

다기능 전기에너지 절전 장치의 구현

김대로, 권혁대, 고성훈, 이성룡
군산대학교

A Implementation of a Electrical Energy Saving Controller with Mui-ti-Function

Dea-Ro Kim, Huk-Dea Kwon, Sung-Hun Ko and Seong-Ryong Lee
Kunsan National University

ABSTRACT

본 논문에서는 전기에너지 절약과 계통의 전력품질을 향상시킬 수 있는 다기능 전기에너지 절전 장치를 제안한다. 제안된 시스템은 UPQC(Unified Power Quality Conditioner)를 응용한 형태로 전압제어형 전압원 인버터와 전류제어형 전압원 인버터로 구성된다. 계통과 병렬로 연결된 전류제어형 전압원 인버터는 부하에서 발생하는 무효전력성분을 보상하고, 부하와 직렬로 연결되는 전압제어형 전압원 인버터는 부하전압의 크기를 조정하여 전력소비를 절감시킨다.

본 논문에서는 제안된 시스템의 유용성을 확인하기 위해 비선형 부하조건에서 시뮬레이션 및 실험을 수행하였다.

템의 유용성을 확인하기 위해 시뮬레이션 및 실험을 수행하였다.

2. 다기능 전기에너지 절전 장치

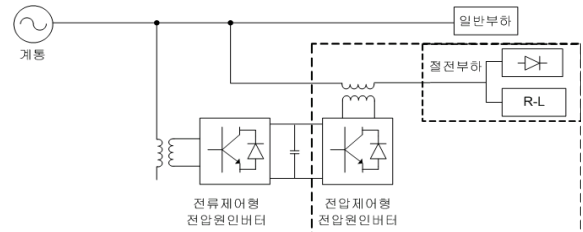


그림 1 다기능 전기에너지 절전 장치

1. 서론

일반적으로 전기에너지 절전장치는 부하에 인가되는 전압을 강하하여 이의 비율만큼 소비전력을 절감시키는 방식을 사용한다. 이는 전기공급규정에 따라 한국전력공사에서 공급하고 있는 공급전압 범위(규정 전압의 $\pm 6\%$)에서도 모든 전기전자기기가 정상적으로 운전될 수 있도록 설계하기 때문이다. 이에 따라서 전기전자기기를 설계할 경우 제조법규를 준수하기 위해 규정전압 범위 내에서 출력특성을 보장하도록 과잉설계 될 수밖에 없으며, 실제로 정격전압으로 운전할 경우 공급과잉으로 불필요한 전력을 낭비하게 된다. 따라서 전기에너지 절전장치는 부하에 공급되는 전압을 승강압하여 절전효과를 얻게 된다. 하지만 기존의 절전장치는 단순히 부하전압의 제어를 통해 에너지 절감효과를 얻는 것으로, 역률이나 고조파와 같은 계통의 전력품질에 대해서는 고려하지 않고 있다.^[1-2] 따라서 전기에너지의 절감효과 및 시스템의 유용성을 향상시키기 위해서는 전기전자기기를 적정전압으로 운전하고 동시에 계통의 전력품질도 개선시켜야 한다.

본 논문에서는 전압제어형 전압원 인버터와 전류제어형 전압원 인버터를 병렬로 연결한 다기능 전기에너지 절전 장치를 제안한다. 제안된 시스템은 계통과 병렬로 연결된 전류제어형 전압원 인버터를 통해 부하에서 발생하는 무효전력을 보상하여 계통의 역률향상 및 고조파를 저감시킬 수 있다. 또한 부하에 직렬로 연결된 전압제어형 전압원 인버터는 부하의 적정전압을 공급하여 전기에너지를 절감시킬 수 있으며, 절감된 전기에너지를 병렬로 연결된 전류제어형 전압원 인버터를 통해 계통에 회생시킬 수 있는 장점을 가진다. 본 연구에서는 제안된 시스

그림 1은 본 논문에서 제안한 다기능 전기에너지 절전 장치로 계통과 병렬로 연결된 전류제어형 전압원 인버터와 전기에너지를 절감시키기 위해 부하전압에 직렬로 연결된 전압제어형 전압원 인버터로 구성된다. 전류제어형 전압원 인버터와 전압제어형 전압원 인버터는 DC링크 캐패시터를 통해 병렬로 연결된다. 여기서 절전부하는 부하에 적정전압을 공급했을 경우 전기에너지를 절감시킬 수 있는 부하를 의미한다. 즉, 형광등과 같은 경우 계절 및 날씨 그리고 사용환경에 따라 적정조도를 유지함으로써 전기에너지를 절감시킬 수 있는 부하를 의미한다.

