

令和 4 年 5 月 9 日現在

機関番号：12701

研究種目：基盤研究(S)

研究期間：2017～2021

課題番号：17H06147

研究課題名（和文）効率99.9%級のエネルギー変換が拓く持続的発展可能グリーン社会の実現

研究課題名（英文）Realization of Sustainable Green Society Through 99.9% Class Efficiency Electric Power Conversion

研究代表者

河村 篤男（KAWAMURA, ATSUO）

横浜国立大学・大学院工学研究院・名誉教授

研究者番号：80186139

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 138,000,000円

研究成果の概要（和文）：5kW級のHEECSインバータにおいて、損失の内訳を実測する損失分解法（測定精度0.04%）を提案して、損失の内訳を明らかにした。測定精度をさらに1桁高めた仮想トランス非同期同一機器損失測定法（VTALSM法）を提案した。この測定法を用いて、パラメータの最適を行った結果、SiCパワーデバイスでは電力変換効率 $99.827\% \pm 0.009\%$ を、GaNパワーデバイスでは、電力変換効率 $99.817\% \pm 0.004\%$ を達成した。このインバータ回路の応用として、力率を自由に換えられ、かつ高速応答運転ができる系統連系動作を実現し、さらに三相HEECインバータによる高効率三相モータ駆動を実証した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

我が国のエネルギー事情としては、省エネルギー化および再生可能エネルギーの利用が、持続可能な産業の発展に必須である。再生可能エネルギーの安定利用を実現するための基礎となる技術は、電気エネルギーの変換技術である。本プロジェクトでの成果である99.9%級の電力変換器は電力網のどこへでも配置することができるので、電気エネルギーの利用形態が画期的に変化する。その理由は、電気エネルギーの移動に伴う損失が無視できることにより、周波数、振幅、位相、接地といった電力の移動の制約から解放され、さらに損失が小さいので発熱の制約からも解放され、電力変換機器自体を小型化できるためである。

研究成果の概要（英文）：We proposed a loss decomposition method (measurement accuracy: 0.04%) and clarified the breakdown of losses. Furthermore, a virtual transformer based asynchronous loss measurement method (VTALSM method) was proposed to improve the measurement accuracy by one order of magnitude. Using VTALSM method and the proposed HEECS inverter, we optimized various parameters and controls and achieved power conversion efficiencies and accuracy of $99.827\% \pm 0.009\%$ for SiC power devices and $99.817\% \pm 0.004\%$ for GaN power devices. As an application example, we proposed and demonstrated a fast response of powering and regenerating control of grid connected operation. In addition, it was demonstrated that the power factor was freely changed. We also demonstrated the basis of a phase shifter in the power transmission line using the proposed HEECS inverters. As another application a highly efficient three-phase motor drive was demonstrated using three phase HEECS inverter.

研究分野：電気電子工学

キーワード：電力変換 高効率インバータ 電力工学 電気機器

1. 研究開始当初の背景

東日本大震災後、我が国のエネルギー事情は苦しい状況に置かれ、省エネルギー化を推し進め、再生可能エネルギーの利用を促進することにより、持続可能な産業の発展を促す状況が続いている。再生可能エネルギーの安定利用を実現するための一番基礎となる技術は、電気エネルギーの変換技術である。例えば、直流を異なる電圧に変換するチョッパや直流電力を交流電力へ変換する数 kW 級のインバータを、99.9%近い電力変換効率で運転できれば、この変換器を電力網のどこへでも配置できるので、電気エネルギーの利用形態が画期的に変化する。現状は効率が高いと言えども従来型の機器（変圧器、変圧器タップチェンジ、メカニカルな開閉器など）と比べて、エネルギーの変換効率が低い（現状の一般的な数 kW 級のインバータの効率は 95～96%程度、電力密度は 1～2kW/l 程度である）ことが障害となっている。本研究では、電力エネルギー網のあり方を画期的に変革するための基礎技術（効率 99.9%級電力変換器）の実証と高効率かつ自由に電気エネルギーが移動可能な電力配電系実現を明示することを目的とする。その結果、持続発展可能なグリーン社会が実現される。

2. 研究の目的

本研究では、電力エネルギー網のあり方を画期的に変革するための基礎技術（効率 99.9%級電力変換器）の実証と高効率かつ自由に電気エネルギーが移動可能な電力配電系実現を明示することを目的とする。

具体的には、5kW 級の電力変換器（インバータ）において、変換効率 99.9%に近い効率が実現可能であることを実証し、それを用いて電力配電ネットワークに分散電源を自由に配置できることを実証する。第一段階では、効率 99.9%級の単相インバータ、第二段階では、効率 99.9%級の三相インバータの実現を実証する。第三段階では、このインバータで太陽光発電システムの高速潮流制御が可能であることを示す。第四段階では、このインバータを用いて低圧系の複数の分散電源（電気自動車バッテリー（V2G）、太陽光発電システム）の高効率連携運転を実証し、超高効率インバータで連系したマイクログリッドが、省エネかつ安定に電圧制御が可能であることを実証する。再生可能エネルギーなど時間変動の大きいエネルギーの有効利用のための各種問題が解決される。

3. 研究の方法

本研究では、電力配電網において自由なエネルギー移動を可能とするための効率 99.9%級の電力変換器の実現とその運用に関して、研究目的を5つの具体的な研究計画に分類し、逐次推進する。また、電気機器学、制御工学から電力工学の分野に精通した研究分担者と有機的に連携しながら、研究を効率的かつ効果的に推進する。平成 29 年度では、変換効率 99.9%級のインバータを具体化し、試作機 1 号機を製作する。平成 30 年度は三相インバータで効率 99.9%を実証する。平成 31 年度は高効率インバータで系統連系動作を確認する。令和 2 年度は、低圧系マイクログリッドにおいて、変動の激しい複数の分散電源のパワーと電圧の制御が高速に実現できることを実証する。令和 3 年度は、高効率電力変換により電力エネルギー網の構成を変革できることを示す。

