

自立運転機能付きマイクロコージェネの紹介

Introduction of Micro-combined Heat and Power Generation Unit with Backup Function

江口 博之*

Hiroyuki EGUCHI

榎本 貴行*

Takayuki ENOMOTO

末吉 俊一郎*

Shunichiro SUEYOSHI

津野 康一*

Koichi TSUNO

山路 健*

Takeshi YAMAJI

要 旨

非常時にバックアップ発電機として使用可能な家庭用小型コージェネレーションユニットの開発をおこなった。

自立発電を可能とするためバッテリー、DC-DCコンバータユニット、インバータユニットを新たに開発した。DC-DCコンバータユニットは自立発電の始動時にバッテリーからの電力を変換し始動装置に供給する。また、バッテリーのロングライフを実現するため充電制御もおこなう。また、インバータユニットは既に販売しているバックアップ発電なしの前モデルと同一サイズながら、系統連系発電機能と自立発電機能をあわせ持つ。非常用発電機としての自立発電時の出力は前モデルに対して1.5倍に向上させた。また、バッテリーアシストを併用しハイブリッド発電をおこなうことにより、電気負荷の接続時の電圧変動を低減し、使用可能となる電気負荷の大きさや種類を増加させた。

ABSTRACT

A micro-combined heat and power generation (micro-cogeneration) unit which can be used as a backup power generator in an emergency has been developed. A battery, DC-DC converter unit, and inverter unit were newly developed to enable autonomous operation of the generator. The DC-DC converter unit converts power from the battery when backup operation commences, and supplies power to the starter. It also applies charging control to extend battery life. In addition, the inverter unit is the same size as the model currently on the market, which does not have a backup power function, but it incorporates both grid-connected and backup generation functions. Output power as an emergency generator during backup operation has been increased 1.5 times against the previous model. The realization of hybrid power generation through the use of battery assist has reduced voltage sag when an electrical load is connected, and thus, the amount of usable electric load and types increased.

1. まえがき

2008年に日本でおこなわれたG8先進国首脳会議においては、2050年までに世界全体の温室効果ガス排出量の少なくとも50%の削減を達成するという方向性が示され、低炭素社会に向けた取り組みが本格化してきている。一方、民生(家庭)部門の消費エネルギーは増加の一途を辿っており伸び率は著しく、エネルギー消費全体の伸びにおいても大きな要因となっている。将来的には、モビリティの電動化などにより電力需要は増加し、安定した電力供給が必要となる。

発電機で電気を作ると同時に発生した熱を回収利用するコージェネレーションシステムは、既に工場などの大規模設備では使われていてCO₂の排出削減への効果が期待され

ているが⁽¹⁾、小型実用化にはコスト、寿命などの課題があった。Hondaは小型ガスエンジンとインバータ発電機の技術を基にこれらの課題を克服し、2003年2月世界初の家庭用小型ガスエンジンコージェネレーションユニット(以下、マイクロコージェネユニットとする)を発売し⁽²⁾、2007年には米国でも販売を開始した。米国では大雨による河川の氾濫、巨大ハリケーンや吹雪、などの自然災害による停電が多く⁽³⁾、電力確保のための非常用発電機市場が確立している。家庭用コージェネユニットは環境負荷の低い常用発電設備であり、停電時にこれを非常用発電設備として活用できれば、セキュリティの面からお客様にとって大きなメリットとなる。

本稿では、2009年1月に米国で発売した停電時自立発電可能なマイクロコージェネユニットを紹介する。

*汎用R&Dセンター

2. 製品の主要諸元

家庭用小型ガスエンジンコージェネレーションシステムとは、Honda のマイクロコージェネユニットと、都市ガス会社、給湯器メーカーが共同開発した回収熱利用給湯暖房ユニットを組み合わせた住宅用エネルギー供給システムである。日本とは異なる電力事情を持つ米国においては、非常用発電機能を有するマイクロコージェネユニットの要望があると考えられる。

設置イメージをFig. 1に示す。マイクロコージェネユニットで発電された電力は、分電盤を経由して家庭内の電気製品で消費される。電気と同時にエンジンユニットから回収された熱は、日本における回収熱利用給湯ユニットでは、貯湯タンクで温水として蓄えられた後、給湯をはじめ、床暖房や浴室暖房乾燥機等に利用される。米国においては、温風暖房機にて直接空気と熱交換され温風暖房に利用される。

ガスエンジン発電機、熱交換器、系統連系インバータ等が収められたマイクロコージェネユニットの外観を Fig. 2 に、主要諸元を Table 1 に示す。従来モデルと同じきょう体内に、新たにバッテリーや DC-DC コンバータユニットを搭載した。

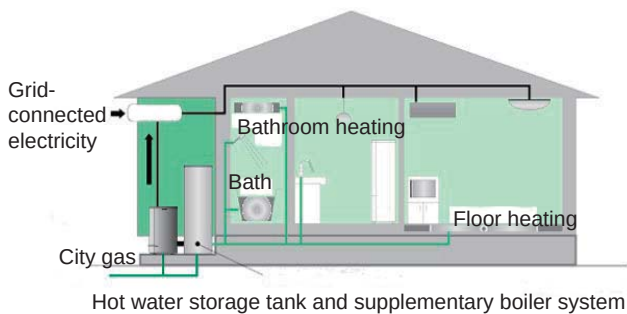


Fig. 1 Micro-cogeneration system



Fig. 2 External view of micro-cogeneration unit

Table 1 Specifications (US model)

		Normal	Boost	Backup
Output	Electricity	1 Φ 3W 240 V/120 V 60 Hz		1 Φ 2W 240 V 60 Hz
		1.2 kW	1.8 kW	1.8 kVA
	Heat	3.2 kW or more		
Power supply		Grid connection by inverter		Inverter
Heat recovery		80 °C Hot water		
Efficiency	Electricity	23.0% or more		
(LHV)	Heat	62.5% or more		
Dimensions (LxWxH)		380 × 580 × 880 mm		
Mass		82 kg		
Noise		47 dB(A)	55 dB(A)	
Engine	Type	Liquid-cooled 4-stroke OHC vertical single cylinder		
	Displacement	163 cm ³		
Starting system		Starter generator		

