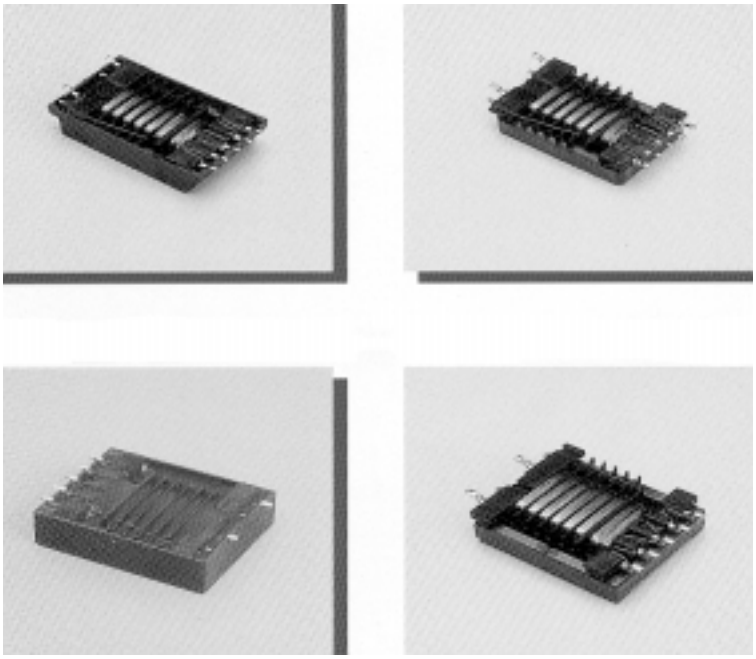
Vol:4(Rev.0)

관리번호	

冷陰極 螢光燈 Inverter Trans의 設計槪論



KCE
Korea Coil Engineering Co.,Ltd
Tel:+82-2-974-7034
Fax:+82-2-974-7345

목차

1.Inverter의 기본개념

1-1왜 Inverter가 필요한가?

냉음극관은 전극관에 높은전압을 인가하여 Glow방전을 발생시켜 점등한다.따라서 Lamp에 높은 전압을 인가하기 위하여 출력전압이 높은 Inverter가 필요하다.

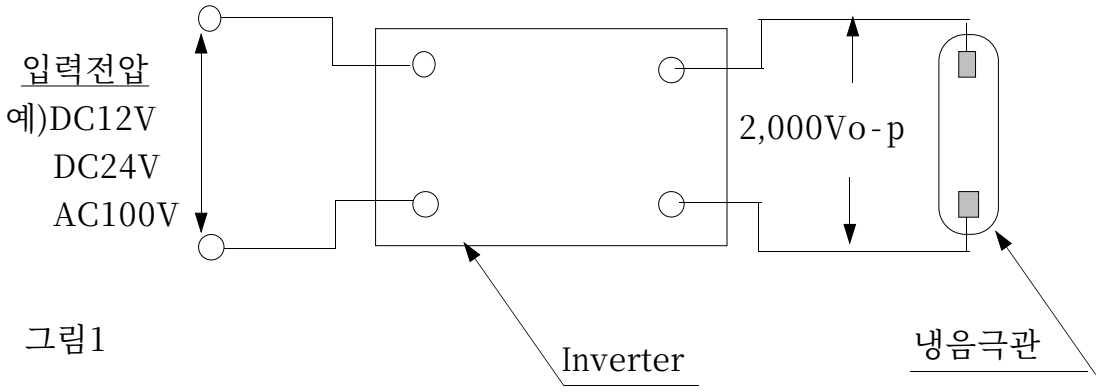


그림1

1-2냉음극관의 발광 원리

수은이 들어있는 Lamp는 그림2와 같이 내벽에 형광체를 도포한 유리관내에 알곤 가스와 소량의 수은을 봉입하여 만들어 진다.

발광은 하기와 같이 이루워진다.

(1)Lamp의 전극에 고주파,고전압을 인가한다.

(2)전극에서 전자가 방출된다.

(3)방출되어진 전자가 관내에 부유(浮遊)하고 있는 수은전자에 충돌하여 자외선이 발생한다.

(4)자외선은 관 내측에 도포되어 있는 형광체에 부딪쳐 가시광선으로 바뀐다.

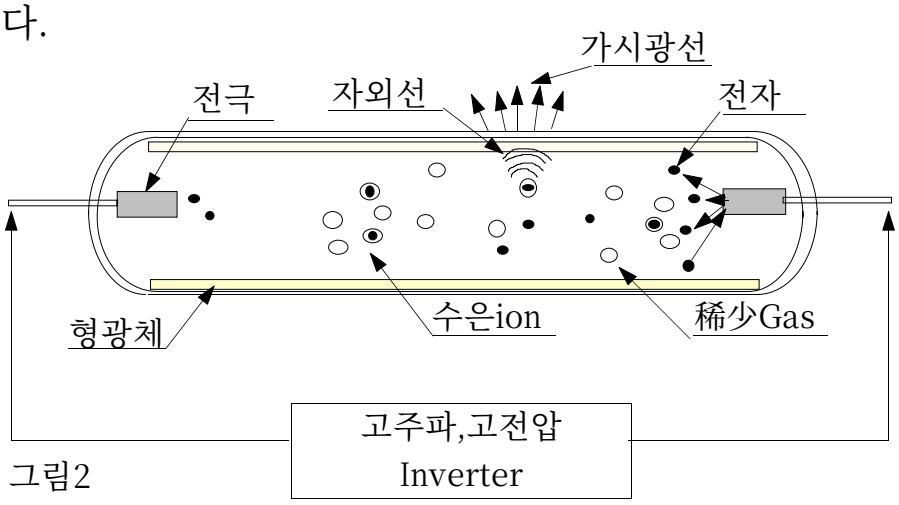


그림2

냉음극관의 전압,Impedance특성은 그림 3과 같다.상세는 제2절 DC-AC Invrter에서 기술한다

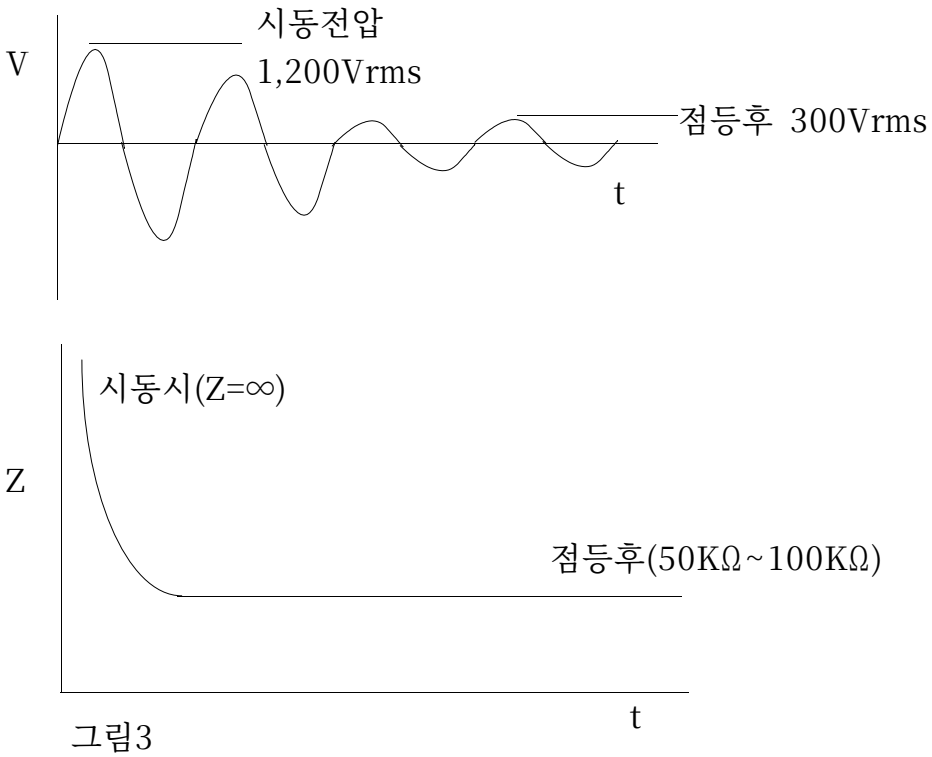


그림3

1-3Inverter의 개요

직류 입력전압을 교류로 변환하여 승압회로(Trans)에 의해 고전압을 발생시키는 회로이다.(그림4,5참조)

