

KOSHA GUIDE

E - 162 - 2017

# 아크섬락(Arc Flash) 위험성과 작업자 안전에 관한 기술지침

2017. 10.

한국산업안전보건공단

## 안전보건기술지침의 개요

○ 제정자 : (주)케이지테크 이 형 수

○ 제 · 개정경과 및 관련지침

- 2017년 10월 전기안전분야 제정위원회 심의(제정)

○ 관련규격 및 자료

- NFPA 70E: 2015(Standard for Electrical Safety in the Workplace Chapter I)
- OSHA 1910.269(Flame and electric arc protection from e-CFR)
- 안전보건기술지침(전기작업에 관한 기술지침)
- 안전보건기술지침(활선작업 및 활선근접작업에 관한 기술지침)
- 안전보건기술지침(배전 활선작업의 위험성평가 및 대책에 관한 기술지침)
- 안전보건기술지침(전기작업의 위험성평가에 관한 기술지침)
- 안전보건기술지침(난연성 전기작업복 선정에 관한 기술지침)

○ 관련법령 · 고시 등

- 산업안전보건기준에 관한 규칙 제321조(충전전로에서의 전기작업) 및 제310조(전기기계 · 기구의 조작 시 등의 안전조치)

○ 기술지침의 적용 및 문의

이 기술지침에 대한 의견 또는 문의는 안전보건공단 홈 페이지 안전보건기술지침 소관 분야별 문의처 안내를 참고하시기 바랍니다.

공표일자 : 2017년 10월 31일

제 정 자 : 한국산업안전보건공단 이사장

# 아크섬락(Arc Flash) 위험성과 작업자 안전에 관한 기술지침

## 1. 목적

이 지침은 산업안전보건기준에 관한 규칙(이하 “안전규칙”이라 한다) 제321조(충전전로에서의 작업) 및 제310조(전기기계·기구의 조작 시 등의 안전조치)의 규정에 따라, 전기작업 시 아크섬락의 위험성과 작업자의 안전에 관한 필요한 사항을 정함을 목적으로 한다.

## 2. 적용범위

- (1) 이 지침은 아크섬락 시 발생하는 에너지와 관련된 유해위험요인에 노출된 작업자를 보호하기 위한 작업절차에 대해 적용한다.
- (2) 이 지침은 다음의 설비에서 전기작업을 하는 경우에는 적용하지 않는다.
  - (가) 선박, 철도차량, 항공기, 자동차 등에 설치된 설비
  - (나) 광산의 지하 시설물
  - (다) 철도차량 전용의 발전, 송전, 배전용의 레일 설비
  - (라) 신호 및 통신전용 설비 등

## 3. 정의

- (1) 이 지침에서 사용하는 용어의 정의는 다음과 같다.

