

AC 전압 제어가 가능한 무효전력보상장치 개발

김성윤, 홍진욱, 박기우, 강호현, 김희중
LS 일렉트릭

Development of STATCOM with AC Voltage Control

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

ABSTRACT

본 논문은 무효전력 주입을 통해 AC 단 전압 크기 제어가 가능한 자사의 무효전력보상장치(STATCOM) PQUP을 소개한다. 자사의 PQUP은 무효전력을 공급을 통한 역률 보상 기능을 통해 신재생에너지 혹은 공장과 연결된 계통의 안정도와 전원설비의 효율을 높일 수 있다. 또한 무효전력제어의 기준을 역률이 아닌 전압으로 설정하고 전압 안정화가 필요한 계통과 연계하여 무효전력 조절을 통한 전압 안정을 기대할 수 있다. 이 경우, 콘덴서등의 패시브 소자를 이용한 전압 보상 방법보다 전압 변동에 대해 빠른 반응속도를 기대할 수 있고 전압 제어 지령을 변경하여 다양한 환경에서 사용 가능하다는 장점이 있다. 따라서 본 논문에서는 전압 변동 환경에서 동작하는 자사 PQUP의 전압제어기능을 소개한다.

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]. 특히, 공장 등과 같이 다양한 부하가 연결된 계통의 경우 부하 사용 상태에 따라 전압이 다양한 폭으로 변동한다. 계통 전압의 안정도를 향상시키기 위해서는 유연송전시스템(Flexible AC Transmission System, FACTS)을 사용할 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].

일반적으로 계통에 연결된 부하의 양은 상황마다 다르며 연결된 부하의 사용률에 따라 보상이 필요한 무효전력량이 다르므로 STATCOM은 다양한 용량대를 대응할 수 있어야 한다. 자사의 STATCOM은 24Mvar 이하의 STATCOM은 PQUP, 24Mvar 이상 50Mvar 이하는 Container Type STATOCOM (C-STATCOM), 50Mvar 이상 150Mvar 이하는 Building Type STATCOM (B-STATCOM)의 라인업을 보유하고 있다.

이 중 24Mvar 이하의 모델인 PQUP의 경우 역률 보상 기능뿐만 아니라 전압 제어 기능을 포함하고 있다. 계통 상황에 따라 정격 전압이 아닌 다소 높거나 낮은 전압으로 계통 전압을

변경해야 할 수 있다. 전압 조절을 위해 변압기를 조정하는 경우 매 조정마다 인력 소요 등의 추가적인 비용이 소요된다. PQUP을 사용할 경우 PQUP의 용량 및 스펙에 따라 일정 영역까지 전압을 조절할 수 있다.

본 논문에서는 PQUP의 전압 제어 기능을 확인한다. 계통 전압의 조정폭을 확인하기 위해 PQUP의 용량 및 운전 영역을 고려하여 전압 지령을 설정하고 목표한 전압까지 제어하는지 시뮬레이션 및 실제 제품을 통해 확인한다.

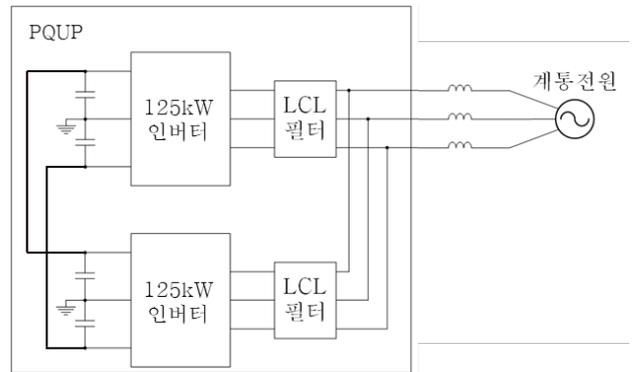


그림1 250kW PQUP 시스템 구성도
Fig.1 System configuration of 250kW PQUP

2. 시스템 구성

그림 1은 본 논문에서 사용하는 250kW PQUP의 시뮬레이션 구조를 나타낸다. 각 인버터의 출력단 필터는 LCL 필터를 사용하였으며 인버터 입력단의 DC-link는 Common되어있다. PQUP은 125kW 인버터 2대로 모의하였으며, 250kW PQUP 형태로 시스템을 구성하였다. HIL에서 모사되는 계통 전압은 강계통으로 PQUP의 무효전력 주입량에 무관하게 전압을 유지하는 성질을 가지고 있으므로 L필터를 통해 PQUP측의 계통 전압이 변동하는지 확인하였다.

