

令和 6 年 6 月 19 日現在

機関番号：13903

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21H01310

研究課題名（和文）単方向高周波絶縁型DC-DCコンバータの回路構成と出力電力制御

研究課題名（英文）Circuit Topology and Output Power Control of Unidirectional High-Frequency-Isolated DC-DC Converter

研究代表者

竹下 隆晴（Takeshita, Takaharu）

名古屋工業大学・工学（系）研究科（研究院）・教授

研究者番号：70171634

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,300,000円

研究成果の概要（和文）：持続可能な開発目標（SDGs）に向けて、直流電力供給システムや電気自動車などの新たな開発が進められている。直流配電における電力変換器やガソリン車の給油時間と同程度の充電時間とする急速充電器などにおいては、安全性を確保した高周波絶縁型の大容量高効率DC-DCコンバータの開発が必要になってくる。

本研究では、高周波絶縁型単方向SR-SAB DC-DCコンバータを提案し、出力電力制御法として、高周波トランスの周波数制御と一次電圧波形制御による制御法を明かにし、さらに、大電力のためのSR-SABコンバータ回路構成とその制御法を明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

電力システムは、交流電圧で電気を供給しているが、エアコン、冷蔵庫、コンピュータなどのほとんどの電気機器は、内部で交流を直流に変換している。また、カーボンニュートラルに向け電気自動車などの普及も進められ、バッテリーへの電力を供給する充電器も直流が必要になる。直流配電により、機器内部で交流を直流へ電力変換する必要がなくなり、機器の小型化・電力変換損失の低減が図れる。このため直流を異なる電圧の直流へ変換する高効率なDC-DCコンバータの開発が世界的に進められている。

本研究では、従回路と比較して、力率の高い回路を提案し、小型高効率なDC-DCコンバータ回路を提案し、その電気的特性を確認している。

研究成果の概要（英文）：Toward the achievement of the Sustainable Development Goals (SDGs), new developments such as DC power supply systems and electric vehicles are underway. For power converters in DC power distribution and quick chargers with charging times comparable to those of gasoline vehicles, the development of high-frequency, isolated, large-capacity, highly efficient DC-DC converters that ensure safety is required. In this study, a high-frequency, isolated, unidirectional Secondary-Resonant Single-Active-Bridge (SR-SAB) converter was proposed, and an output power control method using high-frequency transformer frequency control and primary voltage waveform control was clarified. Furthermore, the circuit configuration of the SR-SAB converter for high power applications and its control method were clarified.

研究分野：電気電子工学

キーワード：パワーエレクトロニクス DC-DCコンバータ 高周波絶縁 電力変換 充電器

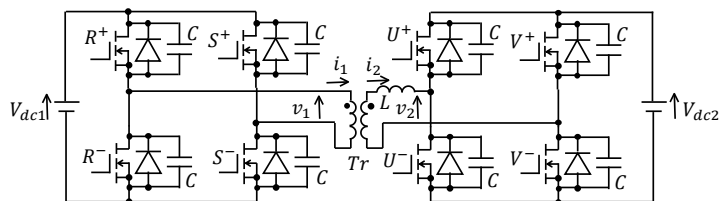
1. 研究開始当初の背景

(1) 社会的な背景

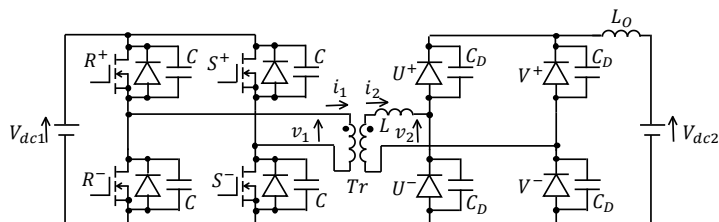
持続可能な開発目標 (Sustainable Development Goals) に向けて、直流電力供給システムや電気自動車などの新たな開発が進められる。太陽光発電や産業用機器などでは直流部を持っており、交流配電より直流配電での直接連系により電力変換回数が減りシステムの小型高効率化が図られる。また普及が進む電気自動車において、現状の急速充電器では充電に 30 分以上掛かり、ガソリン車と同程度の充電時間とするために 350kW の急速充電器の開発も進められている。また、大容量向けの高周波磁性材料開発も進められており、高周波絶縁型の大電力 DC-DC コンバータの研究は今後発展する学術分野である。

