

최신 수력발전소의 I&C system에 관한 연구

이정환, 권혁정, 조남빈*
한국수자원공사 합천댐사무소

A study on I&C system for newly hydro power plant

Jung Whan Lee, Hyuk Jung Kwon, Nam Bin Cho*
Korea Water Resources Corp. Hap Chun Dam

Abstract - This presentation describes an experiment to intergrated control, protection and measurement system configuration at KOWACO's Yongdam hydro-power station currently constucted by discrete electronic and electromechanical devices. The experiment is designed to exploit existing microcomputer technologies, digital signal processors, m/w&fiber optic communications. The theory of operation and advantages of the intergrated approach are discuss ed.

1. 서 론

본 연구에서는 최신 기술을 이용한 수력발전소의 전기제어시스템, 프로세스의 감시, 제어, 계측, PID루프제어, MMI 기능을 중심으로한 계측제어시스템, 고도의 프로세스제어와 플랜트 전체 운용을 담당하는 컴퓨터제어시스템을 각각의 서브시스템으로써 균형있게 관리하는 통합화제어시스템의 구축 기술에 관하여 논하고자 한다.

최근의 플랜트제어시스템은 분산제어화, EIC통합화, 계기실의 통합등의 진전에따라 종래 이상으로 집중감시, 집중관리의 경향이 강해지고 있다. 본 고에서는 수력발전소의 자동제어시스템 설계에 적용된 최신기술을 중심으로 제어의 분산과 감시/관리의 집중 시스템의 OPEN화를 시스템의 통합설계시 주요한 고려사항으로 전제하며,

첫째, 주요 제어대상 설비인 수차발전기에 대한 자동운전을 위해 요구되는 최적의 시스템 구축방안의 일환으로 수력발전소의 통합Digital제어시스템 적용의 제시,

둘째, Plant자동제어시스템의 통합화 경향중에서 정보의 광역화와 설비의 연속운전특성에서 고도의 품질관리와 생산관리를 위해 요구되는 Total system으로서의 신뢰성 확보방향에 대한 H/W.S/W적 측면의 접근과 적용 Project의 Level"0"에 해당하는 RTU단의 Open규격에 대하여 Programming언어 측면에서 기술하였으며, 셋째, 한국수자원공사에서 건설하고있는 용담제1,2발전소의 통합자동화시스템의 적용사례를 소개한다.

2. 본 론

2.1 수력발전소의 전기제어시스템의 통합화

기존의 수력발전소의 전기제어장치는 전기(E), 계장(I), 컴퓨터(C)의 제어시스템이 중복 적용되는 경우가 대부분으로 조작의 일원화, 보수의 합리화, 엔지니어링의 효율화 및 투자비 절감 차원에서 EIC통합제어시스템의 적용이 강력히 요구된다. 일반적으로 수력발전소의 자동제어는 시퀀스제어와 피드백제어로 대별할 수 있으며, Sequence제어는 주로 불연속량을 대상으로 해서 다루는 제어이고 불연속적인 작업을 제어하는데 적용된다. 피드백제어는 주로 연속량을 대상으로 제어하며, 주로 플랜트 공정제어에서 유체와 물리량등의 제어에 적용

된다. 그러나 수력발전소와 같이 다양한 제어형태가 복합되어있는 제어시스템에서는 피드백제어와 Sequence제어가 공용되고 있으며, 이들의 제어시스템을 효율적으로 구축하기위하여 EIC통합제어시스템의 개발필요성이 강력하게 요구되는 현실이다. 그림 1. 은 수력발전소에 적용된 통합제어시스템의 구축 사례이며, 수력발전소의 공정제어 및 감시기능을 내장된 PLC에 의해 연산, 수차례되어 다양한 dataway를 통하여 각각의 기능 유니트에 연결토록 되어 있다. 본 Project에서 적용된 요구기능별 형태는 다음과 같다.

