

ECT

Analysis Report

2022.09

고객사	(주)한국수력원자력
SITE	서울원자력본부
대상기기	주북수기
검사기간	2022.08.21.~08.28

TABLE OF
CONTENTS

1	ECT Guide	1
2	Analysis Report Guide	1
3	Defect Evaluation Guide	2
4	Object Information	5
5	Test Information	7
6	Standard Code	8
7	Quality Assurance	8
8	Test Report	9
9	Conclusion	12

ECT Guide

ECT(Eddy Current Test) 검사란?

와전류탐상검사는 전자기 유도로 발생하는 와전류를 검사체 표면 근처에서 발생 시킨 후 탐촉자를 활용하여 읽어낸 후 와류의 변화를 읽어내어 결함을 찾아내는 검사입니다.

와전류라는 전자기 유도로 인해 생성되는 전자기장을 이용한 검사기법이기 때문에 접촉 필요가 없고, 열교환기 같은 고온고압 조건에서도 접촉이 필요 없기 때문에 비교적 쉽게 검사할 수 있는 장점이 있습니다.

각종 도체의 표면 결함 탐상, 열교환기 튜브의 결함을 탐지하는데 주로 사용합니다.

DEEP-AI 자동신호평가 프로그램

왜 DEEP-AI 자동신호평가 프로그램인가?

수십 년 동안 실제현장 Noise가 포함된 양질의 BIG DATA를 기반으로 학습된 인공지능 기술을 적용한 자동ECT신호평가프로그램입니다.

DEEP-AI S/W는 ECT검사대상기기로부터 수집된 신호를 인공지능 자동평가를 통하여 보다 정확하고, 신속하고, 인적오류가 없는 Analysis Report를 제공합니다.

Analysis Report Guide

01 ECT검사 결과에 따라 전열관의 상태를 4개로 구분

양호

기기의 전열관 상태가
양호하며 건전함

관심

기기의 전열관의 열화,
결함신호가 있으나
그 영향이 미비하여
추적관리가 필요한 상태

주의

이상지시 발생으로 인한
관막음 등 조치가 필요

검사불가

배관의 이물질, 신호수집
상태 불량 등으로 인한
검사불가 상태

02 신호평가 기록기준

- 결함신호의 깊이가 튜브 벽두께의 10%이상으로 평가된 신호(IDI, ODI의 경우)
- 세관변형(DNG, DNT)신호의 경우 진폭이 5.0V 이상으로 평가된 신호
- 튜브의 건전성을 의심케 하는 이상신호 또는 차기 검사 시 신호변화를 추적
감시할 필요가 있다고 판단되는 신호
- 기타 결함신호가 발생시 적저의 결함 코드를 부여 후 기록

03 관막음 기준

- 신호평가 시 감육 지시가 60.3%이상인 결함이 검출된 세관
- Pin Hole이 발견되는 세관
- 탐촉자 삽입이 불가능한 세관
- 심한 DENT에 의해 변형 및 손상이 발생한 세관
- 신호평가 결과 관막음 대상인 세관에 대해서는 보고서를 작성하여 감독부서에 보고

Defect Evaluation Guide

약어	원어	설명
NDD	No Detectable Discontinuity	지시 발견 안됨
IDI	Inside Diameter Indication	내경지시
ODI	Outside Diameter Indication	외경지시
WLL	Wall loss(Steam Erosion)	스팀 등에 의한 튜브두께 감소
DNG	Ding (at the Freespan)	Freespan 지역 내경 축소 지시
DNT	Dent (at the Support)	Support지역 내경 축소 지시
DFS	Distortion Freespan Signal	FreeSpan ㄱ지역의 왜곡된 신호
DSS	Distortion Support Signal	Support 지역의 왜곡된 신호
DFI	Differential Freespan Indication	Freespan 지역 결함 지시
INR	Indication Not Recordable	전차수 기록 기준 미달
INF	Indication Not Found	전차수 기록 발견 안됨
ADS	Absolute Drift Signal	Absolute Coil 에서의 Drift신호
OBS	Obstructed	세관내에 Probe 삽입이 불가능
BAD	Bad Data	신호가 좋지 않아 재검사
PLG	Plugged	관막음으로 폐쇄된 튜브
DEP	Deposit	이물질 신호

