

最近のMGセット (大容量周波数変換機の完成)

🔊 MGセット, 試験用電源, 周波数変換機, 模擬装置, コロナフリー

* 山戸 淳 Atsushi Yamato

** 玉川 誠 Makoto Tamagawa

概要

MGセット(電動発電機の別称)は、数々の優れた特長を持つため、その用途は、各種試験用電源、電気車両駆動用電源、周波数変換機、模擬装置用など多岐にわたる。今回、大容量の同期-同期周波数変換機を製作した。

この始動方式は、直結した始動用巻線形誘導電動機(ポニーモータ)で始動後、自動同期装置により同期電動機を構内電源に並列する方式なので、始動中に電力系統に擾乱を与えない。また、低騒音化の実現と空気冷却通風や空冷軸受を採用し、お客様の運転保守性に優れたシステムとなっている。



MGセットの三連試験

1. ま え が き

MGセットの駆動電動機(M)を、電力系統からエネルギーをもらう原動機と見なせば、MGセットは直結された発電機(G)で電力系統から絶縁された独立電源を発生させる発電設備と言える。本稿ではMGセットの特長及び大容量周波数変換機について紹介する。

2. 特 長

以下にMGセットの特長を示す。

(1) 構内にMGセットを設置すると、構内電源と異なる電圧(調整範囲を含む)、周波数(高周波及び可変周波を含む)、相数、接地系という新しい任意の電源を作り出すことができる。構内電源に存在する電圧不平衡・高調波電流・波形ひずみ・コロナ雑音・侵入雷サージなどは、一切を駆動電動機

が吸収するため、構内電源の品質が悪い場合でもその影響を受けることなく、発電機は平衡した正弦波電圧を発生するため、電源としては最適となる。また発電機電圧は、送電線被雷時の系統側瞬時電圧低下の影響を受けない。

(2) 発電機の負荷が、不平衡負荷(単相含む)・整流器負荷である場合、その逆相(又は等価逆相)電流は発電機の制動巻線が吸収して、系統側に流出しない。また発電機に、短絡を要する負荷(短絡試験設備など)・溶接機・電気炉などの急峻な変動負荷が有る場合、発電機の慣性モーメントを増加させて電力変動を慣性モーメントに吸収させれば、受電電力変動を小さくできる。発電電圧にフリッカが発生しても、発電機を頻繁に短絡させても系統に影響を及ぼさない。

(3) 発電機負荷の有効電力は、駆動電動機を介して系統が供給するが、負荷の無効電力は発電機の



みが供給する。このためMGセットを使用すると、少ない受電電力で構内電圧を降下させることなく大きな無効電力を得ることができる。

(4) MGセットは回転機を用いた回転形電力変換装置であるが、その役割は静止形電力変換装置でも実現可能であるため、しばしば比較検討される。その選択に当たっては、それぞれの特長を吟味することが肝要である。例えば、負荷にY-Δ切り替えの電動機が有る場合、回転機は切り替え時に発生する数Hzの瞬時過渡電流に対して強く有利である。標準発電機は300~500%の瞬時過電流に耐えるが、静止形であるCVCFの場合標準耐量は150%

までである。

小容量では静止形が主流であるが、回転形は静止形と比べて堅ろう強固で信頼性が高く製品寿命が長いこと、大形機では価格的に優位性があることなどの理由で、大容量の場合は回転機を使ったMGセットが採用されている。用途によっては、回転形でなければならない場合が多く、第1表に最近10年間に納入した製品を示す。第1図に150kW巻線形可変速誘導発電機(スーパーセルビウス励磁方式)を、第2図に180kVA屋外パッケージ形周波数変換機を示す。

