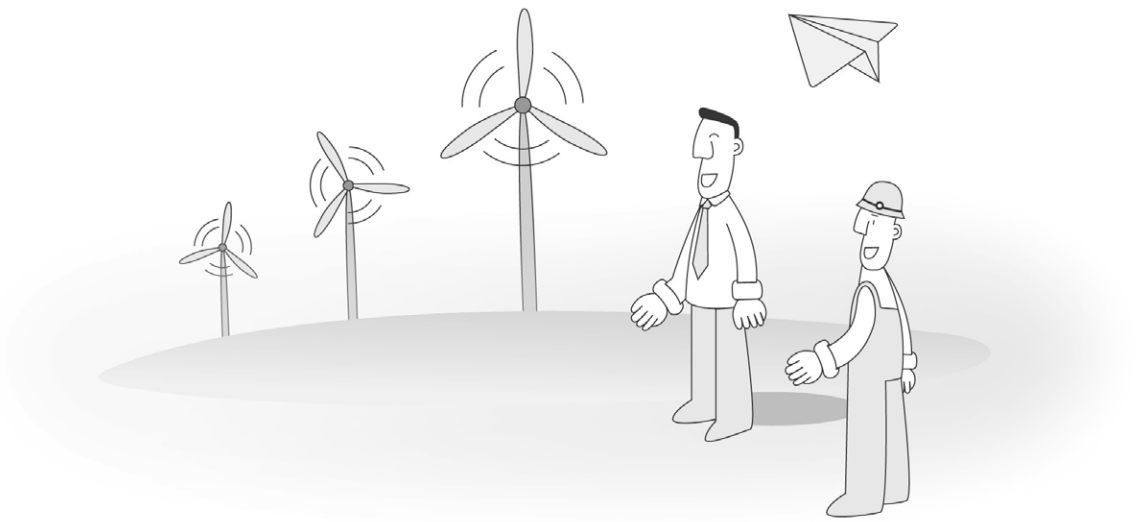
RPS 도입시 풍력발전 산업 수혜

이종수 / 투데이에너지 기자(차장대우)

2008. 12월호	지열에너지
2009. 1월호	태양광에너지
2009. 2월호	**풍력에너지**



국내외적으로 풍력발전 시장이 크게 확대될 것으로 전망되고 있다. 특히 올해 도입예정인 신재생에너지 공급의무화(RPS)와 관련해 풍력산업이 가장 큰 수혜를 볼 것으로 예상되고 있다.

정부는 '신재생에너지 개발 이용 보급 촉진법 일부 개정 법률안'에 따라 2012년 총 전력공급량의 3%, 2020년 10%를 RPS비율로 예정해 놓은 상태이다. 풍력, 태양광 등 신재생에너지의 발전 단지 건설이 최소 2년 이상 소요되는 것을 감안하면 늦어도 2010년부터는 한전을 비롯한 발전사업자들의 신재생에너지 발전 단지 발주가 급증할 것으로 예상된다.

설비건설업계도 풍력발전 시장에서 제2의 도약을 기대해 볼 수 있을 것이다. 풍력발전 시공기술을 확보하는 한편 최근 풍력발전 시장에 뛰어드는 대기업과 풍력발전 설계 · 시공경험이 있는 대형 건설사 및 엔지니어링회사와 제휴해 해외에 진출하는 방안도 모색할 필요가 있을 것이다.

이번 호에는 풍력발전 기술과 풍력발전단지 건설사례를 소개한다.<편집자 주>

◈ 풍력발전 기술

▲ 풍력발전기

풍력발전이란 공기의 유동이 가진 운동에너지의 공기역학적 특성을 이용해 회전자를 회전시켜 기계적 에너지로 변환시키고 이 기계적 에너지로 발생되는 유도전기를 전력계통이나 수요자에게 공급하는 기술이다.

