

第四章 電氣機器總論

第一節 電氣機器の分類

§ 41 電氣機器の分類方法

電氣機械器具には多種多様なものがあつて、各その特徴がある。これを分類するには色々な方法があるが、本章に於ては理解を容易にする爲に機能に依る分類を主とし、電氣方式に依る分類を従とし、同一機能、同一電氣方式でも外形の異なるものは形態に依る分類を説明することにした。然し複雑多岐に亘る電氣機器をこれだけの簡単な分類に依つて明確に指示することは不可能であるから構造の詳細に亘る點は各論を参照して頂きたい。

§ 42 機能に依る分類

電力の主要なる應用は動力、電熱、照明及化學工業の四方面である。その内、電熱、照明及化學工業は別に一分科を爲してゐるから電氣機器としては電氣を動力に變化する機械、即ち電動機 (Electric Motor) が唯一の電力消費機械である。

電力の需要に應ずる爲には電力を發生する機械即ち發電機 (Generator) が必要となる。發電機とは機械的勢力を電氣的勢力に變更する装置である。

電力を生産地より消費地に輸送し、消費し易い形として消費者に分配する爲に送電及配電といふ操作を行ふが、電力生産費の安價なる發電地と電力需要の多き消費地との間には普通相當に大なる距離があるから、送電設備費及び送電中の損失の兩者即ち送電費を最少とする爲に其の場合々々に依つて發電々壓を最も經濟的な送電々壓 (§ 117) に變へ更に消費地で使用上最も便利で且つ經濟的な形に電力を變更する爲に變電装置が必要となる。これには電壓のみを變更する變壓器 (Transformer) (現在實用的に用ゐられて居るものは交流式に限る)、直流、交流相互間及單相交流、多相交流相互間の變流機器 (Converting Machinery)、周波數變

換機 (Frequency Changer) 等の如く電流の方式を変更するものがある。

以上の各機器を結び合せたり、切り放したりする爲には開閉装置 (Switching Equipment) が必要である。

電氣機械の應用は一般の工業と同様に經濟を主とすべきであるから此等機器の運轉上の能率は成るべく良好にすると共に、價格は使用の目的を達し得る限度内に於て成るべく低廉とする必要がある。従つて技術の進歩に伴つて益々切り詰めた設計をする様になつて来る。理想的の運轉方法を行ふ場合にはこれで少しも支障はない筈であるが、雷其他の天災に襲はれたり、或は他所の故障の影響を蒙つたり、或は思はぬ過失をする事等があるために、これ等に對して常に安全である様に凡ての機器を設計することは不經濟であるから、或る程度までの障害には機器自體にて耐え得る様に設計製作して置くが、それ以上の過大なる障害に對しては積極的に障害其のものを緩和するか、又は障害の生じてゐる部分だけを切り除いて他へ波及することを防ぐか、或は消極的な方法としては、保護しやうとする機器を一時線路から切除する等の手段を講ずるのである。斯様な目的に使用される装置を保護装置 (Protective Device) といふ、保護装置を巧みに活用すれば比較的安價な設備でも安全に運轉を繼續することが出来、萬一前述の如き事故が起つた場合にも損害及び停電範圍を最小に止めることが出来る。

以上の外に制御装置 (Controlling Equipment) といふ一部門がある。これは電力機械の運轉を支配制御して所要の運轉を爲さしめるに必要な器具である。直流電動機を實例として説明するならば、静止中の電動機の内部抵抗は極めて低いものであるから、これを電源に直接々續すれば電動機には規定電流の數倍といふ大電流が流れ、電動機を損傷したり、電源に悪影響を及ぼしたりするおそれがあるから、適當なる器具を用ゐて斯様な衝動を避けなければならない。又電動機を速度を希望通りに變化させるにも亦制御器の助けを借りなければならないのである。

