

ITER 컨버터 통합 마스터 제어계통의 시험을 위한 1단계 시험계획

^a신현국, ^a오종석, ^a서재학, ^a송인호, ^a최정완, ^b이윤성, ^c이대열
^a국가핵융합연구소, ^b다원시스, ^c모비스

Test Plan for Phase-1 Integrated MCS Test of ITER Converter

^aHyun Kook Shin, ^aJong-Seok Oh, ^aJae Hak Suh, ^aInho Song, ^aJungwan Choi,
^bYoon Sung Lee, ^cDae-Yeol Lee
^aNational Fusion Research Institute, ^bDawonsys Corp., ^cMobiis Corp.

ABSTRACT

국제핵융합실험로(ITER)를 위해 한국이 설계, 제작, 시험, 운송, 설치 및 운전할 컨버터 마스터 제어계통(MCS: Master Control System)은 하부에 컨버터들과 이들을 제어하는 로컬 제어계통으로 구성되어 있다. 이들 중 많은 수의 PF 컨버터들과 로컬제어기들은 중국에서 제작하고 있다. 마스터 제어계통의 제어기를 ITER Site에 운송하기 전에 중국이 제작한 컨버터 로컬제어기들과 한국이 제작한 마스터 제어기의 통합시험을 통하여 상호 제어 신호와 데이터 통신 및 기타 기능이 설계요건에 맞게 원활히 작동되는지 확인 및 성능검증을 위한 시험계획을 수립하였다.

버터들과 마스터 제어계통은 ITER 통합제어를 위하여 중국이 조달하는 PF 컨버터 및 제어시스템들과 통합시험이 필요하다. 이를 위하여 PSH(Plant System Host) 및 MRC(Master Controller), CCR(Circuit Controller) 및 PCS(Plasma Control System) 등의 신호 및 제어와 하위 시스템의 운전상태 감시 및 제어를 통합하여 원활히 운전되어야 한다. 본 논문에서는 이러한 통합시험을 위한 한국의 마스터 제어계통의 구성과 기능, 그리고 중국의 PF 컨버터 시스템과 로컬제어기의 구성 및 특성 등의 기술적 내용을 정리하고, 시험 방법, 시험 내용 등 계획을 수립한다.

2. 마스터 제어계통과 중국 로컬제어기 특성

2.1 KO 마스터 제어계통(MCS)

KO 마스터 제어계통은 마스터 제어기(MRC), 플랜트 인터록 제어기(PIC: Plant Interlock Controller) 및 플랜트 안전제어기(PSC: Plant Safety Controller)로 그림 2와 같이 구성된다. 마스터 제어기는 SDN(Synchronous Databus Network)을 통해 플라즈마제어기(PSC) 및 회로제어기(CCR)와 연계(Interface)하고 초전도코일 전원공급장치의 제어 및 통합 기능을 수행한다. CCR은 컨버터 작동상태, 모니터링 등을 위해 LCC를 감독하고 MRC로부터 해당 LCC에 기준전압(Voltage Reference)을 배분한다. PIC은 중앙 인터록 제어기능과 로컬 인터록 제어기와의 인터페이스를 담당한다. PSC는 해당 플랜트시스템과 로컬안전제어기의 연계 및 종사자안전을 책임진다. KO CCR 옆에 중국이 공급하는 CN PF Converter 회색 상자가 표시되어 있다.

1. 서 론

ITER 초전도자석 전원공급장치는 그림 1과 같이 한국(KO), 중국(CN), 러시아(RF)가 공동으로 조달한다. 초전도자석 전원공급장치는 TFPS(Toroidal Field Power Supply), PFCS(Poloidal Field and Central Solenoid), CCPS(Correction Coil Power Supply)의 컨버터와 마스터 제어계통(MCS: Master Control System) 및 로컬제어 큐비클(LCC: Local Control Cubicle)들로 구성되어 있다. 한국은 TF, CS, VS, CC 컨버터들과 이들의 로컬제어기 및 마스터 제어계통을 제작 공급하고, 중국은 PF 컨버터와 로컬제어기를 그리고 러시아는 SNU(Switch Network Unit), PMS(Protective make switch), FDU(Fast Discharge Unit) 등을 제작/공급한다.

