

농어촌 지역 에너지 활용을 위한 풍열원화 시스템

Wind Energy Transformation System to Thermal Energy for the Application of Farm and Sea Villages



이 장 호
 군산대학교 풍력기술연구센터장/
 기계자동차공학부
 jangho@kunsan.ac.kr

풍차는 전기를 생산하는 풍력발전기이외에도 열을 생산하는 시스템으로도 응용될 수 있다. 바람에너지를 회전에너지로 전환하는 것은 풍력발전기와 동일하나, 이를 전기에너지가 아닌 열에너지로 변환하는 시스템을 풍열원화 시스템이라고 하는데, 이에 대해 살펴보고자 한다.

풍력발전과 풍열원화 시스템

풍력발전기의 일반적인 출력특성은 <그림1>과 같다. 그림에서 보는 바와 같이 바람에너지는 바람 속력의 세제곱에 비례하여 커지지만, 전류를 생산하는 풍력발전기의 출력(ideal power curve)은 이를 따라갈 수 없기 때문에, 바람의 속력이 설계 기준속력(rated speed) 이상 증가하게 되면 출력이 일정하게 유지되도록 설계된다. 풍력발전기는 이를 구현하기 위하여 출력계수(power coefficient: 바람의 보유 에너지에 대한 발전에너지의 비)가 높은 바람에너지 영역에서 오히려 아주 낮은 수준

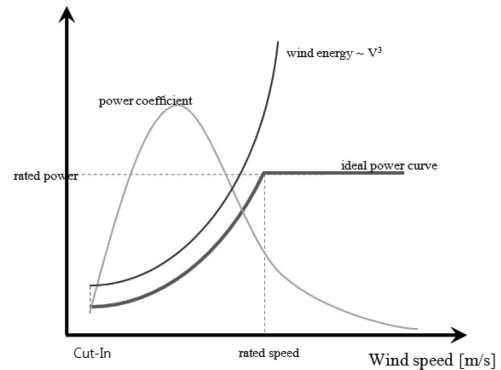


그림 1. 풍력발전기의 일반적인 특성곡선

으로 운전되어야 한다는 근본적인 모순을 가지고 있다.

이와 같이 바람에너지를 전기로 전환하는 시스템은 일반적으로 정격 설계점 이상의 출력이 곧 최대출력을 의미하는 경우가 대부분이어서 바람에너지의 변화를 전기에너지로 변환하는데 필연적으로 많은 손실을 동반한다.

풍열원화 시스템은 바람에너지를 바로 열로 변환하는 시스템으로 에너지 변환 손실이 거의 없고, 에너지 저장

이 용이하며, 설계 점을 기준으로 충분히 넓은 작동영역을 가질 수 있으므로, 열을 응용목적으로 하는 경우에 넓은 영역에서 높은 효율을 유지하며 사용될 수 있는 유용한 시스템으로 평가되고 있다.

현대에 이르러 다양한 형태의 풍력발전기가 사용되고 있지만, 변하지 않는 공통적인 특징은 <그림2>에서 보는 바와 같이 최고의 출력계수를 나타내는 고유의 끝단속력비가 존재한다는 것이다 (끝단속력비: 바람속력에 대한 끝단회전속력의 비). 즉, 풍력발전기는 우수한 성능을 내기위하여 바람의 속력에 따라 회전속도도 일정하게 변해야 된다.

이를 위해 바람의 속력이 증가하면 로터에 작용하는 부하도 같이 증가하여 로터의 토크가 바람속력의 제곱으로 변화하는 부하가 로터에 연결되도록 하면 바람의 속력에 비례적으로 로터의 회전수가 변화하게 되어 끝단속력비를 자동적으로 일정하게 유지할 수 있는 시스템을 구현할 수 있다.

이 끝단속력비를 <그림2>에서 보는 바와 같은 최대 출력계수 점에 맞춰두면 별도의 제어장치 없이 넓은 영역에서 높은 효율을 유지할 수 있다. 바람에너지를 회전에

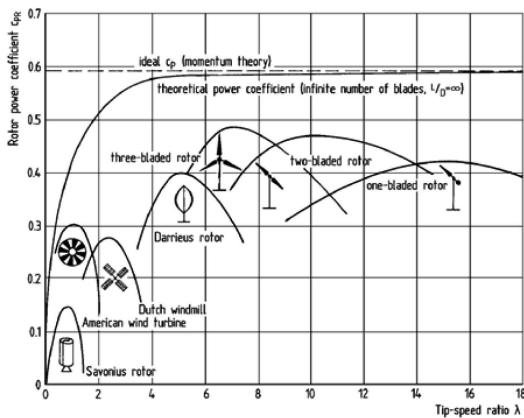


그림 2. 여러 가지 풍력발전기의 출력특성: 끝단속력비-출력계수⁽¹⁾

너지로 변환하고 같은 축에 교반기나 압축기, 유압펌프 등과 같이 토크가 회전속도의 제곱에 비례하는 성질을 가진 부하를 연결하면 이와 같은 현상을 구현할 수 있다.

