

A Study on the Development and Estimation of Waterproof Outlet for Low Voltage

崔忠錫[†] · 金昌性^{*}

(Chung-Seog Choi · Chang-Soung Kim)

Abstract - In this paper, we investigate actual conditions of electric outlet for low voltage that is used into interior and clear hazardous factor. Electric outlet for general can know that melting of socket-outlet and carbonization of support occur if a contaminant becomes burnout because is flowed in. Existent outlet consists of structure that special quality is good but inflow of a contaminant is easy when is dry. But, waterproof outlet passes silicon layer and have connected structure plug. As developed outlet covers whole surface and back side, interval was shut. Safety pin of developed outlet was established to operate to vertical direction. Therefore, we estimate that contribute on prevention of electrical disaster if use developed outlet to a restaurant, a laundry, a laboratory etc.

Key Words : Low Voltage, Electric Outlet, Waterproof Outlet, Electrical Disaster

1. 서 론

전기 설비는 전기 에너지를 효율적으로 활용하기 위해 구성되는 기본 요소이고, 양호한 설비가 되기 위해서는 사용 조건과 다른 시스템과의 상호 연동 및 제어가 잘 이루어져야 한다. 발전소에서 생산된 전기가 소비자까지 적절하게 배분하기 위해서는 필연적으로 접속 기구를 사용하게 되며 대표적인 것이 콘센트(electric outlet)이다. 콘센트는 전의의 증비에 따라 단상용(single phase)과 3상용(three phase) 등으로 나누어진다. 주택, 사무실, 교실 등에서 사용되는 대부분의 것이 단상용이고, 공장이나 공연장 등에서는 3상용을 사용한다. 그런데 콘센트가 옥외 또는 온도차가 많이 발생하는 곳에 시설되는 경우 환경적 인자의 영향에 의해 결로(結露)가 형성된다. 즉 콘센트 내부에 누전 경로(leakage current path)가 형성되어 감전 사고(electric shock), 전기 화재(electric fire) 또는 전기 설비 사고(electric installation accident) 등의 원인이 되기도 한다. 전기의 기본 성질은 발열 작용, 전자기 작용, 화학 작용 등이 있다. 발열 작용을 응용한 것은 전기 난로, 전기 장판 등이 있고, 전자기 작용을 응용한 것은 발전기, 전동기, 변압기 등이 있다. 또한, 전기는 전해질에서도 반응과 제어 성능 구현이 우수하여 전기 도금에 적절하게 활용된다[1-2].

일반적으로 종래의 방수 콘센트는 플러그 핀 삽입 구멍과

전선 삽입 구멍에 방수 패키지가 장착되어 있다. 플러그 핀 삽입 구멍에 장착된 방수 패키지의 경우에는 방수 패키지의 플러그 핀 삽입 구멍의 주위에 주름단이 형성되어 플러그 핀과 신축적으로 접촉되도록 구성하였으나, 구조가 복잡하고 주름단이 쉽게 변형된다. 따라서 장기간 사용할 때 열화(deterioration)가 계속되어 방수 기능을 충분히 발휘할 수 없게 되는 결점이 있다. 전선 삽입 구멍에 장착된 방수 패키지의 경우에는 방수 패키지의 하측부가 개방된 상태에서 물이 하측으로 배수되게 하는 구조를 제작되어 있기 때문에 콘센트가 완전 침수된 경우에는 물이 하측부를 통하여 유입되어 방수 기능을 발휘할 수 없게 되는 폐단이 있다[3-4].

따라서 본 연구는 옥내용 콘센트의 사고 실태를 조사하여 분석하고 방수형 콘센트의 개발에 적용하기 위한 요소들을 발굴 한다. 또한, 개발된 콘센트의 주요 특성을 구체적으로 해석하여 현장에 적용하기 쉽도록 이해를 도와주어 파급의 효과를 높이고자 함은 물론 콘센트에서 발생할 수 있는 전기 재해의 발생을 근원적으로 예방하는데 기여하고자 한다.

