

수원지방에서 풍력열변환 온수공급시스템의 적응성

The Application of Wind Energy-Hot Water Conversion System in Suwon Area

김영중* 유영선* 윤진하* 강금춘* 백이* 강연구*
정회원 정회원 정회원 정회원 정회원 정회원
Y.J. Kim Y.S. Ryou Y.H. Yun K.C. Kang Y. Baek Y.K. Kang

1. 서론

최근 유류가격의 상승으로 석유를 난방에너지원으로 하는 시설원에 난방 소요비용이 크게 늘어나 시설원에 농가에 많은 어려움을 주고 있어 난방비 부담을 줄여줄 수 있는 기술 개발이 절실하게 요구되고 있다. 또한 최근 화석에너지 사용 과다에 따른 환경오염문제가 사회적 문제로 대두되면서 지구환경 보존에 대한 관심이 높아지고 있어 청정에너지인 자연에너지 이용에 관한 연구가 다양하게 이루어지고 있다. 자연에너지의 일종인 풍력은 바람이 있는 곳에서는 밤낮 구분 없이 24시간 이용할 수 있는 청정에너지원으로서 화석에너지인 석유를 대체하기 위한 기술개발이 풍력 발전을 중심으로 활발하게 이루어지고 있으며 유럽의 일부 국가에서는 총에너지 소요량의 30%를 풍력으로 대체한다는 야심찬 계획을 추진하고 있으며 우리 나라에서도 제주도를 비롯한 해안도서지역의 바람 많은 곳에 풍력발전시스템이 일부 설치되어 운영되고 있다. 그러나 풍력에너지의 농업적 이용에 관한 연구개발은 거의 전무한 실정이다.

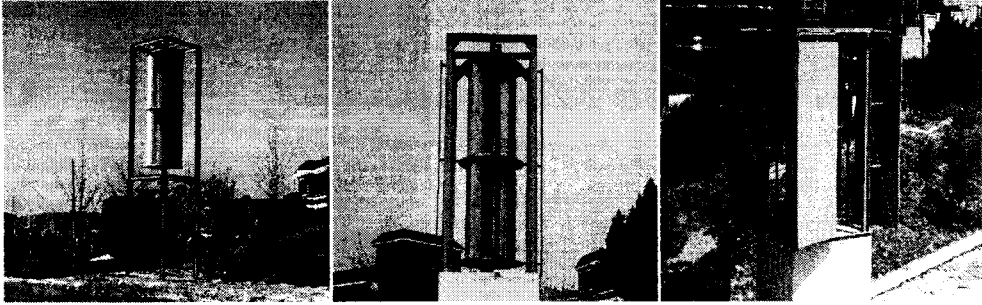
본 연구에서는 풍력을 온실난방에너지원으로 이용하기 위하여 풍력을 열로 변환하는 풍차-열변환시스템을 제작하여 수원지방의 풍력환경하에서 그 가능성을 타진해 보고자 한다.

2. 재료 및 방법

가. 풍차 및 동력전달장치 설계제작

풍차는 용량 및 효율성 등을 고려하여 수평형 대신 수직형 풍차로 제작하였는데 이는 동력전달체계가 수평형보다 간단하며 동력전달효율이 높고 소형풍차에 적합하기 때문이다. 풍차의 기본형태는 사보니스형식으로 하고 여기에 풍력에너지의 이용효율을 높이기 위하여 다리우스형식을 복합화 하였으며 더 많은 바람을 날개로 보내주기 위하여 집풍판을 설치하였다(그림 1). 사보니스풍차는 높이 3m, 반경 90cm의 윙 4개로 구성하였고, 다리우스형 풍차의 윙 높이는 3m, 반경은 1.5m로 하였으며 그 체원은 표 1에서 보는 바와 같다. 풍차에서 얻어진 동력을 풍력-열변환 장치로 전달하기 위하여 먼저 기어박스를 설치하여 풍차축의 회전속도를 5배 증속되도록 하였고 베벨기어를 거쳐 열변환장치로 동력이 전달되도록 하였다.

* 농촌진흥청 농업기계화연구소



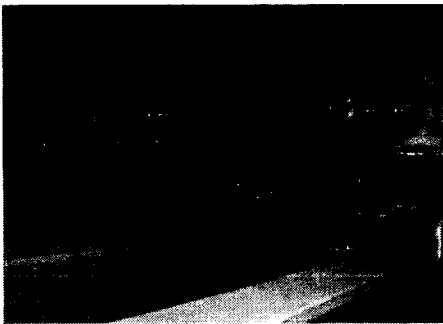
savonius + darrieus + wind collection plate

그림 1. 공시풍차의 구조

표 1. 공시풍차의 재원

Windmill Type	Specification (mm)	Remarks
Savonius	4 wings × 900 × 3000	basic windmill
Darrieus	2 wings × 1500 × 3000	attached to savonius
Wind Collection Plate	4 plates × 1000 × 3000	added to collect more windpower

그리고 풍차의 안전을 위하여 클러치를 설치하여 태풍 등 만일의 경우에는 동력전달을 차단할 수 있도록 제작하였다. 동력전달시스템에 사용된 클러치와 베벨기어는 그림 2와 같다.