具体的には、5年間の研究期間において、次のAからEまでの5つの研究計画に分類し、並列して段階的に研究を遂行することで、研究目的を確実に達成する。

- 研究計画A: 変換効率 99.9%級の 5kW 単相インバータの実現
- 研究計画B: 変換効率 99.9%級の 8kW 三相インバータの実現
- 研究計画C: この変換器に適した系統連系動作の高速応答技術の確立
- 研究計画D: 低圧系マイクログリッドでの実証実験
- 研究計画E: 電気エネルギー配電網の改革の指針

4. 研究成果

4.1 HEECS インバータの基本回路と基本動作

提案する高効率インバータの基本回路と代表的な動作波形は図 1 に示した通りで、これは HEECS インバータと呼ばれている。3 レベルチョッパと折り返し回路の組み合わせによって、スイッチング損失と導通損失のトレードオフをできるだけ切り分けて設計でき、さらにフィルタは DC フィルタで済むので、出力波形は歪の少ない正弦波にできる特徴がある。試験装置の外観は図 2 に示した。

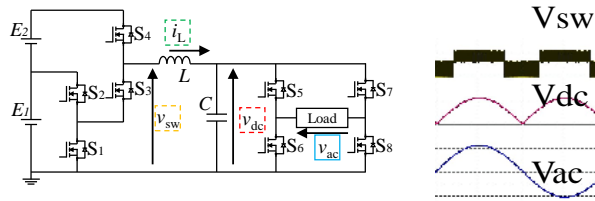


図 1 HEECS インバータ回路(左)

と代表的な実測波形 (右)

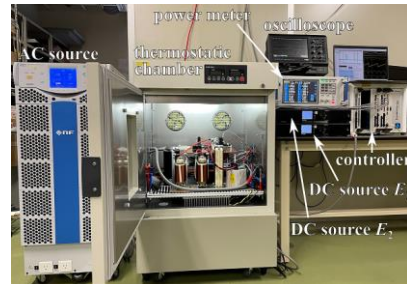


図 2 測定器を含む実験装置の外観

4.2 測定精度向上と実測した最大電力変換効率

4.2.1 損失分解法 :

精度よく損失を測定する手法として、個別に全損失を測定する損失分解法を提案した。すべての要素の損失を測定するために、数多くの測定が必要になる。具体的には、1 動作点の効率を求めるために、スイッチングデバイスのスイッチング損および導通損など 9 種類 (総測定数 500 点程度) のデータを測定し、各種演算して計算した。その結果、精度は $\pm 0.04\%$ (従来法では、 $\pm 0.36\%$) となることがわかり、効率としては 2.2kW 出力時に 99.71% となった。

4.2.2 仮想トランス非同期同一機器損失測定法 (VTASLM 法) :

効率が 99.9% に近付くと、さらに測定精度の良い損失測定法が求められる。図 3 に示すように、測定機器は 1 組だけ使用して、インバータの力行と回生の動作点で電力を測定することにより、インバータの力行と回生の損失を高精度で測定する手法を提案した。さらに測定精度の式を導出し、測定精度およびその誤差成分も求めた。この測定法の特徴は、①電力測定器の同一電力 (例えば、力行運転時) の差電力測定が高精度に行えることを利用する点、②測定系は被試験機器と 1 組の測定器で構成できるので、測定は力行と回生を非同期で行えること、③測定精度の理論式が導出できたので、測定データごとに測定精度が求まること、④力行と回生の平均効率 (平均損失) が求まること、などである。図 4 (上) は測定効率の例であり、図 4 (下) はその測定精度である。

4.2.3 パラメータ最適化による最大効率の追求 :

この測定法を使って、各種パラメータの最適化を行い、損失の最小化を検討した。自由度を基本仕様、前提条件、準仕様パラメータ、自由パラメータに分類して最適化を行った。

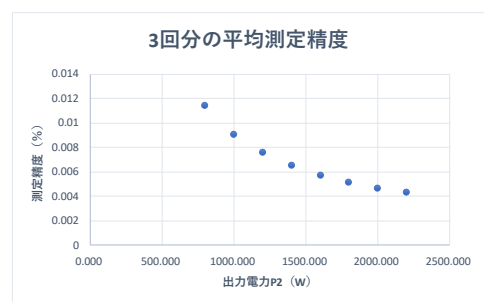
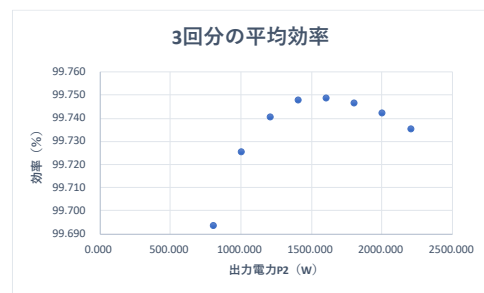


図 4 VTASLM 法による変換効率 (上) とその測定精度 (下)

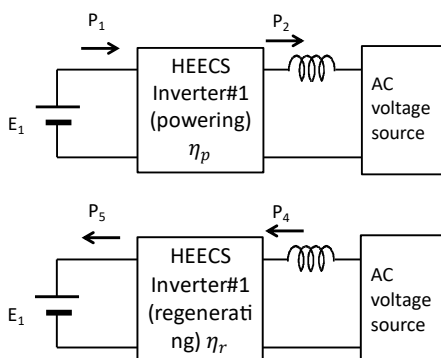


図 3 VTASLM 測定系(上:力行、下:回生)



図 5 SiC HE ECS インバータの写真

4.2.3(1) SiC パワーデバイスでの最大効率：工夫したパラメータは、パワーデバイスの選定、LC の選定、 E_1E_2 電圧の配分比、ゲートドライバ回路、力行回生の電力制御、電流セン

