

同期機保護継電方式の趨勢

General Aspect of the Recent Synchronous Machine Protective Relay System

広吉秀高* 大瀬賢也* 渡井三夫**
Hidetaka Hiroyoshi Kenya Ose Mitsuo Watai

内容梗概

同期機の保護継電方式は、新方式の開発、継電器の性能の向上などにより、いつそう合理的なものとなつてきている。本稿にその趨勢を述べ、あわせて最近の大容量発電機の実例について詳細を説明する。

1. 緒言

戦後電力需要は急激に増大し、またその質をいつそう良くする要求が高まつている。この要望に応じて同期機に全能力を発揮させるため、同期機保護の問題はますます重要なものとなり、その発達は目ざましいものがある。

2. 保護継電方式の趨勢

同期機保護継電方式の最近の趨勢は要約すれば次の数項となる。

2.1 新しい保護継電装置の開発による保護の分担化

この主なものとして界磁喪失、逆相分電流保護があり、それぞれ従来になかった新しい保護任務を分担している。

戦後大規模の新鋭火力が建設され、火力機の電源に占める割合はるかに増大した。火力機用の励磁機は直結の場合、高速回転のため整流には条件が悪く、容量が大きくなれば直結は無理で電動式としなければならないので、界磁の信頼性の面で低速直結機ほどでない。水力機においても系統電圧調整、送電損失低減のため低励磁の特殊運転も行われる。したがって系統の主要機に界磁喪失保護継電器を適用して、機械と系統を保護させている。

次に火力機は一体構造の円筒回転子であるため、負荷電流中の逆相分による回転子過熱が問題となる⁽¹⁾。したがって負荷の不均衡に対し逆相分電流継電器を備えて、回転子を保護させている。

2.2 選択性の向上

高速度継電器の採用により必然的に故障発生直後の過渡状態で誤動作しない高い選択性が必要となる。すなわち固定子巻線短絡保護用の比率差動電流継電器は動作時間が2～3サイクルであるから、外部故障発生直後の多量の直流分を含んだ過渡電流で誤動作しないよう変流器と組合わせて高い選択性をもたせている。

* 日立製作所国分工場

** 日立製作所多賀工場

界磁喪失に対しては故障時の同期機の様相を明らかにして合理的な選択特性が定められている。すなわち界磁喪失を単に進相（発電機において）過電流、低電圧などで判定することは当を得ない。したがって主機が進相負荷でついに同期はずれに至る運転限界を負荷インピーダンスを測定して、選択動作させるようにし、界磁健全時の同期はずれに対しては誤動作防止を十分にしている⁽²⁾。

逆相分電流は負荷不平衡により生じその原因が外部であるから、保護処置を主機停止とする逆相分電流継電器は回転子過熱の許容限度によく適合した限時特性として選択性を高めている。

2.3 後備保護の合理化

従来の過電流継電器による後備保護では外部短絡に対する整定が簡単でなく、また界磁喪失、逆相分電流継電器との協調も十分でない。したがって最近ではインピーダンス継電器的特性をもつた電圧抑制付限時過電流継電器を使用するようになっている。

さらに線路側と一貫させて同期機回路にも短絡距離継電器をおき、定限時継電器と組合わせ使用する後備保護継電方式が採用された例もある。

2.4 高抵抗接地方式の採用

故障による系統の電氣的衝撃を軽く、故障機の解列も他機に負荷を移した後にして発電機の変動を最小にいくとめることが強く要求される。さらに火力機では故障停止後の混乱をさけ修復を早くするために、所内重要補機の緊急処置に要する時間だけの余裕が望ましい。したがって巻線地絡に対し中性点変圧器接地方式が採用されて、地絡電流を数アンペアの程度におさえている。本方式では継電器動作によりまず警報して外部への連絡、所内緊急処置をとり、出力を漸減してのち解列停止し系統への影響と自体の損傷を軽くしている。

