

# 화력 발전소 보일러 제어 로직 작성을 위한 표준 로직 기호 설계

## Logic Symbol Design for the Utility Boiler Control

신영진, 박두용, 김호열\*  
(Youngjin Shin, Doo-Yong Park, Hoyol Kim)

**Abstract** - This paper deals with the standard logic symbols with which the engineer will design the control strategy and loop for the utility boiler of the next generation thermal power plant. For this purpose, we review the existing international standards for logic symbols, which include ISO, ANSI, and older SAMA. From this review, it is possible to design the standard logic symbol that will be used in the following design phase. The designed standard logic symbols are supposed to provide the logic design with independence from the specific hardware that will be employed in the phase of construction.

**Key Words** : 보일러 제어, 제어 로직, 표준 기호 로직, Function Block

### 1. 표준 로직 기호의 필요성

산업자원부 전력산업연구개발사업의 연구 과제로 한국전력공사 전력연구원 주관에 의해 진행되고 있는 "차세대 화력발전 제어계통 설계기술 개발" 과제는 차세대 초초임계압 보일러(출력 1000MW, 증기압력 265kg/cm<sup>2</sup>, 증기온도 510/521℃) 제어 시스템의 설계가 현재 시장에서 구할 수 있는 특성의 상업적 제어 시스템으로부터 완전히 독립적이며 동시에 쉽게 적용할 수 있는 제어 방법을 개발하고 그에 따른 제어 로직을 완성하는 것이 목적이다. 이를 위해 개발자는 기존의 제어 시스템 제작사에서 제공되는 설계용 로직을 사용할 수 있으나 자사의 제품에만 적용되는 강력한 기능과 블록 형태의 단순한 기호로 인해 다른 시스템에 동일한 도면을 수정없이 적용하지 못하여 타 시스템과의 호환성(Compatibility)을 향상시키지는 못한다. 따라서 본 과제의 목표인 표준 도면을 설계하기 위해서는 시스템과는 독립적인 기호의 정의가 필요하다. 이를 위해 본 논문에서는 독립성과 범용성 확보를 위한 표준 로직 기호의 조건, 표준 로직 기호에 대한 국제 표준의 검토 결과 및 이에 기초한 표준 로직 기호의 개발 결과에 대해 다룬다.

### 2. 표준 로직 기호의 조건

본 논문을 통해 정의되는 표준 로직 기호는 추후 건설되는 초초임계압 발전소 제어 시스템에 적용되기 위해 다음의 조건을 만족해야 한다.

1. 제어 시스템 공급자로부터 독립성을 유지해야 한다.
2. 가장 하위수준의 단순한 로직만을 사용해야 한다.

3. 실제 제어 시스템에 적용이 용이해야 한다.

4. 제어 시스템 제작사가 제공하는 고급 수준의 기호로 변환이 용이해야 한다.

본 연구 과제는 과제 수행 중 특정 제어 시스템 공급자를 선정하지 않는다. 따라서 본 과제에서 도출되는 로직 도면은 어느 제어 시스템에도 적용 가능하여야 한다. 제어 로직의 독립성을 유지하기 위해서는 사용되는 표준 기호가 특정 업체의 고유한 기호와 기능을 포함하지 않아야 한다. 또한 복잡한 기능을 갖도록 설계되는 로직 기호가 루프와 로직의 설계와 적용을 쉽게 할 수는 있으나, 이러한 기능을 제공하지 않는 제어 시스템의 사용을 원천적으로 봉쇄하는 단점이 있어 표준 로직 기호는 더 이상 분리할 수 없는 가장 단순한 기능을 기반으로 정의되어야 한다. 단순한 기능을 갖는 표준 기호의 조합으로 이루어지는 로직은 공급자에 의해 해당 제어 시스템에서 제공하는 복잡한 기능의 기호로 변환될 수 있어야 한다.

### 3. 로직 기호 국제 표준

현재 제어 도면의 작성을 위한 기호를 제공하는 국제 표준은 표 1과 같다.

#### 3.1 SAMA PMC 22.1

SAMA PMC 표준은 현재 SAMA에 의해 공식적으로 폐기된 상태로 MCAA(Measurement, Control & Automation Association)에 권리를 양도하여 참고용으로만 제공되고 있으나 과거부터 사용되어 왔고 또한 그 나름의 장점으로 아직도 산업계에서는 사용되고 있다. 이 표준은 Signal Processing Symbol, Enclosure Symbol, Processed Signal Continuous Symbol을 제공한다.

