

新たな夢を実現する技術

大澤 穂波
Honami Osawa

1. まえがき

冷却ファンに求められる市場の要求は高風量、高静圧、低騒音、低消費電力と多岐にわたってきた。こうした要求は市場の変化とともに高いものになり、当社ではその要求に応えるために新しい製品を開発してきた。今後、市場の要求はさらに高くなることが予想でき、それに応えるためには新たな技術を取り入れることが不可欠である。

また、冷却ファンの遠隔操作および状態を監視することで装置の予防保全を実現することや、各種センサと組み合わせることによって装置を効率的に冷却・換気したいといった市場の要求に応えるために、当社では業界に先駆け、ネットワーク環境に接続でき、かつ外部端末から遠隔操作・状態監視ができるIoT対応のSan Aceコントローラを開発した。この製品は、新たな市場として、住宅・住設機器、産業機器、農業関連機器なども視野に入れて開発しており、冷却ファンによる換気、気圧制御、湿度制御など環境を調整する用途も考慮している。この製品に対しても新たな機能の要求が出てきている。

本稿では、今後求められる冷却ファンの高性能化を実現する技術と、冷却ファンを制御するためのコントローラの新たな技術について述べる。

2. 冷却ファンの高性能化

2.1 前述

それぞれの要素の高性能化について述べる前に、当社冷却ファンの1機種を例に風量－静圧特性例と同機種の構造および特性から求められる流量－圧力特性を示す。

図1は当社ファンの風量－静圧特性の一例である。本例では、ある同じサイズの古い機種から最新の機種まで、最高風量品の風量－静圧特性を示した。製品化の順番は、FAN A, B, C, D, Eである。製品化された順番で風量－静圧特性が向上しているのがわかる。

これらの機種について、無次元化したのが図2である。この処理を施すことで羽根－フレームの特徴（高風量タイプ、高静圧タイプなど）がわかる。

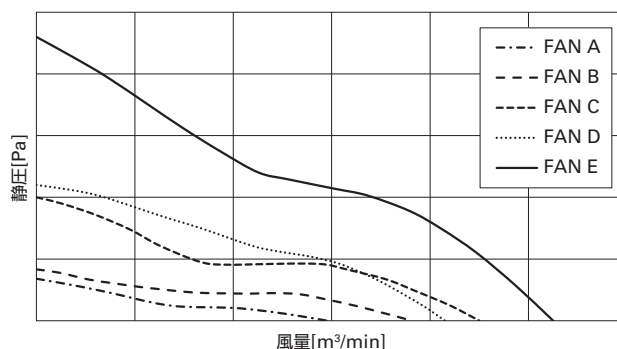


図1 風量－静圧特性例

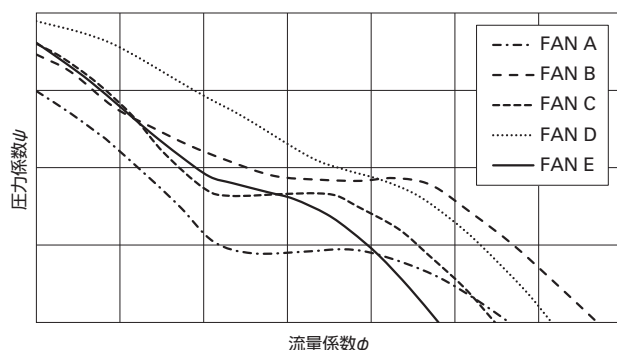


図2 流量－圧力特性

流量－圧力特性は羽根・フレームによる空力特性を示すものであり、基本的な考えとしては、数値が大きいほど（グラフの右上に位置するカーブほど）空力特性が高いと言える。

この2つの比較から言えることは、新しい機種の風量－静圧特性は圧倒的に高いが、羽根・フレームの空力特性が高いということではなく、モータ、回路との組み合わせで、高い風量－静圧特性を実現しているということである。

したがって、冷却ファンの高性能化は、以下の3つの性能をバランスよく向上させることが重要である。

- ① 空力性能
- ② モータの性能
- ③ 駆動回路の性能

また、図1, 2の例では同じサイズの冷却ファンを例にしている。したがって図2のグラフは、同じ回転速度での空力特性の比較と言える。ゆえに、高風量—高静圧を実現している技術は、モータの高回転化の依存度が大きい。

上記要素の高性能化について述べる。

2.2 空力性能の高性能化

羽根・フレームの設計は従来、カットアンドトライによる繰り返し設計が必要で、完成までに多大の時間と労力が必要であった。

近年、コンピュータの高速化とシミュレーション技術の向上で設計の自動化の可能性が高まってきた。必要な性能を条件として与え、コンピュータに試行錯誤させ、最適な形状を設計させる“自動探査による最適化設計”が現実的になってきており、当社でもこの取り組みをすすめている。

