

# 절전안전형 HID램프 및 안정기의 신기술이해①

김기정

나노조명 대표, 공학박사/기술사

TEL.(02)971-5541



목 차

## I. HID램프의 방전원리

1. 기체방전
2. 메탈할라이드 램프 방전

## II. 절전안전형 메탈할라이드 램프(PSL)

1. 방전관(Arc tube)구조
2. 램프의 특성

## III. 안정기(Ballast)

1. 기존초크코일형 자기식안정기
2. 절전안전형 자기식 안정기(PSB)

## IV. 기존 메탈할라이드램프와 PSL램프 시스템 성능비교

1. 부하시 전력 절감
2. 안전성 향상
3. 램프 점등 시간 단축
4. 성능비교

## V. 나트륨램프와 PSL램프 시스템의 성능 비교

1. 램프의 안전성
2. 안정기의 안전성
3. 튜기구내의 안전성

## I. HID램프의 방전 원리

### 1. 기체방전

기체 분자는 보통상태에서는 전기적으로 중성이  
다. 그러나 기체 분자가 운동에너지를 가지고 있는  
다른 원자나 전자 등과 충돌하게 되면 기체 분자내  
의 전자가 에너지를 흡수하여 여기나 전리하게 된  
다. 여기나 전리의 상태는 불안정한 상태이므로 순  
간적으로 안정상태로 복귀하는데 이 때의 에너지차  
가 빛(자외선, 가시광선, 적외선)으로 방출된다. 이  
와 같이 온도방사와는 달리 냉광으로 발광하는 현  
상을 루우미네스스(luminescence)라고 한다.

### 1) 제 1종 충돌

운동 에너지를 가지고 있는 전자나 원자가 중성원  
자와 충돌하여 여기나 전리시키는 현상이다.

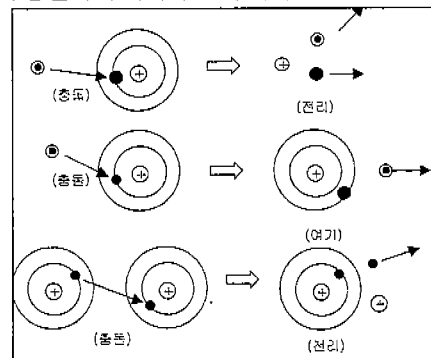


그림 1. 제 1종 충돌



### 2) 제 2종 충돌

여기원자가 전자나 다른 여기원자와 충돌하여 전자의 에너지를 더욱 크게 하거나 여기원자를 전리시키는 현상이다. 이 때 전자나 다른 여기원자와 충돌한 여기원자 자신은 빛을 방출하지 못하고 원위치로 복귀한다.

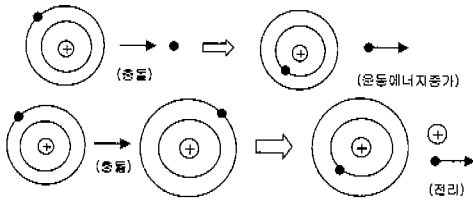


그림 2. 제 2종 충돌

### 3) 빛

빛은 색깔에 따라 파장이 다르며 굴절률도 다르다. 또한 분광기를 통하게되면 각 색깔이 분산되어 연속 또는 선스펙트럼을 이룬다.

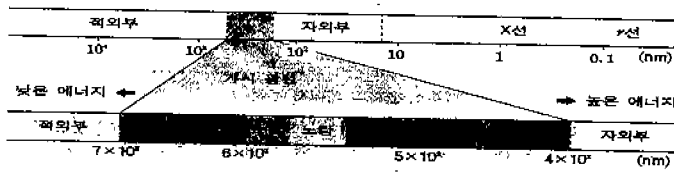


그림 3. 전자스펙트럼

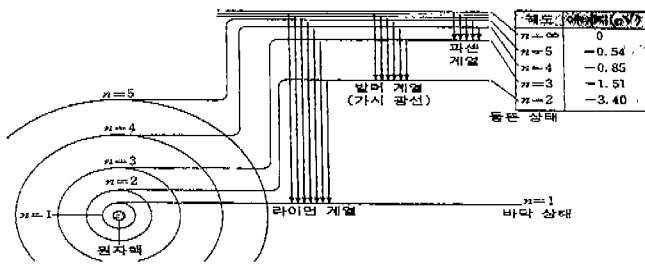


그림 4. 수소원자의 에너지 준위와 스펙트럼 계열

## 2. 메탈헬라이드 램프 방전

메탈헬라이드 램프 방전관에는 수은(액체), P111(고체), 아르곤(기체)의 순으로 봉입한다. P111은 할로젠 원소인 요드와 금속원소가 고체형태로 합성된 알갱이 모양이다. 안정기로부터 램프에 시동전압(3~4kV)이 인가되면 방전관에 봉입된 아르곤 가

