

제정	기술표준원고시 제2002 - 60호	(2002.02.19)
개정	기술표준원고시 제2003-1060호	(2003.09.01)
개정	기술표준원고시 제2006-0280호	(2006.06.16)
개정	기술표준원고시 제2011 - 722호	(2011.12.29)

전기용품안전기준

K 60502-1

[K 60502-1 2005]

정격전압1kV($U_m=1.2\text{kV}$) $\sim$ 30kV($U_m=36\text{kV}$)
이하 압출성형 절연케이블 및 그 부속품

제1부: 정격전압 1kV($U_m=1.2\text{kV}$) $\sim$ 3kV ($U_m=3.6\text{kV}$)이하의 케이블

목 차

1. 적용범위	1
2. 인용규격	1
3. 용어의 정의	2
3.1 치수 값의 정의(두께, 단면적 등)	2
3.2 시험의 종류 및 정의	2
4. 전압의 정의 및 재료	2
4.1 정격전압	2
4.2 절연체	3
4.3 시스	4
5. 도체	4
6. 절연체	4
6.1 재료	4
6.2 절연체 두께	4
7. 내부 시스 및 충전물, 다심 케이블의 연합	6
7.1 내부 시스와 충전물	6
7.2 정격 전압 0.6/1(1.2)kV 케이블	6
7.3 정격 전압 1.8/3(3.6)kV 케이블	6
8. 단심 및 다심 케이블에 대한 금속 층	7
9. 금속 차폐	7
9.1 구조	7
9.2 요구사항	7
10. 동심도체	7
10.1 구조	7
10.2 요구사항	7
10.3 적용	7
11. 납 시스	7
12. 금속외장	7
12.1 금속외장의 종류	7
12.2 재료	8
12.3 외장의 적용	8
12.4 외장선과 외장 테이프의 치수	8
12.5 케이블바깥지름과 외장치수의 상관 관계	8
12.6 평각 또는 원형 선재외장	9
12.7 이중 테이프 외장	9
13. 외부 시스	9
13.1 일반 사항	9
13.2 외부시스 재료	9
13.3 두께	10
14. 시험조건	10
14.1 주위온도	10
14.2 전원 주파수 시험 전압의 주파수 및 파형	10
14.3 임펄스 시험전압의 파형	10

15. 일반시험	10
15.1 일반사항	10
15.2 도체의 전기저항	10
15.3 전압시험	10
16. 샘플시험	11
16.1 일반사항	11
16.2 샘플시험의 횟수	11
16.3 시험의 반복	11
16.4 도체검사	11
16.5 절연 및 비금속 시스의 두께측정	12
16.6 납 시스 두께의 측정	12
16.7 외장용 선재와 테이프의 측정	12
16.8 바깥지름의 측정	12
16.9 EPR, HEPR과 XLPE 절연체 및 천연 합성고무 시스에 대한 핫셋(hot-set)시험	12
17. 전기적 형식시험	13
17.1 주위온도에서의 절연저항 측정	13
17.2 최대도체온도에서의 절연저항 측정	13
17.3 4시간 전압 시험	13
17.4 정격 전압 1.8/3(3.6)kV 케이블의 임펄스 시험	14
18. 비전기적 형식시험	14
18.1 절연체의 두께 측정	14
18.2 비금속 시스의 두께 측정	14
18.3 열 노화 전·후 절연체의 기계적 특성 시험	14
18.4 열 노화 전·후 비금속 시스의 기계적 특성 시험	14
18.5 완성된 케이블의 시료에 대한 추가되는 열 노화시험	14
18.6 ST2 형의 PVC 시스에 대한 질량손실시험	15
18.7 절연체 및 비금속 시스의 가열변형 시험	15
18.8 PVC 절연체와 시스 및 저독성 시스의 저온시험	15
18.9 PVC 절연체 및 시스의 내크래킹 시험 (열 충격시험)	15
18.10 EPR과 HEPR 절연체의 내오존 시험	15
18.11 EPR, HEPR과 XLPE 절연체 및 천연 합성고무시스의 핫셋시험	15
18.12 천연 합성고무시스의 내유시험	15
18.13 절연체의 흡수시험	15
18.14 난연성 시험	15
18.15 검정 PE 외부시스의 카아본 블랙 함유량 측정	16
18.16 XLPE 절연체의 수축시험	16
18.17 특수 구부림 시험	16
18.18 HERP 절연체의 경도측정	16
18.19 HERP 절연체의 탄성계수측정	16

18.20 PE 외부 시스의 수축 시험	16
18.21 저독성 시스의 추가적인 기계적시험	17
18.22 저독성시스의 흡수시험	17
19. 케이블 설치 후 전기적 시험	17
 부속서 A : 보호 커버링 치수를 결정하는 가상의 계산방법	25
A.1 일반 사항	25
A.2 방법	25
 부속서 B : 수치땀음	30
B.1 가공계산방법을 목적으로 하는 수치땀음	30
B.2 다른 목적을 위한 수치땀음	30
 부속서 C : HEPR 절연체의 경도 결정	31
C.1 시험편	31
C.2 시험절차	31
 그림 C.1 큰 곡률반경의 표면에서의 시험	32
그림 C.2 작은 곡률반경의 표면에서의 시험	32
 부속서 D : KS 표시인증시 적용기준	74
D.1 적용범위	74
D.2 종류 및 기호	74
D.3 포장	74
D.4 제품의 호칭방법	74
D.5 표시	74
 해설서	92

전기용품안전기준

정격전압 1~30kV 압출성형 절연 전력케이블 및 그 부속품

-제1부: 정격전압 1kV 및 3kV의 케이블

K 60502-1:2006
IEC60502-1:2004)

Power cables with extruded insulation and their accessories for
rated voltages from 1 kV ($U_m = 1,2 \text{ kV}$) up to 30 kV ($U_m = 36 \text{ kV}$)
- Part 1: Cables for rated voltages of 1 kV ($U_m = 1,2 \text{ kV}$) and 3 kV ($U_m = 3,6 \text{ kV}$)

서 문 이 규격은 2004년에 제2.0판으로서 발행된 IEC 60502-1(Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages from 1 kV ($U_m = 1,2 \text{ kV}$) up to 30 kV ($U_m = 36 \text{ kV}$) - Part 1: Cables for rated voltages of 1 kV ($U_m = 1,2 \text{ kV}$) and 3 kV ($U_m = 3,6 \text{ kV}$))을 번역해서 기술적 내용 및 규격의 서식을 변경하지 않고 작성한 전기용품안전기준이다.

1. 적용 범위 본 규격은 네트워크분배 또는 산업설비와 같이 고정 배선하는 데 사용되는 정격 전압 1kV와 3kV의 압출된 절연체의 전력케이블에 대한 구조, 치수 및 시험 요구사항에 대하여 적용한다.

또한 이 규격은 연소의 확산을 감소시키고 연소시 연기의 방출이 적으며, 할로젠 가스의 방출이 없는 저독성을 나타내는 케이블을 포함한다.

전문적으로 설치하는 케이블과 서비스 조건, 예를 들면 전반적인 네트워크 케이블, 광업, 원자력 발전소(차폐된 주변이나 내부), 잠수함 사용, 선박에서의 응용 등에는 적용하지 않는다.

2. 인용규격 다음의 규격은 이 규격에 인용함으로서 이 규격의 규정일부를 구성한다. 이러한 인용규격은 그 최신 판을 적용한다.

IEC 60038 : IEC 표준 전압

K 60060-1 : 고전압 시험방법 - 제1부: 일반 정의 및 시험방법

K 60183 : 고전압 케이블 선택을 위한 지침서

K 60228 : 절연 케이블용 도체

K 60230-1 : 케이블 및 그 부속품에 대한 충격시험

K IEC 60332-1 : 화재조건 하에서 전기 케이블 난연성시험

- 제 1부 : 절연전선 또는 케이블의 수직연소시험

K IEC 60332-3-24 : 화재조건 하에서 전기 케이블 난연성시험 - 제3-24부: 수직 배치된 케이블 또는 전선의 불꽃시험-Category C

K 60502-2 : 정격 전압 1kV~30kV 압출성형 절연 전력케이블 및 그 부속품 -제2부: 정격 전압 6kV~30kV케이블

K 60684-2 : 유연성 절연슬리빙 - 제2부 시험방법

K 60724 : 정격전압 1kV 및 3kV 전기케이블의 단락온도 한계

K 60754-1 : 케이블의 연소가스 발생 시험 -제1부: 할로젠 가스 발생량 측정

K 60754-2 : 케이블 연소가스 발생 시험 - 제2부: 수소이온농도와 전도성 측정으로부터 케이블에 사용되는 재료의 연소시 발생하는 가스들 산성도 결정

K 60811-1-1 : 케이블의 절연체 및 시스 재료의 공통 시험방법 - 제1부: 시험방법 총칙

-제1절: 두께 및 완성품 바깥지름 측정 - 기계적 특성시험

K 60811-1-2 : 케이블의 절연체 및 시스 재료의 공통 시험방법 - 제1부: 시험방법 총칙

-제2절 : 열 노화 시험

K 60811-1-3 : 케이블의 절연체 및 시스 재료의 공통 시험방법 -제1부 : 시험방법 총칙

-제3절 : 밀도 측정방법 - 흡수시험 - 수축 시험

K 60811-1-4 : 케이블의 절연체 및 시스 재료의 공통 시험방법 -제1부: 시험방법 총칙

-제4절: 저온 시험

K IEC 60811-2-1 : 케이블 및 광케이블의 절연체 및 시스 재료의 공통 시험방법 -제2부: 천연합성고무 특성 시험방법 - 제1절: 내오존성 -내열 시험 - 내유성 시험

K 60811-3-1 : 케이블의 절연체 및 시스 재료의 공통 시험방법 - 제3부: PVC 혼합물의 시험방법 - 제1절: 가열변형시험 - 내크래킹 시험

K 60811-3-2 : 케이블의 절연체 및 시스 재료의 공통 시험방법 - 제3부: PVC 혼합물의 시험방법 - 제2절: 질량손실 시험 및 열안정성 시험

K 60811-4-1 : 케이블의 절연체 및 시스 재료의 공통 시험방법

-제4부: 폴리에틸렌 및 폴리프로필렌 혼합물의 시험방법

-제1절: 환경응력의 내균열성, 가열후의 권부시험, 용융 지수의 측정, PE의 카본 블랙 및 무기물 충전제의 함유량 측정

K 61034-2 : 규정된 상태 하에서 케이블 연소시의 연기밀도 측정 - 제2부 시험절차 및 요구사항

ISO 48, 고무 : 가황 또는 열가소성 물질 - 강도 결정(10 IRHD 및 100IRHD의 강도)

3. 용어정의 이 규격의 목적을 위하여 다음과 같이 정의 한다.

3.1 치수 값의 정의(두께, 단면적 등)

3.1.1 공칭 값 양이 지정되고 표에 종종 사용되는 값.

비고 통상 이 기준에서 공칭 값은 규정된 허용오차를 고려한 측정에 의해 확인된 값으로 한다.

3.1.2 근사 값 보증하거나 확인되지 않은 값. 예를 들면 다른 치수 값의 계산에 사용된다.

3.1.3 중앙 값 여러 번의 측정 결과가 증가(또는 감소)추세로 순차적으로 값을 얻었을 때 중간 값은 유효 값의 수가 홀수이면 중간 값을 나타내고 짝수라면 2개의 중간 값의 평균이다.

3.1.4 가상 값 "가상적인 방법"에 따라 계산된 값으로 **부속서 A**에 나타낸다.

3.2 시험의 종류 및 정의

3.2.1 일반 시험 각각의 케이블이 규정된 요구사항에 부합하는지 확인하기 위한 케이블 제조자에 의한 시험

3.2.2 샘플 시험 완성된 제품이 규정된 요구사항에 부합하는지를 확인하기 위한 규정된 주기에서 완성된 케이블 또는 구성물 중에 샘플을 취해서 제조자가 행하는 시험.

3.2.3 형식시험 제품의 성능특성이 의도된 대로 만족하는지를 확인하기 위해 이 기준에 적용되는 케이블의 형태가 일반 상업적 용도로 공급되기 전에 행하는 시험

비고 이 시험은 기본적인 것으로 성능특성에 변화를 일으킬 수 있는 케이블 재료, 설계 또는 제조공정에 변화가 없다면 반복될 필요는 없다.

