

日立三相保護継電器

Hitachi Three-Phase Protective Relays

猿渡房吉* 渡井三夫*

内 容 梗 概

最近の複雑な電力系統を円滑に運営するためには必然的に高度の継電方式が要求され、継電器もこれに伴い急速な進歩をとげつつあるが、一方継電器を小型化し継電器盤の継電器占有面積の縮少を計ることが最近の課題となつてきている。

日立製作所はこの要望に応え、過電流継電器、方向継電器、比率差動電流継電器、電圧継電器など一連の三相継電器を開発し、電源開発佐久間発電所を始め最近の発電所に納入し、その成果を納めている。

本文においては三相短絡保護継電器を主体とし、これらの継電器を紹介した。

〔I〕 緒 言

最近の複雑な電力系統を円滑に運営するため、保護継電装置はますます高度化されてきたが、同時に継電方式はいよいよ複雑の一途をたどっている。

日立製作所はこの要望に応えるため発電所の運転、系統の運営などに必要な各種の新しい継電器を開発、それぞれ適切な継電方式と相まって多大の成果を挙げているが、同時に近時の複雑な継電方式は必然的に多数の継電器を必要とし、継電器の配電盤占有面積を増大せしめているので、一連の三相保護継電器を開発し、これが縮少化を計っている。すなわち在来の継電器は三相回路の短絡を保護する場合、一般に3組の継電器を必要としているが、三相継電器を使用すればこれを1組で間に合すことができ、きわめて有効である。

三相継電器としては単に小型化された単相継電器を三相分共通のケースに納めた方式のものから、多極式継電器要素で三相分の総合特性をもたせた方式のものに至るまで種々の方式のものがあつたが、さらにまた使用目的上からは一般の過電流保護継電器から差動継電器や距離継電器に至る高速度動作式あるいは限時動作式継電器などそれぞれの目的に応じ各種の原理、構造のものがあるが、ここでは二、三の日立三相保護継電器についてその概要を紹介し、併せて諸賢の御批判を抑ぐ次第である。

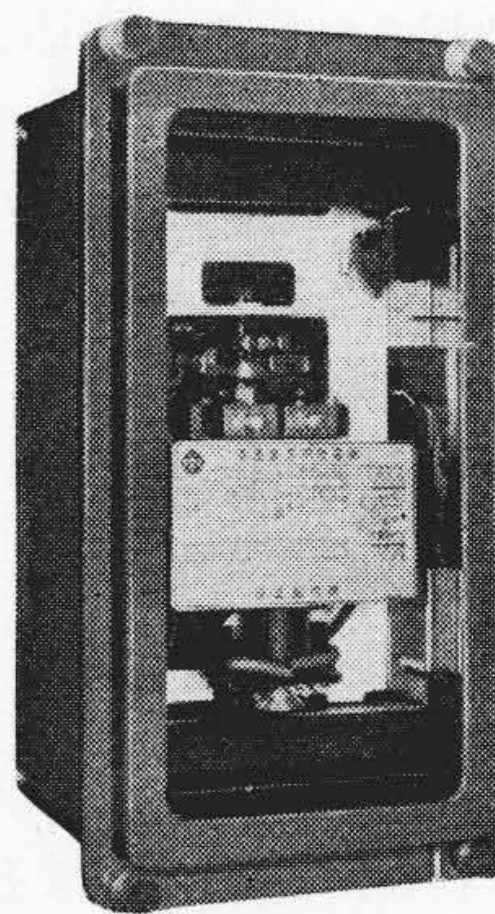
〔II〕 KHV 3 型高速度方向継電器

AZ 型 QC 式高速度インピーダンス継電器の方向継電器としてすでに KHV 型 QC 式継電器を開発し、広く重要幹線に使用されているが、KHV 3 型継電器はこれと同一の目的に使用される高速度動作式三相方向継電器である。

(1) 構造および動作原理

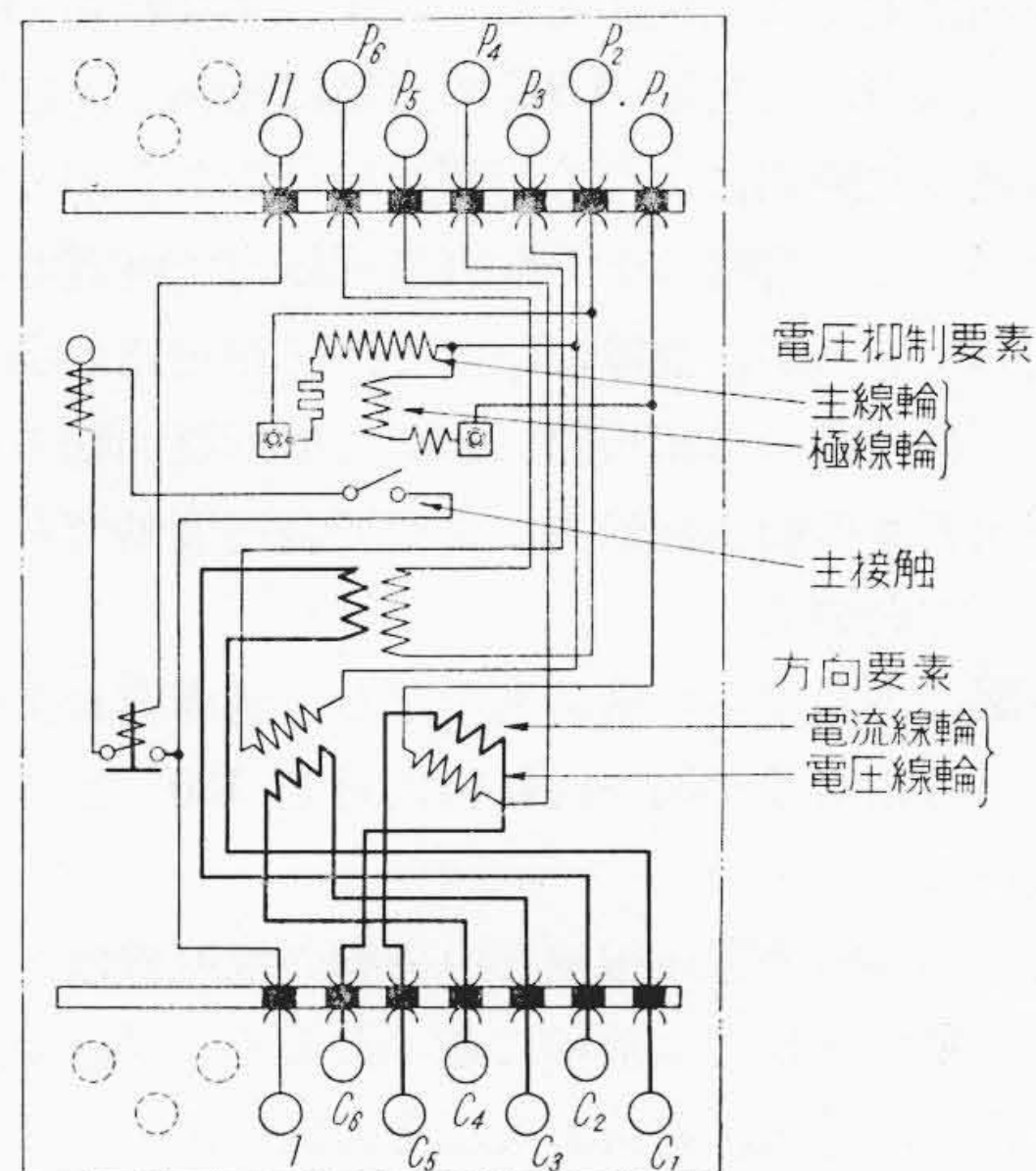
本継電器は高速度方向距離継電器の方向選択用として使用するもので、常時は潮流によつてその接点を閉じるこ

* 日立製作所多賀工場



第1図 KHV 3 型高速度方向継電器

Fig.1. Type KHV 3 High Speed Directional Relay

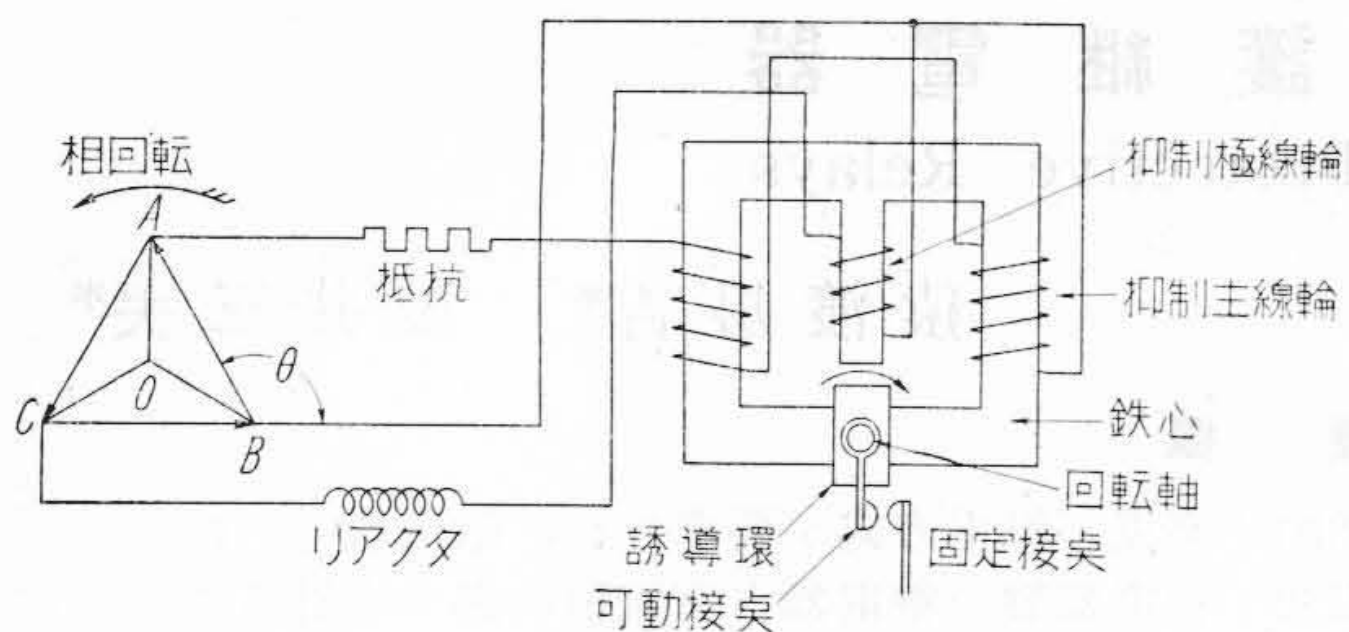


第2図 KHV 3 型高速度方向継電器の内部接続図
Fig.2. Internal Connection Diagram of Type KHV 3 High Speed Directional Relay

となく、故障が発生したとき始めて正規の動作をするよう電圧抑制効果が加味してある。すなわち第2図に示すように、方向要素のほかに電圧抑制要素を設け、その駆動回転力が接点を開く方向に作用するようにしてある。

