

Lamp용 안정기의 종류 및 특징

박 종 연 <강원대학교 전기공학과 교수>
 정 동 열 <강원대학교 대학원 석사과정>
 조 계 현 <강원대학교 대학원 석사과정>

1. 서 론

높은 방전전압이 필요한 lamp의 초기 점등을 위해서 starter 또는 ignitor는 필수적이며 점등상태에서 열 폭주 현상을 막고 적절한 전류의 공급을 유지시키기 위한 안정기가 요청된다.

starter 또는 ignitor는 형광등용 glow-starter, 반도체(전자)starter, 전자식 ignitor등으로 구분되며 안정기는 그림1과 같이 구분된다.

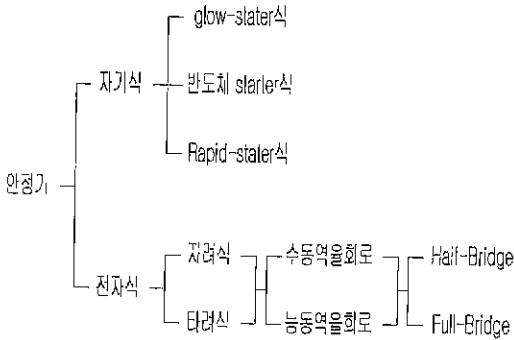


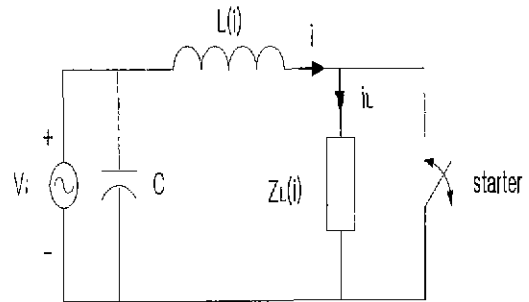
그림 1. 안정기의 대략적인 구분

여기서는 starter와 ignitor 및 안정기에 대한 종류별 특성을 기술한다.

2. Glow-Starter식 안정기

과거부터 매우 많이 활용되어 오고 있는 안정기로

써 그림2와 같이 나타낼 수 있으며 $L(i)$ 가 안정기에 대한 등가적 표시이다.



$L(i)$: 안정기
 $Z_L(i_L)$: lamp
 C : 역을 개선용 콘덴서

그림 2. starter식 안정기

이러한 그림2에서 안정기는 일정한 값의 inductance가 아니고 lamp에 따라 값이 변하는 $L(i)$ 로 생각할 수 있다. lamp $Z_L(i_L)$ 값은 일반적으로 부성저항 값을 갖게 되며 time-varying 소자로 취급된다.

안정기 기술이 까다로운 점은 lamp $Z_L(i_L)$ 의 값이 일정하지 않기 때문에 lamp에 최적의 값을 시시각각 공급하는 것이 용이하지 않기 때문이다.

2.1 Glow-Starter식 안정기의 재료특성 및 설계

의 유의사항

우선 그림2에서 L(i)를 실현시키기 위한 구성 요소는 Core, Coil, Bobbin이며 여기서는 Core 및 coil에 대하여 중요사항을 기술하고 설계할 때 유의사항을 언급한다.

① Core의 전기적 특성

현재 많이 쓰이고 공급 가능한 주요 Core의 전기적 특성은 표1에 표시하였다. 정확한 특성은 포철의 규격집[1]을 참고하여야 한다.

표 1. Core의 주요 전기적 특성

구분	규격(포철)	명칭(상용)	철손(w/kg) (1.2T)	최대자속밀도 (T)
무방향	35PN455 50PN595 50PN1650	S-14 S-18 S-60	4.55 5.95 16.50	1.63 1.64 1.70
방향	27PG172 30PG198	Z-09 Z-11	1.72 1.98	1.80 1.77

② Coil의 전기적 특성

동손의 최소화 및 절연상태가 양호한 Coil의 선택은 안정기의 수명을 좌우하는 매우 중요한 요소이다. 특히 온도에 따른 절연등급은 최소한 B급 이상이어야 하며 안정기에서 흔히 사용되는 2중 에나멜 동선에 대한 전기적 특성은 표 2와 같다.

표 2. 에나멜 동선(2중)의 특성

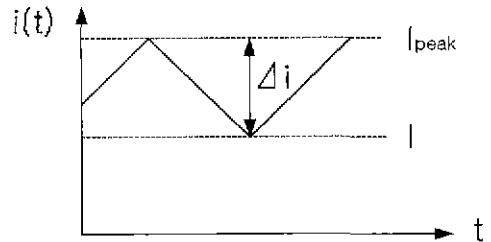
직경(mm)	공차(mm)	최소피막 두께(mm)	20℃ 최대저항 (Ω/km)
0.50	± 0.006	0.012	91.79
0.45	± 0.006	0.011	114.80
0.40	± 0.005	0.011	145.00
0.35	± 0.005	0.010	190.10
0.30	± 0.005	0.010	260.00

③ 설계상의 유의점

(i) 공극결정 :

일반 안정기의 설계규격 가운데 가장 중요한 것은 Core의 “공극이 갖는 부피”임에 유의하여야 한다. 이것은 안정기의 본래기능인 전류의 제어기능을 담당하는 핵심적 역할을 하기 때문이다. 즉 그림 3에

서 I_{peak} 는 안정기의 예열음극 전류역할을 하며 Δi 가 형광등의 상태에 따른 순간적인 전류 변화량이며 이것은 Core의 자속밀도의 변화량이며 이 변화량 DELTA B가 공극에 의해서 조절되기 때문이다.



$$\frac{\Delta i}{I_{peak}} = \frac{\Delta B}{B_{max}}$$

B_{max} = 최대자속밀도
 ΔB : 자속의 변화량

그림 3. Core의 자속과 전류

(ii) 손실의 결정 :

Core의 손실은 거의 Core의 재질에 의해서 결정되며 Coil의 선경이 중요하다. 왜냐하면 Coil의 손실이 70[%]이상 차지하는 것이 glow-starter형 안정기의 경우 보통이다. Coil 손실의 온도상승에 따른 문제가 중요하기 때문에 온도가 상승하면 동손은 그만큼 증가한다. 예를 들면 t[℃]에서 $R_t = \frac{1}{5}\rho$ 이면 75[℃]에서는 다음 식 (1)과 같다.

$$R_{(75^\circ C)} = R_t \left(1 + \frac{75-t}{234+t}\right) (\Omega) \dots\dots\dots(1)$$

(iii) 자로와 투자율 관계

공극 l_g , 투자율 μ , 자로 l_m , 턴수 N, Core의 단면적 A_c 라고 할 때 인덕턴스 L은 μ 의 함수로서 식 (2)와 같다.

$$L(\mu) = \frac{0.4\pi N^2 A^2 + 10^{-8}}{l_g + \frac{l_m}{\mu}} \dots\dots\dots(2)$$

여기서 $\mu \rightarrow \mu(1) \rightarrow L(1)$ 이며 보통 고정된 인덕터를 설계하는 경우에는 항을 생각하지만[2], 사실은 인덕턴스의 크기가 흐르는 전류에 의해서 좌우되는 원인은 μ 이 $\mu(i)$ 이 때문에 $\frac{l_m}{\mu}$ 항을 고려하여 설계

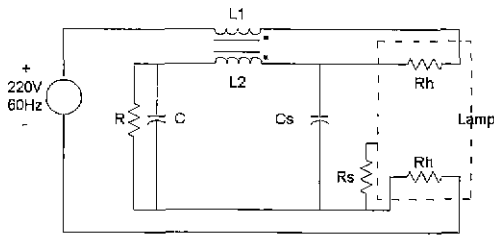
할 필요가 있다.

(IV) Core 및 Coil의 포화현상

Core의 자속밀도가 포화되거나 Coil의 전류밀도가 포화되면 L → "0"으로 되어서 열 폭주 현상이 발생하므로 음극 예열시 각별히 유의하여야 한다.

3. 반공진형 자기식 안정기

자기식 안정기이면서 starter를 쓰지 않고 즉시 점등된다고 하여 국내에서는 보통 Rapid-type 안정기라고 부르기도 하며 회로도에는 그림 4와 같다.



Cs: Interference 제거용 : (EX 0.1 μF)
 Rs: Conductive strip(of Lamp)에 연결하는 고정항 (EX 1 {MΩ})
 R: 잡음제거용 저항 (EX:1{MΩ})

그림 4. Rapid 안정기의 실제회로

3.1 해석방법

실제의 동작 해석에서는 R, Cs 및 Rs는 무시할 수 있으므로 다음 그림 5와 같다.

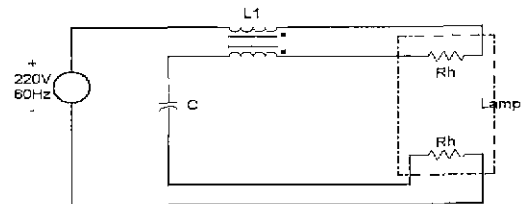


그림 5. 해석용 회로

① 예열상태의 성질을 파악하기 위한 개략적인 등가회로

예열상태에서는 Transformer 1, 2차측의 Leakage Inductance 성분만이 존재하며 다음 그림 6과 같은 등가회로에 의하여 해석한다.

