

# 500kW モータドライブ装置の小型化

## Miniaturization of 500kW Motor Drive Equipment

Motor drive inverters are used in various fields, for example automobile test, metal processing and distributed generation such as wind power generation.

As facilities become large-scaled, large capacity and small installation area equipment are required.

Toyo Denki repeated simulations and experiments, and improved cooling and downsizing technologies to meet the demands.

As a result, the small-sized 500 kW motor drive inverter equipment was productized.

Installation area of the new equipment is 50% smaller than conventional products.

上田 健吾  
Kengo Ueda

松田 真一  
Shinichi Matsuda

山本 知信  
Tomonobu Yamamoto

### 1. まえがき

当社は、モータドライブ用インバータとしてVF66シリーズを販売し、自動車用試験機、鉄鋼・金属加工装置、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。同シリーズは、単機の容量としては最大315kWまでをラインナップしており、それを超える最大容量1000kWまでは200kWまたは250kWのユニットを並列接続することにより必要な出力容量を得ている。しかしながら、この並列接続構成では大きな設置面積を要することが課題となり、設置面積の狭小化のため、大容量化と小型化が求められてきている。

こうした要求に応えるため、今回、単機容量500kWのインバータを開発したので紹介する。また、正弦波コンバータについても同容量を開発したので、あわせて紹介する。

### 2. 500kW インバータ

#### 2.1 特長

図1に、500kW インバータの外観を示す。

- (1)各相をセルユニットで構成し、単一盤に収納した。そのほか、システム構築する際のシーケンサ等も盤内に配置可能な構造とした。
- (2)大容量のIGBTモジュールを使用し、さらに冷却体として格子状のブレイジングフィンを採用することで、冷却部の小型化と冷却性能の向上を図った。
- (3)汎用インバータVF66Bをはじめ、高応答・高周波インバータVF66C、ACサーボ用インバータVF66SVインバータなど、各VF66インバータシリーズに対応可能とした。



■ 図1 500kW インバータの外観  
Fig.1 Appearance of 500kW inverter

#### 2.2 制御盤小型化

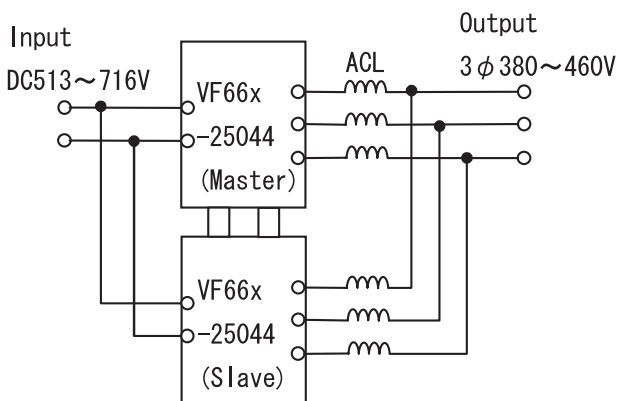
当社における従来の500kW インバータは、図2に示すように、250kW インバータを並列運転させる構成としていた。各インバータ出力のバランスを保つため、各インバータの出力電流から検出される不平衡電流が零となるように、IGBT

のデッドタイムを調整する制御を行い、さらにIGBTスイッチングによるインバータ間の横流および不平衡電流を抑制するため、インバータ各相出力に交流リアクトル(ACL) [計6個]を設けていた。

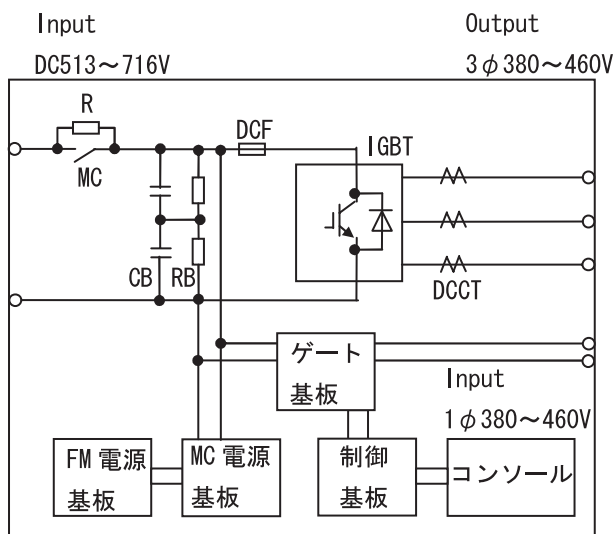
この並列構成を見直し、図3に示す構成の単機500kWインバータを設計した。このため、IGBTゲート信号を調整するための制御基板やケーブル、および交流リアクトル(ACL)が不要となり、小型化を図った。従来の並列構成インバータ設置面積比で50%の小型化を実現した。

