

SANYO DENKI

Technical Report

特集 | 「広くて深い」市場へ



1984
Aoki Works

54

November
2022



COLUMN

表紙：

青木工場

1984年

1970年代に拡大したオフィス・オートメーションの市場は、1980年代に入りさらに好況でした。電子工業界は意欲的な設備投資が続き、生産が需要の増加に追いつけない状態でした。

当社も工場や機械設備の増強に積極的に取り組み、1984年に青木工場を建設し、稼働を開始しました。工場はステッピングモータの一貫生産ラインとして設計され、当時の最新設備が導入されました。

青木村は「信州の鎌倉」といわれる塩田平の西に位置しており、青木工場の建設は同村の企業誘致に応じたものでした。上田工場から約12 kmの好立地で、当時は世界的に誇れる新鋭工場として活躍しました。

現在はロジスティックセンターとして活用されています。

人々と共に創る「広くて深い」価値 執行役員 小野寺 悟 1

特集：「広くて深い」市場へ 3

■ クーリングシステム事業部

「広くて深い」市場へ 渡辺 道徳 3

空気清浄機「San Ace Clean Air」9APタイプ 村松 陽 ほか 7

□40×20mm厚, □40×28mm厚高性能防水ファン
「San Ace 40W」9WPAタイプ 堀内 雄斗 ほか 12

■ パワーシステム事業部

さまざまな環境で使える高機能と信頼性を備えた電源装置 関 知昭 18

常時インバータ給電方式UPS「SANUPS A23D」の開発 三好 宏明 ほか 23

常時インバータ給電方式UPS「SANUPS A11N」の開発 北澤 誠 ほか 27

■ サーボシステム事業部

「広くて深い」市場へ
～「広い」用途でお客さまを「深く」知り、ともに創る技術と製品～ 山口 政裕 ほか 33

小径リニアサーボモータ多軸一体ユニットの開発 恩田 祐樹 ほか 38

SANMOTION G ACサーボシステムの開発 小林 剛 ほか 42

人々と共に創る「広くて深い」価値

執行役員 小野寺 悟 *Satoru Onodera*

「私たち、山洋電気グループは、すべての人々の幸せをめざし、人々とともに夢を実現します」という企業理念のもとに、人々の幸せづくりに貢献できる製品とサービスを提供し続けています。

その製品は、次の三つです。クーリングシステム製品の「San Ace」、パワーシステム製品の「SANUPS」およびサーボシステム製品の「SANMOTION」です。これら三つに共通することは、エネルギー変換機器であり、エネルギー制御機器であるということです。クーリングシステム製品の冷却ファンは、電気エネルギーを流体エネルギーに変換しています。パワーシステム製品の無停電電源装置は、電気エネルギーを質の良い電気エネルギーに変換しています。また、サーボシステム製品は、電気エネルギーを機械エネルギーに変換しています。

これらエネルギー変換機器の本質は、エネルギー変換効率を高めることです。より効率が高くて、より小型軽量で、より低騒音な製品を開発して、お客さまに提供し続けています。

従来は、当社の製品は、比較的狭い用途でお使いいただいていた例え、冷却ファンは、FA 機器や通信機、データセンタなどの機器の冷却用として貢献しています。無停電電源装置は、電力の安定化が必要な用途でお使いいただいています。

また、サーボシステム製品は、産業用ロボット、半導体製造装置、工作機械、射出成形機などで、お客さまごとに最適なカスタマイズをした製品をお使いいただいています。このように、「ものづくり」の用途に、お客さまごとに「深く」関わり、最適なカスタマイズ製品を提供してきました。

このような「ものづくり」の用途以外にも、CT スキャナーなどの医療機器や、PCR 検査装置、ガスクロマトグラフなどの分析機器にお使いいただいたり、最近では、細胞培養用のピペット作業遠隔操作システムにリニアサーボモータを採用いただいたり、適用用途が増えてきました。これからは、もっと広い用途に深く関わる貢献をしたいと考えています。

さて、もっと広い用途に深く関わる貢献をするためには、単に、用途や販路を広げるだけでなく、「新しい価値」を創り出すことが必要です。そのためには、関わる人々と共に創り出すこと、すなわち「共創」が力を発揮します。

例えば、お客さまやサプライヤさまの「強み・得意な技術」と当社の「強み・得意な技術」を融合することによって、世の中にとっての「新しい意味」、「新しい意義」、「新しい価値」を創り出すことができます。

私たち山洋電気には、スムーズな風の流れをつくりだす流体技術があります。電力をきれいに変換・制御する技術があります。思いどおりに、動かしたり、止めたりするサーボ技術があります。また、私たちには、長年培ってきた「カスタマイズ」という得意な技術があります。お客さまごとに最適なカスタマイズ設計をするためには、お客さまを深く知る必要があります。お客さまが困っていることや解決したいことや「ありたい姿」を深く理解することによって、最適なカスタマイズが実現します。さらに、私たちには、高い品質の製品を手際よく造る生産技術があります。

これらの強みをより深めるとともに、新しいことに挑み、関わる人々との「共創」をとおして、山洋電気製品が「広く・深く」人々のお役に立てるようにしたいと考えています。

本号では「広くて深い」市場へと進化する製品とサービスを紹介します。

お客さまを知ること、お客さまと共に考えること、人々のお役に立ちたいという思いから創った技術や製品を紹介します。

私たちは、このような技術と製品・サービスをとおして、「人の健康と安全を守ること」、「地球環境を守ること」そして「新エネルギーの活用と省エネルギーに役立つこと」に「広く・深く」貢献し続けます。

私たち山洋電気の三つの製品：「San Ace」、 「SANUPS」 および「SAN MOTION」は、エネルギーを変換する製品です。お客さまの機械装置をとおして、人々の「幸せエネルギー」を創りだすエネルギー変換製品でありたいと考えています。

「広くて深い」市場へ

渡辺 道德

Michinori Watanabe

1. まえがき

当社クーリングシステム事業部ではこれまで、主に装置内部の冷却を目的としたファンを開発・製品化してきた。その礎はACファンに始まり、時代の変遷とともに、ブラシレスDCファンを開発し、現在では、AC入力を内部変換してブラシレスDCモータを駆動するタイプのACDCファンもラインアップしている。

これまで、当社ファンはサーバ・通信機などの情報・通信機器市場で主に使用されてきた。それらの機器が小型化・高性能化するのにもとない、ファンは高風量・高静圧・低消費電力といった高性能化が要求され、それに答えるため、当社でも新たな技術を採用し、製品を開発してきた。

そうして開発した製品は、それまでファンが使用されなかったさまざまな分野・用途にも使用されるようになり、社会や環境の変化に対応したファンの使い方や、さらに新たな製品も求められるようになった。

本稿では、当社冷却ファンおよびそれらの関連製品がこれまでどのような市場で使用され、今後どのような市場への展開が期待されるかについて述べる。

2. これまでの市場

当社クーリングシステム事業部の代表的な製品の、これまでの市場と技術について紹介する。

2.1 高性能ファンの市場

当社ファンはこれまで、サーバ・通信機などの情報・通信機器市場で主に使用されてきた。インターネットや携帯電話などの普及にともなって、各種情報・通信機器の大容量化・高速化が進み、あわせて機器の高機能化・小型化により、発熱密度が時代とともに大きくなっていった。当初、これらの装置を冷却するファンに対しては、高風量化の市場要求が強かった。しかし、機器の発熱密度の増大にともない、装置を効率よく冷却するため、風量を増やしつつ、静圧も高い「高性能ファン」が次第に求められるようになった。さらに、地球環境保護や装置のランニングコストの観点から、低消費電力化も求められるようになっていった。

例えば、サーバ市場では、1Uサーバがサーバ形態として主流である。1U (44.45mm) にファンを収める必要があるため、40mm角のブラシレスDCファンを採用している事例が多い。1Uサーバでは装置内部の実装密度が非常に高く、機器の高機能化により発熱密度も増大してきたため、ファンには高風量・高静圧の性能が求められる。

これらの要求に応えるため、当初は、当時(1990年代)の製品をベースに駆動回路改版によるファンの高回転化で、要求性能を実現していた。しかし、要求される風量特性を実現するには高回転化だけでは限界があり、消費電力の面からも最適とはいえなかった。

ファンの性能は、①インペラー・フレームによる空力性能、②モータの性能、③駆動回路の性能、の3つで決定するため、これらの性能をバランスよく向上させるよう、各部を最適化することが重要である。

高静圧化を図るため、当社では、インペラー(動翼)後方に位置するフレームのスポーク部(モータ部をフレームに保持している部分)を、翼形状(静翼)にすることで、効率よく静圧を高めたファンを開発した。例えば40mm角28mm厚の軸流ファンでは9GVタイプ(2008年)、9GAタイプ(2012年)、9HVタイプ(2015年)、9HVAタイプ(2020年)と市場要求にあわせて、性能を高めてきた。性能の変遷を図1に示す。最新の9HVAタイプでは、1Uサーバ採用当初の当社製品(9Pタイプ:109P0412H3013)に比べて、最大風量は約3.3倍の1.05m³/min、最大静圧は約22.4倍の

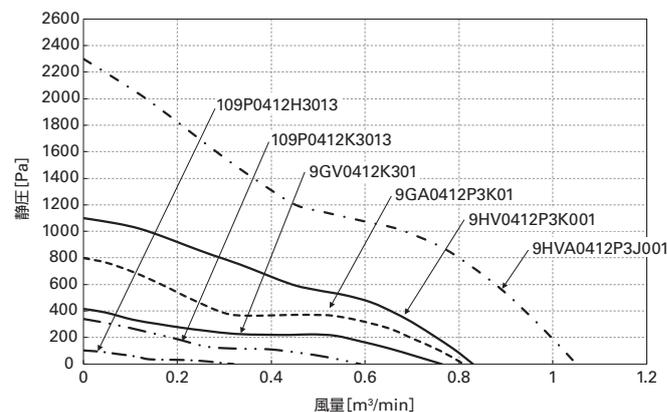


図1 当社40角28厚ファンの風量-静圧特性例

2300Paを達成している。

さらなる高静圧化の手法としては、ファン2台を直列に並べて使用する方法があるが、前段ファンの吐き出した流れが後段ファンの動翼に衝突するなどの損失が大きく、効率よく静圧を高めることができない。この解決策として、前段ファン、後段ファンを互いに反対方向に回転させた「二重反転ファン」を開発した。これにより、風量特性を大幅に向上させることができた。当社40mm角56mm厚二重反転ファンは、9CRタイプ(2004年)を皮切りに、その後、数機種の開発を経て、9CRHタイプ(2017年)、9CRJタイプ(2020年)を開発・製品化した。二重反転ファンの外観・構造例を図2に示す。9CRJタイプでは、二重反転技術採用当初の9CRタイプに比べて、最大風量は約1.5倍の1.06m³/min、最大静圧は約4.7倍の2400Paを達成している。

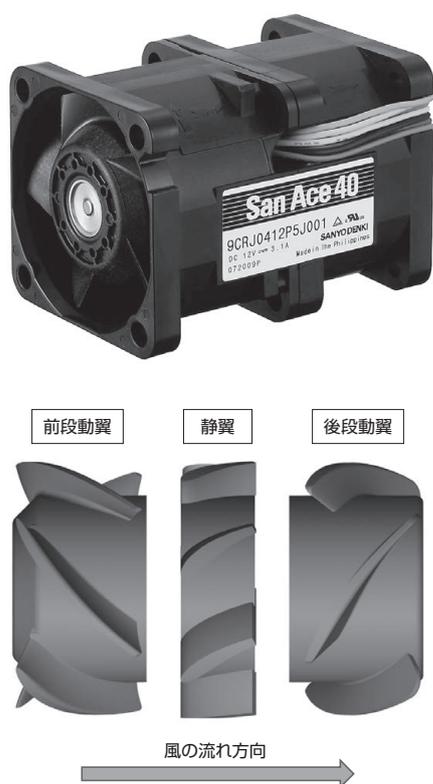


図2 40角56厚二重反転ファンの外観・構造例

このように、当社ファンはサーバ・通信機などの情報・通信機器市場の要求に応じて高風量・高静圧を実現することで、それらの機器の高性能化に貢献してきた。すなわち、比較的限定された市場・用途での高性能化を当社は追及してきており、結果、当社ファンは「狭くて深い」市場で使用いただけてきた。

しかし、これらの高性能化技術により高風量・高静圧・低消費電力を有したファンは、情報・通信機器市場にとどまらず、「狭いスペースに強い風を送る必要がある」さまざまな用途で活用されはじめている。

特に、太陽光発電システム、蓄電池、燃料電池、電気自動車用の急速充電器、リチウムイオン電池充放電試験装置などのエネ

ルギー分野での利用が拡大しており、これまでの「狭くて深い」市場から、より広い用途で高性能が要求される「広くて深い」市場で当社ファンを採用いただく事例が増えている。

2.2 防水ファンの市場

防水ファンは当初、携帯基地局の冷却用として開発され、1996年に発売開始された。携帯基地局は屋外に設置されるため、それを冷却するファンには、冷却性能(高風量・高静圧)に加えて、耐環境性(防水・耐温)や長期信頼性が求められる。当社では、その要望に応えられるファンとして防水ファンを開発し、3G、4G、5Gと携帯通信網の発展に貢献してきた。

保護等級: IP55, IP56, IP68^(注)の当社防水ファンは、図3に示すとおり、活電部である巻線部と回路部を防水性にすぐれた材料で完全に覆うことで活電部への水の浸入を防いでいる。また、マグネットやフレーム、そのほかの外気に触れる部品については耐水性に優れた材料を採用することや、表面に防錆処理を施すなどしている。

注: 保護等級 IP55, IP56, 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。



図3 当社防水ファンの活電部保護の例

2010年ごろからは、防水ファンは携帯基地局だけでなく、太陽光発電システムのパワーコンディショナや電気自動車用の急速充電器、デジタルサイネージなどへの採用が増えた。これらの装置も携帯基地局と同様に屋外に設置することから、冷却性能と耐環境性が求められる。防水性能を持つ高風量・高静圧な冷却ファンを実現することで、エネルギー変換装置の高性能化、地球環境の保全にも貢献してきた。

このように、防水ファンはこれまで、高風量・高静圧に加えて、防水性能を備えることで、「屋外設置機器の冷却用途」向けに主に使用され、限定された用途で高性能を追及してきており、「狭くて深い」市場で使用いただけてきた。

これに対し、最近では屋内設置の機器で、かつ冷却でない以下のような用途に使用されるケースが増えてきた。これらの用途も、水がかかることから防水ファンが使用されるが、冷却用途でないことから、高風量・高静圧が必須ではない。

(1) 食品製造装置：

衛生管理のため、装置を洗浄する際にファン部に水がかかる。そのため防水ファンを使用。

粉を振りかけて調理する際、余分な粉やバター液などを振り落とす用途のため、適度な風量と風向が必要。

(2) 植物栽培装置：

高湿環境での継続運転のため、防水ファンを使用。

装置内の空気を均一に攪拌するため、適度な風量と風向きが必要。

このように、防水ファンも屋外設置機器だけではない、「広くて深い」市場のニーズをとらえる製品として、活用いただける領域が拡大している。

3. これからの市場や必要とされる技術

これからの市場は、環境問題を視野に入れた製品や活動が求められており、「カーボンニュートラル」達成が、全世界における重要な課題となっている。

また、IoTを活用した予防保全、空気清浄機の市場についても今後の拡大が予想される市場として紹介する。

3.1 市場の「カーボンニュートラル」実現のために

世界の多くの国々で、「2050年までにカーボンニュートラル（温室効果ガスの実質排出ゼロ）を達成すること」が宣言されており、日本も同年までにカーボンニュートラルを目指すことを宣言している。

当社クーリングシステム事業部の製品については、いずれの市場においても、「低消費電力化」することが、カーボンニュートラル実現に現段階では最も効果的であり、低消費電力化がいままで以上に強く求められていくと予想される。ファンについては2.1項で紹介した3つの性能をさらに高効率化して、より一層の高性能化・低消費電力化を達成していく。

また、お客さまが当社ファンをお使いになる際に、装置の発熱状況に応じてファンの回転速度を最適に制御できるよう、PWMコントロールによる速度制御機能を付加したファンのラインアップを拡充していくことで、お客さま装置の低消費電力化をサポートする。

3.2 IoTを活用した装置の予防保全の市場

ファンの遠隔操作と状態監視を可能にすることで、装置の予防保全につなげるとともに、各種センサと組み合わせることで装置を効率的に冷却・換気する市場要求に対して、当社ではIoT製品「San Ace コントローラ」を開発・製品化している。

図4に「San Ace コントローラ」のシステム構成例を示す。

装置冷却を効率的に遠隔操作できることは、先述の装置の低消費電力化にもつながる。また、状態監視中の計測データやアラーム発生履歴はパソコンにダウンロードできるため、データを装置の予防保全だけでなく、新製品開発や装置の不具合解析にも活用できる。お客さま装置の安定稼働に寄与することがで

き、安全安心な装置の実現に貢献できる。

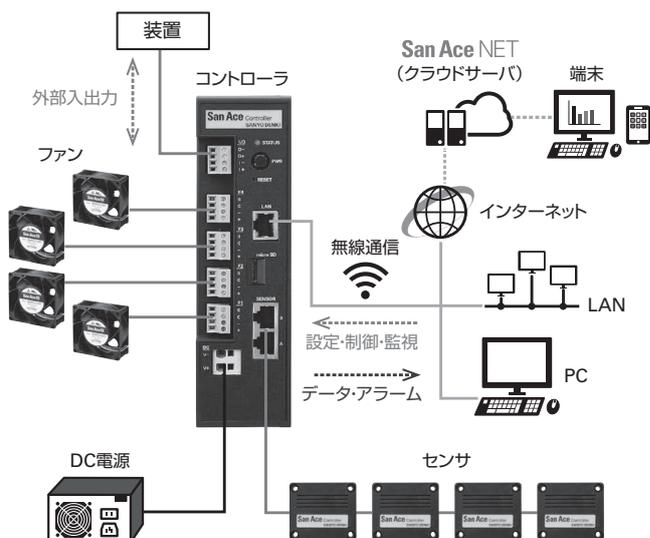


図4 「San Ace コントローラ」のシステム構成例

3.3 空気清浄機の市場

近年の空気汚染や、新型コロナウイルス感染症のまん延により、空気清浄機に対する需要が多くなっており、市場は活況を呈している。

これまで当社は、一部の空気清浄機メーカーへファンを納入するカタチで本市場と関わってきたが、当社が得意とするファンの技術や、高効率の流路設計に関するノウハウを活かして、空気清浄機を開発・製品化し、本市場に参入することとした。

当社が開発した空気清浄機の外観を図5に示す。開発した空気清浄機は、16.5m³/minの大風量で、77畳の大空間を30分で清浄でき、そのときの運転音は54dB (A)、消費電力は90Wを実現している。

詳細は、本テクニカルレポートの記事を参照いただきたい。



図5 空気清浄機外観「San Ace Clean Air」9APタイプ

4. むすび

本稿では、冷却ファンおよびそれらの関連製品のこれまでの市場と、今後期待される市場や技術について述べた。

当社ファンは、これまで主に情報・通信機器市場で求められる高性能を追求してきた。しかし近年では、そうして開発した高性能な製品が、太陽光発電に代表されるエネルギー分野や、食品製造装置のように冷却目的でない用途など、さまざまな分野・用途に使用されている

また、IoTを活用した装置の予防保全に役立つ製品や、ファンを活かした空気清浄機のように、これまでの当社技術やノウハウを活かしながら、新たな発想から生まれた製品もリリースしている。

特定の分野で高性能を追求する「狭くて深い」市場から、その技術を活かしたより広いさまざまな分野およびファンを活用した新たな分野へと、「広くて深い」市場にファンの用途が広がっている。

今後もさまざまな市場のニーズを「広く、深く」集め、新たな技術や新製品の開発をおこなうことで、さらに「広くて深い」市場で、お客さまの課題解決に貢献していく。

参考文献

- (1) 栗林 宏光：クーリングシステムにおけるこだわり技術
SANYO DENKI Technical Report No.48 pp.3-7 (2019.11)
- (2) 村田 雅人：変化を創り出す技術
SANYO DENKI Technical Report No.46 pp.3-6 (2018.11)
- (3) 大澤 穂波：新たな夢を実現する技術
SANYO DENKI Technical Report No.50 pp.3-7 (2020.11)
- (4) 中村 俊之：人を守るクーリング技術
SANYO DENKI Technical Report No.52 pp.3-5 (2021.11)

執筆者

渡辺 道德

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。

空気清浄機 「San Ace Clean Air」9APタイプ

村松 陽

Yo Muramatsu

小池 正啓

Masahiro Koike

荒起 聡直

Soma Araki

野々村 智英

Tomohide Nonomura

小澄 直也

Naoya Ozumi

藤澤 健

Ken Fujisawa

中村 俊之

Toshiyuki Nakamura

1. まえがき

新型コロナウイルスの蔓延による感染対策の意識の高まりにより、病院や市役所などの公共施設に代表される、不特定多数の人が集まる比較的大きな空間で空気清浄機を使用したいという要望が高まっている。

これまでの空気清浄機は、設置工事を要する大型の設備や家庭用の小型可搬式が主流だった。大型設備は既存の施設に後付けすることは困難であり、小型の設備では能力が不足する。そのため、当社がこれまでに蓄積してきたファンの技術と、効率の良い空気の流路設計技術を活かして、大きな空間を清浄でき、設置が容易な可搬式の空気清浄機「San Ace Clean Air」9APタイプを開発した。

本稿では、開発品の性能と特長、そして、開発のポイントを紹介する。

2. 開発品の概要

開発品は、大風量、静音で広い空間を集塵し、除菌・脱臭もできる空気清浄機である。

高性能集塵フィルタ(HEPAフィルタ)により高い集塵性能があり、製品内部に当社独自の静音技術を用いて新規に開発した遠心ファンを2台搭載したツインファン方式で、大風量を確保している。汚れた空気を製品両側面から吸い込み、上面に吹き出す流路設計を採用することで、効率的な空気の流れを実現し、大風量でありながら低騒音、低消費電力を実現している。

除菌・脱臭機能も備えており、脱臭に関しては、活性炭フィルタによるニオイ粒子の吸着と光触媒による分解のダブル効果で高い脱臭能力を実現している。除菌機能に関しては、HEPAフィルタによる捕集と光触媒による分解によって空気中に浮遊するウイルス・細菌・カビの抑制に効果がある。

