KOSHA GUIDE

KOSHA GUIDE

KOSHA GUIDE

KOSHA GUIDE

KOSHA GUIDE
기술지원규정

충전전로 및 그 인근에서의 전기작업에 관한 기술지원규정
B-E-11-2026

한국산업안전보건공단

기술지원규정은 산업안전보건기준에 관한 규칙 등 산업안전보건법령의 요구사항을 이행하는데 참고하거나 사업장 안전·보건 수준향상에 필요한 기술적 권고 규정임

기술지원규정의 개요

○ 개정자 : (사)고경력과학기술연우총연합회

○ 제·개정 경과
- 2025년 11월 기계·전기안전분야 전문위원회 심의(개정)
- 2026년 1월 표준제정위원회 본위원회 심의(개정)

○ 관련규격 및 자료
- 29 CFR 1910.269 Appendix B (Working on Exposed Energized Parts)
- 29 CFR 1910.269 Appendix E (Protection From Flames and Electric Arcs)
- NFPA 70E Chapter 1 (Safety-Related Work Practices)
- HSG 85 Electricity at Work - Safe working practices

○ 관련법규·규칙·고시 등
- 산업안전보건기준에 관한 규칙 제38조(사전조사 및 작업계획서의 작성 등)
- 산업안전보건기준에 관한 규칙 제321조(충전전로에서의 전기작업)

○ 기술지원규정의 적용 및 문의
- 이 기술지원규정에 대한 의견 또는 문의는 산업안전포털 홈페이지(portal.kosha.or.kr)의 기술지원규정(KOSHA GUIDE) 소관 분야별 문의처 안내를 참고하시기 바랍니다.
- 동 규정 내에서 인용된 관련규격 및 자료, 법규 등에 관하여 최근 개정본이 있을 경우에는 해당 개정본의 내용을 참고하시기 바랍니다.

공표일자 : 2026년 1월 30일
제 정 자 : 한국산업안전보건공단 이사장

목 차

1. 목 적 ····· 1

2. 적용 범위 ····· 1

3. 용어의 정의 ····· 1

4. 충전전로 및 그 인근에서의 전기작업 관련 법적 필수사항 ····· 3

5. 일반사항 ····· 4

5.1. 일반 원칙 ····· 4

5.2 전기작업절차서 및 작업계획서의 작성 ····· 5

5.3 관련 정보의 제공 ····· 5

5.4 전기작업의 안전조건 ····· 5

5.5 안전교육훈련 ····· 6

6. 활선작업 여부의 평가 및 판단 ····· 9

6.1 일반사항 ····· 9

6.2 활선 작업절차의 평가 ····· 10

7. 충전전로에서의 활선 전기작업 ····· 14

7.1 일반사항 ····· 14

7.2 충전전로에서의 전기작업계획서 작성 ····· 15

7.3 충전전로에서의 활선 작업절차 ····· 16

7.4 고압 및 특별고압 전기작업에 대한 추가 안전조치 ····· 17

7.5 안전작업허가 ····· 18

<부록 1> 접근한계거리의 계산 ····· 22

<부록 2> 전기아크로 인한 사고 열에너지의 계산 공식 ····· 25

충전전로 및 그 인근에서의 전기작업에 관한 기술지원규정

1. 목적

이 규정은「산업안전보건기준에 관한 규칙」제321조(충전전로에서의 전기작업)에 따라 충전전로에서의 전기작업에 대하여 필요한 사항을 정함을 목적으로 한다.

2. 적용범위

(1) 이 규정은 감전위험이 있는 전기기계·기구 또는 전로(이하 "전기설비"라 한다)의 설치·해체·정비·점검(설비의 유효성을 도구를 이용하여 확인하는 점검으로 한정한다) 등의 작업(이하 "전기작업"이라 한다)을 하는 경우에 적용한다.

(2) 이 규정은 다음의 설비에서 전기작업을 하는 경우에는 적용하지 않는다.

(가) 선박, 철도차량, 항공기, 자동 차량 등에 설치된 설비

(나) 광산의 지하 시설물

(다) 철도차량 전용의 발전, 송전, 배전용의 레일 설비

(라) 신호 및 통신전용 설비

3. 용어의 정의

(1) 이 규정에서 사용되는 용어의 정의는 다음과 같다.

(가) “전기설비”라 함은 전기에너지의 생산 및 사용, 즉 발전·송전·변전·정류·제어·저장·측정 또는 사용에 관련된 제반 설비를 말한다.

(나) “유자격자”라 함은 서면으로 특정 책임 및 의무를 지도록 사업주가 임명한 작업자를 말한다. 임명된 사람은 교육, 자격증 또는 경험을 통해 책임과 의무를 담당할 수 있는 능력을 갖추어야 한다.

(다) “무자격자”라 함은 전기작업과 관련된 교육훈련이나 경험 등을 충분히 갖추지 않은 작업자를 말한다.

(라) “정전작업”이라 함은 전선로를 개로한 후 수행하는 당해 전선로 또는 그 지지물의 설치·점검·수리·도장 등의 작업을 말한다.

(마) “단로기”라 함은 부하전류를 제거한 후, 회로를 전원으로부터 격리 또는 접속을 바꾸기 위한 단상 개폐장치를 말한다. 전원으로부터 분리함으로 설비의 점검 및 수리를 안전하게 하는 기계적인 개폐장치이다.

(바) “전기작업 안전조건(Electrically safe work condition)”이라 함은 전선로를 전원으로부터 분리한 후, 관련 지침에 따라 잠금장치와 조작 꼬리표를 부착한 후, 전압이 무 가압되고 있는가를 검전기로 확인한 후, 3상 단락접지를 실시한 다음 작업함을 말한다.

(사) “충전”이라 함은 서로 다른 전압의 전원에 전기적으로 접속되어 있거나 인접된 접지면과 상당한 전위차가 있는 상태를 말한다.

(아) “절연”이라 함은 전류 흐름을 방해하는 절연체(공간 포함)로 다른 도전성 표면과 분리된 상태를 말한다.

(자) “전격 위험(Electric shock hazard)”이라 함은 충전부가 노출된 전선이나 기기 등 에 최소한의 공기 절연거리 이내로 가깝게 접근하거나 접촉 시 발생하는 에너지 방출과 관련된 위험한 상태를 말한다.

(차) “섬광 위험(Flash hazard)”이라 함은 순식간에 임의의 물체를 강한 증기상태로 변환시키는 전기아크로 인하여 유발되는 에너지 방출과 관련된 위험한 상태를 말한다.

(카) “전격보호경계(Electric shock protection approach boundaries)”라 함은 전격방지를 위한 충전부와 작업자 사이의 거리를 말하며, 전기유자격자의 접근한계거리와 무자격자의 이격거리로 구분한 것을 말한다.

(타) “접근한계거리(Restricted approach boundary 혹은 Minimum approach distance)”라 함은 우발적 움직임으로 인한 전기아크로 인해, 전격의 위험 가능성이 높은 곳에서의 노출 충전부 또는 선로 부분에 접근할 수 있는 한계를 말한다.

(파) “이격거리(Limited approach boundary 혹은 Clearance)”라 함은 전격의 위험이 있는 곳에서의 노출 충전부 또는 선로 부분에 접근할 수 있는 한계를 말한다.

(하) “활선근접작업”이라 함은 전기적으로 안전한 작업조건에 속하지 않는 노출된 충전전선 또는 기기 등의 이격거리 내에서의 작업을 말한다.

