

風量一定制御機能を内蔵した商用電源直接入力ブラシレスDCモータの開発

Development of Brushless DC Motor with Built-In Constant-Airflow Control Function for Direct Input from Commercial Power Supplies

高田 昌亨* 堀田 祐希*

Masayuki Takada

Yuuki Hotta

送風機に搭載する商用電源を直接入力できるブラシレスDCモータで、送風機の風量を検知するための特別なセンサや、マイコンを使用することなく、内蔵するコンバータの出力特性制御により、送風機の風量を一定に制御する技術を紹介する。本技術を換気扇に搭載することによって、外風圧や、接続されるダクトの長さの影響を受けることのない適正風量での換気が実現でき、快適な室内空気質を提供できる。

We introduce constant-airflow control technology in a blower with a brushless DC motor for direct input from commercial power supplies, which is achieved by controlling the converter output characteristics without any special sensor or microcomputer for sensing the blower's airflow. By applying this technology to a ventilator, comfortable indoor air quality can be provided with optimum ventilation airflow at any outside wind pressure or any duct system length.

1. 風量一定制御技術の概要

風量一定制御とは、送風機においてダクトの長さや配管工事の状態、さらに施工後に生じるフィルターの目詰まりや外風圧など機器に対する圧力抵抗の変化が生じても、一定の風量で送風機を運転する技術である。

その制御法として、送風機の機内圧と大気圧との圧力差を検出する差圧センサを取り付けて実現する方法があるが、環境条件によっては長期の信頼性に課題がある上、差圧センサの最適設置位置の設定や、マイコンを用いた制御回路が必要となり、その制御回路の設置スペース確保のために、機器が大型化するという課題がある。

また、送風機のファンを駆動するブラシレスDCモータへの印加電圧または電流と、回転数との関係を異なる負荷量に対応してあらかじめ測定してマイコンのROMに記憶し、運転時に印加電圧または電流と、回転数とを検出し、検出した印加電圧または電流と、回転数の両方が、あらかじめ記憶されたデータと一致するように印加電圧を可変制御して実現する方法もある。しかし、負荷量を得るためのデータや設定風量を満たす回転数を実験的に作成しておく必要がある上、多量のデータの記憶および回転数を正確に検知するために、やはりマイコンを用いた制御回路が必要となり、上述したとおり機器が大型化するという課題がある。

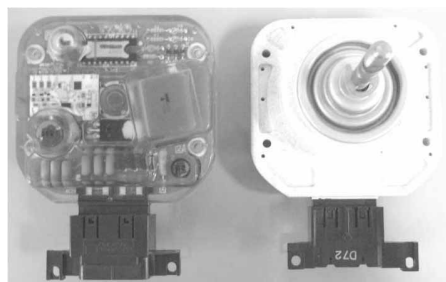
本稿で解説する商用電源直接入力ブラシレスDCモータは、一般流体における相似則による軸動力と、ブラシレスDCモータの特性式におけるモータ出力は等しいことから、送風機の風量はブラシレスDCモータの巻線へ印加す

る印加電圧と、巻線に流れる電流の比 (V/I) の関数になることを利用している。具体的には、入力された商用電源を変換して、ブラシレスDCモータの巻線へ電源を供給するコンバータの出力電圧と電流の比 (V/I) が一定となる相関をもつことで、風量を検知する特別なセンサや、マイコンを必要とすることなく、風量一定制御を可能とするものである¹⁾。

2. ブラシレスDCモータの仕様

2.1 ブラシレスDCモータの外観

ブラシレスDCモータは商用交流電源に直結する構造であり、整流平滑回路、DC/DCコンバータ、モータドライブ回路をモータの内部に内蔵し、外被をUL94V-0の熱硬化性樹脂にて一体的にモールドしている(第1図)。



第1図 ブラシレスDCモータの外観

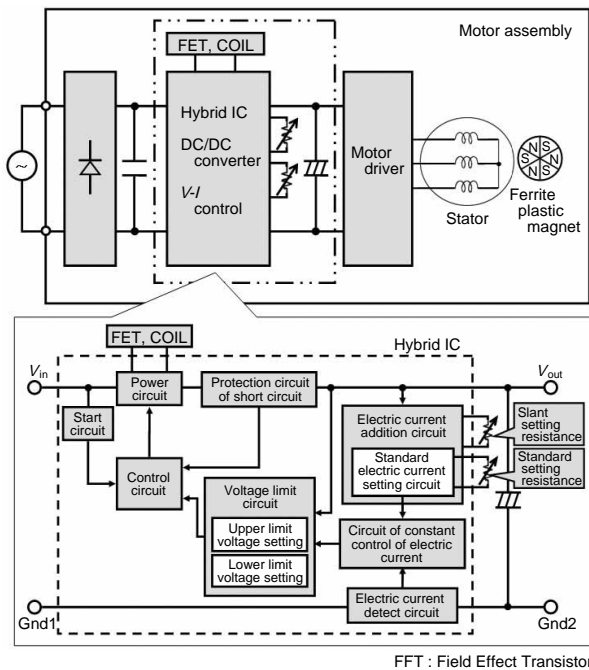
Fig. 1 Externals of brushless DC motor

2.2 システムの構成

モータに供給される商用交流電源は整流平滑され、DC/DCコンバータに供給される。DC/DCコンバータは入力直流電圧を自励スイッチングで降圧チョップ方式のスイッチング電源と、定電流制御回路と、電流加算回路よ

* パナソニック エコシステムズ(株) デバイス開発センター
Device Development Center, Panasonic Ecology Systems Co., Ltd.

