

분산전원 연계형 UPQC(Unified Power Quality Conditioner)의 성능해석

論文

53A-3-4

Performance Analysis for the UPQC(Unified Power Quality Conditioner) Interconnected to the Distributed Generation System

金義重* · 裴炳烈** · 韓炳文***

(Hee-Jung Kim · Byung-Yeul Bae · Byung-Moon Han)

Abstract - A novel UPQC(Unified Power Quality Conditioner), which consists of series inverter, shunt inverter, distributed generation system, is proposed. The proposing system can compensate reactive power, harmonics, voltage sag and swell, voltage interruption etc. through the change of paralleling operation mode and islanding operation mode. The control strategy for the proposing system was derived using the instantaneous power method. The performance of proposing system was analyzed by means of the PSCAD/EMTDC simulation and the experimental work with the hardware prototype. The proposing system has the ultimate capability of improving power quality at the point of installation on power distribution systems or industrial power systems and can be utilized for the custom power device in the future distribution system.

Key Words : UPQC(Unified Power Quality Conditioner), Distributed Generation System, PSCAD/EMTDC(Power System Computer Aided Design/Electro Magnetic Transients DC Analysis Program)

1. 서론

최근 지속적인 경제성장에 따른 산업의 고도 정밀화와 정보화기기의 급속한 대중적 확산은 전력수요의 증가와 배전선로의 전력품질(Power Quality)저하를 초래하였다. 이러한 전력계통의 급속한 변화는 새로운 발전시스템의 개발 및 적용에 대한 기대효과를 가중케 하였으며, 배전선로의 전력품질 향상을 위한 보상 시스템의 개발 또한 촉진하게 하였다 [1].

전력수요 증가의 해소를 위한 대책으로 먼저 발전소의 신·증설을 생각할 수 있겠으나, 대규모 발전소의 건설은 입지 선정상의 문제와 환경오염으로 인한 생태계 파괴문제 등과 같은 여러 제약 요인에 의해 갈수록 어려워지고 있다. 또한 전력산업의 구조개편에 따라 나타나게 된 발전회사들의 경우, 발전소 건설에 따른 투자비용의 회수가 명확하지 않고 상대적으로 회수기간이 긴 대형발전소에 많은 비용을 투자하려고 하지 않을 가능성이 크다. 이러한 문제를 해결하기 위한 전력계통의 효율적 운용방안의 하나로 소규모 발전시스템인 분산전원(Distributed Generation)의 관심이 국내 외적으로 높아지고 있다. 분산전원은 기존의 대규모 전원에 비하여 입지조건의 제약이 적고 환경오염이 적으며, 건설기

간이 짧아 전력수요의 증가에 신속하게 대응할 수 있다는 장점을 가지고 있어 최근 우리나라를 포함한 세계 각국에서 깊은 관심을 보이고 있다[2].

분산전원은 소형화가 가능하고 환경친화적이며, 비상용전원으로서 활용성을 감안하면 배전선로의 연계가 효율적이다. 분산전원을 배전선로에 연계하여 운전하는 복합배전계통(Composit Distribution System)에서는 열병합발전(Co-Generation), 태양광 발전(Photovoltaic Generation), 풍력발전(Wind Power Generation), 연료전지 발전(Fuel Cell Generation)등과 같은 방법을 통해 생성해낸 에너지를 통해 배전선로의 효율을 높일 수 있으며, 송배전설비 건설비용의 절감, 전력손실의 감소, 전압보상 및 전력공급의 신뢰도 향상과 같은 많은 장점들을 얻을 수 있다[3]-[5].

그러나 이러한 분산전원을 통한 양적인 측면의 전력공급만으로는 현재의 배전선로를 효율적으로 관리하기 어렵다. 배전선로에는 다양한 형태의 부하가 산재해 있기 때문에 이들 부하에 대한 질적인 측면에서의 전력공급 또한 간과할 수 없을 것이다. 이에 따라 전력회사에서는 배전선로의 안정화와 고품질의 전력공급을 위해 다양한 대책을 수립하고 있으며, 능동전력필터(Active Power Filter), 동적전압보상기(Dynamic Voltage Restorer), 배전용 무효전력보상기(D-STATCOM), 정지형 고속절환장치(Sub-cycle Switch), UPQC(Unified Power Quality Conditioner)등과 같은 Custom Power기기에 대한 많은 연구 또한 진행되어지고 있다. 이들 전력품질 향상기기 중 UPQC는 직렬과 병렬인버터가 직류 커패시터를 공유하는 형태로 구성되어 있으며, 배전선로의 PCC(point of common coupling)에 위치해 배전선로에서 발생 할 수 있는 전압변동, 고조파보상 등과 같은 전

* 正 會 員 : (주)LG산전 중앙연구소 선임연구원 · 工博

** 正 會 員 : 明知大 工大 電氣工學科 博士課程

*** 正 會 員 : 明知大 工大 電氣工學科 教授 · 工博

接受日字 : 2003年 9月 24日

最終完了 : 2004年 1月 30日

력품질 저해 요소들로부터 선로의 안정적인 운전을 도모하게 된다. 이를 통해 전력회사는 질적인 측면에서의 전력공급 또한 만족시킬 수 있다[6]-[12].

본 논문에서는 이러한 양과 질적인 측면에서 모두 만족시킬 수 있는 분산전원과 UPQC를 결합한 형태의 새로운 전력공급 시스템을 제안하였으며, 제안된 시스템의 동특성을 검증하기 위해 PSCAD/EMTDC를 이용한 시뮬레이션을 실시하였다. 또한, 20kW용량의 실 시스템을 설계 및 제작하여 배전선로 연계 운전에 따른 타당성을 실험을 통해 입증하였다.

