

火力原子力用タービン発電機の 計画・運用における基礎知識



2022年6月18日
三菱電機株式会社
電力システム製作所 回転機製造部
泉 昭文

三菱電機技術資料

この資料は、当社及び/又は協力会社の商業機密を含んでおりますので、本提出（貸与）目的以外に使用されることは、ご遠慮下さい。
また、当社の同意なくこの資料の全部あるいは一部を複製すること、他者に伝達、開示されることのないように願います。

目次

1. 同期発電機の原理と構造

- 1.1 基本原理
- 1.2 等価回路
- 1.3 特徴
- 1.4 基本構造

2. 同期機の種類と適用される出力レンジ

- 2.1 回転子の形状による分類
- 2.2 冷却方式による分類

3. タービン発電機の各種冷却方式

- 3.1 空気冷却発電機
- 3.2 水素冷却発電機
- 3.3 水冷却発電機

4. タービン発電機の周辺機器

- 4.1 励磁装置
- 4.2 発電機補機
- 4.3 サイリスタ始動装置

5. タービン発電機の主な性能と仕様

- 5.1 効率
- 5.2 リアクタンス
- 5.3 定格事項
- 5.4 温度上昇
- 5.5 保護方式 (IPコード)
- 5.6 冷却方式 (ICコード)
- 5.7 運転上の主な制限事項

2. 同期機の種類(分類)と適用される出力レンジ

2.1 回転子の形状による分類

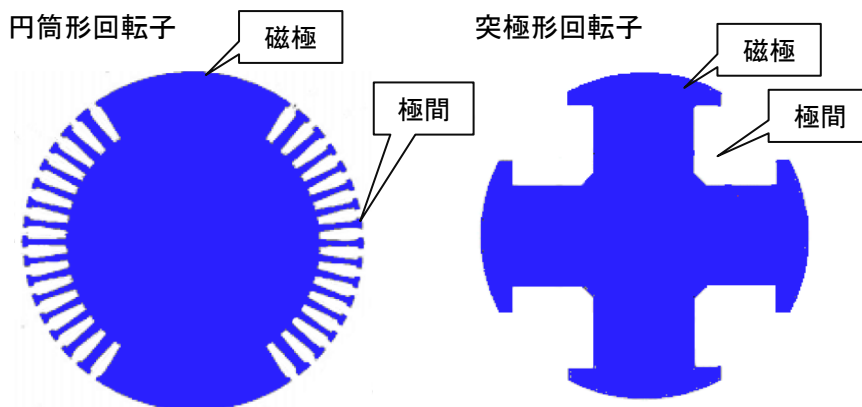
2.1.1 円筒機と突極機

・円筒機

回転子形状は円筒形, 大きな凸凹なし
2極または4極の回転子に適用

・突極機

回転子の磁極が凸, 極間は凹形状
4極以上の極数の回転子に適用



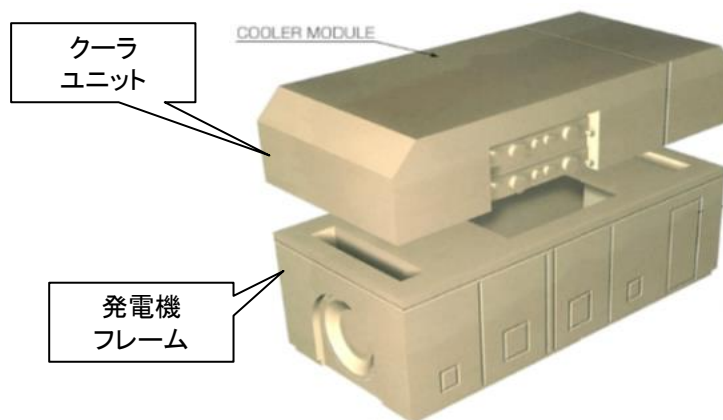
回転子の形状	回転子／磁極の構造	構造の概要	適用クラス	タービン発電機製造台数 注) (1998-2017)
円筒機	塊状鉄心	単一鋼塊からスロットなどを削出し, 鉄心と軸が一体構造	2&4極機 10MVA～2000MVA級	1214
	積層鉄心	薄い電磁鋼板を積層	4極機 ～50MVA級	33
突極機	塊状磁極	磁極部分がプレート状鋼塊	4極機 10～50MVA級	149
	積層鉄心	薄い電磁鋼板を積層	4極機 ～20MVA	77

