

同期外れ保護継電器

Out-of-Step Protective Relay

西堀 博* 猿渡房吉** 比良清一**
柴田満男*** 小野邦男***

内 容 梗 概

送電線の輸送電力が安定度限界近くにある場合、故障などに伴い同期が外れることが懸念される。同期外れ継電器を系統の連繋点および同期機端に設置し、初めの1滑りのうちに検出し、系統分離あるいは解列などの処置をとらせれば、同期外れを小範囲にとどめられる。

2機系統、3機系統などにおける同期外れ現象を電力座標であらわし、日立式同期外れ継電器の動作を電力座標で説明した。さらに、模擬送電線との組合せ試験により検討し、きわめて簡単な構成で同期外れ時の確実な動作、短絡など故障時の誤動作の絶無なることが確認された。

〔I〕 緒 言

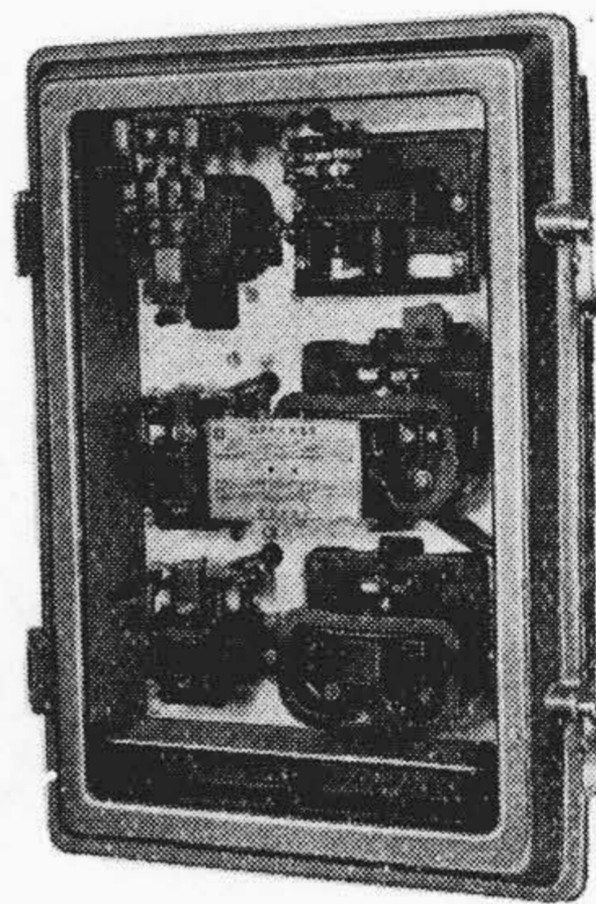
送電線の輸送電力が大きくなり、定態安定度の近くで運転されることがあるが、かゝる場合、負荷の急変、系統の切換、短絡などの故障に際し同期外れ⁽¹⁾をおこしやすい。同期外れを放置すれば送電線保護継電器、発電機保護継電器がなんの統率もなく動作し、それにつれて電力動揺をひろめ同期外れを拡大し、ついには系統が壊滅する懸念がある。系統連繋点および同期機端子に設置した同期外れ継電器によつて、同期外れをその初めの1滑りのうちに検出、系統分離または同期機解列などの処置を迅速に行わせれば、同期外れを小規模にとどめ、停電範囲も小さく系統の立直しも容易となる。日立製作所はかゝる目的を達する同期外れ継電器を製作しているが、先般中国電力株式会社潮発電所などに納入した同期機保護用につき、その動作の概略および模擬送電線との組合せ試験について紹介する。

〔II〕 同期外れ継電器の構造

同期外れ検出方式としては、過電流状態における電力方向の反転を利用する方式と、継電器設置点よりみたインピーダンスの変化をインピーダンス継電器と限時継電器の組合せによつて測定する方式⁽²⁾とがすでに発表されている。日立における方式は前者に属するものであるが、内部各要素の限時の協調、変成器よりの入力位相の適宜組合せにより、きわめて簡単な構成で、同期外れを確実に検出できるものである。

日立同期外れ継電器は電力動揺と同期外れを区別するための起動継電器、電力の変化を検出する2箇の電力方向継電器およびこれらの接点組合せにより動作する3箇の補助継電器より構成され、第1図のごとく埋込型ケースに収納されている。

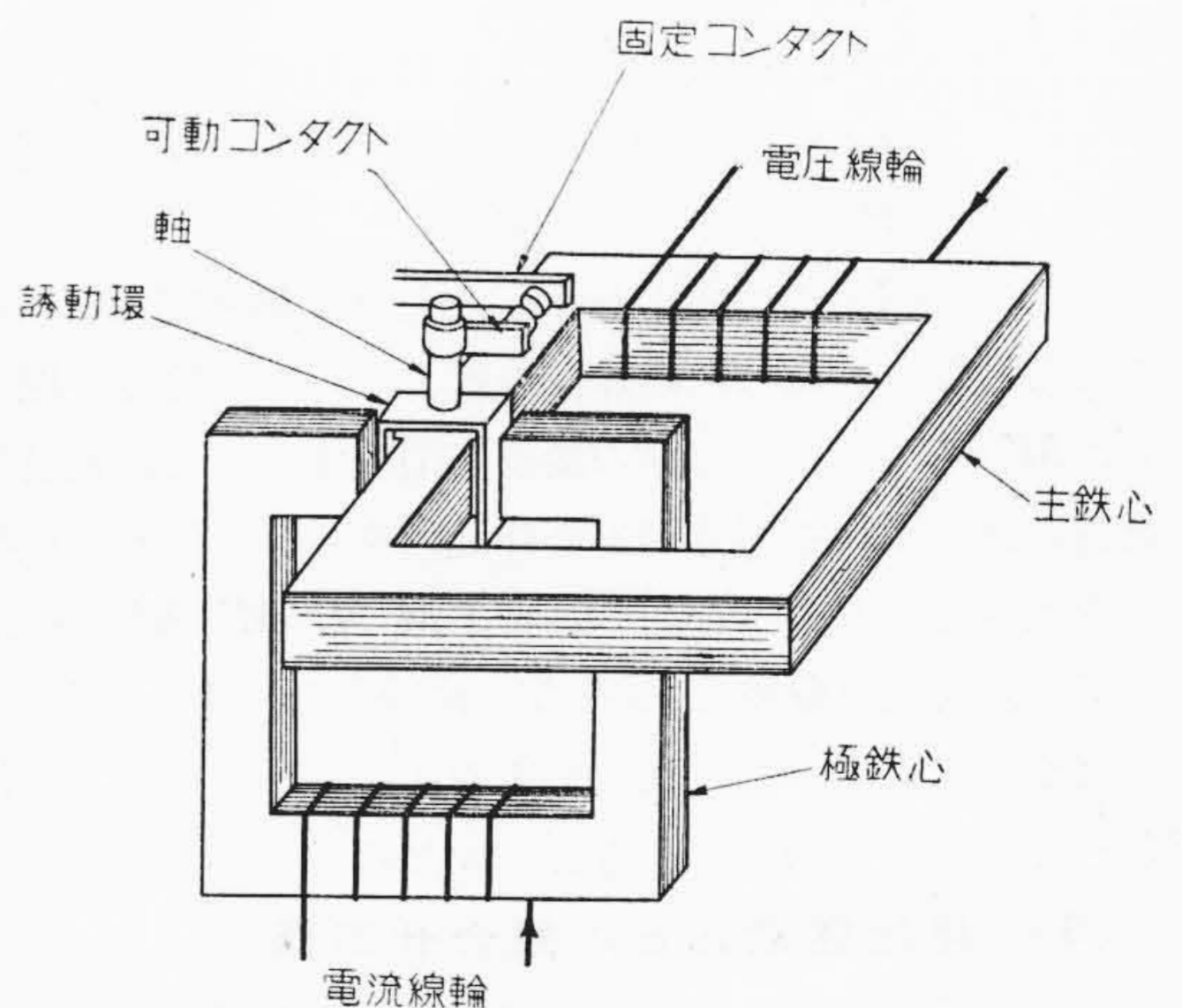
* 日立製作所日立研究所 工博
** 日立製作所多賀工場
*** 日立製作所日立研究所



第1図 KSG型
同期外れ継電器
Fig.1. Type KSG
Out-of-Step Relay

(1) 起動継電器

起動継電器は誘導環型電力継電器で、その概略構造は第2図に示すごとく、電圧線輪による磁束で誘導環に短絡電流を流しておき、これと鎖交する電流線輪による磁束で回転力を発生し、誘導環を回転せしめるものであるが、その動作については詳細に発表されている⁽³⁾ので、こゝでは省略する。



第2図 起動継電器の構造
Fig.2. Construction of Starting Relay

起動継電器の動作回転力 T_s は周波数を一定とすればつぎのごとくあらわされる。

$$T_s = k_s E_s I_s \cos(\theta - r_s) \dots (1)$$

- ここに k_s : 継電器定数
- E_s : 電圧線輪にかゝる電圧
- I_s : 電流線輪電流
- θ : I_s の E_s に対するおくれ角
- r_s : 最大回転力を生ずるときの電圧と電流の位相角(電流のおくれ角)で継電器の構造によつて定まる定数

また最小動作電力を P_1 とすれば、接点閉成の条件は

$$k_s E_s I_s \cos(\theta - r_s) \geq P_1 \dots (2)$$

が成立し、これをポーラーダイアグラムであらわせば第3図(A)で、さらに電力座標に書き改めると第3図(B)のごとく、そのP軸との交点の電力は $\frac{P_1}{\cos r_s}$ 、Q軸となす角が r_s なる直線となる。

(2) 電力方向継電器

電力変化を検出する電力方向継電器は誘導円板型二重動作式継電器であり、その接点閉成の条件は前項同様に

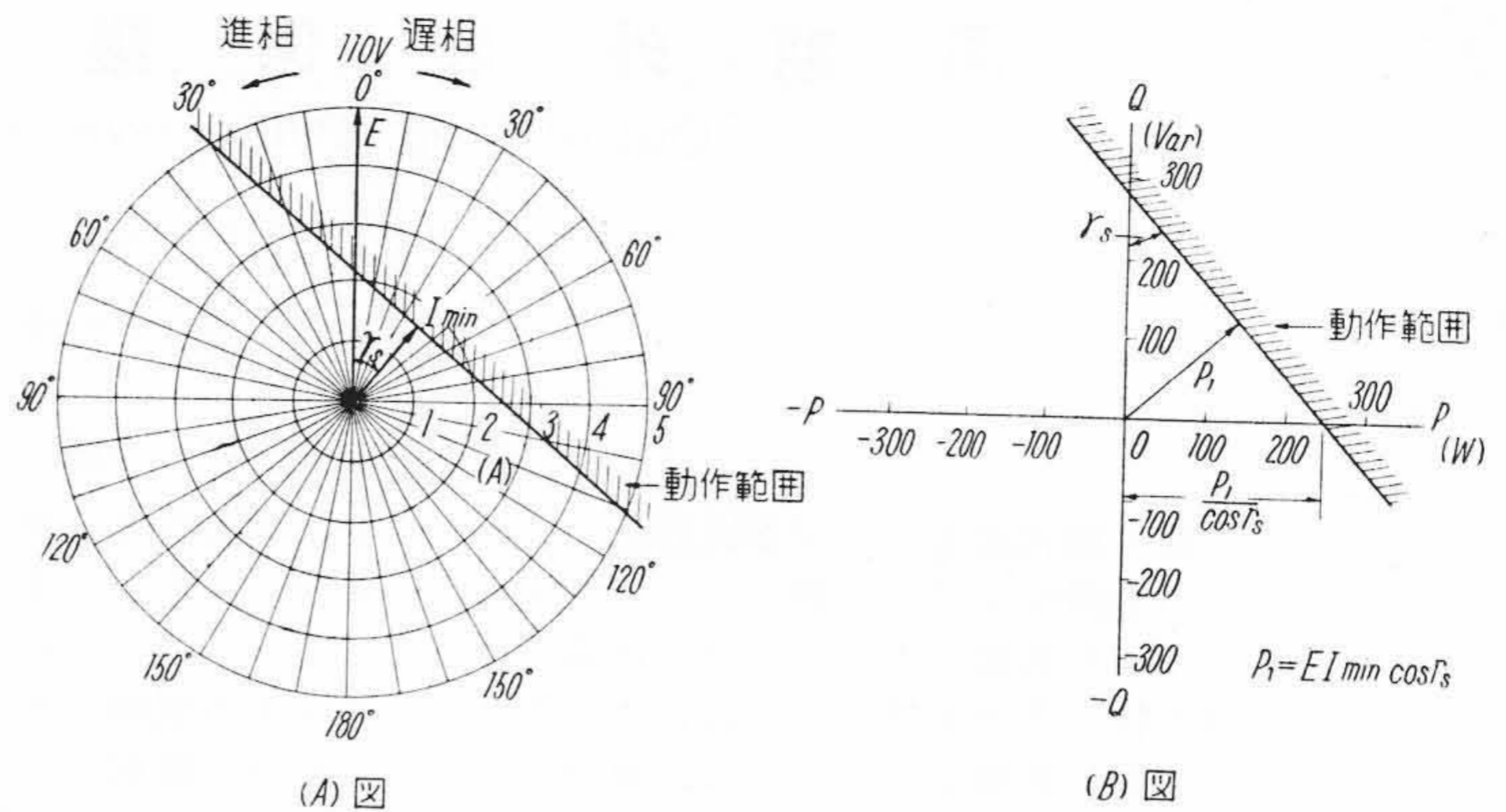
$$|k_d E_d I_d \cos(\theta + r_d)| \geq P_2 \dots (3)$$

