

ユーザの多様なニーズに応える水冷式高圧大容量インバータ「FRENIC4800VM6」

“FRENIC4800VM6” Medium-Voltage High-Capacity Inverter with Water-Cooling System Designed to Meet Various User Needs

宮下 勉 MIYASHITA, Tsutomu

中村 暢佑 NAKAMURA, Yosuke

岩元 麗之 IWAMOTO, Kazuyuki

プラントの主要設備である大容量インバータを更新する際には、高い制御機能に加えて充実したユーザ支援機能が、ユーザが製品を選択する上で重要な判断基準となっている。水冷式高圧大容量インバータ「FRENIC4800VM6」は、従来機種に比べて出力周波数の拡大やプラント制御機能の向上を図ったことにより、高品質・多品種製品の生産や歩留りの向上を実現する。また、これまで高度な技量と多くの人手を必要としていた保全作業を省力化し、プラント全体の安定操業に貢献するため、大型プログラマブル操作表示器を採用するとともに、ロードシステムなどのユーザ支援機能を刷新した。

When revamping high-capacity inverters used as major equipment in plants, customers place a heavy emphasis on products that incorporate advanced control function and fulfilling user support tools. The “FRENIC4800VM6” medium-voltage high-capacity inverter with water-cooling system was designed to enhance plant control function and expand output frequency over previous products to achieve better productivity and yield for a wide range of high-quality products. Furthermore, featuring a large programmable operation display and renovated user support functions such as a loader function, the inverter helps users reduce the amount of sophisticated and labor-intensive maintenance work, while also contributing to the overall stability of plant operations.

① まえがき

近年、プラント全体の生産性の向上やダウンタイムの短縮を図るため、古い設備の合理化や集約が進んでいる。プラントの主要設備である大容量インバータを更新する際には、高い制御機能に加えて充実したユーザ支援機能が、ユーザが製品を選択する上で重要な判断基準となっている。

このようなユーザの要求に応えるため、2011年に発売したプラント用大容量インバータ「FRENIC4800VM5」を進化させ、このたび「FRENIC4800VM6」を開発した。

本稿では、制御機能を向上し、ユーザ支援機能を刷新した水冷式高圧大容量インバータ「FRENIC4800VM6」について述べる。

この中で、ハイエンドモデルである FRENIC4800VM6 は、鉄鋼・非鉄の大型圧延機、大型プロワ、ポンプ、風洞試験設備などの電動機の駆動に使用される水冷式高圧大容量インバータである。FRENIC4800VM6 は、従来機種の FRENIC4800VM5 に比べて出力周波数の拡大やプラント制御機能の向上を図ったことで、高品質・多品種製品の生

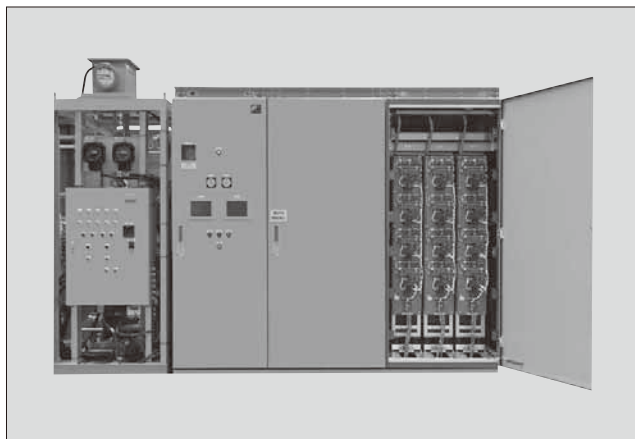


図2 「FRENIC4800VM6」の盤の外観

② 「FRENIC4800VM6」の概要

図1に富士電機のプラント用インバータの製品ラインアップを示す。適用分野に適した3種類の出力電圧で、10kVAから26,000kVAまでの幅広い容量範囲をカバーしている。

