

345kV 100MVA STATCOM 국산화 개발

정정주 한양대학교 전기공학과 교수
장병훈, 윤종수 한국전력공사 전력연구원
한영성, 박용희, 김준성, 유현호, 최종윤, 서인영 (주)효성

국내 수도권 전력망의 전압 안정도 향상과 융통전력 증대로 인한 혼잡비용 저감을 위하여 한전 전력연구원과 (주)효성은 2005년부터 345kV 100MVA STATCOM을 국산화 개발하고 수도권 중추 변전소중 하나인 미금 변전소에 설치하여 실증운전을 수행하였다. 본 설비는 IGBT 전력소자를 이용하여 전압원 인버터의 고성능화, 소형화를 이룩하였으며, 설계, 제작, 설치, 운영 및 IT 기술을 이용한 운영방안의 고도화 등 제반사항을 국내 기술로 개발한데 큰 의의가 있다.

본 STATCOM은 2010년말까지 실증운전을 통한 신뢰성 검증후 2011년 본격적인 상용운전을 시작할 예정이다.

1. 서 론

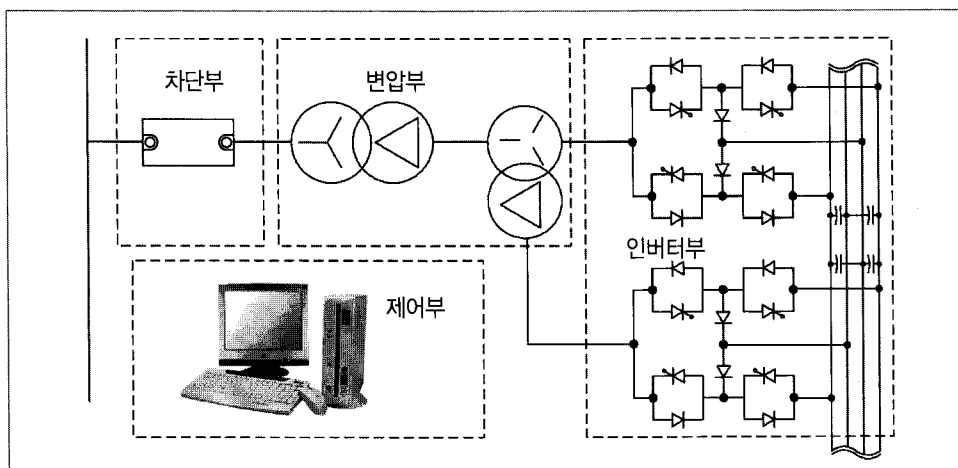
최근 지속적인 전력 수요의 증가와 이에 따른 발전 설비의 확충으로 국내 전력계통은 복잡 고도화된 대규모 전력망으로 발전하고 있다. 특히 수도권 지역의 전력수요 집중과 전력 수송 밀도 증대로 수도권으로 전력을 수송하는 전력계통의 과도 안정도 및 전압 불안정 문제가 증대될 것으로 예상되며, 이로 인한 전력 수송제약에 따른 계통 혼잡비용 증가가 우려된다. 최근 전 세계적으로 전력계통 구성이 복잡 고도화하면서 전압 불안정 문제의 발생과 인근 계통으로 파급되는 현상으로 인해 광역 정전이 발생하는 사례가 증가하고 있으며 동경, 파리, 뉴욕 등의 지역 정전 등을 전압 불안정에 기인한 광역 정전의 대표적인 사례로 들 수 있다. 이러한 불안을 해소하기 위해 한전 전력연구원과 (주)효성은 345kV 100MVA STATCOM을 국산화 개발하고 수도권 전력망의 중추 변전소중 하나인 345kV 미금 변전소에 적용하여 실증운전을 시작하였다. 최초의 국산화된 송전급 FACTS 설비인 만큼 1년간 신뢰성 시험을 통하여 2010년말 상업운전을 시작할 예정이다. 이를 통하여 실시간 무효전력 제어를 통한 전압 안정도 향상 및 계통의 혼잡비용 저감 등 연간 150여억원의 효과를 얻을 것으로 전망된다. 본 논문은 최초로 국산화 개발한 345kV 미금 변전소 100MVA STATCOM 기기 내역과 설치 및 시험 내역등에 관하여 기술하였다.

2. 본 문

가. 100MVA STATCOM System 구성

100MVA STATCOM의 기본 구성은 그림 1에 나타난 것처럼 크게 다음과 같이 나눌 수 있다.