また、製品サイズはスリムで、下部にキャスターを設けているため、移動が容易であり、大風量の空気清浄機でありながら既存の施設内に簡単に設置できる。

図1, 2, 3に開発品の外観を、図4に開発品の寸法諸元を示す。



図1 製品外観
「San Ace Clean Air」9APタイプ



図2 操作パネル周辺拡大
「San Ace Clean Air」9APタイプ



図3 吹出口周辺拡大

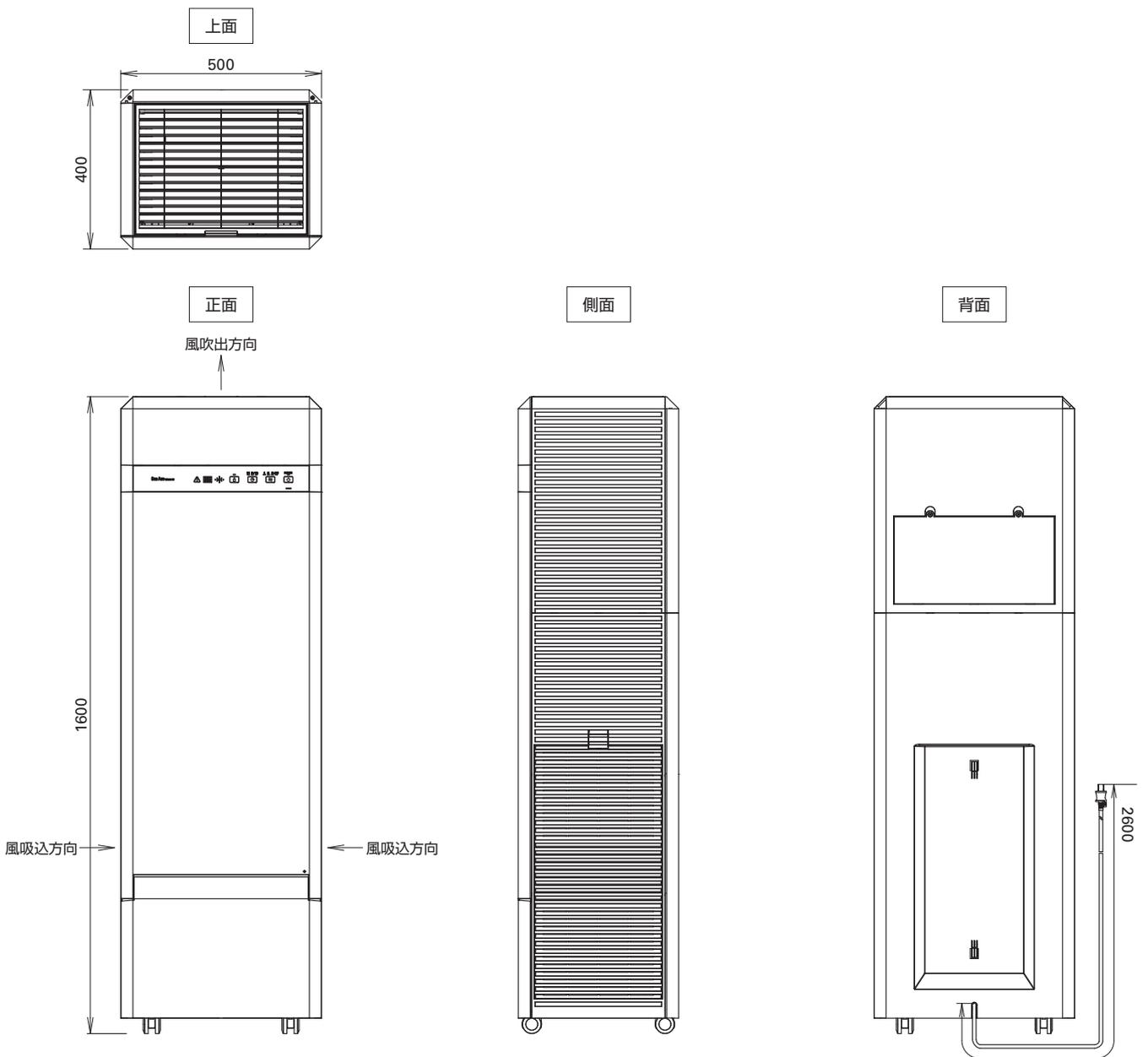


図4 「San Ace Clean Air」9APタイプの寸法諸元 (単位: mm)

3. 開発品の特長

3.1 大風量, 低騒音, 低消費電力

開発品はモード3(強)で運転したときに16.5m³/minの大風量で、77畳の大空間を30分で清浄できる^(注1)。また、そのときの運転音は54dB(A)、消費電力は90Wを実現している。

大風量を実現するために、空気循環用の内部ファンは、空気清浄機専用に開発した大径の遠心ファンを採用し、並列に2台搭載している。また、製品本体の両側面に集塵フィルタを設置することで、空気の吸い込み口を大きく確保している。加えて、流体解析シミュレーションを用いて、空気を側面から吸い込み、製品上面に向かう効率的な流路設計をおこない、大風量かつ低騒音・低消費電力を実現している。図5に製品本体内部の風の流れを、図6に流体解析結果を示す。

製品内部にほこり検出センサとニオイ検出センサを搭載している。自動運転時はで空気の汚染状況をこの2つのセンサで検出し、汚染状況に合わせて3.2～16.5 m³/minの範囲の最適な風量で運転することで、さらなる低騒音・低消費電力を実現している。

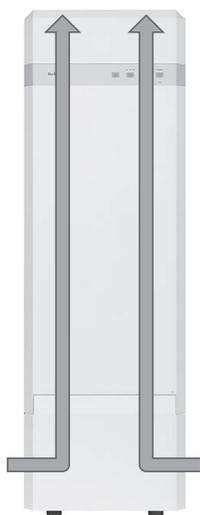


図5 製品本体内部の風の流れ

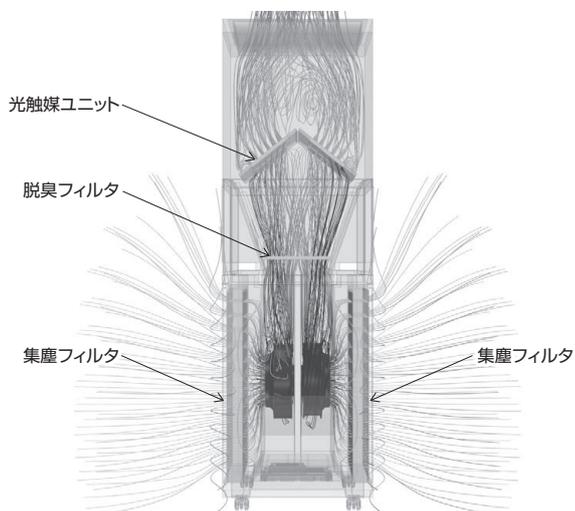


図6 流体解析結果

3.2 効率的な空気循環

開発品は両側面から汚れた空気を吸い込み、天面の吹出口からきれいな空気を吹き出す構造を採用している。吹き出した空気を天井で拡散させることで、空間内を循環する理想的な空気の流れを実現する。

この理想的な空気循環を実現させるために、シミュレーションを活用して最適な吹出口の高さとルーバー角度に設定している。

3.3 高い集塵性能

高性能集塵フィルタであるHEPAフィルタを採用している。HEPAフィルタは0.3μm以上の微粒子を99.97%以上捕集できるフィルタである^(注2)。図7に集塵フィルタの外観を示す。

開発品はHEPAフィルタを製品の左右に搭載しており広い集塵面積を確保したことで、大風量を実現した。集塵面積が広いことで、フィルタが目詰まりするまでの時間が長くなりメンテナンス性の向上にもつながる。センサによるフィルタの目詰まり検知機能も搭載している。



図7 集塵フィルタ(プレフィルタ+HEPAフィルタ)

3.4 脱臭・除菌機能

HEPAフィルタに加えて、製品内部に活性炭フィルタを搭載し、ニオイ粒子を吸着して脱臭する機能を搭載している。図8に脱臭フィルタの外観を示す。

活性炭フィルタにより、例えば、タバコ臭のような高濃度のニオイ成分も30分で半減できる。^(注1)

また、開発品は光触媒フィルタを搭載している。光触媒フィルタは紫外線が光触媒フィルタ表面に照射されることで、光触媒フィルタ表面にコーティングされている触媒物質の酸化分解反応により、ウイルス、細菌などを二酸化炭素や水などに分解できることから、空気清浄機内に取り込んだ空気の除菌・脱臭ができる。図9に光触媒ユニットの外観を示す。

HEPAフィルタと光触媒ユニットの組み合わせにより細菌やウイルスなどを99%以上除菌できることを確認している。^(注3)



図8 脱臭フィルタ(活性炭フィルタ)

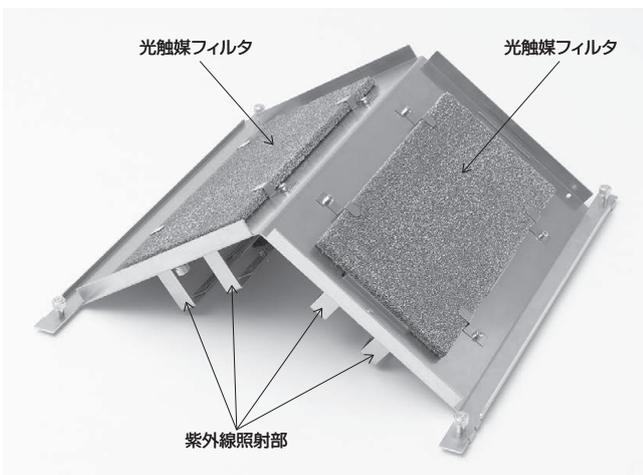


図9 光触媒ユニット(光触媒フィルタ+紫外線照射部)

4. 開発品の仕様一覧

開発品の仕様を表1に示す。

表1 開発品の仕様一覧

1 [弱]・2 [中]・3 [強]・[自動] の4つの運転モードから、適切な風量を選択できます。

型番	9AP1600-1
外形寸法 [mm]	500 (W) × 400 (D) × 1600 (H)
質量 [kg]	40
電源	単相 100V (50/60Hz 共通)
電源コード長 [m]	2.6
適用床面積	～77畳 (～127m ²) *

*日本電機工業会規格 JEM1467 に基づく試験方法による算出

運転モード	1 [弱]	2 [中]	3 [強]	自動
風量 [m ³ /min]	3.2	10.5	16.5	内蔵センサでほこりやニオイを感知しながら自動で最適な運転モードを選択して運転。
消費電力 [W]	18	28	90	
運転音 [dB (A)]	30	45	54	

センサ	ほこり, ニオイ
集塵	HEPA フィルタ
除菌・脱臭	光触媒フィルタ・脱臭フィルタ(活性炭)
機能	オフタイマー (3 / 6 / 12時間), キーロック (誤操作を防ぐ機能で、電源 OFF 以外の操作ができなくなります。)

4.1 運転モード

開発品は、弱・中・強の3段階の風量の定速運転モードと内部のセンサに連動した自動運転モードを搭載している。風量帯は3.2～16.5m³/minの広い範囲で設定ができ、弱運転時には、30dB (A) の低騒音で運転できる。

5. おすび

本稿では、業務用空気清浄機「San Ace Clean Air」9APタイプの特長と性能の一部を紹介した。

これまでに蓄積したファンの技術や新たな技術を取り入れることで、大空間を清浄できる大風量の空気清浄機を実現した。空気汚染や新型コロナウイルスの蔓延などにより、きれいな空気を求める社会的要望に対して、開発品は大きく貢献できると考える。

今後も、市場要求にいち早く応える製品を提供することで、お客さまの新しい価値の創造に貢献できるよう製品開発をしていく所存である。

注1 日本電機工業会規格 JEM1467 に基づく試験方法による算出

注2 フィルタの除去性能であり、部屋全体への除去性能とは異なる

注3 25m³の密閉された試験空間において日本電機工業会規格 JEM1467 に基づく試験して確認できた効果であり、実使用空間での実証結果ではない。

執筆者

村松 陽

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。

小池 正啓

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。

野々村 智英

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。

小澄 直也

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。

藤澤 健

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。

中村 俊之

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。

□40×20mm 厚, □40×28mm 厚 高性能防水ファン 「San Ace 40W」9WPAタイプ

堀内 雄斗
Yuto Horiuchi

上野 宏治
Koji Ueno

長塚 幸弘
Yukihiro Nagatsuka

児玉 晶生
Masaki Kodama

堀内 謙矢
Kenya Horiuchi

松下 奨
Sho Matsushita

栗林 宏光
Hiromitsu Kuribayashi

1. まえがき

近年、通信基地局、急速充電器、監視カメラなどの屋外で使用される装置では、高機能化、小型化により装置内部の実装密度が高まり、装置の発熱量が増加していることから、小型で従来以上に高性能な防水ファンの需要が高まってきている。

これまで当社においては、小型防水ファンとして、□40×20mm 厚は9WPタイプ、□40×28mm 厚は9WLタイプを提案してきたが、より一層の高機能化が必要とされるケースが増えてきた。

これらの要求に応え、業界トップ^(注1)の高風量・高静圧を備えた高性能防水ファン□40×20mm 厚「San Ace 40W」9WPAタイプ（以下、20mm 厚開発品と呼ぶ）と□40×28mm 厚「San Ace 40W」9WPAタイプ（以下、28mm 厚開発品と呼ぶ）を開発・製品化した。

本稿に開発品の特長と性能の概要を紹介する。

注1 2022年6月28日現在。防水ファンとして。同サイズの場合。当社調べ。

2. 開発品の特長

20mm 厚開発品は当社従来品□40×20mm 厚「San Ace 40W」9WPタイプ、28mm 厚開発品は当社従来品□40×28mm 厚「San Ace 40W」9WLタイプとフレームサイズおよび取付穴位置に互換性を保ちながら、高風量化、高静圧化、低消費電力化を実現している。

図1と2に開発品の外観を示す。



図1 □40×20mm 厚
「San Ace 40W」9WPAタイプの外観



図2 □40×28mm 厚
「San Ace 40W」9WPAタイプの外観

開発品の構造上の特長を以下に示す。

- (1) 防水性に優れた材料で活電部（巻線、回路）をコーティングすることで保護している。外観を図3に示す。
- (2) 各開発品と各従来品はフレームサイズと取付穴位置の互換性を保ち、フレームと羽根の材質には耐環境性に優れた樹脂材を採用した。



図3 活電部のコーティング（28mm厚開発品）

3. 開発品の概要

3.1 寸法諸元

各開発品の寸法諸元を図4と5に示す。

3.2 特性

開発品の一般特性を表1から4に、風量－静圧特性例を図6から13に示す。

幅広い市場で使用できるように、定格電圧は12V、24Vの2種類を用意した。スピードは高速品（Gスピード）と低速品（Hスピード）を用意した。

Gスピード品はPWMコントロール機能を搭載している。装置内部の発熱状況に応じて回転速度を制御し、装置として最適な冷却能力を保持することで、装置の低消費電力化や低騒音化を実現できる。

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。

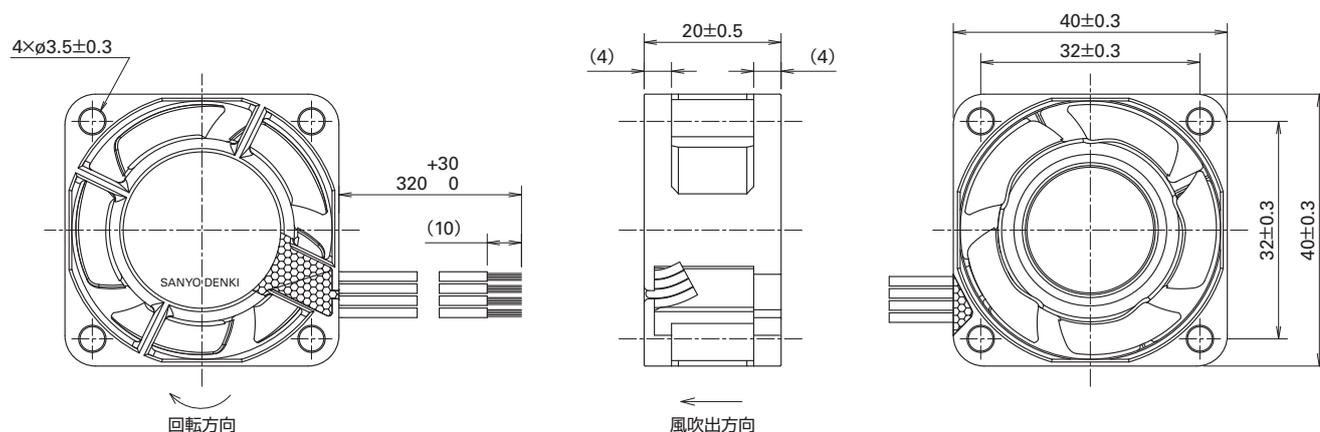


図4 □40×20mm厚「San Ace 40W」9WPAタイプの外形寸法（単位：mm）

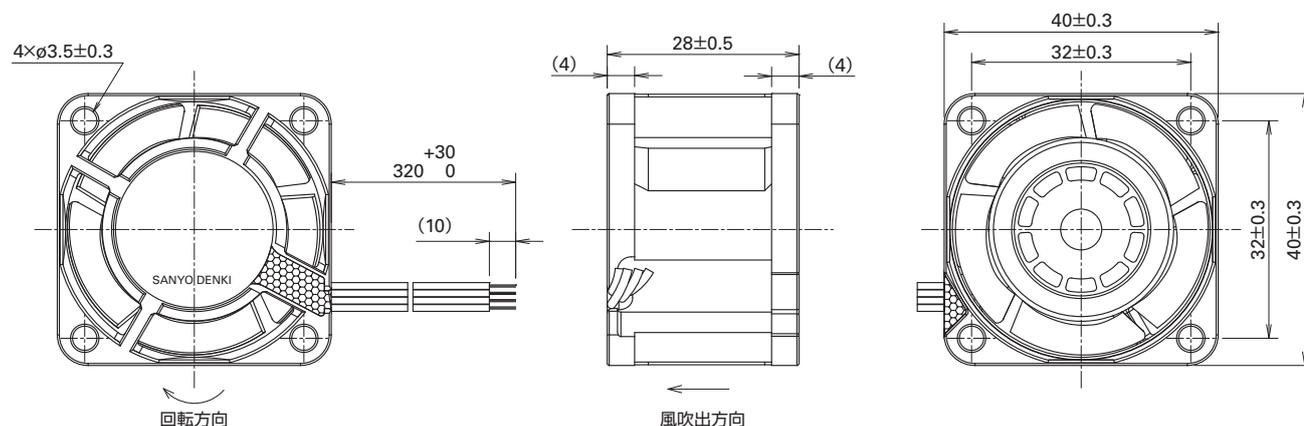


図5 □40×28mm厚「San Ace 40W」9WPAタイプの外形寸法（単位：mm）

表1 □40×20mm厚「San Ace 40W」9WPAタイプ高速品の一般特性

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		騒音レベル [dB (A)]	使用温度範囲 [°C]	期待寿命 [h]
							[m ³ /min]	[CFM]	[Pa]	[inchH ₂ O]			
9WPA0412P6G001	12	10.8 ~ 13.2	100	0.17	2.0	13700	0.38	13.4	210	0.84	44	-20 ~ +70	40000/60°C (70000/40°C)
			25	0.03	0.36	3000	0.07	2.5	9.8	0.04			
9WPA0424P6G001	24	21.6 ~ 26.4	100	0.09	2.0	13700	0.38	13.4	210	0.84	44		
			25	0.03	0.72	3600	0.09	3.2	15	0.06			

※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。

表2 □40×20mm厚「San Ace 40W」9WPAタイプ低速品の一般特性

型番	定格電圧 [V]	使用電圧範囲 [V]	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		騒音レベル [dB (A)]	使用温度範囲 [°C]	期待寿命 [h]
						[m ³ /min]	[CFM]	[Pa]	[inchH ₂ O]			
9WPA0412H6001	12	7 ~ 13.8	0.075	0.9	8800	0.24	8.5	81	0.33	34	-20 ~ +70	40000/60°C (70000/40°C)
9WPA0424H6001	24	14 ~ 27.6	0.038									

表3 □40×28mm厚「San Ace 40W」9WPAタイプ高速品の一般特性

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		騒音レベル [dB (A)]	使用温度範囲 [°C]	期待寿命 [h]
							[m ³ /min]	[CFM]	[Pa]	[inchH ₂ O]			
9WPA0412P3G001	12	10.8 ~ 13.2	100	0.50	6.0	22200	0.63	22.2	555	2.22	53	-20 ~ +70	40000/60°C (70000/40°C)
			20	0.06	0.72	5000	0.14	4.9	28.1	0.11			
9WPA0424P3G001	24	21.6 ~ 26.4	100	0.25	6.0	22200	0.63	22.2	555	2.22	53		
			20	0.06	1.44	9200	0.26	9.1	95	0.38			

※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。

表4 □40×28mm厚「San Ace 40W」9WPAタイプ低速品の一般特性

型番	定格電圧 [V]	使用電圧範囲 [V]	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		騒音レベル [dB (A)]	使用温度範囲 [°C]	期待寿命 [h]
						[m ³ /min]	[CFM]	[Pa]	[inchH ₂ O]			
9WPA0412H3001	12	7 ~ 13.8	0.34	4.1	18500	0.52	18.3	375	1.51	48	-20 ~ +70	40000/60°C (70000/40°C)
9WPA0424H3001	24	14 ~ 27.6	0.17									