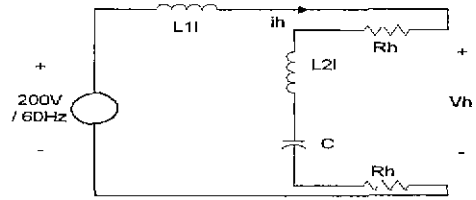


그림 6. 예열상태의 개략적 등가회로
 L11: 1차측 Leakage inductance : L1-M
 L21: 2차측 Leakage inductance : L2-M

② 설계를 위한 예열상태의 정밀한 등가 회로

L1, L2의 Coil의 DC저항, C의 유전체 손실에 의한 저항 Rc 및 음극 Filament저항 Rh를 모두 고려하면 그림 7과 같다.

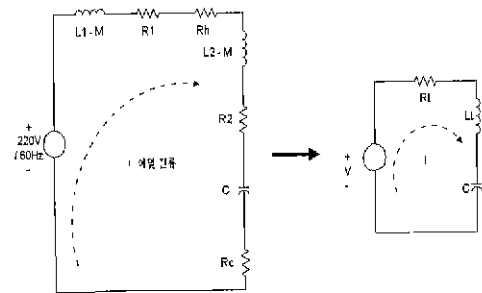


그림 7. 예열상태의 정밀한 등가회로

따라서 예열상태에서 활용되는 수식은 식 (3)과 같다.

$$V = I(R_c + j\omega L_1 + \frac{1}{j\omega C}) \dots\dots\dots(3)$$

여기서 $L_1 = L_1 + L_2 - 2M$ 의 관계이며 L_1, L_2 에 의해서 $M = k\sqrt{L_1 L_2}$ 이므로 결합계수 k값이 중요하다.

③ 초기 방전 상태 등가회로 및 해석

초기방전상태는 반 공진 상태이며 다음과 같이 해석할 수 있다. 예열상태에서 공진상태로 접어드는

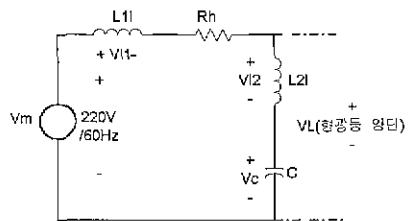


그림 8. 초기 방전 상태 등가회로

시각은 순간적이며 공진상태에서 등가회로는 그림 8과 같다.

(i) 공진조건 :

$$j\omega(L_{11}+L_{21}) - j\frac{1}{\omega C} = 0$$

$$\text{공진주파수 } f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{(L_{11}+L_{21})C}}$$

(ii) 선택도(첨예도)

$$Q_0 = \frac{\omega_0 L}{R_h} = \frac{V_c}{V_m} = \frac{V_{L1} + V_{L2}}{V_m}$$

예열시 전류가 0.265A라고 가정하면 예열전압은 $V_h = 3.05\text{volt}$ 이므로,

$$R_{ht} = \frac{3.05}{0.2} \times 212.2[\Omega] \text{이며,}$$

$$L_{11} = L_{21} = 0.2122, C = 4.5[\mu F]$$

$$W_0 = 80 \times \frac{2}{12.2} = 13.1 \text{이므로,}$$

$$V_c = V_m \times Q_0 = 220 \times 13.1 = 2882\text{volt이다.}$$

따라서,

$$V_{L2} = V_{L1} = \frac{1}{2} Q_0 \times V_m = 1441\text{volt}$$

이므로 형광등 양단전압은,

$$V_L = V_c - V_{L2} = 1441\text{volt(s)이 되어 이러한 전압이 되기 전에 방전한다.}$$

④ 점등상태에서 등가회로

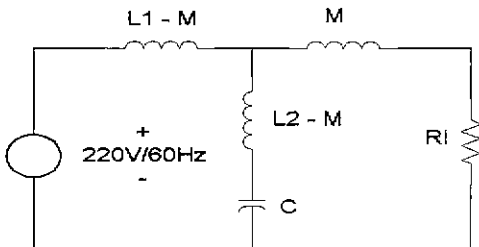


그림 9. 점등상태의 개략적 등가회로

그림 9에서 다음 값을 얻을 수 있다.

$$\omega(L_1 - M) = 80$$

$$\omega M = 400$$

$$\omega(L_2 - M) = 80$$

이므로

$$M = \frac{400}{377} = 1.061[\text{H}]$$

$$L_1 = \frac{80}{\omega} + M = 1.2732[\text{H}]$$

$$L_2 = \frac{80}{\omega} + M = 1.2732[\text{H}]$$

그리고 Air core transformer의 경우 결합계수 k값은 일반적으로 0.5-1.0이다.

$$k = \frac{M}{\sqrt{L_1 L_2}} = \frac{1.061}{1.2732} = 0.83$$

∴ 적당하다.

그러나 그림 9와 같은 개략적 등가회로는 회로의 정밀한 해석에는 적합하지 못하다. 따라서 형광등의 점등시 등가 임피던스 및 변압기에서 발생하는 손실을 고려하여 다음과 같은 그림10의 등가회로로 해석하여야 한다.

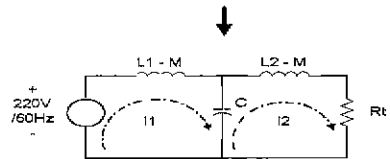
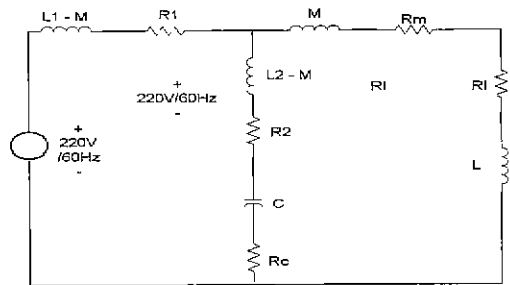


그림 10. 설계를 위한 점등시 등가회로

이러한 그림10의 등가회로로 부터 해석에 사용되는 방정식은 다음과 같다.

$$v_1 = I_1(L_1 - M - \frac{1}{j\omega C}) - \frac{1}{j\omega C} I_2 \dots\dots\dots(4)$$

$$0 = I_2(L_2 - M - \frac{1}{j\omega C} + R) - \frac{1}{j\omega C} I_1 \dots\dots\dots(5)$$

3.2 설계방법

설계규격이 주어지면 식 (3), (4), (5)를 이용하여 1차, 2차 인덕턴스 L_1 , L_2 및 상호 인덕턴스 M 값을 구해야 한다. 이 값을 실현하기 위한 L_1 , L_2 , M 값을 안 뒤 제작 단계에서 1, 2차의 Turn 수 및 Core의 공극등을 결정해서 실현하게 된다.

3.3 설계 및 제조상 유의점

Glow-starter 안정기보다 효율을 올릴 수 있기 때문에 우리나라에 많이 보급되어 오고 있다.

그러나 설계방법에서 예시한 L_1 , L_2 및 M 값을 정확히 구하여 실현하지 못할 경우 다음과 같은 문제점이 발생할 수 있으므로 주의를 요한다.

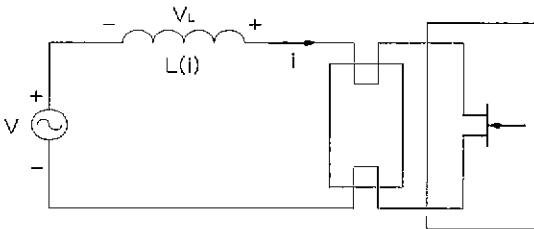
① 필요이상의 방전전압이 발생할 수 있으며 특히 형광등의 수명이 짧아질 가능성이 크다.

② Glow-starter는 형광등 수명말기에는 반복적인 동작을 하지만 Rapid-type에서는 지속적인 전류에 의해서 발열 가능성이 있으며 예열전류치의 설정에 각별한 유의를 요한다.

③ 특히 공진용 C값의 선택 및 내구성이 중요하다. 왜냐하면 C값이 용량감퇴를 하면 공진 주파수가 변하게 되고 그에 따라 전류의 양도 변하기 때문이다.

4. 전자(반도체) starter식 안정기

Glow-starter식 안정기에서 glow-starter의 역할을 하면서 특성을 개선하는 것이 전자 starter의 사용목적이다. 안정기의 설계방법은 2장에서 서술하였으며 본 절에서는 반도체 스타터에 관해서 언급하고자 한다.



Δt # switching time
 $\Delta i = \Delta t$ 동안 i 의 변화량

그림 11. 안정기와 전자 스타터

① 동작원리 :

그림 11에서 안정기의 인덕턴스 값을 $L(i)$ 라고 할 때 순간적인 방전전압은 다음과 같다.

$$v_L = L(i) \times \frac{\Delta i}{\Delta t} \dots\dots\dots(6)$$

이러한 식 (6)에서 v_L 값은 lamp의 방전을 유발시키는 것이며 lamp의 방전가능상태는 예열시간 및 전류량에 의존한다. 또한 예열전류는 전파정류형 전자 스타터의 경우 다음 그림 12와 같다.

