

# 高周波トランス結合を有する低圧大電流直流電源の開発

石田圭一\* 野口季彦 (長岡技術科学大学)

Development of Low-Voltage and Large-Current DC Power Supply

with High-Frequency Transformer Coupling

Keiichi Ishida, and Toshihiko Noguchi (Nagaoka University of Technology)

This paper describes a low-voltage and large-current DC power supply with a high-frequency transformer coupling. The power supply is simply composed with a full-bridge inverter and an amorphous-core based transformer, of which operating frequency is 15 (kHz). In order to reduce leakage inductance and a skin effect in the transformer, a special shaped rectifier circuit and 0.2-mm-thick laminated windings are employed in the secondary circuit. As a result, 10-V-750-A output was obtained with a prototype and low reactance drop voltage was confirmed inspite of the large current and high frequency.

キーワード: 直流電源, 低圧大電流, 高周波トランス, 漏れインダクタンス

Keywords: DC power supply, low-voltage and large-current, high-frequency transformer, leakage inductance

## 1. はじめに

低圧大電流直流電源は効率の向上を追求して様々な方法が開発されてきた。しかし、その多くは降圧トランスの漏れインダクタンスによる電圧降下が大きいいため、高い効率を実現することは困難であった。このため、トランス結合部の動作周波数が 1 [kHz]程度と低く、大型のトランスを採用せざるを得なかった。トランスの小型化には一次側のインバータを高周波化することが必要であるが、二次側の直流部を含めて漏れインダクタンスを低減することが重要である。

本稿では、インバータの出力周波数を 15 [kHz]とした高周波トランス結合を有する低圧大電流直流電源について述べ、実験により 10 [V]-750 [A]の出力を得ることができたので報告する。

## 2. 主回路構成

図 1 に主回路の構成を示す。本直流電源はパルス幅制御形単相インバータと整流回路から成っており、高周波トランスによりそれらが絶縁して結合されている。インバータの出力は 15 [kHz]の矩形波で、その導通幅を変化させることによりトランス二次側で整流された直流電流の制御を行う。高周波トランスの容量は 15 [kVA]で、一次側巻線は 17 ターンで 8 並列、二次側巻線は 1 ターンで 4 並列という構成をとっている。

## 3. 動作原理および制御方法

図 2 に制御ブロック図を示す。発振回路で発生させたデューティー 50 [%], 15 [kHz]の方形波をゲート信号 1 とし、その反転波形をゲート信号 3 とする。また、ゲート信号 1 を基準に移相した方形波をゲート信号 4, その反転波形をゲート信号 2 とする。ここで、移相する量は二次側整流回路の出力電流と出力電流指令値の偏差によって調整される。

また、インバータの出力電圧にわずかでも直流分が含まれる場合、トランスが直流偏磁して大電流が流れるため偏磁補償回路が必要になる。そこで、インバータ出力電流をホール CT により検出して、その信号から得られる直流分を零とするようにインバータのゲート信号である方形波のデューティーを微調整する。

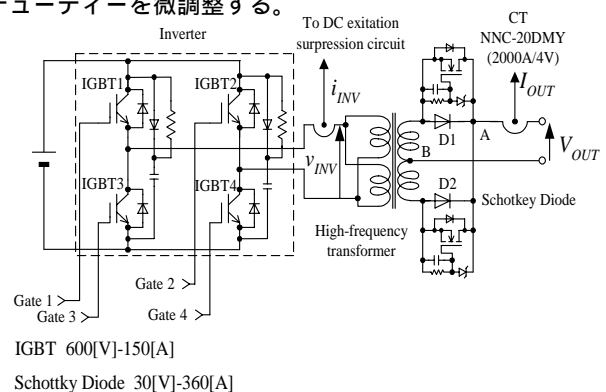


図 1 主回路構成

Fig. 1. Configuration of power circuit.

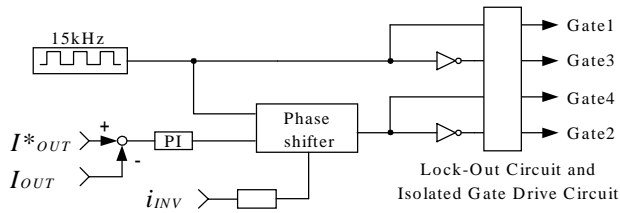


図 2 制御ブロック図

Fig. 2. Block diagram of controller.

