

## 고효율 조명분야 기술동향

사단법인 산업제어기술원  
책임연구원 고 오

### 1. 개요

1997년 12월 1일 일본 교토에서 열린 기후변화협약 제3차 당사국 총회에서 참가국들로 하여금 온실가스 배출량을 일정량 이하로 줄이도록 강제하는 의무조항채택이 어느 정도 가능성이 높아지면서 세계 각국에 비상이 걸려있는 실정이다.

이 기후변화협약이 앞으로 국제법적 강제력을 갖게 될 경우 주로 석탄, 석유, 가스에 의존하던 각국의 산업은 구조변혁이라는 대변혁을 맞아야 한다.

에너지의 대부분을 수입에 의존하면서도 에너지 다소비산업이 많은 우리나라로서는 치명적인 타격이 될 수밖에 없다.

우리와 에너지 사정이 비슷한 일본의 경우 이러한 조치와 관련하여 2010년까지 온실가스 방출량을 1990년대 대비 5% 감축하겠다는 방침과 함께, 이의 실천방안으로 원자력발전소 20기를 증설하겠다는 계획을 1997년 10월 6일 발표하였다.

미국의 클린턴 대통령도 1997년 10월 1일 온실가스 감축을 위한 “현실적이고 구속력 있는 규제”를 실현시키기 위해 노력하겠다고 밝혔으며,

일본의 선언보다 더욱 강력하게 오는 2010년까지 온실가스 배출량을 1990년 대비 15% 감축시키도록 협약의정서가 채택되어야 한다고 주장했다.

전문가들에 의하면 선발개도국의 대표적인 우리나라가 앞으로 미국, 일본, EU등 선진국들이 개도국들을 통제하기 위한 표적으로 삼을 수 있다고 전망하고 있으며, 아울러 예견되는 협약의정서가 채택될 경우 그동안 관망상태에 있었던 우리나라는 치명적인 타격을 받으리라고 전망하고 있는 실정이다.

그러면 이러한 기후변화협약을 둘러싼 세계적 상황이 1997년에 와서 긴박하게 전개되었는가 점검해 볼 필요가 있다. 그러나 이점에도 기후변화협약의 태동은 오래전이었으며, 수년전부터 세계의 각 선진국들은 개도국들에 대하여 경고해 왔었다.

그럼에도 불구하고 우리나라는 철강산업, 유화산업등 에너지 다소비업종이 번성하여 GNP대비 에너지소비 탄성치가 1을 넘어가는 가파른 곡예를 하고 있었다.

이제 우리나라는 “늦었다고 생각할 때가 가장 빠른 때이다” 라는 격언을 살려 지금부터라도 기



후변화협약에 대비한 정책을 재 점검하고, 실행계획을 강도 높게 수립해 나가며, 국민적 공감대를 얻어야 할 때라고 본다.

이러한 국내의 상황을 고려하여 우리 電氣人이 염두에 두어야 될 사항을 정리하여 여기에 기술하고자 한다.

우리나라의 총사용전력에 대한 조명부분 에너지 사용비율은 18%에 이르고 있다. 이는 1995년 통계로 볼 때, 31,411GWh에 달하는 것으로 매년 10% 이상 증가하는 전력소비량 추세로 볼 때 다가오는 2006년에는 56,163GWh에 이를 것으로 전망되고 있다.

조명부분의 에너지절약 잠재량은 여타 전력기기보다 높은 것으로 평가되고 있으나 조명산업의 현주소는 영세성을 벗어나지 못하고 있는 실정이다.

조명부분의 기술 구성은 광원, 안정기, 등기구, 조명제어, 그리고 이를 지원하기 위한 정책제도로 분류되며 국내 기술수준은 선진국에 비하여 어느 것 하나 낙후되지 않은 것이 없는 실정이다.

현재로는 40W 형광등을 32W 형광등으로 대체하는 기술이 개발되어 일부 보급되고 있는 실정이다.

