

## 第6章 発電機

### 6.1 発電機容量の選定

本マニュアルでは、水車発電装置は適用する水車がS形チューブラ水車である場合を除き発電機と水車はパッケージ化されており、発電機及び増速機の選定はS形チューブラ水車においてのみ記述してある。

#### 6.1.1 発電機の種類と標準化容量

##### 1) 発電機の種類

発電機の種類は三相交流発電機を適用し、同期発電機と誘導発電機の2つに分類される。

- (1) 同期発電機とは、発生する交流起電力の周波数とその発電機の回転速度に比例するものと定義され、その発生周波数は次式で与えられる。

$$f = N_0 \times \frac{P}{120}$$

f : 周波数 (Hz)

$N_0$  : 同期回転速度 (r/min)

P : 極数

- (2) 誘導発電機とは、発生する交流起電力の周波数とその発電機の回転速度に比例することなく、接続される電源の周波数に等しいものと定義され、その回転速度は次式で与えられる。

$$N_{ig} = (1 - S) \times N_0$$

$N_{ig}$  : 誘導発電機の回転速度 (r/min)

S : すべり (通常 - 2%程度)

##### 2) 標準化における発電機容量

本マニュアルで対象とする発電機容量は500kW未満とし、S形チューブラ水車を除く、ペルトン・フランシス・クロスフローの各水車発電装置は、使用水量・有効落差により選定されたパッケージ形水車発電装置により、水車・発電機及び増速機容量は決定される。

3) 標準化で適用する発電機仕様

表 6. 1 - 1 標準化適用同期発電機及び誘導発電機の仕様

| 分類項目                |                 | 同期発電機               | 誘導発電機       |     |
|---------------------|-----------------|---------------------|-------------|-----|
| 形                   | 軸方向             | 横軸形                 | 同           | 左   |
|                     | 水車との結合          | 直結又は増速機を介し接続(注1)    | 同           | 左   |
|                     | 保護方式            | 保護形 (JP20)          | 同           | 左   |
|                     | 冷却方式            | 自由通風形 (JC0)         | 同           | 左   |
|                     |                 | 出口管通風形 (JC2) (注2)   |             |     |
|                     | 軸受の種類と潤滑方式 (注3) | ころがり軸受              | 同           | 左   |
| すべり軸受<br>グリース式又は自蔵式 |                 |                     |             |     |
| 式                   | 回転子の形状          | 円筒形又は突極形            | カ           | ゴ 形 |
|                     | 中性点接地方式         | 非接地                 | 同           | 左   |
| 仕<br>様              | 定格の種類           | 連続                  | 同           | 左   |
|                     | 定格電圧            | 500~300kVA 300kVA以下 | 同           | 左   |
|                     |                 | 6.6kV 440又は220V     |             |     |
|                     | 定格力率 (注4)       | 0.95 (遅れ)           | 固           | 有   |
|                     | 定格周波数           | 50Hz又は60Hz          | 同           | 左   |
|                     | 極数 (注5)         | 50Hz 6P~14P         | 同           | 左   |
|                     |                 |                     | 60Hz 8P~18P |     |
|                     | フランス用           | 50Hz 6P~12P         | 同           | 左   |
|                     |                 | 60Hz 8P~14P         |             |     |
|                     | クロスフロー用         | 50Hz 6P~12P         | 同           | 左   |
|                     |                 | 60Hz 6P~12P         |             |     |
|                     | チューブラ用          | 50Hz 8P~16P         | 同           | 左   |
|                     |                 | 60Hz 10P~20P        |             |     |
| 100kW未満用            | 50Hz 6P~12P     | 同                   | 左           |     |
| 絶縁種別                | F 種             | 同                   | 左           |     |

- 注1) : ペルトン水車 : 全範囲直結  
 フランス水車 : 全範囲直結  
 クロスフロー水車 : 直結すると発電機極数14P以上となる場合は増速機により増速  
 チューブラ水車 : 直結すると50Hzで発電機極数18P以上、60Hzで22P以上となる場合は増速機により増速  
 100kW未満水車 : 直結すると発電機極数14P以上となる場合はVベルト又は増速機により増速
- 注2) : 据付場所の環境などにより出口管通風形の考慮が必要な場合がある。
- 注3) : 軸受の冷却は自冷式を標準とするが、フランス水車及びチューブラ水車の出力の大きい範囲では強制冷却の考慮が必要な場合もある。

- 注4) : 100kW未満の単独運転の場合の力率は0.8とする。
- 注5) : 60Hz、14Pの発電機はフランス水車にのみ適用する。  
尚、極数により定格回転速度を求める場合は、次式による。

$$\text{定格回転速度} = \frac{120 \cdot f}{P} \quad (\text{r/min})$$

ここで、f : 周波数  
P : 発電機の極数  
とする。

## 6. 1. 2 発電機の選定

### 1) パッケージ形水車用発電機

パッケージNo.により発電機容量は水車枠番から決定される。

- (1) ペルトン水車用発電機
- (2) フランシス水車用発電機
- (3) クロスフロー水車用発電機

### 2) 100kW未満水車用発電機

パッケージNo.により発電機容量は水車枠番から決定される。

- (1) クロスフロー水車用発電機
- (2) チューブラ水車用発電機

### 3) S形チューブラ水車用発電機

水車の仕様に基づき、発電機を選定する。

- (1) 同期発電機の場合  
(50Hz) : 図6. 1-2  
(60Hz) : 図6. 1-3
- (2) 誘導発電機の場合  
(50Hz) : 図6. 1-4  
(60Hz) : 図6. 1-5

### 4) 選定例

落差7.0m、流量7.5m<sup>3</sup>/sの開発地点（50Hz地区）でS形チューブラ水車を選定し、この条件の場合で適用される同期発電機の型番の決定を行う。

発電機の選定に当たっては①周波数50Hz、②S形チューブラ水車、③同期発電機の条件により図6. 1-2の選定図を適用し、図6. 1-1の要領で発電機を選定する。

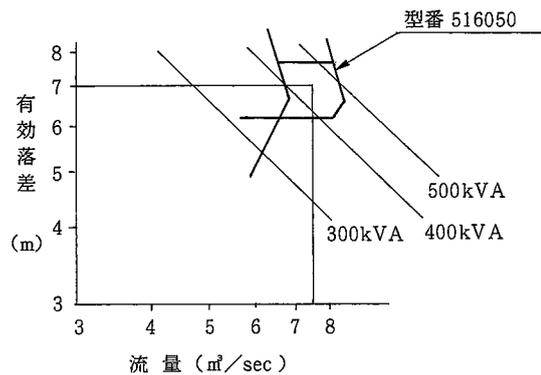


図6. 1-1 選定図の使い方

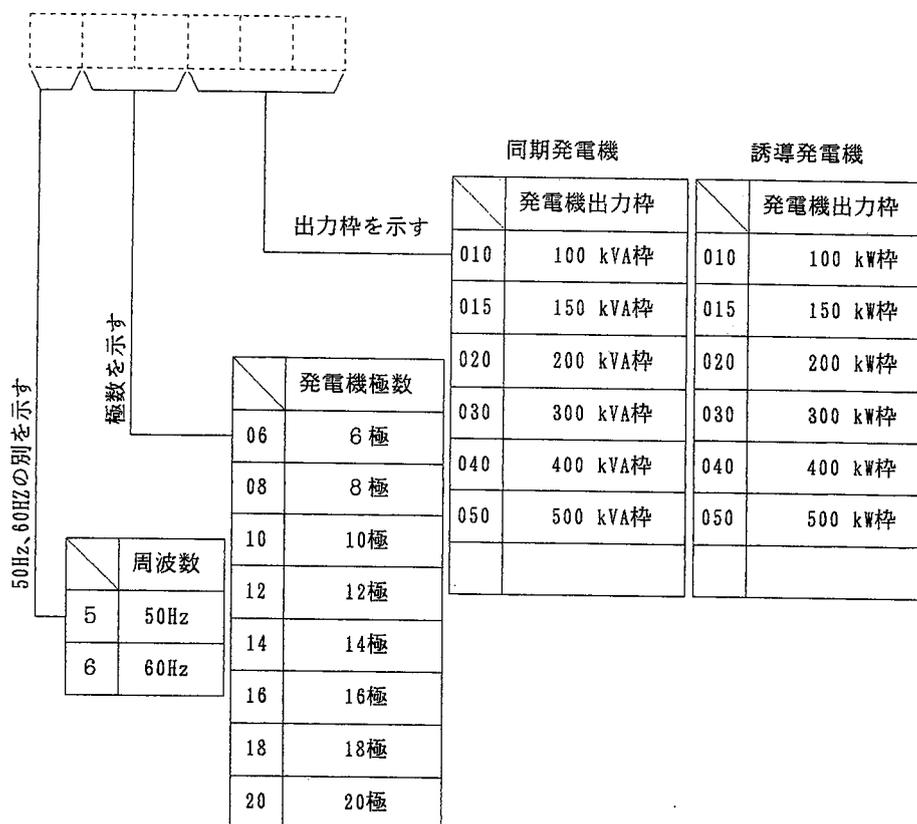
このことにより、発電機の型番516050が選定され、発電機出力枠は500kVAが得られ、その極数は16極となることが読み取れる。