3. 技術課題とシステム構成

本モデルでは、系統連系運転のみの従来モデルに加えてブースト系統連系モードと自立発電モード、2モードの出力設定を追加した。ブースト系統連系モードとは、発電所の能力を超えるような広域電力需要がある際に、電力会社からの要求により売電をおこなうモードである。このような要求がある状況においては、電力供給が不足している状態のため、発電出力はより大きいものが望まれる。また、自立発電モードとは前述にあるように停電時に非常用発電機として自立発電をおこなうモードである。自立発電モードにおいても発電出力には、より多くの電気負荷を使用可能とするため、より高出力が求められる。米国における弊社調査結果によると Honda ガソリンエンジン発電機 EU2000iA (定格出力 1.6 kVA) の購入者の 23% が停電時のバックアップ電源を目的として購入をおこなっている。このため、本モデルでは自立発電モード時の出力値を 1.8 kVA とし、ブースト系統連系モードも同等の 1.8 kW とした。系統連系モード時の定格出力については前モデルと同一の 1.2 kW であるため、発電出力を増加させるため入力源となるエンジンの回転数を高回転としてエンジン出力の増加をおこない、インバータユニットの出力能力の増加もおこなった。また、自立発電モードにおいては使用できる電気負荷を拡大するため、バッテリーによる発電出力のアシストをおこなった。

Fig. 3 に前モデルのシステム構成を示す。マイクロコージェネユニットに搭載される系統連系インバータユニット (以下インバータとする) は、オルタネータ (以下 ALT とする) から出力される電力を整流部にて直流化し、ブーストコンバータ部にて定電圧の直流電圧に変換をおこない、

MOSFET部にて商用電源に連系可能な電力に変換し系統連系をおこなう。エンジン始動時には系統を電源とし整流部をスタータドライバ部として使用することにより、インバータはエンジン始動用のスタータドライバとしての機能をあわせ持つ。本構成によりインバータユニットはパワーラインを双方向に使用することができ⁽⁴⁾専用の始動装置、切替りリレー等の削減をおこなうことができた。エンジンコントロールユニット(以下 ECU ユニットとする)はエンジン制御およびマイクロコージェネユニットのマスターユニットとして運転状態の指令および管理、外部に接続される給湯ユニットまたは暖房機器との通信をおこなっている。前モデルの構成においても、始動用電子ユニットを削減することができたが、系統を電源としてエンジン始動をおこなうため、系統に停電が発生した時にはエンジンの始動をおこなうことができなかった。自立にてエンジンを始動し、発電をおこなうことと、自立発電に求められる性能を満足するための課題を以下に示す。

(1) 自立始動用電源

停電時のエンジン始動用の電源を確保するため Ni-MH バッテリーを搭載する。バッテリーにはメンテナンス回数

削減のため長寿命が求められる。また、バッテリー状態の監視をおこない、停電時に確実なエンジン始動を可能とする必要がある。

(2) DC-DC コンバータユニット

低電圧のバッテリーを系統電圧と同等の電圧とし、インバータに供給するため DC-DC コンバータユニット(以下 DC-DC コンバータとする)が必要となる。DC-DC コンバータは大電流を扱うため、発熱と電磁波ノイズが問題となる。このため高効率かつ低ノイズの DC-DC コンバータの開発が必要となる。

(3) 系統連系、単体発電可能なインバータユニット

同一のハードウェアにおいて、系統連系、ブースト系統連系、自立発電をおこなうことが課題となる。性能としては、系統連系を可能とする LC フィルタの設定において自立発電時の性能を満足し、出力は前モデルと同一サイズにおいて 1.5 倍とする。また自立発電時の使用電気負荷拡大のため、バッテリーアシストによるハイブリッド発電を可能とすることが課題となる。