여기에서는 조명부분의 에너지절약 30%를 목표로 조명부분의 기술을 소개하고자 한다. 조명부분의 전 기술에 대하여 기술하는 것은 지면의 할애가 되지 않으므로 주요 기술에 대하여 서술하였다.

## 2. 초세관형 형광등을 이용한 비상등

비상등은 화재나 정전등 비상시 사용되는 것으로 지금까지 보통 15W급의 형광등이 광원으로 사용되어 왔다. 그러나 일본등 선진국에서는 5W급

의 초세관형, 형광등을 이용하여 이를 대체하고 있고 이로 인하여 60% 이상의 에너지 절감을 하고 있다. 우리나라도 이를 적극 채용할 필요가 있다고 보고 여기에 그 기술을 소개하고자 한다.

### 가. CCFL 도광판유니트의 구조

CCFL(Cold Cathod Fluorescent Lamp) 형광램프를 이용한 고급형 LCD 백라이트로는 직하형 방식과 도광판 방식의 두 가지가 있고 현재는 고도의 기술력을 바탕으로하는 도광판 방식이 많이 채택되고 있다. 직하형 방식은 LCD 패널 아래에 1개 또는 다수의 형광램프를 배열하여 손쉽게 높은 휘도를 얻을 수 있으나 LCD 패널과 일정한 거리를 유지해야 하기 때문에 배경으로 설계하기에는 한계가 있다. 광도파 및 산란의 특성을 이용한 도광판 방식은 형광램프를 도광판의 측면에 설치하여 대단히 얇은 두께 및 고효율의 백라이트를 가능케 한다. 그러나 측면으로 입사된 빛을 전면으로 나오게 하므로 직하형에 비해 휘도가 낮은 것이 단점이고 균일한 휘도를 낼 수 있도록 하는 것과 광효율을 극대화시키는 것이 이 방식의 핵심 기술이다. 현재까지 대표되는 도광판 방식의 백라이트는 입사된 빛을 산란시키는 반사패턴을 스크린 인쇄방법으로 형성하는 방법이다.

이 방법은 도광판 밑면에 망점형태의 백색 산란 물질을 균일한 휘도분포를 갖도록 미리 계산된 패턴대로 인쇄작업을 통해 형성한다. 이 망점의 패턴은 램프쪽에서의 거리가 멀어질수록 망점의 크기가 커지거나 망점들 사이의 거리가 더 조밀하게 분포되어 있다. 그러나 이 방식은 빛이 산란되는 효율과 전면부로 전달되는 효율이 낮아서 휘도가 낮고 시간이 경과하면 백색망점의 색상이 변하고

망점이 패널에서 분리되는 등 내구성에 다소 문제가 발생할 수 있다.

스크린 인쇄방식 도광판의 광이용 효율을 높이기 위해 광반사면과 전면부에 각각 반사필름과 확산필름을 사용하고 있다. 여기서는 인쇄방식에 의한 여러 가지 단점들을 보완하고 반영구적인 내구성을 지닌 V-cut 방식에 의한 도광판을 소개한다. V-cut 방식에 의한 도광판은 광반사면을 V자 형태의 홈으로 가공하여 내구성을 증대시키고 또한 광반사면에서 전반사를 이용할 수 있으므로 광이용효율을 증대시켜 상대적으로 고휘도를 낼 수 있다. 이 방식의 설계 포인트는 V홈 사이의 간격과 V홈의 깊이와 폭을 조절하는데 있다.

#### 나. CCFL 도광판유니트의 구성 기기

##### (1) 형광램프

백라이트의 광원으로 사용되는 형광램프는 도광판 제조목적상의 특성 즉 고휘도, 소형, 경량, 저소비전력을 만족해야 한다. 종류로는 냉음극관형 램프와 열음극관형 램프 및 LED등이 있는데 이중 CCFL이 장점이 가장 많아 널리 쓰이고 있다.

특히 LCD 백라이트의 광원으로 사용되는 램프의 색상은 4500K에서 9000K 정도의 색온도에서 백색이 되어야 한다. 관전류에 따라서 휘도가 변하고 램프의 수명도 관전류와 밀접한 관계가 있으므로 적절한 관전류를 흘려 주어야 한다.

