

## 第八章 開閉器、制御装置及保護装置

## 第一節 開閉器及遮斷器

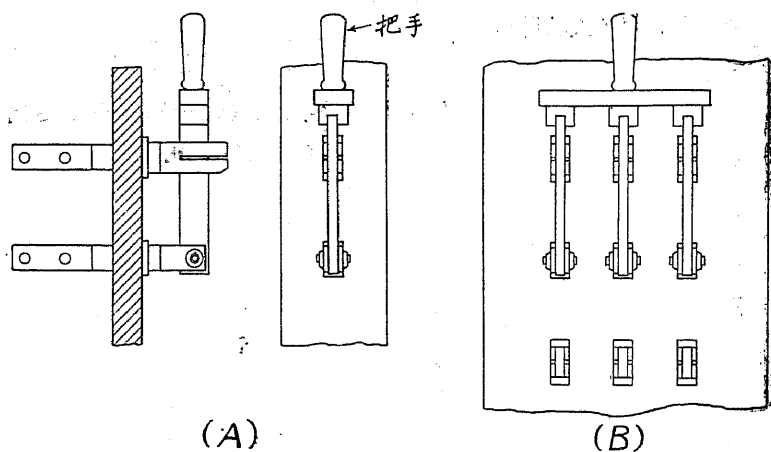
## § 92 開閉器

## 1 開閉器の種類及名稱

開閉器とは電氣回路の開閉に用ゐる器具であつて多くの種類があるが、主要なものは次の如くである。

1. 双形開閉器 (Knife Switch)
2. 速切開閉器 (Quick-Break Switch)
3. 制御開閉器 (Control Switch)
4. 區分開閉器 (Disconnecting Switch)

双形開閉器は最も多く使用されるものであつて、第 156 圖に示す如く通常大理石の如き絶縁物に取付けられ、開閉の爲に絶縁物の把手を有す。同圖(A)の如く單に開閉のみを行ふものを單投(Single Throw) といひ、同圖(B)の如く切換を行



第 156 圖

ひ得るものを双投(Double Throw) といふ。又接続回路の極數に依つて單極、双極、三極、四極などと區別される。第 156 圖(A)は單極單投双形開閉器であつて、同圖(B)は三極双投双形開閉器である。

速切開閉器は双形開閉器の變形であつて、回路が開かれる瞬間の速度を速かにして電弧に依る燒損を少くする爲にスプリングにて開かれる補助双を有するものである。

制御開閉器とは配電盤に取付け、油入遮斷器、速度調整器、界磁制御器等遠隔操作に依つて制御される器具の制御電流を開閉するに用ゐるもので、引釦に依つて開路又は閉路するものが多い。

區分開閉器は双形開閉器と類似の構造を有し、主として發變電所又は電線路にて 2500 ヴォルト以上の高壓回路の接続又は區分に使用されるもので、絶縁は碍子に依るもの多く、把手の代りに鉤又は孔を双につけ、ディスク棒と稱する絶縁棒を用ゐて開閉される。

區分開閉器は原則として無負荷回路の區分又は切換に使用するものであるから、負荷電流の開閉には別に油入遮斷器、氣中遮斷器等を備えなければならない。

## □ 開閉器の定格

開閉器の定格は使用電壓及電流に依つて與へられる。使用電壓に應じて絶縁を決定し、使用電流に依つて導體の太さ、接觸面積、遮斷間隔、極間隔等が定められる。定格電流に於ける制限溫度上昇は開閉器では  $20^{\circ}\text{C}$  又は  $30^{\circ}\text{C}$  であつて、瞬間的過負荷容量は通常 1 秒間に定格電流の 20 倍乃至 30 倍の程度である。

## § 93 回路遮斷器

開閉器は大なる電流を通すことは出来るが、之を切ることは困難であつて、接觸面を燒損するのみならず、弧光に依つて異極間に短絡を起すことすらある。故に負荷電流を安全に遮斷し得る器具が必要となつて來る。斯様なものを一般に回路遮斷器(Circuit Breaker) 又は單に遮斷器といふ。遮斷器には大氣中にて遮斷を

