

中小容量発電機

🔊 小形・軽量化、冷却改善、標準化

* 北河新一 Shin'ichi Kitagawa

* 工藤久善 Hisayoshi Kudo

概要

中小容量発電機は、ビル・病院・工場などの停電発生時に使用される非常用電源とピークカット運転やコージェネレーションシステムなどの常用電源として使用され、あらゆる分野で貢献している。

当社は冷却構造をはじめ各部の構造を徹底的に見直し、まったく新しいシリーズの発電機をジャパンモータアンドジェネレータ(株)と共同で開発した。この中小容量発電機をJG2000シリーズ発電機としてシリーズ化した。2001年より販売を開始し、現在まで多数の納入実績がある。



タービン発電機

1. ま え が き

中小容量発電機JG2000シリーズは、定格150kVA～5000kVA - 4～10極、タービンとエンジン用に開発したシリーズである。第1表に標準仕様を示す。

JG2000シリーズの構造には、原動機との直結方式により第1図に示す両軸受方式と片軸受方式の2種類がある。

両軸受方式は、主に原動機がタービンの場合に適用し、軸端にカップリングを取り付け、原動機と直結している。また、片軸受方式は、主に原動機がエンジンの場合に適用し、軸端の積層又は厚板の円板カップリングにより原動機と直結している。

