高性能ベクトル制御インバータ「FRENIC5000VG7S」の制御技術

市中　良和（いちなか　よしかず）　山田　達也（やまだ　たつや）　宮下　勉（みやした　つとむ）

1　まえがき

富士電機の高性能ベクトル制御インバータ「FRENIC 5000VG7S」シリーズ（VG7S）は，顧客ニーズに合わせて，エレベータ，クレーン，巻取機など用途ごとの特別仕様品として採用いただいていることが多い。従来は専用のコントローラや可変速駆動装置が使われてきた分野においても，低価格化の要求を背景にして，VG7S などの汎用インバータのシステムをカスタマイズして適用するケースが年々増加してきている。

本稿では，VG7S の特徴である，誘導機から同期機，直流機まで駆動できる制御技術と，柔軟性のあるディジタル制御システム技術を生かした応用例に加え，プログラマブル機能を備えたオプションカード「OPC-VG7-UPAC（User Programmable Application Card）」（UPAC）を利用したアプリケーション実施例についても紹介する。

2　電源装置への応用

2.1　フライホイール式電源バックアップ装置

フライホイール式電源バックアップシステム仕様のインバータを納入した。本システムは**図1**のように構成し，次の特徴がある。

(1)　電動機の 100 倍を超える慣性を持つフライホイールを高速かつ安定に速度制御し，待機中は電動機効率を最大化する制御により消費電力を抑えている。

(2)　停電検出で AVR（Automatic Voltage Regulator）制御に切り換え，150 %負荷時の停電でも過渡的な電圧低下を抑えた商用給電を行う。

無停電電源装置（UPS）に本システムを適用すると，鉛バッテリーフリーとなり，特定有害産業廃棄物処理が不要となることや，大容量化に際してバッテリーに比べ相対的にコストが下がるメリットがあり，需要拡大が期待されている。

図2に 20 kW 150 %負荷時の停電後の動作を示す。また，**図3**に停電中のバックアップ動作時の負荷変動挙動（100 %負荷）と復電後の挙動を示す。復電後にトルクが変動しているのは，速度を拾い込んだ後の大きな慣性体の速度を一定にする過渡変動である。

2.2　動力エネルギー回生装置

図4に動力エネルギーを有効に活用するためのシステムへの適用例を示す。

図1　フライホイール式バックアップシステムの概要

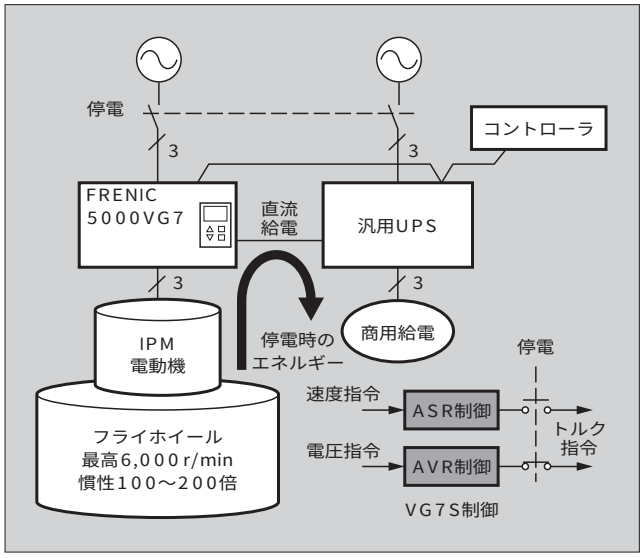
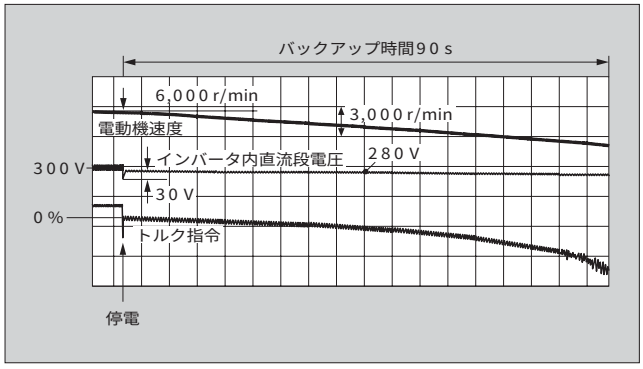


