

# 次世代小型高機能インバータ “FREQROL-E800シリーズ”

法名直人\*  
Naoto Norina  
二村智洋\*  
Tomohiro Nimura  
久保 匠\*  
Takumi Kubo

原田崇弘\*  
Takahiro Harada  
松永 樹\*  
Tatsuki Matsunaga

Next Generation Compact and High Performance Inverter  
"FREQROL - E800 Series"

## 要 旨

汎用インバータの新ラインアップとして開発した小型高機能インバータ“FREQROL-E800シリーズ(以下“FR-E800シリーズ”という。)”の特長を次に挙げる。

### (1) IoT(Internet of Things)時代への対応

- ①CC-Link IE TSN標準搭載
- ②マルチプロトコル対応
- ③Ethernet(注1) 2ポート標準搭載

### (2) 保全機能

- ①AIアラーム診断
- ②金属腐食検知システム“CALAS”
- ③パワーサイクル寿命診断
- ④USB電源供給によるメンテナンス

### (3) 機能安全

- ①機能安全規格(IEC61508, SIL3等)対応
- ②安全通信機能
- ③エンコーダレスSLS機能

### (4) システム対応力

- ①軽負荷/標準負荷の定格対応
- ②高保護構造品(IP67)による盤外設置対応
- ③優れた駆動性能

### (5) 環境適合

- ①環境条件規格対応基板コーティング品
- ②海拔3,000mまでの高所対応
- ③周囲温度範囲の拡大(-20~+60℃)

(注1) Ethernetは、富士ゼロックス(株)の登録商標である。



## 次世代小型高機能汎用インバータ“FR-E800シリーズ”

FR-E800シリーズは次世代産業用オープンネットワーク“CC-Link IE TSN”を始めとしたマルチネットワークへの対応に加えて、世界初の金属腐食検知システム“CALAS”や業界初のAI技術活用による診断機能など最新技術を採用して、工場や社会インフラ設備など様々な分野のスマート化に貢献する。同シリーズでは、“FR-E800(標準仕様品)”, “FR-E800-E(Ethernet仕様品)”, “FR-E800-SCE(安全通信仕様品)”をラインアップし、用途に応じて柔軟な選択が可能である。

## 1. ま え が き

FR-E800シリーズでは汎用インバータ<sup>(1)</sup>適用用途の更なる拡大のため、機能・性能の向上はもちろん、IoT対応、保守性向上、機能安全、システム対応力、環境適合などの新たなニーズに対応した。

本稿ではFR-E800シリーズで採用した最新技術や機能について述べる。

## 2. FR-E800シリーズ

### 2.1 機種構成

FR-E800シリーズでは標準仕様品、Ethernet仕様品、安全通信仕様品をラインアップした。用途に応じて柔軟な選択が可能である(表1)。

### 2.2 ラインアップの拡大

3相200V/400Vクラスの容量を22kWまで拡張した(従来機種FR-E700シリーズは15kWまで)。同容量のFR-A800シリーズ比で20%のサイズダウンを実現しており装置の省スペース化が可能である。また、575Vクラスを追加して海外電源仕様へのシステム対応力を強化した(表2)。

## 3. IoT時代への対応

### 3.1 CC-Link IE TSN標準搭載

CC-Link IE TSN(Time Sensitive Networking)を標準搭載した。高速で安定した通信によって生産現場のデータ

表1. FR-E800シリーズの機種構成と主な仕様

形名	仕様	通信コネクタ	安全度水準	安全通信
FR-E800	標準仕様品	RS485	SIL2, PLd	-
FR-E800-E	Ethernet仕様品	Ethernet(2ポート)	SIL2, PLd	-
FR-E800-SCE	安全通信仕様品(Ethernet+安全通信)		SIL3, PLe	対応

表2. FR-E800シリーズの容量展開

電源仕様	電圧クラス	容量(kW)
3相	200V	0.1~22
	400V	0.4~22
	575V	0.75~7.5
単相	200V	0.1~2.2
	100V(発売予定)	0.1~0.75

