

고주파 점등전용 램프용 인버터의 고조파 함유율 개선 방안

민 흥 섭¹, 고 재 준², 양 병 문³
 (주)선일일렉콤 연구소¹, 한양대학교 대학원 석사과정², (주)선일일렉콤 연구소 소장³

Ways to improve THD in inverter for high frequency lamp only

HONG SUB-MIN¹, JAE JUN-KO², BYONG MUN-YANG³
 Sunil Elecomm Co.Ltd¹, HanYang University², Sunil Elecomm Co.Ltd³,

Abstract - THD's effects on electronic ballast for fluorescent lamp and ways to improve.

To design AC/DC converter in order to enhance current THD, valley-fill circuit and charge pump circuit which has improved valley-fill circuit.

1. 서 론

전자식 안정기에서 전파 정류되면서 입력전류에 들입진류가 발생하고 이 전류에 의해 역률이 저하하고 THD(Total Harmonic Distortion: 전고조파왜율)가 발생하여 안정기에 나쁜 영향을 준다. 본 논문에서는 고조파가 전자식 안정기에 미치는 영향에 대해 알아보고 고조파 함유율이 수동형 방식으로는 L과 C를 이용한 저역통과 필터회로와 직류 림크 전압 형태의 최고치의 1/2까지 떨어지는 Valley-fill 역률회로와 Valley-fill 역률회로를 더 향상시킨 charge pump 역률개선회로, Dither 역률개선회로에 대해 알아 보았다.

2. 본 론

2.1 THD 정의

일반적으로 고주파(高周波, High Frequency)는 전력관계에서 상용 주파수보다 높은 주파수, 예를 들면 수백 Hz 이상인 주파수를 말하며, 고조파(高調波, Harmonics)는 기본파에 대하여 그의 정수배의 주파수를 말하는 것으로, 통상 왜형파는 아래 그림과 같이 기본파와 고조파로 분해해서 생각할 수 있다.

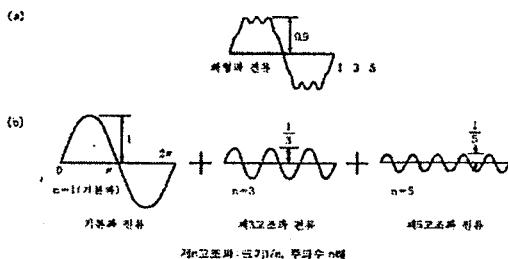


그림 왜형파 (기본파 + 고조파)의 예

이러한 왜형파의 질을 나타내는 수치로는 통상, 종합 전압왜형율 및 고조파 함유율로 나타낼 수 있으며, 종합 전압왜형율은 기본파 성분 실효치에 대한 전체고조파 성분 실효치의 비율로

$$\frac{\sqrt{\sum V_n^2}}{V_1} \times 100 (\%)$$

단, V_n : 제 n 차 고조파 전압의 실효치

V1 : 기본파 전압의 실효치

이며, 고조파 함유율은 어떤 차수의 고조파 성분 실효치의 기본파 성분 실효치에 대한 비율로

$$\frac{I_n}{I_1} \times 100 (\%) \text{ 또는 } \frac{V_n}{V_1} \times 100 (\%)$$

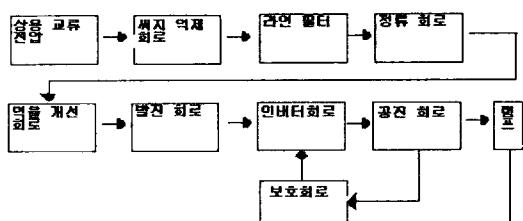
로 표시할 수 있다.

고조파 전류의 발생원은 대부분 전력전자소자(Power Electronics ; Diode, SCR 등)를 사용하는 기기에서 발생된다.

2.2 형광램프용 전자식 안정기의 동작의 원리

전자식 안정기의 동작원리는 입력인 상용교류전원(AC220V 60Hz)을 정류회로에 의해서 직류로 변환한 후에 주파수 변화 회로를 사용하여 20~50KHz 이상의 고주파로 변환하여 다음 스위칭 회로에 의해서 고주파의 교류전원으로 형광등을 점등하며, 전자식 안정기의 일반적인 Block Diagram은 다음과 같다.

