

トランジスタ式無接点総括制御

Transistorized Non-contact Overall Control

佐々木 誠 一*
Seiichi Sasaki

内 容 梗 概

一貫した工程にある多数の電動機群の制御を1個所から監視制御することは、作業の流れを円滑にし、電動機の運転状況を一目にして監視できるので、故障の発見が容易となり、作業の管理が高能率に行なえる。このため鉄鋼、炭鉱、セメント、製糸、化学工業の各産業界において総括制御が広く採用されている。

本文は無接点論理素子として開発されたトランジスタ論理制御素子トランジログを用いた総括制御の概要について述べている。

1. 緒 言

総括制御は多数の電動機を1個所または数個所から集中制御する。したがってこれら制御に用いられる制御素子は信頼性が高く、保守点検の容易なものが要求される。産業界における無接点制御化の傾向は信頼性、保守点検の容易性において接点式制御素子よりすぐれていることのほかに、制御電力の低減、小占積率、無騒音、廉価および可動部がなく長寿命が期待されることなどのため促進されている。

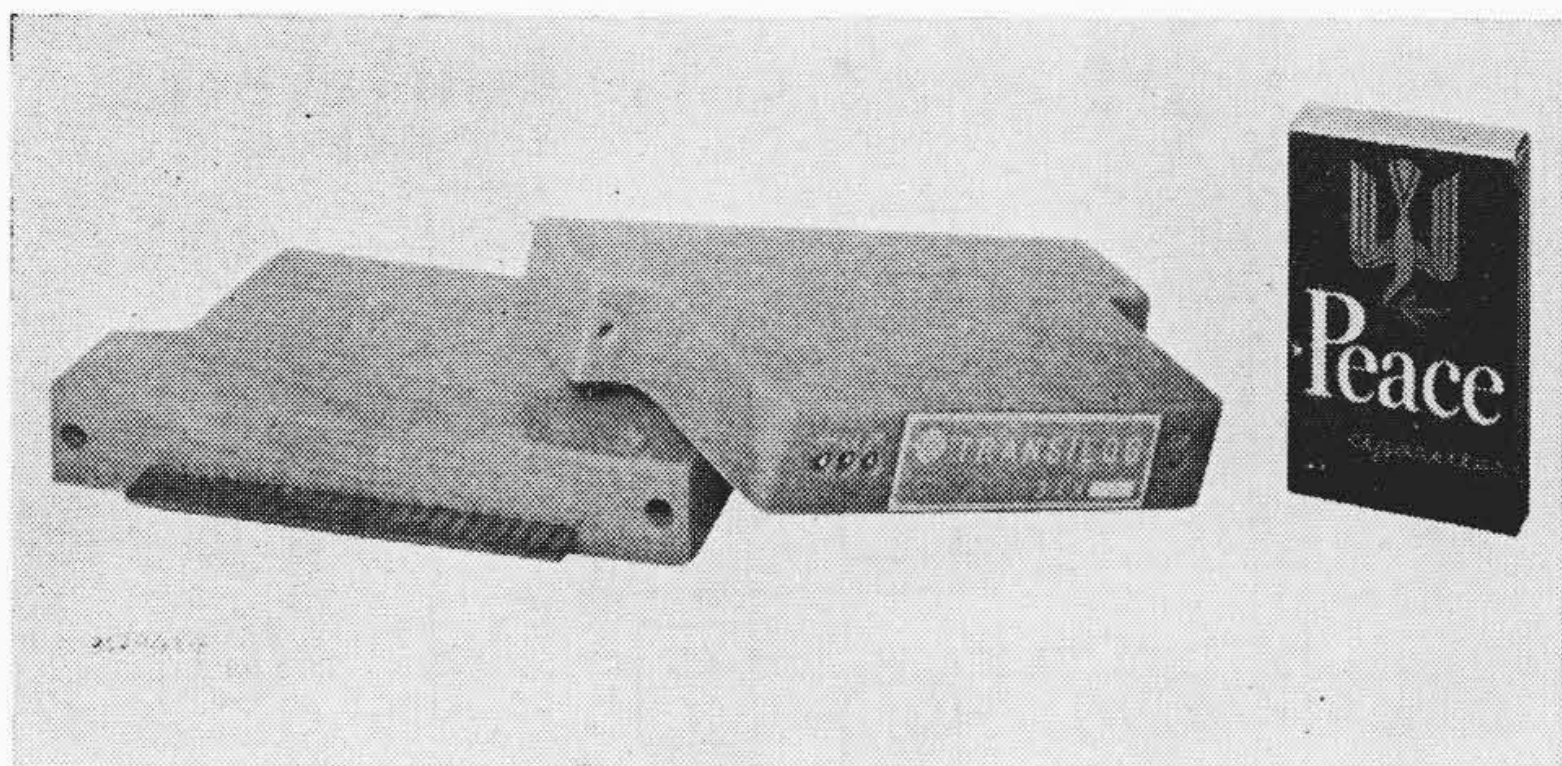
無接点制御素子には多く弱電部品を用いており、寿命の点における考え方が強電部品ほど強調されないきらいがあった。しかし弱電部品の強電回路への導入は最早欠くべからざるものとなり、今日では十分な品質管理の下に生産されるようになった。このような使用条件を十分に検討して開発されたトランジスタ論理制御素子（トランジログ）による無接点総括制御の概要を説明する。

2. トランジログ

強電回路に応用されるトランジスタ式無接点論理制御素子の日立商品名をトランジログと称している。弱電部品であるトランジスタの強電回路への応用に当り、トランジログの設計製作には十分なる検討が加えられ、強電回路での過酷な使用条件に耐えられるように考慮されている⁽¹⁾。

トランジログの詳細についてはすでに本紙に記述されたので、ここではトランジログの構成を簡単に述べる⁽¹⁾⁽²⁾。トランジログには論理制御素子として3入力論理和、3入力論理積、インヒビットおよび2入力記憶の各素子があり、これら素子の補助となる特殊論理制御素子としてバッファ、インディケータ、アウトプット、時間遅れおよびダイオードの各素子により構成される。

第1表におもなトランジログの動作と継電器との比較を掲げた。トランジログには一般の論理素子のように否定素子を持たないが、



第1図 トランジログ外観

* 日立製作所日立工場

第1表 トランジログと継電器の比較

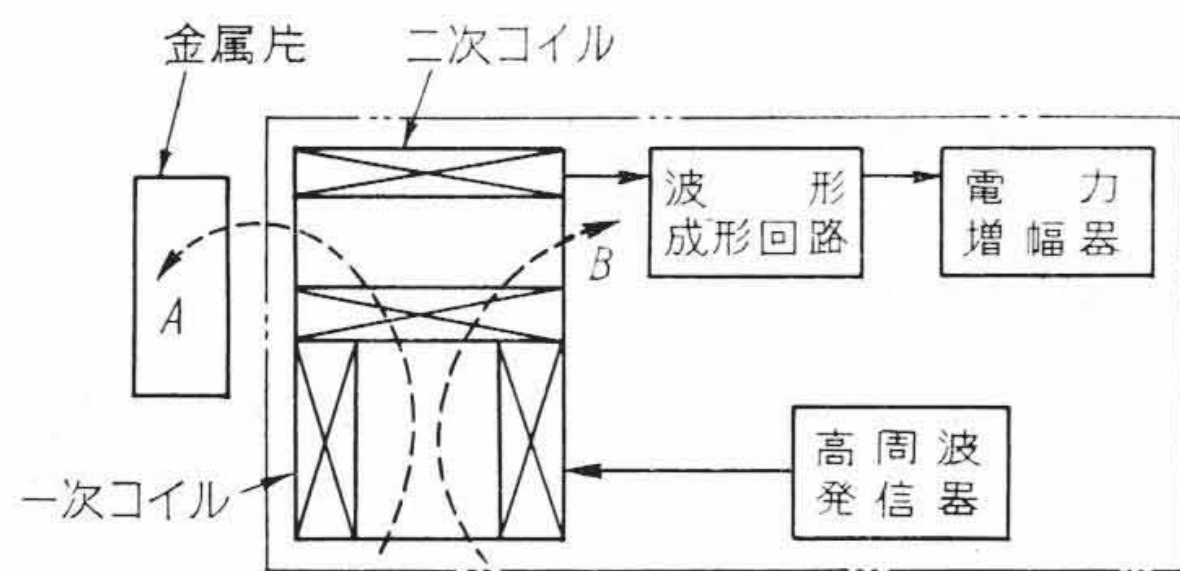
素子名(シンボル)	トランジログ原理図	継電器回路	備 考
3 input Or I_1, I_2, I_3 → O			I_1, I_2, I_3 のいずれに ☐ が入力が加えられても ☐ に出力が得られる。 $\bar{O}$ は ☐ と逆位相出力となる。
3 input And I_1, I_2, I_3 → O			I_1, I_2, I_3 の全部に ☐ が入力が加えられると ☐ に出力が得られる。 $\bar{O}$ は ☐ と逆位相出力となる。
Inhibit $I, \bar{I}$ → O			$\bar{I}$ に ☐ が入力が加えない状態で ☐ に ☐ が入力が加えられると ☐ に出力が得られる。 $\bar{O}$ は ☐ と逆位相出力となる。
2 input ME I_1, I_2 → O			I_1, I_2 に ☐ が入力が加えられると ☐ に出力が得られ、 ☐ が消失しても ☐ に ☐ が入力が与えられるまで出力を保持する。 $\bar{O}$ は ☐ と逆位相出力となる。
Buffer I → O			I に ☐ が入力が加えられると ☐ に大出力が得られる。
Time Delay I → O			I に ☐ が入力が加えられると一定時間おくらせて ☐ に出力が得られる。
Output I → O			論理制御素子の出力を増幅し、電磁接触器を駆動する。
Diode I → O			ダイオードマトリックスなどに用いられる。

