

2021년도 KEPIC Week IST 워크숍 발표자료

한빛2호기 1차기기 냉각해수펌프 경향분석에 의한 기준값 재설정

2021. 10. 26.(화) ~ 10. 29.(금)

한빛1 발 정기점검파트



① 일반사항

- 모터 용량 / 회전수 : 950 HP / 885 rpm
- 펌프 형식 : 수직장축 원심펌프

② 펌프 수력학적 특성

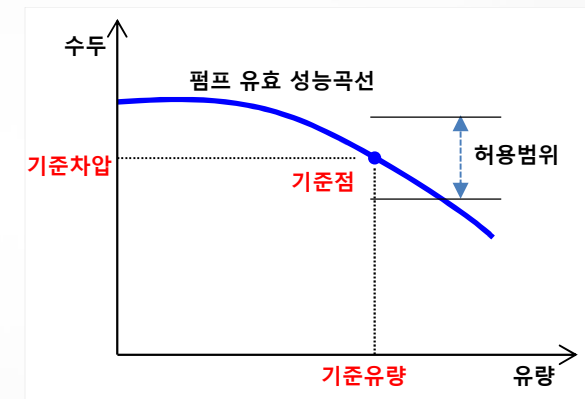
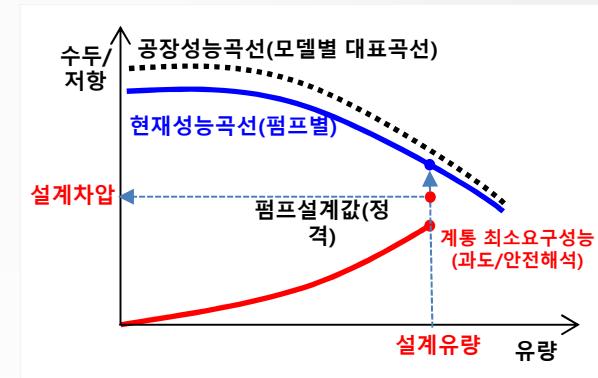
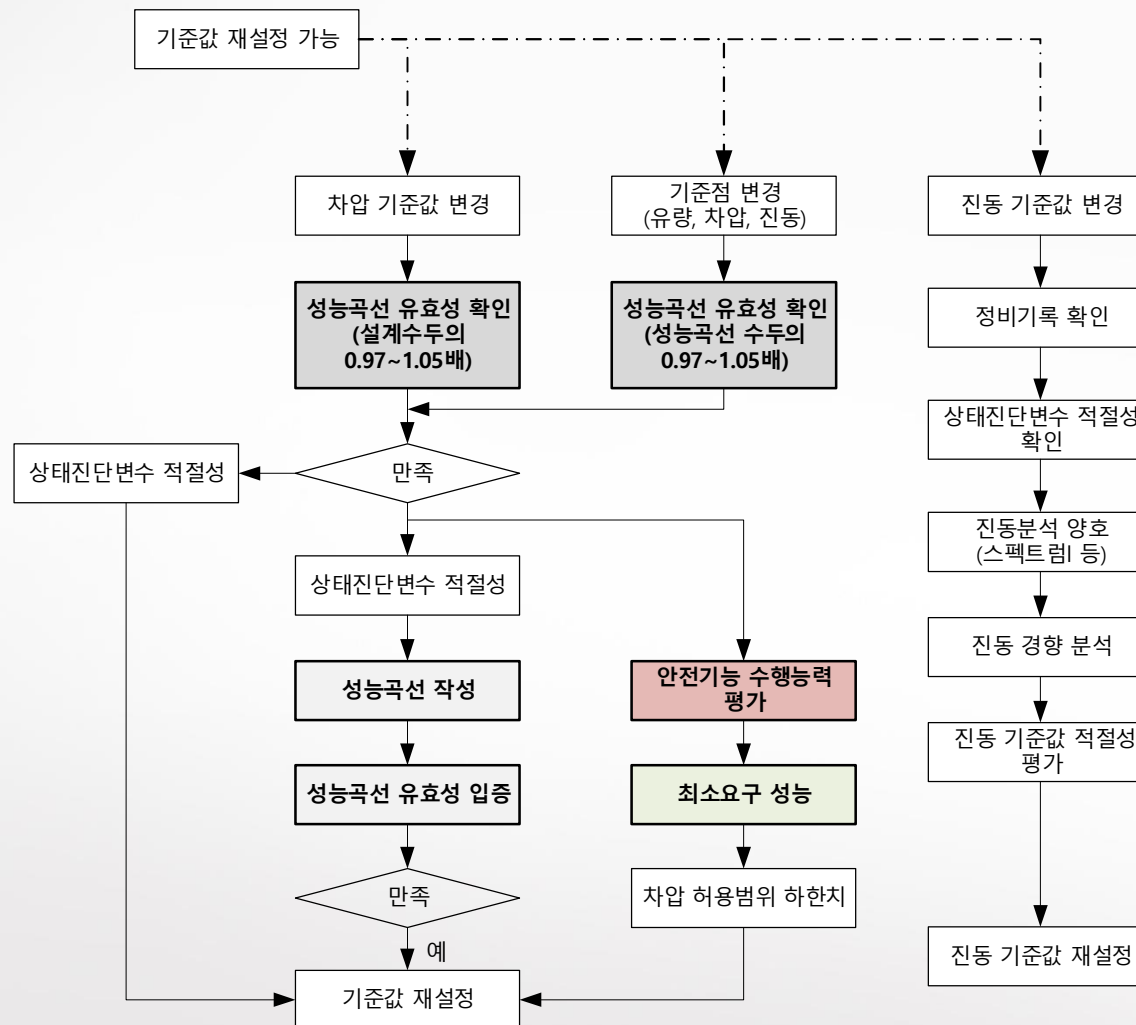
- 유량 (Rating/min/max) : 21,000 / 6,300 / 24,000 gpm
- 차압 (Rating/Shut off) : 135 ft(4.1 kg/cm²) / 198 ft(6.03 kg/cm²)