(거) “활선작업”이라 함은 노출 충전된 전선이나 기기 등을 작업자의 보호구 착용 여부와 관계없이 손, 발 또는 신체의 기타 부분으로 만지거나 시험 기기로 접촉하는 것을 말한다.

(2) 기타 이 규정에서 사용하는 용어의 정의는 특별한 규정이 있는 경우를 제외하고는 산업안전보건법, 같은 법 시행령, 같은 법 시행규칙 및 산업안전보건기준에 관한 규칙에서 정하는 바에 의한다.

4. 충전전로 및 그 인근에서의 전기작업 관련 법적 필수사항

다음은 산업안전보건법령에 관한 사항으로써 반드시 준수하여야 한다.

안전보건규칙 제321조(충전전로에서의 전기작업)에 따라 충전전로를 취급하거나 그 인근에서 작업하는 경우 필요한 안전조치를 하여야 한다.

제321조(충전전로에서의 전기작업) ① 사업주는 근로자가 충전전로를 취급하거나 그 인근에서 작업하는 경우에는 다음 각 호의 조치를 하여야 한다.

1. 충전전로를 정전시키는 경우에는 제319조에 따른 조치를 할 것
2. 충전전로를 방호, 차폐하거나 절연 등의 조치를 하는 경우에는 근로자의 신체가 전로와 직접 접촉하거나 도전재료, 공구 또는 기기를 통하여 간접 접촉되지 않도록 할 것
3. 충전전로를 취급하는 근로자에게 그 작업에 적합한 절연용 보호구를 착용시킬 것
4. 충전전로에 근접한 장소에서 전기작업을 하는 경우에는 해당 전압에 적합한 절연용 방호구를 설치할 것. 다만, 저압인 경우에는 해당 전기작업자가 절연용 보호구를 착용하되, 충전전로에 접촉할 우려가 없는 경우에는 절연용 방호구를 설치하지 아니할 수 있다.
5. 고압 및 특별고압의 전로에서 전기작업을 하는 근로자에게 활선작업용 기구 및 장치를 사용하도록 할 것
6. 근로자가 절연용 방호구의 설치·해체작업을 하는 경우에는 절연용 보호구를 착용하거나 활선작업용 기구 및 장치를 사용하도록 할 것
7. 유자격자가 아닌 근로자가 충전전로 인근의 높은 곳에서 작업할 때에 근로자의 몸 또는 긴 도전성 물체가 방호되지 않은 충전전로에서 대지전압이 50킬로볼트 이하인 경우에는 300센티미터 이내로, 대지전압이 50킬로볼트를 넘는 경우에는 10킬로볼트당 10센티미터씩 더한 거리 이내로 각각 접근할 수 없도록 할 것
8. 유자격자가 충전전로 인근에서 작업하는 경우에는 다음 각 목의 경우를 제외하고는 노출 충전부에 다음 표에 제시된 접근한계거리 이내로 접근하거나 절연 손잡이가 없는 도전체에 접근할 수 없도록 할 것

가. 근로자가 노출 충전부로부터 절연된 경우 또는 해당 전압에 적합한 절연장갑을 착용한 경우

나. 노출 충전부가 다른 전위를 갖는 도전체 또는 근로자와 절연된 경우

다. 근로자가 다른 전위를 갖는 모든 도전체로부터 절연된 경우

제321조(충전전로에서의 전기작업 - 계속)

충전전로의 선간전압 (단위: 킬로볼트)	충전전로에 대한 접근 한계거리 (단위: 센티미터)
0.3 이하	접촉금지
0.3 초과 0.75 이하	30
0.76 초과 2 이하	45
2 초과 15 이하	60
15 초과 37 이하	90
37 초과 88 이하	110
88 초과 121 이하	130
121 초과 145 이하	150
145 초과 169 이하	170
169 초과 242 이하	230
242 초과 362 이하	380
362 초과 550 이하	550
550 초과 800 이하	790

② 사업주는 절연이 되지 않은 충전부나 그 인근에 근로자가 접근하는 것을 막거나 제한할 필요가 있는 경우에는 울타리를 설치하고 근로자가 쉽게 알아볼 수 있도록 하여야 한다. 다만, 전기와 접촉할 위험이 있는 경우에는 도전성이 있는 금속제 울타리를 사용하거나, 제1항의 표에 정한 접근 한계거리 이내에 설치해서는 아니 된다.

③ 사업주는 제2항의 조치가 곤란한 경우에는 근로자를 감전위험에서 보호하기 위하여 사전에 위험을 경고하는 감시인을 배치하여야 한다.

5. 일반사항

5.1 일반 원칙

(1) 전기작업 중 활선작업은 아주 위험하기 때문에 아래 (2)항의 (나)호 혹은 (다)호와 같은 특별한 경우를 제외하고는 정전작업이 원칙임을 유의한다.

(2) 활선 또는 활선 근접작업은 원칙적으로 금지하여야 하므로, 우선적으로 정전작업의 가능 여부를 검토하여야 한다.

(가) 대부분의 감전 재해가 정전작업이 가능한 기기에서 활선작업을 하면서 발생하고 있고, 대부분의 작업은 작업계획에 의해 정전작업이 가능하다.

(나) 부득이 활선작업을 허용하기 위해서는 다음 중 하나 이상의 조건을 갖추어야 한다.

① 생명유지장치, 비상경보설비, 폭발위험장소의 환기설비, 비상조명설비 등의 장치·설비의 가동이 중지되어 사고의 위험이 증가되는 경우

② 설비의 설계 또는 작동 상 전로차단이 불가능한 경우

③ 감전, 아크 등으로 인한 화상, 화재·폭발의 위험이 없는 것으로 확인된 경우

(다) 정전상태로 작업하는 것이 불합리하여 활선작업을 할 수 있는 경우는 다음과 같다.

① 전원 공급없이 제어 캐비닛의 시운전이 곤란한 경우 (단, 충전부위는 쉽게 접촉할 수 없는 구조일 것)

② 제어시스템의 운전상황을 감시하거나 설비의 고장부분을 찾고자 할 때

5.2 전기작업절차서 및 작업계획서의 작성

(1) 사업주는 이 규정에서 정하는 바에 따라 전기작업절차서를 마련하여 작업자가 이를 지킬 수 있도록 교육·훈련시키고, 작업책임자는 이 작업절차서에 따라 작업계획서를 작성하고 작업자는 이를 준수하여야 한다.

(2) 이 규정에 포함되지 않는 전로 및 기기의 인근에서 작업하는 무자격자에게도 전기위험이 있을 수 있으므로, 이 규정은 이러한 위험으로부터 무자격자를 보호하기 위하여 사용될 수 있다.

5.3 관련 정보의 제공

사업주는 이 규정에서의 전기작업을 실시하는 내부 및 외부 인력 등 모든 작업자에게 해당 작업에 관련되어 존재하는 위험, 필요한 개인보호구/장구, 응급조치절차 등에 관한 정보를 제공한다. 제공방법은 회의 또는 문서에 의할 수 있다.

5.4 전기작업의 안전조건

(1) 전기작업계획서를 작성하는 경우에는 정전작업을 위한 전기작업 안전조건을 우선으로 한다.

(2) 전기작업 안전조건 확보는 다음 방법에 따라 검증한다.

