

	공단 잠정 표준규격 <b>불평형 보상장치</b> (Unbalance Compensator)	<b>KRSA-T-2019-3001-R2</b> 제정 2019. 12. 27. 개정 2023. 11. 27. 확인 2024. 12. 31.

**1. 적용범위 및 분류**

**1.1 적용범위**

이 규격은 전기철도 급전계통에서(차량기지 등) 발생하는 전압/전류 불평형을 해소하기 위한 불평형 보상장치(Unbalance Compensator)에 대하여 적용한다.

**1.2 사용 조건**

**1.2.1 정상사용조건**

- (1) 주위온도: 최고 40℃, 최저 -25℃
- (2) 표고: 1,000m 이하
- (3) 주위공기 오손이 현저하지 않은 장소

**1.2.2 특수사용조건**

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

**1.3 분류**

불평형 보상장치의 설비는 표 1과 같이 분류한다.

[표 1] 설비 구성

구 분	설 비 구 성	비 고
인입부	차단기 및 보호계전기 등	옥내용
변압기반	불평형 보상장치용 변압기	
충전부	필터 리액터 등	
전력부	전력변환장치 등	
제어부	컨트롤러 및 모니터	

**2. 인용표준**

붙임 1 참조

**3. 필요조건**

**3.1 재료**

- (1) 사용재료는 KS(Korean Industrial Standards) 표시품 또는 동등 이상이어야 한다.
- (2) 모든 자재, 설비, 장치 및 계통은 정상 사용 조건하에서 성능저하나 오동작 없이 견딜 수 있도록 보장되어야 한다.

**3.2 형태**

- (1) 외형은 운전, 유지, 보수 등이 용이한 구조이어야 한다.
- (2) 불평형 보상장치의 구조형상 및 치수는 제작도면에 의한다.

**3.3 구성 및 정격**

**3.3.1 구성**

- (1) 인입부 : 차단기, 보호계전기, 계기용 변압기 (PT, Potential Transformer) 및 계기용 변류기(CT, Current Transformer)
- (2) 충전부 : 필터 리액터, 충전저항 및 충전저항 바이패스용 스위치
- (3) 전력부 : 전력변환장치 및 냉각장치
- (4) 제어부 : 메인컨트롤러 및 모니터(HMI, Human-Machine Interface)
- (5) 변압기반 : 불평형 보상장치용 변압기

**3.4 제조 및 가공**

**3.4.1 일반사항**

- (1) 본 장비는 인입부, 충전부, 전력부, 제어부 및 변압기를 조합하여 구성한다.
- (2) 운전조작이 편리하고 내구성이 크며 점검 및 정비가 용이한 구조로 설계 및 배치한다.
- (3) 제어반의 지시계기, 동작상태 표시램프, 모니터(HMI, Human-Machine Interface) 등은 판넬 전면에 구성한다.
- (4) 제어반의 기기배치는 유지보수 및 점검을 고려하여 분리인출이 가능한 구조로 제작한다.
- (5) 제어반의 외함은 견고하고 전기적, 기계적으로 특성이 우수하고 충분한 강도인 양질의

재료를 사용하여야 한다.

- (6) 고압 측 연결 시 절연간격을 충분히 확보하여야 한다.
- (7) 전압형 컨버터 방식을 적용하며, 사용전압에 따라 다수의 컨버터를 조합하여 구성한다.

**3.4.2 장치별 성능 및 특성**

**3.4.2.1 외함**

- (1) 외함은 철판 프레임 구조로 전 후면에 문이 있는 자립형 구조 또는 동등 이상으로 기기의 탈부착 및 점검이 용이한 구조이어야 한다.
- (2) 외함의 상부에는 인양고리를 설치하여야 한다.
- (3) 외함 규격:
  - (a) 재질 : 냉간압연강판
  - (b) 두께 : 2.3t 이상
  - (c) 보호등급 : IP21 이상
  - (d) 도장 : 승인도서에 따름

**3.4.2.2 인입부**

- (1) 차단기(CB, Circuit Breaker)는 보호계전기와 함께 동작하여 부하 개폐 및 각종 사고시 (단락, 지락, 과전압 등) 사고전류 차단 및 장비보호를 하여야 한다.