今回開発したシステムの構成を Fig. 4 に、具体的な手法については次項にて解説する。

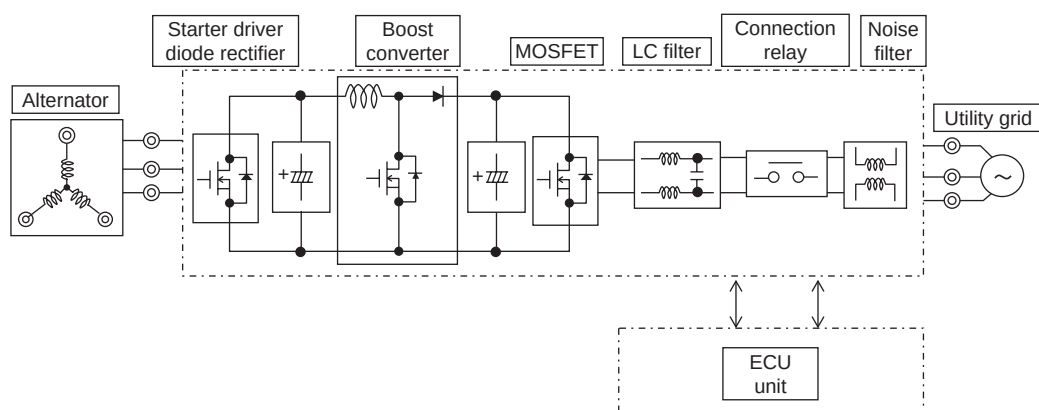


Fig. 3 Diagram of previous system

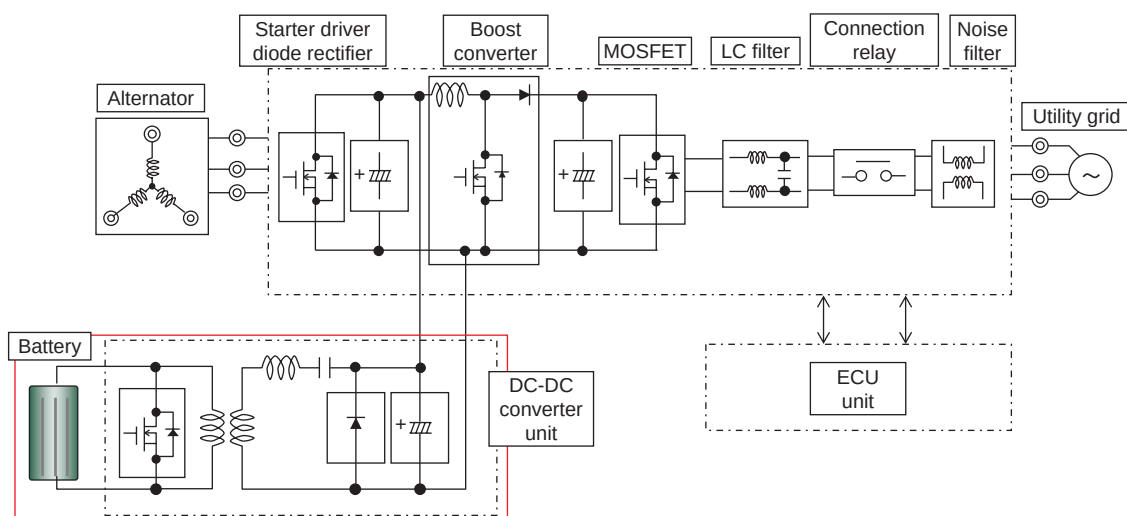


Fig. 4 Diagram of newly developed system

4. 各部の機能

4.1. Ni-MH バッテリー

4.1.1. バッテリー仕様

停電時のエンジン始動用電源を確保するため、小型で高出力が可能な Ni-MH バッテリーを採用した。外観を Fig. 5 に示す。定格電圧12V、定格容量6.4Ahであり、電流ヒューズ、温度ヒューズ、温度センサを内蔵した。Fig. 6にエンジン始動に必要な出力とNi-MHバッテリー出力の温度特性を示す。エンジン始動に必要な出力は、低温においてエンジンフリクションが増加するため高くなる。一方、バッテリー出力は低温で低下するため、特性上最も厳しい低温で要求出力を満足するようにバッテリー仕様を決定した。

4.1.2. バッテリーの長寿命化技術

バッテリーは、鉛バッテリーに比べ2倍以上の寿命を持つNi-MH バッテリーを採用した。Ni-MH バッテリーは、温度が高い



Fig. 5 Ni-MH battery

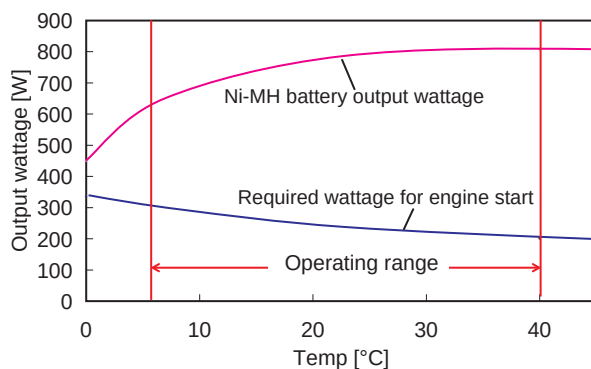


Fig. 6 Ni-MH battery output wattage

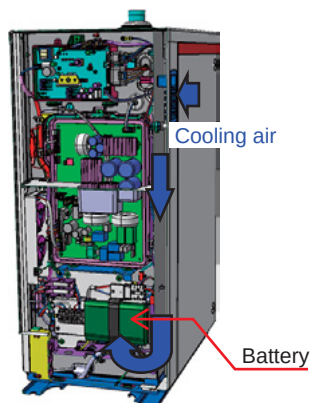


Fig. 7 Ni-MH battery layout

ほど寿命が短くなる。そのことから、Fig. 7に示す外気を導入する開口部近傍にバッテリーを搭載することにより、バッテリー温度上昇を10°C以下に抑えた。また充電によるバッテリー劣化を最小限にするため Fig. 8 のような間欠充電方式を採用した。DC-DCコンバータによりバッテリー電圧を常時監視し、エンジン始動が可能な SOC(State of charge)を維持するように充電制御をおこなう。エンジン始動のためにバッテリーを使用したときには、DC-DCコンバータにてエンジン始動時のバッテリーからの持ち出し容量を算出し充電する基本充電をおこない、その後セルの均一化と100%充電を担保するための微弱充電をおこなった。常時充電する従来方式に比べ、ワーストケースにおいてもエンジン始動が可能なSOCを維持しつつ、過充電によるバッテリー劣化を低減することが可能となった。

4.1.3. 内部抵抗によるバッテリー劣化判定

本モデルは、停電時に確実にエンジン始動をおこなうため、停電発生時以外にも、定期的にバッテリーによりエンジン始動をおこないバッテリーの状態を監視する⁽⁵⁾。放電前の電圧、電流と放電時の電圧、電流および電流補正係数、温度補正係数を用い、式(1)にてバッテリー内部抵抗Rを算出してバッテリーの劣化状態を判定する。なお、内部抵抗は放電電流が規定値以上のとき、算出をおこなう。

$$R = k_t k_i (V_0 - V_t) / (I_t - I_0) \Omega \quad (1)$$

V_t , I_t : 放電時の電圧, 電流

V_0 , I_0 : 放電前の電圧, 電流

k_t , k_i : 電流補正係数, 温度補正係数

バッテリーの劣化判定しきい値は、エンジン始動試験をおこない始動限界時の内部抵抗値とした。この定期的な内部抵抗算出によりバッテリーの例外的な劣化が発生した場合においても、未然に検出することが可能となった。

Fig. 9 に本モデルにおいて想定寿命を超えたバッテリーを用いた内部抵抗算出結果を示す。劣化判定しきい値に対して十分なマージンを有していることより、バッテリーは、本モデルの使用条件に対して十分な寿命を有していることが確認できた。

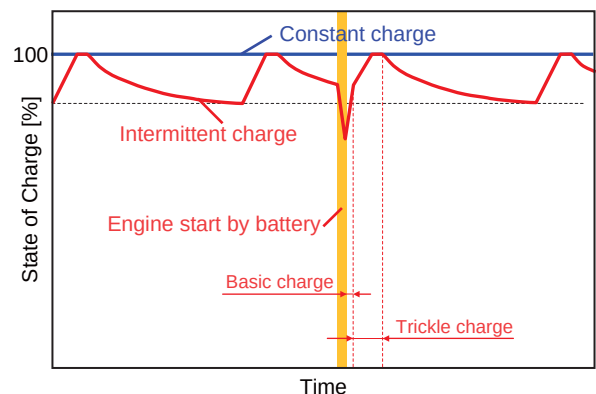


Fig. 8 Ni-MH battery intermittent charge

4.2. DC-DC コンバータ

マイクロコージェネユニットの停電時に自立運転機能を実現するために、DC-DCコンバータに求められる機能は以下のものとなる。

- (1) 系統電源の停電を検出する
- (2) バッテリーの充電制御をおこなう
- (3) 自立運転時のエンジン始動用の電源となる

Fig. 4 に示す DC-DC コンバータの詳細なシステム構成を Fig. 10 に示す。系統の通常電源供給状態(以下復電状態とする)、停電状態を監視する系統電圧検出部、バッテリーの充電制御をおこなう充電制御部、バッテリー電圧を昇圧してインバータに電源を供給する DC-DC コンバータ部にて構成する。

