

슈퍼 커패시터를 장착한 풍력발전용 피치 시스템 개발

The Development of Blade Pitch System Using Super Capacitor Storage

Hee-young Choi*, Ji-su Ryu, Sang-ho Lee

Seoho Electric Co., Ltd

900-3, Hogye 2-dong, Dongan-gu Anyang-city, Kyunggi-do, 431-836, KOREA

Abstract

Blade pitch control system monitors and adjusts angle of the blades and controls rotation speed of blades. This paper shows 2MW pitch system hardware and electric part. Blade pitch system consists of pitch drive, gear box, motor and energy storage. Fieldbus is base on CANopen protocol. Fail-Safe system moves the blades to a safety position in case of any fault condition. The super capacitor energy storage provides emergency back up to the Pitch servo driver during feathering the blades. This paper studied Blade pitch servo driver and a bi-directional DC-DC converter for fail-safe system.

1. 서론

풍력 발전 시스템의 전기 및 제어 부분은 발전기, PCS, 피치 제어 시스템 등으로 구분할 수 있다. 본 시스템은 전기식 피치 제어 시스템으로 블레이드의 피치각 제어를 목적으로 한다. 유압식 피치 시스템에 비해 시스템 구동이 간단하고 진동 및 외란에 대한 영향이 적기 때문에 높은 신뢰성을 가지고 있으며, 수명이 길고, 유압유 등과 같은 오염물이 배출되지 않기 때문에 유지 및 보수에 유리하다. 현재까지 피치 시스템에 대한 국내 기술은 개발되어 있지 않기에 해외기술에 의존하는 현실적인 문제가 남아있다. 이에 대응하기 위해 본 논문에서는 2MW급 가변속 풍력발전시스템을 대상으로한 피치 제어 시스템을 국산화하였다. 상위 제어기(PLC)를 구성하여 3축 블레이드에 대한 독립적인 제어를 가능하게 하였고, Fieldbus 방식으로 서보 드라이브 및 비상용전원장치와 통신한다. 비상용전원장치로 슈퍼커패시터와 양방향 DC-DC 컨버터를 설치하였다.

특히 본 논문에서는 비상 전원장치로 적용된 슈퍼 커패시터 뱅크의 모듈화 설계를 하였고, 신뢰성을 높이기 위해 실제 2MW급에서 사용중인 로터 허브링 부하기를 제작하여, 서보 드라이브 및 비상용 전원장치의 특성시험을 하였다.

2. 본론

2.1 피치 제어 시스템의 구성 원리

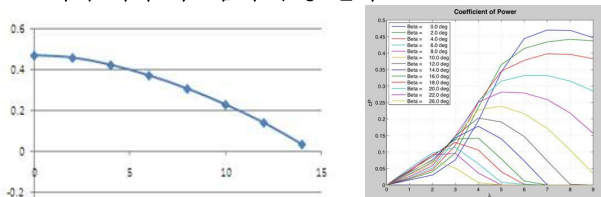


그림 1. 피치각에 따른 Cp 효율곡선

그림1은 피치 시스템의 각도에 따른 Cp(Power Coefficient)의 특성을 나타낸 그래프이다. 블레이드가 0°일 때 Max Cp를 낼 수 있으며, 블레이드의 각도에 따라 Max.Cp값은 점차 낮아지게 됨을 알수 있다. 피치각의 작은 변화에도 출력은 많은 영향이 받기 때문에 발전기의 정격출력을 유지하기 위해서는 블레이드의 각을 조절하는 피치제어는 필수적이다.

2.2 피치 제어 시스템의 구성

피치 제어 시스템은 아래 그림 2 와 같이 3 개의 AXIS Box 와 하나의 Pitch Controller Box 로 구성이 되며, 상위 제어기로 PLC 가 있으며, 각각의 데이터는 CANopen 프로토콜을 이용하여 통신한다.