(2) 高周波絶縁型大電力 DC-DC コンバータの技術動向

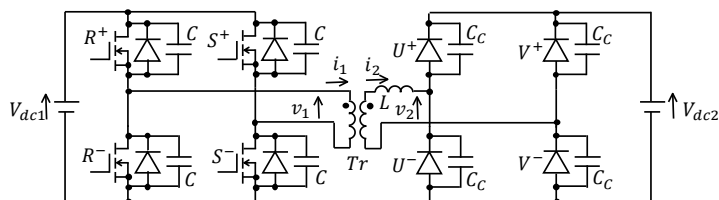
図 1 (a) は、双方向に直流電力を送れる DAB (Dual Active Bridge) コンバータである。1990 年代に提案され、最近のスイッチング素子の SiC デバイスや高周波トランスの開発により、実用化が進められている。トランスの一次、二次側共に H ブリッジ回路で構成され、スイッチング素子の浮遊容量 C とトランスの漏れインダクタンス L との共振を用いたソフトスイッチングによりスイッチング損失を抑制できる点に特徴を持っている。トランスの総合効率も高く、簡単な回路構成の小型・高効率コンバータで大電力にも適しており、東京工業大学 赤木氏らにより出力 100kW で効率 99.2% の実験結果も報告されている。電気自動車などの充電器は、双方向ではなく単方向の電力送電でよく、DAB コンバータに比較してより簡単なコンバータの開発が望まれている。図 1 (b) は、単方向のみに電力送電するリアクトルインプット形コンバータである。二次側を簡単なダイオード整流回路で構成し、出力リアクトル L_o を挿入して電流



(a) 双方向 DAB コンバータ



(b) 単方向リアクトルインプット形コンバータ



(c) 提案する単方向 SR-SAB コンバータ

図 1 高周波絶縁型 DC-DC コンバータ

連続性を保ち電力変換する。一次側のスイッチングではソフトスイッチングができるが、二次側のダイオード切り替わり時に、ダイオードの浮遊容量 C とトランスの漏れインダクタンス L との不要な共振が引き起こされ、二次電圧 v_2 に高電圧サージを発生するため、高耐圧ダイオードを必要とし、損失も増加する。出力リアクトル L_o により回路が大型化する。単方向 DC-DC コンバータとして LLC コンバータも提案されているが、共振周波数とスイッチング周波数を同程度にするため、挿入するキャパシタが大きくなり、大電力には向いていない。このような状況から、大電力用単方向 DC-DC コンバータにおいて、高効率で簡単な回路構成のコンバータ開発の要求が高まっている。

2. 研究の目的

(1) 提案 DC-DC コンバータの基本動作と特徴

図 1 (c) は、提案する高周波絶縁型単方向 SR-SAB コンバータ (Secondary-Resonant Single-Active-Bridge Converter) である。一次側回路は H ブリッジ回路で、二次側に数十 pF の小容量キャパシタ C_C をダイオードに並列接続しただけのダイオード整流回路でそれぞれ構成される。キャパシタ C_C は 500V 耐圧であれば最大辺 8mm 程度の大きさのものがあ、回路を小型化できる。図 2 の実線の波形は、提案 SR-SAB コンバータのトランス一次電圧 v_1 、二次電圧 v_2 、トランス電流 i_2 の動作波形である。トランスの巻数比 1 : 1、入出力電圧が等しい $V_{dc1} = V_{dc2}$ の場合で、H ブ