シリーズ名	特 徴	出力電圧 (V)	容量範囲 (kVA)			
			10	100	1,000	10,000
FRENIC4000VM5	プラント用ベクトル制御インバータ	400				5,400
FRENIC4000FM5	プラント用 V/f 制御インバータ	400			900	
FRENIC4400VM6	大容量ベクトル制御インバータ	800				8,000
FRENIC4800VM6	水冷大容量高圧ベクトル制御インバータ	3,300				26,000

図1 プラント用インバータの製品ラインアップ

表1 「FRENIC4800VM6」の電気仕様

項目	仕様			
構成 (多重)	単機	2多重	3多重	4多重
コンバータ容量 (MW)	6.0	12.0	18.0	24.0
インバータ容量 (MVA)	6.6	13.2	19.8	26.4
電圧	入力3.1 kV 3φ 50/60Hz, 出力3.3 kV			
過負荷耐量	150% 1分間			
駆動電動機	誘導機, 同期機			

産や歩留りの向上を実現する。また、これまで高度な技量と多くの人手を必要としていた保全作業を省力化し、プラント全体の安定操業に貢献するため、大型プログラマブル操作表示器を採用するとともに、ロードシステムを刷新した。FRENIC4800VM6の盤の外観を図2に、電気仕様を表1に示す。

3 制御機能の向上

3.1 出力周波数の拡大

FRENIC4800で使用している高耐圧IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) モジュールのスイッチング周波数を上げると損失が大きくなるので、従来機種のFRENIC4800VM5では、インバータの最高出力周波数を15Hzに制限していた。FRENIC4800VM6では、キャリア位相と出力電圧の位相を同期させる同期PWM (Pulse Width Modulation) 制御を搭載することでスイッチング周波数を低減し、インバータ容量を低減することなく最高出力周波数を業界トップレベルの100Hzまで拡大した。

図3に、インバータ出力周波数による線間電圧の違いを示す。インバータ出力周波数が15Hzを超えると同期PWM領域となる。同期PWM領域では最大スイッチング周波数を超えないようにスイッチング回数を減らしている。

また、過変調領域まで同期PWM制御を使用することで、インバータ出力電圧を従来機種の3.1kVから3.3kVに上げることができる。これにより、盤外形寸法を変えずに単機容量を従来機種の6.2MVAから6.6MVAに拡大している。水冷装置を除いたコンバータとインバータ単機構成での盤の外形寸法は、従来機種と同じW2,800×D1,650×H2,400 (mm)である⁽¹⁾。

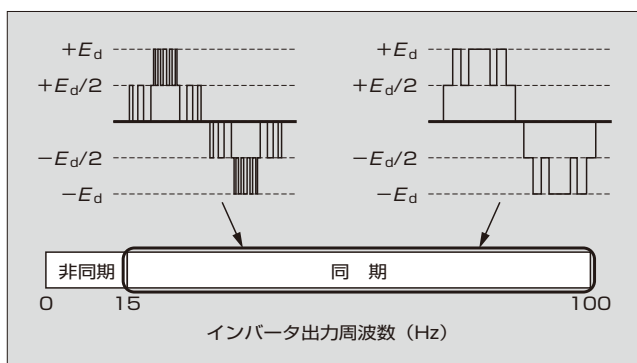


図3 インバータ出力周波数による線間電圧の違い

3.2 プラント制御機能の向上

FRENIC4800VM6は、オプションでドライブ装置間の通信用にPROFIBUS^{〈注1〉}通信カードを搭載することが可能である。また、PROFIdrive^{〈注2〉}通信フォーマットを採用しているため、富士電機製のドライブ装置だけではなく、PROFIdriveに対応する他社製のドライブ装置とも比較的容易に通信ができる。さらに、これまでプラントを制御するための複雑な機能は、ドライブ装置に接続される上位のプログラマブルコントローラ (PLC) に搭載されていた。この複雑な機能をFRENIC4800VM6に搭載することで、上位PLCを介することなくドライブ装置間で直接プラント制御が行えるので、高速・高精度な制御が可能になった。

