백라이트 시스템과 전자식 안정기

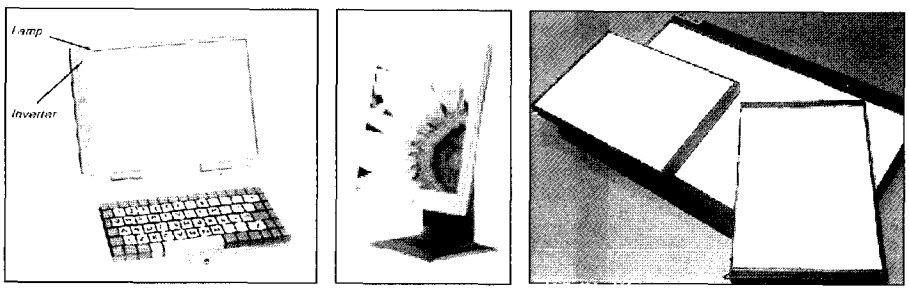
김 철 진 / 한라대학교 전기공학부 교수

PDP(Plasma Display Panel), *FED*(Field Emission Display)등과는 달리 투과형 *LCD*(Liquid Crystal Display)는 자체 발광을 할 수 없기 때문에 야간이나 실내에서와 같이 빛이 없는 상태에서는 화상을 인식할 수 없으므로 후면광을 사용한 백라이트 시스템(BLU, Back-light Unit)이 필요하게 된다.

*BLU*는 크게 램프와 구동회로로 구성되어 있으며, 전체 면적에 걸쳐 균일한 빛을 만들어 내기 위하여 도광판이나 확산판, 반사판, 프리즘 등을 사용한다.

백라이트 시스템의 구조

*BLU*에는 단부광원(edge light) 방식과 직하형 방식이 있으며 단부광원 방식이 보다 광범위하게 사용되고 있다. 다음의 그림 1.(a)는 *BLU*의 응용 예로서 노트북 *PC* 와 *LCD* Monitor를 나타낸 것이며, (b)는 표시장치에 사용되는 *BLU*를 나타낸 것이다.



(a) (b)

그림 1 백라이트 시스템과 응용

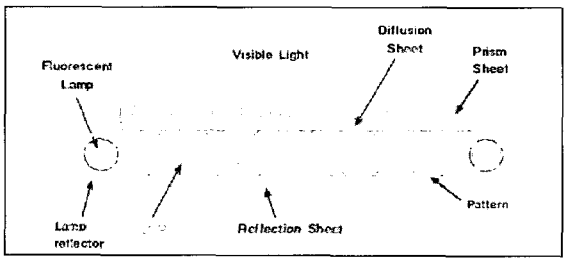


그림 2 단부 광원형 BLU 구조

(1) 단부광원 방식

이 방식은 가운데에 반사패턴이 인쇄된 도광판(*LGP*, light guiding panel)을 두고, 냉음극형광램프(*CCFL*: cold cathode fluorescent lamp)를 측면의 가장자리에 위치하는 방식이다.

형광램프가 *LGP*의 한쪽의 가장자리 또는 양측 가장자리에 위치하기 때문에 균일한 분포의 반사패턴이 있을 경우에는 가장자리가 중앙부위보다 밝아지므로, 이를 고려하여 반사패턴은 불균일한 분포를 갖도록 인쇄하여 패널내의 위치에 따른 밝기 차이가 발생하는 현상을 저감할 수 있도록 한다.

또한 이러한 패턴 작업으로 인하여 발생하는 얼룩을 제거하기 위해서 확산시트를 추가하고, 확산시트를 거친 빛이 다시 프리즘을 통하여 직각 방향으로 균일하게 발생되도록

한 후 이 빛을 *LCD*에서 백라이트로 사용하게 된다.

그러나, 이 방식은 근본적으로 단부에 광원이 위치하기 때문에 물질 자체에 의한 광 손실이 발생하여 효율이 떨어지며 *LCD*가 대형화될수록 전체적인 휘도의 균일성이 나빠지는 단점을 가진다.

(2) 직하형 BLU

직하형 *BLU* 방식은, 확산시트의 후면에 수 개의 형광램프를 일렬로 배치하여 단부 광원형에 비해 보다 휘도를 높이고 균일도를 개선하기 위하여 사용된다.

이 방식은 표시장치(display panel)의 크기가 대형화할수록 휘도가 저감되는 단점을 보완할수 있으며, 도광판이 없기 때문에 무게가 가벼워 대형 화면의 *LCD* 장치에 적합하다.

그러나, 램프의 수가 늘어나 전력소모가 증가하고 가격이 높아지며, 균일도를 보완하기 위한 확산 시트를 램프에서 적당히 이격하여 설치하므로 이격된 거리만큼 *BLU*의 두께가 두꺼워져 *LCD* 표시장치를 얇은 박형 구조로 유지하기가 어려운 단점을 갖는다.

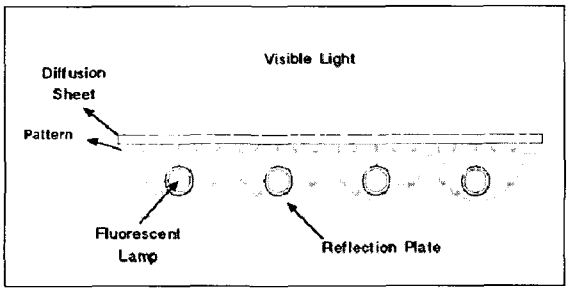


그림 3 직하형 BLU 구조

조명의 기본 개념

전등과 같은 광원으로 실내외의 필요한 장소를 밝게 하는 것을 일반적으로 조명이라 하며, 조명을 위한 광원의 종류로는 태양과 같은 자연광 외에 형광등, 백열등, 수은등을 비롯한 다수의 인공광원이 존재하고 있으며, 광원의 조명능력을 나타내는 광원의 밝기를 *cd*의 단위를 사용하여 광도의 개념을 정의한다.

