



발전설비 지능형 조기경보시스템

Presented by 왕민석/한국서부발전, 김재훈/에이드

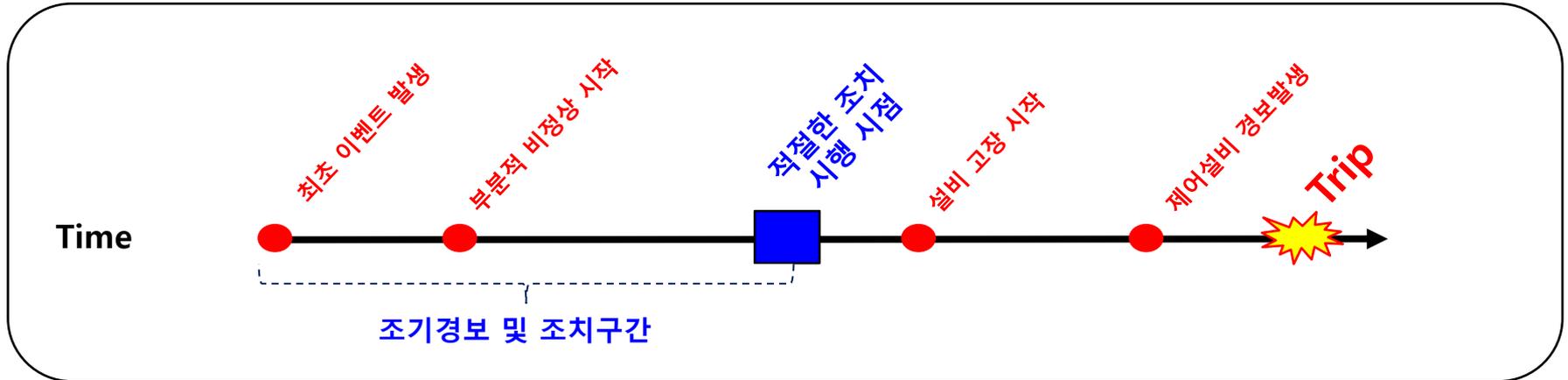
한국서부발전(주)

- 한국전력에서 **2001년 4월 분리**
- 국내 전력 생산의 **13% 차지**
- 종업원 **1,657명**
- 국내 **4개 발전소 보유**
 - 태안화력: 8*500MW
 - 평택화력: 4*350MW, 4*80MW GT & 1*160MW ST
 - 서인천복합화력: 8*150MW GT & 8*75MW ST
 - 군산복합화력: 2*258.1MW GT & 1*263.2MW ST

iPAS 소개

- **iPAS: Intelligent Predictive Analysis System**
- **2개의 주요 시스템으로 구성**
 - 조기경보엔진
 - PI-ProcessBook에서 구현된 조기경보시스템.
 - 설비운영 경험이 반영된 경보 로직을 PI-AF와 PI-ProcessBook으로 구현

조기경보 로직의 필요성



- 설비의 고장 또는 **Trip** 발생 전 사전 조치를 통한 심각한 사고 방지 필요
- 제어설비(**DCS, PLC** 등)를 통해 발생하는 단순 경보가 아닌 예측 감지를 통한 사전 조치 필요
- 시스템을 통한 과학적이고 체계적인 설비관리 필요
- 설비관리 및 유지보수 기술의 선진화 기반의 필요

시스템 목적

- 조기경보엔진의 단점 보완 필요성
- 오랜 운전 경험이 반영된 최적화된 로직 활용 필요성
- 발전기기 정지 및 불시고장 최소화로 안정적 전력공급

로직 선정 및 방법

iPAS Logic 개발대상 선정

- 과거 고장사례 분석
 - ➡ 분사 후 주요 고장사례 기준 개발대상 선정
 - ➡ 터빈 물유입, 보일러 튜브 파열 등

Logic별 주요 감시인자 도출

- FMEA 기법 적용
 - ➡ FMEA란?
고장형태별 영향분석으로 고장요소가 시스템에 미치는 영향을 분석하는 해석기법
 - 고장사례만 적용시 잠재적 위해인자 누락 보완