2. 제안하는 시스템

UPQC는 일반적으로 두 대의 인버터가 직류 커패시터를 공유하는 구조를 취하고 있으며, 직렬과 병렬형태로 배전선로에 연계된다. 직렬인버터는 전원 측과 PCC사이에 직렬로 연결되어 전압원 형태의 전압 조정기로서 동작하며, 병렬인버터는 선로에 병렬로 연결되어 전류원처럼 동작하게 된다. 이러한 구조의 UPQC는 선로 상에서 발생하는 전압변동 보상, 고조파전류 및 무효전력 보상 등의 기능을 갖는다. 그러나 입력전원의 순간적인 정전에 대해서는 보상기능을 갖지 못한다는 단점이 있다. 이러한 단점을 보완하기 위해 본 논문에서는 그림 1과 같이 분산전원이 UPQC의 직류 커패시터에 연계된 구조를 가지고 있는 새로운 시스템을 제안하였다. 제안된 시스템은 정상적인 배전선로에서 연계운전모드(Paralleling Mode) 동작하게 되며 선로의 전력품질 향상은 물론 순조류, 역조류 형태의 전력조류제어가 가능하다. 또한 순간정전과 같은 외란사고 발생시에는 독립운전모드(Islanding Mode)로 동작하여 병렬인버터를 통해 부하에 일정전력을 공급하게 된다.

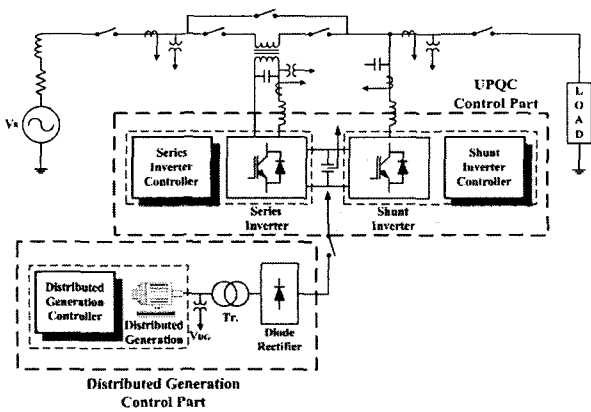


그림 1. 제안된 분산전원 연계형 UPQC 시스템

Fig. 1. The proposed UPQC system interconnected to the distributed generation system

3. 제어기 설계

제안된 시스템은 다기능 목적의 제어를 수행하기 위해 연계운전모드와 단독운전모드의 두 가지 운전모드로 동작한다.

다. 선로와의 부하 분담 및 전력품질 보상이 필요할 경우 시스템은 연계운전모드로 동작하게 되며, 동기발전기의 출력과 선로의 전력품질 향상을 위한 제어를 수행하게 된다. 그러나 순간정전과 같은 선로사고 발생 시 시스템은 단독운전모드로 전환하게 되며, 병렬 인버터를 통해 부하에 필요한 전력을 공급하게 된다. 선로가 정상적으로 복구되면 시스템은 다시 연계운전모드로 전환하여, 연계운전모드에서의 제어를 수행하게 된다. 그림 2는 제안된 시스템의 전체 제어구조를 보여주고 있다.

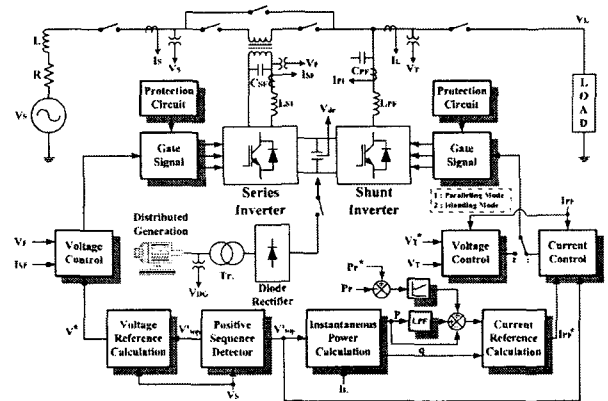


그림 2. 제어 블록도

Fig. 2. Control block diagram

3.1 연계운전모드에서의 제어

연계운전모드에서는 직·병렬 두 대의 인버터가 동시에 선로의 전력품질 향상을 위한 제어를 수행하게 된다. 먼저, 정상성분 검출기는 전원 측 선로전압을 검출하여 기본과 정상성분의 순시치 전압 (v'_{sa}, v'_{sb})을 계산한다.

$$\begin{bmatrix} v'_{sa} \\ v'_{sb} \end{bmatrix} = \frac{1}{i'^2_{\alpha} + i'^2_{\beta}} \begin{bmatrix} i'_{\alpha} & i'_{\beta} \\ i'_{\beta} & -i'_{\alpha} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \overline{p'_s} \\ \overline{q'_s} \end{bmatrix} \quad (1)$$

여기서, $i'_{\alpha} = \sin(\omega_1 t)$, $i'_{\beta} = \cos(\omega_1 t)$

연산된 정상성분의 순시치 전압은 직·병렬 인버터 제어에 필요한 기준신호 연산과정에 사용된다. 직렬인버터는 연계운전모드에서 선로의 순간전압상승(swell), 순간전압강하(sag)등과 같은 사고 발생 시 부하 일정전압 유지를 위한 보상기준전압 (v_{ca}^*)을 연산하여 전압보상 기능을 수행하게 된다.

$$v_{ca}^* = [\{ (v'_{sa} - v_{sa}) - v_{fa} \} * K_{P1} - i_{sf}] * K_{P2} \quad (2)$$

여기서, v_{fa} 와 i_{sf} 는 각각 직렬인버터 출력전압과 전류를 나타낸다.

병렬인버터는 비선형 부하에 의해 선로에 발생하는 고조파 전류 보상과 무효전력 뿐 아니라 유효전력을 선로에 공급하여 순조류와 역조류 형태의 조류제어를 수행하게 된다.

