

# 전압 보상 기능을 가진 UPQC 기반의 계통 연계형 인버터

최준수, 송인종, 최재호  
충북대학교

## Grid-Connected Inverters with Voltage Compensation based on UPQC

Junsoo Choi, Injong Song, Jaeho Choi  
Chungbuk National University

### ABSTRACT

본 논문은 계통과 연계하여 운전하거나 계통사고시나 의도적인 단독 운전이 필요한 경우 계통과 분리하여 운전하기 위한 UPQC(Unified Power Quality Conditioner)를 기반으로 하는 인버터를 제안한다. UPQC 기반의 인버터는 계통 연계시에 과전압, 저전압 등의 계통 전압의 변동이 발생했을 시 이를 보상하여 부하에 전달되는 전력의 품질을 유지 할수 있다. UPQC의 개념에 대하여 설명하고, 계통 연계시의 전압 보상, 단독 운전시의 시퀀스에 대하여 설명하고, 이를 시뮬레이션을 통해 검증한다.

### 1. 서 론

화석 연료의 사용은 현대 사회의 문명을 발전시키는데 큰 기여를 하였지만, 이 화석 연료의 사용함에 따라 발생하는 탄소에 의한 지구 온난화 등의 여러 환경 문제는 지구의 환경에 큰 위협이 되고 있다. 그 뿐만 아니라 화석 연료는 무제한적인 자원이 아니기 때문에 매장된 석유, 석탄, 천연가스와 같은 자원들의 고갈되고 있는 실정이다. 이 때문에 화석 연료를 대체할 대체 에너지를 확보해야만 하는 상황에 이르렀다. 화석 연료의 대체 에너지원으로써 환경 오염에 끼치는 영향이 매우 적고, 기존 화력 발전과 같은 중앙 발전 시스템과는 다르게 중앙 발전이 아닌 지역적으로 발전이 가능한 분산 발전이 각광받았고, 이에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다.

태양광, 풍력 지열, 수력등을 이용하여 발전하는 분산 발전은 지역적으로 분포할 수 있다는 장점이 있지만, 만약 분산 발전과 계통을 함께 사용하는 상황이라면, 계통과 분산 발전을 이어주는 다리의 역할을 하는 전력 변환 장치가 필요하게 된다.

본 논문에서는 분산 발전원과 계통을 함께 연계하여 사용하였을 때 분산 발전원에서 발전한 전력을 계통과 부하에 공급할 수 있도록 하고, 계통 사고로 인해 계통에서 공급하는 전압에 변동이 생겼을 때 이를 보상하는 기능을 하며, 만약 단독 운전이 필요한 경우 계통과 분리하고 단독 운전 모드로 동작하는 인버터 시스템을 제안한다. 이 시스템은 PSIM 시뮬레이션을 이용하여 이 시스템의 타당성을 검증하였다.

### 2. UPQC(Unified Power Quality Conditioner) 시스템

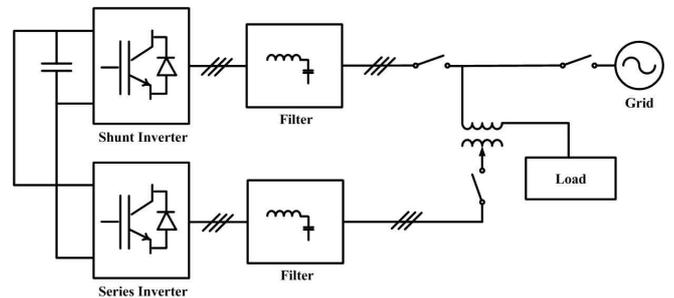


그림 1 UPQC 시스템의 구조.  
Fig. 1 Configuration of UPQC system.