빛의 밝기는 눈에 들어오는 빛의 양을 의미하는 명도에 따라 차이가 있으며, 인식이 가능한 빛의 파장은 약 380-760[*nm*] 정도이며, 가장 밝은 파장은 555[*nm*]으로 알려져 있다.

조명과 관련된 주요용어를 다음과 같이 정리하여 나타낸다.

○ 밝기(Brightness)

밝기(brightness)에는 광원의 능력을 비교하는데 사용하는 광도(luminous intensity) , 광원에 의해서 비쳐지는 곳의 밝기를 나타내는 조도(illuminance)와 장소에 있어서의 물체의 밝기를 나타내는 광속발산도가 있다.

○ 복사속과 광속(Luminous Flux)

전자파로서 공간을 전파하는 현상 또는 그 에너지를 복사(radiation)라 하며, 단위 시간당의 복사 에너지를 복사속이라 하고 단위는 [*J/s*]-[*W*]를 사용한다.

또한 시감도를 K_λ라 하면, $K_\lambda = \frac{K_\lambda}{\Phi_\lambda}$의 관계를 나타내며, 최대 시감도는 680[*lm/W*]이고, 이때의 파장은 555[*nm*]=5550[Å]이다. (여기서, F_λ : 눈에 감각되는 광속[*lm*], Φ_λ : 파장λ의 복사속[*W*] 을 각각 의미한다.)

○ 광도(Luminous Intensity)

광원에서 어떤 방향에 대한 단위 입체각(steradian) ω [*sr*] 에 대한 광속을 광도 *I* 로 정의하며 광도 *I* 의 단위는 [*lm/sr*] = [candela] = [*cd*] 이다.

$$I = \frac{dF}{d\omega}[cd] \quad (1)$$

한편, 복사속을 시감도에 따라 측정한 값을 광속이라하며, 단위는 [*lumen*] - [*lm*] 을 사용한다.

따라서 광속 *F*는 다음 식으로 주어진다.

$$F = \int K_\lambda P_\lambda d\lambda = \int K_m V_\lambda P_\lambda d\lambda = \int I d\omega [lm] \quad (2)$$

(P_λ: 분광 복사속, K_λ: 시감도[*lm/W*], λ : 파장[μm], K_m: 최대 시감도680[*lm/W*], V_λ: 비시감도)

○ 조도(Illumination)

조도는 면적을 A[m^2]라 할 때, 단위 면적당의 입사 광속으로 정의하며, 다음의 관계를 갖는다.

$$E = \frac{dF}{dA}[lx] \quad (3)$$

조도의 단위는 [*lux*] = [*lx*] = [lm/m^2], [*phot*] = [*ph*] = [lm/cm^2]이며, 점광원 하에서의 광도가 I[*cd*]일 때, r[*m*] 거리에 있는 빛의 방향에 수직인 면에서의 조도 E_n은 광원의 광도에 비례하고 거리의 제곱에 반비례하는 관계를 갖는다.

○ 휘도(Luminance)

발광면의 어떤 방향에서 본 단위 투영 면적당의 광도를 휘도라 하며, 광원의 빛나는 정도를 뜻한다.

$$B = \frac{dI}{dA}\cos\theta[cd/m^2] \quad ([cd/m^2=nit], [cd/cm^2=stilb]) \quad (4)$$

또한, 발광면의 단위 면적당 발산 광속을 광속발산도라 한다.

$$R = \frac{dF}{dA}[r/x] \quad ([lm/m^2=radlux], [lm/cm^2=Lambert]) \quad (5)$$

○ 완전 확산면 (Lambertian Surface)

완전 확산면에서 휘도 $B[cd/m^2]$와 광속 발산도 $R[r/x]$ 사이에는 다음 관계식이 성립한다.

$$R = \pi B[r/x] \quad (6)$$

한편, 물체에 F [*lm*]의 광속이 입사하여 그 중 일부 F_1 [*lm*] 이 반사하고, 다른 일부 F_2 [*lm*]이 투과하면 흡수된 광속F_3는 $F_3 = F-F_1-F_2$ 이며, 이때 반사율을 ρ, 투과율을 τ, 흡수율을 α라고 하면각각 다음과 같은 관계를 갖는다.

$$\rho = \frac{F}{F_1},\ \tau = \frac{F_2}{F},\ \alpha = \frac{F-F_1-F_2}{F} = \frac{F_3}{F},\ (\rho+\tau+\alpha=1) \quad (7)$$

○ 발광 효율 및 전등 효율

복사속에 대한 광속의 비율로 그 광원의 발광 효율을 ε을 나타낼 수 있다.

$$\varepsilon = \frac{F}{\Phi}[lm/W] \quad (F: 광속[lm], \Phi: 복사속[W] \quad (8)$$

전소비 전력 p에 대한 전발광 광속 F의 비율로 전등 효율 η를 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\eta = \frac{F}{P}[lm/W] \quad (9)$$

광원의 분류와 형광램프

조명용 광원의 종류는 빛의 파동설(radiant energy as waves)에 근거한 열방사 광원으로 백열전구, 메탈할라이드 램프 등이 있으며, 빛의 입자설(radiant energy as particles)에 근거한 광원으로는 전자방출 방전등인 형광등, 나트륨등, 수은등 등이 있다.