이에 필요한 기준신호(i_{ca}^* , i_{cb}^*)는 순시전력이론을 이용하여 구현하였다.

$$\begin{bmatrix} i_{ca}^* \\ i_{cb}^* \end{bmatrix} = \frac{1}{v_{sa}'^2 + v_{sb}'^2} \begin{bmatrix} v_{sa}' & -v_{sb}' \\ v_{sb}' & v_{sa}' \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -\tilde{p} - p_{ref} \\ -q \end{bmatrix} \quad (3)$$

여기서, \tilde{p} , q , p_{ref} 는 각각 선로의 순시유효전력 교류성분, 순시무효전력, 선로공급 순시유효전력을 나타낸다.

3.2 단독운전모드에서의 제어

선로의 순간정전 사고 시 부하단 일정전압 유지를 위해 병렬인버터는 단독운전모드로 전환하게 되며, 병렬인버터는 UPS와 같이 동작하게 된다. 이때, 모션 쪽에 위치한 차단 스위치가 off동작을 수행하게 되고, 직렬인버터는 선로와 완전히 분리되어진다. 순간정전 복귀 후, 병렬인버터는 연계운전모드로 다시 전환하게 되며, 직렬인버터 또한 선로에 재투입되어 진다. 그림 3은 제안된 시스템의 단독운전모드에서의 병렬인버터 전압제어 블록을 보여준다.

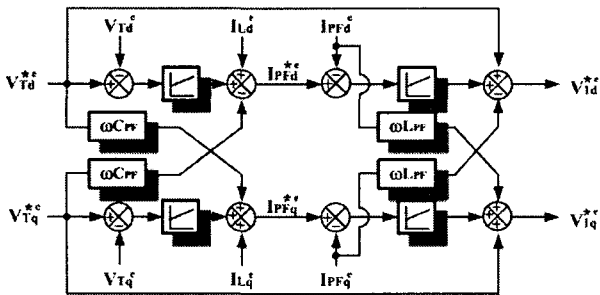


그림 3. 병렬인버터 전압제어 블록도
Fig. 3. Voltage control block diagram of shunt inverter

4. PSCAD/EMTDC 시뮬레이션

제안하는 시스템의 동작과 성능을 분석하기 위해 계통해석에 유용한 프로그램인 PSCAD/EMTDC(Power System Computer Aided Design/Electro Magnetic Transients DC Analysis Program)를 사용하여 전체적인 시뮬레이션을 수행하였다.

그림 4는 제안하는 시스템의 시뮬레이션 모델을 보여주고 있다. 전체적인 구성은 3상 4선식 선로모형에 직류 커패시터를 공유하는 형태의 직·병렬 인버터가 380V 전원 측과 부하사이에 연결되어 있으며, 순간정전 구간에서의 UPS 동작과 분산전원의 계통연계를 위해 직류 커패시터는 분산전원과 연결되어 있다. 분산전원을 모델링하기 위해 사용된 소형 동기발전기는 인버터에 의해 그 출력이 결정되기 때문에 정상시에는 직류 커패시터의 전압을 일정하게 유지해 주는 기능을 수행하며, 선로에 외란이 발생하였을 경우에는 제어 목적에 부합되도록 정출력모드를 변환하여 전력을 공급하게 된다.

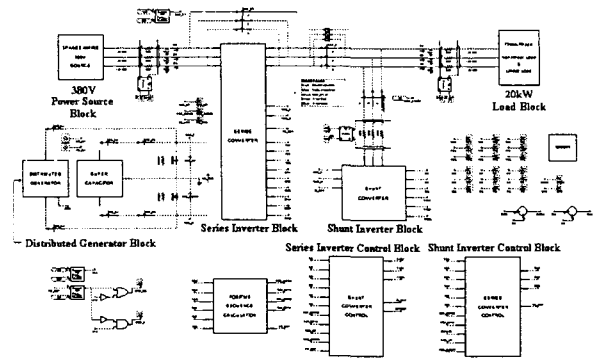


그림 4. PSCAD/EMTDC 시뮬레이션 모델
Fig. 4. PSCAD/EMTDC simulation model

병렬인버터의 전력조류 제어는 크게 순조류 운전제어와 역조류 운전제어로 나눌 수 있다. 순조류 운전제어의 경우 20kW 부하에 병렬인버터를 통해 10kW의 전력을 공급함으로써 전원에서부터는 10kW의 전력만 공급받게 된다. 또한 역조류 운전제어에서는 10kW 부하에 병렬인버터가 20kW의 유효전력을 발생하여 전원 측으로 10kW의 역조류를 흐르게 한다. 부하는 비선형 특성을 나타내는 유도성 다이오드 정류기 부하와 저항과 인덕턴스로 구성된 선형부하로 구성하였다. 전체 시뮬레이션 시간은 0.7[sec]이고 병렬인버터는 0.1[sec]에, 직렬인버터는 0.2[sec]에 동작하도록 하였다. 시뮬레이션에 사용된 자세한 회로정수는 표 1에 나타내었다.

표 1 시뮬레이션 모형의 회로정수
Table 1 Circuit parameters of simulation model

회로정수	
전원전압	380[V], 60[Hz]
전원임피던스	0.001[Ω], 10[mH]
직류커패시터	3300[μF]
DC 기준전압	700[V]
병렬인버터	
스위칭 주파수	10[kHz]
필터 L, C	600[μH], 40[μF]
직렬인버터	
스위칭 주파수	10[kHz]
필터 L, C	600[μH], 40[μF]
분산전원	
동기발전기	30[kW]
연계변압기 권수비	380[V] : 530[V]
부하조건	
다이오드 정류기 부하	
R, L	20[Ω], 1[mH]
선형 부하	
R, L	40[Ω], 50[mH]

4.1 순조류 운전제어

그림 5는 제안된 UPQC가 선로에 투입되어 비선형 부하에 의해 발생하는 전류고조파 및 무효전력을 보상한 결과를 보여준다. 시뮬레이션에 적용된 부하는 역률 90%의 다이오드 정류기를 가진 유도성형태의 비선형 부하와 선형부하를 사용하였다. UPQC의 병렬인버터는 선로의 전류고조파 및 무효전력 보상을 위해 순시전력이론을 바탕으로 보상전류를 연산하게 되고 전류제어기를 통해 선로에 보상전류를 주입하게 된다.

