

# 「SANMOTION F5」 AC電源入力5相ステッピングシステムの開発

水口 政雄 Masao Mizuguchi	鎌田 茂廣 Shigehiro Kamada	柳澤 竜一 Ryuichi Yanagisawa	山浦 耕平 Kouhei Yamaura	石崎 圭介 Keisuke Ishizaki
宮原 章雄 Akio Miyahara	中武 耕二 Kouji Nakatake	依田 泰志 Yasushi Yoda	依田 和弘 Kazuhiro Yoda	

## 1. まえがき

ステッピングシステムはオープンループ制御が可能であり、シンプルなシステムで簡単に制御ができる。そのため、一般産業用機器や半導体製造装置などに幅広く使用されている。近年は、お客さまが装置の低発熱や低消費電力を求めており、それに応えられるステッピングシステムの要求が多くなっている。さらに、医療機器でもステッピングシステムの需要が増えてきており、装置の低振動を達成できるステッピングシステムが求められている。

このような背景のもとに、低発熱や低消費電力に寄与する低損失・高効率化および大幅な低振動化を達成した、「SANMOTION F5」AC電源入力タイプ5相ステッピングシステムを開発した。本稿では、その特長を紹介する。

## 2. 製品ラインアップ

### 2.1 ドライバラインアップ

ドライバは入力電源電圧と電流出力の組み合わせにより4種類の製品をラインアップした。表1にドライバの製品仕様を示す。

入力電源仕様によりAC100～120Vの製品群と、AC200

～240Vの製品群に分かれている。また、それぞれの製品群に0.35A/相出力と0.75A/相出力の製品があり、モータサイズに合わせて使い分ける仕様となっている。ドライバサイズ、機能、適合する海外規格等は全て共通である。

### 2.2 モータラインアップ

モータは□42mm、□60mm、□86mmの3フランジサイズで3種のモータ長をラインアップした。表2にモータの製品仕様を示す。また、図1に代表モータの脱出トルク特性を示す。

モータの入力電圧は最大AC250Vとし、ドライバの電源電圧によらず使用できる。また、全機種とも海外安全規格対応品を標準仕様とした。

5相ステッピングシステムは一般産業用機器で使用されることが多いため、ギヤヘッド付きモータや、保持ブレーキ付きモータなどが従来から標準でラインアップされている。これらのラインアップに加え、脱調監視や動作解析に使用できるエンコーダ付きモータを標準でラインアップした。

なお、開発品のドライバは、ギヤヘッド、保持ブレーキ、エンコーダに柔軟に対応するための機能を備えている。それらの機能については4章にて述べる。

表1 ドライバ製品仕様

製品型番		F5PAA035P100	F5PAA075P100	F5PAB035P100	F5PAB075P100
出力容量		0.35A / 相	0.75A / 相	0.35A / 相	0.75A / 相
適合モータ (フランジサイズ)		□42mm	□60mm, □86mm	□42mm	□60mm, □86mm
入力電源電圧		単相 AC100～120V +10%, -15% 50/60Hz		単相 AC200～240V +10%, -15% 50/60Hz	
サイズ, 質量		160H×40W×120D, 0.65kg			
使用周囲温度		0～55℃			
使用周囲湿度		90%RH以下 (結露のないこと)			
適合モータ オプション	エンコーダ	インクリメンタルタイプ 3ch位相差入力方式, 4000P/R			
	ブレーキ	無励磁作動型 (ドライバから電源供給)			
入出力	指令パルス入力	フォトカプラ方式 (ラインドライバ用端子, オープンコレクタ用端子)			
	汎用入出力	フォトカプラ方式 入力4点 出力3点			
	エンコーダ入力	ラインレシーバ入力方式			
	PC-I/F	RS485 半二重通信			
機能	動作モード	通常モード, 解析モード			
	指令分解能選択	● 1/1～1/256マイクロステップ ● 電子ギヤ			
	監視機能	電圧監視, 過電流監視, 過熱保護			
適合法規制等		UL/cUL, 低電圧指令, EMC指令, KCマーク			