방전방식에 따라 광원을 분류하는 경우는, 글로우 방전(glow discharge)과 아크 방전(arc discharge)으로 나눌 수 있으며, 방전등은 네온, 수은, 크세논, 수소 등의 가스를 램프에 주입하여 방전효과를 이용한 광원을 의미한다.

글로우 방전은 저압 방전관에 저항이나 인덕터를 직렬 접속하고 직류전원을 가하여 전류를 통전시키면 저압 가스 방전이 발생하고, 방전 전류가 적으면 글로우 방전이 이루어지며, 음극에서의 전자 복사가 주로 양이온의 충돌로 이루어지는 방전을 글로우 방전이라 한다. 글로우 방전을 이용한 등에는 네온관등과 네온 전구가 있다.

아크 방전은 음극에서 충분한 열전자가 공급되고 두 극간의 전위차가 낮은 경우 큰 전류가 흐른다. 가스가 들어 있는 방전관에 직렬 저항을 연결하고 전극의 전압을 방전개시 전압 이상으로 높이면 글로우 방전을 거쳐 아크 방전의 상태가 된다. 아크등에는 탄소 아크등, 나트륨등, 수은등, 크세논등, 지르코늄 방전등 등이 있다.

(1) 형광등의 구조와 발광

형광등은 저압 수은등의 대표적인 예이다. 형광등은 열음극으로 된 저압 수은등의 일종으로 전압 인가시 음극이 가열되고 이 열에 의해 전자가 발생되

표 1 각종 광원재료의 여기 및 이온화에너지

Element	First excitation energy(eV)	Ionization energy(eV)	Remarks
Helium	20.91	24.46	헬륨 (기체)
Neon	16.58	21.47	네온등 (기체)
Sodium	2.10	5.12	비교적 쉽게 이온가능(고체)
Argon	11.56	15.68	나트륨 등 (기체)
Scandium	2.70	6.70	비교적 쉽게 이온가능(고체)
Krypton	9.98	13.93	크립톤 (기체)
Indium	2.75	5.76	비교적 쉽게 이온가능(고체)
Xenon	8.39	12.08	크세논 (기체)
Mercury	4.66	10.39	수은 (기체화 가능)
Thallium	3.27	6.07	비교적 쉽게 이온가능(고체)

며, 이 전자는 전구 내부에서 기화된 수은 원자와 충돌하여 자외선을 방출하게 되고 이 자외선으로 유리관 내의 형광물질을 자극하여 빛을 발생하게 되며, 방전이 일어나게 되면 절연파괴가 되고 자유전자에 의해 지속적인 방전이 일어난다.

정상 동작시의 전자 방출은 필라멘트 양단의 고전위부에서 발생하며, 방전등은 내부에 가열 필라멘트를 가진 열음극 방전등과 필라멘트가 없고 대향전극뿐인 냉음극 방전등으로 나뉜다.

열음극형은 전압 인가시 음극이 가열되고 이 열에 의해 전자가 발생되어 램프 내부의 가스원자와 충돌하여 자외선을 방출하게 된다. 형광램프는 열음극 램프의 일종으로, 0.01[*mmHg*]정도의 저압 수은등의 양광주에는 2537[Å]의 자외선이 다량으로 발생한다.

냉음극형은 전극에 고전압을 인가하면 전극으로부터 전계에 의한 전자 방출이 일어나게 되고 가스원자와 충돌하여 자외선을 방출한다. 열음극형과 같이 음극의 가열에 의한 전자 방출이 아니므로 냉음극형이라 하며, *CCFL*과 *EEFL*은 냉음극형의 대표적인 예라 할 수 있다.

(2) CCFL (Cold Cathode Florecent Lamp)

*CCFL*은 내부 표면이 형광체로 도포되어 있는 초자관과 이의 양끝에 전극이 붙어 있으며, 내부에는 일정량의 수은(*Hg*)과 아르곤(*Ar*), 네온(*Ne*)의 혼합 가스가 들어 있으며, 전계에 의한 전자방출 방식으로 예열이 불필요하기 때문에 냉음극 램프라 한다.

일반 형광등(FL)의 경우는 필라멘트를 가열하여 옥사이드를 방출하고, 이 옥사이드로부터 전자가 방출되는 원리를 가지나, *CCFL* 램프에서는 관의 내면에 형광물질을 도포하고 양 전극에 고전압을 인가하면 전극으로부터 전계에 의한 전자 방출이 일어난다.

전자가 방출하여 수은을 여기시키고, 수은이 여기되면서 253.7[*nm*]의 자외선이 발산하며, 이 자외선을 형광체가 가시광선으로 변환하여 빛을 발생하게 되고, 램프의 초기특성 개선을 위해 형광체에는 소량의 알루미나를 첨가하기도 한다.

