

「SANMOTION」G

シンクロナスマータを用いた新ドライブシステム

佐藤 茂樹

木村 良則

宮入 茂徳

中武 耕二

Shigeki Satou

Yoshinori Kimura

Shigenori Miyairi

Koji Nakatake

1. まえがき

シンクロナスマータを速度可変制御するには、通常インバータと組み合わせて使用する。この場合、定格周波数近傍(約60Hz)では所定の定格脱出トルクを得られるが、定格周波数以下の周波数帯域では、インバータの出力電圧に比例したトルクしか出力できない。もちろん通常のインバータには、定格周波数以下の帯域におけるトルクの不足を解消するために、トルクブースト機能を付けて対処している。しかしながら、この機能は、誘導電動機や同期モータを対象にした制御目的であるため、当社のシンクロナスマータの特性を十分に引き出すことができなかった。本製品は、定格周波数以下の帯域でも、フラットなトルク特性を得ることができるシンクロナスマータ用の新ドライブシステムであり、今まで以上に様々なアプリケーションへ容易に応用展開を図ることを目的としている。以下に、シンクロナスマータおよびドライブシステムについて説明する。

2. 開発の背景

従来、シンクロナスマータの速度可変制御に汎用インバータを用いると、定格周波数近傍をピークとした垂下トルク特性カーブしか得られなかった。しかし、速度可変制御が必要な用途の多くは、定格周波数以下の帯域においてもフラットなトルク特性と、より高い定格周波数(回転数)を必要とすることがわかった。これらの要求に対応すべく、高周波でかつ一定トルク特性が得られるシンクロナスマータ用の新ドライブシステムを開発する必要がある。

3. シンクロナスマータとドライバの概要

速度制御において低速域から高速域まで高トルクが安定して得られるシステムを開発した。以下にその基本仕様を記述する。

3.1 基本仕様

モータ回転数:

標準タイプ:0~72min⁻¹

高速タイプ:0~120min⁻¹

モータ定格トルク:

標準タイプ:0.9/1.3/2/3.7[N・m](4機種)

高速タイプ:1/1.8/2.2/2.9[N・m](4機種)

ドライバシリーズ:

GH1ドライバ:GH1B012Z (1機種)



図1 「SANMOTION」G シンクロナスマータ外観



図2 「SANMOTION」G ドライバ外観

表 1 基本仕様

モータ機種	103M8831 -2540	103M8332 -2540	103M8333 -2540	103M89332 -2540	G3861 -0240	G3862 -0240	G3863 -0240	G31062 -0240
モータ定格周波数 [Hz]	50/60				100			
モータ定格回転数 [min ⁻¹]	60/72				120			
ドライバ ¹ 基底周波数 [Hz]	50				140			
最高周波数 [Hz]	60				140			
定格トルク [N・m]	0.9	1.3	2	3.7	1	1.8	2.2	2.9
モータ定格電圧 [Vac]	240				155		160	200
モータ定格電流 [A]	0.11	0.13	0.17	0.22	0.28	0.42	0.45	0.5
モータ重量 [kg]	1.55	2.7	3.9	7.4	1.55	2.7	3.9	7.4
ドライバ ¹ 型番	GH1B012Z**							
ドライバ ¹ 電源電圧	AC200~240V 単/3相共用 50/60Hz							
ドライバ ¹ 定格出力電流 [A]	1.4							

