

令和元年6月18日現在

機関番号：13801

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16H04316

研究課題名(和文) 電力変換器におけるスイッチングアシスト技術の基盤確立と応用展開

研究課題名(英文) Switching Assist Technology of Power Converter and Its Applications

研究代表者

野口 敏彦 (Noguchi, Toshihiko)

静岡大学・工学部・教授

研究者番号：10237828

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,700,000円

研究成果の概要(和文)：負荷短絡形とドライブ回路付加形のスイッチングアシスト回路を降圧チョッパ、電力双方向昇降圧チョッパ、インバータに組み込んでプロトタイプを試作した。前者は寄生出力容量に蓄積されるエネルギーを直流電圧源に回収したり、負荷へ転送することができるため総合効率が改善される。ドライブ回路付加形はゲートドライブ回路電源を利用して寄生出力容量を高速に充電する方式であり、相補的スイッチングに伴って直流電圧源から寄生出力容量へ突入する短絡電流を抑制することができるため変換効率が向上する。電力双方向昇降圧チョッパでは2～4%、インバータでは軽負荷時に6%の効率改善を実現した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

スイッチングアシスト技術を各種電力変換器に適用することによって、軽負荷時に支配的なスイッチング損を低減し変換効率を改善することができる。電気自動車やハイブリッド車、空調機など多くの電力変換器応用分野では軽負荷運転が長時間に及ぶことが一般的であり、この軽負荷状態での損失低減が実現できることにより大きな省エネルギー効果が期待できる。特に、装置の小型化のため電力変換器のスイッチング周波数を高周波化する傾向にあるが、スイッチングアシスト技術は高周波になればなるほどスイッチング損の低減効果が大きく現れるため、省エネルギー化やエネルギー効率化を推進する社会において重要となる。

研究成果の概要(英文)：Two types of switching assist circuits were applied to a buck chopper, a bidirectional buck boost chopper and an inverter. Some prototypes were developed, and it has been confirmed that the "load shorting type" can retrieve energy stored in the parasitic output capacitor of the main switching device and can transfer it to the load, resulting in total efficiency improvement. It has also been confirmed the "gate drive circuit add-on type" can achieve fast charge of the parasitic capacitor, which is effective to avoid short circuit through the capacitor due to the complementary switching action and to improve the overall efficiency. 2-4% efficiency improvement has been achieved for the bidirectional buck boost chopper, and 6% improvement for the inverter in a light load range.

研究分野：パワーエレクトロニクス

キーワード：電気機器工学 電気自動車 ハイブリッド車 省エネルギー エネルギー効率化

様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

電力変換器は半導体素子のスイッチングを高周波化すると、高調波フィルタや絶縁トランスなどの受動素子を小型軽量化でき、出力波形の総合歪率を改善することができる。しかし、スイッチングの高周波化は、半導体素子のスイッチング損を増大するため電力変換効率が悪化したり、コモンモードノイズを増大させるなど弊害も伴う。近年では Si に代わって SiC を基材とする MOSFET が実用段階に入っており、高速スイッチング ( $dv/dt=10^4\sim 10^5V/\mu s$ )、高耐圧 (Si の 7~10 倍)、高効率 (Si に対し  $R_{on}=1/200\sim 1/500$ )、高温動作 (200~400°C) という卓越した諸特性を活かし切る電力変換技術が今後も求められる。

ところが、SiC-MOSFET でも高周波でスイッチングさせるほど、入力容量  $C_{iss}$ 、出力容量  $C_{oss}$ 、帰還容量  $C_{rss}$  といった寄生容量が顕在化し、高速スイッチング特性を阻害したり、スイッチング損を増大させるなど、寄生容量にまつわる諸問題が引き起こされる。

- (1) 入力容量  $C_{iss}=C_{GS}+C_{GD}$ : ゲート抵抗を通じて充放電されるので、スイッチングを遅くする。また、高スイッチング周波数ではゲートドライブ回路での充放電損失が大きくなる。
- (2) 出力容量  $C_{oss}=C_{DS}+C_{GD}$ : ターンオフすると大きな充電電流が流れ、オフ状態で  $CV^2/2$  のエネルギーを蓄えるが、ターンオンするとすべて MOSFET 内で消費されスイッチング損になる。1 回のスイッチングで消費されるエネルギーは微々たるものだが、高スイッチング周波数では電力変換効率に大きく影響する。
- (3) 帰還容量  $C_{rss}=C_{GD}$  はスイッチングに伴う高  $dv/dt$  によりゲートにノイズを与える。