- (가) “아크섬락 위험(Arc flash hazard)”이라 함은 전기아크로 인해 에너지가 방출될 수 있는 위험한 상태를 말한다.
- (나) “아크 정격(Arc rating)”이라 함은 전기 아크가 방출될 때 재료의 성능을 나타내는 값을 말한다. 아크정격은 브레이크 오픈(Break-open)이 발생하기 직전 또는 2도 화상을 일으키기 직전 값, 즉 이를 막을 수 있는 최대 입사에너지를 말하며 단위는  $\text{cal}/\text{cm}^2$ 로 나타낸다.
- (다) “브레이크 오픈(Break-open)”이라 함은 전기아크시험에서 화염이 재료를 통과한 사실이 하나 또는 그 이상의 구멍으로 확인되는 재료 반응을 말한다.
- (라) “감전위험(Shock hazard)”이라 함은 충전부가 노출된 전선이나 기기 등에 최소한의 공기 절연거리 이내로 가깝게 접근하거나 접촉 시 발생하는 에너지 방출과 관련된 위험한 상태를 말한다.
- (마) “아크섬락 한계(Arc flash boundary)”라 함은 아크섬락 위험이 있을 경우 전기아크섬락이 발생했을 때 2도 화상을 입을 수 있는 예상 아크원에 접근할 수 있는 한계거리를 말한다.
- (바) “접근한계(Limited approach boundary)”라 함은 감전위험이 있는 노출 충전도체나 회로에 접근할 수 있는 한계거리를 말한다.
- (사) “접근제한한계(Restricted approach boundary)”라 함은 전기적 섬락(arc-over)과 부주의한 움직임으로 충전도체나 회로 근방 작업자에게 전기 충격이 가해질 확률이 높아지는 노출 충전도체나 회로로부터의 한계거리를 말한다.
- (아) “정전(De-energized)” 이라 함은 전위차를 발생하는 전원과 연결되지 않은 상태를 말한다.
- (자) “전기위험(Electrical hazard)”이라 함은 접촉 또는 장비 고장으로 인해 감전, 아크 섬락 화상, 열 화상 또는 폭발이 발생할 수 있는 위험한 상태를 말한다.
- (차) “입사에너지(Incident energy)”란 전기 아크가 발생하는 동안 열원으로부터 일정거리 떨어진 점에 입사하는 열적 에너지를 말하여 단위는 평방센티미터 당 칼로리( $\text{cal}/\text{cm}^2$ )로 나타낸다.
- (카) “안전표지(Labeled)” 이라 함은 제품평가에 관한 권한을 가진 당국이 인정하는 라벨, 기호가 부착된 설비나 재료로 제조자가 주기적인 검사를 하고 일정한 기준에 따라 제품의 성능을 준수하는 것을 나타내는 설비 또는 재료를 말한다.

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

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

(타) “활선작업”이라 함은 노출 충전된 전선이나 기기 등을 작업자의 보호구 착용 여부와 관계없이 손, 발 또는 신체의 기타 부분으로 만지거나 시험기기로 접촉하는 것을 말하며 충전작업을 포함한다.

(2) 그 밖에 이 지침에서 사용하는 용어의 정의는 이 지침에서 특별히 규정하는 경우를 제외하고는 산업안전보건법, 같은 법 시행령, 같은 법 시행규칙 및 안전보건규칙에서 정하는 바에 따른다.

## 4. 일반사항

### 4.1 아크섬락 위험성과 안전대책

#### 4.1.1 아크섬락의 위험성

(1) 아크고장은 상도체 간 또는 상도체와 중성선, 접지선 간 이온화된 공기(플라즈마)를 통한 전류의 흐름이며, 충전된 배전반 등에서 개폐기 상도체 간 단락이나 먼지나 부식 또는 작업 중 부주의한 공구 접촉에 따른 3상 단락 등 여러 원인으로 발생한다.

(2) 아크고장은 아크섬락 및 아크폭발을 일으켜서 태양 표면온도의 4배에 이르는 고열(19,400℃), 강렬한 자외선, 140dB 이상의 폭음 등을 일으킨다.

(3) 아크섬락은 작업자에게 고열로 사망재해나 치명적인 화상재해, 자외선으로 인

한 실명, 폭음으로 청력상실 재해 등을 초래한다.

(4) 아크섬락은 인화성 물질에 점화를 일으켜 화재·폭발재해의 원인이 된다.

#### 4.1.2 아크섬락 일반적 안전대책

(1) 작업자는 항상 충전부 또는 충전부 부근에서 작업을 할 때 잠재적 유해·위험요인이 있다는 것을 인식하고 있어야 한다.

(2) 유해·위험요인의 크기는 <표 1>에 따라 계산한다.

예: 에너지의 크기는 cal/cm<sup>2</sup> 단위로 계산

(3) 아래와 같은 사항을 절차와 교육을 통해 유해·위험요인을 강조한다.

(가) 충전부와 충전부 근처에서 작업 회피

(나) 불가피한 경우 위험을 최소화하기 위한 안전절차 시행

(다) 작업자는 적합한 보호구 착용

(라) 지속적인 안전교육 실시.