##### (2) 도광판

도광판은 CCFL로부터 측면으로 입사된 광을 반사시키고 산란시켜 최대의 효율과 휘도균일도를 내기 위하여 도광판 패널과 확산필름 및 반사필름의 재질을 적절히 선택하여야 한다.

##### (가) 도광판

도광판의 재질을 선택할 때 고려되어야 할 점은 기계적강도, 내화학성, 광투과율인데 그 특성을 만족하는 투명아크릴수지 즉 PMMA(polymethyl methacrylate)가 가장 많이 사용된다. PMMA는 첨가된 불순물에 따라서 특별한 파장의 광흡수 특성이 나타날 수 있으므로 순도가 높은 PMMA를 사용하는 것이 좋다.

##### (나) 확산필름

확산필름의 역할은 광반사면에서 반사된 광을 전면부에서 확산시켜 국부적인 휘도균일도를 향상시켜주고 광반사면에 처리되어 있는 패턴의 형태가 전면으로 드러나는 것을 막아준다.

재질로는 폴리카보네이트와 폴리에스테르 수지를 많이 사용한다. 최근의 기술로 생산되는 확산필름에는 시야각 70내지 100도의 범위로 광을 모아주는 렌즈의 역할을 하는 프리즘필름도 있다.

##### (다) 반사필름

도광판의 측면으로 입사된 빛이 전면으로 나오는 빛 이외에 다른 부위로 방출되는 빛이 있다면 그것은 전부 광손실에 해당된다. 다른 부위로 방출되는 빛을 다시 반사시켜 발광효율에 기여하도록 하는 것이 반사필름이다. 반사필름의 재질로는 백색 PET 필름이나 알루미늄 또는 은을 팽창시켜 분말로 만든 후 표면에 코팅한 필름들이 사용된다.

##### (3) 인버터

CCFL용 인버터를 설계할 때 고려해야 될 점은 도광판과 유사하다. 이 중 소형화 및 경량화 하는데 가장 어려운 점은 CCFL의 구동전압을 최대 수십kV로 증폭하는 변압기의 제작이다. 최근 기술은 변압기 코어 투자율을 개선하고 그 형태를 박

형으로 바꾸어 전체 크기와 두께를 초박형으로 제작하는 것을 가능하게 된다.

또한 램프 및 인버터 자체를 보호하는 여러 가지 보호회로와 램프의 휘도조절기능까지 내장되어 있다. 인버터의 입력전압은 직류 8내지 20V, 입력전류는 150내지 300mA 정도이고 출력전압 및 전류, 주파수는 1,000V 내외, 5mA 내외, 50kHz 내외이다. 이 값들이 CCFL의 휘도와 수명에 큰 영향을 미친다.

인버터의 사용 규격은 CCFL의 환경과 길이에 따라 달라지며 램프의 수명과 효율을 개선하기 위해서는 인버터회로의 효율을 높이고 잡음과 과전류 및 저전류를 방지해야 한다.

### 3. 조명기술 개발

#### 가. 개발기술의 개요

가정 및 사무실, 상업용 소비전력의 많은 부분을 차지하면서 절전잠재량이 큰 조명부문의 고효율 제품의 개발 및 보급의 필요성이 절실히 요구되고 있다. 따라서 현재 가정·상업, 사무실용 조명으로 널리 쓰이고 있는 형광등 및 백열전구의 전력절감을 통한 전기에너지의 절약을 위하여 광원 및 등기구 등의 고효율화와 각종 제어기술을 통합한 초절전형 조명시스템의 개발이 필요하다. 해당 기술을 나열하면 다음과 같다.