풍력발전기는 지면에 대한 회전축의 방향에 따라 수평형 및 수직형으로 분류되며 운전시스템을 제어하는 방식에 따라 능동제어형 및 수동제어형으로 구분된다.

풍력발전기는 풍력이 가진 에너지를 흡수, 변환하는 운동량변환장치, 동력전달장치, 동력변환장치, 제어장치 등으로 구성돼 있다.

기계장치부는 바람으로부터 회전력을 생산하는 회전날개(Blade), 회전축(Shaft)을 포함한 회전자(Rotor), 이를 적정 속도로 변환하는 증속기(Gearbox)와 기동·제동 및 운용 효율성 향상을 위한 Brake, Pitching & Yawing 시스템 등의 제어장치 부문으로 구성돼 있다.

전기장치부는 발전기 및 기타 안정된 전력을 공급하도록 하는 전력안정화 장치로 구성돼 있다.

제어장치부는 풍력발전기가 무인 운전이 가능토록 설정, 운전하는 제어시스템 및 Yawing & Pitching 제어기와 원격지 제어 및 지상에서 시스템 상태의 판별을 가능케 하는 모니터링 시스템으로 구성돼 있다.

◈ 풍력발전 시스템의 분류

풍력발전 시스템은 크게 구조상, 운전방식, 출력제어방식, 전력사용 방식에 따라 분류할 수 있다.

먼저 회전축 방향에 따른 구조상에 의한 것은 수평축과 수직축으로 분류된다. 수직축은 바람의 방향과 관계가 없어 사막이나 평원에 많이 설치·이용이 가능하지만 소재가 비싸고 수평축 풍차에 비해 효율이 떨어지는 단점이 있다. 수평축은 간단한 구조로 이뤄져 있어 설치하기 편리하지만 바람의 방향에 영향을 받는다. 중·대형급 이상은 수평축을 사용하고 100㎾급 이하 소형은 수직축도 사용된다.

운전방식에 의한 것은 정속운전(기어형)과 가변속운전(기어리스형)으로 분류된다. 기어형은 대부분의 정속운전 유도형 발전기기를 사용하는 풍력발전시스템에 해당되며 유도형 발전기기의 높은 정격회전수에 맞추기 위해 회전자의 회전속도를 증속하는 기어장치가 장착돼 있는 형태이다. 증속기(Gear Box : 적정속도로 변환)가 필요한데 반해 인버터(Inverter)는 필요하지 않다. 발전기 주파수를 올려 한전계통에 적합한 60Hz를 맞춘다.

기어형은 △저렴한 제작비용으로 고신뢰도의 동력전달계 구성 가능 △장기간의 기술적 노하우와 경험을 바탕으로 신뢰도가 매우 높음 △보편적 요소기술로서 어느 지역에서도 설계제작이 가능한 보편기술 △유지보수가 용이하며 부분품의 교체로서 쉽게 성능유지가 가능 △계통연계가 간편하고 용이한 기술적 특성 등의 장점을 가지고 있다. 반면에 △증속기어의 기계적 마모나 이에 따른 유지관리상의 문제야기 △기계적 소음발생과 고장발생의 주요 원인 △전체시스템의 운전수명인 20년 보다 짧은 8~10년 이내의 운전수명으로 유지관리 비용 상승 △저출

▲ 수평축 풍력 발전기

▲ 수직축 풍력 발전기

또 출력제어 방식에 따라 날개각 제어로(Pitch Control), Stall(失速) 제어로(Stall Control), 전력사용 방식에 따라 계통연계와 독립전원으로 각각 분류된다.

날개각 제어로는 날개의 경사각(pitch) 조절로 출력을 능동적으로 제어한다. 경사도 조절장치는 유압으로 작동해 장기간 운전 시 유압장치실린더와 회전자간의 기계적 링크부분의 손상이 우려되며 빠른 풍속변화 시 순간적 피크발생으로 시스템 손상의 우려가 있다.

