

令和 4 年 6 月 17 日現在

機関番号：33903
研究種目：基盤研究(C)（一般）
研究期間：2019～2021
課題番号：19K04336
研究課題名（和文）社会実装を目指したAC/DCハイブリッド型マイクロ/スマートグリッドに関する研究

研究課題名（英文）Research on AC / DC hybrid micro / smart grid aimed at social implementation

研究代表者
雪田 和人（Yukita, Kazuto）

愛知工業大学・工学部・教授

研究者番号：60298461
交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,400,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、直流給電システムにおいて、次世代半導体を用いたDualActiveBrige（DAB）型変換器を開発した。そして、この変換器を用いて配電システムとして、バイポーラ型システムを開発した。さらに、直流給配電システムの社会実装を目指して、直流負荷開閉時におけるスパイク電流と電圧の発生を抑制する装置を開発し、その有効性を示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究で取り組む直流給電技術が完全に完成すると、システム全体の安全・安心性能を向上させることが可能となる。これに起因し、従来開発してきたAC/DCハイブリッド型マイクロ/スマートグリッド技術を社会実装することができることになる。さらに、保護装置に関する要求や性能が明確になることにより、直流電力の品質や直流母線に接続する際の各変換器の接続要件などの規定案も検討できる。そして、本研究成果の一部は、現在太陽光発電装置の導入後に問題となっている太陽電池と系統連系装置（PCS）での直流電力の入力系統に関しては保護装置が導入されていない問題にも対応でき、再エネのさらなる導入へ貢献するものと期待される。

研究成果の概要（英文）：In this research, we first developed a Dual Active Brige (DAB) type DC/DC converter using a next-generation semiconductor in a DC power supply system. Then, we developed a bipolar system using these converters. Furthermore, we have developed a bipolar power supply system that uses a special winding transformer instead of using a semiconductor converter. In this study, we grasped the basic performance of these power supply and distribution systems. Next, we also examined the spike current generated when a DC device was connected to a DC distribution line and the cutoff device was opened and closed. In this study, we also developed a protective device that suppresses the spike current and the generation of arc voltage, and demonstrated its effectiveness.

研究分野：電力工学、電力系統工学

キーワード：直流給配電 マイクログリッド スマートグリッド 電力変換装置

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

1. 研究開始当初の背景

第5次科学技術計画の中では、『ICTを最大限に活用し、サイバー空間とフィジカル空間(現実世界)とを融合させた取組により、人々に豊かさをもたらす「超スマート社会」を未来社会の姿として共有し、その実現に向けた一連の取組を更に深化させつつ「Society 5.0」として強力に推進し世界に先駆けて超スマート社会を実現していく。』との目標を掲げている。特に電力分野に関しては、新しい電力システムの開発が要求され、再生可能エネルギーの導入拡大、分散化、デジタル化などが要求されている。

一方で再生可能エネルギーと蓄電装置を導入したマイクログリッドやさらにエネルギーマネジメントを導入したスマートグリッドが提案され実証試験が国内外で行われている。このマイクログリッドやスマートグリッドにおいては、非電化地域や島、あるいはコミュニティ単位での導入に関して実証試験が行われている。さらに、再生可能エネルギーと蓄電装置から構成されたグリッド間電力融通についても検討がなされている。

応募者も、これまでに新エネルギー(太陽光発電、燃料電池発電、風力発電など)の高効率運用を目指した電力システム(電力の生産、輸送、分配)に関して、これまでの交流技術だけでなく直流技術の導入を図り、分散型電源の出力変動を抑制する制御手法および運用手法を開発してきた。しかしながら、これら開発してきたシステムでは、交流技術のみを用いたシステムが社会実装され、直流技術を用いたハイブリッド型のマイクログリッドや直流技術だけを用いたDCマイクログリッドについては導入がなされていない。この直流技術が導入されない理由としては、「直流」に関して安全・安心感が補償されていないためであると想定される。応募者がこれまで開発してきた交流と直流のハイブリッド型は、直流システムをユニポーラ型とし、交流システムと絶縁させ、大地から浮いている状況で各種変換装置を運用するシステムであった。このため、浮いている直流システムに故障が発生した場合、その一か所に故障電流が集中するシステムであり、システムを運用する際における安全・安心性能が低い状態であった。

そこで、本研究ではこれまで開発してきたAC/DCハイブリッド型マイクロ/スマートグリッドの直流システム部分をバイポーラ型に変更し、さらに直流システムにおける保護装置や制御装置の開発を実施する。このことにより、単なる省エネ性能や変換効率の向上における技術開発ではなく、安心・安全性を従来システムよりも向上させたAC/DCハイブリッド型マイクロ/スマートグリッドを完成させ、開発したシステムの社会実装を目指す。

2. 研究の目的

本研究では、交流給電方式を用いたマイクロ/スマートグリッドに、社会実装を目指した直流給電を導入したAC/DCハイブリッド型マイクロ/スマートグリッドの開発を行う。