3.2.4 설치 후 전기적 시험 설치된 대로 케이블 및 부속품의 완전함을 증명하기 위한 시험.

4. 전압의 정의 및 재료

4.1 정격전압

이 규격에서 케이블의 정격전압 $U_0/U(U_m)$ 은 0.6/1(1.2)kV과 1.8/3(3.6)kV이다.

비고 1- 일부 국가에서 1.8/3kV대신에 1.7/3kV나 1.9/3.3kV를 사용하지만, 위에 주어진 전압이 올바른 명칭이다.

케이블의 전압지정에 있어서의 $U_0/U(U_m)$;

U_0 : 설계된 케이블의 도체와 접지 혹은 금속차폐 사이의 정격 전원 주파수 전압.

U : 케이블의 도체사이에 가해지는 설계된 정격 전원 주파수 전압

U_m : 장비가 사용될 수 있는 "가장 높은 시스템 전압"의 최댓값(IEC 60038을 참고)

적용을 위한 케이블의 정격 전압은 케이블이 쓰이는 시스템에서 동작 조건에 적합해야한다. 케이블의 선택을 쉽게 하기 위해 시스템을 세 개의 범주로 구분한다.

-카테고리 A : 어떤 상 도체가 대지 또는 접지에 도체가 접촉되는 경우 시스템에서 1분 이내에 접속이 끊어지는 시스템이 포함된다.

-카테고리 B : 누전상태에서 1개의 상이 접지가 짧은 시간에 작동되는 시스템을 포괄한다. K 60183에 따라 이 기간은 1시간을 초과하면 안 되며, 이 규정에 의한 케이블은 더 긴 기간이라도 8시간을 초과하지 않는다. 단락사고의 총 시간은 1년 안에 총 125시간을 초과해서는 안 된다

-카테고리 C : A와 B의 범주에 속하지 않는 모든 시스템을 포괄한다.

비고 2- 접지사고가 자동적으로 즉시 고립되지 않는 시스템에서, 접지사고 동안의 케이블의 절연의 과도한 스트레스는 어느 정도 케이블수명을 단축시킨다는 것을 인식해야한다. 시스템이 영구적인 어스 폴트 가 종종 작동된다면 시스템을 카테고리 c로 분류하는 것이 바람직하다.

3상 시스템에서 사용되는 케이블에 사용되는 U_o 의 값은 표1에 따른다.

표1 - 정격 전압 U_o

가장 높은 시스템 전압 (U_m) kV	정격 전압(U_o) kV	
	카테고리 A 와 B	카테고리 C
1.2	0.6	0.6
3.6	1.8	3.6*
* K 60502-2의 3.6/6(7.2)kV 케이블에 적용된다.		

4.2 절연체 절연체의 종류와 기호는 표2에 따른다.

표 2 - 절연체

절연체	기 호
a) 열가소성 물질 $U_o/U \leq 1.8/3$ kV정격전압 케이블의 비닐 절연체	PVC/A*
b) 가교: 에틸렌 프로필렌 고무 또는 유사물 (EPM or EPDM)	EPR
고변조 또는 고 경도 에틸렌 프로필렌 고무	HEPR
가교 폴리에틸렌	XLPE
* 비닐 절연체에 기초한 절연 합성에 대한 정격전압 $U_o/U=3.6/6$ kV인 케이블은 K 60502-2 PVC/B에 적용한다.	

절연체 종류별 최대 도체 온도는 표3에 따른다.

표3 - 절연체 최대도체온도

절연체 종류		최대도체온도 ℃	
		정상 동작	단락 상태 (최대 5초 지속)
비닐 (PVC/A) 도체 단면적 $\leq 300 \text{ mm}^2$		70	160
	도체 단면적 $> 300 \text{ mm}^2$	70	140
가교 폴리에틸렌 (XPLE)		90	250
에틸렌 프로필렌 고무 (EPR 및 HEPR)		90	250

표3에서 온도는 절연 재료의 고유 특성에 근거를 두고 있다.

이온도는 전류비의 계산을 위한 값으로 사용될 때 활용 인자로 중요한 값이다.

예를 들면, 정상기능에서, 만약 한 케이블을 위의 표에서 보인 최대의 도체온도에 계속되는 100%부하율로 땅에 파묻혀 작동된다면 케이블주위에 흙의 고온 저항력, 시간이 지남에 따른 건조가 되는 과정에서 원래의 값보다 증가된다.

결과적으로, 도체온도는 최댓값을 크게 초과할 수 있다. 만약 그러한 운전 조건이 예상되면, 적당한 준비를 하여 만들어야 한다.

단락회로 온도의 지침에 대한 인용규격은 K 60724에 따른다.

4.3 시스 시스 혼합물의 종류에 따른 최대 도체온도는 표4에 따른다.

표4 - 시스의 종류에 따른 최대 도체온도

시 스	기 호	정상 동작에서의 최대 도체 온도 ℃
a) 열가소성 물질:		
비닐 (PVC)	ST ₁	80
	ST ₂	90
폴리에틸렌	ST ₃	80
	ST ₇	90
할로젠 프리(free)	ST ₈	90
b) 천연고무: 폴리클로르폴렌, 클로르설퍼나이트 폴리에틸렌(PE) 또는 유사한 중합체	SE ₁	85

5. 도체 도체는 K 60228에 따라 1등급 또는 2등급의 순수 연동 또는 금속 도금 연동, 알루미늄 또는 합금 알루미늄으로 하거나, 5등급의 순수 연동 또는 금속 도금동이어야 한다.

6. 절연체

6.1 재료 절연체는 표2의 형태 중 하나의 압출된 절연체이어야 한다.

저독성(halogen free)) 케이블의 경우에 절연체는 표23에 주어진 요구사항에 적합해야 한다.

6.2 절연체 두께 공칭절연체 두께는 표5~7에 규정되어 있다.

세퍼레이터의 두께는 절연체두께에 포함되지 않는다.

표5 - PVC/A 절연체의 공칭두께

도체 공칭 단면적 mm ²	절연체의 공칭두께 $U_0/U (U_m)$	
	0.6/1(1.2)kV mm	1.8/3(3.6)kV mm
1.5 및 2.5	0.8	—
4 및 6	1.0	—
10 및 16	1.0	2.2
25 및 35	1.2	2.2
50 및 70	1.4	2.2
95 및 120	1.6	2.2
150	1.8	2.2
185	2.0	2.2
240	2.2	2.2
300	2.4	2.4
400	2.6	2.6
500 ~ 800	2.8	2.8
1,000	3.0	3.0
비고 - 이 표에 주어진 값보다 작은 도체 단면적은 추천되지 않는다.		

표6 - 가교 폴리에틸렌(XLPE) 절연체의 공칭두께

도체 공칭 단면적 mm^2	절연체의 공칭두께 $U_0/U(U_m)$	
	0.6/1(1.2)kV mm	1.8/3(3.6)kV mm
1.5 및 2.5	0.7	—
4 및 6	0.7	—
10 및 16	0.7	2.0
25 및 35	0.9	2.0
50	1.0	2.0
70 및 95	1.1	2.0
120	1.2	2.0
150	1.4	2.0
185	1.6	2.0
240	1.7	2.0
300	1.8	2.0
400	2.0	2.0
500	2.2	2.2
630	2.4	2.4
800	2.6	2.6
1,000	2.8	2.8
비고 - 이 표에 주어진 값보다 작은 도체 단면적은 추천되지 않는다.		

표7 - 에틸렌프로피렌고무(EPR)와 경화에틸렌프로필렌고무(HEPR)절연체의 공칭두께

도체 공칭 단면적 mm^2	절연체의 공칭두께 $U_0/U(U_m)$			
	0.6/1(1.2)kV		1.8/3(3.6)kV	
	EPR mm	HEPR mm	EPR mm	HEPR mm
1.5 및 2.5	1.0	0.7	—	—
4 및 6	1.0	0.7	—	—
10 및 16	1.0	0.7	2.2	2.0
25 및 5	1.2	0.9	2.2	2.0
50	1.4	1.0	2.2	2.0
70	1.4	1.1	2.2	2.0
95	1.6	1.1	2.4	2.0
120	1.6	1.2	2.4	2.0
150	1.8	1.4	2.4	2.0
185	2.0	1.6	2.4	2.0
240	2.2	1.7	2.4	2.0
300	2.4	1.8	2.4	2.0
400	2.6	2.0	2.6	2.0
500	2.8	2.2	2.8	2.2
630	2.8	2.4	2.8	2.4
800	2.8	2.6	2.8	2.6
1,000	3.0	2.8	3.0	2.8
비고 - 이 표에 주어진 값보다 작은 도체 단면적은 추천되지 않는다.				

7. 내부 시스 및 충전물, 다심케이블의 연합 다심케이블의 연합은 정격 전압에 의해 결정되며, 각 심선에는 금속 층이 적용될 수 있다. 7.1 ~ 7.3항까지는 시스된 단심 케이블의 연합에는 적용되지 않는다.

7.1 내부 시스와 충전물

7.1.1 구조 내부 시스는 압출한 것이나 적당한 재료로 중첩되게 감은 것으로 한다.

5개의 심선이 초과된 케이블을 제외한 원형 심선을 갖는 케이블의 중첩 형태의 내부 시스는 심선 사이의 공간을 충분히 채우게 되는 경우에만 허용된다. 적당한 바인더는 압출 형태의 내부시스를 적용 전에 사용된다.

7.1.2 재료 내부시스와 충전물에 사용되는 재료는 케이블의 허용온도 및 절연재료에 적합하여야 한다.

저독성 케이블의 내부시스와 충전물은 표23의 요구사항에 적합해야 한다.

7.1.3 내부 시스의 두께 압출 형태 내부 시스의 두께와 근사 값은 표8에 따른다.

표8 - 압출 형태 내부 시스의 두께

가상 연합 바깥지름		압출 형태 내부 시스의 두께 (근사 값) mm
초과 mm	이하 mm	
—	25	1.0
25	35	1.2
35	45	1.4
45	60	1.6
60	80	1.8
80	—	2.0

7.1.4 중첩 형태 내부 시스의 두께 중첩 형태 내부 시스의 두께와 근사 값은 40mm이하의 연합 심선의 가상 바깥지름에 대해 0.4mm이어야 하고, 그 보다 큰 지름에 대해 0.6mm이어야 한다.

7.2 정격 전압 0.6/1(1.2)kV 케이블 정격 전압 1.6/1(1.2)kV 케이블은 심선 주위에 공동으로 금속 층을 가질 수 있다.

비고 - 금속 층을 갖는 케이블과 갖지 않는 케이블의 선택은 국가규정이나 기계적 피해 또는 직접적인 전기 접촉에서 위험방지에 대한 설치요구조건에 따라야 한다.

7.2.1 공동 금속 층을 갖는 케이블 (8. 참고) 케이블은 연합 심선은 내부 시스를 가져야 한다.

내부 시스와 충전물은 7.1항에 따른다.

각 테이프의 공칭두께가 0.3mm를 초과하지 않고, 완성 케이블이 18.17항에 규정된 특수 구부림 시험에 적합하면 금속테이프는 내부 시스를 생략하여 연합된 심선에 직접 적용될 수 있다.

7.2.2 공동 금속 층을 갖지 않는 케이블 (8. 참고) 내부 시스는 심선과 시스사이에 접촉이 되지 않고 케이블 외형이 원형의 형태로 된다면 생략할 수 있다.

외부 시스는 10mm를 초과하는 원형 심선 위에 열가소성 시스를 한 경우를 제외하고, 심선의 빈틈을 채울 수 있다. 그러나 만약 내부 시스가 적용된다면, 두께는 7.1.3 또는 7.1.4 에 적합할 필요가 없다.

7.3 정격 전압 1.8/3(3.6)kV 케이블 정격 전압 1.8/3(3.6)kV의 케이블은 심선 각각에 또는 공동으로 심선 주위에 금속 층을 가져야 한다.

7.3.1 공동 금속 층만을 갖는 케이블 (8. 참고) 케이블은 연합된 심선 위에 내부 시스를 가져야 한다.

