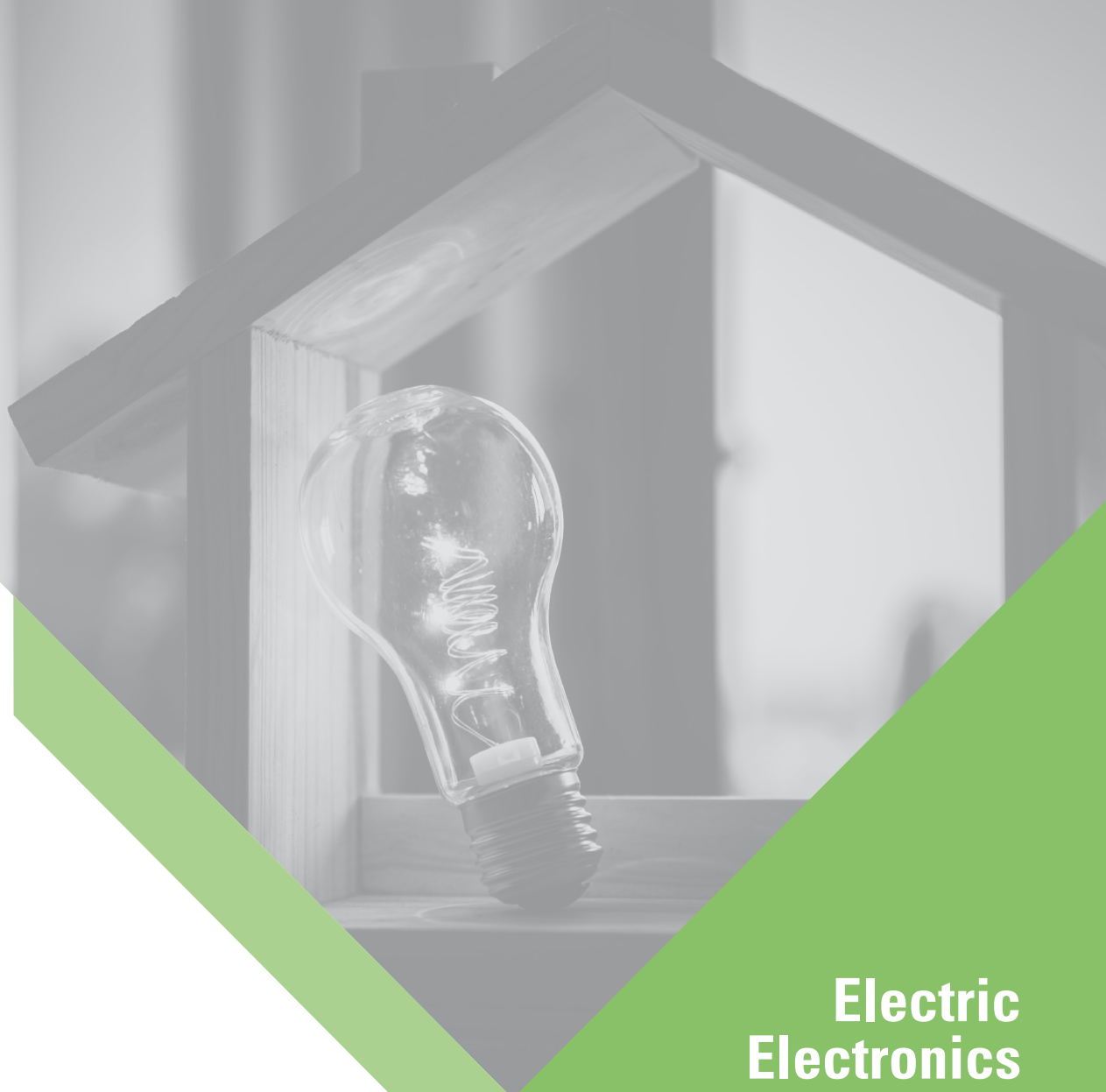




Electric
Electronics
전기전자

TC동향보고서

TC 112

Technical Committee
Trend Report

TC동향보고서

TC 112

Technical Committee Trend Report

Electric
Electronics
전기전자

I. TC 112 분야 현황

- 1. 분야 정의2
- 2. 중요성4

II. TC 112 분야 산업동향 및 분석

- 1. 시장 및 산업동향5
- 2. 기술 발전 동향7

III. TC 112 분야 국제 표준화 활동 현황

- 1. TC 112 분야 표준화 활동 현황 11
 - 가. TC 조직 구성
 - 나. TC/SC 의장, 간사, 컨베너 등 현황
 - 다. 국내 국제표준 전문가 참여현황
- 2. 분야별 표준개발 현황 15
 - 가. 주요 표준 개발 현황
 - 나. 주요 이슈 및 동향

IV. 국가표준 대응 활동 현황

- 1. COSD 조직 소개 24
- 2. 전문위원회 활동 현황 24
- 3. 2022년 COSD 제안 국가표준 리스트 25

총괄책임자

한형주

실무담당자

김신영

1. 분야 정의

- 절연재료(Insulating Material, 絶縁材料)는 과도 전압을 제한하고 유해한 전압 및 전류를 전기적으로 분리하기 위한 재료이며, 재료의 형태에 따라 기체·액체·고체로 구분된다. 절연재료에 요구되는 특성으로는 전기적·기계적·열적 특성 및 환경을 포함한 물리·화학적 특성 등이 있다. 이러한 절연재료를 조합한 전기절연시스템(Electrical Insulating System, EIS)은 전기설비에 사용되는 전도성 부품과 함께 전기절연재료를 포함하는 절연구조물을 의미한다.

[표 1] 고체절연재료의 분류

분류		세부 내용	
고체 절연 재료	무기 재료	운모	백운모(경질 운모), 금운모(연질 운모) 등
		섬유질 재료	절연지, 면, 견, 마 등
	유기 고분자 재료	열가소성 재료	폴리에틸렌, 폴리염화 비닐, 폴리프로필렌
		열경화성 재료	불포화 폴리에스테르 수지, 에폭시 수지
		고무	천연 고무, 에틸렌 프로필렌 고무(EP 고무), 실리콘 고무 등
	복합 재료	운모 테이프	박리운모, 집성운모 등
		라미네이트지	플라스틱 필름 및 크라프트지 등
		충전제 첨가 에폭시 수지	결정성 실리카, 용융 실리카, 알루미늄 등의 충전제가 첨가된 에폭시 수지
		섬유 강화 성형 재료	유리섬유 강화 플라스틱(Fiber Reinforced Plastics, FRP)

- TC 112에서는 고체절연재료를 대상으로, 절연재료 및 시스템에 대한 절연성능을 규정하는 목적 하에 시험방법을 명시하고 시험결과를 평가하는 기준을 제시한다. 고체절연재료는 표 1에서 보는 바와 같이, 무기 재료와 유기 고분자 재료, 복합재료로 분류된다. 무기 재료에는 내열성이나 기계적 강도 및 안정성이 우수한 운모, 고주파 혹은 고온에서의 절연성이 우수한 자기 등이 있다. 유기 고분자 재료에는 절연지 등의 섬유질 재료, 가소성이 풍부하고 가공성이 우수한 폴리에틸렌이나 고무계 재료 등의 열가소성 재료, 폴리에스테르 수지나 에폭시 수지로 대표되는 열경화성 재료 등이 있다. 고분자 복합

재료에는 전력설비에서 실용화되고 있는 운모 테이프, 라미네이트지, 충전제 첨가 에폭시 수지 등이 존재한다. 최근에는 이러한 절연재료를 기반으로 전력용 애자류 및 부싱, 몰드변압기 등 전력기기를 비롯하여 MVDC(Medium Voltage Direct Current), HVDC(High Voltage Direct Current) 송전 및 고속열차, 항공기 등을 위한 고성능 케이블, 리튬이차전지의 분리막 소재 등 활용범위를 점차 넓혀가고 있다.

