

3 電気設備の点検・保守・補修

3.1 保守

3.1.1 一般

保守は、発電所の機能を良好な状態で、長い期間、効果的に使用できるようにする重要な業務で、運転・保守と並び称される由縁である。

この仕事の内容は、点検とその結果に基づく手入れ、機能を確認するための試験、突発事故の被害復旧など、多岐にわたる。従って、この業務の遂行には、綿密にして適切な計画と、時宜を得た作業の実施を必要とし、これに携わる保守員は、機器に関する技術事項に精通し、調整などの実技にも熟練していることが望まれる。

3.1.2 保守体制

小水力発電所の場合は、勤務員の数が少ないので、運転業務と保守業務に分離せず、運転員が保守を兼ねている。

この方式は、小人数で多岐に渡る仕事を処理するので、経済的なようであるが、保守にかける時間工数が少なく、また、集中した作業ができ難いので、保守が不十分となり、発電所の機能低下を来し、ひいては寿命を短くする結果になる。

このため、保守業務を専業とし、その効果を上げる保守体制の確立が必要となる。次に述べる保守センターの構想はその一例である。

(1) 保守センター

a. 発電所、変電所、開閉所など、数ヶ所の電気事業所に対し、保守センター一つを置く。
水系に連続して建設されている発電所群のある地域などに適している。

b. 勤務体制 (全日勤制)

所長 1、技術責任者 1、作業責任者 1、保守員 数名(電気・機械)

c. 業務内容

1) 担当区域 全電気事業所の設備管理

設備台帳、保守台帳、事故履歴簿、予備品台帳、補修機材簿

規定、図面、取扱説明書、参考資料

予備品、補修機材管理

2) 点検・保守・修理作業の計画・実施

3) 外部委託作業の監督

4) 担当区域内技術者の教育訓練

d. 装備

- 1) 測定器、工具類、万能工作機、溶接機、可般エンジン発電機
- 2) 各種試験器
- 3) 車輛 (作業車、ジープ、単車等)

(2) 運営

各発電所など電気事業所の責任者と、緊密な連絡を取り、適宜現場へ出向し作業を行う。

所属センター員は、運転・保守分離によって保守責任者となった発電所など現場経験者を主体とし、高度な技術を有する技術者と混成する。運転員との勤務交替なども含め、相互の技術向上を計り、全体としての技術レベルを上げるよう努力する。

緊急事故対策作業などには、積極的かつ集中的に参画し、時として作業リーダーとなり、迅速な復旧に貢献する。

3.2 主要機器の概要と保守の要点

3.2.1 水車

(1) ペルトン水車

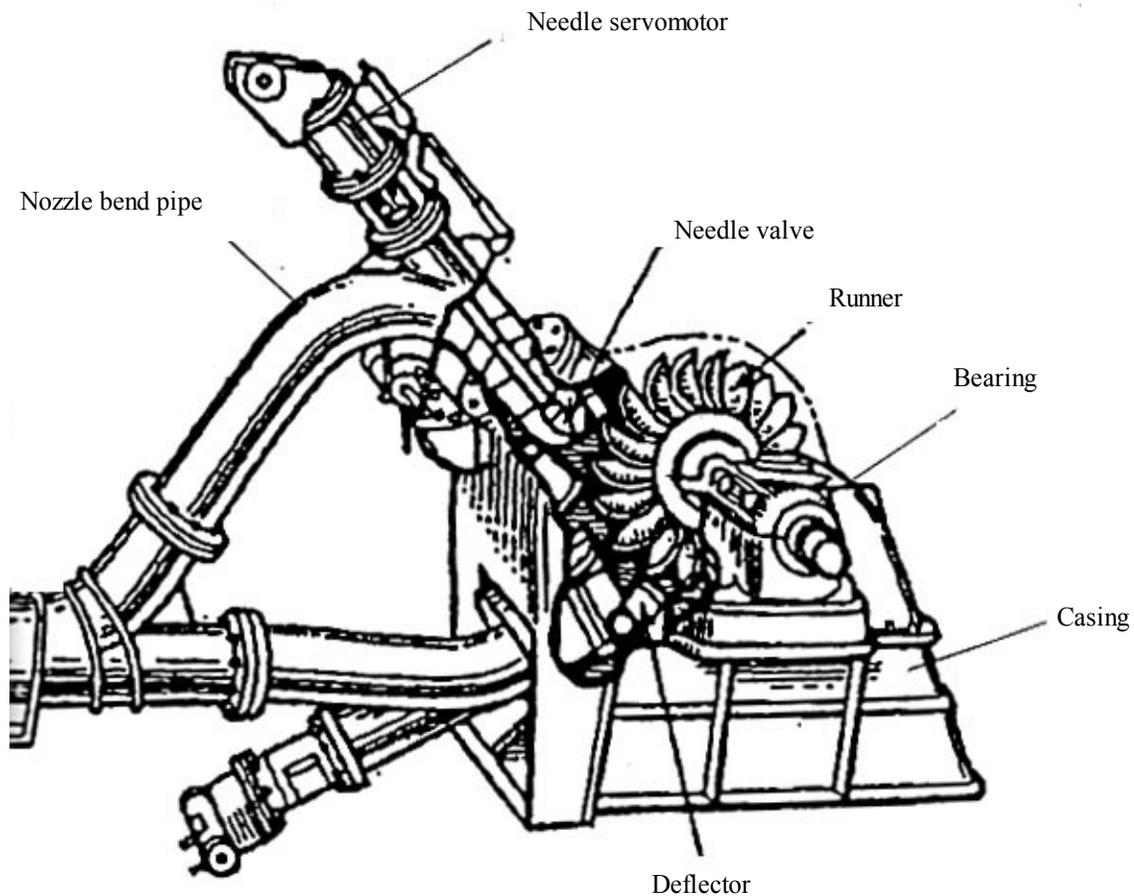


図 3.2.1 ペルトン水車の構造と名称

A. 構造の概要

図3.2.1に、2ノズル横軸ペルトン水車の構造と各部の名称を示す。

この水車は、有効落差400 m～75 mの範囲に多く採用されるもので、高圧の水をノズルからジェットとして噴き出し、バケット回転輪（Bucket Wheel）に作用させて回転させる

水車で、次の主要部で構成される。

- ノズル ジェットを噴出する口で、流量を調整するためのニードル弁と組み合わせる。
- バケット
 ホイール ランナーとも呼ばれ、主軸にはめた円盤にバケットをボルトで取りつけた形のもの、周辺にバケットを配列させたポストを一体で鋳造したものの2通りがある。
- 主軸 ランナーを取りつけ、回転力を外部へ取り出す
- デフレクタ 急激な負荷の減少による回転の上昇を防止するため、ジェットの方向を変えて、水車への入力を断つ。
- ケーシング 作用水が、外部に飛散しないように主要部を組みこむ水車の基礎となる部分

B. 保守の要点

- 漏水 高圧水を利用するので、ノズル関係の配管の接続フランジ部、ニードルロッドのグランドパッキングの摩耗または損傷、主軸とケーシングの間の漏水止めのためのスタッフィングボックス、ラビリンスシール部など
- ノズル ニードルチップ部のノズルチップがジェットによって摩耗するので、手触りで良く調べる。この部分の損傷は、ジェットの形状を崩し、出力の低下を招くので注意が必要である。
- バケット バケットの切欠き部またはその付近のバケット背面がキャビテーションによって損傷する場合があるので、点検が必要である。バケットの内面が波立つように摩耗するのは、ジェットに砂礫が混入している場合があるので、水槽の点検を行う。これらの現象が進行すると、バケットが損傷する恐れがあるので注意を要する。



Source: SCO

図 3.2.2 バケット先端部分損耗

- 振動・騒音 ノズルへの異物の詰まり、デフレクタの調整不足によるジェットカット現象の発生、ニードルノズルチップの損耗で、ジェットが広がりバケットから外れて、一部が直接デフレクタやケーシングに当たっていることがあるので、早急な点検・調整が必要となる。