5) 発電機型番記号の付け方

型番の付け方は水車の種類別に同じ考え方で決められている。

詳細を表6. 1-2に示す。

表6. 1-2 発電機の型番記号の付け方



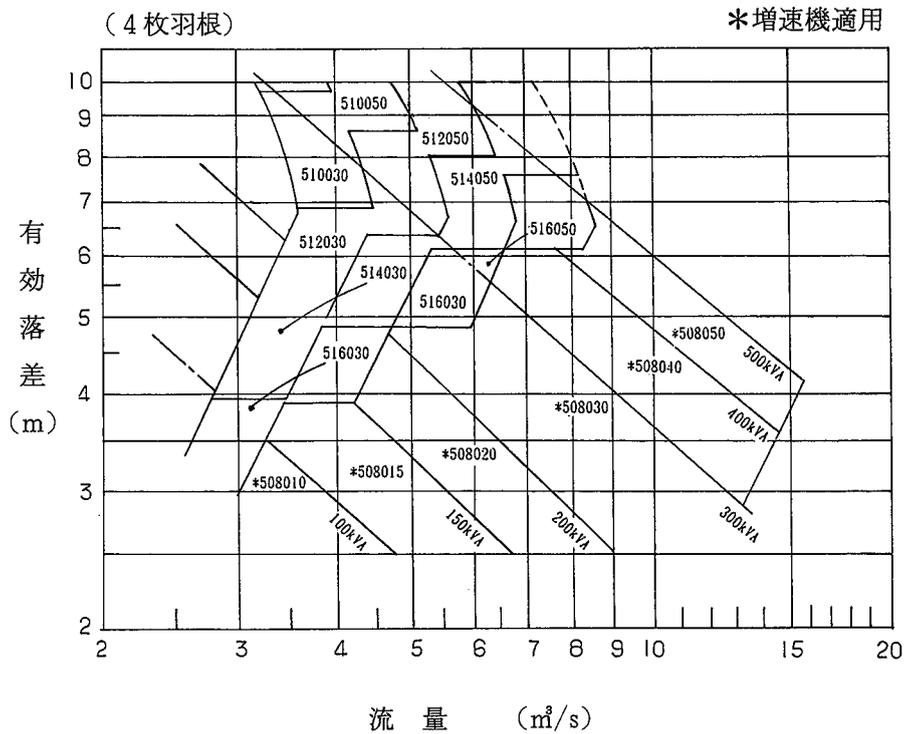
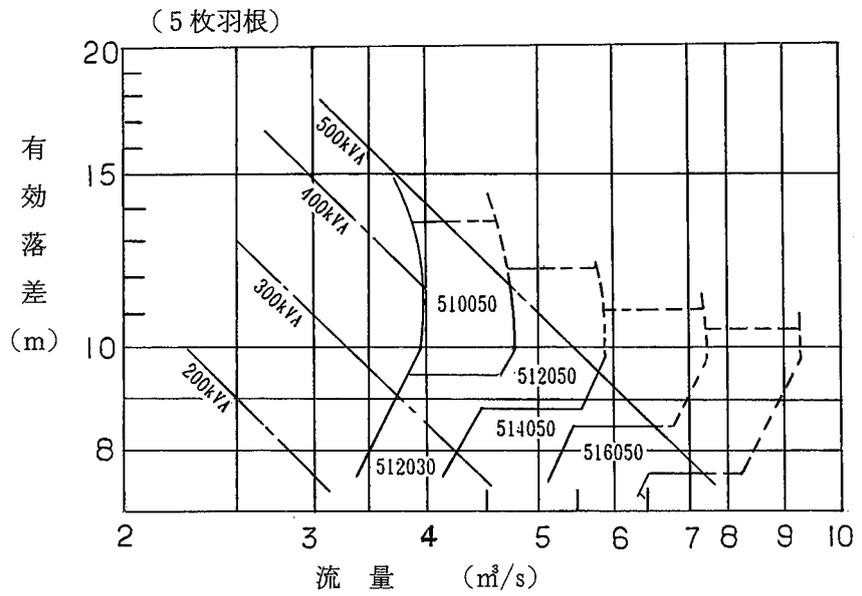


図6. 1-2 S形チューブラ水車 (50Hz) 同期発電機選定図

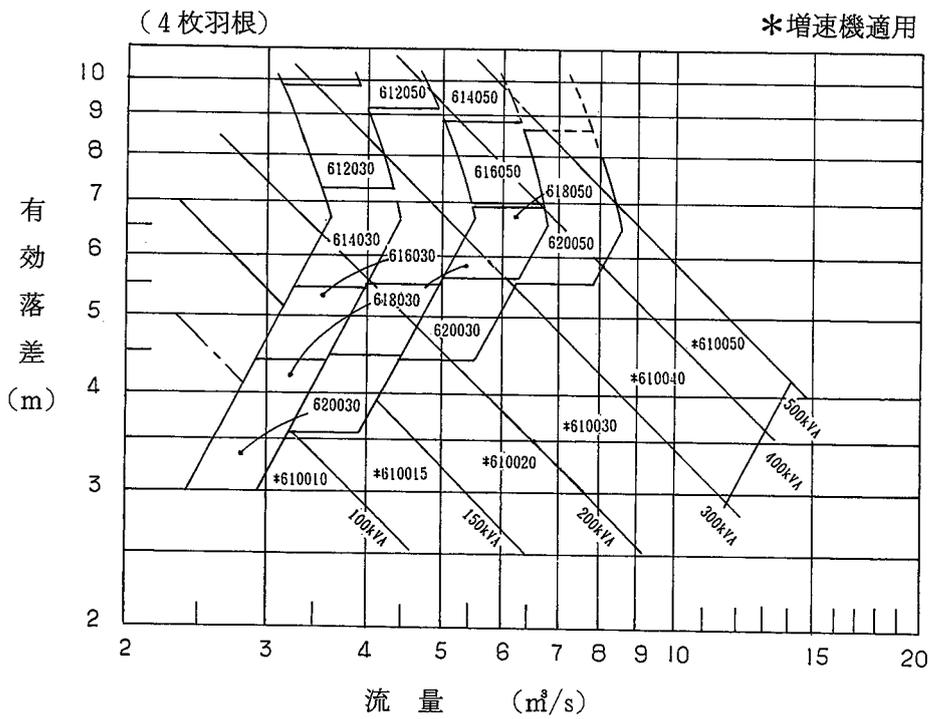
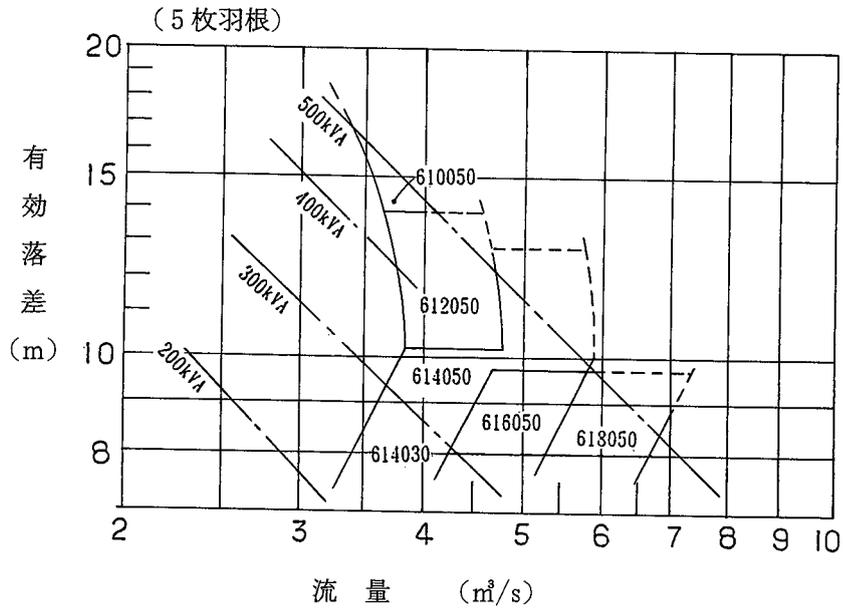


