

금속분말 코어를 이용한 1kW급 PFC용 Boost 컨버터에 관한 연구

주정규, 안태영, 장평우*, 정인범**, 최광보**

청주대학교 전자공학과, *청주대학교 물리학과, **(주)창성 중앙연구소

A Study on the 1kW class Boost Converter for PFC using a MPP core

Jeong-Kyu Ju, Tae-Young Ahn, Pyung-Woo Jang*,
In-Bum Jeong**, Gwang-Bo Choi**

Dept. of Electronics Eng., Chongju Univ., *Dept. of Physics, Chongju Univ.,

**Chang Sung Co.

ABSTRACT

In this paper, the experiment results of the Boost converter for PFC(power factor correction) are presented. The performance of the 1kW class PFC rectifier with the average current mode control are evaluated. A 1kW, 100kHz system prototype was built and experimental results are presented to verify the design. As a results, power conversion efficiency above 95% and power factor above 99% were obtained.

1. 서 론

최근 반도체 기술의 비약적인 발전에 의해 전자 전기 및 통신기기의 소형화가 급속히 진전되고 있으며 이와 더불어 안정된 전원을 공급하는 전원회로에 대해서도 다양한 기능개선이 요구되고 있다. 특히 기존의 교류를 입력으로 하고 있는 스위칭 전원장치는 대부분이 커패시터 입력형 정류회로를 사용함으로써 고조파 전류 성분을 발생시킬 뿐만 아니라, 입력 역률이 낮아져 많은 무효전력의 발생의 원인이 되고 있다. 이러한 결과 고조파 발생은 전압 및 전류의 왜곡이 발생되어 전력 계통 설비 및 접속되는 기기의 동작에 악영향을 주는 등 문제가 발생하고 있다. 이러한 영향은 설비 또는 기기에 따라 형태가 다르지만 전력용 커패시터 및 변압기의 발열, 이상 음의 발생, 제어기기의 오동작, 접속기기의 동작 불량 또는 수명 단축을 야기한다.

또한 많은 무효전력 발생은 전원 용량을 효율적으로 사용하지 못한다는 문제점을 가지고 있으며, 특히 하계에 발생하고 있는 계통의 피크전력의 주된 원인은 가정 및 업무용으로 사용되는 에어컨 때문이다. 에어컨은 기기의 특성상 대용량의 전력을 소비하는 것뿐만 아니라, 전력을 비효율적으로 사용하며, 소비전력과 비례하여 무효전력을 대량으로 발생시키고 있다.

전 세계적으로 한정된 전력을 효율적으로 관리하기 위해서 무효전력을 억제하고 있으며, 시스템의 기능 향상을 위해서 불가피하게 발생되었던 고조파를 억제하기 위해서 IEC 61000-3-2와 같은 국제규격 및 규제를 만들고 있고, 현재 점차 강화되고 있는 실정이다. 이와 같이 고조파와 무효전력과 고조파를 억제하기 위해서는 Power factor correction (PFC)용 능동필터가 반드시 사용되어

야 한다.

따라서 본 논문에서는 현재 활발히 연구되고 있는 역률 개선회로들 중에서 중·대용량 역률 개선회로에 적합하고 가장 우수한 역률 개선효과가 있는 것으로 알려진 평균 전류 제어 방식을 시뮬레이션과 실제 실험을 통하여 비교한 결과를 보고한 것이다. 특히 본 논문은 Ni-Fe-Mo 조성으로 혼합된 금속분말 인덕터가 역률 개선용 회로에 적용되었을 때 나타나는 특징을 시뮬레이션과 실험을 통해 비교한 결과를 보고한 것이다. 또한 고조파 규제가 비교적 중대용량에서 제한되고 있기 때문에 실제 실험회로는 1kW급으로 제작하여 특성을 관찰하였

2. 평균전류제어

본 논문에서는 Ni-Fe-Mo 조성으로 혼합된 금속분말 코어를 실험에 사용하였다. 일반적으로 Ni-Fe-Mo의 조성으로 형성된 코어는 MPP, Ni-Fe는 High Flux, Fe-Si-Al은 Sendust라고 한다. 코어를 평가하기 위해서 본 논문에서는 1kW급 역률 개선 회로를 평가 회로로 선택하였다. 일반적으로 충분한 고조파를 저감하기 위해서는 입력전류를 정밀하게 제어해야하며, 이러한 전류를 효율적으로 제어하기 위해서 다양한 제어방식이 알려져 있다. 그 중, 대표적인 제어방식의 하나인 평균 전류 제어 방식의 개념도가 그림 1에 나타나 있다.[2-4] 평균 전류 제어방식은 최대치 전류제어방식의 제어기 내부의 비교기 입력단에 오차증폭기를 설치, 주파수 보상이 가능하게 함으로서 전류의 추종을 정밀하게 할 수 있다. 또한 3개의 제어부분 입력과 시비율 조절을 위한 1개의 출력으로 구성되어 있다. 3개의 입력은 컨버터입력전압, 인덕터 전류, 출력전압이다.