내부 시스와 충전물은 7.1에 적합해야 하고 흡수성은 없어야 한다.

7.3.2 각 심선 위에 금속 층을 갖는 케이블 (9. 참고) 각 심선의 금속 층은 서로 접촉되어야 한다.

각 심선의 개별 금속 층과 같은 재질의 추가적인 공동 금속 층을 가진 케이블(8. 참고)은 연합된 심선 위에 내부 시스를 가져야 한다. 내부 시스와 충전물은 7.1을 따라야 하고, 흡수성은 없어야 한다.

밑에 있는 각심 금속 층과 공동 금속 층이 서로 다른 재료일 때, 13.2에 규정되어 있는 재료중의 하나인 압출되는 시스에 의해 분리되어야 한다.

납 시스 케이블에 대해서는 밑에 있는 각심 금속 층으로부터 분리는 7.1 따른 내부 시스로 할 수 있다.

외장, 동심 도체 또는 다른 공동 금속 층을 가지지 않는 케이블에 대해, 케이블 외형이 원형의 형태라면 내부 시스는 생략할 수 있다.

10mm를 초과하는 원형 심선 위에 열가소성 시스를 하는 경우를 제외하고, 외부 시스를 심선의 공간에 채울 수 있다. 그러나 만약 내부 시스를 적용하면 7.1.3 또는 7.1.4에 적합할 필요는 없다.

8. 단심 및 다심케이블에 대한 금속 층 금속 층에는 다음 형태가 포함된다.

- a) 금속 차폐 (9. 참고)
- b) 동심 도체 (10. 참고)
- c) 납 시스 (11. 참고)
- d) 금속외장 (12. 참고)

금속 층은 위에 나열된 형태의 하나 또는 그 이상의 구성으로 되며, 다심케이블의 각 심선 또는 단심 케이블에 적용할 때에는 비자성체이어야 한다.

9. 금속 차폐

9.1 구조 금속차폐는 1개 또는 그 이상의 테이프로 구성되거나 편조 또는 동심 선재층, 혹은 선재와 테이프의 조합으로 구성되어야 한다.

금속 차폐는 시스가 될 수 있고, 공동 차폐의 경우에는 9.2에 적합한 외장이 될 수 있다.

차폐의 재료를 선정 시, 특별하게 고려해야 할 것은 부식의 가능성 기계적 안전이나 전기적 안전이다.

차폐간의 간격은 국가규정 또는 표준에 따라야 한다.

9.2 요구사항 금속차폐의 치수, 물리적 및 전기적 요구사항은 국가 규정 또는 표준에 의해 결정된다.

10. 동심도체

10.1 구조 동심도체의 간격은 국제 규정 또는 표준에 적합해야 한다.

동심도체의 재료를 선택할 때, 특별히 고려할 것은 부식의 가능성과 기계적 안전이나 전기적 안전이다.

10.2 요구사항 동심도체의 전기저항, 치수 및 물리적인 요구사항들은 국가 규정 또는 표준에 의해 결정되어야 한다.

10.3 적용 동심도체가 요구되는 경우, 다심케이블의 경우에는 내부 시스 위에 적용된다.

단심 케이블의 경우에 있어서는 절연체 또는 적당한 내부 시스 위에 직접적으로 적용되어야 한다.

11. 금속시스

11.1 납 시스 시스는 납 또는 납 합금으로 구성되어야 하고 이음매가 없는 튜브형태로 되어야 한다.

공칭두께는 다음의 공식에 의해 계산된다.

$$t_{pb} = 0.03 D_g + 0.7$$

여기서

t_{pb} : 납 시스의 공칭두께 (mm)

D_g : 납 시스의 가상 하경 (mm) (**부속서 B**에 따라 소수 첫째자리에서 수치뺄음 한다.)

가장 작은 공칭두께는 1.2mm이어야 한다. 계산된 값은 소수 첫째자리에서 수치뺄음 한 값이다. (**부속서 B**참고)

11.2 다른 금속시스 현재 고려중임

12. 금속외장

12.1 금속외장의 종류 외장의 종류는 다음과 같다.

- a) 평각선 외장;
- b) 원형선 외장;
- c) 이중 테이프의 외장.

비고 - 도체 단면적이 6mm²를 초과하지 않는 정격 전압이 0.6/1(1.2)kV인 케이블에서, 아연철선 편조 외장은 제조자와 구입자 사이의 협의로 할 수 있다.

12.2 재료 원형 및 평각 선재는 아연 도금된 금속, 동, 주석 도금된 동, 알루미늄, 알루미늄 합금이어야 한다. 테이프는 강판, 아연 도금된 강판, 알루미늄, 알루미늄 합금이어야 한다.

강판 테이프는 상업적인 품질로써 냉간 또는 열간 압연되어야 한다.

철선 외장에서 최소의 컨덕턴스를 만족하도록 요구하는 경우에는 충분한 동 또는 주석 도금된 동선을 외장 층에 넣을 수 있다.

외장의 재료를 선택할 때, 특별히 고려해야 할 것은 부식성, 기계적 안전뿐만 아니라 전기적 안전이며, 특히 차폐로 사용될 때는 더욱 고려되어야 한다.

교류시스템에서 단심 케이블 외장은 특별한 구조가 선택되지 않는 경우 비자성체로 구성되어야 한다.

12.3 외장의 적용

12.3.1 단심 케이블 단심 케이블의 경우에 있어서, 7.1.3 또는 7.1.4에 규정된 두께로 한 압출 형태 또는 중첩 형태의 내부 시스를 외장 아래에 적용한다.

12.3.2 다심케이블 다심케이블의 경우에 있어서, 외장은 금속 테이프를 사용하는 특별한 경우(7.2.1 참고)를 제외하고는 7.1에 따라 내부 시스에 적용한다.

12.3.3 세퍼레이션 시스 밑에 놓인 금속 층과 외장이 다른 재료인 경우에는 13.2에 규정된 재료 중 하나로 압출된 시스로 분리시켜야 한다.

저독성 케이블인 경우 세퍼레이션 시스(ST_s)는 표23의 요구사항에 적합하여야 한다.

납 시스 된 케이블에서 외장은 12.3.4에 따라 중첩 형태의 베딩 위에 적용할 수 있다.

만일, 세퍼레이션 시스가 사용된다면, 외장 밑에 내부 시스 대신에 사용되거나 또는 내부 시스에 추가되어 적용되어야 한다. 세퍼레이션 시스 공칭두께 T_s는 다음의 공식에 의해 계산되어야 한다.

$$T_s = 0.02 D_u + 0.6 \text{ (mm)}$$

여기서 D_u : 외장 하경의 가상 값(mm)이고, 부속서 A에 있는 계산 값이다.

공식에 의해 나온 값은 0.1mm(부속서 B 참고) 부근에서 수치 뺏음 하어야 한다.

납 시스가 없는 케이블의 공칭두께는 1.2mm이상이어야 한다.

세퍼레이션 시스가 납 시스 위에 직접 사용되는 케이블의 공칭두께는 1.0mm이상이어야 한다.

12.3.4 납 시스 케이블의 외장 아래에 중첩 형태 베딩 층 복합 물질이 도포된 납 시스 층에 적용되는 중첩 형태 베딩은 복합 물질로 주입된 종이테이프 또는 복합 물질로 1층 또는 여러 층으로 처리한 섬유 재질에 복합 물질을 주입한 조합된 종이테이프로 구성되어야 한다.

주입된 베딩의 재료는 역청(아스팔트 등)이나 기타 방부성 혼합물로 만들어질 수 있다.

외장선재의 경우에 이런 복합 물질은 직접적으로 외장선 밑에 적용되어서는 안 된다.

합성 테이프는 주입식 종이테이프 대신에 사용될 수 있다.

외장을 한 이후 납 시스와 외장 사이에 중첩 형태 베딩의 총 두께는 근사 값으로 1.5mm가 되어야 한다.

12.4 외장선과 외장 테이프의 치수 외장선과 외장 테이프의 공칭치수는 다음의 값 중에서 선정되어야 한다.

원형 선 : 0.8 - 1.25 - 1.6 - 2.0 - 2.5 - 3.15mm 지름;

평각 선 : 0.8mm 두께;

금속 테이프 : 0.2 - 0.5 - 0.8mm 두께

알루미늄 또는 알루미늄 합금 테이프 : 0.5 - 0.8mm 두께.

12.5 케이블 바깥지름과 외장치수의 상관관계 원형 외장선의 공칭 바깥지름과 외장테이프의 공칭 두께는 각각 표9와 표10에 주어진 값 이상이어야 한다.

15mm를 초과하는 가상 외장 하경에 평각 외장 선을 할 때, 평각 금속 외장선의 공칭 두께는 0.8mm이어야 한다. 외장 하경이 15mm이하의 가상 바깥지름을 갖는 케이블은 평각 선으로 외장을 하지 않아야 한다.

표9 - 원형 외장선재의 공칭 지름

가상 내장 바깥지름		외장선의 공칭 지름 mm
초과 mm	이하 mm	
—	10	0.8
10	15	1.25
15	25	1.6
25	35	2.0
35	60	2.5
60	—	3.15

표10 - 외장 테이프의 공칭 두께

가상 내장 바깥지름		테이프의 공칭 두께	
초과 mm	이하 mm	금속 혹은 아연도금 금속 mm	알루미늄 혹은 알루미늄 합금 mm
—	30	0.2	0.5
30	70	0.5	0.5
70	—	0.8	0.8

비고 - 이 표는 연합 심선위에 직접 적용한 속 테이프를 갖는 케이블에는 적용되지 않는다. (8.2.1 참고)

12.6 평각 또는 원형 선재외장 선재 외장은 이웃하는 선재사이에서 최소한의 간격으로 근접해야 한다. 필요하다면, 평각 철선 외장 위나 원형 철선 외장위에는 적어도 0.3mm 공칭 두께의 아연 도금된 금속 테이프를 중첩되지 않도록 간격을 두면서 나선형으로 감아 줄 수도 있다.

이 금속 테이프의 허용 오차는 16.7.3에 적합하여야 한다.

12.7 이중 테이프 외장 테이프 외장과 7.1항에 명시된 내부 시스가 사용될 때, 내부 시스는 테이프 형태 베딩에 의해 보강해야 한다.

내부 시스와 테이프 형태 베딩의 총 두께는 7.1에 주어진 값에 외장 테이프 두께가 0.2mm라면, 0.5mm를 더하면 되고, 외장 테이프 두께가 0.2mm 초과되면, 0.8mm를 더해주면 된다.

내부 시스와 보강된 테이프 형태 베딩의 총 두께는 윗 값의 80%—0.2mm한 값 이상이어야 한다.

만약 세퍼레이션 시스가 필요하다거나 또는 내부 시스가 압출 형태이고, 12.3.3의 요구사항을 만족한다면, 추가적인 테이프 형태의 층(bedding)은 필요하지 않다.

테이프 외장은 나선형의 2개 층으로 하며, 외부 테이프는 내부 테이프의 벌어진 간격 위의 거의 중앙부에 있도록 한다.

인접하여 감겨진 각 테이프사이의 간격은 테이프의 넓이의 50%이하이어야 한다.

13. 외부 시스

13.1 일반 사항 모든 케이블은 외부시스가 있어야 한다. 외부시스는 보통 검은 색이지만, 검정이 아닌 색은 제조자와 구매자의 협의에 의해 케이블이 사용되는 특별한 조건을 만족하는 목적으로 만들어 질 수 있다.

비고 A UV 안정성에 관한 시험은 고려중이다.

13.2 외부시스 재료 외부시스는 열가소성 혼합물(PVC, 폴리에틸렌 또는 할로겐이 없는 저독성)또는 천연고무 혼합물(폴리클로로프렌, 클로르셀포네이트 폴리에틸렌이나 유사한 중합체)로 구성되어진다.

할로겐이 없는 저독성 외부시스 재료는 연소의 확산을 감소시키고 연소시 연기의 방출이 적으며 할로겐 가스의 방출이 없는 특성을 나타내는 케이블에 사용되어야 한다.

저독성 케이블의 시스(ST_g)는 표23의 요구사항에 적합해야 한다.

시스 재료는 표4에 따라 최대도체허용온도에 적합하여야 한다.

