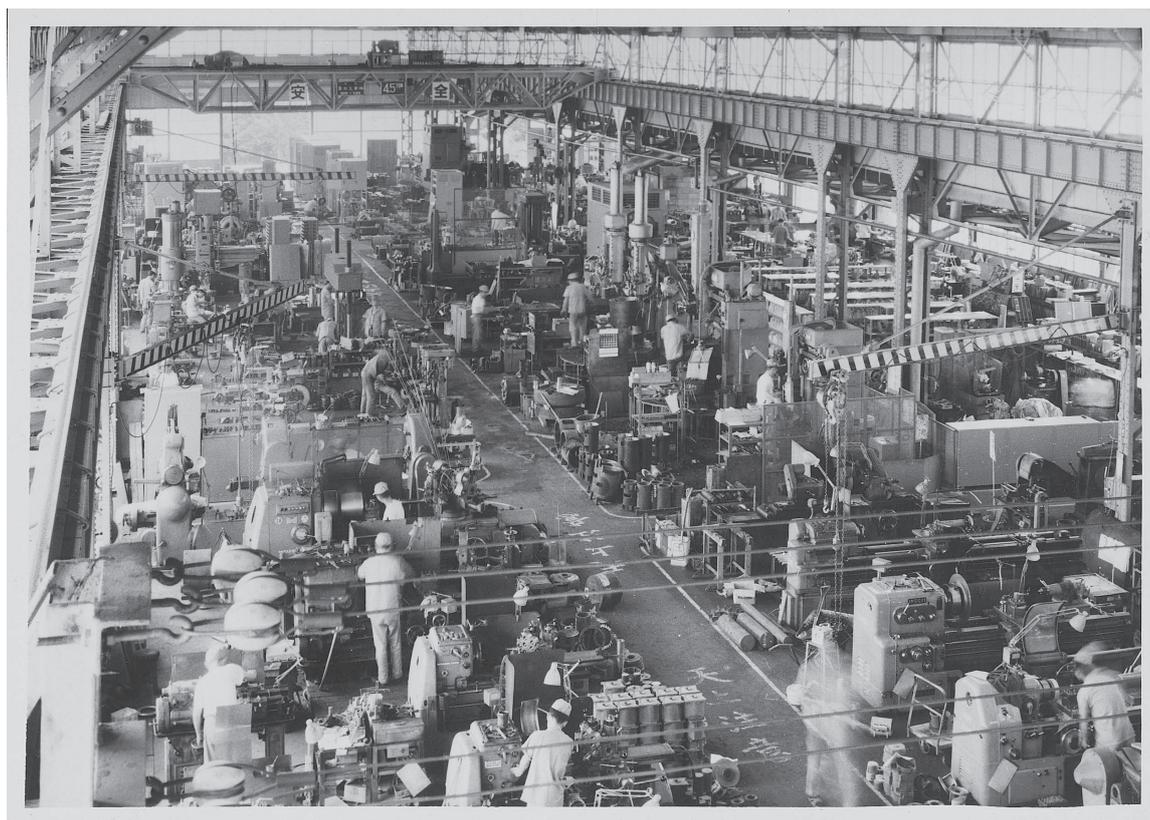


SANYO DENKI

Technical Report

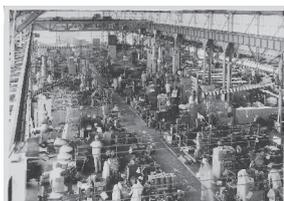
特集 | 山洋電気のこだわり技術



1960
Ueda Works

48

November
2019



COLUMN

表紙：

上田工場

1960年

1960年6月4日未明、上田工場に突然火の手があがりました。風が強いうえに木造の建物だったので、火の勢いはいっこうに衰えず、主力の工場棟と設備が焼失してしまいました。主力工場を失い、一瞬のうちに会社存亡の危機に立たされましたが、社長を筆頭に社員一同、みずからの働く職場を守るために一致団結して復旧にあたりました。そして、わずか2ヶ月足らずで工場が復旧しました。

これを機に、設備の更新と拡張がおこなわれ、同時期に完成した川口工場と合わせ、当社の生産体制の整備が大きく進みました。

その後の上田工場では、交流無停電電源装置をはじめ、高周波電動発電機、定周波定電圧装置など、主に大型電源装置が生産されました。交流無停電電源装置は、国鉄や電力会社をはじめ石油化学工業など、さまざまな市場からの需要が増えました。さらに、コンピュータ用、放送局用とその市場を拡大していきました。

山洋電気のこだわり技術	執行役員 宮田 繁二郎	1
-------------	-------------	---

特集：山洋電気のこだわり技術		3
----------------	--	---

■ クーリングシステム事業部

クーリングシステムにおけるこだわり技術		
ファンの高風量・高静圧化	栗林 宏光	3
ファンの遠隔制御・監視を実現するIoT 製品		
「San Ace コントローラ」の開発	村上 直樹 ほか	8
防水ブロー「San Ace 97W」9W1Bタイプ	大野 耕嗣 ほか	14

■ パワーシステム事業部

パワーシステム製品「SANUPS」のこだわり技術	濱 武	19
小容量UPS「SANUPS A11M」シリーズの開発	花岡 裕之 ほか	22
「SANUPS W73A」連系自立タイプの開発	石田 誠 ほか	26

■ サーボシステム事業部

サーボシステム製品を効率的に生産するこだわり技術	孫竹 周作 ほか	31
SANMOTION K シリーズ DC サーボモータ	倉石 大悟 ほか	36

山洋電気のこだわり技術

執行役員 宮田 繁二郎 *Shigejiro Miyata*

世界の年平均気温は、100年あたり0.85°Cの割合で上昇、特に北半球の陸地の温度上昇が顕著で、なかでも緯度が高い北極に近い場所の気温が上昇しています。日本においても、100年あたり1.21°Cの割合で上昇していて、特に1990年代以降、高温となる年が多くなっています。

ここ数年の異常気象など、私自身も季節感が、かなり変わってきたと感じるようになってきました。

地球温暖化の原因となっているガスにはさまざまなものがありますが、なかでも二酸化炭素はもっとも温暖化への影響度が大きいガスで、温暖化ガスの76%を占めているそうです。産業革命以降、化石燃料の使用が増え、その結果、大気中の二酸化炭素の濃度が増加しています。

温暖化ガスの排出量は増加の一途をたどり、現在では1990年と比較して50%以上増えています。しかも、地球温暖化は地球全体の気候システムに長期的な変化をおよぼしており、私たちが今すぐ対策を講じなければ、取り返しのつかない結果となる可能性があります。2015年のパリ協定では世界の平均気温の上昇幅を産業革命以前に比べて2°C未満、可能な限り1.5°C未満に抑えることの必要性が合意され、「脱炭素」の必要性が共通認識されました。

この国連サミットで採択された「持続可能な開発のための2030アジェンダ」に記載された2016年から2030年までの国際目標「持続可能な開発目標 (SDGs)」*にて問いかけられた17のゴールの13番目に、「気候変動に具体的な対策を」として示されています。

私たち山洋電気グループは、第8次中期経営計画の設計部門の開発目標のなかに、

- ①「世界のトップブランドを構築する」ために、人と地球環境に優しい性能を追求し、お客さまの「新しい価値」をつくり、人々の幸せと夢を実現する製品性能にすること。
- ②「変化を得意にする」ために、変化から、新しい価値を見出し、変化

を「お客さまの価値」に変え、グループ全体の力で、市場に変化をつくり、変化し続ける世の中に、「新しい価値」を提供し続けることを目標として掲げています。

具体的には、「省エネ、低損失、高風量、高静圧、低騒音、防水、防油、耐塩、耐温」などの性能が取り組み課題としてあげられています。

これらの設計部門の目標は、国際目標「持続可能な開発目標 (SDGs)」の目標の13番目と合致します。「省エネ、低損失」は、当社製品が使用するエネルギーを削減でき、「高風量、高静圧、低騒音、防水、防油、耐塩、耐温」などは、お客さまの装置の構造を簡単にでき、「長寿命、耐振動、耐G」は当社製品のメンテナンス周期を長くできることから、省資源化とエネルギーの削減に寄与します。

また、直接、化石燃料からの代替としての価値を提供できる製品として、太陽光、風力、水力などの環境影響の少ないエネルギー利用のための装置としてパワーコンディショナがあります。こちらは、「持続可能な開発目標 (SDGs)」にて問いかけされた17のゴールの7番目「エネルギーをみんなにそしてクリーンに」に合致します。

本誌には、「山洋電気のこだわり技術」として、長期的な視点に立った新技術や新製品の技術が掲載されています。これらの活動や技術成果をとおして世界中のお客さまに信頼されるブランドを構築し、企業活動を通じて、地球環境の保全および人類の繁栄に寄与する経営をします。

※持続可能な開発目標 (SDGs) とは、2001年に策定されたミレニアム開発目標 (MDGs) の後継として、2015年9月の国連サミットで採択された「持続可能な開発のための2030アジェンダ」にて記載された2016年から2030年までの国際目標です。

参考文献

(1) 外務省：JAPAN SDGs Action Platform

<https://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/oda/sdgs/about/index.html> (2019.9.19)

クーリングシステムにおけるこだわり技術 ファンの高風量・高静圧化

栗林 宏光

Hiromitsu Kuribayashi

1. まえがき

当社は「すべての人々の幸せをめざす」という企業理念のもと、3つの技術テーマを掲げている。それは、「地球環境を守るための技術」、「新しいエネルギーの活用」、「省エネルギーのための技術」である。これらを踏まえたうえで当社ファン「San Ace」の製品開発において一貫して取り組んでいることがある。それは小さな消費電力で、できる限り大きな風量・静圧特性を静音で得られる長寿命な製品を実現することである。

本稿では「San Ace」の開発におけるこだわりのなかから高風量・高静圧化の技術に焦点をあてて紹介する。

2. 高風量・高静圧化が求められる背景

近年、クラウド化の進展にともないデータセンタで使用される図1に示すラックマウントサーバの需要が増大している。当社ファンは、ICT機器の代表例であるこれらのサーバに多く採用されている。ラックマウントサーバは一般的に米国電子工業会で標準化された幅19インチのラックに収まるように設計されていて、高さも1U (44.45mm)、2U、4Uのように1Uの倍数で規格化されている。ラックには、1Uサーバを最大42台も積むことができるため、データセンタなどのスペースを効率的に使え、サーバの形態として主流になっている。

ラックマウントサーバは、オフィスに設置されている一般的なサーバと同様にCPUやメモリ・HDD・電源などのデバイスで構成されている。これらを安定して動作させるためには、各デバイスのメーカー保証温度を超えないように維持する必要がある。ファンを用いて冷却するのが一般的である。図2に1Uサーバの一例を示す。装置中央部に40mm角サイズのファンが8台、図3に示す電源の中にも40mm角ファンが搭載されている。

インターネットの普及によりサーバにおける処理速度や情報量は年々上昇しており、それとともに各デバイスからの発熱量が増加している。また、装置内の実装密度も増しているため、風量、静圧が大きく、なおかつコンパクトなファンが求められている。



図1 ラックマウントサーバの例
(写真は Super Micro Computer, Inc. 様ご提供)

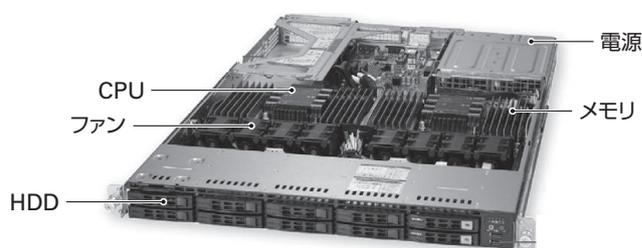


図2 1Uサーバの例
(写真は Super Micro Computer, Inc. 様ご提供)

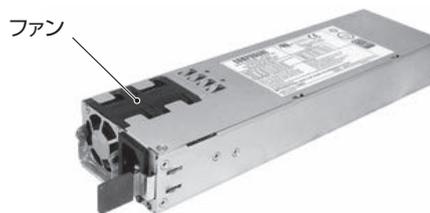


図3 1U電源の例
(写真は Compuware Technology Inc. 様ご提供)

3. こだわり技術

3.1 こだわり技術 (1)：静翼付軸流ファン

ラックマウントサーバで使用されるファンに求められる高風量・高静圧化について説明する。一般的にファンの風量を増大させるためには、モータの回転速度を上げるか、羽根のサイズを大きくすることが必要である。また、静圧を増大させるためには、モータの回転速度を上げるか、静圧を確保しやすい羽根・フレーム形状にする必要がある。一方、1Uサーバにおいては、前述のように高さが44.45mmという制約があるので、ファンは40mm角を越えないサイズに収める必要がある。

1990年代後半に発売された1Uサーバには40mm角28mm厚軸流ファン（以下、 $\square 40 \times 28\text{mm}$ 厚ファン）9Pタイプが搭載されていた。それ以降、新型サーバが開発されるたびに高風量化が求められたが、駆動回路などのマイナーチェンジで高回転を実現し対応できていた。

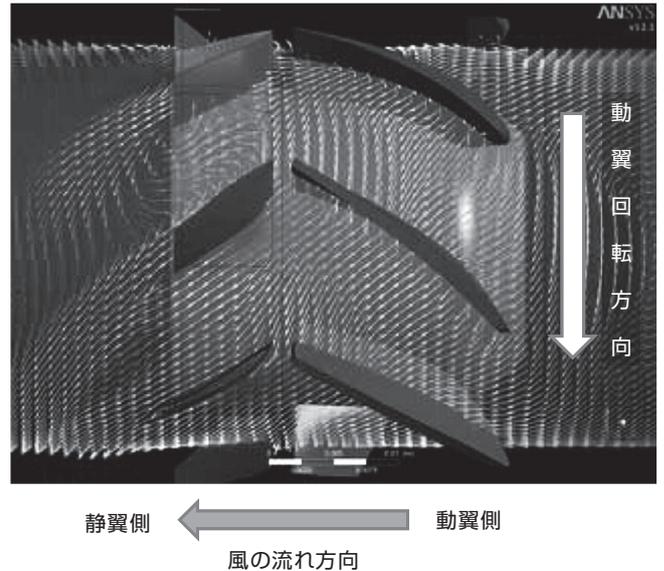


図5 静翼付ファンにおける風のベクトル図

しかし2003年になると、単にモータの回転速度を引き上げても、目標とする風量－静圧特性を効率的に実現することが難しくなってきた。これは動翼から出た旋回する流れがファンの風を軸方向に送ることに貢献せず、動翼が作った流れのエネルギーを損失させてしまっていることが一因であると考えた。

そこで、図4および図5に示すように動翼後方に静翼を設置し、旋回する流れを軸方向へ送る流れに変えて損失を抑える工夫を盛り込んだ。動翼が生み出す旋回成分の角度は翼付け根付近と翼先端付近で異なるので、それらの角度に合わせた静翼を設計した。また、フレーム全長は28mmと短く静翼の軸方向への長さを十分取れないので、静翼の枚数を増やすことで整流効果の上昇を狙った。

さらに、目標とする風量－静圧特性を維持しながら消費電力および騒音が最小になるように全体の羽根・フレーム形状、磁気回路および駆動回路を最適化した。

このような静翼付軸流ファンとして、 $\square 40 \times 28\text{mm}$ 厚サイズでは、2008年に9GVタイプ、2012年に9GAタイプ、2015年に9HVタイプを開発した。これらの性能を表1および図6に示す。2015年に開発した9HVタイプは、1987年に開発した9Pタイプ（109P0412H3013）に比べて最大風量は約2.6倍、最大静圧は約10.7倍に向上している。

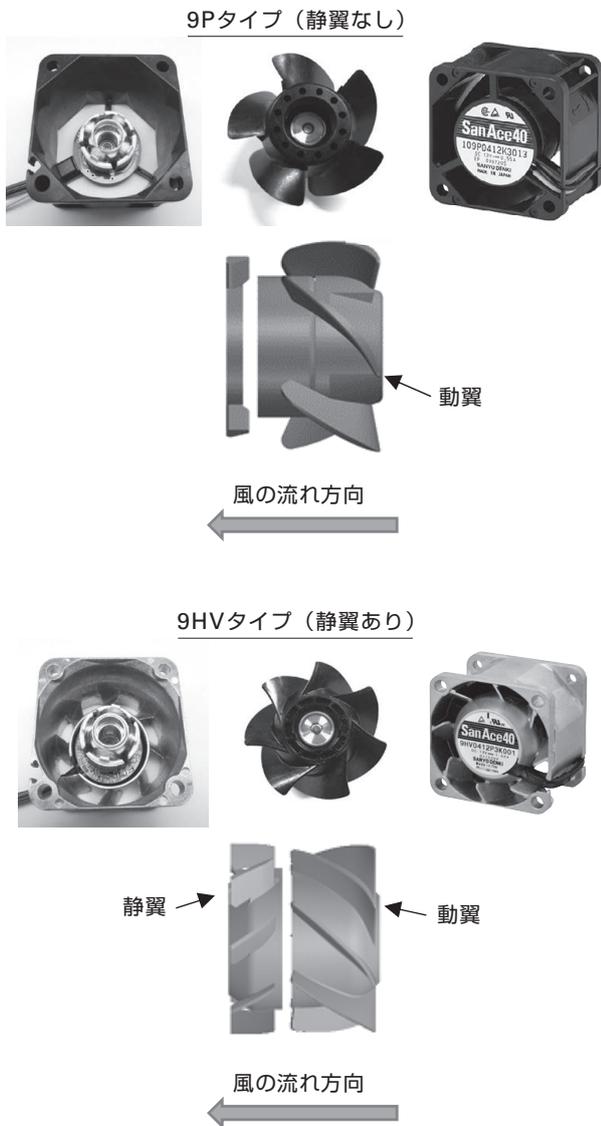


図4 $\square 40 \times 28\text{mm}$ 厚ファンの構造例

表1 代表的な $\square 40 \times 28\text{mm}$ 厚ファンの一般特性例

型番	回転速度 [min ⁻¹]	最大風量 [m ³ /min]	最大静圧 [Pa]	消費電力 [W]	音圧レベル [dB(A)]
109P0412H3013	8,700	0.32	102.9	2.34	37
109P0412K3013	15,500	0.59	340.0	6.6	50
9GV0412K301	16,500	0.76	415.0	10.08	58
9GA0412P3K01	22,000	0.81	799.0	11.04	61
9HV0412P3K001	25,000	0.83	1,100	18.3	65

