コンパクト型インバータ「FRENIC-Mini シリーズ」

松本　吉弘（まつもと　よしひろ）　石井　新一（いしい　しんいち）　中西　孝司（なかにし　たかし）

1　まえがき

汎用インバータは，ファン・ポンプの省エネルギー化や産業機械などの省力化，自動化といった幅広い用途に使われており，要求される性能・機能により単純な可変速用途から高性能ベクトル制御を適用したシリーズまでがある。

今回開発した「FRENIC-Mini シリーズ」は小型・低価格を狙った機種であるが，単純な可変速用途だけでなく水平搬送などの，これまで上位機種で対応していた性能・機能を低価格で実現した。また，ノイズ低減や鉛フリーはんだの一部適用など環境への配慮，長寿命化など保守性の改善を行い，世界で広く使用できるグローバル製品とすることをコンセプトとした。

本稿ではその特徴を中心に紹介する。

2　豊富な機種バリエーション

図１に FRENIC-Mini シリーズの外観を示す。今回開発した FRENIC-Mini シリーズは，従来機種 FVR-C11 シリーズの後継機種で，外形寸法を同一としている。

図１　FRENIC-Mini シリーズの外観

グローバル対応を考え，従来機種になかった三相 400 V シリーズを追加した。

また，顧客の多様な使われ方に対応できるように，これまでオプション対応であったが，EMC（Electromagnetic Compatibility）フィルタ内蔵品，制動抵抗器内蔵品，RS-485 通信対応品を準標準シリーズとして開発した（**図２**参照）。

表１にその機種バリエーションを示す。

図２　EMC フィルタ内蔵品と制動抵抗器内蔵品

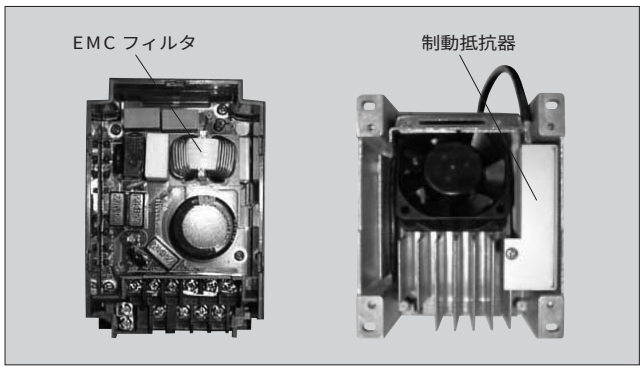


表１　FRENIC-Miniシリーズの機種バリエーション

機種分類	バリエーション		
電源電圧	1	単相100 V	0.1/0.2/0.4/0.75 kW
	2	単相200 V	0.1/0.2/0.4/0.75/1.5/2.2 kW
	3	三相200 V	0.1/0.2/0.4/0.75/1.5/2.2/3.7 kW
	4	三相400 V	0.4/0.75/1.5/2.2/3.7 kW
EMC フィルタ	1	なし	全機種
	2	内蔵タイプ	単相100 Vを除く全機種
制動抵抗器内蔵	1	なし	全機種
	2	内蔵タイプ	1.5/2.2/3.7 kW（三相200 V/400 V）
RS-485 通信対応	1	なし	全機種
	2	同一梱包（こんぽう）	三相200 V/400 V

：追加機種

松本　吉弘

可変速駆動装置の開発・設計に従事。現在，機器・制御カンパニー システム機器事業部 インバータ開発生産センター 開発部次長。電気学会会員。

石井　新一

交流可変速駆動装置の研究・開発・設計に従事。現在，機器・制御カンパニー システム機器事業部 インバータ開発生産センター 開発部マネージャー。技術士（電気・電子部門）。電気学会会員。