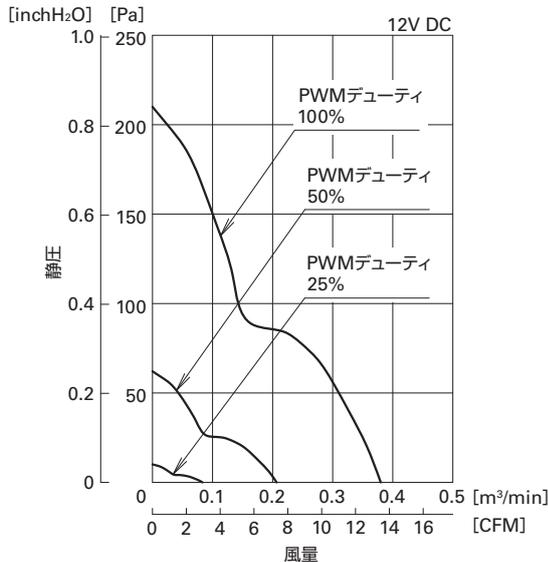


図6 □40×20mm厚「San Ace 40W」9WPAタイプ 12V高速品 風量-静圧特性例

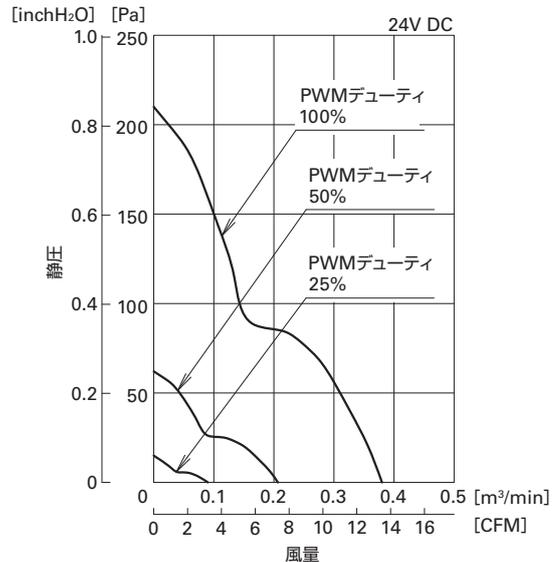


図7 □40×20mm厚「San Ace 40W」9WPAタイプ 24V高速品 風量-静圧特性例

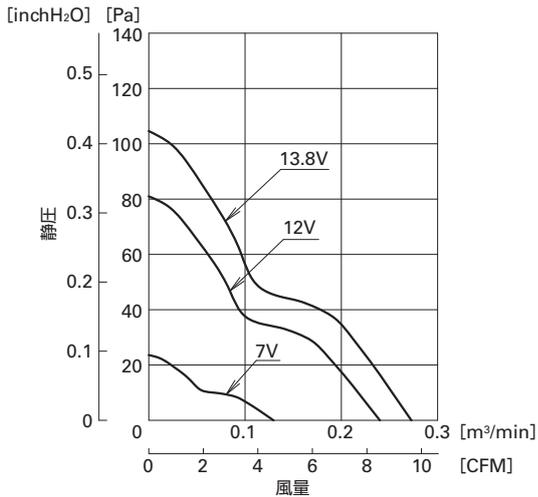


図8 □40×20mm厚「San Ace 40W」9WPAタイプ
12V低速品 風量-静圧特性例

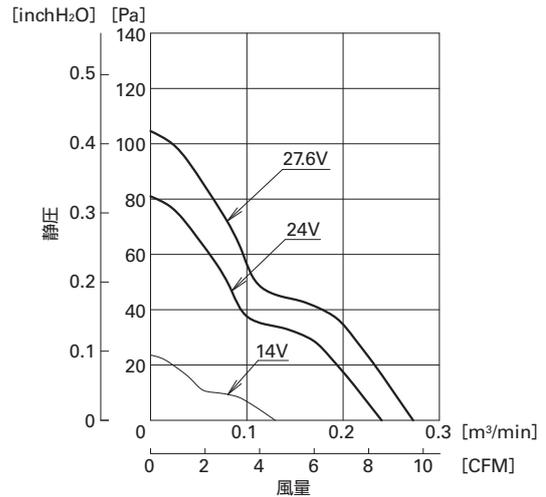


図9 □40×20mm厚「San Ace 40W」9WPAタイプ
24V低速品 風量-静圧特性例

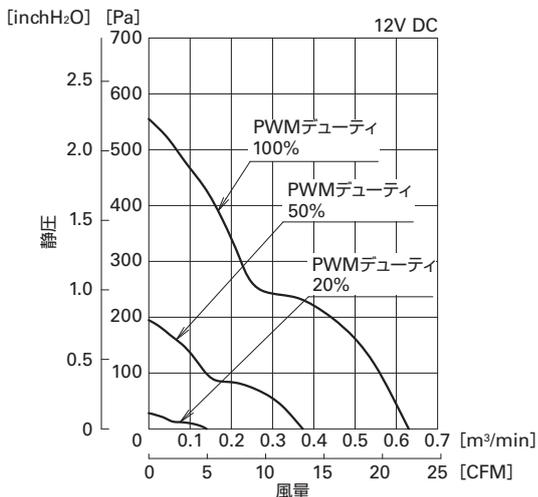


図10 □40×28mm厚「San Ace 40W」9WPAタイプ
12V高速品 風量-静圧特性例

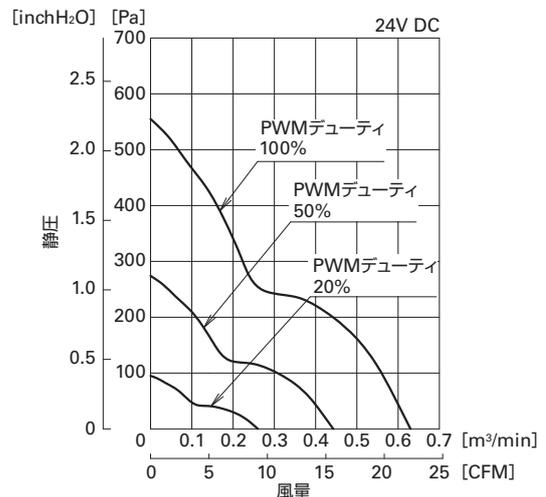


図11 □40×28mm厚「San Ace 40W」9WPAタイプ
24V高速品 風量-静圧特性例

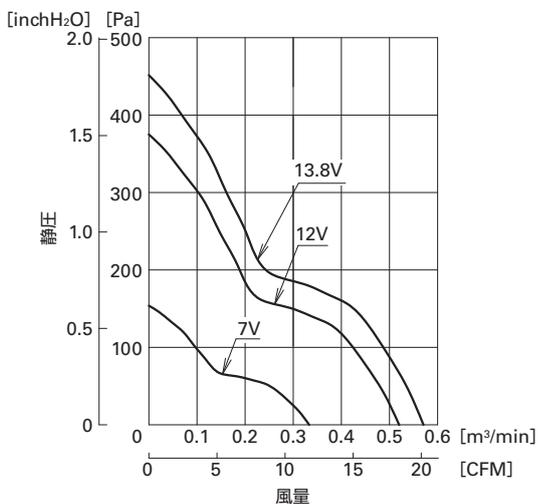


図12 □40×28mm厚「San Ace 40W」9WPAタイプ
12V低速品 風量-静圧特性例

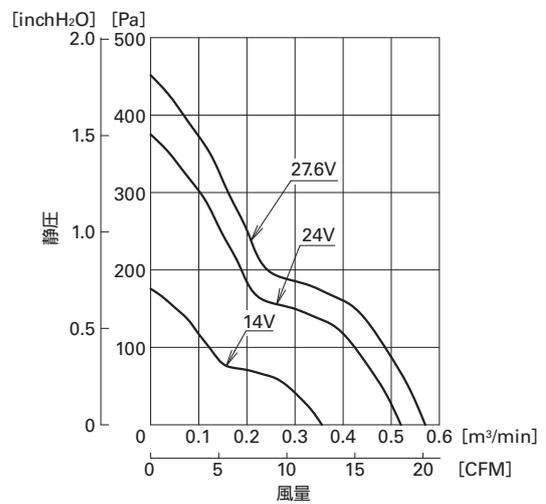


図13 □40×28mm厚「San Ace 40W」9WPAタイプ
24V低速品 風量-静圧特性例

4. 開発品と従来品の比較

4.1 風量－静圧特性の比較

開発品と従来品との風量－静圧特性の比較を図14と15に示す。

20mm厚開発品は従来品9WPタイプと比較して、最大風量は69%、最大静圧は220%増大している。

28mm厚開発品は従来品9WLタイプと比較して、静圧は全領域で上回りつつ、最大静圧は38%増大している。

5. 開発のポイント

各開発品は、高回転化のために高効率のモータを採用し、新規設計したフレーム・羽根により、従来品を大幅に上回る高風量・高静圧化および低消費電力化を実現している。同時に、高い防水防塵性能 (IP68^(注2)) を備えている。構想段階から性能・信頼性を向上させながら、生産性にも最大限配慮した設計をおこなった。

以下に開発のポイントについて説明する。

注2 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。

5.1 構造設計

フレームは製品の仕様に最適な樹脂材を採用し、高回転化に対応できる形状とした。

羽根は高回転化のための強度を確保しつつ、高風量、高静圧な特性を実現した。

防水防塵性能を満足させるため、防水性に優れた樹脂で活電部をすべて覆うコーティングを施した。また、コーティングの形状や厚さを工夫することで、信頼性と生産性を両立させた。

5.2 モータ・回路

各電圧・各スピードに応じてモータと駆動方式を最適化し、高効率なモータを開発することで、回路やモータから発生する発熱を抑えることができた。その結果、20mm厚開発品は従来比で1.5倍、28mm厚開発品は従来比1.3倍の高回転化を実現し、あわせて、消費電力の低減を実現した。

一例として、図16に□40×20mm厚開発品と従来品の同等冷却性能時における消費電力の比較を示す。従来品と比較し、開発品は消費電力を37%低減した。

開発品は従来品に比べて、静圧は全領域で上回りながら、全領域で消費電力が低い製品になっている。

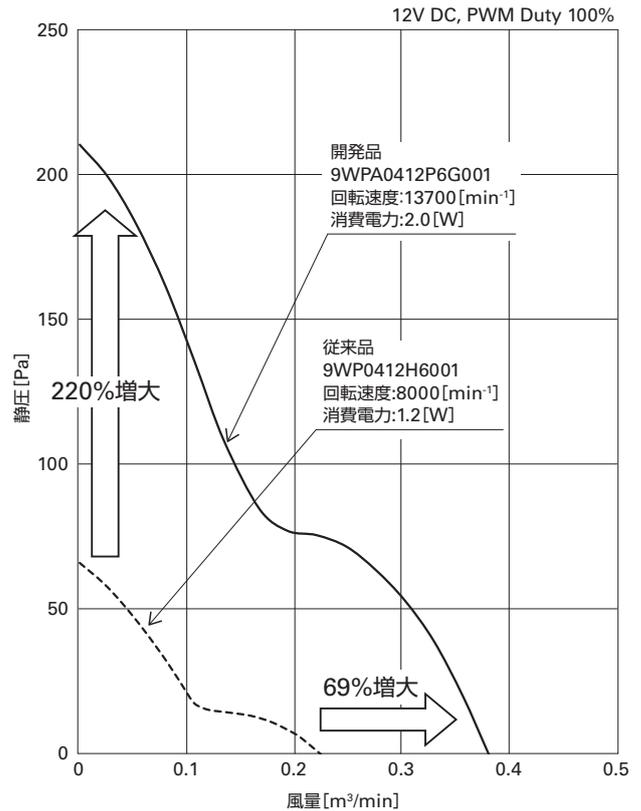


図14 □40×20mm厚「San Ace 40W」9WPAタイプ
開発品と従来品の比較

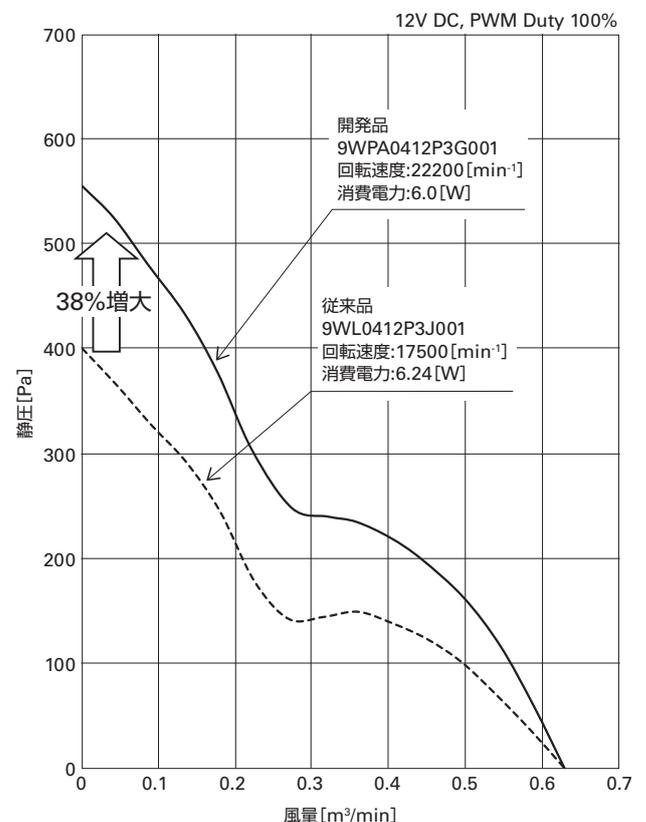


図15 □40×28mm厚「San Ace 40W」9WPAタイプ
開発品と従来品の比較

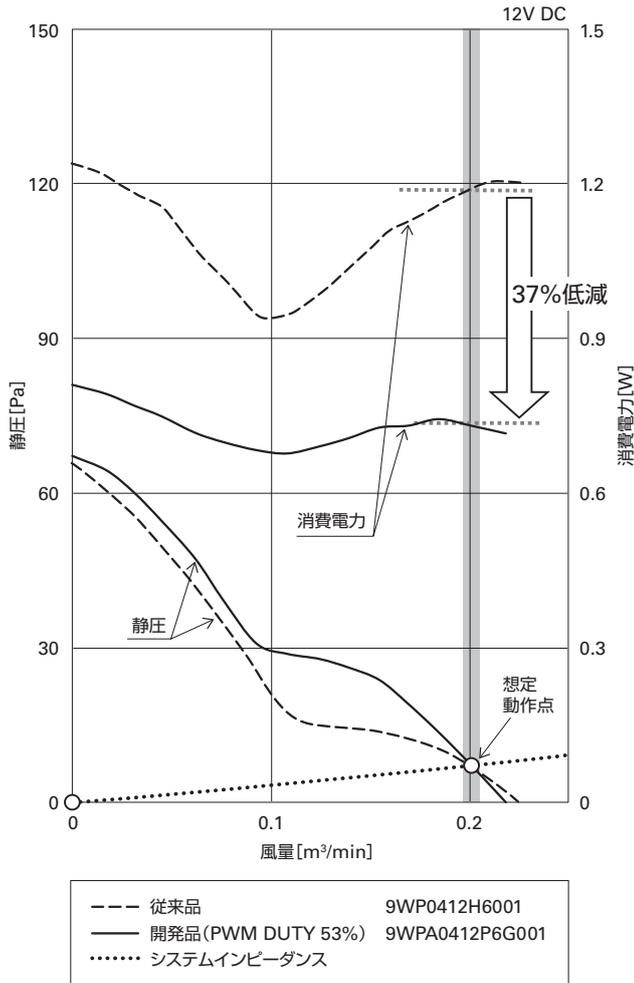


図 16 □40×20mm厚
同等冷却性能時の開発品と従来品の比較

執筆者

堀内 雄斗

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。

上野 宏治

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。

長塚 幸弘

SANYO DENKI TAIWAN CO., LTD. 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。

堀内 謙矢

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。

松下 奨

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。

6. むすび

本稿では、□40×20mm厚と□40×28mm厚において業界トップ^(注3)の高風量・高静圧を実現した高性能防水ファン「San Ace 40W」9WPAタイプの特長と性能を紹介した。

開発品は、当社従来品に対して高風量・高静圧・低消費電力を実現した優れた製品となった。これにより、通信基地局、急速充電器、監視カメラなどの屋外使用の装置で、従来以上に高い冷却性能や省エネルギー化が必要な用途において、本開発品が大きく貢献できると考える。

今後も、さまざまな市場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の創造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。

注3 2022年6月28日現在。防水ファンとして。同サイズの場合。当社調べ。

さまざまな環境で使える高機能と信頼性を備えた電源装置

関 知昭

Chiaki Seki

1. UPSが求められる市場

かつては専門性の高い装置であった無停電電源装置（以下、「UPS」という。）は、今や汎用的に使われる装置になっている。UPSが導入される場所は、通信設備、工場設備、店舗設備、オフィス設備など多岐にわたり、設置される地域も国内外におよぶ。このため、UPSはさまざまな環境変動や不安定な電源環境に対して安全に動作する必要がある。

また、2050年カーボンニュートラルに向けた取り組みが社会のさまざまな場所で進んでおり、それにもなう電源装置の高効率化の市場要求が高まっている。

一方、UPSは電力を絶え間なく、効率的に接続機器に供給することが使命であるため、お客さまからは、UPSの機能・性能として、長寿命、高効率、高信頼性やメンテナンスのしやすさといった高い付加価値が求められる。

パワーシステム事業部では、さまざまな設置環境や電源環境に柔軟に適用でき、装置の機能・性能を高めることにより、お客さまに満足いただけるUPSを製品化してきた。以下にその一部を紹介する。

2. UPSに求められる、幅広い設置環境への適応

UPSが導入される場所の多様化により、図1に示すように、より広い設置環境や電源環境でUPSを動作させる必要がある。

かつては温度管理がおこなわれている場所にUPSは設置されていた。最近では温度管理が不十分であったり、劣悪な環境に設置されることがあり、今後は、より広い環境温度下で動作できるようにしなければならない。

また、電源環境についても、海外では商用電源が不安定な地域がある。また、国内であっても、同一ビル内の電源系統において、その末端系統は、さまざまな機器の稼働の影響により、電圧が不安定になる場合がある。よって、UPSはより広い電源範囲で商用運転が継続できるようお客さまより求められる。

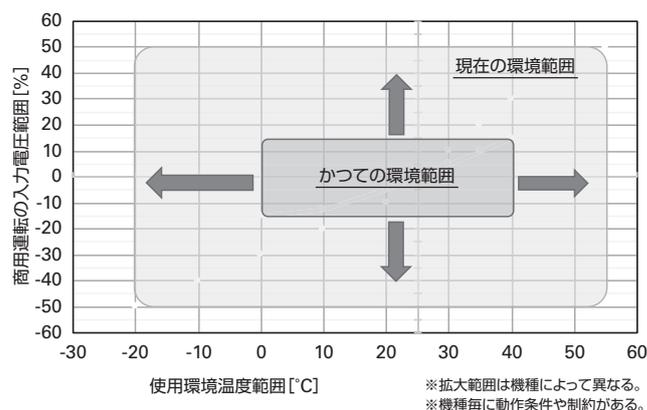


図1 UPS設置環境の変化

3. UPSに求められる機能・性能・信頼性

一方、地球環境の保全に貢献し、脱炭素社会を実現するには、環境負荷をいっそう軽減していかなければならない。よって、UPSをはじめとする電源装置においても、さらなる高効率化や長寿命化を目指していかなければ、お客さまからの満足を得ることはできない。

また、UPSの使命である給電継続のため、UPSシステムとして高信頼であり、かつ安全にシステムの拡張や保守ができることが必要である。さらに、リチウムイオン電池を搭載し、メンテナンスフリーとすることで、お客さまが長期間、円滑にサービスをおこなえるような高い機能、性能が要求される。図2にお客さまからUPSに求められる主な要求事項を示す。

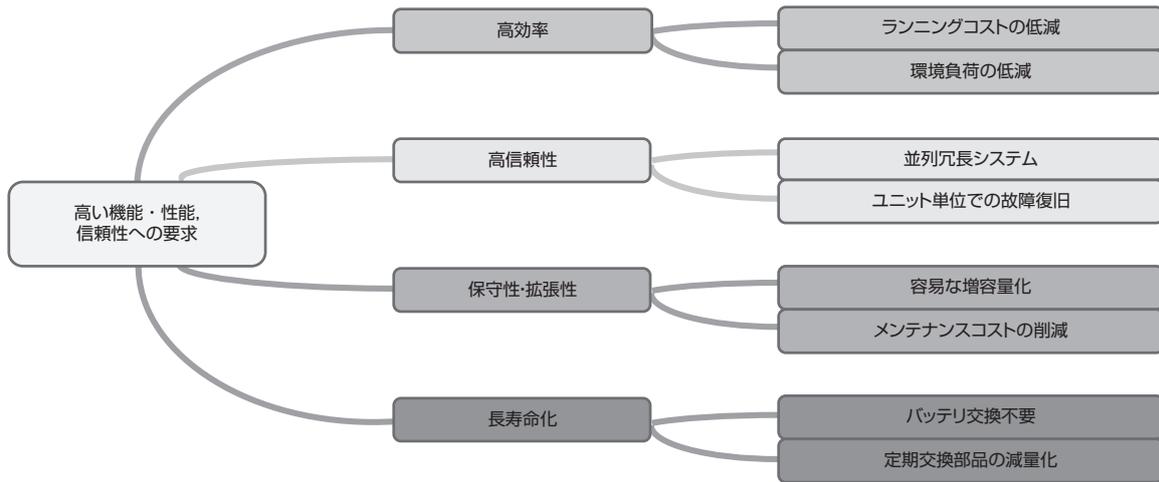


図2 UPSに要求される機能・性能・信頼性

4. 「SANUPS A11K-Li, E11B-Li」

図3, 図4に示すUPSは使用環境や電源環境のワイド化とともに、高効率化とリチウムイオン電池を搭載することによる、長寿命化とランニングコスト・メンテナンスコストの低減を達成した装置である。

「SANUPS A11K-Li」は常時インバータ給電方式を採用した給電品質の高いUPSである。入出力電圧は単相100V, 出力容量は1.0kVA, 1.5kVA, 2kVA, 3kVA, 5kVAをラインアップしている。本装置は、コンピュータ・サーバ機器などのバックアップに適している。

「SANUPS A11K-Li」は使用環境をワイド化することで $-20^{\circ}\text{C} \sim +55^{\circ}\text{C}$ の幅広い使用温度範囲で安心して使用できる。また、電源環境については、定格入力電圧の -40% から $+20\%$ の範囲、周波数に対してはお客様の設定により、定格入力周波数の $\pm 1\% \sim 7\%$ の範囲でUPSを動作できる。

さらに、リチウムイオン電池を搭載することで軽量、省スペースでありながら、長時間バックアップも実現している。



図3 「SANUPS A11K-Li」1.5kVA

「SANUPS E11B-Li」はハイブリッド方式を採用したUPSである。入出力電圧は単相100V, 200V, 出力容量は1.0kVA, 1.5kVA^(注1), 2kVAをラインアップしており、グローバルで使用できる汎用性の高いUPSである。

ハイブリッド方式は給電品質優先モード(常時インバータ給電方式)、効率優先モード(常時商用給電方式)の2つのモードを備え、モードの設定変更により、お客様の使用環境によって使い分けができる。

設定が「給電品質優先固定」の場合は、給電品質優先モードに固定されるため、常にインバータから良質な給電がされる。設定が「自動」の場合は、入力電源の状況に応じて給電品質優先モードと効率優先モードが自動的に切り替わり、優れた給電品質と高効率を両立している。

「SANUPS E11B-Li」は、使用環境をワイド化することで $-10^{\circ}\text{C} \sim +55^{\circ}\text{C}$ の幅広い使用温度範囲で安心して使用できる。たとえば、極寒、酷暑の地域や、空調設備のない小規模建屋内でも使用できる。また、電源環境については入力電圧範囲を55V \sim 150V(100Vモデル), 110V \sim 300V(200Vモデル), 入力周波数範囲を40Hz \sim 120Hzの範囲でUPSを動作できる。そのため、系統電源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り、バッテリーの損耗をおさえながら安定した電力を負荷に供給できる。



図4 「SANUPS E11B-Li」1kVA

従来の鉛蓄電池を搭載したUPSは、約5年ごとにバッテリー交換作業が必要であったが、「SANUPS A11K-Li」、「SANUPS E11B-Li」ともにリチウムイオン電池を搭載することで、電池の期待寿命は約10年となった。UPS本体の期待寿命も10年であるため、この間、バッテリーの交換作業などのメンテナンスが不要になり、お客さまの維持管理の費用が低減できる。

注1 1.5kVAは、100Vモデルのみをラインアップ

5. 「SANUPS A11N, A11M, A11M-Li」

図5から図7に示すUPSは使用環境や電源環境のワイド化とともに高効率、複数台接続による増容量化と並列冗長運転による信頼性向上、ユニット交換や追加によるメンテナンスの容易性を向上させた装置である。

「SANUPS A11N」は5kVAの装置を基本ユニットとし、交流出力部をユニットの背面に備えた単機モデルと、集電ユニットを備え、基本ユニットを4台まで接続することにより、最大で20kVAまで拡張できる並列接続モデルを製品化している。