##### (1) 광원기술

- 고효율 고연색 특성개선과 방전특성을 최적설계한 초세관형 형광램프의 개발과 옥외용 고압방전등과 할로겐램프 등의 방전 특성 및 연색성을 개선한 저전력형 옥내용 광원대체 기술

- 기존 광원에 신소재 또는 복합소재 적용, 구조변경에 의한 경제적 효과를 겸할 수 있는 특성유지 및 장수명화 기술
- 연색성과 초절전제어 특성을 갖는 신방전 또는 고효율 발광 신기술을 응용한 가시광 선택 열방사, 격벽방전 및 2광자 형광체 등 차세대 신광원 기술개발

##### (2) 조명제어 및 고효율 시스템화 기술

- 고효율 광원의 개발과 아울러 전용 안정기 등의 단위기기 다기능 고효율제어, 배광특성 개선과 신설계개념을 도입한 등기구 및 단위기기의 연계제어를 위한 그룹(군)제어 및 각 OA, FA, HA와의 시스템 통신제어 기술
- 각 단위기술을 통합한 고효율 시스템의 개발 및 생산제작, 설계와 건축부문의 초절전 이론을 적용한 기준규격 및 설계의 표준화 기술 개발

#### 나. 전기에너지의 사용 현황

전기에너지의 소비량은 국민소득 및 생활수준의 향상으로 매년 11.6% 이상으로 급증하고 있으며, 이에 따라 조명분야의 전기에너지 소비량은 매년 증가하여 2006년에는 5만GWh 이상 소비될 것으로 추정된다.

2006년 조명부문 소비량의 경우 현재 일본 등 해외추세에 대비하여 볼 때 전체 전력사용량의 23~25%까지 증가, 예상되나 고효율 조명제품의 지속적 보급 및 에너지절약 인식고취에 따른 소비량 둔화가 예상된다.

다. 국내외 기술현황 및 수준비교

개발 및 응용 기술력의 차이가 현저하다.

(1) 국내의 기술개발 현황

국내 조명업계는 영세한 규모 및 정보의 부재로 선진국대비 약 10년의 기술격차를 보이며 고효율화 제품의 생산기반 및 자동화율이 매우 취약하다. 조명관련 기초기술과 전문인력이 매우 부족하여 연구 및 생산능력이 전반적으로 열악하다. 최근 고효율 조명제품에 대한 인식 제고 및 업계의 위기의식이 증가함에 따라 각 전문업체에서 활발히 기술 개발활동을 보여 26mm 형광램프 제작보급단계에까지 도달하였으나 일부 기술 이외에는

(2) 선진국의 기술개발 동향

선진국의 경우 26mm 형광램프의 경우 보편화되어 확대 보급중에 있으며 코팅기술 또는 코팅물질의 개발등을 통한 원가절감, 신뢰성 향상 등에 주력하고 있고 최근 일본 및 유럽에서는 16mm 초절전형 형광램프(100lm/W)를 개발 완료하고 저전압 HID 및 무전극 방전 등 다양한 방전공학 기술 및 소재기술을 응용하여 초절전 조명제품개발에 주력하고 있는 실정이다.

◎ 국내외 기술수준 비교

단위기술	해 의 현 황	국 내 현 황	국내수준
상 용 전 압 할 로 겐 램 프	110/220V용 램프 개발완료 텅스텐필라멘트, 봉입가스 최적개발 발광관 설계기술 확보	110V용 램프 개발 시판	50%
회 유 가 스 봉 입 전 구	크립톤가스 전구 상용화 필라멘트 증발억제 확보	크립톤가스 전구 상용화 증발억제기술 연구중	70%
슬 림 형 형 광 등	26mm 세관형 램프 상용화 T5 초세관램프개발(95~100lm/W)	26mm 형광램프 상용화 연구활동 없음	60%
저 전 력 소 형 HID 램 프	40W 이하급 상용화 전자식 안정기, 등기구 완료	70W급까지 개발완료 이하기종 연구 없음	20%
방 전 램 프	아말감 이용램프 상용화 전자식 안정기 기술 확보	연구실적 없음	10%
무 전 극 방 전 등	필립스, GE 상용화 일본은 시제품 개발완료	현재 개발중	50%
3~5 파 장 형 광 체	3파장 형광체 상용화 5파장 형광체 시제품 완성 물, 다중코팅기술 추가연구	3파장 형광체 개발완료 연구실적 없음 일부 코팅기술 연구중	60%