中西　孝司

可変速駆動装置の開発に従事。現在，機器・制御カンパニー システム機器事業部 インバータ開発生産センター 開発部主任。電気学会会員。

機種バリエーションは，従来機種では 17 機種に対し FRENIC-Mini シリーズでは 58 機種と大幅に増やし幅広いニーズに対応した。

単純に機種をこのように増やすと，構成部品の種類が大幅に増えるが，今回の開発では共通化設計と制御基板，電源基板などの構成ユニットの機能分担を最適にし，ユニットの種類をほとんど増やさずに実現できた。

3　高性能化技術

市場要求である小容量汎用インバータのトルク特性の大幅な改善，自動省エネルギー機能，ストール防止機能などを搭載するために「簡易トルクベクトル制御」を開発した。地球温暖化防止のための国際協定「京都議定書」を批准したことなどからインバータの省エネルギー効果は注目されており，省エネルギー機能を小容量インバータにも搭載した。

「簡易トルクベクトル制御」により，低速域でもパワフルな運転を実現させ，水平搬送機械・かくはん機への適用を可能とした。また，省エネルギー機能によりファン・ポンプ用途でのさらなる高効率が図れる。**図 3** に制御ブロック図を示す。

3.1　簡易トルクベクトル制御

V/f 制御で運転される誘導電動機の磁束推定機能により，負荷状態によらず，常に適切な電圧が印加でき，低速域においても滑らかで大きなトルクを発生できる。これにより，始動トルク 150 %（5 Hz 時）を達成した。

図 4 に速度－トルク特性例を示す。また，滑り補償制御機能により，負荷変動（ステップ負荷）に対し高応答で安定した運転を実現した。

図 5 にステップ負荷応答特性例を示す。

さらに，電圧制御性能を向上し，低速域での回転むらを当社比で約 1/2 に改善した。**図 6** に回転むら特性例を示す。

3.2　自動省エネルギー機能

図 3 の磁束推定器の推定値と誘導電動機電流から発生トルクを演算し，負荷に応じて最適な電圧を誘導電動機に印加できるため，誘導電動機効率を最適に保てる。**図 7** に省エネルギー効果特性例を示す。

