

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	小容量の受動素子を適用した三相電力用アクティブフィルタの動作特性解析に基づく制御法の研究
Title(English)	Control Methods Based on Performance Analysis of Three-Phase Active Power Filters Equipped with Reduced Passive Components
著者(和文)	萬年智介
Author(English)	Tomoyuki Mannen
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第10473号, 授与年月日:2017年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:藤田 英明,赤木 泰文,千葉 明,安岡 康一,七原 俊也,竹下 隆晴
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10473号, Conferred date:2017/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

(博士課程)

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第		号	学位申請者氏名		萬年 智介	
論文審査 審査員		氏 名		職 名		氏 名	職 名
	主査	藤田 英明		准教授	審査員	七原 俊也	教授
	審査員	赤木 泰文		教授		竹下 隆晴	名古屋工業 大学 教授
		千葉 明		教授			
		安岡 康一		教授			

論文審査の要旨（2000 字程度）

本論文は、「小容量の受動素子を適用した三相電力用アクティブフィルタの動作特性解析に基づく制御法の研究」と題し、10 kW から 20 kW 程度のモータドライブ用ダイオード整流器の高調波抑制に用いられる三相電力用アクティブフィルタについて、これに使用される受動部品を小容量化した場合の特性低下の課題に対して詳細な理論解析を行い、本質的な問題点を明らかにすると共に、解析結果を活用する新しい制御方法を提案し、その妥当性を詳細に検討したものである。本論文は、以下の 6 章から構成されている。

第 1 章「序論」では、パワーエレクトロニクス分野の技術動向に基づいて、現在の電力用アクティブフィルタには受動部品の小容量化が求められており、これを実現するためには制御安定性や高調波補償特性などの特性改善が必要であることを論じている。

第 2 章「アクティブフィルタの回路構成と制御法」では、高調波の発生要因とこれまでの対策方法を概説し、電力用アクティブフィルタの回路方式と制御方式について研究および開発の動向を述べ、コストダウンや低損失化の要求から受動部品を小容量化する必要があるが、従来の制御方法を適用した場合には、主に制御安定性の問題から実用に耐えうる性能を引き出すことは困難であることを明らかにし、本研究の目的と位置づけを明確にし、解決すべき課題を抽出している。

第 3 章「直流コンデンサ電圧変動の抑制法」では、電力用アクティブフィルタの直流コンデンサに発生する過渡状態の電圧変動と定常状態における電圧リップルを詳細に解析し、電圧変動の抑制方法について検討している。負荷急変時の過渡的な電圧変動の要因は高調波電流検出に残留する基本波成分であることを明らかにし、これを低減できる新しい高調波電流検出法を提案して負荷急変に伴って生じる電圧変動を 1/7 以下に低減すると共に、従来の直流コンデンサ電圧の制御帯域の上限は、電圧リップルによる外乱もしくはリップル除去用ローパスフィルタの遅延によって 300 rad/s 程度に制限されることを明らかにし、解析結果から演算した電圧リップルを直流コンデンサ電圧の検出値から差し引く新しい制御方法を提案し、従来法では実現不可能な電圧リップル周波数を超える 2000 rad/s の制御帯域を実現できることを理論と実験の両面から確認している。

第 4 章「三相不平衡時の直流コンデンサ電圧脈動とその抑制法」では、電源電圧や負荷が三相不平衡の場合の問題に対して検討している。三相平衡負荷が発生する非理論高調波電流に対して、第 3 章の新しい高調波検出法と繰り返し制御を単純に併用した場合、繰り返し制御が不安定となることを解析的に導き、これに基づいて安定性を改善できる補償器を提案して従来と同等の非理論高調波補償能力が得られることを確認している。さらに、特に 3 次高調波電流を補償した場合には、直流コンデンサに過大な電圧リップルが生じる課題に対して、基本波逆相電流を補償電流に注入することによってこれを相殺できることを理論的に明らかにすると共に、負荷電流検出の瞬時値から直接演算する方式を提案し、三相不平衡負荷の場合でも、直流コンデンサ電圧リップルが三相平衡負荷時と同等に抑制できることを実証している。

第 5 章「高次のスイッチングリップルフィルタに適した制御法」では、リップルフィルタに小容量のインダクタを適用した場合の電力用アクティブフィルタの高調波補償特性の改善を検討している。電力用アクティブフィルタに用いる PWM 変換器のデッドタイムに伴う電圧誤差について、スイッチング素子の出力容量を考慮した変換器電圧の過渡解析により電圧誤差の理論式を導き出して電圧誤差は変換器電流リップルの影響を強く受けることを明らかにし、電流リップルを推定する理論式と組み合わせることにより電圧誤差を補償する方法を提案し、実験によりその効果を検証している。さらに、高次フィルタを用いた場合の変換器電流と補償電流の間に誤差が生じる問題に対して、負荷電流の代わりに電源電流から高調波電流を検出する方式に対して負荷電流の主要高調波を推定する新しい方法を提案し、電流センサ等を追加することなく、高次フィルタを適用しない場合と同様に補償電流の制御安定性と高調波補償の即応性を両立できることを明らかにしている。

第 6 章「結論」では、では、本論文における成果を要約し、今後の展望について言及している。

以上を要するに、本論文はモータドライブ用ダイオード整流器の高調波抑制に用いられる三相電力用アクティブフィルタについて、その受動部品を小容量化した場合に実際の電源電圧や負荷状態で使用した際の種々の課題に対して、詳細な理論解析を行い、その本質的な問題点を明らかにすると共に、制御安定性や高調波補償特性を改善できる新しい制御方法を提案し、実験によってその妥当性を詳細に検討したものであり、工学および学術上貢献するところが大きい。よって、本論文が博士(工学)の学位論文として十分に価値あるものと認める。

注意：「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。