

전력품질 보상기와 부하모의장치의 연계시험 분석

裴炳烈[†], 曹胤瑚^{*}, 朴用熙^{*}, 韓炳文^{**}

Performance Analysis of load simulator interconnected with Power Quality Compensator

Byung-Yeol Bae, Yun-Ho Cho, Yong-Hee Park, Byung-Moon Han

요 약

본 논문에서는 새로 개발된 전력품질 보상장치의 성능을 실험실에서 효과적으로 분석하기 위해 필요한 새로운 부하모의장치를 제안하였다. 제안하는 부하모의장치는 2대의 PWM 인버터가 직류 단을 공유한 구조로 선형과 비선형 부하를 단일기기로 시험 가능하도록 설계되어 있다. 그리고 전력품질보상기의 하나인 능동전력필터와 연계시험을 수행하였다.

본 논문에서는 제안하는 부하모의장치와 능동전력필터의 연계 특성을 분석할 목적으로 PSCAD/EMTDC 소프트웨어를 이용하여 시뮬레이션 실시하였고 또한 실적용시 타당성을 검증할 목적으로 20kVA 용량의 부하모의장치와 10kVA용량의 능동전력필터를 제작하여 실험을 실시하였다. 시뮬레이션과 하드웨어 실험결과 제안하는 부하모의장치는 능동전력필터의 다양한 보상 능력 검증에 충분히 활용가능함을 알 수 있었다.

ABSTRACT

This paper describes a load simulator with power recovery capability, which is based on the voltage source converter-inverter set. The load simulator can save the electric energy that should be consumed to test the operation and performance of the power quality compensator and the power equipment. The load simulator consists of a converter-inverter set with a DSP controller for system control and PWM pulse generation. The converter operates as a universal load to model the linear load and the non-linear load, while the inverter feed the energy back to the power source with harmonic compensation. the performance of proposed load simulator was analyzed with scaled-model experiment, interconnected with the active power filter. The experimental results confirms that the proposed load simulator can be utilized to test the performance of active power filter.

Key Words : load simulator, dummy load unit, power recovery unit, harmonic phase delay

1. 서 론

최근 대체에너지와 전력품질에 관한 관심이 높아지

면서 분산전원 연계장치와 전력품질 보상장치에 관한 다양한 연구가 진행되고 있다. 새로 개발된 분산전원 연계장치나 전력품질 보상장치를 실험실에서 효과적으로 성능분석을 하기 위해서는 이들 장치의 출력단자에 시험용 부하를 연결하여 시험한다^[1]. 통상 이 시험용 부하는 피 시험장치의 용량에 맞게 선형부하는 저항, 리액터, 그리고 커패시터를 조합하여 제작하고 비선형 부하는 다이오드나 싸이리스터 정류기에 저항, 리액터 그리고 커패시터를 조합하여 제작한다.

[†]교신저자 : 정회원, 명지대 전기공학과 박사과정

E-mail : ghostial@mju.ac.kr

^{*}정회원, 명지대 전기공학과 석사과정

^{**}정회원, 명지대 전기공학과 교수

접수일자 : 2006. 7. 31 1차 심사 : 2006. 8. 21

2차 심사 : 2006. 10. 23 심사완료 : 2007. 1. 22

그런데 현재 사용되고 있는 시험용 부하는 피 시험 장치의 정격용량에 해당하는 전력을 시험용 부하의 저항에서 열에너지로 소모하는 방식으로 에너지 절감 측면에서 대단히 비효율적이다. 또한 제작 상 편의를 위해 선형부하와 비선형부하를 별개의 장치로 만들어 사용하여 실험실 공간을 많이 차지하고, 실험 시 필요에 따라 선형부하와 비선형부하의 연결과 해체를 반복해야 한다.

시험용 부하의 이러한 단점을 개선하고자 고안된 것이 부하모의장치이다^{[2]-[4]}. 부하모의장치는 단일기기로 선형부하와 비선형부하의 특성을 모의할 수 있고, 부하에서 소모되는 전기에너지를 회수한 후 전원 측으로 공급하여 에너지를 절감하게 된다. 초창기에 개발된 부하모의장치는 대용량 아날로그증폭기를 사용하여 가격이 고가이고 부하의 최대용량에도 제약이 있었다.

본 연구에서는 전압원 컨버터와 인버터로 구성된 새로운 부하모의 장치를 제안하고 그 성능을 PSCAD/EMTDC 소프트웨어에 의한 시뮬레이션과 하드웨어 시제품에 의한 실험으로 검증한다. 제안하는 모의부하 장치는 시스템손실에 해당하는 전력만 소모하고 흡수한 에너지는 모두 전원으로 회생가능하며 또한 전원 측에 흐르는 무효전류와 고조파의 보상도 가능하여 대용량부하를 모의하는데 대단히 용이하다.

2. 제안하는 시스템

그림 1은 제안하는 부하모의장치의 전력회로도를 나타낸 것이다. 제안하는 시스템은 3상 전압원 컨버터와 인버터를 기반으로 구성되어 있는데, 컨버터는 선형과 비선형 부하의 특성을 모의하는데 활용되고 인버터는 컨버터가 직류링크 단에 흡수한 에너지를 전원 측으로 회수하는데 활용된다. 제안하는 부하모의장치의 전체 시스템 구성도는 그림 1에 보인다.