스가 절연파괴 되어 가늘고 긴 청색 빛인 글로우 방전이 0.5~1초 정도 유지되다가 방전관 내부온도가 상승하게 되고, 이때 수은원자가 기체화되어 아크 방전으로 전이된다. 또한 봉입된 금속원소들의 기체화로 금속 아크방전이 주를 이루며 금속의 종류에 따라 연색성과 색온도가 다르게 된다. 안정기로부터 정격 관전압이 공급될때의 방전은 다음과 같은 순서로 이루어진다.

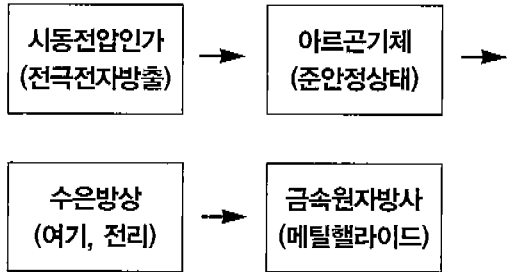


그림 5. 방전순서도

### 1) 전극 전자 방출

▶ 텅스텐전극(음극)에서 전자방출

### 2) 아르곤(Ar)의 준안정상태

▶ 전극전자 운동에너지가 기동 보조용 Ar원자와 충돌하여 여기상태로 함

▶ Ar원자는 준안정상태( $10^{-4} \sim 10^{-2}$ 초)로 준안정전압은 11.7eV임

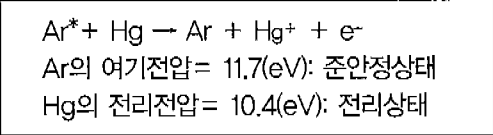
▶ 1eV는 1개 전자가 1V의 전위차에 의해 가속된 경우에 얻는 에너지로서  $1.602 \times 10^{-19}$ J임

▶ Ar(18족:비금속)은 비활성 기체로서 전자를 쉽게 잃지도 않고, 쉽게 받아들이지도 않는다. 즉 가전자 8개로서 안정된 전자배치를 가지므로 가전자수를 0으로 취급함

### 3) 수은(Hg)의 여기 또는 전리

▶ 방전관 내부온도가 상승함에 따라 완충용 수은 원자들이 확산(증발)한다.

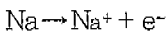
- ▶ 준 안정 상태인 Ar원자의 준 안정전압(11.7eV) 이 Hg의 전리전압(10.4eV)보다 크므로 Ar은 Hg를 충돌시켜 전리 시킴
- ▶ Ar은 Hg를 전리시키는데 에너지를 소모하고 자신은 빛을 발생하지 못하고 기저상태로 돌아감. 즉 Ar의 역할은 수은이 빛을 방사할 수 있도록 도와준다. (폐닝 효과)



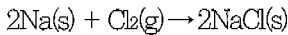
- ▶ Hg는 여기 또는 전리된 후 안정된 상태로 되돌아가기 위하여  $10^{-8} \sim 10^{-7}$ 초 정도의 짧은 시간에 전자가 높은 에너지궤도로부터 낮은 에너지궤도로 복귀한다. 이 때 에너지 차가 빛으로 된다.

4) 금속원자 여기 또는 전리

- ▶ 할로젠원소( $F_2, Cl_2, Br_2, I_2$ )는 가전자가 7개로 음이온이 쉽게 되며 2원자 분자로 되어있고 알카리 금속과 직접 반응하여 금속 할로젠 화물을 만든다.
- ▶ 알카리 금속(Li, Na, K, Rb, Cs)은 가전자가 1개로 쉽게 양이온이 된다.



또한 할로젠원소( $X_2$ )와 직접 반응하여 금속 할로젠 화물(MX)을 만든다.



- ▶ 금속원자의 전리전압(Na: 5.12eV)이 Hg의 전리전압 10.4eV 보다 낮으므로 첨가금속의 스펙트럼이 추가된다.
- ▶ 방전관내 점등중 할로젠원소는 관벽 부근으로가 금속 할로젠 화물이 되고 아크부의 수은 아크중에 들어가 금속과 할로젠원소가 분해되는 과정을 되풀이하여 관내벽의 흑화를 방지하는

역할을 한다.

