

# 차량주행풍을 이용한 풍력발전 시스템 구축을 통한 실무 융합 교육 개발

이정익\*

\*인하공업전문대학 기계설계과

## Development of Practical Convergence Education by Construction of the Wind Power System Using the Wind by Car

Jeong-Ick Lee\*

\*Department of Mechanical Engineering, INHA Technical College

**요약** 대체에너지로 차량주행풍을 이용한 연구 목표들은 다음 세 가지로 정리되었다. 첫째 목표는 차량주행풍의 풍력 발전 시스템을 통하여 환경적으로 무해한 대체 에너지 원을 확보하였다. 둘째는 연계된 융합 전문가를 길러낼 수 있는 교육 프로그램을 개발했다는 점이다. 셋째는 대체 에너지 교육을 위한 풍력시스템을 구축했다는 점이다. 본 연구에는 6개월의 연구기간이 소요되었다. 그 결과 다음과 같은 세 가지 결론을 얻게 되었다. 차량주행풍을 사용하는 시스템이 모델링 되었다. 전기, 전자, 기계공학의 새로운 융합 교육 프로그램이 이 모델링 시스템 하에 개발되었다. 마지막으로, 차량주행풍이 대체에너지의 데모용으로 실제 교육을 할 수 있도록 제작되었다.

• **주제어** : 풍력 발전시스템, 차량풍, 융합 교육 프로그램, 융합 전문가

**Abstract** The research goals of this study using the wind by car as replaceable energy are summarized to three things as follows. The first goal is to secure a replaceable energy source of environmental conveniency through the wind power system by the wind by car. The second goal is to develop a educational program for related convergence professional man. The third goal is to make a wind power system for a replaceable energy education. We have performed for obtaining a research goal during six months. So, we concluded three results as follows. The system for doing a wind by car is modeled. New convergence educational program for department of electrical, electronic, mechanical engineering is developed under this system. And, the wind power system is produced for practice education of demonstration for replaceable energy.

• **Key Words** : The wind power system, The wind by car, Convergence educational program, Convergence professional man

### 1. 서론

풍력발전이란 공기의 유동이 갖는 운동에너지를 회전자(rotor)의 공기역학적 특성을 이용하여 회전자를 회전시

켜 기계적 에너지로 변환시키고, 이 에너지를 다시 유용한 일을 할 수 있도록 변환시키는 기기 중에서 발전기를 회전시켜 발전하는 신 발전기술이라고 정의할 수 있다.

풍력발전 기술상의 가장 큰 특징은 낙도나 오지와 같

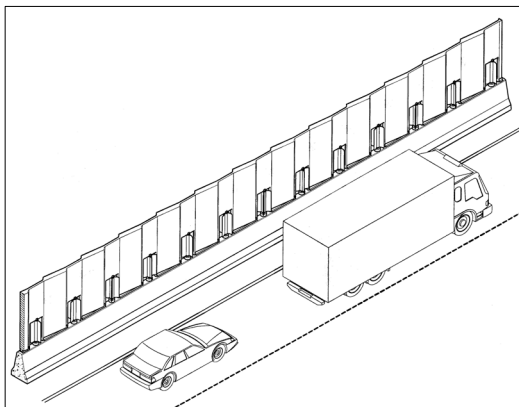
\*교신저자 : 이정익(jilee@inhac.ac.kr)

접수일 2014년 9월 22일 수정일 2014년 11월 12일 게재확정일 2014년 11월 28일

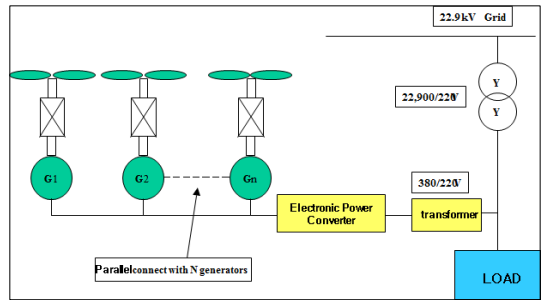
은 미전화 지역에서 경제성 있는 전력을 생산할 수 있는 독립전원용 풍력발전기 및 풍력단지과 같이 중대형 풍력발전기를 대규모로 설치하여 대단위 규모로 발전이 가능한 계통연계용 풍력 발전기로 나누어진다. 이에 따라 기술 수준 및 시스템 구성상 차이점이 매우 크게 된다.<sup>1)</sup>