(A) 電圧抑制要素

第3図は電圧抑制要素の動作原理説明図で、誘導環の回転軸の下方に方向要素の可動部が直結されている。



第 3 図 誘導環型三相継電器の電圧抑制要素原理説明図

Fig. 3. Explanatory Diagram of Voltage Restraining Element of Induction Ring Type Three-Phase Relay

一般に主線輪により誘導環に誘起される誘導環電流を I_R 、極線輪により空隙に生ずる磁束を ϕ_P とし、その間の位相差角を α とすれば、誘導環に与えられる矢印方向の回転力は $I_R \cdot \phi_P \cdot \cos \alpha$ に比例するので、抵抗およびリアクタを適当に選定し、誘導環電流 I_R の E_{AB} に対する進み角と極磁束 ϕ_P の E_{BC} に対する遅れ角との和を 90° にすると、 E_{AB} 、 E_{BC} による電圧抑制要素の抑制回転力 T_r は

$$T_r = k_r \cdot E_{AB} \cdot E_{BC} \cdot \sin \theta \quad \dots\dots\dots (1)$$

で与えられる。ただし誘導環電流 I_R 、極磁 ϕ_P はそれぞれの回路電圧に比例するものとす。すなわち (1) 式から抑制回転力は三角形 ABC の面積に比例し、継電器の動作感度は故障相によつて影響を受けることがない。

したがつて、常時は十分な抑制回転力で継電器の動作を抑制しているが、故障に際しては三相短絡の場合は勿論、いずれの相の二相短絡においても抑制回転力が解かれ、方向要素の動作回転力によつて高速度動作をする。

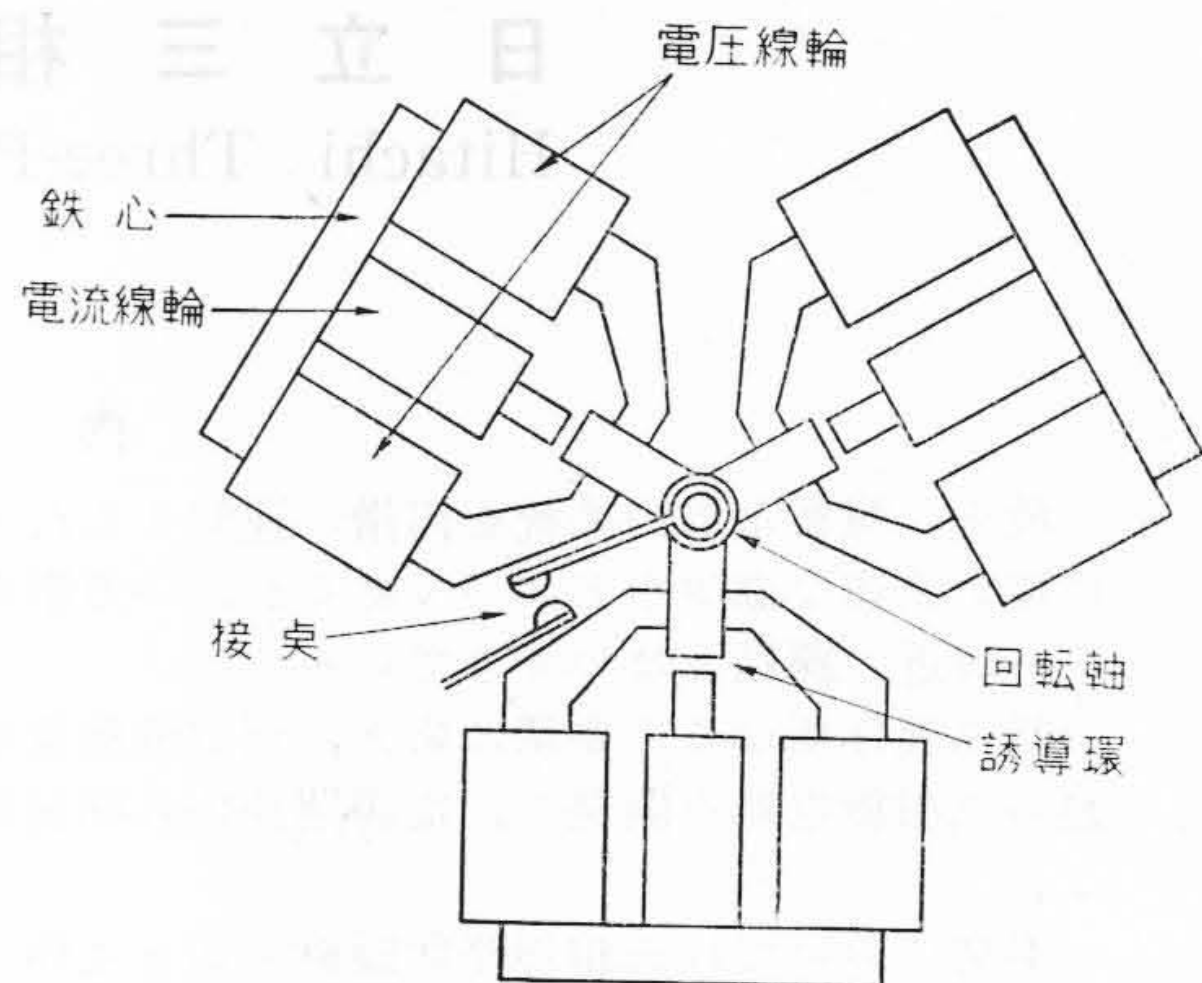
(B) 方向要素

第 4 図は方向要素の構造図を示し、誘導環および鉄心よりなる各相素子が同一回転軸に対し 120° ごとに配置されている。

鉄心の両外脚の電圧線輪と中央脚の電流線輪とによる誘導環の動作回転力は前項に述べたように $I_R \cdot \phi_P \cdot \cos \alpha$ に比例し、電圧、電流およびその位相角によつて動作回転力を生ずる。

本継電器は方向要素各相素子の総合回転力によつて動作するが、単相継電器に比して動作状態が複雑になるため、継電器の接続方法、故障の種類、系統のインピーダンスなどにつき十分な検討を加えないと動作回転力のほかに逆方向の回転力を生じ、著しく総合回転力を損うばかりでなく、極端な場合には故障方向の判定を誤ることも考えられる。

また継電器の設置点に近いところで三相短絡を生じた場合には三相とも電圧がほとんど零となり、継電器の動



第 4 図 誘導環型三相方向継電器の方向要素構造図
Fig. 4. Construction of Directional Element of Induction Ring Type Three-Phase Directional Relay

作が不可能となることもあるので、メモリ効果をもたせて動作の確実を計つてある。

(2) 方向要素の動作回転力

方向要素の動作回転力の一般式を求めるため

E_a^- , E_b^- , E_c^-各相素子の電圧線輪電圧
 I_a^- , I_b^- , I_c^-各相素子の電流線輪電流
 θ_a^- , θ_b^- , θ_c^-各相素子の電圧に対する電流の遅れ角

とすれば、各相素子の動作回転力 T_a , T_b および T_c は

$$\left. \begin{aligned} T_a &= k E_a^- I_a^- \cos(\delta + \theta_a^-) \\ T_b &= k E_b^- I_b^- \cos(\delta + \theta_b^-) \\ T_c &= k E_c^- I_c^- \cos(\delta + \theta_c^-) \end{aligned} \right\} \quad \dots\dots\dots (2)$$

で与えられる。ここで k および δ は継電器によつて定まる定数で、 δ は最大回転力を生ずるときの力率特性角を示す。したがつて方向要素の動作回転力 T_0 は

$$\begin{aligned} T_0 &= T_a + T_b + T_c \\ &= k \{ E_a^- I_a^- \cos(\delta + \theta_a^-) + E_b^- I_b^- \cos(\delta + \theta_b^-) \\ &\quad + E_c^- I_c^- \cos(\delta + \theta_c^-) \} \quad \dots\dots\dots (3) \end{aligned}$$

で表わすことができる。(3) 式は方向要素の動作回転力の一般式である。

故障が発生した際、継電器に加えられる電圧、電流の関係には数多くの条件が考えられるが、こゝでは取扱いを簡単にするため単機系統一回線送電線の故障について検討を進めてみることにする。このときの故障点における各対称分電圧、電流および継電器設置点から故障点までの線路の各対称分インピーダンスを計器用変圧器および変流器の二次換算値において

$$\left. \begin{aligned} \tilde{V}_0 &= V_0 \varepsilon^{j\alpha_0} \\ \tilde{V}_1 &= V_1 \varepsilon^{j\alpha_1} \\ \tilde{V}_2 &= V_2 \varepsilon^{j\alpha_2} \end{aligned} \right\} \quad \dots \text{故障点における各対称分電圧}$$

$$\left. \begin{aligned} \dot{I}_0 &= I_0 \varepsilon^{j\beta_0} \\ \dot{I}_1 &= I_1 \varepsilon^{j\beta_1} \\ \dot{I}_2 &= I_2 \varepsilon^{j\beta_2} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots \text{継電器設置点における各対称分電流}$$

$$\left. \begin{aligned} \dot{z}_0 &= z_0 \varepsilon^{j\gamma_0} \\ \dot{z}_1 &= z_1 \varepsilon^{j\gamma_1} \\ \dot{z}_2 &= z_2 \varepsilon^{j\gamma_2} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots \text{継電器設置点から故障点までの線路の各対称分インピーダンス}$$

とすると、継電器設置点における各相の電圧、電流 $\dot{V}_a, \dot{V}_b, \dot{V}_c$ および $\dot{I}_a, \dot{I}_b, \dot{I}_c$ は

$$\left. \begin{aligned} \dot{V}_a &= V_0 \varepsilon^{j\alpha_0} + V_1 \varepsilon^{j\alpha_1} + V_2 \varepsilon^{j\alpha_2} + z_0 I_0 \varepsilon^{j(\beta_0+\gamma_0)} + z_1 I_1 \varepsilon^{j(\beta_1+\gamma_1)} + z_2 I_2 \varepsilon^{j(\beta_2+\gamma_2)} \\ \dot{V}_b &= V_0 \varepsilon^{j\alpha_0} + V_1 \varepsilon^{j(\alpha_1-120)} + V_2 \varepsilon^{j(\alpha_2+120)} + z_0 I_0 \varepsilon^{j(\beta_0+\gamma_0)} + z_1 I_1 \varepsilon^{j(\beta_1+\gamma_1-120)} + z_2 I_2 \varepsilon^{j(\beta_2+\gamma_2+120)} \\ \dot{V}_c &= V_0 \varepsilon^{j\alpha_0} + V_1 \varepsilon^{j(\alpha_1+120)} + V_2 \varepsilon^{j(\alpha_2-120)} + z_0 I_0 \varepsilon^{j(\beta_0+\gamma_0)} + z_1 I_1 \varepsilon^{j(\beta_1+\gamma_1+120)} + z_2 I_2 \varepsilon^{j(\beta_2+\gamma_2-120)} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (4)$$

$$\left. \begin{aligned} \dot{I}_a &= I_0 \varepsilon^{j\beta_0} + I_1 \varepsilon^{j\beta_1} + I_2 \varepsilon^{j\beta_2} \\ \dot{I}_b &= I_0 \varepsilon^{j\beta_0} + I_1 \varepsilon^{j(\beta_1-120)} + I_2 \varepsilon^{j(\beta_2+120)} \\ \dot{I}_c &= I_0 \varepsilon^{j\beta_0} + I_1 \varepsilon^{j(\beta_1+120)} + I_2 \varepsilon^{j(\beta_2-120)} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (5)$$

