

교육용 풍력터빈제어 실습장치 개발

Development of an educational wind turbine control equipment

허 준 영*, 박 성 수**

Jun-Young Huh*, Sung-Su Park**

요 약

최근들어 화석 연료의 고갈, 지구 온난화등의 문제들로 인해, 녹색성장 기술이 중요시 되고 있다. 에너지 문제와 녹색성장 기술이 융합된 신성장동력 확보를 위해 풍력, 태양광, 연료전지, 바이오 연료등에 많이 투자가 확대되고 있다. 그 중 풍력발전은 다른 에너지에 비해 경제성이 높고, 유해물질의 배출이 거의 없다. 따라서 최근 정부나 기업들에서도 많은 비용을 투자하여 풍력 기술 개발에 적극적인 지원을 하고 있지만, 풍력 기술을 선도하는 해외 선진국들에 비해서 국내에서의 관련 교육과 장비는 연구소 수준에 머물고 있다. 그러므로 관련 산업에서 요구하는 기본 기술의 저변화와 기술적 향상을 위해 실제 산업에서 적용하고 있는 시스템과 유사한 자비와 교육과정의 개발이 필요한 실정이다. 본 논문에서는 실험을 통하여 풍력터빈제어의 이론적인 내용을 수강생들이 보다 쉽게 이해할 수 있도록 교육용 풍력터빈제어 실습장치를 개발하고 교육효과를 알아보았다. 개발된 실습장치를 소개하고, 각각의 실습장치를 소개한다. 마지막으로 설문조사를 통하여 반응도 평가를 통한 교육효과를 검증하였다.

Key Words : Turbine control, Educational equipment, HILS

ABSTRACT

Recently the technology of green growth became more important role among the problems of running out of fossil fuels and global warming. To procure a new growth power combined with energy and green growth, a lot of investment for wind power, photovoltaics system, fuel cell and biofuel expanded day by day. Among these, wind power has a merit of a highly economic and no discharge of toxic substance. These days government and industrial companies actively support the development of wind power technology with lots of investment, but domestic related education and equipment still stay in research level when it is compared with foreign advanced countries which lead the wind power technology. Therefore to expand the base of basic skill required in the related industrials and to advance technology, we are in the situation to be needed a development of a new curriculum and educational equipment which is analogous with the actual industrial system. In this paper a development of a new educational equipment for the learning of turbine control is introduced. This educational equipment has been developed for students to get easy understanding for the theory of wind turbine control. And finally to demonstrate the effect of the use of the developed equipments and curriculum a questionnaire carried out.

* 한국기술교육대학교 메카트로닉스 공학부 교수(huh@kut.ac.kr)

** 한국기술교육대학교 대학원 메카트로닉스 공학과(keyahnu777@kut.ac.kr)

제1저자 (First Author) : 허준영

교신저자 : 허준영

접수일자 : 2011년 11월 10일

수정일자 : 2011년 12월 07일

확정일자 : 2011년 12월 28일

I. 서론

최근 들어 화석연료의 고갈 위기에 따라 국제적으로 석유와 각종 금속 가격의 급등으로 인해, 경제 공황에 처할 위기에 직면하기도 했다. 또한 무자비한 CO2 등의 배출로 인한 지구 온난화에 따른 각종 천재지변이 증가할 뿐 아니라 그 강도 역시 크게 증가하여 G20 등 선진국들은 이에 대한 방지대책으로 기후협약을 맺는 등, 녹색성장 기술이 중요하게 되었다.[1]

에너지 문제와 녹색성장기술이 융합된 신성장동력 확보를 위해 풍력, 태양광, 연료전지, 바이오 연료 등에 모든 선진국들이 투자를 확대하고 있는 중이다. 이러한 신성장동력 중 풍력산업은 다른 재생 에너지원에 비해, 경제성이 높고, CO2 감소에 효과적이다. 풍력발전기는 한 번 설치하면 20년 이상 별도의 연료를 필요로 하지 않고 공해 물질 배출도 없이 청정 에너지를 생산해 낼 수 있다. 따라서, 최근 정부에서도 많은 비용을 투자하여 풍력 기술 개발에 적극적인 지원을 하고 있으며, 국내의 기술력을 갖춘 중견기업 뿐만 아니라 굴지의 대기업에서 활발한 연구개발과 제품개발 및 생산을 하고 있는 실정이다.[2]-[4]