(가) 특정 기기에 공급 가능한 전원의 결정(관련 도면·배선도 및 표지의 보완 여부 확인)

(나) 부하전류의 차단 후에 각 전원의 단로기 개방

(다) 가능한 경우, 단로기의 모든 칼날의 완전 개방 또는 인출형 차단기의 인출 여 부의 육안 확인

(라) 문서화된 지침에 따른 잠금 및 표지(LOTO) 적용

(마) 전로가 완전히 정전되었는지를 확인하기 위하여 상도체 또는 전로부분에 적합한 정격의 검전기 사용(이때 각 상도체 또는 상-상 및 상-대지 사이의 두 경로에 대하여 시험을 실시하되, 각 시험 전후에 검전기가 적절히 작동하는 지를 확인한다)

(바) 유도전압 또는 충전에너지로 인해 전격이 우려되는 경우, 작업자가 접촉하기 전에 상도체 또는 전로부를 접지시킨다. 정전된 도체 또는 전로 부가 다른 노출된 도체 또는 전로부와 접촉할 우려가 있는 경우에는 이들 기기에 적합한 정격을 가진 단락 접지 용구를 접속한다.

5.5 안전교육훈련

(1) 개요

(가) 작업자는 교육훈련(이하 “교육”이라 한다)을 통하여 전기에너지로 인한 특정 위험을 이해하고 각자의 업무 또는 담당 작업과 관련된 전기위험으로부터 자신을 보호하는데 필요한 작업방법과 위험시 대처방안 등에 관하여 교육받도록 한다.

(나) 작업자는 또한 전기위험과 우려되는 재해와의 관계를 인식하고 이해할 수 있어야 한다.

(다) 교육은 실내교육 또는 현장교육 모두를 포함하며, 경우에 따라 이 둘을 혼합하여 실시할 수도 있다. 교육내용 및 단계는 작업자의 위험에 따라 정한다.

(2) 유자격자 교육

(가) 전기작업자는 「산업안전보건기준에 관한 규칙 제318조」에 따른 「유해위험작업의 취업제한에 관한 규칙 제3조」의 자격·면허·경험 또는 기능을 갖춘 사람(유자격자)이어야 한다.

비고「유해위험작업의 취업제한에 관한 규칙 제3조」및 [별표 1]의 2호 및 9호 참조

(나) 유자격자는 기기의 구조와 작동, 또는 특수 작업방법 등에 대한 교육을 받아 이를 숙지하고 있어야 하며, 또한 지속적인 교육을 통하여 기기 또는 작업 방법과 관련하여 발생할 수 있는 전기위험을 인식하고 대응할 수 있어야 한다.

① 유자격자는 전기위험예방기술·개인보호구·절연 및 차폐용구·절연용 기구 및 시험기기의 적합한 사용법 등에 대하여도 잘 알고 있어야 한다.

② 작업자가 어떠한 기기나 작업방법에 대하여 자격을 가졌다 하더라도 다른 분야에 대하여는 무자격자일 수 있으므로, 이러한 작업자는 관련 유자격자의 지도하에 안전작업절차를 준수하도록 교육받아야 한다.

(다) 작업자가 50 V 이상의 노출 충전도체 및 기기 등의 접근한계거리 내에서 작업하는 경우에는 최소한 다음의 모든 교육을 추가로 받아야 한다.

① 노출 충전부를 전기설비의 다른 부분과 구분하는 기술 및 기법

② 노출 충전부의 공칭전압을 측정하는 기술 및 기법

③ <표 1>에 제시된 충전전압에 따른 유자격자의 접근한계거리

④ 위험정도 및 범위를 결정하기 위한 의사결정 절차와 임무를 안전하게 수행하기 위해 필요한 개인보호구 및 작업절차

<표 1> 충전부의 전격보호경계(전격방지를 위한 충전부와 작업자 사이 거리)

충전전로의 선간전압(kV)	접근한계거리(㎝)(1)	이격거리(㎝)(2)	
		노출된 이동도체	노출된 고정도체
0.15 이하	접촉금지	310	100
0.15 초과 0.75 이하	31	310	100
0.75 초과 5 이하	63	310	100
5 초과 15 이하	65	310	150
15 초과 36 이하	77	310	180
36 초과 46 이하	84	310	250
46 초과 72.5 이하	100	310	250
72.5 초과 121 이하	120	330	250
121 초과 145 이하	130	340	310
145 초과 169 이하	150	360	360
169 초과 242 이하	210	400	400
242 초과 362 이하	350	470	470
362 초과 420 이하	430	580	580
420 초과 550 이하	510	580	580
550 초과 800 이하	690	720	720

주1) 안전보건규칙 제321조(충전전로에서의 전기작업) ①항 8호에서 정의한 접근한계거리보다 작은 경우에는 안전보건규칙에서 정한 거리를 접근한계거리로 본다.
본 규정에서 인용한 접근한계거리의 계산근거는 <부록 1> 접근한계거리의 계산을 참조한다.

주2) 안전보건규칙 제321조(충전전로에서의 전기작업) ①항 7호에서 정의한 대지전압 50 kV 이하에서는 300 cm, 50 kV 이상에서는 10 kV당 10 cm를 더한 거리보다 작은 경우에는 안전보건규칙에서 정한 거리를 이격거리로 본다.

(3) 무자격자 교육

(가) 전기작업자 중 무자격자는 다음과 같은 전기안전에 관한 교육을 받아야 한다.

① 감전위험 및 감전방지대책

② 전기작업 절차 및 재해 발생시 응급조치방법

③ 절연용보호구 및 절연방호구의 사용 및 점검에 관한 사항 등

(나) 해당 작업책임자는 무자격자가 전기위험이 있는 이격거리 또는 그 부근에서 작업할 경우, 유자격자와 함께 작업하도록 하여 모든 작업이 안전하게 이루어질 수 있도록 한다. 또한, 전기위험에 관하여 무자격자에게 조언을 하고 이격거리 안으로 들어가지 않도록 주의시켜야 한다.

(다) 교육과정에서 자신의 임무를 안전하게 수행할 능력을 보인 작업자가 유자격자의 직접 관리 하에 작업하는 경우에는 당해 작업에 자격이 있는 것으로 간주한다.

(라) 교육과정에서 무자격자가 이격거리 이내를 가로질러 가야 하는 경우, 유자격자는 무자격자에게 발생할 수 있는 위험사항을 고지하고, 무자격자의 안전을 확보할 수 있도록 함께 동행하여야 한다. 어떠한 경우에도 무자격자가 이격거리 안으로 혼자 들어가서는 안 된다.

(마) 무자격자는 이 규정에서 특별히 언급하지 않더라도 자신의 안전에 필요한 전기안전 관련 규정을 훈련받아 잘 숙지하고 있어야 한다.

