

발전소 제어계통을 위한 분산제어시스템(DCS) 기기평가항목 개발

황인구, 오인석, 서중석*, 김양모**
 한국원자력연구소, *두산중공업(주) 기술연구원, **충남대학교

Development of Specifications for Evaluating DCS for Plant Process Control

Inkoo Hwang, Inseok Oh, Jungsuk Sur*, Yangmo Kim**
 Korea Atomic Energy Research Institute, *Doosan Heavy Industries & Construction Co. Ltd.,
 **ChungNam National University

Abstract - 일반적으로 플랜트와 같은 대규모 설비의 공정제어를 실현하기 위해서는 분산제어시스템(DCS: Distributed Control System)을 사용하게 된다. 이 분산제어시스템은 여러 종류의 제어 및 감시 장비가 네트워크를 통하여 연결되고 많은 기능을 포함하게 된다. 이러한 분산제어시스템을 사용하거나 개발하기 위해서는 계통을 구성하는 하드웨어 및 소프트웨어의 세부 기술특성 및 제원을 평가하는 것이 필요하다. 한국원자력연구소와 두산중공업은 원자력발전소의 공정제어계통에 사용할 상용 분산제어시스템의 기술적 평가항목과 권장되는 성능지표를 개발하였다. 이 논문은 개발된 평가항목과 제원을 분산제어시스템의 구성 요소별로 분리하여 서술한다.

DCS는 플랜트의 확장이나 구조변경 용이성, 다른 제작자 혹은 종류가 다른 장비와의 호환성 및 연결성 등이 요구되므로 데이터 통신망에 대한 중요도가 매우 커지고 있다.

2.2 전체시스템 구성에 대한 평가 항목

DCS의 전체적인 평가를 위해서는 모든 구성요소나 구조를 나타내는 전반적인 설계특성 및 기능을 검토해야 한다. 이와 같은 요소들은 다음과 같은 것이 있다.

1. 서 론

많은 제어계통이 복합되어 작동하는 발전소와 같은 대규모 설비의 공정제어를 위해서 DCS의 사용은 필연적이다. 그러나 상용 DCS의 각 공급자마다 강조하거나 내세우는 특성 및 제원이 다르고 또한 각 구성품에 대한 용어 등도 서로 다르게 사용하고 있다. 두산중공업은 한국원자력연구소와 협동으로 원자력발전소의 제어계통에 사용할 수 있는 DCS의 성능과 기능에 대한 평가항목을 개발하여 원전용 DCS의 개발 및 선정을 위한 지침으로 사용할 예정이다. 원자력발전소는 다른 플랜트와는 달리 지역적, 공간적 분산성이 별로 요구되지 않는 반면 내고장성(fault tolerant) 및 유지보수성이 특히 강조된다[1-7]. 본 논문은 위와 같은 원전의 특성을 고려하여 일반적인 DCS의 구조에 따른 각 구성요소별 제원 및 요건의 평가항목을 서술한다. 2.1절은 DCS의 일반적인 구조와 구성요소를 정의하고, 2.2절은 전체적인 시스템의 평가항목을, 그리고 2.3절은 하드웨어 및 소프트웨어를 포함한 구성품에 대한 평가항목을 포함한다. 2.4절은 품질보증에 관련된 평가항목을 서술하였다.

- 1) 표준화 기술 사용: OPC(Open Process Control), 상용 통신망, 표준 캐비닛 mounting, etc.
- 2) Self Addressing Technology (Plug and Play)
- 3) Hot Swapping : On Power Replacement
- 4) 분산성 : station 간 최대 이격 가능거리
- 5) 확장성 : 최대 I/O Modules 수
- 6) 이중화 정도: Redundancy
- 7) 전체 신뢰도 : MTBF (Meantime Between Failures)
- 8) 내구성 : 내환경, 내진, 전자파적합 설계
- 9) 자가진단능력
- 10) 센서 및 구동기와의 연결성
- 11) 표준 Library 사용
- 12) 채널간 혹은 캐비닛간의 독립성

2. 본 론

2.1 DCS의 구조

<그림1>은 DCS의 구조를 간략히 나타낸 것이다. DCS의 구성요소를 크게 나누면 공정제어를 직접 실시간으로 수행하는 현장제어반(Local Control Station), 제어논리를 개발하고 DCS시스템의 형상을 관리하는 Engineering Workstation, 직접 플랜트를 운전하는 운전원과의 연계를 담당하는 Operator Workstation, 각종 플랜트 및 DCS 데이터를 저장하고 관리하는 Data Sever, 그리고 이들을 연결하는 통신망 등으로 구성된다[1-5].

