

DC-Link 구조 선택이 가능한 무효전력보상장치 개발

김성운, 홍진욱, 황광규, 박기우, 강호현, 김희중
LS 일렉트릭

Development of STATCOM with Selectable DC-Link Structure

Seong-Yun Kim, Jinwook Hong, Gwanggyu Hwang, Kiwoo Park, Hohyun Kang,
Heejung Kim
LS ELECTRIC

ABSTRACT

본 논문은 DC-Link의 연결 구조에 따라 Link 전압 제어 방식이 선택 가능한 무효전력보상장치(STATCOM)의 제어별 성능을 비교한다. STATCOM은 전력계통이 필요한 무효전력을 공급함으로써 역률을 보상할 수 있으므로 신재생에너지 혹은 공장 및 연결된 계통에 사용하여 안정도와 전원설비의 효율을 높일 수 있다. STATCOM은 다양한 송, 배전망 환경에서 사용되므로 최적의 용량으로 대응이 가능한 모듈형 구조가 필요하다. 하지만 모듈별 DC-Link가 공통으로 연결되어 있을 때, 시스템을 정지하지 않고 모듈을 교체하기 위해서는 전기적 분리를 위한 릴레이가 필요하므로 추가 비용이 발생한다. 따라서 본 논문에서는 분리형 DC-Link에서도 동작 가능한 250 kVAr급 STATCOM의 성능을 확인한다.

1. 서론

최근 수도권에 전력수요가 집중되는 현상이 심해지고, 이에 대응하기 위한 송전선로가 부족해짐에 따라 계통에 연계되는 부하에 의해 발생하는 무효전력이 계통의 역률을 떨어뜨리고 전압을 변동시켜 계통의 안정도와 효율 및 품질 떨어뜨리는 등 다양한 문제를 야기하고 있다^[1]. 계통의 안정도를 향상시키기 위해서는 전력용 반도체 스위칭 소자를 이용해 전력의 흐름을 제어하는 유연송전시스템(Flexible AC Transmission System, FACTS)을 적용할 수 있다. 이 중 정지형 무효전력 보상장치는 계통에서 발생하는 무효전력을 보상하기 위해 사용되는 장치로 무효전력으로 변동되는 전압의 위상 및 크기를 보상하여 계통의 안정도를 향상시킨다^[2].

계통마다 보상이 필요한 무효전력량이 다르므로 자사의 STATCOM은 모듈형 구조로 이루어져 다양한 용량대를 대응 가능하다. 용량별로 24Mvar 이하의 STATCOM은 Panel Type STATCOM (P-STATCOM) 24Mvar 이상 50Mvar 이하의 Container Type STATCOM (C-STATCOM) 50Mvar 이상 150Mvar 이하의 Building Type STATCOM (B-STATCOM)으로 구분하고 있다.

본 논문에서는 DC-link의 구조를 선택 가능한 P-

STATCOM의 무효전력 보상 기능을 검증한다. 계통이 무효전력으로 인해 역률이 떨어진 상황에서 STATCOM이 무효전력을 적절히 주입하여 지정한 역률 지령치로 계통의 역률을 보상하고 전압 강하 상황에서 무효전력을 주입하여 전압을 상승시키는 것을 확인한다.