또한, 풍력발전기의 주요 구성요소로는 구조나 용도에 따라 다소의 차이는 있지만 주로 날개(blade)와 허브(hub)로 구성된 회전자와 회전자의 회전을 증속하여 발전기를 구동시키는 증속장치(gear box), 발전기 및 각종 안전장치를 제어하는 제어장치, 유압 브레이크 장치와 전력제어장치 및 철탑 등으로 구성되어 있다.

풍력발전이 경제성을 가지려면 연평균 풍속이 10 m/s 이상이어야 하나, 우리나라의 경우 전국 평균 풍속이 4 m/s에 지나지 않아 입지 조건이 제한되어 있다. 따라서 차량 주행풍을 이용하여 효과적인 시스템을 개발할 필요가 있다. Fig. 1은 풍력발전기가 설치된 고속도로이고, Fig. 2는 풍력발전시스템이다. 차량 주행풍을 이용한 풍력발전 시스템은 그 방향이 일정하여 풍향계와 풍향 추적 장치를 별도로 설치하지 않아도 되므로 자연풍 풍력발전과 비교하면, 유압을 이용하여 피치각을 제어하는 장치 등이 불필요해져서 장치의 소형화, 단순화가 가능하고 제품을 최적 시스템으로 표준화·규격화하여 완제품 형태의 발전기를 설치할 수 있으므로 응용 여부에 따라서는 상당한 효율과 경제성이 있으리라 판단된다. 본 과제에서는 이와 같은 특징이 있는 풍력발전 시스템을 제작하여 상설 전시하고 이를 이용한 대체에너지 교육 프로그램을 개발하여 관련 전문 기술인력을 양성하고자 한다.



[Fig. 1] The highway installing wind power system by car



[Fig. 2] The wind power system

자연풍 발전에 대한 차량 주행풍 발전의 장점의 몇 가지를 비교하면 다음과 같다.

입지조건 면에서 자연풍은 연 평균 풍속이 4.0 m/s 이상인 지역에서 중·대형 풍차를 설치할 수있어야하나 차량주행풍은 도로의 중앙분리대를 이용하므로 추가적 부지가 불필요하며 국토의 효율적 이용이 가능하다. 에너지 밀도 면에서는 자연풍은 한쪽 방향의 바람만 이용하므로 날개 회전면적의 1/2만 이용하나, 차량주행풍은 차량의 왕복주행으로 에너지 밀도가 최대 2배까지 증대된다. 이용률 면에서는 자연풍은 연평균 30 %내외이나, 차량주행풍은 최저 70 - 90 %까지 이용 가능하므로 자연풍에 비해 이용률이 2.3 - 3배에 이른다. 신뢰성에서는 자연풍은 태풍등에 의해서 날개파손 등의 고장이 심하나 차량주행풍은 소형발전기가 병렬로 연결되어 안전하며, 수리가 용이하다. 송전손실도 자연풍은 설치지와 떨어질 수록 손실이 심하나 차량주행풍은 부하와 직접 연결되므로 송전손실이 없다. 기타 건설비용, 경제성, 건설기간을 고려해도 차량주행풍은 자연풍에 비해 사용면에서 많이 유리하다.

이러한 점에 비추어 차량주행풍을 이용한 풍력발전 시스템의 실무위주 교육 프로그램 개발을 위해서 다음과 같은 단계별 연구를 수행할 계획이다.