FMEA : Failure Mode & Effect Analysis

로직 선정 및 방법(예)

Major Valve 고장발생 조기경보

1. 개요

장기간 운전으로 인한 경년 열화로 각 VV의 동작불량, Servo Valve 및 SolValve의 오작동, EHC Pump의 과부하, 유압배관 누유 발생 등의 영향으로 출력 감발과 발전불능 상태 초래로 조기발견 필요

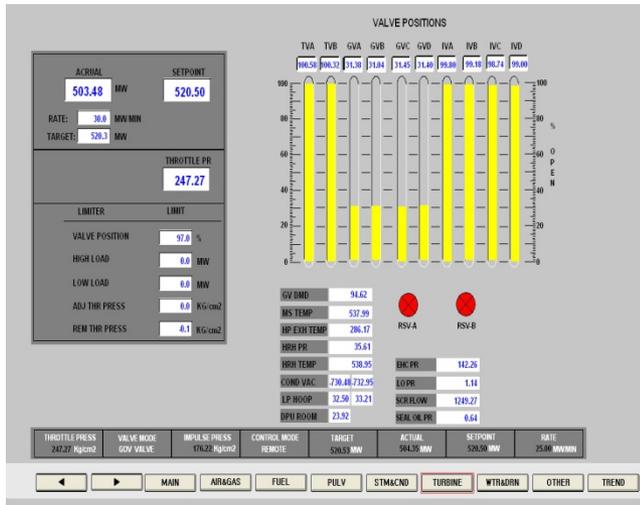
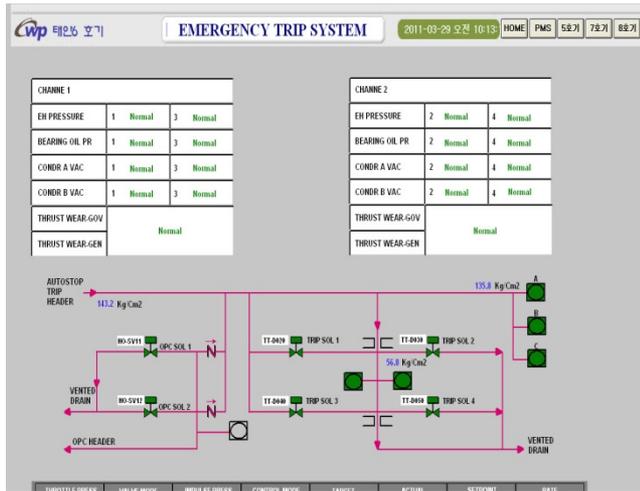
2. 현황

□ 고장 발생현황

일 시	고 장 내 용	원 인
'08. 7.21	GV-D Valve Stem 절손	밸브진동 및 스팀유동에 의한 절손
'09. 6. 9	RSV-B Valve Actuator Stick	장시간 고정운전
'09.11.19	GV-C Coupling Locking Pin 절손	밸브진동 및 스팀유동에 의한 절손
'11. 1.10	GV-B 유압(OPC) Line O-ring 파손	배관진동 및 경년열화

로직 선정 및 방법(예)

