

# 高電圧パルス電源における 多重トランスの巻線構造と出力特性に関する検討

前岡宏信\*      野口季彦（長岡技術科学大学）

Study on Windings Structure and Output Characteristics of Multiple Transformers in High-Voltage Pulse Power Supply  
Hironobu Maeoka, and Toshihiko Noguchi (Nagaoka University of Technology)

**In this paper, a high-voltage pulse power supply is developed to decompose NOx in engine exhaust gas. Multiple transformers are employed to generate 10-kV pulse, of which rise time is only 100 (ns). Toroidal ferrite cores and two types of the winding structures are used in the transformers. Output characteristics of the pulse power supply are dependent on turn ratio of each transformer and multiple count of the transformers. Also, the winding structures affect the peak voltage and rise time of the high-voltage output pulse.**

キーワード：高電圧パルス電源，多重トランス，巻線，トロイダルコア，排ガス処理

Keywords：High-voltage pulse power supply, multiple transformers, windings, toroidal core, exhaust gas treatment

## 1. はじめに

エンジンの排気ガスに含まれる NOx を分解する手法として、100 (ns)以内で立ち上がる 10 (kV)以上の高電圧パルス印加することによりプラズマを発生させるものが知られている。この目的のため、筆者らは一次巻線を並列接続し、二次巻線を直列接続した多重トランス構成をもつ高電圧パルス電源装置を開発した。多重トランスにはトロイダルコアを利用して巻線構造を工夫することにより、配線インダクタンスを低減し装置全体の小型化を実現した。

本稿では、多重トランスの二次巻線を各コアに巻き付けて直列接続する構成と、全てのコアを共通に貫通する構成について出力パルス電圧の立ち上がり時間と昇圧比を実験的に比較評価し、後者の有効性を確認したので報告する。

## 2. 高電圧パルス電源の構成と制御法

図 1 に高電圧パルス電源の主回路構成を示す。昇圧は 2 段階に分けて行っており、前段では 1 (kHz)で動作するプッシュプルコンバータを用いて入力電圧を 50 倍にする。後段では一次巻線を並列接続、二次巻線を直列接続した多重トランスと高速スイッチング素子 Q<sub>1</sub>を用いて高電圧パルスを発生させている。Q<sub>1</sub>は周期 1 (ms)、パルス幅 200 (ns)でスイッチングする。高電圧パルスの波高値は各トランスの巻数比ならびにトランスの段数によって決定される。これを式で表わすと(1)のようになる。

$$V_2 = V_1 \frac{N_2}{N_1} n \dots\dots\dots (1)$$

ただし、N<sub>1</sub>は一次側の巻数、N<sub>2</sub>は二次側の巻数、nは

トランスの段数である。各トランスにはトロイダルフェライトコア (TDK 製 HC10) を使用して漏れインダクタンスの低減を図る。ここで、二次巻線を図 2(a)のように全てのコアを共通に貫通させた場合と、(b)のように各コアにそれぞれ巻き付けて直列接続した場合の 2 種類

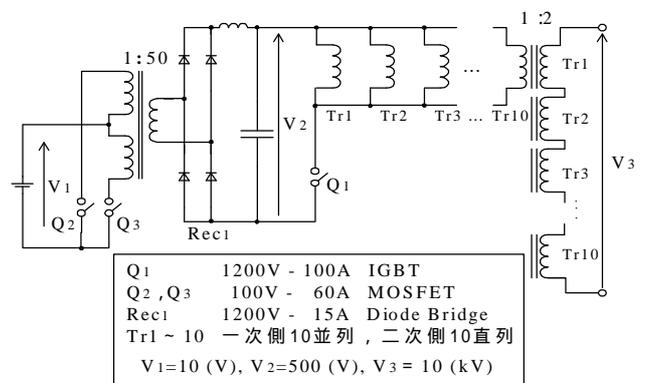


図 1 主回路の構成

Fig. 1. Configuration of power circuit.

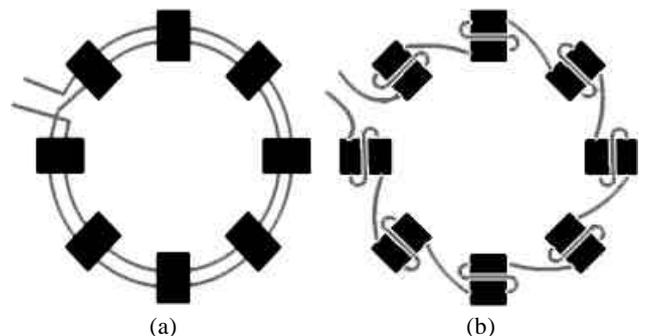


図 2 二次巻線の構成

Fig. 2. Secondary windings structure.