図3に自動探査による最適化設計の例をあげる。

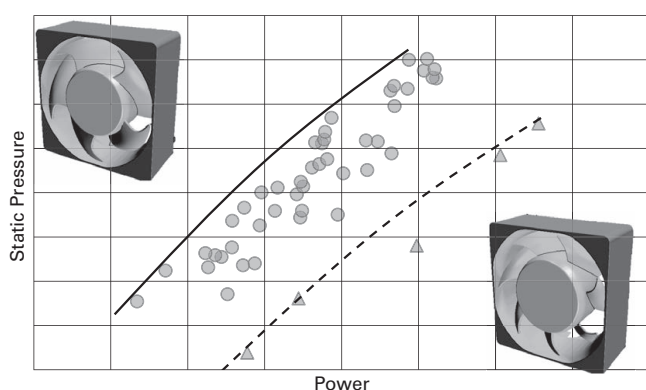


図3 自動探査による最適化設計の例

この例では、横軸に電力、縦軸に静圧を見ており、左上に位置するものほど高効率な羽根・フレームであると言える。従来のカットアンドトライによる手法では△プロットの性能であったが、最近の研究では○プロットの結果が得られている。これは新しい取り組みにより、同じ静圧値で低電力の冷却ファンが実現できる可能性が見えたことを示している。

自動探査による最適化設計は、過去の製品ノウハウをパラメータとして引き継ぐことと、さらに新しい要素を加えることで、全く新しい発想の羽根・フレームを設計できる。これにより、業界トップ性能の冷却ファンの実現を目指す。

2.3 モータの高性能化

2.1で述べたが、新しい機種ほど空力性能が高いということではない。空力性能が高い羽根・フレームの組み合わせでは、モータに大きなトルクが必要になり、大きなトルクを発生するためにはモータの直径が大きくなる傾向である。その結果として通風面積が小さくなるのが一つの要因となり、図2のような空力特性の差が生じる。

トルク・信頼性を維持したまま、モータの径を小さくすることができれば、空力特性の高い羽根・フレームと組み合わせることが可能である。

次に、モータの小型化・高効率化について述べる。

モータの高効率化は、すなわち損失の低減である。モータの損失には、以下の3つがあげられる。

- ① 銅損
- ② 鉄損
- ③ 機械損

このうち大きな割合を占めるのが①と②である。

次項では、それぞれの損失について低減技術を述べる。

2.3.1 銅損の低減

銅損を低減するための技術は下記である。

- ① 磁力の強いマグネットの採用

磁力の強いマグネットの採用については、より少ない電流で十分なトルクを発生させるために必要であり、現在主流のフェライト磁石に代わり、ネオジム、アルニコ、サマリウムコバルトなどの希土類磁石を使いこなしていくことで銅損低減に繋がる。

- ② 巻線占積率の向上

巻線占積率の向上については、モータの巻線抵抗と電流によるジュール損失を低減するために必要があり、導体断面積の増加と、巻線技術の工夫により実現できる。

具体的には、導体断面積の増加のためには、平角線の採用、巻線技術の工夫については、整列巻きなどが占積率向上に繋がり、銅損低減に寄与する。

2.3.2 鉄損の低減

鉄損は、磁性体の材料やステータ（鉄心）の形状・構造を工夫することによって低減することが可能である。

主にステータについての技術を述べる。

- ① 低鉄損かつ高磁束密度の電磁鋼板を検討

現在のステータには珪素鋼板を使用しているが、最近注目されている材料として下記がある。

- Fe基アモルファス
- ナノ結晶軟磁性材料
- Fe圧粉磁心

これらは、いずれも低鉄損や渦電流損が抑えられる特徴を有し、今後のステータ材料として検討に値すると考える。

- ② 電磁鋼板の板厚最適化検討

現在、電磁鋼板は0.35mm厚のものが良く使われているが、高回転化にともなう駆動周波数の増加により、渦電流損も増加している。この解決策は、より薄い鋼板を積層して渦電流損を低減することである。

③ モータの磁気回路設計

上述した銅損低減、鉄損低減の検討を取り入れ、必要な仕様のモータを実現するためには、モータ内部のスペースをうまくバランスさせることが重要である。

現在、モータ設計には電磁界解析が欠かせない。構造体と磁気回路を、解析技術などを用いてバランスさせ、高効率かつ高信頼性のモータ設計をおこなう。

2.4 回路の高性能化

冷却ファンの高性能化にともない、電力は増加しており、大電流を駆動する素子の使用が必要になる。一般的にこのような素子はサイズが大きく、また、発熱も大きい。一方で、空力の最適設計を優先した場合、基板のために確保できるスペース（直径）には制約が生じ、電子部品の搭載可能な面積は減少する。