#### 2.1 UPQC의 구조

UPQC는 직렬 연결 인버터와 병렬 연결 인버터가 결합된 형태이다. 이 두 인버터는 DC 링크 커패시터를 통해 Back-to-Back 구조로 연결 되어 있다. UPQC의 구조는 사용자의 의도에따라 유연하게 변경 가능하나, 각각의 인버터는 계통, 부하로의 전력 공급과 전압의 보상의 기능을 수행한다. 본 논문에서 제안하는 인버터는 병렬 연결의 인버터는 계통 연계나 단독 운전시에 계통과 부하에 전력을 공급하는 역할을 하며, 직렬 연결 인버터는 전압 보상의 기능을 한다. 그림 1은 본 논문에서 사용 하는 UPQC 시스템의 구조를 나타낸다.

#### 2.2 Shunt 인버터의 제어기

UPQC의 Shunt 인버터는 계통 연계 모드에서 출력 전류 지령치를 입력으로 받아 간접 전류 제어를 통해 인버터가 동작된다. 계통 연계 모드시에는 계통에 의해 전압이 고정되므로 인버터는 전류 제어하여 인버터에서 공급하는 전력이 안정될 수 있도록 한다. 본 논문에서는 단일루프 전류제어가 아닌 계통 출력 전류를 이용하여 제어를 하는 3중 루프의 간접 전류 제어를 사용한다.

계통에 이상이 발생하거나 의도적으로 단독 운전이 필요한 경우 부하와 인버터는 계통과 분리하여 운전하게 된다. 이 때 계통에 의해서 전압이 고정되지 못하므로 인버터의 제어기는 전류제어로 전환될 필요가 있다. 제안하는 인버터 제어기는 3중 루프중 내부의 2중 루프가 전압 제어기에 해당한다. 그래서

모드가 절환 될 때 제어기의 교체가 아니라 외부 루프의 전류 제어를 제외한 내부 2중 루프의 전압제어기로 바뀌게 된다. 이 덕분에 제어기 교체로 인한 과도현상을 경감 시킬수 있는 장점이 있다. 그림 2는 Shunt 인버터의 회로도와 제어의 블록도를 보여주고 있으며 블록도는 계통 연계시의 제어기를 보여주고 있고 단독 운전으로 모드 절환시 전류 제어만 생략되어 제어기를 동작하게 된다. 이때 제어기는 비례 공진(Proportional Resonant) 제어기와 비례(Proportional) 제어기를 사용하여 구성하였다.

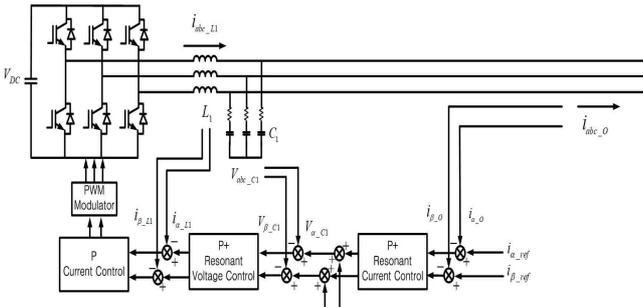


그림 2 Shunt 인버터의 제어기와 구조.  
Fig. 2 Configuration and Controller of Shunt Inverter.

### 2.3 Series 인버터의 제어기

Series 인버터는 계통 연계 모드에서 계통의 전압의 변동이 발생하였을 때 이 전압 변동을 보상하는 역할을 한다. 이 Series 인버터는 계통 연계시에만 동작하며 단독 운전으로 모드 절환시 Off 상태가 된다. Series 인버터의 제어기는 비례 공진 제어기와 비례 제어기로 구성된 2중 루프로 이루어져 있으며, 각각 내부 전류 제어 루프와 전압 제어 루프로 나누어진다. 그림 3은 Series 인버터의 회로도와 제어기의 블록도를 보여주고 있다.