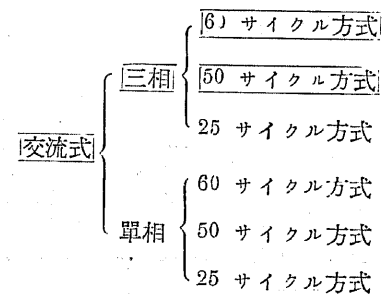
結局電氣機械器具を機能に依つて分類すれば次の五種に大別し得る。

發電機
電動機
變壓器及變流機器
開閉器
制御装置
保護装置

§ 43 電氣方式に依る分類

前節に於ては電氣方式の區別なく、單に機能のみから見た電氣機器の分類を述べたが、實際には其の目的、用途に従つて各種の方式の機器が各其の特徴を發揮して發達した。即ち電氣方式から見れば直流及び交流の二大別が出来、交流は更に單相及三相の二種に分れ、單相には 60. 50. 25. $16\frac{2}{3}$. 15 等の周波數のものが發達し、三相式にも 60. 50. 25 の三種の周波數のものが發達した。之を更に電壓容量の點まで考慮して分類するならば非常に複雑なものとなる。其中周波數 $16\frac{2}{3}$. 15 等の單相式は歐洲諸國にて電氣鐵道用のみに使用される特殊のものであるからこれを除き、電氣方式に依る分類を示せば次の如くである。

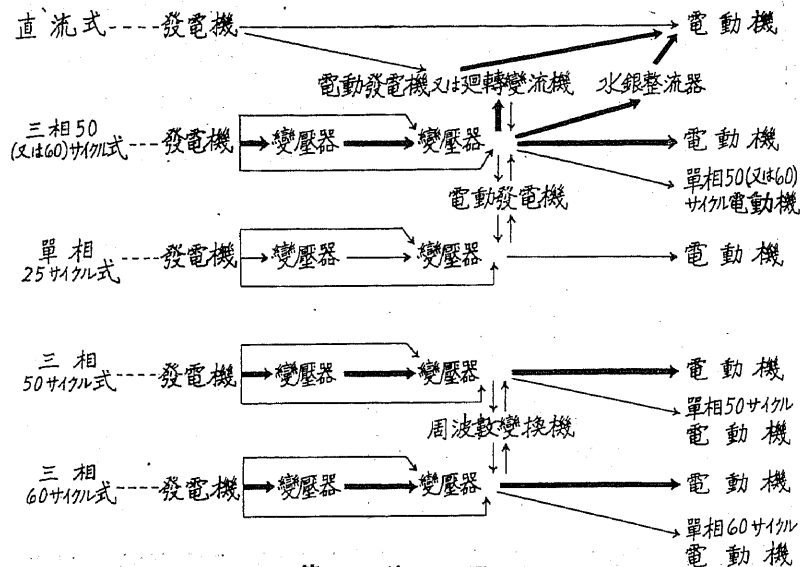
直流式



上表中、枠をほどとした方式は現今最も廣く使用される重要なものである。其他二相式、六相式、十二相式等も特殊な場合には部分的に使用されることがある。

以上各種の方式が相互に如何なる關係にて接續運轉されるかを考へたならば電

氣方式より見た電氣機械の分類及各機の機能が一層明確に了解出来ると思ふ。直流と交流とを直接々續することは出来ない。兩者の間に電力の受渡をしようとするれば是非とも變流機器の仲介を要する。この目的の爲には電動發電機 (§ 89)、廻轉變流機 (§ 90)、水銀整流器 (§ 91) 等が用ゐられる。前二者は可逆的に使用出来るが、最後の水銀整流器は交流より直流への方向にのみ使用し得る。三相交流式相互間に於ても周波數の異なる場合には直結出来ない。これを結ぶ爲には周波數變換機^{*}を要する。その反對に周波數が等しくとも相數の異つた系統を互に結ぶには普通電動發電機の仲介を要するが三相式を三組の單相式に分割して使用することは出来る。以上の説明に於ては簡單の爲に電壓の事は述べなかつたが電壓を一致させることは勿論必要であつて、電流方式、相數、周波數等が同一であつても電壓の異なる系統をその儘結ぶことは出来ない。直流式に於ては電壓の変更は



第 41 圖

* 双方の周波數に比例した極數を有する二つの交流發電機を直結したもので、その孰れが一方が同期電動機として運轉するのである。

割合に面倒であるが、交流式では電壓の変更は變壓器に依つて容易に出来る。従つて電壓の異なる交流式相互を結ぶ場合には其の間に適當な變壓器を置いて電壓の一致を計る必要がある。實例として直流式、三相 50 サイクル式、三相 60 サイクル式及び單相 25 サイクル式相互間の機器の接續法を圖解にて示せば第 41 圖の如くである。圖中、矢の太い所は我國に於て割合に多く使用されるものを示すのであつて、三相 50 サイクル系統は關東、東北方面及び九州の一部に主として用ゐられ、三相 60 サイクル系統は關西、中國及北海道に用ゐられ、兩者の勢力は大略伯仲してゐる。