記号
 ; トランジスタ ; 抵抗器 ; ダイオード
 ; 電磁コイル ; コンデンサ

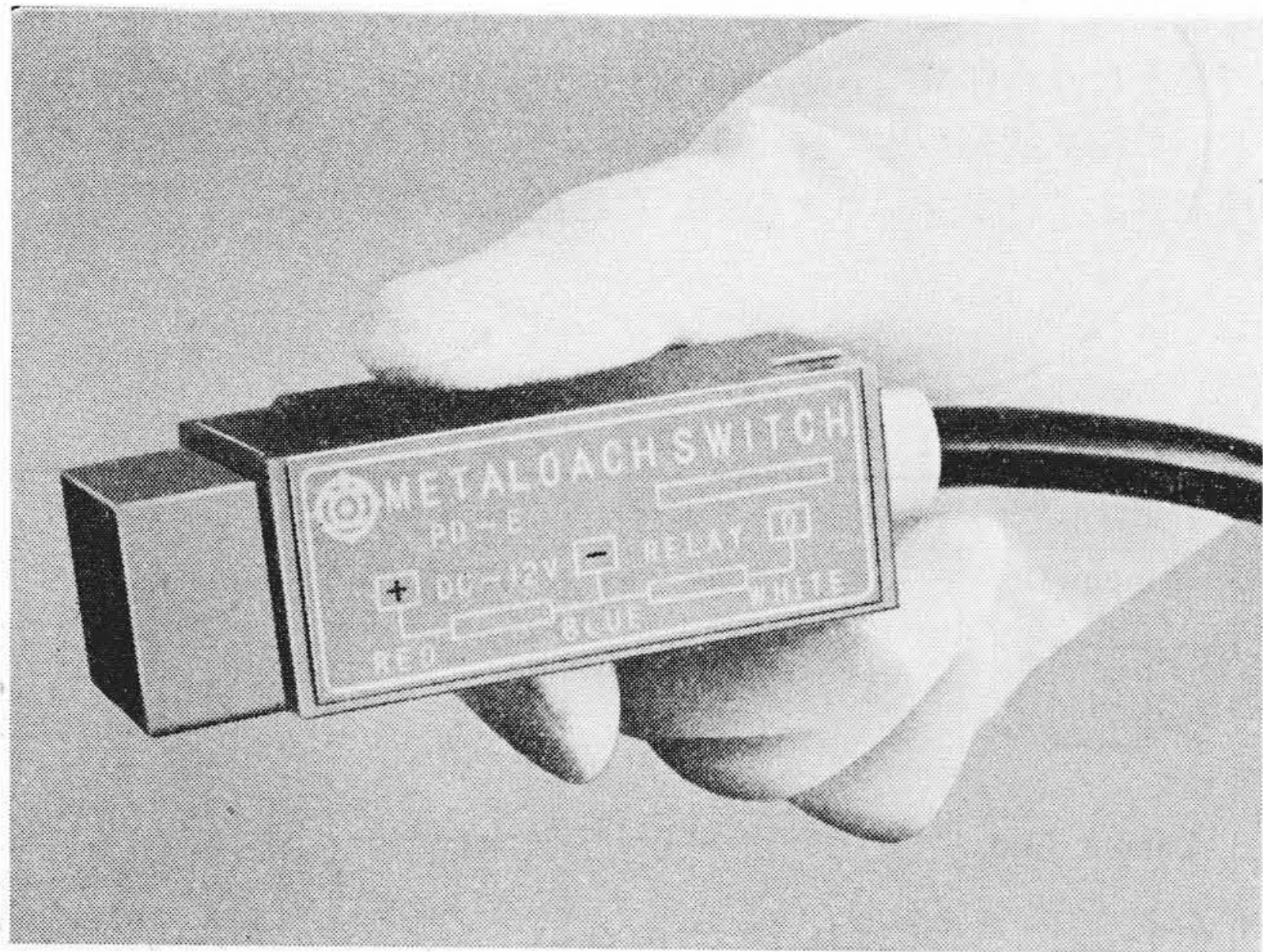
これは第1表に示すように特殊論理制御素子を除く論理制御素子のすべてに☐出力を有し、これが否定素子として使用されるためである。第1図はトランジログの外観を示す。

3. 無接点操作器

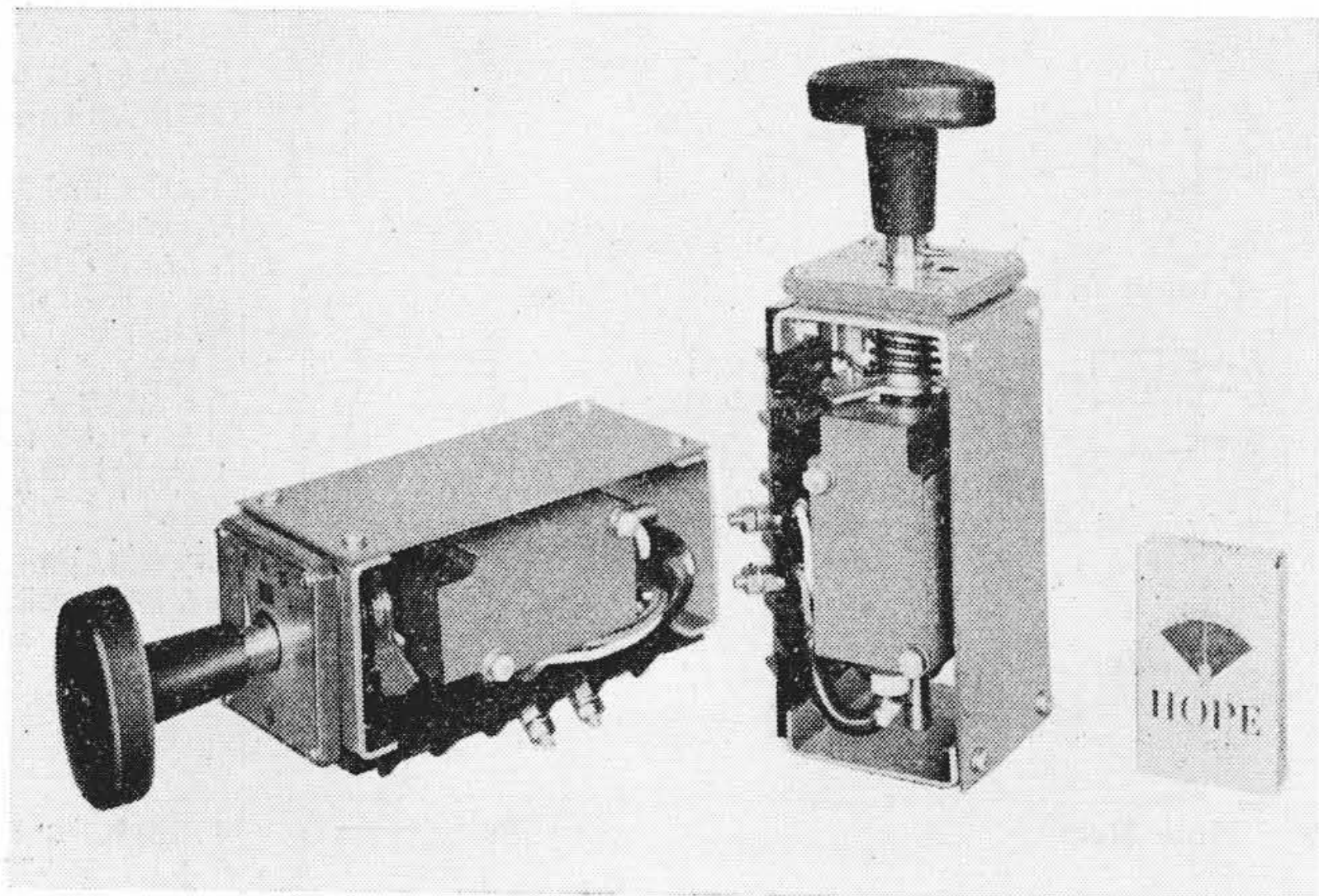
制御素子として無接点素子が用いられる場合でも継電器と同様に



第2図 メタローチスイッチ原理図



第3図 メタローチスイッチ外観



第4図 無接点操作器

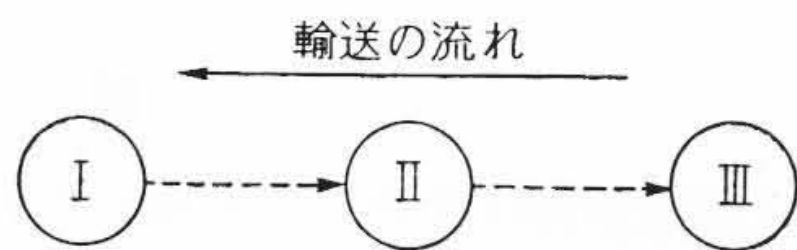
入力を投入するための操作器を必要とする。操作器として接点式押ボタンスイッチなどを使用しても一般には不都合を生じない。しかしダストの多い所、爆発性ガス、あるいは腐食性ガスのあるところでは接触部分をもたない無接点操作器が重要視される。トランジスタの入力として特に設計された無接点操作器としてメタローチスイッチがある。メタローチスイッチは金属の接近を検出するもので、MetalとApproachを組み合せ命名された商品名である。メタローチスイッチの原理図を第2図に示す。高周波発振器で約200kcの高周波を一次コイルに加えている。二次コイルは一次コイルに対し直角におかれているため、常時は一次コイルによる磁束はA、Bで示すように左右に均等に分布し、二次コイル両端子には誘起電圧を生じない。もし図のように金属片が接近すると磁束Aにより金属片に渦電流を生じ、このため磁束Aは減少する。したがって磁束A、Bに不平衡を来し、二次コイルの両端にこの不平衡分の電圧が誘起する。この電圧を波形整形回路により平滑し、電力増幅器により増幅され、トランジスタ駆動出力として得られる。メタローチスイッチはトランジスタにより構成されているのでトランジスタと同一条件の下に使用される。

第3図にメタローチスイッチの単素子、第4図に起動停止操作器に組み込まれたスイッチの外観を示す。

4. 総括制御装置の無接点化

総括制御においては多数の電動機群を1個所または数個所より集中監視制御する。したがって制御場所が電動機の取付位置から相当に離れることを余儀なくされる。このような運転においては直接機器を監視しながら操作することは不可能であり、当然これに用いられる制御素子は信頼性の高いものが要求される。また操作距離の延長は操作線の電圧降下が大となり操作の確実性をそこなう。これを補償するためには操作電流よりも大きな通電容量の配線を必要とし、その設備費に膨大な費用が投入される。トランジスタでは操作電流が小さく(0.4mA以下)これらの問題点を解消するものと考えられる。

トランジスタを用いた総括制御の具体例について説明する前に、これから説明で取り扱われる3台の電動機のフローシートを第5図に示す。I、IIおよびIIIはコンベヤなどの運搬機器を駆動する電動機を示す。工程の流れがIIIよりIに向かっているときIII側を上流I側を下流と呼ぶことにする。電動機の起動はI、II、IIIの順に行なわれ、Iの停止によりII、IIIまたIIの停止によりIIIが運転されないようにインターロックをとった起動方式が用いられ、工程の流れが途中で停滞することを防ぎ、各電動機は総括制御室から監視制御される。