第1表 MGセットの実績

2000年度以降に納めたMGセットの概要を示す。

納入先	発電機定格 容量-極数-周波数 (kVA) (P) (Hz)	備考	台数 (台)	納入年
富士ゼロックス(株)	100-4-60		2	2002
(財)電力中央研究所 赤城試験センター	150kW-4-50	風力発電機模擬 (スーパーセルビウス励磁方式)	1	2003
(株)日立製作所笠戸事業所	2500-10-50	車両用単相電源(熱交換器搭載)	1	2003
(株)日立産機システム	1000-10-50		1	2005
MEIDEN SINGAPORE PTE. LTD.	1200-12-147	高周波発電機(コロナフリー)	1	2006
(株)日立エンジニアリング・アンド・サービス	2300-4-50		1	2006
(株)日阪製作所	180-4-48/63	屋外パッケージ形	1	2008
某社	1000-10-50	変圧器試験用電源(コロナフリー)	1	2008
某社	10,000-12-60	大容量電動機負荷	1	2009
(株)日立製作所	1000-4-60	周波数変換機	1	2009
(財)電力中央研究所 システム技術研究所	29.41-4-50	風力発電機模擬 (スーパーセルビウス励磁 Fault-Ride-Through機能付き)	1	2010予定
日立アプライアンス(株)	750-10-50	周波数変換機	1	2010予定



第1図 風力発電機模擬装置

風車の代わりに誘導電動機で巻線形可変速誘導発電機を駆動して模擬している(手前側)。



第2図 屋外パッケージ形周波数変換機

両側から冷却空気を吸気して、上部に排気している。励磁装置は、パッケージ内発電機に搭載している。

3. 大容量周波数変換機

この度、大容量周波数変換用MGセットが完成し運転に入ったので、その詳細を紹介する。

(1) 対象機の定格

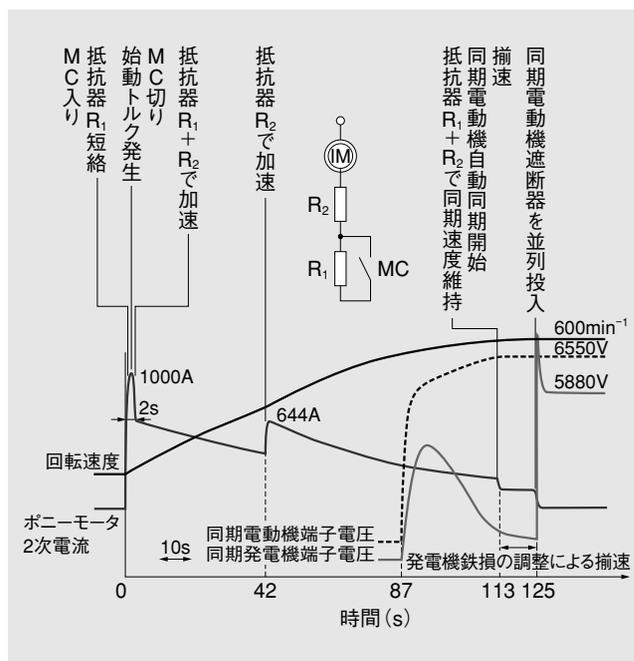
- (a) 同期発電機：10,000kVA - 6.6kV - pf1.0
12P - 60Hz - 600min⁻¹
(過電流耐量25,000kVA - 1分,
5000kW負荷電動機始動可能)
- (b) 同期電動機：10,250kW - 6.0/6.6kV - pf1.0
10P - 50Hz - 600min⁻¹
- (c) 始動用巻線形誘導電動機 (ポニーモータ)
：1000kW - 6.0/6.6kV
8P - 50Hz - 735min⁻¹

第3図に周波数変換機の外形図を示す。左からポニーモータ、同期電動機、同期発電機である。現地組み立てを避けるために、それぞれは一体輸送を行えるものとし、幅方向の制限から軸方向に長くなったが(全長13.8m)、15×15mの電機室に無駄無く設置できた。

(2) 始動方式 本MGセットの始動方式は、系統が弱いことからポニーモータによる始動方式を採用した。ポニーモータの始動抵抗器切り替えは、2段ノッチとし同期速度まで加速後、同期電動機を発電機モードにして系統と自動同期を行い、電動機遮断器を同期投入させることで、系統に擾乱を与えることなく始動を完了するものとした。揃速に当っては、発電機の鉄損を変化させてMGセッ

