

병렬 연결된 계통연계형 연료전지 PCS의 Seamless Transfer를 위한 간접전류제어 기법

김형진, 윤선재, 최세완, 조진상*, 김태희*
 서울산업대학교, *두산중공업

Indirect Current Control Technique for Seamless Transfer of Parallel-Connected Utility Interactive Fuel Cell PCS

Hyungjin Kim, Sunjae Yoon, Sewan Choi, Jinsang Jo*, Taehee Kim*
 Seoul National University of Technology, *Doosan Heavy Industries & Construction Corporation

ABSTRACT

발전용 연료전지시스템에서 PCS를 여러 대 병렬운전하게 되는 경우 계통에 이상이 발생하여 단독운전으로 모드전환 시 각 계통연계 스위치의 동작 시간 차이 및 각 제어기의 연산시간 차이에 의해 단일 인버터의 모드전환 시 보다 더 큰 과도상태가 발생할 수 있다. 본 논문에서는 병렬 연결된 3상 계통연계 인버터에서 과도상태를 최소화 할 수 있는 병렬운전 기법을 선정하고 과도상태 없이 모드전환 할 수 있는 간접전류 제어기법을 제안한다.

1. 서론

발전용 연료전지시스템은 고효율과 다양한 연료를 이용할 수 있는 장점 때문에 미래의 분산발전 시스템으로 주목받고 있다. 발전용 연료전지 시스템은 약 300kW 단위스택을 다수 연결하여 용량을 증대시키며 이때 인버터의 병렬운전이 요구된다^[1]. PCS는 전력을 주입함과 동시에 MBOP 등 중요부하에 안정된 전압을 공급해야 한다. 따라서 계통이상 시 병렬운전 되는 인버터는 의도적인 단독운전으로 전환해야 하는데 각 계통연계 스위치의 동작 시간 차이 및 각 제어기의 연산시간 차이에 의해 단일 인버터의 모드전환 시 보다 더 큰 과도상태가 발생하여 중요부하에 큰 영향을 미칠 수 있으므로 인버터가 병렬 운전되는 경우의 모드전환 시 과도상태를 개선시키기 위한 연구는 매우 중요하다.

한편, 기존의 Seamless Transfer기법^{[2],[3]}들은 한 대의 PCS만 고려하였으며 단독운전 검출 이전의 과도상태를 고려하지 않았고, 특정 스위치(SSR)를 사용하는 경우에만 적용 가능하다는 문제점이 있다. 최근, 병렬로 연결된 단상 PCS의 Seamless Transfer기법^[4]이 제안되었지만 단독운전 검출 이전의 과도상태는 여전히 발생한다. 본 논문에서는 병렬 연결된 3상 계통연계 인버터의 모드전환 시 과도상태를 최소화 할 수 있는 병렬운전 기법을 제시하고, 단독운전 검출 후 뿐만 아니라 검출 전에도 과도상태 없이 모드전환 할 수 있는 간접전류 제어기법을 제안한다.

2. 제안하는 병렬운전 제어기법

그림 1(a)는 본 PCS에서 사용된 인버터부의 회로구성을 나

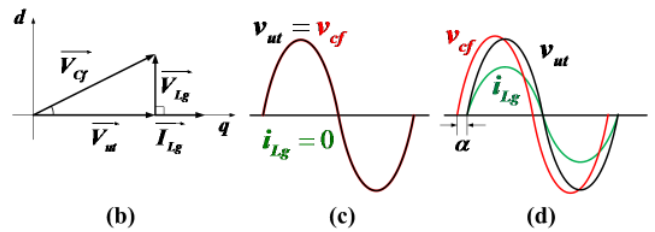
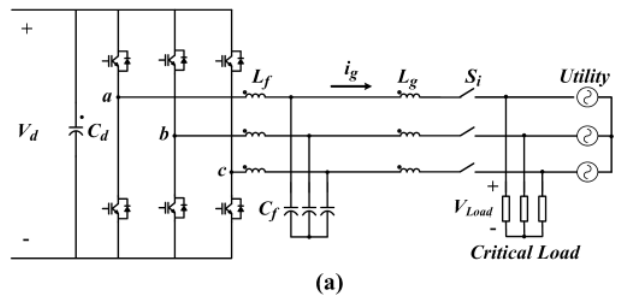