2. 研究の目的

本研究は、これまでに導入されなかった『スイッチングアシスト』という新しい技術概念を確立し、これによる高周波化や高効率化などを通じて電力変換器の更なる性能向上を企図するものである。この一連の研究を通じて、『スイッチングアシスト』の技術的枠組みを構築するとともに、次世代電力変換器への応用に対する技術的基盤を提供する。

- (1) SiC-MOSFET など次世代半導体素子を前提とし、その各種寄生容量によって損なわれるスイッチング特性、電力変換効率特性を改善できる『スイッチングアシスト』技術を確立する。
- (2) 『スイッチングアシスト』回路を種々の電力変換器へ適用し、その応用範囲を広げる。
- (3) コンピュータシミュレーションとプロトタイプによる実機検証を通じて従来方式と『スイッチングアシスト』方式の比較評価を行う。

3. 研究の方法

- (1) スwitchングアシスト回路の創出、基本構成と基本動作の検討
  - ・主回路に付加する負荷短絡形のスイッチングアシスト回路を検討する。
  - ・ドライブ回路に付加する昇圧形のスイッチングアシスト回路を検討する。
  - ・上記スイッチングアシスト回路の基本構成と基本動作を検討する。
- (2) コンピュータシミュレーション
  - ・スイッチングアシスト回路の詳細な動作をコンピュータシミュレーションにより検証する。
  - ・必要に応じて基本構成や基本動作の見直しを行い、回路パラメータに関する考究を進める。
- (3) プロトタイプの試作、実装方法の検討
  - ・主回路として降圧チョッパ、電力双方向昇降圧チョッパ、インバータのプロトタイプを試作する。
- (4) 運転特性の検証・評価
  - ・スイッチングアシスト回路を実装したプロトタイプを使って実機検証を行う。
  - ・実機検証結果とコンピュータシミュレーション結果の整合性について検証する。

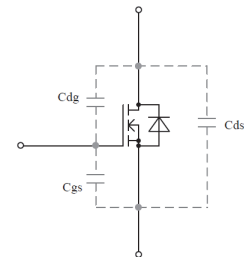


図1 MOSFET の寄生容量

4. 研究成果

ここではドライブ回路付加形スイッチングアシスト回路を例に研究成果について述べる。図1に MOSFET の寄生容量を示す。MOSFET にはゲート-ソース間寄生入力容量  $C_{gs}$ 、ドレイン-ソース間寄生出力容量  $C_{ds}$ 、ドレイン-ゲート間寄生帰還容量  $C_{dg}$  が存在する。 $C_{gs}$  はターンオン時間に、 $C_{ds}$  はターンオフ時間に密接に関係する。 $C_{dg}$  は主回路からゲート駆動回路へのノイズ伝搬の原因になる。

スイッチングアシスト回路は  $C_{ds}$  を高速充電してターンオフ時間を短縮すると同時にスイッチング損失を改善する。図2にゲートドライブ電源を利用したスイッチングアシスト回路を示す。 $C1$  は主素子である MOSFET の寄生出力容量を示しておりスナバ回路ではない。補助回路はゲートドライブ電源  $Ed1$ 、補助ダイオード  $Dc1$ 、 $Dc2$ 、インダクタ  $Lc1$ 、ツェナーダイオード

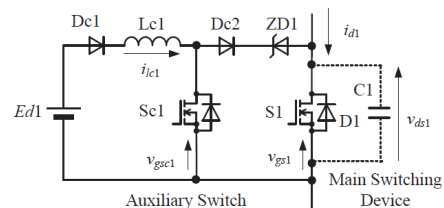


図2 ドライブ回路付加形スイッチングアシスト回路

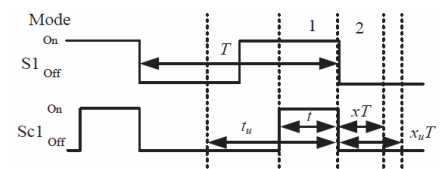


図3 スwitchングアシスト回路の動作

ド ZD1, 補助素子 Sc1 から構成される。主素子と Sc1 のソースが Ed1 と共通であるため、主素子と Sc1 を単一のドライブ電源で駆動することができる。Sc1 は高周波駆動が可能で耐圧は主素子と同程度、電流量は主素子より小さな素子を使用する。ZD1 は主素子がオンしているときに補助回路から主回路に電流が流入するのを防ぐため、Dc1, Dc2 は主回路から補助回路に電流が逆流するのを防ぐために必要である。

