

(様式2)

学位論文の概要及び要旨

氏 名 康 仁勝 印

題 目 直線翼鉛直軸風車の過渡応答に関する実験的研究

学位論文の概要及び要旨

直線翼を備えた鉛直軸風車(VAWT)は、その特性が風向変化の影響を受けにくいこと、発電機を地表面近くに設置できること、翼の長手方向に速度が一様であること、翼の製造コストが安価になること、抗力型風車(サボニウス風車など)に比較して高効率になることなどから風力発電用として最近注目されている風車の一つである。鉛直軸風車は風向変化には影響されにくいですが、自然風の瞬間々々の風速変化に対しては当然ながら影響を受ける。水平軸風車に関しては、風速変化に対する応答性についての推論がなされているが実験はなく、鉛直軸風車の変動する風に対する応答性に関する研究は全くされていない。そこで本研究では、風力発電用風車の最適制御を念頭に置いて、風速変化に対する直線翼鉛直軸風車の基本的な過渡応答特性を明らかにすることを目的とし、一定回転数条件と一定負荷トルク条件の二つの状態の下で、 V_0 の風速から急に V_1 の風速に増加するステップ状の突風(ステップ風)に対する鉛直軸風車の過渡応答特性を実験的に解析することを目的とし、以下の研究項目に関して研究を行った。

1 直線翼鉛直軸風車(VAWT)の基本的な過渡応答特性

本実験では、 V_0 の風速から急に V_1 の風速に増加するステップ風を入力とし、初期風速を $V_0 = 10\text{m/s}$ 、風速変化幅 ΔV を 0.5m/s 間隔で設定して、最終風速 V_1 を 10.5 、 11.0 、 11.5 、 12.0m/s の4通りとした。このステップ風にさらされた時の鉛直軸風車の回転数変化およびトルク変化を計測して過渡応答特性の解析を行った。風車の初期状態としては、初期風速 V_0 において最大出力をとるトルク状態(最大出力点)と、出力が最大出力点の 80% となる高回転数状態(80% 出力点)の二通りに設定した。その結果、以下の知見が得られた。

- (1) 一定回転数条件において、風車周りの流れ場は、主流風速の増加に対してほとんど遅れなく、より強いトルクを発生する流れ場になる。
- (2) 一定負荷トルク条件では、ステップ風に対して風車の実効トルクは、初期風速のトルク状態からほぼ一定回転数を保ったまま高風速のトルク特性曲線の近傍に一気に増加し、その後、回転数を徐々に増加しながら、静的トルク特性曲線をたどるかのように移行しながら最終状態に落ち着く経過をたどる。

2 過渡応答の慣性モーメント依存性

風車の過渡応答において慣性モーメントは重要な因子である。風速変化に対する風車過渡応答の慣性モーメント依存性を明らかにするために、直線翼鉛直軸風車ローター直下の回転軸に円環状の錘を複数個取り付けることで、慣性モーメントの値（風車ローターの慣性モーメントは $I = 0.1 \text{ kgm}^2$ ）を2倍（ $I = 0.2 \text{ kgm}^2$ ）、3倍（ $I = 0.3 \text{ kgm}^2$ ）に変更できるように装置を改良し、ステップ風に対する回転数変化を一定負荷トルク条件の下で計測した。実験によって得られた結果を一次遅れ系を仮定した理論式と比較をし、詳細な考察を行って以下の結論を得た。

- (1) 回転数変化の時定数 τ_M を、上げ止まり時間 t_0 と一次遅れ系の時定数 τ の和として表わせば、回転数の変化時間は理論的に扱える。
- (2) 初期状態を最大出力点とした場合、慣性モーメント I が大きくなると、上げ止まり時間 t_0 は増加する。その回転数増加の過程で、風車は一次遅れ系の応答特性を示すのではなく、風車の静的特性に従う上げ止まり時間を含む応答特性を示す。
- (3) 初期状態を80%出力点とした場合、上げ止まり時間 t_0 は1s以下の小さい値である。すなわち、この場合は、系は一次遅れ系に近い応答をする。