

絶縁型直流電源装置

Isolated DC Power Supply

Our bidirectional non-isolated DC/DC converters (VF66CH and CH66 series) are popular in the fields of testing system for automobiles, generating equipment for distributed power source and the like as a DC power unit or a battery simulator.

However like a battery simulator, non-grounded systems require a utility frequency isolation transformer, which is a factor of increasing size and footprint of systems.

For this background, a 250 kW isolated DC power supply (DCP66-25044) has developed. For isolation between input and output of the isolated DC/DC converter, a high frequency isolation transformer is applied not only for isolation but downsizing.

Therefore the footprint is 60% smaller than a conventional system.

From the above, the product has developed achieving isolation between input and output, downsizing and smaller footprint.

上田 健吾
Kengo Ueda

高橋 圭介
Keisuke Takahashi

高橋 一樹
Kazuki Takahashi

松田 真一
Shinichi Matsuda

1. まえがき

当社は、バッテリーシミュレータ(以下「BTS」と記す)機能付き直流電源装置として、非絶縁型DC/DCコンバータVF66CH(降圧)、CH66(昇降圧)シリーズを販売し、自動車試験機、バッテリーの充放電装置、風力発電等の分散電源用発電機などさまざまな分野でご採用いただき、好評を得てきた。しかしながら、直流電源装置の非接地系要求に対しては、電源側に商用の絶縁トランスと正弦波コンバータを設けなければならないため、システムが大型化し広大な設置面積を要することが課題であった。

こうした要求に応えるため、今回、BTS機能付き絶縁型直流電源装置DCP66-25044を開発したので紹介する。

2. システム構成

2.1 特長

DCP66-25044は、電力変換部とトランス部をそれぞれ制御盤に収納した2面構成となっている。図1にBTSとして適用した電力変換部の外観(BTS盤)を、図2にトランス部の外観(TR盤)を示す。

- (1) DCP66-25044の入出力電圧としては1:1であるが、出力側にオプションのCHP66-25044を接続することで、出力電圧を変換することが可能となる。なお、CHP66-25044はCH66と同一機能を有し、BTS盤内に収納可能である。
- (2) 電力変換部は、IGBT部および冷却ファン部などそれぞれセルユニット化し、メンテナンス作業性の向上を図った。
- (3) TR盤内の絶縁トランスは、入出力電圧を高周波化することで小型化を図った。



■ 図1 BTS盤の外観
Fig.1 Appearance of the battery simulator panel



■ 図2 TR盤の外観
Fig.2 Appearance of the transformer panel

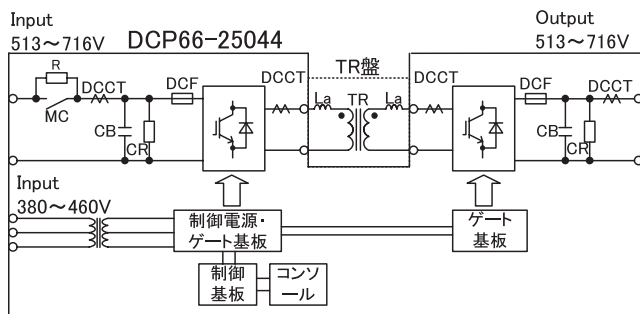
2.2 構成

DCP66-25044およびCHP66-25044の構成図を図3、図4に、仕様を表1、表2に示す。

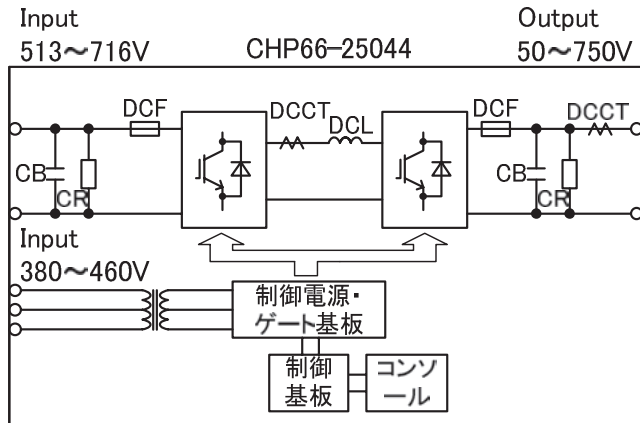
DCP66-25044はフルブリッジ回路で構成されており、入出力間は絶縁トランス(TR)で絶縁されている。入出力間の電圧は絶縁トランスの巻数比により任意に設定できるが、DCP66-25044では巻数比は1：1としている。

