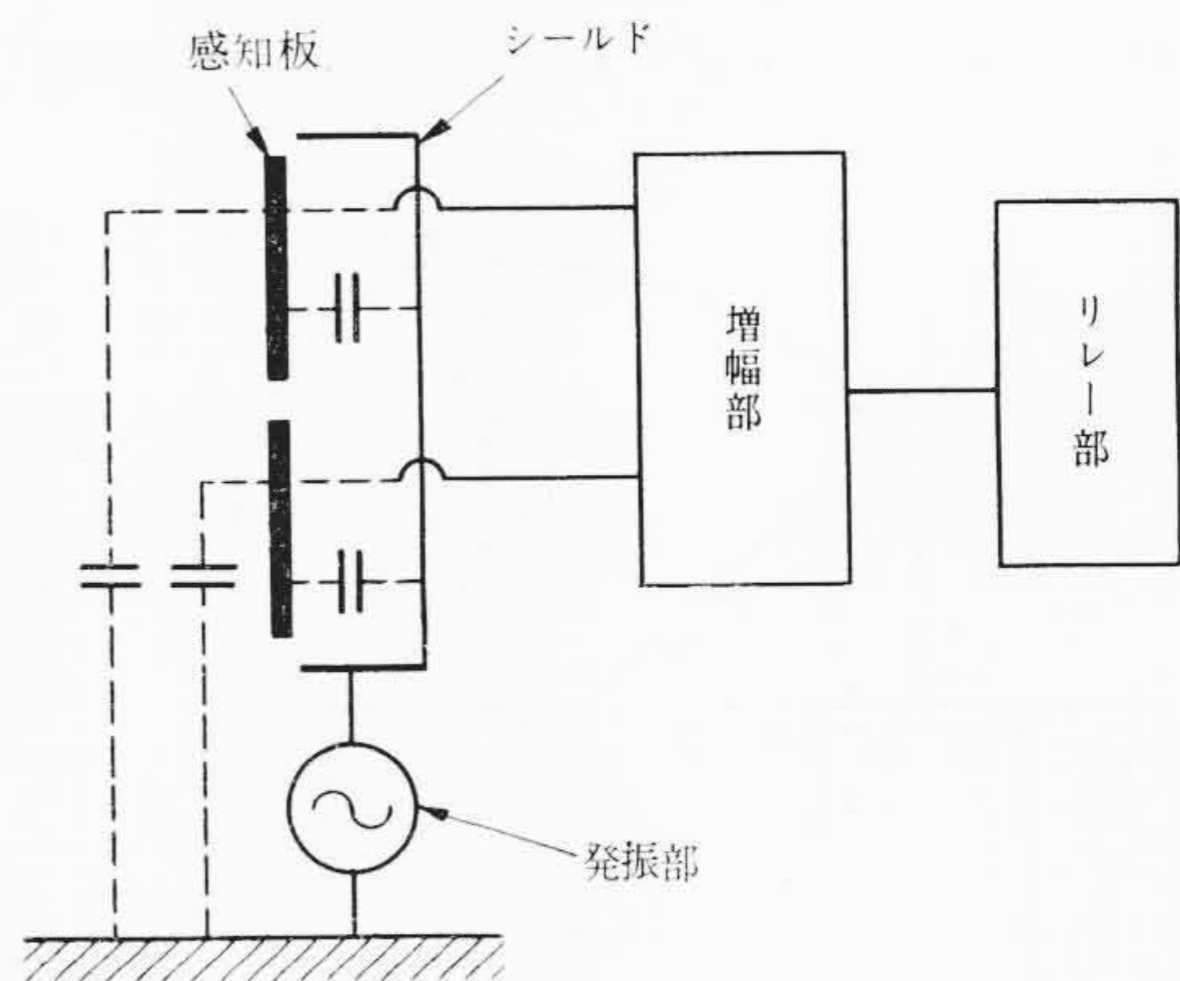
3.1.1 回路と動作原理

全自動エレベータは一般に停止後一定時間がたつと自動的にドアがしまり出発するが、しまりかけたドアに乗客がはさまれることを防ぐ安全装置として、エレクトロ・ドア・セーフティがある。すなわちエレクトロ・ドア・セーフティでは乗客が近づいたことを電気的に検出して、電動ドアの開閉を自動的に制御するものである。乗客が出入している間は開扉状態を続け、また閉扉途中に乗客が乗り込んできた場合などは、ただちに反転開扉されるものである。この種の電気的ドア安全装置は国内ではまったく新しいものであり、エレクトロ・ドア・セーフティは日立製作所の独特の新鋭製品である。

エレクトロ・ドア・セーフティの検出部はシールドと2枚の感知板とからなり、かごのドア・カバーの内側に、鉛直に取り付けられ、これに高周波電源が加えられていて、人や障害物が接近すると感知板に対する対地容量が変化することを利用している。いうまでもなくドアは戸当たり面に向かって閉扉して行くが、これら閉動作により当然おこる対地容量の変化にはブリッジ方式をとりいれて



第4図 エレクトロ・ドア・セーフティ



第5図 エレクトロ・ドア・セーフティのブロックダイヤグラム

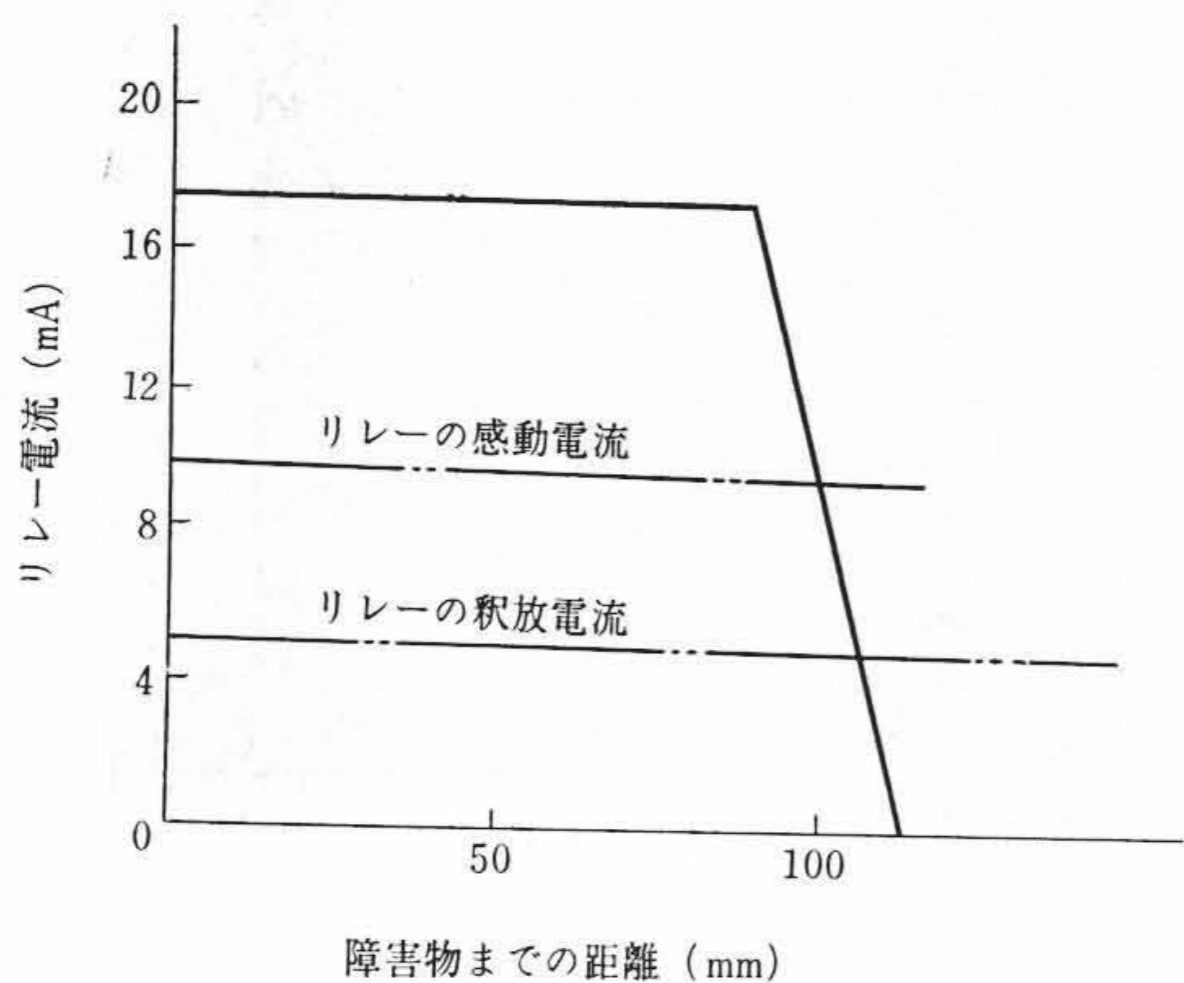
影響を受けないよう考慮されている。第5図は本装置のブロック・ダイアグラムを示す。シールドはこのように検出部のブリッジ回路を形成するばかりでなく、これによってドアの係合装置やドア開閉リンク、レバーの動きなどによるじょう乱を防止している。

