

エレベータ制御装置の無接点化

Application of Contactless Control to Elevator Controller

弓 仲 武 雄*
Takeo Yuminaka

岩 坂 達 夫*
Tatsuo Iwasaka

要 旨

エレベータの技術的發展にともない、エレベータ制御装置はますますその信頼度を増してきた。それにつれて数多くの専用制御機器が開発され、制御装置は高性能化している。このような現状において、エレベータ制御装置をさらに小形化、高信頼度化するほか、保守作業の合理化を進めるためには適切な無接点化が必要である。

本稿では、エレベータ制御装置の無接点化について、エレベータ制御系の特質を総合的な見地から考察し制御系とその無接点化の適用範囲を検討するとともに、論理素子の決定要因ならびに新しく実用化した小形サイリスタの動作について述べ、最後に無接点化によって得られる効果について言及した。

1. 緒 言

ビルの高層、大形化につれて縦の交通機関であるエレベータは、その動作ひん度が1日2,000回以上にも及び、ビルの機能を左右する要因の一つとして高信頼度の運転が要求されてきた。

エレベータ制御系を大別すると、階床に関係して、呼び信号の選択を行なう信号回路と、かご駆動用主電動機速度制御などを行なう制御回路に分けられる。これらの回路には小形継電器、電磁接触器など専用に開発された多数の制御機器が必要となるが、エレベータの性能である乗心地、着床性能向上のために、制御系は高級化する一方、制御機器が増加するとともに高ひん度の運転責務に耐える必要がある。このような問題はエレベータ制御装置のみに限らず、産業用制御装置においても同様であり、最近半導体の経済的信頼度の向上を積極的に織り込んで半導体論理素子を採用し、無接点制御化を推進する傾向にある⁽¹⁾。

日立製作所ではエレベータ制御に無接点制御装置を採用するに際して、特に主体となる論理素子に重点をおいて研究を重ね、すでに昭和40年7月、釧路鉄道病院にエレベータ無接点制御装置の第1号機を納入し、好調な運転状態にあることを確認している。今回、さらに改良を加えて標準製品エレクトロロジック (Electlogic)⁽²⁾ を完成したので、その概要を述べるとともに、エレベータ制御装置の無接点化についての考察を行なった。

2. エレベータ制御系

2.1 制 御 系

エレベータ制御系は図2のようにブロック化される。エレベータのホールあるいは、かご内で生じた呼びは記憶回路で記憶され、信号選択、方向選択回路においてエレベータ位置と運行指令によって選択された後、エレベータの運転指令となる。また選択された呼び信号はエレベータ位置を検出することにより、減速指令、停止指令となって、エレベータを安全・確実に目的階へ自動着床させる。そのほか記憶のリセット回路、エレ

ベータ電動ドア制御回路が関連して動作する。なお、図2に示すように、これらの制御系において記憶・リセット・信号選択・方向選択回路を信号回路と称し、エレベータの運転方式により決定される。また、運行指令・減速指令・停止指令・電動ドア制御・出力回路を制御回路と称し、主回路とともにエレベータの駆動方式、速度などにより決定される⁽³⁾。

2.2 制御系の無接点化とその適用範囲

エレベータの運転ひん度は前述したように、1日2,000回にも及ぶため、制御系を構成する制御機器は高信頼度、長寿命が要求される。一方エレベータ制御装置は小形継電器、電磁接触器を主体としたリレー・システムをもとに設計されているため、回路上多数の接点構成よりなり、電気的、機械的な消耗などを考慮すると、これらの長寿命化にはおのずから限度がある。したがってこれらの保守点検の労力が増大することも考えられるが、また今後、高度な制御技術を採用するにしたがって構造上の点からも、できるだけ制御装置をコンパクトにする必要性も生じてくる。これらの点から制御系を静止化し、高信頼性、長寿命をはかるとともに、保守・調整を簡単にし、制御装置をコンパクト化することが無接点化のねらいである。

制御系の無接点化は上述した目的とあわせて経済設計となる範囲を検討する必要がある。このためには制御系の複雑な外部信号系統との関連および外部機器との関係を有機的に考慮しなければならない。