먼저 발전기의 검토 및 선정을 수행하고 제어 및 모니터링 시스템을 개발한다. 임펠러의 검토 및 선장을 수행하고 풍력발전 시스템을 제작한다. 최종적으로 교육 프로그램을 개발하는데 연구의 목적을 두고 있다. 여기서는 특히, 기계계열분야에서 참여했던 임펠러의 검토 및 선정, 모든 시스템을 계측 실시간 모니터링 할 수 있도록 풍력발전의 시스템 제작에 초점을 맞추어 설명할 계획이다.

## 2. 본론

### 2.1 평가의 착안점

본 연구에서는 다음과 같은 5가지에 주목적을 두고 평가하기로 한다.

1. 발전기 검토 및 선정
2. 임펠러 검토 및 선정
3. 제어 및 모니터링 시스템 개발
4. 교육 프로그램 개발
5. 풍력발전 시스템 제작

### 2.2 연구수행 내용

본 과제를 통하여 수행된 내용은 다음과 같다. 우선 풍력발전에 대하여 설명하고 연구 각 분야의 수행내용을 설명한다.

#### 2.2.1 풍력발전 (wind power generation)

##### (1) 개요

자연의 바람으로 풍차를 돌리고, 이것을 기어기구 등을 이용하여 속도를 높여 발전기를 돌리는 발전 방식이다. (예 : Fig. 3)



[Fig. 3] The wind power system at Yamiji plant house in Jeju Island

##### (2) 내용

발전기를 풍속에 관계없이 일정한 속도로 회전시킬 필요가 있으므로, 풍속에 따라 풍차날개의 기울기를 바꾸는 등의 제어를 해야 한다. 바람이 없을 때는 발전할 수 없으므로, 정전되는 것을 피하기 위해 축전지나 디젤 발전기도 같이 설치해 두는 경우가 많다. 다만 이 경우는 직류발전이 되는데, 그 용량은 수십 W에서 수십 kW 정

도이다. 대용량의 풍력발전은 풍차 크기가 커지고, 폭풍 때의 대책 등에 어려운 문제가 따르는데, 미국에서는 1,000 kW를 넘는 것도 있다. 현재 643 MV 상당의 풍차를 보유한 독일은 발전능력을 배가시키며 대체에너지로 실용에 박차를 가하고 있다.

#### 2.2.2 연구수행 내용

본 과제는 차량주행풍을 이용한 풍력발전 시스템 구축을 통한 실무 위주 교육 프로그램의 개발이다. 즉, 풍력발전에 차량주행풍을 이용하는 것이고, 이를 통해 얻어진 내용을 교육 프로그램으로 작성하는 것이다. 연구결과로 교육프로그램을 개발하였다. 연구내용은 차량주행풍을 이용한 풍력발전에 맞추었다. 다음은 그 내용이다.

##### (1) 발전기 검토 및 선정<sup>23)</sup>

발전기(generator)는 기계적 에너지를 전기적 에너지로 변환하는 기기로 대부분이 회전기이나, 직선운동에 의해서 발전기의 작용을 하는 것이 개발되어 실용화를 위한 연구가 진행되고 있다. 전자기유도작용으로 기전력을 발생시키는 점에서는 기계의 대 · 소, 직류 · 교류 발전기 등 모두 공통된 원리에 기초를 두고 있다. 이 기전력의 크기는 자기장의 세기와 도체의 길이 및 자기장과 도체의 상대적 속도에 비례하며, 기전력의 방향은 플레밍의 오른손 법칙에 의해 알 수 있다. 발전기를 구성하는 데는 자기장을 만들기 위한 강력한 자석과 기전력을 발생시키는 도체가 필요한데, 이 둘 중 어느 하나가 작용할 수 있도록 되어 있어야 한다. 실제로 사용되는 발전기에는 회전계자형과 회전전기자형이 있다. 회전계자형은 도체가 정지하고 자기장이 회전하는 발전기이고, 회전전기자형은 이와 반대의 것이다. 매우 작은 발전기에는 영구 자석이 사용되는 예가 있으나, 일반적으로는 철심에 계자코일을 감고 이것에 직류를 흐르게 하는 전자석이 사용된다. 이 경우에는 전류를 가감하면 자석의 세기도 가감할 수 있으므로 기전력의 크기를 자유로이 바꿀 수 있다. 강한 자석을 사용하여 회전속도를 높여도, 한 개의 도체에 발생하는 기전력은 몇 십 V가 한도이므로, 발전기 내에 많은 도체를 넣어두고, 각 도체에 발생하는 기전력이 직렬로 가산되도록 연결하면 수백~수천 V를 얻을 수 있다. 발전기는 출력에 따라 다음과 같이 교류발전기와 직류발전기가 있다.