증속기어 클러치

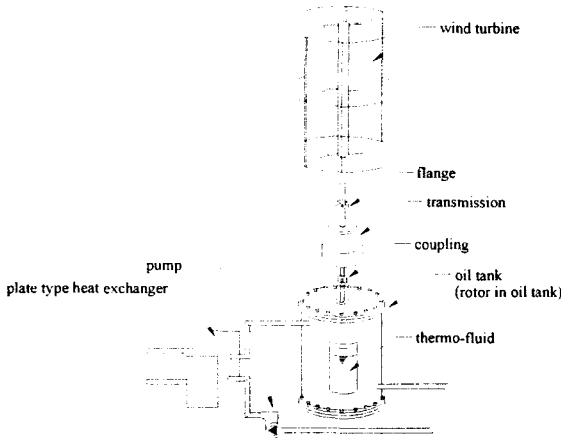


베벨기어

그림 2. 풍차와 열변환장치의 동력전달장치

나. 풍력-열변환장치

풍차로부터 풍력을 회전력으로 변환시켜 온수를 얻는 장치는 그림 3에 나타났다. 그림 3에서 개략도는 풍차, 동력전달장치 및 열변환장치를 표시하고 있고 실물설치사진을 보여준다. 사진에서의 동력전달장치는 그림 2와는 다른 것으로 개량된 구조다.



개략도



실물사진

그림 3. 풍력-열변환장치

3. 결과 및 고찰

가. 풍차회전수

풍차의 이론적 기동속도는 다음 식으로 나타낼 수 있다.

$$F = \rho Q V = \rho A V^2$$

ρ : air density, 1.234kg/m³ at 15°C

A : area of one wing, 4.42m²

F : revolving force of wind mill, kg_r

풍차의 기동력을 알아보기 위하여 용수철 저울을 사용하여 풍차가 회전하는 데 필요한 힘을 측정하였다. 즉, 용수철 저울을 풍차의 끝단에 걸고 당겨 풍차가 회전하기 시작했을 때 용수철 눈금이 가르키는 수치가 이 풍차의 기동력이라 할 수 있다. 열변환장치를 풍차와 분리시킨 상태에서의 기동력, F1 = 1kg_r로 나타났고 풍차와 열변환장치를 연결시켜 측정할 결과, F2 = 2.5kg_r로 나타났다. 따라서, 위 식을 사용하여 이론 기동속도를 산정한 결과, 풍차 자체의 기동속도는 1.34 m/sec이고 풍차와 열변환장치를 연결시킨 경우에는 2.12 m/sec로 나타났다.

그러나 실제 풍차가 설치되어 있는 장소인 농업기계화연구소 구내 풍력조건에서는 (풍차)

및 (풍차 + 열변환장치)의 시동풍속은 각각 약 3m/sec 및 7m/sec로 계측되었는데 이는 동력전달계통에서의 동력손실이 크기 때문으로 판단되었다. 이것은 저속용 풍차이용 열변환 시스템에서 풍차설계 뿐만 아니라 풍차에서 열변환장치로 동력을 전달하는 동력전달체계도 저속풍력 운용조건에서는 매우 중요하며 동력전달체계는 매우 간단하며 동력손실을 극소화하는 방향으로 설계되어야 할 것으로 판단되었다.

풍차가 설치되어 있는 농업기계화연구소 포장에서 풍속과 풍차의 회전속도를 레이저타코메타로 측정하였다. 그림 4는 바람이 있는 여러 날에 걸쳐 풍속과 풍차 및 (풍차+열변환장치)의 회전속도를 측정하여 작성한 풍속-풍차회전속도 그래프다.

