2007년도 대한전기학회 하계학술대회 논문집 2007. 7. 18 - 20

조류 발전을 위한 MPPT 제어 방법

최재신*, 정락교**, 한윤석***, 김진선*, 김영석*
인하대학교*, 한국철도기술연구원**, 삼성테크윈***

The MPPT control for the seeflow generation

Jae Sin Choi*, Rag Gyo Jeong**, Yoon Seok Han***, Jin Seon Kim*, Young Seok Kim*
Inha University*, Korea Railroad Research Institute**, Samsung Techwin***

Abstract - In this paper, the control method of maximum power point tracking (MPPT) using the duty ratio control of buck-type dc/dc converter is presented for seaflow generation system. The advantage of the proposed MPPT method is that characteristics of seaflow generator(SG) with respect to seaflow speed, required in the conventional MPPT method, are not needed. Also, due to using the SG output power as a control parameter, neither characteristics of the seaflow speed nor measurements of the rotational speed of the generator are required.

Thus, there are advantages that seaflow generation system having features of lower cost and complexity, and higher reliability can be designed. In this paper, Seaflow generation system using the buck-type dc/dc converter is proposed and the effectiveness of the MPPT algorithm is confirmed by matlab simulink.

1. 서 론

조류 발전 시스템은 최근 친환경적이고 안전한 신재생 에너지 자원으로 주목을 받고 있다. 조류 발전 시스템에서 가변속 발전 시스템(the variable-speed generation system)은 고정속 발전 시스템(the fixed-speed generation system)에 비해 고효율의 전력 생산과 조류 설비에 가해지는 기계적 스트레스의 감소로 인한 시스템 유지, 보수의 장점 때문에 그 필요성이 증대되고 있다[1]. 가변속 조류 발전 시스템에서 조류 발전기는 다양한 조류 속도에서 mppt(maximum power point tracking)동작을 수행하도록 제어 되어진다. 이때 기존의 mppt방법의 경우 조류 발전기의 조류 속도에 대한 조류 터빈의 특성과 더불어 조류 발전기의 회전속도 및 조류 속도의 측정이 수반되어야 하는데, 측정 장비에 의해 발생되는 측정 오차에 의한 시스템의 신뢰성을 저하와 측정을 위한 추가적인 알고리즘 및 측정 장비를 필요로 하므로 전체 시스템이 복잡해지고 비용이 증가하는 단점이 있다[2][3].

본 논문에서 제시하는 조류 발전 시스템은 buck 타입의 DC-DC 컨버터의 듀티비를 가변하는 제어 방법으로 기존의 mppt 제어 방법의 단점을 극복하고 시스템의 신뢰성을 증대 시키며, 보다 낮은 비용과 낮은 복잡성을 지닌 mppt 제어 방법을 이용한다.

2. 본 론

2.1 조류 발전기의 특성

조류 발전 시스템에서, 조류 속도에 대한 조류 터빈의 특성은 특정한 조류 속도에 대해 조류 발전기의 출력 전력이 발전기의 회전 속도에 대해서 그림 1과 같이 2차 곡선의 형태를 가지게 된다[4]. 즉 특정한 조류 발전기 회전 속도에서 조류 발전기의 출력 전력이 최대가 되는 지점이 존재하게 되는데 이는 조류 발전기 회전 속도의 변화에 대해 조류 발전기의 출력 전력 변화가 0이 되는 지점, 즉 $dP/d\omega_g = 0$(여기서 P는 조류 발전기의 출력 전력, ω_g는 조류 발전기의 회전 속도)인 지점에서 조류 발전기 출력이 최대가 되는 것을 알 수 있다.

2.2 MPPT 제어 방법

위에 진술된 조류 발전기의 특성에 따라, 본 논문에서 제시하는 조류 발전기의 최대 출력 지점(maximum power point)을 찾는 방법은 다음과 같다.

그림 1에서 조류 발전기의 최대 출력 지점을 찾기 위한 식은 다음과 같다.

$$\frac{dP}{d\omega_g} = 0 \tag{1}$$

buck 타입의 DC-DC 컨버터의 경우, 듀티비는 컨버터의 출력 전압을 컨버터의 입력 전압으로 나눈 형태가 된다. 이때 듀티비를 컨버터의 입력 전압으로 미분하면 그 값은 0이 아니다. 이를 식으로 나타내면 다음과 같다[5].

$$D = \frac{V_{out}}{V_{in}} \qquad \frac{dD}{dV_{in}} = -\frac{V_{out}}{{V_{in}}^2} \neq 0 \tag{2}$$

식(2)를 이용하여 식(1)을 전개하면,

$$\frac{dP}{d\omega_g} = \frac{dP}{dD} \cdot \frac{dD}{dV_{in}} \cdot \frac{dV_{in}}{d\omega_g} = 0 \tag{3}$$