① 교류발전기

발전기의 대부분은 3상사인파이지만, 단상사인파 교류발전기도 있다. 발전소에서 운전되는 것은 모두가 3상 교류 발전기이며, 용량이 일반적으로 크다. 수십만 kVA에 달하는 것도 있는데, 이런 것은 발전기 단자의 전압이 2만 V 정도이고, 주파수는 50 ~ 60 Hz, 축의 회전속도는 화력발전일 때는 매분 3,000 또는 3,600이지만, 수력발전일 때는 100 ~ 1,000이다. 작은 용량의 주택용이나 실험용의 교류발전기는 용량이나 전압이 각각 다르다. 용량의 대소에 관계없이 그 구조는 회전축에 직류로 여자된 전자석, 고정축에 교류를 발생하는 코일(coil)이 있다, 이와 반대의 구조로 된 것도 있으나 드물다. 원동력은 화력일 때는 증기터빈 · 가스터빈 또는 내연기관이고, 수력일 때는 수차가 쓰이며, 전동기나 풍력 · 조력 등을 사용하는 것도 있다.

② 직류발전기

보통 사용되는 것은 직류로 여자된 자기극 안쪽에 전기자라고 하는 회전부분이 있고, 이것에 다수의 코일이 놓여져 있다. 전기자를 원동기로 회전시키면, 코일 안에 교류의 기전력이 생기며, 이 교류를 정류자와 브러시에 의해 직류로 만들어 끌어낸다. 교류를 직류로 하는 것을 정류라고 한다. 전기자 내의 임의의 한 개의 코일에 기전력이 생기면, 브러시를 통해서 이를 직류기전력으로서 끌어낼 수 있다. 코일이 반회전하고, 정류자편도 반회전하면 도선의 위치는 바뀌지만, 양 · 음의 브러시를 통해서 꺼내는 전압의 극성은 변하지 않는다. 즉, 직류 기전력을 꺼낼 수 있다. 정류자편은 원통을 2개로 쪼갠 것 같이 되어 있으나, 실제의 발전기에서는 전기자의 코일수와 같게 원통을 분할한 꼴로 되어 있다. 특수한 직류발전기로, 정류할 필요가 없는 단극 발전기라는 것이 있다. 구리의 원통을 고속도로 회전시키면 양 · 음 브러시 사이에 기전력이 생긴다. 이것은 완전한 직류이다. 단극식에서는 높은 기전력을 얻기는 곤란하며, 최고 수십 V밖에 얻을 수 없다. 그러나 전류는 10만 A 이상의 것도 있다. 이상의 발전기에서 본 차량주행풍을 이용한 풍력발전시스템 과제에서는 출력단에 축전지를 직접 연결하고 램프를 구동하기 위하여 직류발전기로 선정하였다.

(2) 임펠러 검토 및 선정

풍력발전에 사용되는 임펠러(풍차의 날개)는 Fig. 4, Fig. 5와 같이 수평축과 수직축 형태가 있다. 차량주행풍

을 이용한 풍력발전에서는 차량이 통과하는 고속도로, 자동차 전용도로의 중앙분리대에 설치되므로 회전시의 반경을 최소화하여 면적을 적게 할 수 있는 수직축형 임펠러를 사용한다. 그러므로 본 과제의 풍력발전시스템에 사용되는 임펠러로 수직형의 임펠러를 선정하였고 이를 제작하였다.

