

# 유원시설 전기설비 설치에 대한 국내외 규정 비교 분석

(Comparison and Analysis of Domestic and Foreign Standard for electrical equipment installation of amusement park and ride)

김기현\*, 김종민, 김한상

(Gi-Hyun, Kim · Chong-Min., Kim · Han-Sang, Kim)

## Abstract

This paper gives information which is applied to install the electrical equipment of amusement park and ride. For analyzing the standard of electrical equipment installation, we research the related regulation of National Electrical Code(2002), IEC 60364-series and Technical standards for Electrical facilities of internal standard. Among electrical equipments of amusement park and ride, especially we study the transformer vaults, overcurrent protection and ground protection of electrical equipment. So we the furnished the installation information of transformer vaults, overcurrent and ground protection at amusement park and ride.

## 1. 서 론

국내 유원시설 수는 국민의 여가 생활이 늘어남에 따라 꾸준히 증가하고 있으며, 불특정 다수가 이용하는 시설로 안전의 중요성이 매우 강조되는 분야로 대두되고 있다. 그러나 국내 전기설비 기술기준은 다양하게 변화되는 유원시설 전기설비 설치시 적용하기에 어려운 분야와 그 다양성에 부합하지 못하는 분야가 있다. 최근에 설치 보급되는 유원시설의 놀이기구는 빠른 속도와 복합 동작을 이용하여 과거의 단순 반복 조작을 하는 설비와는 달리 크게 변화 되고 있다[1].

따라서 본 논문에서는 대형화 및 복잡화 되어가는 유원시설을 구성하고 있는 전기설비 중 수·변전설비, 과전류 및 지락보호 장치에 대해 국내 전기설비 기술기준과 유원시설 설치시 규격을 적용하고 있는 외국규정[NEC(National Electrical Code :2002), IEC(International Electrotechnical Commission)]에서 관련된 항목을 비교하여 유원시설 전기설비 설치시 및 유지시에 적용하여 활용될 수 있도록 하였다.

## 2. 본 론

### 2.1. 유원시설의 전기설비 특성

2.1.1 유원시설은 넓은 입지조건을 필요로 하는 경우가 많기 때문에 수·변전설비의 배전방식이나뱅크구성에 있어서 다양한 형태를 띤다. 전원을 공급하는 수·변전설비는 기본적으로는 일반적인 건축설비에서의 수·변전설비와 유사하다. 다만 시설의 입지조건이나 유기기구의 특성상 다른 전기사용

장소와는 차이점을 갖고 있다. 또한 배전 방식은 넓은 면적에 걸쳐 유기기구가 시설된 업체의 경우에는 2단 강압 배전방식을 채용하고 있으며 중소규모의 업체는 1단 강압방식을 채용하고 있다[2].

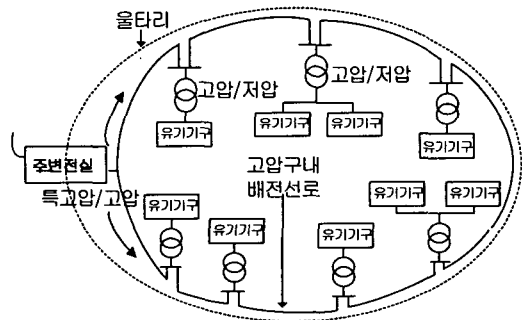


그림 1 수전 및 2단 강압 방식  
Fig. 1. Incoming method and Two-step down voltage method

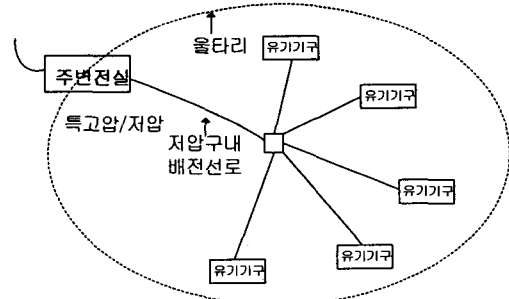


그림 2 수전 및 1단 강압 방식  
Fig. 2. Incoming method and One-step down voltage method

2.1.2 옥외에 설치된 전기기구가 많다. 유기기구는 대부분 설치장소가 야외이고, 전기설비로는 구동장치인 전동기와 조명 설비, 배선설비로 구성이 되어 있다. 따라서 전기설비와 조명 설비가 대부분 외부에 노출되어 있어 이 부분에 대한 물기 또는 기름 등에 대한 대비책이 필요하다.

