

단상 직렬 UPS 모듈의 위상동기화 제어 알고리즘

백승호*, 이순령*, 이택기**, 원충연*
성균관대학교*, 한경대**

Control Algorithm of Phase Synchronization in Single-Phase Serial UPS Module

Seung Ho Baek, Soon Ryung Lee*, Taek Ki Lee**, Chung yuen Won**
Sungkyunkwan University*, Hankyong National University**

ABSTRACT

본 논문에서는 단상 UPS 모듈을 직렬로 연결 시 모듈간의 위상을 동기화하는 제어 알고리즘을 제안한다. 단상 직렬 모듈 UPS 시스템을 구성할 때, 각 모듈의 위상이 동기화 되어 있지 않다면 직렬 연결된 출력단을 통해 부하에 불안정한 전력을 공급하게 된다. 따라서 직렬 구성으로 각 모듈의 출력전압 위상을 동기화하여 안정적인 출력전압 제어가 필요하다. 기존에는 CAN통신을 이용했지만 본 논문에서는, Master, Slave 모듈의 PLL 기법을 이용한 순차적인 제어를 통해 위상을 동기화시킬 수 있는 제어 알고리즘을 제안한다. 제안하는 제어 알고리즘은 시뮬레이션을 통해 타당성을 검증하였다.

1. 서론

최근 산업 기술이 급격하게 발전함에 따라 산업용 전기 기구나 첨단 기기의 보급이 급속하게 확산되고 있다. 이로 인해 갑작스런 정전이나 고조파 등으로 인한 전력 품질의 저하는 민감한 부하의 오작동 또는 작동을 정지시킴으로써 산업체의 엄청난 경제적 손실을 불러 일으킨다. 따라서 계통 전원으로부터 병원, 공장, 은행 등에 불안정한 전원 공급으로 인한 정전이나 기기의 오작동의 발생을 신속하게 대처하여 부하에 안정적인 전력을 공급하기 위해 무정전 전원공급장치(UPS : Uninterruptible Power Supply)가 사용되고 있다.[1]

기존의 단일 UPS 시스템의 경우, 용량 증가 시 많은 제약이 따르게 된다. 그 예로 부하의 용량이 증가함에 따라 UPS 용량 증설이 필요하다. 기존 UPS 시스템의 용량 증설 시 기존 UPS 시스템을 사용하지 못하고 용량이 증가된 UPS 시스템을 새로 제작해야 한다. 따라서 직렬 모듈형 UPS 시스템을 이용함으로써 용량 증설이 용이해졌고 유지 보수가 편리해졌다. 하지만 각 모듈의 위상이 동기화되지 못하면 모듈간의 전위차 발생으로 인해 부하에 불안정한 전력을 공급하게 된다.

본 논문에서는 앞서 언급한 문제점을 해결하기 위해서 새로운 위상 동기화 제어 알고리즘이 제안되었다. 계통 전원으로부터 Fault가 발견되면 시스템은 UPS 모드로 동작하며, 초기에는 Master 모듈에서 모든 부하를 부담하게 된다. Slave 모듈에서는 PLL을 통해 Master 모듈로부터 위상을 검출해낸다.[2] 이후 Master 모듈과 Slave 모듈 간 위상차가 일정 범위 이하가 되면 Slave 모듈이 동작하게 된다. 제안한 제어 알고리즘은

시뮬레이션을 통해 타당성을 검증한다.

2. 본 문

2.1 단상 UPS 모듈 구성

두 개의 모듈로 구성된 단상 직렬 모듈 UPS 시스템은 48V 배터리, H Bridge 인버터, 그리고 계통에 의해 1:12 턴수비를 가진 변압기로 구성되어 있다. 이 때, 누설 인덕터와 출력단 커패시터는 UPS 모드에서 필터 역할을 수행한다. 각 모듈 출력단에 병렬로 연결되어 있는 릴레이 스위치는 UPS 모드로 동작 시, Slave 모듈에서 위상을 검출하여 Master 모듈과의 위상차가 존재하지 않을 때까지 단락상태가 된다.

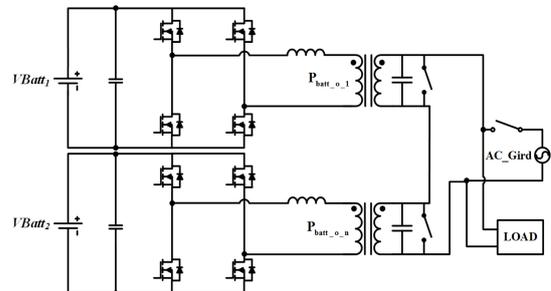


그림 1 단상 직렬 모듈형 UPS 시스템
Fig. 1 A Single-phase serial module UPS system

2.1.1 Charging 모드

UPS 시스템에서 H Bridge 인버터는 배터리를 충전하기 위해 AC DC PWM 컨버터로 동작을 하여 계통으로부터 배터리를 전원을 공급하게 된다.

2.1.2 UPS 모드

계통으로부터 전압 Fault가 발생하면 계통과 연결되었던 스위치는 OFF상태가 되고, 동시에 H Bridge 인버터는 UPS 모드로 동작하게 된다. UPS 규정에 따라 1/4주기 이내에 UPS 모듈로부터 부하에 전압이 공급된다.

