10MVA STATCOM 설치 및 운전현황 사례 소개

한영성*, 정정주*, 최종윤**, 김대희**, 서인영**
한양대*, (주)효성**

Indroduction of Installation and Operation of 10MVA STATCOM

Young-Seong Han*, Chung-Choo Chung*, Jong-Yun Choi**, Dae-Hee Kim**, In-Young Suh **
Hnayang University*, Hyosung Corporation

Abstract - 한전 전력연구원이 주관하고 (주)효성이 참여하는 협동 연구의 형태로 진행된 연구과제의 결과물로써 10MVA급 STATCOM 이 설계, 제작되었다. 10MVA STATCOM은 순수 국내 기술로 설계, 제작되었으며, (주)효성 창원 제1공장의 22.9kV 배전 계통에 설치되어 각종 시험을 마치고 시운전되고 있다. 본 논문에서는 10MVA STATCOM의 시스템 구성 및 설치, 운전현황에 대하여 정리하였다.

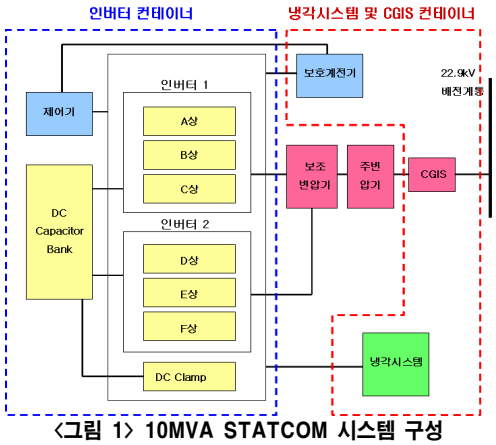
1. 서 론

FACTS(Flexible AC Transmission System) 기술은 설비 이용률을 향상시키고 계통운용을 고도화하는 수단으로써 계통의 안정화 및 송전용량 증대를 위한 기술대안으로 인식하고 있다. FACTS 기기 중 STATCOM은 병렬 보상장치로써 실시간 무효전력 제어를 통하여 전압 안정도 향상 및 계통의 혼잡비용 저감 등의 효과를 얻을 수 있다. 345kV 선로에 적용되는 송전급 STATCOM의 개발 이전 단계로 22.9kV 배전선로에 적용된 10MVA급 STATCOM을 개발 완료하였으며, 2007년 3월 준공후 현재까지 실증운전중에 있다. 본 논문에서는 (주)효성 창원공장에 설치된 10MVA STATCOM 시스템의 구성 및 설치, 설치 완료 후 2007년 4월부터 현재까지 실증 운전실적을 정리하였다.

2. 본 론

2.1 10MVA STATCOM System 구성

10MVA STATCOM의 기본 시스템 구성은 아래의 그림 1과 같다. 단위용량 1.7MVA인 인버터 폴 3대가 하나의 3상 인버터를 구성하며, 2대의 3상 인버터의 출력파형이 보조 변압기를 통하여 합성된다. 합성된 출력전압은 주변압기에서 22.9kV로 승압되어 차단기인 CGIS를 통하여 배전계통에 연결된다.



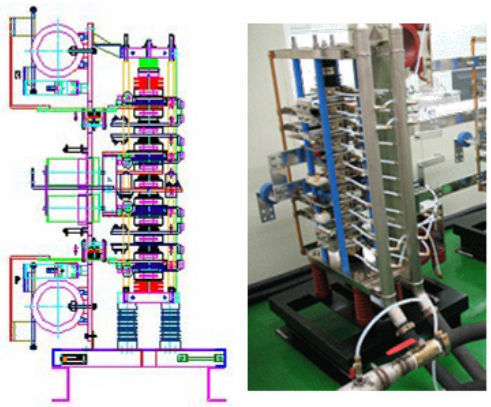
<그림 1> 10MVA STATCOM 시스템 구성

시스템의 보호를 위한 기기로는 인버터에서 발생하는 열의 냉각을 위한 수냉식 냉각 시스템과 계통 사고 및 인버터 사고 발생시 시스템의 보호 동작을 위한 보호 계전기가 설치되었다. 변압기를 제외한 구성품들은 이동 설치의 편의성을 위하여 그림 1에 나타낸 바와 같이 컨테이너 2대의 내부에 나누어 설치되었다.