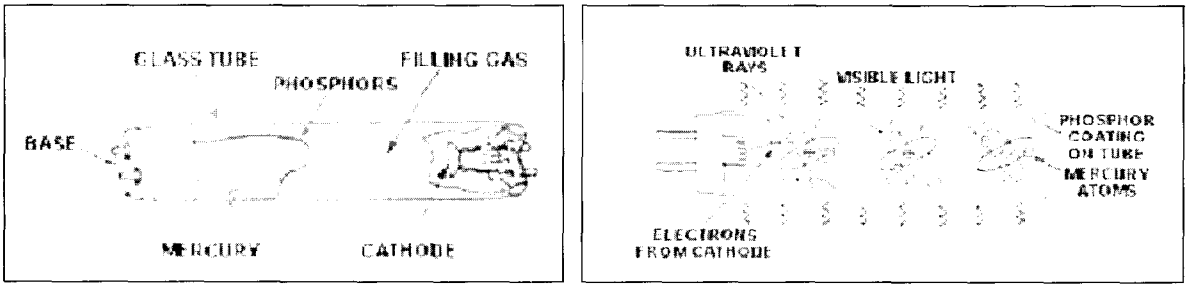


그림 4 형광램프의 구조와 원리

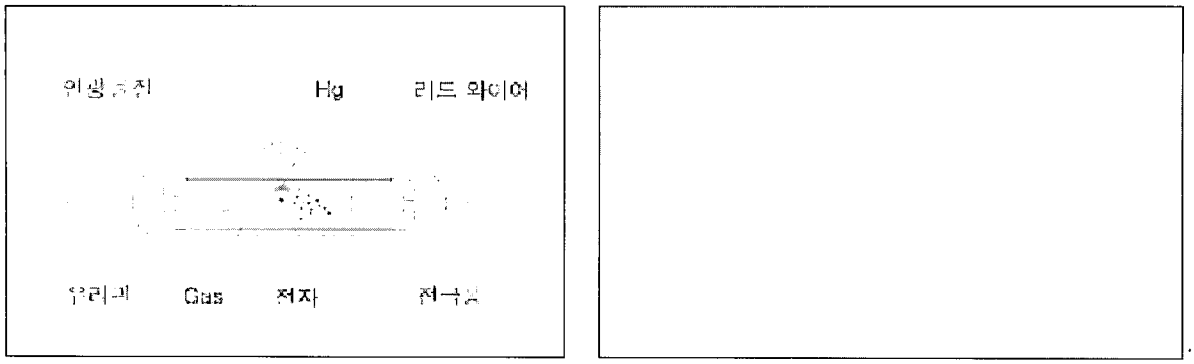


그림 5 CCFL 기본 구조와 제품의 형상

*CCFL*은 초자관이 가늘고 일반 형광등과 전극이 다른 점을 제외하면 동일한 구조와 원리를 가지나, 기존 형광등의 경우에서와 같이 필라멘트의 전자방출을 유도하는 옥사이트의 산화에 의한 흑화 발생이 없으므로 장수명이 가능하다.

구조 및 제품의 형상은 다음의 그림 5와 같고, 저소비전력, 고휘도, 고연색성 및 장수명 등의 장점을 가지며, 노트북 컴퓨터 및 모니터, 자동차 항법장치 등 *LCD*용 백라이트 전원과 광고용 라이트 패널, 팩스 및 스캐너 등에 수요의 확대가 이루어지고 있다.

*CCFL*의 경우 에너지 변환 효율의 측면에서는 다음의 그림 6과 같이, 전극에서 35% 의 에너지 손실이 발생되고, 26%가 관을 통해 열로 발생하며, 램프의 형광물질로 인해 가시광선으로 변화되는 자외선의 일부 에너지와 초기 에너지의 3% 에 해당하는 수은 원자에 의한 가시광선이 램프공급전력의 약 15% 에 해당하는 광에너지로 변화된다.

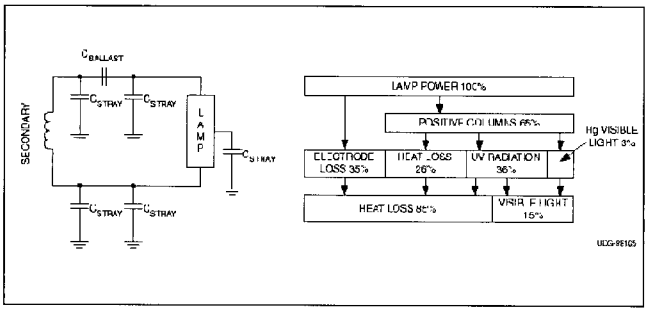
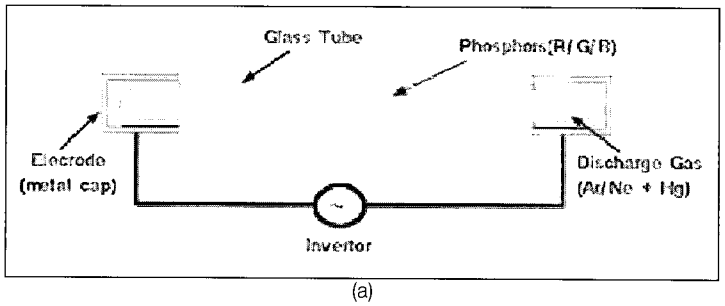


그림 6 CCFL 램프의 에너지 변환효율

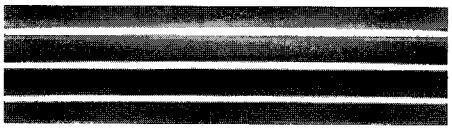
(3) EEFL(External Electrode Fluorescent Lamp)

무전극램프인 *EEFL*은 주로 직하형 *BLU*에 사용되는 램프로서 램프내부의 전극이 없는 형태로서 전극 열화에 의한 수명단축을 없앤 구조의 *CCFL*의 일종이라 할 수 있다. *EEFL*은 다음의 그림 7에서처럼 전극이 램프 외부에 캡(cap) 모양으로 설치되는 구조적 특징을 가지며 전극이 램프 내부에 존재하지 않기 때문에 무전극 램프라 한다.

