

斜流ファンの開発

喜読 英雄
Hideo Kitoku

竹内 豊
Yutaka Takeuchi

河合 正則
Masanori Kawai

関口 孝
Takashi Sekiguchi

1. まえがき

モータは電気エネルギーを回転動力に変換する回転電気機械であるが、エネルギー変換の際、変換損失として熱を発生する。この発生熱はモータの寿命に大きく影響するので、いかにしてこの発生熱を取り去るかがモータにとって重要となる。

モータの発生熱は伝導、対流、放射により外部に放出されるが、小型のモータでは使用する材料や、外周の形状などを工夫して自然放出を図っている。しかし単位面積当たりの熱放出量は小さく経済的に限界があるので、中・大型モータでは、冷却ファンを用いて機械的手段により強制対流方式を採用している。可変速モータに対しては、モータ軸に取り付けた冷却ファンでは低速時に冷却風量が不足することから、独立した冷却ファンを用いることになる。

冷却ファンは、モータの性能や経済性を左右する重要な役目をもっている。

筆者らはモータ用の冷却ファンとして、斜流ファンの開発に成功したのでその概略を紹介する。

2. 開発の背景

当社のACサーボモータ「S」シリーズ(誘導型サーボ)の「S4」・「S6」モータの開発を行った時に、開発コンセプトとして「人にやさしい 壊れにくいモータ」を掲げ、目標を次の3点においた。

1. 低騒音
2. ダウンサイジング
3. 長寿命

この目標を達成するには、冷却ファンが既製品では満足できず、オリジナルの冷却ファンを開発する必要があった。

3. 斜流ファンの特長

冷却ファンの種類を大別すると軸流ファン、遠心ファン、斜流ファンに分けることができる。各タイプの静圧－風量特性の概念図を[図1](#)に示す。

モータ用冷却ファンの静圧－風量特性はどのようなべきかを考えた時、複雑なモータ通風路の高圧力損失のもとで、所望の風量を確保するには、遠心タイプでは風量が不足し、軸流タイプでは風圧が低いため、風量・風圧特性において斜流ファンが最適で

あるとの結論にいたった。

しかし、斜流ファンに関する文献や使用実績は少なく、基本的な部分はほとんど実験によって確認せざるを得なかったが、基本性能が確保できた後は、「ファンの相似則」を利用して風量、騒音などの特性の改良がスムーズにできた。

今回開発した斜流ファンの外観を図2に示す。

図3に斜流ファンの構造を示す。円すい状のカップと傾斜を設けたケーシング間で風を送る構成である。風量と騒音特性を考慮しカップの角度 $\theta 1$ と、ケーシング角度 $\theta 2$ が決定される。カップの角度 $\theta 1 < 30^\circ$ では軸流の、また、 $\theta 1 \geq 45^\circ$ では遠心ファンの特性に近づく。実験により $\theta 1$ は、風量、騒音特性の最適値を選択している。

ケーシングの角度 $\theta 2$ は、吸込面積と吐出面積および風の流れを考慮し、種々実験の結果 $\theta 2$ を決定した。

また、内部への水の浸入を防ぐためのラビリンス構造をはじめとし、防水構造を備えている。

以降、斜流ファンの特性を説明する。

3.1 風量と騒音

1. 斜流ファン単体の特性として、カップへの羽根取付角 α は風量、騒音特性に大きく影響した。実験により図4に示すごとく、羽根取付角 α の最適値を採用した。
2. 流路の装置圧力損失は風量、騒音の両面に対して影響が大きく、斜流ファンの採用のみでは目標達成が不可能であり、モータ通風路の工夫も必要であった。今回はモータ通風路面積を限られた条件のもとで最大となるようにし、モータ通風路の形状を工夫して乱流を避け、モータ冷却用フィンを兼ねた静翼を設けて、配置にも工夫し、層流となるようにした。
3. これらトータルの結果として、現行（軸流ファン）と比較して風量を約1.5倍、騒音を7dB低減することができた。図5に現行（軸流ファン）と比較した風量、騒音特性を示す。モータ+冷却ファン組合せ時の特性は、モータ圧力損失カーブとの交点で表される。

工作機械主軸用モータの出力7.5~30kWにおける騒音の他社比較を図6に示す。斜流ファンを採用した当社の「S4」モータは、他社と比較して大幅な低騒音が実現できた。