(4) 응급조치교육

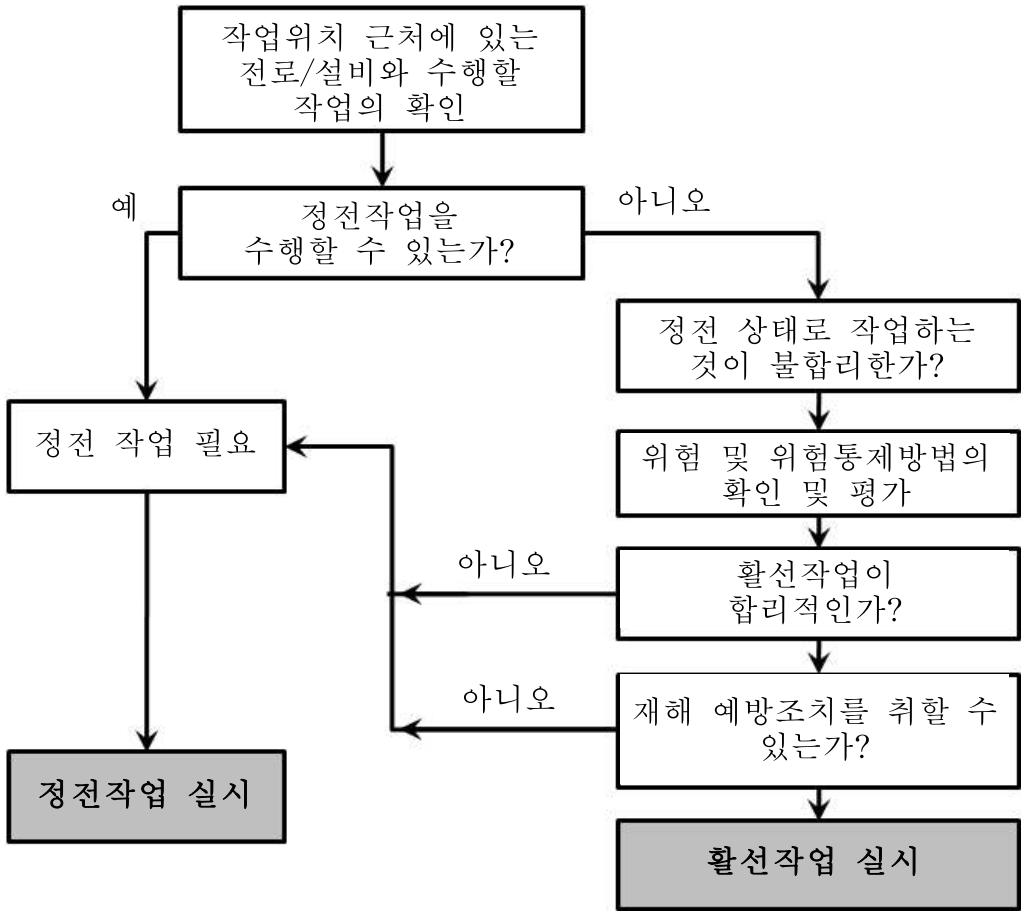
(가) 노출 충전부 또는 그 부근에서 작업하는 작업자는 충전부 접촉에 의해 발생한 재해자를 긴급 후송하는 방법에 대하여 교육받아야 한다.

(나) 상기 (가) 이외에도 심폐 소생법과 같은 응급 처치법과 비상조치절차 등에 대한 교육도 정기적으로 받도록 한다.

6. 활선작업 여부의 평가 및 판단

6.1 일반사항

(1) 활선상태에서 작업해야 할 특별한 경우를 결정하기 위한 평가 및 판단 절차는 <그림 1>과 같다.



<그림 1> 활선작업 여부의 평가 및 판단 절차

(2) 활선작업시에는 감전재해를 예방하기 위해 아주 엄격한 안전 규정과 절차를 보유해야 한다.

(3) 작업이 적절하게 계획되었다면, 작업자에게는 적절한 정보, 공구, 계측기, 안전설비 및 지침에 따라 사용하여야 한다.

(가) 올바른 정보에는 기기/회로의 도면 제조자/설치자의 지침 자료를 포함한다.

(나) 적절한 공구에는 적정하게 정비되고 정기적으로 검사된 절연 공구를 말한다.

6.2 활선 작업절차의 평가

6.2.1 작업책임자의 역할

(1) 작업책임자는 작업계획서 작성에 대하여 책임을 가지며 여기에 작업자를 참여시켜야 한다.

(2) 작업책임자는 해당 작업에 대한 위험상황과 기술적 지식 또는 경험이 있어야 한다.

(가) 책임자는 전기안전 일반 지식이 있어야 하며 책임과 의무는 사업주에 의해 문서로 정한다.

(나) 책임자는 해당 작업에 대해 작업자가 자신이 수행해야 하는 안전 사항에 대해 명확하게 이해했는지 확인해야 한다.

(다) 책임자가 한 그룹 이상을 책임져야 한다면, 책임자는 여러 그룹의 작업을 조정해야 하며, 작업 중 일어날 수 있는 문제에 대해 책임자에게 보고할 수 있는 수단을 마련하여야 한다.

(라) 작업에 참여하는 모든 작업자가 문제 발생시 행해야 할 조치에 대해 명확히 규정해야 한다. 그룹 작업에서는 한사람에게 전체 감독책임을 주고 관련된 모든 작업자는 그 내용을 아는 것이 매우 중요하다.

6.2.2. 활선 또는 활선근접작업 대상 전로 또는 설비의 확인

작업 중에 발생할 수 있는 많은 문제점과 소요 시간이 작업 전에 취하는 조치에 따라 경감될 수 있다. 이때 안전 작업에 영향을 줄 수 있는 요소들도 고려하여야 한다.

6.2.3 위험의 확인·평가 및 관리방법

(1) 활선 또는 근접작업이 이루어지는 경우 해당 기기의 전격 및 섬광에 의한 위험을 포함하는 (정성적) 위험성평가를 실시하여야 한다.

(2) 평가자는 많은 지식과 고려해야 하는 여러 인자에 대한 경험이 필요하며, 작업자의 적합성 및 위험회피 능력도 알고 있어야 한다.

6.2.4 활선작업의 불가피성(합리성) 결정

(1) 활선작업에 앞서 작업책임자는 위 단계에서 평가된 제반 상황이 적합한지를 검토해야 한다.

(2) 이 단계에서 경제적 및 운영적 측면의 검토시 활선작업의 사고는 매우 치명적 결과를 초래함을 고려하여 평가하여야 한다.

6.2.5 예방조치의 재해예방 적합성 평가

활선작업은 관련 규정을 만족하고 확인된 위험으로부터 재해가 발생하는 것을 막기 위해 적절한 예방책이 취해질 수 있다는 것이 평가에서 확인될 경우에만 할 수 있다. 이때 다음의 사항을 고려하여야 한다.

(1) 작업자가 전위차가 있는 두 부분에 동시 접촉할 가능성을 없애기 위해 임시 절연 또는 방호책을 강구한다. 그 방법은 절연막을 충전부 또는 0전위를 갖는 부분에 설치하는 것으로, 공구・전선 등에 의한 불의의 단락 위험을 막는 데에도 도움이 된다.

(2) 활선근접작업(예 가공선 인근)에서의 가장 근원적인 예방책은 적절한 이격거리의 확보 및 유지이다.

(3) 작업자는 관련 활선작업에 적합한 훈련과 경험이 있어야 한다.

(가) 작업자는 작업내용 뿐만 아니라 절차에서 벗어나거나 기기의 불안전한 상태를 인식할 수 있어야 한다.

(나) 작업자는 자신의 한계를 인식하여야 하며 자신의 능력 범위 이외의 작업에서는 도움을 요청하여야 한다.

(4) 적절한 작업 공간과 적정한 조명이 있어야 한다.

(가) 적정한 상부 공간이 있어야 하며 작업자의 걸림 위험요소와 움직임을 제한할 수 있는 장애물이 없어야 한다.

(나) 전압 크기에 따른 충전부로부터 충분한 이격거리를 확보해야 한다.(<표 1> 참조)

(5) 작업할 경우에는 절연된 기구만을 사용해야 한다.

(가) 공구는 기계적 손상에 견딜 수 있도록 견고하게 절연되어야 하며, 유자격자에 의해 정기적으로 검사되어야 한다.

(나) 절연이 손상된 공구는 불용 처리되어야 한다. 시험 장비는 절연된 탐침부 및 퓨즈로 보호되는 리드 선을 갖추어야 한다.