(2) フランス水車

A. 構造の概要

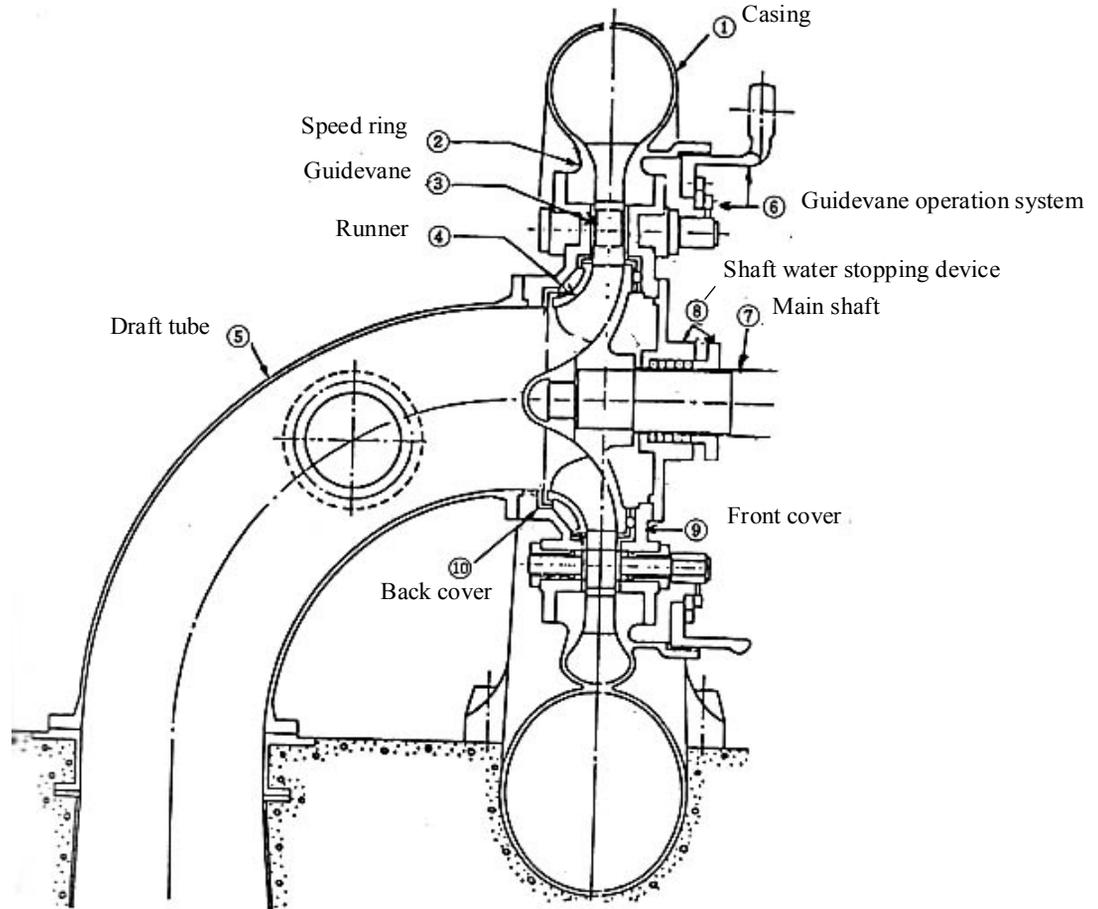


図 3.2.3 フランス水車の構造と名称

図3.2.2は横軸単輪単流渦巻型のフランス水車の断面図で、構造と各部の名称を示す。

この水車は、有効落差280 m ~ 15 mの範囲に採用される水車で、既設発電所の中で最も多く使用されている。

主要部は、水に回転力を与えて、ランナーに導く渦巻型をしたケーシングと、これを整流するステイベーン、さらにその先でランナーへの水の流入量を調整し、入射角を定めるためのガイドベーン、流入した水の反動で回転するランナーと主軸、および吸出管から成り立っている。さらに、ガイドベーンを動かすためのリンク機構と、ガイド操作リングなど多くの部品で成り立っている。

B. 保守の要点

- 漏水 漏水のおきる部分としては、ガイドベーンスピンドルのパッキング部と、主軸スタッフィングボックスまたはラビリンスシール部であるが、特にガイドベーンスピンドル部はガイドベーンの使用頻度が多いこと、その数が多いことから、漏水の目立つものが多い。図 3.2.4 にその一例を示す。



図3.2.4 漏水

- ランナーのキャビテーション フランシス水車のランナーには特にキャビテーションによる侵食の発生するものが多い。主としてランナー羽根の出口裏側に発生する。この部分はドラフト曲管を取り外すことにより容易に観察できるところであるが、停止の時間が取れなかったり、作業が難しいことなどで、中々、点検の機会が得られない場合が多い。しかし、この侵食が進むと、ランナー羽根の脱落など、大事故に波及する恐れがあるので注意を要する。なお、 N_s が 70 m-kW 以下の低比速度ランナーにおいては、入口の羽根裏側にキャビテーションが出る場合もあり、この部分はケーシングのハンドホールなどから見えるものもあるので、点検時留意する事項である。



Source: SCO

図 3.2.5 キャビテーション

- 振動・騒音

フランスス水車には、固有の特性として、定格出力の 1/3 出力程度のところ、騒音と振動を発生するものがある。この現象はキャビテーションの発生と吸出管内の真空コア発生によるものなので、なるべくこの範囲での運転を避けるようにするが、ドラフトチューブ内に空気を吸入させるような処置をする方法がある。
- ランナーとカバーライナの隙間

ランナーとカバーライナの間には、1~1.5mm の隙間を設けて、ランナーがカバーライナに触れないようにしてある。この隙間が小さい程水車効率が良くなるので、設置当初は小さくしてあるが、運転時間を経るにつれて摩耗して、隙間が大きくなる。この場合には、効率の低下だけでなく、ランナーの背圧が高くなって、主軸シール部分からの漏水が多くなり、また、スラスト軸受の温度上昇などを生ずるので、定期的に隙間を測定する必要がある。

C. その他の形式のフランシス水車

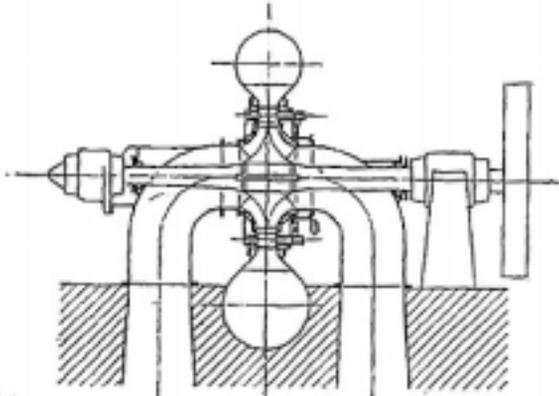


図 3.2.6a 横軸単輪複流型

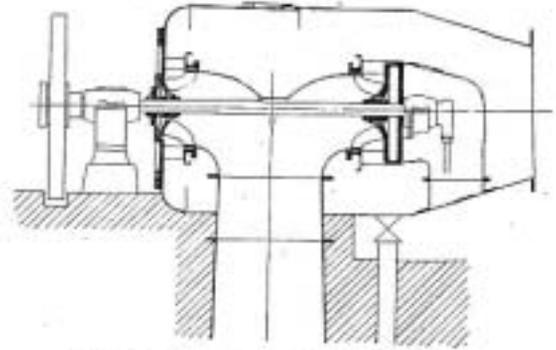


図 3.2.6b 横軸双輪前口型

フランシス水車には 図3.2.6aに示す横軸単輪複流型と、図3.2.6bに示す横軸双輪前口型等もある。複流型のもは、本質的に単流型のものと同変わらないが、前口水車の場合は、調整機構がほとんど水中になるので、各部の無給油化や部品のステンレス鋼化など保守上注意すべき点が多い。

