

KWCS 31 65 21 : 2021

# 유도전동기 보수공사

2021년 5월 21일 제정  
<http://www.kcsc.re.kr>

### 한국수자원공사 전문시방서 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 댐 및 상수도공사 전문시방서와 건설기준(설계기준, 표준시방서) 간 중복·상충을 비교 검토하여 코드로 통합 정비하였다.
- 댐 및 상수도공사 전문시방서를 중심으로 해당 부분을 통합 정비한 것으로 제·개정 연혁은 다음과 같다.

건설기준	주요내용	제정 또는 개정 (년.월)
K-water 댐 및 상수도공사 전문시방서	• K-water 댐 및 상수도공사 전문시방서 제정	제정 (1997)
K-water 댐 및 상수도공사 전문시방서	• K-water 댐 및 상수도공사 전문시방서 개정	개정 (2004)
K-water 댐 및 상수도공사 전문시방서	• K-water 댐 및 상수도공사 전문시방서 개정	개정 (2008)
K-water 댐 및 상수도공사 전문시방서	• K-water 댐 및 상수도공사 전문시방서 개정	개정 (2010)
KWCS 31 65 21 : 2021	• 건설기준 코드체계 전환에 따라 코드화로 통합 정비함	제정 (2021.5)

제 정 : 2021년 5월 21일

심 의 : 중앙건설기술심의위원회

소관부서 : 환경부

관련단체 : 한국수자원공사

개 정 :

자문검토 : 국가건설기준센터 건설기준위원회

작성기관 : 한국수자원공사

---

---

## 목 차

---

---

1. 일반사항 .....	1
1.1 적용 범위 .....	1
1.2 참고 기준 .....	1
1.2.1 관련 법규 .....	1
1.2.2 관련 기준 .....	1
1.3 용어의 정의 .....	1
2. 자재 .....	1
2.1 품명 및 규격 .....	1
3. 시공 .....	1
3.1 현장 작업 .....	1
3.2 공장 반입 후 시험 및 검사 .....	2
3.2.1 입고검사 .....	2
3.2.2 중간검사 .....	2
3.2.3 최종검사 .....	3
3.3 전동기 보수 .....	4
3.3.1 전동기 절연보강 .....	4
3.3.2 전동기 재권선 .....	5
3.3.3 회전자 보수 .....	5
3.4 베어링 교체 .....	5
3.5 외함 도색 작업 .....	6
3.6 운반 및 설치 .....	6
3.7 현장시험 .....	6
3.7.1 진동측정 .....	6
3.7.2 조립 및 시험실시 .....	7
3.7.3 현장 시운전(부하시험) 실시 .....	7

## 1. 일반사항

### 1.1 적용 범위

- (1) 이 기준은 3상 유도전동기(고압, 100 kW 이상 저압 전동기) 고정자 절연보강, 재권선, 회전자 보수공사에 대하여 적용한다.

### 1.2 참고 기준

#### 1.2.1 관련 법규

내용 없음

#### 1.2.2 관련 기준

- (1) 관련 기준은 KCS 31 65 20 (1.2.2, 1.2.3)에 따르며, 추가사항은 다음과 같다.
- KWCS 31 65 20 동력설비공사
  - KS C 4202 일반용 저압 3상 유도 전동기
  - KS C 4203 일반용 고압 3상 유도 전동기
  - KS C IEC 60034-1 회전기기 정격 및 성능
  - 한국전기설비규정(KEC)

## 1.3 용어의 정의

내용 없음

## 2. 자재

### 2.1 품명 및 규격

- (1) 품명 및 규격은 공사시방서에 따른다.

## 3. 시공

### 3.1 현장 작업

- (1) 수급인은 전동기를 철거 전 아래 사항을 필히 확인하고, 반출 및 현장작업을 실시하여야 하며, 필요시 공사감독자의 입회하에 시행하여야 한다.
- (2) 제작번호, 전동기 제원, 기타 명판 기록사항 등을 철저히 확인 후 기록한다.
- (3) 철거 시는 기존의 설치상태를 확인하여 볼트, 너트, 오일 라인의 배관부분, 커플링, 온도센서 등이 손상되지 않도록 세심한 주의를 하여야 한다.
- (4) 동력케이블 철거 시는 조립 시의 회전방향 바뀔 예방을 위해 반드시 상별 표시를 전동기 측과 케이블 측에 라벨 등을 부착하여 바뀌지 않도록 해야 한다.

