

# ITER 초전도자석 전원공급장치 통합제어를 위한 PSH 통합관련 Issue 및 현황

최지현, 오종석, 신현국, 서재학  
국가핵융합연구소

## Issues and status of PSH Integration for Master Control System for ITER AC/DC Converter

J.H. Choi, J.S. Oh, H.K. Shin, J.H. Suh  
National Fusion Research Institute

### ABSTRACT

ITER 초전도자석 전원공급장치의 통합제어를 위한 마스터제어기는 각 플랜트시스템(CCPS, TFPS, PFCS)에 대한 3개의 MCS로 구성되며, 전체 전원장치 I&C 시스템의 통합을 위하여 플랜트 레벨에서의 PSH 통합이 필요하다. ITER 제어시스템에서 제공하는 플랜트 시스템 I&C의 통합 기능을 이용하여 통합시 고려해야 하는 문제점 및 이슈들을 조사하여, 향후 마스터제어기의 통합 시험에 필요한 기능들을 사전에 점검하고, 통합요류를 최적화하여 마스터 제어기 제작 및 시험에 적용하고자 한다.

### 1. 서론

ITER 초전도자석 전원공급장<sup>[1]</sup>는 한국, 중국, 러시아가 공동으로 조달하며, 본 장치 통합제어를 위하여 한국이 마스터제어기를 조달한다. 각 플랜트시스템(CCPS, TFPS, PFCS)에 대한 3개의 마스터제어기시스템으로 구성되며, 전체 전원장치 I&C(Instrumentation and Control)의 통합 제어를 위하여 공동으로 조달되는 I&C시스템의 통합이 필요하며, 이를 위하여 PSH(Plant System Host) 및 Mini CODAC 등의 통합과 하위 시스템의 운전상태를 통합하여 전원공급장치의 전체 I&C시스템의 통합제어 및 통합 운전이 수행되어야 한다. 플랜트 레벨에서의 통합 뿐만 아니라, 마스터제어기는 ITER 중앙I&C 시스템(CODAC, Interlock, Safety)과의 통신하며, 플랜트의 제어를 위한 기능을 제공한다.

### 2. 마스터제어기의 통합제어

#### 2.1 ITER 장치의 제어시스템

ITER 장치의 전체 제어시스템은 101개의 조달약정을 통해 조달되고, 171개의 Plant System I&C로 구성되며, 이는 18개의 ITER 제어 그룹으로 분류되어 각 플랜트 레벨의 I&C 시스템을 통합하여 중앙 제어시스템에서 전체 플랜트를 통합제어하고, 감독하는 구조이다. ITER 중앙제어시스템은 그림1과 같이 Conventional Control역할을 담당하는 CODAC, 장치를 보호 역할을 하는 Central Interlock System, 사람 및 환경을 보호를 위한 Central Safety System이 독립적으로 작동한다.

ITER 장치를 구성하는 플랜트시스템 I&C를 위하여 표준과 가이드라인을 정의하는 PCDH(Plant Control Design

Handbook)에 따라 개발·제작, 통합 된다. PCDH에서 플랜트시스템 I&C의 제작을 위한 하드웨어 및 소프트웨어의 표준과 사양을 명시하고, 중앙 I&C 시스템과의 인터페이스를 정의한다.