リッジ回路により方形波状の一次電圧 v_1 が得られ、一次電圧に対して二次電圧 v_2 は遅れの電圧波形になり、一次・二次電圧の位相差（時間遅れ T_d ）により台形波状のトランス電流 i_2 が得られ、電力伝送をする。ダイオードに並列接続した小容量キャパシタ C_C がない場合には、一次・二次電圧 v_1 , v_2 の波高値が等しいのでトランス電流 i_2 が零となり、電力伝送ができない。小容量キャパシタ C_C の接続によりトランスの漏れインダクタンス L の共振を発生させ、大電力を送ることができる点に大きな特徴を持つ。図2の破線の波形は、図1(a)のDABコンバータの動作波形で提案SR-SABコンバータの波形との違いを示している。提案SR-SABコンバータは、二次側を受動素子のダイオード整流回路で構成しているが、二次側もスイッチング素子のHブリッジで構成しているDABコンバータと同様の波形が得られる。提案APBコンバータは、次の特徴を持つ。1. 小容量キャパシタ C_C をダイオードに並列接続しただけのダイオード整流回路で二次側回路を構成でき、回路を小型化できる。2. すべてのスイッチの転流においてソフトスイッチングができ、損失を低減できる。3. 共振により高周波トランス電流のスムーズな正負反転ができ、大電力送電ができる。

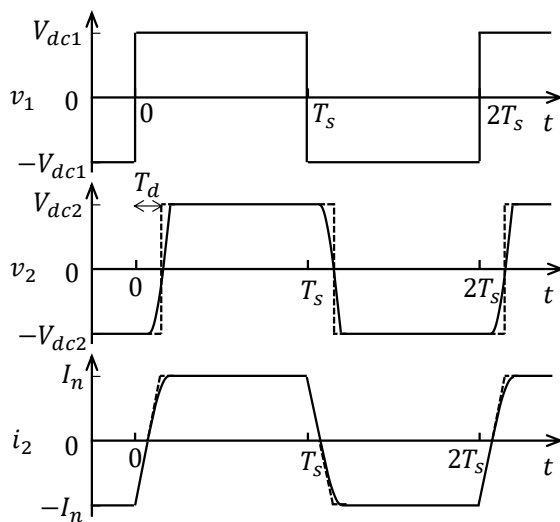


図2 提案APBコンバータのトランス電圧・電流波形とDABコンバータ波形との違い

(2) 出力電力制御と大電力化回路

提案SR-SABコンバータは、二次側にダイオード整流回路を用いているが、小容量キャパシタ C_C の接続によりトランスの漏れインダクタンス L による LC 共振を発生させ、双方向DABコンバータと同様の動作を実現でき、大電力用単方向DC-DCコンバータに適した回路である。提案SR-SABコンバータは、基本動作については明らかであるが、出力電力制御および応用回路として、本研究では具体的に以下の3項目を実施する。

1. 高周波トランスの周波数制御による出力電力制御法の確立
2. 一次電圧波形制御による出力電力制御法の確立
3. 大電力のための三相SR-SABコンバータ回路と制御法の確立

DC-DCコンバータでは、電力制御が重要な制御の1つである。双方向DABコンバータでは、二次側のスイッチングにより、一次・二次電圧の位相差（時間遅れ T_d ）制御により電力制御ができる。提案SR-SABコンバータでは、受動素子のダイオード整流回路で二次側を構成しており、出力電力制御のためには新たな工夫が必要である。提案SR-SABコンバータの出力電力制御法として、一次側で電力制御をする必要があり、新たに回路素子を追加しない方法としてトランス周波数と一次電圧波形のそれぞれの制御による出力電力制御を確立する。また、大電力三相回路への適用を確立する。

3. 研究の方法

(1) 高周波トランスの周波数制御による出力電力制御法の確立

図3は、トランスの巻数比1:1、入出力電圧が等しい $V_{dc1} = V_{dc2}$ の場合に、高周波トランスの周波数 f_s と LC 共振の共振周波数 f_o の比 $f_s/f_o = 0.25$ の出力電力を $P_{out} = 1$ と規格化したときの出力電力特性である。一次側Hブリッジ回路で発生する方形波状の一次電圧 v_1 の周波数 f_s を高くすることで、出力電力を低減できる。具体的な制御理論導出、回路パラメータ・トランスコアの設計、シミュレーション、試作システムによる実験検証を実施する。