**3.4.2.3 충전부**

- (1) 필터리액터는 노이즈가 많은 펄스폭 변조제어(PWM, Pulse Width Modulation) 보상전류의 리플을 저감시켜야 한다.
- (2) 충전저항은 본 장치 투입 시 발생하는 돌입전류가 충분히 억제되도록 구성되어야 하며, 전력부 전력변환장치들의 충전 완료후 자동으로 바이패스 되어야 한다.
- (3) 전력부 전력변환장치의 충전을 마친 뒤 투입되어 충전저항을 바이패스 할 수 있도록 접촉기(Contactor)가 사용되어야 한다.
- (4) 충전시 충전전류는 전압 위상과 비교되어 동기 상태를 확인할 수 있어야 한다.

**3.4.2.4 전력부**

- (1) 전력부는 전력변환장치를 직렬 또는 병렬로 연결 구성하여 정격전압에서 충분한 절연 성능을 유지하며 사용 가능하여야 한다.
- (2) 전력변환장치는 절연 게이트 양극성 트랜지스터(IGBT, Insulated Gate Bipolar

Transistor), 캐패시터, 저항, 로컬 제어보드, 방열판 등으로 구성되어야 한다.

- (3) 전력변환장치는 신속한 유지보수가 가능하여야 한다.
- (4) 전체 전력변환장치중 일부 장치가 고장시에도 다른 전력변환장치들은 정상동작 할 수 있어야 한다.

**3.4.2.5 제어부**

- (1) 메인컨트롤러는 광케이블 및 절연 제어케이블을 사용한 제어 및 감시를 수행하여 절연에 문제가 없도록 하여야 한다.
- (2) 메인컨트롤러에는 22.9kV 계통의 계기용 변압기(PT, Potential Transformer) 및 계기용 변류기(CT, Current Transformer)가 결선되어 계통을 모니터링 하며, 계통의 전압, 전류, 전력 등 데이터 및 운전상태 등의 전력요소를 모니터(HMI, Human-Machine Interface)에 표시하여야 한다.
- (3) 사용자가 장비 동작상태, 발생알람, 알람이력, 시스템 파라미터 등을 손쉽게 확인 및 설정 가능하여야 하며, 장치의 기동, 정지 등 제어를 수행할 수 있어야 한다.
- (4) 모니터(HMI, Human-Machine Interface)의 프로그램은 한글로 제작되어 사용자가 손쉽게 이용할 수 있어야 한다.
- (5) 전원측 전력품질 요소를 실시간으로 분석하며, 부하조건에 따라 전력변환장치를 제어하여 실시간으로 불평형전류 및 무효전력을 선형적으로 보상(stepless)하여야 한다.
- (6) 고성능 디지털 신호처리 프로세서 (DSP, Digital Signal Processor)를 활용한 완전한 디지털 제어가 이루어져야 한다.
- (7) 단상변압기 투입 및 불평형 보상장치용 차단기 투입 시, 자동으로 동작하여 불평형전류를 보상하여야 한다. 자동 동작 여부는 사용자가 선택할 수 있어야 하며, 시운전 등 필요시 수동으로도 동작할 수 있어야 한다.
- (8) 불평형 보상장치에 내부 장애(과전류, 과열, 각종 에러 등) 발생시 자동으로 정지 및 급전계통에서 분리되어야 한다.
- (9) 과보상으로 인한 전압상승 등 계통에 악영향이 감지될 시 자동으로 차단 및 계통에서 분리되어야 한다.

**3.4.2.6 변압기반**

- (1) 권선은 몰드권선에 적합하고 전기적, 기계적 특성이 우수한 도체를 사용하여야 한다.
- (2) 1차측 권선은 고 진공상태에서 주형 제작하여 우수한 전기적 절연성능 및 충분한 기계적 단락강도를 확보하며 광범위한 온도변화에도 균열이 생기지 않아야 한다.
- (3) 1차/2차측 권선은 각각 별도로 제작하며, 각 상의 철심각 둘레에 동심상으로 배치하는

구조로 하고, 운전 중에 발생하는 열을 방산시키기 위하여 1차/2차 권선간의 공간을 냉각 덕트로 이용하는 구조로 한다.

