

BS-8-4

多入力多出力電力変換回路による電力パケットルーティング

Power Packet Routing with Multiple Input Multiple Output Power Conversion Circuits

宅野嗣大[†]
Tsunehiro Takuno小山めぐみ[†]
Megumi Koyama引原隆士[†]
Takashi Hikihara京都大学大学院 工学研究科 電気工学専攻[†]
Kyoto University, Department of Electrical Engineering

1 はじめに

近年、日本国内の消費電力が増大し、エネルギー消費量の削減が重要な課題となっている。これをうけ、太陽電池などの分散電源が普及し、家庭で用いる電力が単一の電源からのものだけという状況ではなくなりつつある。一方、情報通信技術の発展のなかで、パケット通信という考えが用いられるようになった。この概念は広く普及し、現在通信を行う際に情報をパケットに分割して送ることは一般的となっている。このパケットによる情報通信に倣い、電力をパケットで伝送することが検討された[1], [2]。しかし、大容量の電力をパケット生成に十分な速度でスイッチングできる素子は従来なく、概念提案のみで留まっていた。近年、ワイドバンドギャップ半導体素子の開発が進み、大容量かつ低損失な高速スイッチの実現が可能となった[3]。これにより、電力パケットを生成するのに十分な性能をもつ高周波パワースイッチが使用できる状況になりつつある[4]。

以上の点を踏まえ、本研究では家庭内の電力配電に着目し、パケット通信の考え方を導入して電力パケットを生成し、複数の負荷へ電力供給する方法の可能性を検討する。これにより、電力をパケット単位で扱えるようになる。また、複数の電源からの電力の分別をタグにより行えるようになる。このことは電力を管理するという立場からすれば非常に有用な手法となり得る。

本稿では、パケットルーティングを行うシステム構成を提案する。まず2節で電力パケットの概要を述べる。次に3節でシステム構成について述べたあと、4節ではこのシステムを用いた電力パケットのルーティングについて述べる。

2 電力パケットの構成

図1に電力パケットの概要を示す。電力パケットは、ヘッダ、電力部、フッタの3要素で構成されている。ヘッダには新しいパケットの開始を識別するための開始信号のほか、宛先情報、供給元電源を識別するための電源情報が含まれる。電力部は、PWMやパルス密度変調により電力量の調整を行う。フッタには終了信号のみを含み、この終了信号により負荷側のスイッチを全てoffする。パケット内におけるパルス高さは一定とする。ヘッダ、フッタの周波数と電力部の周波数は変える。ヘッダ、フッタの周波数は充分大きくし、信号輸送に用いる時間を短くすることで、電力輸送に用いる割合を大きくする。一方、電力部のスイッチング周波数は、高周波を用いる必要はないため、小さくてよい。

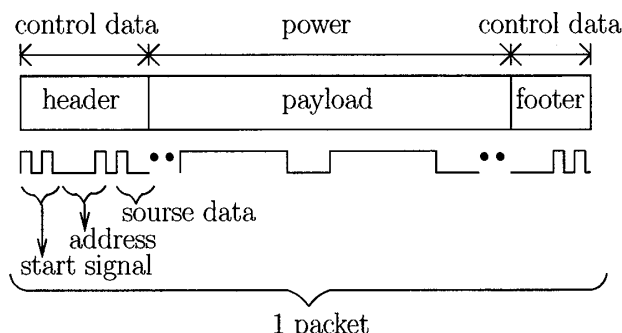


図1 電力パケット概要

3 電力パケット伝送システム構成の提案

複数の電源から複数の負荷に対して配電を行うシステムを想定する。ここでは、直流電源から直流負荷に定電圧で配電すると仮定する。本節では、システムの構成について述べ、その上で各部の詳細について説明する。

図2に提案するシステムの構成を示す。システムは入力部と出力部の2要素から成り、それぞれの要素は1本の配電線で結ばれている。入力部では複数の電源からの入力をミキサがまとめ、出力部では複数の負荷からへの出力をルータが切り替える。

電源からの電力はミキサにより電力パケットに変えられ入力部から出力される。パケットを受け取ったルータは、パケットの宛先情報を読み取り、指定された負荷へ電力パケットを振り分ける。すなわちパケットのルーティングを行う。このようにして1つの電源から複数の負荷への電力配電ならびに複数の電源から1つの負荷への電力配電を1つの回路で実現でき、全体では多入力多出力の電力変換回路とみなすことができる。これらのミキサ、ルータにおけるスイッチングは損失の少ない方式を採用する。

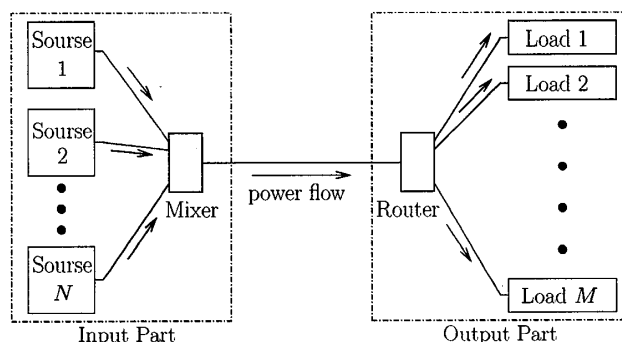


図2 電力パケット伝送システム構成

3.1 入力部の構成

図3に入力部の概要を示す。入力部は電源とミキサから成る。ミキサは複数の電源から1つを選び、その電力をパケット化して送り出す。上記の機能を実現するために、ミキサは、DC/DCコンバータ部とコントローラ、スイッチ部とに分かれる。1入力に対し、ミキサ内部ではDC/DCコンバータとスイッチをそれぞれ1つずつ直列に接続する。その2つ1組がミキサの入力数分並列に並んだ構成をしている。コントローラは各スイッチに接続され、そのスイッチの開閉制御を一括して行っている。DC/DCコンバータ部では電源からの入力を一定電圧へ変換し、スイッチ部では配電線への接続とヘッダ、フタの付加、ならびに電力部の生成を行う。コントローラではスイッチ部の開閉制御ならびに電力パケットに付加する情報の管理を行う。