- * Control 기능
 - Sequence control function
 - Governor function
 - AVR function
 - Secondary regulation control function
 - Automatic synchronizing function
- * Protection, Operation & monitoring function
 - Telecommunication Master station functions
 - Operation & monitoring system with CRT
 - Error monitoring function with CRT
 - Protective relaying function

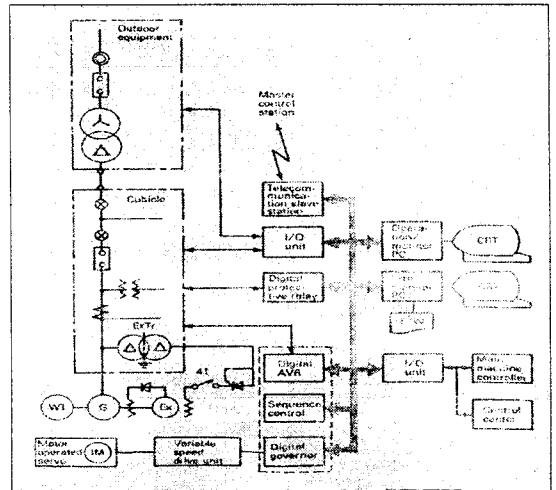


그림 1. 수력발전소의 통합제어시스템

2.2 통합시스템구축을 위한 Controller규격화

EIC통합화를 위해서는 시스템구성의 통합, controller의 통합뿐 아니라, 엔지니어링방법, Tool의 결합 역시 중요하다. 전기제어, 계장제어, 컴퓨터제어를 개개의 컨트롤러로 실현하는 EIC통합화제어시스템의 구축을 위하여는 공통의 엔지니어링툴로 공통적인 조작방법에 의한 전기제어, 계장제어, 컴퓨터제어가 가능한 어플리케이션프로그램의 설계, 시험, 보수를 실현할 수 있는 것이 중요하다. 통합제어시스템은 전기제어용PLC, 계장제어용DCS, EIC통

합화콘트롤러등 각각의 요소로 구성된다. 콘트롤러 엔지니어링 Tool은 각각의 Controller에 1:1로 접속하는 방법과 공동의 dataway를 매개로 복수의 콘트롤러와 1:N로 접속하는 방법이 있으며, 1:N구성시 1개소에서 일괄조작과 콘트롤러간에 걸친 정보를 일원적으로 관리할 수 있다. 당초 릴레이반 기능의 대체에서 출발한 PLC응용Program은 릴레이스킨스에 기초하는 Ladder Diagram이 일반적이다. 데이터처리의 기술에는 Application Block도가 사용된다. 아날로그 조절계의 기능을 대체한 DCS의 응용프로그램은 Instruments flow Diagram으로 기술하는 것이 일반적이다. Computer의 응용프로그램은 C언어등 고급언어가 사용된다.

또한 Process제어의 기술에는 Time chart table, Sequence Function Chart(SFC)등이 사용된다. 따라서 EIC통합시스템의 콘트롤러 엔지니어링 Tool에서는 이들의 다양한 표현을 Support할 오픈화된 응용프로그램에 대한 규격화가 요구되었다.

지금까지의 공정제어에서는 오직 전용시스템만이 이용되고 전용의 프로그램언어로 둘러 싸인 것이 일반적이었다. User의 눈에는 Vender별, PLC별로 다른 전용프로그램 언어가 있어 사용자중심의 시스템 도입 실현은 호환성이 없어 사실상 불가능 하였다. 이와 같은문제점을 제거하기 위한 국제표준 프로그램언어의 규격화를 위하여 IEC의 TC65/SC65B/WG7/TF3에서 10여년에 걸쳐 검토후 1993년 문서로서 발행된 IEC 1131-3규격이 제정되게 되었다. 이 규격을 크게 분류하면 2개의 부분으로 구성되어 있음을 알 수 있다.

Program언어와 공통요소가 그것이다. Program언어에는 4개의 종류가 있다. Text계의 언어로 Instruction List(IL), Structured Text(ST)와, Graphic계의 언어로 Ladder Diagram(LD), Function Block Diagram(FBD)이 정의되고 있다. 그림 2.에 각각의 프로그램의 간단한 예를 소개한다.

