



원자로 증기발생기 Tube Sheet 검사로봇 제어시스템 개발



한전KPS주식회사

KEPCO PLANT SERVICE & ENGINEERING CO., LTD

전략기술개발센터

책임 김준홍



목 차

1

개발 개요

2

개발 내용

3

활용 계획

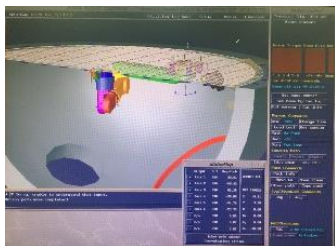
1. 개발 개요(1/2)

❖ 증기발생기 Tube Sheet 검사/정비용 로봇(ROSA-III) 개요

- ◆ 매 주기별 Tube Sheet 전열관 검사 및 정비 수행
- ◆ 구성 : ROSA-III 로봇Arm, 제어시스템, 운용시스템

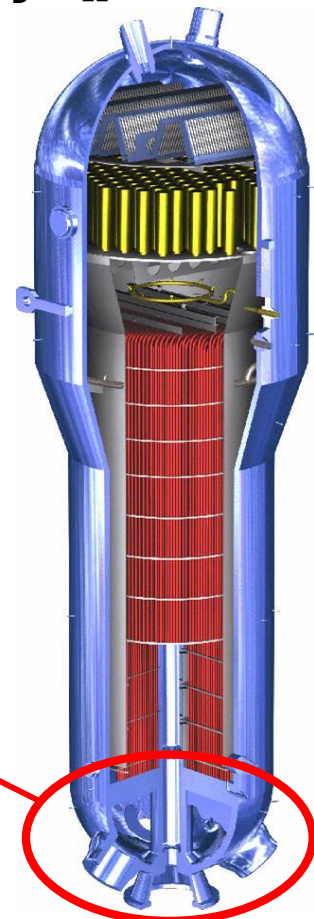
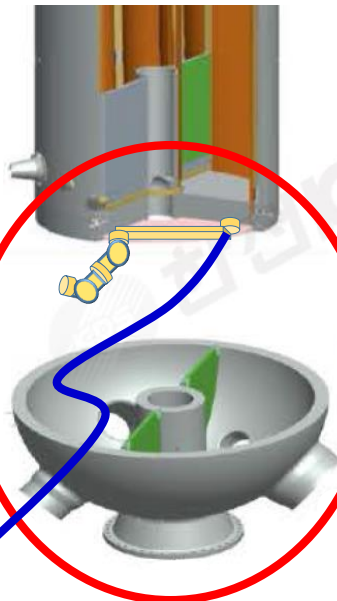


증기발생기내 Tube Sheet 정비작업
(ECT검사, Plugging 등)



2차측

1차측



증기발생기(OPR-1000)

1. 개발 개요(2/2)

❖ 연구배경

- ◆ 기존 제어시스템 **단종 및 노후화**로 인한 기능상실
- ◆ 해외 개발 장비로 유지보수 비용, 기간 과다투입
- ◆ **로봇대비 부족한 제어시스템 개발 필요**
- ◆ 적용호기 : **총 19호기**

[고리#2등 **WH형** 7기, 한빛#3등 **OPR형** 12기]

2. 개발 내용(1/10)

❖ 연구개발 성과

목표	로봇분석	제어시스템	운영시스템	Mockup시험
기존시스템				
개발시스템				
비고	로봇 기구학해석 구동부품 조사	신규개발	신규개발	개발장비이용 Mockup시험