(4) 위험성평가 절차

KOSHA GUIDE E-155(전기작업의 위험성평가에 관한 기술지침) 참조

## 5.전기 위험이 따르는 작업

### 5.1 일반사항

전기위험작업에서 모든 요구사항은 입사에너지 양을 근거로 아래와 같이 구분하여 사항을 적용한다.

(1) 전기적으로 안전한 상태에서 작업계획을 수립할 때

(2) 전기적으로 안전한 상태에서 작업계획을 수립할 수 없을 때 전기안전 작업절차

## 5.2 전기작업 안전조건

충전전기도체나 전로부는 아래 조건 중 하나에 해당될 경우 작업수행 전 전기적으로 안전한 상태여야 한다.

- (1) 작업자가 접근한계 내에 있을 때
- (2) 작업자가 아크섬락으로 인한 부상 가능성이 높은 장비 조작

### 5.2.1 충전작업

- (1) 사업주는 정전(De-energizing)으로 유해위험요인 증가가 예상되는 경우 충전작업을 허용하여야 한다.

정전으로 인한 유해위험요인 (예; 생명유지장치, 비상경보설비, 폭발위험장소의 환기설비 등 사고의 위험)

- (2) 기기의 설계상 또는 작동상 제한으로 전로차단이 불가능한 경우
- (3) 50V 이하의 충전전로에서 전기아크로 인한 화상이나 폭발 위험이 없는 경우

### 5.2.2 작업허가

- (1) 다음과 같은 경우에 작업허가서가 필요하다.

(가) 접근제한한계 내에서 작업하는 경우

(나) 근로자가 아크섬락 위험으로 부상 가능성이 높은 장비를 조작하는 경우

- (2) 충전 전기작업 작업허가서에는 다음 사항이 포함되어야 한다.

(가) 작업 대상 기기와 회로 설명

(나) 채택된 안전작업에 대한 기술

(다) 감전위험성 평가 결과

- 사용전압

- 접근한계

- 접근제한한계
- 보호구 및 기타 보호장비
- (라) 아크섬락 위험성 평가 결과
  - 작업거리 또는 아크섬락 보호구에서 유효 입사에너지
  - 보호구
  - 아크섬락 한계

### 5.3 전기 유해위험요인에 노출된 작업

5.3.1 충전도체나 전로부에서 작업자가 재해를 당하지 않도록 안전작업절차를 수립한다.

5.3.2 작업자는 작업전 감전 위험성평가 및 아크섬락 위험성평가를 실시한다.

5.4.3 유자격자가 작업하여야 한다.

### 5.4 전격방지(Shock protection)를 위한 충전도체 및 전로부 접근한계

- (1) 작업자가 충전도체나 전로부에 노출되었을 때 전격보호 한계(Shock protection boundaries)를 적용한다.
- (2) 충전전로에서의 작업은 산업안전보건기준에 관한 규칙 제321조(충전전로에서의 전기작업)에서 정한 접근한계에 따른다.

### 5.5 아크섬락 위험성평가

5.5.1 아크섬락 위험 유무를 파악하여 다음 사항을 정한다.

- (1) 적합한 안전관련 작업절차
- (2) 아크섬락 한계



(3) 아크섬락 한계 내에서 사용할 보호구

(4) 과전류차단기 차단시간, 유지보수 상태 등

5.5.2 위험성평가에 대한 자세한 사항은 KOSHA GUIDE E-155(전기작업의 위험성 평가에 관한 기술지침)을 참조한다,

5.5.3 아크섬락 위험성평가 결과는 문서화하여야 한다.

5.5.4 아크섬락 한계

(1) 아크섬락 한계는 입사에너지가  $5[\text{J}/\text{cm}^2](1.2 \text{ cal}/\text{cm}^2)$  범위 내의 거리에 있어야 한다.

(2) 입사에너지 계산 및 아크섬락 한계 계산은 <표 1>, <표 2>에 따르며, “IEEE IEEE 1584, IEEE Guide for Performing Arc Flash Hazard Calculations” 계산법을 참조할 수 있다.