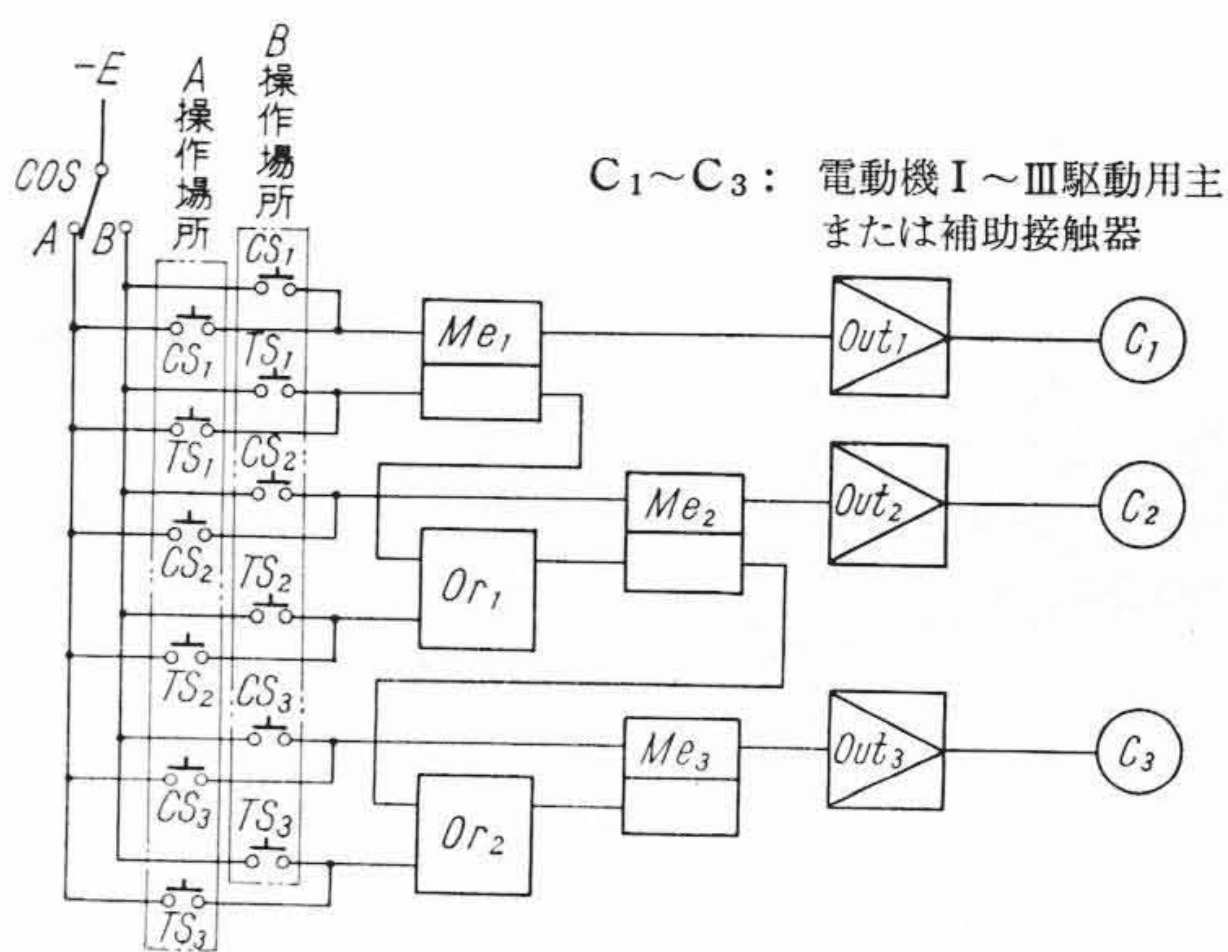
第5図 電動機フローシート

5. 基本制御方式

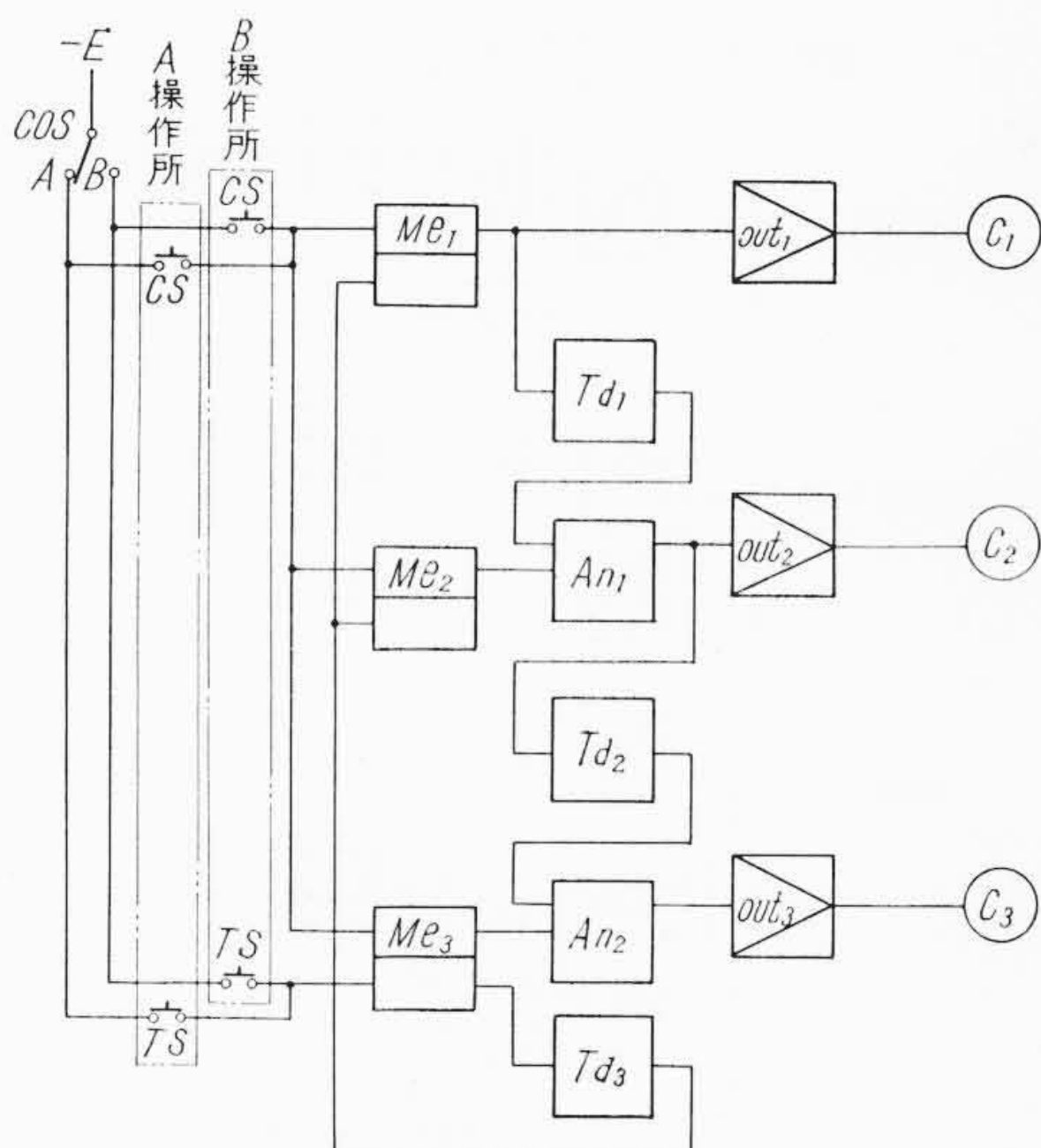
5.1 手動運転

電動機群を監視室から順次手動で起動する方式で、単機ごとに操作開閉器で起動する方法と主幹制御器により各ノッチごとに順次起動する方法とがある。第6図は前者による回路を示す。図では記憶素子(以下Meと書く)、論理和素子(以下Orと書く)の1入力および出力 $\bar{O}$ しか記載してなく、説明の便宜上簡単に記載したものである。実際は第1表にて説明したように入力は2~3を有し、Meの入力端子1個の場合は I_1 と I_2 を短絡して用いている。なおインヒビット素子をInh、論理積素子をAn、バッファ素子をBu、時間遅れ素子をTd、アウトプット素子をOutにて表わすものとする。

