

혁신형 SMR 초음파형 냉각재 유량계측기 개발 계획
(2023 KNS workshop)

2023.10.25

Contents

1. 회사 소개
2. 연구과제 개요
3. 개발 목표
4. 사업화 전략

1. 회사 소개

WOOJIN INC.

회사 정보

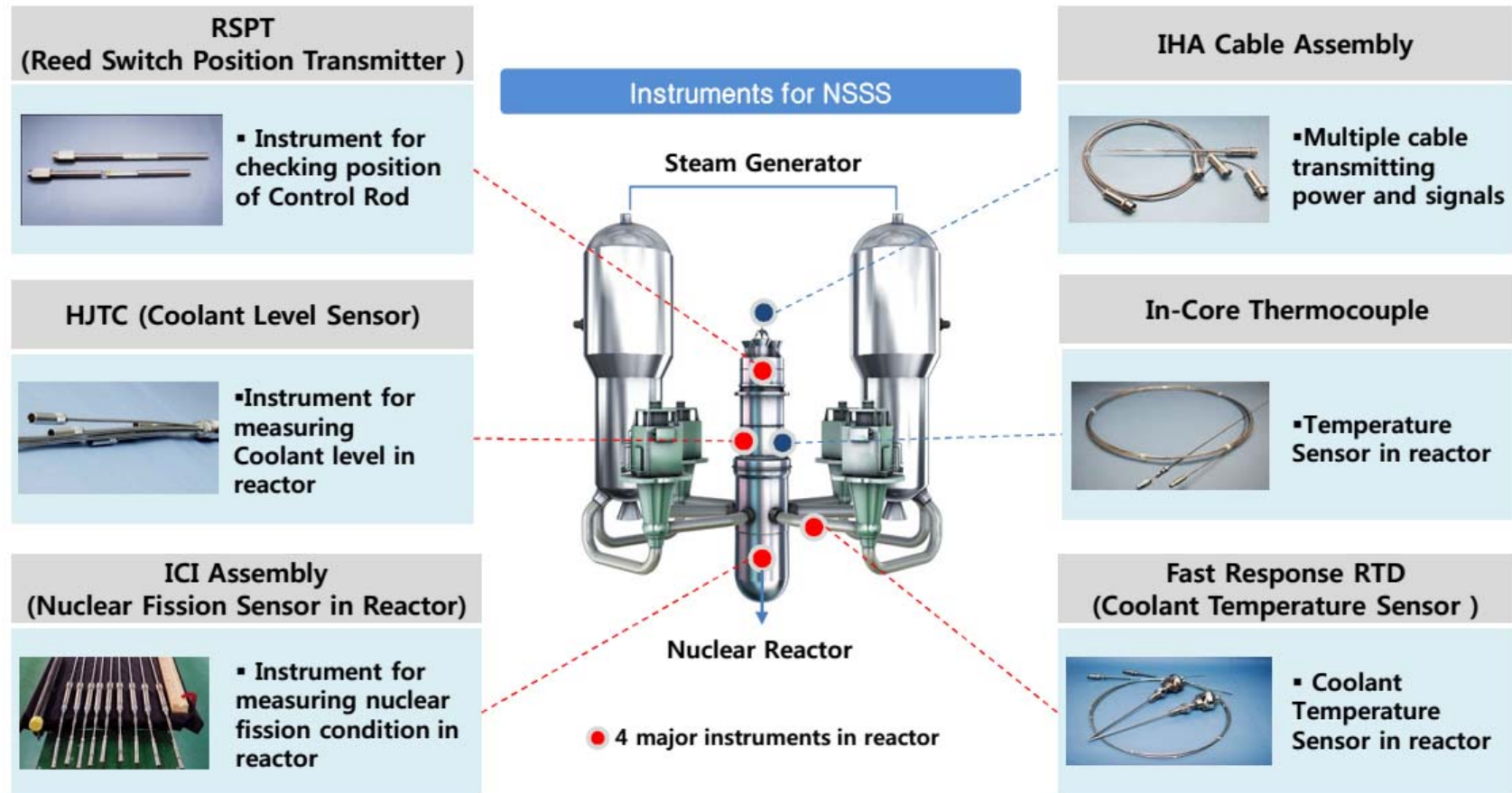
회 사 명	(주)우진, WOOJIN INC.
설 립 일	1980년 3월 11일
업종 및 생산품	원자력계측기, 철강플랜트사업, 유량계측시스템, 설비진단시스템, 산업용계측기
본사 위치	경기도 화성시 동탄면 동부대로 970번길 110
대표 전화	031-379-3114
팩스 번호	031-379-3133
부설 기관	계측기술연구소, KOLAS
특 징	국내 최초 계측 기술연구소 설립 국내 유일 정밀계측기단지 설립 산업통상자원부 우수제조기술연구센터 지정 국내 최대 유량연구센터 설립 원전계측제어 시스템개발사업 등 8개 연구분야 과제 수행



1. 회사 소개

WOOJIN INC.