Object Information

01 Object specification

항 목	사 양
제 작 사	Southwestern Engineering Co.
Cooling Water Source	Sea Water
Number of Tubes (BOX)	10,308 Tubes (A1, A2, B1, B2, C1, C2)
Number of Tubes (TOTAL)	61,848 Tubes
Tube Material	Titanium ASTM B338 Gr.2
Size of Tubes (O.D)	1 inch (25.4mm)
Size of Tubes (I.D)	0.944 inch (23.978mm)
Size of Tubes (Thick)	0.028 inch (0.711mm)
Length of Tube	60ft (18.288m)
Condenser shells Material	Carbon Steel, ASTM-A-285
Tube Support Plate Material & Thickness	Material : ASTM - A - 36 Thickness : 9/16"
Tube Sheet Material & Thickness	Material : ASTMB171-614, Alumimum Bronze Thickness : 1.25"

02 Object Test Tube Quantity

BOX 구분	A BOX		B BOX		C BOX		합 계
	A1	A2	B1	B2	C1	C2	
총 전열관	10,308	10,308	10,308	10,308	10,308	10,308	61,848
기존 관막음수	10	2	7	1	0	4	24
NO TUBE	0	0	0	0	0	0	0
검사수량	-	249	-	461	-	228	938
비 고	-	-	-	-	-	-	-

03

Object Tube Array

Test Information

01 Signal Acquisition

- 01 Probe Type Bobbin Probe
- 02 Probe Velocity 1.0m/s ~ 2.0m/2
- 03 Test Frequency

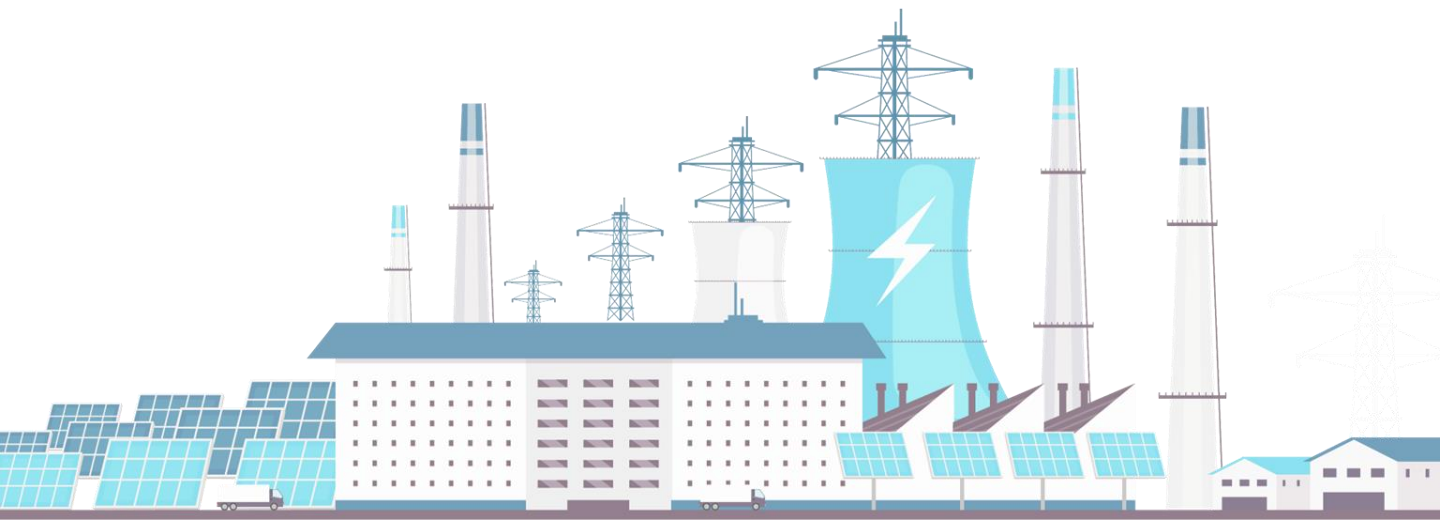
구 분	사용 주파수	보조 주파수	MIX 주파수	비고
Ti (0.711t)	620kHz	310, 160, 50kHz	620+160kHz	
S/S (0.889t)				
S/S (0.711t)				

