

서론 - 발전소 성능관리의 목적

본론 - 성능 진단의 활용도 제고 방안

1. Off-line 성능시험 결과의 정비 반영

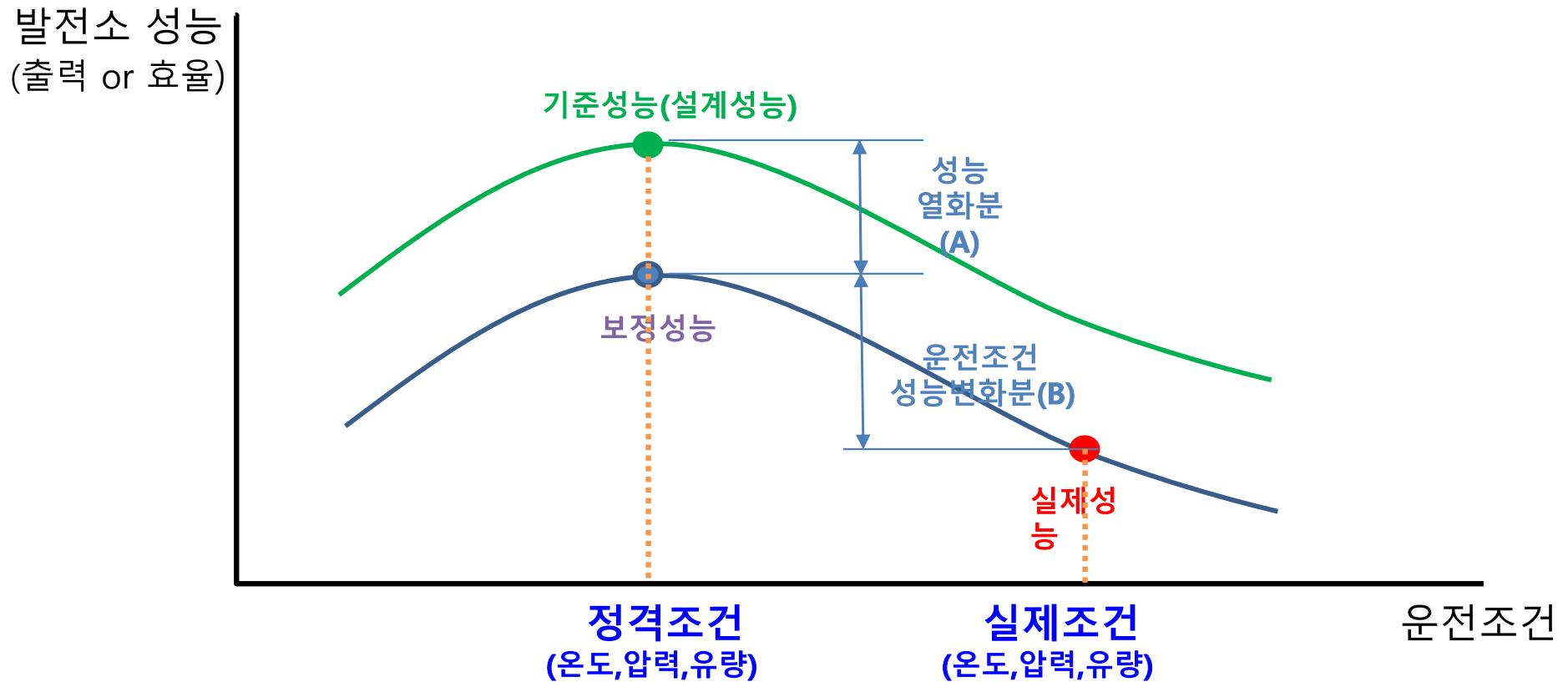
2. On-line 성능감시로 운전효율 향상

결론 - 개선 노력의 효과

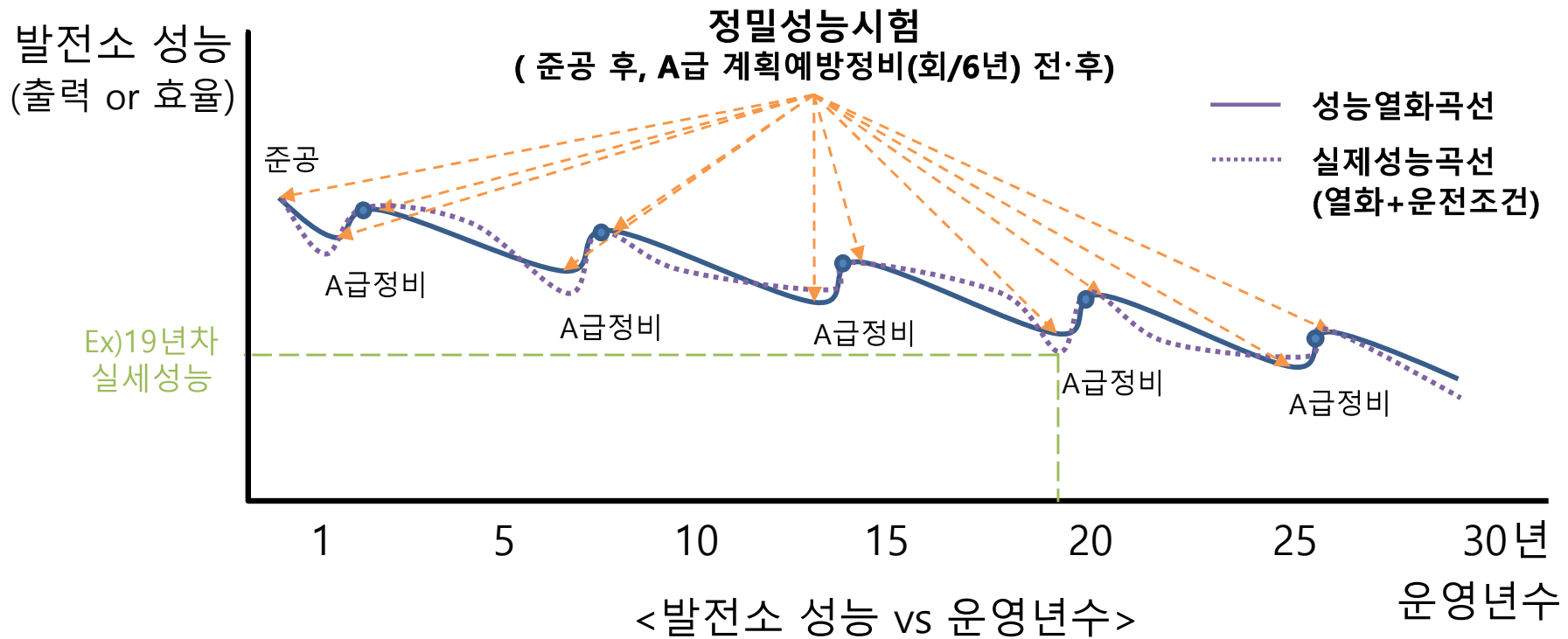
발전소 성능관리의 목적

[발전소 성능 결정요소]

- √ 발전소의 실시간 실제성능(출력, 효율)은 운전시간에 따른 열화분(A)
- + 해당시점의 운전조건(연료성상, 주증기 온도 및 압력, 복수기 진공도 등)의 정격치와의 차이에 따른 성능변화분(B)의 합으로 표현됨.



