

マイクロガスタービン コージェネレーションパッケージ

中嶋 照幸* 山本 学**

Micro-gas-turbine Cogeneration Package

by Teruyuki NAKAJIMA, & Manabu YAMAMOTO

A cogeneration package (a type of small distributed power generator set) with a non-pressurized heat recovery device equipped on a micro-gas-turbine, a power generation output of 80 kW and an overall efficiency of 73% has been developed. The main components, such as the gas turbine, recuperator and fuel gas compressor are installed in upper and lower stages, thus conserving installation space and making it easier for maintenance work to be carried from the front and back of the package. The ventilation is made optimal as well. The package features a cubicle-shaped, integrated, indoor-outdoor noise prevention and the noise level is minimized to 65 dB (A). Also featured is an instrumentation system, which conforms to the technical standard thermal power generation, and a power grid-tied protected device, which is in accordance to the guideline for grid-tie operations. Combined use using the master control panel enables peak cut operation, scheduled operation and parallel operation of up to five micro-gas-turbine cogeneration packages.

Keywords: Micro-gas-turbine, Cogeneration, Recuperator, Heat recovery device, Fuel gas compressor, Power conditioner, Cubicle construction, Grid-tie, Master control panel, Remote monitoring system

1. はじめに

マイクロガスタービンは小形分散型電源として大きな可能性を秘めており、世界市場で注目を浴びている。現在、国内外問わず各社が開発を進めているが、当社では、グループ会社である Elliott Energy Systems Inc.社のマイクロガスタービンを用いたコージェネレーションシステムを開発し、2002年4月から本格的に市場参入を開始した。現在市場投入している製品は、発電出力80 kW、総合効率約73%の屋外設置形のコージェネレーションパッケージ（以下 本パッケージ）である。本稿では、当社のマイクロガスタービンのしくみと本パッケージの機器概要について紹介する。

2. マイクロガスタービンの構造と発電のしくみ

当社のマイクロガスタービンの構造と特徴を図1、写真1に示す。図1はマイクロガスタービンの基本フローであり、写真1はコアエンジンの外観である。マイクロガスタービンは、再生器をもった一軸式再生サイクルのガスタービンエンジンであり、単段の遠心式圧縮機と単

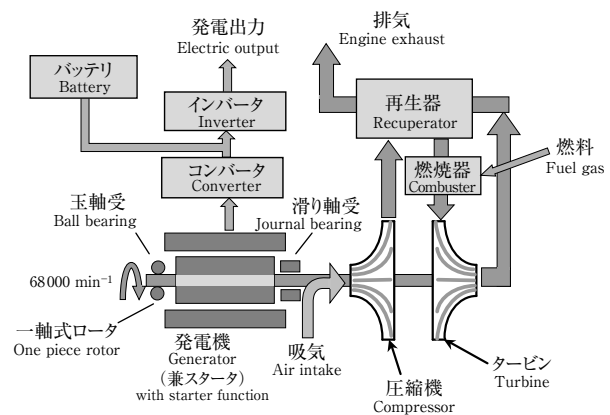


図1 マイクロガスタービンの基本フロー
Fig. 1 Basic flow of micro-gas-turbine

段のラジアルタービンを背面合わせに結合した構造となっている。高速回転する回転軸の圧縮機側を延長し、4極永久磁石の回転子（発電機ロータ）を直結することで発電機の小型軽量化を実現している。高速回転軸の軸受は、回転子の両側に玉軸受と滑り軸受をそれぞれ備えており、圧縮機とタービンが軸受からオーバーハングした構造となっている。発電機スタータは横軸円筒全閉内冷却式の6相同期発電機を採用しており、軸に直結された回転子が高速回転することにより、発電機から数千Hz