- ① 메인 345kV 모선과의 연결 장치인 차단부
- ② 전압 강하 및 임피던스 조합을 위한 변압부
- ③ 출력 변환 장치인 전압원 인버터부
- ④ 각 단위 기기별 조합 및 계통에 따른 운전 특성을 제어하는 제어부

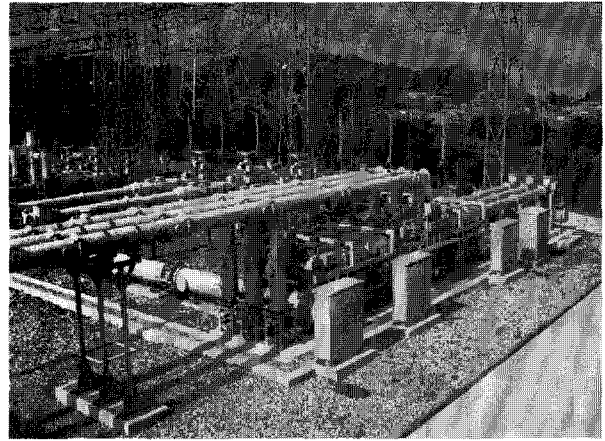


[그림 1] 100MVA STATCOM의 주요시스템 구성

나. 주요 구성기기 및 설치 현황

(1) 차단부

그림 2는 100MVA STATCOM 차단부를 보여주고 있다. 차단부는 362kV GIB와 GIS로 구성되어 있으며, GIS는 정격전류 4,000A, 정격차단전류 50KA의 사양으로 구성되어 있다. 345kV 모선 2개소를 병렬 연결하기 위해 2개의 GCB가 사용되었다. 옥외 변전소용으로서 정상 상태의 선로 개폐뿐만 아니라 단락사고 등의 이상 상태에 있어서도 선로를 안전하게 개폐하여 계통을 안전하게 보호하는 SF6 가스로 절연된 차단기, 단로기, 접지개폐기, 계기용 변압기, 계기용 변류기 및 BUSHING 등으로 구성되어 있다.

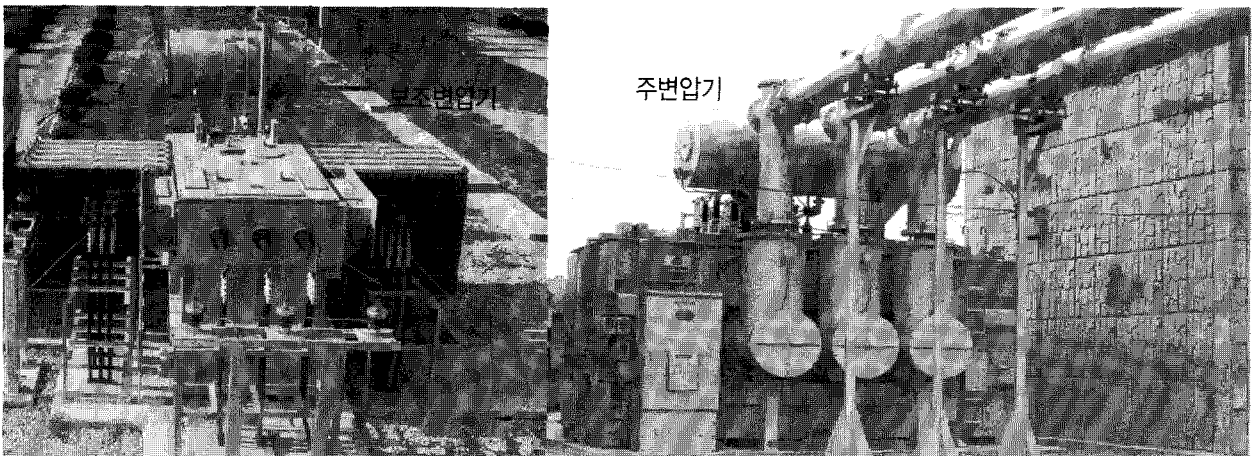


[그림 2] 차단부의 주요 사진(GIB + GIS)

