

끊김없는 모드 전환을 위한 계통연계형 3-레벨 NPC 인버터의 제어기법

오형민, 최세완, 김경환*
 서울과학기술대학교, *카코뉴에너지(주)

Control Method of Utility Interactive 3-Level Neutral-Point-Clamped Inverter for Seamless Mode Transfer

Hyeongmin Oh, Sewan Choi, Kyunghwan Kim*
 Seoul National University of Science and Technology, *KACO new energy Inc

ABSTRACT

분산발전 시스템에서 계통연계 인버터는 계통에 전력을 주입할 뿐만 아니라 중요부하에도 안정된 전력을 공급하는 역할을 한다. 하지만 기존의 계통연계시 전류제어모드로 동작하고 계통이상 발생시 전압제어로 전환되는 제어방법으로는 모드 전환시 과도상태가 발생하여 중요부하에 심각한 영향을 줄 수 있다. 본 논문에서는 모드 전환에 따른 과도상태를 최소화하기 위해 끊김없는 모드 전환을 위한 계통연계형 3 레벨 NPC 인버터의 제어기법을 제안한다.

1. 서 론

최근 연료전지, 풍력 등 수 MW급 이상의 대용량 발전시스템에서 고압으로 계통에 연계하여 효율을 높이기 위해서 NPC 인버터가 고려될 뿐만 아니라 수 kW급 또는 수백 kW급의 계통연계 인버터에서도 효율 향상 위해 NPC 인버터가 많이 채용되고 있다. 한편 계통연계형 분산전원 시스템은 계통전원 고장시에도 모드 전환을 통하여 중요 자체부하에 전력을 공급할 수 있는 기능 등이 필요하다. 기존의 제어방식은 전류에서 전압제어로 모드를 전환해야 하기 때문에 인버터전압에 과도상태가 발생하여 부하에 큰 영향을 미칠 수 있다.^[1] 따라서 모드 전환 시 인버터는 출력전압의 과도상태를 최소화하는 끊김없는 전환(Seamless Transfer)이 필요하다. 기존의 끊김없는 모드 전환 방법으로서 계통연계시 전류제어를 하면서 스위치의 상태를 피드백 받아 과도상태를 줄이는 방법^[2]이 제안되었는데 이 방법은 반주기 정도의 과도상태가 있으며 단독운전 검출 전에는 적용되지 않는다. 또한, SSR을 이용한 모드 전환시 계통측 L필터의 전압으로 스위치 전류를 급격히 감소시키는 방법^[3]은 인덕터가 매우 큰 단점이 있다. 또한, 이 방법은 SSR을 사용하는 경우에만 적용되고 단독운전 검출 전에는 보상하지 못한다. 최근 단독운전 시 뿐 아니라 계통연계 시에도 전압제어를 유지함으로써 단독운전 검출 후 뿐만 아니라 검출 전에도 과도상태 없이 모드 전환할 수 있는 제어기법^[4]이 제안된 바 있다.

본 논문에서는 전력 품질 향상과 고전압에서 스위치 정격의 감소를 위해 3 레벨 NPC 인버터를 채택한 계통연계시스템에서 단독운전 및 계통연계 시에 전압제어를 유지함으로써 과도상태 없이 모드 전환할 수 있는 끊김없는 모드 전환 기법을 제안한다.

2. 제안한 모드 전환 기법

그림 1은 계통연계 3 레벨 NPC 인버터의 구성도이며, 그림 2는 모드 전환 기법의 원리를 나타내는 벡터도이다. 인버터 출력전압 V_{Cf} 의 크기와 위상으로 L_g 전류를 간접적으로 제어하는데 그림 2로부터 인버터 출력전압 레퍼런스는 다음과 같다.

$$V_{Cf}^d * = |V_{Lg}| = I_{Lg}^q \times \omega L_g \quad (1)$$

$$V_{Cf}^q * = |V_g| \quad (2)$$

그림 4에 모드전환 알고리즘을 포함한 3 레벨 NPC 인버터의 계통연계 제어 블록도를 나타내는데 식(1), (2)의 전압 d, q 축 레퍼런스와 계통측 전류제어의 보상성분을 더해 최종 전압 레퍼런스를 얻는다. PWM 생성기로 그림 3과 같이 In Phase Disposition (IPD)방식을 구현하고 기준파에 3고조파를 주입(THIPWM)하여 DC링크 이용률을 높였다. NPC 인버터의 중성점 전압 불평형 보상을 위해 DC링크 캐패시터의 전압 차를 기준파에 읍셋으로 더해줌으로써 불평형 보상을 한다.