- 원자력 발전 플랜트 적용 위치(NSSS)



1. 회사 소개

WOOJIN INC.

- 주요 계측 기자재 적용 현황



한빛원자력발전소
ICI : 82set, RSPT : 383set, FRRTD : 10set



한울원자력발전소
ICI : 71set, HJTC : 3 set, RSPT : 50set, FRRTD : 23set

ICI, HJTC, RSPT,
FRRTD,
J227&228, E248,
CEDM Coil, IHA
Cable, ICI/HJTC
MI Cable 등을 비
롯한 다수 제품
이 적용 및 적용
예정 중



고리&신고리원자력발전소
ICI : 59set, RSPT : 20set, FRRTD : 8set



월성&신월성원자력발전소
ICI : 30set, RSPT : 205set

1. 회사 소개

WOOJIN INC.

- 원자력 발전 플랜트 적용 위치(MCR 외)

■ Bar-Graph Indicator(LED)



■ M/A Station(LED)



■ Paperless Recorder



CHINO

■ Multi-Functional Digital Loop Controller



■ Bar-Graph Indicator(LCD)



■ M/A Station & Controller



■ Ultrasonic feedwater flow measurement system



2. 연구과제 개요

WOOJIN INC.

사 업 명	혁신형 소형모듈원자로(i-SMR) 기술개발사업 - 혁신기술 사업
과 제 명	자율 운전 성능과 안전성 향상을 위한 다목적 고정밀 계측시스템 개발
수행 기간	2023년 04월 ~ 2027년 12월 (57개월)
최종 목표	혁신형 소형모듈(i-SMR)에 적용가능한 RCS 냉각재 유량측정기술 개발(초음파유량계)
세부 기술	공정 계측 센서 기술개발 (3세부) : 고온환경 유량계측기 개발
연구 기관	주관 : 한국원자력연구원 / 공동 : 우진

2. 연구과제 개요

WOOJIN INC.

■ 개발의 필요성

■ 원자로 냉각재계통(RCS)에서의 실시간 유량측정

■ 기존 상용 원전

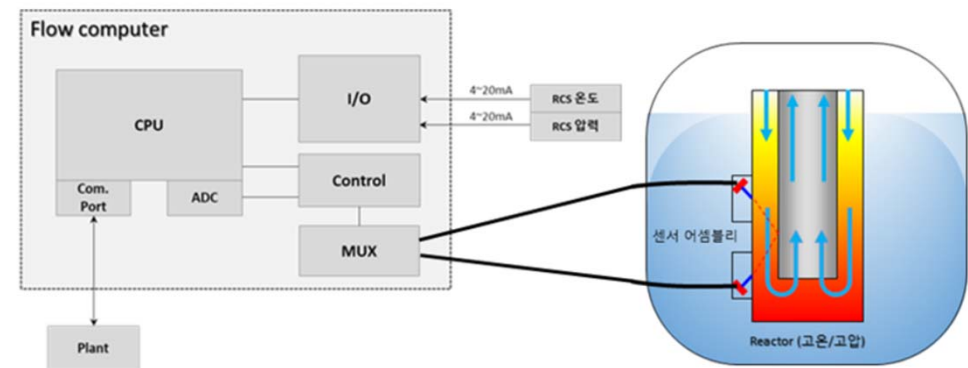
- ✓ 주급수배관에서 유량측정
- ✓ 냉각재펌프 압력차 또는 회전속도 측정방식
- ✓ SMR에 비해 온화한 조건

■ 소형모듈원자로(SMR)

- ✓ 일체화 모듈 형태 – 냉각계통 유량계의 배관 설치 불가
- ✓ 상용로 RCS 유량 측정 방법 적용성 검토 – 적용 어려움
- ✓ RCS 외부 부착식 (Clamp-on) 초음파 유량계 적용 제안

[상용로 RCS 유량 측정 방법의 SMR 적용성 검토]

상용 RCS 유량측정	SMR관점에서의 특이사항
압력차(Pump dP)	dP사용 불가
냉각재펌프 회전속도	실제 유량 반영 못함
열평형방법(HBM)	1,2차측 열평형 시 이용가능
Pump power	상용로에 도입되지 않음



<i-SMR 적용 초음파유량계 계측시스템 개념도>

2. 연구과제 개요

WOOJIN INC.