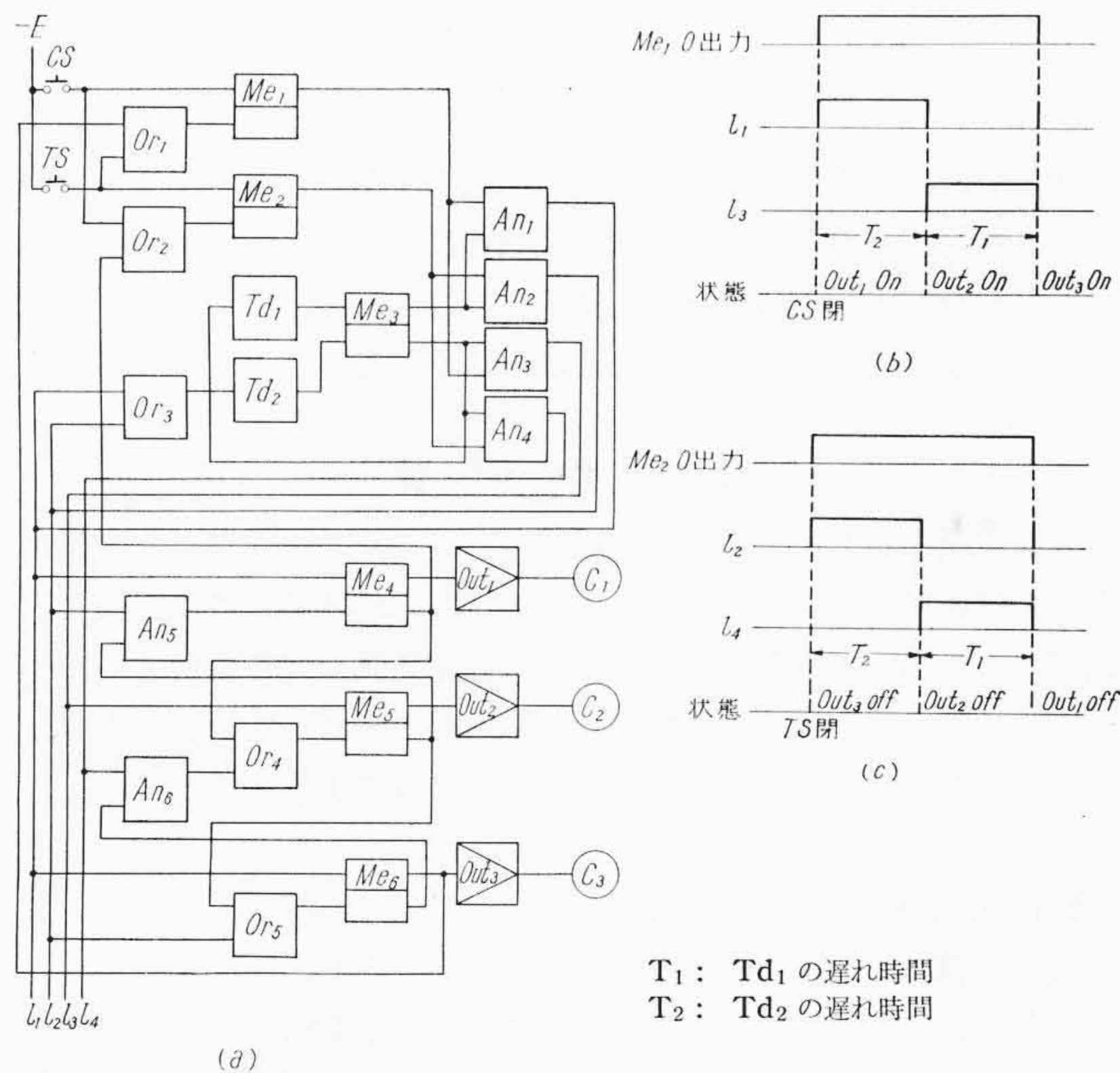
さて第6図で起動は CS_1 を閉路させ Me_1 にO出力を得て、 Out_1 を介して C_1 を付勢し電動機Iが駆動する。次に CS_2 を閉路すれば Me_1 の $\bar{O}$ 出力から Or_1 を経て Me_2 への-I入力が消失しているので Me_2 にO出力が得られ電動機IIが起動する。電動機IIIも同様に CS_3 により起動される。停止は TS_3 から TS_1 に順次操作してMeに-I入力を与えることにより行なわれる。 CS および TS に接点式操作開閉器を用いたが、これは説明を便宜ならしめるためで、



第6図 手動運転回路



第7図 連動運転回路



第8図 パルス信号による連動運転

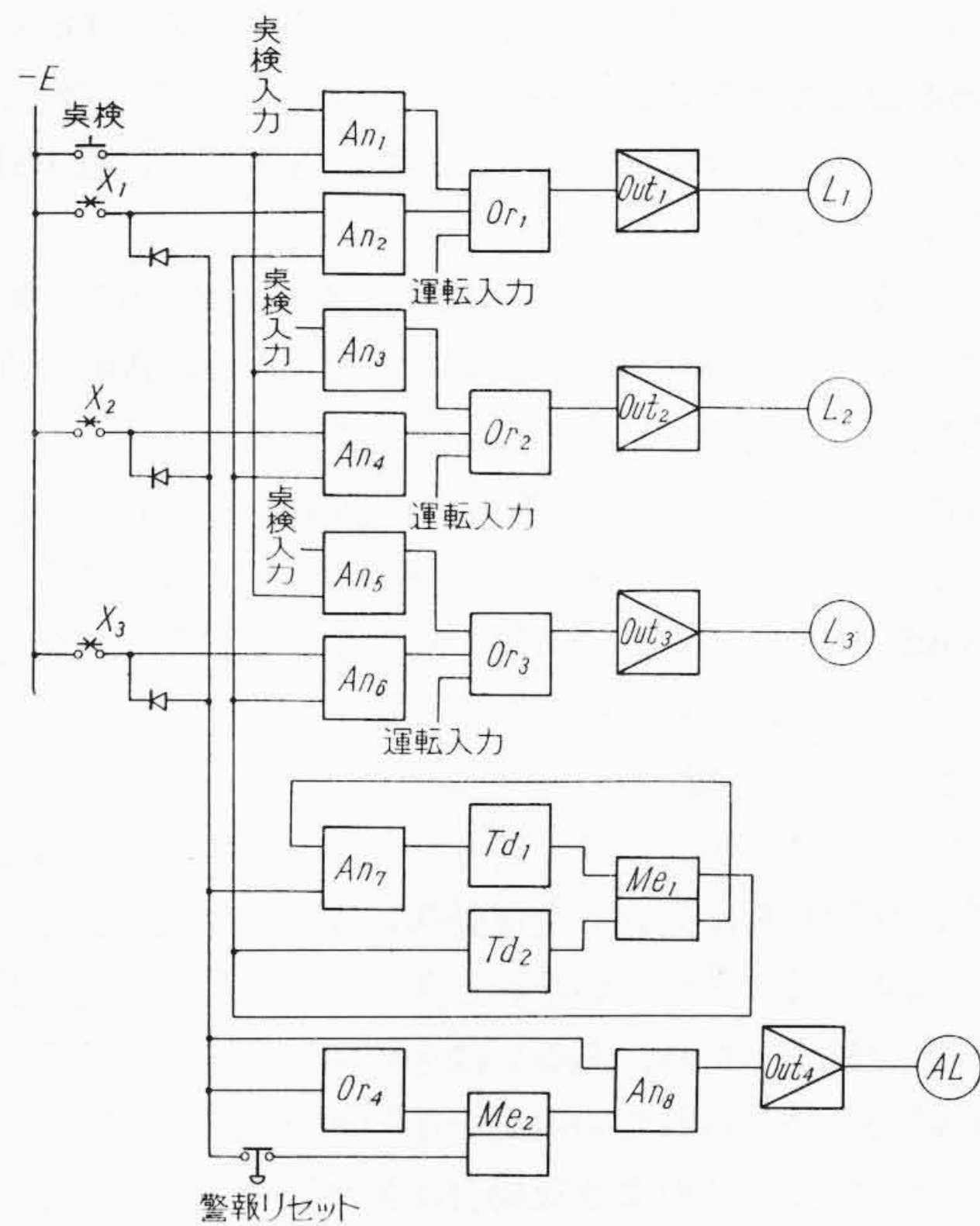
無接点操作器にても同様に用いられる。

5.2 連動運転

一貫した流れをもつ電動機運転のほとんどは1個の操作器により自動的に順序起動および停止させる方式が用いられる。第7図にその回路図を示す。起動はCSを閉路させるとMe₁~Me₃の全入力となりO出力が得られる。Me₁の出力は直ちにOut₁を経てC₁を付勢し、電動機Ⅰが起動すると同時にTd₁の入力となり、あらかじめ設定された時間後Td₁に出力が得られる。そこでAn₁はMe₂とTd₁から入力を得て出力発生し、Out₂を介してC₂を付勢する。同様にしてTd₂による時間後にC₃が付勢され、全電動機はそれぞれTd₁、Td₂の時間間隔をもって起動完了する。

停止操作はTSの閉路によりMe₃に-I入力を与え、An₂への1入力を消失させC₃を積放する。Me₃はO₀出力を得てこれがTd₃を介し、一定時間後にMe₁、Me₂の-I入力となる。Me₁、Me₂は出力を消失し、C₁、C₂を積放させ、電動機Ⅲが停止してTd₃による遅れ時間をもって全電動機が停止する。

電動機が数十台にも達し、各電動機を等時間間隔ごとに起動するときは定時間隔で発生するパルスに同期させて起動および停止させる。第8図はこのような回路を示すもので、一定時間間隔で起動さ



第9図 状態表示回路

せるとともに停止も同一時間間隔をもつて行なうものである。Td₁、Td₂およびMe₃は一定間隔でパルスが発生させるための一種の不安定マルチバイブレータである⁽³⁾。この不安定マルチバイブレータは常時はMe₃のO出力がAn₁およびAn₂により阻止されているため発振しない。起動はCSを操作しMe₁にO出力を保持させAn₁、An₃の入力とすれば、An₁はMe₃にO出力がある間、An₃はMe₃にO₀出力がある間、それぞれ出力が発生する。Me₃のOおよびO₀出力はTd₂およびTd₁の時間遅れだけ持続するので、この時間遅れを起動間隔に等しく選んでおけばAn₁、An₃の出力すなわち制御線l₁、l₃に交互にパルス信号が得られる。

CSを操作してからl₁、l₃に得られるパルス信号および電動機駆動用Outの“On”状態を第8図(b)に示す。CSの操作と同時にl₁にパルスが送られ、Me₄、Me₆の入力となり、Me₄は直ちに出力が発生し、Out₁を介しC₁を付勢させ電動機が起動する。一方Me₆にはMe₅のO₀出力がOr₅を通して-I入力として与えられているので出力が発生しない。T₂時間後にl₃にパルスが送られMe₅の入力となり、C₂が付勢される。さらにT₁時間後に再びl₁にパルスが送られるが、今度はMe₅のO₀出力が消失しているためMe₆は出力を得てC₃を付勢し、全電動機は順次起動完了する。停止操作はTSにより行なわれ、起動と逆にC₃からC₁に順次積放される。TS操作によりCS操作のときのMe₁、An₁、An₃の代りにMe₂、An₂、An₄が動作し、l₂、l₄に第8図(c)に示すパルス信号が得られる。l₂の最初のパルスによりOr₅を介しMe₆に-I入力を与えC₃を積放させる。次にl₄に送られるパルスによりAn₆の入力となり、An₆はMe₆のO₀出力も得てOr₄を介しMe₅に-I入力を与えC₂を積放させる。同様にしてさらにT₁時間後にl₂に送られるパルスによりC₁が積放され全電動機は順次停止完了する。

第8図では3台の電動機について述べたが、本回路による方式は電動機の数が多い場合に有利である。また一般の連動停止においては順序停止を行なうことは回路を複雑にするため最上流のフィードを停止させてから残りの下流の全電動機を一齐停止させる方式が用いられるが、パルス信号による場合は順序停止が容易に構成できる。

5.3 状態表示

電動機群の状態は運転中、停止中および故障停止中に分けられて監視室に表示される。第9図に状態表示回路を示す。X₁~X₃は電

動機の過負荷などの故障により閉路する接点である。Or への運転入力は第 6 図または第 7 図の Out への入力と同一のもので、電動機が運転されているときにはこの入力が存在することになり運転表示ランプ L が点灯する。

