

特集

## 同期機

原理・構造と制御方法

文 齋藤 武, 佐々木 健治, 近藤 芳樹, 山田 幸治, 松浦 秀実 (株式会社 明電舎)  
資料提供 株式会社 明電舎

左から PM モータ制御用インバータ, 永久磁石式同期電動機 (PM モータ), 同期発電機

電気から機械, または機械から電気へとエネルギーを変換する役割を担う同期機。さまざまな分野で多用され, その重要度は極めて高い機器として扱われている反面, 構造がデリケートで, 故障時の復旧には多くの時間と費用がかかるため, 基本構造や原理, 使用方法, 保守点検, メンテナンスまでを熟知することが要求される機器でもあります。

前号の直流機に続き, 電気機器シリーズ第4弾は, 同期機をクローズアップ。近年, 注目を集めている PM モータを含め, さまざまな切り口で同期機を徹底的に分析していきます。

## 1. 同期機の原理と構造

回転電気機械である同期機は, 同期速度で回転する交流機で, 静止している「固定子」と回転する「回転子」から構成されます。これは誘導機や直流機と同じです。ではなぜ, 同期機と呼ばれるのでしょうか? 同期発電機, 同期電動機について解説します。

## 1. 同期機とは

## (a) 基本原理

同期機は, 固定子側と回転子側に擬似磁

石(磁界)を発生させます。固定子の磁石は回転磁界となり, 次々にS極(N極)が移り変わります。そのとき, 回転子は磁石の引きつけ合う力により, 回転磁界の速度と同じ速度で回転します。この速度を同期速度と呼び, 同期速度で回転させる機械を同期機と呼びます。

## (b) 同期機の種類

回転電気機械は, 大きく「直流機」「誘導機」「同期機」の三つに分類され, それぞれに対

して, さらに「電動機」と「発電機」に分類されます(図1)。

電動機と発電機は同期機や誘導機などの分類を問わず, 電気エネルギーと機械エネルギーを変換するものです。使用用途はさまざまですが, 図2のように電気エネルギーから機械エネルギーに変換するものを電動機, 機械エネルギーから電気エネルギーに変換するものを発電機と呼びます。

## 回転電気機械

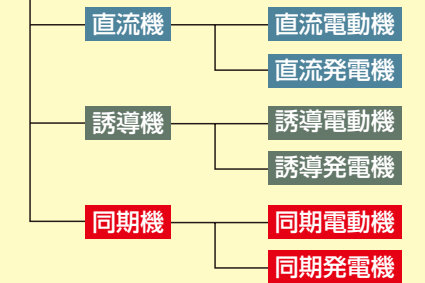


図1 回転電気機械の分類

## 2. 同期発電機の原理

ここでは, 同期発電機を例に説明します。図3のように左(N極)から右(S極)に磁束が流れている中にコイルを入れ, 時計回りに回転させた場合を考えます。コイルの導体はオレンジ色の矢印方向に磁束を切りますので, 「フレミングの右手の法則」により赤色の矢印方向に電流が流れます。なお, 電動機を考える場合は, 「フレミングの左手の法則」を適用します。

図4-1のようにコイルを横から見た場合, 導体の磁束を切る方向(進行方向)が磁束の向きと90°となる位置で電流が最大となり, 導体の進行方向が磁束の向きと同じ位置では電流がゼロとなります。コイルの各位置での電流波形(交流電流)は図4-2のようになります。

図3の電流を出力する側のコイルのことを電機子巻線と呼びますが, このような発電機は電機子が回転しているので回転電機子形と呼ばれます。回転電機子形の発電機は回転部分に大きな電流が流れるため, 電流を取り出すことが難しく, また, 冷却性能にも難点があることから出力の小さい発電機に限られます。

図3とは逆に電機子を固定して磁極を回転させてみます(図5-1)。コイルを回転さ

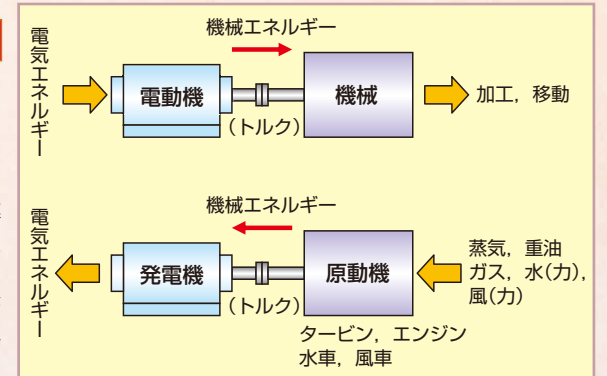


図2 電動機と発電機

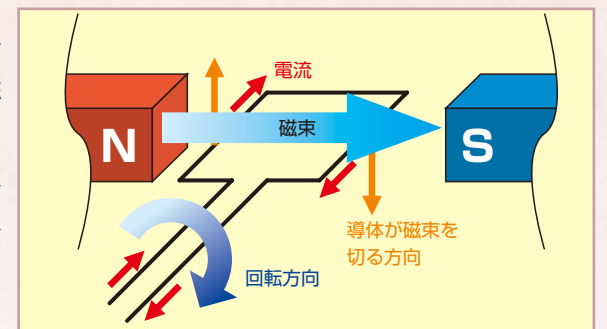


図3 発電機の原理図

せても磁極を回転させても原理は一緒です。また, 磁極は電磁石で置き換えることも可能です。実際には, 図5-2のように磁極をコイルの内側に配置して回転させる構成が一般的となります。

図5-2では, 電機子が固定側に固定子コイルとして配置され, 回転側に磁極(電磁石)が回転子コイルとして配置されます。ここで, 回転子コイルを界磁巻線と呼びます。電機子



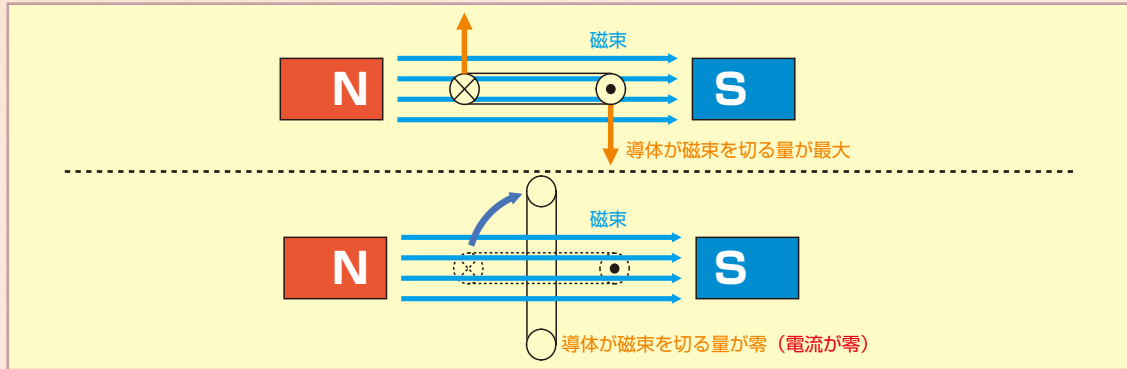


図4-1 交流電流と磁束の関係 (1)