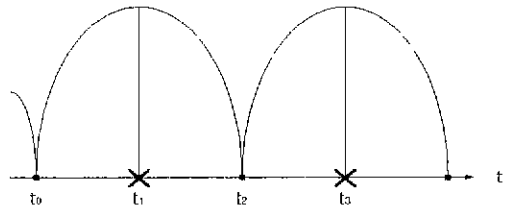


그림 12. 예열전류파형

식 (6)의 Δi 를 만드는 시간이 중요하며 이것은 순전히 반도체 스타터 회로에 의해서 좌우된다. 즉 그림 12의 t_1 혹은 t_3 에서 Δt 동안 Δi 는 큰 값을 갖지만 t_0 혹은 t_2 근처에서 Δi 는 작기 때문에 원하는 방전 전압을 얻을 수 없다.

② 기능요건

반도체 스타터는 glow-starter의 기능을 보완하는데 목적이 있기 때문에 다음의 기능을 갖고 있어야 한다.

(i) 예열시간보유 : 형광램프의 예열시간은 수명에 직접적인 영향을 갖고 있으며 반드시 400msec~700msec 정도는 필요하다. 따라서 예열 기능을 반도체 starter는 보유해야 한다.

(ii) 적절한 방전 전압의 크기 : 예열시간에 따라 lamp에서 방전전압의 크기가 달라지며 방전전압이 필요이상 크면 lamp의 흑화 현상이 빨리 일어날 수 밖에 없으며 스타터 자체 회로에도 불안정한 요소로 작용한다.

(iii) lamp의 수명 말기 보호 회로 : lamp가 수명 말기에는 예열상태가 지속되므로 반도체 스타터는 지속적으로 방전pulse를 발생할 가능성이 있으므로

방전pulse를 적당시간(3초-5초)동안 지속한 후 starter의 동작은 멈추도록 하여야 한다.

(Ⅳ) lamp의 on/off 상태 감지회로 : lamp의 on/off 상태가 정확히 감지되어야만 수명말기 보호회로의 동작 중단 시간이 결정되고 특히 순간적인 off/on의 반복에서 lamp의 점등에 문제가 없다.

(Ⅴ) 보호회로 : 반도체 starter 자체의 주 switching 소자의 보호가 필요하며 lamp의 예열상태가 지속되어서 온도가 상승하면 반도체 소자가 파손된다.

③ 설계상의 유의점

전자스타터는 그 원리의 단순성에 비교하여 볼 때 기능이 복잡하고 특히 lamp의 특성이 time-varing이기 때문에 용이하지 않다.

(ⅰ) lamp 및 안정기와 정합 문제

한 개의 반도체 starter만으로는 모든 종류의 lamp와 안정기에 정합시키는 것이 대단히 어렵다. 왜냐하면 lamp와 안정기가 달라지면 식 (6)에서 L(1) 및 v_L 값이 다르기 때문이다. 따라서 lamp의 요구되는 적정 방전전압의 크기 및 안정기의 L(1)값을 알고 Δt 를 결정하고 Δt 를 맞추기 위해서는 switching용 반도체의 선택이 중요하다.

이 문제를 해결되지 않고서는 glow-starter안정기, Rapid-type 안정기 및 전자식 안정기 보다 좋은 점이 없다고 생각된다.

(ⅱ) 신뢰성의 확보 : 반도체 스타터에서 가장 중요한 사항은 신뢰성이다. 반도체 소자의 switching 작용에 의해서 높은 voltage가 발생해도 다른 반도체 소자에 영향이 없어야 된다.

이러한 신뢰성을 위해서는 스타터의 반도체 소자의 내압 문제를 검토해야 된다. 특히 capacitor의 용량 감퇴 문제, 다이오드와 같은 switching 소자의 역방향 회복시간 등이 충분히 검토되어야만 내구성과 신뢰성을 확보할 수 있다.

5. 전자식 안정기

전자식 안정기는 자기식 안정기에 비해 에너지 절약등 많은 장점을 가지므로 형광등 조명 시스템에서

사용이 점차 증가하고 있다. 이러한 전자식 안정기의 대부분은 고 주파수에서 동작하도록 설계되는데 예를들어 25(KHz)정도의 주파수에서 형광등의 광효율은 50~60(Hz)의 경우에 비해 약 20(%)정도 증가하게 된다. 또한 전자식 안정기는 에너지 절감 효과외에 깜빡임이 적고, 무게 및 부피가 감소하는 장점을 가지고 있다. 반면 전자식 안정기의 단점으로는 전자부품에 대한 신뢰성,내구성 및 노이즈(EMI, RFI)의 증가 문제등이 앞으로 해결되어야 할 과제이다.

5.1 동작 원리

전자식 안정기의 동작원리는 상용 교류전원 220[V]를 받아서 정류회로에 의해서 직류 전원으로 변환한 다음 이것을 다시 스위칭회로에 의해서 고주파의 교류 전원으로 만들고, 이렇게 만든 고주파의 교류 전원으로 형광등을 점등하는 것으로 일반적인 전자식 안정기의 개략도는 그림12와 같다.

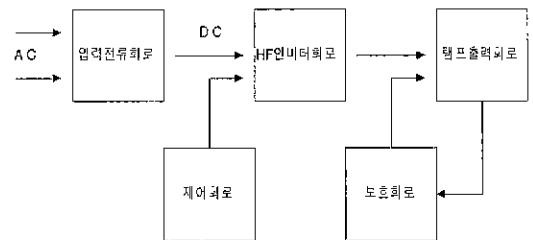


그림 12. 일반적인 전자식 안정기의 개략도

① 입력 및 정류회로

(ⅰ) 개략도

입력회로는 교류 입력전원을 통해 들어오는 잡음을 제거하기 위한 잡음 제거 필터와 써지(surge)전압 억제를 위한 VDR(Voltage Dependant Resistor) 그리고 교류를 직류로 변환 시켜주기위한 다이오드 및 캐패시터등으로 이루어진 정류, 필터회로로 구성된다.

(ⅱ) 입력 써지 전압, 전류 및 EMI제거회로

(SURGE 흡수회로) 전원 입력측으로 부터 낙뢰나 순간적인 과전압등 써지가 인입될 경우 이를 제

거하여 2차측 회로를 보호 해야 한다.

〈라인 필터〉 빠른 스위칭 동작으로 발생하는 내부 NOISE를 인입 전원측에 흘러 들어가거나 발산되지 않도록 필터와 콘덴서의 X,Y형 회로 구성으로 EMI를 제거 해야 한다.

(Ⅲ) Diode정류 및 필터회로

일반적인 전압 정류방식과 R,C필터에 의해서 Ripple을 줄 이고 있으나 부피 및 가격의 측면에서 C의 용량이 제한을 받는다. 교류 60[Hz] 전압을 직류 전압으로 변환시키는 회로로써 트랜스리스(Transless) 콘덴서 Input 정류방식을 쓰는 것이 보통이다.

이 경우는 60[%]전후의 저 역률임을 감안하여 램프 동작 주파수 즉 고주파 전압에 의한 방식과 역보상용 전용 IC에 의한 방식으로 고역률화를 시키는 방식 및 다이오드 회로에 의하여 역율을 개선시킬수 있다.

② 인버터회로 및 구동방식

직류 전원으로부터 고주파의 발진파형을 얻는 회로를 인버터 회로 라고 하며 발진회로의 제어방식을 구동방식이라고 한다.

전자식 안정기는 발진기의 초기 작동 및 제어방식에 따라서 자려식과 타려식으로 나눌수 있다.

5.2 자려식 발진

자려식 발진 방식은 다이악(Diac) 및 구동 코일로 구성되어 있고, 공진주파수는 인덕터와 커패시터에 의해 결정되며 일반적인 구조는 그림13과 같다. 자려식 발진 회로는 입력전압의 크기에 따라 구동코일

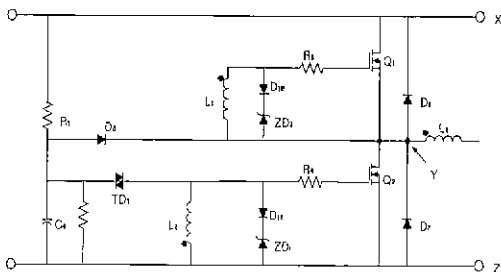


그림 13. Inverter circuit

의 주파수가 바뀌는 단점이 있지 만 회로구성이 쉽고 제조원가를 낮출 수 있기 때문에 현재 국내 안정기 업체에서 널리쓰이는 방식이다.

초기발진은 그림 13에서 다이악의 도통 순간에 C_c 에 걸리는 충전전압에 의해서 발생하고, 형광등을 점등 상태로 가정하여 다음과 같이 설명할 수 있다.

① 인버터회로 초기동작

발진기는 자려식 발진기로서 R,C의 충, 방전과 다이악 소자의 On-Off를 적용하면, 그림 14와 같다.

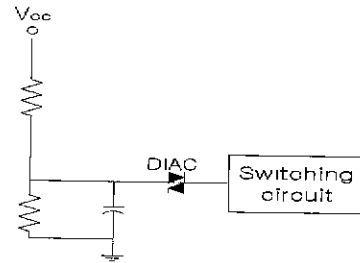


그림 14. Initial operation for inverter circuit

V_{cc} 가 R_1, R_2 및 C 에 의하여 충전전압 $V_c(t)$ 를 만들게 된다. 이 때 $V_c(t)$ 가 $t=t_1$ 의 시각에 다이악의 턴-온 전압 V_{on} 에 도달하여 다이악이 turn-on하여 스위칭 소자를 턴-온하게 된다.

