

풍력 발전 개요

2010.10.18
금풍에너지(주)

1. 풍력발전의 개요

▶ 풍력발전의 개념 및 특징

풍력발전(Wind Power)이란 바람에너지를 풍력터빈(Wind Turbine) 등의 장치를 이용하여 기계적에너지로 변환시키고, 이 에너지를 이용하여 발전기를 돌려 전기를 생산하는 것을 말한다. 풍력발전기는 이론상으로는 바람에너지의 최대 59.3%까지 전기에너지로 변환시킬 수 있지만, 현실적으로 날개의 형상, 기계적 마찰, 발전기의 효율 등에 따른 손실요인이 존재하기 때문에 실용상의 효율은 20-40% 수준에 머물고 있다.

풍력은 재생에너지(Renewable energy)의 일종으로 자원이 풍부하고, 끊임없이 재생되며, 광범위한 지역에 분포되어 있고, 깨끗하며, 또한 운전 중 온실가스의 배출이 없다는 점에서 화석에너지 고갈 시에 대비한 유망한 대체 에너지원으로서 각광받는 에너지이다. 또한 풍력발전은 태양계의 자연에너지인 바람을 이용하여 발전하기 때문에 바람이 불 때에는 수요에 관계없이 반드시 전력을 생산한다는 점에서 계통운용 측면에서는 분산전원으로 분류된다.

▶ 풍력발전의 역사

세계 최초의 자동운전 풍력터빈은 1888년 찰스 브러쉬에 의해 미국 클리버랜드에 설치된 용량 12KW, 높이 18미터, 무게 4톤의 설비였다.

페르시아에서는 풍력장치가 B.C 200년 경 부터 사용되었다. 알렉산드리아의 헤론이 개발한 풍차(Windwheel)가 역사상 알려진 최초의 풍력을 이용한 기계로 알려지고 있다. 그러나 최초의 실용형 풍차는 7세기 경 이란과 아프카니스탄 사이의 시스탄에 설치된 수직축 형 풍차로서 여러 개의 직사각형 모양의 날개가 긴 수직 회전축에 조립된 것이었다. 이 풍차는 갈대 매트나 천으로 둘러 싼 6개에서 12개까지의 날개를 가진 설비로서 주로 옥수수를 분쇄하거나 물을 퍼 올리는데 이용되었으며 제분 및 설탕 제조 산업에 이용되기도 하였다.

14세기 경 네델란드의 풍차는 라인강 델타지역의 물을 배수하는데 주로 사용되었다. 1900년 경 덴마크에는 약 2500대의 풍차가 있었는데, 이 풍차는 제분기나 펌프에 기계적 동력을 제공하면서 최대 약 30MW에 해당하는 전력을 함께 생산하였다.

현재까지 알려진 최초의 전력생산용 풍차는 1887년 제임스 브리드에 의하여 스코틀랜드에 건설된 배터리 충전용 설비였다.

미국 최초의 전력생산용 풍차는 1888년 찰스 브러쉬에 의하여 오하이오주의 클리브랜드에 건설된 이래, 1908년에는 5-25KW급의 풍력발전기 72기가 운전되었다.



이 중 최대의 설비는 23m 직경의 4개의 날개를 가진 회전자와 24m 높이의 타워를 가진 설비였다.

세계1차대전 경, 미국의 풍차 제조업체는 매년 100,000대의 농장용 풍차를 생산하였는데, 이 설비는 대부분 물을 퍼 올리는데 이용되었다.

1930년대에는 미국 대부분의 지역에 전력공급을 위한 배전시설이 설치되지 않았기 때문에 농장에 전력생산용 풍차가 설치되는 것이 일반적인 현상 이었다. 또한 이 시기에는 고강도 철 제품의 가격이 저렴하였기 때문에 대부분의 풍차들은 철제격자형 타워 상부에 설치되었다. 근대형 수평축형 풍력발전기의 선두주자는 1931년 구 소련의 알타에 건설된 100KW 용량의 발전기로서, 타워 높이는 30m 였으며 6.3KV 지방 배전계통에 연계 운전되었다.

그 당시 연간 설비 이용율은 32% 수준으로서 현재의 풍력발전기와 큰 차이가 없는 것으로 알려지고 있다.

1941년 가을, 최초의 최초의 MW급 풍력터빈이 버몬트에서 전력계통에 병입되었는데, 이 풍력발전기는 전쟁에 따른 자재 부족으로 정비를 할 수 없어 1100시간 밖에 가동되지 못했다.