2. 이 론

일반 주택에서 사용되는 콘센트의 수요 수는 실내 공간의 용도, 규모에 따라 일정하지 않다. 특히 공업용 콘센트는 그 종류에 따라 다르므로 사용자의 여건에 따라 결정할 필요가 있다. 보통의 사무실에서는 벽 쪽에 약 5 [m] 마다 1개의 비율로 설치하면 좋다. 설치 위치는 방의 용도에 따라 결정하고 설치 높이는 바닥으로부터 30 [cm] 정도가 적합하다. 물이 닿을 우려가 있는 곳은 바닥으로부터 50~100 [cm] 정도의 높이에 설치하는 것이 일반적이다. 콘센트는 단식보다 복식을 설치하는 것이 활용이 용이하다. 사무실 또는 은행

[†] 교신저자, 正會員 : 全州大學校 消防安全工學科 教授 · 工博

E-mail: enetek@naver.com/choi365@jj.ac.kr

^{*} 正會員 : (株)위너스 代表理事

接受日字 : 2008年 4月 30日

最終完了 : 2008年 5月 6日

과 같이 방의 크기가 큰 곳은 중앙부에서 전기를 사용하기 곤란하므로 바닥 면에 플로어 콘센트를 설치하던가 또는 바닥에 1.5 [m] 간격으로 언더플로어 덕트를 이용하여 예비로 설치해 놓으면 공간의 활용에 필요한 전원을 편리하게 확보할 수 있다. 최근에는 새로운 개념의 배선 회로 일체형 조명 등기구를 이용하여 전원 공급의 유연성을 제공하고 있다. 일반적으로 사무실용 콘센트 1개당 용량은 150 [VA]로 산정하며, 5개를 1회로로 연결하여 설치한다. 또한, 대형 기구는 300 [VA]를 1개의 용량으로 계산하며, 표 1은 KS C IEC 60884-1에 언급되어 있는 가정용 및 이와 유사한 용도의 플러그와 콘센트(제1부 : 일반 요구 사항)에 대한 것으로 정격 전압과 전류를 나타낸 것이다[5-6].

표 1 콘센트의 정격 전압과 전류
Table 1 Rated voltage and current of electric outlet

형 식	정격 전압 [V]	정격 전류 [A]
2P (코드 비교환형 플러그 전용)	130 또는 250	2.5
2P (플러그 전용)	130 또는 250	6
2P 2P+	130 또는 250	10 16 32
2P 3P+ 3P+N+	440	12 32
비고) 기존 시스템의 표준값과 구성은 IEC 60083에 명시됨		

그리고 콘센트는 감전 보호 등급에 따라 통상적인 보호 등급을 갖는 것과 높은 보호 등급을 갖는 것으로 분류하며, 사용 및 설치 방법에 따라 매입형, 반매입형, 패널형, 액자형, 이동형, 탁상형(단식 또는 복식), 바닥 매입형, 기구형 등으로 분류한다. 제품에 표시되는 내용은 정격 전류, 정격 전압, 전원 전압의 기호, 제조자 및 판매자명, 상표 또는 마크, 형번(카달로그 번호도 가능) 등이다. 위험물의 접근과 고품 이물질의 침입에 따른 유해 결과에 대한 보호 등급의 첫 번째 고유 숫자가 만일 2 이상이면 두 번째 고유 숫자도 표시하여야 한다. 또한, 고정형 콘센트의 구조의 주요 요구 사항은 다음과 같다.

- 1) 칼받이 조립품은 플러그 핀에 적절한 접촉압력을 갖도록 충분히 탄력성이 있어야 한다.
- 2) 콘센트의 칼받이 핀은 부식과 마모에 견뎌야 한다.
- 3) 절연 내장재 및 격벽 등은 적절한 기계적 강도를 가져야 한다.
- 4) 콘센트는 해당 플러그를 완전히 꽂는 것이 꽂음 면의 어떠한 돌기로부터 방해받지 않도록 해야 한다.
- 5) 커버 핀의 삽입구에 대한 부상이 장착되었다면 그 커버를 바깥으로부터 떼어내거나 커버가 제거되었을 때 안쪽에서 부주의로 떨어져서는 안 된다.
- 6) 커버, 커버 플레이트 및 감전 방지를 위한 부분들은 적절한 공구를 가지고 2개 이상의 위치에 고정되어야 한다.
- 7) 노출형 콘센트는 일반 용도로 고정, 배선될 때 플러그

핀의 삽입구나 측면 접지극 또는 잠금장치 등과 다른 접촉 삽입구를 제외하고는 외함에 개구부가 없는 구조이어야 한다[5-6].