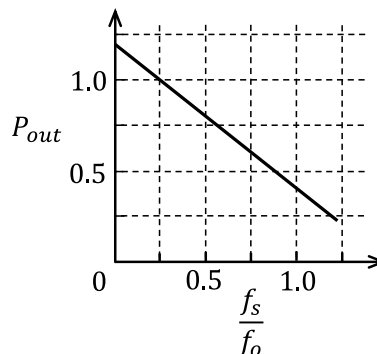


図3 出力電力特性

(2) 一次電圧波形制御による出力電力制御法の確立

図4は、トランスの巻数比1:1、入出力電圧が等しい $V_{dc1} = V_{dc2}$ の場合に、一次電圧波形 v_1 において、零の電圧期間 T_o を発生して、図2のトランス電流 i_2 を $1/2$ にしたときの低電力制御時の動作波形である。一次電圧

波形 v_1 の零電圧期間 T_0 による出力電力 P_{out} の制御法について、制御理論導出、シミュレーション、試作システムによる実験検証を実施する。

(3) 大電力のための三相 SR-SAB コンバータ回路と制御法の確立

電気自動車等のバッテリーの充電時間短縮のためには、大電力化が必要であり、提案 SR-SAB コンバータの三相回路構成について検討する。三相トランスの一次側回路は三相フルブリッジインバータ回路、二次回路は小容量キャパシタをダイオードに並列接続した三相ダイオード整流回路でそれぞれ構成した三相回路である。三相トランスの結線として Y-Y, Δ - Δ , Y- Δ , Δ -Y

と 4 種類がある。三相 SR-SAB コンバータ回路と制御法については、基本的な Y-Y 結線で三相 SR-SAB コンバータの理論解析をし、ソフトスイッチング条件などの基礎特性を、単相コンバータの理論を応用して明らかにする。4 種類のトランス結線に対して、電圧・電流定常特性、電力制御法について理論およびシミュレーションで特性比較をし、実験特性を明確にする。

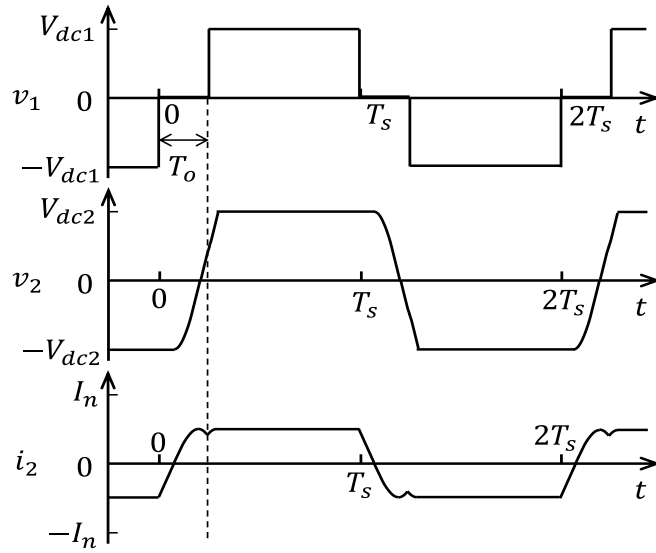


図 4 低電力制御時の動作波形

4. 研究成果

(1) 高周波トランスの周波数制御による出力電力制御法の確立

図 5 は、提案する高周波絶縁型単方向 SR-SAB コンバータの定格出力 $P_{out} = 1$ kW の動作波形である。入力直流電圧 $V_{dc1} = V_{in} = 265$ V, 出力直流電圧 $V_{dc2} = V_{out} = 48$ V, トランス巻数比 5.5, 高周波トランスの周波数 $f_s = 20$ kHz ($T_s = 25$ μ s) と LC 共振の共振周波数 $f_o = 80$ kHz の比 $f_s/f_o = 0.25$ としている。設計値通りの $P_{out} = 1$ kW が得られている。