초기발진이 그림 14의 다이악에 의해서 완료되면,

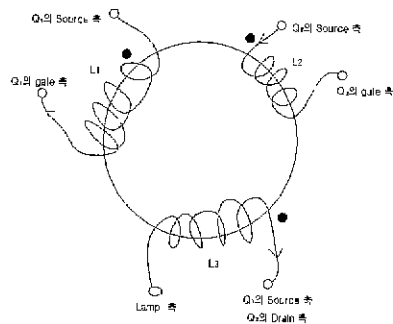


그림 15. Inverter circuit with L_1, L_2 and L_3

Q_2 의 게이트에 적정 전류가 유입되어 Q_2 가 turn-on되어서 그림 13의 Y점의 전위는 Z점의 전위(0전위)로 바뀌게 되며, Q_2 가 턴-온 되는 순간부터 L_2 측으로 전류가 흐르게 된다. 그림 13에서 L_2 측에 전류가 “·”방향으로 흘러 나오는 동안 L_1 에 전류가 증가하게 되고 어느 정도 증가하면, Q_1 이 turn-on 된다. Q_1 이 turn-on 되면 그림 14의 Y점의 전위는 X점의 전위로 반전하게 된다. 이 때 Y점의 전위가 높아지면, L_1 과 L_2 의 전류는 감소하고 L_2 의 전류는 증가하여 적정 시간후에 Q_1 이 turn-off 되고 Q_2 는 turn-on 된다.

회로적으로 설명하면 다음과 같다. C_1 이 충전되면, 다이락이 turn-on되어 Q_2 의 턴-온이 진행된다.

5.3 타력식 발전

타력식 발전 방식은 제어 IC 및 보조 전원으로 구성되어 있으며 IC를 이용한 스위칭으로 일정한 주파수의 공진파형을 만들어주는 것으로 일반적인 구조는 그림 16과 같다. 타력식 발전에서는 형광등의 수명에 관계된 문제점을 간단하게 극복할 수 있는 장점이 있다. 즉 제어 IC를 이용하여 램프 방전초기 상태에서는 출력 L,C의 공진점보다 높은 주파수로 동작시키고 점차로 공진점으로 주파수를 접근 시키면 형광등 필라멘트에 가해지는 악 영향을 줄일수 있다. 그리고 타력식의 또다른 장점은 제어 IC의 간단한 응용으로 램프수명 말기에 스위칭 디바이스의 과전류를 제한 할수있다.

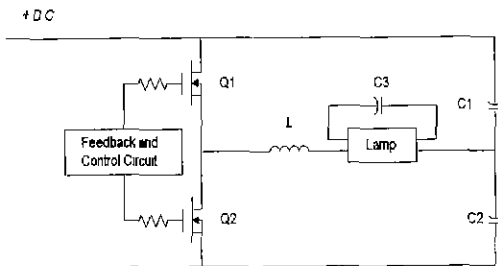


그림 16. 타력식 구동회로

5.4 인버터 회로

전자식 안정기의 인버터 회로는 크게 Half Bridge방식과 Push Pull방식으로 나눌수 있으며, 국내에서 상용되는 전자식 안정기의 인버터 회로는 대부분 Half Bridge방식을 많이 사용하고 있다. Half Bridge방식은 스위칭 소자의 정격전압이 높지 않아도 되고, Voltage Doubler 구성으로 100/220 [V]겸용 회로를 구성하기가 쉬우며 기본회로는 그림 17과 같다. 반면에 Push Pull방식은 전압, 전류의 Zero Crossing이 가능하며 스위칭 손실은 아주 작으며 내압이 큰 소자를 사용해야 하는 결함을 갖고 있다.

정류된 직류전압을 고주파인 25[kHz]로 이상의 구형파로 변환하는 Half Bridge 방식의 회로로 구성된다. 스위칭 소자로서 TR보다 SOA(안전한 동작영역)가 넓고 신뢰성이 높은 FET로 “0” 전압 스위칭에 의한 스위칭 손실을 줄여 변환 효율 증가 및 제품의 내구성을 높일수 있으나 가격이 비싸진다.

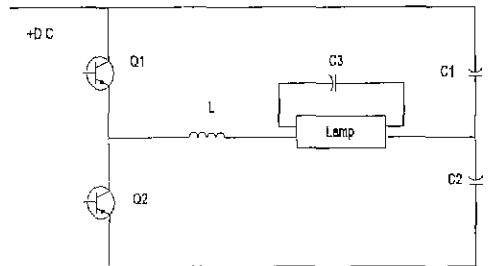


그림 17. Half Bridge방식의 인버터 회로

5.5 역율 보상 회로 및 THD

① 역율의 의미

기존 역율에 대한 정의는 순수한 정현파 신호에 있어서 전압과 전류가 갖는 위상차를 θ 라고 할 때 $\cos\theta$ 로 정의했다. 하지만 형광램프를 위한 전자식 안정기와 같이 입력단에 전파정류와 평활용 커패시터가 사용되었다면 그림 18의 전압에 대하여 입력전류는 형태 그림 18과 같으므로 더 이상 기존 의미의 역율과 같이 정의할 수 없다.

전파정류시 나타나는 입력 전류의 형태는 전원전압의 크기가 전압 평활용 커패시터에 충전되어있는

전압 크기보다 클 때에만 흐르는 형태를 갖는다. 입력 전류의 형태가 입력전압의 최대치 부근에서 펄스 형태로 흐르므로 많은 고조파들을 포함하고 있게 된다. 이러한 고조파들은 무효전류를 발생시키게 되고, 이 추가적인 무효전류로 인해서 실효전력의 양은 감소하게 된다.

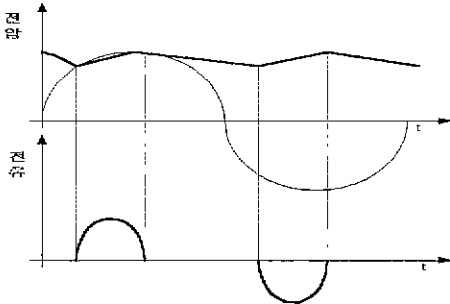


그림 18. 전파 정류시 전압, 전류 파형

입력 전류가 갖는 고조파 성분에 의해서 나타나는 무효전력의 양을 도식적으로 표현하면 그림 19와 같다.

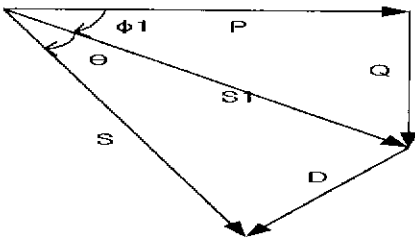


그림 19. 고조파 함유 따른 역률

- P : 기본파에 의한 실효전력
- Q : 기본파에 의한 무효전력
- S₁ : 기본파에 의한 피상전력
- D : 고조파 성분에 의한 distortion factor
- S : 전체 피상전력

그러므로 전체적인 역률값은 기본파와 고조파 성분이 함께 영향을 끼치고 그림 19에서와 같이 기본파 성분에 의한 피상전력 S₁ 성분과 전체 고조파 성분이 갖는 distortion factor(D)가 포함된 $\cos\theta \cos\phi_1$ 값이 된다. 순수한 정현파의 경우에는 고조파 성분을 포함하고 있지 않으므로 distortion factor 값을 고려할 필요가 없다. 그러므로 순수한 정현파가 가지는 역률은 기본파 성분에 의한 실효전력과 무효전

력이 나타내는 $\cos\phi$ 이다.

② 수동역률 보상회로

(i) 밸리필 (Valley fill) 역률 개선 회로

밸리필 회로의 기본 회로는 그림 20과 같다.

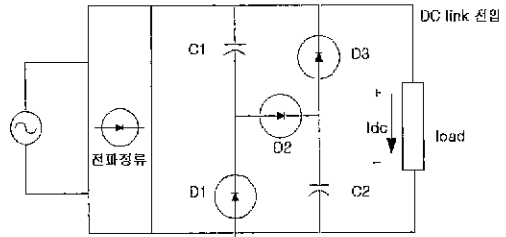


그림 20. 기본적인 밸리필 회로

그림 20에서 밸리필 회로내 커패시터 C1, C2가 충전하는 전압을 DC link 전압이라 정의하며 이 전압의 크기와 입력전압의 크기에 따라서 밸리필 회로의 동작이 바뀐다. DC link 전압이 가지는 범위는 입력전압의 1/2을 최소값으로 가지며 인가전압의 최대값 보다 작은 범위를 갖는다.

커패시터 C1, C2가 충전이 이루어지는 기간은 입력전압이 C1, C2에 충전되어 있던 충전 전압보다 커서 전파 정류 다이오드가 도통이 될 경우이다. 정류 다이오드가 도통되므로 커패시터가 가지는 임피던스 상태는 짧은 순간 작은 값을 갖게 되고, 이때에 갑작스런 충전 전류가 흘러 커패시터가 충전되는 현상인 돌입전류(Inrush current)가 흐르며 그림 21에서 표시하였다.

작스런 충전 전류가 흘러 커패시터가 충전되는 현상인 돌입전류(Inrush current)가 흐르며 그림 21에서 표시하였다.

