可変周波数駆動誘導電動機の高効率化パターン制御

正員 富田 英雄 (東京電機大)
正員 宮下 収 (東京電機大)
正員 鄭 紹 鈞 (東京電機大)
正員 羽根吉 寿 正 (東京電機大)
正員 前田 明 志 (東京電機大)

A Pattern Control for Improving Efficiency of Induction Motor at Variable Frequency Drive

Hideo Tomita, Member, Osamu Miyashita, Member, Shao-jun Zheng, Member, Toshimasa Haneyoshi, Member, Akeshi Maeda, Member (Tokyo Denki University)

キーワード：インバータ、三相誘導電動機、高効率化、電力節減法

1. ま え が き

著者らは、さきに変動負荷をもつ電動機を対象に、サイリスタ位相制御による単相および三相誘導機の電力節減を実現する電圧・電流パターン制御法を提案した^{(1)~(3)}。更には、PWM 汎用インバータで駆動した三相誘導機への適用も可能にした⁽⁴⁾が、定格周波数領域での議論に終始した。ここでは、更に可変周波数領域に拡大運転した場合について報告する。

2. インバータ運転時の電圧・電流パターン

本研究に用いた三相誘導機は、かご形、2.2 kW、200 V、9.4 A、50 Hz、4 極である。これを定電圧直流、 V/f 制御、変調周波数 2 kHz の正弦波 PWM 方式汎用インバータを直流可変電圧に改造して駆動した。周波数をパラメータにトルク-効率特性を求め、各電圧駆動において最大効率を呈する電圧と電流の関係を示し、これを直線 $V-I$ パターン化したのが図 1 である。なお、電圧は近似的に基本波実効値を示す整流形計器の指示値、電流は実効値とした。同図のパターンは原点から引ける直線であり、ただ周波数に応じて直線の傾き、すなわちインピーダンス($Z=V/I$)が図 2 のようにほぼ一次関数で変化することがわかる。

3. システム構成

例えば、最も簡単な周波数制御運転システムは図 3 のようになる。同図は PAM-PWM インバータ駆動系であるが、一定直流電圧源をもつ場合は電圧制御可能な正弦波 PWM 制御をすればよい。図 3 の $V-I$ パターンを単位法で示せば 1 対 1 であり、 $I=V$ と考えればよい。この V 信号値を周波数制御に応じて Z 係

数倍すれば所望の指令電圧 V^* を得ることができる。

図 1 最大効率運転時の $V-I$ パターン
Fig. 1. $V-I$ pattern at maximum efficiency.

図 2 周波数に対するインピーダンスの変化
Fig. 2. Impedance Z vs. frequency.

従来の三相位相制御による手法⁽¹⁾では、 V^* に対して出力電圧をあらかじめ決定することが困難であるので、誘導機入力電圧を検出して V^* との比較増幅がなされてきた。本方式では、インバータ出力電圧が V^* により一義的に決定できるので電圧の検出は不要であ

図 3 周波数制御の構成線図
Fig. 3. Block diagram for frequency control.

図 4 パターン制御による効率改善特性
Fig. 4. Improved efficiency by pattern control.

る。ただし、負荷状態すなわち電流の大きさによりインバータの内部電圧降下を伴うので、所望の出力電圧を得るためにはあらかじめ電圧降下補償系を構成する必要がある。なお、実用的に急しゅんな負荷を想定した場合、速度脱調を起こさないよう $V-I$ パターンに最小印加電圧を設定すべきである。また、図 1 の破線の右側は電圧の飽和領域であるので、電圧上昇許容範囲を超えると効率の低下はやむを得ない。

4. 最適効率運転特性

図 3 によりアナログ制御系を構成し、本手法を実験検証した。図 4 のように広範囲にわたって高効率化が達成できた。確かに 50 Hz 正弦波駆動よりも効率が低く、かつ低周波になるほど効率が低下する。これはインバータの出力電流高調波含有量に大きく依存するもので、より一層の純正弦波化が期待できれば、更に効率が向上しよう。なお、この制御によると、トルクに対して速度はほぼ一定に保たれる。

5. まとめ

従来の V/f 一定制御と比べて軽負荷において十分な効率向上が認められた。ここでは、実験を主体に有

効性を確認したが、理論的検討については別途報告する。
(平成元年 7 月 4 日受付)

文 献

- (1) S. J. Zheng, et al.: "An energy saving method for induction motor by voltage control", National Convention Record IEE Japan Industry Applications Society, No. 37 (1988)
- (2) H. Tomita, et al.: "An optimal efficiency control for energy saving of AC motor by thyristor voltage controller", IEEE IECON'88, p. 816 (1988)
- (3) 宮下, 他: 「単相誘導電動機の高効率化駆動法」, 電学論 D, 110, 82 (平 2-1)
- (4) 鄭, 他: 「インバータ駆動誘導電動機の最適効率制御法」, 平元電気学会大会, No. 603

富田 英雄 (正員)

昭和 41 年東京電機大学電気工学科卒業。現在、同大学理工学部応用電子工学科助教授。工学博士。

宮下 收 (正員)

昭和 51 年東京電機大学大学院修士課程修了。現在、同大学理工学部応用電子工学科助教授。工学博士。

鄭 紹鈞 (正員)

1982 年上海冶金学院卒業。現在、東京電機大学理工学部応用電子工学科研究生。

羽根吉 寿正 (正員)

昭和 50 年東京電機大学大学院修士課程修了。現在、同大学理工学部経営工学科助教授。工学博士。

前田 明志 (正員)

昭和 39 年東京電機大学大学院博士課程修了。現在、同大学理工学部応用電子工学科教授。理工学部長。工学博士。