

KCS 31 60 20 : 2024

풍력발전 설비공사

2024년 8월 22일 개정
<http://www.kcsc.re.kr>

KC CODE



국토교통부



건설기준 제·개정에 따른 경과 조치

이 기준은 발간 시점부터 사용하며, 이미 시행 중에 있는 설계용역이나 건설 공사는 발주기관의 장이 필요하다고 인정하는 경우 종전에 적용하고 있는 기준을 그대로 사용할 수 있습니다.

건설기준 연혁

- 이 기준은 건설기준 코드체계 전환에 따라 기존 건설기준(설계기준, 표준시방서) 간 중복·상충을 비교 검토하여 코드로 통합 정비하였다.
- 이 기준은 기존의 건축기계설비공사표준시방서에 해당되는 부분을 통합 정비하여 기계설비공사 기준으로 제정한 것으로 제·개정 연혁은 다음과 같다.

건설기준	주요내용	제정 또는 개정 (년.월)
건축기계설비공사표준시방서	• 건축기계설비공사표준시방서 제정	제정 (1980.12)
건축기계설비공사표준시방서	• 건축기계설비공사표준시방서 개정	개정 (1992.10)
건축기계설비공사표준시방서	• 건축기계설비공사표준시방서 개정	개정 (1996.7)
건축기계설비공사표준시방서	• 건축기계설비공사표준시방서 개정	개정 (1997.11)
건축기계설비공사표준시방서	• 건축기계설비공사표준시방서 개정	개정 (2002.5)
건축기계설비공사표준시방서	• 건축기계설비공사표준시방서 개정	개정 (2005.12)
건축기계설비공사표준시방서	• 건축기계설비공사표준시방서 개정	개정 (2011.9)
KCS 31 50 15 15 : 2016	• 건설기준 코드체계 전환에 따라 코드화로 통합 정비함	제정 (2016.6)
KCS 31 50 15 15 : 2016	• 한국산업표준과 건설기준 부합화에 따라 수정함	수정 (2018.7)
KCS 31 50 15 15 : 2021	• 건설기준 적합성평가연구 결과에 따라 개정함	개정 (2021.2)
KCS 31 60 20 : 2024	• 대분류 재조정에 따른 코드번호 수정	개정 (2024.8)

제 정 : 2016년 6월 30일

개 정 : 2024년 8월 22일

심 의 : 중앙건설기술심의위원회

자문검토 : 국가건설기준센터 건설기준위원회

소관부서 : 국토교통부 건설산업과

관련단체 : 대한설비공학회

작성기관 : 국가건설기준센터

국토교통부장관은 「훈령·예규 등의 발령 및 관리에 관한 규정」에 따라 고시일을 기준으로 매 3년이 되는 시점마다 그 타당성을 검토하여 개선 등의 조치를 하여야 한다.



목 차

1. 일반사항	1
1.1 적용범위	1
1.2 참고기준	1
1.3 용어의 정의	2
1.4 품질확인	2
1.5 운송, 저장 및 취급	2
2. 자재	2
2.1 특징 및 시스템 구성	2
2.2 기계장치부	2
2.3 전기장치부	2
2.4 제어장치부	3
2.5 풍력터빈의 종류	3
2.6 세부기술 분류 및 범위	4
3. 세부요소별 기술별 기술적용	4
3.1 자원조사, 분석 및 예측기술	5
3.2 단지설계 및 시공기술	5
3.3 블레이드	6
3.4 발전기	6
3.5 타워 및 구조안전설비	7
3.6 시스템의 설계평가기술	8
3.7 소형풍력발전시스템	8
3.8 운영 및 유지보수	8
3.9 계통연계기술	8
3.10 제어시스템	9

1. 일반사항

1.1 적용범위

이 기준은 다음의 제 공사에 적용한다.

- (1) 자원조사 및 분석
- (2) 수직축 및 수평축 풍력발전기 설치
- (3) 동력전달장치 설치
- (4) 풍력터빈 시스템의 성능시험
- (5) 풍력터빈 시스템의 인증

1.2 참고기준

다음 표준은 이 기준에 명시되어 있는 범위 내에서 이 기준의 일부를 구성하고 있는 것으로 보며 아래 표준은 인용규격으로 최신판을 적용한다.