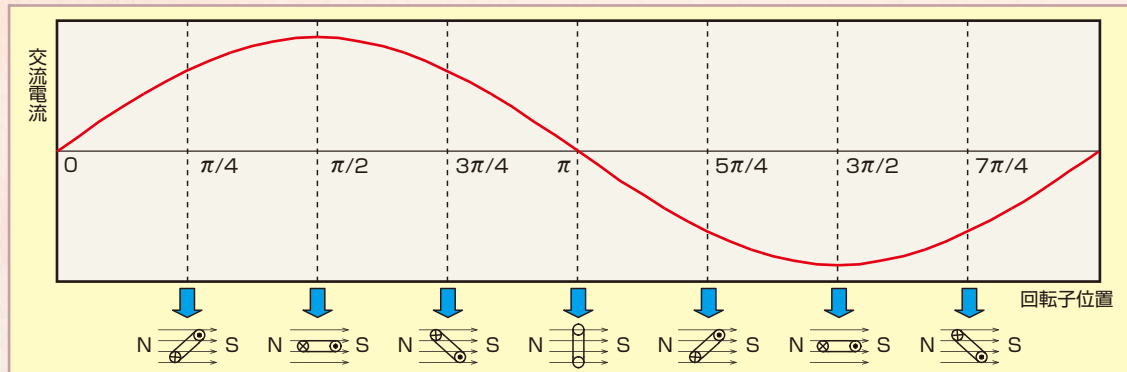


図4-2 交流電流と磁束の関係 (2)

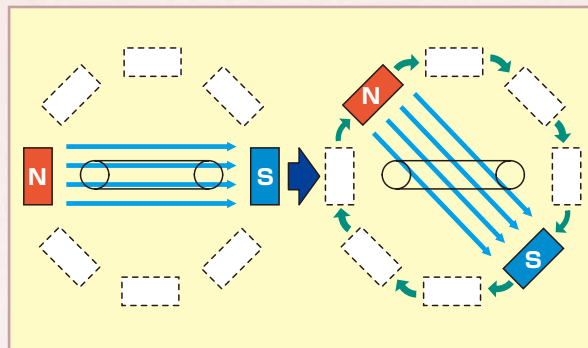


図5-1 固定したコイルのイメージ図 (1)

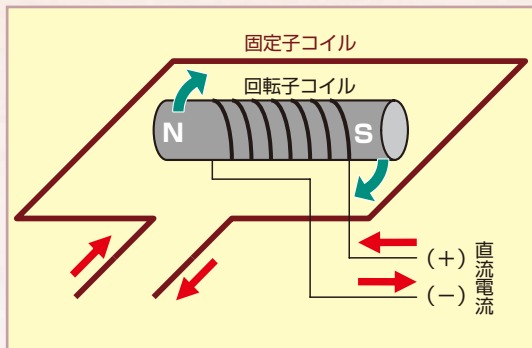


図5-2 固定したコイルのイメージ図 (2)

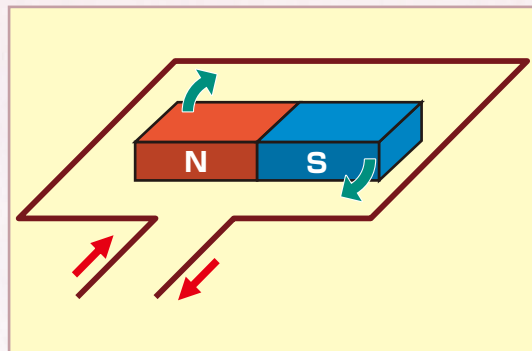


図5-3 固定したコイルのイメージ図 (3)

巻線には交流電圧・電流が流れ、界磁巻線には直流電圧・電流が流れます。図5-2の発電機は界磁巻線が回転するため回転界磁形と呼びます。

図5-3のように回転磁極に永久磁石を用いる発電機であれば永久磁石式発電機 (PMG) と呼び、電動機であれば永久磁石式電動機 (PM モータ) と呼びます。

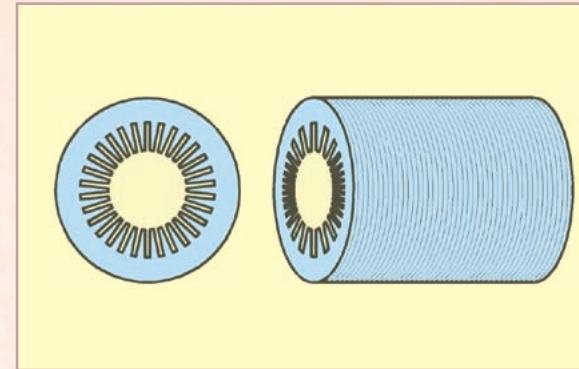
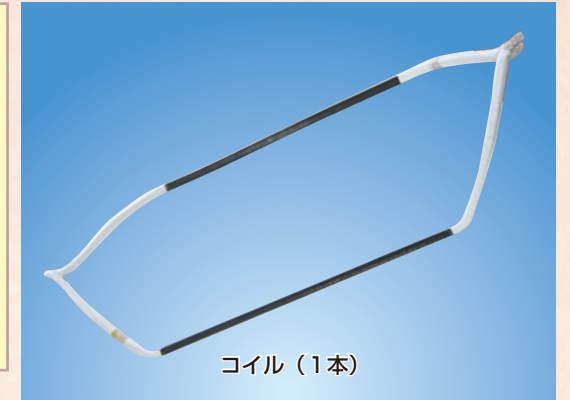


図6-1 固定子鉄心構造



コイル (1本)



固定子外観 (コイルはめ込み前)

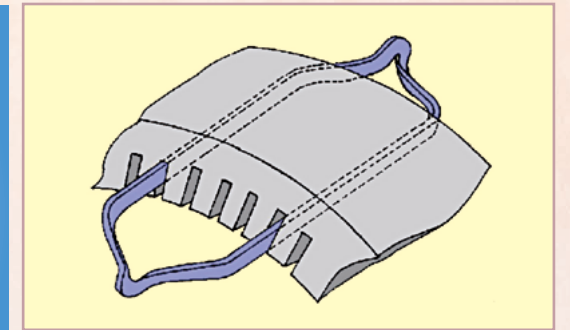


図6-2 コイルはめ込み図



固定子外観 (コイルはめ込み後)

