

第3章 開閉器，制御装置および保護装置

第1節 電力開閉

1 電力開閉装置の分類

電気回路を開閉する目的に使用される器具または装置を総称して電力開閉装置という。広義には、遮断器，ヒューズのような器具だけでなく，計測，保護保安装置，接続母線などを組み合わせ，箱に入れて製作したキュービクル，メタルタラッドスイッチギアなどを含めた閉鎖配電盤のことをいうこともある。

電力開閉装置を機構別には大別すると，次の2種類に分けられる。このほか，静止形の開閉装置が小容量のものに使用される傾向にある。

- ① 対になった接触子の機械的運動によって開閉する機械的開閉装置
- ② 金属片または帯片の溶断によって過電流を遮断するヒューズ電力開閉装置の基本的なものを，その保有する電流開閉能力によって大別すると，表4.5のようになる。これらの器具は個々に使用目的別に使い分けられるが，いくつかの器具が適当に組み合わせられて使用される場合が多い。またスイッチヒューズのように組み合わされて製作されるものもある。

表 4.5 開閉装置の分類

器具の名称	定常電流			異常電流		
	通常	閉	開	通電	投入	遮断
遮断器	○	○	○	○	○	○
開閉器	○	○	○	○	△	×
断路器	○	△	×	○	×	×
接触器	○	○	○	×	×	×
ヒューズ	○	×	×	×	×	○
設置スイッチ	×	×	×	○	△	×

2 開閉器の種類

電流の開閉機能上から，断路器，接触器，開閉器，遮断器，ヒューズに分類される。

(1) 断路器（ディスコネクティングスイッチ，アイソレータ）

点検などのための回路の切離し，または接続変更等のため，定格電圧のもとに，母線，ブッシング，計器用変成器等の充電電流の開閉をするものをいう。負荷電流の開閉能力はない。

小形のものはブレード接触で，開閉はフック棒（ディスコン棒）で人力操作する。大形のものは圧気やスプリング（小形電動機でエネルギーを蓄える）によるものもある。振動時や短絡電流通電時に，電磁力でブレードが外れないようフックが付いているので，フック棒で投入操作をする場合は，フックが掛かったことを確認することが必要である。

負荷電流の開閉能力がないため，誤って負荷電流を開路すると，接触部間がアークでつながり，更に線間短絡をすることもあるため，開閉に際しては，前後の遮断器または負荷開閉器等の開を確認す

る必要がある。

断路器の定格としては、回路電圧、連続定格電流、短時間定格電流がある。主なトラブルは接触部（可動部を含む）の温度上昇である。バネによる適正な接触圧力の保持と接触面の確保が必要である。小容量の断路器接触部は銅であるが、大容量のものは接触抵抗の小さい銀を用いる。

（2） 接触器（コンタクタ）、開閉器（スイッチ）

共に負荷電流の開閉を行うが、短絡電流の開閉能力はないのが建前である。両者の差は、一般的には、接触器は、電磁石、圧気等持続的に加える外力により接触を維持するため、電圧降下、停電、圧気の圧力低下等外力がなくなると自動的に開路となる。これに対し、開閉器は、開または閉の状態をキャッチ機構、バネ、重力等により独立して維持することができる。

1) 接触器

主として電動機の頻繁な始動停止に用いる。また、過電流継電器、2E、3E継電器（リレー）との組合せで、電動機の過電流保護を行う。なお定格電流に対する開閉容量、開閉頻度、開閉寿命等により次のように分類されている。

① 電流開閉容量

級別で連続定格電流の何倍可能かの表示をする。交流ではAC0級からAC4級まであり、閉路で連続定格の1.5倍から10(12)倍、遮断能力では1.5倍から8(10)倍までに分類される（()：低圧の場合）。このように、高倍率であるのは、かご形誘導電動機の始動時には定格電流の5～6倍の始動電流が流れ、更に、運転中逆転すると8～10倍の電流が流れるためである。

直流の場合はDC0級からDC5級まであり、開閉容量は1.1倍から4倍までである。

② 開閉頻度

0号から6号まであり、各々開閉頻度1,200回/1時間から6回/1時間までに分類される。

③ 開閉寿命

0種から6種まであり、機械的には各々1,000万回から5,000回まで、電氣的には各々100万回から1,000回までに分類される。

2) 開閉器

機械的勢力の変化により開閉を行い、開または閉の状態が外力なしに維持できる開閉機構を有し、負荷電流開閉能力はあるが、短絡電流の遮断能力はないのが通例である。配電線等で使用される油入開閉器、気中開閉器等が最も一般的であるが、その他、電磁接触器と過電流保護装置（サーマルリレー）を1つの箱に収納したものを交流電磁開閉器（マグネットスイッチ：JIS C 8325）といい、連続定格電流に対する遮断および閉路容量から、A級（10倍以上）、B級（5倍以上）、C級（2倍以上）等に区分される。