* 風水力事業本部 マイクロガスタービン事業統括 技術部
** 営業本部 産業システム営業統括 マイクロガスタービン営業統括 営業部



03-57 01/201

写真1 ガスタービンエンジン
Photo 1 Micro-gas-turbine engine

表 主要諸元
Table Specifications

定格発電端出力 *1 Rated electrical output	kW	80
発電効率 Electrical efficiency	%	25~27
燃料消費量(都市ガス13A) *1*2 Fuel consumption (natural city gas 13A)	kg/h	約26
NOx値(16% O ₂) NOx	ppm	15~25
排気ガス温度 *3*4 Exhaust gas temperature	℃	100~280
排気ガス流量 Exhaust gas flow	kg/h	2800
排熱回収装置熱回収量 *4 Heat recovery capacity by heat recovery device	kW	134
総合効率 *1*4 Total efficiency	%	約73
騒音 Airborne noise	dB(A)	65以下
質量 Weight	kg	約3100
外形寸法 Dimensions	mm	L 3250 × W 1150 × H 2650

(*1) 吸気温度15℃, 周囲圧力1013 hPa, 湿度60%, 定格出力時, 吸排気ダクトなしの場合の予想値。またガス圧縮機, 排熱回収装置の消費動力は含まない。

(*2) 都市ガス: LHV 41600 kJ/m³(NTP) {9940 kcal/m³(NTP)} として計算。

(*3) 排熱利用状況によりダンパー開度が変化するため, 排気ガス温度も変動する。(0% 熱回収時: 約280℃, 100% 熱回収時: 約100℃)

(*4) 排熱回収装置入口温度60℃, 出口温度70℃の条件における値。



03-57 02/201

(a) 正面側
(a) Front
(b) 背面側
(b) Rear

写真2 パッケージ外観
Photo 2 MGT cogeneration package

の高周波電力が出力される。高周波電力はパワーコンディショナで直流に整流した後, 三相インバータ方式の電力変換器によって再変換し, 三相交流400 V又は440 V, 50 Hz又は60 Hzの電力として出力する仕組みになっている。エンジン下部には約20 Lの潤滑油タンクを備えており, 潤滑油で軸受の潤滑と発電機ステータの冷却を行っている。燃料は都市ガス, LPG, バイオガスなどが使用可能である。

3. コージェネレーションパッケージ

3-1 開発コンセプト

当社コージェネレーションパッケージの性能, 特徴を表, 写真2に示す。表は主要諸元であり, 写真2は本パッケージの外観である。本パッケージの開発にあたっては, 小形, 軽量だけでなく国内での使用時に適用される法規, 規格等に準拠すること, 据付工事の簡素化, 高い保守管理性を実現することなどを考慮し, 以下の開発コンセプトに基づいて商品化を図った。