こゝで継電器の接続方式を 90° 進み接続とし、各相素子の電圧、電流を

A相素子: $\dot{V}_{bc} = \dot{V}_b - \dot{V}_c$ および $\dot{I}_a$

B相素子: $\dot{V}_{ca} = \dot{V}_c - \dot{V}_a$ および $\dot{I}_b$

C相素子: $\dot{V}_{ab} = \dot{V}_a - \dot{V}_b$ および $\dot{I}_c$

とすれば、これらの関係に (4) (5) 式を代入し、さらに (3) 式を適用して整理すると方向要素の動作回転力 T_0 は

$$\begin{aligned} T_0 &= 3\sqrt{3}k\{V_1 I_1 \cos(\delta + \alpha_1 - \beta_1 - 90) \\ &\quad + z_1 I_1^2 \cos(\delta + \gamma_1 - 90) \\ &\quad + V_2 I_2 \cos(\delta + \alpha_2 - \beta_2 + 90) \\ &\quad + z_2 I_2^2 \cos(\delta + \gamma_2 + 90)\} \dots\dots\dots (6) \end{aligned}$$

また故障点から見た各対称分インピーダンスを $\dot{Z}_0, \dot{Z}_1$ および $\dot{Z}_2$, かつ $\dot{Z}_1 = \dot{Z}_2$ とし、系統を中性点高抵抗接地系とすれば $\dot{Z}_0 \gg \dot{Z}_1, \dot{Z}_0 \gg \dot{Z}_2$ と考えられるので各種故障時の各対称分電圧、電流およびその位相角間には近似的につぎのような関係が得られる。

一線接地 (A相接地) の場合

$$\left. \begin{aligned} \dot{V}_1 &= \dot{E}_a & \alpha_1 &= 0 \\ \dot{V}_2 &= 0 \\ \dot{I}_1 &= \dot{I}_2 = \dot{E}_a / \dot{Z}_0 & \beta_1 &= \beta_2 = 0 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (7)$$

二線接地 (BC相接地) の場合

$$\left. \begin{aligned} \dot{V}_1 &= \dot{V}_2 = \dot{E}_a / 2 & \alpha_1 &= \alpha_2 = 0 \\ \dot{I}_1 &= \dot{E}_a / 2\dot{Z}_1 \\ \dot{I}_2 &= -\dot{E}_a / 2\dot{Z}_1 & \beta_2 &= \beta_1 + 180^\circ \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (8)$$

二線短絡 (BC相短絡) の場合

$$\left. \begin{aligned} \dot{V}_1 &= \dot{V}_2 = \dot{E}_a / 2 & \alpha_1 &= \alpha_2 = 0 \\ \dot{I}_1 &= \dot{E}_a / 2\dot{Z}_1 \\ \dot{I}_2 &= -\dot{E}_a / 2\dot{Z}_1 & \beta_2 &= \beta_1 + 180^\circ \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (9)$$

三線接地 (ABC相接地) の場合

$$\left. \begin{aligned} \dot{V}_1 &= \dot{E}_a & \alpha_1 &= 0 \\ \dot{V}_2 &= 0 \\ \dot{I}_1 &= \dot{E}_a / \dot{Z}_1 \\ \dot{I}_2 &= 0 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (10)$$

ただし、 $\dot{E}_a$ は発電機のA相誘起電圧とし、 $\dot{E}_a$ を基準位相とす。

また送電線においては一般に

$$\begin{aligned} \dot{z}_1 &= \dot{z}_2 \\ \therefore \dot{z}_1 &= \dot{z}_2, \gamma_1 = \gamma_2 \dots\dots\dots (11) \end{aligned}$$

と考えられるから、(7)~(11) を (6) に代入して整理すれば

A相接地の場合

$$T_0 = 3\sqrt{3}k \frac{E_a^2}{Z_0} \cos(\delta - 90) \dots\dots\dots (12)$$

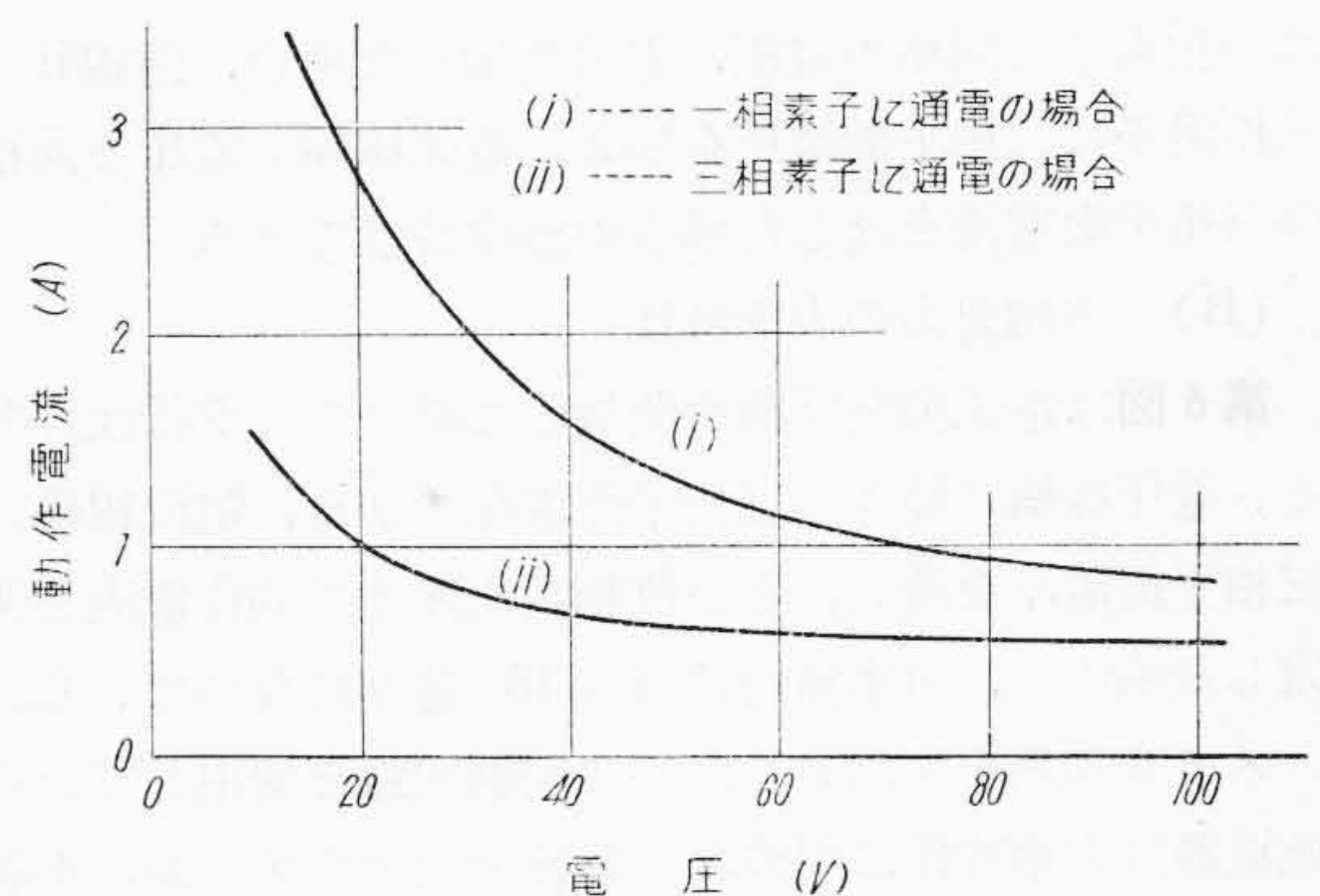
BC相接地または短絡の場合

$$T_0 = \frac{3}{2}\sqrt{3}k \frac{E_a^2}{Z_1} \cos(\delta - \beta_1 - 90) \dots\dots\dots (13)$$

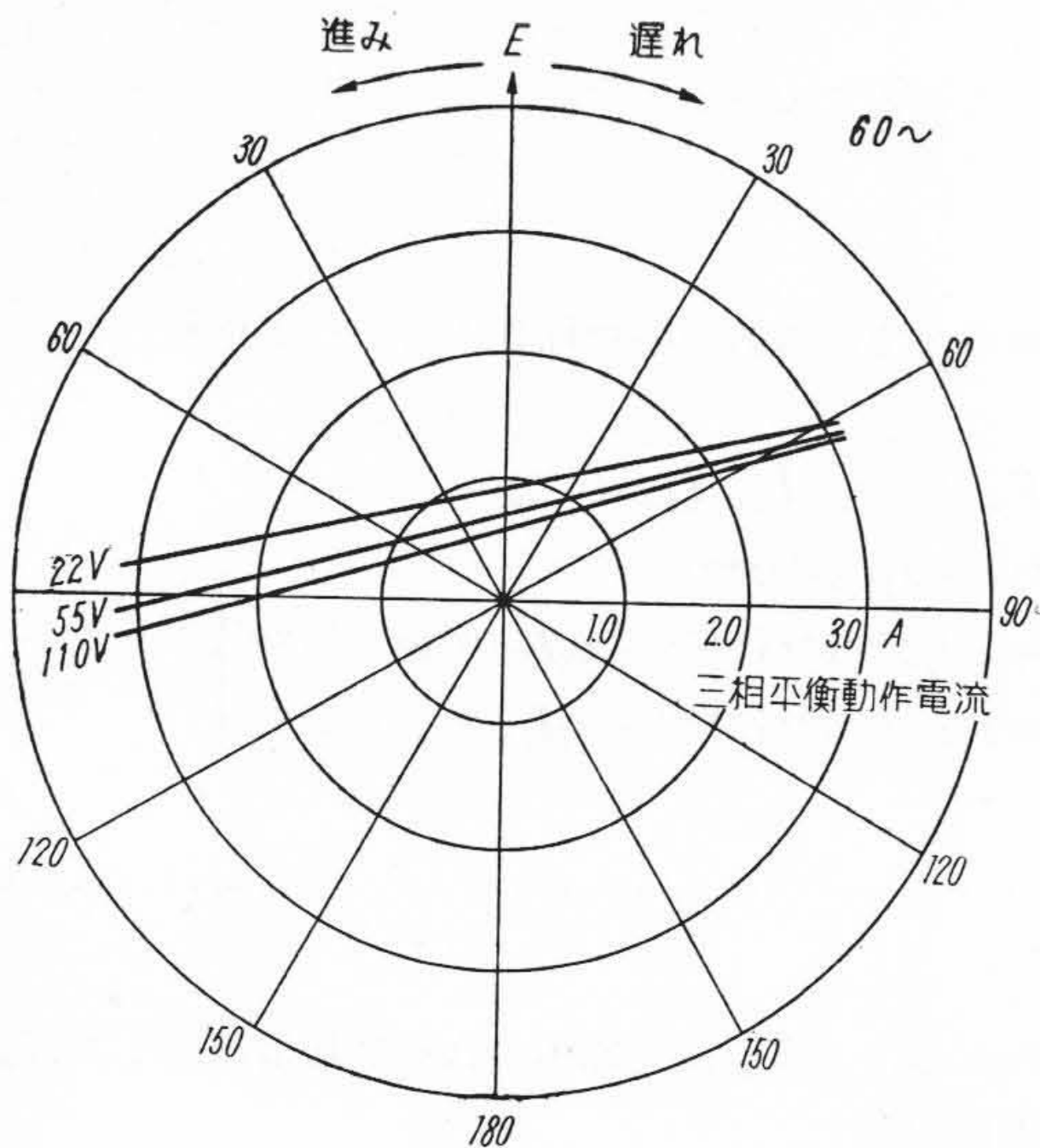
ABC相接地の場合

$$\begin{aligned} T_0 &= 3\sqrt{3}k \frac{E_a^2}{Z_1} \{\cos(\delta - \beta_1 - 90) \\ &\quad + \frac{\dot{z}_1}{Z_1} \cos(\delta + \gamma_1 - 90)\} \dots\dots\dots (14) \end{aligned}$$

