

令和 5 年 6 月 20 日現在

機関番号：10101

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2018～2022

課題番号：18H01416

研究課題名(和文) パワーエレクトロニクス機器が発生するEMIのアクティブフィルタリング技術の研究

研究課題名(英文) Study on Active Filtering Technology of the EMI Caused by power electronics apparatuses

研究代表者

小笠原 悟司(Ogasawara, Satoshi)

北海道大学・情報科学研究院・特任教授

研究者番号：40160733

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究においては、今後問題が顕在化するであろう 9 kHz - 150 kHz の低周波帯域ならびに 30 MHz 以上の高周波帯域の両方で小型・高性能なノイズ低減を目指して、アクティブフィルタリング技術の研究・開発を行った。開発したノイズ低減法は、スイッチング周波数を含む低周波領域から 100 MHz 程度の高周波領域までのすべての周波数領域においてノイズ低減が可能であることを示した。特に、パッシブコモンノイズキャンセラ(PCC)は、スイッチング周波数から 10 MHz 程度までの高周波数範囲で、最大 50 dB 程度のノイズ抑制効果が得られ、しかも適用容量に制限がない。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、規制強化が議論されている 9 kHz - 150 kHz の低周波帯域ならびに、SiCやGaNなどの次世代パワー半導体デバイスが普及の際に問題となる 30 MHz 以上の高周波帯域の両方について、高いノイズ抑制効果、汎用性を有するアクティブフィルタリング技術を提示しており、その社会的意義は大きい。また、研究の過程で明らかにされてきたノイズ発生メカニズムは、今後のパワーエレクトロニクス機器のEMI/EMCの研究開発に有益であり、その学術的意義も大きい。

研究成果の概要(英文)：In this study, some active filtering technologies are researched and developed to reduce common-mode noise in both low frequency band of 9 kHz - 150 kHz and more than 30 MHz where a problem would be actualized. The developed noise reduction methods have showed that noise reduction was possible in all frequency bands from the low frequency band, including the switching frequency, to the high frequency band of up to 100 MHz. Particularly, proposed passive common-noise canceller(PCC) can suppress the common-mode noise up to 50 dB in a frequency band from the switching frequency to around 10 MHz and it has no limitation of the application capacity.

研究分野：パワーエレクトロニクス

キーワード：パワーエレクトロニクス機器 EMI/EMC アクティブフィルタリング技術 インバータ コモンモード
アクティブコモンノイズキャンセラ(ACC) パッシブコモンノイズキャンセラ(PCC) アクティブコモン
モードフィルタ(ACF)

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、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

エアコンや冷蔵庫などの家電製品、電車や自動車などの輸送車両など様々な分野にインバータなどのパワーエレクトロニクス機器が普及し、これらは社会生活のあらゆるところで身近な存在となった。しかし、パワーエレクトロニクス機器はパワー半導体デバイスのスイッチング動作を基本として電力の変換・制御を行っているため、スイッチング動作に起因して電磁妨害(EMI)を発生することがある。近年、シリコンカーバイド(SiC)やガリウムナイトライド(GaN)等のワイドバンドギャップ半導体を用いた次世代パワー半導体デバイスの開発が進められており、これらのデバイスは Si の IGBT に比べて 1 桁程度高速のスイッチング特性を有している。このため、これらの次世代パワー半導体デバイスが普及した場合には、50~100 MHz 程度までの周波数領域までノイズの問題が顕在化する恐れがある。

IEC 等で規定されている EMI 規格においては、伝導性 EMI については主に 150 kHz~30 MHz の周波数帯域で、放射性 EMI については 30 MHz 以上の周波数帯域で限度値が決められ規制されている。9 kHz 以下の周波数領域では、電源高調波、電圧ディップ、短時間停電、電圧変動などの問題が取扱われている。9 kHz~150 kHz の低周波帯域において、一般の機器については規制の対象外であったが、IEC で規制強化の議論が始まっており、今後は新たな EMI 規格が定められ規制されていくものと考えられる。しかし、9 kHz~150 kHz の周波数帯域はパワーエレクトロニクス機器のスイッチング周波数が含まれるため、数 100 V もの高電圧のノイズ源に対するノイズ対策を行う必要が出てくるという問題点があった。

