

감전사고 예방을 위한 지중함 구조 및 절연 관련 시설기준 개발에 관한 연구

A Study on Electric-technical Regulation of Handhole Structure and Insulation for Preventing Electrical Shock Accident

김기현* · 차송희* · 손이조**
(Gi-Hyun Kim · Song-Hee Cha · Yi-Jo Son)

Abstract - The underground electricity distributions are significantly increased because of the urbanization accompanied by rural area developments. However, it has also been increased the safety accidents such as an electric shock around the handhole where the underground cables are connected to each other. This paper provides the base materials on the necessity to amend the installation regulation for securing the insulation and structure strength of handholds using the cast iron or fiberglass reinforced plastic. Article 137 in the judgement regulation for the Korea electro-technical regulation which is one of the installation regulations for handhole is amended and announced in 2017 by being based on the materials in this paper. It is expected to continually reduce the electric shock occurrence around handhole by considering the amended installation regulation.

Key Words : Handhole, Electric shock accident, Electric technical standards, Installation

1. 서 론

지역개발에 따른 도시화와 도시 미관 개선 등으로 전기 공급을 위한 가공배선이 지중 배전방식으로 전환되고 있다. 저압 지중함, 고압·특고압 지중함 내에 케이블 접속이 설치된 케이블에 절연열화, 외피 손상 등으로 인하여 지중함 내부에서 지락이 발생할 경우 금속 재질 뚜껑에 전압이 유입될 우려가 있다[1]. 또한 기상이변에 의하여 도심 저지대에 있는 지중함 내에 물이 침입하는 경우에 지중함에서 누전 발생 시 감전사고에 노출될 수 있기 때문에 이에 대한 대책이 필요하다[2]. 현행 전기설비기술기준의 판단 기준 제137조(지중함의 시설)은 케이블의 접속 등을 위해 지표면 아래에 설치하는 함의 구조, 설비 등 시설방법 등을 규정하고 있다[3]. 하지만 지중함 뚜껑의 재질에 관하여 정확히 명시되어 있지 않고 저압, 고압·특고압의 전압에 따른 지중함 시설기준이 명확하지 않아 안전사고가 지속적으로 발생할 수 있어 관련 규정 개정이 필요하다. 따라서 본 논문은 지중함 안전시설 기준 정립을 위해 저압, 고압·특고압 지중함 시설에 따른 뚜껑 재질 및 압력 등에 대하여 분석하여 세부 기준을 제시하고자 한다.

2. 기술기준·표준 분석 및 사고 사례 조사

2.1 현행 지중함 시설 기준 및 개선점

현행 전기설비기술기준의 판단기준 제137조(지중함의 시설)은 케이블의 접속 등을 하기 위해 지표면 아래에 설치하는 함의 구조, 설비 시설방법 등을 다음과 같이 4개항에 따라 시설하도록 규정하고 있다[3].

1. 지중함은 견고하고 차량 기타 중량물의 압력에 견디는 구조일 것.
2. 지중함은 그 안의 고인 물을 제거할 수 있는 구조로 되어 있을 것.
3. 폭발성 또는 연소성의 가스가 침입할 우려가 있는 것에 시설하는 지중함으로서 그 크기가 1 m³ 이상인 것에는 통풍장치 기타 가스를 방산시키기 위한 적당한 장치를 시설할 것.
4. 지중함의 뚜껑은 시설자 이외의 자가 쉽게 열 수 없도록 시설할 것.

현행 규정에서는 지중함 시설시 감전사고 및 안전사고 방지를 위해 저압, 고압·특고압 지중함 시설에 따른 지중함 구조 관련된 뚜껑의 압력과 감전사고 예방을 위한 절연에 대해 구체적으로 규정되어 있지 않다. 따라서 지중함 안전사고 예방을 위하여 고압·특고압과 저압 지중함의 분류, 분류에 따른 지중함의 구조에 대한 기준 정립과 재질 등에 관한 규정 정립이 필요하다.

† Corresponding Author : Technical Regulation Department of Korea Electric Association, Korea.