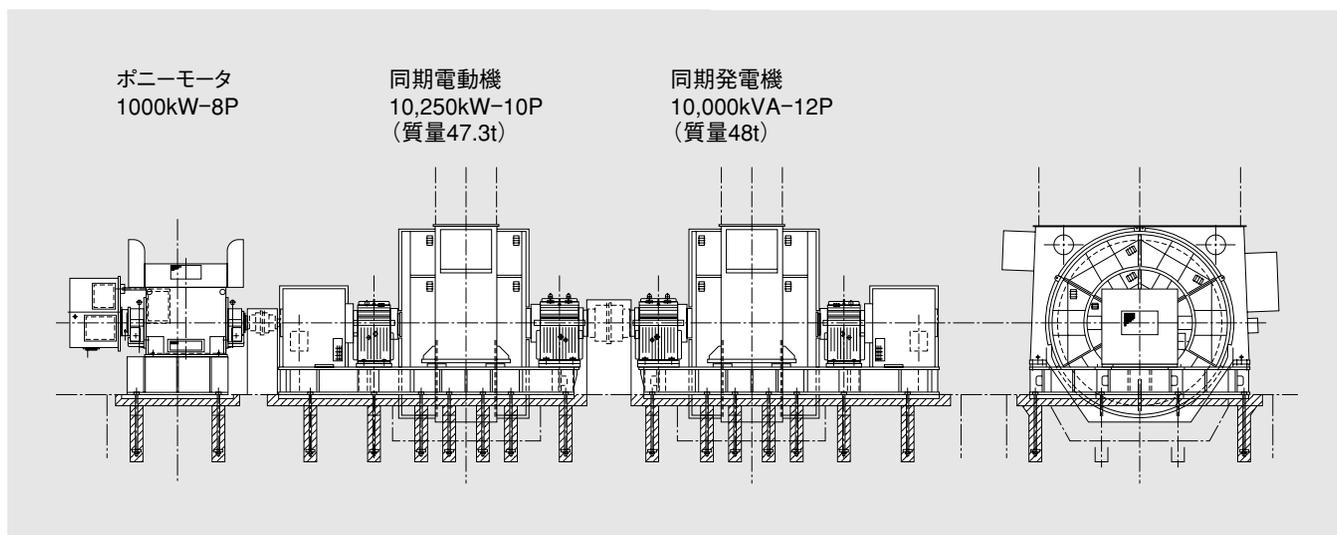
トの無負荷損失を調整する方法を採用した。合計慣性モーメントは15.2×10³kg-m²で始動時間は約2分であった。第4図に始動試験(6600V)を示す。

ポニーモータにかご形誘導電動機を採用し、これをインバータ駆動することもできるが、本MGセットでは、巻線形誘導電動機の2次抵抗始動方式を採用した。理由は運転コスト低減を最優先にしたからである。この方式は20~30年間にわたって主要部品を交換する必要が無い。



