

燃料電池とUPSの融合システム

New Power Supply System Using UPS Integrated with Fuel Cell Power Plant

矢吹 正徳
YABUKI Masanori

今野 修二
KONNO Shuji

蟹江 尚樹
KANIE Naoki

環境問題の高まりのなかで、環境に優しい燃料電池発電が注目を集めている。当社のオンサイト 200 kW リン酸型燃料電池発電装置 PC25_{TM}C は、高効率で高い環境性を兼ね備えた、時代のニーズにマッチした電源システムとして、国内外での導入が増加しつつある。

東京ガス(株)、大阪ガス(株)、東邦ガス(株)と当社の4社は、共同で、燃料電池を用いた高効率、高信頼な電源システムの開発を進めてきた。2000年6月から、東邦ガス(株)本社において、燃料電池と無停電電源装置(UPS: Uninterruptible Power Systems)との融合システムが実証運転を開始し、負荷変動への応答など基本機能の確認を完了し、現在、パソコン(PC)などの独立負荷に給電中である。

Fuel cell power plants have been attracting attention in recent years as an ecological power system. The number of PC25_{TM}C fuel cell power plants in operation has been increasing because of the high efficiency and environment friendliness of this system. Tokyo Gas Co.,Ltd., Osaka Gas Co.,Ltd., Toho Gas Co.,Ltd., and Toshiba have jointly developed a new secure power system integrating an uninterruptible power system (UPS) with a PC25_{TM}C fuel cell power plant. This system permits simultaneous grid-connected and grid-independent operation, and enables high-quality power to be supplied in the event of grid outage.

The system commenced operation in June 2000 at the Toho Gas Co.,Ltd. head office building, and is currently being used as a power source for personal computers.

1 まえがき

地球規模での環境問題、エネルギー問題がますます重要になってきているなかで、高効率で環境に優しい燃料電池発電が注目を集めている。燃料電池発電は、その発電原理から、燃料の持っている化学エネルギーを電気化学反応で直接電気エネルギーに変換するため、中小容量でも大規模火力並みの高効率な発電ができる。また、窒素酸化物(NO_x)排出量5ppm以下、硫黄酸化物(SO_x)排出量はほとんどなく、騒音や振動も少ないなど、環境適合性が非常に優れている。

各種燃料電池の中で、現在もっとも普及しているのが、小型オンサイト用のリン酸型燃料電池発電システムである。当社の200kWリン酸型燃料電池発電装置PC25_{TM}Cは、コジェネレーションシステムとしての利用を中心として、日本国内で約40台が運転中である。

当社とガス会社では、他の発電システムと比べて過渡時の電気的特性が優れていることや、長時間の連続運転ができるなどの点から、コジェネレーションシステムとしての基本運用に加えて、高信頼電源への適用の可能性があることに注目し、1997年度から燃料電池を用いた高信頼電源システムの検討と開発を実施してきた。

ここでは、99年10月から東京ガス(株)、大阪ガス(株)、東邦ガス(株)と共同で開発した、燃料電池とUPSを融合さ

せた高品質・高信頼電源システムのシステム概要と特長、機能について述べる。また、2000年6月に東邦ガス(株)本社に設置し、運用を開始した試作機の実証試験結果についても述べる。

2 システムの概要

従来の高信頼電源システムと、今回開発した高信頼電源システムの構成を次に示す。

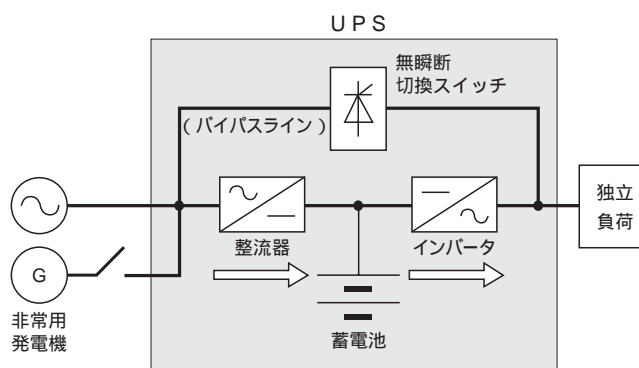


図1 .UPSと非常用発電機を用いた高信頼電源システム 系統停電時は、蓄電池及び非常用発電機により、無停電の電力供給が可能となっている。

Secure power system with UPS and emergency generator

2.1 従来の高信頼電源システム

UPSと非常用発電機を組み合わせた高信頼電源システムの例を図1に示す。このシステムでは、常時、系統からの交流(AC)電力を整流器で直流(DC)に変換し、再度インバータでACに変換し負荷へ給電することにより、常時、電圧や周波数が一定した高品質、高信頼な電力供給ができる。また、DC部分には蓄電池を接続し、系統が停電した場合には蓄電池により無瞬断で短時間運転を行い、その後非常用発電機により定期的に運転を継続することができる。