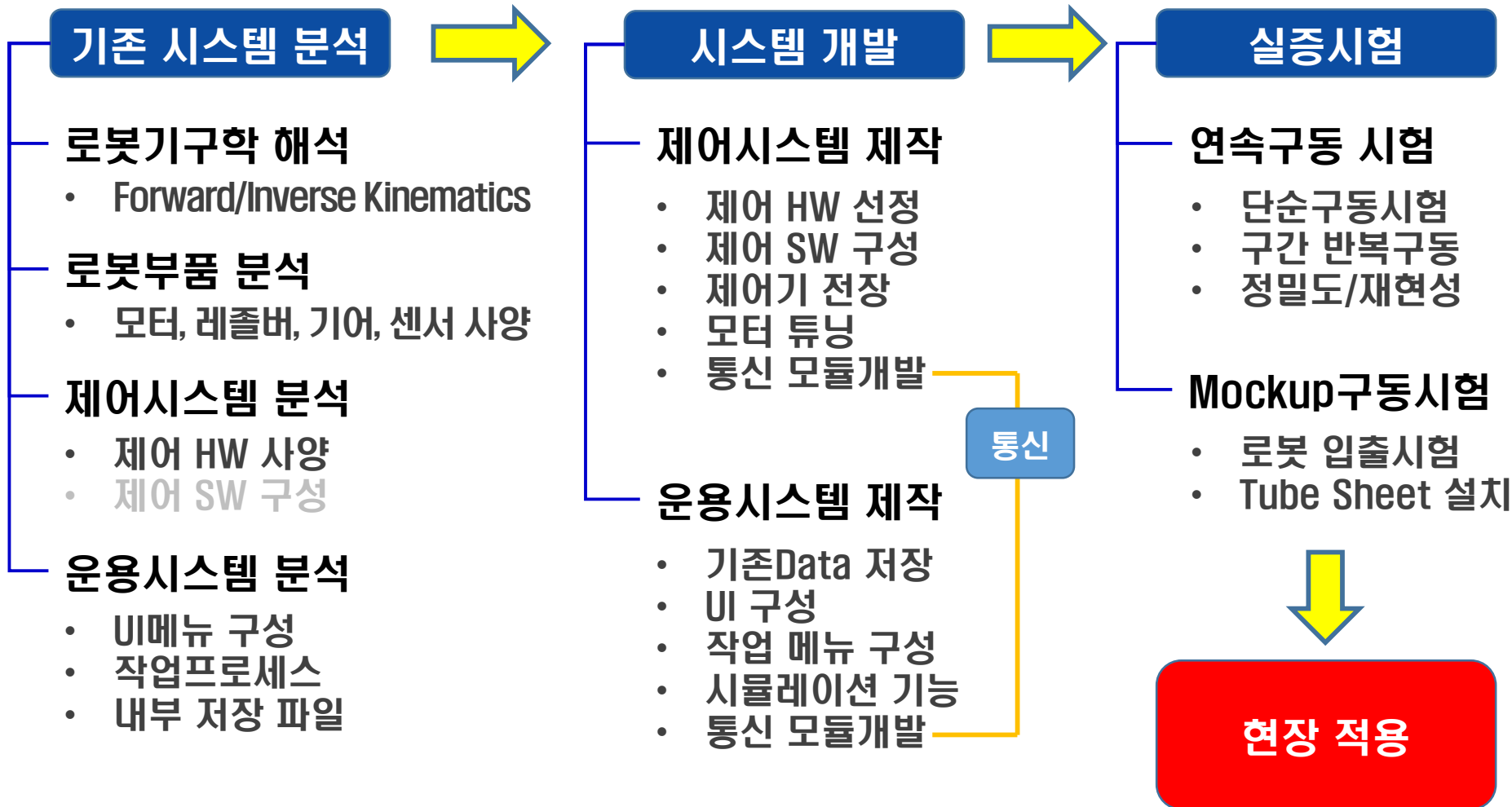
2. 개발 내용(2/10)

❖ 기존 제어/운용시스템과 개발시스템 비교

구분	기존시스템	개발시스템	비고
로봇분석	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 로봇 기구학 해석 자료 비공개 ▶ 모터 등 세부사양 비공개 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 로봇 기구학 해석완료 ▶ Auto Tunning기능 활용 구동 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 로봇해석 기술 확보
로봇 제어시스템	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 구동 OS : Linux ▶ 개발환경 : Unix ▶ VME Bus (40 Mbps) ▶ Main/Control 보드 등 단종 ▶ 제어프로그램 비공개 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 구동 OS : RT Linux/Xenomai ▶ 개발환경 : Windows 10/11 ▶ EtherCAT Bus (1.0 Gbps) ▶ 국산 EtherCAT 마스터 사용 ▶ 모터 Auto Tunning기능 	
로봇 운용시스템	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 구동 OS : Unix/X-Window ▶ 전용 Workstation에서만 구동 ▶ UNIX 조작불편 ▶ 유지보수에 비용 및 시간 과다소요 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 구동 OS : Windows 10/11 ▶ PC 업그레이드 가능 ▶ 3D CAD기능 보유 ▶ 제조사에서 무상 버전업데이트 	