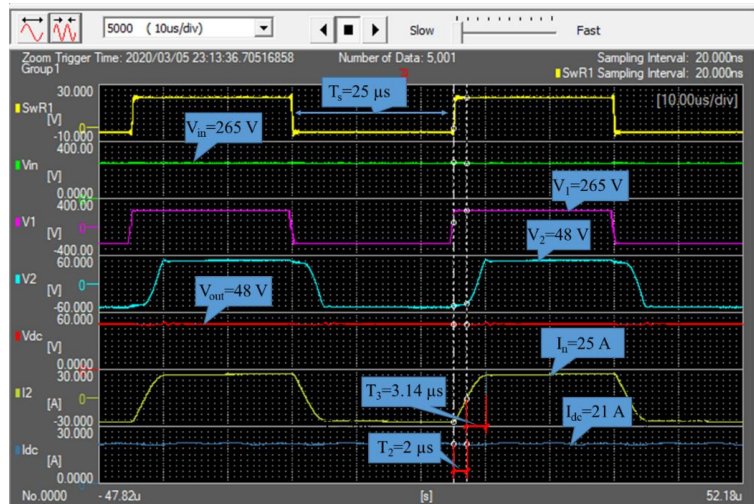


図 5 定格動作時の各部の実験波形

図 6 は、提案する高周波絶縁型単方向 SR-SAB コンバータの高周波トランスの周波数制御による出力電力制御特性である。定格出力 $P_{out} = 1$ kW, 高周波トランスの周波数 $f_s = 20$ kHz と LC 共振の共振周波数 $f_o = 80$ kHz の比 $f_s/f_o = 0.25$ に対して、高周波トランスの周波数 f_s を変化させたときの実線の理論値と三角の実験による測定点を示している。実験による測定点は理論値に一致しており、理論の検証ができています。出力電力の制御範囲も 220W から 1,185W まで制御できており、5 倍以上の電力制御範囲を実現している。