図2　停電時のバックアップ動作（20 kW，150 %負荷）



市中　良和

可変速駆動装置の開発，設計に従事。現在，神戸工場可変速設計部。

山田　達也

可変速駆動装置の開発，設計に従事。現在，神戸工場可変速設計部。

宮下　勉

産業・船舶用電動力応用システムの企画・設計業務に従事。現在，東京システム製作所電力システム装置部。

図３　停電中の負荷変動と復電動作（20 kW，100 %負荷）

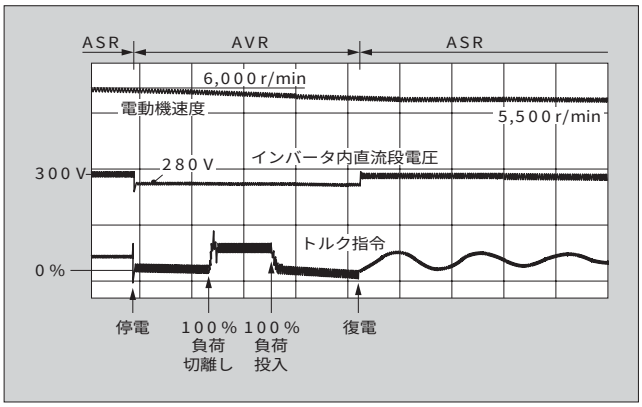
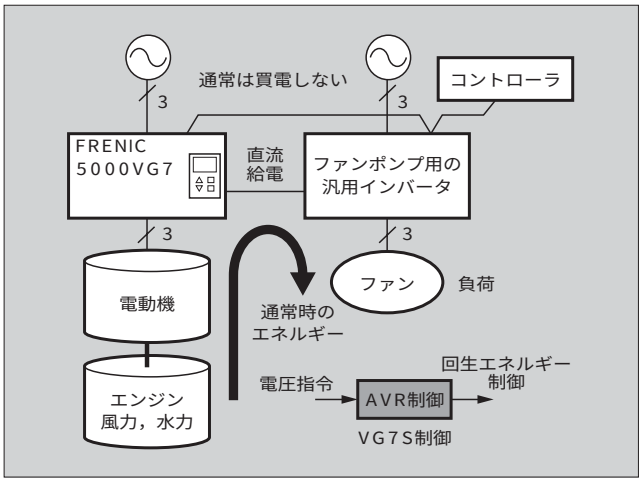


図４　動力エネルギー回生システム



本システムはエンジンや風力，水力などの余剰な動力エネルギーを電気エネルギーに変換して，ファンやポンプなどの負荷に供給するもので，次のような特徴がある。

(1)　エネルギーを，電動機を介して常に回生できるように電圧制御を行う。

(2)　システムとして買電を避けるため，負荷が動力エネルギー×総合効率（機械，電動機，インバータ効率）を上回らないようにコントローラが監視する。

3　変速機試験装置への応用

3.1　試験装置の概要

本システムは，車体慣性とエンジンの動きを電動機によって模擬するもので，次の特徴がある。

(1)　エンジンが発生する複雑な振動パターンを再現できる機能（振動模擬機能）により，実際に近い環境で試験ができる。

(2)　電気的に電動機の慣性を変えることができる機能（慣性模擬機能）により，慣性が固定である従来のフライホイール（機械慣性）に比べ多様な試験が行え，加速・減速工程の時間短縮が図れる。