2. 研究の目的

本研究の目的は、インバータ等のパワーエレクトロニクス機器が発生する電磁妨害(electromagnetic interference: EMI)を抑制するために、アクティブ(能動)素子とフィードバック技術を導入することによりノイズの減衰特性を飛躍的に向上可能なアクティブフィルタリング技術を開発・研究することを目的とする。インダクタやキャパシタなどのパッシブ(受動)素子を用いて構成された従来のノイズ抑制フィルタは、原理的に完全に抑制することは不可能であるばかりか、寄生の共振現象のために抑制効果が悪化する周波数も存在するという問題があった。能動素子とフィードバック技術を導入したアクティブフィルタリング技術の開発・研究により、今後問題が顕在化するであろう 9 kHz~150 kHz の低周波帯域ならびに 30 MHz 以上の高周波帯域の両方で小型・高性能なノイズ低減を目指す。

3. 研究の方法

本研究においては、以下の 2 つの周波数領域についてアクティブ素子とフィードバック技術を導入することによりノイズの減衰特性を飛躍的に向上可能なアクティブフィルタリング技術を開発・研究する。

(1) 低周波帯におけるアクティブフィルタリング技術 現在も EMI 規格が議論されている 9 kHz~150 kHz の周波数帯域でのアクティブフィルタリング技術においては、パワーエレクトロニクス機器のスイッチング周波数が含まれるため、高電圧のノイズ源に対応するアクティブフィルタリング技術が必要である。研究代表者が 1997 年に発表したアクティブコモンノイズキャンセラ(ACC)は、スイッチング周波数を含むインバータが発生するコモンモード電圧を原理的にキャンセルすることが可能であるが、(a)能動回路の非直線性によりノイズ低減効果が 20 dB 程度に制限される、(b)能動回路の周波数特性の制限により抑制効果の周波数が数 MHz に制限される、(c)能動回路の電圧・電流の制限から適用可能なインバータが AC200 V、数 kVA に限られる、などの問題点があった。

本研究においては、これらの問題点を解決可能なノイズ抑制法の検討を行った。ACC の原理をベースに、問題点をひとつひとつ解決できる方式や複数のノイズ低減法の組み合わせを検討するとともに、これらすべての問題を解決可能な方式を目指して研究を行った。

小笠原悟司・綾野秀樹・赤木泰文：「電圧形 PWM インバータが発生するコモンモード電圧のアクティブキャンセレーション」、電気学会論文誌 D, 117 巻, 5 号, pp. 565-571(1997)

(2) 高周波帯におけるアクティブフィルタリング技術 本研究では、1 GHz 程度のゲインバンド積を有する高周波オペアンプを使用したフィードバック制御を用いて、数 MHz~100 MHz 程度の高周波帯で従来よりも高い減衰特性を有する新しいアクティブフィルタリング技術を確立し、SiC や GaN デバイスのノイズ低減技術として 2017 年に動作原理を発表した。この技術を適

用することにより、電力ケーブルの分布定数回路的振る舞いに起因する共振現象によるノイズ低減効果の悪化の防止や、フィードバックによる等価静電容量の増加の効果が期待でき、従来は非常に難しいとされてきた電力ケーブルからの放射ノイズを大幅に低減できることが期待できる。低周波帯におけるアクティブフィルタリング技術あるいは従来のパッシブフィルタを適用後の残留した高周波ノイズを、ここで試作したアクティブフィルタを適用して低減することにより、電力ケーブルから放射する電磁ノイズを低減可能なことを実験的に検討した。

S. Takahashi, S. Ogasawara, M. Takemoto, K. Orikawa, M. Tamate: "Common-mode voltage attenuation of an active common-mode filter in a motor drive system fed by a PWM inverter," International Conference on Electrical Machines and Systems (ICEMS), 6 pages, 2017.