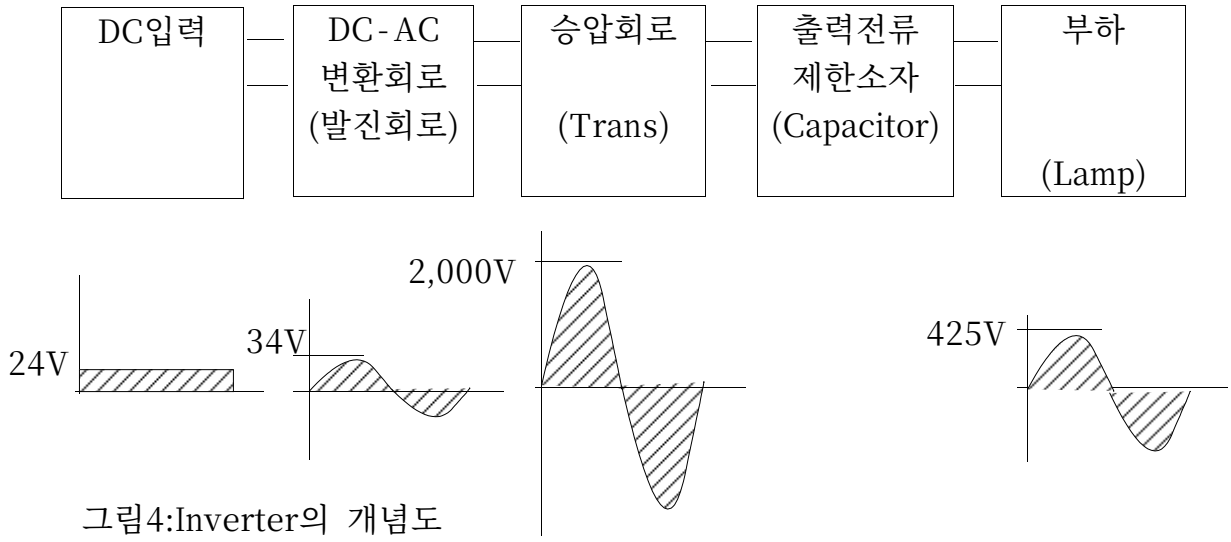
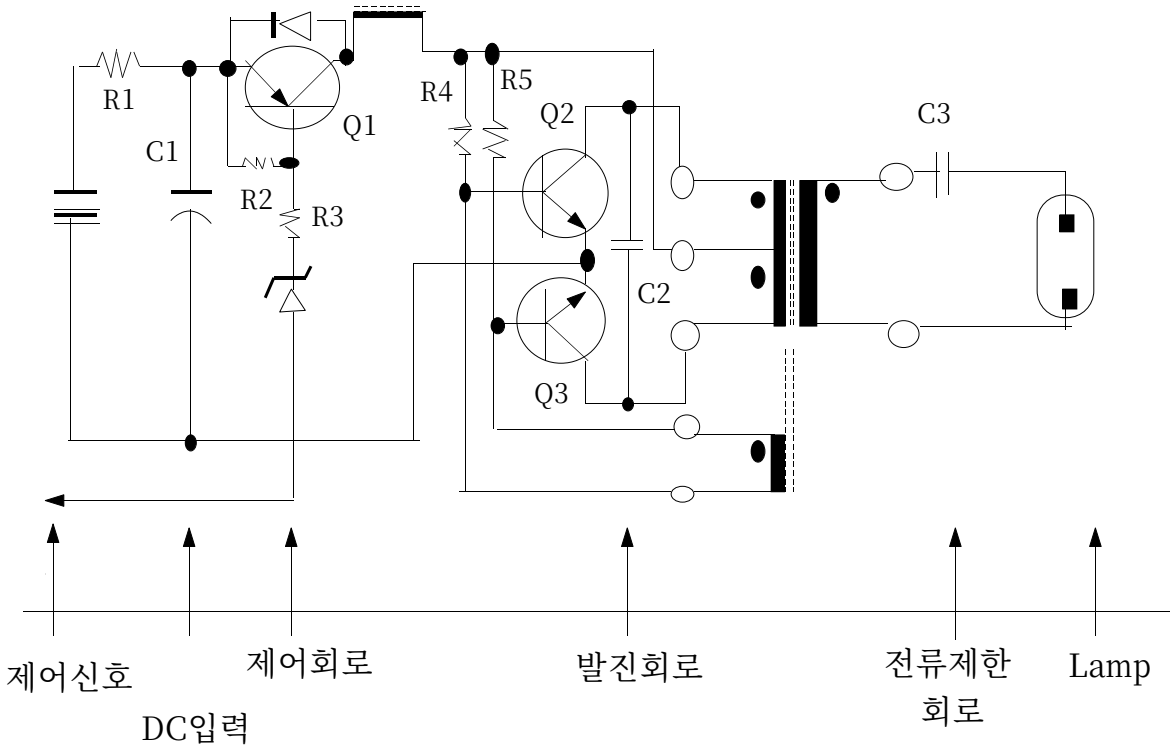
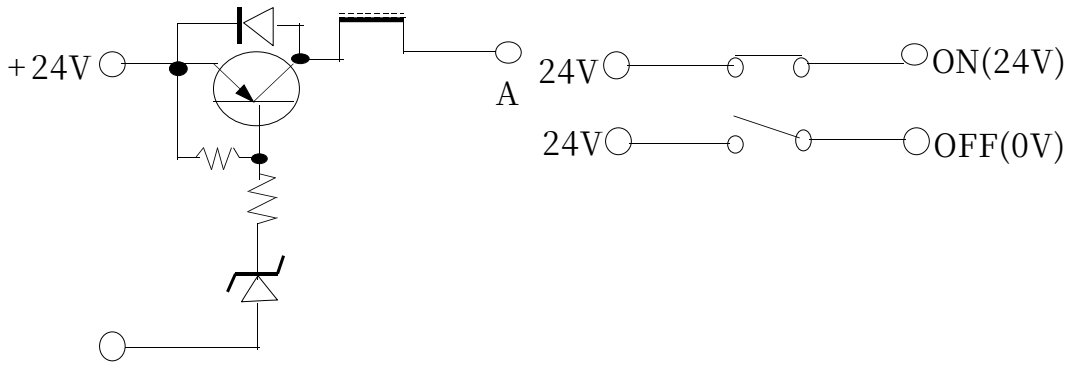


그림4:Inverter의 개념도

그림5.기본회로도



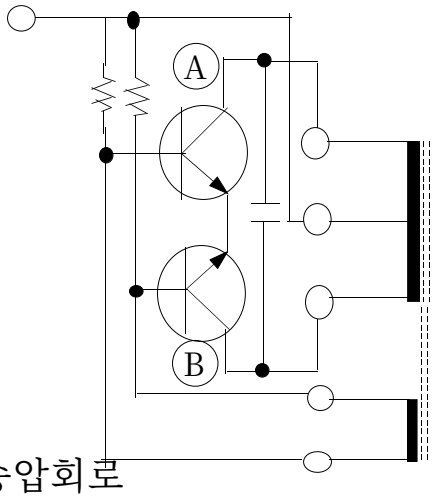
(1)제어회로(Control 회로)

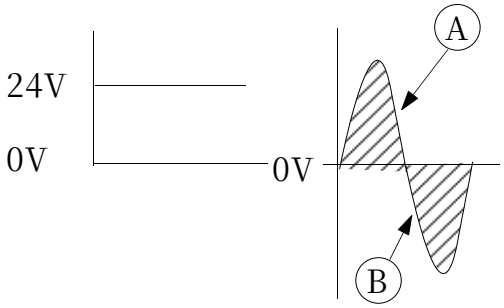


제어단자의 전압을 어느 일정의 전위에서 0V로 하면 TR이 동작하여 A점에 +24V의 전압이 발생한다.제어회로의 기능은 Switch에 의해 기계적으로 ON-OFF시키는 대신에 TR을 이용하여 전기신호로 ON-OFF시킨다.