このため、回路設計には、以下の2つが求められる。

- ① コンパクトな部品実装
- ② 電子部品・基板の熱対策

次項では、それぞれの課題に対して解決技術を述べる。

2.4.1 コンパクトな部品実装

上述したように、空力の最適設計により、基板のために確保できるスペースには制約が生じ、電子部品の搭載可能な面積は減少する。これを解決する技術として、以下の2つが考えられる。

- ① 部品点数の削減
- ② BGA, LGA パッケージ部品の採用

部品点数の削減については、IPMなどのモジュールを使用することがあげられる。IPMは、パワーデバイスと駆動回路を統合してモジュールを構成しているため部品点数の削減ができ、実装の省スペース化、基板の小型化に寄与する設計が可能である。

図4に従来の回路例を、図5にIPM使用の回路例を示す。

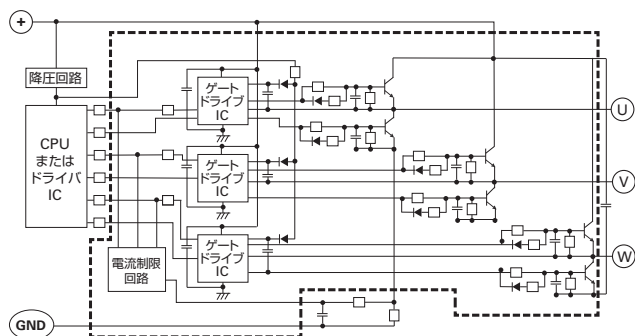


図4 従来の回路例

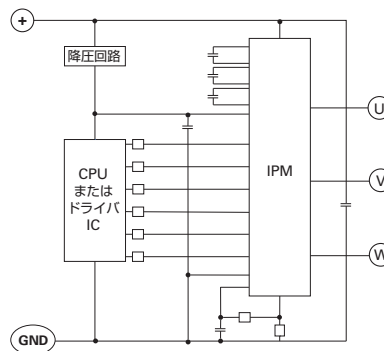


図5 IPM使用の回路例

この例では、図4の点線内の部品がIPMに集約されるので、部品点数の削減、実装面積の削減に貢献できる。

BGA, LGAパッケージ部品の採用については、リードがパッケージの外に出ない電子部品を使用することで実装面積の削減に貢献できる。

これらの技術は、当社冷却ファンの一部製品にすでに適用しており、今後さらに適用は広がると考える。

2.4.2 電子部品・基板の熱対策

冷却ファンのモータ・回路部は一般的に密閉されていない構造で、動翼が回転することで発生する空気の流れによる対流と放射による放熱で熱対策をおこなってきた。

回路部においては、消費電力が高くなり、実装密度が上がると、従来の方法だけでは冷却が困難になることが予想できる。このため冷却ファンの回路設計においても、今後は従来の方法に加え、伝導を意識した設計により放熱することが必要になる。

伝導による放熱は、近年、スマートフォンやデジタルカメラ、ECUなど小型で密閉された機器での実績があり、冷却ファンの回路部においても参考にすべき手法であると考えられる。

密閉された機器の高放熱化の手法については、以下の①～⑤がある。

- ① 部品-基板間の熱抵抗低減
- ② 基板の熱伝導向上
- ③ 接触熱抵抗低減
- ④ ヒートスプレッド活用
- ⑤ 筐体の熱伝導性能向上

参考例を図6に示す。

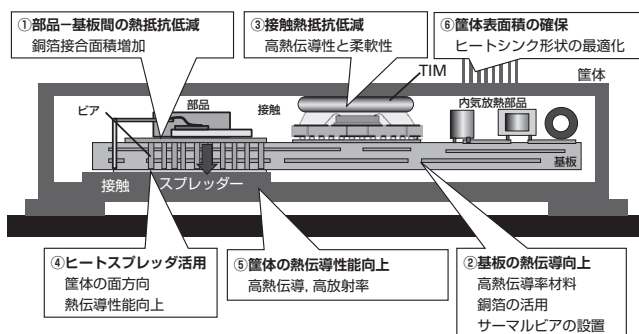


図6 密閉された機器の高放熱化

これらの放熱手法を冷却ファンに取り入れることで、電子部品の発熱を放熱でき、さらなる信頼性向上に繋がる。

3. コントローラの新しい技術

3.1 前述

冷却ファンの遠隔操作および状態を監視することで装置の予防保全を実現することや、各種センサと組み合わせることによって装置を効率的に冷却・換気したいといった市場の要求に応えるために、当社ではSan Aceコントローラを開発した。