行ふ**氣中遮斷器**(Air Circuit Breaker) と油の中にて遮斷を行ふ**油入遮斷器**(Oil Circuit Breaker) との二種がある。

#### § 94 氣中遮斷器

##### イ 氣中遮斷器の一般構造

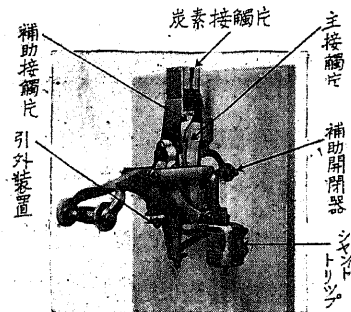
氣中遮斷器の主要部分は回路の開閉が行はれる接觸片、可動部分を閉路の位置に保つ爲の閉路機構、閉路機構を解除する爲の引外し装置等であつて、尙其他に遮斷の際に接觸片間に發生する電弧を吹き消す爲の磁氣吹消装置、開閉を遠隔操作に依つて行ふ爲の制御装置等を附屬するものもある。

遮斷の際發生する電弧に依る損傷を減ずるには、上記の磁氣吹消装置の外、接觸片に熔融温度の高い物質を使用し、通常接觸片に炭素を使用するものが廣く用ゐられ、これを**炭素遮斷器**(Carbon Circuit Breaker)といふ。氣中遮斷器は多くは直流回路に使用され、交流回路に於ては比較的**低壓小容量**のものに限る。

##### ロ 炭素遮斷器の構造及操作方法

炭素は接觸抵抗が高いからこれのみにて構成された遮斷器に大なる電流を流せば電力損失が多く、従つて温度も高くなるから、炭素接觸片と並列に多數の銅板を重ね合せた**主接觸片**を設けてある。遮斷器を閉じる際には先づ炭素接觸片が回路を閉じ、次いで**主接觸片**が閉じて閉路を完全にし、遮斷の際には最初に**主接觸片**が離れ、最後に炭素接觸片にて回路を遮斷する様な機構となつてゐるから電弧は常に炭素接觸片のみに發生し**主接觸片**の傷つくことを防ぐ。第157圖は250ヴォルト、1500アムペア用炭素遮斷器の寫眞を示すものである。

電弧の消滅を迅速にする爲には遮斷器機構の動作を速かにすると共に電弧發生部の周圍は耐火性絶緣物より成る**弧光溝**



第157圖

(Arc Chute) にて圍みて電弧を冷却し、尙其の外部より負荷電流に依つて勵磁さるゝ**電磁石**を作用せしめ、これと弧光電流との電磁力にて電弧を吹き擴げ、兩者相俟つて電流の消滅を速かならしめる様な装置となつてゐるものもある。

炭素遮斷器の閉路は手動又は電磁石に依つて行はれる。炭素遮斷器は通常負荷電流に依つて動作される**過負荷引外装置**(Overload Trip)を有し、負荷が規定値を超過すれば回路を遮斷して電源を過負荷から保護する働きがある。これあるが故に亦**自動遮斷器**といふこともある。

炭素遮斷器には此の外に**シヤントトリップ**(Shunt Trip)と稱する引外用電磁石を有し、之に他から電流を送れば遮斷器は直ちに動作して回路を開く。シヤントトリップは通常過速度繼電器其他の保護装置と組合せて使用され、機械に運轉上不都合な狀況が発生した時に自動的に回路を開くに使用され、又配電盤にも之が制御開閉器を備えて人為的にも遮斷し得る。

##### ハ 高速度遮斷器

炭素遮斷器と同様な目的に使用するものに**高速度遮斷器**(High Speed Circuit Breaker)と稱するものがある。これは多くは接觸片を分捲勵磁線輪に依つて磁氣的に閉路の位置に保ち、過負荷の際には通常の炭素遮斷器よりも遙かに短時間にて回路を遮斷し得るものであつて、過負荷や短絡の累を蒙る機會多き電氣鐵道用廻轉變流機の保護に次第に多く用ゐられつゝある。

