

# 保護継電器

持永 芳文 (株)ジェイアール総研電気システム 技師長・電力部長)

## はじめに

電車へ電力を供給する回路をき電回路といい、直流き電方式と交流き電方式があります。

変電所やき電回路で発生する故障には、変電所機器故障、車両故障、架線故障などがあり、電線同士の短絡と、大地に接触する地絡があります。

これらの故障が発生した場合には、変電所などで速やかに検出して、遮断器で故障電流を遮断する必要があります。この故障を検出する装置が保護継電器です。

電気車の故障については、変電所では車両の遮断器までを保護範囲としています。

## 変電所機器の保護

変電所の機器には、変圧器や整流器などがあります。定格電流に比べて大きな故障電流が流れた時に動作する過電流継電器や、機器の内部故障を検出する温度継電器や圧力継電器を用いています。さらに、容量の大きな新幹線の変圧器では、一次側の電流と二次側の電流を比較する比率差動継電器、直流き電用の整流器では逆向きの電流を検出する逆流継電器を用いています。

## 直流き電回路の保護

### (1) き電回路の保護

直流き電回路では、直流高速度遮断器に故障電流が流れた場合に接触子を自動遮断する機構を備えており、当初の故障検出はこの機能によっていました。

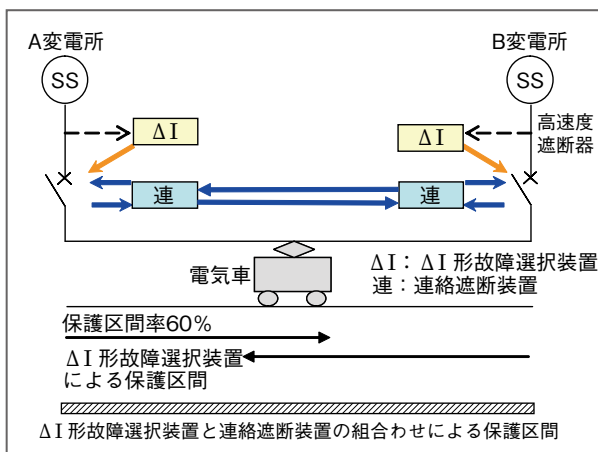


図1 直流き電回路の保護方式

しかし、直流方式は1500Vなどの低い電圧で大電流を電気車に供給するため、負荷電流の増加により、故障電流との判別が難しくなりました。そこで、保護システムの研究が進められ、1960年頃に故障時の大きな電流変化増加分を検出するΔI形故障選択装置や連絡遮断装置が開発され、図1に示す保護方式が実用化されました。

直流き電回路は、変電所同士が並列になるようにき電しているため、両側の変電所を遮断する必要があります。

き電回路故障時には、連絡遮断装置で変電所相互を連絡して遮断することにより、1変電所の保護検出範囲は両変電所の間までで良いことになります。

また、短時間で回復する故障が多いため、約30秒後に自動投入し、異常がなければ対向する変電所も投入する、自動再開路を行っています。

ΔI形故障選択装置は電流検出器にホール素子を用いるとともにデジタル化されて、電流方向の識別も可能となり、直流回生車による逆方向の電流変化でも不要動作しないようになっています。

### (2) 変電所構内地絡保護

変電所の構内で、主回路の地絡故障が発生すると、接地極の負極（レール）側に対する電圧が上昇します。この電

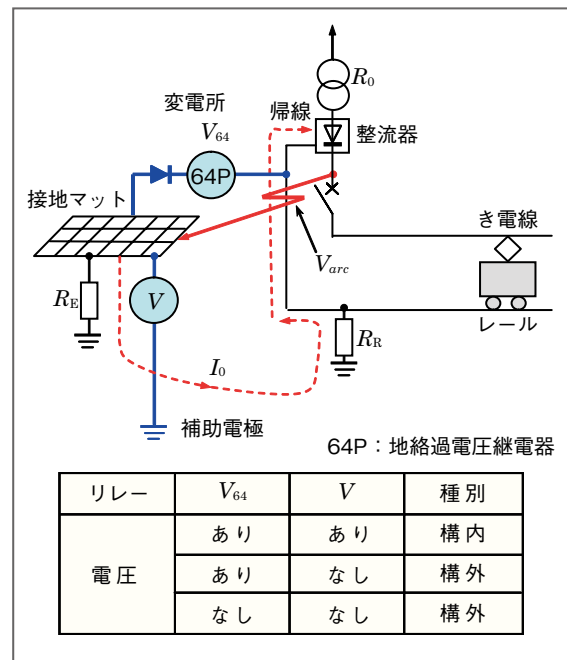


図2 直流変電所構内地絡保護

圧上昇を検出する継電器が、地絡過電圧継電器です。図2に地絡故障と地絡過電圧継電器の構成を示しています。最近は変電所外故障時のレールの電圧変動に左右されない、補助電極を設けた方式が開発されています。

