



KR0101282

KAERI/TR-1764/2001

CEDM 성능시험장치 구축 및 종합시운전 보고서

2001. 2.

한국 원자력 연구소

Korea Atomic Energy Research Institute

32 / 48

제 출 문

한국원자력연구소장 귀하

본 보고서를 2000 연도 차세대원자로 계통성능검증기술개발 과제 (과제 책임자: 송철화)의 “CEDM 성능시험장치 구축 및 종합시운전 보고서”로 제출합니다.

2001. 2.

저 자: 정장환 (열수력안전연구팀)
김정택 (MMIS팀)
박원만
전형길 (열수력안전연구팀)
윤영중
최남현
박종국
송철화
이성호 (핵화학연구팀)
박종균 (동력로기술개발팀)

목 차

요약	iii
Summary	iv
표 목차	v
그림 목차	vi
제1장 시험장치의 개요	1
제2장 기계계통	3
제1절 주순환 계통	3
1. Main Circulation Pump	
2. Main Heater	
3. Test Chamber	
4. Pressurizer	
5. Injection Pump	
6. Main Heater	
7. Strainer	
8. Storage Tank	
제2절 CEDM 냉각계통	8
제3절 순환용수 공급/수질관리계통	8
제4절 Bleed & Sampling 계통	10
제3장 계측제어계통	12
제1절 계측제어계통 구성	12
제2절 계측계통	14
1. 계측계통 구성	
2. 신호 계측	
제3절 제어 계통	28
1. 제어 계통 구성	
2. Main PLC 제어 모듈	
3. CEDM 제어계통	

제4절 MMI 및 Overview Display Panel	37
1. 제어실 구성	
2. 운전모드 및 제어모드 결정	
3. MMI 화면 설계	
4. 경보창 및 비상정지반/수동제어반	
제4장 계통 운전	61
제1절 계통 운전	61
1. 계통 운전 개요	
2. 주요 구성 기기	
3. 주순환계통 운전	
4. Bleed 계통 운전	
5. CEDM유입 공기 온도 제어계통	
6. 비상 보호 계통	
제2절 운전절차서	64
1. SYSTEM 초기 조건	
2. 계통 운전	
3. 저온저압 운전	
4. 고온고압 운전	
제5장 종합 시운전	73
제1절 저온 저압 운전	73
1. 운전 조건	
2. 운전 방법	
3. 운전 결과	
제2절 고온 고압 운전	79
1. 운전 조건	
2. 운전 방법	
3. 운전 결과	
제3절 시운전 결과	86
제4절 보완사항	87

요 약

차세대 원자로용 핵반응도 제어봉구동장치의 성능시험을 위하여 실험장치를 설계 제작하여 원자력연구소 엔지니어링동에 설치한 후에 고온고압 시운전을 완료하였다. 본 실험장치는 제어봉구동장치 구동모터의 수명시험, 냉각시험, 전력시험 및 제어봉낙하시험이 원자로의 온도, 압력 및 수질조건에서 가능하도록 각 계통이 구성되어있다. 실험장치를 구성하는 주요 계통은 열수력학적 실험요건을 만들어 주는 주순환계통, 구동모터의 냉각을 담당하는 냉각계통, 순환용수의 수질을 유지시켜주는 수질관리계통 등으로 구성되어 있다. 계측제어 계통은 실험장치의 운전 시스템으로서 운전변수들을 측정, 제어, 기록 할 뿐만 아니라 실험변수의 측정이 될 수 있도록 시스템을 구성하였다. 제어실은 모든 현장계측 변수를 감시하는 감시컴퓨터 및 프린터 감시변수를 통해 실험장치의 상태를 판단하여 각종 기기를 수동으로 운전하는 제어 컴퓨터, 실험장치의 상태를 전반적으로 판단하기 위한 정보를 제공하는 감시판넬 및 수동 운전을 위한 비상 운전반 등으로 구성하였다. 실험장치의 효율적 운전을 위하여 운전절차서를 작성하였고, 운전절차서에 의거하여 종합 시운전을 수행하여 온도 320 C, 압력 156 bar를 얻을 수 있었고, 실험 용수의 수질도 시험 사양에 만족함을 확인하였다.

Summary

The test facility for performance verification of the control element drive mechanism (CEDM) of next generation power plant was installed at the site of KAERI. This test loop was designed to simulate the reactor operating conditions such as temperature, pressure, and water quality of the reactor system, and was equipped with a test chamber for the CEDM motor endurance test, motor air cooling test, motor coil power measurement, and control element drop test. The test facility consists of main circulation system providing thermal hydraulic conditions to the test chamber, air cooling system for air supply to the CEDM motor, and water quality control system to meet water chemistry. The control system based on PLC was installed to get loop parameters and to have tight control of the test parameters, and all measured values were stored in the computer for further test data analysis. This report describes, in detail, technical specification of components of the test loop facility and what types of the control systems and data acquisition systems are applied for optimal control of the test facility. An operating procedure 렉슨 test facility was prepared and the test facility commissioning tests were performed at the CEDM test conditions of 320 C and 150 bar, and required water chemistry was obtained by operating the on-line water treatment system.

표 목차

표 3.1	CEDM Test Loop 온도계측기 특성과 기능	18
표 3.2	온도계측기 교정 결과	24
표 3.3	Overview Display 화면 표시 변수	50
표 3.4	비상제어반 수동 운전 출력 장치	59
표 3.5	비상제어반 수동제어 스위치 Name Tag 및 기능	60

그림 목차

그림 3.1 CEDM Test Loop의 계측제어계통 구성	13
그림 3.2 CEDM Test Loop 계측 신호 흐름도	15
그림 3.3 온도계측 구성도	17
그림 3.4 제어계통과 감시 MMI 컴퓨터와의 Interface	29
그림 3.5 계측 신호 처리 흐름도	30
그림 3.6 CEDM Test Loop 제어 PLC 구성도	31
그림 3.7 가압기 전열기 제어 Logic Diagram	34
그림 3.8 CEDMCS Input 신호 흐름도	36
그림 3.9 제어실의 구성	38
그림 3.10 Overview Display Panel 화면 구성	49
그림 3.11 Main Menu 화면	51
그림 3.12 Test Chamber 제어감시 화면	52
그림 3.13 주전열기 제어 Pop-up 화면	53
그림 3.14 변수 추적 Trend 화면	54
그림 3.15 비상제어반 경보창 구성	56
그림 3.16 비상제어반 수동제어기의 배열	58

제 1장 시험장치의 개요

차세대 원자로 핵반응도 조절에 이용되는 제어봉구동장치(Control Element Drive Mechanism)의 성능실증시험에 필요한 시험장치를 원자력연구소 엔지니어링동에 설치하였다. 시험 대상인 제어봉구동장치는 기구학적인 기계부품과 전자기적 구동계통이 통합된 복잡한 구조를 갖으며 기능상 잦은 운동으로 인한 마모와 피로하중을 많이 받게 된다. 따라서 CEDM 개발이나 운전조건의 변경시 설계의 적합성을 입증하고 성능요건의 만족 여부를 평가하기 위한 성능실증시험이 요구된다.

CEDM 시험장치 제작/설치 업체는 공개입찰을 통하여 일진정공으로 선정하고 공사 기간은 1998년 6월 1일부터 1999년 5월 31까지 (1년간)으로 계약하였다. 계약 업체에서는 원자력연구소에서 작성한 CEDM시험장치 기술시방서를 바탕으로 하여 시험장치를 구성하는 부품들의 상세 설계, 구매 및 제작과 현장 설치 및 시운전까지의 일체의 업무를 담당하였다. 건설 일정을 개괄해 보면 대부분의 상세 설계업무는 98년 10월에 완료하여 시험장치 부품의 제작 및 구매업무가 진행되었으며, 99년 3월 중순에 원자력연구소 엔지니어링동에 시험장치를 설치 완료하였다. 이후 약 2개월 동안 시험장치의 성능을 검증하기 위한 시운전 업무를 수행하였다.

가동중이거나 건설중인 국내 가압경수로의 제어봉구동장치는 설계회사에 따라 상세설계는 약간씩 차이가 있으나 구동방식은 모두 자석책 형을 채택하고 있다. 자석책형은 1차 압력경계부품 외부에 환형의 코일스택을 설치하고 전류의 공급을 조절하여 변동하는 자기력에 의해 압력경계 내부에서 제어봉을 물고 있는 걸쇠를 기구운동시킴으로서 제어봉을 이송시키는 방식이다. 자석책형 제어봉구동장치는 기구학적인 기계부품의 설계는 물론 전기 전자적 구동계통의 설계를 포함하게 되어 많은 부속품으로 이루어진 복잡한 구조를 갖게 된다. 또한 구동부품은 그 기능상 잦은 왕복운동을 하게되어 마멸과 피로하중의 영향을 많이 받게 되므로 초기 개발이나 설계변경 혹은 운전조건의 변경시 설계의 적합성을 입증하고 성능요건의 만족 여부를 확인하기 위한 성능실증시험을 수행한다.

한국 표준형경수로 제어봉구동장치는 미국 ABB-CE사의 System 80에 기반을

둔 설계로서 ABB-CE사는 System 80 제어봉구동장치 개발시 여러 가지의 실증시험을 수행한바 있다. 한편, 차세대원자로는 설계수명이 60년이고 부하투중운전을 고려하여 설계되어야 하는 바 이러한 조건들은 필연적으로 제어봉구동장치의 구동횟수의 증가를 가져오게 될 것이다. 따라서 이러한 제어봉구동장치의 구동 누적거리의 증가, 잦은 구동 및 그 영향을 실증시험을 통하여 확인함으로써 수명기간 동안의 건전성과 신뢰성을 확인하고자 한다.

본 CEDM Test Loop은 실제 원자로 환경조건하에서 제어봉구동장치에 대한 다음과 같은 성능실증시험이 수행 가능하도록 설계하였다.

- 수명시험 : 수명요건 만족, 입증, 한계 수명 확인, 기능확인
- 냉각시험 : 냉각초기 지정, 온도분포, 공기속도 측정
- 전력시험 : 구동 모드에 따른 전기적 요건 확립
- 제어봉 낙하시험

본 보고서의 2장은 시험장치를 구성하고 있는 기계계통의 성능과 기기들의 사양을 기술하였다. 3장은 계장계통의 기술사양을 설명하였고, 4장 운전계통은 구성과 운전절차를 설명하였고, 5장은 종합시운전 내용과 결과를 기술하였다.

제2장 기계계통

CEDM Test Loop은 고온/고압 물 순환 Loop이며 주순환 계통, Bleed & Sampling계통, CEDM 냉각계통, 순환용수 공급/수질관리 계통, 계장/제어계통, 전원 공급계통, 기타 보조계통으로 구성하였다.

제1절 주순환 계통

Main Loop 계통은 Circulation Pump, Test Chamber, Main Heater, Pressurizer, Injection Pump 등의 주요부품으로 구성하며 Circulation Pump로부터 배출된 순환용수는 Test Chamber를 지나 Main Heater로 가열되어 다시 Circulation Pump로 되돌아온다. 본 장치의 설계조건은 다음과 같다.

- 설계압력 및 온도 : 172 bar, 343 °C
- 순환용수 운전유량 : 1.3 kg/s (at 156 bar, 320 °C)
- 순환용수 : De-Ionized Water

1. Main Circulation Pump

Circulation Pump는 Non-Seal Type Canned Pump를 사용하고 시험 시 Test Chamber에서 압력손실 변동이 발생해도 Test Chamber입구에서 일정유량을 유지할 수 있도록 저유량에서 고유량까지 충분히 높은 Pump Head가 요구되는 Pump로서 주요 사양은 다음과 같다.

가. 설계 조건

- 설계 압력 : 172 bar
- 최대 온도 : 343 °C
- 유량 및 Head : 40 m, (1.3 kg/s at 160 bar, 320 °C)
- Discharge : 170.5 bar
- NPSHA : 3.5 m 이상

나. 성능

- Pump Speed : 3500 rpm
- NPSHR : 2.7 m
- BHP : 25 kW

다. Suction 및 Discharge 형식

- Suction 및 Discharge 크기 : 1" 및 3/4"
- 규격 : ANSI 2500
- Flange : Ring Joint
- Suction 및 Discharge 위치 : Top 및 Side

라. Motor Driver

- 전력 : 25 kW
- 전원 : AC 440V, 3 Φ , 60 Hz
- Synchronous Speed : 3600 rpm

2. Main Heater

Main Heater는 Test Chamber에 들어가는 순환용수의 온도를 일정하게 유지하며 순환용수가 Pump를 거쳐 다시 돌아오는 사이 배관의 열손실 등에 인하여 설정 온도이하로 떨어진 순환용수를 가열하여 일정 온도로 Test Chamber에 들어가도록 한다. Main Heater는 통과하는 순환용수의 온도를 약 4 °C 이상 올릴 수 있도록 Horizontal Vessel 내부에 약 20kW의 가열용 Heater를 삽입한 형식이다. Main Heater의 기본사항은 다음과 같다.

가. Main Heater Element

- 설계압력 및 온도 : 172 bar, 343 °C
- 외경 : 19 mm
- Heating Length : 1.5 m
- 재질 : SUS 316L
- 출력밀도 : 6.6 W/cm²

- Heater Rod Q'ty : 9 EA (6.7 kW/Rod)

나. Main Heater Vessel

- 설계압력 및 온도 : 172 bar, 343 ℃
- Vessel : 3" , Sch. 160 (3 EA)
- 재질 : SUS 304
- Length : 2.5 m

3. Test Chamber

시험대는 시험대 상부의 노즐, 제어봉이 들어가는 시험용기, 시험용기 내부의 완충장치 등으로 구성된다. 노즐은 상부는 CEDM과 나사로 체결되며, 노즐의 하부는 용기의 상부와 Grey-lock으로 연결하여 보수 및 장치의 장착을 용이하도록 설계되어 있다. 시험용기는 이중관을 사용하여 유동의 영향을 최소화하고, 제어봉의 낙하에 따른 충격하중을 흡수하기 위한 유체 완충장치를 설치하여 실제의 이송거리가 150 인치가 되도록 하였다. 시험대의 설계는 CE의 TF-7 시험장치의 시험대 자료를 기초로 하여 설계하였다. 본시험장치의 시험대는 시험용기 하부에 6인치 자켓을 설치하여 용기 하부에 위치하는 완충장치 내에서 물의 온도가 일정하게 유지될 수 있도록 설계하였다.

- 설계압력 및 온도 : 172 bar, 343 ℃
- 내경 및 외경 : 100.8 mm 및 114.3 mm(ANSI 4" Sch. 160)
- 재질 : SUS 304
- 순환용수 온도측정용 Thermocouple : 상부 및 하부에 각 1개씩
- 차압측정 Tap : 1개
- 압력 측정용 Tap : 1개
- 순환 용수 In-Out Nozzle : 각 1개씩
- 상부 Flange Joint Grayloc : 1개
- Length : 7000 mm

Test Chamber는 압력용기이므로 제작 후 용접개소에는 Radiography Test를 실

시(ASME Section VIII)토록 하였고 시험성격상 최대의 진직도를 유지하며 또한 시험 중 CEDM가동으로 인한 진동현상이 최소화 될 수 있는 구조가 요구되는 부품이다. 상세 설계사항은 해당항에서 기술하였다.

4. Pressurizer

Pressurizer Vessel 하부에는 18kW의 가열용 Heater를 설치하여 Vessel 내의 용수온도를 제어함으로써 압력을 제어한다. Pressure Vessel의 내부용적은 순환용수의 열팽창과 계통내의 순환수 체적제어를 위하여 충분하도록 0.3 m³(300 ℓ)이상으로 하였다. Pressurizer의 용수 수위는 항상 Pressurizer Heater의 가장 높은 위치보다 충분히 높으며 Pressurizer Vessel의 상단 부에는 Safety Valve를 설치하며 방출증기를 외부로 배기 할 수 있는 연결 배관을 마련하였다. Pressurizer의 용수 수위는 항상 Main Loop계통의 순환용수 위치 중 가장 높은 위치가 되도록 Pressurizer Vessel을 배치하였다.

- 설계압력 및 사양 : 172 bar, 343 °C
- 내경 및 외경 : 215 mm 및 273.05 mm (ANSI 10" Sch. 160)
- 재질 : SUS 304
- Heater rod Q'ty : 6 EA (3 kW/rod)
- Nozzle: In-Out Safety Valve Nozzle
- Length : 2 m

5. Injection Pump

Injection Pump는 Bleed & Sampling Line으로 Sampling하기 위해 소모되는 순환용수의 양만큼 Main Loop에 Make-Up을 위해 고압으로 Injection하여 Main Loop의 순환수 재고량을 일정하게 유지할 수 있도록 하였다. 본 Pump에 요구되는 기본 사양은 다음과 같다.

가. 운전조건

- 최대 Discharge 압력 : 172 bar
- 순환용수 온도 : 상온

- 최대 및 최소의 유량 : 0.06 m³/hr 및 0.04 m³/hr (at 160 bar)
- Disch. 및 Suct. 압력 : 170.5 bar 및 ATM
- NPSHA : 3.5 mm 이상

나. 성능

- Speed : constant
- BHP : 2 kW

다. Suction 및 Discharge 형식

- Suction 및 Disch. 크기 : 1/2" 및 3/8"
- 규격 : ANSI 2500
- Connection : MNPT
- Suct. 및 Disch. 위치 : Top 및 Side

라. Motor Driver

- 전력 : 2 kW
- 전원 : AC 460V, 3 ϕ , 60 Hz

6. Strainer

Main Circulation Pump의 순환용수 Make-up Pump, Injection Pump Suction 측에 Strainer를 설치하여 Pump에 이물질이 들어가지 않도록 한다.

7. Storage Tank

Storage Tank는 순환용수 공급/수질관리시스템의 Water Storage Tank로 겸용하며 재질은 SUS 304를 사용한다. Tank의 구조는 Top Plat와 Bottom Dish로서 필요시 수질제어를 위하여 Chemical을 투입한다.

- Storage Tank 사양
 - Size : ϕ 1000 × 1300 H
 - Type : Dish (10 %)

제2절 CEDM 냉각계통

CEDM 냉각계통은 CEDM Coil에 적정 공기 유량을 공급하며 코일 온도를 냉각, 제어하는데 사용한다. 제어봉 구동장치 코일 냉각계통은 코일의 온도를 80℃ 이하로 유지시키며, 공기가 코일주변을 통과하도록 공기유로를 설치한다. 본 장치의 운전조건은 다음과 같다.

- 계통압력 : 1 bar
- Air 온도 : 80 ℃
- Air 유량 : 170 m³/min
- Blower 사양
 - Capacity : 170 m³/min × 25 mmAq
 - Type : Turbo Fan
 - 전력 : 10 kW
 - 전원 : AC 440V, 3φ, 60Hz
 - 제어방식 : VVVF Speed Control

제3절 순환용수 공급/수질관리계통

순환용수 공급/수질 관리계통은 Main Loop계통에 용수를 공급하고 용수수질을 관리하기 위한 것이며 Water Storage Tank, De-Ionizer, Feed Pump로 구성한다. 여기서 Storage Tank는 Bleed & Sampling Loop계통의 냉각수를 겸용 사용한다. 본 장치의 운전조건은 다음과 같다.

- 계통 압력 및 온도 : 상압 및 상온
- Feed Pump 유량 : 일정 유량 2.0 m³/hr
- 사용 유체 : De-Ionized Water

순환용수 공급/수질관리계통은 1.0 micromho/cm 이하의 Deionized Water를 생산하여 Storage Tank, Main Loop계통에 공급한다. Main Loop계통 순환용수

의 수질을 실험 기간동안 일정 기준치로 유지시키고, 수질의 상태를 관리하기 위하여 Analysing System을 설치하여 지속적으로 수질을 측정하며, 측정치를 Screen상으로 Indicating한다. 순환용수의 수질이 일정 기준치에 도달되지 않을 때는 Makeup Pump 후단의 Manual Valve를 Close한 상태에서 수질이 일정 기준치에 도달될 때 까지 De-Ionizer와 Filter를 거쳐 용수를 Circulation시킨 후에 Makeup Pump 전단의 Manual Valve를 Open시켜, Main Loop 계통에 보충시킨다. 또한 순환수내의 용존 산소는 산소제거 장비로서 요구 조건 내로 조절한다. 수질 검사 항목으로서는 다음과 같다.

- Specific Conductivity (0 ~ 1.0 μ moh/cm)
- Total Solid (0 ~ 0.5 ppm)
- PH(77 °F) (6.0 ~ 8.0)
- Dissolved oxygen(dearated)

Feed Pump의 기본 사양은 다음과 같다.

가. 운전조건

- 최대 순환용수 온도 : 90 °C
- 최대 및 최소 유량 : 6.0 m³/hr 및 4.0 m³/hr
- Disch. 및 Suc. 압력 : 2 bar 및 ATM

나. 성능

- Speed : Constant
- BHP : 2 kW

다. Suc. 및 Disch. 형식

- Suc. 및 Disch. size : 1" 및 3/4"
- 규격 : ANSI 150
- Connection : MNPT
- Suc. Disch 위치 : Side & Top

라. Motor Driver

- 전력 : 2 kW
- 전원 : AC 440V, 3 ϕ , 60 Hz

제4절 Bleed & Sampling 계통

Bleed & Sampling계통은 Main Loop 계통의 용수수질을 분석, 관리하기 위한 것이며, Main Loop 용수의 압력과 온도를 내리주기 위해 Heat Exchanger(Cooler)와 감압 Orifice를 설치 사용한다. 본 장치의 운전조건은 다음과 같다.

- 계통 압력 및 온도 : 상압 및 상온
- 사용 유량 : 일정 유량 0.3 m³/hr
- 사용 유체 : De-Ionized Water

Bleed & Sampling계통은 열교환기, 감압 Orifice 등을 사용하여 Open Loop로 구성하며, 부품들은 Bleed & Sampling계통은 냉각수와 Heat Exchanger(Cooler)의 순환용수의 온도차 이에 인한 급격한 냉각수의 팽창 및 Thermal Stress 등으로 발생하는 파손, 진동 및 소음 등을 방지하도록 설계, 제작하였다.

(7) 전원 공급 및 제어

당소에는 본 장치를 위하여 합계 용량 250 kW의 전력을 쓸 수 있으며 440V AC 3 ϕ 로 공급된다. 소요 전력은 다음과 같다.

- Main Heater : 60 kW, 440V AC 3 ϕ
- Pressurizer : 18 kW, 440V AC 3 ϕ

- Circulation Pump : 250 kW, 440V AC 3 ϕ
- Injection & Makeup Pump : 35 kW, 220V AC 3 ϕ
- 계장, 제어계통, PMCS 계통 및 기타 : 15 kW, 220V AC 단상

제 3 장 계측제어계통

제 1 절 계측제어계통 구성

계측제어계통은 각종 계측 센서(Instrumentation Sensor) 및 Field Instrumentation, 이들로부터 입력된 신호를 격리, 분배 및 처리하는 신호격리기(Signal Isolator), 운전상태를 감시하기 위해 주요 기기의 운전상태나 공정변수를 표시하는 Operator Workstation 및 Printer, 주요 기기의 운전상태 및 주요 변수를 지시하는 Overview Display Panel, 실험설비 공정의 이상상태를 경보하는 경보창 및 주요 기기를 수동으로 운전 및 정지하는 Emergency Operator Station, 제어 Desk, 펌프나 밸브 등을 자동 제어하기 위해 현장 구동기에 제어신호를 발생시키는 PLC Main Process Control Module 및 PLC의 제어신호를 현장의 구동기로 전달하는 Relay 및 MCC(Master Control Center) Cabinet 등으로 구성된다. 또한 계측제어계통 구성에는 이 구성 요소를 운영 및 구동하는 소프트웨어, 인터페이스 프로그램 및 운전원 지시용 MMI 소프트웨어 등 필요한 소프트웨어 등이 포함되어 있다. 그림 3.1 은 CEDM Test Loop의 계측제어계통 구성을 나타내고 있다.

CEDM Test Loop의 계측제어계통 주요 구성 기기는 다음과 같다.

- (1) 계측 센서(Instrumentation Sensor) 및 Field Instrumentation
- (2) 신호분배 및 신호처리 모듈(Signal Isolator)
- (3) Test Loop, CEDMCS 제어 PLC 모듈
- (4) Windows NT Based Operator Workstation 및 Printer
- (5) Overview Display Panel Cabinet 및 Transmitter
- (6) 제어 Desk 및 수동 Emergency Operator Station(경보창 포함)
- (7) Relay 및 MCC(Master Control Center) Cabinet
- (8) 운영 및 구동 소프트웨어(제어 프로그램 포함)
- (9) MMI 소프트웨어(제어 및 모니터링 프로그램 포함)
- (10) 인터페이스 프로그램(제어 프로그램 포함)
- (11) Network

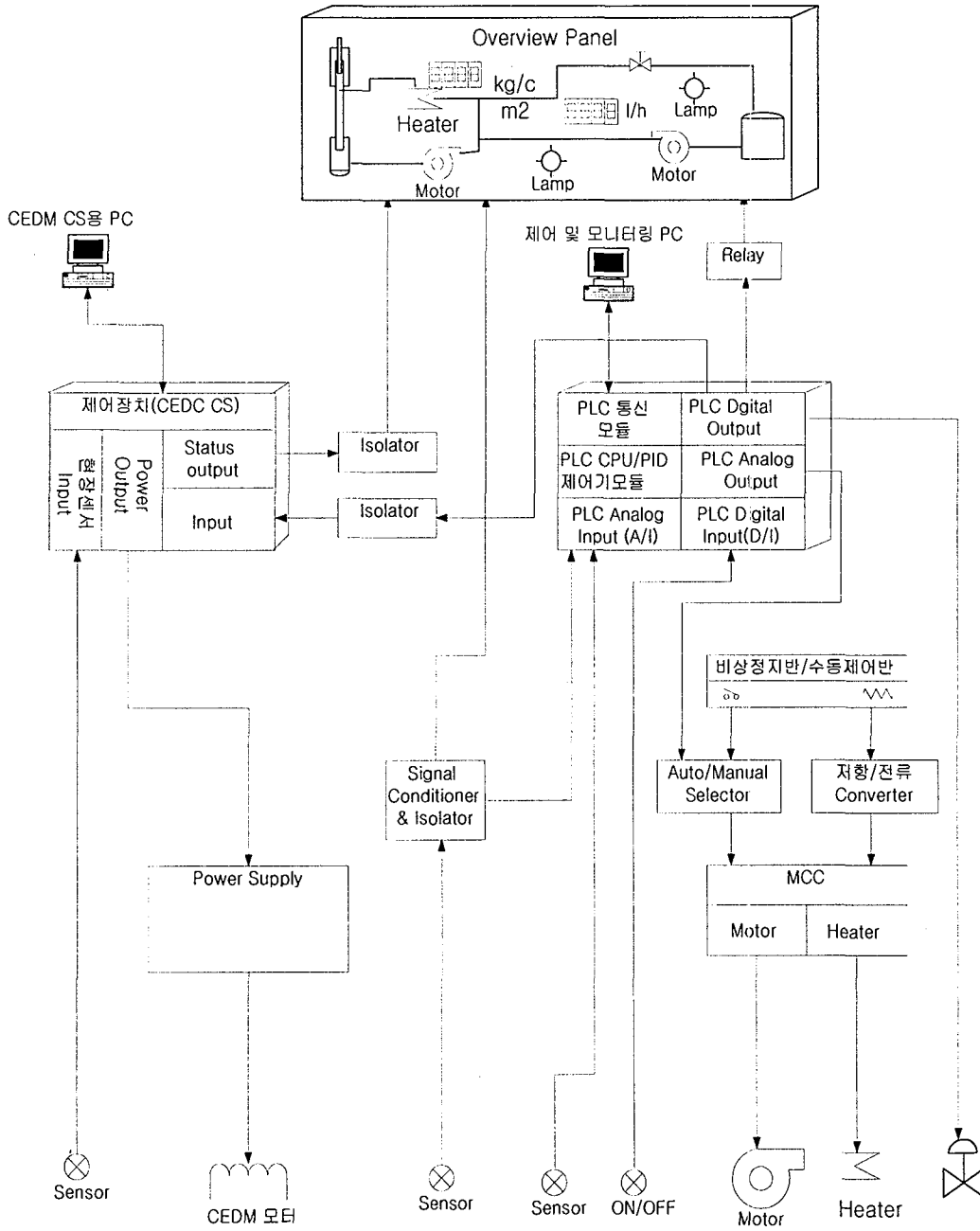


그림 3.1 CEDM Test Loop의 계측제어계통 구성

제 2 절 계측계통

1. 계측계통 구성

계측계통은 현장의 센서(온도, 압력, 유량, 수질관련), 밸브의 상태나 개도 및 Pump의 상태를 제어실의 제어용 PLC 입력으로 인가하는 신호를 처리하는 부분이다. 그리고 제어시스템의 제어기 출력을 현장의 MCC나 Relay에 전달하여 현장의 모터, 히터, 밸브 등의 현장 제어기를 구동하는 신호 전달계통을 계측계통이라 한다. 이는 유체 유로 또는 압력용기에 부착되어 있는 온도, 압력, 유량 및 수위센서와 센서의 기 전력을 결선하는 Wiring, 신호를 증폭하거나 격리하는 signal conditioner 및 신호를 전달하고 관련 기기를 구동하는 MCC 및 Relay 등으로 구성되어있다. CEDM Test Loop 에는 모두 43개의 센서가 부착되어 Loop의 상태를 감시 제어하며, Test Loop 유로에 40개가 부착되어 있고 나머지 3개는 CEDM의 구동 상태를 감시하기 위해 CEDM의 위치 및 낙하 등의 정보를 표시하는데 이용된다. CEDM 위치정보 센서는 스텝변화 센서, 현재위치 센서, 낙하지점 센서로 구성되어 있다. 이들 CEDM 현장의 43개 센서로부터 입력되는 온도, 유량, 압력, 수위, 위치 정보 등은 제어장치의 입력으로 사용되며, 제어장치의 출력은 모두 20개로 구성되어 있다. 이중 4개는 제어봉 구동장치의 모터위치 제어용으로 사용되는 전원공급기의 제어장치이다.