2.2 주요 구성기기 및 설치현황

2.2.1 인버터 Pole

그림 2 에는 인버터 폴의 설계 도면 및 제작된 실물을 나타내었다.. DC 입력은 각각 인버터 폴의 위쪽과 아래쪽에 배치되었으며 중성점은 가운데 부분에서 bus bar를 통하여 인출된다. 각 인버터의 상별 출력은 중성점 아래쪽의 bus bar를 통하여 연결된다. 각각의 소자는 하나의 string의 형태로써 적층되어 클램프 구조물을 이용하여 고정되었다. 후면에는 냉매 순환을 위한 냉각파이프가 설치되었고, 주 파이프에서 각각의 heat sink로 PVC계열의 튜브를 이용하여 연결함으로써 차후 유지보수 및 소자 교체시 유연성을 높였다. 또한 IGCT gate driver를 고정하기 위한 고정 장치는 소자 교체 및 점검 등의 유지 보수에 용이하도록 개선되었으며 di/dt calmp 회로의 구조물을 추가하였다.



<그림 2> 인버터 폴 설계도면 및 외형

2.2.2 계통 연계용 주변압기/보조변압기/CGIS

FACTS용 변압기의 설계에 있어 가장 고려해야 할 사항은 권선에 DC 전류가 흐를 수 있고, 이에 의해 발생한 DC 자속이 철심에 흘러 DC 편자를 일으킴에 따라 손실 및 소음이 증가한다. DC혼입의 영향을 낮출 수 있으나, 저자속 밀도로 설계할 경우 철심이 과다하게 필요하게 되어 변압기 전체의 크기 및 설치면적이 증가된다. 이를 보완하기 위해 변압기 철심에 부분 공극을 도입하는 방식을 도입하여 기존의 공극 방식에 비하여 손실 및 소음 개선 효과를 얻을 수 있었다.

<그림 3> 10MVA STATCOM용 변압기

또한 시스템의 계통 연계 및 보호 차단을 위해서 당사의 표준품인 CGIS를 사용하였다. CGIS를 설치함으로써 별도의 VCB 및 DS를 패널 형태로 제작하는 것 보다 컨테이너 내부의 좁은 공간을 효율적으로 활용할 수 있다.

2.2.3 냉각시스템 및 열교환기

10MVA STATCOM의 냉각시스템은 수냉방식으로써 2대의 펌프가 교번 운전하여 냉각수를 인버터에 공급하게 되며, 냉각수의 각종 파라미터들을 일정하게 유지하기 위한 필터들을 설치하였다. 또한 냉각시스템의 정상적인 운전 여부를 확인할 수 있도록 온도계, 유량계, 압력계, 전도도 센서 등을 설치하였으며, 냉각 시스템의 전반적인 운전 현황을 모니터링하기 위하여 control cabinet과 중앙제어기간 통신을 통하여 데이터를 교환하고 일부 기능의 조작도 가능하도록 하였다.

2.2.4 기기 설치 현황

그림 4에는 인버터 컨테이너 내부의 기기 설치 상태를 보여주고 있다. 인버터실 내부에는 6대의 인버터 폴과 1대의 DC 클램프, grounding resistor, grounding TR, DC bus 및 공조기 등이 설치되어 있다.

<그림 4> 인버터 컨테이너 내부 기기 설치 현황

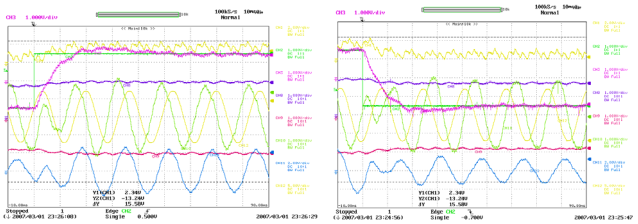
그림 5에서는 (주)효성 창원 1공장 10MVA STATCOM 설치현장을 보여주고 있다. 그림 5에서 전면의 컨테이너가 인버터 수납용 컨테이너이며, 후면 컨테이너는 냉각시스템 및 GIS용 컨테이너이다. 또한 좌측 후면의 컨테이너는 시험용 DC 전원장치이다.