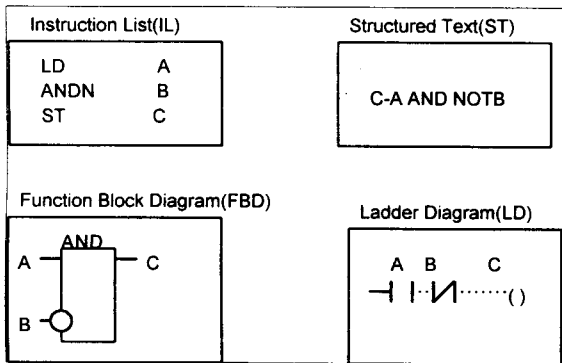


그림 2. IEC 1131-3의 프로그램 언어

이상의 IEC 1131-3에서 정의되고 있는 4개의 언어는 어떤나라나 지역에도 편중되지않고 전통적인 PLC용 언어를 지원하기 때문에 Application을 개발하는 프로그래머의 자질이나 요구에 따라 자유롭게 선택할 수 있으며, Programming언어는 링크되어 다른 백그라운드를 가진 프로그래머를 연결시키는 Communication Tool의 역할을 제공하고 있다 할 수 있다. IEC 1131-3제품을 개발, 생산출하하고 있는 PLC벤더에는 주요 생산자 대부분이 등록되어 있어 PLC Open이 확대 적용되고 있는 추세에서 국제표준의 Programming언어와 제품의 호환성시험과 인증절차가 요구되어 PLC OPEN은 TC3라는 기술위원회에서 '93년 10월 「PLC open가이드라인-호환테스트와 인증」이라는 도큐먼트를 완성 발표하였다. 여기서 호환레벨의 종류는 그림3과 같이 기본레벨, 이식성레벨, 완전호환레벨의 3개레벨에서 IEC 1131-3의 호환제품으로서의 인증시험이 가능함을 확인

하고 있으며, 현 단계에서 기본레벨에서의 IL, ST, SFC의 호환정도가 완성되었고, LD, FBD에 대하여는 진행중으로 급명간 제정의 완료가 예상된다. 기본레벨의 호환테스트에서 인증을 받은 제품은 10개이며, 4개제품이 시험중이다. 이식레벨에서는 IL호환정도가 완성되어 '97년 10월 테스트에서 인증받은 제품이 등장했다. 수력발전소와 같이 다양한 제어요소를 포함한 프랜트의 통합자동화 구축시 국제규격의 Programming언어의 사용이 인증된 제품을 적용함으로써 시스템의 개방 및 호환이 가능한 시스템의 구축이 필요하다.

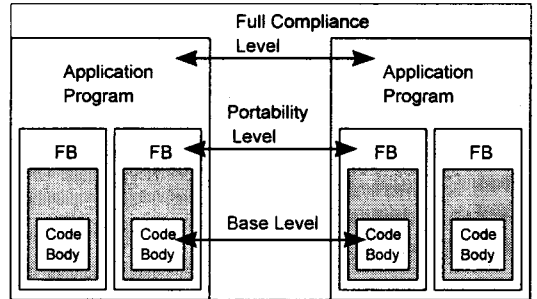


그림 3. 호환 레벨의 종류

2.3 수력발전소의 통합시스템 구축

한국수자원공사에서 2000년12월 준공을 목표로 건설 중인 용담수력발전소는 전북 완주군에 위치한 제1발전소(시설용량22,100KW:11,050x2대)와 전북 진안군에 위치한 제2발전소(시설용량3,300KW:1,150x2대)로 구성되어 있으며 제1발전소의 중앙제어실에서 제2발전소의 무인원격감시제어를 포함한 전체설비에 대한 통합제어를 위한 시스템의 구축사례로서 적용 제어방식은 아래표 1과 같다.

P/S 구분	제 1 발전소	제 2 발전소
현장제어	-Level"0": Local Manual -Level"1": Local Manual	Level"0": Local Manual Level"1": Local Auto
원격제어	-Level"2": Remote Auto -SCADA Master Station -Level"3": Regional Control Center	-SCADA Slave Station

표 1. 용담댐 적용 제어 방식

본 Project에서는 자동화시스템의 도입기준 및 제어 및 보호시스템의 수준을 다음과 같이 정의하였다.