ドライブ装置間のプラント制御の一例として、タンデムに配置された圧延機間の圧延材に生じる張力を抑制する制御（無張力制御）のシステム構成を図4に示す。一般に2台の圧延機によって同時に圧延するタンデム圧延において、2台の圧延機のロール周速差によって圧延材に張力が発生すると製品の形状に悪影響を及ぼす。そこで、圧延材にかかる張力を抑制することが圧延機の制御に求められる。

図4の例では、FRENIC4800VM6は垂直圧延機を駆動するドライブ装置で、水平圧延機を駆動するドライブ装置から水平圧延機の回転速度やトルク検出値などを、PROFIBUS経由で直接受信する。FRENIC4800VM6は、これらの値とロードセルからアナログ入力された圧延荷重を用いて、圧延材に生じる張力を抑制するように垂直圧延

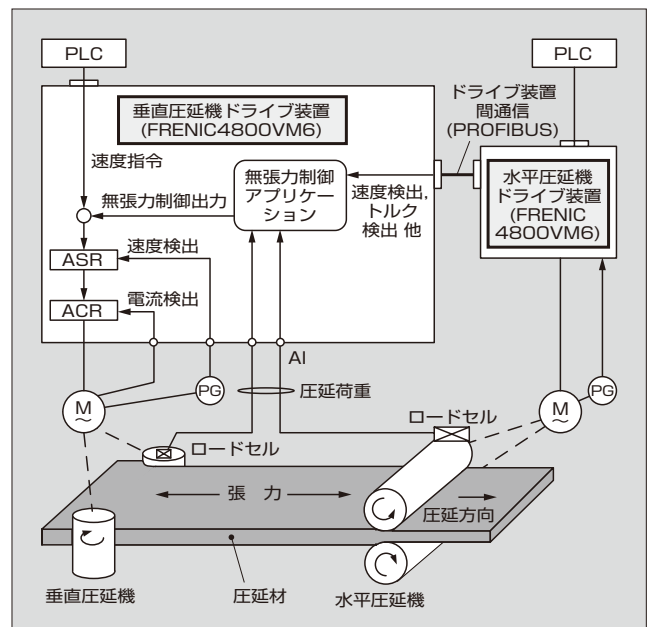


図4 ドライブ装置によるプラント制御のシステム構成例

〈注1〉 PROFIBUS : PROFIBUS User Organization の商標または登録商標

〈注2〉 PROFIdrive : PROFIBUS User Organization の商標または登録商標

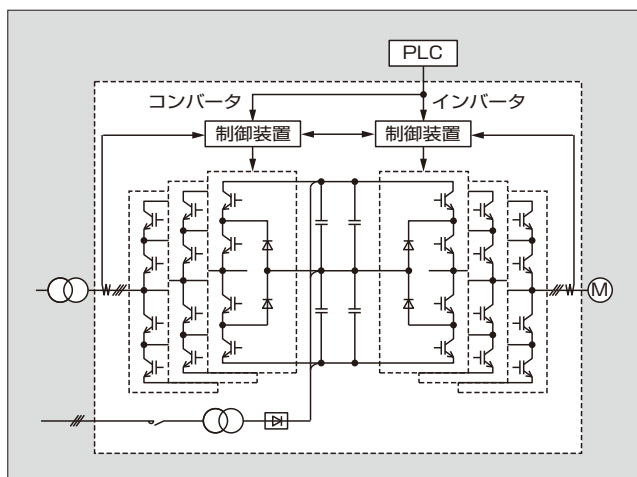


図5 「FRENIC4800VM6」の装置構成

機の回転速度を補正する。ここで、上位PLCは2台のドライブ装置に対してライン速度設定値を送信しているだけで、無張力制御には関係していない。

一方、無張力制御をFRENIC4800VM6ではなく上位PLCで行う場合は、上位PLCが垂直圧延機および水平圧延機それぞれのドライブ装置から制御に必要なデータを受信し、それを基に算出した回転速度の補正値をドライブ装置に送信する。上位PLCとドライブ装置間の通信時間が余分にかかるため、FRENIC4800VM6で無張力制御を行う場合に比べて制御応答を上げられないので、圧延材にかかる張力を俊敏に抑制できないという問題があった。