(1) ガスタービン, 再生器, パワーコンディショナ, 燃料ガス圧縮機, 排熱回収装置, サイレンサを内蔵した一体形屋外防音パッケージ構造の採用

(2) 消防法への適合及び内燃力発電協会の認定対象となるキュービクル構造の採用

(3) 発電用ガスエンジン安全技術指針に準拠した信頼性の高い燃料ガス圧縮機の採用

(4) 労働安全衛生法のボイラ及び圧力容器安全規則の適用対象外となる無圧式排熱回収システムの採用

(5) 経済産業省の定める発電用火力設備の技術基準に準拠したシステム計装の採用

(6) 系統連系技術要件ガイドラインに準拠する系統連

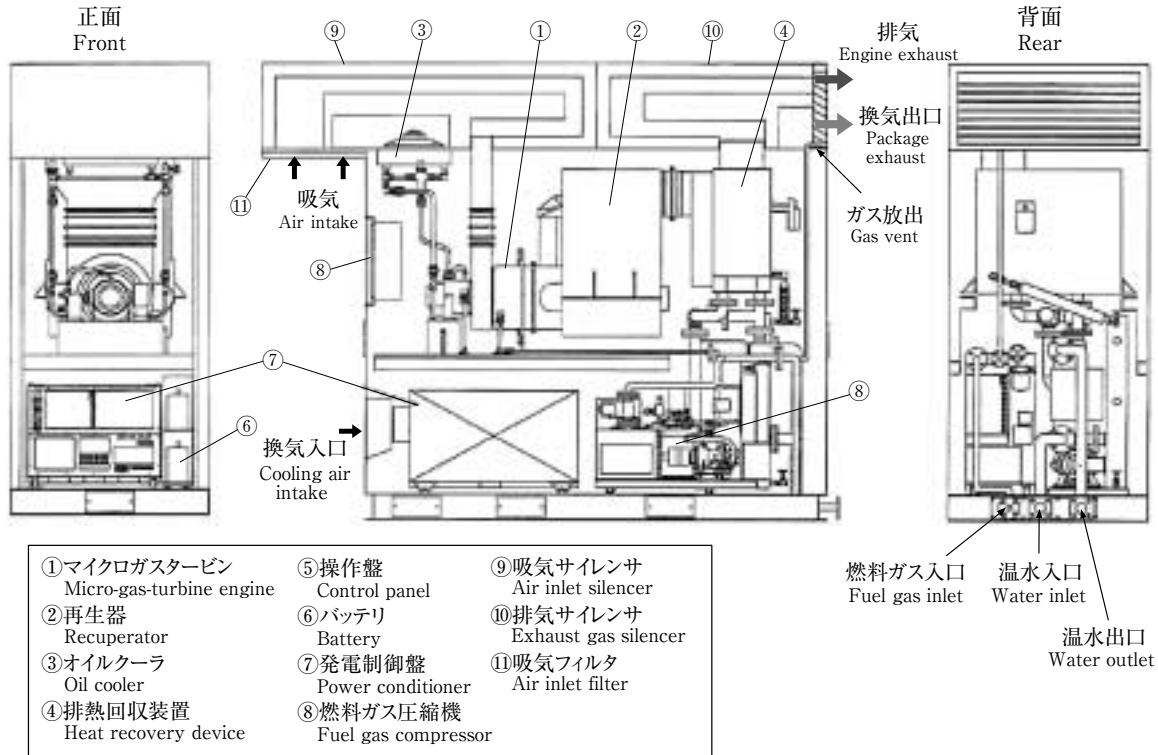


図2 内部構成
Fig. 2 Internal composition

系保護機能の装備

3-2 コージェネレーションパッケージの内部構成

本パッケージの内部構成を図2に示す。パッケージ内部は隔壁で仕切られた上下二段構造とし上段には熱容量の大きいガスタービン、再生器、排熱回収装置（熱交換部）を、下段にはパワーコンディショナ、燃料ガス圧縮機、排熱回収装置（ポンプ、制御盤）を配置した。上下段の換気はそれぞれ独立した換気流路を形成し、上段はエンジン吸気口からオイルクーラの電動ファンを利用して強制空冷し、下段は正面扉の換気口からパワーコンディショナと燃料ガス圧縮機の電動ファンを利用して強制空冷させることで熱的なバランスを保っている。主にエンジンの吸気口と排気口から抜け出るガスタービンの高周波音対策として、本パッケージ上部に流路形状、流路長を最適化した吸気サイレンサ、排気サイレンサを設けている。エンジン吸気口は屋外での使用を考慮し下向き配置とした。

一方、パッケージ側面からの潤滑油ポンプ、燃料ガス圧縮機の低周波透過音対策及び外板との断熱対策として高密度グラスウールをエンクロージャ内部に施工した。これにより約65 dB(A)（機側1 m、床上1.2 m、4方向平均）の低騒音化を実現している。

電気及び信号は正面扉側から、燃料ガス及び温水は背面扉側からの取合い構造とし、保守管理箇所をパッケージの正面、背面扉側に集約した。更に、パワーコンディショナ、燃料ガス圧縮機、排熱回収装置についてはキャスタを標準装備することで、引き出し作業を容易にしている。コアエンジンはパッケージ内に簡易吊具を取り付けることで正面扉側からの引き出しが可能である。このような構造にすることにより本パッケージの据付床面積は3 m²程度になっている。

3-3 発電用火力設備の技術基準及び系統連系技術要件ガイドラインへの適応

3-3-1 発電用火力設備の技術基準への適応

一般にガスタービン発電装置を設置、運用するにあたっては、経済産業省が定める発電用火力設備の技術基準に準拠した装置であることが必須である。また、発電出力300 kW未満のマイクロガスタービン発電設備に関して、随時監視と安全要件を満たすことができればボイラ・タービン主任技術者（BT主任技術者）を選任する必要がなくなった（経済産業省告示第333号による）。当社コージェネレーションパッケージは発電用火力設備の技術基準に完全に準拠するよう以下のような対策を行っている。