2.1.3 유원시설의 특성상 유기기구에 대한 표준화가 어렵다. 유기기구는 스틸을 만끽하려는 인간의 다양한 욕구를 충족시키기 위해 대량생산이 아닌 소량의 주문생산방식이고 형태가 다양화 복잡화되어 유기기구 별 표준화가 곤란하다.

2.1.4 유기기구는 사람이 탑승함에 따라 안전시스템이 매우 중요하다. 유기기구 특성상 동작 중에 사람이 탑승하기 때문에 설비의 트러블로 인한 인명피해를 최소화하기 위한 안전시스템이 매우 중요시되는 전기기계기구이다.

### 3. 설비별 국내외 규격 비교 분석

#### 3.1 수·변전설비

##### 3.1.1 전기설비 기술기준

국내 기술기준에는 수·변전설비에 관련하여 다음 사항 등이 규정되어 있다[3].

- 출입구 시진 장치
 

구내에는 취급자 이외의 자가 들어가지 아니하도록 울타리·담 등을 시설하여야 하고 출입구에는 출입 금지표시를 하고 또한 자물쇠 기타 적당한 시진 장치를 하여야 한다.
- 울타리·담 등의 시설
 

울타리·담 등의 높이는 2m 이상으로 하고 지표면과 울타리·담 등의 하단사이의 간격은 15cm 이하로 시설하고 또한, 울타리·담 등으로부터 충전부분까지의 거리의 합계는 5m 이상이어야 한다.
- 특별고압 인입선의 시설
 

인입선의 굵기는 단면적 22mm<sup>2</sup> 이상의 경동연선 또는 이와 동등 이상의 세기 및 굵기의 것을 선정하여야 하고, 인입선과 그 지지물·완금류·지주 또는 지선과의 이격거리는 20cm 이상을 유지하여야 한다. 특별고압인입선의 지표상의 높이는 일반적으로 5m 이상이어야 한다.

##### 3.1.2 NEC

수·변전 설비에 대해서는 NEC 450 항과 고압설비에 대한 항에서 정의 하고 있다[4][7].

- 설치 위치 및 출입구 시진장치
 

변전실은 가능한 덕트를 사용하지 않고 직접 환기될 수 있는 장소에 위치하여야 하고, 변전실 출입구는 최소 3시간 이상 내화도를 가지고 빈틈없이 꼭 맞는 문을 설치하여야 한다. 문에는 자물쇠를 설치해 놓고, 유자격자만 출입할 수 있게 해야 한다. 또한 가장 큰 변압기의 오일을 변전실 내에 가둬둘 수 있을 만큼 충분한 높이를 가진 문틀이나 문턱 등이 설치되어야 하고, 어떠한 경우에도 이 높이가 10cm 이하가 되어서는 아니된다.
- 벽, 지붕 및 바닥 재질
 

변전실의 벽과 지붕은 최소 3시간 내화도를 갖도록 규정하고 있고, 지면에 직접 닿는 변전실의 바닥 두께가 10cm 이상인 콘크리트여야 한다.
- 환기구
 

환기구는 문, 창문, 비상구 및 가연성 물질로부터 가능한 한 멀리 떨어진 곳에 설치해야 한다. 환기구의 넓이는 총 실면적이 가동 중인 변압기 용량 1kVA 당 1,900mm<sup>2</sup> 이상이어야 하고, 어떠한 경우에도 50kVA 이하의 용량에 대해 0.1m<sup>2</sup> 이상이어야 한다. 옥내의 모든 환기구는 변전실에 화재발생시 작동하게 되어 있는 자동폐쇄 방화댐퍼를 설치해야 한다. 이런 댐퍼는 90분 이상의 표준 내화도를 가져야 한다. 환기 덕트는 내화재로 제작되어야 한다.
- 배수
 

