

전기로를 위한 하이브리드 STATCOM에 대한 연구

김상현, 김동환, 권병기
포스코ICT 기술센터 전력전자기술팀

Research on Hybrid STATCOM for Electric Arc Furnaces

Sang Hyun Kim, Dong Hwan Kim, Byung Ki Kwon
POSCO ICT R&D Center Power Electronics Team

ABSTRACT

STATCOM은 전기로와 같은 무효전력 부하원에서 전원 안정화를 목적으로 산업응용분야에 널리 적용되고 있다. 하지만 시스템 비용 절감 등의 이유로 커패시터 뱅크와 함께 운용되는 Hybrid STATCOM의 적용이 요구되어 왔다. 본 논문에서는 포스코ICT에서 개발한 5Mvar Hybrid STATCOM(static synchronous compensator)에 대해 기술하였다.

1. 서론

일반적으로 전기로는 아크를 발생시켜 고철을 녹이는 시스템으로서 전기로 공정 시 많은 무효전력을 발생시켜 전압변동을 초래하고 전원 설비의 시스템의 효율을 저하시키며, 전력품질을 저하시키는 주요 원인으로 동작한다. 이로 인한 전압 변동이나 플리커 등을 억제하기 위하여 통상적으로 커패시터 뱅크와 위상제어 가변리액터를 결합한 TCR(Thyristor Controlled Reactor)과 저차고조파를 절감하기 위한 필터가 함께 적용되어 왔다. 근래 전력품질에 대한 요구가 높아짐에 있어 보다 진보된 STATCOM이 신규 설비 및 기존 설비의 대체로 도입되고 있다. 하지만 STATCOM은 경제적인 이유로 커패시터 뱅크와 함께 적용되는 추세이다.

본 논문에서는 POSCOICT에서 개발된 22.9kV 5Mvar STATCOM과 커패시터 뱅크가 함께 운용되는 hybrid STATCOM에 대하여 기술하였다.

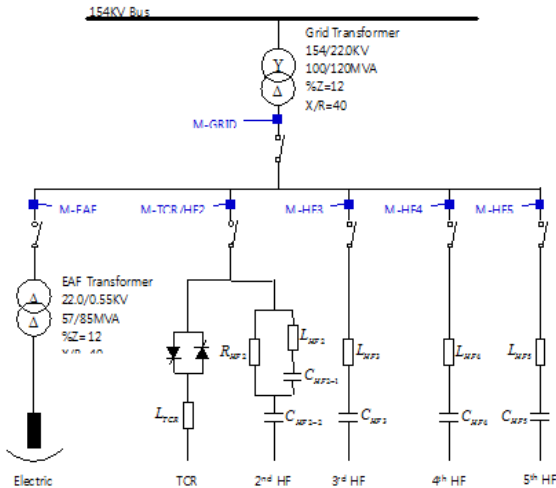


그림 1 포스코 제강공장 AC전기로 구성도(100톤급)

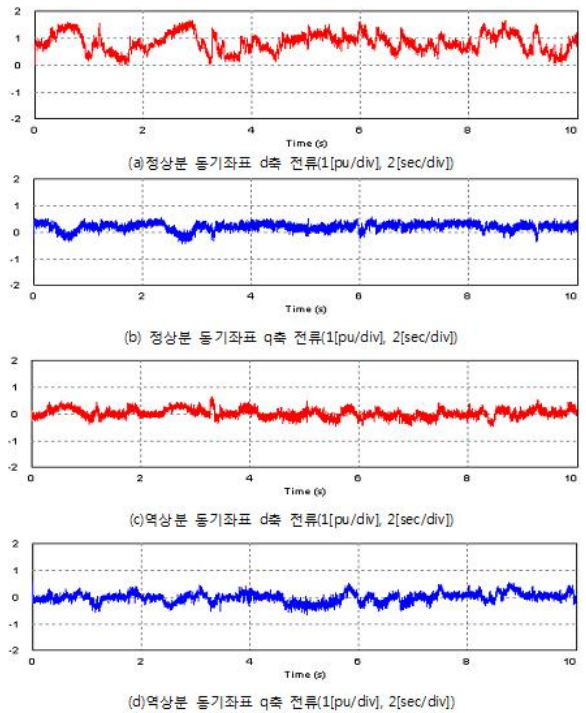


그림 2 전기로 용해단계에서의 전류(동기좌표축 변환)