(2) 계통연계용 주변압기/보조변압기

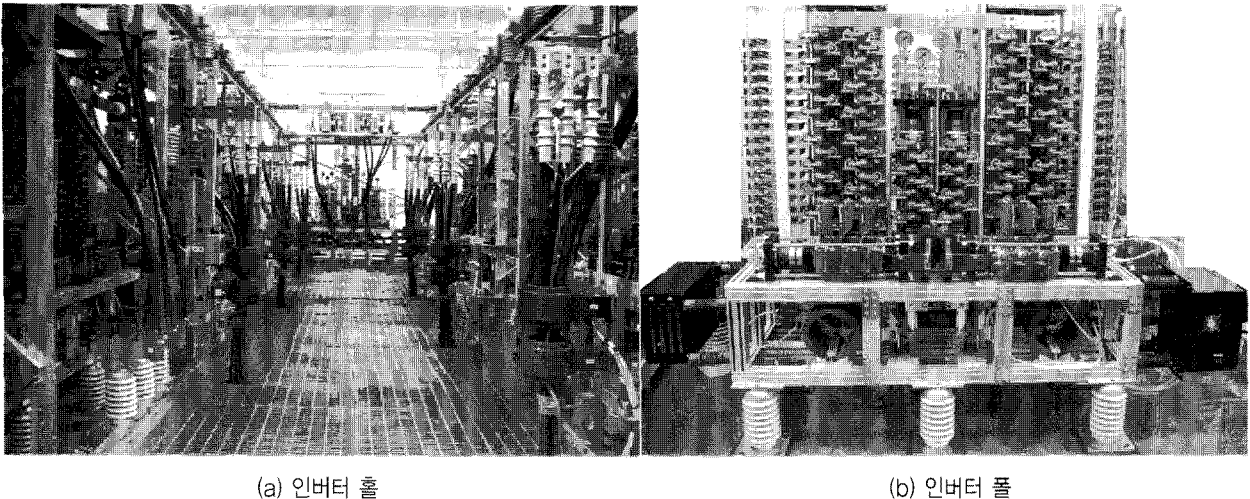
STATCOM 변압부는 주변압기와 보조변압기로 구성되어 있으며 송전모선과 병렬로 연결되어 있다. FACTS용 변압기의 설계에 있어서 가장 중요한 부분은 변압기에 DC 전류가 흐를 수 있고, 이에 의해 발생한 DC 자속이 철심에 흘러 DC 편자를 일으킴에 따라 손실 및 소음이 증가를 유발 시킬 수 있기 때문에 주의 하여야 한다.

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 사용하여 기존의 공극 방식에 비하여 손실 및 소음 개선 효과를 얻을 수 있었다.



[그림 3] 100 MVA STATCOM 주변압기 / 보조변압기

(3) 전압원 인버터부



[그림 4] 100MVA STATCOM 인버터 홀 및 인버터 폴

그림 4 에는 현장에 설치된 전압원 인버터 폴 및 3레벨 NPC 인버터 폴의 제작된 실물을 나타내었다. 인버터는 16.7MVA로 구성된 총 6개의 IGCT 인버터 폴로 설치되어 있고 인버터의 출력은 보조변압기를 통해 합성되도록 하였다.

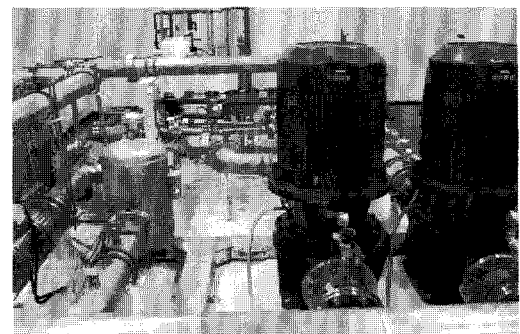
인버터의 정격 출력 전압은 $8,900V_{rms}(L-G)$ 이며 정격 출력 전류는 $1,873A_{rms}$ 로 설계되었다. 인버터 폴의 DC 입력은 폴 하단부에 배치되었으며 중성점은 하단부 가운데 부분에서 bus bar를 통하여 인출된다. 각 인버터의 상별 출력은 (a)에서 나타난 것처럼 상부의 bus bar를 통하여 연결된다. 좌측에는 +쪽 밸브가 우측에는 -쪽 밸브가 배치되었다.