- 전기절연재료 시장에서 TC 112의 표준은 세계적으로 통용된다. 특히 절연재료의 전기적 파괴 특성을 측정하는데 사용되는 TI(Tracking Index) 및 CTI(Comparative Tracking Index)는 전기절연재료 및 시스템의 수명¹⁾을 결정하는 가장 중요한 요소다. 따라서, TC 112의 표준들은 각 전기절연재료 및 시스템에 대한 TI 및 CTI를 결정하기 위한 시험방법을 명시한다.
- 최근에는 탄소중립을 목표로 한 정책과 이에 따른 신재생에너지의 확산, 분산전원, 지능형 전력망 등 기술의 발전으로 인해 기존의 절연매체를 나노 절연 소재와 같은 친환경적이며 에너지 효율이 높은 재료로 대체하는 추세다. 이에, 신소재 절연물에 맞는 내오손성능, 직류성능평가 및 복합가속열화 위주의 시험인증기술과 새로운 스트레스 조건에서의 평가기술이 필요하다. 따라서 본 보고서에서는 환경의 변화에 대응한 전력용 절연물 대상의 평가기술을 주제로, 국내외 시장 및 기술 현황과 IEC TC 112의 표준화 개발 및 활동 현황을 소개한다. 이와 더불어 해당 사업에서는 전력용 절연물 분야를 다루고 있는 TC 36 분과와 협력하여 표준화를 진행하며 두 분과간의 관계는 그림 1과 같다.



[그림 1] IEC TC 112와 IEC TC 36간의 관계

1) 대표적인 온실가스의 하나인 육불화황으로, 대기 중 존재량은 적으나 온난화지수는 이산화탄소보다 더 큰 기체

2. 중요성

- 전 세계적으로 지구 온난화로 인한 폭염, 폭설, 태풍 등 이상기후 현상이 빈번히 발생하고 있다. 최근 30년 사이에 평균온도는 1.4℃ 상승하여 이로 인한 피해가 더 심해졌고 앞으로는 더 가파른 속도로 온난화가 진행될 것으로 보인다. 이로 인해 탄소중립에 대한 국가적 관심이 높아지고 있는 가운데 절연재료 및 전력기기 분야에서도 탄소 발자국(Carbon Footprint)²⁾을 줄이기 위한 과제를 추진 중이다. 이러한 과제의 일환으로 신재생에너지원을 활용한 마이크로그리드 및 HVDC와 같은 새로운 체계의 전력망은 대부분 DC 방식을 취한다. DC 전력망은 DC 전압이 절연재료에 계속해서 인가되기 때문에 공간전하와 표면전하가 한 방향으로 이동하거나 누적되어 절연 파괴로 이어질 수 있고, 이는 계통에 치명적인 손상을 일으킬 수 있다. 그렇기 때문에, 절연재료를 개발함과 동시에 신뢰성을 검증할 수 있는 평가방법을 확보하는 것이 중요하다.
- 전력용 절연물의 경우, 기존의 자기질 혹은 유리질을 대체하여 고분자를 비롯한 신소재를 적용하여 활용하는 범위가 확대되고 있다. 이에 따라 신소재 절연물의 시험인증에 대한 요구가 증가하고 있어 이에 맞는 표준 개발이 필요하다.
 - 예를 들어, 전력용 절연물 중 애자는 가공선로의 비용 중 아주 작은 부분에 불과하지만 사람들의 안전과 선로의 신뢰성을 결정하는 중요한 역할을 담당한다. 자기는 옥외 절연용으로 열화의 염려가 없어 많이 사용되어 왔고 고품질의 자기를 얻지 못하는 나라들에서는 유리를 사용해왔다. 현재는 고분자 재료 기술의 발달로 고분자 애자의 사용이 확대되고 있으며, 외피 소재로는 실리콘 고무가 주류를 이룬다. 하지만 고분자 애자는 유기절연물의 내후성이 약하고 불량애자 검출이 어려우며 내오손성능과 초발수성에 대한 장기신뢰성이 검증되지 않은 단점이 존재한다. 따라서 기계적인 특성이 우수한 자기재 애자와 경량이며 내오손성이 우수한 고분자 애자의 장점을 포함한 하이브리드 애자의 필요성이 증가하고 있다. 하이브리드 애자가 기존의 애자와 다른 점은 자기재와 고분자가 물리적으로 결합된 구조를 가지는 자기재·고분자 계면의 존재라는 점이다. 따라서, 하이브리드 애자의 기계적·전기적 특성 분석을 통한 성능 예측 및 개선과 신뢰성, 진단 기술을 확보하는 것이 필요하다.
- 전력용 절연물의 성능은 전력시스템의 품질을 좌우하는 중요한 요소이므로 장기적인 관점에서 신뢰성을 확보할 수 있도록 평가하고 예측하는 것이 중요하다. 특히 신소재의 경우, 옥외사용에 따른 햇빛, 온도변화, 강우 및 오손물 부착 등으로 열화현상이 발생할 수 있으므로 신뢰성 높은 전력시스템을 구축하기 위해서는 절연물의 성능저하 정도를 주기적으로 평가하고 교체주기를 결정해야한다.
 - 2016년 베네수엘라의 400 kV급 신소재 절연물로 인한 사고를 보면 제품에서 심재노출, 발수성 손실, 방전으로 인한 심재 파괴 등 여러 요인이 존재한다. 이와 더불어, 2019년 이스라엘의 400 kV급 신소재 절연물의 사고에서는 심재에서 취성파괴가 발생한 사례가 있었다. 이와 같은 사례들을 통해 봤을 때, 장기간 절연성능을 유지해야하는 전력용 절연물에 대한 장기성능 검증 체계에 대한 개선이 필요함을 알 수 있다.

2) 대표적인 온실가스의 하나인 육불화황으로, 대기 중 존재량은 적으나 온난화지수는 이산화탄소보다 더 큰 기체

1. 시장 및 산업동향

가. 국내 시장 및 동향³⁾

- 고체절연재료의 경우, 국내 시장은 성장하고 있지만 아직까지 주요 소재 및 장비, 핵심 기술의 대부분을 수입에 의존하고 있다. 국내 업체들은 저가 산업용 제품을 생산하는 중소·중견기업들이 대부분을 차지하며, 그 중 일부는 관련 산업과의 기술 연계를 통해 경쟁력을 확보함으로써 글로벌 기업과 경쟁하고 있다. 이와 더불어 탄소배출 저감을 위한 국가별 정책, 신재생에너지 확대와 초고압 설비 도입, 노후 설비 교체 등의 영향으로 지속적인 성장이 예상된다.
- 최근 국내 시장 규모에 대한 구체적인 통계자료는 아직 공개적으로 발표되지 않아 파악이 어렵다.