(12), (13), (14) 式は故障時の方向要素の回転力を示す。したがって方向要素の力率特性角 δ を適当に選ばなければ



第5図 KHV 3 型方向継電器の動作特性
Fig. 5. Operating Characteristic Curves of Type KHV 3 Directional Relay



第6図 KHV 3 型方向継電器の力率特性
Fig. 6. Polar Diagram of Type KHV 3 Directional Relay

ばその回転力は故障の条件によつて発生しないことがあつたり、ときには反対方向の回転力を生ずることがある。

(12) 式より一線接地故障の場合は δ は 0° ないし 90° でなければならない。また一般に線路の正相インピーダンス角は 45° ないし 85° の遅れ特性を有しているので、 β_1 を -45° ないし -85° 、 γ_1 を 45° ないし 85° として (13) (14) 式の余弦項の最大になる力率角 δ を求めると δ は 5° ないし 45° がよいことがわかる。また 100 kV 以上の線路においてはインピーダンス角は 80° 遅れ程度であるから以上の結果から方向要素の力率特性としては 10° ないし 20° 進み特性が好ましいと考える。

(3) 継電器の特性

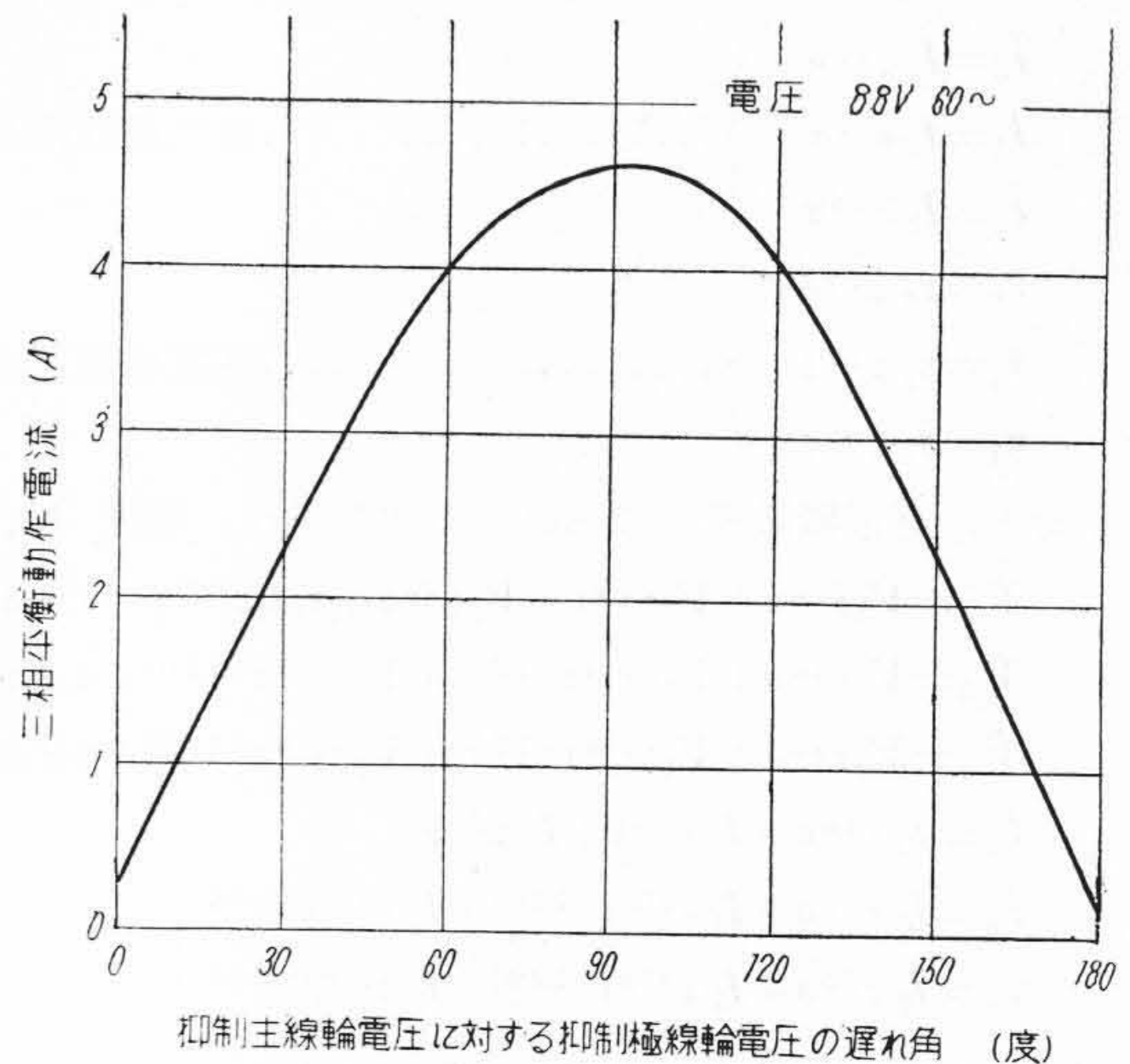
(A) 方向要素の感度特性

第5図は方向要素の動作特性で、電圧抑制回路を開放した場合の電圧と動作電流との関係を示す。図で曲線 i は一相素子に同相の電圧、電流を加えた場合、曲線 ii は三相素子に三相平衡電圧を加え、電流線輪に電圧と同相の三相平衡電流を流した場合の感度特性である。

(B) 方向要素の力率特性

第6図は電圧抑制回路を開放した場合の力率特性である。電圧線輪に種々の三相平衡電圧を加え、電流線輪に三相平衡電流を流し、その位相角を変えて動作電流を測定したもので、力率特性はほぼ 15° 進みになっている。

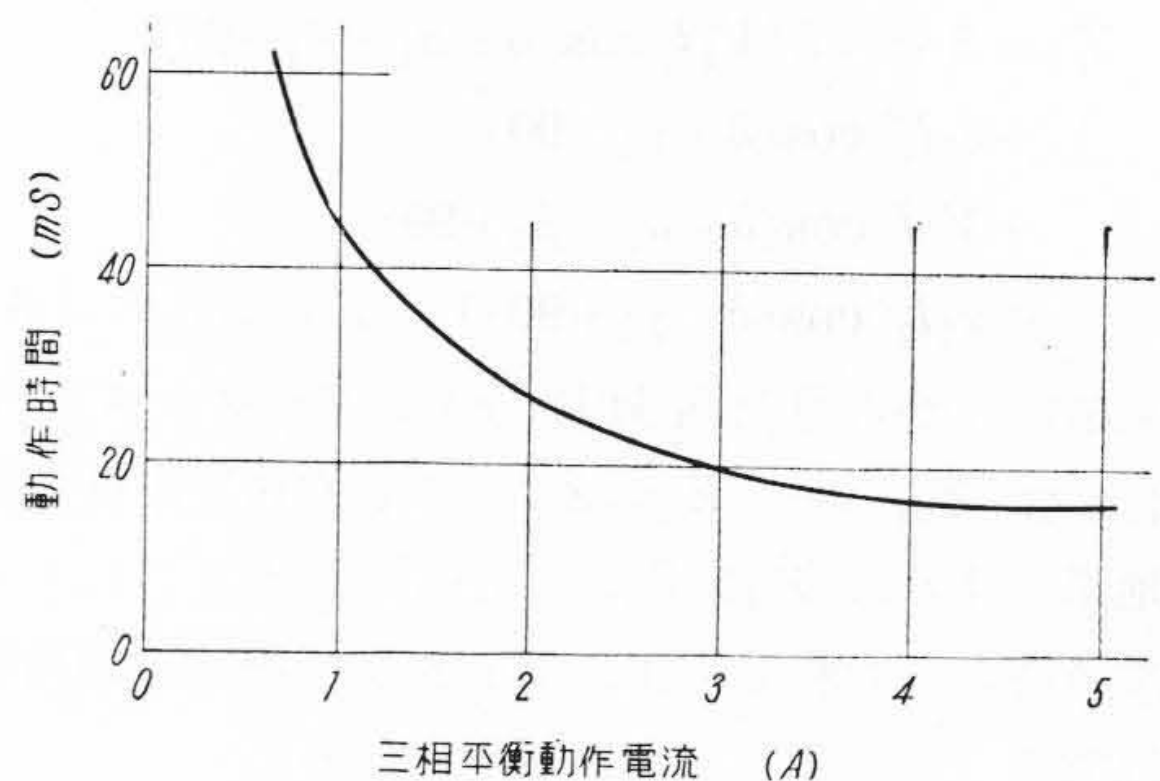
メモリ効果をもたせるために同調回路を使用している継電器は力率特性に周波数の影響を受けやすいが、本継電器においてはこれを可及的小にするため、メモリ効果とのかね合いの上になつて回路常数を決定してあるので 5 サイクルの変動に対しては約 4° である。



(注) 方向要素は電圧回路に 110V の三相平衡電圧を加え、これと同相の三相平衡電流を電流回路に通ず。

第7図 KHV 3 型方向継電器の電圧抑制要素位相角特性

Fig. 7. Phase Angle Characteristic Curve of Voltage Restraining Element of Type KHV 3 Directional Relay

