

# 계통 연계형 PCS의 전류모드와 전압모드 전환제어

정재현, 손예, 노의철, 김인동, 김홍근\*, 전태원\*\*  
부경대학교, 경북대학교\*, 울산대학교\*\*

## Seamless Transfer Control of Grid-Connected Type PCS between Current and Voltage Modes

J.H. Jung, R. Sun, E.C. Nho, I.D. Kim, H.G. Kim\*, T.W. Chun\*\*  
Pukyong National Univ., Kyungpook National Univ.\*, Univ. of Ulsan\*\*

### ABSTRACT

This paper describes a new method for the seamless operation mode transfer of a PCS. The proposed method provides reduced STS turn off time after line fault and smooth mode change between current and voltage control of the PCS. The usefulness of the method is verified through simulations.

### 1. 서론

계통 연계형 분산전원 시스템 또는 마이크로그리드를 형성하는 분산 전원들과 에너지 저장장치는 전원의 성격에 따라 전류원으로 혹은 전압원으로 동작하거나 아니면 두 개의 동작모드를 모두 갖는 것으로 분류된다. 본 논문에서는 계통연계시에는 전류제어 모드로 동작하고 고립운전시에는 전압제어 모드로 동작하는 PCS에 대해 다루고자 한다. STS를 포함하는 분산전원 또는 마이크로그리드의 동작 중 계통측 사고가 발생하면 우선적으로 STS를 턴오프 하는데 SCR 사이리스터의 특성상 사고 발생 시각부터 계통 주파수의 수 사이클 동안 수~수십 배의 고장전류가 흐르게 되며 이로 인하여 그리드 내의 부하 전압에도 외란이 발생하게 된다. 이를 해결하기 위하여 계통의 사고 발생시 STS에 흐르는 전류가 빠르게 영 전류가 되도록 하기 위하여 PCS의 발생 전압의 위상이나 크기 혹은 주파수를 조절하는 방법이 제안되었다.<sup>[1~2]</sup>

본 논문에서는 계통과 PCS 사이에 구성된 LCL 필터를 이용하여 STS에 흐르는 전류를 신속히 영 전류가 되도록 하는 방법을 제안하였다. 또한 전류모드와 전압모드의 전환 시점을 조절하여 모드 전환이 보다 원활히 이루어지도록 하였다. 계통의 순간 정전 시뮬레이션을 통하여 제안하는 방법의 타당성을 입증하였다.

### 2. 계통 연계형 PCS의 모드 전환 방법

#### 2.1 계통 연계형 PCS의 모드 전환

일반적인 계통 연계형 PCS의 모드 전환은 계통의 사고 직후 바로 이루어진다. 이처럼 PCS의 급격한 모드 전환은 사고 발생 시점에서 계통 전압 주파수를 기준으로 0.5~수 사이클 동안 STS에 흐르는 전류를 정상 전류의 수~수십 배로 증가시키는데, 이로 인하여 계통의 사고 전압이 PCS의 부하전압에

영향을 미쳐 PCS의 전압모드 출력제어가 불안정해 진다.

#### 2.2 제안하는 모드 전환 방법

본 논문에서는 계통의 사고 발생 시 LCL 필터의 계통과 부하 측의 LC 공진을 이용하여 STS에 흐르는 전류를 단시간 내에 영 전류로 만들어서 STS의 턴오프 소요시간을 최소화 하는 기법을 제안한다. 따라서 PCS의 제어가 불안정한 구간을 단축하여 모드전환이 순조롭게 이루어지도록 한다.

모드 전환 단계는 다음과 같다. 정상 상태에서는 부하의 유무효 전력을 검출한 뒤 PCS에서 공급하는 유무효 전력을 동일한 비율이 되도록 하여 부하전력을 공급하며 PCS를 운전한다. 계통에서 사고 발생시 사고 발생 순간의 부하 전류 값을 PCS에 유무효 전력 명령치로 인가한다. 부하전압이 정상 운전시의 전압과 같아지면 PCS가 전압모드 즉, 독립운전 모드로의 전환이 완료 된다.

### 3. 시뮬레이션 결과

#### 3.1 시뮬레이션 회로도 및 시뮬레이션 파라미터

그림 1은 본 논문에서 다루고자 하는 계통 연계형 PCS의 시스템 구성도이다. 계통과 관련된 변수는 첨자 as-cs로 표시하였으며 PCS 전원과 관련된 변수는 첨자 ad-cd로 표시하였다. 부하와 관련된 변수는 첨자 aL-cL로 표시하였으며 시뮬레이션 결과 파형의 전류 방향은 화살표의 방향을 기준으로 나타내었다.

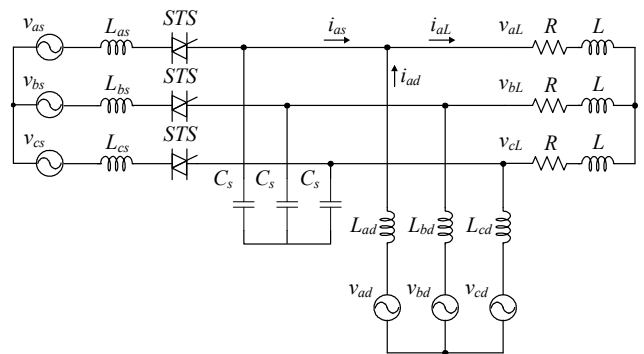


그림 1 시뮬레이션 회로도  
Fig. 1 Simulation circuit diagram

표 1에 시뮬레이션에 사용된 소자의 값을 나타내었다. 그림 1에 표시된 첨자에서 상 관련 첨자 a, b, c는 나타내지 않았다.