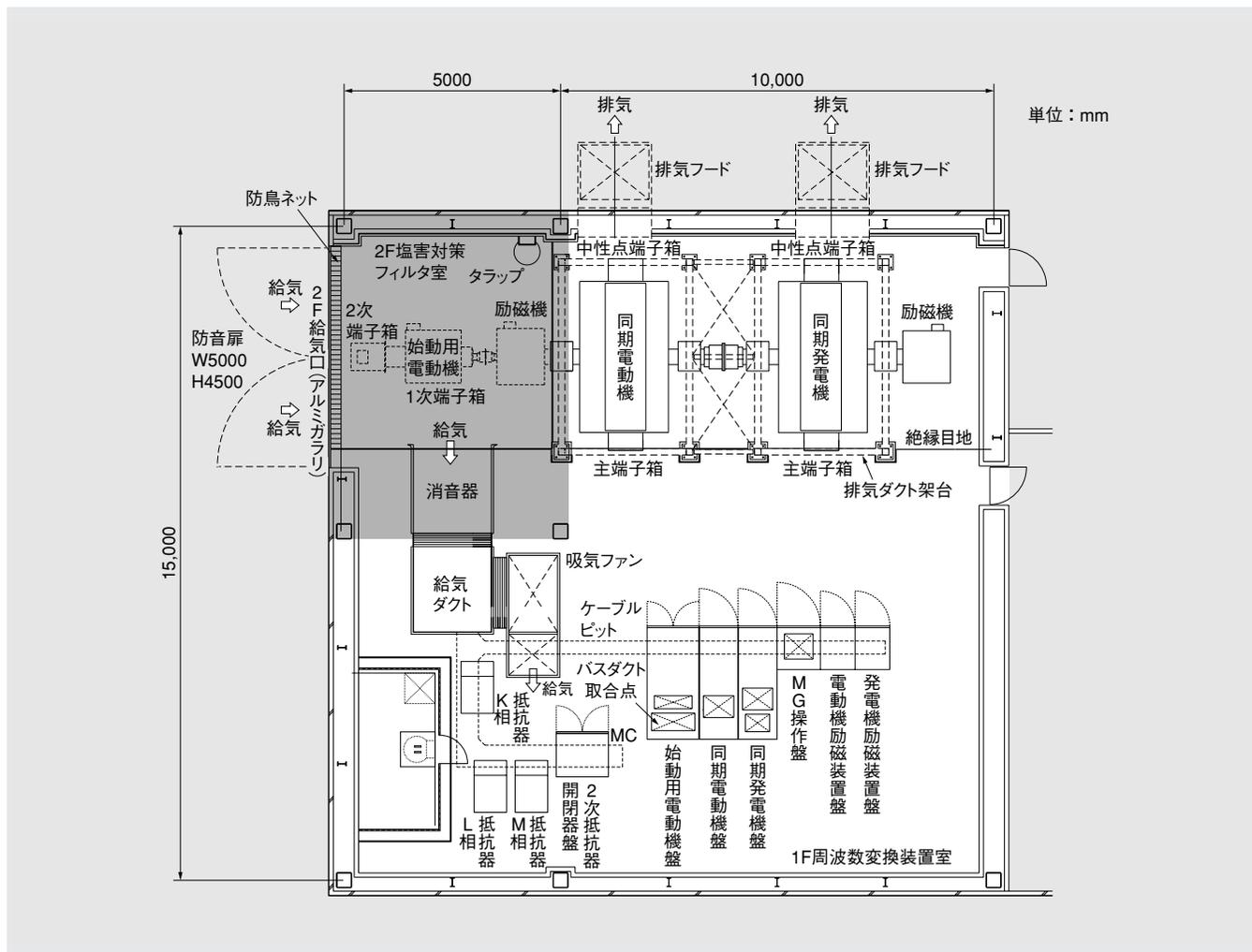
第4図 始動試験 (6600V)

始動1段目の2次抵抗器 (R₁+R₂) の値は、同期速度を維持するための値に選定し、2段目の2次抵抗器R₂の値は、昇速用のほかに静止摩擦トルクに打ち勝つ始動トルクを得るための値を選定した。これにより、始動用油圧ジャッキアップ装置を不要とした。



第3図 周波数変換機外形図

輸送及び現地における搬入・据え付けを容易にするため、あらかじめ本体・両軸受・ブラシレス励磁装置をベット上に組み上げて出荷する方式である。建屋を貫通する排気ダクトとの取り合いは、本体上部である。



第5図 機器配置図

周波数変換機と配電盤は対向して設置し、その間隔は幅・高さ共に多めにとりメンテナンススペースを広くした。主ケーブル・ポニーモータの2次ケーブルは、上部に立ち上げてケーブルラック経由で配電盤に接続し、ケーブルピットを最小限にとどめた。

(3) 低騒音化 10,000kVAクラスの発電機では、騒音は100dB(A)程度になるが、今回は電動機やタービン発電機の低騒音技術と騒音解析技術を駆使し、単体で騒音を減らすと共に、道路側に面した給気ダクト内には消音器を設けた。これにより道路との境界値で60dB(A)以下の仕様を満足することができた。

(4) 冷却・通風方式 回転機の冷却は空冷なので、冷却水を必要としない。同期発電機と同期電動機の通風は、吸気ファン及び自己ファンによるダクト管通風方式であり、給気側にフィルタ室を設けることでじんあいや塩分などの汚損物質から回転機を保護している。この技術は、当社が塩害の厳しい離島に納入してきたエンジン発電機の技術と実績が生かされている。第5図に冷却風の通風経路を示す。

