独立電源用風力タービンの性能低下に適応した回転数 2 乗負荷トルク制御 (最大電力点追従制御との比較)

Rotational Speed-Squared Load Torque Control Adapted to Performance Deterioration of a Stand-alone Wind Turbine (Comparison with Maximum Power Point Tracking Control)

学 ○中澤 健 (阪府大院) 正 涌井 徹也 (阪府大院) 正 横山 良平 (阪府大院)
Masaru NAKAZAWA, Osaka Prefecture University, 1-1 Gakuen-cho, Naka-ku, Sakai, Osaka
Tetsuya WAKUI, Ryohei YOKOYAMA, Osaka Prefecture University

1. 緒 言

離島や山岳地など給電困難な地域での利用が期待される独立電源用小型風力発電システムはメンテナンスに多くの問題を抱えている。また、回転数の 2 乗に比例した負荷トルク操作を行うことでパワー係数が最大となる周速比を保持する定周速比運転は、発電性能が高く、独立電源用システムに有効であるものの、風力タービンの性能が低下した場合には発電性能が著しく低下する⁽¹⁾。これまで著者らは、風力タービンの性能低下に応じて負荷トルク特性を適切に変化させて発電性能の低下を抑制する適応制御について検討してきた⁽²⁾。本研究では、この適応制御と同様の機能を有すると考えられる最大電力点追従 (MPPT) 制御⁽³⁾にも着目する。両運転制御方法を採用した場合のシステム性能(発電性能と出力変動特性)を数値シミュレーションを通して比較し、適応制御の優位性を明らかにする。

2. 独立電源用小型風力発電システム

対象とする独立電源用小型風力発電システムは、図 1 に示すように、風力タービン、発電機、蓄電池および制御装置から構成される。風力タービンには、風向の影響を受けずに出力を発生し、また、自己起動も行える直線翼垂直軸型風力タービンを用いる。

3. 風力タービンの性能低下

風力タービンの性能低下には様々なケースが考えられるが、図 2 に示すケースに着目する。図中のケース A は正常状態での対象風力タービンの無次元化出力特性を示しており、ケース B はケース A に比べて最大パワー係数が 30 %、無負荷周速比が 10 %それぞれ低下している。これは翼の表面粗さが増大した場合の典型的な性能低下である⁽⁴⁾。

4. システムの運転制御方法

本研究では 2 通りの運転制御方法に着目する。1 つは回転数の 2 乗に比例した負荷トルク操作を行う定周速比運転に、風力タービンの性能低下に応じた適切な負荷トルク特性を与える機能を付加したものである⁽²⁾ (以下、メソッド 1)。もう 1 つは最大電力点追従 (MPPT) 制御⁽³⁾である (以下、メソッド 2)。この運転制御方法では、回転数に比例して増加する負荷トルク特性を発電電力が最大となるように一定間隔 (本研究では 1.5 s) で常に変化させる。発電出力の変化に応じて負荷トルク特性を変化させるため、風力タービンの性能が低下した場合にも有効である。

5. システム性能の比較

2 ケースの風力タービンの出力特性に対して、1 ヶ月間の観測風況 (平均風速: 3.83 m/s) 下で運転挙動のシミュレーション⁽⁵⁾を行い、両運転制御方法のシステム性能を比較する。発電性能は実効パワー係数 (軸出力エネルギーを流入気流エネルギーで無次元化) で評価する。また、風力タービンの疲労寿命に影響する出力変動特性は軸出力動力の 1.5 s ごとの階差の 2 乗平均平方根 (RMS) で評価する。

まず、両運転制御方法の典型的な運転挙動として、ケース B の風力タービン出力特性における 4 分間の回転数と負

荷トルクの関係、軸出力動力の経時変化をそれぞれ図 3、4 に示す。メソッド 2 では、回転数の変化に対して負荷トルクが大きく変動しており、軸出力動力の変動も大きくなることがわかる。次に、算出した実効パワー係数と軸出力動力の RMS をそれぞれ表 1、2 に示す。発電性能については、両ケースで運転制御方法による差はほとんど見られないが、出力変動は両ケースともにメソッド 2 の方がメソッド 1 に比べて約 2 倍に増加することがわかる。

6. 結 言

独立電源用小型風力発電システムを対象に、回転数の 2 乗に比例する負荷トルク特性を風力タービンの性能低下に応じて適切に変化させる適応制御と MPPT 制御について、各運転制御方法を採用した場合のシステム性能を数値シミュレーションを通して比較した。その結果、適応制御は MPPT 制御と同様の発電性能を有しながら、出力変動を大幅に減少できることを明らかにした。

文 献

- (1) T. Wakui, et al., *Wind Engineering*, **32**-2, (2008), 143-162.
- (2) 涌井他, 第 32 回風力エネルギー利用シンポジウム講演論文集, (2010), 303-306.
- (3) E. Koutroulis, et al., *IEEE Trans. on IE*, **53**-2, (2006), 486-494.
- (4) W. D. Musial, et al., *9th. ASME Wind Eng. Symp.*, (1990), 63-70.
- (5) T. Wakui, et al., *Wind Engineering*, **31**-1, (2007), 43-58.

Fig. 1 Schematic of stand-alone wind turbine-generator system

Fig. 2 Output characteristic of wind turbine

Fig. 3 Relationship between rotational speed and load torque

Fig. 4 Time evolution of mechanical shaft power

Table 1 Effective power coefficient

Control method	Method 1	Method 2
Case A	0.251	0.253
Case B	0.172	0.166

Table 2 RMS of mechanical shaft power

Control method	Method 1	Method 2
Case A	23.8 W	50.2 W
Case B	15.9 W	29.7 W