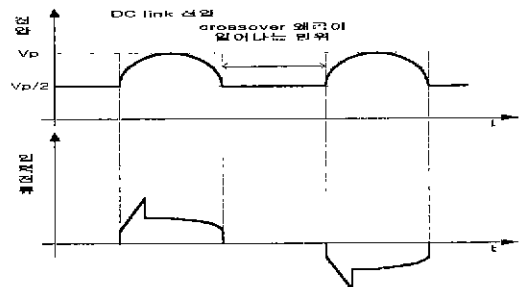


그림 21. DC link 전압과 입력 전류 파형

(ii) 개선된 밸리필 역을 개선 회로

기본 밸리필 회로가 갖는 입력전류의 crossover 왜곡과 입력전류의 돌입전류의 크기를 줄여서 전체적인 역율과 전류의 고조파 함유율 및 파고율을 낮추기 위해서 그림 22와 같은 역율개선회로가 제안되고 돌입전류 제한 회로가 동작한다.

먼저 입력전류의 crossover 왜곡을 줄이기 위해서 전파 정류단 뒤에 커패시터를 병렬로 연결하는 전압 체배기(doubler)를 첨가했다.

전압 체배기는 그림 11 A의 입력전압이 0가 되는 곳(zero crossing voltage)에서 그림 11의 B에서 보듯이 전파정류 다이오드와 CB1, CB2와의 경로를 형성시킨다. 이로 인해서 그림 23과 같이 갑작스러운 전류의 흐름을 연속적인 전류의 흐름으로 만들므로써 전류의 crossover 왜곡의 정도를 낮추는 효과를 갖는다. 이는 입력전류의 crossover 왜곡 범위를 감소시키고 급격하게 이루어지는 왜곡을 완만하게 변화시키는 효과를 갖는다.

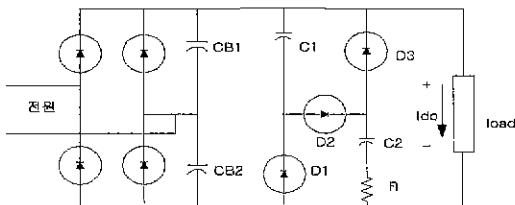


그림 22. 개선된 밸리필 역을 개선 회로

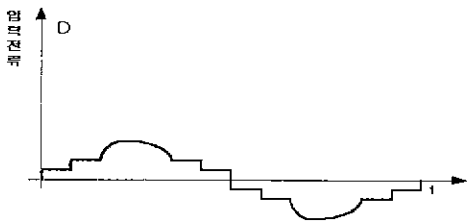


그림 23. 개선된 밸리필 회로의 효과

또한 밸리필 충전경로에 저항을 삽입함으로써 충전 저항과 커패시터(C1,C2)에 의한 충전 경로의 시정수 값을 증가시킨다. 커패시터에 충전되는 전압의 시정수 값이 증가함에 따라 그림 23의 C에서 보듯이 돌입전류의 크기 및 변화량 크게 감소한다.

(iii) 전하 펌프형 역을 개선 회로

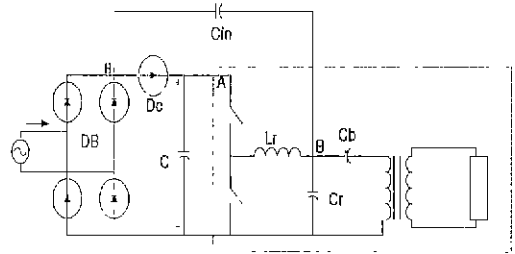


그림 24. 전하펌프형 기본 회로

그림 24와 같은 전하 펌프형 역을 개선 회로는 기존 밸리필 회로에서 입력 전원 전압이 밸리 전압, 즉 인가전압의 1/2 보다 낮을 때는 입력으로부터 전류를 공급 받을 수 없다는 문제점을 해결하기 위해 전하 펌프 커패시터를 공진형 인버터에서 고주파 공진 전압을 발생시키는 부분(B)에 연결시켰다.

입력전압이 밸리 전압보다 클 경우에 인버터 전류는 정류 다이오드단(DB)을 통하여 입력 라인으로부터 직접 공급받게 된다. 그러므로 입력전류의 파형은 입력 전압의 파형을 따라가게 된다. 이때 공진형 인버터에 연결된 전하 펌프 커패시터(Cin)를 통해 흐르는 전류의 크기는 직접 인버터에 공급하는 전류보다 상대적으로 작기 때문에 입력전류에는 큰 영향을 미치지 못하고 작은 리플 성분만 실리게 된다. 하지만 전하 펌프 커패시터(Cm)의 크기 및 입력 전원 전압의 크기에 따라 전하펌프 커패시터(Cin)를 충방전하는 전류가 상대적으로 커져 입력전류의 많은 부분을 형성하기도 한다.

입력 전원 전압이 밸리 전압보다 작게 될 경우에는 정류다이오드(DB)는 도통될수 없기 때문에 공진형 인버터의 전압이 고주파의 교류형태로 변함에 따라 전하펌프 커패시터에 전하를 충전, 방전함으로써 연속적인 입력전류를 형성하게 된다.

또한 설계시 요청되는 조건은 Vdc 전압이 입력 전압 Vg 보다 크게 설계해서 동시에 정류 다이오드와 Dc 다이오드가 동시에 도통하는 것을 방지해야 한다.

(iv) 밸리필 회로와 전하 펌프형 회로의 결합

그림 25은 밸리필 회로와 전하펌프형 회로가 갖는

각각의 특성을 서로 결합한 역률 개선 회로로서 회로 해석은 각각의 역률 개선회로가 갖는 회로해석과 같다. 그리고 밸리필 회로와 전하펌프형 회로를 결합한 Cv 커패시터값을 조절함으로써 역률 개선과 밸리 전압값을 조절 할 수 있다.

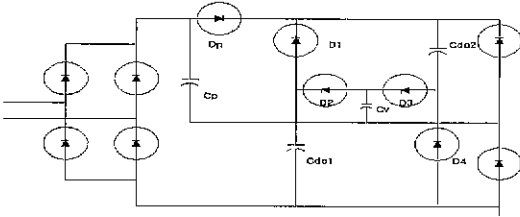


그림 25. 밸리필 회로와 전하펌프형 회로의 결합

③ 능동 역률 개선 회로

그림 27과 같은 PFC IC를 사용한 능동 역률 개선 회로는 보통 승압형 컨버터 회로를 많이 사용한다.

능동 역률 개선 회로의 특징은 주 스위치로 사용되는 FET의 손실이 크고, 부가적인 전력소자와 수동소자가 수동 역률 개선회로에 비해서 많이 필요하고 제어회로로 높은 삼각파 형태의 인덕터 전류를 만들어 동작을 시키기 때문에 손실이 많다. MOSFET turn on time을 그림 28과 같이 조절함으로써 입력 전압 파형과 같은 peak 인덕터 전류를 갖는다. MOSFET turn on time은 인덕터에 감겨진 2차측 권선의 전압 극성을 이용해서 zero 전류 상태를 인식하고 인덕터에 유기된 삼각파 형태의 신호에 의해서 역률 개선 회로는 동작한다.

④ 결과 검토

실험결과에서 보면 수동형 역률 개선 회로를 사용했을 때도 역률은 최저 0.90 이상을 유지한다는 것

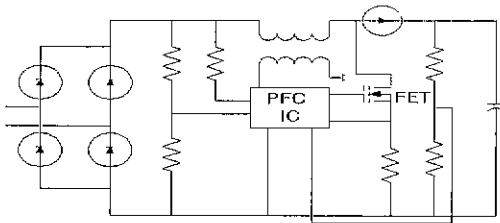


그림 27. 능동 역률 개선 회로의 기본 개략도

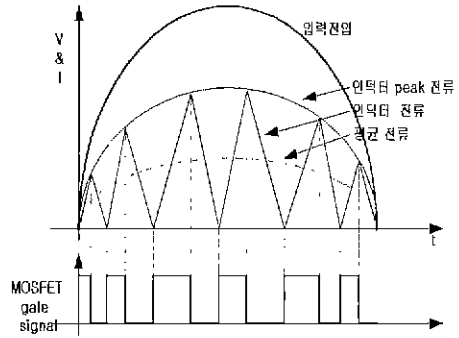


그림 28. 인덕터 전류와 MOSFET gate의 제어

이 나타났다. 또한 밸리필형 역률 개선 회로에서는 돌입 전류 제한용 저항을 가변함에 따라 역률값도 가변됨을 볼 수 있었고, 그림 15와 같이 밸리필과 전하펌프형 역률개선회로에서는 Cv값을 제어함에 따라 역률이 가변되었다.

입력단에 전파 정류를 사용하고, 높은 주파수로 점등되는 전자식 안정기에 역률 개선 회로를 첨가하지 않으면 역률값은 약 0.5정도를 유지하고 입력전류가 갖는 고조파 함유율은 180[%]를 넘는 결과가 나온다.

이렇게 많은 고조파 성분을 포함한다면 높은 역률값을 얻을 수 없다. 또한 많은 고조파 성분은 다른 전자기기에 영향을 끼칠 수가 있다. 그러므로 수동형 또는 능동형 역률개선회로를 반드시 첨가해야 하고, 이미 살펴본 5가지의 역률개선회로를 비교 실험한 결과 능동 역률 개선 회로는 더 높은 역률값을 나타내었다.

5.6 설계 및 제조상의 유의점

전자식 안정기는 원리 자체는 간단하지만 lamp의 특성이 time-varying이기 때문에 비교적 까다로운 특성을 갖고 있으며 다음 사항에 유의하여야 한다.

