

	<p style="text-align: center;">공 단 표 준 규 격</p> <p style="text-align: center;">154kV 특고압케이블 및</p> <p style="text-align: center;">접속함</p>	<p>KRSA-3005-R2</p> <p>제정 2013. 02. 01.</p> <p>개정 2016. 05. 11.</p> <p>확인 2016. 05. 11.</p> <p>확인 2019 .06. 28.</p>
---	---	---

1. 적용범위

이 규격은 154[kV] 지중 송전선로에 사용하는 가교폴리에틸렌 절연 전력케이블 (이하 “케이블” 이라함) 및 접속함에 적용한다. 이 규격에 명시되지 않는 사항은 IEC 60840 등 관련 인용 규격에 따른다.

2. 사용조건

케이블 및 접속함은 아래의 계통 조건에서 운전에 지장이 없도록 설계, 제작되어야 한다.

2.1 정상 조건

대기 최고온도	40[℃]
대기 최저온도	-20[℃]
대지 최고온도	25[℃]
대지 최저온도	0[℃]
대지 기준 열저항	1.0 [K·m/W]

2.2 특수사용조건

2.1항에 규정한 이외의 자연환경 또는 계통상 특수한 사용조건은 필요시 별도로 규정한다.

3. 정격

3.1 케이블의 종류

케이블의 종류는 사용하는 도체의 공칭 단면적, 금속시스, 방식층의 재질 등에 의해 표 1과 같이 구분한다.

[표 1] 케이블의 종류

공칭전압[kV]	선심수	도체의 공칭 단면적[mm ²]	금속시스	방식층
154	단 심	200, 400, 600, 800, 1200	알루미늄	PVC, PE

3.2 전력 계통

공칭 전압(U)	154[kV]
정격 전압(U ₀)	87[kV]
최대사용전압(U _m)	170[kV]
B.I.L	750[kV]
상용 주파수	60[Hz]
중성점 접지방식	직접접지

4. 구조 및 형태

4.1 케이블 및 접속함의 설계와 제작

케이블 및 접속함은 각각 사용목적에 적합한 재료, 구조 및 가공 방법으로 제작되어야 한다.

4.1.1 도 체

가. 도체는 IEC 60228에 규정한 나 연동선 또는 금속 도금 연동선의 소선을 꼬아 구성한 압축원형 연선 또는 분할압축원형 연선으로 하며, 도체의 표면은 평활하여야 하고 흠, 돌기, 부풀음 등이 있어서는 안 된다.

나. 연선전의 동일 도체에서 두 개의 다른 소선의 직경비(최대직경/최소직경)는 2이하 이어야 한다. 단, 분할압축 원형도체에서 세그먼트간에 삽입하는 소선 또는 연선의 경우는 제외한다.

다. 600[mm]이하의 압축원형 연선으로 하며, 이때의 소선의 수는 53개 이상이어야 한다.

라. 800[mm] 이상은 분할압축 원형연선으로 하며, 이때는 적당한 바인더를 사용하여 도체를 일괄로 묶는다. 바인더의 외 표면은 평활하여야 하며 흠, 돌기 등이 있어서는 안 된다.

4.1.2 절연체

절연체는 압출 가교폴리에틸렌으로 형성해야 하며, 절연체가 내부, 외부의 양 반도체전층과 접하는 면은 평활하고 층간에 틈이 없어야 한다. 절연체의 공칭두께는 154[kV]의 경우 17[mm]로 하고 사용상 유해하다고 인정되는 이물 또는 보이드가 있어서는 안 된다.

4.1.3 내부 반도체층

내부 반도체층은 도체에 유해한 영향을 끼치지 않는 반도체 열경화성 콤팩운드를 도체위에 균일하게 압출하여 성형하며, 표면이 평활하여야 한다. 또한 내부 반도체층이 도체와 접하는 부분에는 반도체성 테이프 등에 의한 세파레타를 두

어도 좋으며 세파레타 두께 및 분할압축 원형도체에 사용한 바인더 두께는 내부 반도전층 두께에 포함한다.

4.1.4 외부 반도전층

외부 반도전층은 반도체 열 경화성 콤팩운드를 절연체 위에 균일하게 압출, 성형해야 하며, 어떠한 열을 가하더라도 절연체와 쉽게 분리되어서는 안 된다. 외부 반도전층이 절연체와 접하는 면은 평활하여야 하며 압출 외부 반도전층 위에는 반도전층에 손상을 주지 않도록 특수 반도전성 테이프를 긴밀히 감는다.

4.1.5 삼중 동시 압출공정

케이블의 내부 반도전층, 절연체, 외부 반도전층의 제조는 동심원 형태로 동시에 압출 성형해야 하며 가교방식은 건식가교로 한다.

4.1.6 금속시스

금속시스는 파부형(Corrugated) 알루미늄으로 하며, 흠, 핀홀, 이물 그 이외의 실용상 유해한 결점이 있어서는 안 된다. 금속시스의 공칭두께는 표 2와 같다.

[표 2] 금속시스의 공칭두께

공칭단면적 [mm ²]	금속시스의 공칭두께[mm]
	알루미늄
200	2.3
400	2.7
600	2.9
800	2.9
1,200	3.2

4.1.7 방식층

방식층은 금속시스 표면에 방식 콤팩운드를 도포/피복하고 그 위에 밀착하여 비닐 또는 폴리에틸렌을 압출 피복한다. 방식층은 케이블을 기중 또는 전력구내에 포설할 경우는 흑색 비닐로 하며, 그 외의 경우는 흑색 폴리에틸렌으로 하되, 방식층의 공칭두께는 4.5[mm]로 한다. 또한 구매자 요청시 방식층 외부에 그래파이트 또는 반도체 콤팩운드를 도포한다

4.1.8 케이블의 최대 외경은 표 3과 같으며, 구조 및 전기정수는 부표 1과 같다.

[표 3] 케이블의 최대외경

공칭단면적[mm ²]	200	400	600	800	1,200
최대외경[mm]	70	96	103	108	115

4.1.9 접속함

접속함은 케이블간 또는 GIS, 변압기, 가공T/L 등과 연결하여 사용할 때 케이블과 동등 이상의 성능을 갖도록 각종 부품이 제작되어야 하며 절연통보호장치의 설치에 적합한 구조이어야 한다.

