

電力系統と保護継電方式

Electric Power System and Protective Relay System

桑山正俊*
Masatoshi Kuwayama

内容梗概

送電電力の増大および中性点直接接地方式の採用などは故障電流を累増せしむるので、保護継電方式の重要性はますます高まりつつある。保護継電方式の適用に当っては系統の状態をよく究明し、最も適切な方式を選ばねばならない。

本稿は保護継電方式の適用基準とその内容のあらましを述べたものである。

1. 緒言

最近では都市周辺に大容量火力発電所の建設が続々と行われ、また各水系の水力開発が完成に近づくにつれて、一つの系統に連なる電源の総容量が飛躍的に増大してきた。

そのため故障電流も累増して、それに基づく損害も大きくなり、この故障の急速な除去すなわち保護の問題はますます重要度を加えるようになってきた。直接接地方式の場合は特にこの問題が重大である。なお系統中には強度不十分な旧施設が連なっているところがあり、そのまま系統拡大の脅威にさらされておつて、これの改善も急を要する問題となつている。高性能の新保護方式とするためには、まず遮断器を高速度、大容量のものに取り替えまたは改造し、迅速で信頼度の高い保護継電方式を採用することが必要であるが、電圧変成器や変流器もそれに順応した時定数、短絡比のものに変更を要する場合もある理である。

保護継電方式の使命は高速度で適確な故障箇所の把握と、遮断器に対する指令にあるが、このため保護継電器と継電方式の改良が積極的に行われ、距離継電方式、表示線保護継電方式および搬送保護継電方式などが広く用いられるようになってきた。継電器としては故障検出継電器、主保護継電器および後備保護継電器などが組合わされて使用されることが多く、また距離継電器の場合には数段にわたって取り付けられるなど、PT、CT に対する負担が増す傾向にあるので、継電器個々の入力ではできるだけ小さなものにするよう努力が払われている。また継電器を複合型とすることにより盤取付面積を小さくすることも行われている。さらに補助継電器として小型の通信用継電器に類するものも採用されている。一方、電子管やトランジスタを用いた小勢力のネットワーク型継電器も発達の上にある。