### 3. 同期機の構造

#### (a) 固定子

固定子は固定子鉄心と固定子巻線から構成されています。鉄心は図6-1のように薄い電磁鋼板を何枚も積み重ねてできています。

絶縁処理したコイルを固定子鉄心にはめ込んだあとに、図6-2のように結線され、固定子巻線になります。

#### (b) 回転子

回転子は主軸、鉄心、巻線、冷却ファンから構成されます。

回転子には「突極型」と「円筒型」の2種類があります。突極型の回転子は、磁極が個々に突き出た形状で、磁極部に界磁巻線が取り

つけられています。円筒型の回転子は、界磁巻線が磁極部を除く全周に組み込まれています。図7は4極機における回転子断面図の一例です。

#### (c) スリップリングとブラシ

永久磁石式ではない同期機は回転子の界磁巻線に直流電流を流す必要があるため、図8のようにスリップリングとブラシが必要にな



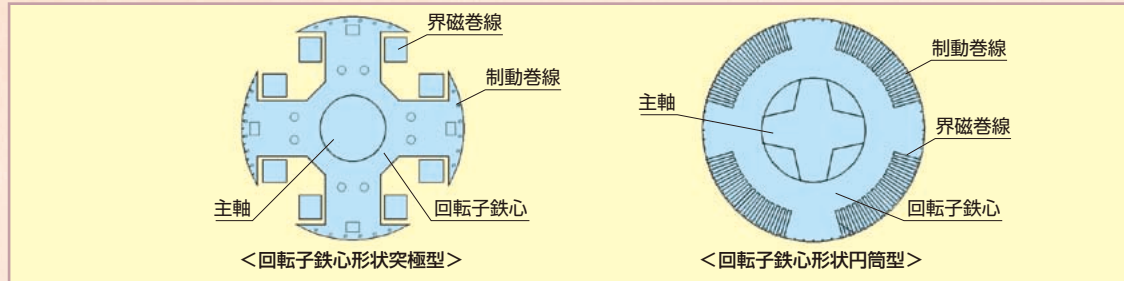
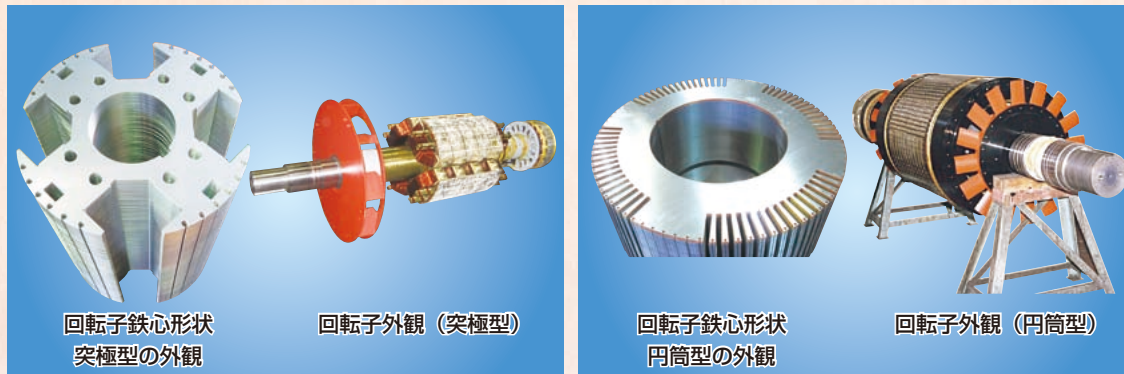


図7 回転子断面図(一例)



ります。回転するスリップリングに摩擦抵抗を極力減らしたカーボン製のブラシを押し当てて界磁電流を供給します。スリップリングをつけて界磁電流を供給する発電機の励磁方式は、制御装置(制御盤)などに交流を直流に変換する整流器が組み込まれており、静止励磁方式と呼ばれます。

静止励磁方式の発電機ではブラシがスリップリングに接触して磨耗するため、清掃やブラシ交換といったメンテナンスの手間がかかることが短所となります。ただし、静止励磁方式の発電機は次に述べるブラシレス発電機に比べると、制御応答がいいことが長所となります。

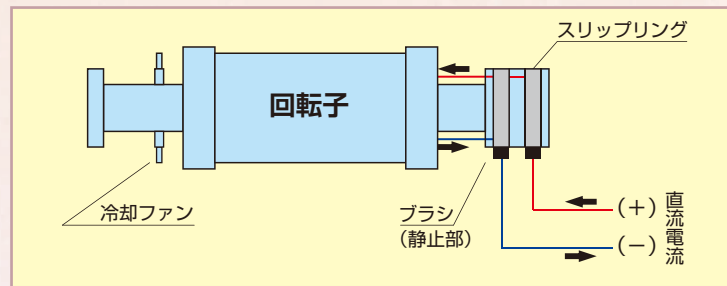
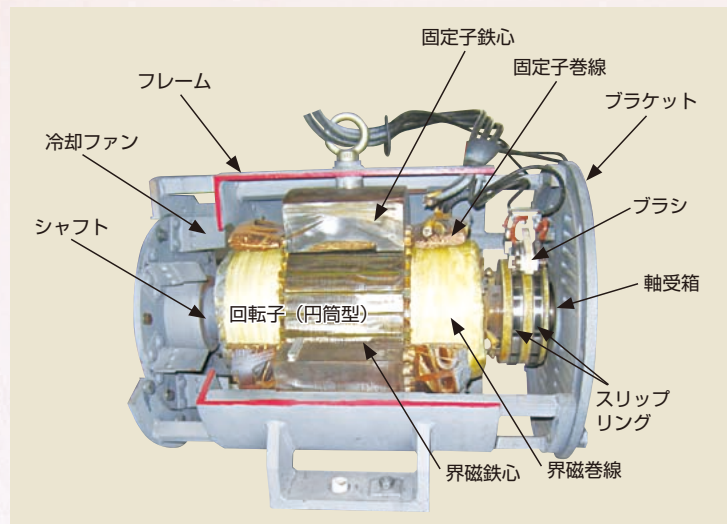


図8 スリップリング説明図



同期発電機内部構造図

#### 4. ブラシレス同期発電機の原理

静止励磁方式の発電機に対してブラシを必要としない発電機がブラシレス同期発電機です。ブラシレス同期発電機の構成は図9に示します。

ブラシレス同期発電機は主発電機と交流励磁機、回転整流器の組み合わせで構成されています。交流励磁機は表1に示すように、固定子と回転子の役割を逆転させることにより、回転部に非接触で界磁電流を供給でき