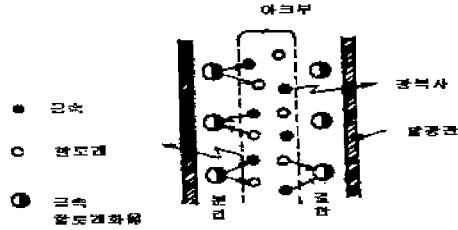


그림6. 메탈헤라이드

II. 절전안전형 메탈헤라이드 램프 (PSL)

1. 방전관(Arc tube)구조

절전안전형 메탈헤라이드램프(PSL: Power Saving & Safety Lamp)의 방전관 기하학적 구조를 기존 메탈헤라이드램프의 방전관에 사용되고 있는 Pinched body type을 Formed body type으로 개선하여 불필요한 열손실 부위를 제거하고 광효율을 높였으며, 또한 아크가 관벽에 직접 닿지 않도록 하여 안전성을 확보하였고, 주입 GAS의 종류를 추가하여 램프의 초점등 안정시간과 재점등 시간을 단축하였다. 아울러 광속 유지율을 개선하여 수명이 연장되도록 하였다.

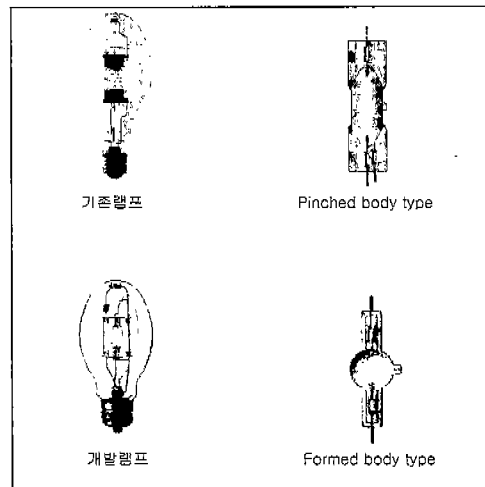


그림 7. 방전관 구조

2. 램프의 특성

절전안전형 메탈헤라이드 램프의 외관모양 및 규



격은 기존제품과 동일하며 절전안전형 래피드 스타트 자기식 안정기와 시스템화 하여 점등 시킬 때 광속 및 수명 등이 향상됨.

1) 광속 및 수명

절전안전형 메탈할라이드 램프는 기존 램프보다 전력 소모가 적으면서도 광효율이 크며, 수명이 연장됨.

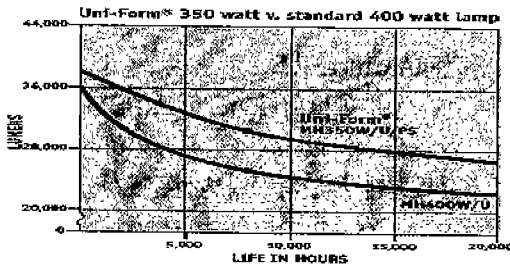
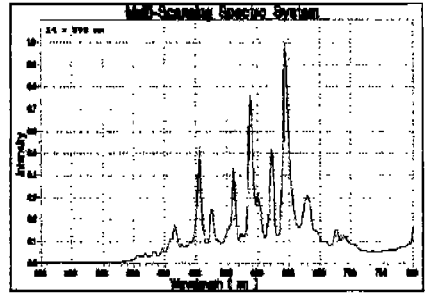


그림 8. 광속 유지율



< MH150W >

그림 9. 스펙트럼 특성

램프의 종류	광효율(lm/w)	평균 연색 평가수(Ra)
수은램프	30~65	20~25
메탈할라이드 램프	75~81	65~70
PSL 램프	92~105	70~78
고압 나트륨 램프	83~104	20~30

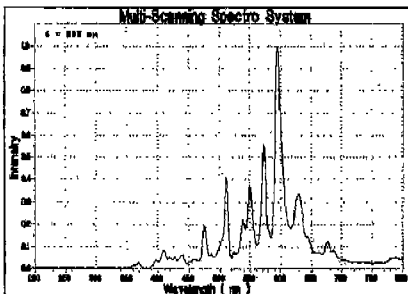
표 2. HID 램프의 연색성 비교

특성	기존		절전안전형		기존		절전안전형	
	MH175 (B)	MH150 (A)	MH250 (B)	MH200 (B/E)	MH400 (B)	MH350 (B/E)	MH400 (B)	MH350 (B/E)
광속 (lm)	14,000	14,200	20,500	22,400	34,000	37,800	34,000	37,800
수명 (h)	10,000	12,000	10,000	12,000	15,000	18,000	15,000	18,000