製品リリース後、市場から下記のような要求が出てきている。

- ① 新しいセンサによる監視と制御の追加
- ② オープンネットワーク対応

それぞれについて対応を述べる。

3.2 新しいセンサによる監視と制御の追加

現行のSan Aceコントローラは専用に開発した下記のセンサに対応している。

- ・ 温度センサ
- ・ 湿度センサ
- ・ 気圧センサ
- ・ 加速度センサ

そして、市場からは、以下のセンサに対応することを求められている。

- ・ ダストセンサ
- ・ においセンサ
- ・ 人感センサ

これらの専用センサを開発し、San Aceコントローラに機能を追加することで、顧客の要求に応えられる。

3.3 オープンネットワーク対応

現行のSan Aceコントローラの有線通信はEtherNETである。市場からは、EtherCATやOPC UAなどのオープンネットワークに対応したスレーブ（センサや外部機器）との連携が求められている。

図7に現行仕様の接続例、図8にオープンネットワーク対応仕様の接続例を示す。

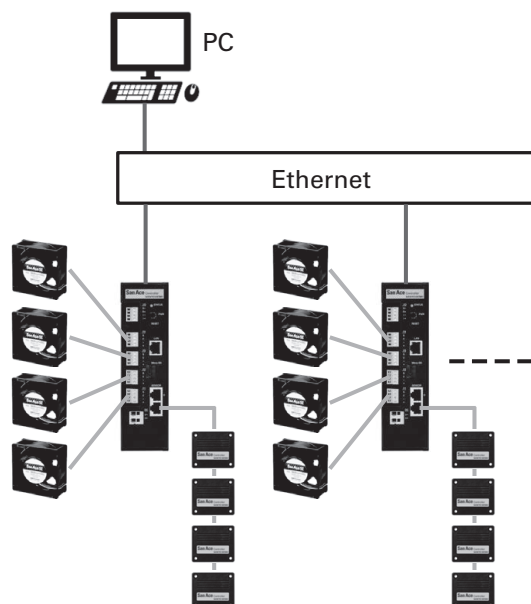


図7 現行仕様の接続例

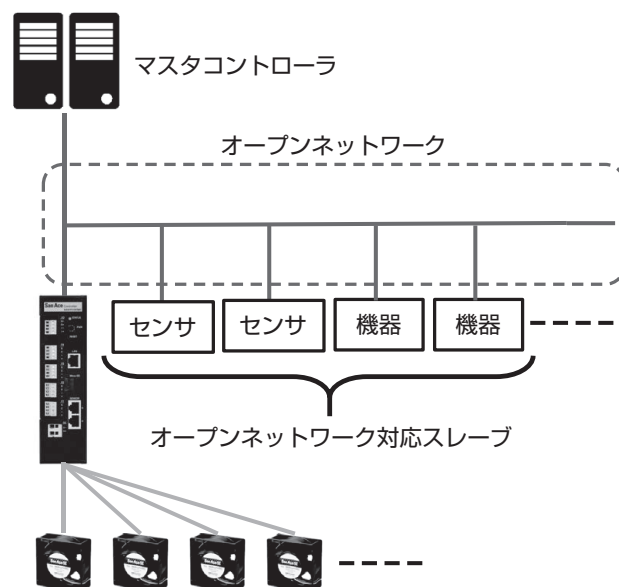


図8 オープンネットワーク対応仕様の接続例

オープンネットワークに対応したコントローラについては新規開発が必要になるが、市販されているスレーブを使用することが可能になる。その結果、顧客が実現できることが増えるため、今後検討していきたい。

4. むすび

本稿では、冷却ファンの高風量化、高静圧化のための技術と、コントローラの新しい機能と仕様について述べた。

冷却ファンに対する市場の要求は、高風量、高静圧だけでなく、低騒音、低消費電力、低価格などの要求もある。これらの要求に対しても新しい技術や視点で解決していきたい。

コントローラについては、現行製品は業界初のIoT製品であり、今後新たな要求が出てくることが予想できる。新たな要求には、機能追加で実現可能なものと、新しいコントローラの開発が必要なものがあり、検討していきたい。

クーリングシステム事業部設計部では常に新しい製品を開発し続ける。新しい製品は常に業界トップを目指す。さらに、今まで以上に市場の変化・要求を理解し、最適な製品提供や迅速なカスタマイズにより、お客さまの夢の実現に貢献できる製品を開発・提供していく所存である。

文献

- (1) 国峰 尚樹：「5G時代に向けた高密度電子機器の熱対策」
日経XTECHラーニング セミナーテキスト(2020.7)
- (2) 一ノ倉 理：「最近のモータ技術」
http://www.aki.che.tohoku.ac.jp/170116web/O.lchinokura_web0118.pdf (2020.8.24)
- (3) 村上 直樹ほか7名：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
SANYO DENKI Technical Report, No.48, pp.8-13 (2019.11)
- (4) 渡辺 道徳：クーリングシステム事業部、2019年の技術成果
SANYO DENKI Technical Report, No.49, pp.3-5 (2020.5)

執筆者

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。