그림 1 3상 간접전류 제어기법^[5] (a) 인버터 회로도, (b) 벡터도, (c) 상호전환 모드 동작파형, (d) 계통연계 모드 동작파형

타낸다. 그림 1(b)는 간접전류제어기법^[5]을 나타내는 벡터도인데 L_g 의 전압을 제어하여 간접적으로 L_g 의 전류를 제어하게 된다. 그림 1(c)는 계통전압(= V_{ut})과 인버터 출력전압(= V_{cf})이 일치하도록 PLL을 수행하는 상호전환 모드이고 그림 1(d)는 V_{cf} 와 V_{ut} 의 위상차(= α)에 의해 인덕터 L_g 에 V_{Lg} 가 걸림으로써 i_{Lg} 만큼의 전류가 주입되는 것을 나타낸다.

그림 2는 4대로 병렬 운전되고 있는 제안하는 발전용 연료전지 시스템을 나타낸다. 본 시스템에서는 병렬운전기법으로 Master-Slave방식을 채택하고 있다. 이 방식은 독립 운전 시, 인버터 #1은 Master모듈로써 전압제어를 수행하며 나머지 인버터 #2-#4는 Slave모듈로써 전류제어를 수행한다. 그리고 계통연계 시, Master모듈인 인버터 #1만이 전류제어 모드로 전환되므로 병렬 운전시스템의 모드전환 시 발생하는 과도상태를 최소화할 수 있다. 300kW급 인버터 4대를 제안하는 방식과 기존전류제어 방식으로 병렬 운전하여 시뮬레이션 한 결과를 각각 그림 3과 4에 나타낸다. 두 방식 모두 정상상태 시 순환전류 없이 부하분담이 잘 되고 있으나 계통 차단 시 기존의 방식은 과도 상태가 심한 반면 제안하는 방식은 단독운전 검출 후와 검출 전에도 과도상태가 거의 없음을 볼 수 있다.

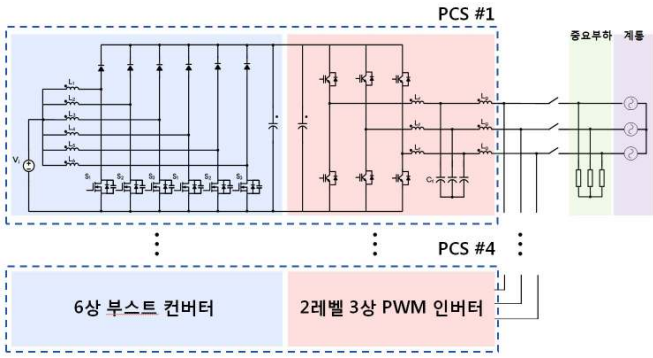


그림 2 병렬 연결된 연료전지 PCS

3. 결론

본 논문에서는 발전용 연료전지시스템에서 병렬 연결된 계통연계 인버터의 단독운전 검출 후 뿐만 아니라 검출 전에도 과도상태 없이 모드전환 할 수 있는 간접전류 제어기법을 제안하였다. 제안한 병렬운전시스템은 계통이상 발생 시점부터 인버터가 의도적인 단독운전으로 전환되기까지 과도상태 특성의 우수함이 모의실험으로 입증되었다.

본 연구는 2008년도 지식경제부의 재원으로 한국에너지기술연구원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다.
(No. 2008-N-FC12-J-04-2100)

참고 문헌

- [1] 최세완, "발전용 연료전지 PCS 기술 및 개발 동향". *전력전자학회 학회지*, 제 15권, 제 1호, pp. 36-42, 2010년 2월,
- [2] G. Shen, D. Xu, X. Yuan, "Instantaneous Voltage Regulated Seamless Transfer Control Strategy for Utility-interconnected Fuel cell Inverters with an LCL-filter", *IPEMC*, 2006, pp. 1-5
- [3] T. Hwang, K. Kim, B. Kwon, "Control strategy of 600kW E-BOP for molten carbonate fuel cell generation system" *ICEMS*, 2008, pp. 2366-2371
- [4] C. L. Chen, Y. Wang, J. S. Lai, Y. S. Lee, D. Martin, "Design of Parallel Inverters for Smooth Mode Transfer Microgrid Applications" *IEEE Trans. Power Electronics*, vol. 25, no. 1, pp. 6-15, Jan. 2010.
- [5] 권준범, 김영우, 최세완, "계통연계형 연료전지 PCS의 Seamless Transfer를 위한 3상 간접전류제어 기법", *전력전자학회 2009년도 하계학술대회 논문집*, 2009년 7월, pp. 342-344