화학 첨가물은 특별한 목적, 예를 들면 흰개미 방지와 같은 목적들을 위해 외부시스에 사용이 요구된다.

그러나 사람이나 환경에 유해한 재료를 포함하지 않아야 한다.

비고 - 흔히 쓰이지 않는 재료의 예

알드린(Aldrin)-1,2,3,4,10,10-헥사클로로(hexachloro)-1,4,4a,5,8,8a-헥사하이드로(hexahydro)-1,4,5,8-디메탄올나프탈렌(dimethanonaphthalene)

디엘드린(Dieldrin)-1,2,3,4,10,10-헥사클로로(hexachloro)-6,7-에폭시(epoxy)-1,4,4a,5,6,7,8,8a-옥타하이드로(octahydro)-1,4,5,8-디메탄올나프탈렌(dimethanonaphthalene)

린데인(Lindane) 감마아이소머(Gamma Isomer) of 1,2,3,4,5,6-헥사클로로(hexachloro)-사이클로헥센(cyclohexane)

13.3 두께 특별히 규정하지 않는 경우, 공칭두께 t_s 는 밀리미터 단위로, 다음의 공식에 의해 계산한다.

$$t_s = 0.035 D + 1.0$$

여기서 D : 외부시스의 가공 하경(mm).(**부속서 A** 참고)

결과 값은 0.1mm 근처에서 수치맺음 하여야 한다. (**부속서 B** 참고)

비 외장 케이블과 외장, 금속차폐, 동심 도체 위에 바로 적용하지 않는 케이블의 외부시스의 공칭 두께는 단심케이블은 1.4mm 및 다심케이블은 1.8mm 이상이어야 한다.

단심케이블의 공칭두께는 1.4mm 이상이어야 하며, 다심케이블의 공칭두께는 1.8mm 이상이어야 한다.

14. 시험조건

14.1 주위온도 특별시험에 대한 세부사항이 규정되지 않는 경우 시험은 20 ± 15 °C 주위 온도에서 시험한다.

14.2 전원 주파수 시험 전압의 주파수 및 파형 교류 측정 전압의 주파수는 49Hz에서 61Hz까지의 범위이어야 한다. 파형은 실질적인 사인파가 된다. 인용된 값은 r. m. s. 값이 된다.

14.3 임펄스 시험전압의 파형 K 60230에 따른 임펄스 파형은 $1\mu s$ 와 $5\mu s$ 사이에서 가상 전방 (virtual front) 의 시간을 가지고, $40\mu s$ 와 $60\mu s$ 사이에서는 최고 값의 반값인 공칭시간을 가진다.

기타에 대해서는 K 60060-1에 따른다.

15. 일반시험

15.1 일반사항 일반시험은 통상 각기 제조된 케이블의 길이(**3.2.1** 참고)에 의해 수행된다. 시험되는 길이의 수는 품질관리절차의 동의에 따라 감소될 수도 있다.

일반시험은 다음과 같다.

a) 도체 전기저항 측정(**15.2** 참고)

b) 전압 시험(**15.3** 참고)

15.2 도체의 전기저항 저항측정은 일반시험에서 얻은 각 케이블길이의 동심도체를 포함하여 모든 도체에서 할 수 있다.

완성된 케이블 길이, 혹은 그것의 샘플은 시험실에서 시험 전 최소 12시간 항온에 보관되어야 한다.

도체 온도가 실험실 온도와 같은 지에 대한 의심이 있는 경우 저항은 케이블을 시험실에서 24시간 보관 후에 측정한다.

선택적으로, 저항은 온도-조정용 조에서 최소 1시간 보관한 도체샘플로 측정할 수 있다.

측정된 저항 값은 K 60228에서 주어진 조건과 공식에 따라 온도 20°C에서 길이 1km로 환산한다.

20°C에서 각 도체의 직류 저항은 K 60228에서 규정된 적절한 최대값을 초과하지 않아야 한다.

동심 도체에서, 저항은 국가 규정 또는 표준에 따른다.

15.3 전압시험

15.3.1 일반사항 전압시험은 주위 온도에서 행해지고, 제조자의 선택에 따라 전원 주파수의 교류 전압이나 직류 전압을 사용한다.

15.3.2 단심케이블에 대한 시험절차 단심 차폐 케이블에 있어서, 시험 전압은 도체와 금속차폐사이에서 5분 동안 인가한다.

단심 비 차폐 케이블은 1시간 동안 시험실 온도에서 물에 담그고, 측정 전압은 도체와 물 사이에서 5분 동안 인가한다.

비고 - 금속 층이 없는 단심 케이블에 대한 스파크 시험은 고려중이다.

15.3.3 다심케이블에 대한 시험절차 개별 차폐심선의 다심케이블의 시험전압은 각 도체와 금속 층 사이에서 5분 동안 인가한다.

개별 차폐심선을 갖지 않는 다심케이블의 시험전압은 각 절연 도체와 모든 다른 도체와 공동 금속 층이 있다면 공동 금속 층 사이에 5분 동안 연속 인가한다.

도체는 만일 연결의 순서가 각 도체와 다른 도체, 각 도체와 금속 층 사이에 중단 없이 최소 5분 동안 전압이 인가된다면, 총 시험 시간의 제한을 위해 시험전압의 연속인가에 적합하게 연결할 수 있다.

선택적으로, 3심 케이블은 3상의 변압기 사용에 의해 단일 동작에서 시험할 수 있다.

15.3.4 시험전압 전원 주파수 시험 전압은 $2.5 U_0 + 2\text{kV}$ 가 되어야 한다. 표준 정격 전압에서 단상의 시험 전압 값은 표11에 있다.

표11 - 일반시험전압

정격 전압 U_0	kV	0.6	1.8
시험 전압	kV	3.5	6.5

3심 케이블에서, 전압 시험이 3상의 변압기로 행해지면, 상 사이의 시험전압은 표에 주어진 값에 1.73배해야 한다.

직류전압이 사용될 때, 공급된 전압은 전원 주파수 시험 전압의 2.4배이어야 한다.

모든 경우에 있어서, 시험전압은 규정된 값으로 점진적으로 증가해야 한다.

15.3.5 요구사항 절연파괴가 되지 않아야 한다.

16. 샘플시험

16.1 일반사항 샘플시험은 다음과 같다.

- a) 도체검사(16.4 참고)
- b) 치수 검사(16.5 ~ 16.8 참고)
- c) EPR, HEPR과 XLPE 절연과 천연 고무 외장에 대한 핫셋 시험(16.9 참고)

16.2 샘플시험의 횟수

16.2.1 도체검사와 치수검사 도체검사, 절연과 시스의 두께 측정 그리고 케이블 완성바깥지름의 측정은 같은 형태의 각 제조 공정과 동일한 도체의 공칭 단면적으로부터 한 개의 길이에서 행해야 한다.

하지만, 어떤 경우에 있어서 길이 수량의 10% 이하로 제한을 두어야 한다.

16.2.2 물리적 시험 물리적 시험은 품질관리절차에 따라 제조된 케이블로부터 샘플을 취하여 수행된다. 그러하지 않는 경우, 다심케이블은 2km를 초과하거나 단심케이블은 4km를 초과하는 경우에 표12에 따라 시험한다.

표12 - 샘플시험의 샘플 수

케이블 길이				샘플 수
다심케이블		단심 케이블		
초과 km	이하 km	초과 km	이하 km	
2	10	4	20	
10	20	20	40	2
20	30	40	60	3
등		등		등

16.3 시험의 반복 16.의 어떤 시험시료가 불량이 있는 경우 동일 배치에서 두 개의 시료를 재시험한다.

추가된 두 개 샘플이 시험에서 모두 통과되면, 그 배치의 모든 케이블은 기준에 적합한 것으로 한다.

추가 시료 중 불량이 있는 경우에는 그 배치는 부적합한 것으로 한다.

16.4 도체검사 K 60228의 도체 구조의 요구사항은 검사 및 측정에 의해 확인되어야 한다.

16.5 절연 및 비금속 시스의 두께측정 (압출된 세퍼레이션 시스를 포함하며, 압출된 내부 시스는 제외한다.)

16.5.1 일반사항 시험 방법은 K 60811-1-1의 8.에 따른다.

시험을 위해 선정된 각 케이블 길이는 필요시 손상 받았을 수도 있는 부분을 잘라 버린 후, 가장자리 한 부분에서 채취한 시편으로 한다.

도체가 같은 공칭단면적의 3심 초과 케이블인 경우, 측정 심선의 수는 3개 심선 또는 심선 수의 10%로 제한하여야 하되, 그 중 측정 심선 수가 많은 쪽으로 한다.

16.5.2 절연체에 대한 요구사항 각 심선의 시편의 측정된 평균값은 **부속서 B**에 따라, 0.1mm로 수치맺음 하여 공칭두께 이상이어야 하고, 가장 작은 값은 공칭 두께의 90%-0.1mm한 값 미만이어서는 안 된다. 즉 :

$$t_m \geq 0.9t_n - 0.1$$

여기서

t_m : 최소 두께(mm) ;

t_n : 공칭두께(mm).

16.5.3 비금속 시스에 대한 요구사항

비 금속시스의 최소두께는 0.2mm이상으로 공칭값의 80%보다 작으면 안된다. 즉:

$$t_m \geq 0.85t_n - 0.2$$

16.6 납 시스 두께의 측정 납 시스의 최소 두께는 제조자의 재량으로 다음의 방법 중에 하나로 결정된다. 공칭 두께의 95% - 0.1mm 이상이어야 한다. 즉:

$$t_m \geq 0.95t_n - 0.1$$

16.6.1 스트립(Strip) 방법 측정은 4 ~ 8mm 지름의 평면과 ± 0.01 mm 정확도를 가지는 마이크로미터로 한다.

시험은 완성된 케이블로부터 약 50mm의 길이로 시스가 제거된 시편으로 한다. 시편은 길고 평탄하게 한다. 시편을 세척한 후, 시스의 원주와 시편의 평탄한 모서리로부터 10mm이상 떨어진 여러 지점의 최소 두께를 측정한다.

16.6.2 링(Ring) 방법 측정은 마이크로미터의 측정 척이 하나는 평평하고 다른 하나는 둥근 돌출부이거나, 하나는 평평하고 다른 하나는 0.8mm 넓이와 2.4mm 직사각형 돌출부가 길게 가진 마이크로미터로 한다.

둥근 돌출부나 평평한 직사각형 돌출부는 시스안쪽으로 넣어 측정한다. 마이크로미터의 정확도는 ± 0.01 mm이다.

측정은 샘플로부터 조심스럽게 잘라진 시스의 링에서 한다. 여러 지점의 최소 두께를 측정한다.

16.7 외장용 선재와 테이프의 측정

16.7.1 선재측정 원형 선재의 바깥지름과 평각 선재의 두께는 ± 0.01 mm의 정확도의 2개의 평평한 측정 척을 가진 마이크로미터로 측정한다.

원형 선재에서는 두 번의 측정은 같은 위치에서 서로 다른 직각에서 얻어지고, 두 값의 평균을 바깥지름으로 한다.

16.7.2 테이프 치수 측정 시험은 ± 0.01 mm의 정확도의 바깥지름에서 대략 5mm의 2개의 평평한 측정 척을 가진 마이크로미터로 한다.

폭 두께가 40mm이상인 테이프에 있어서는 폭의 중심에서 측정한다.

더 넓은 테이프 측정은 테이프의 각 가장자리로부터 20mm에서 얻어지고 결과의 평균값을 두께로서 한다.

16.7.3 요구사항 외장 선재와 테이프의 치수는 12.5에 주어진 공칭값의 수치보다 다음 각 값 이하이면 안 된다.:

- 원형 선재 : 5%;

- 평각 선재 : 8%

- 테이프 : 10%

16.8 바깥지름의 측정 케이블의 바깥지름의 측정이 샘플 시험에서 요구되는 경우 K 60811-1-1의 8.에 따라 수행한다.

16.9 EPR, HEPR과 XLPE 절연체 및 천연 합성고무 시스에 대한 핫셋(hot-set)시험

16.9.1 절차 샘플링과 시험절차는 표17과 표22에서 주어진 조건에 따라 K 60811-2-1의 9.에 따라 수행한

다.