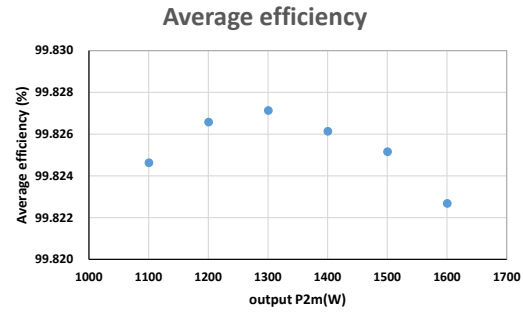


図 6 SiC HE ECS インバータの最高効率測定データ (最大効率 $99.827\% \pm 0.009\%$)

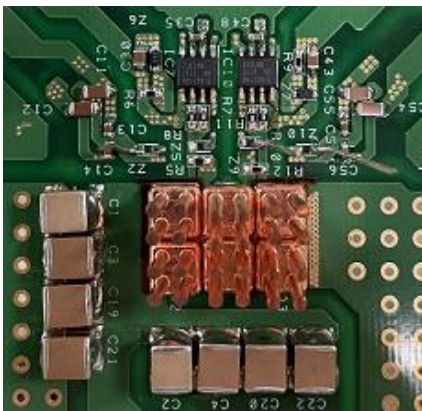


図 7 GaN HE ECS インバータの写真

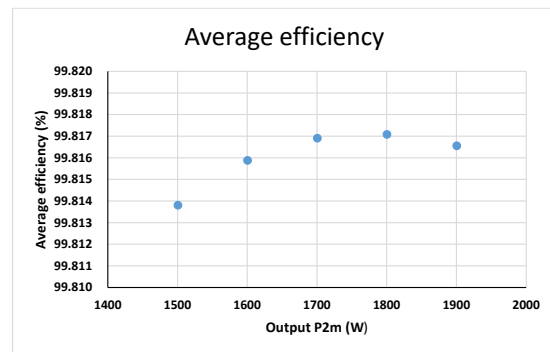


図 8 GaN HE ECS インバータの最高効率測定データ (最大効率 $99.817\% \pm 0.004\%$)

サレス制御、PCB 基板の設計などである。その回路基板は図 5 に示した。最大電力変換効率は図 6 に示したように、出力 1300W の時に $99.827\% \pm 0.009\%$ を実測した。(測定精度の図はスペースの制約で省略)

4.2.3(2) GaN パワーデバイスでの最大効率：工夫したパラメータは、前節の項目以外に、①GaN ベアチップの直接 PCB 配線、②ハイサイドとローサイドのデバイスのスイッチの無駄時間を負荷電流に依存した可変デッドタイム制御を実装した。特に、浮遊インダクタンスを低減するために、図 7 に示したように、リフローという手法によりチップを実装した基盤を試作した。測定した効率は、図 8 に示したように、出力 1800W の時に $99.817\% \pm 0.004\%$ となった。(測定精度の図はスペースの制約で省略)

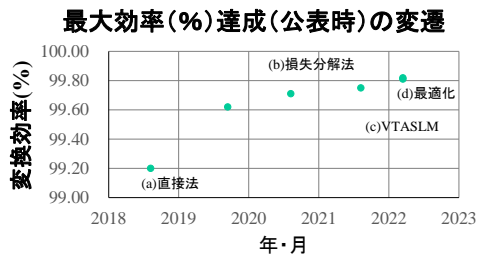


図 9 最大効率測定値の変遷図

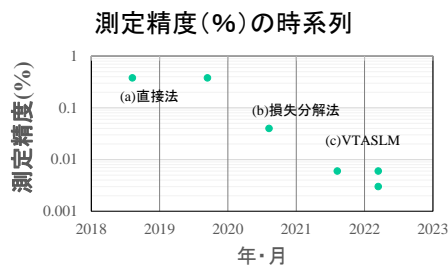


図 10 効率の測定精度の変遷図

4.2.4. 最大効率および測定精度の変遷：本報告者のグループが達成したデータを図 9 および図 10 に示した。目標値である効率 99.9% へ向かって向上しているが、本プロジェクト終了時では 99.827% が最大となった。2022 年 3 月の時点での論文サーベイによると、最大効率の文献調査結果は、図 11 となり、最大効率も測定精度も世界最高値と思われる。

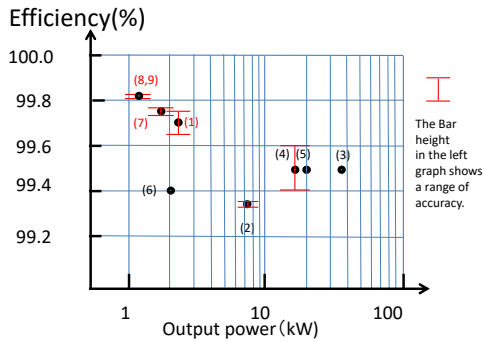


図 11 インバータ最大効率の文献比較

(番号は文献を意味する。1,7,8,9 が本報告者のグループ)

変化は数 ms で実現される。この代表的な実験過渡波形を図 13 に示した。この図では、5ms で力行から回生へ急変している。この制御には、高速な過渡現象の制御と電力の制御が実装されている。また、力率が 1 以外でも動作する制御を考案して実装した。系統から見て遅れ力率動作（インバータから見て進み力率運転）は分散電源による受電端子電圧抑制の観点から重要な要求性能となる。提案制御による端子電圧抑制機能も確認した。さらに、3 相インバータを提案し、系統連系動作を行い、回生や力行動作が実現できることも実証したので、位相器としても動作できる。