표 1. 광속 및 수명 특성비교

2) 연색성

절전안전형 메탈할라이드 램프의 연색성은 Ra70 이상이고 기존 램프는 Ra65정도임



< MH175W >

III. 안정기(Ballast)

현재 국내의 기존 고압 방전등용 자기식 안정기는 일반적으로 초크코일형(CO)과 정전력형(RC)이 있으나, 이들 안정기에는 보호회로가 내장되지 않아 전력 낭비는 물론 안정기 수명 단축의 원인이 되고 있다. 이와 같은 결점을 보완한 절전안전형 자기식 안정기는 보호회로(무부하, 2차단락, SCR보호)가 내장되어 있어 절전기능은 물론 수명이 연장되고 안전성이 확보된다.

1 기존 초크코일형 자기식 안정기

1) 회로 구성

일반적으로 시중에 유통되고 있는 기존의 초크코일(Choke Coil)형 자기식 안정기는 램프를 시동하기 위한 이그나이터 전압 발생회로와 램프 점등을 안정적으로 하기 위한 초크코일 및 역률 개선용 콘덴서 등으로 구성되어 있다.

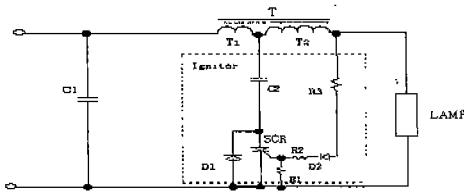


그림 10. 기존 초크코일형 자기식 안정기 회로도

〈동작설명〉

- ① 안정기 입력측에 AC220V가 투입되는 순간 램프는 무부하 상태이므로 SCR의 게이트 트리거 전압이 형성되어 트리거 전류가 흐르고 SCR은 도통됨.
- ② SCR이 도통되는 순간 초크코일 T<sub>2</sub>의 자체 유도작용에 의한 유도 전압이 발생되고 이 전압이 동시에 T<sub>1</sub>에 상호 유도되어 1kV정도의 과도 전압이 발생되므로 램프가 고전압에 의한 절연 파괴로 시동됨.
- ③ 램프가 점등되면 램프의 관전압이 130V정도로 낮아지므로 R<sub>1</sub>에 의한 SCR의 게이트 트리거 전압이 형성되지 않아 이그나이터 동작은 멈추고 T는 램프의 전류를 제한하여 안정적인 점등 상태가 유지되도록 함.

2) 문제점

- ① 무부하시 이그나이터 동작  
램프가 수명을 다하거나 고장인 무부하 상태일 때 이그나이터는 1초 동안에 60회 동작을 하게 되므로 초크코일이 열화되고 고전압이 유기되므로 감전 위험성이 있으며, 이그나이터 구성 회로의 콘덴서 및 SCR이 파괴되어 안정기 고장의 주원인이 됨.

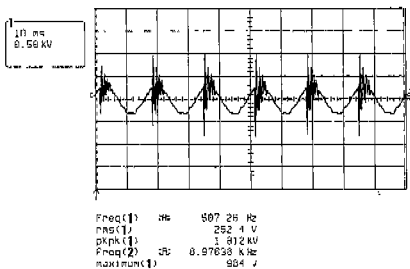


그림 11. 무부하시 이그나이터 전압파형

고장종류	램프				
	MH 250	MH400	NH250	NH400	
무부하시	유효전력(W)	2.6	3.2	4.0	5.2
	피상전력(VA)	286	479	566	957
2차 단락시	유효전력(W)	42	67	36	52
	피상전력(VA)	514	888	339	517

표 3. 무부하 및 2차단락 고장시 전력손실 값

② 2차 단락시 초크코일의 발열

안정기 2차 단락 사고시 초크코일의 저항성분 때문에 전력손실이 발생되고 발열에 의한 화재의 위험성이 있음.