**3.2 공장 반입 후 시험 및 검사**

- (1) 수급인은 착공 시 다음 사항이 포함된 시험, 검사계획서와 절차서를 공사감독자에게 제출하여야 한다.
  - ① 시험, 검사계획서 : 계약사, 검사품명 및 수량, 검사항목, 적용규격 및 코드, 검사점 (H,W,R), 검사예정일, 검사장소
  - ② 공장시험 및 검사절차서 : 시험 및 검사절차, 적용기준, 판정기준
- (2) 수급인은 K-water에게 검사수행 5일 전까지 검사, 입회를 요청하여야 한다.
- (3) 수급인은 자체의 설비로 수행하지 못하는 시험이 있을 경우 공인기관 또는 K-water가 인정하는 전문기관에서 시험을 실시한다.
- (4) 수급인은 시험 및 검사에 사용되는 계측기의 목록, 동 계측기의 검교정 성적서 사본에 계약인감을 날인(원본대조필)하여 제출하여야 하고, 다음과 같은 검사 항목을 포함한 시험 및 검사결과를 준공서류에 첨부하여 제출하여야 한다.

**3.2.1 입고검사**

- (1) 외관상태 검사 : 고정자 오염상태, 고정자 웨지의 고정 및 손상상태, 고정자 코일 엔드(end)의 묶음 상태, 회전자 바(bar) 상태, 회전자 바(bar)와 단락환(end-ring) 용접부 상태, 축(shaft)의 주요부 치수 점검, 철심(core) 상태 등
- ② 기계적 검사 : 축받이부(shaft journal) 치수검사, 베어링(sleeve) 치수검사
- ③ RTD, 스페이스 히터(space heater) 검사 : 결선 확인

표 3.2-1 입고검사 목록

구 분	재권선	절연보강	회전자 보수
외관상태 검사	○	○	○
기계적 검사	○	○	○
RTD, 스페이스 히터 검사	○	○	○

※ ○ : 필수, △ : 필요시, X : 불필요

**3.2.2 중간검사**

- (1) 권선 함침 및 건조 : 건조시간 및 온도(전동기 제작 시 지정된 건조시간 및 온도)
- (2) 고정자 철심 루프검사(loop test)(철심 티스(teeth) 부분의 온도편차가 10℃ 이내)
- (3) 회전자 검사 : 주요 치수(제작 준공도서 기준에 만족할 것), 회전자 런-아웃 체크(run-out check)(3/100 mm~5/100 mm 이내) 및 균형(balancing)(KS B ISO 21940에 의거 G2.5 등급 만족)
- (4) 고정자 보수(재권선, 절연보강) 중간검사시 회전자 이상 발견하였을 경우, 회전자 보수 시행
- (5) RTD, 스페이스 히터(space heater) 검사 : 결선 확인

(6) 베어링검사 : 치수검사 및 비파괴(PT, UT) (밀 시트(mill sheet)와 비파괴 검사 성적서 확인)

표 3.2-2 중간검사 목록

구 분	재권선	절연보강	회전자보수	비 고
권선 함침 및 건조	○	○	X	
고정자 철심 Loop Test	○	X	X	
회전자 검사	○	○	○	KS B ISO 21940
RTD, Space Heater 검사	○	○	○	
베어링 검사	O(SLEEVE)	O(SLEEVE)	O(SLEEVE)	

※ ○ : 필수, △ : 필요시, X : 불필요

### 3.2.3 최종검사

- (1) 외관상태 검사 : 폴리단 및 키 홈(key way)의 찌그러짐, 도장, 표면의 긁힘 등
- (2) 특성산정 : 무부하 및 구속시험을 통해 효율, 역률, 토크, 슬립 등을 산정(제작 준공도서에 기재된 특성값 이상)

