

垂直軸型マグナス水力発電装置のブレード速度制御に関する検討

Considerations of a Blade Angular Velocity Control Method for a Vertical Axis Water Power Generating System with Magnus Effect

EE11 岸田 隼
指導教員 山下 健一郎

1. はじめに

筆者らは、比較的発電予測のしやすい河川での水流や潮流、海流を利用する水力発電装置の開発を行っている^[1]。提案する装置は、マグナス効果によって発生する揚力でタービンを駆動する発電装置である。図1に垂直軸型マグナス水力発電装置の構成を示す。本装置のブレードは外部電源を用いて自転する円筒(マグナスブレード)であり、同ブレードに水流が作用するとマグナス効果による揚力が発生し、タービン全体が回転する。本研究では、マグナスブレード入力電力の抑制を考慮した、ブレードの適切な回転方向並びに回転速度に関する検討を行う。

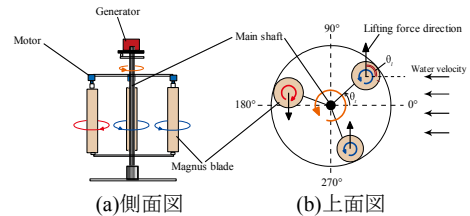


図1 マグナス水力発電装置

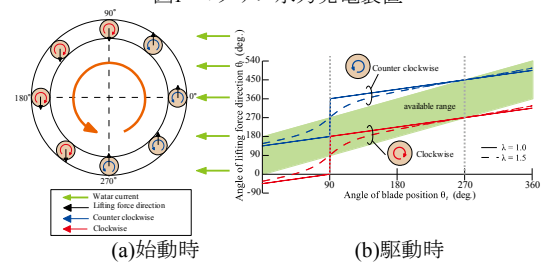


図2 ブレード位置に対する適切な揚力の方向

2. ブレードの回転方向に関する検討

本検討では解析を容易にするため、ブレードに生じる揚力の方向を流入する水流に対し、90(deg.)の方向と仮定する(ブレードが左回転の時は進み、右回転の時は遅れ)。図2にブレード位置と適切な回転の方向の関係を示す。同図(a)に示すように、タービン始動時には、ブレード位置 θ_r が 90(deg.)と 270(deg.)となる時にブレードの回転方向を切り替える必要のあることがわかる。一方、駆動時にはこれに相対流速を考慮する必要がある。図2(b)はブレード位置に対するブレードの自転方向別の揚力発生方向を示したものである。同図にはタービンが安定して駆動できる揚力発生方向の有効範囲も示してある。図より、タービン駆動時においてもブレード自転方向の切替位置は始動時と変わらず 90(deg.)と 270(deg.)となることがわかった。

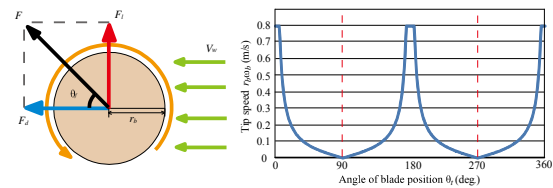


図3 適切なブレードの周速度の変化

3. ブレードの回転速度に関する検討

ブレードに生ずる揚力 F_l は次式となる^[2]。

$$F_l = 2\pi r_b^2 \rho V_w \omega_b \dots\dots\dots (1)$$

但し、 r_b :ブレード半径、 ρ :流体の密度、 V_w :流速、 ω_b :ブレードの回転角速度である。発生する揚力はよどみ点(流速が0になる点)とその他の圧力差によって生じる。理想的なよどみ点の発生にはブレードの周速度を流速の2倍とする必要があるが、2倍以上とするとよどみ点がブレードから剥離してしまう^[2]。また、ブレード位置によっては抗力の作用が大きく働いたため常に最適な揚力を必要としない。そこで本検討では周速度の上限を流速の2倍と設

定し、適切な回転速度について検討した。図3(a)にブレードに生じる合力 F (揚力 F_l と抗力 F_d の和)を、(b)に同合力をタービンの回転方向に向けるためのブレード周速度の特性を示す。なお、同図(b)は、 $V_w=0.4(\text{m/s})$ とした場合の計算値である。図より、タービン位置 θ_r が 0(deg.)と 180(deg.)の時、周速度を上限となる流速の2倍とし、90(deg.)と 270(deg.)の時、周速度を 0(m/s)となるように周速度を減少させ、回転方向を切り替えれば良いことが判明した。

4. おわりに

本研究では垂直軸型マグナス水力発電装置のブレードの回転方向及び回転速度について検討し、水流に対するタービン角度とこれらの関係を明らかにした。また、ブレードの回転速度の上限は流速の2倍となることが明らかとなった。

文献

[1] 岸田隼, 山下健一郎: 垂直軸型マグナス水力発電装置のブレード制御に関する検討, 電気学会産業応用部門大会(2014)
[2] 西海孝夫: 図解はじめて学ぶ流体の力学, 日刊工業新聞社, pp.211-239