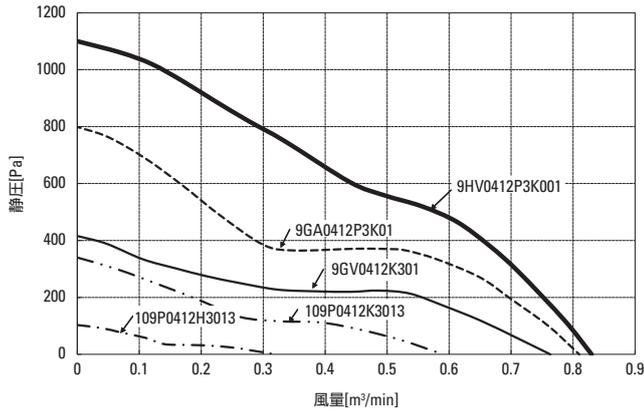


図6 代表的な□40×28mm厚ファンの風量-静圧特性例

3.2 こだわり技術(2): 二重反転ファン

1Uサーバの高発熱化・高密度化が進むなかで□40×28mm厚ファンでは冷却性能が不足し、その解決のためにファンを2台直列に並べて使用するケースも出てきた。同じ回転方向に軸流ファンを2台直列に並べた場合、3.1項で述べた静翼のない軸流ファンと同様に旋回成分が残り、前段ファンの動翼から出た流れと後段ファンの動翼との間に衝突損失などが生じる。その結果、風量-静圧特性は若干向上するものの、要求される性能が十分満足できないことが生じた。

そこで当社は、2004年に前段ファン、後段ファンからなる二組の動翼を互いに反対方向に回転させる方式の二重反転式軸流ファン(以下、二重反転ファン)を開発した。図7に示すように、前段動翼から出た流れをスムーズに受けるような形状の静翼を前段動翼の後流に配し、旋回流を後段動翼により軸方向の流れ

に変換する構造とした。その結果、表2および図8に示すように風量-静圧特性を大幅に向上し、軸流ファン特有の特定領域における静圧の落ち込みも解消することができた。

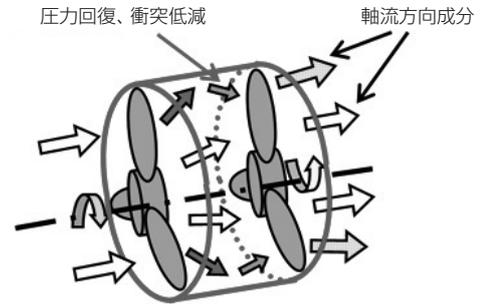


図7 二重反転ファンにおける流れのイメージ

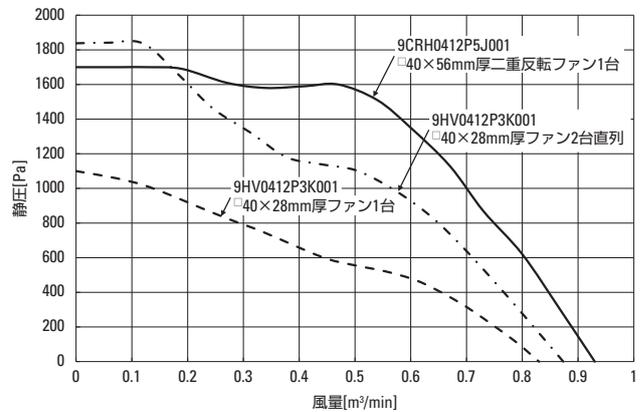


図8 代表的な40mm角ファンの風量-静圧特性例

表2 代表的な40mm角ファンの一般特性例

型番	回転速度 [min ⁻¹]		最大風量 [m ³ /min]	最大静圧 [Pa]	消費電力 [W]	音圧レベル [dB(A)]
	前段	後段				
9HV0412P3K001 □40×28mm厚ファン1台	25,000		0.83	1,100	18.3	65
9HV0412P3K001 □40×28mm厚ファン2台直列	25,200	30,900	0.87	1,840	28.0	77
9CRH0412P5J001 □40×56mm厚二重反転ファン1台	29,500	25,500	0.93	1,700	30.24	70

2017年に開発した図9に示す□40×56mm厚二重反転ファン9CRHタイプは、2004年に開発した9CRタイプと比較して、最大風量は1.3倍、最大静圧は3.3倍に向上している。さらに、図10に示すように軸流ファン単体や2台直列時に比べて流れの直進性が格段に改善されている。これらの二重反転ファンの製品化により、従来にない高風量・高静圧を必要とするお客さまにとって新しい解決策を提供することができた。



図9 □40×56mm厚二重反転ファンの構造例

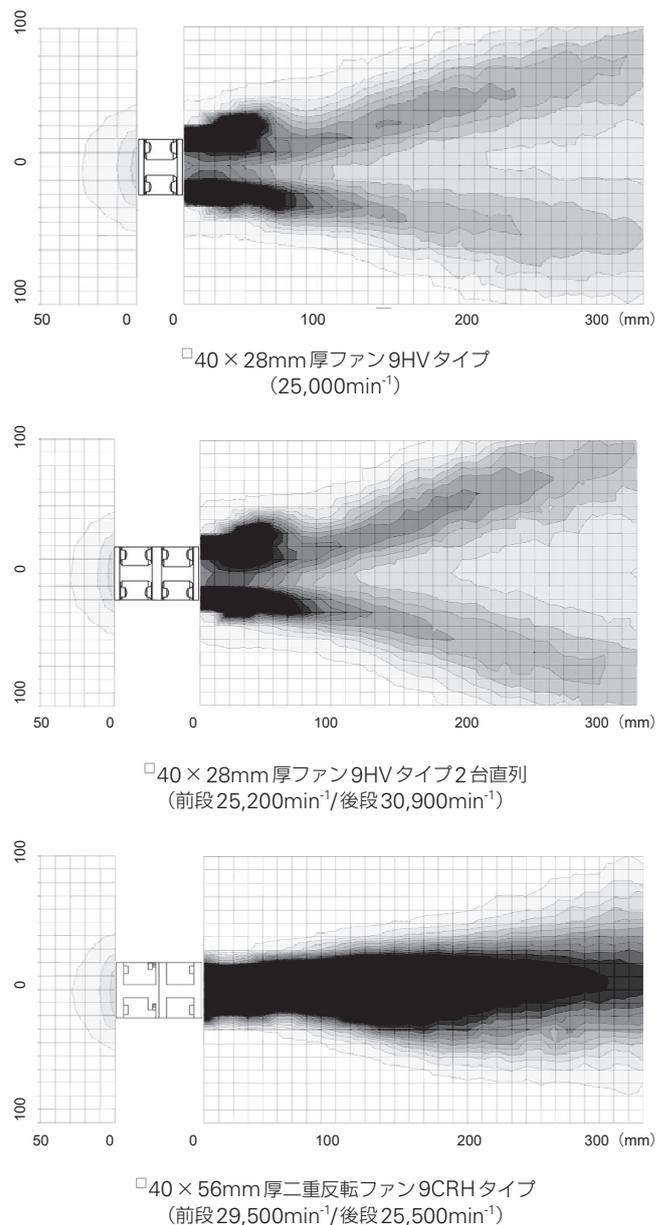


図10 風速分布(フリーエア、定格電圧時)

さらに現在は40mm角サイズの他に、36mm角、60mm角、80mm角、92mm角、120mm角、φ172mmサイズの二重反転ファンをラインアップしており、小型で極めて高い動作風量が必要とされるICT機器を始めさまざまな産業機器に活発に採用いただいている。

4. むすび

本稿では当社ファン「San Ace」の開発におけるこだわりのなかから高風量・高静圧化技術として静翼付ファンと二重反転ファンの技術に焦点をあてて説明した。これらの技術開発により、これまで冷却手段が無く困っていたお客さまに最適な解決策を届けることができた。今後もお客さまの課題に寄り添い解決策が継続的に提供できるように技術開発に取り組んでいく所存である。

参考文献

- (1) 原田幸夫：流体機械
SI単位版 朝倉書店(1986)
- (2) 相沢吉彦：今までの流れを変えるクーリングシステム技術
山洋電気テクニカルレポートNo.16(2003)
- (3) 大澤穂波ほか：「San Ace 40」二重反転ファン
山洋電気テクニカルレポートNo.16(2003.11)
- (4) 石原勝充ほか：高風量・高静圧ファン「San Ace 40」GVタイプ
山洋電気テクニカルレポートNo.20(2005.11)
- (5) 宮沢秀治ほか：高静圧二重反転ファン「San Ace 40」9CRHタイプ
山洋電気テクニカルレポートNo.45(2018.5)
- (6) Super Micro Computer, Inc.：「Supermicro RSD」
<https://mysupermicro.supermicro.com/user>(2019.8.21)
- (7) Super Micro Computer, Inc.：「Super Storage 1029P-NES32R」
<https://mysupermicro.supermicro.com/user>(2019.8.21)
- (8) Compuware Technology Inc.：「80 PLUS Platinum 1600W CRPS
CPR-1621-7M1」
http://www.compuware-us.com/products_show.php?recno=83
(2019.8.21)

執筆者

栗林 宏光

クーリングシステム事業部 設計部
冷却ファンの開発, 設計に従事。

ファンの遠隔制御・監視を実現するIoT製品「San Ace コントローラ」の開発

村上 直樹

Naoki Murakami

荻原 博紀

Hironori Ogihara

荒起 聡直

Soma Araki

村上 昌志

Masashi Murakami

漆本 光瑠

Hikaru Urushimoto

源 将大

Masahiro Minamoto

大澤 穂波

Honami Osawa

1. まえがき

近年、多くの分野においてIoT (Internet of Things) の普及が進んでいる。IoT機能を搭載した装置はインターネット経由での遠隔制御と監視が可能であり、また装置の稼働データをクラウドサーバに蓄積して予防保全や製品開発などに活用できるなどお客さまやユーザーにとって多くのメリットがある。

ファンが搭載される装置において、ファンは装置を安定動作させるための重要部品である。そのため、ファンの遠隔監視や予防保全を実現するIoT製品が求められている。

また、装置における低騒音、省エネルギーは常に重要な課題である。さらなる低騒音、省エネルギーを実現するため、ファンを状況に適した回転速度で運転させるための自動制御する装置も求められている。

こうした要求に応えるため、PWMコントロール機能付きファン（以下、ファンという）の遠隔制御と監視を実現するIoT製品「San Ace コントローラ」を開発した。

本稿では、San Ace コントローラと専用センサ、およびクラウドサービスSan Ace NETの概要と特長を説明する。

2. 開発品の概要

2.1 外観・寸法諸元

San Ace コントローラの外観を図1に、専用センサの外観を図2に、San Ace コントローラの寸法諸元を図3に、専用センサの寸法諸元を図4に示す。

San Ace コントローラは、縦置き、横置き、壁掛けが可能な形状とした。また、すべてのコネクタを前面に配置し配線しやすくした。



図1 San Ace コントローラ



図2 専用センサ

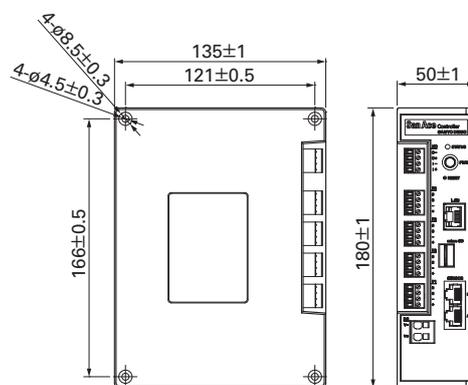


図3 San Ace コントローラの寸法諸元

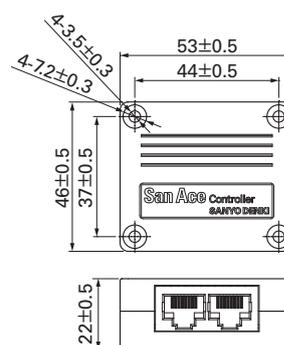


図4 専用センサの寸法諸元

2.2 仕様諸元

San Ace コントローラの仕様諸元を表1, 専用センサの仕様諸元を表2に示す。

当社ファンをネットワーク経由で制御・監視できることを特長とする。

表1 San Ace コントローラの仕様諸元

型番	9CT1-001	
定格電圧 [V]	DC12 / 24 / 48	
消費電力 [W]	3.1 ^{*1}	
使用電圧範囲 [V]	DC7 ~ 60	
使用温度範囲 [°C]	- 20 ~ + 70	
コントロール機能	手動 / 自動	
コントロール信号	PWM 信号 ハイレベル電圧 (V _{OH}) : 3.3V / 5V 周波数 : 25kHz	
監視項目	ファン回転速度, ファン電流, ファン稼働時間, センサ検出値, 外部入力	
ファン接続台数	最大4台	
ファン接続端子許容電流	5A (1端子あたり)	
センサ接続数	最大4個	
対応センサ	温湿度, 気圧, 加速度 ^{*2}	
外部入出力機能	入力	フォトカプラ絶縁, ON DC15 ~ 28.8V, OFF DC0 ~ 5V
	出力	フォトカプラ絶縁オープンコレクタ出力, 負荷電圧 DC28.8V以下, 出力電流 0.1A以下
通信機能	無線	IEEE802.11b/g/n, 周波数2.4GHz ^{*3}
	有線	Ethernet 10BASE-T, 100BASE-TX
サイズ [mm]	50 (W) × 135 (D) × 180 (H)	
質量 [g]	450	
材質	ケース: 樹脂	

※1 製品単体, 周囲温度20°C ※2 専用センサ ※3 対応チャンネルは1ch ~ 11ch

表2 専用センサの仕様諸元

センサタイプ	温湿度センサ	気圧センサ	加速度センサ
型番	9CT1-T	9CT1-P	9CT1-A
計測範囲	温度: - 20 ~ + 70°C 湿度: 20 ~ 85%RH ^{*1}	気圧: 800 ~ 1100hPa	加速度: 0 ~ 60m/s ² ^{*2}
使用温度範囲 [°C]	- 20 ~ + 70		
使用湿度範囲 [%RH]	20 ~ 85 ^{*1}		
サイズ [mm]	53 (W) × 46 (D) × 22 (H)		
質量 [g]	35		
材質	ケース: 樹脂		

※1 結露なきこと ※2 3軸合成加速度

3. 開発品の特長

3.1 ネットワーク接続機能

San Ace コントローラは有線または無線でネットワークに接続することができる。ネットワークに接続して使用する場合はシステム構成例を図5に示す。

ネットワーク接続機能によりネットワーク上のパソコンやスマートフォンなどの端末からSan Ace コントローラにアクセスし設定・制御・監視を行うことができる。また、検出したアラームを受信でき、内部に保存された計測データ、アラーム発生履歴をダウンロードすることも可能である。なお、有線はEthernet 10BASE-T, 100BASE-TX, 無線はIEEE802.11b/g/n (2.4GHz) の通信規格に対応している。

3.2 ユーザーインターフェース

San Ace コントローラの操作は、パソコンやスマートフォンなどの端末にインストールされている一般的なウェブブラウザを使用して行う。ユーザーインターフェースはユーザー視点での使い易さを追求したデザインとし、また誤入力・誤選択を防止するバリデーション機能を搭載したことにより、初めて使用す

るユーザーでも簡単に操作することができる。図6に設定画面例を示す。

3.3 計測・監視機能

接続しているファン、専用センサについて以下の項目を計測、監視することができる。

- ファン：回転速度, 電流値, 移動時間
- 専用センサ：温度, 湿度, 気圧, 加速度

監視に使用する各項目の閾値はユーザーが任意に設定可能で、計測値が閾値を逸脱するとメール、ウェブブラウザ画面表示、本体のLED、外部出力で異常を確認することができる。計測データとアラーム発生履歴は内部メモリに保存され、ウェブブラウザ画面上で確認することができる。また、計測データ、アラーム発生履歴はcsvファイルでパソコンにダウンロードできるため、データを予防保全、新製品の開発、不具合解析等に活用することができる。図7に計測データ画面例を示す。

また、外部装置からの入力信号により外部装置の状態を監視し、異常時にアラームを通知する機能も搭載している。

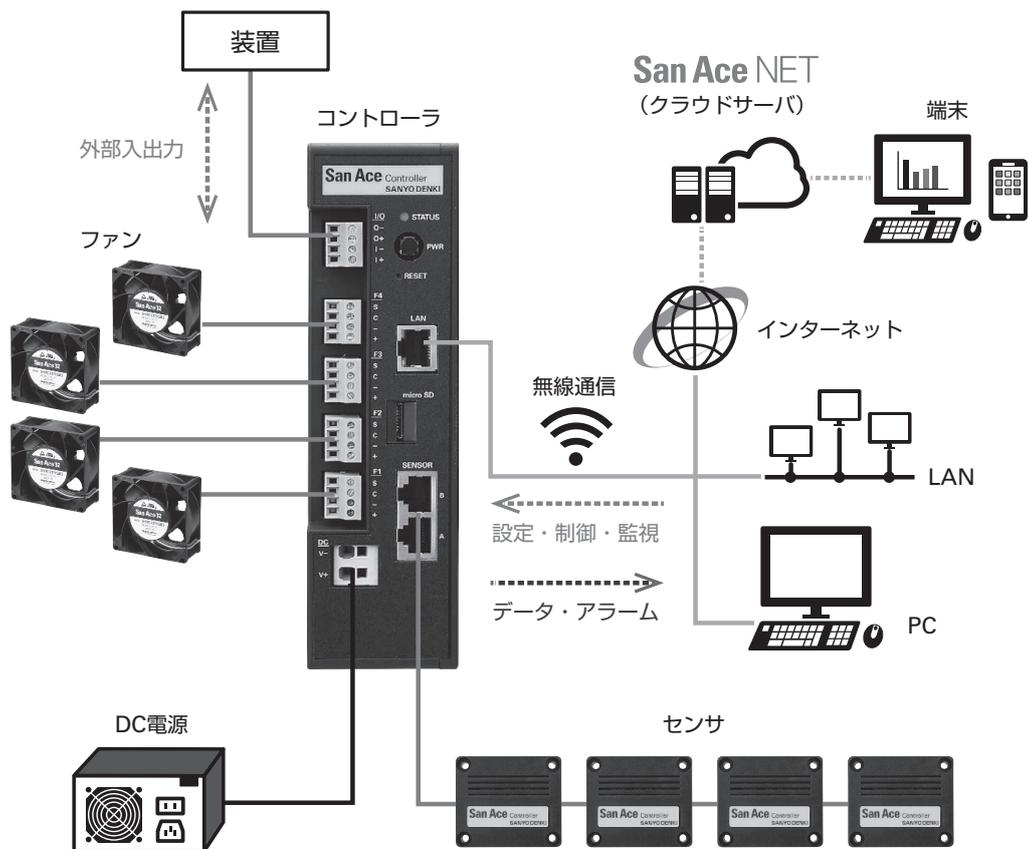


図5 システム構成例



図6 設定画面例

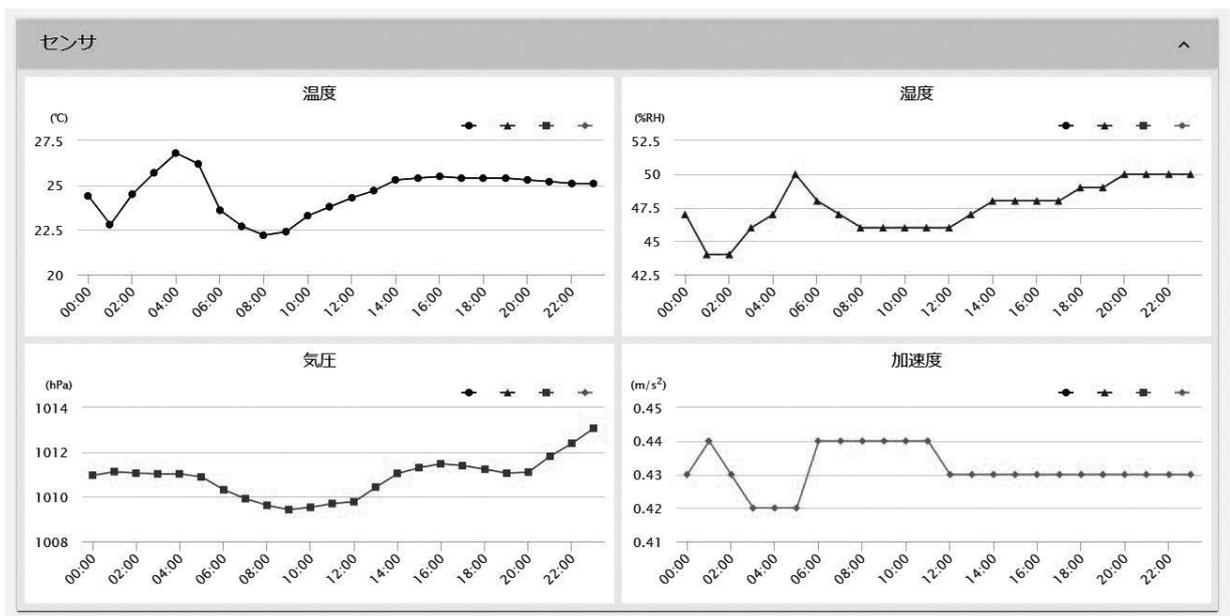


図7 計測データ画面例

3.4 ファン制御機能

San Ace コントローラはファンを4台まで制御することができる。制御方法は手動制御と自動制御から選択することができる。

3.4.1 手動制御

手動制御は接続しているファンに任意のPWM信号デューティ値を入力して回転速度を制御する機能である。PWM信号デューティ値は1%刻みで設定可能であるため、所望する回転速度に調節することができる。