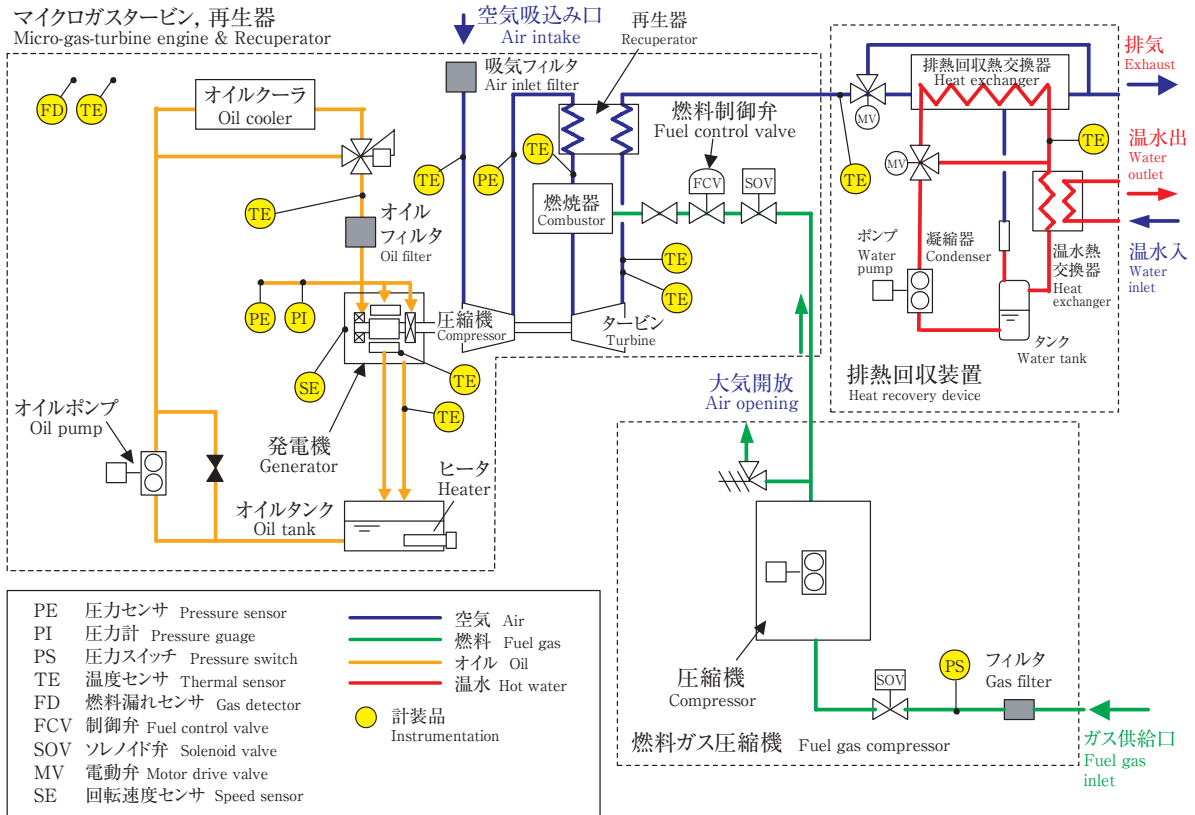


図3 システム計装
Fig. 3 System diagram

コージェネレーションパッケージのシステム計装を図3に示す。

(1) ガスタービン本体及び補機類の法定監視項目（ガスタービン回転速度、空気圧縮機の吐出圧力、ガスタービン入口ガス温度、軸受入口潤滑油圧力、軸受出口潤滑油温度）を監視するために必要なセンサを取り付けた。法定項目の監視はISDN回線を用いた遠隔監視装置によって行うことができ、異常発生時には通信で自動的に通報する機能を有しており随時監視が可能である。当社の遠隔監視システムは24時間稼働しており、常に法定監視項目を監視するだけでなく保守管理に必要な詳細運転データ及び帳票の作成等を行うことができる。

