

小型風力発電のための電力制御回路の開発

電子情報部 ○田村陽一 笠原竹博 加藤直孝
企画指導部 上田芳弘

1. 目的

風力による発電は、風況の変化により発電機の出電圧が大きく変動する。このため、バッテリーなど入力に一定の電圧を要求する負荷に直接発電機を接続しても効率の良い発電ができない。これを解決するため、DCDCコンバータ回路を応用し、電力を維持したまま大きく変動する発電電圧を任意の定電圧に変換する発電制御回路を使用することが一般的となっている。このような発電制御回路は、風車と発電機で構成される風力発電装置の特性を風洞実験などで測定し、その特性に合った制御ができるよう専用に設計、開発されている。

本研究は、小型風力発電装置を主な対象とし、設置され稼働中の風力発電装置の発電状況を監視し、適切な制御特性を自動的に選択することで、事前の風洞実験などを必要とせず効率の良い発電を可能とする汎用性のある発電制御回路の実現を目的とした。

2. 内容

2.1 小型簡易風洞の作製

本研究を進める上で風洞が必要となるため、送風機、送風機制御用インバータ、整流板、風洞部、風速計、プロペラ型風力発電装置、電子負荷、パソコンによって構成される図1のような小型簡易風洞を作製した。この風洞により、パソコンに風速計からのデータを入力し、送風機制御用インバータを介して送風機の回転数を制御することにより、風洞内に任意の風速の風を発生させることができるようになった。さらに、風力発電装置の出力を任意の電圧と電流の組み合わせに設定できる機能を追加した。



図1 小型簡易風洞

2.2 発電制御方法の検討

風力発電では、風が持つエネルギーが風速の3乗に比例すること、風速と発電機の回転数と発電電圧がおおよそ比例することから、発電電力が発電電圧の3乗に比例する曲線に近い特性で入力負荷を調整する機能を持つことが一般的である。この場合、風車の形状や発電機の種類によって比例定数が異なるため、風力発電装置の試作後に風洞施設を使用して、複数の定風速下で電圧と電流の組み合わせを変更しながら風力発電装置の出力を測定し、その測定結果から、発電制御回路の制御特性を決定する。図2の定風速(強)、定風速(中)、定風速(弱)のような測定結果を得られた場合、発電制御回路に制御特性Aを持たせると各風速

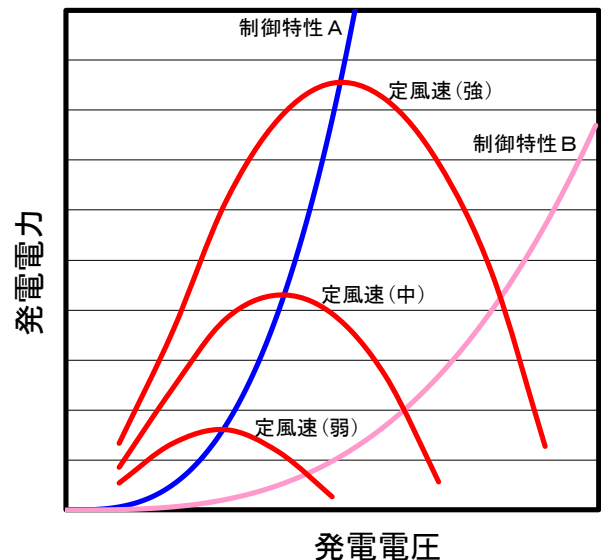


図2 最適制御特性の決定

下で高い発電電力を得られる。しかし、別の風力発電装置の制御特性Bを持つ発電制御回路を使用すると発電電力が低下する。

本研究では、図3のように電力が電圧の3乗となる制御特性を、比例定数を変えて多数用意し、電圧、電流、電力の状態から、あらかじめ用意した制御特性を切り替える方法を考案した。まず、最も急峻な制御特性を選択し、その状態での発電電力を測定、記憶する。その後、制御特性をなだらかな方へ切り替えて、発電電力を測定し、先ほど記憶した発電電力と比較、発電電力が増加していれば、制御特性を更になだらかな方へ切り替えていく。この際、比較される2つの発電電力の変化が、制御特性の切り替えによるものか、風況変化によるものかを発電電圧を確認することで判断している。