2.2 제안한 위상동기화 제어 알고리즘

모듈형 UPS 시스템은 모듈간의 위상차 발생시, 직렬 연결된 출력단을 통해 부하에 불안정한 전력을 공급하게 된다. 제안한 위상 동기화 제어 알고리즘은 PLL(Phase Locked Loop)을 이

용하여 Master 모듈의 위상을 검출해내어 두 모듈간의 위상이 동기화 되기 전까지 스위치를 이용해 Slave 모듈의 동작을 제한하고, 모듈 간 위상이 동기화되면 그 시점으로부터 Slave 모듈이 동작을 시작하여 부하에 필요한 용량만큼 각 모듈에서 분담하게 된다.

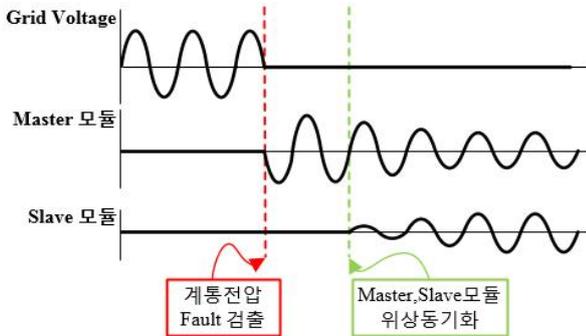


그림 2 UPS 모드에서 계통 및 각 모듈의 전압 파형
Fig. 2 voltage waveforms of the grid and each modules in UPS mode

본 논문에서 제안된 위상동기화 제어 알고리즘을 검증하기 위해 그림 3 과 같이 전체 제어 순서 블록도를 구성하였으며, 시스템 파라미터는 표 1에 나타내었다.

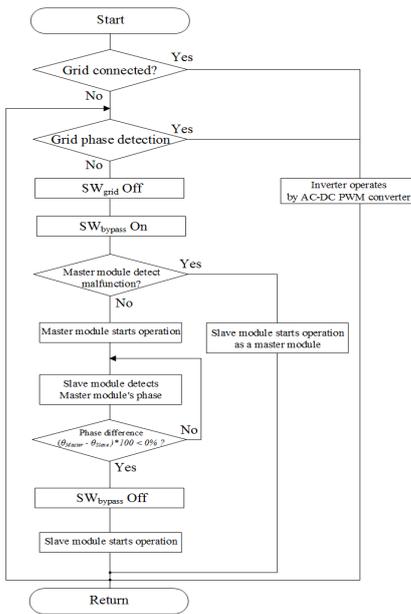


그림 3 모듈의 위상 동기화를 위한 제어 알고리즘
Fig. 3 Control algorithm for module's phase synchronization

3. 시뮬레이션

그림 4에서 UPS 시스템은 평상시 배터리 충전모드로 동작하고 계통 이상 발생 시, UPS모드로 1/4주기 이내에 전환되어 부하에 전력을 공급한다. 이 때, Master 모듈이 모든 전력 용량을 부담하다가 모듈 간 위상이 동기화 되었을 시, Slave 모듈이 동작을 시작하여 전력을 분담하는 것을 확인하였다.

파라미터	모듈 Spec
용량	300W
배터리 정격전압	48V
스위칭 주파수	20kHz
변압기 턴수비	1:12

표 1 UPS 모듈의 시스템 파라미터
Table 1 System parameters of the UPS module

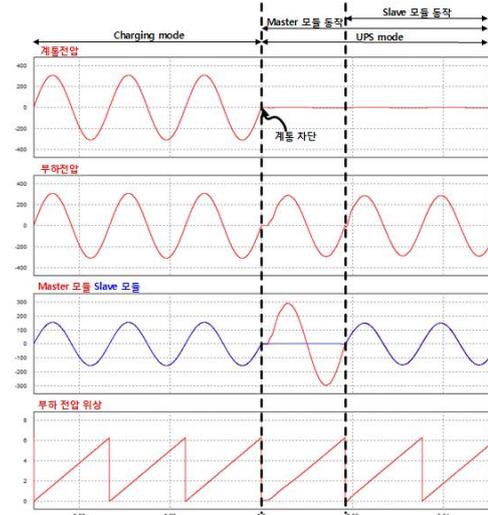


그림 4 모듈의 위상동기화 제어 알고리즘 적용 결과 파형
Fig. 4 Simulation result using control algorithm for module's phase synchronization

4. 결론

본 논문에서는 단상 직렬 UPS 모듈의 위상동기화 제어 알고리즘을 제안하였다. Master, Slave 모듈의 PLL 기법을 이용한 순차적인 제어를 통해 위상을 동기화함으로써 제어 알고리즘의 타당성을 입증하였다. 제안한 제어 알고리즘은 직렬로 연결된 두 개의 UPS 모듈을 이용한 시뮬레이션을 통해 검증하였다.

감사의 글

이 논문은 2014년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임 (No.2014R1A2A2A005006744)

참고 문헌

- [1] Takeshi Uematsu, Takumi Ikeda, Noriyuki Hirao, Shigeru Totsuka, Tamotsu Ninomiya, and Hisanosuke Kawamoto, "A Study of the High Performance Single Phase UPS", PowerElectronicsSpecialistsConference, pp.1872~1878, 1998.
- [2] T. Ostrem, W. Sukowski, L. E. Norum, and C. Wang, "Grid Connected Photovoltaic (PV) Inverter with Robust Phase Locked Loop (PLL)", IEEE PES Transmission and Distribution Conference, 2006.