交流および直流増幅部はそれぞれ2段から成り、いずれもトランジスタおよびダイオードによる半導体回路を採用している。通常の状態でも感知板には相当のストレイ容量が存在し、しかも障害物が接近してもわずか 10^{-1} pF 程度の微小容量が変化するのみである。したがってストレイのわずかなずれも雑音となって誤動作を招くおそれがある。かごのドアに設けられた単一のエレクトロ・ドア・セーフティによって各階での検出を行なうため、階床ごとにおけるハッチ・ドアとの関連とくに係合寸法の不均一や、エレベータの着床差などもまたノイズ・レベルの変化となる。エレクトロ・ドア・セーフティの検出部増幅回路にはとくにノイズ・レベルのバラツキやドリフトに対する方策が綿密に施されている。またアンテナをおおうカバーは直接外気にさらされ、乗務員や乗客の手が触れるので、湿気や手あかなどによってストレイ容量の変化せぬよう、特殊な絶縁材料で作られている。

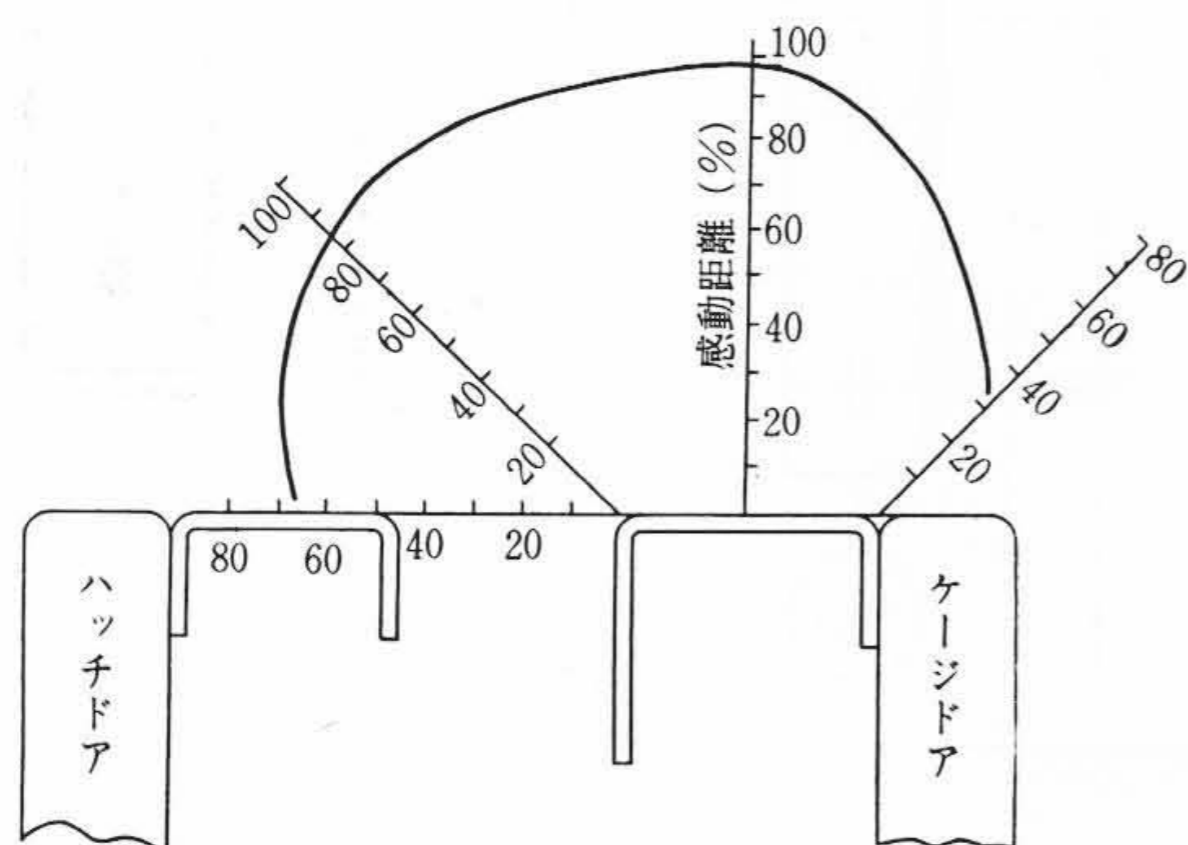
SM形エレクトロ・ドア・セーフティは検出部を従来のセーフティシューのなかに組み込んで、閉扉動作時には検出部を前方に繰り出すことにより不慣れた乗客にも安全装置の所在を強調するなどの心理効果をねらうとともに、より高度の安全性を確保している。一方SF形エレクトロ・ドア・セーフティにおいてはこれらの機械的な安全装置と併用せず、電気的のみによって実用することもできる。

3.1.2 感度特性

エレクトロ・ドア・セーフティによってしまりつつあるドアを反転開扉する場合、ドア駆動装置の電気的および機械的な慣性があり、リレーが動作してから反転するまでにドアは惰行するため、検出範囲をドアの先端から若干の距離にとる必要がある。第6図は理想状態に調整されたSM形エレクトロ・ドア・セーフティ