영국의 최초의 계통연계형 풍력발전기는 1954년 오크니 섬에 존 브라운사에 의하여 건설된 100KW의 정격출력의 설비로서 18m 직경의 3개의 날개를 가지고 있었다.

▶ 풍력발전기의 구조

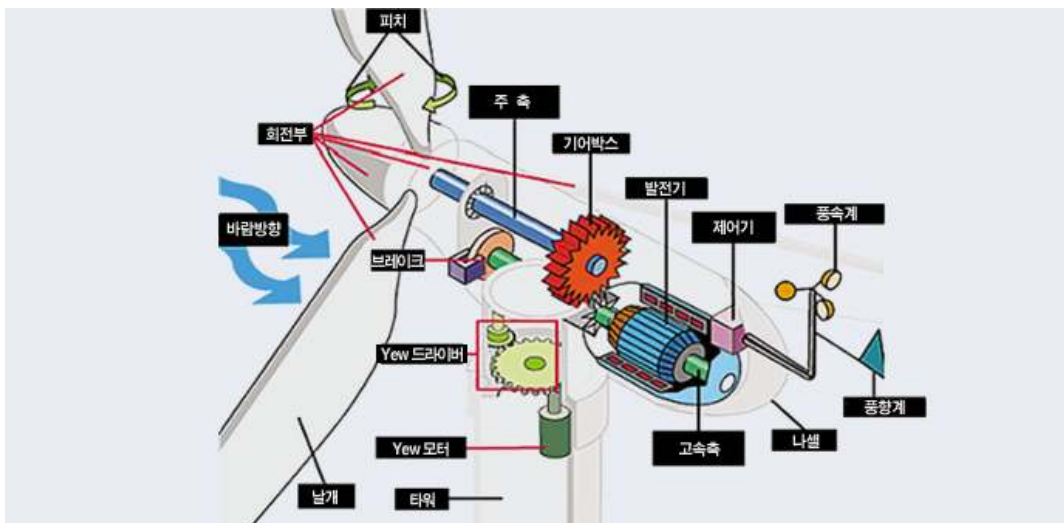
풍력발전기(WTG : Wind Turbine Generator)시스템은 주요 부품들 (Components)로 구성된 기계시스템, 전기 시스템, 그리고 풍력발전기를 제어하는 제어시스템으로 나눌 수 있다. 또한 한편으로는 날개를 포함한 허브 시스템, 각종 기계, 전기, 제어장치를 탑재시킨 나셀 (Nacelle), 그리고 이들 상부 중량물을 지상으로 부터 받쳐주는 타워시스템으로도 구분할 수도 있다.

● 기계 및 전기 시스템

바람에너지를 회전력으로 변환시켜 주는 회전날개(Blade)와 이를 주축(主軸)과 연결시켜 주는 허브(Hub)시스템, 날개의 회전력을 증속기 또는 발전기에 전달하여 주는 회전축(Shaft) 또는 주축(Main shaft), 회전속도를 올려 주는 증속기 (Gear box), 증속기로부터 전달받은 기계적에너지를 전기적에너지로 변환시키는 발전기(Generator), 제동장치인 Brake, 날개의 각도를 조절하는 피치시스템, 날개를 바람방향에 맞추기 위하여 나셀을 회전시켜 주는 요잉 시스템(Yawing System), 그리고 풍력발전기를 지지하는 타워시스템 등으로 구성되어 있다.

● 제어 장치

풍력의 제어시스템은 풍속에 따른 출력, 피치각, 로터와 발전기의 회전수를 조절하는 속도 및 출력 제어 시스템, 풍향과 제동장치, 회전방식에 대한 제어를 담당하는 운전 상황 및 운전 모드 제어시스템, 전력계통과의 병렬운전을 제어하는 계통연계 제어 시스템, 풍력발전기의 운전 상태를 실시간으로 감시하고 모니터링 하는 운전 및 모니터링 시스템으로 구성되어 있다.