表 2.1 □42mm モータ製品仕様

モータ型番	片軸	SM5421-3240	SM5422-3240	SM5423-3240
	両軸	SM5421-3210	SM5422-3210	SM5423-3210
モータ長 (モータ単体時)		35mm	41mm	49mm
適合ドライバ型番		F5PAA035P100/F5PAB035P100		
モータ	駆動電圧	AC250V以下		
	ホールディングトルク (N・m)	0.13	0.185	0.245
	ロータイナリーシャ ( $\times 10^{-4}\text{kg}\cdot\text{m}^2$ )	0.028	0.045	0.056
	定格電流 (A/相)	0.35		
	モータ質量 (kg)	0.24	0.31	0.38
低バックラッシュギヤ付き		あり	—	—
ハーモニックギヤ付き		あり	—	—
ブレーキ	電源電圧	24 V $\pm$ 5%		
	静摩擦トルク	0.3 N・m MIN.		
エンコーダ	電源電圧	DC5V $\pm$ 5%		
	基本分割数	4000		
	チャンネル数	3		
	出力方式	ラインドライバ		
適合法規制等		UL, CE マーキング (低電圧指令)		

表 2.2 □60mm モータ製品仕様

モータ型番	片軸	SM5601-7240	SM5602-7240	SM5603-7240
	両軸	SM5601-7210	SM5602-7210	SM5603-7210
モータ長 (モータ単体時)		49mm	60mm	89mm
適合ドライバ型番		F5PAA075P100/F5PAB075P100		
モータ	駆動電圧	AC250V以下		
	ホールディングトルク (N・m)	0.57	0.9	1.7
	ロータイナリーシャ ( $\times 10^{-4}\text{kg}\cdot\text{m}^2$ )	0.2	0.31	0.6
	定格電流 (A/相)	0.75		
	モータ質量 (kg)	0.62	0.8	1.27
低バックラッシュギヤ付き		あり	—	—
ハーモニックギヤ付き		あり	—	—
ブレーキ	電源電圧	24 V $\pm$ 5%		
	静摩擦トルク	0.8 N・m MIN.		
エンコーダ	電源電圧	DC5V $\pm$ 5%		
	基本分割数	4000		
	チャンネル数	3		
	出力方式	ラインドライバ		
適合法規制等		UL, cUL, CE マーキング (低電圧指令)		

表 2.3 □86mm モータ製品仕様

モータ型番	片軸	SM5861-7240	SM5862-7240	SM5863-7240
	両軸	SM5861-7210	SM5862-7210	SM5863-7210
モータ長 (モータ単体時)		66mm	96.5mm	127mm
適合ドライバ型番		F5PAA075P100/F5PAB075P100		
モータ	駆動電圧	AC250V以下		
	ホールディングトルク (N・m)	2.3	4.4	6.8
	ロータイナーシャ ( $\times 10^{-4}\text{kg}\cdot\text{m}^2$ )	1.48	3	4.5
	定格電流 (A/相)	0.75		
	モータ質量 (kg)	1.75	2.9	4
低バックラッシュギヤ付き		あり	—	—
ハーモニックギヤ付き		あり	—	—
ブレーキ	電源電圧	24 V $\pm$ 10%		
	静摩擦トルク	5 N・m MIN.		
エンコーダ	電源電圧	DC5V $\pm$ 5%		
	基本分割数	4000		
	チャンネル数	3		
	出力方式	ラインドライバ		
適合法規制等		UL, cUL, CE マーキング (低電圧指令)		