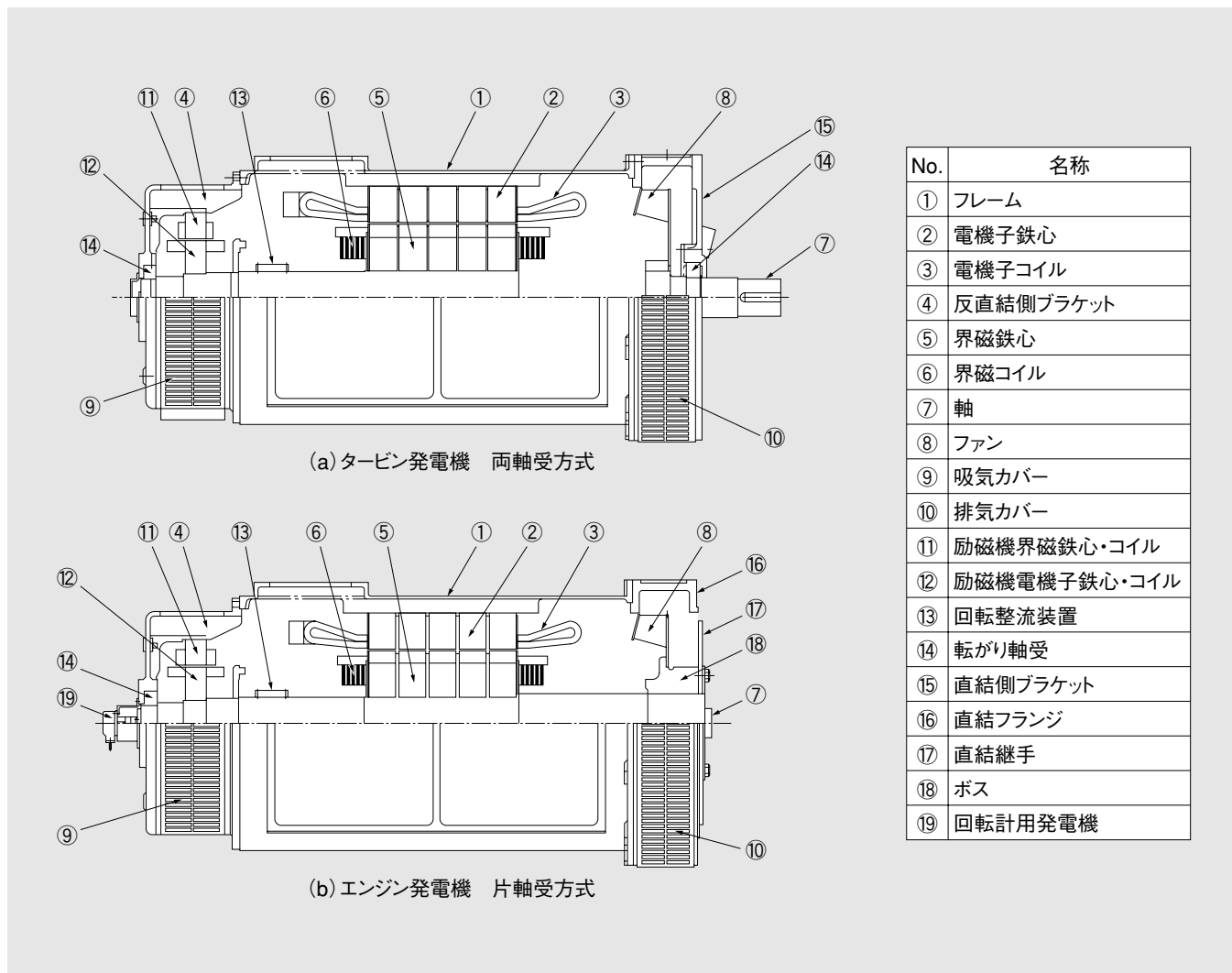
本稿では、中小容量発電機JG2000シリーズの特長や開発内容について紹介する。

第1表 JG2000シリーズの標準仕様

JG2000シリーズの標準仕様を示す。

| 項目 | 標準仕様 | 対応可能仕様 |
|--------|---------------------------|---|
| 適用規格 | JEC2130, JEC2131, JEM1354 | IECなど海外規格 |
| 形式 | 回転界磁突極形 制動巻線付き | |
| 励磁方式 | ブラシレス励磁方式 | ブラシ付き励磁方式 PMG付き励磁方式 |
| 容量 | 150～5000kVA | |
| 電圧 | 200, 400, 3000, 6000V級 | 10kV級など、そのほか電圧も 製作可能 |
| 極数 | 4, 6, 8, 10極 | |
| 周波数 | 50/60Hz | |
| 軸受の種類 | 転がり軸受 (グリース潤滑) | オイルバス潤滑転がり軸受 すべり軸受 |
| 軸受支持方式 | 両軸受又は片軸受 | |
| 保護方式 | 保護形 (IP20) | 保護防滴形 (IP22) 全閉防まつ形 (IP44) 屋外保護防まつ形 (IPW24) |
| 冷却方式 | 自由通風形 (IC01) | 熱交換器形 (IC81W) |

*回転機システム工場



| No. | 名称 |
|-----|--------------|
| ① | フレーム |
| ② | 電機子鉄心 |
| ③ | 電機子コイル |
| ④ | 反直結側ブラケット |
| ⑤ | 界磁鉄心 |
| ⑥ | 界磁コイル |
| ⑦ | 軸 |
| ⑧ | ファン |
| ⑨ | 吸気カバー |
| ⑩ | 排気カバー |
| ⑪ | 励磁機界磁鉄心・コイル |
| ⑫ | 励磁機電機子鉄心・コイル |
| ⑬ | 回転整流装置 |
| ⑭ | 転がり軸受 |
| ⑮ | 直結側ブラケット |
| ⑯ | 直結フランジ |
| ⑰ | 直結継手 |
| ⑱ | ボス |
| ⑲ | 回転計用発電機 |

第1図 断面図

(a) タービン発電機（両軸受）発電機の内部構造を示す。表中の①～⑬はタービン発電機，エンジン発電機で共通化している。
 (b) エンジン発電機（片軸受）発電機の内部構造を示す。