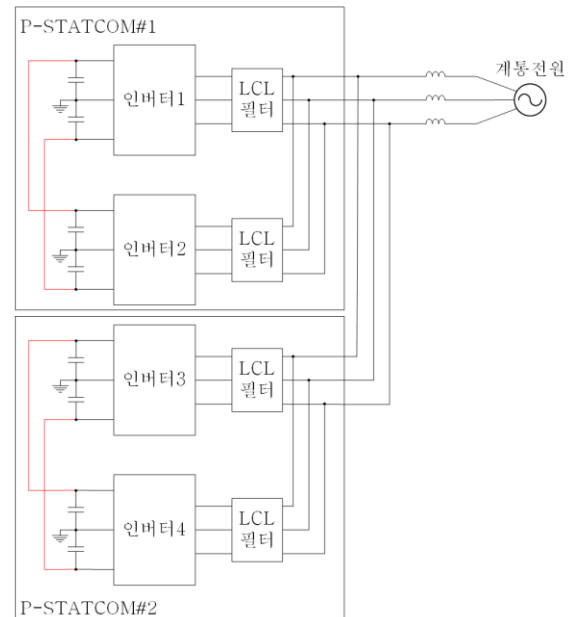


그림1 2-병렬 연결된 P-STATCOM 시스템 구성도

Fig.1 System configuration of parallel connected P-STATCOM

2. 시스템 구성

그림 1은 본 논문에서 사용하는 병렬 연결된 STATCOM 구조를 나타낸다. 각 인버터의 출력단 필터는 LCL 필터를 사용하였으며 인버터 입력단의 DC-link는 상호 연결하거나 상호 분리된 형태로 구성 가능하다. 분리된 형태로 구성할 경우 그림 1에서 빨간색으로 표기된 부분이 제외된다. STATCOM 1대는 인버터 2대로 모의하였으며, STATCOM 2대가 병렬 운전하는 형태로 시스템을 구성하였다.

자사의 인버터 모듈인 PEBB(Power Electronic Building Block)은 단위 모듈당 최대 125 kW이며 16대를 병렬로 구성하여 STATCOM 1대당 최대 2Mvar까지 대응 가능하다.

3. 시뮬레이션 결과

3.1 역률제어

Typooh HIL을 사용하여 400kVA의 역률부하를 모의하여 계통의 역률이 0.8로 조정되도록 하였다. 그림 2는 무효전류를 보상하고 있지 않을 경우 계통 전압과 전류, 각 STATCOM 출력 전류 및 계통 역률을 나타낸다.

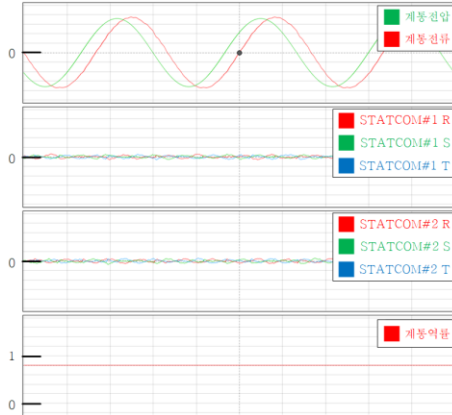


그림2 모의 계통 상황
Fig.2 Simulated Grid Condition

그림 3 (a)는 DC-Link가 연결된 형태의 STATCOM의 역률 제어 결과이며 그림 3 (b)는 DC-Link가 연결되지 않은 형태의 STATCOM 역률 제어 결과이다. 그림 2와 그림 3을 비교했을 때 계통 전압과 전류의 위상이 같아지고 계통 역률이 지령치인 0.99로 측정됨을 확인하였다.

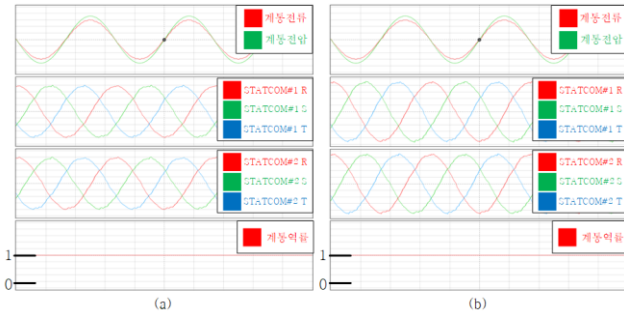


그림3 역률 제어 시 계통 상황 및 STATCOM 출력 전류 (a) DC-Link 상호 연결 시 (b) DC-Link 상호 분리 시
Fig.3 Grid Conditions and Output Current of STATCOM in PF Control
(a) DC-Link Common, (b) DC-Link Separated