図6.1-3 S形チューブラ水車(60Hz)同期発電機選定図

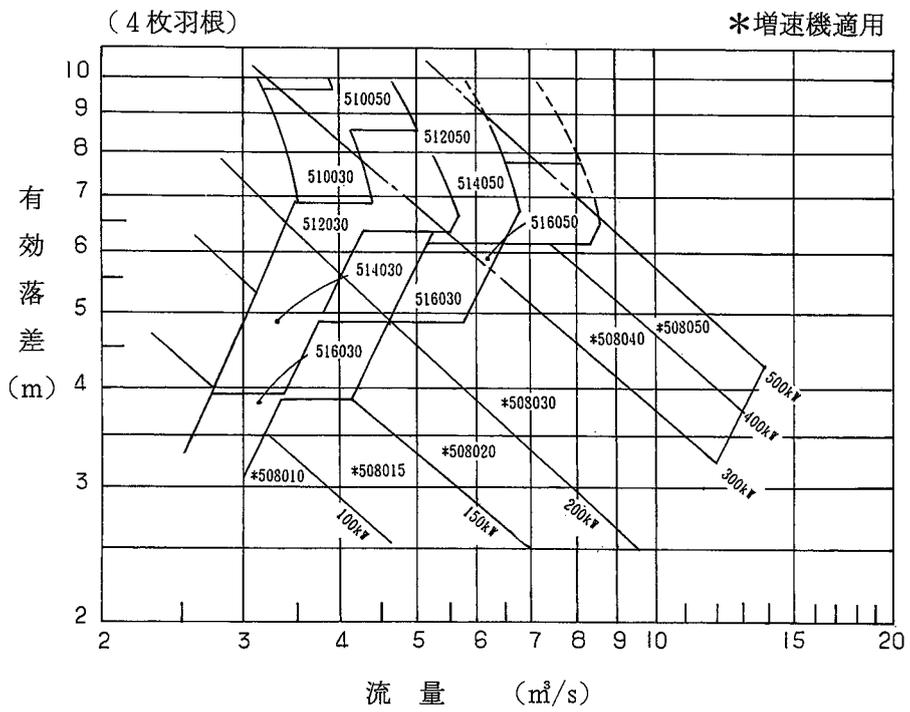
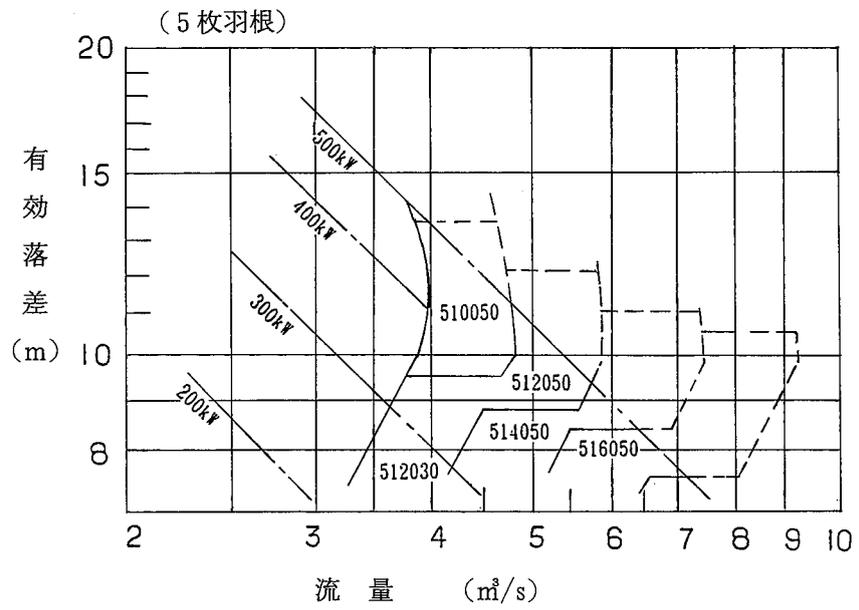


図6. 1-4 S形チューブラ水車 (50Hz) 誘導発電機選定図

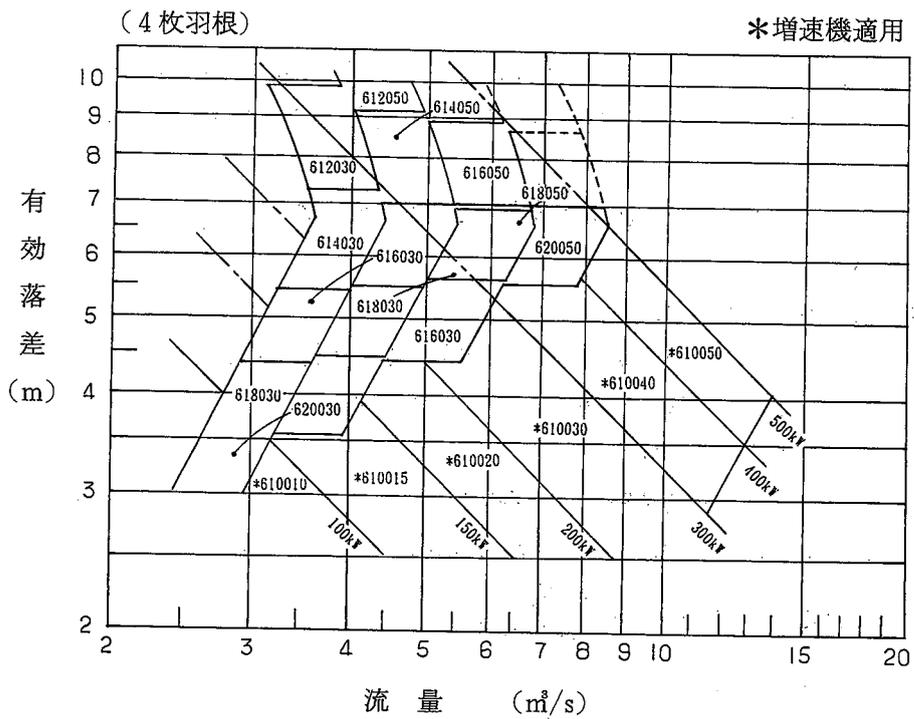
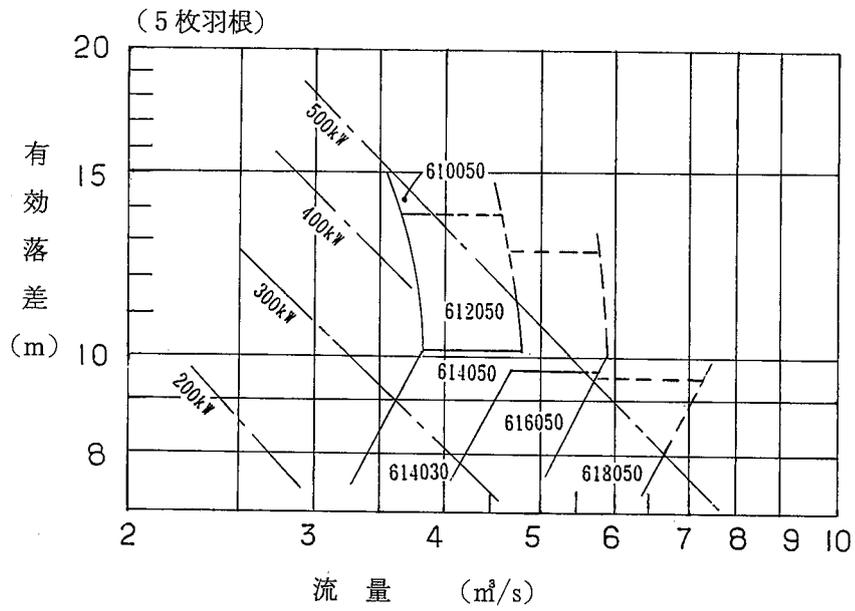


図6. 1-5 S形チューブラ水車(60Hz)誘導発電機選定図

## 7) 発電機出力の算出

### (1) 発電機の出力算定方法

発電機の出力（有効電力）は次式で表わされる。

$$P_g = P_t \times \eta_g \times (\eta_m)$$

ここで、

$P_g$ ：発電機出力（kW）

$P_t$ ：水車出力（kW）

$\eta_g$ ：発電機効率（単位法）

$\eta_m$ ：増速機効率（単位法） 増速装置を設けた場合

同期発電機の定格出力は、定格周波数、定格電圧、定格力率において発電機端子に発生する皮相電力で示される。

$$\text{皮相電力 (kVA)} = \frac{\text{有効電力 (kW)}}{\text{力率}}$$

誘導発電機の定格出力は、定格電圧、定格回転速度において発電機端子に発生する有効電力で示めされる。

### (2) 発電機の効率

同期発電機及び誘導発電機の系統接続方式の効率の目安を図6.2-1に、100kW未満単独運転方式の効率の目安を図6.2-2に示し、部分負荷効率の目安を図6.2-3に示してあり、該当する発電機の機種・容量及び回転数から効率を求める。

### (3) 発電機の出力及び効率の算出例

60Hz地区、横軸フランス水車、水車出力310kW（ $H=29\text{m}$ 、 $Q=1.32\text{m}^3/\text{s}$ ）回転速度900r/minの水車条件で、同期発電機を適用する場合の発電出力及び効率を算出する。

#### a. 発電機極数の決定

横軸フランス水車は全範囲直結方式であり、増速機は適用されず8極の発電機が適用される。

#### b. 発電機の最大出力の算出

図6.2-1により発電機の100%出力時の効率を求め発電機の出力を求める。

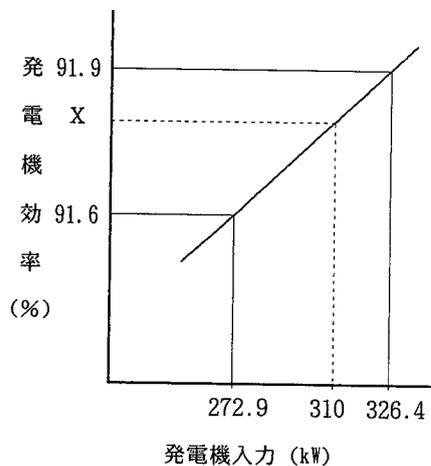
図6.2-1は発電機の出力に対する効率を示しているので発電機入力（水車出力）に対する効率を求める必要がある。