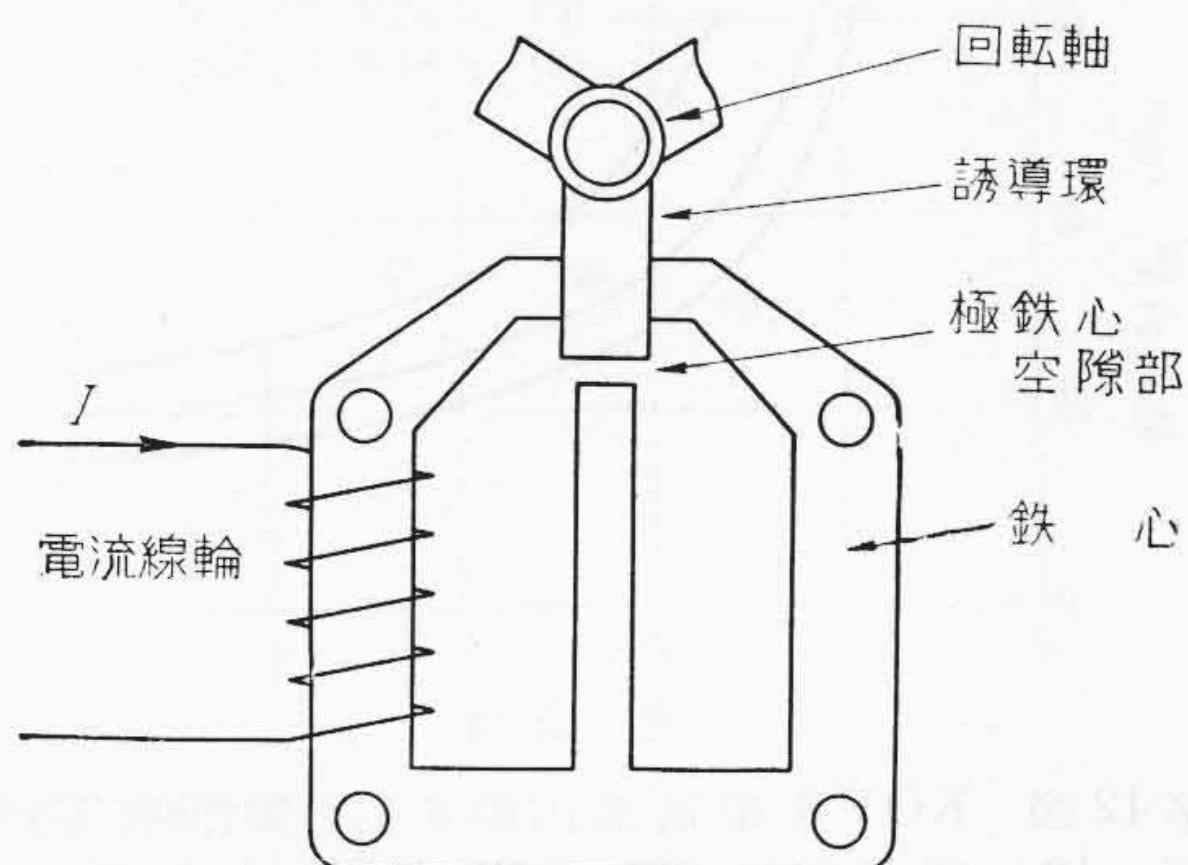


第8図 KHV 3 型方向継電器の動作時間特性
Fig. 8. Operating Time Characteristic Curve of Type KHV 3 Directional Relay

(C) 電圧抑制要素

電圧抑制効果は電圧線輪回路に定格電圧の 80% すなわち 88 V の三相平衡電圧を加え、これと同相の三相平衡電流を流したとき約 4 A で動作するようになっている。

第7図は電圧抑制主線輪回路の電圧と電圧抑制極線輪回路の電圧との位相角を変えた場合の抑制効果を示した特性で、常時は両者の位相角が 120° であるから、そのときの動作電流は 4 A である。しかし本継電器はさきに述べたごとく 90° 進み接続をするので、平常時には力率 100% の場合 $4 \sec(90^\circ - 15^\circ) = 15.5 \text{ A}$ となり、定格電流の 3 倍以上の過電流が流れなければその接触を閉じることがない。また第9図は (1) 式を示す特性で、二線短絡の場合は両抑制電圧の位相角が 0° または 180° に接近



第9図 誘導環型三相過電流継電器の電流要素説明図
Fig. 9. Explanatory Diagram of Current Element of Induction Ring Type Three-Phase Overcurrent Relay

するので三線短絡の場合は勿論二線短絡の場合も電圧抑制効果が解かれ確実に方向選択をすることがわかる。

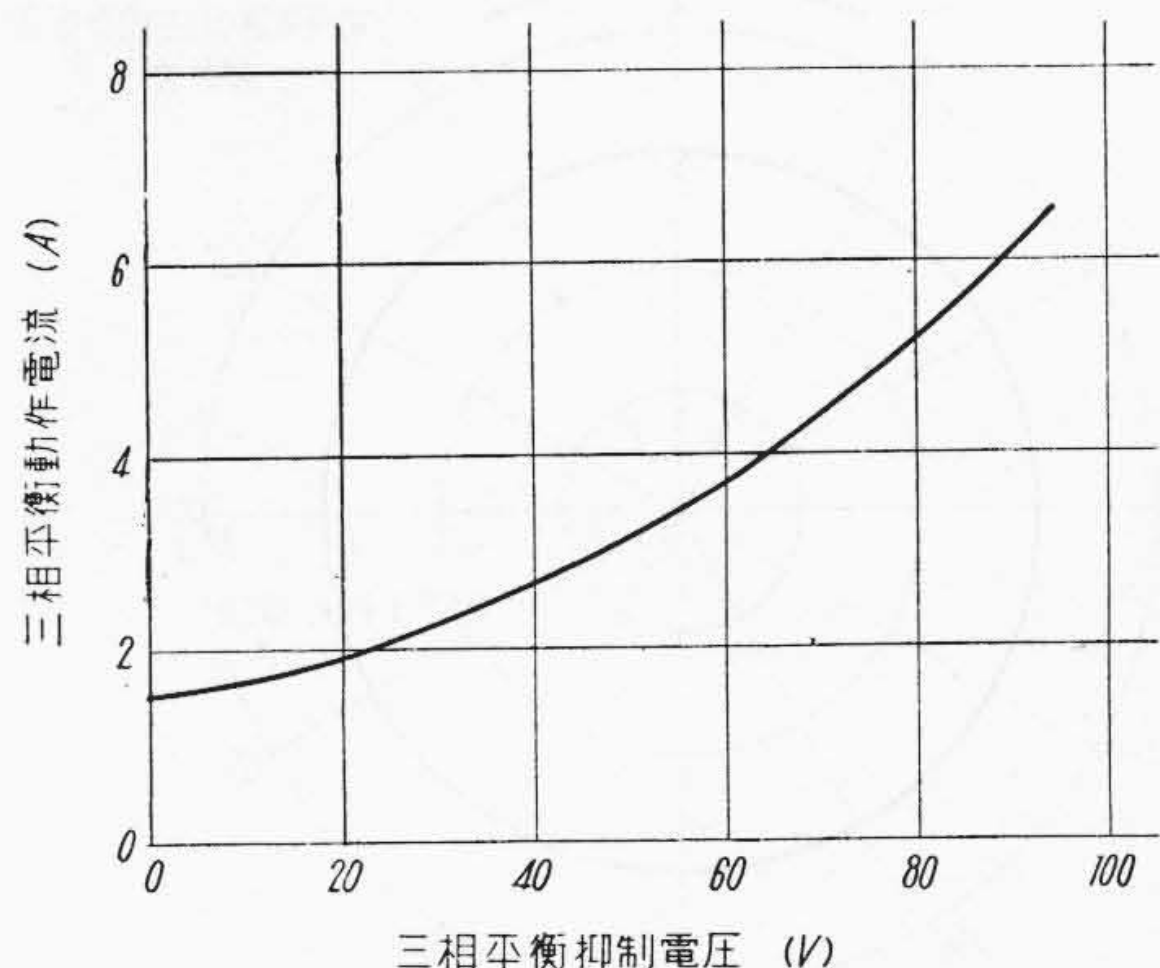
(D) 動作時間

第8図は電圧抑制回路を開放し、方向要素の電圧回路に定格電圧の三相平衡電圧を加えておき、電流線輪に同相の三相平衡電流を急激に通じたときの動作時間で、故障電流が定格電流程度の場合も1サイクルの高速で動作する。

〔III〕 KOV 3 型高速度過電流継電器

前項においては高速度方向継電器について述べたが、本継電器は在来の KOV 型 QC 式高速度過電流継電器と同様、送電線の短絡保護に使用される電圧抑制効果付三相式高速度過電流継電器である。電圧抑制効果付のため遮断器の開閉操作などによる故障類似の過渡的過電流で誤動作することなく、また故障電流が常時負荷電流よりあまり大きくない場合においても確実に高速度動作し、その目的を達することができる。一般の場合、本継電器は単相継電器のときと同様方向継電器を併用する。

構造上は KHV 3 型高速度方向継電器と同じで、電圧抑制要素と過電流要素とからできている。また電圧抑制要素は KHV 3 型継電器の電圧抑制要素と同一の接続をするので省略するが、電流要素は異なるので以下電流要素の動作について述べる。



第10図 KOV 3 型過電流継電器の電圧抑制効果特性
Fig. 10. Voltage Restraining Effect of Type KOV3 Overcurrent Relay

(1) 電流要素の回転力

電流要素は KHV 3 型継電器の方向要素と同一の構造で、各素子に第9図のような巻線を施すと、電流線輪の電流により誘導環に二次短絡電流 I_R が流れ、これは極鉄心空隙部の極磁束 ϕ_P と交叉して誘導環に回転力を発生する。各素子の電流線輪に各相電流を通ずるとそれぞれによる総合回転力が電流要素に生ずる。

いま誘導環電流 I_R と極磁束 ϕ_P との位相角を α とすれば、回転力は前述のように $I_R \cdot \phi_P \cdot \cos \alpha$ に比例するので誘導環電流 I_R が電流線輪の電流 I より δ_1° 進み、極磁束 ϕ_P が δ_2° 遅れるものと仮定し、 I_R 、 ϕ_P がそれぞれ主線輪電流 I に比例するものとすれば回転力 T は

$$T = k_i' I^2 \cos(\delta_1 + \delta_2) = k_i' I^2 \cos \delta = k_i I^2 \quad \dots\dots\dots (15)$$