본 논문에서는 편의상 부하모의를 위해 피시험체와 직접 연결되는 컨버터를 가상부하기(Dummy Load Unit)라 명명하고, 3상 변압기를 통해 전원과 연결되는 인버터를 전력회수기(Power Recovery Unit)라 명명한다. 가상부하기는 전류제어기를 통해 선형과 비선형부하의 전류특성을 가능한 정확하게 모의하도록 동작하며, 전력회수기는 가상부하기가 흡수한 에너지를 전원 측에 회수함과 동시에 전원 연결점에서 발생하는 고조파와 무효전력을 보상하는 기능을 갖는다. 따라서 전력회수기의 출력은 순환고조파전류를 제거하기 위해 delta-delta 결선 변압기를 통해 전원에 연결되고 전자

와 동일한 전류제어기로 출력전류를 제어한다.

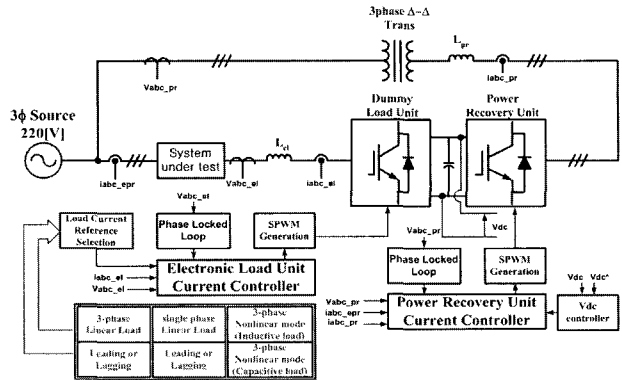


그림 1. 부하모의장치의 전체 구성도
Fig 1. Whole system controller for load simulator

표 1. 모드별 부하설정

Table 1. Load Selection Mode

	부하모드	파라미터 설정
1	3상 평형 선형부하	피상전력, 역률, 그리고 지상 설정 피상전력, 역률, 그리고 진상 설정
2	선간 단상 선형부하	피상전력, 역률, 그리고 지상 설정 피상전력, 역률, 그리고 진상 설정
3	3상 다이오드 정류기 비선형 용량성 부하	상전류 최대값 설정
4	3상 다이오드 정류기 비선형 유도성 부하	상전류 최대값 설정

전체제어기는 크게 가상부하기의 전류제어기와 전력회수기의 전류제어기로 구분된다. 부하모의기의 전류제어기는 피시험체의 출력전압과 전류를 검출하여 이 값을 입력으로 사용하여 모드제어기에서 지정한 부하 전류의 파형을 형성한다. 모드 제어기는 표 1에 나타난 바와 같이 6가지 종류의 전류 파형을 제공한다. 한편 제안하는 부하모드제어기는 총 6가지 형태의 부하모의가 가능하나 이들 각각의 조합도 가능하며 단일 부하뿐만 아니라 혼합된 부하의 모의도 가능하다.

3. 제어시스템 설계

일반적인 3상 인버터가 전력계통과 연결된 등가회로를 간단히 표현하면 그림 2와 같다. 여기서, 연결점의 전압 V_T 는 평형이고 주파수가 60Hz인 평형 3상 전압이라 가정한다.

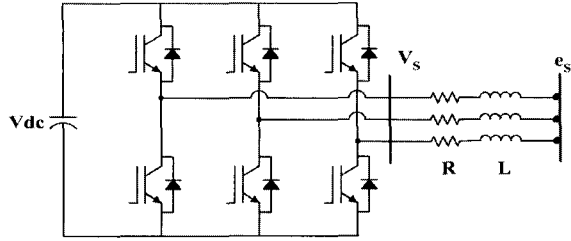


그림 2 인버터와 계통의 연계등가회로
Fig. 2 Equivalent circuit for interconnected converter

그림 2를 기본으로 하여 3상 전압 방정식을 동기좌표계로 변환하여 정리하면 식 (1)과 같다.

$$V_{ds}^e = Ri_{ds}^e + L \frac{di_{ds}^e}{dt} - \omega Li_{qs}^e + E_{ds}^s$$

$$V_{qs}^e = Ri_{qs}^e + L \frac{di_{qs}^e}{dt} + \omega Li_{ds}^e + E_{qs}^s \quad (1)$$

전개된 식 (1)을 이용하여 제어기를 구성하면 그림 3과 같이 나타낼 수 있다.

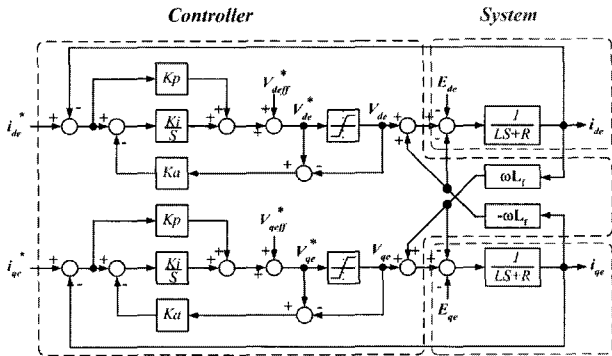


그림 3 3상 대칭회로에 대한 전류제어기
Fig. 3 Current controller for interconnected converter

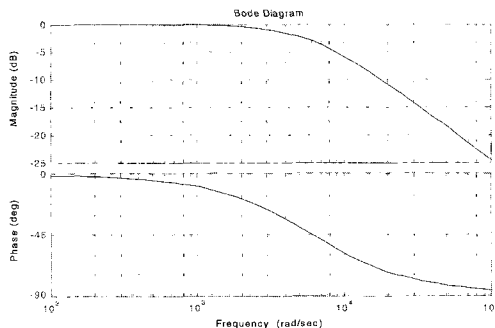


그림 4 bandwidth=6000[rad/sec]일 때 전달함수의 bode선도
Fig. 4 Bode diagram of transfer function at bandwidth = 6000[rad/sec]