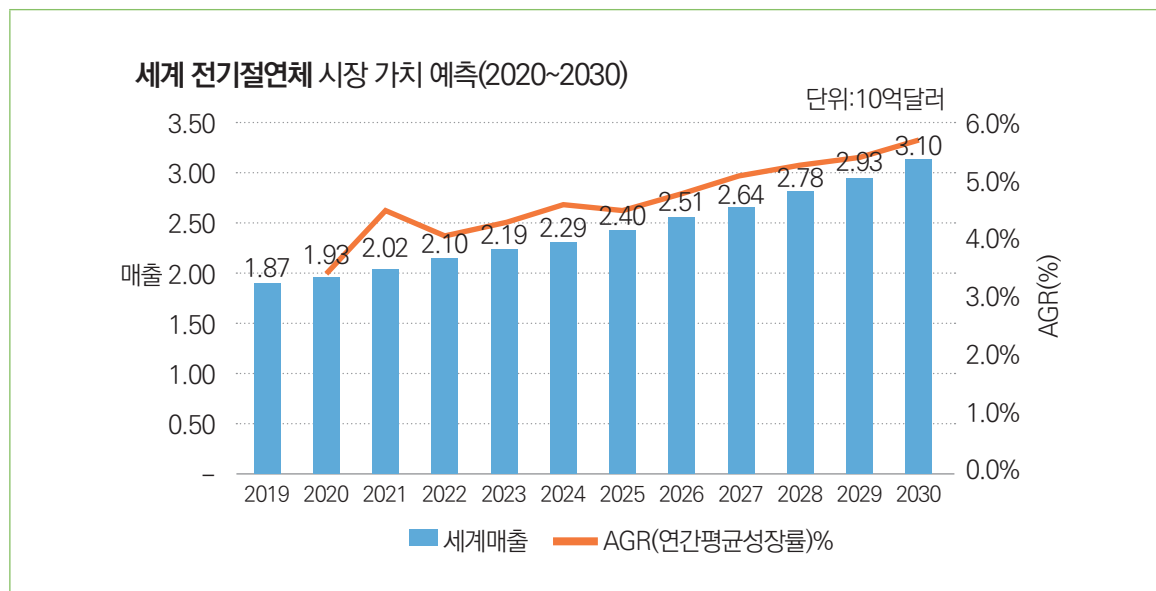
나. 해외 시장 및 동향⁴⁾

- 전기절연재료 품목의 세계 시장은 2030년까지 3조 3,759억원 규모로 성장할 전망이며, 연평균 성장률 3.4~5.7%의 성장세를 이어나갈 것으로 예상된다.
- 아시아태평양 권역은 매년 3~5%씩 성장함에 따라 1조 4,155억원 규모의 시장을 형성할 것으로 예상된다. 이 권역은 급격한 산업화 및 도시화로 인해 전력수요가 급증할 지역으로, 신흥국 외에도 중국·인도·일본 등은 송배전 인프라가 급격히 확대될 시장으로 기대하고 있다. 중국은 2030년까지 시장 규모가 5.4% 확대될 것으로 예상되며 인도는 대규모 송배전망이 신설되고 있고 일본은 전기차 충전소 증가에 따른 절연재료 수요 증가 등이 성장 동력으로 작용하고 있다.
- 아시아태평양 권역 이외의 시장은 북미(6,632억원), 유럽(6,415억원), 중동(3,478억원), 남미(2,826억원)순으로 성장이 예상된다.

3) 중소기업 기술로드맵(2018~2020), NICE평가정보(주) 재구성

4) <https://www.electimes.com/news/articleView.html?idxno=210752>, 전기신문, 2021

- 전기절연재료 중 애자 시장은 2027년까지 5.92%의 CAGR(Compound Annual Growth Rate)로 성장하여 20조 5,871억 원의 가치가 있을 것으로 예상된다. 애자가 활용되는 분야 중 하나인 HVDC 시장은 2030년까지 8.6%의 CAGR로, 247조 7,267억 원 규모의 성장을 예상하고 있다. 이러한 애자와 HVDC 시장의 성장을 이끄는 주요 기업과 핵심 동인은 표 2와 같다.



[그림 2] 전 세계 절연물 시장

[표 2] 애자와 HVDC 시장의 주요 기업 및 핵심 동인

구분	애자	HVDC
주요 기업	• General Electric(U.S.) • Siemens AG(Germany) • Alstom S.A(France) • Aditya Birla Nuvo Ltd.(India) • Bharat Heavy Electricals Limited(India) • Tohhiba Corporation(Japan) • Hobbell Incorporated(U.S.) • Seves Group(Italy) • Dalian Yilian Technology Co. Ltd.(China) • ELANTAS GmbH(Germany)	• Seimens AG(Germany) • Hitachi(Japan) • ABB(Switzerland) • Schneider Electric(France) • Toshiba(Japan) • Alstom(France) • General Electric(U.S.) • DATC(U.S.) • Mitsubishi(Japan) • NKT Holdings(Denmark) • Adani(India) • Nexans(France) • Prysmian Group(Italy) • C-EPRI Electric Power Engineering Co. Ltd(China)
핵심 동인	• 발전(power generation)의 중요성 및 수요 증가 • 유리한 관련 법안의 증가 • 절연재료에 대한 수요 증가 • 무선 통신 기술의 발전	• 주요 업체 중심의 신제품 출시 및 R&D • HVDC 송전 시스템 설치 증가

2. 기술 발전 동향

- 절연재료는 높은 절연 저항 및 압축강도를 가져 누전 및 고장과 같은 사고를 피할 수 있어야 하며, 높은 내열성과 내습성, 기계적 강도를 가져야 한다. 이러한 요구 사항에 따라 절연재료의 성능을 나타내는 지표에는 절연내력, 전해부식, 트래킹 등이 있으며, 일반적인 절연재료 및 시스템에 대한 시험의 종류는 표 3과 같다.

[표 3] IEC TC 112 시험의 종류

구분	종류	정의	주요 내용
전기 시험	절연내력 (절연파괴)	절연재료에 인가되는 전계가 증가하여 어떤 값에 도달해서 대전류가 흐름으로 인해 도체와 같이 되는 현상	• 전압을 인가하여 절연파괴가 일어나는 전압을 구함
	유전특성 (유전정점)	절연체의 손실 정도를 나타내는 양	• 절연물에 인가전압을 가하여 절연물의 흡습, 손상 등에 의해 생긴 손실각을 측정하는 시험
	임펄스 (Impulse)	극히 짧은 시간에 큰 진폭을 내는 전압이나 전류 또는 충격파를 펄스라 하는데, 단일의 것을 임펄스라 함	• 정해진 파형의 충격 전압을 인가하는 절연 시험
	전해부식	매설된 금속체가 양극으로 되어 이것으로 지중에 전류가 흘러 금속이 감소되거나 변질을 일으키는 현상	• 전기적 스트레스와 고온 다습한 환경에서 절연재료가 금속과 접촉했을 때 발생하는 전해부식 측정
	이온화 방사선	원자 또는 분자로부터 전자를 떼어내어 이온화시키기에 충분한 운동 에너지를 전달할 수 있는 입자들로 구성된 방사선	• 방사선 환경에서 절연 재료를 분류할 때 고려해야할 특성과 기준에 따라 시험항목을 선택하고 절차 적용 • 공기/공기 이외 다른 매질/진공/고압력/기계적 스트레스/전기적 스트레스 조건에서의 방사선조사 • 기계적 특성 파악을 위해 최대 하중에서의 굽힘 응력과 파단 시 신장률을 구함
	내아크성 (Arc Resistance)	규정된 조건하에서 절연물의 표면이 전기 아크에 견디는 능력	• 고분자재료가 고전압 전기 아크에 견디는 능력을 보는 시험이며, 표면이 카본화되어 도전성으로 변하는데 까지 소요시간 측정

구분	종류	정의	주요 내용	
전기 시험	트래킹 (Tracking)	절연물의 표면에 발생하는 누설전류나 방전전류에 의해 절연물에 탄화 도전로가 형성되어 표면절연이 파괴되는 현상	경사평면법	전압을 인가하여 파괴 전압을 구함
			비교트래킹 지수	옥내용 절연재료의 평가에 사용되는 저압시험법
			염무시험법	전압을 인가하여 절연 파괴될 때까지의 시간 측정
			회전윤법(Rotating Wheel Dip Test)	고분자 애자 제품에 대한 대표적인 시험
			염수분무시험(Salt Fog Test)	고분자 애자 제품에 대한 시험
노화 시험	내열성	열을 받아도 흐트러짐 없이 안정되는 성질 또는 높은 온도를 견디어 내는 성질	유지력 시험과 동일하게 일정온도에서 고정하중을 얼마나 버티는지에 대한 시험이며 고온에서 진행된다는 차이 존재	

- 최근에는 지능형 분산전원시스템 및 직류계통의 증가 등으로 새로운 스트레스 조건을 모의한 성능 평가방법이 필요한 상황이다. 국외에서는 이러한 요구조건을 반영한 신소재 개발과 장기신뢰성 강화, 그리고 새로운 요구특성과 운전경험을 반영한 국제표준의 제·개정에 중점을 둔 기술개발을 추진하고 있다. 이에 대한 주요 내용은 표 4와 같다.