(2) クロスフロー水車

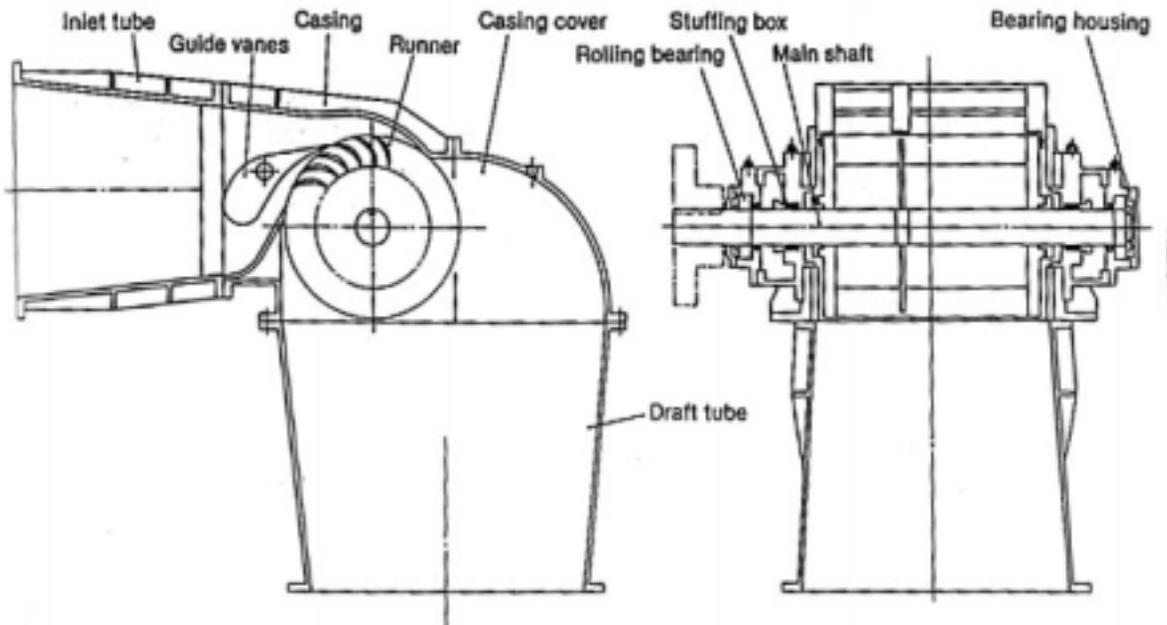


図 3.2.7 クロスフロー水車の構造と各部の名称

A. 機構の概要

図3.2.7はクロスフロー水車の構造と各部の名称を示す。この水車は有効落差100~7.5mの範囲で、出力1,000 kW以下に適用されるものである。

この水車の特徴は、ランナーの外周から入った水は最初の羽根を通過した後、ランナーの中を通過して、今度はランナーの内側から再び羽根に入り、外周側へ放出される流れにある。従ってランナーは、軸心に平行した羽根を持った円筒形の籠形となっており、これに平行した1枚ないし2枚のガイドベーンを持っている。

吸出管は設けない場合が多いが、低落差の場合、吸出し効果を利用するため、自動空気吸入弁を取りつけて吸出管を設置することがある。この水車は、主軸受に転がり軸受を使用する。

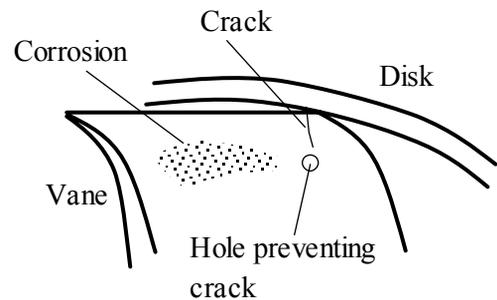
B. 保守の要点

漏水

ガイドベーンスピンドルのグランドパッキングと主軸のスタッフィングボックス部であり、他の機種に比較すると、適用落差が低いこともあり、楽である。保守の要領は同様である。

ランナー羽根の亀裂

クロスフロー水車のランナー羽根は、通常鋼板を円弧状に成形して、円盤と溶接するので、運転後、溶接の残留歪などの原因で、図3.2.8のように亀裂を生ずることがある。この亀裂は十分に注意しないと見つからないので、点検時、カラーチェックなどの方法を用いて、入念に調べる必要がある。



Source: JICA Study Team

図 3.2.8 ランナー羽根亀裂

もし、亀裂が発見された場合は、亀裂の先端に3 mm 程度の穴をあけて、亀裂の進行を防止する。溶接修理などはかえって状態を悪くする場合があるので絶対に避け、折を見て新しいランナーと取りかえる方が良い。また、図3.2.5に示すような侵食を生ずることがあるが、この場合も、羽根が薄いので溶接修理はできない。

空気吸入弁の動作

空気吸入弁が機構の問題やモーターの故障などで不動作になると、空気が入らなくなると、ドラフト内の水位が上昇し、ランナー下端位置より上になると、著しい出力低下を生ずる。この現象は出力低下と共に、異音を生ずるので、日頃の音に十分注意し、早期に発見する事が必要である。

転がり軸受の保守

転がり軸受の寿命は、20,000～30,000時間といわれているが、良好な給油をすることにより、150,000時間以上の運転ができた実例がある。

このためには、メーカーの指定したグリースを、指定の間隔で指定量を給油しなければならない。この手数を省くために、軸径60 mm 以下の場合には両シール無給油を用いると、50,000時間ぐらいは良好な運転ができる。

(4) その他の水車

ターゴインパルス水車、プロペラまたはカプラン水車、斜流水車（デリア水車）等があるが、保守の要領は前項の各水車に準じて行う。

3.2.2 発電機

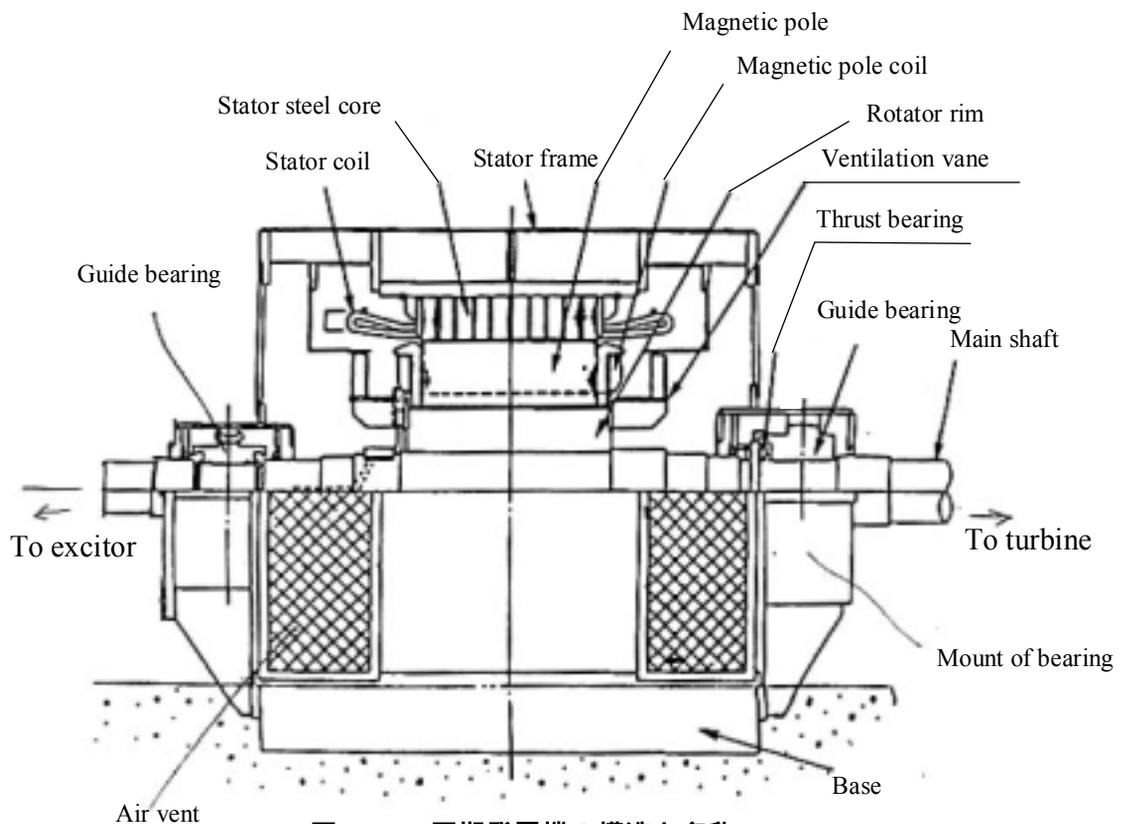


図 3.2.9 同期発電機の構造と名称

A. 構造の概要

図3.2.9に同期発電機の構造と各部の名称を示す。同期発電機の主要部は、固定子と回転子および主軸と主軸受で構成される。

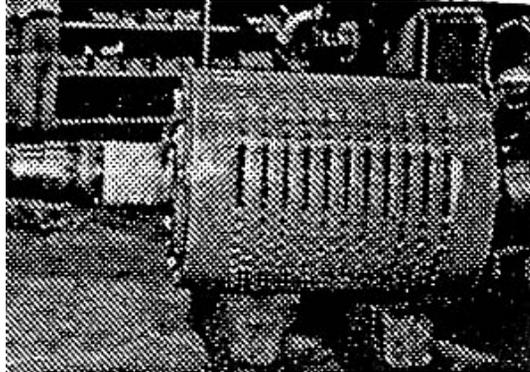
固定子

固定子は薄い電気鋼板を積み重ねて、堅く閉めつけた積層鉄芯と素線を巻いたものを成形絶縁した発電子コイル、およびコイルを鉄芯の溝から脱落しないように抑える楔で成り立

っている。

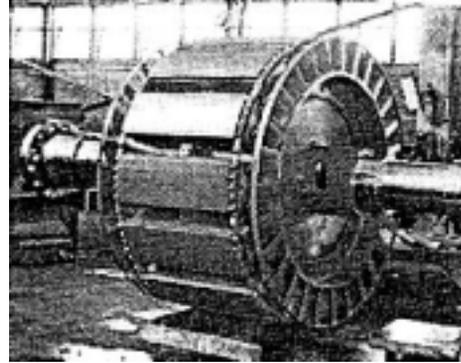
回転子

回転子は、回転する電磁石の極を形成する部分で、磁石の鉄心の形から、円筒型と凸型の2種類がある。



Source: SCO (Sudo Consulting Office)