[그림 2-1 Block Diagram]



본 회로 구성은 역률 및 고조파 함유율을 개선할 수 있는 장점을 가지고 있다.

2.3.1 고조파 함유량 및 파형변화 형태

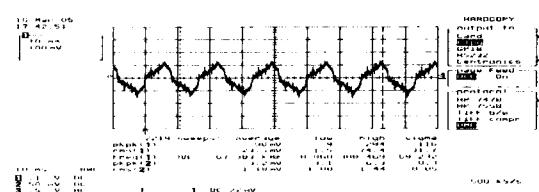


그림 1. 고조파 함유율 (8%)

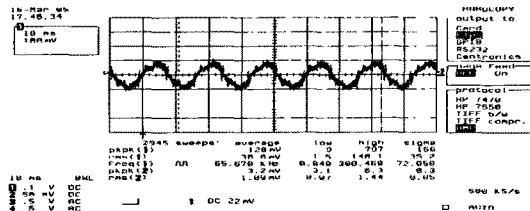


그림2.고조파 함유율 (17%)

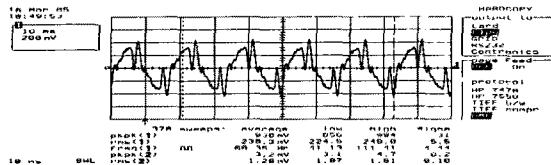


그림3.고조파 함유율 (32%)

2.3.2 형광램프용 전자식 안정기의 고조파 측정

정격 입력 전력		29W
효율		비교 효율 (92.3% ~ 92.7)
입력 전류 고조파 함유율	2차 (2%)	0.2%
	3차 ($30\lambda^*$)	13%
	5차 (10%)	4%
	7차 (7%)	2%
	9차 (5%)	1%
	$11 \leq n \leq 39$ (3%) (출수 차수 만)	1%
입력 전류 전 고조파 함유율	17%	

전자기 적합성(EMC)에는 전기자기장해(EMI)와 전자기 내성(EMS)이 있어서 전기 자기장해는 기기 장치 및 시스템의 성능을 저하시킬 가능성이 있고 또는 생물, 무생물에 나쁜 영향을 미칠 가능성이 있는 전기자기 현상이며, 전기자기 방해가 존재하는 환경에서 기기, 장치 및 시스템이 성능의 저하 없이 동작할 수 있는 능력을 말한다. 고조파가 기기에 미치는 영향으로 형광램프용 전자식 안정기에서는 고조파 전류에 대한 임피던스가 감소하여 과대전류가 역률개선용 콘덴서나 초크코일 흐름에 따른 과열·소손이 발생된다. 또한 역률이 저하되고, 전력 손실이 발생된다.

2.4 역률, THD 개선 회로

2.4.1 Valley fill 회로

전자식 안정기는 고주파로 동작하기 때문에 220V, 60HZ 의 상용전원을 일단 DC로 만들어 다시 AC 전원으로 만들어야 한다. 이때 상용전원을 DC전원으로 만드는 과정에서 전파정류와 평활캐패시터만을 사용하게 되면 입력전류가 인러쉬형태로 들어오게 되어 전류의 THD를 높이는 결과를 가져오게 된다. 역률은 THD의 제곱에 반비례 함으로 역률을 올리기 위해서는 전류의 THD를 낮추어야 한다. 전류의 THD를 낮추려면 전류의 형태가 정현파의 형태를 가져야 하는데 이런 과형형태로

만들어 주는 회로가 Valley fill 회로이다.

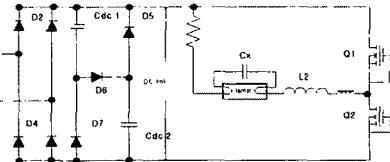


그림 1. 기존의 Valley-fill circuit

입력전압이 콘덴서 양단 전압보다 낮아지면, 정류 다이오드들은 역바이어스 되어 차단되고, C1과 C2는 D7과 D5를 통해 개별적인 방전경로를 구성하여 부하에 전류를 공급한다. 이때, D6은 차단 상태가 되고 입력전류는 흐르지 않는다. C1과 C2는 등가적으로 충전시 직렬, 방전시는 병렬 연결된다.