図３　制御ブロック図

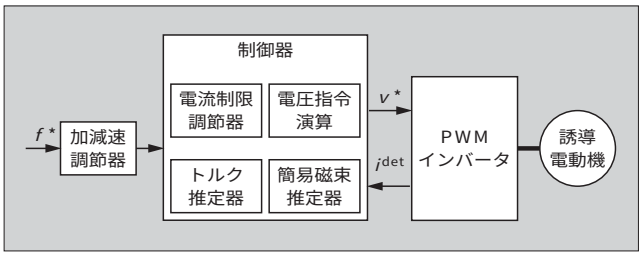


図４　速度－トルク特性例

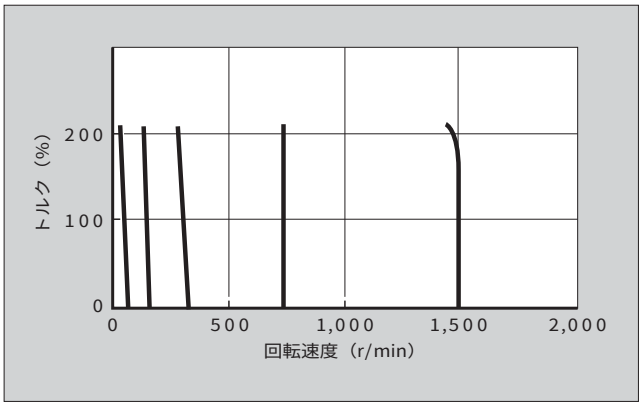


図５　ステップ負荷応答特性例

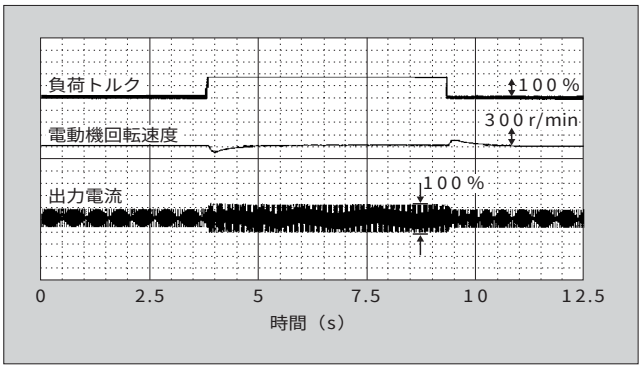


図６　回転むら特性例

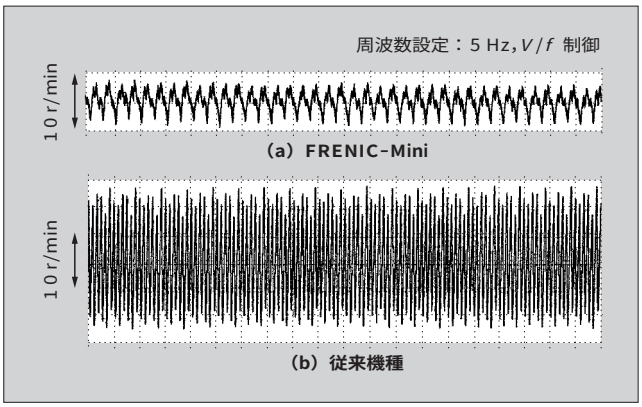


図７　省エネルギー効果特性例

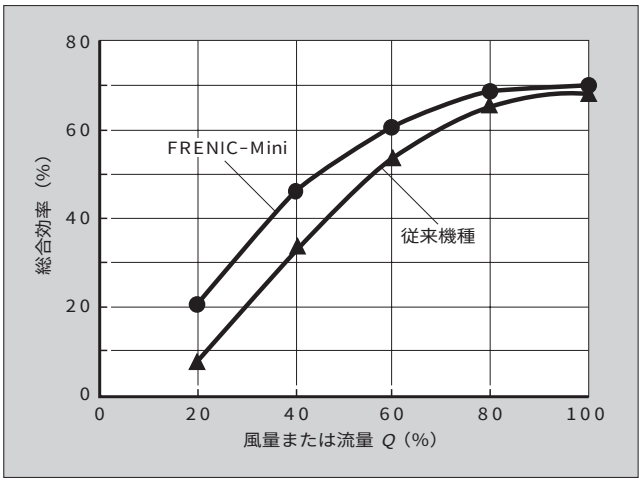
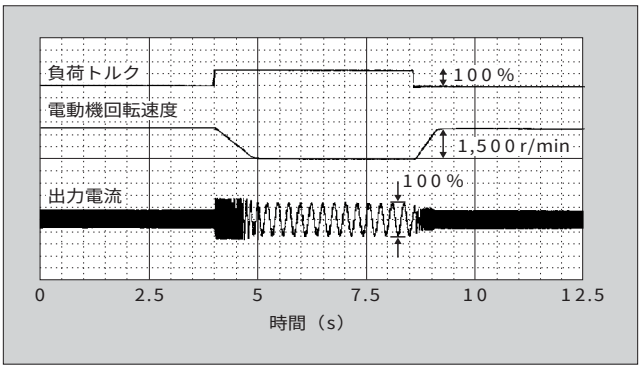


図８　電流制限動作特性例



3.3　高速電流制限機能

高速電流制限機能を搭載したので，インパクト負荷にもトリップすることなく運転を継続できる。本機能と**3.1**節で述べた滑り補償制御機能とにより水平搬送機械への適用を容易にした。

図８に電流制限動作特性例を示す。

4　環境への配慮

4.1　EMC ノイズ低減

インバータから発生するノイズにより他の機器が誤動作する場合があり，発生するノイズの低減が重要な課題である。

インバータから発生するノイズは，主回路の IGBT（Insulated Gate Bipolar Transistor）素子と制御電源の FET（Field Effect Transistor）のスイッチングが主な原因で，モジュールや配線と対地との浮遊容量などを通して伝導する伝導ノイズと電波として発生する放射ノイズがある。