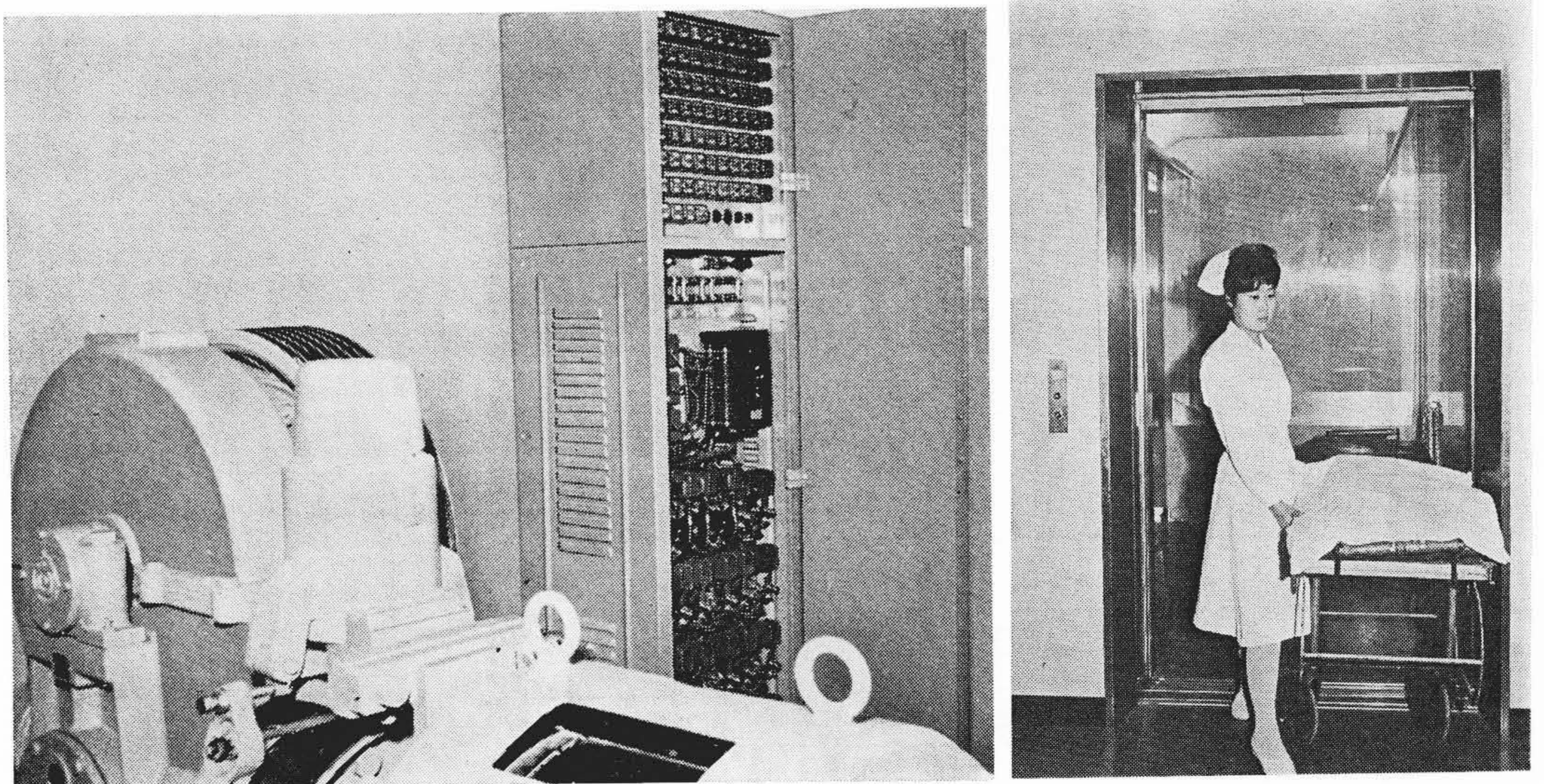


図1 釧路鉄道病院納 無接点制御エレベータ

* 日立製作所水戸工場

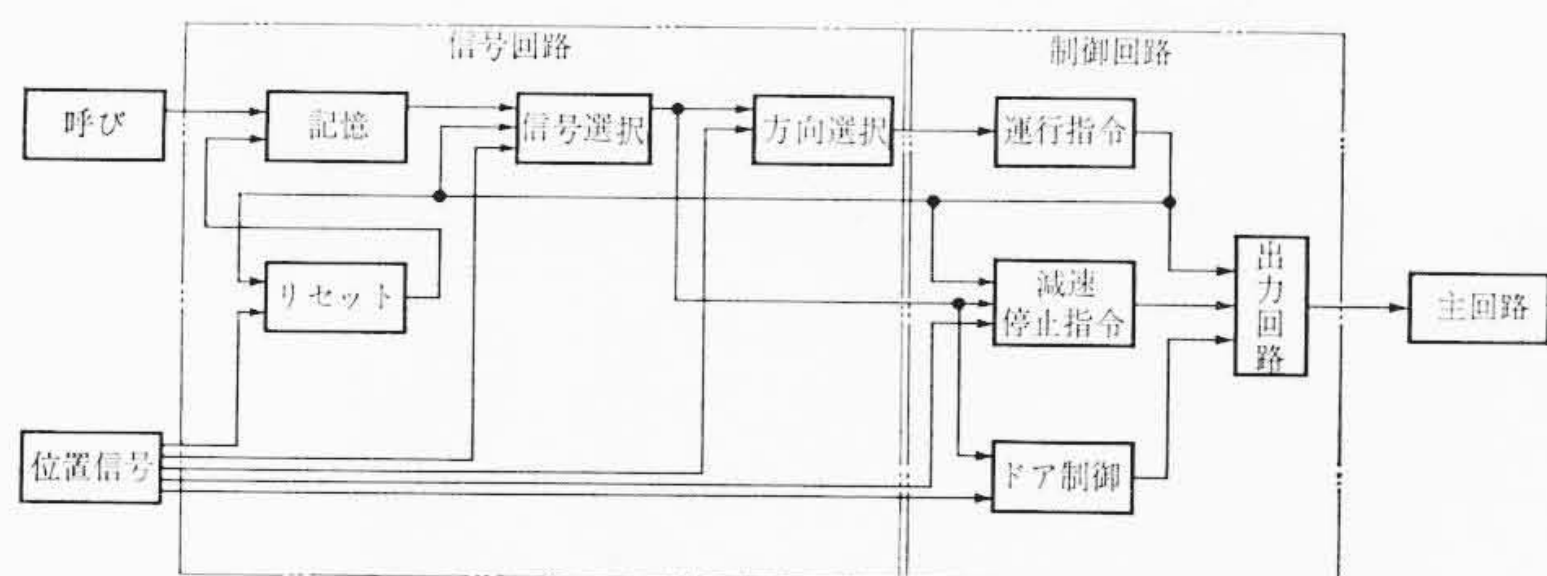


図2 エレベータ制御系ブロックダイアグラム

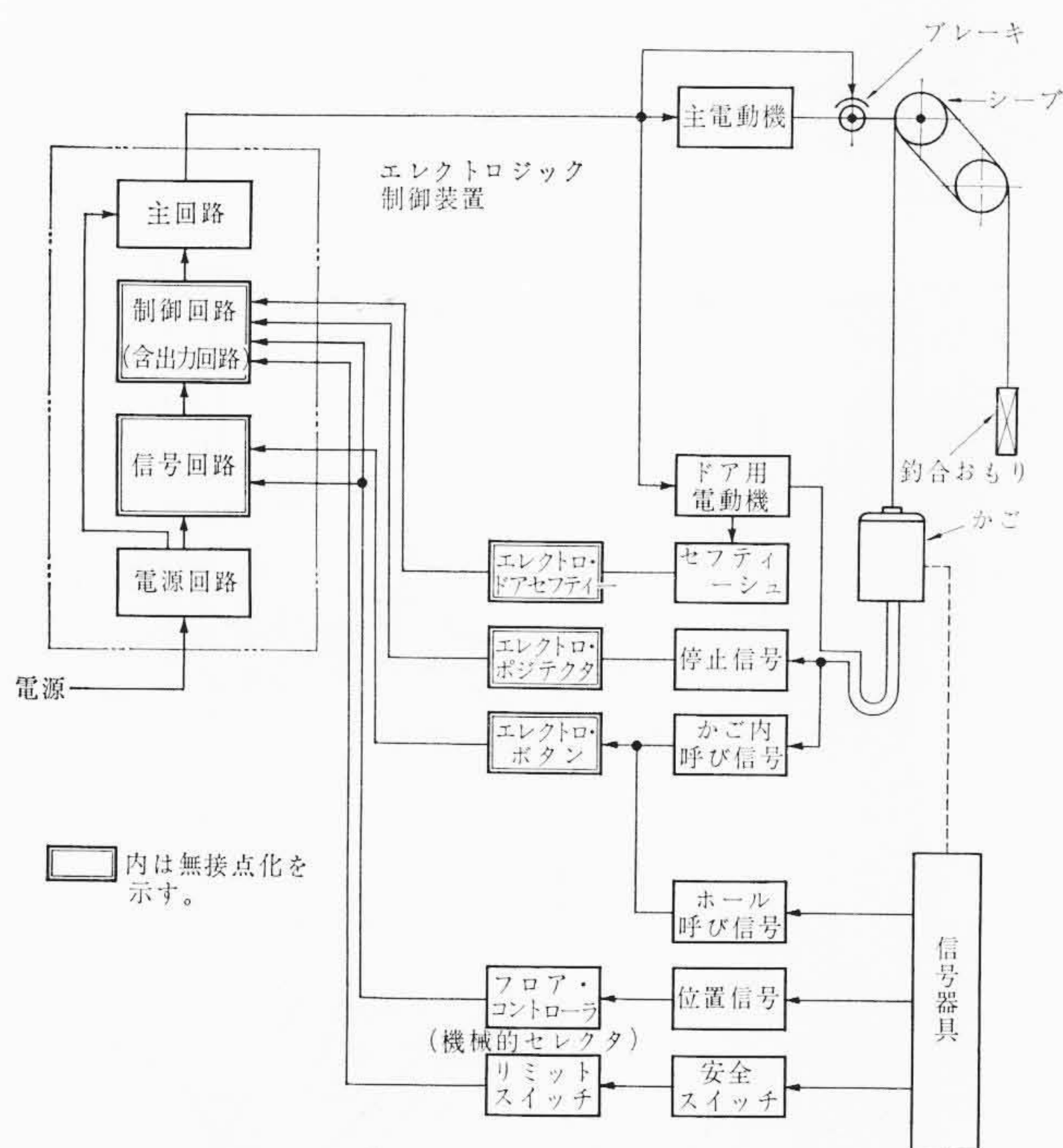


図3 エレベータ信号系統図

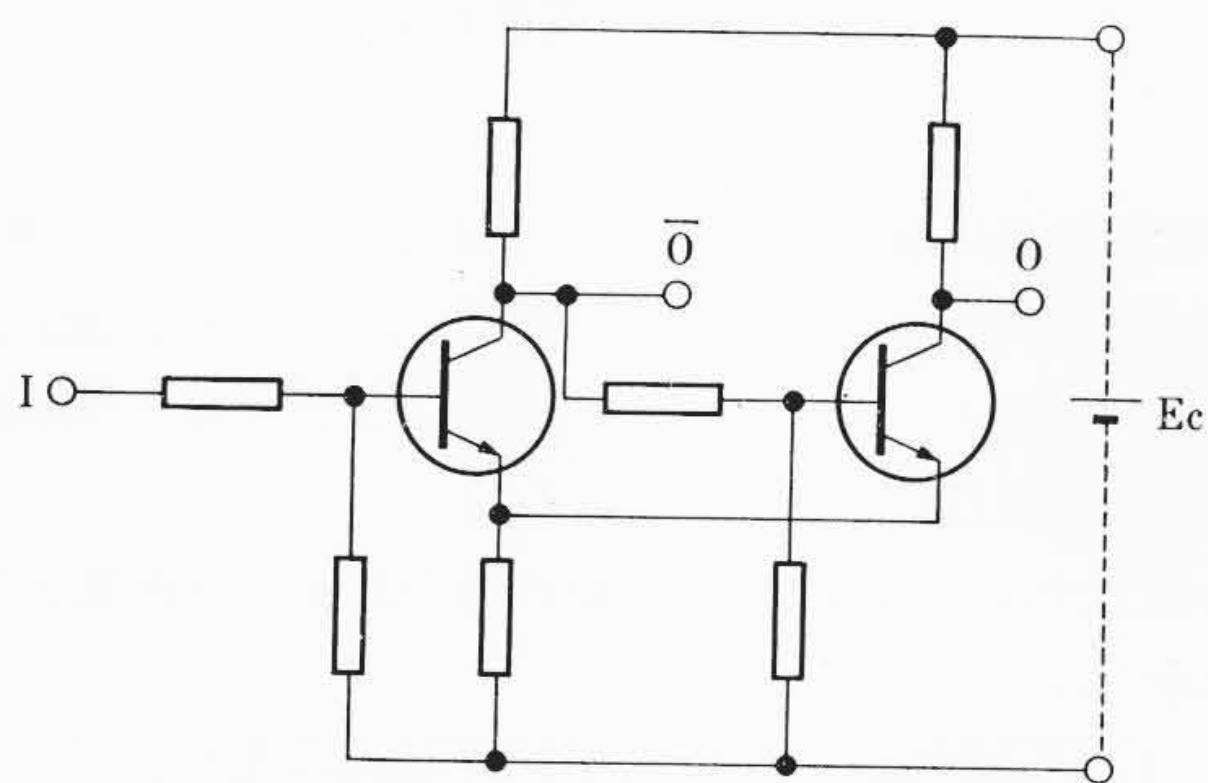


図4 論理素子基本回路

エレベータ制御系をさらに制御装置を中心とした信号系統を具体的に図示すると図3のようになる。エレベータの信号はホール、かご内などからばかりでなく、エレベータの運行と連動して位置信号を与えるフロア・コントローラ（機械的セクタ）から与えられ、これらが制御装置内の信号回路、制御回路で自動的にコントロールされる。

無接点制御装置は論理素子により静止的に回路を構成されるため、入出力関係も無接点化することが望ましい。図でも明らかなように入力関係は比較的容易に無接点化され、電子応用装置としてエレベータ専用開発されたエレクトロ・ボタンなど⁽⁴⁾の適用はきわめて効果的である。一方、出力関係として外部機器は比較的大容量のかご駆動用主電動機となるため、この部分の無接点化は経済的な見地からまだ得策でない。安全用スイッチなどはバックアップ用と

表1 ノイズの種類

種類	原因	防止法
外部ノイズ	ビル電源の動力系統の開閉 そのほか誘導ノイズ	制御装置入力側にサージアブゾーバ設置
内部発生ノイズ	・電動機主回路の開閉 ・電磁接触器の開閉 ・蛍光灯などの開閉	発生源にノイズ防止回路 (たとえばコンデンサなど) を設置
電磁誘導	強電回路と隣接	・シールド線使用 ・配線を分離 ・配線を燃架
	テールコード	テールコードを信号線とそれ以外とを分離

して現状のままにすることもまたやむを得ない。図3はこれらの無接点化の範囲について図示してある。

3. 論理素子

3.1 論理素子決定の要因