2. 개발 내용(3/10)

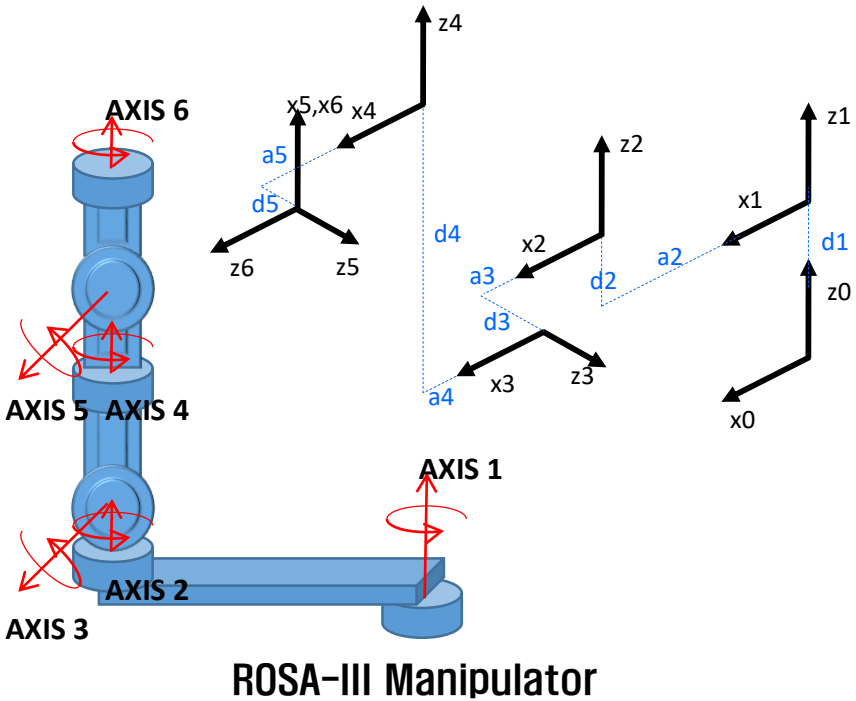
❖ 연구개발 흐름도



2. 개발 내용(4/10)

❖ 연구개발 세부내용

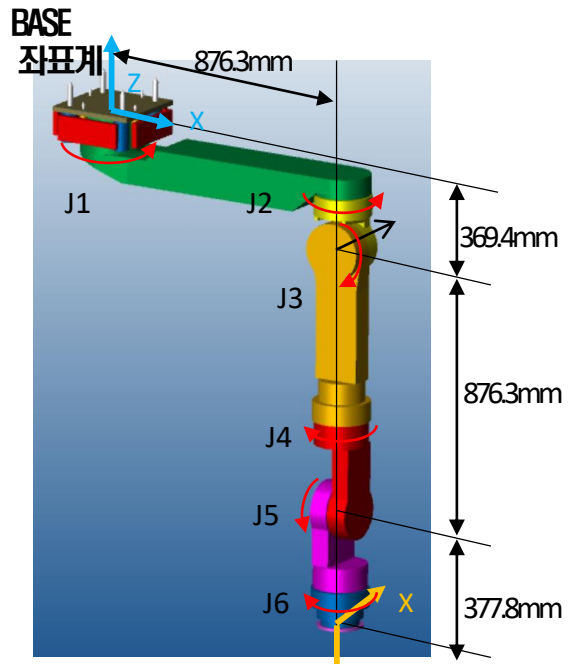
주요 연구내용	세부 내용	비고
<ul style="list-style-type: none"> ◆ ROSA-III 기구학 분석 <ul style="list-style-type: none"> ➢ Forward Kinematics ➢ Inverse Kinematics 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ ROSA-III 기구학 분석 <ul style="list-style-type: none"> ➢ D-H파라미터 도출 및 수치적 해석수행 ➢ 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 검증 	