발전소 성능관리의 목적



발전소 성능관리의 목적

성능진단과 O&M

구분	정비부서 지원(Maintenance)	운전부서 지원(Operation)
역할	<ul style="list-style-type: none"> ◎ 단위기기 별 성능저하 개소 파악 <ul style="list-style-type: none"> - O/H 전 성능시험을 통한 파악 - 정비 계획 수립 시 성능시험 결과 반영 ◎ 정비 효과 파악 및 피드백 <ul style="list-style-type: none"> - O/H 전후 성능시험 결과 보고 - 미비사항 추후 정비 반영 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 상시 성능 및 운전 감시 <ul style="list-style-type: none"> - 주요 운전 변수의 정격 운전 유지 - 성능저하 요소 발생 시 인지 후 자체 조치 or 정비부서 통보 - 최적 성능 유지 - 발전비용 인지 및 관리
효과	<ul style="list-style-type: none"> ◎ 정비의 경제적 효과 증대 <ul style="list-style-type: none"> 기존 : 고장정지 예방 및 조치 개선 : 기존 역할 + 최적 정비에 따른 발전소 효율 증대 도모 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 실시간 최적 성능 유지 <ul style="list-style-type: none"> 기존 : 불시정지 등 비계획 예방 운전 개선 : 기존 역할 + 실시간 운전 데이터 감시로 최적 효율 유지

Off-line 성능시험 결과의 정비 반영

● 현황 및 문제점

- 운영발전소의 인수대비 발전효율 현황 : 약 1~3% 저하

구분	000 본부	△△본부	□□본부
종합효율 편차	-1.5 ~ -2.2	-2.5 ~ -3.7	-0.9 ~ -1.9

- 문제점

- (운영관리) 발전설비 효율업무 관리주체 불명확, 성능시험 환류체계 미흡
- (정비관리) 고장예방을 위한 설비개선 예산편중으로 성능개선 투자 난해

On-line 성능감시로 운전효율 향상

[요약]

- ✓ 에너지가격 급등으로 발전원가 지속 상승
- ✓ 정부 탈석탄 정책으로 석탄화력 온실가스 감축의무 대폭강화 및 배출비용 증가 전망
- ✓ 발전(환경)단가 중심의 전력시장 재편으로 석탄화력 효율 저하 시 수익성 악화예상
⇒ 석탄상한제, 가격입찰제 시행 예정 등 재무상태 악화에 따른 생존방안 수립 필요

[주요 이슈]

- √ 현재 운영중인 석탄화력발전소 호기 별 설계대비 약 1~3% 성능 저하 발생
⇒ 재무상태 개선을 위한 위한 종합 효율관리 체계 필요

On-line 성능감시로 운전효율 향상

효율 저하에 따른 손실비용(예시)

본부	처	호기	발전단 효율(%)			소내소비율(%)			보일러 효율(%)			터빈효율(%)			주요 손실 요소 (%)	손실 비용(억원/년)		
			설계치	시험치	차이	설계치	시험치	차이	설계치	시험치	차이	설계치	시험치	차이		연료비	배출권	합계
OO	OO 1발	OO1	43.34	39.76	-3.58	4.87	4.68	-0.19	90.39	88.64	-1.75	48.26	46.11	-2.15	-1.84	82	34	116
		OO2	43.34	39.66	-3.68	4.87	4.61	-0.26	90.39	89.34	-1.05	48.26	45.96	-2.30	-1.68	75	31	106
	OO 2발	OO3	43.37	40.85	-2.52	4.63	4.64	0.01	90.81	88.54	-2.27	47.80	46.21	-1.59	-2.92	141	59	200
		OO4	43.37	40.18	-3.19	4.63	5.02	0.39	90.81	88.54	-2.27	47.80	46.55	-1.25	-2.27	111	46	156
	OO 3발	OO5	43.11	40.05	-3.06	5.35	5.72	0.37	89.68	88.72	-0.96	48.21	46.83	-1.37	-0.95	48	19	67
		OO6	43.11	40.18	-2.93	5.35	6.34	0.99	89.68	87.45	-2.22	48.21	47.66	-0.55	-1.09	54	22	76
△△△	△△△ 1발	△△△ 3	38.32	36.40	-1.92	3.83	4.92	1.09	89.30	85.64	-3.66	44.22	43.14	-1.08	-2.71	102	35	137
		△△△ 4	38.32	37.23	-1.09	3.83	5.12	1.29	89.30	86.66	-2.64	44.22	43.23	-0.99	-1.99	75	26	100
	△△△ 2발	△△△ 5	40.24	38.27	-1.97	3.75	3.96	0.21	88.38	86.72	-1.66	46.04	44.33	-1.71	-2.38	75	28	102
		△△△ 6	40.24	38.78	-1.46	3.75	3.96	0.21	88.38	86.72	-1.66	46.04	45.16	-0.88	-2.27	71	26	97
□□	□□	□□1	38.77	36.90	-1.88	9.87	10.46	0.59	84.52	85.04	0.52	45.74	45.15	-0.59	-0.80	20	7	27
		□□2	38.87	36.48	-2.39	9.56	9.62	0.06	87.23	85.06	-2.17	45.72	44.06	-1.66	-3.37	78	26	104
▽▽	▽▽	▽▽1	35.14	31.89	-3.25	7.35	8.35	1.00	84.20	84.28	0.08	42.90	39.20	-3.71	-1.45	20	4	24
		▽▽2	37.47	37.03	-0.44	7.67	9.43	1.76	84.01	85.94	1.93	45.05	43.37	-1.68	-0.42	5	2	7
평균(합계)		-	40.34	37.99	-2.35	5.21	6.14	0.93	88.48	86.95	-1.53	46.16	44.54	-1.62	-2.02	957	363	1,320

On-line 성능감시로 운전효율 향상

[운전조건에 따른 성능변화분 추정]