가. 종단접속함

종단접속함은 가스중 종단접속함, 기중 종단접속함, 유중 종단접속함으로 구분하며 가스중 종단접속함 및 유중 종단접속함의 경우는 GIS 공급자 및 변압기 공급자와 긴밀히 협의하여 설치에 적합해야 한다.

나. 중간접속함

중간접속함은 보통접속함 및 절연접속함으로 구분하며 접속함의 사이즈는 발주처에서 정한 표준 접속공간 내에 해당 접속함 설치에 지장이 없는 크기이어야 한다.

5. 성능

5.1 도체 최고 허용온도

가. 상시 최고 허용온도 90[℃]

나. 단시간 최고 허용온도 105[℃]

다. 고장순시 최고 허용온도 250[℃]

주1) 고장순시 최고허용온도는 다음 조건에서의 도체 최고허용온도를 말한다.

-154[kV] : 고장전류 50[kA], 고장지속시간 1.7초 이하

단, 400[mm²]이하의 경우 고장전류 50[kA], 고장지속시간을 1초로한다.

주2) 단시간 최고 허용온도는 과부하 지속시간이 임의의 12개월 동안에 72시간을 초과하지 않고 케이블 수명기간 동안의 총 누적 과부하 시간이 1,500시간 이하로 운전되는 조건임.

5.2 도체 직류 최대저항 (20[℃] 기준시 아래값 이하)

[표 4] 도체 직류 최대저항

공칭 단면적[mm ²]	20[℃]에서의 도체직류최대저항 [Ω /km]	
	나 연동선	금속도금 연동선
200	0.0915	0.0920
400	0.0470	0.0475
600	0.0308	0.0311
800	0.0221	0.0224
1,200	0.0151	0.0151

6. 시험 및 검사

6.1 시험의 종류

시험은 **형식시험**, 검수시험, 특수시험 및 참고시험, 현장시험으로 나누며 각 시험은 아래와 같다.

6.1.1 형식시험

초기개발 또는 규격 변경 등 자재의 성능에 영향을 줄 수 있는 설계 또는 재료의 변경시 시행한다. 시험 및 검사항목에 대한 판정은 공인시험기관에서 시행한 공인시험성적서에 의한다. 단, 부속장치(내자재, 외자재)는 공인시험기관으로부터 시행한 공인 인증시험을 필한 제품을 사용하여야 하며 외자재는 공인 인증시험을 필했을 경우 제작사 시험성적서로 대체할 수 있다.

6.1.2 검수시험

형식시험에 합격한 자재에 한하여 자재 납품 시 시행한다.

6.1.3 특수시험

형식시험에 합격한 자재에 한하여 생산 롯드당 1개의 생산드럼에 대하여 납품시 시행한다.

6.1.4 참고시험

형식시험 이외의 제 특성 중 기술자료 확보를 위한 시험으로 **형식시험**과 동시에 시행하는 것을 원칙으로 하며 시험결과는 자재시험의 합, 부 판정과 무관하다.

6.1.5 현장시험

검수시험을 필한 제품을 수송 및 설치 완료 후 이상발생유무를 확인하는 절차로 한다.

6.2 시험조건

6.2.1 시험 시 주위온도

특별한 시험을 위해 별도의 언급이 없는 한 시험시 주위온도는 $20 \pm 15^{\circ}\text{C}$ 로 한다.

6.2.2 시험전압의 주파수 및 파형

교류전압 시험은 49[Hz]~61[Hz] 범위의 주파수로, 파형은 정현파에 가까운 것으로 하며 그 값은 실효값으로 한다.

6.2.3 뇌 충격 시험전압 파형

뇌 충격 시험전압 파형은 $1.2 \times 50[\mu\text{s}]$ 를 기준으로 하되, 시험 설비상 부득이한 경우에는 IEC 60230에 따라 $(1 \sim 5[\mu\text{s}]) \times (40 \sim 60[\mu\text{s}])$ 의 범위로 할 수 있다.

6.2.4 시험항목 일람표

[표 5] 시험항목

시 험 항 목	형식	검수	특수	참고	현장	시험방법
1. 케이블 및 접속함에 대한 전기시험	○					
가. 케이블 굴곡시험	○					6.3.1.4 가 1)
나. 부분방전 시험	○					6.3.1.4 가 2) 5)
다. Tan δ 측정	○					6.3.1.4 가 3)
라. 열 사이클 전압시험	○					6.3.1.4 가 4)
마. 뇌 충격 내전압시험	○					6.3.1.4 가 6)
바. 교류 내전압시험	○					6.3.1.4 가 7)
사. 종단접속함의 기밀시험	○					6.3.1.4 나 1)
아. 접속함의 부품시험	○					6.3.1.4 나 2)
2. 케이블 구성요소 시험	○					
가. 케이블 구조시험						6.3.1.5 가 1)
나. 반도체층 체적저항을 시험	○					6.3.1.5 나 2)
다. 노화전후의 절연체에 대한 기계적 성능시험	○					6.3.1.5 다 3)
라. 노화전후의 방식층에 대한 기계적 성능시험	○					6.3.1.5 라 4)
마. 케이블 노화시험	○					6.3.1.5 마 5)
바. PVC 방식층에 대한 가열감량 시험	○					6.3.1.5 바 6)
사. 방식층에 대한 고온 가압 시험	○					6.3.1.5 사 7)
아. PVC 방식층에 대한 내한성 시험	○					6.3.1.5 아 8)