02 Test instrument List

구 분	모델 및 수량	비 고
신호수집 Detector	- MS-5800 Data Acquisition Unit : 3 Set S/N : 155284, 892131-01, 892131-02	(주)딥아이
평가 Software	Multiview Analysis : 3Set Carto : 3Set	(주)딥아이
Note Book	HP 등 : 7 Set	(주)딥아이
탐촉자	Bobbin Probe	한수원
교정 시험편	K34-Main Cond Hx-A-S04	한수원
기타	외장형 하드디스크	(주)딥아이

Standard Code

- 01 ASME Boiler And Pressure Vessel Code, Section V, 2004Edition, "Nondestructive Examination"
- 02 ASNT Recommended Practice NO. SNT-TC-1A, "Personnel Qualification AND Certification In Nondestructive Examination"
- 03 R/D Tech사 MS5800 및 Multiview User's Manual
- 04 한수원 표준지침-4531-01 "복수기 전열관 와전류탐상 검사"
- 05 발전기술원 "고리3호기 복수기 및 열교환기 와전류검사 기술지원 수행 보고서('09.11.30)
- 06 KEPIC MEN 2005년 및 2006 상, 하 수록
- 07 SIS B 213 Rev.4 "원자력 발전 설비 품질보증 계획서"



Quality Assurance

품질보증 부서는 사업 관련 부서가 아닌 분리된 조직으로써
품질보증팀장 책임하에 독립적으로 업무를 수행한다.

01 품질 보증 활동

품질보증 요원은 아래의 각 검사 단계별로 해당 현장의 품질확인 업무를 수행하며
품질확인 활동 중 발견되는 중요한 품질상의 문제는 절차서에 따라 처리하여야 한다.

1-1 검사 개시 전 단계

- (1) 검사 장비 품질 확인
 - 검사 장비를 사용하기 전 품질보증 절차서에 따라 장비의 검교정 성적서를 검토한다.
- (2) 자재 품질 확인
 - 와전류탐상검사에 사용되는 주요 자재들에 대하여 성적서를 확인한다.
- (3) 검사자 자격 확인
 - ASNT SNT-TC-1A에 따른 품질절차서 SIS-A-603 "비파괴검사자 자격 인정 절차서"에 따라 검사자의 자격을 확인한다.

1-2 검사 기간 중 단계

- (1) 와전류탐상검사 품질 확인

- 자격이 부여된 검사자에 의한 검사 수행 여부	- 검교정된 적절한 장비의 사용 여부
- 성적서가 갖추어진 자재의 사용 여부	- 장비 사용 전의 교정 이행 상태
- 장비 재교정의 주기이행 여부	- 기타 승인된 절차서에 따른 검사 절차의 이행 여부
- (2) 기타 품질 확인
 - 현장 자재의 취급 및 관리
 - 결함의 평가 절차
 - 중요 발견 결함의 기록 및 보고

1-3 최종 품질 확인 단계

모든 품질 문제 조치사항에 대한 종결 여부를 확인하고 최종 보고서에 포함될 내용에 대하여 검토한다.

02 품질 보증 기록

와전류탐상검사의 품질보증 기록 및 관리는 관련 절차서에 따른다.