2. 본론

2.1 전기로 운전 데이터 분석 및 STATCOM 개발

STATCOM의 개발 사양의 설계하기 위해 무효전력 부하중 하나인 전기로 전력을 분석하였다. 그림 1은 포스코 스테인리스 제강공장에 설치된 100톤급 AC전기로의 구성이다. 전기로(Electric Arc Furnace)부하와 더불어 전기로 안정화를 위해 TCR과 2차 및 3,4,5차 고조파 필터들로 구성된 120Mvar용량의 SVC(Static VAR Compensator)가 설치되어 있다. 전기로는 용해단계에서 전력이 매우 큰폭으로 변동한다. 그림 2에서는 전기로가 용해 시 3상의 정상분 전류와 역상분 전류를 동기좌표축으로 변환하여 나타내었다. 약 16시간의 데이터를 분석한 결과 전기로는 용해 시 최대 135Mvar의 지상 무효전력을 발생시켰고 역률은 0.53이었으며, 평균 전류 불평형률은 약14%이며, 전기로 전류의 최대 응답특성은 약 80[pu/sec]이다. STATCOM은 5Mvar용량의 6.6kV 25단(상당 cell개수 12개)의 MMC(Modular Multilevel Converter)방식으로 개발되었으며^[1], 22.9kV/6.6kV 변압기를 통해 계통에 연계된다.

2.2 Hybrid STATCOM

STATCOM은 시스템 비용의 절감을 위해 커패시터 뱅크와 함께 Hybrid형태로 적용되어 진다. 그림 3은 본 논문에서 제안된 Hybrid STATCOM의 구성도이며, 그림 4는 시스템 블록선도이다. 전기로 유도성부하에 대하여 STATCOM은 커패시터 뱅크와 함께 유기적으로 부하를 보상하게 된다. 그림 5에서는 STATCOM과 커패시터 뱅크의 용량의 설계 비율을 1:0에서 0.1:0.9까지 변경하여 전기로 부하를 보상하였을 경우 Hybrid STATCOM의 시스템 전달함수를 분석하였다. STATCOM의 필터 리액터와 계통임피던스는 시스템에 대하여 0.1PU로 고정하였다.

STATCOM의 필터 리액터 대비 커패시터 뱅크의 용량이 증가할수록 고조파 감쇄율은 증가하지만 시스템 공진 주파수가 기본주파수 대역으로 이동하여 시스템이 불안정해질 수 있다. 보상전력의 동적응답만 보장이 된다면 Hybrid System에서 STATCOM의 용량대비 커패시터 뱅크의 용량을 크게 설계하는 것이 경제적이지만 시스템안정도에 대한 분석은 반드시 선행되어야 한다.