그림 3에 구성된 제어기의 파라미터를 설정하기 위해서는 시스템의 스위칭주파수, 리액턴스, 그리고 저항 등의 파라미터를 알아야 하며 이를 이용하여 시스템의 성능 및 안정성을 최대한 보장할 수 있는 대역폭 (bandwidth)을 결정하여야 한다. 이 시스템에서는 6000 [rad/sec]로 대역폭을 설정하였으며 이 때 제어기 전달함수의 보드(Bode)선도는 그림 4에 나타난 것과 같다.

표 1의 부하모드에서 제어기의 밴드폭(bandwidth)을 고려해야할 모드는 3과 4에 해당된다. 이 경우 기본파 뿐만 아니라 5, 7차, 그리고 11, 13차 고조파의 크기와 위상지연 특성을 고려해야 실제 다이오드 정류기의 비선형 특성의 구현이 가능하다. 이것은 그림 4에 보인 제어기의 주파수 특성에 기인하는 각 고조파의 위상지연 값을 알고 있으므로 이를 미리 보상함으로써 위상 지연이 없이 기준 값과 동일한 출력전류를 형성할 수 있다. 그림 5는 이와 같이 비선형부하에서 전류제어기에 공급되는 입력기준신호에 고조파별 위상지연을 고려하는 블록도를 나타낸 것이다.

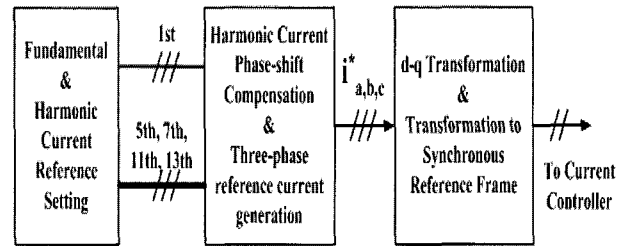


그림 5 고조파 위상지연 보상
Fig. 5 Configuration of harmonic phase-delay compensation

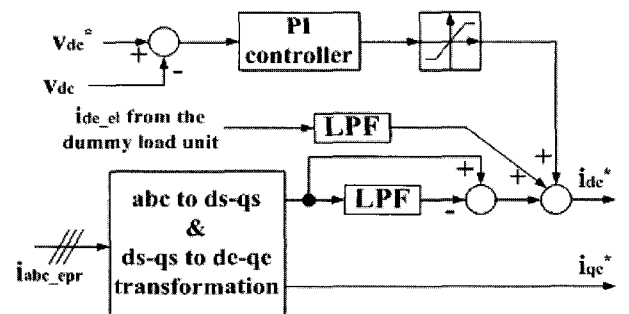


그림 6 전력회수기의 기준전류 생성
Fig. 6 Current reference extraction of the power recovery unit

V_{dc}^* , V_{dc} , i_{de}^* , 그리고 i_{qe}^* 는 각각 DC-link 기준 전압, DC-link 측정전압, d축 기준전류, 그리고 q축 기준전류이다.

그림 6에 보이는 전력회수기의 전류제어기는 전원전압, 회수기의 출력전류, 피시형체의 입력전류를 검출한다. 그리고 고조파 전류를 제거하기 위해 30Hz의 대역폭을 갖는 2차 IIR 필터가 사용되었다. 제어기는 원활한 전류제어를 수행하기 위해 DC 링크전압을 일정하게 유지하는 직류전압제어기를 포함하고 있다. 전압제어기 출력 기준 전류에 Dummy Load Unit의 기본과 유효전류를 합하여 전류제어기의 입력을 형성하도록 하였다.

그런데 제안하는 부하모의장치의 경우 feed-forward 전류제어기의 구성상 안정성 여부를 판단할 필요가 있다. 그림 6에서 ide_el이 저역통과필터를 거쳐 전력회수기 전류제어의 기준값으로 들어감으로 인해 과도시 저역통과필터의 통과대역주파수에 의한 직류전압제어의 지연이 발생하게 된다. 따라서 이 성분을 외란으로 취하여 전달함수를 구하면 식 (2)와 같이 표현이 가능하다.

$$\left| \frac{v_c}{i_o} \right|_{v_c=0} = - \frac{s^2}{(s + \omega_c)(Cs^2 + k_p s + k_i)} \quad (2)$$

여기서, v_c , v_c^* , i_o , ω_c , k_p , k_i , C 는 직류전압, 직류전압 지령값, 가상부하기 d축 전류(유효전류), 저역통과필터 대역폭, 직류전압제어기 제어이득, 그리고 직류커패시턴스를 나타낸다.