밸리-필 정류회로는 90%이상의 역률을 제공하지만, THD가 32%이상이므로 고조파항목이 IEC61000 표준보다 크다. 또한 리플 전압이 정류전압 첨두치의 50%를 반드시 초과하며 큰 리플전압을 허용할 수 있는 부하에서만 적당하다. 이러한 현상을 개선하기 위해 개선된 Valley-fill PFC를 그림 6에 나타내었다. 이 회로는 기존의 Valley-fill 회로에 전압 채배기와 C2 뒤에 R2를 연결하는 형태를 갖는다. C3, C4는 전압채배기이고 R2는 돌입전류를 일정하게 해주는 역할을 한다. 인버터 회로에는 전력용 스위치 2개로 구성하고 전력용 스위치의 구동주파수는 20Hz 이상으로 한다. C1과 L2이 직렬로 형광램프에 공진부하회로를 형성한다.

전파정류다이오드와 연결된 C3과 C4는 정류될 때 충전전류가 흐르므로 입력전류의 불연속구간을 더 넓게 한다. R2는 in rush current 전류를 RC 시정수에 의해 일정하게 해준다.

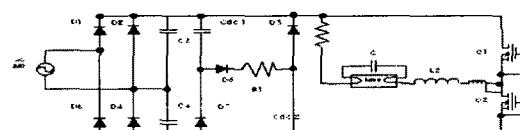


그림6. 개선된 Valley-fill 역률회로

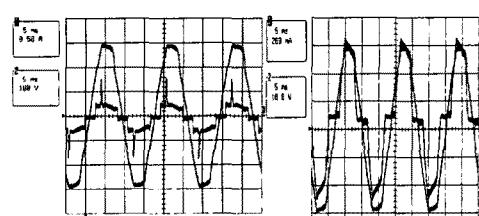


그림 5. 기존 Valley-fill 입력전압, 전류파형

그림 7. 입력전압, 전류 파형

기존의 Valley-fill 역률회로보다 돌입전류가 일정하게 되었고 CROSSVOER 왜곡이 줄어들었다. 그러므로 기존의 Valley-fill 회로보다 역률, THD가 좋아졌다.

2.4.1 Charge pump PFC

전하펌프 커패시터 C_p 를 연결함으로서 불연속 구간을 연속적인 구간을 만들어 전고조파왜율과 역률 개선시킨 회로이다. Charge pump PFC는 Half-Bridge 직렬공진 전자식 안정기에 사용되는 회로이며 그 형태는 그림 8과 같다.

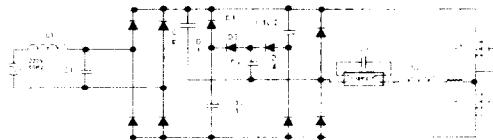


그림 8. charge pump 역률개선회로

입력전압이 Valley 전압보다 클 경우 부하전류는 정류다이오드를 통하여 입력라인으로부터 직접 전류를 공급받게 된다. 이때 전하펌프 커패시터에서 동작 주파수에 의한 전류는 부하전류보다 작기 때문에 입력전류에 큰 영향을 미치지 못하고 작은 리플만 생성된다.

입력전압이 Valley 전압보다 작을 경우 입력전원전압이 정류다이오드를 통해 도통할 수 없어 되므로 입력전류는 불연속 구간을 갖는다. 그러나 공진주파수에 의해 전하펌프 커패시터가 충방전 하므로 입력전류가 연속적으로 된다. 그리고 입력라인의 L1과 C1에 의해 입력전류는 리플이 줄어든다.

그림 9는 Charge pump PFC의 입력전류와 DC-link 전압을 측정한 과정이다. 입력전류는 CROSSOVER 왜곡이 없고 리플성분이 아주 적다. 그러므로 역률과 THD가 향상되었다.