るため、スリップリングとブラシが不要となります。

ブラシレス発電機の結線図は図10のようになります。

表1 ブラシレス発電機の固定子・回転子の役割

発電機部位	主発電機	交流励磁機
固定子巻線	電機子巻線 三相交流	界磁巻線 直流
回転子巻線	界磁巻線 直流	電機子巻線 三相交流

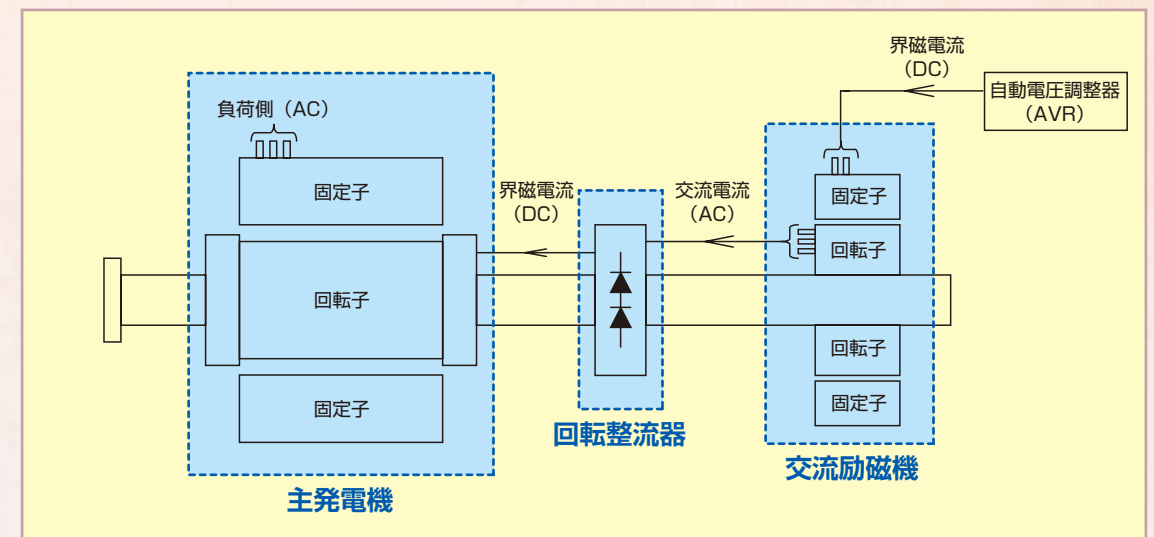


図9 ブラシレス発電機の構成図

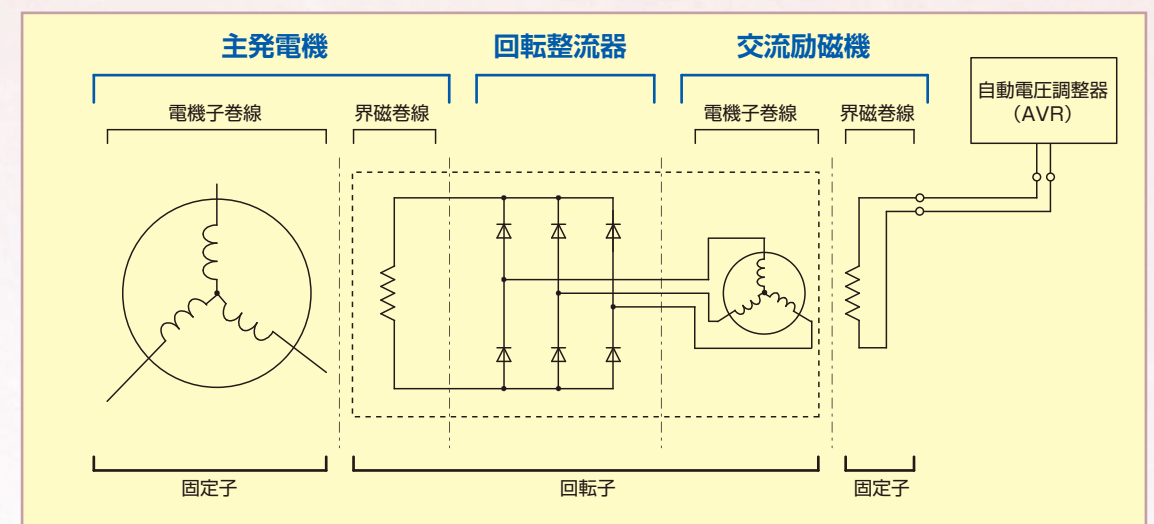


図10 ブラシレス発電機の結線図



## 2. 同期発電機の制御装置

界磁巻線に直流電流を与えると、電機子に交流電圧が印加されます（発電機に照明や動力などの負荷がつながると電流が流れます）。発電機の制御対象は電圧で、界磁電流を増減することにより発電機電圧を増減させます。界磁電流を人が手動で調整するのはあまり現実的ではありません。そこで、自動電圧調整器（AVR）により自動で制御するのが一般的となります。AVRは発電機電圧を検出して、設定値との偏差から界磁電流を調整する基本機能を持っています。