これにより、風車を設置した後、発電稼働中に高い発電電力を得られる制御特性を選択できるため、事前に風洞設備などを使った測定が不要となる。また、よく見られる少しずつ電圧を変更し最大電力を探索する方法とは異なり、風力発電装置の特性に従ったカーブを持つ制御特性を切り替えることから、発電中に風速が変わっても選択されている制御特性を大きく違えることはない。

2.3 発電制御回路の試作

前節で検討した発電制御方法を実装した発電制御回路を試作し、小型簡易風洞の風力発電装置に接続して、風速を7m/s、6m/s、5m/sと変更した時の発電電圧正規化値と発電電力正規化値の関係を図4に示す。風速7m/sで、制御特性0から開始し、制御特性をなだらかな方へ切り替えるに従い電力正規化値も増加していく。その後、制御特性9から制御特性をなだらかな方へ切り替えても電力が増加しなくなるため、制御特性9~11で安定して発電を行なうようになった。この状態から、風速6m/s、風速5m/sへ変更しても制御特性9~11から大きく外れないことを確認した。

3. 結果

風洞などによる風力発電装置の特性の測定を必要とせず、設置後の風力発電装置に接続し、しばらく稼働させることで高い発電電力を得られる発電制御方法を考案し、小型簡易風洞を用いた実験により、望ましい動作を確認できた。今後、実際の風力発電装置に取り付けて、本発電制御方法に影響を与えると考えられる発電開始時、ブレーキ動作時、バッテリー満充電時での動作を検討し、実用化に向けての検証を行なう。

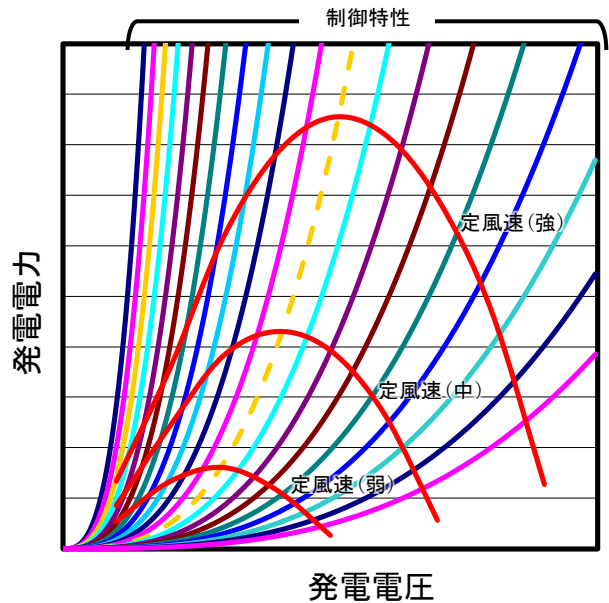


図3 比例定数の異なる多数の制御特性

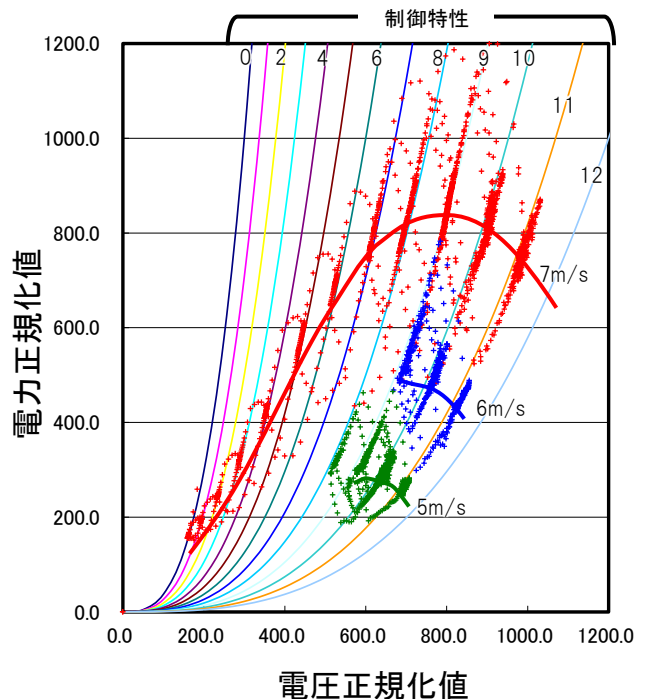


図4 適切な発電制御特性の探索