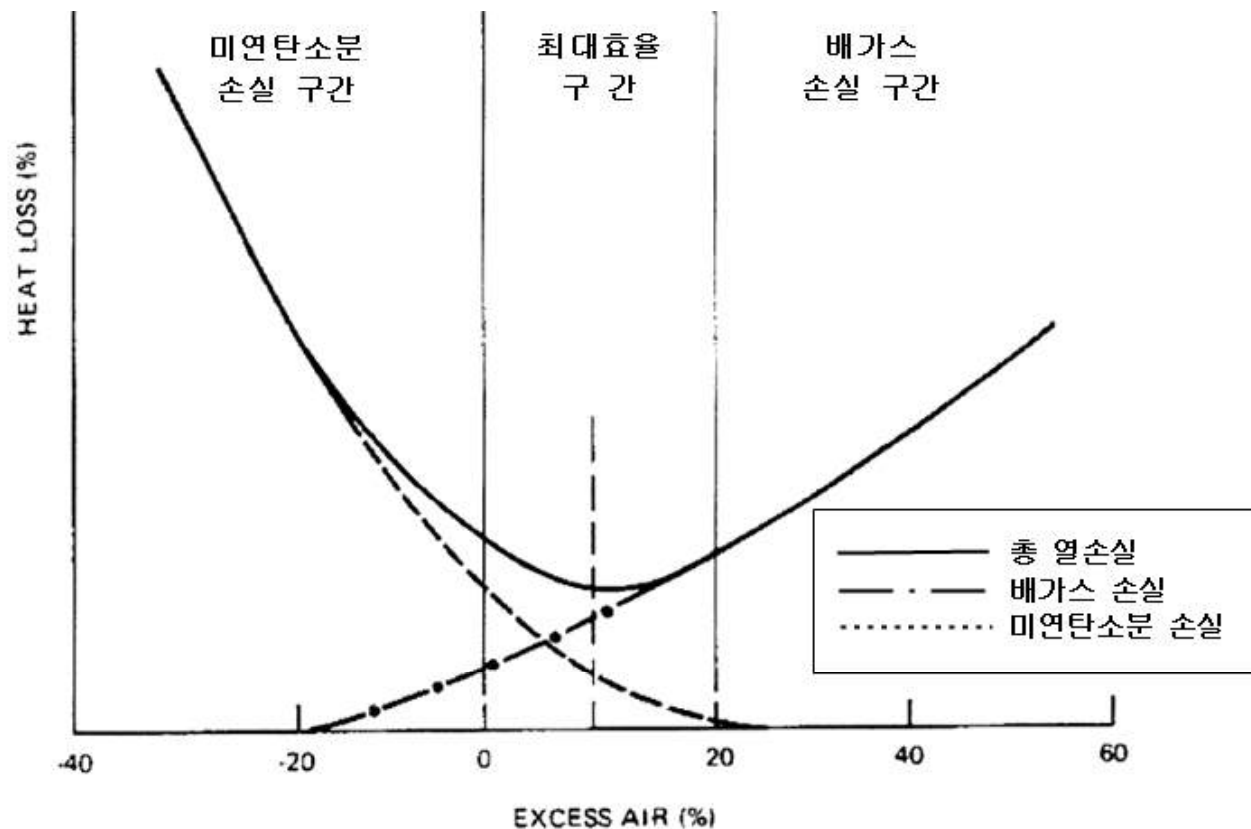
- √ 화력발전소 성능(출력, 효율)은 주요 구성기기(보일러, 터빈 등)의 실시간 운전조건에 따라 변화하며, **각 운전조건에 정격치 대비 실제 운전치의 편차에 따른 성능 변화곡선(보정곡선)**은 기기별로 제작사가 제공
- √ 주요 구성기기(보일러, 터빈)의 성능을 결정하는 주요 운전조건은 아래와 같음.

구분	기기별 운전조건
보일러	연료성상(발열량, 수분함량, 수소함량), 대기상태(온도, 습도) 배기가스 상태(온도, 산소농도, CO농도), 회 중 미연분 농도
터빈	주증기 상태(온도, 압력), 재열증기 상태(온도, 압력) 복수기 진공도, 과열기 및 재열기 온도저감수 유량 최종급수온도, 보조증기 사용유량, 계통수 감소량

On-line 성능감시로 운전효율 향상

[운전조건에 따른 성능변화분 추정]

- ✓ 실제로 오래된 발전소의 경우, 현장 운영자는 설비 투자 없이 모든 운전값을 설계치 수준으로 운영하기 어려움
- ✓ 이에 따라, 최대 플랜트 효율을 낼 수 있는 운전변수 간의 적정 운전점을 찾아야 함