### 2.3 制御盤内冷却構造

制御盤内体積の分析の結果、空間の体積占有率が大きく、制御盤小型化実現のためには、部品点数を削減し、銅ブスバーの省配線化によるフラット構造化が必要であった。また、パワーデバイス以外にコンデンサ、電磁接触器、制御装置などの発熱部品を高密度に実装するため、効果的な盤内冷却が必要となる。



■ 図2 従来のインバータの構成  
Fig.2 Construction of a conventional inverter



■ 図3 500kW インバータの構成  
Fig.3 Construction of 500kW inverter

■ 表1 500kW インバータ仕様  
Table1 Specification of 500kW inverter

項目	仕様	
型式	PP66x-50044 (x : B, C, SV)	
適用モータ容量	500kW	
定格出力電流	920A	
最大出力電圧	AC380 ~ 460V(入力電圧に対応)	
入力電圧	DC513 ~ 716V	
過負荷耐量	150% 60sec	
スイッチング周波数	B	1 ~ 6kHz
	C	6 ~ 10kHz
	SV	2 ~ 10kHz
出力周波数範囲	B	(誘導モータ) 0.1 ~ 400.0Hz (EDモータ) 0 ~ 1000Hz
	C	(EDモータ) 0 ~ 1500Hz
	SV	(誘導・EDモータ) 0 ~ 1500Hz
保護機能	出力過電流, 直流過電圧, IGBT過熱, IGBT保護動作, 冷却ファン異常など	
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	W1000×H1950×D800mm(天蓋除く)	
使用環境	設置場所: 屋内 周囲温度: 0 ~ 40℃ 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	

制御盤の構造設計においては、熱シミュレーションを行い、部品配置や配線など最適化したシンプルな構造の冷却ファン送風経路で、盤内の気流循環が良く行えるようにした。

### 3. 500kW 正弦波コンバータ

#### 3.1 特長

図4に、500kW 正弦波コンバータの外観を示す。

- (1)インバータ同様、各相をセルユニットで構成し、単一盤に収納した。また、入力のフィルタ(交流リアクトル(LF)、コンデンサ)およびシーケンサ等も盤内に配置可能な構造とした。
- (2)従来のVF64Rと同様の制御方式である当社独自の制御方式(瞬時ひずみ最小化PWM変調方式)により、電源高調波を大幅に抑制することができ、電流総合歪率は5%以下を達成している(定格負荷運転時)。
- (3)電源力率は定格負荷運転時で99%以上、30%以上の負荷時でも95%以上となり、電源設備容量の低減が可能となる。