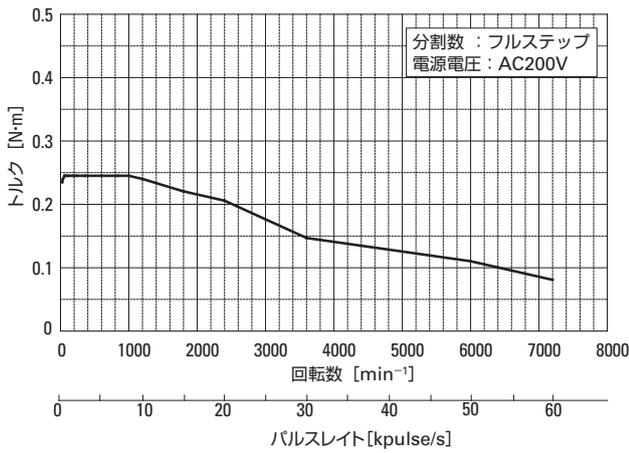


図 1.1 SM5422-3240 脱出トルク特性

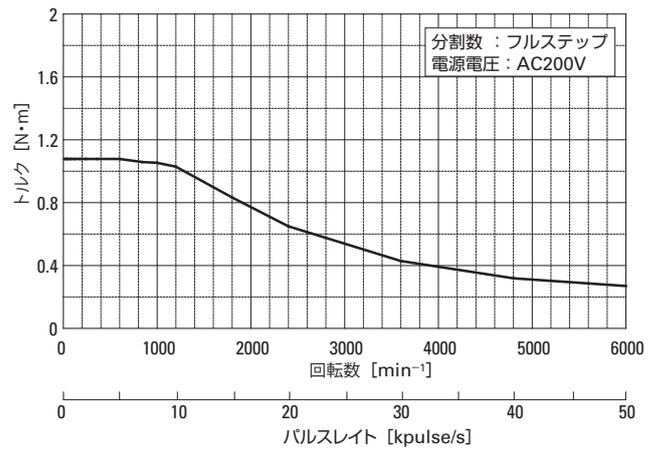


図 1.2 SM5602-7240 脱出トルク特性

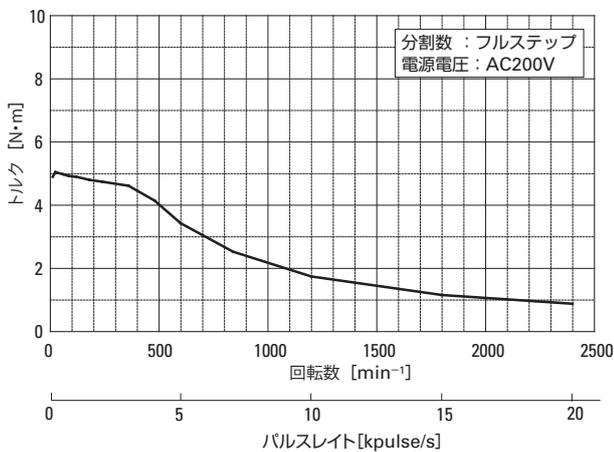


図 1.3 SM5862-7240 脱出トルク特性

## 3. 特長

### 3.1 低振動

ステッピングモータでは、トルク脈動に起因する速度変動が装置振動の要因になるが、開発品は従来品と比較して速度変動を平均で約30%低減している。5相全ての巻線電流をフィードバック制御することにより各相の電流バランスを最適化し、トルク脈動を抑制している。また、指令パルス入力から電流制御までを専用のASICによりデジタル制御しており、指令分解能が粗い設定でも指令パルスとサンプリング周期との干渉を最小限に抑え、安定動作を可能にしている。

またモータでは、ステータコアとフランジおよびエンドキャップの嵌合寸法と突き当て部の形状の見直しにより、モータの剛性をアップし速度変動の低減を実現している。図2に従来品との速度変動比較を示す。

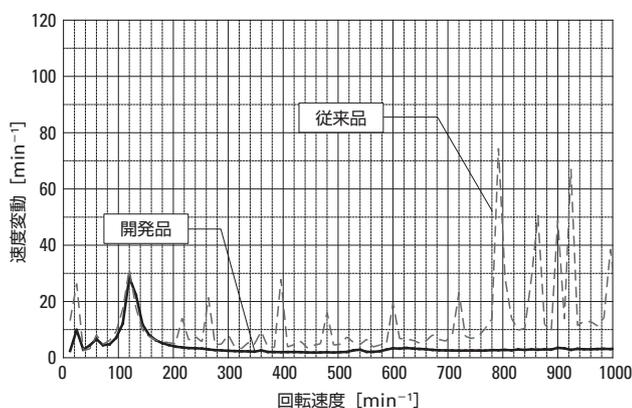


図2 従来品との速度変動比較

### 3.2 高効率・高トルク

モータの損失を低減し効率を上げるために、ステータおよびロータコアの磁路最適化設計や電磁鋼板の材質変更により鉄損を低減した。さらに、巻線スペースの拡大および整列巻きによって占積率を向上させ銅損を低減した。