EX) 보일러 최적 운전점

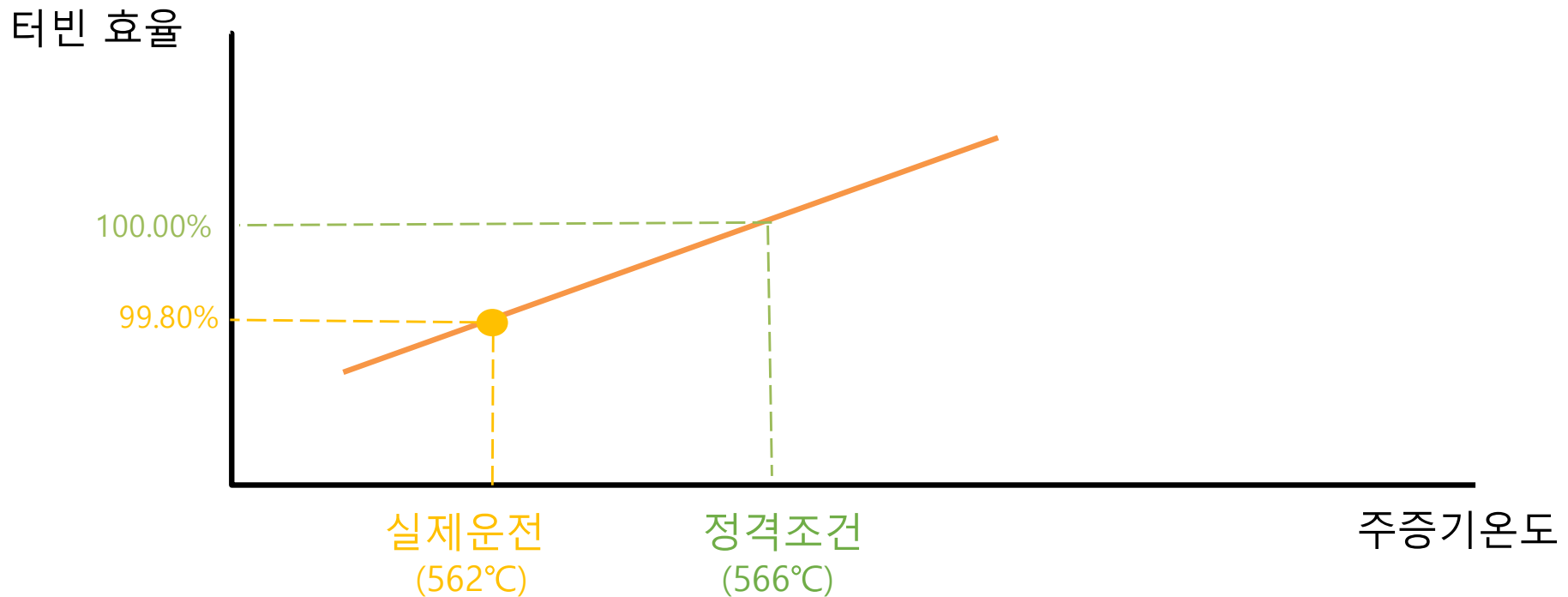
- 건배기가스 손실
- 미연탄소 손실
- 과열저감수 손실

EX) 보일러 효율과 과잉공기 운전

On-line 성능감시로 운전효율 향상

[운전조건에 따른 성능변화분 추정]

- ✓ 각 운전조건에 정격치 대비 실제운전치의 차이에 따른 성능변화 곡선 (보정곡선)을 활용하면 운전조건 별로 성능변화분을 산정할 수 있으며,
- ✓ 이렇게 산출된 각 운전조건별 성능변화분을 종합(곱셈or덧셈 보정)하면 전체 운전조건에 따른 성능변화분을 산정 가능



<보정곡선 예시> 주증기 온도 vs 터빈 성능

On-line 성능감시로 운전효율 향상

[보일러 성능저하 요소]

√ 보일러 성능저하 요인 : 배가스온도 ↑ , 미연탄소분 및 CO농도 ↑ , 연료 중 수분함량 ↑

항 목		변화 값	보일러 효율 영향
Eco. 에서 급수온도 상승		+ 5.6~6.1 °C	+ 1 %P (향상)
AH 연소용 공기온도 상승		+ 33 °C	+ 1 %P (향상)
보일러 배가스온도 저하		- 22 °C	+ 1 %P (향상)
Eco. 출구 O ₂ % 증가		+ 1 %P	- 0.3 %P (저하)
Ash 중 미연탄소분 증가		+ 1 %P	- 0.12 %P (저하)
CO 농도 증가		+ 1,000 ppm	- 0.35 %P (저하)
석탄 성상 변화	발열량	- 100 kcal/kg	- 0.08 %P
	수분 (H ₂ O)	+ 1 %P	- 0.1 %P
	수소분 (H ₂)	+ 1 %P	- 0.9 %P
	* HHV : 6080 kcal/kg (ARB), TM : 10% (ARB), H ₂ : 4.3 % (DB)		

On-line 성능감시로 운전효율 향상

[터빈 성능저하 요소]

√ 터빈 성능저하 요인

- 증기온도 및 압력 ↓, 복수기 진공도 ↓, 터빈 내부효율 ↓

항 목	변화 값	터빈 효율 영향
주증기온도	- 5.6 °C	- 0.1% (저하)
주증기압력	- 1kg/cm ²	- 0.05%(저하)
재열증기온도	- 5.6 °C	- 0.1% (저하)
Reheat Spray	+1 %(주증기유량대비)	- 0.15% (저하)
진공도	+1 mmHg	-0.08 % (저하)

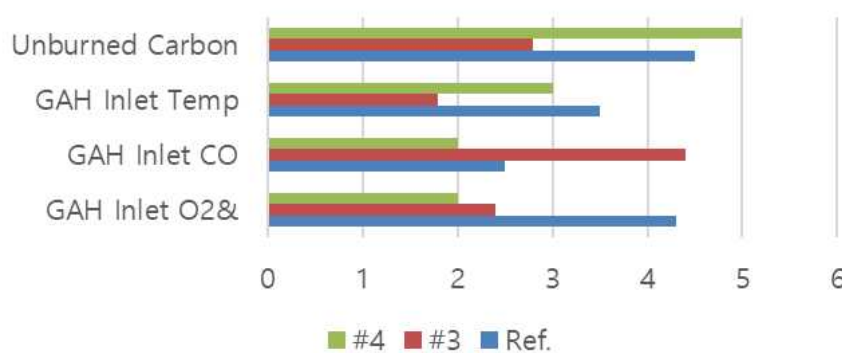
(Source : GE, PTC PM-1993)

On-line 성능감시로 운전효율 향상

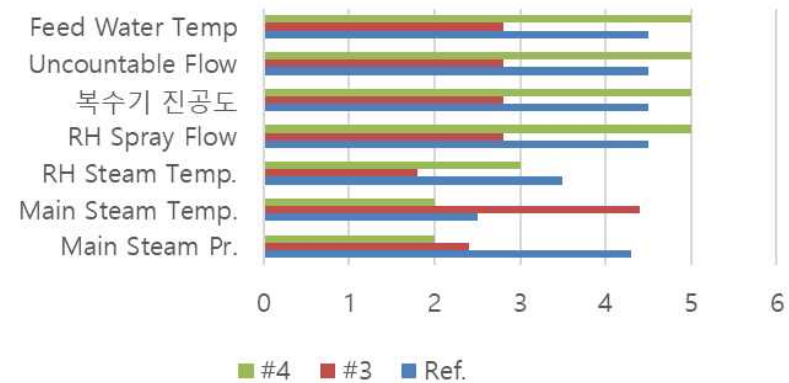
[개요]

- 주요 운전 변수 선정 (BLR, TBN)

Boiler 운전편차



Turbine 운전편차



- 주요 운전 변수 감시

- 대표화면을 통해 일상감시

- BLR Part

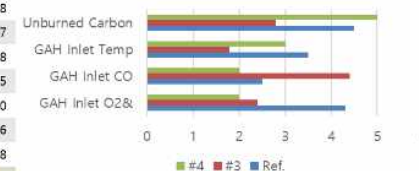
- TBN Part

주요 운전 변수 모니터링 현황

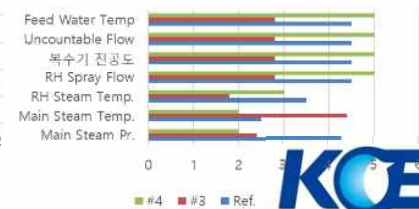
운전변수	3/4호기 기준값	3호기 현재값	4호기 현재값	가중치	3호기 운전평가	4호기 운전평가
소내전력소비율	4.8	4.85	4.83	0.1	95	95
GAH Inlet O2%	4.3	4.3	4.3	0.1	100	100
GAH Inlet CO	0.09	0.09	0.09	0.1	100	100
GAH Inlet Temp	371	371	371	0.15	90	92
Unburned Carbon	6.5	6.5	6.5	0.15	92	93
Main Steam Pr.	170	170	170	0.1	99	98
Main Steam Temp.	538	538	538	0.1	99	97
RH Steam Temp.	538	538	538	0.1	97	98
RH Spray Flow	0	0	0	0.1	80	75
복수기 진공도	721.8	721.8	721.8	0.3	92	90
Uncountable Flow	0	0	0	0.1	80	76
Feed Water Temp.	247	247	247	0.1	97	98
총합					95	94



