

PLC를 이용한 출력제어계통 논리 캐비넷 개발

° 박 현신*, 박 종범*, 양 승권*, 정 화영*
*한국전력공사 전력연구원

A Development of Power Control System Logic Cabinet Using Programmable Logic Controller

° Hyun Shin Park*, Jong Berm Park*, Seung Kwon Yang*, Hak Yeong Chung*
*Korea Electric Power Research Institute

Abstract - MMIS System of KNGR is composed of systems by using of digital equipment in general, and also interface function among systems is completed by a network. According to this, KNGR PCS also get rid of many kinds of interface cards which have been used for hardwired interface to outside system, and most of function in these cards is to be programmed by PLC. This paper defines the function and method which is to be programmed to PLC. And this paper presents new function which is to be added for operator's interface by using network. It is expected that PCS logic cabinet will be more simplified, satisfy KNGR design concept, and operation convenience will be increased.

1. 서 론

차세대원전(KNGR)의 MMIS 계통은 기존 원전과 달리 전체적으로 디지털 기기를 사용하여 계통을 구성하고, 계통간에 연계 신호도 기존 원전의 실배선에 의한 방법이 아닌 통신망을 통하여 이루어지게 된다. 이에 따라 차세대원전의 출력제어계통 역시 기존의 실배선을 통한 외부 계통과의 연계를 위해 사용하였던 여러 가지 종류의 연계 카드 (Interface Card)를 제거하고, 이들 카드가 수행한 기능 대부분을 기존 원전의 제어봉구동장치 제어계통 (CEDMCS)에 설치되어 있는 Programmable Logic Controller (PLC)를 이용하여 프로그램화하여야 한다. 본 논문에서는 기존 표준형원전의 CEDMCS 논리 캐비넷내에 설치된 연계 카드가 수행한 기능 가운데, 차세대원전 출력제어계통에서는 PLC로 프로그램화되어야 할 부분을 정의하고 그 방법을 제시하고자 한다. 그리고 기존 표준형원전의 CEDMCS PLC에서 수행하는 기능은 차세대원자로 Power Control System PLC에서도 그대로 적용될 것이므로, 본 논문에서는 이 부분에 대한 추가 설명은 생략하기로 한다.

2. 본 론

2.1 기존 원전 CEDMCS 논리 캐비넷

기존원전 CEDMCS 논리 캐비넷을 구성하고 있는 하드웨어는 크게 다음과 같다.

- Common Logic Relay Interface
- RSPT Relay Interface
- CEA Relay Interface
- Common Logic Housing
- Programmable Logic Controller

그림 1은 기존 원전 제어봉구동장치제어계통의 구성 및 연계 신호를 나타낸 것이다.

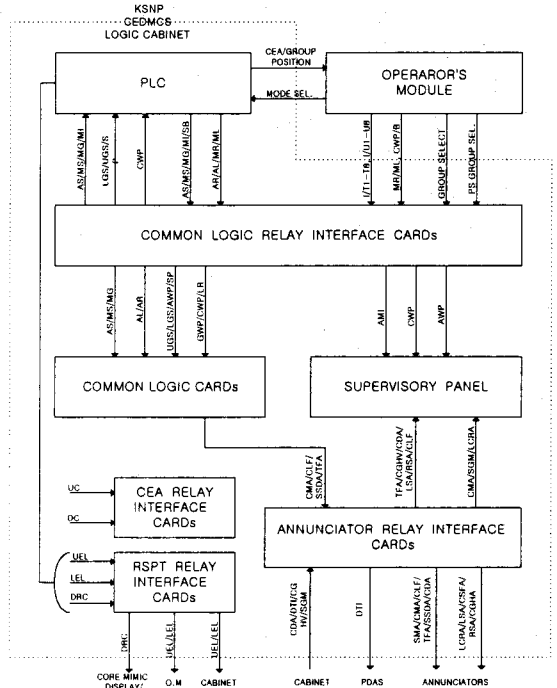


그림 1. 기존원전 CEDMCS 논리캐비넷 블록선도

2.1.1 Common Logic Relay Interface

CLRI 카드는 CEDMCS와 PLC, 운전원 모듈 포함을 포함한 외부 계통 (경보계통, 다른 제어계통등)간 전기적 격리 기능과 CEDMCS내 Common Logic 또는 Subgroup Logic 카드간에 신호를 전달하고 배분하는 기능을 수행한다. 그리고 여러 신호를 조합하여 계통 특정 기능에 대한 Interlock 신호를 제공하는 기능을 수행한다. CLRI 카드는 다음과 같은 계통과 연계 기능을 수행한다.