표 3.2-3 최종검사 목록

구 분	재권선	절연보강	회전자보수	비 고
외관상태 검사	○	○	○	
특성산정	○	X	○	KS C 4202, 4203
온도상승 시험(부하)	○	○	△	KS C IEC 60034-1
절연 시험	○	○	X	
축진동 측정	○	○	○	
절연내력 시험	○	X	X	KS C 4202, 4203
축전압	○	○	○	
magnetic center 측정	O(SLEEVE)	O(SLEEVE)	O(SLEEVE)	
진동 측정	○	○	○	KS C 4202, 4203
도장 및 출하검사	○	○	○	

※ ○ : 필수, △ : 필요시, X : 불필요

- (3) 온도상승 시험(고정자 권선 절연등급 동종 최고 허용온도, 베어링 55℃ 이하(중첩점, 주위온도 제외, 40℃ 기준))

- ① 온도상승(부하) 시험이 최종 검사 때 수행이 어려울 경우, 공사감독자의 승인을 득한 후 현장 실부하 운전으로 온도상승 시험 대체가능
- (4) 절연 시험 : 고압전동기 절연 시험항목
  - ① 저압전동기는 절연 시험 제외
  - ② 절연보강은 절연재료의 특성이 변하는 것이 아니므로, 보수 전 시행한 절연 진단 시험 값을 기준으로 같거나 작을 것
- (5) 축진동 측정 : 축진동 센서가 부착된 1,000 kW 이상 고압 버티칼 전동기에 한하여 실시(90 μm 이내)
- (6) 절연내력 시험(1분간 시험전압 인가하여 전압기기절연에 손상 및 소손 없을 것)
  - ① 시험전압 = 2E + 1,000 V (최소 1,500 V) (E : 정격전압)
  - ② 저압전동기는 절연내력 시험 제외
- (7) 축전압(메탈베어링 0.3 V이하, 볼베어링 0.15 V 이하) (단, 절연한 베어링은 해당 안됨)
- (8) 마그네틱 센터(magnetic center) 측정(엔드 플로트(end float) 중심에서 ±3 mm 이내)
- (9) 진동측정 : 전동기 및 베어링 하우징 부위에 대해 상방향, 횡방향, 축방향 진동측정(진동 한계값은 표 3.2-4의 값을 초과하지 않아야 한다)

표 3.2-4 진동측정 기준

회전수(rpm)	진동 한계값(μm)
3,000 이상	25.4 이하
1,500 ~ 2,999	50.8 이하
1,000 ~ 1,499	63.5 이하
999 이하	76.2 이하

- (10) 도장 및 출하검사(제작 준공도서 사양과 동일할 것)

### 3.3 전동기 보수

#### 3.3.1 전동기 절연보강

- (1) 절연보강 전 권선의 세척 및 예비 건조를 시행하여 한다.
- (2) 절연보강에 사용할 절연 바니시는 내절연성이 큰 것을 사용하여 작업되어야 한다.
- (3) 절연보강 후 권선의 진공함침 작업, 절연 바니시 도포 및 충분한 건조 후 조립하여야 한다.
- (4) 고정자 진공함침 : 고압전동기 고정자 진공가압함침(VPI) 절차에 따라 실시한다.
- (5) 브래킷, 팬가이드
  - ① 베어링 하우징, 팬가이드 내의 모든 이물질은 깨끗이 세척하여 조립하여야 한다.