출력전압을 안정화시키기 위해 제어기내부의 오차증폭기의 기준전압과 비교한 오차전압으로부터 컨버터의 전파 정류된 전압을 곱해 내부 기준전류를 발생시킨다. 그 기준전류는 인덕터 전류와 비교하면서 기준전류의 최대값과 최소값을 만나면 스위치의 온, 오프 상태가 바뀌게 되고, 이때 컨버터 입력전압의 실효값을 취함으로써 입력 역률을 제거한 후 보다 안정적인 기준전류를 발생시킬 수 있다. 따라서 인덕터 전류의 평균치는 기준전류와 같아지고 정밀한 역률 제어가 가능하다.

본 논문에서 설계한 1kW급 역률 개선 회로를 검증하기 위해서 OrCAD를 이용한 시뮬레이션을 수행하였다. 그림 2에는 입력전압과 입력전류의 시뮬레이션 결과를 나타내었다. 그 결과 입력전류가 입력전압과 같은 위상, 정현파 상태를 보이고 있기 때문에 설계된 회로가 정상적인 동작을 수행하고 있음을 알 수 있었다.

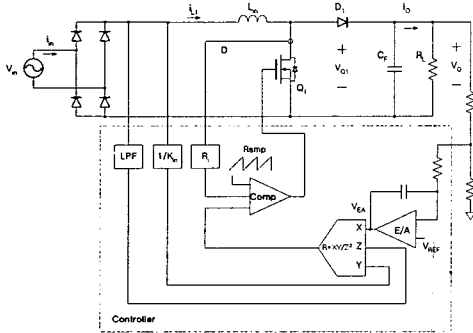


그림 1. 평균 전류제어방식 Boost 컨버터

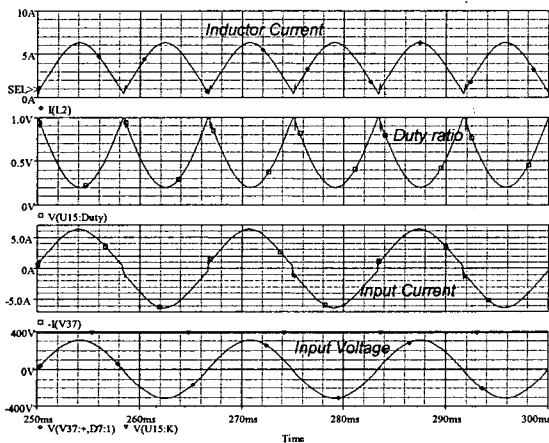


그림 2. 시뮬레이션 결과

3. 실험 결과

본 논문에서는 그림 3과 같은 최대출력이 1kW급인 역률 개선 회로를 제작하여 실험하였다. 제어를 위해서 평균 전류제어 전용 IC인 UC2854를 이용하였다. 또한 설계된 회로는 스위칭 주파수는 50kHz, 입력전압은 220V로 설계되었다.

그림 4에는 금속분말 코어로 제작된 인덕터 외형이 나타나 있다. 실험에서 사용된 인덕터의 외경은 60mm급이다. 그림 5에는 출력이 최대부하 1kW에서 측정된 실험 회로의 입력전압과 입력전류의 파형을 나타낸 것이다. 그림으로부터 실험회로는 낮은 출력전력에서 최대 출력전력까지 전 범위 내에서 정상적인 회로기능을 수행하고 있음을 알 수 있다. 그림에서 입력전압과 입력전압의 파형이 정현파 형태가 되지 않고, 최대값과 최소값이 제한되고 있는 것은 입력의 AC 전원이 현장의 교류 전원을 직접 사용하였기 때문이다.

그림 6은 회로에서 측정된 입력 전류의 고조파를 나타낸 것이다. 그림으로부터 기본파 외에 각각 측정된 입력 전류의 고조파는 크게 저감되었다는 것을 알 수 있었다.

그림 7은 출력에 따라서 측정된 역률을 나타내었다. 그림으로부터 실험회로는 출력이 100W이상에서 95%이상의 역률을 나타내고 있으며, 400W 이상에서는 99%의 높은 역률을 보여주고 있다.