図５に今回納入した変速機試験装置の概要を示す。

出力軸電動機が車体慣性を模擬し，入力軸電動機がエンジンを模擬するシステムである。

図５　変速機試験装置の概要

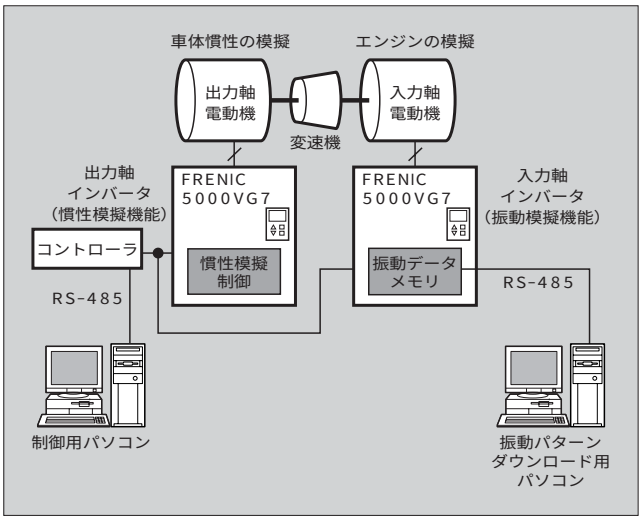


図６　エンジン計測データの周波数スペクトル

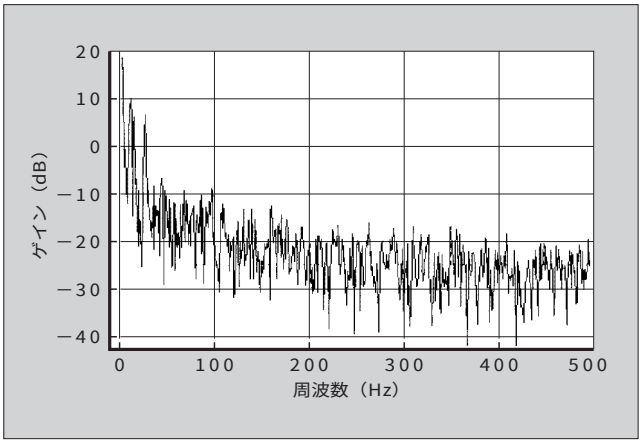
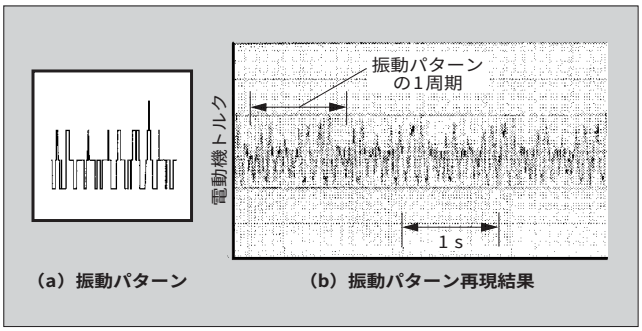


図７　振動模擬結果



3.2　振動模擬

図６は，実際のエンジン計測データを高速フーリエ変換した結果である。模擬する周波数帯域を最大 500 Hz とし，このデータから振動パターンを作成している。

図７に，**図６**の周波数スペクトルで表される振動パターンをダウンロードし，振動模擬を行った結果を示す。**図７**(a)がダウンロードした１秒間の振動パターン（エンジン計測データ）で，同図(b)がその繰返し再現結果である。

図８　慣性模擬の制御ブロック図

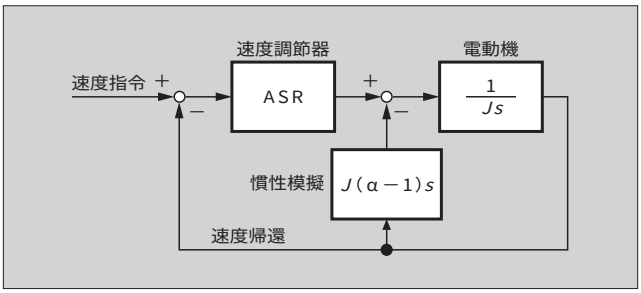
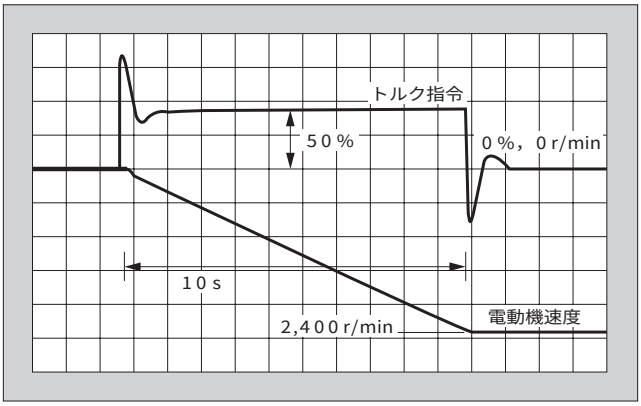


図９　慣性模擬結果（α＝２）



3.3　慣性模擬

慣性模擬の制御ブロック図を**図８**に示す。

慣性模擬とは電動機の速度応答が模擬したい慣性の場合と同一になるようにするもので，電動機速度帰還の時間変化率に，電動機＋機械慣性（J）と係数（**α**－１）を乗じて演算したトルクを速度調節器（ASR）出力に加算（減算）することで実現している。設定操作は次のように行う。

