

# 유원시설 내 유기기구의 수용률 산정에 관한 연구

(A Study on the Calculation Method for Demand Factor of Rides in Amusement Park)

김한상\* · 방선배 · 이건호 · 김종민  
(Han-Sang Kim · Sun-Bae Bang · Gyun-Ho Lee · Chong-Min Kim)

## Abstract

본 논문에서는 유원시설 내의 유기기구에 대하여 운전상태를 분석하여 유기기구의 수용률을 산정하는 방식을 제시하였다. 유기기구별로 기계적구동방식과 전기구동방식으로 나누어 설비용량에 대한 실제 부하특성을 측정하였으며 그 결과를 토대로 유원시설에서 유기기구에 대한 전원변압기의 용량을 산정하는데 필요한 유기기구의 구동방식별 수용률의 참고치를 제시하였다. 본 논문의 산정방식을 참고할 경우 유원시설에서 좀더 효율적이고 경제적인 전원설비 운용에 기여할 수 있을 것이다.

## 1. 서론

유원시설에 설치된 유기기구는 운전시간이 5분 이내로 짧으며 단속적이며 기동전류가 큰 전동기설비로 구성되어 있다. 이러한 이유로 유원시설의 수전용량은 실제 사용전력에 비해 과다하게 설계되는 경우가 많다. 변압기의 용량이 너무 크게 되면 설비비용의 증가, 계약전력의 증대, 무부하 손실의 증대 등 직접적으로 경제적인 부담이 발생한다.

본 논문에서는 유원시설 내에 설치된 유기기구에 대하여 기종별로 사용전력을 측정한 다음 이를 토대로 유기기구의 전기적측면에 따른 형태별 수용률 산정을 위한 참고치를 제시하고자 하였다.

## 2. 유기기구 관련 이론

### 2.1 유기기구의 전력소비 특성

유기기구는 개별적으로 보면 조명 및 전동기회로에 의한 복수의 부하설비로 구성되어 있으며, 조명부하의 경우 유기기구의 장식조명과 부대조명으로 분류되며, 전동기부하는 유기기구를 구동하기 위해 용량이 가장 큰 전동기 및 기타 여러 대의 보조 전동기로 구성이 된다. 유기기구의 동작부를 움직이기 위해서 큰 구동력이 필요할 경우에는 전동기와 직접 연결된 유압펌프에 의해서 구동하는 경우가 많으며 이를 기계적인 구동방식으로 일컫는다. 그 외에 전기구동방식의 경우에는 직입 구동방식, Y-Delta 구동방식, 인버터제어방식, 직류제어방식이 적용되고 있다.

유기기구의 조명은 야간에 유기기구의 움직임을 더욱 화려하게 연출하기 위한 목적의 장식조명설비, 유원시설 내의 기본적인 조도를 확보하기 위한 부대조명설비

로 분류가 되며 장식조명은 제어장치에 의하여 점멸하도록 되어 있어 조명 전체가 동시에 점등되거나 부분적으로 점등과 소등을 반복함으로써 유원시설의 야간 분위기를 더욱 화려하게 연출하는 효과가 있다. 부대조명은 기본 조도의 확보에 목적이 있으므로 야간에 점등하여 폐장시에 소등을 하므로 일정한 부하특성을 갖는다.

### 2.2 수용률의 정의

수용률은 전기사용장소 내에 시설된 전 부하설비용량에 대하여 실제로 사용되고 있는 최대수요전력의 비율을 나타내는 계수로서 전기설비의 기본 설계시에 변전설비의 용량 및 구성 기기의 정격, 간선굵기 등을 결정하는데 필요한 지표이다.

건축물의 전기설비는 부분적으로 가동되는 경우가 많으며 최대 용량으로 가동된다고 하더라도 최대 부하시간은 시시각각으로 변화되고 최대 부하는 총 부하설비용량에 비해 작은 것이 일반적이다. 이와 같이 수용률은 전력수요 정도를 나타내기 위하여 사용되는 것으로서 건축물의 용도, 부하의 구성 특징과 사용특성, 부하의 종류, 운전 특성에 따라 다르게 나타난다. 수용률은 변압기뱅크별 또는 부하 종류별로 표준값을 제시하여야 하나 국내의 경우 전기사용장소별로 부하특성을 고려한 자료 등은 미흡한 실정이다.

수용률은 저압으로 수전하든 고압으로 수전하든지에 관계없이 당해 전기사용시설의 특성에 따라 달리 적용하여야 한다는 것이 일반적인 이론이다. 현재 수용률에 관하여 국내의 관련법규 등을 살펴보면 실무지침서인 내선규정(205-8)에서는 일반 건축물에 대하여 간단히 수용률이 제시되어 있고 전기사업자인 한전의 전기공급약관(제20조)에서 일반용전기설비와의 계약을 위한 용량별 환산율이 제시되어 있을 뿐 구체적이고 체계적인

기준은 없다.

