

マトリックスコンバータの普及に向けた 技術課題と導入効果

マトリックスコンバータの普及に向けた技術課題と導入効果
調査専門委員会編

目 次

1. まえがき	3	4. マトリックスコンバータの実現上の課題	25
1.1 はじめに	3	4.1 はじめに	25
1.2 マトリックスコンバータへの期待	3	4.2 配線構造	25
1.3 マトリックスコンバータの普及に向けた技術 課題と本技術報告の構成	4	4.3 スナバ回路	26
2. マトリックスコンバータの制御法	5	4.4 LC フィルタ	27
2.1 はじめに	5	4.5 IGBT モジュール	28
2.2 マトリックスコンバータのモデル	5	4.6 逆阻止 IGBT	29
2.3 直接方式	6	4.7 ゲート駆動回路	29
2.4 間接方式	10	4.8 EMI フィルタ	30
2.5 スイッチングパルス信号生成法	14	4.9 制御回路	31
2.6 各制御方式の特徴比較	14	4.10 まとめ	31
2.7 まとめ	15	5. 代表的応用で期待される導入効果	33
3. マトリックスコンバータの原理的課題とその対策	17	5.1 はじめに	33
3.1 はじめに	17	5.2 導入効果と課題	33
3.2 原理的な特徴と課題	17	5.3 応用事例	40
3.3 転流動作における課題と対策	18	5.4 海外における実用化に向けた動き	42
3.4 電圧利用率とその改善策	20	5.5 まとめ	43
3.5 電源擾乱の影響と対策	22	6. あとがき	45
3.6 まとめ	24		

マトリックスコンバータの普及に向けた 技術課題と導入効果調査専門委員会委員

委員長	佐藤 之彦(千葉大学)	委員	杉田 貴紀(マイウェイ技研)
幹事	伊東 淳一(長岡技術科学大学)		成 慶 珉(茨城高専)
幹事	只野 裕吾(明電舎)		竹下 隆晴(名古屋工業大学)
幹事補佐	漆畑 正太(明電舎)		中村 利孝(東芝三菱電機産業システム)
委員	綾野 秀樹(日立製作所)		原 英 則(安川電機)
	小高 章弘(富士電機ホールディングス)		横 井 修(東芝シュネデール・インバータ)
	佐藤 基(東洋電機製造)		

所属および所属名称は委員会解散当時（平成 23 年 3 月）のもの

1. まえがき

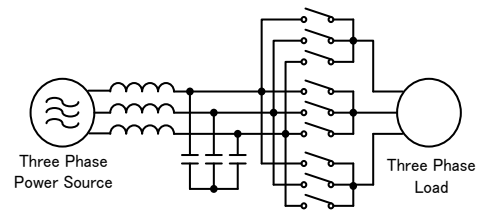
1.1 はじめに

マトリックスコンバータに代表される直接形交流電力変換回路は、直流リンク部にエネルギー蓄積要素を持たないこと、回路方式によっては電流経路の通過素子数を少なくできることから、小型化、信頼性向上、効率改善を実現する方式として研究・開発が進められてきている。その結果、一部のメーカーで製品化が行われるなど実用化に向けた進展があったが、それに続くさらなる用途の拡大などの本格的な普及に向けた動きが見えてこない状況にある。このような状況を踏まえ、マトリックスコンバータの本格的な普及を阻んでいる要因を要素技術と応用技術の両面から明らかにし、その解決に向けた研究・開発の方向性を示すとともに、マトリックスコンバータの導入によるインパクトを具体的かつ詳細に明らかにすることを目的として、電気学会産業応用部門半導体電力変換技術委員会の傘下に「マトリックスコンバータの普及に向けた技術課題と導入効果調査専門委員会」が設置され、平成 21 年 4 月から 2 年間の活動を行った。

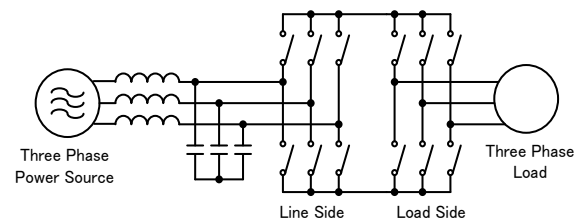
マトリックスコンバータは 1980 年代初頭に明確な形で提案されて以来、国内外で研究・開発が進められてきた。DSP や FPGA などによるデジタル制御技術が成熟してきた西暦 2000 年ごろから、マトリックスコンバータの研究が国内外で特に盛んに行われた時期を迎えた。このような趨勢に鑑みて、電気学会産業応用部門半導体電力変換技術委員会の傘下に「直接形交流電力変換回路技術調査専門委員会」⁽¹⁾（篠原勝次委員長、調査期間平成 15 年 1 月～平成 16 年 12 月）と、引き続いて「直接形交流電力変換回路の実用化と応用技術調査専門委員会」⁽²⁾（篠原勝次委員長、調査期間平成 18 年 1 月～平成 19 年 12 月）が設置され、関連技術の現状と課題について体系的かつ詳細な調査が行われた。しかしながら、マトリックスコンバータの本格的な普及促進を図るためには、これらの調査結果を踏まえた上で、マトリックスコンバータの要素技術や応用分野に関係する専門家の知見を幅広く集約して分析し、電力変換回路としての技術開発の方向性を明らかにしていく必要がある。さらに、マトリックスコンバータの導入によるインパクトを代表的な応用分野ごとにより具体的かつ定量的に明らかにし、導入を促進するための訴求力のあるビジョンを提示する必要がある。当委員会では、これらの事項についての調査・検討を行うことを目的として活動を行った。

この技術報告は、当委員会の調査・検討結果を取りまとめたものであり、調査活動の中間段階の平成 22 年 8 月には、その時点までの調査結果を取りまとめて、電気学会産業応用部門大会においてシンポジウムを開催している。

1.2 マトリックスコンバータへの期待



(a) 直接形マトリックスコンバータ



(b) 間接形マトリックスコンバータ

図 1.1 マトリックスコンバータの代表的回路構成

図 1.1(a)および(b)にマトリックスコンバータの代表的な主回路構成を示す。図 1.1(a)は三相交流入力端子と三相交流出力端子の相互を 9 個の双方向スイッチを用いて接続した回路構成であり、通常、マトリックスコンバータというはこの回路構成を指す場合が多い。また、図 1.1(b)に示すように、従来の交流間接変換回路と同様に電源側と負荷側にそれぞれブリッジ回路を有する間接形マトリックスコンバータも検討されている。この方式は、従来の交流間接変換回路における整流回路とインバータの制御法を拡張して適用できるメリットを有している。

本章の冒頭でも簡単に触れたが、マトリックスコンバータに期待される導入効果としては、以下のようなものがある。

(1) 直流平滑コンデンサを用いないことによる小型化、メンテナンス軽減、長寿命化、高温動作対応 従来の整流回路とインバータを組み合わせた間接交流変換回路では、直流中間リンクの大容量コンデンサが大きな体積を占めており、その分の体積を減少できる。また、このコンデンサに電解コンデンサを用いる場合に考慮する必要がある寿命やメンテナンス、動作温度の制約などの問題を一掃できる可能性がある。

(2) 1 段階変換による高効率の AC-AC 変換の実現 交流間接変換方式が 2 段階の電力変換によるのに対して、マトリックスコンバータでは 1 段階で電力変換を行うため、直列の通過素子数を少なくでき、本質的に高効率化を図ることができる。