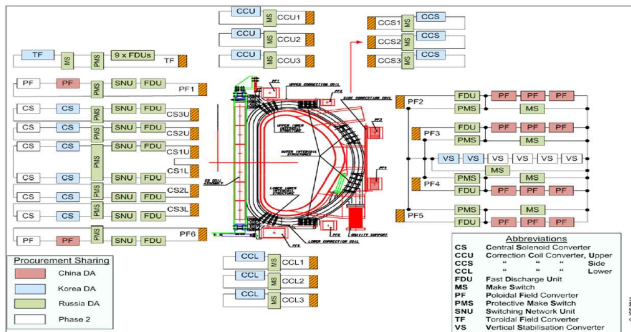


그림 1. ITER 초전도자석 전원공급장치 구성도 및 공급국가

Fig. 1 Power Supply System of ITER Superconducting Magnets and Components Suppliers

한국이 설계, 제작, 시험, 운송 및 현장 설치, 시운전 하는 컨

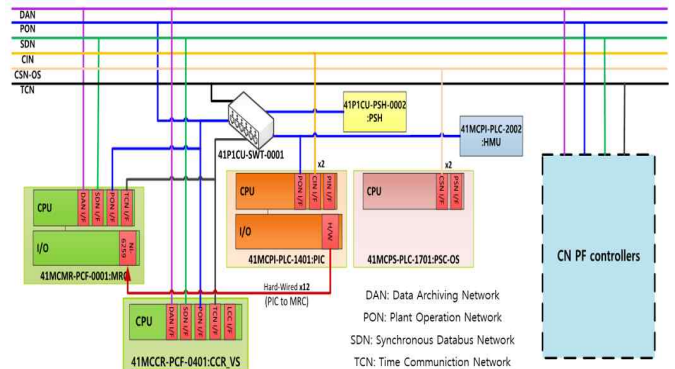


그림 2 KO 마스터 제어계통 구성도

Fig. 2. KO Master Control System Structure Drawing

2.2 CN AC/DC 컨버터 및 CCR 계통구성

CN AC/DC 변환기 시스템은 그림 3과 같이 CCR과 AC/DC 변환기로 구성된다. CCR은 컨버터의 작동상태 감시 등을 위해

LCC를 감독하고 MRC로부터 해당 LCC로 기준전압을 배분한다. AC/DC 컨버터는 ITER 마그넷 시스템에 제어된 DC 전류를 제공하며 차단기 및 접지장치, AC/DC 컨버터, 변압기 및 센서로 구성된다. AC/DC 컨버터의 제어시스템은 CCR과 통신하고 기준전압 배분, 순차제어, 알파제어, 컨버터 상태감시, 로컬 레벨의 과도상태 기록기 및 LCC 그리고 로컬 인터록제어기(LIC), 로컬 안전제어기(LSC) 및 고속로컬인터록제어기(F-LIC)로 구성된다.

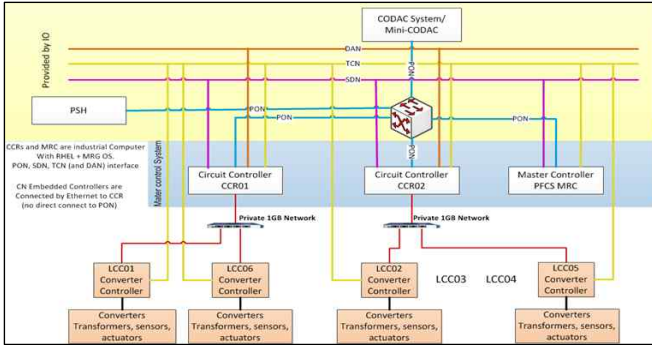


그림 3. 중국 로컬제어계통 구성도
Fig. 3 CN Local Control System Structure

3. 통합 마스터 제어계통의 시험계획

3.1 시험목적 및 범위

- 본시험은 다른 네트워크에서 PF-CCR과 KO-MRC 간의 통신을 확인하는 것이다. 통신 및 제어기능이 ITER 요건에 맞게 적절히 수행되는지 확인한다.
- 1단계 시험은 PSH, mini-CODAC, MRC/CCR만을 포함하고, 하위 레벨은 LCC 시뮬레이터를 사용한다.
- 2단계 시험은 하위 레벨의 기기를 포함한 통합시험을 수행한다.

3.2 시험요건 및 시험장치 구성도

- mini-CODAC를 사용하여 KO MRC + CCR과 CN CCR의 상호 운용성을 테스트하여 비 호환성을 식별하고 미리 수정한 후, 모든 CPS 컨버터에 대한 HMI를 테스트하고 HMI에 대한 설계를 종결한다.
- PF CCR 소스코드를 컴파일하여 KO의 제어기에 설치하고, CNDA로부터 받은 PF LCC 시뮬레이터를 설치한다.
- 1단계 시험을 위한 구성도는 아래 그림4와 같다.