[표 4] 신소재 절연물 및 시험기술의 최근 기술 동향

No.	주요 내용	세부 내용
1	신소재 개발	친환경적 나노복합재료 적용을 통한 절연성능의 신뢰성 향상 - 초발수성 소재 적용을 통해 옥외 사용에 따른 내오손성능 강화 - 인가되는 전계에 따른 비선형성을 가진 복합재료 적용 완제품 대상의 컴팩트화 - 전력산업에 대한 친환경 정책에 따라 환경 부담이 적은 고체 재료 적용 증가 - 대용량 전력변환 시스템에 적용할 수 있는 DC 절연재료 개발
2	장기신뢰성 강화	가속열화 평가기술 개발을 통한 극한조건 및 장기성능 검증 체계 구축 - 절연재료가 설치된 환경을 모사한 가속열화에 의한 장기성능평가법 활용 - 실선로 장기사용 제품 대상의 사고유형 분석 및 열화 메커니즘에 대한 상관성 도출 - 극한 조건에서의 성능평가 방안 개발
3	국제표준 변화	새로운 요구특성 및 운전경험을 반영한 국제표준의 제·개정 - 동적 발수성과 심재의 취성파괴 등 신소재의 특성을 반영한 평가방법 고안 및 유효성 검증 - 직류용 절연재료의 열적 거동, 공간전하 효과 등 직류의 특수성을 고려한 평가방법 고안 - 장기성능예측, 교체주기결정 및 품질관리 목적의 복합가속열화시험법을 제품규격에 반영

○ 특히, 앞선 시장 동향에서처럼 HVDC에 대한 요구가 급격히 증가함에 따라 HVDC 케이블에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 그 예로, DC XLPE(Cross-linked Polyethylene) 케이블에 대한 개발은 전 세계적으로 전류형과 전압형에 해당하는 절연재료의 개발이 중심이 되어 진행되고 있으며, 80kV급을 시작으로 현재 500kV급까지 완료되어 곧 상용화될 전망이다. 표 5에서는 HVDC 케이블의 종류에 따른 절연재료와 특이사항을 보여준다.

[표 5] HVDC 케이블의 종류별 특성

구분	MI(Mass Impregnated)		OF(Oil-Filled)	DC XLPE	
절연재료	Kraft Paper	Propylene Paper Laminate	Kraft Paper	VSC XLPE	LCC XLPE
변환기 형식	전류형/전압형			전압형	전류형/전압형
허용온도	50~55℃	80~85℃		70℃	90℃
장점	극성반전, HVDC 실적		극성반전	시공/유지보수 편의성	
단점	절연컴파운드 함침시간 필요		HVDC 실적	극성반전불가	소수업체

○ 하지만 국내 절연재료 산업은 친환경 신소재 개발, 평가기술 및 장기신뢰성 시험인증 등 기반 기술이 부족하여 관련 시장을 선도하는 경쟁력에는 한계가 존재한다. 아울러, 지속적인 국가표준의 국제표준 부합화, 시험평가기술 개발, 시험 인프라 구축을 통하여 국제 시장에 진출해왔지만 최근 급변하는 국제표준에 따라 시험평가 관련 공백기술이 증가하고 있다. 공백기술의 주요 내용을 보면 기존의 시험기술에 더하여 신소재 절연재료의 내오손성능, 직류성능평가 및 복합가속열화 위주의 시험인증에 대한 산업체의 요구가 증가하고 있는 것을 알 수 있다(표 6 참고).

[표 6] 신소재 절연재료 분야의 시험기술 관련 공백기술

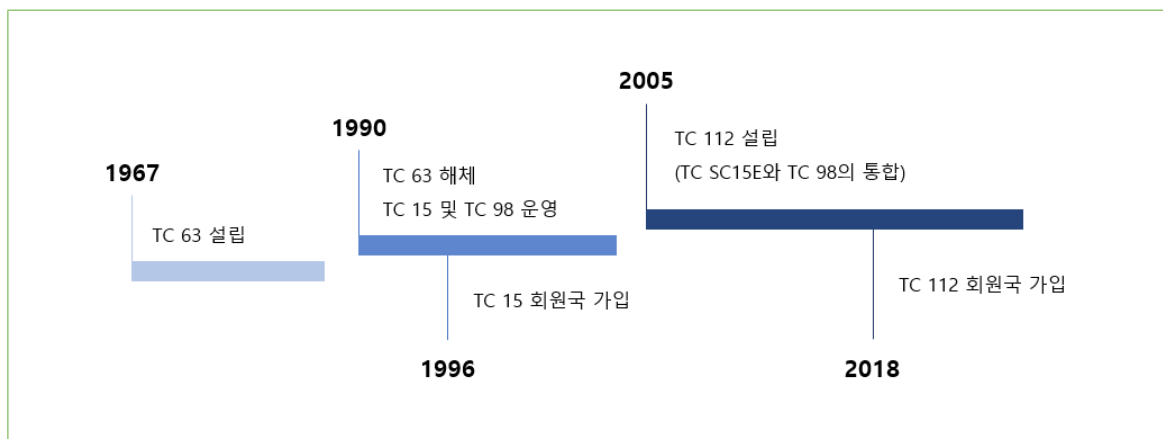
No.	공백기술	주요 내용	기술 수준
1	직류소재 평가기술	직류전용 소재의 공간전하 및 전기적 저항 열적거동 특성평가	직류성능 평가기술 확보
2	내오손성 평가기술	신소재 절연물의 소재·부품 단위 내트래킹, 발수성 거동, 인공오손시험 평가기술	소재·부품단위 내오손성 평가기술 확보(국제표준 부합)
3	코어성능 평가기술	FRP(fiber reinforced plastics) 소재의 취성파괴 평가기술, 수분확산 평가기술	FRP 소재 장기성능 평가기술 확보(국제표준 부합)

No.	공백기술	주요 내용	기술 수준
4	초발수성 평가기술	소재의 발수성 정량화 기술, 소실·이동·회복 등 동적특성 평가기술	발수성 평가기술 개발 (신규 개발/국제표준 부합)
5	내환경성 평가기술	온·습도, 자외선 및 오존 등에 의한 소재의 열화성능 평가기술	열화성능 평가기술 개발 (신규 개발/국제표준 부합)
6	가속열화 평가기술	장기성능평가를 위한 복합가속열화 평가기술	국내 운영체계 평가, 복합가속열화 평가기술 개발(국제표준 부합)
7	실선로 성능연계기술	실선로 제품에 대한 성능평가기술, 복합가속열화 시험결과의 연계분석기술	실선로 제품에 대한 성능평가기술 개발

1. TC 112 분야 표준화 활동 현황

가. TC 조직 구성

- IEC는 1967년 전기절연에 대한 절연값 및 절연용량을 규격화하는 TC 63을 설립하여 운영하다 1990년에 해체하였다. 이후 TC 15⁵⁾ 및 TC 98⁶⁾ 을 통해 표준화 작업을 재개하였으나 TC SC15E와 TC 98의 절연재료 시험방법에 대한 표준화 업무영역이 충돌한다는 스웨덴 NC(National Committee)의 의견에 따라 2005년 해당 분야가 통합된 TC 112⁷⁾ 가 설립되었다.