이러한 풍력산업은 국내외에서 급격히 성장을 해 가고 있으나 관련 교육장비와 기술교육과정 개발이 거의 이루어져 있지 않아 해당 기술인력양성 미미한 상태이다.[5]

따라서, 관련 산업에서 요구하는 기본기술의 저변화와 기술적 향상을 위해 실제 산업에서 사용하고 있는 시스템과 유사한 교육장비와 기술교육 과정의 개발이 필요하다고 할 수 있다.

본 논문에서는 실험을 통하여 풍력터빈제어의 이론적인 내용을 학생들이 보다 쉽게 이해할 수 있도록 교육용 풍력터빈제어 실습장치를 개발하고 교육 효과를 알아보고자 한다. 개발된 실습장치의 전체적인 시스템 개요를 설명하고, 개발한 각각의 실습장치를 소개한다. 그리고 본 교육용 터빈제어 실습장치를 한국기술교육대학교 능력개발교육원 2011년도 하계 기술연수 풍력발전기조과정 수강생을 대상으로 실습을 진행하고 설문조사를 통해 얻은 반응도평가를 통하여 교육효과를 검증하였다.

II. 교육용 풍력터빈제어 실습장치 개요

「교육용 풍력터빈제어 실습장치」는 능력개발교

육원의 풍력발전기술연수과정에서 활용될 수 있는 교육용 실습장치이다. 풍력 터빈 실습 장비는 온라인(ON LINE) 시뮬레이션과 오프라인(OFF LINE) 시뮬레이션을 모두 수행할 수 있도록 구성되어 있다. 온라인 시뮬레이션은 실제 실험 실습 장치 없이 PC에서 가상으로 시뮬레이션을 수행할 수 있도록 해주고, 오프라인 시뮬레이션은, 반드시 실제 실습장비가 기구적, 유압적, 전기적으로 연결된 상태에서 실제 기구물을 통해 실습을 수행 할 수 있다. 본 실습장치의 목표는 풍력 발전의 구성요소를 채택하여 풍력 터빈의 기본 원리를 이해 및 관련 유지 보수에 필요한 기본 지식을 습득하는데 있다.



그림 1. 풍력 터빈 시뮬레이션 장비
Fig. 1. Wind turbine simulation equipment

그림 1은 교육용 풍력터빈 실습장치를 나타낸다. 실습장치는 아래와 같이 구분된다.

- (1) 사용자 인터페이스(HMI)
- (2) 유압 유니트
- (3) 기구부
- (4) 피치 및 요(Yaw) 전자제어 모듈

III. 교육용 풍력터빈제어 실습장치 소개

1. 사용자 인터 페이스

사용자 인터페이스 부분은 사용자가 장비를 운용하기 위한 소프트웨어 부분이다. 장비는 온라인과 오프라인을 모두 운용해서 사용할 수 있다. 온라인, 오프라인 모두 2개의 응용 소프트웨어가 PC상에 설치되어야 한다. 응용 소프트웨어는 다음과 같이 구성되어 있다.

- (1) 3차원 풍력터빈 가상 모션 “ViewWind” 소프트웨어

(2) 풍력 Simulation 소프트웨어

2개의 소프트웨어는 동일한 PC 또는 서로 다른 PC에 설치해도 무방하지만, 설치환경에 제약이 따른다. 두 개의 소프트웨어는 TCP/IP를 통해 통신으로 연결되어 있다. 풍력 Simulation 소프트웨어가 서버로서 동작되고, 3차원 풍력 터빈 가상 모션 ViewWind 소프트웨어가 클라이언트로서 동작된다. 따라서 두 개의 소프트웨어가 모두 시작된 후에 “ViewWind” 소프트웨어에서 “풍력 Simulation 소프트웨어”에 접속할 수 있도록 설정해 주어야 한다.