3.4.2 自動制御

自動制御は接続している専用センサの計測値に応じてファンの回転速度を自動で調節する機能である。自動制御は専用の温湿度センサまたは気圧センサを使用することで実現できる。温湿度センサによるファン自動制御の接続と動作例を図8に示す。この例では温湿度センサAの計測値でファン1, 2、温湿度センサBの計測値でファン3, 4を自動制御している。温湿度センサA, Bの計測値が設定した目標値となるようにファンの回転速度が自動で調節される。自動制御によりファンを最適な回転速度で運転することができるため、過剰な回転速度から生じる騒音、電力を抑制することが可能となる。

図8ではファン4台を2個のセンサで自動制御する例を示したが、ファン4台をそれぞれ異なるセンサと異なる目標値で自動制御することも可能である。また、二重反転ファン、リバーシブルフローファンも自動制御することができる。

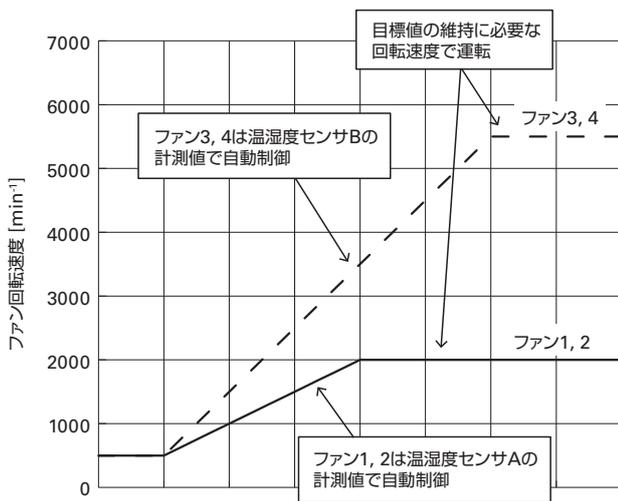
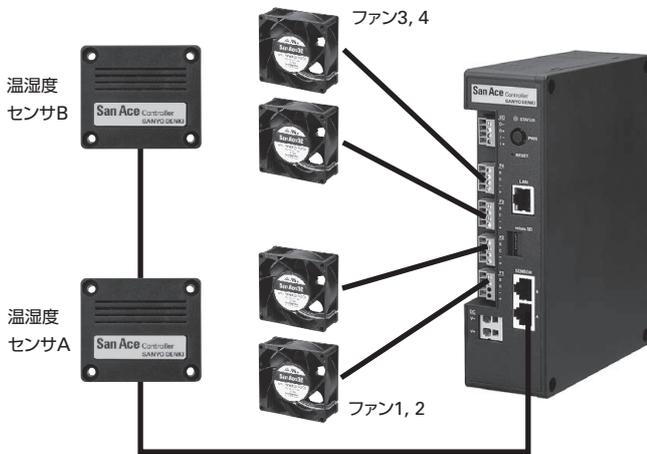


図8 自動制御の接続と動作例

3.5 クラウドサービス“San Ace NET”

専用のクラウドサービス“San Ace NET”を使用すると、San Ace コントローラと遠く離れた場所であってもインターネットに接続できる環境であればどこからでも、パソコンやスマートフォン等の端末でSan Ace コントローラの設定・制御・監視をすることができる。また、San Ace NETにはSan Ace コントローラの計測データが自動転送・保存されるためデータのバックアップとして活用することもできる。

4. むすび

本稿では、開発した「San Ace コントローラ」の概要と特長を紹介した。

本開発品はファンの遠隔制御と監視を実現した業界初^(注)のIoT製品である。ファンの運転状態と専用センサの計測値の遠隔監視を実現し、また監視データを製品内部、またはSan Ace NETに蓄積し予防保全や新製品の開発、不具合解析等に活用することができる。

また、ファン自動制御機能でファン回転速度の過剰な上昇を抑制するため、お客さまの装置の低騒音、省エネルギーの実現に大いに貢献できると考える。

今後も、テクノロジーの発展にともない生じるお客さまの新しい要望に応えられる新製品を開発していく所存である。

注 2019年8月20日現在、当社調べ。

執筆者

村上 直樹

クーリングシステム事業部 設計部
冷却ファンの開発, 設計に従事。

荻原 博紀

クーリングシステム事業部 設計部
冷却ファンの開発, 設計に従事。

荒起 聡直

クーリングシステム事業部 設計部
冷却ファンの開発, 設計に従事。

村上 昌志

クーリングシステム事業部 設計部
冷却ファンの開発, 設計に従事。

漆本 光瑠

クーリングシステム事業部 設計部
冷却ファンの開発, 設計に従事。

源 将大

クーリングシステム事業部 設計部
冷却ファンの開発, 設計に従事。

大澤 穂波

クーリングシステム事業部 設計部
冷却ファンの開発, 設計に従事。

防水ブローア「San Ace 97W」9W1B タイプ

大野 耕嗣

Koji Ono

西沢 敏弥

Toshiya Nishizawa

羽田 格彦

Kakuhiko Hata

戸田 貴久

Takahisa Toda

児玉 晶生

Masaki Kodama

栗林 宏光

Hiromitsu Kuribayashi

1. まえがき

近年バッテリーパックや換気システム、業務用厨房機器、デジタルサイネージといった装置の高密度化が進み、軸流ファンではまかなえない高静圧の領域で冷却をおこなうため、ブローアの要求が増えてきている。またこれらの装置は、屋外や水がかかる、かつ人が身近にいる環境化で使用されることが多く、高い防水性能および低騒音化も求められている。

これらの要求に応えるため、このたび高静圧領域にて高い冷却性能を持つ防水ブローア「San Ace 97W」9W1Bタイプ（以下、開発品）を開発・製品化した。

本稿ではその特長と性能を紹介する。

2. 開発品の特長

図1に開発品の外観を示す。

開発品は、ブローアにおいて当社で初めて防塵防水性能IP68を実現した。

また、同サイズの軸流ファンと比較し、高静圧な性能を備えた製品である。

開発品の特長を以下に示す。

- (1) 高静圧
- (2) 低消費電力・低騒音
- (3) 防塵防水「保護等級IP68^(注)」

(注) 保護等級IP68

保護等級 (IPコード) は、IEC (国際電気標準会議) 60529「DEGREES OF PROTECTION PROVIDED BY ENCLOSURES (IP Code)」で規定されている。(IEC 60529:2001)



図1 「San Ace 97W」9W1Bタイプ

3. 製品の概要

3.1 寸法諸元

開発品の寸法諸元を図2に示す。

既存製品との互換性を維持するために、幅および高さ寸法を従来品と同一にした。

3.2 特性

開発品の一般特性を表1に示す。

定格電圧は12V、24Vの2種類を設定し、それぞれの定格電圧に定格回転速度4,800min⁻¹ (Hスピード)、4,100min⁻¹ (Mスピード)を開発した。Hスピードの風量-静圧特性を図3に、Mスピードの風量-静圧特性を図4に示す。各スピードで風量-静圧特性は異なり、装置内部の発熱状況に応じて選定していただくことが可能である。またPWMコントロール機能を搭載しているため状況に応じて回転速度を制御することで、装置としての低消費電力化と静音化を実現できる。

開発品の周囲温度60°Cにおける期待寿命(残存率90%、定格電圧連続運転、フリーエア状態、常湿)は、40,000時間である。

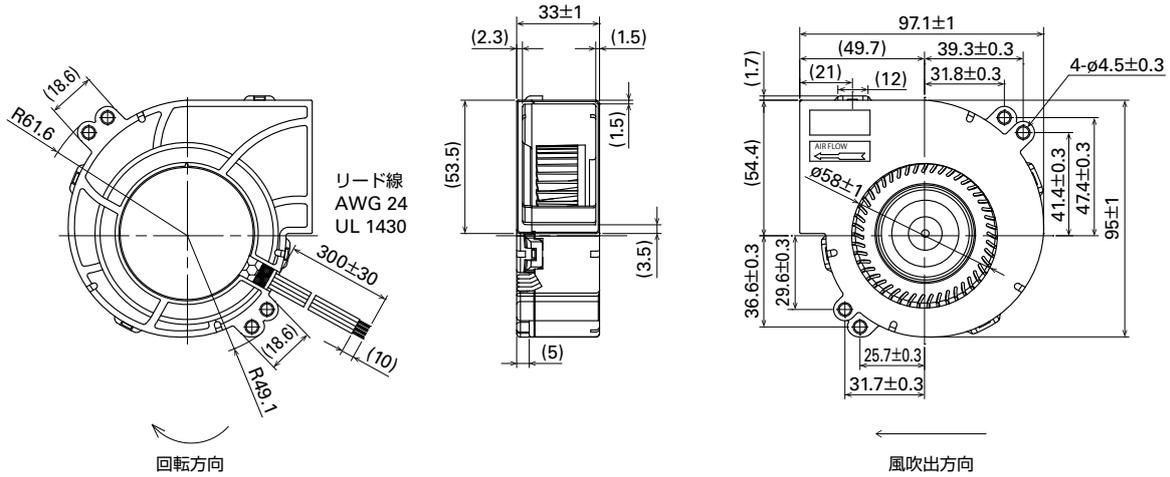


図2 開発品の寸法諸元(単位: mm)

表1 開発品の一般特性

型番	定格電圧 [V]	使用電圧範囲 [V]	PWM デューティ サイクル [*] [%]	定格 電流 [A]	定格 入力 [W]	定格 回転速度 [min ⁻¹]	最大風量		最大静圧		音圧 レベル [dB(A)]	使用温度 範囲 [°C]	期待寿命 [h]		
							[m ³ /min]	[CFM]	[Pa]	[inchH ₂ O]					
9W1BM12P2H001	12	10.2 ~ 13.8	100	1.30	15.6	4,800	1.09	38.5	540	2.17	58	-20 ~ +70	40,000/60°C (70,000/40°C)		
			20	0.14	1.68	1,500	0.32	11.3	51	0.20	30				
9W1BM12P2M001		100	0.90	10.8	4,100	0.93	32.8	380	1.53	55					
		20	0.14	1.68	1,500	0.32	11.3	51	0.20	30					
9W1BM24P2H001	24	20.4 ~ 27.6	100	0.65	15.6	4,800	1.09	38.5	540	2.17	58			-20 ~ +70	40,000/60°C (70,000/40°C)
			20	0.07	1.68	1,500	0.32	11.3	51	0.20	30				
9W1BM24P2M001		100	0.45	10.8	4,100	0.93	32.8	380	1.53	55					
		20	0.07	1.68	1,500	0.32	11.3	51	0.20	30					

*入力PWM周波数: 25kHz. PWMデューティサイクル0%時の回転速度は0min⁻¹

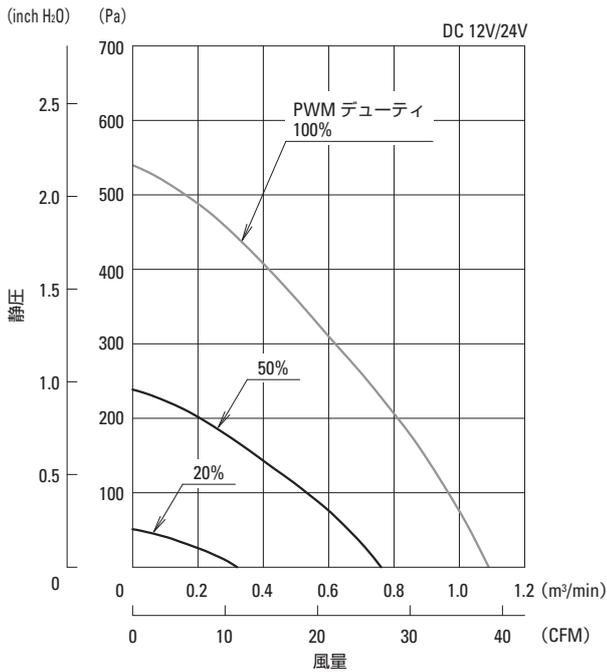


図3 開発品の風量-静圧特性例 Hスピード

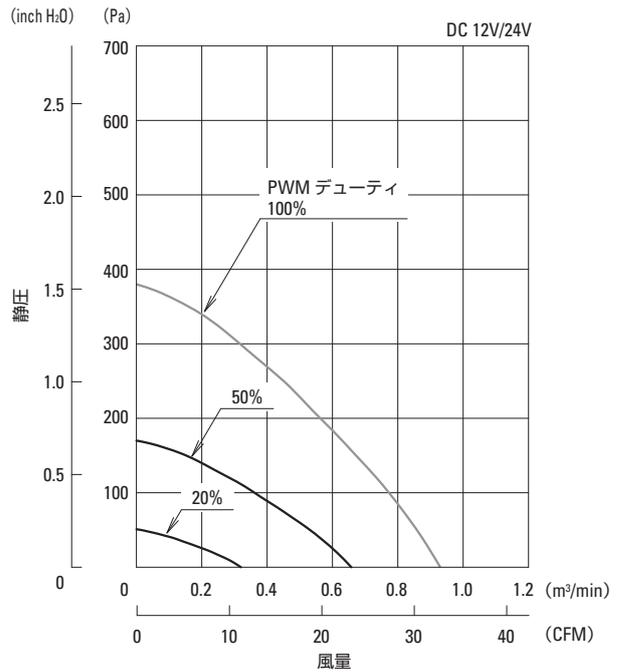


図4 開発品の風量-静圧特性例 Mスピード

4. 開発のポイント

開発品は防水性能を備えながらも高静圧化を実現している。以下に設計のポイントを簡単に紹介する。

4.1 防水設計

図5に示すように水の浸入による故障を防ぐため、活電部（モータ、制御回路）に樹脂コーティングを施す手法で保護等級IP68の防塵防水性能を実現した。また、水がかかる環境下でも長期間使用できる製品とするために、以下の手法を採用した。

- (1) マグネットは防水性に優れた材料を採用
- (2) フレームはアルミダイカストに塗装



図5 開発品の活電部の外観

4.2 フレーム設計

ブローは羽根を囲むようにフレームとカバーからなるケースで形成されている。図6に示すケース外観のようにブローは取り付け方向によってはケース内部に水が溜まり、必要な特性が出せないことが想定された。そこでケース内の水を排出するため、排水穴を設けた。穴形状および位置を工夫した結果、信頼性と高静圧を両立した製品を実現することができた。

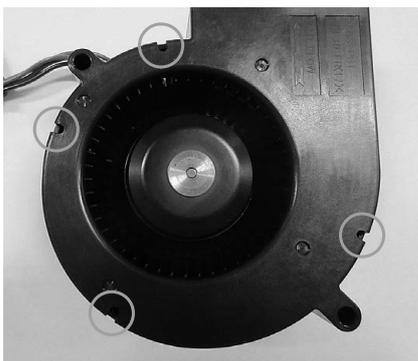


図6 ケース外観

4.3 羽根設計

運転時、羽根に水がかかり過負荷になることが想定されたため、羽根強度の向上をおこなう必要があった。過去に蓄積された信頼性データをもとに、応力シミュレーション技術を活用し、十分な強度を保持する翼枚数、厚みにした。そのうえで翼長さ、角度などの形状は図7に示す流体シミュレーション技術を活用し、最適化をはかり目標性能を達成した。

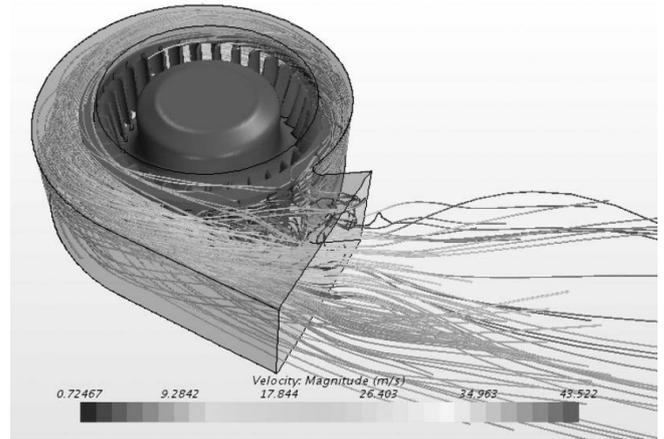


図7 風の流れの可視化

4.4 回路設計

4.2節および4.3節で記載した構造での保護だけでなく、回路においても過負荷を検知した際に、モータ駆動電流を抑える二重の保護機能を搭載している。

5. 開発品と防水軸流ファンの比較

5.1 風量－静圧特性の比較

開発品「9W1BM24P2H001」と従来の類似サイズ $\square 92 \times 38\text{mm}$ 防水軸流ファン「9WV0924P1H001」（以下従来品）との風量－静圧特性の比較を図8に示す。ブローは軸流ファンと比べ高い静圧を出すことができ、本開発品も最大静圧は従来品と比較し40%の向上している。そのため高いインピーダンスを持つ製品に対応できるようになった。