1.2.1 관련 법규

- (1) 전기설비기술기준 - 제6장 발전용 풍력설비
- (2) 한국전력공사 - 분산형전원 계통연계기술기준

1.2.2 국제전기기술위원회(IEC)

- IEC 61400 안전요구사항, 출력성능시험, 출력품질특성평가시험
- IEC 61400-1 정하중해석, 고유진동수해석, 좌굴해석
- IEC 61000-4-2: Testing and measurement techniques
- IEC 60721-2-1: 1982, Classification of environmental conditions

1.2.3 한국산업표준

- KS C IEC 60204-1 기계류의 안전성 - 기계의 전기 장비 - 제1부: 일반 요구사항
- KS C IEC 60364 저압 전기설비
- KS C IEC 61000-3-2 전기자기적합성(EMC)-제3-2부 : 한계값-고조파 전류 방출의 한계값 (기기의 상당 입력전류 16 A 이하)
- KS C IEC 61000-3-3 전기자기적합성 - 제3-3부: 한계값 - 조건적 접속을 받지 않는 공공 저압 전력망에 사용하는 기기(상당 16 A 이하)의 전압 변경, 전압 변동 및 플리커에 대한 한계값
- KS C IEC 61000-4-3 전기자기적합성(EMC)-제4-3부 : 시험 및 측정 기술-방사 무선주파수 전기자기장 내성 시험
- KS C IEC 61000-4-4 전기자기적합성(EMC)-제4-4부 : 시험 및 측정 기술-전기적 빠른 과도현상/버스트 내성 시험
- KS C IEC 61000-4-5 전기자기적합성(EMC) - 제4-5부: 시험 및 측정 기술 - 서지 내성시

협

- KS F ISO 2394 구조물의 신뢰도에 관한 일반 원리

1.3 용어의 정의

기준의 용어 정의는 KCS 31 10 10(1.3)을 참조한다.

1.4 품질확인

(1) 제조업체의 자격

지정된 종류의 장비를 생산하는 업체로서 실적이 있어야 하며 유사한 용도에 하자 없이 사용되는 제품의 전문제조 회사이어야 한다. 사용자재, 장비 및 기기는 모두 신제품으로서 품질이 양호하고 시방서 및 설계도면의 요구조건에 충족된 것을 확인하고 사용한다.

(2) 장비의 명판

장비에는 생산업체명, 모델번호, 정격 용량 등이 표시되어야 한다.

(3) 이상 소음 및 진동이 없이 정숙하게 운전되고 과부하 현상이 발생되지 않아야 한다.

(4) 동일 단지 내에서 사용하는 기기는 종류에 따라 동일 제조업체의 것으로 설치한다.

1.5 운송, 저장 및 취급

(1) 장비, 기기 및 구성품 들은 손상되거나 흠집이 생기지 않게 조심하여 취급하고 손상된 장비와 구성품 들은 설치할 수 없으며 새것으로 교체한다.

(2) 장비 및 기기의 연결부는 이물질 유입 또는 파손을 방지하기 위하여 임시로 보호용 마개를 씌우거나 기타 보양조치를 하여 설치 전까지 제거하지 않는다.

2. 자재

2.1 특징 및 시스템 구성

풍력이 가진 에너지를 흡수, 변환하는 운동량변환장치, 동력전달장치, 동력변환장치, 제어장치 등으로 구성되어 있으며 각 구성요소들은 독립적으로 그 기능을 발휘하지 못하며 상호 연관되어 전체적인 시스템으로서의 기능을 수행한다.

2.2 기계장치부

바람으로부터 회전력을 생산하는 회전날개, 회전축을 포함한 회전자, 이를 적정 속도로 변환하는 증속기(gearbox)와 기동·제동 및 운용 효율성 향상을 위한 브레이크, 피칭 및 요우잉(pitching & yawing)시스템 등의 제어장치부문으로 구성한다.

2.3 전기장치부

발전기 및 기타 안정된 전력을 공급토록 하는 전력안정화 장치로 구성한다.