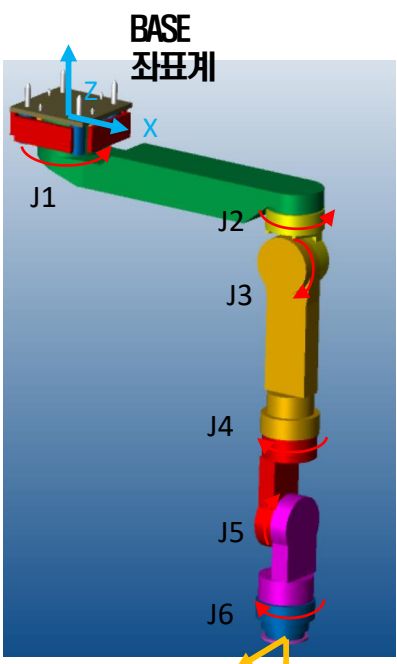
기구학 적용 로봇 Configuration Simulation

2. 개발 내용(5/10)

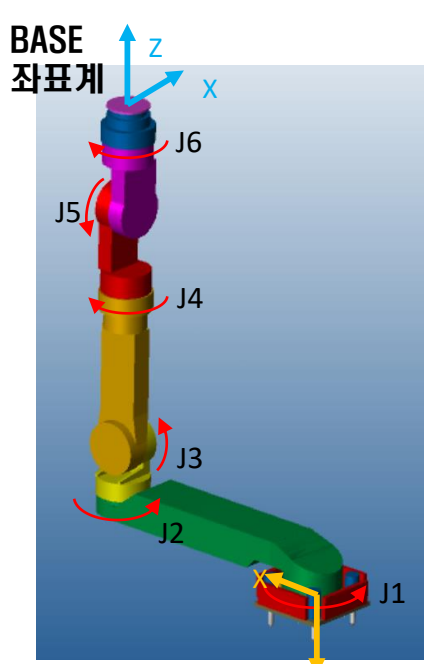
❖ 연구개발 세부내용



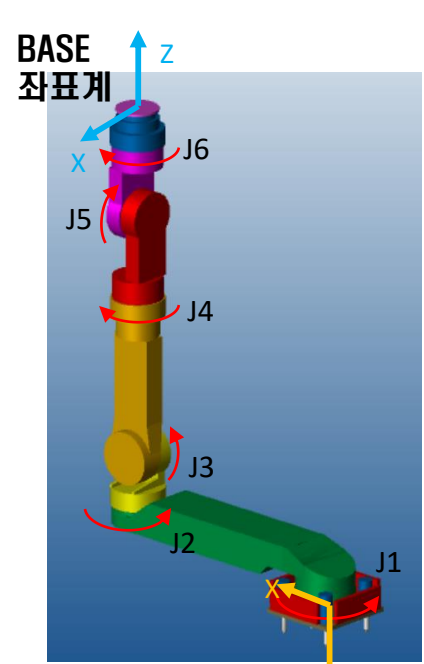
ROSA-III_L, ROSA-III_R
전열관 검사/정비 모드



마운트 좌표계



마운트 좌표계



마운트 좌표계

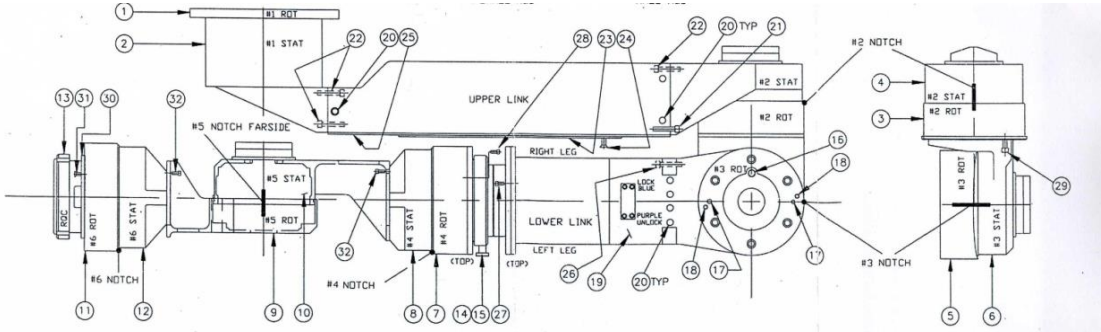
ROSA-III_L, ROSA-III_R
로봇 설치 모드

**검사/설치시
Base와 Mount좌표계 바뀜**

2. 개발 내용(6/10)

❖ 연구개발 세부내용

주요 연구내용	세부 내용	비고
◆ ROSA-III 부품 및 SMC분석 ▶ Motor, Gear, Resolver, Sensors	◆ ROSA-III 해외정비 보고서 및 도면 분석	



구분	사진	사양
모터		<ul style="list-style-type: none"> - Direct Drive DC Torque Motor - Frameless Type - 48VDC
Resolver		<ul style="list-style-type: none"> - 2-in-1 Resolver - Rotor(Input) : 1Phase/10Volts - Stator(Output) : 2Phase/4.46Volts

2. 개발 내용(7/10)