3.2 ドライバ仕様

項 目		仕 様
型番		GH1B012□◇◇
一 般 仕 様	制御機能	速度制御
	周囲温度	-10~40℃ (キャリア周波数 5 kHz まで) -10~50℃ (出力低減時)
	保存温度	-20~65℃
	湿度	20~90% RH
	振 動	5.9m/s ² (0.6G), 10~55Hz
保護構造	IP20	
制 御	制御方式	線間正弦波変調PWM方式
	出力周波数範囲	0.1~400Hz
	周波数精度	最高周波数に対してデジタル指令±0.01%、 アナログ指令±0.2% (25±10℃)
	周波数設定分解能	デジタル設定 : 0.1Hz アナログ設定 : 最高周波数/1000
	電圧/周波数特性	V/f 特性 (定トルク)
	過負荷電流定格	150%、1分間
	加速、減速時間	0.01~3000秒 (直線、S字)、第2加減速設定可
キャリア周波数変更範囲	2.0~14.0kHz	
周波数指令方法	周波数設定	付属ボリュームによる設定 アップ/ダウンキーによる設定 2W 1kΩ~2kΩ可変抵抗 DC0~10V (入力インピーダンス 10kΩ)、 4~20mA (入力インピーダンス 250Ω)、 RS-485ポートによる通信 (Modbus-RTU)
運転指令方法	正転/逆転 運転/停止	運転/停止キーによる インテリジェント入力 RS-485通信 (Modbus-RTU) による運転/停止
入力 信号	インテリジェント入力 (選択可)	正転指令、逆転指令、多段速指令、リセット入力、 電流入力選択、U S P機能、外部トリップ、強制オペ、 3ワイヤ機能 起動、3ワイヤ機能 停止、 3ワイヤ機能 正逆、フリーランストップ指令、 ジョギング指令、2段加減速指令、外部直流制動、 遠隔操作機能 増速、遠隔操作機能 減速、 PID有効/無効、PID偏差クリア、 サーミスタ入力、アップダウンクリア、 ソフトロック指令
出 力 信 号	インテリジェント出力 (選択可)	運転中信号、定速到達時周波数到達信号、設定周波数 以上周波数到達信号、過負荷予告信号、PID偏差過 大信号、アラーム信号、アナログ入力断線検出信号
	周波数モニタ	アナログメータ (DC0~10V)、周波数 電流選択可
	インテリジェントリレー 出力	リレー (1c接点) により、インテリジェント出力と 同機能信号を出力可能

4. 特長

この製品の主な特長を述べる。

4.1 主な特長

- ・ オープンループ、センサレス制御
- ・ 定格回転数までフラットな高トルク特性
- ・ 定格回転数の引き上げ (120min⁻¹)
- ・ 停止時の位置保持トルクの発生
- ・ 1台のドライバで複数台モータの同期運転

4.2 オープンループ、センサレス制御

当社のシンクロナスモータはステッピングモータをベースに設計されているため、同期モータでありながらホール素子などのセンサを必要とせずに指令周波数に正確な同期速度でモータを回転させることができる。AC サーボシステムと比較すると、ドライバやモータの製造コストおよび配線コストなどを低減することができる。

4.3 定格回転数までフラットな高トルク特性

従来のシンクロナスモータとドライバ(インバータ)の組み合わせにおいては、V/f比一定の制御が主流になっており、定格周波数以外ではトルクの低下を招いていた。本システムでは、周波数に対するモータへの供給出力電圧を新たなアルゴリズムによって算出することで、モータの発生トルク(脱出トルク)の改善を行い、低速から高速まで一定の出力トルクを得るようにした。これにより、より広範囲な周波数で出力トルクの変化が無くなり、様々なユーザアプリケーションに利用拡大が図れる。トルク特性例を図3に示す。

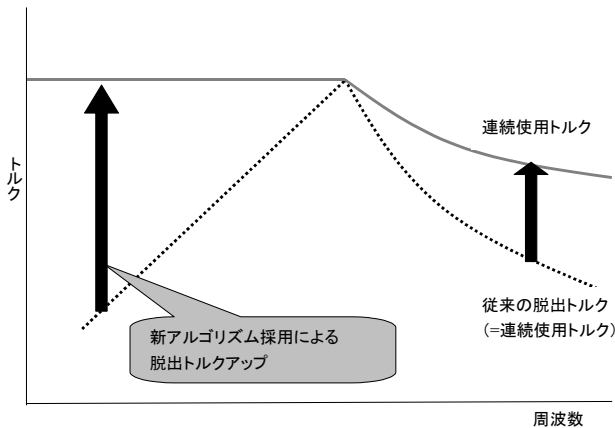


図3 発生トルク例

4.4 定格回転数の引き上げ

ドライバの基底周波数は通常0~400Hz程度の範囲で出力可能であるが、当社のシンクロナスマータ(標準タイプモータ)では、電源周波数(50/60Hz)近傍で使用することを目的として作られているため、60Hz以上の周波数では、定格脱出トルク以下のトルクしか出力できなかった。本システムの高速タイプモータは、高速回転が可能な設計を行い、 120min^{-1} まで安定したトルクを出力できるようにした。