4. 研究成果

(1) 低周波帯におけるアクティブフィルタリング技術 低周波帯における研究では、年度ごとに以下のような成果を得た。

- ・ 残留コモンモード電圧のみを検出してこれをゼロにするように、低電圧のオペアンプをアクティブ回路として使用してフィードバック制御する新しいACCを開発し、最大で 50 dB 程度の減衰特性を達成できることを実験により確認した。また、デバイスと放熱器との間の浮遊容量による減衰特性の悪化の防止についても検討した。
- ・ 前年度に検討した残留コモンモード電圧のみをフィードバック補償する新しい ACC についてさらに実験的検討を行った。また、直流配電システムで用いるディファレンシャルモードフィルタの体積最小化についても検討し、最適なキャパシタンスとインダクタンスの選択法を示した。さらに大容量インバータにおいても適用可能なパッシブコモンノイズキャンセラについても原理検討を行った。
- ・ 前年度に検討したパッシブキャンセラとアクティブキャンセラの併用について、シミュレーションならびに実験により検討し、400 V 系のインバータにも適用可能であることを示した。さらに大容量インバータにおいても適用可能なパッシブコモンノイズキャンセラ(PCC)についても実験検証を行った。
- ・ (PCC)について、使用する鉄心における損失の周波数特性を考慮して動作磁束密度レベルを決定するとともに、体積や重量を最小化する PCC の最適設計法について検討した。(雑誌論文 1, 学会発表 8)
- ・ 低周波領域においては、先に提案したパッシブコモンノイズキャンセラ(PCC)ではコモンモード電圧をインバータの AC 側で相殺していたのに対して、コモンモード電圧をインバータの DC 側で相殺する新しいPCCを提案し、使用するコモンモードトランスのコア断面積を 80% に低減し、銅損を大幅に低減できることを示した。

以下では、この中の代表的成果であるパッシブコモンノイズキャンセラ (PCC) を紹介する。図 1 に、PCC の回路構成を示す。三相 PWM インバータが発生するコモンモード電圧 v_c は、各相電圧の総和を 3 で割った電圧であり、先に提案した ACC ではこの電圧をコモンモードトランスで逆向きに重畳してコモンモード電圧のキャンセルを実現していた。PCC においては、相電圧の $1/3$ の電圧を相ごとに別々のコモンモードトランスで重畳して ACC と同等の効果を得ている点に特徴がある。

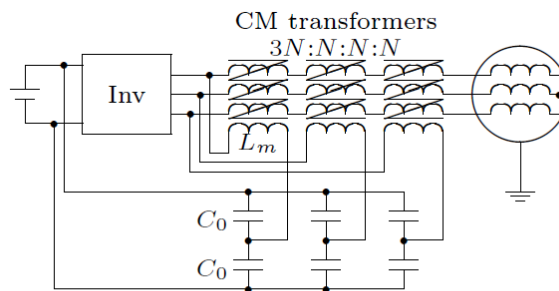


図 1: PCC

$$v_c = (v_u + v_v + v_w) / 3 = v_u / 3 + v_v / 3 + v_w / 3$$

PCC では能動回路を用いていないが、インバータ自身を能動回路として用いこれによりコモンモードトランスの励磁電流を供給している。このため、受動素子のみで構成されているが ACC と同様の効果が期待できる。さらに、能動回路を用いていないため、そのひずみや周波数制限がなく、従来の ACC と比べて高いコモンモード低減効果と広帯域での動作を確認している。スイッチング周波数である 100 kHz から数 MHz 程度の周波数帯域では 40~50 dB 程度の高いコモンモード低減効果が得られただけでなく、30 MHz 程度の高周波領域まで低減効果が持続している。さらに PCC では能動回路を追加する必要がないため、適用するインバータの電圧・電流・容量には原理的に制限がなく、当初の目標を達成可能なノイズ低減法を実現している。

