

UPFC 효율적 운영을 위한 감시시스템 개선

장재원, 박희웅, 이세일, 김수열, 주광복
한국전력공사

Improvement of control System for UPFC to Operate effectively

J.W Chang, H.Y Park, S.I Lee, S.Y Kim, K.B Chu
KEPCO

Abstract - 한국전력공사는 전기품질 향상과 중요전력 기기의 국산화 방안으로 반도체 소자를 이용한 인버터형 FACTS기기인 UPFC를 전남강진소재 변전소에 설치 2003년 5월부터 운영중이다. 한전과 Siemens와 기술제휴한 효성이 공동투자하여 40MVA급 각 직/병렬 총 80MVA 용량으로 시설된 UPFC는 병렬인버터로 무효전력을 직렬인버터로 유효전력을 제어하는 설비이다. 본 논문은 기기의 운전경험과 고장내용을 분석후 국내운영에 편리한 감시시스템으로 개선한 내용에 대하여 고찰하였다.

1. 서 론

국내 전력계통은 지속적인 수요성장과 함께 한 단계 높은 전기품질이 요구되고 있으나 신규 발전소 건설은 물론 전력수송을 위한 송전선로건설마저도 어려운 현실이다. 방안으로 기존설비의 운영에 있어 추가적인 선로 구성 없이 송전용량의 증대가 가능한 유연송전시스템(FACTS : Flexible AC Transmission System)이 계통에 적용되는 단계에 이르렀고 한국전력 또한 이러한 전력사업 여건에 대한 대처를 위하여 대용량 전력수송기술 및 345 kV로의 설비 확대 적용을 위한 신뢰성 있는 기시설계 및 제작, 운용을 목표로, 154kV 종합조류제어기(UPFC : Unified Power Flow Controller) 시작품을 미국 AEP에 이어 강진변전소에 국내 최초, 세계 2번째로 설치하였다.^[1]

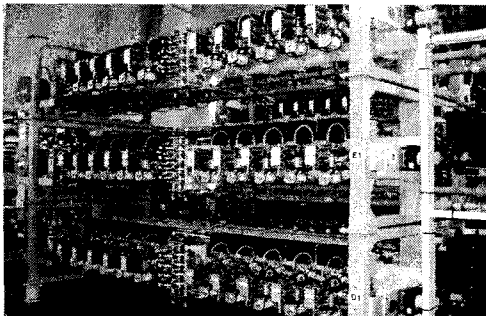


그림 1 20MVA 인버터 모듈
Fig. 1 20MVA inverter module

2. 강진 UPFC 소개

2.1 FACTS의 종류

유연송전시스템인 FACTS의 종류로는 변전소 모선 혹은 송전선로와 병렬 연계하여 전압주입에 의한 계통전압 조정으로 무효전력을 제어하는 정지형 동기조상기 STATCOM(STATIC COM-pensator), 송전선로와 직렬 연결되어 전압을 주입 유효전력을 제어하는 정지형 동기 직렬보상기 SSSC(Static Synchronous Series Compensator), 상기 두 가지 기능의 동시 제어가 가능한 종합조류제어기 UPFC(Unified Power Flow Controller) 및 컨덴서, 리액터 등의 소자로 계통전압을 조정하는 정지형 무효전력 보상장치 SVC(Static Var Compensator)가 있다.^[2]

2.2 강진 UPFC

2000년 4월부터 36개월간의 연구를 통하여 총 176억원이 소요된 강진 UPFC는 대전력용 반도체 소자를 이용한 4.208V 출력의 직/병렬인버터 및 계통과의 연결을 위한 주/보조 변압기와 제어기로 구성되어 있다. 전력조류 및 모션전압을 독립적으로 제어하는 새로운 개념의 차세대 전력전송 시스템으로 선로전압, 임피던스 및 위상각을 모두 제어함으로써 송전용량 증대 및 계통안정도를 극대화하는 설비이다.

2.3 강진 UPFC구성

강진 UPFC는 40MVA 용량의 직렬인버터, 병렬인버터와 함께 직/병렬변압기로 구성되어 있다. 단위 인버터 모듈 2대가 중재변압기를 통해 전기적으로 결합되어, 고조파 저감 기능을 하며 주변압기를 통해 154kv 계통에 연계된다. 직렬인버터에 설치된 Thyristor Bypass Switch는, 연계계통사고시, GTO 정격전류 이상의 고장 전류가 인버터내부 유입을 방지하기 위한 기능을 한다. 이는 기계적인 Bypass CB가 동작하기 전 고장전류의 인버터 유입을 예방하여 고장 과도전류로부터 시스템을 보호하기 위함이다. 각 단위 인버터 모듈은 6 pulse 3 Level 인버터로 각 GTO 밸브는 5개의 모듈이 직렬구성되어있다. UPFC 운영은 Siemens사가 개발한 Genesis 소프트웨어로 지원되며, LAN을 이용한 원격 운전도 가능하다.