- (4) 권선의 지지를 위해 권선 상, 하부에 탄성체의 스페이스(spacer)를 넣어 고정하여 철심의 자기왜형 진동이 권선으로 전달되지 않도록 하며 권선 표면에서 방산되는 소음을 저감하여야 한다.
- (5) 철심 재료는 투자율이 높고 손실이 적은 양질의 방향성 규소강판을 사용하며, 규소강판의 특성을 충분히 발휘하도록 step-lap 방식으로 제작하여 무부하손실 및 무부하전류가 최소가 되도록 한다.
- (6) 조립된 철심 코어는 열적, 기계적 특성이 우수한 절연물로 고정하며, 철심표면 보호층으로 방청도장 처리를 하여야 한다.
- (7) 1차측 권선에 무전압 탭 절환단자 (NVTC, No Voltage Tap Changer)가 위치하여 무전압시 용이하게 조작할 수 있어야 한다. 또한 사용하지 않는 탭은 운전중 이물질이 침입되지 않도록 고무캡을 취부하여야 한다.

**3.4.2.7 원격 감시**

- (1) 본 장치는 원격 감시 및 제어가 가능하도록 건식접점을 제공하여야 한다.
- (2) 차단기 상태감시 및 제어 / 불평형보상장치 상태감시

**4. 성능**

**4.1 기술조건**

- (1) 인입전압 : 3상 22.9kV
- (2) 장비전압 : 3상 0.69 ~ 6.6kV
- (3) 정격 주파수 : 60Hz
- (4) 변압기 정격 용량 : 3,000kVA
- (5) 최대출력 전류 : 75A/22.9kV 기준
- (6) 불평형전류 보상 : 75A/22.9kV 기준
- (7) 무효전력 보상 : 3Mvar , 진상/지상 보상
- (8) 보상 응답속도 : 20ms 이하
- (9) 불평형 보상장치 효율 : 97% 이상
- (10) 소음 레벨 : 76dB 이하 (변압기 및 전력변환장치 FAN 운전 기준)
- (11) 냉각 방식 : 강제 풍냉식
- (12) 설치 위치 : 옥내

**5. 검사와 시험 및 품질보장**

**5.1 검사**

- (1) 구조검사
- (2) 외관검사

**5.2 시험의 종류**

시험은 형식시험, 검수시험, 현장시험으로 나누며 각 시험은 아래와 같다.

**5.2.1 형식시험**

제품의 품질확인 및 제작자의 품질유지능력을 인정하기 위한 것으로 시험 및 검사항목에 대한 판정은 공인시험 기관에서 시행한 공인 시험성적서에 의한다. 단, 부속장치중 외자재는 제작사 또는 공인기관에서 시행한 시험성적서로 대체 할 수 있다.

**5.2.2 검수시험**

구매시 형식시험으로 확인된 성능을 보증하기 위해 형식시험 항목의 일부를 시행한다.

**5.2.3 현장시험**

검수시험을 필한 제품을 현장에 설치 후 부하에 적합한 성능을 발휘하는지 확인한다.

**5.2.4 시험항목**

시험항목은 표 2와 같다.

[표 2] 시험 및 검사항목

구 분		형식	검수	현장	시험방법
불평형 보상장치	외관구조 치수검사	○ <sup>주1)</sup>	○ <sup>주2)</sup>		5.4.1.1
	절연저항 측정	○ <sup>주1)</sup>	○ <sup>주2)</sup>	○ <sup>주3)</sup>	5.4.1.2
	상용주파 내전압 시험	○ <sup>주1)</sup>	○ <sup>주2)</sup>		5.4.1.3
	운전소음 측정	○ <sup>주1)</sup>	○ <sup>주2)</sup>	○ <sup>주3)</sup>	5.4.1.4
	시스템 효율	○ <sup>주1)</sup>	○ <sup>주2)</sup>	○ <sup>주3)</sup>	5.4.1.5
	전력변환장치 동작시험	○ <sup>주1)</sup>	○ <sup>주2)</sup>		5.4.1.6
	전자파 적합성(EMC)	○ <sup>주1)</sup>			5.4.1.7
	불평형 보상성능 측정	○ <sup>주1)</sup>	○ <sup>주2)</sup>	○ <sup>주3)</sup>	5.4.1.8

역률 보상성능 측정	<input type="radio"/> 주1)	<input type="radio"/> 주2)	<input type="radio"/> 주3)	5.4.1.9
온도 상승 시험	<input type="radio"/> 주1)	<input type="radio"/> 주2)		5.4.1.10

- <비고> (1) 주1) 본 시험 항목은 형식시험시 국내 공인시험기관에서 발행한 시험성적서로 확인한다.  
 (2) 주2) · 주3) 시험규모 및 방법 등에 대하여 발주처에 승인받은 ITC/ITP에 따른다.  
 (3) 차단기, 보호계전기, 변압기 등은 공인인증시험 실시여부 혹은 인증제품(인증서) 인지 확인한다.