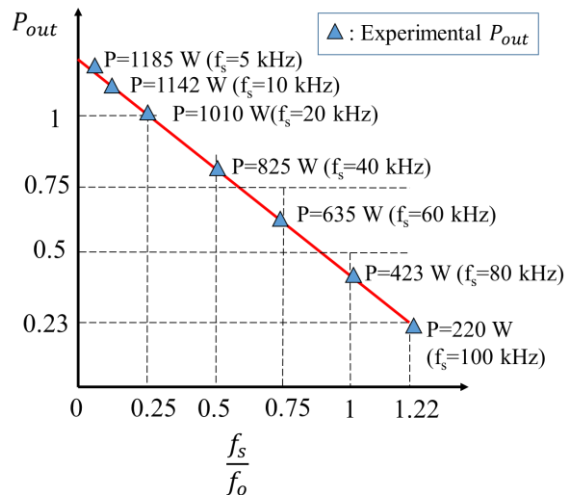


図 6 周波数制御による出力電力制御特性

(2) 一次電圧波形制御による出力電力制御法の確立

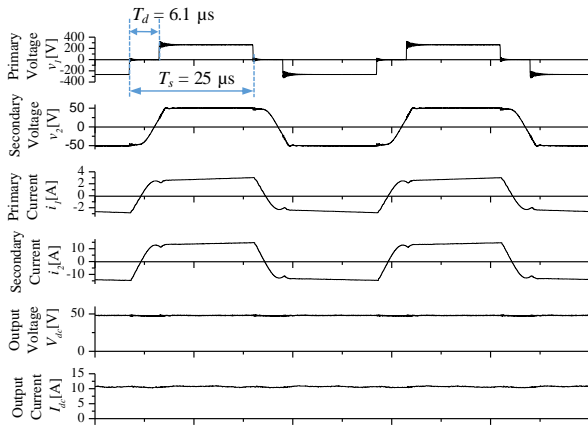


図7 一次電圧波形制御による1/2の出力電力時の各部の実験波形

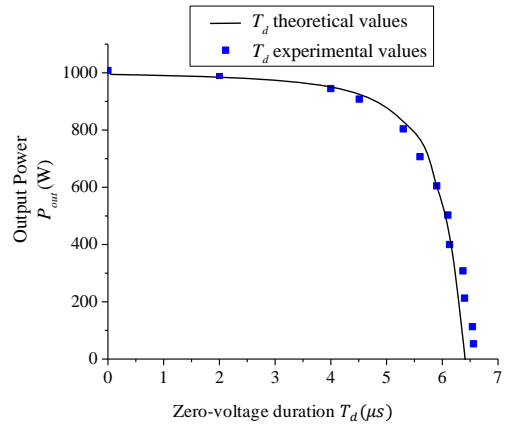


図8 一次電圧の零期間制御による出力電力特性

一次電圧波形 v_1 において発生した零電圧期間 T_d による出力電力 P_{out} の制御法の研究成果について説明する。図7は、図5の定格出力 $P_{out}=1\text{ kW}$ のSR-SABコンバータにおいて、出力電力を1/2定格の $P_{out}=500\text{ W}$ とするために、零電圧期間 $T_d=6.10\mu\text{s}$ としたときの各部の動作波形である。零期間により二次電流 i_2 の波高値が低くなり、出力電力を理論通りに低減できている。図8は、提案する高周波絶縁型単方向SR-SABコンバータの零電圧期間 T_d の制御による出力電力制御特性である。零電圧期間 T_d を零から増加させたときの実線の理論値と四角の実験による測定点を示している。実験による測定点は理論値に一致しており、理論の検証ができています。出力電力の制御範囲も30Wの低出力まで制御できており、広い電力制御範囲を実現できている。

(3) 大電力のための三相SR-SABコンバータ回路と制御法の確立

図9は、大電力のための三相Y-Y結線SR-SUBコンバータの回路構成である。三相SR-SUBコンバータは、図1(C)の単相SR-SABコンバータ回路の一次側インバータ回路、高周波トランス、二次側ダイオード整流回路を三相構成とした回路である。

図10は、三相Y-Y結線SR-SUBコンバータの定格出力 $P_{out} = 3.5\text{ kW}$ の動作波形である。入力直流電圧 $V_{dc1} = V_{in} = 250\text{ V}$ 、出力直流電圧 $V_{dc2} = V_{out} = 250\text{ V}$ 、トランス巻数比1、高周波トランスの周波数 $f_s = 20\text{ kHz}$ ($T_s = 25\mu\text{s}$)とLC共振の共振周波数 $f_o = 54\text{ kHz}$ と設計している。設計値通りの $P_{out} = 3.5\text{ kW}$ が得られている。Y-Y結線SR-SUBコンバータの出力電力 P_{out} の制御法としては、高周波トランスの周波数 f_s を増加させることで、出力電力低減できることを明確にしている。 Δ - Δ 結線SR-SUBコンバータはY-Y結線SR-SUBコンバータと同様の特性であることも明らかにした。

三相結線を Δ -Y結線としたSR-SUBコンバータについても動作解析と出力電力特性について解析をしている。結線の違いにより、動作は異なるものの大電力化を実現できている。出力電力制御法としては、トランス周波数変更でできるが、

Y-Y結線とは逆に、周波数を低くすることで出力電力を低減できる。 Δ -Y結線のほうがY-Y結線に比較して、ソフトスイッチング領域が広い特徴もある。Y- Δ 結線SR-SUBコンバータは Δ -Y結線SR-SUBコンバータと同様の特性であることも明らかにした。三相SR-SUBコンバータについては、大電力DC-DCコンバータとして優位な基本特性を有しているが、電力制御範囲なども設計次第でさまざまに変化し、明確になっていない点も多く、さらなる研究推進が望まれる。