2.4 제어장치부

- (1) 풍력발전기가 무인 운전이 가능토록 설정, 운전하는 제어시스템 및 피칭 및 요우잉 제어기와 원격지 제어 및 지상에서 시스템 상태 판별을 가능케 하는 모니터링 시스템으로 구성한다.
- (2) 요우 컨트롤(빗놀이 제어, yaw control): 바람방향을 향하도록 블레이드의 방향조절 기능
- (3) 풍력발전 출력제어방식은 다음과 같다.
 - ① 피치제어: 날개의 경사각 조절로 출력을 능동적 제어
 - ② 실속제어(stall control): 한계풍속 이상이 되었을 때 양력이 회전날개에 작용하지 못하도록 날개의 공기역학적 형상에 의한 제어

2.5 풍력터빈의 종류

2.5.1 회전축 방향 및 운전방식에 따른 분류

- (1) 회전축방향에 의한 분류
 - ① 풍력발전기는 날개의 회전축의 방향에 따라 회전축이 지면에 대해 수직으로 설치되어 있는 수직축 발전기와 회전축이 지면에 대해 수평으로 설치되어 있는 수평축 발전기로 구분한다.
 - ② 중대형급 이상은 수평축을 사용하고, 100 kW급 이하 소형은 수직축도 사용이 가능하다.

2.5.2 운전방식에 따른 구분

- (1) 기어리스형
 - ① 대부분 가변속 동기형(또는 영구자석형, 유도기형) 발전기를 사용하는 풍력발전시스템에 적용한다.
 - ② 유도기의 경우 전력변환장치를 통하여 여자의 전압과 주파수를 조절하여 공급하도록 한다.
 - ③ 동기기의 경우 회전자의 구동력을 증속장치 없이 직결형으로 전달하고 전력변환장치를 통하여 전력계통에 연결한다.
 - ④ 크고 무거우며 제작비용이 많이 들어가는 다극형 발전기가 필요함으로 중량 및 제작비를 고려하여 설치한다.
 - ⑤ 다극형 동기발전기 공극이 외부에 노출되어 염해나 먼지 등의 부유물에 영향을 받을 수 있으므로 전기적 절연성에 있어서 안전성을 확보한다.
 - ⑥ 인버터 등 전력기기의 신뢰도가 입증된 장비를 사용한다.
 - ⑦ 인버터 등 전력기기의 계통연계로 고주파 발생에 대비한다.
- (2) 기어형

- ① 정속운전 유도기형 발전기를 사용하는 풍력발전시스템에 해당되며 유도형 발전기의 높은 정격회전수를 맞추기 위해 회전자를 증속하는 기어장치를 장착한다.
- ② 유도발전방식은 전력계통과 변압기를 통하여 직접 연결되어 여자를 받게 되므로 역율 개선을 위한 전력콘덴서를 부착한다.
- ③ 전력계통과 연계할 때는 동일전류를 줄이기 위하여 소프트 스타터를 부착한다.
- ④ 증속기어의 기계적 마모나 이에 따른 유지관리상의 문제가 없도록 한다.

2.5.3 출력제어방식에 따른 구분

(1) 수동형 실속제어

일정풍속에서 최대의 출력계수가 발생되도록 날개의 붙임각이 고정되어 일정한 날개각이 유지되어야 한다.

(2) 수동능동형 실속제어

유입공기의 에너지에 대한 전환효율이 감소되도록 회전자의 받음각을 크게 함으로써 실속현상이 유발되어 출력계수가 낮아지도록 한다.

(3) 날개각제어

정격풍속 이상에서 정격출력을 일정하게 유지하기 위해서 회전자 날개를 조절하는 방식으로서 장기간운전 혹은 돌풍 시에도 유압장치실린더와 회전자 간의 기계적 링크부분의 손상이 발생하지 않도록 한다.

2.5.4 주요구성요소

(1) 회전자: 날개와 허브로 구성

(2) 증속장치: 회전자와 회전을 증속하여 발전기를 구동시키는 장치

(3) 발전기: 전기를 생산

(4) 각종안전장치: 제어장치, 브레이크장치, 전력제어장치 및 철탑으로 구성

2.6 세부기술 분류 및 범위

(1) 세부기술은 풍력발전시스템기술, 단지개발기술, 운영 및 연계기술로 분류한다.

(2) 풍력발전시스템의 기술영역별 분류는 육상, 해상, 소형, 복합발전으로 분류한다.