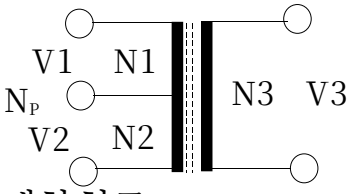
(2)발진회로

일반적으로 발진회로는 LC공진형 Royer회로를 많이 채택하고 있다. (2절 DC-AC Inverter참조)



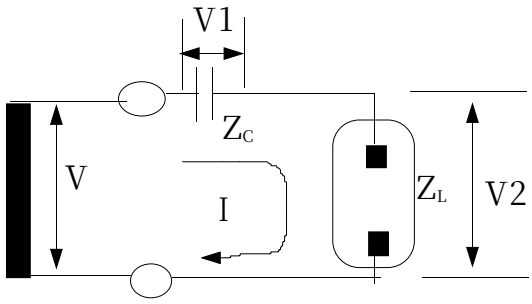


(3)승압회로



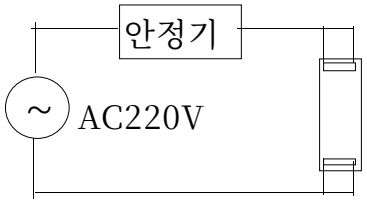
N1=N2
N1:N3(N_S)=V1:V3

(4)전류제한회로

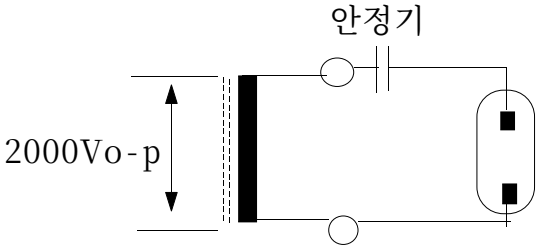


V :트랜스 출력전압
V1:Capacitor양단 전압
V2:Lamp양단 전압
I :회로에 흐르는 전류(Lamp전류)
Z_C:Capacitor의 저항치
Z_L:Lamp의 저항치

$I=V/(Z_C+Z_L)$ $Z_C>Z_L$

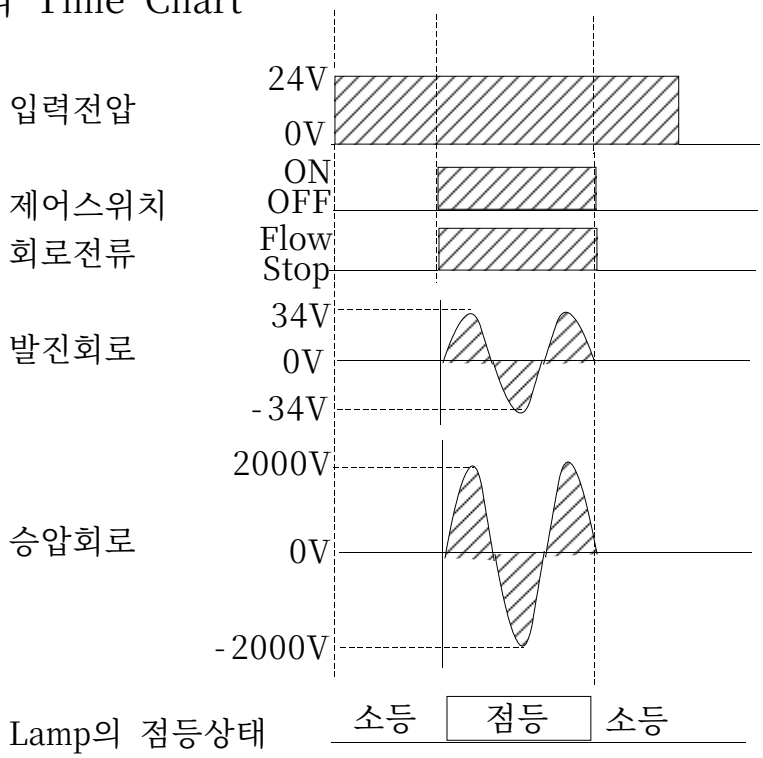


일반형광등의 예

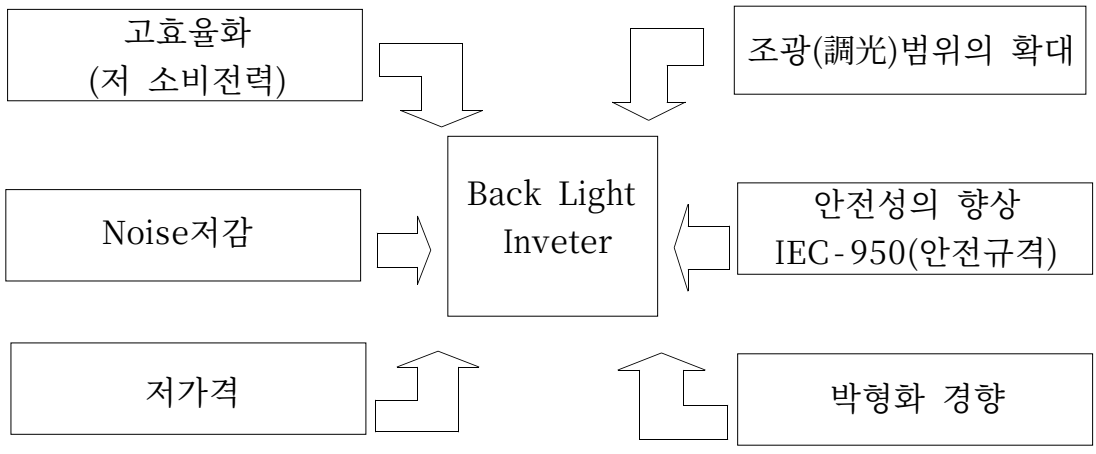


냉음극관의 예

(5)Lamp점등의 Time Chart



(6)Back Light용 Inverter의 요구특성



2.DC-AC Inverter

일반적으로 Back Light용 Inverter는 LC공진 Royer회로를 많이 채택하고 있다.상세한 설계방법은 스위칭 전원의 설계법 및 참고 문헌이 많이 있으므로 참고하기 바라며 여기서는 냉음극 전등관에 특별히 필요한 부분을 중심으로 설명한다.

2-1 Lamp의 특성

방전에 의해 형광물질을 발광시키므로 전원부하로서의 전기적인 특성은 그림2-1과 같이 부성특성으로 된다.따라서 점등시Lamp와 직렬로 한류(限流)소자를 삽입하여 Lamp전류를 적정하게 유지하지 않으면 Lamp가 파괴된다.또 Lamp가 방전을 개시하여 점등하기 위해서는 필요한 전압(Lamp의 시동전압 이하 시동전압이라 한다)을 Lamp양단에 인가할 필요가 있다.Lamp의 전기적 특성은 주위온도 및 Lamp의 길이, 관의 직경등에 의존한다. 참고로 그림 2-2에 냉음극 Lamp의 특성 예를 표시하였다. Lamp의 점등전압 및 Lamp 전압은 일반적으로

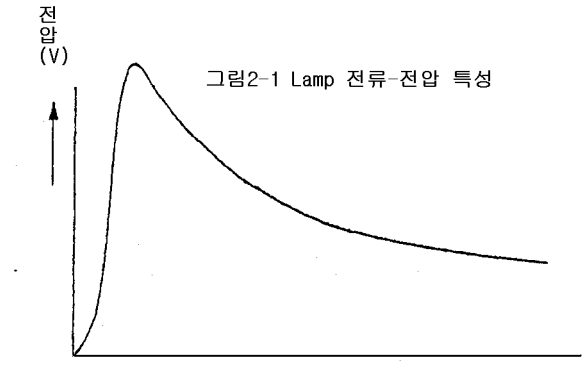


그림2-1 Lamp 전류-전압 특성

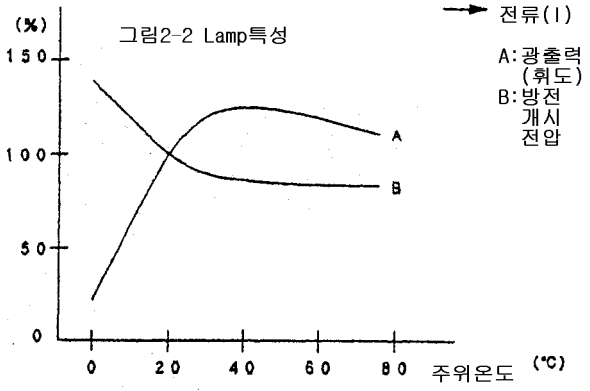


그림2-2 Lamp특성

●주위온도가 낮고●Lamp의 직경이 적고●Lamp의 길이가 길수록 높아지는 경향이 있다.

2-2 각종 Lamp의 종류

Lamp의 종류별 전기적 특성의 차이를 간단히 정리하면 다음과 같다.

●냉음극 Lamp

고전계에 의해 가속되어진 전자 및 양이온이 음극 표면에 충돌하여 2차전자를 방출하므로 방전을 개시하고 Glow영역에서 방전을 유지시킨다.따라서 Lamp의 전류는 3~15mA정도이다.

●열음극 Lamp

전극을 고온으로 유지하여 열전자를 방출시켜 방전을 개시하고 아크 영역에서 방전을 유지시킨다.

Lamp 전류는 20~100mA이상 흘릴수 있어 시동전압 및 Lamp 전압은 냉음극 Lamp에 비해 낮아진다.
또 전극손실이 적은 만큼 발광효율도 높아진다.
그러나 전극에 Heater를 필요로 하기 때문에 회로가 복잡하게 되고 전극 구조상 세관화(細管化)가 어렵다.