Test Report

01 Test Result Summary

Object	주복수기	전체수량	65,532
Date	2022.08.22.~28	검사수량	39,413



결함없음

● NDD : 10,100



지시

● IDI : 6
● ODI : 10



내경축소
지시

● DNT : 150
● DNG : 5



검사불가

● OBS : 3



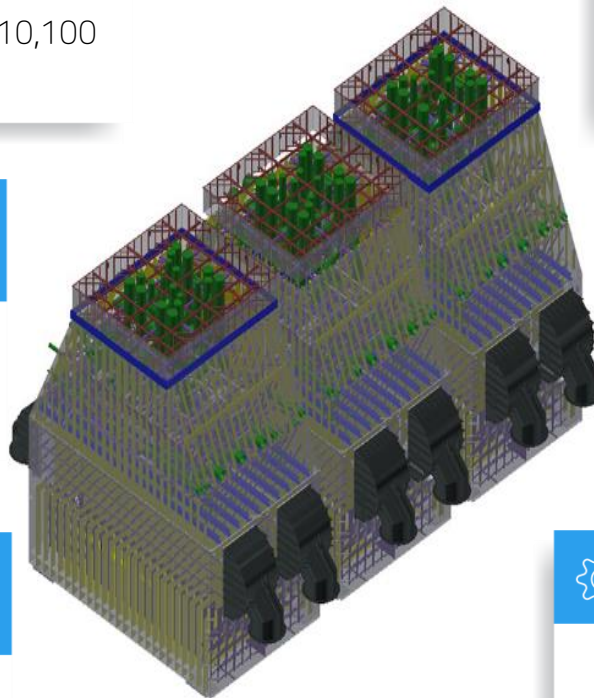
왜곡신호

● DFS : 150
● DSS : 5
● ADS : 10



관막음
(권고)

● ODI : 2
● IDI : 1



Test Report

02 영역별 Result

Object | 주북수기 Box A1

전체 수량 및 검사수량 | 10,922 / 10,699

지시 분포	전주기	본 검사	위험도	등급
NDD	10530	10506	<div><div></div></div>	양호
IDI	5	6	<div><div></div></div>	주의
ODI	0	0	<div><div></div></div>	양호
WLL	0	0	<div><div></div></div>	양호
DNG	1	1	<div><div></div></div>	주의
DNT	1	1	<div><div></div></div>	관심
DFS	135	155	<div><div></div></div>	관심
DSS	4	4	<div><div></div></div>	주의
DFI	0	0	<div><div></div></div>	양호
INR	12	15	<div><div></div></div>	관심
INF	0	0	<div><div></div></div>	양호
ADS	9	11	<div><div></div></div>	관심
OBS	0	0	<div><div></div></div>	검사불가
BAD	0	0	<div><div></div></div>	양호
PLG	0	0	<div><div></div></div>	양호
DEP	0	0	<div><div></div></div>	양호

Test Report

03 Defect Comparison

Object | 주북수기 Box A1

순번	Tube Location	1차 OH			2차 OH		
	Box-Zone-Row-Col	Volts	Depth	Eval.	Volts	Depth	Eval.
1	A1-I-15-14	-	-	-	0.08	53.03	DFI
2	A1-I-16-29	-	-	-	0.20	-	IDS
3	A1-II-5-26	-	-	-	0.16	-	IDS
4	A1-III-13-14	-	-	-	0.18	26.11	IDI
5	A1-III-22-33	8.67	-	ADS	10.14	-	ADS
6	A1-IV-19-24	8.51	-	ADS	10.38	-	ADS
7	A1-IV-20-35	8.38	-	ADS	10.47	-	ADS
8	A1-VI-50-2	-	-	-	0.14	-	IDS
9	A1-VIII-56-7	-	-	-	1.01	-	DSS
10	A1-X-1-11	-	-	-	0.14	21.67	IDI
11	A2-VI-42-19	-	-	-	0.72	-	DSS
12	A2-VI-44-16	-	-	-	1.00	-	DSS
13	A2-VI-45-13	-	-	-	0.65	-	DSS
14	B1-I-9-18	0.23	-	IDS	0.27	17.64	INR
15	B1-I-10-5	-	-	-	0.14	20.83	IDI
16	B1-I-21-36	-	-	-	0.13	22.34	IDI
17	B1-III-1-8	-	-	-	6.21	-	DNG
18	B1-III-4-32	-	-	-	0.11	23.23	IDI
19	B1-IV-7-36	-	-	-	7.34	-	DNG
20	B1-IV-19-42	-	-	-	16.26	-	DNT
21	B1-V-40-5	-	-	-	0.61	-	DSS
22	B1-VII-5-19	-	-	-	0.41	-	DSS
23	B1-VII-24-19	-	-	-	2.39	-	ADS
24	B1-VIII-12-1	-	-	-	5.13	-	DNG
25	B1-VIII-19-1	-	-	-	9.13	-	DNG
26	B2-I-9-16	0.11	-	IDS	0.23	10.9	INR
27	B2-III-25-32	0.30	-	IDS	0.85	15.30	INR