このように電力系統の拡大とともに最近における保護継電方式の進歩は目ざましいものがあるが、せつかくす

* 日立製作所国分工場

ぐれた方式でも適用よろしきを得なければかえつて害となることもあるから、十分注意しなければならない。

以下、保護継電方式を適用するに当つて考慮すべき事項、および系統構成と保護継電方式のあり方などにつき若干触れてみることにする。

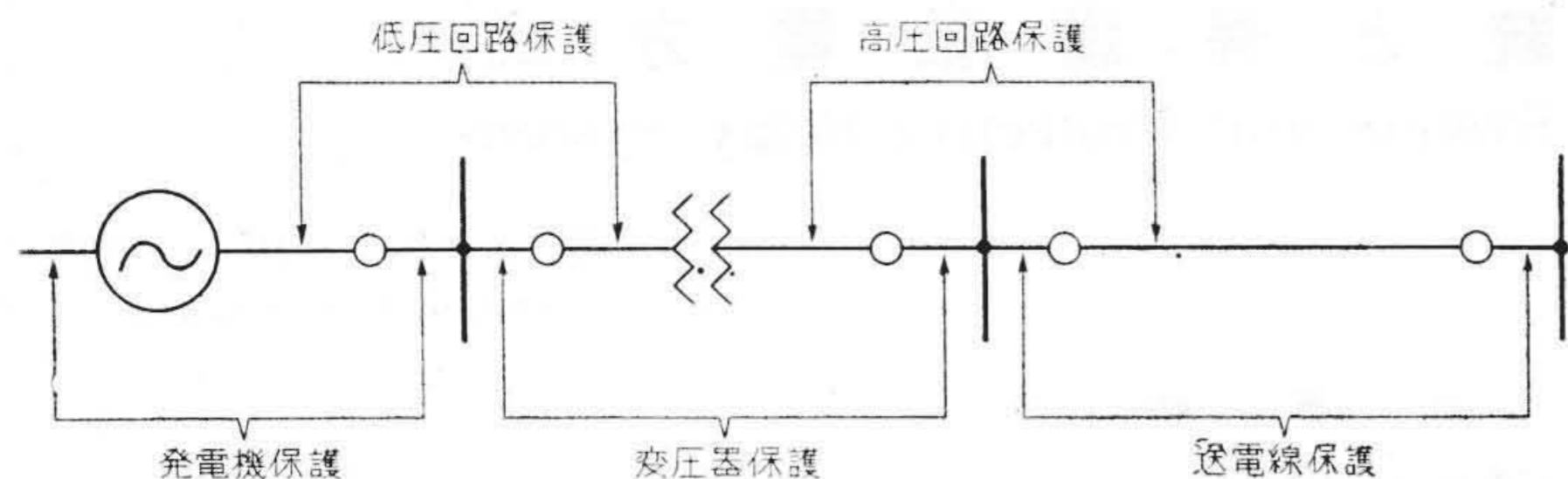
2. 保護継電方式の適用基準

保護継電方式は保護の対象となる機器とこれに発生する故障の種類により適切なものでなければならぬが、単に対象とする機器のみを考えず全系統の保護の立場からその機器の保護の重要度を評価して選定されねばならない。すなわち、大容量の発電機や変圧器に発生した故障は、迅速に検出して遮断器を引外す必要のあることは当然であるが、それ自体は比較的重要度の低い機器でも、これに発生した故障を早く除去しないときは事故がほかの重要な系統構成要素に波及するか、あるいは重要な系統要素の故障と同程度に電力供給を阻害するおそれのある場合は、その保護方式ははなはだ重要度の高いものとなる。

保護継電器の性能として特に注目を要するのは選択性、感度および動作速度の三つである。すなわち、保護継電器はまず第一に保護すべき機器に発生した故障に対し必要最小限の遮断器を引外し、かつ保護対象以外の機器の故障に対しては応動しないことが必要で、これが選択性である。また、保護すべき系統要素に発生したいかなる故障に対しても必ず応動する感度を必要とする。さらに、故障による損傷を局限し系統安定度を維持するため動作速度は一般に早いことが望ましく、これはまた一方においてほかの継電器の選択性と矛盾しないよう考慮されねばならぬ。

与えられた系統に対し保護継電方式を立案する場合は以上の3点に重点をおき検討しなければならない。

電力系統は諸種の機器および送電線などにより構成されるから、これらの系統要素の保護の集積が全体の保護継電方式をなすものであるが、個々の保護継電器は系統の一部分の保護に当る一方、これに隣接する部分と密接



第1図 保護継電方式適用説明図

に関連しているの、全体の保護継電方式は十分協調のとれたもので、個々の設備の単なる集合であつてはならない。

第1図は保護継電方式の基本的な適用を示したものである。発電機から送電線に至る間、保護は大別して発電機、低圧回路、変圧器、高圧回路および送電線の5区分になる。保護継電方式は各区分ごとにそれぞれ適切なものが採用され、それらの保護範囲は図示のようであつて、保護区分の境界は両方の保護範囲に包含され二重保護を受ける。このようにすれば、故障点の位置に関係なく少なくとも1個の継電器が故障を除去することができる。また、二重保護の区域に発生した故障に対しては、必要最小限以上の遮断器を遮断せしめるチャンスも考えられるが、二重保護を止めると境界部分に発生した故障に対し一次継電器が不動作の場合後備継電器に保護のいつさいをまかせることになるので、故障の除去がおくれ事故を拡大するおそれがある。

このため上述のような欠点もあるが境界区域は二重保護とし盲点を作らないのが賢明なやり方である。なおこの場合の保護継電方式は隣接のそれと時間的にも十分協調のとれたものでなければならぬ。