論理素子としてはよく知られているように、磁気増幅器、半導体など種々のものがあるが、いずれを採用するかは信頼性、環境条件、経済性、取扱いやすさなどにより、決定しなければならない。筆者らはこれらを十分検討した結果、エレベータ制御装置には半導体による論理素子の採用が有利であると考えた。半導体論理素子を採用するには次の点を考慮する必要がある。

(1) 温度

エレベータ制御装置を設置するエレベータ機械室の室温は JIS-A-4301 にて 0~40℃ と規定されているが、一般のエレベータ機械室に関して温度補償たとえば空調装置などがすべてのビルに完備されることは期待薄であり、夏季には規格を若干うわまわり 40℃ をこえることもあると推定される。このため論理素子は万一、このような環境においてもいちじるしい特性変化が生じないように信頼性に関する十分な対策を行なう必要がある。

(2) ノイズ

エレベータ制御系におけるおもなノイズをまとめると表1のようになる。これらはただ一つの原因で発生するよりも、いくつかの原因が重なりあって発生する場合が多く、その実体をつかむことは非常に困難であり、理論的な解析はむずかしいが、適当な保護手段によって防止することができる。

(3) チャタリング

エレベータ制御系において、法規に規制される安全用リミットスイッチ、フロア・コントローラなど無接点制御系においても有接点のまま使用されるが、万一、これらの接点にチャタリングが生ずると、論理素子が応答し、制御装置の誤動作をひきおこすことになる。このために特殊入力素子、あるいは防止回路により解決をはかる必要がある。

3.2 論理素子

半導体論理素子を決定する要因として前述の周囲温度、ノイズなどがある。論理素子構成部品の中で、特に半導体の特性選定上の考慮が必要であり、たとえば温度に関して、少なくとも 50℃ 以上の高温においても特性変化の少ないものを選択する必要がある。このため半導体として、ゲルマニウム系よりもシリコン系を採用することが望ましい。また、ノイズは誤動作の原因となるばかりでなく、論理素子の寿命を左右する要因となるので論理素子の信号レベルを高め、SN比を大きくすることが必要である。そこで、筆者らは論理素子電源電圧を 24V とし、シリコン・トランジスタによる論理素子基本回路を図4に示すようにエミッタ結合形を採用した⁽⁵⁾。表2はエレベータで使用している論理素子の一覧表であるが基本論理素子のほかに、特殊論理素子を数種類用いた。

