

# 한국철도표준규격

## **K**OREAN **R**AILWAY **S**TANDARDS

---

KRS PW 0002 - 16 (R)

단권변압기

Auto Transformer



Korean Railway Standards

철도기술심의위원회 심의  
2016년 12월 29일 개정

# 단권변압기

## Auto Transformer

### 1. 적용범위 및 분류

#### 1.1 적용범위

이 규격은 전철 단권변압기 급전방식의 전철변전소 등에서 사용하는 유입형 단권변압기(이하“변압기”라 한다)에 대하여 적용한다.

#### 1.2 사용조건

##### 1.2.1 정상사용조건

- 1) 주위온도는 최고 40℃, 최저는 -25℃ 이내로 한다.
- 2) 표고 1,000m 이하
- 3) 염해의 영향이 예상되는 해안 지역 및 분진 농도가 높은 터널 지역 또는 산업화 등으로 인해 오염이 심한 장소는 피한다.

##### 1.2.2 특수사용조건

1.2.1항에 규정한 이외의 자연환경 또는 계통상 특수한 사용조건은 필요시 별도로 규정한다.

#### 1.3 분류

변압기 종류 및 정격은 표1 및 표2와 같이 분류한다.

[표 1] 변압기 종류

사용장소	냉각방식	봉합방식	상수별
옥외 또는 옥내용	유입자냉식	밀봉식	단상

[표 2] 변압기 정격

정격전압[V]		정격용량[kVA]	
1차	2차	자기용량	부하용량 (선로용량)
55,000	27,500	5,000	자기용량 × 2
55,000	27,500	7,500	
55,000	27,500	10,000	
55,000	27,500	15,000	

### 2. 적용자료

KS C 2101 절연유시험방법

- KS C 2301 전기절연유
- KS C 2517 방향성 전기장판 및 강대
- KS C 3101 전기용 연동선
- KS C 3105 평각동선
- KS C 4004 전기기기 절연의 종류
- KS C 4313 3MVA 이상급 전력용변압기
- KS D 3503 일반 구조용 압연강재
- KS D 3512 냉간압연 강판 및 강대
- KS T 1002 수송 포장 계열 치수
- KS C IEC 60044-1 계기용변성기 - 제1부 : 변류기
- KS C IEC 60044-6 계기용변성기 - 제6부 : 보호용 변류기의 과도성능에 대한 요건
- KS C IEC 60071-1 절연 협조-제1부 : 정의 및 일반 원칙
- KS C IEC 60076-1 전력용변압기-제1부:일반적 요구사항
- KS C IEC 60076-2 전력용변압기-제2부:온도상승
- KS C IEC 60076-3 전력용변압기-제3부:절연 등급, 절연 시험 및 이격
- KS C IEC 60076-5 전력용변압기-제5부:단락강도시험
- KS C IEC 60076-10 전력용변압기-제10부:소음 레벨의 측정
- KS C IEC 60137 1,000V 이상의 교류전압을 위한 절연부싱
- KS C IEC 60296 전기공학적 장치용 유체 - 변압기 및 수배전반용 미사용 광유계 절연유
- IEC 62497-1 Railway applications - Insulation coordination - Part1:Basic Requirements -  
Clearances and creepage distances for all electrical and electronic equipment

**3. 필요조건**

**3.1 재료**

**3.1.1 권선**

- 1) 권선에 사용하는 동선은 KS C 3101 및 KS C 3105 또는 이와 동등 이상을 사용하여야 한다.
- 2) 권선의 절연재료는 KS C 4004에 의하여 특별고압용 또는 이와 동등 이상으로 한다.

**3.1.2 철심**

철심은 KS C 2517 또는 이와 동등 이상을 사용하여야 한다.

**3.1.3 부상**

- 1) 절연전면(全面)의 전위경도를 균일히 되도록 하여야 하고 또한 대기에 대하여 완전 밀봉되고 최악의 운전상태에서 열적으로 안정되어야 한다.
- 2) 재질은 균질질의 자기제 또는 이와 동등이상의 것을 사용하여야 하며, 그 구조는 기포(void)나 금, 흠 등이 없이 견고하고 습기가 침투할 수 없는 방습형이어야 한다. 또한 내·외부에서 코로나의 발생없이 운전되어야 하며, 밀봉부분이나 기타 중요 부품에 손상을 일으키지 않고 아크 섬락에 견딜 수 있어야 한다. 자기제 이외의 부품을 사용할 때는 이에 대한 특성자료와 3.4.2 절연계급 2)

부상에 의한 시험성적서를 제출하여야 한다.