- 발전소정보수집계통 (PDAS)
- 중기우회제어계통 (SBCS)
- 출력조절계통 (RRS)
- CEDMCS PLC
- 공정계측계통
- CEDMCS 운전원 모듈

2.1.2 RSPT Relay Interface

RSPT Relay Interface 카드는 PLC 출력모듈로부터 세가지 종류의 신호를 받아들인다. 이들 신호는 Dropped Rod Contact (DRC), Upper Electrical Limit (UEL) 그리고 Lower Electrical Limit (LEL) 신호들이다. 이 신호는 원래 Reed Switch Position Transmitter (RSPT)로부터 발생된 것으로,

CEDMCS Aux. Cabinet을 거쳐 Fiber Optic Modem을 통하여 CEMDMS PLC에 입력되게 된다. 이 신호는 RSPT Relay Interface 카드를 거쳐서 UEL과 LEL 신호는 운전원 모듈과 Subgroup Logic으로 제공되고, DRC 신호는 PDAS와 Core Mimic Display로 출력되게 된다.

2.1.3 CEA Relay Interface

CEA Relay Interface 카드는 다음의 세 가지 기능을 수행하는 카드로 구성된다.

(1) Pulse Count Relay Interface (PCRI)

Up-Count (UC) 와 Down-Count (DC) 접점 신호를 받아들여 CEMDMS PLC Input Module을 통하여 PLC에 제공한다. PLC는 이 신호를 이용하여 각 CEA의 위치를 계산하고 그 결과를 운전원 모듈 및 정보계통에 제공한다.

(2) Subgroup Maintenance & Raise/Lower Relay Interface

원자로출력감발계통에서 원자로출력감발신호가 발생되면, 이 신호를 이용하여 Subgroup Logic에 해당 Subgroup의 CEA를 모두 떨어뜨릴 수 있도록 한다. 그리고 Subgroup Logic으로부터 각 Subgroup에 대한 삽입 또는 인출 신호를 받아, 이들 신호가 운전원 모듈에 표시될 수 있도록 접점을 제공한다. 또한 각 Subgroup 관련 기기에 고장이 발생하는 경우, 이를 수리하는 동안 Holdbus Power Supply로부터 CEMDMS 전원을 받을 수 있도록 하는 별개의 Subgroup Maintenance Relay를 제공한다.

(3) System Annunciator Relay Interface

CEMDMS는 운전원 또는 다른 제어계통의 신호를 받아 제어봉을 동작시키는 계통으로, 여러 종류의 카드들로 구성된 계통이다. 따라서 이들 카드의 기능과 제어봉의 움직임 등을 감시하여, 운전원 이 계통의 건전성을 확인할 수 있도록 경고 신호를 제공한다. 여러 가지 경고 신호 가운데 몇 가지 중요한 것을 살펴보면 다음과 같다.

- Electrical Card Removal Interlocks
CEMDMS 캐비닛에 설치되어 있는 여러 종류의 카드가 제 위치에 장착되어 있는지를 확인할 수 있도록 한다.
- CEA Disable Annunciator
각 제어봉에 동작 전력을 공급하는 Circuit Breaker 와 3상 Power Switch의 ON/OFF 상태 신호를 제공한다.
- Timer Failure Annunciator
CEMDMS 내에 설치되어 있는 제어봉자동시간제어모듈의 상태 신호를 제공한다.
- Logic and Relay Power Supply Annunciator
Logic 또는 Relay Power Supply의 고장 상태를 감시하여 그 신호를 제공한다.
- Cooling System Failure Annunciator
캐비닛의 온도 센서로 신호를 받아 경고 신호를 제공한다.
- Continuous Motion Annunciator
어느 제어봉이 미리 정해진 시간 이상으로 계속적으로 동작하는 경우 경고신호를 발생시킨다.
- CEA Dropped Time Initiate
제어봉의 낙하 시간을 계산하는데 필요한 기준 시간을 제공한다.