図6.2-1により発電機出力=300kW、及び250kW時の効率はそれぞれ約91.9%と91.6%と読み取れる。それぞれの場合の発電機入力（kW）は次式で求まる。

$$\text{発電機入力 (kW)} = \frac{\text{発電機出力}}{\text{発電機効率}}$$

従って、発電機入力326.4kW、272.9kWが得られる。

このことにより、水車出力310kW（発電機入力310kW）時の発電機効率は約91.8%が得られる。



計 算

$$\frac{310 - 272.9}{326.4 - 272.9} = \frac{X - 91.6}{91.9 - 91.6}$$

$$X = 91.8$$

X：発電機効率（小数点2桁目以下を切捨てる）

図 6. 1 - 6 効率計算

以上より、入力310kW時の発電機の効率は91.8%（目安値）が得られ、発電機の最大出力（ $P_G$ ）は次に求まる。

$$P_G = 310 \times 0.918 = 284.6 \text{ (kW)}$$

同期発電機の出力は皮相電力で示され、力率は95%にて考えられているので

$$P_G = \frac{284.6}{0.95} = 300 \text{ (kVA)}$$

が求まる。

c. 部分負荷効率の算出

100%出力時の効率が求まれば、図 6. 2 - 3 により部分負荷時の効率を求めることができる。

### 6. 1. 3 増速機の選定

本マニュアルでは、クロスフロー水車、S形チューブラ水車及び100kW未満水車において増速機が適用されるが、S形チューブラ水車以外の水車は増速機を含め、パッケージ化されており増速機の外形図はS形チューブラ水車についてのみ記述する。

#### 1) S形チューブラ水車用増速機の選定

増速機の選定方法を表6. 1-3に示す。

表6. 1-3 S形チューブラ水車用増速機選定表

| 水車出力範囲(kW) | 水車回転速度 (r/min) |      | 増速比 |      |      |     |     |      |
|------------|----------------|------|-----|------|------|-----|-----|------|
|            | 60Hz           | 50Hz | 4.0 | 3.55 | 3.15 | 2.8 | 2.5 | 2.24 |
| 500~400    |                |      |     |      | ①    |     |     |      |
| 400~320    |                |      |     |      | ②    |     |     |      |
| 320~250    |                |      |     |      | ③    |     |     |      |
| 250~220    |                |      |     |      | ④    |     |     |      |
| 220~180    |                |      |     |      |      | ⑤   |     |      |
| 180~150    |                |      |     |      |      | ⑥   |     |      |
| 150~120    |                |      |     |      |      |     | ⑦   |      |
| 120~100    |                |      |     |      |      |     |     |      |

注1) 表中の①~⑦は表6. 3-6 S形チューブラ水車用増速機寸法重量表の枠番を示す。

2) クロスフロー水車用増速機の選定

パッケージに組込れているクロスフロー水車用増速機の選定を表6. 1-4に示す。

表6. 1-4 クロスフロー水車用増速機選定表

| 水車出力範囲(kW) | 水車回転速度 (r/min) |      | 水車出力範囲(kW) |     |     |     |     |     |     |      |      |     |     |      |     |
|------------|----------------|------|------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|-----|-----|------|-----|
|            | 60Hz           | 50Hz | 150        | 169 | 190 | 214 | 240 | 267 | 300 | 338  | 381  | 428 | 480 | 536  | 600 |
| 増速比        |                |      | 8.0        | 7.1 | 6.3 | 5.6 | 5.0 | 4.5 | 4.0 | 3.55 | 3.15 | 2.8 | 2.5 | 2.24 | 2.0 |
| 500~400    |                |      |            |     | ①   |     |     |     |     |      |      |     |     |      | ②   |
| 400~320    |                | ⑪    |            |     |     |     |     |     |     |      |      |     |     |      | ③   |
| 320~250    |                |      |            |     |     |     |     |     |     |      |      |     |     |      | ④   |
| 250~220    |                |      |            |     |     |     |     |     |     |      |      |     |     |      | ⑤   |
| 220~180    |                | ⑫    |            |     |     |     |     |     |     |      |      |     |     |      | ⑥   |
| 180~150    |                |      |            |     |     |     |     |     |     |      |      |     |     |      | ⑦   |
| 150~120    |                |      |            |     |     |     |     | ⑦   |     |      |      |     |     |      |     |
| 120~100    |                |      |            |     | ⑦   |     |     |     |     |      |      |     |     |      | ⑧   |
| 100~85     |                |      |            |     |     |     |     |     |     |      |      |     |     |      |     |
| 85~70      |                | ⑬    |            |     |     |     |     |     |     |      |      |     |     |      | ⑨   |
| 70~55      |                |      |            |     |     |     |     |     |     |      |      |     |     |      |     |
| 55~        |                |      |            |     |     |     |     |     |     |      |      |     |     |      | ⑩   |

注) 表中の①~⑬は増速機の枠番を示す。

6. 2 発電機及び増速機の効率

水車出力算出後、本項で求める発電機効率及び増速機効率を用い(6. 2. 1-7)項の発電機出力算出方法の式から、発電機出力が計算できる。

6. 2. 1 発電機の効率

同期発電機及び誘導発電機の効率を図6. 2-1、及び図6. 2-2、部分負荷効率を図6. 2-3に示す。

なお、図6. 2-1において同期発電機効率は定格力率0.95(遅れ)の場合の効率値である。

また、図6. 2-2の効率は100kW未満の単独運転方式を対象とした定格力率0.8(遅れ)の場合の効率値であり、同期発電機では図6. 2-1の定格力率0.95(遅れ)の場合より低い値となっている。