注) 出典: 令和2年度電気学会全国大会 1998年以降に製作された大容量同期機諸定数の調査結果について ータービン発電機の定調査結果と分析ー

3. タービン発電機の各種冷却方式

3.1.1 空気冷却発電機の構造

- ① 発電機フレーム
角形が一般的
(機内ガスは大気圧, 耐圧不要)
大型機では円筒フレームのものあり
- ② 冷却器 (カバーに内臓) 取付型が一般的
- ③ 回転子の構造 20年間の適用実績 (注)



突極塊状
鉄心形回転子

(TMEIC資料より)



円筒塊状
鉄心形回転子

	鉄心構造	極数	台数	適用実績MVA
突極機	積層鉄心	4極	77	10～25
	塊状鉄心	4極	143	10～55
円筒機	積層鉄心	4極	33	10～38
	塊状鉄心	2極	585	90～295

注) 1998年～2017年の20年間に日本国内メーカーが製作した10MVA以上の空冷タービン発電機, 総計約844台中
 出典: 令和2年度電気学会全国大会 1998年以降に製作された大容量同期機諸定数の調査結果について -タービン発電機の定調査結果と分析-

4. タービン発電機の周辺機器

4.1.2 ブラシレス励磁方式

- ① 交流励磁機（小型発電機）で交流電流を発生
- ② 電機子と同軸上の回転整流器で整流
- ③ 回転整流器と同軸上の主発電機の界磁巻線に直流電流を供給

交流励磁機の界磁電流を調整して、
励磁機出力 = 発電機の界磁電流 を調整

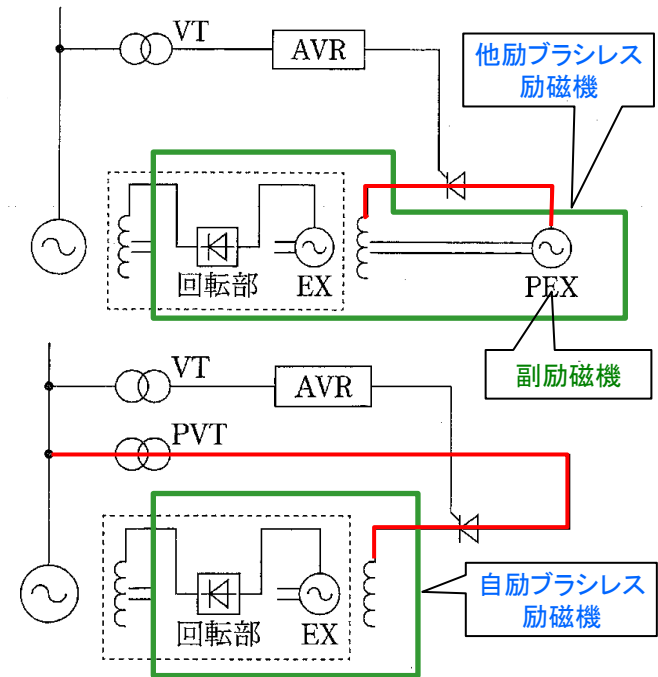
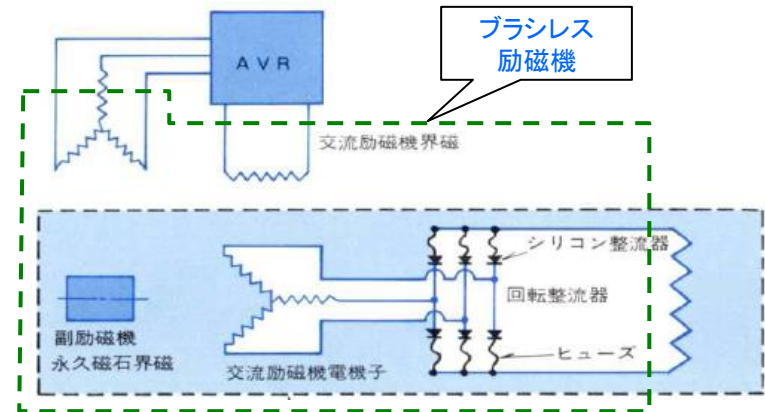
1) ブラシレス励磁機の構成

◎ 他励ブラシレス励磁方式

回転整流器 + 交流励磁機 + 副励磁機 / PMG
→ 交流励磁機の界磁の電源に副励磁機を使用
副励磁機の駆動はタービン（他励）

◎ 自励ブラシレス励磁方式

回転整流器 + 交流励磁機 + (副励磁) 変圧器
→ 交流励磁機の界磁巻線の電源は励磁変圧器
励変の電源は発電機出力（自励）



4. タービン発電機の周辺機器

4.2.1 ガスシステム

1) 機能

水素／水冷却発電機に必要なガスを安全に供給，維持，入出を制御するシステム

電技 解釈 第41条 六 発電機内又は調相機内に水素を安全に導入することができる装置，及び発電機内又は調相機内の水素を安全に外部に放出することができる装置を設けること。

