

Improved Series Resonant DC-Links for Current-Source Inverters and Control Aspects

by

Sunil Gamini Abeyratne



A thesis submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of

Doctor of Philosophy in Electrical Engineering

At the Gifu University Japan

1997

氏名(本籍)	SUNIL GAMINI ABEYRATNE (スリランカ)
学位の種類	博士(工学)
学位記番号	甲第74号
学位授与年月日	平成9年3月25日
専攻	電子情報システム工学専攻
学位論文題目	Improved Series-Resonant DC-Links for Current-Source Inverters and Control Aspects (電流形インバータのための直列共振DCリンクの改良と制御法の研究)
学位論文審査委員	(主査) 教授 村井由宏 (副査) 教授 阪上幸男 教授 渡邊貞司 教授 安田直彦 助教授 高木伸之

論文内容の要旨

本論文はハードスイッチングの電流形DCリンクを置換える新しい共振形DCリンクを提案しデジタルシミュレーションや実験などにより検討を進めたものである。近年の電力変換技術は主として半導体素子のスイッチングによって行なわれているが、入力や出力波形が通常の正弦波交流に比べて波形ひずみが多く同じ系統につながる負荷や、変換器自身の負荷の損失増加の原因となっている。これを改善するためにスイッチング周波数を上昇させると、スイッチング損失が大きくなるなどの障害が発生する。本研究の回路方式は高周波直列共振DCリンクの電力変換器をもととしてスイッチング損失の低減を達成しており、その回路方式の改良に主たる力点がおかれている。

おもな点をあげると次のようである。

- (1) 可飽和鉄心を用いてDCリンクの電流をクランプし、素子の電流耐量を増加させた。
- (2) 出力3相同時に電流を流せるような方式(パルストリミングやデュアルフロー)を提案し、負荷の電動機の制御性能を向上させた。
- (3) 簡単なダイオードクランプ回路で、フラットトップの電流パルス波形を得て、PWM(パルス幅変調)電流制御を達成した。
- (4) 共振回路に蓄えられたエネルギーにより生ずる異常なピーク電流を避けパルス幅調節の自由な、フルレンジで調節可能な回路方式を提案した。

本論文はまた、AC/AC制御のための制御法の検討も行っている。これらは2つの電圧制御の方法に分類できる。すなわち、電流パルスの大きさを調節するものと、電流パルスの幅を調節するものである。これらの2つの方式は3相の実験機を用いて確かめられた。

本研究では、まずパルス幅の調節のため、パルストリミングやデュアルフローの方法を提案し、3つの相に同時に電流を流すことにより出力波形成形の改善を行っている。この方法は従来は電流形のインバータでは三相出力のうち一度に三相共には電流が流せなかったことから考えると大きな進歩といえる。

また、可飽和リアクトルを用いて、電流パルスの異常なピーク値を抑制する方法を提案している。この方法は回路方式が簡単であり素子の電流定格の低減にも役立つ。

この変換器の制御に関して、出力フィルタコンデンサの電荷量をオンラインで計算しつつ制御を行う方法を検討し、良好な出力波形の制御を可能にしている。また、パルス幅の調節では、二つの方式を提案している。その一つは、可飽和リアクトルを用いたもので、ピーク電流値をある程度抑制しつつ、パルス幅を調節する方法を明らかにしている。また、制御の方法についても言及し、異常パルス高の出ないような素子スイッチング法の提案も行っている。

出力の波形の制御に関しては、通常の電圧形インバータでは出力電圧が制御され、電流形インバータでは電流が制御されるが、本研究では電流形でありながら出力電圧を制御する手法についても明らかにしている。この方法は比較的簡単な制御法を用いて従来よりも良好な出力波形が得られる点で画期的である。

本論文の最後の部分ではパルス波高とパルス幅を同時に調節できるような回路方式の提案を行っている。これについては、計算機シミュレーションにより結果の確認を行っている。

論文審査の結果の要旨

近年の電力変換技術は主として半導体素子のスイッチングによって行なわれているが、入力や出力波形が通常の正弦波交流に比べると低周波の振動が重畳したりし負荷での損失の増加の原因となっている。これを改善するためにスイッチング周波数を上昇させると、スイッチング損失が大きくなるなどの障害が発生する。

本研究では直列共振形の電力変換器に関するものであり、特に種々の形の電流共振形DCリンク回路の提案や改良を行っている。本研究の共振形インバータはソフトスイッチングの手法を用いてスイッチングロス低減し、波形制御を行いやすいようにパルス波高やパルスの幅を調節できる回路方式を提案し、実験的にも確認している。

本研究では、まずパルス幅を調節するため、パルストリミングやデュアルフローの方法を提案し、3つの相に同時に電流を流すことにより出力波形成形の改善を行っている。この方法は従来は電流形のインバータでは1度に3つの相には電流が流せなかったことから考えると大きな進歩といえる。

つぎに、可飽和リアクトルを用いて、電流パルスのピーク値を抑制する方法を提案している。この

方法は回路方式が簡単であることと、素子の電流定格の低減に大きく役立つ。

これらの変換器の制御に関して、出力フィルタコンデンサの電荷量をオンラインで計算しつつ制御を行う方法を明らかにし、良好な出力波形の制御を可能にしている。

一方、パルス幅の調節では、二つの方式を提案している。その一つは、可飽和リアクトルを用いたもので、ピーク電流値をある程度抑制しつつ、パルス幅を調節する方法を明らかにしている。また、制御の方法についても言及し、異常パルス高の出ないような素子スイッチングの提案も行っている。

また、出力の波形の制御に関しては、通常の電圧形インバータでは出力電圧が制御され、電流形インバータでは普通電流が制御されるが、本研究では電流形でありながら出力電圧を制御する手法を明らかにしている。この方法は画期的なもので比較的簡単な制御法を用いて従来よりも良好な出力波形が得られる点は特筆に値する。

最後に、パルス波高とパルス幅をフルレンジで調節できるような回路方式の提案を行っている。これについては、計算機シミュレーションにより結果の確認を行っている。この方法では最も良好な制御が期待される。

以上の結果は電気学会論文誌や米国電気電子学会の論文誌(IEEE)、国際学会などにも発表し、工学上意義が高いものとする。

よって、本論文は工学博士の論文として合格と判定した。