풍력열변환장치에 관한 연구

Study on the Wind Power Heating System

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

1. 서론

시설하우스 면적증가와 더불어 가온면적의 확대로 시설하우스의 난방유류사용량이 급격히 증가하고 있으며 최근 유류가 상승으로 값싸고 환경오염을 줄일 수 있는 대체에너지의 개발이 절실한 실정이다. 현재 시설하우스, 축사 등에 사용하는 태양열온수난방시스템은 주간의 태양열을 수집하여 야간에 이용하는 방식으로 초기설치비용이 비싸고 효율이 낮은 문제점이 있지만 풍력은 태양에너지와는 달리 24시간 이용 가능한 무한청정자연에너지로 선진외국에서는 풍력이용 연구가 매우 활발하다. 풍력-열변환은 풍력을 전기로 바꾸는 과정없이 직접적으로 압축열 또는 마찰열로 변환시켜 온수 또는 난방열로 이용하는 방식으로 자원이용효율면에서 풍력발전보다 우월하다고 볼 수 있다. 10kW 풍력발전에 필요한 풍속은 3m/sec로 가능하며 열로 직접변환시에는 이보다 더 작은 풍속으로라도 가능할 것으로 사료된다. 유압회로와 수직축풍차를 이용한 풍력-열변환 연구에 의하면 1일 평균풍속 8.1m/sec에서 24.19MJ, 4.3m/sec에서 3.59MJ의 적산열에너지가 얻어질 수 있는 것으로 추정되었고 이때 풍력-열변환효율은 68%로 계산되었다 (Mohr 등 1982). 이는 수평축풍차의 이론최대효율 즉 Betz linit 59%를 상회하는 것으로 나타났다. 풍력-마찰열변환 연구결과에 의하면 15kW급 워터브레이크로 67℃의 물 130ℓ를 장기적으로 확보할 수 있었으며 년간 총생산열량은 25,000kW로 추정되었으며 워터브레이크의 회전수 및 지름과 발생동력에 관한 실험식을 개발하였다 (Matzen 1978).

본 연구의 목적은 풍력이용 온수공급시스템 개발에서 가장 중요한 부분인 풍력열변환장치를 제작하고 그 열변환성능에 미치는 몇 가지 요인에 대해 시험하는 데 있다 .

2. 재료 및 방법

가. 풍력열변환장치의 설계기준

풍력열변환장치의 형상은 실린더에 유체를 채우고 축에 연결된 로터가 회전함으로서 로타와 유체간의 마찰열에 의해 열을 발생시키는 구조로 정하였다. 용량은 300평 온실의 지중난방열량(평당 40kcal /h) 12,000kcal /h를 기준으로 각 요소의 사양은 다음 실험식에 근거해 결

* 농업기계화연구소

정하였다.

$$\Delta T = \mu \pi^3 N^2 R^3 L / 900 H q c_p \quad \text{.....(1)}$$

ΔT : temperature gains of fluid by friction energy between cylinder and fluid

R(m) : radius of cylinder

L(m) : height of cylinder

H(m) : thickness of friction fluid

ω(rad/s) : angular velocity of cylinder

μ(Pa.s) : kinetic viscosity of friction fluid

q(kg/s) : flowrate of friction fluid

나. 풍력-열변환시험장치

Figure 1은 풍력열변환시험장치로 주요부분은 열발생탱크, 열교환기, 모타와 인버터, 순환펌프 및 물탱크로 구성되어 있다. 각부의 제원은 표 1에 표시되어 있다. 열발생원리는 열발생탱크(heat generator) 내부에 위치한 모타직결 로타와 스탯이 회전하면서 주위의 유체와 마찰에 의해 열을 발생시키는 구조로 되어 있다. 발생된 열은 순환펌프에 의해 열교환기로 이동하고 물탱크에서 유입되는 물과 열교환이 일어난다. 본 시험에서는 열교환기에서 나오는 온수는 열저장조에 저장하지 않고서 연속적으로 폐기시켰다. 열발생량은 모타의 회전수, 로타의 형상, 스탯과 로타와의 간격, 유체의 종류 및 높이 등에 따라 다를 수 있으리라는 가정하였다.

