제정 기술표준원고시 제2001 - 152호 (2001. 3. 6)
개정 기술표준원고시 제2003 - 523호 (2003. 5. 24)

전기용품안전기준

K 60664-1

[KS C IEC 2001]

저압기기의 절연협조
제1부 원칙 요구사항 및 시험

머 리 말

이 규격은 산업표준화에 기초하여 산업표준심의회 전기부회 심의를 거쳐 기술표준원장이 제정한 한국산업규격이다. 이 규격은 **IEC 60664-1**: 2000, Insulation coordination for equipment within low-voltage systems - Part 1:Principles, requirement and tests를 기초로 하고 있다.

KS C IEC 60664-1에는 다음에 나타나는 부속서가 있다.

부속서 A(참고) 절연거리의 내 특성에 관한 기본 데이터

부속서 B(참고) 과전압 제어의 상이한 모드에 대한 공급 계통의 공칭 전압

부속서 C(참고) 부분 방전 시험 방법

부속서 D(참고) 부분 방전 시험 방법에 대한 부가 정보

목 차

서 문 ····· 1

1. 일반사항 및 정의 ····· 1
1.1 적용 범위 ····· 1
1.2 인용 규격 ····· 1
1.3 정의 ····· 3

2. 절연 협조의 기본 ····· 5
2.1 기본 원리 ····· 5
2.2 전압과 전압 정격 ····· 6
2.3 주파수 ····· 9
2.4 전압 스트레스 하에서의 시간 ····· 9
2.5 오염 ····· 9
2.6 기기와 함께 제공된 정보 ····· 10
2.7 절연물 ····· 10

3. 요구사항과 치수결정 법칙 ····· 11
3.1 절연거리의 치수결정 ····· 11
3.2 연면거리의 치수결정 ····· 14
3.3 고체 절연의 설계 요구사항 ····· 20

4. 시험 및 측정 ····· 23
4.1 시험 ····· 23
4.2 연면거리와 공간거리의 측정 ····· 31

부속서 A(참고) 절연거리의 내 특성에 관한 기본 데이터 ····· 37

부속서 B(참고) 과전압 제어의 상이한 모드에 대한 공급 계통의 공칭 전압 ····· 42

부속서 C(참고) 부분 방전 시험 방법 ····· 44
C.1 시험 회로 ····· 44
C.1.1 접지된 시험편을 위한 시험 회로 ····· 44
C.1.2 비접지된 시험편을 위한 시험 회로 ····· 45
C.1.3 선정 기준 ····· 45
C.1.4 측정 임피던스 ····· 45
C.1.5 결합 커패시터 C_k ····· 45
C.1.6 필터 ····· 45
C.2 시험 변수 ····· 45
C.2.1 시험 전압에 대한 요구사항 ····· 45

C.2.2 기후 조건 ····· 45
C.3 측정기기에 대한 요구사항 ····· 46
C.3.1 일반사항 ····· 46
C.3.2 PD 측정기의 분류 ····· 46
C.3.3 시험 회로의 대역폭 ····· 46
C.4 교정 ····· 46
C.4.1 소음 레벨 측정전 방전 크기의 교정 ····· 46
C.4.2 소음 레벨의 검증 ····· 47
C.4.3 PD 시험의 교정 ····· 47
C.4.4 교정 펄스 발생기 ····· 47

부속서 D(참고) 부분 방전 시험 방법에 대한 부가 정보 ····· 49
D.1 PD 개시 전압과 소멸 전압의 측정 ····· 49
D.2 PD 시험 회로의 설명 ····· 49
D.3 소음 감소에 대한 주의 사항 ····· 50
D.3.1 일반사항 ····· 50
D.3.2 소음원 ····· 50
D.3.3 소음 저감 대책 ····· 50
D.4 시험 전압에 대한 배율 계수의 적용 ····· 50
D.4.1 예 1 ····· 50
D.4.2 예 2 ····· 50

한 국 산 업 규 격 KS

저압기기의 절연협조 C IEC 60664-1 : 2001
제1부 : 원칙, 요구사항, 시험

Insulation coordination for equipment within low-voltage systems
Part 1 : Principles, requirement and tests

서 문 이 규격은 저압기기의 절연협조 규정의 제정을 위해 이와 부합되는 국제규격인 **IEC 60664-1** : 2000, Insulation coordination for equipment within low-voltage systems를 토대로 작성된 산업규격으로 **저압기기의 절연협조 제1부**를 구성한다. 기술적인 변경 내용없이 **IEC 60664-1**를 그대로 적용하는 것으로 하였다. 이 규격을 적용하는데 있어서 인용되고 있는 규격도 동시에 참조해야 한다.

1. 일반사항 및 용어 정의

1.1 적용 범위

1.1.1 이 규격은 저압기기의 절연 협조를 다룬다. 이 규격은 직류 1500V 이하 또는 30㎑ 이하의 정격주파수를 갖는 교류 1000V 이하인 해발고도 최대 2000m 까지 사용할 수 있는 기기에 적용한다.

이 규격은 성능 기준을 토대로 하는 기기의 공간거리, 연면거리와 고체 절연의 요구사항을 규정한다. 여기에는 절연 협조에 대한 전기 시험 방법이 포함된다.

이 규격에서 규정한 최소 절연거리는 이온화 기체가 발생하는 곳에는 적용하지 않는다. 이러한 상황에서의 특별 요구사항은 관련 기술위원회의 재량에 따라 규정할 수 있다.

이 규격은 다음과 같은 거리에 적용하지 않는다.

- 액체 절연을 통과하는 거리
- 공기 이외의 기체를 통과하는 거리
- 압축 공기를 통과하는 거리

비 고 1 최대 1 ㎒의 범위 확장은 현재 고려중이다.

비 고 2 높은 전압이 기기의 내부 회로에 존재할 수 있다.

비 고 3 2000 m를 초과하는 고도 요구사항은 **부속서 A**의 **표 A.2**로 유도할 수 있다.

1.1.2 기본 안전 규격의 목적은 절연 협조를 달성할 수 있도록 요구사항을 합리화하기 위해 각 기기에 책임이 있는 기술위원회에 권고하는 것이다.

이 규격은 기기의 공기절연거리, 연면 거리, 고체 절연을 규정할 때 기술위원회에 지침을 제공하는데 필요한 정보를 제공한다.

1.2 인용 규격 다음 인용 규격에는 **KS C IEC 60664**의 이 부분의 조항을 구성하는 조항을 포함하고 있다. 발행시에 표시된 판은 유효하였다. 모든 인용 규격은 개정판을 따르고, **KS C IEC 60664**의 이 부분에 근거하여 계약을 체결한 당사자는 아래에 명시된 인용 규격 중에서 가장 최신의 개정판을 적용할 것을 권고한다. **IEC**와 **ISO** 회원국은 현재 유효한 국제 규격의 목록을 보유하고 있다.

IEC Guide 104 *1984, Guide to the drafting of safety publications, and the role of committees*

with safety pilot functions and safety group functions

IEC 60038 1983, *IEC standard voltages*
IEC 60050(151) 1978, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) - Chapter 151: Electrical and magnetic devices*
IEC 60050(604) 1987, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) - Chapter 604: Generation, transmission and distribution of electricity - Operation*
IEC 60060-1 1989, *High-voltage test techniques - Part 1: General definitions and test requirements*
IEC 60068-1 1988, *Environmental testing - Part 1: General and guidance*
IEC 60068-2-2 1974, *Environmental testing - Part 2: Tests, Tests B: Dry heat*
IEC 60068-2-3 1969, *Environmental testing - Part 2: Tests, Test Ca: Damp heat, steady state*
IEC 60068-2-14 1984, *Environmental testing - Part 2: Tests, Test N: Change of temperature*
IEC 60085 1984, *Thermal evaluation and classification of electrical insulation*
IEC 60099-1 1991, *Lightning arresters - Part 1: Non-linear resistor type arresters for a.c. systems*
IEC 60112 1979, *Method for determining the comparative and the proof-tracking indices of solid insulating materials under moist conditions*
IEC 60126, *Guide for the determination of thermal endurance properties of electrical insulating materials*
IEC 60243-1 1988, *Methods of test for electric strength of solid insulating materials - Part 1: Tests at power frequencies*
IEC 60335-1 1991, *Safety of household and similar electrical appliances - Part 1: General requirements*
IEC 60364-4-41 1982, *Electrical installations of buildings - Part 4: Protection for safety - Chapter 41: Protection against electric shock*
IEC 60364-4-442 1992, *Electrical installations of buildings - Part 4: Protection for safety - Chapter 44: Protection against overvoltages - Section 442: Protection of low-voltage installations against faults between high-voltage systems and earth*
IEC 60364-4-443 1990, *Electrical installations of buildings - Part 4: Protection for safety - Chapter 44: Protection against overvoltages - Section 443: Protection against overvoltages of atmospheric origin or due to switching*
IEC 60364-5-537 1981, *Electrical installations of buildings - Part 5: Selection and erection of electrical equipment - Chapter 53: Switchgear and controlgear - Section 537: Devices for isolation and switching. Amendment No. 1(1989)*
IEC 60529 1989, *Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)*
IEC 60536 1976, *Classification of electrical and electronic equipment with regard to protection against electric shock*
IEC 60669-1 1981, *Switches for household and similar fixed electrical installations - Part 1: General requirements*

IEC 60730-1 1990, *Automatic electrical controls for electrical household appliances - Part 1: General requirements*

1.3 정의 이 규격에서의 용어 정의는 다음과 같다.

1.3.1 절연 협조 예상되는 미시환경과 기타 영향을 주는 스트레스를 고려하는, 전기 기기의 절연 특성의 상호 관계

비 고 예상된 전압 스트레스는 1.3.5에서 1.3.7까지 정의된 특성으로 특성화된다.

1.3.2 절연거리 공기 중에서 두 개의 도체 사이의 최단 거리

1.3.3 연면거리 두 개의 도체 사이에서 절연물의 표면을 따른 최단 거리 (IEV 60151-03-37)

1.3.4 고체 절연 두 개의 도전성 부분 사이에 끼워진 고체 절연물

1.3.5 동작 전압 정격사용전압을 가했을 때 절연부 간에 걸릴 수 있는 교류전압의 최대 실효값 또는 직류전압의 최대 실효값

비 고 1 과도현상은 무시한다.

비 고 2 개방된 회로 조건과 일반 동작 조건을 모두 고려한다.

1.3.6 순환 파고 전압(U_{rp}) 교류 전압의 왜곡이나 직류 전압에 중첩된 교류 구성요소로 인해 발생한 전압 파형의 주기적 크기의 최대 파고값

비 고 비주기적 개폐로 인한 임의적 과전압은 순환 파고 전압으로 고려하지 않는다.

1.3.7 과전압 정상 동작 조건에서 최대 정상상태 전압의 파고값을 초과하는 파고값을 가진 전압

1.3.7.1 일시 과전압 비교적 긴 지속시간의 상용주파에서의 과전압

1.3.7.2 과도 과전압 수 ms 정도의 짧은 지속시간을 갖는 과전압, 진동 또는 무진동이 발생하며 대개 고감쇠 특성을 갖는다.(IEC 60604-03-13)

1.3.7.2.1 개폐 과전압 특정한 개폐 동작이나 고장으로 인한 계통의 어떤 지점에서 과도 과전압

1.3.7.2.2 뇌 과전압 특정한 뇌 방전으로 인한 계통의 어떤 지점에서의 과도 과전압

1.3.7.3 기능 과전압 장치 기능에 필요한, 의도적으로 인가한 과전압

1.3.8 내전압

1.3.8.1 임펄스 내전압 규정 조건하에서 절연파괴를 일으키지 않는, 규정된 형태와 극성의 임펄스 전압의 최대 파고값

1.3.8.2 내전압(실효값) 규정 조건하에서 절연파괴를 일으키지 않는 전압의 최대 실효값

1.3.8.3 순환 파고 내전압 규정 조건하에서 절연파괴를 일으키지 않는 순환 전압의 최대 파고값

1.3.8.4 일시 내전압 규정 조건하에서 절연파괴를 일으키지 않는 일시 과전압의 최대 실효값

1.3.9 정격 전압 어떤 구성요소, 장치, 기기에 제조업체가 지정한 전압값. 정격 전압은 동작 및 성능 특성을 말한다.

비 고 기기는 하나 이상의 정격 전압값을 가질 수 있거나 정격 전압 범위를 가질 수 있다.

1.3.9.1 정격 절연 전압 절연설계의 기준이 되는 전압으로 절연거리 및 내전압을 만족하는 전압

비 고 정격 절연 전압은 기능 성능에 주로 관련된 기기의 정격 전압과 반드시 동일하지 않다.

1.3.9.2 정격 임펄스 전압 제조업체에서 기기나 그 부품에 지정한 임펄스 내전압. 과도 과전압에 대해 절연체의 규정된 내절연 능력을 특성화한다.

1.3.9.3 정격 순환 파고 전압 제조업체에서 기기나 그 부품에 지정한 순환 파고 내전압. 순환 파고 전압에 대해 절연체의 규정된 내절연 능력을 특성화한다.

1.3.9.4 정격 일시 과전압 제조업체에서 기기나 그 부품에 지정한 일시 내전압 값. 교류 전압에 대해 절연체의 규정된 (단시간) 내절연 능력을 특성화한다.

1.3.10 과전압 범주 과도 과전압 조건을 정의하는 숫자

비 고 과전압 범주 I, II, III을 사용한다. 2.2.2.1 참조.

1.3.11 오염 절연체의 전기적 강도나 표면 저항을 감소시킬 수 있는 이물질, 고체, 액체, 기체의 첨가

1.3.12 환경

1.3.12.1 거시환경 기기가 설치되거나 사용된 실내 또는 기타 위치의 환경

1.3.12.2 미시환경 연면거리의 치수 결정에 특히 영향을 주는, 절연체에 바로 인접한 환경

1.3.13 오염 등급 미시환경의 예상 오염을 특성화하는 숫자

비 고 오염 등급 1, 2, 3, 4를 사용한다. 2.5.1 참조

1.3.14 균일전계 각 구의 반경이 이들 거리보다 더 큰 두 개의 구 사이의 전극간에 일정 전위경도를 갖는 전계

비 고 균일전계 조건은 경우 B라고 한다.

1.3.15 비균일 전계 전극간에 일정 전위경도를 갖지 않는 전계

비 고 점-평판(point-plane) 전극 구성의 비균일전계 조건은 내전압 능력에 대해서는 최악의 경우이며 경우 A라고 한다. 30 ㎛의 반경과 1 m × 1 m의 평면을 갖는 점(point) 전극으로 나타낸다.

1.3.16 제어된 과전압 조건 예상 과도 과전압이 정의된 레벨로 제한되는 전기 계통 내의 조건

1.3.17 절연

1.3.17.1 기능 절연 기기 본래의 기능에 필요한 절연

1.3.17.2 기초 절연 감전을 막기 위한 기본보호를 갖춘 충전부에 적용된 절연

비 고 - 기초 절연은 기능보호를 위해 이용되는 절연을 반드시 포함하는 것은 아니다

1.3.17.3 부가 절연 기초 절연이 파괴된 경우에 확실히 감전을 방지할 수 있도록 기초절연에 설치된 독립된 절연(IEC 60536의 2.2)

1.3.17.4 이중 절연 기초 절연과 부가 절연으로 구성된 절연(IEC 60536의 2.3)

1.3.17.5 강화 절연 충전부에 적용된 단일 절연 계통, 관련 IEC 표준에 정의된 조건하에서 이중 절연과 동등한 감전에 대한 보호 등급을 제공한다 (IEC 60536의 2.4)

비 고 단일 절연 계통은 절연체가 하나의 균일한 개체이어야 한다는 것을 의미하는 것은 아니다. 기초 또는 부가 절연으로 단일하게 시험할 수 없는 몇 개의 층으로 구성할 수 있다.

1.3.18 부분 방전(PD) 절연체를 부분적으로 이어주는 전기적 방전

1.3.18.1 방전 전하 q 시험용 시편의 단자에서 측정할 수 있는 전기 전하

비 고 1 방전 전하는 부분 방전보다 작다.

비 고 2 방전 전하의 측정은 시험용 시편의 단자에서 단락회로 조건을 필요로 한다(**부속서 D, D.2** 참조)

1.3.18.2 규정된 방전 크기 이 규격의 목적에 따라 제한값으로 간주한 방전 전하의 크기

비 고 최대 크기를 가진 펄스로 평가해야 한다.

1.3.18.3 펄스 반복율 검출 레벨보다 더 높은 방전 전하를 가진 초당 펄스의 평균 수

비 고 이 표준의 범위 내에서, 펄스 반복율에 따라 방전 크기를 측정하는 것은 허용되지 않는다.

1.3.18.4 부분 방전 개시 전압(U_i) 시험 전압이 방전이 발생하지 않은 경우 낮은 값 위로 증가할 때 방전 전하가 규정된 방전 크기보다 더 크게 되는 시험 전압의 최저 파고값

비 고 교류 시험의 경우 실효값을 사용할 수 있다.

1.3.18.5 부분 방전 소멸 전압(U_e) 시험 전압이 방전이 발생하는 경우 높은 값 아래로 감소할 때

방전 전하가 규정된 방전 크기보다 더 작게 되는 시험 전압의 최저 파고값

비 고 교류 시험의 경우 실효값을 사용할 수 있다.

1.3.18.6 부분 방전 시험 전압(U_{pd}) 4.1.2.4.2의 절차에 대한 시험 전압의 파고값. 방전 전하가 규정된 방전 크기보다 작아야 한다.

비 고 교류 시험의 경우 실효값을 사용할 수 있다.

1.3.19 시험

1.3.19.1 형식 시험 설계된 기계 또는 장치를 대표하는 여러 개의 샘플에 대해 규격에 나타난 각 조항을 만족하는지를 판정하기 위한 하나 이상의 장치시험(IEV 60151-04-15)

1.3.19.2 정기 시험 제품이 설계시방에 적합한지를 증명하기 위해 제조단계 또는 제조 후에 부품과 재료에 대해서 행하는 시험(IEV 60151-04-16)

1.3.19.3 샘플링 시험 많은 장치에 일괄적으로 임의로 취한 시험(IEV 60151-04-17)

1.3.20 전기적 절연파괴 방전이 완벽하게 절연체를 이어줄 때 전기적 스트레스하에서 절연의 고장. 전극간 전압은 거의 0으로 떨어진다.

1.3.20.1 방전개시 기체 또는 액체 매질에서의 전기적 절연파괴

1.3.20.2 플래시오버 기체 또는 액체 매질에 위치한 고체 절연의 표면을 따라 발생하는 전기적 절연파괴

1.3.20.3 관통파괴 고체 절연을 통해 발생하는 전기적 절연파괴

2. 절연 협조의 기본

2.1 기본 원리 절연 협조는 적용과 주위환경에 대한 기기의 전기적 절연 특성의 선택을 의미한다. 절연 협조는 기기 설계가 예상 수명시간 동안 받을 수 있는 스트레스에 기초할 경우에만 실현될 수 있다.

2.1.1 전압에 대한 절연 협조 고려사항은 다음과 같다.

- 계통 내에 발생할 수 있는 전압
- 기기(계통 내의 다른 기기에 악영향을 줄 수 있는)에 의해 생성된 전압
- 원하는 사용 연속성 등급
- 인체와 재산의 안전. 전압 스트레스로 인한 불요 사고의 가능성이 수용불가능한 손상 위험으로 이어지지 않는다.

2.1.1.1 장기간 교류 또는 직류 전압에 대한 절연 협조 장기간 전압에 대한 절연 협조는 다음을 토대로 한다.

- 정격 전압
- 정격 절연 전압
- 동작 전압

2.1.1.2 과도 과전압에 대한 절연 협조 과도 과전압에 대한 절연 협조는 제어된 과전압 조건을 토대로 한다. 다음과 같은 두 가지 종류의 제어가 있다.