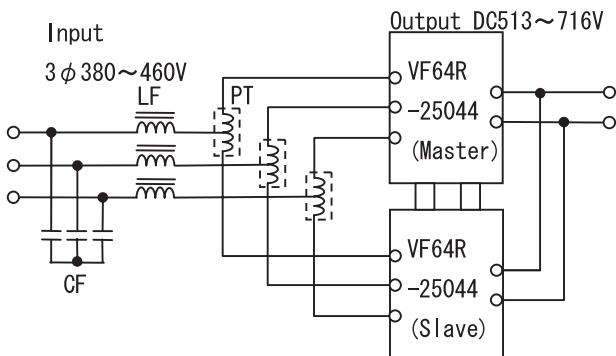


■ 図4 500kW 正弦波コンバータの外観  
Fig.4 Appearance of 500kW sinusoidal wave converter

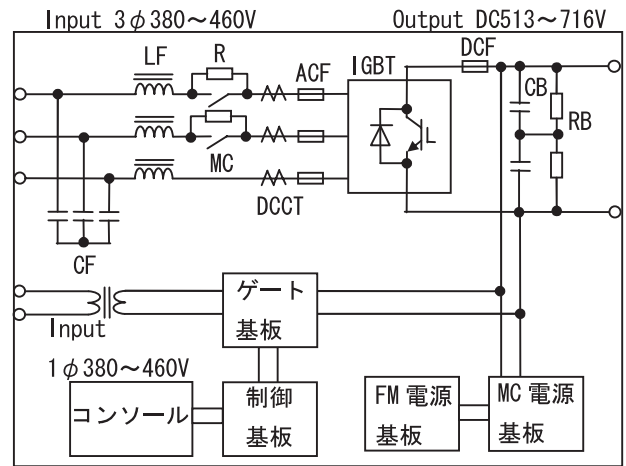
3.2 小型化

当社における従来の500kW 正弦波コンバータは、図5に示すように、インバータ同様250kW 正弦波コンバータを並列運転させる構成としていた。各正弦波コンバータの出力電流のバランスを保つために、正弦波コンバータ出力は各相バランスリアクトル(PT) [計3個]を介して結合していた。バランスリアクトル(PT)は、IGBTのコレクタエミッタ間電圧の違いや、スイッチングタイミングの差により、正弦波コンバータ間に電圧差が生じ、バランスリアクトル巻き線間の相互誘導電圧が電流に差が生じることを抑制する。

この並列構成を見直し、図6に示す構成の単機500kW 正弦波コンバータとして設計した。このため、バランスリアクトル(PT)および並列運転の制御基板やケーブルが不要となり、小型化を図った。従来の並列構成正弦波コンバータ設置面積比で40%の小型化を実現した。



■ 図5 従来の正弦波コンバータの構成  
Fig.5 Construction of a conventional sinusoidal wave converter



■ 図6 500kW 正弦波コンバータの構成  
Fig.6 Construction of 500kW sinusoidal wave converter

■ 表2 500kW 正弦波コンバータ仕様  
Table2 Specification of 500kW sinusoidal wave converter

項目	仕様
型式	PP64R-50044
適用インバータ容量	500kW
直流出力電圧	DC600 ~ 716V 可変
入力電源電圧	三相3線AC380 ~ 460V±10% 50/60Hz
入力力率	0.99%以上(定格負荷時) 0.95%以上(負荷30%以上時)
過負荷耐量	定格電流の150% 60sec
スイッチング周波数	6.0kHz
高調波含有率	電流総ひずみ率：5.0%以内 (定格負荷時, 40次まで) 各次高調波：3.0%以内
制御方式	PWMコンバータ 瞬時ひずみ最小化PWM変調方式
直流出力電圧制御	2種類を切替え可能 1. 電源電圧によりスライド 2. 定電圧設定
保護機能	出力過電流, 出力過負荷, 直流過電圧, IGBT過熱, IGBT保護動作など
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	W1200×H1950×D800mm(天蓋除く)
使用環境	設置場所：屋内 周囲温度：0 ~ 40℃ 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

4. むすび

当社では、本稿の大容量化・小型化技術をベースにドライブ装置をはじめ、モータも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。

最後に、本製品開発および評価試験を実施するにあたり、ご協力いただいたすべての方々に対して感謝申し上げます。

#### 参考文献

- [1] 中西, 北条, 萩原, 山本:「VF66B小容量機シリーズ」東洋電機技報117号, 2008年3月, pp.24-28
- [2] 北条, 大森, 田中, 石内:「高応答・高周波インバータ(VF66C)のトルク応答特性」東洋電機技報123号, 2011年3月, pp.16-24
- [3] 高橋, 大森, 鬼塚, 小谷:「大容量ACサーボの開発」東洋電機技報123号, 2011年3月, pp.25-30
- [4] 「PWM正弦波コンバータVF64R」東洋電機技報117号, 2008年3月, pp.34-35

#### 執筆者略歴

---



上田 健吾

2006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。



山本 知信

2003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。  
電気学会会員。