변전실 내에 설치된 변압기의 용량이 100kVA를 넘는 경우에는 설치조건이 허락하는 한 변전실 내에 누적된 물이나 오일을 내보낼 배수 또는 이와 유사한 방법이 강구되어야 한다. 변전실 바닥은 배수가 용이하도록 경사를 두어야 한다.
- 활선부와의 이격거리
 

전기설비의 활선 부분과의 이격거리는 위험 정도와 주위 조건에 따라서 적용되어야 한다. 다음 표1은 울타리(fence)와 활선 사이의 최소 이격거리를 정의 하고 있다.

표 1. 활선 부분과 울타리의 최소 이격거리  
Table 1. Minimum Distance from Fence to Live parts

정격 전압	최소 이격거리	
601 ~ 13,799V	3.05m	10ft
13,800 ~ 230,000V	4.57m	15ft
230,000V 이상	5.49m	18ft

- 작업 공간과 위험 방지 대책

전기설비의 활선 부분과 접근시 최소 작업 공간은 다음 표의 값 이상이어야 한다. 작업 거리 공간은 활선부, 노출된 금속 부분 또는 엔크로저 등으로 부터의 거리를 의미한다.

표 2. 전기설비 작업 공간의 최소 이격거리  
Table 2. Minimum Depth of Clear Working Space at Electrical Equipment

상 전압	최소 이격거리		
	조건 1	조건 2	조건 3
601 ~ 2,500V	900mm	1.2m	1.5m
2501 ~ 9,000V	1.2m	1.5m	1.8m
9,001 ~ 25,000V	1.5m	1.8m	2.8m
25,001V ~ 75kV	1.8m	2.5m	3.0m
75kV 이상	2.5m	3.0m	3.7m

조건 1 : 한쪽 부분만 활선 부분이 노출되고, 작업공간의 다른 쪽에서는 활선 부분이 없던지, 접지된 경우. 또는 절연 물질 또는 적절한 나무로 노출된 양쪽 부분을 다 보호된 경우. 또는 절연 전선 또는 절연 버스바(busbars)가 300V 이하에서 작동하는 경우에는 활선 부분으로 간주하지 않는다.

조건 2 : 한 쪽 부분이 활선 상태이고, 다른 한쪽이 접진 된 경우. 콘크리트, 타일 벽은 접지 면으로 여겨진다.

조건 3 : 조건 1에서처럼 적절하게 보호되지 않은 작업공간이 양쪽면 다 활선 상태인 경우.

### 3.1.3 IEC

IEC 60364-series(건물의 전기설비 시설 규정)에서 저압 계통을 공급하는 변전설비의 고압부분에서 계통지락시 인체와 저압 계통 기기의 안전을 도모하기 위해 정의하고 있다. 변전설비의 접지는 다음 항목에 해당하는 부분을 접지 하도록 규정하고 있고, 노출된 도전성 부분의 접지저항은 1Ω 이하로 한다[5][8].

- 접지극
- 변압기 외함
- 고압케이블 금속제 외장
- 고압계통의 접지선
- 고압과 저압기기의 노출 도전성 부분

## 3.2 과전류 보호 장치

### 3.2.1 전기설비 기술기준

○ 전동기 단락보호전용 차단기  
차단기의 규격으로는 정격전류가 1배의 전류에서 자동적으로 작동하지 아니할 것, 정정 전류는 정격 전류의 13배 이하일 것, 정정 전류의 전류와 1.2배의 전류를 통하였을 경우에 0.2초 이내에 자동적으

로 작동할 것으로 규정하고 있다. 저압전로에 시설하는 과전류 차단기는 이를 시설하는 곳을 통과하는 단락전류를 차단하는 능력을 가지는 것이어야 한다. 다만, 그 곳을 통과하는 최대 단락전류가 10,000A를 넘는 경우에 과전류 차단기로서 10,000A 이상의 단락전류를 차단하는 능력을 가지는 배선용 차단기를 시설하고 그곳으로부터 전원측의 전로에 그 배선용 차단기의 단락전류를 차단하는 능력을 넘고 그 최대 단락전류 이하의 단락전류를 그 배선용 차단기보다 빨리 또는 동시에 차단하는 능력을 가지는 과전류 차단기를 시설하는 때에는 그러하지 아니하다.