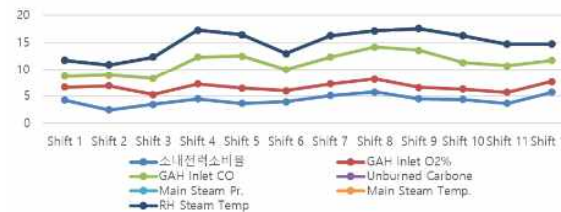
Boiler 운전편차



Turbine 운전편차



주요 운전 변수 Trend



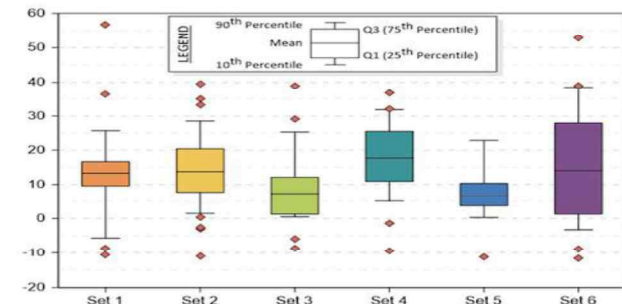
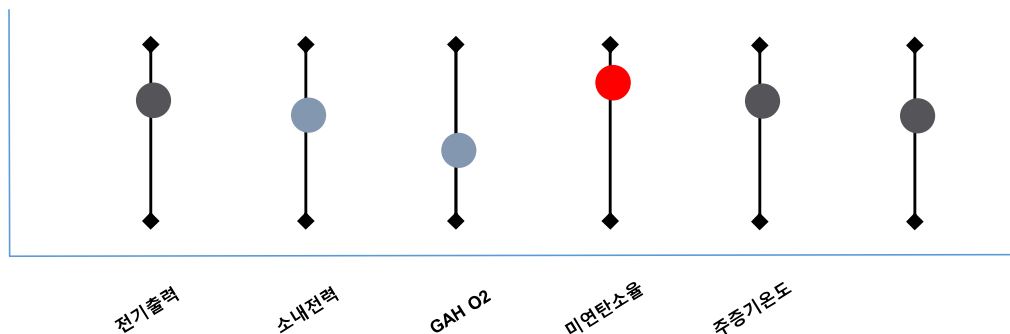
On-line 성능감시로 운전효율 향상

● 실시간 모니터링 화면

✓ 종합점수를 참고하여 최종적으로 효율적인 운전형태 또는 운전방식을 선정하는데 도움

Ex) 특정 운전변수를 정상화 하기 위한 조치 시 종합운전상태 점수를 실시간 재산정하여 효율적인 운전형태 또는 운전방식을 선정

운전변수	단위	기준값	현재값	편차	평균차이	효율 영향도	효율 지수	전 Shift비교
Common								
• 전기 출력	kW	870,000	850,000	-20,000	-20,000	25	97	↓ (-1)
• 소내 전력	kW	20,000	25,000	5,000	5,000	10	96	↓ (-1)
• CO ₂ 배출량	tCO ₂ /h							
Boiler System								
• GAH inlet O ₂	%	5	8	3	3	3	85	
• 미연탄소율	%	2	6	4	4	15	75	↑ (2)
Turbine Cycle								
• 주증기 온도	°C	560	559	1	1	10	98	↓ (-1)



On-line 성능감시로 운전효율 향상

● 실시간 모니터링 화면

Plant Detail - HanPrism Spotlight

EPOMS 데이터 분석 설정 관리 링크 도움말

Plants Common General Variables 태그 관리 스크립트 태그 에디터 단일 태그 값 입력 다중 태그 값 입력 이벤트 태그 관리 포트 코드 설정 부서 관리 사용자 관리 역할 관리 게이트웨이 설정 애플리케이션 외부 링크 유틸리티

EPOMS Settings Tag 이벤트 메시지 사용자 유틸리티

시작 페이지 Menu Setting Variables 스크립트 태그 에디터 Plant Dashboard Plant Detail

Current Shift: Average Past Data Display: OE Index Information Temporary Notice Exar

Plant: 영흥5호기 Plant Detail

St...	Operation Parameter	Reference	Current Shift					Past Shift Data			
			Measured	Efficiency Change	Loss Cost	OE Index	Improvement Effort	2022-06-20 AS	2022-06-20 DS	2022-06-19 AS	
▼ Overall											
	전기출력	870.00 MW	0.00 MW								
	소내전력 소비율	5.35 MW	5.69 MW	-0.17 %	0.20	90.92	99.32 %	91.06	91.27	92.66	
▼ Boiler											
	GAH 입구 O2%	2.76 %	2.01 %	0.34 %	-0.39	92.43	-8.10 %	92.51	93.03	93.02	
	GAH 입구 CO	0.00 ppm	183.87 ppm	-0.04 %	0.04	97.08	-44.52 %	97.25	98.53	99.64	
	GAH 출구 온도	135.90 DegC	139.75 DegC	-1.79 %	2.14	98.37	-6.57 %	98.32	98.15	97.96	
	미연탄소율	1.47 %	2.00 %	-0.03 %	0.03	100.00	0.00 %	0.00	0.00	0.00	
	연료발열량	5,300.00 kcal/kg	5,200.00 kcal/kg	-0.19 %	0.12	100.00	0.00 %	0.00	0.00	0.00	
	석탄 수분량	20.00 %	22.00 %			100.00	0.00 %	0.00	0.00	0.00	
	Soot Blow 유량비율	1.00 %	0.21 %			79.35	78.69 %	81.03	78.47	88.61	
	testN12	0.00	0.00			0.00	0.00 %	0.00	0.00	0.00	
▼ Turbine System											
	주증기 압력	20.73 MPa	20.49 MPa	-0.05 %	0.06	99.24	-6.66 %	99.20	98.66	97.87	
	주증기 온도	566.00 DegC	568.89 DegC	0.04 %	-0.04	97.56	-31.40 %	97.56	97.96	98.78	
	재열증기 압력강하율	9.01 MPa	4.71 MPa	0.16 %	-0.19	85.17	-1.29 %	85.16	85.13	85.08	
	재열증기 온도	593.17 DegC	592.30 DegC	-0.01 %	0.01	99.73	0.06 %	99.78	99.91	100.00	
	재열증기 Sprav 비율	0.00 %	0.18 %	-0.01 %	0.02	00.18	4.52 %	00.20	00.67	100.00	