[풍력발전기 구조]

▶ 풍력발전(기)의 종류

회전축 방향에 의한 분류	수평축(Horizontal axis type) 풍력발전기
	수직축(VERTICAL axis type) 풍력발전기
증속기 유무에 의한 분류	증속기형(Geared type) 풍력발전기
	직결형(Gearless type) 풍력발전기
공기역학적방식에 의한 분류	양력식(Lift type) 풍력발전기
	항력식(Drag type) 풍력발전기
운전속도에 의한 분류	정속형(Fixed rotor speed type) 풍력발전기
	가변속형(Variable rotor speed type) 풍력발전기
출력제어방식에 의한 분류	날개각제어형(Pitch controlled type) 풍력발전기
	실속제어형 (Stall controlled type) 풍력발전기
계통연계 여부에 의한 분류	계통연계형(Grid connected type) 풍력발전
	독립전원형(Off-grid type) 풍력발전
설치 장소에 의한 분류	육상(Onshore type) 풍력발전
	해상(Offshore type) 풍력발전

▶ 회전축 방향에 따른 분류

풍력발전기는 회전축의 방향에 따라 수평축 형과 수직축 형으로 구분되는데, 회전축이 바람이 불어오는 방향인 지면과 평행하게 설치되면 수평축 형이라 부르며, 지면과 수직으로 놓이면 수직축 형이라 한다. 통상적으로 중대형급 이상 풍력발전기는 수평축 형을 사용하며, 100kW급 이하 소형에는 수직축도 사용된다.

● 수평축 풍력발전기

수평축 풍력발전기는 1개에서 4개까지의 날개를 가진 다양한 종류가 있지만, 현재 발전용으로 가장 많이 이용되고 있는 것은 3개의 날개를 가진 프로펠러 형이다. 수평축 발전기는 구조가 간단하고 설치가 용이하며 에너지 변환효율이 우수하다는 장점은 있지만, 날개 전면을 바람 방향에 맞추기 위해서는 나셀을 360도 회전시켜줄 수 있는 요잉(Yawing)장치가 필요하며, 증속기(Gear box)와 발전기 등을 포함하는 무거운 나셀(Nacelle)이 타워 상부에 설치되어 점검, 정비가 어렵다는 단점이 있다.

● 수직축 풍력발전기

수직축 풍력발전기에는 원호 형 날개 2-3개를 수직축에 붙인 다리우스 형(Darrieus type)과 2-4개의 수직 대칭익형 날개를 붙인 자이로밀 형(Gyromill type), 그리고 반원통형의 날개를 마주보게 한 사보니우스 형(Savonius type) 등이 있다. 수직축 풍력발전기는 바람의 방향에 영향을 받지 않아 요잉장치가 필요 없으며, 사막이나 평원에는 적합하지만 소재가 비싸고 수평축에 비해 효율이 떨어지는 단점이 있다.

▶ 증속기 유무에 의한 분류

풍력발전기 날개에 직결되어 회전되는 주 축(Main shaft)과 발전기 사이에 설치되어 발전기 축의 회전속도를 증가시켜 주는 장치를 증속기(Gear box)라고 하는데, 풍력발전기에는 증속기를 포함하는 증속기형 풍력발전기와 증속기가 없이 발전기로 직결되는 직결형(gearless type) 풍력발전기가 있다.

● 증속기형(g geared type) 풍력발전기

간접구동식이라고도 불리는 증속기형(g geared type) 풍력발전기는 초기 풍력터빈의 개발 단계부터 적용된 기술적 접근방법이었으며 그동안 기술적인 발전을 거듭하면서 오늘에 이르렀고 아직도 시장의 80~ 90% 이상이 이 형식으로 되어 있다. 최근에는 증속비를 높여 발전기의 크기를 감소시키는 기술과 증속기형의 문제점인 진동, 소음 및 하중의 불균등한 분배 등의 문제점을 해소하기 위한 기술의 개발이 활발히 이루어지고 있다.

● 직결식(gearless) 풍력발전기

직결식 풍력발전기는 풍력터빈용 발전기(generator)의 기술이 향상되면서 증속기가 없는 형태로 개발된 것이다. 기어박스가 없기 때문에 구조가 단순하고 기계적인 응력이 감소되며 기계적 소음도 낮다. 또한 운전, 유지비용이 적게 소요되며 가동율(availability)도 높다는 장점이 있다. 그러나 회전속도가 느려 다극발전기를 사용해야 하기 때문에 발전기의 크기와 무게가 증가되고 가격도 비싸진다. 또한 로터와 발전기가 가까이 있어 나셀의 무게중심이 한쪽으로 쏠릴 수 있어 이를 해소하는데 타워와 기초비용이 증가되는 단점이 있다. 그러나 최근에는 관련 기술의 발달로 이러한 단점이 상당부분 해소된 혁신적인 시스템이 개발되고 있다.



▶ 공기역학적방식에 의한 분류

베르누이 정리에 의하면, 유선형 날개에서는 상부와 하부를 흐르는 공기의 속도가 달라짐으로써 양력이 발생하여 날개가 회전하게 된다고 한다. 풍력터빈의 날개도 이 양력과 항력을 적절히 활용한 것이다.