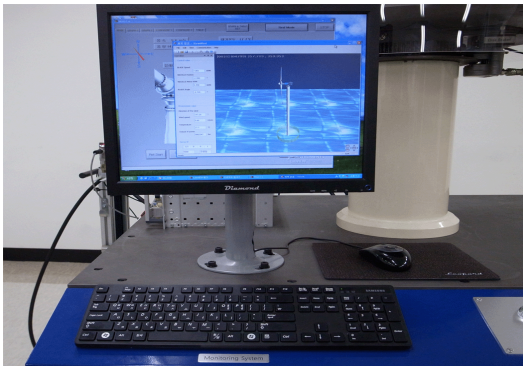


그림 2. 사용자 인터페이스(HMI)
Fig. 2. User interface

2. 유압 유니트

유압 유니트는 블레이드의 피치 제어와 요 드라이브의 브레이크 밸브 제어를 위한 유압 동력을 공급하는 시스템이다. 펌프는 개별 포트별로 4.5l/min을 토출하며, 시스템 압력은 최대 60bar까지 설정 가능하다. 본 장비의 운용을 위해서 시스템 압력은 50bar로 설정한다. 펌프/모터에 의한 동력 소비는 1.1kw이다.



그림 3. 유압 유니트
Fig. 3. Hydraulic unit

3. 기구부

유압시스템, 사용자 인터페이스 및 제어부를 제외한 부분으로 기구 구조물과 각종 센서 및 전장 패널이 설치된 부분으로 7가지 부분으로 구성되어 있다.

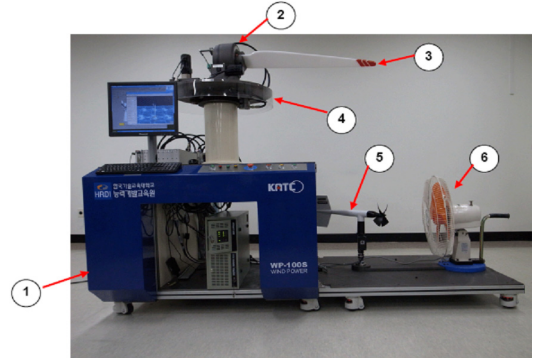


그림 4. 기구부 1
Fig. 4. Mechanism part 1

1) 기구부 베이스 프레임

기구부 베이스 프레임은 기구부의 가대역할을 하고 전장캐비닛을 포함하고 있다. 전장캐비닛에는 제어기와 PC, 센서, 액추에이터(구동부)의 전원 공급등을 위한 전기모듈이 설치되어 있고, 주 전원 차단기(Breaker), 서보 모터 드라이브, 신호 변환기, 터미널 등의 전기 장비가 설치되어 있다.

2) 피치제어 모듈

대형 풍력 터빈에서는 블레이드의 피치각을 제어에는 서보 모터를 사용하는 전동식과 유압 실린더를 사용하는 유압식이 사용된다. 본 교육장비는 유압식 실린더 방식을 사용하며, 피치각을 제어하기 위해 비례유압 방향제어밸브와 가변저항기 타입의 위치센서를 사용한다. 그림 5에 피치제어 모듈을 나타낸다.

3) 블레이드 모델

본 실습장치는 실습교육의 안전과 설치공간의 축소를 위해 실제 풍력터빈과 다르게 블레이드가 회전하지는 않으나, 풍속의 변화에 따라 블레이드의 피치각은 제어된다.

4) 요(Yaw) 드라이브

풍향의 변화에 따라, 최적의 전력을 생산하기 위해 요 드라이브가 동작한다. 서보모터를 사용하는 전동식으로 이를 구현하였다. 또, 드라이브의 정지 유지 및 제동을 위해 디스크 형태의 브레이크가 같이 적용되었는데, 이는 유압방향제어밸브를 사용하였다.