□ 운전 감시현황



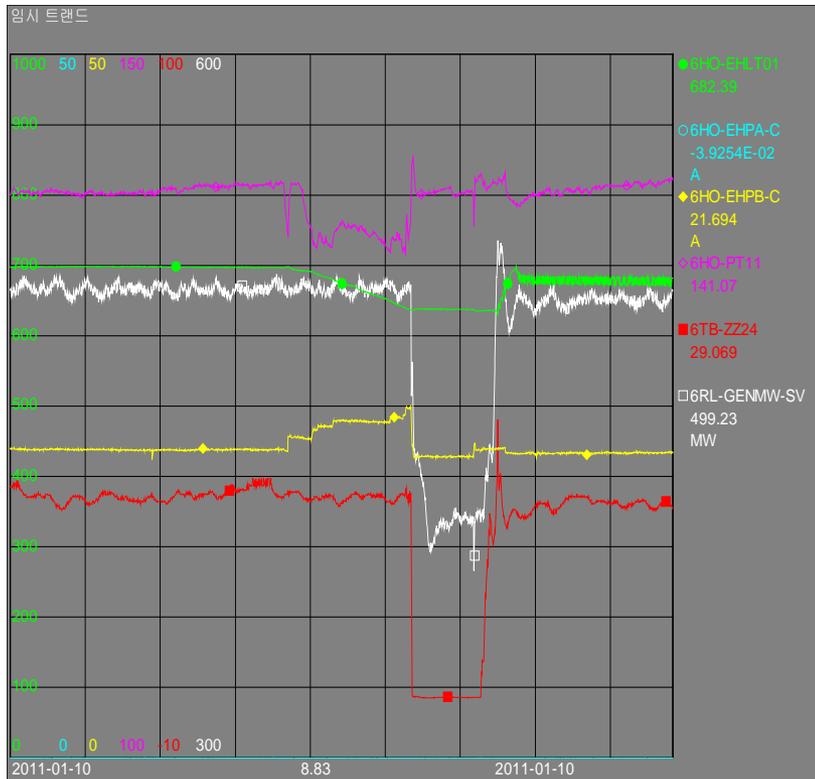
감시 Point	운전영향
Throttle Steam Pressure	249kg/cm ² Alarm
Hot Reheater Seam Pressure	39.9kg/cm ² Alarm
EHC Oil Pressure	52.8kg/cm ² Trip
EHC Fluid Pump #A,B Runnig 신호	24.64kg/cm ² Alarm
EHC Return Header Pressur	2.23kg/cm ² Alarm
EHC Fluid AST Header Latched	74.2kg/cm ² Alarm
EHC Fluid OPC Header Latched	74.2kg/cm ² Alarm
EHC Fluid AST Header Pr	851mm Alarm
EHC Reservoir Oil Level - Low	635mm Alarm
EHC Reservoir Oil Level Low-Low	381mm Alarm

로직 선정 및 방법(예)

3. 고장유형 및 영향 분석

□ 고장 사례분석

○ GV #D OPC Line Oil Leak(2011.01.10 20:15)

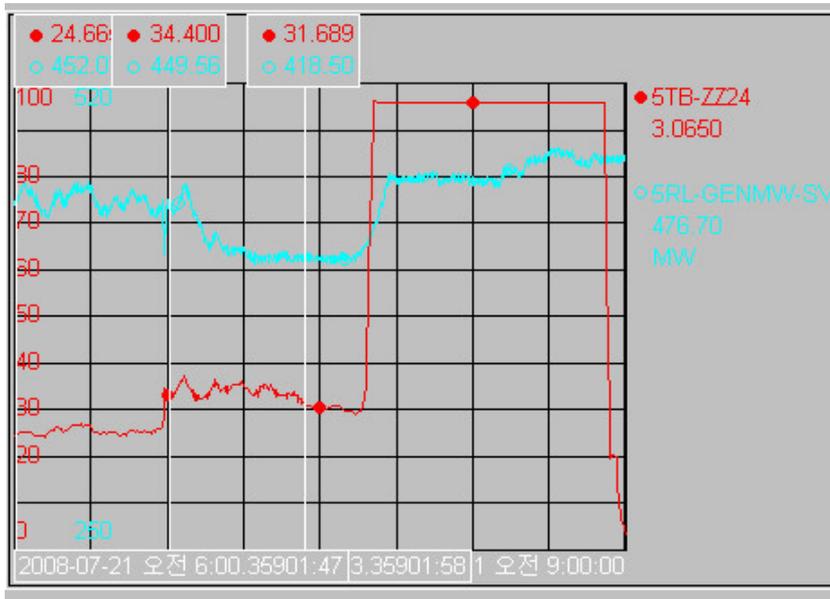


Contingency Alarm(GV) 흐름

GV #D OPC Line Oil Leak
▽
EH Oil Pr 저하(전조현상)
▽
EH Oil Pr 136kg/cm²까지 저하(기준 142kg/cm²)
▽
EH Pump Current 증가(전조현상)
▽
EH Pump Current 24A 까지 증가(기준 21A)
▽
EH TK LVL 637mm까지 감소(전조현상)(기준 700mm)
▽
GV #D EH Supply & OPC Line Vv Close
▽
Contingency Alarm(GV)
▽
출력 400MW 까지 감발

