

誘導電動機の磁束ベクトル推定法

野口 敏彦 高橋 勲
(長岡技術科学大学)

1. 概要 本論文では誘導電動機の磁束ベクトル推定法について述べる。この手法は一次電圧と一次電流から積介によって演算するのではなく、一次電流と回転子回転角から磁束ベクトルを推定するものである。これにより一次鎖交磁束、空隙磁束、二次鎖交磁束の各種瞬時ベクトルを共通のハードウェアで推定することが可能となる。

2. 基本原理 一般に回転子と同期して回転する座標系(α-β座標系)において、瞬時ベクトルを用いた誘導電動機の実用方程式は(1)式で与えられる。

$$\begin{bmatrix} V_{1\alpha\beta} \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_1 + (p + j\theta_m)L_{11} & (p + j\theta_m)M \\ pM & R_2 + pL_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \bar{i}_{1\alpha\beta} \\ \bar{i}_{2\alpha\beta} \end{bmatrix} \quad (1)$$

ただし、 $V_{1\alpha\beta}$: α-β座標で観測した一次電圧ベクトル
 $\bar{i}_{1\alpha\beta}$: α-β座標で観測した一次電流ベクトル
 $\bar{i}_{2\alpha\beta}$: α-β座標で観測した二次電流ベクトル
 θ_m : 回転子回転角 p : 微分演算子
 R_1 : 一次抵抗 R_2 : 二次抵抗
 L_{11} : 一次自己インダクタンス
 L_{22} : 二次自己インダクタンス
 M : 一次・二次相互インダクタンス である。

またα-β座標で観測した一次鎖交磁束ベクトル $\Psi_{1\alpha\beta}$ 、空隙磁束ベクトル $\Psi_{g\alpha\beta}$ 、二次鎖交磁束ベクトル $\Psi_{2\alpha\beta}$ はそれぞれ $\bar{i}_{1\alpha\beta}$ 、 $\bar{i}_{2\alpha\beta}$ を用いて(2)式で表わされる。

$$\begin{bmatrix} \Psi_{1\alpha\beta} \\ \Psi_{g\alpha\beta} \\ \Psi_{2\alpha\beta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} L_{11} & M \\ M & M \\ M & L_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \bar{i}_{1\alpha\beta} \\ \bar{i}_{2\alpha\beta} \end{bmatrix} \quad (2)$$

ここで(1)式の第2行より $\bar{i}_{2\alpha\beta}$ は
$$\bar{i}_{2\alpha\beta} = -pM\bar{i}_{1\alpha\beta} / (R_2 + pL_{22}) \quad (3)$$
 と求められるが、これを(2)式へ代入すると各磁束ベクトルは(4)式のように変形できる。

$$\begin{bmatrix} \Psi_{1\alpha\beta} \\ \Psi_{g\alpha\beta} \\ \Psi_{2\alpha\beta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{L_{11} \{1 + p(L_{22} - \frac{M^2}{L_{11}}) / R_2\}}{1 + p(L_{22} / R_2)} \\ \frac{M \{1 + p(L_{22} - M) / R_2\}}{1 + p(L_{22} / R_2)} \\ \frac{M}{1 + p(L_{22} / R_2)} \end{bmatrix} \bar{i}_{1\alpha\beta} \quad (4)$$

すなわちα-β座標系では $\bar{i}_{1\alpha\beta}$ だけから各磁束ベクトルを演算することが可能で、 $\Psi_{1\alpha\beta}$ 、 $\Psi_{g\alpha\beta}$ に関しては不完全微分・一次遅れ要素を、 $\Psi_{2\alpha\beta}$ に関しては一次遅れ要素を介して求められる。一方 $\Psi_{1\alpha\beta}$ 、 $\Psi_{g\alpha\beta}$ 、 $\Psi_{2\alpha\beta}$ 、 $\bar{i}_{1\alpha\beta}$ は回転子座標で観測した変数であるため、固定子座標系(d-q座標系)の変数に回転座標変換する必要がある。そこでd-q座標で観測した各変数を Ψ_{1dq} 、 $\Psi_{g dq}$ 、 $\Psi_{2 dq}$ 、 $\bar{i}_{1 dq}$ とすると、これらと(4)式の各変数の間には次の関係が成立する。

$$\begin{bmatrix} \Psi_{1dq} \\ \Psi_{g dq} \\ \Psi_{2 dq} \end{bmatrix}^T = e^{j\theta_m} \begin{bmatrix} \Psi_{1\alpha\beta} \\ \Psi_{g\alpha\beta} \\ \Psi_{2\alpha\beta} \end{bmatrix}^T, \quad \bar{i}_{1 dq} = e^{-j\theta_m} \bar{i}_{1\alpha\beta} \quad (5)$$

したがって(5)式の回転座標変換を(4)式へ適用することにより、各磁束ベクトルは一次電流と回転子回転角から求められる。以上の推定法に基づくブロックダイアグラムを図1に示す。

3. 実験結果と結言 一例として正弦波PWMインバータで三相誘導電動機を駆動した場合の Ψ_{1dq} 推定軌跡を図2に示す。写真では多少リップルを含んだ円形の磁束軌跡が良好に観測されている。本方式によれば一次電圧の積介演算が含まれないため、低速領域でも安定した磁束推定が可能で、フィルタ要素の伝達関数を撮作するだけで簡単に各種磁束ベクトルを求めることができる。

参考文献 野口・高橋 半導体電力変換研究会資料 SPC-85-48

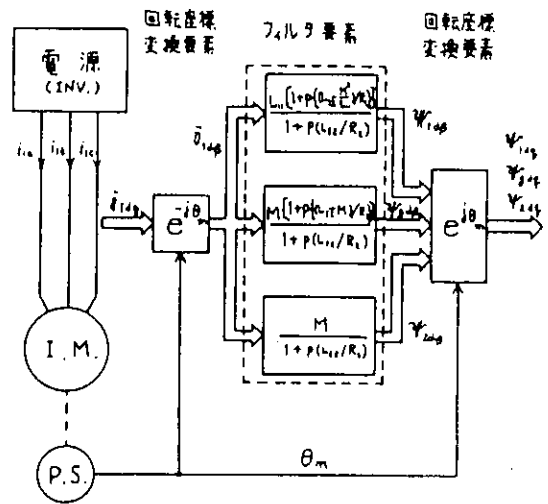


図1 磁束推定ブロックダイアグラム

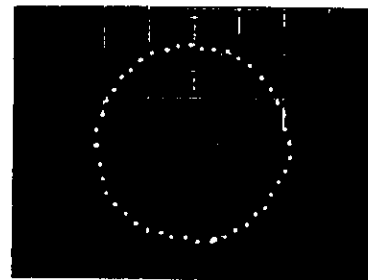


図2 実験結果 (Ψ_{1dq} 軌跡)

$V_1 = 70$ V
 $f_1 = 20$ Hz
 1.5 kW 三相
 角形誘導電動機
 4極