インバータなどの電力変換器の従来回路では主素子のドレイン電流  $i_{d1}$  が寄生出力容量を充電する向きに流れていれば (以下、正極性), 主素子にオフ信号が入力されたときターンオフが開始される。このとき、寄生出力容量の充電時間は  $i_{d1}$  と C1 の値によって決定され、 $i_{d1}$  の値が小さいと充電に時間がかかりターンオフ時間が長くなる。インバータのように上下アームをもつ構成の電力変換器では、上アーム素子がターンオフしないまま下アームの素子がオンすると、直流バスを短絡して大電流が流れ大きなターンオン損失が発生する。一方で、ソースからドレインに向かって  $i_{d1}$  が流れている場合 (以下、負極性) には、主素子にオフ信号が入力されているにも関わらず MOSFET のボディダイオード D1 がターンオンするため、C1 は一切充電されずターンオフが完了しない。デッドタイムが終了し、下アームの素子がターンオンすると非常に高い  $dv/dt$  をもつ逆電圧が D1 にかかるためリカバリ損失および直流バス短絡電流によるターンオン損失が発生する。提案回路では主素子をオフする直前までインダクタ Lc1 にエネルギーを蓄えておき、主素子をオフした直後に Sc1 もターンオフすることでエネルギーを C1 に転送し、高速充電することによって寄生出力容量が十分に充電されない領域でも高速かつ高効率なスイッチングを実現する。図 3 に補助回路の動作を示す。Mode1 で主素子がオンしている期間中に Sc1 をオンすることによって Ed1→Dc1→Lc1→Sc1→Ed1 の経路で電流が流れ Lc1 にエネルギーを蓄える。Mode2 で主素子がオフした直後に Sc1 もオフすることによって Ed1→Dc1→Lc1→Dc2→ZD1→C1→Ed1 の経路で電流を流して高速に C1 を充電する。このとき、 $i_{d1}$  が正極性であれば、Lc1 に蓄えたエネルギーを全て C1 に転送することができる。一方で、 $i_{d1}$  が負極正である場合には、Sc1 をオフしても  $i_{d1}$  が補助回路に流れ込み、Lc1 に流れている電流  $i_{lc1}$  が一定値で流れ続けようとするために、 $i_{d1}$  と  $i_{lc1}$  の差分のエネルギーしか転送できない。また、充電にかかる時間は Lc1 と寄生出力容量の共振周波数の 1/4 周期で決定される。そのため、従来回路を強制的にターンオフする際の  $dv/dt$  よりも提案回路の  $dv/dt$  を低くできるため、リカバリ損失低減効果も期待できる。しかし、寄生出力容量の充電電流とリカバリ電流の分離ができないため MOSFET を用いてリカバリ損失の評価を行なうことは困難である。

図 4 のようにスイッチングアシスト回路をハーフブリッジインバータに適用して実機検証を行った。図 5 にスイッチングパターンを示す。E1 および E2 を 70 V, Ed1 および Ed2 を 12 V, S1 および S2 には ST 製 Y60NM60 (600 V, 60 A, Coss=2000 pF), 動作周波数 100 kHz, デッドタイム 250 ns という条件で補助回路のパラメータを設計し Lc1=4.5  $\mu$ H と決定した。 $i_{lc1}$ =5.3 A となるため、Sc1 には ST 製 P12NM60 (550 V, 12 A), Dc1 には infineon 製 IDH12S60C (600 V, 12 A), Dc2 には infineon 製 D06S60 (600 V, 6 A), ZD1 には ON Semiconductor 製 1N53 49BG (12 V, 5 W) を 3 並列で用いた。

従来回路および提案回路でデューティーサイクルを 50%, デッドタイムを 250 ns, 負荷素子を 200  $\Omega$ -0.2 mH とした場合の動作波形を図 6 に示す。同図(a)より従来回路ではデッドタイム期間終了後 S2 がオンするときに、C1 の電荷を放電できていないため、電源が短絡され大きな短絡電流が流れることがわかる。また、図 7 に 13 W 出力時における従来回路と提案回路のターンオン損失を示す。この図より、軽負荷時に短絡電流に

