공연장의 전기설비 시설지침

배 석 명
전기안전연구원 기준연구팀장

공연장은 문화적 공간이기에 앞서 많은 사람이 동시에 운집하는 대규모 집회시설이며, 그 특성상 복잡한 내부 공간 및 다양한 용도로 인해 전기화재 등의 사고 발생시에는 재산피해는 물론 많은 인명피해가 우려되는 대표적인 다중이용시설 중의 하나이다.
또한 눈부신 과학기술의 발전으로 공연장의 설비도 첨단화 · 다양화되고 있는데 반하여 국내의 경우 아직도 공연장 등 연출공간이 지닌 특수성으로 인해 전기안전이 제대로 반영되지 않은 채 전기설비가 시설되고 있으며 관련 전기법규 등도 아주 간단히 규정하고 있어 공연장의 안전대책은 매우 중요한 문제로 부각되고 있다. 공연장의 전기설비 시설지침을 시리즈로 게재한다. *〈편집자 주〉*

1. 머리말

본 지침은 공연장의 전기설비에서 발생할 수 있는 전기재해로부터 관객, 출연자 및 설비취급자의 안전을 도모하기 위하여 다음과 같이 두 가지의 목적을 두고 있다.

첫째, 공연장의 전기설비에 대한 설계, 시공, 검사 및 유지관리를 담당하는 전기기술자에게는 공연장의 전기설비가 지닌 특수성과 기본적 사항 등을 제시하였으며,

둘째, 공연장의 연출공간에 시설되는 무대조명, 무대기계기구 및 무대음향설비를 취급하고 운영하는 무대예술인에게는 전기적 측면의 안전을 이해시킴으로써 공연장의 전기설비에 관한 효율적인 안전관리가 행해질 수 있도록 하였다.

본 시설지침서가 공연장의 안전을 위하여 널리 사용되어 공연장의 전기재해를 줄이는데 기여할 수 있게 되기를 기대한다.

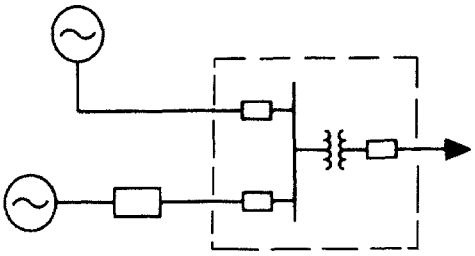
2. 전원 및 간선설비

공연장 등 연출공간에 있어서는 연극, 공연 등으로 인해 일반적인 전기설비 이외에 무대조명, 무대기구, 무대음향의 3가지 설비로서 통상 "무대설비"(연출용 설비)라고 한다. 이들 무대설비에 전원을 공급하는 설비가 전원 및 간선설비이다. 기본적으로는 일반적인 건축물의 전기설비와 유사하며 또한, 적용하는 법령이나 기준도 동일하지만 공연장에 시설하는 전원 및 간선설비는 공연장의 특성을 고려하여야 한다.

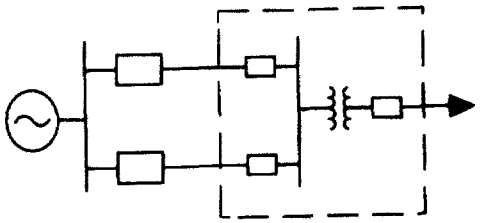
가. 수전방식 및 배전계통

(1) 수전방식

수전방식은 수전장소, 전력회사 및 송배전 계통에 따라 다르지만, 일반적으로 공연장에서는 저압은 1회선 단독수전방식을 사용하고 있으며 고압 이상의 수전방식에는



〈그림 1〉 본선·예비선 수전방식



〈그림 2〉 평행 2회선 수전방식

대부분이 본선·예비선 수전방식을 사용하고 있다.

공연장의 수전설비 신뢰도 향상을 위해 권장되는 방식은 평행 2회선 수전방식이다(그림 1, 2 참조).

(2) 배전계통

가) 배전계통은 사용전압, 계통의 신뢰성, 경제성, 보수성, 안전성 등 여러 가지의 조건에 의해 결정된다.

나) 무대전기설비에 사용되는 기기의 대부분은 저압이고 특별고압 등 수전의 경우에는 변압기에 의해 필요한 전압으로 강압되어 공급된다(표 1 참조).