EEFL 은 *PDP*(Plasma Display Panel)와 마찬가지



(a)



(b)

그림 7 EEFL 램프의 구조와 램프의 발광

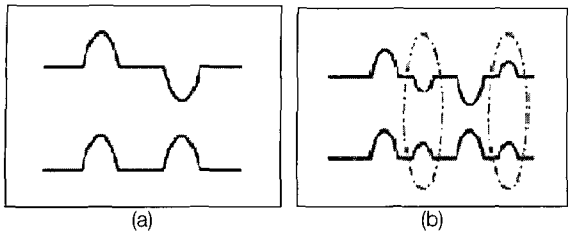


그림 8 자기방전 현상의 유무에 따른 전류 및 광신호

로 전극이 유전체로 보호되어 있는 형상을 하고 있으므로 전극 주변의 유전체에 쌓인 벽전하가 방전하는 자기방전(self-discharge) 현상이 존재하며, 이 현상으로 인하여 일반 램프에 비하여 1 주기당 2 배의 방전이 발생하고 형광체의 포화현상이 감소되어, 형광체의 양자효율 및 전체 방전효율이 증가된다.

이러한 자기방전 효과는 내부 전극형 램프에서는 발생하지 않고 외부전극형인 *EEFL* 이나 격벽 방전형(barrier discharge)등의 *AC* 방전관에서만 있는 고유한 현상이다.

다음의 그림8 은 자기방전 현상의 유무에 따른 전류 및 광신호를 나타낸 것으로 그림(b)의 점선으로 표시한 부분이 자기 방전 현상의 존재를 의미한다.

열의 발생은 주로 관 전극에 충돌되는 이온에 의한 것과 관 전류가 플라스마를 통과함에 따라 생기는 것 두 가지가 있으며, *EEFL*의 경우 전극과 이온의 직접적인 충돌이 없으므로 전극에 의한 열의 발생이 없고, 고전압, 저전류로 구동되므로 플라스마의 주울열 발생이 상대적으로 적다.

*EEFL*의 특징과 장단점을 정리하면 다음과 같다.

(장점)

(1) *CCFL*과 비교할 때 내부전극이 없고, 진공봉합(sealing)의 신뢰성이 높기 때문에 램프간의 전압편차가 적고, 휘도유지 특성이 우수하여 다수개의 램프를 병렬로 연결할 수 있다.

(2) *CCFL*의 경우 여러 개의 램프를 병렬로 접속하는 경우 각 램프들에 대한 전류제어가 어려운 단점이 있으나 *EEFL*은 용량성 부하이기 때문에 병렬 연결이 가능하고, 전류 제어가 용이하므로 인버터의 수를 줄일 수 있다.

(3) 램프외부 전극의 전계에 의해서 램프내에 플라즈마를 유도하여 빛을 발생하는 방식이므로 열이 없으며 수명이 일반 형광등에 비해 5배 이상으로 길다.

(단점)

(1) *EEFL*은 다수개의 램프를 연결하는 경우 램프간에 미세한 휘도 차가 존재하고 외부전극에 의해 발생하는 비발광 영역(dead space)이 존재한다.

(2) *CCFL* 에 비해 전류가 낮기 때문에 정상 휘도를 내기 위해서는 약간의 시간이 소요되므로, 휘도 상승시간을 짧게 하기 위해서는 외부전극의 폭을 넓게 하여 충분한 용량을 확보해야 하나 전극의 면적이 커질수록 비발광 영역이 넓어지는 단점이 존재한다.

(3) 외부전극의 크기가 일정크기 이상이 되면 *LCD*의 유효면적을 초과하는 램프 크기에 의해 표시장치의 크기가 유효한 화면 보다 커져야하는 단점이 존재하므로 *LCD* 백라이트로 사용하기 위해서는 적절한 보완이 필요하다.

다음의 표 2는 *LCD* 백라이트에 사용되는 *CCFL* 및 *EEFL* 의 기본적인 특성을 비교한 것이다.

다음의 그림 9는 *EEFL*에서 문제가 되는 램프의 전극 면적을 크게 하면서 비발광 영역을 저감하기 위한 대책으로 램프의 전극 부위를 구부린 구조로 처

표 2 CCFL 및 EEFL 의 특성비교

항목	CCFL	EEFL	특징
전압	저전압	고전압	전극의 2 차 전자방출 효과
전류	크다	적다	CCFL (인버터 출력단 Capacitor 연결)
수명	약 30,000시간	장수명 (50,000시간 이상)	이온충격(sputtering)에 의한 전극열화
효율	우수	비교적우수	CCFL 이 EEFL 보다 다소 우수
다중접속	불리	양호	CCFL 은 병렬연결에 불리 (전류차 발생) EEFL 은 램프용량에 의한 자동제어 특성

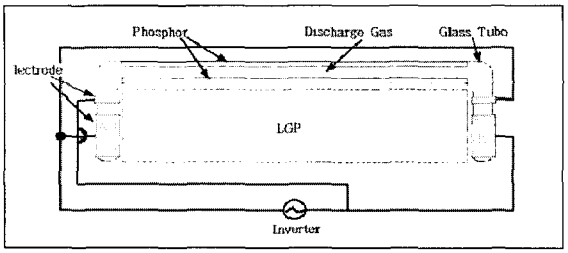


그림 9 비발광 영역의 저감 대책 예

리한 형태의 예를 그림으로 나타낸 것이다.

전자식 안정기

(1) 전자식 안정기의 필요성

형광등을 비롯한 방전등은 램프전류가 증가하면 램프 양단의 전압이 감소하는 부성저항(negative resistance) 특성을 가지며, 이 특성으로 인한 점등의 불안정과 램프의 소손을 예상할 수 있으므로, 방전개시 후 계속되는 램프전류의 증가를 제한하기 위한 전류제한장치로 안정기(ballast stabilizer)를 사용한다.

기존의 자기식 안정기는 철심과 초크(choke) 코일로 구성되어 상용전원이 안정기를 거치면서 전류와 전압의 위상차가 생겨 원활한 점등과 방전 후 전류의 무한 증가를 방지하게 된다.