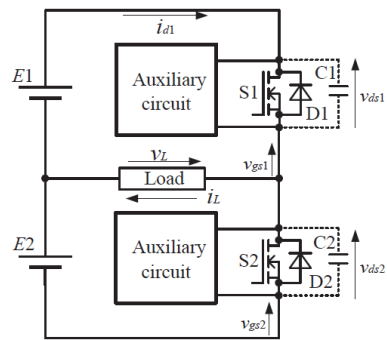


図 4 スwitchングアシスト回路付きハーフブリッジインバータ

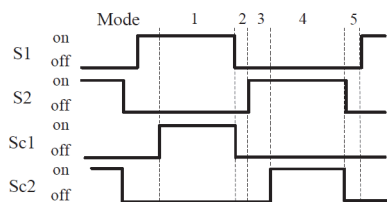
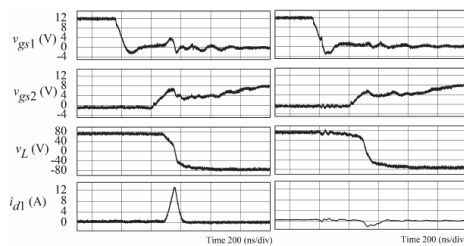


図 5 スwitchングパターン



(a) 従来回路 (b) 提案回路

図 6 スwitchング波形と短絡電流

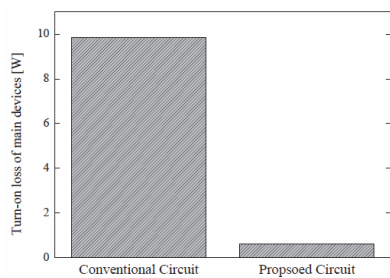


図 7 13 W 出力時ターンオン損失

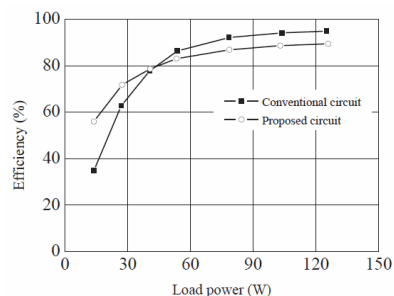


図 8 負荷電力-総合効率特性

よる過大なターンオン損失が発生していることが確認できる。一方、図 6(b)より提案回路では補助回路を動作させることによって C1 を高速に充電できるため、S2 をオンさせるときの寄生出力容量の電荷消費がなくなり短絡電流を低減でき、ターンオン損失を低減できる。従来回路と提案回路で S1 のターンオフ時間はそれぞれ 450 ns と 390 ns になり、ターンオフ時間を 13 % 改善でき、ターンオン損失を 9.9 W から 0.6 W まで低減することができた。また、負荷力率 0.85 を一定とした条件での負荷電力と補助回路の損失も含む総合効率の関係を図 8 に示す。同図からわかるように 41 W 以下の軽負荷領域において従来回路に比べて提案回路の方が高効率であり、26 W 出力時に 9.0 pt の効率改善を確認できる。これは、従来回路では軽負荷時において主素子出力容量の充放電時間が長くなり、デッドタイム期間中に主素子出力容量の充放電を完了することができず、デッドタイム期間終了後に主素子をオンする際に短絡電流によりターンオン損失が発生するのに対し、提案回路では主素子出力容量の充放電を高速に行うことができ、デッドタイム期間終了後に主素子をオンする際のターンオン損失を低減できるためである。重負荷時においては提案回路にくらべて従来回路の方が高効率になるが、これは補助回路の損失がないためである。41 W 以上の領域においては補助回路を動作させないようにすることで従来回路と同等の効率を得ることができる。

