Technical article

IEC 61643의 최신 개정

전원용 서지보호 장치 (SPD)에 대한 안전 요구 사항의 고도화

향후 요구사항을 반영한 새로운 기준

All Electric Society라는 미래 비전은 산업과 사회 인프라 전반에 걸친 전기화, 네트워킹, 자동화를 기반으로 한다. 이러한 변화는 전기 설비의 설치와 운용 전반에서 요구되는 안전 수준을 지속적으로 높이고 있다.
서지 보호는 일시적인 과전압으로부터 설비를 보호하는 핵심 요소로, 이는 기존의 산업 설비나 빌딩 설비에만 국한되지 않는다.

재생에너지 활용이 확대되고 DC 전원 시스템이 생산 설비, 데이터 센터, 배터리 저장 시스템, 전기차 충전 인프라 등 다양한 분야로 확산되면서, 낙뢰 및 서지 보호에 대해서도 새로운 보호 개념이 요구되고 있다. 이러한 환경 변화 속에서 서지 보호 장치(SPD)의 안전성과 신뢰성은 더욱 중요해지고 있으며, 이는 EN/IEC 61643 표준 시리즈의 최신 개정 내용에도 반영되어 있다.

서지 보호 관점에서 본 EN/IEC 61643 시리즈 개정

서지 보호 장치(SPD)에 관한 표준은 향후 새로운 적용 분야를 대비해 IEC 및 CLC 차원에서 전면적으로 개편되었다. 이러한 개정의 배경에는 전원 공급 구조의 분산화, 재생에너지로의 전환, 그리고 다양한 에너지원이 혼재된 전원 시스템의 증가가 있다.

EN/IEC 61643-01은 저전압 시스템에서 사용되는 모든 서지 보호 장치에 적용되는 기본 규격으로, 안전성과 성능에 대한 일반적인 요구사항과 시험 항목을 규정한다. 여기에는 감전 보호, 전압 보호 수준의 정의, 방전 용량 평가, 그리고 노화, 과부하 및 단락 시 동작에 대한 시험이 포함된다.

또한 공간 거리(air clearance)와 연면거리(creepage distance)에 대한 요구사항, 외함 부품의 기계적 강도, 단자부 시험 방법도 규정한다. 실제 사용 환경에서 파생되는 구체 요구사항과 시험은 EN/IEC 61643-11(AC 전원 시스템용)과 같은 하위 규격에 정의되어 있다. 여기에는 과부하 시험과, AC 시스템에서 오류 발생 시 일시적 과전압(temporary surge voltages) 조건에서의 동작 요구사항 등이 포함된다. 이러한 오류는 저전압 전력망에서 전형적으로 발생할 수 있으며, SPD가 고장 상황에서도 예측 가능하고 안전한 방식으로 동작하도록 높은 수준의 요구를 부과한다.

표준을 재정비하는 과정에서, SPD의 과부하 및 단락 시 거동과 같은 안전 관련 이슈가 핵심 초점으로 다뤄졌다. 또한 원격 신호(remote signaling) 및 보조(auxiliary) 회로가 초저전압(ELV)에 연결되는 경우, 해당 회로에 대해 이중 절연 또는 강화 절연(double or reinforced insulation)을 요구하도록 변경되었다.

공간 거리와 연면거리

공간 거리(air clearance)는 두 전도성 부품 사이의 공기 중 최단 거리를 의미한다. 이는 서지 전압 발생 시 스파크오버를 방지하는 역할을 하며, 정격 서지 전압, 오염도, 그리고 설치 고도에 따라 결정된다.

연면 거리(creepage distance)는 절연 표면을 따라 두 전도성 부품 사이에서 측정되는 최단 거리이다. 연면 거리는 오염도, 재질 그룹, 그리고 시스템의 최대 연속 전압에 의해 좌우된다.

서지 보호 장치(SPD)는 최소 오염도 2를 충족하도록 설계되어야 한다. 이는 일반적인 주거 환경이나 밀폐된 제어반 내부 설치에는 충분하다. 반면, 제어반이 항상 닫혀 있다고 보장하기 어려운 산업 환경에서는 오염도 3을 충족하는 SPD가 보다 안전한 선택이 된다. 다만, 이 경우 연면 거리 요구사항은 상당히 증가한다.

SPP(Safe Protection Plus) 제품군
확장된 공기 절연 거리·연면 거리
강화된 접촉 보호 및 오배선 보호

공간 절연 거리 측면에서 SPD는 최소 2,000 m의 설치 고도를 기준으로 설계되어야 한다. 설치 고도가 높아질수록 공기의 절연 내력이 감소하므로, 더 큰 공기 절연 거리가 필요하다.

강화 절연 또는 이중 절연

개정된 EN/IEC 61643-01 표준은 초저전압(ELV) 시스템에 연결된 원격 신호 회로 및 보조 회로에 대해, 상용 전압부에 대한 이중 절연 또는 강화 절연을 요구한다. 이와 관련하여 EN/IEC 61643-01 표준은 IEC 60364-4-41 「감전 보호(Protection against electric shock)」 규격을 참조하고 있다.

초저전압(ELV) 시스템의 예로는 안전 초저전압(SELV)과 전기적으로 안전한 절연이 적용된 보호 초저전압(PELV)이 있다. 이러한 요구사항은 특히 안전 또는 보호 초저전압을 사용하는 보조 회로에서, SPD 내부 절연 결함으로 인해 발생할 수 있는 위험을 예방하기 위한 것이다.

