

## LCD TV의 전원장치를 위한 OCC 방식 PFC Converter에 관한 연구

김민영\*, 윤성식\*, 김태규\*, 안호균\*, 윤태성\*, 김성주\*\*  
 창원대학교\*, 한국태양유덴(주)\*\*

### A Study on OCC type PFC Converter for PSU of LCD TV

Min-Young Kim\*, Seong-Sik Yoon\*, Tae-Kue Kim\*, Ho-Kyun Ahn\*, Tae-Sung Yoon\*, Sung-Joo Kim\*\*  
 Changwon National University\*, Korea Taiyo Yuden Co.,Ltd.\*\*

**Abstract** - This paper presents One Cycle Control type PFC converter for power system Unit of LCD TV. A control technique known as One Cycle Control contends reductions in complexity, cost, design time, and PCB real estate, without a sacrifice in performance. In this paper, design and experiment on 300W One Cycle Control type PFC Converter for Power System Unit of LCD TV.

#### 1. 서 론

LCD(Liquid Crystal Display)는 백라이트를 이용한 평면표시장치이다. LCD는 자체 발광하는 장치가 아니라 빛을 저지하는 원리로 동작하기 때문에, LED나 PDP보다 전력소모가 적고, 경량, 슬림형, 저전압구동이 라는 특징을 가지고 있다. LCD TV의 시스템 전원은 단상 입력 전원을 다이오드 정류기로 정류하여 직류 전원을 얻는 것이 일반적이는데, 다이오드 정류기는 입력 전류의 고조파가 입력 전압을 왜곡시키고 EMI를 발생시키는 문제점이 있다. 또한 전원 공급 장치 SMPS의 스위칭 소자의 스위칭 손실 증가에 의한 효율 저하 및 스위칭 스트레스에 의한 서지 등의 EMI 문제를 피할 수 없게 된다.

따라서, 최근 국제규격 IEC 61000-3-2나 IEEE 519와 같은 고조파 규제가 제정되어 전체 시스템의 역할 개선과 고효율, 고품질화를 위해서 전원 공급 장치에는 PFC(Power Factor Correction)회로가 필수적이 되었다.

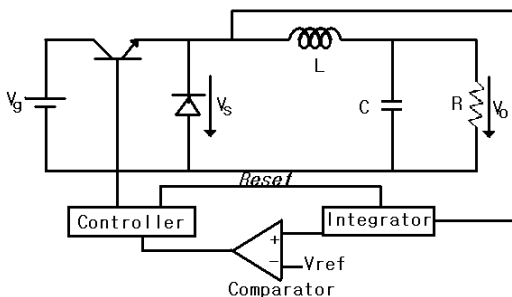
PFC Converter는 일반적으로 Multiplier방식의 제어IC를 사용하여 부스트 컨버터를 제어한다. OCC(One Cycle Control) 방식은 리셋기능이 있는 적분기를 가진 새로운 제어방식이다. 기존의 Multiplier 방식과 비교하여 간단하고, 비용과 디자인 시간, PCB 사이즈를 줄일 수 있는 장점이 있다. 본 논문에서는 LCD TV의 전원장치를 위하여 OCC방식의 300W급 PFC Converter를 설계 및 제작하였다.

#### 2. One Cycle Control Theory

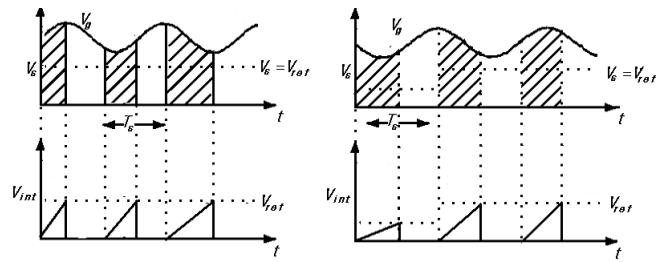
One Cycle Control은 비선형 제어 방식으로, 그림1에서 OCC 방식 스위칭 컨버터의 기본회로를 나타내었다. 직류전원전압  $v_g$ 와 스위치 S는 고정주파수  $f_s = 1/T_s$ 로 동작한다. 스위치가 ON 되면 다이오드는 OFF 되고, 다이오드 전압  $v_s$ 은 전원 전압  $v_g$ 와 같아진다. 스위치가 OFF 되면 다이오드는 ON 되고, 다이오드 전압  $v_s$ 는 0V가 된다. LC Low-pass Filter는 스위칭 주파수 성분을 없애고 출력에 스위칭 변수의 평균값을 전달하여 출력전압은 스위칭 리플이 작은 직류 전압 값인  $dv_o$ 가 된다.

