



Title: A Prototype Gate-Drive Circuit for High-Voltage Inverter Adapting Simultaneously Inductive Wireless Transfer for Both Control Signal and Power

(制御信号と電力の同時誘導ワイヤレス伝送に対応した高電圧インバータ用ゲートドライブ回路の試作機)

Authors: Ning Li, Haruto Yamamoto, Yuki Okada, Takeshi Shinkai

(李 寧(東京工科大 助教)、山本 晴登(東京電力)、岡田 友風貴(東京工科大 大学院生)、新海 健(東京工科大 教授))

Journal: IEEE Access

掲載年月: 2025 年 1 月

研究概要: 本論文では、制御信号と電力を同時に誘導型ワイヤレス伝送することで、信頼性が高くシンプルな絶縁方法を提案しました。また、ゲートドライブ回路を低電圧側に移動させ、大型産業用モータや DC 電力送電用コンバータに使用される高電圧インバータに適用します。この提案手法を使用することで、ゲートドライブ回路へのアクセスが容易になり、従来のシステムと比較して絶縁構造がより堅牢かつ簡素化されます。本手法の有効性は、40V 試作三相インバータを用いて検証されました。提案された試作回路により、三相モータを正常に駆動することに成功しました。

研究背景: 高電圧インバータにおいて IGBT を駆動する際、ゲートドライブ回路には制御信号回路と電源回路の両方で高い絶縁性能が求められます。従来、制御信号回路の絶縁には非一体型のフォトカプラが、電源回路の絶縁にはカスタムメイドの DC-DC コンバータ用トランスがよく使用されています(図 1 (a)、(b))。しかし、フローティングゲートドライブ回路が高電圧側に配置されるため、非一体型フォトカプラとカスタムトランスを使用したシステムでは信頼性が低く、構造が複雑になるという課題があります。そのため、より堅牢で簡易な絶縁方法が強く求められています。

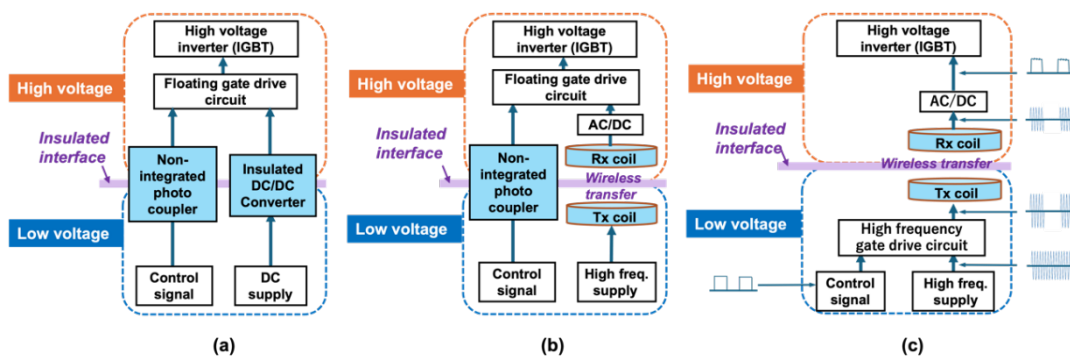


図 1：高電圧インバータのゲートドライブ回路の概念的構成図：(a) 従来の構造、(b) 電力伝送のみを目的とした無線電力伝送構造、(c) 制御信号と電力を同時に無線伝送する提案手法。

研究成果: 本研究では、大型産業用モータや DC 電力伝送コンバータで使用される高電圧インバータのゲートドライブ回路において、制御信号と電力を同時に無線で伝送する磁気共振誘導方式を提案しました(図 1 (c))。この方法を採用することで、高電圧側からゲートドライブ回路を排除し、絶縁構成を簡素化することが可能です。提案手法の有効性は、40V の低電圧プロトタイプ三相インバータを用いて検証され、最大 80V の DC 電圧でモータを駆動することに成功しました(図 2)。将来的な研究として、最大 6.6kV の高電圧に対応した実験が実施されることが期待されています。また、高電圧における空気によるガルバニック絶縁を実現するためには、送信コイルと受信コイルの距離を増加させる必要があ

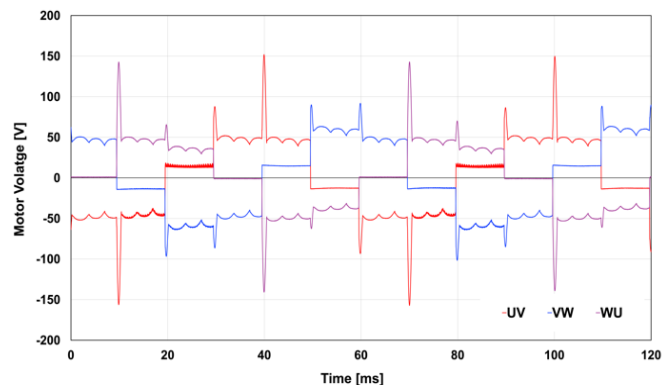


図 2：40V 三相インボータの測定電圧

ります。送信電圧の単純な増加や伝送周波数の最適化により、より大きな伝送距離が可能になります。さらに、大型インダクタの使用により、伝送距離をさらに向上させることができます。今後の研究では、コイル設計やシステム最適化に関する詳細な分析が必要となり、これらについても検討を進める予定です。

社会的・学術的なポイント：本研究の成果は、ゲートドライブ回路の安全性や信頼性が向上すること、ゲートドライブ回路を低電圧側に移動させ、大型産業用モータや DC 電力送電用コンバータに使用される高電圧インバータへの適用が期待されます。

用語解説：

高電圧インバータ (High Voltage Inverter)：数キロボルト (kV) 以上の電圧で動作する電力変換装置であり、大型産業用モータや直流送電コンバータなど、電力要求の高いシステムで使用されます。その主な役割は、直流電力 (DC) を交流電力 (AC) に変換し、モータやその他の負荷に供給することです。

誘導型ワイヤレス伝送 (IWPT: Inductive Wireless Power Transfer)：送電側と受電側の間に電磁結合を利用して電力を非接触で伝送する技術です。

三相インバータ (Three-phase Inverter)：直流電源を三相交流に変換する装置です。主にモータ駆動や電力供給システムに使用されます。

絶縁ゲートバイポーラトランジスタ (IGBT: Insulated Gate Bipolar Transistor)：パワーエレクトロニクスで広く使用される半導体素子です。主に高電圧・高電流の制御を行うために使われます。