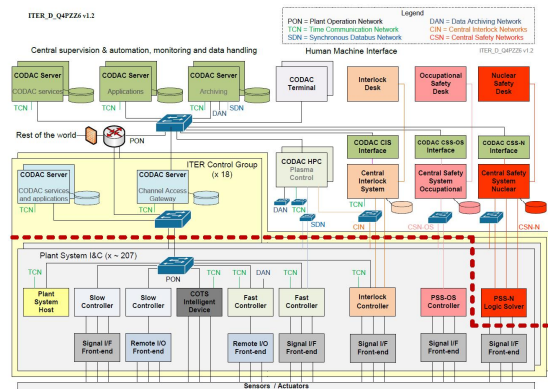


그림 1 ITER Central/Plant I&C System의 물리적 구조

#### 2.2 ITER 초전도자석 전원공급장치의 제작 및 시험

ITER 초전도자석 전원공급장치의 구성은 그림2와 같고, 본 장치의 I&C<sup>[2]</sup>는 표1과 같이 3개의 플랜트 시스템으로 구성된다. 그림3은 PFCS MCS의 Conventional Control 과 Interlock 시스템의 구조이다. 각 플랜트시스템 I&C 별로 제작 및 공장인수검사(FAT, Factory Acceptance Test)를 수행한 후, 통합 FAT를 실시한다. ITER기기로 조달 및 설치 이후에는 한국, 중국, 러시아가 개별적으로 현장인수검사(SAT, Site Acceptance Test)를 실시한 후 한국과 중국의 Converter와 RPC & HF unit의 1단계 SAT, 그리고 한국, 중국, 러시아의 컴포넌트를 포함하여 2단계 SAT를 수행하여 커미셔닝을 실시한다.

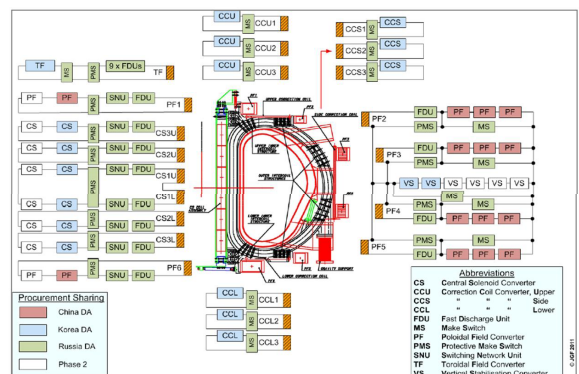


그림 2 ITER 초전도자석 전원공급장치 구성

표 1 ITER 초전도자석 전원공급장치 I&C시스템의 구성

Plant System	Description
TFPS	All the TF coils are powered by a single supply, TF power supply provides continuous controlled DC current to TF coils
PFCS	PCS perform real time control of PS, CS, VS power supplies for plasma initiation, shape and position control
CCPS	PCS perform real time control of CC power supplies for error field correction

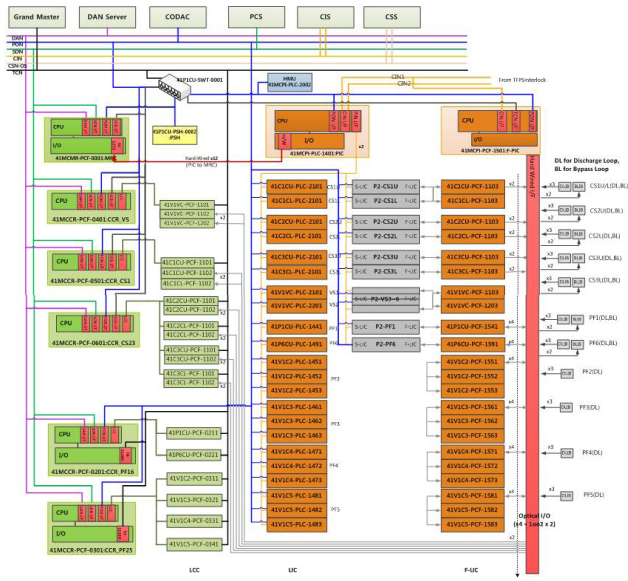


그림 3 PFCS I&C를 위한 Conventional and Interlock 구조

2.3 I&C 통합을 위한 Self-Description Data정의

플랜트시스템의 통합을 위하여, I&C는 공통된 데이터 구조를 가지는 시스템으로 개발되어야 하며, 이를 위해 플랜트 시스템 I&C의 정적구성정보(Static configuration data)를 정의하는 Self Description Data(SDD)의 구성에 따라 I&C 세부내용이 정의된다.