図 3.2.10a 円筒型回転子



Source: SCO

図 3.2.10b 凸型回転子

円筒型は最近の発電機に多く採用されて

おり、凸型は極数の多いものか古い型の発電機に多い。また、磁極には励磁するためのコイルのほか、太い短絡したコイルが設けられている場合があり、これを制動巻線という。

集電子

回転する磁極に、直流の励磁電流を供給する部分で、滑り環 (slip ring) と刷子 (ブラシ) で構成される。

滑り環は主軸と電氣的に絶縁して固定しているが、固定の方法には環を直接絶縁物を介して主軸に焼き嵌めしているものと、主軸に直接焼き嵌めまたは圧入したボスに、二つ割にした環をボルト止めし、ボスと環の間で絶縁したものの二通りがある。最近の発電機はほとんど前者の方法であるが、古いものには後者の形式が多い。軸受は油潤滑の滑り軸受が多いが、小型のものには転がり軸受を採用しているものもある。



図 3.2.11 集電子

また、回転子には、発電機全体を冷却するための換気扇羽根が取り付けられている。

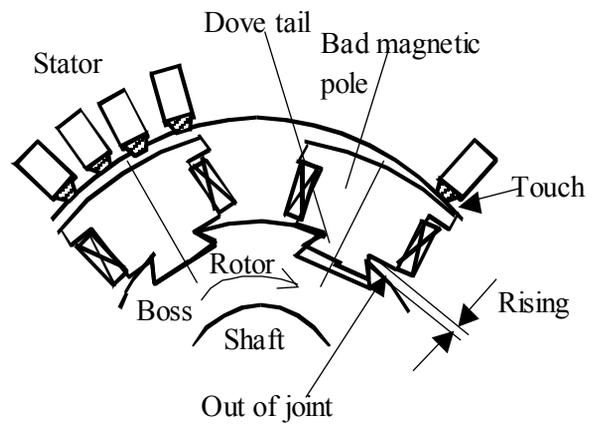
B. 保守の要点

固定子

固定子の鉄芯は、数cmに積層したブロックを1cm程度の間隔を開けて並べている。この間隙は、巻線及び鉄芯を冷却する空気を通すためのもので、この部分に虫の死骸やゴミが付着して空気が通りにくくなると、冷却効果が落ちて発電機温度が上昇するので、点検と清掃が必要である。

固定子を構成する電子鉄芯は、薄い電気鉄芯鋼板の両面に絶縁性の酸化皮膜を形成するか、あるいは、絶縁塗装したものをを用いているので、コイルの焼損事故の影響で鉄芯の一部が溶損した場合は必ず溶着部分を取り除くか、その部分の扇形鉄芯版を積み直すなど、入念な補修をしないと、運転後部分発熱を起し、発電容量の制限を余儀なくされることがある。

長く使用した発電機や、特に高温で運転されている発電機では、巻線の枯渇による変形から、鉄芯と巻線の間で緩みを生じ楔が抜け落ちたり、電気的微小振動によってコイルが損傷していることがあるので、綿密な調査が必要である。



Source: JICA Study Team

図 3.2.12 回転子

回転子

回転子においても、老朽化に伴って、コイル取り付け部や、凸型磁極の取り付け部に緩みを生ずる。特に、磁極の取り付けは、磁極端を鳩尾状に加工し、主軸ボスの同形に加工した溝に圧入し、楔効果によって固定しているため、この部分が遠心力や繰り返し荷重によって緩みを生ずると、図3.2.12に示すように、磁極が遠心力で浮き上がり、最悪の場合、固定子内面と接触して、大事故に発展する事がある。緩みの兆候は、発電機停止直前のごく低速になったとき、「ゴットン、ゴットン」という鈍い打撃音を生ずるので、この音が出たときは、早急な精密点検と補修が必要である。また、運転中できる限り過速度を生ずることのない様に、水車、调速機の調整をしなければならない。



図 3.2.13 集電子の磨耗

集電子

集電子の部分は、滑り環とブラシの間に、火花を生じないように留意する。

火花の発生は、ブラシの材質が集電子の材質と合わない場合に起きるので、ブラシはメーカーの指定

する正規の材質のものを使用する必要がある。

火花の発生によって滑り環に傷ができると、その部分が機械的に刷子との接触を悪くするので、火花が大きくなり、加速的に滑り環の表面を荒らし、ブラシの消耗を促進する。

通常火花は、供給する直流電圧の一方の極に多く発生するので、定期的に接続している電線の極方向を入れ替え使用するとか、刷子の加圧力を加減するなど、滑り環表面の荒れを少なくするような保守の努力を必要とする。

軸受

軸受は、温度計に注意すると同時に、冷却水の量、温度にも注意し、温度上昇による焼損事故を防止するように努める。運転中の点検は必ず軸受の外部各部に手を当てて、触感により温度を確かめるほか、振動・異音の発生などにも注意を要する。

温度は、温度そのものの高低よりも、温度変化の早さが問題で、温度上昇の傾向を認めたとときは、速やかにその原因を究明し、対策を講じなければならない。

特に異物（虫なども含む）などの侵入によって、オイルリングが止まった場合や、軸受面のホワイトメタルが焼損直前の温度に達してからは、急激な早さで温度上昇するので、このような兆候を把握した時は、負荷を軽減し、多少の新油の注入、冷却水の追加など、冷却の対策をしながら停止操作をする必要がある。

3.2.3 励磁装置

同期発電機の励磁装置には、直流電圧を得る方法によって、

- 直流発電機による励磁機（直流励磁機）
- 静止形整流器による励磁装置（静止励磁機）
- ブラシレス

励磁方式

の3種類がある。

(1) 直流励磁機

A. 構造の概要

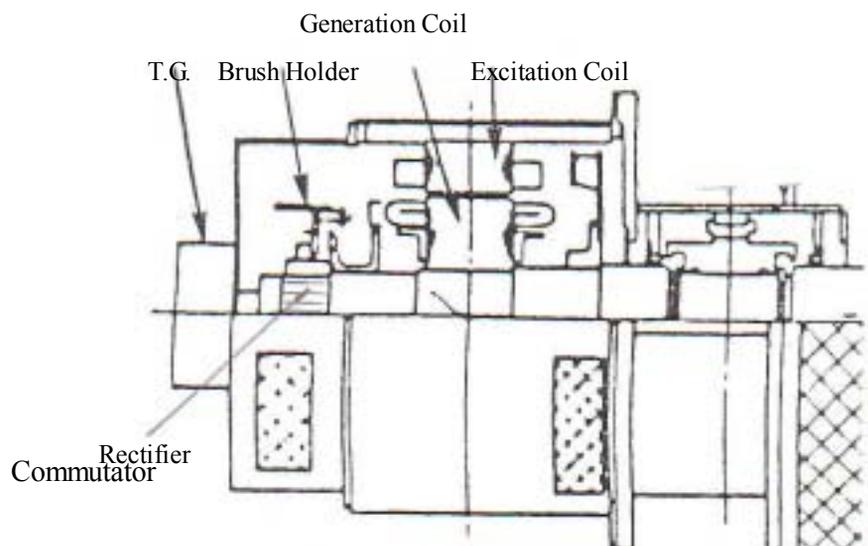


図 3.2.14 直流励磁機

図3.2.14は直流発電機の構造と各部の名称を示す。

この発電機は磁極を固定し、発電コイルを回転させる構造になっており、発生電圧は、直流を得るための整流子から、 brushes を介して取り出す。

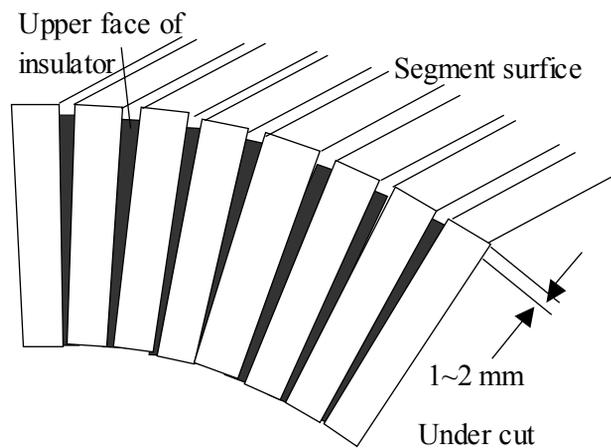
整流子は個々の発電コイルの両端に、それぞれ取り付けられた整流子セグメントと呼ばれる銅版を、形状を揃え、電氣的に整理された順序に集合し、おのおのを絶縁して圧着合成している。