またカバー付ナイフスイッチはヒューズ付で短絡電流の遮断能力を有する。

開閉器（スイッチ）という用語は、他の断路器、接触器、遮断器、ヒューズ等と異なり幅の広い使い方がなされる。小はマイクロスイッチ、リミットスイッチ、タンブラースwitch等から、大は遮断

器に近いSF6吹付けのガス開閉器まであり、名称も消弧方式、用途等で異なる。

(3) 遮断器（サーキットブレーカ）

保安上最も重要な機器で、短絡、地絡事故発生の際、故障回路を系統から遮断し、故障点の被害拡大を防止するとともに、系統の機能維持（停電区間および系統の電圧降下、サイクルの変数を最小限に抑える）を計るものである。

他の開閉装置と異なる点は、短絡電流の遮断を責務とすることである。短絡電流は負荷と無関係で電源側の回路条件で決まり、負荷電流の10倍ないし20倍に達し、力率も90%遅れに近く、開路条件は極めて苛酷である。

遮断器は大きな短絡電流を遮断するため、遮断時に極間に発生するアークエネルギーをいかに抑え、また、いかに早く冷却、拡散により消弧して極間の絶縁を回復するかに色々な工夫が行われている。すなわち再点弧の起きやすい圧力を避けて、高圧側または真空側にもっていくことにより遮断を容易にする方式が採られる。前者は油入遮断器、後者は真空遮断器で利用されている。なお電界強度を低くするためには開極速度を早くすることが必要である。

なお遮断器の遮断容量不足による遮断失敗は、バックアップの遮断器動作により広範囲の停電をきたすほか、当該遮断器の破損、二次的短絡事故の発生や、油入形の場合は、噴油、タンクの破損、火災の発生の恐れがあるため遮断容量の選定には余裕を持つことが必要である。

遮断器は消弧方式により、油入、磁気、空気、ガス、真空遮断器等に分類される。各々の特徴を次に述べる。

① 油入遮断機（OCB：オイルサーキットブレーカ）

密閉容器内に絶縁油を入れ、この中に接触子を入れたもので、アークにより油が分解し、（約3,000～4,000°K）高圧の水素が発生するが、これは熱伝導がよいため強い冷却作用をする。

小容量の並切形と大容量の消弧室形があり、消弧室のあるものは、アークにより発生した圧力により新鮮な油や、ガスをアークに吹き付けて消弧する。また大容量のものは、接触面積の大きい主接触子と補助接触子（アーク接触子）を持ち、電流容量は主接触子が分担し、アーク処理は補助接触子が分担して、周囲を消イオングリッドで囲み、多数の間隙中にアークを追込み分断して消弧する。

消弧方式には色々な工夫がなされ、最近は安全性の点からも小油量形が使用されている。油入遮断器は低価格であるが、短絡電流を遮断すると油が劣化するため、点検が必要である。

② 磁気遮断器（MCB）

大気圧中で用いられ、磁気吹消コイルを通る短絡電流で発生する強力な磁界で、アークをアークシュート内に押し込んで冷却分断して消弧する。構造が簡単でメンテナンスが容易であり、火災の心配もないため、交流では小容量用によく用いられる。また直流用の高速度遮断器もこの形である。

② 空気遮断器（ACB：エアサーキットブレーカ）

アークに高压空気（5～60kg/m²）を音速に近い速度で吹付け消弧するもので、中・大容量向きで大形で構造が複雑である。消弧に使用した空気を大気に放出するため遮断時に大きな音が出る。最近、大容量のものはガス遮断器に、中容量のものは真空遮断器に代わっている。

④ 真空遮断器（VCB：バキュームブレーカ）

磁器またはガラスの真空容器内に1対の接触子を封入したもので、可動接触子はベローズを介してシールされている。10⁻⁸mmHg程度の高真空であるため、接触子の金属材料の蒸気によるアークが速やかに拡散して絶縁を回復する。また真空は絶縁がよいため、開極時の極間隙が少なくてすみ、接触器として高頻度開閉にも有利である。小形のものから開発が進み、電圧の適用範囲も3kVから170kVまで拡大し、遮断容量も9000MVAまでが開発されている。コンパクトで、接触子はメンテナンスフリーであり用途は拡大している。