- ここに k_d : 継電器定数
- E_d : 電圧線輪電圧
- I_d : 電流線輪電流
- θ : I_d が E_d よりおくれる角
- r_d : 最小動作電流の電圧よりのすゝみ角
- P_2 : 最小動作電力

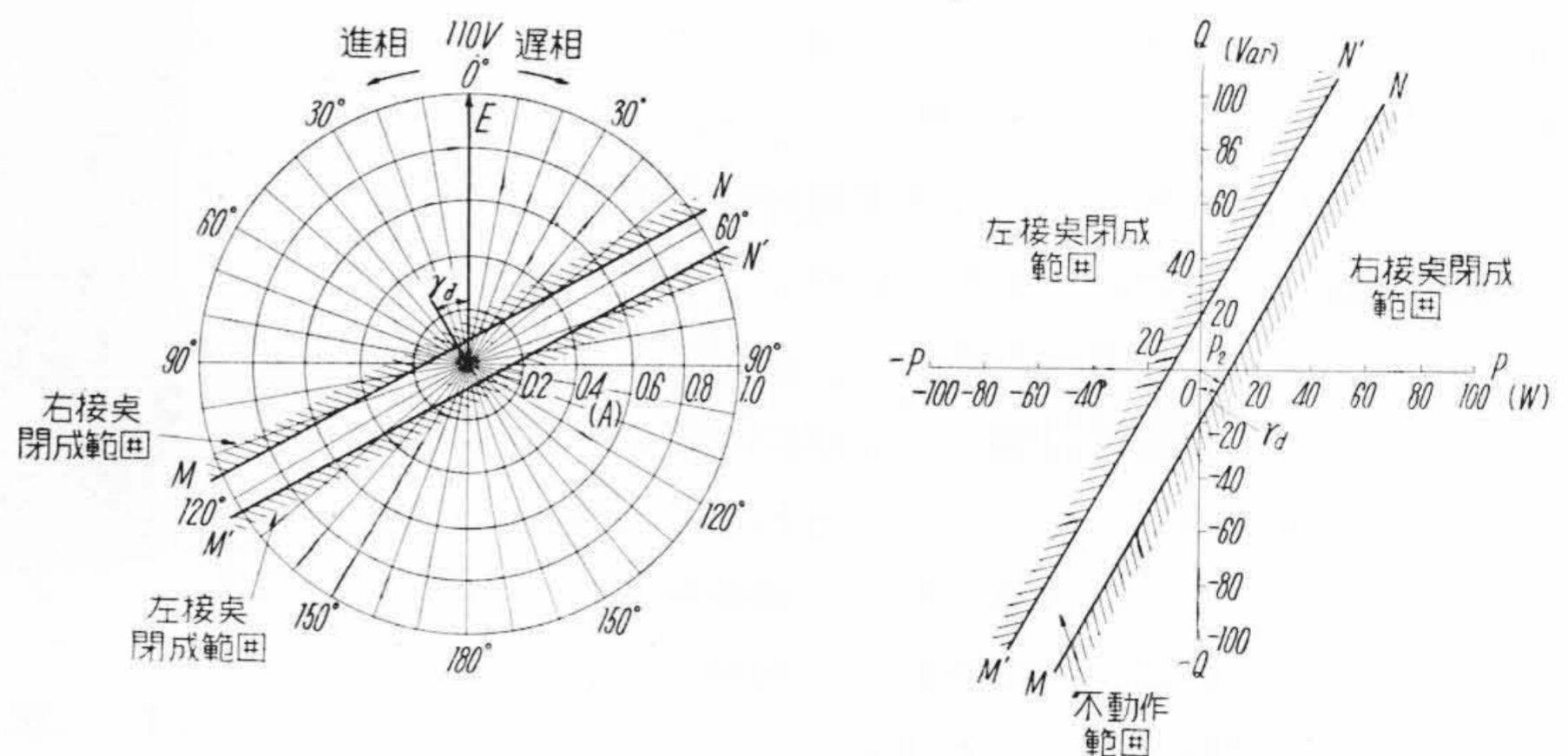
この特性を図面上であらわすとたとえば第4図(A)(B)のごとくなり、MNの外側の電力で一方の接点が閉成し、M'N'の外側で他の接点が閉成する。この両特性直線にはさまれる部分が不動作範囲を示す。駆動部回転力を大きくとり感度を高めると、MN, M'N'は接近して原点を通りQ軸と r_d をなす直線として考えられる。したがって電力がこの直線を通過するとき、継電器は接点が反転切り動作をすることとなる。

(3) 補助継電器との組合せ回路

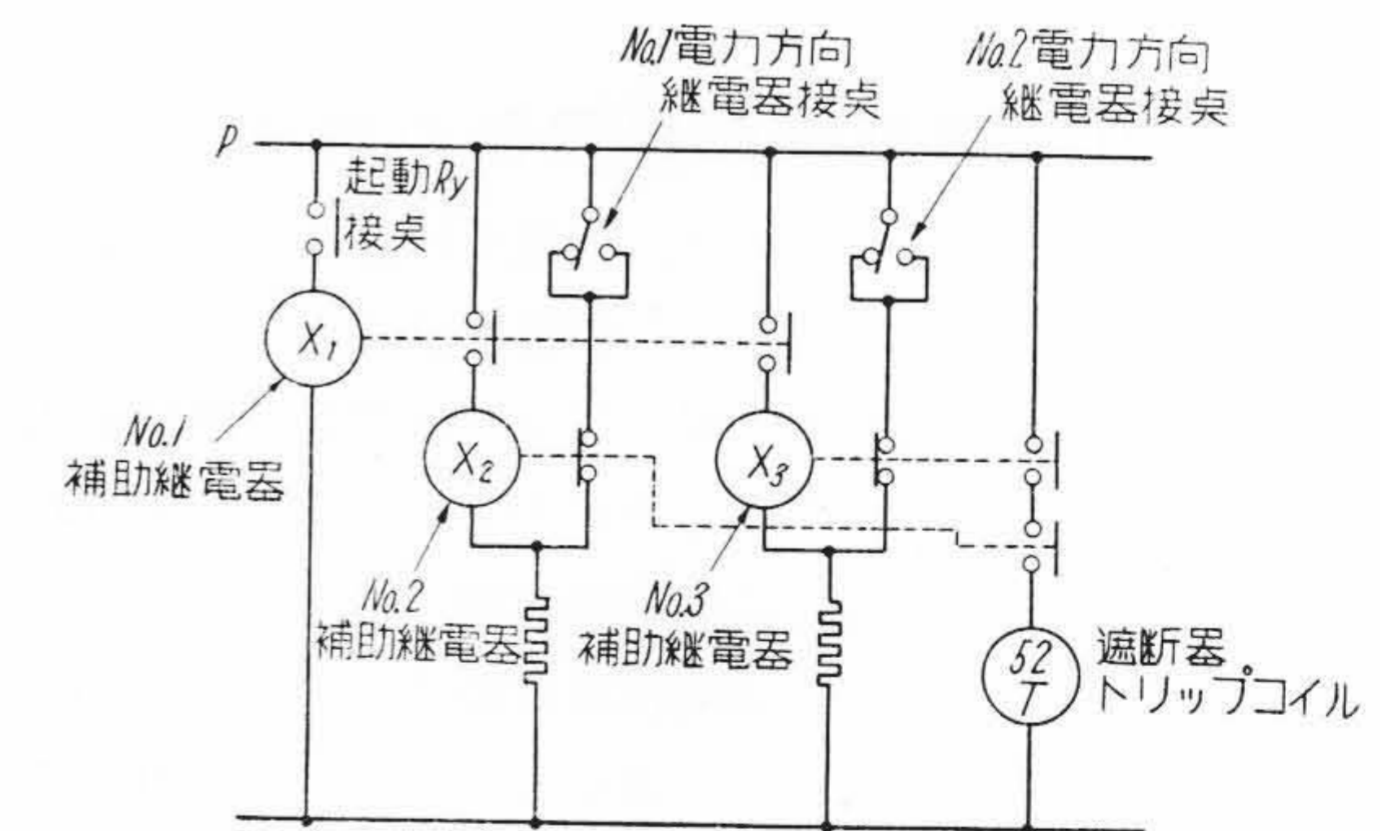
以上の継電器に適宜位相の電圧、電流を与えると、同期外れ時に適時それぞれの継電器が動作するが、故障と同期外れを区別し、解列を行わせるにはさらに補助継電



第3図 起動継電器の動作特性 (A) 極座標によるもの (B) 電力座標によるもの
Fig. 3. Characteristics of Starting Relay (A) On Polar Diagram (B) On Power Diagram



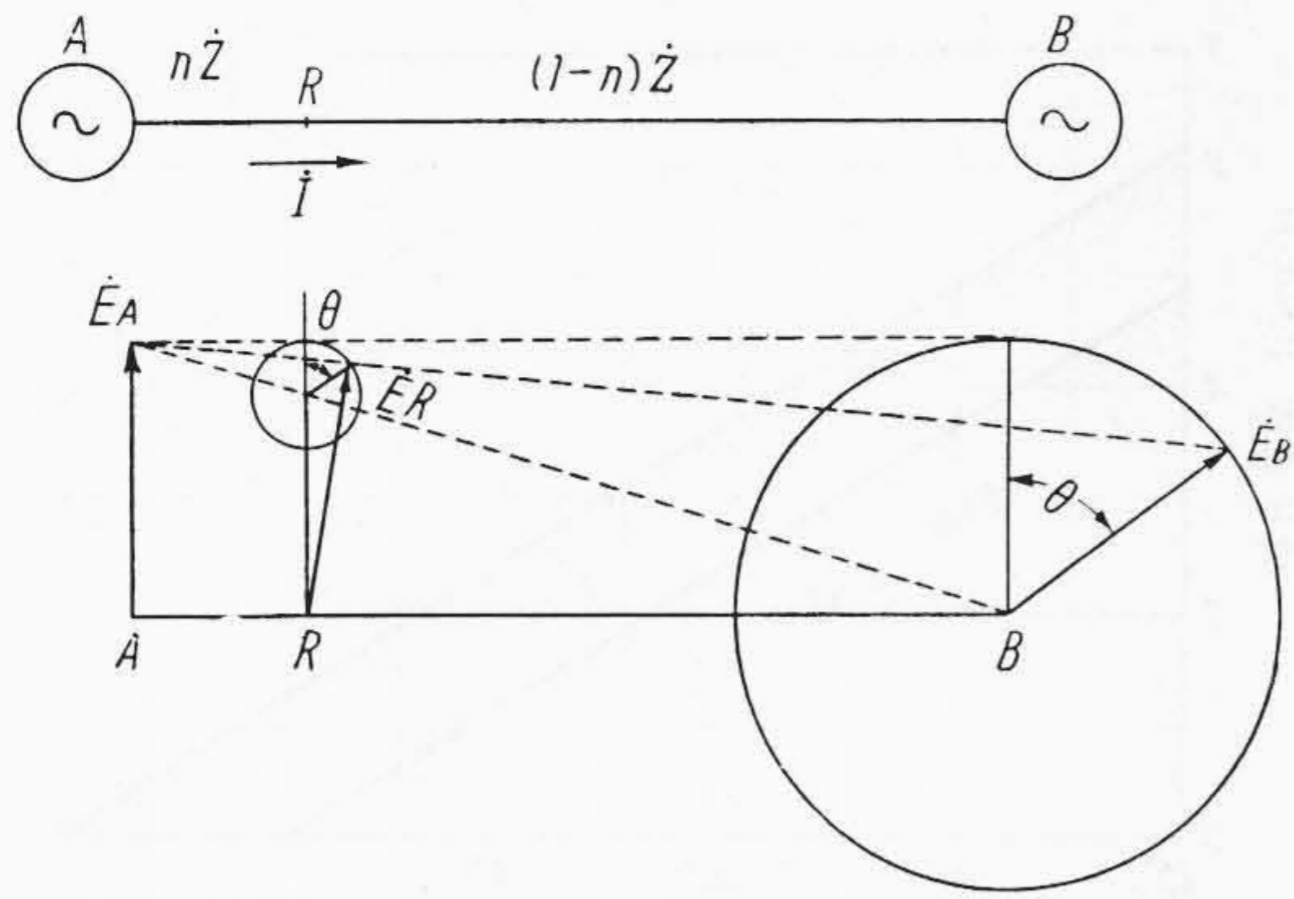
第4図 電力方向継電器の動作特性 (A) 極座標によるもの (B) 電力座標によるもの
Fig. 4. Characteristics of Power Directional Relay (A) On Polar Diagram (B) On Power Diagram