B. 保守の要点

整流子

整流子は、回転に伴って周期的に発生するコイル電圧の最大値を、その位置に接触している brushes から、次々にコイルを切り換えて引き出す働きをしている。

したがって、この部分にはできる限り火花が発生しないように brushes の位置、押し込み強さを調整し、セグメントの表面がチョコレート色に光っている状態に保たなければならない。長年運転したものは、セグメントの銅が消滅し、セグメント間の絶縁に使用している雲母板が現れて火花の原因となっている場合があるので、適宜雲母板をセグメント板より下になるよう、加工しておく必要がある。この作業をアンダーカットといい、金切鋸の刃または特殊なノミなどの工具によって、セグメント表面に傷をつけないよう、入念に行う。



Source: JICA Study Team

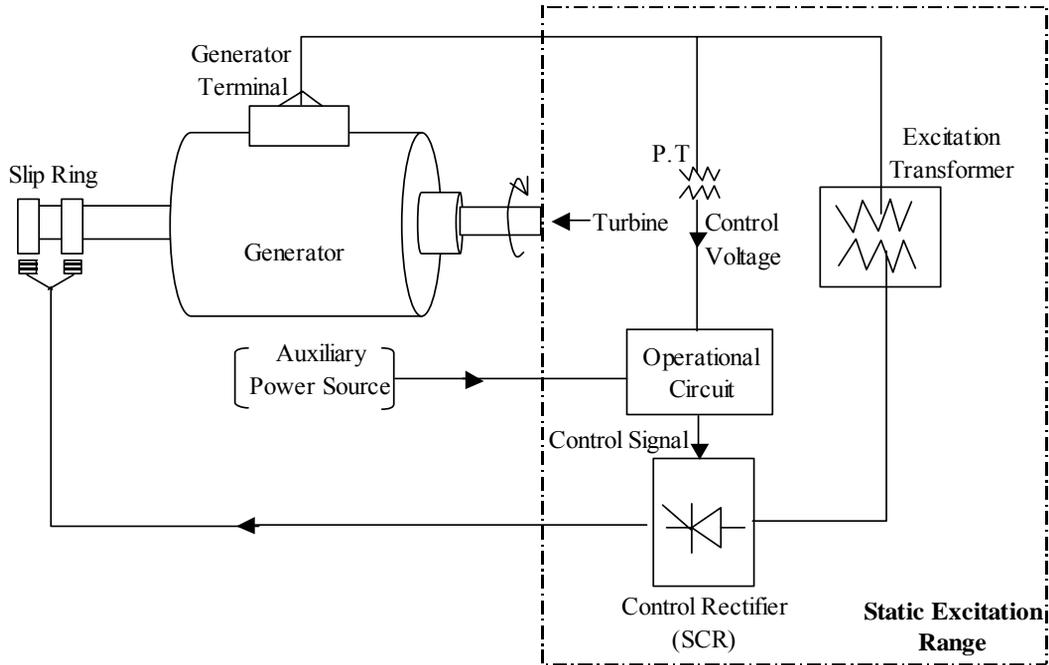
図 3.2.15 整流子

残留磁気

励磁機は、起動時において、固定子磁極の残留磁気による微弱な発生電圧によって、自己励磁を繰り返し、電圧上昇をする、いわゆるビルドアップ作用によって電圧を確立する。励磁回路に急速減磁方式などの制御をしている場合や、界磁回路の開放時の逆起電力、分解作業の後など、何らかの原因で残留磁気が失われ、電圧の確立ができないことがある。この場合は、磁極に外部から乾電池などの3V程度の電圧で、微弱励磁をすると、ビルドアップが起こる。

最近の発電システムではこのような現象を避けるため、所内用蓄電池から起動時に弱電流を流して起励する、いわゆる初期励磁方式が採用されている。この場合、初期励磁量が多すぎると、初期励磁を切って自己励磁に移る過渡時に、励磁立ち遅れなどのトラブルを生ずることがあるので、保守点検時、初期励磁を確認しておく必要がある。

(2) 静止励磁機



Source: JICA Study Team

図 3.2.16 静止励磁機

図3.2.16は静止励磁機の構成を示す。

A. 構成と原理

この励磁機は、自己の発生電流を整流して、励磁電流とするもので、この方式を、主発電機を含め、自己励磁交流発生器と呼ぶ。

励磁電流を得る回路は、高圧を低圧にする励磁変圧器、交流を整流し、同時に励磁量を制御する制御整流器、発電機電圧を受けて演算し、制御信号を発信する演算回路の主要部で構成されており、いずれの部分も機械的運動を伴わないので、静止励磁機といわれている。

演算回路は、アナログ回路のものと、CPUを使用したものがあり、電圧調整、力率調整などを行う部分（#90）は小型電動機で駆動するポテンショメータを用いるが、CPUのものはデジタル指示によりソフト内で行うものもある。制御整流器の代表的な素子はSCRであるが、古いものは過飽和リアクトルとシリコン整流器の組み合わせによっているものがある。

B. 保守の要点

基本的にこの励磁器は保守の手数を省き、運転制御の自動化を容易にするために開発されたもので、回転機に比べ保守は容易である。

演算回路

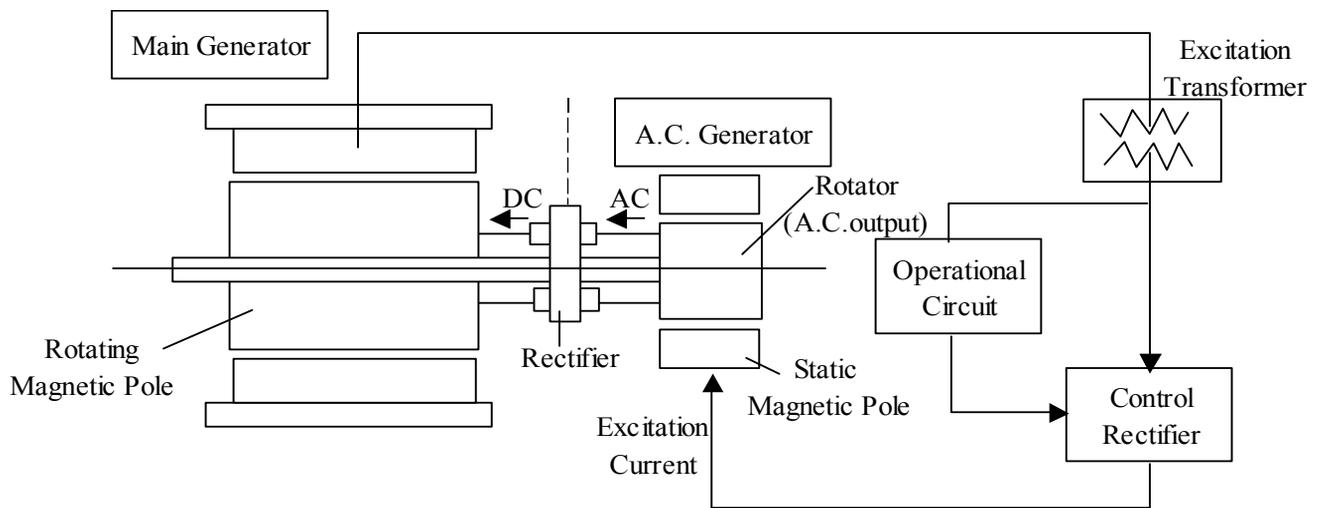
電子部品を多く使用しているため、温度、周囲温度、埃など、電子製品を扱う基本的な留意事項を守らなければならない。特に埃については、湿気とともに除去が難しいので、乾燥した温風の吹き付けによる清浄を行い、部品表面をきれいな状態に保つ必要がある。

制御整流器

発熱を伴う部分なので、放熱器における虫の付着、蜘蛛の巣などの除去に努めなければならない。

ブラシレス励磁方式

図3.2.17に、ブラシレス励磁方式の発電機構造を示す。



Source: JICA Study Team

図 3.2.17 ブラシレス励磁方式

A. 構造の概要

この発電機は主軸に励磁用回転子、整流器、主発電機の回転磁極を取りつけており、主軸と共に各部が同時に回転する。励磁機は固定子が磁極になっており、回転子には交流が発生する。この間は磁気のみで交叉するので、ブラシは必要としない。

発生した交流電圧は直接同軸に取り付けられた整流器に入り、整流した後、同じく同軸にある主発電機の回転界磁コイルに導入され、この間にもブラシは存在しない。

主発電機からの出力は、励磁トランスを経て、全く静止励磁と同じ方式で、励磁交流発電機の固定界磁極を励磁する。

B. 保守の要点

基本的には保守を要しないことがモットーで、回転発電機において最も保守に手数を必要とするブラシ部をなくしたことによって、その目的は達せられていると考えられる。

保守の要点としては、静止励磁機と同様であるが、整流器が回転している部分があるの

で、定期的に停止の折、遠心力による機械的な取り付けの緩みなどの点検が必要である。

3.2.4 調速機

A. 調速機の概要

調速機はメーカー、製作年代、主機の大きさ・種類などの条件によって、その方式や形状にいろいろな種類があり、その構造や取り扱い方を一義的に表すことは難しい。

しかし、機械式調速機の原理はほぼ共通しており、最も多く用いられている二重復元式の動作と構成について記載したものを、Part 1 Appendix 5 として添付したので参照されたい。