## 5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 5 件)

- ① Suroso Suroso, Nugroho Daru Tri, Noguchi Toshihiko, New Dead-Time Compensation Method of Power Inverter using Carrier Based Sinusoidal Pulse-Width Modulation, International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE), 査読有, 8 巻, 2018 年, 4880-4891  
DOI : 10.11591/ijece.v8i6.pp4880-4891
- ② Aoyama Masahiro, Noguchi Toshihiko, Study and Experimental Performance Evaluation of Flux Intensifying PM Motor with Variable Leakage Magnetic Flux, IEEJ Transactions on Industry Applications, 査読有, 138 巻, 2018 年, 499-512  
DOI : 10.1541/ieejias.138.499
- ③ Masahiro Aoyama, Toshihiko Noguchi, Yuto Motohashi, Proposal of self-excited wound-field magnetic-modulated dual-axis motor for hybrid electric vehicle applications, IET Electric Power Applications, 査読有, 12 巻, 2018 年, 153-160  
DOI : 10.1049/iet-epa.2017.0285
- ④ Aoyama Masahiro, Nakajima Kazukiyo, Noguchi Toshihiko, マルチギャップ形可変界磁 PM モータの磁極相対角に対する駆動特性の実機検証, 電気学会論文誌, 産業応用部門誌 (D 分冊), 査読有, 137 巻, 2017 年, 844-857  
DOI : 10.1541/ieejias.137.844
- ⑤ 青山真大, 野口敏彦, 空間高調波を利用した自励式磁石フリーモータの回転子補極によるトルク特性改善, 電気学会論文誌, 産業応用部門誌 (D 分冊), 査読有, 136 巻, 2016 年, 169-181  
DOI : 10.1541/ieejias.136.169

[学会発表] (計 6 2 件)

- ① 丸山大輔, 青山真大, 野口敏彦, 誘導機の等価回路拡張に着目した空間高調波自励式巻線界磁形同期モータの等価回路検討, 電気学会全国大会, 2019 年
- ② 大音慶明, 野口敏彦, 笹谷卓也, 山田隆弘, 風岡諒哉, バッテリーとキャパシタを直流バスにもつデュアルインバータモータドライブの MTPA 制御, 電気学会全国大会, 2019 年
- ③ 青山真大, 野口敏彦, キャリア高調波で強め界磁する空間高調波自励式ダイオード整流巻線界磁形同期モータ, 電気学会全国大会, 2019 年
- ④ 鋤柄智久, 穂本哲也, 榎島一彰, 野口敏彦, アキシシャルギャップ PM モータのロータコア渦電流損改善, 電気学会全国大会, 2019 年
- ⑤ 宇佐美和明, 野口敏彦, ダブルアキシシャルギャップ PM モータのギャップ長不均衡に起因する運転特性の変化, 電気学会全国大会, 2019 年
- ⑥ 藤田康平, 野口敏彦, 15 kW, 150,000 r/min PM モータのプロポーシオンに関する検討, 電気学会全国大会, 2019 年
- ⑦ 岩間清大, 野口敏彦, 青山真大, 磁気飽和を利用した可変界磁 PM モータの基礎検討, 電気学会全国大会, 2019 年
- ⑧ 村上和寛, 野口敏彦, 服部晃尚, 金子陽一, 零相回路を用いた複合起磁力モータのトルクブーストに関する検討, 電気学会全国大会, 2019 年
- ⑨ 野口敏彦, 岩間清大, 青山真大, 零相電流を利用した透磁率変調に基づく可変界磁 PM モータの基礎検討, 電気学会全国大会, 2019 年
- ⑩ Eka Priandana, 野口敏彦, Pure Sinusoidal Output Current-Source Inverter Using Analog Linear Compensator, 電気学会全国大会, 2019 年
- ⑪ 松下由憲, 野口敏彦, 田口範高, 石居 真, カレントダブルを用いた絶縁形マルチポート DC/DC コンバータ, 電気学会全国大会, 2019 年
- ⑫ 鈴木英紀, 野口敏彦, コッククロフトウォルトン回路へのスミス補償の適用, 電気学会全国大会, 2019 年