#### § 95 油入遮斷器

##### イ 油入遮斷器の一般構造

直流を遮斷するには電弧の長さを長くして之を遮斷するが、交流に於ては電流が絶えず交替して居るから瞬間的には電流が零となることがある。今交流負荷電流の流れつつある二個の接觸片を絶緣油中に置き、之等を油中にて引き離せば瞬間は兩接觸片間に電弧が發生するが、油の冷却作用及び壓力に依つて消滅せむと

する傾向あるところへ電流が零となるから電弧は容易に遮断される。これが油入遮断器の原理であつて、交流回路には廣く使用されてゐる。

以上の説明より判る如く、油入遮断器では油及油中の接觸片が主要部分であつて、尙之等を納める鋼鐵製容器、端子套管及制御機構等が附屬して居る。

#### □ 油入遮断器の種類

油入遮断器は使用電壓及電流に依る區別以外に次表の如き種類がある。

第 14 表 油入遮断器種別表

項 目	種 別	備 考	
操 作 方 法	手 働 制 御	直接制御	15,000 ヴォルト } 以下 1,500 アムペア }
		手働遠隔制御	"
	電 氣 制 御	電動制御	15,000 ヴォルト } 以上 600 アムペア }
		電磁石制御	
油 槽 數	一極毎に油槽一個を使用するもの	6,600 ヴォルト以上	
	二極又は三極を一槽に収むるもの	6,600 ヴォルト以下	
設 置 場 所	屋 内 用		
	屋 外 用		
設 置 方 法	配電盤取附	3,500 ヴォルト以下	
	枠組取附	2,500 ヴォルト以上 6,600 ヴォルト以下	
	隔室設置型	6,600 ヴォルト以上	

#### ハ 油入遮断器の容量

油入遮断器の容量は使用電壓、使用電流及遮断容量(Rupturing Capacity)の三項にて明示される。使用電壓に依つて套管其他の絶縁、タンクの寸法等が定り、使用電流に従つて接觸片の接觸面積が定り、又故障の際流れ得る最大電流を安全に遮断し得る如くに遮断容量を定める。遮断容量は通常  $kVA$  にて表はし、三相用の場合には  $\frac{\sqrt{3}}{1000} \times \text{使用電壓} \times \text{最大電流}$  である。大容量発電所などに設置される油入遮断器にては此の値は數百萬  $kVA$  に上る。

## 第二節 制御装置

### § 96 制御装置の意義

制御装置とは廣い意味を有する言葉であつて、小は一電動機運轉の制御、遮断器の開閉より大なるものは發變電所の制御、或は數個乃至十數個の發變電所を含む大電力網の制御に使用されるものに至るまで多種多様であるが、一言にして之を盡すならば電機器の運轉を制御する目的で使用される開閉器、遮断器、繼電器、抵抗器、配電盤等一切の總稱である。従つて制御さるべき對照物及制御の目的に依つて幾多の組合せを生じ、到抵本書の盡し得るところではないから根本的概念の記述に止める。

### § 97 手働制御

手働制御(Manual Control)とは回路の開閉、電壓電流の加減、抵抗の加除等總ての操作を運轉従事員が手働にて行ふ制御方法であつて、装置が最も簡單であるから設備費は低廉である。