E-mail: ghkim51@kea.kr

* Technical Regulation Department of Korea Electric Association, Korea.

** Saehong Engineering & consultant Co., LTD, Korea.

Received : June 19, 2017 ; Accepted : July 21, 2017

2.2 지중함 감전사례 및 원인 분석

지중함 감전 사망 사고 사례로서는 인천지역에서 2005년 6월 26일에 폭우가 내리는 경사진 이면도로에서 발생하였으며, 지중함의 뚜껑 위를 밟던 행인이 감전되어 사망한 사고이다. 이 사고는 지중함 내 지중전선의 테이핑 접속부 전선피복손상으로 인해 충전부가 노출되었으며, 노출된 충전부분은 금속제의 지중함 뚜껑 밑면에 접촉된 상태에서 일시적인 폭우에 의한 침수상태에서 보폭전압에 의해 감전된 것으로 분석된다[2]. 또한, 부산지역 감전사고의 경우 2005년 6월 집중호우 때 노상을 지나던 중 저압 지중함의 뚜껑을 밟고 지나던 행인이 감전되어 사망한 사고이다. 사고 발생 직후 저압 지중함 내 전선의 절연불량 개소는 고무테이프 및 비닐 절연 테이프로 처리되었으며, 접촉함 뚜껑에 나타난 지락흔이 사고 당시 지락점으로 추정된다. 결론적으로 전선의 경년변화(94년 제작), 절연열화 등에 따른 절연파괴로 지중전선로 접속함 내에서 누전된 상태에서 폭우에 의한 침수로 지락점 주변에 전위차가 발생되었으며, 이곳을 지나던 행인의 양 발에 보폭전압이 인가되어 사망하게 된 것으로 추정되나 정확한 누설전류의 크기와 누설경로는 확인되지 않은 것으로 조사되었다[2]. 따라서 침수 또는 물기가 있는 곳에 전기설비 누전 시 행인이 보행 중에 감전 사고를 당한 예로서 누전 점과 금속제 지중함 절연 등에 대한 검토가 필요한 부분을 확인하였다.

2.3 주철(강) 지중함 구조 및 수직하중 내력

2.3.1 KS D 6021 주철(강)재 재질

지중함 재질로 시설된 주철(강)에 대한 기준은 전기용 지중함의 틀과 뚜껑으로 1985년에 제정해서 2013년 12월에 폐지된 KS D 6021(상·하수도·전기·통신용 맨홀 뚜껑 및 틀)에서는 표 1에 서처럼 도로 및 인도용으로 분류하여 재료별로 구분하였다[4].

표 1 전기용 맨홀 뚜껑 및 틀의 재료별 종류

Table 1 Type of manhole cover and frame according to material

Type	Classification of materials	Cover standard (mm)	Place of use
Circle	Cast iron Graphite cast iron Carbon-steel cast iron	φ918 φ1,108	Road
Square	Cast iron Graphite cast iron Carbon-steel cast iron	(2*538)*587	Sidewalk

그림 1은 전기용 주철(강)재 원형 맨홀 뚜껑 φ918, φ1108으로 차도에 사용하는 전기용 주철(강)재 원형 맨홀 뚜껑 및 틀이다.

그림 2는 전기용 주철(강)재 각형 맨홀 뚜껑 1120mm × 620mm으로 보도에 사용하는 전기용 주철(강)재 각형 맨홀 뚜껑 및 틀이다. KS D 6021 규정에서의 정하중 시험은 표 2에 규정한



그림 1 전기용 주철(강)재 원형 맨홀 뚜껑 및 틀

Fig. 1 Structure of circular-type steel manhole cover and frame



그림 2 전기용 주철(강)재 각형 맨홀 뚜껑 및 틀

Fig. 2 Structure of rectangular-type steel manhole cover and frame

표 2 재료의 종류별 시험하중

Table 2 Test load according to the type of material

Type	Classification of materials	Test load
Circle	Cast iron Graphite cast iron Carbon-steel cast iron	400 kN
Square	Cast iron Graphite cast iron Carbon-steel cast iron	300 kN

시험하중에 견디어야 하며, 하중을 제거하였을 때 잔류변형이 없어야 한다.