⑤ ガス遮断器（GCB）

六価フッ素硫黄SF₆をアークに吹き付けるもので、SF₆は空気に比べ絶縁耐力が常温常圧で3倍、2気圧で絶縁油に匹敵するほか、2000°K付近で熱解離による冷却効果が大きく消弧能力が優れている。空気遮断器に比べ、同一遮断容量で著しく小形になるほか、消弧に使用したガスは密閉容器内で繰り返し使用するため、遮断時の排気騒音はない。大容量が普通であるが、最近小容量のものも開発されている。

GIS（Gas Insulated Substation：ガス絶縁変電所）と称し、断路器、計器用変圧変流器、母線、遮断器等一括してガス封入した極めてコンパクトな装置が開発されており、雰囲気の良い所、または据付空間に制約のある所で使用される。ただし、設備はやや高価である。なお、SF₆は水分が入ると絶縁物の沿面耐圧が下がるので注意を要する。

⑥ 漏電遮断器

交流600V以下の電路の地絡保護に用いる電流動作形の遮断器で、ZCT（零相変流器）により地路電流を検出して遮断動作を行う。定格感度電流が30mA以下の高感度形は感電防止用として用いる。

⑦ ヒューズ

ヒューズは、電路または電気機械器具の保護を目的とするもので、回路を構成する鉛、スズなどの金属可溶体に短絡電流または過電流が流れた際、発熱溶断する。その際発生するアークは金属可溶体を収納する容器および充填物の消弧作用により遮断する。定格電圧は数ボルトから数万ボルト、定格電流も数ミリアンペアから数1,000アンペアまでである。

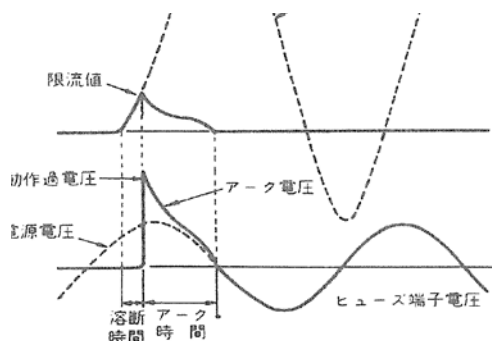


図 4.31 限流ヒューズの動作

用途別には、配電用、電動機用、直流用、通信機用、半導体用等があり、形状別では爪付形、

筒形、密閉形、カットアウト形等がある。消弧方式では、自然消弧、磁気吹消、放出、真空形等がある。

電力ヒューズには、機能上、限流形と非限流形があり、現在は限流形が主に用いられる。

これは耐熱密閉筒内に数条のヒューズと石英砂を詰めたもので、過電流でヒューズが溶断し、アーク発生の際、石英砂がアーク断面を制限するとともに、強力な冷却作用でアークドロップをほぼ電源電圧以上に維持し、短絡電流を限流地内に制限して、短絡電流の力率を改善し、容易に電流零点で消弧を完結する（図4.31、図4.32参照）。

ヒューズは機能上、過電流リレーと遮断器の組合せと類似しているが、その得失は、次の通りである。

長 所

- 同一遮断容量に対して、単純、小形、軽量で、格段に安価である（遮断器は遮断容量が大きくなると、価格は急激に増大する）。
- 特に大きな短絡電流の遮断は、確実に動作速度が速く、信頼性が高い。
- 限流ヒューズは遮断器にない優れた限流作用を持つ。すなわち、負荷側の短時間電流容量が軽減できる。

短 所

- 開閉動作ができず、また遮断動作後は都度取替えを要する。
- 過負荷が小さく長時間かかって溶断する場合は、熱容量的に苦しく、遮断しにくくなり、また溶断時間が長いと、動作時間のバラツキが大きくなり、三相のうち一相だけが動作し、欠相となることがある。

低圧回路では、昔はヒューズが主流であったが、電気機器の使用は必ずしも常に専門の知識を持つものが扱うとは限らない、不適当なヒューズの使用は大きな事故を招く、動作時の取替えがわずらわしい、また、現