16.9.2 요구사항 시험결과는 EPR, HEPR, XLPE 절연체는 표17에서 주어진 요구사항에, SEI 시스는 표22에서 주어진 요구사항에 적합해야 한다.

17. 전기적 형식시험 길이가 10 ~ 15m까지의 완성된 케이블의 샘플은 연속해서 다음의 시험을 한다.

- a) 주위 온도에서 절연 저항 측정 (17.1 참고);
- b) 정상 작동에서 최대도체온도에서 절연 저항 측정 (17.2 참고);
- c) 4시간 전압 시험 (17.3 참고)

정격 전압 1.8/3(3.6)kV의 케이블은 길이가 10 ~ 15m인 완성된 케이블에서 별도의 시료로 임펄스 시험을 한다. (17.4 참고)

시험은 3개의 심선 이하로 제한한다.

17.1 주위온도에서의 절연저항 측정

17.1.1 절차 이 시험은 어떤 다른 전기적 시험 전에 샘플 길이로 한다.

모든 외부 보호 층을 제거한 심선을 시험 전 최소 1시간 동안 주위 온도에서 물에 담근다.

시험 직류전압은 80V에서 500V까지이고 안정된 측정에 도달하기 위해서 충분한 시간동안 인가하되, 1분 이상 5분 이하로 한다.

측정은 각 도체와 물 사이에서 한다.

요구 시에는 측정을 $20 \pm 1^\circ\text{C}$ 의 온도에서 확인할 수도 한다.

17.1.2 계산 체적 저항은 측정된 절연 저항으로부터 다음의 공식에 의해 계산한다.

$$\rho = \frac{2 \times \pi \times L \times R}{\ln \frac{D}{d}}$$

여기서

ρ : 체적 저항($\Omega \cdot \text{cm}$)

R : 절연 저항(Ω)

L : 케이블의 길이(cm)

D : 절연체의 외부 바깥지름(mm)

d : 절연체의 내부 바깥지름(mm)

절연체 저항 상수 : K_i ($\text{M}\Omega \cdot \text{km}$) 다음의 공식에 의해 계산한다.

$$K_i = \frac{L \times R \times 10^{-11}}{\log \frac{D}{d}} = 10^{-11} \times 0.367 \times \rho$$

비고 - 부채꼴 도체에 있어서, 비율 D/d 는 도체주위에 대한 절연체주위의 비율이다.

17.1.3 요구사항 측정된 계산 값은 표13에서 규정된 것 이상이어야 한다.

17.2 최대도체온도에서의 절연저항 측정

17.2.1 시험절차 케이블 심선 샘플을 시험 전, 정상 동작시 최대 도체 온도의 $\pm 2^\circ\text{C}$ 이내 온도상태의 물에 최소 1시간동안 담근다.

시험 직류전압은 80V에서 500V이고 안정된 측정에 도달하기 위해 충분한 시간동안 인가하되, 1분 이상 5분 이하로 한다.

측정은 각 도체와 물 사이에서 한다.

17.2.2 계산 체적 저항 및/또는 절연 저항 상수는 17.1.2에서 주어진 공식에 의해 절연 저항으로부터 계산한다.

17.2.3 요구사항 측정으로부터 계산된 값은 표13에 규정된 값 이상이어야 한다.

17.3 4시간 전압 시험

17.3.1 절차 케이블 심선 샘플은 시험 전에 최소 1시간 동안 주위 온도의 물속에 담가둔다.

각 도체와 물 사이에서 4 U_0 와 동등한 전력 주파수 전압으로 점차적으로 인가를 시키고, 4시간 동안 계속적으로 유지한다.

17.3.2 요구사항 절연파괴가 일어나지 않아야 한다.

17.4 정격 전압 1.8/3(3.6)kV 케이블의 임펄스 시험

17.4.1 절차 이 시험은 정상 동작시 최대 도체 온도보다 5 ~ 10℃ 이상 되는 도체 온도의 샘플에서 수행한다. 임펄스 전압은 IEC 60230에 주어진 절차에 따르고 40kV의 최댓값으로 한다.

심선이 개별 차폐가 아닌 다심케이블에 있어서의 임펄스시험은 각 도체와 접지에, 그리고 함께 연결된 모든 다른 도체사이에서 순서대로 적용하여야 한다.

17.4.2 요구사항 케이블의 각 심은 +10과 -10 전압 임펄스에 파괴 없이 견디어야 한다.

18. 비전기적 형식시험

이 기준에서 요구되는 비전기적 형식시험은 표14에 따른다.

18.1 절연체의 두께 측정

18.1.1. 샘플링 1개의 샘플은 각 절연 케이블 심선으로부터 얻어진다.

같은 공칭단면적의 3심선 초과되는 케이블인 경우, 측정 심선의 수는 3개의 심선 또는 심선의 10%로 제한을 하되, 그 중 측정 심선의 수가 많은 쪽으로 한다.

18.1.2 절차 측정은 K 60811-1-1의 8.1에 따른다.

18.1.3 요구사항 16.5.2 참고.

18.2 비금속 시스의 두께 측정 (압출 형태의 세퍼레이션 시스는 포함, 내부 시스는 포함하지 않는다.)

18.2.1 샘플링 1개의 케이블에서 시료를 채취한다.

18.2.2 절차 측정은 K 60811-1-1의 8.2에 따른다.

18.2.3 요구사항 16.5.3 참고

18.3 열 노화 전·후 절연체의 기계적 특성 시험

18.3.1 시험편의 준비 시험편의 채취 및 시료의 전 처리는 K 60811-1-1의 9.1에 따라 수행한다.

18.3.2 열 노화 처리 열 노화 처리는 표15의 조건으로 K 60811-1-2의 8.1에 따른다.

표15의 동도체로 된 케이블의 열 노화 후의 인장시험과 굽힘 시험은 0.6/1kV 케이블에만 적용한다.

굽힘 시험은 인장시험에 적용되지 않는 절연체에만 수행한다.

비고 - 동 도체에 적용하는 열화 후의 인장시험과 굽힘 시험은 권고사항이며 구매자와 제조자의 합의를 사항을 제외하고는 강제적으로 적용하기에는 불충분한 사항이다.

18.3.3 조건 및 기계적 시험 기계적 성능의 조건과 측정은 K 60811-1-1의 9.1에 따라 수행한다.

18.3.4 요구사항 시편의 열 노화에 대한 시험결과는 표15의 요구사항에 적합해야 한다.

18.4 열 노화 전·후 비금속 시스의 기계적 특성 시험

18.4.1 시험편의 준비 시험편의 채취 및 시료의 준비는 K 60811-1-1의 9.2에 따라 수행한다.

18.4.2 열 노화 처리 열 노화 처리는 표18의 조건으로 K 60811-1-2의 8.1에 따라 수행한다.

18.4.3 조건 및 기계적 시험 기계적 특성의 조건과 측정은 K 60811-1-1의 9.2에 따라 수행한다.

18.4.4 요구사항 시편의 열 노화 여부에 대한 시험결과는 표18의 요구사항에 적합해야 한다.

18.5 완성된 케이블의 시료에 대한 추가되는 열 노화시험

18.5.1 일반사항 이 시험은 케이블에서 절연과 비금속 시스가 다른 부속물과 접촉하여 작동하는데 있어서의 영향을 확인하기 위한 것이다.

시험은 모든 케이블에 적용한다.

18.5.2 시험편의 준비 시험편의 채취는 K 60811-1-2의 8.1.4에 적합한 완성품 케이블에서 한다.

18.5.3 열 노화처리 케이블 시편의 열 노화처리는 다음의 조건으로 K 60811-1-2의 8.1.4에 따라 에어 오븐에서 수행한다.

- 온도 : 정상 작동시 케이블의 최대 도체 온도보다 (10±2)℃ 이상(표15 참고)

- 기간 : 7×24시간.

18.5.4 기계적 시험 열 노화 처리한 케이블의 절연체 및 외부 시스 시편은 K 60811-1-2의 8.1.4에 따라 준

비하고, 기계적 시험을 수행한다.

18.5.5 요구사항 내 가열 후 얻은 인장강도와 신장율의 중앙값과 내 가열 전에(18.3과 18.4 참고) 얻은 값 사이의 허용 공차는 에어 오븐 중에서 표15와 같이 절연체에 적용하는 값이나 표18과 같이 비금속 시스에 적용한 시험 값을 초과하여서는 안 된다.

18.6 ST2 형의 PVC 시스에 대한 질량손실시험

18.6.1 시험절차 시험편의 채취방법과 시험절차는 K 60811-3-2의 8.2에 따라 수행한다.

18.6.2 요구사항 시험 결과는 표19의 요구사항에 적합해야 한다.

18.7 절연체 및 비금속 시스의 가열변형 시험

18.7.1 시험절차 고온에서의 가열변형 시험은 K 60811-3-1의 8.에 따라 수행하며 시험 방법은 표16 및 표 20에 따라 수행한다.

18.7.2 요구사항 시험 결과는 K 60811-3-1의 8.의 요구사항에 적합해야 한다.

18.8 PVC 절연체와 시스 및 저독성 시스의 저온시험

18.8.1 시험절차 시험편의 채취방법과 시험 절차는 K 60811-1-4의 8에 따르고, 시험 온도는 표16, 표19 및 표21에 규정된 시험온도를 적용한다.

18.8.2 요구사항 시험 결과는 K 60811-1-4의 8.의 요구사항에 적합해야 한다.

18.9 PVC 절연체 및 시스의 내크래킹 시험 (열 충격시험)

18.9.1 시험절차 시험편의 채취방법과 시험 절차는 K 60811-3-1의 9.에 따르고, 시험 온도와 기간은 표 16 과 표19에 따른다.

18.9.2 요구사항 시험결과는 K 60811-3-1의 9의 요구사항에 적합해야 한다.

18.10 EPR과 HEPR 절연체의 내오존 시험

18.10.1 시험절차 시험편의 채취방법과 시험 절차는 K 60811-2-1의 8.에 따르며 오존시험과 시험기간은 표 17에 따른다.

18.10.2 요구사항 시험결과는 K 60811-2-1의 8.의 요구사항에 적합해야 한다.

18.11 EPR, HEPR과 XLPE 절연체 및 천연 합성고무시스의 핫셋시험

시험편의 채취방법과 시험절차는 16.9에 따르며 그의 요구사항에 따라 수행한다.

18.12 천연 합성고무시스의 내유시험

18.12.1 시험절차 시험편의 채취방법과 시험절차는 표22의 조건으로 K 60811-2-1의 10.에 따라 수행한다.

18.12.2 요구사항 시험결과는 표22에 주어진 요구사항에 적합해야 한다.

18.13 절연체의 흡수시험

18.13.1 시험절차 시험편의 채취방법과 시험절차는 표16이나 표17에 있는 조건으로 K 60811-1-3의 9.1 이 나 9.2에 따라 수행한다.

18.13.2 요구사항 시험 결과는 각각 표17이나 K 60811-1-3의 9.1의 요구사항에 적합해야 한다.

18.14 난연성 시험

18.14.1 단일케이블의 연소시험 이 시험은 ST₁, ST₂ 및 SE₁로 시스한 케이블에만 적용할 수 있으며 특별히 요구되는 경우에만 시험한다. 시험방법과 요구사항은 K 60332-1에 따라 수행한다.

18.14.2 다발상태 케이블의 연소시험 이 시험은 ST₈로 시스한 저독성 케이블에 수행한다. 시험방법과 요구사항은 K 60332-3-24의 규정에 따라 수행하여야 한다.

18.14.3 연기밀도시험 이 시험은 저독성 케이블로 시스한 ST₈의 비금속성 혼합물에 대하여 수행한다. 시험방법과 요구사항은 K 61034-2의 규정에 따라야 한다.

18.14.4 산성가스함량시험 이 시험은 ST₈로 시스한 저독성 케이블의 비금속성 혼합물에 수행한다.

18.14.4.1 시험절차 시험방법은 K 60745-1의 규정에 따라 수행하여야 한다.

18.14.4.2 요구사항 시험결과는 표23의 요구사항에 적합해야 한다.

18.14.5 수소이온농도(pH)와 전도도시험 이 시험은 저독성 케이블로 시스한 ST₈의 비금속성 혼합물에 대하여

수행한다.