此の制御方法は小規模のものに多く用ゐられるが、設備が大となり重要性が増すに従つて他的高级なる制御方法が多く使はれる。

手働制御遮断器に於ても過負荷遮断及低電壓遮断のみは自動的となつて居る。<sup>\*</sup>

### § 98 電氣制御

電氣制御(Electrical Control)とは機器の制御を電氣的に行ふものを云ふ。電氣制御の發達を促した原因は色々あるが、次の三項目が主要なものである。

(1) 電氣設備容量の増大と共に電壓、電流の兩者が大となるから主回路を配電盤に引込むで直接に制御することが困難又は不經濟である。

\* 低電壓遮断とは電源電壓が停電、故障其他に依つて下つた場合に回路を遮断することを云ふ。

(2) 諸設備の容量が大となるに従ひ、これを人力にて操作することが不可能となつて来た。

(3) 廣い構内に散在せる多數の機器の制御を各設置場所に赴いて行ふことは時間、勞力の兩方面から不利である。

以上の困難を除く方法として稀には壓搾空氣又は油壓、水壓等を用ふる方法も行はれるが、大部分は電氣制御である。

### § 99 自動制御

自動制御 (Automatic Control) とは電氣的に制御される機器の制御を各種の繼電器、開閉器等の組合せに依つて自動的に行ふ方法であつて、之を完全に施せば誤操作の絶滅、機器保護の完全といふ二大利益がある。事故などの際にも従事員の判定に依つて處置を行ふ場合には常に幾分かの時間的遅れは免れないが、自動制御の場合にはこれが迅速に且つ正確に行はれる。

自動制御は以上の如き利益があるから重要な電氣設備には部分的に相當廣く用ゐられてゐる。所謂全自動制御 (Full-Automatic Control) とて全く従事員なしに運轉し得る發變電所等も珍くはない。斯様な場合に機械の運轉、停止は電力の需要又は定時開閉器 (Time Switch) に依つて行はれる。

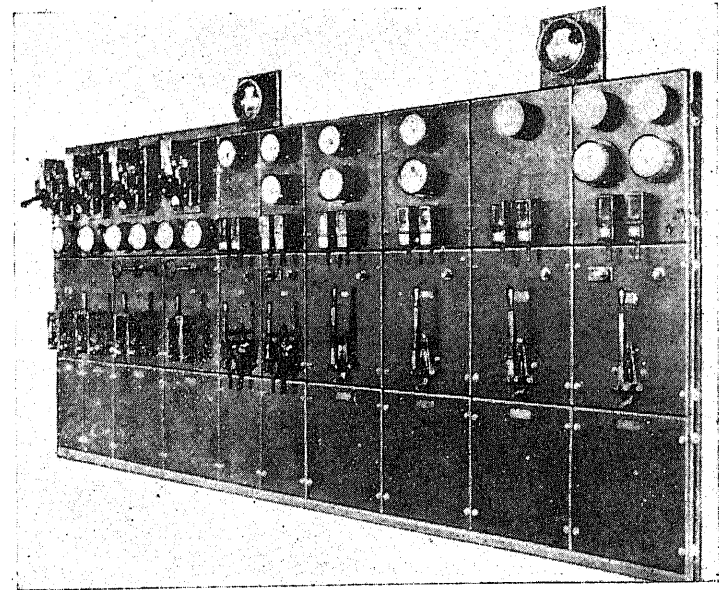
### § 100 監視制御

機器の遠隔制御 (Remote Control) は通常の電氣制御に依つても出来るが、被制御機器が多數となり、且つ距離も大となればこの方法は事實上困難となる。此の困難を切り抜ける爲に出来たのが監視制御 (Supervisory Control) であつて、2本乃至5本の制御線に依つて多數の機器の遠隔制御が行はれ、且つ被制御器の時々刻々の動作が制御所の配電盤に常に表示されて居るから制御者は遠隔の地に居ながら制御と監視との兩方を行ひ得る。

### § 101 配電盤

\* 繼電器とは或る回路にある電磁石の作用により操作回路其の他を開閉する器具である。

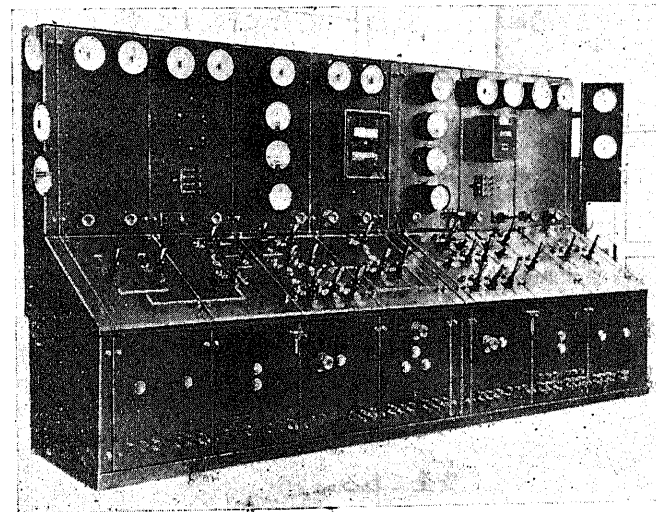
配電盤とは被制御回路用の電流計、電圧計其他の計器、繼電器類、開閉器及遮斷器等を取付ける爲の盤であつて、