(6) 충전부 또는 대지와의 접촉으로 인한 위험이 있는 곳에서는 절연용 보호구 및 장비를 지급하여 사용하도록 하고, 이를 유자격자가 정기적으로 검사하여야 한다.

(7) 큐비클 등 내부의 공간이나 돌출부 등은 공구나 기타 장비의 임시 보관소로 사용되어서는 안 된다.

(8) 활선 작업자는 일반적으로 안전한 상태에 있는 동반 작업자와 함께 작업하고, 필요시 전원의 차단과 같은 응급조치를 취할 수 있도록 해야 한다.

(9) 지상의 작업자는 충전전로와 근접한 차량이나 기계장치 또는 그 어떠한 부착물과도 접촉하여서는 안 된다. 단, 다음의 경우는 그러하지 아니하다.

(가) 작업자가 정격전압에 적합한 보호장구를 착용하고 있는 경우

(나) 장비 구조물의 모든 미절연부를 이격거리 이내로 접근하지 못하도록 조치한 경우

(10) 기타 개인행동 상의 주의사항은 다음과 같다.

(가) 작업자가 질병·피로·기타 이유로 인하여 뚜렷하게 주의가 산만해졌을 경우 활선 작업을 하여서는 안 된다.

(나) 작업자는 도전성 물체 및 의복 등 노출 충전부와 전기적으로 접촉될 위험이 있는 물품을 착용하여서는 안 된다. 이에는 시계줄·팔찌·반지·열쇠체인·목걸이·안경테·금속성치마·도전성 실로된 천이나 금속 헤드기어 등이 포함되며, 단 도전성의 보석이나 옷을 덮개·표피 혹은 기타 절연조치에 의하여 도전성을 갖지 않도록 한 경우에는 제외한다.

(11) 활선 주변에서 청소작업을 하는 경우 아래의 사항을 고려하여야 한다.

(가) 작업자와 충전부 간의 접촉을 방지하기 위한 충분한 안전조치(절연성 장비 혹은 방호울)가 없다면 이격거리 이내에서 청소작업을 하여서는 안 된다.

(나) 물·스팀·도전성 에어로졸·강모(Steel wool)·금속 천이나 실리콘 등의 청소용 도구는 이격거리 이내에서 사용하여서는 안 된다.

7. 충전전로에서의 활선전기작업

7.1 일반사항

(1) 감전재해의 상당 부분이 작업계획서의 사전 작성 미흡 때문에 발생한다.

(가) 안전한 작업은 자신의 한계를 인식하는 자격 있고 적절히 훈련받은 사람에 의해 수행되는 작업 체계에 달려있다.

(나) 전기에 대한 무모함은 부상, 사망 또는 법을 위반할 수 있다.

(2) 안전한 전기작업을 계획하고 수행하기 위해서는 전기계통 및 수행 작업에 대한 적절한 정보가 있어야 한다.

(가) 신설되는 전기계통(또는 새로 설치되는 전기설비)의 경우, 설계와 관련된 도면 및 명세서가 있어야 하며, 필요시 작업자에 의해 업데이트되어야 한다.

(나) 도면 및/또는 시방 형태의 문서들은 설비의 가장 최신판으로 잘 보존하여야 한다. 기록이 부실할 수 있는 기존 설비인 경우, 그 설비에 대한 문서를 개선하기 위한 몇 가지 대안이 마련되어야 한다.

(다) 이러한 대안에는 설비의 조사, 시험 및 명판이 포함될 수 있다. 그러나 작업 전에 설비 등에 대한 문서를 점검할 때, 명판과 같은 한 가지 정보원에만 의지하는 것은 바람직하지 않다.

(라) 모든 기기에는 기기 및 그 기능에 대해 필요에 따라 적절히 인식되는 명판이 있어야 한다.

(3) 작업계획서에는 작업의 관리감독 수행에 관한 제반 사항을 포함해야 한다.

(가) 간단한 작업이라 해도 작업 전 및 진행 중의 작업계획을 작성하는 것이 필요하다.

(나) 작업계획서는 작업책임자에 의한 훈련을 포함시켜야 하며, 다음의 5가지 중요한 인자가 고려되어야 한다.

① 수행할 작업

② 작업대상 시스템 또는 기기의 위험요소

③ 작업자 및 필요한 감독의 수준

④ 취해야 하는 예방조치

⑤ 채택된 작업 방법

(4) 계획된 작업은 그 특성상 진행 중에 변경될 수 있음을 고려한다.

(가) 작업계획서를 작성할 때, 일부는 작업이 수행되기 전까지 가능하지 않을 수 있으므로 (예, 시험으로 고장 상태 확인), 작업계획서 작성에서는 이점을 인식해야 하고 가능성을 포함해야 한다.

(나) 작업자는 변경된 환경을 인식하고, 필요시 작업을 중지한 후 책임자와 상황에 대해 검토하여야 한다.

(다) 감전재해는 설비고장으로 공장가동이 중지되면 생산손실에 대한 부담감으로 위험을 감수하면서 고장설비를 찾는 과정에서 주로 발생하므로, 위험성평가를 실시하여 공장가동이 중단될 경우 고장설비를 찾아내는 안전한 절차가 수립되어야 한다.

7.2 충전전로에서의 전기작업계획서 작성

충전전로에서의 전기작업을 하는 경우에는 다음과 같은 내용이 포함된 작업계획서를 작성하여야 한다(「산업안전보건기준에 관한 규칙 제38조(사전조사 및 작업계획서의 작성 등) ①항 5호 관련).

① 작업의 목적 및 내용

② 작업자의 자격 및 인원

③ 작업 범위, 작업책임자 임명, 전격・아크 섬광・아크 폭발 등 전기 위험 요인 파악, 접근 한계거리, 활선접근 경보장치 휴대 등 작업시작 전에 필요한 사항

④ 전로차단에 관한 작업계획 및 전원 재투입 절차 등 작업 상황에 필요한 안전 작업 요령

⑤ 절연용 보호구 및 방호구, 활선작업용 기구・장치 등의 준비・점검・착용・사용 등에 관한 사항

⑥ 점검・시운전을 위한 일시 운전, 작업 중단 등에 관한 사항

⑦ 교대 근무 시 근무 인계에 관한 사항

⑧ 전기작업 장소에 대한 관계 근로자가 아닌 사람의 출입금지에 관한 사항

⑨ 전기안전작업계획서를 해당 근로자에게 교육할 수 있는 방법과 작성된 전기안전작업계획서의 평가·관리계획

⑩ 전기 도면, 기기 세부 사항 등 작업과 관련되는 자료 등

7.3 충전전로에서의 활선작업절차

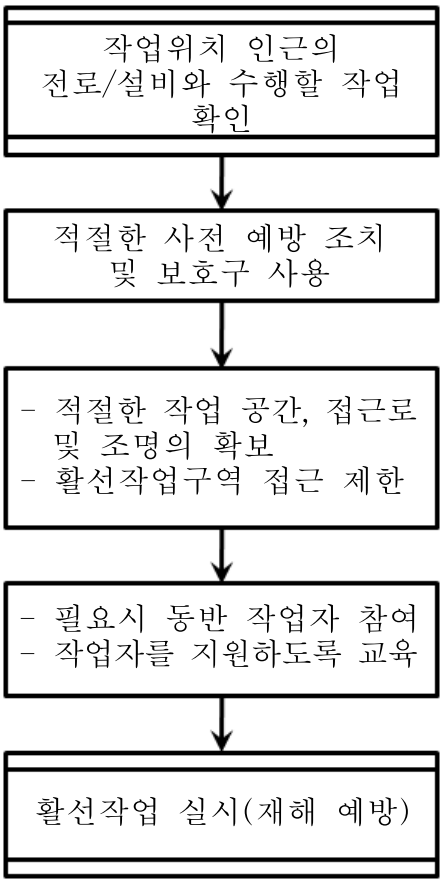
(1) 전형적인 활선작업은 검사업무 수행시 발생하며, 일반적으로 다음의 경우가 해당된다.