2. JG2000シリーズの特長

JG2000シリーズの特長を以下に示す。

- (1) 小形・軽量 冷却システムと構造部品の最適化による小形・軽量化（当社従来比20%減）を実現した省スペース発電機
- (2) 高信頼性・長寿命 耐熱・耐湿性に優れた絶縁システム採用による長寿命化・高信頼性を実現
- (3) 高効率・低騒音 全シリーズに突極形回転子を採用し，高効率・低騒音ファン開発により高効率・低騒音を追求
- (4) 容易な保守点検 ブラシレス励磁方式と部品点数の少ないシンプルな構造で保守点検が容易。小容量機はグリース密閉式軸受を採用し，定期的なグリースアップが不要

(5) 短納期 徹底した標準化と部品共用で短納期化を実現

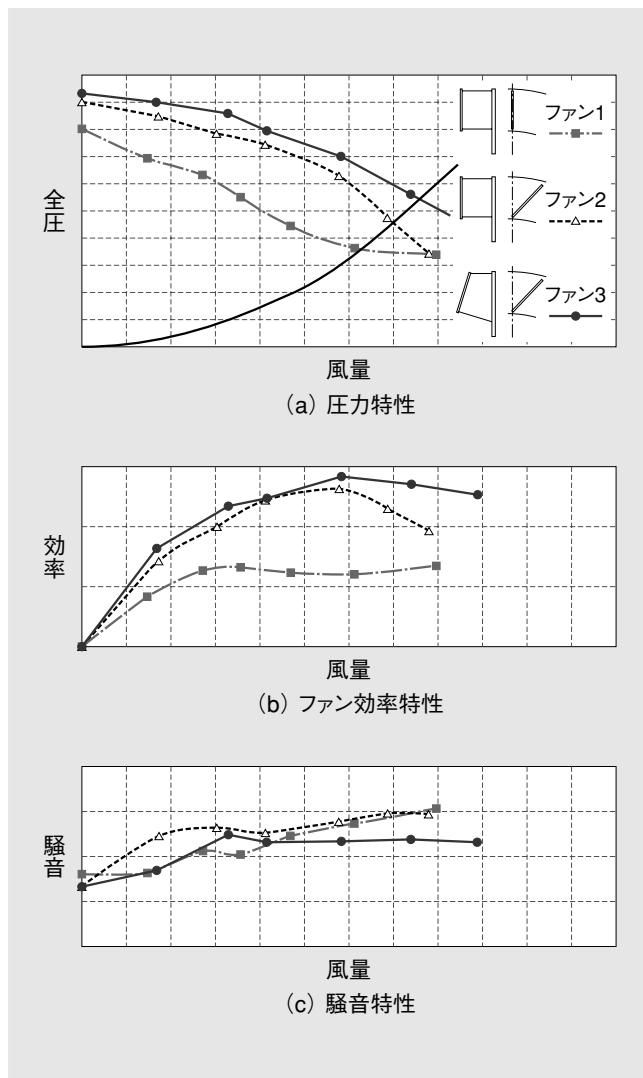
(6) 多様なオプション対応 保護，冷却方式や軸受，低圧から特高電圧までお客様のご要望に合わせた多様なオプション対応が可能

3. JG2000シリーズの開発内容

3.1 冷却システム最適化

主な開発項目は，高効率・低騒音ファン開発，界磁コイルエンドダクト採用，冷却風回路の最適化の3点である。

(1) 高効率・低騒音ファン 過去の実験データと理論値を整理し，最終的には風洞実験で風量－風圧，ファン効率，騒音特性を測定した。第2図にファンの実験結果を示す。ファン3がすべての特性で優れていることが確認できたため，シリーズ



第2図 ファンの実験結果

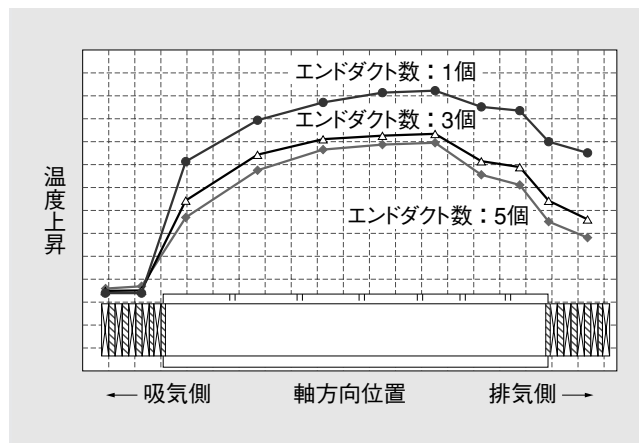
3種類のファンを実験に使用し、その結果を示す。(a)は風量-全圧、(b)は風量-効率、(c)は風量-騒音のデータである。