㉠ 양력식(lift type) 풍력발전기

양력(lift force)을 이용하여 날개를 회전시키는 풍력터빈을 양력식 풍력발전기라 한다. 양력식 풍력발전기가 회전하는 원리는, 날개의 앞쪽에서 출발한 바람이 곡면부와 평탄한 부위로 분리되어 흐르게 되는데 곡면부를 통과한 바람은 평탄한 부위를 통과하는 바람보다 속도가 빨라지게 된다. 이때 생성되는 날개 양면의 유속 차에 의해 양력이 발생하게 되고 이 힘에 의해 날개가 양력방향으로 움직이면서 회전하게 된다.

㉡ 항력식(drag type) 풍력발전기

날개가 바람의 저항을 직접 받아서 축을 회전시키는 풍력발전기를 항력식 풍력발전기라고 한다. 대표적인 것으로 사보니우스형을 들 수 있으며, 또한 흔히 주변에서 볼 수 있는 컵형 풍속계(anemometer)도 이 형식에 속한다. 항력식 풍력발전기의 경우 날개의 회전속도는 풍속을 초과할 수 없다는 특징이 있다.

▶ 운전속도에 의한 분류

㉠ 정속형(fixed rotor speed) 풍력발전기

정속형 풍력발전기란 풍속에 상관없이 로터가 일정한 속도로 회전되는 풍력터빈을 말한다.

정속운전 풍력발전기는 유도발전기를 장착하고 계통에 직접 연결되는데, 무효전력 보상을 위하여 역률 보상장치를 설치하여야 하며, 계통연계 시 돌입전류로 인한 시스템 보호를 위하여 소프트 스타터를 사용한다.

정속형 풍력발전기는 구조가 간단하고 신뢰성이 높으며 발전기의 가격이 낮다는 장점을 가지고 있는 반면, 무효전력 및 전력품질의 제어가 어렵고 기계적 응력을 많이 받는다는 단점이 있다. 특히 정속운전은 특정 풍속에서는 최대의 효율을 낼 수 있어 1990년대 초기 대개의 풍력터빈은 정속으로 운전하였다.

❶ 가변속형(variable rotor speed) 풍력발전기

가변속형 풍력터빈은 넓은 범위의 풍속에서 최대의 공력효율을 얻을 수 있도록 설계된 풍력발전기를 말한다. 이 형식은 가변속 운전을 통하여 변동하는 풍속에 대응하는 회전속도를 연속적으로 받아들일 수 있으며, 이때 최대 출력계수에 해당하는 주속비는 일정한 값으로 유지된다. 가변속형은 발전기의 토크를 일정하게 유지하고 풍속의 변화는 발전기의 속도를 변화시켜 대응한다.

유도발전기나 동기발전기를 사용하는데 전력변환기를 통하여 계통에 연결된다. 전력변환기는 발전기의 속도를 제어하는데 풍속변화에 의한 출력변동은 발전기의 속도 변화와 로터 속도의 변화를 통하여 흡수한다.

가변속형은 동일한 풍향 조건에서 정속형 보다 많은 출력과 우수한 전력품질을 얻을 수 있으며 기계적 응력이 감소된다는 장점이 있는 반면, 정속형보다 전기시스템이 복잡하여 관련된 전기부품이 많이 소요되며 가격이 상승된다는 단점이 있다.

❷ 출력제어방식에 의한 분류

❶ 날개각제어형(pitch regulated type) 풍력발전기

유선형 날개는 그 각도에 따라 양력을 받는 정도가 달라지기 때문에 날개의 각도를 조정하면 다양한 범위의 회전속도를 얻을 수 있다. 이와 같은 원리를 이용하여 날개의 각도를 조정하여 회전속도와 토크를 제어하는 풍력설비를 날개각제어형 풍력발전기라 한다. 이 방식은 받음각을 조절할 수 있기 때문에 정격 풍속 이상에서 효율적인 출력제어를 할 수 있어 최신 풍력터빈에서는 거의 필수적으로 채용되고 있다

❶ 실속제어형(stall regulated type) 풍력발전기

유선형 날개의 상·하부로 흐르는 공기 중, 빠른 속도로 흐르는 공기는 공기의 특성, 날개의 형상, 진입 공기의 입사각 등에 따른 저항을 받게 된다. 유속이 증가하여 일정 수준 이상이 되면 날개의 후면에서 이 저항에 의한 와류 (turbulence)가 발생하여 양력을 급격하게 저하시키는데 이 현상을 실속(stall)이라 한다.