① lamp의 광변환 효율이 큰 주파수를 파악하여 구동시킬 주파수의 범위를 설정하여 가장 중요한 switching주파수는 공진 특성의 공진 주파수보다 약간 커야만 시간이 경과한 후 용량 감퇴에 의한 공진 주파수 증가시 비교적 안정된다.

② 자력식 안정기의 경우에는 Ring-core의 선택 및 특성에 각별히 유의하여야 한다. Ring-core의

불완전 특성 때문에 전계의 특성(PF,THD, 효율 등)에 결정적 영향을 미친다.

③ Switching 소자는 내압 및 전류의 최대치에 유의하여 선택하되 보호용 free-wheeling Diode가 필요하며 역 방향 회복시간과 발진 주파수의 관계를 알아야 한다.

④ PF를 수동과 능동으로 구분하지만 수동의 경우에는 L값이 특성을 좌우하며 능동에서는 주변 Transformer 및 IC에 의해서 on/off 되는 FET의 switching속도에 유의하여야 한다.

⑤ 전자식 안정기는 In-rush current 및 Diode의 수명 말기시 Diode-Mode 및 발열현상에 대한 Protection-circuit을 반드시 설계하여야 한다.

6. Dimming 안정기 원리 및 제어방식

6.1 Dimming 전자식 안정기 원리

형광등의 Dimming시키는 안정기의 원리는 그림 29와 같은 안정기에서 발진회로의 발진 주파수를 고정하고

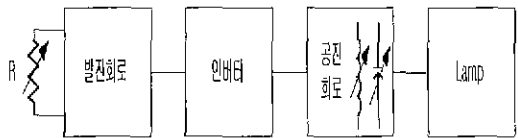


그림 29. 전자식 안정기의 Dimming 원리

공진회로의 L과 C중에 한 개의 요소를 조정하여 발진 주파수를 변화시키는 방법과 공진회로의 공진 주파수는 고정하고 발진회로의 발진 주파수를 가변시키는 두가지 방법이 있다. 일반적으로 발진 주파수를 변화시키는 방법이 용이하며 정확하다.

6.2 발진 주파수의 변화 방법

공진회로의 공진특성을 다음 그림 30과 같다면 타력식 전자 안정기의 발진회로에서 발진주파수를 $f_1 \sim f_2$ 사이에서 발생하도록 하여 Dimming을 한다.

여기서 주의 할 사항은 공진회로의 C의 용량 감퇴 현상을 고려할 때 f_0 의 값이 커질 수 있으므로 $f_1 - f_0 \geq 0.1f_0$ 가 되도록 하면 안정된 Dimming회로가 된

다.

그리고 현재 시판중인 FL안정기의 경우 공진 주파수를 $f_0=45$ (kHz)로 하여 Dimming을 하는 결과 그림 31과 같이 Dimming이 됨을 알수 있다.

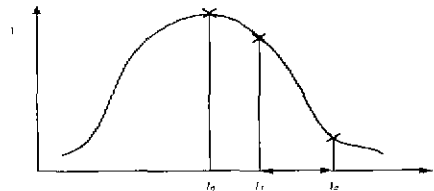


그림 30. 공진 특성

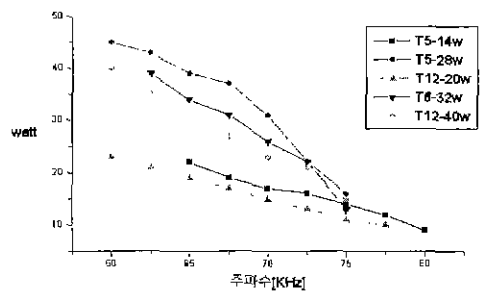


그림 31. lamp별 Dimming 범위

6.3 Dimming 제어 방식

Dimming 제어방식은 별도선을 도입하는 경우와 전력선을 이용하는 경우로 구분된다.

① 제어선을 별도로 둔 Dimming 방식

국내의 모기업에서 개발된 Dimming 안정기를 소개하면 대략 다음과 같은 기능을 갖고 있으며 그림 31의 발진 주파수를 마이크로프로세서에 의해서 지정할 수 있도록 제어하는 방식으로 그림 32와 같다.

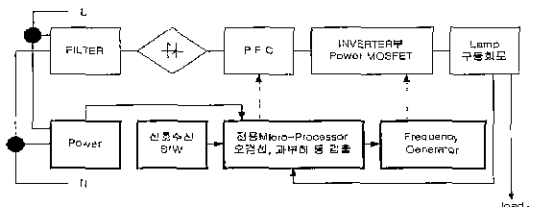


그림 32. 국내에서 개발된 Dimming 제어 시스템

② 전력선을 이용한 Dimming 제어

전력선을 220(V)/60(Hz) 공급선으로 이용할 뿐

만아니라 제어신호를 실려서 처리할 수 있는 그림 33와 같은 제어방법이 가능하며 향후 IB(Intelligent Building)의 공조제어 및 조명제어에 활용될 전망이다.

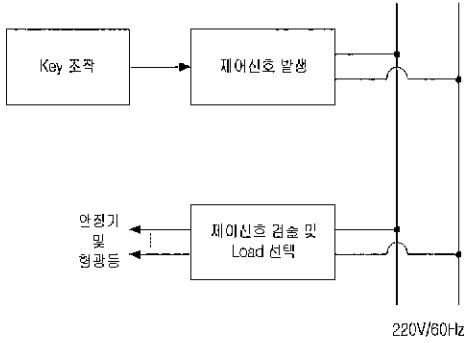


그림 33. 전력선에 의한 조명제어 시스템 개략도

7. Metal-Halide lamp용 전자식 안정기 및 Ignitor

일반 형광 lamp용 전자식 안정기의 원리와 크게 다르지 않으며 출력이 커지기 때문에 열이 많이 나며 점등을 위한 방전 전압이 커야 된다.

특히 Metal-Halide lamp에서는 음향 공명 현상의 제거 문제가 핵심기술이고 Ignitor 부분이 중요한 역할을 한다. 여기서는 음향공명현상의 제거 기술 및 Ignitor 회로에 대해서 간단히 언급하였다.

7.1 음향 공명 현상의 제거 방법

① 고주파 인가 방식

이 같은 음향공진을 방지하는 방식에는 음향공진 영역을 벗어나는 고주파를 인가하는 방식이 있다. 대체로 제1차 기본 공명 점등 주파수에 대해 고압방전등의 경우 수은등이 19배, 나트륨등이 14배, 메탈 할라이드등이 25배 이상이면 공명현상이 나타나지 않는다.

따라서 250(W)일 경우 수은등 50(kHz)이상, 메탈 할라이드등 77(kHz)이상, 나트륨등 63(kHz)이상의 주파수를 인가하면 되지만 고주파 점등의 경우 발생하는 switching 손실과 EMI발생이 문제점이다.

② 주파수 변조 방식

고주파 및 저주파전압을 시분할로 인가하여 공진을 피하는 방식으로 주파수 변조 방식이라고 부르며 공명에너지의 에너지 감쇠효과를 이용하여 고주파 공명영역의 주파수와 저주파 비공명 영역의 주파수 전압을 차례로 인가하는 방식이다.

③ 구형파 점등 방법

세 번째는 구형파 점등방식이 있으며, 음향공명 현상이 일어나는 이유는 램프에 인가되는 전력의 순시치 변화에 의한 것이다. 따라서 이 순시치 변화를 없애는 방법이 램프에 구형파를 인가하는 방법이다. 이 방법은 광출력이 안정되어 있다. 그러나 이 방법 역시 고주파 점등이기 때문에 구형파에 의한 방사 잡음이 문제시 된다.

7.2 Ignitor 외로

여러 가지 점화기 회로 가운데 Metal-Halide lamp에 적합한 2종류 Ignitor 회로를 해석하고 제작하여 실험한 결과 바람직하다고 판단된 점화기-A, 점화기-B로 소개하였다.

① 점화기-A의 동작원리

(i) 시동

그림 34의 회로에 공급된 전압V는 저항 R₁을 통해 C₁에 충전되고 C₁에 충전된 전압이 L₁을 통해 SCR의 anode에 인가된다. 동시에 R₃과 R₄를 통해 분압된 전압이 C₂에 충전되다가 DIAC을 도통시킬 정도의 전압으로 C₂에 충전되면 DIAC은 turn-on이 된다.

turn-on된 DIAC을 통해 전류가 SCR의 gate에 흘러들어가 SCR을 turn-on시킨다. SCR의 turn-on에 의해서 C₁에 충전된 전압이 L₁과 SCR을 통해 갑작스러운 방전이 이루어지고 이에 L₁에는 방전

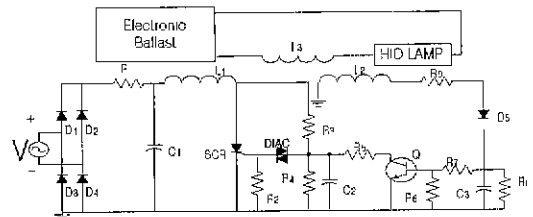


그림 34. 점화기-A의 회로

펄스가 발생되고 이 방전펄스는 L_3 에 고전압 펄스를 유지시켜 부하측 즉 방전등의 전극 사이에 방전을 시작하게 한다. 다이오드 $D_1 \sim D_2$ 는 AC 전압 V 를 전파 정류하기 위한 소자이다.