단순한 기능을 갖는 기호들을 제공하여 다른 종류의 제어

저자 소개

\* 한국전력공사 전력연구원 발전연구실 I&C그룹

분류	규격번호	규격명
SAMA	PMC 20.1	Measurement and Control Terminology
	PMC 22.1	Functional Diagramming of Instrument and Control Systems
ANSI/ISA	5.1-1984(R1992)	Instrumentation Symbols and Identification
	5.2-1976(R1992)	Binary Logic Diagrams for Process Operations
	5.3-1983	Graphic Symbols for Distributed Control/Shared Display Instrumentation, Logic and Computer Systems
	5.4-1991	Instrument Loop Diagrams
	5.5-1985	Graphic Symbols for Process Displays
ISO	3511/1	Process Measurement Control Functions and Instrumentation Part 1: Basic Requirements
	3511/2	Process Measurement Control Functions and Instrumentation - Part 2: Extension of Basic Requirements
	3511/3	Process Measurement Control Functions and Instrumentation - Part 3: Detailed Symbols for Instrument Interconnection Diagrams
	3511/4	Industrial Process Measurement Control Functions and Instrumentation - Part 4: Basic Symbols for Process Computer, Interface, and Shared Display/Control Functions

표 1. 제어 로직 기호 국제 표준

시스템간 적용이 용이하며 개념 설계 단계의 도면에 적용하기는 가장 적합하다. 그러나 복잡한 최종 설계 도면에 적용하기에는 설계 도면의 분량이 상당히 늘어나는 단점이 있다. 또한 구동기등 물리적 장치에 대한 기호는 제공하지 않기 때문에 P&ID 도면 등을 구성하기 위해서는 다른 규격을 사용해야 하므로 도면간 기호의 통일성이 없어지는 단점이 있다. 더불어 입출력 신호의 정의법을 제공하지 않아 설계자는 입출력 신호를 위한 별도의 체계를 정의해야 하고, 도면의 사용자는 설계자에 의해 정의된 Naming 규칙을 먼저 숙지해야 한다. 만일 별도의 정의 없이 설명만으로 신호를 표시한 경우 표면내에서 신호의 흐름 과정에서 동일 신호를 다르게 표현할 수 있으며, 도면간 호환성을 제공하지 않을 수도 있는 문제가 있다

### 3.2 ANSI/ISA-5.x

ANSI/ISA-5.1~5.3 표준은 Identification Letter, Function Block, Instrument Line Symbol, General Instrument, Control Valve Body, Actuator, Primary Element Symbol, Binary 기호, 제어 장치와 표시 장치를 위한 기호를 제공한다. SAMA 표준에 비해 훨씬 다양한 로직 기호를 제공하여 단일 표준만으로 모든 작업을 수행할 수 있지만, 제어 로직 도면만을 작성하는 경우에 있어서는 밸브류, 구동기 및 운전 표시 장치와 같은 많은 수의 기호는 불필요하다. ANSI/ISA 표준은 제어기의 표현이 원할하지 않다. 차세대 화력발전 제어계통 설계기술 개발 과제에 포함되어 있는 advanced algorithm은 물론 전통적인 PID 제어기의 표현이 불가능하다.

### 3.3 ISO 3511/x

ISO 3511/x 표준은 Identification Letter, Instrument Signal Lines, Primary/Correcting/Actuating Elements, Signal Modifier/Analogue, Process Elements, Binary Logic,

Computer/Interface/Shared Display/Control Function 등 상당수의 기호를 제공한다. SAMA PMC 22.1, ANSI/ISA 규격 등이 Siemens, ABB, Westinghouse와 같은 제어 시스템 공급사에서 사용되는 반면 ISO 규격은 사용되는 곳이 많지 않다. 기호의 종류가 SAMA PMC 22.1에 비해 세분화되어 있지도 않으면서 공정 자체에 중점을 둔 규격으로 P&ID 도면 제작에는 사용될 수 있으나 로직 도면 적용은 힘들다.

## 4. 차세대 화력발전 제어계통 표준 도면 작성을 위한 기호 표준의 선택

제어 로직 도면의 제작을 위해서는 SAMA PMC 22.1를 기반으로, ANSI/ISA-5.x규격의 일부를 차용하는 방법이 최선이다.

각종 태그의 Identification Letter를 위해 ANSI/ISA 규격의 Identification Letter를 차용하도록 하는데, 이 내용이 실

	First-letter		Second Letter		Modifier
	Measured or Initiating Variable	Modifier	Readout or Passive Function	Output Function	
A	Analysis		Alarm		
B	Burner		User's Choice	User's Choice	User's Choice
C	User's Choice			Control	
D	User's Choice	Differential			
E	Voltage		Sensor		
F	Flow Rate	Ratio			

표 2. Identification Letter (일부)

Function	Symbol
Summinh	$\Sigma$
Averaging	$\Sigma/n$
Difference	$\Delta$
Proportional	K
Integral	$\int$
Derivative	d/dt

표 3. 로직 심볼(일부)

제 루프 Identification이나 태그를 붙이는 방법에 관한 것이므로 제어 로직 자체만의 도면에서는 사용될 일이 없을 것으로 예상된다. 표 2는 작성된 Identification Letter의 일부분을 보여준다.