- 3) 외부단자의 모든 접촉표면은 나사부분을 제외하고 은도금하여야 하며 부상단자와의 모든 접속은 분해조립할 수 있도록 클램프형 (Clamp type) 또는 스티드형(Stud type)의 접속단자를 사용하여야 한다.

**3.1.4 전기절연유**

전기절연유는 KS C IEC 60296 또는 KS C 2301의 광유(1종 4호)를 사용하거나 또는 이와 동등 이상을 사용하여야 한다. KS C 2301의 광유(1종 4호)는 산화안정성 특성값이 120℃, 75시간에 스톱지 0.3% 이하, 전산가 0.4mgKOH/g 이하이며 PCBs 함유량이 없는 것으로 한다.

**3.1.5 외함**

변압기의 외함은 KS D 3503의 SS400 또는 이와 동등 이상을 사용하여야 한다.

**3.2 형태**

- 1) 외형은 운전, 유지, 보수 등이 용이하여야 한다.
- 2) 변압기의 구조형상 및 치수는 제작도면에 의한다.

**3.3 제조 및 가공**

**3.3.1 권선**

- 1) 온도 변화 때의 수축 팽창에 의한 절연 손상 및 이상 운전 상태에서 진동 및 변형 등을 방지할 수 있고 절연유가 순환되도록 하되, 국부 과열을 경감할 수 있는 적합한 모양으로 제작되어야 한다.
- 2) 권선의 접속부분에 대한 접속 방법은 용접 접속 또는 압착 접속을 원칙으로 한다. 다만 충분한 기계적, 전기적 성능을 유지할 수 있는 경우에 한하여 납땀 접속으로 할 수 있다. 권선으로부터 단자관 및 부상까지의 모든 리드선 등은 코일 및 접속부의 변형이나 진동에 의한 손상이 일어나지 않도록 견고하게 지지되어야 한다.

**3.3.2 철심**

철심의 접합부는 운전중 진동 및 단락사고 시 전자기자력에 견딜 수 있도록 하여야 하며 철손, 여자전류, 소음이 최소화 되도록 한다.

**3.3.3 방압안전장치(Pressure Relief Device)**

- 1) 변압기 내부고장에 의한 외함 내의 압력상승을 충분히 완화시킨 후 자동 복귀되어야 하며, 경보 또는 트립회로 접점을 구성하여야 한다.
- 2) 방압안전장치의 방출방향은 인접 시설물에 피해를 주지 않도록 배치되어야 한다.

**3.3.4 콘서베이터(Conservator)**

- 1) 콘서베이터는 변압기 외함 상부에 취부하여야 하고 수송에 편리하도록 외함과 분리시킬 수 있도록 하며, 경보회로 접점을 구성한다.
- 2) 콘서베이터는 유열화방지 공기주머니(Air Seal Cell)방식을 표준으로 한다.
- 3) 콘서베이터는 다음 기구들을 구비한다.

가. 배유밸브

- 나. 흡습호흡기
- 다. 유면계

**3.3.5 방열장치(Radiator)**

- 1) 방열기는 최소의 공간에서 최대의 방열면적을 얻을 수 있도록 설계·제작하여야 하며, 수송에 편리하도록 변압기 본체로부터 누유없이 분리가 가능하여야 한다.
- 2) 방열장치에는 배유 코크를 상하부에 취부하여야 한다.

**3.3.6 외함**

- 1) 변압기의 외함은 운반 및 취급에 편리한 구조로서 충격이나 진동 등에도 손상을 받지 않아야 하며 누유가 되지 않도록 한다.
- 2) 완전 조립된 변압기는 적합한 개스킷을 사용하고, 운전상태에서 누유가 되지 않아야 하며, 외함은 다음 기구들을 구비하여야 한다.