●Semi-Hot Lamp

양방식의 중간에 위치하고 점등시는 냉음극 Lamp,점등중은 열음극의 특성이 있는 Lamp이다.
또 앞에서 기술한 냉음극 Lamp를 암흑(暗黑)중에 시동하는 경우는 시동특성이 나빠진다.암흑중에서는 2차전자 방출의 실마리가 되는 Lamp관내의 잔존전자가 매우 적기 때문이다.
따라서 냉음극 및 Semi-Hot Lamp는 암흑중에서의 확인이 필요하다.
어떠한 Lamp의 경우라도 DC-AC Inverter의 설계방법은 동일하다.
또한 통상 Lamp는 교류 점등을 하고 있다.직류 점등을 하면 Lamp 내의 수은 ion이 치우쳐 관벽의 휘도가 불균일한 상태가 발생하여 수명이 단축된다. Back Light 시스템에서는 직류전압이 공급되어 지므로 고주파 점등을 하기 위하여 DC-AC Inverter가 필요하다.

3 Inverter의 기본설계

3-1 Lamp부하를 확인한다.

DC-AC Inverter를 설계할 때는 Lamp부하 특성을 잘 알고 있어야 한다. Lamp는 그림3-1과 같이 방전을 개시하기 위하여 고 전압이 필요하다.이 전압은 Lamp의 종류,Lamp의 직경,온도에 의해 좌우되

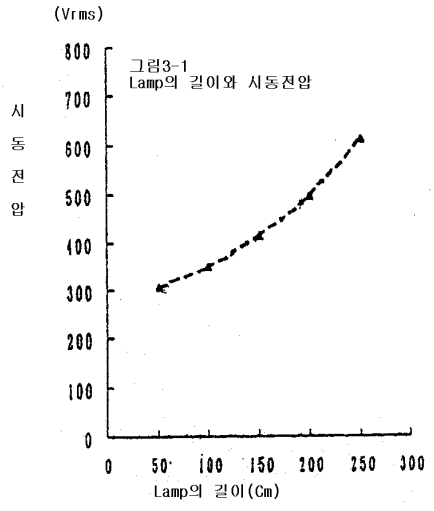
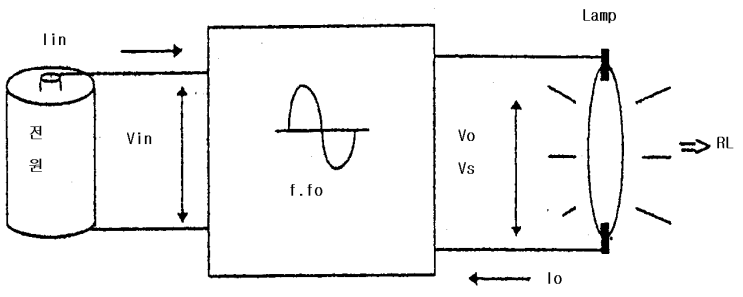


그림3-2



입력전압 Vin:Inverter에 인가되는 전압
입력전류 Iin:Inverter의 입력전류
출력전압 Vo :방전개시후의 관전압
출력개방전압Vs :방전개시 할때의 무부하 개방전압
Lamp저항 RL :등가저항치(Vo/Io)
출력저류 Io :Lamp의 출력전류
발진주파수 f,fo:구동 주파수

기 때문에 필요한 휘도를 내기 위하여 관전류를 확인하고 이 관전류가 흐를때의 관전압을 확인한다.

3-2 기본회로의 이해

Lamp의 부하특성을 이해하면서 필요한 각 파라메터를 확인한다. DC-AC Inverter를 Block Box로 생각하여 외측에서 본 파라메터는 그림 3-2와 같다.그림 3-6의 DC-AC Inverter의 기본회로(LC 공진 Royer회로:Push-Pull전압공진회로)에 준하여 기술한다.이 회로는 회로 구성이 간단하고 정부(正負)대칭 파형을 출력하기 때문에 가장 많이 사용되어지고 있다

(1)Lamp를 방전시키기 위하여

그림 3-3에서 Trans의 2차회로에 대해 고찰하면 Lamp는 방전을 개시하므로서 발광하므로 DC-AC Inverter는 Lamp를 방전시키기 위하여 방전전압=무부하 개방전압 Vs가 필요하다.여기에서 Capacitor Co를 Lamp에 직렬로 삽입하므로 무부하 상태에서는 트랜스의 출력전압을 그대로 단자에 출력하고 Lamp가 방전을 개시한후에는 Lamp를 안정하게 방전시키기 위하여 정전류 특성을 유지 한다. 이 개방전압은 입력전압 Vin 과 Trans의 권선비 N에 의해 결정된다.

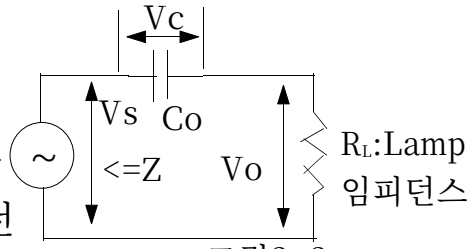


그림3-3

(2)Lamp의 전류

Lamp에 흐르는 전류 Io는 등가부하저항 R_L,Capacitor Co에 의해 결정된다.

$$Io=Vo/((R_L^2+(1/\omega Co)^2)^{1/2} \quad \text{-----(3-1)}$$

여기에서 $1/\omega Co$ 가 R_L보다 수배 이상 크면 출력전류는 Impedance $1/\omega Co$에 의해 결정되어지므로 의사적(疑似的)으로 정전류 출력으로 되어 출력을 단락시켜도 거의 같은 출력전류가 되어 안전한 전원이 된다.

(3)발진주파수

발진주파수는 그림 3-6의 공진 Capacitor Cp, Capacitor Co,트랜스의 1차측 Inductance에 의해 결정된다.점등시의 Lamp 부하를 등가적으로 순저항 R_L로 하고 트랜스를 이상(理想)트랜스로 보면 방전개시시의 공진회로부의 공진주파수 f_0 , 또 2차측 Capacitor Co를 1차측에 치환한 발진주파수 f_s는 아래의 식으로 결정된다.

$$f_0=1/(2\pi(L_P\cdot C_p)^{1/2}) \quad \text{-----(3-2)}$$

$$f_s=1/(2\pi(L_P(C_p+N^2\cdot C_0))^{1/2}) \quad \text{-----(3-3)}$$

실제의 부하안정 방전상태가 된 경우의 발진주파수 f 는 f_s보다 조금 낮아진다.

(4)발진동작과 Trans의 이해

Lamp의 점등방법은 설명하였는데 출력측에 전력을 전송하기 위하여 1차 권선측에 발진회로가 필요하다.Royer회로에서는 2개의 TR이 트랜스에 접속되어 (3-2),(3-3)식으로 구해지는 공진주파수에 의해 TR을 번갈아 ON-OFF시켜 스위칭시킨다.

트랜스의 권선결정은 주파수,개방전압,출력전류의 값을 알고 있으므로 트랜스의 전압방정식에 의해 구하면 된다.

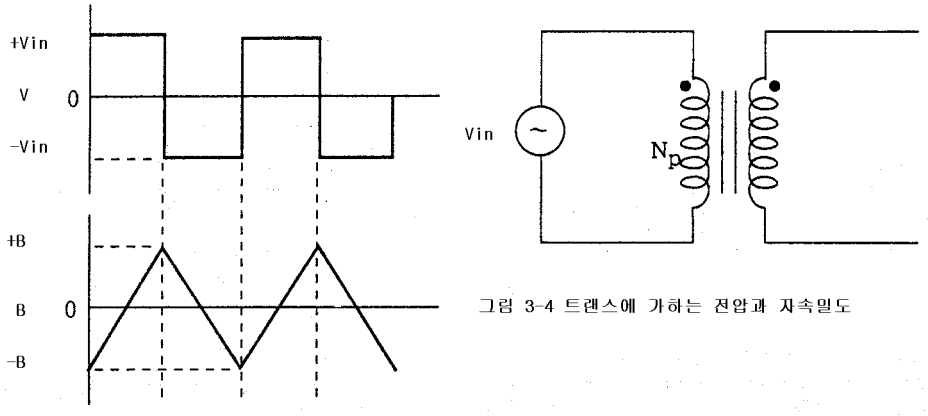


그림 3-4 트랜스에 가하는 전압과 자속밀도

그림 3-4를 참조하면 1차권선 N_p는

$$N_p=V_{in}/4\cdot B\cdot A_e\cdot f \qquad ------(3-4)$$

가 된다.상세는 기술자료 Vol 1 "SMPS Transformer의 설계개론"을 참조하시기 바랍니다.