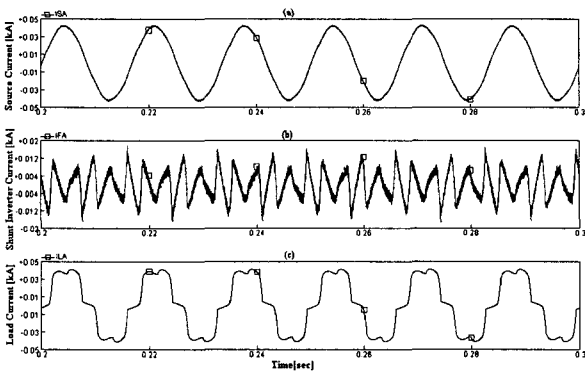


그림 5. 전류고조파 보상
(전원전류, 병렬인버터 출력전류, 부하전류)

Fig. 5. Harmonic current compensation

그림 6은 0.3~0.4[sec] 동안 선로에 불평형 순간전압강하를 발생 시켰을 경우의 보상동작을 보여준다. 사고 순간 A상은 10%의 전압상승을 B상과 C상은 30%의 전압강하를 가지며, 위상은 B상과 C상이 -100° 와 140° 를 유지하게 된다. 그림 6(a)는 이를 반영한 전원전압의 사고구간을 보여주며, 그림 6(b)는 보상된 부하전압을 보여준다. 그림 6(c)는 보상 구간에서의 유효전력변환관계를 보여준다. 순간전압강하 동안 전원의 유효전력(Psource)은 감소하게 되며, 직렬인버터의 보상동작에 따른 유효전력(Pseries)의 공급을 통해 부하의 유효전력(Pload)이 일정하게 유지되는 것을 확인할 수 있다.

그림 7은 선로의 순간정전 발생에 따른 보상결과를 보여준다. 선로의 순간정전은 0.3[sec] 지점에서 0.1[sec] 동안 영전압을 발행하게 하였다. 그림 7(a)는 이 순간의 전원전압 파형을 보여준다. 순조류 운전모드에서 순간정전이 발생하게 되면, UPQC는 독립운전모드로 전환하게 된다. 이때 선로의 Static 스위치는 off되고 직렬인버터의 스위칭 동작은 멈추게 된다. 병렬인버터는 부하에 지속적인 전력을 공급하기 위해 유효전력에 대한 제어동작을 멈추고 독립운전모드에서의 전압제어를 수행하게 된다. 그림 7(b)를 통해 순간정전 발생구간에서 부하전압이 일정하게 유지됨을 볼 수 있다. 그림 7(c)는 이와 같은 동작구간에서의 유효전력변화를 보여준다. 정상적인 선로운전에서 병렬인버터는 선로에 10kW의 유효전력(Pshunt)을 공급하기 때문에 전원은 10kW의 유효전력(Psource)만 부하 측으로 공급하게 되나 순간정전사고 구간에서는 병렬인버터가 20kW의 유효전력(Pshunt)

를 모두 공급하여 부하의 유효전력(Pload)이 일정하게 유지되는 것을 확인할 수 있다.

