

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	TSBC方式マルチレベル変換器を用いた高圧大容量交流電動機駆動システムに関する研究
Title(English)	
著者(和文)	川村 弥
Author(English)	Wataru Kawamura
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10148号, 授与年月日:2016年3月26日, 学位の種類:課程博士, 審査員:赤木 泰文,安岡 康一,千葉 明,藤田 英明,萩原 誠,玉井 伸三
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10148号, Conferred date:2016/3/26, 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	川村 弥		指導教員（主）： Academic Advisor(main)	赤木 泰文 教授
			指導教員（副）： Academic Advisor(sub)	

要旨（和文 2000 字程度）

Thesis Summary (approx.2000 Japanese Characters)

本論文は、「TSBC 方式マルチレベル変換器を用いた高圧大容量交流電動機駆動システムに関する研究」と題し、次世代マルチレベル変換器の一つである TSBC 変換器に着目し、実用化する場合に重要な課題となる制御法を理論解析に基づいて構築すること、および実験によって制御法の有効性・妥当性を検証することを主眼としている。TSBC 変換器は、回路構成上の特長から従来の変換器と比較して高い制御性・高調波低減と小型・軽量・低損失・低コスト化の両立が期待でき、産業で用いられる高圧大容量交流電動機駆動システムの高性能化、省エネルギー化、低コスト化などに大きく貢献できる。一方で、その制御法および実験検証は世界中において発表されていなかった。本論文では前述の制御法構築およびその実験検証に加え、高調波低減・小型・軽量・低損失化に貢献する周辺技術についても考察・検討する。本論文は以下の 7 章で構成されている。

第 1 章「序論」では、交流電動機可変速駆動の技術動向、特に近年注目されているモジュラー・マルチレベル・カスケード変換器の技術動向・技術課題について述べるとともに、研究目的を述べている。

第 2 章「マルチレベル変換器の技術動向」では、近年高圧大容量分野への適用が期待されているマルチレベル変換器に着目し、その分類と回路構成を紹介している。特に本論文で着目する TSBC 変換器が属しているモジュラー・マルチレベル・カスケード変換器ファミリーの技術動向について詳説している。本論文と他研究との関連性・相違点について考察し、本論文の位置付けを明確にしている。

第 3 章「動作原理と制御法」では、TSBC 変換器の回路構成の特長について説明したのち、非干渉電流制御を構築している。入出力と循環回路の非干渉化には、本論文で新たに提案する 2 度適用する $\alpha\beta 0$ 変換によって実現している。TSBC 変換器のパワーフロー解析を行い、それに基づいて実用上必要不可欠な直流コンデンサ電圧バランス制御および脈動抑制制御を構築している。

第 4 章「実験検証」では、第 3 章で提案した制御法の検証を主目的として、設計・製作した 400 V, 15 kW 実験室ミニモデルを用いた実験検証を行っている。実験室ミニモデルの三相出力端子には、実験の目的に応じて R-L 負荷または交流電動機(2 種類の誘導電動機または 1 種類の埋込磁石型同期電動機)を接続している。各種制御法を適用した定常特性・過渡特性の実験結果を示している。定常時・過渡時ともに非干渉電流制御およびコンデンサ電圧のバランス制御は良好に動作し、提案した制御法の妥当性・有効性が明確にしている。さらに、同条件で比較した実験波形とシミュレーション波形はよく一致しており、シミュレーションの信頼性が確認している。また、提案した各種脈動抑制制御法による電圧脈動の抑制効果の検証を行い、実用上十分な、脈動抑制効果を確認している。

第 5 章「直流コンデンサ電圧の動的制御法」では、TSBC 変換器を用いて交流電動機を可変速駆動させることを想定し、最適な直流電圧指令値の決定法を考察している。直流コンデンサ電圧の直流分を動的に制御することによって、波形改善と損失低減を実現できることを理論的に示している。さらに、動的制御の実装時に考慮すべきであるクラスタ電流実効値と直流コンデンサの電圧脈動に関する数値解析を行っている。最後に、数値解析の妥当性および波形改善の効果を、実験室ミニモデルを用いて実証している。

第 6 章「DSCC 変換器と TSBC 変換器の比較」では、高圧電動機駆動に適した MMCC のうち、DSCC 変換器と TSBC 変換器とを理論的および実験的に比較している。回路機能・回路構成の基礎的な比較に加えて、スイッチング素子や受動素子で発生する損失に関する電流の大きさや、変換器全体のサイズ・コストに関するコンデンサ電圧脈動幅について重点的に評価を行っている。理論検討と実験で得られた結果はその傾向が一致しており、DSCC 変換器は低速時に、TSBC 変換器はモータ周波数が電源周波数接近時に、電流とコンデンサ電圧脈動振幅が大幅に増大することを明らかにしている。これらの結果から、DSCC 変換器は回生が不要な中高速回転の応用に、TSBC 変換器は回生が必要な低速回転の応用に適しているという結論を導いている。

第 7 章「結論」では、本論文で得られた成果を要約し、今後の課題について言及している。

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： 電気電子工学 専攻
Department of
学生氏名： 川村 弥
Student's Name

申請学位 (専攻分野)： 博士 (工学)
Academic Degree Requested Doctor of
指導教員 (主)： 赤木 泰文 教授
Academic Advisor(main)
指導教員 (副)：
Academic Advisor(sub)

要旨 (英文 300 語程度)

Thesis Summary (approx.300 English Words)

This dissertation intensively focuses on control and experiment of a triple-star bridge-cells (TSBC) converter which is one of the modular multilevel cascade converter (MMCC) family member. The MMCC family for grid connections and motor drives has been attracting attention to power electronics engineers because voltage ratings of an MMCC can be enhanced easily by increasing the number of converter cells per cluster or arm. The TSBC converter is one of the most prospective candidates for the next-generation medium-voltage motor drives. However, no paper has been presented or published on fully decoupled control and/or experimental results of a practical TSBC converter with multiple bridge cells per cluster as far as the author knows. This dissertation provides an intensive discussion on how to control the whole system. The proposed “double $\alpha\beta\theta$ transformation” enables a fully decoupled current control and the full use of degrees of freedom of cluster currents. In addition, the power analysis developed in this dissertation makes it possible to achieve stable voltage regulation and balancing of all the dc capacitors in terms of their dc and ac components. The validity and effectiveness of the proposed control strategy and tactics are confirmed by experiments using a three-phase 400-V, 15-kW downscaled model and three different type of 15-kW ac motors. Moreover, this dissertation proposes the active dc-capacitor voltage control intended to improve output voltage waveforms and to reduce a converter power loss. Experimental results reveal that the proposed control makes a significant contribution to reducing the harmonic voltages contained in the output voltage waveforms. Finally, theoretical and experimental comparisons between TSBC converter and DSCC converter, another MMCC family member that is also one of the candidates for the next-generation motor drives, have been shown. As a result of the comparisons, this dissertation concludes that the TSBC converter is more suitable for low-speed, high-torque medium-voltage motor drives with regenerative braking, such as mills, kilns, conveyors, and extruders.

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).