

令和元年6月10日現在

機関番号：33803

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K06246

研究課題名(和文) マルチレベルインバータを用いた低周波送電変換器の開発

研究課題名(英文) Development of low frequency power transmission converter using multilevel inverter

研究代表者

中田 篤史 (Nakata, Atsushi)

静岡理工科大学・理工学部・准教授

研究者番号：70635028

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：近年、海洋国家である我が国では洋上太陽光発電、洋上風力発電等、海から得る自然エネルギーの利用法が模索されてきている。洋上で得られたエネルギーを効率よく電力消費地へ送電できる手法として直流送電がある。しかし、CVケーブル(海底ケーブル)に直流電圧を印加すると絶縁体内に空間電荷が蓄積し絶縁破壊を引き起こすため、低周波交流送電を提案した。66kV送電で30MVA容量の海底ケーブルを使用する場合、4多重のインバータでキャリア周波数が1.5kHzとするのがバランスの取れた設計になることがわかった。変圧器は大型化するが、その大きさの概略と巻き線数、鉄心の断面積等を算出する設計法を確立した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

近年、海洋国家である我が国では洋上太陽光発電、洋上風力発電等、海から得る自然エネルギーの利用法が模索されてきている。洋上で得られたエネルギーを効率よく電力消費地へ送電できる手法として直流送電がある。しかし、CVケーブル(海底ケーブル)に直流電圧を印加すると絶縁体内に空間電荷が蓄積し絶縁破壊を引き起こすため使用できない。研究課題ではフィルタを用いず、小型化可能な高電圧マルチレベルインバータを用いた低周波送電を提案する。本研究課題によって低周波送電システム網を確立し、将来において再生可能エネルギーの比率の増加を目標とする。

研究成果の概要(英文)：When a 30 MVA capacity submarine cable with 66 kV is used, we revealed that a carrier frequency of 1.5 kHz with a 4-multiplex inverter is a well-balanced design. Although the size of the transformer increases, the design method for calculating the outline of the size and the number of windings, the cross-sectional area of the iron core, etc. is established.

研究分野：パワーエレクトロニクス

キーワード：低周波長距離送電 ケーブルインピーダンス 多重インバータ

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

近年、海洋国家である我が国では洋上太陽光発電、洋上風力発電等、海から得る自然エネルギーの利用法が模索されてきている。洋上で得られたエネルギーを効率よく電力消費地へ送電できる手法として直流送電がある。しかし、CV ケーブル(海底ケーブル)に直流電圧を印加すると絶縁体内に空間電荷が蓄積し絶縁破壊を引き起こすため、高価な無機充填剤入りの CV ケーブルや油入りケーブルを用いる必要がある。ケーブルの絶縁破壊を避けるため 5-10Hz 程度のサイリスタを用いた低周波送電が提案されているが、フィルタ等が大型化する。本研究課題ではフィルタを用いず、小型化可能な高電圧マルチレベルインバータを用いた低周波送電を提案する。本研究課題によって低周波送電システム網を確立し、将来において再生可能エネルギーの比率の増加を目標とする。

2. 研究の目的

変圧器多重形 PWM インバータを用いることで、高電圧化、マルチレベル化、フィルタ不要となることを明らかにし、50km の海底 CV ケーブルを用いる際にケーブルが持つインピーダンスによって LC 共振が生じるが、その抑制方法の確立、洋上太陽光発電を行う際のシステムの設計法を本研究にて明らかにする。

3. 研究の方法

これまでに商用周波数送電で用いられた海底ケーブルの特性を調査し長距離送電ケーブルのインピーダンスを決める。PSIM で 30MW の太陽電池、インバータ、多重用変圧器を組み合わせ解析し、送電ケーブルの持つ共振周波数より十分高いキャリア周波数を決定し、ダンピング制御も併用しながら、低周波の送電で、できる限り低いキャリア周波数を用いたインバータの設計を行う。