#### ○ 전동기 단락보호 전용 퓨즈

퓨즈 규격으로는 정격전류의 1.3배의 전류에 견딜 것, 정격전류의 10배의 전류를 통하였을 경우에 20초 이내에 용단될 것, 과부하 보호장치와 단락보호 전용차단기 또는 단락보호 전용퓨즈를 하나의 전용함 속에 넣어 시설한 것일 것, 과부하 보호장치가 단락전류에 의하여 소손하기 전에 그 단락전류를 차단하는 능력을 가진 단락보호 전용 차단기 또는 단락보호 전용 퓨즈를 시설한 것일 것으로 규정하고 있다.

과부하 보호장치의 단락보호 전용 퓨즈를 조합한 장치는 단락보호 전용 퓨즈의 정격전류가 과부하 보호장치의 정정전류의 값 이하가 되도록 시설해야 한다[3].

### 3.2.2 NEC

전동기, 전동기 제어기구 및 전동기 분기회로 전선을 전동기 과부하와 기동실패로 인한 과열로부터 보호하기 위한 과부하 보호 장치를 말한다[6]. 연속가동 전동기 중 1마력이 초과 되는 경우 다음 중에 선정하여 과부하로부터 보호되어야 한다[4].

○ 전동기 전류로 작동되는 별도의 과부하보호 장치는 전동기 명판의 전부하 정격전류의 다음 백분율 이하의 정격을 가져야 한다.

- 1.15 전달계수 또는 동력 전달계수를 가진 전동기 : 125%
- 40℃, 그 이하로 표시된 온도 상승을 가진 전동기 : 125%
- 기타 모든 전동기 : 115%

○ 전동기와 통합된 열 보호기기는 보호방식은 전동기의 최종 트립 전류는 전동기 전부하 전류의 다음 백분율을 초과 할 수 없다.

- 9A 이하의 전동기 전부하 전류 : 175%
- 9.1A~20A 이하의 전동기 전부하 전류 : 156%
- 20A 초과인 전동기 전부하 전류 : 140%

○ 1 마력 이하 자동 기동되는 전동기는 명판 전 부하 정격 전류의 다음 백분율 이하에서 트립 되거나 정격되도록 선택되어야 한다.

- 1.15 전달계수 또는 동력전달계수를 가진 전동기 : 125%
- 40℃, 그 이하로 표시된 온도상승을 가진 전동기 : 125%
- 기타 모든 전동기 : 115%

○ 퓨즈 또는 열적 보호기를 제외한 전동기 과부하 보호장치는 전동기로 흐르는 전류를 차단하기 위해 여러 비접지 선로를 동시에 개로 시켜야 한다.

### 3.2.3 IEC

보호기는 회로전원에 단락전류가 흘러 전원과 접속부에 위험한 열적, 기계적 영향을 발생시키기 전에 회로 전선에 흐르는 어떠한 단락 전류도 차단하도록 설치해야 한다. 또한 회로의 어떤 점에서라도 발생하는 단락전류는 그 전원의 허용제한 온도를 초과하기 전에 전원을 차단시켜야 한다. 연속 시간이 5초인 단락의 경우, 일반 사용조건에서의 최고 허용 온도로부터 단락전원에 의해 전선이 제한 온도로 도달할 때까지의 시간은 다음 공식을 통해 계산 할 수 있다[5][8].

$$\sqrt{t} = k \cdot \frac{S}{I}$$

t : 연속 시간(s), S:단면적 (mm<sup>2</sup>), I:단락전류(A)  
k : 도체재료의 저항률, 온도계수와 열용량에 따라 당해 초기온도와 최종온도를 고려한 계수