3. 결과 및 고찰

일반 주택에서 사용되는 콘센트의 수요 수는 실내 공간의 용도, 규모에 따라 일정하지 않다. 특히 공업용 콘센트는 그 종류에 따라 다르므로 사용자의 여건에 따라 결정할 필요가 있다. 보통의 사무실에서는 벽 쪽에 약 5 [m] 마다 1개의 비율로 설치하면 좋다.

3.1 콘센트의 소손 패턴

그림 1은 일반적으로 주택에 사용되는 매입형 콘센트로서 이물질이 유입되어 소손된 실체 사진을 나타낸 것이다. 전압은 220 [V]이며, 접지극이 설치된 것으로 탄화 물질이 심하게 형성되었고 접지극 단자의 일부가 용융된 패턴을 보이고 있다. 즉 물기, 먼지 등의 이물질에 장시간 노출되어 내부에서 지속적인 누전 경로가 형성되고 미소방전이 진행되어 출화가 발생한 것으로 판단된다. 특히 콘센트가 설치된 벽체의 온도 변화가 심하고, 습기가 많은 곳 또는 분진의 발생이 빈번한 곳 등에 설치된 콘센트에서 이와 같은 현상의 발생이 쉬운 것으로 알려져 있다[7-8].

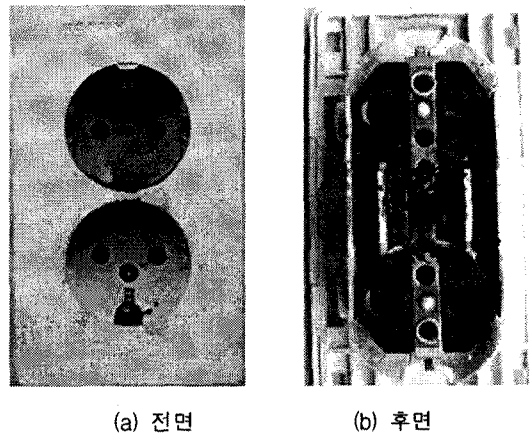


그림 1 소손된 콘센트의 탄화 패턴
Fig. 1 Carbonization pattern of outlet that become burnout

그림 2는 콘센트 안전핀의 작동 형태를 나타낸 실체 사진이다. 그림 2(a)는 정상 상태의 사진이며, 그림 2(b)는 소손된 형태의 실체 사진이다. 소손된 패턴을 보면 가동 핀이 용융되어 스프링에 고정된 것으로 판단된다. 따라서 기능이 상실 되었을 뿐만 아니라 플러그의 유·출입이 부자연스러운 구조로 변형되었다. 이런 상태로 사용하게 되면 이물질의 유입에 따른 화재의 발생 가능성이 높다.

그림 3은 트래킹에 의해 소손된 콘센트의 실체 사진을 나타낸 것이다. 옥내용으로 사용되는 비접지형, 200 [V], 2P, 노출형이다. 그림 3(a)는 정상 상태의 것이고, 그림 3(b)는 소손된 형태의 실체 사진이다. 지지대인 플라스틱의 탄화 흔적이 명확히 나타났으며, 칼 받이의 일부가 용융된 것으로 보아 전극 사이에 이물질이 장시간 충전되어 누설 전류가

홀러서 탄화 도전료가 형성되었고 트래킹에 의한 강한 화염이 발생한 것으로 판단된다[7-8].