- 고유 제어: 계통의 특성이 예상 과도 과전압을 정의한 레벨로 제한할 것으로 예상할 수 있는 전기 계통 내의 조건
- 보호 제어: 특정한 과전압 감쇠 수단이 예상 과도 과전압을 정의한 레벨로 제한할 것으로 예상할 수 있는 전기 계통 내의 조건

비 고 1 복수의 변수 영향에 놓여있는 저전압 전원과 같은 복잡한 대용량 계통에서 과전압은 통계를 기반으로 할 경우에만 평가할 수 있다. 이는 특히 대기 원점 과전압의 경우에 적용되며, 제어된 조건이 고유 제어의 결과로 또는 보호 제어를 통해

달성되는지에 따라 적용한다.

비 고 2 개연적 분석은 고유 제어가 존재하는지 또는 보호 제어가 필요한지를 평가하도록 권고한다. 이 분석은 전기 계통 특성, keraunic 레벨, 과도 과전압 레벨 등을 알아야 한다. 이 접근방식은 저전압으로 수전받는 건물의 전기설비의 경우에 **IEC 60364-4-443**에서 사용하였다.

비 고 3 특정한 과전압 감쇠 수단은 에너지 저장 및 소모 수단을 가진 장치가 될 수 있고, 정의된 조건하에서 해당 위치에서 예상되는 과전압 에너지를 무해하게 소모할 수 있는 장치가 될 수 있다.

절연 협조의 개념을 적용하려면 두 개의 서로 다른 전원에서 과도 과전압 사이의 차이를 알아야 한다.

- 기기가 단자를 통해 연결된 계통에서 시작하는 과도 과전압
- 기기에서 시작하는 과도 과전압

절연 협조는 정격 임펄스 전압의 표준 시리즈 값을 사용한다.

330 V, 500 V, 800 V, 1500 V, 2500 V, 4000 V, 6000 V, 8000 V, 12000 V

2.1.1.3 순환 파고 전압에 대한 절연 협조 부분 방전이 고체 절연에서 또는 절연 표면을 따라 발생할 수 있는 범위를 고려해야 한다.(현재 제정중)

2.1.1.4 일시 과전압에 대한 절연 협조 이 하부조항은 현재 제정중이다. **3.3.3.2.2.1**과 **IEC 60364-4-442** 참조

2.1.2 환경 조건에 대한 절연 협조 절연에 대한 미시환경 조건은 오염 등급에 의해 정량화될 때 고려한다.

미시환경 조건은 주로 기기가 위치한 거시환경 조건에 주로 의존하며 대부분의 경우에 이 환경은 동일하다. 그러나, 미시환경은 거시환경, 예를 들어 외곽, 가열, 환기 또는 미시환경의 먼지 영향보다 좋거나 나쁠 수 있다.

비 고 **IEC 60529**에 규정된 등급에 따라 제공된 외곽에 의한 보호는 오염에 대해 미시환경을 반드시 개선하는 것은 아니다.

가장 중요한 환경 변수는 다음과 같다.

- 절연거리의 경우
  - 기압
  - 온도, 변화가 큰 경우
- 연면거리의 경우
  - 오염
  - 상대습도
  - 응축
- 고체 절연의 경우
  - 온도
  - 상대습도

2.2 전압과 전압 정격 절연 협조에 따라 기기의 치수 결정을 위해, 기술 위원회는 다음을 규정한다.

- 전압 정격의 기준
- 연결될 계통의 특성을 고려한, 기기의 예상 사용에 따른 과전압 범주.

2.2.1 장기간 스트레스에 대한 과전압의 결정 기기의 정격 전압은 공급 계통의 공칭 전압보다

작지 않다고 가정한다.

2.2.1.1 기초 절연의 치수 결정을 위한 전압

2.2.1.1.1 저전압 전원에서 직접 공급된 기기 저전압 전원의 공칭 전압은 **표 3a**와 **3b**(**3.2.1.1** 참조)에 따라 합리화되었고, 이 전압들은 연면거리의 선정에 사용할 수 있는 최소값이다. 또한 정격 절연 전압의 선정에도 사용할 수 있다.

저전압 전원의 서로 다른 공칭 전압에 사용할 수 있도록 몇 개의 정격 전압을 갖는 기기의 경우 선택한 전압은 기기의 최고 정격 전압에 적합해야 한다.

기술위원회는 해당 전압이 다음을 토대로 선정되었는지를 고려해야 한다.

- 선간 전압
- 선-중성점 전압

선-중성점 전압의 경우, 기술 위원회는 사용자에게 기기가 중성점 접지 계통 전용임을 알릴 수 있는 방법을 규정해야 한다.

2.2.1.1.2 저전압 전원에서 직접 공급되지 않은 계통, 기기, 내부 회로 계통, 기기, 내부 회로에서 발생할 수 있는 최고전압의 실효값은 기초 절연에 사용한다. 이 전압은 정격 전압과 기기의 정격 내에서 다른 조건의 가장 단조로운 조합하에서 공급을 위해 결정된다.

비 고 고장 조건은 고려하지 않는다.

2.2.1.2 기능 절연의 치수 결정을 위한 전압 사용 전압을 기능 절연에 필요한 치수를 결정하는데 사용한다.

2.2.2 정격 임펄스 전압의 결정 과도 과전압을 정격 임펄스 전압을 결정하기 위한 기준으로 취한다.

2.2.2.1 과전압 범주 과전압 범주 개념은 저전압 전원에서 직접 공급된 기기에 사용한다.

비 고 과전압 범주 개념은 **IEC 60364-4-443**에 사용된다.

다른 계통, 예를 들어 통신 및 데이터 계통에 연결된 기기에도 유사한 개념을 사용할 수 있다.

2.2.2.1.1 저전압 전원에서 직접 공급된 기기 기술위원회는 다음의 과전압 범주에 대한 일반적인 설명을 토대로 과전압 범주를 규정한다(**IEC 60364-4-443** 참조).

- 과전압 범주 IV의 기기는 설비의 도입부에 사용한다.

  비 고 이 기기의 예는 계측기 및 1차 과전류 보호 기기이다.

- 과전압 범주 III의 기기는 고정 설비의 기기에, 그리고 기기의 신뢰성과 이용도가 특수한 요구사항을 갖는 기기이다.

  비 고 이 기기의 예는 고정 설비에 영구 연결된, 산업용 고정 설비 및 기기에 고정된 스위치이다.

- 과전압 범주 II의 기기는 고정 설비에서 공급받는 부하기기이다.

  비 고 이 기기의 예는 가전기기, 휴대형 공구 및 기타 가정용 및 유사 부하이다.
  이 기기가 신뢰성과 이용도에 대해 특별한 요구사항을 가질 경우 과전압 범주 III를 적용한다.

- 과전압 범주 I의 기기는 과도 과전압을 적절하게 낮은 레벨로 제한한 회로에 연결된 기기이다.

  비 고 예는 보호 전자 회로이다.

2.2.2.1.2 저전압 전원에서 직접 공급되지 않은 계통과 기기 기술위원회는 해당하는 경우 과전압 범주 또는 정격 임펄스 전압을 규정할 것을 권고한다. **2.1.1.2**의 표준 시리즈의 적용을 권고한다.

비 고 통신 및 산업용 제어 계통 또는 차량의 독립 계통이 이 계통의 예이다.

2.2.2.2 기기의 정격 임펄스 전압의 선택 기기의 정격 임펄스 전압은 규정한 과전압 범주에 따라, 그리고 기기의 정격 전압에 따라 **표 1**에서 선택한다.

비 고 1 특별한 정격 임펄스전압을 갖고 하나 이상의 정격 전압을 갖는 기기는 서로 다른 과전압 범주에 사용하기 적합하다.

비 고 2 개폐 과전압을 고려할 경우는 2.2.2.4를 참조한다.

표 1 저전압 전원에서 직접 공급된 기기의 정격 임펄스 전압

IEC 60038[3]에 기반한 공급 계통의 공칭 전압 [1]		공칭 선-중성점 전압의 최대 값 V	정격 임펄스 전압 [2]			
			과전압 범주 [4]			
3상	단상		I	II	III	IV
230/400 277/480 400/690 1000	120-240	50	330	500	800	1500
		100	500	800	1500	2500
		150	800	1500	2500	4000
		300	1500	2500	4000	6000
		600	2500	4000	6000	8000
		1000	4000	6000	8000	12000

주 [1] 기존의 서로 다른 저전압 전원과 그 공칭 전압에 대한 적용은 **부속서 B**를 참조한다.

[2] 이러한 정격 임펄스 전압을 갖는 기기는 IEC 60364-4-443에 따라 설치에 사용할 수 있다.

[3] / 표시는 3상 4선식 배전 계통을 나타낸다. 낮은 값은 선과 중성점 사이의 전압이며 높은 값은 선간 전압이다. 하나의 값만 표시된 경우는 3상 3선식 계통을 의미하며 선간 값을 규정한다.

[4] 과전압 범주의 설명은 2.2.2.1.1을 참조한다.

2.2.2.3 기기내 임펄스 전압 절연 협조

2.2.2.3.1 외부 과도 전압에 의해 현저히 영향을 받는 기기내 부품이나 회로의 경우, 기기의 정격 임펄스 전압을 인가한다. 기기의 동작에 의해 발생할 수 있는 과도 과전압은 2.2.2.4에서 규정한 것을 초과하는 외부 회로 조건에 영향을 미치지 않는다.

2.2.2.3.2 외부 과도 과전압에 의해 현저히 영향을 받지 않도록 과도 과전압에 대해 특별하게 보호되는 기기내 다른 부품이나 회로의 경우, 기초 절연에 필요한 임펄스 내전압은 기기의 정격 임펄스 전압에 관련되지 않고 해당 부품이나 회로의 실제 조건에 관련된다. 그러나, 임펄스 전압값의 표준 시리즈의 적용은 2.1.1.2에서 소개한 대로 표준화를 허용하도록 권고한다. 다른 경우에 **표 2**값의 보간이 허용된다.

2.2.2.4 기기에 의해 발생한 개폐 과전압 기기 단자에서 과전압을 생성할 수 있는 기기의 경우, 예를 들어 개폐장치의 경우, 정격 임펄스 전압은 기기를 관련 표준과 제조업체의 지침에 따라 사용할 때 기기가 이 값을 초과하는 과전압을 발생하지 않는다는 것을 의미한다.

비 고 정격 임펄스 전압을 초과하는 전압이 발생할 수 있는 잔류 위험은 회로 조건에 따라 달라진다.

특별한 정격 임펄스 전압이나 과전압 범주를 갖는 개폐 장치가 낮은 과전압 범주의 것보다 더 높은 과전압을 생성하지 않는 경우, 두 개의 정격 임펄스 전압이나 두 개의 과전압 범주를 갖는다. 임펄스 내전압에 관련된 것이 높을수록, 생성된 과전압에 관한 것은 낮아진다.

비 고 주어진 정격 임펄스 전압 값은 해당 최대 크기의 과전압이 계통에 효과적이 될 수 있어, 결과적으로, 기기가 낮은 과전압 범주에 사용하기 부적합할 수 있고 낮은 범주에 적합한 억압 수단을 필요로 한다는 것을 의미한다.

2.2.2.5 인터페이스 요구사항 기기는 과전압을 적절히 제한할 수 있는 곳에서 높은 고전압 범주의 조건하에서 사용할 수 있다. 적합한 과전압 감쇠수단은 다음과 같다.

- 과전압 보호장치
- 절연된 권선이 있는 변압기
- 복잡한 분기 회로가 있는 배전 계통(서지 에너지를 전환시킬 수 있는)
- 서지 에너지를 흡수할 수 있는 정전용량
- 서지 에너지를 소비할 수 있는 저항이나 유사한 감쇠 장치

비 고 설비 내 또는 기기 내 과전압 보호장치가 높은 클램프 전압을 갖는 설비의 도입부에 있는 과전압 보호장치보다 더 많은 에너지를 소모할 수도 있다는 사실에 주의한다. 이는 최저 클램프 전압을 가진 과전압 보호장치에 적용한다.

2.2.3 순환 파고 전압의 결정 본 절은 현재 제정중이다.

2.2.4 일시 과전압의 결정

2.2.4.1 일반사항 공급 계통의 고장으로 인한 가장 어려운 일시 과전압에 관련된 상황은 **IEC 60364-4-442**에서 다루고 있다. 이 규격은 고전압 계통과 접지 사이에 고장이 발생한 경우 저전압 계통의 기기와 인체의 안전을 고려한다.

2.2.4.2 고장 전압 고전압 계통에서 지락 고장으로 인한 고장 전압 또는 접촉전압의 크기와 지속시간은 IEC 60364-4-442의 **그림 44 A**에 명시되어 있다.

2.2.4.3 일시 과전압으로 인한 스트레스 고전압 계통의 지락 고장으로 인한 저전압 기기의 일시 과전압의 크기와 지속시간은 **3.3.3.2.2**에 명시되어 있다.

2.3 주파수 본 절은 현재 제정중이다.

2.4 전압 스트레스 하에서의 시간 연면거리에 대해, 전압 스트레스 하에서의 시간은 트래킹을 수반하기에 충분히 높은 에너지를 가진 표면 불꽃을 유발할 수 있는 드라잉-아웃(Drying-out) 사고의 수에 영향을 미친다. 드라잉-아웃 사고의 수는 다음의 트래킹을 유발하기에 충분히 큰 것으로 고려한다.

- 연속적 사용을 위해 설계되고 드라잉-아웃 동안 충분한 내부 열을 발생하지 않는 기기
- 스위치의 입력측 기기와 저전압 전원에서 직접 공급된 스위치의 라인과 부하(입력과 출력) 단자 사이에 있는 기기
- 장기간 동안 그리고 빈번하게 스위치를 개폐하는 기기

표 4에 표시한 연면거리는 장시간 동안 연속적 전압 스트레스 하에서 의도된 절연에 대해 결정된다. 절연이 단시간에만 전압 스트레스 하에 있는 기기에 대한 책임이 있는 기술위원회는 연면거리를 **표 4**에 규정된 것보다 축소할 수 있음을 고려할 수 있다.

비 고 오염 등급 4를 제외하면, 한 단계 낮은 전압의 연면거리는 총 15,000 시간이하 동안 스트레스 받은 절연체에 사용할 수 있다. 마찬가지로, 1,500 시간 이하 동안 스트레스 받은 절연체의 경우는 두 단계 낮은 전압의 연면거리를 사용할 수 있다. 이러한 연속적 스트레스의 조건으로부터의 완화 등급은 임시적이다.

또 다른 방법으로, 오염 등급 2의 경우, 재료 그룹 1에서 **표 4**에 명시된 연면거리는 모든 재료 그룹에 적용할 수 있다.

장시간 동안 전압 스트레스 하에 있는 기기 내에 간헐적으로 스트레스 받은 절연체도 동일할 것으로 생각할 수 있다.

2.5 오염 미시환경은 절연체의 오염 영향을 결정한다. 그러나 거시환경은 미시환경을 고려할 때를 고려해야 한다.

밀봉, 캡슐화, 밀폐의 효과적인 사용으로 인해 고려중인 절연체에서 오염을 줄일 수 있는 방법을 제공할 수 있다. 오염을 줄일 수 있는 이러한 방법들은 기기가 응축 상태에 있거나, 정상 동작시 자체적으로 오염물질을 생성할 경우 효과적이지 않을 수 있다.

작은 절연거리는 고체 입자, 먼지, 물에 의해 완전히 통할 수 있기 때문에, 최소 절연거리는 오염이 미시환경에 존재할 경우 규정한다.

비 고 1 오염은 습도가 있을 때 전도성이 된다. 오염된 물, 매연, 금속, 탄소 먼지로 인한 오염은 본래 전도성이다.

비 고 2 이온화 기체와 금속 침전물로 인한 전도성 오염은 특정한 순간, 예를 들어 스위치기어나 컨트롤기어의 아크 소호실에서만 발생하며, IEC 60664의 이 부분에서는 다루지 않는다.

2.5.1 미시환경에서의 오염의 등급 연면거리와 절연거리를 평가하기 위해, 미시환경에서 다음 네 개의 오염 등급을 설정한다.

- 오염 등급 1

  오염이나 건조, 비전도성 오염이 발생하지 않는다. 오염이 영향을 미치지 않는다.

- 오염 등급 2

  응축으로 인해 가끔 일시적인 전도성이 예상되는 경우를 제외하면 비전도성 오염만 발생한다.

- 오염 등급 3

  전도성 오염이 발생하거나, 응축으로 인해 전도성이 될 것으로 예상되는, 건조한 비전도성 오염이 발생한다.

- 오염 등급 4

  오염은 전도성 먼지 또는 비나 눈으로 인해 발생한 지속적인 전도성을 발생시킨다.

2.5.2 거시환경에서의 절연 협조 본 절은 현재 제정중이다.

2.6 기기와 함께 제공된 정보

기술위원회는 기기와 함께 제공할 관련 정보와 본 정보의 제공 방법을 규정한다.

2.7 절연물

2.7.1 비교 트래킹 지수(CTI)

2.7.1.1 트래킹에 대해, 절연물은 표면 누설 전류가 오염된 표면의 드라잉-아웃으로 인해 차단될 때 불꽃이 일어나는 동안 에너지의 농축 방출을 경험하는 손상에 따라 대략적으로 특성화할 수 있다. 불꽃이 일어날 때 절연물에는 다음과 같은 현상이 발생할 수 있다.

- 절연물의 분해 없음
- 전기적 방전으로 인한 절연물의 마모(전기적 부식)
- 표면 위에 전기분해적인 전도성 오염(트래킹)과 전기적 스트레스의 혼합 영향으로 인한 절연물 표면에 생성된 전도성 경로의 점진적 형성

비 고 트래킹 또는 부식은 다음의 경우에 발생한다.

- 표면 누설 전류를 운반하는 액체막이 파손된 경우
- 인가된 전압이 막이 파손될 때 형성된 작은 갭을 파괴하기에 충분한 경우
- 전류가 박막 밑에 절연물을 열적으로 분해할 수 있는 충분한 에너지를 공급하는 데 필요한 한계값을 넘는 경우

악화는 전류가 흐르는 시간에 따라 증가한다.

2.7.1.2 2.7.1.1에 따라 절연물의 분류 방법은 존재하지 않는다. 각종 오염물과 전압하에서 절연물의

작용은 매우 복잡하다. 이러한 조건하에서, 많은 물질들은 상술한 특성 중 두 가지 또는 세 가지 모두를 보일 수 있다. **2.7.1.3**의 재료 그룹에 대한 직접 상관관계는 실용적이지 않다. 그러나, 비교적 높은 성능의 절연물은 비교 트래킹 지수(CTI)에 따라 동일한 상대적 순위를 갖는다는 것이 경험과 시험으로 밝혀져 있다. 따라서 이 표준은 절연물을 분류하는데 CTI 값을 사용한다.

2.7.1.3 이 규격에서는, CTI 값에 따라 재료를 네 가지 그룹으로 분류한다. 이 값들은 솔루션 A를 사용하여 **IEC 60112**에 따라 결정된다. 그룹은 다음과 같다.

- 재료 그룹 I : 600 ≤ CTI
- 재료 그룹 II : 400 ≤ CTI < 600
- 재료 그룹 IIIa : 175 ≤ CTI < 400
- 재료 그룹 IIIb : 100 ≤ CTI < 175

내트래킹 지수(PTI)는 재료의 트래킹 특성을 검증하는데 사용한다. 어떤 재료는 솔루션 A를 사용하여 **IEC 60112**의 방법으로 검증된 PTI가 해당 그룹에 규정된 낮은 값 이상이라는 전제 하에 이러한 네 개의 그룹 중 하나에 포함된다.

