

# 継電器回路の解析

江森五郎\*

## The Analysis of the Relay Networks

By Gorō Emori

Totsuka Works, Hitachi, Ltd.

### Abstract

In studying relay networks, the stress has been placed mainly on the movements of the relay contacts without due regard to the quantitative phase of the system. Accordingly, the theory concerning relay circuits has been compelled to be qualitative, and it fails to be applicable to the quantitative purposes. In other words, it has very small concern with such applications as the studying of circuits including marginal relays.

Recently, it has been found that for the indication on the relay circuits the electric constants can be employed besides 1 and 0 which have been used hitherto. The writer, combining the 4-terminal network theory with the relay circuit theory discusses the potential difference between optional two points of network and the economy on elements which are introduced from the potential difference by the common use of them.

### 〔I〕 緒 言

継電器回路網を吟味する場合に、現在までは主として継電器接点の動態に重きをおいて、その定量的な面はあまり吟味されていなかった。したがって継電器回路理論は主として定性的なものであつて、定量的な面、すなわち限界継電器などを含んだ回路の吟味などにはあまり用いられなかった。

最近継電器回路網の表示に現在までの 1, 0 表示による定性的なもの以外にその電気定数を入れても差支えないことが見出されてきたので<sup>(1)</sup>、この継電器回路理論に、4端子網理論などを応用して、回路網中の2点間の電位差について、ならびにその結果より誘導される素子の共用節約などについて論じた。

### 〔II〕 継電器回路網のアドミッタンス表示

継電器回路網の接点と継電器の関係の表示については、ある継電器巻線  $F$  のアドミッタンスを  $F$  で表し、それにより駆動される接点  $f$  の動態アドミッタンスを  $f$  で表す。また  $f$  の値は接触時は 1 であり、開放時は 0 である<sup>(2)</sup>。なお反対条件にはこれに  $\sim$  を追加する。したがって  $f$  は動作接点を  $\sim f$  は開放接点を表す。また直列接続

は  $\cdot$  で並列接続は  $\vee$  で表す。よつて A 継電器の動作接点  $a$  と B 継電器の開放接点  $\sim b$  が直列に接続された場合に、2端子アドミッタンスは  $a \cdot \sim b$  で並列接続の場合は  $a \vee \sim b$  で表される。またある条件 A が成立すればある条件 B が成立するときは、 $A \rightarrow B$  で表し、条件 A と B が対等に成立するときは  $A \rightleftharpoons B$  で表す。

つぎに継電器巻線を含んだ回路網の電気定数を  $P, Q, R, \dots$  などの値で表すと、電気定数と動態アドミッタンスの表示は複素数として定義される。しかしてかりに複素数  $a \cdot P$  があつたとき  $b \cdot Q$  との等価のための条件は  $a \rightleftharpoons b, P=Q$  ということになる。

これらの電気定数を考えた回路素子の演算では、並列接続はアドミッタンス素子として  $a \vee P$  で表しうるし、また直列接続はおのおのがアドミッタンスであることから、

$$Y \rightleftharpoons \frac{a \cdot P}{a \vee P} \rightleftharpoons a \cdot P$$

で表される。また従来の演算規約のほとんどは実施可能であるが、 $P \cdot a \vee P \cdot b \rightleftharpoons P \cdot (a \vee b)$  が常には成立しえないのはあきらかである。

つぎに各種回路を解く方程式の中に接点記号を表す  $a, b$  などが単独で表され解き難いことがある。これを解決するには、これに直列アドミッタンス  $s$  を考えて必要

\* 日立製作所戸塚工場

に応じ  $s$  を追加して、 $a \cdot s$  あるいは  $b \cdot s$  などの複素数としてこれを解き、しかる後に  $s \rightarrow \infty$  の際の極限值を求めると比較的楽に誤りなく解ける場合が多い。このようにして継電器回路網が表示される訳であるが、つぎにこういう回路網でも、重畳の定理が成立するか否かを調べてみよう。一般に継電器回路網理論でもキルヒホッフの法則は、前記の表示法を行えば、成立しうる。したがってこれを回路網の各分枝に適用しても成立するから、重畳の定理が成立することは容易に証明される。

つぎに継電器回路網中の2点①、②をアドミッタンス経由で、第1図(a)のごとく接続する場合であるが、 $Y$  を接続する前に表された電圧の動態を  $V_{12}$  で表すと、①、②間に  $V_{12}$  と大きさが反対方向の起電力を  $Y$  と直列に加えても、各枝路には電流が流れない。したがって第1図(b)のごとき接続を行つても、回路全体には影響がない。つぎに電圧  $E$  をとり除いて、 $V_{12}$  の起電力を加えると、第1図(c)のごとくたつて、この第1図(b)と(c)を重ね合せると、第1図(a)になる。第1図(b)はアドミッタンス  $Y$  を接続する前と内部状態に変化がないのだから、 $Y$  を接続したことによる内部状態の変化は第1図(c)で表される。ゆえに継電器回路網中の任意の2点間をアドミッタンス  $Y$  で接続するとき生ずる動態の変化は、その接続する前2点間に表れた電位差を、継電器回路網中の電圧をとり除いて印加した場合に等しいといえる。

〔III〕 継電器回路網中における等電位であるという条件 (第1種)

われわれは一般の電気回路網で2点が等電位であるという条件は、その2点間を接続してみても、回路網中の状態が全く変化しないということを知っている。したがって継電器回路網中에서도当然そういう条件が成立する場合がある筈である。この吟味は比較的簡単であつて、第2図のごとき回路網で電池側を入力と考えて、端子①あるいは②と地気間を出力と考えたときの、この回路の4端子定数より点①と地気間の電位差  $V_{1G}$ 、点②と地気間の電位差  $V_{2G}$  が求まる。すなわち各々の場合の4端子定数を  $Y_{11A}$ 、 $Y_{12A}$ 、 $Y_{22A}$ 、 $Y_{11B}$ 、 $Y_{12B}$ 、 $Y_{22B}$  で表せば、

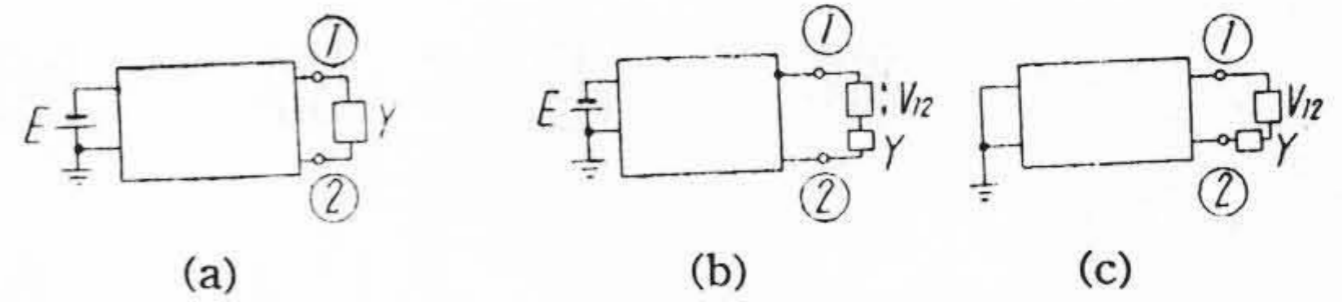
$$\frac{V_{1G}}{E} \rightleftharpoons \frac{Y_{12A}}{Y_{22A}} \dots\dots\dots (1)$$

$$\frac{V_{2G}}{E} \rightleftharpoons \frac{Y_{12B}}{Y_{22B}} \dots\dots\dots (2)$$