■ 기술원리

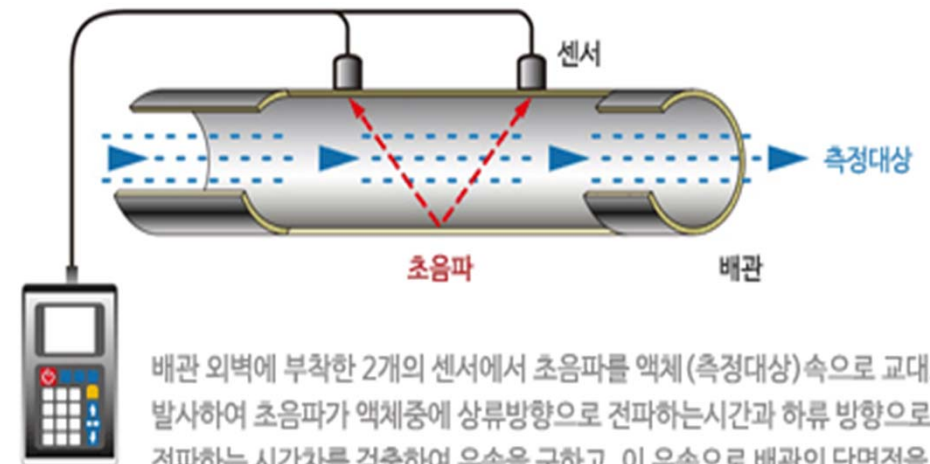
유속 방향과 유속의 반대 방향으로 초음파 신호를 송·수신하여 유속에 따라 초음파 신호의 송·수신 시간차가 발생하는 방식을 이용해 유체의 유속을 산출하여 유량 값을 생성.

➤ 시간차 측정 방식(Transit time) 적용.

$$V_{ax} = \frac{L}{2 \cos \theta} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right) = \frac{L}{2 \cos \theta} \left(\frac{\Delta T}{T_1 \times T_2} \right)$$

Ultrasonic signal path
 Average velocity
 Difference in measured up and down transit time
 Ultrasonic path angle relative to conduit flow axis

<초음파 유량계 평균 유속 산출 수식>



배관 외벽에 부착한 2개의 센서에서 초음파를 액체(측정대상)속으로 교대로 발사하여 초음파가 액체중에 상류방향으로 전파하는 시간과 하류 방향으로 전파하는 시간차를 검출하여 유속을 구하고, 이 유속으로 배관의 단면적을 곱해서 유량값을 계산합니다.

<초음파 유량계 측정 원리>

2. 연구과제 개요

WOOJIN INC.

■ 설치 요건

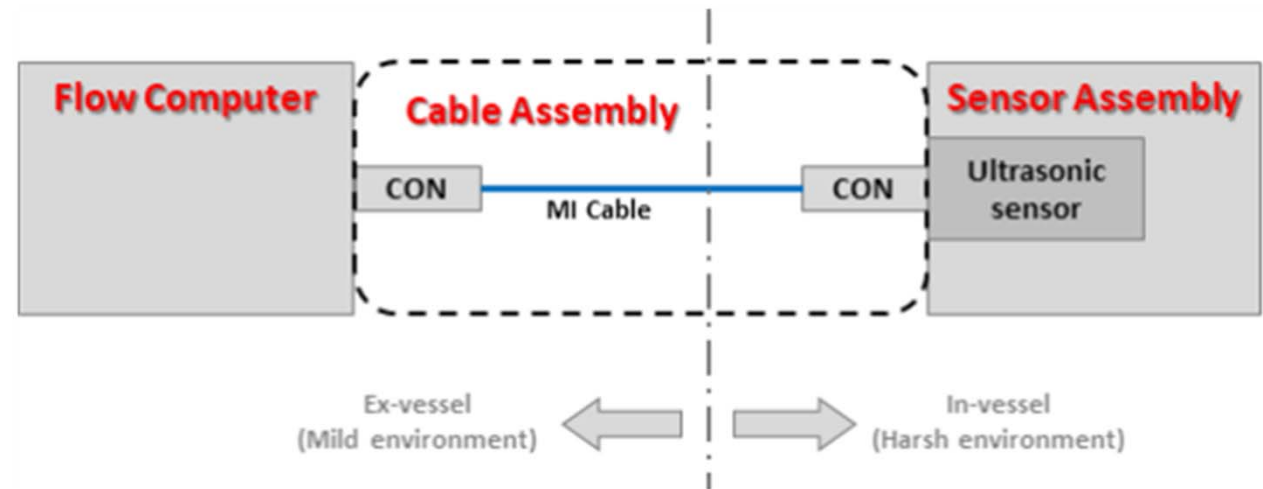
- 제품 구성품 설치 위치
 - ✓ Harsh zone : 초음파 센서
 - ✓ Mild zone : Flow computer
 - ✓ Mi Cable : 초음파 센서의 신호를 Flow computer에 전달 (고온, 고압, 내방사성)
- 불확도 향상을 위한 초음파 센서 설치 선정 (과제 세부 목표)
 - ✓ 정형화된 원자로 형상
 - ✓ 센서 Channel 수
 - ✓ 송·수신 센서 간 거리
 - ✓ SMR 설계 요건 검토

