

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)	論文要旨
Type(English)	Summary

論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻： Department of	電気電子工学	専攻	申請学位（専攻分野）： 博士 Academic Degree Requested	（ 工学 ） Doctor of
学生氏名： Student's Name	萬年 智介		指導教員（主）： Academic Advisor(main)	藤田 英明 准教授
			指導教員（副）： Academic Advisor(sub)	

要旨（和文 2000 字程度）

Thesis Summary (approx.2000 Japanese Characters)

本論文では、「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」と題して、10 kW から 20 kW 程度の電動機駆動システムのダイオード整流器から生じる高調波電流補償のための三相電力用アクティブフィルタの制御法について検討した。アクティブフィルタに小容量の受動素子を適用した場合の制御特性低下の課題に対して、詳細な動作特性解析を行って問題を明らかにした。また、解析結果を活用する新しい制御方式を提案し、その特性を理論的に検討することにより制御性能改善を行い、小容量の受動素子を適用した場合でも実用に耐えうる性能を有するアクティブフィルタを開発した。

第 1 章「序論」では、パワーエレクトロニクス分野の技術発展を背景として、電力変換器の小型化に対する受動素子小型化の意義と重要性を論じ、研究の目的と概略を示した。

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その対策手法について概略を示し、高調波補償装置であるアクティブフィルタの回路構成および制御方式について、現在までの研究・開発の技術動向を述べた。小容量の受動素子をアクティブフィルタに適用した場合に、従来の制御法では実用に耐えうる制御特性を実現できないことを明らかにし、本研究の位置づけを示した。

第 3 章「直流コンデンサ電圧変動の抑制法」では、負荷急変時の直流コンデンサ電圧変動と定常状態の電圧脈動を理論的に解析し、過渡的な電圧変動の抑制方法について検討した。負荷急変時の電圧変動が、高調波検出法の遅延により補償電流に残留する基本波に起因することを明らかにし、これを低減できる新しい高調波検出法を提案して負荷急変時の電圧変動を 1/30 以下に低減した。また、従来の電圧平均値を制御する方式では、制御帯域が電圧脈動の支配的な周波数である 300 Hz を超えられないことを明らかにするとともに、電圧脈動を理論的に演算して瞬時値を制御する方式を提案して 320 Hz の制御帯域を実現できることを理論・実験の両面から確認した。

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、電源や負荷が不平衡の場合の制御法について検討した。不平衡時に生じるダイオード整流器の非理論高調波電流は、第 3 章の新しい高調波検出法と一般的な繰り返し制御を併用しても検出・補償することができない。これに対して、繰り返し制御による電圧変動の過渡応答を明らかにし、2 種の高調波検出器と繰り返し制御を併用する方式を提案して負荷急変時の電圧変動を抑制しながら従来方式と同等の非理論高調波補償特性を実現した。また、不平衡時の 3 次高調波電流を補償した際に生じる過大な電圧脈動に対して、基本波逆相電流の注入によりこれを相殺できることを理論的に明らかにし、注入する逆相電流の演算法を提案して電圧脈動を三相平衡時と同程度に抑制した。

第 5 章「高次のスイッチングリプルフィルタに適した制御法」では、小容量インダクタを有する高次のスイッチングリプルフィルタを適用したアクティブフィルタの高調波補償特性改善について検討した。PWM 変換器の出力電圧について、半導体素子の出力容量を考慮したデッドタイム期間の過渡解析を行い、電圧誤差が回路パラメータや変換器電流に強く依存することを理論的に明らかにした。また、変換器電流リプルを解析して電圧誤差の理論式に適用し、求めた電圧誤差を補償電圧として用いる制御方式を提案し、変換器の動作力率変化時や高調波補償動作時にも電圧誤差を効果的に補償できることを実験によって確認した。さらに、高次フィルタ適用時は補償電流を直接制御できず補償特性低下を生じるのに対して、電源電流を検出して負荷電流を推定する制御方式を提案し、高次フィルタ適用時も良好な高調波補償特性と負荷急変時の即応性を両立できることを実験により確認した。

第 6 章「結論」では、本論文における成果をまとめ、今後の展望を明らかにした。

以上のように、本論文では、電動機駆動システムのダイオード整流器から生じる高調波電流を補償する三相電力用アクティブフィルタに対して小容量の受動素子を適用する場合について検討した。負荷急変や不平衡など実用的な動作を考慮すると、制御の安定性や高調波補償特性が低下するといった種々の課題に対して、詳細な動作解析を行い本質的な問題を明らかにした。解析結果に基づいて、制御安定性や高調波補償特性が改善できる制御法を提案し、実験によってその妥当性を確認した。

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note : Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ(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。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).

(博士課程)
Doctoral Program

論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻 : Department of	電気電子工学	専攻	申請学位 (専攻分野) : Academic Degree Requested	博士 Doctor of	(工学)
学生氏名 : Student's Name	萬年 智介		指導教員 (主) : Academic Advisor(main)	藤田 英明	准教授
			指導教員 (副) : Academic Advisor(sub)		

要旨 (英文 300 語程度)

Thesis Summary (approx.300 English Words)

This dissertation entitled "Control Methods Based on Performance Analysis of Three-Phase Active Power Filters Equipped with Reduced Passive Components" discusses control methods for three-phase active power filters (APFs) which compensate harmonic current produced by a diode rectifier in 10–20-kW motor drive systems. This dissertation analyses circuit operation and control of APFs in detail and reveals control problems in stability and performance. If reduced passive components are used, it is difficult for the APFs to operate under practical condition.

First, this dissertation proposes two control methods having capability to suppress the dc capacitor voltage fluctuation caused by a sudden load change. One is a new harmonic detection method based on a transient analysis, which can reduce the fluctuation to less than 1/30. The other is an instantaneous voltage control method across the dc capacitor based on the theoretically derived voltage ripple, which can achieve control bandwidth of 320 Hz above 6 times higher than the source frequency. Moreover, this dissertation proposes two control methods to improve operating performance under an unbalanced condition. One makes it possible to suppress the voltage fluctuation and to compensate non-characteristic harmonic currents, which consists of two harmonic detectors with a repetitive controller. The other injects negative-sequence fundamental current so as to eliminate excessive voltage ripple associated with the third-order harmonic current compensation. As a result, the voltage ripple is reduced to almost the same amplitude as that under a balanced condition.

Next, this dissertation discusses improvement of harmonic compensating performance when APF employs high-order switching-ripple filter equipped with reduced inductors. Transient voltage analysis in a deadtime theoretically reveals that an output voltage error in PWM converters depends on the converter current ripple. A new compensating method based on the analysis can effectively suppress the voltage error and exhibits a good performance all over the operating range. The source current detection method with load current estimation proposed in this paper exhibits both good compensating performance and fast transient response.

As a result, control methods proposed in this dissertation make it possible to operate the APF equipped with reduced passive components in practical condition.

備考 : 論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note : Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意 : 論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ(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。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).