

報告番号 ^{*} 甲 第 **1741** 号

主論文の要旨

題名 サイクロコンバータの構成法と
波形制御法に関する研究

氏名 古橋 武

主論文の要旨

報告番号 ※甲第 号 氏名 古橋 武

サイクロコンバータは、電源の周波数を他の周波数へと直接変換するエネルギー貯蔵要素を持たない高効率の静止型電力変換器である。サイクロコンバータの動作はサイリスタの自然転流に基づいており動作が安定であり、とくに大容量の可変周波数電源として実用化の例が増えつつある。

サイクロコンバータには、周波数変換比（出力周波数／入力周波数）が固定の定比式と、同比を連続可変の連続式との2種類の方式がある。定比式サイクロコンバータには、2倍周波数・3倍周波数サイクロコンバータおよび60Hz→50Hz・50Hz→60Hz変換サイクロコンバータなどがあげられる。このうち、後者のサイクロコンバータは、現在実用化されている国鉄周波数変電所の電動発電機方式（「交流電力→回転力→交流電力」）、佐久間・新信濃両周波数変換所のコンバータ・インバータ方式（「交流→直流→交流」）のような間接変換方式に対して、「交流→交流」という直接変換方式の可能性を示すものとして興味あるものである。このサイクロコンバータは、電動発電機方式に比較して保守が容易、コンバータ・インバータ方式より効率が高等の利点を持っているが、出力電圧の振幅および位相が電源電圧で決定されてしまい制御が困難であるため、適用できる負荷が限られてしまうという難点があった。

連続式サイクロコンバータは、出力に任意の振幅および周波数の電圧

主論文の要旨

報告番号 ※甲第 号 氏名 古橋 武

を得ることのできるサイクロコンバータである。一般にサイクロコンバータは、サイリスタの自然転流を用いることから高圧大電流化が容易で過負荷耐量が大きく、また、直流を介さない「交流→交流」の直接変換方式であるため変換効率が高いなどの長所を有している。しかしながら、連続式サイクロコンバータは、サイリスタ位相制御に伴う本質的な性質として低入力力率であり、また、入力電流高調波・出力電圧高調波の周波数スペクトルが出力周波数とともに複雑に変化するなどの難点を持つ。入力力率が低いことは設備容量の増大を招き、出力電圧の高調波の存在はモータのトルクリップル、電源系統への悪影響（誘導障害、系統につながれた他の機器の異常音、過熱など）を引き起こす。これらの難点を解決するためにこれまで多くの研究がなされてきた。

入力基本波力率の改善に関しては、従来からの対称ゲート制御方式に対して、非対称ゲート制御方式、縦続非対称制御方式などの提案がなされた。このうち、縦続非対称制御方式が入力基本波力率を高くする方式として知られている。しかし、この方式は、多くのサイリスタ素子を必要とすることになり回路構成を複雑にしていた。

また、入力電流・出力電圧の波形改善に有効な方法は、出力の多重化（例えば、6パルスブリッジ→12パルスブリッジ）であった。しかし、これも多数のサイリスタおよび位相変換用変圧器を必要とし、回路構成を複雑にしていた。他に、2台のサイクロコンバータの並列運転時に各

主論文の要旨

報告番号 ※甲第 号 氏名 古橋 武

コンバータと名付け、本章にその解析および実験の結果を示した。この相電圧縦続制御方式サイクロコンバータは、従来の6パルスブリッジ接続サイクロコンバータに非対称ゲート制御方式を適用した場合より、4アームの増加で入力力率を大きく改善している。本方式は、入力力率が高いとして知られる6パルスブリッジ接続サイクロコンバータ2段縦続接続の縦続非対称制御方式サイクロコンバータより回路構成は簡単であるが、それに近い入力力率を持つ。