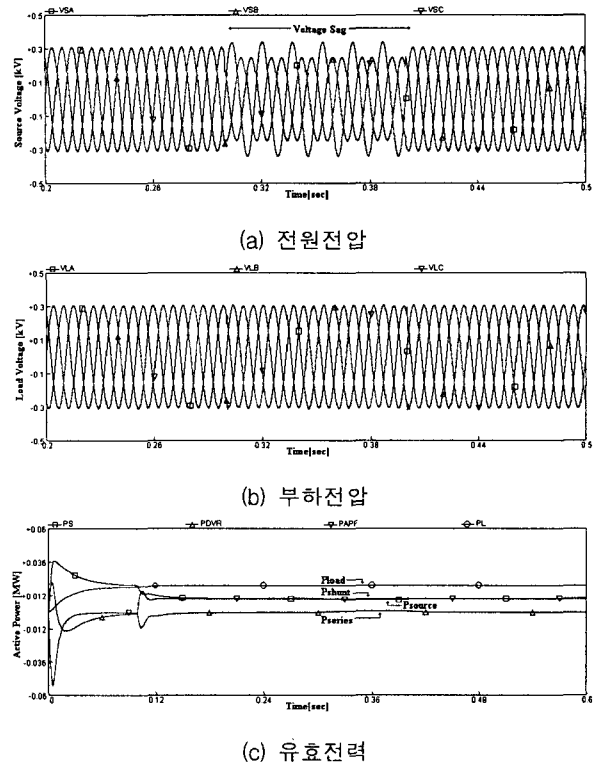


그림 6. 순간전압강하 보상
그림 6. Voltage sag compensation

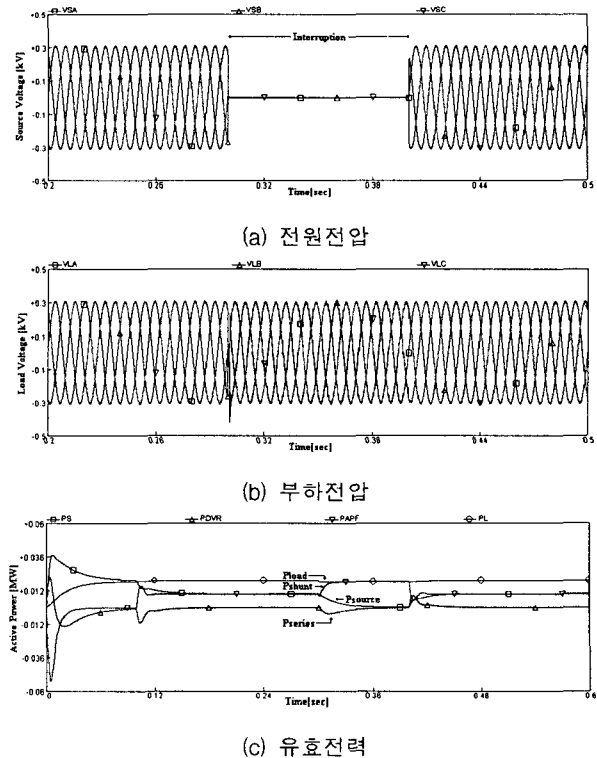


그림 7. 순간정전 보상
그림 7. Voltage interruption compensation

4.2 역조류 운전제어

역조류 운전제어 모드에서도 선로의 전류고조파 보상은 계속 수행되며, 그림 8은 역조류 운전모드로 동작하는 제안된 UPQC에서 순간전압강하에 대한 보상결과를 보여준다. 역조류 운전모드에서 선로의 순간전압강하는 3상이 모두 30%의 전압강하만 발생하게 모의하였다. 그림 8(a)는 이와 같은 전원전압의 사고구간을 보여주며, 그림 8(b)는 사고구간에서의 보상된 부하전압 파형을 보여준다. 그림 8(c)의 유효전력 변환관계를 보면 순간전압강하 구간에서 직렬인버터의 유효전력(Pseries)이 UPQC 쪽으로 흡수되는 방향으로 진행하고 있는 것을 확인할 수 있다.

그림 9는 역조류 운전모드에서 선로의 순간정전 발생에 따른 보상결과를 보여준다. 선로의 순간정전 모의는 0.3[sec] 지점에서 0.1[sec] 동안 영전압을 발생하게 하였으며, 그림 9(a)는 이와 같은 전원의 전압파형을 보여준다. 20kW의 출력을 발생하여 역조류 연계운전모드로 동작하고 있던 병렬인버터는 순간정전 발생 구간에서 유효전력에 대한 제어 동작을 멈추고 독립운전모드에서의 전압제어를 수행하게 된다. 그림 9(b)는 병렬인버터의 독립운전모드 제어를 통한 부하전압을 보여준다. 그림 9(c)는 각부의 유효전력 변화를 보여준다. 정상적인 선로 운전 시에는 병렬인버터가 선로에 20kW의 유효전력(Pshunt)을 공급하기 때문에 부하(Pload)와 전원(Psource) 측으로 각각 10kW의 전력이 공급되어 지는 것을 볼 수 있으며, 사고구간에서는 병렬인버터가 부하에 10kW의 전력(Pshunt)을 단독으로 공급하는 것을 볼 수 있다.

