

차세대 파워스테이션의 UPS 동작 검출 알고리즘

정두용*, 박건욱*, 이수원**, 서광덕**, 원충연*
 성균관대학교*, 이엔테크놀로지(주)**

Fault Detection Algorithm for an UPS Operation of Power Station

Doo-Yong Jung*, Kun-Wook Park*, Su-Won Lee**, Kwang-Duk Seo**, Chung-Yuen Won*
 Sungkyunkwan University*, EN Technologies**

ABSTRACT

In this paper, a fault detection algorithm for an UPS operation of power station is proposed. By adapting the algorithm, a grid-connected power station performs a UPS operation when faults such as sag, swell are occurred. Through a computer simulation, grid faults are simulated and the proposed fault detection algorithm using d, q axis observation method is verified.

1. 서론

전력의 효율적 사용 및 관리를 도모하는 스마트 그리드가 실현됨에 따라 배터리 에너지 저장시스템의 활용이 늘어나고 있다. 기존의 에너지 저장시스템은 납축전지를 이용하여 야간 시간대의 잉여전력을 낮 시간대에 이용하는 에너지 슈프트 기능을 수행한다^[1]. 납축전지 대신 에너지 밀도 및 방전 전류가 큰 리튬 폴리머 전지를 이용한 에너지 저장 시스템의 경우 동일 용량대비 단시간 내 감당 할 수 있는 전력이 크므로, 피크 부하 보상이나 UPS와 같은 추가 기능 구현이 가능하다^[2].

본 논문에서는 차세대 파워스테이션의 UPS 동작 검출 알고리즘을 제안한다. 차세대 파워스테이션은 계통 정전시 이를 감지하여 배터리를 이용하여 부하 전력을 감당하는 UPS모드로 동작한다. 시뮬레이션을 통하여 계통의 정전 및 사고를 모의하고 차세대 파워스테이션의 UPS 동작을 검증하였다.

2. 시스템 구성

차세대 파워스테이션은 배터리에 전력을 충방전하는 인터리브드 양방향 DC/DC 컨버터와 계통연계 및 DC 링크 전압제어를 수행하는 양방향 PWM 인버터로 구성되어 있으며, 계통과 병렬로 부하가 연결되어 있다.

2.1 차세대 파워스테이션의 동작 모드

그림 1은 차세대 파워스테이션의 동작 모드 구분이다. 차세대 파워스테이션은 부하와 계통 전력에 따라 4가지 동작 모드로 동작한다.

그림 2는 차세대 파워스테이션의 동작 모드이다. 그림 2의 (a)는 부하가 계약전력보다 작을 경우 차이분의 전력을 배터리로 충전하는 모드이고, 그림 2의 (b)는 부하가 계약 전력보다

클 경우 배터리를 방전하여 부하의 전력 일부를 감당하는 모드이다. 그림 2의 (c)은 부하가 계약전력과 매치가 되었을 때 시스템은 정지하고 계통에서 부하로 전력을 공급하는 모드이다. 그림 2의 (d)는 계통에 정전이 발생하였을 때 배터리에서 부하에 모든 전력을 감당하는 UPS 동작 모드이다.