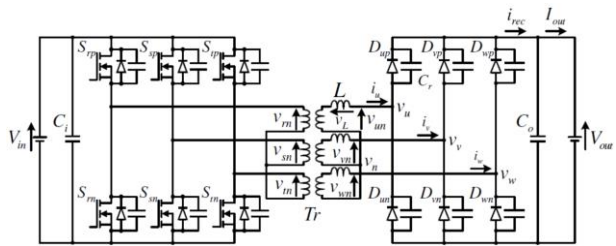


図9 三相Y-Y結線SR-SUBコンバータ

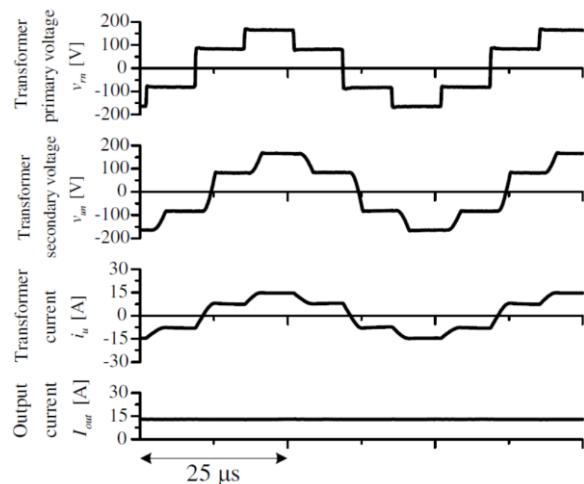


図10 三相Y-Y結線SR-SUBコンバータの各部の動作波形

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計11件（うち査読付論文 11件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Shota Yamashita, Kohei Budo, Takaharu Takeshita	4. 巻 1
2. 論文標題 Output Power Characteristics of Isolated Secondary-Resonant SAB DC-DC Converter for Output Voltage Variation	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 2022 24th European Conference on Power Electronics and Applications (EPE'22 ECCE Europe)	6. 最初と最後の頁 1-10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Atsushi Nishio, Kohei Budo, Mai Van Tuan, Takaharu Takeshita	4. 巻 1
2. 論文標題 A Three-Phase Isolated Secondary-Resonant Single-Active-Bridge DC-DC Converter with a Delta-Star Connected Transformer	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 2022 24th European Conference on Power Electronics and Applications (EPE'22 ECCE Europe)	6. 最初と最後の頁 1-10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Tuan Cao Anh, Takeshita Takaharu	4. 巻 14
2. 論文標題 Analysis of Unidirectional Secondary Resonant Single Active Bridge DC?DC Converter	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Energies	6. 最初と最後の頁 6349 ~ 6349
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/en14196349	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Tuan Cao Anh, Takeshita Takaharu	4. 巻 14
2. 論文標題 Analysis and Output Power Control of Unidirectional Secondary-Resonant Single-Active-Half-Bridge DC-DC Converter	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Energies	6. 最初と最後の頁 7432 ~ 7432
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/en14217432	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Tuan Cao Anh、 Takeshita Takaharu	4. 巻 1
2. 論文標題 Unidirectional Active-Passive Bridge (APB) DC-DC Converter based on Resonant Control: FSM, PMW operation with Soft-switching range and Step Power Control Method	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEEE Energy Conversion Congress & Exposition (ECCE 2021)	6. 最初と最後の頁 2141 ~ 2148
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ECCE47101.2021.9595317	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Tuan Mai Van、 Budo Kohei、 Tuan Cao Anh、 Takeshita Takaharu	4. 巻 1
2. 論文標題 Analysis of Unidirectional Isolated Y-Y Connection Three-Phase DC-DC Converter	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The 5th IEEE International Future Energy Electronics Conference (IFEEC 2021)	6. 最初と最後の頁 1 ~ 6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/IFEEC53238.2021.9661684	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Tuan Cao Anh、 Takeshita Takaharu	4. 巻 11
2. 論文標題 Output Power Characteristics of Unidirectional Secondary-Resonant Single-Active-Bridge DC-DC Converter using Pulse Width Control	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 IEEJ Journal of Industry Applications	6. 最初と最後の頁 359 ~ 368
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1541/ieejjia.21009563	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Nishio Atsushi、 Budo Kohei、 Takeshita Takaharu	4. 巻 1
2. 論文標題 Output Current Characteristics of Three-Phase Isolated Secondary-Resonant Single-Active-Bridge DC-DC Converter for Output Voltage Variation	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 2023 12th International Conference on Renewable Energy Research and Applications (ICRERA)	6. 最初と最後の頁 134 ~ 139
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ICRERA59003.2023.10269320	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kato Taisei、Budo Kohei、Takeshita Takaharu	4. 巻 1
2. 論文標題 Output Current Control of Three-Phase Secondary-Resonant SAB DC-DC Converter for Variation of Output Voltage	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 2023 25th European Conference on Power Electronics and Applications (EPE'23 ECCE Europe)	6. 最初と最後の頁 1~8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.23919/EPE23ECCEurope58414.2023.10264564	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Budo Kohei、Takeshita Takaharu	4. 巻 143
2. 論文標題 単相絶縁型SR-SAB DC-DCコンバータの動作理論と特性の比較	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 IEEJ Transactions on Industry Applications	6. 最初と最後の頁 652~664
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1541/ieejias.143.652	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Maeda Takaki、Takeshita Takaharu	4. 巻 1
2. 論文標題 Power Control Method of Wireless Power Transfer System Using Matrix Converter for Electric Vehicles	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 IECON 2023- 49th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society	6. 最初と最後の頁 1~6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/IECON51785.2023.10312536	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計9件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件)