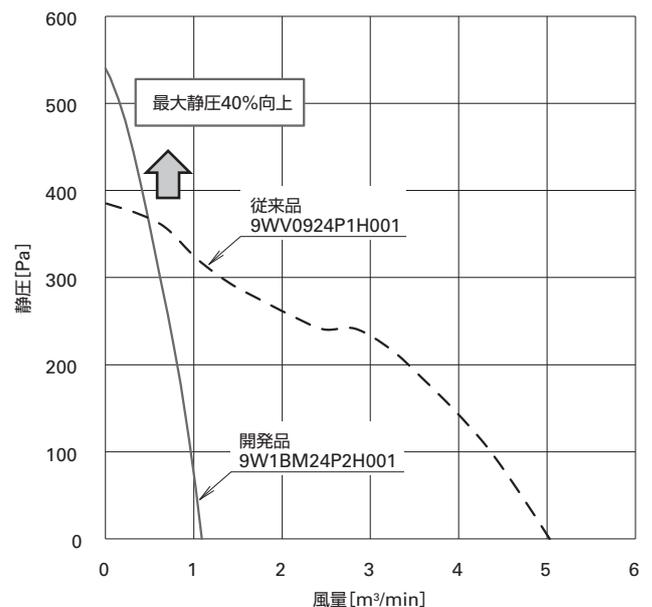


図8 風量－静圧特性比較

5.2 想定動作点での比較

図9に示す想定システムインピーダンスを持つ機器において、同等冷却性能を得られる動作点で開発品と従来品の比較をする。消費電力は74%低減することができる。

また音圧レベルについても図10に示すように13dB(A)低減することができる。このようにブローは軸流ファンと比較し、システムインピーダンスが高い領域において低消費電力化と低騒音化に貢献できる。

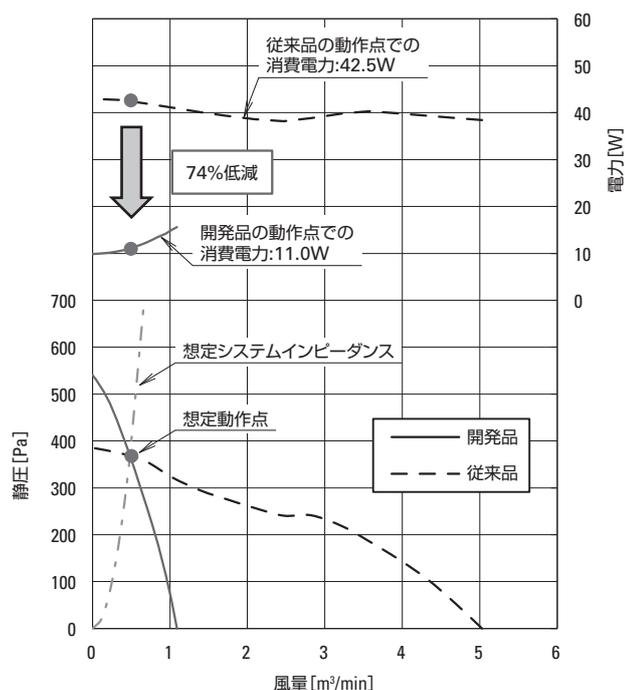


図9 動作点における消費電力比較

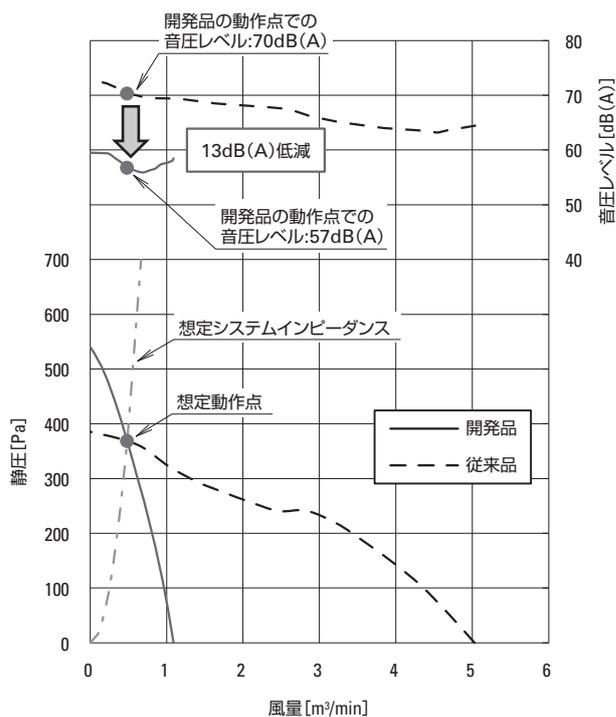


図10 動作点における音圧レベルの比較

6. むすび

本稿では97×33mm厚防水ブロー「San Ace 97W」9W1Bタイプの特長と性能の一部を紹介した。

本開発品は、高静圧の性能を備えたブローとして当社初のIP68等級を実現した。このことにより、水や埃にさらされる環境で使用され、かつ高システムインピーダンスの装置において、本開発品が大きく貢献できると考える。

今後も多様化していく市場に先駆け要求に応える製品開発をおこなうことで、お客さまの新しい価値に貢献できる製品を提供し、お客さまとともに夢を実現していく所存である。

執筆者

大野 耕嗣

クーリングシステム事業部 設計部
冷却ファンの開発, 設計に従事。

西沢 敏也

クーリングシステム事業部 設計部
冷却ファンの開発, 設計に従事。

羽田 格彦

クーリングシステム事業部 設計部
冷却ファンの開発, 設計に従事。

戸田 貴久

クーリングシステム事業部 設計部
冷却ファンの開発, 設計に従事。

児玉 晶生

クーリングシステム事業部 設計部
冷却ファンの開発, 設計に従事。

栗林 宏光

クーリングシステム事業部 設計部
冷却ファンの開発, 設計に従事。

パワーシステム製品「SANUPS」の こだわり技術

濱 武

Takeshi Hama

1. まえがき

私たちの生活に欠かせないスマートフォンやタブレットなどの電子機器がネットワークを快適に使用するためには、安定した電力の供給が不可欠である。

当社の無停電電源装置（以下、UPS）やパワーコンディショナをはじめとするパワーシステム製品「SANUPS」は、平常時の基本的な性能や機能が高いだけでなく、豪雨や震災などの災害による停電時にも、お客さまの装置に高品質で安定した電力を供給することができる。また、防災やBCP（事業継続計画）対策としても使用できる。

本稿では、これらパワーシステム製品「SANUPS」の機能、性能、品質を支えるこだわり技術について紹介する。

2. 高効率化技術

UPSやパワーコンディショナは高い効率が求められるため、共振形、二相変調方式、3レベルインバータ方式などの高効率化のための回路方式の採用に加え、次世代半導体や損失の少ない部品を使用した製品設計をおこなっている。そして、その回路は当社独自の最適化を図っている。

ここでは高効率化の技術について、図1に示すように、UPSで使用されている基本的な回路構成を例に説明する。

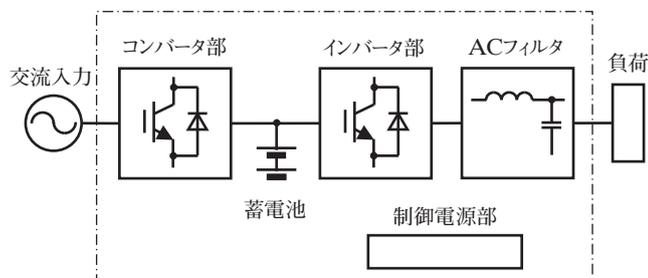


図1 UPSの基本回路構成例

2.1 コンバータ部、インバータ部、制御電源部の高効率化

2.1.1 損失の少ない回路方式の採用

当社UPSのコンバータ部、インバータ部や制御電源部などスイッチング素子を使用している回路には、損失を低減させる回路方式を採用している。

次に、これら回路方式の例を述べる。

(1) ソフトスイッチング方式（共振型）

LC共振を用いることにより、スイッチング時に0電圧や0電流として損失を低減できる。

(2) 3レベルインバータ方式

一般的な2レベルインバータ方式に対して定常損失は増加するが、1素子当りのスイッチング電圧が1/2となることにより、スイッチング損失が大幅に低減する。

また、スイッチングリップル電流の振幅が小さいため、ACフィルタを構成するリアクトルの鉄損が小さくなり、総合的に損失を低減できる。

(3) 二相変調方式

主に三相出力インバータ部のスイッチング損失を低減させる方式であり、三相のうち二相はスイッチングをおこなうが、残りの一相はスイッチングを停止させる制御により、スイッチング損失を1/3低減できる。

2.1.2 回路の最適化

前述のような回路方式を採用することに加え、効率の改善効果が最大となるよう、ゲートドライブ回路やゲート電源回路など周辺回路の回路構成、使用部品の定数、回路電圧、スイッチング周波数などについて最適化を図っている。

また、図2に示す「SANUPS E11B」では、使用するスイッチング素子の数を少なくする工夫により、スイッチング素子を動作させるためのドライブ回路、絶縁電源回路などの周辺回路を減らしている。

これにより、削減した回路の損失分の効率改善を図っている。



図2 「SANUPS E11B」

2.1.3 次世代半導体の採用

近年、次世代半導体としてSiC (Silicon Carbide) やGaN (Gallium Nitride) などのワイドバンドギャップ半導体が注目されているが、当社は高耐圧、低損失が期待できるSiCデバイスを採用している。

例えば図3に示す「SANUPS A22A」は、そのインバータ部に回路構成上、効率改善効果の高い3レベルインバータ方式を採用しており、これに加えて周辺回路内にSiCデバイスを使用することで常時インバータ給電方式として94.5%という高効率を実現している。



図3 「SANUPS A22A」

2.2 ACフィルタの高効率化

ACフィルタの高効率化について説明する。

ACフィルタのリアクトルに使用する巻線については、高調波電流による表皮効果を考慮したものを選ぶようにしている。そして、使用するコアは損失の少ない磁性体材料を選定することを基本としている。

また、設計手順として事前にカタログ値による机上検討や、回路シミュレーションをおこない、使用する部品を確定するが、実際の回路では想定できない要因により期待する効率が得られないことがある。

そのようなときは巻線やコアを変えた数十種類のリアクトルを試作して、実際にリアクトルを実装して効率の高いものを選び出し高効率化を実現している。

2.3 その他

高効率化は、前述の回路方式や高効率デバイスの採用のみではなく、システムとして効率改善するという手段もある。

例えば、当社の風力発電・水力発電用パワーコンディショナ「SANUPS W73A」は、接続されるさまざまな風力、水力発電機の出力特性にあわせて、パワーコンディショナの直流入力電圧ー直流入力電力の特性を自由に設定できる機能を備えることにより、システムとしての効率を高めている。

3. 出力無瞬断技術

近年、生産システムの複雑化や高度化により、瞬時電圧低下が影響を及ぼす範囲が広がっているため、UPSには前述の高効率であることに加え、無瞬断切り換えが求められている。当社は以前より図4に示す「SANUPS E23A」、「SANUPS E33A」のように完全無瞬断切り換えをおこなうUPSをラインアップしている。



図4 「SANUPS E23A」 / 「SANUPS E33A」

「SANUPS E23A」、「SANUPS E33A」はパラレルプロセッシング給電方式を採用しており、平常時は商用電源から電力を供給しながら、常時並列に接続されている双方向インバータが負荷設備から発生する高調波電流をキャンセルし入力電流波形を正弦波にすると同時に、UPSの入力力率を改善している。

また、この回路方式の採用と独自の切り換え技術により、停電、瞬時電圧低下、瞬時停電が起きても、UPSから完全な正弦波を無瞬断で給電できる。

図5にパラレルプロセッシング給電方式のイメージを示す。

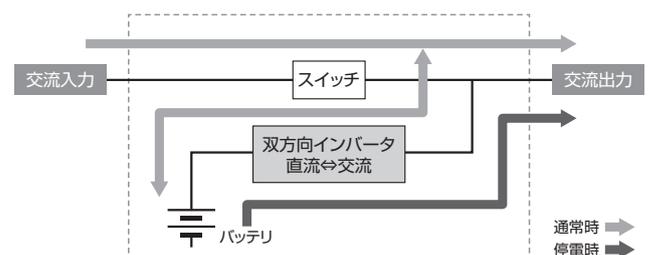


図5 パラレルプロセッシング給電方式

4. 給電信頼性向上技術

UPSは信頼性が重要であるが、「SANUPS A11M」や「SANUPS A22A」などの当社UPSは、以下に示す並列冗長運転方式の採用と、当社独自の技術により信頼性を向上させている。

4.1 並列冗長運転方式の採用

同じUPSユニットを複数台並列に接続し、万が一どれか1台が故障した場合でも他のUPSユニットにより給電を継続できるようにする並列冗長運転方式を採用し、給電に対する高い信頼性を実現している。

図6に並列冗長運転方式の系統図を示す。

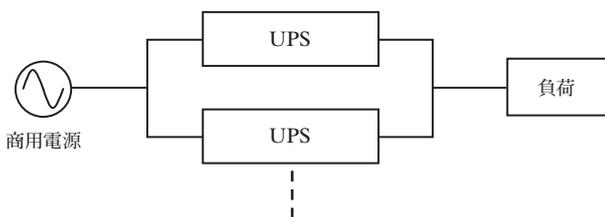


図6 並列冗長運転方式の系統図

4.2 完全個別制御方式の採用

一般的にUPSを並列運転させる場合には、各UPSの出力が交流であることから、その電圧振幅、位相および周波数を一致させなければUPSを破損するような過大な電流（横流という）が流れる可能性がある。

しかし、これを防止するために共通制御部を設けてしまうと、この共通制御部の故障によりUPSシステム全体を停止させることにもなる。したがって、個々のUPSの信頼性が非常に高いものであっても、この共通制御部の信頼性が低ければ、システム全体の信頼性は低いものとなる。

そこで、当社は並列運転させるための共通制御部を設けずに、制御部を個々のUPSユニットに搭載する完全個別制御方式を採用した。

個々のUPSユニットが、単独で横流の抑制制御をおこなうことで並列運転を実現して、システム全体として信頼性向上を図っている。

図7に完全個別制御方式のイメージを示す。

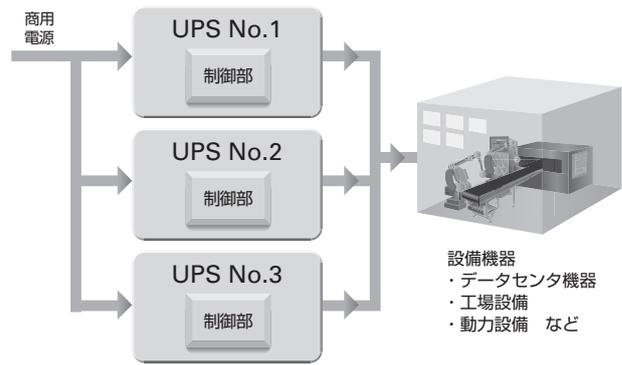


図7 完全個別制御方式

5. むすび

本稿では、パワーシステム製品「SANUPS」の機能、性能、品質を支える技術として、高効率化、出力無瞬断、信頼性向上について紹介した。

今後も、お客さまに安心して安定した電力を供給できるUPSやパワーコンディショナを提供できるようこれらの技術開発にこだわりを持って取り組んでいく所存である。

執筆者

濱 武

パワーシステム事業部 設計部

パワーコンディショナ、無停電電源装置の開発、設計に従事。

小容量UPS「SANUPS A11M」シリーズの開発

花岡 裕之

Hiroyuki Hanaoka

坂場 浩

Hiroschi Sakaba

塚田 昭洋

Akihiro Tsukada

西澤 和也

Kazuya Nishizawa

庄山 祐平

Yuhei Shoyama

小澤 拓也

Takuya Ozawa

斉藤 博之

Hiroyuki Saito

1. まえがき

近年の情報通信技術の発展に加え、高性能な情報端末であるスマートフォンやタブレットなどの電気機器の進化により、この十数年で私たちの生活には、世界的なネットワークシステムが必要不可欠になった。こうしたシステムは一瞬の停止も許されないため、無停電電源装置（以下、UPS）が使われる。UPSは交流電圧に停電などの異常が発生した場合に、内蔵しているバッテリーの電力から交流電力に変換することで、遮断なしに電気機器に電力を供給する装置であり、高い信頼性が求められる。

今回開発した小容量UPS「SANUPS A11M」シリーズは、このような高信頼を要求される用途に最適なUPSである。本稿では、その概要について紹介する。

2. 開発の背景

1990年代後半からコンピュータは小型化による低消費電力化が進んだ。またリスクを分散するため、機器ごとにUPSを接続する方式が主流となった。当時は、現用／予備切替方式や並列冗長方式などの信頼性の高いUPSは100kVA以上の大容量のみで、1kVAクラスの小容量では高信頼のUPSは実用化されていなかった。

このような小容量市場に向け、当社は2003年に信頼性の高い冗長システムを構築することができる「SANUPS ASE-H」シリーズを開発した。「SANUPS ASE-H」は、鉄道や高速道路の管理システムのバックアップなど10kVA以下のより高い信頼性が要求とされる場面で使われてきた。

「SANUPS A11M」（以下、新製品）は、「SANUPS ASE-H」（以下、従来品）の後継機として、1kVAのユニットを複数台並列運転することにより容易に高信頼化と増容量化に対応できる、というコンセプトを受け継ぎつつ、並列接続できる台数を5台から8台に拡張した。また、当社独自の並列運転制御技術により、通信線が切れた場合でも停電時のバックアップ運転を含めて安定した動作をできるようにした。さらに、動作温度範囲、入力電圧・周波数範囲を従来品よりもワイドレンジ化することにより、電源が不安定な地域においてもバッテリー運転に切り替わる回数を減らしバッテリーの損耗を抑えつつ安定的に動作することができる。