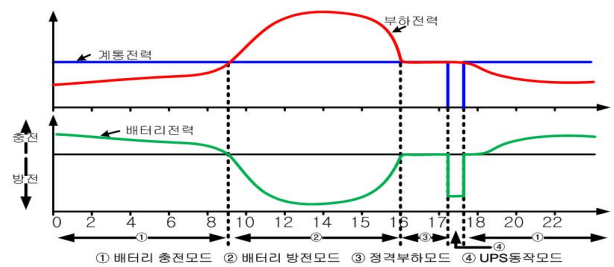


그림 1. 차세대 파워스테이션의 동작 모드 구분

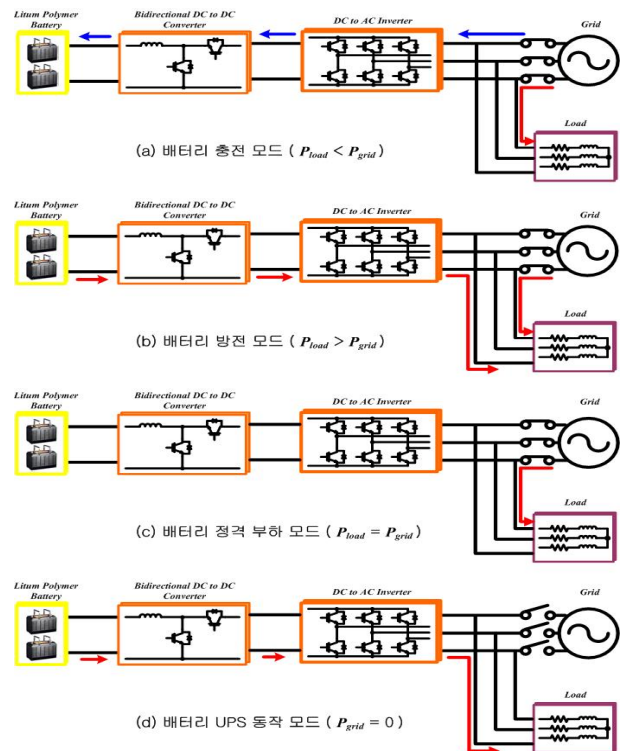


그림 2. 차세대 파워스테이션의 동작 모드

2.2 차세대 파워스테이션의 제어

그림 3은 UPS를 고려한 차세대 파워스테이션의 제어 블록도이다. 차세대 파워스테이션은 계통의 상태에 따라 크게 계통 연계 모드와 UPS모드로 나누게 된다.

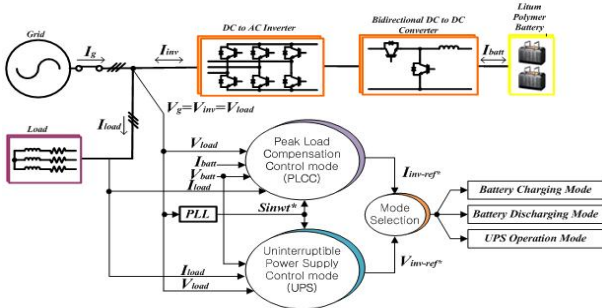


그림 3. UPS를 고려한 차세대 파워스테이션의 제어 블록도

2.3 계통 사고의 감지

차세대 파워스테이션에서는 계통의 위상각을 추정하기 위하여 동기좌표계 PLL을 이용하고 있다. 그림 4는 동기 좌표계 PLL의 블록도이다.

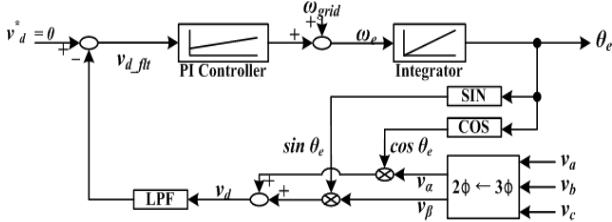


그림 4. 동기 좌표계 PLL의 블록도

동기 좌표계 PLL의 결과로 계속되는 계통 전압의 d, q축 전압을 이용하여 계통의 사고를 감지할 수 있다. 계통 전압의 d축 전압과 q축 전압은 아래 식과 같이 표현 할 수 있다.

$$V_{dc} = 0.1443(V_b - V_c) + 0.25(2V_a - V_b - V_c)\sin 2\theta - 0.1443(V_b - V_c)\cos 2\theta$$

$$V_{qc} = 0.25(2V_a + V_b + V_c) - 0.25(2V_a - V_b - V_c)\cos 2\theta - 0.144(V_b - V_c)\sin 2\theta$$

위에서 표현한 수식을 바탕으로 각각의 사고 상황에 대하여 q축 전압 변동 값과 그에 따른 UPS 동작 시점을 표 1에 명시하였다.