Stall 제어로는 한계풍속 이상이 됐을 때 양력이 회전날개에 작용하지 못하도록 날개의 공기역학적 형상에 의한 제어로 고효율 발전량 생산 및 기계적 링크가 없어 유지보수가 수월하다. 경사각에 의한 능동적인 출력제어가 불가능해 과출력 가능성이 존재하며 제동효율이 좋지 않아 복잡한 공기역학 설계가 필요하다.

력시 추가적인 보상회로에 의한 역률개선 필요 등의 단점을 갖고 있다.

기어리스형은 대부분 가변속운전 동기형(또는 영구자석형) 발전기기를 사용하는 풍력발전 시스템에 해당되며 다극형 동기발전기를 사용해 증속기어 장치 없이 회전자와 발전기가 직결되는 직접 운전(direct-drive) 형태이다. 한전계통 주파수와 맞지 않기 때문에 인버터(Inverter)가 필요하다.

기어리스형은 △증속 기어장치 등 많은 기계부품 제거 △넛셀(nacelle) 구조가 매우 간단해져 유지보수상의 간편성 증대 △증속기어의 제거로 기계적 소음의 획기적 저감 △역률제어가 가능해 출력에 무관하게 고역률 실현가능 등의 장점을 갖고 있다. 그러나 △매우 크고 무거우며 제작비용이 많이 들어가는 다극형 링발전기 필요 △다극형 동기발전기 공극이 외기에 노출돼 염해나 먼지 등의 부유물에 영향을 받을 수 있으며, 전기적 절연성에 있어서의 안전성 확보 필요 △중량이 큰 발전기를 외팔보 형태로 지지해야 하는 구조적 문제 △장기적 입장에서 인버터 등 전력기기의 신뢰도가 검증되지 않음 △인버터 등 전력기기의 계통병입으로 고주파 등 발생 가능성 등의 단점을 갖고 있다.

▲ 기어형 풍력 발전기

▲ 기어리스형 풍력 발전기

구조상 분류 (회전축 방향)	• 수평축 풍력시스템(HAWT) : 프로펠러형 • 수직축 풍력시스템(VAWT): 다리우스형, 사보니우스형
운전방식	• 정속운전(fixed roter speed type) : 통상 Geared형 • 가변속운전(variable roter speed type) : 통상 Gearless형
출력제어방식	• Pitch(날개각) Control • Stall(失速) Control
전력사용방식	• 계통연계(유도발전기, 동기발전기) • 독립전원(동기발전기, 직류발전기)

▲ 풍력발전 시스템의 분류

◈ 국내외 기술개발 동향

해외현황

에너지관리공단 신재생에너지센터에 따르면 지난 1980년대 초부터 풍력발전의 제작기술이 급속히 발전해 독일의 Germanischer Lloyd, 덴마크의 DNV 및 RISO 등에서 설계인증 · 검증, 성능평가기준을 제시하고 있으며 IEA에서는 풍력발전에 관한 국제규정을 마련하고 있는 단계다.

유럽을 중심으로 시스템의 대형화 추세에 있다. 제작사별로 3MW급(Vestas, Enercon, GE Wind 등)이 기술개발 완료돼 생산 중에 있으며, 5MW급(Repower 등) 풍력발전 시스템의 시작품이 제작됐거나 실증 운전을 진행중에 있다. 6MW급 이상도 개발 단계에 있다.

독일은 풍력발전 선두국가로 7MW를 개발 · 시험 중에 있다. 지난 2006년 세계 설치용량의 28%(약 20,652MW, 1.8만기, 독일전력수요 5%)를 보급 중이며 미국에 이어 세계 2위의 설비시장을 점유(14.9%)해 세계시장을 리드하고 있다.

덴마크는 지난 1980년대부터 집중 개발해 2006년 현재 세계 최대의 풍력설비업체(VESTAS)를 보유하고 있으며 세계 5위(4.2%)의 풍력설비시장을 형성해 풍력발전의 대형화, 해상풍력 등 국제적 트렌드를 선도하고 있다.

