

태양광 발전을 위한 NPC 인버터의 병렬운전

정상혁, 정아진, 김주하, 최세완, 김경환*
서울과학기술대학교, *카코뉴에너지(주)

Parallel Operation of NPC Inverters for Photovoltaic Generation

Sanghyuk Jung, Ahjin Jung, Jooha Kim, Sewan Choi, Kyunghwan Kim
Seoul National University of Science and Technology, *KACO new energy Inc

ABSTRACT

NPC 인버터는 기존의 2 레벨 인버터에 비해 전력의 품질 및 효율이 높으며 누설전류가 작은 장점을 갖는다. 또한 병렬 운전 인버터는 운영효율, 출력전력의 확장성, 보수의 편리성 등의 장점을 가지므로 병렬 NPC 인버터 구성은 대용량 태양광 발전시스템에 적합하다. 따라서 본 논문에서는 태양광 발전을 위한 NPC 인버터의 병렬운전 시스템을 제안하고 실험을 통해 본 논문의 타당성을 검증하였다.

1. 서론

최근 태양광, 연료전지 발전시스템 등 분산발전 시스템은 시스템의 단가와 효율을 고려하여 수백 kW에서 수 MW로 점점 대규모화 되는 추세이다. 3 레벨 NPC 인버터는 같은 용량의 2 레벨 인버터에 비하여 스위칭 손실이 적어 효율이 높고, 누설전류와 출력 THD가 낮아 우수한 전력품질을 가진다. 대용량 발전시스템을 다수의 병렬 인버터로 구성할 경우, 동작중인 인버터가 고장 나더라도 여분의 인버터로 시스템을 유지할 수 있으므로 안전성이 증가하고, 시스템 용량을 증대할 경우 추가 인버터만 연결하면 되므로 확장성도 우수하다. 또한, 같은 용량의 인버터들로 시스템을 구성할 수 있으므로 부품선정에 용이하고, 모듈화가 가능하므로 가격성도 우수하다.

따라서 본 논문에서는 대용량 태양광 발전시스템에 적합한 동기좌표계 3 레벨 NPC 인버터의 병렬운전 시스템을 제안하였고, 축소시작품의 실험을 통해 본 논문의 타당성을 검증하였다.

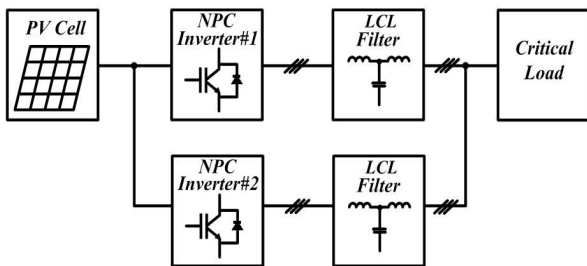


그림 1. 3-레벨 NPC 인버터 병렬연결 구성도

2. NPC 3-레벨 인버터 병렬운전 제어기법

NPC 인버터의 Continuous PWM방식은 대표적으로 IPD (In Phase Disposition), POD(Phase Opposite Disposition)방식의 SPWM, THIPWM과 SVPWM으로 나눌 수 있는데, IPD방식의 THIPWM 방식은 높은 DC링크 이용률과 스위칭에 필요한 연산량이 적은 장점을 가지고 있다. 그림 2는 THIPWM방식으로서 인버터의 PWM을 생성하는 파형으로 제안하는 3 레벨 NPC 인버터 병렬운전 시스템에 적용하였다.