で表されるから、したがって

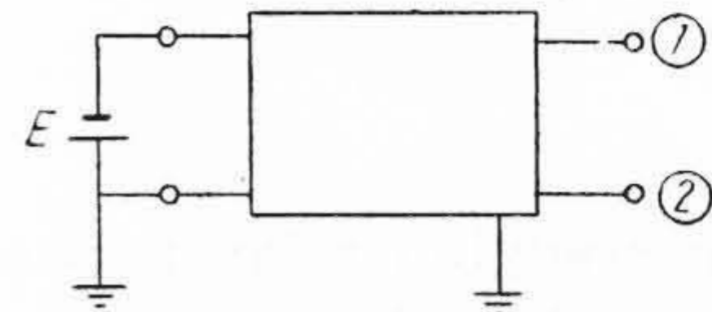
$$\frac{Y_{12A}}{Y_{22A}} \rightleftharpoons \frac{Y_{12B}}{Y_{22B}} \dots\dots\dots (3)$$

ならこの2点は等電位といえる。その実際例として第3図の回路を考えると、点①の電位  $V_{1G}$  については

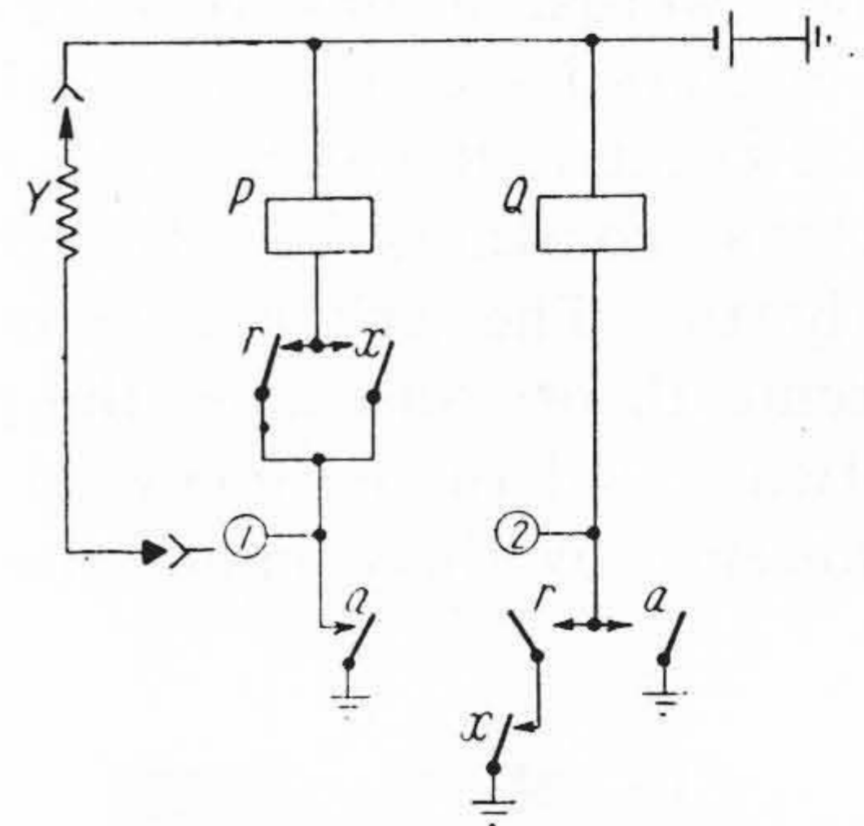


第1図 アドミッタンスを接続した4端子継電器回路の状態変化の説明

Fig. 1. Explanation of Changed Condition due to the Connection of Admittance in the Four Terminal Relay Network



第2図 継電器4端子回路 Fig. 2. Four Terminal Relay Network



第3図 等電位回路 Fig. 3. Equipotential Circuit

$$\frac{V_{1G}}{E} \rightleftharpoons a \cdot (x \vee \sim r) \dots\dots\dots (4)$$

点②の電位  $V_{2G}$  については

$$\frac{V_{2G}}{E} \rightleftharpoons a \cdot (x \vee \sim r) \dots\dots\dots (5)$$

で表され、 $V_{1G} \rightleftharpoons V_{2G}$  となり完全に等電位なので、①、②の2点間は結んで差支ない。

以上が2点が等電位である場合の例であるが、継電器回路網においてはさらに等電位ということを広義に考えてよい筈である。すなわち継電器巻線に流れる電流が変化しなければよい訳である。第3図において点①と電池の間にアドミッタンス  $Y$  が入つていても、 $P$ 、 $Q$  継電器のみを考えたときは相変わらず点①、②を結んで差支ないが、あきらかに  $V_{1G} \rightleftharpoons V_{2G}$  の関係は成立していない。この場合の解法をつぎに示す。

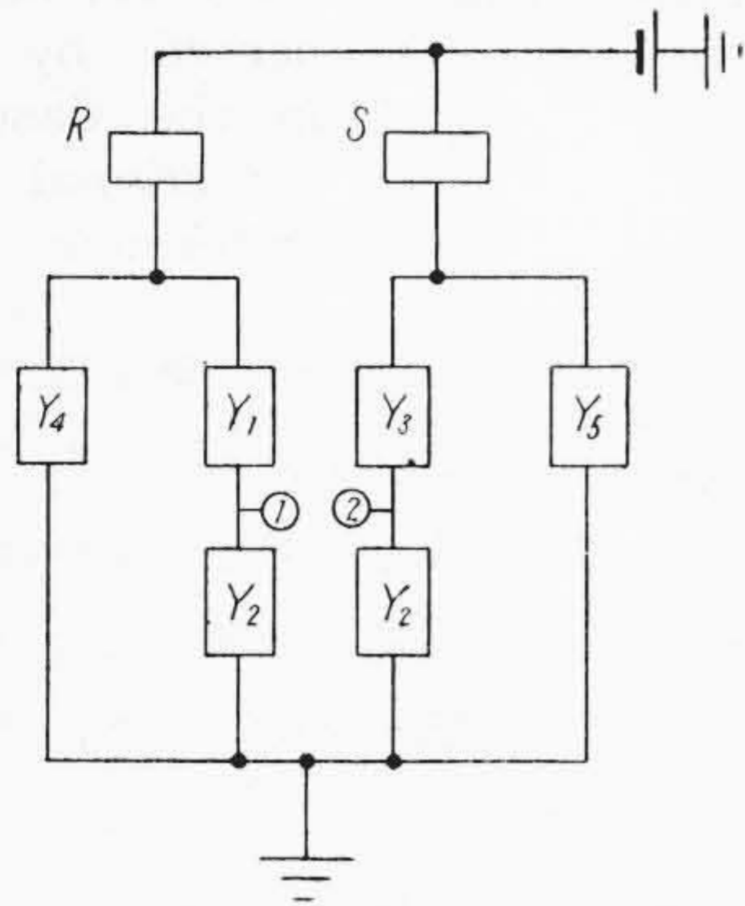
〔IV〕 継電器回路網中における等電位である条件 (第2種)