[그림 3] IEC TC 112 설립 배경

- IEC TC 112가 설립된 이후 IEC TC 15의 SC15E 및 IEC TC 98 각 분야의 시험방법에 관한 표준들은 TC 112로 이관되어 관리 및 운영되고 있다. 아울러, TC 15의 표준 업무에서 절연재료에 대한 시험방법 개발은 제외되어 현재 TC 112에서 이에 대한 표준개발 업무 등을 담당하고 있다. 현재 IEC TC 112는 표 7과 같이 8개의 작업반과 1개의 프로젝트팀 및 1개의 자문반으로 구성되어 운영 중이다.

5) 고체절연재료

6) 전기절연시스템

7) 전기절연재료 및 절연시스템의 평가와 검증

[표 7] IEC TC 112 위원회 조직 구성

구분		명칭
Working Group (작업반)	WG 1	Thermal endurance
	WG 2	Radiation
	WG 3	Electric strength
	WG 4	Dielectric/Resistive properties
	WG 5	Tracking
	WG 6	General methods of evaluation of electrical insulation systems
	WG 7	Statistics
	WG 8	Various material properties
Project Team (프로젝트팀)	PT 61857-41	Electrical insulation systems – Procedures for thermal evaluation – Part 41: Specific requirements for electrical insulation systems for use in dry-type high-voltage transformers with operating voltages of 1 kV and above
Advisory Group (자문반)	AG 11	Evaluation and qualification of electrical insulating materials and systems – Advisory Group (AG)

- 전기절연시스템의 평가는 제조 산업에 많은 영향력을 미치는 산업이기 때문에 IEC TC 112는 다른 TC에 비해 제 · 개정 작업이 매우 활발하게 이루어지고 있다. 아울러, IEC, ISO, CIGRE의 타 기술위원회와 JWG(Joint Working Group)를 구성하여 표 8과 같이 표준 제 · 개정 작업을 위한 협력관계를 유지하고 있다.

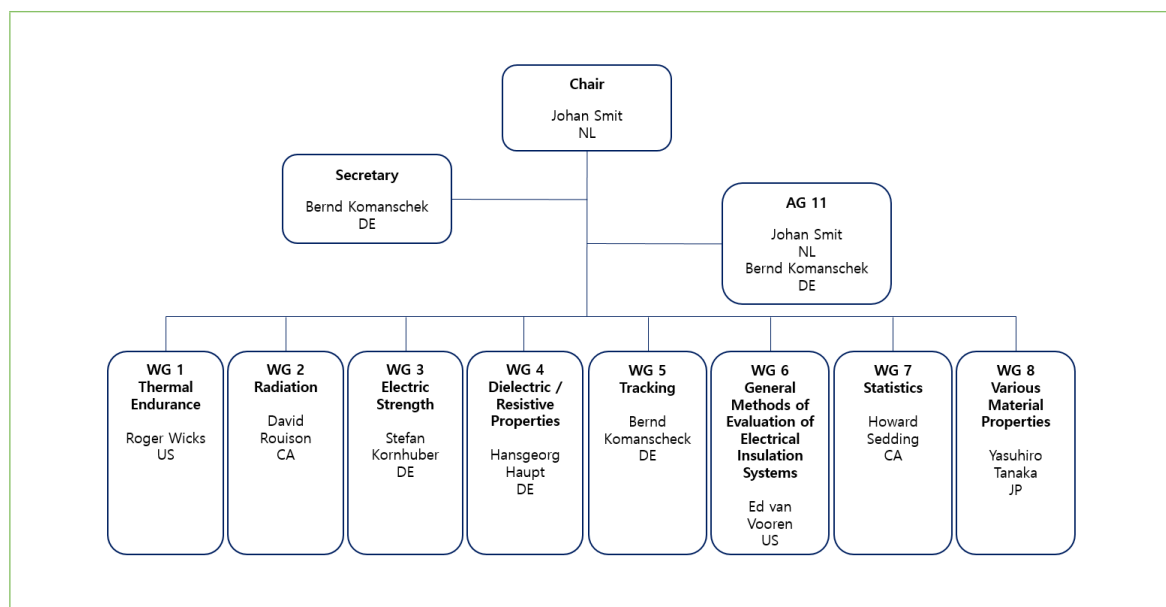
[표 8] IEC TC 112 Joint Working Group

분야 및 TC			내용
Joint Working Group	IEC	TC 2	Rotating machinery
		TC 10	Fluids for electrotechnical applications
		TC 14	Power transformers
		TC 15	Solid electrical insulating materials
		SC 17A	Switching devices
		TC 23	Electrical accessories
		TC 36	Insulators
		TC 42	High-voltage and high-current test techniques

분야 및 TC			내용
Joint Working Group	IEC	SC 45A	Instrumentation, control and electrical power systems of nuclear facilities
		TC 55	Winding wires
		TC 89	Fire hazard testing
		TC 96	Transformers, reactors, power supply units, and combinations thereof
		TC 101	Electrostatics
		TC 109	Insulation co-ordination for low-voltage equipment
		SC 121A	Low-voltage switchgear and controlgear
	ISO	TC 22/SC 32	Electrical and electronic components and general system aspects
		TC 61/SC 2	Mechanical properties
	CIGRE	SC D1	Materials and emerging test techniques

나. TC/SC 의장, 간사, 컨베너 등 현황

○ IEC TC 112 위원회의 간사국은 독일이며 주로 유럽 국가들이 활동을 주도하고 있다.



[그림 4] TC 112 조직의 구성

[표 9] IEC TC 112 의장, 간사 및 컨비너 현황

구분	이름	국가
Working Group	WG 1	Mr Roger C Wicks United States of America(US)
	WG 2	Mr David Rouison Canada(CA)
	WG 3	Mr Stefan Kornhuber Germany(DE)
	WG 4	Mr Hansgeorg Haupt Germany
	WG 5	Mr Bernd Komanschek Germany
	WG 6	Mr Edward J Van Vooren United States of America
	WG 7	Mr Howard G. Sedding Canada
	WG 8	Mr Yasuhiro Tanaka Japan(JP)
Project Team	PT 61857-41	Mr Lothar Stuber Germany
Advisory Group	AG 11	Mr Bernd Komanschek Germany
		Mr J.J. Smit Netherlands(NL)

다. 국내 국제표준 전문가 참여 현황

○ 우리나라는 2018년 이전에는 TC 112의 회원국이 아니었으나 이후 표준개발협력기관인 한국전기산업연구원의 요청으로 국가기술표준원을 통해 정회원(P-member)이 되었다. 현재 대표적인 국내 전문가는 4명으로, 각 WG 분야에 속하여 국제 표준화 및 표준 제·개정 활동에 적극적으로 참여하고 있다.