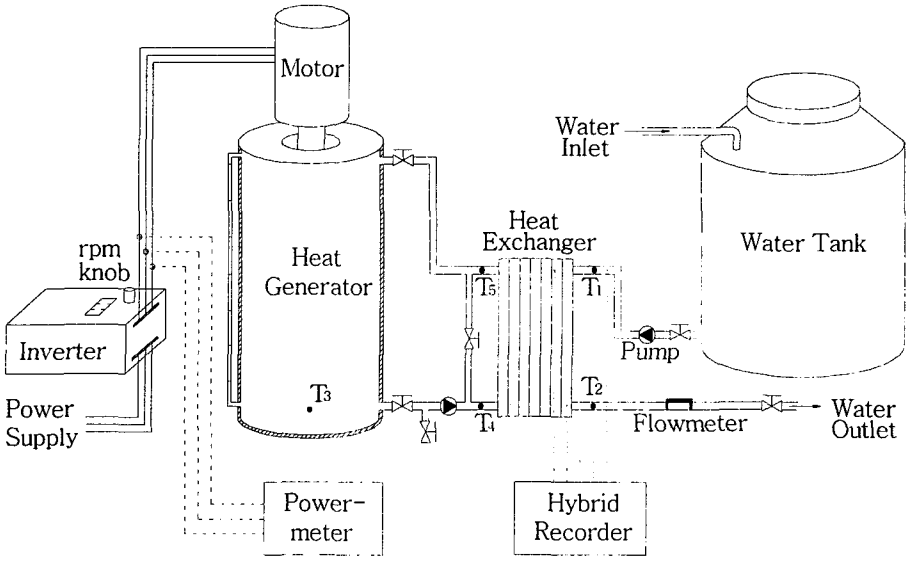

Figure 1. Schematic diagram of windheat generating system

모타는 30kW로 풍차를 대신하여 로타와 스텟을 회전하게끔 하였고 차후 시험에서는 적절한 풍차를 고안하여 성능시험을 할 계획이다.

다. 실험설계

본 요인시험에서 요인은 마찰유체의 종류 및 용량, 모타의 회전수로 이에 따른 발생열량을 계측하였다. 표 2는 각 요인과 그 수준을 나타낸다,

Table 1. Specifications of each component in the heat generating system

component		size and dimension (mm)	remark
heating part	axle	rod	revolving power → friction energy
	heat generator	Φ500×900L	
	rotor	350 × 6	
	stator	400 × 8	
driving part	motor	30kW	variable
	inverter	0~1000Hz	
heat exchange part	flat plate type heat exchanger	20,000kcal/hr	water or viscous fluid

Table 2. Factors investigated in this experiment that affect on the heat amount generated in the experimental set-up

factor	level	remark
friction fluid	2 (water and oil)	water : 1 cSt @20℃ oil : 136.8cSt @40℃
fluid amount	2 (70 and 90 ℓ)	oil
rpm of motor	6(200, 300, 400, 500, 600, 660)	adjusted by inverter

물은 일반 수돗물, 열매체유는 shell thermia oil을 선정하였고 모타의 회전수는 인버터로 조정하였다. 열발생탱크의 최대수용 물용량은 130 ℓ 로 측정되었다.

각 처리에 따라 유체의 온도는 T 타입 서모커플로 측정하여 다점온도기록계에 10초 단위로 저장하고 모타의 회전수는 인버터로 조정하면서 레이저타코메타로 확인하였으며 소비

전력은 3상전력분석계로 측정하였다. 열교환기로 순환하는 유체의 유량은 유량조절밸브로 조정하면서 초음파유량계로 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 작동유체에 따른 유체의 온도

그림 2와 3은 물과 오일을 마찰열유체로 사용했을 때 각 모타회전속도에서 모타운전시간이 경과함에 따라 유체의 온도상승을 나타내고 있다. 이 때 마찰유체는 순환시키지 않고 다만 열발생탱크의 하단부에서 측정한 온도로 일반적으로 모타의 회전수가 증가할수록 온도상승기울기가 증가하였다. 회전수에 따른 온도상승기울기는 물이 오일보다 컸다고 볼 수 있고 전반적으로는 오일의 온도상승이 물의 온도상승기울기보다 높았으며 경과시간 40분, 회전수 660rpm에서 물과 오일의 온도는 각각 78℃, 88℃로 나타났다. 이는 예상했던 대로 오일의 동점도가 물의 동점도보다 훨씬 높았기 때문이라고 사료된다.