자기식 안정기의 경우 상용 주파수 60[*Hz*]를 사용하기 때문에 1초에 60번의 ON/OFF 를 반복하게 되므로 잔상효과로 인한 눈의 피로현상이 존재하게 된다.

이에 대한 대책으로 전자회로를 이용하여 상용 주파수를 수십[*KHz*]의 고주파로 변환하여 램프를 점등시키는 전자식 안정기(electronic ballaster)를 사용함으로써, 자기식 안정기에 비해 약 15[%] 정도의 발광효율 향상과 25[%] 정도의 손실 저감을 기할 수 있다.

다음의 그림 10은 *CCFL* 및 *EEFL* 램프를 구동하기 위한 제작된 전자식 안정기를 나타낸 것이며, 표 3은 자기식 안정기와 전자식 안정기의 기본적인 특성을 비교한 것이다.

(2) 전자식 안정기의 종류

그림 10 전자식 안정기 (램프 구동용 인버터)

표 3 자기식 안정기와 전자식 안정기의 비교

분류	자기식 안정기	전자식 안정기
전력제어방식	초크코일에 의한 자속제어	전자회로에 의한 제어
조도 안정성	보통	우수
공급전원	외부 정전압 장치 필요	전자회로에 의한 정전압 유지
기동전류 제한 방식	누설 자속으로 제어	전자식 정전류방식

전자식 안정기는 자려식 발진(self oscillation) 방식과 타려식 발진(external oscillation) 방식으로 구분된다.

자려식 발진은 스위칭과 동시에 트랜스포머의 궤환회로를 이용하여 발진을 병행하여 회로를 구동시키는 방법으로 입력전압의 변동에 따라 구동 주파수가 변화하는 단점이 있으나 회로의 구성이 용이하고 경제적이기 때문에 저전력 기기에 상용화되고 있으며, 푸시풀(Push-Pull)방식과 하프브리지(Half Bridge) 방식이 주로 사용된다.

○ Push Pull 형 Inverter

푸시풀 방식은 그림과 같이 TR_1 과 TR_2 의 스위칭 동작으로 트랜스포머 T_1 을 통해 유기된 2차 전압으

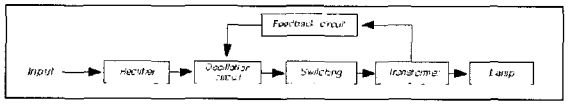


그림 11 Push Pull 형 Inverter 안정기의 기본 Block Diagram

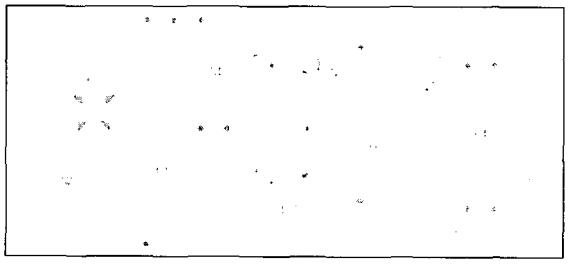


그림12 Push-Pull 형 Inverter 안정기의 회로 구성 예

로 램프를 구동하게 된다.

전원이 인가되면 브리지 회로와 C_1을 통해 정류된 직류전압은 R_1 과 R_2, R_3을 거쳐 TR_1, TR_2의 베이스 전압으로 인가되고 T_1의 피드백 권선(N_f)에 유기된 전압의 상호 위상차에 의해 TR_1이 ON 되는 것을 가정할 수 있다.

이 경우, 1차 권선 N_1에 전압이 인가되고 피드백 권선 N_f 에 전압이 유기되면, I_{C1}의 증가에 따라 V_1, V_f 및 I_{B1} 증가로 TR_1의 포화가 진행되어 T_1의 1 차 인덕턴스가 감소하여 결국 TR_1은 OFF 되고, 1 차 회로는 개방상태가 된다.

이후 자계가 회복되는 상태에서 트랜스포머 코일에는 역기전력이 발생되며, N_f 권선에는 V_f 의 역전압이 나타나며, TR_2 의 바이어스 조건이 만족되어 동일한 동작과정을 거쳐, 1주기의 동작이 완료된다.

트랜스포머 T_1에 유도되는 전압은 C_3 와 C_4 의 공진현상으로 정현파를 출력하게되어 램프를 점등시키는 원리를 가지며, 트랜스포머의 권선비에 따라 출력전압을 변환할 수 있으므로 저전압용의 전원에 많이 적용되고 있다.

o Half Bridge 방식 Inverter

하프브리지 방식의 인버터는 다음의 그림 13과 같이 L, C 직렬 공진회로를 이용하여 램프를 구동하며, 전원전압의 인가 후 R_1, C_3 및 $Diac$으로 구성되는 트리거 회로에 의해 TR_2 를 ON 시킴으로써 코일에 유기된 전압에 따라 TR_1 이나 TR_2가 스위칭 동작을 하게된다.

스위칭에 따른 구형파 전압은 L_1, C_1, C_2 의 공진회로에서 정현파로 변환되며 램프에는 고전압이 인가되고 기동이 가능하게 된다.