가. 다이얼 온도계 (최고지침 및 경보 접점부)

나. 방압안전장치

다. 부호홀츠 계전기

라. 주유 및 배유밸브

마. 방열기 및 방열기 분리형 밸브

바. 핸드홀

사. 유면계

아. 보호회로 단자함

자. 접지단자 (70mm<sup>2</sup>~150mm<sup>2</sup> 취부용)

차. 질소가스 압력계(콘서베이터, 공기주머니 방식은 제외)

**3.3.7 부호홀츠 계전기**

변압기 내부고장으로부터 보호하기 위하여 본체 탱크와 콘서베이터 사이의 연결파이프로 부호홀츠 계전기를 취부하고 부호홀츠 계전기에는 경보접점과 회로 차단접점이 준비되어야 한다.

**3.3.8 이동장치 및 이동정지장치**

변압기에 부착된 이동장치는 스키드반으로 하되, 지진 또는 그 외의 진동에도 이동되지 않도록 이동정지 장치를 설치하여야 한다.

**3.3.9 도장**

- 1) 단자 이외에 노출된 모든 금속부분은 도장하기 직전에 산화피막, 기름, 먼지 등 불순물을 제거한 후 방식도료로서 2회 이상 도장하여야 한다.
- 2) 변압기는 방식 도장을 하여야 하고 내면에는 내유성, 외면에는 내수성 도장을 하여야 하며, 색상 및 두께는 수요처와 협의에 따른다.

**3.3.10 질소가스 보충장치**

변압기 내부의 정격 질소압력을 점검하여 질소가 자동으로 채워질 수 있도록 한다.

**3.4 성능 및 외관**

3.4.1 정격

- 1) 정격의 종류 : 연속정격
- 2) 정격전압 및 정격용량 : 1.3 분류의 표2에 의한다.
- 3) 정격주파수 : 60Hz

3.4.2 절연계급

1) 권선

권선절연계급은 KS C IEC 60076-3 의 절연 요구 사항과 내전압 시험 규칙에 의하며 기준은 다음과 같다.

[표 4] 권선의 절연계급

시험구분		U.V	O	비 고
정 격 전 압 [kV]		55	7.2	
상용주파내전압 [kV]		20	20	
충격내전압 [kV]	전 파(1.2× 50μs)	200	60	

2) 부상

부상의 절연계급은 KS C IEC 60137 또는 이와 동등 이상을 사용하여야 하며, 종류 및 정격은 다음과 같다.

[표 5] 부상의 절연계급

시험구분		형식별		비 고
		콘 덴 서 형	단 일 형	
형 식		U.V	O	비 고
정 격 전 압 [kV]		55	7.2	
상용주파내전압 [kV]		95	20	
충격내전압 [kV]	전 파(1.2× 50μs)	200	60	

3.4.3 효율

정격전압, 정격주파수, 전부하, 역율 100%에서 75℃로 환산한 효율은 다음과 같다.

[표 6] 효율

용 량(kVA)	효 율(%)
5,000 ~ 15,000	99 이상

3.4.4 임피던스

변압기의 임피던스는 2차측 단자에서 보아 0.45Ω 이하 이어야 한다.

3.4.5 온도상승 허용한도

1) 일반사항

주위온도가 40℃를 초과하지 않고 KS C IEC 60076-2에 의한 방법으로 측정하였을 경우 연속정격출력을 낼 때 아래표의 값을 넘어서는 안된다.

2) 과전압시 온도상승

변압기 2차 정격전압의 105% 전압 및 부하역율 80%에서 아래표의 값을 넘지 않고 연속 정격 출력으로 운전할 수 있어야 하며 또한 무부하상태에서 2차 정격전압의 110% 전압에서 아래표의 값을 넘지 않고 운전할 수 있어야 한다.

[표 7] 변압기의 온도상승 허용한도

변압기의 부분	측정방법	온도상승허용한도(K)
1. 권선(유입자냉식 또는 유입풍냉식)	저항법	65
2. 유온 본체 탱크내의 최상부 절연유가 외기와 접촉하지 않는 경우	온도계법	60
3. 철심 및 기타부분 철심 및 기타 금속부분의 절연면에 접하는 표면	온도계법	근접 절연물을 손상하지 않을 온도

3.4.6 전류 변성기

변류기는 변압기의 중성점에 설치하며 종류 및 정격부담 등은 다음과 같다.