③ 기준값 재설정 사유 (장기간 운전에 따른 성능 저하)

- 차압 허용범위 하한값에 근접하여 경향분석에 의한 기준값 재설정
KEPIC-2005 MOB, 기행-2132, 발전지침-3185-08 에 따라 기준값 재설정

❖ KINS/GT-N033(Rev.1, 2016.11) 안전관련펌프 기준값 관리 기술지침

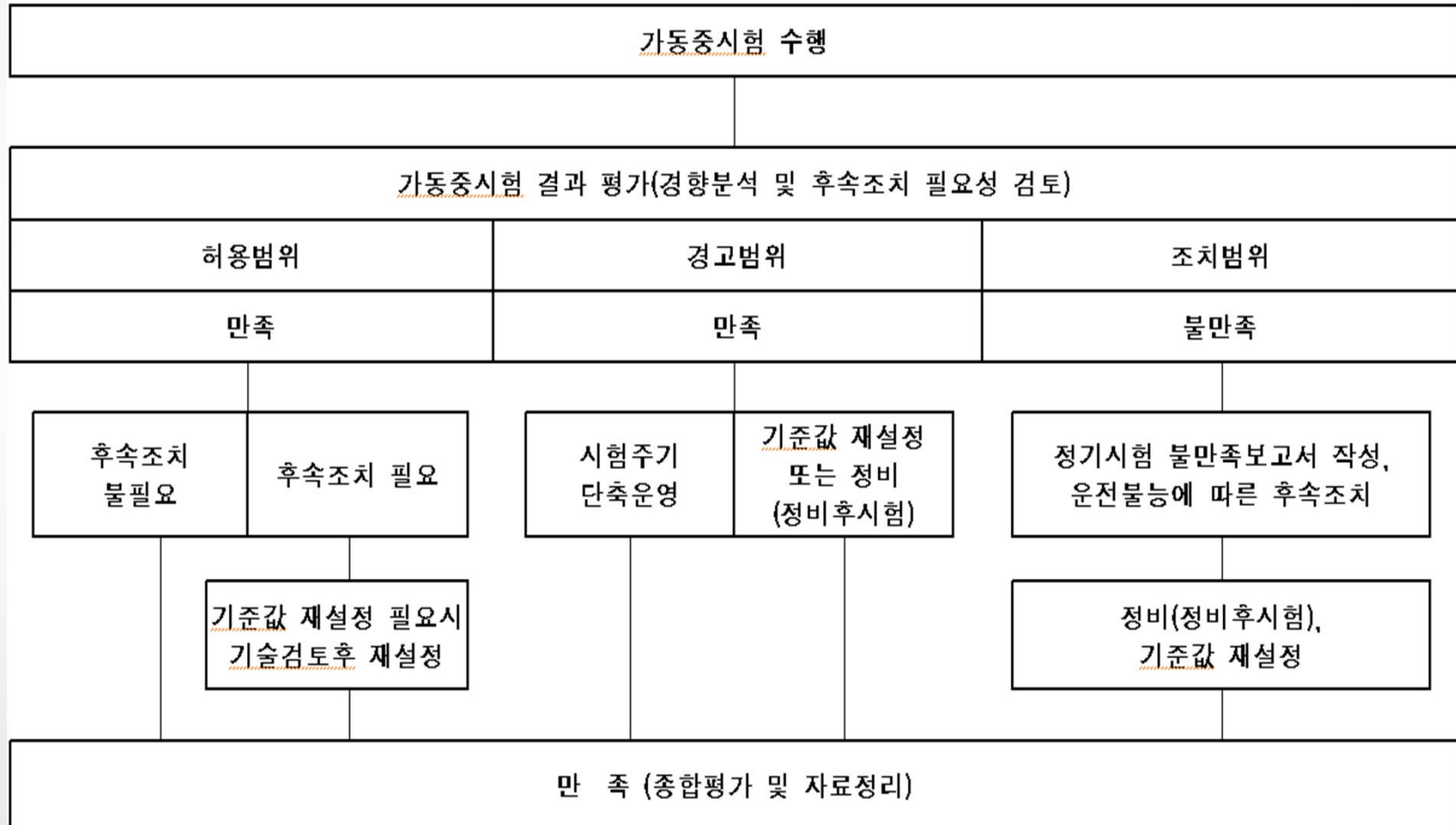
➤ 운영원전 기준값 재설정 흐름도



IST 개념도

❖ 안전관련 펌프 기준값 관리 지침

➤ 가동중시험 경향분석 관리 업무 흐름도



❖ 기준값 유효성 평가 지침 주요내용

- 기준값의 유효성을 평가한 결과는 **기준값 결정 기술배경서**로 작성
- '기준값 결정 기술배경서'의 정의
 - 원자력안전위원회 고시 제2016-14호에 의해 수행하는 안전관련 펌프 가동중시험에 대하여 전력 산업기술기준 MOB, KINS/GT-N033(KINS 기술지침) 및 **발전지침-3185-08에 따라 가동중시험의 기준값이 적절히 설정되었음을 평가한 결과를 기술한 문서**