정하중 시험은 시험재 위에 500mm×200mm×50mm 철재 판을 올려놓고 연직방향으로 하중을 5분 이내에 일정한 속도로 표 2의 시험하중에 달할 때까지 가하여 1분간 정지하고 하중을 제거한다.

2.3.2 KS D 4040 주철(강)재 맨홀 뚜껑 및 틀

현 지중함 주철(강)으로 사용하는 재질은 표준 KS D 6021 표준이 폐지되면서 2014년 2월에 제정한 KS D 4040 표준으로 상수도, 하수도, 전기용 및 통신용 주철(강)재 맨홀 뚜껑 및 틀의 일반 요구사항에 대하여 규정을 하고 있다[5]. 이 표준에서 정의하는 전기용 주철(강)재 맨홀 뚜껑 및 틀의 종류는 다음 표 3과 같다. KS D 4040 제정의 취지는 제품의 안전 및 품질에 직접 영향을 미치는 소재에 대한 기준을 제시하고, 단체표준에서는 KS 표준에서 정하고 있는 일반사항은 직접 인용하고, 추가로 제품관련 내용을 정하여 운영하도록 하기 위함이다. 따라서 KS D 4040 제정 이후 주철(강)재 맨홀 뚜껑 및 틀의 단체표준으로 SPS-

KFCA-M201-1639(주철·주강재 맨홀 뚜껑 및 틀)이 2014년 8월에 개정이 되었다. 이 표준의 적용범위는 주로 상수도, 하수도, 전기용, 통신용 및 각종 배송관로에 사용되는 주철(강)재 맨홀 뚜껑 및 틀에 대하여 규정하고 있다[6]. 뚜껑 및 틀의 정하중 시험은 표 4에 규정한 하중에 견디어야 하며, 하중을 제거하였을 때 잔류변형이 없어야 한다.

표 3 주철(강)재 맨홀 뚜껑 및 틀의 종류

Table 3 Type of steel manhole cover and frame

Type	Materials	Place of use
Circle Square	Cast iron Graphite cast iron Carbon-steel cast iron	Road Sidewalk Park, Amusement park Drain pipe, Septic tank, etc

이 시험하중은 표 2에서와 다르게 차랑 도로용, 차랑 가변, 보행자용으로 구분하여 시험을 하도록 하였다. 또한 표 2에서의 시험하중에 비해 50 kN이 상향되어 안전성을 확보하고 있다. 그림 3은 철재로 구성된 저압 지중함으로 그 내부에 시설된 부분을 나타내고 있다.

표 4 맨홀 뚜껑 및 틀의 시험하중

Table 4 Test load of manhole cover and frame

Type	Test load (kN)		
	Road	Road side	Sidewalk
Circle	450	450	200
Square	350	200	200



그림 3 저압 철재 지중함 내부 및 뚜껑 외부
Fig. 3 Exterior and interior of low voltage steel handhole

2.3.3 주철(강) 맨홀 뚜껑의 선정시 고려할 사항

전기용 맨홀 뚜껑의 일반구조는 자중, 적재하중 등 구조상 안전하고 내구성이 있어야 하며 내마모성 및 내부식성인 것으로 하여야 한다. 또한 장기적인 사용에 견디는 것이어야 하며, 유지관리가 쉽고, 환경에 적응하는 것으로 하여야 한다. 전기용 맨홀 뚜껑의 재료 및 기구의 성능은 장기간에 걸친 기능의 확보라는 견지에서 선정하는 것이 필요하고 시공성, 경제성 및 안전성을 고

려할 필요가 있다. 이 경우 KS 및 전기용품안전관리법 등에 규격화 되어 있는 것에 대해서는 규격품을 선정하지만, 규격화 되어 있지 않은 것에 대하여 형, 질, 크기, 강도 등이 사용목적에 충분히 적합한 것이거나 혹은 동일 목적에 사용되는 규격제품 이상의 것이어야 한다.