전 세계 풍력발전기의 누적 보급량은 2007년 말 현재 93,678MW이며, 2007년 신규 설치 용량은 19,288MW로 매년 크게 증가 추세에 있다. 독일 등 7개 국가에서 해상 풍력 용량의 증가율이 20% 이상을 기록했으며 2006년 912MW급, 2007년 1,122MW의 해상풍력발전단지가 조성됐다.

미국은 1980년대 중반까지 세계 풍력발전시장을 주도했지만 정부지원이 줄어들어 1980년대 후반부터 주도권이 유럽으로 이전되기도 했다.

하지만 2006년 이후 최대시장으로 부상하고 있다. 2007년 말 누적보급량은 16,800MW이며 2008년 DOE 보고서에 따르면 미국은 2030년까지 풍력발전을 통해 국가 전력수요의 20%를 공급할 계획이다.

블레이드, 주기기 등 풍력발전시스템의 세계시장 규모는 2011년경 약 33GW, 490억불로 예상되고 있다.

국내현황

지난 88년부터 2007년까지 98개 과제에 1,015억원을 투자했으며 그 중 701억원을 정부에서 지원했다.

지난 1990년대 초 대학과 연구원을 중심으로 기초연구 및 소형풍력시스템 연구를 시작한 이래 90년대 중반부터 본격적으로 기술개발이 수행됐다.

1단계(1988~1991년) 사업으로 전국 64개 기상청 산하 기상관측소, 일부 지역의 도서 및 내륙 일부 지역에서 관측된 풍속과 풍향자료를 이용한 풍력자원 특성분석이 이뤄졌다. 93년부터 한국에너지기술연구소가 제주 월령에 풍력, 태양광 및 태양열 시설을 포함한 신재생에너지 시범단지를 조성, 100㎾ 풍력발전기 1기와 30㎾ 풍력발전기 2기를 설치, 계통선에 연계한 실증운전을 실시했다.

1단계 사업기간에 한국과학기술원이 20㎾ 소형 수평축 풍력발전기를 국산화하려는 연구개발을 시도했고, 2단계(1992~1996년) 사업기간에는 복합재료 분야의 전문업체인 한국화이바가 한국형 중형급 수직축 300㎾ 풍력발전기를 개발했다. 한국화이바는 지난 2001년 중대형급(750㎾급) Gearless Type(Direct Drive Generation) 수평축 풍력발전기(블레이드) 개발을 완료했다.

현재 3대 중점기술개발과제로 (주)유니슨(기어리스 타

입)이 750kW급 풍력발전기 기술개발 및 실증연구를 통해 상용화를 완료했으며, (주)효성(기어드 타입)은 2008년 기술개발을 완료했다. 2004년부터 2MW급 중대형 풍력발전 시스템 개발 및 실증 연구가 수행 중이며 2005년부터 올해 12월까지 목표로 해상풍력 실증연구단지 조성에 관한 연구가 진행되고 있다. 두산중공업은 3MW급 해상용 풍력발전시스템 개발을 마치고 올해 7월부터 제품실증에 들어갈 계획이다.

국내의 풍력 에너지 잠재량은 1,069TWh/year이며 이중 가용 풍력 자원은 93TWh/year 수준이다. 지난 2007년 1월부터 8월까지 8개월 동안 225.2GWh의 전력생산 실적을 보유하고 있다.

영덕 풍력발전단지(39.6MW)와 대관령 풍력발전단지(약 103MW), 행원 풍력발전단지(약 10MW) 등 세 개의 풍력발전단지가 국내 풍력에너지 보급량의 약 86%를 차지하고 있다. 국내 풍력발전 단지사업은 아직 초기 시장 진입단계이며 2002년 이후 개발된 단지가 대부분이다.