로직 선정 및 방법(예)

○ GV #D Stem 절손(2009.10.11 17:00)



Deviation High Alarm(GV) 흐름

GV #D 절손(Stem 부위)



GV #D 개도 변화(28%⇒33%)



밸브 Demand와 Position이 5%이상 편차발생



Deviation High Alarm



출력 400MW 까지 감발

로직 선정 및 방법(예)

○ 고장원인 분석(기계적 측면)

GV	TV
<ul style="list-style-type: none"> • Coupling 분리 • Stem 절손 • Seat 및 Sleeve 손상 	<ul style="list-style-type: none"> • Bonnet 부위 경년열화로 STM Leak • 밸브 구동부 Stick
RSV, IV	EHC
<ul style="list-style-type: none"> • Bushing 파손 • 밸브 구동부 Stick • IV Actuator Cylinder 마모 	<ul style="list-style-type: none"> • Actuator OPC Line 연결부에서 Oil Leak • 펌프의 과부하(Current) • Pump 차압상승

○ 고장원인 분석(제어적 측면)

Servo Valve	LVDT
<ul style="list-style-type: none"> • Spool 마모, 부식 • Null Spring Tension 불량 • Filter 막힘 • Servo Valve 코일 손상 • Nozzle/Flapper 마모, 부식 	<ul style="list-style-type: none"> • Rod 절손 • LVDT Body 내부 마모(절연파괴)
제어카드	EHC Oil
<ul style="list-style-type: none"> • 서보밸브 제어카드 불량 	<ul style="list-style-type: none"> • EHC Oil 오염(수분, 산화, 이물질 등) • EHC Oil Leak

로직 선정 및 방법(예)

○ FMEA(기계적 측면)

[범례 : ◎(9이상), ●(7), ■(5), △(3이하)]

구분	고장원인	심각도	발생도	고장영향	비고
GV	Coupling분리	◎	△	◎	
	Stem절손	◎	△	◎	
	Seat 및 Sleeve손상	●	△	■	
TV	Bonnet 부위손상	●	■	●	
	밸브 구동부 Stick	◎	△	◎	
RSV IV	Bushing 파손	●	△	△	
	밸브 구동부 Stick	◎	△	■	
	IV Actuator Cylinder마모	●	△	●	
EHC	Actuator OPC Line 손상	◎	◎	◎	
	펌프의 과부하(Current)	◎	△	◎	
	Pump 차압상승	△	△	■	

로직 선정 및 방법(예)

○ FMEA(제어적 측면)

[범례 : ◎(9이상), ●(7), ■(5), △(3이하)]

구분	고장원인	심각도	발생도	고장영향	비고
Servo Valve	Spool/Nozzle 부식, 마모	△	■	■	CV 기준
	Filter 막힘, Null spring 불량	●	△	■	“
	Coil 손상	●	△	■	“
LVDT	Rod 절손	●	△	■	“
	LVDT 절연파괴(마모)	●	△	■	“
제어카드	제어카드 불량	●	△	△	3중화 기준
EHC	EHC 오염	◎	■	◎	
	EHC Oil Leak	◎	△	◎	

로직 선정 및 방법(예)