§ 44 形態に依る分類

電氣方式、機能等に關して全く同一の電氣機器でも、使用場所や設置方法等が異なるに従ひ、構造も幾分異つた型式が出来る。

その實例として、電機の通風方法、密閉の程度、設置場所に依る分類等を簡単に説明しやう。

イ 通風方法に依る分類

電機は運轉中熱を發して溫度が昇つて來るから、適當な方法に依つて熱を放散させなければならない。或る種の機器例へば水銀整流器や變壓器の或るものには冷水を循環させて冷却する水冷式のものがあるが、大部分の機器特に廻轉型の機械では空氣に依つて冷却するのが普通である。

空氣冷却式機械の中でも、大多數のものは機械的構造に必要なもの以外は成るべく通風を妨げない様に努めて開放的に製作し、電機の廻轉による自然的通風に依つて冷却するのであつて、之に對して特別の通風口を設けた外被を有し、電機の内部に扇風機又は送風装置を附して、自己通風をさせるものを自己通風型電機と云ひ、特別の通風口を設けた外被を有し、外部より別個の扇風機又は送風機にて通風を受ける電機を他力通風型電機と云ふ。

ロ 密閉の程度による分類

外物の衝突に依る損傷の豫防、異物や塵埃の侵入の防止、電機内部の火花に依る瓦斯の爆發が外部の可燃性瓦斯に延焼することの阻止といふ如き様々の要求に従つて次の如き各種の型が作り出されて居る。

開放型 構造上必要な部分以外は成るべく開放的に造つたもの。

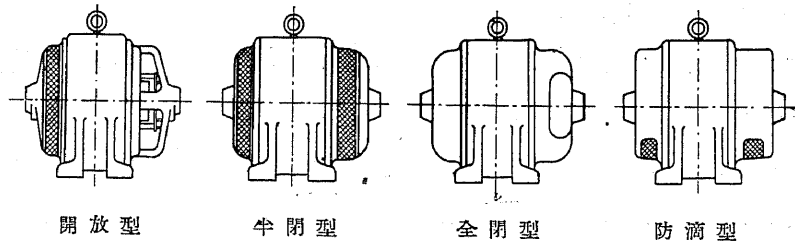
保護型 外氣の流通を妨げない範圍に易損重要部分を機械的に保護したもの。

半閉型 四百平方ミリメートル以内の面積の細孔を有する金網其の他適當な有孔蓋にて閉ぢたもの。

全閉型 外被及軸承何れも塵埃を防ぐ様閉鎖され、機器内外の通風を爲し得ぬもの。

防滴型 通風孔に水滴其の他外物の落ち込むことを防ぐ爲に適當な保護装置を備えたもの。

耐爆型 電機内部に於ける瓦斯の爆發に耐へ、且つ外部の可燃性瓦斯に點火する虞れなき外被を有するもの。

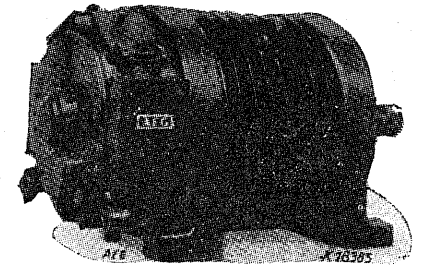


開放型 半閉型 全閉型 防滴型

第 42 圖

第 42 圖は主な型の外形を示したものである。茲に注意しなければならぬ事は、電機内部が同一構造であつても密閉の程度を変更すれば冷却状態が變り、従つて電機内部の温度が變るから、萬一設計當時よりも通風を害する様な處置をみだりに行ふ時は電機内部の温度を豫定よりも高め、機械を損ずるおそれがある。斯様な場合には通風を減少する代償として他に適當な冷却方法を講ずるか、電機の規定負荷 (§ 45) を減少して熱の發生を減ずるか、それとも電機内部に使用する絶

