

応用拡大に向けたマルチレベル電力変換技術調査専門委員会  
設置趣意書

半導体電力変換技術委員会

1. 目的

本調査専門委員会は、パワーデバイス・制御技術・集積技術の進化によりマルチレベル電力変換技術の応用の多角化が飛躍的に進捗する近い将来を想定し、マルチレベル電力変換技術の適用事例よりも、適用可能性に関する検討事例に主眼を置いた調査を行うことで、マルチレベル電力変換器技術適用により享受可能な利点、適用時の課題、および従来型回路に対する技術的優位性を明確化することを目的とする。その結果、国内におけるマルチレベル電力変換技術の応用拡大、研究・開発の活発化、および更なる発展に寄与する。

2. 背景および内外機関における調査活動

従来、マルチレベル電力変換技術は、2レベル変換器では実現が困難な高圧化・大容量化・高調波低減・トランスレス実現を目的とし適用され、必然的に電力系統、高圧モータドライブなど高圧・大容量用途に応用先が限定されていた。特に、1980年代前半に我が国で発明された中性点クランプ形3レベルインバータは、実用的マルチレベル変換器として、電力系統用途、モータドライブ用途など幅広い応用先で実用化されている。また、2000年代以降は、多数の単位セルのカスケード接続により構成されるモジュラー・マルチレベル・カスケード変換器(MMCC)の研究・開発が国内外で盛んに行われている。MMCCはモジュラー型アームの結線方法により実現できる回路動作が異なる点に特長があり、主に再生可能エネルギー応用を含む電力系統への適用を目的とした検討事例が多数報告されている。

MMCCに代表されるマルチレベル電力変換技術の飛躍的発展に伴い、2010年代後半以降、変換器の小型・軽量化、集積化・高電力密度化、多機能化、高効率化を目的としたマルチレベル電力変換器技術の検討事例が国内外で増加している。その結果、従来の主応用先である高圧・大容量用途に加えて、低圧用途、再生可能エネルギー用途、蓄電用途、各種電源用途、運輸・産業用途など応用先の多角化が始まっている。

マルチレベル電力変換技術の国内における最近の調査活動に着目すると、電力・エネルギー部門電力技術委員会で発足した「電力系統用新方式自励交直変換器調査専門委員会」では、各種MMCC方式の動作原理・制御法・シミュレーション手法に着目し、国内外におけるMMCCの直流連系・直流送電、無効電力補償装置、再生可能エネルギー用変換器への適用事例が報告されている(2013年6月～2015年5月、技術報告第1374号)。産業応用部門半導体電力変換技術委員会関連の調査活動に着目すると「次世代配電系統に適用されるパワーエレクトロニクス技術調査専門委員会」において、配電系統用パワーエレクトロニクス機器へのマルチレベル電力変換技術の適用可能性に関して調査している。上記報告書では、MMCCを用いた無効電力補償装置、配電系統用ループコントローラ、電池電力貯蔵装置の適用事例が報告されている(2010年11月～2012年10月、技術報告第1319号)。「機械技術と融合・進化するパワーエレクトロニクスシステムインテグレーション技術調査専門委員会」では、高電力密度化・高集積化を実現可能な主回路技術例として、各種マルチレベル電力変換技術が紹介されており、適用効果に関する検討事例が報告されている(2013年3月～2016年1月、技術報告第1482号)。また、「マルチレベル電力変換技術調査専門委員会」では、基本

原理に主眼を置いて各種マルチレベル電力変換技術を体系的に論じており、各種回路技術の動作原理、基本制御法・変調法に関して詳述している（2014年2月～2016年1月、技術報告第1516号）。「交流電源にインターフェイスされる電力変換回路および制御技術調査専門委員会」においては、蓄電装置、運輸・産業分野、直流配電システム等の新応用先におけるマルチレベル変換器の適用可能性に関する検討事例が報告されている（2018年4月～2020年3月、技術報告1526号）。

以上の調査活動を踏まえると、マルチレベル電力変換技術の適用目的が、従来の高圧化・大容量化・高調波電圧低減・トランスレス実現に加えて、小型・軽量化、集積化・高電力密度化、多機能化、高効率化へと多角化していることは明白であり、多角化の流れは今後も加速的に進んでいくことが想定される。