3. 保護継電方式の概要

発電機の故障の主なものは相間または一線大地間の短絡および界磁喪失などであるが、短絡保護は機械の損傷を軽微に止めるため特に高速度を必要とする。ステータの相間短絡および地絡の保護はもつぱら比率差動継電方式によつていて、過渡的大電流が流れた際、変流器の誤差による差電流で誤動作するのを防止するため、大電流では動作比率の大きい特性とすることもある。また界磁喪失に対しては線路側からみたステータの内部インピーダンスが負のリアクタンスになることに着目し、オフセットインピーダンス継電器を用いる方法が賞用される。

変圧器には励磁突入電流という特異の現象があるので、故障時の異常電流のみに高速度で応動し突入電流で誤動作しないことが必要であるが、この要求に対しては単なる電流比率差動継電器では不十分であつて、特別の

考慮を必要とする。すなわち、現在高調波抑制による誤動作防止を行つたもの、各相電流を半波整流して直流継電器を動作させてこれを組合せたものなどが開発され、いずれもすぐれた選択性をもつているので、今後広く使用されるものと思う。

次に送電線は長距離にわたり大自然の脅威にさらされているばかりで

なく、運転操作の誤りなどもあるため、発電機や変圧器に比べてはるかに故障を発生しやすい。また、送電線に発生する故障の多くは一時的のもので、これが早く除かれさえすれば設備に対する損傷は僅少に止めることができる。なおシステムの過渡安定度を確保するためにも故障の迅速な除去は望ましいことである。

一般に保護継電方式は系統の構成に従つてその内容も異なつてくるが、保護継電方式の立場からいえば、系統は分岐線のない並行二回線構成か環状構成が望ましく、前者に対しては電力平衡継電方式もしくは距離継電方式、後者に対しては距離継電方式を採用すれば一応目的は達せられる。しかしこれらの方式も、故障点が一端に偏した場合は両端の同時遮断はできないし、また、一回線の場合地絡故障に対しては一般に距離継電方式は適用できないので、重要幹線の保護継電方式としては不十分といわざるを得ない。

故障点の位置に関係なく両端の同時遮断を実現するには、どうしても両端子間の連絡を必要とする。すなわち、表示線保護継電方式または搬送保護継電方式を適用しなければならない。

次にわが国における送電系統の実状をみると大容量発電所の高圧母線から出た送電線が、途中の中小容量発電所の発生電力をT分岐線で吸上げているのが目だつ。また、負荷端子もT分岐で接続されている例が多い。

これはもつぱら建設の経済性からきたもので、保護の面は軽視されているわけである。また国土がせまく誘導障害の問題もあるので、環状構成とすることが一般に困難な場合が多く、結局T分岐をもつた並行二回線構成が大部分を占めている。最近においては保護の重要性も比較的重視されるようになり、新鋭の送電線は3端子程度に止めるよう努力が払われているが、既設の送電線は4端子、5端子構成のものが珍しくない。

このような系統に対しては、電力平衡継電方式や距離継電方式はもちろん、標準型の表示線式や搬送式でも十分な保護は不可能なので、新方式の開発に努力が払われてきた。一般に、3端子までは標準型搬送保護継電方式または標準型表示線保護継電方式に若干の回路を補足することにより目的を達成できるが、4端子、5端子とな

るとこれでは無理であつて、高度の技術を盛つた指令式搬送保護継電方式以外にない。この方式の死命を制するのは信号伝送の確実性であり、電搬の場合はFS線り返し信号方式などはすぐれたものである。なお、マイクロ波その他の無線による場合は伝播の安定度が高いから、信号方式は比較的単純な形で十分と考えられる。

最近大都市の電力需要の増加に伴い電力供給網の拡充強化が着々と進められているが、都市周辺の一次変電所や大容量火力発電所の発生電力は、60kV乃至140kVの大容量ケーブル送電線で直接都心部へ導入されるようになってきた。このような重要送電線の保護継電方式としては、ケーブル管路を利用して敷設した連絡線による表示線保護継電方式が経済的にもまた信頼度の点からも最適のものである。特にこの連絡線は外傷と盗難から保護されているのが大きな強味である。しかし一方ケーブル送電線は架空送電線に比べて対地静電容量がはるかに大きく、また絶縁構造も複雑なため、地絡故障の保護はむずかしい問題を含んでいる。すなわち交流式表示線保護継電方式は差動方式となつているため外部地絡故障による充電電流の影響を受けるので、区間互長が長くなればこれを補償する必要がある。これは故障時に現われる零相電圧 V_0 から 90 度進んだ電流を継電回路に導入することにより達成される。またケーブル送電線では故障発

