

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

|                   |                                                                                                                                                                                               |
|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 題目(和文)            |                                                                                                                                                                                               |
| Title(English)    | Study of Power Loss Reduction of an Active Front-end Rectifier Using an Instantaneous Reactive Power Compensator                                                                              |
| 著者(和文)            | NUILERSSurasak                                                                                                                                                                                |
| Author(English)   | Surasak Nuilers                                                                                                                                                                               |
| 出典(和文)            | 学位:博士(学術),<br>学位授与機関:東京工業大学,<br>報告番号:甲第12296号,<br>授与年月日:2022年12月31日,<br>学位の種別:課程博士,<br>審査員:藤田 英明,千葉 明,萩原 誠,竹内 希,清田 恭平,和田 圭二                                                                   |
| Citation(English) | Degree:Doctor (Academic),<br>Conferring organization: Tokyo Institute of Technology,<br>Report number:甲第12296号,<br>Conferred date:2022/12/31,<br>Degree Type:Course doctor,<br>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 |     | Surasak Nuilers |                         |
|-------------|-----|-------|---------|-----|-----------------|-------------------------|
| 論文審査<br>審査員 |     | 氏 名   | 職 名     |     | 氏 名             | 職 名                     |
|             | 主査  | 藤田 英明 | 教授      | 審査員 | 竹内 希            | 准教授                     |
|             | 審査員 | 千葉 明  | 教授      |     | 清田 恭平           | 准教授                     |
|             |     | 萩原 誠  | 准教授     |     | 和田 圭二           | 東京都立大学<br>教授<br>(学外審査員) |
|             |     |       |         |     |                 |                         |

### 論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は、「Study of power loss reduction of an active front-end rectifier using an instantaneous reactive power compensator」と題し、電気自動車の充電などに用いられる正弦波入力電流波形を有する整流器としてダイオード整流器と瞬時無効電力補償装置を併用したシステム構成を対象として、その動作特性を詳細に解析してダイオード整流器が発生する高調波電流・瞬時無効電力を明らかにするとともに、各部の損失と電力変換効率を定量的に評価し、瞬時無効電力補償装置のスイッチング損失が比較的大きい課題に対して、二相変調制御法とソフトスイッチング技術を適用することにより損失を大幅に低減できる方法を提案し、その効果を実験により検討したものである。本論文は以下の7章で構成されている。

第1章「Introduction」では、種々の機器の電源として使用されている整流器は高調波障害を引き起こすことがあり、その対策が必要であるが、同時に温室効果ガスの排出削減を図るため高効率化が要求されている。特に電気自動車の充電用整流器では、コストを抑えながら高調波の抑制と高効率化を実現する必要があるが、ダイオード整流器と瞬時無効電力補償装置を併用した整流器システムが最も有望であるが、実用化のためには、さらなる高調波抑制特性の改善と高効率化が必要があるとしている。

第2章「Literature Review of EV Charging Systems」では、電気自動車の充電用整流器として、代表的な回路方式を比較検討して得失を明確にし、ダイオード整流器は部品点数が少なく、低コストであるが高調波電流を発生する問題があり、PWM整流器は電源電流を正弦波にできるが、特にスイッチング損失が大きく、スイッチンググリブル抑制用フィルタが大きいなどの課題がある。電気自動車の充電用整流器に対する要求を整理するとともに、既存技術を整理して本論文の位置付けを明確にしている。

第3章「Three-Phase Diode Rectifier with an Instantaneous Reactive Power Compensator (IRPC)」では、ダイオード整流器と瞬時無効電力補償装置を併用したシステム構成の動作特性を検討するとともに、電圧形ダイオード整流器に適用した際の転流重なり現象を考慮した場合の動作特性を解析するとともに、これに適した瞬時無効電力補償装置の制御方法を提案している。

第4章「Stability Problem from Resonant Frequency and Control Method」では、ダイオード整流器の直流平滑コンデンサと交流側のフィルタインダクタや系統リアクタンスととの間で生じる共振現象について、理論的な解析を行い、この共振による電源電流のひずみや直流出力電圧・電流のリブルを定量的に導き出すとともに、この振動を瞬時無効電力補償装置もしくは直流側の負荷の制御で抑制するダンピング制御法を検討している。共振を抑制する方法としては、4通りの方法が実行可能であるが、瞬時無効電力補償装置で僅かな有効電力を制御することにより、電源電流のひずみと直流出力電圧・電流のリブルの両方を同時に抑制できることを理論的に明らかにし、実験により理論を実証している。

第5章「Combination Zero-Voltage Switching and Discontinuous Pulse-Width Techniques for Three-Phase Diode Rectifier with an Instantaneous Reactive Power Compensator」では、二相変調制御法とソフトスイッチング技術を併用した瞬時無効電力補償装置のスイッチング損失低減法を提案している。第4章の動作を行った場合、瞬時無効電力補償装置は転流期間中に比較的大きな電流を流す必要があり、さらにダンピング制御を行うために比較的高い周波数でスイッチングを行うため、これに伴ってスイッチング損失が増加する。これに対して、フィルタインダクタを低減するだけの簡単な方法で実現できる零電圧スイッチングと瞬時無効電力補償装置の出力電圧の零相分を調整する二相変調を導入することにより、ほぼ全領域でスイッチング損失を低減できることを明らかにするとともに、その際に生じる誤差電圧を補償する制御方法について述べている。

第6章「EMI Problems」では、ダイオード整流器と瞬時無効電力補償装置を併用した整流システム構成とPWM整流器等の従来の整流システムが発生する伝導性EMIと電力変換効率等を実測し、零電圧スイッチング動作によるEMIと損失の効果を明らかにし、提案法の有用性を明らかにしている。

第7章「Conclusions and Future Research」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、ダイオード整流器と瞬時無効電力補償装置を併用した整流システム構成について、その動作特性を転流重なり現象も含めて理論的に明らかにし、これに基づいて電源電流を正弦波に保ちつつ瞬時無効電力補償装置に圧制するスイッチング損失を低減する方法を提案して、その妥当性を実験と理論の両面から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(学術)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。