4.2.1. 系統電圧検出部

系統電圧検出部は系統電圧を絶縁型のトランスにより低電圧に変換後、CPUにて系統電圧の監視をおこない常時復電、停電の判定をおこなう。系統の停電状態を検出した際には、ECUユニットの指令により、エンジン始動用の電源をインバータユニットに供給するためバッテリー昇圧をおこなう。系統電圧の検出ラインに断線または短絡が発生した場合においても DC-DC コンバータの自己診断をおこなうため異常状態をユーザに通知することが可能となる。

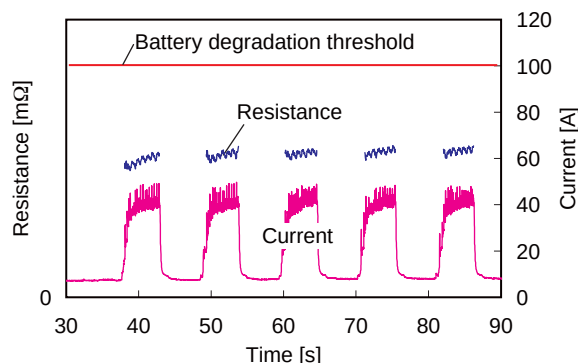


Fig. 9 Battery degradation threshold and resistance

4.2.2. 充電制御部

充電制御部はインバータより入力される系統を整流した直流電圧、またはエンジン運転時はALTの出力を整流した直流電圧を電源として降圧コンバータにて充電電流制御をおこなう。

4.2.3. DC-DC コンバータ部

復電状態において、インバータは系統電圧を電源としてエンジン始動をおこなう。しかしながら、停電時はバッテリーを電源としてエンジンの始動をおこなう。インバータのハードウェアを共通化するためには、DC-DC コンバータはバッテリーより入力される電圧を系統電圧近傍に昇圧する必要がある。本モデルでは系統電圧を整流した直流電圧 340 V ($340\text{ V} = 240\text{ V} \times 1.414$) に対してバッテリー電圧を約 20 倍に昇圧し 270 V とすることにより共通化を可能とした。また、エンジンアース、きょう体アースと接合するバッテリーから、きょう体と絶縁されたインバータユニットに電力を供給するため DC-DC コンバータは絶縁型を使用する必要がある。バッテリーより入力された電圧は Fig. 10 に示す MOSFET(Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor)で構成されたHブリッジ Sw1, Sw2 を交互にスイッチングすることにより、トランスに交流電圧の矩形波を印加する。その結果、トランスの二次側には、一次巻線と二次巻線の巻線比の電圧が交流矩形波として出力される。この交流電圧の矩形波をブリッジダイオードにて全波整流し、直流電圧とすることにより絶縁型の直流電圧変換をおこなうことができる。MOSFET は低圧大電流に対応するため、オン抵抗の小さい素子を選定した。但し、直流大電流領域でスイッチングをおこなう場合、スイッチング損失の増加による発熱、およびノイズの発生という課題がある。本モデルにおいては高効率、低ノイズを達成するため、Fig. 10 に示すように共振用コンデンサと共振用コイルを付加することにより電流共振形のゼロ電流スイッチング(以下 ZCS)を可能とした。共振コンデンサ

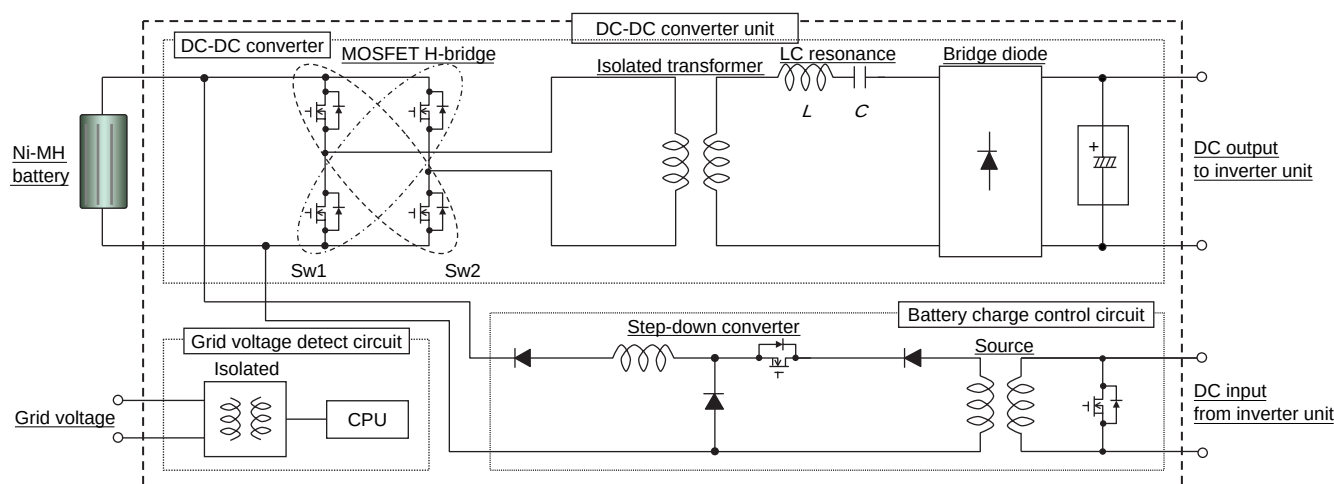


Fig. 10 DC-DC converter unit

の容量Cと共振コイルのインダクタLより共振周波数fは以下の式(2)で表される。

$$f = 1/2\pi\sqrt{L \cdot C} \quad (2)$$

HブリッジのSw1, Sw2のキャリア周波数を共振周波数fに同期させて動作させることにより電流共振による0Aでのスイッチングが可能となる。この結果スイッチング損失を低減し高効率、低ノイズを達成することができた⁽⁶⁾。

また、一般家庭への設置の際には最も状態が長い待機状態の待機電力削減のため各入力回路は高インピーダンス入力とする。この結果、DC-DCコンバータの待機電力は0.3 mW バッテリ自己放電に対して1/100以下の放電容量となり待機電力として無視できるレベルとすることが可能となった。

4.2.4. テスト結果

Table 2 に DC-DC コンバータの諸元を、Fig. 11 に外観を示す。また Fig. 12 に DC-DC コンバータ部のスイッチング電圧とトランス入力電流の測定波形を示す。測定した絶縁トランス一次側の電流波形(Input current 1)より電流0Aにてスイッチングをおこなっており、ZCS動作であることがわかる。また、スイッチング周波数は共振用コンデンサおよび共振用コイルの部品ばらつきにより共振周波数がばらつくため、スイッチング周波数の補正項をソフトウェアで設定可能とし、DC-DC コンバータの出荷時の検査において、ZCS動作となるように補正項の設定をおこなう。Fig. 13 に入力電圧14V、12Vにおける負荷効