電動機に故障が生ずると運転入力が消勢され、かつ接点 X_1 が閉路するとダイオードを通し An_7 , An_8 の入力となり、 An_7 は Td_1 , Td_2 および Me_1 により構成される不安定マルチバイブレータを励振させるので An_2 はこの断続信号と X_1 からの連続信号を得て断続信号を発生し、表示ランプ L_1 を点滅させ電動機の故障を表示する。同時に An_8 は Out_4 を介して警報器 AL を鳴らす。この警報は故障継続中でも警報リセットにより停止できる。

5.4 点 検

後述するように連動、単独の切り替えを現場で各電動機ごとに行なう場合は連動起動に先立ち全電動機が連動側に切り替えられているかまたは切り替えられていないときはどの電動機が切り替えられていないかを確認したり、あるいは系統切り替えのあるときはいかなる系統に切り替えられているかを電動機を起動することなく確認したいことがある。このような場合は第 9 図の点検用スイッチにより行なえる。図において点検入力は、各電動機に設けられた連動、単独切替開閉器の連動側に切り替えられたときの入力（たとえば後述の第 12 図における An_1 への入力）、あるいは系統切り替えにおいてはその電動機が選択されたときの入力である。点検用スイッチを操作したときに電動機が連動側に切り替えられていれば点検入力と点検用スイッチの両入力を得た An (An_1 , An_3 および An_5) により運転表示ランプが点灯し切り替えられている電動機を確認できる。

5.5 故障停止およびインターロック停止

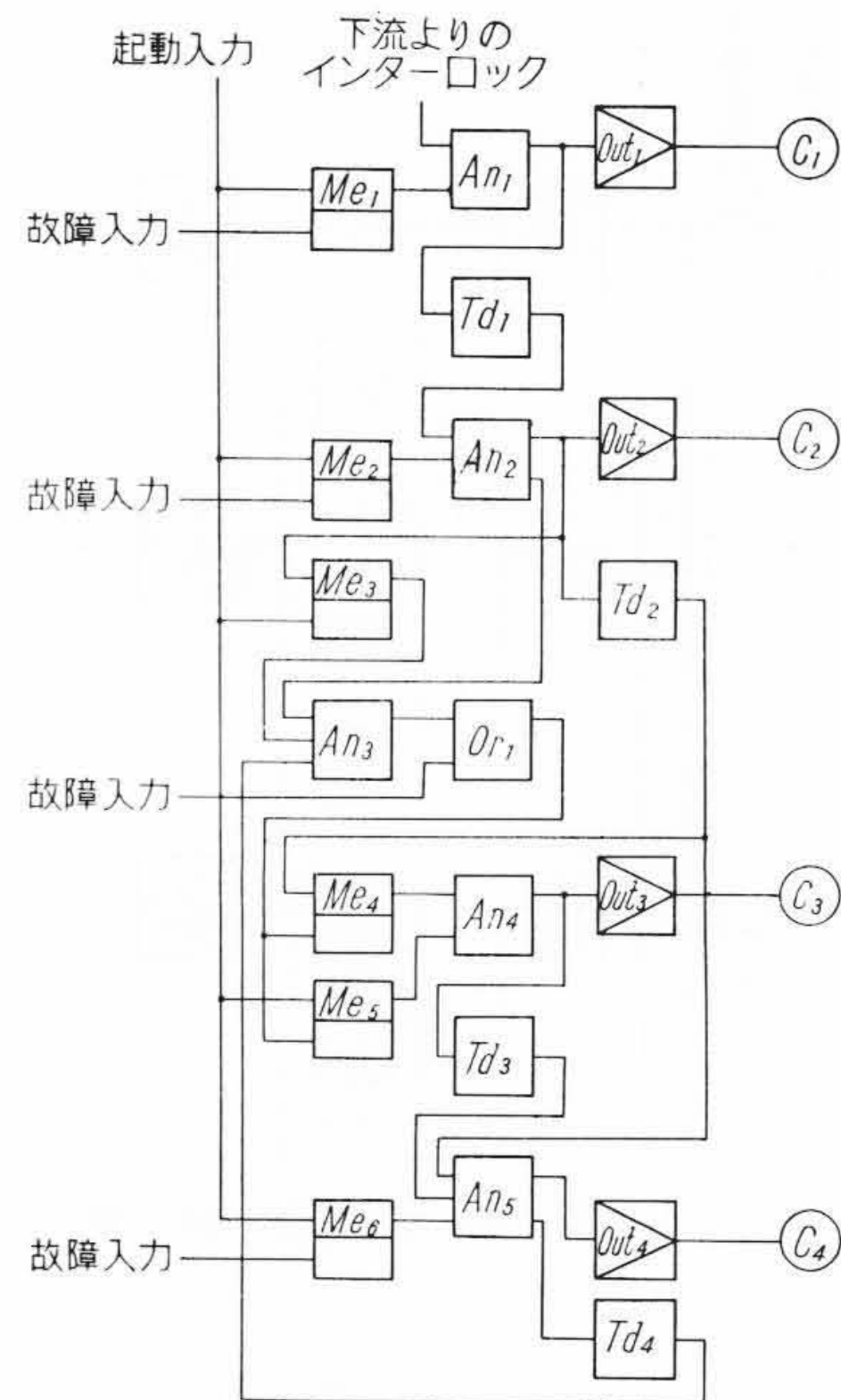
電動機の過負荷などにより故障の生じたときは、故障機器を直ちに停止させるとともに、その機器とインターロックしている上流の電動機を一斉停止させる。故障停止は第 9 図で示した故障により閉路する接点 $X_1 \sim X_3$ の出力を第 6 図および第 7 図に示す $Me_1 \sim Me_3$ の -I 入力に与えれば、また第 8 図においては $Me_4 \sim Me_6$ の -I 入力に与えれば故障機器より上流は一斉停止し、故障機器の運転表示ランプは 5.3 で述べたように点滅し警報を発生する。

故障復帰後は、手動運転では故障機器より順次手動操作により、また連動運転においては連動起動操作により故障機器より順次起動する。

鉱石、セメント原料の輸送系の中には粉砕機のように負荷状態では起動困難なものが含まれる。このような系統では故障により全電動機が一斉停止することは望ましくなく、粉砕機を除く全電動機を一斉停止させ、ある時間において粉砕機を連動または手動により停止させる必要がある。第 10 図は故障停止の際粉砕機を連動停止させる回路を示す。図では電磁接触器 C_3 により駆動される電動機が粉砕機用を示す。起動は C_1 , C_2 , C_3 および C_4 の順に起動するが、 C_4 は C_2 と C_3 の両者からインターロックをとっているため、下流機器の停止により C_3 が積放しなくとも C_2 が積放すれば C_4 は積放する。一方 C_3 は C_2 からインターロックをとって起動するが、いったん起動すると Me_4 の記憶動作により C_2 が積放されても直ちに積放されず、 C_4 が積放してから Td_4 による時間おくれをもって積放する。

5.6 渋 滞 停 止

連動起動では、起動初期条件のみ人為的に与えられ、途中の起動はあらかじめ設定された順序と時間により自動的に行なわれる。したがってなんらかの原因で途中の電動機が起動しないと、その機器より上流は何時までも起動できない。このように起動操作後一定時間以内に全電動機が起動完了しないときは、それまでに起動していた電動機を停止させ、渋滞停止警報を発生させる。渋滞停止回路には Me (または Inh) と Td を用い、 Me (または Inh) の入力に初期



第 10 図 故障停止回路

起動信号を、-I 入力に最上流機器起動完了信号を与え、その出力を Td の入力とすれば、起動操作後 Td による遅れ時間以内に全電動機が起動完了しなければ Td に出力が得られる。この出力を停止信号および渋滞警報入力とし、渋滞停止を行なうことができる。

6. 操 作 切 替

制御監視室が 2 個以上ある場合は、どこから操作を行なうかによって操作場所の切り替えがなされる。この切り替えには、操作方式が同一で場所のみを切り替える場合操作方式と操作場所とが同時に切り替えられる場合切り替えを 1 個所から一括して行なう場合、各電動機ごとに切り替える場合などその時々の実状に応じて設定される。

6.1 操作場所の一括切り替え

前述の第 6, 7 図の回路は操作方式を同一とし、操作場所のみの一括切り替えを示す。本方式は一度に多数の電動機の監視操作場所を変更するときに用いられる。図において切替開閉機 COS を A 側に倒せば A 操作場所にある操作器で、また COS を B 側に倒せば B 操作場所にある操作器で操作できる。このような切り替えは操作者の都合あるいは運転の実状により操作場所のみを変更する場合が多く、電動機の運転中に切り替えられることが多いので、切り替えの際電動機が停止することは望ましくない。

