

발진 코어의 특성에 따른 자려식 안정기 해석

한재현, 조계현, 박종연
강원대학교 전기전자공학부

전화 : 033-250-6292 / 핸드폰 : 018-325-5217

Analysis of Self-Oscillated Ballast by the Characteristics of Various type Types

Jae-Hyun Han, Gye-Hyun Jo, Chong-Yeun Park
Division of Electric & Electronics Engineering, Kangwon University
E-mail : han5217@yahoo.com

Abstract

This paper has been studied the electronic ballast by the self-oscillated inverter. The self-oscillated ballast can reduce the stress of the switch of the inverter. But the self-oscillating method is not easy to analyze and design. There are three kinds of cores for the oscillating transformer : Ring core, EI-core, and Drum core.

In this paper, we are studied the characteristics of three kinds of cores in using electronic ballast by the self-oscillated inverter.

I. 서론

산업이 발달하고 생활수준이 높아짐에 따라 각종 램프들의 활용 범위가 점점 확대되어가고 있다. 이러한 램프들 중에서 가장 많이 사용하는 램프는 형광 램프이다. 형광램프는 상용전원을 이용하여 동작을 시키기도 하지만, 높은 광 효율을 얻기 위해서 20kHz이상의 높은 주파수를 갖는 전원을 램프에 인가시켜준다.

일반적으로, 형광램프 구동을 위한 전자식 안정기에 사용되는 구동방식은 전용 IC를 사용하는 방법과 발진 코어를 사용하는 방법이 있다.

본 논문은 발진 코어를 사용하여 전자식 안정기를 구

동시키는 자려식 방식의 안정기의 특성에 관한 내용이다. 자려식 안정기의 경우, 발진 코어로 사용될 수 있는 코어 형태는 Ring형, E-I형, Drum형 코어가 있으며, 본 논문에서는 발진 코어의 형태에 따른 동작 특성과 스위칭 소자에 인가되는 전압 파형을 비교, 분석하였다.

II. 인버터의 구조

2.1 자려식 인버터의 구조

그림1은 자려식 방식으로 구동되는 전자식 안정기의 일부분이다. 자려식 안정기의 기본 동작은 다음과 같다. 역을 개선부에서 얻은 DC 전압에 의해서, C1에 인가되는 전압은 서서히 상승하게 되고, 상승전압이 DAIC 도통전압에 이르면, FET M2 게이트에 전압이 인가되어 동작을 시작한다. [1][2]

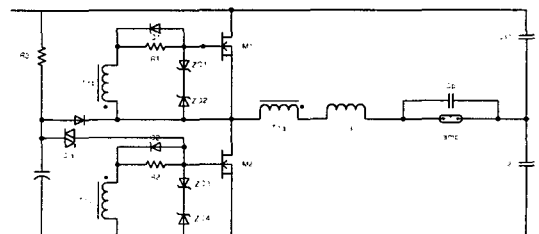


그림 1. 자려식 인버터 구조

FET의 동작이 20kHz 이상을 갖는 주파수로 교번함으로써 형광 램프에 전력이 공급된다. 이때, T1a, T1b, T1c는 하나의 코어에 자기적으로 연결되어있는 발진 코어이며, 권선 방향은 T1a가 T1b, T1c와 반대 방향이다.

2.1.2 자려식 인버터의 동작

그림1과 같은 자려식 구동 방식을 갖는 안정기는 그림2,3과 같이 다음의 2가지 모드로 나누어 생각할 수 있다. 전원 투입 이후 초기에 R3저항과 C1커패시터의 시정수(τ)에 의해 C1커패시터에 일정전압이 충전되면 Diac이 도통하게 되어 동작을 시작한다. Diac이 도통하게 되면 M2이 도통된다. 이때, 부하 전류는 그림2와 같이 흐르게 된다. 이때는 T1a 전위는 서서히 상승하고, T1c의 전위는 서서히 하강한다. T1c 전위가 하강을 계속하면, 그림3과 같은 모드로 변환된다.

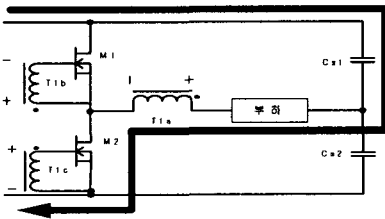


그림2. 자려식 안정기 동작 1

그림3은 T1a 전위가 상승하여, M1 FET를 구동시키고, 하강된 T1c 전위로 인하여 M2 FET가 정지된 상태이다. 이때는 T1a와 T1c 권선 방향으로 인해서 M2 게이트에 유기되는 전위는 서서히 상승하고, T1b의 전위는 서서히 하강한다.