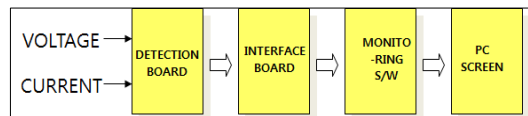


[Fig. 4] The Impeller of horizontal axis



[Fig. 5] The Impeller of vertical axis

(3) 제어 및 모니터링 시스템 개발<sup>2,3,4,5)</sup>



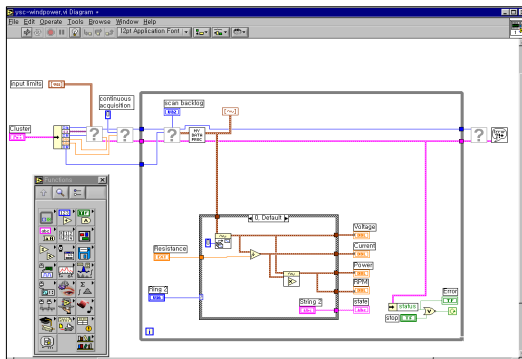
[Fig. 6] The schematic diagram of monitoring system

본 시스템은 교육용으로 제작되는 것이므로 이를 위해 제어 및 모니터링 시스템이 필요하다. 본 시스템에서는 모니터링을 위하여 풍력발전기의 출력전압, 출력전류, 태양전지의 출력전압, 출력전류, 축전지의 출력전압, 출력전류 그리고 풍속을 측정하여야 한다. 이를 위해 전압 검출기, 전류검출기, 풍속계와 같은 각종 센서를 구입하여 이를 비교 · 검토하였다. Fig. 6는 모니터링 시스템의 개요도이다. 검출된 각종 신호는 전기적인 신호로 검출보드에서 변환되는데, 풍력발전시스템에 사용되는 검출회로를 실제로 제작하였다. 또 전체적인 디스플레이를 PC 모니터화면을 통해 실시하기 위하여 모니터링을 위한 H/W(DAQ보드)와 S/W(LabView)를 구입하였다. H/W는 검출보드와 연결되어 각종 검출량을 입력하는

보드이고, S/W는 H/W의 신호를 이용하여 모니터에 각종 검출값을 디스플레이하기 위한 소프트웨어이다. Fig. 7은 개발된 모니터 시스템 화면을 보여주고 있다.



[Fig. 7] The developed monitoring system



[Fig. 8] The developed block diagram for operating a monitoring system

Fig. 7에서 카메라 영상부분은 실제 촬영된 차량주행풍을 이용한 풍력발전을 보여주는 부분이고, 입력 파라미터 및 시스템제어는 LabVIEW<sup>6)</sup>의 설정부분이다. 신호 선택부분에는 발전기, 부하, 태양전지를 선택할 수 있는데 선택에 따라 우측의 측정신호에 해당하는 부분의 전압, 전류, 전력을 알 수 있다. 우측 하단부분은 각종 전압의 실시간 상태를 시간적으로 보여준다. Fig. 8은 Fig. 7을 운영하기 위해 실제 개발된 블록선도(block diagram)로서 본 연구의 차량주행풍 모니터링 시스템 개발에 가장 핵심적인 부분으로 계속하고자하는 모든 하드웨어가 인터페이스된 부분이다. 이 블록선도를 바꾸고 꾸며줌에 따라 Fig. 7의 모니터링 시스템이 다양하게 변한다.

(4) 교육 프로그램 개발

본 과제를 수행하면서 개발된 전공과 관련된 내용을 정리하여 별책으로 교육 프로그램을 개발하였다.

(5) 풍력발전 시스템 제작

본 과제를 위하여 풍력발전 시스템을 제작하였다.

#### 4. 결론

본 연구를 통해 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 차량주행풍을 이용한 풍력발전시스템의 모형을 구축하여 환경친화적 대체에너지를 확보하였다.
  - 2) 대체에너지 교육을 위한 풍력발전 시스템을 제작하였다.
  - 3) 기계, 전기, 전자 등의 관련 학과에서 전문기술인력 양성을 위한 교육 프로그램을 개발하였다.
- 또한, 본 연구 결과를 다음과 같은 면에 활용가능하다.