入出力電圧は単相200V、208V、220V、230V、240Vのなかから設定を変更でき、国内だけでなく、グローバルな市場で運用できるUPSとなっている。

また、トランス付きの集電ユニットを用いることで、単相100V系統および単相3線への接続もできる。

全負荷では入力電圧が $-20\% \sim +15\%$ 、負荷低減をおこなえば $-40\% \sim +15\%$ でバッテリー運転に切り替えずに給電を継続できる。また周波数固定モードに設定した場合、入力周波数40Hz \sim 120Hzの範囲でも出力50/60Hzでの給電ができる。広い入力電圧、周波数範囲で、電源が不安定な地域でも使用できる。

また、周波数固定モード選択時は、非同期起動により、地域の周波数によらず出力50/60Hzでの給電ができる。

「SANUPS A11M, A11M-Li」は「SANUPS E11B, E11B-Li」をベースにして、運転方式を常時インバータ給電方式とすることで、複数台接続による増容量化と並列冗長運転を実現しているUPSである。1kVAの装置を基本ユニットとし、最大8kVAまでの並列運転システムが構築できる。

使用環境や電源環境のワイド化についても「SANUPS E11B, E11B-Li」の性能を受け継いでいるため、幅広い使用温度範囲で安心して使用できる。系統電源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、バッテリーの損耗をおさえながら、常時インバータ給電方式ならではの高品質で安定した電力を負荷に供給できる。

また、「SANUPS A11M-Li」は、「SANUPS E11B-Li」と同様にリチウムイオン電池を搭載することで、装置の期待寿命である10年間はバッテリーの交換作業などのメンテナンスが不要になり、お客さまの維持管理のための費用が低減できる。



図5 「SANUPS A11N」5kVA単機モデル(ラック実装時)



図6 「SANUPS A11N」20kVA並列接続モデル



図7 「SANUPS A11M」8kVA(ラック実装時)

「SANUPS A11N」, 「SANUPS A11M, A11M-Li」ともに並列運転制御は「完全個別制御」を採用し、各ユニット電圧の「振幅」「位相」「周波数」の同期、ユニット間の横流・負荷分担などを制御している。これにより、図8に示す並列冗長運転時には故障ユニットのみを解列できるため、UPSの並列運転システムとして、高い給電信頼性を有するとともに、ユニットの増設や交換も容易である。

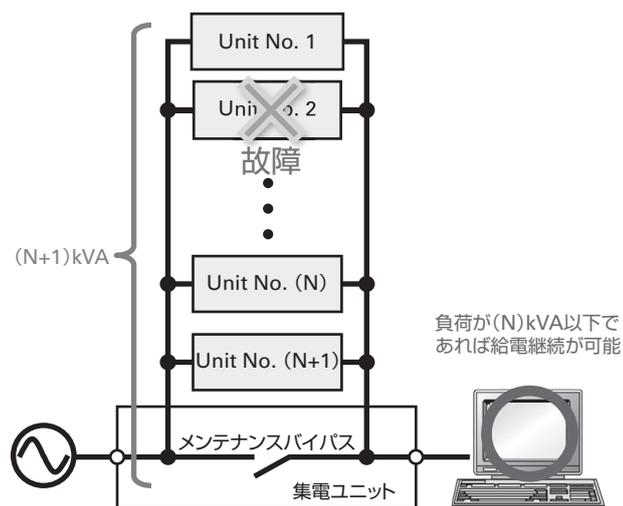


図8 SANUPS A11N, A11M (-Li) の並列冗長システム

6. 「SANUPS A23D」

図9に示すUPSは電源環境のワイド化とともに高効率化を図り、定期交換部品の削減を実現し、ランニングコストやメンテナンスコストの低減を達成した装置である。

「SANUPS A23D」は常時インバータ給電方式である「SANUPS A23C」の後継機種として、より高効率、高機能を備えた三相3線／200VモデルのUPSである。出力容量は30kVA, 50kVA, 75kVA, 100kVAをラインアップしている。入力電圧の変動範囲は、200V出力の場合、通常200V±15%であるが、負荷率を60%以下に低減して使用すれば変動範囲の下限を-30%まで拡大して運転できるため、比較的に電源変動の大きいビル内の電源バックアップに適している。

また、「SANUPS A23D」は、従来製品から、変換効率の向上のため、整流器とインバータの制御の改善をおこなうことで、スイッチング損失を低減し効率アップを図っている。

これにより、本装置の効率は業界トップクラス^(注2)の94%以上(最大95.6%)を実現し、消費電力や発生熱量を低く抑えることで、ランニングコストとCO₂排出量の削減が期待できる。

「SANUPS A23D」は新たな機能として、「ウォークイン機能」を標準搭載した。停電時に無瞬断で長時間の給電をおこなうためには、非常用発電機とUPSを連係させた非常用電源システムが必要となる。このシステムでは商用電源が停電した場合、まず電力は蓄電池から給電され、その間にUPSの交流入力を商用電源から発電機出力に切り替え、電力は発電機からUPSを介し

て接続設備に給電される。

UPSの交流入力を発電機に切り替えた際に、UPSの交流入力電力が急激に増加すると、発電機の出力電圧が変動してしまう。この変動が大きい場合、UPSは交流入力異常を検出し、再び蓄電池からの給電に切り替わってしまう。そのため発電機の電圧変動を小さくするために、これまで大容量の発電機が選定されていた。これに対し、本装置は、「ウォークイン機能」を搭載し、発電機からの電力をスムーズに受け取るようにした。この機能により復電時における発電機出力の電圧変動を抑えることができるため、お客さまは経済的な非常用電源システムを構築できる。

また、本装置の期待寿命は従来製品と同じ15年であるが、15年間稼働させるために一部の部品を運用途中で交換する必要がある。本装置は高効率化と部品選定の見直しにより、主要な交換部品である電解コンデンサと冷却ファンについては15年間交換不要とした。これにより、部品交換時における費用と手間を削減できるため、お客さまの維持管理のための費用も削減できる。



図9 「SANUPS A23D」100kVA

注2 2022年3月10日時点。UPSで同等の給電方式、電圧、容量、バックアップ時間の場合。当社調べ。

7. むすび

今後も、さまざまな過酷な環境でも安心して使用できるUPSを代表とする電源装置を提案し、お客さまの信頼に応えるとともに、低炭素社会の実現に貢献していきたいと思う。

また、これまでとは異なる厳しい使用環境や使用制限が要求される新しい分野や地域、場所へ、より高い品質の電源装置を導入するために、さらなる新技術の開発に挑戦する所存である。

参考文献

- (1) 庄山 祐平ほか11名：小容量無停電電源装置「SANUPS A11K-Li」、
「SANUPS N11B-Li」シリーズの開発
SANYODENKI Technical Report No.44 pp.22-28 (2017.11)
- (2) 花岡 裕之ほか6名：小容量UPS「SANUPS A11M」シリーズの開発
SANYODENKI Technical Report No.48 pp.22-25 (2019.11)
- (3) 塚田 昭洋ほか7名：ハイブリッド方式UPS「SANUPS E11B」シリーズ
の開発
SANYODENKI Technical Report No.51 pp.21-24 (2021.5)
- (4) 坂場 浩ほか7名：「SANUPS E11B-Li」、 「SANUPS A11M-Li」シリー
ズの開発
SANYODENKI Technical Report No.52 pp.23-28 (2021.11)

執筆者

関知昭

パワーシステム事業部 設計部
電源機器の開発、設計、品質管理に従事。

常時インバータ給電方式UPS 「SANUPS A23D」の開発

三好 宏明

Hiroaki Miyoshi

和田 有司

Yuji Wada

中村 直哉

Naoya Nakamura

降幡 賢

Satoshi Furihata

棚橋 克俊

Katsutoshi Tanahashi

太田 拓弥

Takuya Ota

大橋 昇平

Shohei Ohashi

柳沢 実

Minoru Yanagisawa

竹原 美香

Mika Takehara

1. まえがき

情報化社会の発展とともに、データセンターのサーバをはじめとした各種情報・通信機器が増加してきているが、こうした機器の停止は社会的に大きな影響を与える。そのため、これらの機器の電源として無停電電源装置（以下、「UPS」という。）が欠かせなくなっている。また近年、スマートファクトリー化とともに、製造現場においてIoTやセンサで取得したデータの活用が進んでいる。しかし、電源状況が不安定になると、これらのデータにも狂いが生じ、製品品質に大きな影響を与える。そのため生産設備にもUPSの導入が増えている。このようにUPSはさまざまな場所に導入され、いかなる場合においても電力を供給する使命と信頼性が求められる。また、2050年カーボンニュートラルに向けた取り組みも進みはじめており、各種電源機器の高効率化の要求が強まっている。

そこで今回、常時インバータ給電方式である「SANUPS A23C」⁽¹⁾の後継機種として、より高効率、高機能な「SANUPS A23D」の開発をおこなった。本稿では本装置の概要と特長を紹介する。

2. 製品の概要

今回新たに開発した「SANUPS A23D」は、出力容量が30kVA、50kVA、75kVA、100kVAの4機種である。図1に出力容量100kVAの外観を、また、図2に「SANUPS A23D」の基本回路構成を示す。本装置に採用した常時インバータ給電方式は、通常時、UPSの内部で商用電源の交流電力を直流に変換する。変換された直流電力は二つに分岐し、一方は蓄電池に充電し、もう一方はインバータで再び交流に変換し、電気機器に供給する。停電時も蓄電池からインバータを経由して電力を供給するため、給電の切り替えがなく、電圧変動が起こらずに無瞬断で給電できる。常にインバータを経由するため、信頼性の高い給電方式である。

さらに本装置は、インバータが停止しているときはバイパス回路から電力を給電する、バイパス起動方式を採用した。これにより、装置に異常が発生し、インバータが停止した際もバイパス回路からの給電に切り替わり、システムダウンを起こす可能性が小さい。



図1 「SANUPS A23D」(100kVA)

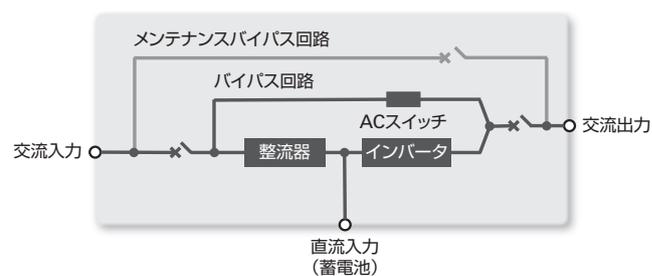


図2 基本回路構成

3. 製品の特長

3.1 高効率

本装置は、従来製品からさらなる効率の向上に向けて、整流器とインバータの制御方式に2相変調方式を導入した。この2相変調方式は、スイッチング素子のスイッチングを入出力周波数の約1/6周期で各相順番に停止させるため、素子のスイッチング損失が低減し効率アップにつながる。しかし、スイッチングを停止させる素子を移行する際に、図3に示す中性点に大きな変動が発生する。また整流器とインバータの制御タイミングに違い

があると、中性点をとおして大きな循環電流が流れる。これらは、効率の低下やフィルタ回路の容量増加によるコストアップにつながる。

そこで、本装置では整流器とインバータの2相変調のタイミングを合わせた。さらに、2相変調期間と交流フィルタ回路の定数の最適化を図った。これにより、中性点の変動を低減させ、循環電流を抑制し、コストアップすることなく高効率化を実現した。本装置の変換効率は業界トップクラス^(注)の94%以上(最大95.6%)であり、消費電力や発生熱量を低く抑え、ランニングコストとCO₂排出量を削減できる。

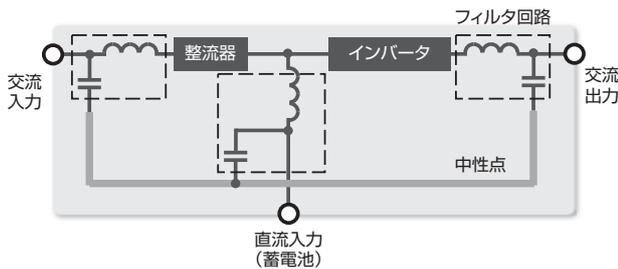


図3 A23D装置内部簡易回路図

3.2 幅広い交流入力電圧範囲

従来製品では、交流入力電圧範囲を逸脱する電圧低下が頻繁に発生すると、充電が間に合わずに蓄電池の電力が減少する。この状態で停電が発生すると、負荷設備へ十分な電力の給電ができなくなる。また、頻繁な放電により蓄電池が劣化し、短周期での交換が必要になる。

そこで本装置では、より幅広い交流入力電圧範囲で運転できるようにした。具体的には、定格出力電圧200Vの装置において、従来製品では電圧変動範囲の下限値を定格電圧の-15%までとしていたが、本装置では、負荷率60%以下時において、下限値を-30%まで拡大した。これにより、入力電源の状況が不安定な場合でも、蓄電池からの給電に切り替える頻度を抑制し、蓄電池の消耗と劣化を防ぐことができる。図4に従来製品との交流入力電圧範囲の比較を示す。そのほかの定格出力電圧の装置については表1に示す。

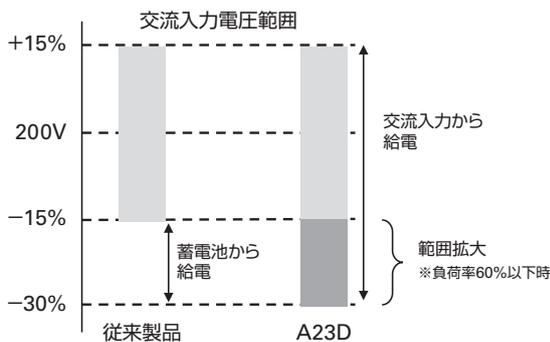


図4 幅広い入力電圧範囲

3.3 ウォークイン機能

停電時に無瞬断で長時間の給電をおこなうために、図5に示すような非常用発電機とUPSを組み合わせた非常用電源システムが求められることがある。このシステムでは商用電源が停電した場合、まず電力は蓄電池から給電され、その間にUPSの交流入力を商用電源から発電機に切り替える。その後、電力は発電機からUPSを介して負荷設備に給電される。この切り替え時に発電機の電力が急増すると、電圧が大きく変動し、蓄電池からの給電に再び切り替わってしまう。そのため、これまでは電圧変動を小さくするために、大容量の発電機を選定する必要があった。

そこで本装置では、発電機からの電力をスムーズに受け取るウォークイン機能を装備した。図6にウォークイン動作時の電圧・電流波形を示す。この機能により、復電時における交流入力の急激な電力変動を抑えることができる。これにより発電機の容量を必要最小限にすることができ、経済的な非常用電源システムを構築できる。

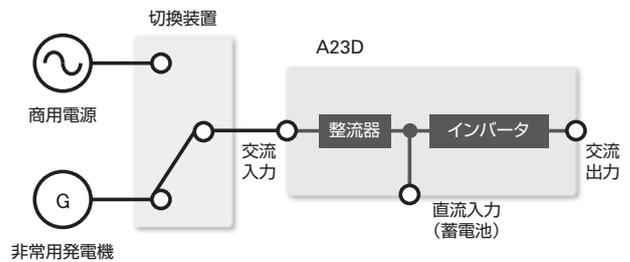


図5 非常用電源システム

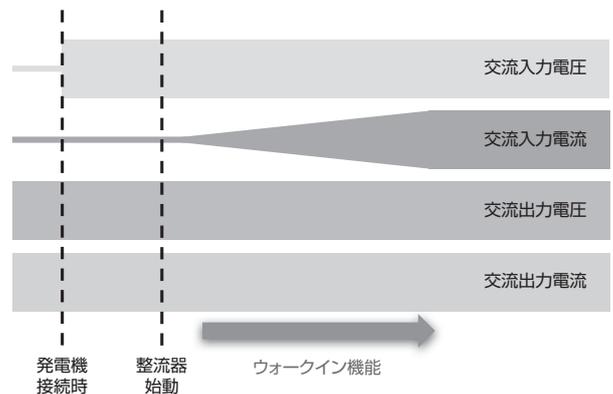


図6 ウォークイン機能

3.4 メンテナンスコスト低減

従来製品の期待寿命は15年であるが、15年稼働させるために冷却ファンや電解コンデンサなどの部品を定期交換部品としていた。これらの部品の交換周期は10年であり、その分のメンテナンスコストが発生していた。また、これらの部品は装置の内部や天井部に組み込まれているため、交換作業に時間を要し、交換するには一定時間UPSを停止する必要があった。

本装置の期待寿命も15年であるが、冷却ファンと電解コンデンサの設計を見直し、15年間交換不要とした。これにより、本装置の部品交換にかかる費用、作業時間を削減できる。また、ヒューズやリレーなどの一部の部品は10年で交換が必要であるが、容易に交換できる場所に配置し、短時間での交換作業を可能にした。

4. 仕様

本装置の電氣的仕様を表1に示す。

表1 電氣的仕様

項目		型式	A23D303	A23D503	A23D753	A23D104	備考	
出力容量	皮相電力		30kVA	50kVA	75kVA	100kVA		
	有効電力		27kW	45kW	67.5kW	90kW		
運転方式			商用同期形常時インバータ給電					
冷却方式			強制空冷					
入力整流方式			高力率コンバータ					
インバータ方式			高周波PWM、瞬時波形制御					
交流入力	相数・線数		三相3線					
	定格電圧		200V / 210V / 220V				交流出力と同じ	
	電圧変動範囲		200V ± 15% / 210V ± 10% / 220V + 5%, - 10%				負荷率60%以下で-30%まで運転可能	
	周波数		50Hz / 60Hz					
	周波数変動範囲		± 5% 以内				動作保証	
	電流歪率		5% 以下				定格運転時	
	入力力率		0.98 以上				定格運転時	
交流出力	相数・線数		三相3線					
	定格電圧		200V / 210V / 220V					
	電圧精度		± 1% 以内				交流入力運転時	
	定格周波数		50Hz / 60Hz				交流入力と同じ	
	周波数精度		定格周波数 ± 0.1Hz 以内				自走発振時	
	商用同期範囲			200, 210V ± 10% / 220V + 5%, - 10% 周波数 ± 1% (± 2 / 3 / 4 / 5% の設定可能)				
	電圧ひずみ率	線形負荷時		2% 以内				入力定格運転時
		整流器負荷時		5% 以内				入力定格運転時, 100% 整流器負荷時
	電圧不平衡率			2% 以内				100% 不平衡負荷時
	負荷力率	定格		0.9 (遅れ)				
		変動範囲		0.7 ~ 1.0 (遅れ)				
	過渡電圧変動 ^{*1}	入力電圧急変		± 2% 以内				停電⇄復電
		負荷急変		± 3% 以内				負荷率 0% ⇄ 100% 急変時
		出力切替		± 3% 以内				バイパス⇒インバータ切替時
過負荷耐量	インバータ		125% (10分間), 155% (1分間)				定格入力, 定格負荷力率時	
	バイパス		200% (30秒間), 800% (2サイクル)				定格入力, 定格負荷力率時	
過電流対策			約155%以上にてバイパス回路へ無瞬断切替				定格復帰後, オートリターン	
騒音			65dB 以下				装置正面1m A特性(線形負荷時)	
発生熱量			2.1kW	2.9kW	4.4kW	5.8kW	充電完了後, 定格運転時 ^{*2}	
冷却風量			11m³/min	15m³/min	23m³/min	30m³/min	充電完了後, 定格運転時 ^{*2}	
蓄電池種類			小形制御弁式鉛蓄電池					
蓄電池盤換気量 ^{*3}			1.5m³/min	2.4m³/min	3.6m³/min	4.8m³/min		
使用環境			周囲温度: 0 ~ 40°C 相対湿度: 30 ~ 90% (結露なきこと)					

※1 JEC-2433:2016 出力電圧過渡変動特性(分類1)に準拠。

※2 算出条件: 定格負荷力率, 室温40°C, 外気温30°C。

※3 算出条件: 装置の最大充電電流の場合。

5. むすび

本稿では、新たに開発した、無停電電源装置「SANUPS A23D」について、概要と特長を紹介した。

本装置は、以下の特長がある。

- ① 業界トップクラス^(注)である94%以上の高い変換効率
- ② 蓄電池の消耗・劣化を抑制するための幅広い入力電圧範囲
- ③ 発電機からの電力をスムーズに受け取るウォークイン機能
- ④ メンテナンスコストの低減

これらの特長により本装置は、蓄電池の消耗・劣化を抑制することができ、停電時におけるお客さまの負荷設備への給電に備えることができる。また、発電機の費用、ランニングコスト、設備保守に関わるお客さまの費用低減にも貢献できる。

今後も、お客さまのニーズに応えられる製品の開発を迅速におこない、満足いただける製品をより多く提供していく所存である。

注：2022年3月10日時点。UPSで同等の給電方式、電圧、容量、バックアップ時間の場合。当社調べ。

参考文献

- (1) 森田 慎一ほか4名：中容量UPS「SANUPS」A23Cの開発
SANYO DENKI Technical Report No.17 pp.12-14 (2004.3)

執筆者

三好 宏明

パワーシステム事業部 設計部
電源機器の開発, 設計に従事。

和田 有司

パワーシステム事業部 設計部
電源機器の開発, 設計に従事。

中村 直哉

パワーシステム事業部 設計部
電源機器の開発, 設計に従事。

降幡 賢

パワーシステム事業部 設計部
電源機器の開発, 設計に従事。

棚橋 克俊

パワーシステム事業部 設計部
電源機器の機構設計に従事。

太田 拓弥

パワーシステム事業部 設計部
電源機器の開発, 設計に従事。

大橋 昇平

パワーシステム事業部 設計部
電源機器の開発, 設計に従事。

柳沢 実

パワーシステム事業部 設計部
電源機器の開発, 設計に従事。

竹原 美香

パワーシステム事業部 設計部
電源機器の開発, 設計に従事。

常時インバータ給電方式UPS 「SANUPS A11N」の開発

北澤 誠

Makoto Kitazawa

山田 浩

Hiroshi Yamada

木村 博文

Hirofumi Kimura

村井 丈夫

Takeo Murai

小澤 拓也

Takuya Ozawa

吉永 匠吾

Shogo Yoshinaga

大月 信哉

Nobuya Otsuki

花岡 裕之

Hiroyuki Hanaoka

1. まえがき

現代において、社会インフラに使用される通信機器や、防犯、生活環境の維持管理のための設備など、人々を守るための電子機器が、広範囲な分野で、根幹深く関わっている。これら電子機器の停止は、社会や経済に非常に大きな被害や影響を与える。これらの電子機器に電源を供給する無停電電源装置（以下、「UPS」という。）の信頼性も、極めて重要になっている。また、世界的なCO₂排出量削減への取り組みの観点から、運転効率の高いUPSの開発が求められている。

このような要求に応えるため、容易な方法で並列運転ができ、信頼度の向上と増容量ができるUPS「SANUPS A11N」を新たに開発した。

本稿では、その概要について紹介する。

2. 開発の背景

近年のデータセンタは、クラウドサービスの普及にともない、設備の大規模化が進み、電源システムも大型化している。しかし、感染症の拡大を発端とした、テレワークの定着にともない、小規模なネットワーク設備にも運転持続が望まれるようになり、信頼性の高い小容量UPSの需要が高まっている。これらの状況を鑑み、当社で実績のある並列冗長方式を採用し、さらなる信頼性の向上を目指した。