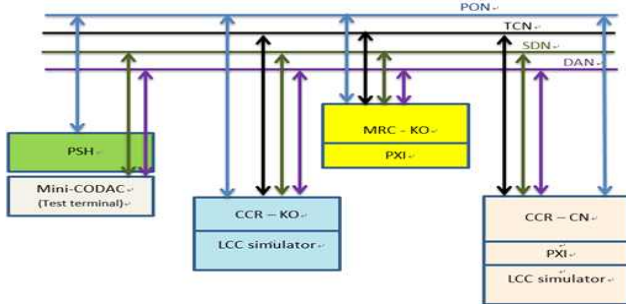


그림 4. 1단계 시험 구성도
Fig. 4 Phase - 1 Test Setup

3.3 1단계 시험계획

- 1) **PON 테스트:** KO-CCR FAT에 사용되는 일반적인 PON 테스트를 CN-CCR과의 통신 호환성을 보장하기 위해 반복한다.
- 2) **SDN 테스트:** CN-CCR과의 통신 호환성을 보장하기

위해 KO-CCR FAT에 사용되는 일반적인 SDN 테스트를 반복한다.

- 3) **DAN 테스트:** CN-CCR과의 통신 호환성을 보장하기 위해 KO-CCR FAT에 사용되는 일반적인 DAN 테스트를 반복한다.
- 4) **TCN 테스트:** TCN은 KO-CCR 및 CN-CCR에 대한 독립 네트워크이므로 1단계에서 테스트할 필요 없다.
- 5) **PSOS 커뮤니케이션:** PF-CCR은 KO-PSH의 PSOS 요청 및 상태를 PON을 통해 교환한다. 따라서 테스트 목적은 KO-CCR 및 CN-CCR에서 PSOS 및 CVOS State Machine을 확인하고 기록하는 것이다.
 - **합격 기준:** KO-CCR 및 CN-CCR의 PSOS 상태 시스템은 동일한 방식으로 작동하고 결합 없이 PSH COS 상태 시스템에 협력해야 한다.
- 6) **기준전압 커뮤니케이션:** MRC는 기준전압을 SDN을 통해 KO-CCR 및 CN-CCR에 분배한다. 따라서 이 테스트에서는 KO-CCR 및 CN-CCR에서 타임스탬프를 사용하여 공유 기준전압 값을 확인해야 한다. 기준전압 읽기 기능은 두 CCR 그룹 모두에서 일관성을 검사해야 한다. 효과적인 정보 공유를 위해서는 SDN Topic을 잘 조화시켜야 한다.
 - **합격 기준:** 두 CCR 그룹 모두 SDN을 통해 동일한 기준전압을 받아야 한다.
- 7) **실시간 컨버터 상태 정보전달:** 이 기능에서 모든 CCR은 컨버터 상태정보를 MRC에 전달한 다음 이 정보를 SDN에 게시한다. 따라서 이 테스트에서 두 CCR 그룹이 공유하는 상태 정보는 일관성을 위해 MRC에서 확인해야 한다.
- 8) **무효전력(Q) 계산값 전달:** 두 CCR 그룹 모두 Q 값을 MRC에 전달하며, MRC는 이 정보를 집계하여 RPC와 PCS에 전달해야 한다. 따라서 두 CCR 그룹이 공유하는 Q값을 MRC에서 확인해야 한다.
- 9) **PF와 VS의 상호연동:** MRC는 CCR 수준에서 시작 및 중지하기 위해 PF 및 VS 컨버터를 상호연동 운전한다. 따라서 이 테스트에서는 State Machine 레벨의 상호연동 통신을 확인해야 한다. 1단계에서는 자세한 기능 테스트를 수행할 필요가 없다.
- 10) **SDN을 통한 RFDA 코일전압 및 전류정보 공유:** RFDA 계측시스템은 코일전압과 전류를 측정한다. 이 정보는 SDN을 통해 공유된다. 따라서 정확한 정보공유를 위해서 SDN Topic은 잘 조화되게 테스트하여야 한다.

4. 결론

마스터 제어계통의 제어기를 ITER Site에 운송하기 전에 중국이 제작한 컨버터 로컬제어기들과 통합시험을 통하여 상호 제어 신호와 데이터 통신 및 기타 기능이 설계요건에 맞게 설계되었는지 확인 및 성능검증을 위한 시험계획을 수립하였다. 1단계 통신 검증 시험계획은 잘 작성되었다고 판단된다.

이 논문은 2019년도 과학기술정보통신부와 한국연구재단의 지원으로 수행된 국책연구사업임(No. 2007-2006995, 초전도자석 전원공급장치 개발·제작)

참고 문헌

- [1] 신현국, 오종석 외 1인, ITER 초전도코일 전력공급장치의 PFCS Master Control System 시험 평가, 전력전자학회 추계학술대회 논문집, 2018. 11. 30