4. 高周波トランスの構造

高周波トランスおよび二次側回路の外観を図 3 に示し、その仕様を表 1 に示す。高周波化に伴い、表皮効果の影響で巻線の表面に集中して電流が流れる。このため、巻線に薄い銅板を用い、これを並列接続することによって表皮効果および漏れインダクタンスの低減を図っている。

また、大電流が流れるため巻線間は耐熱性に優れた絶縁が必要となる。そこでポリイミドテープ（厚さ 25 [μm]、絶縁耐圧 4.0 [kV]、許容温度 180 [ ]）を銅板の両面に貼付して巻線間の絶縁を図っている。さらに、二次巻線と中間タップの接続にはネジを用いずに銀ろう付けを施すことで接点における接触抵抗を低減し電圧降下を防止している。

図 4 にトランス二次側出力用銅板の外観を示す。厚さ 10 [mm]の銅板には 8 個のショットキーバリアダイオードが接続されている。図 1 の D<sub>1</sub>、D<sub>2</sub> はこれらが 4 並列されたものである。銅板はダイオード毎に幅 1 [mm]のギャップで 8 分割されており、このギャップは出力端まで施されている。これによって、二次側出力の電流経路は可能な限り 8 並列を保つことができるので、インダクタンスの低減に更に有効である。

5. 実験結果

図 5 に実験で得られた各部波形を示す。インバータの直流バス電圧を 190 [V]、電流指令値を 750 [A]とし、0.01 [ ]の抵抗体を負荷として実験を行った。2 次側整流ダイオードの順方向電圧降下を考慮すると、同図より高周波トランスの巻数比通りの電圧が確認できる。また、漏れインダクタンスによる電圧降下の影響も波形からは見られない。

6. まとめ

本稿では 15 [kHz]の高周波トランス結合を有する低圧大電流直流電源について述べた。実験結果より大電流、高周波にもかかわらず、二次側の漏れインダクタンスによる電圧降下が小さいことが確認できた。今後は更に出力電流を増加させると同時に、トランス二次側で発生する転流重なり現象の解析とその補償法も検討する予定である。

参考文献

- (1) 中西、野口、高橋、田中：「低圧大電流直流電源並列運転法の開発」H12 年電学全大

表 1 高周波トランスの仕様

Table. 1. Specifications of high-frequency transformer.

Capacity	15 [kVA]
Core size	64 [mm] × 130 [mm] × 60 [mm]
Primary windings	Thickness 0.2 [mm], Width 20 [mm], 8 Parallel
Secondary windings	Thickness 0.4 [mm], Width 20 [mm], 12-piece laminated, 4 Parallel
Turn ratio	$N_1:N_2 = 17:1$

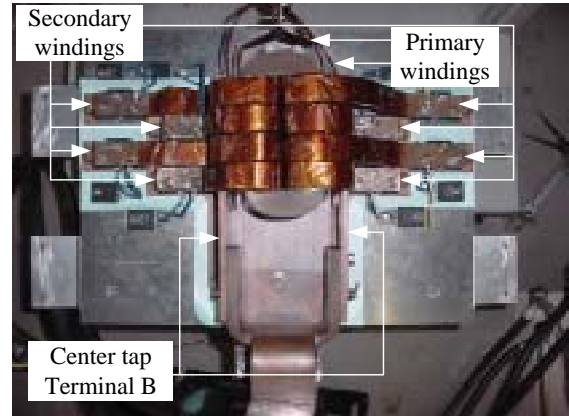


図 3 高周波トランス全体の外観

Fig. 3. Appearance of high-frequency transformer.

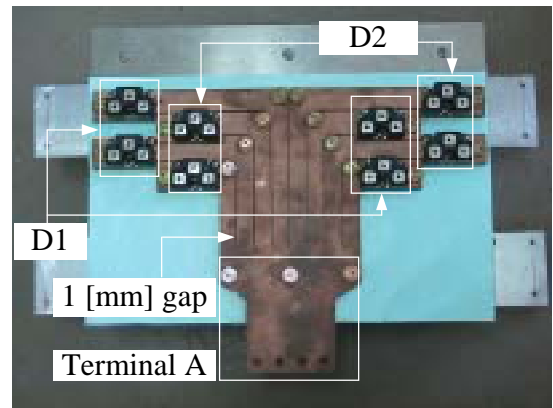


図 4 出力用銅板の外観

Fig. 4. Appearance of copper plate for output.

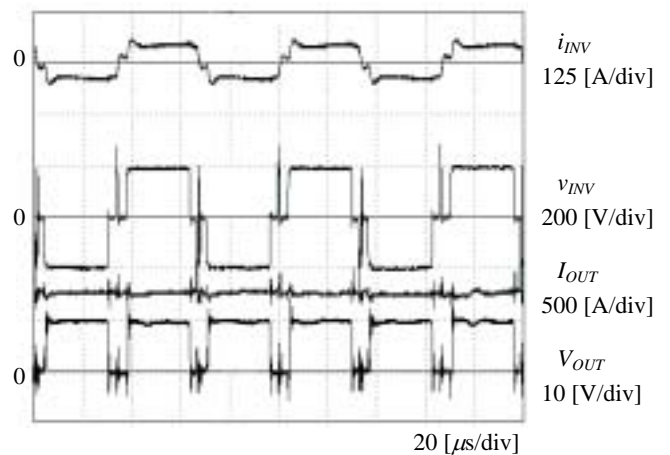


図 5 インバータおよび直流出力波形

Fig. 5. Waveforms of inverter and DC output.