

UPS계통 절환을 위한 고성능 발전기용 CTTS

나정승*, 양지훈**, 박성미***, 정대원*, 양승학*, 박성준**
호남대*, 전남대**, 한국승강기대***,

CTTS for High Performance Generators for UPS Grid Switching

Jeong-Sueng Na*, Ji-Hoon Yang**, Seong-Mi Park***, Dae-Won Chung*, Seung-Hak Yang*, Sung - Jun Park**

Honam University*, Chonnam National University**, Korea Lift College***

ABSTRACT

본 논문에서는 무정전 CTTS 시스템에 적합한 영전력 투입과 영전류 차단이 가능한 알고리즘을 제안한다. 제안된 알고리즘은 이중전원에 크기와 위상차를 고정도로 검출하기 위해 이중전원의 차를 검출하였고 이를 통해 CTTS 투입 시 돌입전류를 감소시킬 수 있었다. 또한 순시 유효전력 제어로 CTTS 차단 시 UPS 출력전류를 영전류로 제어하여 무아크 및 계통 안정화를 이룰 수 있었다. 또한 본 시스템은 UPS 동작뿐만 아니라 무효전력 보상기인 조상기로 사용 가능하며 특히 계통 전압안정화용으로 사용가능함을 확인하였다.

1. 서론

배터리와 정지형 전력변환기 결합한 UPS 시스템은 장시간 정전과 같은 계통사고에 대응하기 위해서는 대용량 배터리 시스템 구축이 필수적이다. UPS 시스템 단가의 대부분을 차지하는 배터리를 줄이기 위해서 기존 발전기와 결합된 하이브리드 방식의 UPS가 그 대안으로 대두되고 있다. CTTS(Closed Transition Transfer Switch)를 이용한 계통 절환을 위해서는 이중 전원의 크기와 위상이 동일한 시점에서 투입하여야 하나 그 구현이 어려워 실제에서는 규정된 크기와 위상 오차 이내인 시점에서 투입하므로 큰 돌입전류가 발생한다. 특히 하이브리드 UPS 시스템인 유한 소스 인버터와 발전기가 절환 될 경우 계통 안정도에 큰 악영향을 미치게 된다. 따라서 계통 안정화를 위해서 기존 CTTS 투입 규정보다 더 엄격한 투입 규정이 절실히 필요하다. 또한 발전기에서 전력을 공급하고 있는 상태에서 CTTS로 차단할 경우 부하전류에 의한 아크발생으로 CTTS의 점접 노후화가 급속히 진행되어 수명이 단축될 뿐만 아니라 부하 급변에 의한 계통 안정도에도 악영향을 미친다.^{[1][2]}

2. 계통절환을 위한 CTTS

2.1 Feed-forward를 적용한 고속 위상 추종 알고리즘

현재 비상용발전기를 이용한 무정전 시스템은 발전기의 전압과 주파수를 계통의 전압주파수와 일치하는 연계시점을 검출하여 투입 하지만 투입 시점에 돌입전류가 상당히 크게 발생한다.

이러한 문제점을 해결하기 위해서는 발전기의 주파수와 전압을 고정도로 제어할 수 있는 제어를 구성해야하며 발전기의 주파수와 전압계통의 전압 주파수 차를 고정도로 계측할 수 있는 제어 및 계측 알고리즘이 상당히 중요하다. 안정된 전압 및 주파수 성분을 계측하기 위해 선행되어야 할 사항은 발전기 및 계통 전압의 안정된 위상각 측정이 선행되어야 한다. 이러한 위상각은 회전좌표계 변환에 의한 전압과 전류 값과 전력계산에서도 상당히 중요한 요소가 된다. 발전기 병렬운전을 위한 신뢰성 있는 PLL(phase locked loop)을 행하기 위해서는 계통 전압의 기본과성분에 대한 정확한 정보가 필수적이다. 그림 1은 제안된 PLL 블록도를 나타내고 있다. 고조과성분에 의한 영향을 제거하기 위해 2상 정지좌표계상의 계통전압을 저주파 필터를 통과한 후에 위상각 계산을 행하였으며, 저주파 필터에 의한 위상각 지연보상을 회전좌표계상의 q축 전압을 사용하여 보상하는 새로운 알고리즘을 제안하였다. 또한 분모가 0 부근에서 atan 함수의 단점을 보상하기 위해 두 변수 중 큰 변수를 분모로 하는 atan 함수를 사용하여 보상함으로써 외부 노이즈에 매우 예민한 단점을 보완하였다.