스위칭 컨버터의 출력전압은 스위칭 변수의 평균값(다이오드 전압  $v_s$ )이다. 스위칭 주기에 의해 나누어진 다이오드 전압은 식 (1)과 같다.

$$V_s = \frac{1}{T_s} \int_0^{T_s} v_s dt = \frac{1}{T_s} \int_0^{d T_s} v_g dt \quad (1)$$



〈그림 1〉 One Cycle Control of Switching Converter



(a) Constant control reference (b) Variable control reference

〈그림 2〉 One Cycle Control 동작

고정 주파수의 클럭은 각 스위칭 주기가 시작할 때 ON이 되어 다이오드 전압은 적분되고, 제어기준과 비교된다. 적분된 다이오드 전압이 제어기준에 도달하자마자 비교기는 스위치의 상태를 바꾸어 스위치는 OFF 되고, 적분기는 0으로 리셋 된다.

제어기준이 상수라면, 다이오드 전압의 평균값은 상수가 되고, 출력전압은 그림2(a)와 같다. 적분기의 기울기는 직접적으로 전원전압과 비례하고, 적분 값은 계속적으로 고정된 제어기준과 비교된다. 전원전압이 높으면 적분기의 기울기도 가파르게 되어, 적분 값이 제어기준에 빨리 도달하고 듀티비가 작아진다. 전원전압이 낮아지면 듀티비가 커진다.

만약 제어기준이 시간에 대한 함수라면, 다이오드전압의 평균값은 각 주기의 시간 가변 제어기준과 같아진다. 그림2(b)에서 제어기준이 변하면, 제어 변수 값이 단계적으로 변하는 것을 볼 수 있다. 다이오드전압의 적분값은 즉시 제어기준과 같아진다.

이 제어형태에서, 듀티비  $d$ 는 식(2)와 같다.

$$\frac{1}{T} \int_0^{d T_s} v_g dt = v_{ref} \quad (2)$$

OCC 방식에서 전류 스위칭 주기의 듀티비는 이전의 스위칭 주기 상태에 독립적이다. 그러므로 스위칭 변수의 평균값(다이오드 전압  $v_s$ )의 과도상태는 한 사이클 안에 끝나게 된다.

#### 3. OCC방식의 PFC Converter의 전력회로 설계

본 연구에서 적용한 PFC컨버터의 설계는 다음과 같다.

1) 최대 입력 전력과 최대 입력 전류

$$P_{IN(MAX)} = \frac{P_{O(MAX)}}{\eta_{MIN}} = \frac{300 W}{0.92} = 326 W \quad (3)$$

최소 입력 전압에서 최대 입력 전류의 rms를 계산하면,

$$I_{IN(rms)MAX} = \frac{P_{O(MAX)}}{\eta_{MIN}(V_{IN(rms)MIN})} = \frac{300 W}{0.92(85 V)0.998} = 3.8 A \quad (4)$$

AC 최대 입력 전류와 AC 평균 입력전류를 계산하면,

$$I_{IN(PK)MAX} = \frac{\sqrt{2}(P_{IN(MAX)})}{V_{N(rms)MIN}} = \frac{1.414(326 W)}{85 V} = 5.4 A \quad (5)$$

$$I_{IN(AVG)MAX} = \frac{2 \times I_{IN(PK)MAX}}{\pi} = \frac{2 \times 5.4 A}{\pi} = 3.4 A \quad (6)$$

2) 고주파 입력 캐패시터

$$C_{IN} = k_{\Delta L} \frac{I_{IN(rms)MAX}}{2\pi \times f_{SW} \times r \times V_{IN(rms)MIN}} = \frac{3.8 A}{2\pi \times 100 kHz \times 0.06 \times 85 V} = 0.335 \mu F \quad (7)$$

여기서,  $k_{\Delta L}$ 은 인덕터 전류의 리플값 (여기서는 30%를 적용)이다.