(2) 潤滑油ポンプの非常停止時の軸受保護対策として潤滑油配管系の配置を最適化し、実機にて実証試験を行って軸受に異常が発生しないことを確認した。

(3) ガスタービンの損壊事故時の対策として、破片が当該設備の外部に飛散しない構造を有することを求められるが、実機にて実証破壊試験を行い安全性が確保されていることを証明した。

3-3-2 系統連系技術要件ガイドラインへの適応

一般に分散型電源は電力系統に連系し運用される。一般電気事業者及び卸電気事業者以外の者が設置する発電設備を電力系統と連系する場合には、系統連系技術要件ガイドラインに準拠した連系保護機能などを有していることが不可欠である。当社コージェネレーションパッケージでは、主要な連系保護機能をパワーコンディショナにもたせ、かつ次のように系統連系技術要件ガイドラインに適応させている。

(1) 系統連系保護装置ブロック図を図4に示す。図4は逆潮流なしの場合で、かつUPR（不足電力継電器）を用いて機能的二重化を行った電力系統保護の標準形である。パワーコンディショナはOVR（過電圧継電器）、UVR（不足電力継電器）等の保護継電器と単独運転防止機能（能動式、受動式）を備えている。顧客連系設備からのVT（計器用変圧器）、CT（計器用変流器）、ZPD（零相電圧変成器）信号を受け作動するOVGR（地絡過電圧継電器）、RPR（逆電力継電器）、UPRの各リレーは別置き共通制御盤に置き、パワーコンディショナの機能と併せ連系保護機能の二重化を実現させた。