### 交流き電回路の保護

交流き電回路の電車線の最高電圧は、在来線が22kV、新幹線が30kVを使用しています。交流き電回路においても、故障電流と負荷電流が比較的接近しているため、変電所からみた負荷の特性を把握して、故障電流と区別することが必要になります。

#### (1) 変電所から見た電気車負荷の特徴

交流電気車は、サイリスタを用いて制御する車両と、PWMインバータ制御車両に大別できます。サイリスタ制御車両は、電圧に対する電流の位相が約40°遅れています。一方、PWM制御車両は両者がほぼ同位相です。

また、変圧器を車両に搭載しているため、変電所やき電区分所前のセクションを通過するとき、半波で値の大きな変圧器無負荷励磁突入電流が流れます。

#### (2) 交流き電線保護継電器

交流き電回路の保護継電器には、一般の電力系統で使用されている、変電所からの距離に関してインピーダンスの大きさが定まる距離継電器が使用されました。当初は電磁形継電器で保護領域は円形に負荷側を直線で切った(ブラインド)特性でしたが、その後、電子技術が発展して保護領域は平行四辺形特性になりました。

一方、負荷の増大に伴い、距離継電器の保護領域は縮小されるようになり、1970年頃から新たに動作原理の異なる交流ΔI形故障選択継電器が開発され、在来線で実用化されました。当初のΔI形継電器は、変圧器の励磁突入電流を避けるため、減衰時間を考慮して200ms程度の時限を持ち、動作時間が遅かったのですが、その後、高調波検出を行い高速動作するΔI形継電器が開発され、新幹線で実用化されています。

ΔI形継電器は、直流用と同様に電流変化が大きいききに動作しますが、負荷電流波形のひずみ分を検出して故障と区別して、感度を高めています。

図3に新幹線における保護特性の例を示します。保護継電器動作時は0.5秒後に自動再閉路されます。

さらに、PWMインバータ電車の導入に伴い負荷の高調波電流が少ないことから、電流の変化方向を考慮したベクトルΔI形継電器が開発されました。

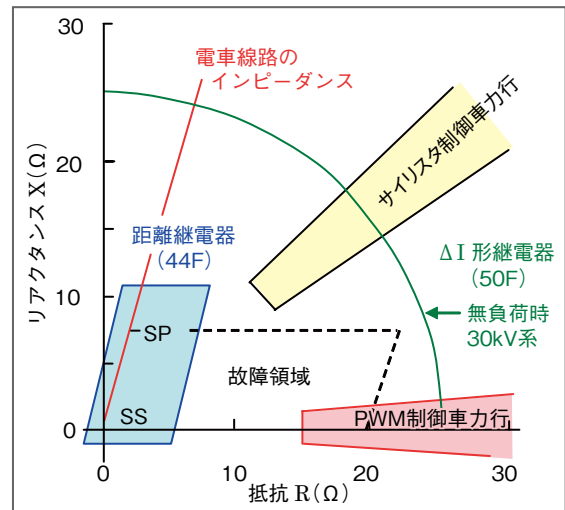


図3 交流き電回路の保護方式

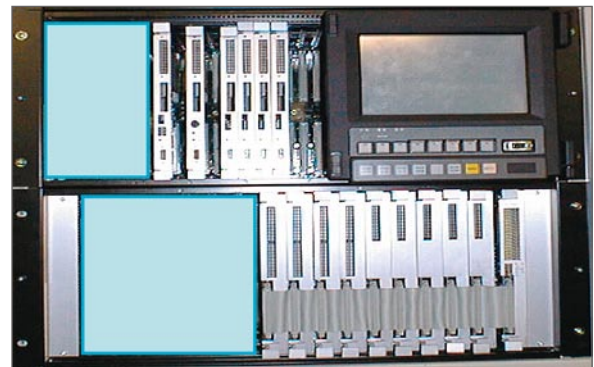


図4 交流き電線保護継電器

これらの継電器は継電器本体のデジタル化に伴い、「交流き電線保護継電器」として機能が集約されるようになりました。図4は交流き電線保護継電器の外観で、距離継電器とΔI形継電器の他、過電圧継電器、不足電圧継電器、過電流継電器など、必要な要素が集約されています。

### おわりに

保護継電器は電気車の安全運行に不可欠です。電子技術の進歩に伴い、新しい原理の高性能な保護継電器が開発されています。

今後も小さな故障電流の検出や、き電距離の延伸などに対応できる、高性能な保護継電器の開発が望まれます。

### 文献

- 1) 持永・曾根・望月(監修):「電気鉄道ハンドブック」コロナ社、pp.524-528, pp.551-556, 2007年2月