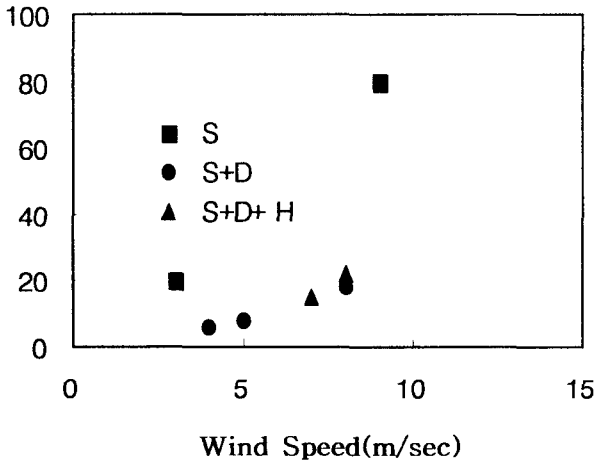


그림 4. 풍속별 풍력온수 공급시스템의 회전속도(증속 5:1)

사보니스풍차는 풍속이 3m/sec일 때 20rpm으로 회전하였으며 사보니스-다리우스 복합 풍차는 풍속 4m/sec 일 때의 회전속도는 5rpm으로 사보니스 단독으로 설치했을 때 보다 회전속도가 떨어졌는데 이는 사보니스와 다리우스를 결합시킬 때 웨이트밸런스가 맞지 않았기 때문으로 판단되었다. 풍속 9m/sec에서 사보니스풍차자체의 회전속도는 약 85rpm로 운전되었다. 이 풍력온수공급시스템은 기대한 만큼 충분한 효율을 발휘하지 못하는 것으로 나타나 동력전달과정에서의 손실을 줄이기 위하여 클러치와 두 개의 베벨기어를 제거하고 3:1 유성기어 동력전달장치로 풍차와 열변환장치를 직결하였다 (그림 5).



그림 5. 유성기어 동력전달장치

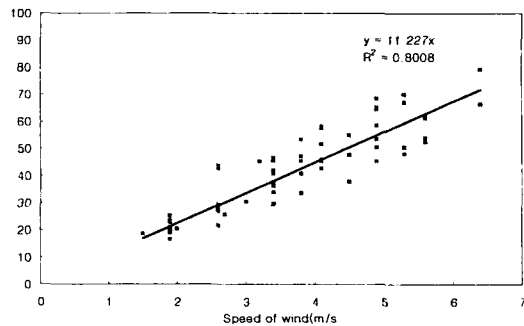


그림 6. 풍속별 풍력 온수공급시스템의 회전속도(3:1)

이렇게 동력전달시스템을 개선하여 시험한 결과는 그림 6과 같다. 풍속이 5m/sec 일 때 열변환장치의 회전속도는 70rpm로 측정되었다.

나. 실제 풍력조건에서의 열변환장치 운전

그림 7은 농업기계화연구소 내에 설치된 풍차에서 풍력을 받아 열변환장치가 실제 가동되면서 열변환장치 내의 유체의 온도변화를 나타내고 있다. 운전기간은 4월, 5월 풍력조건에 좋은 날 측정하였다. 열변환조 유체의 온도는 풍속이 증가함에 따라 5℃ 정도 상승되는 것을 발견하였다. 유체온도가 전체적으로 조금씩 상승하는 것은 바람이 연속적이지 못하고 간헐적으로 불기 때문이라 여겨지며 일단 한번 유체의 온도가 상승하면 다시 정상온도로 떨어지기 전에 바람이 다시 불어 온도상승이 이루어지기 때문이라 사료된다.

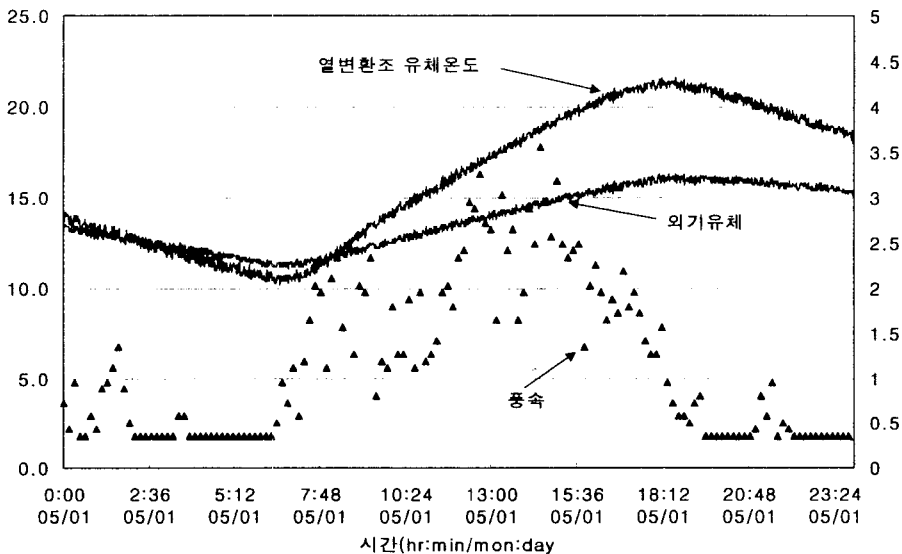


그림 7. 열변환조 내의 유체온도변화

다. 풍력환경과 열변환장치 이용가능성

그림 8은 NRG풍력계측 시스템으로 측정한 2002년 1년 동안 풍차-열변환시스템이 위치한 지점의 풍속자료다. 월별 풍속을 살펴보면 대체적으로 동절기의 풍속이 하절기보다는 높게 나타났으나 이 자료로는 구체적 풍속분포를 알기 힘들어 그림 9에서 보는 바와 같이 각 풍속에서의 누적시간을 산정하여 나타내었다.