○ **α**＝１：電動機＋機械慣性のみ
○ **α**＜１：電動機＋機械慣性よりも小さい慣性を模擬
○ **α**＞１：電動機＋機械慣性よりも大きい慣性を模擬

図９に慣性比**α**＝２の場合の加速結果を示す。100％のトルクで2,400 r/min まで加速させた場合，**α**＝１では５s で加速するところ，２倍の慣性を模擬しているためにほぼ２倍の時間（10 s）で加速することになる。

4　クレーン装置への応用

4.1　同期位置制御

クレーン巻上装置用インバータを納入した。本システムは巻上装置２台で上下搬送するシステムであり，次の特徴がある。

(1)　２台の電動機のパルス列同期制御に，巻上ロープの伸びなどで生じる位置ずれを補正するため，各巻上装置の機械部にセンサを設け，２台の位置関係をリアルタイムに自動補正する。

(2)　位置補正量は電源オフでも記憶されており，同期位置を保持することができる。

図10　クレーン巻上装置の構成例

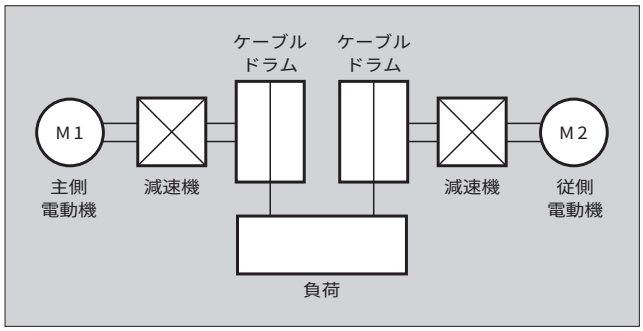


図11　トレースバックシステムの概要

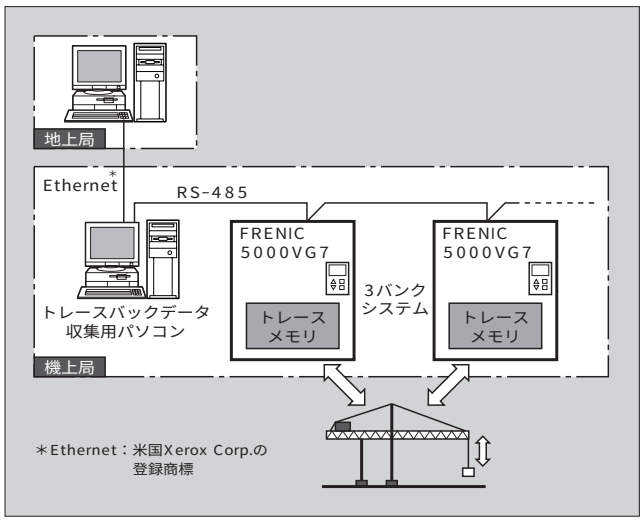


表１　トレースバック条件

項　目	単位	最小値	最大値
バ　ン　ク　数	──	1	3
サンプリング時間	ms	1	10
全　計　測　時　間	ms	500	1,500
トリガ前計測時間	ms	0	1,500

図10にクレーン巻上装置の構成例を示す。

4.2　トレースバックシステム

港湾用クレーンの稼動状態を監視し異常時のデータ解析を支援するトレースバックシステムを納入した。本システムは，VG7S と UPAC，パソコンから構成され，次の特徴がある。

(1)　地上局と機上局からなるシステムで，地上局に設置されたパソコンから機上局にある複数台の VG7S の稼動状態を一括監視できる。

(2)　異常発生をトリガにして各種データが自動保存される。パソコンは異常発生時にだけ接続すればよい。

図11にトレースバックシステムの概要を示す。

トレースバックできるデータは，速度設定，速度検出，電動機出力など 20 項目の中から最大８項目を選択できる。また，**表１**のトレースバック条件を設定することでさまざ