第 158 圖

被制御機器の種類及制御方法等に依つて多少の差異はあるが、孰れの制御方法を用ふるにしても常に必要なものである。

配電盤の材料は大理石、石盤が多く、耐火絶



第 159 圖

縁物を練り固めたもの或は鋼鐵板なども使用されることがある。形状より分類す

れば直立型(Vertical Panel Board) 最も多く、ベンチボード型(Bench Board) 其他がある。第 158 圖は直立盤の外形を示し、第 159 圖はベンチボードを示すものである。發變電所用配電盤には表面に回路の状態、特に開閉器及遮斷器の開閉を一目にて知り得る様に模擬母線(Mimic Bus) を設けたものが多い。

電壓の低い回路では主回路を配電盤に引込み、直接制御を行ふが、電壓の高い回路を制御する場合には制御回路のみを配電盤に引込むで電氣的に遠隔制御を行ひ、電壓計、電流計等にも計器用變壓器、變流器等に依つて低壓のみを引込むのが普通である。

### 第三節 保護装置

#### § 102 保護装置の意義

電氣機器の損傷、人體に對する危険等を防止する爲の器具を保護装置といふ。§ 94 及び 95 に述べた氣中遮斷器、油入遮斷器等も過負荷引外装置を具備する場合又は次に述べる保護繼電器と組合せて使用する場合には電機に對する保護装置の一部を爲すものである。

#### § 103 可熔片

低壓回路に多く使用される保護装置であつて、§ 32 に述べた如く一般に熔融温度の低い合金が用られる。

250 ヴォルト以下の低壓回路では可熔片は露出した儘で使用されるが、電壓が高くなると熔断の際に發生する金屬蒸氣に依つて弧光橋絡を生じ、回路を遮斷し得ないばかりでなく一線大地間の短絡を誘發する事すらある。故に高壓回路に可熔片を使用するに當つては充分に注意する必要がある。絶縁筒中に封入した所謂包裝可熔片は割合に安全である。

\* 制御電流は動作が優秀な爲に多くは直流 100 ヴォルトを用ゐ、之が電源としては電動發電機及鉛蓄電池が一般に用ゐられてゐる。

#### § 104 保護繼電器

##### イ 保護繼電器の意義

保護繼電器とは發電機、電動機、變壓器等の保護、故障送電線の選別等を行ふ電氣器具である。保護繼電器は各種遮斷器、警鈴等と電氣的に連絡され、電氣機器の運轉に不適當なる狀況が發生すれば速かに動作して警報を發したり、又は遮斷器を動作して機器を保護し、又送電線の保護に之を設備すれば故障發生の場合に故障線のみを選択遮斷して完全な線路の停電を防止する。繼電器に依る保護は人力に依る保護より遙かに迅速且つ正確であるから重要な電氣設備の保護には缺くべからざるものである。全自動制御の如く看視人を全く置かないで發變電所等を運轉し得る様なものが出來たのも一に保護繼電器の發達に依るのである。