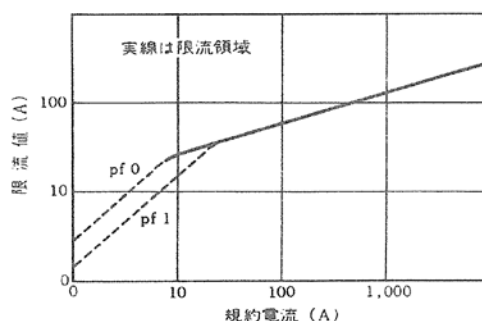


図 4.32 限流特性

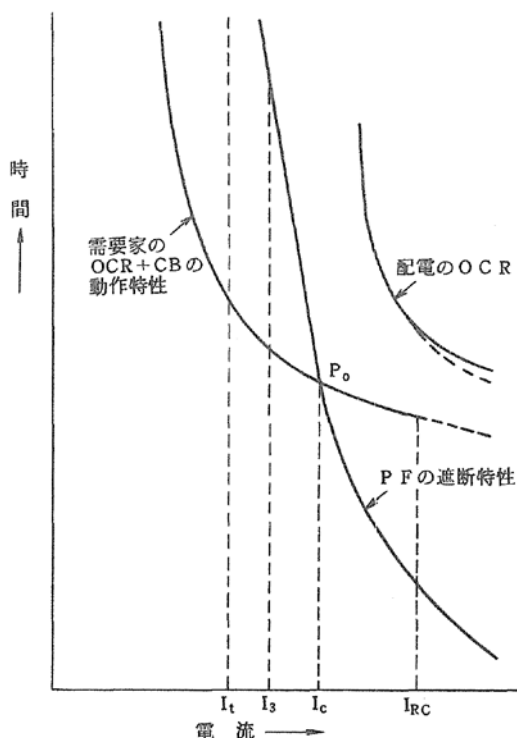


図 4.33 限流ヒューズと遮断器の動作時間協調原理図

在では大量生産による高品位安価な気中遮断器が容易に入手できることのため、低圧回路保護は、気中遮断器が主力となっている。

高圧回路では、限流ヒューズの優れた特性と、故障頻度の少ないこと、取扱者が技術者であることと、経済的理由から、一般需要家は、大形容量遮断器より、むしろ限流ヒューズと小容量遮断器の組合せで、双方の特徴を生かし、保護協調を図る場合が多くなっている。すなわち、短絡事故はヒューズで、小事故の過負荷は小容量遮断器で処理する方式である。この際の各動作時間と電流の特性は図4.33のとおりで、 I_c 以上の電流域はヒューズで、 I_c 以下は遮断器の動作域となる。

なお限流ヒューズの選定については、

- ・ 変圧器の場合は励磁突入電流を考慮して、連続定格電流の10倍が0.1秒持続するものとし、100回の投入に耐える。
- ・ 電動機（誘導かご形）の場合は、始動電流を考慮して、連続定格電流の5倍が10秒間持続するものとし、1,000回の投入に耐える。

以上が、一応の基準となっているが、もちろん選定に当たっては個々に検討を要する。

⑧ 配電盤

配電盤は、前述の開閉装置のほか計器、継電器、PCT、母線、コントロールスイッチ等を一括して鉄箱内に収納したもので、監視、制御、保護の機能を兼ねている場合が多く、主としてJEM規格で分類されている。

閉鎖形配電盤では、開放点検の際の感電防止に対する安全性の度合により、AよりGまで分類があり、Gは充電部と非充電部の隔壁のほか、インターロックが設けられ、最も厳重な隔離がなされ安全性は高いが、複雑で高価である。アメリカ規格で、メタルクラッドスイッチギアといっているものはG相当である。また電力ヒューズと負荷開閉器または高圧交流電磁接触器を組み合わせたものを、高圧コンビネーションスタータという。

また、低圧用として、過電流引外し装置を持つ気中遮断器を多段積にしたものを、パワーセンタ（またはロードセンタ、コントロールセンタ）という。

第2節 保護継電器

1 保護継電器の役割

保護継電器は、電力系統、または電気機器の保安装置の一部であり、次のような役割を持つ。

- ① 線路の電気諸量を直接または計器用変成器を介して受け取り、機器、または線路の異常を検出し、故障部位を判断する。
- ② 開閉装置に司令を与え、故障区間を系統より選択遮断する。
- ③ 系統の電圧、場合によっては周波数を正常に維持する。