表 2 日立エレベータ使用論理素子一覧表

	名 称	等価接点回路	備 考
基本論理素子	論理積素子 (And)		I ₃ は禁止
	禁止素子 (Inhibit)		論理和or. 否定not の機能を有す I ₃ は禁止
	記憶素子 (Memory)		0は自己保持接点
特殊論理素子	出力素子 (Out put)		電磁接触器などを駆動
	遅延素子 (Delay)		入力印加後一定時間後 出力をだす
	ポジテクタ結合素子 (Positector)		交流信号を直流信号に 変換
	微分素子 (Differential)		入力印加後一定時間 だけ出力をだす
	増幅素子 (Buffer)		多数の論理素子を駆動

4. 特殊論理素子

特殊論理素子としては前述したとおり、出力素子、遅延素子などがある。ここでは出力素子についてその特質と動作原理について説明する。

4.1 出力素子

エレベータ駆動用主電動機は比較的容量が大きく、その主回路を無接点化することは経済的信頼度の面から現状では得策でないこともすでに述べた。したがって無接点制御装置において制御回路の出力信号により、主回路の開閉に対して従来どおり用いられる電磁接触器を駆動するためには適当な結合手段が必要である。この方法として、たとえば小形継電器による方法もあるが、継電器の接点を補助的に使用するため主回路の信頼性を確保するという見地から判断して不十分である。したがって、結合素子として、小容量サイリスタを用いたきわめて経済的な出力素子を実用化して⁽⁶⁾、制御回路の出力信号により直接、電磁接触器を駆動することにした。

一般に、サイリスタにより負荷にインダクタンスがある直流回路のスイッチング動作を行なう場合、消弧回路は複雑となる。しかし、今回実用化した出力素子は誘導負荷となる直流電磁接触器を簡単な消弧機構にて迅速、確実に作動する。図 5 に示すとおり、この出力素子はコンパクトなため 5 組をプリント化できることも特長といえる。

4.2 出力素子の動作原理

サイリスタはゲート信号により容易に点弧できるので、ここではサイリスタの消弧について説明する。その原理回路を図 6 に示す。

全波整流された電圧を電磁接触器 L, R に印加し、サイリスタが導通すると、電磁接触器を流れる電流 i_L は (1) 式となり、容量 C 、抵抗 r を流れる電流 i_C は (2) 式となる。

$$i_L = \frac{2E_m}{\pi} \left\{ \frac{1}{R} - 2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\cos(2n\omega t - \theta_{2n})}{(4n^2 - 1)\sqrt{4n^2\omega^2 L^2 + R^2}} \right\} \dots (1)$$

ここで

$$\theta_{2n} = \sin^{-1} \frac{2n\omega L}{\sqrt{4n^2\omega^2 L^2 + R^2}}$$

$$i_C = \frac{8\omega C E_m}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{n \sin(2n\omega t - \varphi_{2n})}{(4n^2 - 1)\sqrt{1 + 4n^2\omega^2 C^2 r^2}} \dots (2)$$

ここで

$$\varphi_{2n} = \sin^{-1} \frac{2n\omega C r}{\sqrt{1 + 4n^2\omega^2 C^2 r^2}}$$