前述したごとく、任意の2点間を接続しても、この継

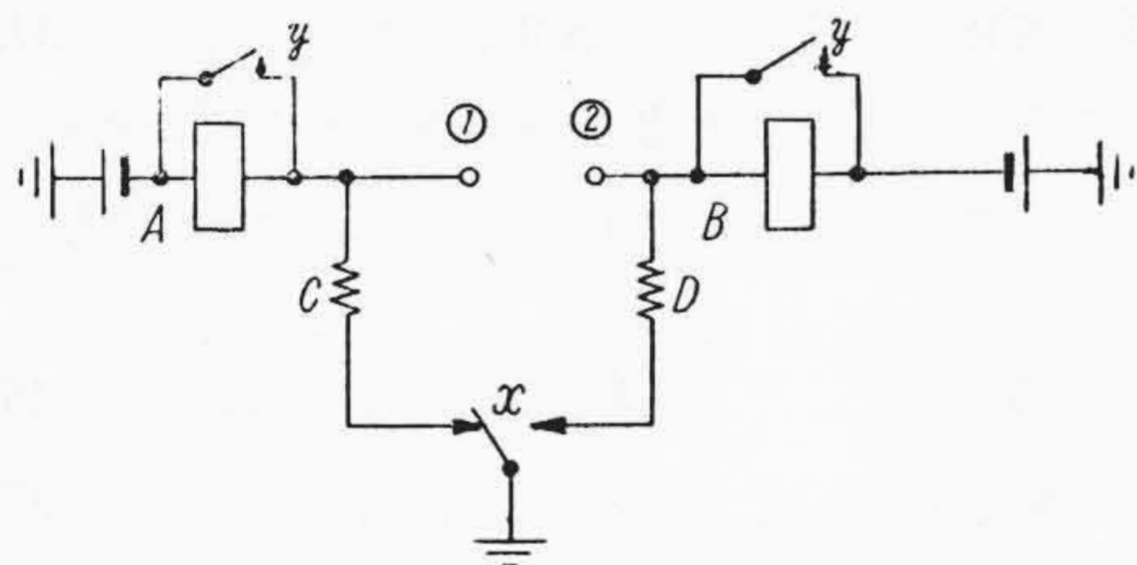


第4図 4端子継電器回路の端子間を短絡した場合の状況変化

Fig. 4. Change of Condition in the Case of Short Circuiting of Two Terminals in the Four Terminal Relay Network



第5図 接続条件を求める回路  
Fig. 5. Connecting Condition of Relay Network



第6図 接続条件を求める回路の実例  
Fig. 6. Examples for Connecting Condition of Relay Network

電器回路を構成する継電器巻線に電流が流れねば、この2点間は広義の等電位という。

継電器回路網もすべて一般の電氣的素子と同じ取扱ができる場合もあるので、第4図に示す任意の継電器回路の2点、①、②間に電位差  $V_{12}$  が表れていたとして、それを結んだとすると、結んだことによる回路網中の状態の変化は、回路網中の起電力を除いて電圧  $V_{12}$  を印加したことによる状態をもつて表されるから、この状態で回路網を形成する継電器巻線に電流が流れねば差支はない。これを実際の例について論ずる。第5図の回路で点①、②間を接続してもよい条件を求めてみると、点①の電位を  $V_{1G}$ 、点②の電位を  $V_{2G}$  とすると、つぎの式が成立する。

$$\frac{V_{1G}}{E} \rightarrow Y_1 \cdot \sim Y_2 \cdot \sim Y_4 \dots \dots \dots (6)$$

$$\frac{V_{2G}}{E} \rightarrow \sim Y_2 \cdot Y_3 \cdot \sim Y_5 \dots \dots \dots (7)$$

したがって  $R, s$  巻線を通る電流に変化がないためには、つぎの連立方程式が成立する必要がある。

$$Y_1 \cdot \sim Y_2 \cdot Y_3 \cdot \sim Y_4 \cdot Y_5 \rightarrow 0 \dots \dots \dots (8)$$

$$Y_1 \cdot \sim Y_2 \cdot Y_3 \cdot Y_4 \cdot \sim Y_5 \rightarrow 0 \dots \dots \dots (9)$$

これはまた

$$\sim Y_1 \vee Y_2 \vee \sim Y_3 \vee Y_4 \vee \sim Y_5 \rightarrow 1 \dots \dots \dots (8)'$$

$$\sim Y_1 \vee Y_2 \vee \sim Y_3 \vee \sim Y_4 \vee Y_5 \rightarrow 1 \dots \dots \dots (9)'$$

とも書直して、前回の報告<sup>(3)</sup>で出した結果とも一致する。すなわち、この方法が前回の方法を普遍化したものである。したがって図において、①、②点を結んでよい条件が求めたわけで、これにより  $Y_2$  素子が1箇節約できるのは前回は報告したとおりである。

[V] 継電器回路網中における等電位である条件 (第3種)

継電器回路網ではさらに進んで考えるならば、前節による継電器巻線の変化電流値が、たとえ0にならなくても、使用している継電器の電流感度に影響せねば差支ないことになる。したがってこの場合も、ある2点間を結んでもよい条件となり、一種の広義の等電位となる。

したがってこれを第6図のごとき回路で考えてみると①、②間を結んだことによるA巻線を通る電流の変化は

$$E \cdot \left[ x \cdot \sim y \cdot \ominus \frac{A \cdot D}{A \vee B \vee D} \vee \sim x \cdot \sim y \cdot \left( \frac{A \cdot B \cdot C}{(C \vee A) \cdot (A \vee B \vee C)} \right) \right] \dots (10)$$

B巻線を通る電流の変化は

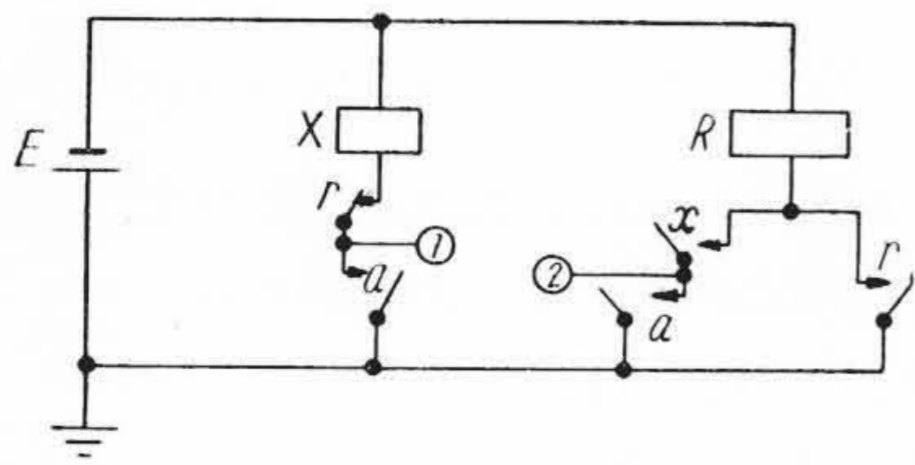
$$E \cdot \left[ x \cdot \sim y \cdot \left( \frac{A \cdot B \cdot D}{(B \vee D) \cdot (A \vee B \vee D)} \right) \vee \sim x \cdot \sim y \cdot \ominus \frac{B \cdot C}{A \vee B \vee C} \right] \dots (11)$$