高品質な電力を供給するために常時インバータ給電方式を採用した。また、高効率化の期待に応え、同方式としては業界トップクラス^(注)の94%以上を目標とした。

3. 製品の概要

「SANUPS A11N」は5kVAの装置を基本ユニットとし、交流出力部をユニットの背面に備えた単機モデルと、集電ユニットを備え、基本ユニットを4台まで接続することにより、最大で20kVAまで拡張できる並列接続モデルを用意した。単機モデルは、縦置きと横置きの設置、並列接続モデルを含めて19インチラックへの搭載ができる。図1に5kVA単機モデル、図2に10kVA単機モデル、図3に並列接続モデルの外観を示す。



横置き

縦置き



ラック実装時

図1 5kVA単機モデル



図2 10kVA単機モデル



図3 並列接続モデル

入出力電圧は単相200V, 208V, 220V, 230V, 240Vのなかから設定を変更ができ、国内だけではなくグローバルな市場での販売・運用も念頭においている。

トランス付きの集電ユニットを用いることで、100V系統および単相3線への接続もできる。

回路構成は給電品質を第一に考えた常時インバータ給電方式を採用し、入力電圧・周波数に影響されないダブルコンバージョン方式でありながら、高効率を実現した。

4. 製品の特長

4.1 高い信頼性

4.1.1 完全個別制御による並列運転

並列運転制御において共通制御部を設けると、システム故障率が共通部に左右され、信頼性の低下を招く。「SANUPS A11N」では、各ユニット電圧の「振幅」「位相」「周波数」の同期、ユニット間の横流・負荷分担などを、当社で培われた「完全個別制御」の技術を用いて制御している。

装置の始動/停止、システムとしての各部計測情報のLCD表示、外部への転送信号送出などは、ひとつのUPSシステムとして一括でおこなうことができる。

4.1.2 並列冗長による高信頼性の実現

並列接続モデルは、負荷容量に対して出力容量にユニット1台分(5kVA)以上の余裕があれば、1台を予備ユニットとして使用する並列冗長運転ができ、信頼性の高い電力を安定的に供給できる。

4.1.3 バッテリ管理機能

定期的に自動バッテリーテストをおこなう機能を備えており、停電時のバッテリー切れによる不動作を防ぐ。また保守作業時に万が一、バッテリーの実装忘れがあったとしても、定期的なパッ

テリ未接続監視により、異常検出ができる。そのほかにも、寿命通知、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、信頼性の向上を図っている。

4.2 容易な保守

図4に示すように、バッテリーパック部とインバータモジュール部はプラグイン方式でモジュール化されており、前面から容易に取り外すことができ、交換時の保守性が良い。

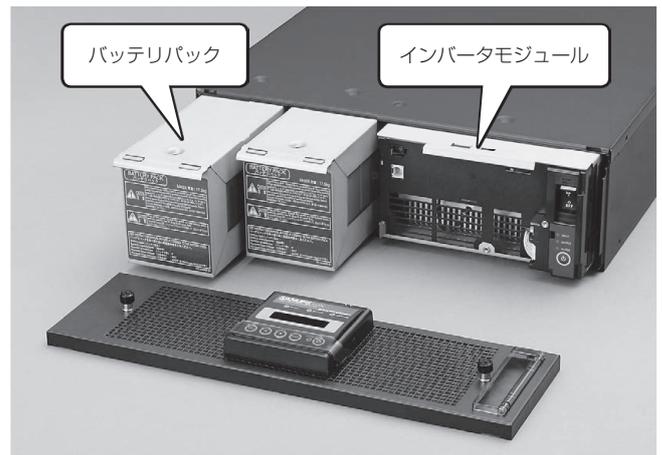


図4 バッテリーパックおよびインバータモジュール

万一の故障があっても、並列冗長運転時は、出力を停止せずにインバータ給電のまま、UPSユニットの交換ができるため、作業中に停電が発生しても給電を継続できる。また、バイパス回路を内蔵しているため、冗長運転中でなくても、商用電源からの給電を継続しながら、モジュールの保守・交換ができる。

また、保守者の作業負担を軽減するため、インバータモジュール・バッテリーパックともに重量を18kg以下に抑えた。

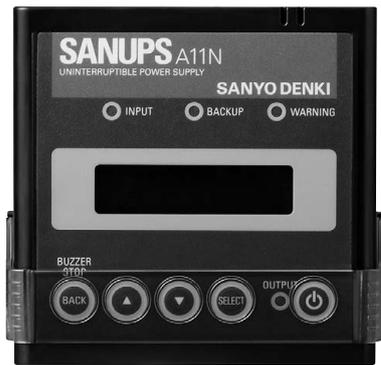
4.3 広く市場に適した仕様

4.3.1 ワイドレンジ入力

全負荷では入力電圧が $-20\% \sim +15\%$ 、負荷低減をおこなえば $-40\% \sim +15\%$ で、バッテリー運転に切り替えずに給電が継続できる。また周波数固定モードに設定した場合、入力周波数40Hz \sim 120Hzの範囲でも出力50/60Hzでの給電ができる。広い入力電圧、周波数範囲で、電源が不安定な地域でも使用できる。また周波数固定モード選択時は、非同期起動ができ、例えば入力周波数が50Hzの地域で出力周波数60Hzを容易に得ることができる。

4.3.2 LCDパネル

LCDパネルはモジュール化し、並列運転構成では、どのユニットにも接続ができ、仮に故障で切り離されたユニットに接続されていたとしても、システムの情報を得られる。図5にLCDパネルの外観と表示例を示す。



外観



英語表示

日本語(カナ)表示

図5 LCDパネル

表示部分は16桁×2行の透過型LCD液晶(文字が発光するタイプ)を採用し、設置場所の明るさに関わらず、高い視認性を有する。表示言語は設定メニューで英語、日本語の2種類から選択できる。

4.3.3 バッテリ起動

商用電源がなく、UPSが停止している状態でも、バッテリー電力からUPSを起動し、交流電力を出力する。非常用電源として使用できる。

4.4 業界トップクラス^(注)の高効率

インバータ回路に実績のある3レベル方式を採用し、最新のスイッチング半導体に合わせてチューニングをおこなうことで、CVCF(Constant Voltage, Constant Frequency)方式では業界トップクラス^(注)の最大95.1%(定格時94%)の高効率を実現した。これにより、ランニングコストの削減や、世界的なCO₂排出量削減への取り組みに貢献できる。

4.5 外部インターフェース

お客様のシステムに組み込むための豊富なインターフェースを用意した。

4.5.1 パーソナルコンピュータ(以下、「PC」という。)管理

本体に用意されたUSBポート(USB Type-C)とPCを接続し、ホームページから無償ダウンロードできるUPS管理ソフト「SANUPS SOFTWARE STANDALONE」を使用することで、容易に停電時の自動シャットダウンなどのシステム構築ができる。

またオプションのUPS管理ソフト「SANUPS SOFTWARE」やLANインタフェースカードを使用することで、さらに柔軟かつ強力なPC管理およびネットワーク環境を構築できる。

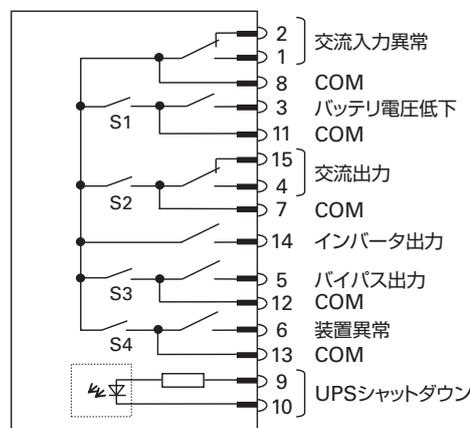


図6 LANインタフェースカード

4.5.2 外部転送信号(接点出力インターフェース)

「SANUPS A11N」には6種類の外部転送信号を備えている。「交流入力異常」と「交流出力」は作動時ONおよびOFFとなる2系統の出力を用意している。「バッテリー電圧低下」と「インバータ出力」、「バイパス出力」、「装置異常」は作動時ONとなる出力のみであるが、設定メニューから出力を反転できる。また、「バッテリー電圧低下」、「交流出力」、「バイパス出力」、「装置異常」は接点信号をスイッチで独立できる。

これにより、従来製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だけでなく、新たなシステム構築も柔軟におこなえる。



S1~S4 〳〳 : 接点信号独立用スイッチ

図7 接点出力インターフェース

4.5.3 リモートスイッチ

リモートONとリモートOFFの2系統のスイッチ入力を備えている。設定メニューから変更することで、リモートONのみを使用して、スイッチを押すと出力開始、離すと出力停止というようなシステムも構築できる。

4.5.4 EPO(Emergency Power Off)

UPS出力を緊急停止するためのスイッチなどの接点を接続する。また、設定メニューから入力接点の論理を変更できる。

5. 回路構成

「SANUPS A11N」5kVAモデルの回路系統図を図8に示す。

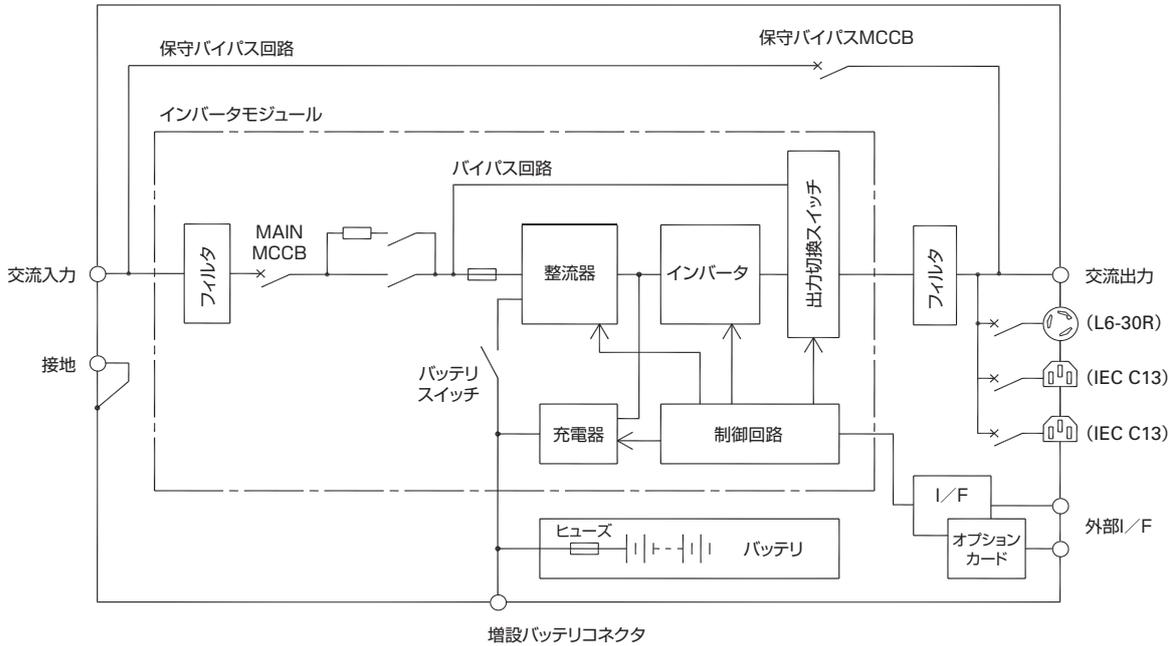


図8 回路系統図 (5kVA単機)

5.1 主回路構成

「SANUPS A11N」は、整流器、インバータ、充電器、およびバッテリーなどで構成される。

5.1.1 整流器

高入力力率チョッパを採用することで、UPSの入力力率を改善し、ワイドレンジを実現している。また、チョッパ方式によりバッテリー昇圧も共用することで、部品点数の低減を図った。

5.1.2 インバータ

4.4項で述べたようにインバータ回路は3レベル方式を採用している。この方式は、出力波形がより正弦波に近くなり、出力波形を正弦波化するためのLCフィルタが小型化できる。またスイッチ動作の電圧変動幅が小さいためスイッチング損失が抑えられ、装置から発生するノイズも低減される。これらにより、リアクトルの小型化および高効率化を実現した。

5.1.3 充電器

従来製品ではPWM専用のICを用いて充電器の制御をおこなっていたが、本装置ではデジタル制御を採用した。これにより、バッテリー種別や増設バッテリー使用など条件によらず、柔軟な制御ができる。

5.2 制御回路構成

5.2.1 制御ICと不揮発性メモリをワンチップ化

従来製品では基本制御、並列制御などを高速なDSPに、監視や計測、通信、表示などをCPUに処理を分担するよう2つの制御ICを用い、シリアル通信で情報を伝達していた。また故障などの履歴や設定情報などの保存データは不揮発性メモリを実装し、シリアル通信で読み書きをおこなっていた。

本装置では制御処理を含めたすべての処理を1つのCPUに実装し、保存データはCPU内のデータフラッシュメモリに保存するように設計した。これにより情報伝達の遅延による制御遅れ、急激な制御電源の喪失による故障履歴の書き込み不良などが発生するリスクを低減できる。

またメモリ容量を増やし、保存する故障履歴数は4件から30件、操作履歴は8件から120件(LCDパネルに表示できるのは60件)に増加した。

5.2.2 ユニット間通信

ユニット間やLCDディスプレイとの通信にCANバス(Controller Area Network: 車載用のLANとして開発された信頼性の高い通信方式)を採用している。

CAN通信仕様では事前に通信IDを割り振る必要がある。従来は通信IDを手動で割り振る方法や、通信線のみを共用した低速な独自の通信仕様により自動で割り振る方法を用いていた。「SANUPS A11N」は通信手順を工夫することでCAN通信を用いた高速な自動通信IDの割り振りを実現した。

5.3 電気的特性

「SANUPS A11N」5kVA モデルの標準仕様を表1に示す。

表1 「SANUPS A11N」標準仕様 (5kVA 単機)

項目		定格または特性	備考	
形式	型式 (MODEL)	A11N502		
	運転方式	常時インバータ給電	商用同期形	
	インバータ方式	高周波 PWM		
	冷却方式	強制空冷		
交流入力	定格電圧	200V / 208V / 220V / 230V / 240V	出力電圧設定と同じ 許容電圧範囲：-40% ~ +15% (負荷率により許容電圧範囲が異なる)	
	定格周波数	50Hz / 60Hz	自動判定または固定 出荷時：自動判定	
	相数・線数	単相2線		
	最大容量	5.5kVA以下	バッテリー回復充電時の最大容量	
	力率	0.95以上	定格運転時 入力電圧歪率が1%未満の場合	
交流出力	定格容量	5kVA / 4.5kW	皮相電力 / 有効電力	
	相数・線数	単相2線		
	定格電圧	200V / 220V / 230V / 240V / 208V	設定による 出荷時：200V	
	電圧波形	正弦波		
	電圧整定精度	±2%以内	定格運転時	
	定格周波数	50Hz / 60Hz	自動判定または固定 出荷時：自動判定	
	周波数精度	±1, ±3, ±5%以内	自走 (非同期) 運転時：±0.5%以内	
	波形歪率	3% / 7%以下	線形負荷 / 整流器負荷, 定格運転時	
	過渡電圧 変動	負荷急変	定格電圧±5%以内	10⇔100%急変
		停電・復電		定格出力時
		入力電圧急変		±10%急変
		応答時間		5サイクル以下 負荷開放時を除く
	負荷力率	0.9 (遅れ)	変動範囲：0.7 (遅れ) ~ 1.0	
	効率	94%以上	参考値	
	過電流保護	110%以上	バイパス回路へ自動切換	
過負荷 耐量	インバータ	110% / 118%	1分間 / 瞬時	
	バイパス	200% / 800%	30秒間 / 2サイクル	
バッテリー	方式	小形制御弁式鉛蓄電池		
	バックアップ時間	5分	周囲温度25°C, 初期値, 負荷力率0.9	
発生熱量	287W	バッテリー回復充電後, 定格運転時		
騒音		45dB以下	装置正面1m, A特性	
		51dB以下	装置正面1m, A特性, 充電初期時	
漏洩電流	5mA以下	非同期運転なし設定時：3mA以下		

6. むすび

本稿では、常時インバータ給電方式UPS「SANUPS A11N」の開発の概要を紹介した。

本開発品の特長である、高い信頼性、広く市場に適した仕様、業界トップクラス^(注)の高効率、広くて深い市場において、お客様の安心、安全、資産を守るために大きく貢献できると考える。

今後、情報通信技術を利用した社会インフラはますます多様化し、さまざまな新しい分野に、より深く関わっていく。また、環境意識の高まりにより、省エネルギーに対する要求も高くなり、国内外の法整備が進んでいくと考えられる。それにとともに、より高信頼、高効率のUPSが求められていくと考えられる。

これらの市場要求に応じた製品開発を迅速におこない、今後もお客さまが満足できる製品を提供していく所存である。

注：2022年6月30日、常時インバータ給電方式UPSとして。当社調べ。

本文中に記載されている会社名、製品名等は、各社の登録商標または商標です。

執筆者

北澤 誠

パワーシステム事業部 設計部
電源機器の開発・設計に従事。

山田 浩

パワーシステム事業部 設計部
電源機器の開発・設計に従事。

木村 博文

パワーシステム事業部 設計部
電源機器の開発・設計に従事。

村井 丈夫

パワーシステム事業部 設計部
電源機器の開発・設計に従事。

小澤 拓也

パワーシステム事業部 設計部
電源機器の開発・設計に従事。

吉永 匠吾

パワーシステム事業部 設計部
電源機器の開発・設計に従事。

大月 信哉

パワーシステム事業部 設計部
電源機器の機構設計に従事。

花岡 裕之

パワーシステム事業部 設計部
電源機器の開発・設計に従事。

「広くて深い」市場へ

～「広い」用途でお客さまを「深く」知り、ともに創る技術と製品～

山口 政裕

小林 剛

Masahiro Yamaguchi

Tsuyoshi Kobayashi

1. まえがき

サーボシステム製品は従来から、主に「ものづくり」の用途で広くお使いいただいている。そして、お客さまごとに最適なカスタマイズをした製品が多い。最適なカスタマイズをするためには、お客さまを深く知ることが大事であり、お客さまが困っていることや解決したいことや「ありたい姿」を深く理解することが必要である。近年では、「ものづくり」以外の用途にも、お使いいただく機会が増えており、製品の用途が広がりつつある。

本稿では、まず、「ものづくり」用途で、お客さまを深く知ることによって実現したカスタマイズ製品の例を二つ紹介する。工作機械の主軸用高速モータとばね成形機用のサーボ製品であり、お客さまの困っていることを深く知り、そして、お客さまとともに課題を解決して実現した例である。

次に、「ものづくり」以外の例として、福祉・医療用途への適用例を二つ紹介する。電動車いすと放射線医療装置へのサーボシステムの適用例であり、装置の開発段階から、お客さまと一緒に、車いすを使う人や放射線治療を受ける人の立場で、機構やサーボ性能を考え、実現した例である。

2. お客さまを深く知ることによって実現した「ものづくり」用途のカスタマイズ製品

本章では、「ものづくり」用途である工作機械装置でお客さまが抱えている問題を「深く」理解し、お客さまと一緒に課題を解決した事例を二つ紹介する。一つ目は、マシニングセンタ主軸駆動用サーボモータの開発、二つ目は、ばね成形機のパイオニアであるお客さま装置の機能の一部をサーボアンプに組み込んだカスタマイズ技術である。

2.1 工作機械装置向けの高速回転技術

マシニングセンタ主軸駆動用サーボモータ

2.1.1 製品概要

マシニングセンタ主軸駆動用モータは、さまざまな加工に対応するため、高速域までの可変速運転と高トルク性能の両立が必要である。また、主軸の起動停止時間を短縮するために、加減速性能の向上も重要である。さらに、省エネルギーな加工をするために、主軸モータは低損失、高効率であることも必要である。

これらを実現するために、工作機械の主軸駆動に特化した大トルクで低慣性なサーボモータを開発した。このモータの外観を図1に示す。このサーボモータは、内部磁石形同期サーボモータ (IPMモータ) であり、ロータの内部に永久磁石を埋め込んだ構造である。このサーボモータは、磁石量が比較的少なく、高速域まで大きなトルクが得られ、電力損失も少なく高効率である。ロータの慣性モーメントも小さいので、加減速特性にも優れている⁽¹⁾。工作機械の性能向上や省エネルギー化に大きく貢献している。



図1 モータ外観

2.1.2 高速域までの可変速運転とトルク性能の両立

IPMモータは、永久磁石によるトルクに加えて、ロータの磁気抵抗の違いに起因するトルク (リラクタンストルク) を発生できる。この特性を活用して、高速域までの広い速度域で大きなトルクを発生でき、電力損失も小さい主軸用サーボモータを実現した。

なお、IPMモータは、ロータの内部に永久磁石を埋め込んでいるので、遠心力による磁石の飛散対策も容易である。30,000min⁻¹までの可変速運転が可能である。

2.1.3 低慣性化による高加減速運転⁽²⁾

工作機械では、主軸の加工速度までの立ち上がり時間を短縮し、タップ加工時の急反転動作をすばやくおこなうことが必要

である。また、高加減速運転は、サイクルタイムを短縮するために重要な性能である。このIPMモータでは、ロータの慣性モーメント小さくすることと、トルクを大きくすることを両立するように最適設計して、高加減速特性を実現した。

2.1.4 低損失, 高効率設計

一般に、高速回転時には、モータの鉄心内の電力損失(鉄損)が大きくなる。このIPMモータでは、高速回転時の鉄損が小さくなるように、鉄心の形状と材質を工夫した。また、モータの回転速度に応じて、リラクタンストルクを最適制御することによって、電力損失を低減して、高効率化を図っている。さらに、ロータの慣性モーメントが小さいので、加減速時の消費電力も少ない。このように、工作機械の省エネルギー化に大きく貢献している。

2.1.5 耐環境, 保守性

通常、マシニングセンタは切削油を用いて加工をおこなうため、駆動用モータの周りには、微粒子状切削油が飛散している。そのため、モータ構成部品には耐油性の高い材料を使っている。また、清掃がしやすく、冷却ファンなどの部品を交換しやすい設計とした。このような耐環境性と保守性に配慮した設計は、工作機械の耐環境性の向上とメンテナンス時間の短縮に大きく貢献している。

お客様の装置を深く知ることで、課題をともに考え、課題解決に向けて技術をさらに深め工作機械の性能向上に貢献した。

2.2 工作機械装置向けのカスタマイズ技術 ばね成形機

2.2.1 装置の概要

ばね成形機は、線状や棒状のばね材をローラーで送り出し、等間隔でコイルングして、ばねを作り出す機械装置である。ばねは人命にかかわる重要な部品として使われることも多く、均一で高い耐久性が求められるとともに、装置には高い加工精度が求められている。