図3.2.18 は、500 kW～3,000 kW級の横軸水車用として多く使用されている中国製の油圧機械式調速機で、この取扱説明書も Part 1 Appendix 6 として添付する。

この調速機は、発電機と同期した速度の電動機で、振り子を回し、振り子につけられた重錘が、遠心力によって移動する偏位によって、油圧配圧弁を切り換え、速度

の変化を検出する速度検出部を持っている。配圧弁の偏位によって切りかえられた圧油は、いくつかの機構を経てサーボモータの主配圧弁を作動させ、サーボモータを移動させる。サーボモータのスピンドルは、クロスヘッド部でゲートアームを動かし、ゲートシャフトを回し、ゲートシャフトについているアームを連結棒によって、水車のゲートリングを動かす。

ゲートリングは水車と一体になっており、水車のガイドベーンリンク機構を介して、ガイドベーンを開閉し、水車の入力を変えることにより、速度の変化を一定速度に納める方向に調整する。

水車の出力を、ある値以上に大きくしないように制限する場合は、機械的な負荷制限装置があり、これを希望する位置に設定する。また、任意の負荷において、定格回転数が得られるように調節する速度調整ハンドルを有している。

B. 保守の要点

調速機は、一度調整すると、それほど調整が狂うものではないので、特に保守に手数を要しないものであるが、小さい部品が精度良く動く必要があるため、部分的な部品の故障に



図 3.2.18 調速機

よって、使用できなくなる場合がある。

速度検出調整部

振り子の重錘とスプリングが、微妙なバランスを保ちながら、振り子と一緒に回転する配圧弁を持っている部分で、最も故障発生率の多いところである。

この部分の故障を現場で補修することはできないので、常に良品の予備品を持ち、交換する方法を取らなければならない。保守員が、この取替要領を熟知し、交換の実技に習熟すれば、故障の回復が早くなる。

表示器

速度調整機の設定位置、負荷制限器の設定位置、サーボモータの開度の3種類を表示する大きな表示機がある。各針の位置と、実質の開度などが合っているかについて、定期的に確認をする。

漏油

アクチュエータ部が、キャビネットに納められ、その内部が狭いので発見しやすいが、漏油は全ての故障の原因にも繋がるので、注意して点検し、適宜補修をする必要がある。

クロスヘッド

ピストンの往復動の直線運動を、アームの回転角に変えるときに起こる、アーム先端のスピンデル芯に対する上下運動を押さえながら、大きな力を伝達する部分なので、各褶動部に掛る摩擦力が大きい。

このため、この部分の潤滑は、グリースよりも粘度の高い潤滑の方が効果的なので、充分清掃し、油を切らさないように給油しなければならない。

3.2.5 圧油装置

A. 構成と動作の概要

図3.2.19は、小水力発電用に多く用いられている调速機と一体に組み込んだ圧油装置である。

この装置は、集油槽、油圧ポンプ、中間油タンク、空気槽、圧油タンクの主要部で構成し、運転の補助器具として、油面計、圧力計、圧力リレー、空気抜き弁、油抜き弁、安全弁、油圧ポンプ駆動電動機、フィルター、空気槽内部の空気弁、付属するバルブ、コックなど多くの部品を用いてい



図 3.2.19 圧油装置

る。

圧油装置は、油圧式自動调速機を作動させるための圧油を调速機へ供給するための重要な装置で、安定した圧力と、十分な圧油の供給量を常に保持しなければならない。

図3.2.20は、図3.2.19の装置の動作説明図である。

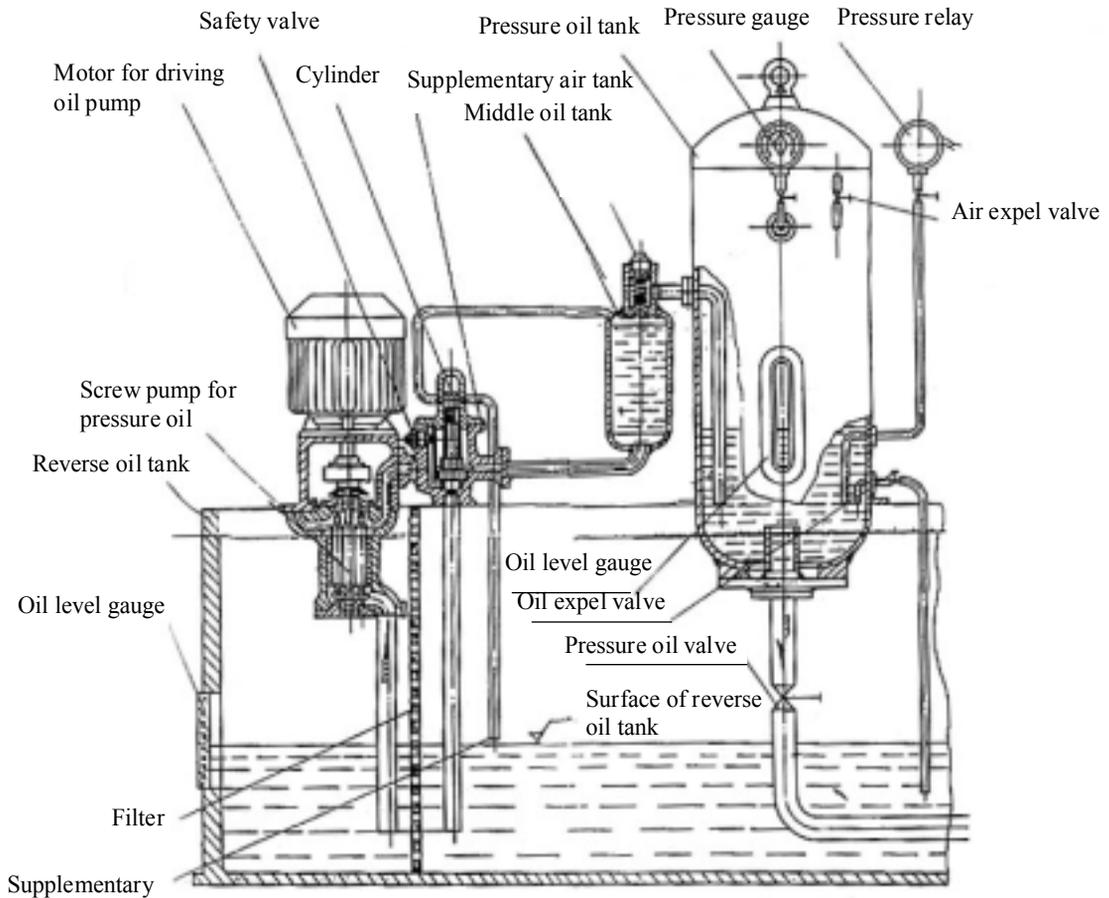


図 3.2.20 圧油装置の構造と各部の名称

圧油タンク

圧油タンクは、規定の油量を規定の圧力範囲に保って保有するタンクで、调速機へ油を送り出す弁と、油と空気の供給を受ける入口を持っている。

規定油量は、タンクの正面についている油面計で確認する。油が圧油ポンプで供給されて、圧力が高くなると、圧油タンク内の空気が圧縮されるため油面は上昇する。调速機の使用する油を、タンクから供給すると、油面は下がるので、空気が膨張し油圧が低下する。

このように油圧と油面は密接な関係があり、油面が規定の最高位置にあるとき、油圧が規定油圧の上限値に、油圧が下限値に達した時、油面は最低油面より少し余裕を持った位置にあれば、理想的な状態である。

油圧ポンプ

油圧ポンプは、圧油タンクに油を供給するため、圧油タンクの圧力に抗して、規定量の油を押しこむので、歯車ポンプまたはネジポンプなどの高圧ポンプを使用する。

圧力計および圧力リレー

圧力タンクには、圧力計と圧力リレーが設置されている。圧力計は通常、圧力を指針で示す。ブルードン管形の圧力計を使用し、圧力タンク内の圧力を指示する。また、指針を中間にして、圧力の高い位置と低い位置に、それぞれ針止めを置き、指針が針止めに接触すると、電気的な信号を出し、警報または主機の停止を自動的に行わせる。