모든 아날로그 신호는 4-20mA의 전류신호로 전송되어 현장의 유도성 및 전도성 잡음에 대비하였다. 이는 전압신호에 비해 전류신호가 잡음에 강하기 때문이며, 현장 입력 4 mA를 0 으로 20mA를 100%로 변환하여 출력한다. 4mA를 0%로 대응시키는 이유는 센서고장 및 신호선의 단선을 검출하는데 목적이 있다. 즉, 신호결선이 불량하거나, 센서 및 센서 신호처리계통의 고장이 발생되면 0 mA의 신호가 검출되게 된다. 이때의 상태를 고장지시 모드로 설정하면 고장검출이 용이하기 때문이다. 아날로그 신호 결선에는 트위스트 쉴드 페어 케이블(Twisted/Shielded Cable)이 사용되었으며, 제어용의 4-20mA의 전류신호를 전송하는 케이블은 CVV-SB-2C(0.75mm S.Q)를 사용하였다. 신호선용 결선에는 IEEE-1050의 접지요건이 적용되었다. 그림 3.2 는 CEDM Test Loop에 사용된 계측기의 신호 흐름을 보여주고 있다.

2. 신호 계측

가. 온도 계측

CEDM Test Loop에서는 1차계통의 수온, CEDMCS의 주변환경 온도, 히터(메인 히터 3개, 가압기 히터 1개, 블로아 히터 1개, Injection Line 히터 1개)의 온도, 2차 계통의 수온 등의 온도를 계측하였다. 여기서 1차 계통의 수온 계측용으로는 RTD(Resistive Temperature Detector) Pt-100 (백금측온 저항체) 1/4"를 사용하였다. 이의 특성은 0℃일 때 100Ω 저항 값을 나타내며, 온도가 높아질수록 저항 값이 1℃당 0.3679Ω 정도의 저항이 증가하는 특성을 나타낸다. 일반적인 최고 사용온도 계측범위는 600℃를 넘지 않는다. 그리고, 1/4" RTD의 응답특성은 63.2% 도달시간이 0.15sec 정도이며, 90% 도달시간은 0.3sec 정도이다. 본 장치에서는 계통의 설계 온도를 350℃로 설정하였으므로 백금측온 저항체를 사용하여도 무방하다. 백금측온 저항체의 장점으로는 일반적인 열전대 보다 안정된 동작을 하며, 현장에 적용 시 잡음에 의한 영향이 적다. 그리고, 열전대를 이용하려면 반드시 보상 도선이나, 0℃ 보상용 ice point reference를 사용해야 하는 부수적인 가격부담을 덜 수 있다. 그림 3.3 는 온도계측을 위한 Wiring 구성을 보여주고 있다. 표 3.1 은 CEDM Test Loop에 이용된 온도계측기의 특성과 기능을 요약하였다.

현장의 각종 히터 내부의 온도를 계측하여 히터의 온도 과온을 방지하는 보호용 온도 감지기로는 열전대(T/C K-type)를 사용하였다. 열전대의 일반적인 사용 온도범위는 1200℃를 넘기 때문에 히터의 발열부에 직접 접촉하여 히터 발열선의 발열온도를 검출하는데 특히 적합하여 히터 보호용 온도측정기로 사용하였다. 열전대에서 발생하는 기전력은 제어실의 신호 변환장치(Signal Conditioner)모듈로 입력되는데 열전대 K-type의 구성물질인 chromel, alumel 과 동일한 재질의 보상 도선을 사용하여 0℃ 온도를 보상하여 결선하였다. 이의 구성은 그림 3.3 의 a와 같이 구성되어 있다. 열전대의 보상 도선과 열전대의 구성물질은 동일한 재질로 되어 있어야 접촉에 의한 기전력을 제거할 수 있다. 온도 센서의 온도변화에 의한 기전력을 열전대용 신호변환기(Signal Conditioner)를 이용하여 4-20mA의 전류신호로 변환한다. 열전대의 온도센서 신호는 온도 제어변수로는 사용이 되지 않으며, 과 온도에 의한 히터코일의 전력공급을 차단하여 히터를 보호하는 기능을 수행하며, MMI 소프트웨어를 통해 온도 정보를 운전원이 감시할 수 있도록 설계되었다.

한 개의 백금측온 저항체 신호를 제어실의 Overview panel에 표시하는 장치와

제어용 PLC에서 공유하는 경우에는 신호변환기가 isolation 기능을 갖는 장치를 사용하여 그림 3.3의 b와 같이 구성하였다. 이 신호격리기는 저항변화를 입력으로 받아 2개의 4-20mA 전류신호로 변환하여 Overview panel과 제어용 PLC로 출력한다. 신호격리기는 사용하는 전원, 입력과 2개의 출력을 각각 전기적으로 격리되어

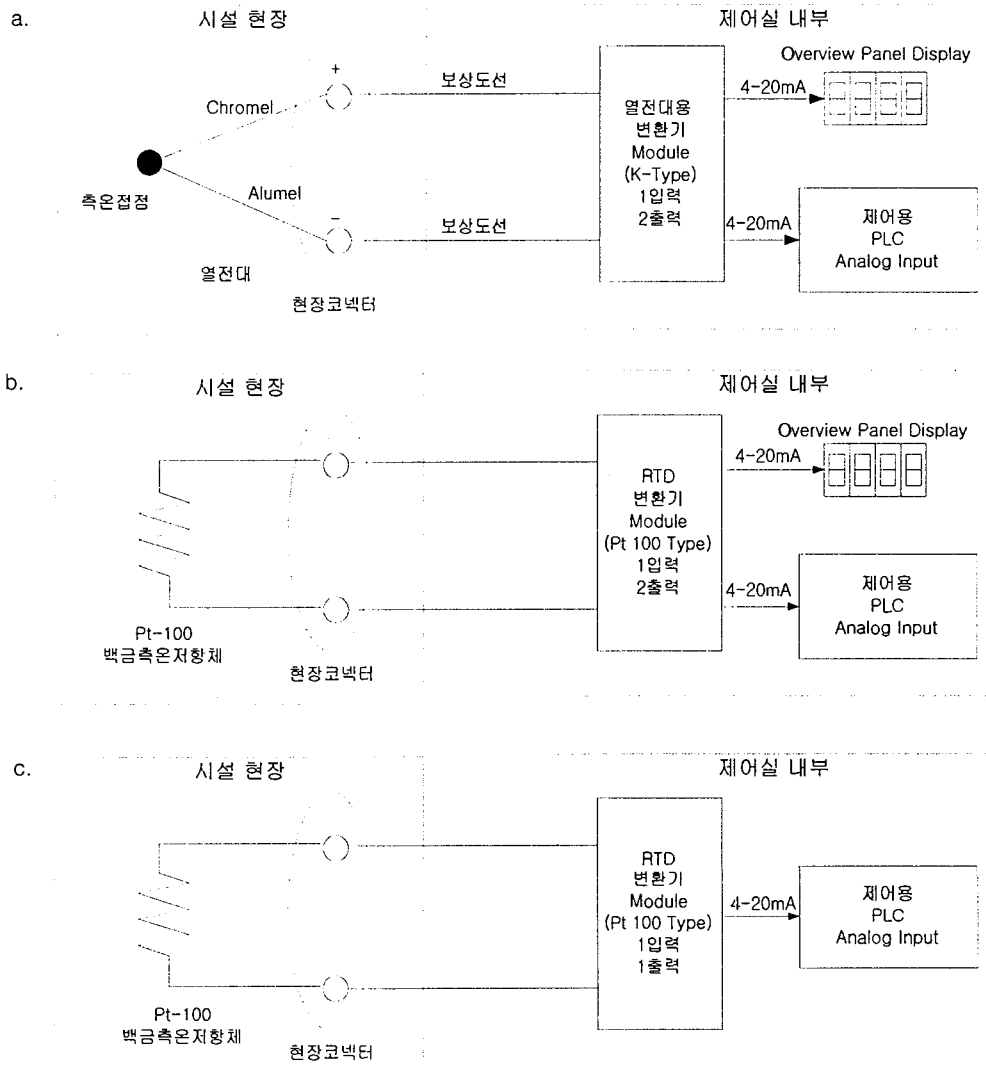


그림 3.3 온도계측 구성도

표 3.1 CEDM Test Loop 온도계측기 특성과 기능

센서종류 및 기호	측정범위	설치위치 및 용도
TC-101A(열전대 K-type)	0-600℃	주 전열기 HE-101A의 히터코일내부, 히터코일 온도과온 방지용
TC-101B(열전대 K-type)	0-600℃	주 전열기 HE-101B의 히터코일내부, 히터코일 온도과온 방지용
TC-101C(열전대 K-type)	0-600℃	주 전열기 HE-101C의 히터코일내부, 히터코일 온도과온 방지용
TC-102(열전대 K-type)	0-600℃	가압기히터 PR-101 히터코일내부, 히터코일 온도과온 방지용
TC-103A(열전대 K-type)	0-600℃	Injection Pump PU-102 후단 트레이서 히터 코일 내부온도계측 히터코일 온도과온 방지
TC-103B(열전대 K-type)	0-600℃	트레이서 히터 출구측 주입수온도 계측
TE-101(RTD Pt 100)	0-400℃	제어봉구동장치(Test Chamber RE-101) 상단부 순환수온도 계측
TE-102(RTD Pt 100)	0-400℃	제어봉구동장치(Test Chamber RE-101) 하단부 순환수온도 계측
TE-103(RTD Pt 100)	0-400℃	Main Circulation Pump PU-101 후단 순환수 온도계측
TE-104A(RTD Pt 100)	0-400℃	주 전열기 HE-101A 후단 순환수 온도계측
TE-104B(RTD Pt 100)	0-400℃	주 전열기 HE-101B 후단 순환수 온도계측
TE-104C(RTD Pt 100)	0-400℃	주 전열기 HE-101C 후단 순환수 온도계측
TE-111(RTD Pt 100)	0-400℃	가압기 PR-101 중심부 온도계측
TE-112(RTD Pt 100)	0-400℃	가압기 PR-101 상단부 온도계측
TE-113(RTD Pt 100)	0-50℃	열교환기 HX-101 Bleed Line 온도계측
TE-114(RTD Pt 100)	0-150℃	Bleed Line Cooling line 유출 Water온도계측
TE-115(RTD Pt 100)	0-50℃	용수저장탱크 TA-101 내부 저장수 온도계측
TE-201(RTD Pt 100)	0-150℃	Test Chamber Re-101 최상위 밀폐부 출구온도계측
TE-202(RTD Pt 100)	0-150℃	Test Chamber Re-101 최상위 밀폐부 입구온도계측
TE-203(RTD Pt 100)	0-500℃	CEDM 모터 코일(1)의 온도계측(설치 전)
TE-204(RTD Pt 100)	0-500℃	CEDM 모터 코일(2)의 온도계측(설치 전)
TE-205(RTD Pt 100)	0-500℃	CEDM 모터 코일(3)의 온도계측(설치 전)
TE-206(RTD Pt 100)	0-500℃	CEDM 모터 코일(4)의 온도계측(설치 전)
TE-207(RTD Pt 100)	0-500℃	CEDM 모터코일 중심부 온도계측(설치 전)
TE-208(RTD Pt 100)	0-500℃	CEDM 모터코일 중심부 온도계측 (설치 전)

있어(Transformer결합) 출력 측의 오작동에 의한 입력 측의 손실을 방지할 수 있

다. 그리고, 한 개의 백금촉은체 센서가 PLC의 아날로그 입력 모듈로 만 사용되는 경우에는 그림 3.3의 c와 같이 결선하였다.

나. 유량 계측

CEDM Test Loop 에는 모두 3개의(FT-101, FT-102, FT-201) 유량계측센서가 사용되었다. FT-101 유량계측기는 1 차계통 순환수의 유량 계측을 위해 사용되었으며, 오리피스(orifice) 타입 유량계측기를 채택하였다. Bleed Line의 Bleed 유량계측기(FT-102)와 CEDMCS 계통의 온도를 유지하기 위해 출구공기의 유량계측기(FT-201)는 터빈(turbine) 형태의 유량 측정기를 사용하였다. 모든 계측기는 유량, 압력 등 측정용 센서 Element와 전기적 전달장치인 트랜스미터의 결합된 형태로 구성되며, 유량 계측기는 현장 유량을 계측하여 이를 전기적 신호로 변환하는 유량계측센서 Element(FE : Flow Element 표기)와 이를 4-20mA의 표준화된 전기적 신호로 전달하는 신호전달기(PT :Pressure Transmitter 표기)로 구성되어 있다. 모든 계측용의 센서 Element와 트랜스미터는 구동전원을 외부에서 인가해 주어야 하는데 CEDM Test Loop는 제어실의 직류 24V 전원공급기가 전원공급을 하고 있다. 계측계통은 Transmitter에서 변환된 4-20mA의 아날로그 신호를 직접 PLC의 아날로그 입력 모듈인 G3F-AD4A(16채널, 14bit 아날로그-디지털 변환기 모듈)로 전달한다. 다음은 CEDM Test Loop에 사용된 유량계측기의 특성과 기능을 보여주고 있다.

센서기호	측정범위	설치위치 및 용도
FT-101	0-8m ³ /h	Test Chamber RE-101에 공급되는 순환수 유량계측
FT-102	0-150l/h	Drain 유량계측
FT-201	0-150m ³ /h	Air Blower BL-101의 출구 공기유량계측

다. 수위 계측

CEDM Loop의 수위 계측용의 센서는 모두 2개를(LT-101, LT-201) 사용하고 있다. 가압기 수위를 계측하는 계측기 LT-101은 차압 센서를 이용하며, LT-201은 CEDM Loop의 용수를 공급하기 위한 용수저장탱크의 수위를 계측하며, Reed float 형의 센서를 사용한다. 차압센서는 수위를 측정할 용기의 상, 하부에 hole을 뚫어 상, 하부의 압력 차를 수위로 환산하여 표시하며, Reed Float 형의 센서는 용기에 float가 있는 reed 파이프를 넣어 float의 위치를 계측하여 수위를 표시한다. 차압센서와 Reed Float 형의 수위 Element는 형태에 차이는 있으나, 센서의 전기적 변화

를 4-20mA의 신호로 변환하여 전달하는 수위 Transmitter(LT : Level Transmitter) 및 그 이후 신호를 처리하는 부분은 동일한 형태를 갖추고 있다. 다음은 CEDM Test Loop에 사용된 수위계측기의 특성과 기능을 보여주고 있다.

센서기호	측정범위	설치위치 및 용도
LT 101	371.2-1160mmH ₂ O (0-100%)	가압기 PR-101 의 수위계측 (차압방식)
LT 201	0-1200 mm (0-100%)	용수저장탱크 TA-101의 수위계측 (Reed Float 방식)

라. 압력 및 차압 계측

압력은 물체나 유체가 누르는 힘을 계측하는 형태의 엘리먼트를 사용하며, 차압은 두 점의 압력 차에 의한 힘을 측정하여 이를 전기적 신호로 변환한다. 압력센서는 주로 Test Chamber의 압력, 1 차계통의 순환수 압력, 주입펌프의 주입수 압력 및 가압기의 압력을 측정하며, DPT-101 차압센서는 CEDM Test Loop 구동부의 Test Chamber RE-101의 상. 하부 사이의 압력 차를 계측하기 위해 사용한다. DPT-201은 CEDM 구동부의 상부에 위치하는 CEDM 구동 모터 코일의 덮개에 공급되는 공기의 입구와 출구의 압력 차를 감시하기 위해 사용한다. 압력 및 차압센서의 연결용 도압관은 1/2"를 사용하였다. 압력계측을 위한 센서 중 가압기 내부의 압력을 계측하는 PT-101은 가압기의 히터온도 조절에 사용되는 제어변수로 이용되며, 나머지 압력, 차압 센서는 감시 및 해석용 변수로 이용된다. 다음은 CEDM Test Loop에 사용된 압력 및 차압 계측기의 특성과 기능을 보여주고 있다.

- 압력센서

센서기호	측정범위	설치위치 및 용도
PT 101	0-200Kg/Cm ²	가압기 내부 압력계측
PT 102	0-200Kg/Cm ²	Main Circulation Pump(PU-101)의 토출 압력 계측
PT 103	0-200Kg/Cm ²	Test Chamber RE-101의 상단부 압력계측
PT 104	0-200Kg/Cm ²	Injection Pump (PU-102) 토출 압력계측

- 차압센서

센서기호	측정범위	설치위치 및 용도
DPT 101	0-4000mmH ₂ O	Test Chamber RE-101의 순환수 상부와 하부의 차압 감시
DPT 201	0-4000mmH ₂ O	Test Chamber RE-101의 최상부 모터 코일 덮개의 상부와 하부 공기 차압 감시

마. 수질계측

1차 계통의 순환수 수질을 감시하기 위해 설치하였다. 수질관련 측정기는 탁도(Solid)센서, 용전 산소(O₂)센서, 전도도(Conductivity)센서, 산도(pH)측정 센서로 구성되며, 이들 센서는 화학적 수질분석기의 내부에 장착되어 있다. 이들 계측기는 공급되는 용수의 수질을 측정하여 4-20mA의 전류신호로 변환하여 PLC 아날로그 입력 카드에 입력된다. 이 변수는 모두 제어용 PLC의 내부변수로 사용되며, 이를 연산하여 설정치를 넘으면 제어기의 PLC 디지털 출력 카드를 이용하여 Overview Panel에 경보용 램프를 켜서 현재 수질의 상태를 표시한다. 표시장치에 표시되지 않을 때는 현재의 수질이 기준치를 만족하고 있다는 것을 나타내며 이때에는 PLC의 내부변수를 이용하여 운전원이 현재의 수질관련 데이터를 볼 수 있도록 설계하였다. 다음은 CEDM Test Loop에 사용된 수질 관련 계측기의 특성과 기능을 보여주고 있다.

센서기호	측정범위	설치위치 및 용도
SOLID 101	0-2ppm	용수저장탱크 TA-101 전단의 Drain 용수 탁도 계측
O ₂ 101	0-15ppm	용수저장탱크 TA-101 전단 Drain 용수 용존산소계측
CON 101	0-2us/Cm	용수저장탱크 TA-101 전단 Drain 용수 Conductivity 계측
PH 101	0-14PH	용수저장탱크 TA-101의 전단의 Drain 용수 PH측정

마. 기기 상태 계측

(1) 디지털 기기 상태 계측

CEDM Test Loop에 사용된 밸브, 펌프 및 전열기 등의 On/Off 상태는 Loop의 운전 상태를 감시하기 위해 계측되었다. 이들 운전 상태를 감시하는 디지털 입력은 현장에서 접점신호로 계측되어 PLC 디지털 input 카드로 입력되어 CRT 화면에 표시되며, Overview Display Panel 에는 PLC의 Digital output 카드를 통해 Overview Display Panel 의 Relay로 출력되어 Overview Display Panel 의 Lamp를 구동한다.

(2) 아날로그 기기 상태 계측

CEDM Test Loop에 사용된 밸브, 펌프 및 전열기 등의 아날로그 운전 상태는 Loop 주요 기기의 운전 상태를 감시하기 위해 계측되었다. 제어 밸브의 개도와 Pump의 회전속도는 유로의 유량을 제어하기 위해 계측된다. 계측된 신호는 PLC 아날로그 input 카드를 통해 PLC로 입력되어 PLC의 PID 카드에 의해 적절한

제어량이 결정되고, PLC의 아날로그 output 카드를 통해 제어밸브 및 펌프의 회전 속도 제어기로 출력되어 유량이 제어된다. 계측된 밸브의 개도는 운전 상태를 감시하기 위해 CRT에 0 - 100 %로 표시된다. 계측된 펌프의 회전속도는 펌프의 운전 상태를 감시하기 위해 CRT에 해당 속도가 표시된다. 가압기 히터의 커짐 정도는 Loop의 압력을 제어하기 위해 계측된다. 주 히터의 커짐 정도는 Loop의 온도를 제어하기 위해 계측된다. 계측된 신호는 PLC 아날로그 input 카드를 통해 PLC로 입력되어 PLC의 PID 카드에 의해 적절한 제어량이 결정되고, PLC의 아날로그 output 카드를 통해 가압기 및 주 히터의 SCR 제어기에 출력되어 가압기의 압력과 Loop의 온도가 제어된다. 계측된 히터의 커짐 정도는 펌프의 운전 상태를 감시하기 위해 CRT에 0 - 100%로 표시된다. 다음은 CEDM Test Loop에 사용된 펌프, 밸브 및 히터 계측기의 특성과 기능을 보여주고 있다.

- 밸브 개도 센서

센서기호	측정범위	설치위치 및 용도
FCV-101	0-100 %	Test Loop의 유량 제어
TCV-114	0-100 %	HX-101 Bleed Cooler 유량 제어
FCV-102	0-100 %	Bleed Line 의 유량 제어

- 펌프 회전속도 센서

센서기호	측정범위	설치위치 및 용도
PU-101	0 - 3600 RPM	Main Loop의 유량 및 온도 제어
PU-102	0 - 1800 RPM	Main Loop의 Injection 유량 제어
BL-101	0 - 1750 RPM	CEDM Coil 냉각 계통의 온도 제어

- 히터 센서

센서기호	측정범위	설치위치 및 용도
HE-101A,B,C	0 - 100 %	Main Loop의 온도 제어 및 히터 보호 신호 발생
HE-102	0 - 100 %	CEDM Coil 냉각계통의 온도 제어
PR-101	0 - 100 %	가압기의 압력 제어

바. 계측 신호 교정

(1) 온도신호 교정

온도 계측을 위한 센서는 열전대와 백금측은 저항체로 구성되어 있다. 이 중에 각종 히터의 코일내부 온도측정용으로 설치 되어있는 열전대 6개와 CEDM 모터 코일 온도계측용 TE-203에서 TE-208까지의 백금측은 저항체를 제외한 13개의 백금측은 저항체는 모두 교정 및 조정을 하였다. 표 3.2 는 온도계측기의 교정결과

를 보여주고 있다. 열전대와 CEDM 모터 코일에 설치된 온도계측용 센서는 사용자가 임의로 교정 및 조정이 불가능하게 되어 있다. 교정 및 조정이 가능한 온도 센서는 모두 13개로 계약업체에서 부착한 백금측은 저항체에 한정되어 있다. 교정 방법은 0℃의 온도는 얼음을 이용하여 하였으며, 50℃, 150℃, 300℃등은 온도센서교정용 0.5 급 전열기를 사용하여 수행하였다. 온도센서 교정용 전열기 OKAZAKI TC-C-640는 3개의 온도센서 투입구가 있고 외부에 현재 온도를 지시하는 온도 지시계를 갖추고 있다. 온도계측용의 장비는 온도교정기(Calibrator) Fluke-701을 이용하였다. 다음은 온도계측기 교정 방법 및 절차를 기술하였다.

1. 교정하고자 하는 온도에 온도센서 교정용 전열기의 설정치를 맞춘다.
2. 온도센서 교정용 전열기의 지시치와 교정용 온도센서 투입구의 온도를 측정 비교한다.
3. 온도교정기의 측정치가 안정될 때까지 기다린다.
4. 교정대상의 온도센서를 온도센서 교정용 전열기의 센서 투입구에 투입한다.
5. 열적 평형상태를 찾을 때까지 기다린다.
6. 온도센서의 신호처리모듈에 있는 조정단자(gain, span)를 조정하여 온도교정기의 측정치와 일치시킨다.
7. 다른 설정치를 설정하고 1번부터 반복한다.

다음은 CEDM Test Loop에 사용된 RTD 온도측정기의 교정결과를 기술하였다.

1. MMI 화면에서 출력되는 신호의 건전성 및 linearity를 확인하여 출력신호를 교정한다.
2. MMI 에서 출력되는 신호를 3지점 즉 50, 150, 300 C 지점을 지정하여 출력을 보내어 출력되는 신호를 기록하고 신호의 건전성 및 선형성을 비교하였다.
3. 센서 Error 측정 : 3 개의 온도 센서를 같은 온도에서 측정하였다. 오차는 0.4 이내이며, 대체로 센서는 비슷한 값을 표시한다고 본다.
4. Data Sheet 에서와 같이 거의 선형성을 유지하고 있으나, 고온으로 갈수록 실제온도와 차이가 비례하여 적게 표시하고 있다. 이는 Gain 을 조정하여 보정할 수 있다.

표 3.2 온도계측기 교정 결과

온도센서	교정전		교정후	
	Input(°C)	Display(°C)	Input(°C)	Display(°C)
TE-101	50.1	50.1	0	0.1
	150	147.7	150.3	150.5
	300	294.3	300	300.1
TE-102	50.3	50.3	0	0
	150.1	147.3	149.7	149.8
	300	294.4	300	299.9
TE-103	50.4	50.6	0	0
	150	148.1	149.8	150.1
	300	295.3	300	300.1
TE-104A (0-400°C)	49.8	49.5	0	0.1
	150	147.5	150.4	150.6
	300	293.8	300	300.1
TE-104B (0-400°C)	49.9	49.5	0	0.1
	150	147.4	150.1	150.4
	300	293.8	300	300
TE-104C (0-400°C)	50	49.3	0	0.1
	150	146.9	150	150.3
	300	292.9	300	300.1
TE-111 (0-400°C)	49.9	49.4	0	0.1
	150	147.2	150.4	150.6
	300	293.4	300	300.2
TE-112 (0-400°C)	49.9	48.4	0	0.1
	150	145.5	150.4	150.6
	300	290.9	300	300.1
TE-113 (0-50°C)	40	40	0	0.1
	50	50.1	50	50.1
TE-114 (0-150°C)	49.8	49.4	0	0.1
	150	147.8	150.3	149.9
TE-115 (0-50°C)	38	38	0	0.1
	49.9	50	50	50.1
TE-201 (0-150°C)	50.1	49.9	0	0.1
	150	147.8	149.9	150
TE-202 (0-150°C)	50.3	50.3	0	0.1
	150	149	149.7	149.7

다음은 CEDM Test Loop에 사용된 T/C 온도신호의 교정결과를 기술하였다.

1. MMI 화면에서 출력되는 신호의 건전성 및 linearity를 확인하여 출력신호를 교정한다.
2. MMI 에서 출력되는 신호를 6지점 즉 0, 100, 200, 300, 400, 500 °C 지점을 지정하여 출력을 보내어 출력되는 신호를 기록하고 신호의 건전성 및 선형성을 비교하였다.
3. Data Sheet 에서와 같이 대체로 선형성을 유지하고 있으나, 초기 값의 설정에 문제가 있다. 이는 Off-Set 을 조정하여 보정할 수 있다. 그러나 TC-101A, B, C 는 고온에서 주 전열기의 보호 신호로 사용되기 때문에 저온에서의 비 선형성은 중요하지 않으며, 운전 범위에 속하지 않아 무시해도 된다. 또한 TC-102도 운전 범위가 약 200 °C에서 400 °C까지이므로 저온에서의 비 선형성은 무시한다.
4. TC-101A, B, C, TC-102의 경우는 초기 값과 gain 을 동시에 조정하였다.