시 험 항 목	형식	검수	특수	참고	현장	시험방법
자. PVC 방식층에 대한 열충격 시험	○					6.3.1.5 자 9)
차. XLPE 절연체에 대한 HOT SET 시험	○					6.3.1.5 차 10)
카. 절연체 보이드, 이물, 반도체층 돌기시험	○					6.3.1.5 카 11)
타. PE 방식층에 대한 카본블랙 함유량 측정	○					6.3.1.5 타 12)
파. XLPE 절연체에 대한 수축시험	○					6.3.1.5 파 13)
하. PVC 방식층에 대한 난연시험	○					6.3.1.5 하 14)
가. 웰딩 금속시스 인장시험*	○					6.3.1.5 거 15)
나. 웰딩 금속시스 누설시험*	○					6.3.1.5 너 16)
3. 부분방전 시험		○				6.3.2.2 가
4. 교류 내전압 시험		○				6.3.2.2 나
5. 케이블 방식층에 대한 전기시험		○				6.3.2.2 다
6. 절연체의 절연저항 측정시험		○				6.3.2.2 라
7. 웰딩 금속시스의 웰딩상태 시험*		○				6.3.2.2 마
8. 접속함 부품의 구조 및 치수 시험						6.3.2.3
9. 도체 구조			○			6.3.3.1 가
10. 도체 전기저항 측정			○			6.3.3.1 나
11. 절연체, 금속시스, 방식층 두께 측정			○			6.3.3.1 다
12. 외부 반도체층 외경 및 케이블 외경 측정			○			6.3.3.1 라
13. 절연체에 대한 HOT SET 시험			○			6.3.3.1 마
14. 정전용량 측정			○			6.3.3.1 바
15. 절연체 보이드, 이물, 반도체층 돌기시험			○			6.3.3.1 사
16. 웰딩 금속시스 누설시험*			○			6.3.3.1 아
17. 절연체 교류 장기 전압 파괴시험				○		6.3.4.1
18. 절연체의 충격전압 파괴시험				○		6.3.4.2
19. 방식층의 교류전압 파괴시험				○		6.3.4.3
20. 방식층의 충격전압 파괴시험				○		6.3.4.4
21. 극도 굴곡시험				○		6.3.4.5
22. 방식층 수밀시험				○		6.3.4.6
23. 금속시스 부식시험				○		6.3.4.7
24. 절연체 특성시험				○		6.3.4.8
25. 내전압 시험					○	6.3.5.1
26. 방식층 시험					○	6.3.5.2
27. 상확인 시험					○	6.3.5.3
28. 절연저항 측정시험					○	6.3.5.4

주) * 표의 시험항목은 웰딩 금속시스 케이블에 한함

6.3 시험방법

6.3.1 형식시험

6.3.1.1 일반사항

형식시험은 제작자가 케이블 및 접속함을 공급하기 전에 본 규격의 기준에 의해 제작된 케이블 및 접속함에 대하여 자재의 성능이 본 규격에서 요구하는 조건을 만족하는지를 확인하기 위해 시행하며 이 시험에 합격한 케이블 및 접속함은 6.2.4항의 검수 및 특수시험 항목을 제외하고는 자재의 성능에 영향을 줄 수 있는 설계 또는 재료의 변경이 없는 한 동일 형식의 케이블 및 접속함에 대한 **형식시험**은 다시 시행치 않는다.

또한, 본 규격에서 규정한 도체 공칭단면적 이상의 케이블 및 접속함이 **형식시험**에 합격하면 그 이하의 공칭단면적을 갖는 케이블 및 접속함은 **형식시험**을 시행하지 않고 **형식시험**에 합격한 것으로 한다.

6.3.1.2 형식시험 개요

형식시험은 케이블 및 접속함에 대하여 시행하는 전기(電氣)시험과 케이블 구성 요소에 대한 시험으로 분류한다. 전기시험은 하나의 시료로서 순차적으로 시행하며 케이블 구성요소에 대한 시험은 주로 절연체와 방식층에 대하여 시행한다.

6.3.1.3 절연체 두께의 측정

전기시험 시행전에 전기시험용 시료의 절연체 두께를 IEC 60811-1-1의 8.1항에 의한 방법으로 측정하여 공칭두께를 초과하는지 여부를 확인하여야 하며, 측정 결과 절연체의 평균두께가 공칭두께의 1.05배까지는 시험전압을 각 시험항목에 규정된 값으로 인가하고 절연체의 평균두께가 공칭두께보다 1.05배 초과 1.15배까지는 내부 반도체층에서의 전계가 공칭두께에서의 전계와 동일하도록 그에 상응하는 비율의 시험전압 만큼 상승시켜 인가해야 한다. 전기시험용 시료의 절연체 평균 두께는 공칭두께의 1.15배를 초과할 수 없다.

6.3.1.4 케이블 및 접속함에 대한 전기시험

가. 케이블 및 접속함에 대한 공통시험

케이블 및 접속함은 1개의 동일 시료로서 6.2.4 시험항목 일람표 가.의 1) ~ 8)항의 순서대로 시험을 하여야 하며 각종 접속함은 조립전 부품의 구조 및 치수를 확인한 후 완전히 조립하여 시험을 하여야 한다. 이때 시험용 케이블의 길이는 시험 단말을 제외하고 최소 10[m] 이상이어야 하며, 접속함 일단에 5[m] 이상의 케이블을 연결하여 아래 시험을 할 경우는 케이블과 접속함이 동시에 시험되는 것으로 간주한다. 단, 접속함과 케이블을 동시에 시험

할 경우에는 접속함에 연결될 케이블에 대하여 “케이블 굴곡시험”을 접속함 조립 전에 시행하여야 “ $\tan \delta$ 측정”은 별도의 시료로 시행하여도 좋다.

1) 케이블 굴곡시험

시료는 실온에서 시험용 원통에 완전히 한바퀴 감고 이를 다시 풀어서 반대 방향으로 감으며 이 동작을 3회 반복한다. 시험용 원통의 직경은 $25(d + D) + 5\%$ 이하이어야 한다.

d : 도체의 공칭외경[mm] D : 케이블의 공칭외경[mm]

2) 부분 방전시험

부분 방전시험은 IEC 60885-2(형식시험) 및 IEC 60885-3(검수시험)에 의거 시행하여야 하며 시험기의 감도는 아래 표 값 이하 이어야 한다. 시료에 시험전압을 인가하여 $1.75U_0$ 까지 올리고 $1.75U_0$ 로 10초 동안 유지한 다음 서서히 $1.5U_0$ 까지 전압을 감소시킨다. 주위온도에서 시험결과 $1.5U_0$ 에서의 부분 방전량은 표 6의 값 이하이어야 한다.

[표 6] 시험기 감도 및 시험결과 최대값

시험종류	형식시험	검수시험
시험기 감도	5[pC]	10[pC]
부분 방전량 크기	5[pC]	10[pC]

※ U_0 : 정격전압

3) $\tan \delta$ 측정

측정시료는 적절한 방법으로 열을 가하여 도체의 온도가 $95^{\circ}\text{C} \sim 100^{\circ}\text{C}$ 의 범위에 도달하도록 한다. 이때의 온도측정은 도체저항을 측정하거나, 반도전층 표면에 써머커플을 부착하여 도체온도를 측정한다. 또한 써머커플에 의한 도체온도측정은 동일한 방법으로 가열시킨 동일 케이블에서 채취한 다른 시료의 도체에 써머커플을 부착하여 온도를 측정해도 좋다. $\tan \delta$ 는 도체온도가 $95^{\circ}\text{C} \sim 100^{\circ}\text{C}$ 일 때 U_0 의 전압을 인가하여 측정해야 하며 그 측정값은 10×10^{-4} 이하이어야 한다.