で実験を行った。高電圧パルス電源装置としての体格は、図 2(a)の構成で直径 100 (mm), 高さ 130 (mm)の円筒形となり、図 2(b)の構成では直径 130 (mm), 高さ 130 (mm)の立方体となった。

### 3. 実験結果

トランスの一次電圧を 400 (V), 一次側巻数を 4 とし、トランスの段数を 10 段, 二次側巻数を 4, 6, 8, 10 と変化させて、パルス電圧波高値と立ち上がり時間の特性を調べた。図 3 は二次側電圧波高値を示しており、全てのコアを共通に貫通する構成の方が各コアに巻き付けて直列接続する構成より、1 (kV)高い電圧を出力することができる。図 4 は二次側電圧立ち上がり時間の変化を示しており、前者の方が後者より 30 (ns)立ち上がり時間が短い出力パルス電圧を得られる。図 4 より出力パルスの立ち上がり時間は巻数に大きく依存し、巻数が半分になると立ち上がり時間も半減することがわかる。

例として図 2(a)の巻線構造を採用した場合の一次電圧と二次電圧を図 5 に示す。このように 8 (kV)の波高値をもった出力パルス電圧が 110 (ns)で立ち上がっている。

### 4. トランスの巻数比と巻き方に関する検討

本方式を用いるとトランスの巻数比によって出力波形の特性が変化する。図 3, 図 4 からわかるようにトランスの巻数を多くするほど高い二次電圧を得られるが、それに伴って立ち上がり時間が長くなる。これは巻数を多くすると各トランスの漏れ磁束の総和が大きくなるため、出力パルス電圧の立ち上がりが遅くなる。また、トランスの二次巻線も長くなるため漏れインダクタンスが増加する。実際の設計ではトランスの漏れインダクタンスのために、目標とする出力パルス電圧の波高値や立ち上がり時間を満足することは困難である。しかし、トロイダルコアは巻き方が簡単であるため特性のばらつきが少なく、コアを密接して配置することにより漏れインダクタンスを低減することができる。さらに、巻数とトランスの段数を変えるだけ出力特性を容易に予想することができる。

### 5. まとめ

本稿では、多重トランスの二次巻線を各コアに巻き付けて直列接続する構成と、全てのコアを共通に貫通する構成について出力パルス電圧の立ち上がり時間と昇圧比を実験的に比較した。後者は漏れインダクタンスを低減し高電圧パルス的高速な立ち上がりを実現できた。

## 文 献

- (1) 高橋:「次々世代スイッチング電源の開発」H15 電学全大, 36
- (2) 前岡・野口:「小型 10kV パルス電源の開発」H15 電学北陸支大, 34
- (3) 前岡・野口:「高電圧パルス電源の出力特性と昇圧トランスの構成に関する検討」H15 年電学全大, 4-024, 2004

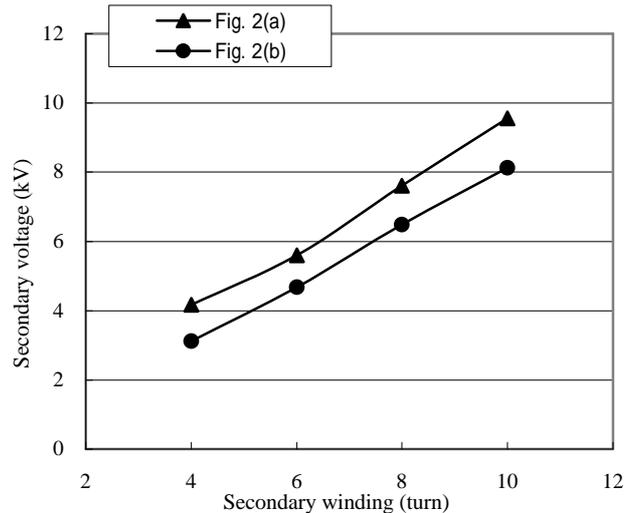


図 3 二次側電圧波高値の変化

Fig. 3. Peak secondary-voltage characteristics.

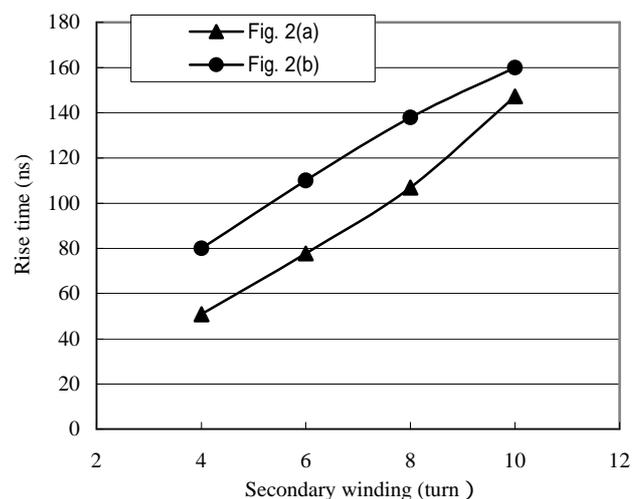


図 4 二次側電圧立ち上がり時間の変化

Fig. 4. Rise time characteristics of secondary voltage.

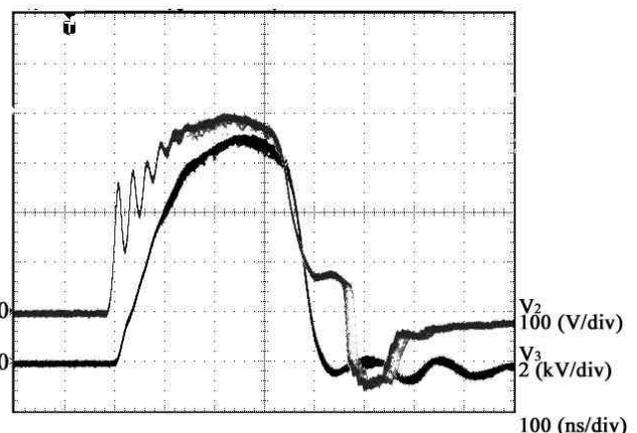


図 5 一次電圧と二次電圧の波形 (図 2(a)の場合)

Fig. 5. Primary and secondary voltages (in case of Fig. 2(a)).