(3) 풍력단지개발의 기술영역별 분류는 풍력자원평가, 단지최적설계, 풍력발전 예보, 환경영향 평가를 포함하다.

(4) 풍력발전 운영 및 연계기술 분야의 주요 기술영역별 분류는 성능평가 및 인증, 국가 실증 단지조성, 수용성확대 등으로 구분한다.

(5) 기술구분은 블레이드 기술, 증속기 기술, 발전기 기술, 전력변환장치 기술, 타워 기술, 축 구동계 및 기타구동장치 기술로 구분된다.

3. 세부요소별 기술별 기술적용

3.1 자원조사, 분석 및 예측기술

- (1) 풍속발전기의 출력은 지역의 바람의 속도에 매우 민감하기 때문에 풍력발전의 최종결과물인 최적의 출력상태를 결정하는 가장 초기의 기술이 풍력 자원의 조사 분석을 수행한다.
- (2) 풍속, 바람의 수직 분포 바람주기 분포 등의 데이터를 신뢰성 있게 측정하여 데이터를 해석한다.
- (3) 환경영향 평가
 - ① 풍력발전단지의 경우 국내법상 설비규모가 100 MW 이상인 경우 환경영향 평가를 한다.
 - ② 100 MW 미만인 사업의 경우에도 실시계획승인 단계에서 환경부 및 관련기관의 동의를 얻기 위해서는 사전환경성 검토를 수행한다.
 - ③ 환경영향평거나 사전환경성 검토에서는 풍력발전기와 송전선로에 의한 영향을 계절별로 아래와 같은 쟁점들에 대해서 조사하고 그 저감대책을 수립한다.
 - 가. 주변 동식물 자연생태의 파악, 영향조사 및 저감대책
 - 나. 사토 및 훼손면적 발생량 검토와 그 저감대책
 - 다. 공사 및 운전 시 소음 또는 비산먼지 등에 의한 주변거주지에 대한 영향
 - 라. 고고학적, 역사적, 사회문화적 유물에 대한 영향
 - 마. 주변경관과의 조화
 - 바. 주변 개발대상 지역 파악
 - 사. 통신/전파 영향
 - 아. 주변의 항공시설물
 - 자. 기타 환경단체 등 관련 협의체와 협의사항

3.2 단지설계 및 시공기술

- (1) 풍력 발전단지기술 분야는 소프트웨어적 기술 분야로서 개발 소프트웨어의 사업적용을 통한 풍부한 경험과 해외적용사례 및 해외기술을 복합적으로 검토 반영한다.
- (2) 시공기술의 경우 자원조사 분석 및 예측기술의 결과를 활용하여 토목 및 건축기술의 접목을 통하여야 하며 특히 해상토목 및 구조물 분야와 상호 협의한다.
- (3) 대상지역의 기술적 적합성 파악

풍력발전단지를 건설하기 위해서는 풍력자원 외에도 건설을 위한 인근 계통연계 점까지의 거리, 설비 및 자재 운반을 위한 도로망, 부지소유 관계 등 아래와 같은 주변환경과 인프라시설에 대한 검토를 통해 대상지역의 적절성을 파악해야 된다.

 - ① 주변 전력계통 네트워크 분석(계통연계점)
 - ② 인근지역의 도로망을 파악(건설시 접근로)
 - ③ 부지 소유주와의 협의관계
 - ④ 지역 내 잠재적 투자자 파악
 - ⑤ 타 기관에 의한 개발계획