T YH05_EPOMS_HHV_VAL

View Quick Trend

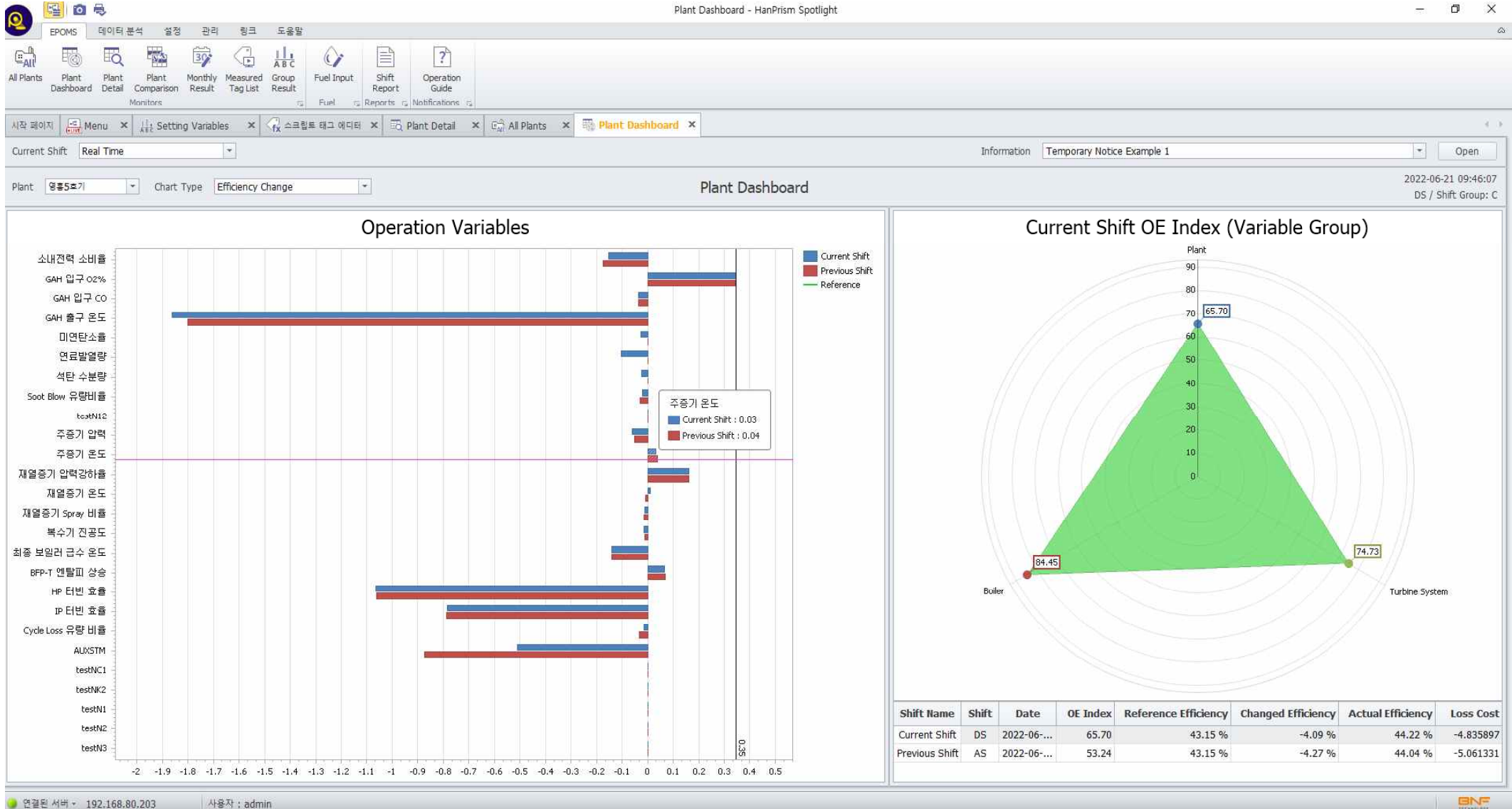
Add Quick Trend

Best Range : 5200 ~ 5400

Normal Range : 5000 ~ 5700

On-line 성능감시로 운전효율 향상

● 실시간 모니터링 화면



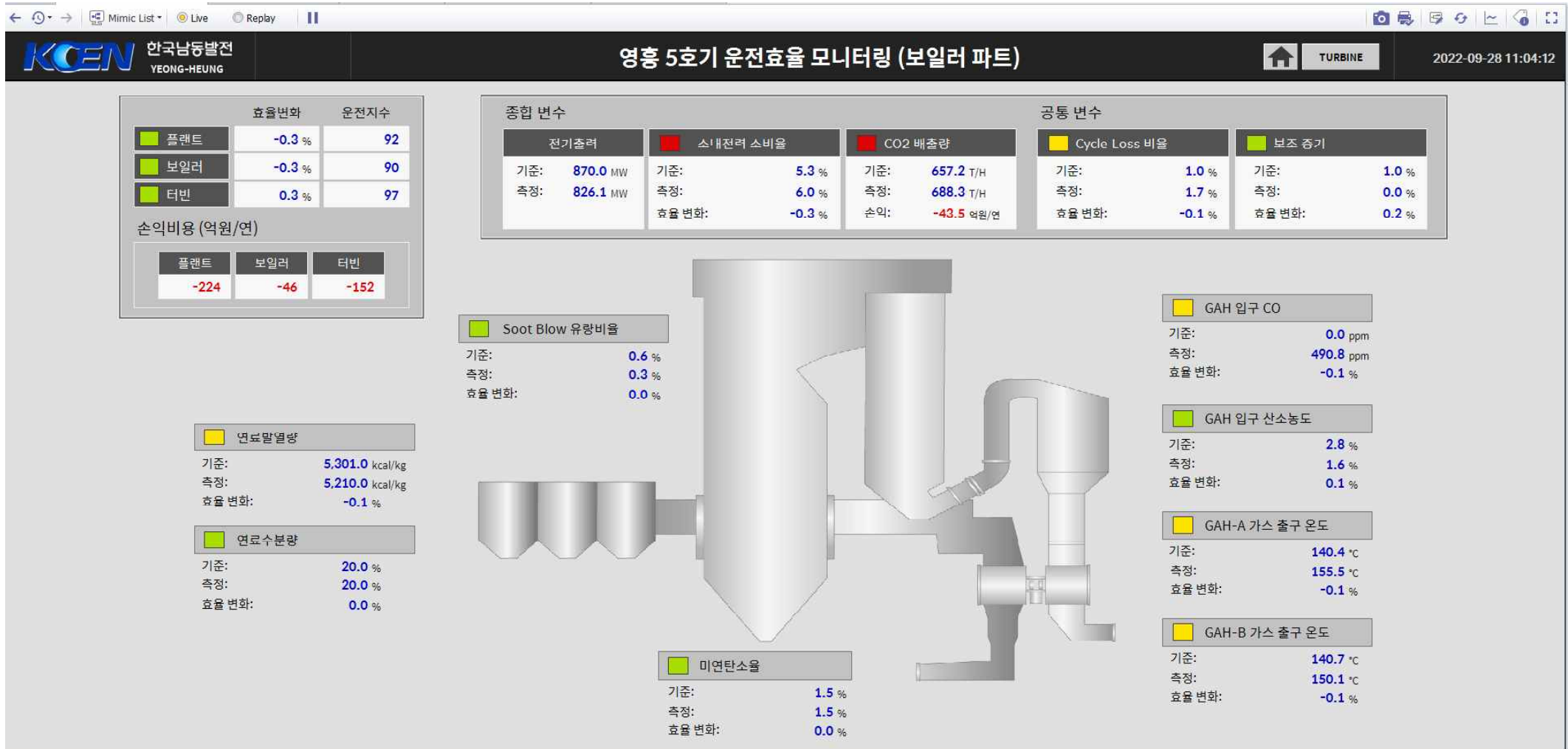
On-line 성능감시로 운전효율 향상

● 실시간 모니터링 화면

Current Shift		Real Time	Plant	영동5/6호기	YH56 Plant Comparison								2022/09/28 11:02:27 DS
St.	Plant	OE Index	Reference Efficiency	Changed Efficiency	Actual Efficiency								
●	영동5호기	92	43.15 %	-0.38 %	42.77 %								
●	영동6호기	88	43.15 %	-1.45 %	41.70 %								
Operation Parameter	YH05	YH06	Reference (Rate)	Current Shift Measure		Previous Shift Measure		Current Shift Efficiency Change		Prev Shift Efficiency Change		Current Shift OE Index	
	YH05	YH06		YH05	YH06	YH05	YH06	YH05	YH06	YH05	YH06	YH05	YH06
[Plant]	●	●						-0.38 %	-1.45 %	-0.38 %	-1.45 %	92	88
[Main]	●	●						-0.31 %	-0.27 %	-0.31 %	-0.27 %	67	71
전기출력			870.00 MW	827.51 MW	829.82 MW	830.45 MW	466.00 MW						
소내전력 소비율	●	●	5.35 %	6.04 %	5.93 %	5.89 %	23.16 %	-0.31 %	-0.27 %	-0.31 %	-0.27 %	67	71
CO2 배출량	●		710.77 t/h	682.49 t/h		682.96 t/h		0.00 %		0.00 %		50	
[Boiler]	●	●						-0.42 %	-0.38 %	-0.42 %	-0.38 %	90	88
GAH 입구 O2%	●	●	2.76	1.95	2.07	1.77	6.61	0.08 %	0.06 %	0.08 %	0.06 %	100	100
GAH 입구 CO	●	●	0.00 ppm	461.46 ppm	598.48 ppm	434.42 ppm	218.48 ppm	-0.08 %	-0.10 %	-0.08 %	-0.10 %	88	86
GAH-A 가스온도 (보정)온도	●	●	135.90 DegC	157.00 DegC	151.96 DegC	156.61 DegC	155.15 DegC	-0.17 %	-0.16 %	-0.17 %	-0.16 %	80	81
GAH-B 가스온도 (보정)온도	●	●	135.90 DegC	151.44 DegC	153.35 DegC	150.43 DegC	141.82 DegC	-0.10 %	-0.12 %	-0.10 %	-0.12 %	86	84
비연탄소율	●	●	1.47 %	1.47 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	95	95