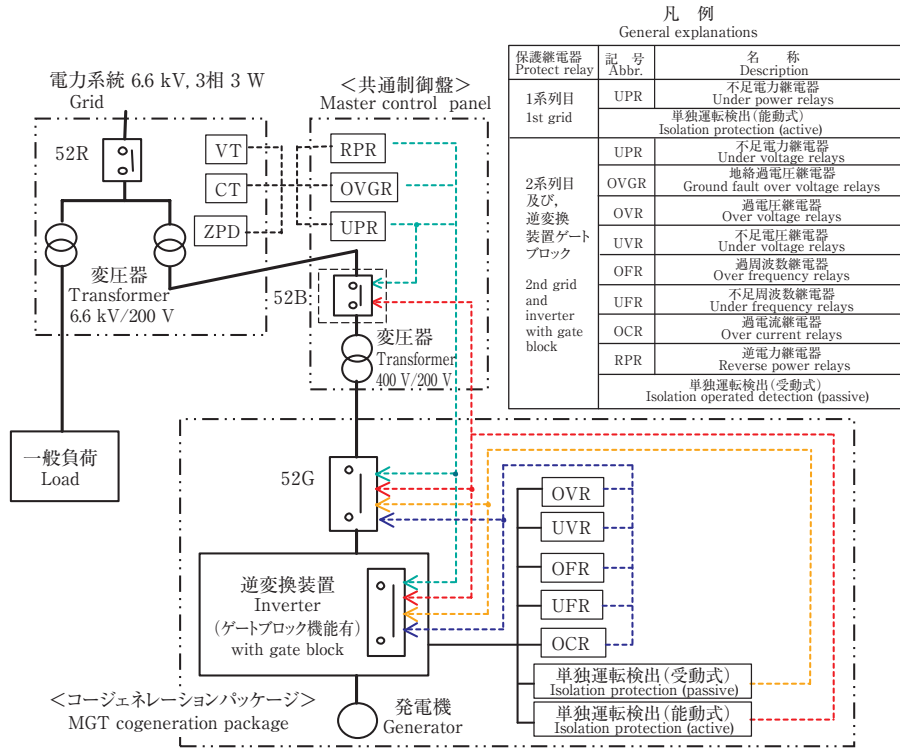


図4 系統連系保護装置ブロック図
Fig. 4 Block diagram of grid-tie protection

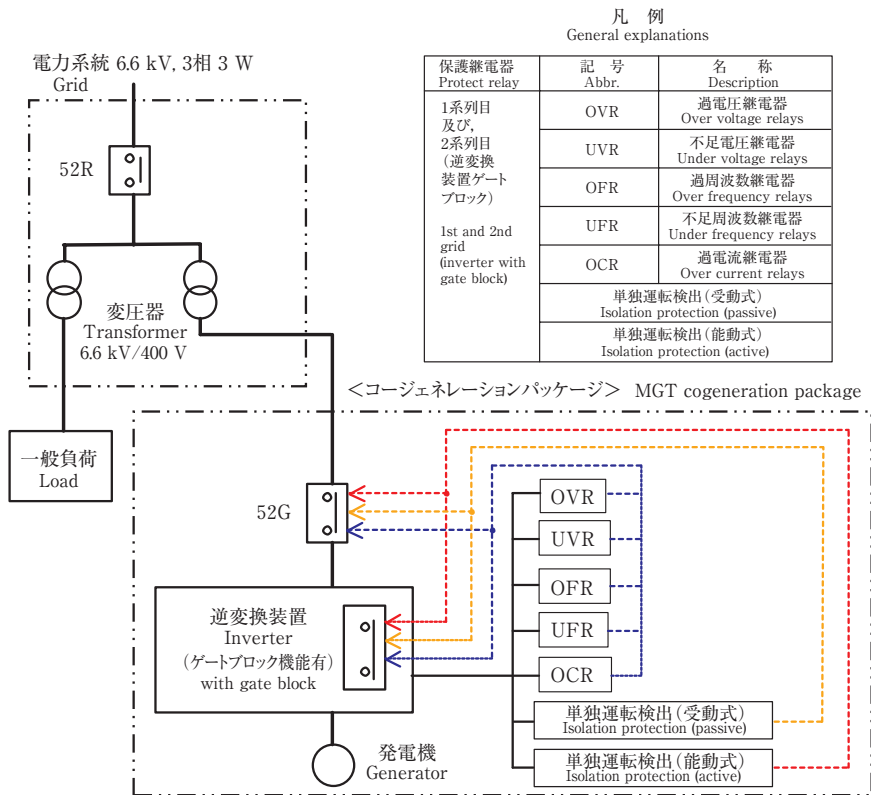


図5 系統連系保護装置ブロック図 (OVGR, RPR, UPRを省略する場合)
Fig. 5 Block diagram of grid-tie protection (in the case of omitting OVGR, RPR, UPR)

(2) 系統連系保護装置ブロック図 (OVGR, RPR, UPR を省略する場合) を図5に示す。

当社のパワーコンディショナは標準で単独運転防止機能を有しているため、発電出力が受電容量の5%以下となった場合 (発電出力が80 kWの場合は受電容量1600 kW以上) はRPR, UPR, OVGRを省略することができる。また、逆変換装置を使用し絶縁変圧器を介して系統連系を行う場合は逆変換装置内のゲートブロック機能も機械的解列点と見なすことができるため、しゃ断器52Bを省略することが可能である。これにより共通制御盤が不要となり、機器費用及び工事費用を大幅に削減することが可能である。

4. おわりに

当社のコージェネレーションパッケージは、国内で使用するために必要な技術要件、発電用火力設備の技術基

準、系統連系技術要件ガイドライン及び法規・規格・規制等に準拠した仕様としたことで、据付設置時の諸届出等の作業を容易にした。なお、本パッケージは共通制御盤を併用することによりピークカット運転、スケジュール運転及び最大5台までの並列運転が可能である。当社とサービスメンテナンス契約を締結すれば、当社は遠隔監視システムにて日常の運用状況を24時間監視し、故障情報の収集・解析及び迅速な保守管理を提供することができる。これにより安全な運用と自動運転を確保することが可能である。本パッケージは技術的にもサービスのにも十分に市場評価を得られるものとなっている。現在、当社ではホテル、病院、スポーツセンターなど、電力と温水の需要が比較的高い施設を中心に市場拡大に努力していく所存である。