- ⑬ 岩間清大, 野口敏彦, 青山真大, 三次元磁路を利用した透磁率変調技術と可変界磁PMモータへの応用, 電気学会モータドライブ/家電・民生合同研究会, 2019年
- ⑭ 青山真大, 野口敏彦, キャリア高調波による磁界共振結合と第2次空間高調波による電磁誘導結合を併用した自励式巻線界磁形同期モータの提案, 電気学会モータドライブ/家電・民生合同研究会, 2019年
- ⑮ Masahiro Aoyama, Toshihiko Noguchi, Squirrel-Cage Type Induction Machine Utilizing Space Harmonics for Secondary Excitation with Concentrated Winding Stator, The 21st International Conference on Electric Machines and Systems, 2018年
- ⑯ Yoshiaki Oto, Toshihiko Noguchi, Takanari Sasaya, Takahiro Yamada, Ryoya Kazaoka, Compensation for Multilevel Voltage Waveform Generated by Dual Inverter System, The 21st International Conference on Electric Machines and Systems, 2018年
- ⑰ 緒方海希, 藤田康平, 野口敏彦, 青山真大, 3-kW 150,000-r/min 超高速PMモータのスロット内導体位置による導体渦電流損低減, 平成30年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会, 2018年
- ⑱ 大音慶明, 野口敏彦, 青山真大, 笹谷卓也, 山田隆弘, 風岡諒哉, 高変調率時のマルチレベル電圧波形を改善するデュアルインバータの空間ベクトル変調法と実機検証, 平成30年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会, 2018年
- ⑲ 岩間清大, 野口敏彦, 青山真大, 零相磁束の磁路に関する基礎考察, 平成30年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会, 2018年
- ⑳ マチャオル サワント クリシュナ, 野口敏彦, 青山真大, Back E.M.F. Waveform Optimization of Magnetically Modulated Motor, 平成30年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会, 2018年
- ㉑ 村上和寛, 野口敏彦, 青山真大, 服部晃尚, 金子陽一, 山田洋次, 横山誠也, 新規コンシクエントポールモータの提案と数学モデルの基礎検討, 平成30年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会, 2018年
- ㉒ 青山真大, 丸山大輔, 野口敏彦, かが形誘導電動機と自励式巻線界磁形同期電動機の駆動特性比較, 平成30年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会, 2018年
- ㉓ プリアンダナエカ ラーマン, 野口敏彦, Three-Level Single-Phase Current-Source AC/DC/AC Conversion System with Reduced Switching Device Counts, 平成30年電気学会産業応用部門大会, 2018年
- ㉔ 鈴木英紀, 野口敏彦, 多重インターリーブCW回路を用いた高電圧電源とその出力遅れ補償法, 平成30年電気学会産業応用部門大会, 2018年
- ㉕ 桂田竜児, 野口敏彦, 車載用電力双方向昇降圧DC/DCコンバータの基礎検討, 平成30年電気学会産業応用部門大会, 2018年
- ㉖ エルマナ ハフィズ, 野口敏彦, Development of High-Speed and High-Voltage Pulse Generator Using Multi-Toroidal-Core Transformer, 平成30年電気学会産業応用部門大会, 2018年
- ㉗ マチャオル サワント クリシュナ, 野口敏彦, Experimental Verification of Vector Controlled Magnetically Motor, 平成30年電気学会産業応用部門大会, 2018年
- ㉘ 青山真大, 野口敏彦, 空間高調波を二次励磁に活用した集中巻ステータ構造のかが形誘導電動機の基礎検討, 平成30年電気学会産業応用部門大会, 2018年
- ㉙ 緒方海希, 藤田康平, 野口敏彦, 青山真大, 3-kW 150,000-r/min 超高速PMモータの導体渦電流損に着目した高効率化, 電気学会モータドライブ/回転機/自動車合同研究会, 2018年
- ㉚ 大音慶明, 野口敏彦, 笹谷卓也, 山田隆弘, 風岡諒哉, デュアルインバータによる50kWオープン巻線PMモータドライブの実機検証, 電気学会モータドライブ/回転機/自動車合同研究会, 2018年
- ㉛ Aoyama Masahiro, Toshihiko Noguchi, Automatic Variable Magnetic Flux Technique in Consequent Pole Type PM-Motor Utilizing Space Harmonic, SPEEDAM 2018 Amalfi Coast, 2018年
- ㉜ Masahiro Aoyama, Toshihiko Noguchi, Flux Intensifying PM-Motor with Variable Leakage Magnetic Flux Technique, International power Electronics Conference 2018 ECCE ASIA Niigata, 2018年
- ㉝ Toshihiko Noguchi, Sawanth Krishna Machavolu, Masahiro Aoyama, Yuto Motohash, Vector Control of Magnetically Modulated Motor for Power Splitting of HEV Application, International power Electronics Conference 2018 ECCE ASIA Niigata, 2018年
- ㉞ 岩田陽祐, 野口敏彦, インダクタモジュールを用いた純正弦波出力電力計インバータ, 電気学会半導体電力変換/モータドライブ合同研究会, 2018年
- ㉟ 清水一樹, 野口敏彦, 松下由憲, インバータのデューティサイクルと周波数に着目したDC/DCコンバータのデュアルポート出力制御, 電気学会半導体電力変換/モータドライブ合同研究会, 2018年
- ㊱ Eka Priandana, Toshihiko Noguchi, Single-Phase Current-Source AC/DC/AC Conversion System with Reduced Switching Device Counts, 電気学会全国大会, 2018年
- ㊲ 大音慶明, 野口敏彦, 笹谷卓也, デュアルインバータシステムにおける同相同時スイッチング動作の補償法, 電気学会全国大会, 2018年
- ㊳ 岩田陽祐, 野口敏彦, インダクタモジュールを用いたハイブリッド電流計インバータの実機