(3-4)식에서 $B>B_{max}$(포화자속밀도)가 되지 않도록 설계한다.Core가 포화하면 트랜스의 발열이 크게되어 소손(燒損)등으로 연결되어 위험하다. 1차 Inductance L_P는

$$L_P=AL\cdot N_p^2 \qquad ------(3-5)$$

이다. 여기에서 AL은 AL Value이다. 이 값은 식(3-2),(3-3)에 의해 C_P치를 개략적으로 예상하여 정한다.실제적인 트랜스의 경우는 누설자속,분포용량,결합계수등이 존재하기 때문에 계산치와 실측치가 다른 경우가 많기 때문에 실측후에 값을 조정하여 간다.여기에서 C_P치를 너무 적게하면 출력전력이 나오지 않던지 이상발진이 생기기 때문에 주의하여야 한다.이런 경우는 L_P치를 적게하는것으로 대응한다.

트랜스와 공진 Capacitor에 의한 공진을 유지하기 위해서는 그림 3-5와 같이 Q1,Q2를 번갈아 ON시키기 위하여 N_B가 필요하다.N_B는

$$N_B=(V_B/Vin)\cdot N_P \qquad -----(3-6)$$

으로 구한다.

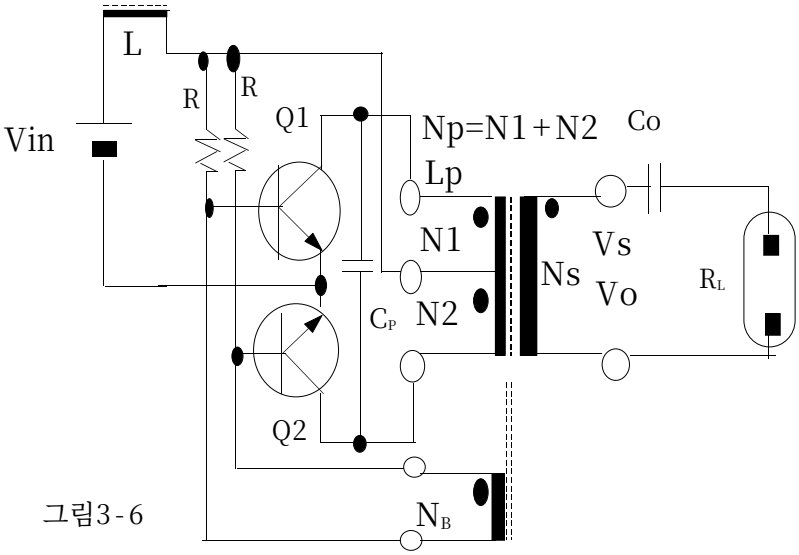


그림3-6

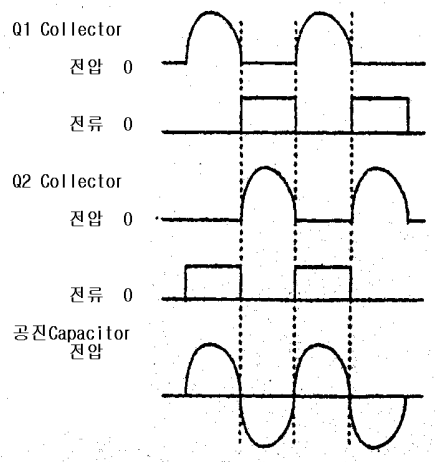


그림 3-5

Base 드라이브 전류는 입력전압에서 저항 R을 통하여 공급되는데 Base권선 전압 V_B가 TR의 V_{BE} 내압을 초과하지 않도록 주의한다.
Choke Inductor L은 입력측을 정전류원으로 하기 위하여 사용하므로 L_P보다 충분히 큰 값(2~3배 이상)으로 하여야 한다.

4.Inverter의 응용설계

4-1 조광(調光)

전압공진 회로에서 Lamp를 조광하는 방법은 일반적으로 두가지의 방식이 사용되고 있다.

(1)전압조광방식(전류조광방식)

Inverter 회로의 입력전압 Vin을 가변하므로 조광하는 방법으로 출력전압 Vo가 입력전압 Vin에 비례하여 변동하는것을 이용하고 있다. 부가하는 Regulator는 시리즈 Regulator와 Switching Regulator방식이 있다. 시리즈 Regulator는 Regulator 입출력 전압차이는 모두 손실로 되어 효율이 좋지않기 때문에 통상 Switching Regulator방식을 사용한다.Regulator회로를 부가하는 경우는 입력전압의 변동에 대해 안정화시킬수 있고 Lamp전류를 검출하여 Feedback시키므로 분포용량 등에 의한 Lamp전류의 변동을 적게 할 수 있으며 Remote 기능을 간단히 부가할 수 있는 장점이 있다.

(2)Duty조광방식

입력전압을 단속시켜 그 Duty비를 가변하므로 조광한다.입력전압을 가청주파수로 단속하기 때문에 트랜스,Choke에서의 소음이 발생하기

쉽고 세트에 따라서는 문제가 되기 때문에 주의를 요한다.
또 조광주파수에 따른 광출력의 변화와 액정의 구동주파수와의 간섭에 의해 화면상에 Noise가 생기는 경우가 있다.이 방식의 장점은 전압조광방식에 비해 조광범위를 넓게 할 수 있다는 것이다.
공통으로 주위하여야 할 사항은 스위칭시에 발생하는 전자(電磁) Noise의 경감 대책 및 외부 Noise에 의한 회로의 이상(異常)동작(Immunity)에 대한 평가,대책을 하여야 한다.
이러한 경우 대책방법이 어려운 경우가 많이 있는데 PCB의 패턴 Layout을 연구하던지 Snubber 회로에 의한 대책을 강구하여 대책한다.
두 방식에 대해서는 그림 4-1,4-2를 참조하고 두 방식의 특징을 정리하면 표 4-1과 같다.

그림 4-1

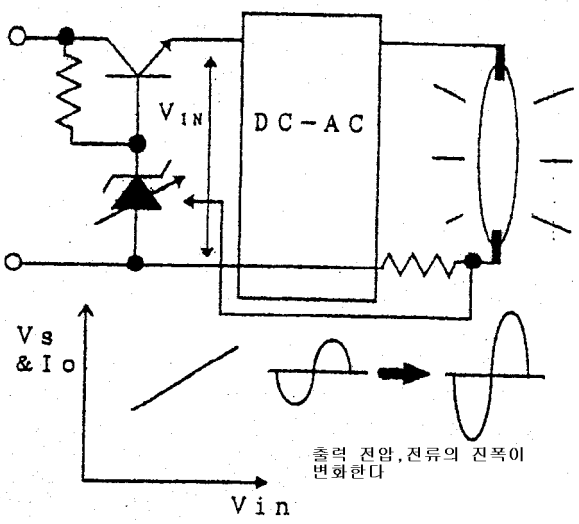


그림 4-2

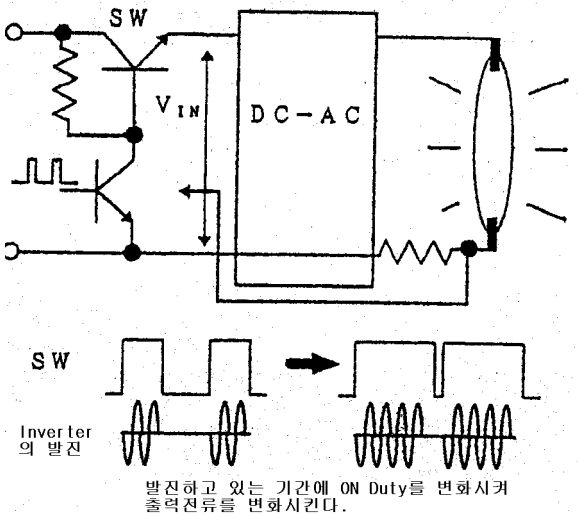


표 4-1

항목	Duty조광방식	전압(전류)조광방식
전원전압범위	좁다 (정격±10%정도)	넓다(3배의 입력전압까지 실용화 되어 있다)
기동특성	개방전압은 전원전압에 비례	향상 최대전압이 인가 가능
Lamp휘도	전원전압에 비례	일정
조광범위	10~100%	40~100%
조광회로	1Khz이하의 발진회로와 인버터의 ON-OFF를 위한 스위치 회로	1.Simple Type:시리즈레귤레이트 2.Converter Type:DC-DC Converter회로
발진주파수	100~1Khz	100~300Khz
기타	조광주파수에 의해 트랜스에서 가청 노이즈를 발생시키는 경우가 있다	Converter에 의해 효율이 좌우된다

4-2 고효율화(高效率化)

(1)입출력 전력비에 의한 효율

전원설계의 Know-How를 이용하여 각 부품의 손실 저감 및 회로의 간소화 또는 IC등 고집적 부품을 이용하여 제어전력의 저감등,형상, 코스트 Performance를 가미하여 효율향상을 검토한다.그림3-6 및 4-3의 회로예에서 간단히 개선책을 기술한다.