한빛 원자력 제1발전소 업무지침서

업무지침서 번호	발전지침-3185-08	개정번호	00
제 목	안전관련 펌프 기준값 관리지침		

관련절차서/지침서 개정(삭제) 주기 유무 검토 ● 유 ○ 무

문서번호	제 목	작성부서	비고
발전지침-3185-04	안전관련 펌프 및 헬프 가동중시험 기준값 관리	발전운영팀	폐기

	한빛원자력 제1발전소 업무지침서	개정번호 : 00
	발전지침-3185-08 안전관련 펌프 기준값 관리지침	작성일자 : 12/23

- 8) 붙임 82 "안전관련 펌프 시정조치 및 기준값 재설정 양식"을 기록하고, 관련 자료(펌프 경향분석결과, 기술검토서 등)를 첨부하여 보관한다.
- 7.13 가동중시험 중 새 기준값 설정
- 1) 펌프시험 변수가 A군 시험, 종합시험, B군 시험의 진동허용기준 및 수력학적 허용기준의 경계범위 또는 조치범위 내에 있고, 변화된 값에서 펌프의 계속사용 여부가 해석에 의해 입증될 때 새로운 기준값을 설정할 수 있다.
 - 2) 해석에는 펌프의 안전기능 수행능력 확인과 펌프 및 제동 축면의 운전가능성뿐만 아니라 펌프 성능 변화원인, 데이터에 의한 경향분석도 포함하여야 한다.
 - 주) 해석의 결과는 기행-2132의 절차 6.1.9항 "기록"에 따라 시험기록에 기재하여야 한다.
 - 3) 붙임 82 "안전관련 펌프 시정조치 및 기준값 재설정 양식"을 기록하고, 관련 자료(펌프 경향분석결과, 기술검토서 등)를 첨부하여 보관한다.

7.2 건설원전

7.2.1 성능곡선 작성

- 1) 성능곡선
 - 펌프의 규격명 외전수에서의 토출량(유량)과 전압경(수두), 펌프효율, 소요동력 등의 관계 표시
 - 주) 펌프는 공장시험으로 성능이 검증되었더라도 발전소 현장에서 설치가 완료된 이후 별도의 현장시험(Field Test)으로 현장과 공장의 차이(설비, 조립 등)로 인한 성능변화 유무를 확인하여야 한다.
- 2) 건설원전에서 펌프의 성능곡선 작성 시, 최소한 5군데 이상의 측정점 중 설계유량 조건인 100% 정격(Rated) 유량에서의 설계압력을 측정하여 인허가 문서에 기술된 설계압력 이상으로 펌프 성능이 확보되었음을 확인하여야 한다.
- 3) 인허가문서에 기술된 설계압력을 불만족할 경우 원인 분석, 정비, 교체 등을 통하여 펌프의 요구 성능을 확보하여야 한다.

7.2.2 초기 기준값 설정

- 1) 현장에 설치된 펌프의 최초 성능시험은 건설인수시험(Construction Acceptance Test, CAT)에서 인허가 문서에 기술된 펌프의 주요 성능변수의

	한빛원자력 제1발전소 업무지침서	개정번호 : 00
	발전지침-3185-08 안전관련 펌프 기준값 관리지침	작성일자 : 20/23

붙임 8.2 기준값 재설정 기술 검토서 작성 양식(1/2)

기준값 재설정 기술 검토서	
○ 작성일 :	1/2
1. 대상 기기 번호 및 명칭 :	
2. 범주(Category) :	
3. 설계사양	
○	
4. 안전기능	
○	
5. 시험 기준값	
○	
6. 기준값 변경사유	
○	

- ❖ 2019.09.24 한빛2호기 Y2-EF-P105 펌프 분해 정비(펌프 Ass'y 교체) 결과 펌프성능 향상 및 진동 증가됨(성능곡선 작성)
 - 펌프 Ass'y 교체 정비 후 시험결과(A군시험 및 종합시험)는 만족 되나, 펌프성능이 상한값에 근접하고 축방향 진동이 경고범위에 해당하여 가동전 시험 절차에 따라 기준값을 재설정함.
- ❖ 2020.04.22 K34R25 계획예방정비 정기검사 1차기기냉각해수펌프 성능시험 절차의 개선권고 반영(성능곡선 작성)
 - 시험 기준유량 변경에 따른 차압 및 진동 기준값 재설정함.
 - FSAR 요구유량(1,125 l/s)에서 수행할 경우 디지털 계측기 계측범위 70% 기술기준에 불만족하여 수행가능 최대유량인 1,120 l/s로 재설정함.
- ❖ 2021.07.09 한빛 1,2호기 발전지침-3185-08에 따라 경향분석 결과를 반영하여 기준값을 재설정함
 - 펌프 Ass'y 교체 이후 경향분석 결과, 차압이 경고범위 하한값에 진입하여 기계팀의 기술검토서를 반영하여 A군시험(3개월주기) 및 종합시험(2년주기)에 대한 기준값 재설정하고자 함