4) 열 사이클 전압시험

상기 1)항에서의 시험용 원통직경과 같은 크기로 U자형으로 시료를 구부린 후 적절한 방법으로 시료에 열을 가하여 도체온도가 $95^{\circ}\text{C} \sim 100^{\circ}\text{C}$ 에 도달하도록 한다. 가열은 최소한 8시간 지속되어야 하며 가열중 최소 2시간 동안은 도체온도를 $95^{\circ}\text{C} \sim 100^{\circ}\text{C}$ 범위로 유지시켜야 하며 가열후 최소 16

시간은 자연상태로 냉각시켜야 한다.

또한 가열과 냉각의 주기는 20사이클로 하고 전 시험기간 동안 시료에는 $2U_0$ 의 전압이 인가되어야 한다. 시험기간 동안 전원공급이 중단되어 시험이 중지될 경우는 중지된 시간만큼을 가산, 전체 사이클 수를 계산한다.

5) 부분방전 시험

열 사이클 전압시험 후 주위온도 및 고온(케이블 도체온도가 $95[^\circ\text{C}] \sim 100[^\circ\text{C}]$ 일 때) 상태에서 2)항의 부분방전 시험을 시행하여 부분 방전량의 크기가 5pC 이하이어야 한다. 이 시험은 7)항의 교류내전압 시험 완료 후에 시행하여도 좋다.

6) 뇌충격 내전압 시험

뇌 충격 내전압 시험은 IEC 60230에 의해, 케이블 도체온도가 $95[^\circ\text{C}] \sim 100[^\circ\text{C}]$ 상태에서 시행하며, $154[\text{kV}]$ 의 경우 $\pm 750[\text{kV}]$ 전압을 각각 10회 가할 때 이를 견디어야 한다.

7) 교류 내전압시험

주위온도에서 도체와 금속시스간에 아래의 규정전압을 규정시간만큼 가하여 절연파괴가 발생하지 않아야 한다. 검수시험의 경우 시험전압은 한번에 규정값에 이르게 하지 말고, 서서히 전압을 증가시켜 규정전압에 이르게 한다.

가) 형식시험 : $2.5U_0$ / 15분간

나) 검수시험 : $2.5U_0$ / 30분간

나. 접속함에 대한 시험

1) 종단 접속함의 기밀시험

종단 접속함의 아래의 가스압이나 유압을 가하여 30분간 견디어야 하며, 가스 또는 절연유의 유입 또는 누설이 없어야 한다.

가) 기중 종단접속함

$4.5[\text{kg}/\text{cm}^2]$ (게이지 압력)의 내압에 견디어야 한다.

나) 가스중 종단접속함

$6.0[\text{kg}/\text{cm}^2]$ (게이지 압력)의 내·외압에 견디어야 한다.

다) 유중 종단접속함

$2.0[\text{kg}/\text{cm}^2]$ (게이지 압력)의 내·외압에 견디어야 한다.

2) 접속함의 부품시험

접속함의 부품시험은 제작사에서 제시한 시험종류, 방법 및 판정 기준으로 국내 또는 국외 공인기관에서 시험 성적서(애관의 경우는 제작사 시험성적서도 가함)로 판정하며, 각 부품의 구조 및 치수는 확인이 가능한 제작도면을 제출하여 승인을 받아야 한다.

6.3.1.5 케이블 구성요소시험

케이블에 사용되는 재료를 IEC 60840의 표 5에 기록된 시험을 하여 성능 및 품질을 보증하는지 여부를 확인하기 위한 사항으로 아래 시험을 하여야 한다.

가. 케이블 구조시험

1) 도체 구조

도체의 구조는 IEC 60228에 만족해야 하며 만족여부는 적절한 시점에 육안검사와 측정에 의해 확인되어야 한다.

2) 절연체, 금속시스, 방식층 두께 측정

가) 일반사항

측정방법은 IEC 60811-1-1의 8항에 의하고 케이블 시료는 케이블 드럼에서 발취하며, 손상을 받았을 가능성 있는 부분은 잘라낸 후 한쪽 끝에서 발취해도 좋다.

나) 절연체 두께 측정

측정한 절연체 두께는 모든 점에서 아래 조건을 동시에 만족해야 한다.

154kV의 경우 : $t_{min} \geq 0.9t_n$ 및 $(t_{max} - t_{min})/t_{max} \leq 0.15$

t_n : 공칭두께[mm]

t_{max} : 측정 최대치[mm]

t_{min} : 측정 최소치[mm]

단, 여기서 도체 및 절연체의 반도체층 두께는 포함하지 않는다.

다) 금속시스의 두께 측정

측정한 금속시스의 최소 두께는 아래 조건을 만족해야 한다.

$t_{min} \geq t_n - (0.1 + 0.15t_n)$

t_n : 공칭두께[mm]

t_{min} : 측정 최소치[mm]

금속시스의 측정은 케이블에서 발취한 약 50[mm]의 금속시스 링으로 시행하여야 하며, 최소값을 찾을 때까지 금속시스링의 원주를 따라 여러곳을 측정한다. 측정기는 반지름 약 3[mm]인 구형선단(ballnoses of radii)의 마이크로 메타로서 정밀도는 ± 0.01 [mm] 이어야 한다.

라) 방식층 두께의 측정

측정한 방식층의 최소 두께는 아래조건을 만족해야 한다.

$t_{min} \geq t_n - (0.1 + 0.15t_n)$

t_n : 공칭두께[mm]

t_{min} : 측정 최소치[mm]

나. 반도체층 체적저항을 시험

내.외부 반도체층 저항의 측정은 6.3.1.5의 마. 항의 시험을 위해 노화 처리한 케이블 및 신규제작 케이블의 코아에서 추출한 시료로 시행하며 측정시 공기 오븐내의 온도는 88℃~92℃를 유지해야 하고 시험절차는 IEC 60840의 부록 D에 따르며 시험결과는 신규 케이블과 노화 처리한 케이블 모두가 아래 체적 저항율을 초과할 수 없다.