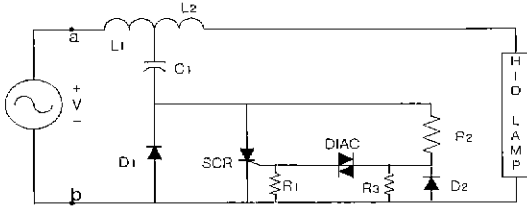


그림 35. 점화기-B 회로

(ii) 고압 방전 펄스의 정지

방전등에 고압펄스가 인가되어 방전이 시작되면 인버터회로에 의해 부하에 전류가 흐르기 시작한다. 이 전류는 L_3 에 흐르게 되므로 점화기-A의 L_2 에 기전력을 발생시키게 된다. 이 발생된 기전력은 저항 R_3 과 diode D_1 을 통해 정류되어져 C_3 에 충전이 된다. C_3 에 충전된 전압은 트랜지스터Q의 베이스 단자에 전류를 공급하게 되고 트랜지스터 Q는 turn-on 상태가 된다. 이 때 Q의 콜렉터에 연결되어 있는 저항 R_4 가 C_2 와 병렬로 되어 충전전압이 DIAC을 turn-on하기 위한 전압보다 낮아지게 되므로 SCR은 차단상태가 되어 고압방전펄스가 정지된다.

② 점화기-B의 동작원리

(1) 시동

그림 35에서 b점의 전위가 a점의 전위보다 높을때 전류의 흐름은 $D_1 \rightarrow C_1 \rightarrow L_1$ 이 된다. 이 때 C_1 에 전압이 충전 된다. 상기 충전 전압은 SCR의 anode에 인가되며 전압의 극성이 바뀌고 나면 a점의 전위가 b점의 전위 보다 높게되므로 전류의 흐름은 $L_1 \rightarrow C_1 \rightarrow R_2 \rightarrow R_3$ 가 된다. 이때 R_3 의 전압이 DIAC을 도통시킬 정도로 커지면 SCR은 turn-on이 되고 그 때의 전류 흐름은 $L_1 \rightarrow C_1 \rightarrow SCR$ 이 된다. 이 때 L_1 에는 방전 펄스가 생기며 이 방전 펄스에 의해 L_2 에 고전압이 유지 되고 lamp는 방전을 시작하게 된다.

(ii) 방전 펄스의 정지

램프가 방전을 시작하면 램프의 불이 밝아지면서 임피던스가 차차 낮아지게 되고, C_1 과 R_2 를 거쳐 R_3

로 흘러 들어가는 전류가 적어지게 된다. 이 전류가 작아지면 SCR을 turn-on 시키기 위한 R_3 의 전압이 작아지게 되므로 이 때 부터는 방전 펄스가 더 이상 발생되지 않는다.

③ 비교검토사항

점화기-A와 점화기-B의 회로를 비교해 보면 점화기-B는 점화기-A의 회로 보다 간단하고 그에 따라 소자도 적게 들어간다. 또한 방전 펄스가 입력 전압의 한 주기 동안 한 번씩 발생하고 그 순간 이 입력 전압의 peak치에서 발생하므로 고전압을 유지 시키기 쉽다.

그러나 점화기-B는 방전 펄스의 정지가 HID lamp의 임피던스에 의존하기 때문에 HID lamp가 방전하기 시작한 이후에도 방전펄스 발생 시간이 길고 이 또한 HID lamp의 특성에 따라 달라지게 된다. 이에 비해 점화기-A의 회로는 방전시 전류를 비로 검출하여 짧은 시간에 방전 펄스를 정지시키는 장점이 있다. 점화기-A의 회로는 방전 펄스 발생 시간을 R,C 시정수에 의존하므로 시동시 L을 통하여 방전하는 C에 충전 될 수 있는 전압이 최고점에 다다랐을 때 SCR을 turn-on 시키는 R,C의 값을 결정하는데 다소 어려움이 있다.

점화기-B의 회로 경우 SCR gate에 연결된 저항으로 인한 전압분배로 SCR을 동작 시켜야 하는데 입력 전압의 peak점에서 SCR을 turn-on 시키도록 분배해야 되므로 이것 또한 어려움이 있다.

이 둘 회로의 공통적인 단점은 lamp의 수명말기 시 즉 lamp에 방전 펄스가 인가되어도 켜지지 않는 경우 계속해서 방전 펄스가 발생되어 발열이 되므로 수명말기시 보호회로가 필요한 것이 이 둘 회로의 보완점이라고 하겠다.

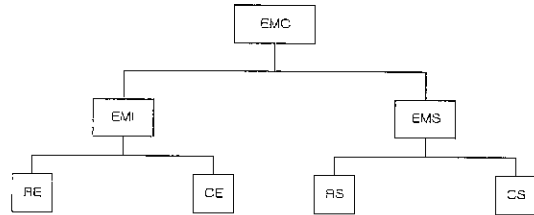
8. 전자식 안정기의 EMI 및 제거회로

8.1 발생 및 정의

형광등용 안정기 분야에서 에너지 절약이란 시대적인 요구에 따라 절전효과가 큰 전자식안정기가 등장하여, 재래적인 자기식(Magnetic) 안정기를 급속히 대체하고 있는 추세이다. 이러한 전자식 안정기

는 에너지효율이 우수하고, 소형화가 가능하고, 경량화가 가능한 것 등이 장점이나, 신뢰성이 떨어지고, 고 가격이며, 특히 고주파를 사용함에 따라 전자파 장해를 일으킨다는 점이 큰 단점으로 대두되고 있다.

전자파 간섭에 관련된 용어를 정리하면 그림 36와 같다.



EMC : Electro-Magnetic Compatibility (전자파 양립성)
 EMI : Electro-Magnetic Interference (전자파 간섭)
 EMS : Electro-Magnetic Susceptibility (전자파 내성)
 RE : Radiated Emission (전자파 방사)
 CE : Conducted Emission (전자파 전도)
 RS : Radiated Susceptibility (방사 내성)
 CS : Conducted Susceptibility (전도 내성)

그림 36. EMI 관련 용어

〈잡음의 발생원리〉

스위칭 전원방식을 사용하는 전자식안정기의 경우는 특히 전류나 전압이 크게 변화함으로 인하여 노이즈 성분도 비교적 크게 나타난다. 이것을 다시 표현하면, 각종의 전기, 전자기기에서 발생하는 이러한 전자파 노이즈는 “전류 I나 전압 V가 변화되는 부분, 바꿔 말하면 di/dt나 dv/dt가 있는 부분에서 발생한다.”라고 말할 수 있다. 이러한 측면에서 전자식 안정기는 자기의 기능을 실현하기 위해서는 어찌하였든 시간적으로 변화하는 전기량을 사용하고 있으며 이로 인하여 필연적으로 전자파 노이즈를 발생한다고 볼 수 있다.

스위칭 전원을 사용하는 기기뿐만 아니라 대부분의 전기용품에서 전류와 전압이 순간적으로 크게 변화함으로 인하여 노이즈 성분이 크게 나타난다.

이 밖에 큰 전류가 단속(스위칭)함으로 인해 과도 현상으로 노이즈 전압이 크게 발생하게 되는데. 이것은 PCB 등 회로에 존재하는 인덕턴스에 의한 역 전압으로 전류의 변화속도 di/dt에 비례한다.

또한, 이 노이즈 전압 V_n 은 특히 스위치나 스위칭 TR이 Off시, 회로의 임피던스가 높을수록 큰 값이 된다. 실제 설계에 있어 배선이나 프린트 기관 패턴 형태에 의한 “L”도 있을 수 있기 때문에, 최단거리 배선 패턴 형태로 하는 것이 노이즈 감소를 위한 중요한 포인트가 된다.

(i) 커먼모드(Common Mode)노이즈

제품에서 Hot 또는 Neutral 라인에서 GND 또는 대지로 흐르는 경로를 갖는 노이즈로서 실제 Hot 라인과 Neutral 라인에 같은 방향으로 나타나는 노이즈이다.

(ii) 노멀모드(Normal Mode)노이즈

전원라인에서 Power Source와 중첩되어서 나타나는데, 그 흐름의 경로는 Hot Line에서 기기를 통해서 Neutral Line으로 또는 그 반대방향을 갖는다. 즉 한쪽의 라인에서 상대편의 노이즈 방향을 보면 항상 반대방향으로 흐르는 노이즈 전류를 구성하는 노이즈이다.

8.2 EMI 제거용 Filter 설계 및 특성 해석

EMI필터는 방사 Noise를 제거할 수 없고 전도 Noise만 제거할 수 있으며, Filter의 구조는 그림 37과 같다.

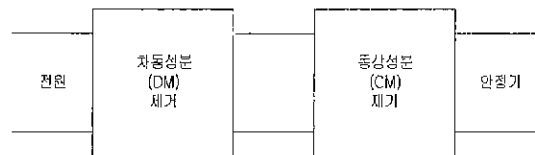


그림 37

① DM 제거용 Filter는 LPF이며 특성은 대략 그림 38과 같다.