ただし式中の $\ominus$ は反対方向を意味する。

(10) 式からA巻線を通る電流変化は  $E \cdot \left( \ominus \cdot \frac{A \cdot D}{A \vee B \vee D} \right)$  か  $E \cdot \left( \frac{A \cdot B \cdot C}{(C \vee A) \cdot (A \vee B \vee C)} \right)$  かあるいはその和であるが、符号が反対なので和は考える必要がない。したがって上記の電流値が電流感度に影響せねば差支ない。同様にB巻線に対しても、電流  $E \cdot \left( \ominus \frac{B \cdot C}{A \vee B \vee C} \right)$  か  $E \cdot \left( \frac{A \cdot B \cdot D}{(B \vee D) \cdot (A \vee B \vee D)} \right)$  が電流感度に影響せねば差支ない。

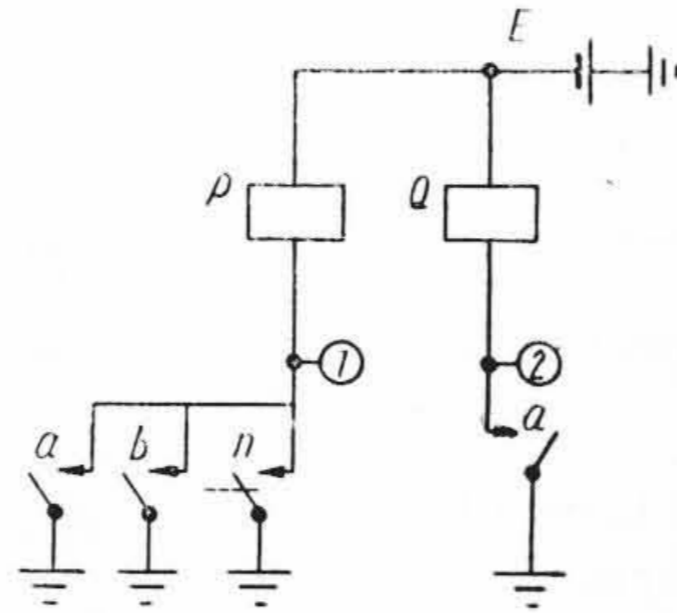
[VI] 実際の応用例について

第7図(次頁参照)のごとき回路網を考えると、点①の電位  $V_{1G}$ 、点②の電位  $V_{2G}$  はそれぞれ下式で表される。



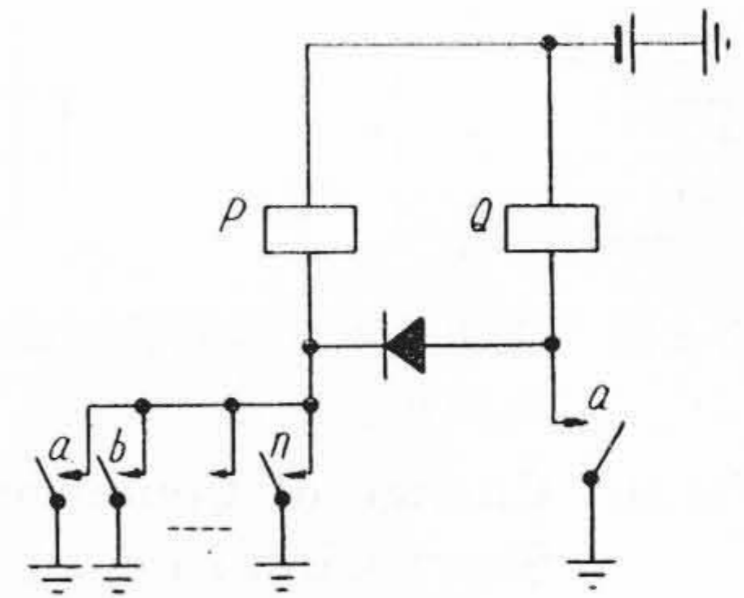
第7図 2点間を接続しても状態の変らぬ回路の実例

Fig. 7. Example of Relay Circuit which is Not Changed by the Connection of Two Terminals in Itself