그림 8은 출력 변화에 대한 회로의 부하특성을 나타내었다. 그림으로부터 실험회로는 출력전압이 부하변동에 대해서 5%이내의 출력전압으로 안정되었다는 것을 알 수 있었다. 그림 9는 실험회로에 대한 전력변환 효율을 나타낸 것이다. 그림으로부터 회로는 정상 부하 범위 내에서 95% 정도의 효율을 나타내고 있다는 것을 확인할 수 있었다.

이상의 실험결과로부터 본 논문에서 설계 제작된 1kW급 실험회로는 낮은 출력에서 최대 출력까지 정상적인 역률 개선 기능을 수행하고 있음을 알 수 있었다. 역률은 정상범위 내에서 99%를 나타내었고, 출력전압은 5%이내의 안정도를 보였으며, 전력변환효율은 최대 95%내외로 높은 효율을 나타내었다.

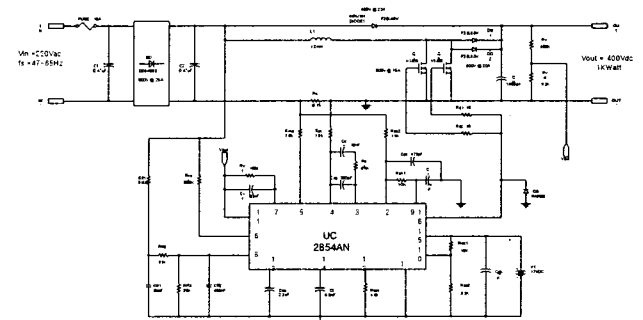


그림 3. 1kW급 역률 개선 회로

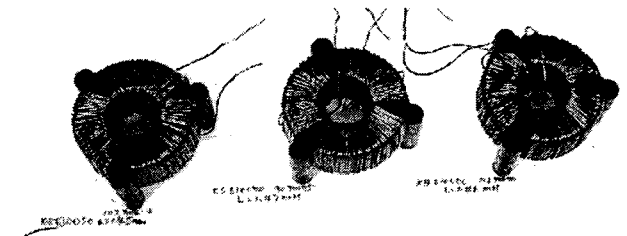


그림 4. 금속분말 코어로 제작된 인덕터 외형

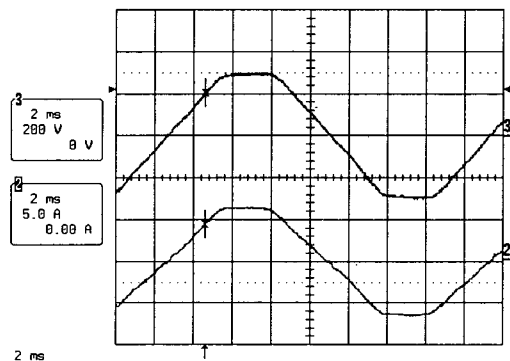


그림 5. 1kW 출력에서 입력전압과 전류의 실험 파형

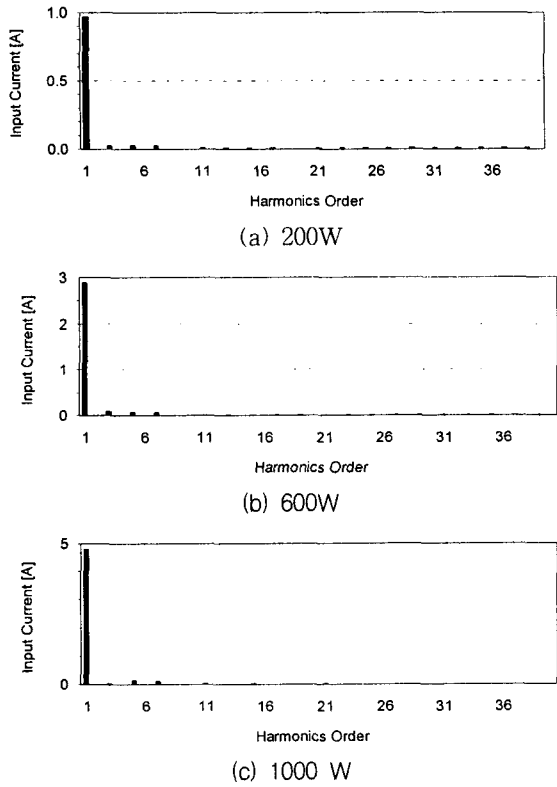


그림 6. 측정 고조파

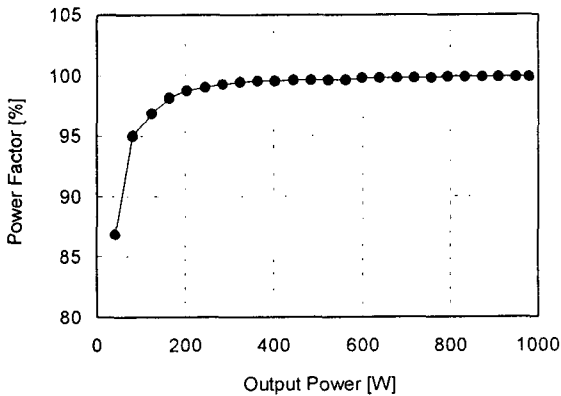


그림 7. 측정 역률

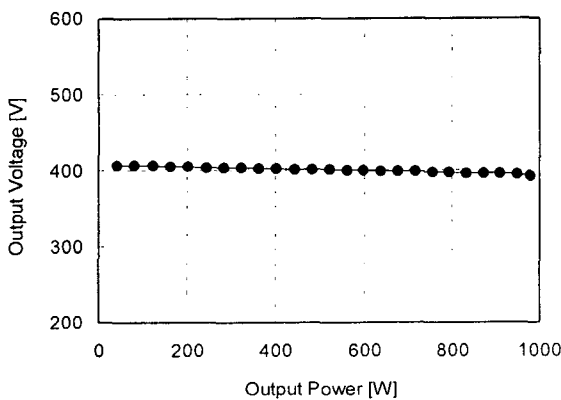


그림 8. 출력전압의 부하특성

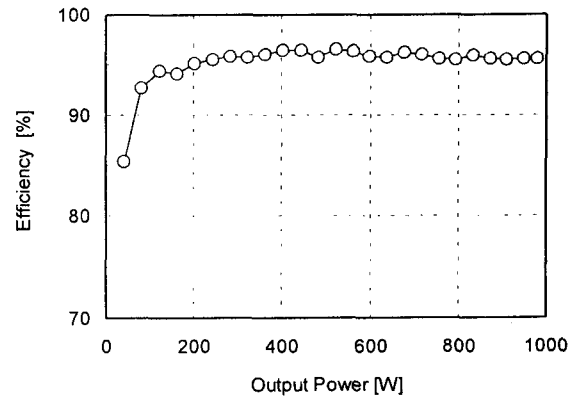


그림 9. 전력변환 효율

4. 결 론

본 논문에서는 Ni-Fe-Mo 조성으로 혼합된 금속분말 인덕터가 역률 개선용 회로에 적용되었을 때 나타나는 특성을 실험을 통해 검토한 결과를 보고한 것이다. 특히 역률 개선회로들 중에서 중대용량 역률 개선 회로에 적합한 가장 우수한 역률 개선효과가 있는 것으로 알려진 평균 전류 제어 방식을 시뮬레이션과 설계에 의해서 제작된 역률 개선 회로의 실험 결과를 비교하였다. 특히 고조파 규제가 비교적 중대용량에서 제한되고 있기 때문에 실제 실험회로는 1kW급으로 제작하여 특성을 관찰하였다.