연료발열량	●	●	5301.00 kcal/kg	5210.00 kcal/kg	0.00 kcal/kg	0.00 kcal/kg	0.00 kcal/kg	-0.08 %	-0.08 %	-0.08 %	-0.08 %	88	88
Soot Blow 유량비율	●	●	0.62 %	0.40 %	0.39 %	0.31 %	3591065000000000000...	-0.06 %	-0.06 %	-0.06 %	-0.06 %	89	90
석탄수분량_N	●	●	20.00 %	20.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	-0.01 %	0.00 %	-0.01 %	95	94
[Turbine System]	●	●						0.23 %	-0.77 %	0.23 %	-0.77 %	96	87
주증기 압력	●	●	24.12 MPa	24.08 MPa	24.06 MPa	24.28 MPa	14.64 MPa	-0.01 %	0.16 %	-0.01 %	0.16 %	95	100
주증기 온도	●	●	566.00 DegC	568.49 DegC	568.92 DegC	568.98 DegC	562.87 DegC	0.03 %	0.04 %	0.03 %	0.04 %	98	98
재열증기 압력강하율	●	●	8.90 %	4.64 %	4.69 %	4.60 %	5.25 %	0.14 %	0.14 %	0.14 %	0.14 %	100	100
재열증기 온도	●	●	593.17 DegC	594.52 DegC	595.54 DegC	596.00 DegC	571.09 DegC	0.01 %	0.02 %	0.01 %	0.02 %	96	97
재열증기 Spray 비율	●	●	0.54 %	0.07 %	0.93 %	0.27 %	5618249000000000000...	-0.01 %	-0.08 %	-0.01 %	-0.08 %	94	88
복수기 진공도	●	●	-721.90 mmHg	-723.01 mmHg	-718.78 mmHg	-723.12 mmHg	-719.55 mmHg	0.07 %	-0.04 %	0.07 %	-0.04 %	100	91
최종 보일러 급수 온도	●	●	293.42 DegC	291.60 DegC	291.36 DegC	291.66 DegC	248.61 DegC	-0.02 %	0.09 %	-0.02 %	0.09 %	93	100
BFP-T 엔탈피 상승	●	●	39.27 kcal/kg	8.91 kcal/kg	7.57 kcal/kg	8.83 kcal/kg	1.92 kcal/kg	-0.02 %	0.13 %	-0.02 %	0.13 %	93	100
HP 터빈 효율	●	●	87.07 %	80.19 %	80.36 %	80.71 %	74.35 %	-0.70 %	-0.68 %	-0.70 %	-0.68 %	50	50
IP 터빈 효율	●	●	95.08 %	85.89 %	86.58 %	85.85 %	80.72 %	-0.72 %	-0.67 %	-0.72 %	-0.67 %	50	50
[Common]	●	●						0.10 %	-0.03 %	0.10 %	-0.03 %	95	94
Cycle Loss 유량 비율	●	●	1.00 %	1.71 %	1.31 %	1.45 %	5726749000000000000...	-0.06 %	-0.03 %	-0.06 %	-0.03 %	90	93
보조증기비율	●	●	1.00 %	0.00 %	0.00 %	0.45 %	8031309000000000000...	0.16 %	0.00 %	0.16 %	0.00 %	100	95