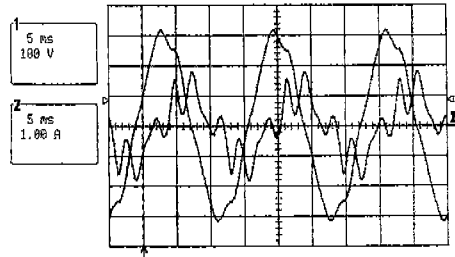


그림 12. 2차 단락시 입력 전압, 전류 파형(MH150W)

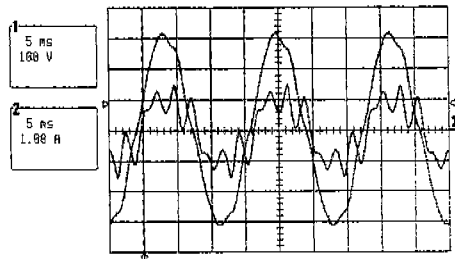


그림 13. 정상시 입력 전압, 전류 파형(MH150W)

표 4. 단락시 온도 변화 값

시간경과	온도	
	정상점등시 온도(°C)	단락시 온도(°C)
1(h)	41	82
2(h)	49	107
3(h)	49	116
4(h)	49	123
5(h)	49	화재발생

※ 주위 온도 18°C에서 MH400W용 안정기 게이스 측정값임.



③ 부하시 SCR의 오동작

램프 점등중 SCR의 몸체 온도가 약 75°C 이상 일 때 SCR이 오동작 하게 되므로 램프 점등상태가 불안정하고, 램프 및 안정기의 수명이 단축됨.

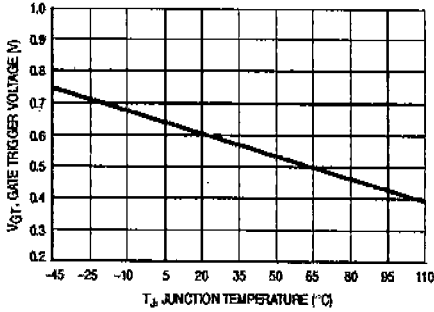


그림 14. 온도 변화에 따른 SCR동작 특성

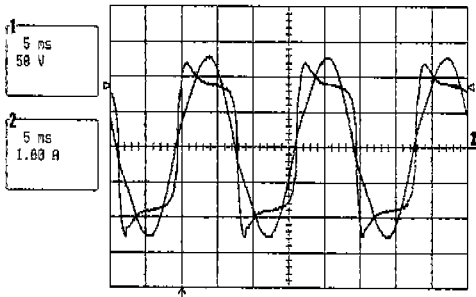
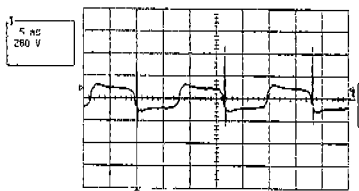
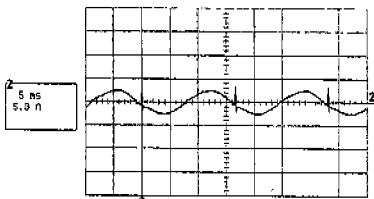


그림 15. 정상시 출력 전압 전류 파형(MH150W)



a 전압



b 전류

그림 16. 부하시 SCR 오동작 출력 전압, 전류(MH150W)

2. 절전안전형 자기식 안정기(PSB)

1) 회로구성

절전안전형 자기식 안정기(PSB: Power Saving & Safety Ballast)는 램프를 시동하기 위한 이그나이터 전압 발생회로와 램프 점등을 안정적으로 하기 위한 초크코일과 역률 개선용 콘덴서, 그리고 무부하 감지 및 SCR 보호회로, 2차 단락 감지회로 등의 보호회로가 내장 되어 있음.

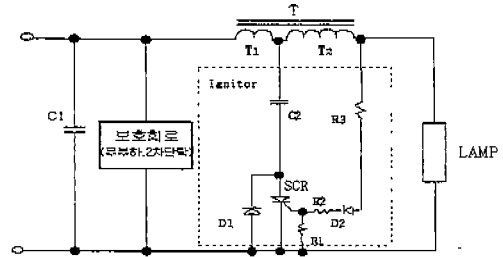


그림 17. PSB회로도

<동작 설명>

- ① 안정기 입력측에 AC220V가 투입되는 순간 램프는 무부하 상태이므로 SCR의 게이트 트리거 전압이 형성되어 트리거 전류가 흐르고 SCR은 도통됨.
- ② SCR이 도통되는 순간 초크코일 T1의 자체 유도작용에 의한 유도 전압이 발생되고 이 전압이 동시에 T2에 상호 유도되어 3~4kV의 과도 전압이 발생되므로 램프가 고전압에 의한 절연 파괴로 시동됨.
- ③ 램프가 점등되면 램프의 관전압이 130V정도로 낮아지므로 R1에 의한 SCR의 게이트 트리거 전압이 형성되지 않아 이그나이터 동작은 멈추고 T는 램프의 전류를 제한하여 안정적인 점등 상태가 유지되도록 함.
- ④ 무부하시나 2차 단락시 보호회로가 동작하여 이그나이터의 계속동작을 멈추고 불필요한 전력 낭비를 줄임.