2.7.1.4 **IEC 60112**에 따라 비교 트래킹 지수(CTI) 시험은 시험 조건 하에서 각종 절연물의 성능을 비교하도록 설계된다. 정성적 비교를 제공하며, 트래킹을 형성하는 경향이 있는 절연물의 경우에는 정량적 비교를 제공한다.

2.7.1.5 트래킹을 형성하지 않는 유리, 세라믹, 기타 무기 절연물의 경우, 연면거리는 절연 협조를 위해 관련 절연거리보다 더 클 필요는 없다. 비균일전계 조건의 경우 **표 2**의 치수가 적합하다.

2.7.2 유전 특성 본 절은 현재 제정중이다.

2.7.3 열 특성 본 절은 현재 제정중이다.

2.7.4 기계적/화학적 특성 본 절은 현재 제정중이다.

3. 요구사항과 치수결정 법칙

3.1 절연거리의 치수결정 소요 임펄스 내전압에 견딜 수 있는 치수이어야 한다. 저전압 전원에 직접 연결된 기기의 경우, 소요 임펄스 내전압은 **2.2.2.2**을 기준으로 설정한 정격 임펄스 전압이다. 정상 상태 전압의 실효값, 순환 파고 전압, 일시 과전압이 임펄스 내전압에 필요한 것보다 더 큰 절연거리가 요구된다면, **표 A.1**의 교류(50/60 Hz)에 대한 파고값이 있는 열의 해당 값이 적합하다.

비 고 정상 상태 실효값 또는 순환 파고 전압의 치수 결정시에는 전압이 연속적으로 인가되어 절연 파괴에 대한 여유(margin)가 없는 상황이 된다. 기술위원회는 이를 고려해야 한다.

3.1.1 영향 인자 절연거리 치수는 다음 영향 인자를 고려하여 **표 2**에서 선택한다.

- 기능 절연의 경우 **3.1.4**, 기초, 부가, 강화절연의 경우 **3.1.5**에 명시된 임펄스 내전압
- 전계 조건(**3.1.2** 참조)
- 고도: **표 2**에 명시된 절연거리 치수는 2000m 이하인 고도에서 사용하는 기기의 경우 충분한 임펄스 내전압 능력을 제공한다. 더 높은 고도에서 사용하기 위한 기기는 **3.1.3**을 적용한다.
- 미시환경(**2.5.1**)

진동과 같은 기계적 영향과 인가된 힘이 영향을 미치면 더 큰 절연거리가 필요하다.

3.1.2 전계 조건 전도성 부품(전극)의 형태와 배치는 전계의 균일성에 영향을 주기 때문에, 결과적으로 주어진 전압에 내성이 있는 절연거리가 필요하다(**표 2** 참조).

3.1.2.1 비균일전계 조건(표 2의 경우 A) 비균일 전계 조건에 대해 표 2에 규정된 것 이상의 절연거리는 전도성 부품의 형태와 배치에 관계없이, 그리고 내전압 시험으로 검증하지 않고 사용할 수 있다.

절연물의 외곽 개구부를 통하는 절연거리는 구성을 제어할 수 없기 때문에 비균일전계 조건에 대

해 규정된 것보다 작아서는 안된다. 전계의 균일성에 악영향을 미칠 수 있다.

3.1.2.2 균일전계 조건(표 2의 경우 B) 경우 B에 대한 **표 2**의 절연거리 값은 균일전계에만 적용할 수 있다. 이 값들은 전도성 부품의 형태와 배치가 본질적으로 일정한 전위 경도를 갖는 전계를 이루도록 설계된 경우에만 사용할 수 있다.

비균일전계 조건에 대한 것보다 더 작은 절연거리는 내전압 시험으로 검증할 필요가 있다(**4.1.1** 참조).

비 고 절연거리 값이 작은 경우, 전계의 균일성은 오염이 존재할 경우에 악화될 수 있어, 절연거리를 경우 B의 값 이상으로 증가시켜야 한다.

표 2 절연 협조를 위한 최소 절연거리

소요 임펄스 내전압 [1]	해발 2000m 이하에서 최소 공기 절연거리 (단위 mm)							
	경우 A (비균일 전계, 제 1.3.15절 참조)				경우 B (균일 전계, 제 1.3.14절 참조)			
	오염 등급				오염 등급			
	1	2	3	4	1	2	3	4
kV	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
0,33 [2]	0,01				0,01			
0,40	0,02				0,02			
0,50	0,04	[3]			0,04	[3]		
0,60 [2]	0,06	0,2			0,06	0,2		
0,80 [2]	0,10	[4]	0,8		0,1	[4]		
1,0	0,15		[4]	1,6	0,15		0,8	
				[4]			[4]	1,6
1,2	0,25	0,25			0,2			[4]
1,5 [2]	0,5	0,5			0,3	0,3		
2,0	1,0	1,0	1,0		0,45	0,45		
2,5 [2]	1,5	1,5	1,5		0,6	0,6		
3,0	2	2	2	2	0,8	0,8		
4,0 [2]	3	3	3	3	1,2	1,2	1,2	
5,0	4	4	4	4	1,5	1,5	1,5	
6,0 [2]	5,5	5,5	5,5	5,5	2	2	2	2
8,0 [2]	8	8	8	8	3	3	3	3
10,0	11	11	11	11	3,5	3,5	3,5	3,5
12 [2]	14	14	14	14	4,5	4,5	4,5	4,5
15	18	18	18	18	5,5	5,5	5,5	5,5
20	25	25	25	25	8	8	8	8
25	33	33	33	33	10	10	10	10
30	40	40	40	40	12,5	12,5	12,5	12,5
40	60	60	60	60	17	17	17	17
50	75	75	75	75	22	22	22	22
60	90	90	90	90	27	27	27	27
80	130	130	130	130	35	35	35	35
100	170	170	170	170	45	45	45	45

1) 이 전압은 다음에 사용된다.

- 기능 절연 :
  절연거리 양단에 발생할 것으로 예상되는 최대 임펄스 전압 (제 3.1.4절 참조)
- 저전압 전원에서 발생하는 과도현상 과전압에 의해 현저히 영향받거나 직접 노출된 기초 절연 (제 2.2.2.2, 2.2.2.3.1, 3.1.5절 참조)
  기기의 정격 임펄스 전압
- 기타 기초 절연 (제 2.2.2.3.2절 참조):
  회로에서 발생할 수 있는 최고 임펄스 전압
- 강화 절연, 제 3.1.5절 참조

2) 제 2.1.1.2절에 명시된 표준값

3) 프린트 배선판의 경우 이 값이 표 4에 명시된 대로 0.04 mm 미만이어서는 안된다는 것을 제외하면 오염 등급 1의 값을 적용한다.

4) 오염 등급 2, 3, 4에 명시된 최소절연거리는 기본 데이터가 아닌 경험을 토대로 한다.

3.1.3 고도 **표 2**의 치수가 해발 2000m 까지의 고도에 유효하기 때문에 2000m를 넘는 고도에 대한 절연거리는 **표 A.2**에 명시한 고도 보정률을 곱해야 한다.

비 고 균일 전계에서 절연거리의 절연파괴 전압(**표 A.1**의 내전압 경우 B)은 파센의 법칙에 따라 전극과 대기압간 거리의 곱에 비례한다. 따라서 대략적으로 해발고도에서 기록한 실험 데이터는 해발고도와 해발 2000m 사이의 대기압의 차에 따라 교정해야 한다. 비균일 전계에서도 마찬가지 방법으로 교정한다.

3.1.4 기능 절연 이격거리의 치수 결정 기능 절연 이격거리의 경우, 기기의 정격 조건하에서, 특히 정격 전압과 정격 임펄스 전압하에서 양단에 발생할 것으로 예상되는 최대 임펄스 전압은 해당하는 임펄스 내전압이다.

3.1.5 기초, 부가, 강화 절연의 이격거리 치수 결정 기초 절연과 부가 절연의 이격거리는 각각 다음에 해당하는 **표 2**에 규정된 대로 치수를 결정해야 한다.

- **2.2.2.2**와 **2.2.2.3.1**에 따라 정격 임펄스 전압, 또는
- **2.2.2.3.2**에 따라 임펄스 내전압 요구사항

강화 절연의 이격거리는 정격 임펄스 전압에 해당하는 **표 2**에 규정된 대로 치수를 결정해야 하지만 기초 절연에 규정된 것보다 **2.1.1.2**의 표준 시리즈값보다 한 단계 더 높아야 한다. **2.2.2.3.2**에 따라 기초 절연에 필요한 임펄스 내전압이 표준시리즈에서 취한 값 이외인 경우, 강화 절연은 기초 절연에 필요한 임펄스 내전압의 160%를 견딜 수 있도록 치수를 결정해야 한다.

비 고 좌표계에서, 필요한 최소 이상의 절연거리는 소요 임펄스 내전압에 불필요하다. 그러나, 절연 협조 이외의 이유로 절연거리를 증가시키기 위해 필요할 수 있다(예 : 기계적 영향으로 인한). 이러한 경우에 시험 전압은 관련된 고체 절연이 발생하지 않는다면 기기의 정격 임펄스 전압에 기반하도록 해야 한다.

기초 절연과 부가 절연을 개별적으로 시험할 수 없는 경우 이중 절연이 제공된 기기의 경우, 절연계통은 강화 절연으로 고려한다.

비 고 절연물의 접근 가능한 표면에 대한 절연거리의 치수를 결정할 때, 이러한 표면은 금속박으로 덮여있는 것으로 가정한다. 자세한 내용을 기술위원회에서 규정할 수 있다.

3.1.6 절연 거리의 치수 결정 본 절은 현재 제정중이다. **IEC 60364-5-537** 개정1판을 참조한다.

3.2 연면거리의 치수 결정

3.2.1 영향 인자 연면거리는 **표 4**에서 선택한다. 다음의 영향 인자를 고려한다.

- **2.2.1**에 따르는 전압(**3.2.1.1** 참조)
- 미시환경(**3.2.1.2** 참조)
- 연면거리의 방향과 위치(**3.2.1.3** 참조)
- 절연 표면의 형태(**3.2.1.4** 참조)
- 절연물(**2.7.1** 참조)
- 전압 스트레스 하의 시간(**2.4** 참조)

비 고 **표 4**의 값은 기존의 경험 데이터를 토대로 하며 대부분의 적용에 적합하다. 그러나, 다른 연면거리 값이 기능 절연에 적합한 경우에 적용할 수 있다.

3.2.1.1 전압 연면거리의 결정을 위한 기준은 양단에 존재하는 전압의 장기간 실효값이다. 이 전압은 동작 전압(**3.3.2** 참조), 정격 절연 전압(**3.2.3** 참조) 또는 정격 전압(**3.2.3** 참조)이다.

과도 과전압은 트래킹 현상에 영향을 미치지 않기 때문에 무시한다. 그러나, 일시 과전압과 기능 과전압은 발생 지속시간과 빈도가 트래킹에 영향을 주는지를 고려해야 한다.

3.2.1.2 오염 연면거리의 치수 결정에서 **2.5.1**에 규정된 미시환경의 오염 등급의 영향은 **표 4**에서 설명한다.

비 고 기기에는 서로 다른 미시환경이 존재할 수 있다.

3.2.1.3 연면거리의 방향과 위치 필요한 경우, 제조업체는 연면거리가 오염의 누적에 의해 악영향을 미치지 않도록 기기나 구성요소의 의도 방향을 나타내야 한다.

비 고 - 장기간 보관을 고려해야 한다.

3.2.1.4 절연 표면의 형태 고체 절연의 표면에는 오염으로 인해 발생한 누설 경로의 연속성을 파괴하는 횡파 리지(ridge)와 홈이 포함되어야 한다. 마찬가지로, 리지와 홈은 어떤 물을 전기적으로 스트레스 받는 절연체에서 멀리 떨어져 흐르게 하기 위해 사용할 수 있다. 전도성 부품을 결합하는 접합점이나 홈은 오염을 모으거나 물을 보관할 수 있기 때문에 피해야 한다.

비 고 장기간의 보관을 고려해야 한다. 연면 경로의 길이 평가는 **4.2**에 명시되어 있다.

3.2.1.5 절연거리에 대한 관계 연면거리는 가능한 최단 연면거리가 필요한 절연거리와 동일하도록 관련 절연거리보다 작을 수 없다. 그러나, 공기중 최소 절연거리와 최소 허용 가능한 연면거리 사이에 치수 제한 이외의 물리적 관계는 없다.

표 2의 경우 A에 필요한 절연거리보다 적은 연면거리는 임펄스 내전압 시험이 연면거리에 대해 충분한 경우 오염 등급 1과 2의 조건하에서 사용할 수 있다.

3.2.2 기능 절연의 연면거리의 치수 결정 기능 절연의 연면거리는 연면거리 양단의 동작 전압에 해당하는 **표 4**에 규정된 대로 치수를 결정해야 한다.

비 고 동작 전압이 치수 결정에 사용된 경우, 인접 전압에 대한 값을 보간하는 것이 적합할 수 있다.

3.2.3 기초, 부가, 강화 절연의 연면거리의 치수 결정 기초 절연과 부가 절연의 연면거리는 다음에 대해 **표 4**에서 선택한다.

- **표 3a**의 2열과 3열, 그리고 **표 3b**의 2, 3, 4열에 명시된 합리화된 전압(**2.2.1.1** 참조)
- **2.2.1.1.1**에 따르는 정격 절연 전압
- **2.2.1.1.2**에 명시된 전압

비 고 부가 절연의 경우, 오염 등급, 절연물, 기계적 스트레스, 환경 조건은 기초 절연과 다를 수 있다.

이중 절연의 연면거리는 이중 절연 계통을 구성하는 기초 절연과 부가 절연의 값의 합이다.

강화 절연은 기초 절연에 규정된 전압 값의 두 배에 해당하는 **표 4**에 규정된 대로 치수를 결정해야 한다.

비 고 절연물의 접근 가능한 표면에 대한 연면거리의 치수를 결정할 때, 이 표면은 금속박으로 덮여있는 것으로 가정한다. 자세한 내용은 기술위원회에서 규정할 수 있다.

표 3a – 단상 3선식/2선식 교류/직류 계통

공급 계통의 공칭 전압*	표 4에 대해 합리화된 전압	
	선간 절연의 경우[1]	선-대지 절연의 경우 [1]
	모든 계통	3선식 계통 중성점 접지
V	V	V
12.5	12.5	
24 25	25	
30	32	
42 48 50**	50	
60	63	
30-60	63	32
100**	100	
110 120	125	
150**	160	
220	250	
110-220 120-240	250	125
300**	320	
220-440	500	250
600**	630	
480-960	1000	500
1000**	1000	

주 [1] 비접지 또는 임피던스 접지 계통에 대한 선-대지 절연 레벨은 실제로 어떤 선의 접지에 대한 사용 전압이 선간 전압에 접근하기 때문에 선간 경우와 동일하다. 그 이유는 접지에 대한 실제 전압이 각 선-대지의 절연 저항과 용량성 리액턴스로 결정되기 때문이다. 따라서 어떤 선의 낮은 (그러나 허용 가능한) 절연 저항은 사실상 접지 시킬 수 있으며, 다른 두 개에서 전체 선간 접지 전압을 상승시킬 수 있다.

* 정격 전압에 대한 관계는 **2.2.1** 참조

** 이 값은 **표 1**에 명시된 값과 일치한다.

표 3b 3상 4선식/3선식 교류 계통

공급 계통의 공칭 전압*	표 4에 대해 합리화된 전압		
	선간 절연의 경우[1]	선-대지 절연의 경우 [1]	
	모든 계통	중성점 접지된 3상 4선식 계통	비접지 또는 일단 접지된 3상 3선식 계통
V	V	V	V
60	63	32	63
110 120 127	125	80	125
150**	160	-	160
208	200	125	200
220 230 240	250	160	250
300**	320	-	320
380 400 415	400	250	500
440	500	250	500
480 500	500	320	500
575	630	400	630
600**	630	-	630
660 690	630	400	630
720 830	800	500	800
960	1000	630	1000
1000**	1000	-	1000

주 [1] 비접지 또는 임피던스 접지 계통에 대한 선-대지 절연 레벨은 실제로 어떤 선의 접지에 대한 사용 전압이 선간 전압에 접근하기 때문에 선간 경우와 동일하다. 그 이유는 접지에 대한 실제 전압이 각 선-대지의 절연 저항과 용량성 리액턴스로 결정되기 때문이다. 따라서 어떤 선의 낮은 (그러나 허용 가능한) 절연 저항은 사실상 접지 시킬 수 있으며, 다른 두 개에서 전체 선간 접지 전압을 상승시킬 수 있다.

[2] 접지 및 비접지된 3상 4선식과 3상 3선식 공급계통에 이용하는 기기의 경우, 3선식 계통 값을 사용한다.