풍열원화 방법의 종류 및 특징

풍열원화 시스템은 바람에너지를 이용해 전기를 생산하는 것 보다 직접 열 변환하는 시스템을 말하는데, 전기로 변환하는 경우보다 에너지 변환효율이 높고, 에너지 저장이 용이하다는 장점이 있다. 따라서 최종 이용 목적이 열인 경우, 일단 전기로 변환하고 나서 열로 변환하는 것보다, 바람을 직접 열로 변환하는 것이 변환손실을 줄이고 효율이 좋은 시스템을 만드는 방법이다.

바람을 직접 열로 변환하는 방법은 다음과 같이 여러 가지가 있다.

- 마찰에 의한 방식
- 와전류를 이용한 방식
- 캐비테이션을 이용한 방식

아래 그림은 바람을 직접 열원화 하는 몇 가지 방식을 설명하고 있는데, 아래 그림에서 (a)-(e)는 마찰방식의 대표적인 예이다.

(a)는 고체마찰을 이용하는 것으로 풍차로 구동되는 브레이크드럼 또는 브레이크 디스크에 브레이크슈를 눌러 닿게 하여 마찰면에 발생하는 마찰열을 물 등의 유체에 흡수시켜 이용하는 방식이다. (b)와 (c)는 고체와 액체의 마찰을 이용하는 것으로 (b)는 장애물 판이 붙은 축을 액체 중에 회전시키는 유체교반 방식이며, (c)는 풍차의 회전력으로 원심펌프를 회전시키고 출구 관로의 관마찰로 수온을 올리는 방식이다. (d)는 기체와 고체의 마찰을 이용하는 방식으로 저압블로어식 열변환 장치이다. (e)는 유압펌프와 오리피스를 조합하여 액체끼리의 마찰을 이

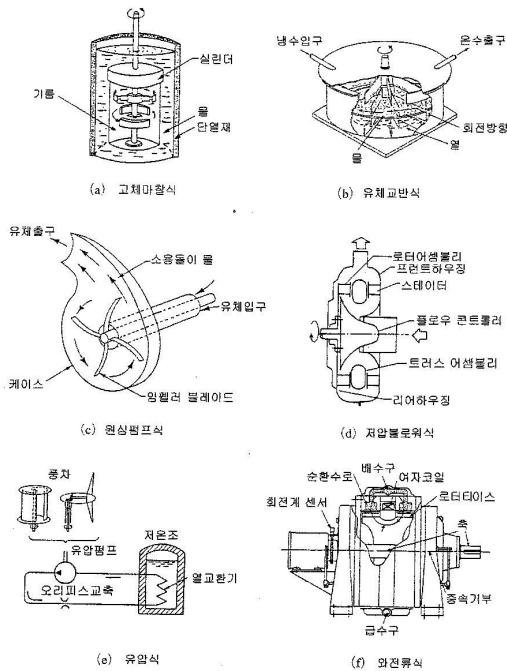


그림 3. 여러 가지 방식의 풍열원화 시스템) (2)

용하는 방식으로 풍차에 의해 고정용량형의 유압펌프가 직결 구동된다. 풍차에 의해 바람에너지가 기계에너지로 변환되고 기계에너지는 유압펌프에 의해 압력에너지로 변환되며, 이는 다시 오리피스에 의해 운동에너지로 변환되고 마지막으로 출구 유로에서 열에너지로 변환된다.

(f)는 와전류를 이용하는 방식인데, 여자코일을 흐르는 미소전류에 의해 여자되는 자장사이를 로터가 회전하여 자속의 맥동이 일어나고 와전류가 발생한다. 와전류는 로터에 회전저항을 주고 동력을 흡수한다. 이때 부하제어 혹은 회전수 제어는 전기적으로 행해지므로 응답성이 좋고, 로터의 회전제어 정도를 높일 수 있다.

〈그림 4〉는 캐비테이션을 이용한 고온발생 방법에 관한 것으로서 유체 속을 고속으로 움직이는 물체의 표면의 유압이 저하되므로, 서로 반대방향으로 회전하는 회

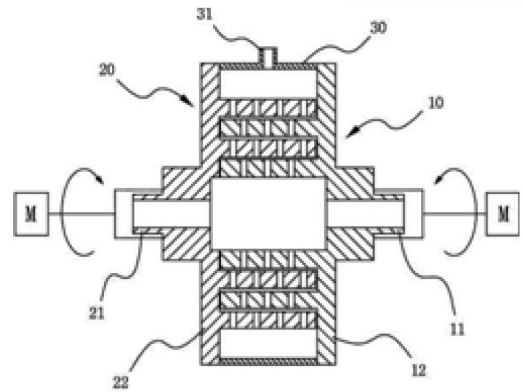


그림 4. 캐비테이션을 이용한 고온발생장치) (3)

전부재의 내측으로 유입된 유체와의 사이에 캐비테이션을 발생시켜 고온의 유체를 얻을 수 있도록 하는 방식인데, 열효율이 높고 환경 문제와 열기관의 유지 관리의 편리성을 증대시킬 수 있으며, 사용의 편의성, 위험 요소의 제거, 비용의 절감 등의 효과가 있다고 알려져 있다.