125kW 인버터 모듈은 자사의 인버터 모듈인 PEBB(Power Electronic Building Blok)로 모의하였으며 실제 제품은 16대를 병렬로 구성하여 STATCOM 1대당 최대 2Mvar까지 대응 가능하다

3. 시뮬레이션 결과

Typooh HIL을 사용하여 상전압 254V의 계통 상황을 모의

하였다. 그림 2는 PQUP 전압제어 기능 시뮬레이션 결과로 제어 지령을 245V로 했을 경우이다. 전압 제어 포인트는 PQUP의 출력 AC단으로 설정하였다. 별도의 부하는 상정하지 않았으며 가장 위 3상 파형은 PQUP에 의해 계통에 흐르는 전류이며 L필터를 기준으로 PQUP 출력단과 계통 상전압 실효값을 측정하였다. 가장 아래 파형은 PQUP의 출력 전류이며 이때 출력 전력은 약 170kW이다. 전압 지령에 따라 적절한 무효전력을 주입하여 전압을 조정하는 것을 확인하였으며 조정이 가능한 전압은 계통 상황과 PQUP의 운전 전압 범위인 88% ~ 110% 이내로 제한된다.

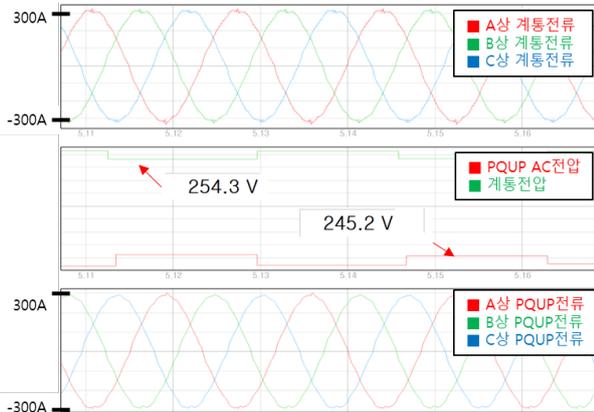


그림2 전압제어 시뮬레이션 결과
Fig.2 Voltage Control Simulation Result

4. 실험 결과

실제 제품을 통해 전압 제어 기능을 검증하였으며 그림 3은 검증 시험에 사용한 2MW PQUP의 외관을 보여준다. 125kW PEBB 16대가 연결되어 있으며 각 PEBB는 동일 지령을 받아 운전한다. 전압 제어 타겟은 PQUP의 출력단 AC 전압으로 설정하였으며 440VLL 계통과 연계하여 실험하였다.



그림3 2MW PQUP 외관
Fig.3 2MW PQUP

그림 4는 HMI를 통해 확인한 실험 결과이다. PQUP의 동작 전압 범위를 고려하여 전압 지령 485VLL와 405VLL로 설정하였다. HMI 화면에서 측정되는 값은 전압제어를 위한 별도의 제어용 보드에서 전송되는 측정값이며 PQUP의 AC 출력단 전압, 전류값이다. 본 시험은 440V 계통을 제어 포인트로 설정하였으며 22.9kV와 같은 상위 계통과 연계하여 상위 계통의 전압을 제어 타겟으로 설정하는 것 또한 가능하도록 설계되었다.

그림 4(a)는 정격 전압이 440 VLL인 계통과 연계하여 전압

을 높이는 방향으로 제어한 결과이다. 전압 지령은 485 VLL로 설정하였으며 각 상 전압은 전압 지령의 1% 미만의 범위에서 제어되고 있음을 확인하였다. 그림 4(b)는 그림 4(a)과 같은 계통에서 전압을 낮추는 방향으로 제어한 결과이다 전압 지령은 405 VLL로 설정하였으며, 각 상 전압은 전압 지령의 1% 미만인 4 VLL 범위 내에서 제어됨을 확인하였다.



(a)



(b)

그림4 개별 Link 전압 제어 시 파형

Fig.4 Experiment Result (a) Voltage Reference: 485 VLL, (b) Voltage Reference: 405 VLL

5. 결론

본 논문에서는 계통에 지속적인 전압 강하가 발생하거나 전압 조정이 필요할 때 무효전력 주입을 통해 전압을 조정할 수 있는 PQUP의 전압 제어 기능에 대해 소개하였다. 전압 제어를 수행할 때 제어 오차는 1%미만으로 나타났으며 실제 계통에 제품을 연결하여 제어 성능을 확인하였다. 단, 계통 상황에 따라 전압을 조정하기 위한 제품의 용량이 달라지며, PQUP이 운전 가능한 전압 및 전류에 따라 전압 제어의 폭이 제한된다.

참 고 문 헌

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