生時や除去時に、対地静電容量のためサージ性の大きな過渡電流が流れる。この電流サージは大体 0.5~程度で減衰するが、エネルギーとしては大きく、高速度継電器の誤動作を防止するためには特別の考慮を必要とする。

以上要するに、送電線の保護継電方式は、適用する系統の状況を十分調査し、かつその送電線の重要度に対する経済的バランスの点から決定さるべきものである。

4. 結 言

以上により電力系統の保護継電装置の考え方について述べたが、由来保護継電装置は電力系統にまれに発生する異常状態に反応するものであつて、平生はあまり目立たない存在であり、その点において過少に評価される傾向があつた。しかし、送電網の拡充、直接接地方式の一般化によつて、保護継電装置の重要度はますます加わりつつある。系統に故障が発生した場合、故障部分を迅速に切り離して機器の損傷を軽微に止め、かつ事故の拡大を未然に防止して無用の停電を避けるためには保護能力を考慮に入れて系統を構成することが絶対必要である。

特にわが国に多いT分岐多端子系統の保護能力の増強は、系統構成の積極的な改良と相まつて一刻も早く解決を要する問題と思う。



特 許 の 紹 介

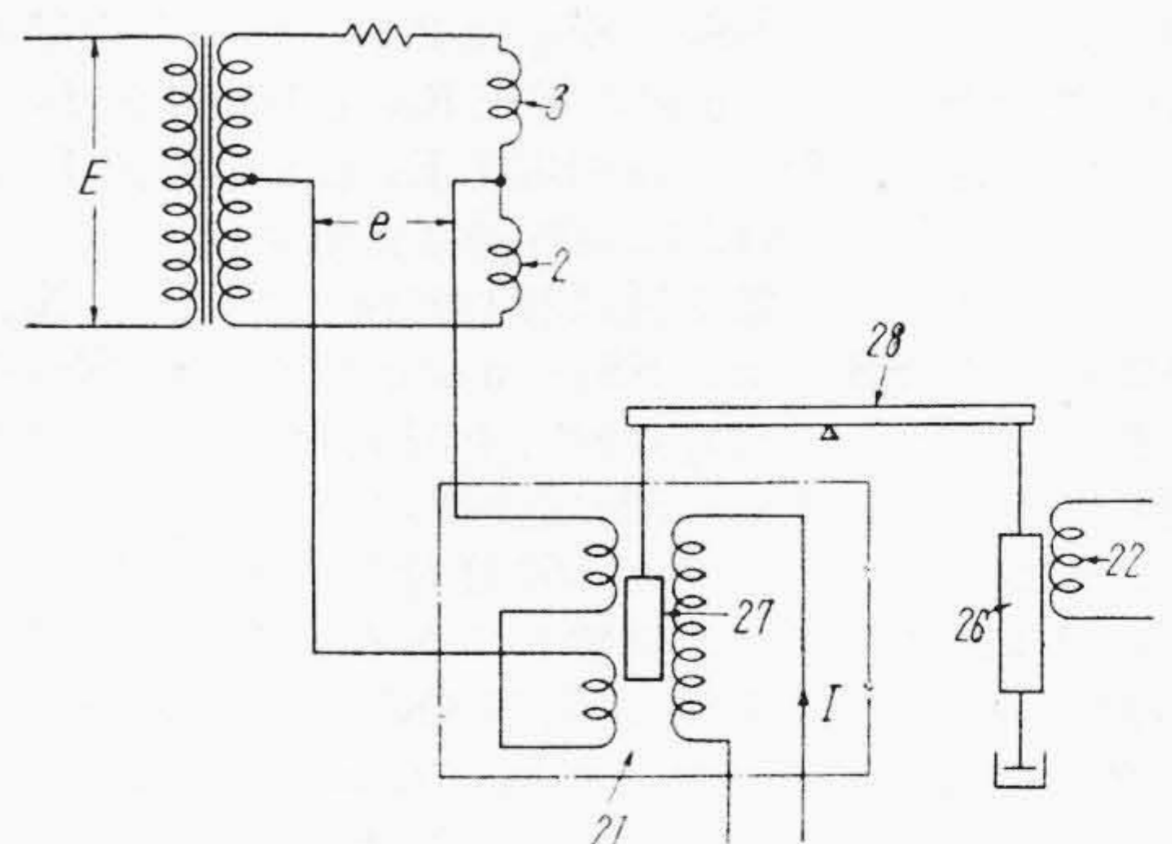


特許第233132号

猿 渡 房 吉

比 例 限 時 性 距 離 継 電 器