なお各式に用いた記号は次のとおりである。

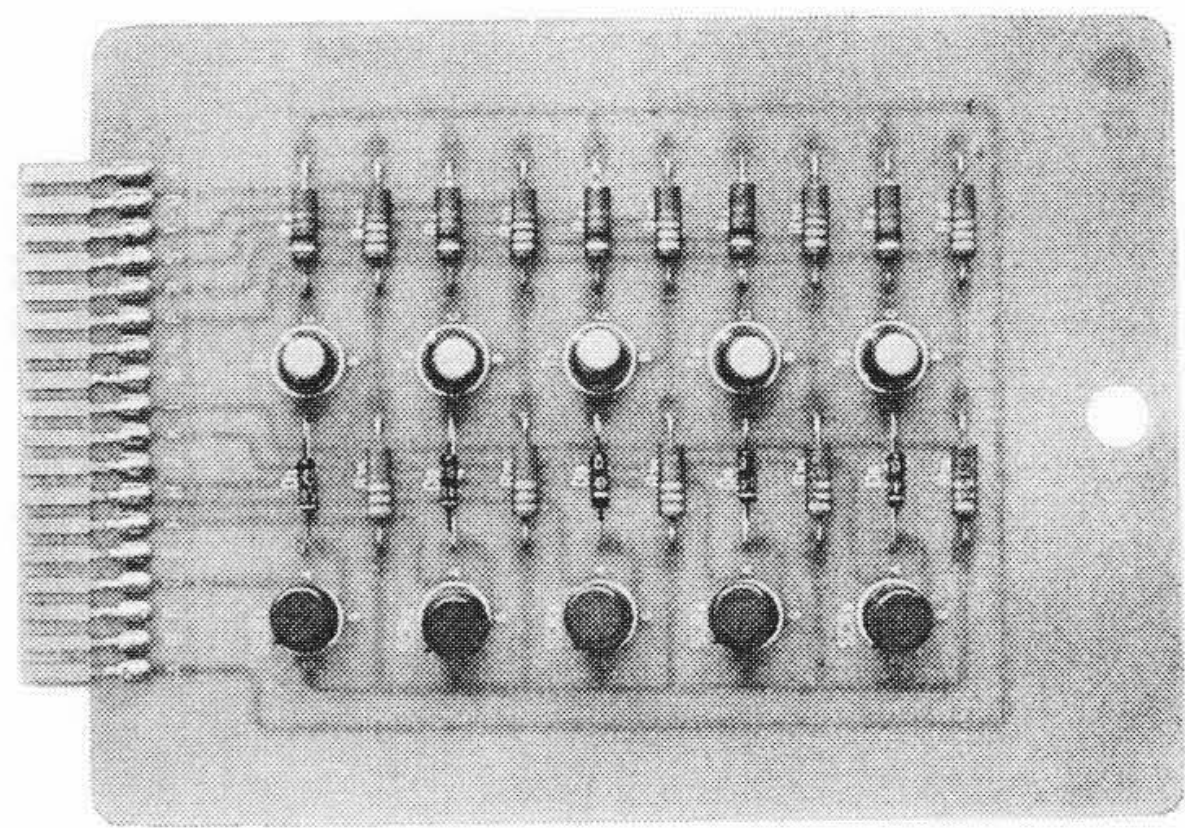


図 5 出力素子

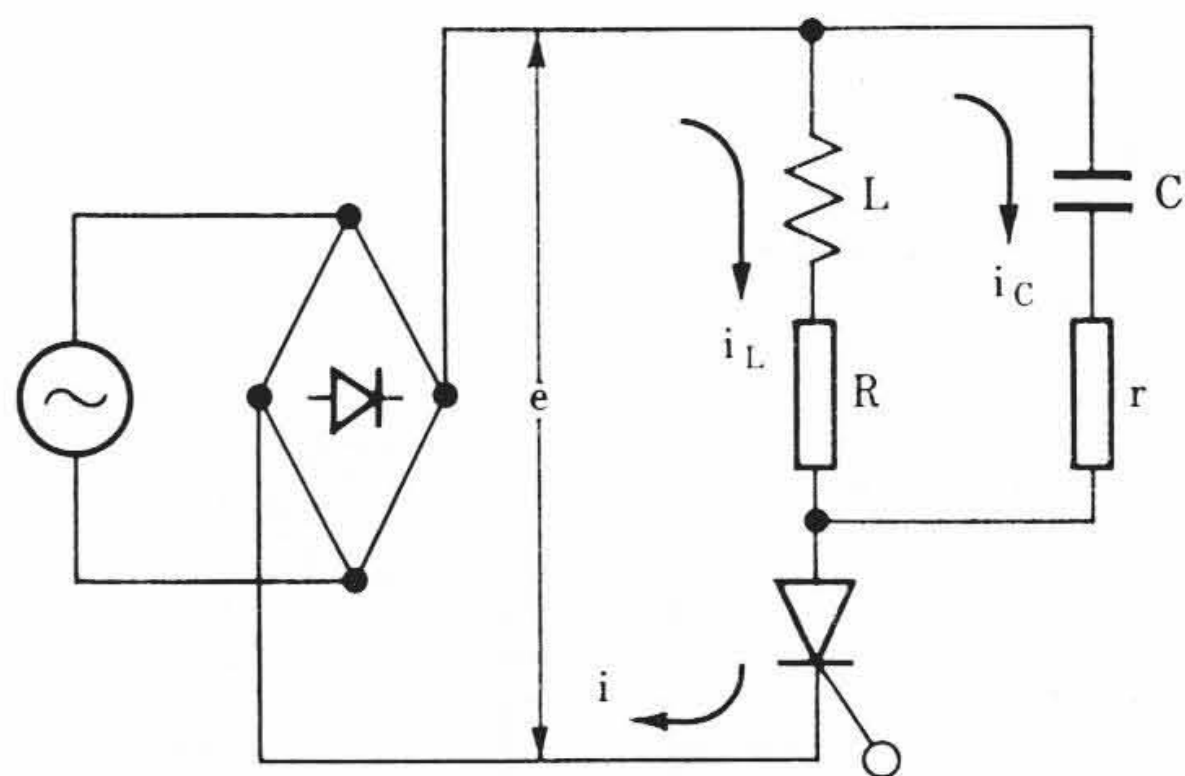


図 6 出力素子原理図

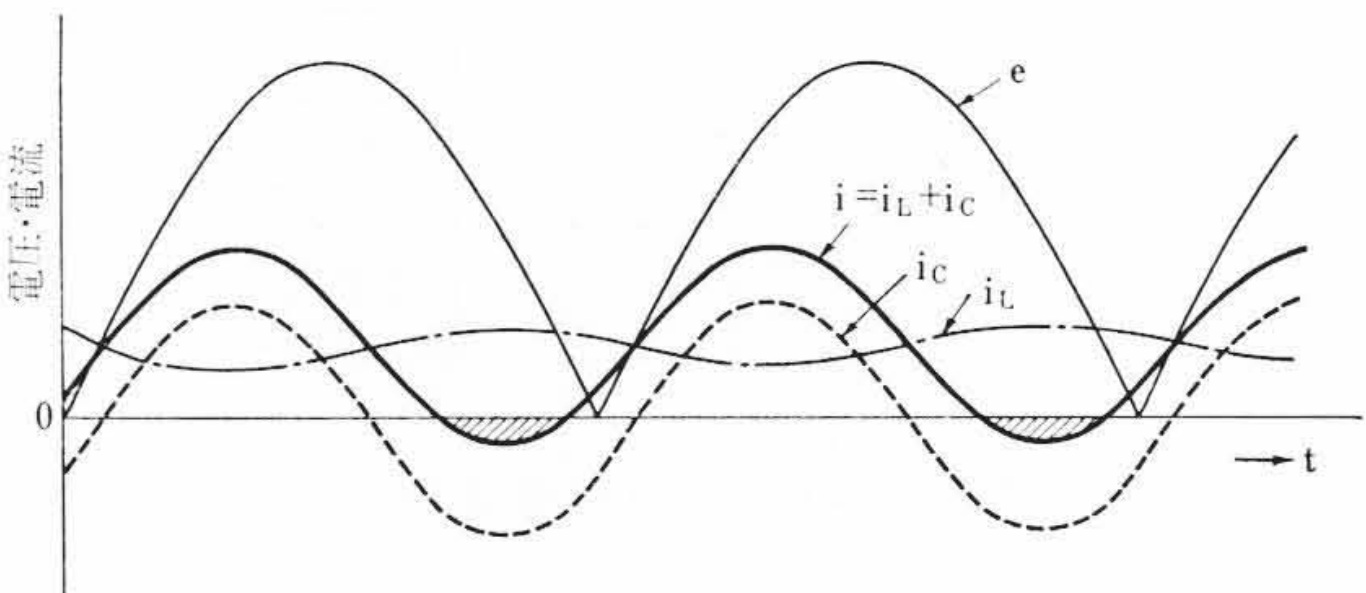


図 7 電圧・電流波形

- ω : 交流電源角周波数 (rad/s)
- E_m : 電源電圧波高値 (V)
- L : 電磁接触器インダクタンス (H)
- R : 電磁接触器抵抗 (Ω)
- C : 容量 (F)
- r : 抵抗 (Ω)
- t : 時間 (s)

サイリスタを流れる電流 i は i_L と i_C の和であるから次式となる。

$$i = i_L + i_C$$
$$= \sum_{n=1}^{\infty} \sqrt{\frac{4n^2\omega^2 C^2 (4n^2\omega^2 L^2 + R^2) + 1 + 4n^2\omega^2 r^2 C^2 - 8n^2\omega^2 CL + 8n^2r^2 R\omega^2 C^2}{(1 + 4n^2r^2\omega^2 C^2) (4n^2\omega^2 L^2 + R^2)}} \times \frac{4E_m}{\pi(4n^2 - 1)} \sin(2n\omega t - \alpha_{2n}) + \frac{2E_m}{\pi R} \dots (3)$$

ここで

$$\alpha_{2n} = \frac{\frac{4nr\omega^2 C^2}{1 + 4n^2r^2\omega^2 C^2} + \frac{R}{4n^2\omega^2 L^2 + R^2}}{\sqrt{\frac{4n^2\omega^2 C^2 (4n^2\omega^2 L^2 + R^2) + 1 + 4n^2\omega^2 r^2 C^2 - 8n^2\omega^2 CL + 8n^2r^2 R\omega^2 C^2}{(1 + 4n^2r^2\omega^2 C^2) (4n^2\omega^2 L^2 + R^2)}}}$$

(1), (2), (3) 式と電源電圧を定性的に図示すると図 7 になり、サイリスタを流れる電流 i は適当な条件を選択することにより零を通過させることができる。

(3) 式において $n=1$ と近似し、電流 $i \leq 0$ なる条件より、抵抗 r 、容量 C の許容範囲は次式より求めることができる。

$$r \leq \left(\frac{5}{2} R + \frac{6\omega^2 L^2}{R} \right) \left(\frac{5}{4} + \frac{9\omega^2 L^2}{R^2} \right)^{-1} \dots (4)$$