* 정격 전압에 대한 관계는 **2.2.1** 참조

** 이 값은 **표 1**에 명시된 값과 일치한다.

표 4 - 장기간 스트레스에 의한 기기의 최소 연면거리

전압 실효값[1] V	연면거리(단위 : ㎜)											
	프린트 배선판 오염도		오염도									
	1	2	1	2			3			4		
	[2] mm	[3] mm	[2] mm	재료 그룹 I mm	재료 그룹 II mm	재료 그룹 III mm	재료 그룹 I mm	재료 그룹 II mm	재료 그룹 III[4] mm	재료 그룹 I mm	재료 그룹 II mm	재료 그룹 III[4] mm
10	0.025	0.04	0.08	0.4	0.4	0.4	1	1	1	1.6	1.6	1.6
12.5	0.025	0.04	0.09	0.42	0.42	0.42	1.05	1.05	1.05	1.6	1.6	1.6
16	0.025	0.04	0.1	0.45	0.45	0.45	1.1	1.1	1.1	1.6	1.6	1.6
20	0.025	0.04	0.11	0.48	0.48	0.48	1.2	1.2	1.2	1.6	1.6	1.6
25	0.025	0.04	0.125	0.5	0.5	0.5	1.25	1.25	1.25	1.7	1.7	1.7
32	0.025	0.04	0.14	0.53	0.53	0.53	1.3	1.3	1.3	1.8	1.8	1.8
40	0.025	0.04	0.16	0.56	0.8	1.1	1.4	1.6	1.8	1.9	2.4	3
50	0.025	0.04	0.18	0.6	0.85	1.2	1.5	1.7	1.9	2	2.5	3.2
63	0.04	0.063	0.2	0.63	0.9	1.25	1.6	1.8	2	2.1	2.6	3.4
80	0.063	0.1	0.22	0.67	0.95	1.3	1.7	1.9	2.1	2.2	2.8	3.6
100	0.1	0.16	0.25	0.71	1	1.4	1.8	2	2.2	2.4	3	3.8
125	0.16	0.25	0.28	0.75	1.05	1.5	1.9	2.1	2.4	2.5	3.2	4
160	0.25	0.4	0.32	0.8	1.1	1.6	2	2.2	2.5	3.2	4	5
200	0.4	0.63	0.42	1	1.4	2	2.5	2.8	3.2	4	5	6.3
250	0.56	1	0.56	1.25	1.8	2.5	3.2	3.6	4	5	6.3	8
320	0.75	1.6	0.75	1.6	2.2	3.2	4	4.5	5	6.3	8	10
400	1	2	1	2	2.8	4	5	5.6	6.3	8	10	12.5
500	1.3	2.5	1.3	2.5	3.6	5	6.3	7.1	8	10	12.5	16
630	1.8	3.2	1.8	3.2	4.5	6.3	8	9	10	12.5	16	20
800	2.4	4	2.4	4	5.6	8	10	11	12.5	16	20	25
1000	3.2	5	3.2	5	7.1	10	12.5	14	16	20	25	32
1250			4.2	6.3	9	12.5	16	18	20	25	32	40
1600			5.6	8	11	16	20	22	25	32	40	50
2000			7.5	10	14	20	25	28	32	40	50	63
2500			10	12.5	18	25	32	36	40	50	63	80
3200			12.5	16	22	32	40	45	50	63	80	100
4000			16	20	28	40	50	56	63	80	100	125
5000			20	25	36	50	63	71	80	100	125	160
6300			25	32	45	63	80	90	100	125	160	200
8000			32	40	56	80	100	110	125	160	200	250
10000			40	50	71	100	125	140	160	200	250	320

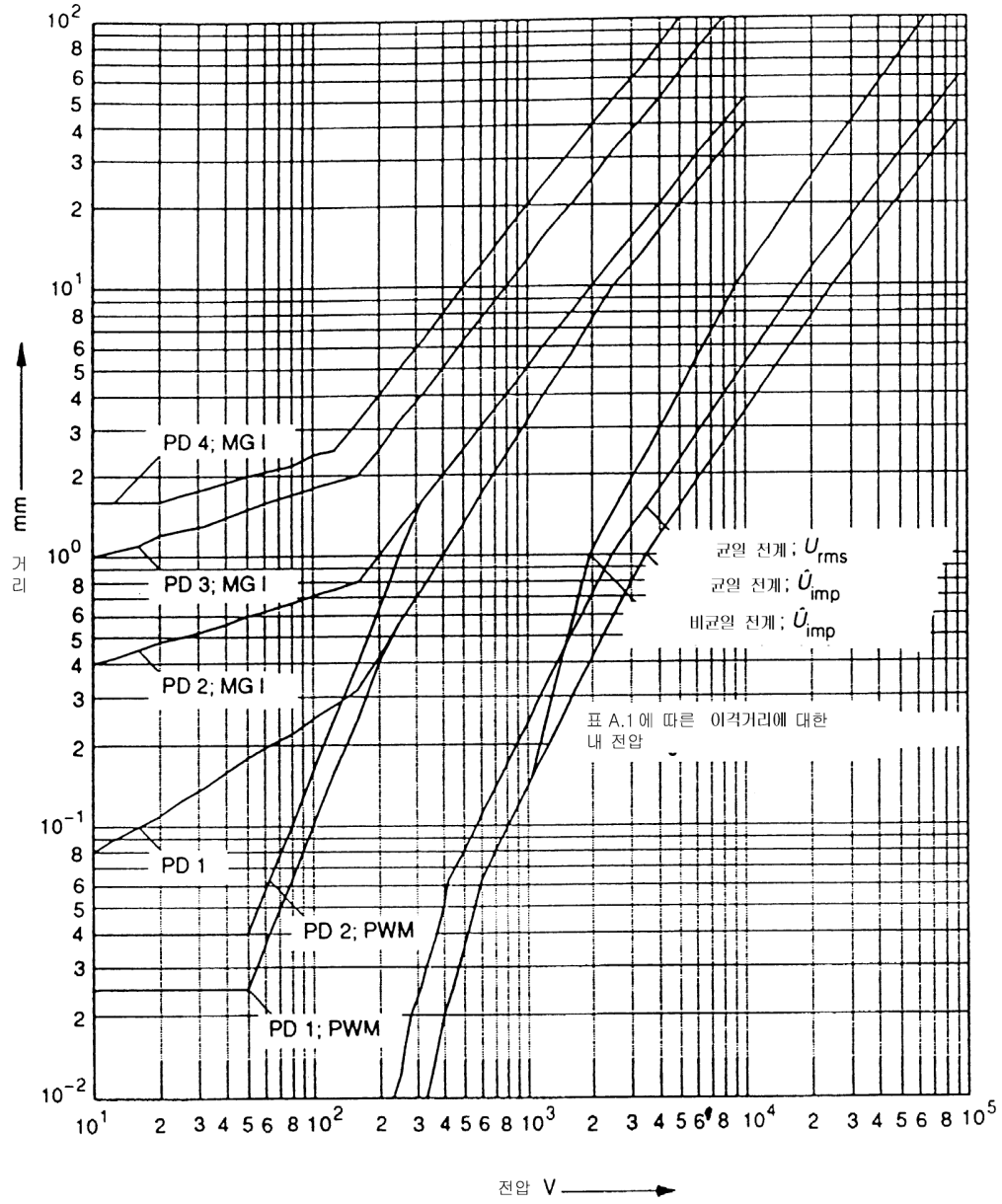
주 [1] 이 전압은 :

- 기능 절연
  동작 전압
- 저전압 전원으로부터 직접 공급된 회로의 기초절연과 부가절연(**2.2.1.1.1**을 참조)
  기기의 정격 전압에 기초한 **표 3a**와 **3b**를 통해 합리화된 전압 또는 정격 절연 전압
- 계통의 기초절연 및 부가절연의 경우, 저전압 전원으로부터 직접 공급되지 않은 내부회로 및 기기(**2.2.1.1.2**를 참조)
  정격 전압이 공급될 때 계통, 기기, 내부회로에서 그리고, 기기 정격 내 동작조건의 가장 단조로운 조합하에 발생할 수 있는 최고 전압 실효값

[2] 재료 그룹 I, II, IIIa와 IIIb

[3] 재료 그룹 I, II, IIIa

[4] 재료 그룹 IIIb는 630V 이상의 오염등급3과 오염등급4에 적용하지 말 것을 권고한다



PD = 오염 등급 MG = 재료 그룹 PWM = 프린트 배선판

비 고 비교하도록 절연거리를 추가한다.

그림 1 전압으로부터의 연면거리 결정 및 재료 그룹 1의 오염 등급

3.3 고체 절연의 설계 요구사항

3.3.1 일반사항 고체 절연의 전기적 강도는 공기보다 현저히 크기 때문에, 저전압 절연 계통의 설계 동안 주의를 거의 기울이지 않을 수 있다. 한편, 고체 절연물을 통하는 절연 거리는 대체로 절연 거리보다 훨씬 작기 때문에, 전기적 스트레스는 높다. 고려해야 할 다른 점은 전기적 강도가 높은 재료는 실제로 거의 사용하지 않는다는 점이다. 절연 계통에서 전극과 절연체, 그리고 서로 다른 절연층 사이에서 갭이 발생할 수 있으며 또는 절연체에 공극(void)이 존재할 수도 있다. 관통파괴 레벨보다 현저히 낮은 전압에서 이러한 갭이나 공극에서는 부분 방전이 발생할 수 있으며, 이는 고체 절연의 사용 수명에 결정적인 영향을 미칠 수 있다. 그러나, 부분 방전은 500 V의 파고 전압 아래에서는 발생할 가능성이 없다.

기체와 비교할 때 고체 절연은 재생 절연 매질이 없어서, 예를 들어, 드물게 발생할 수 있는 높은 전압 파고가 고체 절연에 미치는 손상 영향을 가질 수 있다는 사실도 중요하다. 이 상황은 사용중에 그리고 정기 고전압 시험중에 발생할 수 있다.

많은 유해한 영향이 고체 절연의 사용 수명 동안에 누적된다. 이러한 영향들은 복잡한 패턴을 따르며 열화를 유발한다. 따라서, 전기적 스트레스와 기타 스트레스(예 : 열, 환경)가 중첩되고 이것이 열화의 원인이 된다.

고체 절연의 장기간 성능은 적합한 조건으로 조합하여 단기간 시험으로 시뮬레이션할 수 있다.

고체 절연이 고주파에 놓여 있는 경우, 고체 절연의 유전 손실과 부분 방전은 더욱 중요해 진다. 이 조건은 절연체가 최대 500 ㎑의 주파수에서 반복적인 전압 파고에 놓여진 경우 개폐 모드 전원 공급기에서 관찰할 수 있다.

상술한 고장 메커니즘에 대한 고체 절연의 두께 사이에 일반적인 관계는 없다. 따라서 고체 절연의 성능은 시험으로만 평가할 수 있다. 장기간 전기적 내절연 능력을 얻기 위해 고체 절연의 최소 두께를 규정하는 것은 적합하지 않다.

3.3.2 스트레스 고체 절연에 적용한 스트레스는 다음과 같이 나눈다.

- 단기간
- 장기간

아래의 **3.3.2.1**과 **3.3.2.2**에 명시된 것 이외의 기타 스트레스(**3.3.2.3** 참조)는 사용중에 고체 절연에 적용할 수 있다.

3.3.2.1 단기간 스트레스와 그 영향

3.3.2.1.1 전압 전기적 강도는 인가된 전압의 주파수에 의해 크게 영향을 받는다. 유전 가열과 열적 불안정성의 확률은 대략적으로 주파수에 비례하여 증가한다. **IEC 60243-1**에 따라 상용주파에서 측정하였을 때 3㎜의 두께를 갖는 절연체의 절연파괴 전계 강도는 10㎸/㎜와 40 ㎸/㎜ 사이에 있다. 주파수를 증가시키면 대부분의 절연물의 전기적 강도는 저하한다.

비 고 더 높은 주파수의 영향에 대한 자세한 지침은 현재 제정중이다.

3.3.2.1.2 가열 가열로 인한 영향은 다음과 같다.

- 로크인 스트레스의 방출로 인한 기계적 왜곡
- 주위 온도 예를 들어 60℃ 이상의 온도에서 비교적 낮은 온도 상승에서 열가소성 수지의 연화
- 가소제의 손실로 인한 물질의 메짐성
- 물질의 유리 전이 온도를 초과한 경우 가교 물질의 연화
- 열 불안정성과 고장을 유발하는 유전손실의 증가

단락 회로 동안 고온 경도는 기계적 고장을 유발할 수 있다.

3.3.2.1.3 기계적 충격 충격강도가 불충분한 경우 기계적 충격은 절연 고장을 유발할 수 있다. 기계적 충격으로 인한 고장은 재료의 충격 강도가 저감되기 때문에 발생할 수도 있다.

- 온도가 유리 전이 온도 아래로 떨어질 때 깨지기 쉬운 재료 때문에
- 가소제의 손실 또는 중합체의 악화를 유발한 고온에 노출시간이 연장된 후

기술위원회는 운송, 보관, 설치, 사용에 대한 환경 조건을 규정할 때 이를 고려해야 한다.

3.3.2.2 장기간 스트레스와 그 영향

3.3.2.2.1 부분 방전(PD) 공기 중에서, 부분 방전(PD)은 300 V(최소 Paschen)를 초과하는 파고 전압에서 발생할 수 있다. 실제로 부분방전은 500V 이하에서 발생할 가능성이 없다. 고장은 점진적 부식 또는 관통파괴나 표면 섬락을 일으키는 트리에 의해 발생한다.

절연 계통은 서로 다른 특성을 가진다. 일부 절연 계통(예 : 세라믹 애자)은 예상 수명동안 방전에 내성이 있을 수 있지만, 다른 절연 계통(예 : 커패시터)은 방전이 없을 수 있다. 전압, 방전의 반복율과 방전 크기는 중요한 변수이다.

부분방전 행태가 인가된 전압의 주파수에 의해 영향 받는다고 가정하여, 고장시간이 대략 인가된 전압의 주파수에 반비례하는 증가된 주파수에서 가속 수명 시험으로 설정한다. 그러나, 실제 경험은, 더 높은 주파수에서 다른 고장 메커니즘, 예를 들어 유전 가열이 존재할 수 있기 때문에 최대 5㎑의 주파수를 적용한다.

비 고 부분방전 개시 전압과 부분방전 소멸 전압에서 주파수의 영향은 현재 제정중이다.

3.3.2.2.2 가열 가열은 절연 악화, 예를 들어 휘발, 산화, 및 기타 장기간 화학변화를 일으킨다. 그러나 고장은 종종 기계적인 이유, 예를 들어 균열과 전기적 절연파괴를 일으키는 메짐성으로 인해 생긴다. 이 과정은 연속적이며, 수천시간의 시험 시간이 필요하기 때문에 단시간 시험으로 시뮬레이션할 수 없다(IEC 60216 참조).

3.3.2.2.3 기계적 스트레스 동작, 보관, 운송중 진동이나 충격으로 인한 기계적 스트레스는 절연물의 디라미네이션(delamination), 균열, 파손을 일으킨다.

3.3.2.2.4 습도 수증기의 존재는 절연 저항과 방전 소멸 전압에 영향을 미칠 수 있고, 표면 오염을 악화시키고 부식과 치수 변경을 가져온다. 일부 재료의 경우 높은 습도는 전기적 강도를 현저히 줄일 수 있다. 낮은 습도는 일부 환경에서 유해할 수 있다. 예를 들어 정전하의 보유를 증가시키고, 폴리아미드와 같은 재료의 기계적 강도를 감소시킨다.

3.3.2.3 기타 스트레스 많은 기타 스트레스는 절연을 손상시키기 때문에 기술위원회에서는 이를 고려해야 한다.

이러한 스트레스의 예는 다음과 같다.

- 방사(자외선 및 이온화)
- 솔벤트나 활성 화학물질에 노출되어 발생하는 스트레스 균열
- 가소제의 이동 영향
- 박테리아, 곰팡이, 세균의 영향
- 기계적 크리프

이러한 스트레스의 영향은 덜 중요하거나 드물게 적용하지만 특별한 경우에는 고려해야 한다.

3.3.3 요구사항

3.3.3.1 일반사항 기초, 부가, 강화 절연의 고체 절연은 전기적 스트레스와 기계적 스트레스뿐만 아니라 기기의 예상 수명 동안 발생할 수 있는 열 및 환경 영향에 내성이 있어야 한다.

비 고 1 고체 절연의 접근 가능한 표면에 대한 전기적 스트레스를 고려할 때, 이 표면은 금속박으로 덮여 있는 것으로 가정한다. 자세한 내용은 기술위원회에서 규정할 수 있다.

비 고 2 기능 절연에 대한 요구사항은 현재 제정중이다.

동작 전압이 주기적으로 순환하는 파고를 갖는 비정현파인 순간에서, 부분 방전이 발생 가능성을

특별히 고려해야 한다. 마찬가지로, 절연층이 존재할 수 있는 경우와 몰드절연에 공극이 존재할 수 있는 경우, 결과적인 고체 절연의 성능악화가 있는 부분 방전의 발생 가능성을 고려해야 한다.

3.3.3.2 내전압 스트레스 기술위원회는 전압 정격을 기기에 지정해야 하는지의 여부를 규정한다.

3.3.3.2.1 과도 과전압

기초 절연 및 부가 절연의 내전압조건은 다음과 같아야 한다.

- **표 1**에 따라 전원 전압의 공칭과 관련 과전압에 해당하는 임펄스 내전압 요구사항 또는
- 회로에서 예상되는 과도 과전압에 따라 규정된 기기의 내부 회로의 임펄스 내전압(**2.2.2.3** 참조)

강화 절연은 기초 절연에 규정된 것보다 **2.1.1.2**의 표준값보다 한 단계 높은, 정격 임펄스 전압에 해당하는 임펄스 내전압을 가져야 한다. **2.2.2.3.2**에 따라, 기초 절연에 필요한 임펄스 내전압이 표준 시리즈에서 취한 값과 다른 경우, 강화 절연은 기초 절연에 필요한 값의 160%에 대해 내성이 있도록 치수를 결정해야 한다.

시험에 의한 검증은 **4.1.2.2**을 참조한다.

3.3.3.2.2 일시 과전압 기초 및 부가 고체 절연은 다음 일시 과전압에 대해 내성이 있어야 한다.

- 지속시간이 5초 이하 : U_n + 1200 V의 단시간 일시 과전압
- 지속시간이 5초를 초과 : U_n + 250 V의 장시간 일시 과전압

비 고1 U_n은 중성점 접지계통의 공칭 선-중성점 전압이다.

비 고2 이 값들은 **IEC 60364-4-442**에 규정되어 있다.

비 고3 강화 절연에 대한 요구사항은 현재 제정중이다.

시험에 의한 검증은 **4.1.2.3**을 참조한다.

3.3.3.2.3 순환 파고 전압 저전압 전원에서 발생하는 최대 순환 파고 전압은 잠정적으로 $F_4 \times \sqrt{2}\ U_n$ 즉, U_n에서 파고 값이 1.1 배가 되는 것으로 가정할 수 있다. 순환 파고 전압이 존재하는 경우 방전 소멸 전압은 최소한 다음과 같아야 한다.

- 각 기초 절연과 부가 절연에 대해 $F_1 \times F_4 \times \sqrt{2}\ U_n$, 즉, $1.32\ \sqrt{2}\ U_n$, 그리고
- 강화 절연에 대해 $F_1 \times F_3 \times F_4 \times \sqrt{2}\ U_n$, 즉, $1.65\ \sqrt{2}U_n$

비 고 $\sqrt{2}\ U_n$은 중성점 접지계통에서, 전원의 공칭 전압에서 선-중성점 기본 (비왜곡된) 전압의 파고값이다. 본 하부조항에 사용된 승수 인자의 적용은 **부속서 D**의 **D.4**에 나와있다.

인자 F의 설명은 **4.1.2.4**을 참조한다.

내부 회로에서, 최고 순환 파고 전압을 $F_4 \times \sqrt{2}\ U_n$ 대신에 평가해야 하며, 고체 절연은 해당하는 요구사항을 충족해야 한다.

시험에 의한 검증은 **4.1.2.4**을 참조한다.

3.3.3.2.4 고주파 전압 상용주파 이상의 주파수를 가진 전압의 경우, **3.3.2.1.1**과 **3.3.2.2.1**에 따라 주파수의 영향을 고려해야 한다. 1 ㎑ 이상의 주파수는 이 규격의 범위 내에서 고주파로 간주한다.

기술위원회는 **4.1.2.5**에 따라 시험이 필요한지 여부를 규정해야 한다.

3.3.3.3 단시간 가열 스트레스의 내성 고체 절연은 정상 및 해당하는 경우 비정상 사용시에 발생할 수 있는 단시간 가열 스트레스에 의해 손상되어서는 안된다. 기술위원회는 가혹도 레벨을 규정할 수 있다.

비 고 표준 가혹도 레벨은 **IEC 60068**에서 규정하고 있다.

3.3.3.4 기계적 스트레스의 내성 고체 절연은 사용 중에 예상되는 기계적 진동이나 충격에 의해 손상되어서는 안된다. 기술위원회는 가혹도 레벨을 규정할 수 있다.

비 고 - 표준 가혹도 레벨은 **IEC 60068**에서 규정하고 있다.

3.3.3.5 장시간 가열 스트레스의 내성 고체 절연의 열 성능저하는 기기의 예상 수명 동안 절연 협조를 손상시켜서는 안된다. 기술위원회는 시험이 필요한지의 여부를 결정해야 한다. (IEC 60085와 IEC 60216 참조)

3.3.3.6 습도 영향의 내성 절연 협조는 기기에 규정된 습도 조건을 유지해야 한다. (4.1.2.1 참조)

3.3.3.7 기타 스트레스의 내성 기기는 고체 절연에 악영향을 줄 수 있는 기타 스트레스 예를 들어 3.3.2.3에 명시한 스트레스에 놓일 수 있다. 기술위원회는 이러한 스트레스를 상술하고 시험 방법을 규정해야 한다.

4. 시험 및 측정

4.1 시험

4.1.1 절연거리 검증 시험

4.1.1.1 일반사항 절연거리 시험을 위해 전기 기기를 사용하여 전기 시험을 실시할 때, 시험 전압은 3.1에 명시된 내전압 요구사항을 따라야 한다. 3.1.2에서 언급한 대로, 임펄스 전압 시험에는 **표 2**의 경우 A 값보다 더 작은 절연거리가 필요하다.

비 고 1 절연거리의 전기적 시험은 해당 고체 절연에 스트레스를 가한다.

비 고 2 절연거리와 연면거리간의 관계는 3.2.1.5을 참조한다.