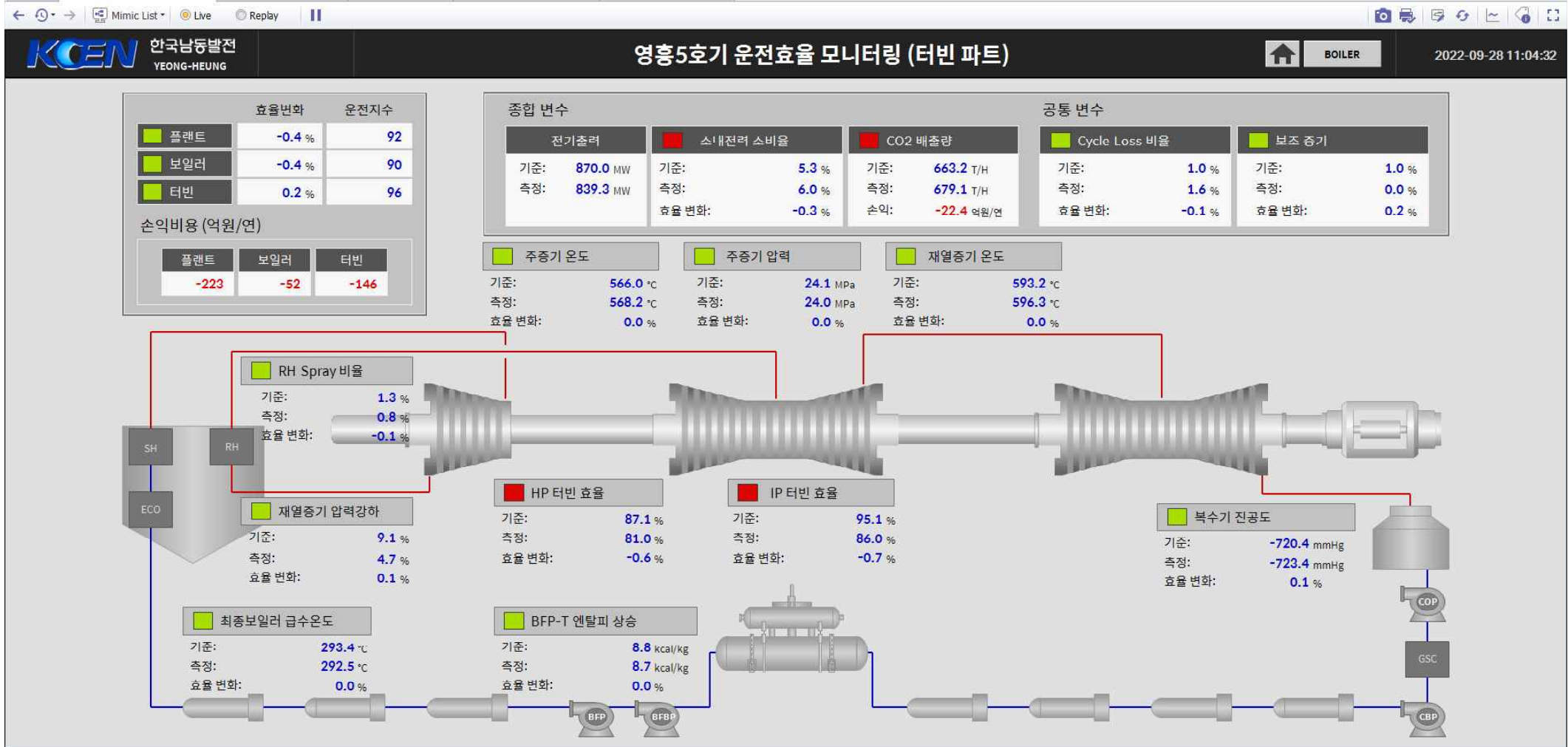
On-line 성능감시로 운전효율 향상

● 실시간 모니터링 화면



On-line 성능감시로 운전효율 향상

● 실시간 모니터링 화면



On-line 성능감시로 운전효율 향상

● 실시간 모니터링 화면

The screenshot displays the '전사 운전효율 모니터링' (Company-wide Operating Efficiency Monitoring) interface. It features a central map of Korea with location markers for several power plants. Each marker is linked to a data table showing efficiency changes, operating indices, and profit/loss for different units.

분당 발전본부 (Bundang Power Plant):

호기	효율변화	운전지수	손익비용 (억원)
1블록	0.0 %	0	0
2블록	0.0 %	0	0

영흥 발전본부 (Yeongheung Power Plant):

호기	효율변화	운전지수	손익비용 (억원)
1호기	0.0 %	0	0
2호기	0.0 %	0	0
3호기	0.0 %	0	0
4호기	0.0 %	0	0
5호기	-0.4 %	92	-223
6호기	-1.5 %	88	-193

영동एको 발전본부 (Yeongdong-eko Power Plant):

호기	효율변화	운전지수	손익비용 (억원)
1호기	0.0 %	0	0
2호기	0.0 %	0	0

여수 발전본부 (Yeosu Power Plant):

호기	효율변화	운전지수	손익비용 (억원)
1호기	0.0 %	0	0
2호기	0.0 %	0	0

삼천포 발전본부 (Samcheonpo Power Plant):

호기	효율변화	운전지수	손익비용 (억원)
3호기	0.0 %	0	0
4호기	0.0 %	0	0
5호기	0.0 %	0	0
6호기	0.0 %	0	0

개선 노력의 효과

[요약]

- ✓ 플랜트 효율운전을 위한 주요 운전변수의 민감도에 따라 운영방향 결정
- ✓ 운전상태 진단 & 조치 이력 데이터 축적으로 고효율 발전소 구축 기반 마련
- ✓ 실시간 효율관리로 연간 연료비 및 온실가스 배출비용 절감
 - ⇒ 재무상태 개선 및 추후 가격입찰제, 환경급전 대비 경쟁력 확보

[기대효과]

- ✓ 870MW 석탄화력 발전소의 플랜트 효율 1% 개선 운영 시,
 - ⇒ 연간 연료비 47억 원 절감, 온실가스 배출 13만 톤 감소 / 배출비용 25억 원 절감

*출력 870MW, 발열량 5700kcal/kg, 연료 가격 200,000 원/t('21.10), 이용률 80%, KAU22 19,500원(22년, Korea Allowance Unit)기준, 산정