5) 풍향/풍속 센서

실제 대형 풍력터빈에서는 풍향, 풍속을 측정하기

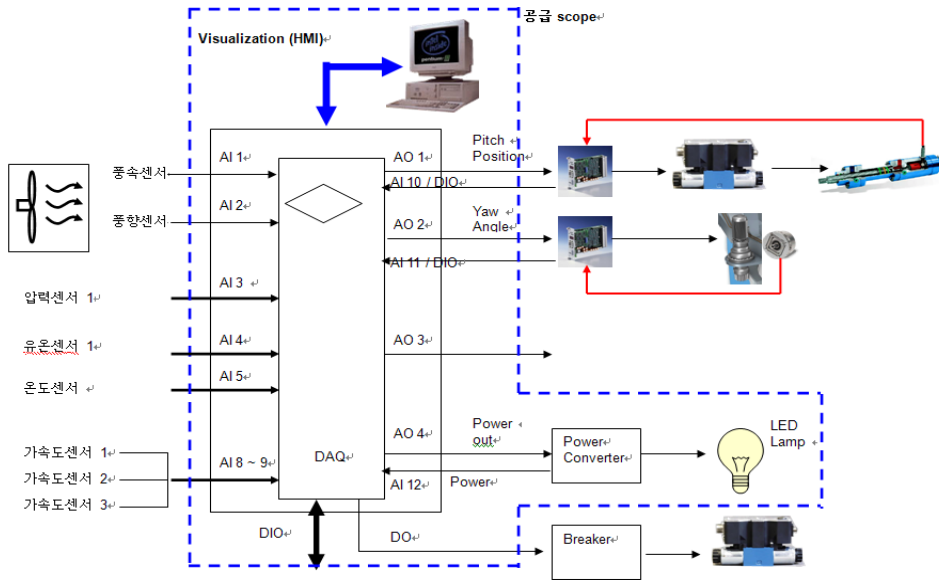


그림 8. DAQ와 제어의 구성도
Fig. 8. Configuration of DAQ and control

위해서는 주로 초음파 방식의 센서를 사용한다. 이는 유지 보수가 용이하고 정밀도가 높기 때문이다. 그러나 본 장비에서는 일반 건물이나 선박, 간이 기상관측 등에 주로 사용하는 풍향, 풍속센서를 사용한다. 한 개의 모듈로 풍향과 풍속이 동시에 측정되며, 측정된 값은 아날로그 값으로 상위 모니터링시스템에 피드백된다.

6) 풍향/풍속 공급부

본 실습장치는 실내에 설치되어 풍력터빈의 동작 및 제어 원리를 학습하는 것으로 바람이 자연적으로 실내에서 생성되지 못한다. 따라서 인위적인 풍원을 공급하기 위해 풍향/풍속 공급부를 사용한다. 이 풍향/풍속 공급부는 위치를 원주방향으로 이동시키므로 풍향을 변경시킬 수 있고, 또한풍속도 조절 가능하다.