풍차가 위치한 높이 10m에서 연간 풍속 3m/sec 이상인 연간시간은 1,081 시간으로 나타났고 20, 30m 에서는 각각 1,659, 2,105 시간으로 나타나 고도가 높을수록 즉, 바람을 받는 풍차의 위치가 높을수록 풍력열변환장치의 이용효율이 높아질 수 있다고 판단되었다. 이것은 풍력-열변환 시스템이 풍속 3m/sec 이상에서 운용된다면 연간 약 1,081시간 정도 이용될 수 있다는 것을 의미하며 따라서 수원과 같은 우리 나라 내륙지방에서 풍력운수공급시스템

을 이용하기 위해서는 적어도 3~4m/sec의 풍속에서는 작동될 수 있는 풍차시스템의 개발이 필요할 것으로 판단된다.

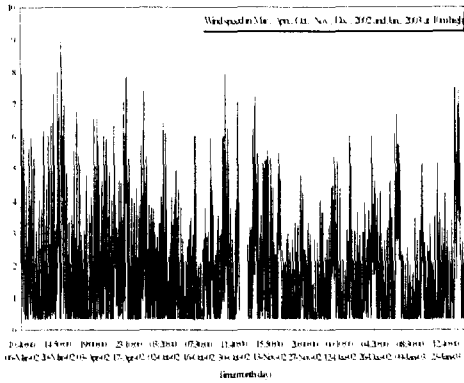


그림 8. NRG시스템으로 측정 한 시험장소의 연간 풍속변화

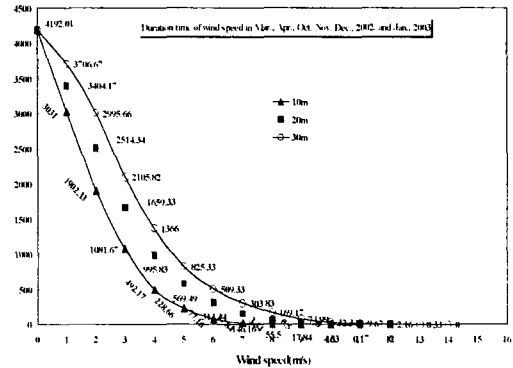


그림 9. 시험장소의 풍속별 연간 누적시간

4. 요약 및 결론

개발된 풍력-열변환시스템은 풍차로 얻어진 회전력을 이용하여 풍력-열변환 장치의 로터를 회전시키고, 이 때 발생된 열에너지를 물로 열교환시켜 온수로 이용할 수 있도록 구성되어 있다. 풍차의 형식은 수직형 사보니스 타입으로 하였는데 이는 수평형 풍차보다 동력전달시스템이 간단하고 동력전달효율이 높아 소형의 풍차에 유리하다고 판단하였기 때문이다.

개발된 풍력열변환장치를 실제 풍력조건에서 풍차와 연결하여 열발생조의 온도 상승을 측정 한 결과 열발생조 내 유체의 온도상승은 5°C 정도 상승하는 것을 발견할 수 있었다. NRG풍속계측시스템에 의한 풍력데이터에 의하면 수원지방의 풍속 3m/sec 이상 연간누적시간은 약 1,081시간 정도로서 이를 기준으로 풍력-열변환시스템의 연간이용시험이 필요할 것으로 사료된다.

5. 참고문헌

- 가. 농촌진흥청 농업기계화연구소. 2003. 농가보급형 풍력이용 온수공급시스템
- 나. 김영중, 유영선, 강금춘, 백이, 윤진하. 2003. 풍력열변환시스템 성능에 미치는 요인. 한국농업기계학회 동계학술대회논문집.
- 다. 김영중, 유영선, 강금춘, 백이, 윤진하, 이건중. 2001. 유체마찰에너지를 이용한 풍력열발생조의 성능분석. 한국농업기계학회지 제 23권 6호
- 라. Y.J. Kim, Y.S. Ryou, Y.H. Yoon and K.C. Kang. 2001. Windheat heating system development for greenhouse plant bed heating. ASAE meeting presentation. Papper Number. 01-8017.