Fig. 11 DC-DC converter unit

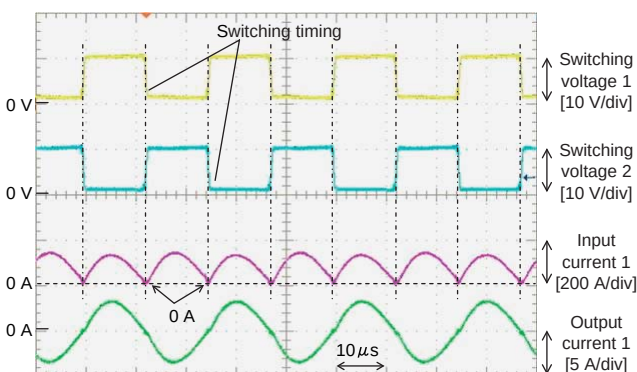


Fig. 12 Zero current switching

Table 2 Specifications (DC-DC converter unit)

Boost type	Current resonance type isolated converter
Switching type	Zero current switching
Rated input voltage	14 V
Rated output voltage	270 V
Rated output power	440 W
Switching frequency	40 kHz
Dimensions (LxWxH)	277 × 187 × 32 mm
Mass	1510 g

Table 3 Test results of DC-DC converter unit

Input voltage	14 V
Output voltage	273 V
Efficiency (rated output power)	91.6 %
Maximum output power	1168 W
Output voltage (no load)	297 V

率特性を示す。また、Table 3 にテスト結果を示す。ZCS動作により定格(440 W)時の効率は91.6%とすることができた。またエンジン始動時に使用される最大電力時の入力電圧においても89.5%の効率を実現した。この結果、絶縁型のDC-DCコンバータとして高効率を実現し、外部からの冷却を必要とせず自然放熱のみで連続定格出力を可能とした。

4.3. インバータ

Fig. 4 内のインバータのシステム構成を Fig. 14 に示す。始動時にはスタータドライバ、発電時にはALTからの電力を交流/直流変換するスタータドライバ兼整流部、直流電圧を昇圧するブーストコンバータ部、直流電圧をパルス幅変調(PWM)により矩形波電圧に変換するMOSFET部、矩形波電圧を正弦波電圧に変換するLCフィルタ、系統との接続と切断をおこなう接続リレー、ノイズを除去するノイズフィルタ、出力電流を検出する電流センサ、系統連系/自立発電用電流制限をおこなう系統連系用と自立発電用電流リミッタ、U相・N相/V相・N相/U相・V相間の電圧を検出する

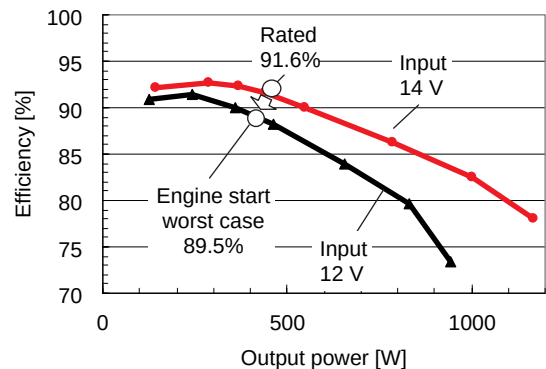


Fig. 13 Load efficiency characteristics of DC-DC converter

電圧センサ、発電制御をおこなう制御 CPU、MOSFET 部の駆動制御をおこなう駆動回路で構成している。

前モデルの系統連系インバータに対し、停電時の自立発電機能を追加した。また、前モデルと同一基板サイズながら、自立発電時の発電出力とブースト系統連系時の発電出力の増加をおこなっている。そのハードウェアおよびソフトウェアについて、以下で説明する。

4.3.1. 出力電力の向上

本モデルのバックアップ時の出力電力は 1.8 kVA で、系統連系時の 1.5 倍である。出力電力を 1.5 倍にするため、LC フィルタのコイル (L) のサイズを大きくして最大磁束量を増加させ、巻き線径を太くした。また、出力が増えると、ブーストコンバータ前後の直流電圧のリプル電圧が大きくなる。このため、電解コンデンサへのリプル電流も増大し、電解コンデンサが発熱して寿命が短くなる。これを防ぐため、ブーストコンバータのコイルのインダクタンスと電解コンデンサの容量を大きくすることで、リプル電流を下げ、電解コンデンサの温度上昇を抑制した。この結果、電解コンデンサは完成機寿命の 2 倍の寿命とすることが可能となった。また、ブーストコンバータおよび MOSFET の発熱量も出力電力に比例して増大することから、高温時に作動するインバータ専用冷却ファンの追加をおこない冷却性能を向上することにより、前モデルと同一サイズながら 1.5 倍の出力を可能とした。

4.3.2. 自立発電機能の追加

(1) UV 間電圧検出回路の追加 系統連系時には、異常な系統電圧の検出が必要であるとともに、検出分解能を上げるため Fig. 15 に示すように U 相 - N 間電圧と V 相 -

N 相間電圧を別々に検出していた。双方を加算することで U 相 - V 相間電圧を求め、比例・積分・微分制御 (PID 制御) の電圧フィードバックに使用する。しかし、単体発電機として自立発電をするときには Fig. 16 に示すように単相二線で出力をおこなうため、N 相が浮遊する。これは、DC から AC 出力に変換する MOSFET 部が単相フルブリッジ構成であることによる。このため、U 相 - N 相間電圧と V 相 - N 相間電圧の加算は、単純に U 相 - V 相間電圧にならない。これに対し、U 相 - V 相間電圧検出をおこなうことにより自立発電時の電圧フィードバックを可能とした。

(2) 電流リミッタ回路の追加 自立発電時の大電流負荷用に電流リミッタ回路を設置し、系統連系用の電流リミッタ回路とあわせて、2 つの電流リミッタ回路を設定した。系統連系用の電流リミッタ回路は、ブースト連系時の定格電流の 150% に設定した。自立発電用の電流リミッタ回路のしきい値は、水銀灯やコンプレッサ等の大電流が必要な負荷を使用可能とするため、系統連系用の電流リミッタ回路より高く設定し 250% 超とする。この設定値は、大電流を必要とする電気負荷の起動時や、出力短絡時に、インバータ部のスイッチング素子である FET の熱破壊を防ぐため、シミュレーション結果とテスト結果を用いて決定した値である。自立発電時には、系統連系用の電流リミッタ回路は機能しないようソフトウェアにて設定する。

