

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

題目(和文)	モジュラー・マルチレベル・カスケード 間接交流/交流変換システムを用いた高圧交流電動機の可変速駆動
Title(English)	Medium-Voltage Adjustable-Speed Motor Drives Using Modular Multilevel Cascade Indirect AC/AC Conversion Systems
著者(和文)	岡崎佑平
Author(English)	Yuhei Okazaki
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10470号, 授与年月日:2017年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:赤木 泰文,安岡 康一,七原 俊也,千葉 明,藤田 英明,松本 康
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10470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	岡崎 佑平		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、「モジュラー・マルチレベル・カスケード間接交流/交流変換システムを用いた高圧交流電動機の変速駆動」と題し、次世代マルチレベル変換器の有力候補である DSCC (Double-Star Chopper Cells) と DSBC (Double-Star Bridge Cells) 変換器を使用する間接交流/交流変換システムに対して、変換器体積の低減と高圧電動機駆動システムとしての機能拡張を主眼としている。従来は注目されていなかった DSCC または DSBC 変換器の入出力の瞬時電力が独立に制御可能である特長を活用して、(1)コンデンサ容量の低減、(2)誘導電動機と同期電動機の安定した駆動、(3)電動機の発電制動、(4)複数台の電動機の駆動について学術的に考察し、本質的な課題を理論的に明確化する。そして、それぞれの課題に対して、システム・回路・制御を提案する。提案するシステム・回路・制御の妥当性は、数値解析と回路シミュレーション、DSCC 変換器については 400 V、15 kW のミニモデルを用いた誘導電動機と同期電動機の実験により検証する。

本論文は、以下の 7 章で構成されている。

第 1 章「序論」では、高圧交流電動機駆動の現状技術を精査し、高圧交流電動機用の高圧間接交流/交流変換システムの技術課題について要約する。そして、本論文で着手する技術課題とその解決法の概要をまとめ、本論文の目的を明確化する。

第 2 章「高圧間接交流/交流変換システム」では、現在製品化されているシステムおよび学術論文で発表されているシステムの両方を調査し、高圧間接交流/交流変換システムへの適合性について詳細な評価を行う。その結果、電動機駆動用変換器の小型化・軽量化・高圧化・大容量化を同時に満足することが困難であることを明確化する。そして、上記を同時に満足するために DSCC 変換器と DSBC 変換器が解決すべき課題を抽出し、本論文の位置づけと目的を明確化する。

第 3 章「電動機電流の位相を活用したコンデンサ容量の低減」では、高圧誘導電動機と同期電動機を駆動する DSCC 変換器のコンデンサ容量低減が可能な電動機電流の位相を理論的に導出する。従来制御では実現が困難であった変換器電流容量を増加させないコンデンサ容量低減法を理論と数値解析により提示する。理論・数値解析の妥当性を 400 V、15 kW、16 段/レグの DSCC 変換器を用いた実験により確認する。

第 4 章「零/低出力領域におけるコンデンサ電圧バランス制御性能の向上」では、同期電動機の制御として第 3 章で理論的に導出した制御を適用した場合に、零/低出力領域で DSCC 変換器のコンデンサ電圧制御性能が低下する問題があることを実験により明らかにする。そして、制御性能低下の本質的な原因を詳細な理論解析により特定する。そして、同期電動機に意図的に無効電流を注入する制御法を提案し、同期電動機の状態によらずコンデンサ電圧のバランスが保てることを実験により確認する。

第 5 章「ダイオード整流器を使用した電動機駆動用 DSCC インバータの発電制動」では、ダイオード整流器を使用する電動機駆動用 DSCC 変換器の各セルに分散して制動チョップを使用する発電制動について検討する。これは DSCC 変換器の直流リンクに集中して制動チョップを使用する従来の発電制動に対して、直流コンデンサが不要な点とコンデンサ電圧の過電圧保護に適用可能である点に特長がある。発電制動の妥当性は、数値解析・シミュレーション・実験により検証する。