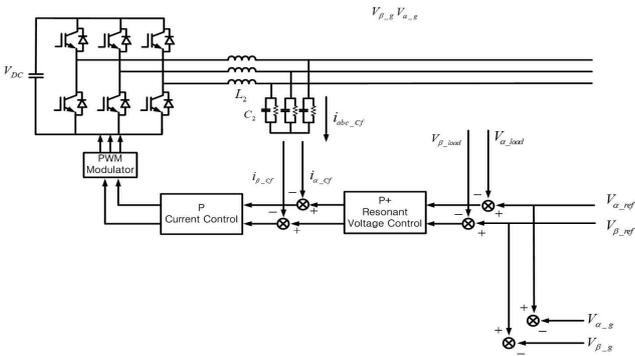


그림 3 Series 인버터의 제어기와 구조.  
Fig. 3 Configuration and Controller of Series Inverter.

### 3. 시뮬레이션

시뮬레이션은 2가지의 상황을 나누어 진행하였다. 계통에 20%의 전압강하가 발생하여 단독 운전으로 절환되는 경우와 이 반대의 경우를 시뮬레이션 하였다. 2가지 상황 모두 0~2초 동안 계통 연계 모드로 동작하고, 2~3초에서 단독 운전 모드로 동작한다. 계통 연계 모드 도중 1~2초에서 계통 전압의 강하 혹은 상승이 발생하여 이를 Series 인버터가 보상해준다.

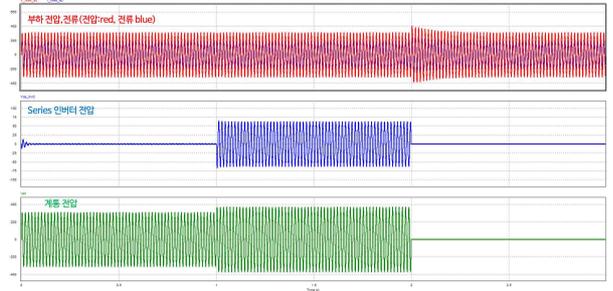


그림 4 과전압 시의 시뮬레이션.  
(위: 부하 전압, 전류; 중간: Series 인버터 전압, 아래: 계통 전압).

Fig. 2 Simulation result of Overvoltage Case.  
(Top : Load Voltage, Current, Middle : Series inverter Voltage, Bottom : Grid Voltage)

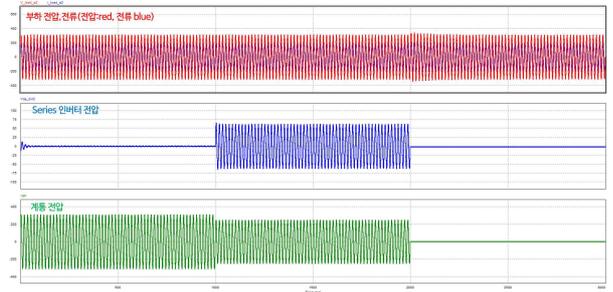


그림 5 저전압 시의 시뮬레이션(위: 부하 전압, 전류; 중간: Series 인버터 전압, 아래: 계통 전압).

Fig. 5 Simulation result of Undervoltage Case.  
(Top : Load Voltage, Current, Middle : Series inverter Voltage, Bottom : Grid Voltage)

### 3. 결론

본 논문에서는 PR 제어기를 적용한 UPQC 시스템이 계통 연계 모드시에 계통 전압이 정격 전압에서 벗어났을 때 이를 보상해주는 동작과 일반적인 상황의 계통 연계 모드에서 동작과, 단독 운전 모드시 인버터 동작에 대하여 시뮬레이션을 통하여 확인 하였다.

### 참고 문헌

[1] Simatupang, D.P.; Jaeho Choi, "Integrated Photovoltaic Inverters Based on Unified Power Quality Conditioner with Voltage Compensation for Submarine Distribution System", Energies, Vol. 11, pp. 2927, 2018, Oct.  
[2] Arindam Ghosh, Gerard Ledwich, Power Quality Enhancement Using Custom Devices Electrical Engineering, Springer US 2002.