	V법 설치
설치 형상	
특장점	가장 일반적인 설치법 (1지점 반사법) 일반적 상황에 사용

	4PATH
설치 형상	
특장점	밸브등의 외부 요인 적용시 열악한 유체 및 현장에 적용 2PATH의 이중형태 (고정밀도)

<초음파 센서 설치 – V법>

<초음파 센서 설치 – 4Ch.>



<i-SMR 유량측정 시스템 구성>

2. 연구과제 개요

WOOJIN INC.

■ 개발 목표

■ 최종목표

- ✓ 혁신형 소형모듈(i-SMR)에 적용가능한 RCS 냉각재 유량측정기술 개발(초음파유량계)

■ 세부목표

- ① i-SMR 적용 초음파유량계 개발(수량, 위치, 정확도 확보 방법)
- ② 장주기 운전(유지보수 필요성 최소화 전략) 방법론 개발
- ③ i-SMR 유량계 성능시험 방법 개발

■ 시작품 구성 / 기능 (예상)

- ✓ 센서 어셈블리
 - 진동자, Housing 외 / 초음파 신호 송수신
- ✓ MI Cable
 - Metal sheathed MI coaxial cable / 센서 어셈블리에서 Flow Computer로 신호전달
- ✓ Flow Computer
 - CPU Board, IO Board 외 / 초음파 신호 처리, 유속 및 유량 산출

3. 개발 목표

WOOJIN INC.

■ 연차별 개발 목표

단계	연차	기술개발 목표	주요 결과물	결과물 형태
1단계	1차년도	일체형원자로 유량측정 관련 기술정보 수집 및 분석	-	-
		i-SMR 유량측정 시스템 기본 개념 설계		
	2차년도	i-SMR 유량측정 시스템 개념 설계	i-SMR 초음파유량계 시험품	도면, 개발품
		i-SMR 초음파유량계 시험품 개발 / 기능시험		
		시작품 LAB 성능평가 방법 고안 및 LAB 성능시험 facility 설계		
	3차년도	i-SMR 초음파유량계 LAB 성능시험 facility 구축 및 시운전	i-SMR 초음파유량계 LAB 성능시험 facility i-SMR 초음파유량계 시작품 고온에서의 센서 어셈블리 특성 확인보고서	도면, 개발품, 기술보고서
		i-SMR 초음파유량계 시작품 개발 / 성능 및 기능시험		
2단계	4차년도	시작품의 SMR 환경에 대한 생존성 검증을 위한 사전 영향평가	i-SMR 초음파유량계 시작품 센서 어셈블리 drift 영향평가 보고서 센서 어셈블리 내진 영향평가 보고서	도면, 개발품, 기술보고서
		i-SMR 초음파유량계에 대한 열수력 영향평가		
	5차년도	시작품 보완 및 성능평가	Flow computer 내환경/내진/전자파 영향평가 보고서	기술보고서
		시작품에 대한 실용화 방안 수립		
		i-SMR 초음파유량계 개발 완료 보고		

3. 개발 목표

WOOJIN INC.