농어촌지역의 활용전망

이와 같이 바람으로부터 직접 열을 발생시킬 수 있는 풍열원화 시스템에 대한 국내 적용사례는 아직 보고된 바가 없으나, 이웃나라 일본에서는 상당히 많은 적용사례가 보고되고 있다.

일례로 1980년도에 북해도 농업시험장에서 25m의 타워위에 직경4m의 프로펠러형 풍차와 유압식 열변환 시스템을 설치하여 35.5%의 평균효율을 얻고 있다고 하며, 1981년에는 로터직경 10m, 출력 20kW 2호기의 시험제작과 실증을 실시한 결과, 35~45%의 효율을 얻었다고 한다.

한편, 우리나라 농촌 지역의 가구당 평균 에너지 소비를 분석해보면, 평균 13M kcal의 에너지를 사용하는데 이중 대부분의 에너지가 고가의 석유계 에너지원에 집

표 1. 도시와 농촌지역 에너지 소비 비교⁽⁴⁾

구분	에너지소비량(10 ⁹ kcal)			가구당 소비량(10 ⁹ kcal)			
	전 국	도 시	농 촌	전 국	도 시	농 촌	
합 계	206,798.7	186,855.9	19,942.9	13,015.8	13,001.8	13,050.8	
연 탄	1,983.8	1,164.1 (0.6)	819.7 (4.1)	129.6	81.0	536.4	
석유류	소 계	61,590.7	46,818.9 (25.1)	14,771.8 (74.1)	3,935.8	3,257.8	9,666.8
	등 유	39,529.0	29,820.1 (16.0)	9,708.9 (48.7)	2,527.4	2,075.0	6,353.6
	중질중유	3,115.9	3,115.9 (1.7)	-	194.0	216.8	-
	프 로 판	18,945.7	13,882.9 (7.4)	5,062.9 (25.4)	1,214.4	966.0	3,313.2
가 스 류	소 계	88,042.5	87,265.9 (46.7)	776.6 (3.9)	5,483.1	6,072.0	508.2
	도시취사	12,112.8	12,011.7 (6.4)	101.1 (0.5)	753.9	835.8	66.2
	도시난방	75,929.7	75,254.2 (40.3)	675.5 (3.4)	4,729.2	5,236.4	442.1
전 력	41,961.0	38,514.6 (20.6)	3,446.4 (17.3)	2,635.0	2,679.9	2,255.4	
지역 난방	12,826.6	12,826.6 (6.9)	-	806.8	892.5	-	
온수(급탕)	125.0	125.0 (0.1)	-	7.8	8.7	-	
임산 연료	269.2	140.8 (0.1)	128.4 (0.6)	17.6	9.8	84.0	

중된 것으로 조사되었다. <표 1>에서 보는 바와 같이 도시와 농촌 지역의 에너지 사용량은 비슷하나, 농촌 지역 에너지 사용은 석유류-전력-연탄-가스류 순으로 나타난다. 그러므로 고가의 석유계 연료의 사용이 많은 농촌 지역에 풍열원화 시스템을 도입하면 비용절감의 효과가 크게 나타날 것으로 예측되며, 도시와 농촌간의 에너지 사용 불평등 현상을 해소 할 수 있을 것으로 기대된다.

문제는 풍부한 바람에너지를 확보할 수 있느냐 인데, 우리나라의 경우 겨울철에 주로 북서풍의 풍부한 바람 에너지가 존재하며, 해안가, 어촌 마을 혹은 산간 마을에 충분히 경쟁력 있는 바람이 불고 있다.

일단 열로 변환된 바람에너지는 저장과 수송이 가능하며, 지열 및 태양열과 같은 다른 열원과도 잘 혼합될 수 있다. 그리고 열을 이용하는 냉동시스템(흡수식 혹은 흡착식 냉동시스템)을 활용하면 여름철 일정한 온도를 유지해야하는 시설농업에도 유용하게 활용될 수 있으므로 사계절 유용하게 사용될 수 있다.

이와 같이 풍열원화 시스템은 공학적으로 안정된 성과 높은 효율을 달성할 수 있을 뿐만 아니라 여러 가지 응용으로도 활용될 수 있다. 우리나라에서는 아직까지 풍차는 곧 전기를 생산하는 풍력발전기라는 인식이 대부분이지만, 풍력발전 분야에 대한 기술개발과 지원이 충분히 이루어진 만큼, 이제 고가의 열원을 사용하는 농촌지역부터 풍열원화 시스템의 개발 및 적용에 관심을 가져볼 시점이라고 생각된다.

참고문헌

1. Erich Hau "Wind Turbines," 2005, Springer
2. 고경남, 허종철 공역, "풍력공학입문", 2002, 문운당
3. 볼텍스웨어, "캐비테이션을 이용한 고온발생 방법 및 장치" 특허 10-0802475
4. 김지성외 "농촌마을 신재생에너지 활용방안 연구", 2007, 농림부

기획: 홍성구 편집부위원장 bb9@hknu.ac.kr