Test Report

03 Defect Comparison

Object | 주북수기 Box A2

순번	Tube Location	1차 OH			2차 OH		
	Box-Zone-Row-Col	Volts	Depth	Eval.	Volts	Depth	Eval.
1	A1-I-15-14	-	-	-	0.08	53.03	DFI
2	A1-I-16-29	-	-	-	0.20	-	IDS
3	A1-II-5-26	-	-	-	0.16	-	IDS
4	A1-III-13-14	-	-	-	0.18	26.11	IDI
5	A1-III-22-33	8.67	-	ADS	10.14	-	ADS
6	A1-IV-19-24	8.51	-	ADS	10.38	-	ADS
7	A1-IV-20-35	8.38	-	ADS	10.47	-	ADS
8	A1-VI-50-2	-	-	-	0.14	-	IDS
9	A1-VIII-56-7	-	-	-	1.01	-	DSS
10	A1-X-1-11	-	-	-	0.14	21.67	IDI
11	A2-VI-42-19	-	-	-	0.72	-	DSS
12	A2-VI-44-16	-	-	-	1.00	-	DSS
13	A2-VI-45-13	-	-	-	0.65	-	DSS
14	B1-I-9-18	0.23	-	IDS	0.27	17.64	INR
15	B1-I-10-5	-	-	-	0.14	20.83	IDI
16	B1-I-21-36	-	-	-	0.13	22.34	IDI
17	B1-III-1-8	-	-	-	6.21	-	DNG
18	B1-III-4-32	-	-	-	0.11	23.23	IDI
19	B1-IV-7-36	-	-	-	7.34	-	DNG
20	B1-IV-19-42	-	-	-	16.26	-	DNT
21	B1-V-40-5	-	-	-	0.61	-	DSS
22	B1-VII-5-19	-	-	-	0.41	-	DSS
23	B1-VII-24-19	-	-	-	2.39	-	ADS
24	B1-VIII-12-1	-	-	-	5.13	-	DNG
25	B1-VIII-19-1	-	-	-	9.13	-	DNG
26	B2-I-9-16	0.11	-	IDS	0.23	10.9	INR
27	B2-III-25-32	0.30	-	IDS	0.85	15.30	INR

Conclusion

2019년 11월 26일부터 12월 24일까지 한수원(주) 새울원자력 제1발전소 기계팀의 주관 하에 (주)에이텍이 수행한 신고리 3호기 제2차 주북수기 전열관 와전류탐상검사에 대한 결론은 다음과 같다.

신고리 1호기 주북수기 A1, A2, B1, B2, C1, C2 BOX에 설치된 총 68,640본 중 기존 관막음 전열관 24본을 제외한 68,616본에 대하여 검사를 실시하였으며, 주북수기 해수 출구 측(OUTLET)에서 신호를 수집하였다. 금번 3호기 주북수기 전열관 와전류탐상검사를 실시한 결과 기존 관막음 24본을 제외한 총 196본의 전열관에서 지시가 발견되었다. 검출된 196본의 지시 중 전차수 기록되었던 지시는 22본이며, 전차수 기록 지시 미만인 5 본에 대해서 INR(Indication Not Reportable) 처리하였고, 결함이 발견되지 않은 1본에 대해서 INF(Indication Not Found) 처리하였다

금번 차수에서 전열관 찌그러짐(DNG/DNT) 신호 14본, Support 지역왜곡 신호 DSS(Distorted Support Signal) 6본, 내면 이상 신호 IDS(Inside Diameter Signal) 7본, 전열관 내 자성 침적물 신호 DEP(Deposit) 52본, 애플루트 채널 이상 신호 ADS(Absolute Drift Signal) 3본, 외면 결함 신호 DFI(Differential Freespan Indication) 74본, 내면 결함 신호 IDI(Inside Diameter Indication) 16본, OBS(Obstructed) 2본, 총 174본이 추가 발견되었다. 관막음 기준을 초과한 전열관은 A1 BOX에서 DFI 71본, IDI 10본, B1 BOX에서 DFI 2 본, DNG 2본, OBS 1본, B2 BOX에서 OBS 1본, C2 BOX에서 DNG 1본, 총 88본이 발견되었으며, 나머지 기록된 지시는 차후 경향 관리를 위해 추적관리가 필요할 것으로 사료된다.