④ 系統内の他設備への被害を避けるとともに、故障発生箇所の被害を最小限に抑える。

継電器は、以上のような責務を負っているため、動作の確実性が強く要求され、温度変化、粉じん湿度、振動、経年変化等によって、その特性が変わらないことが必要である。また実際の動作頻度が少ないため定期的に動作確認テストを行う必要がある。

なお、電気諸量のほかに物理諸量 温度、圧力等により動作する継電器も機器保護に用いられる。

更に広義の保護継電器としては、ベルトコンベアのスリップリレー、蛇行検出リレー、ベルト縦裂検出リレー、シュート詰まり検出リレー、ホッパーのレベル検出リレー、水位検出リレー、各種のリミットスイッチ類、巻ブレーキの油圧リレー、その他各種の保護継電器が使用されており、単なる保護用のみでなく、自動制御用にも使用されている。

2 保護継電器の分類

(1) 構造による分類

1) 誘導形

分相により移動磁界を発生する固定コイルと、回転アルミ円板より成り、移動磁界の誘導により円板上に渦電流を発生させ、磁界との相互作用により円板を回転させ接点を閉じる。

2) 電流力計形

固定コイルと可動コイルより成り、双方に電流が流れた場合、固定コイルによる磁界により、可動コイルが移動または回転して接点を閉じる。

3) 可動鉄心形

この形は大別して2種ある。1つは電磁形で、ソレノイドが鉄心を吸引する力を利用したもので、プランジャ形、ヒンジ形、回転子形、平衡桿等がある。他の1つは有極形で、永久磁石または電磁コイルで一方向に励磁された磁界の中性線上に可動鉄片と固定電磁コイルを置いたもので、電磁コイル中の電流の極性によって鉄片に及ぼす吸引力の方向が変化する。

4) 可動コイル形

永久磁石の磁界中で可動コイルが回転する形式で、回転機構は可動コイル形計器と同じである。

5) その他

温度の変化による液体または双金属片のわん曲を利用した熱形、発生ガスの機械力を利用したガス形、半導体素子を利用した非接点形等がある。

(2) 機能による分類

1) 過電流継電器

短絡、過負荷保護に用いられる。使用例の多い誘導形過電流継電器は反限時-定限時特性を持つ。変圧器では投入時、定格の10倍位の励磁突入電流が流れることがあり、またかご形誘導電動機では、定格の5倍位の始動電流が流れるため、投入時短時間動作制限の要素を加えたものを使用する。

2) 接地（地絡）継電器

地絡発生時の電圧、電流を検出し動作する。系統の中性点接地方式により、地絡時の電圧、電流の様相が異なるので、接地方式と動作責務を考慮のうえ、適正機種を選定することが必要である。

最も発生頻度の高い一線地絡の場合を考えると、地絡により各相の対地電圧にアンバランスが生じ、系統の中性点と大地間に電位差が生ずる。零相電流は、大部分中性点接地点を通り、中性点抵抗値に支配される。接地故障の検出は、地絡事故の際発生する特有の、零相電圧、

および零相電流の量、並びに零相電圧と零相電流の位相差等により行うが、基本となる零相電圧の取出しは、系統の中性点が容易に得られる場合（変圧器または発電機の中性点が出ている場合）は、これと大地間または計器用変圧器を、スター、デルタ結線として、一次側中性点を接地し、二次側のデルタ回路をオープンにした形のオープンデルタの電圧（ブローケンデルタともいう）から得る（図4.34参照）。また零相電流は、零相変流器、または三相分の変流器二次側の残留回路、または三相分の変流器三次巻線の直列接続により得る（図4.35参照）。

主な接地継電器を、次に記す。

① 小勢力過電流形地絡継電器

低抵抗接地系で、地絡饋電線の選択に用いる。低抵抗接地系では、地絡時の零相電流が大きく、主に地絡饋電線のみに流れるので、零相電流の検出のみで選択が可能である。

② 地絡過電圧継電器

オープンデルタ回路よ

り取る電圧継電器で、系統の接地の有無のみを検出する。通常アラームを動作させる。

③ 地絡（方向）継電器

非接地系で、地絡饋電線の選択に使用される最も一般的な継電器である。高抵抗接地系でも使用される。零相電圧と零相電流の二要素で作動する一種の電力継電器である。非接地系では電圧と電流の位相が異なるため、位相調整が必要である。回路がやや複雑となる。