1. 発表者名 Taisei Kato, Kohei Budo, and Takaharu Takeshita
2. 発表標題 Analysis of Three-Phase SR-SAB DC-DC Converter Using Y-Y Connected Transformer
3. 学会等名 IPEC 2022 Student Poster Competition (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 加藤大誠, 武道宏平, 竹下隆晴
2. 発表標題 Y-Y結線変圧器を用いた三相SR-SAB DC-DCコンバータ
3. 学会等名 2022年電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 西尾敦志, 武道宏平, 竹下隆晴
2. 発表標題 -Y結線変圧器を用いた三相絶縁型SR-SAB DC-DCコンバータ
3. 学会等名 2022年電気学会 産業応用部門大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 山下将大, Cao Tuan, 武道宏平, 竹下隆晴
2. 発表標題 APB DC-DCコンバータの出力電圧変化時のモデリング
3. 学会等名 電気学会 産業応用部門大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 伊藤壮馬, 武道宏平, 竹下隆晴
2. 発表標題 単相絶縁型 SR-SAB DC-DC コンバータの安定始動制御
3. 学会等名 2023年電気学会産業応用部門大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 加藤大誠, 武道宏平, 竹下隆晴
2. 発表標題 Y-Y結線SR-SAB DC-DC コンバータの周波数による出力電流制御
3. 学会等名 2023年電気学会産業応用部門大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 西尾敦志, 武道宏平, 竹下隆晴
2. 発表標題 -Y結線変圧器を用いたSecondary Resonant SAB DC-DCコンバータの一定電力制御法
3. 学会等名 電気学会半導体電力変換/モータドライブ合同研究会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 福島健仁, 西尾敦志, 武道宏平, 竹下隆晴
2. 発表標題 -Y結線変圧器を用いた三相SR-SAB DC-DCコンバータの零出力電力を実現するパラメータ決定
3. 学会等名 令和6年電気学会全国大会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 伊藤壮馬, 武道宏平, 竹下隆晴
2. 発表標題 単相絶縁型SR-SAB DC-DCコンバータの始動時における出力電圧制御
3. 学会等名 令和6年電気学会全国大会
4. 発表年 2024年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

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
---------	---------