(a) 정상 상태 (b) 소손 상태

그림 2 콘센트 안전핀의 작동 형태

Fig. 2 Operation form of electric outlet safety pin

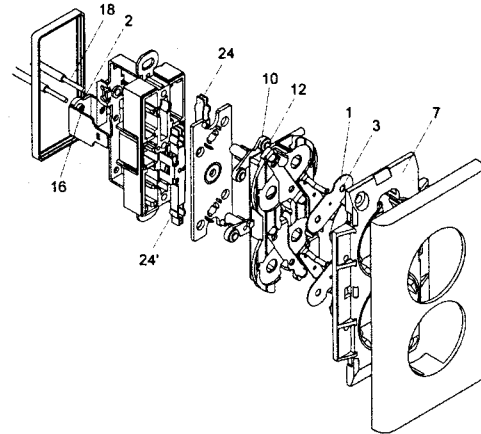
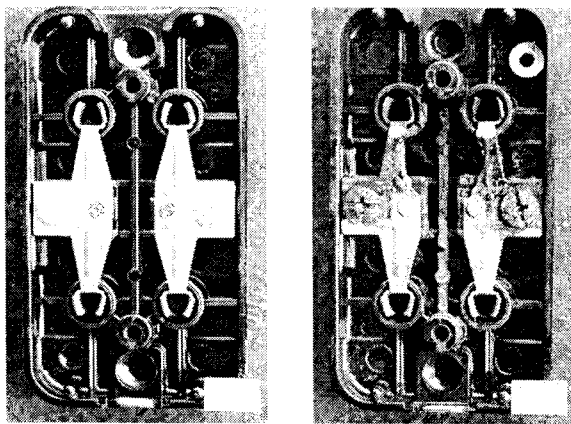


그림 4 개발된 콘센트의 명칭

Fig. 4 Name of developed electric outlet



(a) 정상 상태 (b) 소손 상태

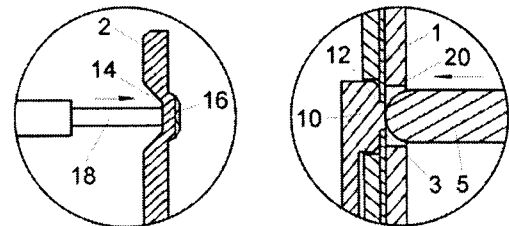
그림 3 소손된 콘센트의 실제 사진

Fig. 3 Stereoscopic photograph of electric outlet

3.2 개발된 콘센트의 특성

그림 4는 개발된 콘센트의 외형을 나타낸 것이다. 전면에서 콘센트를 보았을 때 기존의 콘센트와 별다른 특이 사항은 알 수 없다. 일반적으로 사용되는 콘센트와 같이 플러그 구멍, 접지 단자, 지지대, 몸체 등으로 구성되어 있다. 기존의 콘센트와 달리 18번 돌출부(도체)가 2번(방수 패킹)을 통과하여 전선 삽입 구멍에 완벽하게 접속되는 구조로 되어 있어서 물기의 유입과 습기의 침투가 근본적으로 발생할 수 없도록 설계하였다.

그림 5는 개발된 콘센트 주요부의 상세도를 나타낸 것이다. 그림 5(a)는 콘센트 후면에 설치된 방수용 실리콘의 형태와 전선이 삽입되는 형태를 나타낸 것으로 18번 도체가 16번 실리콘 층을 통과하면서 밀착될 수 있도록 설계되어 있다. 그리고 그림 5(b)는 콘센트 전면에서 플러그가 삽입될 때의 상세도를 나타낸 것으로, 5번 플러그가 3번 삽입 구멍을 통과하여 1번 방수 패킹에 밀착되어 접속되는 구조이다. 따라서 콘센트의 외부 전면과 후면에서의 이물질 유입이 근본적으로 차단되도록 설계됨으로서 사고 예방이 가능한 구조이다. 그리고 표 3은 그림 4와 그림 5에서 설명된 콘센트 주요부의 명칭을 나타낸 것이다.