第6図 エレクトロ・ドア・セーフティの感度特性



第7図 水平方向の感度分布

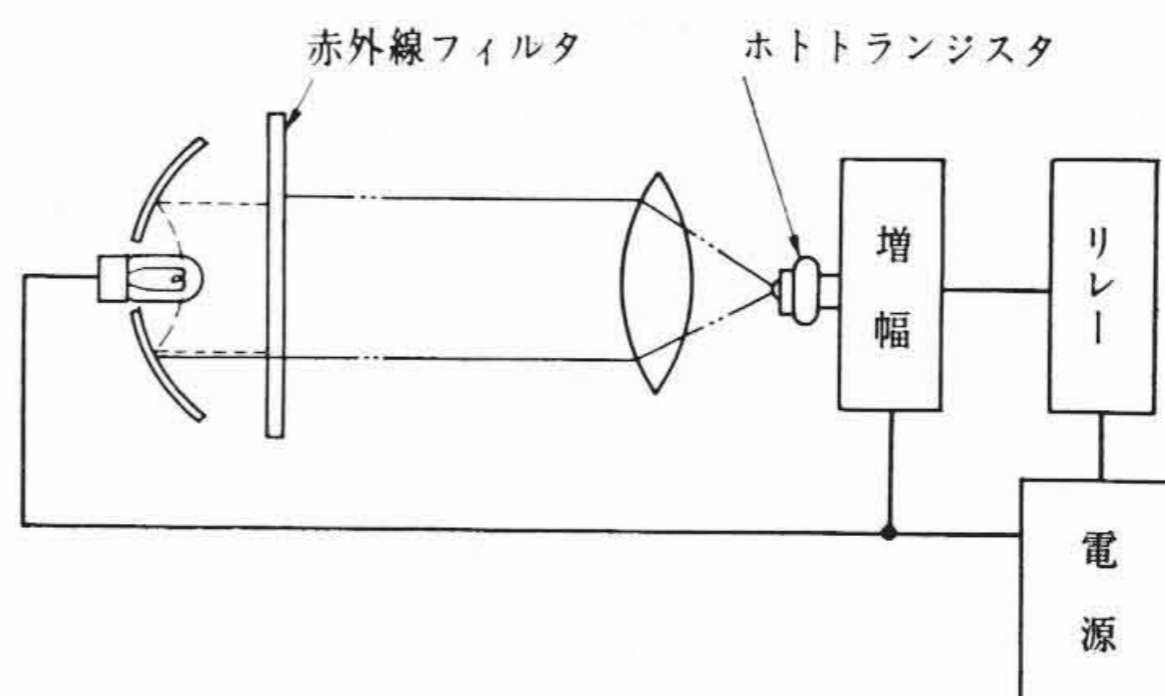
のドア前方への感度特性、すなわち人体のような障害物までの距離に対するリレー電流の特性である。第7図に床から1,200mmの高さにおける水平方向の検出特性を示す。

ドアの閉動作につれて各感知板の対地容量は変化するが、ブリッジ方式の採用によってバランスが保たれ、リレー電流はまったく変化しない。ただし極端に閉端へ近づくと各部の寸法的な誤差によってアンバランスを生ずるので、閉端直前ではこの装置を切り放すよう工夫されている。しかし前述のとおり検出帯がドアの前方十分な距離をもっているため、閉端直前で切り放しても物がドアにはさまるチャンスはまったくありえない。