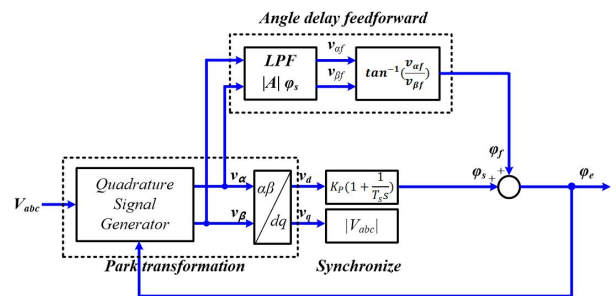


그림 1 제안된 PLL 블록도
Fig. 1 Proposed PLL block diagram

그림 1의 정상상태 보상기의 출력 ϕ_s 는 2상 정지좌표계 전압 저주파 필터의 위상지연과 일치하게 되며 위상천이와 같은 급작한 위상변위가 발생할 경우 정지좌표계상의 위상정보 Feed forward에 의해 ϕ_s 는 즉각적으로 반응하여 고속 PLL이 가능한 구조가 된다.

2.2 제안하는 무정전 CTTS 시스템

그림 2는 본 논문에서 제안된 CTTS 시스템의 전체 블록도

이다. 제안된 시스템 구성은 예상치 못한 정전에 대비하기 위한 UPS와 디젤 발전기 전압 및 주파수 제어보드 CTTS 시스템 제어를 담당하는 제어기로 구성하였다.

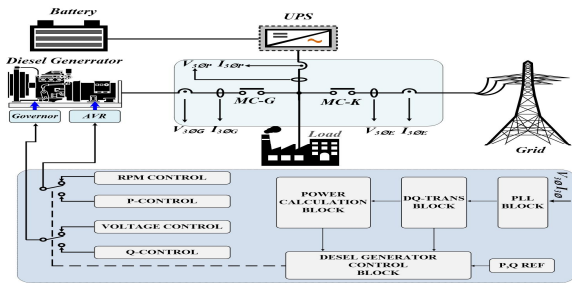


그림 2 제안된 무정전 CTTS 시스템 전체 블록도
Fig. 2 Block diagram of the proposed uninterruptible CTTS system

독립형 발전기의 부하 급변 시 발전주파수의 변동이 일어나며, 이를 보상하기 위해 유효전력을 순시적으로 검출하고 이를 이용한 피드포워드 제어를 행하는 알고리즘을 적용하였다. 또한 계통 연계 시 유효전력 비례적분 제어기 및 무효전력 비례적분 제어기로 인하여 시스템의 위상 여유각을 최소화 하면서 안정된 동특성을 유지하기 위해서는 피드포워드 제어를 행하는 알고리즘을 개발 하였다. 또한 비상발전기 시스템에서 피드포워드 제어는 발전기의 노후화에 따라 다르게 되므로 오토튜닝에 의한 피드포워드 보상 알고리즘을 사용하였다.

3. 시뮬레이션 결과

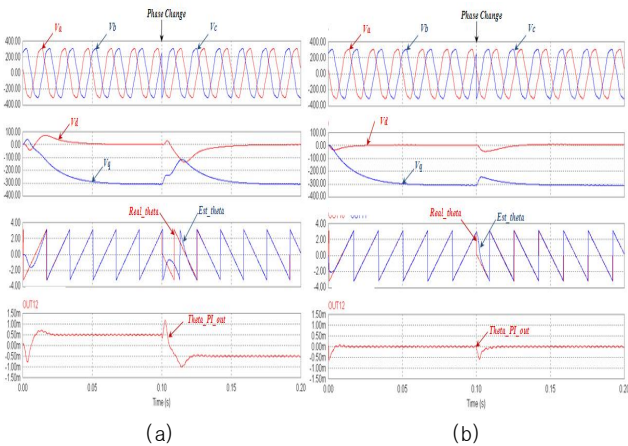


그림 3 기존 PLL과 제안된 PLL 시뮬레이션 결과 비교
Fig. 3 Comparison of the proposed PLL simulation result with the existing PLL