이들 신호 외에도 여러 종류의 경고 신호가 존재하는데, 이들 신호 대부분은 캐비닛을 구성하는 여러 카드로부터 받아들인 신호를 조합한 결과로 발생되게 되며, CEMDMS 논리 캐비닛에는 이러한 기능을 수행하기 위하여 상당수의 신호 처리 카드를 내장하고 있다.

2.2 PLC를 이용한 논리 캐비닛 구성

차세대원전의 출력제어계통은 위 2.1절에서 언급한 기존 논리 캐비닛에 있는 카드 기능의 대부분을 PLC를 이용하여 프로그램화 하여야 한다. PLC 프로그램은 가능한 기존 하드웨어 구성을 기준으로 구성하였으며, 크게 신호 검증 블록, Common Logic Interface 블록, RSPT Relay Interface 블록, CEA Relay Interface 블록, System Annunciator Interface 블록으로 나누어진다. 본 절에서는 각 블록에 대한 간단한 설명을 제시한다. 그림 2는 차세대원전 출력제어계통 논리 캐비닛의 기기 구성을 간략히 나타낸 것이다.

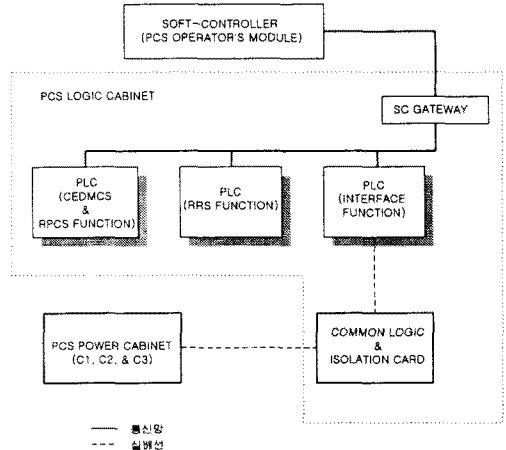


그림 2. 차세대원전 출력제어계통 논리캐비닛 구성도

2.2.1 신호 검증 블록

기존 계통에서는 계통간 또는 기기간에 신호 전송을 위하여, 각 신호에 대해서 독립적으로 릴레이/접점을 사용하였다. 그러나 차세대원전에서는 계통간 또는 기기 간 전송되어야 할 신호의 대부분은 통신망을 통하여 데이터 형태로 이루어진다. 따라서 제어 신호의 정확성을 보장하기 위해서는 제어 동작을 수행하기 이전에 입력 신호에 대한 검증 기능이 필요하다. 본 논문에서는 출력제어계통의 신호 검증을 위하여, 각 입력 신호의 특성에 따라 입력 신호들을 그룹화하고, 각 그룹내에서 각 신호의 연관성을 확인하는 방법을 사용하였다. 예를 들어 출력제어계통의 운전을 위해서 운전원은 운전원 모듈에서 5가지의 운전 모드중 어떤 하나의 운전 모드를 반드시 선택해야 한다. 이 경우 신호 검증 프로그램은 어떤 운전 모드가 한순간에 하나만 선택 가능해야 하고 그리고 어떤 경우에도라도 반드시 하나의 운전 모드는 선택되어 있어야 한다는 것을 기준으로 신호 검증이 이루어지도록 하였다. 신호 전송과정에서 오류가 발생하여 하나의 신호 그룹 내에서 다른 두 개 이상의 신호가 동시에 입력되는 경우 또는 어느 시점에 동일한 그룹 내에서 어떤 제어 신호도 선택되지 않는 경우에는 이상 상태로 판정하고 그 결과를 운전원 또는 정보계통에 전달하도록 하였다. 이와 같은 방법으로 다른 제어 입력 신호에 대해서도 검증 기능을 수행하도록 하였다. 그림 3은 운전 모드 선택 신호에 대해서 PLC에서 수행되는 신호 검증 프로그램을 나타낸 것이다.

