

## 論文内容の要旨 Abstract of Dissertation

氏名Name 西澤 是呂久

交流電動機は、内燃機関や油圧アクチュエーターと比べて省エネルギー・高性能なトルクおよび速度制御が可能といった特徴を有し、現在の世界における全電力量の約半分が交流電動機駆動用途として消費されている。電力変換器を含めた電動機駆動システムでは、高効率化に加えて高信頼性・小型化が要求されている。電圧型直流-交流電力変換器(Voltage Source Inverter: VSI)における、交流電力に変換する前の直流部には、直流部電圧を安定化させ、かつ電力変換器の高周波スイッチングに起因する高調波電流を補償するために、大容量のコンデンサが適用される。この大容量コンデンサは、熱に弱い寿命部品であり、またシステムの大型化を招く。

そこで、電力変換器のパルス幅変調(Pulse Width Modulation: PWM)方式をコンデンサに流入する高調波電流が低減するように変更することで、コンデンサの長寿命化または、より小型なコンデンサで代用可能とする方法がある。しかしながら、交流電動機駆動システムでは、電動機の動作点に応じて負荷力率が変動するという特徴がある。直流コンデンサに流入する高調波電流は、負荷力率に応じて変動するため、従来のPWM方式では電動機の限定的な動作点においてのみしかコンデンサ高調波電流を低減することができない。

本論文では、電動機駆動システムにおいて負荷力率の変動に対応してコンデンサ高調波電流を低減するため、「負荷電流セクタ」を適用したPWM方式を提案する。提案PWM方式により、電動機駆動システムの直流コンデンサの信頼性改善およびサイズ低減が可能となる。

第1章では、上記に記した本研究の背景と交流電動機駆動システムにおける直流コンデンサの高信頼性・小型化の要求、研究目的を述べ、本論文の意義を明らかにする。

第2章では、直流コンデンサにかかる電流ストレスを議論する上で重要な各種PWM方式について述べる。次に、これまで提案されてきた直流コンデンサの信頼性を向上させる技術について述べ、それらの特徴および交流電動機駆動システムに適用する上での課題を整理する。次に、この課題を解決するため「負荷電流セクタ」を用いて負荷力率が変動したとしても常にコンデンサ高調波電流を低減できるPWM方式を提案する。提案PWM方式では、電圧指令値に加えて負荷電流セクタに基づくことで、その時々でコンデンサ高調波電流を低減するために最適なスイッチングパターンを生成することができる。最後に、コンデンサ高調波電流を低減可能なVSIの動作領域の観点から従来手法と提案手法を比較し、本研究の位置づけを示す。

第3章では、コンデンサ高調波電流を低減するためのPWMスイッチングパターンの最適化手法について述べる。最適スイッチングパターンは、出力可能なスイッチングパターンに自由度を持つ空間ベクトル変調(Space Vector PWM: SVPWM)により実現する。ただし、SVPWMの実装には、高コストデジタルハードウェア(Field Programmable Gate Array: FPGA)が必須となる。次に、負荷電流セクタを用いて、負荷力率の変動に対応して常に

コンデンサ高調波電流を低減する手法について述べる。これにより、いかなる負荷力率条件においてもコンデンサ高調波電流を最小にすることができる。最後に、解析および試作器を用いた実機実験により、提案SVPWMの有用性を確認する。

第4章では、第3章で提案したコンデンサ高調波電流最小化のための最適スイッチングパターンをキャリア比較三相変調方式（Continuous PWM: CPWM）で実現する手法について述べる。これにより、安価なマイクロコンピュータのみでコンデンサ高調波電流低減が可能となる。ただし、CPWM方式ではVSIの電圧利用率が0.866に制限されるという課題を持つ。始めに、マイクロコンピュータの指令値更新タイミングを利用したスイッチングパターン位置の調整方法について述べる。次に、負荷電流セクタに基づいて、指令値を適切にシフトさせることでコンデンサ高調波電流を低減する手法について述べる。最後に、解析および実機実験により、提案CPWMの有用性を確認する。

第5章では、コンデンサ高調波電流を低減するキャリア比較二相変調方式（Discontinuous PWM: DPWM）について述べる。これにより、安価なマイクロコンピュータを用いて、電圧利用率が制限されることなく、コンデンサ高調波電流低減が可能となる。始めに、第4章と同様にマイクロコンピュータの指令値更新タイミングを利用した指令値シフトを用いて、コンデンサ高調波電流を低減する手法について述べる。次に、負荷電流セクタに基づいて決定した零相信号を三相指令値に重畳させることで、負荷力率変動に対応する手法について述べる。最後に、解析および実機実験により、提案DPWMの有用性を確認する。

第6章では、第3章で提案したコンデンサ高調波電流最小化のためのスイッチングパターン最適化手法を、高圧電動機駆動が可能な3レベルVSIへ応用する。始めに、コンデンサ高調波電流および負荷電流歪みを考慮した、最適スイッチングパターン生成方法について述べる。次に、負荷電流セクタを用いた負荷力率変動への対応方法について述べる。最後に、解析および実機実験により、提案3レベルPWMの有用性を確認する。

第7章では、本論文の有用性と各章で提案したPWM方式の総括を述べる。次に、各提案PWM方式を比較することで、それぞれの利点及び欠点を明確化し、電動機駆動システムの仕様に応じてどの方式を選択すればよいかを明らかにする。最後に、今後の課題について述べる。