4.5 停止時の位置保持トルクの発生

当社のシンクロナスマータはステッピングモータをベースに設計されているため、停止時にも制動トルクを得ることができる。従来、 V/f 比一定制御方式のインバータでは、停止時には出力電圧が零となり、モータはフリー状態にあった。しかし本システムでは、外部直流制動端子の機能を拡張し、この端子をONにすることで、停止時でもパラメータ設定された直流電圧を発生しつづけるようにした。これにより、停止時の保持トルクが得られるようになったため、台車の定位置停止や、垂直軸の自重落下防止および簡易的な位置決め用途にメカニカルブレーキを用いることなく使用することができる。従来、 V/f 比一定制御方式のインバータと汎用三相かご形誘導電動機を組み合わせたシステムにおいては、停止時の位置を保持させるためにメカニカルブレーキを組み合わせていた。本機能を代用すれば、メカニカルブレーキを使用する必要がなくなり、ブレーキの摩耗や経年変化による劣化を心配することがなく、機械のコストダウン、メンテナンス性の向上も図れるものと考えられる。また、メカニカルブレーキの開放時間(20ms~200ms)を待たなくてすむため、システムのスループットを向上させることができる。

直流励磁のために出力される電圧値は、任意に設定可能とした。停止時に外部直流制動端子がONしていると、この設定電圧が出力され、制動励磁状態となる。また、運転指令が入ると外部直流制動端子のON/OFF状態に関わらず、別途設定されているV-F特性に従って、電圧が出力される。外部直流制動端子と直流制動のタイムチャートを図4に示す。(特許出願中)

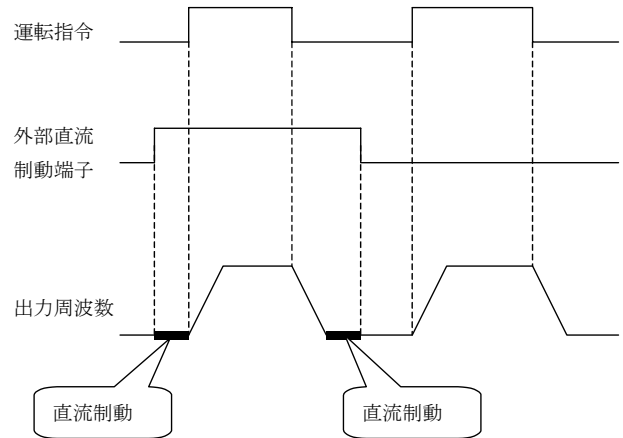


図4 外部直流制動タイムチャート

4.6 1台のドライバで複数台モータの同期運転

本システムは、1台のドライバで複数台のモータを運転できる。また、シンクロナスマータがステッピングモータをベースに設計されているため、ドライバから出力される三相電源を複数台モータへ接続するだけで、複数台モータの同期運転ができる。注意点は、モータの定格電流値の合計がドライバの定格電流値を超えないようにするだけでよい。図5にその使用例を示す。