실험결과로부터 본 논문에서 설계 제작된 1kW급 역률 개선 실험회로는 낮은 출력에서 최대 출력까지 정상적인 역률 개선 기능을 수행하고 있음을 알 수 있었다. 역률은 정상범위 내에서 99%를 나타내었고, 출력전압은 5% 이내의 안정도를 보였으며, 전력변환효율은 최대 95% 내외로 높은 효율을 나타내었다.

본 논문은 에너지 관리공단 에너지절약기술개발 사업 연구비 지원에 의하여 연구되었음.

참 고 문 헌

- [1] N. G. Hingorani, "Power Electronics in Electric Utilities : Role of Power Electronics in Future Power System," Proceedings of the IEEE, Vol. 76, No. 4, pp. 481-482, 1988, April.
- [2] B Sharifipour, J.S. Hung, P. liao, L. Huber, M. M. Jovanovic, "Manufacturing and Cost Analysis of Power-Factor-Correction Circuits", IEEE Applied Power Electronics Conf.(APEC), Vol. 1, pp.490-494, 1998.
- [3] Robert W. Erickson "Fundamentals of Power Electronics" Kluwer Academic publishers, pp.627-656, 1999.
- [4] Keith billings "Switchmode Power Supply handbook" McGraw Hill, pp.43-63, 1999.