第 6 章「複数台の交流電動機を駆動する DSBC システム」は、中間周波単相交流リンクを有する複数台の DSBC 変換器を使用した複数台の高圧電動機を駆動するシステムについて検討する。三重フーリエ変換を使用した中間周波数の理論と数値による最適化により、コンデンサ容量と中間周波変圧器の体積を従来の直流リンクを有するシステムと比較して半減以下にできることを理論・数値解析・回路シミュレーションにより示す。

第 7 章「結論」では、本論文における成果を要約し、今後の課題について言及する。

以上を要するに、本論文は次世代の高圧電動機の変速駆動に適した DSCC 変換器および DSBC 変換器に対して、従来注目されていなかった特長を活用したシステム、回路、制御について詳細に解析する。提案するシステム・回路・制御の妥当性は、シミュレーションと実験により検証する。本論文のシミュレーションと実験結果より、両変換器の次世代電動機駆動用間接交流/交流変換システムとしての実用可能性を提示する。

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 : Department of	電気電子工学	専攻	申請学位 (専攻分野) : Academic Degree Requested	博士 (工学)	Doctor of
学生氏名 : Student's Name	岡崎 佑平		指導教員 (主) : Academic Advisor(main)	赤木 泰文 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 makes intensive discussions on medium-voltage adjustable-speed motor drives for large-capacity fans, compressors, pumps, and conveyors. Special attention is given to modular multilevel indirect three-phase ac/ac conversion systems with either a dc link or a single-phase ac link. Among several candidates of medium-voltage converter topology, this dissertation focuses on a DSCC (Double-Star Chopper Cells) converter and a DSBC (Double-Star Bridge Cells) converter. A unique feature of both DSCC and DSBC converters, that is "*instantaneous active power on the input and output sides does not necessarily equal each other,*" is exploited to achieve both reductions in the physical size and enhancements in the functionality for medium-voltage motor drives. Feasibility of the theory developed in each chapter is confirmed through theoretical analysis, numerical analysis, and experimental verification. A 400-V, 15-kW down-scaled DSCC inverter is designed, constructed, and tested to confirm driving performance of both induction and synchronous motors and braking performance of an induction motor. The following seven chapters provide in-depth discussions on DSCC- and DSBC-based motor drives in a broad sense:

Chapter1: "**Introduction**" includes an intensive summary of both classical and contemporary medium-voltage adjustable-speed motor drives.

Chapter2: "**Medium-Voltage Indirect AC/AC Conversion Systems**" summarizes "*past*" indirect ac/ac conversion systems and "*future*" DSCC- and DSBC-based systems, applicable to medium-voltage motor drives.

Chapter3: "**Capacitance Reduction by an Optimization of a Motor-Current Phase Angle**" focuses on a motor-current-phase angle of both induction and synchronous motors, providing the optimum phase angle reducing cell capacitances. Experimental waveforms obtained from the DSCC-based induction motor drive show that the cell capacitances can be reduced by 14% compared to conventional method.

Chapter4: "**Enhancement on Individual Capacitor-Voltage Balancing Capability**" points out that a DSCC-based synchronous-motor drive suffers from capacitor-voltage imbalance in a zero/low-power range. Theoretical and experimental investigations provide that injecting reactive power to the motor enhances capacitor-voltage balancing capability.

Chapter5: "**Dynamic Braking for Medium-Voltage Motor Drives**" introduces the so-called "distributed dynamic braking" to the DSCC-based motor drive with a diode rectifier as the front end. Experimental waveforms show fast and safe electrical braking performance of a DSCC-based induction motor drive.

Chapter6: "**Multiple Medium-Voltage Motor Drives Using a DSBC System With a Single-Phase AC Link**" proposes a system configuration enabling multiple medium-voltage motor drives, galvanic isolations among motors, and large reductions in cell capacitances. Circuit simulation results provide the validity of the proposed system.

Chapter7: "**Conclusion**" gives summary, conclusion, and limitation of the dissertation.

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).