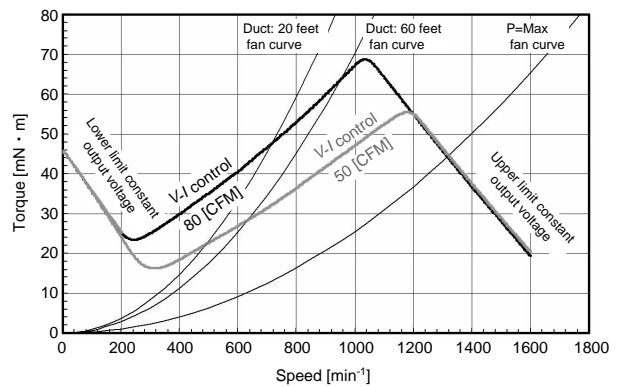
り構成され、出力電圧が高くなるに従い、電流が線形的に増加するよう制御するV/I制御型である。定電流制御回路はスイッチング電源の出力電圧を用いて動作するとともに、負荷電流を検出し、指示電流となるよう、スイッチング電源の出力電圧を可変している。電流加算回路はスイッチング電源の出力電圧に応じて定電流制御回路にて制御する指示電流を変化させる。そして、DC/DCコンバータの出力電圧はモータドライブ回路に供給される(第2図)。また、DC/DCコンバータの出力特性における電流/電圧における傾斜率と、電流レベルの設定は外付けする抵抗値によって、可変できるようにしており、電流レベルの切り替え設定は3段階まで可能としている。



第2図 ブラシレスDCモータの概略構成
Fig. 2 Block diagram of brushless DC motor

2.3 出力特性

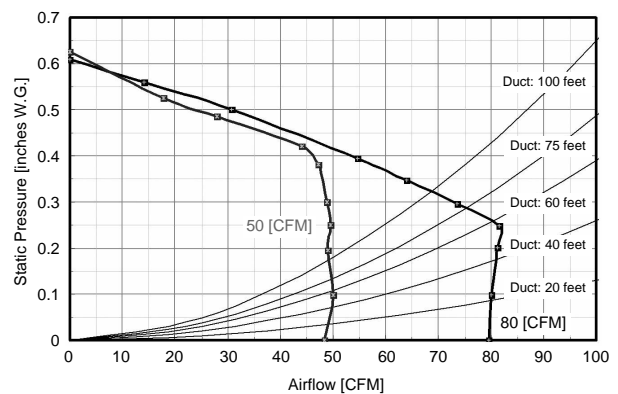
出力電圧が高くなるに従い、電流が線形的に増加するよう制御するV/I制御型のDC/DCコンバータの出力特性によって、送風機としての実使用域となる $300 \text{ mm}^{-1} \sim 1000 \text{ mm}^{-1}$ において、モータの出力特性は、回転数が上昇するにしたがって、出力トルクも上昇する特性となる(第3図)。



第3図 ブラシレスDCモータの回転数 - トルク特性
Fig. 3 Characteristics of motor's speed and torque

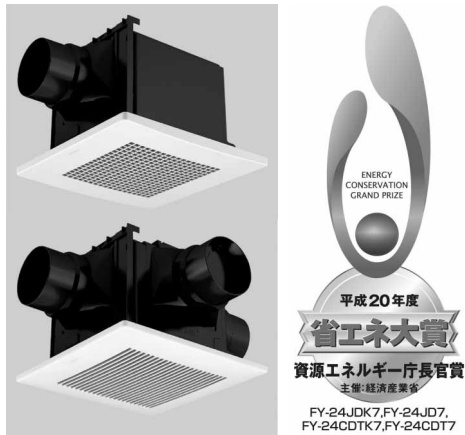
3. 換気装置への応用

本モータを換気装置である天井埋込形換気扇に搭載した。その風量 - 静圧特性をアメリカの試験機関であるHome Ventilating Institute (HVI) にて、HVIの基準で測定した。結果は、実使用域(ダクト長20 feet~60 feet)において、圧力損失が変化しても、誤差がほとんど無く、目標風量に対して一定の風量特性が達成でき、過換気防止による省エネ化や、換気不足解消を実現している。ここで、単位はアメリカでの風量の単位であるCFM (Cubic Feet per Minute) と、静圧の単位である inches W.G. (inches Water Gauge) にて示している(第4図)。



第4図 換気装置の風量 - 静圧特性
Fig. 4 Characteristics of airflow and static pressure

そして、日本国内にて2008年度に本モータを搭載して発売したDCモータタイプ天井埋込形換気扇は、この高機能性と、従来商品に対して、実使用時の消費電力が最大30%～50%低減の省エネ性が評価され、平成20年度省エネ大賞資源エネルギー庁長官賞を受賞した（第5図）。



第5図 天井埋込形換気扇の外観

Fig. 5 Externals of ventilating fan

4. 今後の展望

本稿で解説した風量一定制御機能を内蔵した商用電源直接入力ブラシレスDCモータは、従来の誘導電動機からの置換えが容易であり、今後の住宅用換気装置の省エネ化の核となる用件を備えている。また、住宅用換気装置のみならず、風量一定制御機能を必要とする給湯器などの機器に対しても応用可能な技術である。

参考文献

- 1) 高田昌亨 他：コンバータの出力特性制御による送風機の風量一定制御 電気学会半導体電力変換研究会資料 SPC-07-02 pp.7-12 (2007).