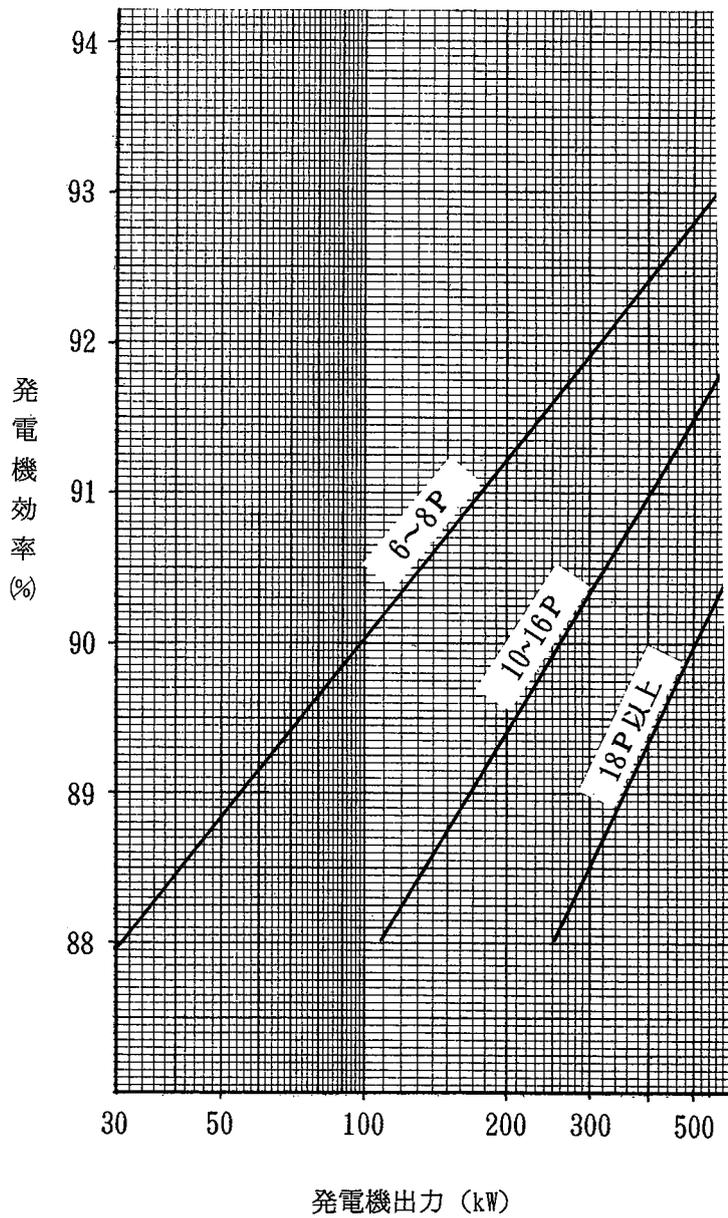


図 6. 2 - 1 定格出力時の発電機効率

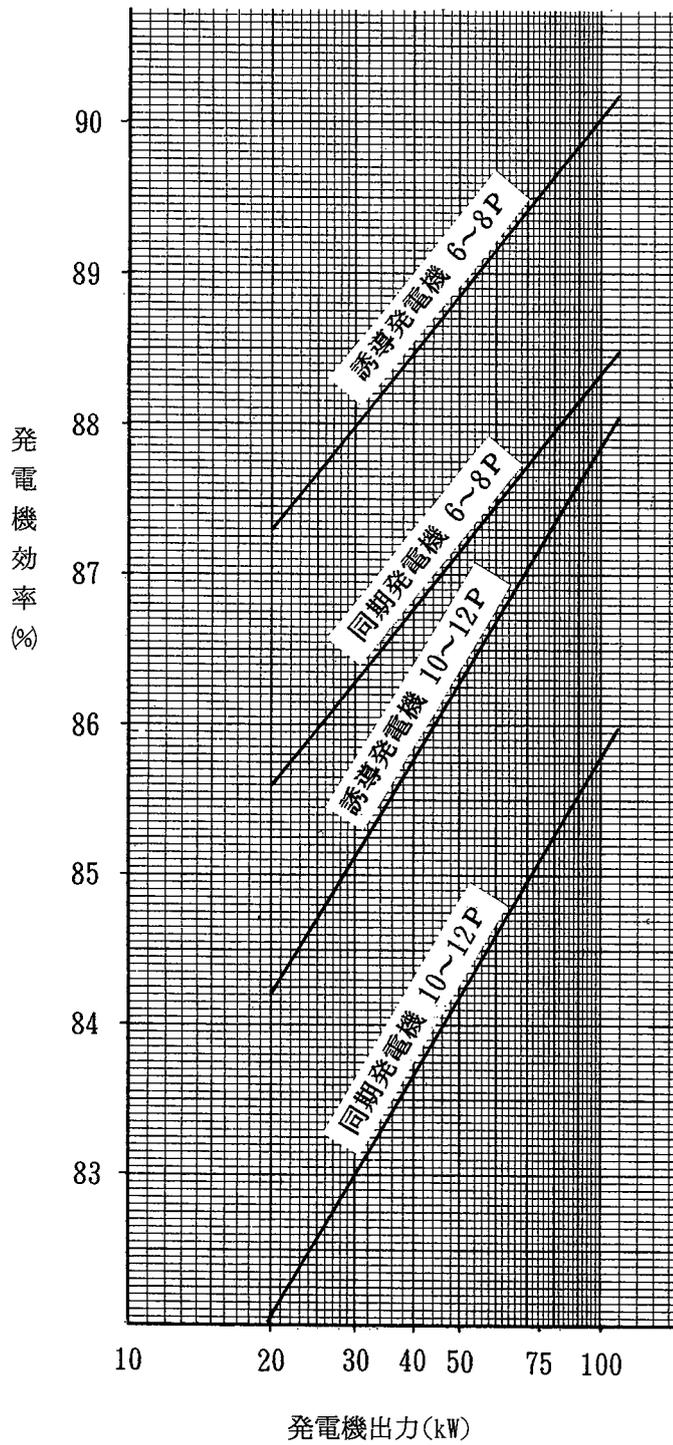
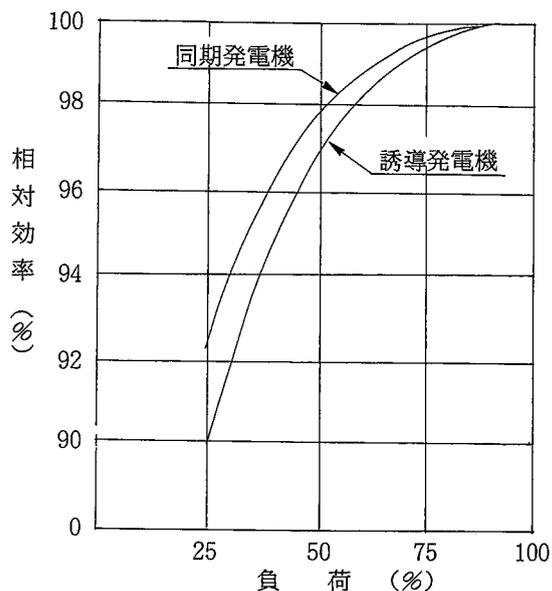


図 6 . 2 - 2 定格出力時の発電機効率  
(100kW未満単独運転方式)



| 種類 \ 負荷(%) | 100 | 75   | 50   | 25   |
|------------|-----|------|------|------|
| 同期発電機      | 100 | 99.7 | 98.0 | 92.5 |
| 誘導発電機      | 100 | 99.5 | 97.0 | 90.0 |

(注) 相対効率：100%出力時の効率を100%として各部分負荷時の効率を表す。

図6. 2-3 発電機部分負荷効率

### 6. 2. 2 増速機の効率

効率を図6. 2-4に示す。

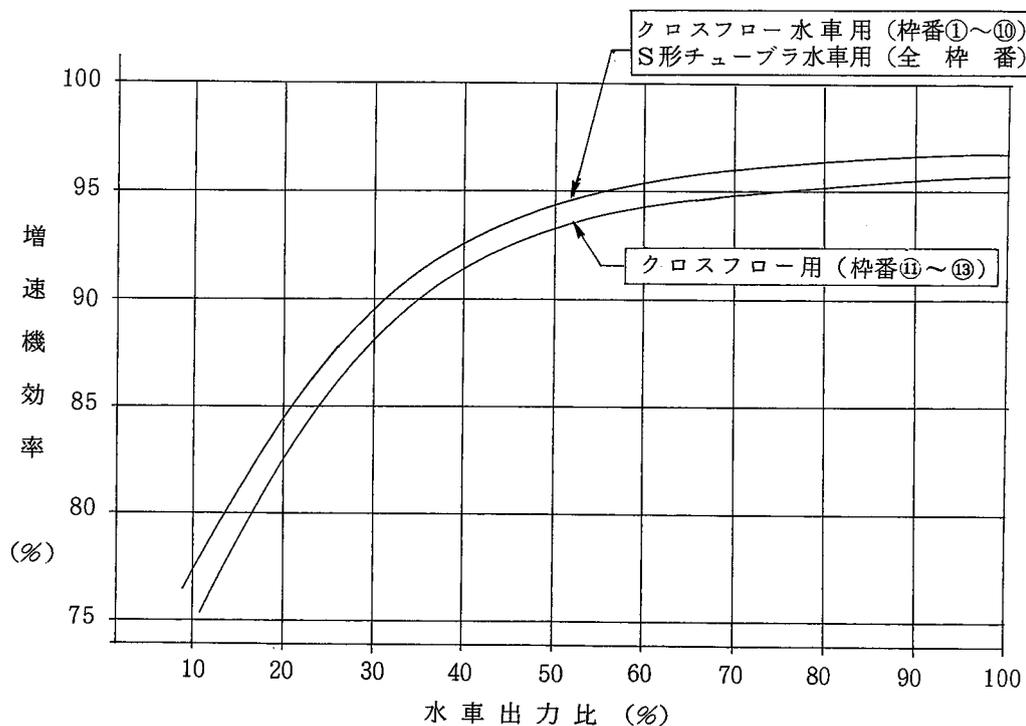


図6. 2-4 増速機効率

水車出力比とは水車定格出力で水車出力を割ったものであり、次式で求まる。

$$\text{水車出力比 (\%)} = \frac{\text{水車出力 (kW)}}{\text{水車の定格出力 (kW)}} \times 100$$

## 6. 3 構造及び励磁方式

### 6. 3. 1 構造

#### 1) 発電機

##### (1) 同期発電機の構造

同期発電機の場合、一般的に回転界磁形三相交流発電機が用いられ、発電機はその回転子軸の方向により立軸形と横軸形があるが、本標準化では横軸形を適用する。

図 6. 3 - 1 に一般的な同期発電機の構造及び名称を示す。

##### a. 固定子

###### a) 固定子わく

固定子わくは固定子鉄心を保持するとともに冷却空気の通路を構成するもので鋼板溶接構造が広く採用されている。

###### b) 固定子鉄心

固定子鉄心は固定子わくの内側にけい素鋼板を打ち抜いて重ね合わせ円形に成形したものである。

###### c) 固定子コイル

固定子コイルは絶縁電線を所要の巻数だけ巻いて絶縁（対地絶縁）を施たもので、これを固定子鉄心の開放スロットに挿入し、非磁性体のくさびをスロットの頭部に打ち込みコイルを保持する。

絶縁は一般にB種絶縁、F種絶縁が適用されるが、最近では絶縁材料の進歩によりF種絶縁を採用し、温度上昇限度を高くとることにより、機器を小形化し経済性の向上を図っている。

また絶縁ワニス処理の方法にも真空含浸方式、プリプレグ方式、全含浸方式があるが小容量機においては一般に全含浸方式が採用される。

この方式は導体に絶縁テープを巻いた後に固定子鉄心内に組込み、その後で鉄心と共に真空槽に入れて、ワニスを含浸させる方法で、きわめて均質な絶縁層に仕上がると同時に、スロットと鉄心の一体性、放熱性にも優れた特性を示し、中小形の発電機に採用されている。