(가) 고전압 설비에서 활선작업이 불가피한 검사 등

(나) 저압 설비에서 활선작업이 불가피한 전압 측정 등

(다) 이 규정에 기술된 엄격한 예방조치가 요구되는 활선근접작업

(2) 모든 상황에 대응하기 위한 절차의 수립이 항상 가능하지는 않지만, 일반적인 활선작업 절차는 <그림 2>와 같다.



<그림 2> 활선작업 절차

(3) 보호장구의 사용시 유의 사항은 6.2.5항에서 언급한 요구사항을 준수하여야 하며, 공구와 표시기에 대하여는 6.1.(3)항을 참고한다.

(4) 고전압 활선 및 활선근접작업을 위해 필요한 추가 안전조치는 7.4항을 참고한다.

(5) 적절한 작업공간, 출입통로 및 조명의 제공과 다른 사람의 출입제한에 관한 사항은 6.2.5.(4)항 및 다음의 사항을 참조한다.

(가) 활선작업시의 작업공간에 허가되지 않은 사람의 진입을 막는 것은 아주 중요하다.

(나) 작업 장소에 작업과 관련없는 사람의 출입을 통제하기 위한 확실한 방법으로는 울타리나 밀폐함 등이며, 그 외부에는 '출입금지' 등의 경고 내용을 부착한다.

(6) 활선작업에서 동반 작업자는 안전작업 실행을 위해 꼭 필요하며, 다음의 사항을 수행한다.

(가) 동반 작업자는 감전사고가 발생했을 경우 신속한 응급조치를 수행한다.

(나) 동반 작업자는 전원을 내리는 방법과 필요하다면 응급조치를 할 수 있도록 훈련받아야 한다.

(다) 동반 작업자는 허가받지 않은 직원의 접근을 제한하여야 한다.

(라) 동반 작업자는 경험이 적은 작업자가 안전하게 작업하도록 감독할 때에도 필요하다.

7.4 고압 및 특별고압 활선 및 활선근접작업에 대한 추가 안전조치

고전압 시스템과 고에너지 시스템에서는 앞에서 언급한 모든 조치가 수행된 이후 안전작업허가서가 발행되어야 한다.

(1) 이 항은 1,000 V 이상(이하 '고전압'이라 한다)의 전로에 적용하는 것을 원칙으로 하나 낮은 전압에서도 심각한 화상을 일으키는 단락사고 위험이 있으므로, 전기작업이 이루어지는 곳에서는 같은 절차가 필요하다. 극히 예외적으로 예상되는 최대 전류가 안전 수준 내로 제한되어 있는 경우에는 화상 위험은 적다고 볼 수 있다. 전기아크로 인한 사고 열에너지의 추정은 <부록 2> 전기아크로 인한 사고 열에너지의 계산 공식을 참조한다.

(2) 고전압 설비는 노출 충전부에서 작업하지 않도록 설계 및 설치되어야 한다. 그러나 안전거리를 확보한 상태에서의 점검과 시험은 허용된다.

(3) 고전압은 공간을 통해 아크를 발생시키기 때문에 전격이나 화상재해는 활선부분의 접촉에 의해서만 발생하는 것이 아니므로, 다음 절차를 꼭 준수하여야 한다.

(가) 전원을 분리하는 경우 작업 수행을 위해 정전 부분과 활선 부분 사이에 안전한 절연 간격을 가진 장치로 하여야 한다.

(나) 예방조치는 규정에 의한 문서화 시스템으로 보완되어야 한다.

(4) 교대나 장기간의 작업에 대해 추가적인 절차의 수립이 필요한 경우가 있다.

(5) 고전압 충전도체에 위험한 접근을 방지하기 위한 예방조치가 필요하다. 이는 정상적인 작업이라도 모든 예방조치를 해야 한다는 것을 의미한다.

(가) 적합한 설비, 장치, 예방조치를 취함으로써 고전압 활선작업이 접근한계거리 내에서 허용되는 특별한 경우가 있다.

(나) 대표적인 예는 전기 공급자의 가공선로 위의 작업이나 길고 특별히 고안된 활선 작업용 기구를 이용한 작업이다. 이러한 작업절차는 특별히 마련되고 고도로 훈련 받은 사람을 대상으로 하여야 한다.

(6) 고전압 설비를 시험할 때에도 활선상태의 고전압 도체에 사람이 접근하지 못하도록 절차를 수립해야 한다.

7.5 안전작업허가

(1) 전기 안전작업허가서는 주로 활선작업이 안전한지에 대한 내용이다.

(가) 허가서에서 주어진 정보는 자세하고 정확해야 한다. 어떠한 설비 등이 안전하게 만들어졌는지, 안전을 확보하기 위한 단계들을 제시하여야 하며 무슨 작업이 완료되었는지를 정확히 나타나게 한다.

(나) 허가서에서 제시되지 않는 설비에서 작업하는 것은 허용되어서는 안 된다. 이 제약은 책임자, 감독자를 포함하여 전제된 모든 사람에게 적용된다.

(다) 안전 규정을 준수하는 것보다 중요한 것은 없으므로, 아무도 허가서가 특정하지 않는 어떠한 작업도 해서는 안 된다.

(라) 만약 작업계획이 바뀌어야만 한다는 것이 발견되면 기존의 허가는 취소하고 새로운 것이 발행될 때까지 어떤 변경도 하여서는 안 된다.

(마) 작업계획에서 변경을 승인하고 새로운 안전작업허가서를 발행할 권한을 가진 사람은 기존 허가서를 발행한 사람이거나 마지막 교대나 부재 중에 책임을 위임받은 사람이어야 한다.

(2) 안전작업허가는 기술적 지식 또는 경험을 보유하고 관련 시스템과 설비를 잘 알고 있는 작업자에게만 승인되어야 한다.

(가) 특정 설비나 시스템에 관련된 허가서의 발행은 사업주가 문서로 발행하여야 한다.

(나) 허가서를 발행하기 전에 작업자는 정전이 필요한 전선로에 대해 문서로 스위치 개로, 분리, 정전 확인, 개로 잠금, 단락 접지 등에 대한 여러 단계를 상세하게 작성하고, 작업 대상 설비와 활선 상태의 설비를 확인하고 사전 경고 통지를 해야 한다.

(3) 안전작업허가서에는 다음 사항이 확실하게 명시되어야 한다.

(가) 작업허가서가 누구에게 지정되었는지, 즉 작업에 참여하는 그룹이나 작업책임자

(나) 활선 대상 설비명과 그것의 정확한 위치

(다) 정전이 필요한 경우 전로의 분리점

(라) 단자가 접지되어 있는 곳

(마) 경고 통지가 붙여져 있는 장소와 특수 잠금장치의 설치 장소

(바) 수행되는 작업의 내용

(사) 안전작업허가에 따른 다른 위험원의 존재

(아) 작업의 과정 중 상세한 예방조치

(4) 작업영역을 확실하게 구분하고 보다 정확한 정보를 제공하기 위해 허가서에 도면을 첨부하거나 참고자료를 포함할 수 있다.