1) 내부 반도체층 : 1,000 [Ω .m]

2) 외부 반도체층 : 500 [Ω .m]

다. 노화 전후의 절연체에 대한 기계적 성능시험

시료 채취 및 준비, 시험조건의 구성, 기계적 성능의 측정은 IEC 60811-1-1의 9.1항에 의하며 노화처리는 IEC 60840 표6의 조건으로 IEC 60811-1-2의 8.1항에 의하되 시험결과는 IEC 60840 표6에 규정된 요구 성능을 만족해야 한다.

라. 노화 전후의 방식층에 대한 기계적 성능시험

시료 채취 및 준비, 시험조건의 구성, 기계적 성능의 측정은 IEC 60811-1-1의 9.2항에 의하며 노화처리는 IEC 60840 표7의 조건으로 IEC 60811-1-2의 8.1항에 의하되 시험 결과는 IEC 60840 표7에 규정된 요구 성능을 만족해야 한다.

마. 케이블 노화시험

1) 일반사항

케이블에 대한 노화시험은 절연체, 방식층, 내.외부 반도체층이 케이블내에서 다른 요소와의 접촉으로 운전시 과대하게 절연열화 되지 않는가를 점검하기 위해 시험한다.

2) 시료채취

절연체와 방식층의 시료는 IEC 60811-1-2의 8.1.4항에 의거 케이블로부터 발채해야 하며 반도체층의 시료는 반도체층의 저항을 측정한 비 노화 케이블의 시료채취지점과 인접한 지점에서 채취한다.

3) 노화처리

케이블의 노화처리는 IEC 60811-1-2의 8.1.4항에 의하되, 아래 조건으로 공기오븐에서 처리해야 한다.

가) 공기 오븐내 온도 : 98[℃] ~ 102[℃]

나) 가열 시간 : 7 x 24시간

4) 노화후 측정

노화 처리된 케이블로부터 채취한 절연체 및 방식층의 시료는 IEC 60811-1-2의 8.1.4항에 의거 준비하여 기계적 성능시험을 해야 한다.

단, 압출 반도체층 저항은 노화 케이블로부터 채취한 시료로 IEC 60840의 부록 D에 의해 측정해야 한다.

5) 요구 성능

절연체 및 방식층의 인장강도와 파괴신율에 대한 시험결과 및 노화 전후의 변화율은, 절연체는 IEC 60840의 표6, 방식층은 IEC 60840의 표7에 규정된 값 중 공기오븐에서 노화된 후의 요구 성능치 및 변화율을 만족해야 하며 반도체층의 체적 저항율은 아래를 만족해야 한다.

- 내부 반도체층 : 1,000 [Ω .m] 이하
- 외부 반도체층 : 500 [Ω .m] 이하

바. PVC 방식층에 대한 가열감량 시험

가열감량시험은 PVC 방식층에 대하여 IEC 60840의 표9에 규정된 조건하에서 IEC 60811-3-2의 8.2항에 의하여 시행하되 시험결과는 동 표의 ST2항의 요구 성능을 만족해야 한다.

사. 방식층에 대한 고온가압시험

PVC(ST1, ST2), PE(ST7) 방식층에 대한 고온 가압시험은 IEC 60811-3-1의 8.2항에 의하여 IEC 60840의 표7의 시험조건을 따라야 하며 시험결과는 IEC 60811-3-1의 8.2항에 규정된 요구 성능을 만족해야 한다.

아. PVC 방식층에 대한 내한성 시험

ST1, ST2 방식층에 대한 내한성 시험은 IEC 60811-1-4의 8항에 의하여 IEC 60840의 표9에 규정된 시험온도로 시행해야 하며 시험결과는 IEC 60811-1-4의 8항에 요구한 성능을 만족해야 한다.

자. PVC 방식층에 대한 열충격 시험

ST1, ST2 방식층에 대한 열충격 시험은 IEC 60811-3-1의 9.2항에 의하여 시험온도 및 시험시간은 IEC 60840의 표9에 따라야 하며, 시험결과는 IEC 60811-3-1의 9.2항의 요구성능을 만족해야 한다.

차. XLPE 절연체에 대한 HOT SET 시험

시료 발취와 시험 과정은 IEC 60811-2-1의 9항에 따른다. 시험조건은 IEC 60840의 표8에 의한다. 시료는 가교 공정 동안에 가교도가 가장 낮은 절연체의 내부 또는 중간 또는 외부 부분으로부터 발취해야 하고 시험 결과는 IEC 60840의 표8에 만족해야 한다.

카. 절연체 보이드, 이물, 반도체층 돌기시험

시험방법은 JEC 3408 [특별고압 (11~275[kV]) 가교 폴리에틸렌 케이블 및 접속부의 고전압 시험법]에 따르며 시험결과는 표 7의 기준을 만족해야 한다.

[표 7] 시험 허용기준

항 목		허 용 기 준
		154[kV]
보 이 드		50[μ m] 이하
이 물	Amber	250[μ m] 이하
	Black, Metal	100[μ m] 이하
반도전층의 돌기		250[μ m] 이하

타. PE 방식층에 대한 카본블랙 함유량 측정

ST3 및 ST7 방식층에 대한 카본블랙 함유량은 IEC 60811-4-1의 11항에 의거 시료채취와 시험을 해야 하며 시험결과 카본블랙함유량이 $2.5 \pm 0.5[\%]$ 이어야 한다.

파. XLPE 절연체에 대한 수축시험

수축시험은 IEC 60811-1-3의 10항에 의하되 시험조건은 IEC 60840의 표8 에 따르며 시험결과는 IEC 60840의 표8 의 요구 성능을 만족해야 한다.

하. PVC 방식층에 대한 난연시험

난연시험은 ST1, ST2의 방식층을 가지고 있는 케이블에 대하여 시행하며 IEEE 383에 의거 완성된 케이블시료로 시행하며 시험결과는 IEEE 383의 요구 성능을 만족해야 한다.

거. 웰딩 금속시스 인장시험

1) 시료채취 및 시험편

금속시스의 시료는 금속시스 웰딩 후 파부 전 상태로 약 100[mm] 이상 채취하며 시험편의 준비는 KSB 0801(금속재료 인장 시험편)에 규정된 5호 시험편에 의한다.