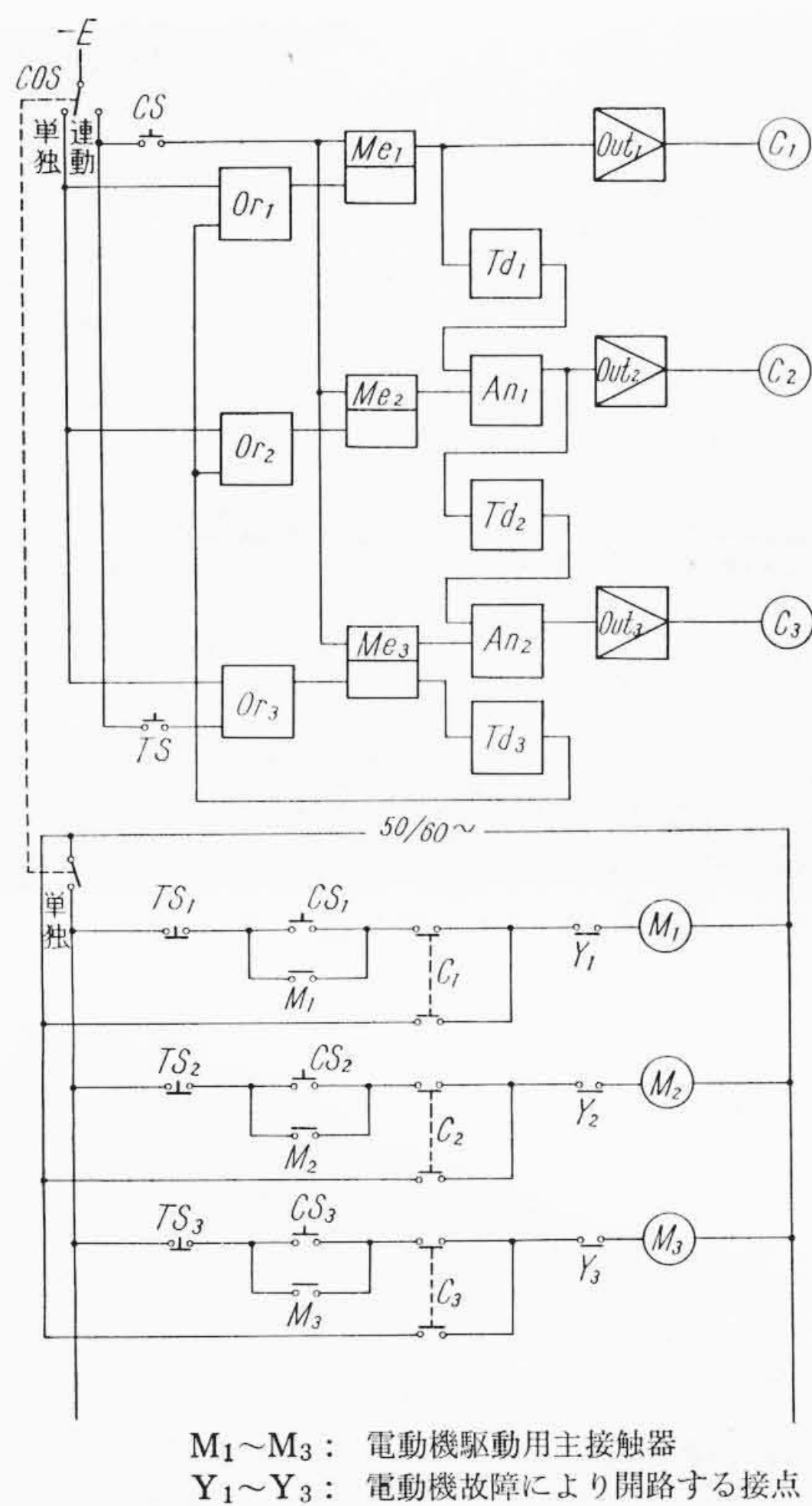
接点式制御方式で、電動機を停止させることなく切り替えようとすれば切替開閉器の重複機構、電磁接触器の機械的自己保持機構、あるいは切り替えを時限動作にするなどの特殊機構を必要とするがトランジログ式の場合は容易に構成される。

6.2 単独直接運転への一括切り替え

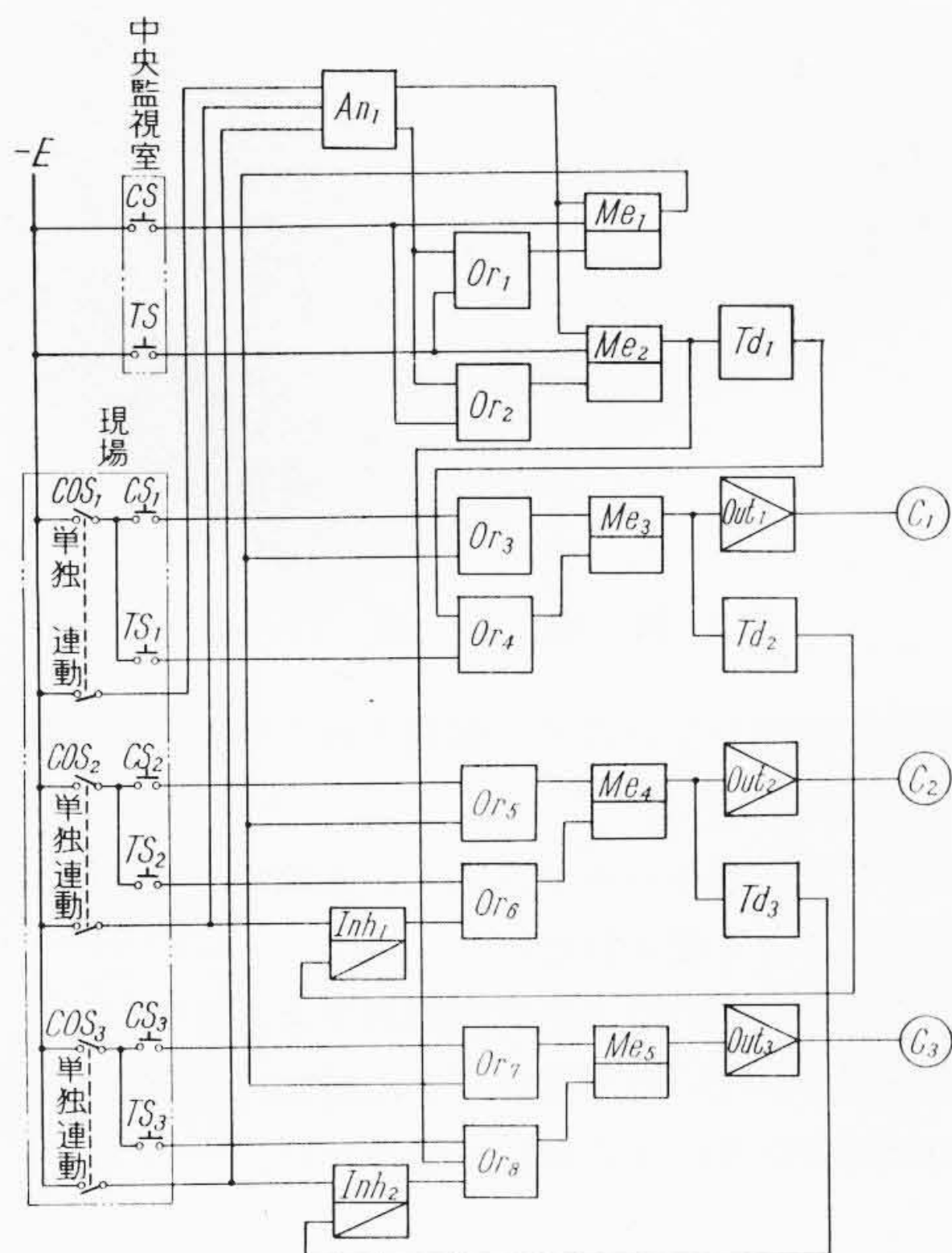
常時は中央監視室から連動運転を行ない、電動機の試運転や点検のために機器のすぐそばで単独運転する場合の回路を第 11 図に示す。操作場所の切り替えは COS で一括して行ない、連動運転をトランジログにより、単独運転は電動機を直視しながら接点式回路により直接操作する方式である。単独運転に直接操作方式を用いたのは電動機のすぐそばで操作するため制御線が短くて良いことと、電動機を全く単独に運転するので最も簡略な操作方式となるためである。

6.3 単機ごとの切り替え

操作場所切り替えの誤操作により重大な事故を引き起こす恐れ



第 11 図 単独直接運転への一括切替回路



第 12 図 単機ごとの操作場所切替回路

ある場所、または現場で単独運転を行ない、工程の進行が軌道に乗ってから、停止することなく中央監視室での連動運転に切り替えるような場合には、現場より各電動機ごとに単独、連動の切り替えを行なっている。第 12 図はこのような回路の一例を示すもので、切替開閉器 $COS_1 \sim COS_3$ が各電動機ごとに設けられた操作場所切替器である。すべての COS が連動に切り替えられたときのみ中央監視室で連動操作が行なえる。単独運転中にいずれかの電動機を連動に切り替えるとき、そのすぐ下流の電動機が運転中ならば停止することなく切り替えられる。したがって単独運転で起動させ、しかる後すべての COS を連動に切り替えれば電動機は停止することなく連動運転に導入される。

逆に連動運転中にいずれかの電動機を単独に切り替えても停止し

ないが、もしその電動機を単独停止させると、その機器より上流は一斉停止する。また連動運転にある系統の一部を短時間停止させその機器より上流をその間停止させないことを必要とする場合は、 COS に連動、単独の切替ノッチのほかに部分停止のノッチを設け、部分停止に切り替えられたときのみ一定時間その機器からのインターロックを解くことも行なわれている。

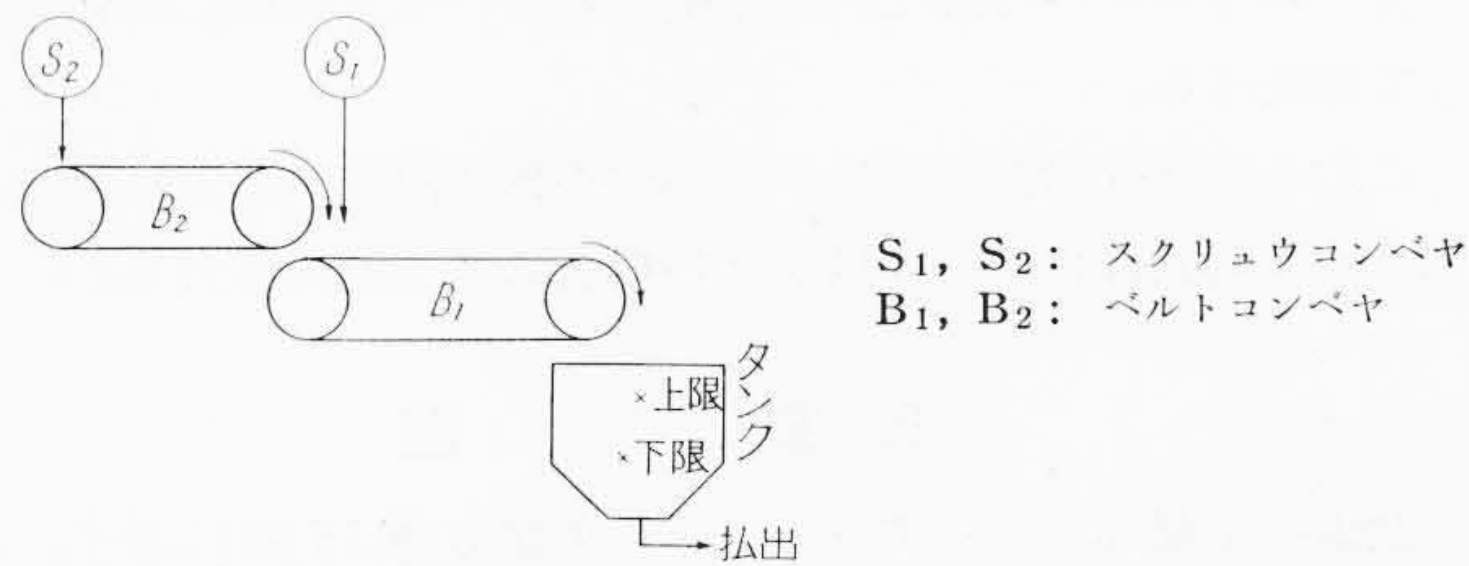
6.4 系統切り替え

運搬機器に用いられる電動機では、フィーダの変更、貯蔵タンクの満杯によるタンクの変更などのために系統切り替えが行なわれる。系統切り替えにおいては、新系統が確立するまで旧系統が停止することは望ましくない。このような回路は前述の第 12 図と同様に構成されるので、ここでは切替過程のみを記述する。すなわち新しく選ばれる系統に属する電動機を単独起動させる。次に不要となる系統の電動機を単独停止させ新系統の確立後全電動機を連動に切り替え連動運転に移行させる。ただこの場合の単独起動操作器は普通監視室にもおかれる。

