UDC 621.313.12:621.311.24:016.22

風力発電システムの出力係数推定方法

研究開発
ノート
60-B4

正員 松坂知行 (八戸工業大)

正員 佐々木一人 (八戸工業大)

風力発電システム（以下システムと略す）の効率の推定、制御、シミュレーションなどを行なうためにはシステムの出力係数を知る必要がある。本稿では自然風中でのシステムの運転データを用いて、その出力係数を推定する方法を述べる。

いま、一定励磁、一定負荷で運転されている風力発電機を考え、風速、出力電力、回転数の時系列データを採取する。時点 j における風力エネルギーを $W_e(j)$ 、電気的エネルギーを $E_e(j)$ 、運動エネルギーを $K_e(j)$ 、出力係数を $C_p(j)$ とすると下式が成立する。

$$C_p(j) = \{E_e(j) + K_e(j)\} / W_e(j) \quad \dots\dots\dots (1)$$

なお、 $W_e(j)$ 、 $K_e(j)$ は次式で与えられる。

$$\left. \begin{aligned} W_e(j) &= \rho \pi R^2 V^3(j) / 2 \\ K_e(j) &= J \{ \Omega^2(j) - \Omega^2(j-1) \} / 2 \Delta T \end{aligned} \right\} \quad \dots\dots\dots (2)$$

ここで、 R は風車半径、 $V(j)$ は風速、 ρ は空気密度、 J はシステムの慣性モーメント、 $\Omega(j)$ は風車角速度、 ΔT はサンプリングタイムである。

これらの測定値は、いろいろな雑音を含んでいるので、平均化のため測定値全体を M ブロックに分割し更に 1 ブロックを N 個のデータに分割する。そしてブロックごとの平均をとると、下式が得られる。

$$C_p(i) = \{E_e(i) + K_e(i)\} / W_e(i) \quad \dots\dots\dots (3)$$

ここで、 $C_p(i)$ 、 $E_e(i)$ 、 $W_e(i)$ 、 $K_e(i)$ はそれぞれ

$$\left. \begin{aligned} C_p(i) &= \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N C_p(N(i-1)+j) \\ E_e(i) &= \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N E_e(N(i-1)+j) \\ W_e(i) &= \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \frac{1}{2} \rho \pi R^2 V^3(N(i-1)+j) \\ K_e(i) &= J \{ \Omega^2(N(i)) - \Omega^2(N(i-1)) \} / 2N \Delta T \end{aligned} \right\} \quad \dots\dots\dots (4)$$

ところで、 $C_p(i)$ は周速比 $\lambda(i) = R\Omega(i)/V(i)$ に依存し、次式のように二次関数で近似可能である。

$$C_p(i) = A\lambda^2(i) + B\lambda(i) + C + \varepsilon(i) \quad \dots\dots\dots (5)$$

ここに、 $\varepsilon(i)$ は測定雑音である。この $\varepsilon(i)$ の二乗和 S を最小にするような A, B, C は、(6)式を

表 1 発電機および風車の定数

Table 1. Generator and windmill parameter.

記号	数値
R_g	1.45 Ω
r_g	0.198 Ω
L	0.5 mH
R	1.52 m
J	0.273 kg·m ²
ρ	1.224 kg/m ³
n	2.857
k_w	6

図 1 推定された出力係数

Fig. 1. Estimated power coefficient.

$$S = \sum_{i=1}^M \{C_p(i) - A\lambda^2(i) - B\lambda(i) - C\}^2 \quad \dots\dots\dots (6)$$

A, B, C で偏微分したものを零とおいて得られる方程式から求められ、従って C_p を推定できる。実際には励磁電流をパラメータとしてシステムを自然風の中で運転して得た $\lambda(i)$ と $C_p(i)$ のデータの組を用いて A, B, C を求める。表 1 は供試システムの諸元である。

本システムの出力係数を求めた結果 $A = -3.777 \times 10^{-3}$ 、 $B = 5.831 \times 10^{-2}$ 、 $C = 6.375 \times 10^{-2}$ となった。もし風力発電機の効率 η が既知であれば A, B, C を η で割ることにより風車そのものの出力係数が求められる。

本推定法を予め出力係数の既知である他の風車に適用した結果計算値とはほぼ一致し、本推定法の妥当性が示された。図 1 は本推定法で求めた出力係数である。

(昭和 59 年 10 月 18 日受付)

An Estimation Method of Power Coefficient for a Wind Power Generating System. By Tomoyuki Matuzaka, Member & Kazuhito Sasaki, Member (Department of Electrical Engineering, Hachinohe Institute of Technology).

松坂知行：正員，八戸工業大学工学部電気工学科
佐々木一人：正員，八戸工業大学工学部電気工学科