I&C 소프트웨어 개발과정에 필요한 SDD 툴킷(SDD Editor, SDD Translator, SDD Parser, SDD Webapp, SDD sync 등)이 표준 소프트웨어로 제공된다. SDD Editor를 이용하여 표2의 I&C 구성정보를 I&C 설계자 및 개발자가 정의하며, 플랜트별 정보는 SDD 중앙 데이터베이스에 저장되고 공유된다. 그리고 중앙제어시스템인 CODAC과의 인터페이스를 정의하고, CODAC 서비스(알람 및 아카이빙)에 대한 정보를 정의한다.

표 2 Self-Description Data의 정보 구성

분류	세부 정보
Overall	I&C Project Name, Version, Description, Location 등
Equipment	Components, Cubicle, Control Units, Chassis, IO modules
Functions	List of functions
Signal	List of signals
Variables	List of variables, PON Variables, SDN/DAN Variable, Commands, Events
COS PSOS	COS PSOS mapping

각각 개발된 플랜트시스템 I&C 시스템은 SDD Editor의

I&C Project 병합기능을 통해 통합될 수 있다. 그림4와 같은 운전화면인 HMI를 제공하는 mini CODAC은 통합운전계획에 따라 통합 및 편집되는 과정이 필요하며, 플랜트 통합운전을 위하여 하위시스템간의 운전 정보의 통합 및 조율이 요구된다.

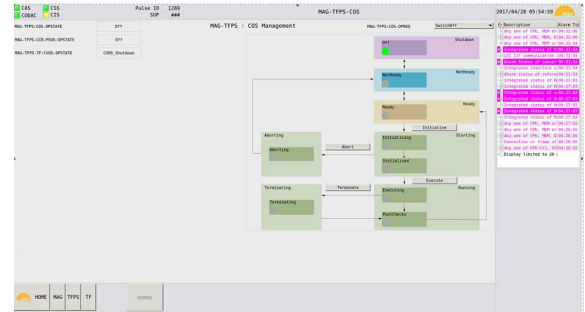


그림 4 TFPS MCS의 State Machine HMI screen

ITER 장치의 운전은 State Machine에 의해 자동화 운전을 수행한다. 각 MCS는 시스템은 COS PSOS CVOS의 계층구조를 가지는 상태정보를 관리한다. COS(Common Operational state)는 CODAC에서 플랜트시스템에 전달되는 상태 정보이고, PSOS(Plant System Operational State)는 플랜트시스템에서 정의되는 운전 상태이며, CVOS(Converter Operational State)는 로컬 컨트롤러의 운전 상태를 표현한다. COS PSOS CVOS의 매핑을 통하여 CODAC과 MCS 그리고 로컬컨트롤러간의 운전명령과 상태정보를 교환하여 자동화 운전을 수행하게 되는데, I&C통합 시 상태 매핑테이블에 따른 자동화 및 자동오류 처리 로직을 검증하고 절차가 통합운전에 필수적이다.

3. 결론

ITER 초전도자석 전원공급장치의 성공적인 조달을 위하여 마스터제어시스템의 I&C 통합 시 필요한 PSH의 통합에 따른 이슈들을 조사하였다. 플랜트 시스템의 I&C 통합기능 뿐만 아니라, 통합운전을 위한 운전계획 및 State Machine의 통합 및 검증 또한 통합 제어의 중요한 통합 요소이다. I&C 통합시 발생 가능한 통합오류 등을 최적화하기 위한 추가 시험항목 등을 개발하여 ITER 초전도자석 전원공급장치의 마스터제어기 제작 및 시험에 적용할 예정이다.

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

참고 문헌

[1] J.S. Oh et al., "Final Design of the Korean AC/DC converters for the ITER coil power supply system", Fusion Engineering and Design, Vol. 98 99, pp. 1127 1130, 2015.  
 [2] J.L Goff et al., "Control and instrumentation of the ITER coil power supply system", Control and Automation 2013, Uniting problems and solutions, IET conference, pp.1 6, 2013.