4. 조기경보 알고리즘 개발방향

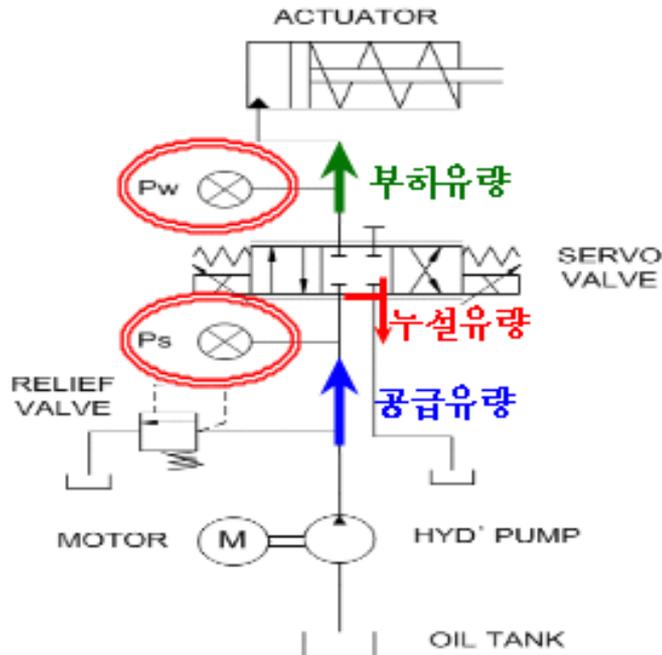
▶ Servo Valve / LVDT 계통

- Valve Demand와 LVDT Position 편차 변화율 감시
- LVDT Position과 Servo Valve Current 편차 변화율 감시
- Servo Valve Null Position때의 Current 변화율 감시
- Valve Position과 Working EHC Oil Pressure 변화율 감시
- Filter 내부 차압 감시

▶ EHC

- EHC Oil Supply Pr와 Servo Vv Working Pressure 편차 감시
- EHC Oil Pump Disch Pr 및 동작시의 Pump Current 변화율 감시

로직 선정 및 방법(예)



[터빈 EHC Servo System 구성도]

○ Wear Status 진단

- Servo Valve의 마모가 증가하면 Servo Valve 내부 누설유량이 증가 함, 이로 인해 Work Pr(P_w)가 저하 하는데, Actuator의 위치를 유지하기 위해 압력이 보상 됨
- 따라서 Work Pr의 폭을 감시하면 Servo Valve의 Wear Status를 감시 할 수 있음

○ EHC 계통 Leak 진단

- EHC 계통에 Crack, Pinhole 등의 원인에 의해 누설이 발생하면 Main Supply Pr(P_s)의 Drop이 발생
- 따라서 Main Supply Pr의 감시를 통해 System Leak를 감시 할 수 있음

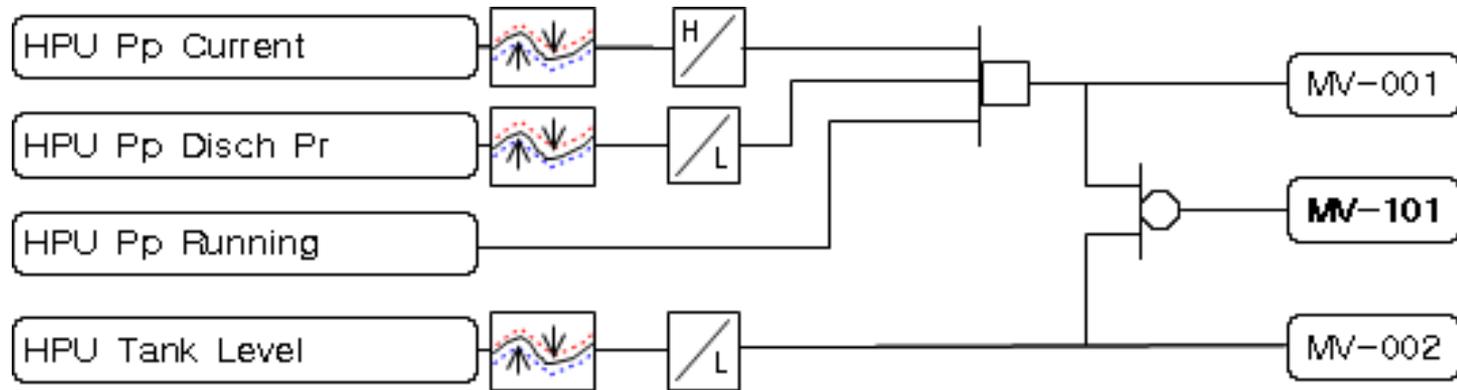
로직 선정 및 방법(예)