① Y2-EF-P105 기준유량 변경시 측정 결과(1/3)

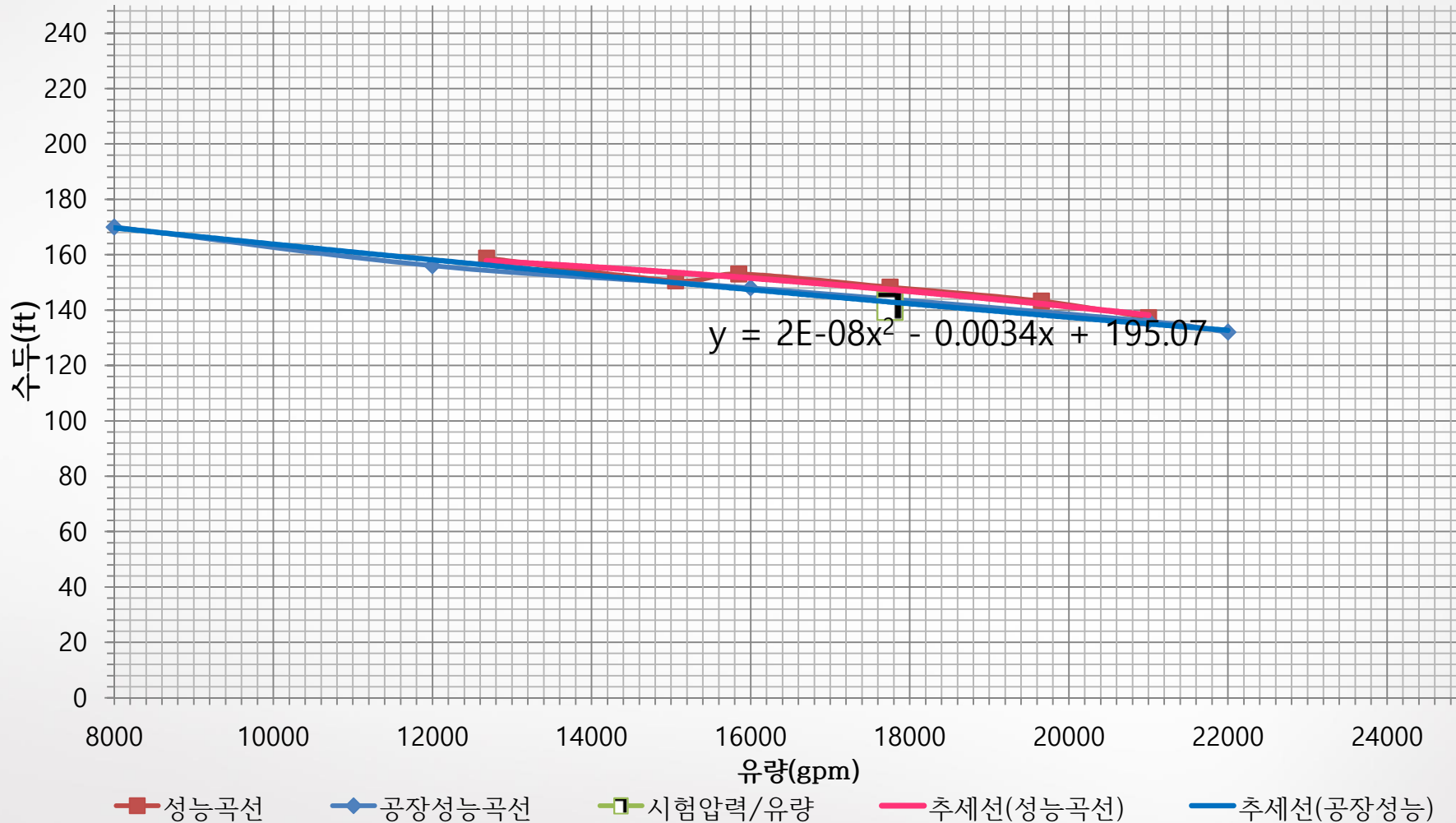
1) 성능곡선 작성									
점검일	2020.04.27	점검자	신 재 화		점검사유	성능곡선 작성			
호기	1	기기번호	Y1-EF-P105		기기명칭	일차기 냉각수 해수 펌프 'B'			
점검항목	계기번호	단위	측정값						
유량	EF-FI-234	l/sec	800.00	950.00	1000.00	1120.00	1240.00	1325.00	1400.00
해수 수위	DA-LI-076	M	4.37	4.36	4.20	4.25	4.29	4.31	4.32
수두압력	주1. 환산값	kg/cm ²	0.662	0.661	0.645	0.650	0.654	0.656	0.657
출구압력계	EF-PI-231	kg/cm ²	4.68	4.43	4.49	4.35	4.20	4.02	3.90
출구압력	주2. 보정값	kg/cm ²	5.50	5.25	5.31	5.17	5.02	4.84	4.72
차압	-	kg/cm ²	4.838	4.589	4.665	4.520	4.366	4.184	4.063
유량환산	1[l/sec] = 15.85032[gpm]	gpm	12680.26	15057.80	15850.32	17752.36	19654.40	21001.67	22190.45
차압환산	1[kg/cm ²] = 32.8084[feet]	feet	158.73	150.56	153.05	148.29	143.24	137.27	133.30
공장성능곡선	계산차압	feet	155.17	148.41	146.20	141.01	135.97	132.49	129.47
편차		%	102.3	101.4	104.7	105.2	105.3	103.6	103.0
비고	주1. 해수 높이에 따른 펌프 입구압력 환산값 = (DA-LI-76)m+6.641m/10 주2. 출구압력계 위치에 따른 압력 보정값 = 출구압력(보정전)kg/cm ² + 0.82kg/cm ²								
공장성능곡선	유량	gpm	0	4,000	8,000	12,000	16,000	21,000	22,000
공장성능곡선	차압	feet	194.00	184.00	170.00	156.00	148.00	136.00	132