하프브리지 방식의 인버터는 컬렉터 전류가 0[V]에서 스위칭하기 때문에 손실이 적고 변화율이 높은 장점을 갖는 반면에 인가전원의 전압 변동과 외부 서지에 취약한 단점이 있다.

o 타려식 인버터

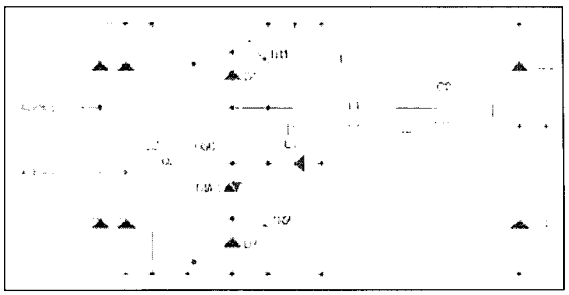


그림 13 Half Bridge 형 Inverter 안정기의 회로 구성 예

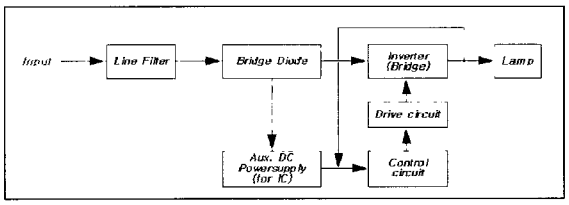


그림 14 타려식 안정기의 기본 Block Diagram

타려식 발진은 발진 및 제어를 위한 전용의 IC 를 사용하여 인가 전압을 스위칭함으로써 스위칭 주파수나 펄스폭의 설정이 용이하며, 시스템의 안정성이 우수한 장점을 갖는다.

(3) 전자식 안정기를 이용한 조도조절 (Dimming)

형광등이나 CCFL, EEFL의 휘도는 입력되는 전력에 비례하므로, 전자식 안정기의 인버터 출력을 제어함으로써 조도조절(dimming)이 가능하게 되며, 다음과 같은 방법이 조도조절 방안으로 사용된다.

o PWM 제어

램프의 ON/OFF 시간의 비율을 제어함으로써 밝기를 조절하는 방식이다. 스위칭 전원장치에 사용되는 PWM 방식과 유사하기 때문에 PWM 조도조절 방식이라 한다.

PWM 방식은 시간 T_1, T_2의 비율을 조절함으로써 밝기를 제어한다. T_2 의 비율이 늘어남에 따라 OFF 시간이 증가되어 밝기는 감소하게 되며 램프의 구동 주파수와는 별개로 $1/(T_1+T_2)$에 해당하는 주파수로 ON/OFF 를 반복한다. ON/OFF 되는 주파수를 쵸핑 주파수(chopping frequency)라 하며 램프의 구동

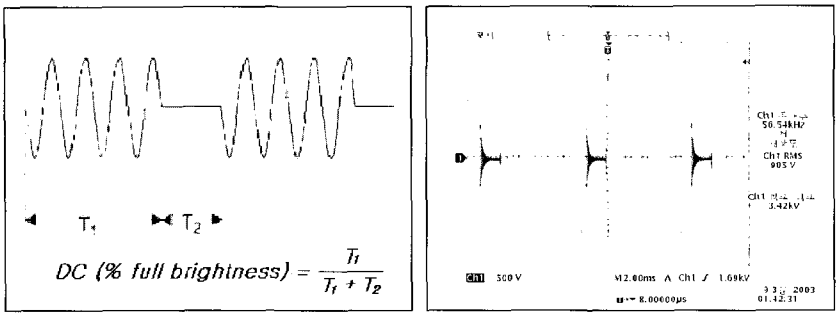


그림 15 PWM 방식의 원리와 실제 CCFL 구동 전류 파형

주파수 및 *LCD*의 프레임 주파수(frame rate)등과 간섭을 일으키게 되면 일종의 플리커(flicker)현상이 발생할 수 있고 가청 주파수대의 노이즈가 발생할 수 있다.

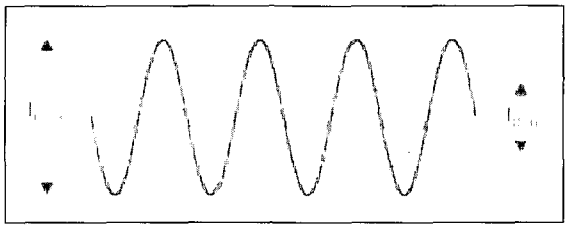


그림 16 직류전압 변화방식에 의한 CCFL 전류 파형

○ 직류 전압 변화 (DC Biasing Dimming)

공진회로의 푸시풀 트랜지스터의 전류를 가변하는 방식으로 아날로그 조절 방식으로 볼 수 있으며, 전류가 연속적이기 때문에 램프의 스트레스가 최소화되며 입력전원과 *CCFL*의 밝기사이에는 선형적인 비례관계가 형성된다.

대부분의 조도제어 범위에서 거의 일정한 효율을 유지하므로 PWM 방식에 비해 높은 효율을 나타내며, 쵸핑주파수가 존재하지 않으므로 초기에는 맥놀이 주파수(beat frequency)에 민감한 정밀기기나 효율이 중요시되는 휴대용 기기에 사용되었다.

*LCD*의 색조대비(contrast)기능을 수반하기 때문에 광범위하게 사용되고 있으나, 밝기 제어의 범위가 *PWM* 방식에 비해 협소하며, 트랜지스터의 바이어스 저항이나 이와 연관된 신호를 제어하는 방식이므로 기타의 조도제어 방식에 비해 제어가 어려운 단점이 존재한다.

○ 입력전압 변화에 의한 조도조절

공진회로에 입력되는 직류전압을 가변하여 램프에 전달되는 전력을 조절하는 방식으로, 직류변환 방안은 일반 컨버터 등에 이용되는 벅(Buck) 컨버터를 이용하는 것이 대부분이며 램프전류와 폐루프를 구성하고 대부분 *PWM*제어 기법을 사용한다.