電力方向継電器の主線輪2と極線輪3とを送電線路に設けた計器用変成器二次電圧によつて付勢せしめ、これに送電線路に設けた変流器の二次電流 I に比例した結合を結合装置21を行わせその結合係数を r とすると、継電器の回転力 T は $T = K(E^2 - r^2 I^2)$ となり、 $T = 0$ のとき $\frac{E}{I} = r$ であり、 $T \leq 0$ のとき継電器が動作するようにしておけば、動作インピーダンスが r の距離継電器が得られる。この発明は上記結合係数 r を線路の故障時に時間の経過とともに変化させて継電器の動作時間を、継電器設置点より故障点までの距離に比例せしめるようにしたものであつて、図示の例では結合装置の鉄心27をレバー28の一端に取り付け、このレバーの他端には電磁鉄心26を取り付けてある。したがつて故障が発生して電磁線輪22が付勢されると、鉄心26は上方に吸引され鉄心27が下降するから、結合係数 r が時間とともに増加し、継電器設置点から故障点までの距離をインピーダンスで表わしたものが結合係数 r に等しくなると瞬時に動作し、動作にいたるまでの時間は一義的に結合係数 r の増加速度と、



故障点までの距離によつて決定されるから、故障電流の大小には無関係となり、動作時間が故障点までの距離に正確に比例する距離継電器が得られる。

(田中)