(4) 사업계획 승인

- ① 부지의 적합성과 사업의 가능성을 확인 후 해당 지역 관청에 사업 승인을 얻어야 한다.
- ② 해당 관청과의 협의 하에 단지개발자는 환경성 검토 결과를(필요한 경우 환경영향 평가결과) 공개하고, 공청회를 개최하여 지역 주민을 비롯한 모든 관련 기관/협의체의 의견을 수렴하며, 이 때 제기되는 모든 쟁점에 대해 해결책을 마련한다.
- ③ 사업계획은 사업 규모와 위치에 따라 달라질 수 있지만 일반적으로 지역 해당관청은 다음과 같은 규정에 부합하는 사업계획을 제출 승인을 득한다.
 - 가. 소음 규제
 - 나. 건설 공사 시 교통장애 규제
 - 다. 발전소 해체 시 주변환경 원상복구에 관한 규제
 - 라. 송전선로에 의한 전파장애 규제
 - 마. 주변 동식물에 영향을 최소화 하는 규제
 - 바. 풍력발전기의 디자인(외관 형상) 및 색깔에 관한 규제
- ④ 승인을 위해서는 도로법, 사도법, 자연공원법, 농지법, 군사기지 및 군사시설 보호법, 초지법, 사방사업법, 광업법, 하천법, 장사 등에 관한 법률 등 관련법 저촉사항에 대해 환경부, 문화체육관광부, 국방부, 지방정부 등의 관할기관과 협의과정을 거쳐야 하며 개별법에 따라 독립적으로 협의하거나 전원개발 특례법에 의해 산업통상자원부에 일괄적으로 협의한다.

3.3 블레이드

- (1) 블레이드는 20년 이상 운전하중 하에서 견디도록 제작한다.
- (2) 블레이드의 단면은 익형의 형상이며 공기역학적 해석을 통하여 최적의 효율을 유지한다.
- (3) IEC61400-1규격에 따른 풍속조건을 고려하여 제작한다.
- (4) 재료선택 시 구조적하중특성, 재료성능, 내구성을 고려한 재료 선정을 하여야한다.
- (5) 대형블레이드의 경우 무게를 최대한 낮출 수 있는 유리섬유강화 폴리에스터, 유리섬유강화 에폭시와 비교검토를 통하여 선정한다.
- (6) 강도 및 강성이 우수하며 가벼운 재질로 선정한다.
- (7) 블레이드의 제조공법은 품질을 향상시키고 2차 접합이 필요하지 않으며 작업환경의 개선이 되는 공법을 적용한다.
- (8) 블레이드는 20년 이상 운전하중 하에서 견디도록 제작한다.
- (9) 성능시험은 정하중시험과 피로하중시험으로 구분 실시하여야 하며 IEC61400-23에 따라서 시험을 실시한다.

3.4 발전기

- (1) 발전기의 고 효율화를 위하여 가변속 제어와 대용량화가 가능해짐에 따라 저 풍속 고

효율의 대용량 발전을 위하여 이중여자 유도발전기, 다극형저속동기 발전기 하이브리드 방식의 동기발전기로 적용한다.

① 이중여자유도발전기

가. 고속증속기와 전력변환장치가 결합되어 사용한다.

나. 회전자와 고정자모두 권선으로 구성하며 회전자와 고정자 모두자계가 발생토 록 한다.

다. 인버터용량이 작아지는 장점이 있지만 시스템이 복잡하고 비용이 증가하며 기 어박스에서 발생하는 문제점이 없도록 구성한다.

② 다극형 저속동기 발전기

가. 다극형동기발전기는 기어가 없이 전력변환장치와 결합되어 사용한다.

나. 기어박스에 따른 문제점은 없지만 시스템에서 발생하는 무효전력이 크고 구조 가 복잡해짐에 따라서 제조원가증가를 고려 선정한다.

③ 하이브리드형 다극형동기발전기

가. 1단의 소형기어와 전력변환장치를 결합하여 사용한다.

나. 이중여자유도발전기와 다극형 저속동기 발전기의 중간형태로서 낫셀 중량과 발전기 및 주변기기의 비용을 최소화할 수 있도록 구성한다.

(2) 풍력터빈시스템과 전력계통의 연계방식

① 정속운전 유도발전방식

가. 발전기가 변압기를 통하여 전력계통에 직접 연결되어 여자전류를 받으므로 역 률개선을 위한 전력 콘덴서를 설치한다.

나. 전력계통에 투입될 때 발생하는 돌입전류를 줄이기 위하여 소프트스타트를 사 용한다.

② 가변속운전 이중여자 유도발전방식

가. 전력변환장치를 통하여 여자권선에 가해지는 전압과 주파수를 조절하여 공급 하는 방식이다

나. 가변속 운전이 가능하고 역률개선과 공력성능향상이 가능함으로 대형 풍력시 스템에 적용한다.

③ 가변속운전 동기발전방식

가. 소형풍력에 적용한다.