**5.3 시험방법 및 일반사항**

- (1) 시험방법 적용상 문제가 있을 시는 사용자와 제작자간의 협의에 의한다.  
 (2) 검수 및 현장시험의 세부내용은 ITP/ITC에서 따로 정한다.

**5.4 시험방법**

**5.4.1 형식시험**

**5.4.1.1 구조 및 외관검사**

각부의 구조 및 치수의 승인도면과 일치여부를 검사하고, 본체의 외부 도장상태 및 명판 등의 부착물 상태를 육안 검사한다.

**5.4.1.2 절연저항 측정**

- (1) 고압측의 경우 1,000V 절연저항계를 사용하여 각 권선간 및 대지간 1,000MΩ 이상이어야 한다.  
 (2) 저압측의 경우 KEMC 1120을 따르며, 500V 절연저항계를 사용하여 전기회로 대지간, 전기회로 상호간 및 접점회로 단자간 10MΩ 이상이어야 한다.

**5.4.1.3 상용주파 내전압 시험**

상용주파 내전압 시험은 고압측의 경우 KS C IEC 60076-3를 따른다. 계전기 등 저압측의 경우 KS C IEC 60255-5를 따르며, 상 ~ 대지간 AC 2kV를 1분간 인가하여 견뎌야 한다.

**5.4.1.4 운전소음 측정**

KS C IEC 60076-10을 따른다. 즉, 정상가동 상태에서 장치의 전·후·좌·우 5m 지점에서 76dB 이하인지 확인한다.  
 전력변환장치는 FAN 운전 시 전·후·좌·우 0.5m 지점에서 76dB 이하인지 확인한다.

**5.4.1.5 시스템 효율**

시험상태에서 변압기 2차측 인입부에서 발생하는 유효전력 측정, 정격용량의 97% 이내 인지 확인한다.

**5.4.1.6 전력변환장치 동작 시험**

- (1) 전력변환장치별 시험 : 각 모듈별 직류전원 인가, 교류측 출력파형 정상여부 확인  
 (2) 전력변환장치 통합 레벨링 시험 : 고압 무전원 상태에서 전체 모듈에 직류전원 인가, 교류측 출력파형 확인

**5.4.1.7 전자파 적합성(EMC)**

시험방법은 KN 50/KN 51에 따른다.

**5.4.1.8 불평형 보상성능 측정**

형식 및 검수 시험에서는 제작사 자체시험설비로 시스템 정격 용량의 30%, 상불평형 50% 조건을 구현하여 25% 이내 보상 여부를 확인한다.  
 현장 시험에서 단상변압기를 투입하여 실부하 시험 실시, 장비 가동 후 2일간 측정하여 순간 전류불평형률 30% 이내 및 평균 전류불평형률 15% 이내, 전압불평형률 2% 이내로 유지하는지 확인한다.

**5.4.1.9 역률 보상성능 측정**

형식 및 검수 시험에서는 제작사 자체시험설비로 시스템 정격 용량의 30%, 역률 70% 조건을 구현하여 95% 이내 보상 여부를 확인한다.  
 현장 시험에서 단상변압기를 투입하여 실부하 시험 실시, 장비 가동 후 1일간 측정하여 평균 역률을 95% 이상으로 유지하는지 확인한다.

**5.4.1.10 온도 상승 시험**

온도 상승 시험은 KS C IEC 60146-1-1의 시험 방법에 따른다.

**5.4.2 검수 시험**

**5.4.2.1 구조 및 외관검사**

시험방법은 5.4.1.1.에 의한다.

**5.4.2.2 절연저항 측정**

시험방법은 5.4.1.2.에 의한다.