현재 우리나라에 설치돼 가동운전 중인 중대형급(200kW급 이상) 풍력발전 설비용량은 약 300MW(2008년 9월 기준)로 주요 부품 및 시스템은 수입에 의존하고 있고 타워 구조물이나 기초 구조물만이 국내에서 제작 · 시공되고 있는 실정이다.

에너지관리공단 신재생에너지센터가 설문조사한 바에 따르면 국내의 풍력단지 시공기술의 경우 설계부문은 자원조사 분석 및 예측기술의 결과를 활용해 토목 및 건축기술의 접목이 필요한 부문이다. 토목, 건축, 특히 해상토목 및 구조물 분야에서도 국내의 기술은 세계적인 수준에 와 있는 것으로 분석됐다.

단지선정 및 기본 설계는 한국에너지기술연구원의 기술을 활용하고 있으며 국외의 전문용역회사의 기술을 활용하기도 한다. 아직은 국내 시장 협소로 인해 전문용역회사의 출연은 시기상조이며 시공기술 분야는 국내 토목 및 엔지니어링 회사가 상당한 기술력을 보유하고 있는 것으로 평가되고 있다.

◈ 풍력발전 시장 전망

"세계 풍력시장 규모는 조만간 조선시장을 추월할 것입니다."

지난 2008년 10월 매일경제신문과 니혼게이자이신문이 공동 주최한 '한 · 일 비즈니스 포럼'에서 나가타 데쓰로 일본 유러스에너지홀딩스 사장은 이같이 세계 풍력시장을 전망했다.

유러스에너지는 미국, 유럽, 아시아에서 풍력발전단지를 조성하는 기업이다. 나가타 사장은 "신규로 발전단지를 조성하기 위해 발전기 주문을 내도 짧게는 1년, 길게는 2~3년을 기다려야 할 정도로 풍력발전산업이 활황세에 있다"고 말했다.

특히 북미와 아시아 지역의 폭발적인 성장세가 풍력산

1단계(~2010년) 기술자립 및 산업화 구축	• 2~3MW 육 · 해상 풍력발전시스템 개발 · 실증	• 5MW 풍력발전시스템 개발
	• 국산화 익형 및 고효율 블레이드 기반기술	• 증속기 경량화 기술, 대형 영구자석 발전기 개발
	• 육 · 해상 풍력자원지도 개발	• 육 · 해상 풍력자원지도 개발
	• 저소음 기술 개발	
2단계(2011~2020년) 가격 저감화 기술개발	• 10MW 해상풍력발전시스템 개발	• 일체형 블레이드 성형기술 개발
	• 풍력시스템 및 풍력단지 레이더 간섭회피기술	• 부유식 해상 기초기술
	• 풍력 · 수소 하이브리드 연계기술	• 풍력 예보 단지 운영기술
3단계(2021~2030년) 산업화 저변 확대	• 10MW 이상 부유식 대형 해상풍력시스템	• 고공 풍력 활용 시스템
	• 대용량 풍력발전기 하이브리드 발전기술	• 풍력예보기반 다국간 계통운영 기술
	• 빌딩적용형 소형 풍력발전시스템	

제3차 신재생에너지 기술개발 및 이용 · 보급 기본계획(2008년 12월)

구분/년도		88~2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	계
과제수	신규	16	2	4	13	2	5	3	45
	계속	12	7	4	1	12	9	8	53
	계	28	9	8	14	14	14	11	98
사업비(백만원)	정부	10,622	3,254	3,739	8,312	10,886	16,363	16,875	70,051
	민간	7,078	2,011	1,877	2,243	4,086	6,233	7,932	31,460
	계	17,700	5,265	5,616	10,555	14,972	22,596	24,807	101,511

▲ 기술개발 지원현황

업을 발전시킨 원동력이라는 설명이다. 2007년 말 기준으로 1,697만kW 규모로 2위를 달리고 있는 미국은 45.1%, 591만kW 규모인 중국은 127.7% 성장세를 보였다.