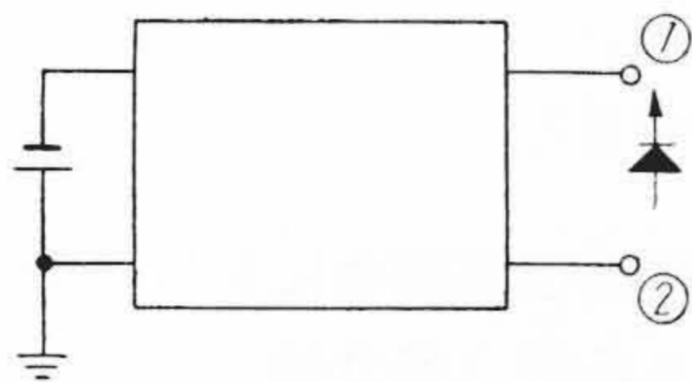
第8図 2点間の電位差が一方方向性をもつ回路

Fig. 8. Potential between Two Terminals which has only One Direction



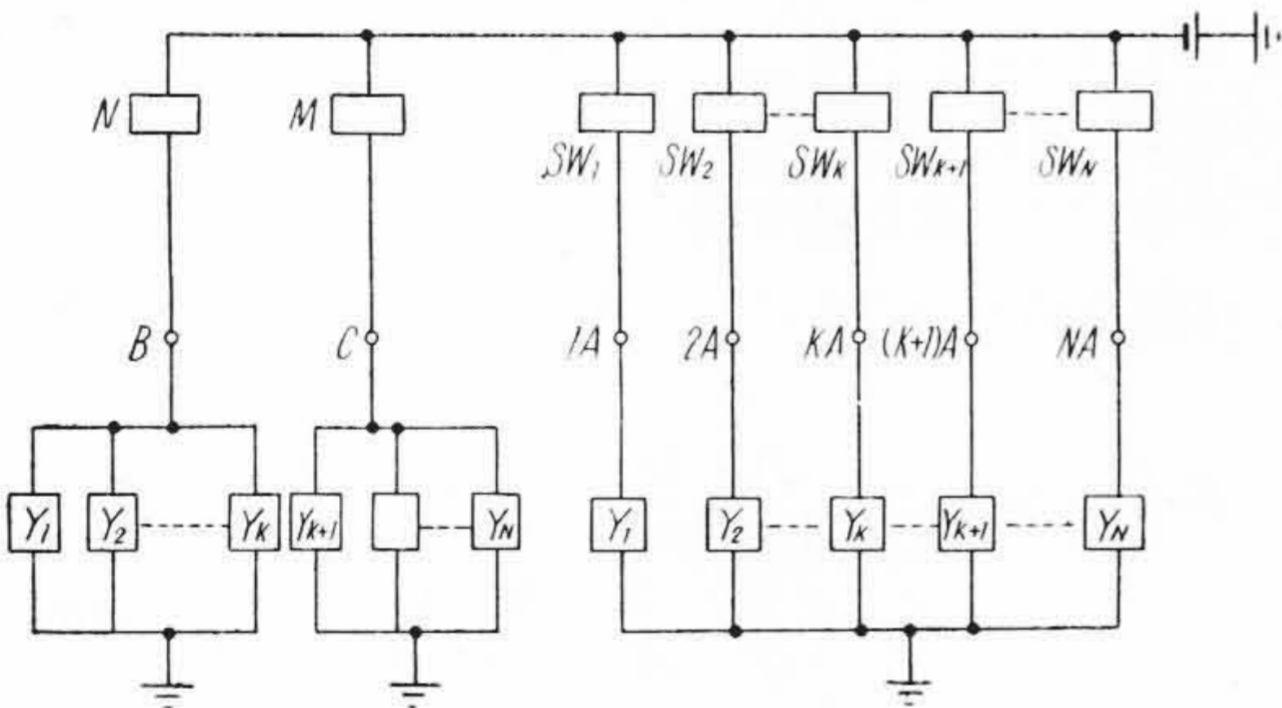
第9図 電位差に方向性があるとき整流器で接いだ回路

Fig. 9. Two Terminals Connected by Rectifier in the Case of One Directional Potential Difference



第10図 整流器接続回路網

Fig. 10. Relay Network which Contains Rectifier



第11図 番号群回路 (その1)

Fig. 11. Number Group Circuit (1)

$$V_{1G} \rightarrow \sim a \cdot \sim r \dots\dots\dots (12)$$

$$V_{2G} \rightarrow \sim a \cdot x \cdot \sim r \rightarrow 0 \dots\dots\dots (13)$$

(13)式から判断して点②の電位は実在しない。したがって点②は直接接地して接点 a を節約してもよいし、また  $V_{2G} \rightarrow V_{1G}$  であることから①、②点間を接続して接点 a を共用することによつて接点の節約をはかつてもよい。

つぎに第8図に示されるごとき回路を考える。点①の電位  $V_{1G}$  は  $E \cdot \sim a \cdot \sim b \cdot \dots \cdot \sim n$  で点②の電位  $V_{2G}$  は  $E \cdot \sim a$  で表される。したがつて  $V_{1G} \rightarrow V_{2G}$  となる。したがつて点①、②の電位差はある一方方向性を持つことになるから、この2点間に整流器を挿入して一方方向の電流を阻止すれば、回路網中にはなんらの変化を与えない。こうして整流器を接いだのが第9図である。これによりまた第9図の最も左の a 接点は節約しうる。

上記の例よりわかるごとく一般の継電器回路網で第10図に示すごとく、任意の2点①、②の電位をそれぞれ  $V_{1G}$ ,  $V_{2G}$  としたときに、 $V_{1G} \rightarrow V_{2G}$  であれば、図のごとく整流器を接続しても回路網の状態に変化は起らない。またこの整流器の代りに抵抗を接いでも、この抵抗値を適当に選んで①から②の方向による電流が継電器巻線に流れる電流に影響せねば同様の結果をうる。

このような考え方を進めると、一般の共通制御交換機の番号群回路が生れる。すなわち第11図に示す回路が番号群回路での加入者の位置と種別を判定する回路の一部で  $SW_1, SW_2, SW_3, \dots, SW_N$  が位置を表し、 $M, N$  が種別を表す。また番号表示の特質よりみて、各端子に接続されたアドミッタンス相互の間には下式の関係がある。

$$Y_1 \vee Y_2 \vee Y_3 \dots \vee Y_N \rightarrow 1 \dots\dots\dots (14)$$

$$Y_i \cdot Y_j \rightarrow 0 \text{ (ただし } i \neq j) \dots\dots\dots (15)$$

また各点の電位にはつぎの関係がある。

$$\text{点 } 1A \text{ の電位: } V_{1A} \rightarrow \sim Y_1 \cdot E$$

$$\text{点 } 2A \text{ の電位: } V_{2A} \rightarrow \sim Y_2 \cdot E$$

⋮

$$\text{点 } NA \text{ の電位: } V_{NA} \rightarrow \sim Y_n \cdot E$$

$$\text{点 } B \text{ の電位: } V_B \rightarrow \sim Y_1 \cdot \sim Y_2 \cdot \dots \cdot \sim Y_k \cdot E$$

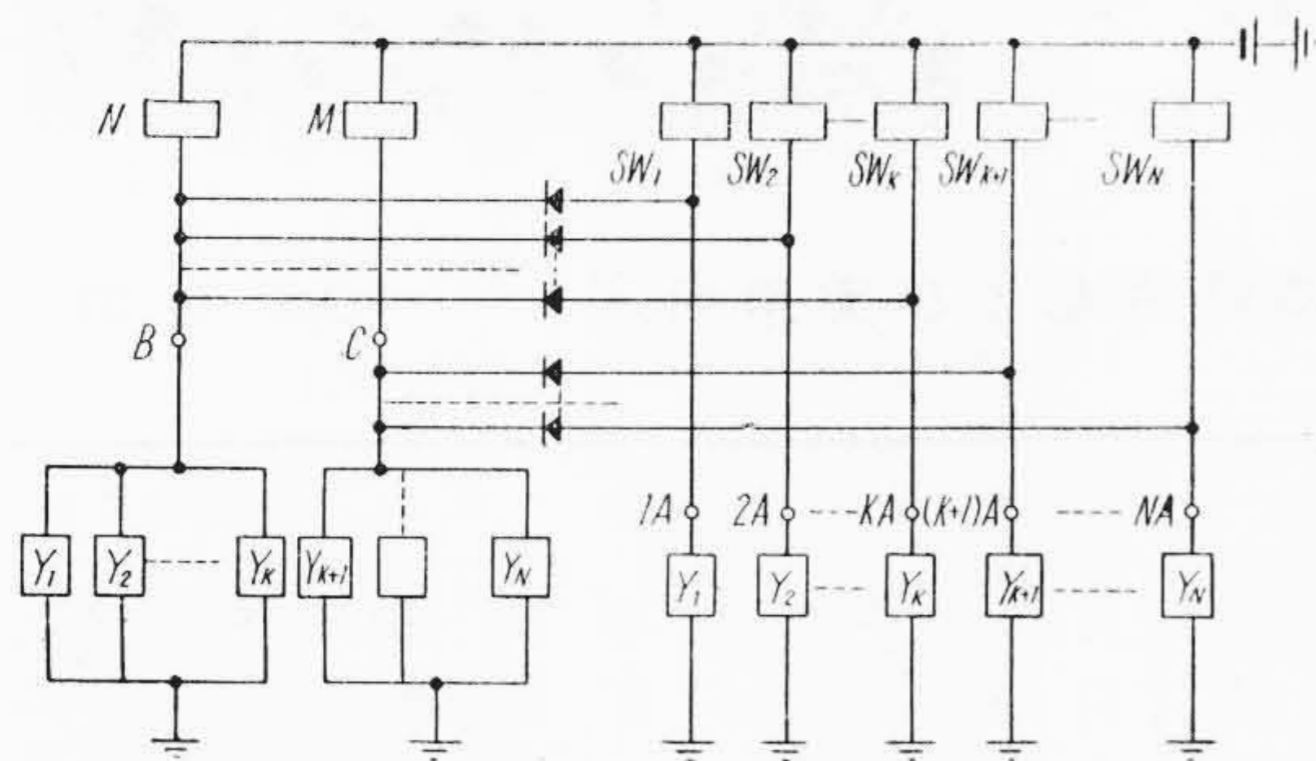
$$\text{点 } C \text{ の電位: } V_C \rightarrow \sim Y_{k+1} \cdot \dots \cdot \sim Y_n \cdot E$$