一方、マルチレベル電力変換技術の宿命的問題として、パワーデバイス・コンデンサ数増加に起因する効率・信頼性の低下、および高コスト化が挙げられる。上記課題は、従来の高圧・大容量応用においても顕著だが、特に、新応用先においては2レベル変換器を含む従来型回路が技術的競合となるため、マルチレベル電力変換器技術を適用した場合の利点や課題、および従来型回路に対する優位性を明確化することは、適用可能性を広げる上で必要不可欠である。

前身の「マルチレベル電力変換技術調査専門委員会」の設置期間である2014年2月～2016年1月頃は、マルチレベル変換器の応用が高圧・大容量用途に限定されていた時期であり、他応用へのマルチレベル変換器技術の適用可能性に関する検討例は、国内外において殆ど存在しない状況であった。また、前身委員会の終了後6年以上が経過しており、当時と比較しマルチレベル変換技術を取り巻く環境は大きく変化している。具体的にはワイドバンドギャップ半導体素子と制御技術の進歩に伴い、マルチレベル変換技術の適用可能性は拡大しており、従来の高圧・大容量応用以外に関しても、小型・軽量化、高性能化、高信頼性に関する検討が国内外で始まっており、今後数年で検討例が爆発的に増加することが予想される。前述の関連する調査専門委員会では、マルチレベル変換技術の報告が分散的に行われており、マルチレベル変換技術を多角化した応用先に適用した場合の利点・課題、および従来回路に対する優位性の明確化には至っていない。したがって、今後爆発的に増加するマルチレベル変換技術の最新検討事例を網羅的に調査し、応用別に分類、整理することは喫緊の課題である。

### 3. 調査検討事項

本調査専門委員会では、マルチレベル電力変換技術の応用の多角化が始まっている現状を鑑みて、従来の高圧・大容量応用に加えて、新応用先への適用可能性に関する最新の検討事例調査を網羅的に行う。具体的には、下記の内容を調査する。

#### (1) 調査範囲

1. 電力系統応用（HVDCを除くFACTS機器、メガソーラなど）
2. 運輸応用（電気自動車、電気鉄道、電動航空機など、充電器など地上設備を含む）
3. 低圧応用（パワコン、直流配電、マイクログリッドなど）
4. 直流送電システム応用（洋上風力、HVDC、直流遮断器など）
5. 産業応用（モータドライブ、無停電電源装置など）
6. 各種電源応用（医療用電源など）

#### (2) 調査対象

国内外の学術論文、企業の技報

#### (3) 調査方法

調査結果を応用毎に分類・整理し、利点、課題、技術的優位性を議論する。

#### 4. 予想される効果

上記のマルチレベル電力変換器技術に関する最新の技術動向を幅広く調査して公開することにより、以下に示す効果が期待できる。

- (1) マルチレベル電力変換技術適用時の利点、課題、技術的優位性の明確化
- (2) 国内におけるマルチレベル電力変換技術の研究・開発活発化
- (3) マルチレベル電力変換技術の応用拡大

#### 5. 調査期間

2022年（令和4年）9月～2025年（令和7年）8月

#### 6. 委員会の構成（職名別の五十音順に配列）

職名	氏名	（所属）	会員・非会員区分
委員長	萩原 誠	（東京工業大学）	会員
委員	飯嶋 竜司	（宇宙航空研究開発機構）	会員
同	磯部 高範	（筑波大学）	会員
同	糸川 祐樹	（三菱電機）	会員
同	井上 重徳	（日立HVDCテクノロジーズ）	会員
同	岩田 明彦	（大阪産業大学）	会員
同	大井 一伸	（明電舎）	会員
同	柿ヶ野 浩明	（立命館大学）	会員
同	川村 弥	（東芝三菱電機産業システム）	会員
同	児山 裕史	（東芝インフラシステムズ）	会員
同	佐野 憲一朗	（東京工業大学）	会員
同	田口 義晃	（鉄道総合技術研究所）	会員
同	田重田 稔久	（富士電機）	会員
同	浜崎 真一	（長崎大学）	会員
同	森 雄生	（東洋電機製造）	会員
同	山口 大輝	（産業技術総合研究所）	会員
同	山田 洋明	（山口大学）	会員
同	渡辺 大貴	（長岡技術科学大学）	会員
幹事	小原 秀嶺	（横浜国立大学）	会員
同	米田 昇平	（東京海洋大学）	会員
幹事補佐	中西 俊貴	（電力中央研究所）	会員

#### 7. 活動予定

委員会 4回／年

8. 報告形態（調査専門委員会は必須）

技術報告および産業応用部門大会又は全国大会のシンポジウム開催をもって成果報告とする。