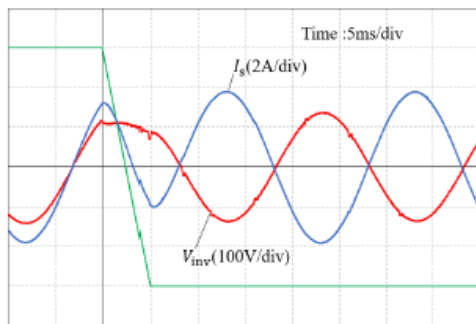


図 13 力行から回生への高速制御波形（青：連系電流、赤：インバータ電圧、緑：電力指令値）

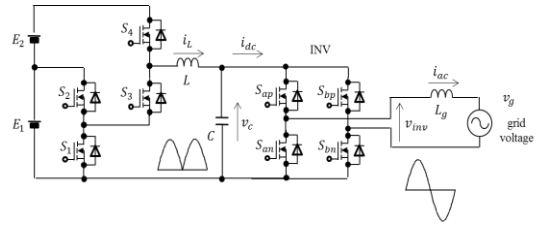


図 12 HE ECS インバータの系統連系の結線図

4.3 2 種類の応用検討

4.3.1.系統連系インバータとしての力率制御：

HE ECS インバータを系統連系に用いると図 12 のような結線図となる。デッドビート制御に基づく電流制御により、電力の力行から回生への

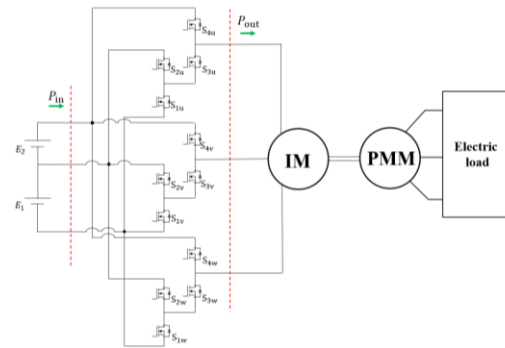


図 14 HE ECS 三相インバータによるモータ駆動系の結線図

4.3.2.三相 HE ECS インバータによるモータ駆動：

図 14 に示した新しい回路（三相インバータ）を提案した。特徴は、図 1 に示した LC フィルタが必要ないことである。誘導機を駆動する装置を試作して、このインバータの高効率駆動の測定データ（99.52%）を取得した。

4.4.まとめ

- ①損失分解法（測定精度 0.04%）を提案して、損失の内訳を明らかにした。さらに、測定精度を 1 桁高めた仮想トランス非同期同一機器損失測定法（VTALSM 法）を提案した。
- ②この測定法を用いて、各種パラメータや制御の最適を行った結果、SiC パワーデバイスでは電力変換効率 **99.827%±0.009%** を、GaN パワーデバイスでは、効率 **99.817%±0.004%** を達成した。
- ③応用として、系統連系時には高速応答を示す制御を提案し実証した。さらに、力率を自由に制御できる系統連系動作を確認した。さらに、3 相 HE ECS インバータを提案し、系統連系動作を確認した。
- ④三相 HE ECS インバータにより三相モータ駆動が高効率で実現できることを実証した。
- ⑤高効率で自由に電気エネルギーが移動可能な電力配電系実現の基礎（位相器）を実証した。

以上の結果を数行で要約する。電気エネルギーの形態を DC から AC へ変換するインバータにおいて、理学的な見地から損失最小化に挑戦した結果、現状の技術では、効率 **99.827%±0.009%** が達成でき、2 種類の応用例を実証した。このような技術が実用化されれば、再生可能エネルギーなどの分散電源を多用した電力の配電システムの性能を大きく変えることができ、カーボンニュートラルな社会（持続的発展可能グリーン社会）が実現できる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計21件（うち査読付論文 21件 / うち国際共著 2件 / うちオープンアクセス 21件）

1. 著者名 Kawamura Atsuo, Nasu Yoshiki, Miguchi Yasuhiko, Setiadi Hadi, Obara Hidemine	4. 巻 11
2. 論文標題 Proposal of Virtual Transformer-based Back-to-Back Asynchronous Loss Measurement using a Single Set of Measurement Instruments for One Inverter and Experimental Verification	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 IEEJ Journal of Industry Applications	6. 最初と最後の頁 175 ~ 184
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1541/ieejia.21008251	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 Kahwa Almachius, Obara Hidemine, Fujimoto Yasutaka	4. 巻 3
2. 論文標題 Minimization of DC-Link Capacitance and Improved Operational Performance of a 5-Level Hybrid Multilevel DC-Link Inverter	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 IEEE Open Journal of Power Electronics	6. 最初と最後の頁 182 ~ 196
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/OJPEL.2022.3160867	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 Setiadi Hadi, Obara Hidemine	4. 巻 11
2. 論文標題 Multilevel Cascaded H-Bridge Linear Amplifier with Unequal DC Capacitor Voltages Using a DC Voltage Source	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 IEEJ Journal of Industry Applications	6. 最初と最後の頁 522 ~ 530
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1541/ieejia.21011915	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 Aboelsoud Hossam, Ikeda Naoya, Tsuji Takao, Hojo Masahide, Okada Naotaka	4. 巻 -
2. 論文標題 Online voltage control of microgrids with different loading conditions using particle swarm optimization	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 IEEJ Transactions on Electrical and Electronic Engineering	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/tee.23567	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 Obara Hidemine, Ohno Tatsuki, Kawamura Atsuo	4. 巻 9
2. 論文標題 Systematization of a Multilevel-Topology-Based Linear Amplifier Family for Noiseless DC?AC Power Conversion	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEEE Access	6. 最初と最後の頁 159627 ~ 159639
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ACCESS.2021.3130681	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 Obara Hidemine, Ohno Tatsuki, Katayama Masaya, Kawamura Atsuo	4. 巻 57
2. 論文標題 Flying-Capacitor Linear Amplifier With Capacitor Voltage Balancing for High-Efficiency and Low Distortion	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Industry Applications	6. 最初と最後の頁 614 ~ 627
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TIA.2020.3034560	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 Kosode Yoshiki, Obara Hidemine, Kawamura Atsuo, Hosoyamada Yu, Suenaga Toyoaki, Yuzurihara Itsuo	4. 巻 9
2. 論文標題 High Performance Transient Response of High/Low Pulse Voltage using Two-Phase Interleaved DC-DC Buck Converter under Half Sampling Time Deadbeat Control	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEJ Journal of Industry Applications	6. 最初と最後の頁 444 ~ 452
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1541/ieejjia.9.444	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 Kawamura Atsuo, Nakazaki Satoshi, Ito Shogo, Nagai Sakahisa, Obara Hidemine	4. 巻 9
2. 論文標題 Two-Battery HEECS Inverter with over 99.7% Efficiency at 2.2KW Output and Measurement Accuracy Based on Loss Breakdown	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEJ Journal of Industry Applications	6. 最初と最後の頁 663 ~ 673
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1541/ieejjia.20001291	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 Hosoyamada Yu, Fujimoto Yasutaka, Kawamura Atsuo, Yuzurihara Itsuo	4. 巻 56
2. 論文標題 Individual Deadbeat Control for Three-Phase Interleaved Buck DC/DC Converters	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Industry Applications	6. 最初と最後の頁 5065 ~ 5074
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TIA.2020.2998672	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 Tamura Ayataro, Ishibashi Takayuki, Umihara Takuro, Tsuruta Yukinori, Obara Hidemine, Kawamura Atsuo	4. 巻 8
2. 論文標題 Voltage Control of Intermittent Pulse Density Modulation for Two Battery-operated HEECS Choppers and its Application for Range Extension of Electric Vehicles	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IEEJ Journal of Industry Applications	6. 最初と最後の頁 787 ~ 794
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1541/ieejjia.8.787	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 Tsuruta Yukinori, Kawamura Atsuo	4. 巻 8
2. 論文標題 Realization and Highly Precise Measurement of 50kW HEECS Chopper with 99.5% Efficiency	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IEEJ Journal of Industry Applications	6. 最初と最後の頁 843 ~ 848
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1541/ieejjia.8.843	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 Ben-Brahim Lazhar, Gastli Adel, Yoshino Teruo, Yokoyama Tomoki, Kawamura Atsuo	4. 巻 8
2. 論文標題 Review of Medium Voltage High Power Electric Drives	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IEEJ Journal of Industry Applications	6. 最初と最後の頁 1 ~ 11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1541/ieejjia.8.1	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 該当する