나. 변압기의 전원구분

무대전기설비의 전원을 구분하면 무대조명전원, 무대기구전원, 무대음향전원의 3종류로 구분할 수 있다.

변압기는 각 설비의 사용전압, 변압기의 용량, 고조파의 발생 등을 고려하여 각각의 설비마다 구분하는 것이 최선의 방법이지만, 소규모의 공연장에서 전원변압기의 구분은 비경제적일 수 있으므로 변압기를 공용으로 하는 경우도 있다.

(1) 무대조명전원

가) 무대 조명설비는 사이리스터 조광회로가 대부분이므로 고조파의 발생량이 많다. 따라서 가능한 독립된 전용의 변압기에 의해 전원을 공급하는 것이 바람직하다.

나) 무대 조명설비의 사용전압은 일반적으로 380/220V이다. 따라서 대지전압을 300V 이하(「기술기준」 제187

〈표 1〉 변압기로부터의 공급전압

결선방식	2차전압	변압기의 결선	비 고
단상3선식	E_{21}: 110 E_{22}: 220	(1차전압) E21 E22 E21 (2차전압)	• 일반조명전원용 • 일반콘센트전원용 • 무대조명전원용 • 무대음향전원용
3상4선식	E_{21}: 220 E_{22}: 380	(1차전압) E22 E21 E22 E22 E21 E21 (2차전압)	• 일반동력전원용 • 무대조명전원용 • 무대기구전원용 • 무대음향전원용

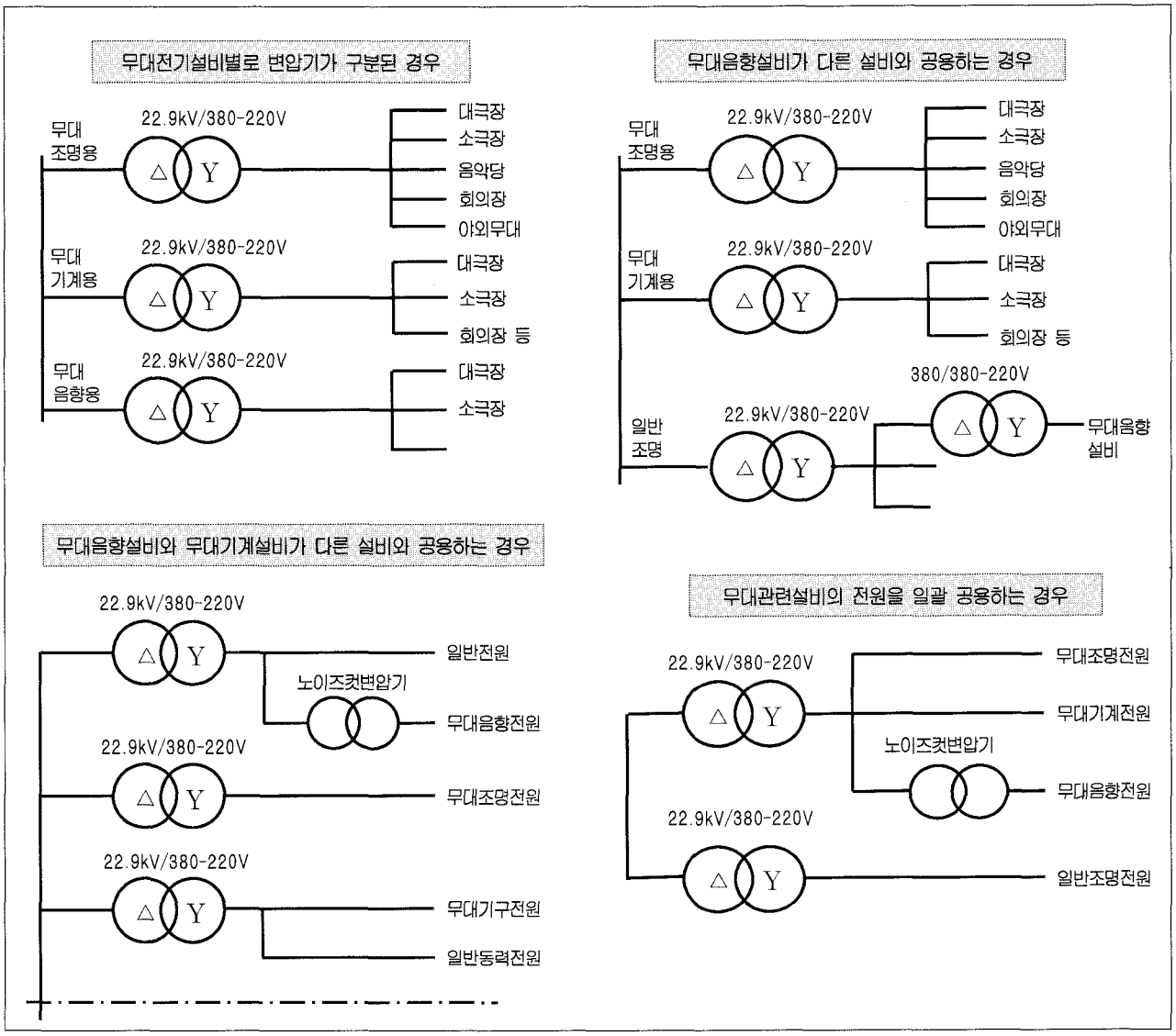
조)로 제한하기 위해서는 중성선을 포함하는 전원을 설비할 필요가 있다.