나. 회전자의 구동력을 증속기 없이 직결형으로 전달하고 가변속운전이 가능하도 록 전력변환장치를 적용한다.

3.5 타워 및 구조안전설비

(1) 풍력발전기의 타워는 상부에 블레이드 및 낫셀이 장착되고 블레이드회전에 의해 진동 및 회전 모멘트가 발생됨으로 풍하중 및 진동에 대한 내구성 장대구조물로서의 좌굴안 전성을 갖추어야 한다.

(2) 타워구조물의 구조강재 및 판 두께는 극한하중에 대한 충분한 내구성을 가지며 고유진

동수에 대한 안전성을 갖출 수 있도록 해야 한다.

- (3) 피로 및 좌굴을 고려한 구조설계 뿐 아니라 로터추력의 요동에 의한 1차 모드의 고유진동수와 관련된 공진현상을 회피한다.
- (4) 폭풍이나 태풍에 대비하여 안정적이며 강성을 유지하도록 제작한다.
- (5) 기계식 브레이크는 보수목적으로 정지했을 때와 높은 풍속에서 시스템이 정지할 때 축의 움직임이 없도록 장치를 설치한다.
- (6) 브레이크는 디스크와 캘리퍼(calipper)의 구조이며 소결금속소재를 사용하며 600℃에서 마찰계수가 0.4 정도가 유지되는 소재를 사용한다.
- (7) 브레이크와 동시에 필요한 안전장치로서 rotor locking device를 설치하여 낫셀의 이송, 설치, 유지와 보수를 위하여 설치한다.

3.6 시스템의 설계평가기술

자체적으로 개발된 풍력발전시스템은 운용 이력과 같은 기초데이터를 전문엔지니어링 사의 설계평가를 받아야 한다.

3.7 소형풍력발전시스템

- (1) 풍차의 규모는 공기유동에너지의 흡수면적이나 출력으로 초소형, 소형, 중형, 대형 및 초대형으로 구분되지만 자가발전용 또는 상업발전용 등과 같이 용도에 따라서도 구분이 되어야 한다.
- (2) 자가 발전용은 소형 상업발전용은 중형 이상이라고 구분이 되며 일반적으로 전력계통망과 연계에 적용되는 상업용 발전시스템의 규모는 100 KW 이상 대형 그 이외는 소형으로 구분한다.
- (3) 주거시설 인근에 설치되기 때문에 친환경적 요구조건을 만족해야 한다
- (4) 시스템이 구조 역학적으로 안정성이 확보되어야 한다
- (5) 공기역학적이고 고효율을 유지해야 한다

3.8 운영 및 유지보수

- (1) 대지에서 연중 일정한 풍향 및 풍속을 얻을 수 있는 위치를 고려하여 발전설비를 설치한다.
- (2) 태풍 등 과도한 풍속에 의해 발전설비 및 발전설비의 전복으로 인한 주변피해를 방지할 수 있어야 한다.
- (3) 풍력발전기 상태모니터링 및 장기적인 부품 및 기기의 상태 이력을 모니터링 및 저장을 하여 유지보수에 필요한 데이터를 획득하여 운영상태를 체크하고 적절한 교체 및 수리시기를 예상하는 유지/보수의 기본자료를 제출한다.

3.9 계통연계기술

비교적 큰 규모로 도입되는 분상형 전원이며 기존에 부하만이 존재하는 배전계통이 아니라

부하와 전원이 혼재되는 형태로 운영되기 때문에 풍력단지 도입 계획이나 운영 시에 발생하는 문제점을 시공 전에 검토해야 하고 이것을 계통연계기술로 병행하여 대책을 강구한 자료를 제출한다.