ポニーモータは始動時のみ使用され、始動完了

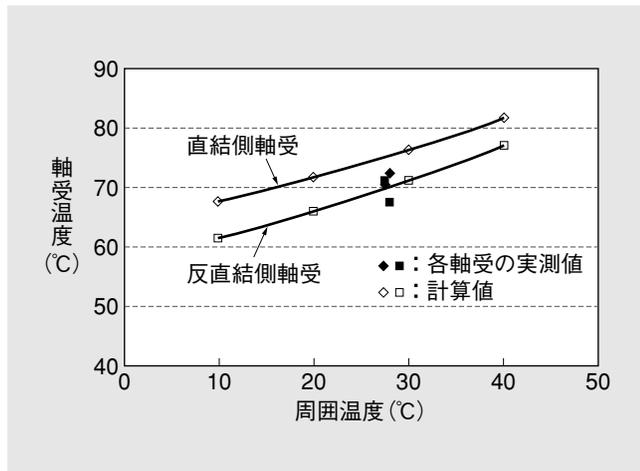
後は無通電運転となるので、短時間定格の設計としている。冷却用のファンは無く、回転子鉄心に設けられた通風ダクトにより冷却風を循環させている。

(5) 空冷軸受 自然対流冷却方式による横軸空冷軸受の中で、直径では最大クラス(直径375mm)であり、当社の冷却解析技術で設計された。軸受温度保証値は85℃である。

1994年に当社は、空冷軸受温度解析プログラムを開発した。その後、水車発電機における空冷軸受の採用が増加し、データの蓄積による改良が重ねられて温度計算値の精度が向上してきた。本軸受の設計にもこの技術が生かされている。

第6図に軸受温度計算値と実測値を示す。試験結果はほぼグラフの値に一致した。

(6) お客様の運転・保守 本MGセットは、前述のように発電機本体は空冷式、軸受も空冷油自



第6図 軸受温度計算値と実測値
自然空冷による大形軸受の設計に用いた、軸受温度計算プログラムによる計算値と実測値の比較を示す。

蔵・自己給油式であり、冷却水レスとなっていて、メンテナンスを必要とするクーラ類やポンプ類が無く保守が容易である。更に冷却用補機との接続配管も無く、省スペース化が図られている。

但し、巻線形電動機のブラシのメンテナンスが必要となることと、今回は耐塩害を考慮してフィルタ室を設けていることなどから若干のメンテナンス作業が残るが、前述の冷却水ポンプ・強制潤滑油ポンプなどのメンテナンスに比べれば省力化されている。

4. む す び

静止形電力変換装置の大容量・低価格化や信頼性向上、省スペース化などの技術向上により、将来、MGセットは少なくなっていくと思われるが、MGセットでなければ成立しない電源もある。これに備えて、貴重な技術を次世代に引継ぎ、お客様のご要求に応えるべく、今後も信頼性の高い回転機を使用した電源装置の製作を続けていく所存である。

当社は、タービン・エンジン・水車・風車など種々の原動機に対応した専用の発電機を製作しており、それぞれに固有の技術を有する。MGセット用の回転機にもこれらの最新技術を適用できるため、広範囲なMGセットの製作が可能となっている。

MGセットは原動機も電気品であるため、各機種技術の粋を集めたものになる。制御技術も同様であり、幅広い制御技術を知りえなければ、トータルシステムとして完成できるものではない。

種々のMGセットの製作が可能であることは、総合技術力の高さを象徴するものである。加えて、燃料を使用する原動機が無いことによって、環境に配慮された電源と言え、CO₂削減で社会に貢献している。

次世代の回転形周波数変換機は、MG間軸受の共通化による軸受数の省略や、回生制動を利用して、更に省エネルギーになった周波数変換機へと変わっていくであろう。

・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》



山戸 淳 Atsushi Yamato
発電機的设计業務に従事



玉川 誠 Makoto Tamagawa
発電プラントエンジニアリング業務に従事