したがつて

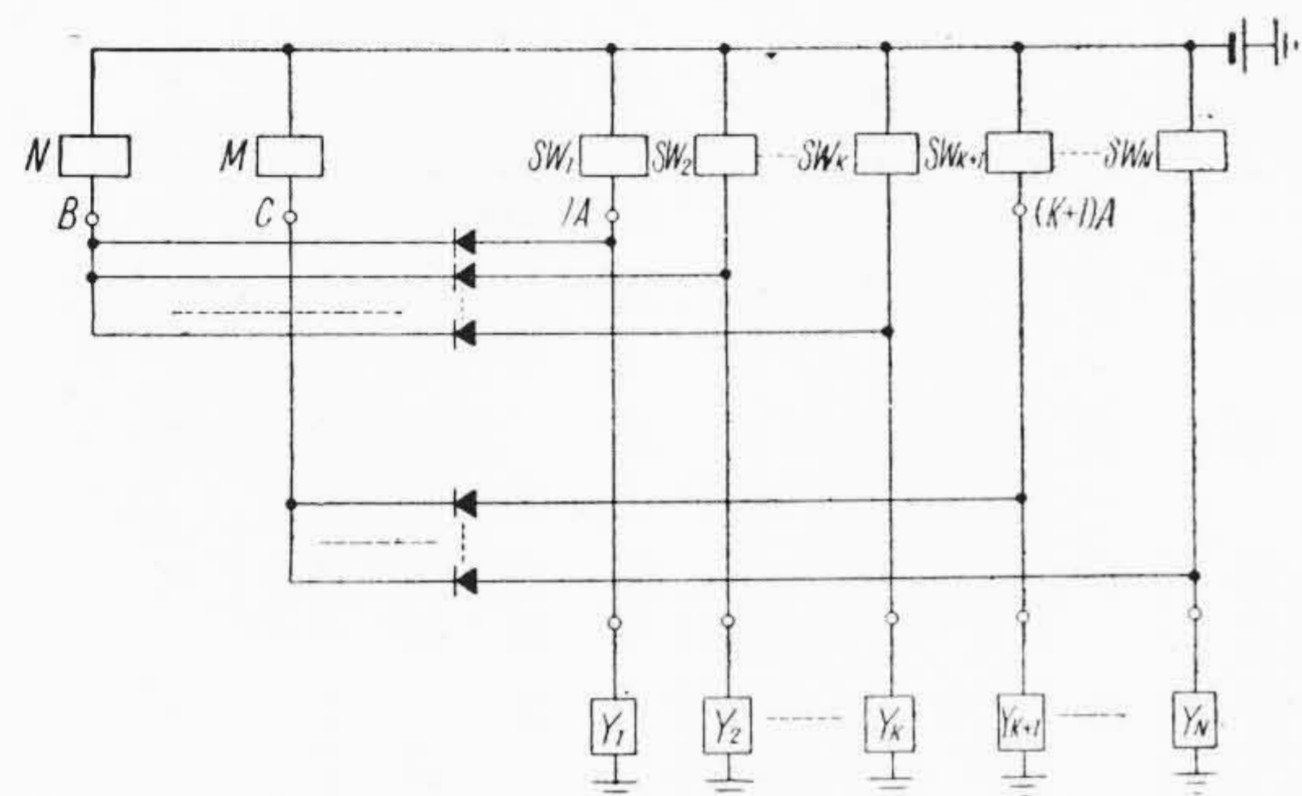
$$V_B \rightarrow V_{1A}, V_B \rightarrow V_{2A}, \dots, V_B \rightarrow V_{KA},$$

$$V_C \rightarrow V_{(K+1)A}, \dots, V_C \rightarrow V_{NA}$$

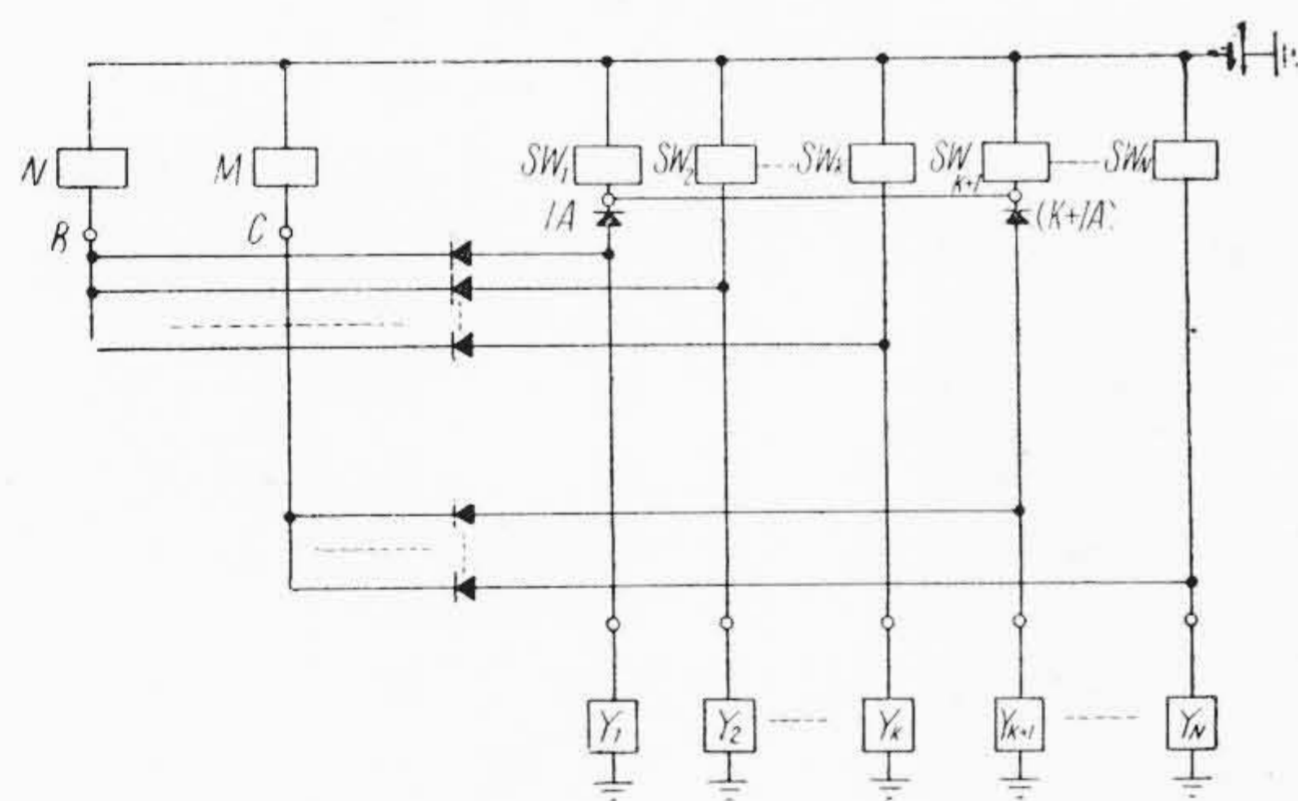
の関係がすべて成立する。よつて点  $1A, 2A, \dots, KA$  はすべて B 点と整流器で接いでよく、また点  $(K+1)A$  から点 N まではすべて C 点と整流器で接いでよく、第12図がえられ、また結合後は同一アドミッタンスが並列に入るのでこれを消去して第13図がえられる。さらにかりに  $SW_1$  と  $SW_{K+1}$  が継電器として同一の機能を要求さ



