

平成 22 年 4 月 20 日現在

研究種目：若手研究 (B)

研究期間：2008～2009

課題番号：20760187

研究課題名 (和文)

高密度電力変換回路における放射ノイズに関する研究

研究課題名 (英文) A study of radiated noise inside a high-power density converter circuit

研究代表者

和田 圭二 (WADA KEIJI)

首都大学東京・大学院理工学研究科・准教授

研究者番号：00326018

研究成果の概要 (和文)：パワーエレクトロニクス回路において、パルス状の大電流を流す回路近傍で問題となる誘導ノイズはこれまであまり問題にならず、理論や解析による検討は十分に行われていなかった。また、ノイズを考慮した回路レイアウトは熟練技術者の経験に頼ることが多いと思われるため、回路設計におけるノイズマージンやノイズ影響を具体的に評価できる手法を検討する必要がある。本研究課題では降圧チョップ回路を例にとり、パルス電流が流れることで、回路から放射される近傍磁界を実験により検証する。また、各素子のパラメータをTDRで測定することによりチョップ回路の寄生キャパシタンス・インダクタンスを考慮した等価回路を示す。この等価回路によりパルス電流に対してどのような周波数の振動電流が生じるかを求める。主回路から放射される磁界の測定では主回路基板から100mmまでの距離における近傍磁界を近磁界プローブにより測定を行う。実際の誘導ノイズを求めるために、ループアンテナを用いて実験を行い、磁界強度、ループ面積、誘導ノイズの関係を明らかにする。以上の実験から振動電流・主回路と制御回路間の距離・制御回路のループ面積・誘導ノイズの関係を示し、定量的な誘導ノイズ評価を行った。

研究成果の概要 (英文)： Recently, design procedure of a power electronics circuit structure is discussed for high power density circuits or thin structure converters. Then control circuits of the converter circuit may connect close to the power circuit. When the pulse current flows into the power circuit, it radiates the magnetic field and may generate near field noise voltage to the control circuit. Therefore it is important for the power electronics circuits to evaluate the near field noise voltage by experiment. This research discusses the measurement results of the near field noise voltage and the electromagnetic force voltage of a small area loop antenna from the 15 A, 100 kHz buck chopper circuit. Moreover, the noise voltage may affect the control circuits in the high power density circuits.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	2,300,000	690,000	2,990,000
2009年度	1,000,000	300,000	1,300,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,300,000	990,000	4,290,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：電気電子工学・電力工学・電力変換・電気機器

キーワード：パワーエレクトロニクス

1. 研究開始当初の背景 パワーエレクトロニクス回路の高密度化のためには、半導体素子のスイッチング周波数を上昇させる必要があり、現在用いられている数 kHz 20 kHz 程度で使用されているスイッチング周波数は 100 kHz~1MHz まで高速される。すなわち、MOSFET や IGBT などの電力用半導体素子のスイッチング速度が現在の 10 倍~100 倍の速度が要求されるようになる。このような電力変換回路の進展に伴い、新たなる課題として近傍電磁界による制御 IC への影響を評価し、その対策法について研究を進める必要がある。

2. 研究の目的 本研究課題では、高密度電力変換回路の設計において重要な課題となる放射ノイズの測定技術とその影響に関する研究を行う。研究の目的としては以下の2点を明らかにすることである。

(a) パルス電流の傾き、振幅、周波数と放射磁界との関係の理論と実験による現象の解明

(b) 放射磁界が制御基板へ与える影響の評価

パワーエレクトロニクス回路に分野における近傍の放射ノイズの抑制手法に関して体系化した解析法、抑制手法についてはほとんど示されていないのが現状である。本研究課題では、高密度電力変換回路の研究開発を進めるうえでも有益な成果になると考えられる。また、放射ノイズは回路レイアウトや回路素子の設計法に大きく貢献できる。

3. 研究の方法 本研究課題では、パワーエレクトロニクス回路近傍における放射磁界の影響を検討するために、評価検証用の降圧チョップ回路を設計・製作し検討を行う。さらに、パワーエレクトロニクス回路に適した磁界検出回路や制御回路を模擬した回路の設計製作を行い、実際の回路との整合性についても検討を行う。

#### 4. 研究成果

(1) 評価用実験回路 (図 1 参照) を設計・製作し、パワーエレクトロニクス回路の近傍に制御回路を配置した場合に放射磁界の影響による誘導ノイズの影響が発生する恐れを評価回路の実験により明らかにした。(図 2 参照。上段：パルス電流、下段：誘導した制御回路の信号)

(2) 配線の寄生インダクタンスとデバイスの寄生キャパシタンスを正確にかつ簡易に

導出する方法を提案し、パルス電流の立ち上がり部と振動部によって生じる放射磁界を計算可能にした。さらに、実験結果との比較検証を行い、その妥当性を明らかにした。(図 3 参照)