[표 8] 변류기의 종류

종 류	보호(전류측정)용				계측기(WTD)용			
	15,000 kVA	10,000 kVA	7,500 kVA	5,000 kVA	15,000 kVA	10,000 kVA	7,500 kVA	5,000 kVA
변 류 비	600-1000-1200/5A				1200/5A	800/5A	600/5A	400/5A
정격부담	100VA				15VA			
오차계급	10P20				3.0 Class			

3.4.7 단락강도

1) 일반사항

변압기는 정격전류의 25배 또는 35배의 전류로 KS C IEC 60076-5에 의한 단락시험을 하여도 열적 또는 기계적 손상이 없어야 한다. 단, 차량기지의 경우 35배의 전류를 적용한다.

2) 열 성능

변압기의 열 성능은 KS C IEC 60076-5 단락 회로의 열 성능에 따른 계산에 의해 증명하여야 한다.

3) 기계적 강도

변압기의 기계적 강도는 KS C IEC 60076-5의 단락회로에서 동적 영향에 견딜 수 있는 시험전류 최대값[열 성능 계산을 위한 전류값 × 비대칭계수(X/R)]과 시험시간을 산정하여 시험을 시행하여야 한다. (단, 시험은 대표용량으로 15 MVA(자기용량 기준)를 적용 한다.)

3.4.8 과부하 내량

변압기는 정격용량의 150%의 부하에 2시간 동안 또는 300%의 부하에 2분 동안 연속 사용하여도 이상이 없어야 한다.

3.4.9 소음

변압기의 소음은 KS C 4313에 의한다.

3.4.10 내진대책

특별한 요구가 없을시 변압기는 지진강도 0.2g(6.5M) 이상의 강도에 견디도록 설계 및 제작되어야 한다.

4. 검사와 시험 및 품질보장

4.1 검사

4.1.1 검사의 분류

- 1) 구조검사
- 2) 외관검사

4.2 시험의 종류

시험은 인정시험, 검수시험으로 구분하며, 각 시험은 아래와 같다.

4.2.1 인정시험

초기개발 또는 규격 변경 등 자재의 성능에 영향을 줄 수 있는 설계 또는 재료의 변경시 시행한다. 시험 및 검사항목에 대한 판정은 공인시험기관에서 시행한 공인시험 성적서에 의한다. 단, 부속장치 중 외자재는 개발 제품에 대한 공인 인증시험을 필했을 경우, 제작자 시험성적서로 대체할 수 있다.

4.2.2 검수시험

인정시험에 합격한 자재에 한하여 자재 납품 시 시행한다.

4.2.3 시험 항목

[표 9] 시험 및 검사항목

시험 및 검사항목	인정	검수	시험방법
1. 구조 및 외관검사	○	○	4.4.1항
2. 절연저항 측정	○	○	4.4.2항
3. 변압비 측정 및 극성시험	○	○	4.4.3항
4. 임피던스 전압 및 전부하시험	○	○	4.4.4항

시험 및 검사항목	인정	검수	시험방법
5. 무부하손 및 여자전류 측정	○	○	4.4.5항
6. 권선저항 측정	○	○	4.4.6항
7. 유도내전압시험	○	○	4.4.7항
8. 상용주파 내전압시험	○	○	4.4.8항
9. 절연물 역율시험	○	-	4.4.9항
10. 온도상승시험*	○	○ <sup>주1)</sup>	4.4.10항
11. 뇌임펄스 내전압시험	○	○ <sup>주1)</sup>	4.4.11항
12. 부상변류기 시험 <sup>주2)</sup>	○	○	4.4.12항
13. 절연유 시험 <sup>주2)</sup>	○	○	4.4.13항
14. 조작 및 제어회로의 절연강도시험	○	○	4.4.14항
15. 소음레벨	○	○ <sup>주1)</sup>	4.4.15항
16. 변압기의 단락강도시험	○	-	4.4.16항
17. 부상시험 <sup>주2)</sup>	○	-	4.4.17항

**4.3 시험 방법 및 일반 사항**

4.3.1 검수시험은 진량에 대하여 시행하여야 한다.