圧力リレーは、圧力計と同様の構造のものを使用し、常時、指針が圧力の低い方に接触したとき圧油ポンプを起動し、指針が圧力の高いほうに接触したとき圧油ポンプを停止する働きをする。従って、このリレーの指針が圧力の高いほうに移動しているときはポンプが運転中であり、低い方に動いている時は圧油ポンプが停止し、油の供給がないために、圧力タンクの圧力が下がってきていることを示す。

中間油タンクと空気供給槽

この二つの部分は、圧油タンクの油面を自動的に調節する働きをしている。

圧油ポンプが停止すると、ポンプから中間油タンクの中の油路が減圧されるため、中間油タンク上部の逆止弁が作動して、圧油タンクの圧油がこの油路に流れ込むのを阻止する。このとき、空気供給槽のシリンダーが降下し、中間油タンクと集油槽内に下がっている空気吸入管の通路を形成する。

このとき、集油槽の油面が下がっていて、空気吸入管の下端が油面の上に出ていると、油面と吸入管下端の間から、空気吸入管に集油槽内の空気が入りやすくなるので、中間油タンク内の油は、空気と入れ替わりに空気吸入管から集油槽内に排出され、やがて中間油タンク内は空気で充満される。

この状態で、油圧ポンプが始動すると、ポンプから吐出された油は、空気供給槽のシリンダーを押し上げ、空気吸入管と中間油タンクの中の通路を遮断し、空気供給槽と中間油タンクの油通路を作るので、油は中間油タンクに流入して、充満されている空気を圧縮し、逆止弁を押しあげて圧油タンクに先ず圧縮された空気を押し入れ、ついでポンプからの油を供給し続ける。

圧油タンクの圧力が上限に達して、油圧ポンプが停止したとき、圧油タンクには、動作以前よりも中間油タンクから押し入れた分の空気が多くなっているため、圧油タンク内の油面が下がり、油量が減少している。この減少した油は集油槽に戻るようになるので、集油槽の油面はその分上がることになる。

集油槽油面が高くなって、空気吸入管の下端よりも上に上がっているときに、油圧ポンプが停止し、逆止弁が働き、空気供給槽のシリンダーが下がって中間油タンクと空気吸入管の間に油の通路が出来ても、空気吸入管の下端が油の中に入っているため、ここから空気が吸入出来ず、したがって中間油タンク内の油の排出も出来なくなるので、中間油タンク内

は油が充満した状態のままとなる。

この状態で、圧油タンク内の油圧が下限に達し、油圧ポンプが始動したときは、中間油タンクに空気がないので、油だけが圧油タンクに送り込まれる。

この様な動作を繰返し、圧力タンク内の油面をほぼ一定に保ちながら、運転を続ける仕組みになっている。

空気抜き弁と油抜き弁

前項の圧油タンク油面一定化装置の基本的な考え方は、圧油タンク、集油槽、その他の装置に使用されている油の総量が常に一定であり、圧油タンクの油面が上がって、圧油タンク内の油量が増えると、その分集油槽の油量が減って、集油槽油面が低下するので、集油槽の油面によって、圧油タンクの油面を知ることが出来る、ということである。

従って何らかの原因で、油の総量が減ると、集油槽の油面は常に下がっていることになり、空気吸入管の下端が常に油面から離れていることになり、圧油ポンプが駆動する度に、空気が供給されることになり、圧油タンクの油面が押し下げられる。

この様な時には、空気抜き弁によって空気を抜き出して、人為的に油面を戻すようにする。

またこの逆の場合は、空気の供給が無くなり、圧油タンクの油面が上がるようになるので、そのときは油抜き弁で圧油タンクの油を抜き、圧油タンクの油面を下げる操作をする。

B. 保守の要点

圧油装置は運転上最も重要な設備の一つであり、その機能の維持には、運転員も保守員も共に留意し、正常な状態に保つ努力が必要である。

この作業に多くの労力と時間を要する主たる原因は、運転に必要とされる圧力の安定、油面位置の適正維持などの自動調整が、中々うまくいかないことにある。

装置の動作原理は、前項に述べた通り、よく工夫されて、手数のかからないように考えられたものであるが、小水力発電用の簡便さと、経済上の要求から、低コストの機器にするための省略と、設計上の余裕が少なくなっている場合が多く、長時間にわたる最良状態の維持が難しいものが多い。

従って、漏油の防止、清掃といった、定型的な保守はもとより、設定値、動作値、動作時間の最適値を認識し、目標値を記載した標識板を機側に設置するなど、入念な運転保守を要する。

圧油タンク

次の取り付け機具に注意して保守する。

油面計の汚れは、正しい油面位置の確認を誤るので、定期的に清掃し、正しく油面を読み

取れるように保つ。

圧力計、圧力リレーは、日常点検時にも注意して観察し、両者に指示の違いがないか、指針の動きが円滑であるか、ポンプのオンロード、アンロード時間が定常時と大きな変化がないかなど、点検時間と共に記録しておく。

空気抜き弁は、抜き操作の後、正確に止められているか、手を触れて確認する。

油抜き弁は、弁開度での調整は開度の固定が難しいので、排出管との接続部にオリフィスプレートを入れて、弁全開で適正値になるよう調整する。

空気供給槽と中間油タンク

外部から直接調整する部分はないが、接続部が多いので、漏油に留意する。

集油槽

空気吸入管の下端と、集油槽油面の整合が難しいので、油面計に空気吸入管下部位置を印しておき、点検時の目安とする。この位置と、油面に長時間差があるときは、集油槽または他の部分から、外部への油の流出、または補給油時の入れすぎなどがあったことを意味し、圧油タンク油面調整の円滑さを阻害するので、新油の補充または抜き取りなど、油量の適正化を計る。

作動油は、常に塵埃の混入のないよう、開口部の塵埃付着などに留意すると共に、定期的にフィルターの清掃及び集油槽内部の油抜き取り清掃、油系統のオイルフラッシングを行う。

清掃作業後、作動油を再使用する場合は、濾過器によって除塵をしてから給油し、不足油を補充する。

作動油

作動油は、メーカーの指定する銘柄のものを使用する。長時間運転した作動油は、ポンプ通過時の摩擦による発熱と、中間油タンクにおける空気の断熱圧縮による発熱、安全弁からの高速流による放出などによって油が酸化変色したり、吸入空気の湿気・水滴の混入などによる乳化などの原因で油性を失い、正確な動作時間の維持ができなくなっている場合があるので、定期的に油質検査を行う必要がある。

安全弁

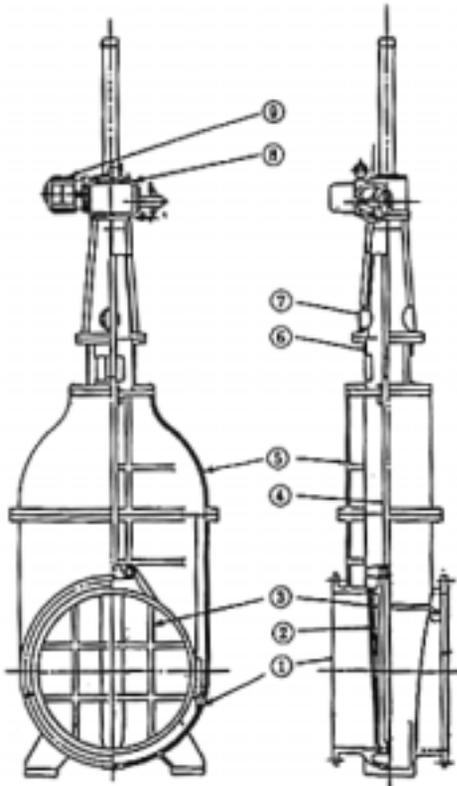
安全弁は常時上限油圧より0.1～0.2 MPa 高い圧力で動作・放油することが規定されているので、定期的に動作試験をし、記録する。