1. 著者名 Nagai Sakahisa, Oboe Roberto, Shimono Tomoyuki, Kawamura Atsuo	4. 巻 8
2. 論文標題 Fast Force Control without Force Sensor Using Combination of aaKF and RFOB for In-circuit Test with Probing System	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IEEJ Journal of Industry Applications	6. 最初と最後の頁 152 ~ 159
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1541/ieejjia.8.152	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 該当する

1. 著者名 Abeta Hiroyuki, Obara Hidemine, Kawamura Atsuo	4. 巻 139
2. 論文標題 Multiple Source Input Isolated DC-DC Converter with Simple Circuit	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IEEJ Transactions on Industry Applications	6. 最初と最後の頁 266 ~ 275
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1541/ieejias.139.266	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 Katayama Masaya, Ohno Tatsuki, Obara Hidemine, Kawamura Atsuo	4. 巻 55
2. 論文標題 Application of Multi-Level Converter for Fast Current Control in Small-Scale DC Power Network	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Industry Applications	6. 最初と最後の頁 1 ~ 1
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TIA.2019.2896839	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 Tamura Ayataro, Ishibashi Takayuki, Kawamura Atsuo	4. 巻 10
2. 論文標題 EV Range Extender in a Two-Battery HEECS Chopper-Based Powertrain	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 World Electric Vehicle Journal	6. 最初と最後の頁 19 ~ 19
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/wevj10020019	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 Liu Ben, Yoshino Teruo, Kawamura Atsuo	4. 巻 7
2. 論文標題 Seamless Control of Grid-Connected Inverter during Single Phase Disconnection after Single Phase Fault in a Weak Grid	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 IEEJ Journal of Industry Applications	6. 最初と最後の頁 506 ~ 516
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1541/ieejjia.7.506	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 Mohammad Bani.Shamseh, Teruo.Yoshino, Atsuo Kawamura	4. 巻 65
2. 論文標題 Current-Dependent Capacitor Voltage Control (CCVC) of Parallel Autonomous UPS Systems	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Industrial Electronics	6. 最初と最後の頁 2873-2882
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TIE.2017.2752121	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 Takuya Noguchi, Sakahisa Nagai, Atsuo Kawamura	4. 巻 7
2. 論文標題 Electromagnetic Linear Actuator providing High Force Density per Unit Area without Position Sensor as a Tactile Cell	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 IEEJ Journal of Industry Applications	6. 最初と最後の頁 259-265
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1541/ieejjia.7.259	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 Shamseh Mohammad Bani, Yoshino Teruo, Kawamura Atsuo	4. 巻 6
2. 論文標題 Load Current Distribution between Parallel Inverters based on Capacitor Voltage Control for UPS Applications	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 IEEJ Journal of Industry Applications	6. 最初と最後の頁 258 ~ 267
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1541/ieejjia.6.258	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 Mushi Aviti, Nagai Sakahisa, Obara Hidemine, Kawamura Atsuo	4. 巻 6
2. 論文標題 Fast and Robust Nonlinear Deadbeat Current Control for Boost Converter	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 IEEJ Journal of Industry Applications	6. 最初と最後の頁 311 ~ 319
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1541/ieejia.6.311	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 -

[学会発表] 計68件 (うち招待講演 13件 / うち国際学会 26件)