検証, 電気学会全国大会, 2018 年

- ③⑨ Toshihiko Noguchi, Sawanth Krishna Machavolu, Yuto Motohashi, Masahiro Aoyama, Vector Control and Experimental Verification of Magnetically Modulated Motor for HEV Application, 2017 IEEE 12th International Conference on Power Electronics and Drive Systems (IEEE PEDS 2017) (国際学会), 2017 年
- ④⑩ Toshihiko Noguchi, Yuki Kurebayashi, Tetsuya Osakabe, and Toshihisa Takagi, Development of High-Efficiency Permanent Magnet Synchronous Generator for Motorcycle Application, 2017 IEEE 12th International Conference on Power Electronics and Drive Systems (IEEE PEDS 2017) (国際学会), 2017 年
- ④⑪ Toshihiko Noguchi, Kazuki Shimizu, Yoshinori Matsushita, Dual-Port Output Control of Isolated DC/DC Converter Focusing on Duty Cycle and Frequency of Primary Inverter, 2017 IEEE 12th International Conference on Power Electronics and Drive Systems (IEEE PEDS 2017) (国際学会), 2017 年
- ④⑫ Yoshinori Matsushita, Toshihiko Noguchi, Osamu Kimura, Tatsuo Sunayama, Current-Doubler Based Multiport DC/DC Converter with Galvanic Isolation, 2017 IEEE 12th International Conference on Power Electronics and Drive Systems (IEEE PEDS 2017) (国際学会), 2017 年
- ④⑬ Toshihiko Noguchi, Hafidz Elmana, Development of High-Speed and High-Voltage Pulse Generator for NOx Decomposition Plasma Reactor, 2017 IEEE 12th International Conference on Power Electronics and Drive Systems (IEEE PEDS 2017) (国際学会), 2017 年
- ④⑭ Toshihiko Noguchi, Yoshiaki Ohto, Takanari Sasaya, Space Vector Modulation of Dual Inverter with Battery and Capacitor across DC Buses, 2017 IEEE 12th International Conference on Power Electronics and Drive Systems (IEEE PEDS 2017) (国際学会), 2017 年
- ④⑮ Toshihiko Noguchi, Yosuke Iwata, Sota Yamaguchi, Pure Sinusoidal Output Current-Source Inverter Using Inductor Modules, 2017 IEEE 12th International Conference on Power Electronics and Drive Systems (IEEE PEDS 2017) (国際学会), 2017 年
- ④⑯ 紅林裕貴, 野口敏彦, 刑部鉄也, 高木俊尚, 二輪車用発電機の同期リアクタンス低減による出力特性の改善, 平成 29 年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会, 2017 年
- ④⑰ 緒方海希, 野口敏彦, 超高速PMモータのコイルエンドにおける導体渦電流損の低減, 平成 29 年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会, 2017 年
- ④⑱ 岩田陽祐, 野口敏彦, 純正弦波出力電流形インバータにおけるインダクタ損失補償法, 平成 29 年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会, 2017 年
- ④⑲ 青山真大, 野口敏彦, モータハードウェアの技術革新によるモータドライブの新展開—可変界磁機能をもつモータの設計と制御の可能性—, 平成 29 年電気学会産業応用部門大会, 2017 年
- ⑤⑰ 青山真大, 野口敏彦, 可変漏れ磁束特性を備えた順突極強め界磁PM モータの駆動特性, 平成 29 年電気学会産業応用部門大会, 2017 年

ほか 12 件

[図書] (計 1 件)

- ① 久保田寿夫, 野口敏彦ほか, ACドライブシステムのセンサレスベクトル制御, オーム社, 全 261 頁 (3~46 頁分担執筆), 2016 年

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

該当なし

○取得状況 (計 0 件)

該当なし

[その他]

ホームページ等

静岡大学 野口研究室 <http://www.noguchi-lab.com/>

## 6. 研究組織

(1) 研究分担者

該当なし

(2) 研究協力者

該当なし

※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。