設計に採用した。

(2) 界磁コイルのエンドダクトの採用 コイルエンドに通風用ダクトを設け、界磁コイルの温度上昇低減を図った。

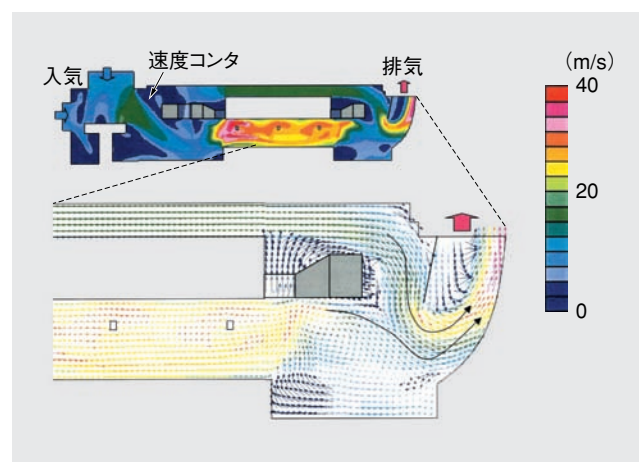
第3図に試作機を製作しダクトの効果を検証した結果を示す。ダクトはコイルエンドだけではなく界磁コイル全体の温度を下げる事ができ、本数が多いほど冷却性能は向上することが確認できた。

(3) 冷却風流路の最適化 第4図に通風路解析の結果を示す。流体解析を用い、発電機全体を細部まで反映したモデルでシミュレーションを繰り返して冷却風の流を最適化すると共に、温度計計算プログラムを再構築し、各部の冷却風風速と温度上昇の精度を向上させた。



第3図 界磁コイルのエンドダクト数と温度分布

界磁コイルのエンドダクトをふさがない時(エンドダクト数:5個)、2本ふさいだ時(エンドダクト数:3個)、4本ふさいだ時(エンドダクト数:1個)の界磁コイルの温度分布を示す。



第4図 通風路解析の結果

実機を模擬した通風路解析の結果を示す。冷却風の流を確認し、最適な流路を検討した。

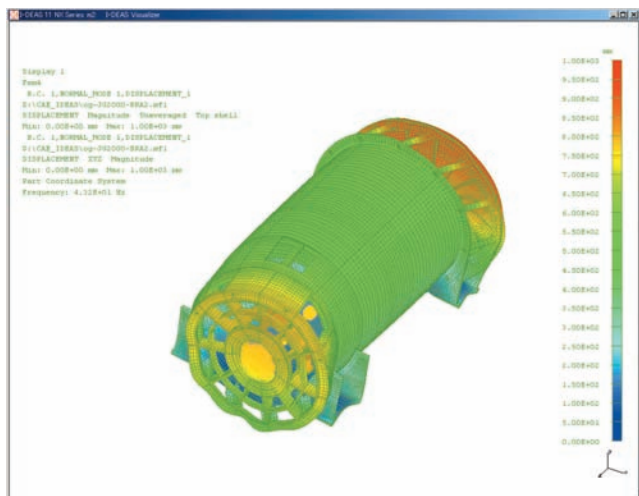
その後、試作機を製作して解析精度を確認し、シリーズ設計を展開した。

3.2 部品の最適化と標準化

構造を全面的に見直し、使用部品は徹底した最適化と標準化を図った。また、4極機は5000kVAクラスまで主要構造部品(フレーム、ブラケット)すべてを鋳物化し、在庫体制を整えることで短納期化を可能とした。