AVRの持つ各機能を説明する前に、電圧と無効電力の関係について説明します。

図11のように発電機の運転では、発電機と負荷が1対1の関係の場合（単独運転）と電力会社などの系統と並列している場合（連系運転）があります。

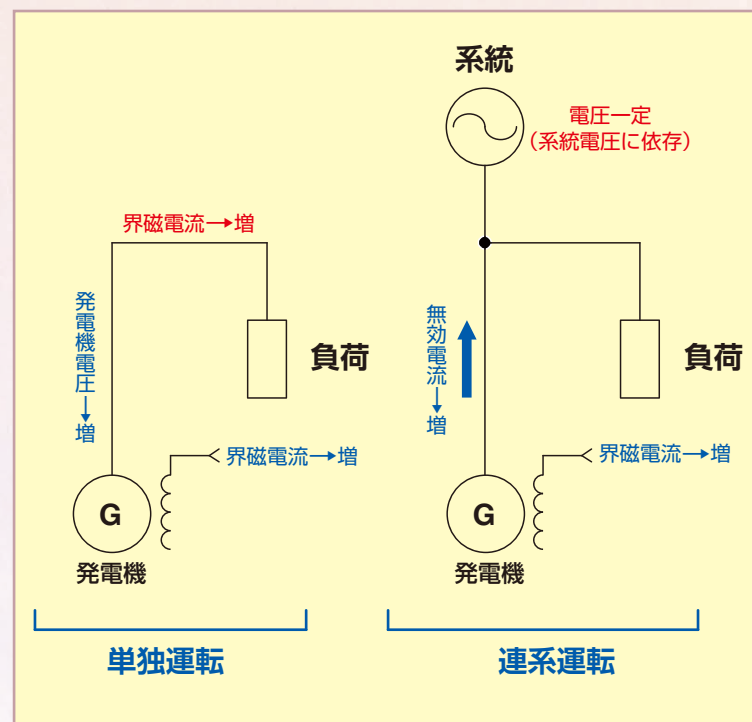


図11 界磁電流と電圧/無効電力の関係

単独運転では負荷と発生電力は等しく、界磁電流を増やすと発電機電圧は上昇します。逆の言い方をすると、負荷変動が起これば電圧が変動します。

連系運転では系統の電圧は一定に保たれており、界磁電流を増やすと電圧は変わらず、無効電力が増大します。

このように電圧と無効電力は密接な関係があり、AVRの制御では界磁電流を調整するのですが、発電機が単独運転なのか連系運転なのかで変化する対象が変わってきます。

AVRが持つ付随機能は製品ごとにさまざまですが、一般的な機能を以下に示します。

### (a) 自動電圧制御機能（AVR機能）

発電機端子電圧を、計器用変圧器（VT）を介して検出し、電圧設定器との偏差を求め、界磁電流を調整して電圧を制御する機能です。

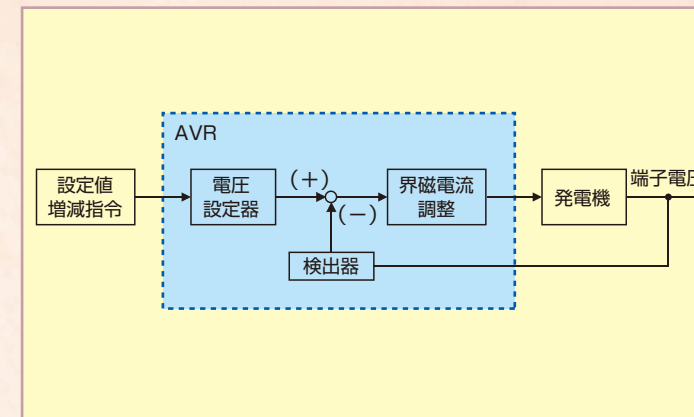


図12 AVR（基本機能）の制御ブロック図

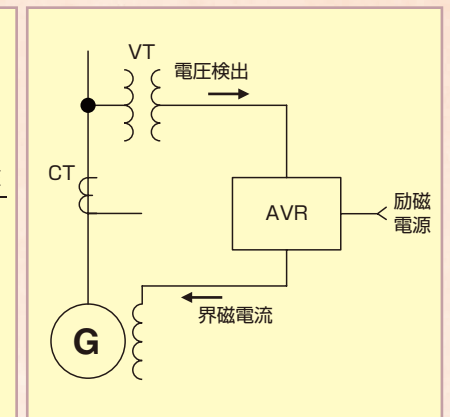


図13 AVR（基本機能）の概略単線図

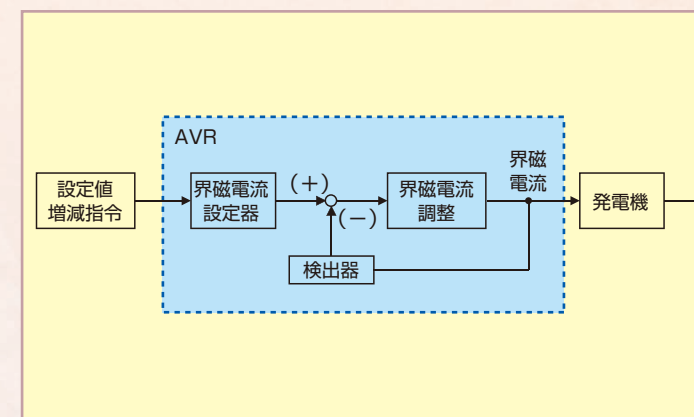


図14 AVR（AIFR機能）の制御ブロック図

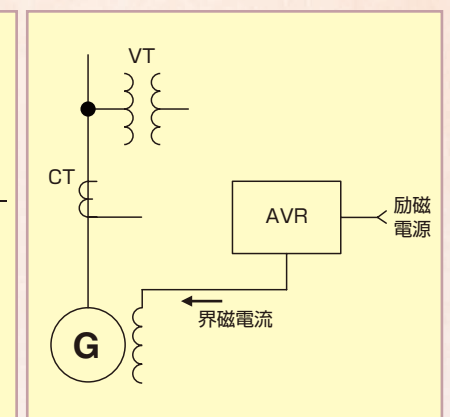


図15 AVR（AIFR機能）の概略単線図

### (b) 自動界磁電流制御（AIFR機能）

界磁電流を検出し、界磁電流設定器との偏差を求め、界磁電流を制御する機能です。AVR機能との違いは、発電機端子電圧を検出することなく、界磁電流設定値どおりに界磁電流を一定に保つ制御を行います。

### (c) 自動力率制御機能（APFR機能）

系統連系中では、発電機力率を目標値として制御することが一般的です。自動力率制御機能は検出した電圧要素と電流要素から無効電力を算出

し、力率設定器から与えられる無効電流設定値との偏差を求め、無効電力を制御します。発電機力率は発生する有効電力と無効電力で一義的に決まるため、無効電力を制御することは、結果的に力率を制御することになります。

### (d) 横流補償機能（CCC）

図12のAVRの基本機能のブロック図では、フィードバックしているのは発電機電圧です。連系運転中に系統電圧が下がると発電機電圧も下がります。このとき、図12のブロック図どおりにAVRが制御を行うと発電機電圧を上げようとし、界磁電流を増やし続けます。最終的にAVRは界磁電流を限界まで上げ、過励磁となります。これを防止する

機能が横流補償機能です。系統電圧が低下すると発電機電圧は下がりますが、電圧低下分が発電機の発生無効電力の増大という形で現れます（無効電力潮流）。そのとき、横流補償機能は無効電力の潮流を検出して、横流分を検出電圧に上乘せすることにより補正を行い、制御の健全性を保とうとします。

横流補償機能は2台以上の電源（発電機）が並列運転しているときには必要な機能です。

### (e) 無効電力限定機能（VARL）

発電機の発生電力には有効電力と無効電力があります。巻線の温度的な制限などにより図19のような横軸を有効電力、縦軸を無効電力とした可能出力曲線があり、その曲線範囲内が発電機の運転可能範囲となります（曲