2.2.2 Common Logic Interface 블록

Common Logic Interface 기능은 기본적으로 기존 의 Common Logic Relay Interface 카드가 수행한 기능을 수행한다. 그러나 타 계통과의 연계에 있어서 기존의 실배선 방식보다는 PLC 내부 통신망과 I&C 통신망을 사용하게 된다. 구체적으로 살펴보면 정보처리계통과는 I&C 통신망, 증기우회제어계통과 공정계측계통과는 실배선, 운전원 모듈과는 제어 통신망, 출력조절계

통은 PLC 자체의 내부 통신을 이용하여 신호를 주고받는다. 따라서 기존의 릴레이/접점 신호는 대부분 제거된다. 그러나 실배선을 사용하는 경우에는 계통 또는 기기 간의 전기적 격리 요건을 만족하도록 하였다. 이러한 격리 요건을 만족시키도록 논리 캐비닛 내에 격리 카드가 제공된다.

2.2.3 RSPT Relay Interface 블록

기존 원전의 RSPT Relay Interface 카드 기능은 PLC 출력 신호인 UEL, LEL, 그리고 DRC 신호를 받아 운전원 모듈, 발전소정보수집계통 및 Subgroup Logic에 전달하기 위한 것으로, 이를 위한 릴레이/접점이 제공된다. 차세대원전에서 운전원 모듈과의 연계는 제어 통신망을 통하여 이루어지므로 기존의 릴레이/접점은 필요하지 않다. 그러나 SOE (Sequence of Event) 목적으로 출력되는 DRC 신호는 실배선을 이용해야 하므로 기존의 릴레이/접점을 유지하였다.

2.2.4 CEA Interface 블록

Subgroup Logic으로부터 UC/DC 신호를 받아 이들 신호를 PLC 입력 모듈로 전달하는 부분은 전기적 격리가 가능한 입력 모듈을 사용하여 PLC 내부 프로그램으로 처리한다. 그리고 제어봉의 계속적인 동작을 감시하기 위한 경보 신호도 PLC로 프로그램화하여 수행하고 그 결과로서 Continuous Motion 경보 신호가 Common Logic으로 출력된다.

원자로출력감발시에 선택된 제어봉을 떨어뜨리기 위한 Subgroup Arm 및 Drop 릴레이/접점의 조합을 모두 PLC에 프로그램화하여 최종적으로 Subgroup Drop 신호가 Subgroup Logic으로 출력된다. 그리고 제어봉 동작 방향을 운전원 모듈에 표시하는 기능에 대해서는 운전원에게 보다 편리한 정보를 제공할 수 있도록 PLC에서 제어봉 위치 정보(cm)를 계산하고 그 결과를 운전원 화면에 표시하도록 함으로써, 운전원들이 특정 제어봉의 위치와 전체 제어봉들간의 상호 위치 관계를 쉽게 파악할 수 있도록 하였다. 그리고 Subgroup Maintenance를 제공되는 기존의 하드웨어는 고전압을 가하기 위한 릴레이/접점으로 이루어져 있으므로, 이 기능은 차세대원전에서도 변경 없이 유지된다.