단, 이 경우 용접부위는 표선의 중앙에 놓이도록 한다.

2) 인장시험

인장시험은 상온에서 실시하고 필요시 시험온도를 기록한다. 시험기는 KSB 5521(인장 시험기)에 규정된 시험기로 하고, 인장속도는 50[mm/분] 이하로 한다.

3) 요구성능

상기 시험결과 금속시스 웰딩부는 알루미늄 시스의 경우 8.5[kg/mm²]의 인장강도에 동시스 경우 616[kg]의 인장하중에 견디어야 한다.

단, 상기의 인장강도 및 인장하중은 KSB 0801의 5호 시험편을 기준으로

한 것으로서 시험편 규격이 변경될 경우는 별도 검토한다.

너. 웰딩 금속시스 누설시험

시험방법은 케이블 금속시스 내부압력을 건조공기 또는 질소가스로 3[bar]를 유지 시킨 후 케이블 양단을 프레샤 타이트(Pressure-tight)로 밀봉하여 24 시간 동안 유지하였을 때 내부압력이 ± 0.2 [bar] 이상 변화되지 않아야 한다. 단, 이때의 주위 온도와 압력을 동시에 기록하여야 한다.

6.3.2 검수 시험

6.3.2.1 일반사항

검수시험 항목은 아래와 같으며 제작된 모든 케이블 및 접속함에 대하여 케이블은 주문롯드당 1드럼, 접속함은 주문 롯드당 1개의 접속함 시험을 시행한다. 단, 6.3.2.2의 라. 항의 절연저항측정시험은 6. 4.2항에 의해 검수시험이 면제되는 모든 생산드럼에 대하여만 시행한다.

6.3.2.2 케이블

가. 부분 방전시험

시험방법 및 결과는 6.3.1.4의 가. 의 2)항에 따른다.

나. 교류 내전압시험

시험방법 및 결과는 6.3.1.4의 가. 의 7)항에 따른다

다. 케이블 방식층에 대한 전기시험

검수시험시 케이블 방식층에 대한 전기시험은 IEC 60229에 의거 다음 두 가지 중 한 가지를 시행하여 방식층에 어떠한 결함도 발생하지 말아야 하며, 현장시험은 1)항목만 시행한다

- 1) 검수시험시 방식층 공칭두께[mm]당 DC 8[kV], 현장시험은 DC 4[kV] 전압을 1분간 가하되, 접지된 금속시스에 -극을, 방식층 외부의 그레파이트 또는 반도체 콤파운드에 +극을 연결하며 그레파이트 또는 반도체 콤파운드가 없는 경우에는 방식층을 물에 침수시켜 그 외장에 +극을 연결하여 시험을 한다. 이때 가하는 DC 최고전압은 25[kV](현장시험은 10[kV])로 한다.

- 2) 케이블 제작 공정중에 스파크 테스트를 시행하며, 시험결과는 공장 시험성적서 제출을 원칙으로 하되, 필요시 공단은 시험에 임회할 수 있고 시험방법은 아래와 같다.

가) AC 시험의 경우 : 방식층 두께[mm]당 6[kV]전압, 15[kV]전압을 인가

나) DC 시험의 경우 : 방식층 두께[mm]당 9kV전압, 25[kV]전압을 인가

다) 시험 시간 : 0.15[초] 이상

라. 절연체의 절연저항 측정시험

상온에서 도체와 금속시스 간에 500[V] 이상의 직류전압을 가하여 1분간 충전 후 절연저항을 직편법 또는 초절연계법으로 측정하고 20[℃.km]당으로 환산하여 표 8의 값 이상이어야 한다.

[표 8] 절연체의 절연저항 측정

공칭 단면적[mm ²]	최소 절연저항[MΩ.km 20℃]
	154[kV]
400	3,300
600	3,000
800	3,000
1,200	2,500

마. 웰딩 금속시스의 웰딩상태 시험

웰딩 금속시스의 웰딩상태 시험은 제작공정중에 Eddy Current시험기를 이용하여 실시하며, 웰딩된 금속시스를 Eddy Current 시험장치에 통과시켜 시험장비의 감지기에 나타나는 변화를 측정하여 감지기에 이상 변화가 없어야 한다.

시험결과는 공장시험성적서(이상 유무 감지기록 용지 등) 제출을 원칙으로 하고 필요시 공단은 시험에 임회할 수 있다.

6.3.2.3 부속재 부품의 구조 및 치수 시험

접속함 등의 부속재 부품에 대한 구조 및 치수는 6.3.1.4 나의 2)항에 의거 제출된 시험성적서상의 부품에 대한 제작도면으로서 부품의 조립전 상태에서 확인한다.

단, 시험을 위하여 포장 해체시 접속함 성능에 지장을 줄 우려가 있는 경우에는 포장상태에서 육안으로 점검한다.

6.3.3 특수 시험

6.3.3.1 시험방법

특수시험은 한 생산 롯드당 1개의 생산 드럼에서 발채한 케이블로 시행한다. 단, 도체 전기저항 측정과 정전용량 측정의 시험은 드럼상태의 케이블로 할

수 있다.

가. 도체 구조

시험방법 및 결과는 6.3.1.5 가. 의 1)항에 의한다

나. 도체 전기저항 측정

드럼상태의 시료 또는 여기에서 발췌한 케이블 시료는 측정전 최소한 12시간 동안 일정한 온도로 유지된 시험실에 방치시키고, 12시간 후에도 도체온도가 실내온도와 같지 않으면 24시간 더 시험실에 대기시킨 후 저항을 측정해야 한다. 도체시료의 경우는 온도조절 장치 (bath) 속에서 최소한 1시간동안 온도 조정 후 측정해야 하고 도체의 직류저항은 IEC 60228에 의거 20[℃], 1[km]로 환산되어야 하며 20[℃]에서의 도체 직류저항의 최대치는 5.2항의 값을 초과하지 말아야 한다.

다. 절연체, 금속시스, 방식층 두께 측정

시험방법 및 결과는 6.3.1.5 가. 의 2)항에 의한다.

라. 외부 반도체층 외경 및 케이블 외경 측정

IEC 60811-1-1의 8.3항에 의거 측정한다.

마. 절연체의 Hot Set 시험

시험방법 및 결과는 6.3.1.5의 차. 항에 의한다.