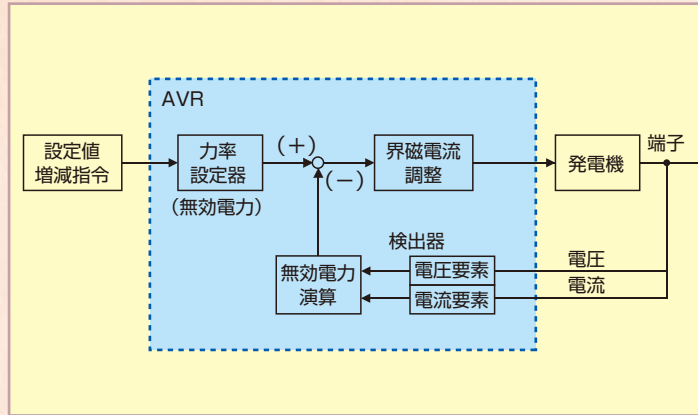


図 16 AVR (APFR 機能) の制御ブロック図

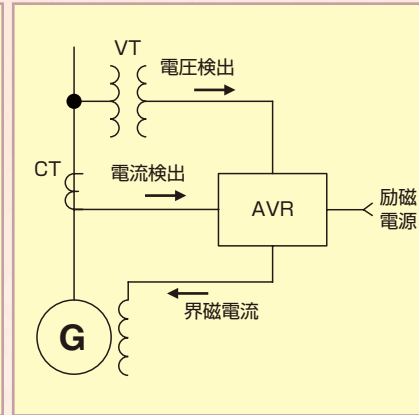


図 17 AVR (APFR 機能) の概略単線

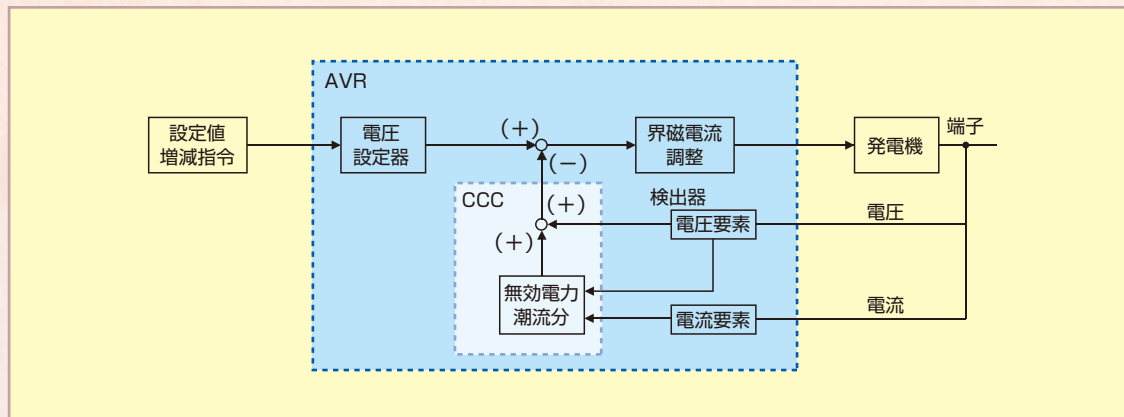


図 18 AVR (CCC 機能) の制御ブロック図

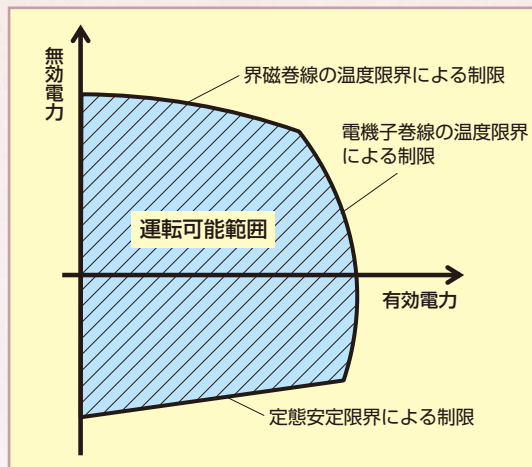


図 19 可能出力曲線

線上が発電機の運転限界となります)。

無効電力限定機能は運転点が運転可能範囲を超えないように無効電力を制御します。ま



ブラシレス発電機用 AVR

た、負荷の瞬時変動などで運転範囲を超えた場合、運転可能範囲内に戻るような制御も行います。

### 3. 永久磁石式同期電動機 (PM モータ) の種類と特徴

#### (a) PM モータの種類と特徴

PM モータは、回転子に磁石を配置しているため、界磁電流を外部から供給する必要がありません。これは同期機にあって給電機構を必要としない誘導機に似たシンプルな構造です。この磁石の配置方法により、表面磁石形 (SPM : Surface Permanent Magnet) と埋込磁石形 (IPM : Interior Permanent Magnet) の 2 種類に分けられ、それぞれの特徴があります。その特徴を表 2 に示します。

SPM は回転子表面に磁石が張りつけられ、磁石の磁束を有効活用できて、高トルク発生

に効果的です。また、トルクリップルが少ないモータとすることができ、制御性、応答性のいいモータです。ただし、高速回転時の磁石剥がれ、飛散の可能性があり、構造上の対策が必要です。

IPM は磁石が鉄心の中に埋め込まれ、その問題を改善しています。また、磁石表面の鉄心は固定子からの回転磁界を緩和して磁石の減磁対策やインバータによる界磁調整により、広範囲な出力運転が可能なモータとなります。ただし、磁石の有効活用を妨げ、磁極位置によるトルクリップルが増加するので、SPM に比べてトルク性能や応答性が劣ります。用途に応じて、適切な構造方式をうまく使い分けることが重要です。

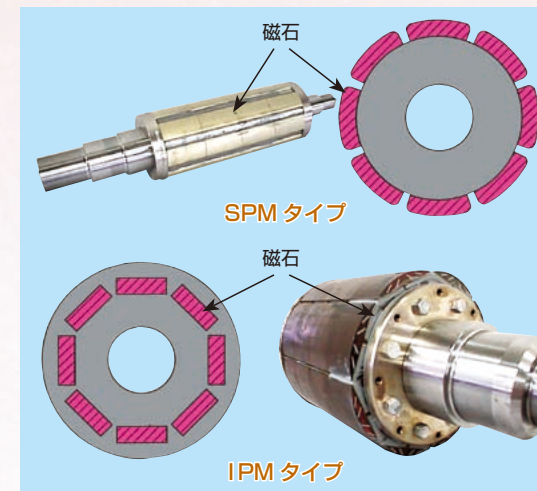
#### (b) 高効率と小型化

誘導電動機の損失は鉄損、一次銅損、二次銅損、漂遊負荷損、機械損からなります。一次銅損は磁束 (磁界) を発生させるための励磁電流とトルク発生のためのトルク電流からなる運転電流によって決まります。

一方、PM モータのトルクはフレミングの左手の法則  $F = I \times B$  (ベクトル積、ただし、 $F$ : ローレンツ力,  $I$ : トルク電流,  $B$ : 磁石



PMモータ外観



磁石配置イメージと回転子外観

表 2 IPM, SPM 性能比較表

比較項目		SPM	IPM
低速	磁束密度	○	△
	トルクリップル	○	△
	制御性・応答性	○	△
	トルク/電流, 効率	○	△
高速	許容回転数	△	○
	磁石保護	△	○
	定出力範囲	△	○
	磁石減磁	△	○



がつくる磁界)で決まります。

PM モータは磁石が磁界をつくるため、励磁電流をなくすことができ、トルク電流のみ流せばいいので、一次銅損を小さくすることができます。

また、誘導電動機はトルク発生による滑りで回転子に二次銅損が発生するのに対し、PM モータでは同期運転されるため二次銅損はありません。よって、PM モータは誘導電動機よりも全損比較では30%程度の損失低減となり、高効率運転が可能になります(図

20 参照)。

PM モータが小型化できる要因としては、損失低減により構造で定まる放熱能力を低減できること、放熱の困難な回転子での発熱(二次銅損)がないことが挙げられます。また、回転子側に誘導電動機のような磁気回路を構成する必要がないので、回転子の小型化や種々のカスタマイズが可能となります(図 21 参照)。