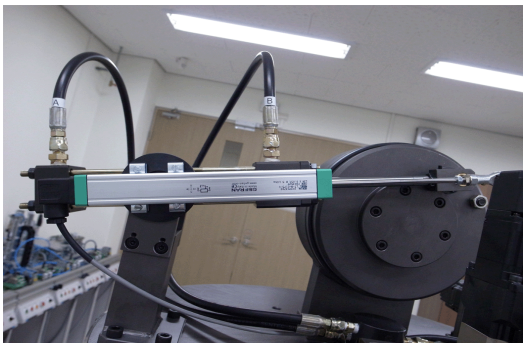


그림 5. 피치제어 모듈
Fig. 5. Pitch control module

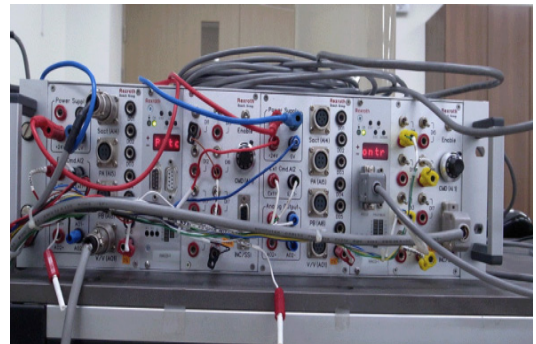


그림 6. 피치 및 요 전자제어 모듈
Fig. 6. Pitch and yaw electro-control module

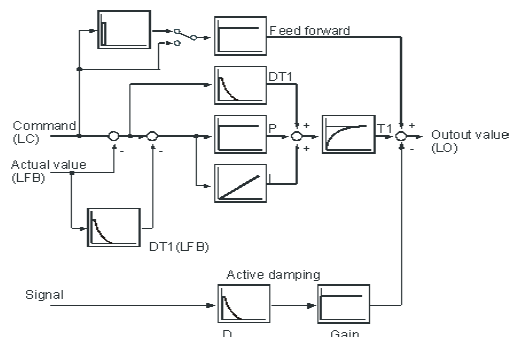


그림 7. BODAC을 사용한 제어기의 예
Fig. 7. An example of a controller using BODAC

4. 피치 및 요(Yaw) 전자 제어 모듈

피치 및 요 전자제어부(그림 6)는 블레이드의 피치각과 요 드라이브 각도의 제어를 담당하는 전용 제어기모듈로서 VT-HACD가 사용된다. VT-HACD는 단축 디지털제어기로서 고전적 제어기인 PID제어 외에 피드포워드 제어, 능동댐핑제어 등을 사용자가 파라미터를 입력하므로서 구성할 수 있다. 사용되는 소프트웨어는 보쉬 렉스로스사의 BODAC이다. 그림 7에 BODAC을 사용하여 구성된 제어기의 예를 나타낸다.

그림 8에 DAQ와 제어의 구성도를 나타낸다. 데이터 수집과 명령을 위해서 NI DAQ를 사용하였다. 아날로그 입력 AI1~AI11을 통해 풍속과 풍향, 압력, 유온, 가속도, 피치각도, 요각도를 검출하고, 아날로그 출력 AO1과 AO2를 통해 각각 피치제어기와 요제어기에 위치제어 명령을 준다. 또, 요브레이크 제어를 위하여 DOI를 통해 디지털 출력명령이 주어진다. 모든 입출력 신호는 3차원 풍력터빈 가상 모션 "ViewWind" 소프트웨어에 입력으로 주어져서 가상 시각화된다.

IV. 교육내용 및 반응도 평가

본 교육용 풍력터빈제어 실습장치를 이용하여 한 국기술교육대학교 능력개발교육원 2011년도 하계기술연수 풍력발전기초과정의 수강생 12명을 대상으로 강의를 진행하였다. 강의를 마친 후 풍력터빈제어 실습장치에 대한 활용도, 신뢰성 등 총 6가지 항목에 대한 설문조사를 실시하였다.

1. 교육 내용

본 실습장치를 이용한 교육은 총 30시간으로 구성되었고 그 내용을 표 1에 나타내었다.

표 1. 교육 내용
Table 1. Educational contents

시간	교육 내용
1	풍력에너지와 풍력터빈의 개요
2	피치시스템의 작동원리와 특성
3	브레이크시스템의 작동원리와 특성
4	요 시스템의 작동원리와 특성

5	Labview의 기본적 사용법
6	위와 동일
7	Labview를 사용한 변위 측정
8	위와 동일
9	Labview를 사용한 풍향, 풍속 측정
10	위와 동일
11	위와 동일
12	Labview를 사용한 압력, 온도 측정
13	위와 동일
14	Labview를 사용한 가속도 측정
15	데이터의 측정, 분석, 저장
16	위와 동일
17	아날로그 출력
18	위와 동일
19	아날로그 입력과 출력
20	위와 동일
21	유압을 사용한 Blade 피치 P제어
22	위와 동일
23	PID 제어
24	전기서보모터를 사용한 요 PID제어
25	위와 동일
26	위와 동일
27	HILS 시스템에서의 제어와 모니터링
28	위와 동일
29	위와 동일
30	위와 동일

2. 설문 내용

풍력터빈제어 실습자이의 설문 내용은 표 2와 같다.

