

|              |  |
|--------------|--|
| Title        | Studies on Configuration and Control of Low Frequency AC Transmission System Using Cycloconverters |
| Author(s)    | Pichetjamroen, Achara  |
| Citation     | 大阪大学, 2017, 博士論文   |
| Version Type | VoR  |
| URL          | <a href="https://doi.org/10.18910/61776">https://doi.org/10.18910/61776</a>                        |
| rights       |  |
| Note         |  |

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

## Abstract of Thesis

|   |  |
|---|--|
| <b>Name</b> ( P I C H E T J A M R O E N   A C H A R A )   |  |
| <b>Title</b>  | Studies on Configuration and Control of Low Frequency AC Transmission System Using Cycloconverters<br>(サイクロコンバータを用いた低周波交流送電システムの構成と制御に関する研究) |
| <b>Abstract of Thesis</b>   |  |
| <p>This dissertation focuses on the configuration and control scheme of low frequency ac transmission system (LFAC), which expected as an alternative transmission system on line commutated converter multi-terminal application. This study introduces three configurations of LFAC transmission system: single-phase, two-phase and three-phase on low frequency side by using cycloconverters as the frequency converters. The objective of these studies is to find the most suitable configuration and operation such as number of operating phase configurations, transmitting frequency and control schemes. The discussion and comparison of characteristics and behavior of the three configurations of LFAC operating under the same control scheme and conditions to identify the most promising operation system for LFAC. Three configurations of LFACs are described and all three configurations are applied by the control scheme with the aid of PSCAD/EMTDC program to consider the behavior of each LFAC system on line frequency or grid side frequency and low frequency sides. Furthermore, current ratings of thyristor devices and transmission lines, and number of devices used in each type of LFAC are compared. These results can lead to determine the most suitable transmission system for the LFAC system operation. A new power control scheme by using Virtual Synchronous Generator (VSG) for a multi-terminal LFAC operated with a twelve-pulse thyristor converter was studied in this dissertation. This power control scheme can control and synchronize the amount of transmitting power among each terminal following power references. Control scheme and parameters of the application are addressed. This dissertation is organized into five chapters as follows.</p> <p style="padding-left: 40px;">Chapter 1 gives the general introduction of LFAC transmission system and merits of LFAC.</p> <p style="padding-left: 40px;">Chapter 2 introduces configuration and comparison on each type of LFAC. The comparison on rating of valves and transmission line are compared to determine the suitable configuration and operation system.</p> <p style="padding-left: 40px;">Chapter 3 describes the transmission line model under low frequency and cable model parameters for proposed LFAC transmission system. The analysis on transmission frequency with voltage and cable length and the analysis on transmission frequency with system responding time are performed.</p> <p style="padding-left: 40px;">Chapter 4 introduces a power control scheme for multi-terminal LFAC application. In order to frequency synchronization among terminals, virtual synchronous generator (VSG) control is proposed in this chapter.</p> <p style="padding-left: 40px;">Finally, chapter 5 summarizes overall important results obtained in this dissertation.</p> |  |

## 論文審査の結果の要旨及び担当者

|                              |     |     |       |
|------------------------------|-----|-----|-------|
| 氏 名 ( PICHETJAMROEN ACHARA ) |     |     |       |
| 論文審査担当者                      | (職) | 氏 名 |       |
|                              | 主 査 | 教 授 | 伊瀬 敏史 |
|                              | 副 査 | 教 授 | 舟木 剛  |
|                              | 副 査 | 教 授 | 高井 重昌 |
|                              | 副 査 | 教 授 | 白神 宏之 |
|                              | 副 査 | 准教授 | 三浦 友史 |

## 論文審査の結果の要旨

本論文は、長距離大容量送電技術として直流送電と同様に有望な方式として、低周波送電について検討している。従来の直流送電は送電側と受電側の端子が1対1の2端子構成であることが多い。大容量化が容易で損失も少ない他励式の変換器の場合、送受電端子が3端子以上の多端子構成にすると潮流反転時に極性切り替えのための機械スイッチが必要となり、構成が複雑となる。そこで、多端子構成では、構成の容易さから自励式の電圧形変換器を用いるのが一般的である。しかしながら、自励式変換器の場合、他励式変換器に比べて電力損失が大きい。また、直流系統短絡時の過電流が大きな問題であり、装置保護のために半導体遮断器などによる高速な電流遮断を必要とする。そこで本研究では、過電流の問題を緩和できる長距離大容量の多端子送電方式として、大容量化が容易で電力損失が少ない特性を持つ他励式変換器で構成されるサイクロコンバータを用いた低周波送電方式の構成と制御方式について研究を行っている。本研究で得られた成果は以下のとおりである。

- (1) 低周波側の構成方法として、単相方式、単相方式と同じ回路構成で互いに90度の位相差を設ける二相方式、周波数変換所のサイクロコンバータを三相構成として互いに120度の位相差を設ける三相方式を比較検討した。単相方式は構成および制御が簡単である反面、送電電力に低周波側の送電周波数の2倍の周波数の脈動を生じる欠点がある。二相方式は単相方式と同じく構成が簡単であり、送電電力の脈動も無いが、中性線に流れる電流が他の線路の $\sqrt{2}$ 倍となる。三相方式は周波数変換所のパルプ数が多くなり、線路も4本必要となるが、中性線には電流はほとんど流れず、線路電流は単相方式の2/3倍である。従って、二相方式と三相方式は、周波数変換所のコストと送電距離によるケーブルコストを考慮して適宜選択する必要がある。
- (2) 低周波での送電周波数について、送電距離による送電電力の特性、電力制御の応答速度、サイクロコンバータの性能による低周波側の電圧ひずみの観点から検討した結果、10Hz程度が適切であるとの結論を得た。
- (3) システムの制御方式について検討した結果、各端子の制御を特別な通信を互いに行わずに自律的に行うように各端子に同期発電機と同様の特性を模擬させる「仮想同期発電機制御」を適用する方式について提案し、検討を行った。また、サイクロコンバータの安定な運転のために、直流送電と同様に電流制限制御および余裕角制御を適用することを提案した。これらによって各端子間の特別な通信なしに、多端子での電力制御が可能であることを計算機シミュレーションにより示している。

以上の研究成果より、サイクロコンバータを用いた低周波交流送電に関して、システム構成と送電周波数に関する知見が得られ、また、システムの制御方式について新しい制御方式が提案された。近年、洋上風力発電からの送電や既存系統の連系強化のために、多端子の直流送電を検討することが行われており、本研究はこのような状況にあって、これまであまり検討がなされていなかった低周波送電方式について有益な知見を与えるものである。以上のように本論文は、サイクロコンバータを用いた低周波交流送電の構成と制御について新たな知見を与える内容となっており、この分野の技術の発展に寄与するところが大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。