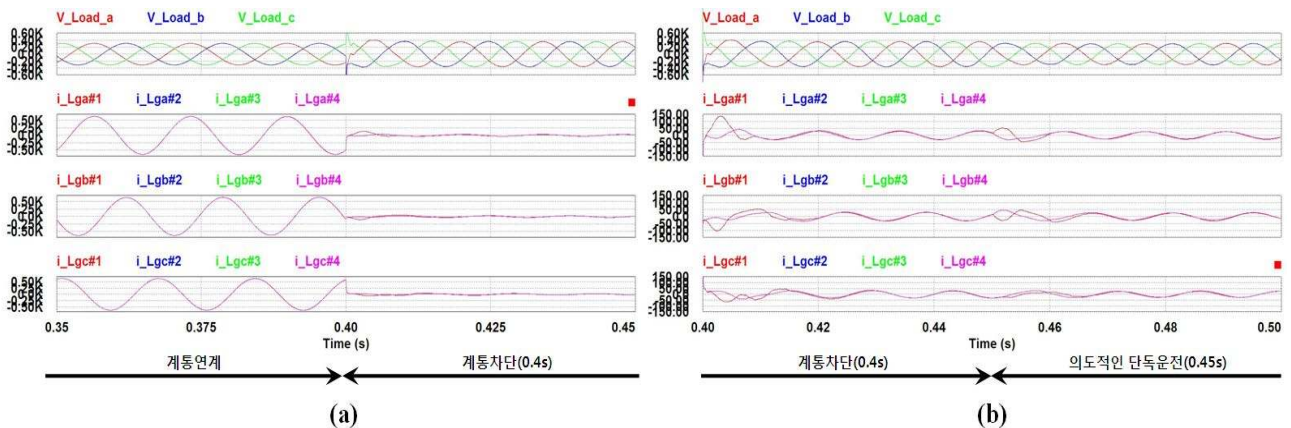


그림 3 제안하는 방식(정격 출력전력: 1.2MW, 중요부하 전력: 50kW, 출력, 계통 상 전압: 220V, 스위칭 주파수: 5kHz, L : 90 μ H, L_f : 700 μ H)
(a) 계통연계(1.2MW) → 계통차단(50kW), (b) 계통차단(50kW) → 의도적인 단독운전(50kW)

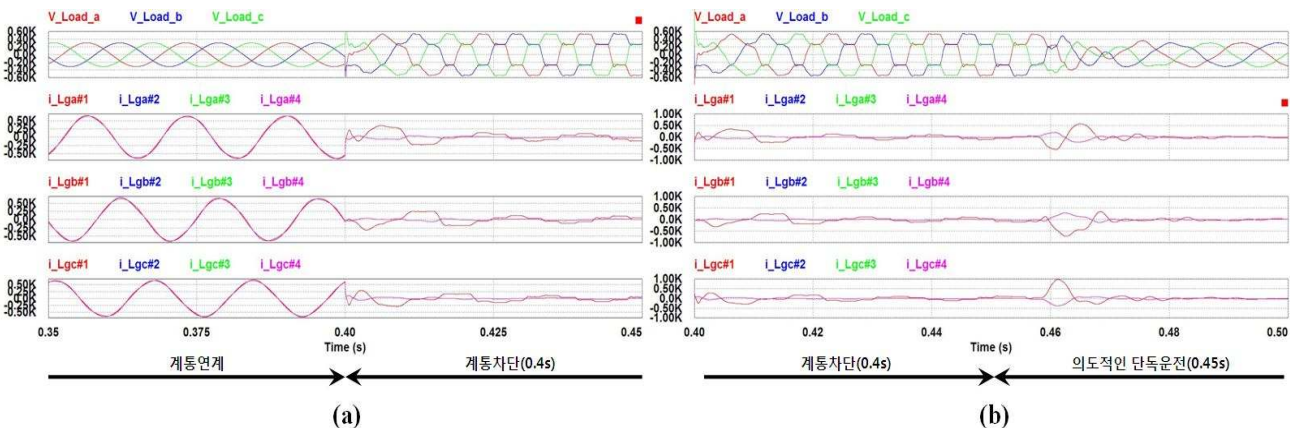


그림 4 기존 방식(시뮬레이션 정수는 상동)
(a) 계통연계(1.2MW) → 계통차단(50kW), (b) 계통차단(50kW) → 의도적인 단독운전(50kW)