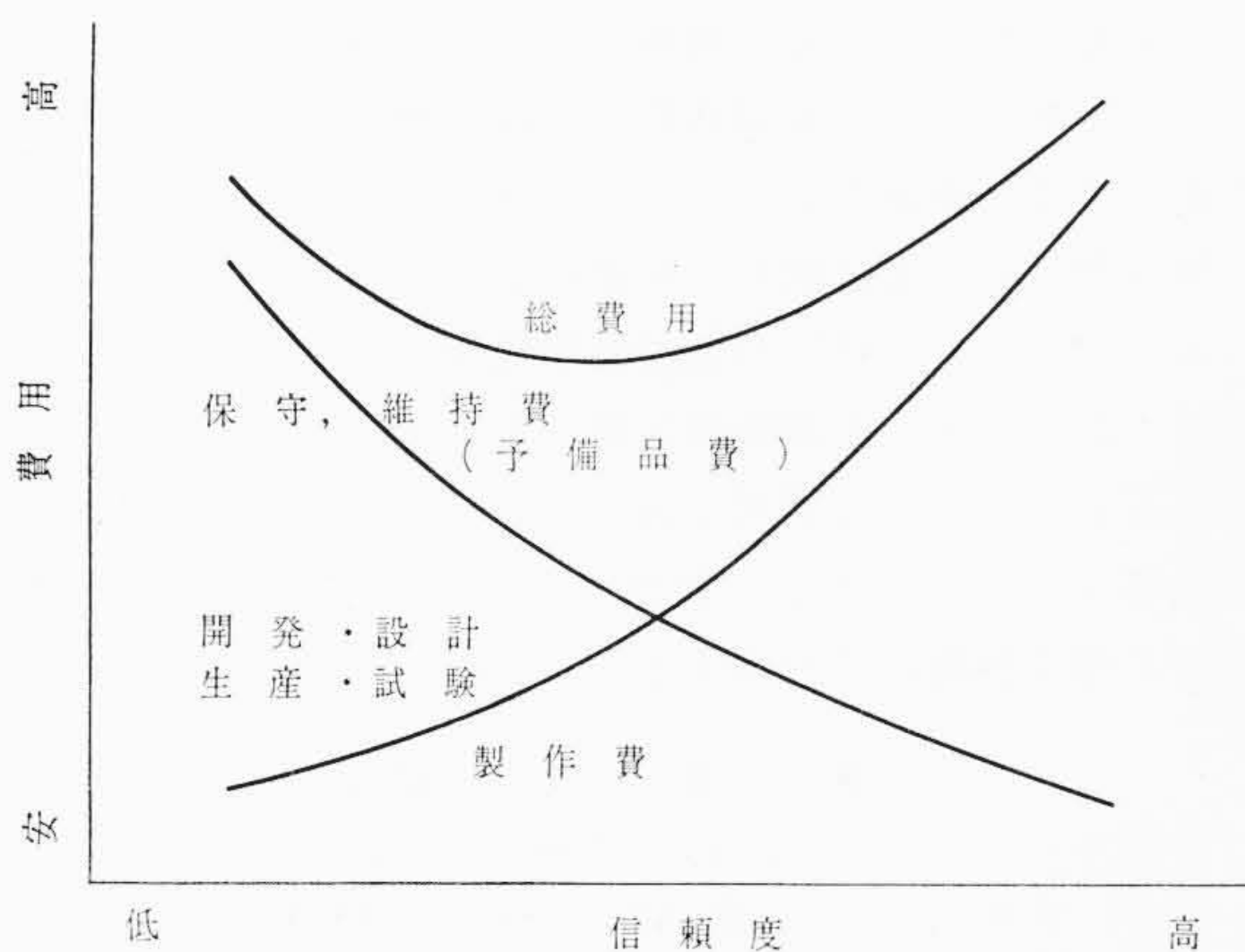


図8 信頼度の費用曲線

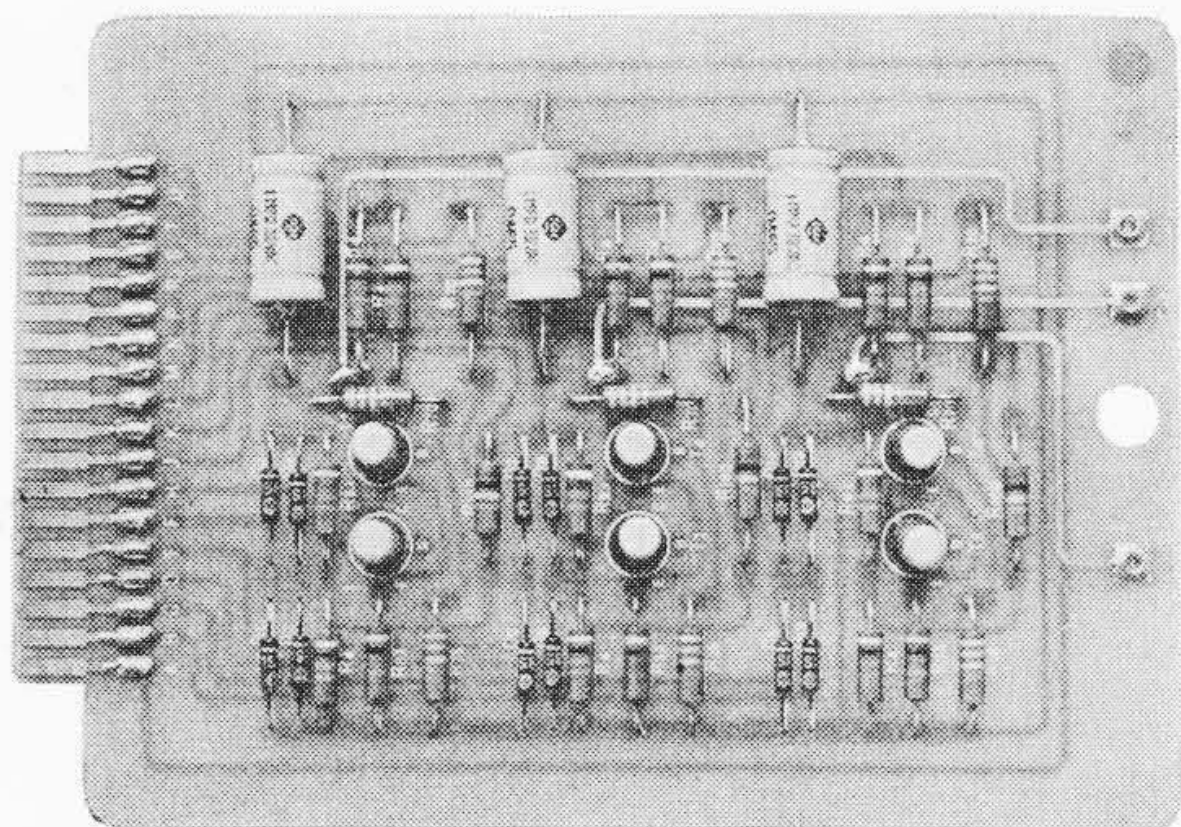


図9 論理素子

$$C \geq \frac{4\omega L + \sqrt{4^2\omega^2 L^2 + \left(\frac{9\omega^2 L^2}{R^2} - \frac{5}{4}\right)} \times \left(4^2\omega^2 L^4 + 4R^2 + 8rR - 5r^2 - \frac{36r^2\omega^2 L^2}{R}\right)}{\omega \left(4^2\omega^2 L^2 + 4R^2 + 8rR - 5r^2 - \frac{36r^2\omega^2 L^2}{R}\right)} \quad (5)$$