	TC-101A	TC-101B	TC-101C	TC-102
입력(°C)	출력 측정	출력 측정	출력 측정	출력 측정
0	4.7	6.3	6	9.5
100	104.3	103.6	109	109.5
200	202.5	198.9	210.3	207.9
300	302	298.9	313.5	307.8
400	402.1	393.8	417.3	408.5
500	491.7(490)	490.7	499.8(480)	489.3(490)

(2) 제어기 출력신호 교정결과

제어기 출력신호는 제어기 출력 신호 4 - 20 mA에 비례하는 신호를 MMI CRT에서 입력하여 현장 제어기의 출력신호를 측정하여 현장 제어기에 원하는 출력이 인가되는 지를 측정하였다. 즉 히터의 경우 0, 25, 50, 75, 100 %의 히터 출력을 CRT에서 입력하여 현장 SCR 제어기의 출력 단자에 4, 8, 12, 16, 20 mA가 출력되는 지를 계측하였다. 다음은 제어기 출력신호의 교정방법과 결과를 기술하였다.

1. MMI 화면에서 출력되는 신호의 건전성 및 linearity를 확인하여 출력신호를 교정한다.
2. MMI 에서 출력되는 신호를 5지점 즉 0, 25, 50, 75, 100 지점을 지정하여 출력을 보내어 출력되는 신호를 기록하고 신호의 건전성 및 선형성을 비교하였다.

3. Data Sheet 에서와 같이 거의 완벽하게 선형성을 유지하고 있다.
4. Off-set 은 약 0.05 정도 있으나 무시해도 좋음.

	HE-101A	HE-101B	HE-101C	PR-101	HE-102
입력(%)	SCR-101A	SCR-101B	SCR-101C	SCR-101	SCR-102
0	3.995	3.994	3.995	3.996	3.995
25	7.993	7.993	7.994	7.994	7.994
50	11.99	11.99	11.991	11.992	11.992
75	15.987	15.987	15.988	15.989	15.991
100	19.983	19.983	19.983	19.985	19.986
	PU-101		PU-102		BL-101
입력(RPM)	SIC-101	입력(RPM)	SIC-102	입력(RPM)	SIC-103
0	3.996	0	3.999	0	3.997
900	7.993	450	7.99	350	7.196
1800	11.991	900	11.99	700	10.394
2700	15.987	1350	15.988	1050	13.592
3600	19.984	1800	19.981	1400	16.79
				1750	19.988
	FCV-101	FCV-102	TCV-114		
입력(%)	현장	현장	현장		
100	19.984	19.985	19.988		
75	15.989	15.989	15.992		
50	11.991	11.992	11.994		
25	7.994	7.994	7.995		
0	3.996	3.996	3.996		

(3) 압력, 수위, 유량 Transmitter 출력신호 교정결과

압력, 수위, 유량 Transmitter의 출력신호는 Transmitter의 출력신호 4 - 20 mA에 비례하는 신호를 MMI CRT에서 입력하여 현장 Transmitter의 출력신호를 측정하여 현장 Transmitter에 원하는 출력이 인가되는 지를 측정하였다. 즉 유량 Transmitter의 경우 0, 25, 50, 75, 100 %의 Transmitter 출력을 CRT에서 입력하여 현장 Transmitter의 출력 단자에 4, 8, 12, 16, 20 mA가 출력되는 지를 계측하였다. 다음은 Transmitter 출력신호의 교정방법과 결과를 기술하였다.

1. MMI 화면에서 출력되는 신호의 건전성 및 linearity를 확인하여 출력신호를 교정한다.
2. MMI 에서 출력되는 신호를 현장의 5지점 즉 0, 25, 50, 75, 100 지점을 지정하여 출력을 보내어 출력되는 신호를 기록하고 신호의 건전성 및 선

형성을 비교하였다.

3. Data Sheet 에서와 같이 거의 완벽하게 선형성을 유지하고 있다.

4. Off-set 은 약 0.5 정도 있으나 무시해도 좋음.

	FT-101	PT-104	PT-102	PT-103(M)	PT-103(P)	PT-101(M)
입력(%)	(l/h)	(Kg/Cm2)	(Kg/Cm2)	(Kg/Cm2)	(Kg/Cm2)	(Kg/Cm2)
0	0	0	0	0	0	0
25	2.5	43	43	42	42	42
50	5	85.5	85	85	84	85
75	7.5	128	127	127	126.5	126.5
100	10	170	170	169.5	169	169
	DPT-101	DPT-201	LT-101(M)	LT-101(P)		PT-101(P)
입력(%)	(mmH2O)	(mmH2O)	(%)	(%)		(Kg/Cm2)
0	1	0	0	0		0
25	25	125.5	25	24.6		42
50	50	250	50	49.4		84
75	75	375	75	74.2		126
100	100	499.6	100	99		168
	FT-201	FT-102	CON-101	Solid-101	O2-101	PH-101
입력(mA)	(m3/h)	(l/h)	(us/cm2)	(ppm)	(ppm)	(PH)
4	0	0	0	0.4	0	0
8	38	0.4	0.5	0.8	3.8	3.5
12	75	0.8	1	1.2	7.5	7
16	113	1.1	1.5	1.6	11.3	10.5
20	150	1.5	2(19.95mA)	2	15(19.97mA)	14(19.97mA)

제 3 절 제어 계통

1. 제어계통 구성

제어계통은 CEDM Test Loop 의 유로를 제어하는 Main 제어 PLC와 CEDM을 제어하는 CEDM 제어 PLC로 구성된다. 그림 3.4 는 제어계통과 감시계통과의 관계를 보여주고 있다. 현장 계측기에서 계측된 온도, 압력, 수위, 유량계측 아날로그 신호는 전류변환기를 거쳐 4-20 mA의 전류신호로 PLC 제어 모듈에 입력된다. 펌프, 밸브 등 기기 상태를 나타내는 디지털 입력신호는 접점 신호로 PLC 제어 모듈에 입력된다. 4-20 mA로 입력된 신호는 PLC 내부의 PID logic 등을 거쳐 4-20 mA 아날로그나 0이나 1의 디지털로 해당 기기에 출력된다. 그림 3.5 는 계측된 신호가 처리되는 신호의 흐름을 간략하게 보여주고 있다. 가압기의 압력을 계측한 압력계측기는 신호변환기(Transmitter, PT-101)를 거쳐 4-20 mA의 아날로그 신호로 변환하여 신호격리기(signal isolator)를 거쳐 두 개의 4-20mA의 아날로그 신호로 분배하여 하나는 상태감시반(Overview Display Panel)의 압력표시기(PI-101)에 표시되며, 다른 하나는 PLC 입력으로 사용된다. PLC 에서는 MMI 컴퓨터에서 설정된 PID gain(PIC-101, LIC-101)에 따라 계산된 값에 의해 현장 구동기(SCR-102, LCV-101)에 4-20mA 제어출력을 내보낸다. CEDM Test Loop 에는 GLOFA-GM3 모델을 제어 PLC로 사용하고 있다. 그림 3.6 는 CEDM Test Loop 에 사용된 GLOFA-GM3 PLC의 구성을 보여주고 있다. CEDM Test Loop 에는 Power Supply, CPU, Ethernet Communication Module, 하나의 Digital Input/Output Module, 3개의 아날로그 Input, 하나의 아날로그 Output 및 PID Logic을 계산하는 하나의 PID module로 구성되어 있다.

2. Main PLC 제어 모듈

가. 아날로그 입력 신호 처리

CEDM 현장의 센서 중 아날로그 형태의 값은 모두 4-20mA의 전류신호를 가지도록 설계하였다. 한 개의 센서출력이 제어용 PLC의 입력과 Overview Panel의 입력으로 동시에 사용될 경우에는 신호용 격리기(Signal Isolator)를 사용한다. 신호

SYSTEM CONFIGURATION

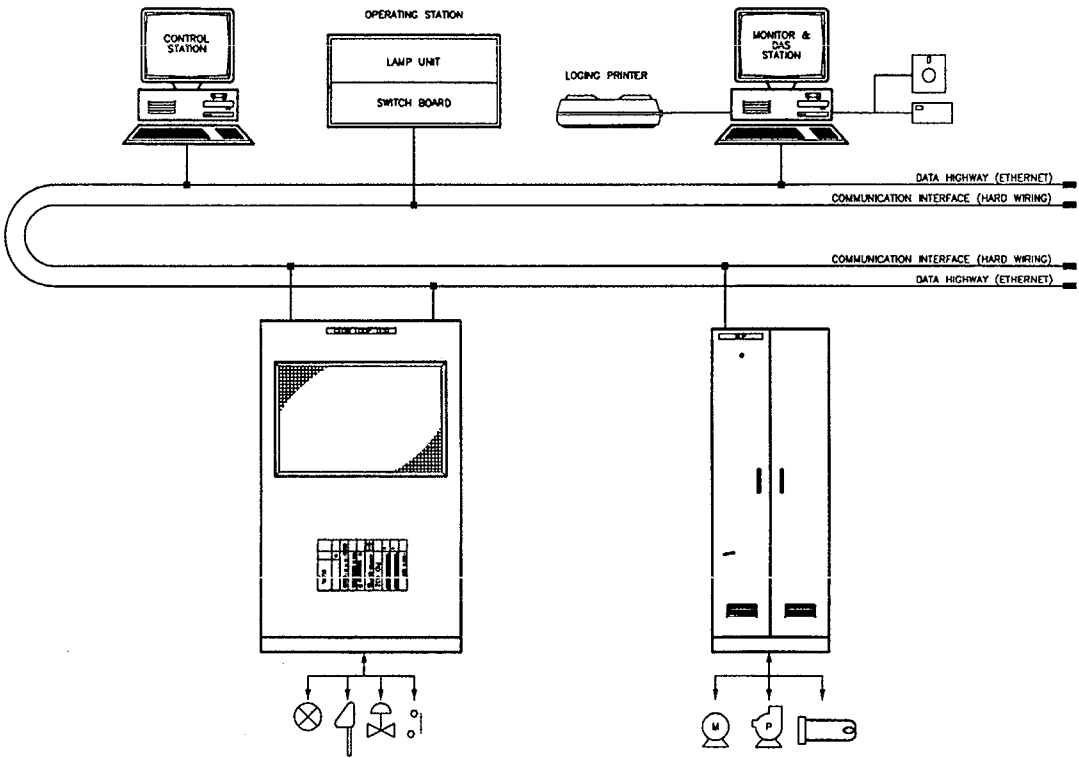


그림 3.4 제어계통과 감시 MMI 컴퓨터와의 Interface

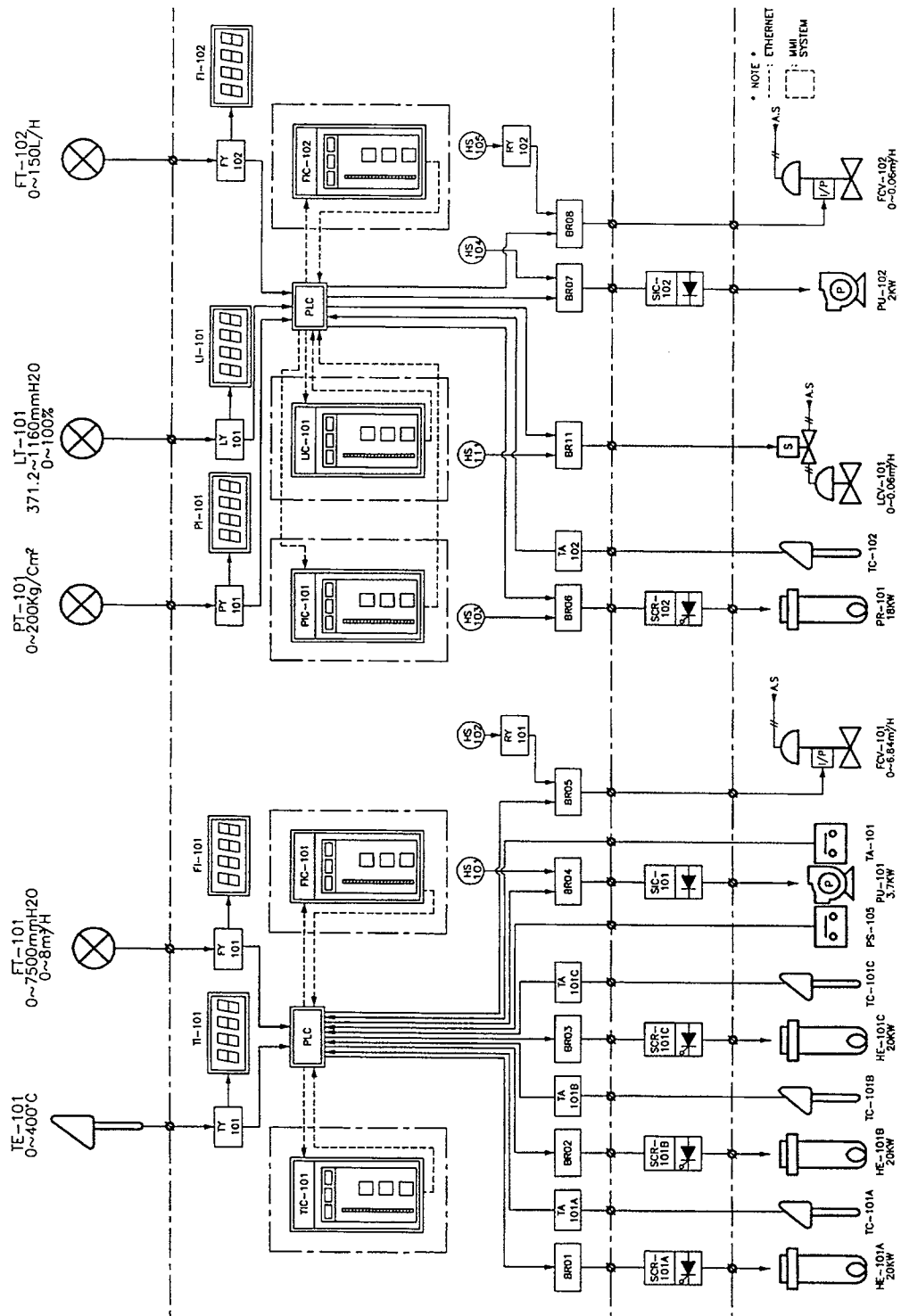
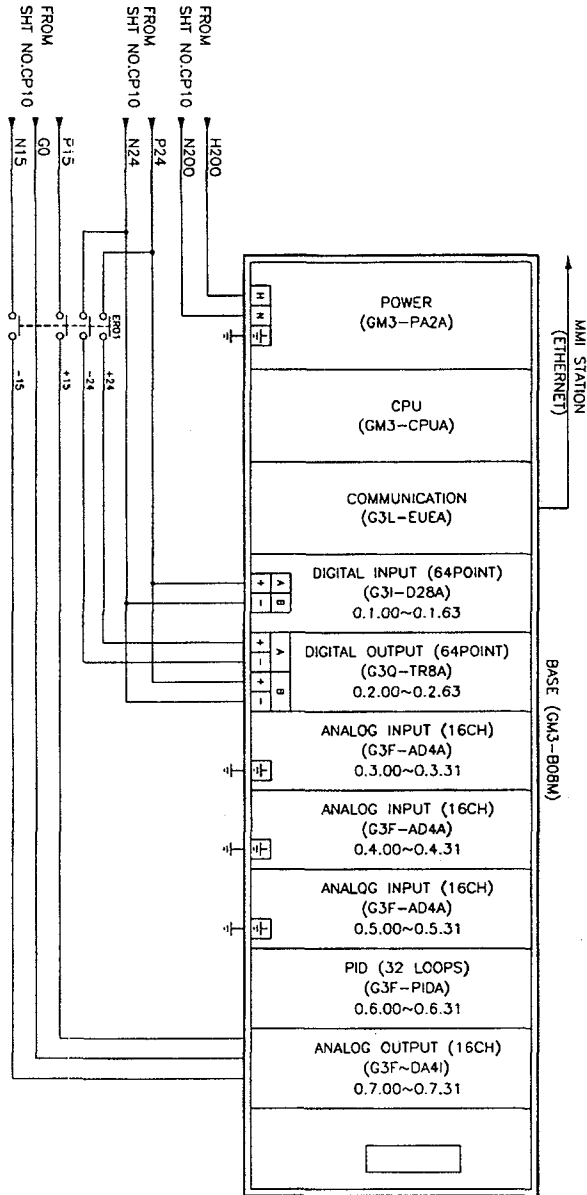


그림 3.5 계측 신호 처리 흐름도

그림 3.6 CEDM Test Loop 제어 PLC 구성도



격리기의 종류에는 열전대입력, RTD입력, 4-20mA 전류입력형의 3종류가 사용되며 각 신호격리기는 모두 4-20mA의 전류신호 출력을 갖도록 설계하였다. 아날로그 입력을 받아들이는 PLC 카드는 G3F-AD4A모델을 사용하였다. 이의 전기적 특성은 아래와 같다.

- 입력 : 전류신호(-20mA — +20mA)
전압신호(-10V — +10V)
- Resolution : 14bit(-8191 — +8192)
- 입력 채널수 : 16개/Card

이 아날로그-디지털 변환카드는 입력되는 아날로그 신호를 제어기(PLC)의 CPU에서 인식할 수 있는 디지털로 변환하는 기능을 한다. 즉, 입력되는 전류신호가 4mA이면 1638을 나타내고, 20mA이면 8192의 카운터 값을 나타낸다. 이 카운터 값을 가지고 제어기의 CPU는 %변환(0-100%) 및 온도변환(0-400℃)과 제어출력을(예 : 히터 30% 출력, 제어밸브 50% 개방 등) 결정하게 한다.

나. 아날로그 출력 신호 처리

밸브의 개도 조절, 히터의 출력조절, 모터의 속도조절에 의한 유량조절 등의 출력은 4-20mA의 아날로그 신호에 의해 이루어진다. 제어기내부의 연산결과는 디지털 값을 갖게되고 현장의 출력조절장치는 아날로그 4-20mA를 필요로 한다. 이 사이의 인터페이스해결을 위해 아날로그출력 카드가 필요하게된다. 즉, 아날로그 출력카드의 기능은 아날로그입력 카드의 기능과 반대되는 역할을 수행한다. 본 실험 장치에는 G3F-DA4I를 채택하였다. 이의 전기적 특성은 아래와 같다.

- 출력 : -20mA — +20mA
- 변환 Resolution : 16bit

다. Digital 입력 신호 처리

밸브의 ON/OFF 신호, 모터의 ON/OFF 신호등은 기계적인 접점을 이용하여 표현한다. 즉, 어떤 접점이 닫혀있으면 디지털 1을 표현하며, 열려 있으면 디지털 0을 표현할 수 있게 된다. 현장의 접점을 제어기의 CPU가 읽어들이기 위해서 필요한 것이 디지털 입력 카드가 된다. 본 장치에 사용되는 모듈은 G3Q-TR8A로 모듈 당 64개의 입력을 처리할 수 있어 1개의 모듈만 사용하고 있다.

라. Digital 출력 신호 처리

제어실의 경보램프를 ON/OFF 하거나, 현장의 모터나 밸브의 ON/OFF용 신호를 내보내는 장치를 디지털 출력 카드가 담당한다. 본 장치에서 채택한 디지털 출력 카드는 24V의 직류 전원을 단속하여 출력을 표시한다. 이러한 장치로 부하를 직접 구동하면, 부하의 단락이 발생할 때 디지털 출력 카드의 내부가 과전류에 의한 손상을 받게된다. 이를 방지하기 위해 모든 디지털 출력은 릴레이를 통하여 부하를 구동하도록 하였다.

마. 통신 모듈

PLC 제어모듈과 제어 및 모니터링용 컴퓨터와의 인터페이스를 담당한다. 이 통신모듈은 Ethernet(IEEE-802.3) 통신방식을 제공하며, 최대 전송속도는 10Mbyte/sec를 갖는다. 이 모듈의 동작은 제어 및 모니터링 컴퓨터에 PLC입력 모듈을 통해 입력되는 현장의 상태를 전송한다. 그리고 현장의 상태를 제어 및 모니터링 컴퓨터의 MMI 소프트웨어를 통해 변경하면, 변경된 값을 PLC의 CPU로 전달하는 기능을 수행한다.

바. 제어용 PLC의 CPU

PLC의 모든 입, 출력을 통제하며, 사용자가 작성한 프로그램(PLC전용 프로그램으로 본 시스템은 Ladder Logic으로 작성)을 순서대로 수행하는 장치이다. 본 장치에서 채택한 모듈은 GM3-CPUA(LG산전의 GLOFA 모델)로 16bit 처리용 CPU이다. 그림 3.7 은 가압기 전열기를 제어하기 위한 제어 Logic Diagram을 보여주고 있다. 이 제어 Logic Diagram은 Ladder Logic 프로그램으로 구현되어 PLC의 CPU에 의해 처리되어 아날로그 출력카드를 통해 MCC(Master Control Center)의 SCR 제어기로 출력되어 가압기 전열기가 제어되어진다.

사. 제어용 PID 모듈

폐루프 제어용의 모듈로 PID 제어를 수행하는 부분이다. CEDM Test Loop은 32 loop용의 PID 제어모듈을 채택하였다. 현재 본 장치에 사용되는 폐루프 제어에는 온도제어 4개, 압력제어 1개, 유량제어 3개, 수위제어 2개로 모두 10개의 PID제어를 수행하고 있다.

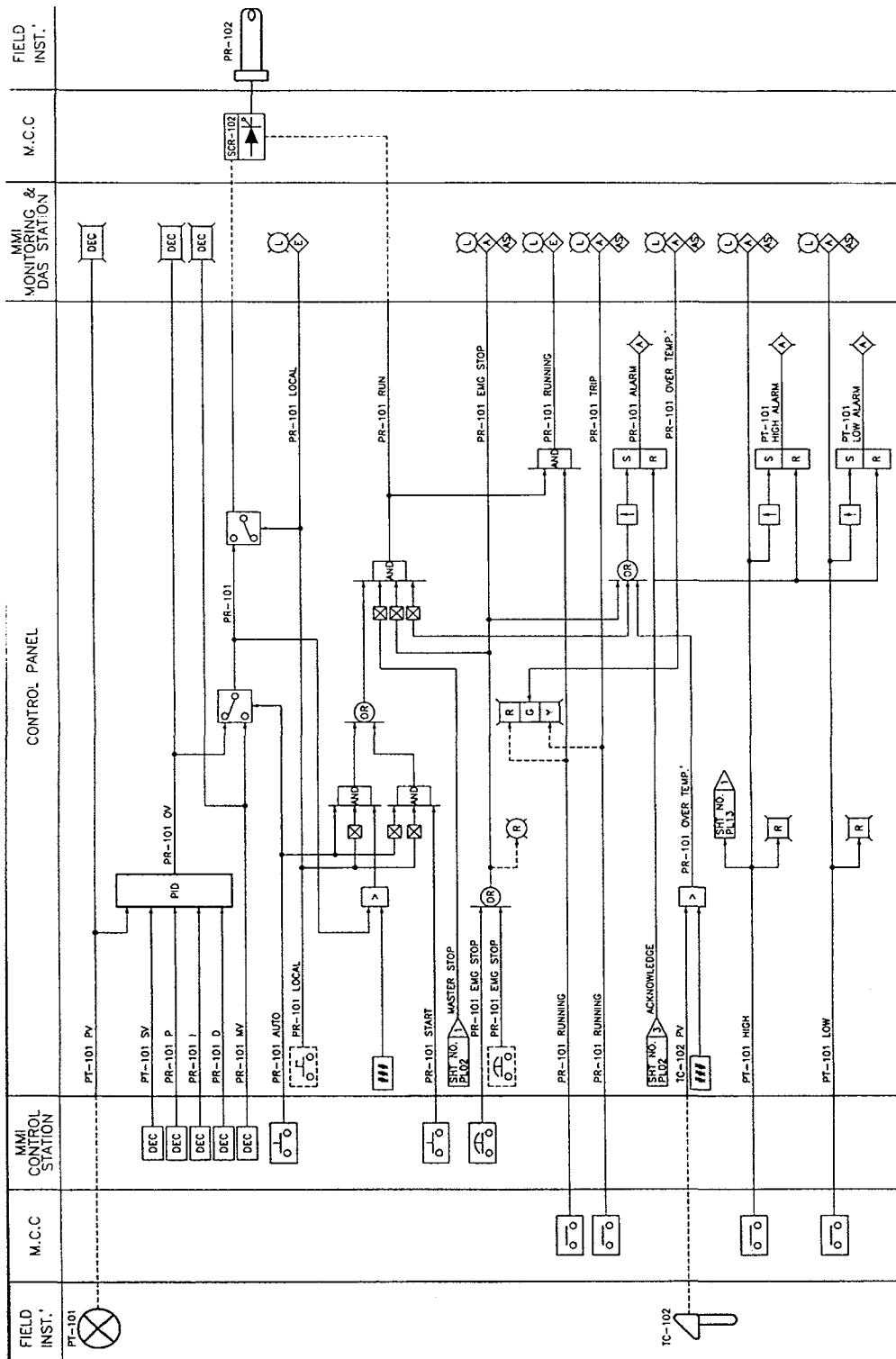


그림 3.7 가압기 전열기 제어 Logic Diagram

3. CEDM 제어계통

CEDMCS(Control System)은 제어봉 구동장치에 부착되어 있는 3개의 센서로부터 위치정보를 입력받는 현장 센서 입력장치와, 모터 코일에 전류를 공급하는 전원 공급장치 및 제어장치, 상태전달용 출력장치, 시설운전관련 상태정보 입력장치로 구성되어 있다. 시설운전 및 제어장치와의 인터페이스는 현재 제어봉 위치정보(4-20mA), 스텝변화 정보(ON/OFF : Contact), 제어봉 하단부 낙하 정보(ON/OFF: Contact), 제어봉 구동장치 상태표시정보(ON/OFF: Contact), 시설운전 상태정보(ON/OFF: Contact) 등의 5가지로 구성되어 있다. 그림 3.8 은 CEDMCS 과 CEDM Test Loop 제어계통과의 신호 연결을 보여주고 있다.

제어봉 위치정보는 현재의 제어봉 위치를 아날로그 4-20mA 전류 신호로 출력한다. 이 전류를 입력받아 Overview Panel에 있는 제어봉 위치 표시램프를 구동하게 된다. 스텝변화 정보는 제어봉 구동장치의 1스텝 변화에 대하여 1개의 Contact 정보를 출력한다. 이 Contact변화를 Overview Panel의 누적 카운터에 입력하여 제어봉의 총 움직인 거리를 표시한다. 제어봉 하단부의 낙하정보는 Overview Panel의 제어봉 낙하 횟수를 적산하기 위해 인터페이스가 필요하다. 제어봉 구동장치 상태 표시정보는 제어봉 구동장치의 정상 비정상을 Overview Panel의 표시장치에 표시하여 운전원이 쉽게 제어봉 구동장치의 상태를 판별 할 수 있게 하였다. 시설운전 상태정보는 구동장치제어를 제외한 시설의 온도, 압력, 유량, 수질 등의 상태를 종합하여 정상 및 비정상을 판별하여 제어봉 구동장치 제어기의 입력으로 인가한다. 이 신호는 시설의 상태정보를 제어봉 구동장치제어기에 인가하여 부적절한 제어봉 구동을 방지하기 위해 사용한다.

제어봉 구동장치와 시설의 인터페이스는 모두 신호격리기를(Isolator) 통하여 이루어지도록 설계하였다. 아날로그 신호격리기는 4-20mA의 전류신호를 입력받아 4-20mA의 전류신호로 출력하며, 디지털 접점신호는 릴레이를 이용하여 격리시켰다.