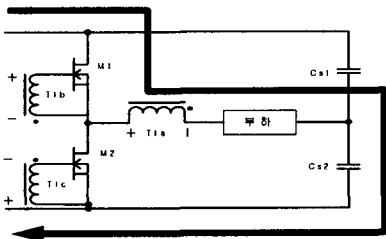


그림 3. 인버터의 동작 (mode 1)

결론적으로, 하나의 코어로 연결되어있는 T1a, T1b, T1c의 권선 방향으로 인해서 전자식 안정기의 동

작은 반복되고, 사용된 코어의 특성에 따라서 동작하는 주파수가 달라지게 된다. 또한 코어를 사용하는 방식은 코어에 유기되는 전압에 의해서 FET의 구동 특성이 결정되므로, 기본적으로 영 전류 스위칭 특성을 갖는다.

III. 발진코어의 동작 특성

발진 코어에 따른 안정기 동작 특성을 비교, 분석하기 위해서 재질이 동일한 링코어, E-I 코어, 드럼 코어를 사용하여 특성을 확인하였다. Ring형은 코어의 형상이 그림 4의 (a)와 같이 토로이드 형태이며 gap이 없는 것이 특징이다. E-I형은 그림 4의 (b)와 같이 E와 I의 결합된 형태이다. 특징은 임의적으로 gap을 줄 수 있다. Drum형은 그림 4의 (c)와 같고, gap을 조절할 없고, air-gap 형태로 생각할 수 있다.

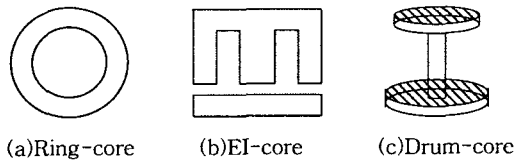


그림 4. 코어의 형태

각각의 코어의 특성은 그림 5에 나타난 B-H 특성곡선을 사용하여, 이해 할 수 있다. 이때, B는 자속 밀도[T]를 나타내고 H는 자계강도[A/m]를 나타내고, gap은 코어내부에 존재하는 자기저항으로 해석할 수 있다.

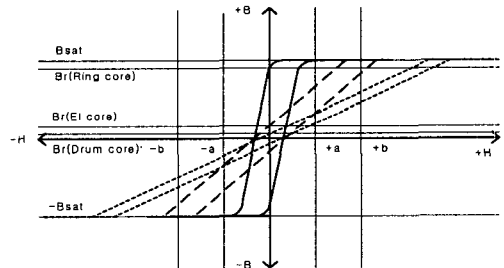


그림 5. B-H 특성 곡선

그림 5에서 실선으로 그려진 가장 경사가 급한 curve는 Ring형 코어의 B-H특성 곡선을 나타내고, 긴 점 선으로 그려진 curve는 EI형 코어의 B-H특성곡선이다. 마지막으로 점선의 곡선은 Drum형 코어의 B-H 특성 곡선을 나타낸다.

Ring형 코어는 gap이 없기 때문에 자속이 페루프

내에서 감소되는 양이 적다. 따라서 잔류자속이 가장 많이 남아 있게 된다. 반면에 Drum형 코어는 air-gap을 사용하기 때문에 많은 양의 자속이 감소된다. 이것은 곧 잔류자속의 양이 매우 적은 것을 그림4의 y축과 curve의 교차점에서 같이 확인 할 수 있다.

그림 6은 B-H 특성 곡선을 이용하여, 1차 권선에 코어에 흐르는 전류의 양과 코어의 포화와의 관계를 설명 할 수 있다.

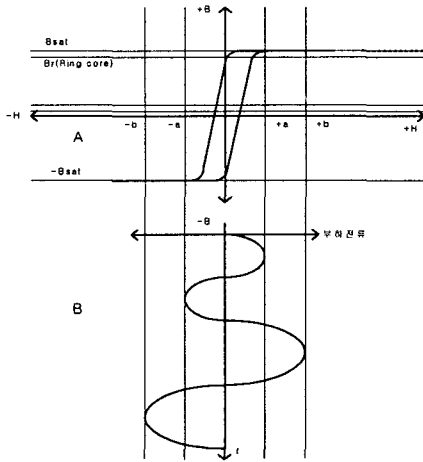


그림 6. 입력 전류와 B-H 곡선

자계강도 H는 그 단위가 [A/m]인 것처럼 전류의 양에 비례해서 H가 커지게 된다. 이것은 설계될 인버터의 전류와도 밀접한 관련을 갖게 된다.