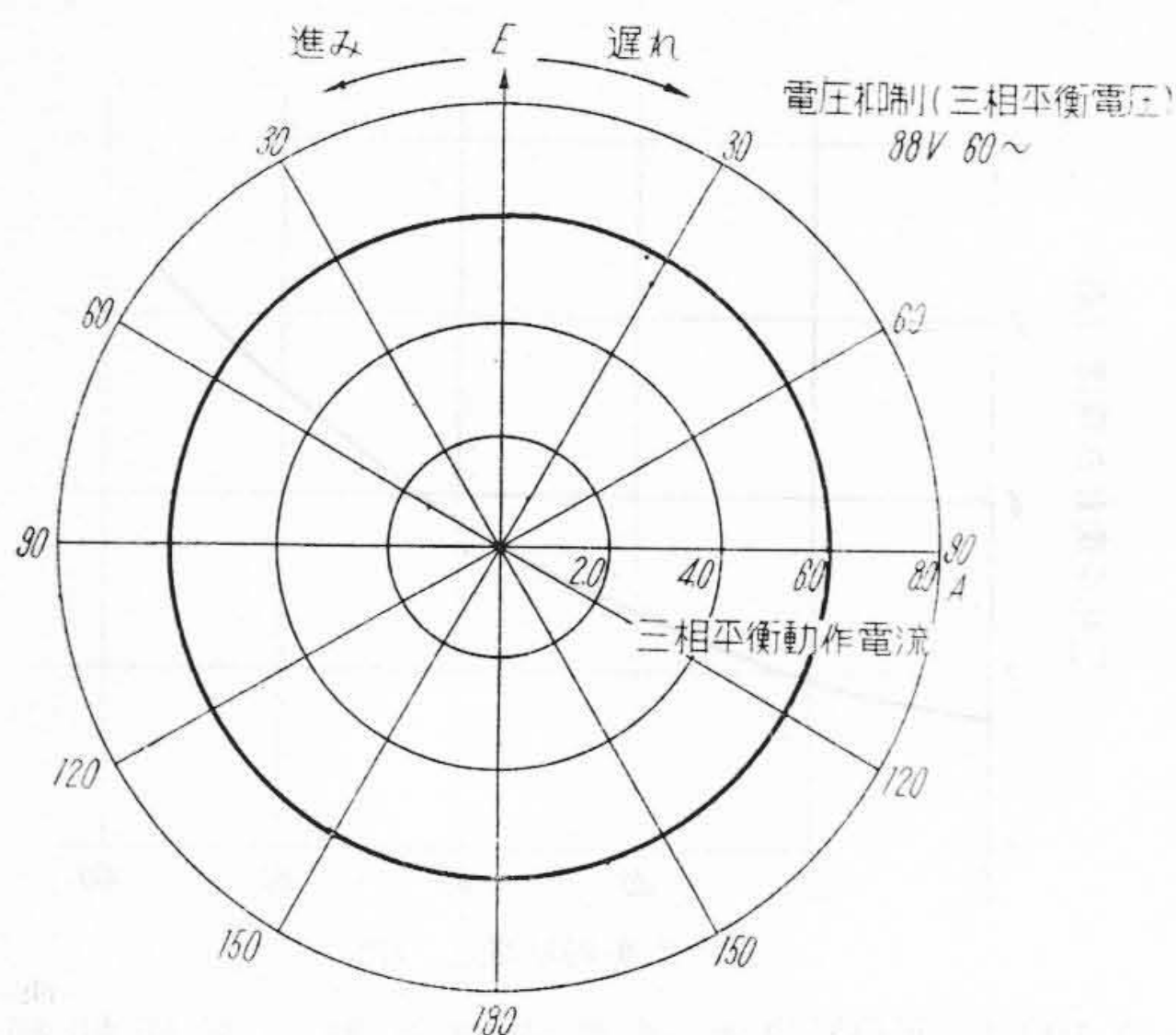
で表わされる。ここで k_i' は継電器常数で、 δ_1 、 δ_2 が電流 I によつて変化しないものとすれば k_i 、 $\cos \delta$ もまた常数である。

また各相素子による回転力を T_a 、 T_b および T_c とすると、電流要素の総合回転力 T_i は

$$T_i = T_a + T_b + T_c \quad \dots\dots\dots (16)$$

で与えられる。各相電流を (5) 式のように表わし、これを (15) 式に代入すると

$$\left. \begin{aligned} T_a &= k_i' \{ I_0^2 \cos \delta + I_1^2 \cos \delta + I_2^2 \cos \delta + 2I_0 I_1 \cos(\beta_0 - \beta_1 + \delta) + 2I_1 I_2 \cos(\beta_1 - \beta_2 + \delta) \\ &\quad + 2I_2 I_0 \cos(\beta_2 - \beta_0 + \delta) \} \\ T_b &= k_i' \{ I_0^2 \cos \delta + I_1^2 \cos \delta + I_2^2 \cos \delta + 2I_0 I_1 \cos(\beta_0 - \beta_1 + 120 + \delta) + 2I_1 I_2 \cos(\beta_1 - \beta_2 - 240 + \delta) \\ &\quad + 2I_2 I_0 \cos(\beta_2 - \beta_0 + 120 + \delta) \} \\ T_c &= k_i' \{ I_0^2 \cos \delta + I_1^2 \cos \delta + I_2^2 \cos \delta + 2I_0 I_1 \cos(\beta_0 - \beta_1 - 120 + \delta) + 2I_1 I_2 \cos(\beta_1 - \beta_2 + 240 + \delta) \\ &\quad + 2I_2 I_0 \cos(\beta_2 - \beta_0 - 120 + \delta) \} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (17)$$



第 11 図 KOV 3 型過電流継電器の位相特性
Fig.11. Phase Angle Characteristic Curve of Type KOV 3 Overcurrent Relay

これを (16) 式に代入して整理すると

$$T_i = 3 k_i (I_0^2 + I_1^2 + I_2^2) \dots\dots\dots (18)$$

したがって (18) 式に前項の (9) (10) の条件を代入して二線短絡および三線短絡のときの回転力を比較すると二線短絡の場合は

$$T_i = \frac{3}{2} k_j \left(\frac{E_a}{Z_1} \right)^2$$

三線短絡の場合は

$$T_i = 3 k_i \left(\frac{E_a}{Z_1} \right)^2$$

で、三線短絡のときは同一条件の二線短絡の 2 倍の回転力を生ずる。

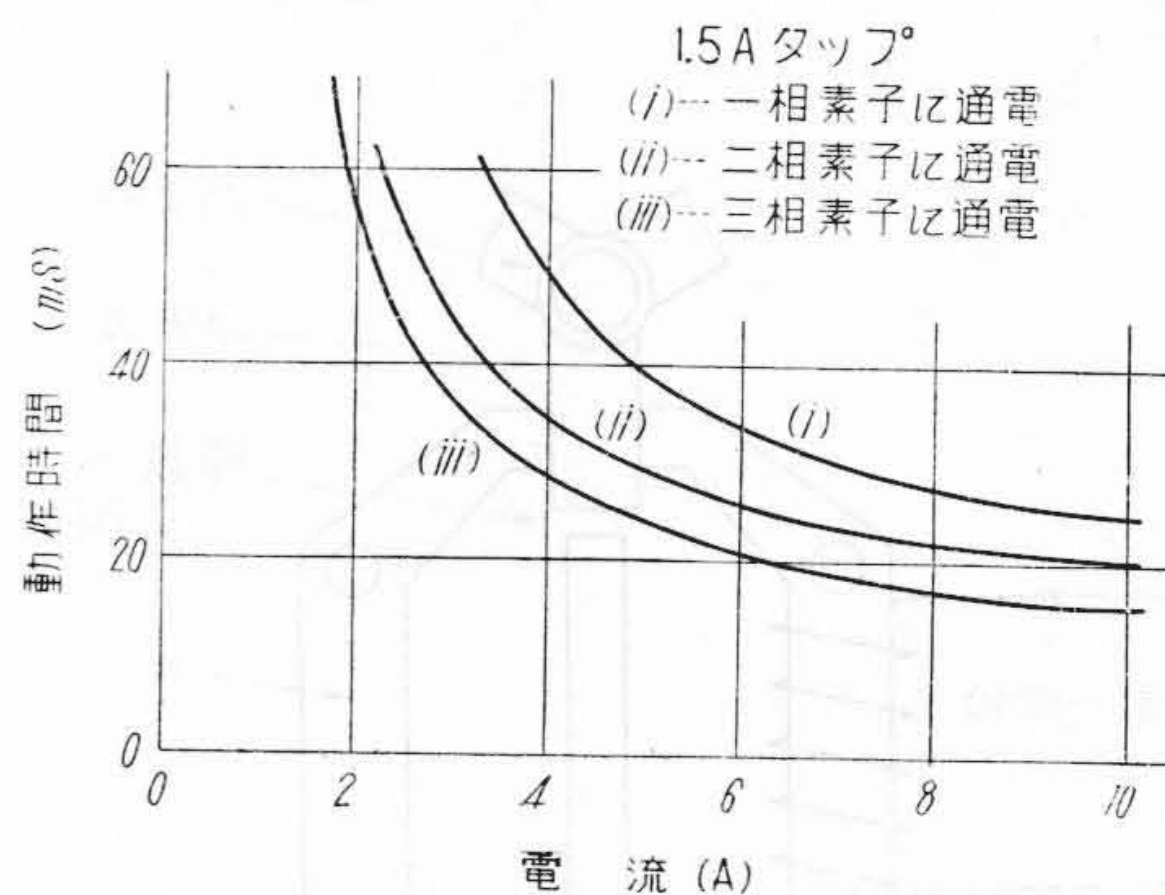
(2) 継電器の特性

(A) 電圧抑制効果

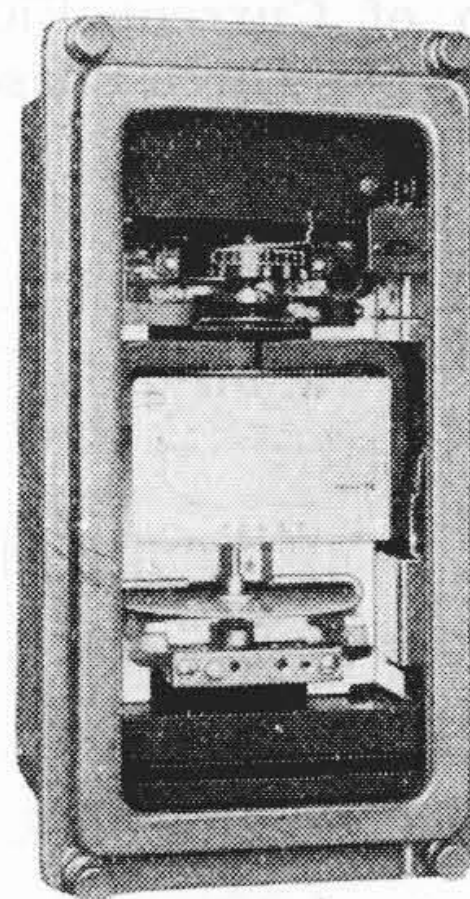
電圧抑制効果は平常運転時の過渡的過電流による誤動作を防止する一方故障時の感度を支配するので、本継電器の最も重要な特性の一つである。本継電器はその動作電流を任意に調整しうるため 1.5 ないし 3A のタップを有しているが、これは電圧抑制効果のない場合の三相平衡動作電流で、三相平衡の抑制電圧が定格電圧の 80% すなわち 88V のときはタップ電流の 4 倍の三相平衡電流で動作するよう電圧抑制を効かせてある。第10図は三相平衡抑制電圧と三相平衡動作電流との関係を示した電圧抑制特性で、1.5A タップを使用した場合のものを示し、他のタップを使用したときの動作電流はそれぞれタップ値に比例して抑制効果も増加する。