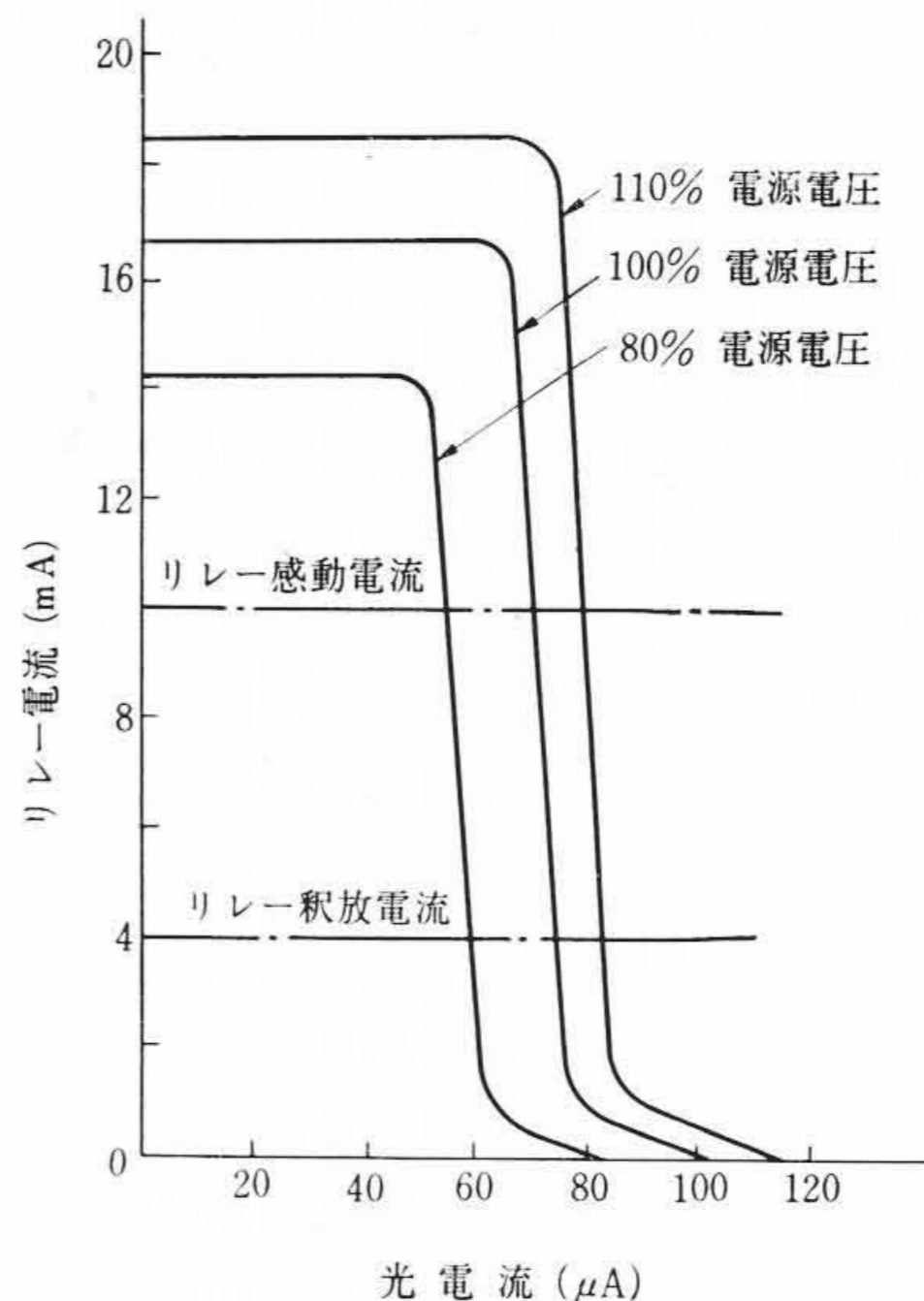
3.2 PH形光電装置

PH形光電装置の基本回路は第8図のとおりである。その動作原理は周知のものとは大差ないが、おもな特長は下記のとおりである。

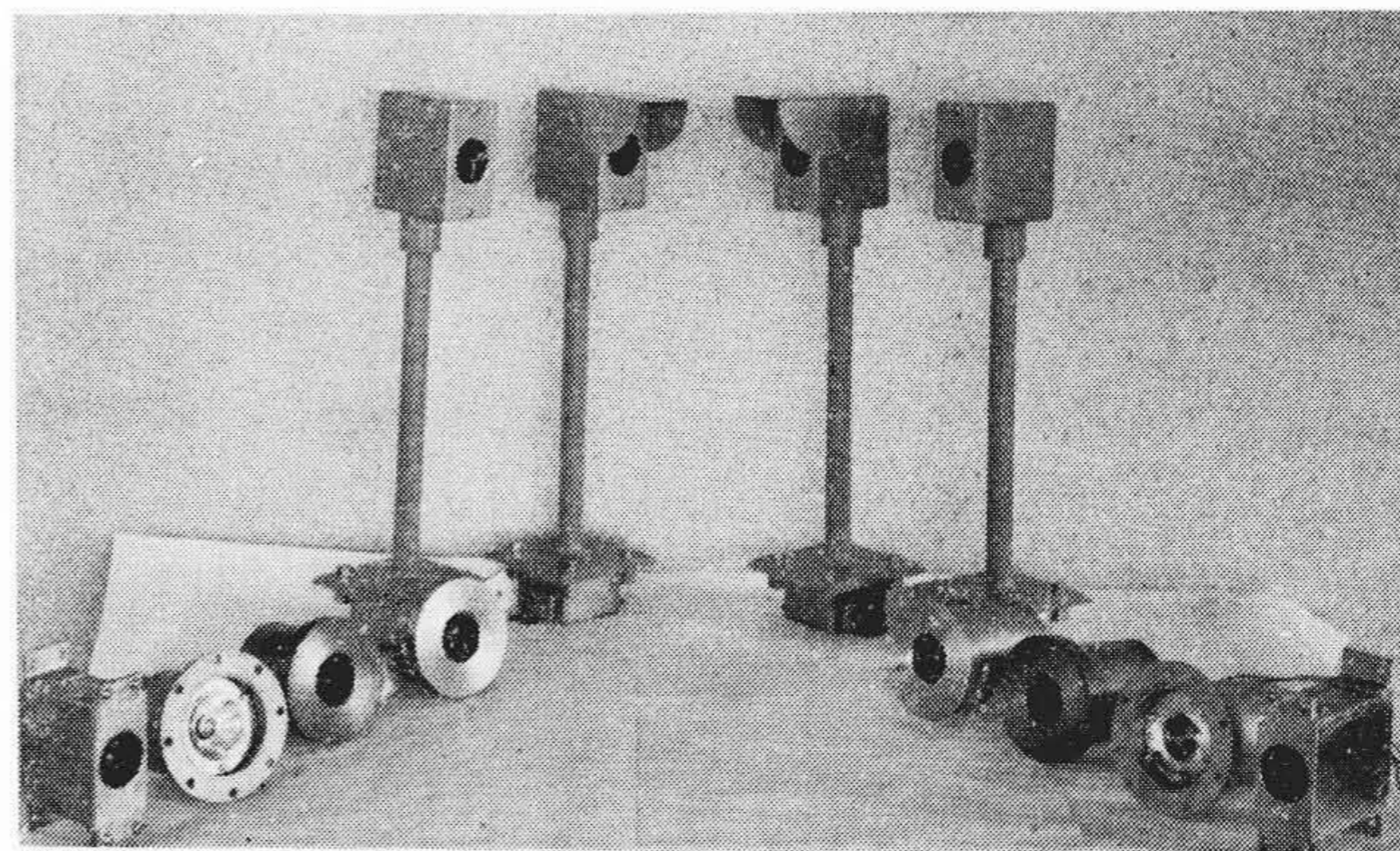
- (1) 光線はまったく不可視の赤外線ビームとなっている。
- (2) 受光検出部はホトトランジスタから成り、増幅部はシリコントランジスタを用いたスナップ・アクション式の回路となっている。(第9図参照)
- (3) 光源ランプの断線、受光回路の誤動作に対しては簡単な検



第8図 PH形光電装置のブロックダイアグラム



第9図 リレー電流特性



第10図 PH形光電装置の各種投・受光器

出回路を設けるなど、考える外乱に対し、フル・プルーフされている。

光電装置の用途としては、高級乗用エレベータのドア安全用のほか、自動車エレベータにおける呼び寄せ、満載検出、乗り込み位置のチェックなど広範囲にわたっており、PH形光電装置には第10図および第1表のように用途に応じた各種の投・受光器が用意されている。

投光部には反射鏡を、受光部にはレンズを用いて光束の利用効率を高めているが、投・受光器の据え付けまたは埋込みの精度にも限度があるため、その光学軸を据え付け後調整できる機構を設けている。また屋外用などは直接日光、風雨にさらされるため光学系のごれ、結露などの予防策を施しており、長年月間安定な動作ができるよう考慮されている。

3.3 EB形エレクトロ・ボタン

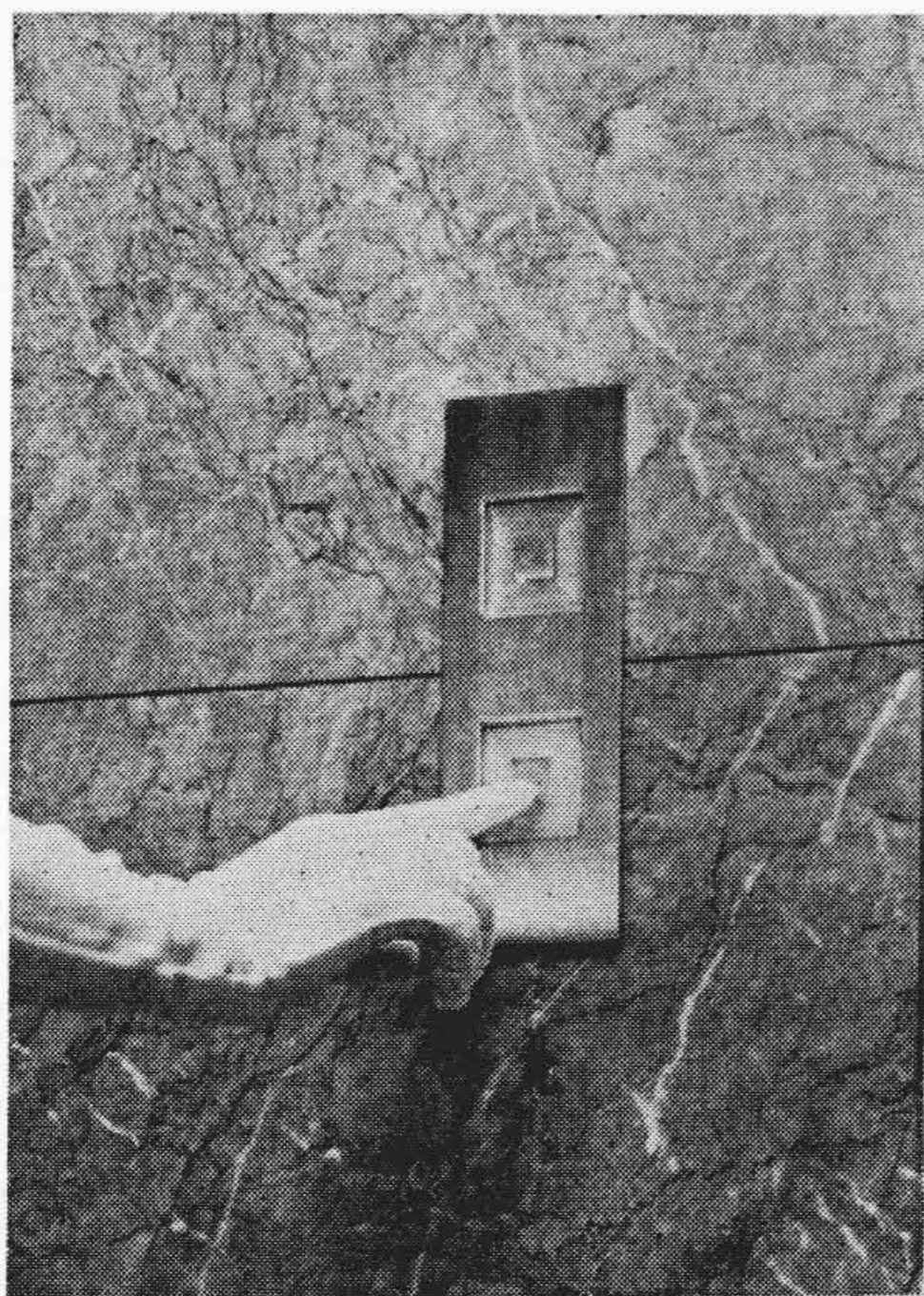
一般のスイッチは押すまたはひねるなどの操作により内蔵接点を開閉するが、これに対してエレクトロ・ボタンは軽く触れるだけで動作し、しかも動作するとボタンが明るくかがやいて応答したことを示す。エレクトロ・ボタンはその操作の軽快さと洗練された意匠は近代感覚にマッチしたもので、多くの人々から喜ばれている。その意味で高級エレベータにエレクトロ・ボタンをホールの呼び寄せボタンとして採用すればより効果がある。なおかごのなかの運転盤についても階床ボタンとして、エレクトロ・ボタンを応用することができる。