비 고 3 비균일 전계 조건에 관련된 경우 A값 보다 더 작은 절연거리의 내절연 능력은 시험으로만 검증할 수 있다. 경우 A 이상인 절연거리의 내절연 능력은 측정이나 시험으로 검증할 수 있다.

4.1.1.2 시험 전압

4.1.1.2.1 임펄스 절연내력 시험 이 시험의 목적은 절연거리가 규정된 과도 과전압에 내성이 있는지 검증하는 것이다. 임펄스 내전압 시험은 파형이 1.2/50μs인 전압으로 실시하고(IEC 60060-1의 **그림 6** 참조), 대기 원점의 과전압을 시뮬레이션한다. 또한 저전압 기기의 개폐로 인한 과전압도 포함된다.

시험은 펄스간 최소 1초의 간격으로 각 극성에 최소 세 개의 임펄스에 대해 실시한다.

비 고 기술위원회에서 별도로 규정하지 않는 한, 임펄스 발생기의 출력 임피던스는 500 Ω을 초과해서는 안된다. 시험 기기가 시험 회로 양단의 구성요소를 포함할 경우, 훨씬 낮은 출력 임피던스를 규정할 수 있다.

기술위원회는 4.1.1.2.2에 따라 대체 절연 시험을 규정할 수 있다.

기기 내부에 서지억제 기능이 있는 경우, 임펄스 특성은 다음과 같다.

- 크기가 표 5의 값과 동일한 무부하 전압의 경우 1.2/50μs의 파형
- 적합한 서지 전류의 경우 8/20μs의 파형

비 고 시험 전압원의 전압 파형은 시험용 기기가 서지 억제한도를 초과하는지의 여부에 따라 적용할 수 있다. 기기가 서지억제 기능을 갖는 경우 임펄스 전압파는 초핑될 수 있지만, 기기는 시험 후 다시 정상조건으로 복귀되어야 한다.

서지억제 기능이 없는 기기가 임펄스 전압에 대해 내성이 있다면, 파형은 현저하게 왜곡되지 않는다.

표 5 해발고도에서 절연거리를 검증하기 위한 시험 전압

비 고 **표 5**의 전압 값은 절연거리 검증에만 적용한다.

정격 임펄스 전압 U kV	해발고도에서 임펄스 시험 전압 U kV
0.33	0.35
0.5	0.55
0.8	0.91
1.5	1.75
2.5	2.95
4.0	4.8
6.0	7.3
8.0	9.8
12.0	14.8

비 고 1 절연거리의 전기적 강도에 대한 영향 인자(기압, 고도, 온도, 습도)에 관한 설명은 **4.1.1.2.1.2**에 명시되어 있다.

비 고 2 절연거리를 시험할 때, 관련 고체 절연은 시험 전압에 놓인다. **표 5**의 임펄스 시험 전압이 정격 임펄스 전압에 따라 증가하기 때문에, 고체 절연은 이에 따라 설계해야 한다. 이렇게 하면 고체 절연의 임펄스 내절연 능력이 증가하게 된다.

비 고 3 시험은 2000m(80㎪)의 고도와 20℃에 해당하는 값으로 조정된 압력으로, 그리고 정격 임펄스 전압에 해당하는 시험 전압으로 실시할 수 있다. 이 경우에, 고체 절연은 해발고도에서 시험할 때와 동일한 내절연 요구사항이 부여되지 않는다.

4.1.1.2.1.1 임펄스 시험 전압의 선택 절연거리에 대해 기기의 절연 협조를 위한 전기적 시험이 **표 2**에 규정된 경우 A보다 더 작은 절연거리를 필요로 한다면, 기기는 **2.2.2**에 따라 규정된 정격 임펄스 전압에 해당하는 임펄스 시험 전압으로 시험한다. **표 5**의 임펄스 시험 전압을 적용한다.

시험 조건에 대해 기술위원회는 온도와 습도 값을 규정할 수 있다.

기술위원회는 샘플링 시험이나 정기시험을 형식 시험 외에 실시해야 할지 고려해야 한다.

4.1.1.2.1.2 표 5 설명

a) 임펄스 전압 시험에 대한 보정률 **1.1.1**에 따라, 정격 임펄스 전압은 해발 최대 2000 m 까지 사용된 기기에 유효하다. 2000 m에서, 정상 대기압은 80 ㎪이며, 해발고도에서 값은 101.3 ㎪이다. 따라서, 2000 m 보다 낮은 위치에서 시험한 기기는 더 높은 임펄스 시험 전압을 사용하여 시험한다. 표 5는 해발고도에 대한 임펄스 시험 전압 값을 나타낸다.

다른 시험 위치에 대한 시험 값을 결정하기 위한 데이터와 해발고도 값의 산출에 대한 기본사항은 다음과 같다.

부속서 A의 **표 A.2**에 명시된 고도 보정률은 **부속서 A**의 **그림 A.1**의 곡선에 관련된 것으로 간주한다. 관계식은 다음과 같다.

$$k_u = \left(\frac{1}{k_d}\right)^m$$

여기에서 k_u : 전압 보정을 위한 고도 계수

k_d : 거리 보정을 위한 고도 계수

m : **그림 A.1**의 곡선 1에서 해당 직선의 기울기(두 좌표축에서 로그 눈금)

그림 A.1의 곡선 1에서 거리 보정 결과에 대한 고도 보정률을 적용할 때, 전압은 거리에 대해 하나의 이동 단계에서 네 개의 서로 다른 단계로 변하게 된다. 이 동작에 대한 수학적 공식이 위에 표시되어 있다. **표 5**에는 설명한 대로 이 산출을 포함한다.

기본 데이터

고도 m	거리 보정을 위한 계수 k_d
0	0.784
200	0.803
500	0.833
1 000	0.844
2 000	1

m : 0.01 < d < 0.0625 ㎜의 경우 0.3262

0.0625 < d < 1 ㎜의 경우 0.6361

1 < d < 10 ㎜의 경우 0.8539

10 < d < 100 ㎜의 경우 0.9243

b) 절연거리의 전기적 강도에 영향을 주는 인자의 일반적 논의 영향 인자는 다음과 같다.

- 기압
- 온도
- 습도

균일 전계에 대한 이 계수 사이의 관계는 다음과 같다.

$$U_d = 24.41\ dK + 6,73\sqrt{dK}$$

$$K = \frac{P}{101.3} \times \frac{293}{\triangle T + 293}$$

여기에서 U_d : 절연파괴 전압(단위: kV)

d : 0.01 ㎝ 이상의 절연거리(단위: ㎝)

K : 기압과 온도에 대한 보정률

$\triangle T$: 실제 실온과 T = 20℃ 사이의 차(단위: K)

p : 실제 기압(단위: kPa)

시험 목적에서 온도와 습도 인자는 무시할 수 있는 것으로 간주한다. 기압 변화는 고도 차의 경우에만 고려하고, 일일 변화는 무시할 수 있는 것으로 간주한다. 이러한 인자들은 그림 A.1의 데이터가 통계적으로 결정된 낮은 절연파괴 데이터의 하한 값을 나타내기 때문에 실제로 무시할 수 있다.

더욱 정확한 시험 조건이 필요한 경우, 시험 위치의 기압과 온도를 위에 명시된 공식에 사용할 수 있다.

4.1.1.2.2 임펄스 절연내력 시험에 대한 대안 기술위원회는 제조업체와 시험기관 사이에 특별히 일치하는 대체 방법으로서 특별 기기에 대한 교류 또는 직류 시험을 규정할 수 있다.

4.1.1.2.1.1의 **표 5**에 정한 임펄스 시험 전압과 동일한 파고값의 교류 및 직류 전압시험이 절연거리의 내절연 능력을 검증하는 동안, 전압은 더 긴 지속시간 동안 인가되기 때문에 고체 절연에 더 높은 스트레스가 가해진다. 이로 인해 고체 절연에는 과부하 또는 손상을 일으킬 수 있다. 따라서

기술위원회는 **4.1.1.2.1**에 명시된 임펄스 전압 시험에 대한 대안으로서 교류 또는 직류 전압시험을 규정할 때 이를 고려해야 한다.

4.1.1.2.2.1 교류 전압 시험 정현파 상용주파 시험 전압의 파고값은 **표 5**에 있는 임펄스 시험 전압과 동일해야 하며, 교류 시험 전압의 세 가지 사이클에 적용된다.

4.1.1.2.2.2 직류 전압 시험 직류 시험 전압은 리플이 없어야 하며 **표 5**에 있는 임펄스 시험 전압과 동일해야 하고, 각 극성에 10 ㎳ 동안 3회 인가된다.

4.1.1.2.2.3 시험 지속시간 교류와 직류 시험은 해당 고체 절연의 성능을 저하시킬 수 있다. 교류 또는 직류 시험을 선택한 경우, 교류의 경우에서 최소 세 가지 사이클에 대해 시험을 실시하거나 직류 경우에 각 극성별로 10 ms의 지속시간으로 시험을 3회 실시해야 한다. 시험 지속시간이 더 길어지면 절연거리의 절연 협조에 대한 추가 정보를 제공하지 않는다.

4.1.1.2.2.4 기타 절연 시험 기법 교류 절연 시험 또는 직류 시험에 대한 시험 에너지를 제한하는 다른 기법은 현재 제정중이다(예 : 정현반파 펄스)

4.1.1.2.3 1분간 2 U_n + 1 000 V를 인가한 절연 시험 이 시험은 일부 기술위원회에서 규정하고 있지만 절연거리의 검증에는 관련이 없기 때문에 여기서는 다루지 않는다.

4.1.1.2.4 절연 협조 이외의 목적을 위한 시험 절연거리의 검증 이외의 목적으로 전기적 시험을 규정하는 기술위원회는 원칙적으로 절연 협조에 필요한 것보다 더 높은 시험 전압을 규정해서는 안 된다.

4.1.1.2.5 샘플링 시험과 정기 시험 샘플링 시험과 정기 시험은 생산 품질을 보증하기 위한 것이며 절연 협조를 검증하고자 함이 아니다. 이 시험은 특히 시험을 규정하는 제조업체의 관련 기술위원회의 책임이다. 기술위원회는 기기(고체 절연 또는 구성요소)에 손상을 일으키지 않고 고장을 검출할 수 있는 파형과 전압 레벨을 이용하여 시험을 실시해야 한다.

경우 A보다 절연거리가 더 작은 기기의 경우, 샘플링 시험에는 **4.1.1.2.1**에 주어진 전체 전압값이 필요하다. 정기 시험은 기술위원회에서 규정할 수 있다.

4.1.1.3 완성 기기를 위한 절연 시험

4.1.1.3.1 시험할 부품 시험 전압은 전기적으로 서로 분리되어 있는 기기의 부품 사이에 인가한다. 이러한 부품의 예는 다음과 같다.

- 충전부
- 개별 회로
- 접지 회로
- 접근 가능한 표면

접근 가능한 표면의 비전도성 부분은 금속박으로 덮어야 한다.

비 고 금속박이 있는 대형 외곽을 완전히 덮을 수 없으면, 감전을 막기 위한 부품을 부분적으로 덮어도 충분하다.

4.1.1.3.2 기기 회로의 준비 시험을 위해, 기기의 각 회로는 다음과 같이 준비한다.

- 회로의 외부 단자(있는 경우)는 함께 연결한다.
- 스위치기어와 컨트롤기어는 투입된 위치에 두거나 바이패스시킨다.
- 전압 차단 구성요소(예 : 정류 다이오드)의 단자는 함께 연결한다.
- RFI 필터와 같은 구성요소는 임펄스 시험에 포함되지만 교류시험 동안 이들을 단절시키는데 필요할 수 있다.

기기 회로 내 전압 민감성 구성요소는 단자를 단락 시켜 바이패스시킨다.

다중점 커넥터가 있는 사전 시험된 플러그인 인쇄 회로 기판과 사전 시험된 모듈은 시험 전압이 절연 시험에 필요한 범위로 기기 내부에 전파되는 것을 보장하기 위해 모조 샘플로 단절시키거나

교체할 수 있다.

4.1.1.3.3 시험 전압 값 저전압 전원에 연결된 회로는 **4.1.1.2**에 따라 시험한다.

기기의 두 회로간 시험 전압은 더 높은 정격 전압을 가진 회로에 해당하는 값을 적용해야 한다.

비 고 절연 협조가 손상되지 않는 한, 낮은 절연 레벨은 기기의 특정 부분 사이에 규정할 수 있다. 이 부분들은 시험을 위해 상호 연결되어야 한다. 그 후, 이 부분들을 더 낮은 시험 전압으로 각각에 대해 시험해야 한다.

4.1.1.3.4 시험 기준 시험 중 파괴 방전(방전개시, 플래시오버, 관통파괴)이 없어야 한다. 절연파괴가 되지 않는 절연거리의 부분방전은 기술위원회에서 별도로 규정하지 않는 한 무시한다.

비 고 파괴 방전을 검출하기 위해 임펄스 전압을 관찰하는데 오실로스코프를 사용할 것을 권고한다.

4.1.2 고체 절연의 전기적 시험 동작, 보관, 운송, 설치 중 기계적 스트레스를 받을 수 있는 고체 절연은 전기적 시험 전에 진동과 기계적 충격에 대해 시험해야 한다. 기술위원회는 시험 방법을 규정할 수 있다.

비 고 표준 시험 방법은 **IEC 60068**에 명시되어 있다.

다음 시험은 절연 협조에 대해 형식시험으로 사용하기 위한 것이다.

a) 정격 임펄스 전압에 대한 고체 절연의 내절연 능력을 검증하기 위한 임펄스 내전압 시험 (**3.3.3.2.1** 참조).

b) 정격 일시 과전압에 대한 고체 절연의 내절연 능력을 검증하기 위한 교류 전압 시험(**3.3.3.2.2** 참조).

c) 다음 전압에서 고체 절연에 부분 방전이 없음을 검증하기 위한 부분 방전 시험
- 최대 정상상태 전압
- 장시간 일시 과전압(**3.3.3.2.2** 참조)
- 순환 파고 전압(**3.3.3.2.3** 참조)

d) **3.3.3.2.4**에 따라 유전 가열로 인한 고장이 없음을 검증하기 위한 고주파 전압 시험

기술위원회는 각각의 스트레스가 기기에서 발생할 경우 어떤 형식 시험이 필요한지를 규정해야 한다.

절연체, 예를 들어 세라믹이 부분방전이 일어날 때 충분한 수명을 보장할 수 없다면 부분 방전 시험을 규정해야 한다. 얼마동안, PD 시험은 구성요소 또는 소형 조립품 및 소형 기기에 적용할 수 있다.

위의 시험은 샘플링 시험이나 정기 시험으로 적합할 수 있다. 그러나, 생산 중 절연 품질을 보증하기 위해 어떤 시험을 샘플링 시험과 정기 시험으로 실시하는지를 규정하는 것은 기술위원회의 책임이다. 시험과 전처리는 사용할 절연 시스템을 손상시키지 않고 고장을 검출하는데 적합한 시험 변수로 규정한다.

비 고 샘플링 시험과 정기 시험에 대한 자세한 지침은 현재 제정중이다.

완성 기기에 대해 시험을 실시하는 경우 **4.1.1.3**의 절차를 적용한다.

4.1.2.1 전처리 별도로 규정하지 않는 한, 시험은 새로운 시험편으로 실시해야 한다.

온도와 습도 처리로 시험편을 전처리하는 것은 다음 목적을 갖는다.

- 가장 단조로운 정상 사용 조건을 나타내기 위해
- 새로운 조건하에서 존재하지 않는 가능한 결함을 노출시키기 위해

표 6 - 고체 절연의 전처리 가혹도

시험	온도 ℃	상대습도 %	시간 h	사이클 수
a) 내열	+55	-	48	1
b) 내열 사이클	-10 ~ +55	-	사이클 지속시간 24	3
c) 열 충격(온도의 급변)	-10 ~ +55	-	3)	
d) 내습	25 1) 40 2)	93 93	96 96	1 1
주 1) 이 온도는 몇 가지 규격(예 : IEC 60335-1, IEC 60669-1, IEC 60730-1)에 나타난다. 2) IEC 60068-2-3 내습성 시험의 표준 온도 3) 온도 변화의 지속시간은 시험편의 열 시정수에 따라 달라진다. IEC 60068-2-14 참조				

다음 전처리 방법을 권고한다.

a) 제조 후 바로 존재하지 않을 수 있는 안정한 조건을 얻기 위한 내열(IEC 60068-2-2)

b) 보관, 운송, 일반 사용 중에 발생할 수 있는 공극의 생성을 유발하기 위한 내열 사이클(IEC60068-2-2)

c) 보관, 운송, 일반 사용중에 발생할 수 있는 절연 시스템 내 디라미네이션을 유발하기 위한 열 충격(IEC60068-2-14)

d) 고체 절연의 전기적 특성에 대해 흡수 효과를 포함시키기 위한 내습(IEC 60068-2-3)

임펄스 전압, 교류 상용주파 전압과 고주파 전압 시험의 경우, 가장 중요한 전처리 방법은 a) 와 d)의 방법이다.

부분 방전 시험의 경우, 전처리 방법 b)와 c)가 가장 적절하다.

고체 절연의 전처리가 필요한 경우, 형식 시험 전에 실시해야 하고, 그 방법은 IEC 60068을 토대로 한다. 온도, 습도, 시간 값은 **표 6**에서 선택한다.

기기의 경우, 예를 들어, 전기 부품, 부속 조립품, 절연 부품이나 재료와 같은 구성요소를 전기 시험 전에 전처리 하는 것이 적합하다. 구성요소가 이 절에 따라 이미 형식 시험을 거친 상태이면, 이 전처리는 필요하지 않다.

4.1.2.2 임펄스 전압 시험

4.1.2.2.1 시험 방법 **표 5**는 제외하고, 4.1.1.2.1의 임펄스 전압 시험에 대한 방법은 고체 절연에도 적용한다. 그러나, 시험은 임펄스간 최소 1초의 간격으로 각 극성의 5개 임펄스에 대해 실시해야 한다. 각 임펄스의 파형을 기록한다.

4.1.2.2.2 합격 기준 시험 중 고체 절연의 관통파괴 또는 부분적인 절연파괴가 일어나지 않아야 한다. 그러나 부분 방전은 허용된다. 부분적인 절연파괴는 연속적인 임펄스의 초기에서 발생하는 결과 파형의 단계로 표시된다. 첫 번째 임펄스에서의 절연파괴는 절연 시스템의 완전 고장을 나타내거나 기기의 과전압 제한 장치의 동작을 나타낸다.

비 고 1 과전압 제한 장치는 기기에 포함되는 경우, 그 동작이 절연 고장을 나타내지 않는지를 보장하기 위해 파형을 조사해야 한다. 임펄스에서 임펄스까지 변하지 않

은 임펄스 전압의 왜곡은 그러한 과전압 제한 장치의 동작에 의해 발생할 수 있으며 고체 절연의 (부분)절연파괴를 가리키지 않는다.

비 고 2 공극에서의 부분 방전은 임펄스 과정에서 반복될 수 있는 지극히 짧은 지속시간의 부분 노치에 이르게 할 수 있다.

4.1.2.3 교류 상용주파 전압 시험

4.1.2.3.1 시험 방법 교류 시험 전압은 5초 이내에 0 V에서 단시간 일시 과전압까지 일정하게 상승한다. 시험 전압을 점진적으로 상승시키는 대신, 순간적으로 인가할 수도 있다.

경우에 따라서, 교류 시험 전압은 교류 전압의 파고값과 동일한 값의 직류 시험 전압으로 대체할 수도 있다.

비 고 1 형식 시험편에 영구적인 손상을 일으킬 수 있는 것으로 인정된 경우, 1분간 2 U_n + 1 000 V 와 같은 시험 전압을 규정할 수 있다.