(2) 高周波帯におけるアクティブフィルタリング技術 高周波帯における研究では、年度ご

とに以下のような成果を得た。

- ・ 1 GHz 程度のゲインバンド積を有する高周波オペアンプを使用したフィードバック制御を用いて、数 MHz~100 MHz 程度の高周波帯で従来よりも高い減衰特性を有する新しいアクティブコモンモードフィルタ(ACF)を開発し、実験によりその効果を確認した。
- ・ 高周波帯のフィルタリング技術で問題となる磁性材料の周波数特性を考慮可能であるだけでなく、巻線浮遊容量も考慮可能なシミュレーションモデルを開発した。また、電力ケーブルから発生する放射性 EMI の発生メカニズムを、一次と二次のコモンモードの考え方から明らかにした。
- ・ 高周波帯のフィルタリング技術で問題となる磁性材料の周波数特性を考慮可能であるだけでなく、巻線浮遊容量も考慮可能なシミュレーションモデルを開発し、漏れ磁束の経路を考慮して漏れインダクタンスの周波数特性についてもモデリング可能であることを明らかにした。
- ・ 従来の EMI フィルタに低電圧・小電流のアクティブ回路を挿入するだけで、EMI 低減効果を改善することが可能なハイブリッドフィルタを提案し、その効果を実験的にしめした。
- ・ 主回路で構成される高圧回路と制御器で構成される低圧回路の間のノイズの干渉について理論解析を行った。その結果、この干渉は低圧回路と高圧回路の小さな浮遊容量を介して主に数十 MHz 以上の高周波領域で発生し、二つの回路間の静電シールドにより低減できることを示した。

以下では、高周波帯における一つの成果である数十 MHz 以上の高周波領域のノイズ低減について紹介する。図 2 に、そのノイズの周波数特性を示す。一般に、電力変換器はスイッチングにより電力を変換する主回路部分と、そのスイッチングを制御して所望の特性を実現する制御回路部分からなっている。制御回路部分に電力を供給する直流電源は、主回路部分の電力に比べて小さいが、小型・軽量・高効率にするために高速でしかも高スイッチング周波数のスイッチングデバイスを用いた絶縁型 DC/DC コンバータが用いられている。この DC/DC コンバータが発生するノイズが数十 MHz 以上の高周波数帯域において支配的となる場合がある。また、このような高周波数帯域においては、わずかな浮遊容量があってもそれを介してコモンモード電流が流れてノイズの原因となる場合がある。図 2 の例では、主回路部分と制御回路部分の両方の詳細なノイズシミュレーションを実施し、主回路部分のスイッチングによるノイズでは 30 MHz 以上の高周波領域ではノイズはほとんど問題にならないことを確認した。また、制御回路部分の DC/DC コンバータのスイッチングデバイス付近の配線と主回路部分の EMI フィルタの入力端子付近の配線との間に数 pF 程度のわずかな浮遊容量が存在した場合には、DC/DC コンバータのスイッチングに伴うノイズが主回路側の伝導性ノイズの高周波領域に影響を与えることを示した。さらに、主回路部分の EMI フィルタの入力端子付近の配線を電磁シールドすることにより、30 MHz 以上の高周波領域の伝導性ノイズをほぼ暗ノイズのレベルまで低減できることを示した。