후면에는 냉매 순환을 위한 냉각파이프가 설치되었고, 주 파이프에서 각각의 heat sink로 튜브를 이용하여 연결함으로써 차후 유지보수 및 소자 교체시 유연성을 높였다. 제작된 인버터는 스위칭 동작시 발생하는 과도 전압의 크기를 최소화 하기 위해 표유 인덕턴스를 최소화하여 설계되었으며 온도 특성 및 정격, 효율의 특성을 개선하였다. 또한 IGCT gate driver를 고정하기 위한 고정 장치는 소자 교체 및 점검 등의 유지 보수에 용이하도록 개선되었으며 di/dt calmp 회로의 구조물을 추가하였다.

■ 냉각 시스템

100MVA STATCOM의 냉각시스템은 수냉 방식으로써 2대의 펌프가 일정 주기를 가지고 교번 운전하여 냉각수를 인버터에 공급하게 되며, 유지 보수 및 임의의 돌발 사고시에도 인버터 폴의 냉각을 지속적으로 유지시켜 줄 수 있다.

냉각수의 각종 파라미터들을 일정하게 유지하기 위한 필터들을 설치하였다. 또한 냉각시스템의 정상적인 운전 여부를 확인할 수 있도록 온도계, 유량계, 압력계, 전도도 센

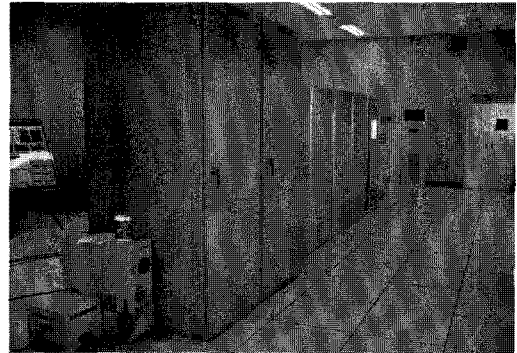


[그림 5] 냉각 시스템

서 등을 설치하였으며, 냉각 시스템의 전반적인 운전 현황을 모니터링하기 위하여 control cabinet과 중앙 제어기간 통신을 통하여 데이터를 교환하고 일부 기능의 조작도 가능하도록 하였다.

(4) 제어부

제어부는 크게 마스터 제어부와 GCU, 각종 입/출력 신호들을 알맞은 신호에 맞게 변환시켜 주는 변환부로 나눌 수 있다. 마스터 제어부는 전체 시스템의 관리 및 수십 usec 단위의 제어를 담당하며, 모션전압 측정과 전류제어를 위한 전류측정을 수행한다. 마스터 제어기의 하드웨어는 VME(Versa Module Eurocard)bus 시스템을 채용하였으며 VME 버스 시스템을 구동하기 위한 운영체제로는 Vxworks 5.5를 채택하였다.

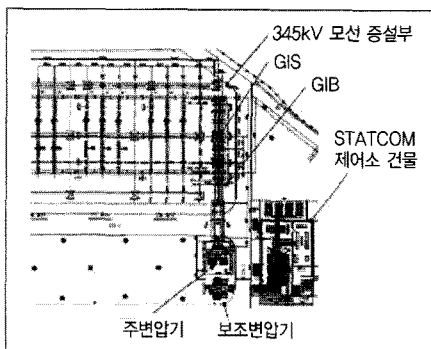


[그림 6] 제어부 캐비닛

GCU(Gate Control Unit)는 Gating Pattern의 분해성능을 충분히 높이고, 제어기의 성능을 향상시켜 주는 역할을 수행함과 동시에 고속의 보호동작을 맡게 된다. 마지막으로 신호 변환부는 100MVA STATCOM을 구성하는 모든 시스템의 정보를 제어신호 레벨에 맞추어 변환시켜 주는 역할을 하고 있다.

(5) 기기 설치 현황

미금변전소에 설치된 100MVA STATCOM은 그림 7의 (a)와 같이 배치되어 있으며 (b)와 같이 설치가 완료되어 Commissioning 진행하였다.