램프전류는 직류전압 변화방식과 마찬가지로 연속적이며, 저주파의 쵸핑주파수가 존재하지 않으므로 맥놀이 주파수에 의한 안정성이 *PWM* 방식보다 양호하다.

또한, 램프전류의 유지도가 가장 높으며 밝기 제어 범위 및 효율은 *PWM* 방식과 직류전압 변화방식의 중간 정도의 특성을 나타내며, 모니터 등에 가장 널리 이용되는 방식으로 다양한 기능의 추가가 용이하다.

○ LCC 공진형 방식

이 회로는 L_s - C_s 의 직렬 공진과 L_s - C_p 의 병렬 공진이 복합된 *LCC* 직병렬 공진의 구조적 특징을

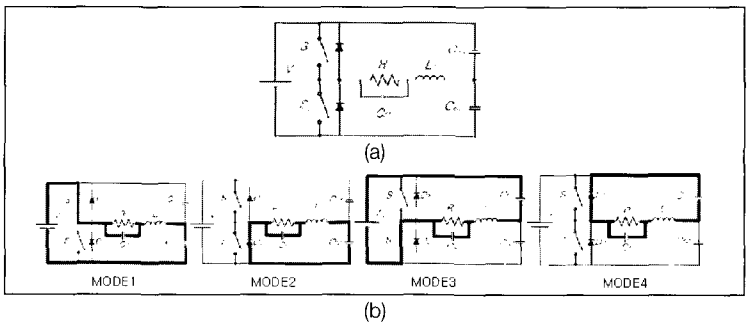


그림 17 LCC 공진형 인버터의 구조와 기본동작모드

가지며, 램프 점등 전에는 직렬공진이, 램프 점등 후에는 병렬공진의 영향이 크게 작용한다.

다음의 그림은 *LCC* 공진형 인버터의 구조와 기본 동작모드를 나타낸 것이다.

결 언

대표적인 표시장치(display)인 *CRT* 는 1940년대 출시되어 지금까지 표시장치 산업의 지배적인 위치를 차지하여 왔으나, *LCD*의 실용화 가능성이 1968년 *RCA* 에 의해 제기된 이래 최근 정보통신과 인터넷의 발전으로 표시장치의 휴대화, 저전력화 및 경량화가 요구되면서 *LCD*를 적용한 평판 표시장치의 시대가 본격적으로 도래하였다고 할 수 있다.

또한, 평판 표시장치중 규모가 가장 큰 *TFT LCD* 분야의 세계 시장규모는 $168 억으로, 최근에는 한국, 일본, 대만이 세계시장을 주도하고 있다.

LCD 표시장치는 각 화소별로 빛을 제어하는 액정 패널, 패널 외부에서 액정에 전기적신호를 보내주는 구동회로와 백라이트로 구성되며, 각 화소의 액정이 백라이트로부터 나오는 빛을 선택적으로 차단하거나 통과시킴으로써 영상을 표현하는 원리를 갖는다.

*LCD*는 자체발광 능력이 없기 때문에 외부의 광환경조건에 따라 표시장치의 품질이 좌우되는 단점이 존재하므로 외부환경조건에 의존하지 않는 적절한 조광 기능을 갖는 백라이트가 필요하며, 광원을 구동하기 위한 고역률, 저노이즈(*EMI*)의 소형, 고효율의 고주파인버터 기술의 병행 발전이 필수적이라 할 수 있다.

백라이트의 방식중 측면 조광에 의한 단부광원 방식은 휘도분포가 좋고, 경량박형으로 저소비전력의 장점이 있으나, 광 손실이 크기 때문에 고휘도의 실현이 어려우므로, 고휘도를 위해서는 램프를 표시장치의 바로 아래에 설치하는 직하방식이 유리하다.

최근, 평면에 *CCFL*을 병렬로 배치해 8,000[cd/ m²] 정도의 휘도를 실현한 고휘도의 면광원 백라이트 시스템의 상용화가 본격화되고 있으며, 선진국을 중심으로 백라이트 대신 주변 빛을 광원으로 사용하여 밝은 외부 환경에서도 시인성을 개선한 반사형 LCD의 개발에도 주력하고 있는 것에도 유의할 필요가 있다.

조사통계에 의하면, *CRT*, *LCD*, *PDP* 및 유기 *EL* 등을 포함한 표시장치 분야의 세계시장 규모는 2000년 기준으로 $ 440 억으로, 매년 약 15%의 시장성장이 이루어지고 있으며, 2005년경이면 표시장치 산업의 시장규모가 약 $ 900 억 정도로 메모리 반도체 시장을 추월할 것으로 전망하는 등 표시장치 산업은 반도체 산업의 규모에 버금가는 차세대 유망산업으로 성장할 것으로 예측할 수 있다.

References

[1] Joel A. Donahue, P.E. and Milan M. Jovanovic, "The LCC Inverter as a Cold Cathode Fluorescent Lamp Driver", APEC 1994, pp.427-433.

[2] Louis Robert Nerone, "Design of a 2.5-MHz, Soft-Switching, Class-D Converter for Electrodeless Lighting", IEEE Trans, On Power Electronics. Vol 12, No 3, May 1997.

[3] M.Jordan, J.O' conner, "Resonant Fluorescent Lamp Converter Provides Efficient and Compact Solution", Unitrode application note U-141.

[4] S.W.Lee, D.Y.Ko, D.Y.Huh and Y.I.Yoo "Simplified Control Technique for LCD Backlight Inverter System Using the Mixed Dimming Method" IEEE Trans, On Power Electronics.

[5] S.A.EI-Hamamsy, "Design of High-Efficiency RF Class-D Power Amplifier," IEEE Trans, On Power Electronics. Vol 9, No3, pp. 297-308, May 1994