##### ロ 保護繼電器の種類

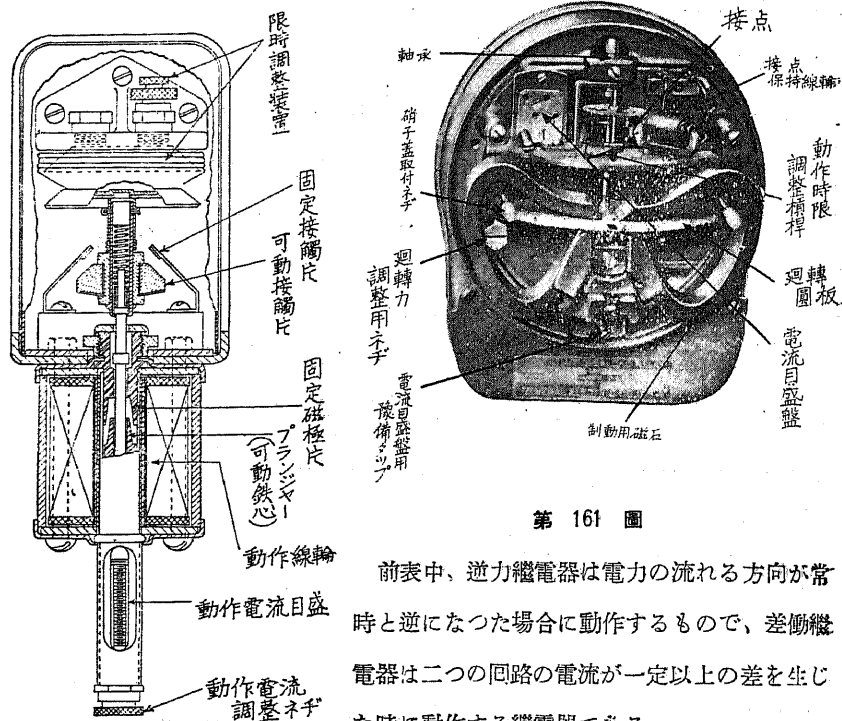
保護繼電器は用途、動作機構等に依つて種々なものが出來て居るが大要を述べれば次の如くである。

##### (1) 使用目的に依る分類

最も廣く使用される繼電器を使用目的に従つて分類し、動作機構をも示せば第 15 表の如くである。

第 15 表 保護繼電器表

使用回路	名 稱	動 作 機 構
交 流	過負荷繼電器(過電流繼電器)	ブランチヤー型、廻轉圓板型
	逆力繼電器	廻轉圓板型
	低電壓繼電器	ブランチヤー型、廻轉圓板型
	差働繼電器	廻轉圓板型
直 流	過電流繼電器	ブランチヤー型、可動線輪型
	逆流繼電器	可動線輪型、有極型
	低電壓繼電器	ブランチヤー型



第 161 圖

前表中、逆力継電器は電力の流れる方向が常時と逆になった場合に動作するもので、差働継電器は二つの回路の電流が一定以上の差を生じた時に動作する継電器である。

動作機構にて、プランジヤ型と稱するものは

第 160 圖に示す如く線輪の磁力が鐵片を吸引する作用を利用したもの、廻轉圓板型といふのは単相交流に依つて第 101、102 圖の如き理にてアルミニウム圓板を廻轉せしめて接點を閉ぢるものであつて、第 161 圖に示す如き構造を有し、可動線輪型といふのは第 44 圖の如く直流電動機の理に依つて可動線輪を廻し、接點を閉ぢるものである。

(2) 動作時間に依る分類

継電器には動作原因が発生してから直ちに動作するもの、原因が発生してから一定の時間継続する場合に動作せしむるもの及び動作原因の輕重に依り動作時間が異り、原因が大なるほど動作時間の短いものの三種がある。第一のものを瞬時

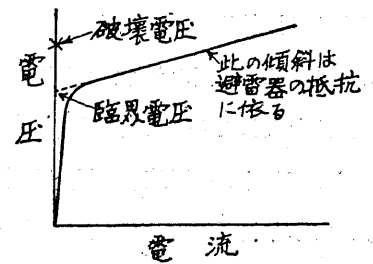
(Instantaneous)、第二のものを定限時(Definite Time Limit)、第三のものを反限時(Inverse Time Limit)といふ。定限時は時間調整を任意に変更得るものであつて、多數の保護装置が直列に使用される場合にそれ等の動作順位を適當に定める爲、又は障害があつてもその継続時間短く、機器に支障を與へるおそれなき場合には継電器を動作させたくない場合等に用られる。又反限時は原因が重大なほど動作を迅速とし、輕き原因に對しては動作時間が長くなるものである。