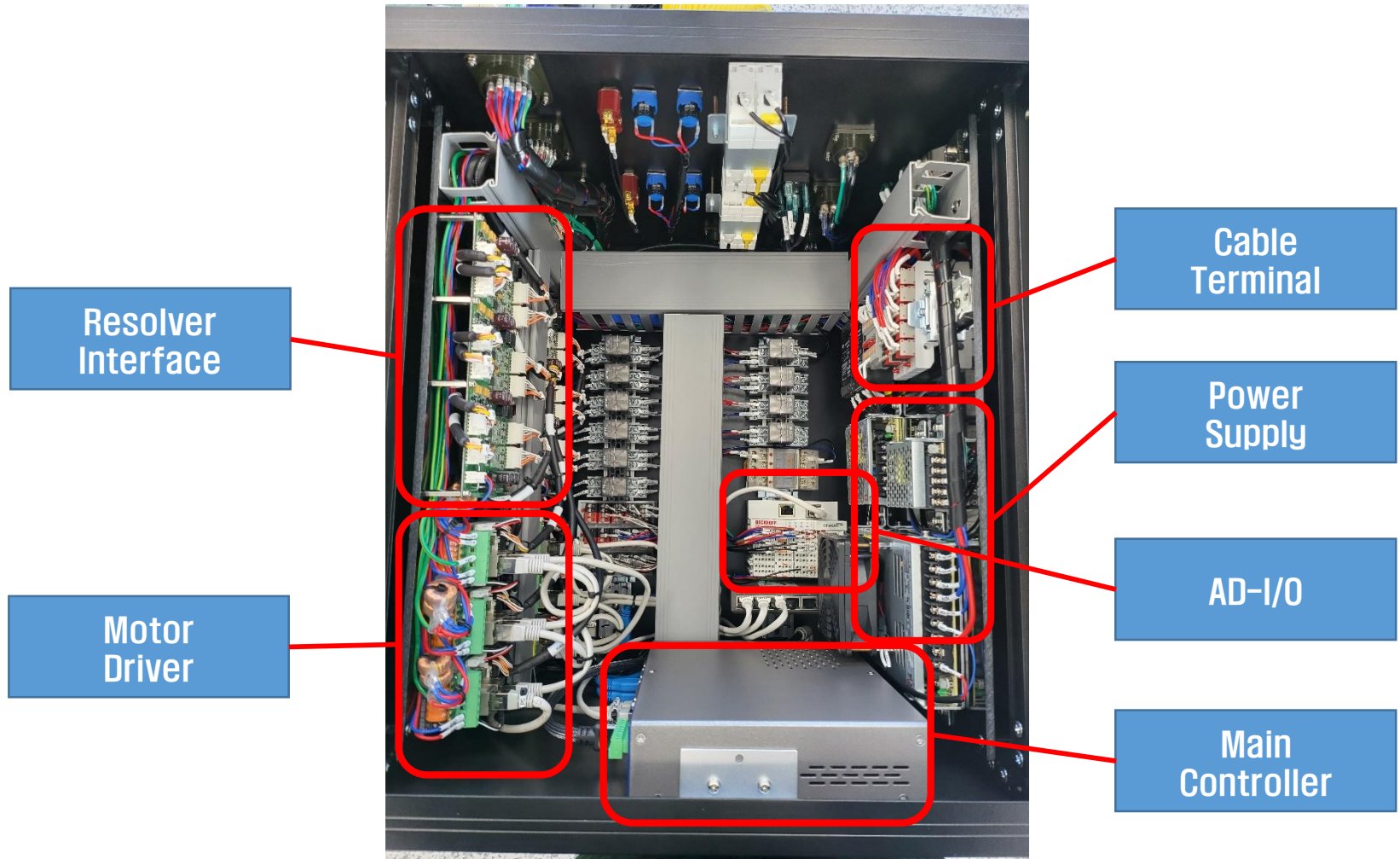
❖ 연구개발 세부내용

주요 연구내용	세부 내용	비고
<ul style="list-style-type: none"> ◆ 로봇 제어기 설계 및 제작 <ul style="list-style-type: none"> ➢ EtherCAT 기반 Master 제어기 선정 ➢ Slave Motor Driver 선정 ➢ Slave I/O Module 및 기타 부품 선정 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 로봇 제어기 설계 및 제작 <ul style="list-style-type: none"> ➢ 국내 제작 EtherCAT Master Controller ➢ Windows 기반 개발환경 ➢ Motor Driver : EtherCAT DC Slave 10A ➢ AD-I/O : EtherCAT I/O 	

구분	사양
Master Controller	<ul style="list-style-type: none"> - Intel Celeron based industrial PC, 4G RAM, 128G SSD, EtherCAT Master - Windows 기반 전용 로봇프로그램 개발Tool 구비
Motor Driver	<ul style="list-style-type: none"> - 48VDC, 10A DC모터 전용 Driver - 모터 Auto Tunning 기술
AD-I/O	<ul style="list-style-type: none"> - 24VDC Digital Input 16ch - 24VDC Digital Output 8ch - 4~24mA Analog Input 6ch

2. 개발 내용(8/10)