- 1) 풍력발전 시스템을 실무 위주 교육자료로 활용
- 2) 대체에너지 관련 교육자료로 활용
- 3) 관련 핵심 기술의 다른 분야로의 응용
- 4) 풍력발전 상설 전시물로의 활용
- 5) 개발된 교육과정을 인터넷교육방송에 활용가능
- 6) 추후 태양광발전과 풍력발전을 연계한 시스템으로 활용 가능
- 7) 본교를 대체에너지 관련 특성화 대학으로 육성

#### 5. 향후 연구방향

본 과제는 차량주행풍을 이용한 풍력발전 시스템 구축을 통한 융합형 실무 위주 교육 프로그램의 개발이다. 크게 두 가지로 대별 될 수 있다. 하나는 차량주행풍을 이용한 풍력발전 시스템의 제작이고, 다른 하나는 융합형 교육 프로그램의 개발이다. 차량주행풍을 이용한 풍력발전 시스템은 고속도로나 자동차 전용도로에 직접 설치하는 것이 아니라 학교에서 학생들의 교육용으로 제작하는 것이다. 교육용 시스템인 관계로 임펠러(날개) 1개와 태양전지를 사용하였는데 이런 관계로 풍력에 의해 발전되는 전력이 작게 나왔고, 태양전지에서 축전지에 충전되는 전류가 작게 나왔다. 실제의 풍력발전에는 여

러 대의 풍력발전기가 사용되어 설계자가 원하는 만큼의 전력이 생산된다. 또한 대체에너지 중 태양광발전은 태양전지를 수십 개 또는 수백 개 설치하므로 충분한 전기 에너지를 축전지에 충전시킬 수 있다. 본 교육용 풍력발전 시스템은 이런 점이 아쉬웠고 추후 실제의 풍력발전 또는 태양광발전이 제작된다면 이런 점을 개선할 수 있을 것이다.

본 과제에서는 실제로 차량주행풍을 가정한 풍력발전 시스템을 제작하여 이를 실험적으로 확인하였고 모니터링을 위한 프로그램도 개발하였다. 이와 같은 내용을 정리하여 교재를 별책과 같이 제작하여 관련 전공과목에서 활용할 수 있도록 하였다. 풍력발전과 관계된 이와 같은 융합형 실무위주의 교육 프로그램이 정착된다면 풍력발전뿐만 아니라 대체에너지 분야의 전문인력을 양성하여 산업발전에 이바지할 수 있을 것이다.

#### References

- [1] J. H. Shin, et al, Electrical Device, Heung Seol Press, 1997.
- [2] B. D. Yun, Electrical Devices, Mun Un Press, 1999.
- [3] Floyd, Electrical Circuit, Kwang Mun Press, 2000.
- [4] S. B. Park, Modern Electrical Circuit, Mun Un Press, 1999.
- [5] Knowhow of IC application for OP Amplifier, Press of Sae Wun, 1998.
- [6] LabVIEW Manual.

#### 저자소개

이 정 익(Jeong-Ick Lee)

[정회원]



- 1991년 2월 : 한양대학교 공과대학. 기계공학과 (공학사)
- 1993년 2월 : 한양대학교 공과대학. 정밀기계공학과 (공학석사)
- 1999년 8월 : 한양대학교 공과대학. 정밀기계공학과 (공학박사)

- 1993년 1월 ~ 1999년 12월 : (주)대우전자. 중앙연구소 (선임연구원)
- 2000년 3월 ~ 2007년 2월 : 용인송담대. 자동차기계설계전공 (교수)
- 2007년 3월 ~ 현재 : 인하공전. 기계공학부. 기계설계과 (교수)

<관심분야> : CAD/CAM/CAE, 공장자동화, 생산자동화, 사출금형, 유비쿼터스, MEMS, BIOMECHANICS