

병렬형 풍력 발전시스템의 MPPT 및 yaw축 제어

임 중욱, 최 익
 광운대학교 제어계측공학과

MPPT and yaw-axis control of parallel type wind turbine

Jong-Wook IM, Ick CHOY

Dept. of Information and Control Eng. Kwangwoon Univ.

ABSTRACT

본 연구는 수평축(horizontal axis) 풍력 터빈에 의해서 수직축 발전기를 운전하는 구조 및 그 운전 방식에 관한 것으로서 바람에 의해 수평축 터빈 로터로 입력된 회전력을 기계적으로 두 개의 수직축 회전 성분으로 변환하여 이들로부터 전기 에너지를 얻어내고 필요에 따라 터빈 날개가 바람이 부는 방향을 향하도록 yaw-axis 제어를 하는 기술에 관한 것이다.

key word - 풍력 발전, 수평축 풍력 터빈, 병렬 형 발전기, MPPT, yaw-axis Controller, SPMSM

1. 서론

현재 사용되는 수평축 풍력 터빈 발전기 대부분은 바람 방향에 평행하게 설치된 터빈 로터 회전력을 기어장치와 변속 장치를 거쳐 한 개의 발전기로 전달하는 구조로 되어있다. 이 때 터빈 로터, 변속기, 발전기는 너셀이라 불리는 구조 내부에 장착되어 바람의 방향에 따라 너셀과 터빈 날개가 같이 회전하게 된다.

터빈으로부터 입력된 수평 회전력을 베벨기어 맞물림을 통하여 수직 방향으로 바꿔 회전하는 방법을 사용하기도 한다. 그러나 이 방법은 발전토크에 상응하여 발생하는 yaw토크에 의해 터빈 날개가 바람의 방향으로부터 편향되는 현상이 발생되기 때문에 터빈 날개를 바람의 방향으로 유지하기 위한 인위적 yaw-axis 제어를 필요로 한다는 단점이 있다.

따라서 본 연구는 수평 형 발전기 구조의 단점을 개선하여 터빈 로터에 의해 수평으로 입력된 회전력을 수직방향으로 바꾸고 동시에 2개의 회전축 성분으로 분기하여 너셀의 내부가 아닌 터빈 기둥에 고정된 2대의 발전기로 연결하는 구조를 새롭게 제안함으로써 발전된 전력의 시장으로의 송전이 용이하고 풍력에 의한 자동 yaw-axis제어가 가능한 풍력 발전기 구조를 실현하고자 한다.

이러한 구조를 이용한 발전기의 효율을 극대화시키기 위해서 MPPT와 yaw-axis 제어를 설계한다.

2. 본론

2.1 기구적 특성

기구는 다음 그림-1과 같은 형태로써, 수직 발전기 방식을 사용하여 송전선 꼬임현상을 억제 시켰고 2대의 발전기를 사용

하는 형태를 이용하여 풍향에 따른 yaw-axis제어가 가능하도록 설계 하였다.

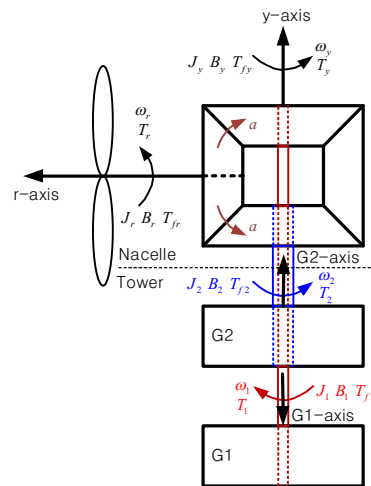


그림 1 기구적 형태
 fig. 1 Mechanical form

2.1.1 운동 관계식

기구의 운동 관계식 다음 그림-2와 같다. 이 수식을 이용하여 yaw-axis 제어가 가능하다는 것을 알 수 있다.

a : Gear ratio

- Speed relation

$$\begin{pmatrix} \omega_1 \\ \omega_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a & -1 \\ a & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \omega_r \\ \omega_y \end{pmatrix}$$

- Torque relation

$$\begin{pmatrix} T_1 \\ T_2 \end{pmatrix} = \frac{1}{2a} \begin{pmatrix} 1 & -a \\ 1 & a \end{pmatrix} \begin{pmatrix} T_r \\ T_y \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} \omega_r \\ \omega_y \end{pmatrix} = \frac{1}{2a} \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ -a & a \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \omega_1 \\ \omega_2 \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} T_r \\ T_y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a & a \\ -1 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} T_1 \\ T_2 \end{pmatrix}$$

그림 2 운동 관계식
 fig. 2 Mechanical equation

2.1 제어기 설계

발전기의 효율을 극대화시키기 위해서 yaw-axis 제어기와 MPPT를 설계한다.

2.2.1 yaw-axis 제어기

yaw-axis 제어는 식(1)과 같은 운동관계식에 의해서 가능함을 볼 수 있다. 각 모터의 지령 속도에 일정한 값을 넣음으로써 yaw-axis의 지령 속도를 넣을 수 있고 각 모터의 전류 제어기만 잘 동작이 된다면 yaw-axis제어가 가능하다. 이러한 yaw-axis 제어 알고리즘을 통하여 별도의 모터 없이 두 대의 발전기만을 이용하여 불어오는 바람의 방향을 마주볼 수 있도록 제어가 가능하며 그에 따라 발전량을 극대화 시킬 수 있다.

$$T_1 \neq T_2 \quad (T_y = -T_1 + T_2) \quad \text{식 (1)}$$

$$\omega_1^* = \omega_0 - \Delta\omega_1$$

$$\omega_2^* = \omega_0 - \Delta\omega_2$$

$$\omega_y = \Delta\omega \quad (\Delta\omega_1 = \Delta\omega_2 = \Delta\omega)$$