### 3.3.2 전동기 재권선

- (1) 코일(coil) 재권선 실시 후 부분방전이 발생되지 않도록 절연에 특히 유의하여 작업하도록 한다.
- (2) 코일은 기존 평각동선과 전기저항률, 단면적이 동등 이상 제품을 사용하여 전동기 출력 변동이나 권선 온도 상승이 없어야 한다.
- (3) 권선 온도 측정용 RTD는 PT 100 Ω을 사용하여 각 상별 2 EA(총 6 EA) 이상 매입하고, RTD 단자 박스에 표시하여 인출한다. RTD는 신품으로 교체한다.
- (4) 권선은 소선 절연이 되어야 하며, 코어(core)에 삽입된 코일(coil)의 절연이 손상되거나 변형이 없도록 해야 한다.
- (5) 권선의 굽힘 부분은 코로나에 견디는 절연물을 사용하고, 절연은 반 겹쳐 감기로 시행하여야 한다.
- (6) 권선의 절연재는 동종 이상을 사용하도록 하며, 고정자 재권선 후 절연 바니시 함침은 전동기 고정자 진공가압함침(VPI) 절차에 따라 실시한다.
- (7) 권선 파워(power) 인출 케이블과 같이 함침 시에는 케이블에 바니시가 묻지 않도록 주의하여야 한다.
- (8) 전동기 반입 시 결선방식 및 단자결선이 반출 이전과 같아야 한다.
- (9) 전동기의 파워 인출 케이블은 각상별 L1, L2, L3 상을 구분하여 인출하고, 터미널은 기존 타입의 터미널 또는 고압 동관단자(필요 시)로 2회 이상 압착 시공하여 준공 시 사진대장을 첨부하여야 한다.

### 3.3.3 회전자 보수

- (1) 선반에서 양쪽 단락환(end-ring) 및 바(bar)를 선삭 가공하고 회전자를 깨끗하게 청소한다.
- (2) 회전자 철심의 슬롯(slot) 모양을 조사하여 bar의 형상을 기록 및 보수한다.
- (3) 회전자 철심 및 바(bar)를 신규 제작한다.(회전자 동바 교체 시)
- (4) 보수 및 교체 전, 후 회전자 바(bar)의 도전율은 판정기준(KS D 5530)에 만족되어야 하며, 크기에 맞는 바(bar)를 슬롯에 삽입한다.
- (5) 조립이 끝나고 나면 단락환 부위를 예열 후 은납봉으로 용접을 실시한다.
- (6) 용접이 확실하게 되었는지 확인하여야 하며, 단락환 및 바(bar) 용접부위에 PT검사를 실시한다.
- (7) 조립이 완료되면 치수를 측정하고 회전자 표면에 에폭시 절연페인트 도포작업 및 건조를 실시한다.
- (8) 페인트가 완전히 건조되면 표면을 매끄럽게 가공해야 한다.

### 3.4 베어링 교체

- (1) 베어링은 모두 신품으로 슬리브(sleeve 베어링은 필요시) 해야 하며 치수 측정을 실시해야 한다.

① 슬리브(sleeve) 베어링

가. 제작도면에 의거 주요 치수가 이상이 없어야 하며, 밀 시트(mill sheet)와 비파괴 검사성적서를 검토하여 이상이 없어야 한다.

② 볼(ball) 베어링

가. 제작 준공도서에 지정된 베어링 등급 및 번호 등이 일치하여야 한다.

(2) 베어링 윤활유는 반드시 신품으로 교체하여야 하며 운반 시 60 % 정도만 오일을 채워서 출고하고, 나머지 충전오일은 별도의 용기에 담아 공급한다.

3.5 외함 도색 작업

- (1) 도색 작업은 전동기 외부의 녹슨 부위를 매끄럽게 갈아내고, 하도 페인트 작업을 실시한 후 충분히 건조가 되면 최종 페인트 작업을 실시해야 한다.
- (2) 방청도료가 충분히 건조된 후 기존과 같은 색상의 페인트로 도색을 해야 한다. (모든 기기의 최종 도장색은 K-water 도장기준에 의거 공사감독자의 승인을 받아야 하며, 수급인은 기기의 칼라 계획을 제출하여 기기에 대한 표본색을 승인받도록 한다.)

3.6 운반 및 설치

- (1) 운반 중에 전동기가 손상되지 않도록 처리하여 하며, 손상 시 수급인이 모든 비용에 대하여 책임을 진다.
- (2) 운반 시, 우천 시 습기 등에 충분히 보호할 수 있도록 포장하여야 하며, 기기의 파손 및 외부 도장면의 보호를 철저히 하여야 한다.
- (3) 운반 시 충격을 최소화하기 위해 기자재 운반 또는 상차 작업 시 기자재에 과도한 충격이 가지 않도록 해야한다.
- (4) 설치 시 기존 기초볼트 및 라이너(liner)를 점검하여 이상이 없는지 확인 후 아래와 같은 기준에 따라 설치하여야 한다.