이 식에서 과도시 직류전압에 대한 영향은 저역통과필터의 대역폭에 영향을 받긴 하지만 이 주파수 대역은 고조파를 제거하기 위한 주파수대역이므로 기본파에 대한 위상지연에 따른 직류전압은 안정하다. 그런데 시스템의 정격보다 현저히 낮은 계통전압에서는 과도시 순간적인 전원의 과부하 또는 그에 따른 전압강하 등이 야기될 수 있다. 그러나 이러한 요인은 전체시스템 제어에 영향을 줄 정도는 아니다.

4. 시뮬레이션

제안하는 부하모의장치의 동작을 분석하기 위해 PSCAD/EMTDC 시뮬레이션을 실시하였다. 부하모의장치는 능동전력필터와 연결되어있는 구조로 되어있다. 시뮬레이션을 위해 전력회로와 제어기 전체에 대해 모

델링을 실시하였다. 표 2는 시뮬레이션에 사용된 전력회로의 파라미터를 나타낸 것이다.

표 2 시뮬레이션 파라미터
Table 2 Simulation Circuit Parameters.

부하모의장치	
전원전압	220V
변압기 정격	10kVA
DC-link 전압	450V
능동전력필터	
스위칭 주파수	20kHz
DC-link 전압	450V
결합용 리액터	2mH

본 시뮬레이션에서는 실제 하드웨어시스템의 동작과 유사한 특성을 얻기 위해 Digital 제어기에서 사용되는 Sample & Holder 및 지연기 등을 사용하여 모의하였다. 따라서 Digital 시스템에서의 1 sample 지연과 인버터 PWM 변조에 따른 0.5 sample 지연 등을 고려하여 시뮬레이션 모형을 구현하였다.

3상 다이오드정류기의 유도성부하는 각 고조파 차수별로 크기와 위상을 설정하여 가상부하기에서 해당 고조파를 발생하였다. 이는 저항부하와 리액터가 연결되어 있을 때 발생하는 고조파 함유율을 분석하여 전류피크값으로 크기를 설정하고 기본파에 대한 위상차를 설정하였다.

그림 7 (a)는 3상 다이오드 정류기의 유도성 부하에서 기준전류와 출력전류를 나타낸 것이다. 상단은 고조파 위상보상 전 기준전류와 출력전류를 나타낸 것이고 하단은 고조파 위상보상 후 기준전류와 출력전류를 나타낸 것이다. 하단의 결과가 우수함을 알 수 있다.

3상 다이오드정류기의 용량성 부하는 각 고조파 차수별로 크기와 위상을 설정하여 가상부하기에서 해당 고조파를 발생하였다. 이는 저항부하와 커패시터가 연결되어 있을 때 발생하는 고조파 함유율을 분석하여 전류피크 값으로 크기를 설정하고 기본파에 대한 위상차를 설정하였다.

그림 7 (b)는 3상 다이오드 정류기의 용량성 부하에서 기준전류와 출력전류를 나타낸 것이다. 상단은 고조파 위상보상 전 기준전류와 출력전류를 나타낸 것이고 하단은 고조파 위상보상 후 기준전류와 출력전류를 나타낸 것이다. 하단의 결과가 우수함을 알 수 있다.

3상평형 선형부하로 동작하기 위해서 Power Factor 인 $\cos \theta$ 값을 설정하여 역률을 결정하고, 부하 전력의 조절에 의해서 순 저항 부하가 되도록 했으며 Lead or Lag를 설정하여 진상 및 지상부하 역할을 수행 하도록 하였다. 표 3은 3상평형 선형부하의 시뮬레이션을 위한 시나리오를 나타낸 것이다.

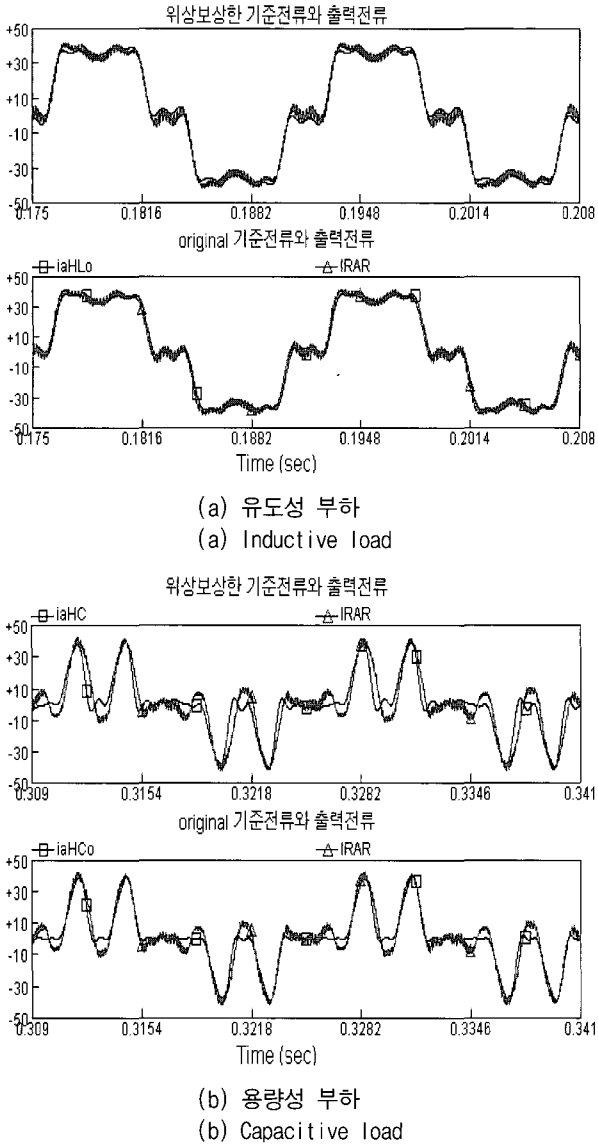


그림 7 3상 다이오드정류기의 유도성 부하와 용량성 부하
Fig. 7 diode rectifier inductive and capacitive load