**5.4.2.3 상용주파 내전압 시험**

시험방법은 5.4.1.3.에 의한다.

**5.4.2.4 운전소음 측정**

시험방법은 5.4.1.4.에 의한다.

**5.4.2.5 시스템 효율**

시험방법은 5.4.1.5.에 의한다.

**5.4.2.6 전력변환장치 동작 시험**

시험방법은 5.4.1.6.에 의한다.

**5.4.2.7 전자파 적합성(EMC)**

시험방법은 5.4.1.7.에 의한다.

**5.4.2.8 불평형 보상성능 측정**

시험방법은 5.4.1.8.에 의한다.

**5.4.2.9 역률 보상성능 측정**

시험방법은 5.4.1.9.에 의한다.

**5.4.2.10 온도 상승 시험**

시험방법은 5.4.1.10.에 의한다.

**5.4.3 현장 시험****5.4.3.1 절연저항 측정**

시험방법은 5.4.1.2.에 의한다.

**5.4.3.2 운전소음 측정**

정상운전 상태에서 제시된 목표값을 만족하는지 실측하여야 한다.

**5.4.3.3 시스템효율**

시험방법은 5.4.1.5.에 의한다.

**5.4.3.4 불평형 보상성능 측정**

정상운전 상태에서 제시된 목표값을 만족하는지 실측하여야 한다.

**5.4.3.5 역률 보상성능 측정**

정상운전 상태에서 제시된 목표값을 만족하는지 실측하여야 한다.

**6. 표시 및 포장****6.1 표시**

- (1) 내부표시 : 제품의 사용상 지장이 없는 곳에 지워지지 않는 방법으로 품명, 제작년월, 제작자명 또는 그 약호 등을 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 협의에 따라 별도로 정할 수 있다.

**6.2 포장 및 운송**

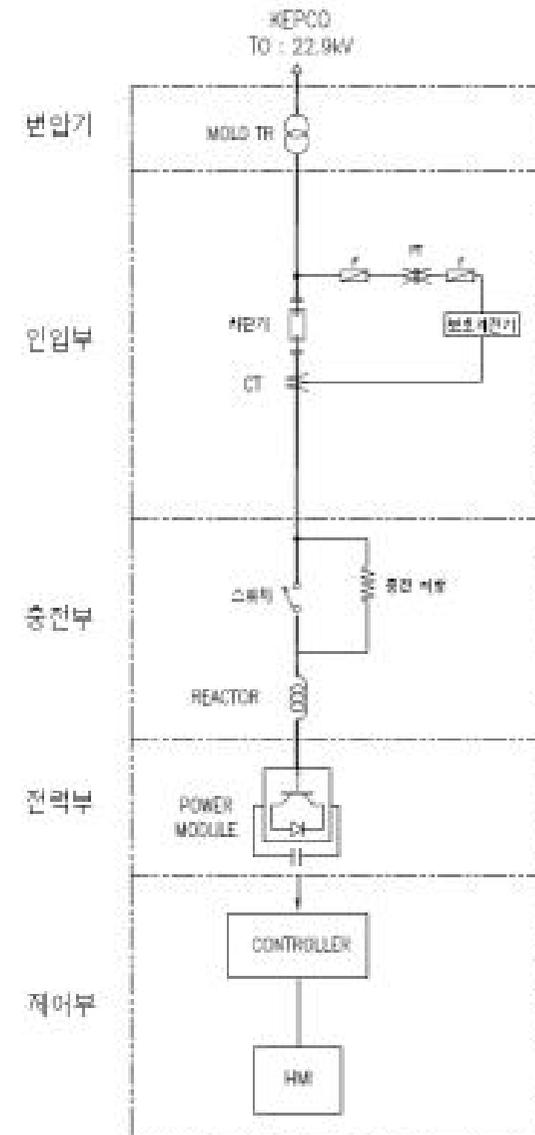
포장 방법은 KS T 1002에 의하며 운송 등 세부사항은 인수·인도 당사자 간의 합의에 따른다.