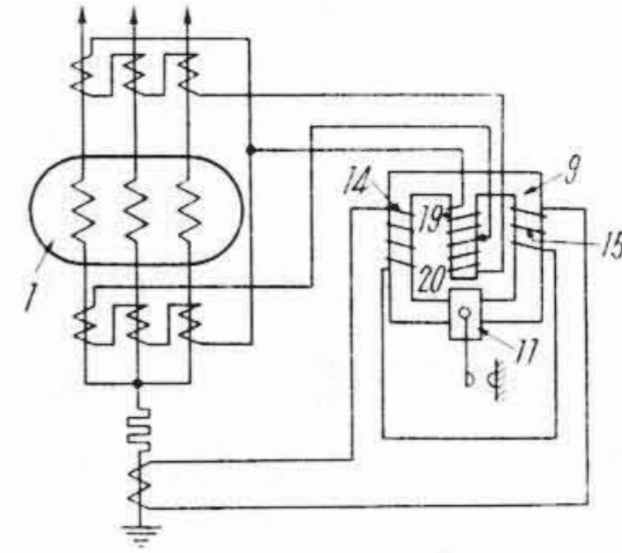


特許第230828号

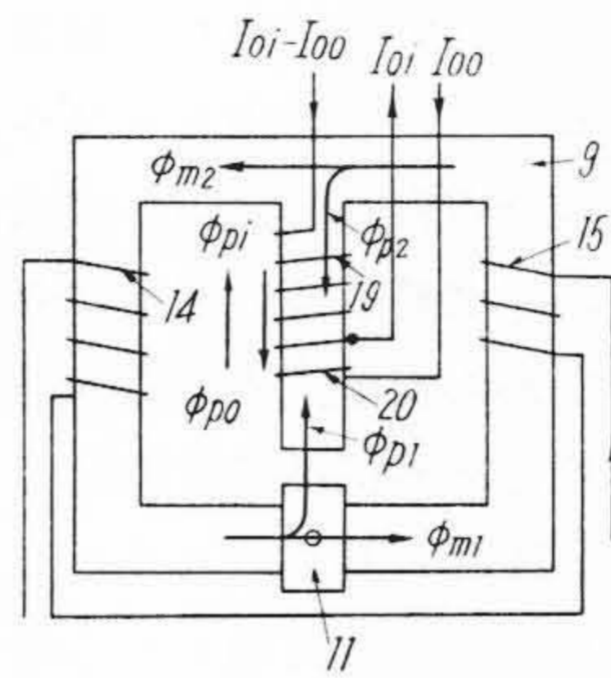
渡井三夫・猿渡房吉

発電機の高速度接地保護継電装置

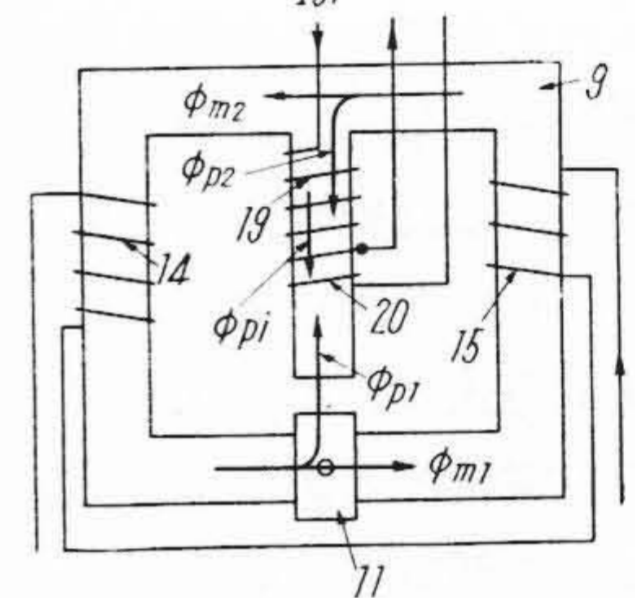
この発明は、中央に突出脚を有する棒状鉄心の上記突出脚に対向する部分に誘導環(11)を設け、棒状鉄心には第1および第2線輪(14)、(15)を巻き第1線輪の巻数を第2線輪よりやや多くなし、突出脚には第1、第2線輪(19)、(20)を巻き、発電機(1)の内部故障時には変流器の零相電流を第1線輪に流して継電器を動作せしめ、外部故障時には変流器零相電流を第1、第2線輪に流し抑制動作をさせ継電器が外部故障時に誤動作することを防止したものである。第2図は発電機の内部故障のときを示し、第1線輪19には零相電流 I_{oi} が流れ、これによって磁束 Φ_{p2} と同方向の磁束 Φ_{pi} を生じかつ $\Phi_{p2} + \Phi_{pi} > \Phi_{p1}$ になるように線輪(19)の巻数を選定してあるので誘導環は、接点を閉じる方向に回転する。次に外部故障の場合には、第3図に示すように零相電流 I_{oi} および I_{o0} が流れ、線輪(19)には電流 I_{oi} が流れこれによって磁束 Φ_{pi} を生じ、線輪(19)、(20)には電流 I_{o0} が流れ、これによって磁束 Φ_{p0} を生じ、突出脚の合成磁束は $\Phi_{p0} + \Phi_{p1} > \Phi_{pi} + \Phi_{p2}$ となり、誘導環は第2図の場合と反対の抑制回転力を受け外部故障によって誤動作することがない。したがって継電器の感度を鋭敏にしても、外部故障と内部故障を正確に区別し、誤動作を十分に防止できるものである。(田中)