この損失の低減により、 $\square 86\text{mm}$ モータにおいて従来品と比較し、

- 損失を約24%低減し、最高効率：85.1%
- 温度上昇：最大46%低減
- ホールディングトルク：24%向上し8.07N・mを達成した。

脱出トルクについては5~20%の向上を達成した。図3に従来品との脱出トルク比較を示す。

また、開発品のAC100V入力タイプドライバは、内部でモータへの印加電圧をAC200V相当に昇圧している。従来のAC100V入力ステッピングシステムに対して大幅なトルクアップとなるだけでなく、AC100V入力タイプとAC200V入力タイプとの特性が同一となるため、ユーザの電源仕様変更に対しモータ変更は不要で、メカ設計やモータ交換の工数を省くことができる。

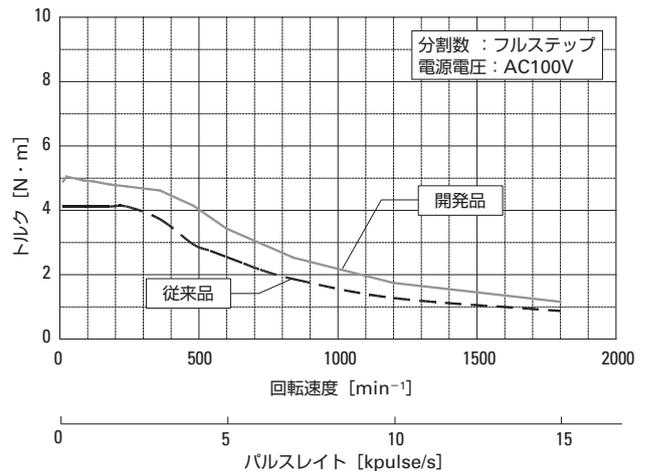


図3 従来品との脱出トルク比較

### 3.3 ドライバの小型・軽量化

ドライバは、従来品に対し体積を29%、質量を19%削減した。製品の高さを当社サーボアンプや2相ステッピングドライバと同じ160mmに合わせており、配電盤に並べて配置した際の統一感を維持している。

### 3.4 海外規格対応

開発品はドライバ、モータともにUL認証、CEマーキングに対応しており、ユーザ装置の規格認証を容易にしている。

## 4. ドライバの機能向上

### 4.1 減速比変更への対応

モータを使用するほとんどの装置では、動力伝達の過程で回転動作と直進動作の変換や、出力トルクアップを目的とした減速機構を利用している。減速機構をコンパクトに実現する選択肢の一つとして、当社にはギヤヘッド付きモータのラインアップがある。ギヤヘッド付きモータには様々な減速比の製品があるが、一旦開発した装置に対し減速比の変更が必要になった場合、ドライバに入力する指令パルス数とその周波数が必要になるため、上位コントローラの指令変更に対するユーザの開発負担は大きい。

開発品のドライバは電子ギヤ機能を搭載しているため、減速比の変更に対して電子ギヤ比を変更するだけで対応でき、ユーザの負担を大幅に軽減できる。

### 4.2 保持ブレーキ付きモータへの対応

5相ステッピングシステムは、2相や3相のステッピングシステムと比べ機械との共振振動を起こしにくいという特徴があり、ボールねじを利用した上下駆動軸などに採用されるケースが多い。その場合、負荷の落下防止のために保持ブレーキ付きモータが使用されるが、従来の製品では、ブレーキ用の外部電源をユーザに用意していただくのが一般的であった。

開発品は保持ブレーキ用電源をドライバに内蔵しており、外

部電源は不要である。保持ブレーキの配線はモータ動力コネクタに含まれているため、ドライバとモータ間の配線は動力ケーブル1本で済み、外部電源によるコストと配線工数のコストを削減できる。

また、ブレーキの保持・解放には機械的な遅延時間が伴うため、モータの励磁状態に合わせて最短時間で安定動作させるにはタイミングの制御が不可欠である。開発品は、ドライバがモータの励磁状態を監視し、ブレーキの保持・解放タイミングを自動制御する。モータの励磁状態を指令するだけでブレーキが連動して動作したり、アラーム発生などの緊急時にも自動で保持状態になるなど、タイミング設計に関するユーザの負担が軽減される。なお、装置メンテナンス用に保持ブレーキの強制解放機能も備えている。

### 4.3 エンコーダによる監視・解析機能

ドライバにはエンコーダ信号入力用のコネクタを標準搭載している。エンコーダ付きモータを使用し、ドライバの動作モードを「解析モード」に設定した場合、以下の機能が有効になる。