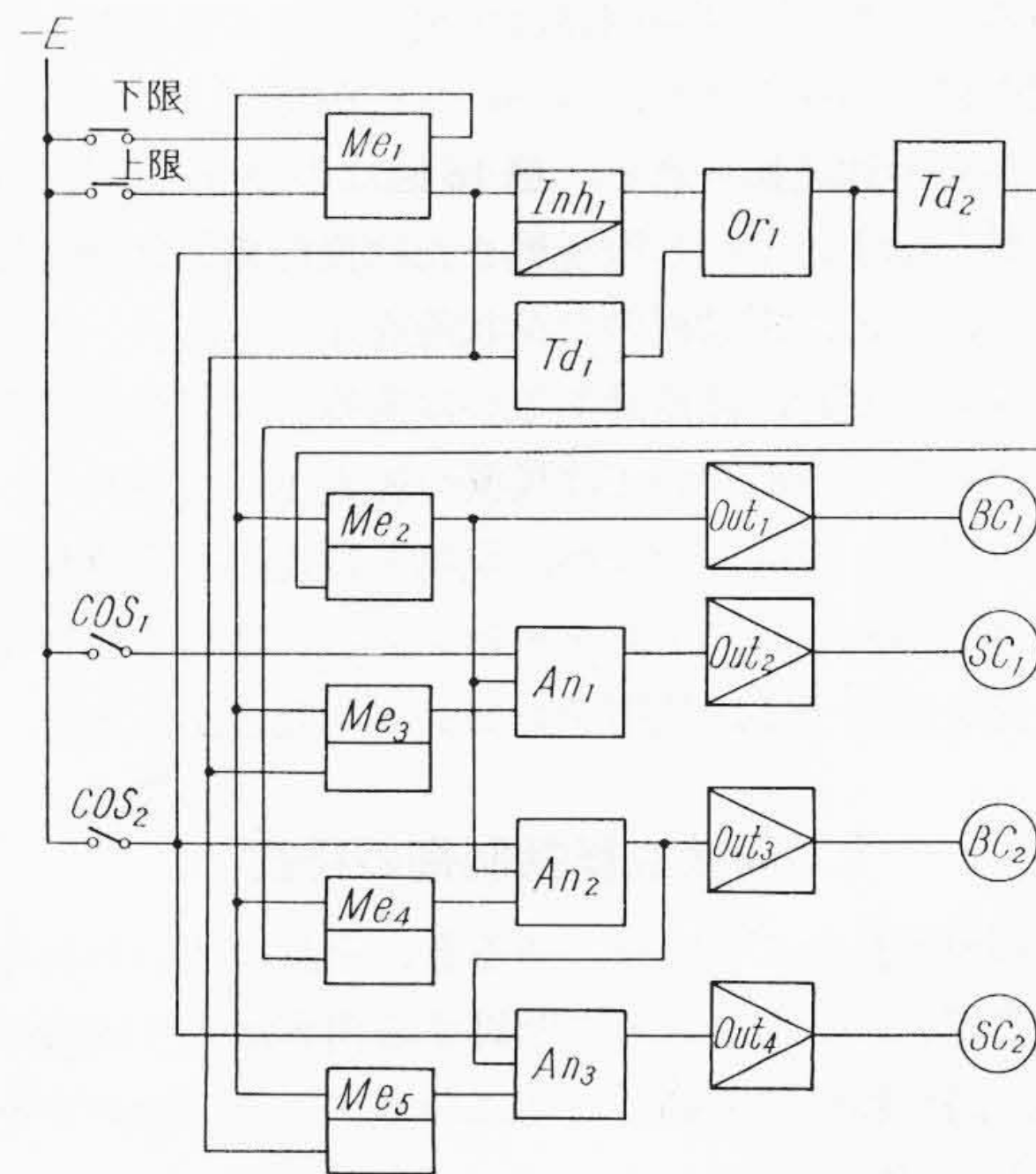
7. 位置制御

電動機群の起動停止を自動的に行なわせる例に位置制御がある。第 13 図に位置制御を有するフローシートの一例を示す。スクリュウコンベヤ S_1, S_2 よりベルトコンベヤ B_1, B_2 を経てタンクに輸送物が送り込まれ、必要に応じてタンクから払い出しが行なわれる。タンク貯蔵量の上限位置でスクリュウコンベヤを停止させ、ベルトコンベヤは残りの輸送物をすべてタンクに送り込んでから停止される。またタンク貯蔵量の下限位置でスクリュウコンベヤおよびベルトコンベヤを起動させタンクへの投入を開始する。

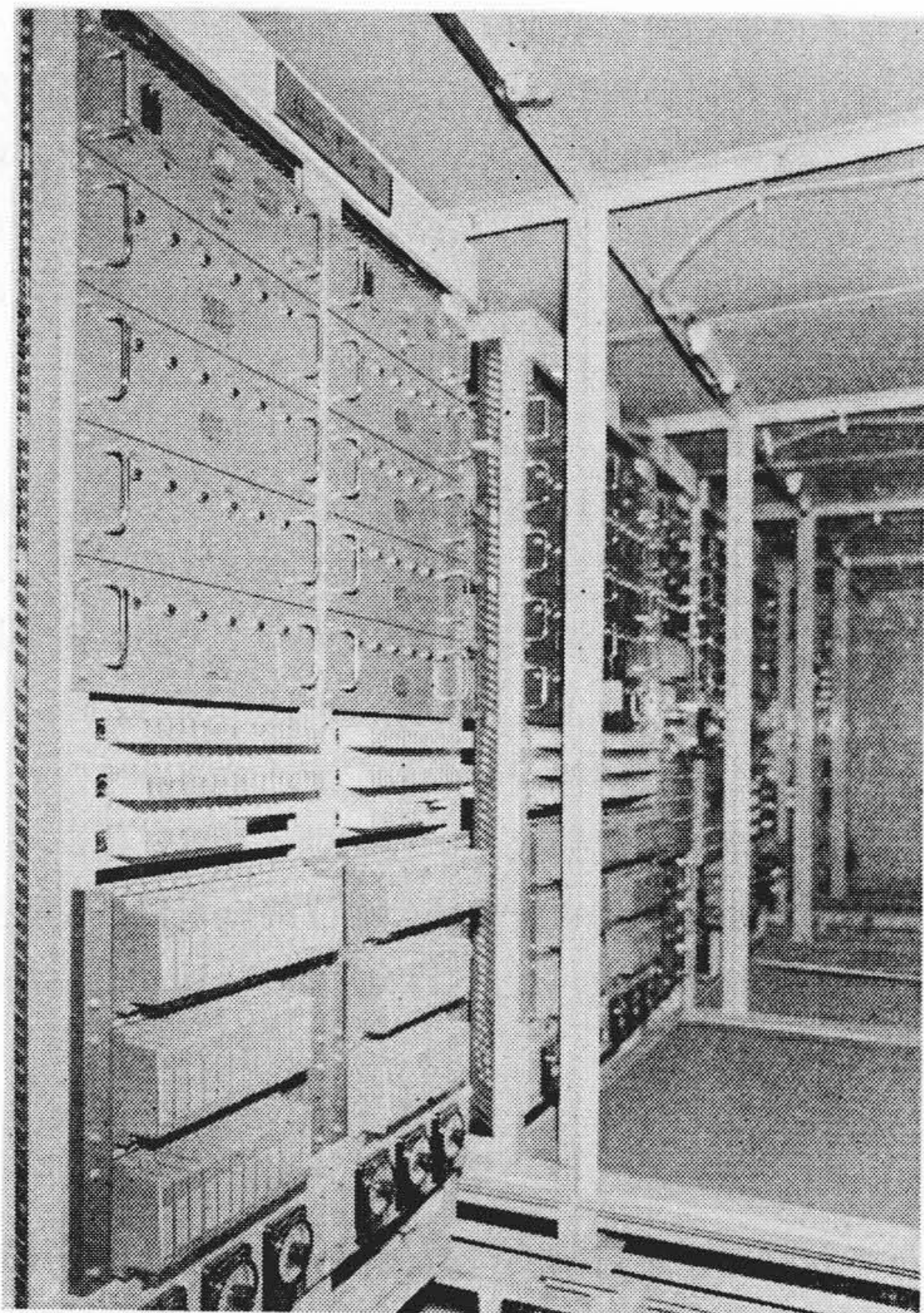
第 14 図は上記の回路を示すもので、スクリュウコンベヤ S_1, S_2 は切替開閉器 COS_1, COS_2 により任意に選択される。今 COS_1 によりスクリュウコンベヤ S_1 が選ばれているとすれば、タンク下限位置で BC_1, SC_1 の電磁接触器が付勢され、スクリュウコンベヤ S_1 、ベ



第 13 図 位置制御フローシート



第 14 図 位置制御回路



第 15 図 トランジログ盤

ルトコンベヤ B_1 が起動する。タンク上限位置により SC_1 が直ちに釈放され、さらに Td_2 の時間遅れの後 BC_1 が釈放され S_1 , B_1 が停止する。

COS_2 によりスクリュウコンベヤ S_2 が選ばれている場合はタンク下限位置により BC_1 , BC_2 , SC_2 が付勢され、ベルトコンベヤ B_1 , B_2 およびスクリュウコンベヤ S_2 が起動し、タンク上限位置で S_2 が停止し、 Td_1 の時間遅れの後 B_2 が停止し、さらに Td_1 の時間遅れの後 B_1 が停止する。 COS_1 , COS_2 で同時に S_1 , S_2 を選択しているときは下限により全電動機が起動し、上限位置により S_1 , S_2 が同時に停止後ベルトコンベヤは S_2 が選択されていると同様に時間遅れをもって停止する。