표 1. 사고 상황에 따른 q축 전압 및 UPS 동작 시점

사고 상황	q축 전압	UPS 동작 시점
0.7 pu 이하의 Sag	217.7 이하	50msec 이상 지속시
1.2 pu 이상의 Swell	373.2 이상	50msec 이상 지속시
0.7~0.8 pu Sag	217.7 ~ 248.8	0.5s 이상 지속시
1.15~1.2 pu Swell	357.65 ~ 373.2	0.5s 이상 지속시
0.8~0.9 pu Sag	248.8 ~ 279.9	5s 이상 지속시
1.1~1.15 pu Swell	342.1 ~ 357.65	5s 이상 지속시

3. 시뮬레이션

차세대 파워스테이션의 UPS 동작 검출을 검증하기 위하여 Powersim 사의 PSIM 6.0을 이용하여 시뮬레이션을 수행하였다.

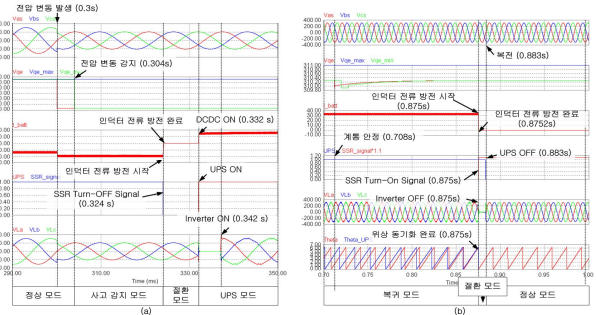


그림 5. 시뮬레이션 결과 파형

그림 5는 시뮬레이션 결과 파형이다.

그림 5의 (a)에서 0.3 [s] 시점에 시점에 전압 변동이 발생하여 q축 전압 값인 V_{qc} 가 변동하였다. 차세대 파워스테이션은 0.304 [s]에 전압 변동을 감지하고 이후 20ms 동안 전압 변동이 지속되어 사고로 분류되어 0.324 [s] 시점에 SSR Turn-OFF signal이 인가되었다. 8 ms의 SSR의 절체 지연 후에 0.332 [s] 시점에 UPS 모드로 전환되었다.

그림 5의 (b)에서 계통 복구 후 0.875 [s] 시점에 위상 동기화가 완료되어 인버터가 정지하고 SSR Turn-On Signal이 인가된다. 0.8852 [s] 시점에 인덕터 전류의 방전이 완료되고 0.883 [s] 시점에 UPS가 OFF되면서 복전한다.

4 결론

본 논문에서는 차세대 파워스테이션의 UPS 동작 검출 알고리즘을 제안하였다. 차세대 파워스테이션에서는 동기 좌표계 PLL의 결과로 계속되는 계통 전압의 d축 및 q축 전압을 관측하여 계통의 사고를 감지한다.

컴퓨터 시뮬레이션 결과 차세대 파워스테이션은 제안한 알고리즘을 통하여 모의된 계통의 사고를 인지하고 50 [ms] 이내에 UPS 모드로 절환하였고 계통의 복구시 이를 감지하여 위상 동기화 이후 20 [ms] 이내에 복전하였다.

본 논문은 이엔테크놀로지(주)의 성균관대학교 산학협력 연구과제 연구비지원에 의하여 연구되었음

참고 문헌

- [1] Ming-Tsung Tsai, Chin-E Lin, Wen-Inne Tsai, Ching-Lien Huang, "Design and implementation of a demand-side multifunction battery energy storage system," Industrial Electronics, IEEE Transactions on Vol. 42, Issue 6, pp. 642~652, 1995.
- [2] 정두용, 이수원, 원충연, 최병준, 한희민, 서광덕, "리튬 폴리머 배터리 에너지 저장장치 기반의 계통연계형 피크 부하 보상 시스템," 전력전자학회, 2009년도 하계학술대회 논문집, pp. 699~701, 2009. 7.