起動継電器の接点閉成により X_1 が動作します (限時動作)	X_1 の接点が閉成しかつ No. 1 電力方向継電器の接点の反転があれば X_2 が動作します	X_1 の接点が閉成しかつ No. 2 電力方向継電器の接点の反転があれば X_3 が動作します	X_2 と X_3 とがともに動作したとき同期外れとみなし遮断器トリップコイルを励磁します
-----------------------------------	--	--	---

第5図 同期外れ継電器直流回路接続
Fig. 5. Connection Diagram of D.C. Circuit

器が必要である。補助継電器の1箇は限時動作瞬時復帰型のもので、他の2箇は瞬時動作型のものである。これ



\dot{I} : 線路電流
 \dot{E}_A : A機の内部誘起電圧
 \dot{E}_B : B機の内部誘起電圧
 \dot{E}_R : R点の電圧
 $\frac{AR}{RB} = \frac{n}{1-n}$

\dot{Z} : A, B 間の全インピーダンス
 $n\dot{Z}$: A, R 間のインピーダンス
 $(1-n)\dot{Z}$: R, B 間のインピーダンス
 θ : \dot{E}_A, \dot{E}_B 間の相差角

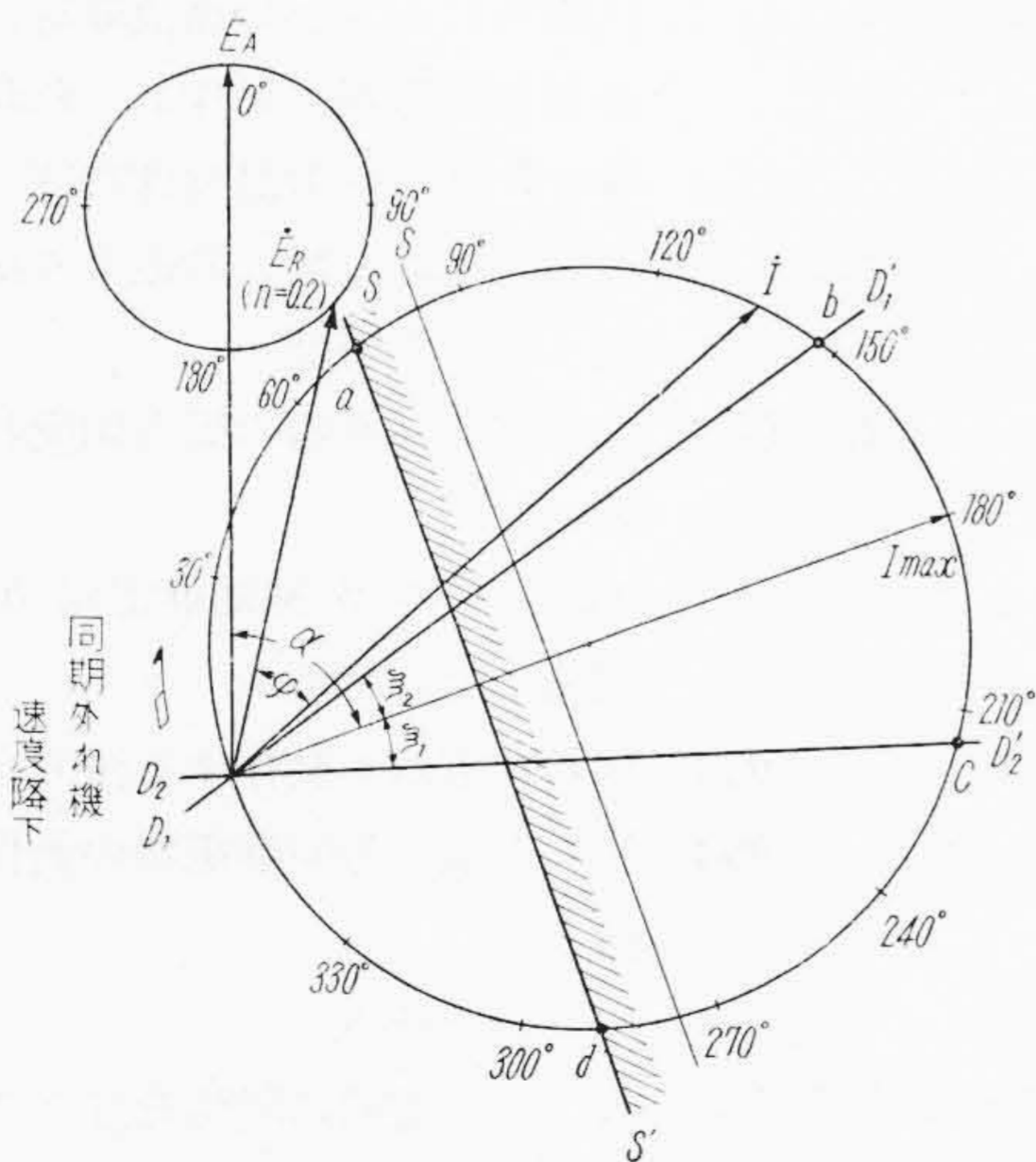
第6図 2機系統図
 Fig. 6. Typical System Interconnection (Involving Two Machines)

らを第5図のごとく組合せ接続し、同期外れして保護同期機が速度が上昇した場合でも下降した場合でも、1サイクルの滑りで確実に動作し、かつ短絡などの故障の際誤動作しないよう構成されている。

【III】同期外れと継電器の動作

(1) 2機系における同期外れ

2機系の同期外れ現象はすでに紹介されている(4)が、2機系を第6図のごとくあらわし、A, B 両機の内部誘起電圧を \dot{E}_A, \dot{E}_B 、A, B 機および連絡線の合成インピーダンスを \dot{Z} 、そのインピーダンス角をおくれ α とす



第7図(A) 2機系同期外れ時の電圧電流
 Fig. 7.(A) Line Voltage and Current in Out-of-Step between Two Machines

れば、 $E_A = E_B$ にて同期外れしたときの連絡線上の電圧、電流およびその間の位相角はそれぞれつきのごとくあらわされる。

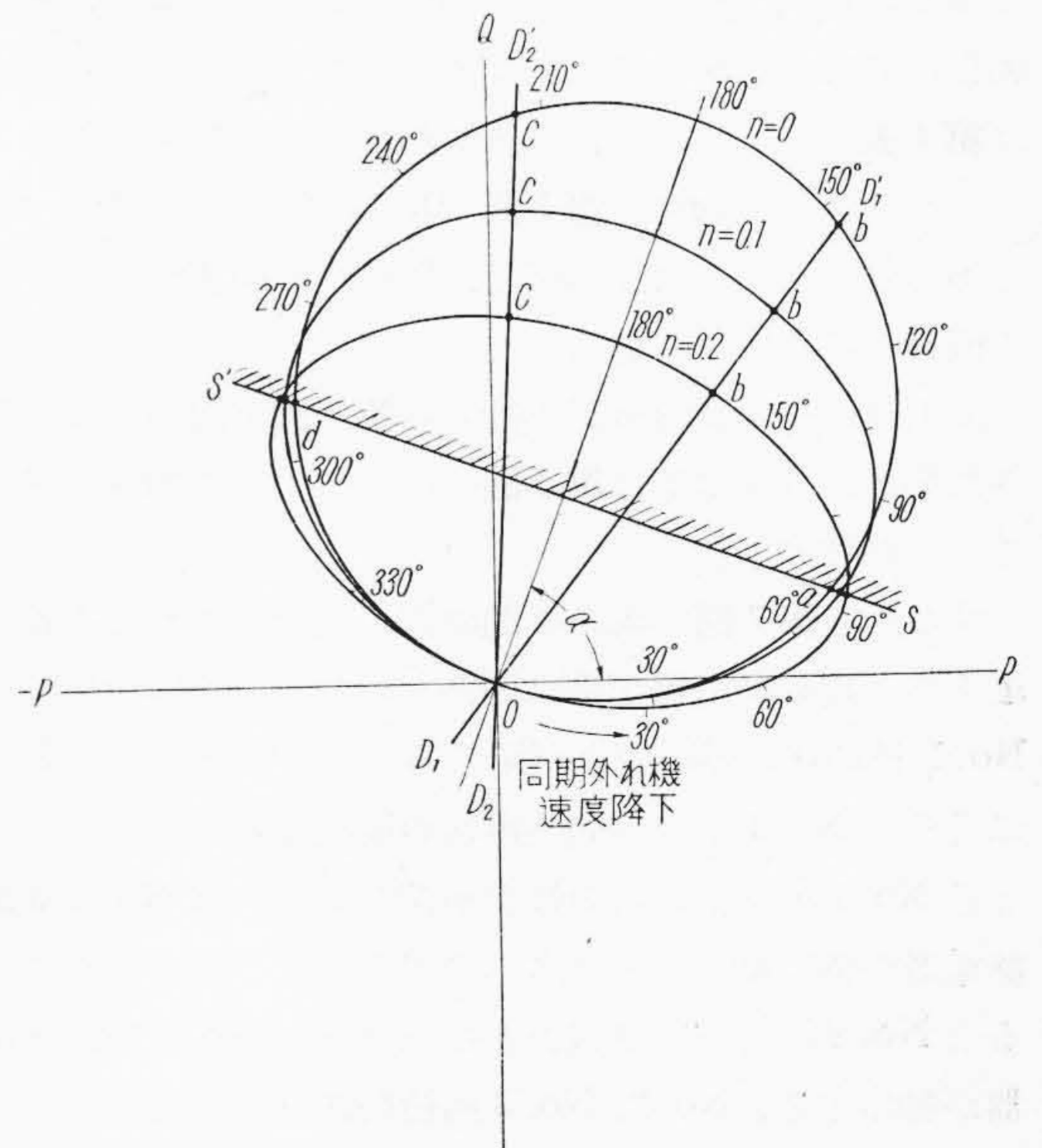
$$I = \frac{2E_A}{Z} \sin \frac{\theta}{2} \dots \dots \dots (4)$$

$$E_R = E_A \sqrt{1 + 4n(n-1) \sin^2 \frac{\theta}{2}} \dots \dots \dots (5)$$

$$\varphi = \tan^{-1} \left[(1-2n) \tan \frac{\theta}{2} \right] + \alpha - 90^\circ \dots (6)$$

ここに、 \dot{I} : 連絡線の線電流
 \dot{E}_R : 連絡線上の継電器設置点Rにおける相電圧
 n : R点をインピーダンスにより定義づける値
 すなわち $n = \frac{AよりR点までのインピーダンス}{Z}$
 θ : 同期外れ時のAB両機内部誘起電圧間位相角
 φ : \dot{I} と \dot{E}_R との位相角(電流おくれ角)