3.2 전압강화보상

자사의 STATCOM은 정격 전압 기준 일정 수준으로 전압이 변동 할 경우 무효전력을 주입하여 전압을 보상할 수 있다. 전압 레벨에 따른 보상치는 설정 가능하며 본 논문에서는 전압 강하 감지 시 STATCOM이 낼 수 있는 최대한의 무효전력을 내도록 설정하였다. 그림 4는 역률 보상 중 전압 강하를 모의하여 전압 보상 기능을 검증한 결과이다, (a)는 DC-Link가 연결된 형태의 STATCOM의 전압보상 결과이며 그림 4 (b)는 DC-Link가 연결되지 않은 형태의 STATCOM의 전압 보상 결과이다. 최대로 보상 시 약 12~13 V가 보상됨을 확인하였다.

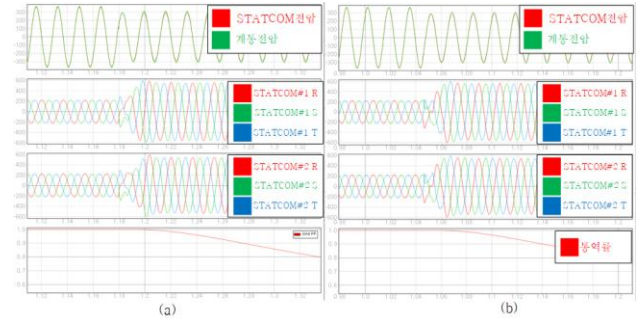


그림4 전압 보상 시 계통 상황 및 STATCOM 출력 전류 (a) DC-Link 상호 연결 시 (b) DC-Link 상호 분리 시
Fig.4 Grid Conditions and Output Current of STATCOM in Reactive Power Compensate (a) DC-Link Common, (b) DC-Link Separated

3.3 DC-Link 전압제어

그림 5는 DC-link를 개별로 제어 한 결과이다. 전압 지령은 800V로 설정하였으며 역률 제어 시 정상상태에서 측정 한 결과이다. 최대 오차는 약 6V로 1%미만의 오차로 제어함을 확인 하였다.

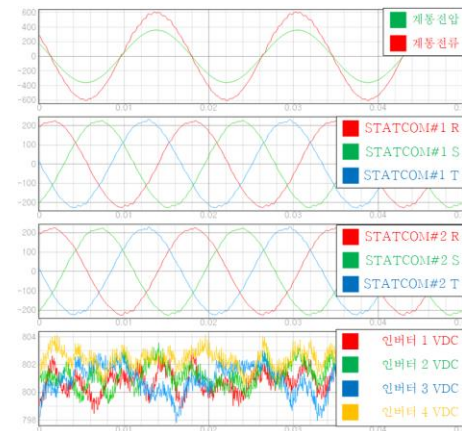


그림5 개별 Link 전압 제어 시 파형
Fig.5 Waveform of DC-link Voltage Control at Separated DC-Link Structure

5. 결 론

본 논문에서는 계통의 역률이 떨어지거나 전압 강하가 발생하였을 때 이를 보상하는 P-STATCOM의 기능에 대해 소개하였다. 개별 전압 제어를 수행할 때 제어 오차는 1%미만으로 나타났다으며 DC-Link 구조에 따른 역률 제어 및 전압 보상 기능의 성능 차이는 없음을 확인하다. 단, 계통 상황에 따라 전압 보상 기능의 전압 보상량이 달라질 수 있으므로 현장에 맞는 설정이 필요하다.

참 고 문 헌

- [1] 김준범, 김승현, 이호용, 황인복, “양주SS STATCOM 설치에 따른 동적성능 검토”, 2022.
- [2] 이윤민, 조인준, 박기우, 강호현, 김희중, “P-STATCOM 병렬 운영 개발”, 2022.