■ 정량적 성과 목표

평가항목 주요성능 Spec	단위	전체 항목 비중(%)	세계최고수준 보유국/보유기업	연구개발전 국내수준	개발 목표치					기준 설정근거	평가방법
			성능수준	성능수준	1차 년도	2차 년도	3차 년도	4차 년도	5차 년도		
연구개발과제 TRL (1~9 단계)			3	3	3	4	5	6	7	-	-
연구개발과제 CRL (1~9 단계)			1	1	1	1	1	1	2	-	-
1-1. 분포 센싱 인자 (온도,스트레인,방사선량)	개수	5	2	-	-	1	3	3	3	적용환경고려 선진센서수준	공인기관 시험성적서
1-2. 분포 측정 범위	m	10	10	-	-	5	10	20	20	적용환경고려 선진센서수준	공인기관시험성적서
2-1. 무선통신 전송전류소비	mA	15	60이상 (감시신호 에 따라 변경됨)	-	-	-	-	60	60이하	무선통신감시신호 데이터전송주기감안	공인시험성적서
3-1. 유량계/압력계 Reference accuracy of aged sensor ass'y	%	15	-	-	-	-	-	5%이내	-	설계사양	공인시험성적서 (KASTO 03- 20919-19)
3-2. 수위계 Reference accuracy of aged sensor ass'y	mm	15	±10	-	-	-	±50mm	±50mm	±50mm	설계사양	공인시험성적서
4-1. 내환경(온도/방사선) 저항성	%	8	혁신형 SMR용 가속 도계 적용사례 無	미개발	-	-	고온방사선 열화도 ±30%이내	고온방사선 열화도 ±20%이내	고온방사선 열화도 ±10%이내	선진상용센서수준 (B&K 8324)	조사시험확인서, 공인시험성적서
4-2. 진동감지성능(센서로 부터의 거리)	m	7	0.91m (USNRC Reg. Guide 1.133)	0.91m (KINS규제지 침 8.11)	-	-	-	3m	3m	USNRC Reg. Guide 1.133	공인시험성적서
5-1. 채널 정확도	%	15	±1%/±0.5%/±2%	1	-	-	-	-	1	설계사양	공인기관
5-2. 응답시간	Sec	10	±1% Sec	1	-	-	-	-	1	설계사양	공인기관

3. 개발 목표

WOOJIN INC.

정량적 성과 목표 달성 지표

구분	항목			단위	가중치	개발 목표치					평가방법
						1차 년도	2차 년도	3차 년도	4차 년도	5차 년도	
사업별 성과지표	고용창출효과			명							
	보고서			건				1	1	2	보고서
	설계문서(도면)			건			1	2			도면
	인허가 관련문서(인허가 입력자료)			건							
특허	국내	등록	건수	건					1		등록건수
			SMART우수특허비율	%							
		출원		건				1			출원건수
	국외	등록	건수	건							
			SMART우수특허비율	%							
		출원		건							
학술	SCI급 게재논문		게재	건							
			mrnIF 평균	건							
	비SCI급 게재논문			건							
상용화	시작품 출시 건수			건				1	1		출시건수
	시제품 출시 건수			건							
	국가인증(녹색인증 등) 건수			건							

3. 개발 목표

WOOJIN INC.

■ 연차별 개발 일정

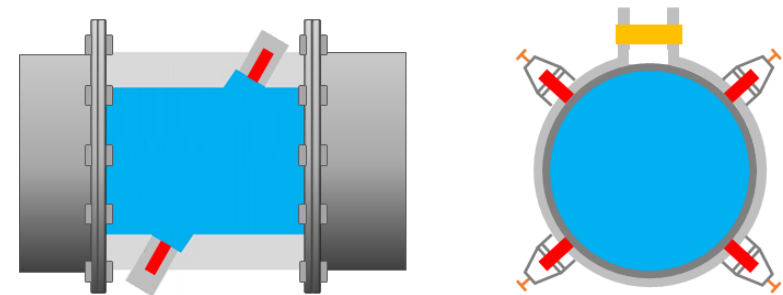
단계	연차	기술개발 목표	추진일정 (분기)																				수행기간 (주)
			2023			2024				2025				2026				2027					
			2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4		
1단계	1차 년도	일체형원자로 유량측정 관련 기술정보 수집 및 분석	■																			24	
		i-SMR 유량측정 시스템 기본 개념 설계		■																		20	
	2차 년도	i-SMR 유량측정 시스템 개념 설계				■																8	
		i-SMR 초음파유량계 시험품 개발 / 기능시험					■															40	
		시작품 LAB 성능평가 방법 고안 및 LAB 성능시험 facility 설계						■														24	
	3차 년도	i-SMR 초음파유량계 LAB 성능시험 facility 구축 및 시운전								■												20	
		i-SMR 초음파유량계 시작품 개발 / 성능 및 기능시험									■												40
2단계	4차 년도	시작품의 SMR 환경에 대한 생존성 검증을 위한 사전 영향평가												■									48
		i-SMR 초음파유량계에 대한 열수력 영향평가												■									48
	5차 년도	시작품 보완 및 성능평가															■						48
		시작품에 대한 실용화 방안 수립																	■				12
		i-SMR 초음파유량계 개발 완료 보고																			■		12

3. 개발 목표

WOOJIN INC.