$\alpha = 70^\circ$ とし、 \dot{I}, \dot{E}_R のベクトル軌跡を図示すれば第7図(A)のごとくなり、(4)~(7)式より継電器設置点Rにおける電力、無効電力の変化を算出し電力座標にあらわすと第7図(B)となる。同期外れに至らない電力動揺の際は第7図(B)よりわかるように電力の方向が反転するときの無効電力は小さいが、これに反し同期外れるときは無効電力がほぼその最大るときであり、電力動揺と同期外れを区別する手がかりとなる。図中のS-S',



第7図(B) 2機系同期外れ時の電力
 Fig. 7.(B) Active and Reactive Power in Out-of-Step between Two Machines

第 1 表 電力方向継電器の整定
Table 1. Setting of Power Directional Relay

	電圧線輪 電 圧	電流線輪 電 流	力 率 特 性
No. 1 電力方向継電器	E_{bc}	I_b	$60^\circ - \alpha + \xi_1$ 進み
No. 2 電力方向継電器	E_{ca}	I_a	$120^\circ - \alpha - \xi_2$ 進み

ξ_1, ξ_2 : 電力方向継電器接点反転位相の線路インピーダンス角からのずれ角 (第 7A 図参照)

D_1-D_1', D_2-D_2' などは次項で説明する起動継電器および電力方向継電器の動作特性である。

(2) 2 機系同期外れ時の継電器動作

起動継電器は電力動揺と同期外れを区別するためのものであり上述のごとく無効電力が一定値をこえた状態で動作すればよい。このため電圧線輪に $b a$ 相線間電圧 \dot{E}_{ba} , 電流線輪に b 相電流 \dot{I}_b を印加し, 滑り角 180° で最大回転力となるよう r_s を次式のごとくする。

$$r_s = \alpha - 30^\circ \dots\dots\dots (7)$$

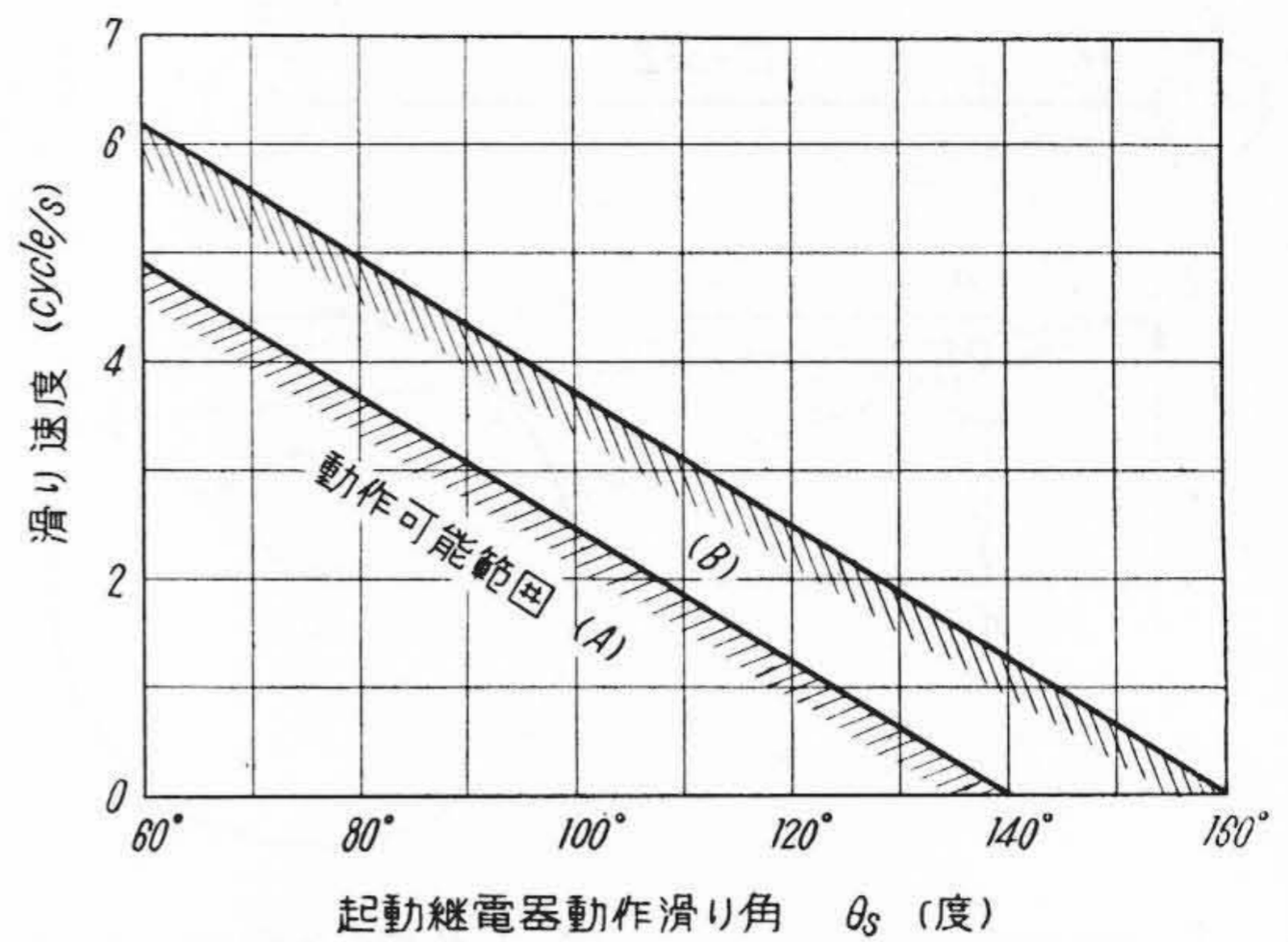
この特性を第 7 図にのせると直線 $S-S'$ となり, この線の外側で接点を閉路する。

電力方向継電器が滑り角 180° 近くで接点反転するように位相および特性を選べば, 滑りがいずれの方向に生じた場合も速に同期外れ検出をなしうるが, 電力方向継電器 1 箇のみでは短絡故障のとき電流値がその不動作範囲に入ると, 起動継電器動作の状態電力方向継電器の接点が開き, 誤動作するおそれがある。よつて異つた相の電圧, 電流で励磁される 2 箇の継電器を使用し, その動作滑り角も 180° の前後にずらした方がよい。たとえば第 1 表のごとく電圧, 電流位相ならびに力率特性をとらせれば, その動作は第 7 図 D_1-D_1' および D_2-D_2' であらわされる。たゞし図では接点反転範囲がせまいので直線であらわしている。

同期外れが同期機速度が下降する第 7 図矢印の方向に起きた場合, 各継電器は第 5 図の接続によつて順次つぎのごとく動作する。

すなわち第 7 図で両系統間の電圧位相がずれて点 a に達すると起動継電器が接点閉路し, 若干の限時の後に No. 1 補助継電器の接点閉路する。滑りがすすんで b 点にくると No. 1 電力方向継電器の接点反転があり, このとき No. 1 補助継電器の接点閉路しておれば No. 2 補助継電器が瞬時動作する。さらに滑りが大となり c 点にくると No. 2 電力方向継電器が接点反転し No. 3 補助継電器が動作する。No. 2, No. 3 両補助継電器の接点閉成により同期外れとみなし, 遮断器の引外しを行わせる。

同期外れが同期機速度上昇する方向に生じたとき, 電流および電力軌跡は逆方向をたどるので, 電力方向継電



$t_s=70$ m sec $t_s'=40$ m sec
 $t_1=80$ m sec $t_2=15$ m sec
 $t_x=t_x'=50$ m sec $t_d=t_d'=70$ m sec
 (A) $\theta_d=140^\circ$ と整定した場合
 (B) $\theta_d=160^\circ$ と整定した場合

第 8 図 起動継電器の整定と動作可能滑り速度との関係

Fig. 8. Response Characteristics

器の動作順序が逆となる。 d 点で起動継電器が動作し c 点をへて b 点に達したとき遮断器の引外しが行われる。

短絡などの場合においては起動継電器ならびに 1 箇の電力方向継電器の接点閉成, 反転があるが, No. 1 補助継電器の動作限時のためその接点の閉成前に電力方向継電器の反転が終るので, No. 2 または No. 3 補助継電器は動作することがない。これらの時間関係はつぎのごとくあらわされる。

同期外れの場合

$$t_s + t_1 - t_x - t_d + t_2 < \frac{\theta_d - \theta_s}{\omega} \dots\dots\dots (8)$$

短絡故障の場合

$$t_s' + t_1 > t_x' + t_d' - t_2 \dots\dots\dots (9)$$

こゝに t_s, t_s' : 同期外れおよび短絡故障時における起動継電器の動作おくれ時間

t_1 : No. 1 補助継電器動作時間

t_x, t_x' : 電力方向継電器の励磁より接点が開くまでの時間

t_d, t_d' : 電力方向継電器の接点切換わり時間

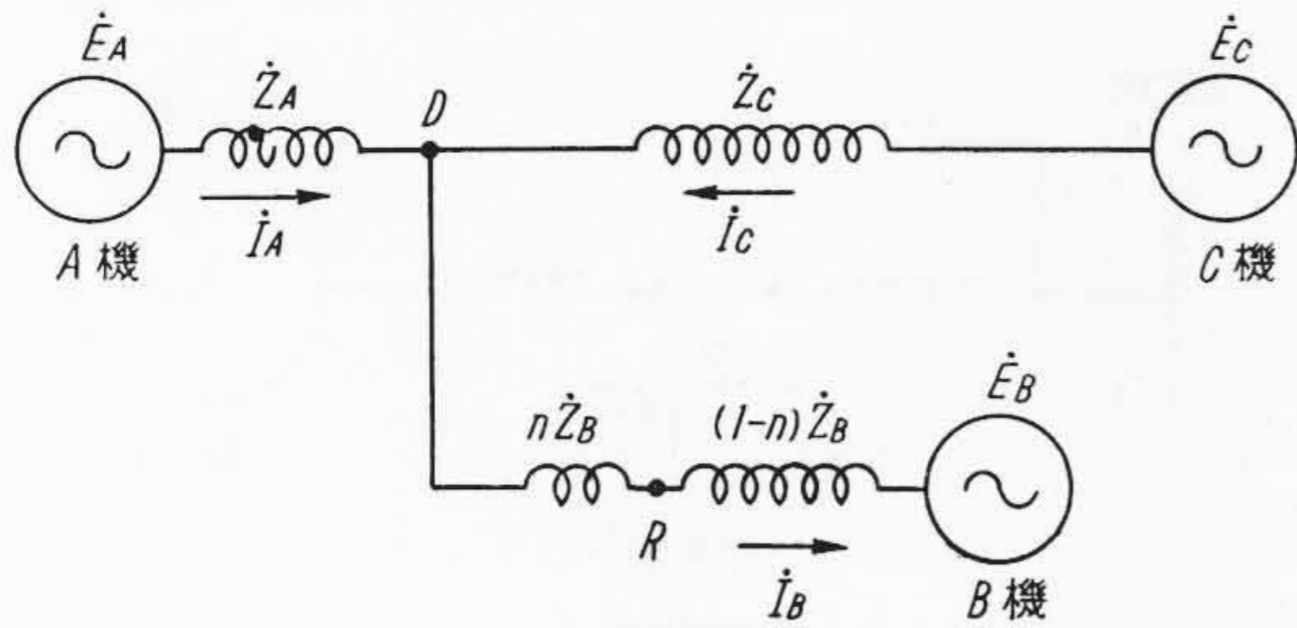
t_2 : No. 2, No. 3 補助継電器 b 接点開路までの時間

θ_s : 起動継電器が動作する滑り角

θ_d : 初めの電力方向継電器の動作する滑り角

ω : 滑りの角速度

この両式を満足するよう各継電器に限時を与えるが, たとえば t_s, t_d, t_1, t_2 などおよび θ_d を一定値とした場合, θ_s の整定により, この同期外れ継電器の動作しうる滑り角速度は第 8 図のごとくなる。



$\dot{E}_A, \dot{E}_B, \dot{E}_C$: A, B, C 機の内部誘起電圧
 \dot{I}_A, \dot{I}_C : A, C 機より流出する電流
 \dot{I}_B : B 機に流入する電流
 $\dot{Z}_A, \dot{Z}_B, \dot{Z}_C$: A, B, C 機より連繫点 D までのインピーダンス

第9図 3 機系統図
 Fig. 9. Typical System Interconnection (Involving Three Machines)