[표 10] 국내 IEC TC 112 참여국

구분	참여국 수	국가명
P(primary)-member	20	한국, 미국, 오스트리아, 캐나다, 일본, 중국, 체코, 독, 스위스, 덴마크, 핀란드, 프랑스, 영국, 인도, 이란, 이탈리아, 스웨덴, 네덜란드, 포르투갈, 러시아
O(observation)-member	13	벨기에, 슬로바키아, 브라질, 이집트, 남아프리카공화국, 스페인, 세르비아, 우크라이나, 루마니아, 타이, 슬로베니아, 폴란드, 헝가리

[표 11] 국내 IEC TC 112 국제표준 전문가 참여 현황

No.	이름	소속	WG
1	한 형 주	한국전기산업연구원	WG 1, WG 2, WG 3, WG 4, WG 5, WG 6, WG 7, WG 8
2	연 복 희	한국전기연구원	
3	어 순 철	한국교통대학교	
4	이 상 우	듀폰코리아	WG 1, WG 3, WG 6

2. 분야별 표준개발 현황

가. TC/SC 112 주요 표준 개발 현황

- 현재 IEC TC 112에서는 각 WG별로 총 27종의 제·개정안에 대한 표준 개발 프로젝트를 진행 중이며 주요 프로젝트 현황은 표 12와 같다.

[표 12] IEC TC 112의 주요 프로젝트 진행 현황(2022-11-02 기준)

No.	표준 번호	제목	판 번호	시작일	적용제품/ 시험	WG
1	IEC 60216-1	Electrical insulating materials – Thermal endurance properties – Part 1: Ageing procedures and evaluation of test results	Edition 7	2021-12	전기절연재료, 내열성	WG 1
2	IEC 60216-4-1	Electrical insulating materials – Thermal endurance properties – Part 4-1: Ageing ovens – Single-chamber ovens	Edition 5	2021-12		
3	IEC 60216-4-2	Electrical insulating materials – Thermal endurance properties – Part 4-2: Ageing ovens – Precision ovens for use up to 300 °C	Edition 2	2021-12		
4	IEC 60216-4-3	Electrical insulating materials – Thermal endurance properties – Part 4-3: Ageing ovens – Multi-chamber ovens	Edition 2	2021-12		
5	IEC 60216-5	Electrical insulating materials – Thermal endurance properties – Part 5: Determination of relative temperature index (RTI) of an insulating material	Edition 4	2017-08		

No.	표준 번호	제목	판 번호	시작일	적용제품/ 시험	WG
6	IEC 60216-6	Electrical insulating materials – Thermal endurance properties – Part 6: Determination of thermal endurance indices (TI and RTI) of an insulating material using the fixed time frame method	Edition 3	2017-08	전기절연재료, 내열성, Fixed Time Frame Method	WG 1
7	IEC TS 60216-7-1	Electrical insulation materials – Thermal endurance properties – Part 7-1: Accelerated determination of relative thermal endurance using analytical test methods (RTEA) – Instructions for calculations based on activation energy	Edition 2	2020-10	전기절연재료, 내열성, Analytical Test Methods	
8	IEC 60216-7-2	Electrical insulating materials – Thermal endurance properties – Part 7-2: Results of the round robin tests to validate procedures of IEC TS 60216-7-1 by non-isothermal kinetic analysis of thermogravimetric data	Edition 2	2019-06	전기절연재료, 내열성, Non-Isothermal Kinetic Analysis	
9	IEC 60243-2	Electric strength of insulating materials – Test methods – Part 2: Additional requirements for tests using direct voltage	Edition 4	2020-10	절연재료, 전계 강도	WG 3
10	IEC 62631-2-1	Dielectric and resistive properties of solid insulating materials – Part 2-1: Relative permittivity and dissipation factor – Technical Frequencies (0,1 Hz – 10 MHz) – AC Methods	Edition 2	2020-11	고체절연재료, AC Method	WG 4
11	IEC 62631-2-3	Dielectric and resistive properties of solid insulating materials – Part 2-3: Determination of relative permittivity and dielectric dissipation factor (AC methods) – Contact electrode method for insulating films	Edition 1	2022-01	고체절연재료, Contact Electrode Method	

No.	표준 번호	제목	판 번호	시작일	적용제품/ 시험	WG
12	IEC 62631-3-1	Dielectric and resistive properties of solid insulating materials – Part 3-1: Determination of resistive properties (DC methods) – Volume resistance and volume resistivity – General method	Edition 2	2017-12	고체절연재료, DC Method	WG 4
13	IEC 62631-3-2	Dielectric and resistive properties of solid insulating materials – Part 3-2: Determination of resistive properties (DC methods) – Surface resistance and surface resistivity	Edition 2	2017-12		
14	IEC 62631-3-12	Dielectric and resistive properties of solid insulating materials – Part 3-12: Determination of resistive properties (DC Methods) – Volume resistance and volume resistivity, method for casting resins	Edition 1	2021-02	고체절연재료 (주형용수지), DC Method	
15	IEC 60112	Method for the determination of the proof and the comparative tracking indices of solid insulating materials	Edition 6	2022-10	고체절연재료, CTI	WG 5
16	IEC 61621	Dry, solid insulating materials – Resistance test to high-voltage, low-current arc discharges	Edition 2	2022-10	고체절연재료, Resistance Test	
17	IEC 61857-33	Electrical insulation systems – Procedures for thermal evaluation – Part 33: Multifactor evaluation with increased ageing factors at elevated temperature	Edition 1	2015-05	EIS, Thermal Evaluation	WG 6
18	IEC 61857-41	Electrical insulation systems – Procedures for thermal evaluation – Part 41: Specific requirements for electrical insulation systems for use in dry-type high-voltage transformers with operating voltages of 1kV and above	Edition 1	2016-07		
19	IEC 61857-42	Electrical insulation systems – Procedures for thermal evaluation – Part 42: Specific requirements for evaluation of an electrical insulation system (EIS) used for road transportation applications	Edition 1	2020-02		
20	IEC 62836	Measurement of internal electric field in insulating materials – Pressure wave propagation method	Edition 1	2021-12	절연재료, Pressure Wave Propagation Method	WG 8

○ 최근 신소재 절연물 관련 소재의 최소 요구사항과 시험방법에 대한 국제표준이 개정된 예로, 본 사업의 개발대상인 IEC TR 62039가 있다. 본 표준에서는 옥외용 폴리머 재료의 재료 특성과 최소 요구사항을 포함한 시험 방법을 제시한다. 주요 개정 내용으로는 심재의 응력부식성과 하우징 재질의 발수이동성에 대한 시험항목이 추가된 점과 수분확산시험에서 시료의 크기별 성능 차이를 반영한 내용을 들 수 있다. 아울러, 향후 발수 보유성과 회복성 등에 대한 개정이 될 것임을 밝히고 있다. 표 13에서는 고전압 스트레스 조건에서 옥외용으로 사용되는 폴리머 절연 재료의 최소 요구사항을 보여준다.