1. 発表者名 河村篤男, Hadi Setiadi, 味口泰彦, 那須祥樹, 小原秀嶺
2. 発表標題 高効率HEECSインバータの損失低減に関する一考察
3. 学会等名 電気学会半導体電力変換研究会SPC-22-059
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 那須祥樹, Hadi Setiadi, 味口泰彦, 小原秀嶺, 河村篤男
2. 発表標題 2電源HEECS三相インバータによる高効率モータ駆動
3. 学会等名 電気学会半導体電力変換研究会SPC-22-097
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 味口泰彦, Hadi Setiadi, 那須祥樹, 小原秀嶺, 河村篤男
2. 発表標題 超高効率単相連系インバータ (HEECS) の遅れ力率での運転
3. 学会等名 電気学会半導体電力変換研究会SPC-22-096
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Hadi Setiadi, Yoshiki Nasu, Yasuhiko Miguchi, Hidemine Obara, Atsuo. Kawamura
2. 発表標題 Implementation of GaN-based HEECS Inverter
3. 学会等名 IEEJ annual meeting
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 河村篤男、Hadi Setiadi、味口泰彦、那須祥樹、小原秀嶺
2. 発表標題 HEECSインバータの直流電源電圧比に関する最適化の検討
3. 学会等名 電気学会全国大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 那須祥樹、Hadi Setiadi、味口泰彦、小原秀嶺、河村篤男
2. 発表標題 高効率HEECS三相インバータによる誘導器駆動と実機効率測定
3. 学会等名 電気学会全国大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 味口泰彦、Hadi Setiadi、那須祥樹、小原秀嶺、河村篤男
2. 発表標題 デッドビート電流制御を内蔵する電圧制御系の安定性の検証
3. 学会等名 電気学会全国大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 河村篤男、那須祥樹、味口泰彦、Hadi Setiad、小原秀嶺
2. 発表標題 仮想トランスに基づくBTB非同期同一機器損失測定法によるインバータの高精度効率測定法の提案と実測例
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 那須祥樹、味口泰彦、小原秀嶺、河村篤男
2. 発表標題 2電源HEECSチョッパを利用した高効率三相インバータの実験検証
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 味口泰彦、Hadi Setiadi、那須祥樹、小原秀嶺、河村篤男
2. 発表標題 超高効率単相連系インバータ (HEECS)の進み力率での運転
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 AROU ANYUAT JOHN, TAKAO TSUJI
2. 発表標題 Co-ordinated Q-V/P-F Priority Control Strategy for PV Smart Inverter- Based Autonomous AC Microgrid
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 2021年