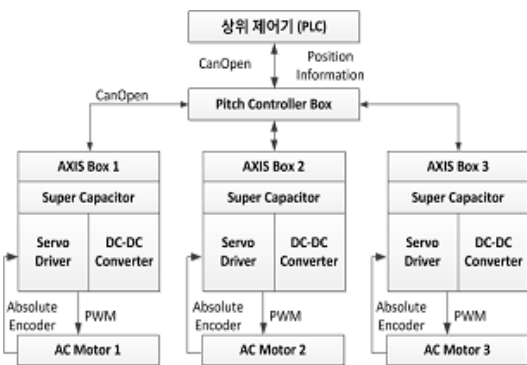


그림 2. 피치제어 시스템 구성 블록도

2.2.1 서보 드라이브

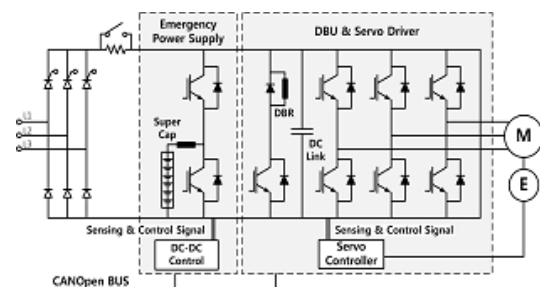


그림 3. 피치 제어용 서보 드라이브 시스템 구조

표 1. 서보드라이버 기본 사양

Power Rating	Rated Current	Max.Current	Voltage
11kW	22.7A	32.1A	380~460Vac

2.2.2 비상용 전원 장치 (슈퍼커패시터 뱅크)

비상상황에 블레이드를 안전한 위치로 이동하는데 전원공급 역할을 하는 것으로, 모듈화된 슈퍼커패시터 뱅크와 양방향 DC-DC 컨버터로 구성된다. 정상시 충전상태를 유지하고, 비상시 서보 드라이브로 전원을 공급한다. 2MW급 피치 구동모터의 사양을 9kW급으로 보고, 페더링 시간을 9sec라고 할때, 소모 에너지는 아래식과 같다.

- 기어비: 15672
- Pitch rate : $10(\text{/s}) \cdot \pi / 180 \cdot \text{기어비} = 272.6 \text{ (rad/s)}$
- Maximum Torque = 55Nm
- $E = 55(\text{Nm}) \cdot 272.6(\text{rad/s}) \cdot 9(\text{s}) = 135(\text{kJ})$

아래 그림4는 위 조건을 만족하기 위한 슈퍼 커패시터 단위 모듈 및 슈퍼 커패시터 뱅크 이다.

- 유닛셀 : 2.7V 400F
- 단위 모듈 (55V 18.1F) 제작: 유닛셀 22직렬
- 슈퍼커패시터 뱅크 (440V 2.2F) 제작: 단위모듈 8 직렬
- $E_{\text{max}} = 212,960\text{J} = 213(\text{KJ})$
- $E(420\text{V} \sim 150\text{V}) = 194,040\text{J} - 24,750\text{J} = 169(\text{KJ})$

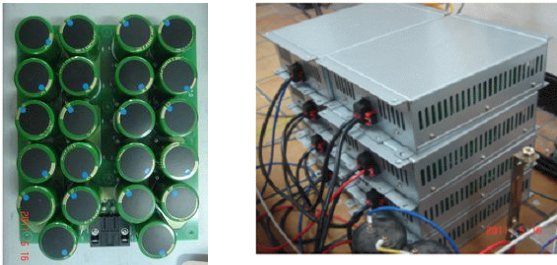


그림 4. 제작된 단위 모듈 및 슈퍼커패시터 뱅크

서보 드라이브의 효율을 고려하여, 최대 소모 에너지를 147kJ 로 할때, 최대 전압 420V 에서 방전종지전압 150V 에서의 저장에너지는 169kJ 이 되어 설계 사양을 만족한다.

2.2.3 비상전원장치부 (양방향 DC/DC Convert)

정상 운전시 인버터의 DC 링크단의 전압을 받아 충전하며, 비상운전시 인버터에 전력을 공급한다.