<그림 5> 10MVA STATCOM 설치 현장

2.3 운전효과 및 운전실적

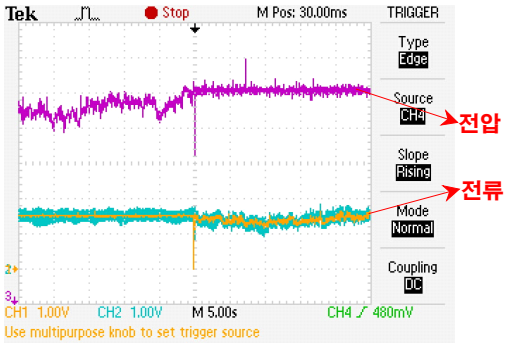
2.3.1 운전효과

10MVA STATCOM은 current control mode와 voltage control mode 두가지 mode로 운전이 가능하며, 필요에 따라 운전 mode를 바꿔가며 운전중이다. 주로 역률보상을 위하여 current control mode로 운전하여 shunt capacitor를 대체하도록 운전하고, 주조부하가 가동되어 전압변동이 심한 경우 voltage control mode로 변경하여 운전하고 있다.



<그림 6> Inductive ⇄ Capacitive step 6MVA변화

그림 6은 -3MVA에서 +3MVA 제어와 +3MVA에서 -3MVA제어에 따른 1주기 이내의 응답특성이 나타내고 있다. 그림 7은 current control mode에서 voltage control mode로 변경하는 순간의 파형으로, 전압의 파형이 안정화되는 것을 볼 수 있다.



<그림 7> Current control mode -> Voltage Control mode

2.3.2 운전실적

10MVA STATCOM의 총 운전시간은 2008년 4월 2일 11:00 기준으로 7,746시간이다. Trip 원인별 정지시간은 표 1과 같다.

<표 1> Shutdown Time

Trip	Shutdown Time(Hour)
FO	310.4
SO	4.3
LO	334.8

*FO(Forced Outage) : STATCOM 기기자체 문제에 의한 System Trip
*SO(Schedule Outage) : 기기점검 등에 의한 System Trip
*LO(Line Outage) : 연계계통 정전에 의한 System Trip

표 1에 따른 10MVA STATCOM 설비이용률은 표 2와 같다.

<표 2> 10MVA STATCOM Availability

Availability	92.26%
Availability(SO exception)	92.31%
Availability(SO, LO exception)	96.15%

10MVA STATCOM의 총 Availability는 92.26%이다. 그러나 이 수치는 기기점검 및 연계계통 정전 등이 포함된 Availability이다. 이 중 기기점검이 고려된 Availability는 92.31%이며 기기점검 및 연계계통 정전에 의한 시스템 trip을 고려하면 10MVA STATCOM 자체의 실제 Availability는 96.15%로 나타낼 수 있다.

STATCOM 기기결함 trip에 대한 주요 원인은 GCU 광소자 이상, Cooling System 릴레이 동작이상, HFI 광신호 이상, SCB INA117소자 파손에 의함이었다.

3. 결 론

한전 전력연구원과 (주)효성이 수행한 국책과제를 통하여 10MVA STATCOM의 국산화 개발에 성공하였다. 10MVA STATCOM의 개발과정을 통하여 배전급 용량의 FACTS 기기의 설계, 제작 및 시험 관련 기술의 국산화를 이루게 되었다. 또한 약 1년간의 실증운전을 통하여 Availabilaty를 향상시킴에 따라 기기의 신뢰성을 검증할 수 있었다. 이러한 과정을 통하여 확보된 기술은 345kV선로에 적용되는 송전급 FACTS 기기인 100MVA STATCOM의 설계, 제작에 활용될 예정이다. 또한 추가로 10MVA STATCOM 1대를 제작하여 두 STATCOM각각의 DC link단을 연계시킨 20MVA급 back to back STATCOM을 개발할 예정이다.

[참 고 문 헌]

[1] IT기반의 대용량 전력수송 제어시스템 과제 1차년도 중간 보고서, 2006.11
[2] Y. S. Han, J. Y. Choi, D. H. Kim, J. S. Yoon, "10MVA STATCOM Installation and Commissioning", ICPE'07 Conference, 2007
[3] Gyugyi, L., Hingorani, N. "Understanding FACTS : Concepts and Technology of Flexible AC Transmission Systems", IEEE press, 2000