①DC-AC Inverter부(그림 3-6)

트랜스의 N_P(N1+N2)권선 및 Capacitor C_P는 병렬 공진회로를 구성하고 있으므로 부하전류와는 별도로 공진전류 I가 흐른다.

공진전류 I는

$$I=1.11\cdot Vin/2\pi f\cdot L_P \quad =1.11Vin(2\pi f\cdot C_P) \qquad -----(4-1)$$

이 전류는 통상 부하전류 이상의 전류치가 된다.특히 트랜스는 소형화 되어지는 만큼 구조적 제약에서 동선의 선경을 크게 선정 하는것이 어렵다.따라서 Core 손실등의 철손보다는 동손의 증가가 크게 된다. 따라서

- ●B_{MAX}가 큰 Core를 사용하고 고주파화의 설계로 N_P권선수를 줄여 동손을 극력 줄인다.
- ●Capacitor C_P는 유전(誘電)손실이 적은 PPS 필름Capacitor를 사용한다.
- ●Choke Inductor L에는 직류전류가 흐르기 때문에 직류저항치가 적은것을 선정한다.
- ●스위칭 소자는 $V_{CE(Sat)}$이 적은 TR을 선정한다.
- ●스위칭 소자를 MOSFET를 채택하므로 R에 흐르는 전류의 손실을 삭감한다.
- ●트랜스 1-2차간의 Leakage Inductance를 Ballast로 사용하므로 Capacitor Co를 삭감한다.

  등의 방법이 있다.

②DC-DC Converter부의 스위칭 Loss

그림 4-3에 제어회로부 및 스위칭 소자를 One-Chip화 한 전원용 IC를 사용한 조광회로의 예를 들었다. 이 IC는 부품 점수를 줄이기 위하여 스위칭 TR은 IC 내부에 있고 스위칭 손실을 줄이기 위하여 Flywheel Diode는 저 V_F품인 쇼트키(Schottky)다이오드를 선정한다. 외부에 스위칭 TR을 사용하는 경우는 고속 및 $V_{CE(Sat)}$이 적은 TR을 선정하여 Collector전류 손실의 저감을 도모한다.

또한 TR Q와 다이오드 D를 MOSFET로 선정하는 방법도 있다.이러한 회로의 효율 향상의 수단도 부분적인 개선으로는 그다지 효과가 없을 경우가 있기 때문에 전체적인 개선이 중요하다.

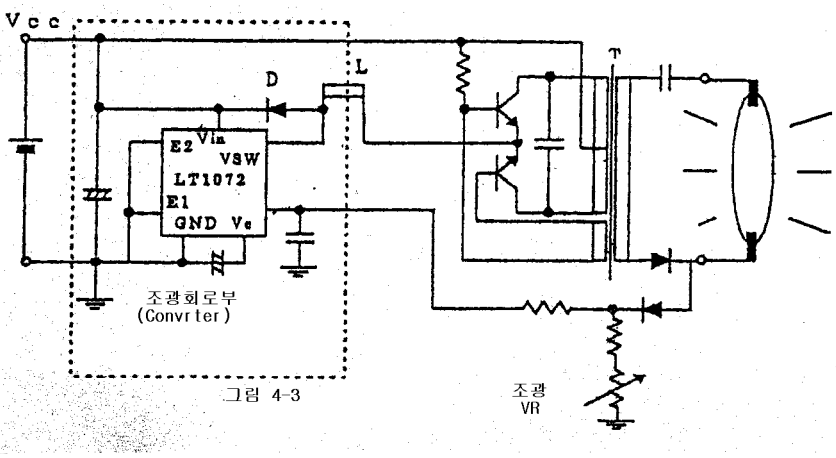


그림 4-3

(2)Lamp의 휘도의 효율

DC-AC Inverter Unit는 Lamp를 점등하기 위한 목적의 전원이기 때문에 입력전력과의 관계에서 평가하는것이 중요하다.단 Lamp의 특성이 환경에 의해 크게 변화하는것과 휘도 측정에서 재현성이 있는 Data를 얻는것이 어렵기 때문에 동일 환경하에서 동일 Lamp에 의한 상대 비교평가를 한다.

이렇게 평가하여 Lamp의 실효전류가 같고 전원효율이 같아도 휘도-입력전력비가 다른 경우가 있다.

이것은 전류파형의 영향으로 생각된다.

통상 Lamp 전류는 Sign 파형인데 이것을 방형파로 하면 휘도-입력전력비가 20%정도 높아지는 경향이 있다.

이러한 파형에 의한 휘도의 차이를 이용하면 효율향상을 기대할 수 있다.이러한 개선책은 상황에 따라 종래 이상의 소형화,고효율화를 가능하게 한다.여기에서 설명한 개선책은 일예이고 여기서는 취급하지는 않지만 압전 Trans를 사용하는 방법과 자려식 전압공진회로를 타려식으로 하는 등 여러 가지 방식에 의한 검토방법이 있다.

4-3 암흑(暗黑)효과 대책

앞에서도 기술하였지만 냉음극 Lamp는 암흑하에서는 방전을 개시하기가 어려워 정격전압에서는 방전을 개시하지 않는 경우가 있다.

이러한 암흑효과에 의한 안전을 위하여 Inverter동작을 정지시킬 필요가 있다. Timer회로 혹은 시정수 회로를 추가하여 Inverter의 동작 개시후 수초 지나도 출력전류가 검출되어지지 않는 경우는 Shut-Down하도록 회로를 추가한다.

4-4 대형 판넬의 대응

요즈음은 대형화의 움직임이 더욱더 활발해지고 있다.

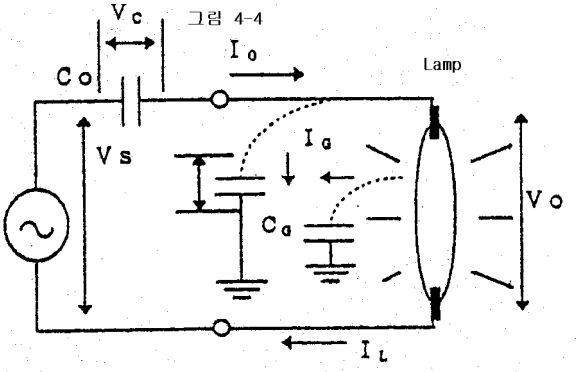
대형 판넬은 높은 휘도를 필요로 하기 때문에 열음극관도 사용되어지고 있지만 소형화,경량화,저가격화 더욱이 수명의 측면에서 세관(細管)으로 보다 긴 냉음극관이 주목되어지고 있다.

Inverter에 대해서는 더 높은 방전 개시전압이 요구되기 때문에 트랜스의 분활권선수의 증가 및 고내압의 벨리스트 Capacitor의 사용 및 벨리스트 Capacitor가 없는 보다 소형화,고전압화를 실현하고 더욱이 Duty조광 방식에 의해 폭 넓은 조광을 실현하므로 CRT의 대체가 활발히 이루워지고 있다.

4-5실장상태에 의한 영향

(1)분포용량의 영향

고주파 점등의 경우 Lamp단체로 평가한 경우와 시스템을 구성하여 평가 하였을때 그 측정치가 다른 경우가 있다. 특히 Inverter의 고전압 출력단자와 Lamp를 접속하는 배선 주변에 접지되어진 도체가 있으면 영향이 크게 된다. 이유는 고압부 주변에 생기는 분포용량 때문이다. 그림 4-4에 개념적인 모델을 표시하였다.분포용량의 존재는 점등개시시 에는 트랜스 출력단자 전압이 C_O와 C_G에 의해 분압되어 점등불량이 생기기도 하고 점등중에는



$$I_L = I_0 - I_G \qquad -----(4-2)$$

로 되어 Lamp전류가 실질적으로 감소하기 때문에 휘도가 단체(單體)평가에 비해 떨어진다.따라서 고압 Lead선의 길이는 극력 줄여 분포용량 C_G를 적게하는것이 필요하다.

또 2차측 출력을 절연하면 분포용량의 영향을 줄일수 있다.

(2)사용환경

사용환경에 따라 생각하지도 않은 고장이 발생하는 경우가 있다. 예를 들면 외부에서 침입한 바퀴벌레가 Back-Light용 DC-AC Inverter의 Trans에 접촉되어 제품 파손이라는 웃지 못할 사고가 있었다.액정표시 장치의 이용범위가 넓어짐에 따라 이러한 사고 및 PL법을 포함하여 사용조건 및 고압부에 대한 실장상태를 충분히 확인하는것이 중요하다.