* 진동 측정결과 (기준값 유량 1,120 L/s) : 만족

① Y2-EF-P105 기준유량 변경시 성능곡선 (2/3)

한빛2호기 EF-P105 성능곡선

점검일자 : 2020.04.27



① Y2-EF-P105 기준유량 변경시 기준값 재설정 유효성 평가(3/3)

기준값 재설정 기술 검토서	
○ 작성일 : 2020.5.11.	1/2
1. 대상 기기 번호 및 명칭 : 한빛2호기 1차기냉각해수펌프(Y2-EF-P103 ~ P106)	
2. 범주(Category) : Category A	
3. 설계사양	
가. 일반사항	
○ 모터 용량 / 회전수 : 950 HP / 885 rpm	
○ 펌프 형식 : 원심, 단단, 수직 장축형	
○ 제작사 : HAYWARD TYLER(USA)	
나. 펌프 수력학적 특성	
○ 유량(Rating/min./max.) : 21,000 gpm / 6,300 gpm / 24,000 gpm	
○ 차압(Rating/Shut off) : 135 ft (4.1 kg/cm ²) / 198 ft (6.03 kg/cm ²)	
4. 안전기능	
○ 안전성관련 기기에 냉각용 해수 공급	
5. 시험 기준값(시험 결과)	
○ 유량 : 1,060 → 1,120 l/s 변경	
○ 차압 및 진동 : 불임 1. 참조	
6. 기준값 변경사유	
○ 사유 : K34R25 계획예방정비 정기검사 1차기냉각해수펌프 성능시험 절차의 개선권고 반영	
○ 수력성능 : 기준유량 변경 후 시험결과, 성능곡선 대비 103.1 ~ 108.7 % 성능 발휘 안전기능 수행에 영향을 줄 수 있는 성능저하는 없었음	
○ 진동 : 진동기준은 'KEPIC MOB 진동허용기준'을 적용하여 허용치 8.255 mm/s 보다 낮은 0.96 ~ 6.72 mm/s 로 만족함. 불임2. 참조	
○ 계통 영향평가 : 펌프 차단수두(Shut off head)인 6.03 kg/cm ² 이하이며, 정격차압 4.1 kg/cm ² (@21,000 gpm)으로 현재의 차압은 계통 성능을 유지하는데 문제가 없을 것으로 판단됨	

기준값 재설정 기술 검토서(계속)	
○ 결론	2/2
6. 기준값 변경사유	
'KEPIC-2005 MOB 3410, 6230' 및 '한빛 1,2호기 안전등급 펌프 및 밸브 가동 중 시험 계획서'에 따라 기준유량 변경 후 시험 결과, 수력학적 성능은 정격차압 이상 유지되며, 펌프 진동은 제한값 대비 낮은 수준에서 유지됨. 따라서 현재 측정된 유량, 차압 및 진동을 기준값으로 변경, 재설정함이 타당함	
7. 기준값 변경내역	
○ 불임 1. 참조	
8. 시험 기록지	
○ 불임 1. 한빛2호기 기준값 재설정양식(Y2-2020-P02/P03/P04/P05)	
9. 정비 이력	
○ 불임 2. 참조	
10. 편차 원인분석	
○ 펌프 각 부품별 설계, 제작, 조립공차	
○ 취수구조물 형상에 의한 유속 및 유동 차이	
○ 타 설비의 영향 의한 유속 및 유동 차이	
11. 첨부	
○ 불임 1. 한빛2호기 기준값 재설정양식(Y1-2020-P02/P03/P04/P05) - 기준값 변경 내역 - 판정기준 계산자료 - 시험결과지	
○ 불임 2. 한빛2호기 NSCW 정비 이력 및 진동 주파수 분석 1부	
○ 불임 3. 한빛1,2호기 NSCW 펌프 성능곡선 1부	
○ 불임 4. 한빛1,2호기 NSCW 펌프 Equipment. Design Data	