2.5 保護継電器構造の進歩

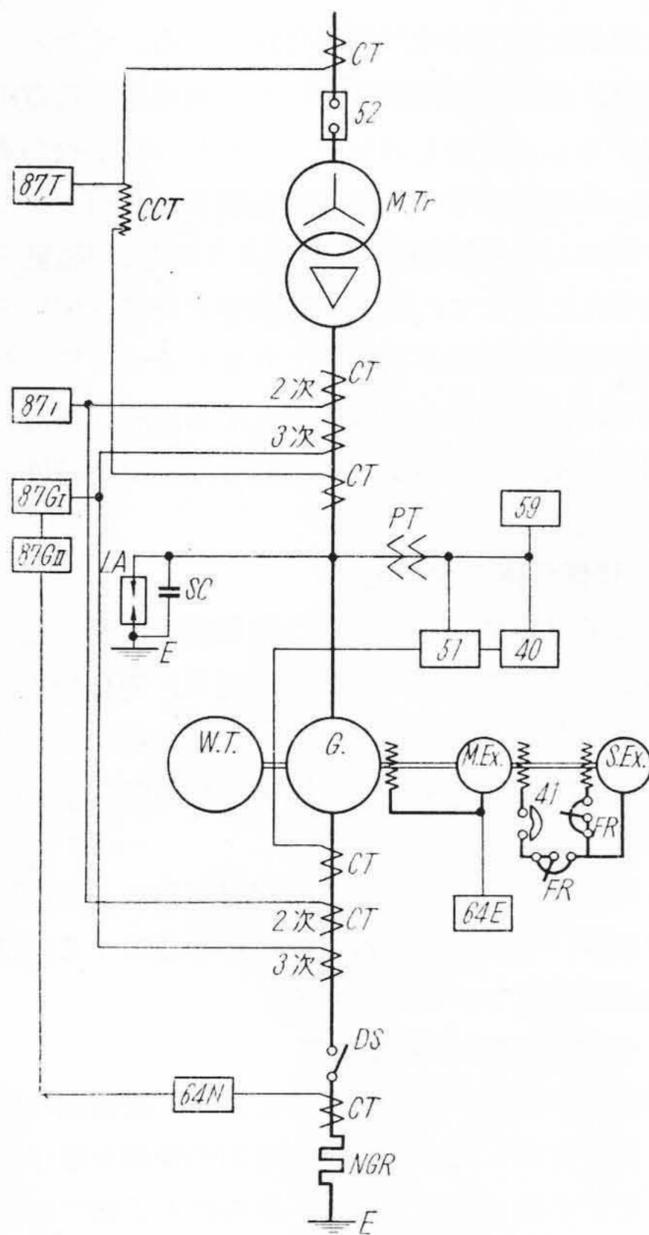
継電器自体の性能の向上により構造はますます複雑精密となつてきたが、引出し型構造の採用により接点のほか可動部の保守点検を容易にしている。また試験用端子を用いて盤取付のままでも簡単に特性試験、調整ができるようになっている。盤面の縮小、配線の簡素化のた

めには三相型あるいは組合せ使用する要素を一函にまとめた複合型が採用されてきている。

3. 同期機用保護継電装置

前節に最近の同期機保護継電方式の特長をあげてその趨勢を述べたが、これらを盛つて計画した最近の一例として、92,000kVA, 13.2kV, 50 \sim 火力発電機の保護継電方式と継電器特性について説明する。

発電機回路単線接続図を第 1 図に示す。発電機は同容量の主変圧器と組合わせていわゆるユニット方式とし、



第 1 図 発電機保護回路単線接続図

中性点は 100 A 抵抗接地方式である。使用継電器は第 1 表に示すとおりである。

3.1 固定子巻線短絡保護

3.1.1 相間短絡保護

簡単でかつ高感度の選択性高い KY3 型高速度比率差動電流継電器を採用している。本継電器は誘導環型として、同期機回路において短絡故障直後に故障電流中に多量に含まれ、しかも相当時間持続する直流分による影響を少なくし、外部短絡による誤動作を防止して高速度動作をさせている。構造は引出し回転型で三要素を納めた三相型である。第 2 図にその外観を示す。