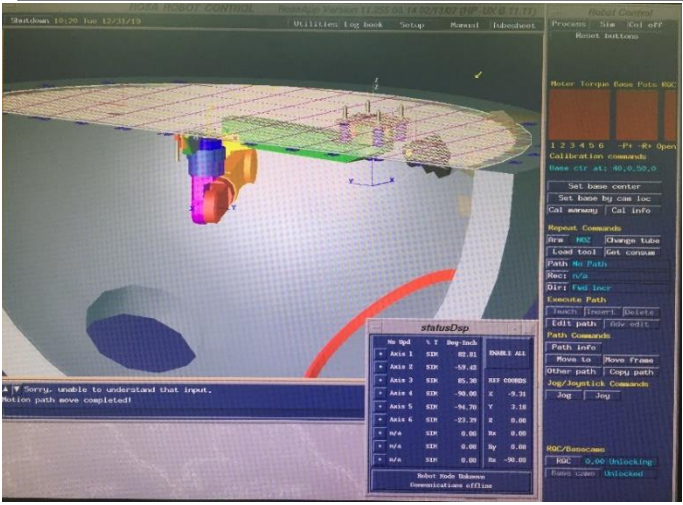
❖ 연구개발 세부내용



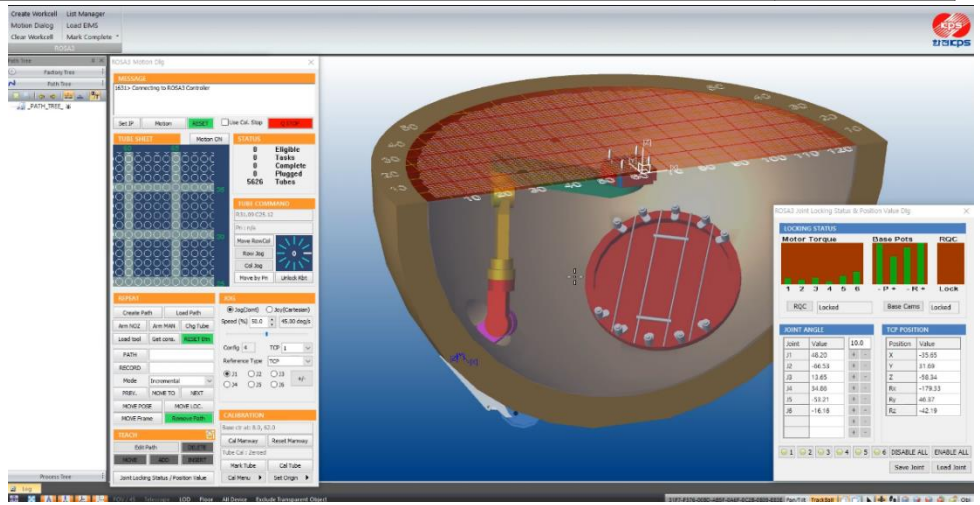
2. 개발 내용(9/10)

❖ 연구개발 세부내용

주요 연구내용	세부 내용	비고
<ul style="list-style-type: none"> ◆ 로봇 운용시스템 제작 <ul style="list-style-type: none"> ➢ 제어기 통신 프로토콜 제작 ➢ 기존 운용시스템 UI 및 작업프로세스 분석 ➢ 로봇 경로 생성 및 관리 모듈 제작 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ AUroRA* 운용시스템을 기반으로 제작 <ul style="list-style-type: none"> ➢ 로봇제어기(EtherCAT Master)와 TCP/IP통신 ➢ 국내외 증기발생기 작업환경 구현 ➢ Windows 10/11 구동가능 ➢ 기존시스템의 UI를 유지하여 작업자 혼선방지 	



기존 운용프로그램



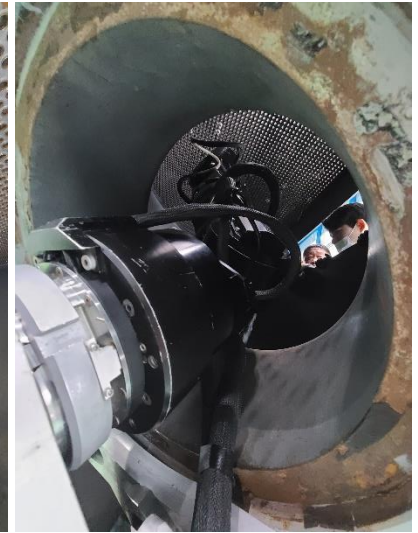
신규개발 운용프로그램

*AUroRA : Advanced Underwater Robot for Reactor Assessment [한전KPS 독자개발 원자로 검사용 수중로봇]

2. 개발 내용(10/10)

❖ 연구개발 세부내용

주요 연구내용	세부 내용	
<ul style="list-style-type: none">◆ 증기발생기 Mockup 실증시험<ul style="list-style-type: none">➢ Man-Way 입출입 시험➢ Tube Sheet 로봇장착 시험	<ul style="list-style-type: none">◆ WH-3Loop 증기발생기 Mockup 시험<ul style="list-style-type: none">➢ 실제 공사와 동일한 프로세스 적용	



3. 활용 계획

❖ 사업화(성과물) 추진 관련 향후 계획

◆ 증기발생기 Tube Sheet 검사용역 사업화

- 2023년 검사용역 사전훈련 시스템으로 활용 [용역전 필수사항]
- 2024년 이후 시스템을 양산하여 용역 투입

◆ 로봇 플랫폼 확대 적용

- 원전 해체 분야 로봇시스템 [고하중/양팔 로봇 등]
- 원전 수명연장 분야 로봇시스템 [4족 보행 로봇 등]

감사합니다

문의 : junonkim@kps.co.kr



한전KPS주식회사
KEPCO PLANT SERVICE & ENGINEERING CO., LTD