

1.5kW급 System Power Module용 Power Factor Correction IC 설계

*김형우, 서길수, 김기현, 박현일, 김남균
한국전기연구원 고집적전원연구그룹
e-mail : hwkim@keri.re.kr, ksseo@keri.re.kr

Design of Power Factor Correction IC for 1.5kW System Power Module

*Hyoung-Woo Kim, Kil-Soo Se o, Ki-Hyun Kim, Hyun-Il Park, Nam-Kyun Kim
Integrated Power Supply Research Group Korea Electrotechnology Research Institute

Abstract

In this paper, we design and implement the monolithic power factor correction IC for system power modules using a high voltage(50V) CMOS process. The power factor correction IC is designed for power applications, such as refrigerator, air-conditioner, etc. It includes low voltage logic, 5V regulator, analog control circuit, high-voltage high current output drivers, and several protection circuits. And also, the designed IC has standby detection function which detects the output power of the converter stage and generates system down signal when load device is under the standby condition. The simulation and experimental results show that the designed IC acts properly as power factor correction IC with efficient protective functions.

I. 서론

최근 들어 전기·전자공학의 발달은 컴퓨터를 바탕으로 하는 전자기술의 급속한 발달에 힘입어 더욱 가속화되고 있는 실정이다. 또한 이와 관련되어 전자기기의 고성능화도 점차 소형, 저전력화를 중심으로 이루어지고 있다. 이러한 전자기기들은 대부분 구동을 위해 직류전원을 필요로 하고 있으며 따라서 교류를 직류로 변환하는 정류 회로를 필요로 하고 있다. 하지만 정류회로는 대부분이 capacitor 입력형 방식을 사용하고 있어 역률저하 및 고조파 발생 문제의 핵심이 되고 있다.[1,2] 최근에는 1kW급 이상의 대용량 기기에서도 주회로의 직류화를 통해 제어성을 향상시키고 있다. 이러한 대용량 기기에서는 역률 및 고조파 특성의 저하가 가장 심각한 문제가 되고 있으며, 특히 2006년부터 유럽 연합에서는 IEC 1000-3-2 및 1000-3-4 규정을 통해 고조파

규제를 강행하고 있다. [3]

본 논문에서는 이러한 대용량 기기들에 사용되는 전원장치에서의 역률 저하 및 고조파 문제를 효과적으로 개선할 수 있도록 하기 위한 PFC IC를 설계하였다. 설계된 PFC IC는 대용량 전원장치의 power MOSFET 구동을 위해 high current driving 기능을 가진 이외에도 과전압, 과전류 및 단락보호 기능 등이 포함되어 있다.

설계된 PFC IC는 0.8 μ m High Voltage (50V) CMOS 공정을 이용하여 설계하였으며, 1.5kW급 PFC module을 이용해 특성을 평가하였다.

II. PFC IC 설계 및 평가

2.1 PFC IC 설계 및 제작

그림 1은 설계된 PFC IC의 내부 회로도를 나타낸 것이다. 설계된 PFC IC는 역률개선회로 부분과 시스템 보호를 위한 protection 부분 및 대기모드 상태에서 시스템을 off 할 수 있는 system power down 부분으로 이루어져 있다. 설계된 PFC IC의 출력 driver는 대용량 power MOSFET 구동을 위해 0.7A 이상의 높은 source/sink current를 가지도록 설계되었으며, 구동 주파수는 120kHz의 고정 주파수를 가지도록 설계하였다.

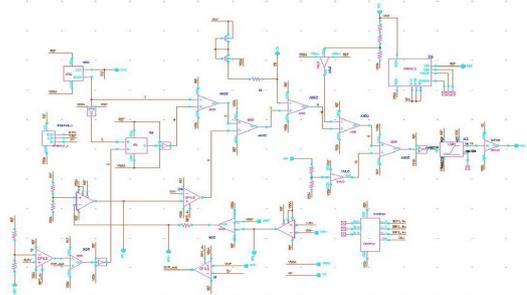


그림 1. 설계된 PFC IC의 내부 회로도
평균전류제어(Average current control) 방식을 이용해 역률개

선을 위한 power MOSFET 구동 신호를 생성하도록 되어 있으며, 과전압, 과전류 및 단락회로 보호 기능과 같은 기본적인 보호회로 이외에 시스템이 대기모드 상태에 있는 경우 대기전력 절감을 위해 시스템을 off 할 수 있는 system power down 기능을 내장하였다. 그림 2에 제작된 PFC IC의 layout 도면을 나타내었다.

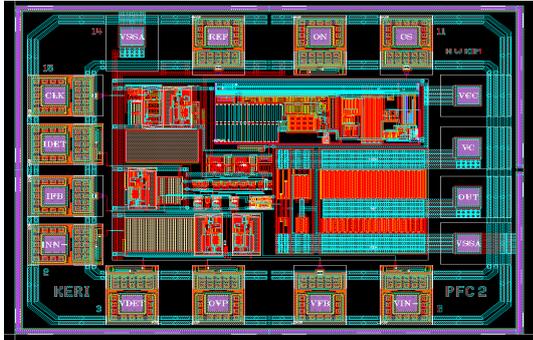


그림 2. 제작된 PFC IC layout

2.2 PFC IC 특성평가

그림 3에 설계된 PFC IC의 특성을 평가하기 위해 사용된 1.5kW 급 PFC module의 회로도를 나타내었다.