[붙임 1]

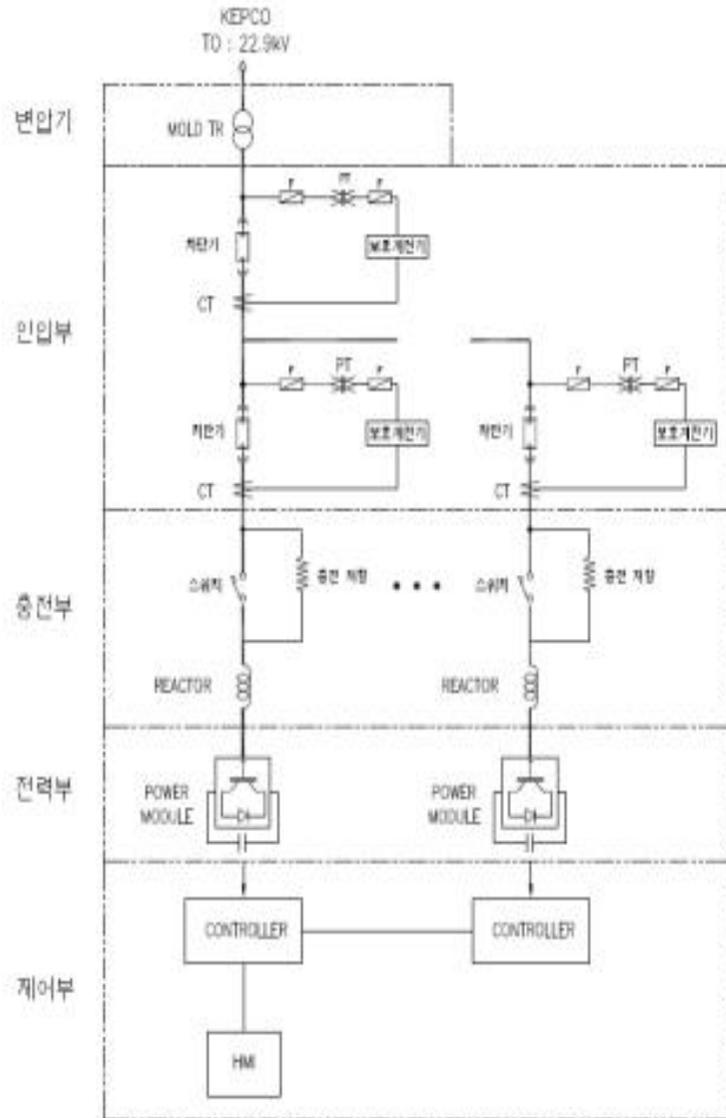
**인용표준**

KS C 4311(2019)	3 MVA 이하 배전용 건식 변압기
KS T 1002(2015)	수송포장 계열치수
KS C IEC 60076-1(2020)	전력용 변압기 - 제1부 : 일반사항
KS C IEC 60076-3(2020)	전력용 변압기 - 제3부 : 절연등급, 절연시험 및 대기중의 외부 공간거리
KS C IEC 60076-6(2018)	전력용 변압기 - 제6부 : 리액터
KS C IEC 60076-10(2020)	전력용 변압기 - 제10부 : 소음레벨의 측정
KS C IEC 60255-1(2019)	측정 계전기와 보호 장치 - 제1부 : 공통 요구사항
KS C IEC 62271-1(2019)	고압 개폐기와 제어기 - 제1부 : 공통 사양서
KS C IEC 62271-100(2019)	고전압 개폐기와 제어기 - 제100부 : 교류 회로 차단기
KS C IEC 60146-1-1(2017)	반도체형 컨버터-일반요구사항 및 선전류 컨버터-제1-1부 기본요구사항
KS C IEC 60146-1-3(2017)	반도체형 컨버터-일반요구사항 및 선전류 컨버터-제1-3부 변압기 및 리액터
KN 50/KN 51(2019)	전기철도기기류의 전자파적합성 시험방법