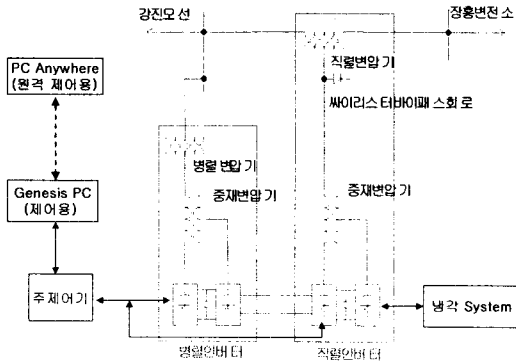


그림 2 강진 UPFC 개통 구성도
Fig. 2 Power system configuration of Kangjin UPFC

3. 강진 UPFC 설계 문제점

3.1 UPFC 관련변수 감시관란

Siemens사가 제작한 UPFC 주요설비 중 설비종합감시, 경보 및 운전 프로그램인 Genesis는 Siemens의 독자적 설계로 제작되어 설비 운전 및 관련 변수가 Genesis Program에 의하여 운영되나 Trip 관련 중요변수에 대한 실시간 감시불가 하다.. 또한 음성 경보 미제공에 의한 운전원의 고장 대처가 불가하여 Genesis 프로그램 재설계를 Siemens와 협의한 결과 과다한 설계 변경비 요구하고 있다.

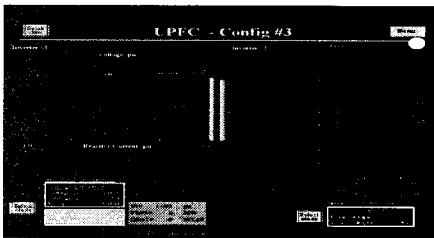


그림 3 Genesis 화면
Fig. 3 Genesis Program for Control

3.2 TBS(Thyristor Bypass Switch) Power Supply 취약

UPFC 운영결과 Thyristor Bypass Switch Power Supply UV(Under Voltage) or OT(Over Temperature)로 총 5회 정지가 발생하였다. 그러나 정지변수가 or로 설계되어 정지발생원인의 구별이 불가하다.

3.3 UPFC 주제어기 Power Supply 취약

주제어기용 전원공급기는 밀폐된 제어반 상부에 3단으로 (+15V, -15V, +5V용 전원공급기) 설치되어 자체발열 및 열축적에 의한 전원공급기 내부 온도가 70℃까지 상승, 순간 출력 저전압 발생에 의한 설비정지 3회를 경험하였다.. 방열용 냉각 Fan 미설계 및 전원공급기 전압조정기 민감으로 정상운전 중에는 설비정지 우려가 우려되어 점검 및 조정이 불가하다.

3.4 냉각설비 제어반 내부감시 불가

UPFC설비의 핵심소자인 GTO 접속부위의 수냉각을 위해 PLC로 설계된 냉각설비 제어반 내부에는 냉각펌프 모터보호용 계전기인 PVTR, 냉각펌프모터전원차단기, 제어용 PLC 전원공급용 UPS 등이 설치되어 있어 고장 개연성이 많으나 운전중 내부 감시가 불가하여 UPS 등의 고장에 의한 총 5회의 설비정지를 경험하였다. UPFC 운전중 냉각제어반 개방시 전원차단기 개방으로 펌프 및 UPFC가 정지된다.

3.5 냉각탱크 수위 원격감시 불가

중요소자인 GTO 및 각종기기의 발열부위는 수냉각으로 설계되어 있어 누수발생에 의한 냉각탱크 수위저하시 UPFC가 자동정지 되도록 설계되었으나 감시 설비 미비로 사전 상태 감시가 불가하다.

3.6 인버터실 내부온도 감시불가

인버터실 출입문 개방 및 인버터실 과온도시 설비가 자동정지 되도록 설계되었으나 내부온도 감시용 온도점검설비 미설치로 UPFC 정지온도 도달이전 온도상승 여부 사전상태 감시가 불가하다.

4. 강진 UPFC 감시시스템 개선

4.1 TBS 및 주제어기 Power Supply 내부온도 감시설비 보강

TBS 및 주제어기 전원공급기 내부온도 감시용 Thermocouple을설치, 실시간 온도 감시 가능 과 정지 발생시 원인파악이 가능토록 하였고 40℃ 이상시 음성경보가 발생하도록 지시계기를 설정하였다.

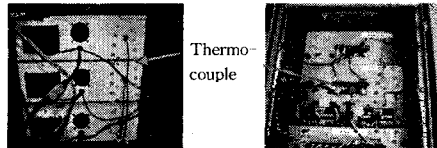


그림 4 TBS 및 주제어기용 Power Supply
Fig. 4 The Power Supply for TBS and Controller

4.2 Power Supply용 냉각 Fan 설치

전원공급기 내부소자에 열축적시 오동작에 의한 저전압 발생 예방을 위하여 냉각Fan과 EMI 대처용 Filter를 PNL상부 설치하였다.