- 과부하 및 단락보호 협조
  - 과부하 보호에 적합하고, 그 설치 점에서의 추정된 단락전류 이상의 차단용량을 갖는 경우는 그 점으로부터 부하 측의 전원에 대한 단락보호도 되어 있는 것으로 간주한다.
  - 전선이 허용전류를 초과한 전원을 공급할 수 없는 전원으로부터 공급받는 경우, 과부하 및 단락 보호가 된 것으로 간주 한다.
- 전동기 과부하 및 과속도 보호
 

전동기 과부하보호는 각 전동기 정격에 따라 제공 되어야 한다. 전동기의 과부하보호는 전류제한 기구, 온도 측정기기, 과부하 보호기구 등과 같은 기구를 이용하여 보호 할 수 있고, 고장 사고시 손실을 최소화 하기 위해 과속도가 발생 될 수 있는 장소에는 과속도 보호 장치를 설치해야 한다.

## 3.3 지락 보호 장치

### 3.3.1 전기설비 기술기준

금속제 외함을 가지는 사용전압이 60V를 넘는 저압의 기계기구로서 사람이 쉽게 접촉할 우려가 있는 곳에 시설하는 것에 지락이 생겼을 때에 자동적으로 전로를 차단하는 장치를 시설해야 하고, 특별한 경우에 대해서는 예외 규정을 두고 있다. 또한 특별 고압전로, 고압전로에 변압기에 의하여 결합되는 400V 이상의 저압에 지락이 발생될시 자동적으로 전로를 차단하는 장치를 시설하도록 규정하고 있다[3].

### 3.3.2 NEC

인명보호용 누전차단기는 단상 125V, 15A와 20A 콘센트가 시설 된 곳에는 누전차단기를 설치해야 한다. 기기의 지락보호는 대지 전압이 150V를 초과하고, 1,000A 이상 정격인 각 인입구 단로 장치에서 상간 전압이 600V를 초과하지 않는 직접 접지된 Y결선 인입선에 설치해야 한다.

전동기 분기회로의 단락 및 지락에 대한 보호를 위해서는 다음 규정 중에 하나를 준수해야 한다. 이 규정은 공칭 전압 600V를 초과하는 정격의 전동기는 적용하지 않는다[4][7].

- 모든 전동기 분기회로 단락 및 지락보호 장치는 전동기의 기동전류를 운반할 수 있어야 한다.
- 전동기 분기회로의 단락 및 지락 보호 장치의 최대정격 또는 설정값 보다 작게 설정치를 가진 보호 장치를 사용해야 한다.
- 토크 전동기 분기회로는 전동기 명판 전류 정격에서 따라 보호 장치가 사용되어야 한다.
 

전동기 간선의 단락 및 지락에 대한 보호장치의 최대 정격이나 설정치, 기타 전동기의 전부하 전류의 합을 더한 값 보다 작은 정격이나 설정치를 가진 보호장치를 설치해야한다. 노출된 조명기구 또는 대지전압이 150V를 초과하는 금속 조명 기구는 접지를 해야 하고, 비자격자가 접근을 하지 못하도록 시설해야 한다.

### 3.3.3 IEC

정상공급시 보호와 고장시 설비로부터 안전하게 인체 감전을 보호 할수 있도록 시설에 대한 규정을 정하고 있다.

정상공급시 감전보호로는 충전부는 고장나지 않으면 제거할 수 없는 절연물로 완전히 감싸야 하고, 쉽게 접근할 수 있는 엔클로저의 수평면은 보

호등급 IP4X 이상을 가져야 하고, 정격감도 전류가 30mA 이하의 누전차단기는 다른 보호수단의 고장 또는 사용자의 부주의로 정상공급시 감전보호의 추가보호용으로 사용할 수 있다.