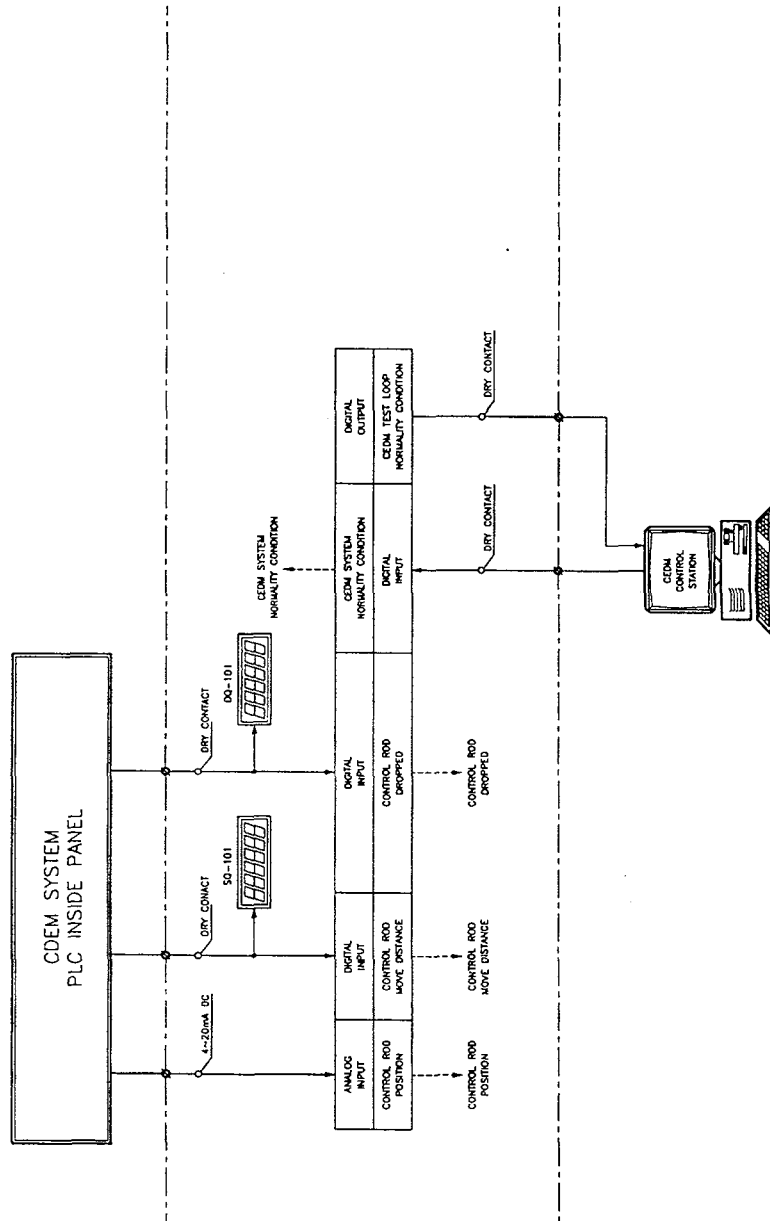


그림 3.8 CEDMCS Input 신호 흐름도

제 4 절 MMI 및 Overview Display Panel

1. 제어실 구성

제어실은 모든 현장 계측 변수를 감시하는 감시컴퓨터 및 Printer, 감시변수를 통해 Loop 상태를 판단하여 각종 기기를 수동으로 운전하는 제어컴퓨터, CEDMCS의 상태를 감시하고 제어하는 CEDMCS 컴퓨터, Loop 상태를 전반적으로 판단하기 위한 정보를 제공하는 Overview Display Panel 및 수동운전을 위한 비상운전반으로 구성된다. 그림 3.9 는 제어실의 구성을 보여주고 있다. 감시 및 제어컴퓨터로 표시되는 변수 값은 현장 계측신호 4-20mA를 제어 PLC에서 디지털 신호로 변환하여 PLC Communication Ethernet Module을 통해 감시 및 제어컴퓨터로 입력되어 CRT 화면에 표시된다. 또한 기기의 운전 상태를 표시하는 디지털 신호도 마찬가지로 PLC Communication Ethernet Module을 통해 감시 및 제어컴퓨터로 입력되어 CRT 화면에 표시된다. 수동 운전을 위한 비상운전반의 경고신호 입력은 PLC에서 경고처리 logic을 거친 디지털 신호가 경고 Lamp를 켜는 relay를 구동하여 입력된다. 비상운전반의 비상정지 스위치 출력은 MCC(Master Control Center) Relay를 통해 기기로 공급되는 전원을 차단하며, 수동운전 출력신호는 수동운전 요구 (Operator Demand) 아날로그 저항출력을 전류신호로 변환하여 MCC의 전열기나 Motor에 인가하여 구동한다. 상태감시반(Overview Display Panel)의 디지털 지시기는 현장 계측기 4-20mA 출력신호를 MMI 컴퓨터와 상태감시반에 동시에 표시하기 위해 신호격리기에서 두 개의 4-20mA 신호로 분기되어 디지털 지시기용 신호변환기(Transmitter)를 통해 입력되어 표시된다. 기기 운전 상태를 표시하는 디지털 입력은 PLC의 디지털 출력신호를 받아 표시한다.

2. 운전모드 및 제어모드 결정

CEDM Test Loop은 원자로의 정상운전 조건하에서 CEDM의 낙하 및 구동 운전기간 동안 CEDM의 마모 정도 및 수명 등의 성능을 시험하는 설비이다. 시험설비는 156 Kg/cm², 320℃상태에서 1.3 Kg/sec의 유량이 순환된다. 시험설비는 주순환 계통의 온도 및 압력을 실험조건에 맞게 일정하게 유지하는 것이 시험의 중요한

요소이다. CEDM 시험을 위한 CEDM Test Loop 운전 모드 및 제어모드는 다음과 같이 정의되었다.

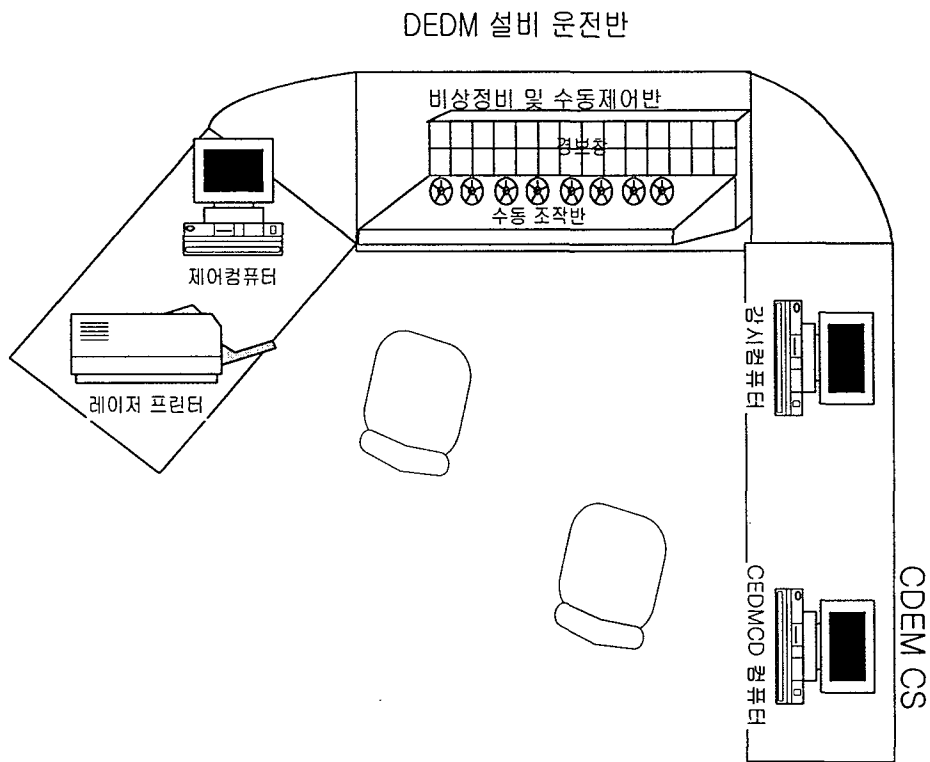
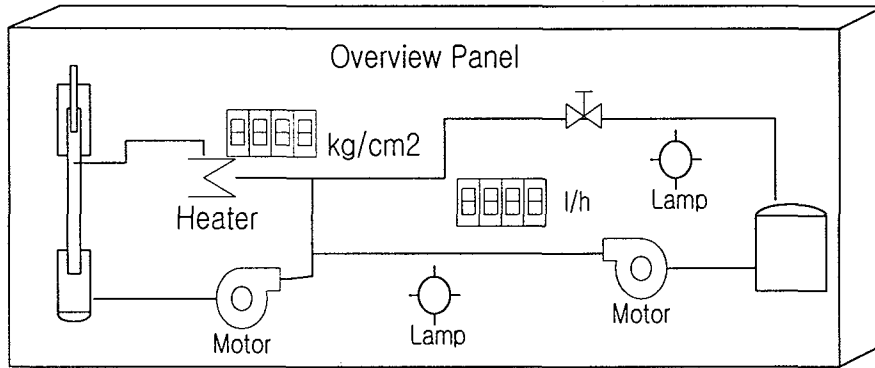


그림 3.9 제어실의 구성

가. 용수저장탱크 충수

CEDM Test Loop의 용수저장탱크는 Loop에 필요한 순수를 공급하는 기능을 담당한다. 용수저장 탱크는 25%-65% 수위를 유지하여 운전되고, 초기 80% 수위를 유지하며, Loop에 필요한 순수를 공급한다.

CEDM Loop에 사용할 순수를 용수저장탱크(TA-101)에 충수한다. 순수공급 밸브(LCV-102)를 수동으로 Open 하여 용수저장탱크(TA-101)의 수위(LT102)가 저수위 25%(Low 설정치)까지 순수를 공급한다. 탱크의 수위 LT-102가 25% 이상이 되면 LCV-102를 자동모드로 전환한다. 용수저장탱크의 수위 LT-102가 65%를 넘으면 “용수저장탱크 수위 고(HIGH)” 경보가 발생하고, 수위가 80%가 넘으면 자동으로 LCV-102가 CLOSE 된다. 다음은 용수저장 탱크의 충수와 관련된 주요 감시 및 제어 변수를 요약하였다.

- 용수저장 탱크 주요 감시 및 제어 변수

제어 항목	세부 항목	참조	운전설정
용수저장탱크 Water Level	Water Level 검출	LT102	
	초기 Level 설정치	25 %	Manual 설정
	정상운전 Level	40 - 65 %	자동 모드
	Lo-Lo 설정치	25 %	LCV102 자동Open, Injection 펌프정지
	Lo 설정치	40 %	자동 전환
	Hi 설정치	65 %	
	Hi-Hi 설정치	80 %	LCV102 자동정지
	Control Input	LT102	DP-DT-01
	제어기	LCV102 On/Off Controller	

나. 용수 수질관리 및 용수처리계통 운전

Test Loop의 수질은 시험 조건의 중요한 요소 중에 하나이다. 시험 중 용수의 수질은 다음과 같은 수질 조건을 만족해야 한다.

- Specific Conductivity(CON101) : 0 - 2.0 micro-mho/cm
- Total Solids(SOLID101) : 0 - 0.5 PPM
- pH(77 °F)(PH101) : 6.0 - 8.0
- Dissolved Oxygen(O₂101) : Deaerated
- Dissolved Nitrogen : -
- Chloride : 0 - 0.15 PPM
- Fluoride : 0 - 0.1 PPM

용수의 수질은 초기 용수저장탱크의 수위 80% 이상을 유지한 후에 용수처리 계통을 운전하여 계통이 원하는 수질을 확보한 후 시험이 시작되며, 시험 중 수질이 악화될 경우에는 운전 중 용수처리계통을 계통과 동시에 운전하여 필요한 수질을 확보한다.

초기 용수저장탱크(TA-101)의 수위 LT-102가 80% 이상에서 용수처리계통의 운전을 시작한다. 용수저장탱크의 수위가 80%를 유지한 후 용수처리계통(MA-102)의 운전조건을 확인하고, 운전조건이 만족되면, LINE PUMP(PU-104)를 수동으로 기동하여, 용수저장탱크 우회 유량을 형성하여 용수저장 탱크의 DEMI WATER를 순환시킨다. 실험 용수의 수질조건 SOLID-101, O2-101, PH-101, CON-101을 확인하고, 수질조건이 만족되면, LINE PUMP(PU-104)를 수동(M)으로 정지하고, 우회유량 밸브 정열을 순환수 공급 Line으로 정열한다.

다. 주순환계통 충수 및 배기

Loop 용수의 수질이 만족되면 주순환 계통에 순수를 충수한다. 충수 과정에서 배수(drain)와 배기(vent)를 충분히 하여 펌프 및 히터의 손상을 방지한다. 충수를 위한 밸브의 정열이 끝나면 용수 주입(filling) 펌프(PU-103)를 수동으로 기동하여 주순환 계통에 충수한다. 충수 시 충분한 VENT를 위해 MAIN CIRCULATION PUMP를 수동(C)으로 가끔 기동한다. 충분한 충수가 되면 용수주입펌프(PU-103)로 주순환 계통을 4Kg/cm²정도 승압하여 누수를 점검한다. 이때 용수저장탱크의 수위 LT-102가 40%이상을 유지하도록 운전한다. 다음은 주순환계통 충수 및 배기운전 중 주요 감시 및 제어 변수를 요약하였다.

- 주순환계통 충수 및 배기 감시 및 제어 변수

제 어 항 목	세 부 항 목	참 조	운전설정
주순환계통 충수	충수 확인	가압기 수위 LT101	
	누수확인	가압기 압력 PT101	
	제어기	Filling 펌프 On/Off	Manual 운전
	제어기	주순환 펌프 On/Off	Manual 운전

라. 주순환계통 및 Bleed/Feed 계통 운전

가압기 수위(LT-101)가 100%를 유지하여 충분한 충수가 이루어지면, 주순

환계통을 운전하기 위해 주순환 펌프(PU-101)의 운전조건을 확인한다. 주순환 펌프의 냉각 계통의 COOLING LINE을 확인하여 COOLING WATER의 유량이 형성되면, 주순환 펌프를 수동으로 기동한다.

순환수 유량이 형성되면, INJECTION PUMP(PU-102)를 기동하기 위한 밸브 정렬을 수행하고, INJECTION PUMP (PU-102)를 수동으로 기동한다. Bleed 유량을 형성하기 위해 Bleed Line 밸브를 정렬하고, INJECTION PUMP(PU-102)를 AUTO MODE로 선택하고 TEST CHAMBER 압력(PT-103)의 SET POINT를 20Kg/cm² 설정한다. TEST CHAMBER 압력(PT-103)이 20Kg/cm²가 되면, FT-102를 통해 BLEED 유량이 형성됨을 확인한다.

주순환 펌프(PU-101)와 주순환 유량조절밸브(FCV-101)를 자동으로 전환하고 FT-101의 설정치를 적절하게 설정한다. 주순환 펌프는 설정된 몇 가지 운전모드에 따라 몇 가지의 지정된 속도로 운전되어 순환 유량을 조절한다. 온도에 따른 미세한 유량의 변화는 주순환 유량조절밸브 FCV-101의 개도를 자동으로 조정하여 수용한다.

Feed/bleed 유량은 각 운전모드에 따라 Injection 펌프가 일정한 속도로 회전되고, 온도 변화에 따른 유량의 변화는 Feed/Bleed 유량조절밸브 FCV-102의 개도를 자동으로 조정(M)하여 수용한다. 주순환 루프의 주전열기와 가압기의 전열기를 투입하기 전에 feed/bleed 유로의 Cooler HX-101의 냉각을 위해 냉각 유로의 밸브를 정렬하고 TCV-114를 자동모드로 전환한다.

주전열기(HE-101A/B/C) 및 가압기 전열기(PR-101)의 전원을 수동운전 모드로 전환하여 Main Loop를 가열하고, 주순환 계통의 온도 상승을 확인한다. 이 때 가열율은 시간당 50 ℃를 넘지 않도록 하기 위해 가압기의 압력(PT-101)과 온도(TE-111)를 감시한다. 이 때 주순환 계통의 압력은 30 ~ 40 Kg/cm²를 약 170℃까지 가열한다. 주순환 유로의 온도 증가에 따른 부피 팽창은 용수저장탱크 Demi Water Storage Tank(TA-101)가 수용한다. 온도의 증가에 따라 증가되는 유량은 운전 모드에 따라 속도가 변화하는 펌프와 유량제어 밸브를 조절하여 수용한다. 다음은 주순환계통 및 Bleed/Feed 계통 운전의 주요 감시 및 제어 변수를 요약하였다.

- 주순환계통 및 Bleed/Feed 계통 운전 감시 및 제어 변수

제 어 항 목	세 부 항 목	참 조	운 전 설 정
주순환계통 온도	제어 Input	TE-101	
	목표 설정치	170℃	Manual 설정
	제어기	주 전열기 HE-101A/B/C SCR Control	자동 모드
주순환계통 압력	제어 Input	PT-103	
	목표 설정치	30 ~ 40 Kg/cm ²	Manual 설정
	제어기	주 전열기 및 Injection Pump Suction Header	자동 모드
주순환계통 Volume	제어 Input	PT-101	
	목표 설정치	30 ~ 40 Kg/cm ²	Manual 설정
	제어기	FCV-102	자동 모드

마. CEDM Coil 냉각계통 운전

CEDM은 Coil에 인가되는 전류의 전자력에 의해 구동된다. CEDMCS의 정상운전 조건은 CEDM Housing의 온도가 50 ℃에서 형성되며, CEDMCS 운전 중에 항상 이 온도를 유지하여야 한다. CEDM Housing의 온도는 유입되는 공기의 온도를 제어함으로써 이루어지며, 유입되는 온도를 제어하기 위해 Air 전열기(HE-102)를 사용한다. Housing에 유입되는 공기의 양은 CEDM Cooling Blower(BL-101)의 회전속도를 일정하게 유지함으로써 조절된다.

CEDM Cooling BLOWER(BL-101)를 MANUAL MODE로 설정하여 1000rpm의 속도로 초기 기동하고 AIR 유량이 형성되면 AUTO MODE로 전환하고 공기 유입 유량의 설정치를 1200m³/sec로 설정하여 CEDM Housing에 공기를 유입시킨다. 다음은 CEDM Coil 냉각계통 운전의 주요 감시 및 제어 변수를 요약하였다.

- CEDM Coil 냉각계통 운전 감시 및 제어 변수

제 어 항 목	세 부 항 목	참 조	운 전 설 정
CEDM Coil 냉각계통 온도	제어 Input	TE-201	
	목표 설정치	50 ℃	Manual 설정
	온도 제어기	Air 전열기 HE-102 SCR Control	자동 모드
	공기유량 제어기	CEDM Blower BL-101 VVVF 제어	Manual 설정

바. 가압기 기포 생성

저온저압 운전은 가압기에 기포를 형성하기 위한 운전이다. 가압기에 기포를 형성하기 위해서는 가압기를 Saturation 상태로 만들어야 한다. 이를 위해 일정한 유로의 압력 하에서(약 40Kg/cm²) Test Loop 유로의 온도보다 가압기의 온도가 30 ℃ 이상 높게 유지되어야 한다. 가압기의 온도는 가압기의 전열기를 켜므로서 유지될 수 있다. 이 상태에서 Bleed 격리밸브와 Bleed 유량 제어밸브를 수동으로 full open하여 유로의 압력을 갑자기 떨어뜨림으로서 가압기를 포화(saturation) 상태로 만들어 가압기에 기포를 형성한다.

MAIN CIR.' FLOW(FT-101)의 설정치를 6.8m/h로 설정하여 MAIN LOOP를 순환시킨다. INJECTION PUMP(PU-102)는 압력제어모드를 유지하고 TEST CHAMBER 압력(PT-103)의 설정치를 40Kg/cm²으로 설정하여 가압한다.

가압기 전열기(PR-101)를 켜 가열 제어모드로 설정하고, 가압기 온도(TE-111) 설정치를 TEST CHAMBER 온도(TE-101) 설정치 보다 30℃ 높게 설정하여 가압기를 232℃ 정도까지 가열한다. 주 전열기(HE-101A/B/C)를 AUTO MODE로 전환하고 TEST CHAMBER 온도(TE-101)의 설정치를 194℃로 설정(C)하여 MAIN LOOP의 온도를 상승시킨다. 저온의 Feedwater의 주입으로 Loop의 압력 강하를 막기 위해 Feed Line의 ELECTRIC TRACING 전열기(HE-103)를 AUTO MODE로 전환하여 켜준다. BLEED LINE 유량(FCV-102) 제어밸브의 설정치를 30 l/H보다 큰 값을 설정하여 온도 상승으로 인한 volume 팽창을 용수 저장 탱크(TA-101)가 수용하도록 한다.

LOOP의 온도와 압력이 안정(TE-101 ; 194℃, PT-103 ; 40Kg/cm²)되고 가압기의 내부 온도(TE-111)가 232℃가 되면 Loop의 압력(PT-103) 설정치를 29Kg/cm²로 설정한다. BLEED LINE의 격리밸브(LCV-101)를 MANUAL OPEN시키면 가압기 압력(PT-101)은 포화(Saturation) 압력(~30Kg/cm²)으로 감압되어 가압기 내부에 수증기(STEAM)가 생성되고 이때부터 가압기의 수위(LT-101)는 하강하기 시작한다. 수위(LT-101)가 70%일 때 가압기 전열기를 압력제어모드로 전환하고, 가압기 압력(PT-101) 설정치(32Kg/cm²)를 추종하도록 압력을 제어한다. 그리고 가압기 수위(LT-101)가 50%일 때 INJECTION PUMP(PU-102)의 기능은 자동적으로 압력제어 모드에서 수위제어(LEVEL CONTROL)모드로 전환되어 가압기 수위(LT-101)설정치(50%)를 추종하도록 제어된다. 다음은 가압기 기포 생성 운전의 주요 감시 및 제어 변수를 요약하였다.

- 가압기 기포 생성 운전 감시 및 제어 변수

제어 항목	세부 항목	참 조	운 전 설 정
주순환계통 유량	제어 Input	FT-101	
	목표 설정치	6.8 m/h	Manual 설정
	제어기	주순환 펌프 PU-101 회전속도 제어(VVVF Control)	자동 모드
주순환계통 온도	제어 Input	TE-101	
	목표 설정치	194℃	Manual 설정
	제어기	주 전열기 HE-101A/B/C SCR Control	자동 모드
주순환계통 압력	제어 Input	PT-103	
	목표 설정치	40 Kg/cm ² -> 29 Kg/cm ²	Manual 설정
	제어기	주 전열기 및 Injection Pump Charging Header	자동모드
Bleed 유량(Volume) 제어	제어 Input	Manual	
	목표 설정치	30 ℓ/h	Manual 설정
	제어기	FCV-102 압력제어모드	자동모드
가압기 압력 (기포 생성전)	제어 Input	PT-101	
	목표 설정치	40 Kg/cm ² -> 29 Kg/cm ²	Manual 설정
	제어기	주 전열기 및 Injection Pump Charging Header	자동모드
가압기 온도 (기포 생성전)	제어 Input	TE-111	
	목표 설정치	232 ℃	Manual 설정
	제어기	가압기 전열기 가열제어모드	자동모드
가압기 압력 (기포 생성후)	제어 Input	PT-101	
	목표 설정치	29 Kg/cm ²	Manual 설정
	제어기	가압기 전열기 압력제어모드	자동모드
가압기 수위 (기포 생성전)	제어 Input	LT-101	
	목표 설정치	50 %	Manual 설정
	제어기	Bleed/Feed Flow 수위제어모드	자동모드
	Injection 펌프와 FCV102		자동모드

사. 계통 가열

가압기의 기포가 형성되면 CEDM Test Loop은 CEDM 구동 시험을 만족하기 위한 가열 운전모드로 들어간다. 이때 가열율은 50 °C/h를 넘지 않아야 한다. Loop의 가열은 주전열기를 통해서 이루어지며, 이때 압력은 가압기를 통해 조절된다. 온도 상승으로 인한 volume 팽창은 BLEED LINE 유량(FCV-102) 제어밸브를 조절하여 용수 저장 탱크(TA-101)가 수용가 수용하며, 가압기의 수위는 BLEED LINE 유량(FCV-102) 제어밸브와 Injection Pump에 의한 Feed 유량에 의해 조절된다.

주전열기의 가열율은 TEST CHAMBER 온도 설정치와 주순환 유량에 의해 결정되며, 수동으로 온도를 설정하여 주전열기가 그 온도에 따라 제어된다. 주순환 유량은 설정된 가열모드에 따라 정해진 주순환 펌프 회전수와 유량제어 밸브의 개도에 따라 조절되어진다. 주전열기는 주전열기를 보호하기 위해 자체에 보호 신호 발생 센서를 가지고 있다. 주전열기의 온도가 430 °C 이상 상승하게 되면 주전열기는 자동으로 정지된다.

가압기 압력은 가압기 전열기에 의해 조절된다. 가압기는 온도 상승에 따른 계통의 압력 상승을 수용한다. 전열기는 정상상태 압력(156.8 Kg/cm²)에서 전열기가 50% 켜진 상태로 운전된다. 가압기의 압력이 상승하여 가압기 압력이 160 Kg/cm²가 되면 가압기 전열기는 완전히 꺼지며, “가압기 고압”(165 Kg/cm²)경보가 생성되면 주전열기가 자동으로 정지되며, 가압기의 압력이 170 Kg/cm² 까지 상승하면 계통을 보호하기 위해 가압기 상단에 설치된 가압기 안전 밸브가 자동으로 개방된다. 가압기의 압력이 감소하여 가압기 압력이 153 Kg/cm²가 되면 가압기 전열기는 완전히 켜지며, “가압기 저압”(137 Kg/cm²)경보가 생성되면 주전열기가 자동으로 정지된다. 가압기 전열기는 가압기 수위가 Lo-Lo(25%) 이하일 때 자동으로 정지되어 전열기를 보호한다.

가압기 수위는 BLEED LINE 유량(FCV-102) 제어밸브에 의해 조절되는 Bleed 유량과 Injection Pump의 회전속도에 의한 주입되는 Feed 유량에 의해 조절된다. Bleed 유량과 Feed 유량은 거의 동일한 유량을 유지되며, 특히 Injection Pump은 정상상태에서 회전수를 고정하여 운전하여 주입유량은 항상 일정하게 유지된다. 가압기 수위가 정상상태(50%)에서 -5% 이하로 떨어질 때에는 Bleed 유량을 감소시켜 정상 수위로 유지하며, 가압기 수위가 정상상태(50%)에서 +5% 이하로 증가하면 Bleed 유량을 증가시켜 정상 수위로 유지한다. 가압기 수위가 떨어져 Lo 설정치

(35%)이하로 떨어지면 Bleed Line 격리밸브(LCV-101)는 자동으로 다치며(Close), Lo-Lo 설정치(25%)이하로 떨어지면 가압기 전열기를 보호하기 위해 전열기가 자동으로 정지된다. 가압기의 수위가 70% 이상으로 상승하게 되면 주입 유량을 제거하기 위해 Injection 펌프가 자동으로 정지된다. 다음은 계통 가열 운전의 주요 감시 및 제어 변수를 요약하였다.

- 계통 가열 운전 감시 및 제어 변수

제어 항목	세부 항목	참조	운전 설정
주순환계통 온도	제어 Input	TE-101	
	목표 설정치	320℃	Manual 설정
	제어기	주 전열기 HE-101A/B/C	자동 모드
		SCR Control	
	주 전열기	가열 제어모드	자동모드
	주전열기 보호	TC-104A/B/C > 430℃	보호신호
가압기 압력	유량 제어기	주순환 펌프 PU-101	자동 모드
		회전속도 및 FCV-101	
	제어 Input	PT-101	
	정상운전범위	156.8 Kg/cm ² (PR-101 50%)	Manual 설정
	제어기	PR-101(SCR 제어)	자동모드
	PR-101 정지	160 Kg/cm ²	자동모드
	PR-101 full on	153 Kg/cm ²	자동모드
가압기 수위	주전열기 정지	170(high), 153Kg/cm ² (low)	자동모드
	PR-101 보호	가압기 수위(lo-lo 25%)	자동모드
	가압기전열기	압력제어모드	자동모드
	제어 Input	LT-101	
	정상운전범위	50%	Manual 설정
	제어기	Injection 펌프 PU-102	자동모드
		회전속도 및 FCV-102	
	자동제어범위	50 +- 5%	자동모드
	Lo설정치(35%)	Bleed Line 격리밸브 정지	자동모드
	Lo-Lo(25%)	가압기 전열기 정지	자동모드
Hi설정치(70%)	Injection 펌프 정지	자동모드	
가압기전열기	압력제어모드	자동모드	
제어 변수	Bleed/Feed Flow	자동모드	
Injection 펌프와 FCV102	수위제어모드	자동모드	

아. 제어 입출력 변수

다음은 CEDM Test Loop에서 제어되어야 하는 제어 입력, 출력변수 및 제어 항목을 요약하였다.

