

# 10kW급 3상 새그전압 보상기 구현 및 실험

채승우, 차한주  
충남대학교

## Implementation and Experiment of 10kW 3-phase sag voltage compensator

Seungwoo Chae, Hanju Cha  
Chungnam National University

### ABSTRACT

본 논문에서는 10kW급 3상 새그전압 보상기를 구현함에 있어 필요한 알고리즘인 새그 검출기법, 양방향 싸이리스터를 통한 계통 차단, RMS 출력전압 제어기법을 논의한다. 시작품을 제작하여 실험을 거쳐 타당성 및 안정성을 검증하였다.

### 1. 서론

최근 들어 고도 정보화 사회를 맞이하여 컴퓨터 및 정밀기기 등의 수요가 증가함에 따라 모든 전자장비의 시스템 운영에 일치하는 양질의 전력을 공급할 수 있어야 한다. 계통 사고나 새그 발생 시 중요부하에 막대한 악영향을 초래하며, 실제적인 예로 구미 공단의 반도체 공정과정 중에 발생한 계통 전력의 새그 현상으로 매년 수백억의 손실이 조사되고 있다. 계통 사고나 새그 시 예도 빠른 검출을 하여 부하에 안정된 전원을 공급할 수 있는 수단이 요구되며 불안정한 전력으로부터 중요부하의 보호가 요구 된다. 본 연구에서는 사고나 새그 현상을 빠르게 검출하여 중요부하를 계통으로 분리시키고 중요부하에 안정적인 전력을 공급할 수 있는 3상 새그 전압 보상기를 개발하였고 시작품 제작과 실험을 통해 안정성을 확인 하였다[1].

## 2. 3상 새그전압 보상기

### 1.1 3상 새그 전압 보상기의 구조

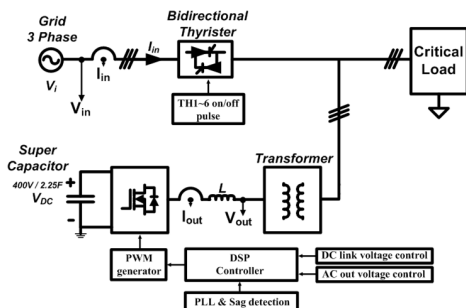


그림 1 3상 새그 전압 보상기 구성도

구성 요소를 살펴보면 그림 1와 같이 3상 계통 전압, 양방향 싸이리스터, 변압기, DC/AC 인버터, 슈퍼커패시터와 제어기로

구성되어 있다. 제어기 구성을 살펴보면 새그전압 검출기, DC 링크 제어기와 출력 전압 제어기가 있다.

### 1.2 슈퍼커패시터 뱅크 설계

슈퍼커패시터는 8%의 여유를 고려하여 정격전압을 2.5V로 사용하였으며, 최소 동작전압은 60%인 1.5V로 선정하였다. 따라서 슈퍼커패시터 뱅크의 운전 영역은 최소 240V에서 400V까지 운전하고 160개를 직렬 연결하여 제작하였다. 슈퍼커패시터의 저장용량은 115kJ이며 10kW부하 보상 시 11.5초간 보상 가능하다.



그림 2 (a) NESSCAP사의 3.6F 2.7V 슈퍼커패시터  
(b) 20EA 직렬 커패시터뱅크 모듈

### 1.3 새그전압 검출 기법

중요부하를 보호하기 위해 보상기는 빠른 새그 전압 검출이 필수적이다. 기존의 전 대역 필터를 보완하여 전 위상에서 빠르게 피크 전압 검출이 가능한 MAPF(Modified all-pass filter)를 적용하였다[2].

$$\Delta V_{ds} = V_{ds}(k) - V_{ds}(k-1) = \cos\theta \quad (1)$$

$$\Delta V_{qs} = V_{qs}(k) - V_{qs}(k-1) = \sin\theta \quad (2)$$

$$\Delta V_S = \sqrt{\Delta V_{ds}^2 + \Delta V_{qs}^2} \quad (3)$$

$$V_{qs}(k) = -cV_{qs}(k-1) + cV_{ds}(k-1) + V_{ds}(k-1) \quad (4)$$

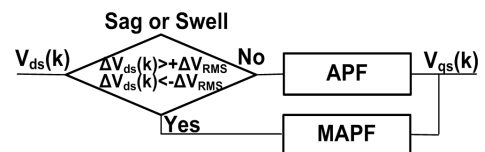


그림 3 수정된 전 대역 필터 동작 블록다이어그램

### 1.4 출력전압 제어기법

최초 새그 발생 시 인버터는 시스템의 소손을 방지하기 위해

싸이리스터 오프 동작을 수행하며 전류 극성에 따른 최대 출력 전압으로 수식(5)와 같은 시간동안 수행한다.

$$t_{comp} = \frac{i_L \times L}{(V_{inv} - V_{grid})} \quad (5)$$

정상시 계통 전력과 동일한 크기와 주파수의 전압을 출력한다. RMS 출력전압 제어기는 그림 5와 같다.