表3. 対応Ethernetプロトコル

形名	CC-Link IE TSN(100Mbps) <sup>(注2)</sup>	CC-Link IEフィールドネットワークBasic	MODBUS/TCP <sup>(注3)</sup>	PROFINET <sup>(注4)</sup>	EtherNet/IP <sup>(注5)</sup>	BACnet/IP <sup>(注6)</sup>	EtherCAT <sup>(注7)</sup>
FR-E800-[]EPA	●	●	●	-	●	●	-
FR-E800-[]EPB	●	●	●	●	-	-	-
FR-E800-[]EPC	-	-	-	-	-	-	○

●対応 ○: 対応予定

(注2) 1 Gbpsはオプション対応(対応予定)

(注3) MODBUSは、Schneider Electric, USA, Inc.の登録商標である。

(注4) PROFINETは、PROFIBUS Nutzerorganisation e.V.の登録商標である。

(注5) EtherNet/IPは、ODVAの登録商標である。

(注6) BACnetは、ASHRAEの登録商標である。

(注7) EtherCATは、Beckhoff Automation GmbHの登録商標である。

をリアルタイムに収集し、生産性向上に貢献する。

### 3.2 マルチプロトコル対応

主要な産業用Ethernetプロトコルを内蔵した機種をラインアップしている(表3)。使用するプロトコルはパラメータ設定で切替え可能であり、使用中のネットワークに合わせて追加オプションなしでインバータを導入できる。

### 3.3 Ethernet2ポート標準搭載

二つのEthernetポートを標準搭載しており、スイッチングハブを使用しないライン型配線が可能である。機器の追加など装置の仕様変更時には、空きポートにケーブルをつなげるだけで簡単にネットワークを構築できる。

## 4. 保全機能

### 4.1 AIアラーム診断

FR-E800はアラーム発生時の時間、電流値、パラメータ設定値等の情報を自動的に蓄積しており、その情報をAI技術を搭載したエンジニアリングツールFR Configurator2でAI解析することによって、開発エンジニアが行うような解析が可能になる(図1)。これによって特別なスキルなしで最短でのトラブルシュートを実現する。

### 4.2 金属腐食検知システム“CALAS”

世界初<sup>(注8)</sup>の“金属腐食検知システムCALAS(Corrosion-Attack-Level Alert System)”で、腐食性ガスに起因したインバータ損傷の予兆を検知できる(図2)。複数の金属腐食センサの合成抵抗値を測定し、大気中の腐食性ガスによる金属部品の腐食進行度を段階的に検知する。

予兆検知によって生産設備の環境改善を促すことで、設備のダウンタイム短縮に貢献する(基板コーティング品だけ対応)。

(注8) 2019年9月10日現在、三菱電機調べ

### 4.3 パワーサイクル寿命診断

インバータモジュールに搭載する半導体チップの温度推定技術の向上によっ

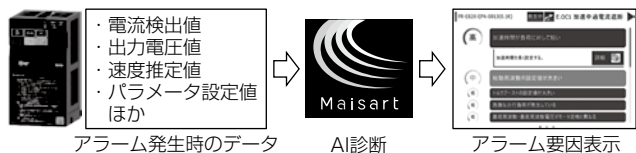


図1. AIアラーム診断

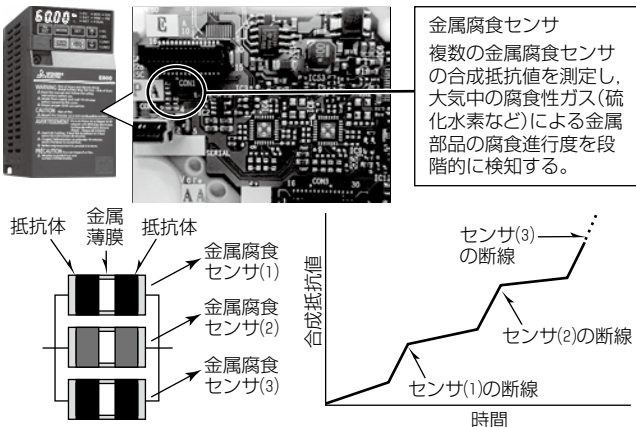


図2. 金属腐食検知システム

て、加熱・冷却時の温度差を高精度で把握できるため、モジュールのパワーサイクル寿命診断が可能になった(図3)。寿命が規定値を下回ると警報信号を出力し、装置の予知保全による安定稼働に貢献する。

4.4 USB電源供給によるメンテナンス

パソコンからの電源供給(USBバスパワー接続)で、主回路電源OFFの状態でもFR Configurator2を使用してパラメータ設定が可能であり(図4)、素早く安全にメンテナンスができる。