2.4 FRP의 저압 지중함

2.4.1 FRP의 저압 지중함 종류

지중배전선로의 저압케이블을 지중에서 접속하거나 분기하는 장소에 매설하여 사용하는 지중 저압 접속함체와 조합하여 사용하는 유리섬유강화 플라스틱(Fiberglass Reinforced Plastic, FRP)을 뚜껑에 적용한다. 저압 지중함의 종류에는 간선용 지중 접속함과 인입용 지중 접속함으로 구분을 한다. 간선용 지중 접속함은 보도 또는 중량물의 통행이 적은 이면도로에 설치하는데 사용한다. 그림 4에서처럼 인입용 지중 접속함은 고객의 구내에 설치, 기설 고객이 급속 고객의 구내에 시설하되, 불가피한 경우 인입점에 가까운 장소에 설치한다. 주택 및 상가 등에 지중배전선로의 저압케이블을 접속하거나 분기하는 장소에 매설하여 사용한다.



그림 4 FRP 저압 지중함 구조 및 시설내부
Fig. 4 Structures and inside the facilities of FRP low voltage handhole

표 5 정하중 시험하중

Table 5 Applied load of static test load

Type	Size(mm) (W×D×H)	Test load(kgf)
Electric line use	500 × 200 × 50	6,500
Incoming use	200 × 200 × 50	2,600

2.4.2 정하중 시험

뚜껑의 정하중 시험은 뚜껑을 틀이나 틀과 유사한 높이의 거치대 위에 조립한 상태에서 조립된 뚜껑 상부중앙에 두께 6mm의 고무판을 놓고 시험한다. 재하판의 크기 및 인가하중은 표 5와 같다. 하중은 재하판의 중심에 연직방향으로 5분 이내에 일정한 속력으로 시험하중에 달할 때까지 가하여 1분간 정지하고 하중을 제거한다. 시험결과 뚜껑의 어느 부위에서도 균열, 휨 등의

영구변형이 발생하지 않아야 한다.

2.4.3 상용주파 건조내전압시험

FRP의 경우 절연 성능을 확인하기 위해 상용주파 건조내전압 시험에 대해서 뚜껑의 앞면과 뒷면에 전극과 접지축 판을 설치하여 상용주파내전압 시험에 따라 시험하며, 내전압 기준은 60kV에서 1분간 유지시 절연파괴가 없어야 한다. 정하중시험에 대한 시험하중을 단체표준인 SPS-KFCA-M201-1639(주철·주강재 맨홀 뚜껑 및 틀)와 동일하게 적용하면 외력에 대한 안전성은 확보할 수 있다고 본다. 생산 후 상당한 시일이 경과되고, 옥외에 적치된 FRP 재질의 저압접속함 뚜껑 및 틀에 대한 시험하중을 200kN으로 하여 시험한 결과 일부 제조업체의 제품에서 성능이 적합함을 확인하였다.

3. 지중함 시설에 대한 안전사고 방지대책

3.1 보호접지 방식에 의한 감전보호대책

감전보호의 기본원칙으로 KS C IEC 61140(감전보호 : 설비 및 기기의 공통사항)에 따르면, “위험 충전부는 접근이 불가능 하여야 하며, 접근 가능한 도전부는 정상상태 또는 단일고장상태의 경우에 위험 충전이 되지 않아야 한다”고 규정하고 있다. 고압 또는 특고압설비의 고장보호 대책으로는 KS C IEC 61936-1(교류 1kV 초과 전력설비)에 의하면, 1kV 이상의 교류설비에 대한 고장보호는 간접접촉에 의한 보호방법으로 할 것을 요구하고 있고, 이 간접접촉에 의한 보호는 접지시스템에 따라 전원자동차단에 의한 감전보호를 요구하고 있다[7].