- 주순환 유로의 온도 제어
 - Test Chamber 상부 온도(TE-101)
 - 주순환 유량(FT-101) 및 유량 제어(FCV-101)
 - 주순환 펌프 회전속도(SIC-101)
 - 주 전열기 제어(SCR-101A, B, C) 및 보호
- 가압기 압력 제어
 - 가압기 온도(TE-111, 112)
 - 가압기 압력(PT-101)
 - 가압기 수위(LT-101)
 - 가압기 전열기(SCR-102)
 - Bleed 유량제어(FCV-102) 및 Injection 유량제어(SIC-102)
 - 가압기 압력 보호(PSV-101)
- 가압기 수위 제어
 - 가압기 수위(LT-101)
 - 가압기 전열기(SCR-102)
 - Bleed 유량제어(FCV-102) 및 Injection 유량제어(SIC-102)
- CEDM Coil 유입 공기 온도 제어
 - CEDM 유입 공기 온도(TE-201)
 - CEDM 유입 공기 유량(FT-201)
 - CEDM Air 전열기(HS-110)
 - CEDM Air Blower(SIC-103)
- Storage Tank 수위 제어
 - Storage Tank 수위(LT-102)
 - Storage Tank Injection 유량(LCV-102)
- Bleed Line 온도 제어
 - Bleed Line 온도(TE-113)
 - Bleed Line Cooling 유량 제어(TCV-114)

3. MMI 화면 설계

가. MMI 화면 구성

MMI 화면은 크게 Overview Display Panel, CRT 표시 MMI 화면으로 구성된다. Overview Display Panel은 Test Loop 의 전반적인 운전상태를 파악하기 위해 설계되었다. CRT 표시 MMI 화면은 Main Menu 화면, 주 감시 Schematic 화면, 변수 변화 추적 Trend 화면, Alarm 및 Event 목록 및 Report 목록으로 구성된다.

Main Menu 화면은 운전원이 각 MMI 화면에 쉽게 접근할 수 있도록 모든 MMI 화면을 모아둔 Directory 화면이다. 운전원은 제어, 감시하고자 하는 기기 및 변수의 해당 화면을 Click 하면 해당 화면이 CRT 에 표시된다.

주감시 Schematic 화면은 CEDM Test Loop을 몇 개의 주요 계통으로 구분하여 유로의 흐름을 중심으로 schematic 화면을 구성하였다.

변수 추적 Trend 화면은 모든 Trend 화면을 조합하여 감시하는 trend 화면과 해당 schematic 화면에서 변화를 추적하고자 하는 변수를 선택하여 표시하는 Trend 화면으로 구성된다. 추적하고자 하는 변수를 조합하여 표시하는 Trend 화면은 하나의 Trend 화면에 2, 4, 6, 10개까지의 변수를 선택하여 표시할 수 있도록 설계하였다.

Alarm 및 Event 표시 화면은 Test Loop의 이상상태를 경보하는 화면으로 공정변수의 설정치 초과나 감소를 경보하거나, 기기의 이상상태 및 운전 상태 등을 표시한다. Alarm 및 Event 표시 화면에는 Alarm Page, Alarm Summary, Event Page, Hardware Page, All Status 화면으로 구성된다.

Report 화면은 운전원이 원하는 형식의 보고 자료를 출력하는 화면으로 화면의 구성은 운전원이 필요한 변수, 기기 상태 및 형식을 지정하여 쉽게 사용할 수 있도록 설계하였다.

나. Overview Display Panel 설계

Overview Display Panel은 CEDM Test Loop의 전반적인 운전상태를 감시하기 위해 채택되었다. 이를 위해 Overview Display 화면은 주요 제어 변수와 제어 기기의 운전상태를 표시하도록 설계하였다. 그림 3.10 은 Overview Display Panel 의 화면 구성을 보여주고 있다.

GRAPHIC DRAWING

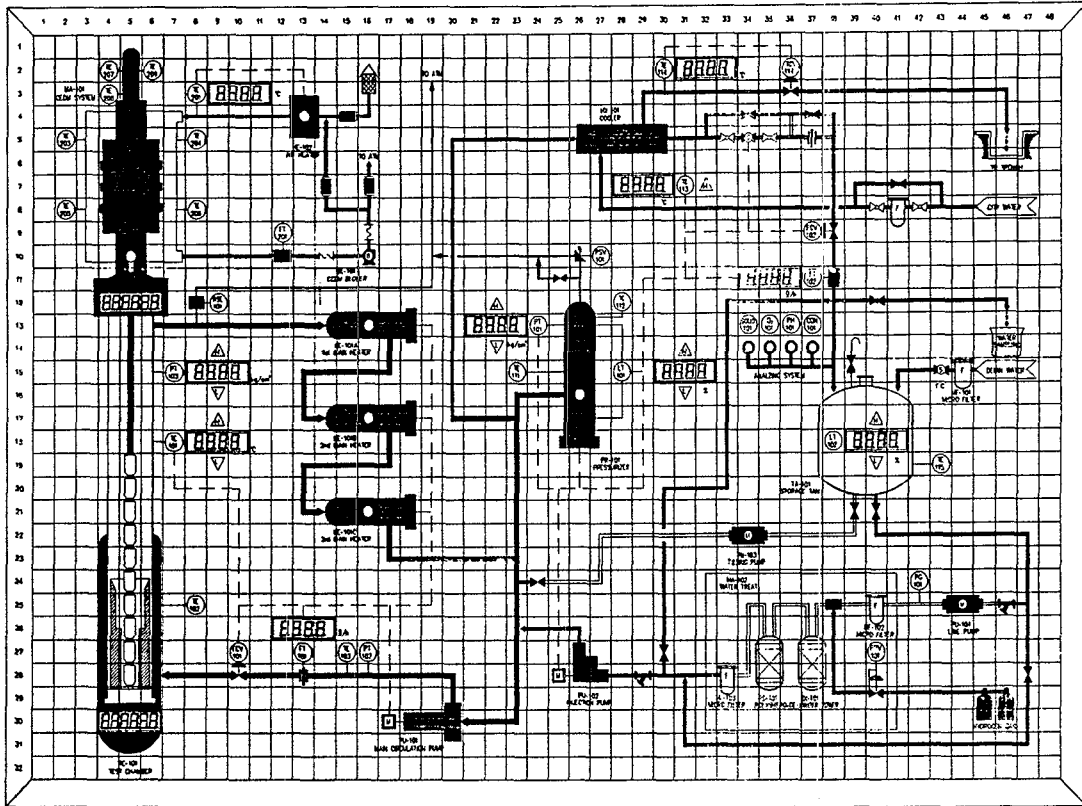


그림 3.10 Overview Display Panel 화면 구성

Overview Display 화면은 Test Loop의 유로를 간략한 Schematic 화면으로 구성하여 운전원이 유로의 흐름을 쉽게 인지하여 Loop의 전반적인 운전상태를 쉽고, 빠르게 파악할 수 있다. Overview Display 화면에 표시되는 변수는 4자리 수로 표시되며, 7 segment LED display 기기를 사용하였다. 또한 표시 변수가 경고상태일 때 변수표시 기기 상하에 위치한 H, L 경고 LED가 점멸되어 경고상태를 확인할 수 있도록 설계하였다. 표시된 기기의 운전상태 및 이상상태는 해당 기기에 LED lamp가 켜져 표시된다. 기기가 운전 상태이면 yellow, 이상상태이면 red 로 표시되도록 설계되었다. 표 3.3 은 Overview Display 화면에 표시되는 감시 변수와 기기의 상태감시 및 기능을 기술하였다. Overview Display Panel의 크기는 1200(w) x 800(h)으로 25 x 25 mm Mosaic Tile을 이용하여 구성하여 Tile을 교체함으로써 쉽게 구성을 변경할 수 있다.

표 3.3 Overview Display 화면 표시 변수

감시항목	Tag No	측정범위	기능
유입공기온도	TE-201	0 - 150 ℃	CEDM Housing 유입공기 온도 감시 및 Air Heater 제어
순환수 온도	TE-101	0 - 400 ℃	Main Circulation Water 온도 감시 및 주전열기 및 주순환 펌프 회전수 제어
Chamber압력	PT-103	0-170Kg/Cm ²	Test Chamber RE-101 압력 감시
Chamber 압력 경보	PT-103	Status	Chamber 압력 상태감시 경보(hi/lo)
순환수 유량	FT-101	0 - 10 l/h	Main Circulation 유량 감시 및 주순환 펌프 회전수/FCV-101 제어
가압기 수위	LT-101	0 - 100 %	가압기 수위감시 및 Injection 펌프 회전수/FCV-102 밸브 제어
가압기 수위 경보	LT-101	Status	가압기 수위 상태감시 경보(hi/lo)
가압기 압력	PT-101	0-170 Kg/Cm ²	가압기 압력감시 및 가압기 전열기 제어
가압기 압력 경보	PT-101	Status	가압기 압력 상태감시 경보(hi/lo)
Bleedwater 온도	TE-113	0 - 50 ℃	Bleed line water 온도 감시 및 Bleed line 격리밸브 제어
Bleedwater 온도 경보	TE-113	Status	Bleed line water 온도 상태감시 경보(hi)
냉각수 온도	TE-114	0 - 150 ℃	Bleed line Cooling water 온도 감시 및 Cooling 유량 제어밸브(TCV-114) 제어
Bleed 유량	FT-102	0 - 1.5 l/h	Bleed line 유량 감시 및 Injection 펌프 회전수/FCV-102 밸브 제어
용수탱크 수위	LT-102	0 - 100 %	용수저장탱크 수위감시 및 용수공급 제어밸브(LCV-102) 제어
용수탱크 수위 경보	LT-102	Status	용수저장탱크 수위 상태감시 경보(hi/lo)
CEDM Blower	BL-101	Status	CEDM Blower의 운전 상태감시
Main Heater A	HE-101A	Status	Main Heater A의 운전 상태감시
Main Heater B	HE-101B	Status	Main Heater B의 운전 상태감시
Main Heater C	HE-101C	Status	Main Heater C의 운전 상태감시
PZR Heater	PR-101	Status	PZR Heater의 운전 상태감시
주순환 펌프	PU-101	Status	주순환 펌프 운전 상태감시
Injection 펌프	PU-102	Status	Injection 펌프 운전 상태감시
Filling 펌프	PU-103	Status	Filling 펌프 운전 상태감시
Line 펌프	PU-104	Status	Line 펌프 운전 상태감시
Bleed 격리밸브	LCV-101	Status	Bleed line 격리밸브 운전 상태감시
용수공급 격리밸브	LCV-102	Status	용수저장탱크 공급 격리밸브 운전 상태감시

다. MMI 화면 설계

(1) Main Manu 화면

Main Manu 화면은 CEDM Test Loop를 감시하기 위한 각 MMI 화면으로 이동하기 위한 Directory 화면이다. 그림 3.11 은 Main Manu 화면을 보여주고 있다.

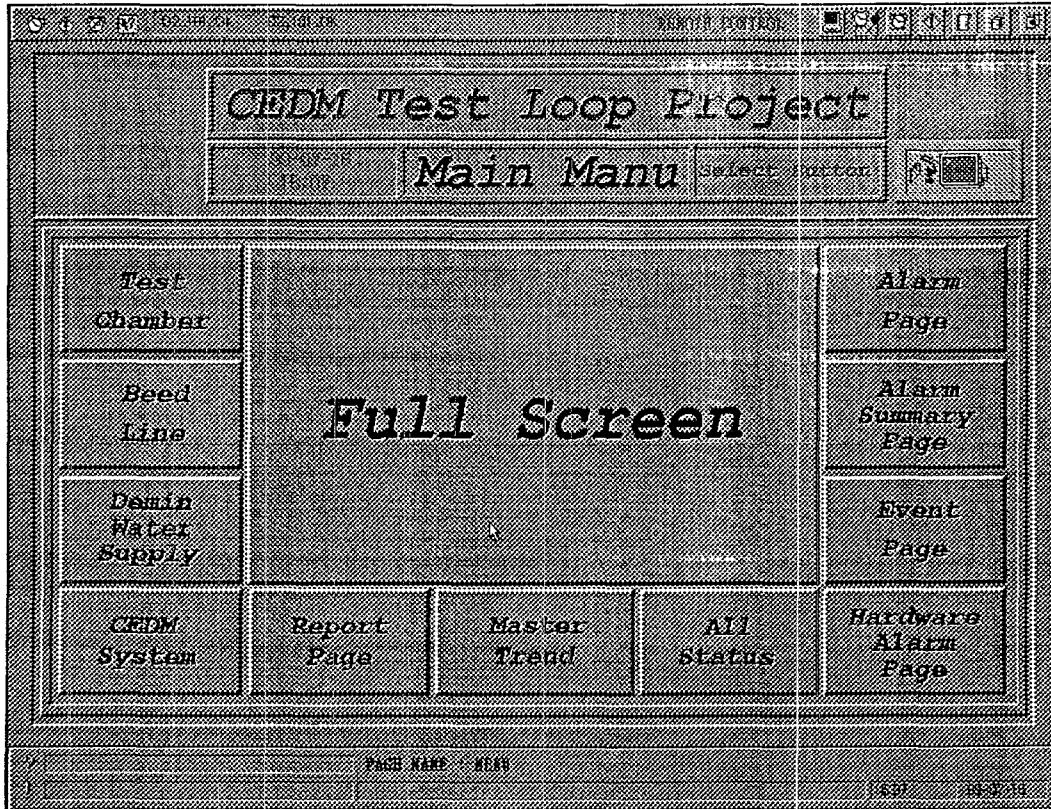


그림 3.11 Main Manu 화면

운전원은 감시하고자 하는 화면을 click 하여 선택하면 원하는 화면으로 이동할 수 있다. Main Manu 화면은 4개의 Schematic 화면 이동 버튼, 5개의 Alarm Event 화면 이동 버튼, Trend 화면 및 Report 화면 이동버튼으로 구성된다. 또한 화면 상부에는 모든 MMI 화면에 동일하게 제공되는 화면 이동 및 제어를 위한 Icon이 있어 필요한 MMI 화면으로 이동이나 운전원이 원하는 MMI 화면 제어가 가능하게 구성되었다.

(2) 주 Schematic MMI 화면

주 Schematic MMI 화면은 CEDM Test Loop의 각 계통의 이상상태를 감시하기 위한 주요 계통 감시화면이다. 주 Schematic 화면은 다음과 같이 4 개의 주요계통으로 분류하여 구성되었다.

- Test Chamber, 주순환 계통 및 가압기 제어 감시 화면
- 가압기 및 Bleed/Feed Line 제어 감시 화면
- 수질관리계통 및 용수공급계통 제어 감시 화면
- CEDM Coil 냉각계통 제어감시 화면

그림 3.12 는 주 Schematic 화면 중 Test Chamber 제어감시 화면을 보여주고 있다.

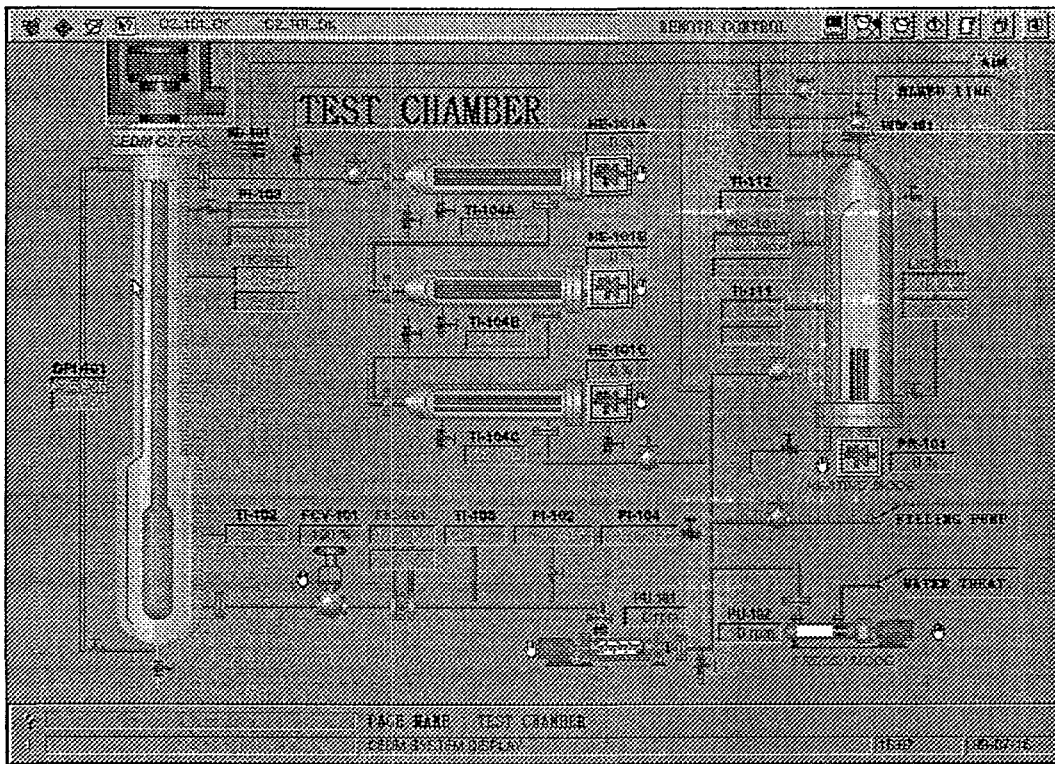


그림 3.12 Test Chamber 제어감시 화면

가압기와 Injection 펌프와 같이 여러 계통에 연결되어 운전되어야 하는 기기는 연관되는 주 Schematic 화면에 동시에 표시된다. 운전원은 감시 및 제어하고자 하는 기기를 click 하여 선택하면 선택된 기기에 대한 상세한 정보와 함께 제어

Pop-up 화면이 표시된다. 이 제어 화면에서 필요한 수동제어 및 자동제어 입력을 변경하여 운전할 수 있다.

주 Schematic 화면의 운전변수는 각 계측기의 Tag No 밑부분에 현재 값과 단위가 표시되며, 이 운전변수가 제어 대상 변수이면, 현재 값의 표시 Box 아래 현재 값과 함께 목표 값을 표시한다.

주 Schematic 화면에 표시되는 펌프, 밸브 및 전열기 등 제어 기기의 동작상태는 장치가 동작하면 장치에 해당하는 모형의 색깔이 변화하거나 모형의 형태 중 일부가 동적으로 변화시켜 표현하며, 기기의 이상상태는 기기 주변에 TRIP, EMG

STOP, OVER TEMP, TEMP HIGH 등의 글씨로 Tag명과 함께 표시한다.

Test Chamber 화면은 CEDM Test Loop에서 주전열기, 주순환 펌프, 주순환 제어밸브 등의 동작상태와 계통의 온도, 압력, 유량 등을 표시하며 제어 대상을 Click하여 제어 Pop-up 화면을 띄워 각 장치들을 자동/수동 조절할 수 있다. 그림 3.13은 주전열기를 제어하기 위한 제어 Pop-up 화면이다. 제어 pop-up 화면에는 현재 값, 설정치, PID Gain 설정치, 운전범위, 자동운전 값, 수동운전 값 및 기기 운전상태가 표시되며, 운전원은 필요한 설정치 및 운전상태를 변경하여 수동운전을 수행한다. 주 Schematic 화면의 다른 계통 제어화면도 동일한 구성을 가진다.

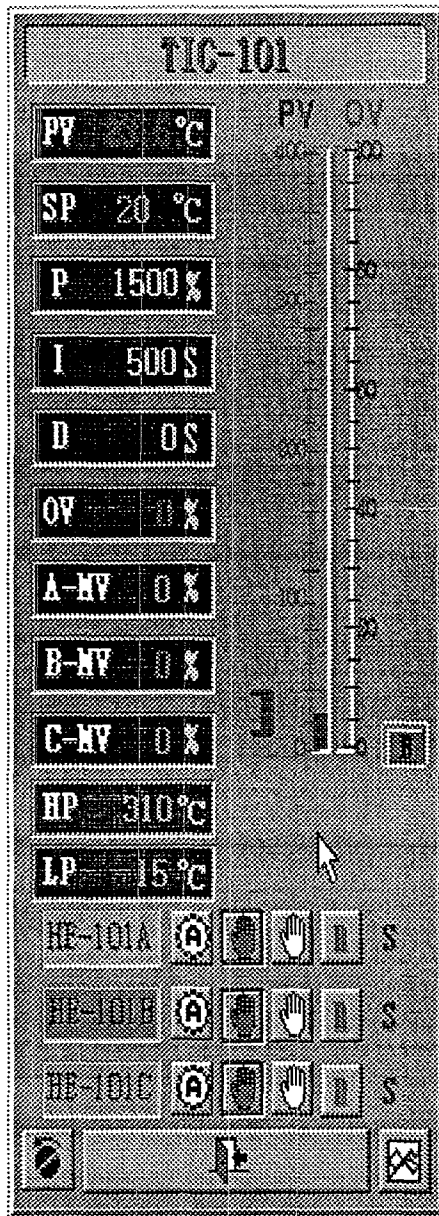


그림 3.13 주전열기 제어 Pop-up 화면

(3) Trend 화면

변수 추적 Trend 화면은 모든 Trend 화면을 조합하여 감시하는 trend 화면과 해당 schematic 화면에서 변화를 추적하고자 하는 변수를 선택하여 표시하는 Trend 화면으로 구성된다. 추적하고자 하는 변수를 조합하여 표시하는 Trend 화면은 하나의 Trend 화면에 2, 4, 6, 10개까지의 변수를 선택하여 표시할 수 있도록 설계하였다. 그림 3.14 는 주 schematic 화면에서 선택된 변수 추적 Trend 화면을 보여주고 있다. 변수 추적 Trend 화면은 Trend Open 명령에 의해 Open 되며 각 제어용 POP-UP 화면과 관계된 8개의 Tag의 현재 값과 과거 값을 표시한다. 변수 추적 Trend 화면의 하부에는 시간 선택 버튼이 있어 trend 해야하는 시간을 설정할 수 있다.

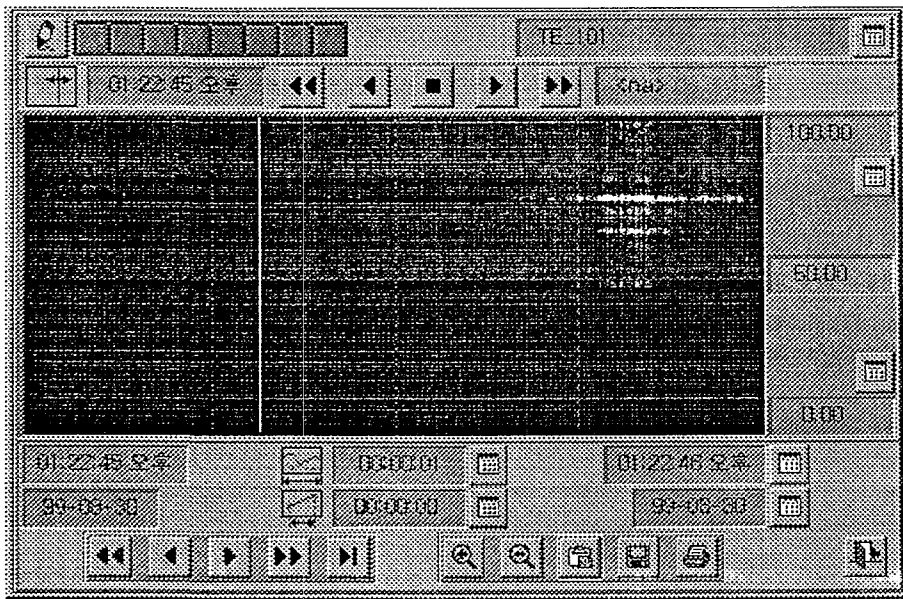


그림 3.14 변수 추적 Trend 화면

4. 경보창 및 비상정지반/수동제어반

가. 경보 설계

CEDM Test Loop의 경보는 Loop의 안전운전을 위해 비상제어반에 표시되는 경보창과 MMI 화면에 표시되는 경보 목록 등 두 가지로 설계되었다. 비상제어반에

표시되는 경보창은 총 45개의 경보창으로 구성되며, Test Loop의 비정상상태를 표시하기 위해 30개의 경보창이 할당되었으며, CEDMCS의 비정상상태를 경보하기 위해 12개의 경보창이 지정되었다. 다음은 경보창의 ALARM WINDOW 설계 기준을 기술하였다.

- 모든 ALARM WINDOW는 하나의 창에 3가지 색 RED, YELLOW, GREEN을 표시한다.
- ALARM WINDOW는 ALARM(HIGH나 LOW)의 경우 YELLOW, 보다 심각한 상황(HI-HI, LOW-LOW)의 경우 RED로 표시한다. 또한 기기의 정지(TRIP)는 RED로 표시한다.
- ALARM WINDOW와 별도로 CRT 화면에 상세한 경보가 시간순차로 표시되어야 한다. 즉 MAIN CIRCULATION UNSTABLE 경보와 같이 하나의 경보창에 여러 개의 개별 경보가 통합되어 표시되는 복합경보는 MMI CRT 경보 목록에 통합되지 않은 개별 경보로 분리되어 표시되어야 한다.

다음은 비상제어반의 ALARM WINDOW의 배열을 보여주고 있다.

	L01	L02	L03	L04	L05
	1st MAIN HTR TEMP HIGH	1st MAIN HTR TRIP	MAIN CIR PUMP UNSTABLE/TRIP	MAIN CIR FLOW LOW	PZR PRESS HIGH
	2nd MAIN HTR TEMP HIGH	2nd MAIN HTR TRIP	TEST CHAMBER TEMP HIGH	TEST CHAMBER PRESS HIGH	PZR PRESS LOW
	3rd MAIN HTR TEMP HIGH	3rd MAIN HTR TRIP	TEST CHAMBER TEMP LOW	TEST CHAMBER PRESS LOW	PZR LEVEL LOW
	L31	L32	L33	L34	L35
	L06	L07	L08	L09	L10
	CEDM COOL BLOWER TRIP	CEDM COIL TEMP HIGH	INJECTION PUMP TRIP	BLEED LINE TEMP HIGH	WTR CHEMISTRY UNSTABLE
	CEDM AIR INLET TEMP HIGH	CEDM HOUSING CAP TEMP HI	STORAGE TANK LEVEL HIGH	BLEED COOL WTR TEMP HIGH	
	CEDM COOL AIR 전열기 ON		STORAGE TANK LEVEL LOW		
	L36	L37	L38	L39	L40

	L11	L12	L13	L14	L15
	UPPER GRIPPER COIL PWR FAIL	UPPER GRIPPER COIL	UPPER LIFT COIL PWR FAIL	UPPER LIFT COIL	LOW GRIPPER COIL PWR FAIL
	UPPER GRIPPER COIL OVERCURRENT	UPPER GRIPPER COIL OVERVOLTAGE	UPPER LIFT COIL OVERCURRENT	UPPER LIFT COIL OVERVOLTAGE	LOW GRIPPER COIL OVERCURRENT
	UPPER GRIPPER COIL OVERVOLTAGE		UPPER LIFT COIL OVERVOLTAGE		LOW GRIPPER COIL OVERVOLTAGE
					LOW LIFT COIL PWR FAIL
					LOW LIFT COIL OVERCURRENT
					LOW LIFT COIL OVERVOLTAGE
	L41	L42	L43	L44	L45

그림 3.15 는 비상제어반의 경보창의 구성을 보여주고 있다. 경보창은 25 x 50 mm Mosaic Tile을 이용하여 투명 tile 판 후면에 3가지색 RED, YELLOW, GREEN 의 발광 LED를 사용하여 경보 색을 조절한다. 경보창 우측에는 CEDM 총 이동 누적 거리와 총 Drop 수를 기록하고 있다. 경보창의 Ack, Reset 및 경보 lamp Test 스위치는 비상제어반 상부에 위치해 있어 쉽게 운전원이 접근 할 수 있도록 설계되었다.