一例として、第1図に示すタービン発電機とエンジン発電機は、直結部品(ブラケットと冷却ファン)を除きすべて共通部品で構成されている。

主要部品の鋳物化に際し、CAE解析で固有値と稼働時の応力をシミュレーションすることで、部材の厚みや補強リブの構造を最適化した。第5図にフレームのCAE解析を示す。



第5図 フレームのCAE解析
 フレームの形状を忠実に再現し、強度計算を行った。また固有値を計算し、実用上問題が無いことを確認した。

その後、試作機を製作して実験モーダル解析で固有値と振動モードを実測し、解析精度を検証した。解析誤差は10%以内と良好であった。第6図にモーダル解析を示す。

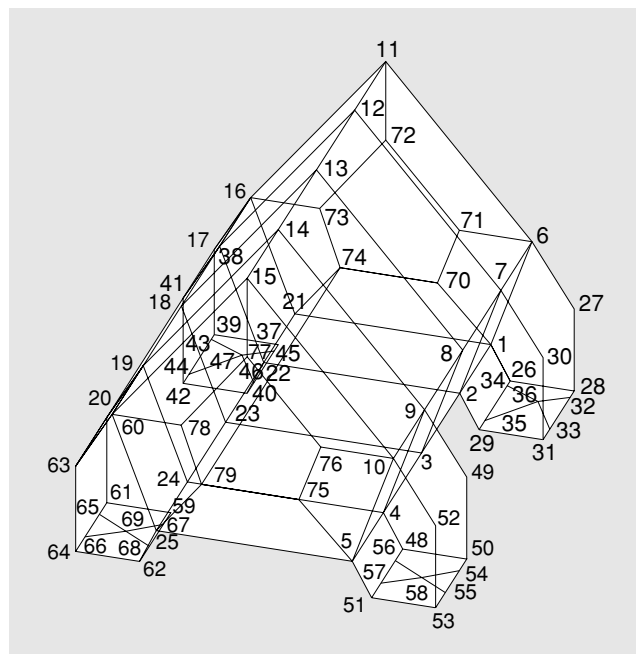
4. 多様なオプション対応

お客様のご要望に合わせて、様々なオプションを用意している。

(1) 軽量化発電機 発電機及びエンジンをトラックに載せた移動用電源車は、重量制限があり発電機の軽量化が必須となる。移動用電源車用にフレームとブラケットをアルミ製とし、標準品より質量を約10~25%軽量化したシリーズがあり、多くの出荷実績がある。

(2) 保護方式・冷却方式 標準は保護自由通風形 (IP20, IC01) であるが、ブラケットにカバーを装着することで保護防滴自由通風形 (IP22, IC01) とすることができる。また、水を二次冷媒とする全閉防まつ水冷熱交換器形 (IP44, IC81W)、屋外保護防まつ形自由通風形 (IPW24, IC01) も製作可能である。

(3) 軸受 標準はグリース潤滑の転がりであるが、仕様によりオイルバス潤滑転がり軸受や、すべり軸受のオプションも用意している。また、組み合わせ軸受を採用し、軸受寿命10万時間以上の設計も可能である。



第6図 モーダル解析
 実機で実稼働シミュレーションを行い、強度計算が妥当であることを確認した。数字の位置で打撃を行い、データを収集した。

5. む す び

JG2000シリーズは2001年に販売開始し、現在まで約4000台以上を出荷している。豊富な実績が語る確かな信頼性により、世の中の電力安定供給に一役買っていると確信している。

今後もお客様のご要望にお応えできる発電機を製作していく所存である。

・本論文に記載されている会社名・製品名などは、それぞれの会社の商標又は登録商標である。

《執筆者紹介》



北河新一 Shin'ichi Kitagawa
 回転機的设计業務に従事



工藤久善 Hisayoshi Kudo
 回転機的设计業務に従事