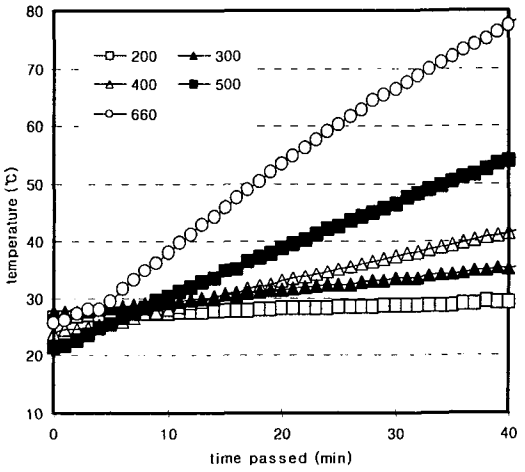

Figure 2. Temperature rises of 70 ℓ water in the heat generator depending on the rpm of the motor

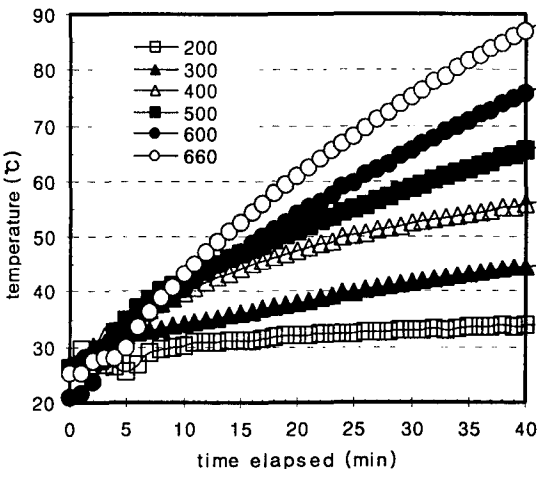

Figure 3. Temperature rises of 70 ℓ oil in the heat generator depending on the rpm of the motor

660rpm 이상, 200rpm이하에서는 본 시험에 사용된 모타로는 측정할 수 없었다. 마찰열유체로는 점성이 있는 오일의 선택이 합리적이라 할 수 있겠다.

나. 마찰유체의 유량에 따른 온도상승

그림 3과 4를 비교하면 마찰유체의 양에 따른 온도상승 정도를 알 수 있다. 오일의 양 70

ℓ에서 최고온도는 660rpm에서 88℃로 나타났고 90ℓ에서는 90℃까지 상승하였다. 전체적으로 총발열량은 유체의 양이 많은 조건이 더 우수했다고 볼 수 있다.

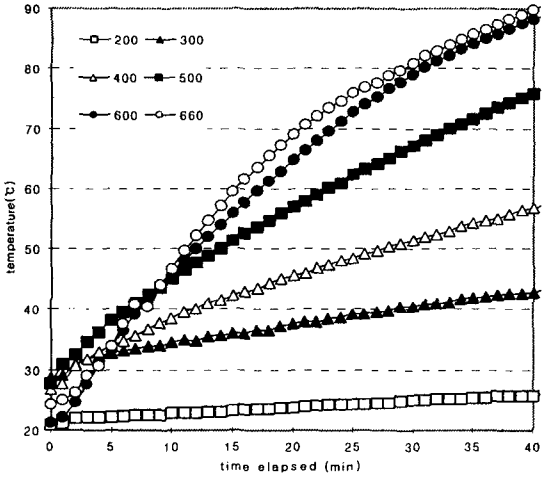

Figure 4. Temperature rises of 90ℓ oil in the heat generator depending on the rpm of the motor

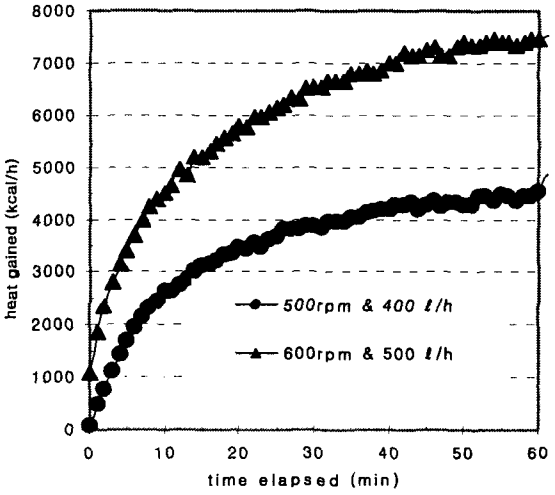

Figure 5. Heat exchange amounts between the oil of the heat generator and water in the flat plate type heat exchanger