② 21.07.09 Y2-EF-P105 시험결과지

시험일자	21.7.9	점검자 확인(성명/서명)	박경민 이성민	시험사유	<input checked="" type="checkbox"/> A군 시험(3개월 주기) <input type="checkbox"/> 종합시험(2년 주기) <input type="checkbox"/> 기타()				
호 기	2	기기명칭 및 번호	1차기기 냉각해수 펌프 EF - P105						
점검항목	단위	계기번호	판정 기준				결과	판정	
			기준값	허용범위	경고범위	조치범위		만족	불만족
해수 수위①	m	DA-LI-076	N/A	N/A	N/A	N/A	0.07	N/A	
입구 압력②	kg/cm ²	환산값	N/A	N/A	N/A	N/A	0.6671	N/A	
출구압력(보정전)③	kg/cm ²	PI-234	N/A	N/A	N/A	N/A	4.2	N/A	
출구압력(보정후)④	kg/cm ²	보정값	N/A	N/A	N/A	N/A	5.02	N/A	
⑤차압 (④-②)	kg/cm ²	A군 시험	4.38 ≤ ~	4.29 ≤ ~	<4.29,	>5.07	4.2529	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		종합 시험	4.38 ≤ ~	4.29 ≤ ~	<4.29,	>4.74	N/A	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
유 량	L/s	FI-234	1,120	N/A	N/A	N/A	1120	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
진	A2(H)	진동 측정기	3.40	≤ 8.255	8.255 < ~	> 17.78	3.39	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	A1(V)		3.50	≤ 8.255	8.255 < ~	> 17.78	4.06	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	A1A(A)		2.57	≤ 6.43	6.43 < ~	> 15.42	0.56	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
동	B2(H)	진동 측정기	2.30	≤ 5.75	5.75 < ~	> 13.80	2.44	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	B1(V)		2.68	≤ 6.70	6.70 < ~	> 16.08	2.97	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

H : 수평방향, V : 수직방향, A : 축방향

가. 입구압력② : $\frac{(10.03)m - (-6.641)m}{10} = 0.6671 \text{ kg/cm}^2$

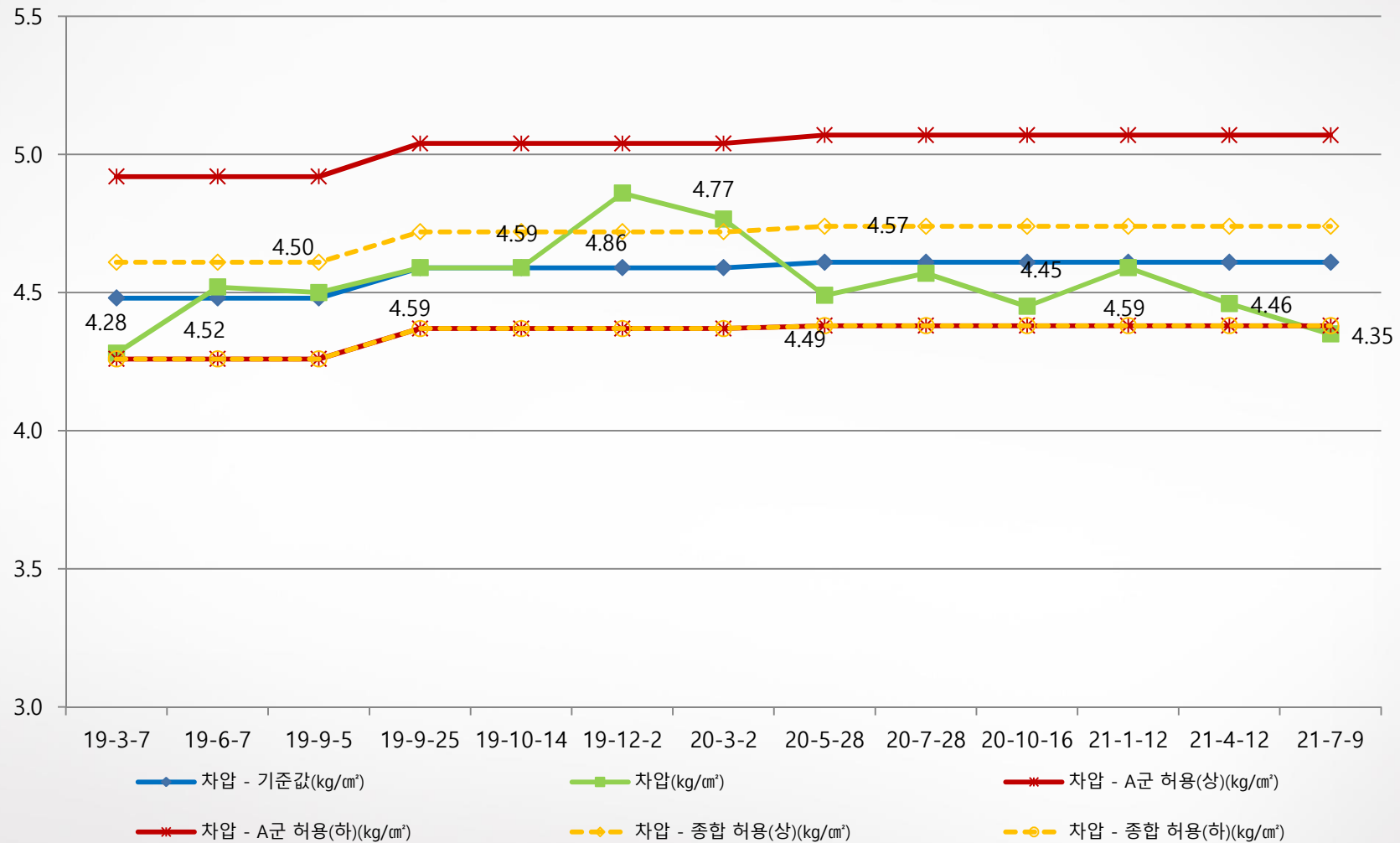
나. 출구압력④ : $\text{③ } 4.2 + 0.82 \text{ kg/cm}^2 = 5.02 \text{ kg/cm}^2$