실속제어는 일정 풍속 이상이 되면 이러한 실속 현상을 야기 시켜 날개의 양력이 증가하지 않거나 감소되도록 하여 터빈의 회전속도를 제어하는 방식이다. 특히, 실속제어방식 중 날개각제어를 하지 않고 실속제어만을 하는 방식을 수동형실속제어(passive stall control)라 하는데, 이 경우에는 정격출력을 일정하게 유지하기 어렵다는 단점이 있다. 한편, 이러한 단점 해소를 위하여 날개각제어를 하되 일정 풍속 이상이 되면 실속제어가 되도록 한 것을 능동형실속제어(active stall control)라 한다. 실속제어방식은 풍속변화에 대한 대응속도가 느려 순간적으로 높은 토크가 발생될 수 있기 때문에 대형 풍력터빈의 경우에는 안전을 저해할 수 있다는 단점이 있다.

▶ 계통연계 여부에 의한 분류

㉠ 계통연계형(grid connection type) 풍력발전

풍력터빈에서 생산된 전력을 국가의 전력계통망에 연결하여 전력을 공급하는 형식을 계통연계형 풍력발전이라 한다. 오늘날 중형 이상의 풍력터빈의 경우 대부분 계통에 연결하여 발전용으로 사용하고 있으며 이 경우가 경제성이나 기술적인 측면에서 유리하다.

㉡ 독립운전형(Off-grid type) 풍력발전

전력이 사용되는 지역 근처에 발전기를 설치하고 독립적으로 전력을 활용하는 형식을 독립운전형 풍력발전이라고 한다. 소형풍력터빈의 경우에도 드물게 계통에 연계하여 사용하는 경우도 있으나 대개는 원격지에서 독립적으로 운전하거나 디젤발전기 등과 혼합하여 하이브리드 형식으로 운전하기도 한다.

▶ 설치 장소에 의한 분류

㉠ 육상(Onshore type) 풍력발전

육상풍력발전이란 물 속이 아닌 내륙지역에 풍력발전설비를 건설하여 발전하는 것을 말한다. 육상풍력은 건설이 용이하고 경제성이 높다는 장점이 있어 지금까지 건설된 국내외 대

부분의 풍력발전단지는 이 형식에 속하였지만, 육상 단지의 포화, 민원 발생, 풍력효율 저하, 대형화의 한계성 등 건설 상의 제약요인이 많아 지금은 점차 해상풍력으로 이행하는 추세에 있다.

● 해상(Offshore type) 풍력발전

해상풍력발전이란 물 속에 풍력발전단지를 건설하여 바람에 의한 전력생산을 하는것을 말한다. 해상(Offshore)이라는 개념은 해양산업에서 통상적으로 사용하는 바다만을 의미하는 것이 아니기 때문에, 해상풍력발전에는 호수, 협강, 폐쇄된 해안 지역 등 내륙(Inshore)에 속하는 지역의 풍력발전도 포함된다. 해상풍력발전은 전통적인 바닥고정(Fixed bottom)형 풍력발전기술은 물론, 물이 깊은 곳에서는 부유식 풍력터빈(Floating wind turbine) 기술도 사용된다. 또한 해상풍력은 넓은 부지 확보가 가능하고 민원이 적어 풍력단지의 대형화가 가능하며, 바람의 품질이나 풍속이 양호하여 풍력발전기의 안전성과 효율성 측면에서도 유리할 뿐 아니라, 설비의 대형화 추세에도 적합하다는 장점이 있다. 반면, 육상풍력에 비하여 경제성이 낮고, 설치와 운전, 유지에 어려움이 있으며, 계통연계가 어렵다는 등의 단점이 있다.

자료출처 : 한국풍력산업협회 : <http://www.kweia.or.kr>

2. 풍력기술개발동향

④ 국내 풍력기술 현황 및 전망


○ 현황 : 90년대 초 연구 시작, 90년대 중반부터 본격적 기술 개발


- ▶ 1단계('88~'91) 사업으로 전국 64개 기상관측소, 일부 도서 및 내륙 지역에서 관측된 풍황자료를 이용하여 풍력자원 특성 분석
- ▶ '93년부터 한국에너지기술연구소에서 제주 월령에 신재생에너지 시범 단지를 조성, 풍력발전기 100KW 1기와 30KW 2기를 설치하여 계통 연계 운전 중
- ▶ 1단계 사업기간 중 한국과학기술원은 20KW 소형 풍력발전기 개발 연구, 2단계('92~'96) 사업기간에는 300KW 중형급 수직축 풍력발전기 개발 (한국화이바)
- ▶ 2001년 중대형급(750KW급) 풍력발전기의 브레이드 개발(한국화이바)
- ▶ 3대 중점기술개발 과제로 750KW급 풍력발전기 개발 및 상용화(유니 슨 및 효성)
- ▶ 2MW급 중대형 풍력발전기 개발 및 실증연구 수행 중(2004년~)
- ▶ 해상풍력 실증연구단지 조성 연구 수행(2005.12 ~2009.12)
- ▶ 3MW급 해상용 풍력발전기시스템 개발(2006~2009) 및 실증 중(두산 중공업)