Ring형 코어는 적은 전류의 양에도 쉽게 포화되어 스위치를 on/off 시킬 수 있지만, EI형 코어나 Drum형 코어는 적은 전류에서는 정현파가 생성될 우려가 크다. 따라서 인버터를 설계할 때, 전류의 양을 미리 알고 적당한 코어를 선택하여야한다.

그림 7은 수동 Valley-fill 역률 개선 회로를 사용하고, Ring형 코어를 사용한 인버터 회로에서 주파수가 가변되는 것을 도시한 그림이다. 좌측의 폭이 적은 구형파는 DC link 전압이 높을 때이고, 우측의 폭이 넓은 구형파는 DC link 전압이 낮을 때이다. DC link 전압의 양에 따라서 자력식 구동방식의 전자식 안정기에서는 동작 주파수가 가변되는 것이, 자력식 안정기의 특징이며, 가변되는 동작 주파수로 인해서, 공진형 인버터를 구성하기가 까다롭다.

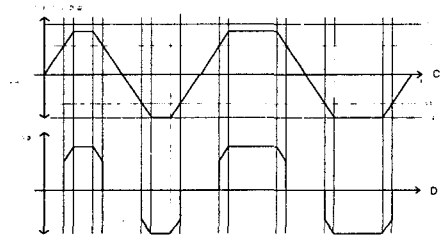


그림 7. Ring core 출력 파형과 FET gate 전압 파형

식(1)은 자력식 안정기의 동작 주파수와 사용한 코어의 재질과의 관계를 나타낸다. [3]

$$f \propto \frac{V_p}{N_p \times B_s \times A_e} \dots \dots \dots (1)$$

자력식 안정기의 동작 주파수는 사용한 코어 1차측 (T1a)에 걸리는 전압에 비례하고, 1차측에 감은 권선수에 반비례하는 특성을 갖는다. 식(1)과 같이 동작 주파수를 결정하는 코어 재질은 코어의 포화자속밀도와 유효단면적이다.

일반적으로 T1a로 흐르는 전류의 양이 작으면, T1a에 인가되는 전압이 작아지고, 이에 따라, Ring core 2차측에 유기되는 전압의 주파수는 낮아지게 된다. 또한 T1a로 흐르는 전류의 양이 증가하면, 반대로 동작 주파수는 높아지게 된다. Ring형 코어를 사용한 경우에는 T1a로 흐르는 전류의 양이 적어도 쉽게 포화되어, 2차측 전압이 일정해지는 특성을 갖는다. 그러므로, 링 코어 자체로도 2차측 전압의 양이 일정해 지기 때문에 2차 전압 안정화를 위한 Zener Diode는 필요하지 않으나, E-I 코어와 드럼코어는 코어사이에 gap이 존재하여, 2차 전압은 포화되지 않고, 정현파 형태를 갖게된다. 코어에 의해서 형성된 2차 전압의 크기가 일정하지 않으면, FET 동작과 수명에 악 영향을 끼치게 되므로, 반드시 Zener Diode를 사용하여, 2차 전압의 크기를 일정하게 해주어야한다. 그러므로 E-I 코어나 드럼코어의 경우에 있어서 사용된 Zener Diode의 값에 따라서도 동작 주파수가 가변될 수 있다.

식(1)에서 보면, 동작 주파수는 발전 코어 1차측에 유기되는 전압에 비례하는 특성을 갖고 있으므로, 설계하고자하는 동작주파수를 결정하기위해서는 1차측에 원하는 전압이 걸리도록하는 것이 중요하다. 1차측에 유기되는 전압과 발전 코어 1차측에 존재하는 인덕턴스와의 관계는 식(2)와 같다.

$$V_p = V_L = 2\pi f L I \dots \dots \dots (2)$$

따라서 식(2)와 같이 T1a에 유기되는 전압의 크기는 발진코어 1차측에 존재하는 인덕턴스값과 관계가 있다. 그러므로, 식(1)에서와 같이, 자력식 구동 방식에 있어 형성되는 동작 주파수는 발진코어 재질과 크기를 제외하더라도 발진코어 1차측에 유기되는 전압, 1차측 인덕턴스, 1차측 권선수를 한꺼번에 만족시켜야한다는 것을 의미한다. 그러므로, 수동 역을 개선회로를 사용하여 DC link 전압이 가변되는 경우에 있어서는 DC link 전압이 가변되는 만큼, 동작 주파수도 가변된다.

IV. 실험 결과

실험은 DC link 전압이 가변되는 valley-fill 수동역회로와 발진 코어를 사용한 인버터 회로가 내장된 전자식 안정기를 이용하여 실험하였다. Ring형, EI형, Drum형 코어의 턴 수와 인덕턴스 값은 표1과 같다.