CHP66-25044はハーフブリッジ回路で構成された昇降圧チョッパ回路であり、DCP66-25044の出力端に接続することで、出力電圧をDC50～750Vに可変可能となる。

DCP66およびCHP66の主回路直流部のコンデンサ(CB)には、フィルムコンデンサを採用して製品の長寿命化を図っている。



■ 図3 DCP66-25044構成
Fig.3 Configuration of DCP66-25044



■ 図4 CHP66-25044構成
Fig.4 Configuration of CHP66-25044

3. 動作原理

DCP66-25044の動作原理について、図5を用いて説明する。

フルブリッジ回路のBridge1とBridge2はDuty比が50%の方形波電圧 v_1 と v_2 を出力する。伝送電力 P_D は v_1 と v_2 の位相差 δ によって決まり、その大きさは式(1)となる。電力伝送の向きは位相の遅れているBridgeへ伝送される。

■ 表1 DCP66-25044仕様
Table1 Specification of DCP66-25044

項目	仕様
型式	DCP66-25044
出力容量	250kW
定格電流	±500A(双方向)
出力電圧範囲	DC513～716V(入力電圧＝出力電圧)
電源電圧範囲	DC513～716V
制御電源	3φAC380～460V 50/60Hz
過負荷電流定格	150% 60sec
スイッチング周波数	6.0kHz
制御方式	位相シフト方式
電圧制御精度	入力電圧に対し±5%
コンソールパネル	5桁7セグメントLED
冷却方式	強制空冷
保護構造	IP2X
外形寸法	<BTS盤> W1200×H1950×D600mm(天蓋除く) <TR盤> W800×H1950×D600mm(天蓋除く)
使用環境	設置場所：屋内 周囲温度：0～40℃(盤内0～50℃) 周囲湿度：45～85%RH以下 (結露ないこと) 標高：1000m以下 雰囲気：腐食性ガス・金属粉・油・ハロゲン・DPO等の可塑剤が含まれないこと 汚染度：2以下 過電圧カテゴリ：Ⅲ以下

■ 表2 CHP66-25044仕様
Table2 Specification of CHP66-25044

項目	仕様
型式	CHP66-25044
出力容量	250kW
定格電流	±500A(双方向)
出力電圧範囲	DC50～750V
電源電圧範囲	DC513～716V
制御電源	3φAC380～460V 50/60Hz
過負荷電流定格	150% 60sec
スイッチング周波数	6.0kHz
制御方式	三角波PWM制御
電圧制御精度	平均±1.0V
出力電圧リップル	2.5Vp-p
電流制御精度	定格電流の±3.0%
コンソールパネル	5桁7セグメントLED
冷却方式	強制空冷
保護構造	IP2X
外形寸法	表1のBTS盤内に収納
使用環境	表1と同一

$$P_D = \frac{V_{dc1}V_{dc2}}{\omega L} \delta \left(1 - \frac{|\delta|}{\pi} \right) \dots\dots\dots (1)$$

$$\omega : 2\pi f \text{ [rad/s]}$$

f: スイッチング周波数[Hz]

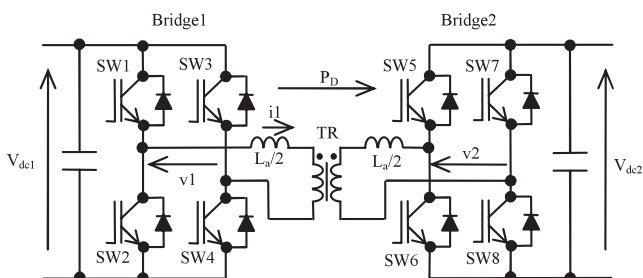
L: 外付けインダクタンス L_a と絶縁トランス(TR)の漏れインダクタンスの和[H]