현재 우리나라 실무현장에서 대부분 유사 시설의 수용률 실태와 건축전기설비설계기준 및 각종 참고서적에서 제시하는 수용률을 적용하고 있지만 그 산출 근거 등에 대해서 명확히 기록하고 있는 서적이거나 논문은 없는 실정이다. 따라서, 전기설계사무소에서 적용하고 있는 수용률 값은 다르게 적용하여 반영하고 있다. 현재 계약종별, 부하용도별, 빌딩의 용도별, 지역별, 경제발전 상황, 정보화 발전 상황 등 우리나라의 특성을 고려하여 수용률 기준에 관한 체계적인 연구자료가 없으므로 우리나라 실정에 적합하게 적용되고 있지 않은 것으로 사료된다[1].

### 3. 유기기구의 운행특성 실측

#### 3.1 실측대상

본 연구에서는 국내의 종합유원시설에 설치된 22개 기종의 유기기구를 대상으로 유기기구의 부하특성을 실측하였다.

22개의 유기기구에 대하여 구동방식별로 구분을 하면 표1과 같다.

표 1. 유기기구의 구동방식별 분류  
Table 1. The Spread of that Starting Method of Rides

구동방식의 구분		기종 수
기계적구동방식	유압펌프	6
	직입구동	3
전기구동방식	Y-Delta 구동	2
	인버터제어	3
	적류제어	8

#### 3.2 실측방법

22개의 유기기구별로 설비용량과 구동방식을 파악한 후 조명부하를 제외한 동력부하에 대하여 실제로 걸리는 부하특성을 측정하였다.

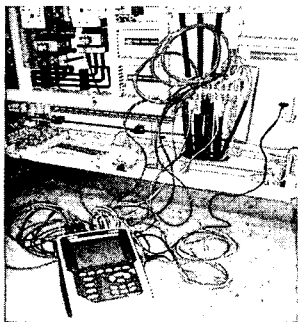


그림 1. 유기기구에 대한 실측장면  
Fig. 1. The measurement scene on rides

유기기구별로 1회 운전시의 부하특성을 실측하기 위하여 구동을 시작하여 완전히 정지할 때까지의 운전시간을 측정범위에 포함하였으며, 유기기구에 사람이 탑승한 여부도 부하특성에 영향을 미치므로 탑승인원도 실측시 고려를 하였다. 본 연구에서는 현장실측을 위하여 전원품질분석용 계측장비인 CA8334를 활용하였다.

## 4. 실측결과 및 수용률 설정

### 4.1 수용률의 설정방법

유기기구를 개별적인 측면에서 보면 조명부하와 전동기부하의 모든 설비용량을 합산한 용량보다 실제로 흐르는 전류치는 작다.

즉, 모든 부하설비가 동시에 움직인다고 할 수 없으므로 시설된 모든 부하설비의 전류합에 일정한 환산치를 부과하여 유기기구의 전원설비용량을 산정하는 것이 타당하다. 이와 같이 수용률은 개별 유기기구마다의 복수의 부하설비가 운전될 때 흐르는 실제의 전력의 크기와 시설된 개별 유기기구의 모든 부하설비용량의 합과의 비율을 나타내는 것으로 식(1)과 같이 정의한다.

$$\text{유기기구의 수용률} = \frac{\text{실제사용전력}}{(P_1 + P_2 + \dots + P_N)} \quad (1)$$

여기서,  $P_1, P_2 \dots P_N$  : 각 부하설비의 정격용량

따라서, 유기기구의 수용률을 산정하기 위해서는 개별 유기기구의 부하설비용량을 파악하는 동시에 실제의 사용전력을 측정하여야 한다[3].


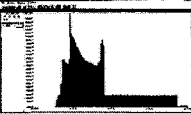

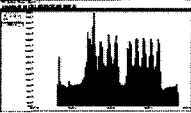

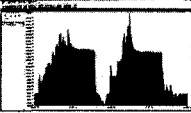



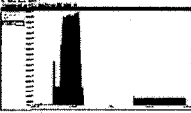
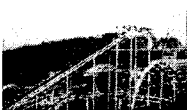
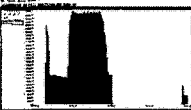
### 4.2 실측결과

#### (1) 유압구동방식의 유기기구

유기기구에 적용되는 유압구동장치는 크기에 비해 큰 힘을 발생시킬 수 있는 장점이 있다. 유압구동방식은 유기기구의 구동을 위하여 전동기로부터 직접 동력을 전달받지 아니하고 전동기와 기계적으로 연결된 유압모터에 의해 동력을 전달받아 유기기구를 동작시킨다. 여기서 전동기는 유압만을 보상하기 위한 목적으로 설치되어 있으며 전동기를 처음 기동할 때는 전전압기동 또는 Y-Δ기동방식에 의한다. 유압펌프의 회전속도는 슬레노이드밸브의 간극에 의하여 조정되므로 유압구동용 전동기의 부하특성은 전동기의 처음 기동방식에만 관계가 있으며 유기기구의 운전특성과는 무관하다.

유압구동방식이 적용된 유기기구는 주로 부하의 패턴이 단순하며 유압구동용 전동기의 용량은 비교적 큰 편이다.