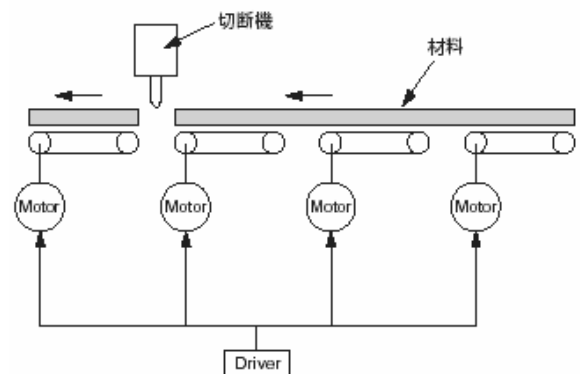


図5 材料切断機の例

4.7 外部接続図

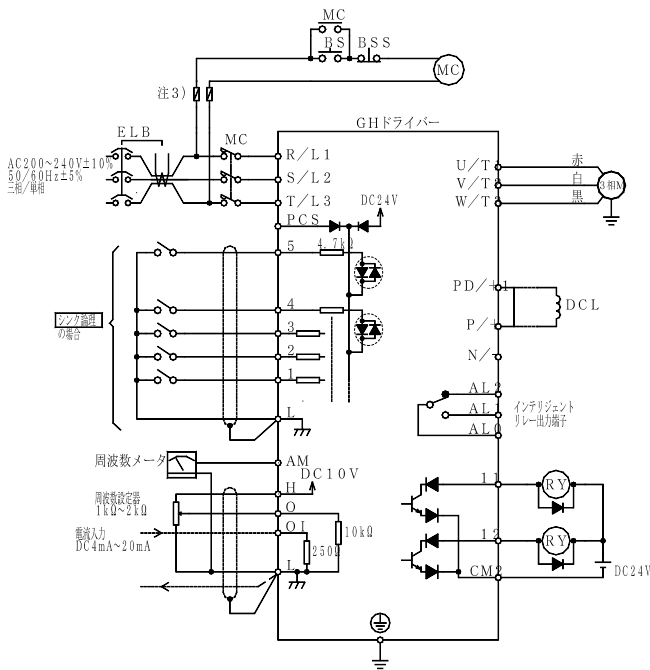


図 6 外部接続図

4.8 ドライバ外形図

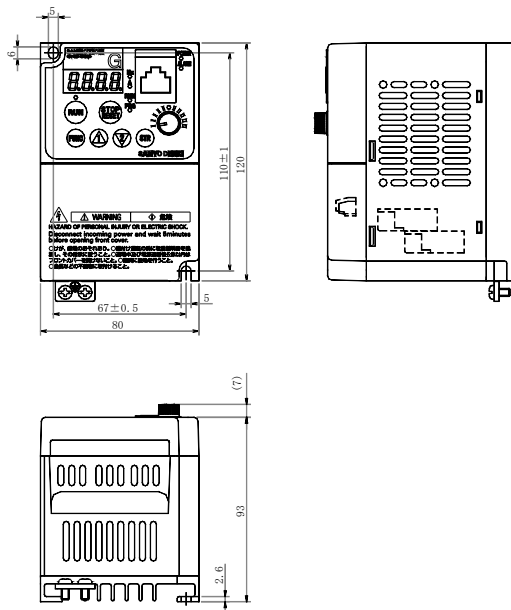


図 7 ドライバ外形図

5. シンクロサモータの応用例

当社のシンクロサモータは、ステッピングモータをベースとした超多極のモータであるため、減速ギアを用いずにあらかじめ低速が得られ高トルクを出力する。そのため極低温冷凍機のシリンダ駆動用モータや冷媒ガスの圧縮機の駆動用モータとして、またコンベヤや台車などの搬送装置における駆動用モータとして利用されている。図 8 にクライオポンプにおける使用例を示す。