표 2. 설문지 문항
Table 2. Questionnaire question

매우부정[1], 부정[2], 보통[3], 긍정[4], 매우긍정[5]	
항목 1	본 강의를 수강하기 전에 풍력 발전에 대하여 어느 정도 알고 있었다.
항목 2	수강 후 풍력발전분야에 대한 관심이 높아졌다.
항목 3	본 실습장치는 현장에서 필요한 풍력발전의 터빈 제어부분을 실습할 수 있도록 구성되었다.
항목 4	풍력 터빈 제어 실습장치를 통하여 풍력 발전 설비의 이해에 도움이 되었다.
항목 5	본 실습장치는 활용도가 높을 것으로 기대된다.
항목 6	본 실습장치는 신뢰성이 우수할 것으로 기대된다.

3. 설문 결과

설문조사에 대한 응답은 매우부정[1], 부정[2], 보통[3], 긍정[4], 매우긍정[5]을 숫자로 조사하였다.

< 설문 1 >

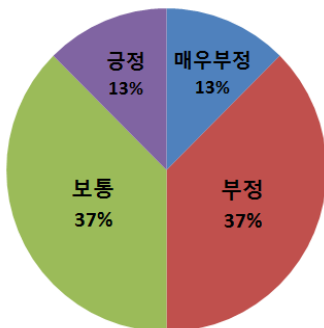


그림 9. 설문 결과 - 항목 1
Fig. 9. Survey result - Item 1

< 설문 2 >

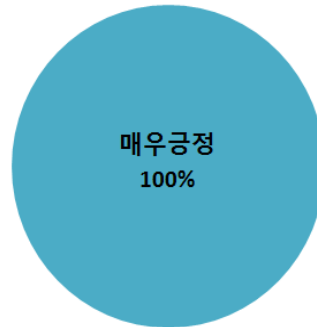


그림 10. 설문 결과 - 항목 2
Fig. 10. Survey result - Item 2

< 설문 3 >

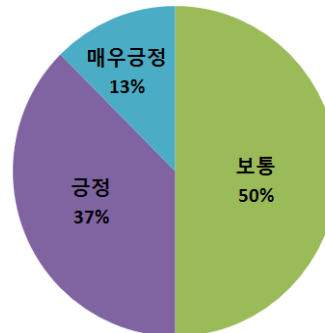


그림 11. 설문 결과 - 항목 3
Fig. 11. Survey result - Item 3

< 설문 4 >

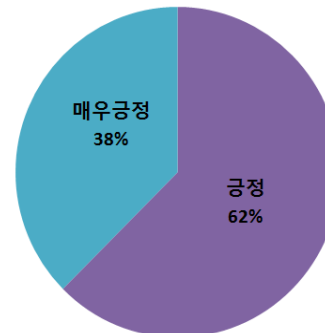


그림 12. 설문 결과 - 항목 4
Fig. 12. Survey result - Item 4

< 설문 5 >

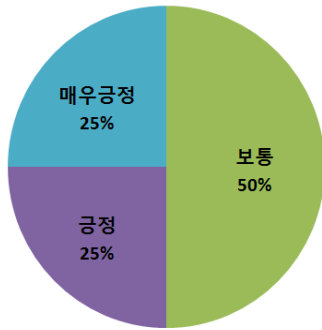


그림 13. 설문 결과 - 항목 5
Fig. 13. Survey result - Item 5

< 설문 6 >

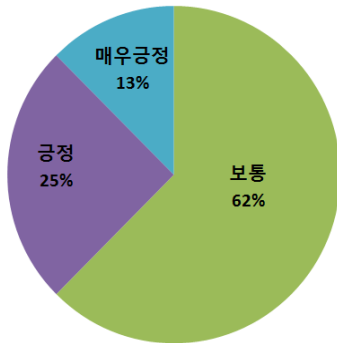


그림 14. 설문 결과 - 항목 6
Fig. 14. Survey result - Item 6

4. 반응도 평가

설문 조사에 응한 수강생들의 대다수는 풍력터빈 제어 실습장치에 대해서 긍정적인 반응을 보였다. 수강 후 풍력 발전에 대해 매우 높은 관심을 보였다(그림 10), 현장에서 필요한 풍력터빈제어 부분을 실습할 수 있었다는 점(그림 11), 실습장치를 통하여 풍력발전 설비의 이해에 도움이 되었다(그림 12)는 점에서 매우 긍정적으로 평가되었다. 하지만 실습장치의 신뢰성 면에서는 부정적인 답변은 없었지만, 활용도나 신뢰성 면에서 50%정도(그림 13, 14)가 보통이라는 답변을 보였다. 따라서 본 반응도 평가를 고려하여 실습장치의 활용범위를 높이고, 신뢰성을 향상시켜, 풍력터빈제어 실습장치를 통한 교육이 산업현장의 인력개발에 좀 더 유용할 수 있도록 개선이 필요하다.