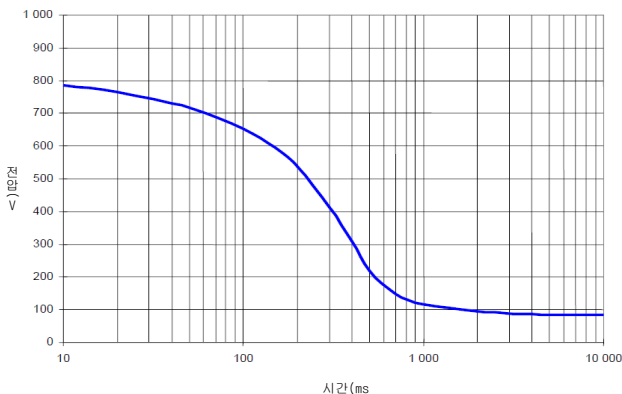


그림 5 KS C IEC 61936-1에서의 허용접촉전압
Fig. 5 Permissible touch voltage from KS C IEC 61936-1

즉 접지설비와 보호장치를 조합하여, 지락사고가 발생하면 이를 검출하여 지중함의 뚜껑에 50V를 초과하는 접촉전압이 예상되는 경우에는 50V를 초과하는 전압의 크기에 따라 정해진 시간 이내에 전원이 차단될 수 있도록 하여 감전보호를 하는 방식이

다. 접지시스템을 기본요건으로 하며, 이 접지시스템은 보호계전기와 차단기의 정상작동시간에 기초하여 보폭, 접촉 및 전위경도를 허용전압 이내로 유지하는 것이다. 전원자동차단에 의한 보호는 1kV를 초과하는 고압 또는 특고압설비에서 지락사고가 발생하면 인체에 유해한 전압에 접촉되지 않도록 그림 5의 접촉전압과 통전시간의 곱인 안전한계곡선 이내에서 전원을 자동차단할 수 있도록 하여야 한다. 그림 5의 곡선은 KS C IEC 61936-1(부속서 B)의 계산방법에 따라 계산한 결과를 나타낸 것이다. 지중함의 침수상황에서 인체의 임피던스를 고려한 보폭안전전압은 다음과 같은 결론을 얻을 수 있다. 즉 지락고장 시 전원을 자동차단할 수 없는 경우에는 일반인을 대상으로 한 보폭안전전압은 다음의 계산식과 같이 2.5V가 되어야 한다.

인체의 발목이 물에 잠긴 상태에서 지중 접속함 내 케이블 접속부의 절연파괴와 같은 고장이 발생한 경우 지중함 뚜껑을 접촉하는 경우, 일반인에게 적용할 수 있는 안전전압의 크기는 2.5V를 적용하여야 한다.

$$\begin{aligned} \text{보폭안전전압} &= \text{침수상황에서 인체의 저항} \times \text{이탈한계전류} \\ &= 500 \Omega \times 0.005 \text{ A} \\ &= 2.5 \text{ V} \end{aligned}$$

3.2 지중함 침수시 감전보호대책

3.2.1 400V 이상의 저압·고압·특고압 지중함 감전보호 대책

감전보호는 충전부분을 접촉하지 못하도록 직접접촉에 대한 보호(기본보호)를 기본으로 하고, 절연고장이 발생하였을 경우 위험한 전압이 인체에 인가되지 않도록 간접접촉에 대한 보호(고장보호)를 하여야 한다[8]. 기본요건(접지시스템)으로 지락고장시 보호계전기와 차단기의 신속하고 정확한 동작과 전위경도를 허용 전압 이내로 유지하기 위하여 주철(강)재 접속함의 틀, 접속함 내 케이블 지지금구 및 중성선을 접지단자에 접속한다. 전원자동차단에 의한 보호는 50V 초과하는 접촉전압이 예상되는 경우에는 전압의 크기에 따라 정해진 시간 이내에 전원이 차단될 수 있도록 하여 감전보호를 하는 방식을 적용하여야 한다.

3.2.2 400V 미만의 저압 지중함 감전보호 대책

1. 저압 지중함의 침수시 적용 가능한 보호방식

① 전원의 자동차단

지중접속함의 침수시 환경조건을 고려하여 적용할 수 있는 감전보호대책은 이탈한계전류 5mA 이상이 흘러 인체에 걸리는 보폭전압이 2.5V를 초과하는 전압이 보폭에 걸리는 경우 전원을 자동차단하는 감전보호방식을 적용하여야 한다.