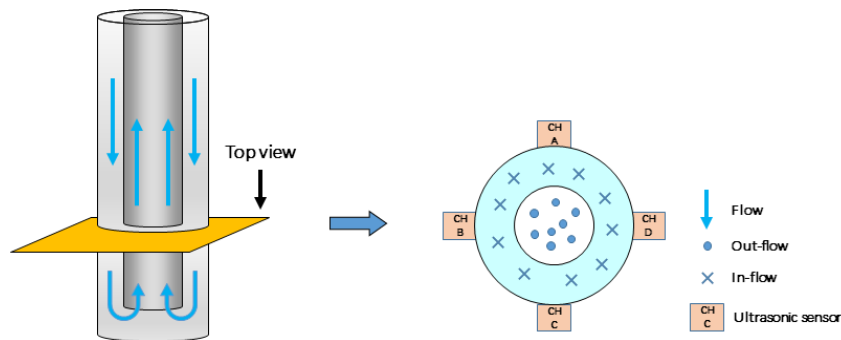
■ 1차년도 개발 목표 상세

- ❖ 초음파유량계에 대한 관련 기술정보 수집 및 기술현황 분석
- ❖ 국내외 초음파유량계 제작사의 제품사양 검토
- ❖ 선행 상용로와 일체형원자로 노형간 적용 개념차이 도출
 - 환경요건 및 설계요건 분석
 - 일체형원자로 내 유량 측정조건 및 특성에 대한 분석
- ❖ i-SMR 초음파유량계 개발 관련 기술기준 등 제약사항 검토
- ❖ i-SMR 유량측정 시스템의 유량측정 개념 설계
 - 외벽부착식(Clamp-on type) 초음파 센서를 이용한 유량측정 방식 검토

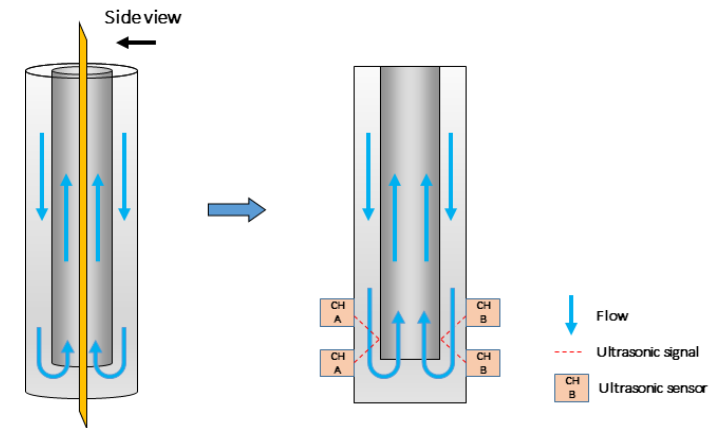


■ Ultrasonic sensor

<Wetted type vs. Clamp-on type>



<초음파 센서 위치 및 설치 개념1>



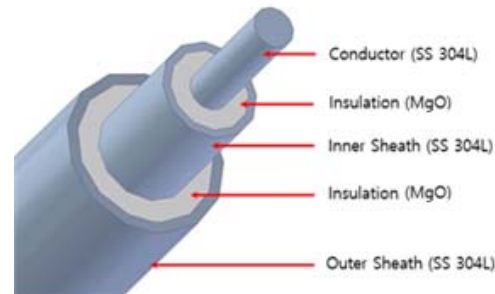
<초음파 센서 위치 및 설치 개념2>

3. 개발 목표

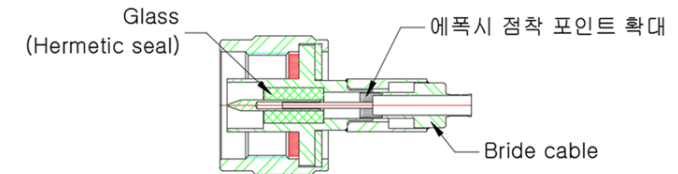
WOJIN INC.