(3) 電流検出回路の変更 系統連系機能と自立発電機能では、同一の電流センサで電流を検出している。従来のインバータ発電機では、FET ブリッジのアーム電流を検出していたが、回路数削減のため、系統連系時に用いている LC フィルタ後の電流検出を共用することで電流検出を可能とした。

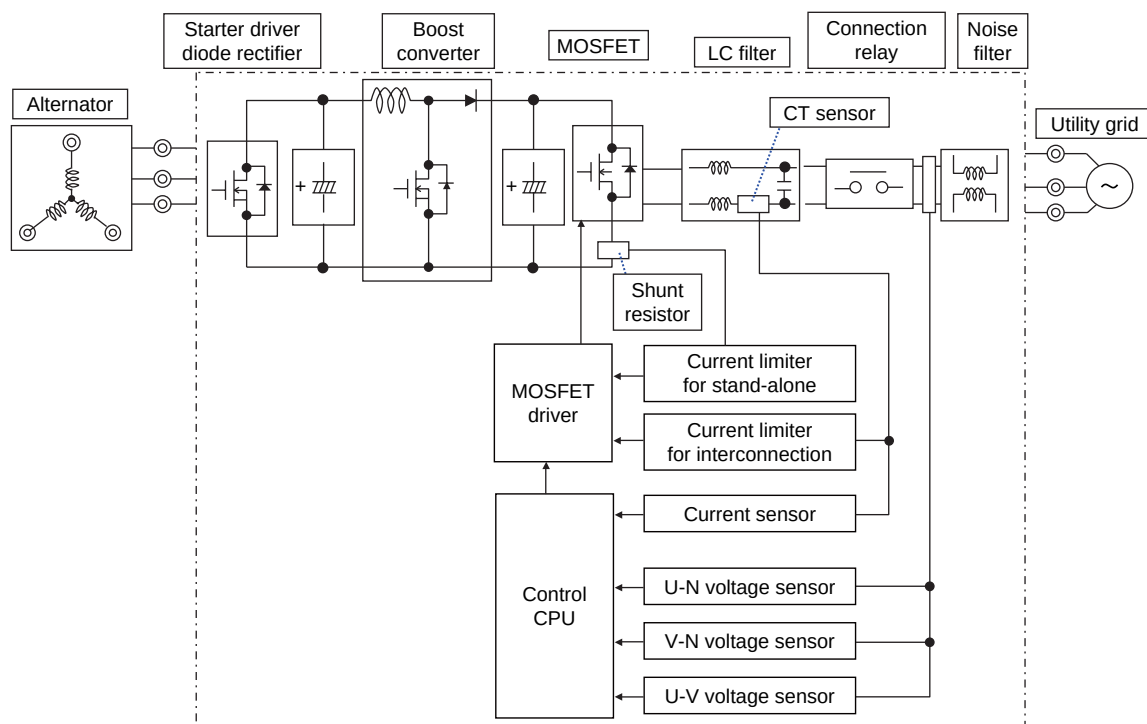


Fig. 14 Block diagram of interconnection inverter with backup function

自立発電機能では大電流が流れるため、電流センサの電流導電線を太くし、電流定格を前モデル 10 A に対して 30 A とした。この電流定格は、上述の過電流リミッタに対して充分マージンのある値とした。

4.3.3. 系統連系制御と自立発電制御

ソフトウェアにおいては、前モデルと同一 CPU において系統連系制御、ブースト系統連系制御、自立発電制御の3

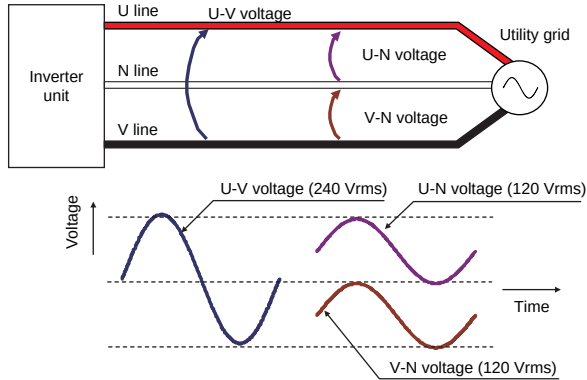


Fig. 15 Three-wire single-phase (grid connection)

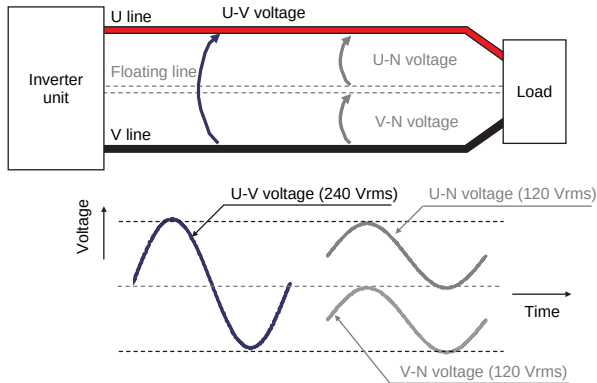


Fig. 16 Two-wire single-phase (backup)

モードの制御をおこなった。Fig. 17に示すように各モードでの入出力レベルのソフトウェア構成を共通とすることで、ハードウェアはそれぞれのモードにおいても共通に使用することができる。自立発電時には停電状態であるため、基準となる系統電圧が入力されない。そのため、制御演算内部で系統電圧を模擬した基準(内部基準正弦波)を作成することで正弦波出力をおこなう。

実際のプログラムにおいては、系統連系制御では系統電圧に波形を重ね合わせながら出力電流を制御する一定電力制御と、自立発電制御ではどのような負荷が接続された場合でも、定格の正弦波電圧を出力する一定電圧制御という異なる2つの制御をおこなった。各モードの判定は、外部接続機器からの停電情報と DC-DC コンバータの停電情報を基におこなっている。

4.3.4. 系統連系時／自立時の発電性能

Table 4に系統連系時の発電性能を示す。系統連系時には、通常系統連系運転(1.2 kW)とブースト系統連系運転(1.8 kW)の2モードで動作する。どちらも、米国保険業者安全試験所 (Underwriters Laboratories Inc.,)の定める系統連系をおこなうインバータの安全認証UL1741⁽⁷⁾を満足する高品質な電力出力を実現している。