(B) 電圧抑制要素と電流要素との力率特性

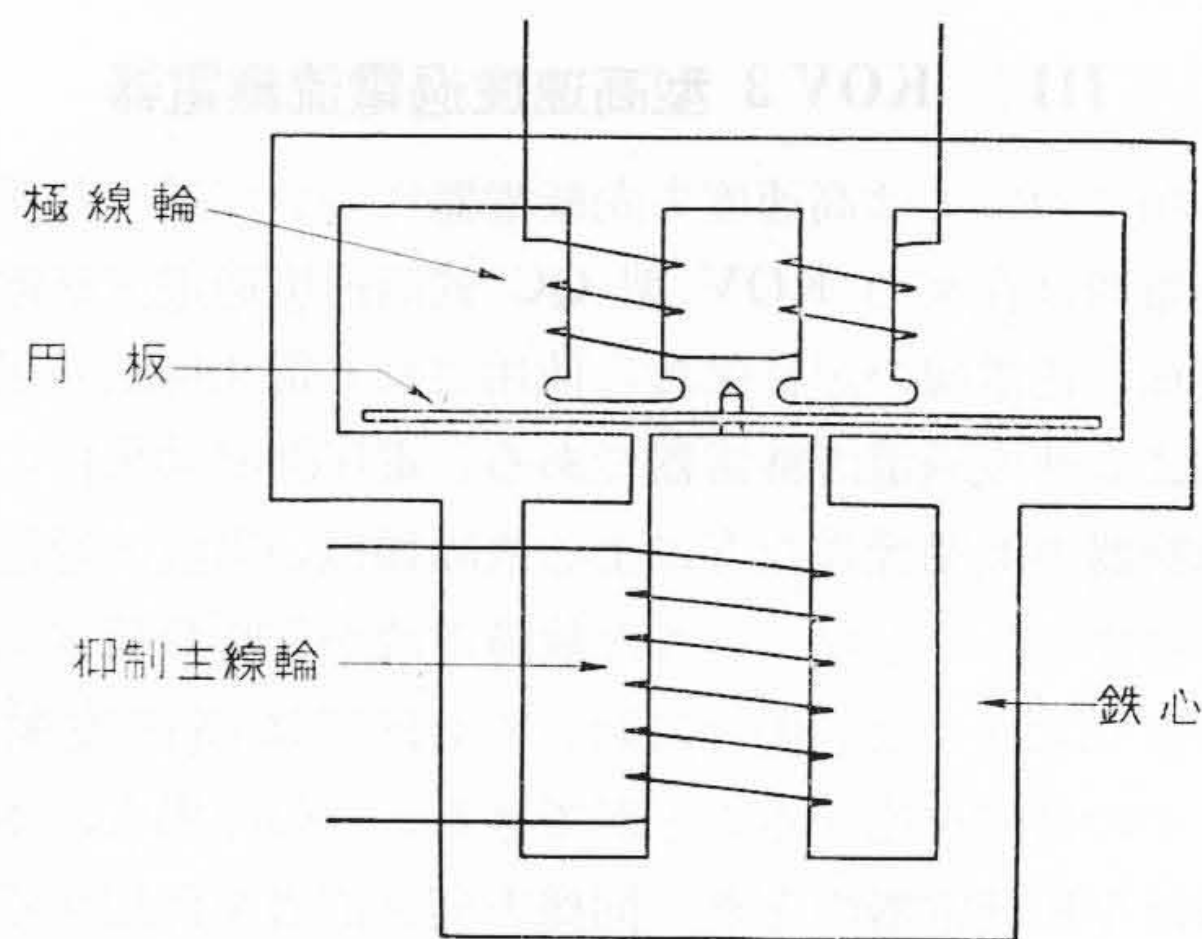
短絡故障に際し故障電流の抑制電圧に対する位相角は線路のインピーダンス角および故障点における短絡インピーダンス角によって変化するばかりでなく、また本継電器は選択短絡継電器の電流要素としても使用するの



第 12 図 KOV 3 型過電流継電器の動作時間特性
Fig.12. Operating Time Characteristic Curve of Type KOV 3 Overcurrent Relay



第 13 図 IOV 3 型限時過電流継電器
Fig.13. Type IOV 3 Overcurrent Relay



第 14 図 誘導円板型三相継電器の電圧抑制要素説明図
Fig.14. Explanatory Diagram of Voltage Restraining Element of Induction Disk Type Three-Phase Relay

継電器の動作電流は抑制電圧に対して位相角が変化しても一定であることが望ましい。第11図はこの関係を示す力率特性で、継電器の動作電流は抑制電圧との位相角によって影響を受けることは全くない。

(C) 動作時間

第12図は動作時間特性で、曲線 i, ii および iii はそれぞれ抑制電圧を零とし、電流要素の一相、二相および三

相素子に電流を流したときの動作時間を示す。すなわち故障電流がタップ電流値の 3 倍以上になると 30 ms 以下で高速度動作をする。

〔IV〕 その他の三相継電器

以上日立三相継電器の一例として、高速度短絡保護継電器について述べたが、他の継電については紙面の関係上簡単にその概要を述べると、

(1) IOV 3 型限時過電流継電器

KOV 3 型継電器と同様、線路の短絡保護に使用される電圧抑制効果付誘導円板型限時過電流継電器で、同一軸にとり付けた 2 箇の円板は対し電圧抑制要素と電流要素の 2 箇の電磁鉄心をとり付け、両者の回転力を比較して短絡を検出動作する。

電圧抑制要素は第 14 図の構造で、一般の誘導円板型電力継電器と同様主線輪電流、極線輪電流およびその位相角によつて鉄心空隙間の円板に回転力を生ずる。したがつてこれにリアクタおよび抵抗を接続し、適当にその値を選べばすでに述べた原理のように三相抑制回転力を生ずる。

一方電流要素は三相正相分濾波装置により正相電流を取り出し、これを単相式過電流継電器に流して動作回転力を与えるようにしてある。

したがつて本継電器は正相電流のみによつて動作し、しかも逆限時定限時特性をもっているほか KOV 3 型継電器同様の特性を有している。

(2) 電 圧 継 電 器

三相交流回路の過電圧や不足電圧に応動する三相継電器で、KV 3 型高速度電圧継電器および FV 3 型電圧継電器が開発された。

KV 3 型継電器は KHV 3 型継電器や KOV 3 型継電器の電圧抑制要素と同一の構造原理に基づくものであるが、動作電圧を任意に調整できるよう調整タップを附してある。

FV 3 型継電器は長距離送電線が無負荷充電した場合、発電機電圧の異状上昇するのを防止するのに使用する三相電圧継電器である。2 箇のプランジャを有する浮子型の構造で、その一つは 2 相の電圧による和電流、他の一つは差電流でそれぞれ吸引力を発生するごとく接続されその吸引力の差で動作する。すなわち各電圧による電流を i_1 および i_2 とし

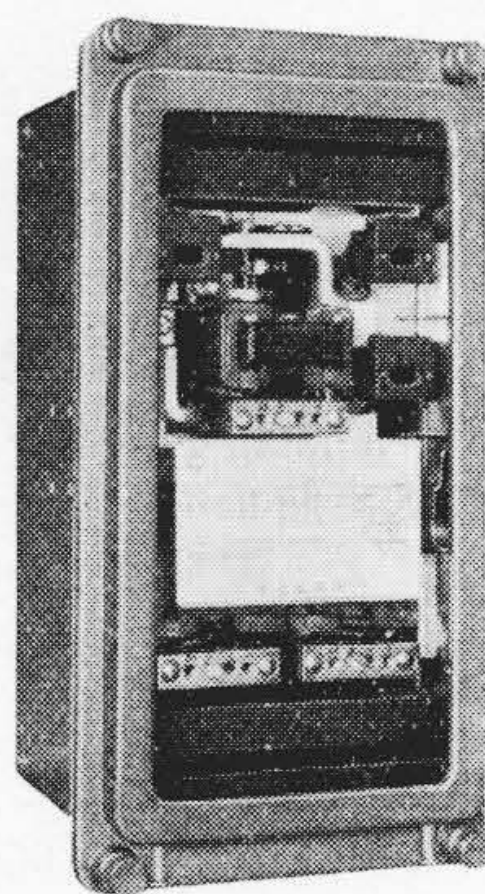
$$i_1 = i_{m1} \sin \omega t$$

$$i_2 = i_{m2} \sin(\omega t + \theta)$$

とすると、両電磁線輪の巻数を等しくした場合、和動側および差動側の合成電流は

$$i_1 + i_2 = i_{m1} \sin \omega t + i_{m2} \sin(\omega t + \theta)$$

$$i_1 - i_2 = i_{m1} \sin \omega t - i_{m2} \sin(\omega t + \theta)$$



第 15 図

KY 3 型高速度比率差動電流継電器

Fig. 15.

Type KY 3 High Speed Differential Current Relay

吸引力は電流の 2 乗に比例するから両者の継電器常数を k とし、和動側、差動側の吸引力をそれぞれ F_1 および F_2 とすれば

$$F_1 = k(i_{m1}^2 + i_{m2}^2 + i_{m1} \cdot i_{m2} \cos \theta)$$

$$F_2 = k(i_{m1}^2 + i_{m2}^2 - i_{m1} \cdot i_{m2} \cos \theta)$$

したがつて継電器の動作吸引力 F は

$$F = F_1 - F_2 = 2k i_{m1} \cdot i_{m2} \cos \theta \dots\dots\dots (19)$$

で表わされる。

(19) 式は (5) 式と同一の形であるから、KV 3 型継電器と同様の原理により三相電圧継電器として動作せしむることができる。

〔V〕 結 言

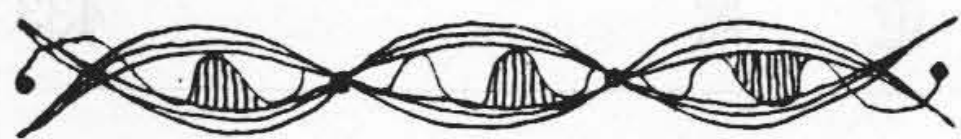
電力技術の進歩によつて必然的に高度の継電方式が要求され、これに伴つて継電器も飛躍的進歩を遂げつつあるが、継電器の小型化、継電器数量の減少によつて継電器盤面の縮小を要望する声が次第に高くなつて来ている。

三相継電器はこのような要望に応えるためのものであるが、日立製作所は前述のように三相継電器のほか、単相継電器の継電器要素を小型化し、1 箇のケースに三相分を納めた比率差動電流継電器や故障検出表示器などを開発し、電源開発佐久間発電所を始め中部電力東名古屋変電所、東北電力上越変電所など最近の最高技術を集めた発電所に多数納入されている。

三相継電器の研究と継電器の小型化は今後の継電器技術の重要な課題であるが、こゝに日立三相継電器を紹介し諸賢の御批判を仰ぐとともに電力関係技術者の方々に幾分なりとも参考になれば筆者らの幸とするところである。

参 考 文 献

- (1) W.K. Sanneman: Trans of A.I.E.E. 69 (1950)
- (2) C.J. Baldwin & B.N. Gafford: Trans of A.I.E.E. 72 (1953)
- (3) Belt. V. Hoard: Trans of A.I.E.E. 60 (1941)
- (4) 別宮: 対称座標法解説