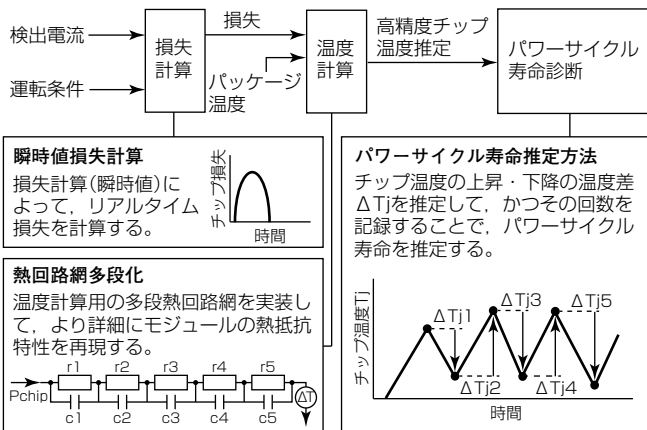


図3. パワーサイクル寿命診断



図4. USB電源供給

5. 機能安全

5.1 機能安全規格対応

機能安全規格(IEC61508, SIL3等)に対応し(表4)、安全認証の導入コストを削減できる。安全トルク遮断(STO)や安全速度制限(SLS)などの安全監視機能規格(IEC61800-5-2)に対応し、外部機器の削減やメンテナンス時間の短縮に貢献する。

5.2 安全通信機能

FR-E800-SCEは国際規格に承認されたEthernetベースの安全通信機能に対応する(表5)。ネットワーク経由で安全信号を入力でき、省配線化やI/O機器の削減が可能である。

CC-Link IE TSN安全通信機能を始め多くの安全通信プロトコルに対応しており、使用中のネットワークに合わせた安全制御システムの拡張を容易なものにした。

5.3 エンコーダレスSLS機能

FR-E800-SCEは機能安全規格の認証を受けた速度監視回路を実装することによって、エンコーダレスでの安全速度制限機能(SLS(Safely-Limited Speed)機能)に対応している(図5)。エンコーダが不要なため、省配線・省コストな速度監視システムの構築が可能である。

表4. FR-E800シリーズの安全規格対応

形名	安全監視機能	安全度水準
FR-E800	STO	SIL2, Cat.3, PLd
FR-E800-E	STO	SIL2, Cat.3, PLd
FR-E800-SCE	STO, SS1, SBC, SLS, SSM	SIL3, Cat.3, PLe

表5. 対応する安全通信機能

形名	CC-Link IE TSN 安全通信機能	PROFI Safe <sup>(注9)</sup>	CIP Safety <sup>(注10)</sup>	FSoE (Safety over EtherCAT <sup>(注11)</sup> )
FR-E800-[S]SCEPA	●	-	●	-
FR-E800-[S]SCEPB	●	●	-	-
FR-E800-[S]SCEPC	-	-	-	○

●対応 ○:対応予定

(注9) PROFISafeは、Siemens Aktiengesellschaftの登録商標である。  
 (注10) CIP safetyは、ODVAの登録商標である。  
 (注11) Safety over EtherCATは、Beckhoff Automation GmbHの登録商標である。

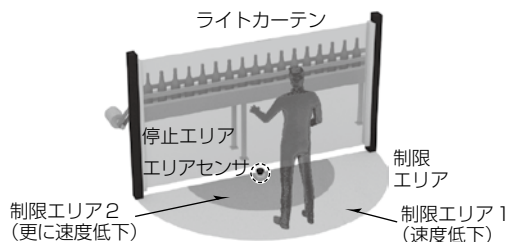


図5. SLS機能の適用例

## 6. システム対応力

### 6.1 軽負荷／標準負荷の二重定格対応

熱設計技術の向上によって、3相電源入力仕様品では定格電流・過負荷耐量が異なる二つの定格(LD：ライトデューティ(軽負荷)、ND：ノーマルデューティ(標準負荷))に対応する(表6)。

過負荷を必要としない用途では、LD定格でインバータを選定することでインバータを小型化できる(例えば、インバータ22kWのLD定格によって最大30kWのモータを駆動可能である)。