§ 105 避雷器

1 避雷器の一般的性質

避雷器とは主として雷撃によつて誘起される昇騰電壓を回路から放電させ、電氣機器を保護するものである。故に避雷器として最も重要な性質は放電能力が大であつて、しかも電氣機械の發生する電流即ち機流を避雷器を通じて逃さないもの、即ち機流遮斷能力が大でなければならぬ。

一般に避雷器の特性は第 162 圖に示す如く最小放電電壓即ち臨界電壓(Critical Voltage)までは放電せず、電壓がこれより僅かに高くなると大なる電流を放電して電壓の上昇を阻止するものでなければならない。即ち臨界電壓は運轉電壓よりも僅かに高く、放電開始後



第 162 圖

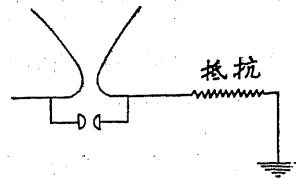
の電壓電流特性は僅少の電壓上昇に對して放電電流が成るべく大なるを理想とするが實際の避雷器に於ては臨界電壓は普通常規電壓の 150 乃至 200% となつてゐる。尙過電壓が起つてから放電開始までの時間の遅れも成るべく小なるものでなければならない。

機流遮斷の不確實な避雷器では異常電壓の放電後に機流が續き、避雷器を燒損する虞れがある。

\* 避雷器の問題に關しては電機の運轉電壓は瞬時値を用ゐなければならない。

### □ 角形避雷器 (Horn Gap Arrester)

第163圖に示す如く角形間隙を用いた簡単なもので、線路の電圧が上昇すれば間隙は火花で橋絡し、続いて機流が流れるが、機流弧光は角に沿つて上昇し、弧光の長さが大となると消滅



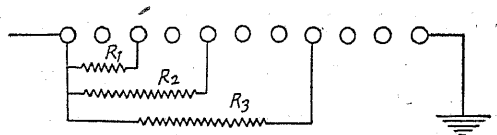
第163圖

するものであつて、機流の流れるのが缺點である。故に機流を制限する目的で圖の如く抵抗を直列に入れる。

### ハ 多隙避雷器 (Multi-Gap Arrester)

多数の金属圓筒を小間隙を隔てて直列に並べたものである。各電極は相互間及び大地間に静電容量を有し、電圧の分布は線路に近い電極程大であるから電極の

数を増しても放電電圧には大差がなく、機流弧光に対する遮断能力は電極数が多いほど増すの



$$R_1 < R_2 < R_3$$

第164圖

である。第164圖の如く電極間に抵抗を入れたものは放電率を

下げる事なく、一層速かに機流を遮断出来る。多隙避雷器は25,000ヴォルト以下にて小容量(500kW以下)の回路にのみ用ゐられる。

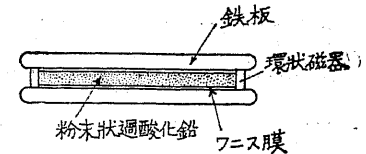
### ニ アルミニウム避雷器 (Aluminium-Cell Arrester)

アルミニウム電極の表面に化成せられた酸化アルミニウム薄膜の辦作用を利用したもので、臨界電圧以下の電圧では極く僅かな漏洩電流のみを通すが臨界電圧を超過すると薄膜は破れて放電し、電圧が再び臨界電圧以下になると短時間内に復蔽して機流を遮断する。常時の漏洩電流及充電電流を無くする爲に交流に用ゐる場合には通常角形間隙を直列に設ける。此の避雷器は放電能力は大であるが薄膜を常に良く保つ爲に日々充電しなければならない。

\* 単位時間の放電量をいふ。

### ホ オキサイド フィルム避雷器 (Oxide-Film Arrester)

二つの金属板の表面に絶縁薄膜を附着せしめ、これを電極として其の間に二酸化鉛( $PbO_2$ )の粉末を充填したセルの辦作用を利用したもので第165圖の如き構造を有す。