이 시나리오에 의하면 0.2~0.25초 사이에서는 부하용량을 4kVA로 그리고 역률은 1.0으로 유지하고 0.25~0.3 초 사이에서는 부하용량을 6kVA로 증가하여 유지한다. 또한 0.3~0.35 초 사이에서는 6kVA로 유지하고 역률은 지상 0.8로 유지한다. 마지막으로 0.35~0.4 초 사이에서는 역률을 진상 0.8로 유지하였다.

그림 8은 시뮬레이션 결과를 나타낸 것이다. 상단 그림은 부하용량과 역률 변동에 따른 유무효전력의 변화를 나타낸 것이고 하단 그림은 이때 각 상의 전류 변화를 나타낸 것이다.

표 3 평형 선형부하 시뮬레이션 시나리오
Table 3 Scenario for Balanced Linear Load

시간[sec]	0.2~0.25s	0.25~0.3s	0.3~0.35s	0.35~0.4s
용량	4kVA	6kVA	6kVA	6kVA
역률	1.0	1.0	0.8, 지상	0.8, 진상

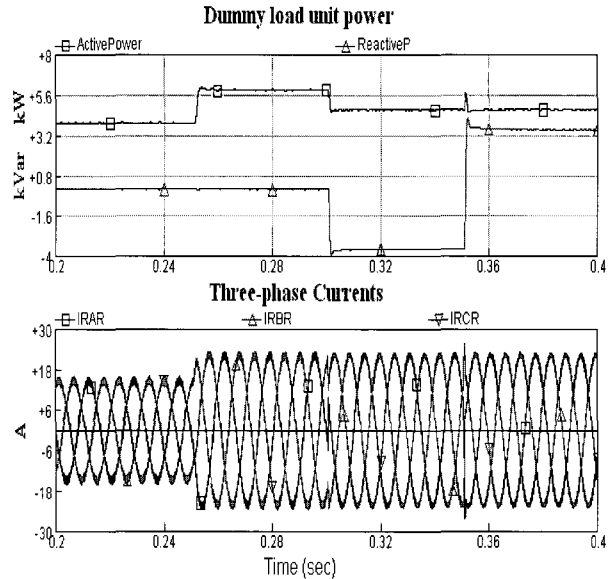


그림 8 3상평형 선형부하
Fig. 8 3-phase balanced linear load

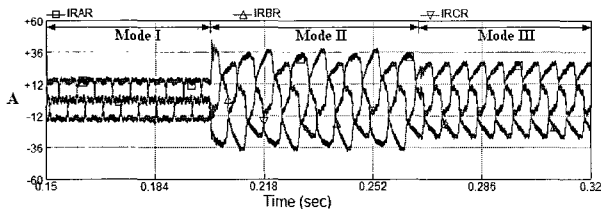
부하모의장치의 목적은 능동전력필터, 동적전압보상기, UPQC(Unified Power Quality Conditioner) 등 전력품질보상기의 성능을 시험하는 것이다. 이 논문에서는 능동전력필터에 연계하여 부하모의장치의 성능을 시험하기 위해 PSCAD/EMTDC 시뮬레이션을 실시하였다. 능동전력필터는 그림 1에 보이는 피시험체와 같이 병렬로 연결되어있다. 성능분석을 위한 부하모의장치의 시험조건은 표 4와 같다.

표 4 모드 동작을 위한 시뮬레이션 조건
Table 4 Simulation Conditions for Load Operation Mode

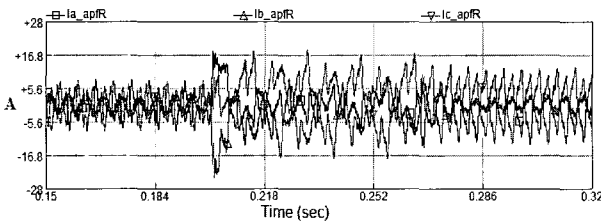
MODE I: 비선형 유도성 부하	
고조파	1, 5, 7, 11, 13차
부하전류	25A _{peak}
MODE II: 복합 불평형부하	
비선형 유도성 부하	15A _{peak}
선형 유도성 부하	S=3300VA, 역률: 0.8
단상 선형부하	S=1555VA
MODE III: 복합 평형부하	
비선형 유도성 부하	15A _{peak}
선형 유도성 부하	S=3300VA, 역률: 0.8

모드 I은 비선형 유도성 부하 모드시험으로 각각 5th=22.5%, 7th=10.5%, 11th=7.3% 그리고 13th=4.7% 성분의 고조파를 합성하여 기준전류를 생성하였다. 그리고 부하전류의 크기를 25Apeak로 설정하여 모의하였다.