3.10 제어시스템

- (1) 제어시스템은 풍력발전기의 회전속도와 출력 기동 및 정지, 계통연계 등을 위하여 인위적으로 조절하는 시스템이다.
- (2) 제어시스템에는 속도 및 출력제어, 운전상황 및 운전모드제어 계통연계에 관한 제어, 운전 및 모니터링 시스템 등이 있으며 기계적 특성과 전기적 특성을 고려한다.
- (3) 운전상황 및 운전 모드 제어에는 풍향과 전선수 제어, 제동장치에 관한 제어와 회전 방식에 관한 제어 등이 포함된다.
- (4) 제동장치에 관한 제어는 공기역학적 제동과 기계적 브레이크 제동이 있고, 회전 방식에 관한 제어에는 정속 회전과 가변속 회전이 있으며 개별 터빈의 감시 제어에 더하여 상업용 대형 풍력터빈은 풍력단지에서 동시에 운영된다. 따라서 모든 제어는 중앙 감시 제어 시스템을 기본으로 구성한다.
- (5) 출력제어방식
 - ① 풍속이 정격풍속을 초과하면 공력출력을 제한하여 더 높은 풍속에서도 정격출력에 해당하는 일정한 공력출력이 로터에서 발생할 수 있도록 공력출력을 제어할 수 있도록 한다.
 - ② 풍력발전시스템의 안전성과 신뢰성을 확보한다.
 - ③ 공력출력을 제어하는 방식에는 실속제어(stall control)와 피치제어(pitch control)가 있으며, 실속제어는 수동형(passive stall)과 능동형(active stall)으로 나뉜다.
 - ④ 수동형 실속제어(passive stall control)방식
 - 가. 정격풍속을 초과하면 블레이드에 유입하는 바람의 상대적 받음각이 증가하여 블레이드 뒷면에서 유동의 박리가 발생하는 실속상태가 되어 양력이 감소하여 회전을 억제하는 방식이다.
 - 나. 이 방식은 블레이드가 허브에 단순히 직접 고정되는 매우 단순한 구조이나 블레이드의 익형 단면 형상이 실속 특성을 결정하므로 적절한 단면 형상이 되도록 한다.
 - 다. 이상 풍속에서 폭풍 시 대비에 한계가 있으므로 출력을 최대한 유지하도록 정격출력 근처에서 약간의 오버스윙을 허용하도록 한다.
 - ⑤ 능동형(active stall control) 방식
 - 가. 실속제어의 단점을 보완하고 피치제어의 이점을 살릴 수 있도록 채택한 방식이다.
 - 나. 블레이드의 피치각을 조절하는 피치제어 기구를 두고 정격풍속 이상에서는 에너지 변환효율이 감소되도록 바람의 받음각을 증가시킴으로써 실속현상을 유발하여 출력계수를 감소시킬 수 있도록 한다.

다. 실속현상에 의한 양력계수의 감소와 함께 항력계수가 증가되어 블레이드에 작용하는 공력하중이 증가하게 된다. 이로 인하여 블레이드의 굽힘이나 진동, 소음이 발생되므로 기준치 이하의 소음 진동을 유지해야 한다.

⑥ 피치제어(pitch control) 방식

가. 블레이드가 받는 바람의 상대적 받음각을 변화시키기 위하여 블레이드를 길이 방향 축을 중심으로 회전시키는 방식이다.

나. 정격풍속 이상의 모든 풍속에서는 받음각을 점진적으로 감소시켜 발전기의 정격출력에 정확히 맞추도록 능동제어가 가능하며, 정격풍속보다 낮은 풍속에서는 공력출력이 최대가 되도록 피치각을 조정할 수 있어야 한다.

다. 운전 중에 날개의 각도를 회전시켜 가장 효율적인 운전을 할 수 있을 뿐 아니라, 필요에 따라 출력을 조정할 수 있고 고풍속 또는 이상 풍속 시 쉽게 정지시킬 수 있도록 하여야 한다.

라. 피치제어는 중형기에서는 유압장치 또는 전동기를 사용하고, 대형기에서는 보통 유압장치를 사용한다.

(6) 요(yaw) 시스템

① 바람이 불어오는 방향이 로터의 회전면에 수직하지 않는 요 오류가 발생하면 출력이 저하되고 시스템에 불안정한 하중이 작용하게 되어 수명 단축을 초래하는 요인이 된다. 이런 요 오류를 방지하기 위하여 로터의 회전면이 바람의 방향에 수직이 되도록 제어한다.

가. 요 시스템은 요 드라이브, 요 베어링, 요 브레이크로 구성되어 있으며, 제어 방식은 수동제어 방식과 능동제어 방식이 있다.