이는 **3.3.3.2.2**의 단시간 일시 과전압의 값을 수정하고, 시험지속시간을 연장할 경우, 시험편의 예상 수명 동안 절연의 내구성에 대한 더욱 정확한 정보를 제공한다. 이러한 증가된 교류 시험 전압은 과도 과전압에 대해 규정된 것보다 더 큰 절연거리를 필요로 할 수 있다.

비 고 2 강화 절연에 대한 요구사항은 현재 제정중이다.

비 고 3 시험 기기에 대한 규격은 현재 제정중이다.

4.1.2.3.2 합격 기준 고체 절연에 절연파괴가 발생하지 않아야 한다.

4.1.2.4 부분 방전 시험 본 시험은 부분 방전에 의해 악화될 수 있는 고체 절연에 적용한다. 부분 방전 시험 방법은 **부속서 C**에 설명되어 있다. 시험을 실시할 때 다음의 배율 계수를 적용한다.

F_1 - PD 시험과 기초 절연 및 부가 절연의 치수 결정에 대한 기본 안전율

PD 소멸 전압은 온도와 같은 환경 조건에 영향을 받을 수 있다. 이러한 영향은 1.2의 기본 안전율 F_1으로 설명된다. 따라서, 기초 절연이나 부가 절연에 대한 PD 소멸 전압은 최소한 1.2 U_{rp} 이다.

F_2 - PD 히스테리시스 계수

히스테리시스는 PD 개시 전압 U_i와 PD 소멸 전압 U_e 사이에서 발생한다. 실제 경험을 통해 F_2는 1.25보다 크지 않다는 것을 알 수 있다. 따라서, 기초 절연 및 부가 절연의 경우 시험 전압의 초기값은 $F_1 \times F_2 \times U_{rp}$, 즉 1.2 × 1.25 U_{rp} = 1.5 U_{rp} 이다.

비 고 이는 PD가 U_i를 초과하는 과도 과전압에 의해 시작될 수 있고 예를 들어 U_e를 초과하는 순환 파고 전압의 값으로 유지될 수 있다는 것을 의미한다. 이 상황에서는 시험에 임펄스 전압과 교류 전압의 조합이 필요할 수도 있다. 따라서 교류 시험은 처음에 전압을 증가시켜 실시한다.

F_3 - PD 시험과 강화 절연 치수측정을 위한 부가 안전율

강화 절연의 경우, 더욱 엄격한 위험 평가가 필요하다. 따라서, 추가 안전율 F_3 = 1.25가 필요하다. 시험 전압의 초기값은 $F_1 \times F_2 \times F_3 \times U_{rp}$, 즉 1.2 × 1.25 × 1.25 U_{rp} = 1.875 U_{rp} 이다.

F_4 - 저전압 전원의 공칭 전압 U_n으로부터의 편차를 포함하는 계수

저전압 전원에 연결된 회로의 경우, 이 계수는 공칭값에서 전원 전압의 최대 편차를 설명한다. 따라서 공칭 전압 U_n에서 파고 전압은 F_4 = 1.1을 곱해야 한다.

4.1.2.4.1 일반사항 본 시험은 부분 방전이 다음 최고값에서 유지되지 않음을 검증하는 것이다.

- 최대 정상상태 전압의 파고값
- 장시간 일시 과전압의 파고값(**3.3.3.2.2** 참조)
- 순환 파고 전압(**3.3.3.2.3** 참조)

비 고 추가적으로 실제 PD 개시 전압과 소멸 전압의 값에 관계되는 경우, 측정 절차가 **부속서 D**의 **D.1**에 설명되어 있다.

시험을 할 때, PD 시험은 대개 구성요소, 소형 조립품, 소형 기기에 적용한다. 복잡한 기기를 시험할 경우에는 기기 단자에서 측정할 때 PD 신호의 과도한 감쇠를 고려해야 한다.

최소 소요 방전 소멸 전압은 위에서 열거한 최고 전압보다 계수 F_1만큼 더 높아야 한다.

시험편의 종류에 따라 기술위원회는 다음을 규정해야 한다.

- 시험 회로(**부속서 C**의 **C.1.1**.)
- 측정 기기(**부속서 C**의 **C.3**와 **부속서 D**의 **D.2**)
- 측정 주파수(**부속서 C**의 **C.3.1**과 **부속서 D**의 **D.3.3**)
- 시험 절차(**4.1.2.4.2**)

4.1.2.4.2 시험 절차 시험 전압 U_t의 값은 최소 소요 방전 소멸 전압이다.(**4.1.2.4.1** 참조)

전압은 0 V에서 초기 시험 전압 $F_2 \times U_t$ 즉, 제4.1.2.4.1절에서 명시한 최고 전압의 $F_1 \times F_2$ = 1.2 × 1.25 = 1.5배까지 일정하게 상승시켜야 한다. 그 다음 5초를 초과하지 않는 규정 시간 t_1동안 일정하게 유지시킨다. 그리고 전압을 시험 전압 U_t까지 감소시키고, PD 크기가 측정될 때까지 규정 시간 t_2 동안 일정하게 유지한다.

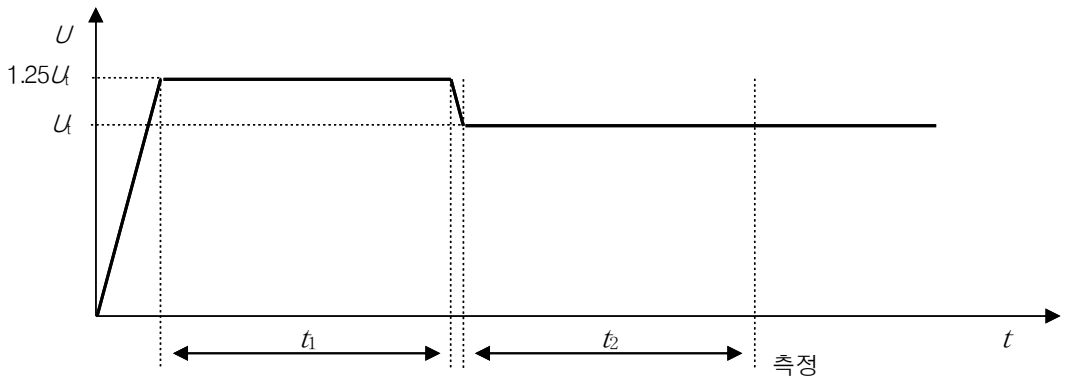


그림 2 – 시험 절차

4.1.2.4.3 합격 기준

4.1.2.4.3.1 규정 방전 크기 정상 사용 조건 하에서 연속적 부분 방전이 없는 것이 목적이기 때문에, **부속서 D**의 **D.3**을 따르는 최저 값을 규정한다.

비 고 1 공기중 코로나 방전에 의해 발생한 방전을 제외하면(예: 비주물(non-moulded) 변압기), 10 pC를 초과하는 값은 적합하지 않다.

비 고 2 2 pC 정도의 작은 값은 현재 가용한 기기에서 사용할 수 있다.

4.1.2.4.3.2 시험 결과 고체 절연은 다음의 경우에 시험에 합격된다.

- 절연파괴가 발생하지 않고
- 시험 전압 U_t의 인가시에
  - 부분 방전이 발생하지 않거나
  - 측정된 방전 크기가 규정 방전 크기보다 높지 않을 경우

소음 레벨은 PD 측정기의 판독에서 제외시키지 않아야 한다.

4.1.2.5 고주파 전압 시험(현재 제정중) **3.3.3.2.4**에 따르는 고주파 전압의 경우, **4.1.2.3**에 따라 추

가 또는 대체 교류 전압 시험이 필요하거나 **4.1.2.4**에 따라 부분 방전 시험이 필요할 수 있다.

4.1.2.6 시험 순서 기술위원회에서 하나 이상의 개별 시험을 실시할 때, 시험은 다음 순서로 실시한다.

a) **4.1.2.2**에 따른 임펄스 전압 시험

b) **4.1.2.3**에 따른 AC 상용주파 전압 시험

c) **4.1.2.4**에 따른 부분 방전 시험

그러나, 교류 상용주파 전압 시험과 부분 방전 시험을 결합하여 실시할 수 있다.

비 고 특별한 경우에 특정한 기기에 대해서, 임펄스 전압과 동일한 파고 전압을 가진 교류 상용주파 전압 시험이 임펄스 시험보다 유리할 수 있다. 그러나 이 시험은 기기에 더욱 단조로운 것이어야 한다. **4.1.4**를 참조한다.

4.2 연면거리와 공간거리의 측정 다음 예에서 규정한 치수 X는 오염 등급에 따라 다음과 같이 달라지는 최소값이다.

오염 등급	치수 X 최소값
1	0.25 ㎜
2	1.0 ㎜
3	1.5 ㎜
4	2.5 ㎜

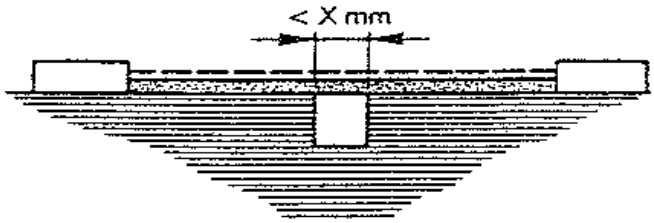
해당 공간거리가 3 ㎜ 미만인 경우, 최소 치수 X는 이 공간거리의 1/3까지 감소시켜도 된다.

연면거리와 공간거리의 결정 방법이 다음 예 1 ~ 11에 나타나 있다. 이 예에서는 갭과 홈의 차이 및 절연 재료의 종류는 구별하지 않는다.

다음과 같은 가정을 토대로 한다.

- 홈의 앞끝(recess)부는 X㎜ 길이의 절연재료를 최악 조건이 되도록 단락지어 측정한다(예 3 참조).
- 홈 양단의 나비가 X㎜ 이상인 경우, 연면거리는 홈의 윤곽을 따라 측정한다(예 2 참조).
- 대상이 되는 상호 위치가 변화하는 경우는 그 부분이 최악의 조건이 되도록 단락지어 측정한다.

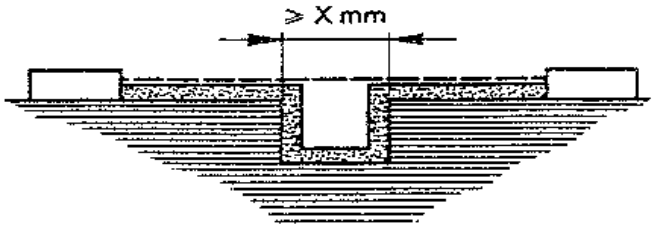
예 1



조건 : 이 연면거리의 경로에는 깊이가 임의, 나비가 X㎜ 미만에서 양측 벽이 평행한 홈 또는 수속 측면 홈(밑부분이 좁아지는 홈)을 포함하여 생각한다

규칙 : 연면거리 및 공간거리는 그림과 같이 홈을 횡단하여 측정한다

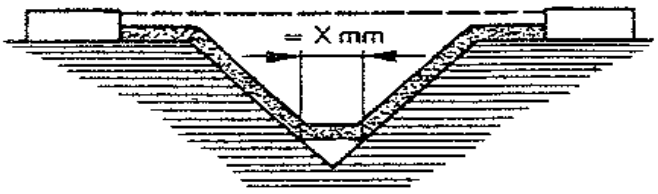
예 2



조건 : 이 연면거리의 경로에는 깊이가 임의, 나비가 X㎜와 동등 또는 초과하는 양측벽이 평행한 홈을 포함하여 생각한다

규칙 : 공간거리는 그림과 같이 측선의 거리이고, 연면거리의 경로는 그림과 같이 홈의 윤곽을 따라 측정한다

예 3

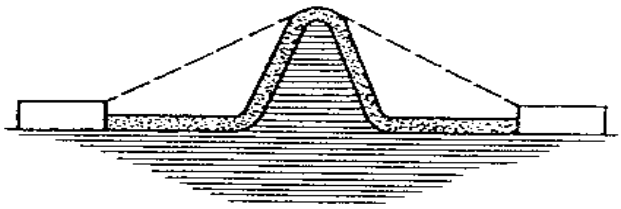


조건 : 이 연면거리의 경로에는 X㎜를 넘는 V홈을 포함하여 생각한다

규칙 : 공간거리는 그림과 같이 측선의 거리이고, 연면거리의 경로는 그림과 같이 홈의 윤곽에 따르지만, 홈의 밑부분을 X㎜의 절연재료로 단락한다

– – – – – 공간 거리　　연면 거리

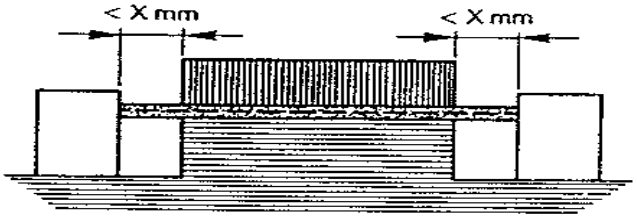
예 4



조건 : 이 연면거리의 경로는 리브를 포함한다

규칙 : 공간거리는 그림과 같이 리브 상부를 넘는 공기중의 최단거리이고, 연면거리의 경로는 그림과 같이 리브의 윤곽에 따른다

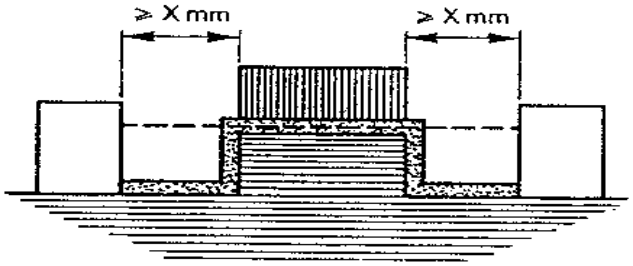
예 5



조건 : 이 연면거리의 경로는 비접착 접합부에 따라서 양측에 나비가 X㎜ 미만의 홈을 포함하여 생각한다

규칙 : 연면거리 및 공간거리의 경로는 그림과 같이 측선의 거리이다

예 6

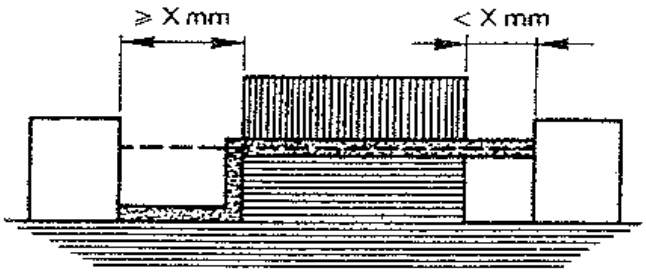


조건 : 이 연면거리의 경로는 비접착 접합부에 따라서 양측에 나비가 X㎜와 같거나 또는 그 이상의 홈을 포함하여 생각한다

규칙 : 공간거리는 그림과 같이 측선의 거리이고, 연면거리의 경로는 그림과 같이 홈의 윤곽에 따른다

– – – – – 공간 거리　　연면 거리

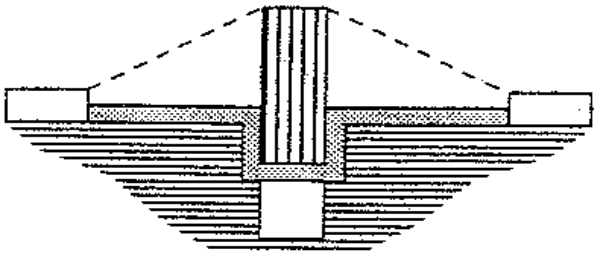
예 7



조건 : 이 연면거리의 경로는 비접착 접합부에 따라서 편측에 나비가 X㎜ 미만의 홈, 다른 측에 나비가 X㎜와 동등하거나 또는 그 이상인 홈을 포함하여 생각한다

규칙 : 공간거리는 그림과 같이 측선의 거리이고, 연면거리의 경로는 그림과 같이 홈의 윤곽에 따른다

예 8

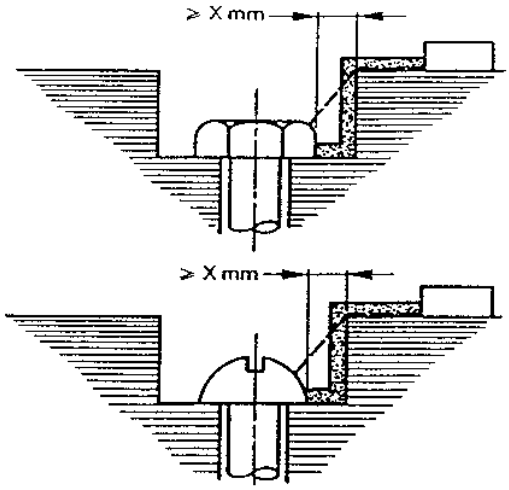


조건 : 비접착 접합부를 경유하는 연면거리는 장벽 위를 넘는 연면거리를 넘지 않는다

규칙 : 공간거리는 그림과 같이 장벽 위를 넘는 공기 중의 최단 거리이다

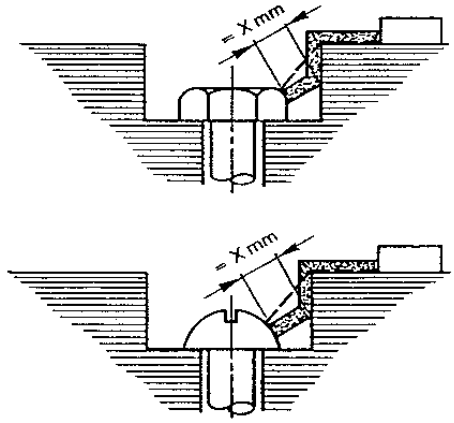
– – – – – 공간 거리　　연면 거리

예 9



나사 머리부와 벽 요철부의 측벽간의 갭은 충분히 고려할 수 있는 나비가 있다

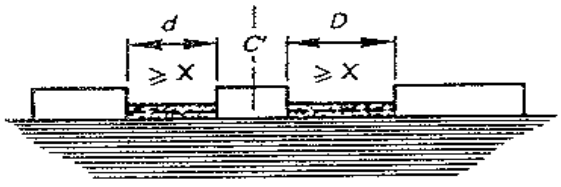
예 10



나사 머리부와 벽 요철부의 측벽간의 갭은 지나치게 좁아서 고려할 수 있는 나비가 없다
연면거리 및 나사 머리부에서 측벽의 거리가 X㎜와 같은 곳에서 측정한다

– – – – – 공간 거리　　연면 거리

예 11



공간 거리 = $d + D$
연면 거리 = $d + D$

– – – – – 공간 거리　　연면 거리

부속서 A(참고)