5.5.5 아크섬락 보호구 선정

아래 두 가지 방법 중 하나를 선택하여 선정한다.

(1) 입사에너지 분석법

(가) 입사에너지 노출 범위는 수행할 작업에 대해 아크 원(Arc source)과 작업자의 안면, 가슴부위까지 떨어진 거리로 산정한다.

(나) 사업주는 입사에너지 노출 범위에 따라 아크 정격별 보호구를 지급해야 한다.

(2) 아크섬락 보호구 분류법(Categories Method)

(가) 보호구 분류는 아크섬락 한계 거리에 따라 <표1> 또는 <표2>에 따른다.

(나) 보호구 분류에 따라 착용할 보호구는 <표 3>에 따른다.

## 5.5.6 안전표지 부착

(1) 배전반, 분전반, 각 종 제어반과 같은 전기기계기구에는 다음과 같은 정보를 표시한 안전표지를 부착하여야 한다.

(가) 정격전압

(나) 아크섬락 한계


(다) 아래 사항 중 최소 한 가지 이상의 정보

- 유효입사에너지와 이에 상응하는 작업거리 또는 <표 1>, <표 2>의 아크  
섬락 보호구 분류
- 보호복의 최소 아크정격
- 특정장소에서 보호구 등급

(2) 안전표지에 표시된 정보에 대한 계산근거와 자료는 문서화하고 변경사항이 있으면 갱신하여야 한다.

(3) 사업주는 안전표지 부착, 기록유지 등의 책임이 있다.

## &lt;안전표지 예&gt;

 <b>아크섬락 감전위험</b>	
아크섬락한계	
정 격 전 압	
접 근 한 계	
제한접근한계	
분전반 번호	
작 성 일 자	
작성자정보	

<표 1> 아크섬락별 보호구(교류)

장비	아크섬락 보호구 정격	아크섬락 한계(m)
정격전압 ≤240 V 분전반 등 (25 kA 단락전류, 차단시간 0.03초, 455 mm 작업 거리)	1	0.485
240 V<정격전압≤600 V 분전반 등 (25 kA 단락전류, 차단시간 0.03초, 455 mm 작업 거리)	2	0.900
600 V 급 전동기 제어반 (65 kA 단락전류, 차단시간 0.03초, 455 mm 작업 거리)	2	1.5
600 V 급 전동기 제어반 (42 kA 단락전류, 차단시간 0.33초, 455 mm 작업 거리)	4	4.3
600 V 급 개폐기(전원 회로차단기 또는 퓨즈 스위치가 달림)와 600 V 급 배전반 (35 kA 단락전류, 차단시간 0.5초, 455 mm 작업 거리)	4	6
기타 600 V 급(공칭전압 277 V~600 V) 장비 (65 kA 단락전류, 차단시간 0.03초, 455 mm 작업 거리)	2	1.5
NEMA E2(퓨즈 접촉기) 모터 스타터, 2.3 kV ~ 7.2 kV (35 kA 단락전류, 차단시간 0.24초, 910 mm 작업 거리)	4	12
금속 피복 개폐기, 1 kV~15 kV (35 kA 단락전류, 차단시간 0.24초, 910 mm 작업 거리)	4	12
내아크성 개폐기 타입 1 또는 2(예상 고장전류가 장비의 내아크성 정격을 초과하지 않으면서 차단시간 0.5초 이 하), 금속 폐쇄형 차단 개폐기, 융합형 또는 비융합형 내 아크성 구조, IEEE C37.20.7에 따라 시험됨, 1 kV~15 kV (35 kA 단락전류, 차단시간 0.24초, 910mm 작업거 리)	해당 없음(문 단힘)	해당 없음(문 단힘)
	4(문 열림)	12
기타 장비, 1 kV ~ 15 kV (35 kA 단락전류, 차단시간 0.24초, 910 mm 작업 거리)	4	12

<표 2> 아크섬락별 보호구(직류)