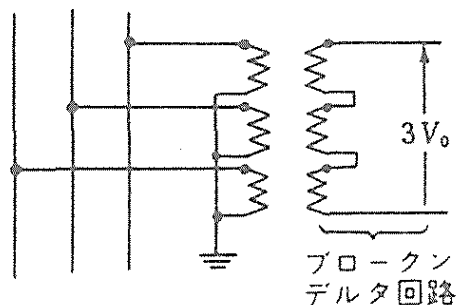


図 4.34 零相電圧抽出回路

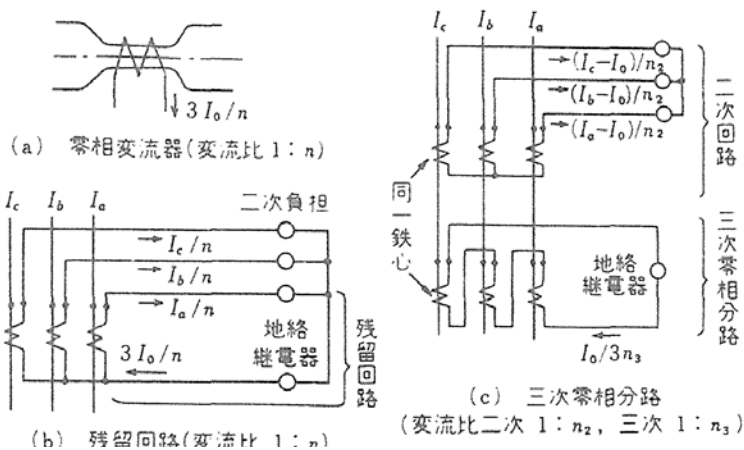


図 4.35 地絡継電器駆動回路

3) 差動継電器，比率差動継電器

差動継電器は，発電機，送電線，母線の内部故障（短絡，地絡）の検出に用いられる。通常，同相の入出力電流の総和が零となるが，内部故障の際は零とならないことを検出するものである。送電線の場合は，パイロットワイヤ，または電力線の搬送装置が必要である。

比率差動継電器は変圧器の内部故障検出に用い，主変圧器の一次と二次の電流比率が変わった場合作動する。主変圧器がスター，デルタの場合は，変流器二次側でもこれに合わせる必要がある。

なお，投入時の励磁突入電流による誤動作防止のため，短時間不動作時間帯が必要である。

4) 電圧継電器

過電圧継電器と不足電圧継電器がある。逆欠相継電器もこの分類に入る。

5) 2E，3E継電器

小形の電動機保護に用いる。過電流要素と欠相で動作するものを2E形，逆相要素を加えたものが3E形である。いずれも三相平衡の始動過電流では，動作しない機能を持つ。始動時動作抑制は，投入後10秒間，定格電流の500%が通常であるが，調整可能である。欠相保護は，三相電動機で一相分がスイッチの接触不良等で単相となると，過電流となり焼損する危険があるためである。

6) 電力継電器

逆電力継電器も電力継電器の一種で，電力方向が逆転したときに作動する。汽力発電所の発電機の出口に設置され，タービン保護に用いられる例がある。

7) 方向継電器

交流では，電圧を基準極性とし，これに対する電流の位相角により方向判別を行う。適用場所，機能により，地絡，短絡，電力，各方向継電など各種継電器がある。

8) 温度継電器

① バイメタル形

熱膨張係数に差のある2枚の金属板を張り合わせたもので，温度上昇による変形を利用したものである。簡易な過電流継電器として利用される。

③ 抵抗変化形

コイル，軸受保護用として用いられ，測定用との兼用もある。サーミスタもこれに属する。

9) ブッフホルツ継電器

変圧器の主槽と油保存装置とを連結する管に設置され，変圧器故障によるガスで動作する。

(3) 動作時限による分類

1) 反限時

継電器を動作させる勢力が増加するに従い，動作時間が減少する時限特性である。

2) 定限時

継電器を動作させる勢力の大小に関せず，動作時限の一定な時限特性である。

3) 限時一高速度

動作時限に何らの遅延作用を持たず、特に2H z ～0.5H z 程度の短時間のものを高速度という。

4) 反限時一定限時

動作勢力のある範囲では、反限時性であり、他の範囲では定限時特性となる時限特性である。

5) ノッチング限時

一定時限において、ある予定回数の動作を行って動作を完了する。ただし、動作完了前に動作の原因がなくなれば直ちに復帰する。補助継電器等では、動作の時限特性と復帰の時限特性との双方を規定している。例えば、限時動作即時復帰、即時動作限時復帰などがある。