절연거리의 내 특성에 관한 기본 데이터

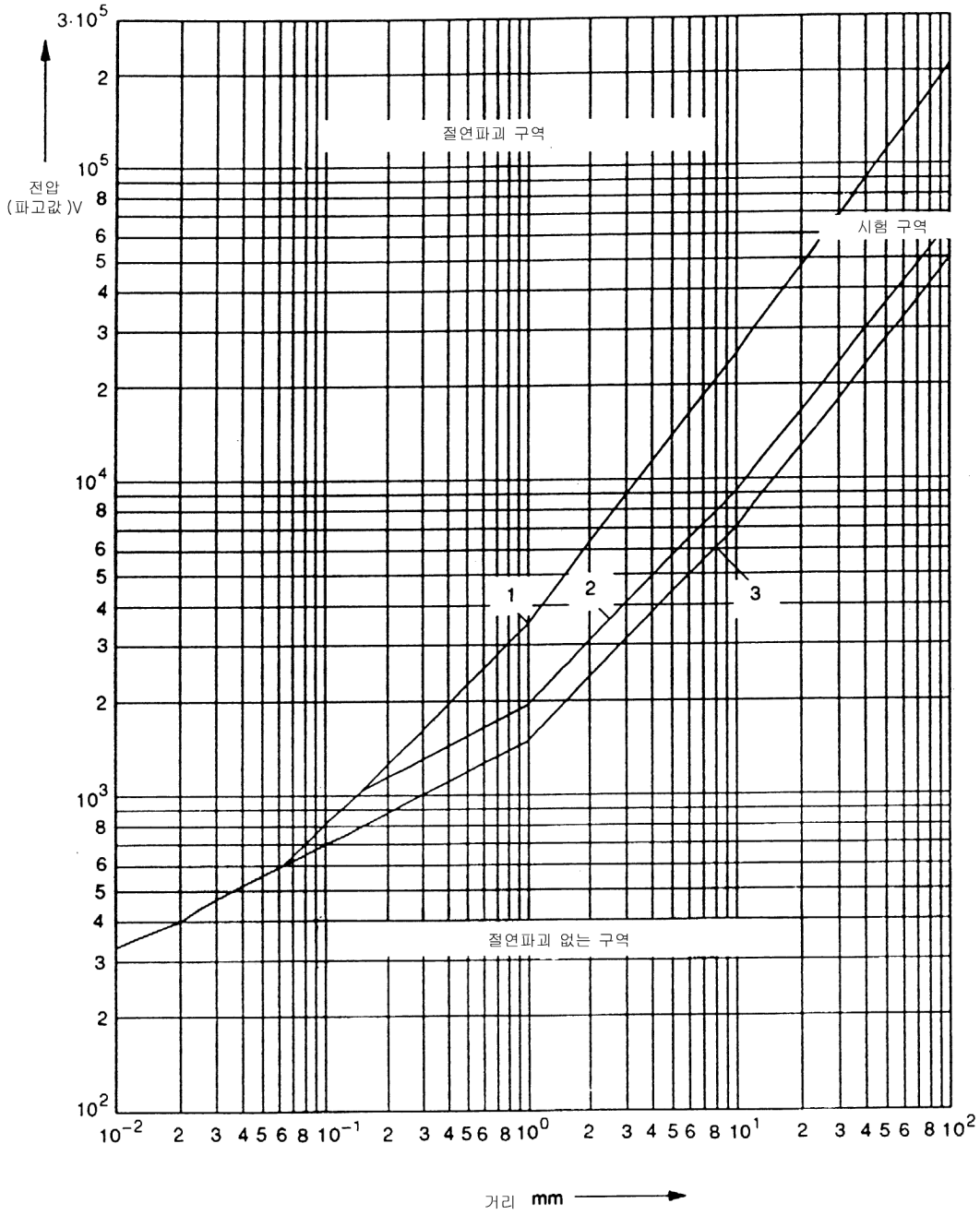
표 A.1 해발고도 2000 m 에서의 내전압(단위: kV)

연면거리	경우 A 비균일 전계			경우 B 균일 전계	
	교류 (50/60Hz)		임펄스 (1.2/50)	교류 (50/60Hz)	교류 (50/60Hz)와 임펄스 (1.2/50)
㎜	$U_{r.m.s}$			$U_{r.m.s}$	
0.010	0.23	0.33	0.33	0.23	0.33
0.012	0.25	0.35	0.35	0.25	0.35
0.015	0.26	0.37	0.37	0.26	0.37
0.020	0.28	0.40	0.40	0.28	0.40
0.025	0.31	0.44	0.44	0.31	0.44
0.030	0.33	0.47	0.47	0.33	0.47
0.040	0.37	0.52	0.52	0.37	0.52
0.050	0.40	0.56	0.56	0.40	0.56
0.0625	0.42	0.60 +	0.60 +	0.42	0.60 +
0.080	0.46	0.65	0.65	0.50	0.65
0.10	0.50	0.70	0.81	0.57	0.81
0.12	0.52	0.74	0.91	0.64	0.91
0.15	0.57	0.80	1.04 +	0.74	1.04
0.20	0.62	0.88	1.15	0.89	1.26
0.30	0.67	0.95	1.23	1.03	1.45
0.40	0.71	1.01	1.31	1.15	1.62
0.50	0.78	1.11	1.44	1.38	1.95
0.60	0.84	1.19	1.55	1.59	2.25
0.80	0.90	1.27	1.65	1.79	2.53
1.0	0.98	1.39	1.81	2.15	3.04
1.2	1.06	1.50 +	1.95	2.47	3.50 +
1.5	1.20	1.70	2.20	2.89	4.09
2.0	1.39	1.97	2.56	3.50	4.95
2.5	1.68	2.38	30.9	4.48	6.33
3.0	1.96	2.77	3.60	5.41	7.65
4.0	2.21	3.13	4.07	6.32	8.94
5.0	2.68	3.79	4.93	8.06	11.4
6.0	3.11	4.40	5.72	9.76	13.8
8.0	3.51	4.97	6.46	11.5	16.2
10.0	4.26	6.03	7.84	14.6	20.7
12.0	4.95	7.00 +	9.10	17.7	25.0 +
15.0	5.78	8.18	10.6	20.9	29.6
20.0	7.00	9.90	12.9	25.7	36.4
25.0	8.98	12.7	16.4	33.5	47.4
30.0	10.8	15.3	19.9	41.2	58.3
40.0	12.7	17.9	23.3	48.8	69.0
50.0	16.2	22.9	29.8	63.6	90.0
60.0	19.6	27.7	36.0	78.5	111.0
80.0	22.8	32.3	42.0	92.6	131.0
100.0	29.2	41.3	53.7	120.9	171.0
	35.4	50.0 +	65.0	148.5	210.0 +

단순화를 위해, 상기 표 A.1에 따른 측정된 통계적 값은 고도 0 m에서 2000 m 까지의 보정률을 고려한 이중 대수 다이어그램내의 "+"로 표시된 값 사이의 직선으로 대체된다. 중간값이 그 다이어그램에서 얻어지므로 이 값들은 작은 안전 여유를 이용해 측정된 값을 포함한다. Ur.m.s. 값은 값을 $\sqrt{2}$로 나눔으로서 얻어진다.

표 A.2 고도 보정률

고도 m	정상 대기압 kPa	절연거리용 증배율
2000	80.0	1.00
3000	70.0	1.14
4000	62.0	1.29
5000	54.0	1.48
6000	47.0	1.70
7000	41.0	1.95
8000	35.5	2.25
9000	30.5	2.62
10000	26.5	3.02
15000	12.0	6.67
20000	5.5	14.5

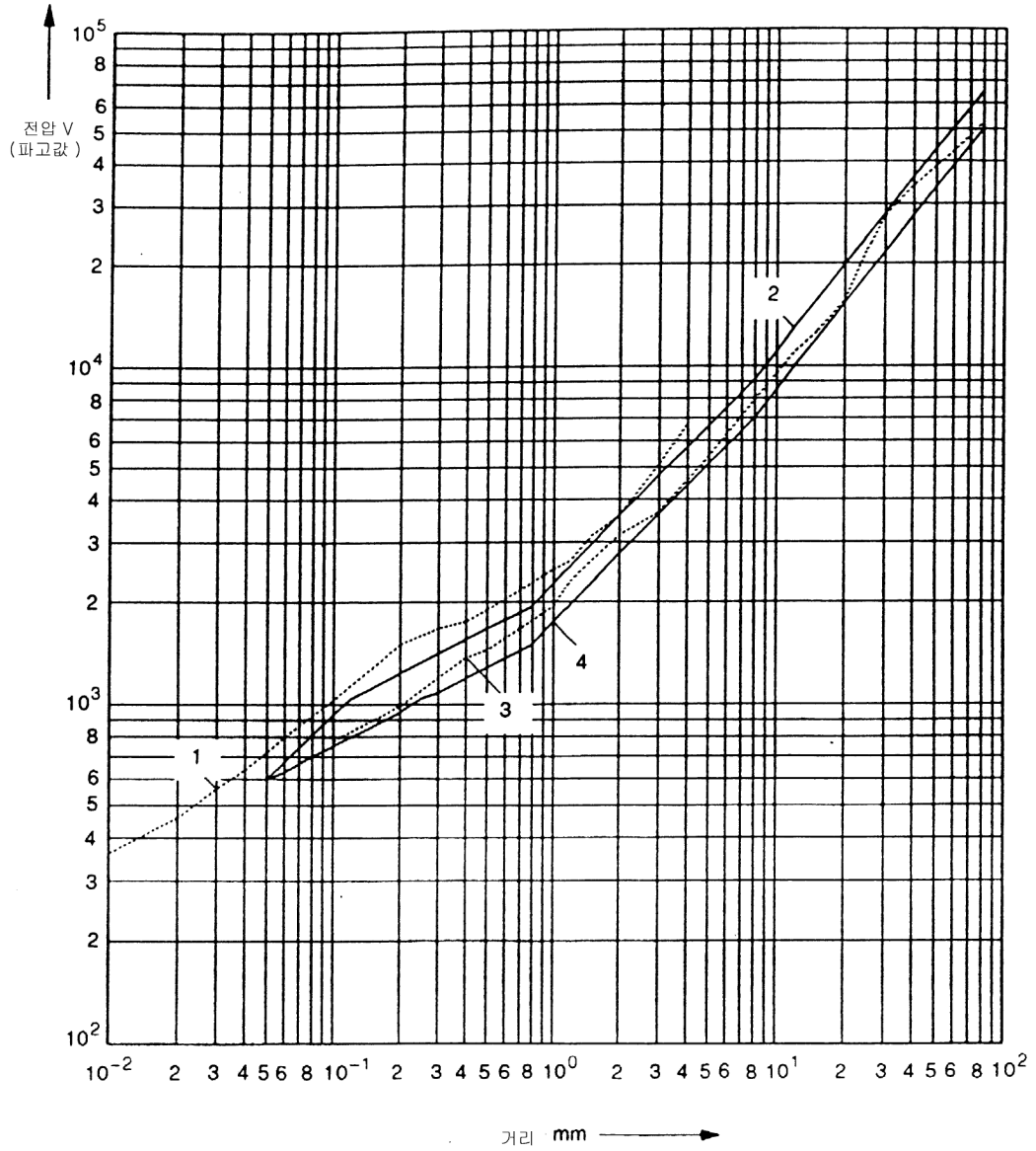


1 = 경우 B; $\hat{U}$1,2/50 와 $\hat{U}$50/60 Hz

2 = 경우 A; $\hat{U}$1,2/50

3 = 경우 A; $\hat{U}$50/60 Hz

그림 A.1 해발고도 2000 m 에서의 내전압



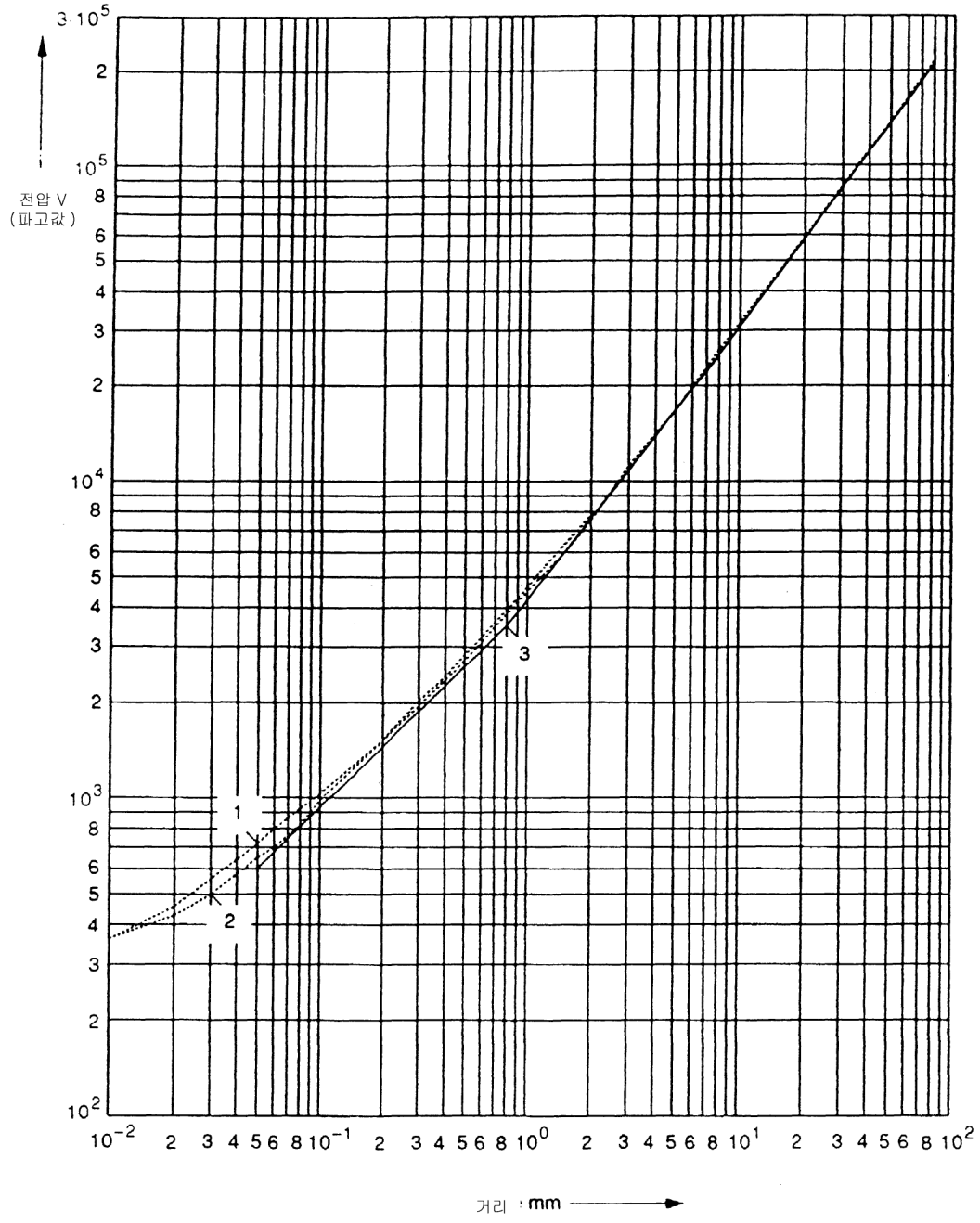
1 = ETZ-B 에 따른 $\hat{U}1,2/50$, 1976 P.300-302

2 = $\hat{U}1,2/50$ 에 대한 하한값

3 = ETZ-A 에 따른 $\hat{U}50$ Hz , 1969 P.251-255

4 = $\hat{U}50$ Hz 에 대한 하한값

그림 A.2 비균일 전계에 대한 대강의 해발고도 및 그 하한 값에서 측정된 실험 데이타



1 = ETZ-B 에 따른 $\hat{U}$1,2/50 , 1976 P.300-302

2 = Electra 에 따른 $\hat{U}$50 Hz , 1974 P.61-82

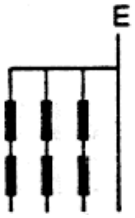
3 = $\hat{U}$1,2/50 와 $\hat{U}$50 Hz 에 대한 하한값

그림 A.3 균일 전계에 대한 대강의 해발고도 및 이들의 하한 값에서 측정된 실험 데이타

부속서 B(참고)

과전압 제어의 상이한 모드에 대한 공급 계통의 공칭 전압

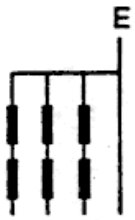
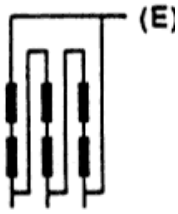
표 B.1 고유 제어 또는 동등 보호 제어

공칭전압 교류 또는 직류를 포함해서 도출된 선-중성점 전압 [1]	세계에서 현재 사용되는 공칭 전압				기기의 정격 임펄스 전압 [1]			
	중성선 접지식 3상 4선식 계통	비접지 3상 3선식 계통	직류 또는 교류의 단상 2선식 계통	직류 또는 교류의 단상 3선식 계통				
								
V	V	V	V	V	V			
					과전압 범주			
					I	II	III	IV
50			12.5, 24 25. 30 42, 48	30-60	330	500	800	1500
100	66/115	66	60		500	800	1500	2500
150	120/208* 127/220	115, 120, 127	110, 120	110-220 120-240	800	1500	2500	4000
300	220/380, 230/400, 240/415, 260/440, 277/480	220, 230, 240 260, 277, 347 380, 400, 415 440, 480	220	220-240	1500	2500	4000	6000
600	347/600, 380/660 400/690, 417/720 480/830	500, 577, 600	480	480-960	2500	4000	6000	8000
1000		660 690, 720 830, 1000	1000		4000	6000	8000	12000

주 [1] 이 열은 정격 임펄스 전압 값이 지정된 표 1에서 취했다.

* 미국과 캐나다에서 실용

표 B.2 보호 제어가 필요하고 IEC 60099-1에서 규정한 것보다 작지 않은 정격 전압까지 클램핑 전압비를 갖는 피뢰기에 의해 제공되는 제어에서의 경우들

공칭 전압 교류 또는 직류를 포함해서 도출된 선-중성점 전압 [1]	세계에서 현재 사용되는 공칭 전압				기기의 정격 임펄스 전압 [1]			
	중성점 접지식 3상 4선식 계통	접지 또는 비접지 3상 4선식 계통	교류 또는 직류의 단상 2선식 계통	교류 또는 직류의 단상 3선식 계통				
								
V	V	V	V	V	V			
					과전압 범주			
					I	II	III	IV
50			12.5, 24 25. 30 42, 48	30-60	330	500	800	1500
100	66/115	66	60		500	800	1500	2500
150	120/208* 127/220	115, 120, 127	110, 120	110-220 120-240	800	1500	2500	4000
300	220/380, 230/400, 240/415, 260/440, 277/480	220, 230, 240 260, 277	220	220-240	1500	2500	4000	6000
600	347/600, 380/660 400/690, 417/720 480/830	347, 380, 400 415, 440, 480 500, 577, 600	480	480-960	2500	4000	6000	8000
1000		660 690, 720 830, 1000	1000		4000	6000	8000	12000

주 [1] 이 열은 정격 임펄스 전압 값이 지정된 표 1에서 취했다.

* 미국과 캐나다에서 실용

부속서 C(참고)

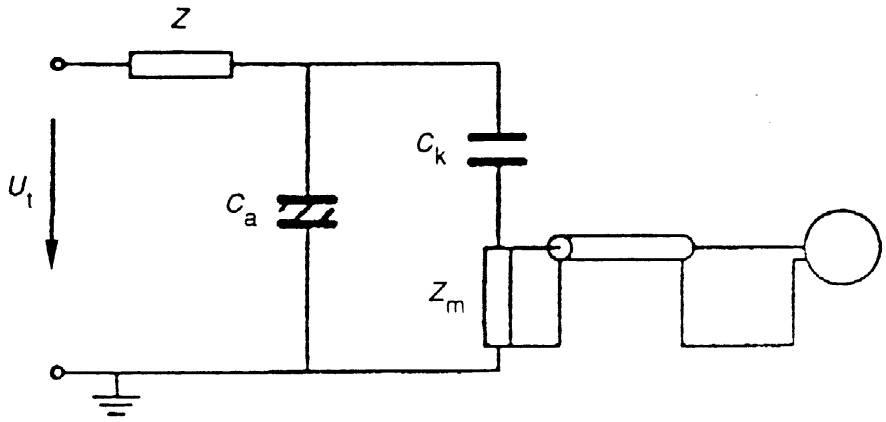
부분 방전 시험 방법

이 **부속서**는 고체 절연에 부분 방전이 없다는 것을 검증할 필요가 있는 경우 규격을 어떻게 사용해야 하는가에 대한 지침에 대한 요구가 있기 때문에 전기 기기의 절연 협조를 위하여 "잠정적 적용을 위한 예상 표준"의 의미를 갖는 기술보고서(형식 2)의 성격을 갖는다.

