

7장 전기안전

■ 전격(감전)이란

- 감전: 인체의 일부 또는 전체에 전류가 흐르는 현상
- 전격(電擊): 인체가 받게 되는 충격
 - 간단한 충격으로부터 심한 고통을 받는 충격, 근육의 수축, 호흡의 곤란, 때로는 심실세동에 의한 사망까지 발생
 - 통전전류의 크기, 통전경로, 통전시간, 전원의 종류에 따라 결정

■ 통전전류와 인체반응

- 최소 감지전류(Perception current)
 - 고통을 느끼지 않으면서 짜릿하게 전기가 흐르는 것을 감지하게 되는 전류값
- 고통을 수반하는 쇼크(이탈전류 또는 가수전류(可隨電流: Let-Go Current))
 - 근육이 자유스럽고 인체가 자력으로 이탈할 수 있는 전류값

표 7-1 통전전류와 전격의 영향

전격의 영향		직류(mA)		교류(실효치, mA)	
				60(Hz)	
		남	여	남	여
느낄 수 있음(최소감지전류)		5.2	3.5	1.1	0.7
고통이 없는 쇼크, 근육은 자유로움		9	6	1.8	1.2
고통이 있는 쇼크, 근육은 자유로움(가수전류)		62	41	9	6
고통이 있는 쇼크, 이탈한계(불수전류)		74	50	16	10.5
고통이 격렬한 쇼크, 근육경직, 호흡곤란		90	60	23	15
심실세동의 가능성	통전시간 : 0.03초	1,300	1,300	1,000	1,000
	통전시간 : 3초	500	500	100	100
심실세동이 확실하게 발생		위 값의 2.75배 한 것			

- 불수전류(不隨電流, Freezing Current)
 - 이탈전류 이상이 되어 근육에 경련이 일어나며 전선을 잡은 채로 손을 뗄 수가 없는 수준의 전류.
- 고통한계전류
 - 통전전류가 최소감지전류보다 커지면 어느 순간부터는 고통을 느끼게 되는데, 참을 수 있는 한계는 보통 7~8mA 정도
- 고온증
 - 통전시간이 길게 되면 인체저항 때문에 신체에 주울(Joule)열 발생
 - 그 결과 인체조직 온도 상승.
 - 정상적인 기능이 상실
 - 별다른 장애가 없이도 사망가능
- 호흡곤란, 질식(60Hz의 상용주파수)
 - 흉부나 심장에 전류가 흐르면 근육 경련, 수축등으로 인해 질식가능

- 전격의 대상물을 치우고 응급조치 필요. 인공호흡 및 심장마사지 필요.

■ 전기화상

- 전기불꽃, 즉 아크열에 의하여 일어나는 화상
- 보통의 화상과 유사하지만, 고온의 아크열에 의한 열상이기 때문에 제2도 화상 또는 제3도 화상이 대부분
- 생명 위험

■ 심실세동(心室細動 : Ventricular fibrillation)

- 인체통전전류가 증가하여 심장부분을 흐르게 되면, 정상적인 맥동을 하지 못하고, 불규칙적 세동을 하게 되어 혈액순환에 장애 초래
- 일단 이상태가 되면 전류를 제거하여도 자연적으로는 건강을 회복하지 못하고 그대로 방치하여 두면 수분 내에 사망
- 심실세동 관련 수식(Daziel 위식)

$$I = \frac{116}{\sqrt{T}} \text{ [mA]}$$

I = 1000명 중 5명 정도 심실세동 초래 전류값

T = 통전시간(초)

■ 안전전압(상용주파수의 경우)

■ 전압전로 지락보호 지침

- 수중(목욕탕, 수영장) 인체에 대해서는 2.5V 이상이면 위험 해당
- 젖어 있는 인체, 금속체에 인체 일부가 접촉된 상태에서는 25V를 초과하면 위험

※ 1930년 미국의 화재보험협회시험소 시험

- 13명의 남자에 대해서 양손에 공구를 잡게 하고 60Hz의 정현파교류전압 통전 실험
- 안전한 전압은 최저 20V, 최고 40V, 평균 28.7V, 인체저항은 평균 3,560Ω

※ 실제 사망한 사례

- 이탈리아에서 46V
- 일본에서 35V(30V 이하를 안전전압으로 규정)

표 7-2 각국의 안전전압

국명	안전전압(V)	국명	안전전압(V)
체코	20	프랑스	14(AC) 50(DC)
독일	24	네델란드	50
영국	24	한국	30
일본	24 ~ 30	오스트리아	60(0.5초)
벨기에	35		110 ~ 130(0.2초)
스위스	36		

< 전기화재 >

■ 개요 및 분류

- 전기화재 : 전기적인 원인(전기에 의한 발열체)이 발화원으로 되는 화재
- 전기화재 구분
 - 발화개소(발화기인물)별로 나누는 방법: 옥내배선·전기풍로·변압기
 - 사용 상황별 구분 : 누전·단락·접촉불량·사용방치
 - 발화원·착화물·출화의 경과(발화형태)별 구분
- 발화원에 의한 전기화재
 - 이동가능한 전열기
 - 고정전열기
 - 전기기기
 - 전기장치
 - 전등, 전화 등의 배선
 - 배선기구
 - 누전으로 발열하기 쉬운 부분
 - 정전기스파크
- 경과에 의한 전기화재
 - 누전
 - 과열
 - 절연열화·절연파괴
 - 전기불꽃
 - 단락
 - 지락
 - 접속부의 발열
 - 열적경과
 - 정전기
 - 낙뢰