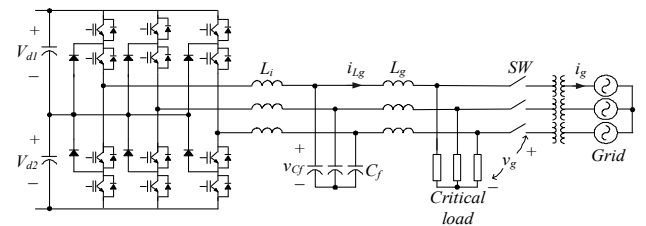


그림 1 독립부하를 갖는 계통연계 3-레벨 NPC 인버터 구성도

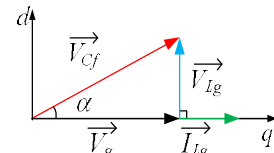


그림 2 제안하는 모드 전환 기법 벡터도

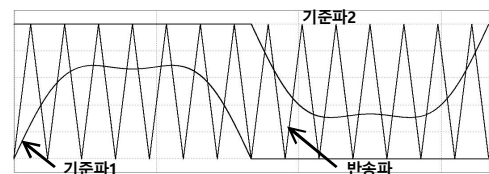


그림 3 IPD - THIPWM 파형

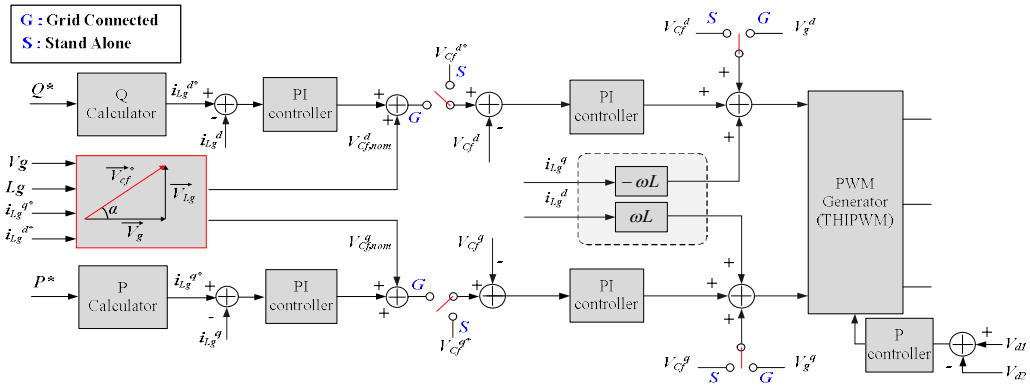


그림 4 제안하는 3-레벨 NPC 인버터 제어 알고리즘 블록도

3. 실험 결과

제안하는 모드전환 기법을 검증하기 위해 그림 5와 같이 1kW급 시작품을 제작하여 실험 하였다.

- P = 1 kW • $V_{LL} = 110$ V • $f_s = 10$ kHz
- L = 1.78 mH • C = 3 μ F • Lg = 3 mH

그림 6은 인버터 출력 상전압으로 3 레벨로 나오는 것을 확인할 수 있고 그림 7은 인버터 출력 전류와 계통 전류가 부하에 전류를 분담하여 공급하는 상황으로 인버터 출력전류의 THD는 약 2.1% 이다. 그림 8은 인버터가 모드 전환하는 상태를 나타내는데 계통에 이상 검출 후 뿐만 아니라 검출 전에도 과도상태 없이 모드 전환이 되고 있다.

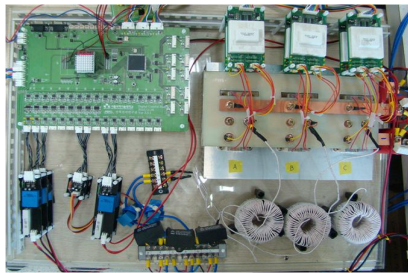


그림 5 3-레벨 NPC 인버터 시작품

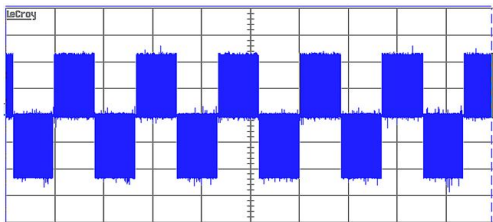


그림 6 3-레벨 NPC 인버터의 출력 상전압

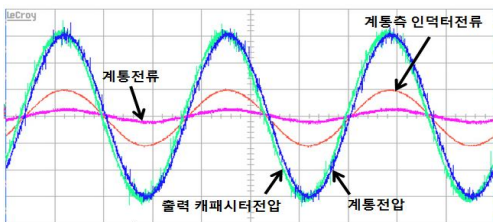


그림 7 3-레벨 NPC 인버터의 계통연계 실험파형

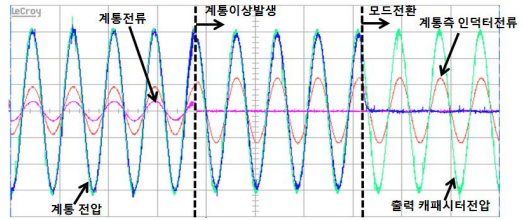


그림 8 계통이상 발생 시 모드 전환 실험파형

4. 결론

본 논문에서는 3 레벨 NPC 인버터를 채택한 분산전원용 계통연계 인버터의 계통연계 모드 전환 시 과도상태가 없는 모드 전환 기법을 제안하였다. 실험결과 약 2.1%의 전류 THD를 달성하였으며, 계통 이상 시 부하전압에 과도상태 없이 모드 전환됨을 실험으로 검증하였다.

이 논문은 카코뉴에너지(주)의 연구비 지원에 의하여 연구되었음

참고 문헌

- [1] Sunjae Yoon, Junbum Kwon, Junsung Park, Sewan Choi, "Indirect Current Control for Seamless Transfer of Three Phase Utility Interactive Inverters", IEEE Applied Power Electronics Conference, pp. 625-632, 2011
- [2] Tai Sik Hwang, Kwang Seob Kim, Byung Ki Kwon, "Control strategy of 600kW E BOP for molten carbonate fuel cell generation system", ICEMS 2008, pp. 2366-2371
- [3] Guoqiao Shen, Dehong Xu, Xiaoming Yuan, "Instantaneous Voltage Regulated Seamless Transfer Control Strategy for Utility interconnected Fuel cell Inverters with an LCL filter", IPEDMC 2006, pp. 1-5
- [4] 윤선재, 김형진, 오형민, 최세완 "계통연계형 연료전지 PCS의 Seamless Transfer를 위한 개선된 3상 간접전류제어 기법", 전력전자학회 2010년도 하계학술대회 논문집, pp. 202-203