##### b. 回転子

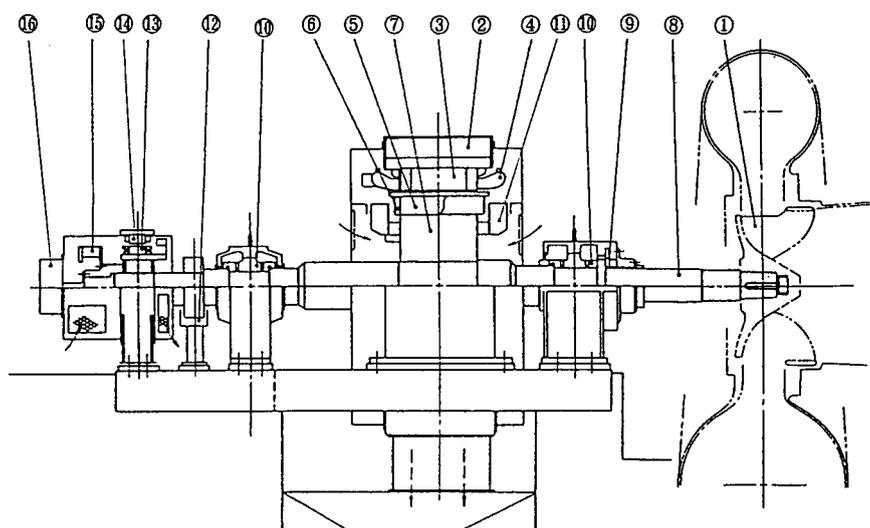
###### a) 磁極

中心部となる磁極鉄心には、通常、打抜片を積重ねた成層鉄心が用いられ、鉄心の両端には磁極端板を当て、リベット又はボルト締めで組立てられる。突極形の磁極鉄心は運転中、鉄心及び界磁コイルの遠心力に耐えるよう、ダブテールあるいは、ボルト締めなどにより、回転子リムに強固に取付けられる。

磁極鉄心の周辺には界磁コイルがある。界磁コイルは平打巻銅帯に、層間絶縁及び対地絶縁を行ったものや、絶縁銅線を重ね巻きしたもの等がある。又磁極鉄心頭部には銅棒をスロットに入れて短絡片で接続した制動巻線が取付けられる場合がある。

円筒形の場合は、この磁極の代わりにドーナツ形の薄鋼板の外周にスロットを打抜い

たものを積層した回転子鉄心と、このスロットに挿入され、楔により保持された界磁巻線とからなる構造となっている。



| 番号 | 部品名称   | 備考 | 番号 | 部品名称   | 備考    |
|----|--------|----|----|--------|-------|
| ①  | 水車ランナ  |    | ⑨  | スラスト軸受 | 必要な場合 |
| ②  | 固定子わく  |    | ⑩  | ガイド軸受  |       |
| ③  | 固定子鉄心  |    | ⑪  | 通風翼    |       |
| ④  | 固定子コイル |    | ⑫  | ブレーキ   |       |
| ⑤  | 磁極     |    | ⑬  | 電機子    | 励磁機用  |
| ⑥  | 界磁コイル  |    | ⑭  | 固定子    | 励磁機用  |
| ⑦  | 回転子リム  |    | ⑮  | 回転整流子  | 励磁機用  |
| ⑧  | 主軸     |    | ⑯  | 回転検出器  |       |

図 6. 3 - 1 横軸同期発電機

(2) 誘導発電機の構造

誘導発電機の構造は基本的には、かご形誘導電動機と同一であるが次のような相違点がある。

- ① 自己始動が不要なため、機械の体格が小さくて済む。
- ② 無拘束速度に耐える必要があるため、回転子の機械強度を大きくする。

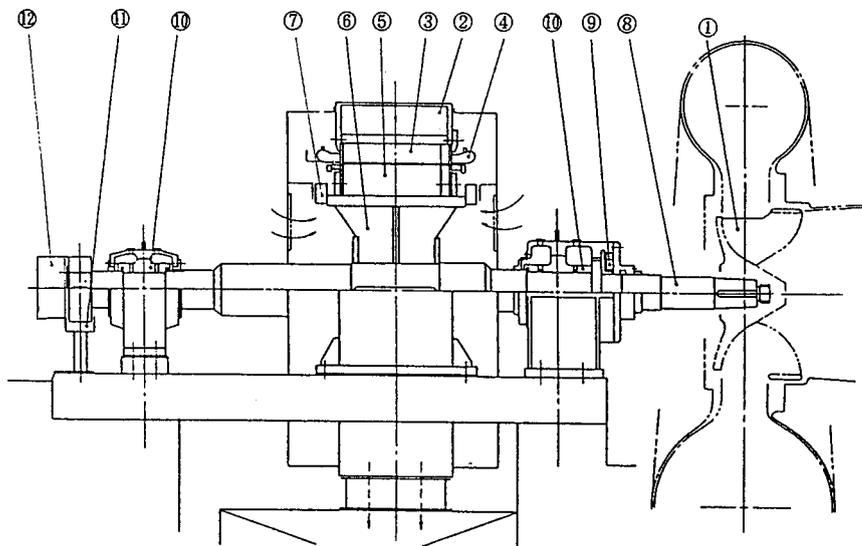
図 6. 3 - 2 に一般的な誘導発電機の構造及び名称を示す。

- a. 固定子
  - a) 固定子わく
  - b) 固定子鉄心
  - c) 固定子コイル

前(1)項、同期発電機の場合と同一の構造である。

- b. 回転子

回転子は、かご形導体を有する積層鉄心で簡単かつ堅牢な構造となっており、特に無拘束速度時の強大な遠心力に耐えるように設計、製作される。



| 番号 | 部品名称   | 備考 | 番号 | 部品名称   | 備考    |
|----|--------|----|----|--------|-------|
| ①  | 水車ランナ  |    | ⑦  | 通風翼    |       |
| ②  | 固定子わく  |    | ⑧  | 主軸     |       |
| ③  | 固定子鉄心  |    | ⑨  | スラスト軸受 | 必要な場合 |
| ④  | 固定子コイル |    | ⑩  | ガイド軸受  |       |
| ⑤  | 回転子鉄心  |    | ⑪  | ブレーキ   |       |
| ⑥  | 回転子リム  |    | ⑫  | 回転検出器  |       |

図 6. 3 - 2 横軸誘導発電機

## 2) 増速機

### (1) 増速機の構造

構造の例を図 6. 3 - 3 に示す。

増速歯車は平行軸ハスバ歯車が一般的に用いられる。軸受はころがり軸受が使用され、歯車の推力も支持する構造となっている。

ケーシングは鋼板溶接構造とし、軸中心面で上下に分割可能とされ、分解点検が容易に行える。

水車及び発電機との結合は、通常フランジ形たわみ接手等が用いられるが、容量の大きな範囲ではギヤードカップリングが用いられる場合もある。

潤滑油方式は油自蔵式が通常適用されるが容量の大きな範囲では循環給油方式が適用される場合がある。冷却方式は自然冷却方式あるいはファンによる強制空冷方式が一般的に用いられるが、容量が大きな範囲では水冷方式が用いられる場合がある。

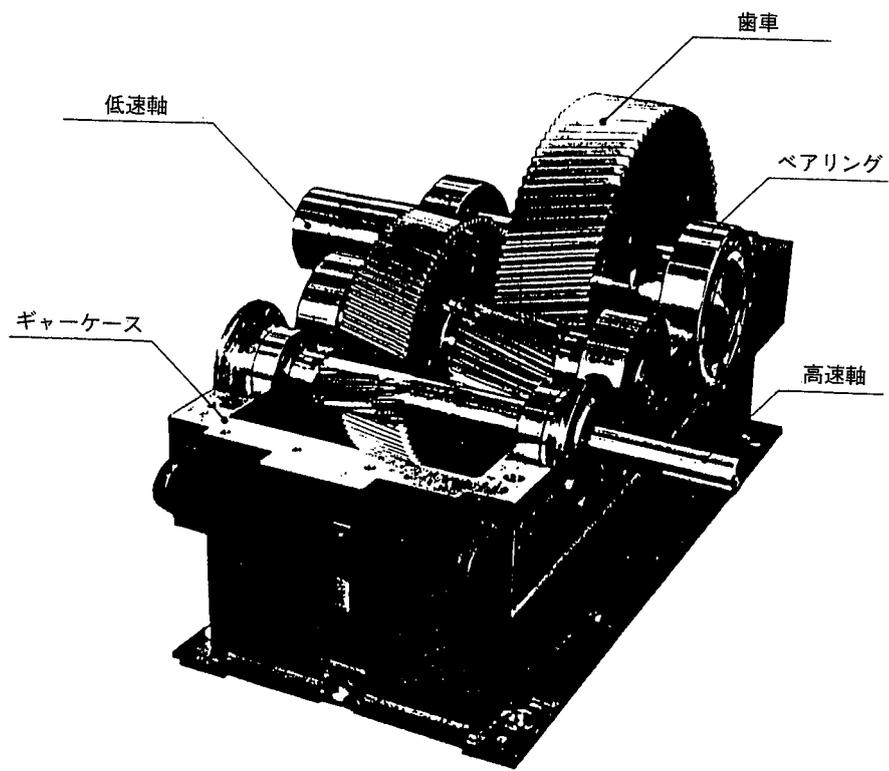


図 6 . 3 - 3 平行ハスバ歯車増速機

### 6. 3. 2 励磁方式

同期発電機の場合、発電機に電圧を発生させ、負荷が変動しても端子電圧を一定に保つように発電機の界磁に直流の励磁電流を供給する励磁装置が必要となる。

#### 1) 励磁方式の種類

励磁装置には種々の方式のものがあるが、現在ではブラシレス励磁方式と静止形励磁方式が主に採用されている。小水力発電においては、無人化、省力化を計る目的でメンテナンスフリーであるブラシレス励磁方式を原則とする。