エレクトロ・ボタンのブロック・ダイアグラムを第13図に示す。ボタンに相当するアンテナに人が触れたときの対地インピーダンスの変化を増幅してリレーを動作させるものである。

この対地インピーダンスの変化はタッチ条件によって大幅に変化

第1表 PH形光電装置の投・受光器一覧表

形 式		取 付		形 状	主 な 用 途
投 光 器	受 光 器	取 付 場 所	取 付 方 法		
PH-LD	PH-RD	ケージ戸袋	ブラットフォーム前柱取付	角	ドア安全
PH-LB	PH-RB	ケージ側板裏面	ブラットフォーム前柱取付	丸	ドア安全, 満載検出
PH-LJ	PH-RJ	ジヤム	埋 込	丸	ドア安全
PH-LP	PH-RP	床 面	自 立	角	ドア安全, 呼寄
PH-LH	PH-RH	壁 面	壁 掛	角	ドア安全
PH-LW	PH-RW	壁 内	埋 込	丸	呼 寄
PH-LPP	PH-RPP	屋 外 床 面	自 立	角	呼 寄
PH-LHP	PH-RHP	屋 外 壁 面	壁 掛	角	ドア安全
PH-LWP	PH-RWP	屋 外 壁 内	埋 込	丸	呼 寄



第11図 ホール用エレクトロボタン

する。すなわち人が触れた場合のアンテナから大地に至る部分は、床-足-手-アンテナの各部に分解でき、それぞれたとえばリノリウムの床や、ゴム靴など各種の条件が組み合わされ、そのインピーダンスは温度、湿度、押圧力、面積などによって左右される。これらのうち手にはめた手袋の状態の手からアンテナに至る部分の条件が大きく影響する。

あらゆる場合に動作するよう感度を上げることは比較的容易であるが、実用上人が近づいただけでも誤動作することがあるので常識程度の条件に限ってのみ、確実に動作するよう各部が設計されている。

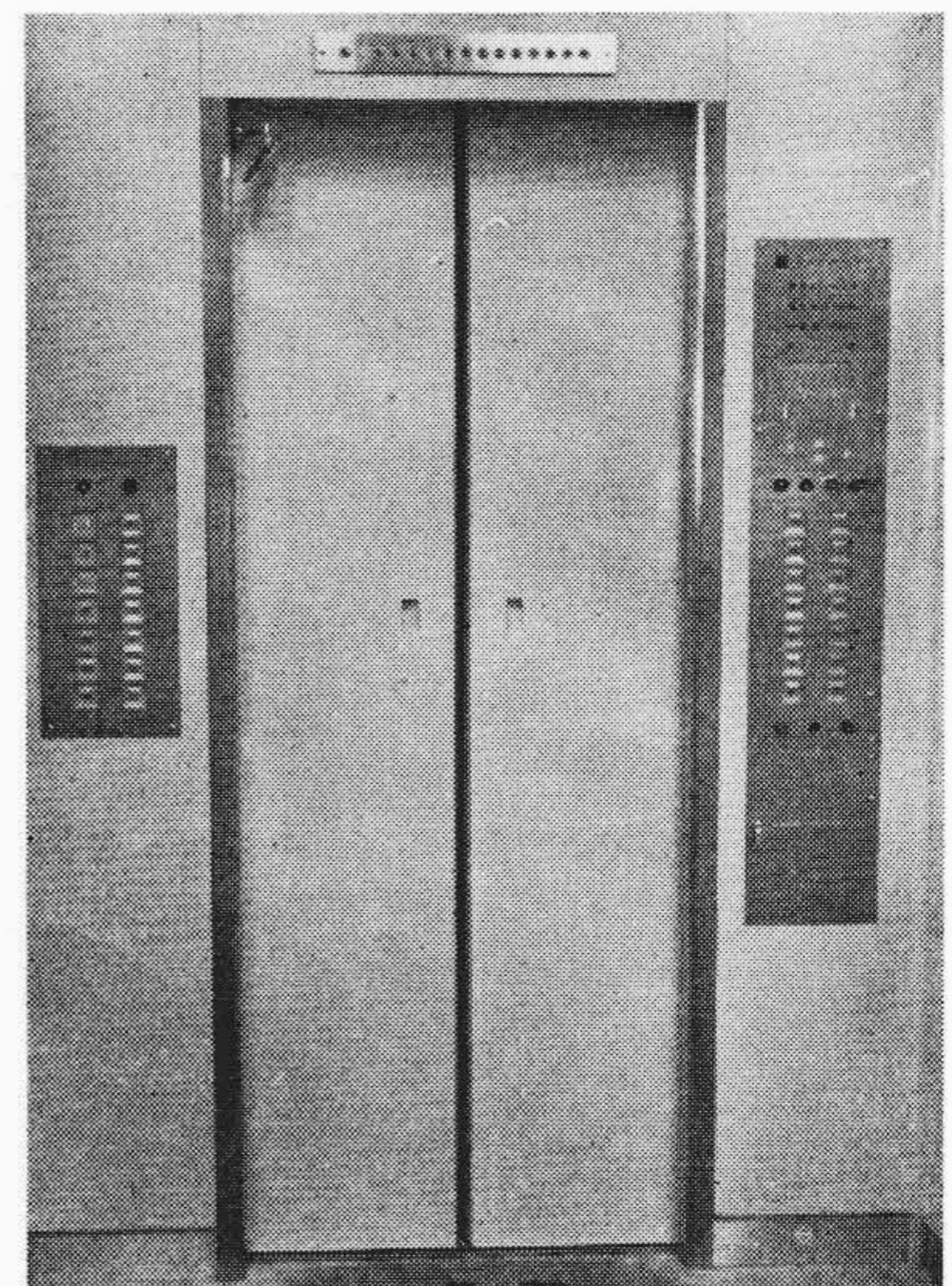
エレクトロ・ボタンの感度特性を第14, 15図に示す。第14図は種々のタッチ抵抗値に対するリレー電流をプロットしたものであり、第15図はタッチ容量に対するものである。

エレクトロ・ボタンは原理上回路の一端がアースされ、しかもボタンと機械室間に長距離の配線をめぐらせるため、並行して走るその他の回路の開閉によりサージが発生する。また実用時には塔内配線の絶縁をメガー・テストする必要がある。回路には全面的に半導体を採用しているため、これら誘導障害、サージなどに対する保護については特に考慮をはらっている。