2.2 燃料電池組込み型高信頼電源システム

今回開発した燃料電池組込み型高信頼電源システムの構成を図2に示す。このシステムは、当社の200 kWリン酸型燃料電池発電装置PC25_{TM}Cに標準搭載されているDC/AC変換装置(インバータ)の代わりに、DC/DC変換装置(コンバータ)を組み込み、燃料電池をDC出力型に改造し、そのDC出力を200 kVAの汎用UPS(TOSNIC_{TM}-7000(図3))のDC部分に接続したものである。

このような構成とすることにより、UPS内のインバータでDC電力をAC電力へ変換し独立負荷へ供給すると同時に、余剰DC電力をAC/DC変換装置(整流器)を逆動作させることにより(双方向インバータ)、AC電力に変換し系統へ連系運転させている。

その結果、長時間運転特性に優れる燃料電池は、常用のコジェネレーションシステムを基本とした運転を継続しつつ、UPSと蓄電池を組み合わせた高信頼電源システムの機能を同時に実現することができ、高効率で経済的、かつ環境に優しい高信頼電源システムを実現できる。

次に、このシステムの基本的な動作について述べる。

(1) 通常運転時 燃料電池が発生するDC電力をUPS



図3 .200 kVA 汎用UPS TOSNIC_{TM}-7000 TOSNIC_{TM}-7000シリーズの200 kVA無停電電源システム(UPS)である。
TOSNIC_{TM}-7000 200 kVA UPS

内の二つの変換器でAC電力に変換し、独立負荷への給電と系統連系運転を同時に実施する(図4)。

- (2) 系統停電時 UPSが系統停電を検出し、系統を切り離す。この場合でもインバータ側は系統の影響をまったく受けることなく定電圧/定周波数運転が継続される(図5)。
- (3) 燃料電池故障時 DC/DCコンバータがUPSのDC母線から切り離される。このとき、UPSは系統から受電を開始し、燃料電池故障の影響を受けることなく負

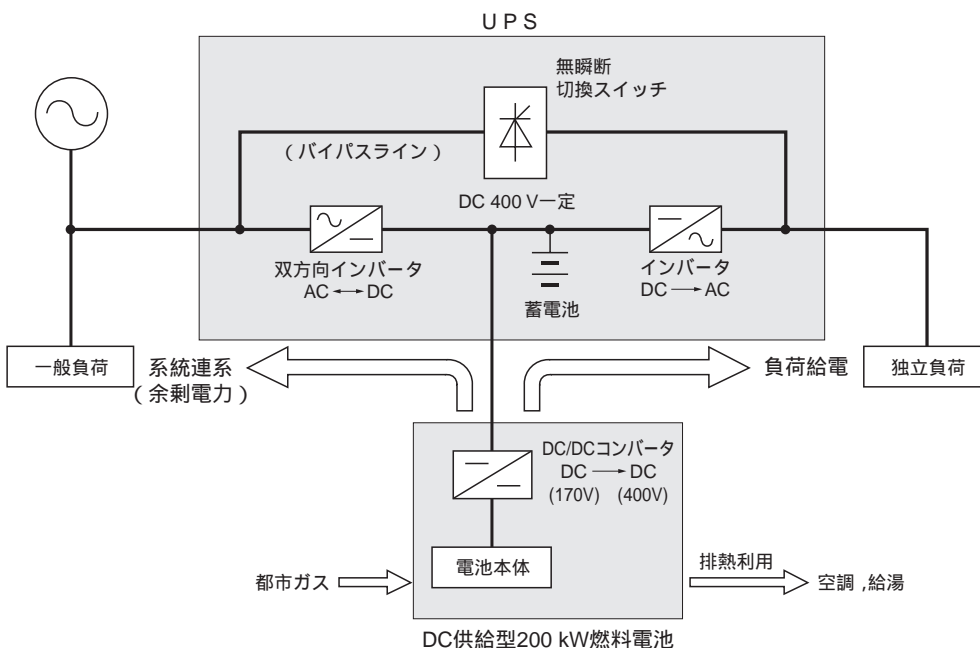


図2 .燃料電池とUPSの融合システム 燃料電池のDC電力をDC/DCコンバータで昇圧し、UPSのDC部分に接続した構成となっている。
New power supply system using UPS interconnected with fuel cell power plant