図6. 3-4にブラシレス励磁方式回路構成を、表6. 3-1にブラシレス励磁方式と静止形励磁方式の比較を示す。

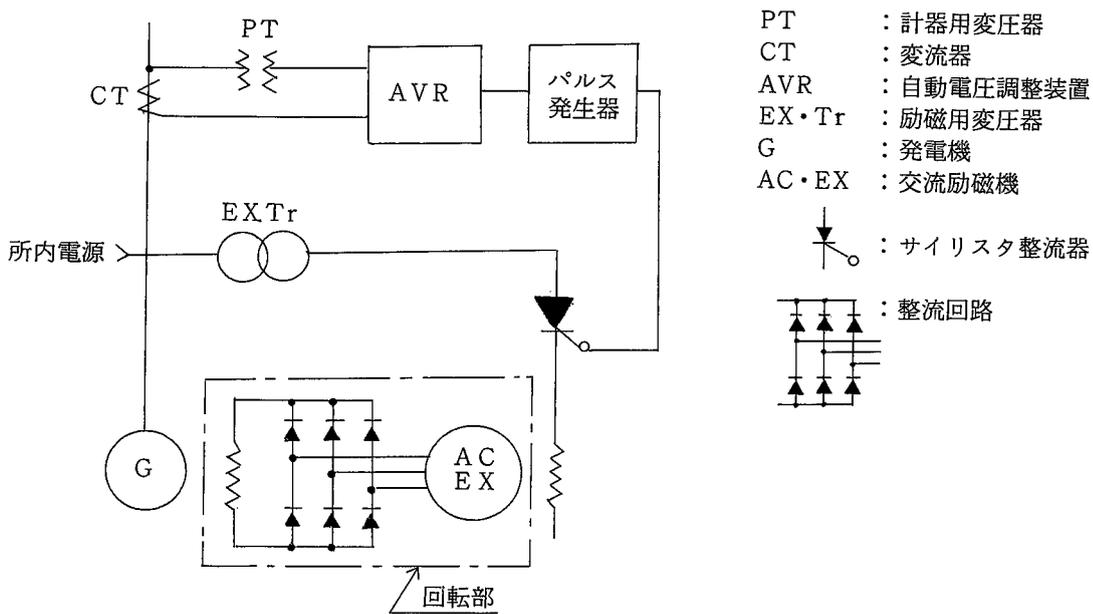


図6. 3-4 ブラシレス励磁方式回路構成図

表 6. 3-1 ブラシレス励磁方式と静止形励磁方式の比較

| 項 目         | ブラシレス励磁方式   | 静止形励磁方式   |
|-------------|---|---|
| 構 成 機 器     | 交流励磁機<br>回転整流装置<br>サイリスタ整流器<br>励磁用変圧器                           | サイリスタ整流器<br>自動電圧調整装置<br>励磁用変圧器                        |
| 発電機本体に関する機器 | 無   | スリップリング<br>ブラシ及び<br>ブラシホルダー                           |
| 据 付 面 積     | 交流励磁機、回転整流装置等は発電機本体に組まれるため、小形AVR盤のみとなる。<br>床面積は静止励磁方式の1/3程度である。 | サイリスタ整流器盤をはじめ、発電機容量に応じていく面かの盤が設置される。<br>床面積として大。      |
| 保 守 性       | 無保守   | 界磁用スリップリング、<br>ブラシ等の保守が必要                             |
| 据 付 工 事     | 励磁回路のパワー部分は発電機本体に一体となるため据付工事の範囲としてはAVR盤のみとなり容易となる。              | 界磁主回路の高圧ケーブルの布設、接続作業を伴い、また、励磁装置キュービクルの複数面の据付作業を必要とする。 |
| 性 能         | 静止形励磁方式の場合と同一   | 速応性、安定性、特性とも良い。                                       |

## 2) ブラシレス励磁方式

ブラシレス励磁方式の基本的な回路は図 6. 3-4 に示されるような主発電機直結の交流励磁機、回転整流装置及び別置のサイリスタ式自動電圧調整器 (AVR) により構成され、所内電源に接続されたサイリスタにより制御整流し交流励磁機 (ACEX) の界磁を励磁し、この交流励磁機出力を回転整流装置により整流し、その直流出力により主発電機の界磁を励磁する。

交流励磁機の界磁制御は発電機電圧検出用変圧器の電圧と基準電圧を比較し、その偏差を増幅器によって増幅し、位相制御部からの信号によって制御され、主発電機電圧を基準値に保つようになっている。

## 3) 付加装置

同期発電機には必ず励磁装置が設けられ、負荷の変動、回転速度の変化などで発電機端子電圧が変わることを防いでいるが、系統と常時並列運転を行う場合、系統と並列時においては、系統の要求により力率一定制御や無効電力制御を要求されることがある。

このような場合、励磁装置に自動力率調整装置 (APFR) や自動無効電力調整装置 (AQR) を付加することで容易に対応できる。

また、自己の容量に比べ系統の容量は通常はるかに大きいものとなる。このような場合、電圧制御を行おうとしても系統の容量が大きいため、発電機の励磁電流及び無効電力がどんどん大きくなって過電流となってしまう。これを防止するために、過電流限定装置 (OCL) 等が設けられる。

本マニュアルでは並列運転時は力率一定制御を行うものとし、自動力率調整装置付を原則とする。

### 6. 3. 3 誘導発電機の運転上の問題

誘導発電機を系統と並列運転する場合、下記の問題点があるため計画の実施にあたっては、下記問題点を検討する必要がある。

#### 1) 並列時の突入電流による電圧降下

誘導発電機を系統に並列する時は、回転速度を系統の周波数に対応する同期速度に出来るだけ近づけ発電機用遮断器を投入するが、この場合定格電流の約5～10倍の投入電流が数サイクル程度流れたのち定格電流以下まで減衰する。

系統の容量によっては、この突入電流により系統の電圧降下が大きく他の需要家設備に影響を与えることもあるので、リアクトルを設置する等の対策を必要とする。

#### 2) 力率の改善

誘導発電機は接続される系統から励磁電流を取って運転するので、単独運転はできず力率も調整できない。この励磁電流の分だけ系統に無効電力の負担を及ぼす。力率を改善する場合には発電機に並列にコンデンサを接続する必要がある。

#### 3) 自己励磁現象

誘導発電機の力率改善用コンデンサなどが接続され発電機と並列に接続されるコンデンサ容量が大きい状態で負荷遮断が行われると、コンデンサの進み電流により発電機が励磁され、高い電圧を誘起する自己励磁現象が発生する場合がある。これを防止するため発電機の無負荷飽和特性とコンデンサの電圧、負荷特性を十分検討し、コンデンサの容量を適切に選定する必要がある。

自己励磁現象を検討する際には、力率改善コンデンサ、他需要家および線路に設置されているコンデンサ、配電線及び配電線回路に使用されているケーブル等の静電容量を検討する。

#### 6. 3. 4 S形チューブラ水車用発電機及び増速機の概略寸法及び概略重量

##### 1) 発電機

###### (1) 概略寸法及び概略重量の読み方

6. 1. 2項で選定された発電機仕様により、表6. 3-2～5から該当する発電機型番選択し概略寸法及び概略重量を読み取る。

なお、両表にて示されている値は概略値であるので計画の進捗に合わせ別途詳細な検討が必要となる。

表6. 3-2～5の発電機寸法は図6. 3-5 S形チューブラ水車用発電機外形図各記号に該当し、引き抜き寸法欄に寸法が記入されている場合は、ペDESTAL形の発電機であり、記入が無い場合はブラケット形の発電機となる。

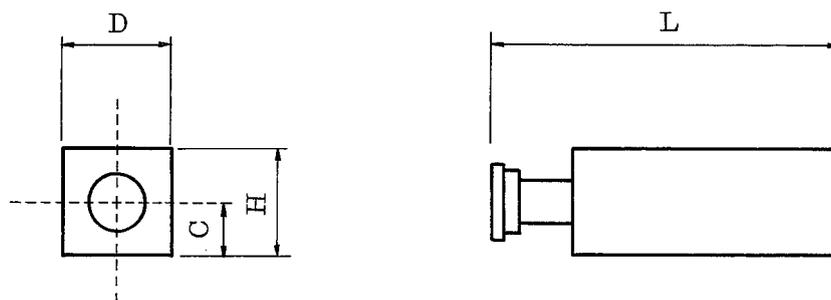


図6. 3-5 S形チューブラ水車用発電機

(2) 発電機概略寸法及び概略重量表

表 6. 3 - 2 S形チューブラ水車用同期発電機 (50Hz)