第3章では、入出力波形を改善した新規のサイクロコンバータを提案し、その特性について論じた。サイリスタ制御整流回路において宮入氏らの提案した相間リアクトルの2次巻線方式をサイクロコンバータに応用し、その2次巻線を新たに多段分割することにより、入出力波形を大きく改善できることを示した。解析を簡単にするために、回路構成の比較的簡単な相間リアクトルを有する6パルスサイクロコンバータを例にとり、その相間リアクトルに多段分割した2次巻線を設け、これに適する出力電圧制御方式を示し、基本的な諸特性を求めた。2次巻線方式をサイクロコンバータに応用した場合には p パルスサイクロコンバータ（アーム数 $2p$ ）にアーム数を8つ増して $2p+8$ のとき $3p$ パルスサイクロコンバータ相当の入出力波形が得られるのに対して、2次巻線方式を n 段分割した場合は、アーム数 $2p+4(n+1)$ で $(2n+1) \times p$ パルスサイクロコンバータ相当の入出力波形が期待される。

主論文の要旨

報告番号 ※甲第 号 氏名 古橋 武

サイクロコンバータの入力電圧位相をずらすことにより入力高調波を低減できることが示されている。しかし、この方法は複数のサイクロコンバータを必要とする用途に限られ、また位相変圧器を必要とすることなどの難点がある。いずれにしても簡単な回路構成で入出力の高調波を改善する方法がなかった。

これらの難点の改善を目的として筆者の研究がなされた。筆者は、新規な回路構成とゲート制御方法との組み合わせによって、連続式サイクロコンバータの入力力率の改善および出力電圧・入力電流の高調波の低減が可能であること、定比式サイクロコンバータにおいては出力電圧の振幅および位相を任意に決定できること等の結論を得た。本論文はこの研究の成果をとりまとめたものである。

第1章では、サイリスタの登場に伴い、サイクロコンバータの研究がふたたび盛んになったことについて述べ、サイクロコンバータの分類および原理を示すとともに、実用化に際してのサイクロコンバータの問題点を指摘し、それについてなされた従来の研究の概要を述べた。

第2章では、入力力率を改善した新規のサイクロコンバータを提案し、その特性について論じた。Joetten氏の提案した線間電圧のほかに相電圧を併用する制御整流回路をサイクロコンバータに応用し、ゲート制御法を相電圧の縦続非対称制御とすることにより、入力力率を大きく改善できることを示した。筆者はこれを新たに相電圧縦続制御方式サイクロ

主論文の要旨

報告番号 ※甲第 号 氏名 古橋 武

第4章では、電力の双方向変換が可能な新規の50Hz \pm 60Hz変換サイクロコンバータを提案しその特性を論ずる。従来のこの種のサイクロコンバータは出力電圧の振幅および位相の制御ができなかった。そのため、系統連系に適用した場合には、両系統が直結状態になってしまうという難点があった。更には両系統で電力のやりとりを行うには2台のサイクロコンバータが必要であるとされていた。筆者は、サイクロコンバータの出力と出力側系統間に新たにリアクトルを挿入し、これに適する出力電圧制御方式を導入することにより、1台のサイクロコンバータで、非同期（両系統電圧の制御をお互いに無関係とする）にて電力の双方向変換が可能となることを示した。

第5章は本論文の総括である。各章で明らかにされた研究結果を列記した。

要するに、連続式サイクロコンバータの難点である低入力力率・大きな入出力高調波、定比式サイクロコンバータの出力電圧制御方式について本論文が新しい改善法を示した。本研究では、サイクロコンバータの動作を理想化して解析し、実験を行って得た結果と理論の一致を確認した。サイクロコンバータの実用化に際しては、解析において無視したが現実に入ってくる種種の因子（例えば、転流の重なり、負荷の不平衡）の入力力率、入出力高調波へ与える影響まで検討する必要がある。

最後に、本研究で得た50Hz \pm 60Hz変換サイクロコンバータについては、

主論文の要旨

報告番号	※甲第	号	氏名	古橋	武
------	-----	---	----	----	---

入力力率が低いこと、入出力電流に低次の高調波が多く含まれること等の多くの問題を含み、実用化は困難である。これらの問題点の解決が今後の検討課題である。