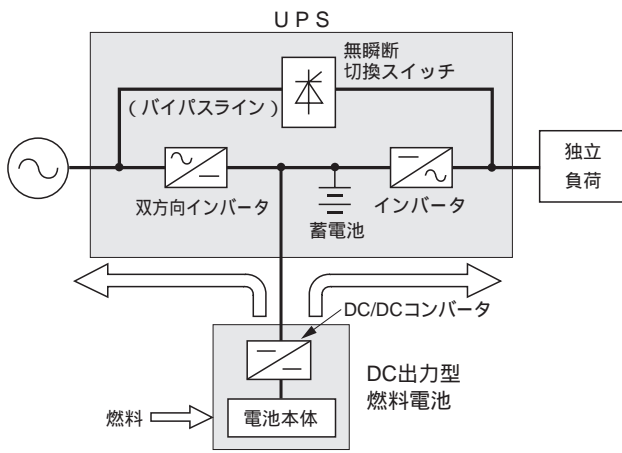


図4 . 通常時の運転状態 燃料電池からの電力は、独立負荷への供給を優先し、余剰分は系統へ出力される。
Normal operation

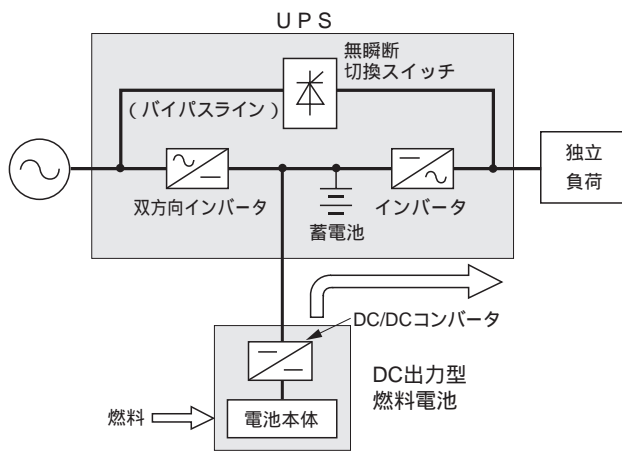


図5 . 系統停電時の運転状態 系統への出力を停止し、独立負荷へだけ電力を供給する。
Grid outage operation

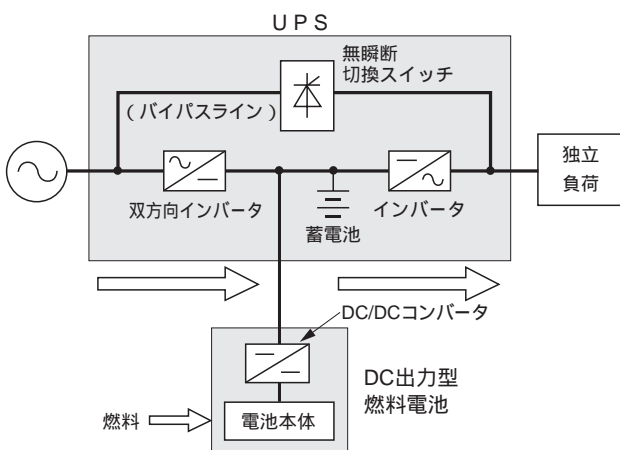


図6 . 燃料電池故障時の運転状態 燃料電池からの電力供給が停止し、UPSは系統から電力を受電して、独立負荷への電力供給を継続する。
Emergency operation

荷への電力供給を継続する(図6)。

- (4) UPS故障時 無瞬断切換スイッチにより1/4サイクル以内に系統からバックアップ給電を行う(UPS機能)。したがって、独立負荷には無停電で電力供給が継続される。

3 システムの特長

このシステムの主な特長をまとめると次のとおりである。

3.1 電力変換ロスの低減

従来のUPSでは、常時“整流器”と“インバータ”の二つの変換器を介して独立負荷へ電力を供給しているため、一定の負荷に対して、電力変換ロスが二重に発生し、総合効率は約90%となる。

これに対して、このシステムでは、効率の高い昇圧型のDC/DCコンバータによりDC電力をUPSへ直接供給し、独立負荷又は系統へは、UPS内のどちらか一方の変換器だけを通して給電されるので、電力変換ロスを減少させることができる。

3.2 燃料電池の高効率定格運転

燃料電池を独立負荷だけへの電力供給に使用した場合は、接続する負荷の容量は燃料電池の定格以下であるため、常に部分負荷運転となる。しかし、このシステムでは独立負荷への電力供給を優先しつつ、同時に余剰の電力は系統へ連系して出力することができるため、燃料電池は常時高効率な定格運転を実施することができる。

3.3 蓄電池容量の低減

従来のシステムでは、商用系統停電時にはバッテリーから負荷へ電力を供給するが、このシステムでは、燃料電池が運転を継続しているので、燃料電池から電力を供給する。そのため、全体受電システムとの協調を図ることにより、バッテリー容量を低減することもできる。