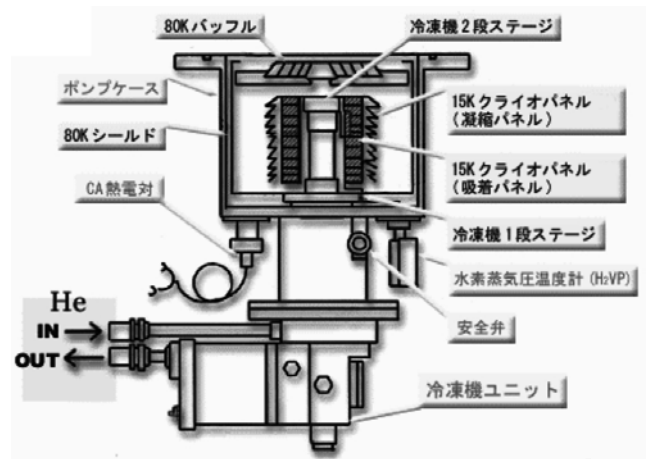


図 8 クライオポンプにおける使用

クライオポンプなどに使用する極低温冷凍機は、従来商用電源を用いて動作するように設計されていた。そしてその運転方法は、基本的には ON/OFF 制御のみを行うものであったため、被冷却装置の状況に関わらず一定の運転が行われており、消費電力も一定の装置であった。また冷凍機の冷凍能力も一定であった。近年の地球環境への配慮や経費節減の観点から、モータおよびドライブシステムの高効率化は重要な課題となっている。生産される電気エネルギーの半分は、モータなどアクチュエータにより機械エネルギーに変換し使用されているとも言われている。

極低温冷凍機においてもインバータ技術により、省エネルギー化と冷凍機の冷凍能力の向上を図っているが、シンクロサモータの可変速制御にV/f比一定制御方式のインバータを用いると、定格周波数以外の帯域ではモータが発生するトルクが不十分で、モータが脱調現象に至る場合もあった。新ドライブシステムの採用により、脱調現象もなくなり省エネルギーで高効率な低温冷凍機の実現ができる。

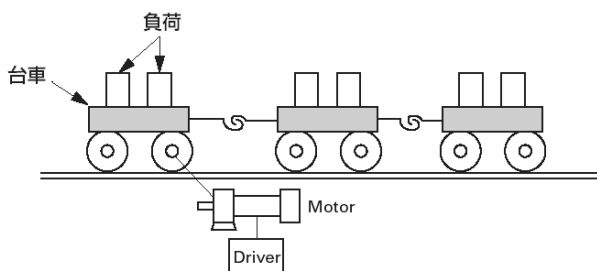


図 9 走行台車における使用例

一方、図 9 に走行台車における使用例を示す。この用途例でもインバータ技術は、省エネルギー化とソフトスタートなど走行安定性に寄与している。新ドライブシステムでは、極低速から定格回転数までフラットなトルク特性を持っているため、モータをより小型にできる。また減速ギアを用いずに低速が得られ、装置の構造をよりシンプルにする事ができる。加えて、停止位置を保持させたいコンベア・走行台車装置では、メカニカルブレーキまでも不要にできるため、さらなる装置の軽量化、低コスト化を実現できる。

6. むすび

今回開発したシンクロナスマータとドライバを用いたシステム「SANMOTION」G は、低速から高速 (120min^{-1}) までの回転数に対して安定したトルクを得ることができ、汎用のインバータとの組み合わせでは実現できない特性が得られた。一般的な誘導電動機とインバータのシステムにおいては、低速時のトルクを改善する手法としてギア付きモータを用いる例があるが、シンクロナスマータを用いた本システムは、今回の特性改善により、さらなるハイレベルのギアレスシステムをユーザに提供できるようになった。ギアレスシステムは、システムのコストダウン、メンテナンス性の向上など様々なメリットをユーザにもたらすことができると予測する。

また、停止時の位置保持トルクの発生により簡易的な位置決めができるようになり、今後の使用用途の拡大を図れるシステム製品となった。

今後ともニーズに先駆けた製品をタイムリーに提供できるよう研鑽を重ねていく所存である。



佐藤 茂樹

1984年入社

サーボシステム事業部 設計第四部
システム製品の設計・開発に従事。



木村 良則

1985年入社

サーボシステム事業部 設計第四部
システム製品の設計・開発に従事。



宮入 茂徳

1990年入社

サーボシステム事業部 設計第三部
ステッピングモータの設計・開発に従事。



中武 耕二

2001年入社

サーボシステム事業部 設計第三部
ステッピングモータの設計・開発に従事。