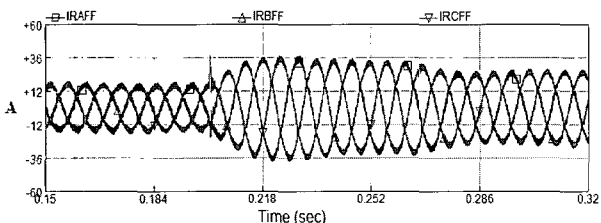
모드 II는 복합 불평형 부하모드로 3가지 특성의 부하를 합성한 구조로 모의하였는데 비선형 유도성은 15Apeak로 설정하였고 선형 유도성은 역률 0.8의 피상 전력 3300VA로 설정하여 부하 불평형을 모의하였다. 단상 선형피상전력 1555VA는 L-L부하의 피상전력으로 흐르는 전류의 값은10Apeak이다. 이 3가지 특성의 전류를 합성하여 실제 단일부하가 아닌 멀티 부하조건을 모의하였다. 모드 III는 모드 II에서 단상선형부하만 없는 조건으로서 복합평형부하모드이다.



(a) 3상 부하전류
(a) 3-phase load currents



(b) 능동전력필터 보상전류
(b) 3-phase compensating current of active power filter



(c) 보상된 3상 전원전류
(c) 3-phase compensated source currents

그림 9 가상 부하기와 능동전력필터 각부 파형
Fig. 9 Waveforms of load simulator and active power filter

그림 9에 표 4의 형태로 모드 I에서 모드 II로 그리고 다시 모드 II에서 모드 III로 이렇게 3가지 형태의 부하모드로 구현한 각부 파형이 나와 있다. 그림 9(a)는 부하 시뮬레이터에 의해 구현된 합성 전류이고 그림 9(b)는 능동전력필터의 3상 보상전류이며, 9(c)는 능동전력필터에 의해 보상된 3상 전원전류이다.

시뮬레이션에 적용된 능동전력필터는 20kHz 제어주파수로 동작한다. 하지만 부하 시뮬레이터의 전류의 급격한 di/dt를 추종하지 못하는 동기좌표계상 전류 제어 특성과 digital 시스템 적용에 따른 1.5sample 지연에 의해 완벽한 sinusoidal 형태의 전원전류로 보상되진 못함을 알 수 있다^[6]. 그리고 부하 시뮬레이터는 이러한 능동전력필터의 동작 성능을 시험하기에 적합한 비선형 전류 합성을 안정적으로 수행함을 확인 할 수 있다.

모드 II의 복합불평형부하모드 동작은 능동전력필터의 고조파보상과 무효전력보상뿐만 아니라 부하 불평형 보상을 시험하기 위한 것이다^[6]. 그림 9(a)에 보이는 바와 같이 비선형부하 성분에 의해 비선형이며 기본과 무효전류에 의해 정상성분 전류의 역률이 0.958이다. 또한 선간 선형부하의 모의에 의해 전류 불평형률이 38.2%이다. 이렇게 복합적인 형태의 부하 구현은 실험실에서의 실험조건에 따른 부하수를 줄여줄 뿐만 아니라 부하 조합의 편리성을 제공한다.

5. 시작품 제작 및 실험

제안하는 PWM 인버터식 부하모의장치의 타당성을 검증하기 위해 20kVA 용량의 프로토타입을 제작하고 실험을 통한 성능분석을 실시하였다.

전체 시스템을 제어하는 메인 프로세서로는 TI사의 DSP(TMS320vc33)로 구성하였으며 표 4에 나타낸 모드별 실험이 실시되었다. 실험세트 회로요소의 파라미터는 표 5와 같다.

3상 다이오드정류기의 유도성 및 용량성 부하는 가상부하기에서 유도성 및 용량성 부하가 갖는 전류의 고조파를 발생하여야 한다. 따라서 관련된 각 고조파의 차수, 크기, 위상지연을 설정해야 한다. 그렇기 때문에 본 실험에서는 저항과 리액터로 되어있는 유도성 부하와 저항과 커패시터로 되어있는 용량성 부하의 고조파 함유율을 각각 분석한 데이터 값을 토대로 가상 부하기에서 고조파를 발생하도록 하였다.

표 5 시스템 파라미터
Table 5 Circuit Parameters

부하모의장치	
시스템 용량	20kVA
정격전압	220V
인버터 용량	20kVA
3상 delta-delta Trans. 용량 및 leakage L	20[kVA],0.2[mH]
Power Recovery Unit 리액터	1.2[mH]
Electronic Load Unit 리액터	1.2[mH]
DC-Link 전압	450[V]
능동전력필터	
시스템 용량	9kVA
정격전압	220V
결합용 리액터	2mH
DC-link 전압	450V
스위칭 주파수	20kHz