18.14.5.1 시험절차 시험방법은 K 60745-2의 규정에 따라 수행하여야 한다.

18.14.5.2 요구사항 시험결과는 표23의 요구사항에 적합해야 한다.

18.14.6 플루오르(Fluorine)함량시험 이 시험은 저독성 케이블로 시스한 ST₈의 비금속성 혼합물에 대하여 수행한다.

18.14.6.1 시험절차 시험방법은 K 60684-2의 규정에 따라 수행하여야 한다.

18.14.6.2 요구사항 시험결과는 표23의 요구사항에 적합해야 한다.

18.14.7 독성시험 고려중에 있음

비고 시험방법은 IEC내에서 개발 중에 있다.

18.15 검정 PE 외부시스의 카본 블랙 함유량 측정

18.15.1 절차 시험편의 채취방법과 시험절차는 K 60811-4-1의 11.에 따라 수행한다.

18.15.2 요구사항 시험결과는 표20의 요구사항에 적합해야 한다.

18.16 XLPE 절연체의 수축시험

18.16.1 절차 시험편의 채취방법과 시험절차는 표17의 조건으로 K 60811-1-3의 10.에 따라 수행한다.

18.16.2 요구사항 시험결과는 표17의 요구사항에 적합해야 한다.

18.17 특수 구부림 시험 이 시험은 내부시스가 없고 연합된 심선에 직접 적용한 금속 테이프 형태의 공동 금속 층을 가지는 정격전압 0.6/1kV의 다심케이블에서만 수행된다.

18.17.1 절차 이 시험은 주위온도에서 시험 실린더(예를 들면 드럼의 축) 둘레로 최소한 완전한 한 바퀴이상 구부린다.

실린더의 바깥지름은 $7D \pm 5\%$ 이며 여기서 D는 케이블 시료의 실제 외부지름이다.

케이블을 풀린 상태에서 시료의 구부림이 역 방향이 되지 않게 반복한다.

이 조작의 횟수는 3회로 한다. 이 때 실린더 둘레에 구부린 상태의 시료를 케이블의 정상 작동 시 도체 최고 온도의 에어오븐에 24시간 방치한다.

케이블을 서서히 식힌 후 케이블을 구부린 상태에서 15.3에 따르는 전압시험을 인가한다.

18.17.2 요구사항 절연과파가 발생하지 않아야 하며 시스의 어떠한 크랙도 없어야 한다.

18.18 HERP 절연체의 경도측정

18.18.1 시험절차 시험편의 채취방법과 시험절차는 부속서 C 에 따라 수행한다.

18.18.2 요구사항 시험결과는 표17의 요구사항에 적합해야 한다.

18.19 HERP 절연체의 탄성계수측정

18.19.1 절차 샘플링, 시험편의 준비 및 시험결과는 K 60811-1-1의 9.에 따라 수행한다.

150% 신장에 대한 하중을 측정한다.

정확한 스트레스는 하중을 늘리지 않은 시험편의 단면적을 측정한 값으로 나누어 계산한다.

스트레스의 비율은 150% 신장에서 탄성계수를 얻기 위해서 결정되어 진다.

탄성계수는 중앙값으로 한다.

18.19.2 요구사항 시험결과는 표17의 요구사항에 적합해야 한다.

18.20 PE 외부 시스의 수축 시험

18.20.1 절차 시험편의 채취방법과 시험절차는 표20의 조건으로 K 60811-1-3의 11.에 따라 수행한다.

18.20.2 요구사항 시험결과는 표20의 요구사항에 적합해야 한다.

비고 - 저독성 시스에 대한 이 시험방법은 고려중에 있다.

18.21 저독성 시스의 추가적인 기계적 시험 이 시험은 저독성 시스케이블을 설치하고 운전되는 동안 손상에 대하여 책임을 지지 않으려는 것을 점검하기 위한 시험이다.

비고 내마모성, 내 찌김성과 권부가열시험은 고려중에 있다.

18.22 저독성시스의 흡수시험

18.22.1 시험절차 시험편의 채취방법과 시험절차는 K 60811-1-3의 9.2항에 따라 수행하고, 표21의 규정된 시험조건에 따른다.

18.22.2 요구사항 시험결과는 표21의 요구사항에 적합해야 한다.

19 케이블 설치 후 전기적 시험 설치 후 시험은 케이블과 부속품들을 설치한 후 필요한 경우 실시한다.

4 U_0 와 같은 직류전압을 15분 동안 인가한다.

비고 - 수리를 하여 설치한 것에 있어서 전기적 시험은 설치요구사항에 따르며, 위 시험은 신규로 설치하는 경우에만 적용한다.

표 13 - 절연체혼합물의 전기적 형식시험 요구사항

혼합물 구분 (4.2 참고)	단 위	PVC/A	EPR/ HEPR	XLPE
정상 작동에서 최대도체온도 (4.2 참고)	℃	70	90	90
체적저항 ρ				
- 20℃에서 (17.1 참고)	$\Omega\cdot\text{cm}$	10^{13}	—	—
- 정상 작동에서 최대 도체 온도 (17.2 참고)	$\Omega\cdot\text{cm}$	10^{10}	10^{12}	10^{12}
절연체 저항 계수 K_i				
- 20℃에서 (17.1 참고)	$M\Omega\cdot\text{km}$	36.7	—	—
- 정상 작동에서 최대 도체 온도 (17.2 참고)	$M\Omega\cdot\text{km}$	0.037	3.67	3.67

표 14 - 절연체 및 시스 혼합물의 비전기적 형식시험
(표 15 ~ 23 참고)

혼합물 구분 (4.2와 4.3 참고)	절연체				시스					
	PVC/A	EPR	HEPR	XLPE	PVC		PE		저독성	
	70℃	90℃	90℃	90℃	ST ₁ 80℃	ST ₂ 90℃	ST ₃ 80℃	ST ₇ 90℃	ST ₈ 90℃	SE ₁ 85℃
치수										
두께 측정	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
기계적인 특성 (인장강도 및 신장률)										
열 노화 전	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
열 노화 후	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
완성된 케이블시편의 열 노화 후	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
내유성 시험	—	—	—	—	—	—	—	—	—	X
열가소성 물질의 특성										
가열변형시험 (침입)	X	—	—	—	X	X	—	X	X	—
저온성 시험	X	—	—	—	X	X	—	—	X	—
기타										
질량 손실	—	—	—	—	—	X	—	—	—	—
열 충격시험 (크래킹)	X	—	—	—	X	X	—	—	—	—
내오존성 시험	—	X	X	—	—	—	—	—	—	—
햇빛 시험	—	X	X	X	—	—	—	—	—	X
흡수시험	X	X	X	X	—	—	—	—	X	—
수축 시험	—	—	—	X	—	—	X	X	^c	—
카본 블랙 함량 ^a	—	—	—	—	—	—	X	X	—	—
경도 결정	—	—	X	—	—	—	—	—	—	—
탄성 계수 결정	—	—	X	—	—	—	—	—	—	—
난연성 시험										
단일 케이블에서 연소시험(요구시)	—	—	—	—	X	X	—	—	—	X
다발로된 케이블에서 연소시험	—	—	—	—	—	—	—	—	X	—
연기밀도시험	—	—	—	—	—	—	—	—	X	—
산성가스시험	—	^b	^b	^b	—	—	—	—	X	—
수소이온농도 및 전도도시험	—	^b	^b	^b	—	—	—	—	X	—
플르오린 함량시험	—	^b	^b	^b	—	—	—	—	X	—
비고 - x는 형식시험에 적용함.										
^a 검정 외부시스에만 적용함.										
^b 케이블이 저독성이 요구될 때 EPR, HEPR, XLPE에만 요구되는 시험임										
^c 고려 중 임										

표15 - 절연체의 기계적 성질에 대한 시험요구사항 (내 가열 전 · 후)

절연체의 종류 (4.2 참고)	단위	PVC/A	EPR		HEPR		XLPE	
			0.6/1kV 동도체 케이블	기타모든 케이블	0.6/1kV 동도체 케이블	기타모든 케이블	0.6/1kV 동도체 케이블	기타모든 케이블
정상 작동에서 최대도체온도 (4.2 참고)	℃	70	90	90	90	90	90	90
열 노화 전 (K 60811-1-1 의 9.1) 인장강도, 최소 신 장 륜, 최소	N/mm ² %	12.5 150	4.2 200	4.2 200	8.5 200	8.5 200	12.5 200	12.5 200
열 노화 후 (K 60811-1-2 의 8.1) 열 노화 후, (도체가 없는 경우) 열처리: - 온도 - 허용오차 - 가열시간	℃ ℃ h	100 ±2 168	135 ±3 168	135 ±3 168	135 ±3 168	135 ±3 167	135 ±3 168	135 ±3 168
인장강도 a) 열 노화 후의 값, 최소 b) 변화율 ^a , 최대	N/mm ² %	12.5 ±25	- ±30	- ±30	- ±30	- ±30	- ±25	- ±25
신장률: a) 열 노화 후의 값, 최소 b) 변화율 ^a , 최대	% %	150 ±25	- ±30	- ±30	- ±30	- ±30	- ±25	- ±25
열 노화 후, (도체가 있는 경우) 인장시험 ^b 에 의한 것 열처리: - 온도 - 허용오차 - 가열시간	℃ ℃ h	- - -	150 ±3 168	- - -	150 ±3 168	- - -	150 ±3 168	- - -
인장강도: 변화율 ^a , 최대	%	-	±30	-	±30	-	±30	-
신장률: 변화율 ^a , 최대	%	-	±30	-	±30	-	±30	-
열 노화 후, (도체가 있는 경우) 구부림 시험에 의한 것(2.2를 적 용하기 곤란한 경우) ^b 열처리: - 온도 - 허용오차 - 가열시간	℃ ℃ h	- - -	150 ±3 240	- - -	150 ±3 240	- - -	150 ±3 240	- - -
시험결과			크랙없음	-	크랙없음	-	크랙없음	-
^a 변화율 : 열 노화 후 얻은 중앙값과 열 노화 전 얻은 중앙값 사이의 차이를 백분율 한 것임. ^b 18.3.2. 참고								

표 16 - PVC 절연체의 기계적 특성에 대한 시험요구사항

혼합물 구분 (4.2 및 4.3 참고)	단위	PVC/A
PVC 혼합물의 사용		절연체
고온가압시험 (K 60811-3-1의 8) 온도 (허용오차 $\pm 2^{\circ}\text{C}$)	$^{\circ}\text{C}$	80
저온 시험 ^a (K 60811-1-4의 8) 저온구부림 시험 - 바깥지름 <12.5mm에서의 저온 굴곡 시험 - 온도 (허용오차 $\pm 2^{\circ}\text{C}$) 담뱃 상태에서 저온 신장 시험: - 온도 (허용오차 $\pm 2^{\circ}\text{C}$) 저온 충격 시험: - 온도 (허용오차 $\pm 2^{\circ}\text{C}$)	$^{\circ}\text{C}$ $^{\circ}\text{C}$ $^{\circ}\text{C}$	-15 -15 -
열 충격시험: (K 60811-3-1의 9) 온도 (허용오차 $\pm 3^{\circ}\text{C}$) 가열시간	$^{\circ}\text{C}$ h	150 1
흡수시험 (K 60811-1-3 의 9.1) 전기적 방법: 온도 (허용오차 $\pm 2^{\circ}\text{C}$) 가열시간	$^{\circ}\text{C}$ h	70 240
^a 기후 조건에 따라 더 낮은 온도를 국가표준으로 사용할 수 있다.		