(c) PM モータの特長と応用事例

PM モータは、インバータ装置との組み合

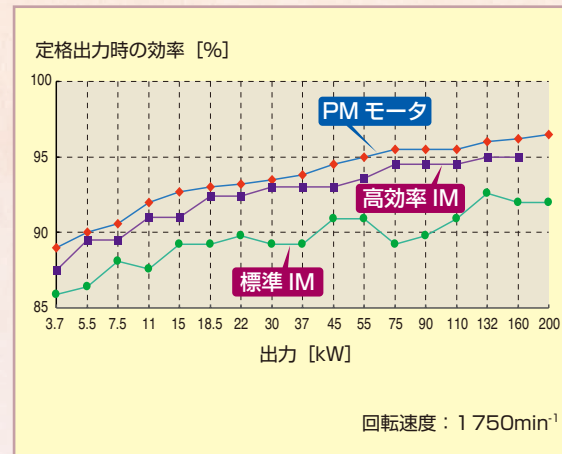


図 20 PM と IM の効率比較例

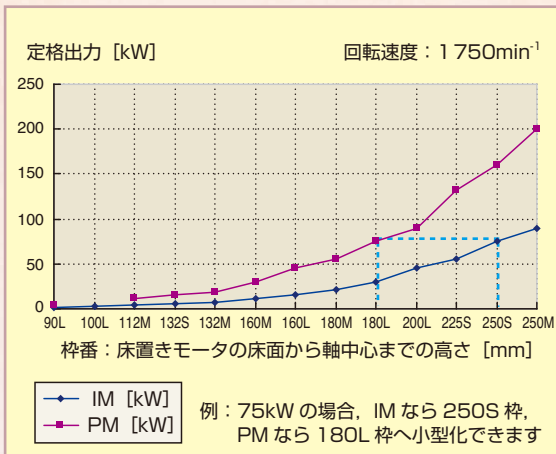


図 21 PM と IM の枠番比較例

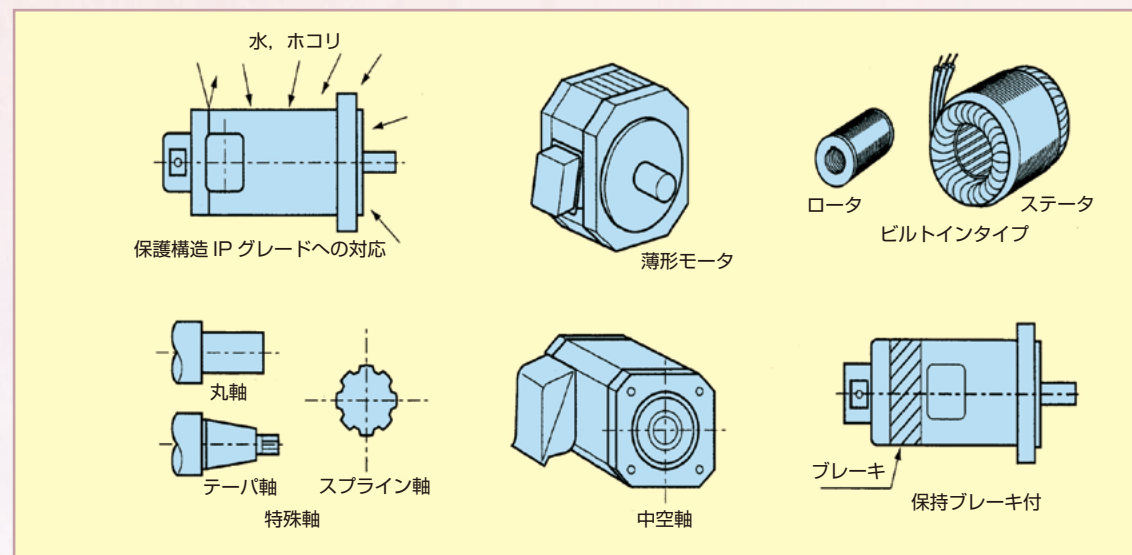


図 22 カスタムメイド

わせにより目的の性能を引き出すことができ、省スペース、省エネルギー、高トルクのニーズに応えられる性能を持ったモータです。

PM モータは次の特徴を有しております。

- ・小型化 ・ギアレス ・薄形 ・中空軸
- ・高効率 ・高力率 ・高トルク ・大容量化
- ・高応答 ・高精度

カスタマイズ例として図 22 を参照してください。

- 主な用途
- ・エレベータ ・射出成型機
  - ・コンプレッサ ・電気自動車
  - ・ダイナモメータ ・サーボプレス
  - ・合繊機械 ・押し出し成形機 ・切断機
  - ・スピンドル

(d) PM モータの制御

PM モータには誘導電動機制御用のインバータに PM モータの磁極位置検出オプションを加え、制御ソフトウェアを変更して適用しています。

PM モータ制御の速度制御系の例を図 23 に示します。このうち速度制御部は、誘導電動機のベクトル制御と同じ機能として動作し、PM モータ制御特有の部分はトルク指令以降の弱め界磁電流制御やトルク電流演算部分です。また、PM モータの回転中はモータ端子に誘起起電力が発生しているため、過速度時のインバータ過電圧や回生電流の取り扱いに注意する必要があります。

表 3 PM モータと誘導電動機のベクトル制御比較

項目	PM モータ	誘導電動機
速度・位置検出	位置検出器および速度検出が必要	速度検出のみでよい
モータ端子電圧	永久磁石の磁束は常に一定であるため、弱め界磁電流を流して端子電圧を制御する。そのため、誘導電動機に比べて定出力範囲が狭い	励磁電流を制御することにより、誘導起電力を制御できる
無負荷時電流	無負荷時は電流が、ほぼゼロとなる(弱め界磁電流制御が動作していない場合)	無負荷時は励磁電流成分の電流が流れる
トルク応答	磁束を常に発生しており、運転開始後、すぐに始動できる	励磁による磁束発生後、トルクを発生させる必要があるため、運転開始後の始動遅れがある

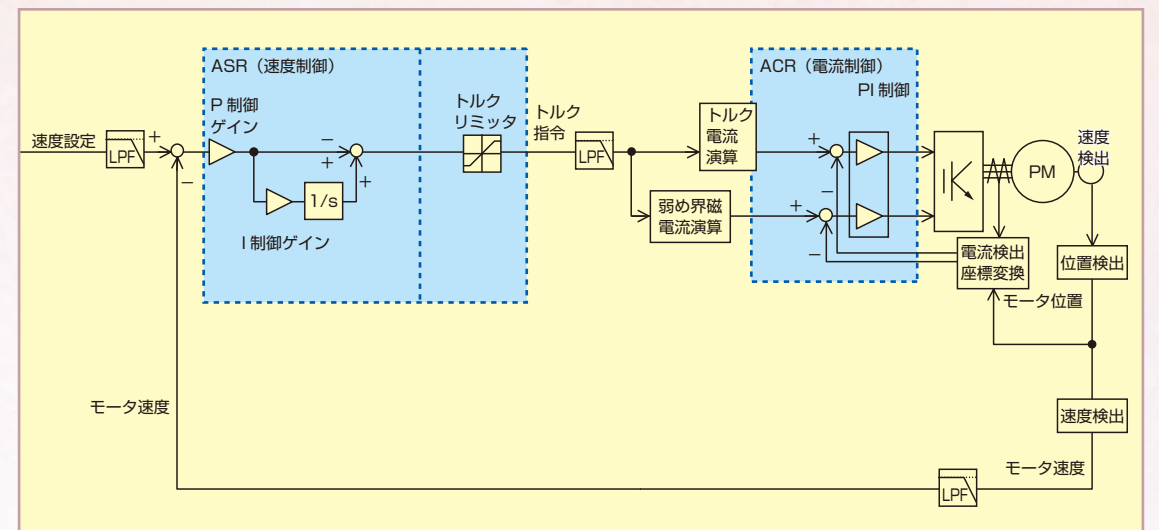


図 23 PM モータの制御ブロック例



# 4. 同期機の保守点検

## (a) 同期発電機の保守点検

同期発電機に限らず、電気機器を使用するにあたり、早期のトラブル発見が好ましいこととはいうまでもありません。また、保守点検

を行うことでトラブルを未然に防ぎ、機器の寿命を長くすることができます。そのため必要不可欠な保守点検項目を表4に示します。

表4 保守点検項目

点検の種類	点検項目	基準または方法
日常点検	外観	外観に汚損、じんあい、塗料の剥離、発錆、腐食、損傷がないか確認する
	ボルト、ナットの緩み	緩んでいた場合は増し締めをする
	各部の温度上昇	急な・局部的な温度上昇、変色、発煙に注意する
	異常音、異臭の有無	異常音（うなり）、異臭を感じたときは運転を中止する
	異常振動の有無	異常振動を感じたときは運転を中止する
	電氣的点検	電圧、電流、周波数、出力を記録し、異常値・不平衡ではないか確認する
定期点検	振動測定	振動測定（外枠の脚部、軸受部）
	軸受点検	潤滑油（グリース）の補給・交換・劣化・漏れを確認する 軸受すきま・ラビリンスすきまを確認する
	固定子点検	コイル、クサビ、鉄心・ダクト、測温抵抗体を確認する
	回転子点検	巻線、コイル、極間コイル押えの緩み、鉄心・ダクト、回転部の変形、ボルト緩みを確認する エアギャップを確認する
	交流励磁機	固定子・回転子、エアギャップ、回転整流器を確認する
	絶縁抵抗測定	回転子・固定子・交流励磁機の絶縁抵抗測定を行う