第1図



第2図



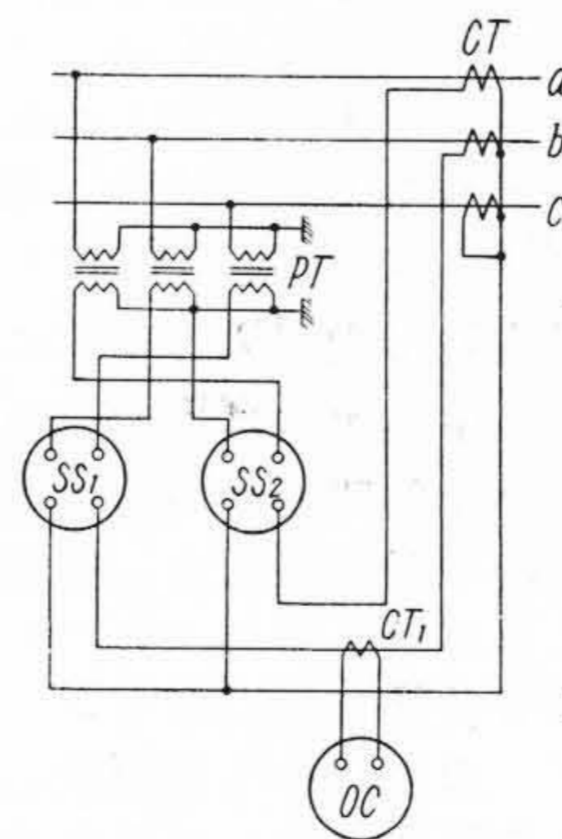
第3図

特許第231647号

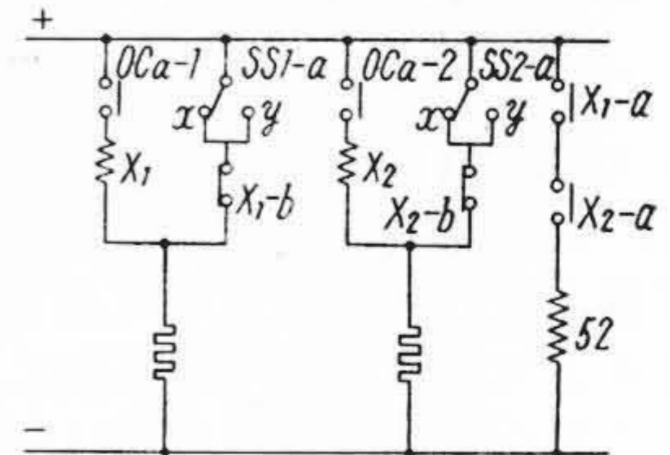
柴田満男・小野邦男

同期はずれ保護継電装置

第1図において、 SS_1 、 SS_2 は2個の電力方向継電器であつて、 SS_1 はb-c相の電圧 E_{bc} とb相電流 I_b とによつて付勢され、 SS_2 はa相電圧 E_a とa相電流 I_a とによつて付勢される。 OC は限時過電流継電器であつて I_b によつて動作する。第2図は接点回路であつて、 X_1 、 X_2 は補助継電器、 SS_1-a 、 SS_2-a は継電器 SS_1 、 SS_2 の接点であつてこれらは常時x接点を閉成しており、継電器作動時にyに反転する。 52 は遮断器トリップコイルである。いま SS_1 はすべり角が160度付近でまた SS_2 は200度付近で作動するように調整してあるとする。同期はずれが起るとまず過電流継電器 OC が動作し $OCa-1$ 、 $OCa-2$ の両接点を閉成するが継電器 X_1 、 X_2 は短絡されているので動作しない。すべりが進行しすべり角が160度付近になると SS_1 が動作し、 SS_1-a を反転せしめる。この場合反転時間だけ X_1 は短絡を解除されるから、この継電器は動作し X_1-a を閉じ同時に X_1-b を開くから X_1 は引続き付勢され接点 X_1-a を閉成を続ける。さらにすべりが進行しその角度が200度付近になると、 SS_2 が動作し接点 SS_2-a を反転動作させるから接点 X_2-a を閉成し、トリップコイル52を励磁して同期機を系統から



第1図



第2図

除外して保護するのである。しかして本発明においては、電力方向継電器の接触点が接点Xより離れると同時に補助継電器は動作するのでその動作は迅速であつて検出範囲を尖鋭にしてもなお十分に動作するものである。(田中)