표 17 - 여러 가지 **가교** 절연체 혼합물의 특성에 대한 시험요구사항

혼합물 구분 (4.2 참고)	단위	EPR	HEPR	XLPE
내오존성 (K 60811-2-1, 8항) 오존 농도 (부피에 의한 것) 크랙없는 시험 기간	% h	0.025~0.030 24	0.025~0.030 24	— —
햇빛 시험 (K 60811-2-1, 9항) 열처리: — 온도 (허용오차 $\pm 3^{\circ}\text{C}$) — 하중유지 시간 — 기계적 스트레스 최대 신장률(하중 가한상태) 최대 신장률(냉각 후)	$^{\circ}\text{C}$ min N/cm^2 % %	250 15 20 175 15	250 15 20 175 15	200 15 20 175 15
흡수시험 (KSCIEC 60811-1-3의 9.2) 중량계 방법: 온도 (허용오차 $\pm 2^{\circ}\text{C}$) 가열시간 질량의 최대 증가	$^{\circ}\text{C}$ h mg/cm^2	85 336 5	85 336 5	85 336 1 ^a
수축 시험 (K 60811-1-3의 10) 표점사이의 거리 L 온도 (허용오차 $\pm 3^{\circ}\text{C}$) 가열시간 최대 수축률	mm $^{\circ}\text{C}$ h %	— — — —	— — — —	200 130 1 4
경도 결정 (부속서 C 참고) IRHD ^b , 최소		—	80	—
탄성 계수의 결정 (18. 19참고) 150% 탄성계수, 최소	N/mm^2	—	4.5	—
^a 1mg/cm ² 보다 더 많은 증가는 1g/cm ² 보다 더 큰 XLPE의 밀도로 본다. ^b IRHD: 국제 고무 경도 등급(International rubber hardness degree)				

표 18 - 시스 혼합물의 기계적 성질에 대한 시험요구사항 (열 노화 전·후)

혼합물 구분(4.3 참고)	단위	ST ₁	ST ₂	ST ₃	ST ₇	ST ₈	SE ₁
정상 작동에서 최대 도체 온도 (4.3 참고)	℃	80	90	80	90	90	85
열 노화 전 (K 60811-1-1의 9.2) 인장강도, 최소 신 장 륜, 최소	N/mm ² %	12.5 150	12.5 150	10.0 300	12.5 300	9.0 125	10.0 300
열 노화 후 (K 60811-1-2의 8.1)							
처리: - 온도 (허용오차±2℃) - 가열시간	℃ h	100 168	100 168	100 240	110 240	100 168	100 168
인장강도: a) 열 노화 후 값, 최소 b) 변화율 ^a , 최대	N/mm ² %	12.5 ±25	12.5 ±25	- -	- -	9.0 ±40	- ±30
신장률 a) 열 노화 후 값, 최소 b) 변화율 ^a , 최대	% %	150 ±25	150 ±25	300 -	300 -	100 ±40	250 ±40
^a 변화율 : 열 노화 후 얻은 중앙값과 열 노화 전 얻은 중앙값 사이의 차이를 백분율 한 것임.							

표 19 - PVC 시스혼합물의 특성에 대한 시험요구사항

혼합물 구분 (4.2 및 4.3 참고)	단위	ST ₁	ST ₂
PVC		시스	
질량 손실 (K 60811-3-2,의 8.2) 열처리: - 온도(허용오차 ±2℃) - 가열시간 최대질량손실	℃ d mg/cm ²	- - -	100 7 1.5
고온가압시험 (K 60811-3-1, 8항) 온도 (허용오차 ±2℃)	℃	80	90
저온 시험 ^a (K 60811-1-4, 8항) 저온구부림 시험 - 바깥지름 <12.5mm에서의 저온 굴곡 시험 - 온도 (허용오차 ±2℃) 담벨 상태에서 저온 신장 시험: - 온도 (허용오차 ±2℃) 저온 충격 시험: - 온도 (허용오차 ±2℃)	℃ ℃ ℃ ℃	-15 -15 -15 -15	-15 -15 -15 -15
열 충격시험: (K 60811-3-1의 9항) 온도 (허용오차 ±3℃) 가열시간	℃ h	150 1	150 1
^a 기후 조건에 따라 더 낮은 온도를 국가표준으로 적용할 수 있다.			

표 20 - PE(열가소성 폴리에틸렌) 시스혼합물의 특성에 대한 시험요구사항

혼합물의 구분 (4.3 참고)	단위	ST ₃	ST ₇
밀도 ^a (K 60811-1-3,의 8) 카본 블랙 함유량 (검정 외부시스에 대해서만 적용) (K 60811-4-1의 11) 기준 값 허용오차	 % %	 2.5 ±0.5	 2.5 ±0.5
수축 시험 (K 60811-1-3 의 11) 온도 (허용오차 ±2℃) 가열시간 가열주기 최대 수축률	 ℃ h % %	 80 5 5 3	 80 5 5 3
고온가압시험 (K 60811-3-1의 8.2) 온도 (허용오차 ±2℃)	℃	—	110
^a 밀도 측정은 단지 다른 시험의 목적을 위한 것임.			

표 21- 저독성 시스혼합물의 특성에 대한 시험요구사항

혼합물의 구분	단위	ST ₈
저온 시험 ^a (K 60811-1-4, 8항) 저온구부림 시험 - 바깥지름 <12.5mm에서의 저온 굴곡 시험 - 온도 (허용오차 ±2℃) 담뱃 상태에서 저온 신장 시험: - 온도 (허용오차 ±2℃) 저온 충격 시험: - 온도 (허용오차 ±2℃)	 ℃ ℃ ℃	 -15 -15 -15
고온가압시험 (K 60811-3-1의 8.2) 온도 (허용오차 ±2℃)	℃	80
흡수시험 (KSCIEC 60811-1-3의 9.2) 증량계 방법: 온도 (허용오차 ±2℃) 가열시간 질량의 최대 증가	 ℃ h mg/cm ²	 70 24 10
^a 기후 조건에 따라 더 낮은 온도를 국가표준으로 적용할 수 있다.		

표 22 - 천연합성 고무 시스혼합물의 특성에 대한 시험요구사항

혼합물 구분 (4.3 참고)	단위	SE ₁
내유시험 (K 60811-2-1의 10항 및 K 60811-1-1, 9) 열처리: - 오일 온도 (허용오차 $\pm 2^{\circ}\text{C}$) - 가열시간 최대 변화율 ^a a) 인장강도 b) 신 장 륜	$^{\circ}\text{C}$ h % %	100 24 ± 40 ± 40
핫셋시험 (K 60811-2-1, 9항) 열처리: - 온도 (허용오차 $\pm 3^{\circ}\text{C}$) - 하중유지 시간 - 기계적인 스트레스 최대 신장률(하중 가한상태) 최대 신장률(냉각 후)	$^{\circ}\text{C}$ min N/cm ² % %	200 15 20 175 15
^a 변화율 : 열 노화 후 얻은 중앙값과 열 노화 전 얻은 중앙값 사이의 차이를 백분율 한 것임.		

표 23 - 저독성 시스혼합물의 시험방법과 요구사항

시 험 방 법	단위	요구사항
산성가스 함량시험 (K 60754-1) 브롬(bromine)과 염소함량(HCl로 나타냄), 최대	%	0.5
플루오린(fluorine) 함량시험 (K 60684-2) 플루오린(fluorine)함량, 최대	%	0.1
수소이온농도와 전도도시험 (K 60754-2) 수소이온농도(pH), 최소 전도도, 최대	$\mu\text{S}/\text{mm}$	4.3 10
비고 - 독성시험은 고려중이다.		

부속서 A

(표준)

보호 층 치수를 결정하는 가상의 계산방법

케이블 보호 층, 예를 들면 시스와 외장의 두께는 "단계-표"로써 케이블의 공칭 바깥지름에 관련된다.

이것은 때때로 문제를 일으킨다. 계산된 공칭 바깥지름은 제작에서 이뤄진 실제 값과 반드시 같지 않다. 문제의 접경에서, 만약 커버링의 두께는 계산된 바깥지름과는 작은 차이가 있기 때문에 실제 값과 일치되지 않는다면 문제를 일으킬 수 있다. 부채꼴 도체 치수에서 제조자들의 허용 공차와 계산 방법의 차이로 공칭 바깥지름의 차이가 나타나므로, 기본설계에서 사용된 보호 층 두께의 차이를 나타낼 수 있다.

이 어려운 점을 피하기 위해서, 가상 계산 방법을 사용한다. 이것은 모양과 도체의 압축정도를 무시하고 도체 단면적 범위, 공칭 절연체 두께와 심선의 수에 기초를 둔 공식으로부터 가상 바깥지름을 계산한 것이다. 그러므로 시스의 두께와 다른 보호 층은 공식이나 (부)표에 의한 가상 바깥지름과 관련이 된다. 가상 바깥지름의 계산 방법은 명확하게 규정하며, 제조하는 과정에서 생기는 약간의 차이에 관계없이 사용된 보호 층의 두께에 대해 모호함이 없다. 이것은 케이블설계, 미리 계산된 두께 및 각 도체의 단면적을 표준화한다.

가상 계산은 단지 시스와 케이블 보호 층의 치수를 결정하는 데 사용된다. 이것은 계산하는 것과 별도로 현실적으로 실제 바깥지름을 계산할 목적이 아니다.

A.1 일반 사항

케이블에서 다양한 보호 층을 계산한 두께의 다음의 가상 방법은 독립적인 계산, 예를 들면 도체 치수의 가정으로 인해 공칭과 실제 바깥지름사이의 어쩔 수 없는 차이로 발생할 수 있는 차이가 제거되었는지를 명확하게 하기 위해서 채택되어졌다.

모든 두께 값과 바깥지름은 십진법의 소수 첫 자리를 위해 부속서 B의 규칙에 따라 수치맺음 한다.

작은 부분, 즉 예를 들면 외장 위의 반 나선같이 만약 0.3mm보다 더 두껍지 않은 경우에는 이 계산 방법에 있어서는 무시된다.

A.2 방법

A.2.1 도체 도체의 가상 바깥지름(d_L)은, 모양과 압축에 상관없이, 표 A.1에서 각각의 공칭 단면적으로 나타난다.

표 A.1 - 도체의 가상 바깥지름

도체의 공칭 단면적 mm ²	dL mm	도체의 공칭 단면적 mm ²	dL mm
1.5	1.4	95	11.0
2.5	1.8	120	12.4
4	2.3	150	13.8
6	2.8	185	15.3
10	3.6	240	17.5
16	4.5	300	19.5
25	5.6	400	22.6
35	6.7	500	25.2
50	8.0	630	28.3
70	9.4	800	31.9
		1,000	35.7

A.2.2 심선 어떤 심선의 가상 바깥지름 D_c 는 다음에 따른다:

$$D_c = d_L + 2t_i$$

여기서 t_i : 절연체의 공칭 두께.(mm) (표5 ~ 7. 참고)

만약 금속차폐나 동심의 도체에 적용한다면, A.2.5를 추가로 적용한다.

A.2.3 심선 연합 바깥지름 심선 연합 가상 바깥지름(D_f)은 다음에 따른다.:

a) 모든 도체가 같은 공칭 단면적을 갖는 케이블에서는

$$D_f = kD_c$$

여기서 연합계수 k 는 표 A.2에서 주어진다.

b) 단면적을 줄인 1개 도체를 지닌 4심 케이블에서는:

$$D_f = \frac{2.42(3D_{c1} + D_{c2})}{4}$$

여기서 :

D_{c1} : 금속층이 있을 때는 이를 포함하는 절연된 상 도체의 가상 바깥지름 (mm)

D_{c2} : 절연체나 보호 층이 있을 때는 이를 포함하는 단면적을 줄인 도체의 가상 바깥지름 (mm).

표 A.2 - 연합계수 k

심선의 수	연합계수 k	심선의 수	연합계수 k
2	2.00	24	6.00
3	2.16	25	6.00
4	2.42	26	6.00
5	2.70	27	6.15
6	3.00	28	6.41
7	3.00	29	6.41
7 ^a	3.35	30	6.41
8	3.45	31	6.70
8 ^a	3.66	32	6.70
9	3.80	33	6.70
9 ^a	4.00	34	7.00
10	4.00	35	7.00
10 ^a	4.40	36	7.00
11	4.00	37	7.00
12	4.16	38	7.33
12 ^a	5.00	39	7.33
13	4.41	40	7.33
14	4.41	41	7.67
15	4.70	42	7.67
16	4.70	43	7.67
17	5.00	44	8.00
18	5.00	45	8.00
18 ^a	7.00	46	8.00
19	5.00	47	8.00
20	5.33	48	8.15
21	5.33	52	8.41
22	5.67	61	9.00
23	5.67		
^a 단일 층으로 연합한 심선			

A.2.4 내부 시스 내부 시스 위의 가상 바깥지름(D_B)은 다음에 따른다.

$$D_B = D_f + 2t_B$$

여기서

t_B = 연합(D_f)이 40mm이하인 가상 바깥지름인 경우에는 0.4mm

t_B = D_f 가 40mm초과인 경우에는 0.6mm에 대한 가상 값은 다음과 같이 적용한다.

a) 다심케이블:

- 내부 시스의 적용여부;
- 내부 시스가 압출 형태인지 중첩 형태인지 여부;

12.3.3에 적합한 세퍼레이션 시스를 내부 시스 대신 또는 추가로 사용되지 않는 경우에는 A.2.7을 적용한다.

b) 단심 케이블: 내부 시스가 압출 형태 또는 중첩 형태로인지 여부

A.2.5 동심 도체 및 금속차폐 동심 도체나 금속차폐로 인한 바깥지름의 증가는 표 A.3과 같다.