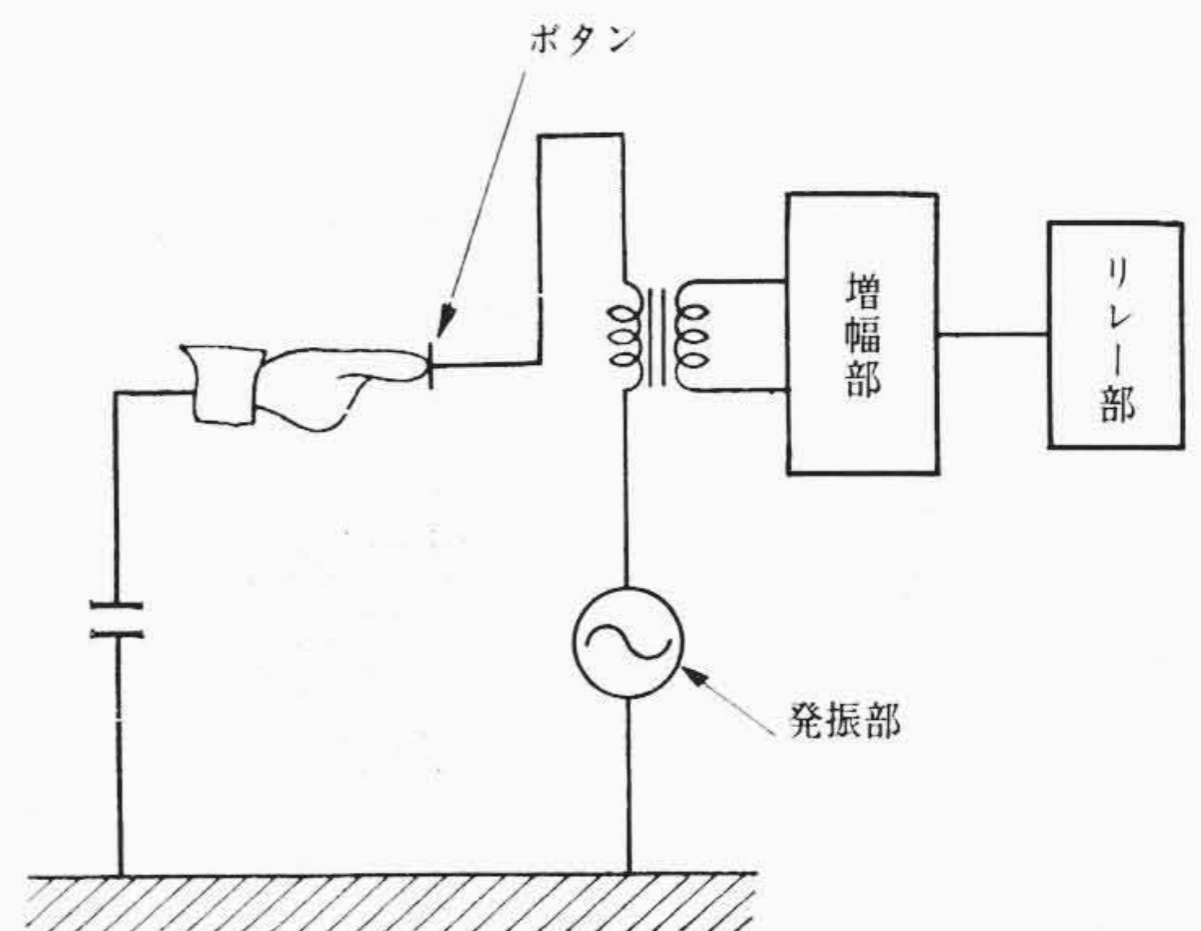
エレクトロ・ボタンはエレベータの制御回路への信号の導入部に相当し、動作の安定さは絶対条件となるが、第16図は実用状態にセットした場合の感度の経年変化について約300万回の寿命試験を行なった結果であり、これによれば特性のバラツキやドリフトは全然認められない。