(3) 現状のパワーデバイスではパルスの振動部分による放射磁界の影響が大きいが、今後のさらなる高速パルス電流の立ち上がりを実現できれば、その部分の影響による放射磁界の影響が顕著になる可能性を示した。

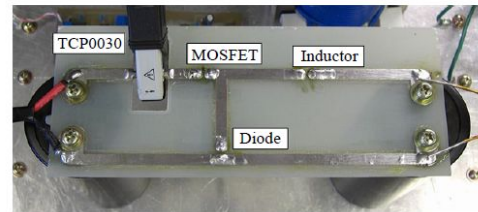


図 1

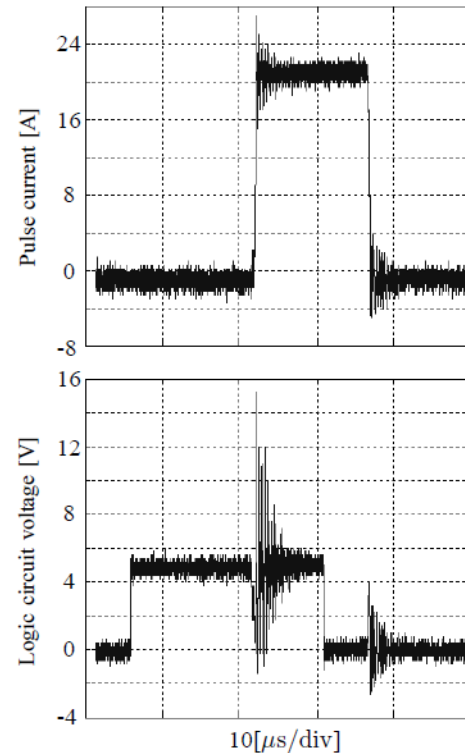


図 2

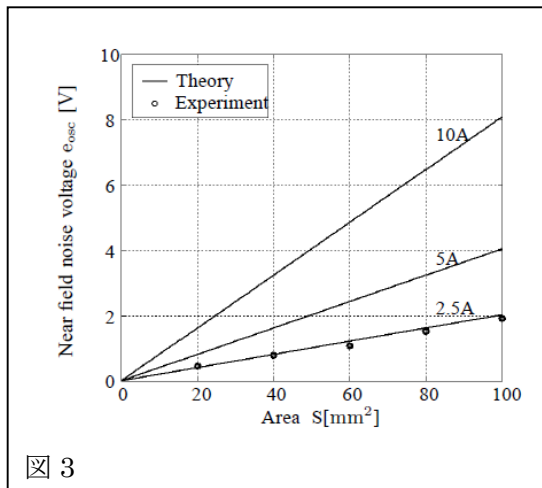


図 3

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 1 件)

有賀善之介, 和田圭二「電力変換回路近傍におけるパルス電流に起因する誘導ノイズの解析」電気学会論文誌 D, vol. 129, no. 9, pp. 860-866, 2009 年 9 月, 査読有り

〔学会発表〕(計 7 件)

- ①有賀善之介, 和田圭二「電力変換回路近傍の放射電磁界の測定と制御回路への影響評価」電気学会半導体電力変換研究会, SPC-10-42, 2010 年, 査読無し
- ② Z. Ariga, K. Wada, ``Analysis and evaluation of near field noise voltage on power electronics circuits,`` IEEE Power Electronics and Drive Systems, pp. 1014-1019 2009 年, 査読有り
- ③有賀善之介, 和田圭二, 清水敏久「TDR による電圧依存性のキャパシタンス測定法」電気学会半導体電力変換研究会, SPC-09-117, 2009 年, 査読無し
- ④有賀善之介, 和田圭二「電力変換回路における近傍静電誘導ノイズ測定プローブの提案」, 電気学会産業応用部門大会, 1-27, 2009 年 8 月, 査読無し
- ⑤有賀善之介, 和田圭二「コモン/ノーマルモード電流に起因する誘導ノイズの実験検討」電気学会全国大会, 4-016, 2009 年, 査読無し
- ⑥有賀善之介, 和田圭二「電力変換回路近傍におけるパルス電流に起因する誘導ノイズ解析」電気学会半導体電力変換研究会,

SPC-08-86, 2008 年, 査読無し

- ⑦有賀善之介, 和田圭二「電力変換回路の di/dt に起因する誘導ノイズ評価」, 電気学会産業応用部門大会, 1-93, 2008 年, 査読無し

## 6. 研究組織

(1) 研究代表者

和田 圭二 (WADA KEIJI)

首都大学東京・大学院理工学研究科・准教授

研究者番号 : 00326018