표 2. 양방향 DC-DC 컨버터 기본사양

충전전압	충전전류	방전전압	방전 전류
420V	5A	560V	25A(peak50A)

2.3 피치 제어 시스템 성능 시험

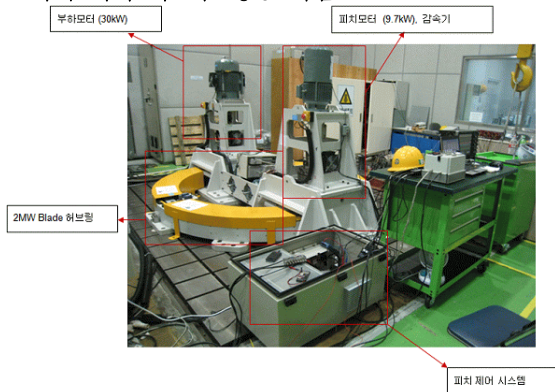


그림 5. 2MW 풍력발전기 블레이드 허브링 시험장치

(1) 위치 제어 시험

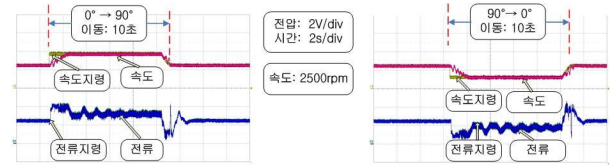


그림 6. 무부하시 90° 왕복 운전 시험 (2500rpm)

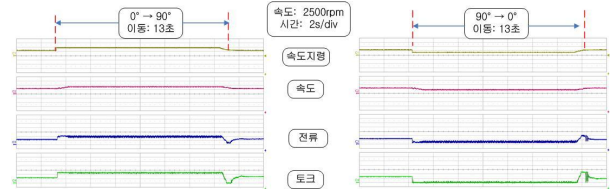


그림 7. 50Nm 부하 90° 왕복 운전 시험 (2500rpm)

(2) 위치 정밀도 시험

- 모터 기준 변화율 $\pm 5.27^\circ$, 오차율은 $\pm 1.46\%$

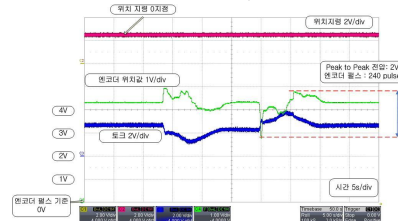


그림 8. 부하가변상태(0~43Nm) 위치제어 시험파형

(3) 비상용 전원장치 동작 시험

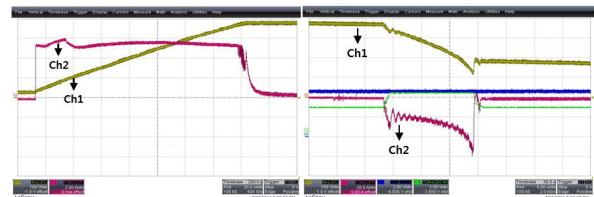


그림 9. 충전곡선 및 부하토크 36Nm 90° 동작시험 파형 (CH1:전압, CH2: 전류)

3. 결 론

본 논문에서는 2MW급 가변속 풍력 발전기용을 대상으로 블레이드 피치각 제어 시스템을 국산화 개발 하였다. 특히, 비상용 에너지 저장장치를 슈퍼커패시터를 사용하여 유지 보수 및 제품 수명 연장을 추구하였으며, 국내에서 처음 제작 되는 것으로 제어 알고리즘 및 제작 기술은 순수 국내 기술이며, 실제 2MW급 로터 허브링을 사용하여 신뢰성을 검증하였다.

이 논문은 지식 경제부의 지식경제 기술혁신사업 연구비 지원 (과제번호:2008T100100453)에 의하여 서호(주), (주)효성, 코칩(주), 에서 연구되었음.

Reference

- (1) 임중환, 강상수, 강승균, 허종철 “풍력 발전 시스템의 피치제어 시뮬레이션” KSPSE, 1999
- (2) P.C. Sen, "Principle of Electric Machines and Power Electronics", John-Wiley
- (3) 황병선 공저 “최신 풍력 터빈의 이해”, 아진
- (4) Hee-young Choi, Ji-su Ryu, Sang-ho Lee “2MW 급 풍력발전용 블레이드 피치 제어 시스템 개발”