3.4 TZ形タイマー

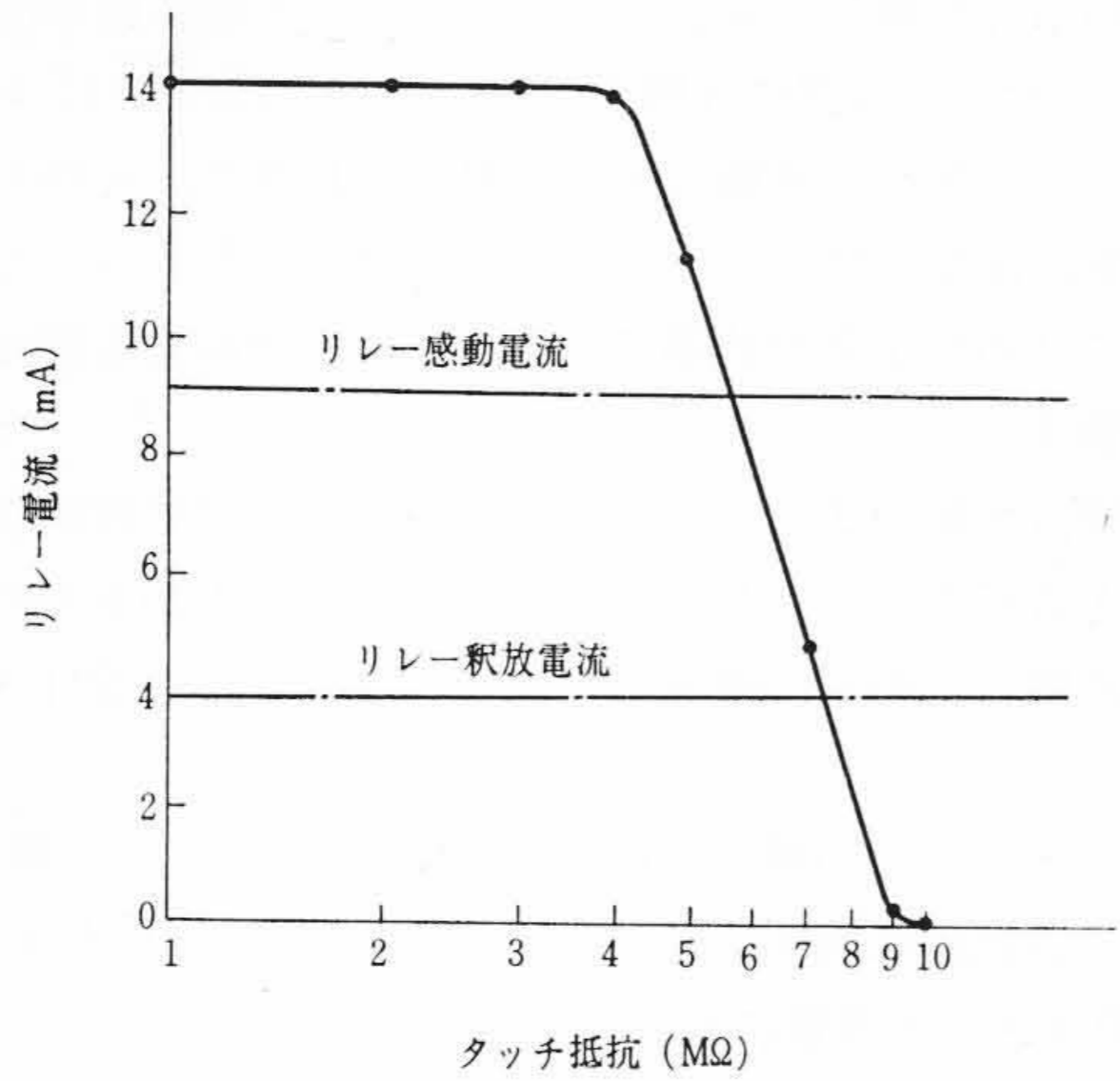
基本回路は第17図に示すとおりであり、抵抗 R_g 、コンデンサ C_g



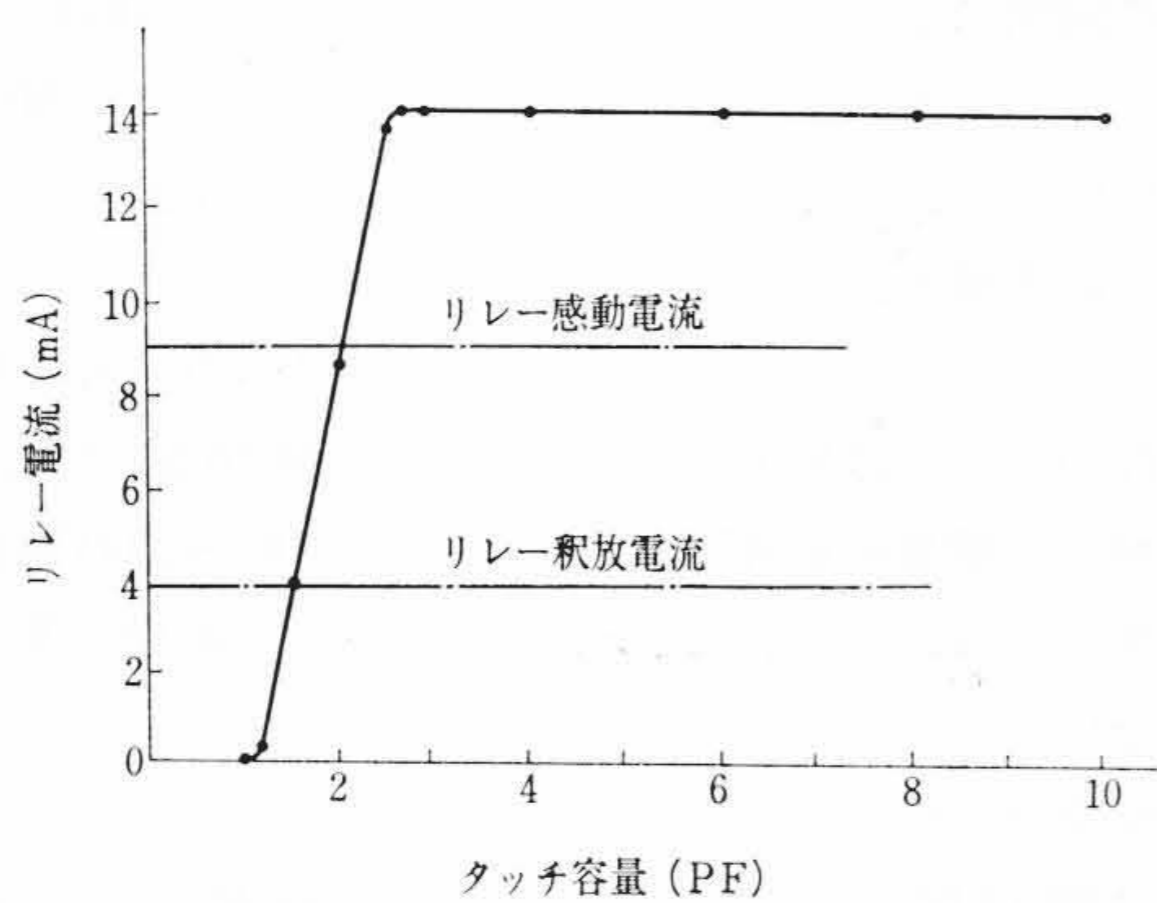
第12図 エレクトロ・ボタン化した運転盤



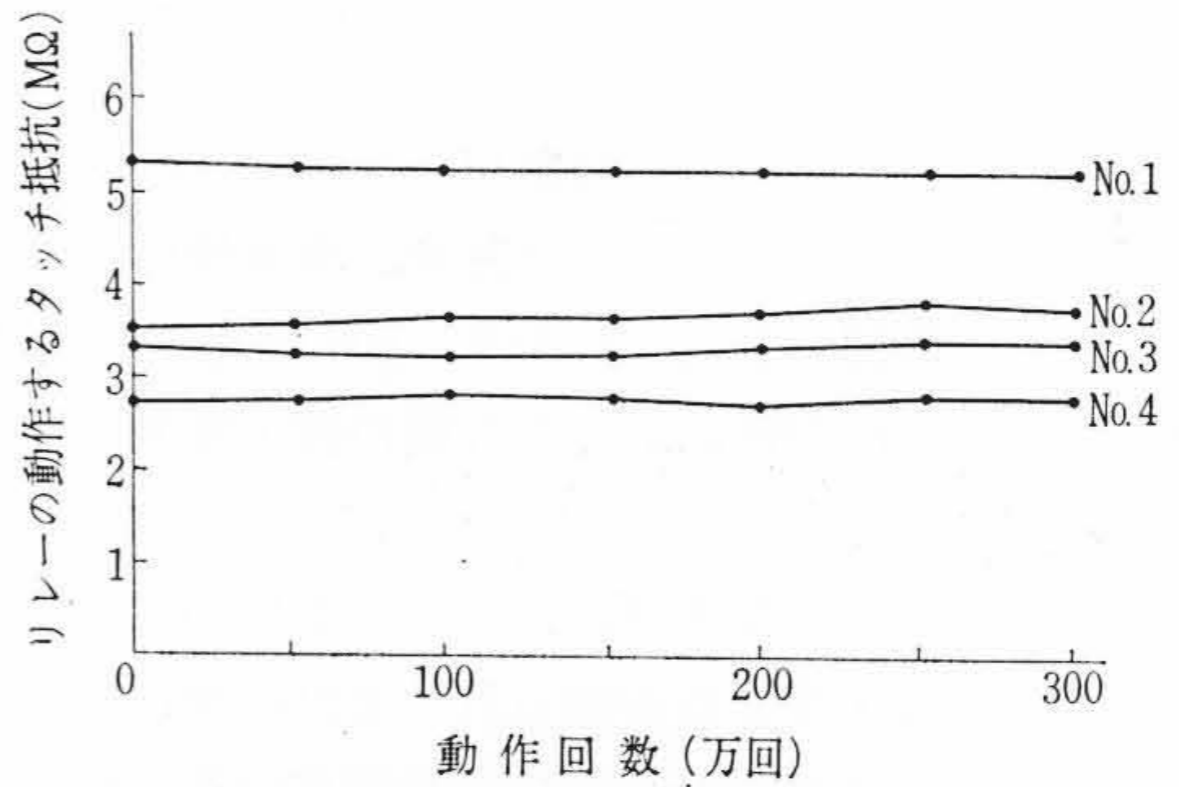
第13図 エレクトロ・ボタンのブロックダイアグラム



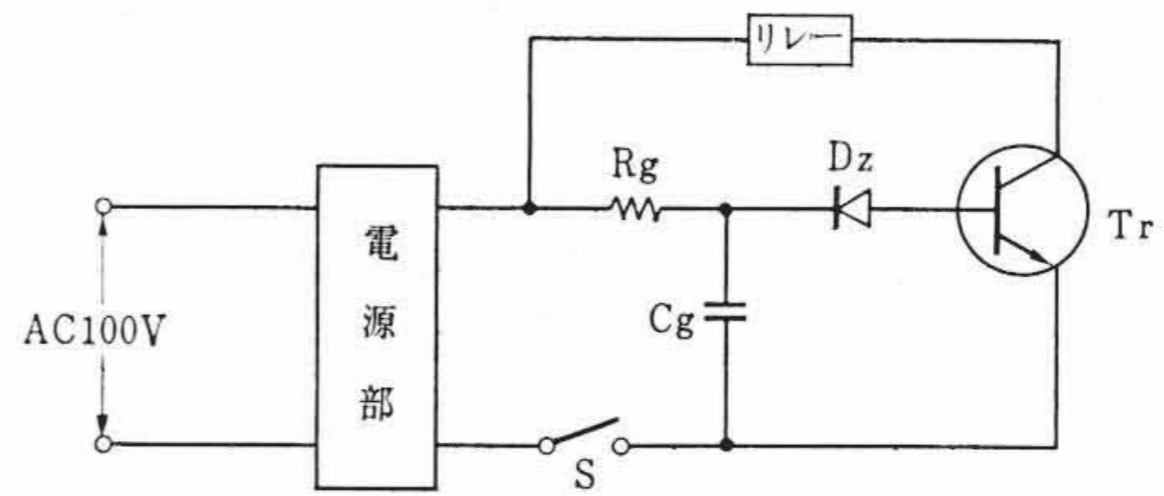
第14図 EB形エレクトロ・ボタンの感度特性



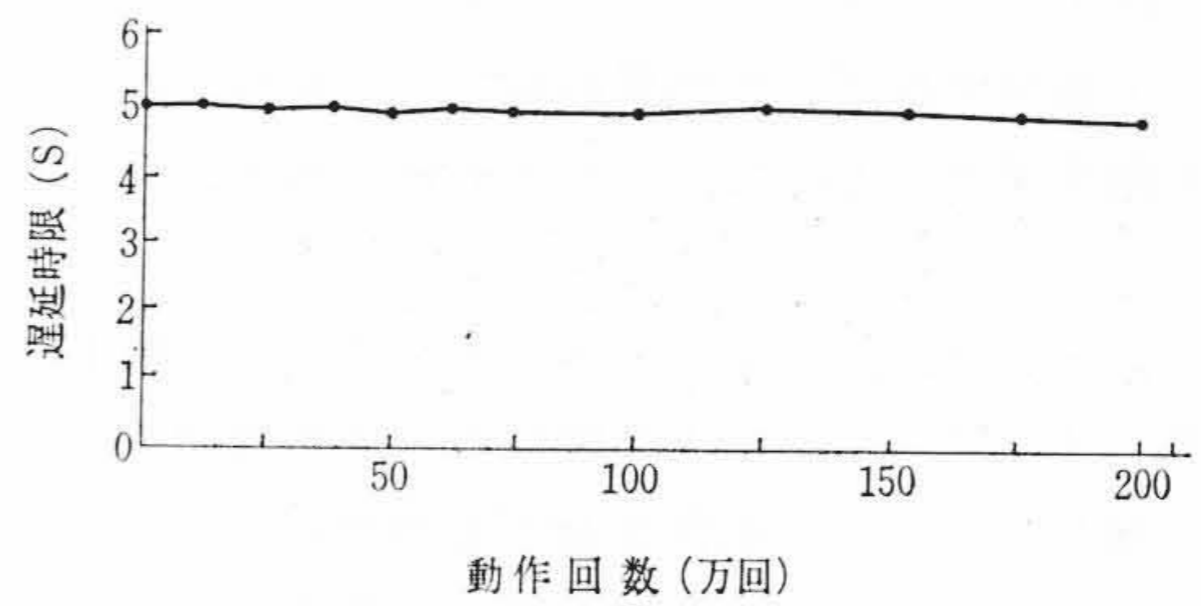
第15図 EB形エレクトロ・ボタンの感度特性



第16図 動作回数による特性の変化



第17図 TZ形タイマーの基本回路



第18図 動作回数による遅延時限の変化

第2表 TZ形ユニットタイマー一覧表

形式	時限			用途	備考
	MIN	MED	MAX		
TZ-A	2s	2.7s	3.5s	TV形MG起動	左の時限の内の1つに設定できる
TZ-B	3	5	7	閉扉用	左の時限の内の1つに設定できる
TZ-C	10	15	20	出発用閉扉制限	左の時限の内の1つに設定できる
TZ-D	30	45	60	援助・管理用	左の時限の内の1つに設定できる
TZ-E		120	180	MG停止管理用	左の時限の内の1つに設定できる
TZ-F	0.7	1.0	1.3	油圧EL用	左の時限の内の1つに設定できる
TZ-G	5	10	15	油圧EL用	左の時限の内の1つに設定できる
TZ-H	0.75~2		5	A形EL用	左の時限の内の1つに設定できる

の時定数により遅延効果を得ている。外部スイッチSが投入されると C_g の端子電圧が指数関数的に上昇し、この電圧がツェナー・ダイオード D_z のブレイク・ダウン電圧より高くなるとリレーが動作する。

たとえば8台の群管理全自動方式のエレベータ群には延84種の時限を制御に織り込んでいるが、そのためTZ形タイマーにはユニット式とマルチ式を設けて、スペースの低減を図っている。ユニットあるいはマルチ式とも上記の基本回路をもととしており、ユニット・タイマーの場合は外部端子の切り替えにより、3種の時限のうちの一つに設定することができる。一方マルチ・タイマーは数組のタイマーを一つの共通電源部により駆動するよう組み込まれており、同時に数種の時限を得ることができる。各種のTZ形ユニット・タイマーの時限をまとめると第2表のとおりである。