표 1 시뮬레이션 파라미터  
Table 1 Simulation parameter

| 파라미터 | 값                 |
|------|-------------------|
| Vs   | 127 [Vrms]        |
| Ls   | 100 [uH]          |
| Cs   | 20 [uF]           |
| Ld   | 800 [uH]          |
| R    | 4.84 [ $\Omega$ ] |
| L    | 6.76 [mH]         |

### 3.2 시뮬레이션 결과 파형

제한한 모드 전환 방법을 검증하기 위하여 계통 사고 시뮬레이션을 수행하였다. 그림 2는 사고 발생 전후의 계통측 전압 파형을 나타낸다. 54[mS]에 순간 정전이 발생하며 계통 사고 신호는 10[uS] 후에 STS에 인가된다고 가정하였다.

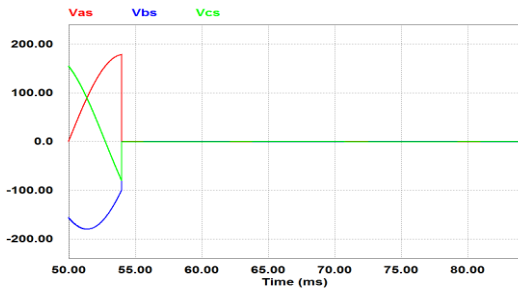


그림 2 사고 발생 전후의 계통의 전압 파형 (Vas-Vcs)  
Fig. 2 Line voltage waveform in case of line fault (Vas-Vcs)

그림 3에 LCL 필터의 전원측 인덕턴스에 흐르는 전류 파형을 나타내었다. 이 전류는 STS에 흐르는 전류와 같으며 그림에 나타난 것 같이 단시간에 영 전류가 되며 STS를 턴오프시킨다. 사고 발생 후 1[mS]내에 STS의 턴오프가 이루어짐을 확인하였다.

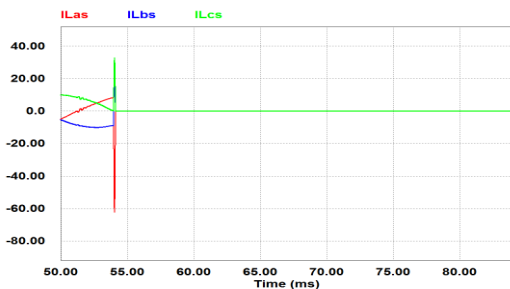


그림 3 사고 발생 전후의 STS의 전류 파형 (ILas-ILcs)  
Fig. 3 Current waveform of STS in case of line fault (ILas-ILcs)

정상 상태에서 사고 발생 후 전류모드와 전압모드 전환제어가 이루어진 단계에서 부하의 전압과 전류 파형을 그림 4에 나타내었다. 계통의 순간 정전으로 인하여 부하전압에 발생하는

전압 외란은 순간적으로 크게 나타나지만 STS의 턴오프가 단 시간에 발생하므로 1[mS]이내에 부하전압이 정상전압으로 복귀하는 것을 볼 수 있다. 이 때 부하에 흐르는 전류파형의 왜곡도 계통 사고 발생 시점에서만 발생하는 것을 알 수 있다. 전류 모드에서 전압모드로의 전환은 70[mS] 이내에 이루어짐을 확인하였다.

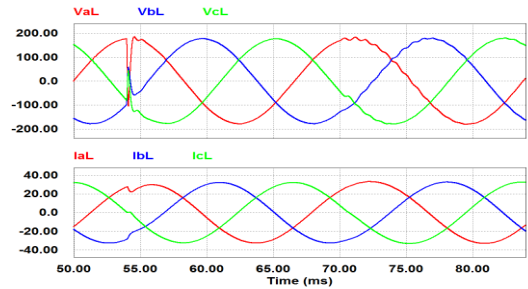


그림 4 부하의 전압과 전류 파형 (VaL-VcL, IaL-IcL)  
Fig. 4 Load voltage and current waveform (VaL-VcL, IaL-IcL)

## 4. 결론

본 논문은 계통 연계형 PCS의 전류모드와 전압모드 전환제어 방법에 관한 것이다. LCL 필터의 공진을 이용하여 계통 사고시 STS의 턴오프 동작을 단시간에 이루었으며, 전류모드를 이용하여 부하전압을 안정화 시킨 다음 전압모드로 전환하는 방법을 제시하였다. 계통의 순간 정전 시뮬레이션을 통하여 부하에 걸리는 전압 1[mS] 이내에 정상상태로 복귀하는 것을 확인하였으며 부하 전류의 왜곡이 적은 것을 확인하였다.

현재 널리 보급되고 있는 신재생에너지와 다양하게 연구되고 있는 마이크로그리드가 활성화됨에 따라 계통 연계형 PCS의 수요도 급증하고 있다. 본 논문에서 제안하는 계통 연계형 PCS의 전류모드와 전압모드의 전환제어 방법은 이러한 계통 연계형 PCS를 운전함에 있어 계통의 전력 품질 향상과 안정도 및 신뢰도를 높이는 데 기여할 것으로 기대된다.

본 연구는 2010년도 지식경제부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다.  
(No. 2007-P-EP-HM-04-0000)

## 참고 문헌

- [1] Shen Guoqiao, Xu Dehong, Yuan Xiaoming, "Voltage Phase Regulated Seamless Transfer Control Strategy for Utility-interconnected Fuel cell Inverters with an LCL-filter", Power Electronics Specialists Conference, pp. 1-6, 2006.
- [2] Li Hui, Wang Kaiyu, Zhang Da, Ren Wei, "Improved Performance and Control of Hybrid Cascaded H-bridge Inverter for Utility Interactive Renewable Energy Applications", Power Electronics Specialists Conference, pp. 2465-2471, 2007.