縁材料を普通よりも高温に耐え得るものとするやうな手段を採らなければならない。第 43 圖は全閉型電機の自然冷却を有効に働かす爲に放熱装置を附した實例である。



第 43 圖

ハ 設置場所に依る分類

電気機器は絶縁の関係から濕氣を嫌ふので、従來は屋内型 (Indoor Type) が原則であつた、然るに送電々壓が高くなるに従つて電線相互間の距離、碍子の大きさ或は箇數等が次第に大となり、高電壓母線や開閉器、變壓器等を屋内に收容することは大なる建家を要して不利益であるから、多少電気機器自體は高價となつても全體としての建設費を低廉ならしむる爲め電壓 22,000 V 程度以上に於ては母線、開閉器、變壓器、避雷器等は屋外に設置されることが多い。斯様な場合に於ては機器の構造にも従來の屋内用のものとは幾分相異があるのであつて、これを屋外型 (Outdoor Type) といふ。

第二節 電気機器の容量及定格

§ 45 電気機器の容量を決定する因子

如何なる機械でも運轉上最も好都合な負荷には限度があつて、これを超過すれば機械を損傷したり、運轉不能に陥つたりし、その反對に荷が軽すぎても全能力を發揮し得ないから不利益となる。電気機械に於てもこれと同様なことがあつて、機器一個一個の能力には一定の限度がある。其の限度を決定する因子には種々あるが、最も重要な事項は温度の上昇である。電気機器とは電流を流す導體、電流に依つて生ずる磁氣を通過し易くする爲の鐵心及び電流が導體外に流れ去ることを防ぐ爲に導體を包む絶縁材料の三種を主要材料とする機械であつて、導體内の

* 母線とは各機器及び負荷回路を導線に依つて接続する共通接続導體である。

抵抗損失を減らす爲には、銀を除く總ての材料中最も抵抗の低い電氣銅 (§ 33 参照) を用ゐ、鐵心、絶縁材料等に對しても損失を出来る限り少くするやうにして居る。而して絶縁材料は有機質の纖維材料を主とし、これ等は一般に熱に對して弱いものであるから、電機にとつては過熱は最も厭ふべきことである。電動機でも發電機でも荷を増せば電流が増し、従つて損失熱が増すから指定以上の荷を負はすことは電機を損傷するおそれがある。

電機に定められた指定負荷を全負荷といひ、全負荷以上の荷をかけることは其他種々の不都合を招く。發電機としては指定以上の荷をかければ電圧が次第に下り、規定の電圧を保つことが出来なくなり、又これを運轉する原動機の容量が不足の場合には廻轉速度まで下る場合があつて、交流の場合には周波數まで下つて来る。電動機に於ても同様に廻轉速度の低下とか、運轉不能とかいふやうに様々の障害が起る。尙ほ一般に電機は全負荷で最も高能率を發揮するから全負荷を外れて使用することは經濟的にも不利である。

§ 46 定格及定格出力

前節に述べた通り、電機の容量を知るといふことは、使用上頗る重要なことである。従つて機械には豫め指定されたる諸條件即ち指定電圧、指定電流、指定廻轉數等と共に其の出力を銘板に記録して、電機の能力が誰にも判る様にする規程となつて居る。斯様にして銘板に記載された出力をその電機の定格又は定格出力といひ、前記指定電圧、指定電流、指定廻轉數等を夫々定格電圧、定格電流、定格廻轉數等といふ。

§ 47 定格の種類

定格には連続定格及び短時間定格の二大別がある。

連続定格 (Continuous Rating) とは機器が指定試験條件に於て連続的に働かし

* 損失熱とは電機内部で熱に変化して放散される勢力を謂ひ、それだけの勢力は有効に利用されないから損失と謂ふべきである。

得る出力を云ひ、**短時間定格 (Short-Time Rating)** とは機器が指定試験條件に於て一定の短時間動作し得る出力を云ふ。

短時間定格に於ける一定時間の採り方には一時間、三十分、十五分の三種類があつて、是等に對する定格を夫々**一時間定格 (One-Hour Rating)**、**三十分定格 (Half-Hour Rating)** 及び**十五分定格 (Quarter-Hour Rating)** と謂ふ。

電氣鐵道用電機に對しては連続定格のほか特に**公稱定格 (Nominal Rating)** と云ふ一の定格を用ふる。これは發變電所用電機と電車又は電氣機關車用電動機とに依つて異り、前者は指定試験條件に於て連続動作直後、引續き二時間一定の過負荷にて働作しても規定温度を超過せず、且つ一定の瞬時過負荷に耐ゆる如き定格であつて、後者に對しては指定試験條件に於て一時間動作し得る出力をいふ。