図2に、ばね成形機のリーディングカンパニーで、当社のお客様である板屋製作所様の装置外観を示す。

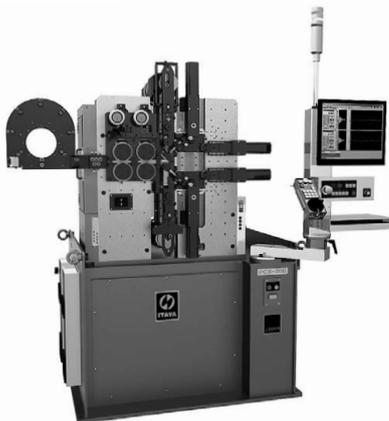


図2 ばね成形機(資料提供:板屋製作所様)

一般に、モータの回転運動から直線運動に変換する機構は、ボールねじやラックアンドピニオンが用いられる。

お客様は、図3に示すように、シンプルなリンク機構を採用することで、機構部品の削減と装置の生産性を向上している。

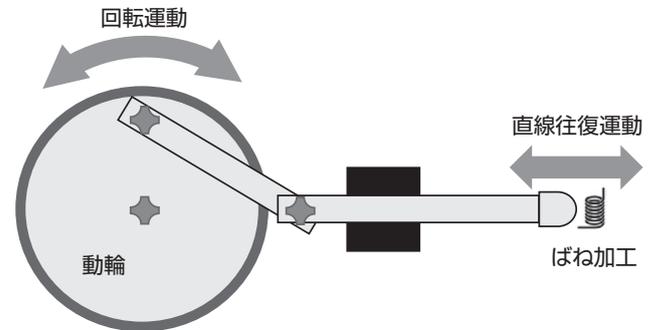


図3 シンプルなリンク機構

2.2.2 コントローラを変更することなく新装置に対応

図3のリンク機構を実現するために、コントローラでは、仮想カム制御をおこなっている。仮想カム制御によって、直線位置指令から角度位置指令に変換している。

より精密な形状や複雑な形状の加工をする装置では、軸数が多く、指令の更新周期内ですべての軸の処理をおこなうことが困難となる。

そこで、コントローラでおこなっていた仮想カム制御をサーボアンプに実装した。サーボアンプで機能を分担することで、コントローラの負荷が軽減され、すべての軸を処理できるようにした。

このように、お客様の機能を「深く」理解し、最適なカスタマイズをすることで、コントローラを大幅に変更することなく、新たな装置の実現に貢献した。

3. 福祉・医療用途に「深く」関わるカスタマイズ

本章では、「ものづくり」以外の例として、福祉・医療用途への適用例を二つ紹介する。電動車いすと放射線医療装置へのサーボシステムの適用例であり、装置の開発段階から、お客様と一緒に、車いすを使う人や放射線治療を受ける人の立場で、機構やサーボ性能を考え、実現した例である。

3.1 人の健康づくりに貢献する技術 電動車いす用インホイールモータ

3.1.1 製品概要

図4に、車いすメーカーとの共同プロジェクトとして開発した電動車いすを示す。当社は、インホイールモータ部の設計と、その周辺機構の設計を担当した。この電動車いすは、車輪の中央にモータを組み込んだ構造であり、主要な機構は、クラッチ、ブレーキおよび減速機であり、これらを一体に構成している。こ

これらの機構を薄型でコンパクトに、かつ軽量に実現するために専用の機構設計をおこない、モータを新規に開発した。

車いすを電動化することにより、体が不自由な人の活動範囲を広げ、活力ある生活をサポートできる。



図4 車いす用インホイールモータ (車いす装着例)

3.1.2 モータに必要な特長

車いす用サーボモータとして工夫した点を以下に示す。

① 低速領域での大トルク特性

乗る人の体重と加速性能、最高速度を仕様化し、サーボモータのトルク特性を設定した。一般的なサーボモータに比べて最高回転速度をさげて、低速領域のトルクを大きく出す特性を実現した。

② 防塵性と防水性

雨の中や泥道、砂利道で使用することも想定して、モータの接合部に防水処理を施して、高い防塵性と防水性を実現した。

③ 高効率、低発熱

車いすはバッテリーで駆動するので、モータの高効率化がそのまま走行可能距離の増大につながる。また、人間が手で触れることも想定できるので、モータ本体の低発熱化が必要である。産業用モータで培った低損失設計の技術を適用して、高効率と低発熱化を実現した。

④ 静粛性と軽量化

電動車いすを快適に使っていただくため、モータ回転時の静粛性に配慮した設計をおこなった。モータを静かにするためには、剛性を高くする必要があるが、同時に利用者を取り扱いやすいように、軽量化も必要である。高い剛性と軽さを両立するようにモータ構造を最適設計した。

⑤ 堅牢で壊れないエンコーダ

走行中の衝撃を考慮し、堅牢で壊れにくい磁気式のエンコーダを搭載した。産業機器で必要な「高精度と高分解能」は必要なく、人間が操縦してモータを駆動するのに最適な性能のエンコーダとした。

3.1.3 お客さまとの共創

この例は、お客さま (車いすメーカー) が得意な技術と当社が得意とする技術を融合することによって、新しい「電動車いす」が実現できた共創製品の例である。

製品の開発段階から、お客さまと「深く」関わり、さらに、車いすを利用する人が、快適で安全にご使用できるように、性能と機能を工夫した。そして、車いすを使用する人々に幸せを届けることができた。

「ものづくり」の用途で培ってきた技術に加えて、「ものづくり」用途のサーボモータとは異なる新たな価値観・新たな技術を取り入れることで実現できた。

福祉向けの用途に、使う人の立場に必要な性能を考え、装置メーカーとともに、製品を共創することで、人々の快適さに貢献した。

3.2 安心して治療できる技術 放射線医療装置用サーボシステム

3.2.1 装置の概要

お客さまの装置は、脳腫瘍の放射線医療装置であり、精度の高い位置合わせと、高精細なビームを照射することで、病巣のみを治療できることが特長である。

機構は、ビームの照射方向の制御に2軸、患者を乗せるクレードル (寝台) の制御に4軸の合計6軸のシステムである。ビームの照射方向の制御軸は、一般に、回転型のモータをベルトなどの変換機構で駆動するが、この装置では、円弧状のリニアサーボモータを採用した⁽³⁾。円弧状のリニアモータをダイレクトドライブすることで、バックラッシュや剛性の低下がなく、高精度な位置決めができる。また、図5に示すとおり、軸1の機構に軸2を搭載しており、軸2の回転台にはビームの照射機器がある。この2軸を駆動することで、腫瘍に対して、あらゆる方向から高精細なビームを照射できる。

お客さま装置の構想段階から、「深く」関わり、安定した動作での高速・高精度な位置決め、そして振動や異音が大きくなる前に異常を通知するカスタマイズをした。

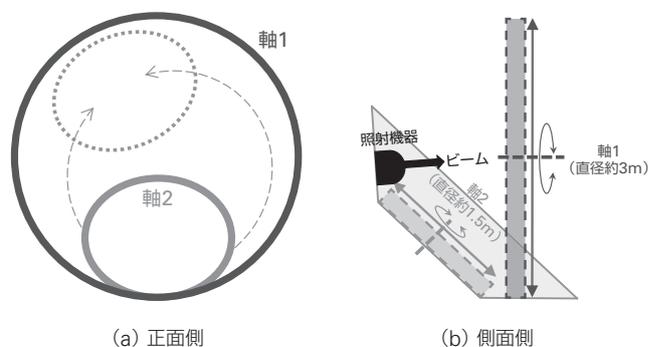


図5 ビーム照射方向用のサーボ機構とサイズ

3.2.2 安定した動作での高速・高精度な位置決め

ビーム照射方向の機構の制御軸は、リニアモータのコイルを円弧状に配置し、マグネットを周方向に配置した超多極モータである⁽³⁾。モータの直径は、軸1で約3m、軸2で約1.5mとなり、非常に円周が長くなる。それにともない、表1に示すように、モータの極数も非常に多くなり、軸1が450極、軸2が250極である。また、エンコーダの分解能も220万分割～330万分割が必要である。これに対して、当社のサーボアンプは、標準的にモータ極数は128極、エンコーダの分解能は200万分割までの制御を対象としている。

そこで、電流制御用の電気角算出処理方法を変更して、超多極モータと高分解能エンコーダに対応できるようにすることで、高精度な位置決めを可能にした。

表1 モータ極数・エンコーダ分解能とアンプの制約

軸	モータ極数(極)		エンコーダ分解能(分割)	
	使用モータ	アンプ制約	使用エンコーダ	アンプ制約
1	450極	最大 128極	2,200,000 分割	最大 2,000,000 分割
2	250極		3,300,000 分割	

この装置は、負荷イナーシャが大きいため、不安定な制御になりやすい。そこで、安定した高速位置決めを実現するために、お客様装置の負荷条件で動作シミュレーションをおこない、サーボゲインやフィルタを最適化した。

3.2.3 振動や異音が大きくなる前に異常を通知

医療機器は、患者と装置の距離が非常に近いため、装置から振動や音が発生すると、患者は不安になる。

このシステムは、モータの固定子の外周にエンコーダスケールテープを貼り付け、可動部に取り付けたエンコーダヘッドで、位置を検出している。装置の振動や使用温度・湿度、経時劣化などにより、エンコーダスケールテープとエンコーダヘッドとのギャップが許容値を超えると、エンコーダが誤カウントし、大きな振動や異音が発生する。

このため、大きな振動や異音が発生する前にメンテナンスやオーバーホールをおこなうようにした。図6に示すように、2つのエンコーダヘッドを設け、2つのエンコーダヘッドからの位置を冗長監視することで、位置のずれにより誤カウントを検出し、振動や異音が大きくなる前に異常を通知する。

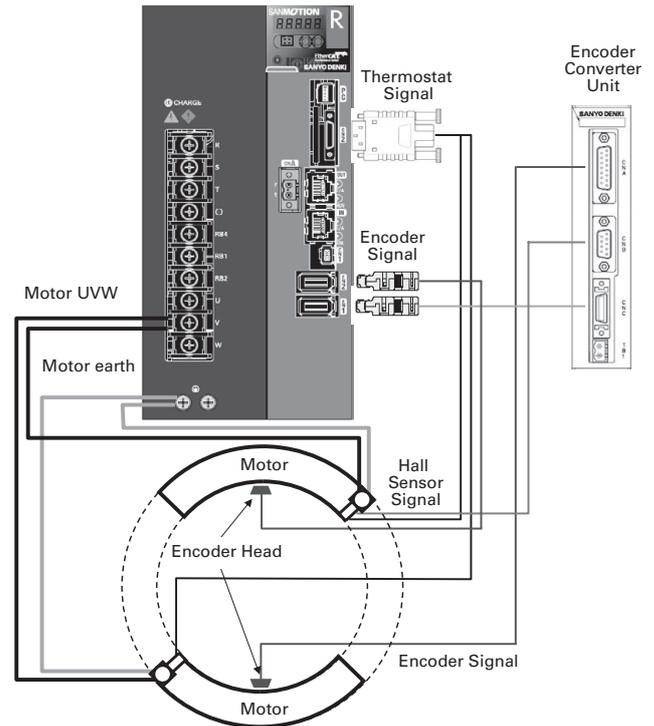


図6 エンコーダ信号の冗長化イメージ

このように、治療を受ける人の立場でサーボ性能や機能を考え、最適なカスタマイズをすることで、患者が安心して治療できる放射線医療装置の実現に貢献した。

4. むすび

本稿では、お客様と当社のそれぞれの強みを生かして実現した次の四つの事例を紹介した。

- (1) マシニングセンタ主軸駆動用サーボモータ
- (2) ばね成形機用のサーボシステム
- (3) 電動車いす用インホイールモータ
- (4) 放射線医療装置用サーボシステム

主軸用サーボモータとばね成形機用の技術と製品は、「ものづくり」の用途として、お客様を深く知ることによって、最適なカスタマイズを実現した例である。

また、電動車いす用モータと放射線医療装置用の技術と製品は、「ものづくり」以外の用途として、お客様と一緒に、車いすを使う人や放射線治療を受ける人の立場で、機構やサーボ性能を考え、実現した例である。

これからも、従来からの「ものづくり」用途に加えて、お客様と世の中のニーズを「深く知る」ことによって、「人の健康づくり」や「地球環境づくり」に「広く貢献したい」と考えている。

参考文献

- (1) 小市 伸太郎ほか2名：高速 AC サーボモータの開発
SANYO DENKI Technical Report No.11 pp.24-26 (2001.5)
- (2) 石塚 よしほか2名：工作機械用サーボシステムにおける主要技術
SANYO DENKI Technical Report No.32 pp.11-15 (2011.11)
- (3) 児玉 秀明ほか1名：新たな夢を実現する技術
SANYO DENKI Technical Report No.50 pp.25-30 (2020.11)

執筆者

山口 政裕

サーボシステム事業部 設計第一部
サーボモータの開発, 設計に従事。

小林 剛

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。

小径リニアサーボモータ 多軸一体ユニットの開発

恩田 祐樹 三澤 康司 稲葉 聡 金子 佳樹
 Yuki Onda Yasushi Misawa Satoshi Inaba Yoshiki Kaneko

1. まえがき

リニアモータには、平板型⁽¹⁾⁽²⁾とシリンダ型⁽³⁾(シリンダリニアモータ)がある。平板型は、電子部品実装装置や半導体製造装置などの水平軸(X-Yテーブルなど)にご使用いただいております。シリンダリニアモータは、プリント基板穴明け機や電子部品実装機の垂直軸(Z軸)などに数多くご使用いただいております。

シリンダリニアモータは、短い距離を速く正確に動かす用途に適しているが、最近では、これらの用途の他に「細胞培養向けピペット作業遠隔操作システム」⁽⁴⁾にご採用いただき、適用用途が広がっている。

本稿では、「短い距離を速く正確に動かす」用途と、「複数軸を動かす」用途にお使いいただくことを目的に開発した「小径リニアサーボモータ多軸一体ユニット」を紹介する。

まず開発品の外観と仕様諸元を示す。次に、本開発品は、「小型軽量・大推力」、「低摩擦(高精度)」であることを説明する。さらに、用途に応じて、軸数・軸ピッチをカスタマイズしやすい製品であることを説明する。

2. 開発品の外観と仕様諸元

図1に開発品の外観を、図2に主要外形寸法を示す。また、表1には仕様諸元を示す。

開発品は、固定子、可動子、リニアエンコーダ、およびそれらを一体固定するフレームで構成され、複数軸を一体化したユニット製品である。可動子は、軸受の一方にボールスプラインを用いて回転を拘束する構造である。また、固定子は、軸受支持部と、電機子コイル内径の同軸精度を確保した状態で樹脂成形されている。固定子には動力コネクタを備えており、動力ケーブルの着脱が可能である。



図1 開発品の外観(4軸一体の例)

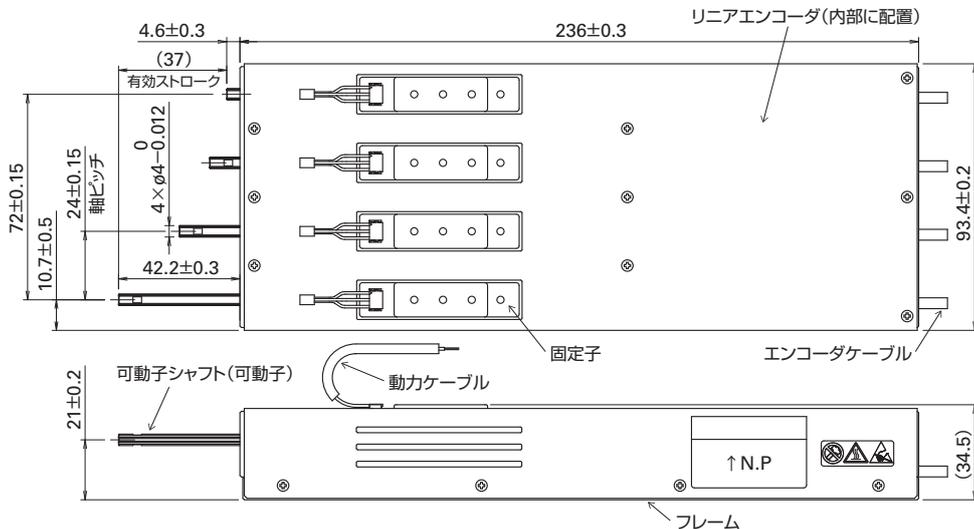


図2 開発品の外形寸法

表1 開発品の仕様諸元

項目	記号	単位	定数
モータ型番	—	—	DM04GG011A37CX00
電源電圧	—	V	DC48
軸ピッチ	—	[mm]	24
ストローク	—	[mm]	37
定格推力	F_R	[N]	3.5
瞬時最大推力	F_P	[N]	11
定格速度	V_R	[m/s]	1
瞬時最高速度	V_{max}	[m/s]	1
エンコーダ分解能	—	[μm]	1

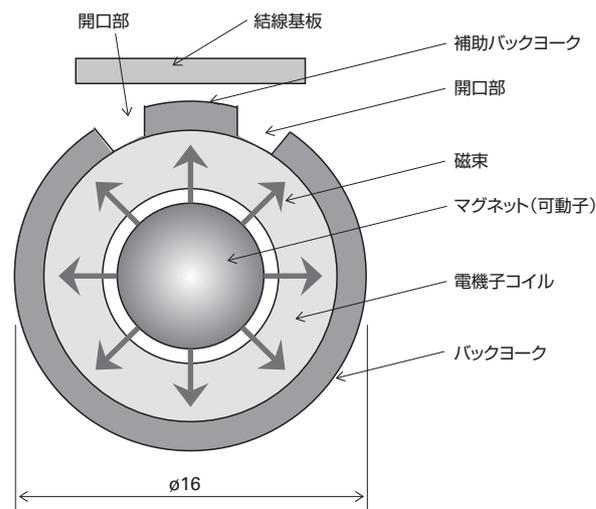


図4 開発品のモータ断面 (径方向断面)

3. 開発品の特長

3.1 推力密度向上

推力密度とは、単位体積あたりの発生推力であり、数値が大きいほど小型で大推力であることを示している⁽¹⁾。

図3に、従来品のモータ断面と磁束の概略を示す。従来品は円筒型のマグネットと電機子コイル、角型の鋼板（バックヨーク）を組み合わせた構造であり、バックヨークからマグネットまでの距離（磁気ギャップ）が均一ではない。磁気ギャップが大きいほど、マグネットの磁束がバックヨークまで届きにくくなり、推力に作用する有効磁束量が減少する。

図4に、開発品のモータ断面と磁束の概略を示す。開発品は、円筒型のマグネットと電機子コイル、円筒型のバックヨークを組み合わせた構造であり、磁気ギャップが均一である。この構造では、マグネットの磁束がバックヨークまで均一に届き、有効磁束量を大きくできるので、推力を大きくできる。図5に示すように、従来品と比較して、定格推力密度は32%、瞬時最大推力密度は25%向上した。

このように、本開発品は、小型で大推力なシリンダリアモータであり、機械装置をより高加速度で高頻度に駆動できる。

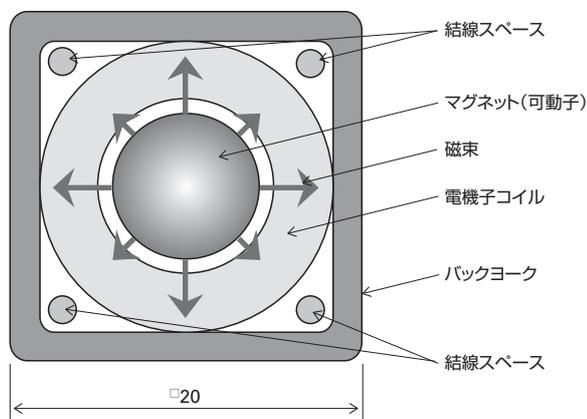


図3 従来品のモータ断面 (径方向断面)

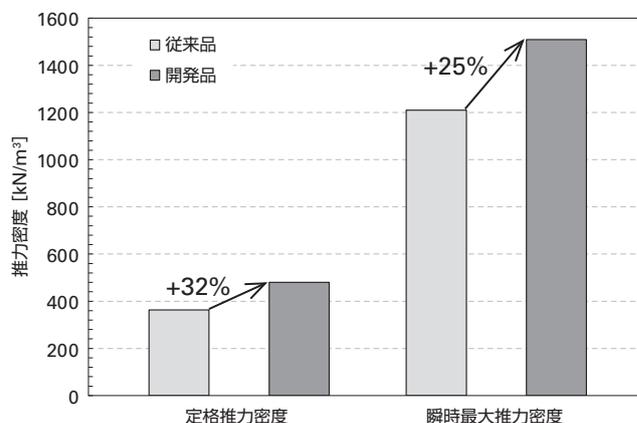


図5 推力密度比較

3.2 静摩擦推力の低減

3.2.1 軸受固定部の同軸精度向上

可動子を支持する二つの軸受は、取り付け時の同軸精度が低いと軸受に偏荷重がかかり、静摩擦推力が増加する。両軸受は、軸受固定部に収められているため、軸受固定部の同軸精度を向上することで静摩擦推力を低減できる。

図6に開発品の固定子断面を示す。開発品は、固定子に設けた二つの軸受固定部に芯金を通した状態で樹脂成形をおこない、固定する構造にした。この構造によって、高い同軸精度を確保できる。

3.2.2 可動子シャフトの同軸精度向上

軸受固定部と同様に、可動子シャフトの同軸精度も静摩擦推力に影響する。

図7に可動子外観を示す。開発品の可動子は、2本の可動子シャフトを有しており、それぞれをマグネットケースに溶接固定している。同軸精度を確保しつつ溶接をおこなうために、溶接装置と溶接条件を工夫して、2本の可動子シャフト間の同軸精度を向上した。

3.2.3 磁気バランスの最適化

従来品では、図3に示したように、バックヨーク内部に電機子コイルの結線スペースがある。一方、開発品は、推力に作用する有効磁束量を大きくするために、バックヨークの形状を円筒型にしたことで、バックヨーク内部に結線スペースがない。したがって、結線スペースを外部に設ける必要があり、バックヨークに開口部を設けている。開口部を設けることで可動子に作用する磁気吸引力のバランスが崩れ、可動子は開口部の逆側に吸引される。これにより、可動子を支持する軸受には径方向の偏荷重が作用するので、静摩擦推力が増加する。そこで、図4に示した位置に補助バックヨークを配置し、結線スペースを確保しつつ磁気バランスを最適化した。

図8に軸受固定部と可動子シャフトの同軸精度向上前後および、補助バックヨーク有無での静摩擦推力の比較を示す。静摩擦推力はトータルで70%低減し、軸を滑らかに駆動できるので、高精度な位置決めが可能である。

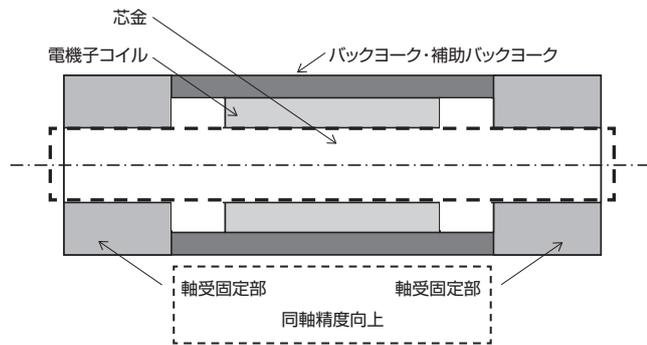


図6 開発品の固定子断面 (軸方向断面)