第12図 番号群回路 (その2)  
Fig. 12. Number Group Circuit (2)

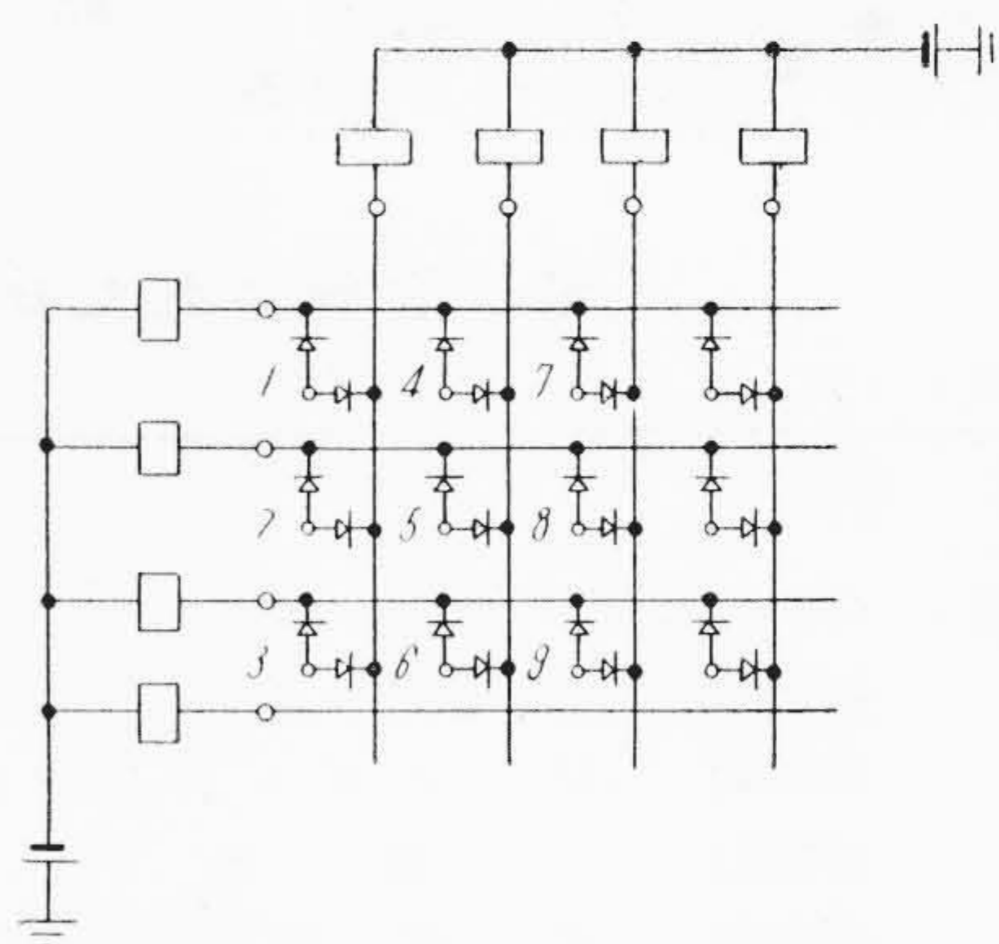


第13図 番号群回路 (その3)  
Fig. 13. Number Group Circuit (3)

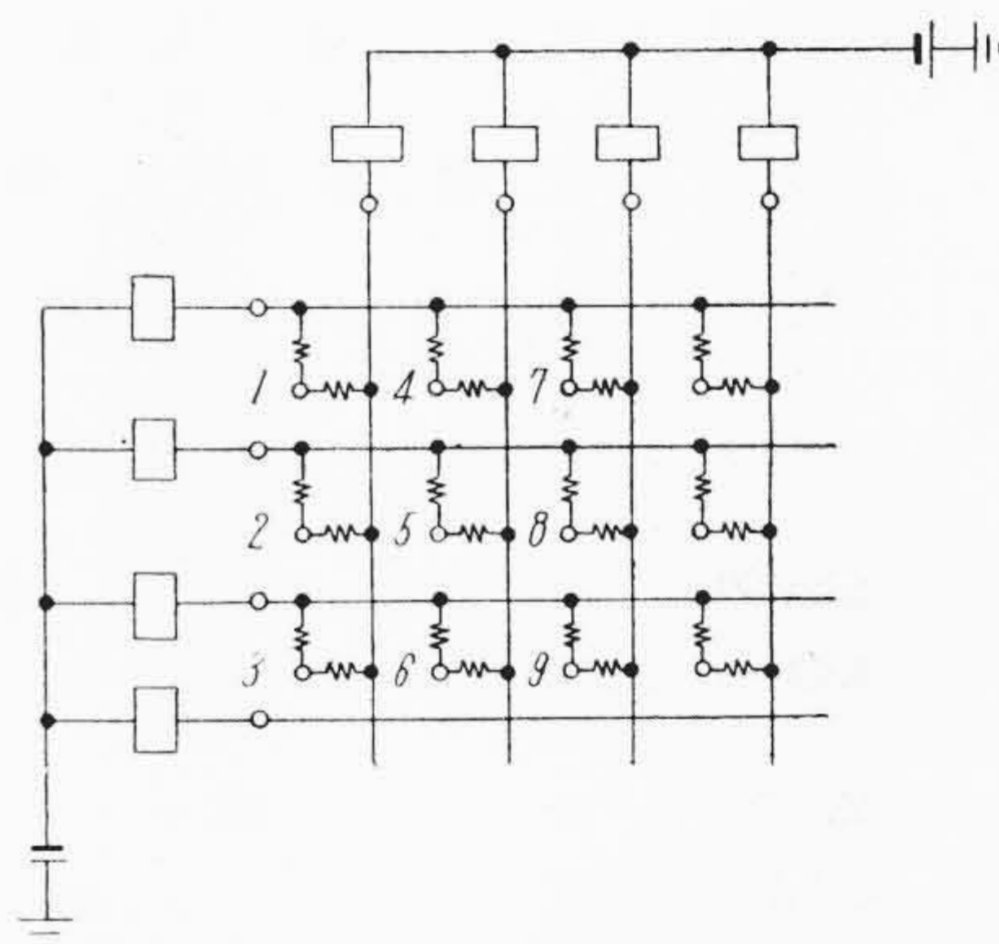


第14図 番号群回路 (その4)  
Fig. 14. Number Group Circuit (4)