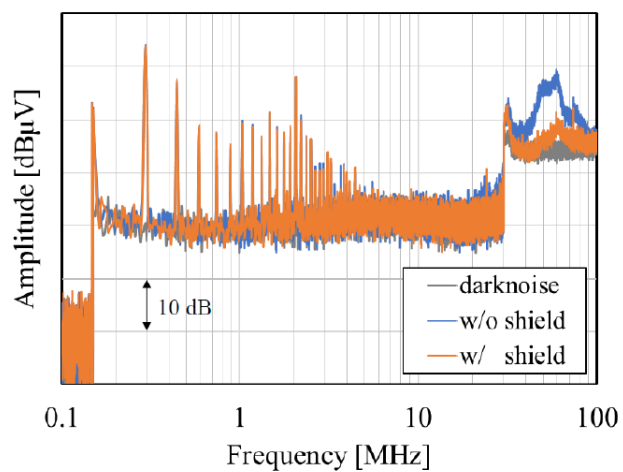


図 2: 周波数特性

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 6件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 1. 小原 峻介, 川田 悠人, 小笠原 悟司, 折川 幸司	4. 巻 142 (11)
2. 論文標題 インバータが発生するコモンモード電圧を相殺可能な パッシブコモンノイズキャンセラ	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 電気学会論文誌D (産業応用部門誌)	6. 最初と最後の頁 825-834
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1541/ieejias.142.825	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 2. 安東 正登, 小笠原 悟司	4. 巻 142 (8)
2. 論文標題 電力変換装置における9 kHz以上の高周波数帯域のEMC対策技術	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 電気学会誌	6. 最初と最後の頁 503-506
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1541/ieejjournal.142.503	査読の有無 無
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 小原 峻介, 小笠原 悟司, 竹本 真紹, 折川 幸司, 山本 融真	4. 巻 141(1)
2. 論文標題 フィードバック制御を併用したアクティブコモンノイズキャンセラ	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 電気学会論文誌D (産業応用部門誌)	6. 最初と最後の頁 28 ~ 38
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1541/ieejias.141.28	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 4. 高橋翔太郎, 小笠原悟司	4. 巻 140(12)
2. 論文標題 パーミアンス-キャパシタンスアナロジに基づく単相コモンモード インダクタの回路シミュレーションモデル	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 電気学会論文誌D (産業応用部門誌)	6. 最初と最後の頁 911-919
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1541/ieejias.140.911	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 5. 高橋翔太郎, 小笠原悟司, 竹本真紹, 折川幸司, 玉手道雄	4. 巻 140(6)
2. 論文標題 MnZn フェライトの寸法依 存性とフィルタインダクタのインピーダンスとの関係についての実験的検討	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 電気学会論文誌D (産業応用部門誌)	6. 最初と最後の頁 433-441
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1541/ieejias.140.433	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 高橋 翔太郎, 小笠原 悟司, 竹本 真紹, 折川 幸司, 玉手 道雄	4. 巻 139 巻, 3 号
2. 論文標題 高周波三相コモンモードインダクタの巻線間に生じる浮遊容量の簡易推定法	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 電気学会論文誌D (産業応用部門誌)	6. 最初と最後の頁 339-347
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1541/ieejias.139.339	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 Shotaro Takahashi, Satoshi Ogasawara, Masatsugu Takemoto, Koji Orikiwa, and Michio Tamate	4. 巻 55
2. 論文標題 Common-Mode Voltage Attenuation of an Active Common-Mode Filter in a Motor Drive System Fed by a PWM Inverter	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Industry Applications	6. 最初と最後の頁 2721-2730
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TIA.2019.2892364	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20件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 7件)