경남호 에너지기술연구원 풍력발전연구단 책임연구원은 중동시장을 주목할 것을 지적했다. 유럽에서 시작된 풍력발전 시장이 유럽과 아시아를 거쳐 조만간 중동을 강타할 것이라는 설명이다.

경 책임연구원은 "중동시장을 누가 선점하느냐에 따라 풍력시장 판도가 바뀔 것"이라며 "유니슨, 효성, 두산중공업, 한진산업 등이 이미 제품 상용화 단계에 접어들었으며 시장이 커지자 현대중공업, 삼성중공업 등이 풍력사업에 뛰어들었다"고 설명했다. 국내도 풍력발전 시장이 크게 확대될 것으로 전망되고 있다.

현대증권은 지난 1월 13일 올해 도입예정인 신재생에너지 공급의무화(RPS)와 관련해 풍력산업이 가장 큰 수혜를 볼 것이라고 밝혔다.

현대증권 리서치센터에 따르면 RPS(신재생에너지 공급의무화; Renewable Portfolio Standard)는 일정 규모 이상의 에너지 사업자가 총발전량의 일정비율을 신재생에너지로 공급토록 의무화하는 제도이다. '신재생에너지 개발 이용 보급 촉진법 일부 개정 법률안'에 따라 정부는 2012년 총 전력공급량의 3%, 2020년 10%를 RPS비율로 예정해 놓은 상태이다. 풍력, 태양광 등 신재생에너지의 발전 단지 건설이 최소 2년 이상 소요되는 것을 감안하면 늦어도 2010년부터는 한전을 비롯한 발전사업자들의 신재생에너지 발전 단지 발주가 급증할 것으로 예상된다.

RPS 도입에는 의무불이행에 따른 과징금 부과와 달성시 공급인증서 발급 등이 제도화 돼 있어 발전사업자들의 실질 수요가 증가할 것으로 예상된다. 또한 발전차액제도(Feed-in Tariff)와는 달리 발전 사업자가 신재생에너지원을 선택해야 하기 때문에 경제성이 가장 높고 대형 단지건설(단기간에 RPS목표 달성을 위한)이 용이한 풍력발전 산업이 가장 큰 수혜를 입을 것이라는 분석이다.

정부가 지난해 말 발표한 제3차 신재생에너지 기술개발 및 이용 · 보급 기본계획에 따르면 우리나라는 핵심요소부품 기술개발을 통해 2020년 세계시장 TOP 5 수준의 기술기반을 구축하는 것이 목표다.

이를 위해 정부는 시스템 단가를 $3.0/W(2012년) → $2.4/W(2020년) → $1.7/W(2030년)로 단계적으로 저감시킬 수 있는 기술을 확보할 계획이다. 상용화 설비용량도 2MW급(2010년) → 5MW급(2020년) → 10MW급(2030년)으로 확대할 계획이다.

정부는 지난해 기준으로 신재생에너지 중 1.7%를 차지했던 풍력발전을 2010년 2.9%, 2015년 9.2%, 2020년 11.6%, 2030년 12.6%까지 끌어 올린다는 계획이다. 이를 위해 보급보조비로 2010년 993억원, 2015년 1,777억원, 2020년 1,076억원을 투자한다는 계획이다.

◈ 풍력발전설비 설치기준

설치위치

돌풍성의 풍력을 제외한 양질의 충분한 풍력자원이 있는 곳과 주변에 풍속에 방해가 되는 풍력설비보다 높은

건물 및 나무 등이 없는 곳에 설치해야 한다.

주변의 시설이나 도로, 민가, 축사 등이 풍력타워의 넘어짐에 의해 영향을 받지 않도록 충분한 이격거리를 확보해야 한다.