① 상배열

가. 좌우 배열인 경우 : 좌로부터 L1, L2, L3, 중성선

나. 상하 배열인 경우 : 상으로부터 L1, L2, L3, 중성선

다. 원근 배열인 경우 : 가까운 곳으로부터 L1, L2, L3, 중성선

② 전선의 상 식별은 KEC 121.2(전선의 식별)에 따른다.

(5) 설치 후 공사감독자가 인정한 최종 준공 시까지 전동기의 품질관리 책임은 수급인에게 있으므로 현장의 안전관리 및 품질관리에 주의하여야 한다.

3.7 현장시험

3.7.1 진동측정

(1) 진동은 전동기 및 베어링 하우징 부위에 대해 상 방향, 횡 방향, 축 방향 진동 측정하여 아래의 값을 초과하지 않아야 한다.

표 3.7-1 진동측정 기준

회전수(rpm)	진동한계값( $\mu\text{m}$ )
3000 이상	25.4 이하
1500~2999	50.8 이하
1000~1499	63.5 이하
999 이하	76.2 이하

**3.7.2 조립 및 시험실시**

- (1) 고정자 및 회전자의 청결 및 건조상태를 확인하여 조립 시 고정자 권선의 손상이 없도록 주의하며 방향과 부속품은 정확히 부착한다.
- (2) 각 상간 또는 선간 권선저항을 측정하고, 대지와 권선간 절연저항 측정시험을 한다.
- (3) 회전자의 언밸런스(unbalance)량을 기준값(KS B ISO 21940의거 G2.5 등급) 이하로 최소화하여 진동발생에 영향이 없는지 확인한다.
- (4) 시험이 완료된 전동기의 외함은 이물질이 완전히 제거한 후 기존 색상으로 도장하여야 하며, 운송 및 설치 시 손상될 수 있는 부분의 부분 도장을 위하여 일정량의 도료를 별도 제공하여야 한다.
- (5) 명판표기
  - ① 전동기 특성 값(특성 값 변경된 경우), 보수내용, 보수일자, 보수업체명 등의 내용을 포함하여 SUS 재질의 명판에 음각으로 표기한 후 도장이 완료된 전동기의 기존 명판 근처에 부착한다.

**3.7.3 현장 시운전(부하시험) 실시**

- (1) 수급인은 공사가 완료되면 공사감독자가 지정한 장소에 인도하고, 설치를 완료하면 현장 시운전을 실시해야 한다.
- (2) 설치 완료된 전동기 시운전은 일정, 방법 등의 계획표를 작성하여 제출하여야 하며, 공사감독자의 승인을 득한 후 실시하여야 한다.
- (3) 시운전 실시 전 각 부분의 점검을 실시하고 이상유무 여부를 기록표에 기록하여 공사감독자에게 제출 후 이상이 없을 경우에 K-water(공사감독자)의 입회하에 시운전을 실시한다.
- (4) 시운전은 전동기를 계속적으로 실부하 운전을 실시하여 권선온도 및 베어링 온도의 포화점, 정격전류 등의 상승여부를 확인하기 위해 최소 8시간 이상 운전을 지속한 후 매 시간 기록한 점검결과표를 공사감독자에게 제출한다.
- (5) 시운전 시 공사감독자로부터 지적된 사항에 대하여는 즉시 시정 조치하고 재검사를 받아야 한다.

표 3.7-2 고압전동기 절연 시험항목 및 기준값

절연특성시험			정격전압별 기준값	
시험종류	특성치	시험전압	3.3 kV	6.6 kV
권선저항	R(mΩ)	상간편차	5 % 미만	5 % 미만
절연저항	R(mΩ)	2.5 kV	100 이상	100 이상
성극지수	PI	2.5 kV	2.0 이상	2.0 이상
교류전류	ΔI(%)	E	3.2 미만	6.8 미만
유전정접	tanδ0(%)	E*0.25	7.5 미만	7.5 미만
	Δtanδ(%)	E	2.3 미만	5.2 미만
부분방전	Qmax(pC)	E	3,500 미만	-
		4.5 kV	-	7,000 미만