(3) 3 機系同期外れ時の継電器動作⁽⁵⁾

系統が複雑で 2 機系として扱えず、第 9 図のごとき 3 機系として取扱う場合電圧電流はつきのごとくあらわされる。

$$\dot{E}_D = \dot{Z} \left(\frac{\dot{E}_A}{\dot{Z}_A} + \frac{\dot{E}_B}{\dot{Z}_B} + \frac{\dot{E}_C}{\dot{Z}_C} \right) \dots \dots \dots (10)$$

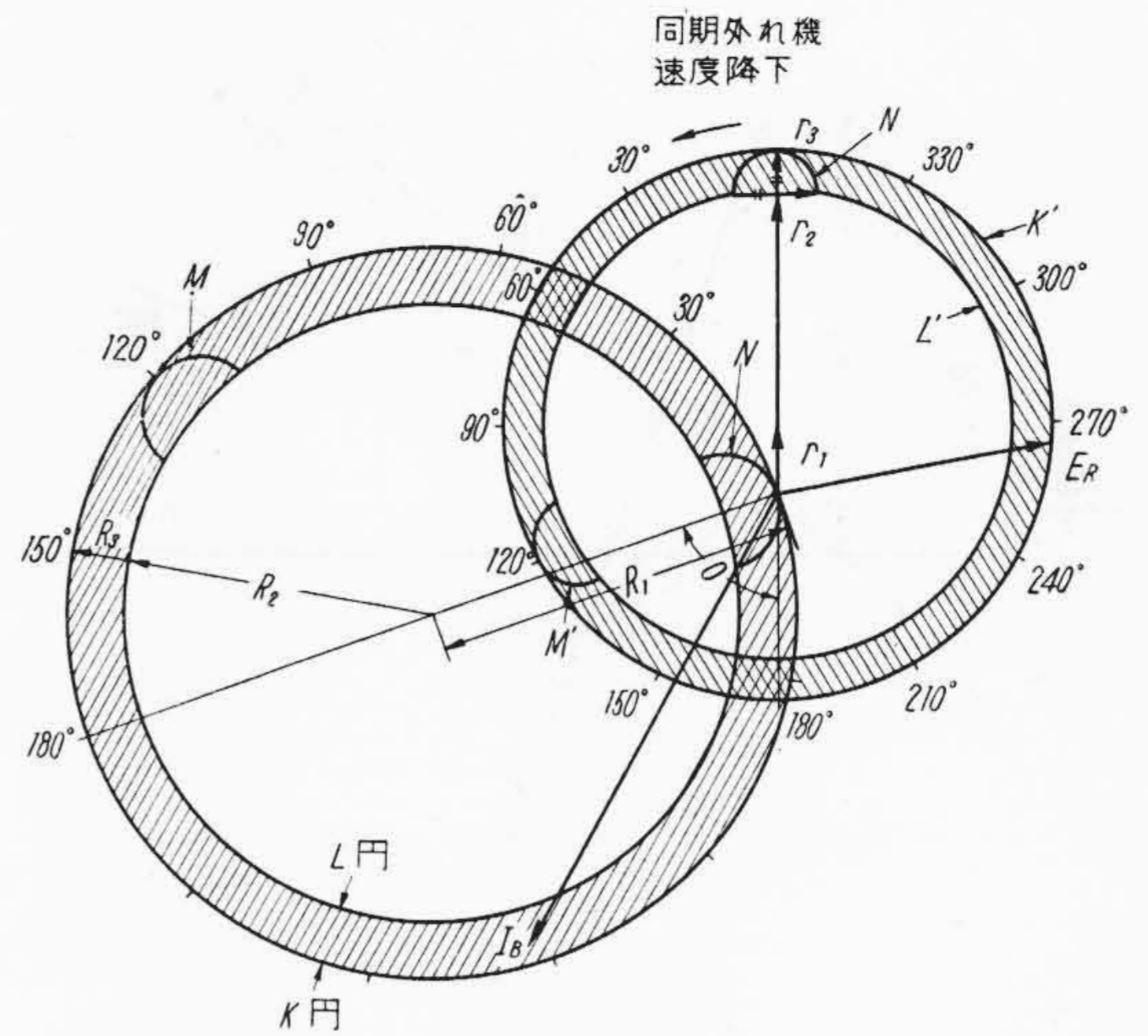
$$\dot{I}_B = \frac{\dot{E}_D - \dot{E}_B}{\dot{Z}_B} = \frac{1}{\dot{Z}_B} \left\{ \dot{Z} \left(\frac{\dot{E}_A}{\dot{Z}_A} + \frac{\dot{E}_C}{\dot{Z}_C} \right) - \frac{\dot{E}_B(\dot{Z}_B - \dot{Z})}{\dot{Z}_B} \right\} \dots \dots \dots (11)$$

$$\begin{aligned} \dot{E}_R &= \dot{E}_D - n\dot{Z}_B\dot{I}_B \\ &= \frac{\dot{E}_B\{n\dot{Z}_B + (1-n)\dot{Z}\}}{\dot{Z}_B} \\ &\quad + (1-n)\dot{Z} \left(\frac{\dot{E}_A}{\dot{Z}_A} + \frac{\dot{E}_C}{\dot{Z}_C} \right) \dots \dots \dots (12) \end{aligned}$$

こゝに、 \dot{E}_D : 3 機連繫点 D の電圧
 \dot{I}_B : B 機に流入する電流
 n : D 点と B 機との連絡線上の継電器設置点 R を定義づける値、すなわち
 $n = \frac{D \text{ より } R \text{ までのインピーダンス}}{D, B \text{ 間のインピーダンス}}$
 \dot{E}_R : 継電器設置点の電圧
 $\dot{Z}_A, \dot{Z}_B, \dot{Z}_C$: 各機より D 点までのインピーダンス

$$\frac{1}{\dot{Z}} = \frac{1}{\dot{Z}_A} + \frac{1}{\dot{Z}_B} + \frac{1}{\dot{Z}_C}$$

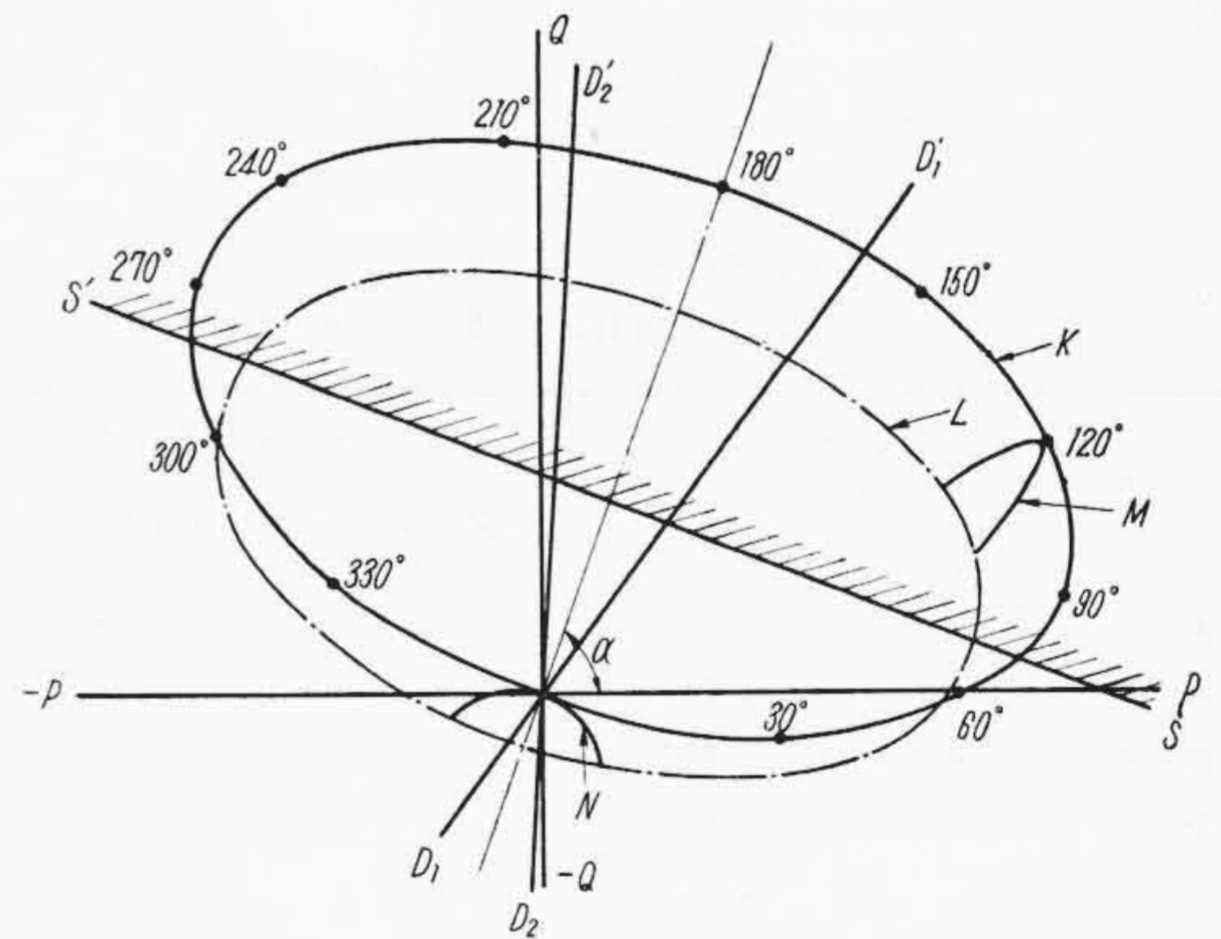
A, C 機が同期を保ち、B 機が同期外れした場合の電流軌跡は第 10 図の斜線部分に示す範囲内にあることとなる。K 円は \dot{E}_A と \dot{E}_C とが同相を保っている場合であり、L 円は両者が 90° の相角がある場合で、B 機の同期外れには A, C 機間の動揺がおこるので、電流軌跡はこの斜線内を振動しながら移動するものとなり、電力軌跡は第 11 図のごとくなる。これに対し起動継電器電力方向継電器の動作特性は第 7 図で示したと同様にあら



K, K': A, C 機同相, B 機同期外れ
 L, L': A, C 機 90° 位相差 B 機同期外れ
 M, M': A, B 機 120° 位相差 C, A 機 90° 以内の電力動揺あるとき
 N, N': A, B 機同相, C 機 90° 以内の電力動揺あるとき
 (注) ' のなきるの電流, ' を付したものの電圧を示す。

$$\begin{aligned} R_1 &= \frac{nZ_B + (1-n)Z}{Z_B^2} E_B & r_1 &= \frac{nZ_B + (1-n)Z}{Z_B} E_B \\ R_2 &= \frac{Z}{Z_B} \cdot \frac{E_A}{Z_A} & r_2 &= \frac{(1-n)Z}{Z_A} E_A \\ R_3 &= \frac{Z}{Z_B} \cdot \frac{E_C}{Z_C} & r_3 &= \frac{(1-n)Z}{Z_C} E_C \end{aligned}$$