3. 新製品の特長

前述のとおり、新製品では従来品で最大5台だった並列接続数を最大8台まで拡張した。図1にラックに8台実装した新製品の外観を示す。



図1 「SANUPS A11M」(8kVA ラックマウント)

3.1 個別制御方式の並列制御による高い信頼性

インバータの出力は交流電圧であるため、インバータユニットを並列に接続する場合、すべてのユニットの電圧の振幅・周波数・位相などを完全に合わせないとユニット間に横流と呼ばれる電流が流れ、電流のバランスを取ることができなくなる。

インバータを並列に接続するための制御方式として、共通制御方式やマスタースレーブ方式などがある。これらの方式は、制御回路や制御・通信線など共通部分が多く、増容量には向いているが高信頼とはいえない。

これに対して新製品は、共通制御部を設けずユニットごとに独立した制御回路を用意し、個別に制御することによりインバータの並列運転を実現している。

制御方式としては、入力電圧と出力電圧を検出しそれぞれの瞬時周波数と瞬時位相を算出し、お互いに合わせるように制御する。

新製品にも装置の始動／停止、計測値情報の共有などのためにユニット間の通信線は存在するが、ユニット間の同期はユニット間通信によらず各ユニットが個別に制御しているため、ユニット間の通信が切断されることがあっても、交流運転中はもとより、バックアップ運転中においても、並列運転を維持することができる。

図2に示すようにユニットを並列接続して運転する場合、例えば8台を並列接続すると最大で8kVAまで負荷を取ることができる。これに対して負荷容量を7kVA以下とし、1台分以上の余裕を持つことで、1台故障しても運転を維持する冗長化ができる。このように共通部分の極めて少ない並列運転制御により信頼性の高い冗長化を実現した。

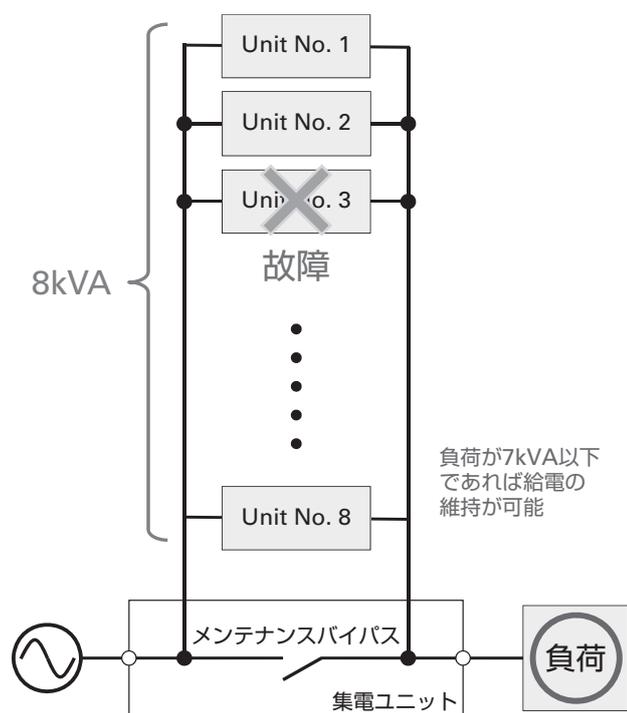


図2 並列冗長運転

3.2 入力電圧のワイドレンジ化

世界的に見ればインフラの整備が不足し電源系統が不安定な地域が存在する。従来のUPSをこのような地域で使用した場合、電圧や周波数の変動で頻繁にバッテリーから給電することになり、バッテリーの損耗が早まる可能性がある。

こうした問題を解決するため新製品では入力電圧範囲を55V～150V(100V系)、110V～300V(200V系)、入力周波数範囲を40Hz～120Hzとワイドレンジ化した。これにより系統電圧が不安定で電圧や周波数が大きく変化する地域においても、バッテリー運転への切り替えが少なくなるため、バッテリーの損耗をおさえつつ安定した電力を負荷に供給することができる。

3.3 動作温度範囲の拡大

従来UPSは、通信機器やサーバなどのバックアップに使われることがほとんどだったため、温度管理された場所で使用される場合が多かった。これに対して近年は、工場や事務所、店舗などのあまり温度管理がされない場所で使用されることが増えてきている。こうした状況を踏まえ、新製品は、動作温度範囲を-10°C～55°Cとした。バッテリーの制約により40°C以上では充電を停止させるが、バッテリーの残電力が許す限り従来品より高い周囲温度で使用することができる。

3.4 高負荷力率対応

最近の電子機器は力率補償をおこなっているため、高入力力率となっている。このような状況を踏まえ、従来品では0.7であった定格出力力率を、新製品では0.8とした。

これにより、同じ5台並列接続で比較した場合、従来品では3.5kWの有効電力に対して、新製品では4.0kWと、より多くの電力を供給することができるようになった。

3.5 バッテリー管理機能

新製品は、バッテリーに問題がないように、定期的に自動でバッテリーテストをおこなう機能を備えている。また従来品にはなかった、寿命警告、バッテリー運転積算時間、充電率、バックアップ予測時間などさまざまなバッテリー管理機能を搭載し、バッテリーの信頼性の向上を図っている。

3.6 保守性・メンテナンスの容易さ

図3に示すとおりバッテリーを樹脂トレイに組み込み容易に取り外せる構造とした。これにより容易にバッテリーを取り外し交換することができる。



図3 正面パネルおよびバッテリー

3.7 小型軽量化

新製品の体積は15.19リットルと従来品の15.34リットルに対して1%程度の小型化を実現した。また、高容量バッテリーの採用により、バッテリーを3個から2個に削減し、さらに内部構造の簡易化により、質量は19kgから15kgに大幅な軽量化を実現した。

3.8 ネットワーク機能

簡易的なUPS管理のために、UPS管理ソフト「SANUPS SOFTWARE STANDALONE」が無償でダウンロードできる。コンピュータと接続するためのシリアルケーブルは標準で添付される。また市販のUSBケーブルでも接続できるようになっている。(シリアル通信とは排他機能となる)

さらにネットワーク環境での高度なUPS管理をおこなうために、オプションでLANインタフェースカードとUPS管理ソフト「SANUPS SOFTWARE」が用意されており柔軟かつ強力なネットワーク環境を構築できる。

3.9 高性能インタフェース

新製品は標準で以下のインタフェースを備える。

(a) 接点インタフェース

従来と同様にオプションの接点インタフェースカードを用いることで無電圧接点の出力ができる。また従来品との互換性を考慮し、従来品が組み込まれているシステムにそのまま置き換えができるよう配慮している。

(b) リモートスイッチ接続コネクタ

従来と同様にON機能とOFF機能を備えた接点入力を用意し、従来と同等の制御ができることに加え、設定により表1のように使用できるようにした。

表1 リモートスイッチの機能

設定値	機能
ON/OFF 両方使用	ON/OFFをそれぞれのスイッチで操作する。ON/OFF両方の信号が入力された場合はOFFが優先される。
ONのみ (正ロジック) (OFFは無効)	ON/OFFをON側のスイッチのみで操作する。ON信号が入力された場合にUPSが起動する。
OFFのみ (逆ロジック) (OFFは無効)	ON/OFFをON側のスイッチのみで操作する。ON信号が入力された場合にUPSが停止する。

(c) EPO (Emergency Power Off) 接続コネクタ

本コネクタにスイッチを接続しONすることでUPSを緊急時に停止させることができる。

4. 回路構成

新製品のUPSユニットの回路構成とシステム系統図を図4に示す。

4.1 主回路構成

新製品のUPSユニットは、高入力力率コンバータ、インバータ、充電器、バッテリー昇圧部、出力切換スイッチ、バイパス回路、フィルタ、および制御回路部により構成されている。

このUPSユニットを集電ユニットにより8台まで並列に接続する。

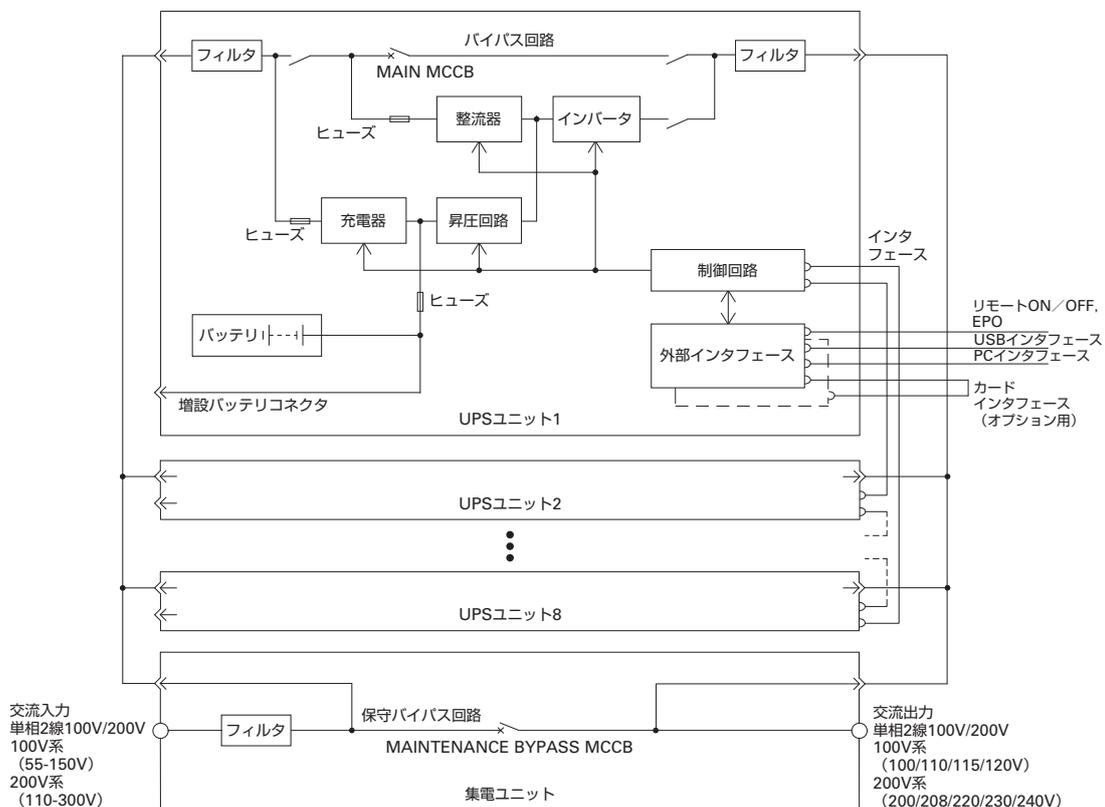


図4 システム系統図

高入力力率コンバータは、一石式の昇圧チョッパ方式を採用した。本方式は、半導体で双方向スイッチを構成し交流電圧を直流電圧に昇圧するとともに入力電流波形を正弦波状に整形する機能がある。

インバータはハーフブリッジ方式を採用し、素子数を減らすことによりドライブ回路などの周辺回路の削減をおこなった。

充電器は入力電圧から直接電力を供給する方式とすることで、効率改善した。

4.2 制御回路

制御回路はデジタル化することで、入出力の波形整形、UPSの動作シーケンス、並列運転制御などを1つのCPUで実現している。また各UPSの情報共有のための通信にはCANを採用し、高速での情報のやり取りをできるようにして、装置ごとの計測結果や故障情報などの共有をおこなう。また自動で接続台数管理をおこない、装置が停止した場合はアラームを発生する。

4.3 電気的特性

新製品の標準仕様 (UPSユニット1台当り) を表2に示す。

表2 仕様

項目	仕様	
出力容量	1kVA/0.8kW	
方式	運転方式	商用同期形常時インバータ給電
	入力整流方式	高入力力率コンバータ
	冷却方式	強制空冷
	インバータ方式	高周波PWM制御
交流入力	相数・線数	単相2線
	入力電圧範囲	55～150V (100V系) 110～300V (200V系)
	入力周波数範囲	40～120Hz
	所要容量	1.1kVA
	力率	0.95以上 (定格時)
交流出力	相数・線数	単相2線
	定格電圧	100/110/115/120V (100V系) 200/208/220/230/240V (200V系)
	電圧整定精度	定格電圧±5%以内
	定格周波数	50Hz/60Hz
	周波数精度	定格周波数±1,3,5% (出荷時±3%)
	電圧波形歪率	3%以下 (線形負荷時) 8%以下 (整流器負荷時)
	定格負荷力率	0.8 (遅れ)
	過渡電圧変動	±10%以内 (負荷急変時) ±10%以内 (停電・復電) ±10%以内 (入力急変時)
	過電流保護動作	バイパス回路へ無瞬断切換
	過負荷耐量	105% (インバータ)
バッテリー種類	小形制御弁式鉛蓄電池	
バックアップ時間	5分 (力率0.7時)	
騒音 (装置正面1m)	45dB以下	
使用環境	周囲温度: -10～50℃ 相対湿度: 10～90% (結露しないこと)	

5. むすび

本稿では、1kVAのUPSユニットを最小単位として8kVAまでの並列運転 (冗長化した場合は最大7kVA) による高信頼化と増容量化に対応でき、当社独自の並列運転制御技術や動作温度範囲、入力電圧・周波数範囲をワイドレンジ化したUPS「SANUPS A11M」について紹介した。

数kVAの小容量クラスにおける並列冗長運転ができるUPSは世界的に見ても少ないため、小容量ながら高信頼性を必要とするお客さまに貢献できると確信している。

執筆者

花岡 裕之

パワーシステム事業部 設計部
無停電電源装置の開発・設計に従事。

坂場 浩

パワーシステム事業部 設計部
無停電電源装置の開発・設計に従事。

塚田 昭洋

パワーシステム事業部 設計部
無停電電源装置の開発・設計に従事。

西澤 和也

パワーシステム事業部 設計部
無停電電源装置の開発・設計に従事。

庄山 祐平

パワーシステム事業部 設計部
無停電電源装置の開発・設計に従事。

小澤 拓也

パワーシステム事業部 設計部
無停電電源装置の開発・設計に従事。

斉藤 博之

パワーシステム事業部 設計部
無停電電源装置の機構設計に従事。

「SANUPS W73A」連系自立タイプの開発

石田 誠

Makoto Ishida

西澤 博文

Hirofumi Nishizawa

藤巻 哲也

Tetsuya Fujimaki

棚橋 克俊

Katsutoshi Tanahashi

1. まえがき

2015年末に開かれた国連気候変動枠組条約第21回締約国会議(COP21)では、世界共通の目標として、産業革命前からの気温上昇を2°C未満に抑制し、1.5°Cまでへの抑制に向けた努力の継続に言及した「パリ協定」が採択された。

日本では、2018年にエネルギー基本計画が見直され、「第5次エネルギー基本計画」が決定した。⁽¹⁾ この中で再生可能エネルギーは、2050年に向け「経済的に自立し脱炭素化した、主力電源化を目指す」とされ、今後、さらなる導入量の増加が期待される。

このような背景のなか、電力会社への接続検討申込済の容量で、太陽光発電を上回っている風力発電や、再生可能エネルギー固定価格買取制度(FIT)において、比較的買取価格の高い水力発電は、再生可能エネルギーのなかでも導入量の増加が期待できる。

今回新たに非常時の電源としても使用できる風力発電・水力発電システム用のパワーコンディショナ「SANUPS W73A」連系自立タイプを開発した。本稿では、新製品の概要および特長を紹介する。

2. 開発の背景

当社は2017年に風力発電・水力発電システム用として、9.9kWの系統連系専用パワーコンディショナ「SANUPS W73A」の販売を開始した。

しかし、系統連系専用のパワーコンディショナは、商用電力系統が停電すると、電力を使用することができない。

2018年の北海道胆振東部地震や西日本豪雨をはじめ、近年、各地で自然災害による大規模な停電が発生し、いずれも停電解消には数日を要した。このような背景から、非常時の電源確保のため、自立運転機能を備えたパワーコンディショナの設置を検討するお客さまが増加した。

また、離島などの無電化地域における独立電源としての要求もあり、これらの要求に応えるため、「SANUPS W73A」系統連系タイプに自立運転機能を搭載した「SANUPS W73A」連系自立タイプの開発をおこなった。

3. 「SANUPS W73A」の仕様

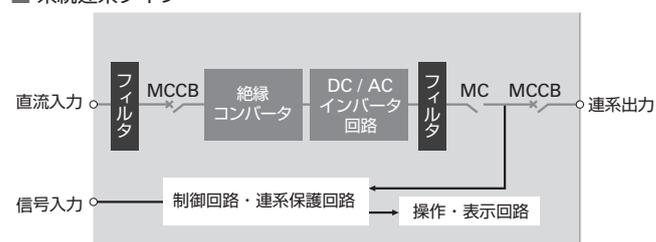
「SANUPS W73A」の外観を図1に、基本回路構成を図2に、主な仕様を表1に示す。

今回開発した「SANUPS W73A」連系自立タイプは、既存の「SANUPS W73A」系統連系タイプの外形寸法を変えることなく、部品追加、部品レイアウトの変更および制御プログラムの変更により、自立運転機能を実現した。



図1 「SANUPS W73A」

■ 系統連系タイプ



■ 連系自立タイプ

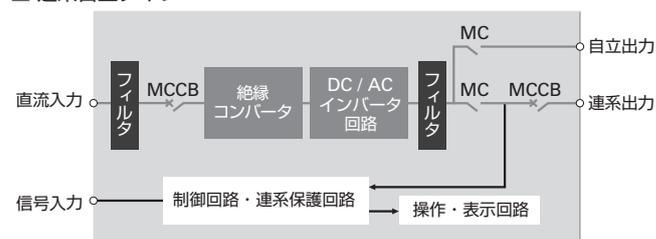


図2 基本回路構成

表1 主な仕様

項目	型名	系統連系タイプ		備考
		W73A992R	W73A992S	
出力容量		9.9kW		
主回路方式		自励式電圧形		
スイッチング方式		高周波PWM		
絶縁方式		高周波絶縁方式		
冷却方式		強制空冷		
直流入力	定格電圧	DC400V		
	最大許容入力電圧	DC570V		
	入力運転電圧範囲	DC150～570V		定格出力範囲 DC250～540V
	入力回路数	1回路		
連系出力	相数・線数	三相3線		
	定格電圧	AC202V		
	定格周波数	50Hz / 60Hz		
	定格出力電流	AC28.3A		
	交流出力電流ひずみ率	総合電流5%以下, 各次調波3%以下		定格出力電流比
	出力力率	0.95以上		定格出力時, 力率1.0設定の場合 力率設定範囲:0.8～1.0(0.01ステップ)
	効率	93%		JIS C 8961に基づく効率測定方法 力率1.0設定の場合
自立出力	定格出力	—	9.9kVA	
	相数・線数	—	三相3線	
	定格電圧	—	AC202V	
	電圧精度	—	定格電圧±8%以内	
	定格周波数	—	50Hz / 60Hz	
	周波数精度	—	定格周波数±0.1Hz以内	
	交流出力電圧ひずみ率	—	線形負荷:5%以下	
	過負荷耐量	—	100%連続	
	効率	—	93%	JIS C 8961に基づく効率測定方法
運転モード(連系運転/自立運転)切替設定		—	自動もしくは手動 (出荷時:手動)	
連系保護		過電圧(OVR), 不足電圧(UVR), 周波数上昇(OFR), 周波数低下(UFR)		OVGRは外付けとし無電圧b接点入力を標準とする
単独運転検出	受動的方式	電圧位相跳躍検出		
	能動的方式	ステップ注入付周波数フィードバック方式		
通信方法		RS-485		
騒音		50dB以下		A特性 正面1m
使用環境	周囲温度	-25～+60°C		連系運転時, 40°Cを超える場合は出力制限にて運転
	相対湿度	90%以下(結露しないこと)		
	標高	2000m以下		
塗装色		マンセル5Y7/1(半ツヤ)		
発生熱量		745W		
質量		64kg		