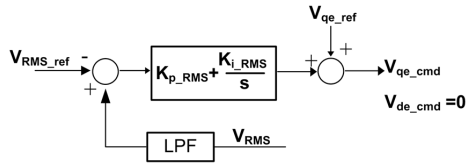


그림 4 RMS 출력 전압 제어기 블록도

### 1.5 실험

제안한 알고리즘을 검증하기 위하여 그림 5와 같이 시작품 제작을 통해 실험하였다.

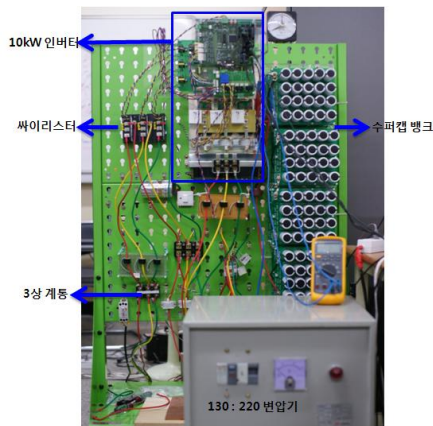


그림 5 3상 새그 전압 보상기 시작품 제작

실험 조건은 표 1와 같다.

표 1 실험 환경 파라미터

구분	파라미터
정격 전압	3Φ 220V
정격 용량	10kW
DC 커패시터	2.25F
변압기	10kVA 220V:130V
변압기 누설 인덕턴스	500μH
스위칭 주파수	10kHz
부하 조건	1.5kW

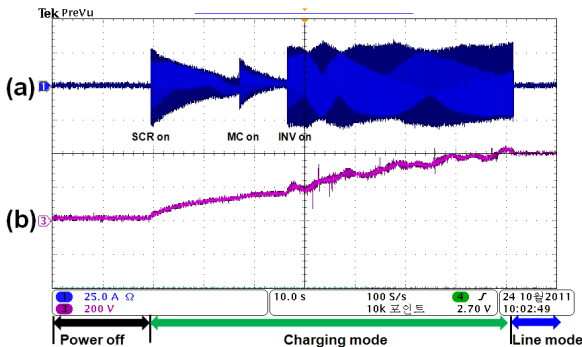


그림 6 슈퍼커패시터 충전 실험  
(a) 인버터 상전류 (b) 슈퍼커패시터 전압

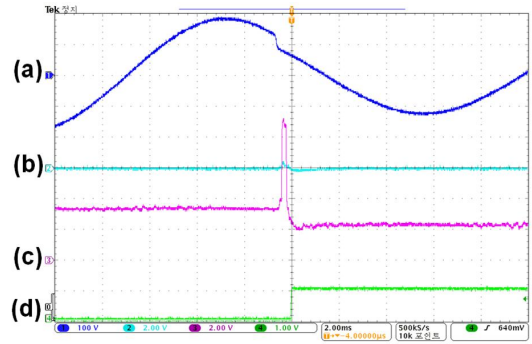


그림 7 30% 새그전압 발생 시 검출 실험, 위상135°  
(a)계통 상전압 (b)Vdc (c) Vqe (d) 새그 검출신호

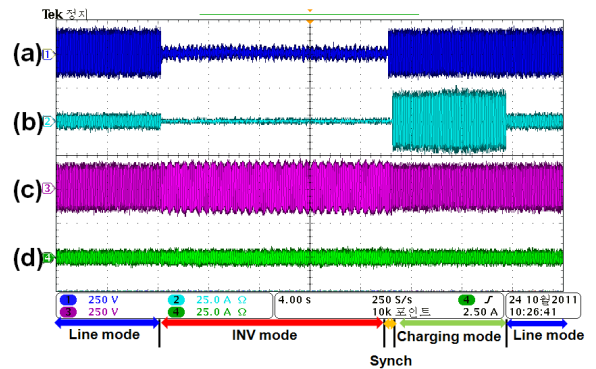


그림 8 계통 순간정전 발생 시 보상 실험 (a) 계통 상전압  
(b) 계통 상전류 (c) 부하 상전압 (d) 부하 상전류

### 3. 결론

본 논문에서는 10kW급 새그 전압 보상기를 설계하는데 있어 필요한 알고리즘인 슈퍼커패시터 설계, 새그전압 검출 기법, 출력전압 제어기법에 대하여 논의하였다. 10kW 프로토타입을 제작하여 실험을 통해 논의한 알고리즘의 타당성을 검증하였다. 보상기의 초기 충전 실험, 순간정전 시 검출, 보상기 동작, 계통 연결모드로 복귀 동작 등의 실험을 통해 계통 전압의 새그 발생시 정밀 부하에 안정적인 전력 공급이 이루어짐을 확인하였다.

### 참고 문헌

- [1] N. Woodley, L. Morgan, A. Sundaram, "Experience with an inverter-based dynamic voltage restorer," IEEE Trans. on Power Delivery, Vol.14, No.3, pp.1181-1186, Jul. 1999.
- [2] H. Cha, S. Lee, T. Vu "A new fast peak detector for single or three-phase unsymmetrical voltage sags", Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE), 12-16 Sept. 2010, pp.434 - 440.