これまでの機種でも主回路の IGBT の電圧変化率 dV/dt を下げるなどのノイズ低減を行ってきた。

今回の FRENIC-Mini シリーズでは，制御電源の FET についても伝搬経路を絶つ構造にするなどの工夫をしている。

また，ノイズ低減用の EMC フィルタはこれまでの機種ではオプションとして外部に取り付ける構造であったが，内蔵フィルタを開発し，欧州の EMC 規格（EN61800-3）に適合させた。

4.2　鉛フリーはんだの適用

環境有害物質としての鉛は，2006 年には欧州で使用が規制されるなど，今後使用できなくなる。

今回開発した FRENIC-Mini シリーズでは，鉛フリーはんだを適用した IGBT モジュールを開発した（**図９**）。

鉛フリーはんだの適用により，従来より熱抵抗，パワーサイクル特性も改善されている。

図９　鉛フリーはんだ使用 IGBT モジュール

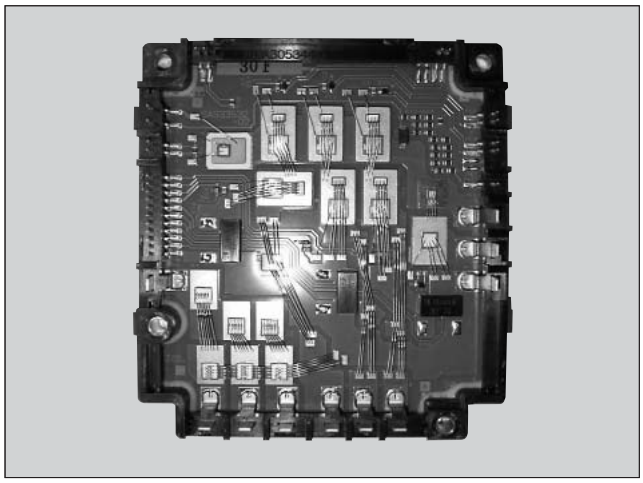


表２「メンテナンス情報」による寿命判定の目安

部　品	寿命予報の判定基準
主回路コンデンサ	工場出荷時のコンデンサ容量の85.0％以下
プリント基板上の電解コンデンサ	累積運転時間61,000時間以上
冷却ファン	累積運転時間61,000時間以上（1.5～3.7 kW）

5　メンテナンス性の向上

5.1　冷却ファンの長寿命化

インバータ内部には冷却ファン，主回路コンデンサ，プリント基板上の電解コンデンサなどの寿命部品があり，これらは，定期的に交換することを推奨している。

従来機種での推奨標準交換年数は，冷却ファンが 3 年，主回路コンデンサが 5 年，プリント基板上の電解コンデンサが 7 年と，冷却ファンの寿命が最も短かった。

例えば，インバータを 10 年使用する場合には，冷却ファンを 3 回交換する必要があり，メンテナンス回数が多くなっていた。

FRENIC-Mini シリーズでは長寿命冷却ファン（設計寿命 7 年，40 ℃）を採用することにより，標準交換年数を主回路コンデンサと同等以上にし，交換の手間を軽減した。

5.2　寿命判断機能

寿命部品である主回路コンデンサは，その寿命に伴い静電容量が低下していく。この容量の低下は周囲温度や負荷条件などの使用条件で大きく異なるため，単に使用年数では判断できない。

FRENIC-Mini シリーズでは寿命時期を判断する目的で，電源遮断時に主回路コンデンサの放電時間を自動的に内部で演算することで，初期値からの容量低下率を表示させた。