표 A.3 - 동심도체와 금속차폐의 바깥지름증가

동심 도체 또는 금속차폐의 공칭 단면적	바깥지름 증가	동심 도체 또는 금속차폐의 공칭 단면적	바깥지름증가
mm ²	mm	mm ²	mm
1.5	0.5	50	1.7
2.5	0.5	70	2.0
4	0.5	95	2.4
6	0.6	120	2.7
10	0.8	150	3.0
16	1.1	185	4.0
25	1.2	240	5.0
35	1.4	300	6.0

만약 동심 도체나 금속차폐가 위의 표에서 주어진 값의 2개 사이에 있는 경우에는 바깥지름증가는 2개의 단면적 중에 큰 값으로 한다.

만약 금속차폐인 경우에는 위 표에서 사용된 차폐의 단면적은 다음의 방법으로 계산한다.

a) 테이프 차폐:

$$\text{단면적} = n_t \times t_t \times w_t$$

여기서

n_t : 테이프의 수;

t_t : 각 테이프의 공칭두께(mm).

w_t : 각 테이프의 공칭 폭(mm).

여기서 차폐의 총 두께가 0.15mm미만인 경우 바깥지름 증가는 “0” 이 된다.

- 중첩 형태 테이프 차폐가 두 개나 중첩으로 한 개의 테이프로 만들어지면, 총 두께는 1개 테이프의 2배 두께;
- 케이블 길이 방향으로 테이프로 차폐를 할 때 :

·중첩율 30%미만인 경우 총 두께는 테이프의 두께;

·중첩율 30%이상인 경우 총 두께는 테이프의 2배 두께.

b) 선재 차폐 (반대 방향 나선 형태가 있는 경우):

$$\text{단면적범위} = \frac{n_w \times d_w^2 \times \pi}{4} + A_h + t_h + W_h$$

n_w : 선재의 수;

d_w : 각 선재의 지름(mm);

n_h : 반대 방향 나선의 수;

t_h : 0.3mm보다 더 큰 경우의 반대 방향 나선의 지름(mm);

w_h : 반대 방향 나선의 폭(mm).

A.2.6 납 시스 납 시스(D_{pb})위의 가상 바깥지름은 다음에 따른다.

$$D_{pb} = D_g + 2t_{pb}$$

D_{pb} : 납 시스아래 가공 바깥지름(mm);

t_{pb} : 11항에 따라 계산된 두께(mm).

A.2.7 세퍼레이션 시스 세퍼레이션 시스(D_s)위의 가공 바깥지름은 다음에 따른다.

$$D_s = D_u + 2t_s$$

D_u : 세퍼레이션 시스아래의 가상 바깥지름(mm);

t_s : 12.3.3에 따라 계산된 두께(mm).

A.2.8 중첩 형태 베딩 중첩 형태 베딩(D_{lb})위의 가공 바깥지름은 다음에 따른다.

$$D_{lb} = D_{ulb} + 2t_{lb}$$

D_{ulb} : 중첩 형태 베딩 아래의 가공 바깥지름(mm);

t_{lb} : 12.3.4에 따라 (즉, 1.5mm) 중첩 형태 베딩의 두께(mm).

A.2.9 테이프 외장 케이블의 추가적인 베딩 (내부 시스 위에 된 경우)

표 A.4 - 추가적인 베딩의 바깥지름 증가

추가적인 베딩 아래의 가상 바깥지름		추가적인 베딩의 바깥지름 증가 mm
초과 mm	이하 mm	
—	29	1.0
29	—	1.6

A.2.10 외장 외장(D_x) 위의 가상 바깥지름은 다음에 따른다.

a) 평각 및 원형 선재 외장인 경우:

$$D_x = D_A + 2t_A + 2t_W$$

여기서

D_x : 외장 아래의 바깥지름(mm);

t_A : 외장 선재의 두께나 바깥지름(mm);

t_W : 반대 방향 나선 형태가 있고, 나선의 두께가 0.3mm보다 클 때의 두께(mm).

b) 이중 테이프 외장인 경우:

$$D_x = D_A + 4t_A$$

여기서

D_A : 외장 아래의 바깥지름(mm);

t_A : 외장 테이프의 두께(mm).

부속서 B

(표준)

수치맺음

B.1 가공계산방법을 목적으로 하는 수치맺음

다음의 규칙은 부속서 A에 따라 계산한 가상 바깥지름의 수치맺음과 구성하고 있는 층의 치수를 결정할 때 적용한다.

어떤 단계에서 계산된 값이 십진법이 하나의 소수점보다 많을 때, 값은 0.1mm에 가장 가깝게 십진법의 하나의 소수점으로 수치맺음을 해야 한다. 각 단계에서 가상 바깥지름은 0.1mm에서 수치맺음을 하고, 윗 층의 두께와 치수를 결정하는 데 사용될 때, 적당한 공식이나 표에서 사용되기 전에 수치맺음을 해야 한다. 가상 바깥지름의 수치맺음으로부터 계산된 두께는 부속서 A에서 필요한 것 같이 0.1mm에서 차례로 수치맺음을 해야 한다. 이 규칙의 실례를 보여주기 위해서, 다음의 특별한 예가 주어진다.

a) 수치맺음을 하기 전에 10진법 두 번째 소수점에서의 수가 0, 1, 2, 3이나 4일 때, 10진법 첫 번째 소수점에서 남는 수는 변하지 않는다.(자리내림)

예:

$$\begin{aligned} 2.12 &\approx 2.1 \\ 2.449 &\approx 2.4 \\ 25.0478 &\approx 25.0 \end{aligned}$$

b) 수치맺음을 하기 전에, 10진법의 두 번째 소수점에서의 수가 9, 8, 7, 6이나 5일 때, 10진법 첫 번째 소수점에서 수는 하나 올라간다.(자리올림)

예:

$$\begin{aligned} 2.17 &\approx 2.2 \\ 2.453 &\approx 2.5 \\ 30.050 &\approx 30.1 \end{aligned}$$

B.2 다른 목적을 위한 수치맺음

B.1에서 고려된 것보다 다른 목적에서는, 그것은 십진법 하나의 소수점보다 많은 수의 수치맺음의 값을 필요로 한다. 예를 들면, 여러 개의 측정 결과의 평균값이나, 주어진 공칭 값의 백분율 오차를 적용하는 최솟값 계산에서 발생할 수 있다. 이때는 수치맺음에 관계된 항에서 자세하게 나와 있는 십진법 소수점의 처리가 이루어져야 한다.

수치맺음은 다음과 같다:

a) 남겨진 마지막 수는 다음처럼 따라가게 된다. 수치맺음을 하기 전에, 0, 1, 2, 3, 4이면 변하지 않는다. (자리내림);

b) 남겨진 마지막 수는 다음처럼 따라가게 된다. 수치맺음을 하기 전에, 9, 8, 7, 6 또는 5이면 하나 증가한다. (자리올림).

예:

$$\begin{aligned} 2.449 &\approx 2.45 && \text{두 번째 소수점에서의 수의 처리} \\ 2.449 &\approx 2.4 && \text{첫 번째 소수점에서의 수의 처리} \\ 25.0478 &\approx 25.048 && \text{세 번째 소수점에서의 수의 처리} \\ 25.0478 &\approx 25.05 && \text{두 번째 소수점에서의 수의 처리} \\ 25.0478 &\approx 25.0 && \text{첫 번째 소수점에서의 수의 처리} \end{aligned}$$

부속서 C
(표준)
HEPR 절연체의 경도 결정

C.1 시험편

시험편은 측정하려는 HEPR 절연체의 외부의 모든 커버링을 조심스럽게 제거한 완성품 케이블의 샘플이어야 한다. 다른 방법으로 절연된 심선의 샘플을 사용할 수도 있다.

C.2 시험절차

시험은 아래에서의 지시를 제외하고는 ISO 48에 따라 이루어진다.

C.2.1 큰 곡률반경의 표면

ISO 48에 따른 시험 기구는 HEPR 절연체와 하부를 견고하게 수직의 접촉을 하여야 한다. 이것은 다음의 방법 중의 하나로 행해진다.

- a) 시험기구는 곡면에서 조정할 수 있고, 유니버설 조인트부에서 움직임이 가능한 피트로 고정되어야 한다.
- b) 시험기구는 받침대 A와 A'가 병렬로 된 두 개로 고정되며, 그 간격은 표면의 곡률에 따른다.

이런 방법은 20mm미만의 곡률 반경의 표면에서 사용될 수도 있다.

HEPR 절연체의 두께가 4mm미만으로 일 때는 ISO 48에 따른 방법으로 된 얇고 작은 시편용 시험기구가 사용되어야 한다.

C.2.2 작은 곡률반경의 표면

C.2.1에 설명된 과정에서 너무 작은 곡률 반경의 표면에서 시험편에 수직한 방향으로 가압 축에 누르는 힘을 증가시킬 때, HEPR 절연체가 움직이는 것을 최소로 하기 위한 방법으로 시험기구와 동일하게 견고한 받침대에 시험편을 지지하여야 한다. 적절한 절차는 다음과 같다:

- a) 시험편이 글로브에 놓이거나 금속지그를 관통하는 경우(그림 C.2a를 참고);
- b) V-블록에 시험편의 도체 끝단이 놓이는 경우(그림 C.2b를 참고).

이 방법에 의해 측정된 표면의 가장 작은 곡률 반경은 최소한 4mm가 되어야 한다.

더 작은 반경인 경우에는 ISO 48의 방법으로 된 얇고 작은 시편용 시험기구가 사용되어야 한다.

C.2.3 조건과 시험온도

제조에서의 가류와 시험할 때까지 최소기간은 16시간이다.

시험은 $(20 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ 의 온도에서 행해지고 시험편은 시험 전 적어도 3시간 동안 이 온도에서 유지되어야 한다.

C.2.4 측정회수

하나의 측정은 시험편 주위에 분포된 세 개나 다섯 개의 다른 점에서 각각 이루어져야 한다.

결과의 중앙값이 시험편의 경도로서 얻어지어야 하며, 국제 고무경도등급(IHRD)에 가장 가까운 수로 표시되어야 한다.

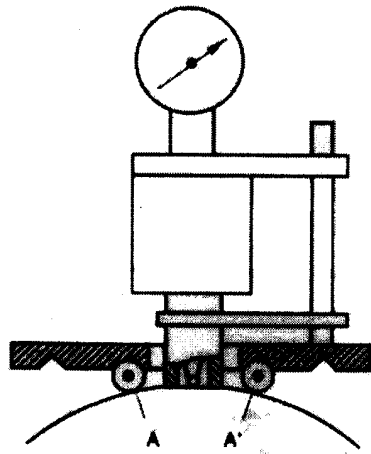


그림 C.1 - 큰 곡률 반경의 표면에서의 시험

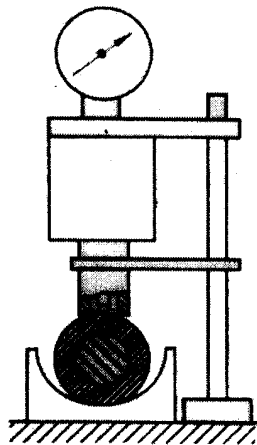


그림 C.2a

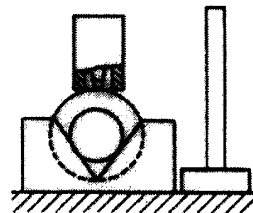


그림 C.2b

그림 C.2 - 작은 곡률 반경의 표면에서의 시험