また、ここで用いるDC/DCコンバータには内部で入力電源と直列につながったスイッチを持つものを選び、このDC/DCコンバータ内部スイッチを電力供給しないときはoffにする。これは、電源が電力供給しないときにはDC/DCコンバータへの電力供給を止めることができるようにするためである。

このミキサによって、複数の直流電源が1本の配電線を共有した上で定電圧配電が実現できるようになる。

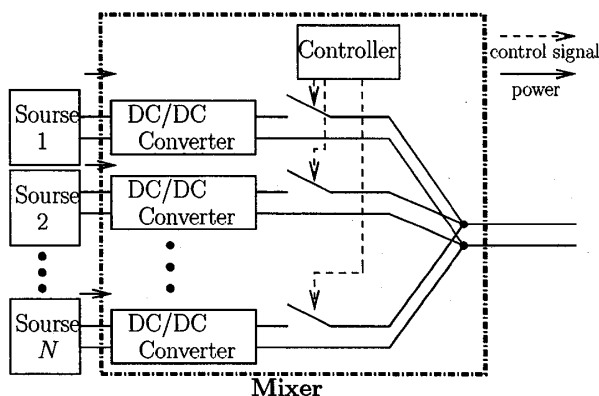


図3 入力部の概略

3.2 出力部の構成

図4に出力部の概要を示す。出力部は、大きくルータと負荷に分けられる。ルータでは、パケットのヘッダに付加された宛先情報に基づき電力を負荷に振り分ける。ルータは、コントローラおよび負荷をon/offする制御スイッチから成る。制御スイッチには低損失のパワー半導体スイッチを使用する。入力部と出力部を結ぶ配電線の電圧をコントローラのロジックレベルに合うように分圧し、コントローラへ入力する。通常、エネルギーを伝送する配電線と信号を扱うコントローラはグランドレベルや扱う電力の大きさが異なる。したがって、互いに影響を及ぼさないように両者の間にアイソレータを挿入し、電気的に分離する。コントローラは、入力信号に指定された負荷に対応するスイッチにゲート信号を出力し、ターンオンさせる。これにより、入力部で指定された負荷に電力を分配することができる。

この段階での電力流は、矩形波状で断続的なものである。今、直流負荷を想定しているため、電力流は一定であることが望ましい。したがって、負荷に並列にキャパシタを接続し、電力を平滑化する。以上のプロセスにより、任意の直流負荷に対し直流電力を供給することが可能となる。

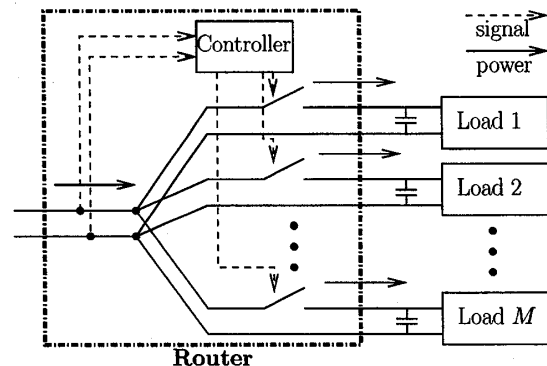


図4 出力部の概略

4 パケットルーティングの機能について

このシステムでは、1本の配電線を用いて、任意の電源から任意の負荷へ電力を送ることが可能となる。現在の配電方式では、電源と負荷の位相差から一意に消費電力が定まるため、このルーティングは実現困難であり、電力自由化ではプール制として“みなし”による分配を行ってきた。本稿で提案する電力のルーティングは供給元電源による電力の使い分けを行う際に不可欠な考えとなる。

また、電力量の情報は、通常メータを挿入しないと得られないが、このシステムでは入力部のミキサと出力部のルータの両方で得ることができる。この情報を用いることで、全体の電力の流れの管理を行うことが可能となる。

5 おわりに

本稿では電力パケットルーティングを行うにあたり、それを実現するシステムの構成とその機能について述べた。発表ではこの内容に加えて、この多入力多出力電力変換回路について実験で検証を行った結果を示す。

なお、本研究は情報通信研究機構（NICT）による委託研究“情報通信・エネルギー統合技術の研究開発”の支援を受けたものである。

参考文献

- [1] 豊田淳一, 開放型電力ネットワークの可能性, 電学誌, 117(6), 345-348 (1997).
- [2] 斎藤, 宮森, 島田, 豊田, 開放型電力ネットワークにおける自律分散的電力流通を実現する機構の基礎検討, 電学論, 117-B(1), 10-18 (1997).
- [3] 荒井, 吉田, SiC素子の基礎と応用 (オーム社, 2003).
- [4] T. Takuno, et al., HF Gate Drive Circuit for a Normally-On SiC JFET with Inherent Safety, EPE2009, D2.3 0296 (2009).