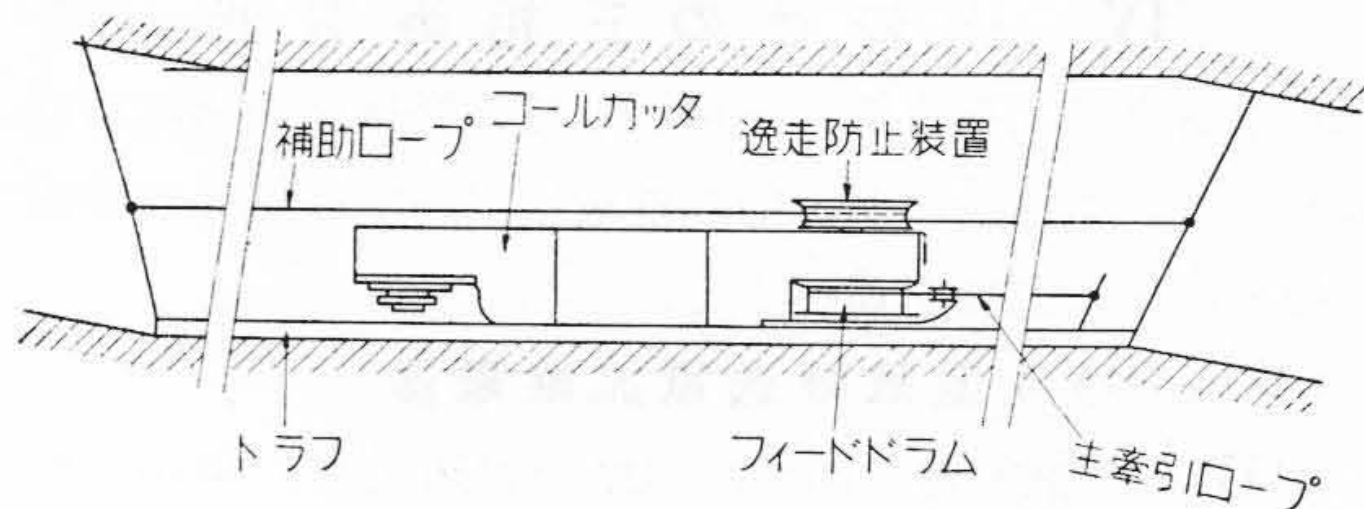


コ ー ル カ ッ タ の 逸 走 防 止 装 置

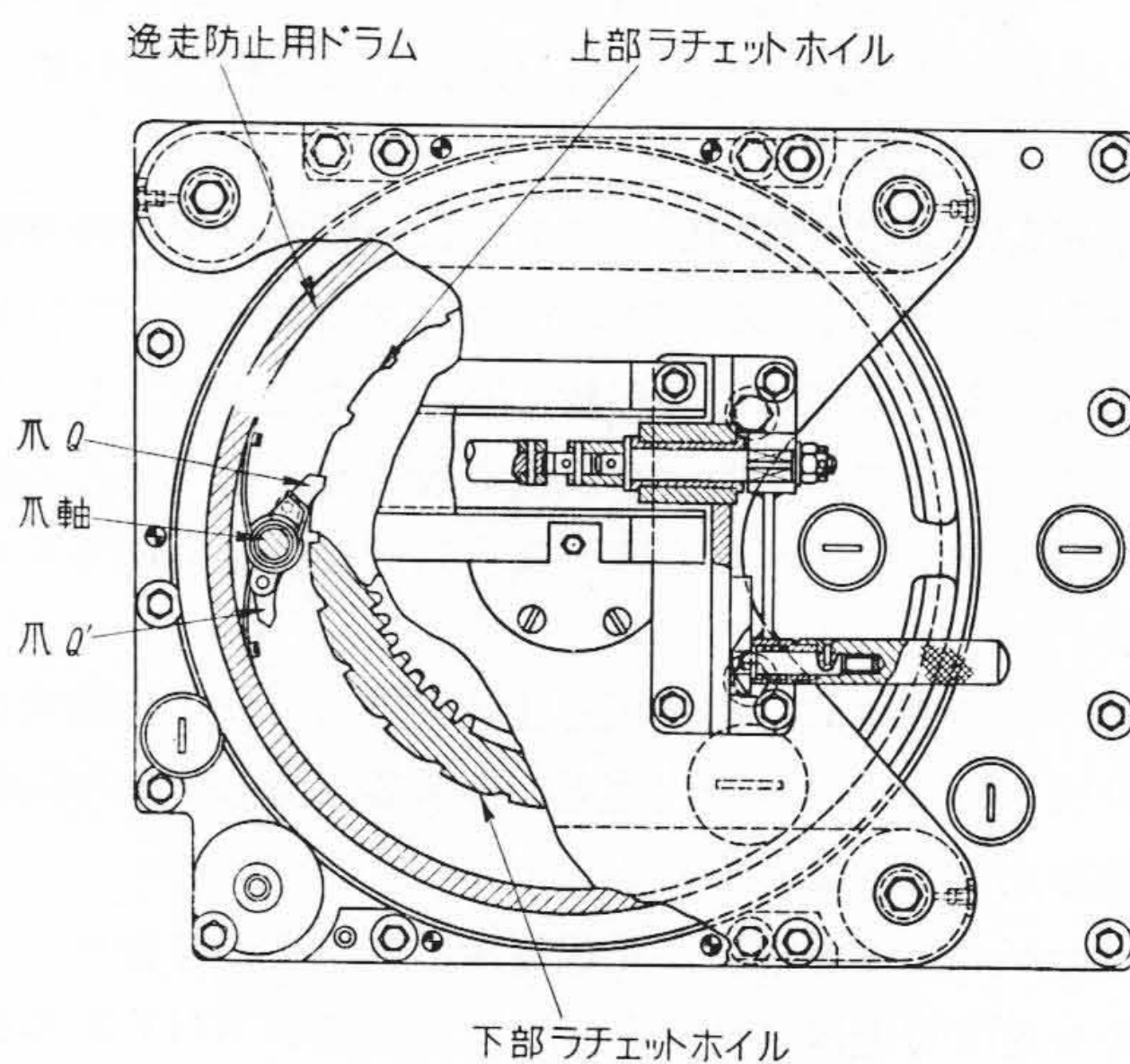
この逸走防止装置は、従来のコールカッタの上に簡単にとりつけられ、普通の運転時にはなんらの障害もおよぼさず、逸走時にのみ爪をかいして逸走防止用ドラムをラチェットホイールに連けいすることにより確実にしかも連続的に逸走を防止することができるようにしたものである。

透切の場合はフィードドラムは低速回転される。このときラチェットホイールはフィードドラムと同方向に回転し、逸走防止用ドラムは補助ロープによりラチェットホイールと反対の方向に回転する。ラチェットホイールの回転方向にしたがつて切換ハンドルにより爪 Q' 、 Q を下部ラチェットホイール、上部ラチェットホイールにそれぞれ圧接するようにする。主けん引ロープが切損したりしてコールカッタが逸走を始めると、逸走防止用ドラムが上、下ラチェットホイールと同方向に回転される。そしてその回転が早くなり爪 Q' または Q が下部ラチェットホイールまたは上部ラチェットホイールの爪溝にかかると、逸走防止用ドラムは所定のフィード速度より高速に逸走し始めるのを防止される。

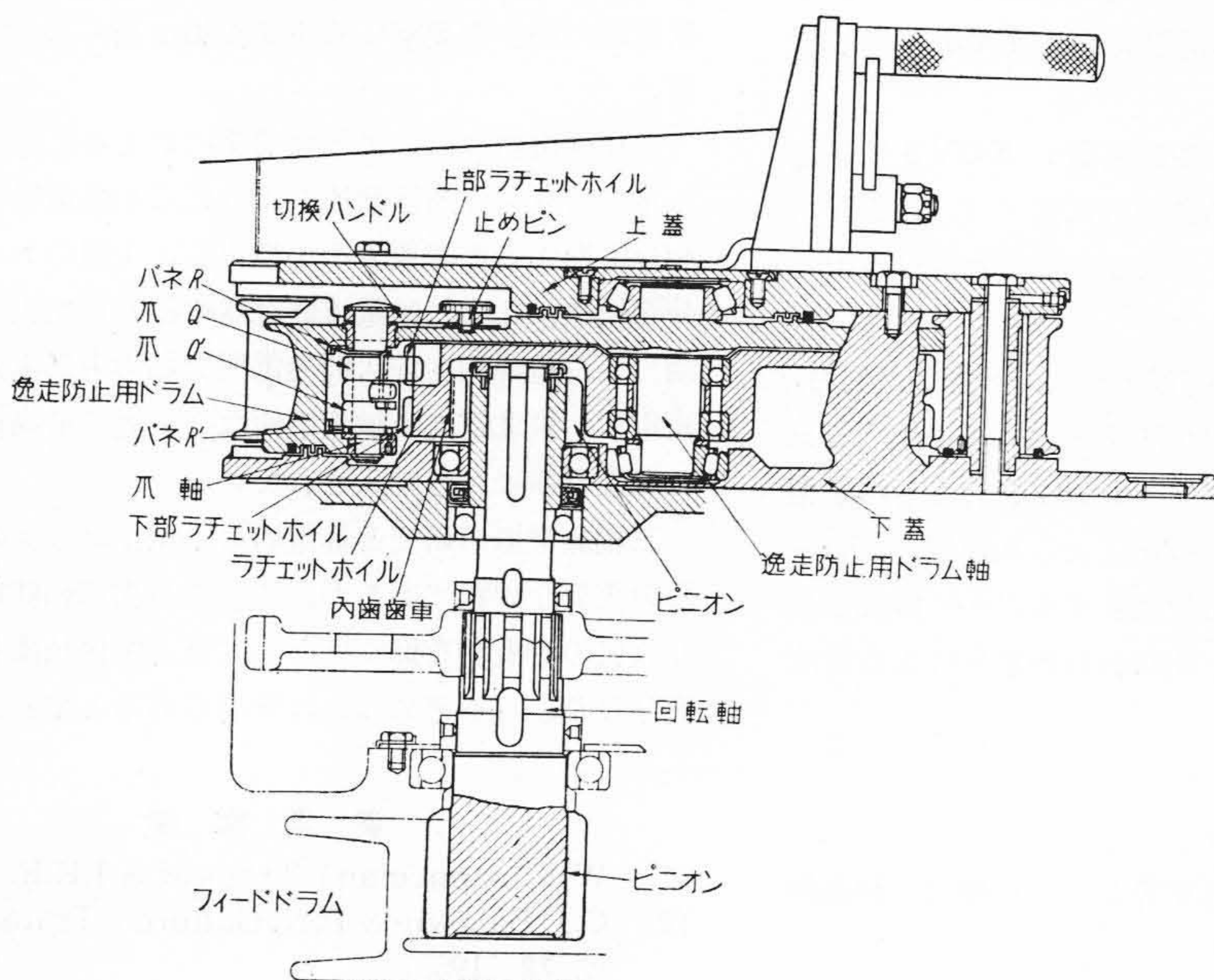
透切後コールカッタを肩から深側へ移設する場合には、逸走防止用ドラムの回転方向はラチェットホイールと同方向である。したがって、この場合にも不都合が生じないように、ラチェットホイールの回転速度は逸走防止用ドラムの回転速度より早く定められてある。なお、移設の場合フィードドラムは高速回転される。(富田)



第 1 図



第 2 図



第 3 図