○ 풍력발전기 시스템 및 부품 개발 현황

- ▶ 풍력발전기(WTG: Wind Turbine Generator)시스템


업 체	기 술 개 발 내 용
유니슨	750KW급 상용화, 2MW급 실증 중
효 성	750KW급 상용화, 2MW급 실증 중, 5MW급(해상풍력용) 개발 중
한진산업	1.5MW급 상용화
두산중공업	3MW급(해상풍력용) 실증 중
현대중공업	1.65MW급, 2MW급, 2.5MW급 개발(해외기술 도입)
삼성중공업	2.5MW급 개발(해외기술 도입)
현대로템	2MW급 개발 중
대우조선해양	600KW급, 1.25MW급, 2MW급 생산 (미국 DeWind사 인수)
STX중공업	1.5MW급, 2MW급 생산 (네델란드 하라코산사 인수)


 **날개(Blade)** : 750KW급, 2MW급, 3MW급 국산화 개발


 750KW급 : 케이엠에서 국산화 개발 완료 및 해외인증 취득


 2MW급, 3MW급 : 케이엠에서 국산화 개발 완료 후 실증 테스트 중

 **타워, 타워 플렌지, 메인 샤프트**


 국내 기술 세계적 경쟁력 확보(동국S&C, CS Wind, 태웅, 평산, 용현BM, 현진소재 등)

 **발전기(Generator) 및 증속기(Gear box)**

 (주)효성에서 750KW급 유도발전기(Geared type용) 및 증속기 개발

 (주)유니슨에서 750KW급 동기발전기(Gearless type용) 및 증속기 개발

 **제어시스템 기술개발**

 한국전기연구원: 750KW급 풍력발전기 제어 및 계통연계장치 개발 완료 (Gearless type용 동기발전기 형식)

④ 국내 풍력발전 기술 수준(2009년 기준)

		해외선진기술	국내선도기술	기술수준(09)
단지개발	자원조사, 분석예측	자원분석 SW 상용화 100m 자원지도 작성	SW 해외 기술에 의존 1km 자원지도 작성중	86%
	단지설계 및 시공	초대형 육·해상단지 설계 및 시공실적 보유	육상풍력 단지 설계, 시공 해상풍력 단지 개발중	91%
발전기시스템	블레이드	설계	5MW이상 초대형 대형 설계기술 개발중	75%
		제작	원천, 상용화 기술 확보	2MW급 제작 기술 확보
	증속기	5MW이상 대형기술 상용화 2-3단 효율 95%이상	2-3MW 상용화 기술개발	78%
	발전기, 요, 피치 시스템	5MW이상 대형기술 상용화	2-3MW 실종 단계	85%
	타워	90~100m 스틸, 콘크리트 타워 설계, 시공 기술 상용화	제작은 세계 최고수준 설계, 해석 기술은 근접	95%
운영	감시, 진단, 운용	상태, 고장 진단 감시 및 수명예측 기술 확보	해외 기술에 의존 - 감시, 진단 기본 인프라는 보유	80%
	계통연계, 하이브리드	초대형 풍력단지 계통연계 - 전력수급의 10%이상 가능 - 전력저장기술 개발중	2MW급 계통연계 국산화	75%

④ 향후 계획



- ▣ 핵심요소부품 기술개발을 통한 2020년 세계시장 Top5 기술기반 구축
- ▣ 고신뢰성, 고효율 대형 육·해상 풍력발전기 시스템 개발
- ▣ 계통안정화 제어기술 및 풍력자원량 평가기술 확보

자료출처 : 한국풍력산업협회 : <http://www.kweia.or.kr>

3. 인버터

인버터는 풍력발전기에서 발생하는 전력을 우리가 사용하는 교류로 변환시켜주는 장치이며, 풍력발전에서 중요한 역할을 하고 있다.

관련업계의 꾸준한 연구개발로 현재는 소형 전자동 인버터를 대량으로 생산할 수 있게 되었고, 그 결과 개인이 손쉽게 풍력발전설비를 소유할 수 있게 되었다.