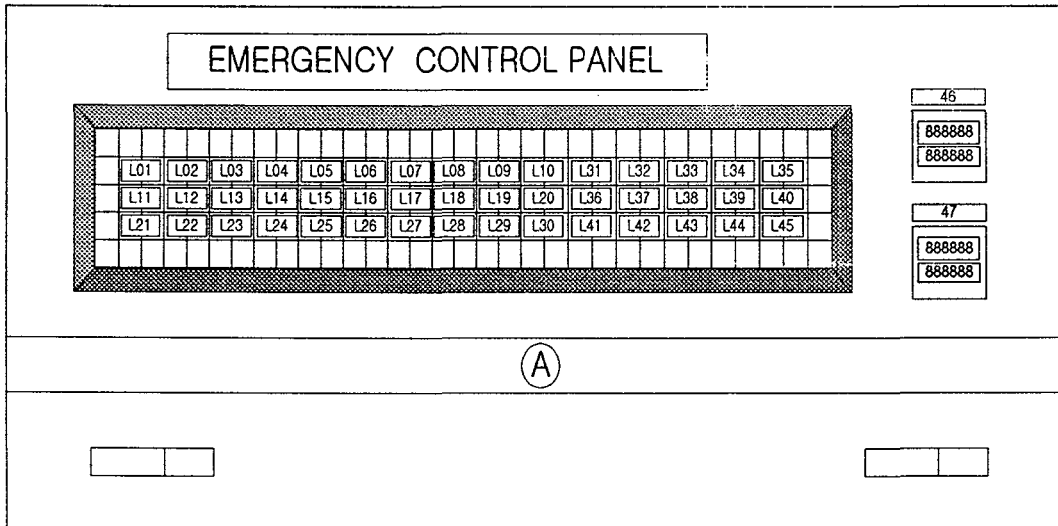


그림 3.15 비상제어반 경보창 구성

MMI CRT 화면에 표시되는 경보 목록은 경보창의 설계기준과 같이 3가지 색 RED, YELLOW, GREEN으로 표시된다. 경보 목록은 모든 경보를 개별적으로 각각 표시하며, 경보창에 표시되는 복합경보는 경보목록에는 통합되지 않은 개별 경보로

분리되어 표시된다. 정보 목록은 발생한 모든 경보가 가장 최근의 경보가 최상위에 위치하도록 시간 순차별 목록으로 기록, 표시된다.

나. 비상정지반/수동제어반(비상제어반)

비상정지반/수동제어반은 CEDM Test Loop 현장의 온도, 압력, 유량 등을 수동으로 제어하는 장치를 구비하여 자동제어 기기인 PLC 및 제어 모니터링 컴퓨터의 고장으로 인한 운전원 수동제어가 필요한 경우나 Test Loop의 비정상적 상황이 발생하여 전열기나 펌프 등을 수동으로 정지해야 하는 경우에 수동제어 기능을 수행할 수 있도록 설계하였다. 이 비상정지반/수동제어반에는 주요 히터, 모터, 밸브 등을 수동으로 제어할 수 있도록 스위치 및 저항을 구성하여 수동정지 및 수동운전 기능을 갖추고 있다. 그림 3.16 은 비상제어반의 수동제어기의 배열을 보여주고 있다. 수동 운전 스위치는 해당 기기와 관련된 스위치를 일렬로 배열하여 운전원의 수동 조작이 쉽도록 배치하였다.

수동제어는 수동제어 Panel에 있는 10k Ω 저항기를 이용하여 제어할 수 있도록 설계하였다. 수동제어를 위한 저항기는 모두 8개를(Potentiometer : PM-101 ~ 108) 가지고 있으며, 이중에 제어변수를 수동으로 입력할 수 있는 3개의 저항과(PM-102, 105, 108), 단순히 설정치를 수동 변경하는 5개의 저항을(PM-101, 103, 104, 106, 107) 구비하고 있다. 모든 저항은 10k Ω , 10 turn 으로 설계하였으며, 저항기의 상단부에 현재 저항 값을 표시하는 장치를 부착하였다. 수동제어 변수를 입력할 수 있는 기기는 TCV-114, FCV-101, 102 등 제어 밸브로 이는 수동제어반의 저항을 통하여 수동제어가 가능하도록 설계되었다. 그리고 안전 운전에 중요한 주요 펌프 및 히터 PU-101, PR-101, PU-102, BL-101, HE-102 등은 수동으로 설정치를 변경하여 수동으로 제어할 수 있도록 설계되었다. 모든 제어 입력신호는 4-20mA의 전류 신호로 전달되어야 하므로 저항 값 변화를 전류로 변환하여 수동제어가 가능하도록 하였다. 그리고 설정치 수동 변경을 위한 5개의 저항은 MCC 내부에 있는 제어장치로 저항 값 자체를 전달하는 형식으로 구성되어 있다. 표 3.4 는 비상제어반에서 수동으로 운전 가능한 CEDM 현장의 출력 장치를 기술하고 있다. 표 3.5 는 비상제어반 수동제어 스위치의 Name Tag와 기능을 제시하고 있다.

그림 3.16 비상제어반 수동제어기의 배열

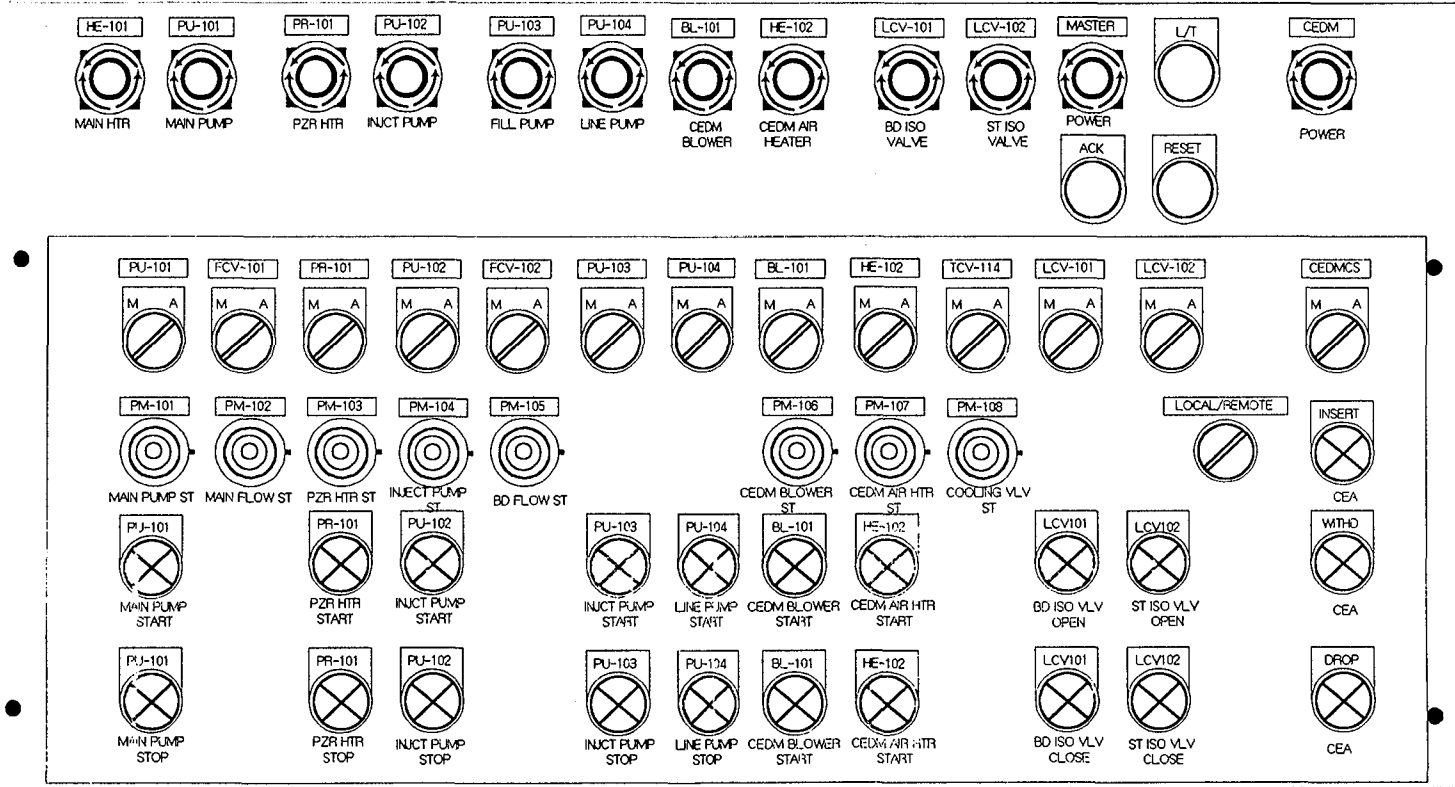


표 3.4 비상제어반 수동 운전 출력 장치

종류 및 용량	제어변수	설치 위치 및 용도
주 히터 HE-101A(20kw)	온도	실험시설 2층, 1차계통 순환수 온도조절
주 히터 HE-101B(20kw)	온도	실험시설 2층, 1차계통 순환수 온도조절
주 히터 HE-101C(20kw)	온도	실험시설 2층, 1차계통 순환수 온도조절
가압기 히터 PR-101(18kw)	온도	실험시설 4층 최상부, 가압기 온도조절
Blower 히터 HE-102(30kw)	온도	CEDM상부 덮개에 공급되는 공기온도조절
주입수 가열히터 HE-103(10kw)	온도	Injection Pump 후단의 주입수 온도조절
Main Cir. Pump PU-101(3.7kw)	유량	실험시설 1층, 1차계통 순환수 유량조절
Injection Pump PU-102(2kw)	가압기수위	실험시설 1층, 1차계통 총 유량 조절
Blower Pump BL-101(2.2kw)	공기유량	CEDM상부 덮개에 공급되는 공기량 조절
Filling Pump PU-103(2.2kw)	수동제어	실험시설 초기 충수 공급용
수질관리 순환 Pump PU-104(2.2kw)	수동제어	용수저장 탱크 TA-101의 수질관리 용 순환펌프
제어밸브 FCV-101(0-6.84m ³ /h)	유량/온도	1차계통 순환수 유량조절
제어밸브 FCV-102(0-0.06m ³ /h)	유량/수위	Drain 용수 유량조절
제어밸브 LCV-101(0-0.06m ³ /h) 슬레노이드 밸브	유량	Drain 용수 유량 ON/OFF
제어밸브 LCV-102(0-3.2m ³ /h)	수위	용수저장탱크 TA-101의 충수용 밸브
제어밸브 TCV-114(0-3.2m ³ /h)	유량	시험용 용수 추출기능

표 3.5 비상제어반 수동제어 스위치 Name Tag 및 기능

NAME PLATE	TAG NO	기능
MAIN HEATER (OR MAIN HTR)	HE-101	주 전열기 비상 정지
MAIN CIR PUMP (OR MAIN PUMP)	PU-101	주순환 펌프 비상 정지
INJECT PUMP	PU-102	Injection 펌프 비상 정지
PZR HEATER(OR PZR HTR)	PR-101	가압기 전열기 비상 정지
FILL PUMP	PU-103	Filling 펌프 비상 정지
LINE PUMP	PU-104	LINE 펌프 비상 정지
CEDM BLOWER (OR BLOWER)	BL-101	CEDM BLOWER 비상 정지
CEDM AIR HEATER (OR AIR HTR)	HE-102	CEDM AIR 전열기 비상 정지
BLEED ISO VALVE (OR BD ISO VLV)	LCV-101	BLEED ISO VALVE 수동 Close
TANK ISO VALVE (OR ST ISO VLV)	LCV-102	TANK ISO VALVE 수동 Close
MASTER POWER		주 전원 비상 차단
CEDMCS POWER		CEDMCS 공급 전원 비상 차단
AUTO/MANUAL SELECT SWITCH		기기 자동/수동 운전 전환 스위치
CEDMCS AUTO/MANUAL		CEDMCS 자동/수동 운전 전환 스위치
AIR HTR ST	HE-102	기기(Air 전열기) 수동 설정치 설정스위치
LOCAL/REMOTE		자동/수동 운전 전환 스위치
LAMP TEST		Alarm LAMP TEST
DROP CEA		CEA 수동 DROP
INJECT PUMP START	PU-102	INJECT PUMP 수동 ON
ACKNOWLEDGE		Alarm ACKNOWLEDGE
INSERT CEA		CEA 수동 Insertion
INJECT PUMP STOP	PU-102	INJECT PUMP 수동 Off
RESET		Alarm RESET
WITHDRAWAL CEA		CEA 수동 Withdrawal

제 4 장 계통 운전

제 1 절 계통 운전

1. 계통 운전 개요

CEDM TEST LOOP 설비는 모의된 원자로 운전 조건하에서 Control Element Drive Mechanism(이하 "CEDM")의 성능을 시험하기 위한 고온 고압의 실험장치이다. 본 시험 설비의 운전조건은 156bar, 320℃에서 1.3Kg/sec의 유량이 순환되며, 설계 조건은 172bar, 343℃이다. 본 설비는 가열 및 냉각속도를 시간당 50℃이내로 운전하여 열충격에 대비한 안전한 운전이 되도록 한다.

2. 주요 구성기기

- 시험용기 (4" ϕ , sch.160, 7500L, TYPE 304 스테인레스)
(6" ϕ , sch.160(JACKET))
- LOOP 배관 (1¼", sch.160, TYPE 304 스테인레스)
- 주순환펌프 (MAIN CIR. PUMP, 156bar, 320℃, 1.3Kg/sec, 40m)
- 전열기 (주 전열기 3대 x 20kw)
- 가압기 (PRESSURIZER 1대 x 18kw)
- 정량펌프 (INJECTION PUMP 1대 x 0.09m³/hr)
- 수처리 설비
- 기타 보조 기기

3. 주순환계통 운전

주순환계통은 INVERTER 타입의 CANNED 펌프(PU-101)에 의하여 폐쇄된 LOOP에서 순환되며, 실험에서 요구되는 유량 및 온도를 제어할 수 있게 기기 및 제어설비가 구성되어진다. 오리피스 타입의 유량계(FE-101)에 setting된 유량을 추종하기 위하여 주순환펌프(PU-101)의 속도제어 및 유량조절밸브(FCV-101)제어를 병행하여 요구되는 유량에서 운전되도록 한다.

- 온도제어 ; 시험조건에 설정된 LOOP 온도를 제어하기 위하여 TEST CHAMBER 출구측 온도를 CONTROL POINT 온도로 설정하여 주 전열기가 제어되고 정상 운전 중에 20kw 2대가 가동되어진다.
- 유량제어 ; PU-101의 회전수를 유량 제어밸브(FCV-101)의 개도가 70%일 경우 일정 유량을 형성하는 회전수로 설정하여 FCV-101을 자동운전으로 동작(FCV-101 70%내외)시킨다. 이 때 PU-101은 수동운전으로 임의의 회전수로 동작시킨다.
- 압력제어; 가압기 전열기의 기능은 저온저압 운전 시에서는 주순환계통의 온도(TE-101)보다 가압기내의 온도(TE-111)가 20~30℃ 높게 SETTING하여 가압기 내의 온도를 제어하며 고온고압 운전 시에서는 가압기의 압력을 유지시키는 기능을 하고, 가압기 상부의 증기는 계통의 온도 변화에 따른 유체의 팽창 및 수축에 의한 계통내의 급격한 압력 변화에 대한 Cushion 역할을 하여 심각한 압력 변화를 저감시킨다. 정량펌프의 기능은 저온저압 운전 시에서는 TEST CHAMBER 압력(PT-103)에 SETTING된 압력을 추종하여 주순환계통의 가압제어에 사용되며 고온고압 TEST에서는 가압기의 수위(LT-101)에 SETTING된 수위를 추종하여 가압기 수위제어에 사용된다. 가압기 수위(LT-101)가 저수위(LOW)에 도달 할 경우 BLEED LINE의 LCV-101 CLOSE하여 가압기의 수위를 유지하도록 한다.

4. Bleed 계통 운전

BLEEDING 계통에서 필요 유량이 유량계 FT-102의 SETTING된 유량을 추종하여 FCV-102에 의하여 제어된다. 또 BLEEDING 계통에서 통과유량의 온도는 COOLER의 OUTLET 온도(TE-113)에 SETTING된 온도를 추종하여 TCV-114를 제어하여 COOLING WATER의 유량을 조절하면서 통과유량의 온도를 제어하고 통과유량의 온도(TE-114)가 60℃ 이상일 경우는 TCV-114를 FULL OPEN하여 통과유량의 온도(TE-113)가 필요 이상 되어지는 것을 방지한다. 또 TCV-114는 상시 10% OPEN되어있다.

5. CEDM유입 공기 온도 제어계통

CEDM의 실험시 CEDM의 유입공기 온도를 일정하게 유지하여야 하므로 CEDM SYSTEM INLET 온도(TE-201)에 SETTING된 온도를 추종하여 전열기(HE-102)를 제어하며 AIR유량(FT-201)에 SETTING된 유량을 추종하여 BLOWER(BL-101)의 회전수가 제어된다.

6. 비상 보호 계통

CEDM TEST LOOP의 보호를 위해 다음과 같은 기기 보호신호들이 있다.

- 주전열기 (주 전열기 ; HE-101A/B/C) 보호

- ① 주순환펌프(PU-101)가 TRIP(또는 STOP)될 경우 모든 전열기의 전원이 TRIP되어 전열기의 과열에 의한 손상 방지
- ② 전열기의 ELEMENT 온도(TC-101A/B/C)가 정상치보다 높을 때 해당 전열기의 전원이 TRIP되어 전열기의 ELEMENT 손상 방지

- 가압기(PRESSURIZER ; PR-101) 보호

- ① 가압기의 압력이 설계압력을 초과하는 경우 PSV-101(SET POINT ; 168 Bar)에 의하여 가압기 및 계통보호
- ② 가압기의 ELEMENT 온도(TC-102)가 정상치 보다 높을 때 가압기의 전원이 TRIP되어 가압기의 전열기 손상방지
- ③ 가압기의 수위가 최저수위(Lo-Lo)에 도달할 경우 가압기의 전원이 TRIP되어 가압기의 전열기 손상방지

- 주 순환계통

- ① SYSTEM의 압력이 설계압력을 초과할 경우 RUPTURE DISC(RD-101 SET POINT ; 172Bar)가 파열하여 대기 방출되어 주 순환계통 손상방지

- 수질 측정기기 보호

- ① BLEED LINE 온도(TE-113)가 35℃ 이상일 경우
- ② BLEED LINE 유량조절밸브(FCV-102)가 0%일 경우
- ③ 위의 ①~②의 조건 일 경우 LCV-101 CLOSE 하여 수질 측정기기(FT-102, SOLID-101, O2-101, PH-101, CON-101)의 손상을 방지

- CEDM 인입공기 전열기(AIR 전열기 : HE-102)

- ① AIR BLOWER MOTER가 정지 할 경우 전열기 손상을 방지하기 위하여 전열기를 정지

② FT-201의 유량이 정상치가 아닐 경우 전열기 정지

제 2 절 운전절차서

1. SYSTEM 초기 조건

가. MCC PANEL 전원 투입

- (1) 주 전원 투입/확인
- (2) 주 전열기 전원 투입/확인
- (3) MAIN CIR.' PUMP 전원 투입/확인
- (4) PRESSURIZER 전원 투입/확인
- (5) INJECTION PUMP 전원 투입/확인
- (6) FILLING PUMP 전원 투입
- (7) LINE PUMP 전원 투입
- (8) AIR BLOWER 전원 투입/확인
- (9) AIR 전열기 전원 투입/확인
- (10) HEATING CABLE 전원 투입
- (11) FAN & LIGHT 전원 투입/확인
- (12) CEDM POWER 투입

나. CONTROL ROOM 분전반 전원 투입

- (1) PLC PANEL 전원 투입/확인
- (2) COMPUTER I (CONTROL STATION) 전원 투입/확인
- (3) COMPUTER II (CONTROL STATION) 전원 투입/확인
- (4) CEDM-CS COMPUTER 전원 투입/확인

다. GRAPHIC PANEL 전원 투입

- (1) 주 전원 투입/확인
- (2) PLC 전원 투입/확인
- (3) D.C 전원 투입/확인
- (4) A/O D.C 전원 투입/확인
- (5) INSTRUMENT 전원 투입/확인

(6) CONTROL 전원 투입/확인

(7) FAN & LIGHT 전원 투입/확인

2. 계통 운전

가. 저장탱크(TA-101)

● 초기조건 :

- 용수저장탱크 DEMI WATER STORAGE TANK (TA-101) EMPTY
- LCV-102 MANUAL CONTROL MODE
- MANUAL VALVE (03GV05, 03GV08, 03GV27) CLOSE
- MANUAL VALVE (03GVO3) CLOSE

● 운전절차

- (1) 용수저장탱크(TA-101)의 수위 LT102가 EMPTY(P,M)이고 "용수저장탱크 저 수위(LOW ; 25%)" 경보를 확인(M)한다.
- (2) 탱크(TA-101) ISOLATION VALVE(LCV-102)를 OPEN(C)하고, 수위 LT-102(P,M)와 온도 TE-115(M)를 확인한다.
- (3) 수위와 온도가 비정상일 경우 LCV-102를 CLOSE하고 원인을 확인한다.
- (4) 수위 LT-102(P,M)가 25%(?) 이상이면 LCV-102를 자동모드로 전환한다.
- (5) 용수저장탱크의 수위 LT-102가 65%를 넘어가면 "용수저장탱크 수위 고 (HIGH)" 경보가 발생함(P, M)을 확인하고, 80%가 넘으면 자동으로 LCV-102가 정지(CLOSE)됨을 확인한다.

나. 용수처리 계통(DEMI WATER TREATMENT SYSTEM)

● 초기조건

- 용수저장탱크 DEMI WATER STORAGE TANK(TA-101) 80%
- MANUAL VALVE 03GV05, 03GV02, 03GV10, 03GV30 CLOSE
- MANUAL VALVE 02NV08, 03GV01, 03GV03, 03GV08, 03GV09, 03GV12, 03GV20, 03GV28, 03GV29, 03GV26 OPEN

● 운전절차

- (1) TA-101의 수위 LT-102가 75% 이상(P,C)확인한다.

- (2) 용수처리계통(MA-102)의 운전조건(?)을 확인(L)하여, 운전조건이 만족되면, LINE PUMP PU-104를 수동(C)으로 기동하여, 용수저장탱크로 DEMI WATER를 순환시킨다.
- (3) 실험 용수의 수질조건 SOLID-101, O2-101, PH-101, CON-101을 확인(P,M)하여, 수질조건이 만족되면, LINE PUMP PU-104를 수동(M)으로 정지한다.

다. MAIN LOOP 충수 및 배기(MAIN LOOP FEEDING AND VENTING SYSTEM)

● 초기조건

- 용수저장탱크 DEMI WATER STORAGE TANK(TA-101) 65%이상
- MAIN CIR.' FLOW CONTROL VALVE(FCV-101) MANUAL FULL OPEN
- MAIN CIR.' PUMP(PU-101) MANUAL MODE
- BLEED LINE VALVE(LCV-101) MANUAL OPEN
- BLEED LINE CONTROL VALVE(FCV-102) MANUAL FULL OPEN
- MANUAL VALVE 01TV01, 01TV02, 02NV01, 02NV02, 02NV03, 02NV04, 02NV08 OPEN

● 운전절차

- (1) MAIN LOOP의 현장 수동 밸브를 현장에서 FULL OPEN(01TV01, 01TV02, 02NV01, 02NV02, 02NV03, 02NV04, 02NV08)하고 확인한다.
- (2) 용수수질조건을 확인하고, 용수 주입 펌프(PU-103)의 현장 수동 입구 및 출구밸브 등(03GV05, 03GV07)을 OPEN하고, 충수 시 충분한 VENT가 이루어지도록 VENT VALVE(01NV12, 01NV05, 01NV06, 01NV07, 01GV06) 및 배수 밸브(01GV01, 01GV02, 01GV03, 01GV04, 01GV05, 01GV07)를 FULL OPEN한 후, 용수 주입 펌프(PU-103)를 수동(C)으로 ON하여 MAIN LOOP로 충수한다.
- (3) 현장에서 배수밸브(01GV01, 01GV02, 01GV03, 01GV04, 01GV05, 01GV07)를 통해 배수가 되면 배수밸브를 CLOSE하고, 충수시 충분한 VENT를 위해 MAIN CIRCULATION PUMP를 수동(C)으로 ON하고 가끔 기동한다.

- (4) 충수를 확인하기 위해 가압기의 수위 LT-101과 압력 PT-101을 확인 (P,M)한다.
- (5) MAIN LOOP가 충분한 충수 가압기 수위 LT-101(100%)을 통해 확인 (P,M)되면, VENT VALVE(01NV12, 01NV05, 01NV06, 01NV07, 01GV06)와 BLEED LINE 현장 수동밸브(02NV01)를 CLOSE하고, 용수 주입펌프(PU-103)로 주순환 계통을 4Kg/cm²정도(P,M) 승압하여 누수를 점검한다. 최상위 위치의 VENT VALVE에서 물만 배수되면(L), 용수 주입펌프(PU-103)를 수동(C)으로 OFF하고, 용수 주입펌프(PU-103)의 현장 수동 출구 밸브 등(03GV05, 03GV07)을 CLOSE한다.
- (6) MAIN LOOP 충수 중 또는 충수 완료 후 용수저장탱크의 수위 LT-102가 40%이하이면 LT-102 LOW 경보가 발생된다. 또 LT-102가 25%이하이면 LT-102 Lo-Lo 경보가 발생된다. 이때 용수저장탱크의 수위를 40%이상으로 유지하려면 FILLING PUMP를 정지하고 LCV-102를 MANUAL OPEN하여 LT-102의 수위를 40%이상으로 만들고 용수처리 계통절차를 반복하여 실시한다.

라. 주순환 계통(MAIN CIRCULATION SYSTEM)

● 초기조건

- 가압기 수위(LT-101) 100%
- 모든 VENT VALVE(01GV15, 01GV14) CLOSE
- 모든 배수 밸브(01GV06, 01GV07, 01GV08, 01GV10, 01GV11) CLOSE
- FCV-101 MANUAL FULL OPEN
- MAIN CIR.' PUMP(PU-101) MANUAL MODE
- BLEED LINE VALVE(LCV-101) AUTO MODE
- INJECTION PUMP(PU-102) MANUAL/PRESS.' MODE
- BLEED LINE CONTROL VALVE (FCV-102) MANUAL OPEN

● 운전절차

- (1) 가압기 수위 LT-101 100%를 확인(P,M)하여, 충분한 충수가 되었으면, 주순환 펌프(PU-101)의 COOLING LINE을 확인하여 COOLING WATER의 유량형성을 확인(L)한다.
- (2) INJECTION PUMP PU-102를 기동하기 위한 SUCTION VALVE

OPEN 한다.

- (3) INJECTION PUMP PU-102를 AUTO MODE로 선택하고 TEST CHAMBER 압력(PT_103)의 SET POINT를 20Kg/Cm 설정하여 PT-103의 현재 값이 20Kg/Cm가 되면, FT-102를 통해 BLEED 유량이 형성됨을 확인(P,M)한다.
- (4) 주순환 펌프 PU-101과 FCV-101을 자동으로 전환(C)하고 FT-101의 SETPOINT를 설정(C)하여 PU-101을 기동하고 FCV-101의 OPEN 상태를 감시(M)하여 유량형성 유무를 확인(M)한다. 주순환펌프와 INJECTION PUMP PU-102의 진동을 감시하여(L) 진동이 심할 경우 펌프를 정지(M)하여 원인을 확인한다.