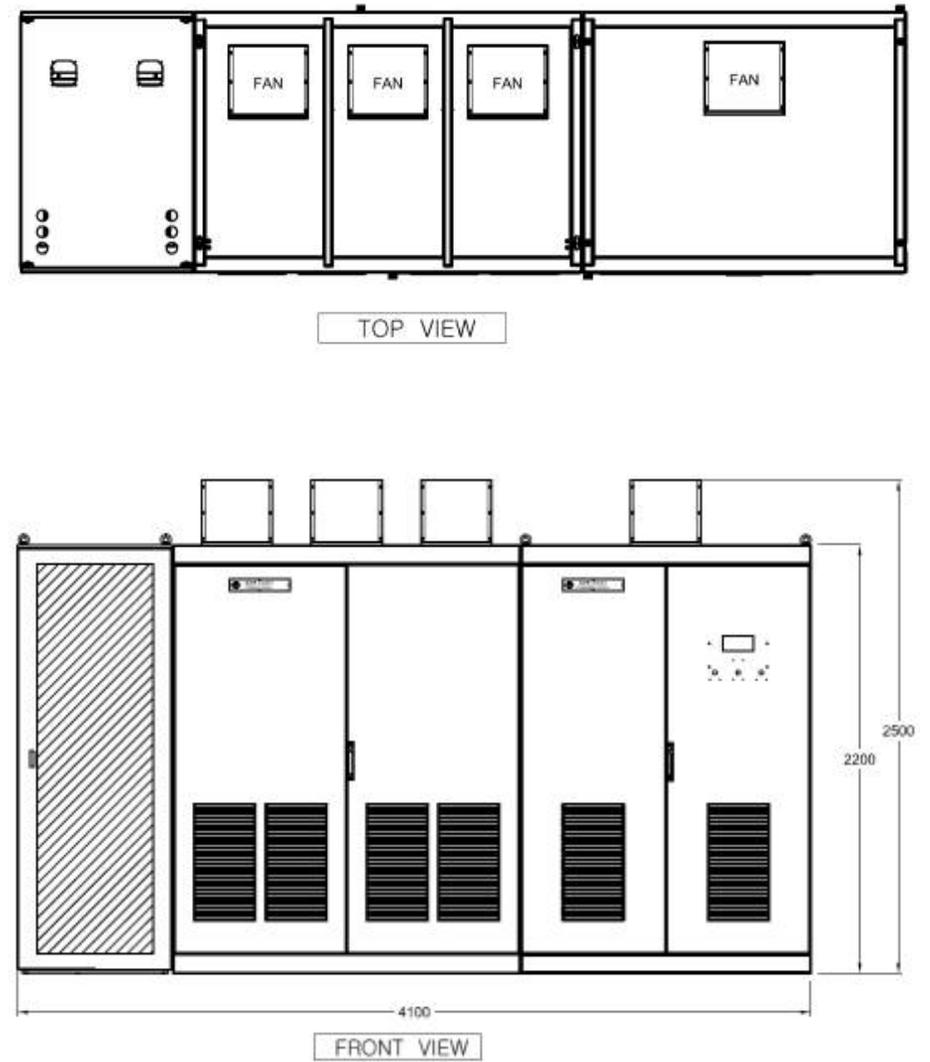
< 부도 1 > 불평형 보상장치 구성도(예시 1)



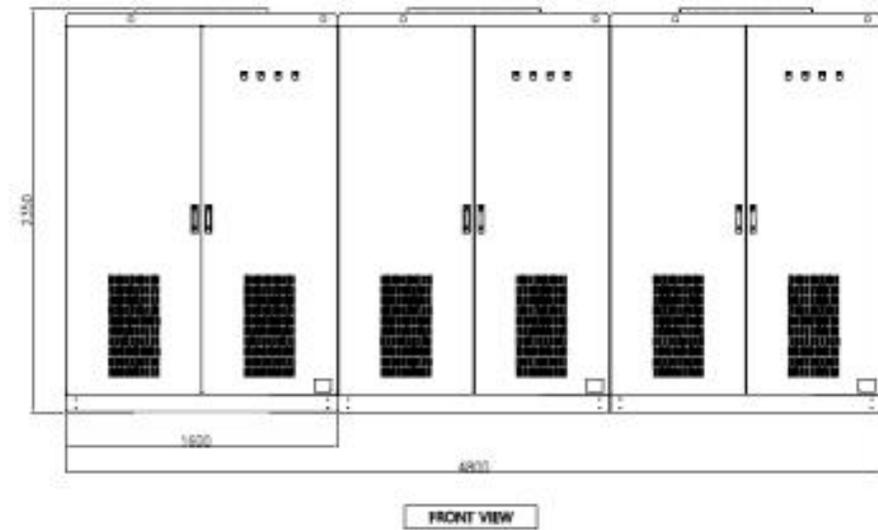
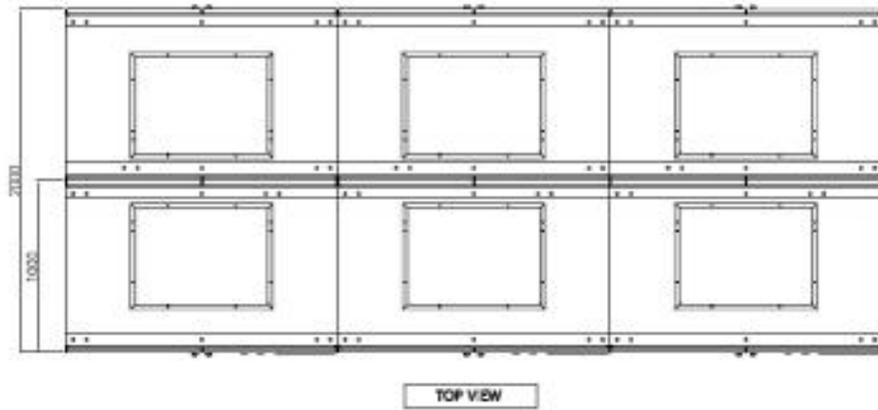
< 부도 2 > 불평형 보상장치 구성도(예시 2)