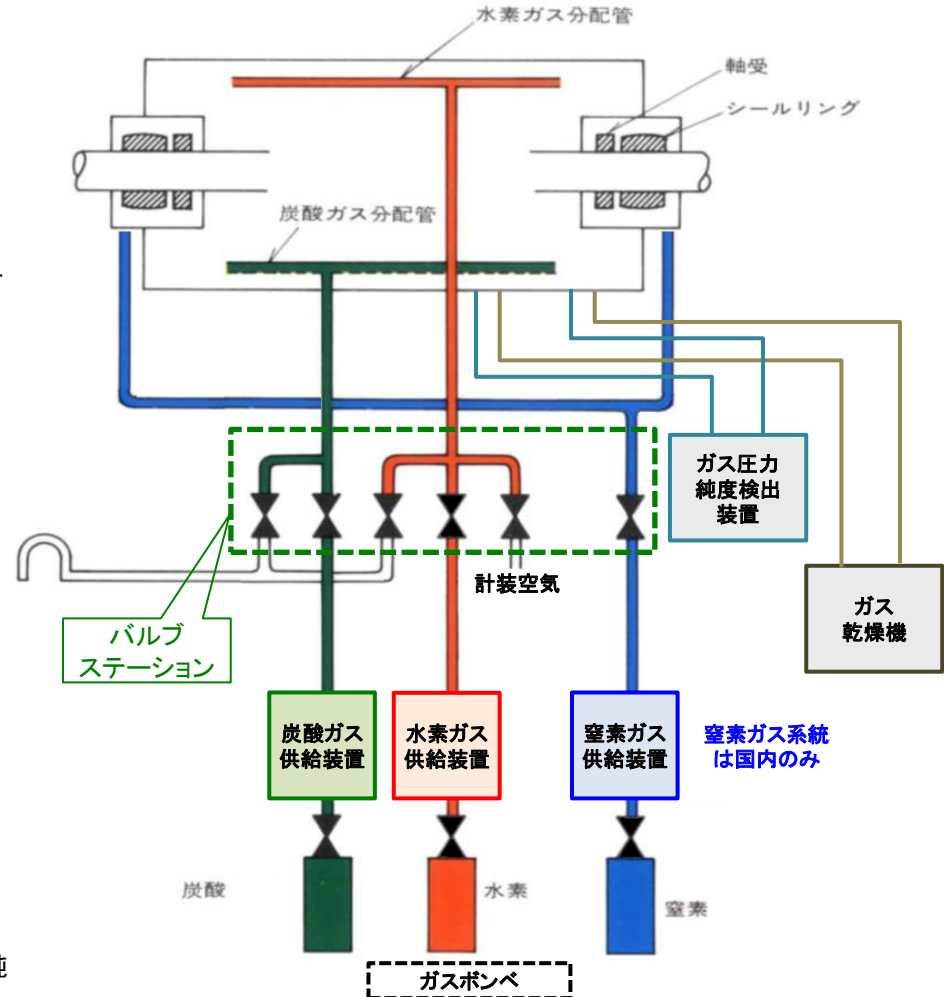
2) 構成品

ガス供給装置，バルブステーション，ガス乾燥機，ガス圧力純度検出装置，など



ガスコントロールユニット（ガス供給装置の一部，ガス圧力純度検出装置，ガス乾燥器を一体化したユニット）

ガス系統図



5. タービン発電機の主な性能と仕様

2) 現行規格JEC2130やIEC60034による定義

＜JEC114からの変更点＞

・ 発電機損失

＝ 界磁銅損以外の機内損 + 励磁回路損

励磁回路損 = 界磁銅損 + 発電機外部の励磁装置関係の損失

(異なる励磁方式でも, 励磁回路損は全て発電機の損失に含む)

・ コイルの抵抗値は130 (B) では90°Cにおける値を使用, 155 (F) では105°C

① ブラシレス励磁方式の場合

発電機外部の励磁装置関係の損失 = ブラシレス励磁機損失 + AVR盤等の損失

② サイリスタ励磁方式の場合

発電機外部の励磁装置関係の損失

＝ 励磁変圧器損失 + サイリスタ盤損失 + AC/DC励磁回路の損失 + AVR盤等の損失

→ 同じ発電機を使用しても励磁装置の損失によって効率が異なる

$$\text{発電機効率 } \eta = \frac{\text{発電機出力}}{\text{発電機入力}}$$