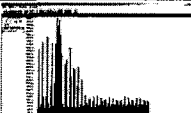



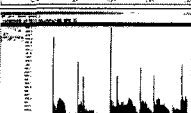
표 2. 유압구동방식인 유기기구의 부하특성  
Table 2. Load character of rides according to the starting method by oil pump

유기기구 형태	참고사진	부하특성	수용률
복합 회전 고정형			65.2
중회전 고정형			40.6
횡회전 고정형			47.1
승강 고정형			89.2
궤도 주행형			70.4
궤도 주행형			58.8

2) 직접구동방식의 유기기구

유기기구 중에 기동전류가 적은 전동기로 구성된 미니바이킹과 같은 어린이용 유기기구, 소용량의 전동기가 여러 대 설치된 놀이형 유기기구 등에 적용된다.




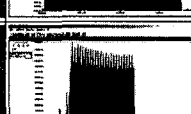
표 3. 직접구동방식인 유기기구의 부하특성  
Table 3. Load character of rides according to the starting method by direct wiring

유기기구의 형태	참고사진	부하특성	수용률
중회전 고정형			70.7
복합회전 고정형			50.9
놀이형			19.3

3) Y-△구동방식의 유기기구

운전형태가 비교적 단순한 회전목마 등과 같이 수평 회전형의 유기기구에 적용되며 구동용전동기의 용량이 비교적 적은 경우이며 운전형태는 기동을 시작해서 정상적인 동작속도에 이른 후에는 정지할 때까지 같은 속도를 유지하다 정지를 한다.


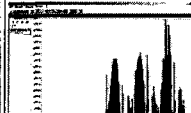

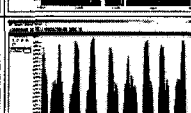


표 4. Y-△구동방식인 유기기구의 부하특성  
Table 4. Load character of rides according to the starting method by Y-Delta wiring

유기기구 형태	참고사진	부하특성	수용률
횡회전 고정형			37.1
중회전 고정형			63.2

4) 인버터제어방식인 유기기구

유기기구의 특성상 운전속도를 손쉽게 변화시킬 수 있고 또한, 기동시의 기동전류를 완화할 수 있는 점에서 인버터제어방식을 채용한 유기기구가 늘고 있다.

표 5. 인버터제어방식인 유기기구의 부하특성  
Table 5. Load character of rides according to the starting method by inverter

유기기구 형태	참고사진	부하특성	수용률
궤도 주행형			31
수로 주행형			24.7
복합회전 고정형			63.2

5) 직류제어방식의 유기기구

유기기구 중에서 큰 구동력이 필요하거나 속도의 변화가 다양한 유기기구에 적용된다.

표 6. 직류제어방식인 유기기구의 부하특성  
Table 6. Load character of rides according to the starting method by D.C control system

유기기구 형태	참고사진	부하특성	수용률
궤도 주행형			38.9
횡회전 고정형			44.3
중회전 고정형			26.8
자유 주행형			76.3
복합회전 고정형			36.1
횡회전 고정형			29.7
중회전 고정형			21.5
승강 고정형			42

### 4.3 유기기구의 수용률 설정

유원시설에 설치되는 유기기구는 조명설비와 동력설비의 2개의 부하설비로 구성되어 있으나 조명설비의 용량이 적은 점을 고려한다면 주된 부하설비인 전동기부하설비에 대하여 기동시의 부하특성을 고려한 실측결과에 의해 다음과 같이 개별 유기기구의 수용률을 산정할 수가 있으며 식(2)와 같다.

$$[(\text{전동기설비용량} \times \text{수용률}) + \text{기타부하설비용량}] \times \text{여유율} \quad (2)$$

또한, 최근에는 제어방식에 따라서 고조파가 많이 발

생하는 유기기구가 도입되고 있으므로 고조파 대책을 고려하지 않은 경우에는 전원변압기의 용량산정시 고조파발생부하용량의 2~2.5배를 고려하여야 한다.

## 5. 결론

본 연구에서는 유원시설 내에 설치된 유기기구에 대한 부하특성을 측정하여 유기기구의 구동방식별로의 수용률을 제시하였다. 이러한 연구결과는 유원시설의 수용용량 산출시 보다 효율적이고 경제적인 전원설비의 운용에 기여할 것으로 기대된다. 다만, 유기기구의 부하특성에 따른 수용률 설정치는 동일한 기종이라 하더라도 적용된 구동방식의 종류, 유기기구의 탑승자의 수 등 많은 변동요인이 있으므로 보다 신뢰성 있는 수용률 산정을 위해서는 향후 더 많은 측정결과에 따른 분석을 통하여 수용률 설정을 위한 신뢰도를 향상시킬 수 있을 것이다.

이 논문은 전력산업연구개발사업비의 지원에 의해 수행된 연구결과와 일부임

### 참 고 문 헌

- (1) 조명전기설비학회, 업무용 건물의 전력소비특성을 고려한 수용률기준, p11, 2004. 3
- (2) (사)한국종합유원시설협회, "전국유원시설편람", 2003. 6
- (3) 이기훈 외, 아파트에서의 승강기 수용률 설정에 관한 연구, 조명전기설비학회지, Vol.14, No. 6. 11. 2000