図6に直流電圧 $V_{dc1} = V_{dc2}$ のときの動作波形を示す。Bridge1の電圧 v_1 が負から正に変化するときの電流 i_1 の瞬時値を I_{11} とし、Bridge2の電圧 v_2 が負から正に変化するときの電流 i_1 の瞬時値を I_{12} とすると、 I_{11} および I_{12} は式(2)、(3)となる。

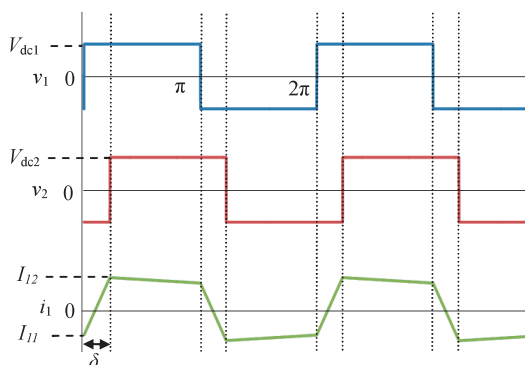
$$I_{11} = -\frac{(V_{dc1} + V_{dc2})\delta + (V_{dc1} - V_{dc2})(\pi - \delta)}{2\omega L} \dots\dots (2)$$

$$I_{12} = \frac{(V_{dc1} + V_{dc2})\delta - (V_{dc1} - V_{dc2})(\pi - \delta)}{2\omega L} \dots\dots (3)$$

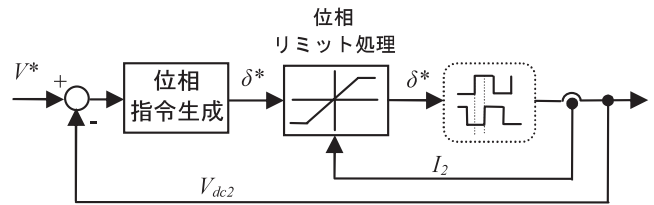
図7に制御ブロック図を示す。DCP66-25044は制御対象電圧を電圧指令どおりとなるように位相制御するもので、制御対象電圧と電圧指令の偏差から位相指令を生成する。各Bridgeに流れる電流は製品を破損しない範囲となるように位相リミット処理した位相指令にて制御する。制御対象電圧は V_{dc2} としている。



■ 図5 フルブリッジ回路図
Fig.5 Full-bridge circuit diagram



■ 図6 動作波形
Fig.6 Operation waveforms

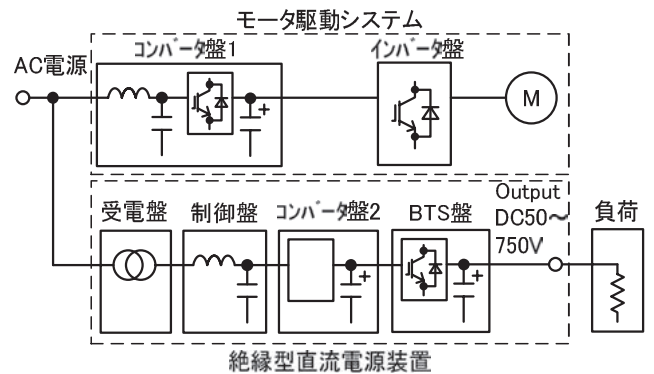


■ 図7 制御ブロック図
Fig.7 Control Block Diagram

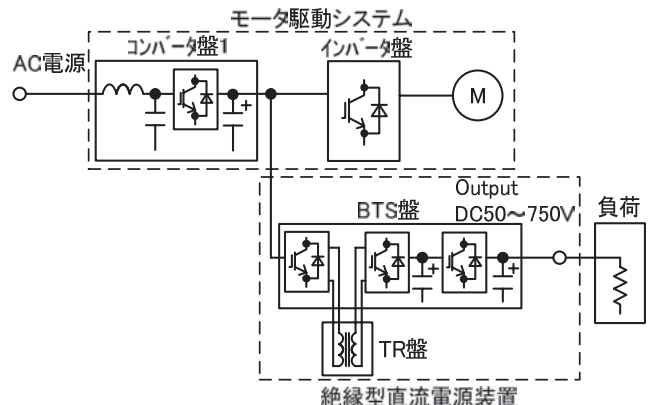
4. 適用事例

自動車試験機への適用事例を紹介する。図8に従来品構成を示す。当社における従来の構成は、図8上部に示すモータ駆動システムの電源系統と絶縁するため、絶縁トランスを収納した受電盤、フィルタやシーケンサ等を収納した制御盤、AC/DC変換のコンバータ盤2およびBTS盤の4面構成としていた。