단락 전류 제한 동작

결함 또는 과부하 상태의 SPD로 인해 발생할 수 있는 위험을 방지하기 위해, EN/IEC 61643-01은 SPD의 단락 시 동작에 대한 포괄적인 시험을 규정하고 있다. 이번 개정에서는 운용 안전성을 더욱 높이기 위해 관련 요구사항이 크게 강화되었다.

안전/보호 초저전압 보조 회로 보호를 위한 이중·강화 절연

이는 고장 발생 시 SPD가 전원으로부터 단락 전류를 끌어올 수 있기 때문이다. 이 전류가 충분히 제한되지 않을 경우 과열, 화재, 나아가 폭발로 이어질 위험이 있다. 이에 따라 표준은 단락 전류 내성 시험을 요구하며, SPD가 정의된 조건에서 안전한 방식으로 고장 나거나, 또는 안전한 상태를 유지함을 입증해야 한다.

후속 전류(Line follow current) 아크 억제 능력

스파크 갭 기반의 Type 1 SPD는 100 kA 이상의 낙뢰 전류를 안전하게 방전할 수 있다. 이와 함께 장치는 높은 에너지의 낙뢰 전류를 제어하는 것뿐 아니라, 방전 이후 발생하는 후속 전류(line follow current)를 신뢰성 있게 아크 억제를 할 수 있어야 한다.

과부하 상태에서도 장치를 보호하는 고성능·고속 내부 차단

후속 전류는 방전 직후 발생할 수 있는 단락 전류의 일종이다. 이상적인 경우 SPD에 의해 완전히 억제되거나 수 마이크로초 이내에 자동으로 억제되어야 한다. 그렇지 않을 경우 과전류 보호 장치가 동작하여 전기 시스템이 정지할 수 있다.

그러나 스파크 갭 방식에서 전기 아크가 억제 플레이트 메커니즘으로 이동해 차단되는 구조의 경우, 억제 속도는 결합된 낙뢰 전류의 진폭에 크게 좌우된다.

서지 전류 진폭이 큰 경우에는 빠르고 안정적인 아크 억제가 가능하지만, 서지 전류 진폭이 낮은 경우에는 상대적으로 큰 후속 전류가 발생할 수 있다.

기존 EN/IEC 61643 표준에서는 스파크 갭 기반 타입 1 SPD의 후속 전류(line follow current) 억제 능력을 규정된 최대 낙뢰 전류 진폭(I_{IMP}) 조건에서만 입증하면 충분했다.

강화된 Type 1 SPD 요구사항에 부합하는 차세대 멀티-카본 스파크 갭 기술

- *모든 낙뢰 전류에 대해 동등하고 안정적인 제어*
- *고에너지 서지에 대한 안전한 에너지 방출*
- *반복적인 펄스 부하 조건에서도 열화 없는 안정적인 성능*

개정된 EN/IEC 61643-01 표준은 스파크 갭 기반 서지 보호 장치가 후속 전류(line follow current)를 억제하는 능력을 저진폭 서지 전류 조건에서도 입증하도록 요구한다. 이는 실제 적용 측면에서 특히 중요한데, 현장에서는 고진폭 서지 이벤트보다 저진폭 서지 이벤트가 훨씬 더 빈번하게 발생하기 때문이다.

요약 (Summary)

All Electric Society를 배경으로 산업과 인프라 전반의 전기화, 네트워킹, 자동화가 진전되면서 서지 보호 분야에는 새로운 과제가 제시되고 있다.

특히 재생에너지 사용의 확대, DC 시스템의 중요성 증가, 그리고 하이브리드 및 복합 전원 구조의 확산은 기존보다 한층 진화된 보호 개념과 서지 보호 장치의 안전 수준 강화를 요구하고 있다.

EN/IEC 61643 표준 시리즈의 최신 재구성과 개정은 이러한 요구를 충실히 반영하고 있다. 새롭게 정비된 EN/IEC 61643-1 및 EN/IEC 61643-11은 AC 저전압 시스템용 서지 보호 장치에 대해 강화된 안전 요구사항을 명확히 제시하며, 정상 운전 시 뿐만 아니라 고장 발생 시에도 견고하고 예측 가능한 동작 특성에 중점을 두고 있다.

과부하 및 단락 전류 거동에 대한 보다 엄격한 시험, 공간 절연 거리와 연면 거리에 대한 정밀한 규정, 그리고 보조 회로에 대한 이중 또는 강화 절연 요구사항은 시스템 안전성과 인적 안전을 크게 향상시킨다.

특히 스파크 갭 기반 Type 1 SPD의 후속 전류(line follow current) 억제 능력을 보다 폭넓게 고려한 점은 매우 중요하다.

All Electric Society 환경에 대응하는 전기 시스템 안전 솔루션, Safe Protection Plus(SPP)

저진폭 서지 전류 조건을 포함한 시험 도입을 통해, 서지 보호 장치는 실제 현장에서 자주 발생하는 조건에서도 안전한 동작을 입증할 수 있게 되었으며, 이는 표준의 실효성과 현장 적합성을 크게 높여준다.

종합적으로, 새로운 EN/IEC 61643 시리즈는 현대 전원 시스템에서의 서지 보호를 위한 지속 가능한 기술적 기반을 마련한다. 이 표준은 설계자, 운영자, 제조사가 전기 설비의 안전성, 신뢰성, 가용성에 대한 높아지는 요구사항을 충족하는 데 기여하며, 나아가 All Electric Society의 성공적인 구현을 뒷받침한다.

› Further information:
phoenixcontact.com/spp

phoenixcontact.com

2026-02-26/00
3013058634