## (b) 同期発電機のトラブル原因と対策

発電機にトラブルが発生した場合は、表5

に基づく調整、交換、修理することにより復旧が可能です。

表5 トラブル原因と対策

トラブルの状態	トラブルの原因	対策
発電機電圧が発生しない	界磁巻線の断線または短絡	専門工場にて修理する
	電機子巻線の断線または短絡	専門工場にて修理する
	回転速度不足	ガバナを調整する
	回転整流器の故障	良品と取り替える
	AVRの故障	良品と取り替える
	励磁装置の断線または接続不良	断線または接続不良箇所を修理する
電圧調整不良（過電圧）	AVR入力端子部のねじの緩み、接続不良	外部ケーブル、または接続線の断線、接続不良を修理する
	AVR入力の欠相	外部ケーブル、または接続線の断線、接続不良を修理する
電圧調整不良（不足電圧）	回転速度不足	ガバナを調整する
	励磁装置の接続不良	接続不良箇所を修理する
	回転整流器の故障	良品と取り替える
	電圧設定器の調整不良	AVRを再調整する
電圧不安定	駆動機のカバナ不良	ガバナの調整または修理する
	励磁装置の接続不良	断線または接続不良を修理する
負荷変動時の電圧変動大	駆動機のカバナ不良	ガバナの調整または修理する
	連系一単独切替接点の接触不良、または接続線の不良	接触不良であれば修理、または良品と取り替える 接続線の場合は断線箇所を修理する
	不安定な負荷の接続	不安定負荷を取り除く
	AVRの調整不良	AVRを再調整する
規定電圧を外れる	電圧設定器調整不良	AVRを再調整する
横流が規定値以上に流れる	接続線の断線または接触不良	接続線の断線、接触不良を修理する
	横流補償接続線の断線	断線箇所を修理する
電機子または界磁巻線の過熱	空気冷却器の冷却不足または断水	給水ポンプ、バルブ類、配管系統を点検し、原因箇所を補修する
	鉄心部エアダクト目詰まり	分解、清掃する
	過負荷運転	負荷を適正負荷量まで減らす
異常音	軸受の磨耗	予備軸受と交換する
異常振動	不平衡負荷	負荷調整する
	駆動機との直結不良	直結を修正する
	軸受磨耗が進み、軸受の異常磨耗	軸受を交換する
	ホワイトメタルの剥離浮上がり	軸受を交換する



(c) PM モータの保守点検

PM モータの保守では軸受の交換とエンコーダの交換・調整が重要です。

軸受の交換では、回転子磁石が強力なためにモータ分解が容易ではなく、さらに、分

解・組立時にコイルやその他の部位に回転子を衝突させ、モータを破損することがあるので、細心の注意が必要です。また、エンコーダ交換では、磁極の位置合わせが制御上で重要になってきます。

表6 保守点検項目

点検の種類	点検項目	基準または方法
日常点検	外観	外観に汚損、じんあい、塗料の剥離、発錆、腐食、損傷（磨耗部分）を確認する必要に応じて清掃、塗装補修する
	ボルト、ナットの緩み	緩んでいた場合は増し締めをする
	各部の温度上昇	急な温度上昇・変色・発煙に注意する
	異常音、異臭の有無	異常音（うなり）、異臭を感じたときは運転を中止する
	異常振動の有無	異常振動を感じたときは運転を中止する
	電氣的点検	電圧、電流、周波数を記録し、異常値・不平衡ではないか確認する
定期点検	直結状態	直結状態・ガタの有無を確認する
	軸受	潤滑油（グリース）の劣化・漏れを確認し、補給・交換する
	エンコーダ	エンコーダからの信号を確認・調整する
	絶縁抵抗測定	固定子の絶縁抵抗測定を行う

(d) PM モータのトラブル原因と対策

PM モータにトラブルが発生した場合、表

7 に基づく調整、交換、修理することにより復旧が可能です。

表7 トラブル原因と対策

トラブルの状態	トラブルの原因	対策	
無負荷で運転してきかからない	音がしない	接続電線の断線	電線を取り換える
		端子締めつけ不良	完全に締めつける
		固定子コイルの断線	専門工場にて修理する
		インバータ故障	インバータを調査する
	うなる	ベアリングの破損	ベアリングを交換する
		ボルトの緩みなどによる歪み	ボルトを締めなおす
		接続電線の一部断線	電線を取り換える
		一部端子の締めつけ不良	完全に締めつける
		固定子コイルの一相断線	専門工場にて修理する
		インバータ故障	インバータを調査する
無負荷運転なら回る	うなり出す	回転子の芯ズレ（ギャップ不平衡）	再組み立て、もしくは専門工場にて修理する
		ベアリング異常音	ベアリングまたはグリース不良 グリース不足・劣化
	過熱する	固定子コイルの一部短絡	専門工場にて修理する
		インバータ故障	インバータを調査する
負荷運転	ベルトが外れる	過負荷使用	負荷を軽くする
		据えつけ不良	機械側プーリと中心を合わせ軸を平行に据えつける
		相手機械が回転しない	相手機械を調整修理する
		ベルト幅が不適当	適当な幅のベルトに替える
	速度が急に下がる	過負荷使用	負荷を軽くする
		インバータ故障	インバータを調査する
		エンコーダ故障	エンコーダを調査する
	電動機が過熱する	通風口、外被にゴミがたまっている	ゴミを除く
		過負荷使用	負荷を軽くする
		インバータ故障	インバータを調査する
		エンコーダ故障	エンコーダを調査する
		ファン故障	ファンを調査する
	運転中に異常音・振動がでる	ベアリングの寿命	ベアリングを交換する
		ブラケットボルト、ファン、ねじなどの緩み	完全に締めつける
		インバータ故障	インバータを調査する
		エンコーダ故障	エンコーダを調査する
軸受部が過熱する	通風口、外被にゴミがたまっている	ゴミを除く	
	過負荷使用	負荷を軽くする	
	グリース不足・劣化	グリースの補給・交換	
	ラジアル荷重過大	荷重を低減する	
	スラスト荷重過大	荷重を低減する	

5. まとめ

同期機の理論、構造、ブラシレス発電機の原理・制御方法、そして、PM モータの種類

と特徴について述べてきました。同期機は、電気エネルギーから機械エネルギーに変換する、または機械エネルギーから電気エネルギーに変換する回転電気機械として最も多く

使われている重要なものです。

ただし、いったん同期機にトラブルが発生すると、すぐに代替品は用意できない場合が多く、復旧には多大な時間と費用を必要とし

ます。同期機を安心して使用するために、保守点検を確実に行っていくとともに、トラブルの状態を把握したら早期に修理をする必要があります。