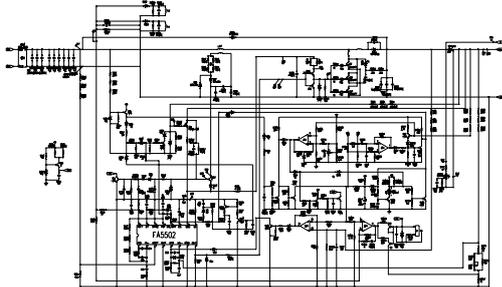
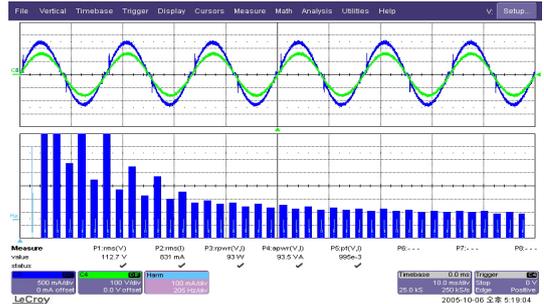


그림 3. 1.5kW급 PFC module 회로도

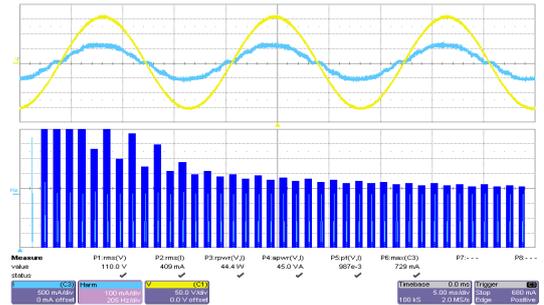
제작된 1.5kW급 PFC module은 높은 역률과 고조파 특성 개선 효과가 크고 출력전압의 안정성이 높은 평균 전류 제어 방식의 회로를 이용하였으며, 상업용 PFC IC와 본 논문에서 설계한 PFC IC를 이용해 특성을 비교하였다.

그림 4는 제작된 1.5kW급 PFC module에 상용 PFC IC 및 본 논문에서 설계된 PFC IC를 적용한 경우의 입력전압, 전류 및 고조파 특성을 평가한 결과를 나타낸 것이다.

그림에서 볼 수 있듯이 상용 PFC IC 및 본 논문에서 설계된 PFC IC 모두 역률제어가 잘 이루어지고 있음을 확인하고 있으며, 고조파 특성의 경우도 규제치내에서 나타나고 있음을 알 수 있다. 다만, 본 논문에서 설계된 PFC IC의 경우 상용 PFC IC의 역률이 0.99이상인데 비해 0.97 정도로 다소 낮게 나타났으며, 고조파 특성의 경우도 규제치내에서 특성 개선이 이루어지고는 있으나 상용 IC에 비해서는 다소 높은 값을 나타내었다. 역률과 고조파 개선 효과가 상용에 비해서 다소 낮게 나타나는 원인은 입력전압의 영점 부근에서 PFC IC의 driver 출력이 이루어지지 않기 때문인 것으로 확인되었다.



(a) 상용 PFC IC를 사용한 특성 평가 결과



(b) 본 논문에서 설계된 PFC IC를 사용한 특성 평가 결과
그림 4. 상용 및 설계된 PFC IC를 이용한 입력전압, 전류 및 고조파 특성 평가 결과

III. 결론 및 향후 연구 방향

1.5kW급 PFC module용 PFC IC를 설계 및 제작하고 특성을 평가하였다. 제작된 PFC IC를 적용한 결과 역률은 0.97을 얻을 수 있었으며 IEC의 규격에 적합한 고조파 특성을 나타내는 것을 확인할 수 있었다. 다만, 역률이 상용 IC에 비해 다소 낮게 나타났는데 이는 입력전압의 영점 부근에서 power MOSFET의 switching이 되지 않기 때문인 것으로 확인되었으며, 현재 전류 영점 부근에서의 switching 특성을 개선한 PFC IC를 설계 및 제작 중에 있다.

참고문헌

- [1] Regan Zane and Dragan Maksimovic, "A Mixed-mode ASIC Power-Factor-Correction(PFC) Controller for High Frequency Switching Rectifiers", IEEE.Trans. PE., pp. 117-122, 1999.
- [2] 김형우 외, "전원장치용 Power Factor Correction IC 설계", 대한전기학회 하계학술대회, pp. 1954-1956, 2005.
- [3] Jong-Lick Lin, etc., "Small-signal analysis and controller design for an isolated zeta converter with high power factor correction", EPSR, vol. 75, pp. 67-76, 2005.