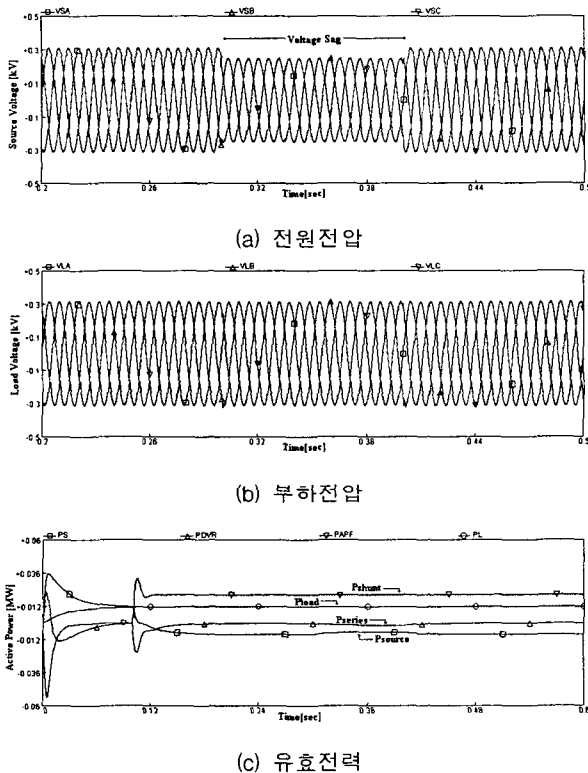


그림 8. 순간전압강하 보상
Fig. 8. Voltage sag compensation

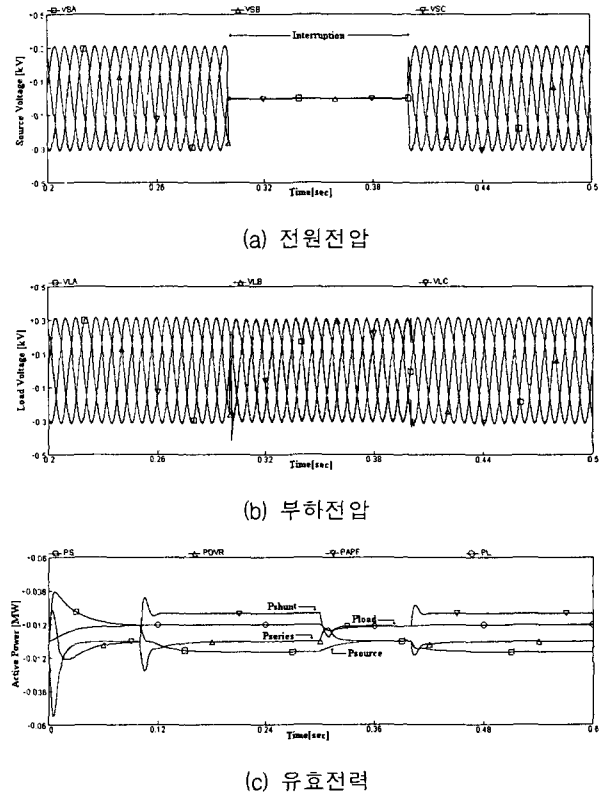


그림 9. 순간정전 보상
Fig. 9. Voltage interruption compensation

5. UPQC 실험 모형과 결과

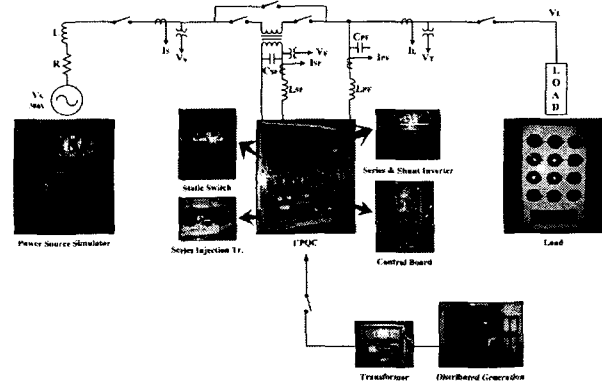


그림 10. 배전시스템 모델
Fig. 10. Distribution system model

그림 10은 제안하는 UPQC 시스템의 동작을 검증하기 위해 제작된 배전시스템 모델을 나타낸 것이다. 배전시스템 모델은 크게 전원시뮬레이터, 분산전원 연계형 UPQC, 부하장치로 구성되어 있다. 전원시뮬레이터는 순간전압강하(sag), 순간정전(interruption) 등과 같은 선로 사고모의를 구현할 수 있다. 제안된 UPQC의 병렬 인버터는 연계운전모드 시 전류고조파 보상 및 유효전력제어를 수행하며, 순간정전과 같은 사고 발생시에는 단독운전 모드로 동작하여 부하에 일정 전력을 공급한다. 또한 직렬 인버터는 연계운전모드에

서 선로의 전압의란을 보상하게 되며, 병렬인버터의 단독운전 모드 시에는 선로에서 분리된 후 선로의 정상 복귀와 함께 다시 선로에 투입되게 된다. 부하는 비선형, 선형 부하모드로 전환할 수 있는 부하를 제작하여 실험에 사용하였다. 표 2는 실험에 사용된 회로정수를 나타내고 있다.

표 2 실험 회로정수

Table 2 Circuit parameters of experimental model

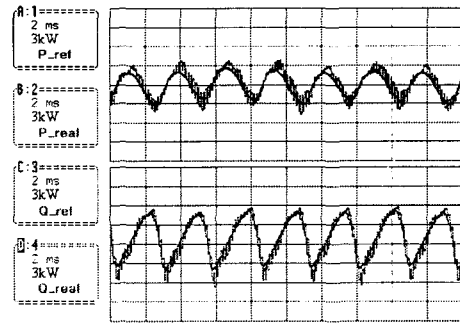
실험 회로정수		
전원 시뮬레이터		380[V], 60[Hz]
부하용량		순조류 20[kW]
		역조류 10[kW]
UPQC	직렬인버터 용량	15[kW]
	병렬인버터 용량	30[kW]
	직류커패시터	3300[μF]
분산전원용 디젤 발전기		380[V], 30[kW]
분산전원 결합용 변압기 권수비		380V : 530V

5.1 순조류 운전제어

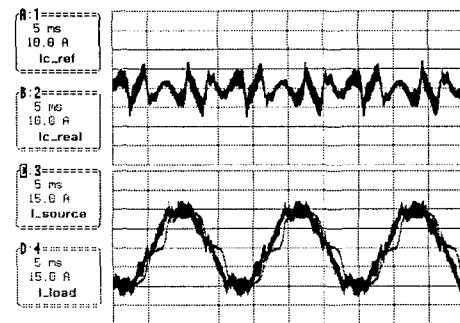
그림 11(a)는 순시전력이론을 바탕으로 연산된 선로의 순시유효전력과 순시무효전력의 기준값과 실제 추종값을 보여 주고 있으며, 그림 11(b)는 병렬인버터 출력전류와 전원전류, 부하전류파형을 보여준다.

그림 12는 순조류 운전모드에서 순간전압강하 발생에 따른 보상결과를 보여준다. 전원의 사고조건은 시뮬레이션과 동일하게 하였으며, 그림 12(a)는 사고구간에서의 전원전압과 보상된 부하전압을 보여준다. 그림 12(b)는 순조류 운전 에 따른 사고구간에서의 유효전력변환 관계를 보여준다. 시뮬레이션에서와 같이 순간전압강하 발생구간에서 전원의 유효전력은(P_{source})은 감소하게 되고, 이에 대한 보상을 위해 직렬인버터의 유효전력(P_{series})가 선로에 투입되어 부하의 유효전력(P_{load})은 일정하게 유지되는 것을 확인할 수 있다.

그림 13은 순간정전 발생에 따른 보상결과를 보여준다. 순간정전사고는 전원시뮬레이터의 출력을 2[sec] 동안 영전압 출력을 발생하는 것으로 하여 실험을 하였다. 그림 13(a)는 순간정전 구간에서의 전원전압과 전류 그리고 보상된 부하전압과 전류파형을 보여준다. 그림 13(b)는 순간정전구간에서의 유효전력변화를 보여준다. 전원과 같이 10kW의 출력을 부하에 공급하던 병렬인버터는 사고구간에서 독립운전모드로 전환하여 20kW의 전력(P_{shunt})을 공급하게 되며, 순간정전 복구 시 다시 연계운전모드로 동작함을 알 수 있다. 그림 13(c)는 이 때 분산전원의 출력전압과 출력전류를 보여준다. 순간정전 구간에서 전류가 증가함을 볼 수 있다.