그림 5 주제어기 Power Supply용 냉각팬
Fig. 5 The Cooling Fan for Main Controller

4.3 냉각설비 제어반 상시 점검형으로 개선

제어반 내부 UPS 및 축전지 상태, 차단기 및 전자접촉기 접속 과열유무, 보호Relay 및 PLC 확인이 상시가능토록 개선하였다.

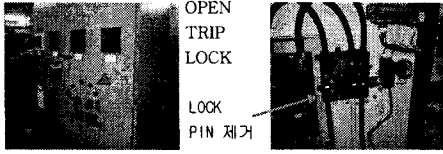


그림 6 냉각설비 제어반
Fig. 6 The Controller of Cooling Facility

4.4 냉각탱크 수위 원격감시기 설치

UPFC 건물내에서 운전원이 현장의 냉각수탱크 수위를 원격으로 상시감시 가능하도록 수위전송기 및 원격 동작하는 디지털 수위표시기 설치하였다.

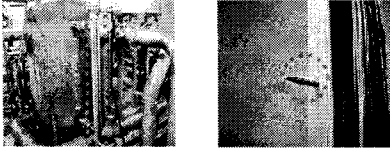


그림 7 냉각수탱크 및 온도감지기
Fig. 7 A Expansion Tank and Thermocouple

4.5 인버터실 온도감시용 Thermocouple 설치

공조기 고장에 의한 실내온도 상승시 사전 감시하여 설비정지 예방이 가능하도록 인버터실 상·중·하부에 온도 감시용 Thermocouple 설치하였다.

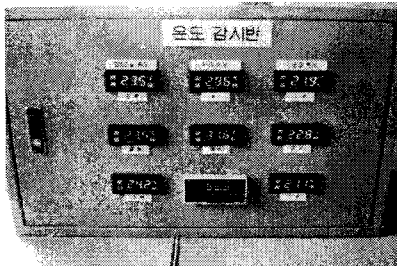


그림 8 온도감시반
Fig. 8 The Temperature Monitoring PNL

4.6 향후 국산화시 검토사항

4.6.1 큐비클형 기기개발

개방형 인버터는 운전중 출입 및 점검이 불가하고 정지 후 설비정비가 가능하므로 국산화시 상시점검 가능한 큐비클형 기기 검토가 필요하다.

4.6.2 수직 및 저소음형 냉각타워 개발

수평형 냉각타워는 내부 공기제거 불편 및 우수 유입에 의한 냉각모터부식으로 유지보수가 불편하므로 수직 및 저소음형 냉각설비 적용이 필요하다.

4.6.3 선로 직결형 기기 혹은 저소음 변압기 개발

현재 강진UPFC 직·병렬 변압기는 갠타입 변압기로 소음이 약 90[dB] 정도이다. 방음벽을 설치 운영중이나 향후 도시권 UPFC설비 운영시 문제점 대두가 예상되어 저소음 변압기 개발 혹은 선로와 직결형의 인버터 개발 등의 대책이 필요하다.

4.6.4 환경친화적 순수냉각 필요

강진 UPFC 냉각설비는 동절기 동파예방을 위해지정 폐기물인 부동액 에틸렌글리콜을 이용하고 있으나 옥내의 배관에 대한 전기 보온히터 채용시 폐기물 저감파 유지보수가 편리한 순수냉각설비로 개선이 가능하다.

5. 결 론

국내 최초로 강진에 설치된FACTS설비인 UPFC 설비의 운영 및 고장경험을 통하여 운영이 편리하게 개선한 감시시스템과 향후 국산화시 검토해야할 방안에 대하여 정리하였다.

강진 UPFC 감시시스템을 한전자체적으로 개선하여 설비상태의 실시간 및 사전 원격감시가 가능해졌고 인버터실 및 TBS Power Supply의 설비운영이 편리하게 개선되었다.전원공급기 내부온도가 70℃에서 28℃로 저하되어 설비개선 이후 저전압에 의한 설비정지가 1회도 발생하지 않았다. 이렇게 다양한 전력설비의 운영경험을 새로운 설비에 적용시 문제점 해소는 물론 전기품질과 설비 신뢰성 향상이 가능할 것이다.

[참 고 문 헌]

- [1] 전력연구원 계통안정화그룹 "FACTS 계통운용기술 개발연구 전력연구원 과제 최종보고서, 2003. 4.
- [2] "UPFC-Unified Power Flow Controller : Theory, Modelling and Applications", IEEE Trans. on Power Delivery, Vol. 13, No. 4, pp 1453 - 1460, 1998, Oct.