3 継電器の配置例図

一般的な電力受配電系統における継電器の配置例を、図4.36に示す。設置にあたっては個々の継電器の特性による動作値、動作時限等を整定し、系統全体の協調を保つ。

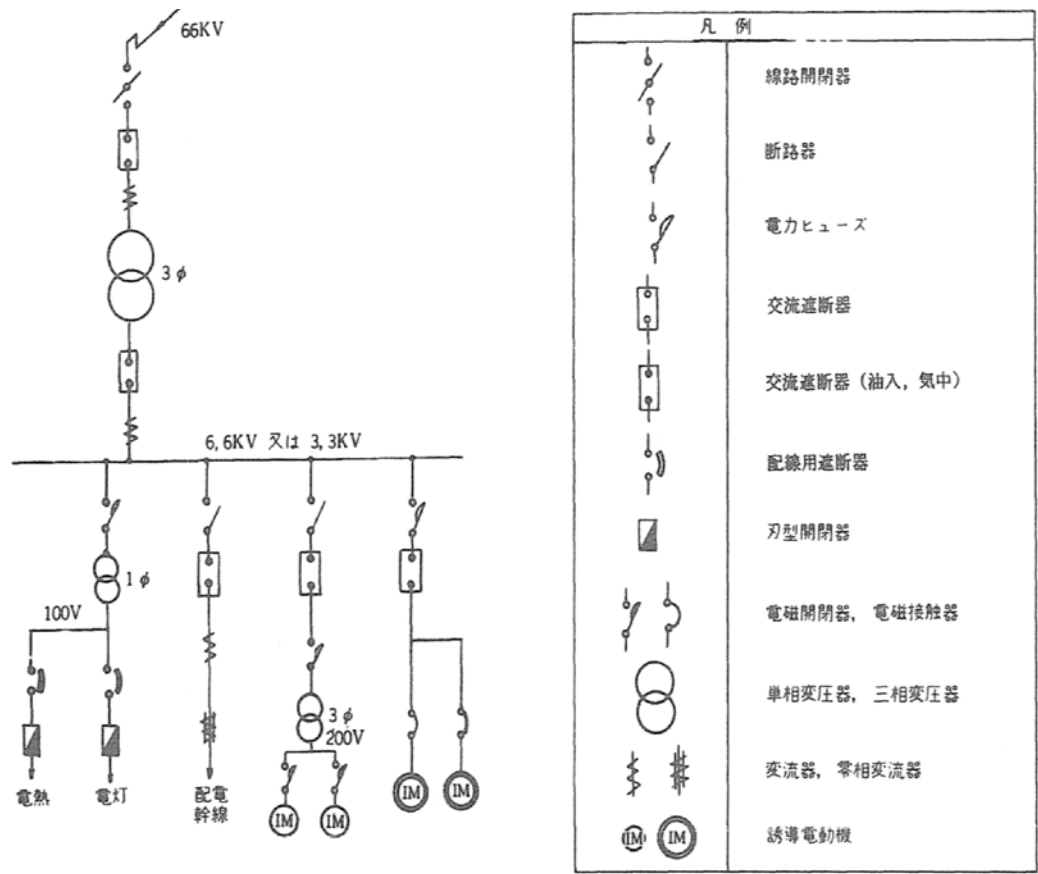


図 4.36 継電器の配置例図

第3節 電力系統の異常電圧

1 異常電圧の発生原因

電力系統から発生する異常電圧の種類は多数あるが、発生箇所別には内部異常電圧（内雷）と外部異常電圧（外雷）がある。また、その性質（周波数や継続時間）別では、次の3つがある。

雷サージ 雷により発生する異常電圧であって、直接送電線や機器に雷撃を受けて発生する直撃雷と、近辺の雷撃によって誘導される誘導雷がある

開閉サージ 遮断器などの開閉時発生するサージである。

商用周波過電圧 一線地絡、負荷遮断、鉄共振現象によって発生するが、継続時間は数サイクル～数秒間で、過電圧倍数は特別なケースを除くと、有効接地系では1.3倍程度、その他の系統では1.8～2倍程度である。

今後、サージに比較的弱い電子制御機器（エレクトロニクス）が、電力系統に多く採用され、サージが重要問題になることが予想されるので、異常電圧の抑制や防護に真剣に取り組む必要がある。