系統連系時に加え、自立発電時においても、系統連系用の LC フィルタ定数の設定を用いて動作するため、整流器負荷のような電流が急変する負荷に対して出力電圧波形が歪み、歪率が約14%であった。このため、クレストファクタ(=最大電流値/実効電流値)の大きさにより整流器負荷を識別し、歪率を小さくするフィードバック制御をおこなうことにより、Fig. 18 に示すように出力電圧の総合歪率を 4.7 ポイント低減し、9.2%を達成し、Honda のインバータ発電機と同等の性能を確保した⁽⁸⁾。自立発電時の発電性能をTable 5に示す。自立発電時には、定格で1.8 kVAの電力を供給し、定置型発電機の規格である UL2200⁽⁹⁾を満足する。

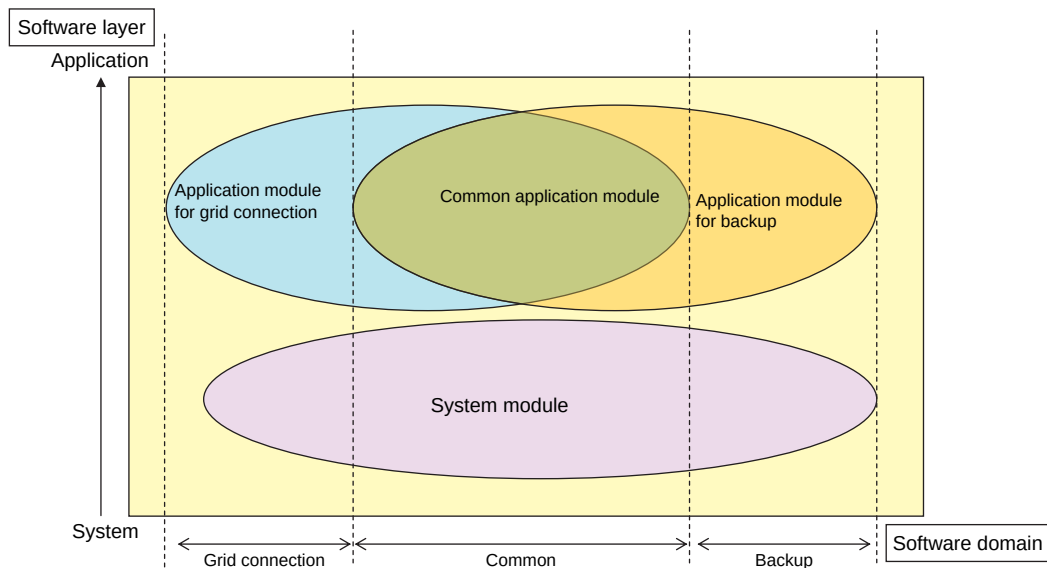


Fig. 17 Software architecture

Table 4 Power generation performance of interconnection

Output power	1.2 kW / 1.8 kW		
Engine speed	1950 rpm / 2800 rpm		
Rated voltage	AC 120 V / 240 V (1 Φ 3 W)		
Rated frequency	60 Hz		
Efficiency	92% or more		
Power factor	97% or more		
Output current distortion			
Total			5.0% max
Individual harmonic of odd order	3-9 order	4.0% max	
	11-15 order	2.0% max	
	17-21 order	1.5% max	
	23-33 order	0.6% max	
	35-39 order	0.3% max	
Individual harmonic of even order	2-10 order	1.0% max	
	12-16 order	0.5% max	
	18-22 order	0.375% max	
	24-34 order	0.15% max	
	36-40 order	0.075% max	

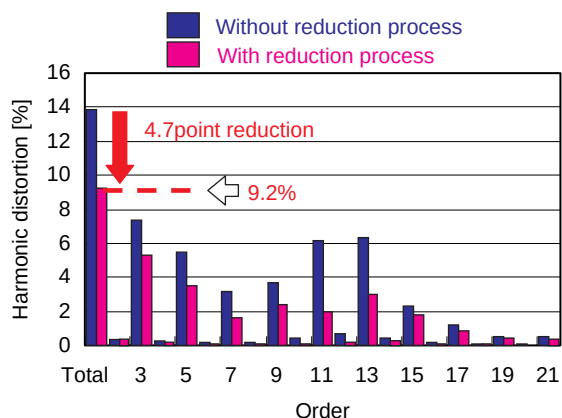


Fig. 18 Output voltage harmonic distortion With and without reduction process

Table 5 Power generation performance of backup

Output power	1.8 kVA	
Rated voltage	AC 240 V (1 Φ 2 W)	
Rated current	7.5 A	
Rated frequency	60 Hz	
Efficiency	92% or more	
Output voltage distortion	Resistance load	3.0% max
	Rectifier load	10.0% max

4.3.5. バッテリアシスト機能

エンジン発電機はエンジン出力を電気に変換して負荷に電力の供給をおこなう。このため、定格出力に対する瞬時の出力の応答性や、モータなどの誘導性負荷の起動時における突入電流に対する応答性を向上させることが、使用可能となる電気負荷の大きさや種類を増加させ商品性の向上につながる。本モデルにおいては、バッテリーと DC-DC コンバータを搭載したことにより、自立発電時にエンジンが瞬時的な過大出力を求められた際には、Fig. 19に示すようにインバータからの指令により DC-DC コンバータがバッテリー昇圧をおこないインバータにバッテリー電力を供給し、エンジン出力とバッテリー出力のハイブリッド発電を可能とした⁽⁴⁰⁾。定格負荷以上の過大な負荷や、突入電流が大きな負荷が投入された際にバッテリーからの電力を併用しハイブリッド発電をおこなうことでエンジンの出力をアシストする。これによりエンジンの過渡応答を向上させ、エンジン発電機としての商品性の向上が可能となった。負荷投入における電圧変動波形を Fig. 20 に示しに対して(3)の式で表される指標に基づき瞬時電圧変動率の評価をおこなった。