(単位 mm)

| 型番     | 重量(kg) | D    | H    | C   | L    | 引き抜き寸法 | 備考 |
|--------|--------|------|------|-----|------|--------|----|
| 508015 | 1820   | 886  | 1010 | 400 | 1660 |        |    |
| 508020 | 2290   | 850  | 1010 | 425 | 1800 |        |    |
| 508030 | 2990   | 1060 | 1010 | 490 | 1900 |        |    |
| 508040 | 3570   | 1150 | 1130 | 540 | 2110 |        |    |
| 508050 | 3900   | 1140 | 1130 | 540 | 2800 |        |    |
| 510030 | 3050   | 1150 | 1010 | 490 | 2650 |        |    |
| 510040 | 4040   | 1140 | 1130 | 540 | 3390 |        |    |
| 510050 | 5300   | 0350 | 1280 | 600 | 3670 |        |    |
| 512030 | 3800   | 1140 | 1130 | 450 | 3240 |        |    |
| 512050 | 6300   | 1500 | 1370 | 560 | 3760 |        |    |
| 514030 | 3950   | 1140 | 1130 | 450 | 3280 |        |    |
| 514050 | 6000   | 1700 | 1390 | 500 | 3520 | 2150   |    |
| 516030 | 4600   | 1350 | 1200 | 450 | 3520 |        |    |
| 516050 | 6700   | 1700 | 1390 | 500 | 3590 | 2220   |    |

表 6. 3 - 3 S形チューブラ水車用同期発電機 (60Hz)

(単位 mm)

| 型番     | 重量(kg) | D    | H    | C   | L    | 引き抜き寸法 | 備考 |
|--------|--------|------|------|-----|------|--------|----|
| 610015 | 1950   | 836  | 900  | 400 | 1660 |        |    |
| 610020 | 2100   | 850  | 930  | 425 | 1750 |        |    |
| 610030 | 2990   | 1060 | 1010 | 490 | 1850 |        |    |
| 610040 | 3720   | 1150 | 1090 | 540 | 2110 |        |    |
| 610050 | 4040   | 1140 | 1130 | 540 | 2750 |        |    |
| 612030 | 3550   | 1140 | 1130 | 450 | 3080 |        |    |
| 612050 | 5200   | 1350 | 1200 | 450 | 3570 |        |    |
| 614030 | 3600   | 1140 | 1130 | 450 | 3080 |        |    |
| 614050 | 5900   | 1500 | 1370 | 560 | 3610 |        |    |
| 618030 | 4100   | 1350 | 1195 | 450 | 2230 |        |    |
| 618050 | 5700   | 1700 | 1390 | 500 | 3400 | 2120   |    |
| 620030 | 4900   | 1500 | 1370 | 560 | 3410 |        |    |
| 620050 | 6100   | 1700 | 1390 | 500 | 3430 | 2160   |    |

表 6. 3-4 S形チューブラ水車用誘導発電機 (50Hz)

(単位 mm)

| 型番     | 重量(kg) | D    | H    | C   | L    | 引き抜き寸法 | 備考 |
|--------|--------|------|------|-----|------|--------|----|
| 508015 | 1500   | 770  | 1100 | 315 | 1440 |        |    |
| 508020 | 1600   | 870  | 1190 | 355 | 1490 |        |    |
| 508030 | 2300   | 1000 | 1300 | 400 | 1755 |        |    |
| 508040 | 2500   | 1000 | 1300 | 400 | 1755 |        |    |
| 508050 | 2900   | 1140 | 1360 | 450 | 1985 |        |    |
| 510030 | 4000   | 950  | 1160 | 450 | 2250 |        |    |
| 510040 | 4300   | 950  | 1160 | 450 | 2250 |        |    |
| 510050 | 4100   | 950  | 1160 | 450 | 4000 | 2050   |    |
| 512030 | 4200   | 950  | 1160 | 450 | 2250 |        |    |
| 512050 | 5300   | 950  | 1160 | 450 | 4100 | 2100   |    |
| 514030 | 4700   | 1060 | 1300 | 500 | 2500 |        |    |
| 514050 | 8000   | 1320 | 1610 | 630 | 4300 | 2200   |    |
| 516030 | 4900   | 1060 | 1300 | 500 | 2500 |        |    |
| 516050 | 9000   | 1320 | 1610 | 630 | 4500 | 2300   |    |

表 6. 3-5 S形チューブラ水車用誘導発電機 (60Hz)

(単位 mm)

| 型番     | 重量(kg) | D    | H    | C   | L    | 引き抜き寸法 | 備考 |
|--------|--------|------|------|-----|------|--------|----|
| 610015 | 1600   | 870  | 1190 | 355 | 1490 |        |    |
| 610030 | 2400   | 1000 | 1300 | 400 | 1755 |        |    |
| 610040 | 2900   | 1140 | 1360 | 450 | 1985 |        |    |
| 610050 | 3400   | 1140 | 1360 | 450 | 1985 |        |    |
| 612030 | 4000   | 950  | 1160 | 450 | 2250 |        |    |
| 612050 | 5000   | 950  | 1160 | 450 | 4000 | 2040   |    |
| 614030 | 4200   | 950  | 1160 | 450 | 2250 |        |    |
| 614050 | 5300   | 950  | 1160 | 450 | 4200 | 2150   |    |
| 616030 | 4600   | 1060 | 1300 | 500 | 2500 |        |    |
| 616050 | 6300   | 1060 | 1300 | 500 | 4100 | 2100   |    |
| 620030 | 5000   | 1060 | 1300 | 500 | 2500 |        |    |
| 620050 | 8800   | 1320 | 1610 | 630 | 4600 | 2350   |    |

2) 増速機

6. 1. 3項で選定された増速機の型番により図6. 3-5, 表6. 3-6, 表6. 3-7により概略寸法及び概略重量を読み取る。

両表にて示されている値は概略値であるので計画の進捗に合わせ別途詳細な検討が必要となる。

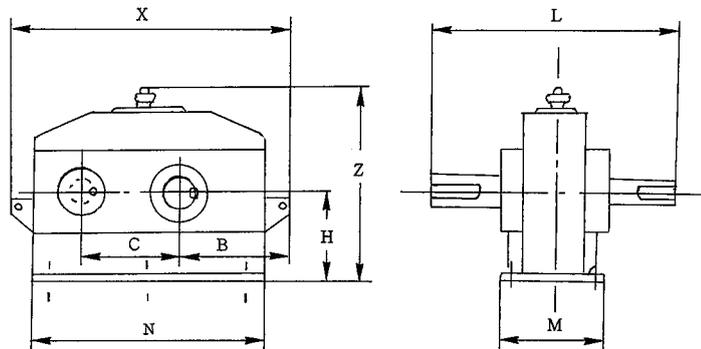


図6. 3-5 S形チューブラ水車用増速機外形図

表6. 3-6 S形チューブラ水車用増速機寸法重量表

| 記号<br>枠番 | H   | X    | Z   | N    | M   | L    | B   | 重量(t) |
|----------|-----|------|-----|------|-----|------|-----|-------|
| ①        | 430 | 1570 | 925 | 1370 | 660 | 1365 | 530 | 2.8   |
| ②        | 430 | 1440 | 910 | 1260 | 560 | 1145 | 510 | 1.7   |
| ③        | 350 | 1260 | 755 | 1080 | 560 | 1145 | 435 | 1.5   |
| ④        | 350 | 1160 | 750 | 1000 | 490 | 965  | 410 | 1.0   |
| ⑤        | 280 | 1020 | 615 | 860  | 490 | 965  | 355 | 0.9   |
| ⑥        | 280 | 960  | 610 | 820  | 410 | 830  | 355 | 0.6   |
| ⑦        | 240 | 860  | 530 | 720  | 410 | 830  | 300 | 0.5   |

表 6. 3 - 7 S形チューブラ水車用増速機中心距離 (C) 寸法表

| 増速比<br>枠番 | 4.5   | 4.0   | 3.55  | 3.15  | 2.8   | 2.5   | 2.24  |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| ①         | 402.3 | 410.5 | 418.7 | 431.0 | 443.3 | 459.8 | 476.2 |
| ②         | 375.6 | 384.9 | 394.1 | 406.4 | 418.7 | 431.0 | 446.4 |
| ③         | 301.7 | 307.9 | 314.0 | 323.3 | 332.5 | 344.8 | 357.2 |
| ④         | 313.0 | 320.7 | 328.4 | 338.7 | 348.9 | 359.2 | 372.0 |
| ⑤         | 251.4 | 256.6 | 261.7 | 269.4 | 277.1 | 287.4 | 297.6 |
| ⑥         | 250.4 | 262.7 | 270.9 | 279.2 | 287.4 | 297.6 | —     |
| ⑦         | 201.2 | 205.3 | 209.4 | 215.5 | 221.7 | 229.9 | 238.1 |