다. 차압⑤ = $\text{④} - \text{②} = 4.2529 \text{ kg/cm}^2$

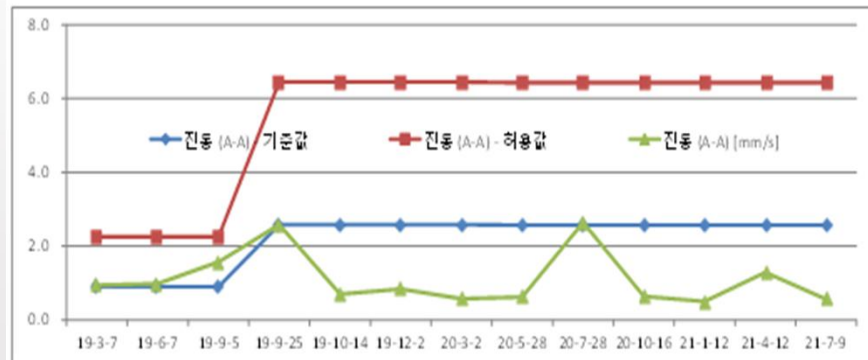
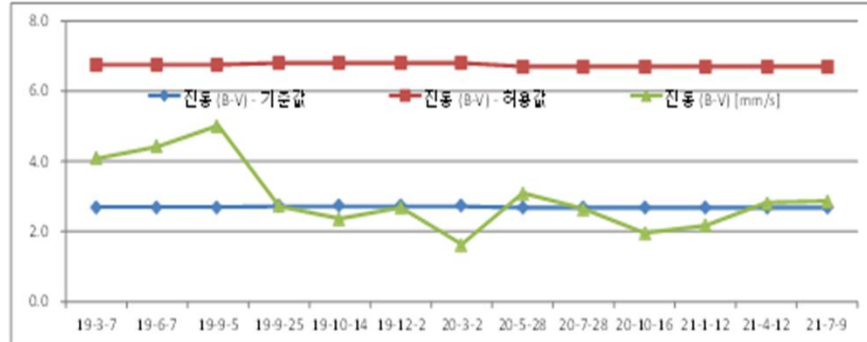
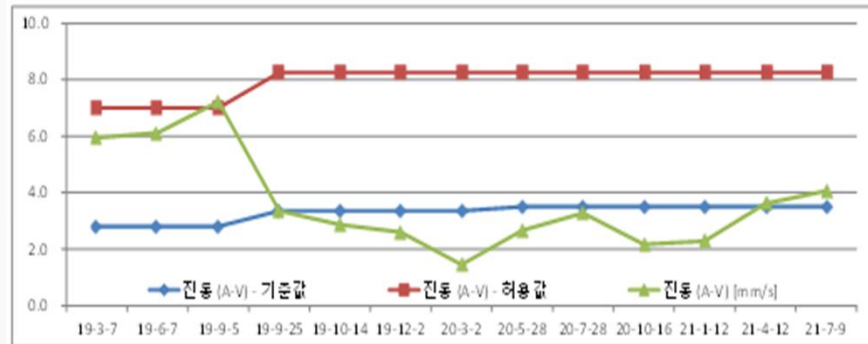
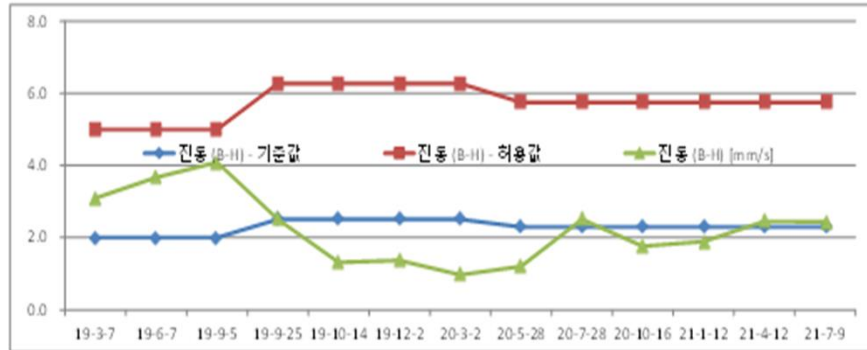
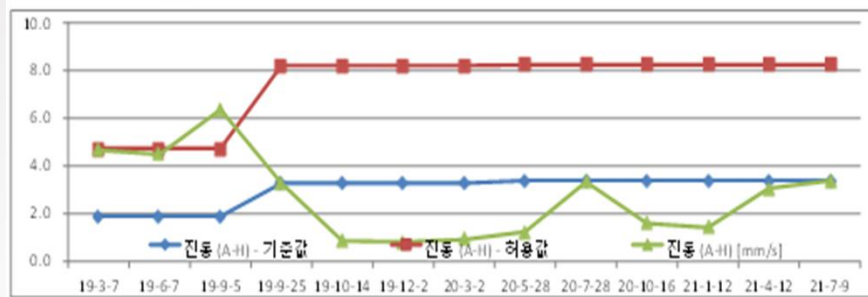
* 계산결과 확인 : 박경민

* EF-P105 3M 주기시험(2021.7.9) 차압 측정 시 허용범위는 만족하나 하한치(4.29 kg/cm² 이상)에 근접하여 기준값 재설정이 필요함 (성능곡선 대비 편차 : 101 %)