3. 저온저압 운전

가. 저온저압 운전

● 초기조건

- 가압기 만수위(LT-101) 100%
- BLEED LINE 현장 수동밸브 02NV01, 02NV02, 02NV03, 02NV04, 02NV08, 03GV28, 03GV29, 03GV30 OPEN
- BLEED LINE 현장 수동밸브 02NV05, 02NV06, 02NV07, 03GV01 CLOSE
- 용수 저장 탱크 DEMI WATER STORAGE TANK(TA-101) 40%이상
- LCV-101 AUTO MODE(TE-113 SETPOINT 50℃)
- COOLING WATER LINE VALVE OPEN
- TCV-114 AUTO MODE(TE-114 SETPOINT 60℃,TCV-114 10% 상시 OPEN)
- FCV-102 AUTO MODE(FT-102 SETPOINT 30 ℓ/H)
- 주 전열기 MANUAL MODE
- PRESSURIZER MANUAL/HEATING MODE
- INJECTION PUMP MANUAL/PRESS.' MODE

● 운전절차

- (1) BLEED LINE FLOW(FT-102)의 유량 형성을 확인한다.
- (2) MAIN CIR.' FLOW(FT-101)의 SETPOINT(SP)를 6.8m/H로 설정(C)하여 MAIN LOOP를 순환시켜 유량이 형성됨을 확인(P,M)한다.
- (3) INJECTION PUMP(PU-102)의 CONTROL MODE를 가압(PRESS)을 확인(C)하고 TEST CHAMBER PRESSURE(PT-103)의 SETPOINT(SP)를 40Kg/cm²으로 설정(C)하여 가압한다. 압력이 상승됨을 확인(P,C,M)한다.
- (4) BLOWER(BL-101)를 MANUAL MODE로 1000rpm의 속도로 초기기동하고 AIR 유량이 형성되면 AUTO MODE로 전환하고 AIR 유량의 SETPOINT를 1200m³/sec로 설정하여 AIR 유량이 형성됨을 확인(M)한다.
- (5) PRESSURIZER(PR-101)의 CONTROL MODE를 승온(전열기)을 확인(M)하고 PRESSURIZER MAIN TEMP.'(TE-111)의 SETPOINT(SP)를 TEST CHAMBER MAIN TEMP.'(TE-101)의 SET-POINT(SP)보다 30℃높게 설정하여 PRESSURIZER의 내부 온도를 확인(M)한다.
- (6) 주 전열기(HE-101A/B/C)를 AUTO MODE로 전환(C)하고 TEST CHAMBER MAIN TEMP.'(TE-101)의 SETPOINT(SP)를 170℃로 설정(C)하여 MAIN LOOP의 온도를 상승시킨다. 온도가 상승됨을 확인(P,C,M)한다.
- (7) ANALYZING SYSTEM(SOLID-101, O2-101, PH-101, CON-101)를 확인(C,M)한다.

나. 저온저압 운전 종료

● 운전절차

- (1) 주 전열기(HE-101/A/B/C)를 MANUAL STOP(C)한다.
- (2) PRESSURIZER(PR-101)을 MANUAL STOP(C)한다.
- (3) MAIN LOOP의 TEMP가 상온에 도달하면 PRESSURIZER의 압력을 LCV-102를 MANUAL OPEN하여 상압으로 감압한다. MAIN CIR.' PUMP(PU-101)을 MANUAL SOP(C), INJECTION Pump MANUAL STOP(C), LCV-101 MANUAL CLOSE(C), TCV-104 MANUAL CLOSE(C), FCV-102 MANUAL FULL CLOSE(C)한다.
- (4) 주 전열기가 STOP되고 충분한 시간(LOOP 내의 온도가 상온)이 경과한

후 BLOWER를 STOP하여 TEST를 종료한다.

4. 고온고압 운전

가. 저온저압 운전 완료 후 고온고압 운전으로 전환

● 초기조건

- 가압기 만수위(LT-101) 100%
- 용수 수질조건 만족
- BLEED LINE 현장 수동밸브 02NV01, 02NV02, 02NV03, 02NV04, 02NV08, 03GV28, 03GV29, 03GV30 OPEN
- BLEED LINE 현장 수동밸브 02NV05, 02NV06, 02NV07, 03GV01 CLOSE
- LCV-101 AUTO MODE
- FCV-102 AUTO MODE(FT-102 SETPOINT 0 l/H)
- TCV-114 AUTO MODE(TE-114 SETPOINT 50℃)
- LT-101 SET POINT 50%
- PT-101 SET POINT 32Kg/cm²
- 고온고압 운전 준비 완료 (TE-101:194℃, PT-103:40kg, TE-111:232℃)

● 운전절차

- (1) MAIN CIR.' PUMP(PU-101)가 회전하면서 MAIN LOOP를 순환시켜 유량이 형성(FT-101)됨을 확인(P,M)한다.
- (2) 주 전열기(HE-101A/B/C)의 HEATING으로 MAIN LOOP의 온도가 194℃를 유지(TE-101)함을 확인(P,M)한다.
- (3) PIPING INSTALLATION ELECTRIC TRACING(HE-103)을 AUTO MODE로 전환한다.
- (4) INJECTION PUMP(PU-102)가 가압(PRESS) MODE에서 운전되어 MAIN LOOP의 압력이 40Kg/cm²을 유지(PT-103)함을 확인(P,H)한다.
- (5) PRESSURIZER(PR-101)가 승온(HEATING) MODE에서 운전되어 PRESSURIZER내의 온도(TE-111)가 232℃를 유지함을 확인(P,M)한다.
- (6) BLEED LINE FLOW(FT-102)의 SETPOINT(SP)를 30 l/H보다 큰 값

을 설정(C)하여 용수 저장 탱크 DEMI WATER STORAGE TANK (TA-101)가 수용하도록 한다.

- (7) MAIN LOOP의 온도와 압력이 안정(TE-101 ; 194℃, PT-103 ; 40Kg) 되고 PRESSURIZER의 내부 온도(TE-111)가 232℃가 되면 PT-103의 SET POINT를 29Kg/Cm로 설정한다.
- (8) BLEED LINE의 VALVE(LCV-101)를 MANUAL OPEN시키면 PRESSURIZER 압력 PT-101은 Saturation POINT(~30Kg/cm²)으로 DOWN되고 PRESSURIZER 내부에 수증기(STEAM)가 생성되며 이때 수위(LT-101)가 하강한다. 수위(LT-101)가 70%일 때 PRESSURIZER 전열기의 기능이 자동적으로 승온(HEATING) 에서 가압(PRESS)MODE 변환되어 PRESSURIZER 압력(PT-101)의 SETPOINT (SP ; 32Kg/cm²)을 추종하여 압력제어가 이루어진다. 그리고 수위(LT-101)가 50%일 때 INJECTION PUMP(PU-102)의 기능이 자동적으로 가압(PRESS)에서 수위조절(LEVEL CONTROL)로 변환되어 PRESSURIZER 수위(LT-101)의 SETPOINT(SP ; 50%)를 추종하여 수위제어가 이루어진다.

나. 고온고압 운전 종료

● 운전절차

- (1) 주 전열기(HE-101/A/B/C)를 MANUAL STOP(C)한다.
- (2) PRESSURIZER(PR-101)을 MANUAL STOP(C)한다.
- (3) INJECTION PUMP(PU-102)를 MANUAL STOP(C)한다.
- (4) MAIN CIR.' PUMP에 의한 MAIN LOOP의 순환을 FT-101을 통하여 감시(P,M)한다. MAIN LOOP에 가압된 압력이 BLEED LINE을 통하여 감압됨을 PT-103을 통하여 감시(P,M)하며 MAIN LOOP의 온도 하강을 TE-101을 통하여 감시(P,M)한다.
- (5) BLEED LINE을 통하여 감압시킬 때에는 PRESSURIZER의 수위(LT-101)가 하강할 수도 있으며 STORAGE TANK의 수위(LT-102)는 상승할 수도 있다. 이것도 감시(P,M)한다.
- (6) MAIN LOOP의 TEMP와 PRESSURE가 상온, 상압에 도달하면 MAIN CIR.' PUMP(PU-101)을 MANUAL STOP(C), LCV-101 MANUAL CLOSE(C), TCV-104 MANUAL CLOSE(C), FCV-102 MANUAL

FULL CLOSE(C)한다.

(7) BLEED LINE 현장 수도 밸브(02NV01) CLOSE한다.

(8) 주 전열기가 STOP되고 충분한 시간(LOOP 내의 온도가 상온)이 경과한 후 BLOWER를 STOP하여 TEST를 종료한다.

제5장 종합시운전

제1절 저온저압 운전

1. 운전 조건

- (1) SYSTEM 초기 조건인 MCC PANEL 전원 투입을 확인
- (2) SYSTEM 초기 조건인 CONTROL ROOM 전원 투입을 확인
- (3) SYSTEM 초기 조건인 GRAPHIC PANEL 전원 투입을 확인
- (4) 계통운전중 용수저장탱크(TA-101)의 수위(LT-102)가 40% 이상임을 확인
- (5) 계통운전 중 용수처리 계통(DEMI WATER TREATMENT SYSTEM)을 수행하여 실험용수의 수질조건(SOLID-101, 02-101, PH-101, CON-101)이 만족되는지를 확인
- (6) MAIN LOOP 충수 및 배기를 통해 LOOP내에 이물질 및 공기가 포함되지 않음을 확인
- (7) 가압기(PR-101)의 수위(LT-102)가 100%를 확인
- (8) 주 순환펌프(PU-101)을 가동하여 MAIN LOOP에 유량형성을 확인

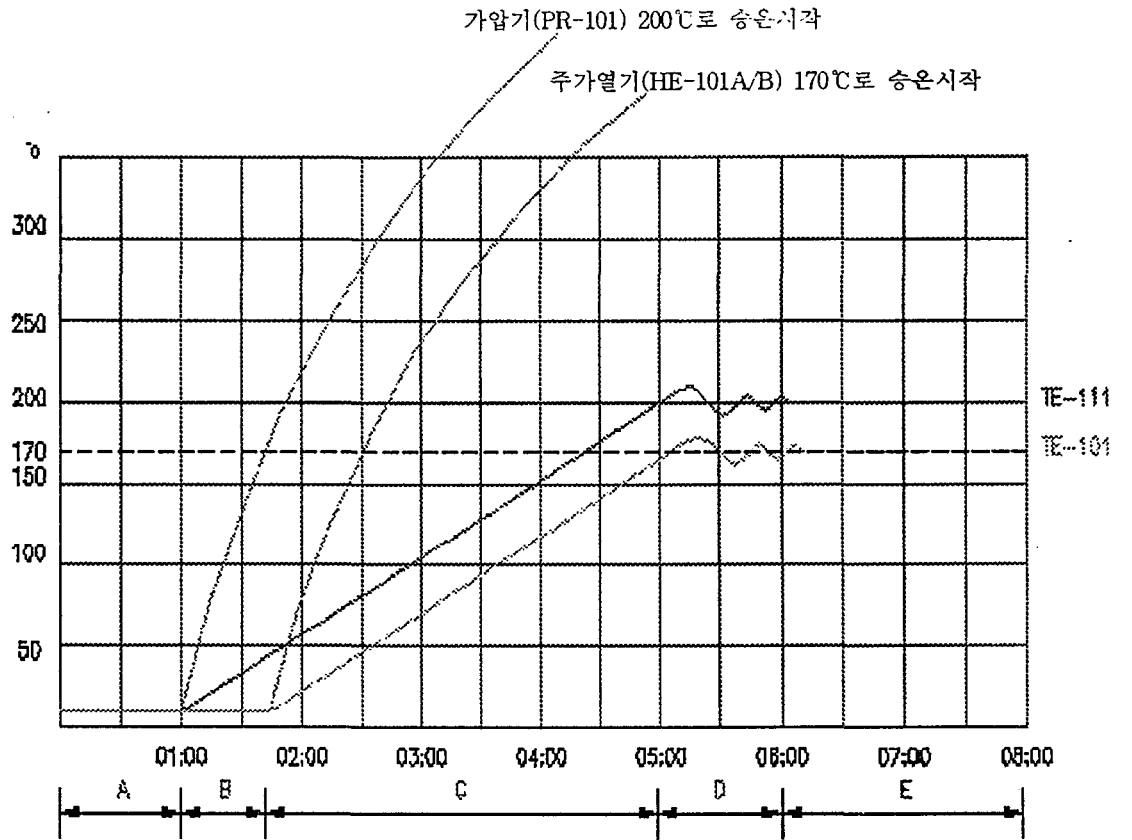
2. 운전방법

- (1) MAIN LOOP의 주순환 유량(FT-101)의 설정치를 5.0m/h로 설정하여 순환
- (2) TEST CHAMBER의 압력(PT-103)의 설정치를 40Kg/cm²로 설정하여 용수주입 펌프 가동
- (3) CEDM COOLING AIR를 1200m³/sec로 설정하여 AIR BLOWER(BL-101)를 가동
- (4) 가압기의 온도(TE-111)의 설정치를 200℃로 설정하여 가압기내의 용수를 승온 한다.
- (5) 가압기의 온도(TE-111)가 상온보다 30℃가 높으면 TEST CHAMBER의 온도(TE-101)의 설정치를 170℃로 설정하여 MAIN LOOP의 온도를 승온한다.
- (6) TEST CHAMBER의 온도(TE-101)가 설정치(170℃)에 도달하고 압력(PT-103)이 설정치(40Kg/cm²)에 도달하면 상태를 감시한다.
- (7) 이때 LOOP의 계기들을 지속적으로 감시한다.

3. 운전 결과

가. 온도의 변화

- TEST CHAMBER : TE-101
- 가압기(PR-101) : TE-111

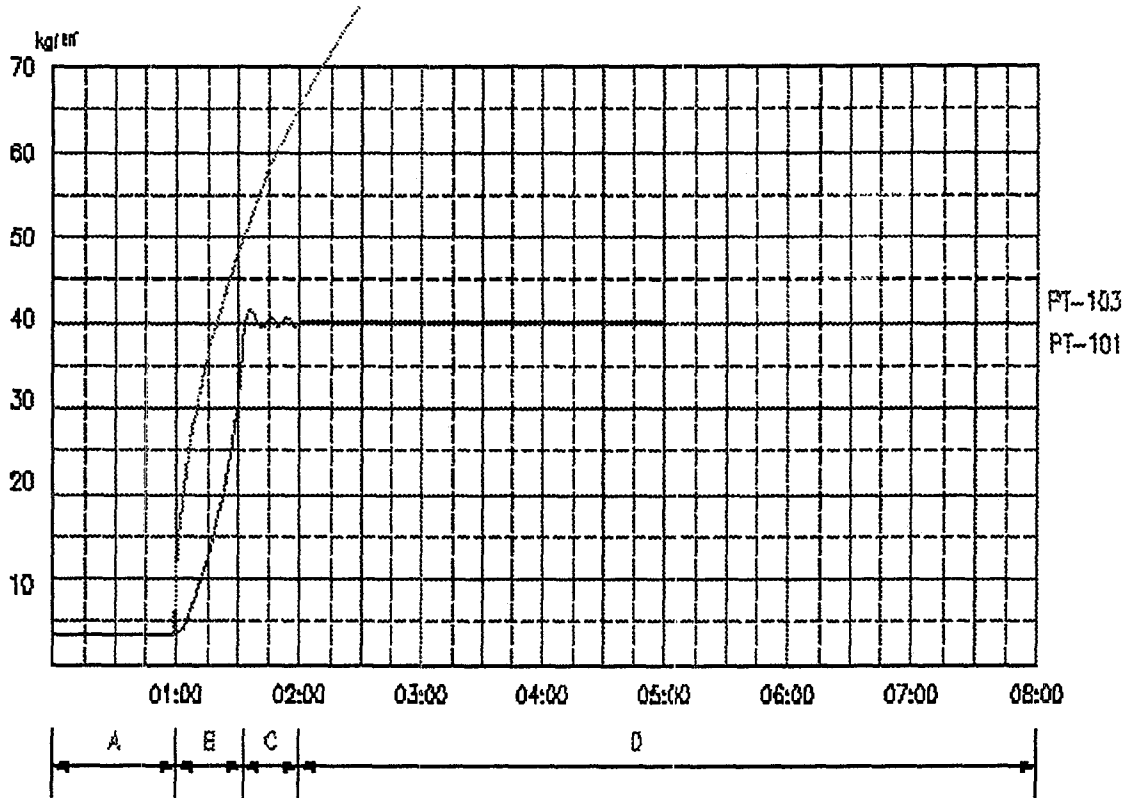


- A : 운전조건 확인 구간
- B : 가압기 온도(TE-111) 선 승온 구간
- C : TEST CHAMBER 온도(TE-101) 가압기온도(TE-111) 승온구간
- D : 온도(TE-101) 안정화 구간
- E : 안정 구간

나. 압력의 변화

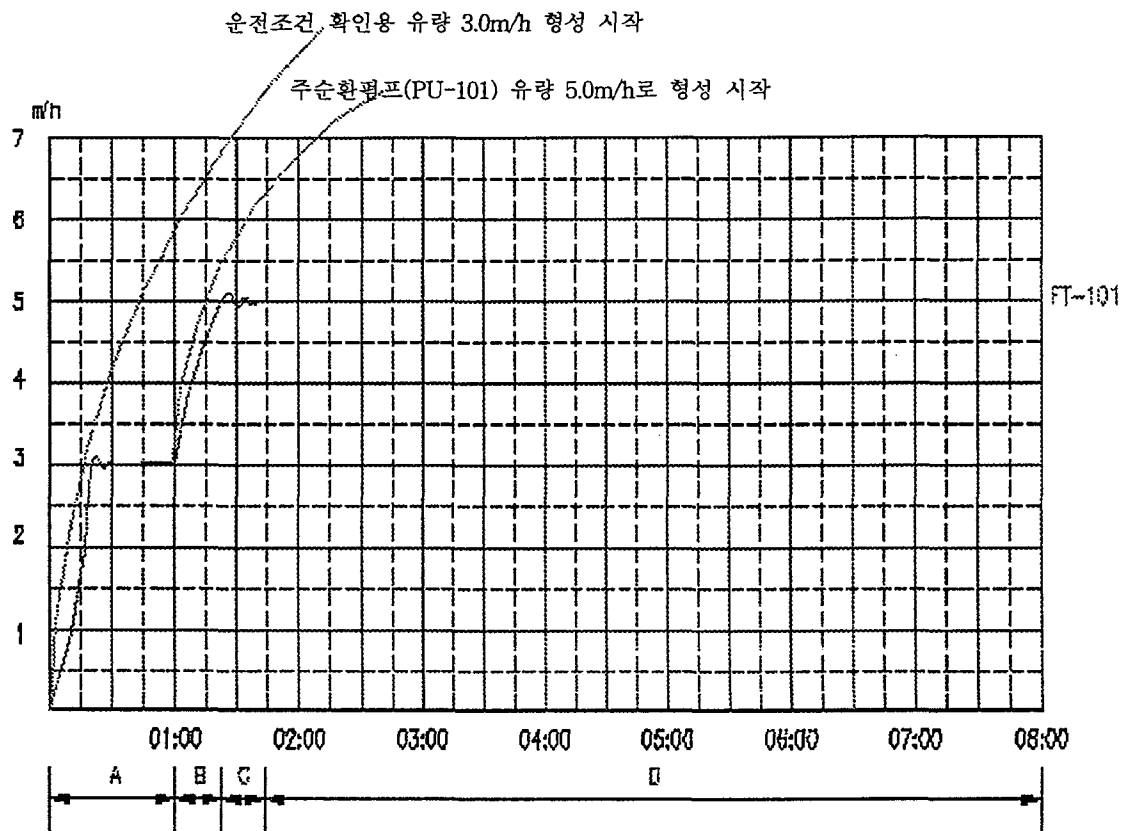
- TEST CHAMBER : PT-103
- 가압기(PR-101) : PT-101

용수주입펌프(PU-102) 40Kg/cm²로 가압 시작



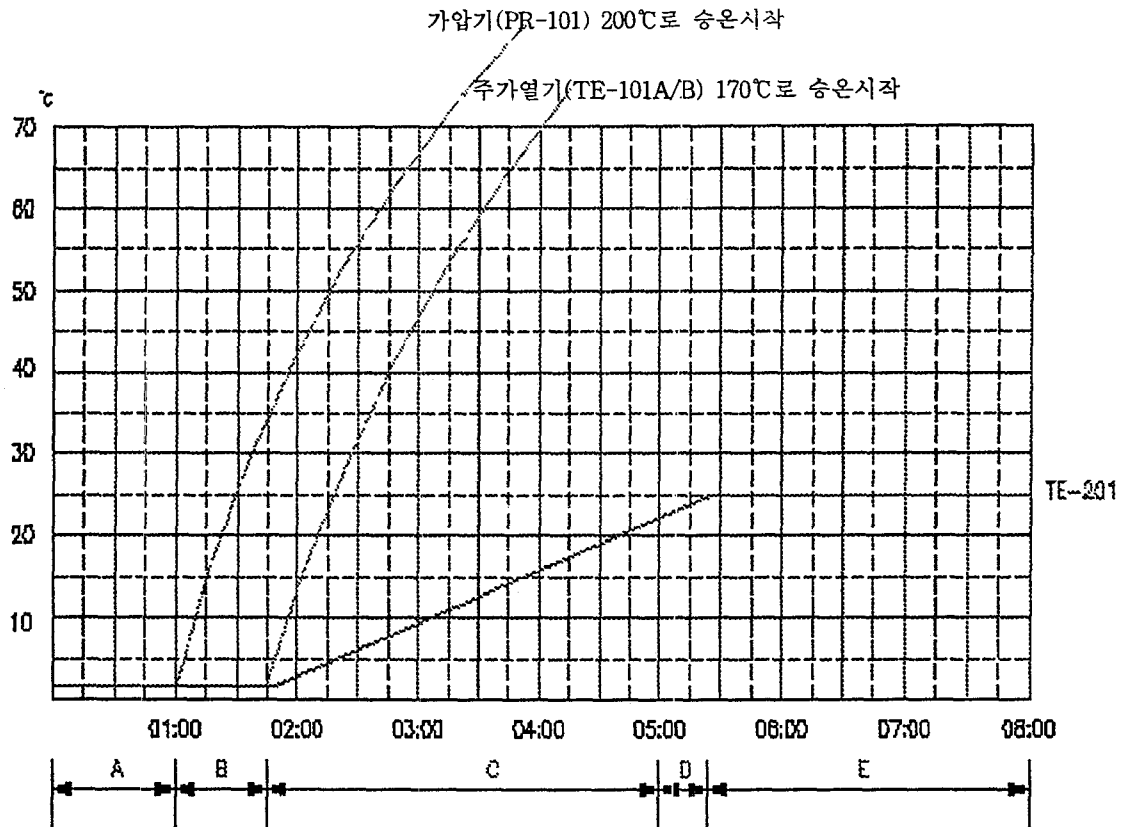
- A : 운전조건 확인 구간
- B : TEST CHAMBER 압력(PT-103) 가압 구간
- C : 압력(40Kg/cm²) 안정화 구간
- D : 안정 구간

다. 주순환 유량의 변화 (FT-101)



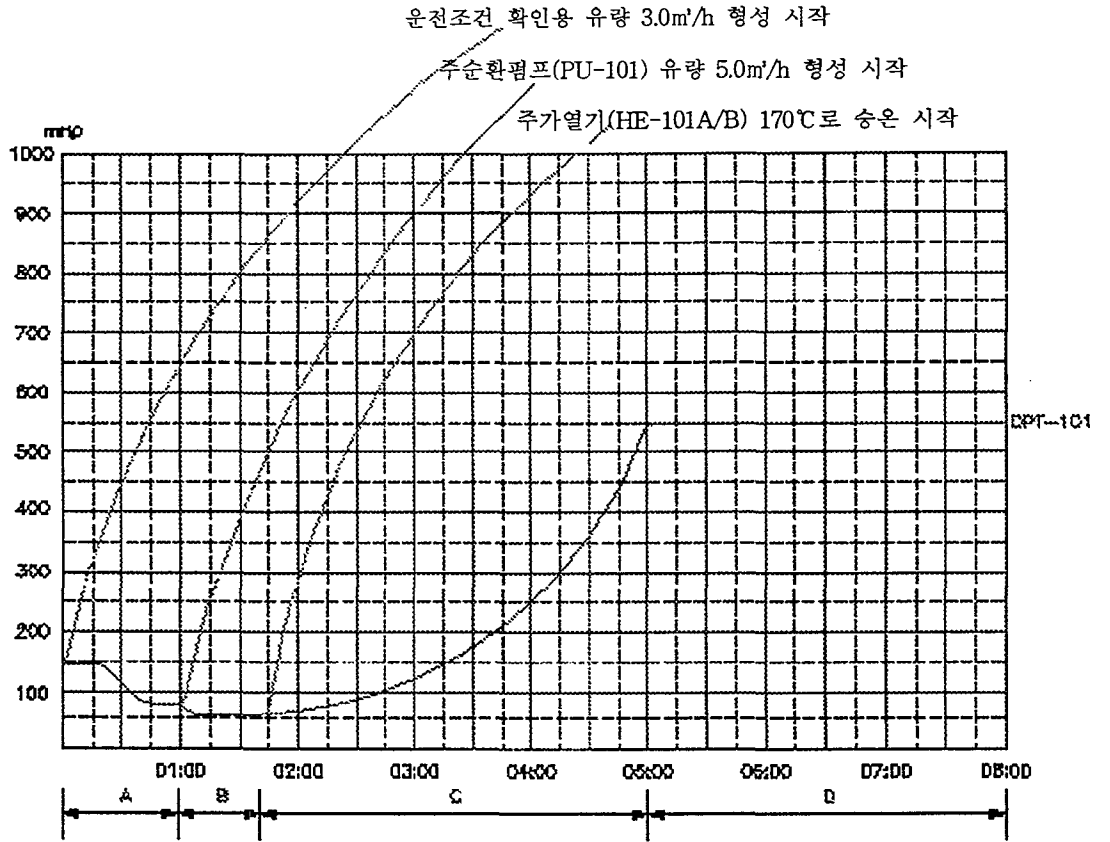
- A : 운전조건 확인 구간
- B : 유량(FT-101) 형성 구간
- C : 주순환 유량(FT-101) 안정화 구간
- D : 주순환 유량 안정 구간

라. CEDM COOLING AIR 온도 변화 (TE-201)



- A : 운전조건 확인 구간
- B : 가압기 승온 구간
- C : TEST CHAMBER 승온 구간
- D : 열전도에 의한 온도 상승 구간
- E : 안정 구간

다. TEST CHAMBER 상·하위 압력차 변화 (DPT-101)



- A : 운전조건 확인 구간
- B : 유량 형성 구간 (5.0m³/h)
- C : MAIN LOOP 승온 구간 (170°C)
- D : 안정 구간

제2절 고온고압 운전

1. 운전 조건

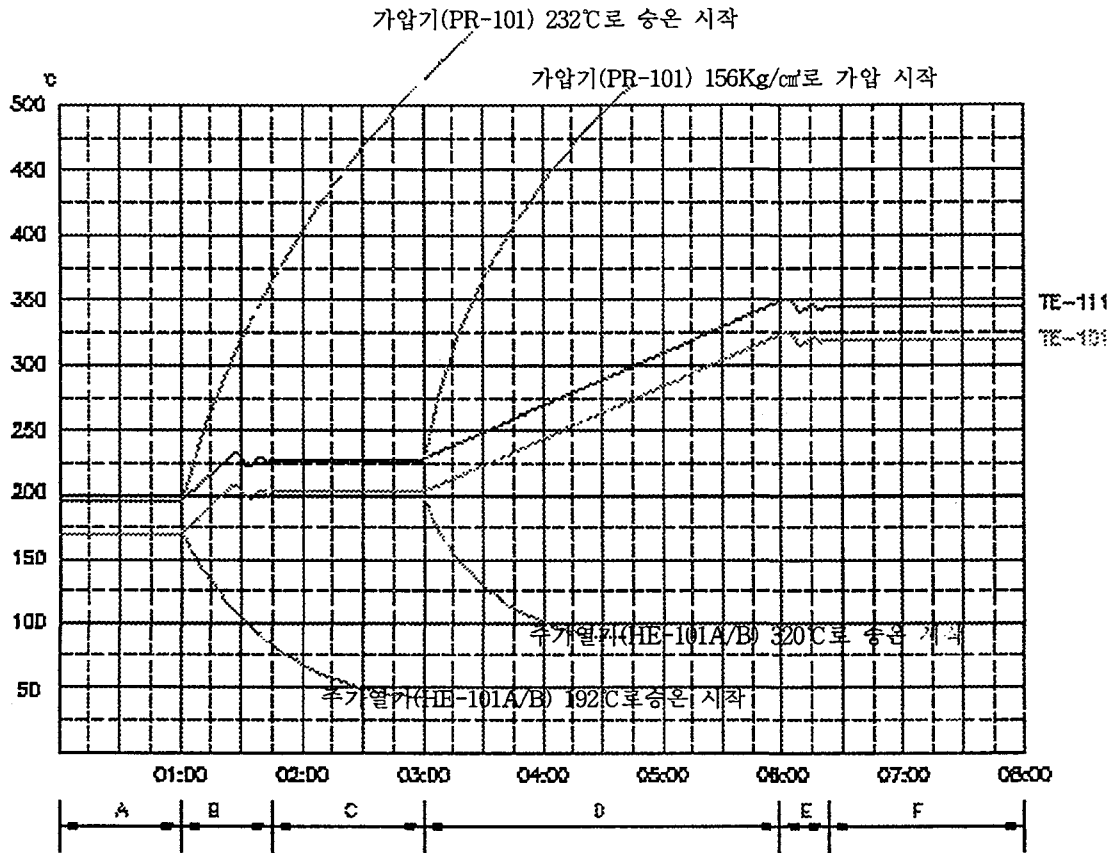
- (1) TEST CHAMBER 온도(TE-101) $170^{\circ}\text{C} \pm 3$ 확인
- (2) 가압기(PR-101)의 온도(TE-111) $200^{\circ}\text{C} \pm 3$ 확인
- (3) TEST CHAMBER 압력(PT-103) $40\text{Kg}/\text{cm}^2 \pm 2$ 확인
- (4) 가압기(PR-101)의 압력(PT-101) $40\text{Kg}/\text{cm}^2 \pm 2$ 확인
- (5) 주순환 유량(FT-101) $5.0\text{m}/\ell \pm 0.1$ 확인
- (6) CEDM COOLING AIR의 온도(TE-201) $25^{\circ}\text{C} \pm 2$ 이하 확인
- (7) 가압기(PR-101)의 수위(LT-101)가 100%를 확인
- (8) 용수공급 탱크의 수위(LT-102) $40\% \pm 3$ 이상 확인

2. 운전방법

- (1) 가압기(PR-101)의 온도(TE-111)을 SATURATION 온도 232°C 로 설정한다.
- (2) TEST CHAMBER의 온도(TE-101)을 194°C 로 설정한다.
- (3) MAIN LOOP의 주순환 유량(FT-101)을 $6.8\text{m}/\text{h}$ 로 설정한다.
- (4) MAIN LOOP의 온도와 압력이 안정(TE-101 ; 194°C , PT-103 ; $40\text{Kg}/\text{cm}^2$)되고 가압기(PR-101)의 내부온도(TE-111)가 232°C 가 되면 PT-103의 설정치 ($40\text{Kg}/\text{cm}^2$)를 $29\text{Kg}/\text{cm}^2$ 로 설정한다.
- (5) BLEED LINE의 VALVE(LCV-101)를 수동으로 열면 가압기의 압력 (PT-101)은 SATURATION 압력($29\text{Kg}/\text{cm}^2$)으로 낮아지고 가압기 내부에 수증기가 형성되며, 이때 가압기의 수위(LT-101)가 하강한다.
- (6) 가압기(PR-101)의 내부에 수증기가 형성되어 수위(LT-101)가 50%에 도달하여 안정화되면 TEST CHAMBER의 온도(TE-101)을 320°C 로 설정한다.
- (7) 가압기(PR-101)의 압력(PT-101)을 $156\text{Kg}/\text{cm}^2$ 로 설정한다.
- (8) TEST CHAMBER의 온도, 압력이 안정(TE-101 ; 320°C , PT-103 ; $16\text{Kg}/\text{cm}^2$)되면 온도와 압력을 감시한다.
- (9) 이때 LOOP의 계기들을 지속적으로 감시한다.