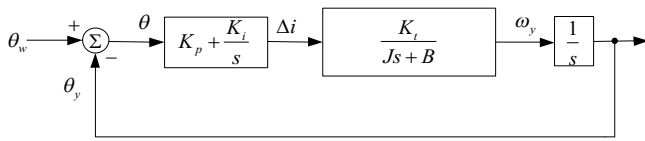


그림 3 yaw-axis 제어기 블록다이어그램
fig. 3 block diagram of yaw-axis controller

2.2.2 MPPT (Maximum Power Point Tracking)

가 변속 풍력 발전 시스템에서는 시스템 효율을 최대 높이기 위해 발전기의 출력을 제어하는 최대 전력 점 추종제어를 기본적으로 수행하고 있다. 풍속이 일정할 때, 식 (2)로부터 풍력 터빈 시스템에서 생성 할 수 있는 최대 에너지는 출력 계수에 비례하므로 출력계수 값이 최댓값을 가지는 주속비(TSR)를 유지하도록 제어를 수행하여야 한다.

$$P = \frac{1}{2} \rho_a A C_p v^3 \quad \text{식 (2)}$$

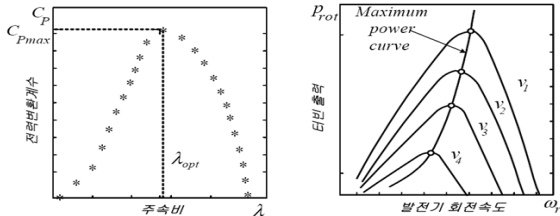


그림 4 풍력터빈의 출력 특성 곡선
(a) 주속비와 출력계수와의 관계
(b) 발전기의 회전속도와 터빈 출력과의 관계

Fig. 4 Wind turbine characteristic curves
(a) Power converter coefficient versus tip-speed ratio
(b) Turbine output power versus generator speed

2.3 시뮬레이션 결과

시뮬레이션의 주요 파라미터는 다음 표 1과 같다.

표 1 주요 시뮬레이션 파라미터
Table 1 Simulation parameters

R	4.20ohm	L	28.5mH
pole	12	m	3Kg
r	1.65m	L	0.5m
Jm	0.0265Kgm ²	Bm	0.01Nms
Jr	1.08Kgm ²	Br	0.01Nms
Jy	0.75Kgm ²	By	0.01Nms

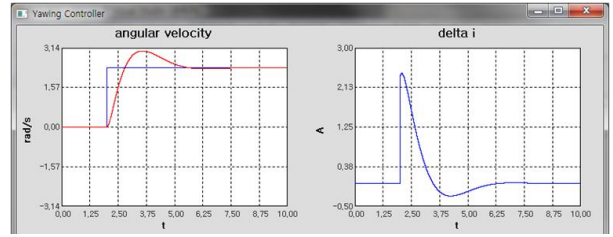


그림 5 요 축 제어기 시뮬레이션 결과
fig. 5 yaw-axis controller simulation results

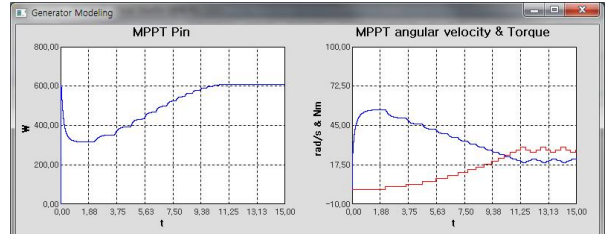


그림 6 MPPT 시뮬레이션 결과
fig. 6 MPPT simulation results

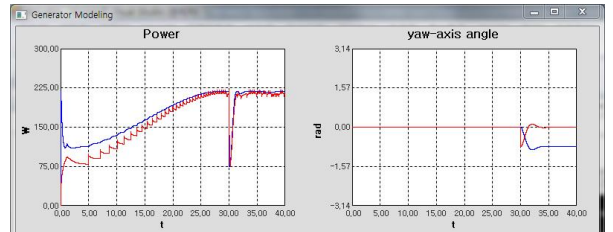


그림 7 전체 시스템 시뮬레이션 결과
fig. 7 Full system simulation results

3. 결론

본 논문에서는 기존 풍력 발전 시스템의 문제점을 해결하기 위한 기술적 문제를 제시하고 그에 따라 시스템의 기구적 설계를 제안했다. 그리고 제안 된 시스템에 따라 yaw-axis제어기와 MPPT 제어기를 설계하였다. 설계 된 제어기는 시뮬레이션을 통하여 알고리즘 및 수식의 정당성을 확인하였다.

위 시뮬레이션 결과로 제안된 시스템의 제어기 설계가 완료되었다. 시뮬레이션 결과로 만족하지 않고 직접 실험을 통하여 안정적인 제어기의 파라미터 계수를 정하기 위해서 실험 보드를 제작 중에 있습니다.

이 논문은 광운대학교의 연구비 지원에 의하여 연구되었음

참고 문헌

- [1] 2005년도 제 15회 하계교육강좌 전동기 구동시스템 설계 및 실습: 서울대학교
- [2] 최신 풍력터빈의 이해: 황병선 공저, 아진
- [3] Power Electronics: Mohan 외 2명, WILEY
- [4] DC 및 AC 모터 제어: 김상훈, 북두
- [5] 소형 풍력발전기의 최대출력추종을 위한 새로운 센서리스 제어 알고리즘: 지상근 외 4명, 국민대학교