このような起動停止は、コンベヤの輸送距離が非常に長いとき、あるいは起動停止のひん度が多い場合に多く利用される。

8. 装 置

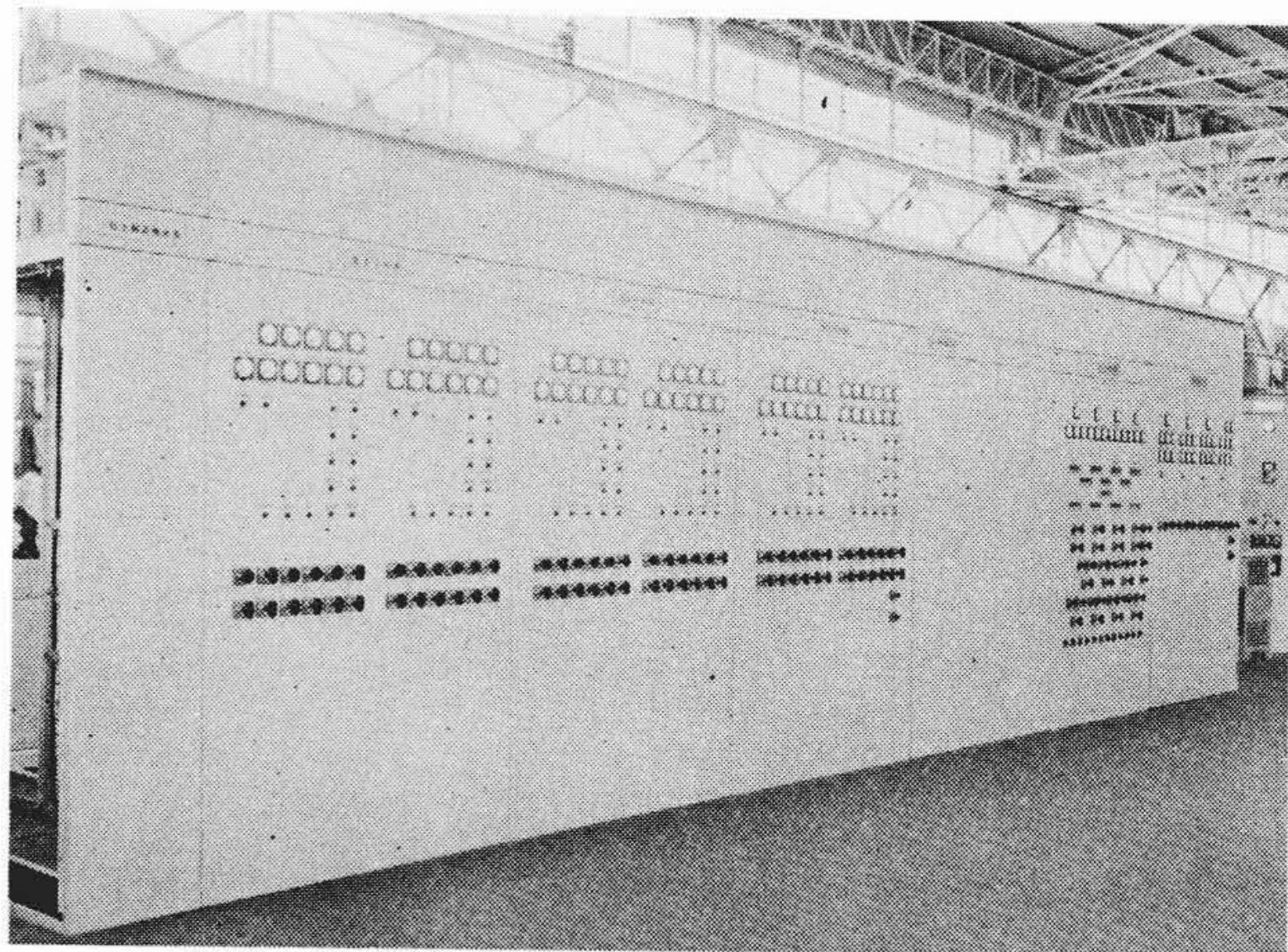
制御の主要部分をなすトランジログ盤を第 15 図に示す。これには約 150 台の電動機を連動、手動にて運転する無接点制御回路が構成されている。これらの制御回路は中央監視室の監視盤および電機室の現場操作盤から操作され、さらに各電動機ごとに設けられた操作スタンドから単独運転される。第 16 図は中央監視盤を、第 17 図は現場操作盤を示す。これら監視盤または操作盤には操作器、運転表示ランプのほか、電動機の負荷状態を示す電流計、電圧計、回転計、油圧計、温度計、流量計あるいは開度計などの計測器を備えまた系統の複雑なものについては模擬母線表示がなされる。

総括制御装置としてはこのほか、現場と監視室や現場相互間の連絡に用いられる構内電話、インターホンあるいは信号用ベルおよび現場での状況を監察する工業用テレビジョンなどがある。

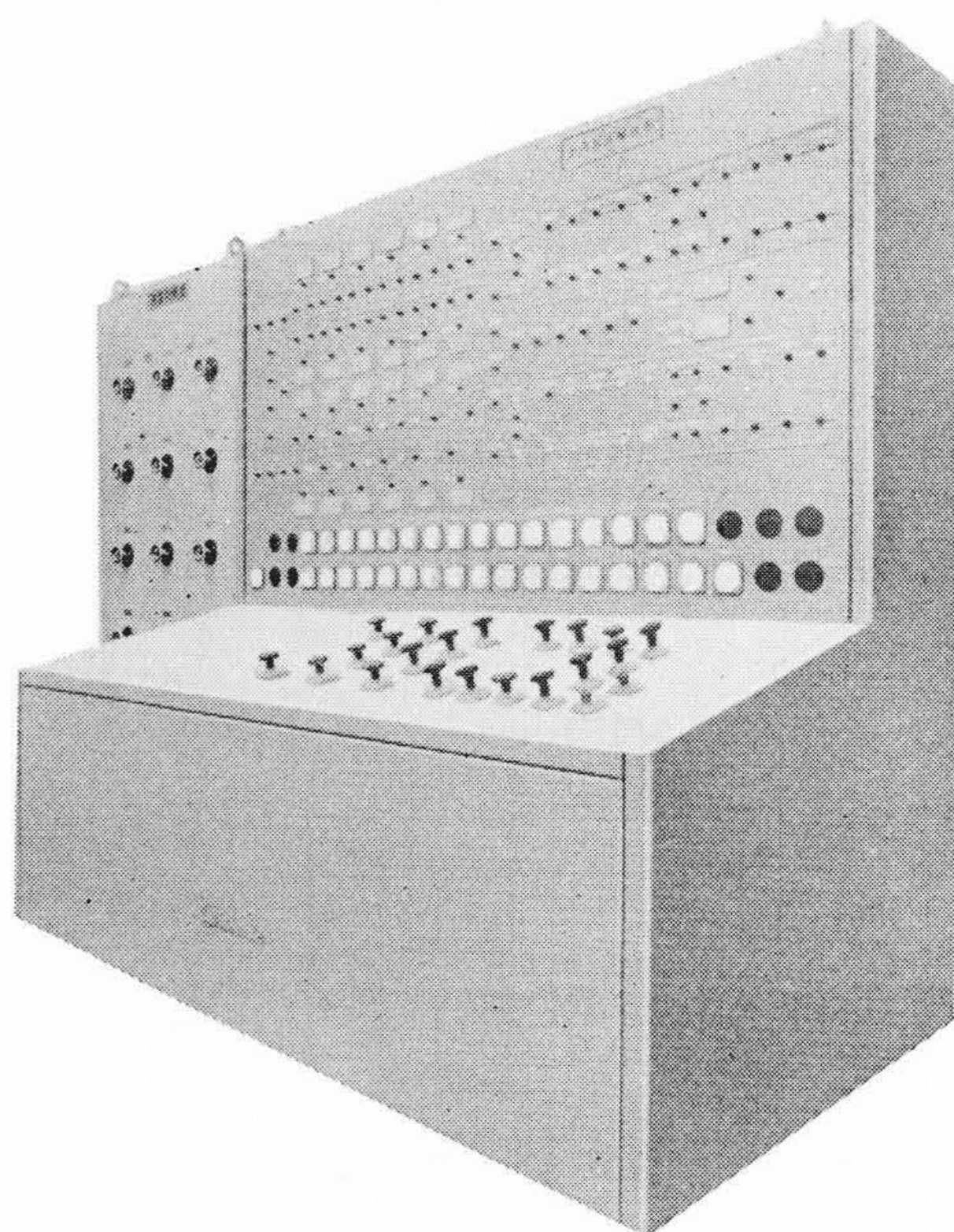
9. 無接点総括制御の特長

無接点制御の特長をここでまとめると、それに用いられる素子の特長により決定されるが、さらに制御する内容により回路の構成が簡易化され、高信頼性の制御が可能になる。トランジログを用いた場合の特長を下記する。

- (1) 小形軽量であるから設置場所が小さくてすむ。
- (2) 制御電力が小さいので配線設備費が削減される。



第 16 図 中 央 監 視 盤



第 17 図 現 場 操 作 盤

- (3) 電気接触部がないので、振動やほこりなどによる接触不良の誤動作がない。
- (4) 各素子は樹脂モールドされているので、腐食性ガス、爆発性ガスにより侵されない。
- (5) 応答速度が速いので迅速制御ができる。
- (6) 可動部分がないので高ひん度に耐え、長寿命が期待される。また設置位置による制約を受けない。

10. 結 言

本文では無接点論理制御素子として開発されたトランジログによる総括制御方式の概要について述べた。制御装置の無接点化はダストの多い所、振動の激しい所、操作距離の長い場所、あるいは高ひん度、高速度、操作切り替えの多い複雑な制御においてその長所を大いに発揮する。これには無接点論理制御素子に信頼性、長寿命、廉価などの諸条件を備えたものが要求される。トランジログはこれらの条件を満たすものとして、近年急速な発展を遂げつつあるセメント、鉄鋼、製糸などの各産業における無接点総括制御に寄与できるものと期待される。

参 考 文 献

- (1) 佐野, 吉田: 日立評論 44, 1161 (昭 37-8)
- (2) 小西: 日立評論 43, 860 (昭 36-7)
- (3) 小西: 日立評論 44, 1000 (昭 37-7)