바. 정전용량 측정

정전용량은 도체와 금속시스간에 측정되어야 하며 측정값은

$C_{max} \leq C_n + 0.08 C_n$ 을 만족해야 한다.

C_n : 공칭값, C_{max} : 측정최대 값

[표 9] 정전용량 측정

공칭 단면적	200[mm ²]	400[mm ²]	600[mm ²]	800[mm ²]	1,200[mm ²]
공칭 정전용량 [μF/km20℃]	0.13	0.17	0.19	0.22	0.24

사. 절연체의 보이드, 이물, 반도체층의 돌기시험

시험방법 및 결과는 6.3.1.5의 카. 항에 의한다

아. 웰딩 금속시스 누설시험

시험방법 및 결과는 6.3.1.5의 너. 항에 의한다

6.3.3.2 시험 횟수

동일 형식과 동일 사이즈의 케이블에 대하여 생산 롯드에서 1개의 케이블 시료를 발췌하여 시험한다. 단, 시험횟수는 총 계약 생산드럼의 10% 이내 범위에

서 시행하되 소숫점은 첫째자리에서 절상하며 최소 시험횟수는 1회로 한다.

6.3.3.3 시험의 반복

시험 실패시는 동일 롯드에서 두 개의 케이블 시료를 추가로 발채하여 시험을 실패한 케이블에서와 동일한 시험을 하고 시험 결과 두 개의 케이블 시료 모두 시험에 합격하면 시험된 케이블을 발채한 롯드에서 생산된 모든 케이블은 합격한 것으로 인정하며 어느 한 케이블이라도 불합격시는 시험된 케이블을 발채한 롯드에서 생산된 모든 케이블은 불합격된 것으로 간주한다.

6.3.4 참고시험

6.3.4.1 절연체 교류장기 전압 파괴시험

길이 약 7[m]의 시료를 발채하여 6.3.1.4 가. 의 1)항의 케이블 굴곡시험을 한 후 상온에서 도체와 금속 시스간에 아래의 규정전압을 가하여 절연체를 파괴시키고 파괴시의 파괴전압, 경과시간 등을 기록한다.

가. 154[kV] : 255[kV]를 3시간 가한 후 30분 단위로 15[kV]씩 승압
(310[kV]에서 파괴여부 확인)

6.3.4.2 절연체의 충격전압 파괴시험

길이 약 7[m]의 시료를 발채하여 6.3.1.4. 가. 의 1)항의 케이블 굴곡시험을 한 후 도체와 금속시스간에 아래의 규정전압을 가하여 절연체를 파괴시키고 파괴시의 파괴전압, 인가 횟수 등을 기록한다.

가. 154kV : 1,135[kV]를 3회(상온) 또는 900[kV] 3회(90[℃]) 가한후 10[kV]씩 승압
단, 승압하여 인가하는 횟수는 각 전압별로 3회로 하며 도체를 부극성으로 한다.

6.3.4.3 방식층의 교류전압 파괴시험

길이 약 7[m]의 시료를 발채하여 6.3.1.4. 가. 의 1)항의 케이블 굴곡시험을 한 후 수조중에 1시간이상 담근 후 상온에서 수조중의 물과 금속시스간에 30[kV]의 교류전압을 1분간 가한 후 전압을 5[kV]씩 승압하여 각각 1분간 가하여 방식층을 파괴시키고 파괴시의 파괴전압, 경과시간 등을 기록한다.

6.3.4.4 방식층의 충격전압 파괴시험

길이 약 7[m]의 시료를 발채하여 6.3.1.4. 가. 의 1)항의 케이블 굴곡시험을 한 후 수조중에 1시간 이상 담근 후 상온에서 수조중의 물과 금속시스간에 50[kV] 3회를 가하고 5[kV]씩 승압하여 방식층을 파괴시키며 파괴시의 파괴전압, 인가회수 등을 기록한다. 단, 승압하여 가압하는 회수는 각 전압별로 3회

로하며 금속시스를 부극성으로 한다.

6.3.4.5 극도 굴곡시험

길이 약 7[m]의 시료를 발취하여 6.3.1.4 가. 의 1)항의 케이블 굴곡시험과 동일하게 시행하되 시험용 원통의 직경을 케이블 금속시스의 평균 외경의 15배 및 10배로 변화하여 시험 후 굴곡부 중앙 30[cm]의 케이블에 대하여 구조를 조사한다.

6.3.4.6 방식층 수밀시험

길이 약 1[m] 시료를 발취하여 실온에서 금속시스와 방식층간에 0.2[kg/cm²]의 수압을 가하여 24시간 유지한 후 물이 어느정도 침투했는지 해체하여 조사한다. 또, 방식층의 표면 온도를 40[°C] 및 60[°C]로 한 후 0.2[kg/cm²]의 수압을 가하여 단말에서 누수가 시작되는 시간을 조사하여 기록한다.

6.3.4.7 금속시스 부식시험

길이 2[m] 이상의 시료를 발취해 6.3.1.4 가. 의 1)항의 케이블 굴곡시험을 한 후 그 중앙부에 10[mm] 직경의 구멍을 90°, 10[cm] 간격으로 4개소에 금속시스가 노출되도록 뚫고 그 부분의 도료를 완전히 제거하고 표면을 깨끗이 한 후 1%의 Na₂SO₄ 용액 중에 넣어 구멍이 뚫어진 부분이 수면하 약 10[cm] 깊이에 수평이 되도록 놓은 다음 금속시스를 부극, 수조 중에 설치한 금속판을 양극으로 하여 10[kΩ]의 직렬저항을 접속하여 DC 100[V]를 100시간 인가하여 시험한다. 그 결과 먼저 뚫린 구멍을 중심으로 30[mm]내에 금속시스의 부식 유무를 조사한다.

6.3.4.8 절연체 특성시험

154kV XLPE 케이블의 초기 개발시에는 Weibull 분포시험 및 V-t 특성시험을 하여야 하며, 시험은 별첨 시험규격에 의해 공인기관에서 시행한 시험성적서로 대체한다.

6.3.5 현장시험

6.3.5.1 절연체에 대한 내전압 시험

(진구간 케이블 및 부속재 설치 완료 후)

AC 무부하 시험 - 전압 : U₀ / 시간 : 24H

또는, AC 내전압시험- 전압 :150[kV/ 시간] : 1H

6.3.5.2 방식층 시험(각 구간 케이블 포설 완료 후)

시험방법 및 결과는 6.3.2.2의 다. 의 1)항에 의한다

6.3.5.3 상확인 시험

시공이 완료되면 가압 전에 상 확인을 감독자 입회하에 시행하여야 한다.