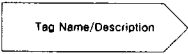

외부 연결용	
도면 내부용	

표 4. 신호 전송, 연결용 포트

Signal Processing Symbol, Binary Logic Symbol, Enclosure Symbol, Processed Signal Continuous Symbol, Time Element 등의 로직 심볼은 SAMA 규격의 대부분을 수용한다. 표 3은 이렇게 결정된 표준 로직 심볼의 일부를 보여준다.

## 5. 신호의 연결

SAMA 표준과 ANSI 표준으로 해결할 수 없는 문제로 도면간 신호의 연결 및 신호의 종단말이 존재한다. 도면간 신호 연결의 문제는 SAMA 및 ANSI/ISA 규격이 정의하고 있지는 않으나 ANSI/ISA 표준집에 수록된 예제에서 표기법을 보여준다. 도면에서 사용되는 아날로그 혹은 디지털 신호는 총 두 가지로 분류될 수 있다.

- 1) 외부 시스템과 연결되는 신호
- 2) 도면 내부, 즉 제어시스템 내부에서만 사용되는 신호

외부 시스템과 연결되는 신호는 물리적으로 연결되는 신호이거나 혹은 타 시스템에서 입력되는 소프트웨어 태그로 단순 데이터일 수 있다. 반면 도면 내부에서 사용되는 신호는 데이터베이스를 통한 소프트웨어 태그 즉 데이터를 의미한다. 외부 시스템과 연결되는 신호는 도면의 한 지점에서 입력 혹은 출력으로 존재하는 반면 도면 내부의 신호는 어느 지점에서 발생되어 여러 곳으로 분기되므로 신호 연결지점에 소스 혹은 목적지의 도면번호를 표기해야 한다. 따라서 이를 위해 표 4과 같이 신호의 연결지점을 정의한다

## 6. 결론

본 논문에서는 초초임계압 보일러의 제어 로직 작성을 위한 표준 로직 기호의 설정에 대해 서술하였다. 이러한 표준 로직 기호는 현재 도면 작성등의 시험을 통해 검토되고 있다. 본 논문에서 다루어진 부분과 더불어 추가로 검토되고 결정되어야 하는 부분은 신호의 흐름 방향과 일부 표준 로직 기호의 향상된 기능이다. 국제 표준은 신호의 흐름을 도면의 왼쪽에서 오른쪽으로 혹은 위에서 아래로 진행되도록 하는데, 이러한 기준은 실제 도면의 작성에서 관련된 로직 기호의 배치를 고려하면 결과적으로 상당히 복잡한 도면을 만들게 한다. 더욱 설정된 표준 로직 기호의 기능이 매우 단순하여 이를 이용한 복잡한 로직의 설계시 더욱 문제를 가중한다. 따라서 신호의 흐름 방향에 대한 검토와 결정이 추후 진행되어야 한다. 또한 현재까지 설정된 표준 로직 기호의 기능이 상당히 단순하여 향상된 기능의 제어 로직을 구현할 경우 이를 표현할 방법이 없다. Self-Tuning의 기능을 구현할 경우 제어 변수를 자동으로 갱신하도록 하거나 혹은 비선형 곡선에 의해 지정되도록 하여야 함에도 불구하고 본 논문에서 다루어진 표준 로직 기호는 이러한 기능이 제공되고 있지 않다. 향후 이러한 문제점은 지속적인 적용 시험과 수정을 통해 보완되어야 할 것이다.

## 참 고 문 헌

- [1] SAMA, "PMC 20.1 Measurement and Control Terminology," 1973
- [2] SAMA, "PMC 22.1 Functional Diagramming of Instrument and Control Systems," 1981
- [3] ANSI/ISA, "5.1-1984(R1992) Instrumentation Symbols and Identification," 1992. 7
- [4] ANSI/ISA, "5.2-1976(R1992) Binary Logic Diagrams for Process Operations," 1992. 7
- [5] ANSI/ISA, "5.3-1983 Graphic Symbols for Distributed Control/Shared Display Instrumentation, Logic and Computer Systems," 1982. 6
- [6] ANSI/ISA, "5.4-1991 Instrument Loop Diagrams," 1991. 9
- [7] ANSI/ISA, "5.5-1985 Graphic Symbols for Process Displays," 1986. 2
- [8] ISO, "3511/1 Process measurement control functions and instrumentation - Symbolic representation - Part 1 : Basic requirements," 1977. 7
- [9] ISO, "3511/2 Process measurement control functions and instrumentation - symbolic representation - Part 2 : Extension of basic requirements," 1984. 7
- [10] ISO, "3511/3 Process measurement control functions and instrumentation - Symbolic representation - Part 3 : Detailed symbols for instrument interconnection diagrams," 1984. 7
- [11] ISO, "3511/4 Industrial process measurement control functions and instrumentation - Symbolic representation - Part 4 : Basic symbols for process computer, interface, and shared display/control functions," 1985. 8