② Y2-EF-P105 차압 경향분석 결과



② Y2-EF-P105 진동 경향분석 결과

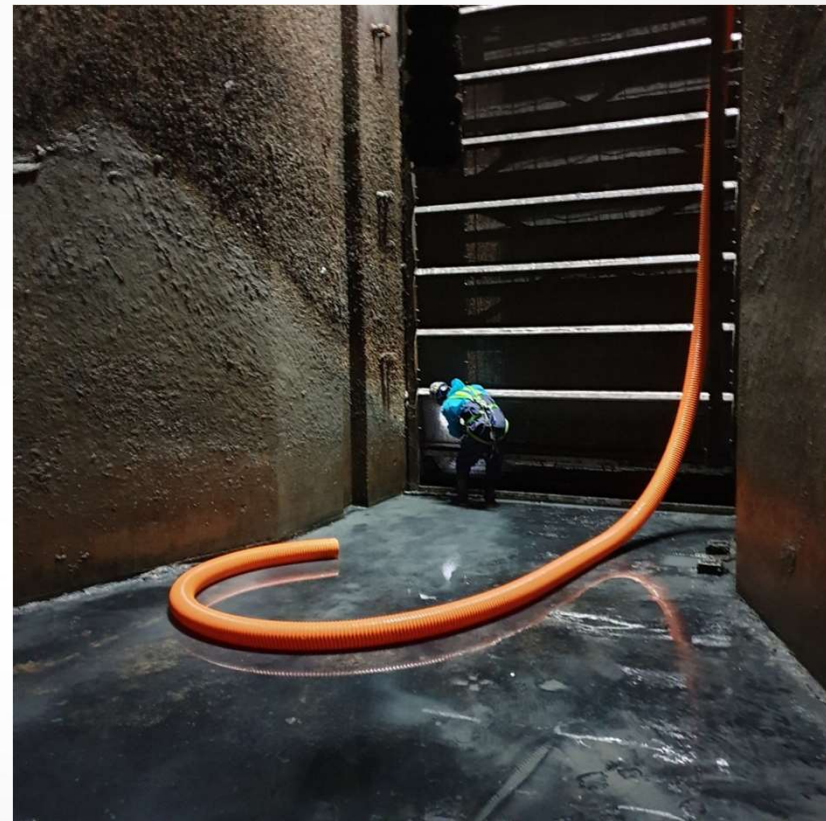


③ EF-P105 기준값 재설정 유효성 평가(3/3)

기준값 재설정 기술 검토서	
○ 작성일 : 2021.7.22.	1/2
1. 대상 기기 번호 및 명칭 : 한빛2호기 1차기기냉각해수펌프(Y2-EF-P105)	
2. 범주(Category) : Category A	
3. 설계사양	
가. 일반사항	
○ 모터 용량 / 회전수 : 950 HP / 885 rpm	
○ 펌프 형식 : 원심, 단단, 수직 장축형	
○ 제작사 : HAYWARD TYLER(USA)	
나. 펌프 수력학적 특성	
○ 유량(Rating/min./max.) : 21,000 gpm / 6,300 gpm / 24,000 gpm	
○ 차압(Rating/Shut off) : 135 ft (4.1 kg/cm ²) / 198 ft (6.03 kg/cm ²)	
4. 안전기능	
○ 안전성관련 기기에 냉각용 해수 공급	
5. 시험 기준값(시험 결과)	
○ 붙임 1. 참조	
6. 기준값 변경사유	
○ 사유 : 한빛1,2호기 발전지침-3185-08에 따라 경향분석 결과를 반영하여 기준값을 재설정함	
○ 성능 : 성능곡선 대비 101 %	
○ 진동 : 진동기준은 'KEPIC MOB 진동허용기준'을 적용하여 진동제한치 17.78mm/s 이하를 유지함	
○ 계통 영향평가 : 펌프 차단수두(Shut off head)인 6.03 kg/cm ² 이하이며, 정격차압 4.1 kg/cm ² (@21,000 gpm)으로 현재의 차압은 계통 성능을 유지하는데 문제가 없을 것으로 판단됨	

기준값 재설정 기술 검토서(계속)	
	2/2
6. 기준값 변경사유	
○ 결론	
- 2020년 4월 펌프 교체 이후 경향분석 결과, 차압이 경고범위 하한값에 진입함, 펌프성능곡선 해당 유량에서 차압대비 101%를 유지중이며 KEPIC-2500 MOB 5200 진동제한치 17.78mm/s 이하를 유지하여 현재 특성은 계통의 건전성 유지에 적절함	
- 'KEPIC-2005 MOB 3410, 6230' 및 '한빛 1,2호기 안전등급 펌프 및 밸브 가동 중 시험 계획서'에 따라 위 시험 결과에서 얻은 유량, 차압 및 진동을 기준값으로 변경, 재설정함이 타당함	
7. 기준값 변경내역	
붙임 2. 참조	
8. 시험 기록지	
○ 붙임 1. Y2-EF-P105 기준값 설정양식(2021-P03)	
9. 정비 이력	
○ Y2 EF-P105 : 2019.9.25 펌프 Ass'y 교체	
10. 편차 원인분석	
○ 2019년 9월 펌프 교체 이후 장기간 운전에 따른 펌프 성능 감소	
계통성능 유지 가능	
○ 붙임 2. 기준값 변경 내역 1부	
○ 붙임 3. 한빛1,2호기 NSCW 펌프 성능곡선 1부	
○ 붙임 4. 한빛1,2호기 NSCW 펌프 Equipment. Design Data	

③ 1차기기 냉각해수 펌프실 현장 사진



THANK
YOU