■ 2차년도 주요 개발 목표 상세

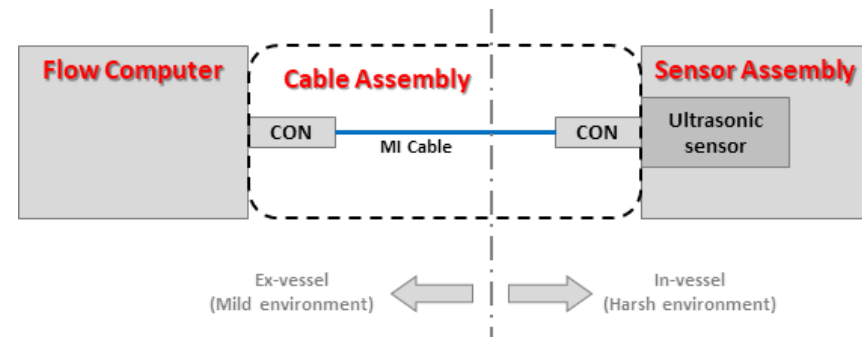
- ❖ i-SMR 유량측정 시스템 개념 설계
 - 기성품을 활용하여 개념설계 확인시험
- ❖ i-SMR 초음파유량계 시험품 개발
 - 기능 및 성능 요건 설정
 - 센서 및 센서어셈블리 시험품 개발
 - Connector 및 케이블 어셈블리 시험품 개발
 - Flow computer 시험품 개발
- ❖ i-SMR 초음파유량계 시험품 기능시험
 - 유량교정설비를 활용한 실유량 테스트
- ❖ i-SMR 초음파유량계 시작품 LAB 성능평가 방법 고안
- ❖ i-SMR 초음파유량계 LAB 성능시험 facility 설계



<Metal sheathed MI coaxial cable>



<케이블 어셈블리 커넥터의 내부 구조>



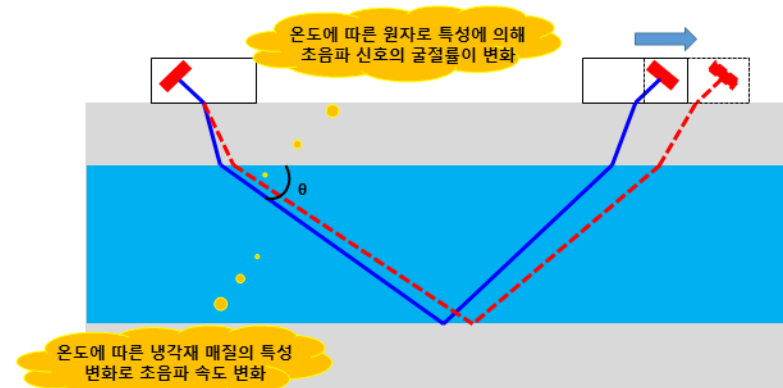
<i-SMR 유량측정 시스템 구성>

3. 개발 목표

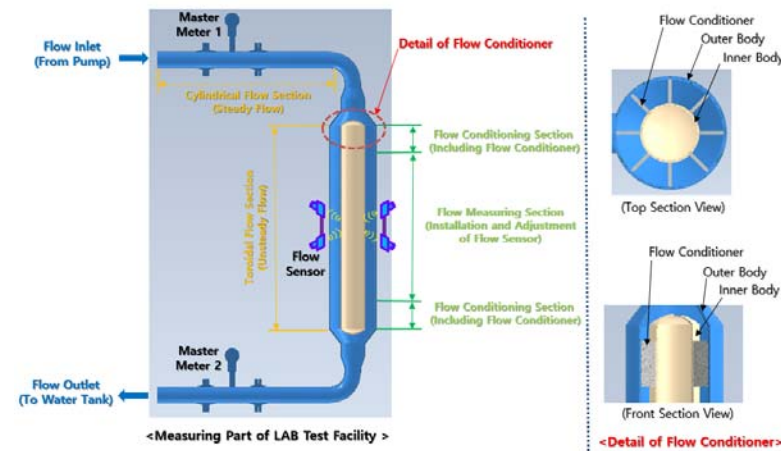
WOJIN INC.