1. 発表者名 河村篤男、那須祥樹、味口泰、Hadi Setiadi, 小原秀嶺
2. 発表標題 ” 高効率HEECSインバータの損失の高精度測定法に関する一考察
3. 学会等名 電気学会半導体電力変換研究会SPC-21-37
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 那須祥樹、味口泰、Hadi Setiadi、小原秀嶺、河村篤男
2. 発表標題 ” 2電源HEECS単相インバータによる回生動作と系統連系応用
3. 学会等名 電気学会半導体電力変換研究会SPC-21-30
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 伊藤正悟、Hadi Setiadi、小原秀嶺、下野誠通、河村篤男
2. 発表標題 スルーレイト制御アクティブゲート駆動を用いた広電流範囲にわたるSiC-MOSFETターンオフ損失低減の検討
3. 学会等名 電気学会半導体電力変換研究会SPC-21-33
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Hadi Setiadi, Hidemine Obara, Atsuo. Kawamura
2. 発表標題 Study on advanced Modular Cascaded Linear Amplifier with Unequal Capacitor Voltage of H-bridge Cells
3. 学会等名 IEEJ, Technical meeting on Static Power Conversion, SPC-21-34
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 川井久尚, 辻隆男
2. 発表標題 離島マイクログリッドにおける風力発電のイナーシャ制御のための回転数最適化手法
3. 学会等名 電気学会新エネルギー・環境/高電圧 合同研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 香山優太, 辻隆男
2. 発表標題 配電システムのフリッカ抑制のためのSTATCOMの2自由度制御
3. 学会等名 電気学会神奈川支所研究発表会, KNG-21-016
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Almachius Kahwa, Hidemine Obara, and Yasutaka Fujimoto
2. 発表標題 `Analysis and Implementation of a 5-Level Hybrid Inverter with Reduced Switching Devices Using Phase-Shifted PWM
3. 学会等名 IEEE Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 河村篤男
2. 発表標題 電力変換効率99.9% ” のインバータ
3. 学会等名 日本学術会議-電気電子工学委員会制御・パワー工学分科会 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Atsuo Kawamura
2. 発表標題 Challenge to 99.9 % efficiency electric power conversion and the applications
3. 学会等名 IEEE ICPE2021(International Conference on Power and Energy Systems) Keynote Speech (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Atsuo Kawamura
2. 発表標題 Trend of Very High Efficient DC-DC and DC-AC Power Conversion
3. 学会等名 IEEE AEEEC 2021 (Asian Energy and Electrical Engineering Conference), Keynote Speech(Chengdu, China) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 河村篤男、中崎智志、伊藤正悟、永井栄寿、小原秀嶺
2. 発表標題 効率99.71%2電源HEECSインバータの高精度効率測定
3. 学会等名 電気学会半導体電力変換研究会SPC-20-142
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 那須祥樹、味口泰彦、小原秀嶺、河村篤男
2. 発表標題 2電源HEECS単相インバータによる構想潮流制御のシミュレーションによる実現
3. 学会等名 電気学会半導体電力変換研究会SPC-20-188
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 味口泰彦、那須祥樹、小原秀嶺、河村篤男
2. 発表標題 超高効率単相連系インバータ (HEECS)の電流制御
3. 学会等名 電気学会半導体電力変換研究会SPC-20-128
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 中崎智志、那須祥樹、伊藤正悟、永井栄寿、小原秀嶺、河村篤男
2. 発表標題 2電源HEECSインバータでの変換効率99.7%の実測
3. 学会等名 電気学会全国大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 那須祥生・中崎智志・小原秀嶺・河村篤男
2. 発表標題 HEECSインバータによる三相モータ駆動のための基礎検討
3. 学会等名 電気学会全国大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小袖義貴、小原秀嶺、河村篤男、細山田 悠、未永豊昭、譲原逸男
2. 発表標題 High/Low電圧パルス出力のための二相インターリーブ降圧コンバータにおけるむだ時間補償型の半周期毎電流デッドビート制御
3. 学会等名 電気学会全国大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Atsuo Kawamura
2. 発表標題 Challenge to 99.9 % efficiency electric power conversion in a few kW power range
3. 学会等名 IEEE IPENC-ECCE-Asia2020, Keynote Speech(Nanjing China) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Satoshi Nakazaki, Ito Shogo, Hidemine Obara, Atsuo Kawamura
2. 発表標題 Discussion on Loss Breakdown of 99.6% Efficiency Two Battery HEECS Inverter
3. 学会等名 IEEE 21th European Conference on Power Electronics and Application, EPE'19 ECCE Europe (国際会議) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yoshiki Kosode, Hidemine Obara, Atsuo Kawamura, Yu Hosoyamada, Itsuo Yuzurihara
2. 発表標題 Experimental Realization of High Performance Transient Response for Two-Phase Interleaved DC-DC Buck Converter using Half Sampling Time Deadbeat Control
3. 学会等名 IEEE 45th Annual Conference of the Industrial Electronics Society(IECON) (国際会議) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takayuki Ishibashi, Hidemime Obara, Atsuo Kawamura
2. 発表標題 Proposal of SOC Unbalancing Solution Combined with Flux-weakening Control for Two-battery HEECS Chopper-based EV Powertrain
3. 学会等名 IEEE IFEEC (国際会議) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Sakahisa Nagai and Atsuo Kawamura
2. 発表標題 Sensorless Position Control for Compact Dual Solenoid Actuator Using Disturbance Observer
3. 学会等名 IEEE International Conference on Mechatronics (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中崎智志、伊藤正悟、永井栄寿、小原秀嶺、河村篤男
2. 発表標題 LCフィルタの検討に基づく超高効率インバータの変換効率99.6%の実現
3. 学会等名 電気学会全国大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 伊藤正悟、中崎智志、永井栄寿、小原秀嶺、河村篤男
2. 発表標題 超高効率電力変換を目指した2つの主回路トポロジーにおける損失の実測比較
3. 学会等名 電気学会全国大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 見山友樹, 小原秀嶺, 下野誠通, 河村篤男
2. 発表標題 T-PWAM制御を用いた高効率GaN三相交流インバータの実機による検討
3. 学会等名 電気学会全国大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Atsuo Kawamura
2. 発表標題 Challenge to 99.9 % efficiency electric power conversion and the applications
3. 学会等名 IEEE ICRERA2019(International Conference on Renewable Energy Research and Applications), Keynote Speech (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 河村篤男
2. 発表標題 直列チョップ方式による自動車の走行距離延伸と変換効率99.9%の電力変換機器実現への挑戦のインパクト
3. 学会等名 第9回スマートピークル研究センターシンポジウム(豊田工大)で招待講演(招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 河村篤男
2. 発表標題 電力変換効率99.9%への挑戦とその研究の変遷
3. 学会等名 永守賞授賞式で招待講演(招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Atsuo Kawamura
2. 発表標題 Challenge to 99.9 % electric power conversion efficiency
3. 学会等名 IEEJ SAMCON 2019 (International Workshop on Sensing, Actuating, Motion Control, and Optimization), Keynote Speech (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 河村篤男
2. 発表標題 超高効率なDC-DCおよびDC-AC電力変換器に関する調査
3. 学会等名 電気学会電力変換・モータドライブ研究会で招待講演（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 河村篤男
2. 発表標題 電力変換効率99.9%への挑戦
3. 学会等名 第49回 YJC実装技術セミナー（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ayataro Tamura, Takayuki Ishibashi, Takuro Umihara, Yukinori Tsuruta, Hidemine Obara, and Atsuo Kawamura
2. 発表標題 High efficiency chopper based EV range extender
3. 学会等名 The 31st International Electric Vehicles Symposium & Exhibition (EVS 31) & International Electric Vehicle Technology Conference 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hidemine Obara, Tatsuki Ohno, and Atsuo Kawamura
2. 発表標題 Multi-level topology based linear amplifier family for realization of noise-less inverters
3. 学会等名 The 2018 International Power Electronics conference (IPEC2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1 . 発表者名 Sakahisa Nagai, Atsuo Kawamura
2 . 発表標題 Position Sensorless Position Control for Dual Solenoid Actuator
3 . 学会等名 The 2018 International Power Electronics conference(IPEC2018) (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Sakahisa Nagai, Satoshi Nakazaki, Ito Shogo, Hidemine Obara, Atsuo Kawamura,
2 . 発表標題 Full-wave rectified waveform generation using dead-beat voltage control for DC-DC buck converters to realize high efficiency inverter
3 . 学会等名 20th European Conference on Power Electronics and Application(EPE2018) (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Ayataro Tamura, Takayuki Ishibashi, Takuro Umihara, Yukinori Tsuruta, Hidemine Obara, and Atsuo Kawamura
2 . 発表標題 Intermittent Pulse Density Modulation of Two Battery HEECS Chopper for Electric Vehicles
3 . 学会等名 The 44th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Takuro Umihara, Ayataro Tamura, Takayuki Ishibashi, and Atsuo Kawamura
2 . 発表標題 Proposal of Soft SOC Balancing Method to Two Battery HEECS chopper used for EV power train
3 . 学会等名 The 44th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society(IECON2018) (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1. 発表者名 Sakahisa Nagai and Atsuo Kawamura
2. 発表標題 Sensorless Position Estimation with Thermal Compensation for Compact Dual Solenoid Actuator
3. 学会等名 The 44th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society(IECON2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Ben liu, Teruo Yoshino, Atsuo Kawamura
2. 発表標題 A Novel Control Method of Grid-Connected Inverter during Multiple-Phase Disconnection of Double Circuit Transmission Line after Multiple-Phase Fault in a Weak Grid
3. 学会等名 IEEE PEAC 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 劉 奔, 吉野 輝夫, 河村 篤男
2. 発表標題 Seamless Control of Grid-Connected Inverter during Multiple Phases Disconnection of Double Circuit Transmission Line in a Weak Grid
3. 学会等名 平成30年電気学会産業応用部門大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 大野 達樹, 片山 正也, 小原 秀嶺, 河村 篤男
2. 発表標題 フライングキャパシタ形線形増幅回路におけるキャパシタ電圧バランス制御の基礎検討
3. 学会等名 平成30年電気学会産業応用部門大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 田村 文太郎, 石橋 隆之, 河村 篤男
2. 発表標題 2電源HEECS チョップパへの間欠PDM制御導入による出力電圧制御の周波数特性
3. 学会等名 平成30年電気学会産業応用部門大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yue Zhuo, Takao Tsuji
2. 発表標題 Analysis of Load Margin Improvement in Power System with Photovoltaics Considering PCS Capacity by Particle Swarm Optimization
3. 学会等名 International Conference on Electrical Engineering (ICEE) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yu Hosoyamada, Itsuo Yuzurihara, Yasutaka Fujimoto, and Atsuo Kawamura
2. 発表標題 High-Speed High/Low Pulse Operation by Deadbeat Control Considering Control Delay in Three-Phase Interleaved DC/DC Converter
3. 学会等名 IEEE Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 伊藤 正悟, 永井 栄寿, 中崎 智志, 小原 秀嶺, 河村 篤男
2. 発表標題 インバータの超高効率化に向けた主回路およびフィルタの効率に関する実験的検討
3. 学会等名 電気学会全国大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中崎 智志, 永井 栄寿, 伊藤 正悟, 小原 秀嶺, 河村 篤男
2. 発表標題 DC-DCコンバータにおける全波整流出力波形生成のためのデッドビート電圧制御の実験検討
3. 学会等名 電気学会全国大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 海原 拓朗, 田村 文太郎, 石橋 隆之, 河村 篤男
2. 発表標題 2電源HEECSパワートレインにおけるSoCアンバランス問題解決に向けた制御手法の提案
3. 学会等名 電気学会全国大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 石橋 隆之, 田村 文太郎, 海原 拓朗, 弦田 幸憲, 河村 篤男
2. 発表標題 2電源HEECSチョップを用いたEVテストベンチでのモード走行効率測定
3. 学会等名 電気学会全国大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Atsuo Kawamura
2. 発表標題 Activities of IEEJ and IEEJ/IAS and research on High efficiency energy conversion on mobile vehicles
3. 学会等名 University Workshop at Chonnam National University and KERI (招待講演)
4. 発表年 2018年