그림 3은 60[Hz] 교류전압에 5고조파 성분이 5% 함유된 경우에 기존 PLL방법(a) 과 제안된 PLL방법(b) 에 3상 상전압, 회전좌표계상 전압, 실제 위상각, 추정 위상각 및 보상기 출력을 나타내고 있다. 시뮬레이션 결과로 확인 할 수 있듯이 상절체 시 제안된 PLL방식이 기존 PLL방식에 비하여 위상각 추정 시정수가 1/5로 우수함을 알 수 있다.

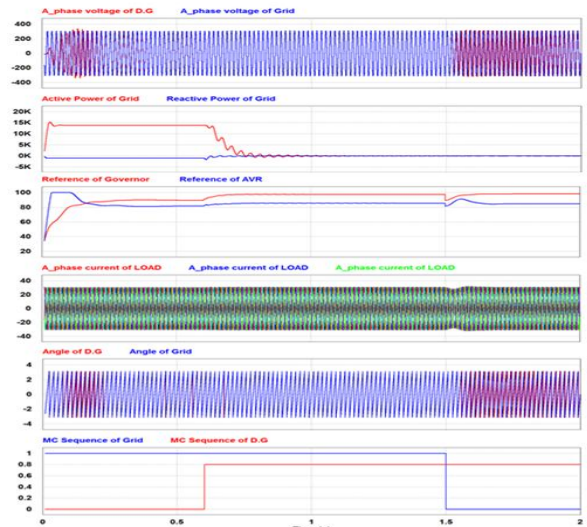


그림 4 영 전력 절환이 가능한 CTTS 제어기 특성
Fig. 4 Characteristics of CTTS controller capable of zero power switching

그림 4는 영 전력 절환이 가능한 CTTS 제어기 특성을 분석하기 위한 시뮬레이션 결과이다. 0.6초 까지는 발전기가 기동하여 UPS와 연계될 수 있는 조건으로 제어하는 구간이며, 1.5초 까지 약 0.9초는 발전기와 UPS가 동시에 부하에 연결되어 있는 상태이며, 1.5초 이후는 발전기에 의해 부하에 전력을 공급하는 독립발전기 시스템으로 동작하는 영역이다. 부하 측 전류를 분석하면 비상발전기가 계통과 연계되는 순간에는 안정된 계통전압으로 인하여 전류변동은 보이지 않으나 계통이 부하에서 분리되는 순간에는 약간의 부하전류변동이 발생하나 곧 안정된 부하전류가 공급됨을 확인 할 수 있다.

4. 결론

본 논문에서는 무정전 CTTS 시스템에 적합한 영전력 투입과 영전류 차단이 가능한 알고리즘을 제안하였다. 제안된 알고리즘은 이중전원에 크기와 위상차를 고정도로 검출하기 위해 이중전원의 차를 검출하였고 이를 통해 CTTS 투입 시 돌입전류를 감소 시킬 수 있었다. 또한 순시 무효전력 제어로 CTTS 차단 시 UPS 출력전류를 영전류로 제어하여 무아크 및 계통 안정화를 이룰 수 있었다. 본 논문에서는 Psim 시뮬레이션을 통해 제안한 시스템의 타당성을 검증하였다.

본 연구는 중소벤처기업부와 한국산업기술진흥원의 “지역 특화산업육성사업(R&D, 과제번호 R0006295)”으로 수행된 연구결과입니다.

참고 문헌

[1] Cristina Gabriela Sărăcin, Marin Sărăcin, Daniel Zdrengu Experimental study platform of the automatic transfer switch used to power supplies back up. 8TH INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ADVANCED TOPICS IN ELECTRICAL ENGINEERING , pp. 1 6. 2013
[2] Bing Tian, Chengxiang Mao, Jiming Lu, Dan Wang, Yu He, Yiping Duan, Jun Qiu. 400 V/1000k kVA Hybrid Automatic Transfer. IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol.10, No.110, pp.95422 5435, 2013