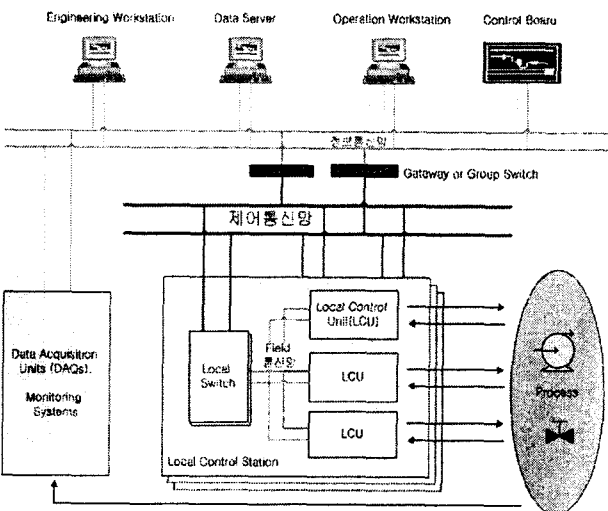
2.3 하드웨어 및 소프트웨어 구성품 평가항목

2.3.1 하드웨어

DCS를 구성하는 하드웨어는 현장의 센서, 스위치 혹은 구동기와 연결되는 입출력 모듈, 연산, 통신 및 제어로직을 수행하는 중앙제어(CPU) 모듈, 이들을 보조하는 캐비닛, 전원공급기, 케이블 등이 있다. 이들 하드웨어에 의하여 공정(process)과 연결이 되므로 하드웨어의 평가항목은 입출력모듈을 중심으로 도출하였다. 입력모듈의 경우 일반적으로 입력채널의 수용능력, 범위, 정확도, 임피던스, 내환경 능력, 속도(scan rate)등의 일반 평가요소 외에 RTD, Thermocouple, 펄스형 등의 특수 입력모듈의 수용성 그리고 각 특수 입력모듈에 대한 고유특성 따른 제원이 평가항목에 추가되었다. 출력모듈의 경우에는 아날로그 전압출력, 아날로그 전류출력, 릴레이 출력, 디지털 DC 출력, 디지털 AC 출력, 디지털 TTL 출력의 각 종류별 모듈에 대한 평가항목을 도출하였다. 중앙처리장치의 요건은 속도, 고장수용설계, 자가진단기능, 연결가능노드(node)수 등이 포함되었다.

2.3.2 제어기 능력

DCS의 성능을 좌우하는 것은 하드웨어보다는 공정제어로직을 결정하는 소프트웨어이다. 1 msec의 Sequence of Event(SOE)처리능력, 다양한 입력 조건에 따른 경보설정방법 및 종류, 제어루프간의 빠르고 충돌 없는 데이터 전달, 유효하지 않은 데이터 발생에 따른 고장검출, 고장으로 선언된 변수 등은 제어루프의 처리 방법의 다양성, 비선형 센서(RTD, Thermocouple, 등)의 선형화 계산, 디지털 필터 및 Discrete Fourier Transform, 제어루프 실행주기 조정, Windup Protection, 순차제어(Sequence Control) 기능, 감독 자체제어(Supervisory Control) 능력, 자동튜닝, Process Simulation 기능 등의 요소가 제어기 평가항목이 될 수 있다. 이들 항목들은 대규모 Process 제어를 위해서는 일반적으로 구비되어야 할 기능이다.



<그림1> DCS의 구성

2.3.3 Engineering Workstation

Engineering Workstation(EWS)은 제어로직, 경보, 표시화면 등을 구성하거나 설정하는 등, 프로그램 및 DCS 구성(configuration)의 편집, 수정, 변경을 실행하고 관리하는 기능을 한다. EWS에는 이와 같은 기능을 지원하는 여러 개발 및 관리용 도구를 구비해야 한다. 따라서 EWS의 평가항목은 제어로직을 구성하고 운전원 인터페이스를 구성하는 데 필요한 소프트웨어 도구가 구비 혹은 제공되는 지 여부를 중심으로, 각 도구의 편의성, 기능성, 성능, 제공되는 Utility의 종류, 등을 평가항목으로 선정하였다. EWS의 특성을 결정하는 중요한 요소는 Tag Builder, Configuration& Data Base, Graphic Builder이다. 따라서 이 세 가지 도구에 대한 구체적인 요소가 포함되었다.

2.3.4 Operator Workstation(OIS: Operator Interface Station)

Operator Workstation은 운전정보를 운전원에게 표시하고 운전원의 (수동) 제어입력을 받아들이는 역할을 한다. 따라서 OIS는 전적으로 운전원 인터페이스 성능에 의하여 평가될 수밖에 없다. OIS의 평가를 위해서 검토되어야 할 대표항목은 Mimic Diagram, 제어창(faceplate), 경보표시, Trend 그래프, 진단표시화면 등이다. 기타 이중모니터 연결성, 화면인쇄기능, 화면 접근방식(Navigation)의 다양성 및 용이성, 밸브 및 펌프의 상태 표시 기능, 정보의 우선순위 적용 등이 포함되었다.