이때 컨버터의 입력 전압 V_{in}은 정류기의 출력 전압과 동일하므로 그 값은 발전기의 회전 속도인 ω_g의 변화에 대해 양의 값을 갖는다. 즉, 위에 진술된 내용에 따라 식(3)을 전개 하면 다음과 같은 식을 얻을 수 있다.

$$\frac{dP}{d\omega_g} = 0 \Leftrightarrow \frac{dP}{dD} = 0 \tag{4}$$

위 식에서 발전기 회전 속도 ω_g에 대한 발전기 출력 전력의 변화가 0인 점은 컨버터의 듀티 변화에 대해 발전기의 출력 전력이 0인 점과 같다는 것을 알 수 있다. 즉, 조류 발전기의 출력 전력을 컨버터의 듀티 변화를 통해 최대 출력 지점(maximum power point)에 도달 시킬 수 있다는 것을 알 수 있다.

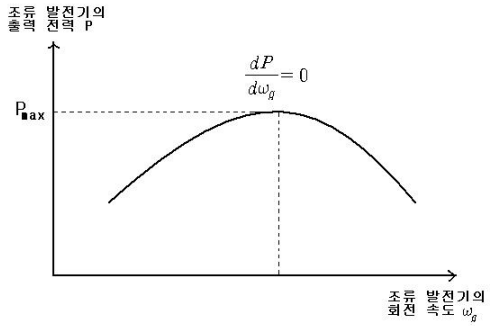
그림 1에서 조류 발전기의 최대 출력 지점인 $P_{\max}$에 해당하는 발전기의 회전 속도 이전에서 $P_{\max}$에 도달하기 위해서는 발전기 회전 속도 ω_g가 증가해야 하므로 $dP/d\omega_g$가 0보다 커야 한다. 즉, $dP/d\omega_g > 0$, $dD/dV_{in} < 0$, $dV_{in}/d\omega_g > 0$ 이므로 dP/dD 는 0보다 작은 값을 가져야 한다. 또한 $P_{\max}$에 해당하는 발전기 회전 속도 이후에서는 $P_{\max}$에 도달하기 위해 발전기 회전 속도 ω_g가 감소해야 하므로 $dP/d\omega_g$가 0보다 작아야 하고, $dD/dV_{in} < 0$, $dV_{in}/d\omega_g > 0$ 이므로 dP/dD 는 0보다 큰 값을 가져야 한다. 그러므로 위에 진술된 내용에 따라 컨버터의 듀티 변화를 통해 조류 발전 시스템의 mppt 제어 동작을 수행할 수 있다.

2.3 조류 발전 시스템의 개요

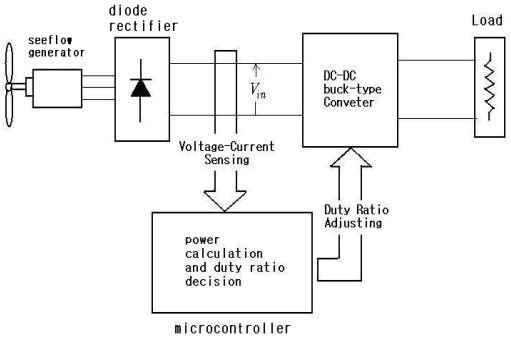
조류 발전 시스템은 그림 2와 같다. 조류 발전기를 통해 얻어진 3상 AC 출력이 다이오드 정류기를 통해 DC 출력으로 정류된다. 이때 다이오드 정류기를 거친 전압과 전류값을 측정하여 발전기의 출력 전력을 계산하고 계산된 출력 전력의 변화를 감지하여 buck 타입의 DC-DC 컨버터의 듀티비를 결정하게 되는데 이때 결정된 듀티비에 따라 컨버터를 동작 시킴으로서 발전기로부터 최대 출력 전력을 얻는다.

본 논문에서는 부하에 저항을 연결한 시스템을 사용하였지만 저항성

부하 대신 전기기기나 인버터를 사용하여 발전기와 전력 계통의 연계 시스템으로 확장시킬 수 있고 buck 타입의 DC-DC 컨버터 대신 다른 형태의 DC-DC 컨버터를 사용하여 본 논문에서 제시된 mppt 제어 방법을 적용시키는 것도 가능하다. .