② 보호접지방식의 적용

전원자동차단에 의한 고장보호대책을 적용할 수 없는 경우에는 인체에 이탈한계전류 5mA 이상 흐를 수 없도록 보호 접지방식을 적용하여야 한다.

③ 이중절연 또는 강화절연에 의한 보호

저압전로에 지락이 발생하는 것을 사전에 방지하기 위하여

이중절연 또는 강화절연으로 시설하는 경우에 적용한다.

2. 저압 지중 접속함의 침수시 보폭안전전압

① 인체의 저항

집중 호우에 의한 도로의 침수시 인체의 피부저항은 거의 없는 것으로 보고, 5% 백분위의 사람에게 적용하는 500Ω을 적용한다.

② 침수환경을 고려한 안전전류의 한계

의식을 잃거나 호흡곤란으로 질식사하는 경우를 방지하기 위하여 스스로 감전으로부터 벗어날 수 있는 이탈한계전류를 적용하며, 일반인을 대상으로 하는 전체인구에 대하여 약 5mA의 값을 적용한다.

③ 보폭전압의 안전한계

보폭안전전압은 침수환경을 고려한 이탈한계전류 5mA를 적용하여, 다음과 같은 계산 결과를 얻는다.

$$\begin{aligned} \text{보폭안전전압} &= \text{인체의 저항} \times \text{이탈한계전류} \\ &= 500 \Omega \times 0.005 \text{ A} \\ &= 2.5 \text{ V} \end{aligned}$$

3. 절연성능이 있는 재질의 뚜껑을 사용

집중호우에 의한 지중함의 침수 상황이 발생하는 경우 실제 발생할 수 있는 사고 시 보폭전압의 크기를 과약하여 감전의 위험성 유무를 비교분석하기 위하여 각종 실험환경을 구성하여 실험을 실시한 연구 논문을 참조하여 분석하였다[2]. 절연성능이 있는 재질(예 FRP)의 뚜껑을 사용하는 경우에는 케이블 또는 케이블 접속점에 상부의 뚜껑과 50 cm 이상 이격하여야 안전성을 확보할 수 있다. FRP 재질의 저압접속함의 케이블 인입을 고려할 때 50 cm 이상의 거리확보는 불가능하다. 따라서 이러한 경우에는 뚜껑 밖으로 누설전류가 흘러 대지전위상승이 높아지는 것을 방지하기 위하여 뚜껑과 케이블 사이에 “도전성 접지망”을 설치하여 접지극에 접속하면, 주철(강)재 뚜껑과 동일하게 안전성을 확보할 수 있다.

3.4 침수방지 구조의 지중함에서 감전보호대책

지중함 내 고인 물을 제거할 수 있는 구조의 지중함에서 발생한 절연고장에 대한 감전방지 대책은 다음과 같다.

1. 고압 또는 특고압 지중함에서 감전보호대책

지중 접속함에서 지락사고가 발생하면 접지설비와 보호장치는 이를 검출하여 전원을 차단한다. 즉, 판단기준 제42조에 의한 지락차단장치의 시설 및 제18조에 따른 접지시설을 설치하면 된다.

2. 저압 지중함에서 감전보호대책

저압 지중접속함에서 절연고장시 전원을 자동차단 할 수 없는 경우에는 다음의 감전보호대책을 적용하여야 한다.

① 금속재 뚜껑과 케이블의 이격거리 유지

금속재 뚜껑과 케이블(케이블 접속재 포함)과의 이격거리를 10cm 정도 유지하여 공기절연에 의한 절연내력을 확보한다.

② 강화절연에 의한 감전보호

절연성능이 있는 재질의 뚜껑을 사용하거나, 그림 6과 같이 주철(강)재 뚜껑을 사용한 경우에는 철재 뚜껑 아래에 절연고무판으로 절연을 강화한다.

③ 접지시설

상기 ①, ②에 의하여 시설하는 경우, 접지는 감전보호와는 무관하다. 따라서 접지설비는 필요하지 않지만 설치하는 것이 감전보호 측면에서 안전하다고 할 수 있다. 접근 가능한 노출 도전부는 판단기준 제18조에 따른 접지를 시설하여야 한다.