- Level"0"[현장제어]
: 현장위치 장치자체 또는 현장제어반에서 직접 수동 제어 수준으로 설비 시험, 유지보수 목적으로 사용한다.
- Level"1"[제어실내 PLC 와 Control Board 제어]
: 제어실 위치, 호기별, 보조기동용 PLC 제어 수준으로 제어 레벨 선택, 시퀀스 조작, 상태표시 및 경보, 계측치 표시, 기록계등 기능을 포함한다.
- Level"2"[제어실내 Master Control station 제어]
: 제어실에 위치 Computer station 제어수준으로 Level 1의 PLC를 통해 제어동작을 수행한다.
- Level"3"[Remote Regional control center 제어]
: 원격유역제어소 또는 제3장소에서 제어하는 동작을 수행한다.

시스템 구성은 데이터 통신 네트워크 구성 방식에 의한 분산제어 시스템으로 구성하며 제1, 2발전소 원격제어 전송로의 구축은 제2발전소와 관련한 시설물의 조작, 감시제어를 제1발전소에서 원격 집중관리가 가능토록 T1급이상의 디지털중합정보통신망(ISDN)을 구축하였으며, 전송 Data는 다음과 같다.

- ① 설비 감시제어용 Digital, Analog 신호 Data
 - ② 제 1,2 발전소간의 업무연락 등을 위한 음성 Data
 - ③ 운영설비의 시각적 감시를 위한 영상 Data등
- 발전소내의 MCS(Master Control Station)와 PLC간의 데이터통신은 IEEE802.3규격의 Ethernet TCP/IP방식 Local Area Network(LAN)이 근간이되며 기본통신속도는 10Mbps이고 최대100Mbps까지 향상이 가능토록하였다.그림 4와 같이 MCS와 PLC간에 구축된 Ethernet은 통신 신뢰도를 높이기 위해 이중화로 구축하며,모든통신선 역시 개별적으로 이중화 하였다.

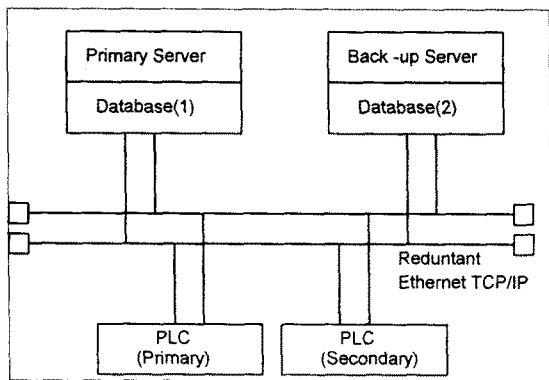


그림 4. MCS와 PLC간의 데이터 통신선로 구축

중앙제어실내의 데이터베이스 서버는 독립된 2대의 컴퓨터가 동일하게 설치되며 Primary server가 상시에 모든 관제기능을 담당하며,Backup server는 주기적으로 자신의 Database를 Primary와 synchronizing을 통해 Update된다.Primary에 이상이 발생시 Backup server는 primary의 기능을 그대로 수행한다.그림 5와 같이 이중화 network상에 설치된 2대의 동일한 MCS는 각각 독립적인 데이터베이스를 보유하고 있으며,정상운전시에는 Primary server의 데이터베이스가 시스템의 모든통신,데이터교환,감시제어 기능등을 수행하며,Backup server의 데이터베이스는 주기적으로 데이터베이스를 그대로 복제하여 자신의 DB에 Update시킨다.Primary server에 이상 발생시 두 server간의 권한switching은 가상적인 기능절환기 역할을 하는 virtual arbiter에서 담당한다.

