

氏名	木内陽介 きのうちようすけ
学位の種類	工学博士
学位記番号	論工博第756号
学位授与の日付	昭和50年1月23日
学位授与の要件	学位規則第5条第2項該当
学位論文題目	半導体スイッチング素子を用いた低周波電力の変換と制御

論文調査委員 (主査) 教授 林 千博 教授 西川 禎一 教授 近藤 文治

論文内容の要旨

電圧、電流、周波数等の変換を目的とする電力変換において、サイリスタ、ダイオードおよびパワートランジスタのような半導体スイッチング素子を用いれば、電力変換効率を高くすることができ、速応性にも富み、装置として小形軽量化される。著者は電気機器の動特性測定、電動機の手速度制御、低周波電力増幅などの応用を目的とし、直流から100Hz程度までの低周波領域における電力変換について研究した。

本論文は6章よりなり、まず第1章では商用周波数より超低周波正弦波を発生するサイクロコンバータについて論じている。正弦波出力電圧を得るためのゲート制御方式について述べ、出力電圧波形に含まれる高調波成分について詳細な検討を加えた。

第2章はブリッジ形直流—交流電力変換回路を対象とし、その回路構成、スイッチ制御方式について述べている。本方式は比較的簡単な回路構成であり、半導体スイッチング素子の動作周波数を高くし、パルス幅変調方式またはパルス周波数変調方式を用いて、正弦波出力電圧を得るものである。

第3章ではブリッジ形交流—交流電力変換回路を取り扱っている。前章と同様に回路構成の簡単なブリッジ形回路を用いて、単相交流電源より直接低周波交流出力を得るものである。一般に効率はよいが、出力電圧波形は悪く、不要調波成分が多く含まれる。スイッチング素子の制御には積分パルス周波数変調を用いる。全波リング交調形、正弦波リング変調形、等積変調形の3種類の変換方式に対し、出力電圧波形に含まれる調波成分を求めている。

第4章では倍電圧方式交流—直流電力変換回路について論じている。変圧器を用いない直接昇圧変換として、小電力ではあるが、倍電圧整流方式が古くから知られていた。その回路方式としては Schenkel によるものと Cockcroft-Walton によるものが代表的である。著者はこれらの倍電圧整流回路にサイリスタを組み合わせて、直流出力電圧の連続的な昇降圧を可能にした電力変換回路について考察している。

第5章は直列リアクタ方式直流—直流電力変換回路を取り扱っている。一般にチョップ回路を直流電源と負荷の間に直列に接続し、平均出力電圧を零から電源電圧までの範囲で制御する降圧チョップ回路につ

いてはよく知られているが、本章ではチョッパ回路にリアクタを組み合わせた昇圧変換回路について論じている。すなわちその回路構成と変換動作モード、出力特性などについて考察し、回路の設計基準を与えている。

第6章ではスイッチング操作による可変インピーダンス素子について論じている。これは前章までの電力変換回路の考え方とは異なり、電源より流れる電流を制御することによって、電力用の可変負荷を構成しようとするものである。取り扱う電力が小さいときは、可変抵抗素子として機械的可変抵抗を用いることもできるが、大電力の場合にはこのような方法で可変抵抗を得ることは困難である。ここで述べている方法は、サイリスタなどのスイッチング素子を用いて、等価的に2端子間の抵抗およびリアクタンスの値を変化させるものである。本章ではスイッチング可変インピーダンス素子の一般的な原理を述べ、それに基づいて可変抵抗および可変インダクタを構成し、それらの設計基準を与えた。

論文審査の結果の要旨

この論文は、直流および低周波領域(0~100Hz程度)における電力の変換とその制御について考察したものであって、電力変換の機能から見ると次の3項目よりなる。

(a) 商用周波数交流または直流から低周波交流への電力変換であって、変換回路としては「正弦波サイクロコンバータ」および「ブリッジ形回路」を使用する。

(b) 商用周波数交流または直流から直流への電力変換であって、変換回路としては「倍電圧方式交流—直流変換回路」および「直列リアクタ方式直流—直流変換回路」を使用する。

(c) 電力変換は、電圧または電流を制御して目的とする出力を得るものであるが、これを観点を変えて電源側から見ると、電力用可変インピーダンス回路を構成することになり、著者は「可変抵抗回路」および「可変インダクタンス回路」を試作した。以上の研究に対し著者の得た主なる成果は次の如くである。

(1) 回転機を用いた高出力超低周波正弦波形発生装置を静止形サイクロコンバータに置き換えた。出力電圧波形に含まれる高調波成分を二重フーリエ級数を用いて求めた結果、通常の高次高調波以外に低次高調波ひずみが存在することを明らかにした。

(2) この静止形サイクロコンバータは適当なゲート制御方式により低周波電力増幅器として使用することができる。

(3) ブリッジ形回路は上記のサイクロコンバータより簡単な回路構成であり、電源としては直流または単相交流を用いることができる。直流電源の場合、半導体スイッチング素子の制御にはパルス幅変調方式とパルス周波数変調方式が用いられ、その動作周波数を高く取れば、出力電圧波形が改善され、出力フィルタは小形になる。しかしながら本回路は強制転流を必要とするため、自然転流を利用するサイクロコンバータと比較して、動作が幾分不安定になる。電源が単相交流の場合、スイッチング素子の制御には積分パルス周波数変調方式が適している。その動作周波数は交流出力電圧周波数にはほぼ等しく、出力電圧波形にはかなりのひずみが残存する。しかし変換効率は高い。

(4) 倍電圧整流回路にサイリスタを組み合わせて、直流出力電圧の連続的な昇降圧を可能にした電力変換装置を完成した。この装置の特徴は、単位回路を多段縦続接続することにより、変圧器を用いずに必要な

直流出力電圧が得られることである。

(5) 直列リアクタ方式直流昇圧変換回路の構成とその動作モードについて考察し、出力特性に及ぼすリアクタやコンデンサの影響を明らかにし、交換回路の設計基準を与える計算式を導いた。

(6) 半導体スイッチング素子を用いた電力用の可変インピーダンス回路を実現した。具体例として可変抵抗回路と可変インダクタンス回路を試作した。いずれの回路もスイッチング素子の動作周波数を十分高くとることにより、100Hz 程度までの周波数応答を持たせることができる。この可変インピーダンス素子は負荷変動時の電気機器の動特性測定に有用であり、今後の応用が期待される。

以上を要するに、本論文は半導体スイッチング素子を用いた、直流から 100Hz 程度までの低周波領域における電力変換について考察し、これら各種の変換装置を製作したものであって、電動機の手速度制御、電気機器の動特性測定、低周波電力増幅などの応用が考えられる。従って本研究は単に学術的ばかりでなく、工業的にも寄与するところが少なくない。よって、本論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。