(a) 전선 삽입구 (b) 플러그 삽입구

그림 5 개발된 콘센트의 상세 구조

Fig. 5 Details structure of developed electric outlet

표 2 콘센트 각부의 명칭

Table 2 A name of electric outlet

번호	명칭
1, 2	방수 패킹
3	삽입 구멍
5	플러그
7	콘센트 몸체
10	안전 핀
12	콘센트 몸체의 돌출부
14	안착 구멍
16	안전 핀
18	도체, 돌출부
20	플러그 핀 삽입 구멍
24, 24'	콘센트 접속 단자

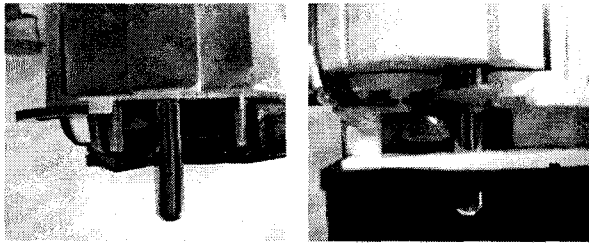
그림 6은 플러그 지지대의 구조를 비교한 것이다. 그림 6(a)는 기존 제품의 실제 사진으로 플러그를 안전하게 유지시키는 구조로 되어있으나 물기 또는 습기의 유입과 출입이 가능한 구조로 되어 있다. 반면에 그림 6(b)는 동일한 성능의 구현과 동시에 실리콘 층이 있어서 플러그가 실리콘 층을 통과하여 접속되는 구조를 가지고 있어서 이물질의 유입은 물론 방수 기능도 갖고 있다.



(a) 기존 제품 (b) 개발 제품

그림 6 콘센트 플러그 지지대의 구조
Fig. 6 Structure of outlet plug support

그림 7은 콘센트에 플러그가 삽입된 형태의 측면을 나타낸 실제 사진이다. 그림 7(a)는 기존 제품으로 기밀성이 형성되지 못하고 있음을 알 수 있다. 그러나 그림 7(b)는 플러그가 실리콘 층을 통과할 때 기밀성이 유지되는 형태를 알 수 있다. 즉 플러그 삽입과 동시에 완벽하게 밀착되고 있으므로 외부에서 이물질의 유입이 불가능한 구조이다.



(a) 기존 제품 (b) 개발 제품

그림 7 적용 기술의 구체적인 예
Fig. 7 Specific instance of an application technology

그림 8은 콘센트 후면의 특성을 비교한 것이다. 그림 8(a)는 기존 제품으로 전선이 삽입되는 구멍이 개방되어 있어서 방수 기능의 발현이 어렵게 되어 있다. 또한, 전면과 후면 덮개 사이의 기밀성이 충분하지 못하여 습기의 침투가 가능하다. 그러나 개발된 제품 그림 8(b)는 밀폐형 구조로 되어 있어서 방수 기능이 우수한 것으로 확인 되었다.

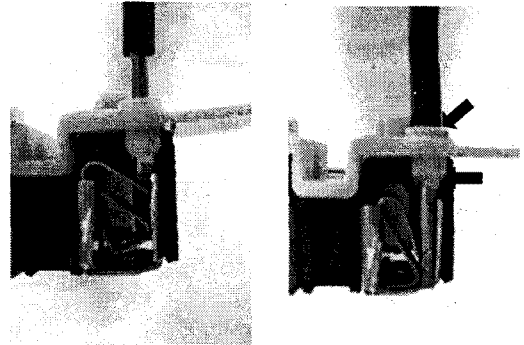


(a) 기존 제품 (b) 개발 제품

그림 8 콘센트 후면의 방수 기능 비교
Fig. 8 Waterproof function comparison of outlet back side

그림 9는 외부에서 전선이 콘센트의 후면에 접속될 때의 형태를 나타낸 실제 사진이다. 도체가 실리콘으로 제작된 방수 패키지를 통과하여 접속 구멍에 정확히 안착된 형태를 보이고 있다. 절연 피복이 실리콘 패키지와 잘 밀착됨으로써 물기 및 이물질의 유입이 불가능한 구조로 되어 있다. 따라