6.3.5.4 절연저항 측정시험

1,000[V], 2,000[MΩ]로 준공선로의 상 및 선간 절연저항을 측정한다.

6.4 시험의 운영

6.4.1 시험에 소요되는 모든 비용(시험기기, 장비, 인력, 보고서 작성 등)은 자재 제작 공급자가 부담한다.

6.4.2 다음을 제외한 모든 시험은 구매자 또는 구매자가 지정하는 자의 입회하에 시행한다.
154[kV] XLPE 케이블에 한하여 일정 자격요건을 갖춘 업체 제품에 대하여는
입회시험 횟수가 주문 롯드당 1개 생산드럼으로 경감되며, 입회시험 드럼 이외의
드럼에 대한 검수시험은 제작업체가 본 규격에 의해 자체적으로 시행한 시험성적
서 확인으로 대체한다.

가. 자격 요건

1) ISO 9001 취득

2) 최근 3년간 케이블을 납품하고 동 기간내의 전체 납품량에 대한 검수시험
불합격 사실이 없을 것.

6.4.3 필요시 구매자는 업체 자체시험시 입회할 수 있다.

7. 표시 및 포장

7.1 표시

7.1.1 내부 표시

제품의 사용상 지장이 없는 곳에 지워지지 않는 방법으로 품명(또는 제품 기호나
도번), 제조년 월, 제작자명(또는 제작자 약호)를 표시하여야 한다.

7.1.2 외부 표시

외부 포장 표면의 적당한 곳에 품명(또는 제품 기호나 도번), 제조년 월 및 제작
자명(또는 제작자 약호)를 표시하여야 하며, 기타 필요한 추가 사항은 인수·인도
당사자 간의 별도 협정에 따른다.

7.2 포장

포장 방법 및 세부 사항은 인수·인도 당사자 간의 협정에 따르되 KS T 1002(수송 포장
계열 치수)에 준한다.

8. 인용표준

KSB 0801 (1981)	금속 재료 인장 시험편
KSB 5521 (1992)	인장 시험기
IEC 60060-1 (1989)	High-voltage Test Techniques Part 1: General Definitions and Test Requirement
IEC 60228 (2004)	Conductors of Insulated Cable
IEC 60229 (1982)	Tests on Cable Oversheaths which have a Special Protective Function and are applied by Extrusion
IEC 60230 (1966)	Impulse Tests on Cables and Their Accessories
IEC 60811-1-1(2001)	Common Test Methods for Insulating and Sheathing Materials of Electric Cables and Optical Cables Part 1-1 : Methods for General Application - Measurement of Thickness and Overall Dimensions -Tests for Determining the Mechanical Properties
IEC 60811-1-2 (2000)	Common Test Methods for Insulating and Sheathing Materials of Electric and Optical Cables Part 1-2 : Methods for General Application - Thermal Ageing Method
IEC 60811-1-3 (2001)	Common Test Methods for Insulating and Sheathing Materials of Electric and Optical Cables Part 1-3 : Methods for General Application - Methods for Determining the Density - Water Absorption Tests - Shrinkage Test
IEC 60811-1-4 (2001)	Common Test Methods for Insulating and Sheathing Materials of Electric and Optical Cables Part 1-4 : Methods for General Application - Test at Low Temperature
IEC 60811-2-1 (2001)	Common Test Methods for Insulating and Sheathing Materials of Electric and Optical Cables Part 2-1 : Methods Specific to Elastomeric Compounds -Ozone Resistance, Hot set and Mineral oil Immersion Test
IEC 60811-3-1 (2001)	Common Test Methods for Insulating and Sheathing Materials of Electric and Optical Cables Part 3-1 : Methods Specific to PVC Compounds - Test for Resistance to Cracking

IEC 60811-3-2 (2003)	Common Test Methods for Insulating and Sheathing Materials of Electric and Optical Cables Part 3-2 : Methods Specific to PVC Compounds - Loss of Mass Test - Thermal Stability Test
IEC 60811-4-1 (2004)	Common Test Methods for Insulating and Sheathing Materials of Electric Cables Part 4 : Methods Specific to Polyethylene and Polypropylene Compounds - Section One - Resistance to Environmental Stress Cracking - Wrapping Test after Thermal Ageing in air - Measurement of the Melt Flow Index - Carbon Black and/or Mineral Content Measurement in PE
IEC 60840 (2004)	Power Cables with Extruded Insulation and Their Accessories for Rated Voltages above 30kV(Um=36kV) up to 150kV (Um=170kV) - Test Methods and Requirement
IEC 60885-2 (1987)	Electrical Test Methods for Electric Cables Part 2 : Partial Discharge Test
IEC 60885-3 (1988)	Electrical Test Methods for Electric Cables Part 3 : Test Methods for Partial Discharge Measurements on Lengths of Extruded Power Cable
IEEE 383 (1974)	IEEE Standards for Type Test of Class IE Electric Cables, Field Splices, and Connections for Nuclear Power Generating Station
JEC 3408 (1997)	特別高圧(11kV ~ 275kV) 架橋ポリエチレン ケ.ブル および 接續部の高電圧試験法

[부표 1]

154kV 케이블 구조 및 전기정수

도 체	공칭단면적 [mm ²]	200	400	600	800	1,200
	형 상	압축원형연선			분할압축원형연선	
내부반도전층 두께	[mm]	1.5	1.5	1.5	1.5	2.0
절연체 두께	[mm]	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0
절연체 외경	[mm]	57.0	62.0	67.0	72.0	80.0
압출부 반도체층 두께	[mm]	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3
Tape 외부반도전층 두께	[mm]	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
알루미늄피 두께	[mm]	2.3	2.7	2.9	2.9	3.2
방식층 두께	[mm]	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
최 대 외 경	[mm]	70	96.0	103.0	108.0	115.0
최대직류도체저항[Ω/km.20℃]		0.0915	0.0470	0.0308	0.0221	0.0151
공칭 정전용량[μF/km.20℃]		0.13	0.17	0.19	0.22	0.24
최소 절연저항[MΩ -km.20℃]		4,500	3,300	3,000	3,000	2,500