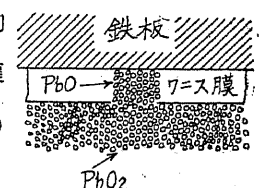


第165圖

臨界電圧より高い電圧が之に加はると絶縁皮膜が部分的に破れて放電が起るが、數マイクロ秒の間に皮膜の破壊部分の $PbO_2$ が抵抗の高い一酸化鉛 $PbO$ (第166圖参照)

に變るので、放電率及機流速断能力が極めて大である。

本器はアルミニウム避雷器の如く日々充電の必要がない。



第166圖

### ヘ ペレット型避雷器 (Pellet Arrester)

オキサイド フィルム 避雷器の粉末状過酸化鉛の代りに過酸化鉛を直径約半ミリの球状にし、これを一酸化鉛の膜で包んだもので、オキサイド フィルム型に比して動作時間の遅れは少いが放電率が小であるから35,000ヴォルト以下の小變電所又は配電用變壓器などの保護に用ゐられる。

### ト オートヴァルヴ避雷器 (Autovalue Arrester)

高抵抗の圓板電極の間に中央に孔を有する薄い雲母板を挟んで狭い空気間隙を作り、これに一定以上の電圧をかけると電極全面に暈光放電が始まるが、電圧を下げれば放電は直ちに止み、機流も遮断される。放電率はアルミニウム型と略同じで、間隙の個数を變へて各種電圧に用ゐられる。実際には角形火花間隙を直列に入れて常時の漏洩電流を無くしてある。

### チ 真空避雷器 (Vacuum Arrester)

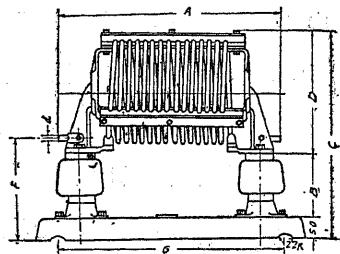
真空器中に電極を配置したもので、通常電信電話線など小電流の回路を保護するに用ゐられる。真空中に水銀を封入した水銀避雷器(Mercury Arrestor)も同様

の目的に使用され、好成績を擧げて居る。

### リ 塞流線輪 (Choking Coil)

塞流線輪とは発電所、變電所等の引出口にて線路に直列に接続して外部から襲來する異常電壓を緩和せしめ、所内の機器を保護する

目的に使用されるもので、その構造は第167圖



第 167 圖

に示す如く、太い銅線を螺線型に捲いて碍子で支持したものである。

塞流線輪は避雷器と共に使用し、避雷器は塞流線輪より外部に接続し、塞流線輪にて外來異常電壓波の所内侵入を妨げ、避雷器にて之を大地に放電する様な仕組に使用される。

### § 106 接 地

大地は無限に大なる静電蓄電器と考へられる。故に地中に金屬板又は金屬管等を埋め込み、任意の導體を適當なる導線を以つて之に接続すればその導體の有する電荷は地中に放散され、零電位となる。斯様な目的に使用する埋設導體を接地板 (Earth Plate) といふ。

電氣工作物中、人體に危険を及ぼすやうな高壓を有するものは總て絶縁して使用されるが、絶縁が不良となりたる時又は絶縁が破壊せられた場合などには附近の導體に高壓電氣が流れて人體に危険を及ぼすことになる。故に絶縁のみに依頼することは危険であるから高壓回路に接近する導體は原則としてすべて接地し、萬一絶縁不良に陥りたる場合にも危険が起らぬ様にする。これ等に該当する接地の數例を擧げれば避雷器大地側端子は勿論、配電盤枠組、廻轉機枠組、配電線用變壓器鐵箱及二次側端子の一方、計器用變壓器又は變流器の二次側等である。

地線工事は同規定に依つて三種に分けられ、第一種は 2.6 耗以上の接続導體を

使用し、接地板と大地間の抵抗を 10 オーム以下に保つものにて最も完全なる工事であつて、第二種に於ては同一導體を使用し接地板と大地間の電壓を 150 ヴォルト以内に保持するもの、第三種地線工事とは矢張同一導體を使用し、接地板と大地間の抵抗を 100 オーム以下に保持するものである。

接地を要する場合及びそれ等に使用すべき地線工事の種別は電氣工作物規程に規定されてゐる。