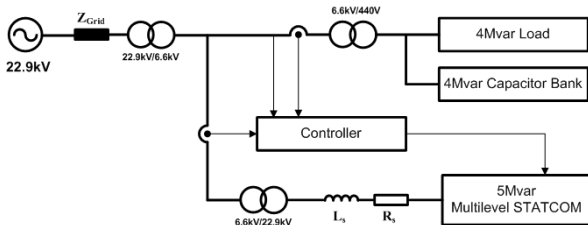


그림 3 Hybrid STATCOM 구성도

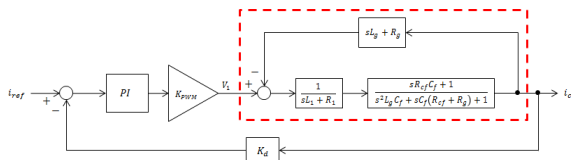


그림 4 시스템 블록선도

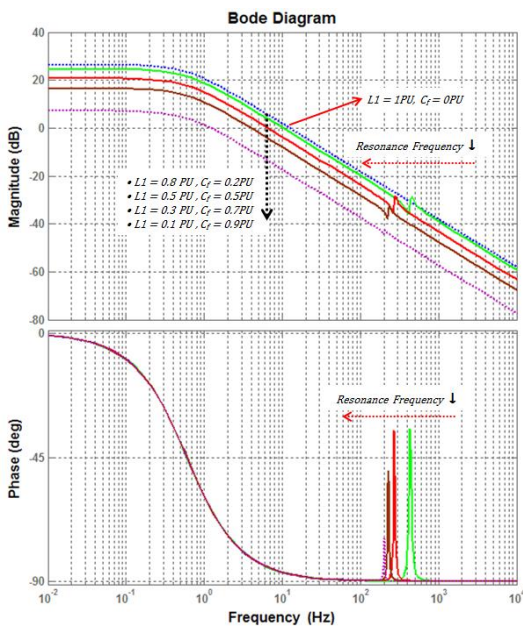


그림 5 Hybrid System에서 STATCOM과 커패시터 뱅크의 설계 비율을 가변하였을 때의 시스템 블록선도 분석결과

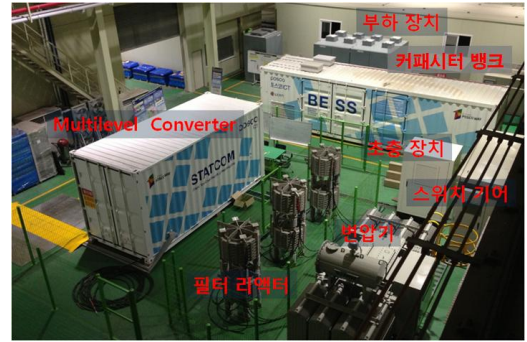
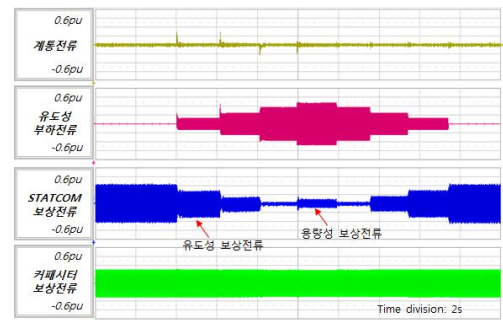


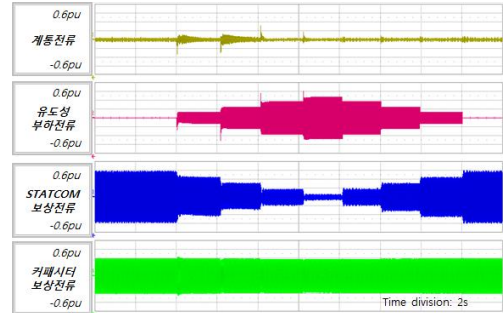
그림 6 Hybrid STATCOM 실험 구성도

2.3 STATCOM 시험

Hybrid STATCOM의 동작을 확인하기 위해 그림 6와 같이 시스템을 구성하여 실험을 진행하였다. 그림7에서는 커패시터 뱅크가 각각 1.5Mvar, 2Mvar 투입된 상태에서 유도성 부하를 순차적으로 인가한 실험결과를 보여주고 있다. 커패시터 뱅크와 STATCOM으로 이루어진 Hybrid STATCOM은 유도성 부하에 대하여 유기적으로 보상하여 계통전류가 안정화되었음을 확인할 수 있다.



(a)커패시터 뱅크 1.5Mvar



(b)커패시터 뱅크 2Mvar

그림 5 22.9kV 5MVA STATCOM의 설치도

3. 결론

본 논문에서는 포스코 제강공장의 AC전기로의 전력을 분석하여 이에 적용할 수 있는 Hybrid STATCOM에 대해 기술하였으며, Hybrid STATCOM운용 시 제기될 수 있는 문제에 대하여 연구하였고 Hybrid STATCOM 운용 실험을 진행하였다. 개발된 시스템은 포스코 전기로에 연계되어 계통전원안정화를 목적으로 실증할 예정이다.

참고 문헌

- [1] 김상현, 인동석, 박영민, 박기원, 권병기, 최창호, “다단 멀티 레벨 컨버터 방식의 22.9kV 5MVA STATCOM 개발”, 전력전자학술대회, 2013.