(2) 무대기구전원

가) 무대기구는 대부분 전동기 부하이므로 전원은 일반 동력전원과 동등하지만 사용빈도가 매우 간헐적이다.

또한 동작의 정확성이 요구되기 때문에 전압변동 등의 영향을 받지 않도록 다른 동력전원과 공용되지 않은 독립된 전용의 변압기로 구분할 필요가 있다.

나) 컴퓨터 시스템(computer system)으로 제어를 하는 대규모 무대기구설비에는 제어용 공급전원을 동일한 동력전원이 아닌 다른 일반전원으로부터 공급하는 것이 바람직하다.



〈그림 3〉 공연장 무대전기설비의 전원변압기 구분사례

(3) 무대음향전원

가) 무대음향설비는 다른 부하설비 등에 의해 노이즈의 영향을 받지 않도록 하기 위하여 독립된 전용의 변압기에 의해 전원을 공급하는 것이 바람직하다.

나) 음향설비용량이 작은 경우 또는 부득이 다른 전원과 변압기를 공용하는 경우에는 음향설비의 전원부에 노이즈 컷(noise cut) 변압기 등의 노이즈 차단기능을 갖는 음향전용변압기를 설치하는 것이 바람직하다.

다. 무대전기설비의 전원변압기 구분 사례

그림 3 참조.

라. 전원용량

연출공간 전기설비의 전원용량의 결정은 일반 전기설비의 경우와 원칙적으로 동일하며 다음에 따라서 계산용량을 구할 수 있다.

전원용량 = 총 부하설비용량 × 수용률 × 여유율

또한 연출공간 전기설비는 예상되는 공연의 내용에 적합한 시설로서 설비기기를 장비(裝備)하기 때문에 하나의 공연에서 모든 설비를 사용하는 경우는 없으며, 공연의 형태에 따라 사용되는 설비기기에는 큰 차이가 있다. 따라서 설비전체에 대한 수용률 및 사용빈도는 일반 전기설비와 다르고 매우 적다고 볼 수 있다.

연출공간 전기설비는 각각의 설비목적에 따라서 산정조건이 다르기 때문에 다음 각 설비에 관해서 서술하면 다음과 같다.

(1) 무대 조명설비의 전원용량

무대 조명설비의 총 부하설비용량은 일반적으로 무대조명 부하용량, 반입(搬込)조명기기 전원용량 및 객석조명 부하용량의 총합이지만 공연장의 특징으로부터 전원용량의 산출기준은 다음과 같다.

(가) 무대조명설비의 전원용량 산정

① 공연장의 형태 및 운용상 무대조명과 객석조명이 동시에 점등하지 않는 경우에는 객석조명 부하용량을 제외하고 다음 식에 의해 산출한 값의 직근(直近) 상위의 정격용량으로 한다(일반의 극장, 공연장, 텔레비전 스튜디오 등).

전원용량 = (무대조명부하용량 + 반입조명기기전원용량) × 수용률 × 여유율

② 무대조명과 객석조명이 동시에 점등하는 사용상황이 있는 공연장의 경우에는 무대조명 부하용량과 객석조명 부하용량의 합으로 하여 다음 식에 의해 산출한 값의 직근 상위의 정격용량으로 한다(연회장, 전시장, 학교강당 등).