パラメータ設定だけで定格を切替え可能であり、装置の仕様変更に対応でき、在庫の共有化を図ることもできる。

### 6.2 高保護構造品(IP67)による盤外設置対応

新たに高保護構造品(IP67)をラインアップに追加する予定である。多湿・粉塵(ふんじん)等の悪環境下でも使用

表6. 二重定格仕様

負荷	定格	過負荷電流定格
軽負荷	LD定格	120% 60s, 150% 3s(反限時特性)周囲温度50℃
標準負荷	ND定格	150% 60s, 200% 3s(反限時特性)周囲温度50℃

表7. FR-E800シリーズの性能仕様

項目		FR-E700	FR-E800
制御方式	V/F制御	●	●
	アドバンスト磁束ベクトル制御	●	●
	リアルセンサレスベクトル制御	-	●
	ベクトル制御	-	●
	PMセンサレスベクトル制御	-	●
制御モード	速度制御	●	●
	トルク制御	-	●
	位置制御	-	●
出力周波数	V/F制御	0.2~400Hz	0.2~590Hz
	V/F制御以外		0.2~400Hz

●：対応、-：非対応

表8. FR-E800シリーズのベクトル制御仕様

項目	内容	
速度制御	速度制御範囲	1：1,500(力行・回生共) <sup>(注12)</sup>
	速度変動率	±0.01%(300r/minに対して)
	速度応答	30Hz
	最大速度	400Hz(ただし、PLGパルス数は102,400pulse/s以下)
トルク制御	トルク制御範囲	1：50
	絶対トルク精度	±10% <sup>(注13)</sup>
	繰返しトルク精度	±5% <sup>(注13)</sup>
位置制御	繰返し位置決め精度	±1.5°(モータ軸端)
	位置決め帰還パルス	モータ1回転当たりPLGパルス数(Pr.369)×4通倍
	電子ギア設定	1/900~900
	位置決め完了幅	0~32,767パルス
	誤差過大	0~400Kパルス

(注12) 回生時は回生ユニット(オプション)が必要である。

(注13) ベクトル制御専用モータ、定格負荷時

PLG：PuLse Generator

でき、ディスコネクトスイッチ、EMC(ElectroMagnetic Compatibility)フィルタ(クラスC2)、通信オプション等の周辺機器を内蔵するため、インバータの盤外設置に対応し、ラインの分散システム化による省配線、省スペース化や、安全通信対応のシステム構築が可能になる。

### 6.3 優れた駆動性能

当社小型インバータ初になる、ベクトル制御(エンコーダ付きベクトル制御)、リアルセンサレスベクトル制御(エンコーダなしベクトル制御)に対応した(表7、表8)。また、プレミアム効率モータ、PMモータに対応し、多様なソリューションの駆動シーンで活躍できる。さらに、鏡面のような精微な加工が要求される工作機械に有効な高速運転にも対応している。

## 7. 環境適合

### 7.1 基板コーティング品対応(3C2適合)

腐食環境下用途に向けて、環境条件規格(IEC60721-3-3 3C2)に適合する基板コーティング品を標準ラインアップに追加した。

### 7.2 海拔3,000mまでの高所対応

IEC61800-5-1(過電圧カテゴリ：Ⅲ)に準拠した絶縁距離設計によって、海拔3,000m<sup>(注14)</sup>までの設置が可能である(FR-E700シリーズは1,000mまで)。

(注14) 3相575Vクラスは2,000mまで設置可能である。また、1,000mを超える標高に設置する場合、電流低減が必要である。

### 7.3 周囲温度範囲の拡大(-20~+60℃)

制御電源技術、及び熱設計技術の向上によって、使用可能な周囲温度は-20~+60℃<sup>(注15)</sup>に拡大しており、従来機種よりも幅広い環境下で使用できる(FR-E700シリーズは-10~+50℃に対応する)。

(注15) 3相575Vクラスは-10~+60℃に対応する。また、周囲温度が50℃以上の場合、電流低減が必要である。

## 8. むすび

次世代小型高機能インバータFR-E800シリーズの最新技術と仕様を述べた。今後も更なる機能性能の向上と高付加価値化を目指した製品開発を進めていく。

### 参考文献

- (1) 田中哲夫, ほか: 次世代高機能汎用インバータ“FREQROL-A800シリーズ”, 三菱電機技報, 88, No.4, 245~248 (2014)