図12　ワードレオナードシステム構成例

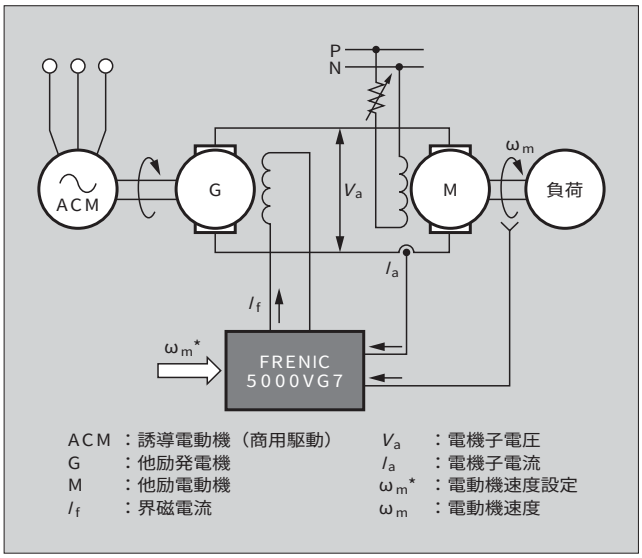
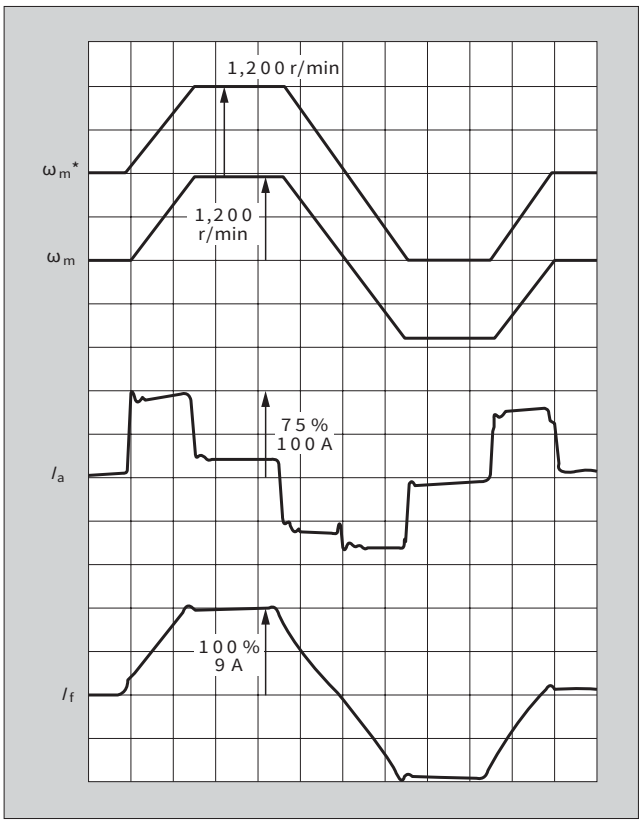


図13　運転データ



まな用途に応じたトレースバックを実現できる。

5　直流機駆動への応用

ワードレオナード方式は直流電動機の電圧制御として古くから用いられているものである。**図12**にシステム構成例を示す。ここでは，他励電動機（M）に他励発電機（G）を電気的に接続し，誘導電動機（ACM）と直結しているGの界磁電流（I_f）をVG7Sで調節することにより，電機子電流（I_a）を操作して電動機のトルクを制御している。さらに，電動機速度（ω_m）フィードバックにより速度制御を行っている。本システムは旧システムからの置換えのために納入したものである。

図13は実際の組合せにて定格速度まで加減速運転したときの動作を示す。電動機速度設定（ω_m^*）によりI_aとI_fが立ち上がる。I_fはω_mに応じて電機子電圧（V_a）を発生させるように制御されており，I_aは電動機の加減速パターンに沿って制御されている。

6　あとがき

以上，高性能ベクトル制御インバータFRENIC5000VG7Sの制御技術の応用例についてその概要を紹介した。

今後も，柔軟性のあるディジタル制御システムを生かして，誘導機，同期機，直流機の駆動はもとより，UPACを利用したアプリケーションの開発など，さまざまな機能，性能を実現し，ユーザーに満足いただけけるインバータの開発に努力していく所存である。

最後に，本稿へのシステム事例の記載に際し，快く承諾いただいたユーザー各位に感謝申し上げる次第である。

参考文献

(1)　長尾義伸ほか．一般産業用交流可変速駆動装置 FRENIC 5000VG3．富士時報．vol.64, no.10, 1991, p.639-645.
(2)　鉄谷裕司ほか．汎用ベクトル制御インバータ．富士時報．vol.73, no.11, 2000, p.589-594.
(3)　吉田雅和ほか．大容量電力変換器．富士時報．vol.70, no.12, 1997, p.634-637.
(4)　金沢直樹ほか．高性能ベクトル制御インバータ「FRENIC 5000VG7S」用オプションカード「UPAC」の適用例．富士時報．vol.74, no.7, 2001, p.394-399.

e-Front runners

＊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。