② 수동제어 방식

가. 로터의 위치를 낫셀의 풍하쪽에 장착하는 후풍향식(downwind) 배치 방식으로, 요 오류가 발생하면 바람에 의하여 요우잉 모멘트가 발생하여 바람의 방향을 회전면에 수직하게 만들어야 하며, 시스템이 단순하고 비용이 저렴하나, 정밀한 제어가 불가능하고 큰 요우잉 모멘트가 필요한 대형 시스템에서는 부적합하기 때문에 중소형 풍력발전기에 적용한다.

③ 능동제어 방식

가. 로터의 위치를 풍상쪽에 배치하는 선풍향식(upwind) 배치 방식으로, 낫셀 뒷부분에 설치된 풍향계의 신호에 따라 요우잉 모멘트를 유압 또는 전기에 의해 구동시키는 요 시스템이며 유압식은 가격이 저렴하고 설치공간이 작으면서 제어가 용이하고 상대적으로 출력이 높은 반면에, 가격이 높고 설치공간이 많이 필요하고 중량이 무거워지는 단점이 있다.

나. 원거리 제어 및 모니터링이 가능하도록 하며 유지 보수의 관점에서 시스템이 채택되어야 한다.

2021 집필위원

성명	소속	성명	소속
성순경	가천대학교	장기창	한국에너지기술 연구원
정원호	유원엔지니어링(주)		

2024 설비분야 대분류 분리에 따른 코드번호 개정

주영경	한국건설기술연구원		
-----	-----------	--	--

2021 자문위원

성명	소속	성명	소속
김두성	한미설비	김선하	목원엔지니어링

2024 건설기준위원회 및 국가건설기준센터

성명	소속	성명	소속
강철규	경기대학교	이영호	한국건설기술연구원
김명철	동부엔지니어링	김기현	한국건설기술연구원
김세동	두원공과대학교	김나은	한국건설기술연구원
김승원	뉴테크구조기술사사무소	김민관	한국건설기술연구원
김영진	한국건설기술연구원	김재훈	한국건설기술연구원
김창수	디엠엔지니어링	김태송	한국건설기술연구원
김태진	티아이구조기술사사무소	김희석	한국건설기술연구원
남기범	한국전기기술인협회	류상훈	한국건설기술연구원
류현희	NCS구조엔지니어링	안준혁	한국건설기술연구원
박지훈	인천대학교	원훈일	한국건설기술연구원
서병택	용인송담대학교	이상규	한국건설기술연구원
성순경	가천대학교	이소정	한국건설기술연구원
신영기	세종대학교	이승재	한국건설기술연구원
신영수	이화여자대학교	이승환	한국건설기술연구원
엄영호	(주)동명기술공단	이용수	한국건설기술연구원
유흥국	건일엠이씨	이원종	한국건설기술연구원
이복희	인하대학교	주영경	한국건설기술연구원
이주철	건일엠이씨	최봉혁	한국건설기술연구원
이철호	서울대학교	허원호	한국건설기술연구원
이태형	건국대학교		

2024 중앙건설기술심의위원회

성명	소속	성명	소속
김영일	서울과학기술대학교	이영범	(주)수성엔지니어링
송상빈	한국광기술원	박영	한밭대학교
최영욱	한국전기연구원	박경윤	LG전자
주강필	SK에코플랜트(주)		

국토교통부

성명	소속	성명	소속
전인재	국토교통부 건설산업과	이종문	국토교통부 건설산업과
		이상민	국토교통부 건설산업과

(분야별 가나다순)



KCS 31 60 20 : 2024

풍력발전 설비공사

2024년 8월 22일 개정

소관부서 국토교통부 건설산업과

관련단체 대한설비공학회

06130 서울 강남구 테헤란로7길 22(역삼동 635-4)과학기술회관 신관 902호
Tel : 02-554-8571~2 E-mail : hvac@sarek.or.kr
<http://www.sarek.or.kr/>

작성기관 국가건설기준센터

10223 경기도 고양시 일산서구 고양대로 283(대화동)
Tel : 031-910-0444 E-mail : kcsc@kict.re.kr
<http://www.kcsc.re.kr>

국가건설기준센터

10223 경기도 고양시 일산서구 고양대로 283(대화동)
Tel : 031-910-0444 E-mail : kcsc@kict.re.kr
<http://www.kcsc.re.kr>