3.2 長寿命

1. 斜流ファンの羽根材質は現行どおり鉄製とした上でインナーロータとして回転部の軽量化と軸受サイズの選定により、軸受疲れ寿命を現行の2倍と長寿命化を図った。
2. 構成部品の剛性を高めることで、振動G耐量を現行の2倍以上とした。
3. 図3の構造に示す様に、回転部と固定部の間にラビリンス構造を採用し、水抜き用の穴を設けて保護等級IP45を達成した。

3.3 電気特性

斜流ファン用のモータは当社で既存の型を使用することで開発費用を抑えた。設計の自由度が制限を受ける中で、3相巻線とし電気・磁気装荷の配分の最適化を図り、効率と過負荷耐量を大幅にアップした。表1に電気特性を示す。

入力電力を半減させて省エネを実現し、連続使用電圧範囲を現行の180～200Vから170～253Vに拡大できたので、電源事情の悪い地域でもトラブルが少なくなると考えている。

表1 電気特性

項目	単位	現行	斜流ファン
羽根外径	mm	φ200	φ170
電圧	V	200±10%	200～230±10%
相数		1	3
周波数	Hz	50/60 ±3	50/60 ±3
定格入力 *	W	100/90	47/56
定格回転数 *	min ⁻¹	2750/3200	2660/2900
定格電流 *	A	0.75/0.65	0.17/0.17
保護形式		IP30	IP45

* は200V時の値を示す

4. むすび

以上紹介したように、今回開発した斜流ファンは、当初の目標を上回り、改善が望まれていたニーズに充分応えることができると考える。この冷却ファンは、モータの立場から開発したもので、「モータに合った冷却ファン、冷却ファンに合ったモータ構造」を追求した。モータ冷却用としてより理想に近づくことができたと考える。

なお、斜流ファンに関する特許を3件出願済で、TÜV認定試験にも合格し、量産化した。中・大型モータの冷却用として、この斜流ファンの採用がますます増えていき、ユーザ各位の期待に応えられるものと考えている。

喜読 英雄
1963年入社
サーボシステム事業部 サーボ技術部
サーボモータの開発、設計に従事。

河合 正則
1982年入社
サーボシステム事業部 設計第4部
サーボモータの開発、設計に従事。

竹内 豊
1986年入社
生産技術開発部 技術課
要素技術・新製品の開発に従事。
技術士補(機械部門)