れるときは当然  $SW_1$  と  $SW_{K+1}$  を同一巻線にしてよいわけであるが、この2点間すなわち点  $1A$  と点  $(K+1)A$  には電位差があれば回路網に影響を与えるから点  $1A$  と  $(K+1)A$  は結べない。したがつてもつとも安全な方法は第14図に示すごとく  $SW_1$  と  $SW_{K+1}$  以外には影響をおよぼさぬように、すなわち電位差がいつれの方を向いても差支えないために、両者に整流器を入れることである。こうしてこの安全第一の考え方を押し進めたのが番号群回路で第14図の変形であつて、これが第15図に示される。さらにこれを前述したように抵抗で置き代えた



第15図 実用番号群回路 (その1)  
Fig. 15. Number Group Circuit used Practically (1)



第16図 実用番号群回路 (その2)  
Fig. 16. Number Group Circuit used Practically (2)

のが第16図でこれが一般形である。

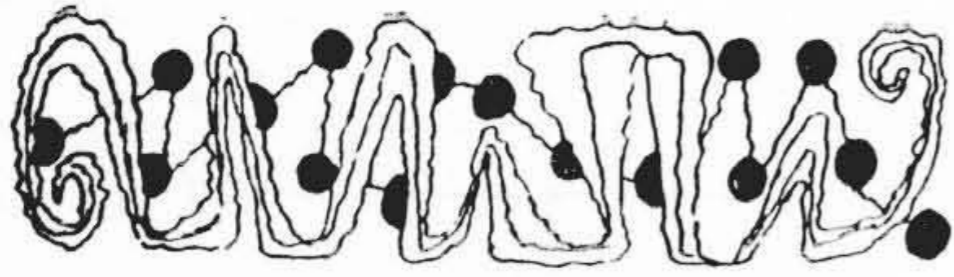
### [VII] 結 言

本文で述べたごとく、継電器回路網はわれわれが既知の4端子回路網の法則や、そのほかの回路網理論の利用によつて解きうるものもでてきた。したがつて当然のこととしてそのマトリックス表示、そのほかも全く同様にできる筈であつて、いつかはすべてある一定の規約のもとに解きうるものと信ぜられる。

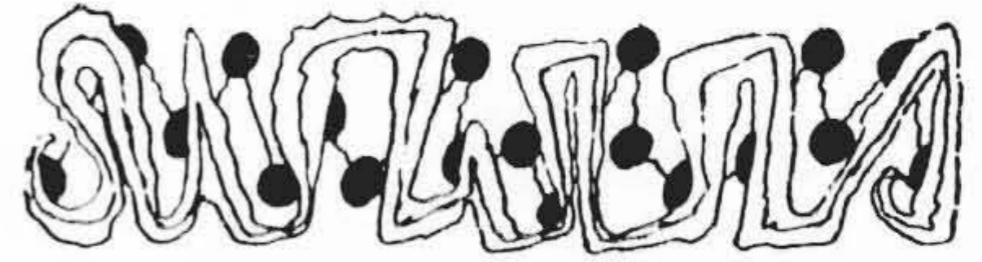
この報告は末だ初歩の段階を出ぬものであつて、諸賢の叱正をえて訂正進歩させて行きたい所存である。

### 参 考 文 献

- (1) J. Shekel: I.R.E. July, 1953, P. 913
- (2) 後藤: 通信工学を理解するための数学 (P. 1~36)
- (3) 田島, 江森: 日立評論 36 5 5



新案の紹介



最近登録された日立製作所の特許および実用新案

(その2)

(第30頁より続く)

区別	登録番号	名称	工場別	氏名	登録年月日
実用新案	432647	平衡可動子型過負荷継電器	日立工場	高橋健造	30. 8. 23
"	432648	加速度検出油圧式調速機	日立工場	古賀善雄	"
"	432650	碍子にセメント付けされる金物	日立工場	高田正久	"
"	432651	圧縮空気遮断器	日立工場	滑川清	"
"	432652	刃型開閉器挾接部	日立工場	小田原切正博雄	"
"	432653	断路器操作装置	日立工場	中川幸太郎	"
"	432655	制限開閉器	日立工場	本間千代一	"
"	432656	カム型開閉器のカム付ドラム	日立工場	横山二郎 横本千代一	"
"	432659	直流電磁石	日立工場	檜垣登治 檜白土忠	"
"	432660	電動操作式限時継電器	日立工場	高白品土忠 高白土忠	"
"	432662	油入開閉器	日立工場	斉藤亮二裕 斉桜木義	"
"	432663	整流子締付用Vボックス	日立工場	甲賀正三 大井川正一	"
"	432669	直流機電機子線輪	日立工場	菅野政雄	"
"	432670	分割電刷子	日立工場	桑原繁太郎 一木利信	"
"	432672	分割刷子	日立工場	佐々木義雄	"
"	432673	整流子	日立工場	大井川一浩	"
"	432674	整流子片	日立工場	大井川一浩	"
"	432675	整流子ライザー接続装置	日立工場	大井川一浩	"
"	432678	排気処理箱	笠戸工場	小野栄男 小伊達正賢	"
"	432641	流体接手用可熔栓	亀有工場	盛武賢	"
"	432643	ベルト伝動装置における過負荷防止装置	亀有工場	宮崎章 山内章	"
"	432645	液封じパッキン	栃木工場	松清達	"
"	432629	点火栓	多賀工場	服部順一	"
"	432640	電子顕微鏡試料微動装置	多賀工場	藤岡健夫	"
"	432649	洗濯物絞り機排水装置	多賀工場	益子三郎	"
"	432661	タンク型真空掃除機	多賀工場	安川昌平	"
"	432664	縦型高速電動機給油装置	多賀工場	城宝為男	"
"	432665	洗濯物絞り用ローラー	多賀工場	林四倉五輝 四倉五輝	"
"	432666	真空掃除機	多賀工場	安川昌平	"
"	432667	タンク型真空掃除機	多賀工場	安川昌平	"
"	432668	刃型開閉器	多賀工場	飯島登	"
"	432671	カーボンパイル電圧調整器	多賀工場	上村民夫	"
"	432676	小型抵抗器取付装置	多賀工場	矢内博	"
"	432627	X線管の管電流整合装置	亀戸工場	和田正脩 小林長平 小市川義三	"
実用新案	432630	移動負荷に対する電路遠方操作装置	亀戸工場	山崎栄次郎	30. 8. 23

(第49頁へ続く)