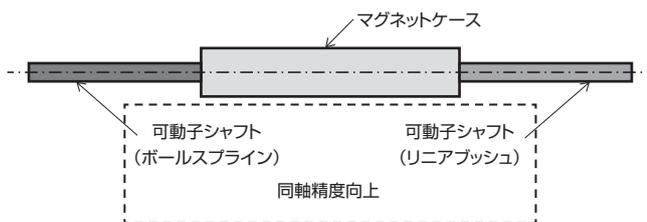


図7 可動子外観

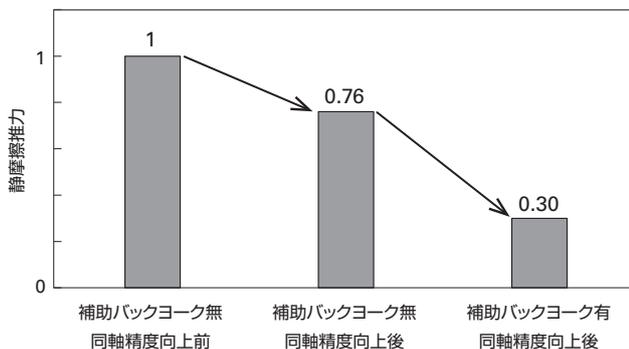


図8 静摩擦推力の比較

3.3 カスタマイズ性

開発品は、リニアモータの構成部品単体ごとに、軸受固定部と可動子軸受シャフトの精度が確保されているので、複数軸を並べて構成しても、軸受部の精度調整が不要である。このように、多軸構成に最適化した構造であり、容易に可動子シャフトの軸数、軸間ピッチのカスタマイズをおこなうことができる。お客さま装置において、複数台のモータを並べて使用する場合、1軸ごとに位置を調整しながら取り付けていく必要がないため、お客さま装置の組立作業工数を大幅に削減できる。

4. むすび

本稿では、複数の小径シリンダリニアモータを一体化した「小径リニアサーボモータ多軸一体ユニット」を紹介した。

本開発品の特長は、以下のとおりである。

1. 小型で大推力なシリンダリニアモータである。モータの固定子に配置している鋼板 (バックヨーク) の形状を最適化することで、推力密度を32%向上した (当社従来比)。装置を高加速度で高頻度に駆動できるので、お客さま装置の生産性向上に貢献できる。
2. 摩擦推力が小さいので、滑らかに駆動できるリニアモータである。軸受固定部および可動子シャフトの同軸精度を向上するとともに、固定子の磁気回路を工夫することで、静摩擦推力を70%低減した (当社従来比)。安定した位置決め精度と整定性が得られ、お客さま装置の高精度化に貢献できる。
3. シリンダリニアモータを複数軸一体に構成でき、カスタマイズが容易な構造である。お客さまの用途に合わせてシリンダリニアモータの軸数や軸ピッチを自由にレイアウトできる。また、取り付け時の調整が不要であるため、装置の組立作業工数を大幅に削減できる。

小型軽量・大推力で高精度位置決めが可能なお小径シリンダリニアモータを、お客さま装置の設計に合わせて柔軟にカスタマイズすることで、お客さまの新たな価値の創造に貢献できる製品である。

参考文献

- (1) 三澤 康司ほか2名：リニアサーボモータ コア付小型タイプの開発。SANYODENKI Technical Report No.37 pp.35-38 (2014.5)
- (2) 佐藤 寛之ほか3名：小型大推力・低磁気吸引力リニアサーボモータの開発。SANYODENKI Technical Report No.41 pp.35-39 (2016.5)
- (3) 唐 玉琪ほか1名：「SANMOTION」小型シリンダリニアサーボモータの開発。SANYODENKI Technical Report No.38 pp.42-45 (2014.11)
- (4) 児玉 秀明ほか5名：人を守る技術。SANYODENKI Technical Report No.52 pp.29-32 (2021.11)

執筆者

恩田 祐樹

サーボシステム事業部 設計第一部
サーボモータの開発, 設計に従事。

三澤 康司

サーボシステム事業部 設計第一部
サーボモータの開発, 設計に従事。

稲葉 聡

サーボシステム事業部 設計第一部
サーボモータの開発, 設計に従事。

金子 佳樹

サーボシステム事業部 設計第一部
サーボモータの開発, 設計に従事。

SANMOTION G ACサーボシステムの開発

小林 剛

Tsuyoshi Kobayashi

三澤 康司

Yasushi Misawa

牧内 一浩

Kazuhiro Makiuchi

堀内 学

Manabu Horiuchi

相良 弘樹

Hiroki Sagara

三浦 武志

Takeshi Miura

山崎 智仁

Tomohito Yamazaki

手塚 将来

Masaki Tezuka

岡崎 哲也

Tetsuya Okazaki

山口 大輔

Daisuke Yamaguchi

花岡 優太

Yuta Hanaoka

中村 友紀

Yuki Nakamura

石崎 圭介

Keisuke Ishizaki

平出 敏雄

Toshio Hiraide

西沢 英朗

Hideaki Nishizawa

宮下 正樹

Masaki Miyashita

1. まえがき

当社は、長年、数多くのサーボシステム製品を開発し、お客さま装置の価値向上と産業の発展に貢献してきた。なかでも、ACサーボシステム「SANMOTION R」シリーズは、高い性能と豊富なラインアップにより、現在も多くのお客さまにご使用いただいている。

サーボシステムは、機械装置の性能・品質・信頼性を左右する重要な機器であり、さらなる性能と機能の向上が必要である。また、地球温暖化対策として、電動機器の高効率化・省エネルギー化・省資源化も重要である。産業の発展と地球環境問題の解決に向けて、サーボシステムが果たす役割はますます高まっている。

このような期待にこたえるために、ACサーボシステム「SANMOTION G」シリーズを開発した。「強く」て「やさしい」サーボシステムをコンセプトに、サーボモータ、保持ブレーキ、エンコーダ、およびサーボアンプを、「SANMOTION R」シリーズから一新した。

「強さ」とは、高いサーボ性能を有し、さまざまな地域・環境でも安心してご使用いただける信頼性の高い製品を意味する。「やさしさ」とは、省エネルギー、小型・軽量で地球環境にやさしく、お客さまにとって使いやすい製品を意味する。

本稿では、まず開発品の外観と製品ラインアップ、および仕様諸元を示す。次に開発品の「強さ」と「やさしさ」の特長と開発のポイントを紹介する。

2. 製品の概要

ACサーボシステム「SANMOTION G」シリーズのサーボモータ、エンコーダ、そしてサーボアンプの製品概要を示す。

2.1 サーボモータ、エンコーダの概要

図1にサーボモータの外観を示す。また、表1と表2にサーボモータのラインアップ一覧を、表3にはサーボモータ代表機種とエンコーダの仕様諸元を示す。低慣性は40mm角50W

～100mm角1.5kWの13機種、中慣性は、40mm角30W～130mm角1.2kWの24機種の合計37機種をラインアップした。従来品の「SANMOTION R」シリーズと同じ31機種と新たに40mm角150W、60mm角600W、80mm角1kWをラインアップに追加した。

40～86mm角は、動力ケーブルと保持ブレーキ用ケーブルを一本化して、6芯一体コネクタに変更した。動力と保持ブレー



図1 サーボモータの外観

キ用コネクタ、エンコーダコネクタは、モータ本体に直接ねじ止めする構造であり、確実なコネクタ締結が可能である。100～130mm角はワンタッチロックタイプの丸型コネクタを採用し、装置への組立性を向上した。

組み合わせエンコーダは、最高分解能27bit、小型で薄型のバッテリーレスアブソリュートとシングルターンアブソリュートの2種類をラインアップし、高分解能化とモータ全長の短縮を実現した。

オプションとして、保持ブレーキ付き／無、オイルシール付き／無、出力軸は丸軸とキー付きを選択できる。

表1 サーボモータのラインアップ一覧
(低慣性)

フランジサイズ	定格出力	電源電圧		サーボモータ型番	機種拡充
		100V	200V		
□40	50W	○	○	GAM1*4005F0	-
	100W	○	○	GAM1*4010F0	-
	150W	-	○	GAM1A4015F0	○
□60	200W	○	○	GAM1*6020F0	-
	400W	-	○	GAM1A6040F0	-
	600W	-	○	GAM1A6060F0	○
□80	750W	-	○	GAM1A8075*0	-
	1kW	-	○	GAM1A8100F0	○
□100	1kW	-	○	GAM1AA100*0	-
	1.5kW	-	○	GAM1AA150*0	-

表2 サーボモータのラインアップ一覧
(中慣性)

フランジサイズ	定格出力	電源電圧		サーボモータ型番	機種拡充
		100V	200V		
□40	30W	○	○	GAM2*4003F0	-
	50W	○	○	GAM2*4005F0	-
	100W	○	○	GAM2*4010F0	-
	150W	-	○	GAM2A4015*0	○
□60	100W	○	○	GAM2*6010F0	-
	200W	○	○	GAM2*6020F0	-
	400W	-	○	GAM2A6040F0	-
	600W	-	○	GAM2A6060*0	○
□80	200W	-	○	GAM2A8020F0	-
	400W	-	○	GAM2A8040F0	-
	750W	-	○	GAM2A8075*0	-
	1kW	-	○	GAM2A8100F0	○
□86	750W	-	○	GAM2A9075F0	-
	1kW	-	○	GAM2A9100*0	-
□100	750W	-	○	GAM2AA075F0	-
	1kW	-	○	GAM2AA100F0	-
	1.5KW	-	○	GAM2AA150*0	-
□130	550W	-	○	GAM2AB055D0	-
	1.2kW	-	○	GAM2AB120*0	-

表3 サーボモータ(代表機種)とエンコーダの仕様諸元

項目			サーボモータ型番		低慣性：GAM1A				中慣性：GAM2A					
					4010F0	6040F0	8075F0	A150H0	4010F0	6040F0	8075F0	9100F0	A100F0	B120H0
フランジサイズ	-	mm	□40	□60	□80	□100	□40	□60	□80	□86	□100	□130		
定格出力	P_R	W	100	400	750	1500	100	400	750	1000	1000	1200		
定格トルク	T_R	N·m	0.318	1.27	2.39	4.8	0.318	1.27	2.39	3.18	3.18	5.8		
連続ストールトルク	T_S	N·m	0.353	1.37	2.55	4.9	0.318	1.37	2.55	3.92	3.92	6.0		
瞬時最大ストールトルク	T_P	N·m	1.18	4.8	8.5	18.0	1.18	4.8	8.5	14.3	14.7	20.0		
定格回転速度	N_R	min ⁻¹	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	2000		
最高回転速度	N_{max}	min ⁻¹	6500	6500	6500	3000	6500	6500	6500	6500	6000	4000		
定格電機子電流	I_R	Arms	1.00	2.8	5.9	5.2	0.99	2.9	5.9	6.0	5.5	6.7		
連続ストール電機子電流	I_S	Arms	1.05	2.8	5.7	3.8	0.96	2.9	5.9	6.8	6.2	6.6		
瞬時最大電機子電流	I_P	Arms	4.1	12.0	22.0	15.5	3.6	10.8	21.4	25.7	26.5	26.5		
回転子 イナーシャ	ブレーキなし	J_M	$\times 10^{-4}$ kg·m ² (GD ² /4)	0.0259	0.213	0.739	1.98	0.06	0.466	1.56	2.45	3.97	7.78	
	ブレーキ付			0.0324	0.272	0.936	2.31	0.067	0.524	1.76	2.75	4.30	8.86	
エンコーダイナーシャ	J_S			0.0025	0.0025	0.0025	0.0025	0.0025	0.0025	0.0025	0.0025	0.0025		
モータ 全長	ブレーキなし	LL	mm	93.5	110	125	156.5	68	85.5	92.0	127	128	100.5	
	ブレーキ付			122	132.5	155.5	193	100.5	111.5	126	153	146	135.5	
質量	ブレーキなし	WE	kg	0.52	1.4	2.9	5.0	0.4	1.3	2.2	3.4	4.1	5.5	
	ブレーキ付			0.71	1.8	3.7	6.6	0.6	1.6	3.0	4.2	4.9	7.1	
エンコーダ分解能	-	-	17bit (131,072分割), 20bit (1,048,576分割), 23bit (8,388,608分割), 27bit (134,217,728分割)											
多回転保持方式	-	-	バッテリーレスシステム											

2.2 サーボアンプの概要

図2にサーボアンプの外観を示す。従来品に対して、作業性と安全性の向上を目的に、電源・モータ動力用コネクタを、スプリング方式のワンタッチロックコネクタへ変更した。

表4に示すとおり、電源電圧、組み合わせサーボモータ、そして上位コントローラとのインターフェース仕様に応じて、合計21機種をラインアップした。100Vタイプは、出力電流容量10A、20A、30Aの3機種、200Vタイプは、10A、20A、30A、50Aの4機種を揃えた。

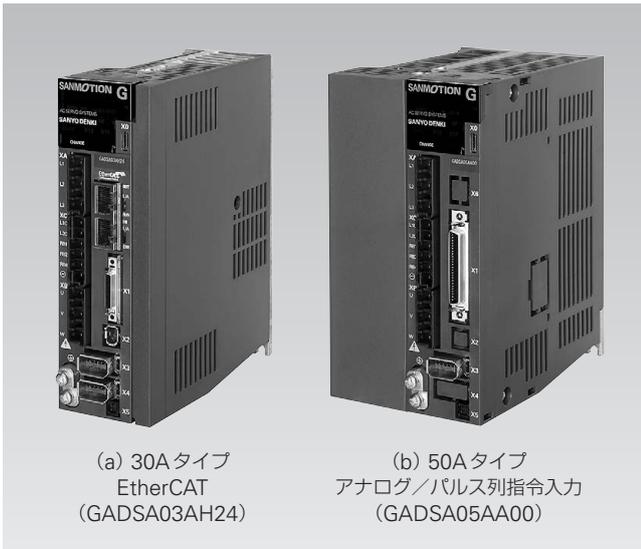


図2 サーボアンプの外観

上位コントローラとのインターフェースは、EtherCATとアナログ/パルス列指令入力タイプの2種類を準備した。なお、アナログ/パルス列指令入力タイプは、汎用出力仕様として、シンク型とソース型が選択できる。

表5にサーボアンプの主要諸元を示す。従来品に対して、応答性を高めるとともに、豊富な制御機能と補償機能により、サーボ性能を向上した。

「SANMOTION MOTOR SETUP SOFTWARE」ツール（以降、SETUP SOFTWAREと略記）と連携した周波数特性計測機能やアドバンスドチューニング機能を使い、サーボ調整がより簡単におこなえる。

さまざまな地域や環境で使用できるように、標高や使用周囲温度など耐環境性能を向上し、信頼性を高めた。また、部品の残寿命の推定や電源状態・通信品質のモニタができる監視機能を充実し、メンテナンス性を向上した。

表4 サーボアンプのラインアップ一覧

電源電圧		組み合わせ サーボモータ 定格出力	インターフェース 汎用出力タイプ		サーボアンプ 型番
100V	200V		EtherCAT	アナログ/パルス	
○	—	～30W	—	シンク型出力	GADSE01*A**
○	—	～30W	—	ソース型出力	GADSE01*B**
○	—	～30W	○	—	GADSE01*H**
○	—	～100W	—	シンク型出力	GADSE02*A**
○	—	～100W	—	ソース型出力	GADSE02*B**
○	—	～100W	○	—	GADSE02*H**
○	—	～200W	—	シンク型出力	GADSE03*A**
○	—	～200W	—	ソース型出力	GADSE03*B**
○	—	～200W	○	—	GADSE03*H**
—	○	～150W	—	シンク型出力	GADSA01*A**
—	○	～150W	—	ソース型出力	GADSA01*B**
—	○	～150W	○	—	GADSA01*H**
—	○	～400W	—	シンク型出力	GADSA02*A**
—	○	～400W	—	ソース型出力	GADSA02*B**
—	○	～400W	○	—	GADSA02*H**
—	○	～1.5kW	—	シンク型出力	GADSA03*A**
—	○	～1.5kW	—	ソース型出力	GADSA03*B**
—	○	～1.5kW	○	—	GADSA03*H**
—	○	～2.5kW	—	シンク型出力	GADSA05*A**
—	○	～2.5kW	—	ソース型出力	GADSA05*B**
—	○	～2.5kW	○	—	GADSA05*H**

表5 サーボアンプの主要諸元

項目		アンプ容量		10A	20A	30A	50A	
200V	制御電源電圧範囲	AC200~240V +10%/−15%						
	主回路電源電圧範囲	三相/単相 AC200~240V +10%/−15%, DC300V ±20%						
	適用モータ	三相(単相・DC)	~150W	~400W	~1.5kW(~750W)	~2.5kW(~1.5kW)		
100V	制御・主回路電源電圧範囲	単相 AC100~120V +10%/−15%, DC150V ±20%					—	
	適用モータ	~30W					~100W	~200W
連続出力電流/瞬時最大電流		1.2Arms/4.3Arms		3.1Arms/12Arms		5.2Arms/16.3Arms		
標高/使用周囲温度/耐振動		2000m以下/0~60°C/6.0m/s ²						
外形寸法		40W×160H×130D			50W×160H×130D		85W×160H×130D	
質量		0.8kg以下			0.9kg以下		1.6kg以下	
構造/冷却方式		トレイ型/自然空冷			トレイ型/強制空冷			
組合せモータ構造		<ul style="list-style-type: none"> ロータリモータ リニアサーボモータ ダイレクトドライブモータ 						
適用エンコーダ		<ul style="list-style-type: none"> アブソリュートエンコーダ(バッテリーレス, シングルターン, バッテリバックアップ) 省配線インクリメンタルエンコーダ HEIDENHAIN社製 EnDat2.2エンコーダ 						
性能・機能	応答性, 最大適用分解能	<ul style="list-style-type: none"> 3.5kHz(速度ループ周波数応答) 1回転134, 217, 728分割(27bit) 						
	制御機能, 補償機能	<ul style="list-style-type: none"> タンデム運転制御 デュアル位置フィードバック制御 象限突起補償 摩擦補償 重力補償 外乱オブザーバ 						
	インタフェース	EtherCAT, アナログ/パルス列指令入力						
	機械振動, 共振抑制	<ul style="list-style-type: none"> モデル追従制振制御 FF制振制御 軌跡制御用制振制御 適応ノッチフィルタ CP制振制御 微振動抑制 トルク指令ノッチフィルタ(幅可変) 						
	サーボ調整	<ul style="list-style-type: none"> 周波数特性計測機能 アドバンスドチューニング オートチューニング応答性(7特性40段) 						
	立上げ, 監視, 診断	<ul style="list-style-type: none"> 仮想モータ運転 ドライブレコーダ システムの消費電力モニタ 入力電源モニタ 制御電源周波数モニタ エンコーダ/EtherCAT通信品質モニタ 電解コンデンサ残寿命 保持ブレーキ残寿命 回生抵抗の消費電力モニタ エンコーダ温度モニタ アンプ温度モニタ リレーの動作回数計測 リレー溶着検出 						
適合法規制	UL / CSA	UL61800-5-1 / C22.2 No.274-13						
	低電圧指令/ EMC 指令	EN61800-5-1 / EN61800-3, EN61326-3-1						
	機能安全	ISO13849-1/PL=e, EN61508/SIL3, EN62061/SILCL3						
	KCマーク	KN61000-6-2, KN61000-6-4						
	その他	CEマーク, UKCAマーク, RoHS指令						

3. 製品の特長

3.1 サーボ性能の「強さ」

3.1.1 高出力・高精度なサーボモータ

開発品は、サーボモータ、保持ブレーキの電磁界構造と巻線仕様を最適化した。また、コネクタ配置とモータ構造を改善、さらにエンコーダを小型化してモータ全長を大幅に短縮した。「SANMOTION R」シリーズの高トルク特性を維持しつつ、モータを小型化したことで、トルク密度を向上した。トルク密度とは、単位体積あたりの発生トルクであり、数値が大きいほど小型で大トルクであることを示している。

図3に瞬時最大トルク密度の比較を示す。瞬時最大トルク密度は、従来品と比較して低慣性は最大13%、中慣性は最大28%向上した。

エンコーダは、分解能を17bit, 20bit, 23bit, 27bitから選択できる高分解能バッテリーレスアブソリュートエンコーダを開発した。エンコーダの高分解能化により、安定した繰り返し動作

と高応答な位置決めを実現できる。

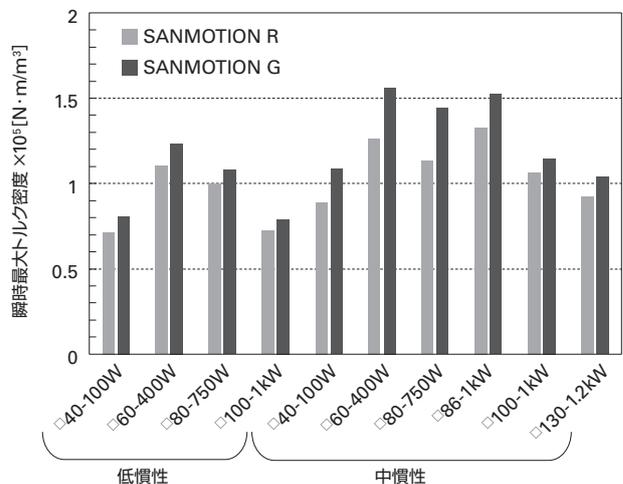


図3 瞬時最大トルク密度比較

3.1.2 出力領域の拡大

図4に、トルク-回転速度特性 (T-N特性) の比較を示す。モータは巻線仕様を最適化することで、最高回転速度を従来品の6,000min⁻¹から6,500min⁻¹に8%向上した。サーボアンプは、電圧飽和状態となる高速回転時の電圧利用率を改善し、モータへの印可電圧を上げたことで、高速回転域のモータトルクを最大7%向上した。

これにより、モータの出力領域が15%拡大し、加速・減速時間を短縮できる。

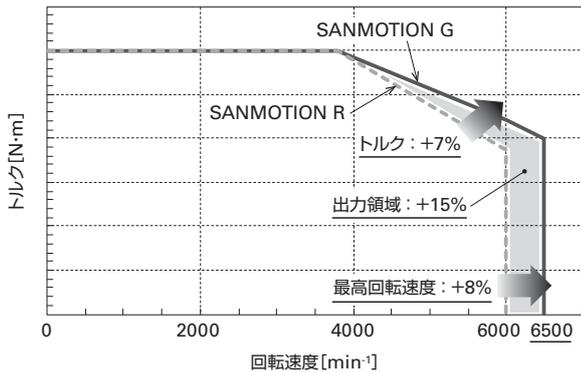


図4 サーボモータのT-N特性比較

3.1.3 高応答化と位置決め時間の短縮

図5に速度制御系の閉ループ周波数応答を示す。電流制御系は、制御周期の高速化と電流検出の高精度化により、従来品の2倍に高応答化した。さらにトルク制御系の改良により、速度制御系の周波数応答を従来品に対して約1.6倍 (3.5kHz) に高めた。