전원용량 = 【(무대조명부하용량 + 반입조명기기전원용량)× 수용률 × 여유율】 + 객석조명부하용량

③ 공연장 계획에 있어서 다목적으로 이용하기 위해 무대조명은 임시로 사용하는 이동기기에 의해 주로 공연을 하는 경우에는 반입조명기기전원이 전원용량의 주된 부하용량이 된다. 따라서 전원용량의 산출은 다음 식에 의한다(행사장, 대형체육관 등).

전원용량 = 【(무대조명부하용량 × 수용률 + 반입조명기기전원용량) × 여유율】 + 객석조명부하용량

(나) 수용률

① 무대 조명은 공연중 과부하전류에 의해 과전류차단기가 동작하지 않도록 하여야 한다. 따라서 무대 조명설비의 전원용량산정을 위한 수용률은 사용하는 전기설비용량이 전원용량을 넘지 않도록 최대 수용률을 기초로 계산하여야 한다.

② 무대 조명의 수용률은 공연장의 용도, 규모, 설비의 정도에 의해서 다르지만 안전하게 사용하기 위하여 일반적으로 표 2에 의하는 것이 바람직하다.

〈표 2〉 무대조명 부하용량에 대한 수용률

공연장의 종류	수용률	공연장의 형태	비 고
연극 공연장	0.5 ~ 0.6	프로시니엄	※소규모 공연장의 수용인원은 1,000명 이하, 무대조명면적 약 130m² 이하를 대상으로 함.
상업극장	0.45 ~ 0.55	〃	
시민회관	0.55 ~ 0.75	〃	
소규모 공연장	0.6 ~ 0.9	〃	
음악 공연장	0.7 ~ 0.85		
다목적 공연장	0.4 ~ 0.6		

※ 일반적인 공연장을 대상으로 한 값이기 때문에 특수한 사용목적으로 하는 경우에는 그 사용상태에 따라서 산정하여야 한다.

(다) 여유율(余裕率)

무대 조명설비의 여유율은 공연장 운영의 장래를 고려하여 그 값이 결정된다. 예를 들면 장래에 설비의 증설이 예상되는 경우에는 여유율을 고려하여야 한다. 일반적으로는 여유율은 1~1.2를 선정하고 있다.

(2) 무대기구설비의 전원용량

무대기구설비는 무대상부의 브리지 위에 설비되는 상부 무대기구와 무대를 여러 가지로 가변하는 무대 밑에 설비되는 하부 무대기구가 있다.

(가) 무대기구설비의 전원용량 산정

① 무대기구설비의 전원용량의 산정은 무대의 진행에 따라 동시에 시동하는 부하용량과 누적 병렬운전을 필요로 하는 부하용량과의 합계 값의 최대부하용량을 허용할 수 있는 전원용량이어야 한다.

그러므로 일반적으로는 다음 식에 의해 산출한 값의 직근 상위를 정격용량으로 하고 있다.

전원용량 = 동시 운전되는 최대부하용량 × 수용률 × 여유율

② 특히, 컴퓨터제어의 경우에는 프로그램에 의한 동시 시동의 전동기군과 더불어 그 운전중에 추가되는 다른 전동기군의 동시 시동이 연속하여 누적병렬 운전되는 것도 가능하게 되기 때문에 전원용량의 결정과 동시에 사용상의 제한을 할 수 있는 대책을 강구하여야 한다.

(나) 목표로 하는 전원용량의 계산

공연장 전체의 전원용량 산출자료로서 무대기구설비의 전원용량을 필요로 하는 경우에는 설비의 변동이 없는 일반 공연장에서 목표로 하는 계산용량은 다음 식에 의한 산출 값을 기준치로 하여 여러 가지의 조건을 더한 값의 직근 상위를 정격용량으로 하는 것이 바람직하다.

- 상부 무대기구의 전원용량(A) = 총부하 설비용량 × 0.4~0.6
- 하부 무대기구의 전원용량(B) = 총부하 설비용량 × 1.0
- 무대기구설비의 전원용량 = (A) + (B)

(다) 수용률

무대기구설비의 경우에는 실 부하 상태에서의 전원용량을 산정하기 때문에 수용률을 1.0으로 계산하여야 한다.