3.4 UPSと同等の高品質・高信頼な電源供給

燃料電池のDC電力をAC電力に変換する変換器部分は、汎用のUPSをそのまま使用しており、燃料電池運転中の電源品質はUPSと同等である。また、燃料電池停止時には、系統から電力を受電して独立負荷への電力供給を継続するので、従来のUPSと同等となる。更に、UPS故障時などの系統バックアップへの無瞬断切換え機能も汎用のUPSそのままである。

したがって、汎用のUPSが持つ機能は損なわれておらず、UPSと同等の高品質・高信頼な電源となっている。

4 実証試験結果

2000年6月、このシステムの試作1号機が東邦ガス(株)本社(名古屋市熱田区桜田町)に設置され、基本性能確認試験

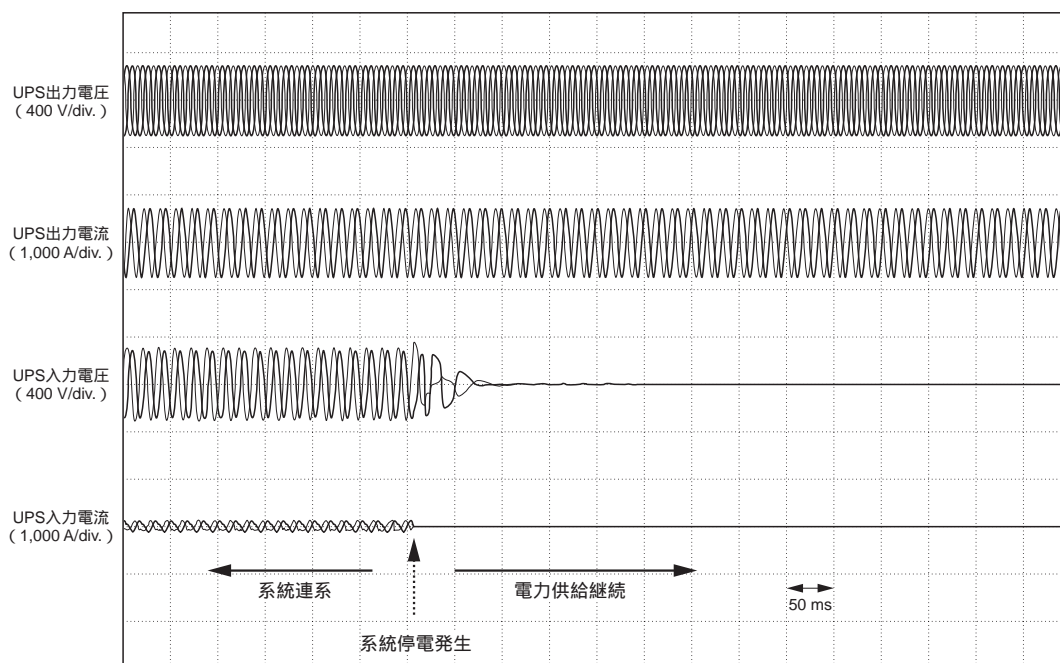


図7・系統停電発生時のUPS各部の挙動 停電発生前は独立負荷及び系統へ電力を供給し、停電発生後は独立負荷へ電力を供給し続ける。

Oscillograms at time of grid outage

を完了し、PC電源などを負荷として実証試験に入っている。

系統停電発生時のUPS各部の挙動を図7に示す。系統停電発生と同時に、UPSは系統異常を検知して系統を切り離し、入力電流が0になる。しかし、燃料電池は運転を継続しているため、負荷へは燃料電池から電力が供給され、UPS出力の波形にはまったく影響がないことがわかる。

その他、負荷変動試験、故障模擬試験をとおして、このシステムが予定通りの基本機能を備えていることが確認された。

5 あとがき

このシステムは、UPSが持つ高品質・高信頼性を損なうことなく、燃料電池のDC電力を高効率利用するシステムを実現した。加えて、従来の燃料電池同様の優れた環境性を持ち、コジェネレーションシステムとしての利用もできる。環境問題への関心が高まり、一方では情報通信の発展に伴い高信頼な電源の重要性が増している今日、まさに時代のニーズにこたえるシステムであると期待している。

今後は、並列冗長システムへの対応、大容量UPSへの複数台連系など、ユーザーニーズに合ったシステム改良を続けていく所存である。



矢吹 正徳 YABUKI Masanori

電力システム社 燃料電池事業推進部 システム技術担当。
燃料電池システムの開発・設計業務に従事。低温工学会会員。
Fuel Cell systems Div.



今野 修二 KONNO Shuji

情報・社会システム社 府中情報・社会システム工場 パワーエレクトロニクス部。パワーエレクトロニクスの開発に従事。
Fuchu Operations - Information and Industrial Systems & Services



蟹江 尚樹 KANIE Naoki

電力システム社 燃料電池事業推進部 プラント担当。
オンサイト燃料電池発電システムの電気・制御系開発設計業務に従事。
Fuel Cell systems Div.