(4), (5)式において, L , R は使用する電磁接触器により定まる定数であり, また ω は電源の角周波数である。

以上のようにして求めた容量 C , 抵抗 r を用いることにより, サイリスタを流れる電流は電源周波数の2倍の周期で零点を通過する。このためサイリスタはゲート信号がなくなると自動的に消弧し, C , r を適当に選定することにより迅速に直流電磁接触器を消磁することができる。

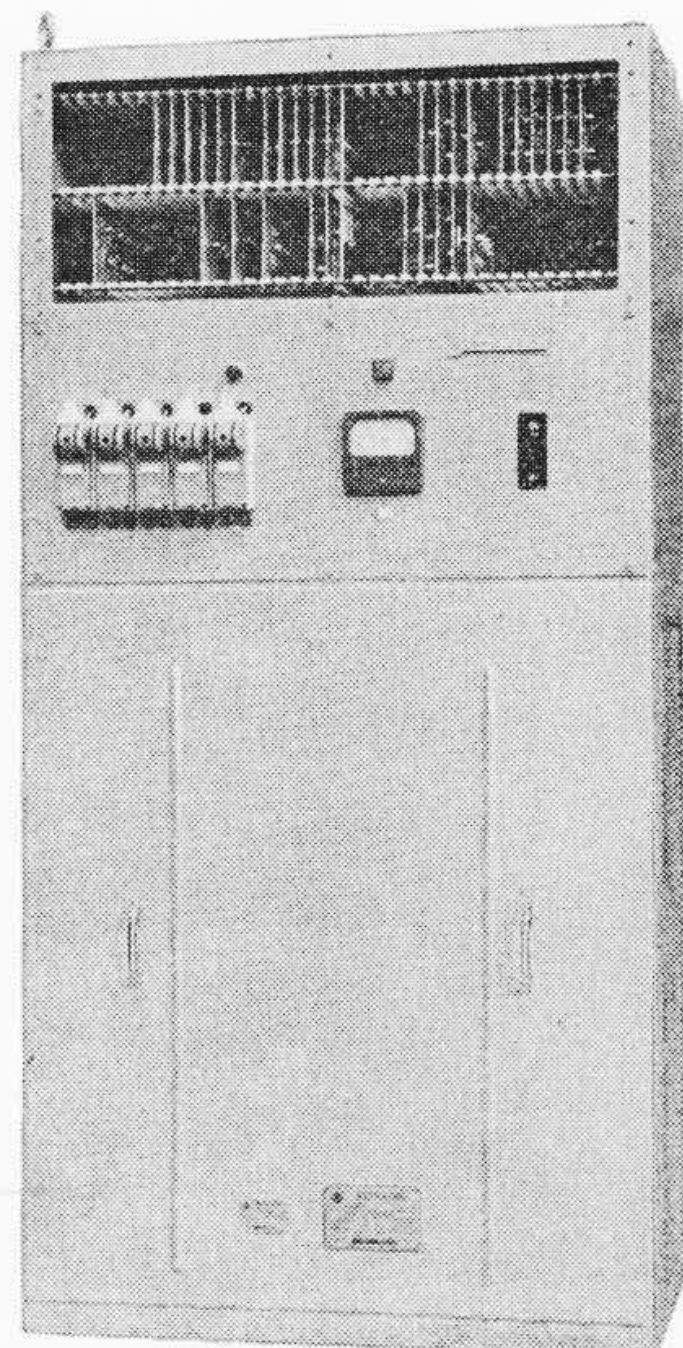
5. 無接点化による効果

5.1 信 頼 性

論理素子ならびに信号器具に使用する構成部品は制御系全体から検討し, 十分な信頼度を有するものでなければならないが, これらの大部分がハンダ作業より組立てられるため, 組立工程の品質管理はもちろん, 装置として工場出荷前に十分なデバッキングを実行する必要がある。

このような考慮をはらった無接点システムの制御装置を従来のリレー・システムの制御装置と信頼性を定量的に比較することは困難であるが, 次の二点から定性的に比較することができる。

- (1) リレー・システムの信頼度はほとんど接点部の信頼度に依存している。また, この接点部の瞬間故障率は動作ひん度と接点の責務により変化し不確定要素が多い。
- (2) 無接点システムの信頼度は大半が論理素子の信頼度に依存しているが, 論理素子の瞬間故障率は動作ひん度の因子を含まず,

図10 エレクトロジック
(エレベータ無接点制御装置)

時間で定まる確率的な要素により決定される。

換言すれば, リレー・システムの寿命の決定は動作サイクル, 無接点システムにおいては, 時間の蓄積であるという両システムの特徴が得られ, 高ひん度の運転が要求されるエレベータ制御装置の無接点化に対して特に意義があり, 高信頼度化の効果も十分に期待できる。

5.2 経 済 性

図8は機器が有用寿命を終えるまでの総費用の定性的な関係を示したもので, 機器の信頼度を広義に扱った場合の費用曲線である。低信頼度においては保守費, 維持費など費用高をまねき, 高信頼度においては機器製作費が急増することを示している⁽⁷⁾。

このような点を考慮し, 経済性, 信頼性のうえから部品の互換性や取換え単位を標準化し, 保守維持費の経済性を高めるとともに, 小形化, 簡単化をはかることが有効である。したがって, 論理素子構成として, 制御装置内のシーケンスをブロック化したうえに, これをプリント回路化して経済性の向上をはかることも必要である。一方, すべての回路をプリント回路化した場合, その種類が多くなる反面, 経済性が低下することも考えられるが, エレベータ制御系には対称回路となる信号回路と, 非対称回路である制御回路があいなかばしているため, 無接点化にあたって, 従来のリレー・システムにとらわれることなく, 論理回路をできるだけ対称的に設計し, プリント回路の部分を増やしなくてはならない。また, 残された非対称回路については単一の論理素子の組合せや, 同一の論理素子を数個組み込んだプリント基板の特殊な構成を開発することが必要である。その結果, 従来のリレー・システムの制御装置と比較すると, 構造上約1/2以下にコンパクト化するとともに, 経済性においても期待どおりの成果を得た(図9, 10)。

5.3 保 守 性

保守上の作業向上ということは保守時間を少なくし, 機器の信頼度を向上させることとあわせて, 従来のリレー・システムに対する現地での保守, 調整の熟練者の手をわずらわすことなく, 保守, 調整も簡単になるよう構造上の配慮が必要である。また, 迅速な保守を可能とするために, 取換部品の構造に互換性を付与するとともに最適予備品数などをすべて, 保守上の作業性に関連し考慮すべきである。

論理素子はいうまでもなく, 静止スイッチ作用を行なうが, その動作は適当な方法によらねば確認できない。したがって, 保守, 点

検を容易にするには、チェックシステムを考慮する必要がある。

チェックシステムとして、主要論理素子の動作状態をネオン管、ランプなどで表示する方法、およびチェックポイントに計器をそう入し動作を確認する方法などがある。前者はランプの点灯素子が必要であり、また表示器自体の故障もあり経済的にも不利であるが、論理素子の動作状態が容易に判別できる特長がある。後者は計器の表示により動作状態を知るため、チェックの手数が必要であるが経済的である。また論理素子の特性変化を同時に測定でき、論理素子の特性劣化を未然に防止できる利点がある。