(라) 여유율(餘裕率)

무대기구설비에 있어서는 계획시의 상정을 전제 조건으로 하고 있기 때문에 운용개시 후에 있어서의 사용조건이 계획시와 다른 경우가 있다. 공연장 운용의 과정에서 어느 정도의 설비 증설을 예상하여 여유율은 1.1~1.2로 하는 것이 바람직하다.

(3) 무대음향설비의 전원용량

(가) 무대음향설비의 전원용량 산정

무대음향설비는 공연장에 설치되어 있는 무대음향기기와 순회공연(tour concert) 등의 공연이 사용되는 반입 음향기기가 있다.

따라서 무대음향설비의 전원용량의 산정에는 다음 사항을 유의하여야 한다.

① 반입 음향기기 전원이 필요 없는 공연장의 전원용량

전원용량 = 총 부하설비용량 × 수용률 × 여유율(단, 수용률 1.0)

② 반입 음향기기 전원이 필요한 공연장의 전원용량

○총 부하설비용량 × 0.4 〉 반입음향기기 전원용량

전원용량 = 총 부하설비용량 × 수용률 × 여유율(단, 수용률 1.0)

○총 부하설비용량 × 0.4 〈 반입음향기기 전원용량

전원용량 = 총 부하설비용량 × 수용률 × 여유율 + 반입음향기기 전원용량(단, 수용률 0.6)

다만, 전원변압기를 각각 독립하여 설비하는 경우에는 각각의 전원용량으로 하여야 한다.

(나) 부하설비용량의 산정

무대음향설비의 부하용량의 산정은 기기명판에 표시된 정격용량을 기초로 하며 무대음향기기의 실제 최대소비전력을 고려하여 산정하여야 한다. 표 3은 음향기기의 명판을 알 수 없는 경우 소비전력을 산정하는데 참고할 수 있다.

〈표 3〉 음향기기의 일반적인 소비전력 산정

기기 명칭	소비전력(W)
디지털효과기(1~2 랙 유닛)	10~40
디지털효과기(3~5 랙 유닛)	150
녹음재생기기	75
12채널 콘솔	300
24채널 콘솔(저급)	600
24채널 콘솔(중급 이상)	1000
녹음기(24트랙 이상)	평균 700, 최대 2000
전력증폭기	정격용량의 2.5배

※Audio systems design and installation, Philip Giddings

(다) 수용률

무대음향설비의 전원용량은 음질이 변형(일그러짐)되지 않도록 하기 위해 음성출력의 최대치를 공급할 수 있는 용량이어야 한다.

또한, 음향 전류파형에는 고조파함유량이 많기 때문에 전원에 대한 고조파 억제대책 방법으로 수용률은 1.0으로 하고 있다. 다만, 반입음향기기 전원이 필요하고 또한, 그 용량이 시설의 총 부하설비용량의 40% 이상의 용량이 준비된 경우에는 수용률은 0.6으로 한다.

(라) 여유율

공연장의 음향전원설비 설계시 계산상 예측되는 효과는 건축디자인, 내장재질 등의 건축음향과의 관계로 실제로는 약간의 차이가 생긴다. 또한, 무대음향설비는 시설 이후 운용하는 도중에 음향효과기기 또는 녹음기기 등을 증설하는 경우가 많으므로 이를 고려하여 전원용량은 다소 여유를 갖는 것이 바람직하다. 일반적으로 여유율은 1.2~1.3이 바람직하다.

3. 간선(幹線)설비

간선설비는 본질적으로는 일반적인 건축설비에 있어서의 간선설비와 유사하지만 공연장의 연출공간 전기설비 특유의 기능상, 특성상 또는 운용상 특히 유의할 필요가 있는 것에 관하여 서술한다.

가. 간선계통

(1) 무대조명

가) 무대 조명용의 전원은 시스템구성 또는 조작상에서 1회로의 간선(幹線) 차단기를 설치하는 것이 바람직하다. 특히, 사이리스터 조광기를 사용하는 경우에는 제어용전원(위상각 제어회로)을 완전히 동기시킬 필요가 있기 때문에 간선을 여러 회선으로 나눠 공급하는 것은 그 회선수 만큼 위상각 제어회로를 설치하는 것이 되므로 비용이 상승할 뿐만 아니라, 시스템구성이 복잡하게 되어 조작상 또한 조광특성에도 적합하지 않은 경우가 발생할 수 있다. 따라서 무대 조명전원은 1회선으로 공급하는 것이 대부분이며, 설비의 고도화, 규모의 대형화에 따라 대용량의 간선이 필요해진다.