다. 열교환량

그림 5는 순환펌프로 마찰유체를 판형열교환기로 강제순환 시켰을 때 물이 얻은 열량을 나타낸다. 물과 오일의 열교환은 열교환기에서 이루어졌으며, 모타의 가동과 동시에 열교환이 시작되었다. 모타의 회전속도가 500rpm, 물의 순환량이 시간당 400ℓ일 때 물이 얻는 열량은 4,500㎉가 되었고 600rpm-500ℓ에서는 7,500㎉의 열량이 얻어질 수 있었다. 600rpm-500ℓ열교환시험에서 경과시간 40분 정도에서 판형열교환기 입구 물온도는 22℃에서 출구 36℃로 증가되었고 반면 오일의 온도는 입구 55℃에서 출구 46℃로 감소되면서 열교환이 이루어졌다. 모타의 소요동력은 600rpm, 400rpm에서 각 각 12~14.5㎾, 5~6㎾로 나타났다 (그림 6). 열변환시스템의 최고효율은 62%로 나타났다 (그림 7). 이는 모타가 소비한 전기동력의 62%가 온수를 생산하는 열에너지로 변했다는 의미로 매우 높은 수준의 동력이용효율이라 할 수 있을 것이다. 이 열교환성능시험으로 열변환장치에서 모타 대신 풍차를 설치한다면 풍차의 크기 및 소요풍력에 관한 지식을 얻을 수 있었고 본 시스템에 필요한 풍차크기는 최소한 15㎾의 풍력을 수집할 수 있어야 한다는 결론에 도달했다.

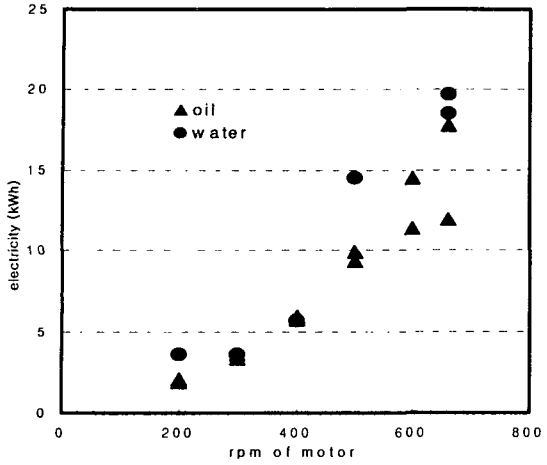

Figure 6. Electricity consumed by the different fluid Temperature rises of 70 ℓ water in the heat generator depending on the rpm of the motor.

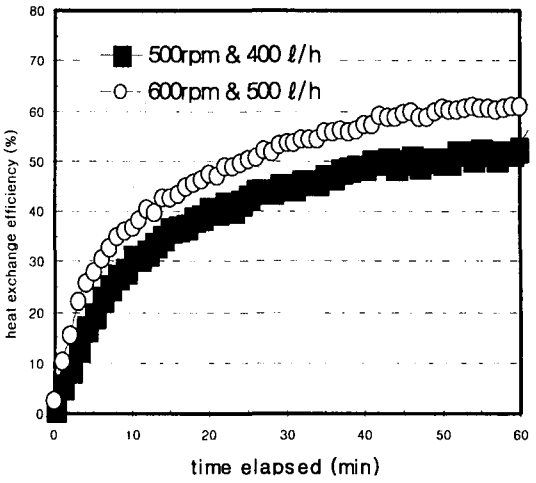

Figure 7. System efficiency of heat generating system

4. 요약 및 결론

본 연구에서 열발생탱크, 모타, 로타와 스탯, 순환펌프, 열교환기로 구성된 풍력-열변환시스템을 제작하여 열변환성능에 미치는 몇 가지 요인에 대하여 시험하였다. 주요결과는 다음과 같다.

가. 풍력-열변환장치 장치 설계를 위한 요인시험장치를 로터회전형의 열교환시스템으로 설계 제작하였다..

나. 요인시험결과 로터의 회전속도가 빠를수록 작동유체가 많을수록 작동유체의 온도가 높게 나타났다.

다. 작동유체를 물을 사용한 경우보다 열매체유 경우가 약 10℃ 높게 나타났다..

라. 로타회전속도를 600rpm, 물순환량 500 ℓ/hr의 경우 최대열교환량은 7,500㎉/hr로 나타났으며 이 때 소비전력은 14㎾로서 열변환효율은 62%정도로 나타났다.

5. 참고문헌

가. 산업자원부, 에너지관리공단. 2000. 대체에너지가술 세미나

나. Mohri, K, S. Umeda, T. Terada. 1982. Heat energy conversion system of wind power (일본)농업기계학회지 45권 1호

다. Matzen R. 1978, Wind energy- Heat generation. Second International Stmposium on WIND ENERGY SYSTEMS.