장비	아크 섬락 보호구 분류	아크 섬락 한계 (m)
축전지, 직류 개폐기, 기타 직류 전원 100 V > 전압 < 250 V (250 V, 차단시간 2초, 작업거리 455 mm)		
단락전류 < 4 kA	1	0.9
4 kA ≤ 단락전류 < 7 kA	2	1.2
7 kA ≤ 단락전류 < 15 kA	3	1.8
축전지, 직류 개폐기, 기타 직류 전원 250 V ≤ 전압 ≤ 600 V (600 V, 차단시간 2초, 작업거리 455 mm)		
단락 전류 <1.5 kA	1	0.9
1.5 kA ≤ 단락 전류 < 3 kA	2	1.2
3 kA ≤ 단락 전류 < 7 kA	3	1.8
7 kA ≤ 단락 전류 < 10 kA	4	2.5

<표 3> 보호구

보호구 분류	보호구
1  최소아크정격 4-8 cal/cm <sup>2</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-아크 정격의 긴 소매 셔츠와 바지, 또는 아크 정격 작업복</li> <li>-아크 정격의 안면 가리개<sup>1)</sup> 또는 아크 섬락 안전복 후드</li> <li>-아크 정격의 재킷, 파카, 비옷, 또는 안전모 라이너(선택)</li> <li>-안전모</li> <li>-보안경 또는 보안 고글(선택)</li> <li>-청력 보호(귀마개형)</li> <li>-작업용 가죽장갑<sup>2)</sup></li> <li>-가죽 신발(선택)</li> </ul>

<p>2</p> <p>최소아크정격 8-12 cal/cm<sup>2</sup></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-아크 정격의 긴 소매 셔츠와 바지, 또는 아크 정격 작업복</li> <li>-아크 정격의 섬락 안전복 후드 또는 아크 정격 안면 가리개와 아크 정격의 방한모</li> <li>-아크 정격의 재킷, 파카, 비옷, 또는 안전모 라이너(선택)</li> <li>-안전모</li> <li>-보안경 또는 보안 고글(선택)</li> <li>-청력 보호(귀마개형)</li> <li>-작업용 가죽장갑</li> <li>-가죽 신발</li> </ul>
<p>3</p> <p>최소아크정격 12-25 cal/cm<sup>2</sup></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-아크 정격의 긴 소매 셔츠(필수)</li> <li>-아크 정격 바지(필수)</li> <li>-아크 작업복(필수)</li> <li>-아크 섬락 안전복 재킷(필수)</li> <li>-아크 섬락 안전복 바지(필수)</li> <li>-아크 섬락 안전복 후드</li> <li>-아크 정격의 장갑</li> <li>-아크 정격의 재킷, 파카, 비옷, 또는 안전모 라이너(선택)</li> <li>-안전모</li> <li>-보안경 또는 보안 고글(선택)</li> <li>-청력 보호(귀마개형)</li> <li>-가죽 신발</li> </ul>
<p>4</p> <p>최소아크정격 40 cal/cm<sup>2</sup></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-아크 정격의 긴 소매 셔츠(필수)</li> <li>-아크 정격 바지(필수)</li> <li>-아크 작업복(필수 사항)</li> <li>-아크 섬락 안전복 재킷(필수)</li> <li>-아크 섬락 안전복 바지(필수)</li> <li>-아크 섬락 안전복 후드</li> <li>-아크 정격 장갑</li> <li>-아크 정격 재킷, 파카, 비옷, 또는 안전모 라이너(선택)</li> <li>-안전모</li> <li>-보안경 또는 보안 고글(선택)</li> <li>청력 보호(귀마개형)</li> <li>가죽 신발</li> </ul>

주1: 안면 및 이마, 귀, 머리를 보호하기 위해 안면가리개를 하거나 아크정격의 아크 섬락 후드를 착용해야 한다.

KOSHA GUIDE
E - 162 - 2017

주2) 가죽보호구가 있는 고무절연장갑을 사용하면 추가적인 가죽 또는 아크정격의 장갑이 필요하지 않다. 가죽보호구와 고무절연장갑을 같이 사용하면 아크섬락 요구사항을 충족한다.