4. 新製品の特長

4.1 自立運転機能

「SANUPS W73A」連系自立タイプは、自立運転モードに切り替えることで、自立運転ができる。

自立運転とは、商用電力システムの停電時に使用する運転モードである。風力発電機や水力発電機が発電し、直流に整流した電力を、定周波数・定電圧・正弦波の交流電力に変換し、非常用設備に電力を給電する。

自立運転時の出力電気方式は三相3線式のAC202Vで、最大9.9kVAの出力ができ、万一の停電時にも非常用設備に電力が供給できる。また、離島などの無電化地域においても、独立用電源として電力を供給することができる。

「SANUPS W73A」連系自立タイプの自立運転のイメージを図3に示す。

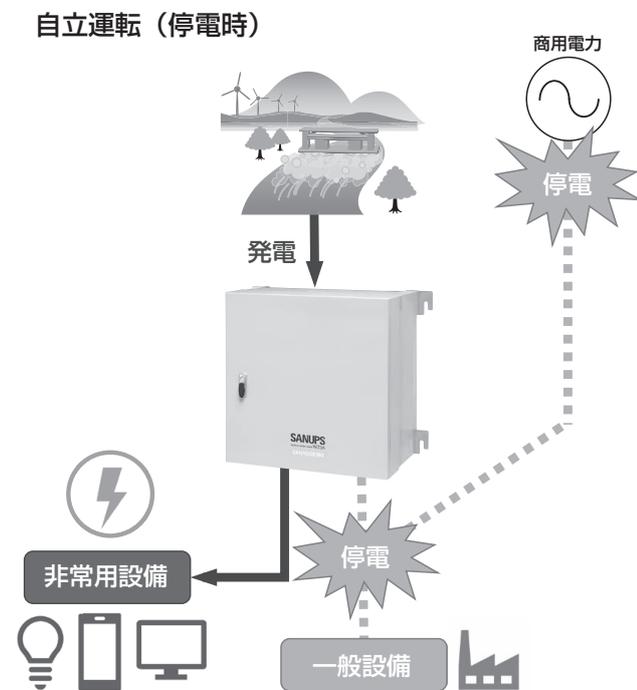


図3 自立運転のイメージ

4.2 自立運転への切り替え方法

「SANUPS W73A」連系自立タイプは、商用電力システムが停電した場合に連系運転から自立運転、商用電力システムが停電から復電した場合に自立運転から連系運転への運転モードの切り替え方法を手動または自動に設定できる。

また、手動切り替えの場合、運転モードの切り替えは従来の運転モードを選択する形式ではなく、連系出力遮断器のON/OFFで連系運転モードと自立運転モードを切り替えるよう、切り替えの手順を簡略化した。

これにより、お客さまは難しい操作なしに自立運転に切り替えることができる。

4.3 ソフトスタート方式

パワーコンディショナの自立出力に変圧器やポンプなどを接続する場合、次のような問題がある。まず、変圧器を励磁するには、通常の約10倍の励磁突入電流が流れる。また、ポンプを駆動するモータを起動する際にも、大きな起動電流が流れる。これにより、パワーコンディショナの保護機能（過電流検出）が動作し、自立運転ができない場合がある。

このような負荷に対し変圧器の励磁突入電流は、パワーコンディショナの自立出力を低電圧(0V)から徐々に定格値まで立ち上げることで抑制でき、この方法で起動するソフトスタートをVVCF (Variable Voltage, Constant Frequency) ソフトスタート方式という。

また、ポンプの起動電流は、起動時の電圧と周波数の比を一定にして定格値まで立ち上げることで起動電流を抑制することができ、この方法をVVVF (Variable Voltage, Variable Frequency) ソフトスタート方式という。

「SANUPS W73A」ではVVCFソフトスタート方式とVVVFソフトスタート方式を選択でき、また立ち上げる時間も2秒、5秒、10秒、20秒の4条件から選択できる。これにより、パワーコンディショナに接続する負荷を選ばず、起動電流を抑えて自立運転することができる。

4.4 直流入力電圧ー直流入力電力の特性設定機能

「SANUPS W73A」は、風力発電機や水力発電機の出力特性に合わせて、パワーコンディショナの直流入力電圧ー直流入力電力の特性（以下、電力特性）を最小2点から最大32点までで任意に設定できる。

また、運転開始電圧と運転停止電圧についても自由に設定できるため、さまざまなシステムにあわせて使用できる。

これにより、風力発電機や水力発電機の発電電力を効率よく取り出すことができる。

図4に電力特性の設定例を示す。

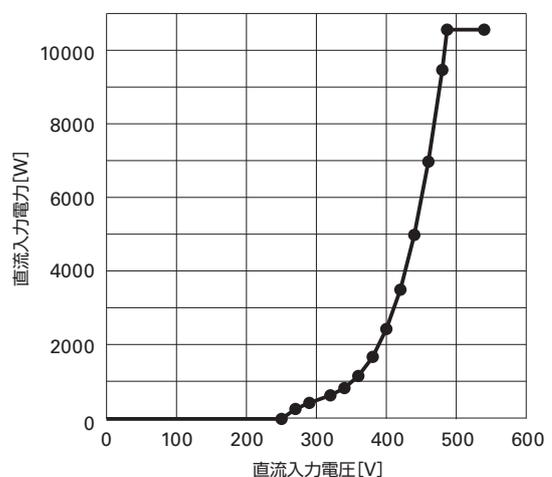


図4 電力特性設定例

4.5 電圧上昇抑制動作待機機能

パワーコンディショナには、電力系統の電圧を適正範囲内に維持し、電気製品などの故障や寿命低下を防ぐための機能として、電圧上昇抑制機能が設けられている。

電圧上昇抑制機能には、進相無効電力制御と出力制御があり、連系運転中にパワーコンディショナの出力端の交流電圧が設定された値を超過した場合に、進相無効電力制御をおこない、さらに交流電圧が上昇する場合には、出力制御により出力電力を制限して、電圧の上昇を抑える。このため、電圧上昇抑制機能の出力制御が働くとパワーコンディショナの発電量が低下することになる。

そこで、三相出力の風力発電・水力発電用パワーコンディショナとして初めて、「電圧上昇抑制動作待機機能」を採用した。^(注1)

2016年版の系統連系規程 (JEAC9701-2016) より、電圧上昇抑制機能に動作時限を持たせてもよいことが盛り込まれ、電圧上昇抑制が動作するまでに200秒^(注2)の動作待機時限を持たせた。これにより、200秒以内の系統電圧上昇であれば、パワーコンディショナの出力の抑制を回避できる。

本機能により、電圧上昇抑制による発電量の低下を低減する効果が期待できる。

4.6 力率変更機能

再生可能エネルギーの大量導入にともなう、配電系統の電圧上昇問題の対策として、「SANUPS W73A」は連系運転時の力率変更機能を標準搭載した。

これにより、連系運転時の出力力率を0.8～1.0の範囲で変更できるため、専用設備の設置や配電線の強化をおこなうことなく、系統電圧の上昇を抑制できる。

4.7 ステップ注入付周波数フィードバック方式の採用

「SANUPS W73A」は、単独運転検出の能動的方式検出において、停電発生時に発生する周波数偏差から算出した無効電力

を注入することにより、交流電圧周波数を変化させ周波数変化を検出する、ステップ注入付周波数フィードバック方式 (以下、新型能動的方式) を採用した。

新型能動的方式は、原理的に他の能動的方式との干渉が発生しないという特長があるため、パワーコンディショナの多数台連系に有利となる。

4.8 遠隔監視サービス

「SANUPS W73A」は、当社製品の「SANUPS PV Monitor」と接続することで、ネットワークを経由して、遠隔監視やデータ収集・分析ができる。

さらに、状態監視サービス「SANUPS NET」を使うことで、インターネットを通じて、「SANUPS W73A」の状態をパソコンやスマートフォンから遠隔監視ができる。

「SANUPS NET」では、電力の見える化サービスとシステム情報管理サービスの2種類のサービスから、必要なサービスを選択できる。

電力の見える化サービスは、発電状況の表示とデータ収集をおこなうことができる。システム情報管理サービスは見える化に加えて、運転状態・トラブル・警報の発生または復旧の通知、警報の発生および復旧の履歴を時系列に表示し、参照できる。

「SANUPS PV Monitor」, 「SANUPS NET」を使用した遠隔監視の接続イメージを図5に示す。

注1 2019年3月27日現在。風力発電・水力発電用パワーコンディショナとして。当社調べ。

注2 200秒の待機時限は、系統連系規定による配電系統の電圧調整装置と協調した動作時限とするという考え方に基いて、電気事業連合会の調査結果より、配電系統の電圧調整装置の中で動作時限が最も長いSVR (Step Voltage Regulator) の最大値より、標準的な値として定められた時限である。

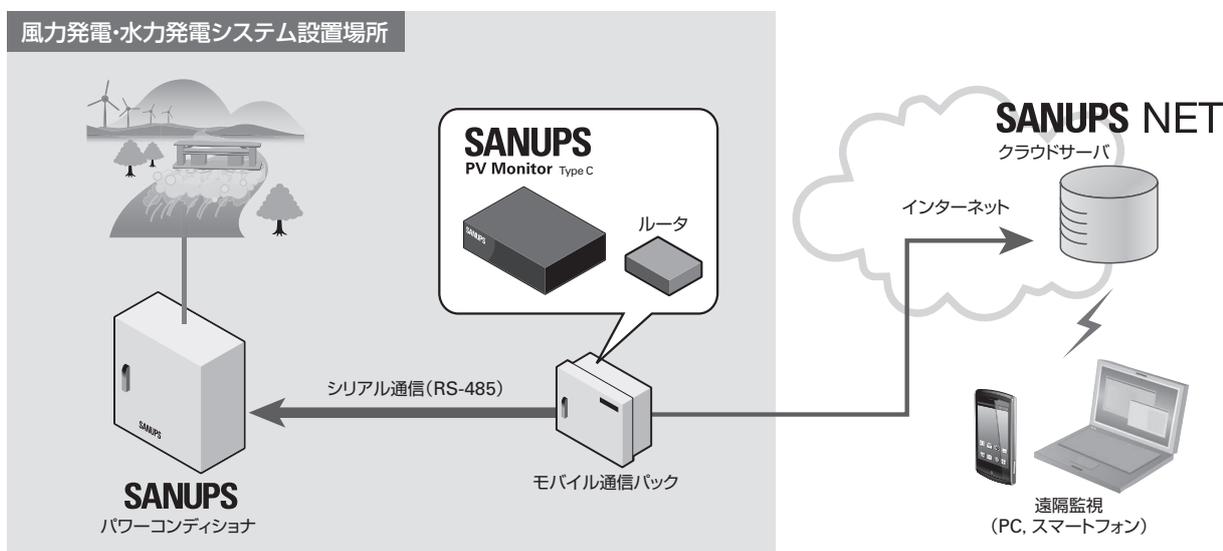


図5 遠隔監視の接続イメージ

4.9 防塵・防水性能

「SANUPS W73A」は保護等級IP65であり、屋外用のパワーコンディショナとして、防塵・防水性能に優れた密閉構造とした。これにより、雨や塵、小さな虫などの侵入から装置を守り、より安心して使用できる高信頼の製品である。

4.10 塩害対策

「SANUPS W73A」は塩害地域での使用を想定し、塩水噴霧試験（「IEC60068-2-52 塩水噴霧試験方法」に基づく厳しさ6の試験）により機能・性能に影響がないことを確認している。このため、海岸線から500m以上離れた地域での設置ができる塩害仕様である。

5. むすび

本稿では、風力発電・水力発電システム用パワーコンディショナ「SANUPS W73A」連系自立タイプについて、概要と特長を紹介した。

開発した新製品により、非常時の電源確保や商用電力系統が無い環境でも電力を使用したいと考えるお客さまのニーズに応えることができる。

今後、関連分野の製品開発においては、再生可能エネルギーの大量導入にともなう問題を改善する、スマートグリッドなどの新技術の開発に加え、これら新技術を応用した製品を迅速に開発し、あらゆる再生可能エネルギーを利用できる製品の提供と、低炭素社会の実現に貢献する所存である。

参考文献

- (1) 経済産業省 資源エネルギー庁「第5次エネルギー基本計画」
https://www.enecho.meti.go.jp/category/others/basic_plan/pdf/180703.pdf (2019.9.17)

執筆者

石田 誠

パワーシステム事業部 設計部
太陽光発電システムの開発、設計に従事。

西澤 博文

パワーシステム事業部 設計部
太陽光発電システムの開発、設計に従事。

藤巻 哲也

パワーシステム事業部 設計部
太陽光発電システムの開発、設計に従事。

棚橋 克俊

パワーシステム事業部 設計部
太陽光発電システムの機構設計に従事。

サーボシステム製品を効率的に生産する こだわり技術

孫竹 周作

牧内 一浩

Shusaku Magotake

Kazuhiro Makiuchi

1. まえがき

「ものづくり」の目的は、「設計情報」にもとづき、材料や部品に「加工・組立」を施して、「価値」をもつ製品にすることである。この「価値」は、製品を使用するお客さまにとっての価値である。そして、その「価値」を「素早く・簡単につくる」ことが「ものづくり」の本質であり、私たちの使命である。

私たちは、従来から、お客さまの価値すなわち製品をつくるための技術や設備に、さまざまな工夫をしてきた。そこには、山洋電気ならではの「こだわりの技術」がある。

2016年4月から、5か年の中期経営計画のなかで、「生産革新」を進めている。従来に対して、「生産性2倍、生産リードタイム1/4、仕掛在庫1/2」にすることを目標に、革新的な生産ラインの構築に取り組み、製品の生産効率を追求している。

本稿では、構築した生産革新ラインを例に、サーボシステム製品を効率的に生産する「こだわりと創意工夫」について紹介する。まず、サーボモータの工程を取りあげ、次いで、サーボアンプの工程を紹介する。

2. サーボモータ生産革新ラインのこだわり

当社は、カスタマイズ製品を多くのお客さまにお使いいただいている。そのため、製品の種類が多く、これらを柔軟に生産するために、手作業による工程が多かった。革新ラインを構築するにあたり、多品種の製品を安定した品質で効率よく生産するために、ロボット技術やセンシング技術などの自動化技術を活用した。

ここでは、サーボモータの革新ラインに盛り込んだ「こだわり技術と工夫」を紹介する。

2.1 巻線工程のこだわり

巻線工程では、モータの機種ごとに、特性に合わせて、使用する銅線を変える必要がある。このような機種切り替え時は、設備の調整が必要になり、生産効率が低下する。

革新ラインでは、生産効率にこだわって、機種切り替えにともなう設備の調整をなくすために、レーザービーム照射による自動被覆剥離工法を開発した。図1に、レーザー方式被覆剥離装置を示す。表1には、従来工法と革新工法との比較を示す。

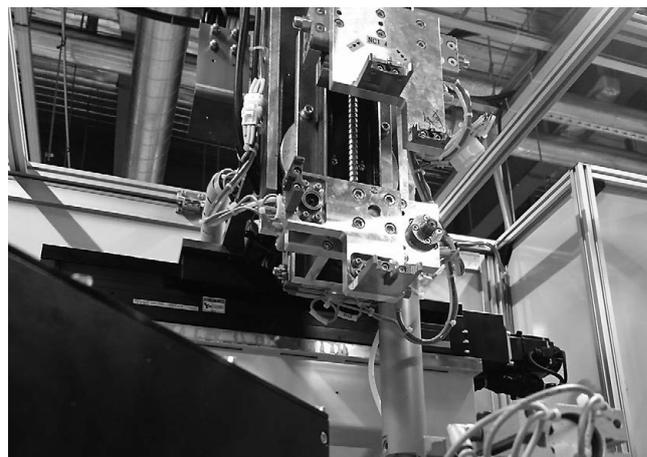


図1 レーザー方式被覆剥離装置

表1 従来工法と革新工法の比較（巻線工程）

項目	従来工法	革新工法
剥離方法	機械式カッター	レーザー照射
治具の交換・調整	カッター刃の位置調整 サンプルワークでの確認	なし
剥離の確認	目視	画像判定

従来、巻線被覆の剥離には、機械式カッターを使用していた。線径に合わせてカッター刃の交換が必要であり、時間がかかっていた。革新工法では、レーザービームで被覆を剥離する技術を適用して、使用する銅線が変わったときでも、プログラムを切り替えるだけで生産を継続できるようにした。また、被覆の剥離品質を、画像技術を用いて、全数自動検査できるようにした。

このように、巻線被覆剥離工程を自動化して、治具の交換・調整に要する時間をなくした。この技術を適用したモータ生産ラインでは、従来に対して、生産性が2.3倍、生産リードタイムが1/4になり、工程内の仕掛在庫はゼロになった。

2.2 マグネット接着工程のこだわり

モータの回転軸にマグネットを接着固定する工程では、接着品質が重要である。接着力が不足すると、回転軸が空転して、機械装置に動力を伝えることができなくなる。

革新ラインでは、ロボット技術を活用した自動接着工程を構築した。この工程では、品質にこだわり、接着剤を安定して塗布する工夫を適用するとともに、マグネットの割れなども自動で検査できるようにして、工程内不具合をゼロにした。

フランジサイズ20mm角ACサーボモータのマグネット接着装置を図2に、フランジサイズ40mm～80mm角ACサーボモータのマグネット接着装置を図3に示す。表2には、各装置で使用している接着剤塗布確認システムの概要を示す。

接着剤塗布の異常モードとして、接着剤のタンク内に気泡が入り、接着剤が吐出されないモードと、吐出されても、マグネットに接着剤がつかないモードがある。革新ラインでは、これらの異常モードを検出するために、センシング技術を活用したシステムを構築した。