3.3 CIリンクとコンバータの制御伝送の拡充

従来機種のFRENIC4800VM5では、上位PLCはPROFIBUSなどの伝送ケーブルでインバータとは直接接続できるが、コンバータとは直接接続できなかった。このため、コンバータの情報はインバータとコンバータ間の光伝送ケーブル（CIリンク）でインバータに送られ、上位PLCへはインバータを介して送信されていた。しかしながら、CIリンクではコンバータからインバータに送信できる情報量が限られていたため、追加で必要な情報はハードワイヤなど別の信号線で伝える必要があった。

図5にFRENIC4800VM6の装置構成を示す。FRENIC4800VM6では上位PLCとコンバータを伝送ケーブルで直接接続でき、上位PLCはコンバータの詳細な情報を受信することが可能になった。これにより、ハードワイヤの削減が可能になり、保全作業の省力化にもつながる。

4 ユーザ支援機能の拡充

4.1 大型プログラマブル操作表示器の採用

インバータやコンバータの設定・運転・監視・保守の各種操作は、盤面のタッチパネルから行う。従来機種のFRENIC4800VM5では、4桁のLEDモニタと最大5行×13文字が表示可能な液晶モニタが付いた小型タッチパネルであった。FRENIC4800VM6では、8.4型のプログラマ

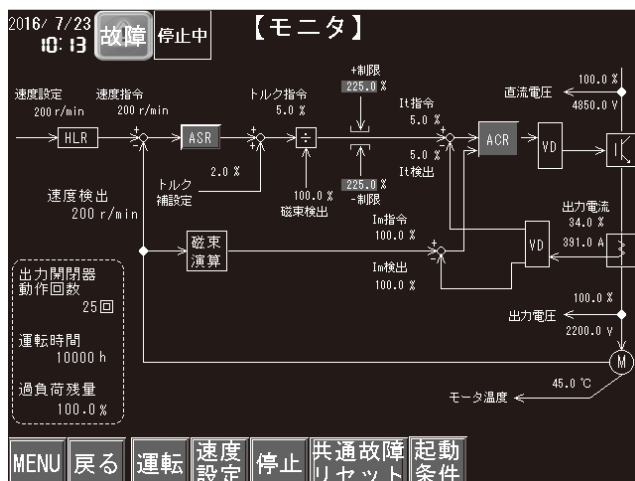


図6 モニタ画面（インバータ側）

ブル操作表示器を採用したので、視認性と操作性が大幅に向上している。また、従来の小型タッチパネルでは十分にできなかった詳細な表示を行うことができ、取扱説明書に頼らない直感的な操作を可能にした。プログラマブル操作表示器はインバータ用とコンバータ用の2台を備えている。

大型プログラマブル操作表示器の採用により、以前から向上した機能、または新たに追加した主な機能（画面）は次のとおりである。

(1) モニタ画面

インバータやコンバータの簡易制御ブロック図上に、各種指令値や検出値をリアルタイムに表示する。インバータやコンバータの運転状態を一目で確認でき、運転・停止やパラメータ変更などの操作を行うことができる。また、運転時間や有寿命部品の使用状況などの保全情報も同一画面上に表示できる。図6にインバータのモニタ画面を示す。

(2) 故障履歴画面

従来機種のFRENIC4800VM5では40件であった故障の発生履歴（故障要因と発生日時）を、FRENIC4800VM6では発生順に100件まで表示し、過去にさかのぼって確認できる。また、画面内のボタンをタッチすることで、各故障の内容・原因・処置のガイダンスを確認できる。