2.2.5 System Annunciator Interface 블록

기존 원전 CEDMCS는 계통의 이상 상태에 정보를 받아들이고 이들 신호를 처리하여, 최종적으로 특정한 경보를 신호를 실배선을 통하여 발전소정보계통에 제공하기 위하여 상당수의 연계 카드를 논리 캐비닛에 장착하였다. 그러나 차세대원전에서는 출력제어계통과 경보를 처리하는 정보계통과의 연계가 I&C 통신망으로 이루어짐에 따라, 본 논문 2.1.3절에서 언급한 것과 같은 출력제어계통에 관련된 이상 상태 신호는 모두 PLC에 입력되며, PLC에서는 계통을 구성하는 여러 제어 카드에서 발생한 이상 상태 신호를 받아들여, 이를 조합하고 그 최종 결과를 정보계통에 제공할 수 있도록 한다. 그러나 Sequence Of Event (SOE) 기능과 관련하여 제공되는 CEA Dropped Time Initiate 신호는 PLC를 거치지 않고 바로 SOE 계통으로 실배선을 통하여 연결되도록 하였다.

3. 결 론

차세대원전(KNGR)의 MMIS 계통은 기존 원전과 달리 전체적으로 디지털 기기를 사용하여 계통을 구성하고, 계통간에 연계 신호도 기존 원전의 실배선에 의한 방법이 아닌 통신망을 통하여 이루어지게 된다. 이에 따라 차세대원전의 출력제어계통 역시 기존의 실배선을 통한 외부 계통과의 연계를 위해 사용하였던 여러 가지 종류의 연계 카드를 제거하고, 이들 카드 기능의 대부분

을 기존 원전의 제어부동장치제어계통 (CEDMCS)에 설치되어 있는 Programmable Logic Controller (PLC)를 이용하여 프로그램화하여야 한다. 본 논문에서는 기존 표준형원전의 CEDMCS 논리 캐비닛내에 설치된 연계 카드가 수행한 기능 가운데, 차세대원전 출력제어계통에서는 PLC로 프로그램화되어야 할 부분을 정의하고 그 방법을 제시하였다. 그리고 차세대원전에서 운전원 연계 기능과 관련하여 변경되어야 할 일부 기능에 대해서도 언급하였다. 그 결과로서 출력제어계통의 논리 캐비닛내의 여러 카드를 제거할 수 있게 되어 캐비닛 구성을 보다 단순화시키고, 통신망을 적용하는 차세대원전의 설계 개념을 만족시키며, 운전 편리성을 향상시킬 수 있을 것으로 기대된다. 향후에는 출력제어계통 논리 캐비닛뿐만 아니라 실제 제어봉에 전력을 공급하는 전력 캐비닛 내의 하드웨어의 기능을 분석하여 일부 기능을 PLC로 프로그램화 하는 등의 계통을 재구성하는 작업이 이루어져야 할 것으로 판단된다.

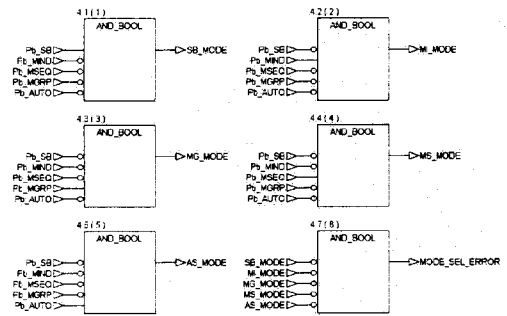


그림 3. 신호검증 블록 (예: 운전모드 선택 신호)

[참 고 문 헌]

- [1] 박현신, 정시채등, "PLC를 이용한 원자로출력조절계통 개발", '94 한국원자력학회 춘계 학술 발표회 논문집 (I), pp.183-188, 1994.
- [2] 김성, 문장식등, "디지털 공학적안전설비 작동계통 보조 캐비닛 개발" '94한국원자력학회 춘계학술발표회 논문집 (I), pp. 217-222, 1994.
- [3] "Concept for Quantum User Manual", GROUPE SCHNEIDER, 1997.
- [4] "TECHNICAL MANUAL FOR CONTROL ELEMENT DRIVE MECHANISM CONTROL SYSTEM ULCHIN NUCLEAR POWER PLANT UNITS 3 & 4", ABB-EM, 1996.
- [5] "CONTROL ELEMENT DRIVE MECHANISM CONTROL SYSTEM DESIGN REQUIREMENTS FOR ULCHIN NUCLEAR POWER PLANT UNITS 3 & 4", KOPEC, 1997.