단, 주1) 시험의 검수시험은 5대당 1대에 대하여 시험을 시행한다.

온도 상승 시험 대상 변압기는 필요시 직접식 광온도계를 설치하여 권선 온도 측정을 병행한다.

주2) 해당 시험은 제작사 공인기관 시험성적서로 대체할 수 있다.

4.3.2 부품 호환사용 승인이 필요한 경우는 검수시험 요청전까지 완료되어야 한다.

**4.4 시험방법**

**4.4.1 구조 및 외관검사**

각 부의 구조 및 치수의 승인도면과 일치여부를 검사하고 외부도장상태 및 명판 등 부착물 상태를 육안 검사한다.

**4.4.2 절연저항**

절연저항 시험은 절연저항계를 사용하여 주회로 1,000 MΩ이상, 접점과 대지간은 2 MΩ 이상이어야 한다.

**4.4.3 변압비 측정 및 극성시험**

극성시험은 KS C IEC 60076-1의 전압비 측정 및 위상변위 검사를 따른다.

**4.4.4 임피던스 전압 및 전부하시험**

KS C IEC 60076-1의 단락회로 임피던스 및 부하손의 측정을 따른다.

**4.4.5 무부하손 및 여자전류 측정**

KS C IEC 60076-1의 무부하손 및 전류측정을 따른다.

4.4.6 권선저항 측정

KS C IEC 60076-1의 권선저항 측정을 따른다.

4.4.7 유도내전압 시험

유도시험 전압의 과고값을 측정해야 하고, 과고값을  $\sqrt{2}$ 로 나눈 값이 시험 전압값과 같아야 한다. 시험시간은 100% 시험전압에서 시험주파수가 정격주파수의 2배 이하인 경우 60초이어야 하고, 시험 주파수가 정격주파수의 2배를 초과하는 경우 시험 시간은 다음과 같으며 15초 이상이어야 한다.

$$\text{시험시간(초)} = (\text{정격주파수}) / (\text{시험주파수}) \times 120$$

기타사항은 KS C IEC 600769-3의 유도교류전압 시험을 따른다.

[표 10] 유도내전압 시험 전압

구 분	U.V
유도 내전압 시험	U - V와 단자간 110 kV U (V)와 대지간 75 kV O 와 대지간 20 kV

4.4.8 상용주파내전압시험

KS C IEC 60076-3의 분리전원 교류 내전압시험을 따른다.

4.4.9 절연물 역율시험

IEEE C57.12.90의 Insulation power-factor tests를 따른다.

4.4.10 온도상승시험

KS C IEC 60076-2의 온도상승 시험을 따른다.

4.4.11 뇌임펄스내전압시험

KS C IEC 60076-3의 말단부에서 초핑된 뇌임펄스(LIC)시험을 따른다.

4.4.12 부상변류기 시험

KS C IEC 60044-1을 따른다.

4.4.13 절연유 시험

KS C IEC 60296 또는 KS C 2101에 따른다.

4.4.14 조작 및 제어회로의 절연강도시험

조작 및 제어회로와 대지간에 AC 2,000V, 60Hz를 1분간 인가한다.

4.4.15 소음레벨

KS C IEC 60076-10의 방법을 따른다.

4.4.16 변압기의 단락강도시험

KS C IEC 60076-5에 따른다.

4.4.17 부상시험

KS C IEC 60137에 따른다.

5 표시 및 포장

**5.1 표시**

- 1) 내부표시 : 제품의 사용상 지장이 없는 곳에 쉽게 지워지지 않는 방법으로 품명, 제작년월, 제작자명 또는 그 약호를 표시하여야 한다.
- 2) 외부표시 : 외부 포장 표면의 적당한 곳에 품명, 제작년월, 제작자명 또는 그 약호, 수량을 표시하여야 하며, 기타 필요한 추가사항은 인수·인도 당사자 간의 협정에 따라 별도 정할 수 있다.

**5.2 포장**

포장 방법은 KS T 1002에 의하며 인수·인도 당사자 간의 협정에 따른다.