図2に示すフランジサイズ20mm角ACサーボモータ用の接着剤塗布装置では、塗布した接着剤の高さを非接触センサで測定し、正常塗布されたことを確認している。また、図3に示すフランジサイズ40mm～80mm角ACサーボモータ用の装置では、画像センサを用いて、接着剤が途切れなく塗布されたことを確認している。これらのこだわり技術によって、接着品質が安定した自動ラインを構築した。このラインでは、従来に対して、生産性が6倍、生産リードタイムが1/4になった。工程内の仕掛在庫はゼロである。

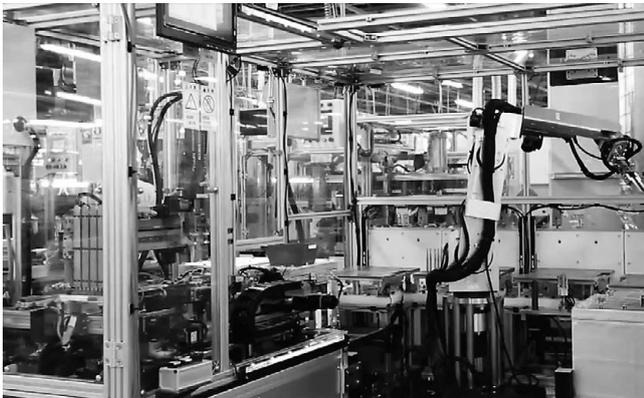


図2 フランジサイズ20mm角ACサーボモータのマグネット接着装置

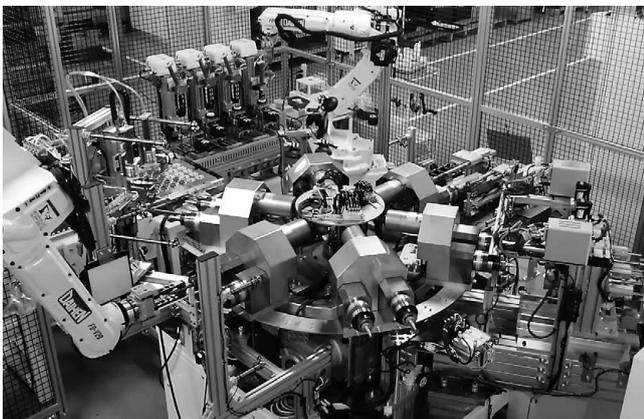


図3 フランジサイズ40mm～80mm角ACサーボモータのマグネット接着装置

表2 接着剤塗布確認の概要

項目	フランジサイズ 20mm角ライン	フランジサイズ 40mm～80mm角ライン
検出センサ	レーザーセンサ	カメラ + 画像処理
検出方法	塗布した接着剤の高さを測定する	接着剤が途切れていないことを確認する

2.3 部品加工工程のこだわり

ここでは、部品加工工程の例として、リニアサーボモータに使うプレート（板状金属部品）の加工工程を紹介する。

この工程では、図4に示すように、多関節ロボットと加工機を連携する自動ラインを構築した。

従来ラインと革新ラインの比較を表3に示す。従来、機械へのプレート部品の投入・搬出を手扱いでおこなっていた。プレートは重量物であるため、作業への負担が大きく、取り扱いが容易ではなかった。また、加工途中に切粉の清掃が必要であった。

革新ラインでは、ロボットと加工機を連携し、プレートの投入・加工・切粉清掃・搬出をすべて自動化した。プレートを加工機に固定する際には、センサを用いてプレートの浮きを検出し、加工不具合を未然に防止する工夫をした。



図4 ロボットと加工機の連携

表3 従来ラインと革新ラインの比較（部品加工工程）

項目	従来ライン	革新ライン
搬送方法	重量物を作業者が搬送	ロボットが搬送
切粉の清掃	作業者が清掃	ロボットが清掃

2.4 モータ検査工程のこだわり

モータ検査工程では、多品種の製品検査を「素早く・簡単」に検査することにこだわり、自動検査ラインを構築した。

自動検査ラインの例を図5に示す。表4には、従来の検査ラインとの比較を示す。

従来は、検査項目ごとに装置があり、装置の前後に仕掛在庫が

発生していた。また、検査装置ごとにモータ着脱が必要であった。

革新ラインでは、コンベア一体型の検査ユニットを開発した。このユニットを連結し、モータをパレット搬送するラインを構築した。各検査ユニットでは、モータ銘板の2次元コードを読み込み、設備の設定、モータ固定および配線接続を自動でできるようにした。工程内の仕掛品はゼロである。



図5 モータ自動検査ライン

表4 従来ラインと革新ラインの比較 (検査工程)

項目	従来ライン	革新ライン
搬送と着脱	作業者が搬送 作業者が着脱	自動搬送 自動着脱
仕掛在庫	あり	なし
設備の設定・調整	作業者が設定・調整	自動設定・調整

3. サーボンプ生産革新ラインのこだわり

サーボンプの生産工程では、プリント基板に電子部品を実装する「実装工程」とサーボンプの「組立検査工程」を革新した。それぞれの革新ラインでは、人でなければできなかった、感覚的な作業を自動化することにこだわり、ロボットとセンシング技術を活用した革新ラインを構築した。

3.1 実装ラインのこだわり

プリント基板の工程は、「表面実装工程」と「挿入工程」に大別される。「表面実装工程」は、小さな電子部品をプリント基板に実装する工程であり、従来からチップマウンタなどの設備を使用し、すでに自動化が図られている。一方、「挿入工程」は、プリント基板のスルーホールに、リード付き電子部品（以下、リード部品と呼ぶ）など、比較的大きな部品を基板に挿入する工程であり、人手による作業であった。

従来、作業者は、リードとスルーホールとの位置関係を意識せずに、感覚的に位置補正し、リード部品を挿入していた。

新たに構築したロボットを使った部品挿入ラインを図6に示す。このラインでは、部品挿入時の「人の無意識動作」を定量化して、ロボットが人に近い動作をおこなうよう工夫した。



図6 ロボットを用いた部品挿入ライン

3.1.1 リード部品のピッキング

ロボットが「正しい部品を正しくつかむ」ために、二つの工夫をした。

ひとつは、パターンマッチング機能による部品サーチである。図7-1に、コネクタをパターンマッチングした例を示す。このパターン情報に基づいて、ロボットカメラのサーチエリア内に、挿入する部品があるか、ロボットが探し出し、ピッキングをおこなう。この機能により、部品供給するとき、部品の位置を意識せず配置しても、ロボットが正しい部品をつかむことができる。

もうひとつが、ピッキングした状態をカメラで撮像し、部品とロボットチャックの位置関係を検出する機能である。図7-2に、部品とロボットチャックの位置関係を検出した例を示す。この機能により、チャックとリード部品のズレ量やリードの曲がり量を定量化し、ロボットが部品を正しくつかんでいるか判断できる。また、この機能は、挿入時の位置補正にも使える。

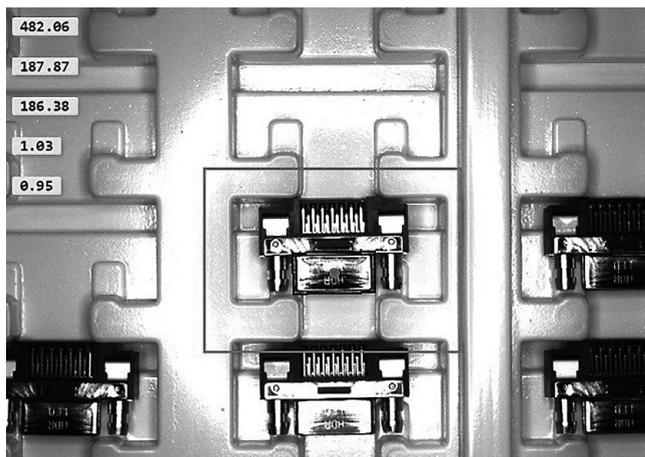


図7-1 パターンマッチングによる部品座標検出

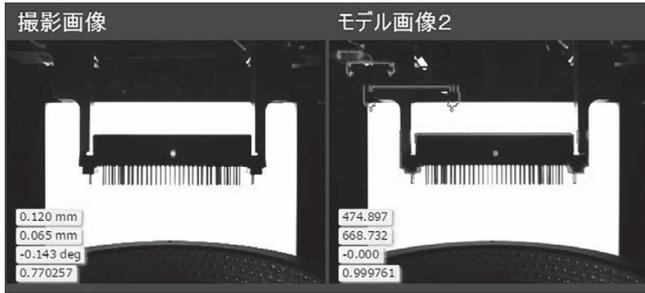


図7-2 部品とロボットチャックの位置関係検出

3.1.2 リード部品の挿入

ロボットが、部品を「正しい位置に、正しく挿入する」ために、図8に示すように、力を検出する力覚センサと画像センサを使った工夫をした。

プリント基板のスルーホール位置を画像センサで検出し、位置補正を加えた後、挿入動作をおこなう。リード部品がプリント基板に接触した場合には、その発生する力を、力覚センサで検出することによって、リードとスルーホールの位置関係を検出する。

設定値以上の力が検出された場合には、リード位置とスルーホール位置がズレていると判断し、ロボットは「探り動作」をおこなう。探り動作とは、挿入時の力を力覚センサでモニタリングしながら、ロボットアームを水平面内で僅かに動かす動作である。探り動作中に検出される力が設定値を下回った場合、リードとスルーホールの位置が一致したと判断し、挿入動作をおこなう。

3.1.3 挿入後の確認

部品が、「正しく挿入されている」ことを確認するために、図8に示すレーザー変位計を使った機構を設けた。

挿入動作後、リード部品の上面複数箇所にレーザーを当て、部品の高さを検出し、設定した高さを超えた場合、部品浮きがあると判断する。部品が奥まで挿入されないことによる不良の発生を未然に防止できる。

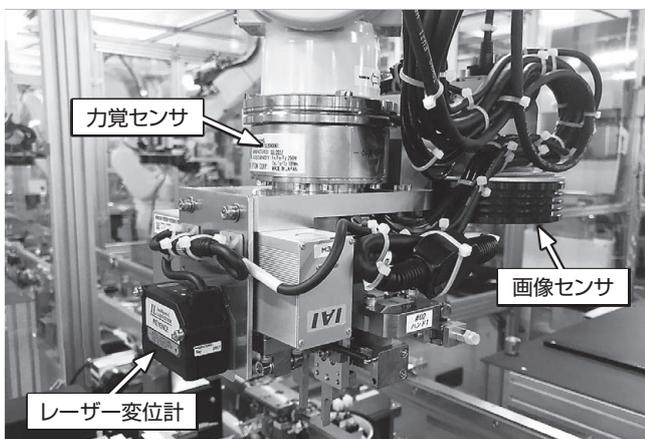


図8 ロボットアーム部のセンサ

以上のように、ロボット技術とセンシング技術を活用し、人が無意識におこなっていた動作をロボットでもできるようにした。なお、部品挿入工程では、従来に対して、生産性4倍、生産リードタイム1/3となり、工程内の仕掛品はゼロである。

3.2 組立検査ラインのこだわり

プリント基板への部品実装が完了した後、サーボアンプの組み立て、検査および梱包をおこなう。新たに構築した組立検査ラインを図9に示す。

この革新ラインでは、実装工程同様に、人の作業をロボット作業に置き換え、効率的に製品を生産できる自動ラインを構築した。

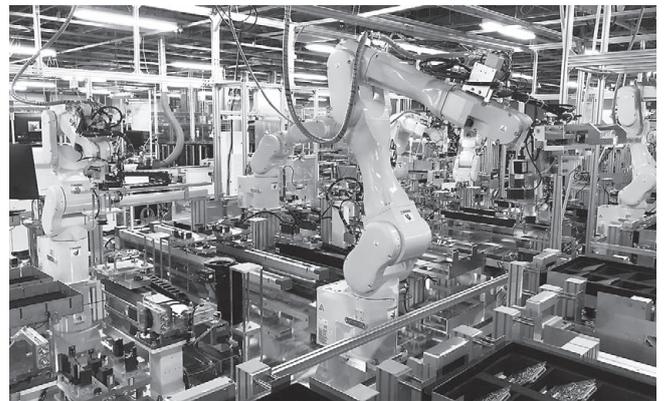


図9 組立検査ライン

3.2.1 組み立て工程の自動化

組み立て工程は、部材の供給部と製品の組立部によって構成される。

部材の供給部では、ロボットがストッカーから供給された部材をピッキングして、組み立てステーションに配置する。この際、画像センサを活用して、部材に間違いがないか、また、正しい位置に配置されたかを検出し、部材の供給ミスを防止できるようにした。

製品の組立部では、組み立てステーションに配置された部品ごとに、ネジ締め、グリス塗布およびカバー取り付けをそれぞれロボットがおこなう。

ネジ締め時には、トルクドライバによるトルク管理をおこなう。グリス塗布時には、画像センサによる塗布確認をおこなう。また、カバー取り付け時には、力覚センサによる嵌合力の検出と、画像センサによる嵌合確認をおこなう。

ロボットがこれらの複数作業をおこなうために、図10に示すハンドチェンジャーを設置した。ハンドチェンジャーに用途別のハンドをセットし、作業ごとにロボットがハンドチェンジを自動でおこなう。この工夫により、限られた面積のなかで効率的に組み立てができるようになった。

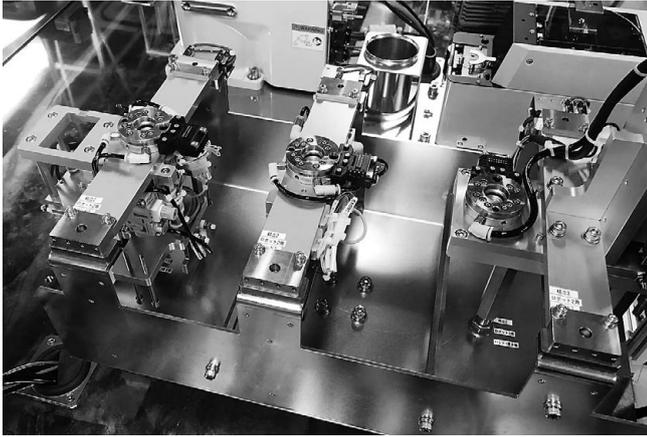


図10 ハンドチェンジャー

3.2.2 検査工程の自動化

検査工程では、サーボアンプが正しく動作することを確認するために、特性検査をおこなう。

特性検査時、サーボアンプに通信用のコネクタなどを複数挿入する必要がある。従来は作業者がおこなっていたこの作業をロボット作業に置き換えた。検査に使用するコネクタが複数あるので、図11に示すように、コネクタの形状を画像センサで撮像し、コネクタを識別する。

コネクタを挿入する際は、受け側コネクタと挿入側コネクタの位置を画像センサで検出後、力覚センサを使って、適切な力を加えながらコネクタを挿入する。コネクタの形状により、挿入力が異なるため、コネクタごとに挿入力の設定をおこない、自動化を可能にした。

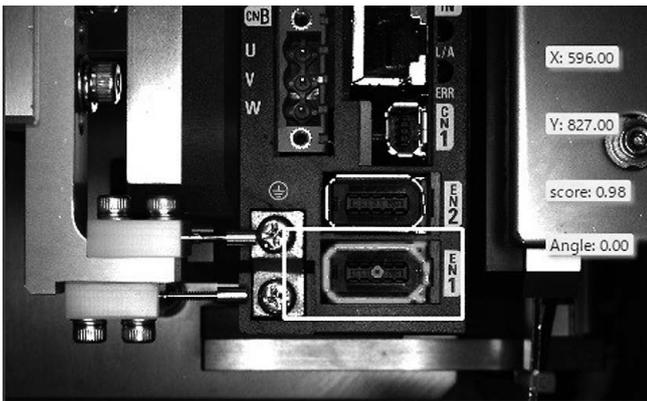


図11 コネクタ撮像画面

3.2.3 梱包工程の自動化

完成したサーボアンプを自動で梱包するラインを図12に示す。従来は、製函、袋詰め、箱詰め、封緘の各作業をすべて人がおこなっていたが、これをロボット作業に置き換えた。

梱包ラインを構築する際、着目したのは梱包形態である。従来の梱包形態は、人がおこなうことを前提としており、自動化には適さなかったため、ロボットが梱包できるように、梱包仕様を変えた。このように、自動組立に適した製品設計形態に変更することも、こだわりのひとつである。

ロボット動作とハンドの形状から、外箱の大きさ、折り込み形状および緩衝材の形状までを最適化して、自動梱包を実現した。さらに、梱包後にダンボールに貼付けていたラベルを、シール材からインクジェットによるダイレクト印字に変更し、シール貼付け工程をなくした。

なお、組立検査工程では、従来に対して、生産性4.7倍、生産リードタイム1/4となり、工程内の仕掛在庫はゼロになった。



図12 自動梱包ライン

4. むすび

本稿では、サーボシステム製品の生産革新ラインにおける「こだわり技術と工夫」を紹介した。各工程には、山洋電気ならではの「こだわり技術と工夫」を盛り込んでいる。

私たちの「こだわり」は、「多品種の製品を安定した品質で効率よくつくる」ことである。そのために、ロボット技術とセンシング技術を工夫して、生産革新ラインに適用した。

今後も、お客さまにとって価値のある「製品とサービス」を提供し続けるために、生産革新をさらに進めていく所存である。

執筆者

孫竹 周作

サーボシステム事業部 生産技術部
コントローラ、サーボアンプの生産技術に従事。

牧内 一浩

サーボシステム事業部 生産技術部
サーボモータの生産技術に従事。

SANMOTION Kシリーズ DCサーボモータ

倉石 大悟

Daigo Kuraishi

林 秀利

Hidetoshi Hayashi

山本 裕志

Yuji Yamamoto

宮下 年弥

Toshiya Miyashita

三浦 武志

Takeshi Miura

依田 昌悟

Shogo Yoda

久保 貴子

Atsuko Kubo

保屋野 智恵子

Chieko Hoyano

恩田 祐樹

Yuki Onda

松嶋 健太

Kenta Matsushima

瀧島 淳司

Atsushi Takijima

山口 雅昭

Masaaki Yamaguchi

1. まえがき

当社DCサーボモータは60年以上の歴史を持つ製品であり、我が国の産業の発展に貢献してきた⁽¹⁾。近年では三次元測定機に代表される精密測定機器や医療機器向けにもお使いいただいている。これらの用途には、測定精度向上のために、モータの速度変動と温度上昇の低減が必要である。また、人の近くで動く機械のため、低電圧仕様および低騒音化も必要である。

新製品「SANMOTION K」シリーズDCサーボモータでは、速度変動の要因となるコギングトルクを大幅に低減するとともに、損失を低減して温度上昇が低いモータとした。さらに、ブラシや構造体を工夫して低騒音化を図った。