$r$ 은 최대 주파수 전압 리플값( $\Delta V_{IN}/V_{IN}$ )이다. 일반적으로 3%-9%를 사용하는데, 여기서는 6%를 적용하여, 설계한 캐패시터의 정격 용량은  $C_{IN} = 0.33\mu F, 630V$  이다.

3) 부스트 인덕터의 설계

$$V_{IN(PK)MIN} = \sqrt{2} \times V_{IN(rms)MIN} = 120V$$

$$D = \frac{V_O - V_{IN(PK)MIN}}{V_O} = \frac{385V - 120V}{385V} = 0.69$$

$$\Delta I_L = 0.2 \times I_{IN(PK)MAX} = 0.2 \times 5.44A \approx 1.1A$$

$$I_{L(PK)MAX} = I_{IN(PK)MAX} + \frac{\Delta I_L}{2} = 5.44A + \frac{1.1A}{2} \approx 6A$$

$$L_{BST} = \frac{V_{IN(PK)MIN} \times D}{f_{SW} \times \Delta I_L} = \frac{120V \times 0.69}{100kHz \times 1.1A} = 752.7\mu F \quad (8)$$

여기서  $\Delta I_L$ 은 리플전류 20%를 가진다고 가정한다.

4) 출력 캐패시터

PFC Application에서 일반적인 캐패시터 값은 출력전력의 와트당 1uF에서 2uF을 사용한다.

$$C_{OUT(MIN)} = \frac{2 \times P_o \times \Delta t}{V_o^2 - V_{o(MIN)}^2} = \frac{2 \times 300W \times 30ms}{(385V)^2 - (285V)^2} = 269\mu F \quad (9)$$

최소 캐패시터 값은 캐패시터의 허용오차를 내려서 사용한다. 여기서는 최소 hold up time에서 안전한 최소 캐패시터의 허용오차를 20%로 보고 식 (10)과 같이 계산 하여 표준 값은 330uF를 사용한다.

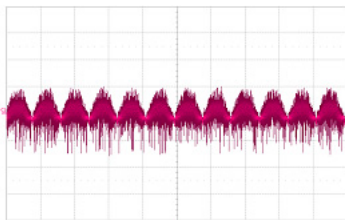
$$C_{OUT} = \frac{C_{OUT(MIN)}}{1 - \Delta C_{TOL}} = \frac{269.9\mu F}{1 - 0.2} = 336\mu F \quad (10)$$

4. 실험 결과

300W급 OCC방식의 PFC 컨버터를 제작하여 실험 하였다. 제작 한 시스템의 사양은 다음과 같다.

- Input voltage : 90 - 264VAC
- Output voltage : 385V
- Switching Frequency : 100Khz
- Po : 300W
- Load : 667Ω 300W
- high Frequency input C : 0.33uF, 630V
- Boost inductor : 830μH
- Boost switch : IRF450

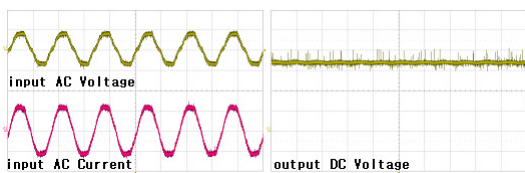
제작한 TV LCD용 OCC방식의 PFC Converter의 입력 전압이 115V, 부하 300W일 때 Boost inductor의 전류 파형은 그림 3과 같다.