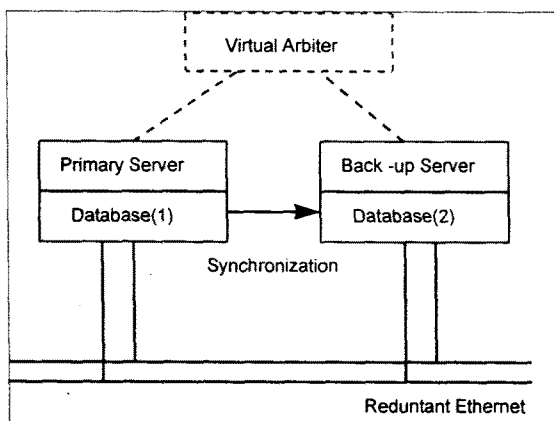


그림 5. 제어실내 MCS의 이중화

3. 결 론

이상에서 검토된 최신수력발전소의 통합자동화시스템의 구축으로 다양한 현장설비로부터의 다중신호 데이터 전송 및 감시,계측,자동 및 원격제어,정보처리분석을 통한

기계와 인간간의 의사소통과 기능의 교환,조작의 편의를 도모한 시스템의 도입으로 최소의 인원 및 경비로 최적의 운영을 도모할 수 있는 종합적이고 효율적인 통합 제어시스템을 그림 6과 같이 설계,시공중에 있다.

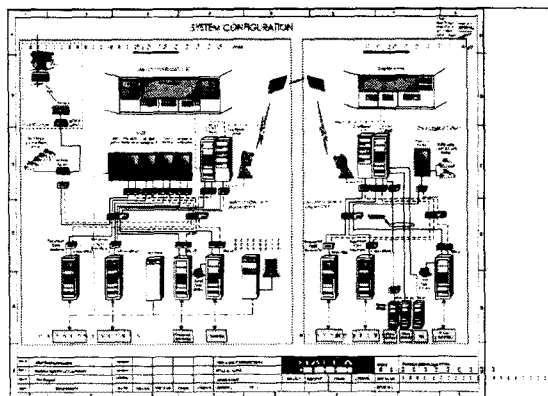


그림 6. 용담수력 통합제어시스템 구성도

본 시스템의 구성은 현장 입출력카드 및 분산제어용 마이크로 프로세서등을 패널에 내장한 현장제어반(RTU)이 있고 이와 주제어실에 설치된 분산제어계통의 중앙제어장치(RTU-M),단위공정별 전용 컴퓨터단말기(LCS),주제어장치인 운영관리용컴퓨터(MCS)로 구성된다.제어설비의 각 Station별 명칭 및 용어설명은 다음과 같다.

- MCS(Main Control Station):SCAN3000 DataServer
본 제어System의 주제어장치로서 공정제어에 필요한 모든정보를 제공하는 RealTime DB를 가지고,고해상도 CRT운영화면 및 수정정보보관 전용의 Backup장치를 갖춘 전 이중화장치이다.
- LCS(Local Control Station):Intergrated Personal Station
단위 공정별제어를 위한 운영자전용MMI장치로 공정제어,운전상태감시,경보요약,DataLog등 전반적인 시스템 상태를 파악하는 운전자중심의 조작감시콘솔이다.
- RTU(Remote Terminal Unit)
원격제어조절계로서 각각 RTU별CPU 및 통신장치가 이중화로 구성되며 로컬에서 입력되는 각종data의 수집,조정,출력,전송등 기능과 LCS또는 RTU상호간 초고속 이중화LAN(10Mbps)으로 구성된다.RTU#1~4와 RTU-M으로 표기된다.
- Data Highway
MCS,LCS,RTU등을 고속Network으로 구성하며,이중구조(Redundant Data Highway System)로 구성된다. 시스템은 GUI를 기반으로 구성하였으며,상위 및 타기종 컴퓨터와 Interface가 용이토록 MCS에 Windows NT server 및 LCS에 Windows NT workstation 기반의 산업용 컴퓨터를 채택하고,DB,통신회선 및 Controller등의 이중화를 통한 시스템의 안정성과 신뢰도를 향상시키고 고속통신을 위해 Ethernet TCP/IP접속용 CPU의 채택과 Network을 통해 CPU간 통신 (Peer-to-peer)이 가능토록 시스템을 구성 하였다.

(참 고 문 헌)

- [1] 한국수자원공사, "Technical description", 용담발전설비구매 입찰서, Volume I ~ V,1997년도
- [2] 한국수자원공사, "충주댐시범자동화(3차년도)",1996.12
- [3] 한국수자원공사, "현장자료 전송을 위한 프로토콜 및 MMI표준화 연구", 1997.12