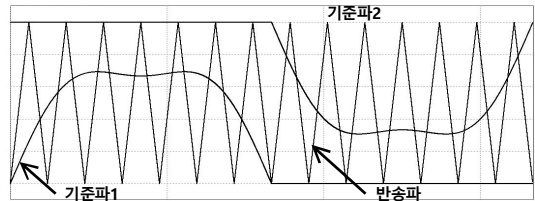


그림 2. IPD - THIPWM 파형

그림 3은 3 레벨 NPC 인버터 병렬운전 제어 블록도이다. 3 레벨 NPC 인버터는 DC링크 캐패시턴스의 차이, 3상의 불균형, 실제 스위칭 시간의 차이로 중성점 전압의 불평형이 발생하고, 이러한 불평형이 커질수록 스위칭 소자 등의 정격 초과나 출력 THD가 증가하여 시스템에 악영향을 끼친다. 따라서 중성점 전압이 항상 일정하도록 하기 위하여 상하측 PWM 레퍼런스 신호에 DC링크 전압차에 따라 옅트 전압을 더해주거나 빼서 상하측의 스위칭 도통시간을 조절함으로써 중성점 전압을 제어할 수 있다.^[1]

마스터 슬레이브 병렬제어 기법을 이용하여 마스터 인버터(INVERTER#1)은 전압제어, 슬레이브 인버터(INVERTER#2)는 인버터 출력전류를 제어한다. 마스터 인버터 출력전류는 동기좌표값으로 변환되어 슬레이브 인버터에 CAN통신을 이용하여 전송된다. 이는 정지좌표값으로 지령치를 전송할 경우 순서로 변하는 값이기 때문에 CAN통신의 통신지연 또는 일시적인 통신장애가 발생하면 시스템이 불안해 질수 있으나, 동기좌표값은 일반적으로 상수이므로 이 부분을 보완할 수 있다. 전송된 값은 슬레이브 인버터가 출력해야 하는 전류의 지령치가 되어 마스터 인버터의 출력전류와 같도록 제어하고, 슬레이브 인버터는 마스터 인버터와 동일한 레퍼런스 위상을 얻기 위하여 PLL을 수행한다.

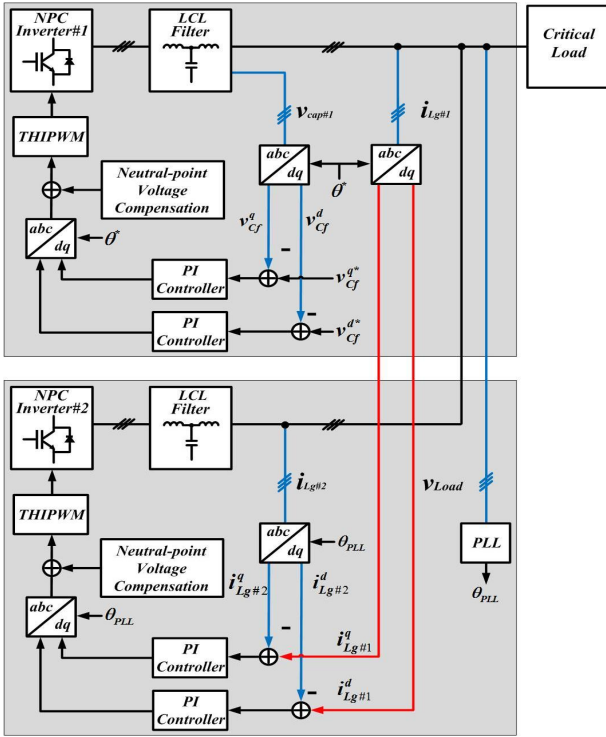


그림 3. 3-레벨 NPC 인버터 병렬제어 알고리즘 블록도

3. 실험 결과

제안한 동기좌표계 3 레벨 NPC 인버터 병렬운전 시스템의 타당성을 입증하기 위하여 시작품을 제작하여 실험을 진행하였으며, 다음은 실험에서 사용한 파라미터이다.

