

2.1.1 分散電源システムにおけるパワーエレクトロニクス

伊瀬敏史

電気電子情報工学専攻・教授

部門長

2.1.1.1 はじめに

大阪大学伊瀬研究室では環境低負荷の未来の電力システムのための技術の創造を目指し、「パワーエレクトロニクスと電気エネルギー」に関する研究を推進している。研究テーマとして、環境低負荷の分散電源を多数含む新しい電気エネルギー流通システムの研究、高効率電力変換器を備えた分散電源および電力貯蔵装置に関する研究、超伝導電力貯蔵装置、直流広域ネットワークなど超伝導の電力応用に関する研究、パワーエレクトロニクスによる電力系統制御装置に関する研究があるが、これらの分野はいずれも次世代パワー半導体デバイスの適用による効果が大きい有望な応用先である。以下では、直流マイクログリッドおよびマトリックスコンバータによるガスエンジンコージェネレーションの系統連系に関する研究について成果の紹介を行う。

2.1.1.2 直流マイクログリッド

環境問題を背景として、自然エネルギー発電やコージェネレーションなど分散電源の導入が進んでいる。更なる分散電源の導入促進のためにマイクログリッドと呼ばれる新しい電力供給システムの構築が挙げられる。太陽光発電や燃料電池等の分散電源や、二次電池・電気二重層キャパシタ (EDLC) 等の電力貯蔵装置は直流出力であり、またガスエンジンなどの回転機であっても定格出力が20kW未満のコージェネレーションの多くは一旦直流に変換した上で交流に変換されているものが多い。当研究室では直流配電を用いたマイクログリッドを提案し研究を進めている。直流システムでは分散電源が連系する際に同期の必要が無いため、系統の瞬低時などの擾乱時に分散電源がトリップする可能性が低くなる。また、直流負荷に給電する場合はシステム全体で見たときに交直変換の回数が少ないので

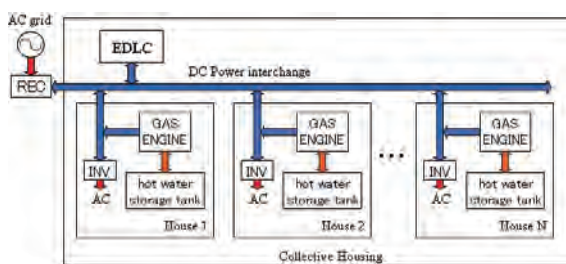


図 2.1.1.1 想定するシステム概念図.

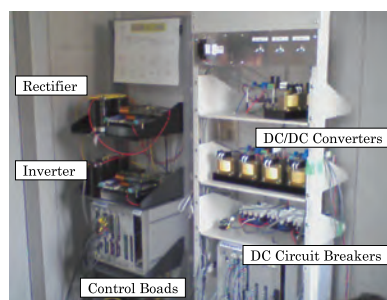


図 2.1.1.2 実験システムの外観.

表 2.1.1.1 直流マイクログリッドに関する平成 19 年度研究実施項目.

1. 自立運転制御技術の開発	<ul style="list-style-type: none"> 自立運転時の分散電源台数制御 EDLC を活用した連系運転時の制御法 連系運転と自立運転の切り替え制御
2. システム特性の改善	<ul style="list-style-type: none"> デッドビート制御を用いた負荷側インバータの開発 半導体リレー、高速リレーを用いた遮断器の検討
3. 安定性評価	<ul style="list-style-type: none"> 集合住宅規模の直流配電システムの安定性評価

高効率が見込まれる他、交流系統停電時の自立運転も容易である。現在、直流マイクログリッドの一構成として、各住戸に分散電源が設置された集合住宅等に適応可能なシステムを想定した研究を行っている。システム概念図を図2.1.1.1に示す。発電電力の融通を住戸間で行い、コージェネレーションの運転機会を増加させることによって設備の有効利用と省エネルギーを狙っている。また、学内に構築した実験用のミニモデルの外観を図2.1.1.2に示す。平成19年度はシステムの自立運転に関する検討を中心に行った。実施項目の一覧を表2.1.1.1に示す。今後は本システムに太陽光発電を加え、電力貯蔵装置の容量設計法および直流負荷の検討、および一戸建住宅を想定したシステムについて研究を行う予定である。

2.1.1.3 マトリックスコンバータによるガスエンジンコージェネレーションの系統連系

GaNやSiCなどの次世代パワーデバイスの有望な応用先として分散電源用の電力変換器がある。本研究では分散電源の中でも家庭用の1kW出力のガスエンジンコージェネレーションシステム(GES)に注目し、そのシステムの高効率化を目指している。検討対象の家庭用GESでは、マトリックスコンバータの入力は出力周波数約300Hzの永久磁石式同期発電機であり、その出力を単相の60Hzあるいは50Hzの低圧配電線に接続する。そのために周波数および相数の変換が必要となるが、当研究室ではその電力変換器にマトリックスコンバータの適用を検討し、更なる高効率化・小型化・長寿命化を行うことを目的としている。マトリックスコンバータとは、交流/直流/交流の順で電力を変換する間接型の周波数変換方式とは異なり、交流から交流に直接変換を行う周波数変換器である。マトリックスコンバータを適用することによって、(a)周波数変換器の損失低減、(b)直流リンク部大容量キャパシタの省略による小型化・長寿命化、(c)発電機の力率制御による発電機効率の向上、などが期待できる。

しかし、本GESは単相の系統に連系しなければならないため、単相電力に起因して系統周波数60Hzの場合には120Hzの電力脈動が発生する。一般のインバータでは直流部の大容量キャパシタによってこの電力脈動を吸収できるが、キャパシタを持たないマトリックスコンバータにおいてはその処理が問題となる。そこで我々は発電機回転子の慣性を利用してこの電力脈動を吸収する手法を提案してきた。しかし、この提案を実現するためには、三相側の瞬時電力を単相電力の脈動に応じて変調する制御方法の実現が課題であった。

本年度はこの課題に対し、(1)マトリックスコンバータによる三相側電力の変調が電流振幅変調法と力率変調法の二つの方法によってそれぞれ実現できることを回路シミュレーションによって示し、(2)実際に製作したマトリックスコンバータ回路と、ガスエンジンを誘導電動機で模擬した電動機/発電機装置を用いて実験を行い、電流振幅変調法を実現し、発電機回転子の慣性によって電力脈動を吸収する提案手法を実証した。また、(3)制御周期 $15\mu\text{s}$ のリアルタイムシミュレータを用いて仮想的なガスエンジン/発電機モデルを実現し、ガスエンジンのトルク脈動と電力変調制御による発電機出力電圧の変動を模擬した運転条件下においても、接続されたマトリックスコンバータの実回路が安定に動作することを確認した、等の成果を得ることができた。

今後、次世代パワーデバイスによりパワーデバイスの高耐圧化・高効率化が進めば、分散電源だけではなく送配電系統への応用が広がり、マトリックスコンバータは将来的には60Hzと50Hzの系統間の周波数変換所や配電系統におけるループコントローラへの適用が考えられるようになる。当研究室でもこれら大容量電力変換器への適用も検討していく予定である。