기초 및 타워 시설

바람, 적설하중 및 구조하중에 견딜 수 있도록 설치해야 한다. 타워는 발전기의 운전 중에 과도한 떨림이나 진동이 없도록 충분한 구조적 강도를 가져야 한다. 모든 볼트조립은 규정된 토크로 체결하고, 조립 후에 접합부 등에 빈틈이나 휨 등의 손상이 없어야 하며 최상단부의 수평레벨을 맞춰야 한다.

풍력발전기의 요잉장치 등에 영향이 없도록 수평을 맞춰야 하며 양생된 콘크리트 기초에는 크랙(crack) 등의 구조적 결함이 없어야 한다. 기초는 충분한 지내력을 갖는 지질구조 위에 설치돼야 하며, 장기간의 운전에도 지반침하가 발생하지 않아야 한다. 타워의 높이는 회전하는 날개에 의해 지상의 사람이나 시설 등에 손상을 입히지 않도록 충분히 높아야 한다.

기초 및 타워 시설 제작 시 형강류 및 기초지지대에 포함된 철판부위는 용융아연도금처리 또는 동등이상의 녹방지 처리를, 용접부위는 방식처리를 해야 한다. 체결용 볼트, 너트, 와셔(볼트캡 포함)는 용융아연도금처리 또는 동등이상의 녹방지 처리를 해야 하며 기초 콘크리트 볼트 부분은 볼트캡을 착용해야 한다.

발전기

회전자는 허브에 정상적인 조립순서로 조립하고, 정해진 토크로 체결해야 한다. 허브와 주축간 연결은 설계도면상에 정해진 토크로 체결해야 하며, 낫셀 내 · 외부의 각종 센서 및 낙뢰장치는 적절한 위치에 설치해야 한다. 발전기 회전부는 작업자의 안전을 고려해 덮개로 보호해야 한다.

낫셀

주요 구성기기와 제어반 · 변압기 등은 정상위치에 안정적으로 고정해야 한다. 각종 유압장치나 냉각장치 등에서 누유나 누수 등이 발생하지 않아야 하며, 유압매체나 냉각수의 수위 및 윤활유 등이 적정해야 한다. 낫셀 내부의 회전부는 작업자의 안전을 고려해 차폐해야 한다.

전기배선

풍력발전기에서 옥내에 이르는 배선에 쓰이는 전선은 CV선 또는 TFR-CV선을 사용해야 하며, 전선이 지면을 통과하는 경우에는 피복에 손상이 발생되지 않게 별도의 조치를 취해야 한다.

접지공사의 경우 전기설비기술기준에 따라 지중접지를 해야 하며, 신재생에너지센터의 '풍력설비 시공 및 설치확인 기준(5.피뢰공사)'에 따라 피뢰설비를 설치해야 한다.

전기공사 전기안전기준에 의한 사용전점검 또는 사용전검사에 하자가 없도록 시설을 준공해야 한다.

인버터

센터에서 인증한 인증제품을 설치해야 하며 해당용량이 없을 경우에는 센터에서 지정한 공인시험기관의 시험항목에 합격한 제품을 사용해야 한다.

설치용량의 경우 정격용량은 인버터에 연결된 발전기 정격출력 이상이어야 하며 발전기 출력전압이 인버터 입력전압 범위 안에 있도록 시스템을 구성해야 한다.

기타

모든 기기는 용량, 제작자 및 그 외 기기별로 나타내야 할 사항이 명시된 명판을 부착해야 한다. 신재생에너지설비 명판 설치기준의 명판을 제작해 풍력발전기 전면에 부착해야 한다.

현장 확인의 경우 가동상태에서는 인버터, 전력량계, 모니터링 설비가 정상작동을 하고 있어야 한다. 모니터링 설비는 '모니터링시스템 기술기준'에 적합하게 설치해야 한다.

설치업체는 설비 소유주에게 소비자 주의사항 및 운전매뉴얼을 제공해야 하며 운전교육을 실시해야 한다.