- $P_o = 4\text{kW}$
- $P_{inv} = 2\text{kW}$
- $f_{sw} = 10\text{kHz}$
- $V_{LL} = 220\text{V}$
- $V_{dc} = 450\text{V}$
- $f_l = 60\text{Hz}$
- $L_i = 2.2\text{mH}$
- $C_f = 5.8\mu\text{F}$
- $L_g = 1.4\text{mH}$

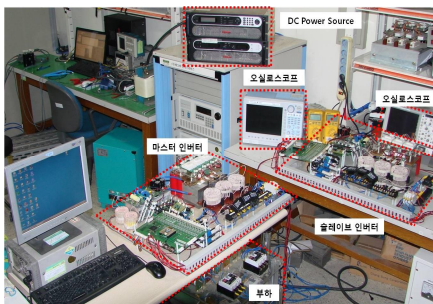


그림 4. 실험 환경

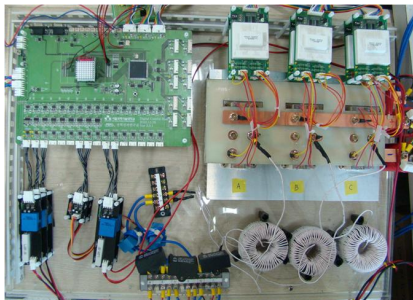


그림 5. 3-레벨 NPC 인버터 시작품

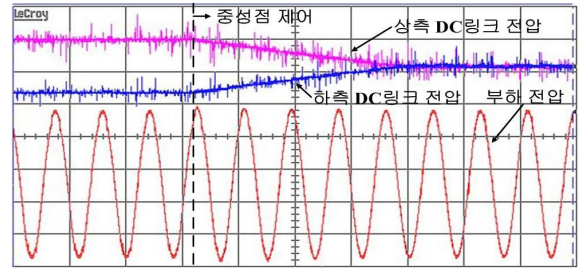


그림 6. DC링크 전압제어

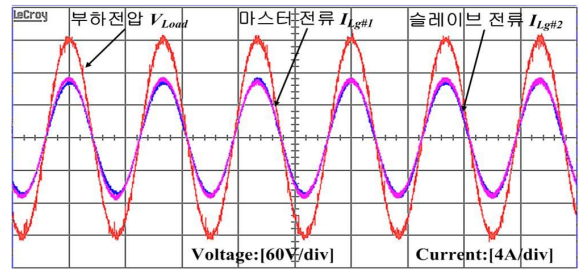


그림 7. 각 인버터 출력전류 ($i_{Lg\#1}$, $i_{Lg\#2}$)

그림 6은 임의로 DC링크 상하측 전압이 불평형 상태에서 중성점제어를 수행하여 상하측 DC링크 전압을 제어하는 파형이다. 그림 7은 병렬로 연결된 각 인버터에서 부하로 출력하는 전류(i_{Lg1} , i_{Lg2})의 파형으로서 두 인버터에서는 각각 2kW씩 부하에 전력을 공급하는 상황이다. 출력파형에서 보듯이 출력하는 전류의 크기와 위상이 일치하여 순환전류 없이 부하에 분담하는 것을 알 수 있다.

4. 결론

본 논문에서는 대용량 태양광 발전시스템을 위하여 전력 품질과 효율이 높은 3 레벨 NPC 인버터와 확장성, 유지성, 보수성이 우수한 병렬제어 시스템을 제안하였다. NPC 인버터의 스위칭 도통 시간을 이용한 중성점 제어와 마스터 슬레이브 제어 기법을 이용한 동기좌표계 병렬제어 기법을 적용하였고, 실험을 통해 본 논문의 타당성을 검증하였다.

이 논문은 카코뉴에너지(주)의 연구비 지원에 의하여 연구되었음

참고 문헌

- [1] R. M. Tallam, R. Naik, T. A. Nondahl, "A Carrier Based PWM Scheme for Neutral Point Voltage Balancing in Three Level Inverters", IEEE Ind. Applicat., Vol. 41, pp. 1734-1743, Dec, 2005.
- [2] V. K. Chinnaiyan, J. Jerome, J. Karpagam, T. Suresh, "Control Techniques for Multilevel Voltage Source Inverters", in Proc. IPEC'07 Conf, 2007. pp. 1023-1028
- [3] T. Kawabata, and S. Higashino, "Parallel Operation of Voltage Source Inverters", IEEE Ind. Applicat., Vol. 24, pp. 281-287, March, 1998.