また、従来品と同様に、4種類のフランジサイズ(42mm, 54mm, 76mm および88mm)をラインアップした。フランジサイズ42mm角とフランジサイズ54mm角には、低電圧仕様を標準ラインアップとして追加した。

本稿では、本新製品のラインアップと仕様諸元および特長を紹介する。なお、本新製品開発に際しては、製品性能を安定して発揮できるように、製造技術も工夫した。

2. 新製品の仕様

2.1 外観・外形寸法

図1に本新製品の一例として、54mm角110Wモータのエンコーダ付タイプの外観を示す。また、図2および表1に本新製品の主要寸法一覧を示す。本新製品は従来品Tシリーズと取り付け周り寸法を同一とした。このため、装置側の取り付け諸元を変更することなく置き換えが可能である。



図1 外観
(フランジサイズ54mm角110Wモータエンコーダ付)

2.2 ラインアップと主要諸元

表2に、標準ラインアップおよびオプション品の一覧を示す。本新製品では、従来品と同様にインクリメンタルエンコーダ、タコジェネレータおよびブレーキを取り付けることができる。各オプションを組み合わせることで取り付けることができるので、お客様の要求に対して柔軟に対応できる。また、標準ラインアップとして安全規格のULとcULおよびIEC規格に適合している。

表3に低電圧仕様、表4に標準電圧仕様の主要諸元を示す。フランジサイズ42mm角とフランジサイズ54mm角モータの低電圧仕様を標準ラインアップに加えることによって、人の近くで動く機械でも安全に使用できる。このため、精密測定機器や医療機器に最適な仕様としながら、従来製品よりも幅広い用途にお使いいただける。

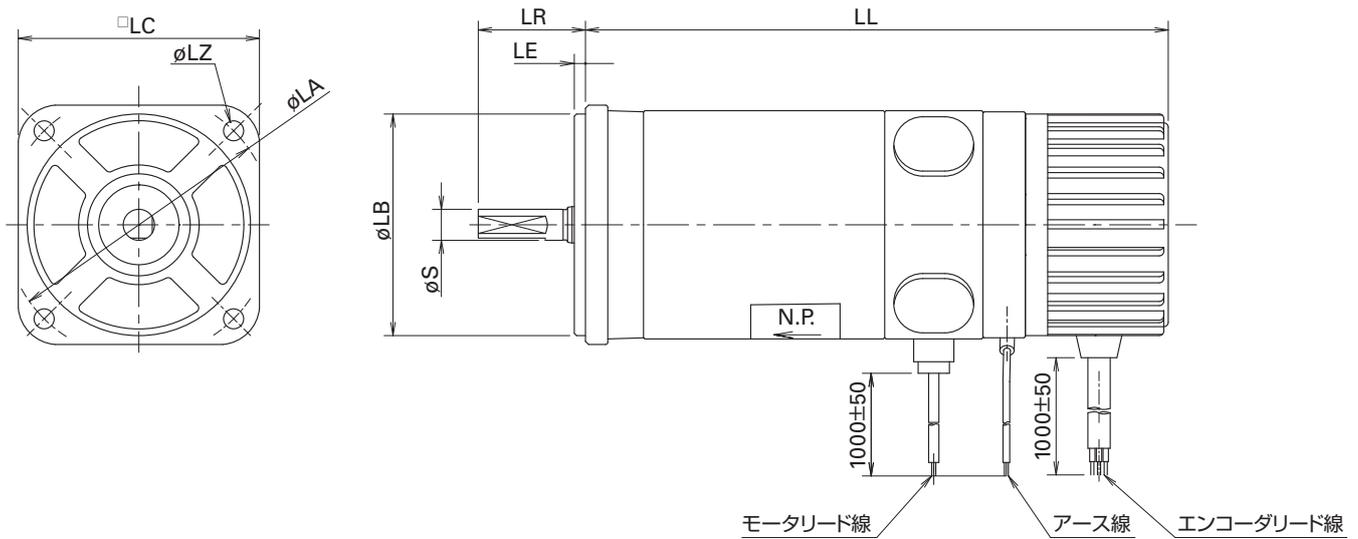


図2 主要寸法(エンコーダ付)

表1 主要寸法一覧(エンコーダ付)

寸法 (mm)	型番								
	KB402XS0	KB404XS0 KA404XS0	KB406XS0 KA406XS0	KB506XS0 KA506XS0	KB511XS0 KA511XS0	KA720XS0	KA730XS0	KA840XS0	KA850XS0
LL	83±1	96±1	109±2	110.5±2	130.5±2	134.5±2	158.5±2	166±2	181±2
LA	48±0.2		60±0.3		90±0.3		100±0.3		
LB	0 34-0.025		0 50-0.025		0 70-0.030		0 80-0.030		
LE	2±0.3		2.5±0.3		3±0.4				
LC	42±0.5		54±0.5		76±0.8		88±0.8		
LZ	4-φ3.5		4-φ4.5		4-φ5.5		4-φ6.6		
LR	24±0.8			30±0.8		35±0.8			
S	0 7-0.009		0 14-0.011		0 16-0.011			0 16-0.011	

表2 標準ラインアップおよびオプション品一覧

フランジ サイズ (mm)	定格 出力 (W)	定格電機子電圧		定格回転速度 (min ⁻¹)	保護 等級	安全 規格	オプション		
		低電圧(KB) 24V系	標準電圧(KA) 75V系				タコジェネレータ	ブレーキ	インクリメンタル エンコーダ
42	23	○	-	3000	IP43	UL cUL IEC	3V/krpm	-	標準 2000P/R (A相, B相, Z相)
	40	○	○						
	60	○	○						
54	60	○	○						
	80	○	-						
76	110	-	○						
	200	-	○	2500	7V/krpm	DC90V			
300	-	○							
88	400	-	○						
	500	-	○						

表3 主要諸元一覧(低電圧仕様)

サーボモータ型番	KB402	KB404	KB406	KB506	KB511
定格電機子電圧 (V)	DC20	DC24			
定格出力 (W)	23	40	60	60	80
定格回転速度 (min ⁻¹)	3000	3000	3000	3000	3000
最高回転速度 (min ⁻¹)	5000	5000	5000	5000	5000
定格トルク (Nm)	0.074	0.13	0.19	0.19	0.26
瞬時最大トルク (Nm)	0.42	0.76	1.2	1.8	2.16
回転子イナーシャ (×10 ⁻⁴ kg・m ²) (注)	0.047	0.084	0.108	0.22	0.37
モータ重量 (kg) (注)	0.3	0.4	0.5	0.8	0.85

(注) モータ単体での値

表4 主要諸元一覧(標準電圧仕様)

サーボモータ型番	KA404	KA406	KA506	KA511	KA720	KA730	KA840	KA850
定格電圧 (V)	DC72	DC70	DC75	DC75	DC80	DC75	DC85	DC80
定格出力 (W)	40	60	60	110	200	300	400	500
定格回転速度 (min ⁻¹)	3000	3000	3000	3000	3000	2500	2500	2500
最高回転速度 (min ⁻¹)	5000	5000	5000	5000	5000	4000	4000	3000
定格トルク (Nm)	0.13	0.19	0.19	0.35	0.64	1.15	1.53	1.91
瞬時最大トルク (Nm)	0.76	1.2	1.8	3.4	5.4	9.8	12	16.7
回転子イナーシャ (×10 ⁻⁴ kg・m ²) (注)	0.084	0.108	0.22	0.37	1.47	2.7	5	6
モータ重量 (kg) (注)	0.4	0.5	0.8	0.85	1.8	2.5	3.4	4.1

(注) モータ単体での値

3. 新製品の特長

3.1 コギングトルクの低減

コギングトルクはモータ回転時の速度変動や機械装置の振動騒音の要因にもなる。お客さま装置の性能向上に貢献するため、本新製品では、大幅にコギングトルクを低減した。

図3にコギングトルク波形の比較を示す。本新製品では、いずれの角サイズでもコギングトルクを従来品の1/2以下に低減した。

本新製品では、開発の初期段階から、製品設計と生産ライン設

計を同時に進め、製品性能を安定して発揮できるように、製造技術も工夫した。

トルク特性を維持しながらコギングトルクが最も小さくなるように、マグネットおよび電機子鉄心の形状を決めた。具体的には、図4に示すように、マグネットの内Rと外R寸法を最適化し、さらにコギングトルクが極小となる極弧角を決定した。また、電磁鋼板の積層方法を工夫するとともに、マグネットを自動で貼り付ける工法を採用した。従来の手作業による組立ノウハウを自動組立に適用して、安定してコギングトルクが小さくなるように、製造技術を工夫した。

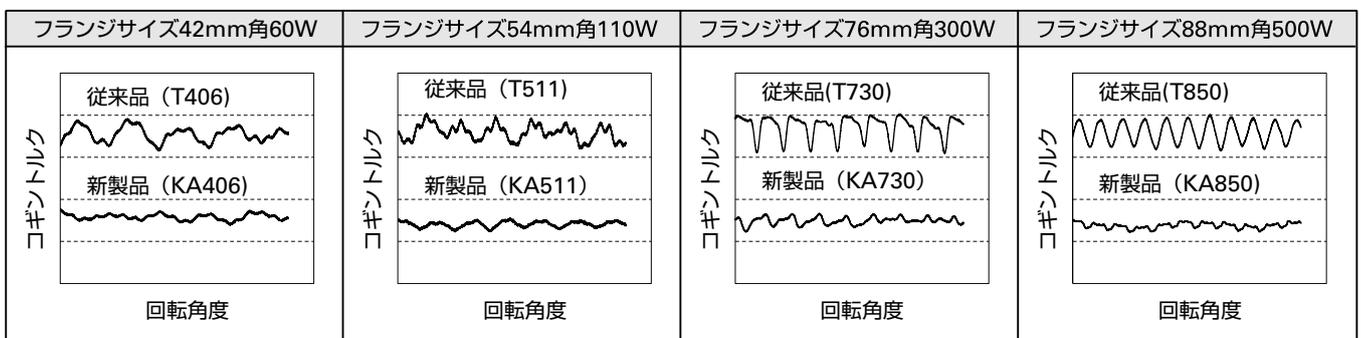


図3 コギングトルク波形の比較

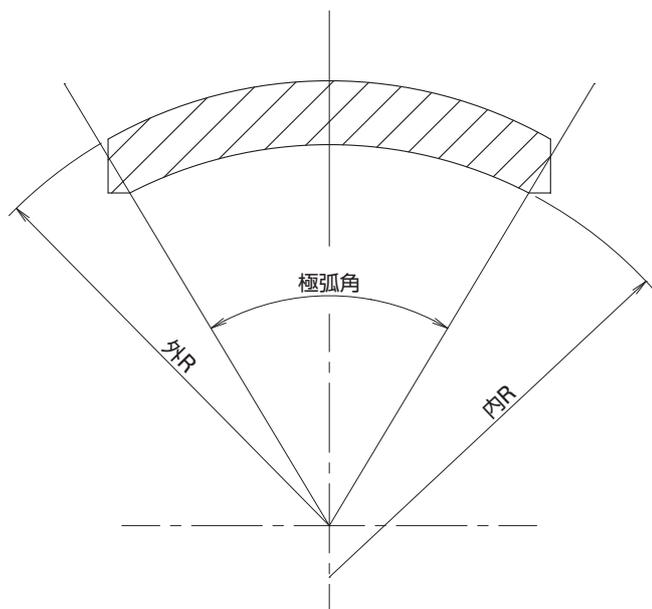


図4 マグネット形状

3.2 損失低減による効率向上と低発熱化

一般に、スロット内の巻線占積率を高くすることで、銅損を低減することができる。また、DCモータでは、ブラシと整流子の機械的な摺動にともなう機械損が発生する。本新製品では、巻線占積率を高めて、銅損を減らすとともに、ブラシ材質とブラシ本数の最適化を図ることで機械損を低減した。

図5に、一例としてフランジサイズ54mm角110Wの電機子巻線の比較を示す。新製品では、ノズル方式の巻線機とその制御法を工夫して、線径の太い巻線を高い占積率で巻くことにより銅損を低減した。

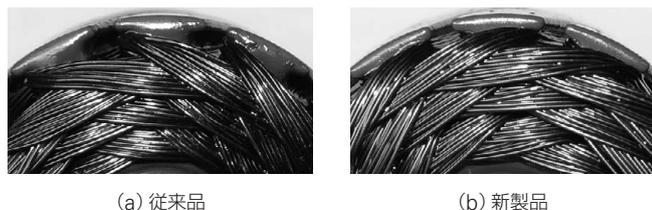


図5 電機子巻線の比較 (フランジサイズ54mm角110W)

また、ブラシ材質とブラシ本数を最適化することにより、従来品と同等のブラシ寿命を維持しながら、ブラシと整流子の摩擦による機械損を低減した。

図6にフランジサイズ42mm角60Wの損失とフレーム温度上昇値の比較を示す。従来品に対し損失を31%低減したことにともない、フレーム温度上昇値は25%低減する。また、モータ効率は約10%向上する。

このように、本新製品は、高効率で温度上昇が低いので、お客さま装置への温度の影響が少なく、装置の省エネルギー化にも貢献できる。

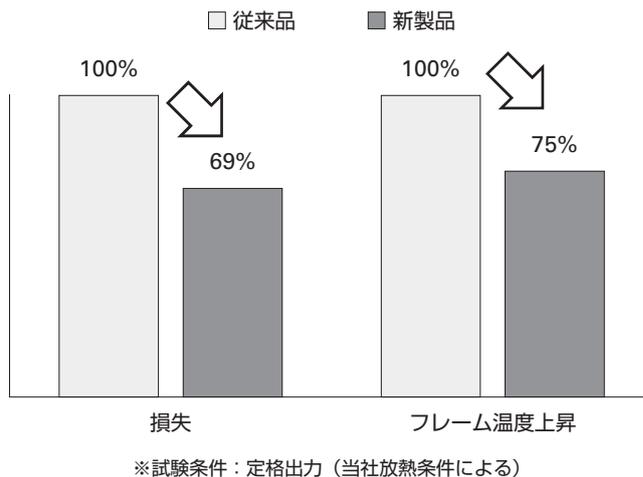


図6 損失および温度上昇値の比較 (フランジサイズ42mm角60W 定格出力時)

3.3 低騒音化

DCサーボモータの構造的な特徴として、ブラシと整流子による機械的な摺動部を持っている。このため、モータ回転時の主な騒音成分として、ブラシと整流子の接触による振動成分が含まれる。

本新製品では、ブラシ本数の最適化およびブラシを保持するブラケット部の剛性を向上することにより、ブラシと整流子の接触に起因する振動騒音成分を抑制し、騒音レベルを低減した。

図7にフランジサイズ54mm角110Wの騒音レベル比較を示す。本新製品では、広い回転速度域に渡って、騒音が低下していることがわかる。従来品と比較して、最大で約8dBの低騒音化を図った。

このように、本新製品は騒音レベルが低いので、医療機器など人の近くで動く機械にも、安心してお使いいただける。

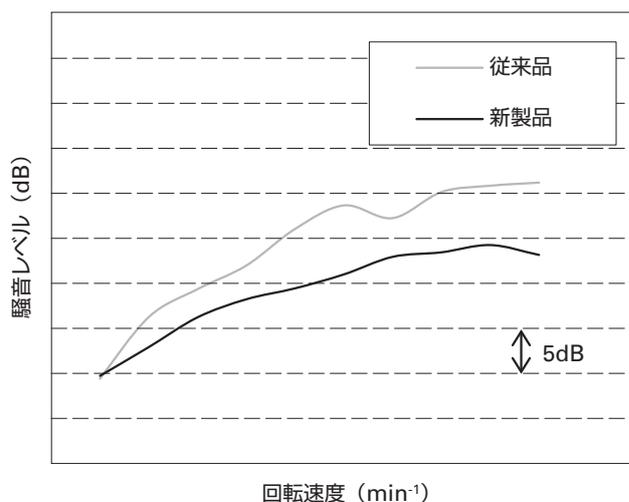


図7 騒音レベルの比較 (フランジサイズ54mm角110W 無負荷時)

4. むすび

本稿では、「SANMOTION K」シリーズDCサーボモータのラインアップおよび仕様諸元を示し、その特長を紹介した。

本新製品は、高効率でトルク変動が小さく、モータ温度上昇も低いモータである。また、標準ラインアップに低電圧仕様を追加した。お客さま装置の性能向上や新しい価値の創造に寄与できる製品である。なお、従来品と取り付け互換であるため、これまでお使いいただいた従来品との置き換えが容易である。

今後も、DCサーボモータならではの使いやすさを追求するとともに、製品設計技術と製造技術の融合を図り、これまでの用途に加えて、新たな用途や市場の要求に応じていく所存である。

参考文献

(1) 山洋電気：「統合報告書 2019」

<https://contents.xj-storage.jp/xcontents/AS02420/2787a71d/5594/4b43/9500/15afbd070ab3/20190820115838915s.pdf>
pp13-14 (2019.8.20)

執筆者

倉石 大悟

サーボシステム事業部 設計第一部
サーボモータの設計、開発に従事。

林 秀利

サーボシステム事業部 設計第一部
サーボモータの設計、開発に従事。

山本 裕志

サーボシステム事業部 設計第一部
サーボモータの設計、開発に従事。

宮下 年弥

サーボシステム事業部 設計第一部
サーボモータの設計、開発に従事。

三浦 武志

サーボシステム事業部 設計第一部
サーボモータの設計、開発に従事。

依田 昌悟

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設計、開発に従事。

久保 貴子

サーボシステム事業部 設計第一部
サーボモータの設計、開発に従事。

保屋野 智恵子

サーボシステム事業部 設計第一部
サーボモータの設計、開発に従事。

恩田 祐樹

サーボシステム事業部 設計第一部
サーボモータの設計、開発に従事。

松嶋 健太

サーボシステム事業部 設計第一部
サーボモータの設計、開発に従事。

瀧島 淳司

サーボシステム事業部 設計第一部
サーボモータの設計、開発に従事。

山口 雅昭

サーボシステム事業部 設計第一部
サーボモータの設計、開発に従事。

SANYODENKI

Technical Report

48

November
2019

<http://www.sanyodenki.co.jp>

発行 山洋電気株式会社
〒170-8451 東京都豊島区南大塚 3-33-1
電話(03)5927 1020

発行者 山本 茂生

編集委員会 児玉 展全(委員長)
小野寺 悟(副委員長)
塚田 志保(委員兼事務局)

成瀬 理恵子 倉石 大悟
祢津 秀樹 内田 成一
西牧 健太 丸山 晴久
西澤 博文 宮崎 寛

発行日 2019年11月15日(年2回発行)