2.3.4 통신망

DCS의 성능을 결정하는 가장 중요한 인자 중 하나는 통신망의 성능이다. 그러나 통신망에 대한 정량적인 기준을 설정하는 것이 현대의 통신기술의 다양성 및 특성을 고려할 때 의미가 크지 않으므로 주로 정성적인 평가항목으로 개발하였다. 예를 들면 다중성, 분리 및 격리성, 확장성, 유연성, 표준화, 속도, 접속보안성, 전송용량, 실시간 성능, 등이다. 통신망은 이중화 혹은 다중화되어야 하고, 10Mbps이상의 속도와 하나가 고장일 경우 다른 통신선로로 자동 전환이 이루어져야 하며, 국제 표준과 호환성이 있어야 하는 등의 요건 등이 충족되는지 평가되어야 한다. 또한 노드의 접속과 추가가 가능하고 실시간 제어 및 감시기능을 보유해야 한다.

2.4 품질보증 및 문서화 평가항목

발전소와 같이 높은 신뢰성이 요구되는 곳의 설비는 체계적인 시험과 품질보증절차에 의하여 적용되어야 한다. 품질보증에 대한 평가항목은 하드웨어 및 소프트웨어에 대한 시험, 품질보증체계, 문서화 등이다.

2.4.1 품질시험

DCS의 품질시험은 여러 종류가 있을 수 있으나 내구성에 관련된 대표적인 것으로는 내환경, 내진, 응답시간, EMI/EMC, Surge, ESD(Electrostatic Discharge), 전원시험 등이다. 이들 기기검증시험은 관련되는 기술기준에 만족하는 시험을 수행하였는가를 평가한다. 예를 들면, 내진시험은 IEEE Std 344[8], 내환경의 경우 IEEE Std 323[9], 전자기파의 경우 EPRI TR-102323[10] 혹은 IEC 61000-4[11] 등을 들 수 있다. 또한 전원의 변동 범위에 대한 허용 제한이 명시되어야 한다.

2.4.2 품질보증체계

DCS의 제작자는 품질보증체계 및 소프트웨어 확인 및 검증, 형상관리 프로그램 등이 마련되어야 한다. 소프트웨어의 신뢰성을 높이기 위한 개발과 확인 및 검증활동이 체계적으로 이루어져야 하고, 소프트웨어의 변경 및 개정에 대한 관리가 적절하게 이루어졌는지 확인할 수 있어야 한다.

2.4.3 문서화

DCS의 품질, 설계, 시험, 운영 등에 관련된 문서들의 생산여부가 평가항목에 포함된다. DCS 제작자가 갖추어야 할 문서로는 기기 사양서, 운전 매뉴얼, Engineering 프로그램 매뉴얼, 유지보수 매뉴얼, 시험절차서 및 보고서, 소프트웨어 확인 및 검증 활동 문서, 계통도면, 제품인증서 등이다.

3. 결 론

플랜트와 같은 대규모 설비의 공정제어를 실현하기 위한 분산제어시스템(Distributed Control System)의 기기평가항목을 대분류 94개 항목, 소분류 633개 항목을 개발하였다. DCS의 일반적인 구조에 따른 각 구성요소별 제원 및 요건의 평가항목을 도출하여 발전소의 제어시스템을 도입하거나 적용할 경우의 지표가 되도록 하였다. 이 평가표에 도출된 각 인자들의 DCS의 사용 목적에 따른 중요도를 분석하여 각 평가항목에 대한 정량적인 가치를 부가하면 이를 바탕으로 DCS의 정량적인 평가 계산이 이루어질 수 있다.

[참 고 문 헌]

- [1] IEEE Std 1046-1991, IEEE Application Guide for Distributed Digital Control and Monitoring for Power Plants
- [2] 계측제어사업단 보고서, DCS 기반의 제어계통 기기적용성 평가, 2004
- [3] RTP Corp, 제품설명서 CD, <http://www.rtpcorp.com>
- [4] Siemens AG, TELEFORM XP, The Process Control System for Economic Power Plant Control, Catalog LT600, April 1998
- [5] 우리기술, DCS 사양서, 2005년
- [6] EPRI TR-107330, Generic Requirement for Qualifying a Commercially Available PLC for Safety Related Application, 1998
- [7] 계측제어사업단 보고서, 비안전등급 제어기기(DCS) 평가표, 2005
- [8] IEEE Std 344-1987, IEEE Recommended Practice for Seismic Qualification of Class 1E Equipment for Nuclear Power Generating Station Safety Systems
- [9] IEEE Std 323-2003, IEEE Standard for Qualifying Class 1E Equipment for Nuclear Power Generating Stations
- [10] EPRI TR-102323 Rev. 02, Guidelines for Electromagnetic Interference Testing in Power Plants Equipments, Electric Power Research Institute, Nov. 2000
- [11] IEC 61000-4, Electromagnetic Compatibility (EMC) - Part 4: Testing and Measurement Techniques