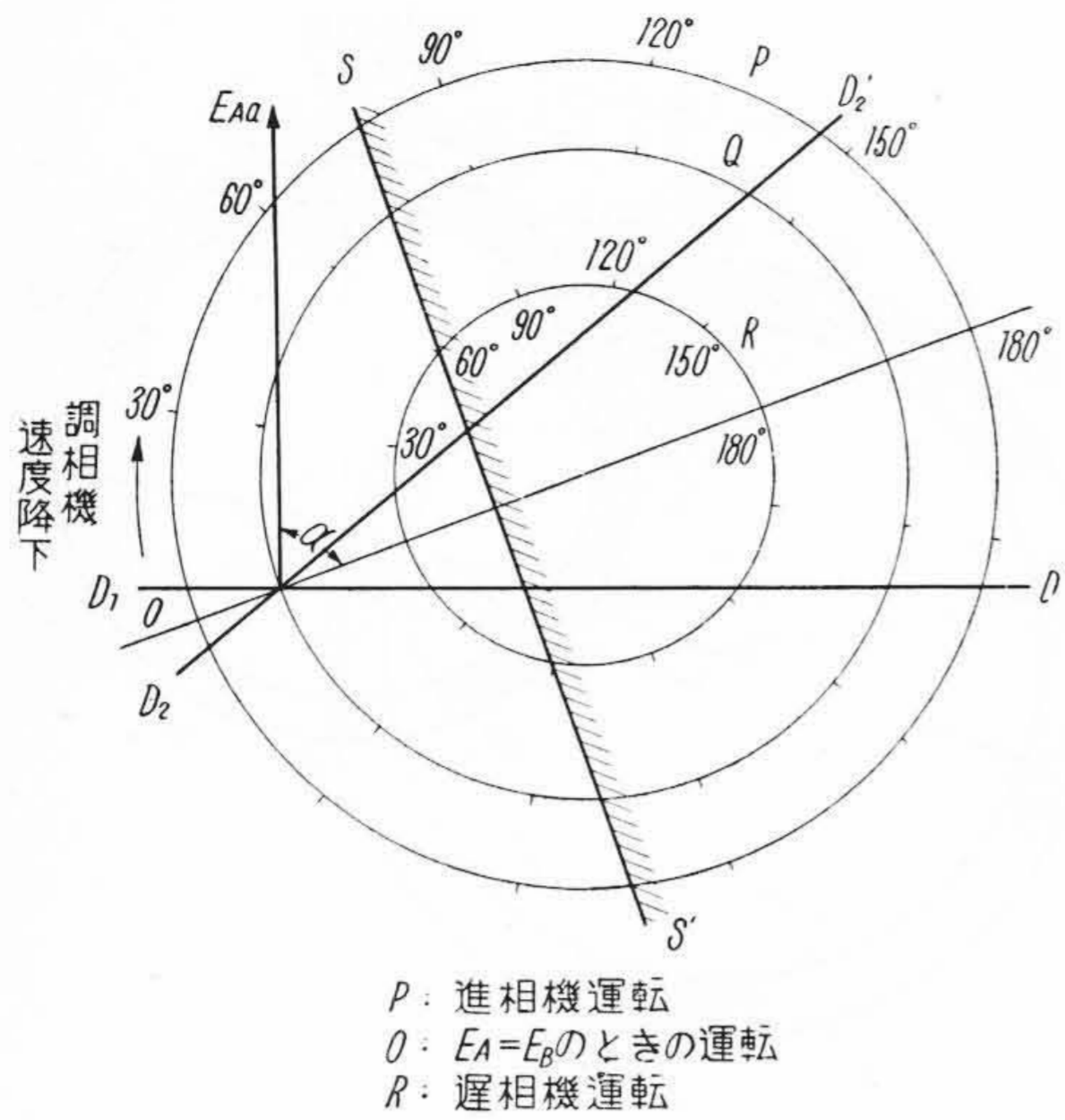
第 10 図 3 機系同期外れ時の電圧, 電流
 Fig. 10. Line Voltage and Current in Out-of-Step between Three Machines



K: A, C 機が同相を保ち、B 機が同期外れした場合
 L: A, C 機が 90° 位相差を保ちつゝ、B 機が同期外れした場合
 M: A 機と B 機が 120° 位相差があり、C 機が A 機と 90° 以内電力動揺を生じた場合
 N: A 機、B 機が同相、C 機が 90° 以内の電力動揺あつた場合

第 11 図 3 機系同期外れ時の電力
 Fig. 11. Active and Reactive Power in Out-of-Step between Three Machines

わされるので、前述の 2 機系同期外れの場合と同様検討でき、 \dot{Z}_A, \dot{Z}_C が \dot{Z}_B に比べて極端に大きくない限り正規動作することが考えられる。



第 12 図 同期調相機における電流軌跡
Fig.12. Current Vector Diagram in Out-of-Step of Synchronous Condenser

第 2 表 2 機系同期外れ時の継電器動作
Table 2. Relay Operations in Out-of-Step between Two Machines

Z_a	同期外れ	継電器動作
1.8Ω	×	×
2.8Ω	×	×
3.3Ω	○	○
3.7Ω	○	○

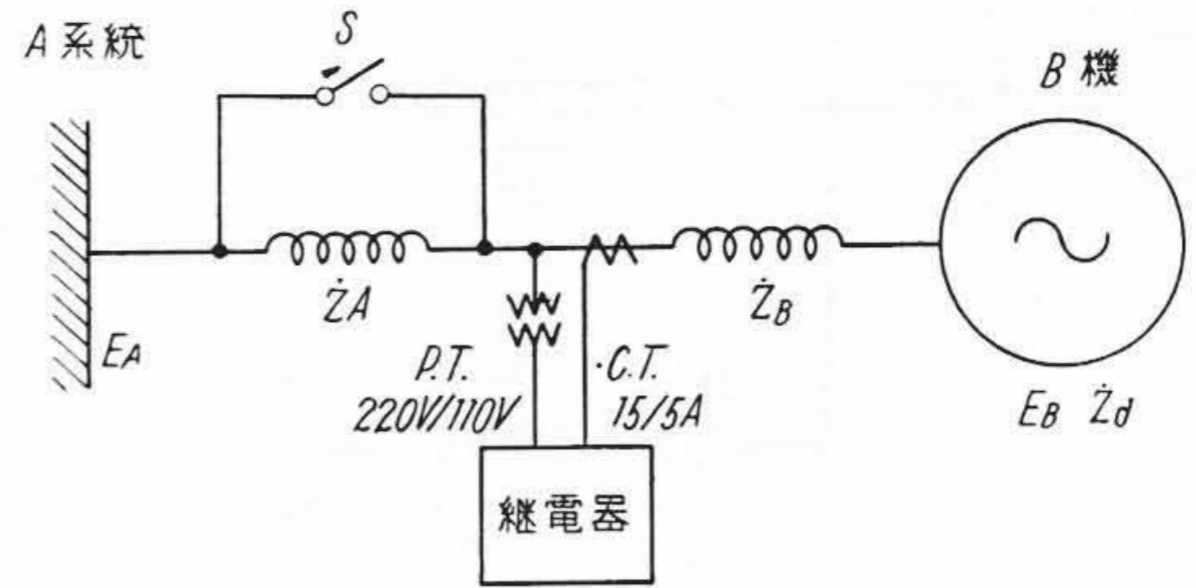
(注) 1. Z_a は第 13 図参照
2. 同期外れの × は同期外れせず, ○ は同期外れせりの意
3. 継電器動作の × は不動作, ○ は動作を示す

第 3 表 故障時の継電器動作
Table 3. Relay Operation in Fault

故障種類	継電器動作	
	故障点 F_1	故障点 F_2
a 相 接 地	×	×
a-b 線 間 短 絡	×	×
a-c 線 間 短 絡	×	×
b-c 線 間 短 絡	×	×
3 相 短 絡	×	×
a-b 線間短絡 → 3 相短絡	×	×
a-c 線間短絡 → 3 相短絡	×	×
b-c 線間短絡 → 3 相短絡	×	×

(注) 1. a-b 線間短絡 → 3 相短絡は, 線間短絡より 3 相短絡に移行した場合である
2. × は不動作

(4) 同期調相機の同期外れと同期外れ継電器の動作
調相機が発電機と異なる点は無効電流をとるため, 誘起電圧が大幅に変ることである。したがって第 7 図(A)の電流軌跡も第 12 図のごとく, 進相容量で運転されている状態からの同期外れでは P 円, 遅相運転からの場合は R



周波数: 50~
 E_A : A 系統の端子電圧で 200 V
 E_B : B 機の内部誘起電圧で 300 V
 Z_A : 外部インピーダンス
 Z_B : 7.3Ω
 Z_d : B 機の同期インピーダンスで 1.4Ω

(注) 1. B 機は試験用 40 kVA 電動同期発電機であり A 系統は東電系統である
2. S を閉じて線路電流 15 A の発電機運転を行い S を開いて同期外れにいたらしめる

第 13 図 2 機系同期外れ模擬回路
Fig.13. Diagram of Test Connection for Out-of-Step between Two Machines

円となる。よつて起動継電器の感度および電力方向継電器, 補助継電器の限時を, 調相機の定格進相容量ならびに定格遅相容量における状態からの同期外れ電流軌跡によつて算出すれば, 進相, 遅相運転の別なく確実な保護ができる。

[IV] 模擬送電線⁽⁶⁾との組合せ 試験とその検討

上述の考察のもとに製作せられた同期外れ継電器の性能を確かめるため, 模擬送電線にて種々の系統を構成し組合せ試験を行った。

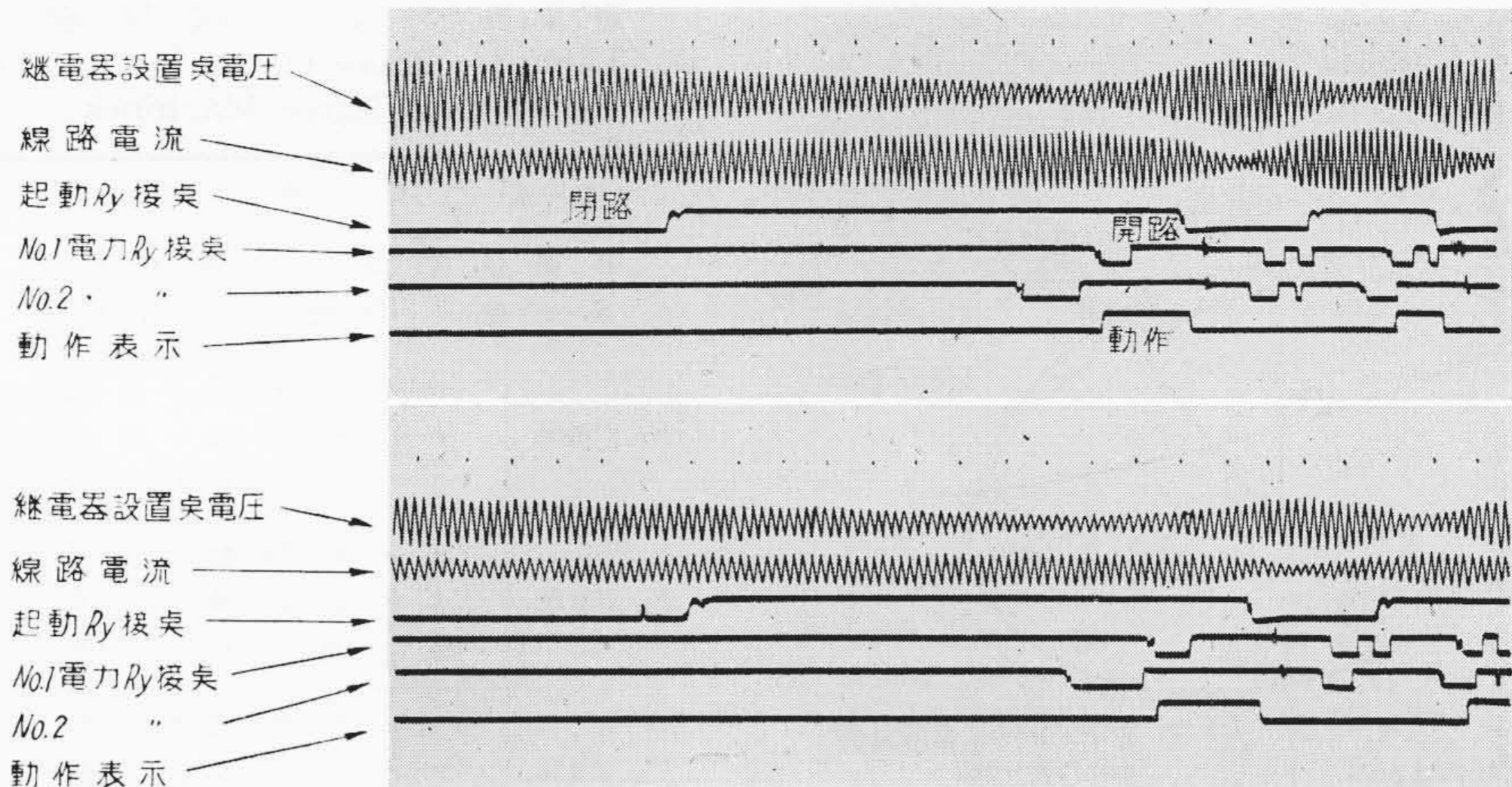
(1) 同期発電機の場合 (2 機系)