これらの諸点をエレベータ制御装置の特質とあわせ考えた結果、チェックポイントによるチェックシステムを採用して保守、調整上の便宜をはかることとした。

6. 結 言

以上、エレベータ制御装置を無接点化するために、制御系の特質を検討し、その方法と効果について述べてきた。その結果、高ひん度の運転責務が要求されるエレベータ制御装置の無接点化は信頼性

の面から意義があり、保守、調整の簡易化が得られるとともに、従来のリレー・システムの制御装置と比較し構造上から $\frac{1}{2}$ 以下の小形化が可能となり、所期の目的を十分達成することができた。

日立製作所においては独自の技術によってエレベータ無接点制御装置（エレクトロジック）の製品標準化を完成したが、さらにその応用分野の面で今後とも積極的な検討を加え、高性能エレベータの制御装置として自主的な適用を推進する予定である。終わりにあたり、ご指導をいただいた日立製作所日立研究所 小西博士はじめ、関係各位に深く感謝の意を表する。

参 考 文 献

- (1) 佐野ほか：日立評論 43, 1198 (昭 36-10)
- (2) 弓仲, 岩坂：日立評論 48, 1360 (昭 41-11)
- (3) 犬塚, 宮尾：日立評論 45, 943 (昭 38-6)
- (4) 石塚, 斎藤：日立評論 45, 963 (昭 38-6)
- (5) 小西：日立評論 45, 1945 (昭 38-12)
- (6) 特許出願中
- (7) 富士通信機製造株式会社編：信頼性理論と実際 (昭 38-2)



特 許 の 紹 介



特許 第 437498 号 (特公昭 39-17795 号)

大 谷 巖

回 転 圧 縮 機

本発明は図示のように、回転圧縮機のケーシング 1 内に互いにころがり接触する 2 個のシリンダリング 8, 8' を回転自在にそう入し、これら 2 個のシリンダリング 8, 8' 内偏心位置に、多数個の羽根 11, 11', 12, 12' を取付けたロータ 10, 10' を設け、ロータ 10, 10' の回転に伴って羽根 11, 11', 12, 12' の先端部の摩擦力によって、シリンダリング 8, 8' をロータ 10, 10' と同一方向に回転させ、シリンダリング 8, 8' と羽根 11, 11', 12, 12' の先端部との摩擦力を軽減させるようにし、かつシリンダリング 8, 8' には空気の圧縮に伴って、鎖線にて示すように圧力が加わりその集中荷重がそれぞれ P 矢印方向および P' 矢印方向にかかり互いに打消し合うので、シリンダリングを支持する軸受にかかる荷重を減少し、回転圧縮機の性能を向上することができるようにしたものである。(木口)

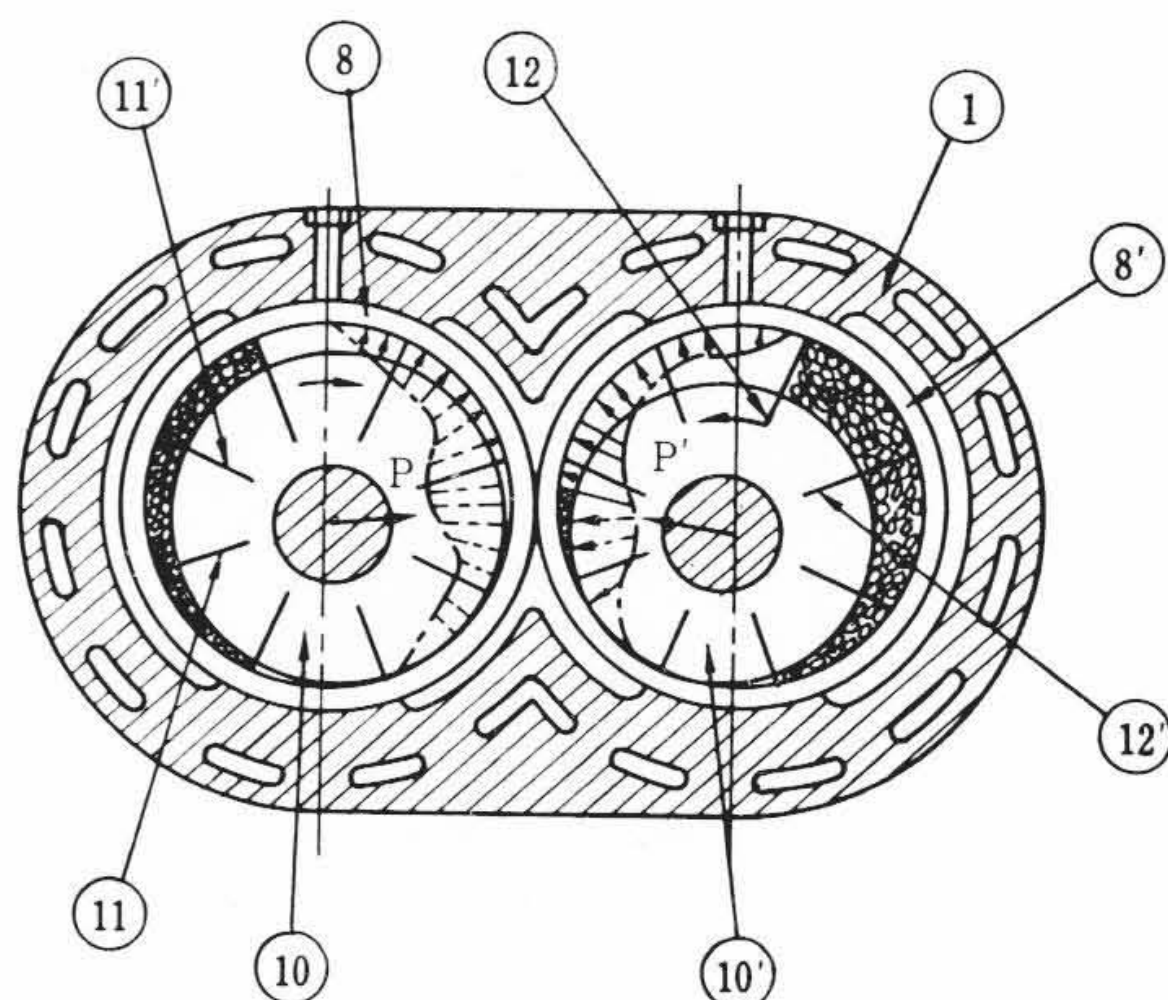


図 1

Vol. 27

日 立 造 船 技 報

No. 3

目 次

- ・ H2 合金 CE (耐キャビテーション・エロージョン性合金) による水中翼船用プロペラの試作
- ・ 自動制御によるアンチピッチングフィンの研究
- ・ 凍結融解によるスラッジの脱水処理
- ・ 共折炭素鋼の室温内部摩擦

- ・ 高分子材料の強さに及ぼす延伸加工の影響
- ・ 熱サイフォン再沸器のボイド特性
- ・ 平歯車の疲れ試験機の試作と一実験
- ・ 日立造船式ハッチカバー駆動方式の開発

……本誌に関する照会は下記に願います……

日立造船株式会社技術研究所
大阪市此花区桜島北之町 60