定格を決定する主要な因子は電機の温度であるが、同一機器を同一温度限度にて使用する場合に、出力を大にするに従ひ早く制限温度に到達することは自明の理であるから、同一機器を同一試験條件にて比較すれば連続定格出力は最も小であつて、定格時間が短くなるに従つて定格出力は大となる。定格の種類を指定又は明記しない場合には機器は連続定格と看做すことになつてゐる。

§ 48 定格の制限事項

前に定格を決定する重要な因子は温度上昇なることを述べたが、尙之を決定するには詳細なる規程^{*}が設けられてゐる。其の大要を摘記すれば次の如くである。

イ 温度

大氣中にて運轉する電氣機器の絶縁材料 (油を除く) に接する部分の温度上昇^{**}は、絶縁材料が木綿、絹、紙及類似の材料をワニス類にて含浸し、又は油中に浸

* 日本電氣機器標準規程。麴町區有樂町一ノ三、電氣俱樂部内日本電氣工藝委員會發行

** 温度上昇とは機器の測定温度と、同機器が運轉されてゐる周囲の大氣の温度との差を謂ふ。本規程は周囲温度が攝氏 40 度以下の場合に適用されるから温度上昇 50 度及び 70 度は攝氏温度にては夫々 90 度及び 110 度となる。

したものである場合は寒暖計測定により攝氏 50 度以下、雲母、石綿、其の他高温に耐え得る材料を絶縁物として使用する場合は寒暖計測定に依り攝氏 7 度以下たることを要する。但し變壓器以外の機器にて使用電圧が 5000 ヴォルト以上の場合、其他特殊の事情ある場合には前記制限温度を更に下げなければならない。

ロ 絶縁耐力

温度試験直後即ち機器の温度が最も高い場合に、特定の電圧を捲線と他の捲線又は鐵心、枠組との間に一分間加へ異状なきことを要する。普通需要者の使用する機器に對する絶縁耐力は次の如き電圧にて試験される。

1 キロワット未満のもの

定格電圧の二倍に 500 ヴォルトを加へたもの

1 キロワット以上のもの

定格電圧の二倍に 1,000 ヴォルトを加へたもの

廻轉方向を變化する捲線型誘導電動機 (§ 70)

最大誘起電圧の二倍に 1,000 ヴォルトを加へたもの

同期機の界磁捲線

勵磁機定格電圧の十倍とし、最小 1,500 ヴォルト、最大 3,500 ヴォルトとする。但し交流側より起動 (§ 68) せしめる同期機の界磁捲線試験電圧は、分切開閉器の有無及び勵磁機電圧の大小に従つて 5,000 ヴォルト又は 8,000 ヴォルトとする。

需要家用變壓器

需要家の屋内線に接続された變壓器では、一次捲線と二次捲線及鐵心との試験電圧は、定格電圧が 550 ヴォルト以上 1,500 ヴォルト未満のものは試験電圧を 5,000 ヴォルトとし、1,500 ヴォルト以上のものでは最小試験電圧を 10,000 ヴォルトとする。二次捲線と鐵心との試験電圧は定格電圧の二倍に 1,000 ヴォルトを加へたものとする。尚ほ此の外に變壓器捲線の層間絶縁耐力

に關して定格電圧の二倍を一分間誘起せしめて試験を行ふ。

ハ 整流程度

直流電機は一度刷子の位置を定めた後は定格出力以下にありては殆んど火花を出さず、又最大短時間負荷以下にても有害な火花を出すことなく、整流子又は刷子を損傷しないものであることを要する。 (§ 56 参照)

ニ 機械的強弱並に停動廻轉力

連続定格機器の強弱試験

機器は端子電圧を略定格電圧に保ち、之に定格電流の二倍を瞬時流しても損傷を生じないものたることを要する。

連続定格誘導電動機の停動廻轉力

連続使用の誘導電動機は定格電圧にて、定格廻轉力の 175 パーセントにて停止しないことを要する。

短時間定格電動機の強弱試験

間歇的に使用される電動機は定格電圧に於て三十秒定格に該當する廻轉力の二倍を生ぜしめても損傷を生じないものであることを要する。

過速度試験

機械は一般に安全に定格速度の 125 %、直捲電動機に於ては定格速度の 200 % の廻轉に堪へることを要する。

短時間定格の電動機の起動試験

間歇的使用の電動機は籠型誘導電動機を除く外定格電圧に於て定格に該當する廻轉力の二倍以上の起動力を有するものたることを要する。