[표 13] 고전압 스트레스 조건에서 옥외용으로 사용되는 절연재료의 중요 특성과 최소 요구사항

항	특성	적용성 및 최소 요구사항 ^a			시험 표준
		하우징	심재	구조재	
4.2 참조	내트래킹 및 내침식성	1A3.5 ^b	—	1A3.5	KS C IEC 60587
4.3 참조	내아크성	> 180 s	—	> 180 s	KS C IEC 61621
4.4 참조	수분에 의한 화학 및 물리적 열화 내성 ^c	전압 시험은 12 kV에서 1 min 동안 견딜 것(절연파괴 및 섬락 없음)이며, (피크) 전류 값은 시료의 단면적에 따라 달라진다. 다른 시료의 크기가 제품 표준에 의해 사용된다면 이를 고려해야 한다. 어떤 것도 규정되어 있지 않다면 최대 누설전류 실효값이 1 mA를 넘지 않아야 한다.			이 표준 참고
4.5 참조	인열 강도	> 10 N/mm ^d	—	—	KS M ISO 34-1
4.6 참조	체적 저항률	> 10 ¹⁰ Ω·m			KS C IEC 62631-3-1
4.7 참조	절연 파괴강도	30 kV/mm	(굵임 시험에 의함)	30 kV/mm	KS C IEC 60455-2
		20 kV/mm		20 kV/mm	1 mm 판상 시료 KS C IEC 60243-1; KS C IEC 60243-2
		10 kV/mm		10 kV/mm	3 mm 판상 시료 KS C IEC 60243-1; KS C IEC 60243-2
4.8 참조	화학물질 영향에 대한 내성 ^e	—	FRP 심재에 대한 내산성 시험에서 파괴 없을 것	—	이 표준 참고
4.9 참조	내후성과 자외선에 내성	X	—	X	시험 후에 갯이나 하우징 재료에 표시를 읽을 수 있어야 하며 크랙이나 팽윤 같은 표면열화가 없어야 한다.

항	특성	적용성 및 최소 요구사항 ^a			시험 표준
		하우징	심재	구조재	
					열화 관련하여 의문이 있는 경우는 세 개의 시험편 각각에 대해서 두 번 표면 거칠기 측정을 한다. ISO 4287에서 정의한 거칠기 RZ는 최소 2.5 mm 구간에서 측정되며, RZ 값이 0.1 mm를 넘어서는 안 된다. 비고 KS A ISO 3274는 표면거칠기 측정기기에 대한 세부사항을 제시한다.
4.10 참조	난연성	X	—	X	
	72.5 kV 이하 가공선 애자	HB40-25 mm		HB40-25 mm	KS M IEC 60695-11-10
	72.5 kV 초과 가공선 애자	V0		V0	KS M IEC 60695-11-10
	145 kV 이하 다른 애자들	HB40-25 mm		HB40-25 mm	KS M IEC 60695-11-10
	145 kV 초과 다른 애자들	V1		V1	KS M IEC 60695-11-10
4.11 참조	유리 전이 온도 ^f	—	$T_g > T_{max} + 15 \text{ K}$	$T_g > T_{max} + 15 \text{ K}$	KS M ISO 11357-2 (DSC) KS M ISO 11359-2 (TMA) KS M ISO 6721-11 (DMA)
4.12.2 참조	발수 ^g 이동성	$\theta_{SAvg} \geq 90^\circ$ $\theta_{Smin} \geq 90^\circ$	—	—	이 표준 참고
4.12.3 참조	발수 ^g 보유성	X	—	X	고려 중
4.12.3 참조	발수 ^g 회복성	X	—	X	고려 중

항	특성	적용성 및 최소 요구사항 ^a			시험 표준
		하우징	심재	구조재	

- a X: 중요한 특성으로 고려(최소 요구사항 평가 필요)
—: 사용할 수 없거나 중요한 특성으로 고려되지 않음
- b 특수한 중전압에 사용하는 절연재료, 예를 들어 XLPE 케이블을 위한 종단접속재 재료는 1A2.5급 안정성을 보이고 실제 사용 중에도 만족할만한 성능을 나타낸다.
- c 수분 확산 시험은 옥외용 절연에 대한 재료의 적합성에 대해 필요한 모든 정보를 준다. 수분 침지 시험은 열화 메커니즘에 대한 추가적인 정보를 제공하고 재료별로 성능을 순위별로 하는데 유용하다.
- d 특수한 재료(예를 들어 충전제가 첨가된 기능성 재료)는 다른 최소 요구사항을 적용할 수도 있다.
- e 이러한 특성은 내산성을 요구하는 심재 재료에 적용 가능하다.
- f 구조재, 심재 및 접착재료(글루(glue)와 유사한)에 대해서 실제 경험과 유리 전이의 물리적 메커니즘에 따르면 유리 전이 온도는 최대 연속 동작 온도 T_{max} 보다 적어도 15 K 높아야 한다. 이러한 여유분이 15 K보다 작다면, 요구되는 특성을 검증하기 위한 추가적인 특별 조사를 실시해야 한다.
- g 이러한 특성은 영구 진성 동적발수성을 갖도록 요구하는 재료에만 적용할 수 있다.

나. TC/SC 112 주요 이슈 및 동향

- 최근에는 재료기술과 지능화된 시스템의 발전에 대응하여 신산업 분야의 요구사항에 부합하는 성능을 갖춘 재료 개발이 필요하다. IEC TC 112 분야의 시험 및 평가 절차는 주로 일반적인 절차를 따르기 때문에 쉽게 영향을 받지 않지만, 최근의 상황을 반영한 새로운 개념이나 가혹한 조건(예: 초소형 설계, 극저온 조건, 환경오염 등 금지재료)에 맞는 표준을 개발해야 한다. 현재 TC 112의 주요 이슈 및 기술 동향은 표 14와 같다.

[표 14] IEC TC 112의 주요 이슈 및 기술 동향

주요 이슈		
• 신소재 및 성형방법에 대한 사용 적합성과 호환성을 판별하기 위한 평가방법 • 가혹한 조건의 열적·기계적·전기적·화학적 스트레스 환경 또는 햇빛(온도), 바닷가(염해) 등 열화가 심한 환경에서의 성능평가 • 직류 설비에 따른 절연재료 성능평가 및 절연재료의 열내구성 평가방법		
주요 기술		
No.	분야	주요 내용
1	신재료 및 고분자 성형	절연시스템 시장에 진입하는 새로운 재료 및 성형방법에 대한 사용 적합성과 호환성을 판별하기 위한 적절한 방법 필요
2	나노 유전체 기술	계면 특성으로 인해 특별한 열 및 전기적 특성을 갖는 나노구조 유전체를 위한 새로운 검증 기술 개발 필요
3	고온 초전도체 기술	전력 및 의료 산업에 활용되는 초전도체를 검증하기 위한 극저온 전기 절연 시스템 검증 기술 개발 필요
4	생분해성 절연유 개발	현재 고전압 변압기 및 전선의 액체 함침 절연시스템에 사용되는 미네랄 오일을 대체하기 위한 기술 개발 필요
5	SF6 대체 기술	환경 규제의 변화로 인해 고압 가스 절연 개폐기에 사용되는 SF6를 대체하기 위한 재료가 필요한데, 현재 대체 가스 절연시스템들은 장기적인 관점에서 성능 평가 기술이 부족한 상황으로 이에 대한 기술개발 필요
6	고성능 소재 개발	고성능 소재에는 섬유 강화 고분자, 천연 에스테르가 있으며, 열적·기계적·화학적 스트레스 환경에서의 시험 방법 필요
7	열악한 작업 환경에서의 다인자 시험 개발	바닷가 등과 같은 부식이 가속화되는 환경 조건, 다중적인 요소의 중첩 작용으로 인한 시험은 추가적인 연구 필요
8	지속 가능한 발전	환경문제 및 탄소 발자국 관련 법안 등으로 인한 EIS의 변화가 요구되며 이에 따른 표준 개발 필요
9	간헐적인 신재생에너지 발전 및 소비	신재생에너지 발전설비의 EIS에 과부하 및 다양한 열부하가 유발될 수 있어 이에 대한 시험 및 평가 방법 필요