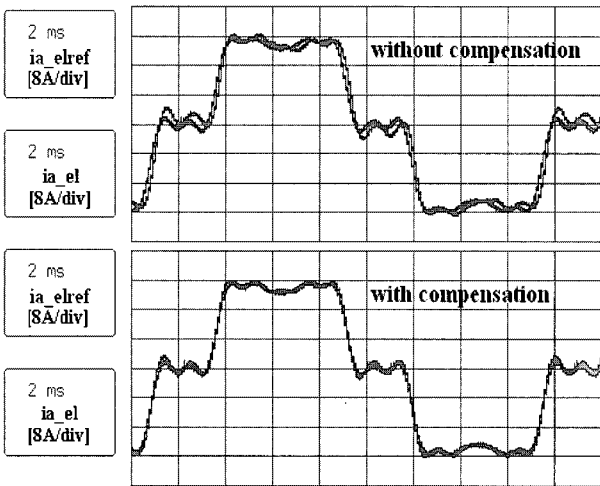


그림 10 3상 다이오드정류기의 유도성 부하
Fig 10 Three-phase diode rectifier with inductive load

그림 10은 실험을 통해 얻은 3상 다이오드 정류기의 유도성 부하에서 기준전류와 출력전류를 나타낸 것이다. 상단은 고조파 위상지연을 보상하기 전 기준전류와 출력전류를 나타낸 것이고 하단은 고조파 위상지연을 보상한 후 기준전류와 출력전류를 나타낸 것이다. 고조파 위상지연보상에 의해 기준전류와 출력전류가 위상지연 없이 일치하는 것을 알 수 있다.

그림 11은 실험을 통해 얻은 3상 다이오드 정류기의 용량성 부하에서 기준전류와 출력전류를 나타낸 것이다. 상단은 고조파 위상지연을 보상하기 전 기준전류와 출력전류를 나타낸 것이고 하단은 고조파 위상지연을 보상한 후 기준전류와 출력전류를 나타낸 것이다. 유도성일 때와 마찬가지로 위상지연 보상에 의해 출력특성이 우수함을 알 수 있다.

그림 12는 부하모의장치가 표 4에 나타난 모드와 같이 동작할 시의 실험결과를 보인다. 그림 12(a)의 첫 번째 파형은 복합 3상 부하 전류를 보이고 두 번째와 세 번째 파형은 보상전류와 보상된 전원전류를 보인다. 그림 12(b)와 (c)는 확대된 파형을 보인다. 이 두 확대된 파형은 부하모의장치가 3종류의 모드별로 동작함을 보이고 능동전력필터는 부하고조파를 제거하고 역률을 보상함을 보이고 있다.

그림 13은 전력회수기가 전원전류에 포함된 고조파와 무효전력을 보상함을 보인다. 첫 번째와 두 번째 그리고 세 번째 파형은 각각 가상부하기의 A상 전류, 전력회수기의 A상 전류, 그리고 전원 A상 전류를 각각 보이고 있다. 전력회수기의 보상동작 이후에 15A에서 7A로 전원전류의 최대값이 감소함을 알 수 있으며 전원전류의 기본파는 대부분 보상되었으며 전력회수기의 성능 한계에 의해 고조파 성분이 남아있음을 알 수 있다.

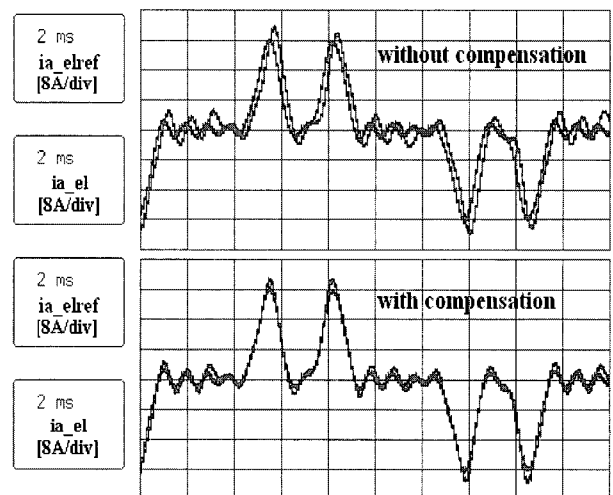
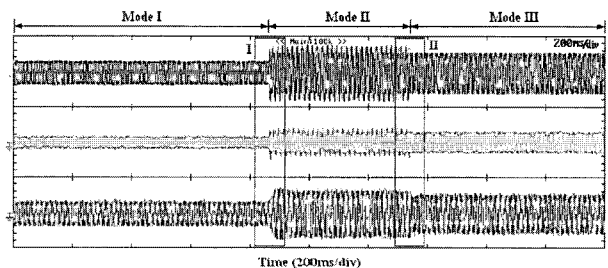
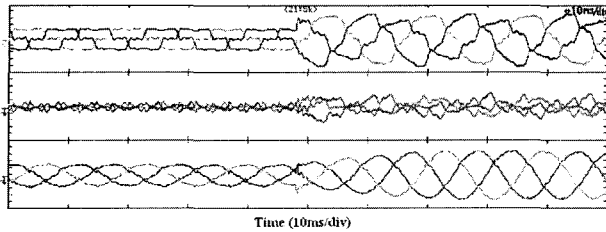


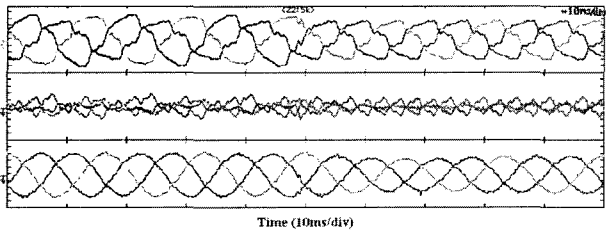
그림 11 3상 다이오드정류기의 용량성 부하
Fig 11 Three-phase diode rectifier with capacitive load