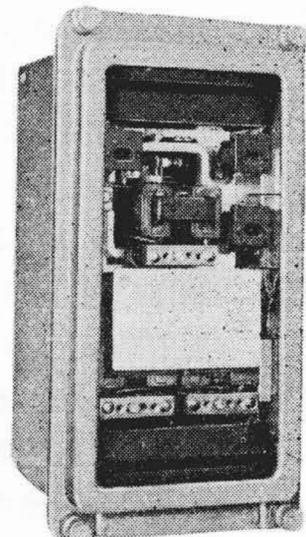
3.1.2 層間短絡保護

本機はいわゆる 1 ターンコイルであるためコイル層間短絡保護は不要である。従来の保護継電方式では機械の設計上の制約から、常時の不平衡電流を継電器感度に対し必ずしも小さくおさえることができず、結局保護範囲も狭くなるので、むしろできるだけ 1 ターンコイルを採用し、継電器を省くのが最近の傾向である。

3.2 固定子巻線地絡保護

100 A 接地すなわち中性点を 76 Ω 抵抗接地とし、変流器三次巻線と組合わせる KYG 型高速度差動電流接地継電器を使っている。地絡電流最大 100 A は故障による鉄心損傷を軽度にとどめ、一方継電器にも 95% の保護範囲を確保させるように協調させて得られた値である。KYG 型は中性点電流の付勢をもつて高感度を得、22 kV, 5,000 A 変流器三次との組合わせ試験において保護範囲 96% の実績をあげている⁽³⁾。また外部地絡電流によつては抑制トルクを発生するようにし、さらに中性点の接地電流継電器との同時動作を内部地絡検出の条件として誤動作防止を二重に行っている。その動作特性を第 3 図に示す。

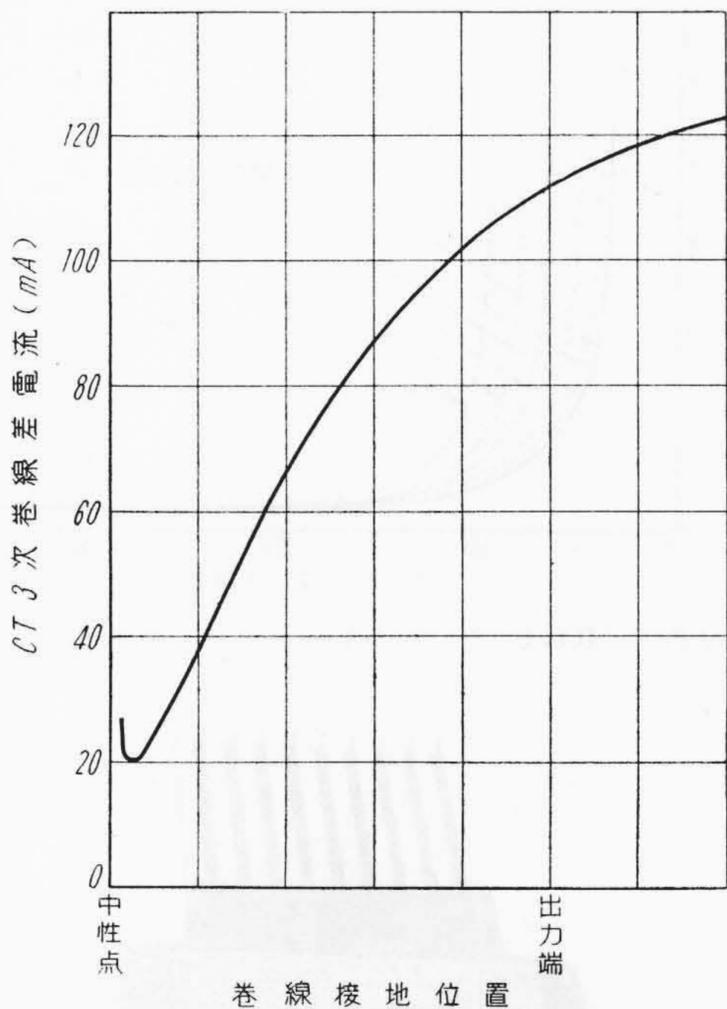
中性点変圧器接地方式の目的と利点は前述のとおりで、この方式に対しては一次線間電圧対二次 220V の接地変圧器二次に KGV-QX 型高速度接地継電器(第 4 図)を接続して地絡保護をさせている。KGV-QX 型は