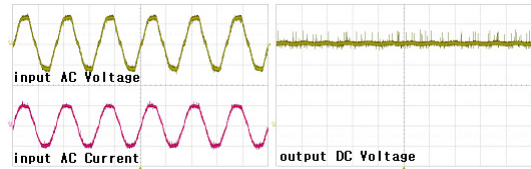
<그림 3> Boost inductor 파형 (0.5A, 10ms/div)

제작한 TV LCD용 OCC방식의 PFC Converter의 입력 전압을 가변했을 때, 입력 교류 전압, 전류 파형과 DC 출력 파형은 다음과 같다.

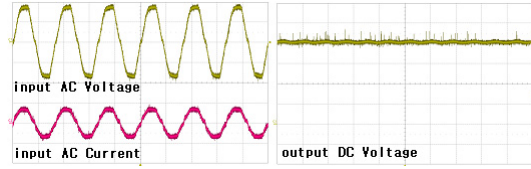
그림 3, 그림4, 그림5는 input AC Voltage (100V, 10ms/div), input AC Current (1A, 10ms/div), output DC Voltage (100V, 10ms/div)이다. 그림 6, 그림7 은 input AC Voltage (200V, 10ms/div), input AC Current (1A, 10ms/div), output DC Voltage (100V, 10ms/div) 이다.



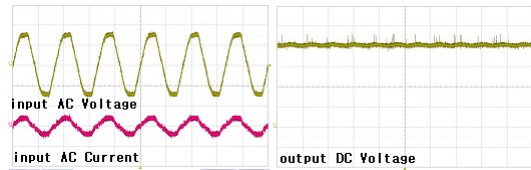
<그림 3> 시스템의 입력 90V일 때 입·출력 파형



<그림 4> 시스템의 입력 115V일 때 입·출력 파형

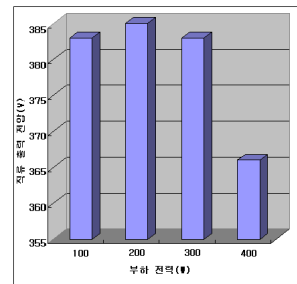


<그림 5> 시스템의 입력 170V일 때 입·출력 파형



<그림 6> 시스템의 입력 230V일 때 입·출력 파형

제작한 TV LCD용 OCC방식의 PFC Converter의 입력 전압 230V일 때, 부하 변동에 따른 출력 전압은 그림 8과 같다.



<그림 8> 부하 변동에 따른 출력 전압의 관계

설계된 300W 내에서는 부하 변동에 따른 출력 전압은 일정함을 보였으며, 고조파 특성과 역률은 우수한 특성을 나타내었다.

3. 결 론

본 논문에서는 LCD TV를 위한 300W급의 고역률 고효율을 가지는 OCC 방식의 PFC Converter를 제작하였다. 제작한 OCC 방식의 PFC Converter는 기존의 multiplier 방식과 비교해서 디자인, 비용, 시스템의 크기 등에서 우수한 장점을 확인할 수 있었다..

스위칭 주파수 100KHz에서 Boost inductor와 출력 캐패시터에 의하여 출력 직류 전원에 노이즈가 발생하는데 비하여 고조파 특성과 역률은 우수한 특성을 보였다.

본 논문은 2006년 산학협력중심대학기술개발과제 (SMPS용 역률보상회로 개발)에 의하여 지원 되었습니다.

[참 고 문 헌]

[1] Smedly,K.M, "One-cycle control of switching converters" IEEE transactions on power electronics v.10 no.6, p625-633, 1995  
 [2] Mohamed Orabi, Tamotsu Ninomiya, "Step-One in Pre-regulator Boost Power-Factor-Correction Converter Design", JOURNAL OF POWER ELECTRONICS, vol.4 No.1, p18-27, 2004  
 [3] Ron Brown, Marco Soldano "One Cycle Control IC Simplifies PFC Designs",As presented at APEC 2005  
 [5] 김광태, "Single Step PFC 컨버터", 한국조명전기설비학회, 제 21권 제1호, p30-43, 2007  
 [6] 원기식, 이달우, 안태영, 김성청, 장찬규, 김용주, "200W급 고효율 AC-DC 아답타에 관한 연구", 전력전자학회 추계학술 대회 논문집, 제 24권 제 63호, p121-124, 2005