2) 무부하 보호 회로

무부하시 램프가 수명을 다하거나 고장인 무부하 상태일 때 이그나이터가 1초 동안에 60회 동작하는 것을 차단하여 초크코일의 전력손실을 감소시키고 고전압 의한 감전을 방지하며 안정기의 수명을 연장시킴

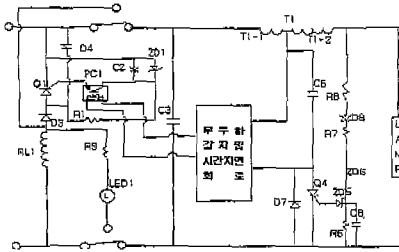


그림 18. 무부하 보호회로

<동작설명>

- ① 램프 고장등 무부하상태가 되면 이그나이터스 워칭 소자 Q4(SCR)가 도통되고 이때 무부하 감지회로가 5~7분후 출력신호를 발생시킴.
- ② 무부하 감지회로 출력 신호가 포토커플러(PC1)를 동작시키면 전자릴레이(RL1)가 자화되어 a접점이 폐로 되어 입력 전원(AC 220V)을 차단함.
- ③ 램프 고장등 무부하시 표시램프(LED1)가 점등됨.

3) 2차 단락 및 SCR 보호회로

안정기 2차 단락 사고시 입력 전원을 차단하여 전력손실을 절감하고 초크코일의 발열에 의한 화재 등 위험성을 방지하여 안전성을 확보함.

안정기 내부 온도가 상승하더라도 SCR의 게이트 트리거전압이 형성되지 못하도록 회로를 구성하여 안정기 오동작을 차단함

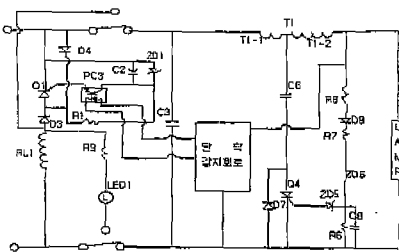


그림 19. 2차 단락 및 SCR 보호회로

<동작설명>

- ① 2차 단락상태가 되면 단락 감지회로의 출력신호가 발생되고 포토커플러(PC3)가 동작 될 때 전자릴레이(RL1)가 자화되어 a접점이 폐로 되어 입력 전원 (AC 220V)을 차단함.
- ② 부하시 안정기 온도가 상승하더라도 SCR의 게이트 트리거 전압이 형성되지 못하도록 제너다이오드(ZD5)로 전압 크기를 제한함.
- ③ 2차가 단락 되면 표시 램프(LED1)가 점등됨.

2004 국제 전력전자 및 전기설비전시회 일정

일시 : 2004. 4. 20(화) - 22(목) 3일간

장소 : 코엑스 1층 인도양관

주최 : 한국전력기술인협회

주관 : 나노커뮤니케이션, 케이웨어스, 서울메세인터내셔널

후원(예정) :

산업자원부, 한국전력공사, 에너지관리공단, 한국전기안전공사, 한국전기연구원, 대한전기학회, 대한전기협회, 한국전기전자재료학회, 전력전자학회, 한국전선공업협동조합, 한국조명·전기설비학회

전시대상 품목

- 전력전자, 전력품질 및 네트워크 시스템  
전력전자 기기 및 부품, 전자화 전력변환 및 제어장치, 전원장치 및 기자재, 전력관리 및 감시 제어 시스템, 원격검침시스템, 전력품질분석 및 관리, 고조파대책시스템, 접지시스템, 절전장치, 계측/진단/시험 시스템, 전기안정기, 기타 지능형/절전형 전기장치

- 전기설비 및 관련 기자재

발전설비 및 기자재, 송배전설비 및 기자재, 수변전설비 및 기자재, 배선설비, 동력설비, 낙뢰방지설비, 방재/안전설비 및 기자재, 엘리베이터/에스컬레이터, 조명 및 전열설비, 전기공사기자재