1. 発表者名 田邊 柿右衛門, 小笠原 悟司, 折川 幸司
2. 発表標題 インバータDC側に配置するパッシブコモンノイズキャンセラ
3. 学会等名 電気学会 電磁環境 半導体電力変換合同研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 高見 達也, 小笠原 悟司, 折川 幸司, 金森 正樹, 加藤 慶一
2. 発表標題 形コモンモードフィルタに能動回路を付加したハイブリッドEMIフィルタ
3. 学会等名 電気学会 モータドライブ 半導体電力変換 合同研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 宇田 伊織, 小笠原 悟司, 折川 幸司, 小林 孝次, 吉田 浩, 柏原 辰樹, 高田 康平
2. 発表標題 アクティブ回路を用いた車載空調用電動コンプレッサの伝導性EMIの低減
3. 学会等名 電気学会 モータドライブ 半導体電力変換 合同研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 川田悠人, 小笠原悟司, 折川幸司
2. 発表標題 鉄損を考慮した多巻型パッシブコモンノイズキャンセラ
3. 学会等名 電気学会 モータドライブ 半導体電力変換 合同研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小原峻介, 小笠原悟司, 折川幸司, 山口浩二, 鈴木史典, 福田剛
2. 発表標題 大電流インバータに適用可能な貫通型パッシブコモンノイズキャンセラ
3. 学会等名 電気学会 電磁環境 半導体電力変換合同研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Shotaro Takahashi, Satoshi Ogasawara, Masatsugu Takemoto
2. 発表標題 Suppression of High-Frequency DC- and AC-Side Common-Mode Currents in DC-Fed Motor Drive Systems
3. 学会等名 2020 23rd International Conference on Electrical Machines and Systems (ICEMS) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Shotaro Takahashi, Satoshi Ogasawara
2. 発表標題 A Novel Simulation Model for Common-Mode Inductors Based on Permeance-Capacitance Analogy
3. 学会等名 2020 IEEE Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 高橋翔太郎, 小笠原悟司, 竹本真紹, 折川幸司
2. 発表標題 磁性材料の複素透磁率を考慮した単相 コモンモードインダクタの回路シミュレーションモデル
3. 学会等名 電気学会半導体電力変換研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 S. Ohara, S. Ogasawara, M. Takemoto, K. Orikawa and Y. Yamamoto
2. 発表標題 A Hybrid Common-Mode Voltage Cancellation Using a Passive Filter and an Active Feedback Circuit for PWM Inverters
3. 学会等名 2019 IEEE 4th International Future Energy Electronics Conference (IFEEC) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 S. Takahashi, S. Ogasawara, M. Takemoto, K. Orikawa and M. Tamate
2. 発表標題 Experimental Evaluation of the Relationship between Filter Inductor Impedances and Dimensional Resonances of MnZn Ferrites
3. 学会等名 2019 IEEE 4th International Future Energy Electronics Conference (IFEEC) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 S. Takahashi, S. Ogasawara, M. Takemoto, K. Orikawa and M. Tamate
2. 発表標題 High-Frequency Noise Suppression in a Buck-Converter System Based on SiC Devices
3. 学会等名 2019 IEEE Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 K. Tsushima, S. Ogasawara, K. Orikawa, M. Takemoto, K. Koyama
2. 発表標題 Experimental Consideration of Radiated EMI Caused by Air-Conditioner Piping - Modal Analysis Based on Measured Current Distribution -
3. 学会等名 2019 10th International Conference on Power Electronics and ECCE Asia (ICPE 2019 - ECCE Asia) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高橋翔太郎, 小笠原悟司, 竹本真紹, 折川幸司, 玉手道雄
2. 発表標題 フィルタインダクタのインピーダンスと磁性コアの寸法共鳴との関係についての実験的検討
3. 学会等名 電気学会産業応用部門大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小原 峻介, 小笠原 悟司, 竹本 真紹, 折川 幸司, 山本 融真
2. 発表標題 アクティブフィードバック回路を併用するPWM インバータ用ハイブリッドコモンノイズキャンセラ
3. 学会等名 電気学会産業応用部門大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 安原崇志, 高橋翔太郎, 小笠原悟司, 小林孝次, 吉田浩, 柏原辰樹
2. 発表標題 機電一体構造の 電動コンプレッサにおける伝導ノイズの簡易周波数解析
3. 学会等名 電気学会産業応用部門大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 河原智彦, 小笠原悟司, 竹本真紹, 折川幸司, 福田剛, 山口浩二, 鈴木史典
2. 発表標題 航空機用電力変換器における重量に着目したEMIフィルタの設計法
3. 学会等名 電気学会 モータドライブ 半導体電力変換 合同研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小原峻介, 小笠原悟司, 竹本真紹, 折川幸司, 山本融真
2. 発表標題 アクティブコモンノイズキャンセラに対するインバータ寄生容量の影響と対策
3. 学会等名 電気学会半導体電力変換研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 高橋翔太郎, 小笠原悟司, 竹本真紹, 折川幸司, 玉手道雄
2. 発表標題 高周波三相コモンモードインダクタのSPICEシミュレーションモデル
3. 学会等名 電気学会半導体電力変換研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 對馬可南子, 小笠原悟司, 折川幸司, 竹本真嗣, 小山兼司
2. 発表標題 エアコン配管から発生する放射性EMIの実験的検討 : 電流分布測定に基づくモード解析
3. 学会等名 電気学会半導体電力変換研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 S. Takahashi, S. Ogasawara, M. Takemoto, K. Orikiwa, M. Tamate
2. 発表標題 A Study on Reduction Techniques of a Wideband Common-Mode Voltage Produced by a PWM Inverter
3. 学会等名 The 2018 International Power Electronics Conference (IPEC) (国際学会)
4. 発表年 2018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
研究 分担者	折川 幸司 (ORIKAWA KOJI) (50781324)	北海道大学・情報科学研究院・助教 (10101)	

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