また，そのほかの寿命部品である制御電源の電解コンデンサ，冷却ファンについても，それぞれの累積運転時間をタッチパネルの「メンテナンス情報」で参照可能とした。

表２に各寿命部品の寿命判定の目安を示す。

表３　メニュー方式

メニュー番号	メニュー	LED表示	内　容
1	機能コード・データ設定	1.F_ _～1.y_ _	機能コード・データの設定
2	機能コード・データ確認	2.rEF	工場出荷値状態から変更した機能コードのみ表示
3	ドライブモニタ	3.oPE	運転情報の表示
4	I/Oチェック	4.i_o	外部インタフェース情報の表示
5	メンテナンス情報	5.CHE	保守・メンテナンス情報の表示
6	アラーム情報	6.AL	アラーム履歴とアラーム発生時の各種情報表示
7	データコピー（遠隔タッチパネルが必要）	7.CPy	機能コード・データの読出し，書込みおよびベリファイ

また，これらの寿命部品が**表２**の目安値に到達すると寿命時期と判定し，トランジスタ出力から寿命予報信号を出力することができる。

6　高機能化

6.1　タッチパネル機能

従来の FVR-C11 シリーズのタッチパネルでは周波数などのモニタ機能とインバータの動作を決定するファンクションの設定機能が中心であったが，FRENIC-Mini シリーズではメンテナンス情報やアラーム情報などの表示情報を大幅に増加させるためメニューモードを採用した。

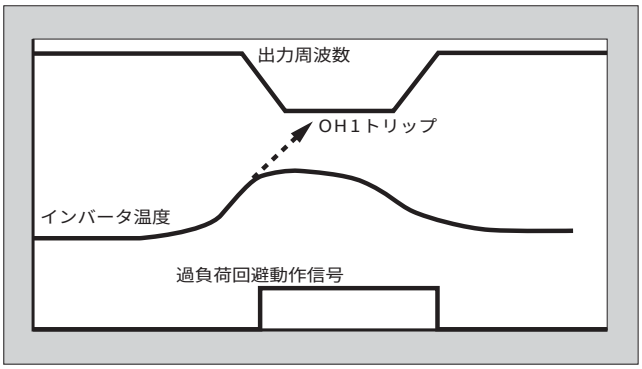
メニューモードの各メニュー番号に対する内容を**表３**に示す。

FVR-C11 シリーズに対し，機能コード・データ確認，ドライブモニタ，I/O チェック，メンテナンス情報，アラーム情報の各メニューを追加した。

ドライブモニタ機能は出力電流など 10 種類，メンテナンス機能は累積運転時間など 12 種類，アラーム情報はアラーム発生時の出力周波数など 19 種類のデータを表示可能としている。

また，アラーム発生時の情報は，従来機種では過去１回しか記憶できなかったが，FRENIC-Mini シリーズでは過去４回まで記憶可能とし，トラブル発生時に解析しやすくした。

図 10　過負荷回避機能



標準タッチパネルのほかにオプションとして遠隔タッチパネルを準備しており，LED（Light Emitting Diode）による単位表示，状態表示とデータコピー機能が標準タッチパネルに対して追加されている。

6.2　過負荷回避機能

ファン・ポンプなどの用途で連続運転中に，負荷や周囲温度の状態でインバータが過熱しても保護停止させたくない場合がある。

過負荷回避機能は**図10**のように，インバータが冷却フィン加熱またはインバータ過負荷でトリップする前に，インバータの出力周波数を自動的に低下させ，トリップを回避する機能で，今回新たに開発した機能である。

7　あとがき

以上，コンパクト型インバータ FRENIC-Mini シリーズについて，その特徴を紹介した。

3.7 kW 以下の非常に価格競争の厳しい容量範囲の中で，今回の FRENIC-Mini シリーズを展開することにより１クラス上の性能が要求される用途まで適用範囲が広がるとともに，グローバルな展開が期待できる。

今後とも，新しい技術，機能を積極的に取り入れ，より良い商品開発に努めていきたい。

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。