3.1 인버터의 종류

일반 주택용 인버터는 수 kW의 용량이지만 대형 상업용 발전소에 사용되는 것은 수십kW~수백kW의 용량을 갖는 등 용도와 목적에 따라 다양한 크기의 인버터가 제작되고 있다.

인버터는 방식에 따라 여러 종류가 있으며 크게 아래와 같이 분류할 수 있다.

<표 > 인버터의 종류 및 특징

방식	종류	특징
Commutation 방식	자려식(自勵式)	역률조정 가능
	타려식(他勵式)	역률조정 불가
출력제어방식	전압제어형	자립운전 가능 과전류 및 고장전류 억제에 불리
	전류제어형	과전류 및 고장전류 억제에 유리 자립운전 불리
부하측 절연방식	상용주파수절연방식	내뇌성 및 노이즈컷트특성이 우수 중량과 부피가 크다
	고주파절연방식	소형경량화 가능 회로가 복잡
	Transformerless	소형경량, 저가격 및 고 신뢰성 상용전원과 절연되지 않음에 따른 위험성

3.2 인버터의 주요기능

인버터는 직류를 교류로 변환하는 기능 외에 다음과 같은 기능을 수행함으로써 풍력발전설비를 전력망에 접속을 가능하게 한다.

- 풍력출력에 따른 자동운전, 자동정지 및 최대 전력 추종제어
- 풍력발전설비와 전력망(Grid)과의 병렬운전을 위한 주파수, 전압, 위상제어
- 발전출력의 품질(전압변동, 고조파)의 제어

- 전력망 이상 발생시 단독 운전 방지
- 풍력발전설비 및 인버터 자체고장진단 및 이상 발생시 자동정지

3.3 단독운전(Island Condition) 방지 대책

계통연계운전(Parallel Operation-전력망과 접속하여 생산된 전력을 송전하는 운전)을 하는 풍력발전설비에서는 전력망에 정전이 발생하였을 경우 풍력발전설비를 신속하게 계통에서 분리하는 것이 대단히 중요하다.

만약 정전이 되었을 때에도 풍력발전설비가 계통에서 분리되지 않으면 정전된 전력망에 지속적으로 전력을 공급함으로써 감전사고의 위험이 있을 뿐 아니라 전력망이 복구될 때 비동기접속(Unsynchronized - 전압, 주파수 및 위상이 일치하지 않는 것)으로 인한 기기손상 및 2차적인 고장이 생길 수 있기 때문이다.

풍력발전설비의 용량이 대용량이거나 선로에 접속된 부하와 비슷한 조건에서는 전력망이 정전되어도 풍력발전설비가 부하에 전력을 지속적으로 공급할 수 있게 때문에 이러한 단독운전은 감지가 쉽지 않다.

따라서 많은 인버터를 생산한 업체들은 보다 확실한 감지방법을 찾아내도록 노력하고 있으며, 마이크로프로세서의 성능향상에 힘입어 과거에는 구현할 수 없었던 다양한 단독운전 방지방법 모색이 가능하게 되었다. 그 결과 근래에 시판되는 대부분의 인버터는 신뢰할 수준의 단독운전 방지대책을 구비하고 있는 것으로 알려져 있다.

인버터는 수동적방식과 능동적방식이 적용되고 있는데, 전자는 연계운전에서 단독운전으로 이행시의 전압파형 및 위상 등의 변화를 감지하여 인버터를 정지시키는 방식을 말하며, 후자는 연계운전시에는 영향을 주지 않고 단독운전시에만 이상이 나타날 수 있는 변동요인을 항상 인버터에 인위적으로 주고 인버터가 이것을 감지하여 정지시키는 방식을 말한다. 단독운전을 방지하기 위하여 적용되고 있는 방법들을 요약하면 아래표와 같다.