第 2 図 KY3 型高速度比率差動電流継電器

第 1 表 使用保護継電器一覧表

器具番号	品名	型式	定 格
87 ₁	三相高速度比率差動継電器	KY 3	5 A 50 \sim 2.5 \sim 15% タップ
87GI	高速度接地継電器	KYG	3 A 50 \sim
87GII	高速度過電流継電器	KO-LQC	3 A 50 \sim 0.25 \sim 0.5 A タップ
64N	限時過電流継電器	IO-L	3 A 50 \sim 0.5 \sim 2 A タップ
51	限時過電流継電器	IOV-C	110V5A50 \sim 1.5 \sim 6 A タップ4 \sim 2抑制タップ
59	過電圧継電器	IV-AC	110V50 \sim 80 \sim 165V タップ
40	界磁喪失継電器	KE	110V8.66A50 \sim
64E	接地電圧継電器	CG-T ₂₁₋₂₁	DC220V



第3図 KYG型高速度接地継電器感度特性



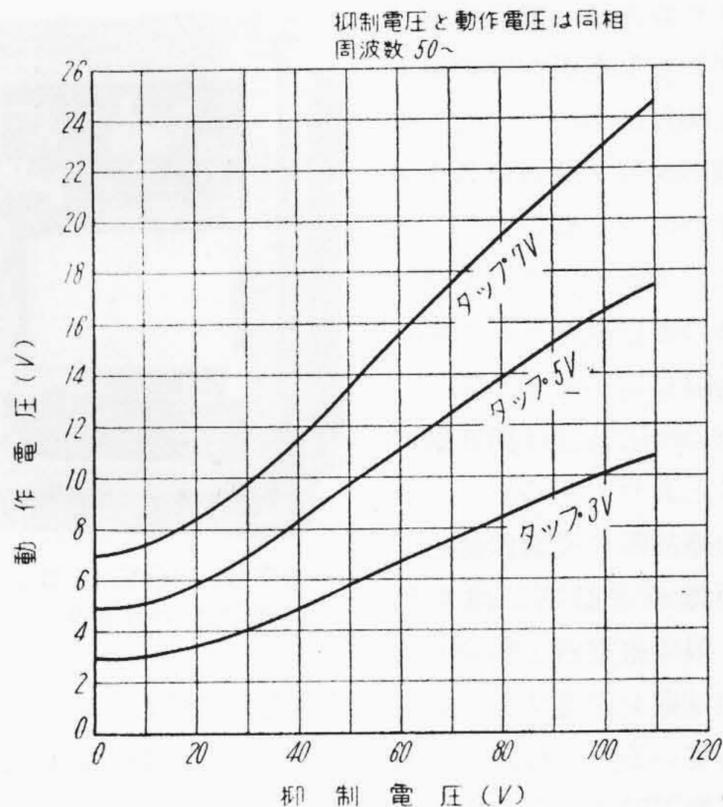
第4図 KGV-QX型高速度接地継電器

3-5-7Vの高感度のタップをもち、95%以上の保護範囲とすることができ。これは単に感度を高めたばかりでなく、主変圧器線路側零相電圧による抑制を与え、さらに三次高調波に対し感度を低下させて誤動作防止を十分にしているからである。第5図に線路側零相電圧抑制あるときの特性を示す。

3.3 界磁保護

界磁喪失故障に対してはKE型界磁喪失継電器を使用している。本継電器は交流負荷インピーダンスを測定し低界磁の終局の同期運転限界を検出して高速度動作する誘導環型インピーダンス継電器で、界磁健全時の同期はずれで誤動作せぬよう無限大母線に接続された状態での同期はずれ時インピーダンス分以上のオフセットをもたせて最も安全な整定とする。第6図にその外観を示す⁽²⁾。