関口 孝
1990年入社
サーボシステム事業部 設計第4部
サーボモータの開発、設計に従事。

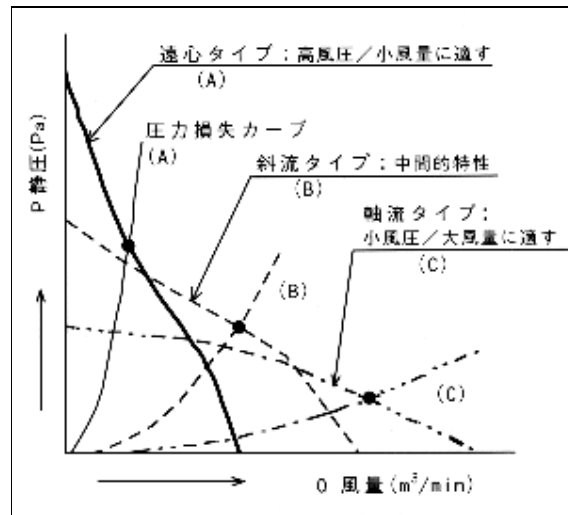


図1 冷却ファンの種類と静圧-風量特性



図2 斜流ファンの外観

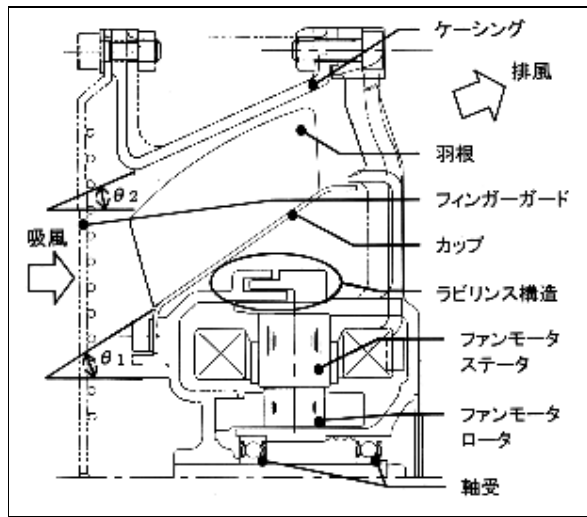


図3 斜流ファンの構造

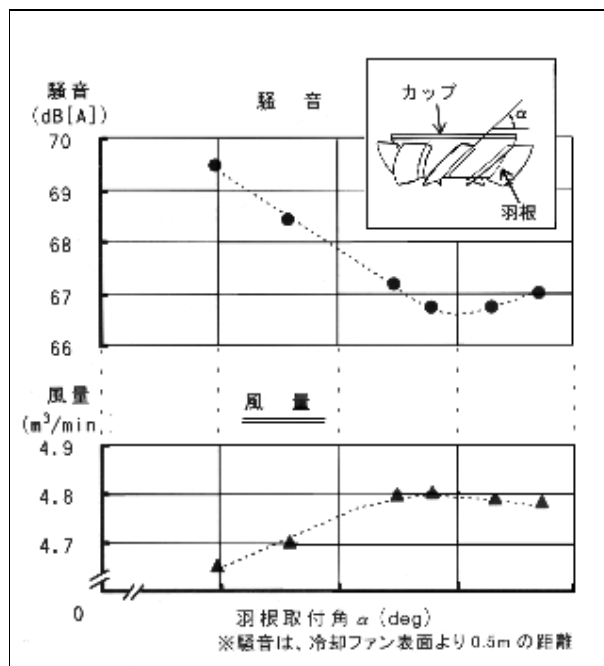


図4 羽根取付角と騒音,風量

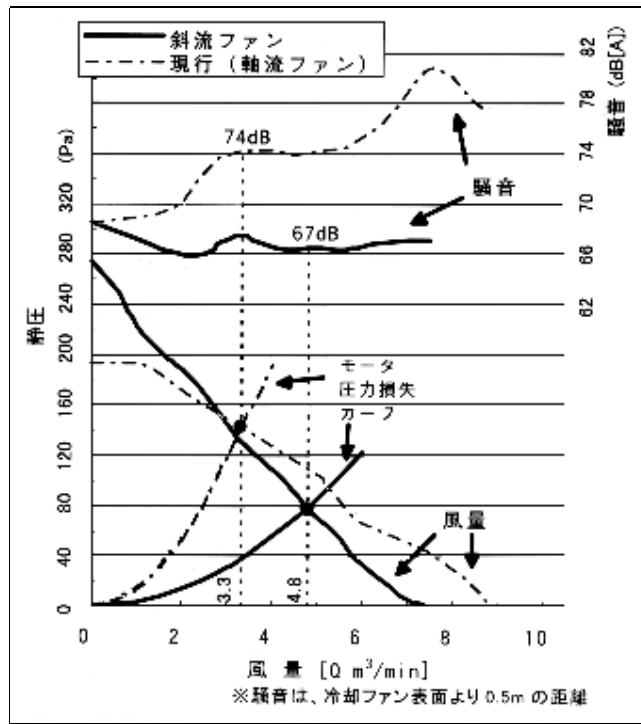


図5 現行(軸流ファン)と斜流ファンの風量, 騒音特性

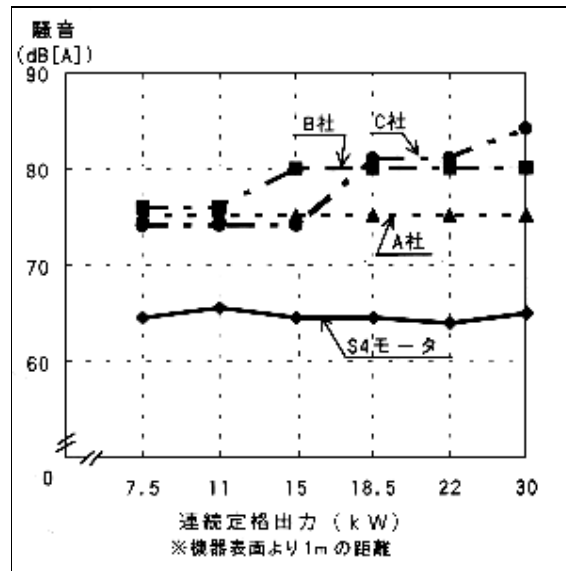


図6 騒音レベル比較