그림 6 저압 철재 지중함 내부 및 절연 고무판

Fig. 6 Interior and insulation rubber plate of low voltage steel handhole

4. 결 론

도시 집중화 등의 원인으로 전기 공급을 위한 가공배선이 지중 배전방식으로 전환되고 있고, 이로 인한 지중함 감전사고 등 주철(강)재의 파손 등 안전사고가 빈번히 발생하고 있다. 따라서 철재 구조의 지중함이 압력에 대한 강도를 확보하기 위해 KS D 4040을 준용하여 시험한 제품을 사용할 수 있도록 기준(안)으로 제시하였다. 또한 본 논문에서 조사 및 분석된 자료를 근거로 전압에 따른 저압 지중함, 고압·특고압 지중함의 뚜껑 재질 등에 대하여 제137조에 세부 기준을 다음과 같이 추가 제시하였다.

1. 주철(강)재를 사용하는 저압, 고압, 특고압 지중함은 압력에 충분히 견딜 수 있도록 KS D 4040에 적합하여야 하며, 저압 지중함의 경우에는 절연성능이 있는 고무판을 주철(강)재의 뚜껑 아래에 설치하여 시설해야 한다.
2. 압력을 받는 차도 이외의 장소(인도 등 압력의 우려가 없는 곳)에 저압 지중함을 시설하는 경우에는 주철(강)재 이외에 절연성능이 있는 재질의 구조 및 뚜껑을 사용할 수 있다.

본 개정(안)을 반영하여 '17년 3월 2일에 전기설비기술기준의 판단기준에 공고가 되었으며, 기존 판단기준의 기준에 추가적으로 지중함 시설에 대한 보완책이 제시됨으로써 지중함 감전 사고를 크게 줄일 수 있을 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 산업통상자원부 에너지표준화 및 인증지원사업의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

References

- [1] Korea Electrical Association, "Development of detailed standards to prevent accidents of handhole", Sept. 2016
- [2] Chong-Min Kim, Woon-Ki Han, Sun-Bae Bang "Counter-measures for Preventing Electric Shock in Low-Voltage Handhole", KIEE, Vol. 56P, No. 4. Dec. 2007.
- [3] Ministry of Trade, Industry and Energy, "The Korea Electro-technical Regulation and Conformity Criteria", Mar. 2017.
- [4] Koran Agency for Technology and Standards, "KS D 6021 (Manhole covers and frames)", Dec. 2013. Abolition
- [5] Koran Agency for Technology and Standards, "KS D 4040 (General requirement of iron (steel) casting manhole covers and frames)", Feb. 2014.
- [6] KBIZ, "SPS-KFCA-M201-1639 (Iron(steel) casting manhole covers and frames)", Oct. 2014.
- [7] Koran Agency for Technology and Standards, "KS C IEC 61936-1(Power installations exceeding 1 kV a.c. - Part 1: Common rules)", Mar. 2015.
- [8] Koran Agency for Technology and Standards, "KS C IEC 60364-4-41(Low-voltage electrical installations -Part 4-41: Protection for safety - Protection against electric shock)", Jan. 2013.



차 송 희 (Song-hee Cha)

1985년 3월 14일생, 2009년 홍익대 전자전기공학부 졸업, 2011년 동 대학원 전기정보 제어공학과 석사 졸업, 2014년~현재 대한전기협회 과장



손 이 조 (Yi-Jo Son)

1954년 11월 27일생, 1999년 한국방송통신대학교 컴퓨터학과 졸업, 2001년 한양대학교 산업대학원 전기공학과 졸업(석사), 2002년~현재 오산대학교 전기과 겸임교수, 2004년~현재 (주)세흥이엔씨 대표

저 자 소 개



김 기 현(Gi-hyun Kim)

1971년 7월 27일생. 1997년 숭실대 전기공학과 졸업. 2000년, 2007년 동 대학원 전기공학과 석사, 박사 졸업. 2003. 6~2011. 10 한국전기안전공사 전기안전연구원 선임연구원. 2011년~현재 대한전기협회 팀장