具体的には、これまで開発してきたハイブリッド型のグリッドにおける直流給電部分は、交流システムと絶縁し、直流給電部分を浮かしたシステムであった。このシステムにおいては、交流システムとの保護協調が容易であるという利点があるが、直流システムに故障が発生した場合、大事故につながる可能性も否定できない。このためこれまで開発したハイブリッド型マイクロ/スマートグリッドを広く社会に導入するには、システムの安心・安全に課題があった。

そこで本研究では、直流給電システムにおいて従来用いていたモノポーラ型のシステムではなく、中性線接地方式を用いたバイポーラ型システムを採用し、システムの安全・安心性能を高めたAC/DCハイブリッド型マイクロ/スマートグリッドの開発し社会実装を目指す。

3. 研究の方法

本研究では、次世代半導体を用いたDualActiveBrige(DAB)型DC/DC変換器を開発した。そして開発した2台用いて、これまでのモノポーラ型システムを、バイポーラ型に変更した。さらに、特殊巻線変圧器を用いたAC/DC変換装置を、モノポーラ型からバイポーラ型への開発を実施した。これらの実施においては、MATLAB/Simlinkを用いた計算機シミュレーションと、実システムを用いて実施した。

4. 研究成果

本研究では、直流給電システムにおいて従来用いていたユニポーラ型のシステムではなく、中性線接地方式を用いたバイポーラ型システムを採用し、システムの安全・安心性能を高めたAC/DCハイブリッド型マイクロ/スマートグリッドの開発し、社会実装を目標として実施した。まず、直流給電システムにおいて、次世代半導体を用いたDualActiveBrige(DAB)型変換器を開発した。そして、この変換器を用いて配電システムとして、バイポーラ型システムを開発した。つぎに、半導体型変換器を用いるのではなく、特殊巻線変圧器を用いたバイポーラ型給電システムを開発した。このモノポーラ型変圧器では、3相入力の12相出力をするものであった。このシステムをバイポーラ型システムへ発展させた。

具体的には、小型低電圧出力のものと大型高電圧出力の2タイプを製作し実験した。小型低電圧のものは、定格容量700W、モノポーラ型で140Vであり、バイポーラ型では280Vを出力し、大型高電圧のものは150kVA、モノポーラ型で750V、バイポーラ型では1500Vを出力できるものとした。このとき、負荷としては、基本的な特性を取得するため、抵抗負荷を接続し特性を把握した。そして、負荷を切り切りした際に発生するスパイク電圧、スパイク電流の発生を抑制するために、スパイク抑制装置の開発も実施した。これら開発した装置の有効性については、

実験とシミュレーションにて明らかにした。

しかし、このバイポーラ型での実験においては、片側の負荷がアンバランスになった場合でのバランスなどの新しい課題などを明らかにした。

図1に特殊巻線変圧器を用いた AC/DC 変換の一例を示す。3相の電力を入力し、12相の交流を出力させ、この交流を整流することにより直流電力を得ることができている。

図2(a)に本研究で開発したインラッシュ抑制装置の回路図を示す。また、図2(b)には、開発した回路を実際のシステムに導入したときの電流特性を示す。同図に示すように直流母線に接続された機器を開閉した際にも、電流のインラッシュを抑制できていることがわかる。

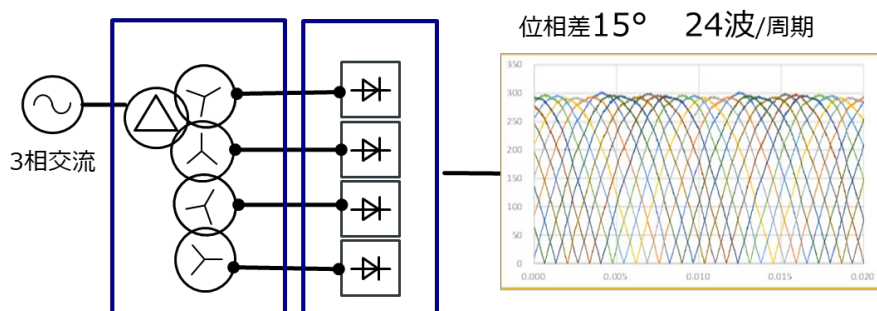
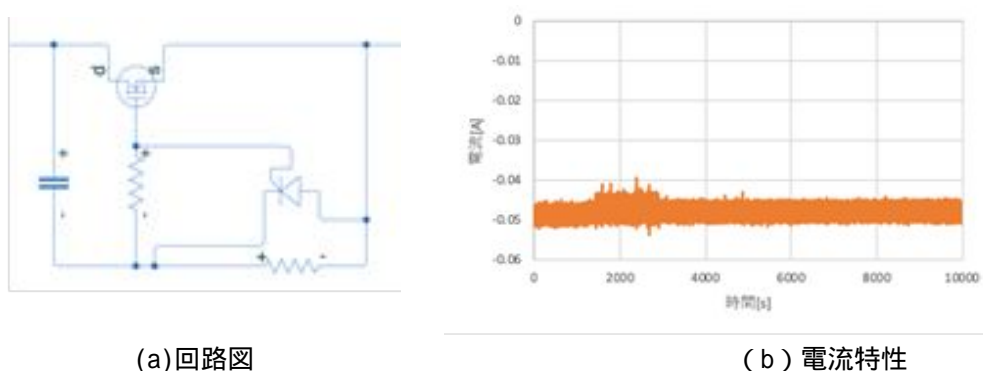