3.2.6 その他の機器

(1) 入口弁、側路弁、その他の弁

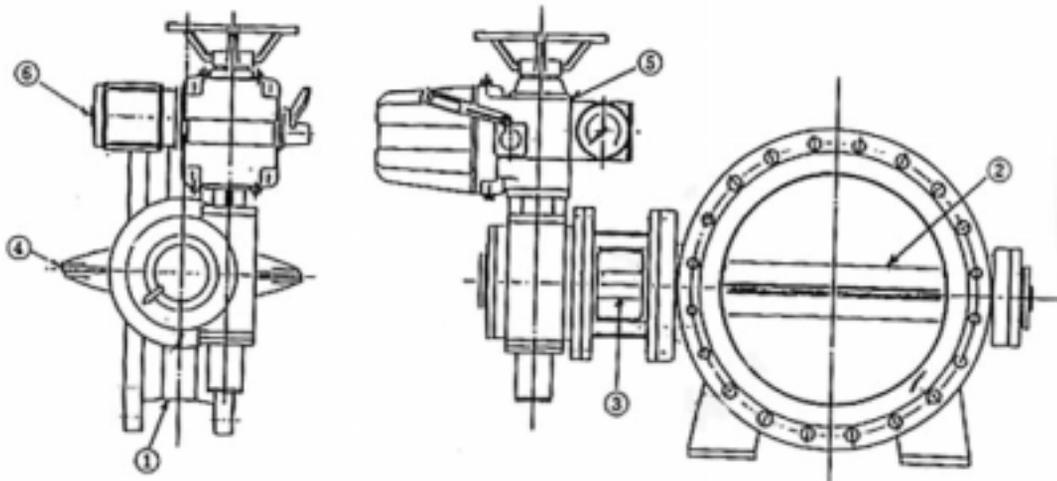
A. 種類と構造の概要

弁の種類は、図3.2.21に示すスルース弁と蝶形弁に大別される。



No.	Item	Material
	Valve Frame	Cast carbon steel
	Valve Sheet	Bronze
	Valve Body	Cast carbon steel
	Axis of Valve	Stainless steel or carbon steel for mechanical structure
	Cover	Cast carbon steel
	Stand	Cast iron
	Stand	Ditto
	Speed Reducer	-
	Electric Motor	-

図 3.2.21a スルース弁



No.	Items	Material
	Valve Frame	Pressed and stretched steel plate for general structure
	Valve Body	Ditto
	Valve Axis	Stainless steel, Cast carbon steel, or carbon steel for mechanical structure
	Valve Sheet	Rubber
	Speed Reducer	-
	Electric Motor	-

図 3.2.21b 蝶形弁

a. スルース弁

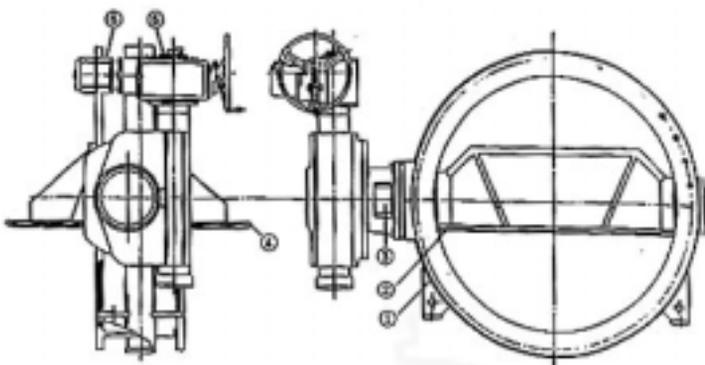
スルース弁は、弁座と弁が摺動して開閉するもので、高圧水の遮断に適する。摺動面は全面にわたって密着させる必要があり、また摺動によるシール面の摩滅、摺り傷の発生があるので、弁座と弁それぞれの摺動シール面に、不銹性で摺動性の良い青銅などのライナーを取付ける。

弁を上下するには、弁に取付けたスピンドルによるが、弁体とスピンドルを直結し、弁体の外でスピンドルを上下操作する外ネジ式と、弁に取りつけたナットにスピンドルのネジを合わせ、スピンドルを回すことによって直接弁を引き上げる内ネジ式がある。

b. 蝶形弁

蝶形弁は、管軸に直角に設けた軸に円形状の弁を取りつけ、軸の回転によって、流れに対する弁の向きを変えて水を遮断する。この弁は、弁に対する流水抵抗が、弁軸を中心として対称にかかるので、操作力が小さく、大型の弁に多く用いられる。

弁は全開時、流水の流線に沿う方向に置き、弁の厚さを薄くし、かつ断面形状を流線型にして、流水抵抗による摩擦損失を少なくする。なお、大型のものについては、軸の抵抗を避けるため、二枚の弁を間隔を置いて合わせ、2枚の弁の両端に軸をつけることにより、全開時、流水中を弁軸が横断することを避け、2枚の弁の間隔を流水が通れるようにして損失水頭を軽減したものを採用する。このような構造の弁を、複葉弁といい、単体の蝶形弁と区別している。



No.	Items	Material
	Valve Frame	Pressed and stretched steel plate for general structure
	Valve Body	Ditto
	Valve Axis	Stainless steel, Cast carbon steel, or carbon steel for mechanical structure
	Valve Sheet	Rubber
	Speed Reducer	-
	Electric Motor	-

図 3.2.22 複葉弁

c. 入口弁

入口弁としては、主として蝶形弁または複葉弁が使用され、運転時は直流電源による電動開閉を行う場合が多い。

特に大型または高圧で大きな開閉力を必要とする場合には、油圧シリンダーを用いた油圧

操作をするものもある。

さらに電源(または油圧)喪失の場合を想定し、重錘による自動閉鎖を行う機構を有する場合もある。

d. 側路弁

入口弁が大型で、大きな開閉力を有する場合、特にスルース弁の始動時の水圧による開閉力の減少を計るため、主弁の前後をバイパスして、操作前に水車側を充水するための弁を設けることがあり、これを側路弁という。側路弁は口径が小さいので、主としてスルース弁が多く使用されるが、特にペルトン水車など、高圧の場合には、特殊なニードル弁を採用することもある。

e. 排水弁、その他の弁

鉄管路終点または水車ケーシングなどの排水のために設ける弁で、主にスルース弁が使用される。また、軸受や圧油の冷却に使用する冷却水路、ストレーナ等の操作に用いる小型電動弁、圧油系統に用いる電磁弁など、水力発電所には実に多くの種類と数の弁が使用されている。

B. 保守の要点

弁の保守は、漏洩の防止でそのほとんどが尽くされる。

水力発電所は多くの弁を使用するので、その各々を漏洩の無い状態に保つことは容易な業ではなく、一見して漏水、漏油のない発電所は、他の機器においても保全・保守が完全なものといっても過言ではない。特に水は油と違って、流れてもそれほど汚れの原因にならないので、流水が放置されているが、噴出水が電気部分に飛散したり、油に水滴が混入したり、意外に大きな悪影響のある場合があるので、見逃すことなく早期の補修が肝要である。

a. 入口弁

蝶形弁または複葉弁は、全閉時に閉めこみすぎると、弁の楔作用によって固くなり、開く時に意外に大きな力を要する。このため電動弁の場合は、全閉位置のリミットスイッチの調整が微妙であり、締め込み過ぎを恐れて、完全に閉めきっていない場合が多いので、全閉位置リミットの調整は繰り返し入念に行う必要がある。

木片など異物を挟んだ場合、弁は全閉位置に達する前に、異物に当たって止まるが、その位置では全閉リミットスイッチが動作しないので、弁操作の電動機には、電圧が印加されたままとなり、電動機に過電流が流れ、弁の操作部にオーバートルクが掛るようになる。

このため、過電流を早く除外し電動機の焼損を防御するよう、瞬時動作の過電流リレーを設備して、電動機を保護する。

操作電動機は、開または閉の動作を開始するとき、停止の状態では電圧が印加されるため、瞬間的に定格電流の数倍の電流が流れ、瞬時過電流リレーが動作し、始動できないことがある。このため、開または閉の始動時には、瞬時過電流リレーを2~3秒その作動を凍結す

るシーケンス回路が必要である。

また、弁の実際の閉鎖位置が、弁と開度計に合っていないこともしばしばあるので、定期的に内部点検をし、開度計を正確に合わせ、目盛りと弁角度の相関を記録する。最近の大型弁には、弁周辺にシール用のゴムを装填したものがあるので、その破損や脱落についても、定期点検時に確認する。

b. 共通事項

弁に関する漏洩は、弁そのものでは操作スピンドル部のグランドパッキングの不良による漏洩と、弁と管または他器具との接続部からの漏洩であるが、前者の方が圧倒的に多い。

この防止には、正しい形状と材質のパッキングを使い、締め不足や締め過ぎのない正しい装着を行うことが肝要である。

(2) 蓄電池

発電所で使用する蓄電池は、発電所操作用の直流電源として設置するもので、鉛蓄電池とアルカリ蓄電池がある。

直流電源は、発電所の機器の運転電源、保護用リレーの電源に使用し、発電所の機能維持に重要な役割を担っている。

蓄電池放電容量は、放電電流の大きさ、継続時間、繰り返しのパターンなどで異なり、容量を越えて使用すると急激に電圧が降下する。設計時は、入口弁の開閉など、最も容量を要する場合を想定して決定しているが、経年変化や保守の良否によって容量の低下が起こる。

通常、フローティング充電をしているような場合、電圧のみでは容量の低下がわからないので、もし低下に気づかないでいる時、2台同時トリップなどの突発事故が起こり、各機器の一斉動作によって蓄電池の容量オーバーを来し、電圧が降下して機器の動作が途中で止まるなど、不測の大事故を誘発する恐れがある。