(a) 배치 현황

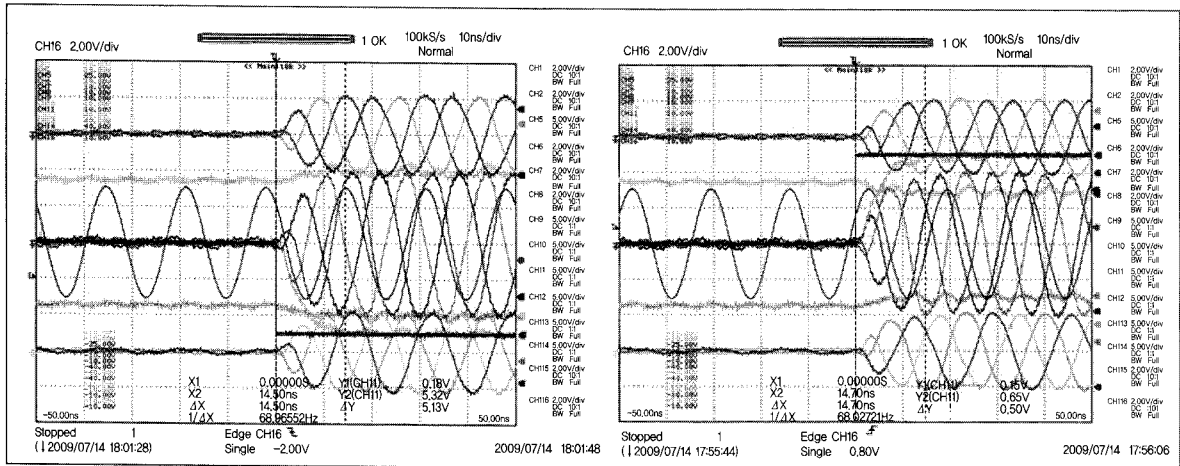


(b) 설치 전경

[그림 7] 100 MVA STATCOM Site

(6) 시험 현황

미금 변전소에 설치된 100MVA STATCOM은 현재 송전 모선과의 시험을 모두 마친 상태이며 이제 실제 운전을 기다리는 상태이다. 그림 8은 STATCOM 인버터가 345kV 모선에 투입되어 C-Mode, L-Mode에서의 각각 100MVA 출력파형을 보여주고 있다.



(a) C-Mode 0 → 100MVar

(b) L-Mode 0 → 100MVar

[그림 8] 100MVA STATCOM 운전 파형

위 파형에서 볼 수 있듯이 각 상의 인버터를 통한 출력 전류가 보조 변압기를 통해 합성되어 메인변압기 1차측에서 안정적으로 출력됨을 알 수 있다. STATCOM의 출력을 Full(± 100 MVA)로 하였을 때 약 ± 1.5 kV 정도의 모선 전압이 변동됨을 관측하였으며, 이는 수도권 전력망의 다른 변전소에서 전압을 조정하기 때문에 345kV 모선의 전압이 크게 변하지 않았음을 의미한다. PCC단에서의 THD는 1.5% 안의 값을 나타내었고 스텝 응답속도는 1Cycle 안에 형성되었다.

3. 결 론

국내 수도권 전력망의 전압안정도 향상과 융통전력 증대로 인한 혼잡비용 저감을 위하여 한전 전력연구원과 (주)효성은 2005년부터 345kV 100MVA STATCOM을 국산화 개발하고 미금 변전소에 설치하여 실증운전을 수행하였다. 100MVA STATCOM은 국내최초로 개발된 송전급 FACTS 설비로써 기존의 GTO 전력소자 대신에 IGCT를 이용하여 설비의 고성능화, 소형화를 이룩하였으며, 설계, 제작, 설치, 운영 및 IT 제어 운영시스템 등 제반사항을 국산화 하였다. 현장 시험결과 성능과 신뢰도에서 매우 우수한 특성을 보였으며, 이를 기반으로 국내 수도권과 제주계통 등에 확대적용이 가능할 것으로 전망된다. 본 STATCOM은 2010년말까지 실증운전을 통한 신뢰성 검증후 2011년 본격적인 상용운전을 시작할 예정이며, 수도권 전압안정도 향상에 기여할뿐 아니라 융통전력 향상을 통한 수도권의 혼잡비용 저감 등에 막대한 경제적 효과가 있을것으로 기대 된다. KEA

참고문헌

- [1] Y. S. Han, J. Y. Choi, D. H. Kim, J. S. Yoon, "10MVA STATCOM Installation and Commissioning", ICPE07 Conference, 2007
- [2] B. H. Chang, S. Y. Kim, J. Y. Han, D. K. Choi, H. C. Song, B. J. Lee, "수도권 전압안정도 향상을 위한 100 MVA STATCOM 위치선정 연구", 전기학회논문지, Vol. 56, No. 9, pp 1543~1548, 2007
- [3] Gyugyi, L., Hingorani, N. "Understanding FACTS : Concepts and Technology of Flexible AC Transmission Systems", IEEE press, 2000