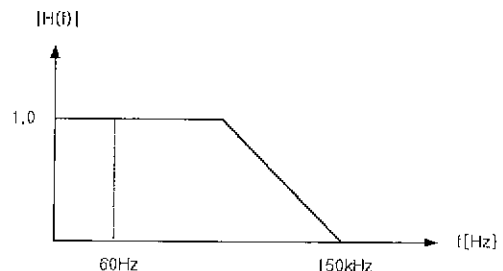


그림 38

② CM 제거용 Filter는 BRF이며 그림 39과 같이 제작이 용이치 않음에 유의하여야 한다.

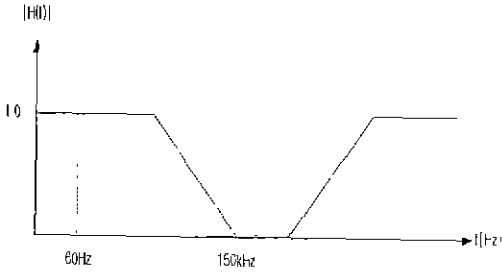


그림 39

③ DM과 CM 제거용 Filter 혼합형 회로는 그림 40와 같으며,

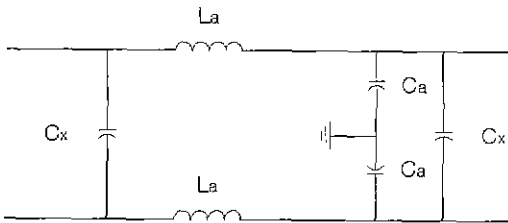


그림 40

$L_t = L_c + L_s$ (L_c : 자기인덕턴스, L_s : 상호인덕턴스) 값이어야 한다.

(i) 동작원리 및 해석

DM성분 제거회로는 다음 그림 41과 같으며,

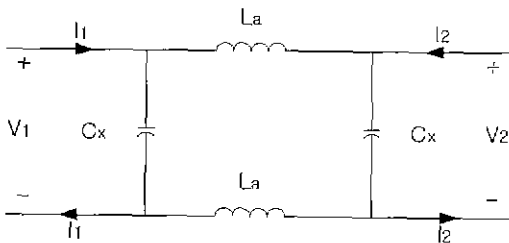


그림 41

전달함수는 다음과 같이 LPF의 특성을 나타낸다.

$$H_1(S) = \frac{V_2(S)}{V_1(S)} = \frac{1}{2S^2 L_c C_s + 1}$$

CM성분 제거회로는 다음 그림 42과 같으며,

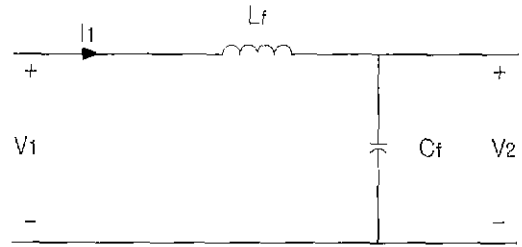


그림 42

$$L_t = L \frac{L_1}{2} + C_t = 2C_s \text{이며,}$$

FCC규격에서는 CM성분의 규격을 450(kHz)~30(MHz)로 규정하고 있기 때문에 L_t 와 C_t 의 기생성분을 고려해야 한다.

④ EMI-filter 설계상 유의사항

Filter의 설계 과정에서 무엇보다 중요한 것은 특성에 적합한 L과 C들의 정확한 값이며 L의 제조과정에서 core의 재질 및 coil에 관한 Turns수의 정확성이 요청된다.

즉 filter의 규격에 맞는 전달 특성을 Network Analyzer에 의해서 측정하여 제조하여야 한다. 그러나 그림 40의 회로 1단으로는 원하는 EMI규격을 만족할 수 없는 경우 2단으로 하여야 한다.

9. 특성 검토 및 전망

국내의 안정기 전반에 대한 전기적 특성을 비교한 결과를 근거로 하여 다음과 같이 결론을 맺는다.

1) 자기식 안정기는 우리나라의 경우 가격 경쟁을 중요시 한 반면 energy 절약의 차원 및 품질 경쟁이 무시되었다. 따라서 에너지 소비효율등급을 만족하는 제품만을 생산판매하는 것이 가능토록 하여야 한다. 최우선의 개선 과제는 core의 재질 향상, coil의 재질 향상이 중요하며 Glow-starter의 품질 향상이 선행되지 않고서는 안정기의 품질을 인정받기 힘들다.

2) 반도체 Starter의 도입은 중요한 발전이지만 현재 시판되는 많은 제품이 수명말기 보호회로, lamp 상태의 감지회로가 미 부착된 경우가 많으며 특히 무리한 방전 pulse 발생으로 lamp 수명을 감

소시키게 되므로 선택에 신중하여야 한다. 특히 lamp 및 안정기와의 정확한 정합이 선행되어야 한다.

3) Rapid-type의 자기식 안정기는 고효율을 가질 수 있으며 starter를 쓰지 않는다는 점에서 중요하다. 그러나 설계 및 제조의 정밀성과 정확도가 요청되며 C의 용량 감퇴로 인한 공진 주파수의 변화 요인을 줄여서 형광등의 수명말기 발열현상에 대한 대비가 요청된다.

전자식 안정기 역시 품질경쟁보다 가격 경쟁 때문에 그 장점을 크게 부각시키지 못하고 연구 개발 부분이 침체되었으며 대부분 기업별로 독특한 회로를 갖지 못한 결함이 있다.

4) 자력식안정기는 타력식보다 안정성은 낮지만 발진 주파수의 변동으로 인한 결함이 나타나고 특히 Ring-core의 품질의 불균일성이 심하여 전기적 특성을 향상시키는데 한계가 있다. 따라서 반도체 소자 품질의 고급화 및 에너지 절약의 차원에서 타력식으로 발전할 가능성이 크다.

5) 역율개선회로는 수동역율개선회로와 PFC IC를 이용한 능동역율개선회로에서 THD를 줄이는 문제와 함께 향후 연구 개발 해야할 과제가 많다.

능동역율개선회로에 의해서 역율개선이 용이하다지만 In-rush current 발생 및 타소자의 영향이 큰 결함이 있으므로 자력식에서는 수동역율개선회로가 더욱 발전적으로 생각되며 타력식은 능동역율개선이 중요하다.

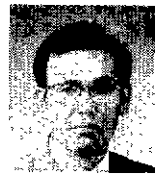
6) HID와 같은 특수 lamp용 전자식 안정기에서는 회로보다는 소자의 선택이 중요하며 특히 Ignitor 부분에서 점화과정에서 다른 소자에 영향을 크게 미치는 점을 유의하여 설계하여야 한다. 특히 Metal-Halide lamp용 전자식 안정기에서 공명현상의 제거 기술은 시급히 해결해야할 과제이다.

7) Dimming 안정기는 빌딩 자동화의 공조와 조명제어의 측면에서 대단히 중요하게 확대보급할 가능성이 크다. 마이크로프로세서에 의한 현재 국내에서 개발된 Dimming 안정기의 원리는 타당한 것으로 밝혀졌으며 안정성이 확인된다면 에너지 절약에 기여할 것으로 생각된다. 향후 전력선 제어에 의해서 공조와 집단조명제어가 이루어질 것으로 전망된다.

참 고 문 헌

- [1] Electrical Steel(전기강판) - Manual, 포항제철(주), 1998 3
- [2] Colonel Wm T Molyman, "Transformer and Inductor Design Handbook", Marcel Dekker, Inc, 1978.
- [3] 박종연, "Slim-line형 32watt 형광등용 Rapid-start 방식 2등급 안정기 개발", 동도전기 주식회사 개발보고서 1997 3. 31
- [4] M Gyoten and etc, "Development of an Electronic Starter for Fluorescent Lamps", J of Illuminating Eng SOC, pp 86~90, 1993 7
- [5] M. Gyoten and etc, "Electronic Starter for Fluorescent Lamps", Nat. Tech. Report Vol 43, NO 2 pp 188~193, Apr 1997
- [6] Kang, Young-goo, "Design Techniques of Electronic Ballast for Fluorescent Lamp", 중소기업진흥공단 세미나 자료, 1998 8
- [7] Marco Almeida Co and etc, "High-Power-Factor Electrical Ballast Operating in Critical Conduction Mode", IEEE Trans. Power Electronics Vol 13, No 1, pp 93~101, Jan 1998
- [8] Sam Ben-Yaakov, and etc, "The Simplest Electronic Ballast for HID Lamps" proc, IEEE pp 634~640 1996 8
- [9] H Ohguchi and etc, "A High Frequency Electronic Ballast for HID Lamps", IEEE Trans on Power Electronics vol 13, No 13, pp 1023~1029, NOV 1998.

◇ 著 者 紹 介 ◇



박 종 연(朴鍾演)

1951년 2월 23일생. 1973년 고려대학교 전기공학과 졸. 1980년 경북대 대학원 졸(석사). 1984년 경북대 대학원 졸(박사). 1973~1977년 KIST 연구원. 1977~1984년 울산 공대 조교수, 부교수. 1984~현재 강원대 교수.



정 동 열(鄭東烈)

1973년 11월 29일생. 1998년 2월 강원대학교 전기공학과 졸. 1998년 3월~현재 강원대학교 대학원(석사과정).



조 계 현(曹桂鉉)

1973년 3월 27일생. 1998년 2월 강원대학교 전기공학과 졸. 1998년 3월~현재 강원대학교 대학원(석사과정).