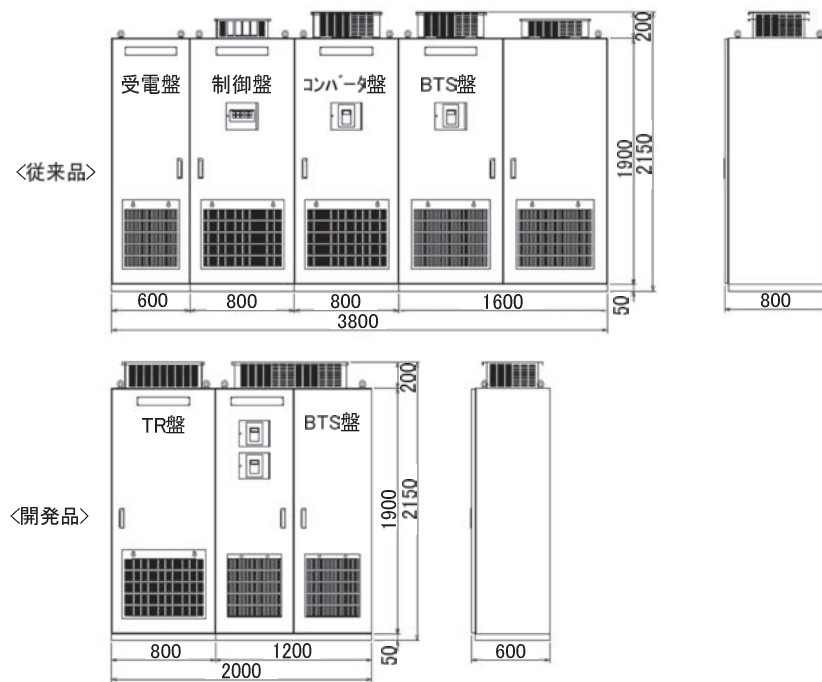
一方、図9に自動車試験機の開発品構成を示す。今回開発したDCP66-25044は入出力間で絶縁することができるため、コンバータ盤2をモータ駆動システムで使用しているコンバータ盤1と共通化することができる。また、シーケンサ等をTR盤に収納することで図9に示すBTS盤とTR盤の2面構成となり、システムの小型化および大幅な設置面積の低減が可能となった。図10に示すように、従来の設置面積比で60%の小型化を実現した。



■ 図8 従来品構成
Fig.8 Conventional project configuration



■ 図9 開発品構成
Fig.9 Developed project configuration



■ 図10 構成比較
Fig.10 Configuration comparison

5. むすび

当社では、本稿の直流電源装置をはじめ、当社の技報132号で紹介したドライブ装置およびモータを含めたシステム全体の小型化を推進しており、新たな市場要求に応えるべく、より環境にやさしく、お客さまに使い勝手のよい製品の開発に一層の努力をしていく所存である。

参考文献

- [1] 赤木, 長谷川, 中西, 北条:「双方向絶縁形DC/DCコンバータの動作と応用」東洋電機技報127号, 2013年3月, pp10-18
- [2] 上田, 松田, 山本:「500kWモータドライブ装置の小型化」東洋電機技報132号, 2015年10月, pp21-24

執筆者略歴



上田 健吾
2006年入社。産業事業部開発部に所属し、産業用インバータ装置の開発設計に従事(2015年11月)。現在、横浜製作所生産企画部に所属。



高橋 圭介
2011年入社。現在、産業事業部開発部に所属し主に産業用インバータ装置の開発設計に従事。



高橋 一樹
2007年入社。現在、産業事業部開発部に所属し主に産業用インバータ装置の開発設計に従事。



松田 真一
2005年入社。現在、産業事業部開発部に所属し主に産業用インバータ装置の開発設計に従事。