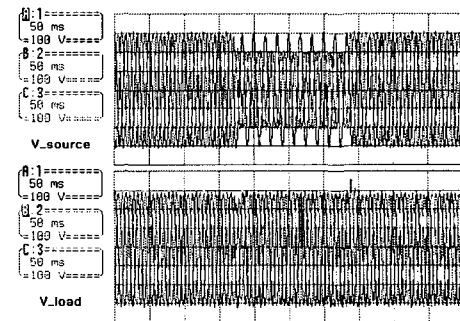


(a) 순시유효전력과 순시무효전력

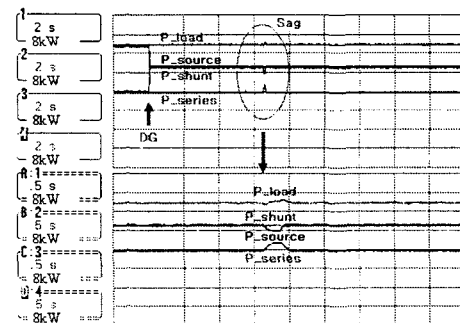


(b) 인버터출력전류, 전원전류, 부하전류
그림 11. 전류고조파 보상

Fig. 11. Harmonic current compensation



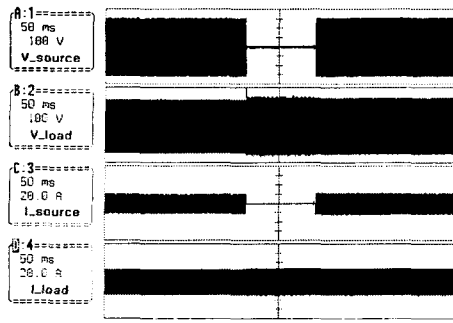
(a) 전원전압과 부하전압



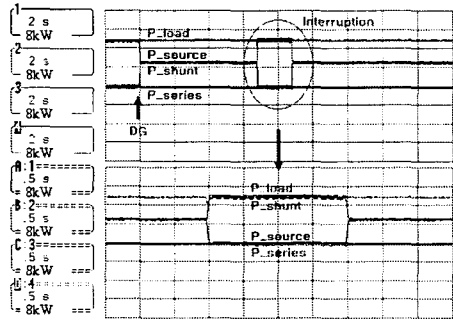
(b) 유효전력

그림 12. 순간전압강하 보상

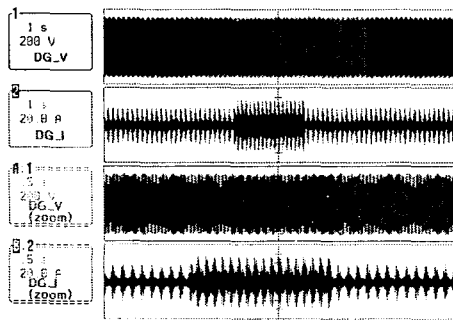
Fig. 12. Voltage sag compensation



(a) 전원 · 부하전압과 전원 · 부하전류



(b) 유효전력



(c) 분산전원 출력전압과 출력전류

그림 13. 순간정전 보상

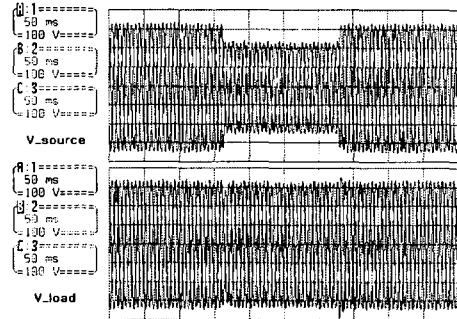
Fig. 13. Voltage interruption compensation

5.2 역조류 운전제어

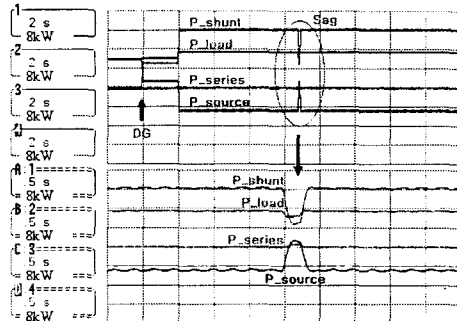
그림 14는 역조류 운전모드에서의 선로의 순간전압강하에 따른 보상결과를 보여준다. 순간전압강하는 시뮬레이션과 동일한 각상 30% 전압강하로 하였으며, 그림 14(a)는 이에 따른 전원전압과 보상된 부하전압을 보여준다. 그림 14(b)는 순간전압강하 구간에서의 전력변환관계를 보여준다. 사고구간에서 병렬인버터는 20kW의 출력제어를 중단한 후 10kW의 유효전력(P_shunt)을 부하에 공급하게 된다.

그림 15는 선로의 순간정전에 대한 보상결과를 보여준다. 순간정전 사고는 순조류의 경우와 동일한 전원시뮬레이터의 출력을 2[sec] 동안 영전압 출력을 발생하는 것으로 하여 실험을 실시하였다. 그림 15(a)는 순간정전 구간에서의 전원전압과 전류 그리고 보상된 부하전압과 전류파형을 보여준다. 그림 15(b)는 순간정전구간에서의 유효전력변화를 보여준다. 20kW의 출력을 발생하던 병렬인버터는 사고구간에서 10kW의 출력(P_shunt)만 발생하여 부하에 공급하게 되고 사고복

구 시 다시 20kW의 출력을 발생한다. 그림 15(c)는 분산전원의 출력전압과 출력전류를 보여준다. 순간정전 구간에서 전류가 감소함을 볼 수 있다.