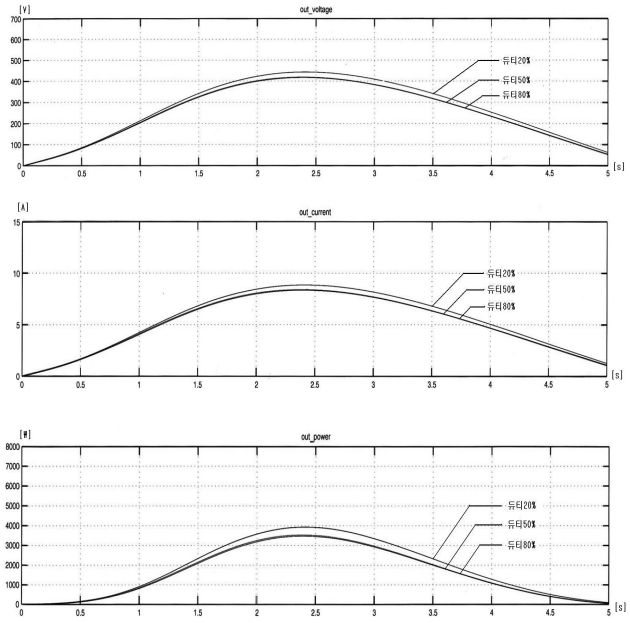
〈그림 1〉 조류 발전기의 회전 속도에 대한 출력 전력 특성



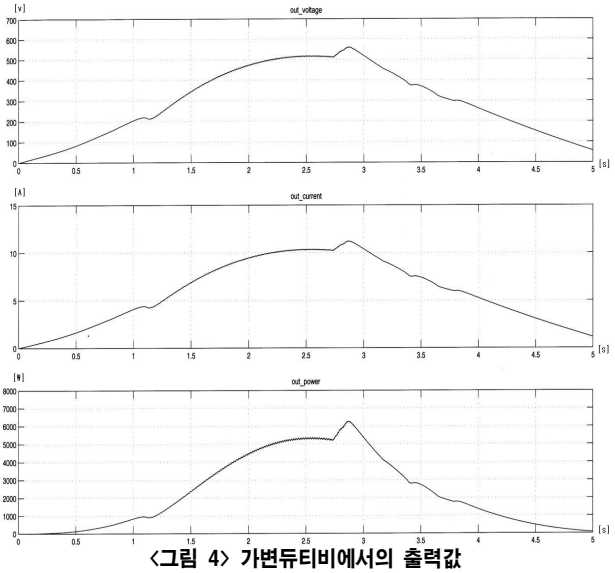
〈그림 2〉 조류 발전 시스템

2.4 시뮬레이션

본 논문에서 제시한 mppt 제어 방법은 matlab의 simulink® 를 통해 시뮬레이션 하였다.



〈그림 3〉 고정듀티비(20%,50%,80%)에서의 출력값



〈그림 4〉 가변듀티비에서의 출력값

그림 3은 조류 속도를 일정하게 하고 조류 발전기의 회전속도를 0.3pu부터 1.7pu까지 5초에 걸쳐 변화시킨 후 시스템의 듀티비를 20%, 50%, 80%로 고정시켜 얻은 출력단의 전압, 전류, 전력치를 측정한 파형으로 듀티비에 따라 큰 전력의 변화는 없지만 듀티비20%에서 나머지 듀티비에 비해 다소 큰 전력을 얻을 수 있음을 알 수 있다. 그림 4는 그림 3에서와 동일한 조건에서, 본 논문에서 제시한 듀티 조절 방법을 시스템에 적용한 후 출력단의 전압, 전류, 전력치를 측정한 파형으로 듀티비를 고정시킨 후 얻은 전력에 비해 약 24%정도 더 큰 전력을 얻을 수 있음을 알 수 있다.

3. 결 론

본 논문에서는 조류 발전기를 통해 얻어지는 출력 전력의 특성을 살펴보고 이를 기초로 제시된 mppt 제어 방법을 matlab의 simulink 프로그램을 사용하여 시뮬레이션하고 그 타당성을 입증하였다. 본 논문에서 제시한 mppt 제어 방법은 컨버터의 듀티비 조절을 통한 mppt 구현으로 조류에 대한 조류 발전기 특성에 관한 정보를 필요로 하지 않으므로 기존의 mppt 제어 방법의 단점을 극복할 수 있어 보다 낮은 비용으로 고신뢰성을 지닌 조류 발전 시스템을 구현할 수 있을 것으로 사료된다.

감사의 글

이 논문은 2007년 산업자원부 신재생 에너지 기술사업의 고효율 부유식 조류발전시스템 개발의 지원으로 연구 되었음

[참 고 문 헌]

[1] Q. Wang, and L. Chang, “An intelligent maximum power extraction algorithm for inverter-based variable speed wind turbine systems”, IEEE Transactions on Energy Conversion, vol.19, no.5, pp.1242-1249, 2004.

[2] L.L. Freris, “Wind Energy Conversion Systems”, Englewood Cliffs, NJ:Prentice-Hall, pp.182-184, 1990.

[3] S. Morimoto, H. Nakayama, M. Sanada, and Y. Takeda, “Sensorless Output Maximization Control for Variable-Speed Wind Generation System Using IPMSM”, IEEE Transactions on Industry Applications, vol.41, no.1, pp.60-67, 2005.

[4] 조철희, 김경수, 민경훈, 양태열, 이현상, “수평축 해류발전 로터의 설계와 성능해석”, 한국해양공학회지, 제16권, 제1호, pp.58-63, 2002.

[5] E. Koutroulis, and K. Kalaitzakis, “Design of a Maximum Power Tracking System for Wind-Energy-Conversion Applications”, IEEE Transactions on Industrial Electronics, vol.53, no.2, pp.486-494, 2006.