나) 간선용량의 산출에는 대단원(finale)에 있어서의 최대부하를 상정하고 최대수요전력의 1.1~1.2배의 값을 채용하는 것이 바람직하다. 또한, 상술한 바와 같이 사이리스터 조광기를 사용하는 경우에는 중성선에 고조파전류가 흘러서 조광 특성에 악영향을 주기 때문에 전압강하의 계산은 특히 주의하여야 한다.

다) 반입조명기기 전원을 설비하는 경우에는 그 설치 장소가 일반적으로 무대 뒤편 등의 무대 마루면에서 취급할 수 있는 장소에 설정되어 조광실과는 다른 장소이므로 무대조명용 간선과는 별도 계통의 간선설비를 설치하여야 한다.

(2) 무대기구

무대기구설비는 상부기구와 하부기구로 구성되어 있다. 상부기구의 주 설비는 무대상부의 브리지 위에 설치되고, 하부기구는 무대 하부에 시설되어지므로 관리운영상 공급전원계통은 분리하는 것이 바람직하다. 따라서 일반적으로 무대기구설비 간선은 2계통으로 시설하고 있다.

(3) 무대음향

무대음향설비는 공연장내 기존 설치된 음향설비에 의한 공연은 물론 반입음향기기에 의해 공연을 행하는 경우도 많아지고 있다.

그러므로 무대음향용 간선은 무대음향기계실에 그리고, 일반적으로 무대 뒤편에 설치되는 반입음향기기 전원반의 2계통의 간선설비로 하는 것이 바람직하다.

나. 간선 긍장(亘長)

대용량의 간선의 경우에는 버스 덕트, 케이블 또는 전선을 병렬로 하여 사용하는 방법이 채용되고 있다. 배선의 긍장이 긴 경우, 특히 버스 덕트를 사용하는 때에는 상간의 임피던스 차를 작게 하기 위해서 연가(撚架)를 하여야 한다. 일반적으로 간선의 긍장을 결정할 때에 주의하여야 할 사항은 다음과 같다.

(1) 최단 거리로 하고, 긍장은 될 수 있는 한 70m 이내로 한다

사이리스터 조광기를 사용하는 무대 조명전원은 다음의 이유로부터 간선의 긍장을 짧게 할 필요가 있다.

가) 사이리스터 조광은 게이트신호에 의한 부하전류 회로의 위상각제어를 하기 때문에 전류파형에는 조광도에 의한 고조파 함유량이 많고 첨예한 왜형파에 의해서 변화가 심하다.

또한, 무대조명의 부하회로는 여러 가지 조광도로 사용하기 때문에 전원의 전류파형이 배선의 임피던스에 의한 전압강하에 의해서 각각 다른 조광도에 반응하여 개방 및 투입하는 오동작이 발생 할 수 있다.

나) 사이리스터 조광기의 부하전류 회로의 위상각제어는 사이리스터에 인가되는 전원의 파형과 게이트신호를 완전히 동기(同期)시키는 방법으로서 일반적으로 전원파형이 0이 된 순간을 감지하여 점호(点弧)회로를 복귀하는 방법이 사용되고 있다.

다) 무대조명의 조광 중에 동기(同期)가 벗어나면 빛이 흩어져서 불안정하게 되는 경우가 발생하기도 한다.

조광 중에 동기가 벗어나는 원인은 간선의 배선 임피던스에 의한 전압강하로부터 생기는 전류 파형이 개방 및 투입하는 장해가 가장 크다. 최악의 경우에는 이 개방 및 투입이 0점에까지 달하여 점호(点弧)회로가 복귀되어 조광이 되지 않는 경우도 있다. 따라서 간선의 전압강하를 줄이기 위해서는 조광기까지의 간선거리를 될 수 있는 한 짧게 하는 것이 바람직하다.

(2) 간선의 긍장이 70m 이상인 경우

일반적으로 변전실은 구내 지하에 시설되는 것이 대부분이며, 연출공간전기설비는 하부 무대기구설비를 제외하면 대부분의 설비가 지상의 무대 위쪽에 설비되는 경우가 많다. 또한 전원용량은 대단히 크므로 간선의 용량도 커진다.