1 . 発表者名 Ayataro Tamura, Koji Kobayashi, Yukinori Tsuruta, Kazuaki Kojima, Hidemine Obara, and Atsuo Kawamura
2 . 発表標題 Range Extension of Electric Vehicles by Two Battery HEECS Chopper based Power Train
3 . 学会等名 IEEE ECCE2017 (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 Masaya Katayama, Tatsuki Ohno, Hidemine Obara, and Atsuo Kawamura:
2 . 発表標題 Study on Application of Multi-Level Converter to Realize Fast Current Control in DC Micro-Grid with Extremely Low Impedance Interconnections
3 . 学会等名 IEEE International Conference on Power Electronics and Drive Systems(PEDS) (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 Tatsuki Ohno, Masaya Katayama, Hidemine Obara, and Atsuo Kawamura
2 . 発表標題 Flying-Capacitor Linear Amplifier to Realize Both High-Efficiency and Low Distortion for Power Conversion Applications Requiring High-Quality Waveforms
3 . 学会等名 IEEE International Conference on Power Electronics and Drive Systems(PEDS) (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 Sakahisa Nagai, Robert Oboe, Tomoyuki Shimono, and Atsuo Kawamura
2 . 発表標題 Fast Force Control Using Acceleration-aided Kalman Filter and Reaction Force Observer for Probing Systems
3 . 学会等名 IEEE IECON2017 (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1. 発表者名 片山 正也, 大野 達樹, 小原 秀嶺, 河村 篤男
2. 発表標題 マルチレベルコンバータによる直流マイクログリッドの擾乱抑制効果に関する基礎検討
3. 学会等名 平成29年電気学会産業応用部門大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 大野 達樹, 片山 正也, 小原 秀嶺, 河村 篤男
2. 発表標題 フライングキャパシタ形線形増幅回路の実験検証
3. 学会等名 平成29年電気学会産業応用部門大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 島津 晃大, 下野 誠通, 河村 篤男
2. 発表標題 リニアモータ用磁気浮上形軸受の基礎研究
3. 学会等名 平成29年電気学会産業応用部門大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Atsuo Kawamura
2. 発表標題 High Efficiency energy Conversion for mobile vehicles
3. 学会等名 IEEE Workshop on Emerging technology of transportation electrification (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Atsuo Kawamura
2. 発表標題 High Efficient Energy Conversion for Mobile Vehicles
3. 学会等名 Korean Institute of Power Electronics Annual Meeting (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 多段直流チョッパ回路、および電力変換装置	発明者 河村篤男、弦田幸 憲、小原秀嶺	権利者 横浜国立大学
産業財産権の種類、番号 特許、2017-126044	出願年 2017年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

科研費基盤S：効率99.9%級のエネルギー変換が拓く持続可能グリーン社会の実現 http://www.kawalab.dnj.ynu.ac.jp/j_page/kaken.html
--

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
研究分担者	辻 隆男 (Tsuj i Takao) (00432873)	横浜国立大学・大学院工学研究院・准教授 (12701)	
研究分担者	小原 秀嶺 (Obara Hidemine) (50772787)	横浜国立大学・大学院工学研究院・准教授 (12701)	

6. 研究組織（つづき）

	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
研究分担者	藤本 康孝 (fujimoto Yasutaka) (60313475)	横浜国立大学・大学院工学研究院・教授 (12701)	
研究分担者	下野 誠通 (Shimono Tomoyuki) (90513292)	横浜国立大学・大学院工学研究院・准教授 (12701)	

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1件

国際研究集会 Kakenhi final year workshop (科研費最終年度成果国際報告会)	開催年 2022年～2022年
--	--------------------

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			
中国	清華大学			
ノルウェー	SINTEFエネルギー研究所			