4-6 사용상의 주의점 및 안전규격

(1)인체에 대한 안전성의 확보

DC-AC 인버터는 고전압을 출력하기 때문에 인체에의 감전 및 발화, 발연에 관하여 특별히 배려하여야 한다.이를 위하여 고압부분의 위험 표시 및 절연 시-트를 사용하여 직접 접촉하지 않는 구조로 하는 등의 대책을 하던지 감전되는 경우에도 인체에 장애를 주지 않는 크기의 전류만 흐르도록 설계 하는것이 필요하다.

국제규격 IEC에 규정된 기능절연에 대한 공간,연면거리를 만족하는 구조로 한다.소형화 하므로서 필요한 거리를 확보하기 어려운 경우도 IEC규격 [5.4.4] 항b),C)를 만족시킬 필요가 있다.

(2)제품 및 그 주변물에 대한 안전성의 확보

부품 고장 등에 의한 회로부품의 발열,발화 대책으로는 Fuse등의 보호소자에 의해 회로동작을 중지하던지 발화후에 계속 타는것을 방지하기 위하여 기판 및 수지재료에 난연성이 높은 재료를 사용한다.

트랜스 보빈 및 기판 등의 유기재료에 관하여 UL규격품(예 94V-0) 또는 동일한 Level의 재료를 사용하여야 한다.

UL1950에서는 통상운전 상태에서 어떤 부품 하나가 고장이라도 큰 발화,발연으로 이워지지 않도록 보호하는 규정이 정해져 있다.

5 Inverter 트랜스 설계

출력 트랜스는 고전압(1,000~1,500V_{RMS})를 발생시키기 때문에 신뢰성 및 안전성이 중시된다.또한 소형화,고효율화가 요구되어 지므로 상반하는 요구내용을 만족하여야 한다.

5-1 파라메터의 정의

Inverter 트랜스의 설계에는 다음의 정수가 필요하다.

(1)입력전압 Vin(Volt) :발진회로를 구동하는 전압(실효치)
(2)개방출력전압 Vs(Volt) :무부하 전압(실효치)
(3)출력전압 Vo(volt) :부하전압(실효치)
(4)관전류 I_0(A) :방전관에 흐르는 전류(실효치)
(5)발진주파수 f(Hz) :구동 주파수
(6)공진주파수 f_0(Hz) :공진주파수
(7)최대자속밀도 Bm(Tesla) :Core 재질의 최대자속 밀도
(8)사용자속밀도(변화) △B(Tesla) :사용자속밀도(변화)
(9)1차권선수 Np (10)1차 편측 권선수 N1,N2
(11)2차권선수 Ns (12)Core의 단면적 A_e(m^2)
(13)Core의 자장로 (l_e)(m)

단위는 특별한 설명이 없는 경우는 MKS 단위로 한다.

5-2 트랜스의 주요자재

(1)Core

인버트의 발진주파수가 20K~70Khz정도 이므로 페라이트 Core가 사용되어진다.최대자속밀도(B_{MAX})혹은 포화자속밀도(B_S)는 고온에 사용하면 저하하기 때문에 설계시 △B 설정은 충분히 검토하여야 한다. 일반적으로 Core의 고온시 최대자속밀도의 70%정도를 기준으로 한다. 형상은 출력보다는 절연성을 고려한 권선상의 제약에 의해 결정되는 경우가 많다.

(2)Bobbin

고압부-Core 및 입출력 단자간의 공간 및 연면을 확보하기 위하여 프라스틱 성형품을 사용한다.

2차는 일반적으로 분활권선을 하고 Layer Short ,방전파괴를 방지하는 구조이여야 한다. 2차권선의 1층당 발생전압은 동선의 층간내압을 고려하여 여유있게 300~350V_{RMS}로 한다.트랜스의 구조상 2차권선의 마지막 동선(Finish)이 시작동선(Start)쪽으로 오게 되어있다.이 부분의 전위차가 가장 높다.따라서 연면거리가 충분한 구조이어야 한다. 또한 이 부분이 코로나 방전(부분방전)이 발생하기 쉬운 장소이기도하다. 코로나 방전이 한곳에 집중하는 경우는 동선을 열화시켜 단선이 발생한다.Bobbin의 차양부분,Bobbin의 각(角)부분에서 단선되는 경우는 이것이 원인이라고 생각하고 있다. 코로나 방전을 억제하는 방법은 공간거리를 두던지 전압을 낮추던지 충진재(充嗔材)로 Molding하던지 하는 방법외에는 없다.

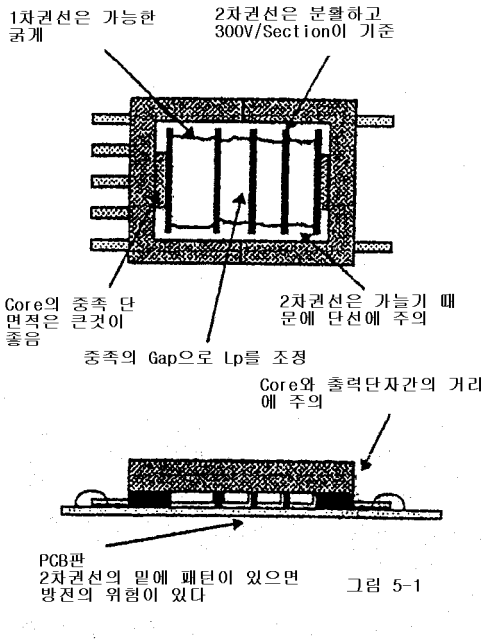


그림 5-1

5-3트랜스의 설계

(1)1차권선(N1)의 계산

(3-4)식의 N_P는 인버트 회로의 경우 N1,N2에 해당한다. 또한 (3-4)식은 트랜스에 방형파 전압을 인가할 경우의 전압방정식이다.

$$N_p = V_{in}/4 \cdot B \cdot A_e \cdot f \qquad ------(3-4)$$

인버트회로에서는 실질적으로 직류전압이 인가되므로 (3-4)식은

$$N1(N2) \geq Vin/2 \cdot Bm \cdot A_e \cdot f \quad \text{-----(5-1)}$$

이 된다.상세는 기술자료 Vol 1 "SMPS Transformer의 설계개론"의 37Page를 참조하십시오. 상기 공식은 입력전압이 인가될때 Core가 포화하지 않는 최저의 조건이다.즉 Core가 포화하지 않는 최소 권선수이다.계산의 편이상 단위를 Bm을 Gauss,A_e를 Cm^2로 하면 (5-1)식은

$$N1(N2) \geq Vin \cdot 10^8/2 \cdot Bm \cdot A_e \cdot f \quad \text{-----(5-2)}$$

이 된다. (5-2)식으로부터 Bm은

$$Bm(\triangle B) = Vin \cdot 10^8/2 \cdot N1 \cdot A_e \cdot f \quad \text{-----(5-3)}$$

여기에서△B는 사용자속밀도이다.Core Maker에서 발표하는 고온시의 최대자속밀도 Bm(100℃)의 70%이하로 사용하는것이 안전하다.
최대자속밀도,포화자속밀도는 같은 개념으로 생각하여도 좋다.
동일한 조건에서 1차권선수를 증가하면 사용 자속밀도는 감소한다.
효율등을 감안하여 권선수를 증가하는 방향으로 하는게 좋다.
또 Baes 권선(N_B)에 발생하는 Peak전압이 TR의 역내압 이하(통상 -5Volt)로 할 필요성이 있기 때문에 N1을 너무 적게하면 권선비가 적어져 Base전압을 Setting 하기가 어려워 Base권선의 전압이 높아지는 경우가 있다.
N1의 최대 권선수는 Bobbin의 권선 점유율(Core와의 공간거리 확보 등)로 결정된다. 트랜스의 동손이 되는 권선저항은 선경에 의존한다. Inverter의 발진주파수는 그다지 높지 않기 때문에 표피효과의 영향은 적다.따라서 선경을 가능한 굵게 하는것이 좋다.그러나 소형화하려면 외형형상의 제약이 크고 절연설계의 면에서 권선수와 선경의 자유도가 줄어든다.선경의 최대치는 Bobbin의 1차권선 점유면적, Pin의 결선상태 (동선을 Pin에 결선하여 절단할 경우 Pin이 구부러진다던지 납땜후 Bobbin밖으로 나온다던지 등)를 감안하여 결정한다.
입력전압의 변동이 많은 경우는 Vin(max)에서의 계산이 필요하다.

(2)L_P 의 계산

1차 Inductance L_P는 (3-5)식에 의해 계산한다.

$$L_P = AL \cdot N_p^2 \quad \text{------(3-5)}$$

1차 Inductance는 앞에도 설명하였지만 (3-2),(3-3)식에 의해 결정되는 발진주파수에 적합하도록 C_P치를 개략적으로 예상하여 결정한다.
AL은 권선 단위 Ts당의 L값이다.L_P를 조정하기 위해서는 AL을 변화시키면 된다. AL의 조정은 Core의 자기저항을 변화시키는것이다.
구체적으로는 Core의 Gap(공극)의 길이를 크게하면 AL값은 감소하고 적게하면 역으로 된다.