(A) 同期外れ時の動作

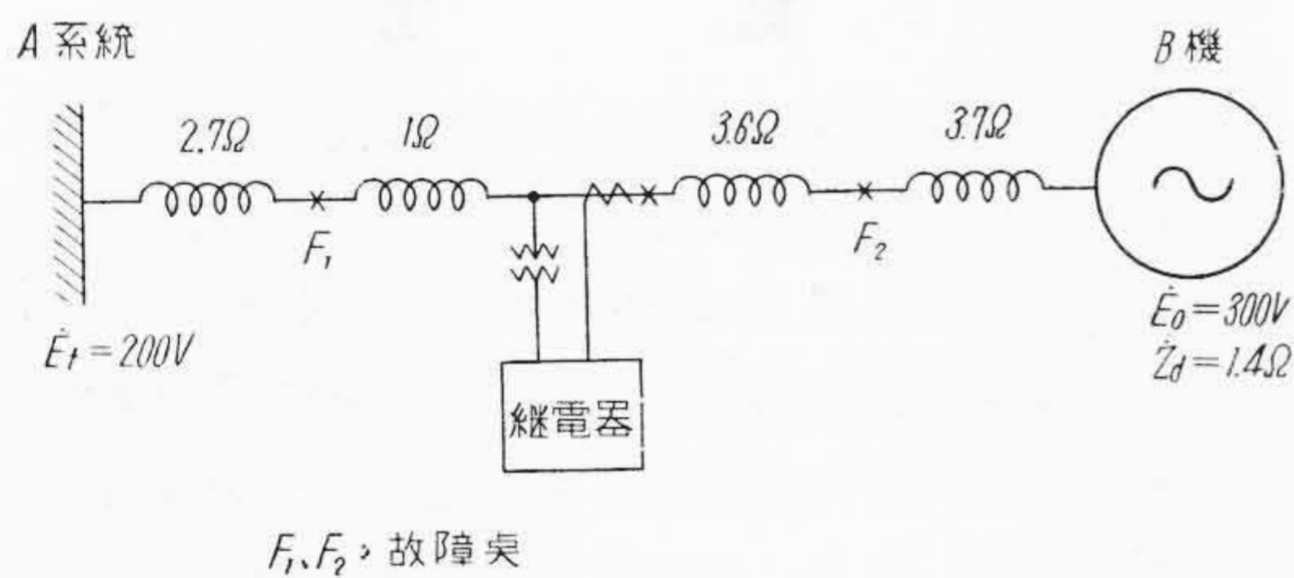
模擬回路を第 13 図に示す。始めスイッチ S を閉じて力率 100% の発電機運転を行い, 突然 S を開き送電電力を変化せしめ同期外れに至らしめた。S で挿入されるインピーダンスを変えて試験した結果は第 2 表に示すごとく同期外れした場合はすべて確実に動作している。その際のオツシログラムの例を第 14 図に示す。

(B) 故障時の動作試験

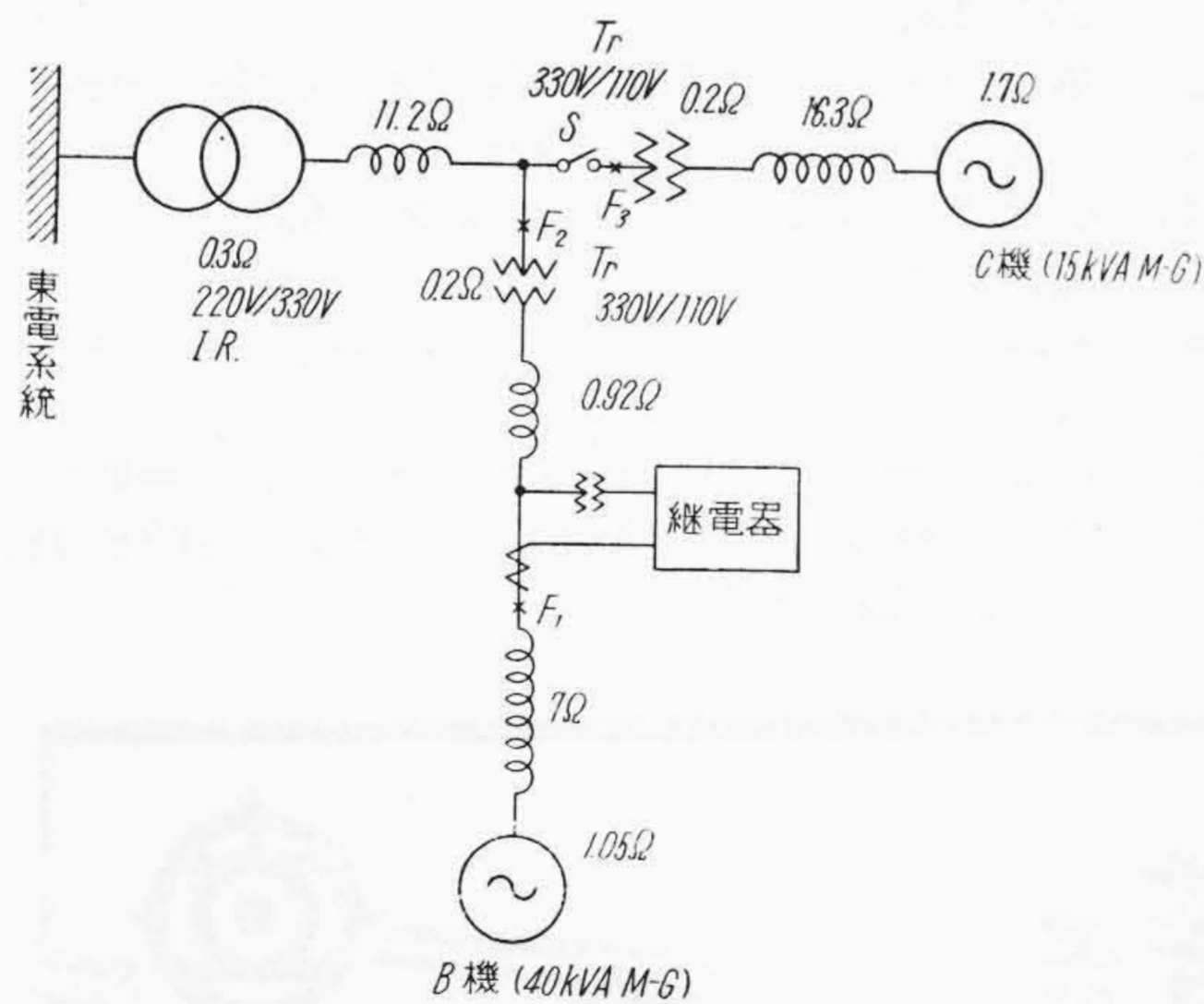
この場合の模擬回路を第 15 図に示す。継電器の整定は (A) の場合と同じで, はじめ電流 10 A で発電機運転を行つている状態で F_1 および F_2 に各種の故障をおこして動作状態をしらべた。その結果は第 3 表のごとく故障点 F_1 のときは起動継電器が働かないので全く不動作であり, F_2 のときは起動継電器は動作し電力方向継電器も反転するが, [III](2) で述べた補助継電器の動作時間の関係で不動作となる。



第14図 2機系同期外れ時のオシログラム例
Fig.14. Examples of Oscillogram at Out-of-Step between Two Machines



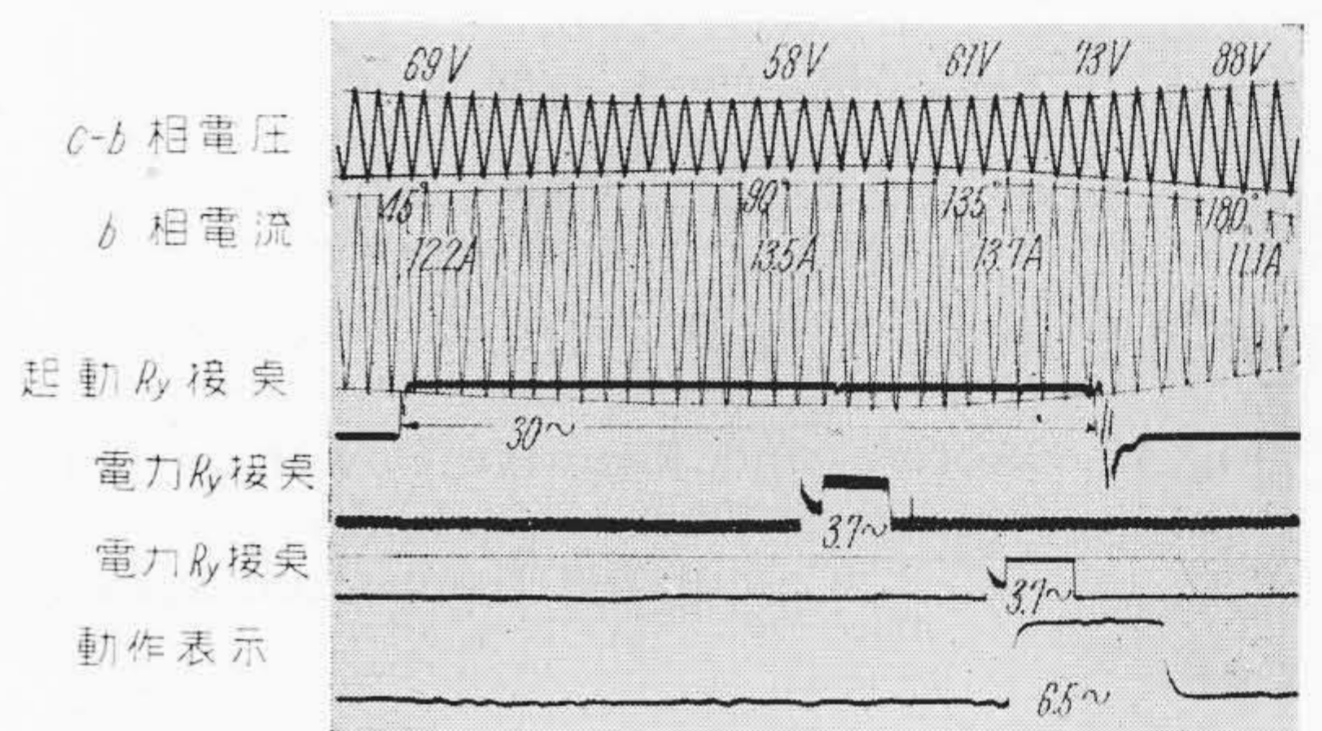
第15図 故障状態の模擬回路
Fig.15. Diagram of Test Connection for Fault Condition



第16図 3機系模擬回路
Fig.16. Diagram of Test Connection for Out-of-Step between Three Machines

(2) 3機系における試験

この場合の回路は中国電力株式会社潮発電所における状態を模擬して第16図のごとく構成した。図中のB機を被保護機たる潮発電所とし、C機が明塚発電所、東電系統を広島における高圧母線と考えた。初めB機5A、