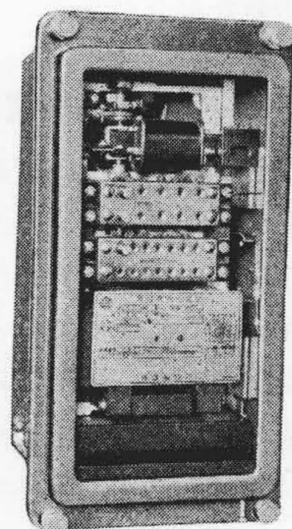
界磁接地は特に火力機において振動などの異常を現わすことがあり二重接地へ進展すれば危険であるから保護が必要である。本例においては界磁正負極間中性点回路にCG-T型継電器を用いて警報させている。



第5図 KGV-QX型高速度接地継電器抑制効果特性

3.4 逆相分電流保護⁽¹⁾

負荷電流の不均衡による逆相分電流は回転子に倍周波の電流を誘起する。火力機の回転子は円筒型の一体鍛造品であるから、逆相分電流の影響大きく、はなはだしくなれば局部的な過熱部ができて機械的強度を脅かす。このため平常運転においても常に各相電流監視の要があり、さらに大きな逆相分電流に対しては保護継電器をもつて許容限度内に保護せねばならない。



第6図 KE型界磁喪失継電器

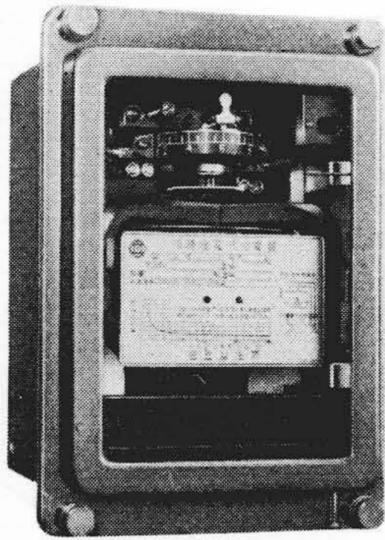
この許容限度は逆相分電流 I_2 を定格電流に対する倍数で現わし、時間 t を秒で現わすとき $\int I_2^2 dt < 30$ であることが確認されている。この式に従って時間的余裕少なく緊急の処置が必要なのは逆相分の大きい不平衡短絡の場合であるから、本継電器はその後備保護のように考えられるが、本質は逆相による機械の許容限度から定めた動作時限特性を備えた回転子過熱保護の選択継電器である。したがって継電器は逆相分過電流継電器であり上式を満足する時限特性を備え、動作時の処置は系統よりの分離とする。また約25%前後の逆相分で警報させ、保守員の処置をまつようになっている。

3.5 後備保護

3.5.1 短絡保護

従来の単純な過電流継電器でなく、IOV型電圧抑制付過電流継電器(第7図)を使用している。本継電器は1.5

Aより6A間の電流整定タップを有し電圧抑制効果も電圧80%において、動作電流値がタップ値の2,3,4倍いずれにでも整定できるようにしている。また誘導円板型の動作原理として任意の時限整定ができる。