■ 3차년도 개발 목표 상세

- ❖ i-SMR 초음파유량계 LAB 성능시험 facility 구축 및 시운전
- ❖ i-SMR 초음파유량계 시작품 개발
 - 기능 및 성능 요건 수립
 - 센서 및 센서어셈블리 시작품 개발
 - Connector 및 케이블 어셈블리 시작품 개발
 - Flow computer 시작품 개발
- ❖ i-SMR 초음파유량계 시작품 성능 및 기능시험
 - LAB 성능시험 facility를 활용한 성능 및 기능시험
 - 센서 수량/위치에 따른 측정불확도 평가
 - 고온 환경에서 시작품의 특성 확인



<고온 환경에서 초음파 신호의 영향>



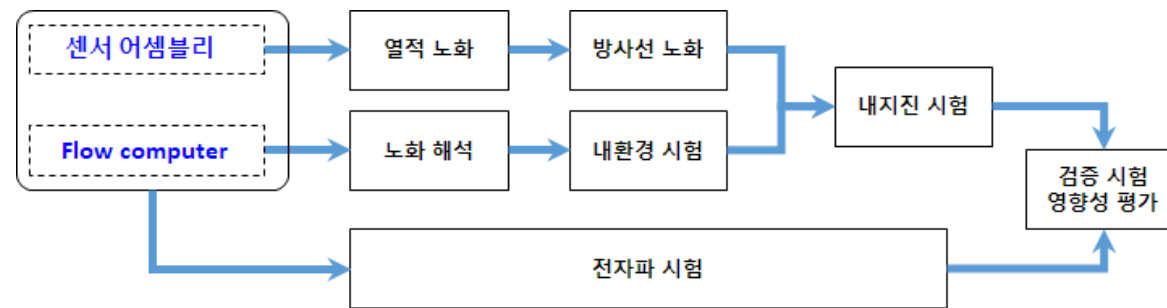
<LAB 성능시험 facility의 유량측정 개념>

3. 개발 목표

WOOJIN INC.

▪ 4차년도 개발 목표 상세

- ❖ i-SMR 초음파유량계 시작품의 SMR 환경에 대한 생존성 검증을 위한 사전 영향평가
 - SMR의 각 환경요소가 시작품의 성능에 끼치는 영향을 공인검증기관에서 시험
- ※ 방사선 노화는 우진에서 시험용 센서 어셈블리를 제공하여 KAERI에서 수행



<사전 영향평가 계획>

- ❖ i-SMR 초음파유량계에 대한 열수력 영향평가
 - Process condition(온도/압력/유속)을 고려한 실유량 평가
- ※ 방사선 노화는 우진에서 시험용 센서 어셈블리를 제공하여 KAERI에서 수행

3. 개발 목표

WOOJIN INC.

▪ 5차년도 개발 목표 상세

- ❖ i-SMR 초음파유량계 시작품의 SMR 환경에 대한 생존성 검증을 위한 사전 영향평가
- ❖ 시작품의 측정불확도, 성능평가 등에 대한 내용을 토대로 시작품 설계 보완
 - 노화 영향평가를 반영하여 설계 보완
 - 측정불확도를 반영하여 설계 보완
- ❖ 설계 보완에 따른 성능평가
 - 노화 영향평가
 - 측정불확도 평가
- ❖ 시작품에 대한 실용화 방안 수립
 - 장주기운전(유지보수 필요성 최소화) 방안, 환경 생존성 분석
- ❖ i-SMR 초음파유량계 개발에 대한 최종 개발 완료 보고

4. 사업화 전략

WOOJIN INC.

▪ 사업환경 및 목표시장 분석

- ✓ 국내외 소형모듈원전 SMR 시장 성장 기대
- ✓ 미국 뉴스케일파워 폴란드 VOYGR SMR 계약체결로 SMR 시장 본격화

▪ 제품홍보 전략

- ✓ ATOMEXPO(러시아국제원자력전), WNE(세계원자력전시회), NIC(국제원자력산업 전시회) 등 원자력 관련 국제전시회 출품 등을 통한 해외 제품 홍보

▪ 판로확보 및 판매 전략

- ✓ 신제품(NEP) 인증 또는 신기술(NET) 인증을 취득하여 외산 대비 동등 이상의 제품 판매 추진
- ✓ 해외 제품 판매를 위한 현지 Agent 확보를 추진
- ✓ 한국원자력산업협회를 통한 해외 수출

4. 사업화 전략

WOOJIN INC.

▪ 국내시장

- ✓ 빠른 기술 대응 – 현장 문제 발생 시 신속한 기술지원 가능
- ✓ 신속한 납기 – 주요 원자재 및 부품의 안전 재고 확보 및 생산관리를 통한 신속 납기 실현

▪ 해외시장

- ✓ 원전 제품 해외 판매망을 활용하여 해외 원전사업자를 대상으로 공급망 확보
- ✓ 정부 및 원자력업계와 공동 대응하여 해외 진출로 확보

Q & A

감사합니다

WOOJIN INC.

주식회사 우진
경기도 화성시 동탄역로 24 (오산동)
www.woojininc.com