

Status of Local Controller for the ITER AC/DC Converter

서재학, 유민호*, 오종석, 김봉철, 최정완, 최지현, 신현국, 박형진*, 이락상*, 조재훈*, 김창우*
국가핵융합연구소, 다윈시스

Status of Local Controller for the ITER AC/DC Converter

J.H. Suh, M.H. Yoo*, J.S. Oh, B.C Kim, J.W. Choi, J.H. Choi, H.K Shin, H.J. Park*, L.S. Lee*, J.H. JO*, C.W. Kim*
National Fusion Research Institute, Dawonsys*

ABSTRACT

ITER AC/DC Converter Local Controller는 ITER 토카막 초전도 코일 전류를 제어하는 것으로 코일 전류 충전, 유지, 방전 및 보호 동작이 요구되며 토카막 제어실에서 Real time 통신으로 명령되는 실시간 전압 명령을 추종해야 한다. 대용량 Utility 및 대전류 초전도 코일 실부하에서 제어기 개발 시험은 불가능하므로 RTDS를 이용하여 제어기의 성능을 검증할 수 있다. 본 논문은 RTDS를 이용하여 전원 장치 제어기의 시험된 내용을 논의 하고자 한다.

1. ITER AC/DC Converter 구조

그림 1은 4Q AC/DC 컨버터의 AC Side 구조를 나타내며 ±15도 2대의 3상 변압기는 하나의 변압기 탱크에 조립되며, 선간전압과 대지간의 과전압 보호를 위한 arrester가 접속 된다. 변압기 2차측 각각에는 SF6차단기 on/off시에 발생하는 switching surge 보호 회로와 가압시 과도 상태에서 발생하는 이행전압 보호 회로가 설치된다. 1차측에는 2대의 변압기 공통 라인에 ACCT가 설치되고 2차측에는 ACCT가 각각 설치되어 과전류 보호 동작에 사용된다.

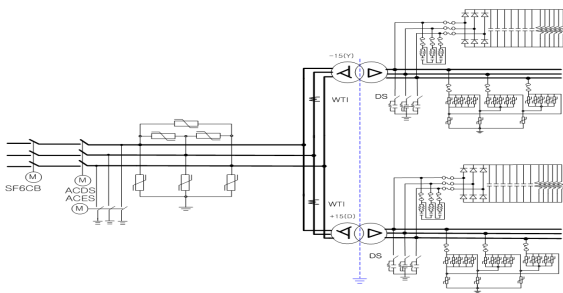


그림 1 4Q AC/DC 컨버터의 AC side 구조
Fig. 1 AC Side Configuration of 4Q AC/DC converter

그림 2는 4Q AC/DC 컨버터의 DC Side 구조를 나타내며 각 6pulse Bridge는 동일한 구조이며 각 arm마다 R, C Snubber가 설치되고 6pulse Bridge 출력에는 starting 저항과 MOV(Metal oxide varistor)가 설치된다. 4Q 출력단에는 R, C Filter, MOV, BOD(Break over diode)가 설치되어 DC단 과전압 보호 기능을 한다. 각 6pulse bridge마다 DCCT, DCPT가 설치되고 Forward/Reverse Bypass에 DCCT, DCPT가 설치된다

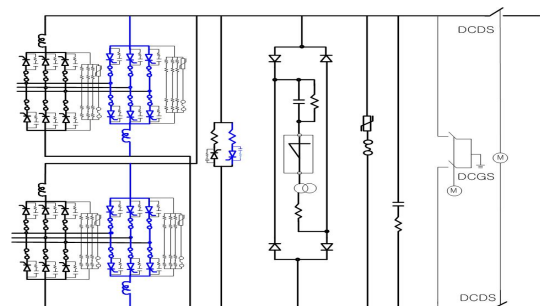


그림 2 4Q AC/DC 컨버터의 DC side 구조
Fig. 2 DC Side Configuration of 4Q AC/DC converter

2. ITER 전원장치 Local Controller 실험결과

2.1 PLL

기로 데이터를 저장하여(TRM) 컨버터 동작 분석에 이용하고 0.1초 주기로 데이터를 PSH에 보내게 되고 PSH에서는 EPICS PV화하여 데이터를 모니터링하게 된다. TRM데이터는 CCR 명령에 의하거나 컨버터 자체 고장시 데이터 저장시 Stop되고 저장된 데이터는 PSH로 보내져서 파형을 분석할 수 있다.

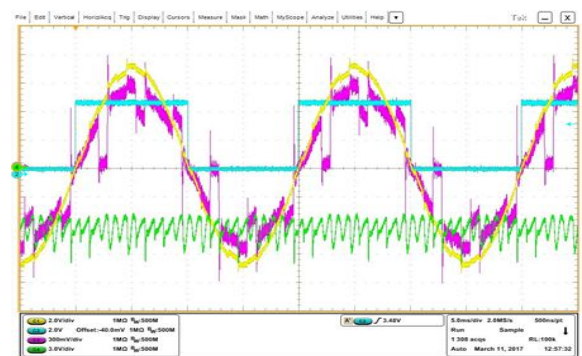


그림 3 Waveform of PLL
Fig. 3 Waveform of PLL

그림3은 제작된 Hardware에서 수행된 PLL결과이며 RTDS에서 변압기는 Y D 구조로 실험되며 파형의 노란색은 변압기 1차측 선간전압 Vac, 분홍색은 Y변압기 2차측 선간전압 Vac 하늘색은 동기된 PLL출력, 녹색은 12pulse 출력 전압을 나타낸다, PLL 구조는 DSC(delayed signal cancellation)이다.