図1.特殊変圧器を用いた交流/直流変換例



(a)回路図

(b)電流特性

図2 本研究で開発したインラッシュ抑制装置

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 0 件)

〔学会発表〕(計 16 件)

〔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：

ローマ字氏名：

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。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計20件（うち招待講演 2件 / うち国際学会 4件）

1. 発表者名 田中蒼, 雪田和人, 松村年郎, 七原俊也, 後藤泰之
2. 発表標題 直流給電による宅内消費電力の一検討
3. 学会等名 電気学会全国大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Aoi Tanaka, Kazuki Ikeda, Yuto Iwasaki, Tsuyoshi Nishitani, Kazuto Yukita, Yasuyuki Goto
2. 発表標題 A Study of Inrush Current Countermeasures in DC Equipment
3. 学会等名 ICEE (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Aoi Tanaka, Kazuto Yukita, Kazuki Ikeda, Yuto Iwasaki, Tsuyoshi Nishitani, Toshiya Nanahara, Takuya Goto
2. 発表標題 Study of introduce power storage device in PV system
3. 学会等名 ISMARTGRID (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Kazuto YUKITA
2. 発表標題 AC/DC Microgrids Aichi Institute of Technology
3. 学会等名 9th International conference on Smart Grid (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kazuto YUKITA
2. 発表標題 DC Microgids in Japan
3. 学会等名 IEC TC8 Jwg9 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 恒川将輝, 雪田和人, 松村年郎, 七原俊也, 後藤泰之, 加藤彰訓
2. 発表標題 瞬時電圧低下による直流機器への影響に関する一検討
3. 学会等名 電気学会 電力・エネルギー部門大会, (2021)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 恒川将輝, 池田和樹, 岩崎祐翔, 雪田和人, 松村年郎, 七原俊也, 後藤泰之, 加藤彰訓
2. 発表標題 直流機器における突入電流対策の一検討
3. 学会等名 電気学会 電力技術/電力系統技術合同研究会, (2021)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 田中蒼, 雪田和人, 松村年郎, 七原俊也, 後藤泰之
2. 発表標題 直流給電による宅内消費電力の一検討
3. 学会等名 電気学会 電気学会全国大会, (2022)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 田中蒼, 細江忠司, 西谷強, 岩崎祐翔, 池田和樹, 雪田和人, 松村年郎, 七原俊也, 後藤泰之
2. 発表標題 DCスマートグリッドに導入した直流負荷機器特性に関する検討
3. 学会等名 電気学会 電力技術/電力系統技術/半導体電力変換合同研究会, (2022)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 D. D. Nguyen, K. Yukita, A.Katou, S.Yoshida
2. 発表標題 A new modulation method for three phase Dual-Active-Bridge DC/DC converters
3. 学会等名 一般社団法人 電子情報通信学会 EE研究会 信学技法
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 恒川将輝・雪田和人・松村年郎・七原俊也・後藤泰之・加藤彰訓・吉田伸二
2. 発表標題 多相化トランスを用いた直流スマートハウスにおける直流給電の一検討
3. 学会等名 令和3年 電気学会全国大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 恒川将輝・細江忠司 雪田和人・松村年郎・後藤泰之
2. 発表標題 直流スマートハウスにおける給電手法に関する一検討
3. 学会等名 電気学会電力技術電力系統技術合同研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 恒川将輝, 細江忠司, 小林優介, 雪田和人, 松村年郎, 後藤泰之
2. 発表標題 直流スマートハウスの電圧特性に関する一検討
3. 学会等名 電気関係学会東海支部大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Duy-Dinh NGUYEN, 細江忠司, 雪田和人, 加藤彰訓, 吉田伸二
2. 発表標題 Development of three phase Dual-Active-Bridge DC/DC converters for DC smart factory
3. 学会等名 電気関係学会東海支部大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 D. D. Nguyen, K. Yukita
2. 発表標題 A soft-start method for Dual-Active-Bridge converters", International Conference on DC Microgrids
3. 学会等名 IEEE ICDCM2019 Matsue, Japan (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Masaki TSUNEKAWA, Duy-Dinh NGUYEN, Kazuto YUKITA
2. 発表標題 A study on Third-order Generalized Integrator in Active Rectifier Applications
3. 学会等名 電気学会 令和2年度全国大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小林優介, 峯村和宏, 雪田和人, 松村年郎, 後藤泰之
2. 発表標題 太陽光発電用パワーコンディショナの出力抑制機能に関する検討
3. 学会等名 日本太陽エネルギー学会 2019年度研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小林優介, 加藤巨輝, 細江忠司, 雪田和人, 松村年郎, 後藤泰之
2. 発表標題 宅内配線におけるAC給電とDC給電に関する一検討
3. 学会等名 電気学会 電力・エネルギー部門大会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

愛知工業大学 エコ電力研究センター https://www.ait.ac.jp/facility/eco-power/
--

6. 研究組織		
氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------