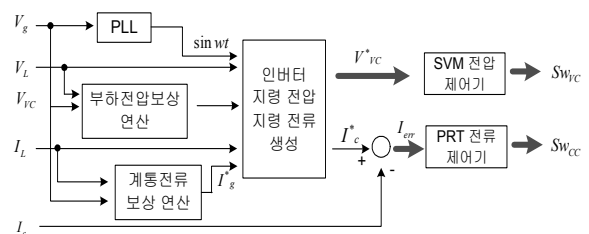


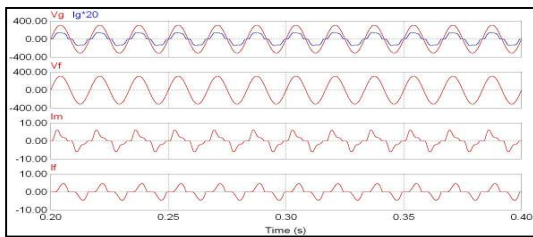
그림 2 제안된 시스템의 제어 블록도

그림 2는 제안된 시스템의 제어 블록도로 전류제어형 전압원 인버터는 부하의 전압과 전류를 입력받아 무효전력을 연산하고 인버터의 지령전류를 생성한다. 생성된 지령전류는 실제 인버터의 출력전류와 비교하며, 이의 오차신호를 이용하여 전류제어형 전압원 인버터의 실제 구동을 위한 PWM신호를 생

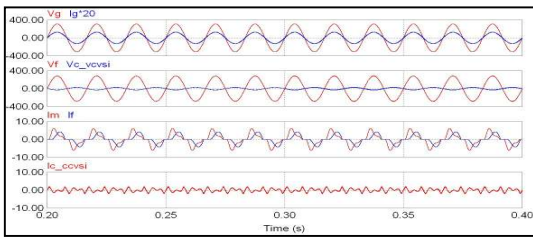
성한다. 전압제어형 전압원 인버터는 입력된 부하전압과 부하에서 요구되는 적정전압을 비교하여, 이의 오차신호를 이용하여 인버터의 지령전압을 연산한다.

3. 시뮬레이션 및 실험

본 논문에서는 제안된 시스템의 유용성을 확인하기 위해 PSIM을 이용하여 절전부하의 조명부하로, 일반부하의 동력부하로 설정하여 실험하였다. 그림 3은 동력부하 대 조명부하의 비율이 6:4 정도의 비선형 부하조건인 경우의 시뮬레이션 결과로 V_g 와 I_g 는 계통의 전압 및 전류, V_f 와 I_f 는 조명부하의 전압과 전류, V_{c_vcvsi} 와 I_{c_ccvsi} 는 전압제어형 전압원 인버터의 출력전압과 전류제어형 전압원 인버터의 출력전류 그리고 I_m 은 동력부하전류이다.