고장시 감전보호로는 보호기 회로 또는 기기의 충전부와 노출도전성 부분이나 보호도체와의 사이에 고장이 발생한 경우 교류 50V(rms) 또는 직류 120V(ripple-free)를 넘는 접촉 가능한 전도성 부분에 접촉한 사람에게 생리학상 유해한 영향의 위험을 미치게 되는 시간 지속이 되지 않는 간접 접촉보호를 하는 회로, 또는 기기의 전원 자동 차단을 해야한다. 또한 접근 가능한 노출 도전성 부분은 개별로, 그룹별로 또는 종합해서 같은 계통접지에 접속해야 한다[5][8].

#### 4. 결 론

수·변전설비에 대하여 NEC는 전기설비기술기준과 같이 변전실의 시건장치, 출입구의 표시에 대하여 규정하였을 뿐만 아니라 변전실의 화재에 대비한 내화성의 재질조건, 유입변압기의 절연유에 대한 환경오염을 예방하기 위한 조건 그리고 환기에 대하여 위치, 배치, 크기, 덮개 및 댐퍼 등에 관하여 상세하게 규정하고 있고, IEC는 수변전설비의 안전을 위해 수·변전 설비에 사용되는 기기 즉 변압기 외함, 고압케이블 금속제 외장, 고압과 저압기기의 노출된 도전성 부분에 접지를 해야 하고, 노출 도전성 부분의 접지 저항은 1Ω 이하로 규정하고 있다.

과전류 및 단락 보호에 대하여 NEC는 각 전기설비 별로(발전기, 의료기기, 조명기구, 전동기, 가정용 전기기구 등) 분류하여 각 설비 특성을 고려한 과전류 및 단락 보호를 규정하고 있다. 과전류 보호장치를 수납하는 외함에 대한 시설조건, 개폐장치의 조작시 발생할 수 있는 아크의 영향으로부터 인체를 보호하기 위한 조건 등 세부적으로 규정하고 있고, IEC에서는 회로도체에 과부하 전류가 흘러, 그 도체의 절연, 접속부, 단자부 또는 주위에 위험한 온도 상승을 발생시키기 전에 과부하 전류를 차단하는 과부하 보호기를 규정하고 있다. 전동기 과부하 보호를 위해 전류 제한 기구, 온도 측정기, 과부하 보호기 등을 이용할 수 있도록 규정하고, 전동기 과속도보호 등에 대해서도 과속도 보호 장치를 시설하도록 규정하고 있다.

지락 보호에 대해서 NEC에서는 지락보호장치를 인명보호용, 기기보호용, 전동기보호용으로 세

분하여 규정하고 있다. 인체감전보호용에 대해서는 정격감도전류가 국내는 30mA인데 반하여 NEC에서는 5mA로 규정하고 있으며 그 형태에 있어서도 콘센트형, 개폐기형 등으로 다양하게 규정하고 있고, IEC는 인체 감전보호를 위해 쉽게 접근 할 수 있는 장소의 외함의 보호등급은 IP4X 이상으로 규정하고, 충전부는 고장이 나야만 제거가 가능한 절연물로 완전히 감싸도록 규정하고 있다. 특히, 누전차단기는 직접접촉에 대한 부가적인 보호수단으로만 적용토록 하고 있다.

이 논문은 전력산업 연구개발 사업비의 지원에 의해 수행된 연구결과의 일부임

#### 참 고 문 헌

- (1) 안전교육교재, 한국중합유원시설협회, 2003.
- (2) '다중이용시설 중 유흥장/유원시설의 전기설비 시설지침 연구' 중간보고서, 전기안전연구원, 2004.3
- (3) 전기설비 기술기준, 산업자원부 고시 제2003-24호.
- (4) National Electrical Code 2002, NFPA.
- (5) IEC 60364-series (Electrical Installations of Buildings) (60364-1, 60364-4-(41, 42, 43, 44), 60364-5-(51, 52, 53, 54, 55, 56, 548), 60364-6-61, 60364-7-(711,740))
- (6) Standard Practice for Design of Amusement Rides and Devices(F2291-03).
- (7) 미국 전기공사 규정에 의한 전기설계 핸드북, 의제 출판사, 1999.
- (8) IEC 60364 건축전기설비 기술기준 핸드북, 의제 출판사, 2000.