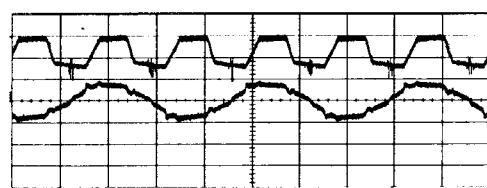


그림 9. 입력전류와 DC-link 전압

2.4.1 Dither PFC

인버터 회로에는 전력용 스위치 2개로 구성하고 전력용 스위치의 구동 주파수는 20kHz 이상이다. L1은 전류를 일정하게 하는 인덕터이고 C_x 와 C_y 는 energy tank 커패시터이다. 또한 두개의 콘덴서가 더해진 energy tank 고주파수 방법으로 충방전한다. C1은 starting 목적으로 램프에 병렬 연결한다. L2, Cs, Cl이 직렬로 형광램프에 공진부하회로로 형성된다. Dither PFC는 그림 10과 같다.

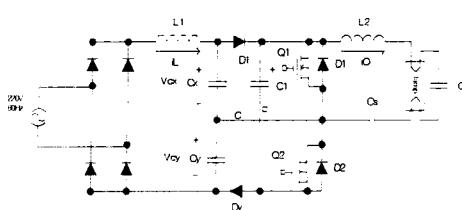


그림 10. Dither 역률개선회로

C1의 DC-link 전압이 입력전압보다 클 때 입력전류는 불연속 구간이 된다. 하지만 C_x 와 C_y 사이에 연결함으로서 공진주파수만큼 충방전한다. C_x 와 C_y 가 충방전하면 입력전류의 불연속 구간을 연속구간으로 만들어 준다.

DC-link 전압이 입력전압보다 작을 때 부하로 공급되는 전류가 C_x 와 C_y 에 흐르는 전류보다 크기 때문에 입력전류에는 영향을 미치지 않는다. 그러나 입력전류에 작은 리플 성분을 준다. 그림 11은 입력전압, 전류를 측정한 과정이며 동위상을 가지고 역률을 보상을 한다.

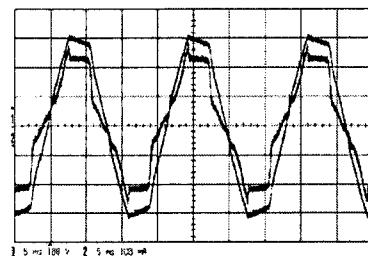


그림 11. Dither의 입력전압, 전류파형

Dither 역률개선회로는 돌입전류를 개선하였고 CF(crossover distortion) 없다. 그러므로 역률과 THD가 향상되었다.

3. 결 론

본 논문에서는 역률개선회로의 특성비교 및 분석 했다. 측정된 값을 비교하면 역률은 개선된 Valley-fill 0.92, charge pump 0.992, Dither 0.96으로 차이가 있지만 0.9 이상이 되었으므로 역률 양호하다. 출력전류의 CF는 개선된 Valley-fill 2.95, charge pump 1.6, Dither 약 1.9로 charge pump가 적게 측정되었다. 또한 전류의 고조파함유율은 charge pump가 9%로 적게 측정되었다. 그러므로 DC-link 전압의 변동폭은 charge pump PFC 회로가 Dither PFC 회로보다 큰 결함은 있으나 자려식의 구동 주파수가 순간순간 변화에 대응하고 있으므로 가장 적합한 PFC 회로로 생각된다.

[참 고 문 헌]

- [1] E. E. Hammer, "High frequency characteristics of fluorescent lamps up to 500 kHz" J. Ilhan Eng. Soc, pp. 52-61, 1987
- [2] E. E. Hammer, and T. K. McGowan, "Characteristics of various F40 fluorescent systems at 60Hz and high frequency" IEEE Trans. vol. 21, no 1, pp. 11-16, 1985.
- [3] 박종연, 조계현, "전자식 형광등용 역률개선회로의 특성 비교", 산업기술연구(강원대학교 산업기술 연구소 논문집), 제 18집, 1998
- [4] 최남열, "전류 THD개선을 위한 단일 단 컨버터의 설계", 전기학회 학술대회 논문집, 18-20, 2003.