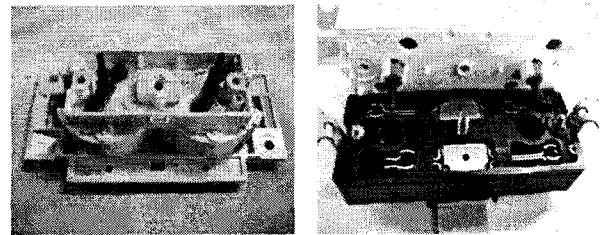
서 온도 편차가 큰 외벽, 물기에 쉽게 노출되는 식당, 화장실, 세탁실, 실험실, 과학실, 강당 등에 적합한 것으로 판단된다.



(a) 초기 단계 (b) 안착 단계

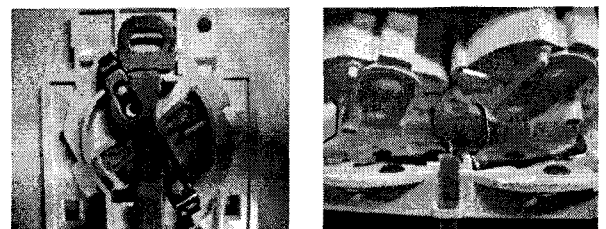
그림 9 삽입된 전선의 예
Fig. 9 Example of insert electric wire

그림 10은 개발된 콘센트의 안전핀 설치 형태를 나타낸 것이다. 그림에서도 알 수 있듯이 안전핀이 수직 방향으로 작동되도록 설치되어 있어서 안전핀이 좌우로 작동할 때 발생할 수 있는 혼촉 또는 이탈의 가능성이 없도록 하였다. 또한, 수직 방향의 축이 안전하게 유지되도록 지지대를 일체형으로 제작하여 상부와 하부가 완벽하게 밀착되는 구조로 금형을 설계하여 제작되었다.



(a) 설치 형태 (b) 내부 구조

그림 10 개발된 콘센트의 안전핀 설치 형태
Fig. 10 Safety pin establishment form of developed outlet



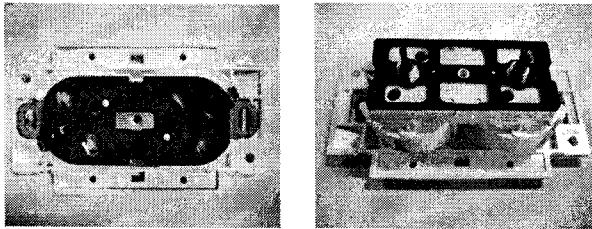
(a) 기존 제품 (b) 개발 제품

그림 11 콘센트 접지 단자의 설치 형태
Fig. 11 Establishment form of outlet earth terminal

그림 11은 접지 단자의 설치 형태를 나타낸 것이다. 그림 11(a)는 기존 제품을 나타낸 것으로 안전핀을 고정하기 위해 사용된 스프링(수평 방향 설치)이 이탈될 때 접지 단자와 접촉되어 감전 사고 또는 설비 사고를 유발될 수 있다. 그러나 그림 11(b)의 개발된 제품은 스프링이 수직 방향으

로 작동하도록 설치되어 있어서 사고를 근원적으로 예방할 수 있도록 하였다.

그림 12는 개발된 콘센트의 상판과 하판의 연결부의 상태를 설명하기 위해 나타낸 실체 사진이다. 그림 12(a)의 경우 별도의 차폐 시설이 없이 단순한 체결로 되어 있으나, 그림 12(b)은 전극 사이와 충간을 각각 차폐할 수 있는 구조의 얇은 판을 설치하여 이물질의 유입과 누설 전류의 경로 형성이 불가능한 구조이다.



