潮流発電システムにおける山登り法による速度制御 -山登り法の停止間隔の検討-

The Speed Control using Hill Climbing Method for the Tidal Current Power Generation System —Study on the Interval of Pause for Hill-Climbing Method—

> ○大村健太¹, 辻健太郎², 直井和久², 塩野光弘² *Kenta Ohmura¹, Kentaro Tsujj², Kazuhisa Naoi², Mitsuhiro Shiono²

Abstract: We examine the control of maximum power point tracking (MPPT) using the hill-climbing method for the tidal current power generation system. This paper investigates interval of pause for the hill-climbing method from the response when current speeds change in the tidal current power generation system using the speed control system.

1. はじめに

現在主流である発電方式の代替として,再生可能 エネルギーによる発電方式が注目されている.潮流 は再生可能エネルギーの一種であり,流速が一日の 中で周期的に変化するため,潮流発電では発電電力 の予測可能な点が太陽光発電や風力発電と比べて有 利である.これまでに我々は,ダリウス形水車と二重 給電誘導発電機(DFIG)が増速機を介して接続された 可変速運転方式の潮流発電システムを提案した^[1].速 度制御方式の一つとして,山登り法による最大出力 点追従(MPPT)制御を行う方式を提案した^[2].

本稿ではこの速度制御方式を用いた潮流発電シス テムにおいて,流速が変化した場合の応答から,山登 り法の停止間隔についてシミュレーションにより検 討を行ったので報告する。

2. 潮流発電システム

図1に山登り法による MPPT 制御を行う潮流発電シ ステムの構成図を示す. ただし, a:増速比, e_{a2}^* , e_{b2}^* , e_{c2}^* :二次供給電圧のインバータ指令値, P_{To} :水車出力, P_1 :一次有効電力, P_2 :二次有効電力, P_3 :システムの発 電電力 (= $-(P_1 + P_2)$), T_T :水車トルク, T_e^* :発電機ト ルクの目標値, v:流速, ω_G :発電機回転角速度, ω_T :水 車回転角速度である.



Figure 1. Tidal current power generation system 3. 山登り法による速度制御^[2]

図 2 にある潮流流速における山登り法の動作及び 潮流発電システムの運転点を示す.山登り法は,運転 点をわずかに変化させその応答から水車出力 P_{To} の極 値を探索する方式である.発電機回転角速度 ω_{G} は, 水車トルクの発電機側換算値 T'_{T} と直線近似した発電 機トルクの目標値 T'_{e} が交わる点(運転点)で決定される. ここで α は正の定数, β , β 'は任意の定数である.図2

1:日大理工・院(前)・電気 2:日大理工・教員・電気



Figure 2. Hill climbing method and

operating point of tidal current power generation system の Casel のように T_{e1}^* に ΔT_e (正値)を減算し,回転速度 を ω_1 から ω_2 にわずかに増加させ,出力が増加した場 合は ω_2 を維持する.また,Case2のように回転速度を ω'_1 から ω'_2 にわずかに増加させ,出力が減少した場合 は ΔT_e を加算し回転速度を ω'_1 よりわずかに減少させ ω'_3 にする.これらの動作を繰り返すことにより最大 出力点(MPP)を探索する.

一般に、潮流流速の変化は一周期約 12 時間の正弦 波状の非常に緩やかな変化となるため、最大水車出 力に達したと判定した時から任意の一定時間直前の *T*^{*}を維持し山登り法の動作を停止する.この一定時間 を山登り法の停止間隔*T*_Pとする.

山登り法を用いた速度制御モデルを図3に示す.速 度制御は山登り法により発電機トルクの目標値を決 定し、それに応じた二次供給電圧を印加し可変速運 転を行う.

4. シミュレーション結果

シミュレーションは MATLAB/Simulink で行う.山 登り法の停止間隔 T_p を 0~120min の範囲で 10min 間隔 で変化させ、その応答から山登り法の停止間隔につ いて検討する.使用した潮流発電システムの諸量を 表1に示す.流速の変化は海上保安庁海洋情報部によ る明石海峡中央付近の流速の推定値^[3]より、図 4 のよ うに最大流速 3.9m/s における 1 周期 12 時間の正弦波 の半周期分とする.図5にシミュレーション結果を示 す.図5(a)に山登り法の停止間隔 T_p に対する発電電力 量 Wと山登り法の制御回数 T_c を示す.図5(a)より、半 周期間の発電電力量 Wは、 T_p = 0min で最大となった. しかし、山登り法の制御回数 T_c が多くなるため制御系



Figure 3. Speed control model using hill climbing searching

の消費電力が多くなると考えられる.そこで、各 T_P における山登り法の制御回数 T_c も考慮した評価方法を以下に示す.

まず(1)式より、 $T_p = 0$ minにおける発電電力量 W_0 を 100 とし、各 T_p における発電電力量Wの割合を%Wで 表す.

$$\%W = \frac{W}{W_0} \times 100[\%]$$
 (1)

同様に、(2)式より $T_P = 0$ min における山登り法の制御 回数 T_{c0} を100として、各 T_P における山登り法の制御 回数 T_c の割合を% T_c で表す.

$$\%T_C = \frac{T_C}{T_{C0}} \times 100[\%]$$
 (2)

%Wは高いほど評価値としては高く,%T_Cは低いほど 評価値としては高い.そこで,停止間隔T_Pを評価値 %T_Pとして求めると(3)式となる.

$$\% T_P = \% W - \% T_C [\%]$$
(3)

よって、% T_p が最大となる T_p について検討する.(3)式 により求めた各 T_p における% T_p を図 5(b)に示す.図 5(b)に示すように、 $T_p = 40$ minの時% T_p は最大となっ た.図 5(c)に $T_p = 40$ min の発電機回転角速度 ω_G を示 す. ω_G は山登り法の動作によって階段状に変化し、 最大水車出力を得る発電機回転角速度 ω_{Gmax} に対し てほぼ接近した.

5. まとめ

本稿では、DFIG を用いた潮流発電システムに山登 り法を用いた速度制御モデルを適用し、流速が正弦 波変化した場合の応答から、山登り法の停止間隔に ついて検討を行った。発電電力量と山登り法の制御回 数を考慮した評価を行った結果、山登り法の停止間 隔 $T_p = 40$ min の評価値が最も高くなることを明らか にした.

参考文献

[1] 辻ほか:「巻線形誘導発電機を用いた潮流発電装置 における速度制御システムと増速比の検討」電学論 B, vol.134, No.3, pp.256-266, (2014)

[2] 勝亦ほか:「潮流発電システムにおける最大出力点 追従制御方式-山登り法を用いた速度制御モデルの構 築-」,第 58 回日本大学理工学部学術講演会予稿 集,pp.987-988,(2014)

[3] 大阪湾海上交通センター http://www6.kaiho.mlit.go.jp/osakawan

Table 1. Specifications of the tidal current power generation system