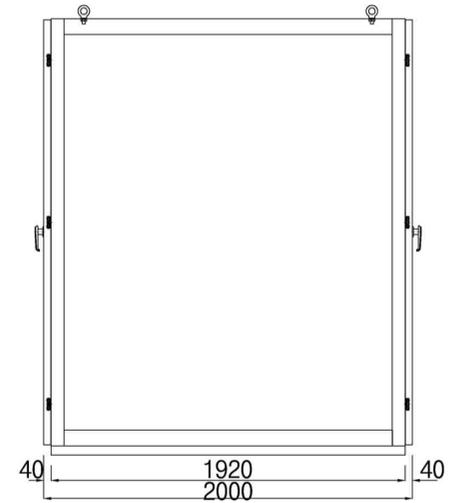
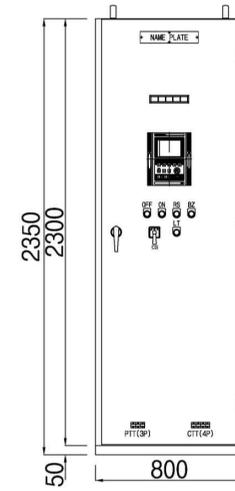
< 부도 3 > 불평형 보상장치 외형도(예시 1)



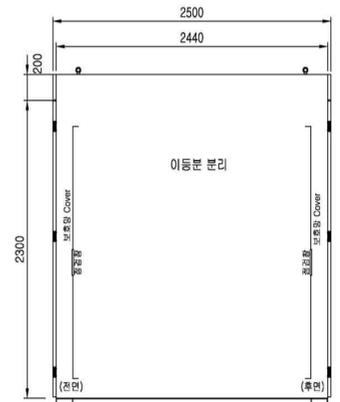
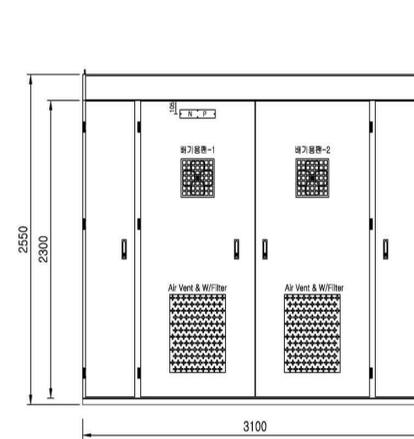
< 부도 4 > 불평형 보상장치 의형도(예시 2)



[인입부]



[변압기]



## RECORD HISTORY

- Rev.0( '19.12.27) 신규 제정(기준심사처-4462호, 2019.12.27.)  
Rev.1( '23.06.30.) 본 규격 제정 후 확인 시기 도래에 따른 타당성 확인 및 설비 분류의 세분화  
(기준심사처-2424호, 2023.07.04.)  
Rev.2( '23.11.27.) KRSA-0001-R2 표준규격의 서식 및 작성방법에 따른 개정(기준심사처-4429호,  
2023.11.27.)