エレベータの運転能率を確保するには、これら多数個のタイマーの一つ一つの時限の変動を極力制限する必要がある。時限変動のファクタとしては電源電圧、周囲温度などがあり、電源電圧は広範囲に変化するため、タイマーの電源部には簡単な直列共振回路を設けて出力電圧を定電圧化している。またダイオード、トランジスタなど半導体は周囲温度により特性が大幅に変化するが、その保護回路

を設けて影響を打ち消している。このような各種の保護、予防策によって時限の変動はきわめてわずかである。たとえば電源電圧80~110%の変化による時限の変動は±3%、周囲温度0~40°Cに対して、±2.5%というすぐれた特性をもっている。

しかし、各種の保護回路を設けることは逆に信頼度の低下をまねくおそれもある。それゆえセルフ・ホールド機構を設けるなどにより、高信頼度の有利をそこなわぬよう回路を設計するとともに、実際に各種の模倣テストを繰り返して信頼性を確認しているが、その一例を示すと大略下記のとおりである。

- (1) 周囲温度 10~80°C での温度サイクル試験の結果時限のドリフトは±2%以下である。
- (2) 振幅0.5 mm、約1,000時間の振動試験に対しても同様±2%以下である。
- (3) 連続200万回の動作を繰り返しても、その間の時限のバラツキはわずか±1.5%以下である。(第18図参照)

4. 結 言

最近開発したSM形エレクトロ・ドア・セーフティをはじめ、TZ形タイマー、EB形エレクトロ・ボタン、PH形光電装置を駆使すればエレベータの自動制御はより高級化し、能率と安全はさらに向上する。これらの電子装置は中部電力本社ビル、NHK別館、横浜ビルなどに納入されて好調に運転を開始している。また東京新宿の朝日生命ビルには8台のコンピュータチック・トラフィック・プログラミング方式のエレベータ群を納入したが、かごのなかの運転盤にもエレクトロ・ボタンを採用している。

これらの実績をもとに、半導体を用いたその他の電子装置の開発について推進するとともに、これら電子装置の高信頼度化、安定化を鋭意研究する所存であり、おおかたのご叱責を願ってやまない。