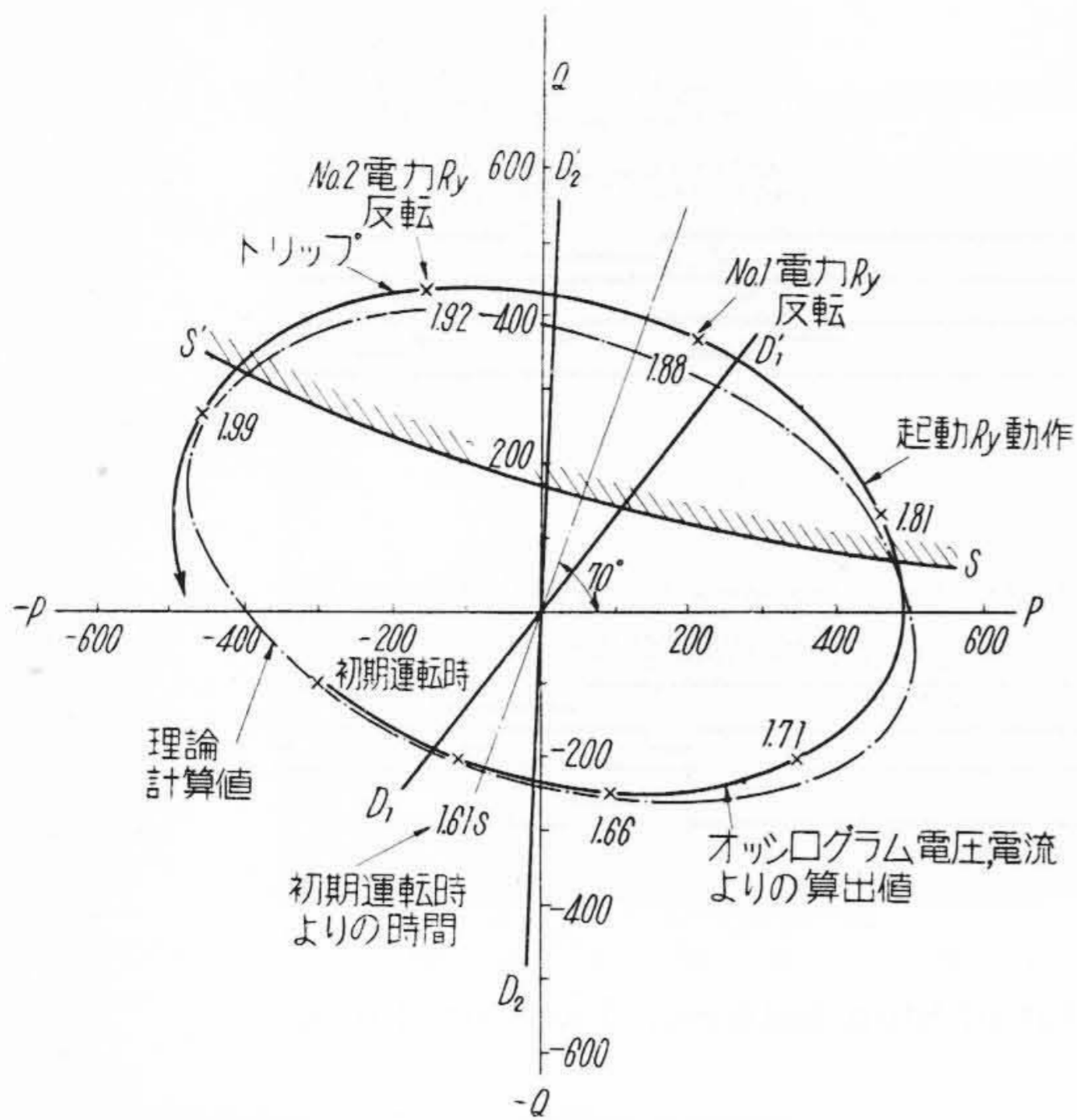
第17図 3機系同期外れオシログラム例
Fig.17. Example of Oscillogram at Out-of-Step between Three Machines

C機3.75Aの発電機運転を行い、同期外れおよび各種の故障をおこして動作をしらべた。その結果は第4表のごとくであり、同期外れ時のオシログラム例は第17図(次頁参照)に示すごとくである。電圧、電流オシログラムより電力、無効電力を算出し電力座標であらわしたのが第18図である。

またこの条件における電力を(11)(12)式より求めた結果は同図鎖線で示すもので、実際の電力軌跡と良く合い計算の妥当なことがわかる。図には同時に継電器の整定を示したが継電器はほぼ予期の動作をしていることがわかる。

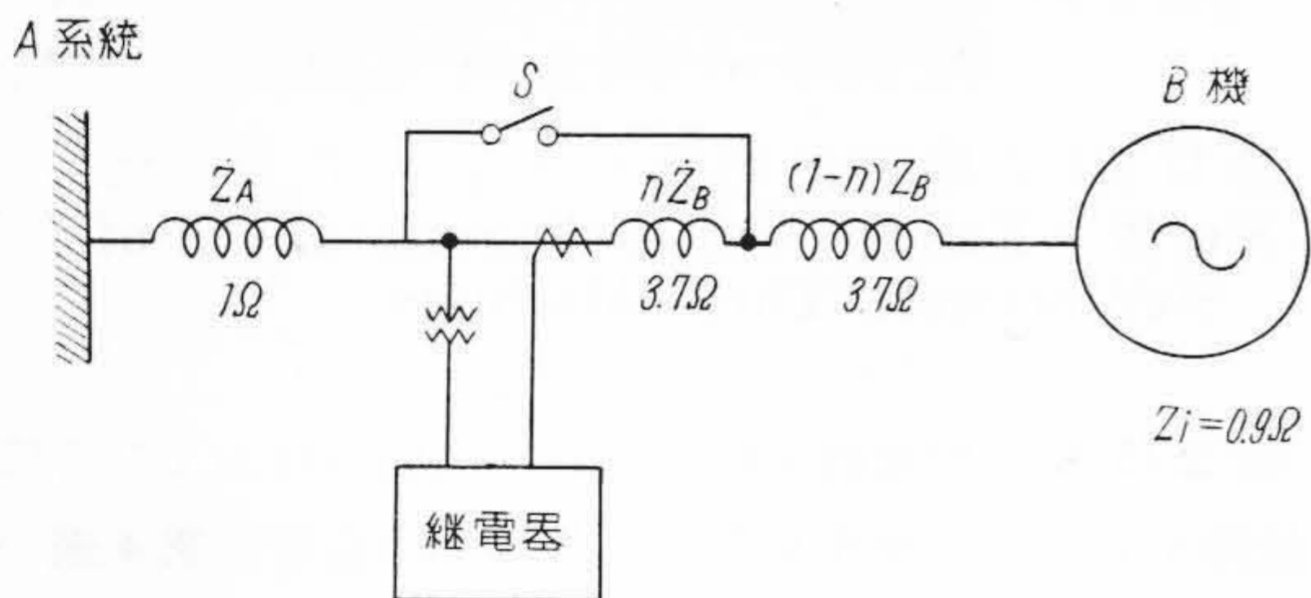
(3) 同期調相機における試験

第19図(次頁参照)で示す回路で40kMGを調相機運転としておき、スイッチSを開いて同期外れせしめた。進相機運転および $E_A=E_B$ のときは正規動作し、遅相機運転の場合には遅相電流10Aとなるまで動作する。なお保護可能遅相容量はある程度任意に選ぶうが、極端な界磁電流の減少による同期外れ検出は、界磁喪失継電器⁽⁷⁾⁽⁸⁾による方法が適当であろう。



- (注) 1. 同期外れ 2 サイクル目の動作
 1 サイクルの所要時間 0.5 sec
 2. 電力は P.T., C.T. 二次側 1 相分をもつて示す
 3. S S' は図示のように多少彎曲した特性をもっている

第 18 図 3 機系同期外れ時の電力
 (オシログラムより算出)
 Fig.18. Active and Reactive Power in Out-of-Step between Three Machines
 (Calculated from Oscillogram)



S を閉路して調相機運転に入り
 S を開路して同期外れをおこす

第 19 図 同期調相機試験回路
 Fig.19. Diagram of Test Connection for Synchronous Condenser

第 4 表 3 機系試験結果
 Table 4. Relay Operation on the System Involving Three Machines

故障種類	継電機動作	
B 機速度降下同期外れ	○	
S 遮断 B 機同期外れ	○	
F ₁ 点故障	a-c 相短絡一回復	×
	b-c 相短絡一回復	×
	3 相短絡一回復	×
F ₂ 点故障	a-c 相短絡一回復	×
	b-c 相短絡一回復	×
	3 相短絡一回復	×
F ₃ 点故障	a-c 相短絡 S 遮断	×
	b-c 相短絡 S 遮断	×
	3 相短絡 S 遮断	×

〔V〕 結 言

日立同期外れ継電器は 6 箇の継電器要素を 1 つのケースに収め、きわめて簡単な方式で同期外れを検出するものであり、その構造および動作を電力座標で説明した。さらに製品を模擬送電線に組合せ、種の系統条件、故障状態について動作を検討し、上記の考察が妥当なことが確められた。終りに本継電器の製作、試験につき御協力いただいた工場関係者に深厚なる感謝の意を表す。

参 考 文 献

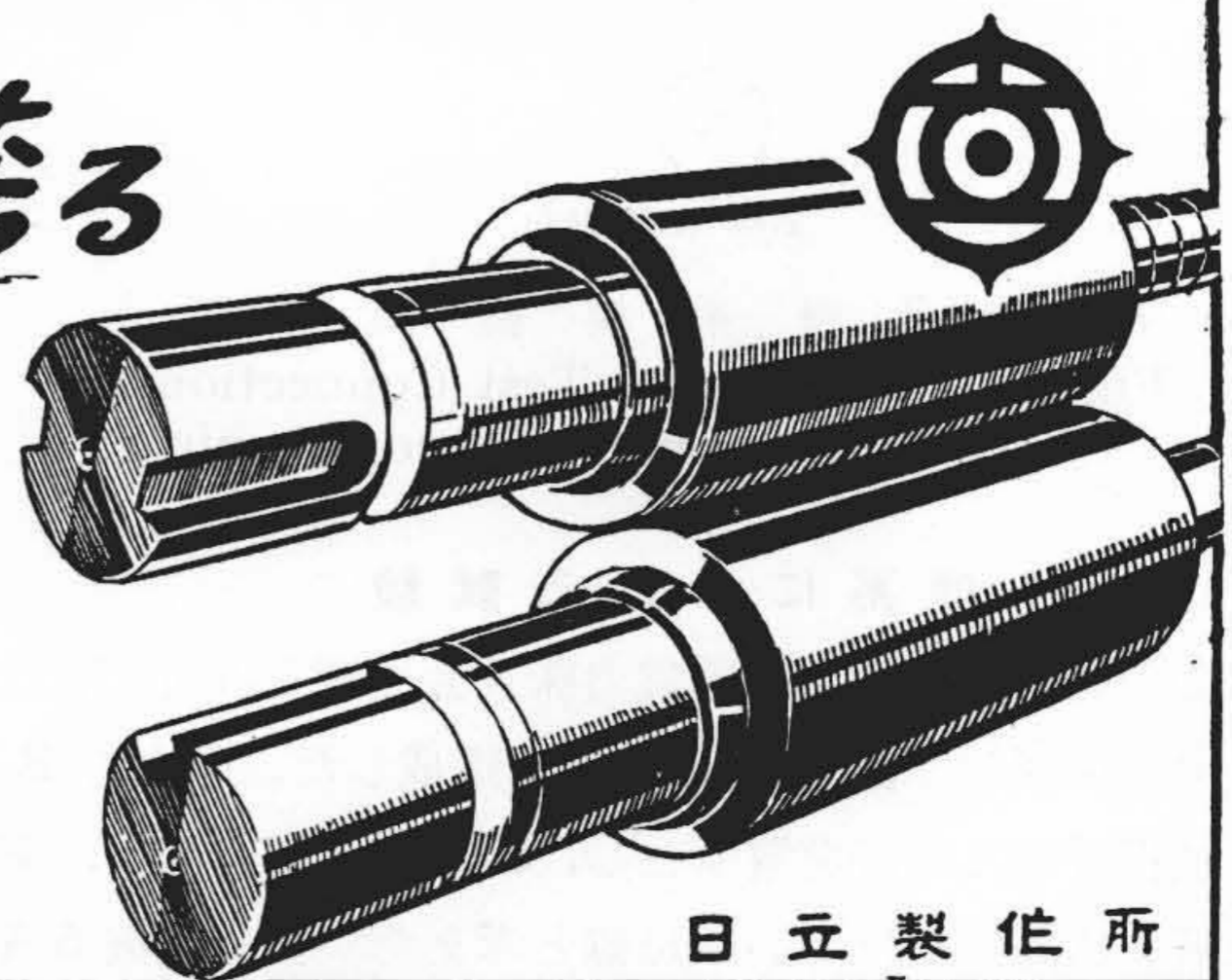
- (1) AIEE Relay Sub-committee: AIEE Tr. 62 567 (1943)
- (2) W.C.Morris: AIEE Tr. 68 1246 (1949)
- (3) 猿渡: 日立評論 33 605 (昭 26-8)
- (4) C.R.Mason: E.E. 56 823 (1937)
- (5) 梅津, 中島: 電研月報 P.1 (昭 28-11)
- (6) 西堀, 川井: 日立評論 別冊 No.7 P.159 (昭 29-7)
- (7) C.R.Mason: AIEE Tr. 68 1240 (1949)
- (8) R.L.Tremaine, J.L.Blackburn: AIEE Tr. Aug. 765 1954

耐 磨 耗 ・ 堅 牢 を 誇 る

日 立 の ロール

チルドロール
 合金チルドロール
 グレーンロール
 合金グレーンロール
 铸鋼ロール

特殊铸鋼ロール
 アダマイトロール
 鍛鋼ロール
 焼入ロール



日立製作所