2 異常電圧の防止対策

雷サージについては、進入してきたサージに対し、避雷器により波高値を低減させることがベースであり、ある程度のフラッシュオーバーは許容し、事故時の系統操作によって対処するという考え方である。基本的には、発生原因をなくすることができないから、次のような防護対策をとる。

- ① 雷の遮へい効果が十分な架空他線を架設する。
- ② 導体支持点のフラッシュオーバー距離を適当にする。
- ③ 塔脚接地抵抗を十分低くする（接地抵抗の高い土地では、埋設地線を設置する）。
- ④ 避雷器を設置し、波高値を低減させると同時に、2回線送電線では不平衡絶縁方式を採用して事故時に1回線送電を継続する。

開閉サージについては、設計の段階では超高压系では2.8倍、66 kV～154 kVでは3.3倍、11 kV～33 kV系統では4倍を想定しているので、現在の遮断器では特に問題にならない。また、発電機器に対しては、避雷器によって保護を行っている。

商用周波過電圧については、共振条件を避ける系統構成、発電機に制動巻線取付け、高性能のAVR付加などの方法が採られている。

3 避雷器

避雷器は、一般に、保護される機器と大地間に接続する。回路に常規電圧の数倍以上の異常電圧が襲来した場合、その波高値を低減させるだけの電流を大地へ通じて放電させ、機器の絶縁を保護し、放電終了後は続流（異常電圧放電終了後、引き続き電力系統から流れこむ電流）を短時間に遮断して、常態に復する装置である。従って、次のような諸性能が必要である。

- ① 系統異状時の持続性電圧を考え、避雷器定格電圧 $\times 1.5$ 倍までの商用周波電圧に耐える。
- ② 避雷器の衝撃性過電圧に対する保護効果は、衝撃放電開始電圧並びに制限電圧が低いほど高いので、それらの電圧は通常保護すべき機器の基準衝撃絶縁強度より低くなければならない。
- ③ 定格電圧が加圧された状態で繰り返し動作しても、毎回確実に続流を遮断し、かつ、諸特性が変化しないものとする。

避雷器は、円板状の陶磁質を積み重ねた特性要素と直列ギャップを陶製^{がいひかん}碍管内に密閉したものが多く使用されている。特性要素の端子間電圧の上昇を抑制することにより、線路の異常電圧波高値を低減する。サージ電流通過後は、高抵抗となって、系統の正常電圧以下では、直列ギャップで容易に続流遮断ができる程度まで電流を抑制する作用をする。

直列ギャップは、常時開で線路と大地間を絶縁し、漏洩電流を阻止するが、異常電圧が印加されると放電を開始するスイッチの機能を持つ。なおギャップの放電遅れは、線路の異常電圧抑制効果を損うため、トリガ（引金作用）用のニードルギャップに直列抵抗を入れ、主ギャップと並列に接続し、放電遅れを防いでいる例もある。また絶縁性、消弧性がよいため、SF₆を封入したものもある。

なお、特性要素は従来、炭化けい素が使われていたが、最近是非直線性の優れた、酸化亜鉛を主成分とする半導体を使用されている。これは、直列ギャップ無しでも、常時の漏洩電流が極めて少ないため、ギャップレス形で使用される例が多い。

4 架空地線

架空送配電線路、変電所内母線並びに機器等への直撃雷を防止するために架空地線を用いて、遮へいを行う。架空送配電線路の場合は鉄塔、電柱の最上部に電線に平行して架設し、遮へい角は45°程度かそれ以下のものが多く、変電所では屋外鉄構および鉄塔を利用して、屋外変電設備の上部に張りめぐらした架空地線で遮へいを行う。この場合、網状遮へいを行えば、母線および機器は、その内側に収まるので、ほとんど100%に近い遮へいができる。

遮へい線が断線すると、電力線の短絡や母線短絡等の重大事故を起こす可能性があるため、遮へい線は機械的並びに電氣的強度が十分大きいものを選ぶ。一般に、7本撚亜鉛めっき鋼線を用いる。

木柱線路では1基ごとに接地する場合と数基毎に接地する場合とがある。鉄塔線路では各鉄塔に接地し接地抵抗は、普通20～30Ωまたはこれ以下とする。避雷装置の接地では、衝撃大電流が流れ、人身事故、機器の絶縁破壊などの危険が発生するので、変電所構内などでは鉄管打ちこみあるいは埋設地線による連接接地を行い、その接地抵抗は数Ω以下にする。