주1) 1. E : 정격전압

$$2. \Delta I = \frac{I - I_0}{I_0} \times 100$$

단,  $I_0$ : 정격전압의 25% 전압에서의 전류값(mA)

$I$  = 정격전압에서 전류값(mA)

$$3. \Delta \tan \delta = \tan \delta E - \tan \delta 0$$

단,  $\tan \delta E$  = 정격전압에서  $\tan \delta$ 값

$\tan \delta 0$  = 정격전압의 25 % 전압에서  $\tan \delta$ 값

표 3.7-3 전동기 고정자 진공가압함침(VPI) 절차

절 차	세 부 작 업
1	분해 가능한 모든 부분을 분해 후 세척제를 분사하여 불순물이 제거될 수 있도록 세척한다.
2	cleaning 후 고정자를 건조실에서 100 °C 이상의 온도로 3시간 이상 충분히 건조하여야 하며, VPI(진공가압함침)는 탱크의 내부 제품의 온도가 30~40 °C 온도에서 1.0 torr 이하로 관리되어야 하며 3~4시간 함침시킨다.
3	바니시에 함침한 고정자는 5~6 kg/cm <sup>2</sup> 압력에서 3시간 이상 실시한다. 단, 절연 바니시 함침 시 기포가 생기지 않도록 주의한다.
4	상기 2, 3항을 실시한 이후 130~150 °C 범위의 온도에서 10시간 이상 건조시킨 후 자연 냉각상태에서 주위 온도와 동일한 범위까지 냉각시킨다.

**집필위원**

성명	소속	성명	소속
이현	한국수자원공사	제갈훈	한국수자원공사
문부영	한국수자원공사	송두호	한국수자원공사
설재현	한국수자원공사	장창래	한국수자원학회
손승규	한국수자원공사	최미경	한국수자원학회

**자문위원**

성명	소속	성명	소속
이명섭	한중	문홍진	문아이앤시

**국가건설기준센터 및 건설기준위원회**

성명	소속	성명	소속
이영호	한국건설기술연구원	김세동	두원공과대학교
구재동	한국건설기술연구원	김수길	호서대학교
김기현	한국건설기술연구원	김재철	송실대학교
김나은	한국건설기술연구원	김재호	대전대학교
김태송	한국건설기술연구원	김훈	강원대학교
김희석	한국건설기술연구원	남기범	한국전기기술인협회
류상훈	한국건설기술연구원	박철규	서울주택도시공사
소병진	한국건설기술연구원	신석하	한국폴리텍대학
원훈일	한국건설기술연구원	신호섭	(주)더힐코리아
이승환	한국건설기술연구원	왕용필	한국전기산업연구원
이용수	한국건설기술연구원	유홍국	건일파트너스
이용준	한국건설기술연구원	이복희	인하대학교
주영경	한국건설기술연구원	이봉섭	강원대학교
최봉혁	한국건설기술연구원	이주철	대한전기협회
허원호	한국건설기술연구원	이준규	(주)중민
		장성규	(주)하이텍이피씨
		정영호	한국교통대학교
		조병우	석우엔지니어링(주)
		조휘만	한국토지주택공사
		주강필	SK건설
		최옥만	한국토지주택공사
		표정재	한국전기안전공사
		한석우	국제대학교
		황민수	한국전기공사협회

**중앙건설기술심의위원회**

성 명	소 속	성 명	소 속
김현수	LH	김찬문	한국수자원공사
송춘호	인천국제공항공사	홍언영	(주)세화
신호전	조엔지니어링	주강필	SK건설(주)
이은숙	한국농어촌공사		

**소관부처**

성 명	소 속	성 명	소 속
이상훈	환경부	박찬흥	환경부

## KWCS 31 65 21 : 2021 유도전동기 보수공사

---

2021년 5월 21일 제정

소관부서   환경부

관련단체   한국수자원공사  
34350 대전광역시 대덕구 신탄진로 200  
Tel : 042-629-3114(대표전화)  
<http://www.kwater.or.kr>

작성기관   한국수자원공사  
34350 대전광역시 대덕구 신탄진로 200  
Tel : 042-629-3709~3710  
<http://www.kwater.or.kr>

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