표1. 사용한 코어 특성

구분	T1a (T)	T1a (uH)	T1b (T)	T1b (H)	T1c (T)	T1c (H)
Ring형	2	17uH	13	870uH	13	870uH
EI형	11	17uH	115	17mH	115	1.8mH
Drum형	7	6.8uH	126	425uH	126	425uH

그림 8은 Ring형 코어, 그림 9는 E-I형 코어, 그림 10은 Drum형 코어를 사용하였을 때 나타나는 발진 코어 2차측 전압 펄스 파형이다.

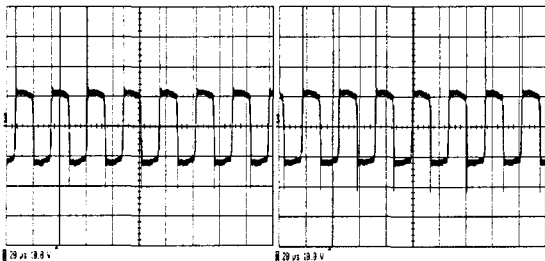


그림 8. (a) 주파수가 낮을 때(좌)/높을 때(우)

링코어를 사용한 경우에는 주파수가 낮을 때 뿐만 아니라 높을 때도 발진 코어 2차측에 나타나는 전압이 포화되어 구형파에 가까운 신호가 발생하는 것을 볼 수 있다. 하지만 그림9와 10과 같이 E-I 코어나 드럼코어를 사용한 경우에 있어서 주파수가 높을 때 발진 코어 2차측에 나타나는 전압파형은 정현파이거나 왜곡된 구형파가 나타난다. 이는 발진 코어 1차측에 흐르는 전류만으로 코어를 포화시키지 못해서 발생하는 것으로 생각되어진다. 그러므로, E-I 코어나 드럼코어를 사용할 때에는 스위칭 소자로 사용하는 소자에 적합한 Zener Diode를 반드시 사용해야한다

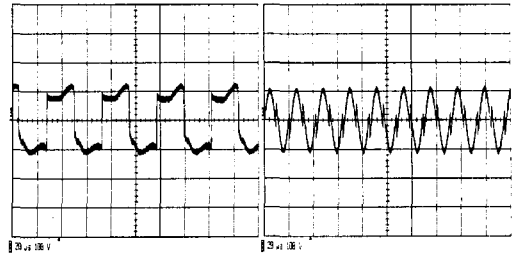


그림 9. (a) 주파수가 낮을 때(좌)/높을 때(우)

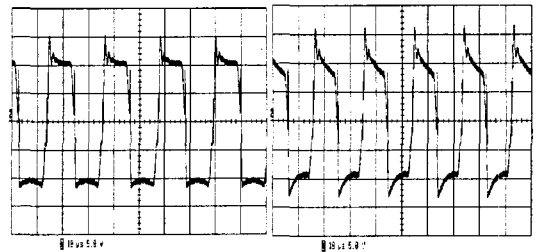


그림 10. (a) 주파수가 낮을 때(좌)/높을 때(우)

V. 결론

자력식 인버터를 구성하는 발진코어의 특성은 스위치를 on시키기 위한 게이트 전압 펄스를 생성하는데 그 목적이 있다. 또한 발진 코어는 쉽게 ZCS와 ZVS를 할 수 있다는 장점이 있으나, 실험결과에서 발진코어의 2차측에 유기되는 전압의 구형파는 T1a로 흐르는 전류의 양, 즉 인버터에 흐르는 전류에 큰 영향을 받는다. 링코어를 사용하는 경우에는 발진코어 2차측에 형성되는 전압의 크기가 일정하다는 장점을 가지고 있지만 링코어의 재질에 매우 민감하게 안정기 동작 주파수가 가변되는 단점을 가지고 있고, E-I코어와 드럼코어는 사용하는 Zener Diode에 매우 민감한 특성이 있으나, gap이 존재함으로써 코어 재질에 덜 민감하다는 장점이 존재한다.

감사의 글

본 연구는 강원대학교 BK21 사업단의 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

[1] Sakamoto, H. Harada, K. Kang, C.H. Matsuda. Y Kim, H.J. "A self oscillated half bridge converter using impulse resonant soft-switching" intelc 2002.

[2] Yueh-Ru Yang and Chern-Lin Chen, "Steady-state Analysis and simulation of a BJT Self-Oscillating ZVS-CV Ballast Driven by a Saturable Transformer" IEEE Trans. Vol 46. 1999.

[3] Motorola application note "AN1543"