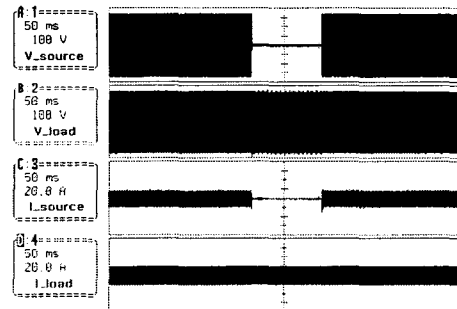
(a) 전원저압과 부하전압



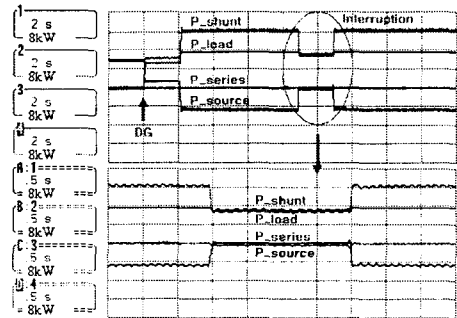
(b) 유효전력

그림 14. 순간전압강하 보상

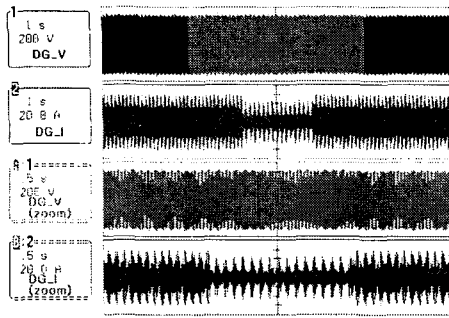
Fig. 14. Voltage sag compensation



(a) 전원 · 부하전압과 전원 · 부하전류



(b) 유효전력



(c) 분산전원 출력전압과 출력전류
 그림 15. 순간정전 보상
 Fig. 15. Voltage interruption compensation

6. 결 론

본 논문에서는 배전선로에서 발생할 수 있는 각종 외란에 대해 연속적으로 보상 가능한 UPQC와 향후 배전선로의 소규모 발전시스템으로 각광받고 있는 분산전원을 결합한 새로운 전력품질 향상 시스템을 제안하고 그 동작원리와 제어 방식을 이론적으로 분석하였다.

제안된 시스템은 외란으로부터 선로의 전력품질 향상은 물론 선로와의 연계운전을 통해 선로의 전력조류제어를 자유자재로 수행할 수 있다. 이를 검증하기 위해 본 논문에서는 PSCAD/EMTDC 시뮬레이션을 이용한 성능 분석 및 20kW 용량의 하드웨어를 직접 제작·실험하여 이론적 타당성을 뒷받침하였다.

본 논문에서 제안한 시스템의 시뮬레이션 모델과 하드웨어 모델은 향후 선로적용을 위한 실 시스템 설계 시 중요한 자료로 사용될 수 있으리라 사료되며, 전력품질향상 기기로서의 역할을 충분히 소화해 낼 것으로 기대된다.

감사의 글

본 연구는 기초전력연구소 전략과제(과제관리번호 : 00-전-01) 연구비로 수행된 과제입니다.

참 고 문 헌

[1] N. G. Hingorani, "Introducing Custom Power," IEEE Spectrum, June 1995, pp. 41-48.
 [2] 김태웅, 김재연, "분산전원이 도입된 배전계통의 전압해석 방법에 관한 연구", 대한전기학회 논문지, 제52권, 제2호, pp.69-78, 2003. 2.

[3] Daly. P. A, Morrison. J, "Understanding the potential benefits of distributed generation on power delivery systems", Rural Electric Power Conference, 2001, 29 April-1 May 2001. pp.A2/1-A2/13.
 [4] Liang. J, Green. T. C, Weiss. G, Zhong. Q. C, "Evaluation of repetitive control for power improvement of distributed generation", Power Electronics Specialists Conference, 2002. pesc 02. 2002 IEEE 33rd Annual, Vol 4, 23-27 June 2002. pp. 1803-1808
 [5] Prodanovic. M, Green. T. C, "Control and filter design of three-phase inverters for high power quality grid connection", IEEE Trans. on Power Delivery, Vol. 18, No. 1, Jan 2003, pp. 373-380.
 [6] H. Akagi, H. Fujita, "A New Power Line Conditional for Harmonic Compensation in Power Systems," IEEE Trans. Power Delivery, vol. 10, no. 3, July 1995, pp. 1570-1575.
 [7] Mauricio Aredes, etc. "A Combined Series and Shunt Active Power Filter", IEEE/KTH Stockholm Power Tech Conference, Stockholm. Sweden, June 1995, pp. 18-22.
 [8] Yunping Chen, Xiaoming Zha and Jin Wang, etc. "Unified Power Quality Conditioner(UPQC): The Theory, Modeling and Application", Power System Technology, 2000 proceedings. Power Con 2000. International Conference on, vol. 3, pp. 1329-1333, 2000.
 [9] F. Z. Peng, J. W. McKeever, D. J. Adams, "A power line conditioner using cascade multilevel inverters for distribution systems", IEEE Trans. on Industry Applications, Vol. 34, No.6, Nov/Dec 1998, pp. 1293-1298.
 [10] H. Fujita, H. Akagi, "The unified power quality conditioner: the integration of series and shunt active filters", IEEE Trans. Power Delivery, Vol. 13, No.2, Mar 1998, pp.315-322.
 [11] M. Aredes, K. Heumann, E. H. Watanabe, "An universal active power line conditioner", IEEE Trans. on Power Delivery, Vol. 13, No.2, Apr 1998, pp.545-551.
 [12] 김희중, 배병열, 한병문, 설승기, 조보형, "순간정전에 대한 보상능력을 갖는 UPQC의 성능해석", 대한전기학회 논문지, 제52권, 제5호, pp.279-286, 2003. 5.

저 자 소 개



김희중 (金羲重)

1970년 9월 10일생. 1997년 명지대 전기공학과 졸업. 1999년 명지대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2004년 동 대학원 전기공학과 졸업(공박). 현재 (주)LG산전 중앙연구소 전력전자연구단 선임연구원

E-mail : hjkim3@lgis.com



배병열 (裴炳烈)

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

E-mail : ghostial@mju.ac.kr



한병문 (韓炳文)

1953년 7월 5일생. 1976년 서울대 전기공학과 졸업. 1988년 미 아리조나주립대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1992년 동 대학원 전기공학과 졸업(공박).

미 Westinghouse 중앙연구소 선임 연구원. 현재 명지대 전기공학과 교수.

E-mail : erichan@mju.ac.kr