AL값을 일반적으로 Induction계수라고 한다.
그림 5-2에 Air Gap이 있는 Inductor를 표현하였다.Core의 정수를 알고 Gap의 크기를 알면 AL값을 구할수 있다.
실효비투자율 u_{es} l_e/l_g가 된다.여기에서 $l_e=l_c+l_g$이다.

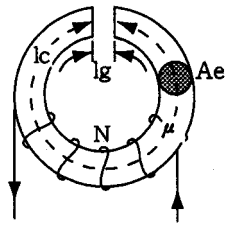


그림 5-2 Air Gap이 있는 Inductor

AL Value는

$$AL \quad (u_e \cdot A_e)/l_e = (u_0 \cdot u_{es})/l_e = (4\pi \cdot 10^{-7} \cdot u_{es})/l_e \qquad -----(5-4)$$

가 된다. 여기서 u_e는 실효투자율, u_0는 진공의 투자율로 $4\pi \cdot 10^{-7}$이다.
상기 공식은 여러 가지 가정(假定)을 포함한것이기 때문에 참고자료로 사용하여야 한다. 상세는 기술자료 Vol 1 "SMPS Transformer의 설계 개론"의 9 Page를 참조하기 바란다.

(3)N_B의 계산

$$N_B=(N1 \cdot 1.41 \cdot V_B)/\pi \cdot Vin \qquad -----(5-5)$$

여기에서 N_B:Base권선수
V_B:Base권선 전압의 Peak값
이다.

Base권선에 발생하는 Peak전압이 사용하는 스위칭 소자(TR)의 역내압을 초과하지 않도록 하는것이 조건이다.통상 -5V정도이므로 V_B는 -2~-4V정도로 설정한다.최소권선수는 2Ts으로 한다.1Ts으로는 유기전압이 나오지 않을 우려가 있다.

(4)2차권선수(Ns)의 계산

2차 권선수 Ns는

$$Ns \rangle (N_P \cdot 1.41 \cdot Vs)/\pi \cdot Vin = ((N1+N2) \cdot 1.41 \cdot Vs)/\pi \cdot Vin \qquad -----(5-6)$$

으로 구한다.
2차 최대권선수는 선경 및 보빈 형상으로 결정된다.상기 계산치는 손실이 없는 이상(理想) 트랜스에 대한것이므로 실제의 권선수는 계산치보다 10~30%정도 +하여야 한다.

(5)계산예

지금까지의 계산공식은 여러 가지의 가정을 반영한것이기 때문에 설계시에는 향상 Try&Error가 필요하다.일반적으로 표계산 Soft(Excel등)를 이용하여 Simulation 하는 방법이 좋다. 이 경우 정수로서 입력전압, Core 단면적(A_e),Bm,주파수,개방전압을 입력하여 1차 권선수를 10Ts에서 20Ts 까지 변화시켰을때 Core의 사용 자속밀도(B,△B)와

사용율(%),2차권선수를 10~20% 증가시킨 권선수,1층당(1 Section) 권선수를 계산 하여 두면 편리하다.

예)

사양

Vin :24(V)

Core 단면적:0.42(Cm^2)

Bm :4900(Gauss)

주파수 :40(Khz)

개방전압 :1,200(V)

관전류 :7.5(mA)

N	10	.	18	.	20
입력전압	24		24		24
A_e	0.42		0.42		0.42
Bm	4900		4900		4900
f	40		40		40
개방전압	1200		1200		1200
사용B(△B)	3571		1984		1785
Bm(%)	72.886		40.49		36.44
2차권선	449.04		808.2		898.0
섹선당권선수	74.84		134.7		149.6
권선10%UP	82.324		148.1		164.6
권선15%UP	86.066		154.9		172.1

지금까지의 예에 대한 설명은 사용하는 Core 및 Bobbin에 대해 이러한 표계산을 하여 두면 설계시 시간을 절약할 수가 있다는것이다.상기의 예는 2차권선의 Bobbin Section수가 6개인 경우이다.

(6)트랜스의 내압

Inverter 트랜스에 있어서는 일반적으로 2KV~3KV 이상의 내압이 필요하지만 그 외에도 부분방전(코르나 방전),층간내압에 대해서도 알고 있어야 한다.부분방전의 측정은 간단하지는 않지만 전용의 측정기에서 트랜스가 발생하는 최대전압에 대해 0~50pc(Pico크롬) 정도이면 문제없는 수준이다.층간내압은 2차 코일에 Impulse를 인가하였을 경우의 과도현상으로 측정한다.

층간전압의 규격은 (5-7)식으로 정해져 있지만 이 전압으로 문제점의 발견이 어려운 경우가 있기 때문에 공정에 따라서는 3KV(Peak)

이상 인가할 필요도 있다.

인가전압(Peak)=$V_{0(RMS)}$×1.41+1000V -----(5-7)

층간내압은 공정에서의 불량(동선의 손상,동선조각의 권선내 혼입등) 등의 제품품질의 확인에는 적합하지만 설계적 측면에서의 확인은 어렵다.이 층간 내압시험은 양품 코일과의 비교측정이기 때문에 판단 기준은 각 트랜스 마다 작성할 필요가 있다.

코르나 방전이 노출되어 있는 부분이라면 어둡게 하면 눈으로도 확인이 된다. 내압을 보강하기 위하여 충진재로 Molding하는 제품도 있는데 선팽창율의 차이로 인하여 Core가 파손되지 않는것을 확인하여야 한다.120℃에서 Core의 파손이 없으면 문제가 없다.

6 인버트 회로부품의 정수(그림 3-6 참조)

6-1 Transistor(Q1.Q2스위칭 소자)

V_{CEO}는 π·Vin 이상의 것을 선정.즉 입력전압의 3배 이상의 내압을 견디는 스위칭 소자를 선정하여야 한다. 인버트 전원의 ON-OFF시 Pulse전압이 콜렉트 측에 발생한다.이것에 대한 대책을 수립하던지 스위칭 소자의 내압을 확보한다.

6-2공진Capacitor(C_P)

공진전압의 P-P는 2π·Vin이므로 내압은 이 이상의 것을 선정한다. Capacitor C_P는 1차 Inductance L_P로 결정되는 발진주파수의 공진전류가 흐른다.따라서 온도특성이 우수한 tanδ가 적은 것을 사용한다. 일반적으로 대전류용 PPS Capacitor를 사용한다.Capacitor의 정수를 높여 필요이상으로 공진전류를 흘리면 안정도는 증가하지만 손실로 되므로 필요 최소의 정수가 바람직하다.정수가 너무 적으면 2차 공진이 발생(이상발진)하는 경우가 있다. 이 때는 L_P를 줄이는것으로 대응한다.또 공진 파형에 왜곡이 생기는것은 트랜스의 Core가 포화하기 때문이다.이때는 Core의 Gap을 조정한다.

6-3 밸러스트(Ballast) Capacitor(C_0)

출력전압 V_S가 1,500V_{RMS}라면 피크 전압은 2,200V정도가 되므로 출력 단락시를 감안하여 3,000Volt 내압의 Ceramic Capacitor를 선정한다.용량은 필요로 하는 관전류에 의해 결정한다.관전류를 수10mA 흘리는 경우는 Capacitor의 발열에 주의한다.이 경우는 내압이 높은것을 선정한다.

6-4 Choke Inductor(L)

Choke Inductor는 압력측을 정전류원으로 하기 위하여 사용하므로

L_P보다는 충분히 큰 값(2~3배 이상)으로 한다.직류전류가 흐르기 때문에 직류저항치가 적은것을 선정한다.

6-4 Bias저항(R)

스위칭 소자에는 큰 Peak전류가 흐르므로 의외로 큰 Base전류가 필요한 경우가 있다.인버터 회로 에서는 Bias저항이 효율에 수% 영향을 준다.저온하(인버터 사양의 온도)에서도 충분히 스위칭 소자를 드라이브 하는것이 필요하다.부족의 경우는 공진파형의 옆으로 산이 생기므로 확인하기는 쉽다.

--이상--

냉음극 형광등 Inverter Trans
의 설계개론

발행인:구 진욱
편집인:김 성규
발행처:코리아 코일 엔지니어링(주)

131-232
서울특별시 노원구 중계3동 51-2 중계제1공단 601호
Tel:+82-2-2209-7034
Fax:+82-2-2209-7345

인쇄처:코리아 코일 엔지니어링(주)