V. 결론

본 논문에서는 풍력터빈제어의 이론적인 내용을 보다 쉽게 이해할 수 있도록 하기 위한 교육용 풍력터빈제어 실습장치 개발을 소개하였다. 개발된 실습장치는 풍력발전설비 중 터빈제어부분에 포인트를 맞추어 개발되었고, HILLS 시스템을 구성하여 온라인(On line) 시뮬레이션이 가능하도록 하였다. 실제 대형 풍력발전에서 많이 사용되고 있는 전동식 및 유압식 구성요소를 채택하여 풍력터빈의 기본 원리를 파악하고 관련된 신호계측과 프로그래밍을 이해하여 유지보수에 필요한 기본 지식을 습득하기에 용이하도록 개발되었다. 한편, 개발된 실습장치를 사용하여 한국기술교육대학교 능력개발교육원 2011년도 하계기술연수 풍력발전기초과정 수강생을 대상으로 실습을 진행하고 설문조사를 통해 교육내용과 실습장치 유용성에 대한 반응도 조사를 한 결과, 개발된 교육용 실습장치가 풍력발전설비의 이해에 매우 효과적임을 확인할 수 있었다.

감사의 글

이 논문은 2010년도 한국기술교육대학교 교육연구진흥비 지원에 의하여 연구되었음.

참 고 문 헌

- [1] 산업자원부, 풍력발전단지 건설을 위한 지침서 및 지역 수용성 제고방안 연구, 2004.
- [2] 황병선 외 19명, “최신 풍력터빈의 이해”, 도서출판 아진, 2009.
- [3] 박범석, 풍력핵심기술연구센터 교육자료, 2009.
- [4] M. L. Buhr Jr., A. Manjock, "A Comparison of Wind Turbine Aerodlastic Codes Used for Certification," 44th AIAA Aerospace Science Meeting and Exhibit, Reno, Nevada, U.S. Jan. 9-12, 2006.
- [5] 황병선, 박승범, 이정훈, “풍력터빈 블레이드 기술”, 풍력발전기 현장 맞춤형 재교육 강좌, Vol. 1, 2007.

허 준 영 (Jun-Young Huh) 정 회 원



1979년 2월 : 부산대학교
기계설계학과(공학사)
1982년 2월 : 부산대학교
기계공학과(공학석사)
1989년 8월 : 부산대학교
기계공학과(공학박사)

1992년 1월~현재 : 한국 기술교육대학교
메카트로닉스공학부 교수
<관심분야> 유공압시스템 설계 및 제어

박 성 수 (Sung-Su Park) 정 회 원



2010년 8월 : 한국기술교육대학
교 메카트로닉스공학부(공학사)
2010년 9월~현재 : 한국기술교육
대학교 대학원 메카트로닉스 공학
과 석사과정

<관심분야> 유공압시스템 설계 및 제어