4. 研究成果

66kV 送電で 30MVA 容量の 50km 海底ケーブルを使用する場合、五島列島の商用周波数での海底ケーブル定数から、配線抵抗分は $75\text{m}\Omega/\text{km}$ 、インダクタンス $350\mu\text{H}/\text{km}$ 、静電容量 $0.25\mu\text{F}/\text{km}$ とし、等価回路は T 型とした。太陽電池の最大電力は 30MW とし、最大出力動作電圧 49.2V、最大出力動作電流 6.43A、開放電圧 60V、短絡電流 6.78A の太陽電池パネルを直列に 50 枚、並列 1897 枚接続すると仮定し、インバータにて 66kV 一定制御を行う。変圧比はインバータの変調率が最大 0.8 となるように 1200:9526 とした。変圧器を介したインバータからの出力電圧 V_{out} は 66kV_{rms} であるが、線路のインピーダンスによる電圧降下で受電端電圧 V_{rec} は $61.6\text{kV}_{\text{rms}}$ となった。線路のインピーダンス T 型 LCL の構成がローパスフィルタの役割をするため、スイッチング成分は除去され、ひずみ率(THD)も 1.44% と非常にきれいな電圧波形となった。4 多重のインバータでキャリア周波数が 1.5kHz とするのがバランスの取れた設計になることがわかった。変圧器は大型化するが、その大きさの概略と巻き線数、鉄心の断面積等を算出する設計法を確立した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 3 件)

A. Nakata, A. Torii, A. Ueda, "Inverter Frequency and Transformer for Low Frequency Power Transmission", The 16th Takayanagi Kenjiro Memorial Symposium, Toward Advanced Imaging Science Creation Proceeding(Shizuoka University), TP2_3_1-2_3_4

A. Terashima, A. Nakata, A. Torii, S. Mototani, K. Doki, "Current Oscillation Damping Control in a Low Frequency Power Transmission with Light Loads", The International Conference on Electrical Engineering 2018 Korea (ICEE2018), G2-0457

A. Nakata, A. Torii, S. Mototani, "Study on Resonance Current Suppression Method for Low Frequency Transmission", The International Conference on Electrical Engineering (ICEE) Conference 2019 Hong Kong, ICEE19J-047

〔学会発表〕(計8件)

中田篤史, 鳥井昭宏, 植田明照:「低周波送電用インバータに関する一考察」, 電気学会全国大会, 4-010, vol.4, pp.15-16

中田篤史, 鳥井昭宏, 植田明照:「低周波数送電インバータの周波数と変圧器の検討」, 電気学会産業応用部門大会, 1-10

中田篤史, 寺島淳史, 元谷卓, 鳥井昭宏:「低周波送電回路と受電回路の検討」, 電気学会全国大会, 4-185, Vol.4, pp.324-325

井島崇博, 中田篤史, 寺島淳史, 元谷卓, 鳥井昭宏:「低周波送電における送電電圧とキャリア周波数の検討」, 電気学会産業応用部門大会, Y-25

寺島淳史, 鳥井昭宏, 元谷卓, 井島崇博, 中田篤史:「低周波送電用 PWM 変換器におけるダンピング制御とキャリア周波数の検討」, 電気学会東海支部大会, K2-3

寺島淳史, 鳥井昭宏, 元谷卓, 井島崇博, 中田篤史:「低周波送電における共振周波数変化の検討」, 電気学会全国大会, 4-036

寺島淳史, 中田篤史, 鳥井昭宏, 元谷卓:「低周波送電用多重インバータとキャリア周波数の検討」, 電気学会産業応用部門大会, 1-17

寺島淳史, 鳥井昭宏, 元谷卓, 中田篤史:「低周波送電用多重インバータの電流振動抑制制御の検討」, 電気学会東海支部大会, F3-8

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

出願年:

国内外の別:

取得状況(計0件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

取得年:

国内外の別:

〔その他〕

ホームページ等

6 . 研究組織

(1)研究分担者

研究分担者氏名 :

ローマ字氏名 :

所属研究機関名 :

部局名 :

職名 :

研究者番号 (8 桁):

(2)研究協力者

研究協力者氏名 : 鳥井昭宏

ローマ字氏名 : Akihiro Torii

研究協力者氏名 : 元谷 卓

ローマ字氏名 : Suguru Mototani

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。