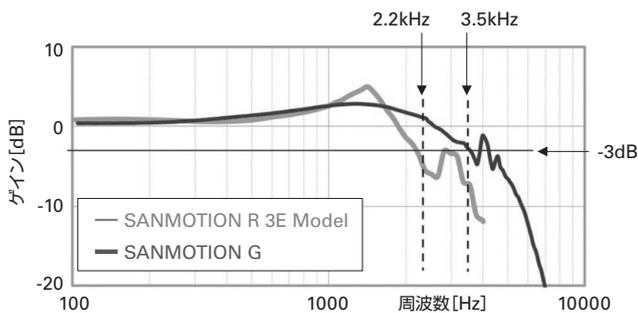


図5 速度制御系の閉ループ周波数応答

図6に位置決め時の安定特性を示す。「SETUP SOFTWARE」の調整機能 (アドバンスチューニング) を使用し、安定の妨げとなる摩擦や重力の影響を補償することで、位置決め安定時間を従来品に比べ1/3に短縮した。

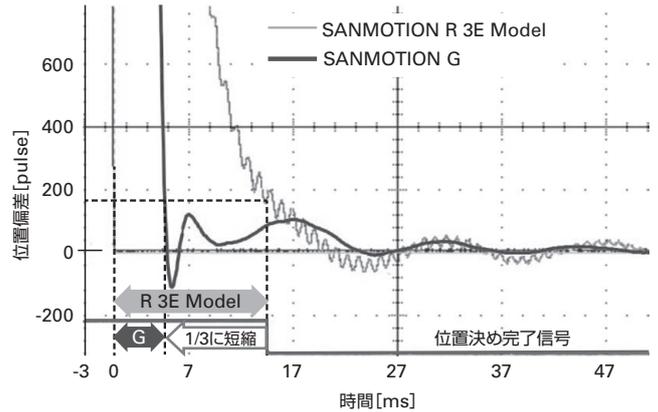


図6 位置決め安定特性

3.2 耐環境性能の「強さ」

3.2.1 耐環境性能の向上

表6に、従来品と開発品の耐環境性能比較を示す。開発品は、従来品に対して、幅広い地域や厳しい環境で使用できる。

標高が高くなると、気圧が下がり空気密度が低くなるため、放熱効率と耐電圧が低下する。従来品に対して2倍の標高で使用できる設計とその試験方法を定めた。これらの厳しい試験をクリアすることで、標高2000mまで使用できる製品を実現した。また、サーボモータの耐振動を24.5m/s²から2倍の50m/s²へ大幅に拡大した。さらに高温・高湿時でも保持トルクが低下せず、摩擦材の異常摩耗が少なく信頼性が高い保持プレーキを同時に開発した。

なお、サーボモータ、サーボアンプとも使用条件ごとに定めた減定格仕様により、安全に使用することができる。

表6 従来品との耐環境性能比較

項目	製品	SANMOTION R (従来品)	SANMOTION G (開発品)
標高	モータ	1,000m以下	2,000m以下 (一部減定格)
	アンプ		
耐振動	モータ	24.5m/s ² (10Hz ~ 2kHz)	50m/s ² (10Hz ~ 2kHz)
	アンプ	4.9m/s ² (10Hz ~ 55Hz)	6.0m/s ² (10Hz ~ 150Hz)
周囲温度	アンプ	0 ~ 55°C	0 ~ 60°C (一部減定格)
周囲湿度	アンプ	90%RH以下 (凍結, 結露しないこと)	95%RH以下 (凍結, 結露しないこと)

3.2.2 放射エミッションの低減

エミッションレベルが高くなる原因として、主に高精度で高速動作する部品が影響する。プリント配線板の近磁界解析を実施し、パターンレイアウトを最適化した。

図7に、サーボアンプ (容量30A) の放射エミッションを示す。同図の取得データのように、従来品に対して、発振器などの基準クロック信号に起因する高周波領域の放射エミッションのレベ

ルを大幅に低減した。なお、この試験は2021年に竣工したテクノロジーセンター新棟の10m法の電波暗室を使用したことで、大幅に評価期間を短縮した。

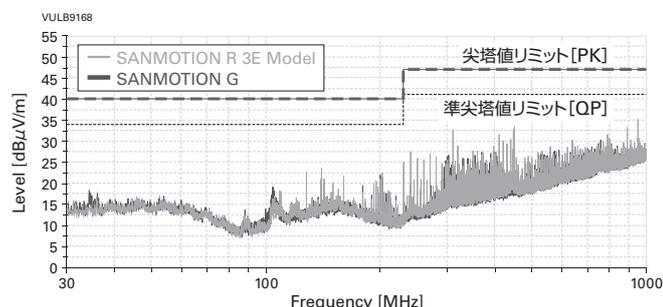


図7 放射エミッション(10m法, 水平軸)

3.3 保守性能の「強さ」

3.3.1 予防保全機能

故障の予防や保全に役立つ機能として、サーボモータやサーボアンプに使われる部品の残寿命機能を搭載した。

モータの保持ブレーキは、摩耗限界に対して、制動停止した場合の回転量から算出している。電解コンデンサの劣化は、主回路電源やサーボオンの状態から算出している。ファンモータやリレーの残寿命は、期待寿命に対する動作時間や動作回数から算出している。

これらの情報に基づいて、サーボモータやサーボアンプの交換、オーバーホールを計画的に実施することで、故障を予防できる。

3.3.2 環境の診断

サーボシステムの設置環境の診断に役立つ機能を追加した。表7に、環境モニター一覧を示す。EtherCAT通信やエンコーダ通信のエラーレートなども含め、お客さまの使用環境を調査して、早期に改善することで、安全・安心にご使用いただける機能である。

主回路整流電圧モニタは、入力電源電圧を三相全波整流し、電圧の波高値を検出する。制御電源周波数モニタは、電源周波数を1Hz単位で検出する。これらをモニタすることで、過電圧や電圧変動・周波数変動の状況がわかり、お客さまの電源環境の診断や異常時の原因の特定に役立つ。

表7 環境モニター一覧

監視内容	環境モニタ名	出力単位
入力電圧	主回路整流電圧モニタ	V
	主回路直流電圧モニタ	V
周波数	制御電源周波数モニタ	0.1Hz
通信品質	モータエンコーダ通信エラーレート	—
	外部エンコーダ通信エラーレート	—
	EtherCAT通信エラーレート	—

3.3.3 異常時の早期診断

アラームコードにサブコードを追加し、アラーム発生時のトラブルシューティングを改善した。1つのアラームコードに対して、最大15種類の発生要因に細分化し、サブコードとして表示する。

原因を早期に特定し、装置のダウンタイムを短くできる。

3.4 地球環境への「やさしさ」

3.4.1 小型・軽量で高効率なサーボモータ

図8に、従来品と開発品のモータ全長の比較、図9には、モータ質量の比較を示す(両図とも、保持ブレーキ無し)。前述したとおり、サーボモータは、電磁界構造や機構の改善、エンコーダの小型化により、モータ全長の短縮と軽量化を実現した。全長短縮率は、低慣性で最大11%、中慣性は最大22%である。また、モータ質量は、低慣性で最大12%、中慣性は最大26%軽量化した。モータ全長の短縮と軽量化の結果、構成材料を最大28%削減している。

モータ全長の短縮と効率の向上は相反する関係にあるが、電磁界設計の最適化、巻線占積率の向上と低損失材料の採用により効率を最大9%改善した。その結果、CO₂排出量を最大48.3%削減した。

組み合わせ搭載するバッテリーレスアブソリュートエンコーダは、電源遮断時に多回転データを保持するためのバッテリーバックアップが不要である。このため、定期交換が必要なバッテリーをなくし、省資源化、産業廃棄物の削減、メンテナンス性の向上に貢献できる。

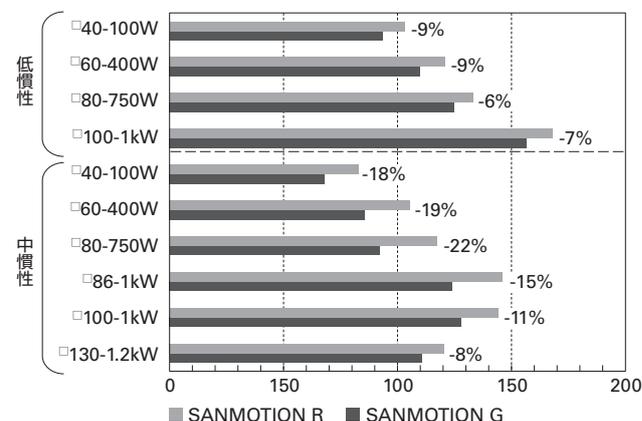


図8 モータ全長比較(保持ブレーキ無し)

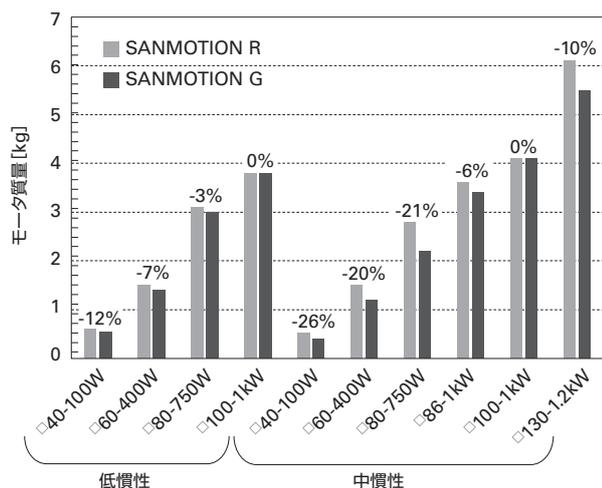


図9 モータ質量比較 (保持ブレーキ無し)

3.4.2 低損失なサーボアンプ

サーボアンプの高出力化のため、パワーデバイスの最大出力電流を最大5%向上した。さらに高応答化のためにパワーデバイスのスイッチング周波数は、標準で16%高速化、モータ停止時のスイッチング周波数に起因する騒音を低減するモードでは、最大で55%高速化した。通常、出力電流の増加やスイッチング周波数の高速化は、損失が増加し、効率が低下する。そこで、消費電力が大きい部品を見直すことで、消費電力を最大22%低減した。その結果、CO₂排出量を最大18.9%削減した。

また、部品の小型化や放熱設計の最適化により、従来品と同一のサイズで、質量を最大5.5%軽量化した。

3.5 使う人への「やさしさ」

3.5.1 高精度な機械特性計測

従来のシステムアナリシスに新計測モードとして、高精度システムアナリシスを追加した。今まで、サーボ制御ループを含む機械系の周波数特性を高精度に計測するには、専用の計測機器(サーボアナライザ)を用いていた。開発品は、サーボアンプで正弦波指令を生成、周波数スペクトルを算出し、「SETUP SOFTWARE」の周波数解析機能を実行することで、高精度な計測を実現した。

3.5.2 最適なサーボパラメータ調整

機械特性を計測し、用途に合わせて最適なパラメータを調整するアドバンスドチューニングを開発した。

アドバンスドチューニングは、次の①～④の特性計測やパラメータ調整の一連の作業を自動でおこなう。

- ① 従来のシステムアナリシスにより、フィードバック制御系のパラメータを調整する。
- ② 摩擦・重力の計測機能より、摩擦・重力を推定して補償する。
- ③ 高精度システムアナリシスにより、さらに高精度なフィードバック制御系のパラメータを調整し、安定性を確保する。
- ④ 位置決め運転で、モデル制御系のパラメータを調整し、応答性を改善する。

これにより、最適な調整と立ち上げ時間を短縮し、使いやすさを向上した。

3.5.3 モータパラメータの更新

「SETUP SOFTWARE」にサーボモータのパラメータ更新機能を追加した。従来は、新たに機種拡充したサーボモータを駆動するためには、ファームウェアの更新が必要であった。

開発品は、「SETUP SOFTWARE」を使用し、お客さまのみで、サーボモータのパラメータ更新が簡単におこなえる。

3.6 お客さまへの「やさしさ」

3.6.1 置き換えのしやすさ

サーボモータは、「SANMOTION R」のフランジ寸法、取り付け寸法、出力軸形状を同一にして、取り付け互換とした。従来品のモータ動力線と保持ブレーキ線は、個別のケーブルであったが、図10のとおり2本のケーブルをまとめて1本とし、部品点数を削減した。

サーボアンプは、従来品と外形寸法および取り付け寸法を同一にした。従来の機能は踏襲し、新たに開発した補償や機能を追加した。

互換性を高めたことで、お客さまの既存装置に対して、「SANMOTION G」への置き換えが容易である。

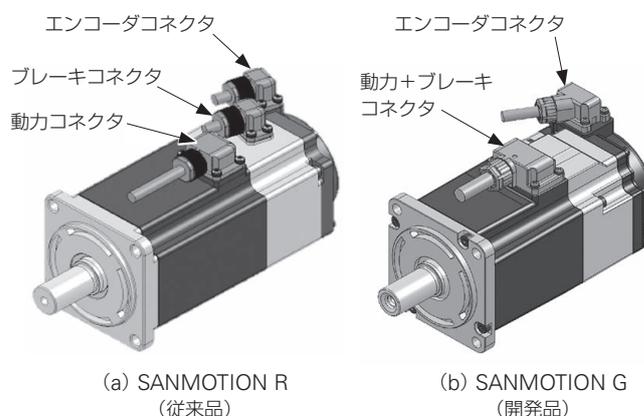


図10 サーボモータのコネクタ外観

3.6.2 見やすさ・使いやすさ

「SETUP SOFTWARE」のインターフェースはそのままに、見やすさと使いやすさを向上した。図11のように、画面上でサーボアンプの状態や汎用入出力の状態を視覚的に表示することで直感的に把握できる。



(a) アンプ状態表示画面

入力		出力		
入力信号	入力信号の状態	出力信号	出力条件	出力信号の状態
CONT1	OFF	OUT1	位置決め完了状態中、出力ON	有効
CONT2	ON	OUT2	トルク制限動作中、出力ON	無効
CONT3	OFF	OUT3	運転準備完了中、出力ON	無効
CONT4	ON	OUT4	保持カール前駆信号出力中、出力ON	無効
CONT5	OFF	OUT5	アームコートピストン出力(負論理)	有効
CONT6	ON	OUT6	アームコートピストン出力(負論理)	有効
CONT7	OFF	OUT7	アームコートピストン出力(負論理)	有効
CONT8	ON	OUT8	アーム状態中、出力OFF	有効

(b) 汎用入出力の状態画面

図 11 「SETUP SOFTWARE」のモニタ表示



(a) SANMOTION R (従来品)



(b) SANMOTION G (開発品)

図 12 (左) シール印字と(右) レーザマーカ印字

4. 開発のポイント

従来品に対して、生産性や品質を向上するために、自動化ラインで製造できる設計やさまざまなテストを自動でおこなえるテスト環境の構築が必要であった。本開発で取り組んだ開発のポイントと工夫したポイントを紹介する。

4.1 サーボモータの生産性の向上

サーボモータは、全機種アルミフレーム構造とし、相似設計することで構造骨格を統一した。基本構造が各機種同一のため、短時間で生産機種の切り換えができる。また、モータ構成要素であるステータ部、ロータ部の組み立ては工程ごとに自動化し、生産性を向上した。

エンコーダ部は、回転ディスクモジュールを生産する新規の自動設備を導入した。従来、手作業でおこなっていた回転ディスクの芯出しと接着工程をカメラとロボットでおこなうことで生産性を大きく向上している。

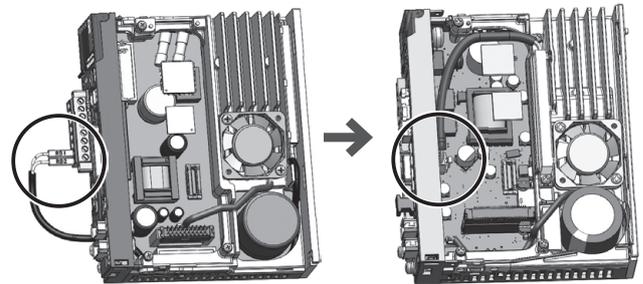
4.2 サーボアンプの生産性と品質の向上

4.2.1 生産性の向上

サーボアンプの主銘板は、図 12 のように、従来品のラベルに印字したシール貼り付けから、レーザーマーカで本体に直接印字して、人によるラベルの貼り付け作業をなくした。

図 13 のように、従来品の内蔵回生抵抗器の配線は、組み立てが完了した後に、正面のコネクタに接続するため、作業が複雑であった。これをサーボアンプ内部の基板にコネクタ接続する構造にした。

配線の挟み込みがなくなり、作業を容易にした。



(a) SANMOTION R RS3A02 (従来品)

(b) SANMOTION G GADSA02 (開発品)

図 13 内蔵回生抵抗器の配線処理

ファームウェアは、自動化ラインのロボットによる組み立て時に自動書き込みをする。書き込み治具の重量は、ロボットハンドの耐荷重を超えたため、ロボット本体に治具を設置した。書き込み治具から 3m のケーブルでロボットアーム先端まで延長する必要があるが、メーカー品のケーブルは 0.2m と短く使用できない。

そこで、図 14 のように、ロボットを使用した自動書き込みに対応する高速信号を長距離伝送できる通信治具を製作した。

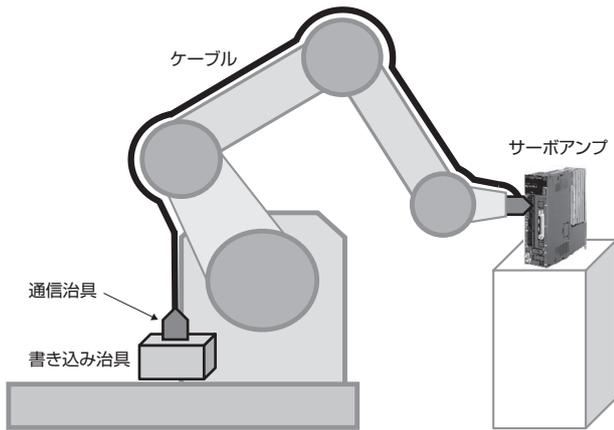


図 14 ロボットを使用した自動書き込み

4.2.2 ソフトウェア品質の向上

サーボシステムは、さまざまなアプリケーションで使用される。条件や環境も複雑であり、網羅的なテストを手動で実施することは困難である。

本開発では、効果的で効率的なテストをおこなうため、実使用環境を模擬できるテストシミュレータを構築した。試験パターンをテンプレート化し、条件設定でパターンを自動生成し実行するツールを開発した。テストシミュレータは、垂直・水平ユニット、および回転ユニットを製作した。実際のお客さまの装置を想定し、近接センサ・保持ブレーキ・負荷装置・減速機および外部エンコーダなどを使用することで、さまざまなテストをおこなえるようにした。

これにより、潜在的な不具合を早い段階で見つけ、短期間で安定した品質を確保した。

5. むすび

本稿では、「強く」で「やさしい」をコンセプトに開発した AC サーボシステム「SANMOTION G」の製品概要と特長、および開発のポイントを紹介した。

「SANMOTION G」は、従来品と比較して、

- ① 瞬時最大トルク密度は最大28%向上し、高速域の出力領域を1.15倍に拡大した。エンコーダの分解能を16倍(最大27bit)、速度ループの周波数応答を1.6倍(3.5kHz)に高めたことにより、安定した応答性の高い動作が実現できる。
- ② 耐振動をサーボモータは2倍、サーボアンプは1.2倍に向上した。使用できる標高を1,000mから2,000mに高め、使用温度範囲も拡大した。耐環境性能の向上により、さまざまな地域と厳しい環境でも使用できる。
- ③ 保持ブレーキ、電子部品の寿命予測、入力電源や通信品質の監視など、サーボシステムの予防保全、装置環境の監視・診断に役立つ機能を搭載した。これらの機能により、機械装置のメンテナンス性が向上する。

- ④ サーボモータは、全長を最大22%短縮、質量を最大26%低減し、小型・軽量化した。サーボモータのエネルギー損失を最大8%、保持ブレーキの消費電力を最大44%、サーボアンプのエネルギー損失を最大22%低減し、省エネルギー化を実現した。
- ⑤ 機械の特性を高精度に計測し、最適なサーボパラメータを自動調整するアドバンスドチューニング機能により、装置の立ち上げ時間を短縮できる。
- ⑥ モータ動力と保持ブレーキのケーブルを一本化した。ケーブルのコネクタ向きも変えられるため、配線の自由度が高まり、配線作業が容易である。
- ⑦ 従来品と、外形サイズ・取り付けの互換性があり、機能も踏襲しているため、置き換えが容易である。

このACサーボシステム「SANMOTION G」は、サーボ性能が大幅に進化し、信頼性をより高め、厳しい環境でも力強く、安心してご使用いただける。そして、省エネルギー化、小型・軽量化を実現するとともに、使いやすさを追求した地球環境と人にやさしい新製品である。

今後、ラインアップ拡充や、お客さまの用途に最適なカスタマイズ製品を、お客さまと深く関わりながら開発を進める所存である。

サーボモータの従来品は、SANMOTION Rシリーズです。サーボアンプの従来品は、SANMOTION R 3E Modelです。EtherCAT®は、Beckhoff Automation GmbH (ドイツ)よりライセンスを受けた特許取得済み技術であり登録商標です。

執筆者

小林 剛

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。

三澤 康司

サーボシステム事業部 設計第一部
サーボモータの開発, 設計に従事。

牧内 一浩

サーボシステム事業部 設計第二部
エンコーダの開発, 設計に従事。

堀内 学

サーボシステム事業部 設計第一部
サーボモータの開発, 設計に従事。

相良 弘樹

サーボシステム事業部 設計第一部
サーボモータの開発, 設計に従事。

三浦 武志

サーボシステム事業部 設計第一部
サーボモータの開発, 設計に従事。

山崎 智仁

サーボシステム事業部 設計第二部
エンコーダの開発, 設計に従事。

手塚 将来

サーボシステム事業部 設計第二部
エンコーダの開発, 設計に従事。

岡崎 哲也

サーボシステム事業部 設計第二部
エンコーダの開発, 設計に従事。

山口 大輔

サーボシステム事業部 設計第二部
エンコーダの開発, 設計に従事。

花岡 優太

サーボシステム事業部 設計第二部
エンコーダの開発, 設計に従事。

中村 友紀

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。

石崎 圭介

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。

平出 敏雄

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。

西沢 英朗

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。

宮下 正樹

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。

SANYODENKI

Technical Report

54

November
2022

<https://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 児玉 展全

編集委員会 馬場 俊彦(委員長)
小野寺 悟(副委員長)
小林 孝至(委員兼事務局)
塚田 志保(委員兼事務局)
稲村 里紗(委員兼事務局)
大野 耕嗣
石田 誠
倉石 大悟
吉池 仁志

羽田 格彦
北澤 誠
押森 卓男
小峯 理恵子

発行日 2022年11月15日(年2回発行)