(5) 전기작업이 이루어지는 곳에서는 안전작업허가서가 발행되어야 한다.

(가) 허가서를 발행하도록 지정된 사람은 허가서에 함께 서명하기 전에 작업을 설명하고 작업자들과 세부 사항에 대해 정확하고 완전하게 동의해야 한다.

(나) 허가서를 발행하는 사람은 작업자가 설비로부터 안전하도록 하는 모든 조치를 확인해야 한다.

(다) 작업자에 대한 감독도 필요하지만, 전력회사와 같이 지리적으로 아주 넓은 곳에서 작업하는 경우에는 다음과 같이 상호 책임한계를 분명히 규정하여야 한다.

① 전력회사와 수용가 설비와 같이 상호 책임과 역할이 필요한 경우, 공동작업계획서에 지명된 사람과 설비 보유자에 의해 연서된 작업허가서를 작성하여야 한다.

② 도급자가 발주자의 전력시스템 혹은 설비에서 작업을 하는 경우에도 적용될 수 있다.

(6) 허가서를 받은 사람은 그 순간부터 모든 예방조치들을 지키고, 허가된 작업, 허가된 장소에만 작업이 국한된다는 것을 지킬 책임이 있다. 만약 허가가 작업책임자에게 발행된다면 그 책임자는 모든 작업자에게 작업시작 전 작업범위, 예방조치 등을 설명하고, 작업자 안전에 대한 책임을 받아들이는 것이다.

(가) 해당 근로자 중 작업책임자를 임명하고, 작업책임자는 다른 작업자를 상시 감시하면서 예방조치가 되었는지를 확인하는 것이 필요하다. 이런 절차가 안전을 확보하는데 도움을 준다.

(나) 안전작업허가서 수령인은 작업이 진행되는 동안 돌발적인 작업 취소 혹은 정전설비의 재통전을 막기 위해 참고용으로 보관하여야 한다.

(7) 정전설비에 대하여도 작업이 완료되면, 추가 접지와 도구를 제거한 후 작업장에서 철수하고, 다시 설비에 접근하지 못하도록 지시한 후 작업자들의 서명을 받아야 한다.

(가) 허가서 담당자는 설비가 적절하고 작업이 적합하게 완료되었는지를 확인한다.

(나) 허가서는 정전된 설비에 재송전하기 전 작업종료를 위해 원래 발행한 사람에게 반환한다.

(8) 작업이 연장되었을 때 작업자의 실수를 없애기 위해서 기존의 허가서는 취소하고 새로운 허가서를 발행해야 한다.

(가) 안전작업허가서의 유효기간 연장은 일반적으로 바람직하지 않다.

(나) 연장이 필요한 경우, 공구와 추가 접지는 철거하고, 모든 사람이 안전작업허가서가 연장되었음을 알게 하도록 하는 서면의 절차가 필요하다.

(9) 안전작업허가 시스템은 안전 규정이 지켜지고 있고, 정확하게 완성된 문서를 작성하고 있는지를 감시하는 추가 절차가 있어야 한다.

(10) 감시는 일일 허가서 발행에 관련되지 않는 관리자에 의해 수행되는 것이 좋으며, 불합리한 습관과 부정확함을 확인하고 즉시 위험요소를 제거하기 위하여 무작위로 선정하여 진행하는 것이 좋다.

<부록 1> 접근한계거리의 계산

1. 접근한계거리의 정의

(1) 접근한계거리는 작업자 혹은 전기설비의 우발적 움직임으로 인한 전기아크로 인해 작업자가 전격을 당할 위험성이 매우 높은 곳에서, 작업자가 노출 충전부 또는 선로 부분에 접근할 수 있는 최소 접근거리를 의미한다. 이는 일반작업자가 노출 충전부에 접근할 수 있는 이격거리보다 훨씬 더 작은 거리이므로, 전기 전문지식을 갖춘 전기유자격자가 절연 보호장구를 갖추고 접근할 수 있는 거리이다.

(2) 안전보건규칙 제321조(충전전로에서의 전기작업) ①항 8호에서는 선간전압별로 접근한계거리를 도표로 제시하고 있으며, 한국전기설비규정 112조에서는 전선로와 (작업자가 아닌) 주변 물체 표면 간의 절연 최단거리를 이격거리로 정의하고 있다. 미국의 경우 산업안전보건청 OSHA에서는 Minimum approach distance로, 화재보험협회 NFPA에서는 Ristricted approach boundry로 접근한계거리를 정의하고 있다.

(3) 본 규정에서는 안전보건규칙의 용어인 접근한계거리를 전기아크로 인한 전격 위험성이 높은 곳에서의 최소 접근거리로 정의한다.

2. 접근한계거리의 적용

(1) 접근한계거리에 대해 안전보건규칙에서는 도표로 제시하고 있고, 한국전기설비규정에서는 공사별로 이격거리를 제시하고 있다.

(2) 미국의 경우 OSHA에서는 적용 공식 및 그 결과를 도표로 제시하고 있으며, NFPA에서는 이를 기반으로 도표로 작성하였음을 NFPA 70E Annex C에서 설명하고 있다. 그러므로, 모든 접근한계거리 계산에 기본이 되는 OSHA의 접근한계거리 계산방법에 대해 아래 3항에서 설명한다.

3. OSHA의 접근한계거리 계산

(1) 선간 전압이 50 V ~ 300 V인 경우

접근한계거리 = 접촉 회피

전기사고 예방을 위한 대책이 고전압 시스템에서 요구하는 것과는 비교할 수 없으나, 작업자는 노출부와의 접촉을 피해야 하며, 사용되는 보호장비는 관련 전압에 대해 절연

성능을 가져야 한다.

(2) 선간 전압이 301 V ~ 5 kV인 경우

접근한계거리 = 공기 절연거리(2 cm) + 작업자 실수에 의한 움직임(M)

M = ~ 750 V : 31 cm, 751 V ~ 72.5 kV : 61 cm, 72.6 ~ 800 kV : 31 cm

일반적으로 공기 중에서 방전하는 최저 전압은 5,000 V이며, 이때의 최소 공기 절연거리는 2 cm이다. 그러므로 301 ~ 5,000 V의 전압에서는 방전을 하지 않는다고 가정한다.

(3) 선간 전압이 5.1 kV ~ 72.5 kV인 경우

접근한계거리 = 고도 보정계수 × 공기 절연거리 + 작업자 실수에 의한 움직임(61 cm)

- 고도 보정계수 :

고도(m)	고도 보정계수
0 ~ 900	1.00
901 ~ 1,200	1.02
1,201 ~ 1,500	1.05
1,501 ~ 1,800	1.08
1,801 ~ 2,100	1.11
2,101 ~ 2,400	1.14
2,401 ~ 2,700	1.17
2,701 ~ 3,000	1.20

- 최소 공기 절연거리 :

선간 전압 (kV)	최소 공기 절연거리(cm)
5.1 ~ 15.0	4
15.1 ~ 36.0	16
36.1 ~ 46.0	23
46.1 ~ 72.5	39

(4) 선간 전압이 72.5 kV 이상인 경우

접근한계거리 = 0.3048 × (노출계수 + 포화계수) × 상전압 × P.U 과도전압계수 × 고도

보정계수 + 작업자 실수에 의한 움직임(31 cm)