■ 출화의 경과에 의한 전기화재

- 누전
 - 누 전 : 전류의 통로로 설계된 이 외의 곳으로 전류가 흐르는 현상
 - 누전화재: 전류가 통로로 설계된 부분으로부터 흘러나와 건물 및 **부대시설** 또는 **공작물**의 일부로 흘러 이것을 발열시켜 발생하는 화재
 - 부대설비: 빨래줄·물받이·굴뚝·간판·가스·수도관 등 건물에 고정시킨 설치물
 - 공 작 물: 담장·굴뚝·간판탑 등
 - 누전화재 요건
 - 누전점, 발화원, 접지점(확실한 접지의 존재 및 접지 저항치)의 3가지
 - 발화에 이르는 누전전류 최소치는 300 ~ 500mA정도

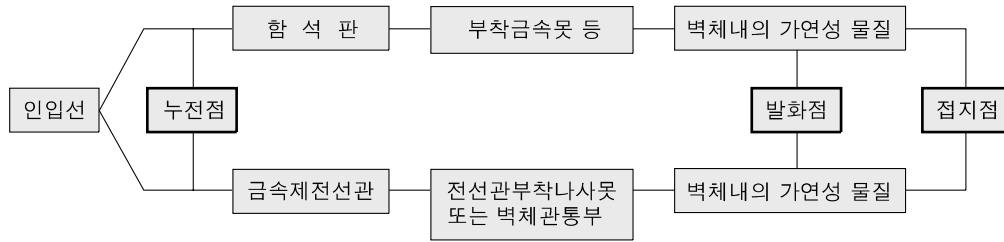


Figure 7-1 누전전류의 경로

- 발열과 방열의 평형이 깨지면 과열 초래 가능
- 전류가 흐르면 Joule의 법칙($H=I^2RT$)에 의해 열 발생
 - 예 : 전동기나 전선의 과부하로 오는 그 자체의 온도상승
- 과열에 의한 화재 : 전기기기, 배선 등이 설계온도 이상으로 가열되어 발생
 - 전열기의 작동 방치로 판벽의 탄화연소 등
- 절연열화, 절연파괴
 - 절연 파괴: 전기적으로 절연된 물질 상호간에 전기저항이 감소하여 많은 전류를 흐르게 하는 현상
 - 절연파괴 원인
 - 기계적 성질의 저하
 - 취급불량에서 오는 절연 피복의 손상
 - 이상전압 발생 또는 허용전류이상의 전류 흐름에 의한 과열
 - 시간의 경과에 따른 절연성의 열화
- 전기불꽃(spark)
 - 개폐기나 콘센트를 조작할 때에 발생하는 불꽃등이 점화원이 되어 발생하는 화재
- 단락
 - 전기절연체가 열화 또는 파괴되어 합선에 의해 1,000 ~ 1,500A 정도의 전류가 흐르면 spark발생
 - spark 발화 형태
 - 스파크가 주위의 인화성 가스 또는 물질에 연소한 경우
 - 단락순간의 가열된 전선이 주위의 인화성 물질 또는 가연성물체에 접촉한 경우
 - 단락점 이외의 전선피복이 연소하는 경우
- 지락
 - 지락: 전류가 정상적인 전기회로에서 벗어나 도체에 있어서 대지로 통하는 경우
 - 지락 예
 - 창고 내 화물용 lift와 동력배선이 lift의 철기둥에 지락하여 스파크발생하고 옆에 있던 쓰레기통에 인화
 - 전주의 고압애자가 파손되어 전주본체로 전류가 흘러 발화하는 경우
- 접속부의 발열
 - 전선과 전선, 전선과 단자 또는 접촉면 등의 도체에 있어서 접촉상태가 불완전하여 특별한 접촉저항을 나타내어 발열

- 시간의 경과에 따라 접촉부의 변형으로 접촉저항이 증가하게 되어 적열
- 주위의 가연물에 인화 착화

■ 열적 경과

- 전등, 전열기 등을 가연물 주위에서 사용하거나 열의 방산이 잘 안되는 상태에서 사용할 경우 가연물에 열이 축적되어 발화되는 경우
- 예: 전등을 담요로 씌워 방치한 결과 전구의 열에 의하여 담요에 착화한 경우

■ 정전기

- 정전기는 물질의 마찰에 의하여 발생
- 정전기에 의해 가연성 가스 및 증기가 인화할 조건
 - ① 가연성 가스 및 증기가 폭발한계 내일 것
 - ② 정전 스파크 에너지가 가연성 가스 및 증기의 최소 착화 에너지 이상일 것
 - ③ 방전하기에 충분한 전위차가 있을 것

■ 낙뢰

- 일종의 정전기로서 구름과 대지간의 방전현상
- 전기회로에 이상전압을 유도하여 절연파괴 및 대전류 초래, 화재의 원인

■ 전기화재 원인별 발생비율

■ 발화원별 발생 비율을 보면

- 이동가능한 전열기(35%)
- 전등·전화 등의 배선(27%)
- 전기 기기 및 장치(23%)
- 배선기구(5%)
- 고정된 전열기(5%)

■ 출화의 경과별 발생비율을 보면

- 단락(25%)
- 전기불꽃(24%)
- 접촉부의 발열(12%)
- 절연열화 및 파괴(11%)
- 과열(8%)