(a) 기존 제품 (b) 개발 제품

그림 12 콘센트 상부와 하부의 연결 형태
Fig. 12 Connection of outlet upper part and lower part

4. 결 론

본 논문에서 옥내용으로 사용되는 콘센트의 사고 실태 조사에서 기존 콘센트의 위험 요소들을 발굴하였다. 또한, 개발된 콘센트의 주요 특성을 구체적으로 해석하여 현장 적용에 도움이 되도록 함으로써 전기 재해의 발생을 근원적으로 예방하는데 기여하고자 한다.

(1) 주택에 사용되는 매입형 콘센트에 이물질이 유입되어 소손되면 접지극 단자의 일부가 용융될 뿐만 아니라 출화의 가능성도 있는 것을 알 수 있다.

(2) 기존 제품의 콘센트는 건조한 상태에서의 기능 구현은 양호하나 물기 또는 습기의 유입으로 감전 및 화재사고가 발생할 가능성이 높다. 그러나 개발된 제품은 플러그가 실리콘 층을 통과하며 접속되는 구조를 가지고 있어서 이물질의 유입은 물론 방수 기능도 발휘한다.

(3) 기존 제품의 전선 삽입 구멍은 개방되어 있어서 방수 기능의 발휘가 어려운 구조이다. 또한, 전면과 후면 덮개 사이의 기밀성이 충분하지 못하여 습기의 침투가 가능하다. 그러나 개발된 제품은 밀폐형 구조로 되어 있어서 방수 기능이 우수한 것으로 확인 되었다.

(4) 개발된 콘센트의 안전핀은 수직 방향으로 작동하도록 설치되어 있어서 안전핀이 좌우로 작동할 때 발생할 수 있는 혼촉 또는 이탈의 가능성이 없도록 하였다.

(6) 온도 편차가 큰 외벽, 물기에 쉽게 노출되는 식당, 화장실, 세탁실, 실험실, 과학실, 강당 등에 사용하면 전기 재해의 예방에 기여할 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

[1] 최충석 외 3, "직렬아크에 따른 도체의 산화물 증식 및 전압 파형 분석", 대한전기학회논문지, Vol.55P No.3, pp.146-152, 2006.

[2] 김향곤 외 4, "저압용 비닐절연전선에서의 직렬 아크 특성 분석", 대한전기학회 춘계학술대회, pp.57-59, 2006.
[3] Chung-Seog Choi et al, "Heating Characteristics according to the Mechanical Pressure at the Terminal of Circuit Breaker for Low Voltage", 29th International Symposium on Combustion, pp.68, 2002.
[4] 최충석 외 3, "전원코드의 접촉 불량에 의해 형성된 과형 및 플러그의 특성", 한국안전학회, Vol.20, No.1, pp.87-93, 2005.
[5] 이준용, "신전기설비설계", 동일출판사, pp.97-101, 1994.
[6] 한국산업규격, KS C IEC 60884, 기술표준원, 2005.
[7] 한국전기안전공사, "저압기기용 일체형 코드의 열화 특성과 화재위험성 연구", pp.34-39, 2004.
[8] 한국전기안전공사, "저압용 전기설비 접속부의 화재위험성 평가 및 화재예방 대책기술 개발", pp.42-54, 2007.

저 자 소 개



최 충 석 (崔 忠 錫)

1961년 9월 19일생. 1991년 2월 인하대학교 전기공학과 졸업. 1993년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1996년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1993년 나고야 대학 초빙연구원. 1994~1995년 구마모토 대학 객원연구원. 2006. 3~2006년 12월 서울대학교 산업안전최고전략과정 수료. 1997~2008년 2월 전기안전연구원 그룹장/수석연구원/부원장. 2008년 3월~현재 전주대학교 소방안전공학과 교수.

Tel : 063-220-3119

Fax : 063-220-3119

E-mail

enetek@naver.com/choi365@jj.ac.kr



김 창 성 (金 昌 性)

1960년 9월 8일생. 1988년 유한대학 금형설계과 졸업. 1982~1995년 (주)두남 개발 부장. 1996~2003년 (주)일신기전 대표이사. 2004년~현재 (주)위너스 대표이사.

Tel : 031-534-8632

Fax : 031-534-8636

E-mail : csk-331@hanmail.net