(3) トリップデータ画面

故障発生時の内部データ（制御データ）の記録と表示が可能なので、PCやデータ収集装置がなくても故障発生時の状況を即座に確認できる。

(4) ドキュメントファイル表示機能

インバータの取扱説明書や制御ブロック図などのドキュメントを大型タッチパネルに表示できるので、保守作業のペーパーレス化を支援する。

4.2 ロードシステムの刷新

大規模プラント設備では、数百台のインバータが設置されていることも珍しくはない。保守作業においては、パソコンローダを使用して全てのインバータの状態を監視していくことが必要である。しかしながら、従来のパソコンローダ（1:1ローダ）は一度に1台のインバータしか接

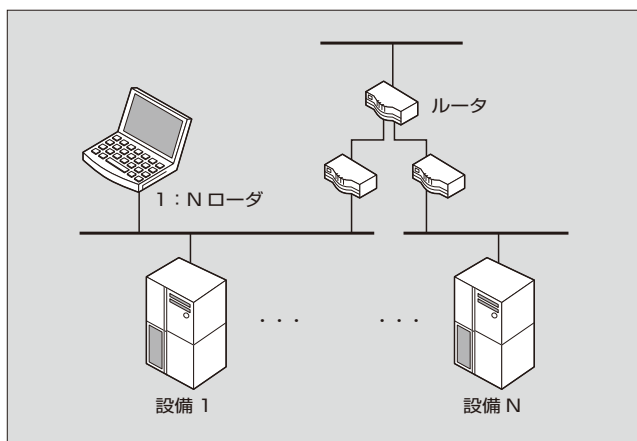


図7 1:Nローダのネットワーク構成

続できないため、インバータの台数が多い場合、その保守作業は多くの人手と時間を必要とし、ユーザにとって大きな負担となっていた。また、インバータのデータ管理も煩雑であった。

今回開発したパソコンローダ（1:Nローダ）は、複数台のインバータを同時に保守作業できるように、図7のようなネットワーク構成とした。

1:Nローダとインバータの接続にEthernet（注3）を採用することで、物理的な距離に関係なく同一ネットワーク内に接続されている複数台のインバータを同時に操作・監視できるようになった。1:Nローダの特徴を次に示す。

(1) 監視機能

接続している全てのインバータの運転状態と故障状態を一元監視することが可能である。

(2) 比較機能

接続している各インバータの設定パラメータをローダ上で比較することが可能である。

(3) 管理機能

接続しているインバータ内部に保存されている情報（設定、故障履歴、トレース）を一括で保存（管理）すること

が可能である。

1:Nローダは、1:1ローダが持っていた機能をそのままに複数台のインバータを同時に接続できるようになったため、ユーザの保守作業の労力を大幅に削減することが可能である。

⑤ あとがき

従来機種に比べて、制御性能やユーザ支援機能を大幅に向上させた水冷式高圧大容量インバータ「FRENIC4800VM6」について述べた。富士電機のプラント用インバータのハイエンドモデルとしてさらなる機能の向上を推進し、適用分野の拡大を図っていく所存である。

参考文献

- (1) 木谷昌史ほか. 水冷大容量高圧インバータ「FRENIC 4800VM5」. 富士時報. 2012, vol.85, no.3, p.210-214.



宮下 勉

電動応用プラントのエンジニアリング業務に従事。現在、富士電機株式会社パワーエレクトロニクス事業本部プロセスオートメーション事業部技術第一部主査。



中村 暢佑

産業用インバータの製品開発に従事。現在、富士電機株式会社パワーエレクトロニクス事業本部開発統括部パワーエレクトロニクス開発センター駆動機器開発部。



岩元 麗之

電動応用プラントの設計に従事。現在、富士電機株式会社パワーエレクトロニクス事業本部エンジニアリング統括部システム技術センターオートメーション技術部。

〈注3〉 Ethernet：富士ゼロックス株式会社の商標または登録商標



＊本誌に記載されている会社名および製品名は，それぞれの会社が所有する
商標または登録商標である場合があります。