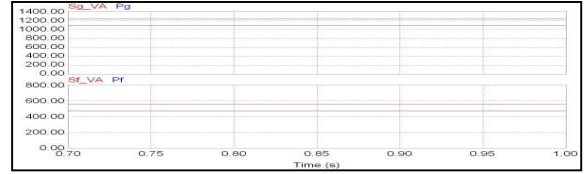


(a) 제안된 시스템을 적용하지 않았을 경우

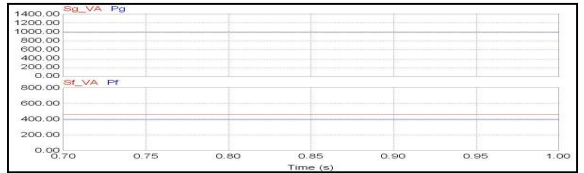


(b) 제안된 시스템을 적용했을 경우의 동작 파형
그림 3 제안된 시스템의 시뮬레이션 동작 파형

그림 3 (a)에서 부하전류와 계통전류는 비선형성으로 왜곡된 파형으로 역률은 0.87, 전고조파왜곡률(THD)는 약 18.5%이다. 또한 동력부하 및 조명부하 전압은 220[Vrms/60Hz]로 공급되고 있음을 알 수 있다. 그러나 그림 3 (b)에서처럼 제안된 시스템을 적용했을 경우에는 계통 전류는 이상적인 정현파 형태로 계통전압과 위상차가 없음을 알 수 있다. 이는 제안된 시스템의 전류제어형 전압원 인버터가 비선형 부하에서 발생하는 무효전력성분을 보상했기 때문에 계통의 역률은 0.99 이상 전고조파왜곡률은 1% 미만으로 측정되었다. 조명부하의 인가 전압은 계통전압보다 약 10%강하여 인가하고 있음을 알 수 있다. 이의 효과를 확인하기 위해 그림 4의 피상전력 및 유효전력 크기를 비교하는 파형을 설명한다. 그림 4 (a)는 그림 3 (a)의 피상전력과 유효전력의 크기를 나타낸 것으로 피상전력($S_g VA$)은 1240VA, 유효전력(P_g)은 1070W이다. 그림 4 (b)는 그림 3 (b)의 피상전력과 유효전력의 크기를 나타낸 것으로 피상전력과 유효전력의 크기가 거의 동일하며 1000W로 측정되었다. 이는 제안된 시스템의 전력품질개선 효과로 단위역률제어가 가능함으로서 피상전력을 약 19.4%만큼 감소할 수 있음을 의미한다. 또한 조명부하의 유효전력(Pf)는 470W에서 400W로 약 14.9%만큼 에너지를 절감시킬 수 있음을 알 수 있다.

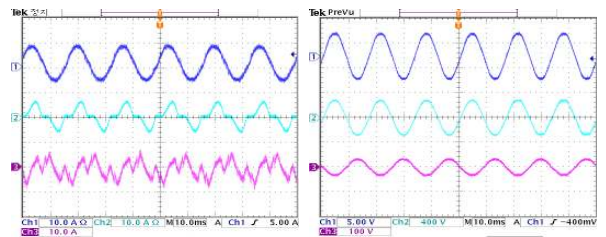


(a) 제안된 시스템을 적용하지 않았을 경우



(b) 제안된 시스템을 적용했을 경우

그림 4 제안된 시스템의 피상전력 및 유효전력 비교 파형



(a)

(b)

그림 5 제안된 시스템의 실험 파형: (a) 일반적인 경우 (b) 제안된 시스템을 적용했을 경우

그림 5는 제안된 시스템의 실험 결과 파형으로 그림 3과 같은 부하조건으로 실험하였으며, 역률은 0.99 이상 유지가 가능하며 전고조파왜곡률은 약 3.7%이하로 측정되었다. 또한 조명부하전압을 10%강하여 인가하였을 경우에 약 13%이상 전기 에너지를 절감할 수 있음을 확인하였다.

4. 결론

본 연구에서는 전기에너지의 절감효과 및 시스템의 유용성을 향상시키기 위해 다기능 전기에너지 절전 장치를 제안하였으며, 시뮬레이션 및 실험을 통해 유용성을 확인하였다. 제안된 시스템은 부하의 무효전력성분을 보상하여 계통의 전력품질을 향상시키고, 절전부하에 적정전압을 공급함으로 전기 에너지를 절감시킬 수 있다.

이 논문은 중소기업청 산학협력실지원사업의 연구비 지원에 의하여 연구되었음

참고 문헌

- [1] A. Q. Haideri and J. A. Paraskiewicz, "Saving energy and protecting the environment through a retrofit lighting program," presented at Petroleum and Chemical Industry Conference, 1993
- [2] E. Gluskin, "Fluorescent lamp circuit," IEEE Transactions on Circuits and Systems I: Fundamental Theory and Applications, vol. 46, pp. 529-544, 1999.