- 脱調監視と脱調時の状態記録
- 実位置、実速度によるモータ動作波形の確認

高い信頼性を求められる装置には、エンコーダによる脱調監視機能を提供できる。稼働中の装置で万が一脱調した場合、アラーム信号で上位コントローラに異常を知らせるとともに自動でブレーキ保持動作をおこない、システムを安全に停止させる。また、あらかじめ設定をしておくことで、脱調アラーム発生時の状態をドライバ内に記録しておくことができ、後にその情報を読み出して原因の特定を進めることができる。

装置立ち上げの支援機能としてもエンコーダオプションは有効である。入力された指令に対し、実際のモータの挙動がどのようになっているか、PC用ソフト「SANMOTION モータセットアップソフトウェア」を接続して動作波形を確認することができる。ドライバには試運転の機能も搭載されているため、上位コントローラが完成していなくても簡単な位置決めや連続回転動作をPC上から指令し、モータの動きを波形で確認しながら最適な駆動プロファイルを早期に構築可能である。装置の量産化の際にはエンコーダをなくし、「通常モード」でドライバを使用することで、最適な動作を低コストで実現できる。

### 4.4 デジタルオペレータ

開発品には当社クローズドループステッピングシステムPBシリーズで定評のあるデジタルオペレータ機能を搭載している。簡単なパラメータの設定や、試運転などは、PC接続をしなくてもデジタルオペレータのスイッチ操作で実行可能とし、利便性を向上した。デジタルオペレータにより提供される機能を表3に示す。

表3 デジタルオペレータの機能

モード	機能
0	ドライバ状態の表示 励磁状態、パルス入力状態等の表示
4	停止時電流設定 モータ停止時の励磁電流を設定する
5	ステップ分割数モードの設定 2相モータ互換の分解能に切り替え可能
6	第2分解能の設定 I/O信号による分解能切替え時に使用する分解能を設定
7	励磁相保存設定 電源投入時の励磁相を設定
8	ジョグ運転速度設定 モード9の回転速度設定
9	ジョグ運転 ボタンを押している間連続回転
A	アラームコードの表示 アラーム発生時にアラームコードを表示
B	整定パラメータ設定 加減速時のオーバーシュート低減機能

## 5. むすび

本稿では、「SANMOTION F5」AC電源入力5相ステッピングシステムの特長、機能を紹介した。

開発品は、ドライバ、モータともにラインアップを一新し、システム特性(速度変動、トルク、効率)を大幅に向上した。また、モータオプションの幅を広げると同時にそれらに柔軟に対応する機能を搭載し、海外規格にも対応することにより、今まで以上に広い分野の装置への展開を目指した。さらに、ユーザの装置開発を支援する機能やトラブルシューティングの機能を豊富に搭載し、利便性の向上を図った。

環境面においても、消費電力削減や、小型・軽量化による輸送コスト削減など、省エネルギー化に貢献するものと考えている。

今後も、更なる性能向上と機能拡張を目指し、より多くのユーザメリットを創造できる製品を開発していく所存である。



**水口 政雄**  
1998年入社  
サーボシステム事業部 設計第二部  
ステッピングドライバの開発, 設計に従事。



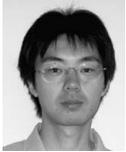
**宮原 章雄**  
1991年入社  
サーボシステム事業部 設計第一部  
ステッピングモータの開発, 設計に従事。



**鎌田 茂廣**  
1986年入社  
サーボシステム事業部 設計第二部  
ステッピングドライバの開発, 設計に従事。



**中武 耕二**  
2001年入社  
サーボシステム事業部 設計第一部  
ステッピングモータの開発, 設計に従事。



**柳澤 竜一**  
1996年入社  
サーボシステム事業部 設計第二部  
ステッピングドライバの開発, 設計に従事。



**依田 泰志**  
2002年入社  
サーボシステム事業部 設計第一部  
ステッピングモータの開発, 設計に従事。



**山浦 耕平**  
2007年入社  
サーボシステム事業部 設計第二部  
ステッピングドライバの開発, 設計に従事。



**依田 和弘**  
2008年入社  
サーボシステム事業部 設計第一部  
ステッピングモータの開発, 設計に従事。



**石崎 圭介**  
2008年入社  
サーボシステム事業部 設計第二部  
サーボアンプの開発, 設計に従事。