$$\text{Voltage sag} = (V1 - V2)/V1 \times 100\% \quad (3)$$

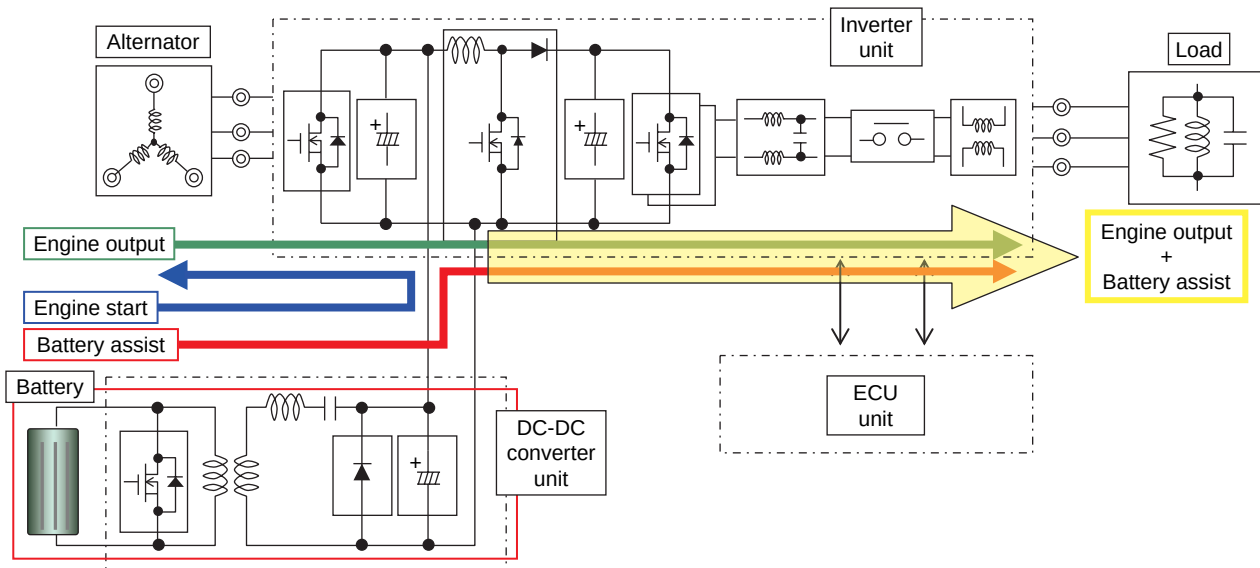


Fig. 19 Hybrid power generation

Table 6 Comparison of battery assist on-off

	Assist off	Assist on
Voltage sag	59.3%	16.6%
Stabilization time	2.54 s	1.71 s

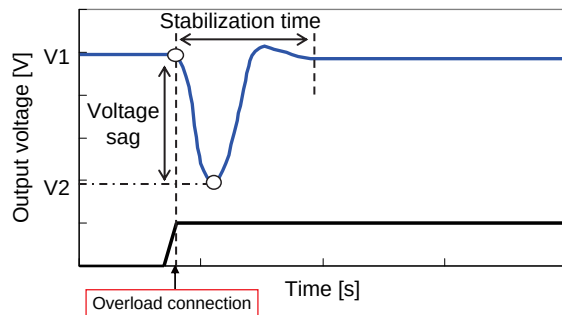


Fig. 20 Voltage sag and stabilization time

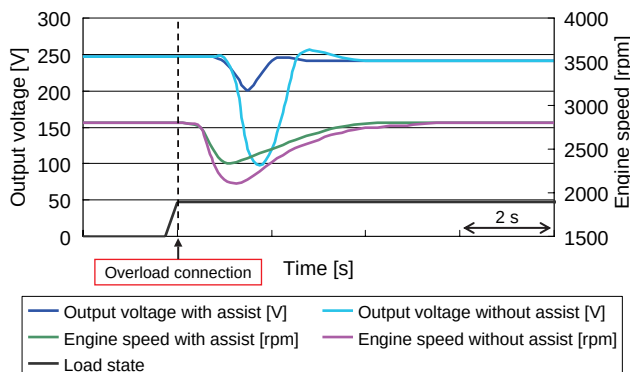


Fig. 21 Comparison of battery assist on-off

同一負荷におけるバッテリーアシストの有無の差をFig. 21に示す。この結果、定格負荷に対して120%の過負荷投入時においてTable 6に示すように、瞬時電圧変動率で約40ポイント改善し、安定時間においても0.8 s改善することが可能となった。

5. まとめ

停電時に非常用発電機として機能することを目標に、下記の特徴を有する自立運転機能付き家庭用小型コージェネレーションユニットを開発した。停電時の単体発電機としてはエンジン回転数を上げることで系統連系運転のみの従来モデルに対して、1.5倍の出力を可能とした。停電時の非常用発電機としての使用時においてもマイクロコージェネユニットとして熱回収が可能のため、一次エネルギーに対して高効率な運転が可能であり、総合効率は85.5%超となる。

- (1) インバータ機能として系統連系、自立発電機能の自動切り換えを実現し、また高効率な絶縁型DC-DCコンバータの開発により、従来モデルと同一サイズのきょう体において、自立発電機能およびハイブリッド発電機能を両立させた。
- (2) 従来モデルに対して、同一基板サイズをキープしながら

らも、エンジン回転数を上げることで1.5倍の出力を可能とした。

- (3) 効率においては、電流共振形のZCS動作により、入力電圧14 V 出力電力440 Wにおいて91.6%を達成し高効率な絶縁型DC-DCコンバータを実現した。
- (4) 合わせて、長寿命Ni-MHバッテリーの採用、搭載レイアウトの最適化、間欠充電制御を用いることにより、メンテナンスフリーバッテリーを実現した。

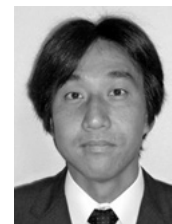
参考文献

- (1) 高橋智：本田技研工業埼玉製作所コージェネレーションシステム，コージェネレーション，Vol.19, No.1, p.77-81(2004)
- (2) 高石敏充，荒真人，戸川一宏：家庭用小型コージェネレーションユニットの紹介，Honda R&D Technical Review, Vol.15, No.1, p.53-58
- (3) Energy Information Administration : Electric Power Monthly
- (4) 特開 2004-282826
- (5) 特開 2005-224013
- (6) 特開 2005-168167
- (7) Inverters, Converters, Controllers and Inter-connection System Equipment for Use With Distributed Energy Resources, UL1741(2005)
- (8) Enomoto, T., Sueyoshi, S., Tsuno, K., Yamaji, T.: Research on Reduction of Harmonic Distortion of Inverter for Small Gas Engine Cogeneration System with Backup Function, SAE Paper 2009-01-0523(2009)
- (9) Stationary Engine generator Assemblies, UL2200(2004)
- (10) 特開 2004-282827

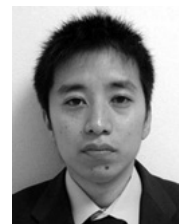
■ 著 者 ■



江口 博之



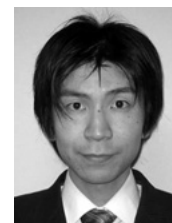
末吉 俊一郎



山路 健



榎本 貴行



津野 康一