특히 무대 조명설비는 상술한 바와 같이 시설하는 전부하에 대하여 1회선으로 할 필요가 있기 때문에 간선의 용량이 매우 커지게 된다. 더욱이 무대 조명은 대부분이

사이리스터 조광부하이므로 간선 긍장이 긴 경우에는 여러 가지의 장해가 발생할 우려가 있다.

따라서 대용량 간선의 시설거리가 길어지는 경우에는 경제성을 고려하여 조광기실의 가까이에 2차 변전실을 시설하는 것이 바람직하다

(3) 간선시설의 고려사항

가) 전압강하의 계산에 의하여 간선에 의한 전압강하는 3% 이하가 되는 굵기를 선정하여야 한다.

나) 케이블 또는 전선을 병렬로 설치하는 경우에는 굵기와 길이를 동일하게 하고, 반드시 연가(撚架)를 하여야 한다.

다) 지하 변전실에서 각 설비기기의 수전단에 이르는 간선의 통로는 건물의 자성체를 환상(環狀)하지 않도록 하여야 하며, 또한 케이블 또는 전선이 지지물 등의 자성체를 환상(環狀)하지 않도록 하여야 한다.

다. 간선 시설장소의 유의사항

각종 설비에 전력을 공급하는 간선설비는 전력공급 신뢰성을 확보하기 위하여 시설장소의 선정시 신중한 고려가 필요하다.

(1) 전개된 장소

일반적으로 전기실, 기계실 등의 장소로서 간선시공의 제약은 비교적으로 적지만, 기본적으로 전체가 노출배선이고 또한, 다른 설비가 많이 부착되어 있으므로 경우에 따라서는 간선시공에도 충분한 검토가 필요하다.

가) 전기실 또는 기계실이 집중하는 지하층에는 전기설비 · 공조설비 · 위생설비의 배관, 덕트 등이 밀집 · 교차되는 곳이 많다. 천장 옆으로 가로지르는 간선이 급 · 배수관의 하단에 설치되어 있으면 누수사고가 일어날 경우 절연불량에 의한 정전사고의 우려가 있으므로 전기의 배선 통로는 급 · 배수관의 상단에 설치하는 등의 고려가 필요하다.

그러나 금속관공사의 경우에 풀박스(Pool box) 위치의 아래쪽에 배관 또는 덕트 등이 설치되어 있는 부분에 설정되면 배선공사시 또는 개수할 때에 풀박스 덮개의 개폐가 곤란하게 되어 공사에 지장을 초래할 수 있기 때문에 주의가 필요하게 된다.

나) 금속관, 케이블 트레이 및 금속덕트 등이 벽 및 마루 관통시에는 방화조치, 연소방지조치를 실행하여야 한다.

(2) 전용샤프트(EPS : Electrical Power Shaft)

전기설비 전용으로서 건물에 종(縱)으로 이어진 설정된 공간이고 다른 설비도 부착되어 있는 전개된 장소이다. 또한 독립된 구획으로 되어있기 때문에 간선의 시설장소로서 적합하며 금속관공사, 케이블공사, 버스 덕트공사 등 모든 재료, 공법에 적용할 수 있다. 또한, 장래의 증설, 변경에도 대응이 용이하고 중규모 이상의 건물에는 필요한 공간이다.

EPS 설치시의 주의할 점은 다음과 같다.

가) 침수에 대비하여 EPS 내의 바닥은 기준바닥의 면보다도 높게 하고 문은 바닥의 면보다 높게 설치하여야 한다.

나) 벽과 바닥은 배관, 케이블 트레이, 분전반 등의 중량물을 유지할 수 있도록 하중에 견디는 구조로 하여야 한다.

(3) 점검이 가능한 은폐장소

이중 천장 내부 등의 장소에서는 점검할 수 있는 점검구와 개수공사를 할 수 있는 곳이 별도로 되어 있도록 유의할 필요가 있다.

간선과 같은 배선 설비는 장래의 증설 · 변경을 예상하여 케이블 트레이공사 또는 금속덕트공사가 바람직하다. 이 경우에는 천장면에 설치하는 점검구는 필요한 만큼 충분한 곳을 설치하는 것이 중요하다. ■ 〈다음호에 계속〉