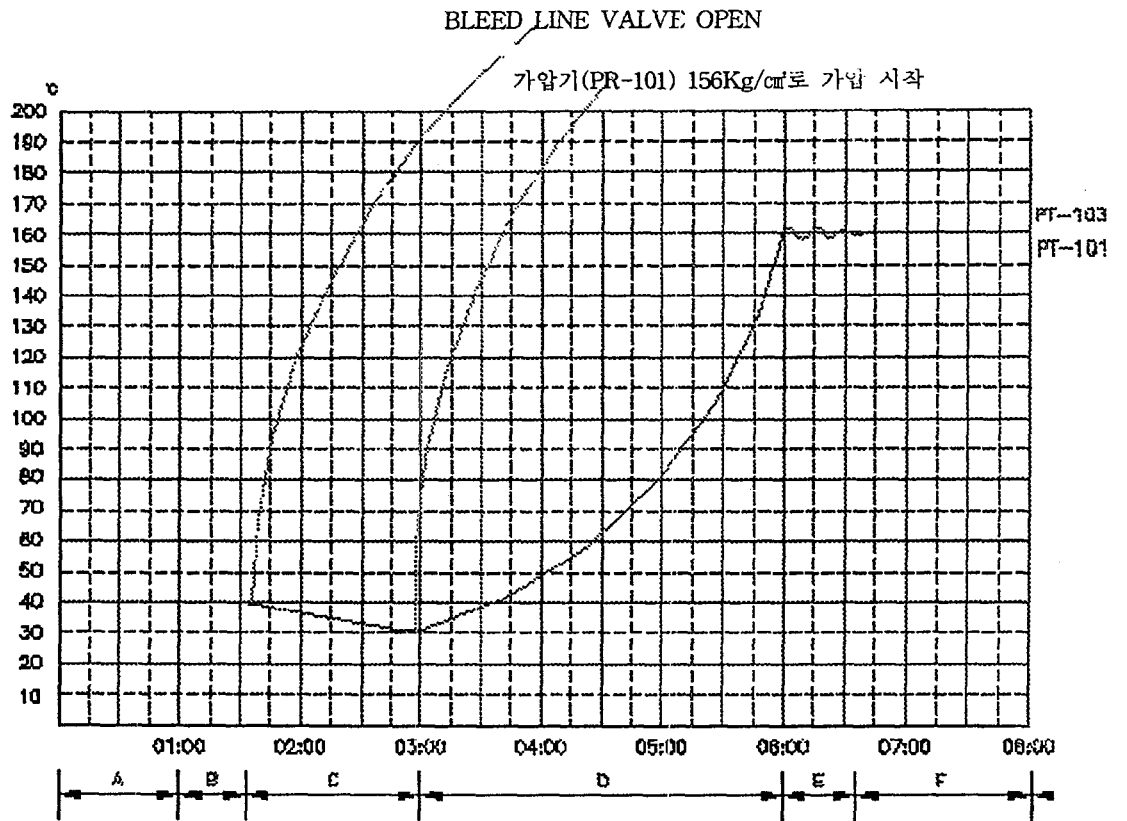
3. 운전 결과

가. 온도 변화 (TEST CHAMBER ; TE-101, 가압기 (PR-101) ; TE-111)



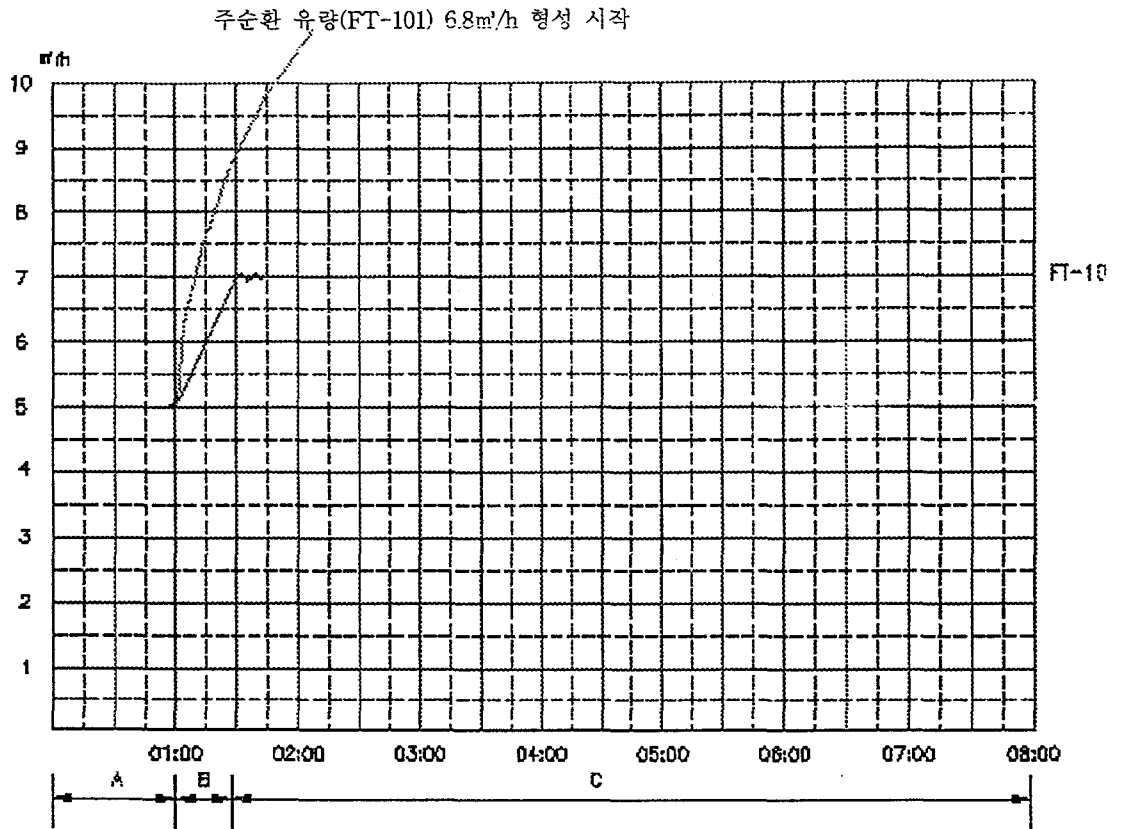
- A : 운전조건 확인 구간
- B : SATURATION 온도로 승온 구간
- C : SATURATION 구간
- D : TEST CHAMBER 온도(TE-101) 승온구간
- E : 온도(TE-101) 안정화 구간
- F : 안정 구간

나. 압력 변화 (TEST CHAMBER ; PT-103, 가압기 (PR-101) ; PT-101)



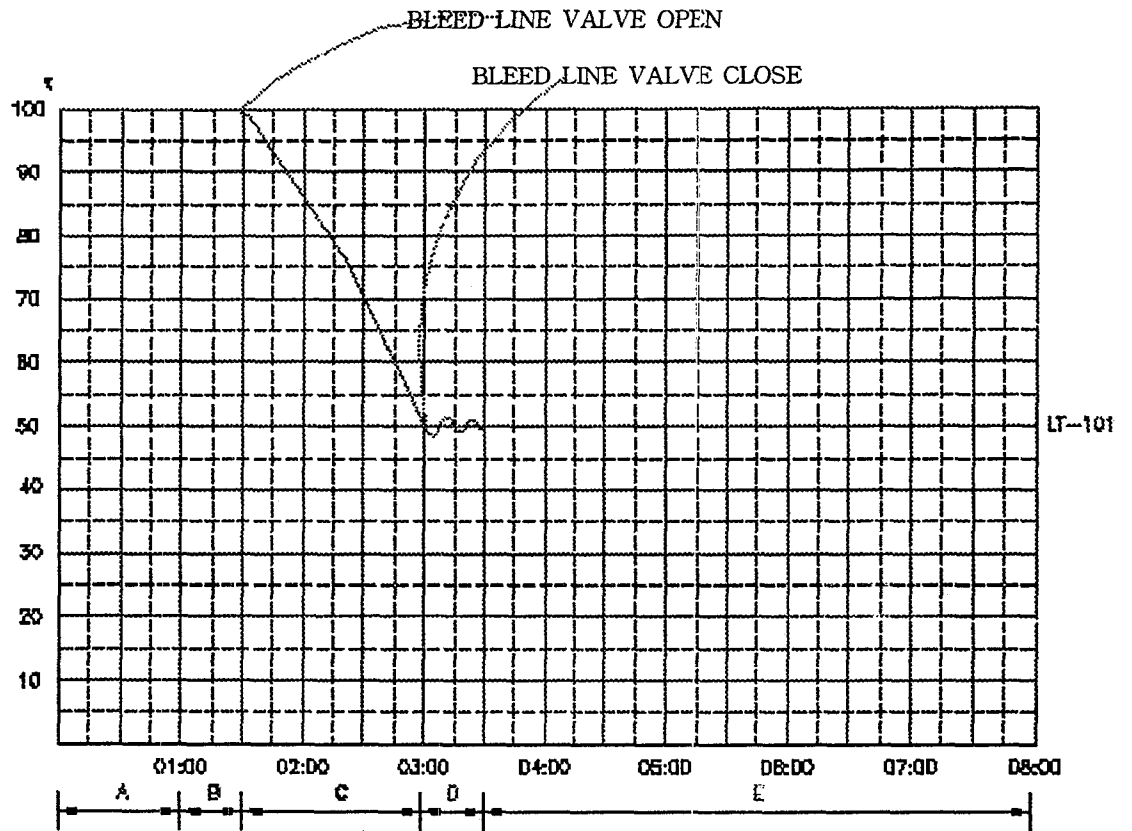
- A : 운전조건 확인 구간
- B : SATURATION 온도로 승온 구간
- C : SATURATION 구간
- D : MAIN LOOP 가압 구간
- E : 압력(156Kg/cm²) 안정화 구간
- F : 안정 구간

다. 주순환 유량의 변화 (FT-101)



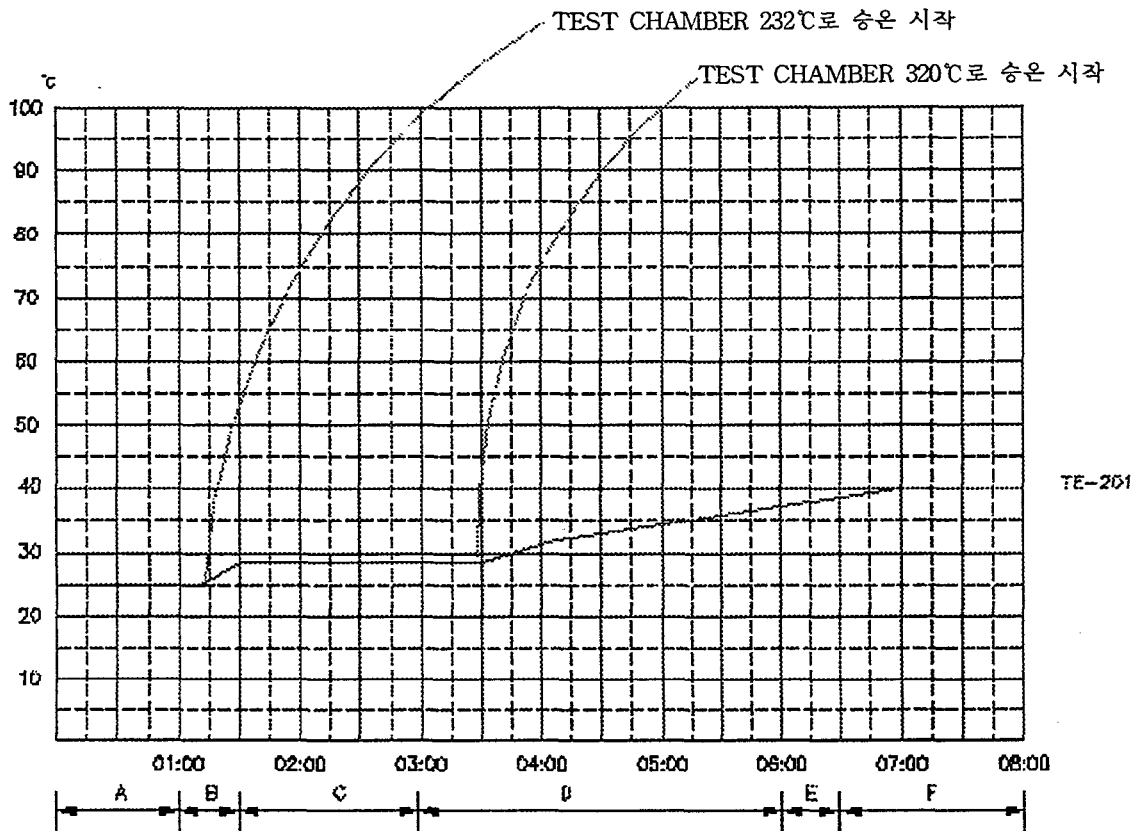
- A : 운전조건 확인 구간
- B : 유량(FT-101) 형성 구간
- C : 주순환 유량(FT-101) 안정화 구간

라. 가압기 수위 변화 (LT-101)



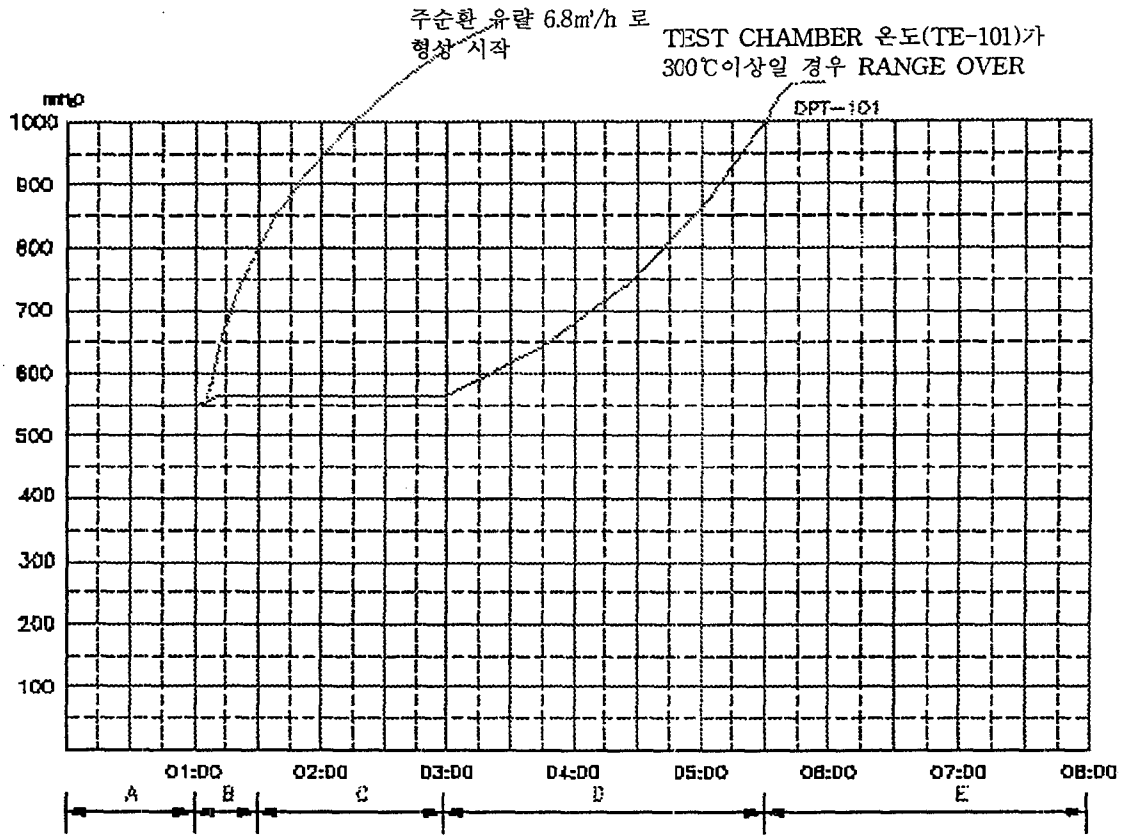
- A : 운전조건 확인 구간
- B : SATURATION 준비 구간
- C : SATURATION 구간 = 수위 하강 구간 = 수증기 형성 구간
- D : 수위(50%) 안정화 구간
- E : 안정구간

마. CEDM COOLING AIR 온도 변화 (TE-201)



- A : 운전조건 확인 구간
- B : TEST CHAMBER 232°C로 승온 구간
- C : SATURATION 구간
- D : TEST CHAMBER 320°C로 승온 구간
- E : 열전도에 의한 온도 상승 구간
- F : 안정 구간

바. TEST CHAMBER 상·하위 압력차 변화 (DPT-101)



- A : 운전조건 확인 구간
- B : 유량(FT-101)형성 6.8m³/h 그리고 TEST CHAMBER 192°C 승온 구간
- C : SATURATION 구간
- D : TEST CHAMBER 320°C로 승온 구간
- E : RANGE OVER

제3절 시운전 결과

1. 저온저압 운전 결과

- 가. 온도 변화 (TEST CHAMBER ; TE-101, 가압기(PR-101) ; TE-111): 온도 상승은 정상이며 상온에서 설정온도(TE-101 ; 170℃, TE-111; 200℃)로 승온하여 안정되는데 소요되는 시간은 약 5시간 정도이다.
- 나. 압력 변화 (TEST CHAMBER ; PT-103, 가압기(PR-101) ; PT-101): 압력 상승은 정상이며 0Kg/cm²에서 설정압력(PT-103 ; 40Kg/cm², PT-101 ; 40Kg/cm²)로 승압하여 안정되는데 소요되는 시간은 약 30분 정도이다.
- 다. 주순환 유량의 변화 (FT-101): 유량의 변화는 정상이며 설정치(모든 m³/h)로 안정되는데 소요되는 시간은 약 5분 정도이다.
- 라. CEDM COOLING AIR 온도 변화 (TE-201): 온도의 변화는 TEST CHAMBER의 온도(TE-101)에 영향을 받으며 열전도 소요시간은 약 20분 정도이다.
- 마. TEST CHAMBER 상·하위 압력차 변화 (DPT-101) : 압력차의 변화는 주순환 유량(FT-101) 변화, TEST CHAMBER의 온도(TE-101)변화의 영향을 받는다.

2. 고온고압 운전 결과

- 가. 온도 변화 (TEST CHAMBER ; TE-101, 가압기(PR-101) ; TE-111): 온도 상승은 정상이며 SATURATION 온도(TE-101 ; 194℃, TE-111 ; 232℃)에서 설정온도(TE-101 ; 320℃)로 승온하여 안정되는데 소요되는 시간은 약 4시간 정도이다. 가압기의 수위(50%) 추종에 의해 용수주입펌프가 동작하여 상온의 용수가 유입될 경우 TEST CHAMBER의 온도(TE-101)가 승온 지연 또는 감온의 현상이 발생한다.
- 나. 압력 변화 (TEST CHAMBER ; PT-103, 가압기(PR-101) ; PT-101): 압력 상승은 정상이며 29Kg/cm²에서 설정압력(PT-103 ; 156Kg/cm², PT-101 ; 156Kg/cm²)로 승압하여 안정되는데 소요되는 시간은 약 4시간 정도이다.

- 라. 주순환 유량의 변화 (FT-101): 유량의 변화는 정상이며 설정치(모든 m³/h)로 안정되는데 소요되는 시간은 약5분 정도이다.
- 마. 가압기 수위의 변화(LT-101) : 수위의 변화는 정상이며 BLEED LINE V/V 가 OPEN하여 설정치(50%)에 도달하는 시간은 약 1시간 30분이며 수위가 안정되는데 소요되는 시간은 약 10분 정도이다.
- 바. CEDM COOLING AIR 온도 변화 (TE-201): 온도의 변화는 TEST CHAMBER의 온도(TE-101)에 영향을 받으며 TE-101이 320℃일 경우 온도는 약 50℃이다.
- 사. TEST CHAMBER 상·하위 압력차 변화 (DPT-101): 압력차의 변화는 주순환 유량(FT-101) 변화, TEST CHAMBER의 온도(TE-101)변화의 영향을 받는다. 또한, TEST CHAMBER의 온도(TE-101)가 300℃ 이상일 경우 RANGE (0~1000mmH2O) OVER가 발생하였다.

제4절 보완 사항

가압기의 수위(50%)를 추종하는 용수주입펌프가 동작하여 상온의 용수가 유입될 경우 TEST CHAMBER의 온도(TE-101)가 감온 현상 발생을 감쇄시키기 위하여 용수주입펌프의 2차측 PIPE LINE에 가열기를 설치하여 상온의 용수를 승온(100~150℃) 하여 MAIN LOOP에 유입하는 방법 검토가 요망된다.

서 지 정 보 양 식

수행기관보고서번호	위탁기관보고서번호	표준보고서번호	INIS 주제코드		
KAERI/TR-1764/2001					
제목 / 부제	CEDM 성능시험장치 구축 및 종합시운전 보고서				
연구책임자 및 부서명 (AR,TR 등의 경우 주저자)	정장환(열수력안전연구팀),				
연구자 및 부서명	김정택, 박원만(MMIS팀) 운영중, 전형길, 최남현, 박중국, 송철화 (열수력안전연구팀) 이성호 (핵화학연구팀), 박중균 (동력로기술개발팀)				
출판지	대전	발행기관	한국원자력연구소	발행년	2001
페이지	87 p.	도표	있음(o), 없음()	크기	Cm.
참고사항					
비밀여부	공개(o), 대외비(), _ 급비밀	보고서종류	기술보고서		
연구위탁기관		계약번호			
초록 (15-20줄내외)	<p>차세대 원자로용 핵반응도 제어봉구동장치(CEDM)의 성능시험을 위하여 고온고압 실험장치를 설계 제작하여 원자력연구소에 설치하였다. CEDM은 기구학적인 기계부품과 전자기적 구동계통이 통합된 구조를 갖으며 기능상 마모와 피로 하중을 많이 받게 되므로 CEDM 운전조건 변경시 설계의 적합성을 입증하고 성능요건의 만족 여부를 평가하기 위한 성능실증시험이 요구된다.</p> <p>따라서 본실험장치는 원자로의 운전조건인 온도, 압력 및 수질조건에서 다음과 같은 성능실증시험이 수행 가능하도록 설계하였다.</p> <ul style="list-style-type: none"> - 수명시험 : 수명요건 만족, 입증, 한계 수명 확인, 기능확인 - 냉각시험 : 냉각초기 지정, 온도분포, 공기속도 측정 - 전력시험 : 구동 모드에 따른 전기적 요건 확립 - 제어봉 낙하시험 <p>본 실험장치를 엔지니어링동에 설치한 후에 종합 시운전을 수행하여 온도 320 C, 압력 156 bar를 얻을 수 있었고, 실험 용수의 수질을 규정하는 PH, conductivity, DO, Turbidity 등이 시험 사양에 만족함을 확인하였다.</p>				
주제명키워드 (10단어내외)	차세대원자로, 반응도 제어장치, CEDM, 성능검증시험, 수명시험, 냉각시험, 전력시험, 제어봉낙하시험				

BIBLIOGRAPHIC INFORMATION SHEET

Performing Org. Report No.	Sponsoring Org. Report No.	Standard Report No.	INIS Subject Code
KAERI/TR-1764/2001			
Title / Subtitle	Construction & Commissioning Test Report of the CEDM Test Facility		
Project Manager and Department (or Main Author)	C.H. Chung (Thermal Hydraulic Safety Research Team)		
Researcher and Department	J.T. Kim, W.M. Park (MMIS Team) Y.J. Youn, H.G. Jun, N.H. Choi, J.K. Park, C.H. Song (Thermal Hydraulic Safety Research Team) S.H. Lee (Nuclear Chemical Engineering Research Team) J.K. Park (Power Reactor Development)		
Publication Place	Taejon	Publisher	KAERI
			Publication Date
			2001
Page	87 p.	Ill. & Tab.	Yes(o), No ()
			Size
			Cm.
Note			
Classified	Open(o), Restricted(), ___ Class Document	Report Type	Technical Report
Sponsoring Org.		Contract No.	
Abstract (15-20Lines)	<p>The test facility for performance verification of the control element drive mechanism (CEDM) of next generation power plant was installed at the site of KAERI. The CEDM was featured a mechanism consisting of complicated mechanical parts and electromagnetic control system. Thus, a new CEDM design should go through performance verification tests prior to it's application in a reactor.</p> <p>The test facility can simulate the reactor operating conditions such as temperature, pressure and water quality and is equipped with a test chamber to accomodate a CEDM as installed in the power plant. This test facility can be used for the following tests; endurance test, coil cooling test, power measurement and reactivity rod drop test.</p> <p>The commissioning tests for the test facility were performed up to the CEDM test conditions of 320 C and 150 bar, and required water chemistry was obtained by operating the on-line water treatment system.</p>		
Subject Keywords (About 10 words)	Next Generation Reactor, Reactivity Control System Control Element Drive Mechanism, Endurance Test, Coil Cooling Test, Power Test, Control Rod Drop Test		