第7図 IOV-C型限時過電流継電器

その時限特性は第8図に示すとおりである。

短絡故障の後備保護として距離継電器第二段を用い、限時継電器と組合わせ

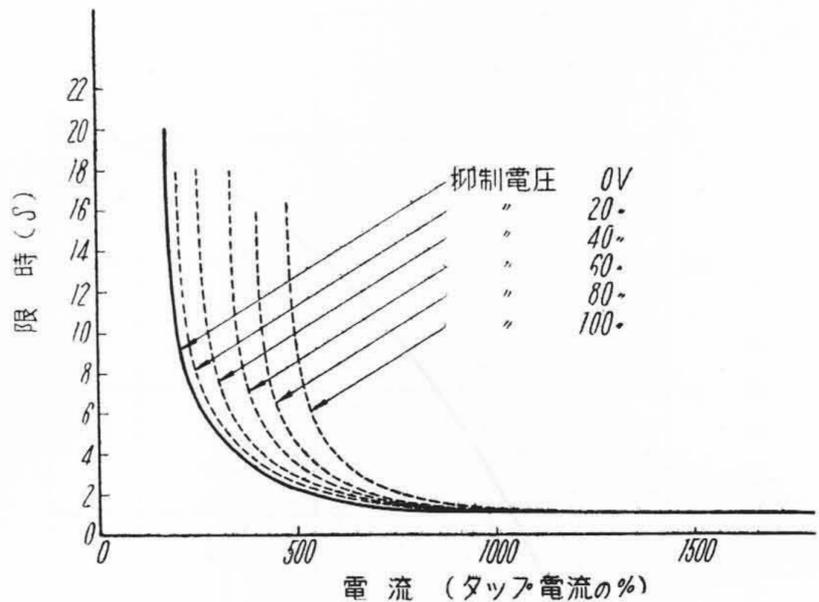
て同期機を保護する方式も最近輸入火力機とともに導入されている。これはその前提として、線路側にもれなく距離継電器による選択短絡保護がなされているものとして一貫性の上になつていたので、わが国の現在の線路保護方式とは必ずしも一致せず動作インピーダンス値の選定が困難な場合がある。

4. 保護継電器および盤の構造

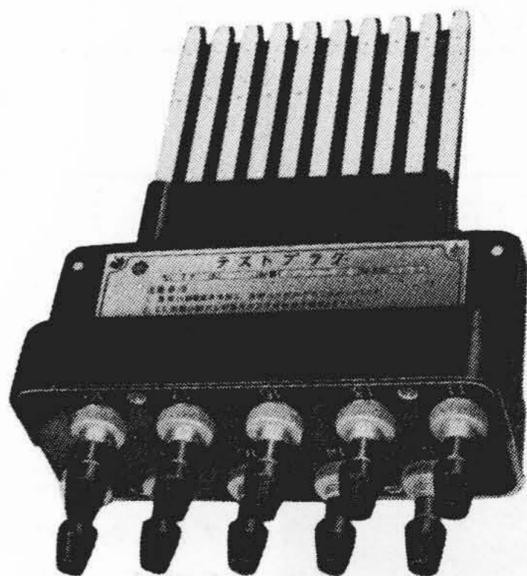
主保護継電器はその構造を引出し回転型としているので、盤に函を取り付け裏面配線をしたままで表側よりカバーをはずして本体を引出し回転して、内部を裏面まで点検保守することができる。これらの函の寸法は特殊なものを除き、二、三種に統一しているので、別置または盤内適当位置に取り付けた試験函に取り出した本体を納めて試験することも容易である。試験に際しては試験用プラグ(第9図)を用いて外部電源の導入が簡単にできるので、継電器を盤に取り付けたままプラグを抜き裏面配線と縁をたち自由に取扱うことができる。

5. 結 言

以上に述べたとおり同期機には、新しく界磁喪失、逆相分電流保護継電器を加え、そのほかの巻線短絡などの選択保護継電器も特性をいつそうすぐれたものとして要所にもれなく適用しているほか、後備保護も距離継電器的特性のものを使つて保護を万全なものとしている。さ



第8図 IOVC型限時過電流継電器限時特性曲線



第9図 TP型テストプラグ

らに変圧器接地方式として故障電流をごく小さくおさえおだやかな処置ですむようにして混乱を最小にしたいとめている。これらの保護継電器は引出し型構造、試験用プラグなどにより保守点検を便利とし、常に最良状態で同期機保護の重い任務を果すことができるようにしている。

参 考 文 献

- (1) P. L. Alger, R. F. Fraukhi: AIEE. Tech Paper Dec. (1952)
- (2) 広吉, 小野, 渡井: 日立評論 39, 867 (昭32-8) (1957)
- (3) 安藤, 広吉, 藤井: 同上 38, 261 (昭31-8)