(a) 부하전류, 보상전류, 그리고 전원전류(12A/div)
(a) Load current, compensating current and source current



(b) 영역 I의 확대파형(12A/div)
(b) Expanded waveform of region I



(c) 영역 II의 확대파형(12A/div)
(c) Expanded waveform of region II

그림 12 부하 모드 I, II, III에 대한 실험파형
Fig. 12 Experimental results for load mode I, II and III

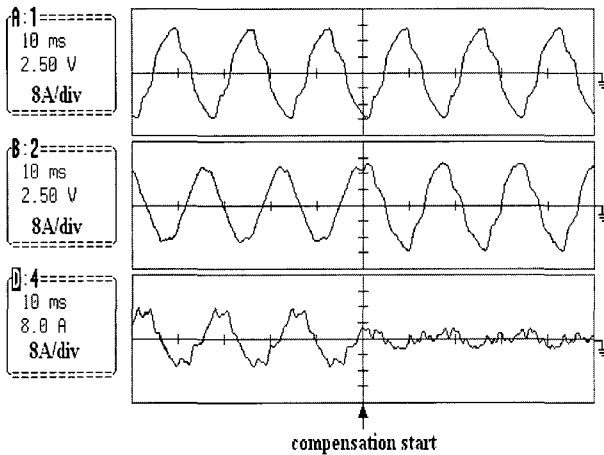


그림 13 가상부하기와 전력회수기 출력전류, 그리고 전원 전류
Fig 13 Dummy load unit output current, power recovery unit output current and source current

6. 결 론

본 논문에서는 전력회수 능력이 있는 새로운 부하모 의장치를 제안하였다. 제안하는 부하모의장치는 2대의 PWM 인버터가 직류 단을 공유한 구조로 선형과 비

선형부하를 단일기기로 시험 가능하도록 설계되어 있 다.

본 논문에서는 제안하는 시스템의 동작과 성능을 검증할 목적으로 PSCAD/EMTDC 소프트웨어를 이용하여 시뮬레이션 실시하였고 또한 하드웨어구현 타당성을 검증할 목적으로 20kVA 용량의 프로토타입을 제작하여 실험을 실시하였다. 시뮬레이션과 프로토타입 실험결과 제안하는 부하모의장치는 손실에 해당하는 에너지만 소모하며 대부분의 에너지를 전원으로 회생하며 전원 연결점의 무효전력과 고조파를 보상할 수 있다.

개발된 부하모의장치는 전기에너지를 절약할 뿐만 아니라 전력품질보상기 및 전력 설비 성능시험시 효과적으로 활용될 것으로 사료된다.

본 연구는 산업자원부의 지원에 의하여 기초전 력 연구원(과제번호 R-2004-B-121) 주관으로 수행 된 과제입니다.

참 고 문 헌

- [1] Byung-Moon Han, Byung-Yeol Bae, and Seppo J. Ovaska, "Reference Signal Generator for Active Power Filters Using Improved Adaptive Predictive Filter", IEEE Trans. Industrial Electronics. Vol. 52, No. 2, pp. 576-584, 2005.
- [2] Guan-Chyun Hsieh, Jung-Chien Li, "Design and implementation of an AC active load simulator circuit", IEEE Trans. Aerospace and Electronic Systems, vol 29, pp. 157-165, 1993.
- [3] Ando. I, Takahashi. I, Tanaka. Y, Ikehara. M, "Electric load controlled by computer simulator having power regeneration ability", IEEE Power Conversion Conf, vol. 2, pp.925-930, 1997.
- [4] Leszek S. Czarnecki, Guangda Chen, Herbert Ginn, and Jun Hu, "Phantom Load: A Simulator of Non-Periodic Current", Power Engineering Society Summer Meeting, 2000. IEEE, Vol. 2, pp 988-993, 16-20 July 2000.
- [5] Simone Buso, Luigi Malesani, and Paolo Mattavelli, "Comparison of Current Control Techniques for Active Filter Applications", IEEE Trans. Industrial Electronics. Vol. 45, No 5, pp. 722-729, 1998.
- [6] G. D. Marques, "A Comparison of Active Power Filter Control Methods in Unbalanced and Non-sinusoidal Condition", IEEE, Industrial Electronics Society, IECON'98, Vol. 1, pp. 444-449, 31 Aug.-4 Sept. 1998.

저 자 소 개



배병열(裴炳烈)

1975년 11월 17일생. 2001년 명지대 전기공학과 졸업. 2003년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 현재 동 대학원 전기공학과 박사과정.



조운호(曹胤瑚)

1979년 8월 13일생. 2005년 명지대 전기공학과 졸업. 현재 동 대학원 전기공학과 석사과정.



박용희(朴用熙)

1979년 10월 17일생. 2005년 명지대 전기공학과 졸업. 현재 동 대학원 전기공학과 석사과정.



한병문(韓炳文)

1953년 7월 5일생. 1976년 서울대 전기공학과 졸업. 1988년 미 아리조나주립대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1992년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학박). 미 Westinghouse 중앙연구소 선임연구원. 현재 명지대 전기공학과 교

수. 당 학회 평의원.