C.1 시험 회로 다음 시험 회로 중 하나를 사용한다. 그러나, 동일한 방법으로 실시하는 한 **IEC 60270**[1]에 표시된 다른 시험 회로를 사용할 수 있다.

비 고 기본 작동 설명은 **부속서 D**의 **D.2** 참조.

C.1.1 접지된 시험편을 위한 시험 회로



비 고 U_t : 시험 전압
Z : 필터
C_a : 시험편(대개 정전용량으로 간주할 수 있다.)
C_k : 결합 커패시터
Z_m : 측정 임피던스

그림 C.1 접지된 시험편

각 주 [1] **IEC 60270** : 1981, *부분 방전 측정.*

C.1.2 비접지된 시험편을 위한 시험 회로

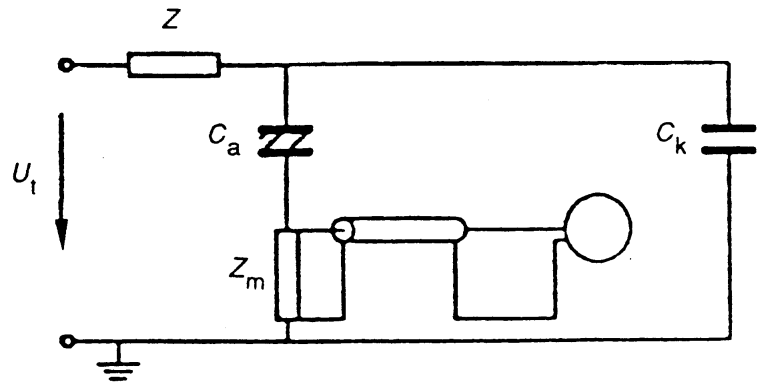


그림 C.2 비접지된 시험편

C.1.3 선정 기준 기본적으로 두 개의 회로는 동등하다. 그러나, 시험편의 표유 정전용량은 감도에 서로 다른 영향을 미친다. 시험편의 고압측 단자의 대지 정전용량은 **C.1.1**에 따라 회로의 감도를 저하시키는 경향이 있으며, **C.1.2**에 따라 회로의 감도를 증가시키는 경향이 있다. 따라서 이를 표준으로 해야 한다.

C.1.4 측정 임피던스 측정 임피던스는 시험 주파수에서 무시할 수 있을 정도로 전압 강하의 정도는 작다. 측정 주파수에 대한 임피던스는 **부속서 D**의 **D.2**에 따라 합당한 감도를 제공하기 위해 선택해야 한다.

전압 제한 구성요소를 사용할 경우, 이 구성요소들은 측정 범위 내에서 영향이 없어야 한다.

C.1.5 결합 커패시터 C_k 결합 커패시터는 3 f_t(**C.3** 참조)를 초과하는 공진 주파수가 있는 낮은 인덕턴스 형식이어야 한다. 사용한 최고 시험 전압에 대해 부분 방전이 없어야 한다.

C.1.6 필터 강제조항은 아니다. 사용한 경우, 그 임피던스는 측정 주파수에 비해 높아야 한다.

C.2 시험 변수 기술 위원회는 다음을 규정해야 한다.

- 시험 전압의 주파수 f_t(**C.2.1**)
- 규정 방전 크기(**4.1.2.4.3.1**)
- PD 시험의 기후 조건(**C.2.2**)

비 고 형식 시험과 정기 시험에 대한 규격은 서로 다를 필요가 있다.

C.2.1 시험 전압에 대한 요구사항 일반적으로 교류 전압을 사용한다. 총 고조파 왜곡은 5% 이내이어야 한다.

비 고 정현파의 왜곡이 낮으면 표준 전압계를 사용할 수 있고 실효치 판독으로부터 파고값을 산출할 수 있다. 왜곡이 높으면 파고 전압계를 사용한다.

시험은 대개 상용주파에서 실시한다. 기기가 상용주파를 사용하지 않는다면 기술위원회는 방전 크기에 미치는 주파수의 영향을 고려해야 한다.

비 고 직류 전압에 의한 PD 시험은 전기적 소음을 완전히 차단하기 어렵기 때문에 권고하지 않는다. 또한, 전압 분포는 교류와 직류가 크게 다르다는 것을 유의해야 한다.

C.2.2 기후 조건 실온과 평균 습도(23℃, 50% r.h., **IEC 60068-1**의 **2.2.3** 참조)에서 시험을 실시할

것을 권고한다.

C.3 측정기기에 대한 요구사항

C.3.1 일반사항 광대역 및 협대역 전하 측정 기기를 모두 사용할 수 있다(**C.3.3** 참조). 무선 장해 전압계는 **C.3.2**에 명시된 주의사항에 따라 사용해야 한다.

측정 주파수의 하한값은 시험 전압의 주파수 f와 측정 임피던스 Z_m의 주파수 특성에 의해 결정된다(**C.1.4** 참조). 10 f보다 낮아서는 안된다.

측정 주파수의 상한값은 PD 펄스의 형태와 시험 회로의 주파수 응답에 의해 결정된다. 2㎒보다 높아서는 안된다. 협대역 PD 측정기의 경우 측정 주파수는 협대역 소음원에 대해 선택해야 한다(**부속서 D**의 **D.3.3** 참조)

비 고 협대역 PD 측정기를 권고한다.

C.3.2 PD 측정기의 분류 측정 임피던스 Z_m을 통과하는 전류는 q_m에 비례하는 판독값을 제공하도록 통합된다(**부속서 D**의 **그림 D.1** 참조)

이 통합은 측정 임피던스에 영향을 받을 수 있다. 이 경우에, 측정 주파수의 하한값 위의 모든 주파수에 대한 정전용량을 나타내야 한다. q_m에 비례하는 정전용량 양단의 전압은 펄스 증폭기로 증폭시킨다. 주기적인 방전도 실시해야 한다.

측정 임피던스가 측정 주파수의 하한값 위의 모든 주파수에 대해 저항력이 있다면, 이 통합은 펄스 증폭기 내에서 실시해야 한다.

단일 펄스를 측정하고, 최대 크기의 펄스를 평가한다. 펄스 중첩으로 인한 오차를 제한하기 위해, 펄스 분해 시간은 100 μs보다 작아야 한다.

무선 장해 측정기는 협대역 파고 전압 측정기이다. 이 측정기는 무선 신호의 장해를 측정하는데 사용하며, 인간의 귀에 대한 소음의 직접적 영향에 따라 펄스 반복율에 대한 판독 의존성을 생성하는 특수 필터 회로를 구현한다.

부분 방전을 측정하는 경우, 무선 장해 측정기는 필터 회로가 단로된 경우에만 사용할 수 있다. 또한 적합한 측정 임피던스가 필요하다.

C.3.3 시험 회로의 대역폭 일반적으로 PD 측정기는 시험 회로의 대역폭을 제한한다. PD 측정기는 대역폭에 따라 광대역과 협대역으로 분류된다.

a) 하위 및 상위 차단 주파수 f_1과 f_2는 주파수 응답이 광대역 측정기의 경우 3 dB의 일정한 값 만큼 떨어지고, 협대역 측정기의 경우 파고값에서 6 dB 만큼 떨어진다.

b) 협대역 측정기의 경우 측정 주파수 f_0는 주파수 응답에서 공진 파고와 동일하다.

c) 대역폭 Δf는 다음과 같다.

$$\Delta f = f_2 - f_1$$

광대역 측정기의 경우, Δf는 f_2와 동일한 차수의 크기를 갖는다. 협대역 측정기의 경우, Δ는 f_0보다 훨씬 작다.

C.4 교정

C.4.1 소음 레벨 측정전 방전 크기의 교정 시험 회로의 교정 (**그림 C.3** 또는 **그림 C.4**)은 시험편 C_a를 부분 방전을 보이지 않는 커패시터 C_x로 대체하는 규정 방전 크기에서 실시한다. 커패시터 C_x의 임피던스는 시험편 C_a와 유사해야 한다.

비 고 양질의 유입 커패시터가 적합하다. 그러나 건식 커패시터는 시험 전압에서 방전될 가능성이 있다.

변압기는 규정된 PD 시험 전압에 따라 조정하지만 충전해서는 안되며, 1차 권선은 단락되어야 한다. 규정된 방전 크기는 교정 펄스 발생기를 사용하여 커패시터의 단자에 인가한다. 방전 검출기에서 방전 크기의 표시는 교정 신호에 일치하도록 조정해야 한다.

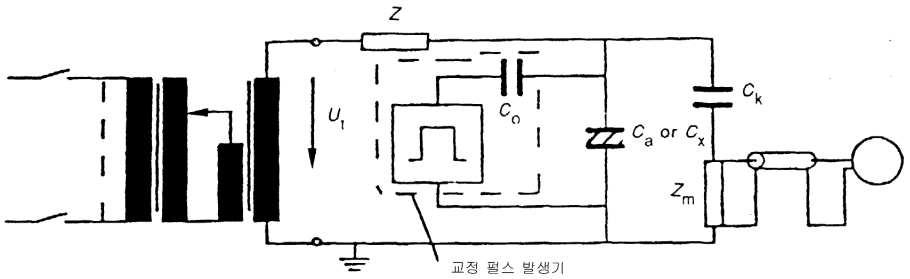


그림 C.3 접지된 시험편의 교정

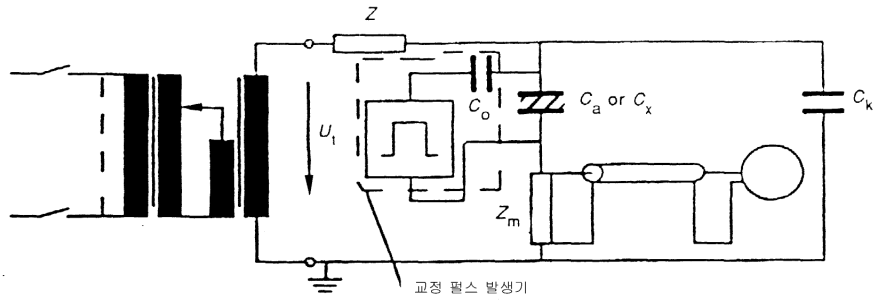


그림 C.4 비접지된 시험편의 교정

C.4.2 소음 레벨의 검증 C.4.1에 사용된 장치를 사용하여, PD 시험 전압을 최고 시험 전압까지 상승시킨다. 최대 소음 레벨은 규정 방전 크기의 50%보다 작아야 한다. 그렇지 않은 경우 **부속서 D**의 D.3에 따라 측정한다.

C.4.3 PD 시험의 교정 회로에서 시험편을 이용하여 C.4.1의 절차를 반복한다.

시험 회로나 시험편이 변경되면 재교정 해야 한다. 많은 유사한 시험편의 경우, 다음의 경우에 가끔 재교정 해주면 충분하다.

- 결합 커패시터의 임피던스가 시험편의 임피던스보다 1/10 미만인 경우, 또는
- 시험편의 임피던스가 교정 중 ±10% 이상 차이가 나지 않는 경우

비 고 재교정 시간 간격을 규정할 때, 기술위원회는 PD 측정기에서 감도가 충분하지 않은 경우 잠재적으로 위해한 방전이 검출되지 않을 수 있다는 것을 고려한다.

C.4.4 교정 펄스 발생기 기본적으로 U_0로 충전된 작은 정전용량 C_0로 구성된다.

펄스 발생기로 인해 발생한 전류 펄스의 상승시간은 $0.03/f$ 미만이어야 한다. C_0는 0.1 C_k보다 더 높은 값을 가질 수 없다. 펄스의 파미는 100 μs보다 커야 한다.

PD 측정기의 성능을 검증하려면 모든 측정 범위에서 교정 해야 한다. 측정 임피던스와 연결 케이블을 이 절차에 포함시킨다.

다음 특성을 점검해야 한다.

- 교정 펄스 발생기의 정도 및 안정도
- 100 Hz의 펄스반복율에서 서로 다른 진폭의 펄스에 대한 판독
- 일정한 진폭의 펄스를 사용하고 반복율을 증가시킨 펄스 분해 시간
- 하위 및 상위 차단 주파수 f_1과 f_2

이 절차는 수리를 PD 측정기에서 실시할 때마다 따라야 하며, 어떤 경우든지 최소한 일년에 한 번 실시해야 한다.

부속서 D(참고)

부분 방전 시험 방법에 대한 추가 정보

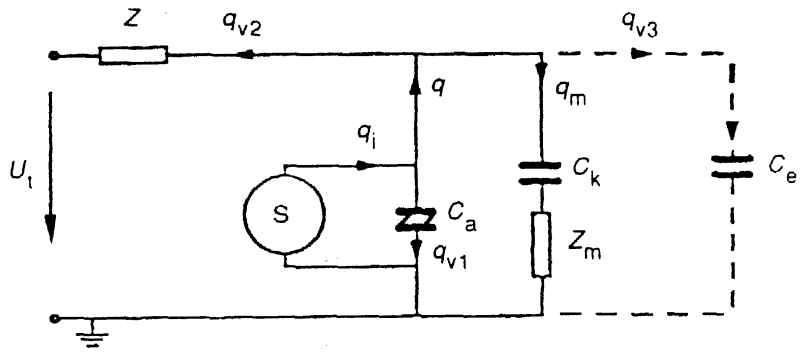
D.1 PD 개시 전압과 소멸 전압의 측정 시험 전압은 부분 방전이 발생할 때까지 부분 방전 개시 전압 이하의 값에서 증가시킨다(PD 개시 전압 U_i). 시험 전압을 10% 더 증가시킨 후, 이 전압은 PD가 규정 방전 크기보다 더 작아질 때까지 감소시킨다(PD 소멸 전압 U_e). 따라서 시험편에 규정된 절연 시험 전압을 초과해서는 안된다.

비 고 부분 방전 소멸 전압은 부분 방전 개시 전압을 초과하는 값을 가진 전압 스트레스의 시간에 의해 영향을 받을 수 있다. 연속 측정시, U_i와 U_e는 모두 영향을 받을 수 있다.

이 절차는 검사 측정에 적합하다.

D.2 PD 시험 회로의 설명 각 회로는 다음 소자로 구성된다.

- 시험편 C_a(특별한 경우에는 임피던스 Z_a도 될 수 있다.)
- 결합 커패시터 C_k
- 측정 임피던스 Z_m을 구성하는 측정 회로, 연결 케이블, PD 측정기
- 시험 전압원에 의해 바이패스되는 전하를 감소시키는 필터 Z(선택사항)



비 고

U_t	: 시험 전압	q_i	: 내부 전하(측정 불가능)
Z	: 필터	q	: 방전 전하
S	: PD 전류원	q_m	: 측정가능한 전하
C_a	: 시험편의 정전용량	q_{v1}	: 시험편 양단의 전하 손실
C_k	: 결합 커패시터	q_{v2}	: 시험 전압원 양단의 전하 손실
Z_m	: 측정 임피던스	q_{v3}	: 대지 표유 정전용량 양단의 전하 손실
C_e	: 대지 표유 정전용량		

그림 D.1 부분 방전 시험 회로

상기 방전 전하 q를 직접 측정할 경우 그 측정 주파수에 대한 시험편 단자는 단락하여야 하며 아래와 같은 사항에 의해 이 조건에 근접할 수 있다:

- $C_K > (C_a + C_e)$;
- 고 임피던스 Z;

- 저 측정 임피던스 Z_m.

이러한 조건이 아닌 경우에는 현저한 전하 손실 q_{v2}, q_{v3} 이 발생할 수 있다. 교정이 이러한 전하 손실을 고려하고 있긴 하지만 이 전하손실은 그 감도를 제한할 것이다. 시험편이 높은 정전용량을 지닌 경우라면, 이 상황은 더욱 악화된다.

D.3 소음 감소에 대한 주의 사항

D.3.1 일반사항 소음이 PD 측정 결과에 상당한 영향을 끼칠 수 있다. 도전 결합 또는 전자파장해가 그러한 소음을 일으킬 수도 있다. 차폐되지 않은 산업 시험 장소에서는 소음으로 인해여 100 pC 만큼 높은 단일 전하 펄스가 발생할 수 있다. 심지어 양호한 조건하에서도 20 pC 미만의 단일전하펄스가 발생할 수도 있다.

철저한 접지대책과 저전압 전원의 입력부에서 여과를 통해 소음레벨을 1 pC 정도로 낮출수 있더라도 시험회로는 차폐할 필요가 있다.

D.3.2 소음원 기본적으로는 2가지의 소음원이 존재한다.

D.3.2.1 충전되지 않은 시험 회로의 전원 예를 들어 이러한 전원은 인접 회로의 스위칭에 의해 발생한다. 도전 결합의 경우 이 전원은 저전압 주전원에 연결된 경우에만 발생한다. 전자 결합의 경우에는 주전원의 공급이 차단된 경우에만 발생한다(보호 도체 포함).

D.3.2.2 충전된 시험 회로의 전원 대개 소음은 시험 전압과 함께 증가하며 시험편 외부의 부분 방전에 의해 발생한다. PD는 시험용 변압기, 고전압 연결 도선, 부싱 그리고 불량한 접촉점에서 발생할 수 있다. 또한 시험 전압의 고조파는 소음레벨에 영향을 미칠 수 있다.

D.3.3 소음 저감 대책 도전 결함에 의해 발생한 소음은 시험 회로의 중앙 궤전 내의 라인 필터에 의해 감소될 수 있다. 접지 루프가 존재하지 않도록 한다.

예를 들어 무선 주파수에 의한 전자파장해는 협대역 PD 측정기의 경우 측정 주파수 f_0의 진동에 의한 간단한 방법으로도 차단될 수 있다. 대역 소거 필터가 필요할 수 있는 광대역 PD 측정기의 경우에 광대역 신호는 또한 차폐에 의해 막을 수 있다. 가장 효율적인 수단은 높은 도전성을 갖는 완전차폐 스크린을 사용하는 것이다.

D.4 시험 전압에 대한 배율 계수의 적용

4.1.2.4에서 정의하고 **3.3.3.2.3**과 **4.1.2.4**에서 사용한 배율 계수의 값은 다음과 같이 산출한다.

D.4.1 예 1 저전압 전원에 연결된 회로

D.4.1.1 최대 순환 파고 전압 U_{rp}

$$U_{rp} = \sqrt{2}\, U_n \times F_4 = 1.1\sqrt{2}\, U_n$$

D.4.1.2 PD 소멸 전압 U_e(기초 절연)

$$U_e = \sqrt{2}\, U_n \times F_4 \times F_1$$

$$U_e = \sqrt{2}\, U_n \times 1.1 \times 1.2 = 1.32\sqrt{2}\, U_n$$

D.4.1.3 PD 시험 전압 U_1의 초기값(기초 절연)

$$U_1 = \sqrt{2}\, U_n \times F_4 \times F_1 \times F_2$$

$$U_1 = \sqrt{2}\, U_n \times 1.31 \times 1.25 = 1.65\sqrt{2}\, U_n$$

D.4.2 예 2 최대 순환 파고 전압 U_{rp}가 있는 내부 회로

D.4.2.1 PD 소멸 전압 U_e(기초 절연)

$$U_e = U_{rp} \times F_1 = U_{rp} \times 1.2$$

D.4.2.2 PD 시험 전압의 초기값(기초 절연)

$$U_1 = U_{rp} \times F_1 \times F_2 = U_{rp} \times 1.5$$

㉾ KS C IEC 60664-1 : 2001

(IEC 60664-1 : 2000)

KSKSKS
SKSKS
KSKS
SKS
KSKS
SKSKS
KSKSKS

Insulation coordination for equipment within low-voltage systems

Part 1 : Principles, requirement and tests

KOREAN STANDARDS ASSOCIATION