2.2 Starting of 4Q Converter

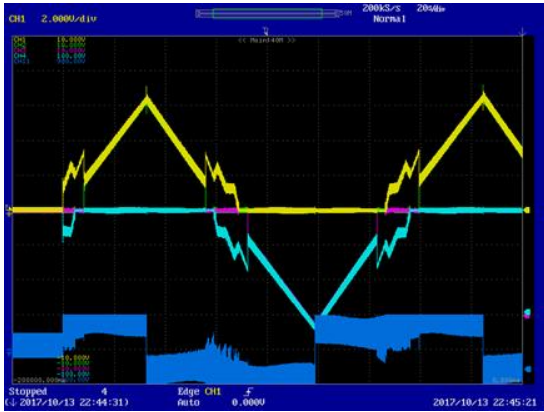


그림 4 Starting Waveform of 4Q AC/DC Converter
Fig. 4 Starting Waveform of 4Q AC/DC Converter

그림4는 4Q 컨버터 초기 starting mode에서 4개의 Bridge DCCT 출력 신호와 Terminal 전압을 나타낸다. Running Mode 초기에 컨버터는 FY bridge만 120°로 출력하여 대기 상태로 있다가 출력 전압 명령이 들어오기 시작하면 4Q mode로 동작하며 부하전류 값에 따라 순환 전류 mode가 수행된다. 이 순환전류는 플라즈마 붕괴에 따른 동작 중인 컨버터의 Blocking을 막기 위함이다.

2.3 Bypass operation of 4Q Converter

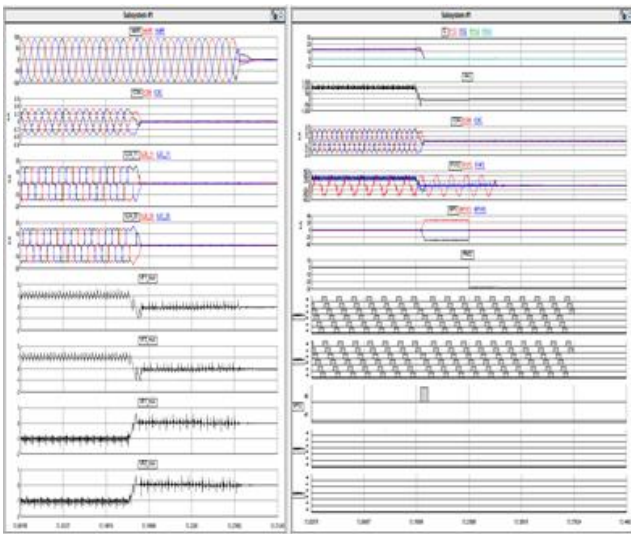


그림 5 Bypass operation of 4Q Converter
Fig. 5 Bypass operation of 4Q Converter

그림5는 RTDS와 개발된 제어기에서 수행된 4Q 컨버터 Bypass 동작과형이다. 4Q 컨버터는 내부적으로 ±6단계의 제어모드를 가지며 이들 각 제어모드마다 Bypass 동작이 다르고 과전류가 발생 할 때와 발생하지 않을 때 제어 동작이 다르게 된다. 기본적으로 수행 되어야 할 동작은 검출 즉시 알파를 90도보다 크게 하며 계통으로부터 에너지 유입을 막고, 또한 Bypass가 켜지기 위한 순방향 전압이 제공 되면서 DCL(DC reactor)에 저장된 에너지가 제거되어야 한다.

2.4 ITER AC/DC Converter 제어기 개발 환경



그림 6 ITER AC/DC Converter 제어기 개발 환경
Fig. 6 Development environment of ITER AC/DC Converter controller

그림6은 ITER AC/DC Converter 제어기 개발 환경 사진으로 RTDS, PLC Interlock monitoring System, Analog, Digital input Simulator, CVOS(Circuit Breaker, DS, ES) Switch simulator, 1EEE1588 Grand master, 개발된 제어기(Hardware, Software)로 구성되어 있다. 한국이 공급하는 5가지 컨버터와 50Hz, 60Hz, Site Dummy Load, Site 초전도 코일, 한국 공장 FAT조건, 직렬 컨버터 운전 조건, 빠른 무효전력 보상을 위한 RPC(Reactive power compensation)와 4Q 컨버터 연계 동작, 초전도 코일 상호간의 결합을 고려한 전류 제어 등이 수행 되었다.

3. 결론

본 논문은 한국에서 조달하는 ITER AC/DC Converter 제어기의 개발 환경 및 시험 내용으로 개발된 제어기 Hardware, Software를 검증하기 위하여 실제 계통과 부하 조건 상태를 RTDS에 modeling하여 제어와 보호 기능 검증 내용을 소개 하였다. 또한 제어기의 장시간 신뢰도 시험도 수행 되었으며, 직렬 컨버터 제어는 추 후 수행할 예정이다.

이 논문은 2017년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 국책연구사업임 (No. 2007 2006995, 초전도자석 전원공급장치 개발·제작).

참고 문헌

- [1] 서재학, "ITER 전원장치 Local Controller Design Status Summary", 2016 추계전력전자학회,
- [2] 서재학, "ITER AC/DC Converter Control 검증을 위한 Hardware in the Loop Simulation(HILS) System 구축 및 실험", 2015 추계전력전자학회, pp.221-222.
- [3] 조현식, "국제핵융합실험로용 VS(Vertical Stabilization) 컨버터의 운전모드 및 보호동작", KIPE, Vol. 20, No. 2 April 2015.
- [4] 조종민, "FPGA를 이용한 DSC PLL 설계 및 실험", 2014 하계전력전자학회.
- [5] J.H.Suh, J.S.Oh, J.Choi, J.Goff, J.Tao, E.H.Song, P.Fu, G.S.Lee, K.S.Eom "KOREAN R&D ON THE CONVERTER CONTROLLER FOR ITER AC/DC CONVERTERS ", SOFE 2011