주요 기술		
No.	분야	주요 내용
10	DC 설비의 도입	배터리, 태양광 등의 저압부터 장거리 지하/해저 케이블 및 가공선로, VSC(Voltage Source Converter) 기술 등의 초고압에 이르는 모든 전압범위에 사용되는 DC 설비에 대한 시험 및 평가 방법 필요
11	DC 관련 특성에 대한 측정 절차	전도도, 공간 전하 형성 및 다중 스트레스 환경에서의 절연내력 및 절연파괴강도와 같은 DC 관련 특성에 대한 시험 및 평가 방법 필요
12	운송 산업의 전기화	자동차의 동작 환경에서 적합한 노출 시간에 대한 열적·전기적 내구성 시험 방법 개발 필요
13	원격 모니터링	센서 기술이 허용되는 한도 내에서 수명주기 동안 제품의 온도, 계량 등의 상태를 모니터링 하는 기술에 대한 시험 및 평가 방법 필요
14	고급 진단 기술	EIS 시험 절차의 일부인 부분 방전의 패턴 등을 인식하여 예측하는 고급 감지 기술에 대한 시험 및 평가 방법 필요
15	재활용 동향	새 제품에 재활용 재료를 사용하는 경우, 적합성 및 호환성 요구 사항은 주의를 요하며 이 경우에 적합한 시험 방법 및 평가 방법 필요
16	잠재적인 영향요인	예를 들어, 전력반도체 소자의 스위칭 작업으로 인해 발생하는 과도현상이 EIS 절연성능 저하의 가속화를 유발할 수 있어 이에 대한 시험 및 평가 방법 필요

- 2022년 9월 23일 스웨덴 키스타에서 개최된 IEC TC 112 본회의에서는 이러한 주요 이슈 및 기술 동향을 반영하여 전기절연재료 및 시스템에 대한 적격성 평가를 주제로 논의를 진행하였다. 특히 WG 1에서는 전기절연재료의 내열성 관련 시험방법을 주제로 대부분의 표준안에 대해 논의하였다. 표 15에서는 WG 1에 해당하는 주요 국제표준의 개정 방향을 보여준다.

[표 15] 2022년 IEC TC 112 주요 국제표준의 개정 방향

No.	주요 내용
1	IEC 60216-1 Ed. 7.0 Electrical insulating materials – Thermal endurance properties – Part 1: Ageing procedures and evaluation of test results • 평가된 특정한 곳에 적용 시 1:1 대체가 되지 않을 때 TI(Temperature Index)가 RTI(Relative Temperature Index)보다 적합함 • 폴리머 유형을 기반으로 하는 일반 TI(Temperature Index)에 대한 정의 필요 • 복합 제형 변화 및 감소된 샘플 두께에 대한 요구 사항 확장 RTI에서 TI로의 로드맵
2	IEC 60216-4-1 Ed. 5.0 Electrical insulating materials – Thermal endurance properties – Part 4-1: Ageing ovens – Single-chamber ovens • 총 50개의 표준이 이 표준을 참고하고 있으며 그 중 15개가 TC 112에 속함 • 오븐 허용 오차 및 보정 방법과 관련하여 논의
3	IEC 60216-4-2 Ed. 2.0 Electrical insulating materials – Thermal endurance properties – Part 4-2: Ageing ovens – Precision ovens for use up to 300 °C • 총 30개의 표준이 이 표준을 참고하고 있으며 그 중 7개가 TC 112에 속함
4	IEC 60216-4-3 Ed. 2.0 Electrical insulating materials – Thermal endurance properties – Part 4-3: Ageing ovens – Multi-chamber ovens • 총 28개의 표준이 이 표준을 참고하고 있으며 그 중 7개가 TC 112에 속함 • 다가오는 미래에 EV 시험을 지원하는 표준안이 될 것

- 온도의 균일성, 공기의 변화 및 보정에 대한 주제 논의
- 60216-4-2와 60216-4-3의 부록 포함 여부를 고려한 단일표준안 60216-4 생성 논의

1. COSD 조직 소개

- IEC TC 112 분야와 IEC TC 15 분야의 국내 전문위원회는 표 16과 같이 동일한 전문가들로 구성되어 있다. 산·학·연 전문가로 구성되어 관련 기술 분야의 전문성뿐만 아니라 다년간의 표준화 활동에 의한 표준개발 참여 이력을 가지고 있다.

[표 16] IEC TC 112 전문위원회 명단

No.	구분	성명	소속기관	비고
1	학	이○○	가천대학교	위원장
2		어○○	한국교통대학교	위원
3		함○	한국교통대학교	
4		홍○○	광운대학교	
5	연	한○○	한국전기산업연구원	
6		연○○	한국전기연구원	
7		박○○	한국생산기술연구원	
8	산	이○○	현대일렉트릭	
9		이○○	듀폰코리아	
10		심○○	정인시스템	
11		김○○	선일전기공업	

2. 전문위원회 활동 현황

- 전문위원회에서는 국제표준 부합화를 추진하며 고유표준에 대한 검토를 통해 최신 기술과 산업의 현황을 표준에 반영할 수 있도록 추진한다. 올해 전문위원회의 기술검토를 통해 제·개정된 IEC 부합화 표준은 총 2종이며 주요 내용은 표 17과 같다.

[표 17] 2022년 IEC TC 112 제·개정 표준

표준번호	KS C IEC TS 62836
표준명	절연재료 내부 전계의 측정 - 압력파 전파 방법
내용	압력파 전파 방법을 이용하여 고전압용 절연재료의 내부 전계를 시험하는 절차
비고	IEC TS 62836:2020에 대한 IDT 부합화(제정)
표준번호	KS C IEC 60112
표준명	고체 절연재료의 보증 트래킹 지수 및 비교 트래킹 지수 결정방법
내용	기기의 부품에서 취한 절연재료의 일부 및 교류 전압에서 사용하는 재료 판(plaques)에 대한 보증 트래킹 지수 및 비교 트래킹 지수의 측정방법
비고	IEC 60112:2020에 대한 IDT 부합화(개정)

3. 2023년 COSD 제안 국가표준 리스트

- TC 112 전문위원회에서는 내년에도 지속적으로 국제표준 부합화 및 고유표준에 대한 검토를 수행할 예정이다. 앞서 설명한 것처럼 신소재 절연물의 신뢰성 향상 및 시험기술에 대한 표준화를 목표로 극한 환경에서 오손에 의한 절연성능 평가 방법을 표준화할 것이며 대상목록은 표 18과 같다.

[표 18] IEC TC 112 전문위원회 검토 계획

No.	표준번호	판 번호	표준명	목표
1	IEC 60587	Edition 4.0	Electrical insulating materials used under severe ambient conditions – Test methods for evaluating resistance to tracking and erosion	개정
2	IEC 60216-6	Edition 2.0	Electrical insulating materials – Thermal endurance properties – Part 6: Determination of thermal endurance indices (TI and RTE) of an insulating material using the fixed time frame method	제정
3	IEC/TS 60216-7-1	Edition 1.0	Electrical insulation materials – Thermal endurance properties – Part 7-1: Accelerated determination of relative thermal endurance using analytical test methods (RTEA) – Instructions for calculations based on activation energy	
4	IEC/TR 60216-7-2	Edition 1.0	Electrical insulating materials – Thermal endurance properties – Part 7-2: Results of the round robin tests to validate procedures of IEC TS 60216-7-1 by non-isothermal kinetic analysis of thermogravimetric data	
5	IEC 60216-8	Edition 1.0	Electrical insulating materials – Thermal endurance properties – Part 8: Instructions for calculating thermal endurance characteristics using simplified procedures	
6	IEC/TR 60493-2	Edition 1.0	Guide for the statistical analysis of ageing test data – Part 2: Validation of procedures for statistical analysis of censored normally distributed data	

Technical Committee Trend Report

Electric
Electronics
전기전자

TC동향보고서
TC 112