<표 > 인버터 단독운전 방지 검출방법

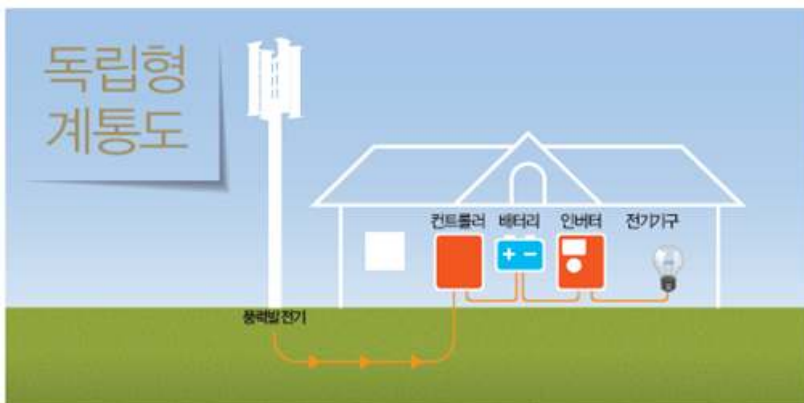
인버터 기능의 수동적 이용	<ul style="list-style-type: none"> • Over/Under Voltage 검출 • Over/Under Frequency 검출 • Voltage Harmonics 검출 • Current Harmonics 검출
인버터 기능의 능동적 이용	<ul style="list-style-type: none"> • Impedance 변화 측정 • 특정 주파수에서의 Impedance 변화 감지 • Slip-mode Frequency 변위 감지 • Frequency 편차 감지 • Frequency 변위의 Positive Feedback 감지 • Voltage 변위의 Positive Feedback 감지 • Frequency 급등 감지
전력계통과 협조	<ul style="list-style-type: none"> • 전력선 반송 통신을 이용한 보호협조 • Impedance 삽입에 의한 감지능력 확대 • SCADA를 이용한 데이터 통신제어

3.4 독립형 풍력발전 시스템

독립형은 전력회사의 전기를 공급받을 수 없는 도서지방, 깊은 산속 또는 사막과 같은 특수한 장소에 적합한 설비로서 전력공급에 중단이 없도록 축전지 및 비상발전기와 함께 설치한다.

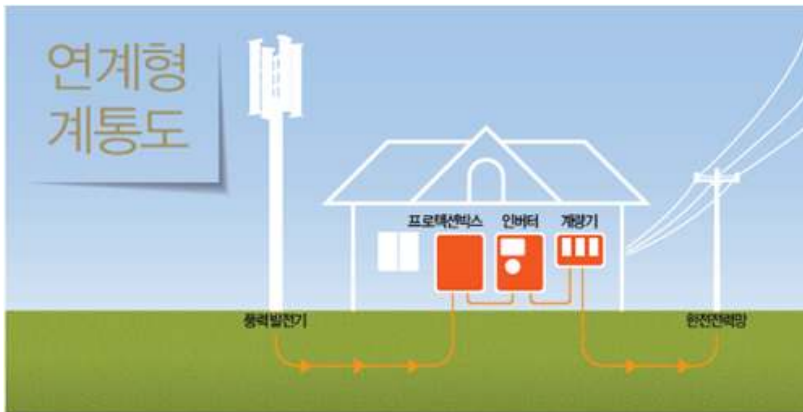
부속설비가 많아 설비가격이 상당히 비싸며, 충방전이 계속되는 운전특성상 2-3년마다 한번씩 축전지 전체를 교체하여야 하므로 유지보수비가 대단히 비싼편이다.

최근에는 10년 이상의 수명을 가지는 신재생 전용 배터리도 개발되었지만 전체 가격이 역시 비싼편이다. 독립형은 전력망에 접속할 수 없는 섬이나 특수지역 또는 특수한 목적에만 사용될뿐 일반화되어 있지 않다.



3.5 계통연계형 풍력발전 시스템

계통연계형은 전력망과 병렬운전되는 태양광발전설비로서 발전된 전력은 전력회사에 판매되거나 또는 내부 건물에서 사용된다. 계통연계형은 풍력발전이 적합하지 않은 시기(바람이 적은 계절 등)에도 발전량 저하를 고려할 필요가 없고 설비가 간단하다.



독립형이 아니라면 모든 풍력발전설비는 전력망과 연계하여 전력판매나 전력요금 감소를 목적으로 하고 있다. 이렇게 전력망에 연계된 분산형전원은 설비용량에 따라 전력망에 영향을 주지 않도록 연계방식에 제약을 받으며, 우리나라에서는 분산형 전원의 계통연계에 대하여 아래표의 기준을 적용하고 있다.

<표 > 설비용량에 따른 계통연계방식 기준

연계구분	사용 선로 및 연계설비 용량		전기방식	허용 전압변동
저압배전선로	일반선로	20kW 이상	단상 220V	상시 3%, 순시 2%
	전용선로	100kW 미만	삼상 380V	
특고압배전선로	일반선로	3,000kW 미만	삼상 22.9kV	상시 3%, 순시 2%
	전용선로	10,000kW 미만		
송전선로	10,000kW 이상		삼상 154kV	-