- 노출계수 : 간극 사이 공기만 있거나 절연 공구나 도전성 물체가 걸쳐 있지 않으면 0.01, 기타 0.011
- 포화계수 :

선간전압(kV)	630 이하	630.1 ~ 848	848.1 ~ 1,131	1,131.1 ~ 1,485	1,485 초과
포화계수	0	$\frac{(V_{Peak}-630)}{155{,}000}$	$\frac{(V_{Peak}-633.6)}{152{,}207}$	$\frac{(V_{Peak}-628)}{153{,}846}$	$\frac{(V_{Peak}-350.5)}{203{,}666}$

※ V_{Peak} = (1.35 × T_{L-G} + 0.45) × 상전압 × $\sqrt{2}$

단, T_{L-G}는 상-대지 간 P.U 과도전압

상전압(kV)	상-대지 간 P.U 과도전압
72.6 ~ 420.0	3.5
420.1 ~ 550.0	3.0
550.1 ~ 800.0	2.5

- P.U 과도전압계수 = 1.35 × T_{L-G} + 0.45

<부록 2> 전기아크로 인한 사고 열에너지의 계산 공식

1. IEEE 1584 모델에 의한 방법

(1) 먼저 아크전류를 구한다.

(가) 계통전압이 1,000V 미만인 경우

$$\log(I_a) = K + 0.662\log(I_{bf}) + 0.0966\,V + 0.000526\,G + 0.5588\,V\log(I_{bf}) - 0.00304\,G\log(I_{bf})$$

(나) 계통전압이 1,000V 이상인 경우

$$\log(I_a) = 0.00402 + 0.983\log(I_{bf})$$

단, I_a : 아크전류 (kA, 전기적 아크 플라즈마를 통해 흐르는 단락전류)
K : 개방 상태이면 - 0.153, 박스 내부이면 - 0.097
I_{bf} : 3상 단락전류 (kA, 대칭분 실효치)
V : 계통 전압 (kV)
G : 도체간 간극 (mm, 부록 표5 참조)

(다) 아크전류 I_a를 구한다.

$$I_a = 10^{\log(I_a)}$$

(2) 사고 열에너지를 구한다.

(가) 정규화된(normalized, 거리 610 mm, 0.2초 아크 지속시간일 경우의 실험 데이터를 커브 피팅으로 추정한 공식을 적용한 값) 사고 열에너지를 구한다.

$$\log(E_n) = K_1 + K_2 + 1.081\log(I_a) + 0.0011\,G$$

$$E_n = 10^{\log(E_n)}$$

단, E_n : 정규화된 사고 열에너지 (J/cm^2)
K_1 : 개방 상태이면 - 0.792, 박스 내부이면 - 0.555
K_2 : 비접지 혹은 고저항 접지이면 0, 접지시스템이면 - 0.113
G : 도체간 간극 (mm, 부록 도표5 참조)

(나) 실제 사고 열에너지를 구한다.

$$E = C_f E_n (t/0.2)(610^x / D^x)$$

단, E : 실제 사고 열에너지 (cal/cm^2)
C_f : 상수 (전압이 1 kV 초과이면 1.0, 1 kV 이하이면 1.5)
t : 아크 지속시간 (초)
D : 아크 발생지점에서 작업자 간의 거리 (mm)
x : 거리 지수 (부록 표 5 참조)

<부록 표 5> 전압별 장비별 적용 상수

계통전압 (kV)	장비 형태	전형적인 도체간 간극(mm)	거리 지수 (x)
0.208 ~ 1	개방 상태	10 ~ 40	2.000
	스위치기어	32	1.473
	MCC 및 판넬	25	1.641
	케이블	13	2.000
1 초과 ~ 5	개방 상태	102	2.000
	스위치기어	13 ~ 102	0.973
	케이블	13	2.000
5 초과 ~ 15	개방 상태	13 ~ 153	2.000
	스위치기어	153	0.973
	케이블	13	2.000

2. NFPA 70E 모델에 의한 방법

(1) 개방 상태에서의 사고 열에너지는 다음 식에 의한다.

$$E_{MA} = 5{,}271\, D_A^{-1.9593} \times t_A (0.0016F^2 - 0.0076F + 0.8938)$$

단, E_{MA} : 개방 상태에서의 사고 열에너지 (cal/cm^2)
D_A : 아크 발생지점부터 거리 (inch, 18인치 이상)
t : 아크 지속시간 (초)
F : 단락전류 (kA, 16 ~ 50 kA의 범위)

(2) 박스 내부에서의 사고 열에너지는 다음 식에 의한다.

$$E_{MB} = 1038.7\, D_B^{-1.4738} \times t_A (0.0093F^2 - 0.3453F + 5.9675)$$

단, E_{MB} : 최대 20인치 박스 내부에서의 사고 열에너지 (cal/cm^2)
D_B : 아크 발생지점부터 거리 (inch, 18인치 이상)
t : 아크 지속시간 (초)
F : 단락전류 (kA, 16 ~ 50 kA의 범위)

3. LEE Method

Ralph LEE 박사는 1982년 공기 중의 개방 상태에서 전기아크에 의한 위험 현상을 처음으로 제시하였다. 이는 IEEE 1584 및 NFPA 70E의 아크 모델에서 제시하는 전압 범위 밖에 있는 경우의 사고에너지를 예측하는 경우 주로 사용한다. 사고 열에너지를 추정하는 공식은 아래처럼 매우 단순하다.

$$E = 5.12 \times 10^5 \, V I_{bf} (t/D^2)$$

단, E : 실제 사고 열에너지 (cal/cm^2)
V : 계통전압 (kV)
t : 아크 지속시간 (초)
I_{bf} : 3상 단락전류 (kA)
D : 아크 발생지점에서 작업자 간의 거리 (mm)

기술지원규정 개정 이력

□ 개정일 : 2026. 1. 30.

○ 작성자 : (사)고경력과학기술연우총연합회

○ 개정사유 : 분산되어 있던 충전전로·인근에서의 전기작업 기술지침을 통합

관리번호	기술지원규정명	정비유형
B-E-11-2026	충전전로 및 그 인근에서의 전기작업에 관한 기술지원규정	통폐합(개정)
E-156-2016	충전전로에서의 전기작업에 관한 기술지침	통폐합(폐지)
E-109-2011	활선작업 및 활선근접작업에 관한 기술지침	
E-162-2011	아크섬락 위험성과 작업자 안전에 관한 기술지침	
E-167-2017	활선작업의 최소접근거리 계산에 관한 기술지침	

○ 주요 개정내용

- 4번 항목 법적 필수사항 추가
- 기존의 충전전로 및 그 인근에서의 전기작업 관련 기술지침을 통합
  · KOSHA GUIDE E-156-2016 「충전전로에서의 전기작업에 관한 기술지침」
  · KOSHA GUIDE E-109-2011 「활선작업 및 활선근접작업에 관한 기술지침」
  · KOSHA GUIDE E-162-2011 「아크섬락 위험성과 작업자 안전에 관한 기술지침」
  · KOSHA GUIDE E-167-2017 「활선작업의 최소접근거리 계산에 관한 기술지침」
- 활선작업 여부의 평가 및 판단에 관한 규정
- 활선 전기작업에 관한 규정
- 접근한계거리의 계산 방법에 관한 설명 (부록)
- 전기아크로 인한 사고 열에너지 계산 공식 설명 (부록)

KOSHA GUIDE
기술지원규정

·규정번호 : B-E-11-2026
·심　　의 : 산업안전보건표준제정위원회
·공 표 일 : 2026. 1. 30.