5. 조기경보 알고리즘 개발(안)

① HPU Current / Pressure / Tank Level 감시

▶ 조기현상

- Hyd Oil Line Leak 또는 블록 등에서 크랙이 발생으로 유량증가[MV-001]
- 서보밸브 Nozzle/Flapper, Spool 등에서 부식 발생으로 손상되어 유량증가[MV-001]
- Hyd Oil Line Leak 또는 블록 등에서의 크랙 발생으로 Tank 레벨 감소[MV-002]



로직 선정 및 방법(예)

② Major Valve 상태(Stem 절손, Stick 등) 감시

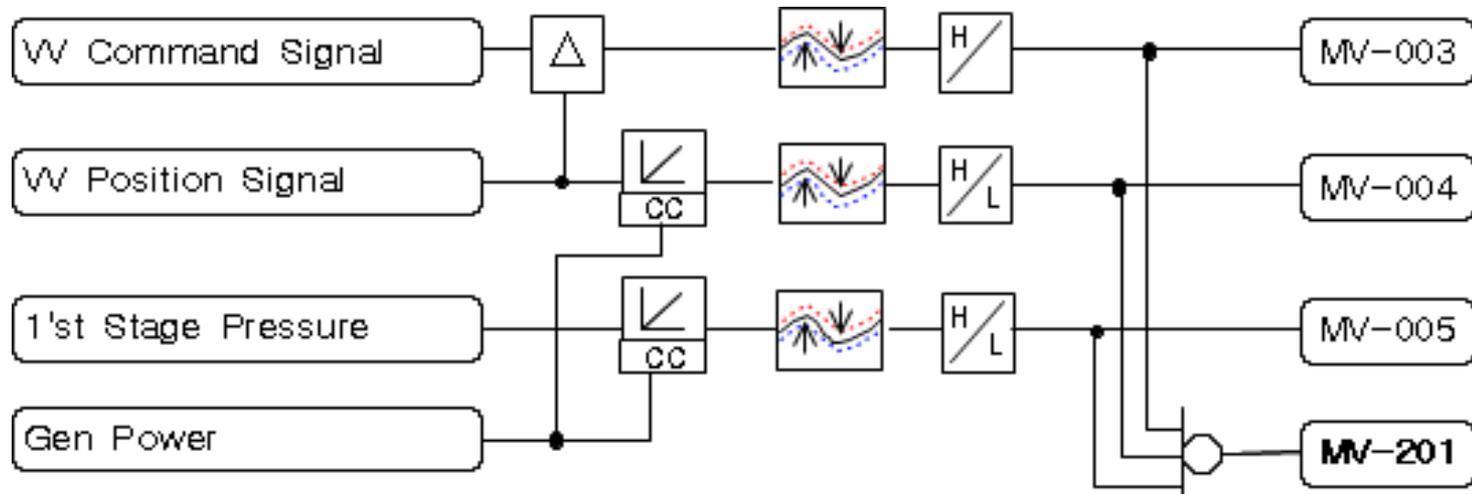
▶ 조기현상

○ Valve Actuator Stem 절손에 의한 출력대비 밸브개도 변화감시

- 밸브 Command와 Position Smart Signal DB 감시[MV-003]
- 발전출력과 밸브 Position Smart Signal DB 감시[MV-004]
- 발전출력과 1'st Stage Pr Smart Signal DB 감시[MV-005]

○ Valve Actuator Stick 현상 감시

- 밸브 Command 대비 Feedback 신호와의 편차 감시[MV-003]

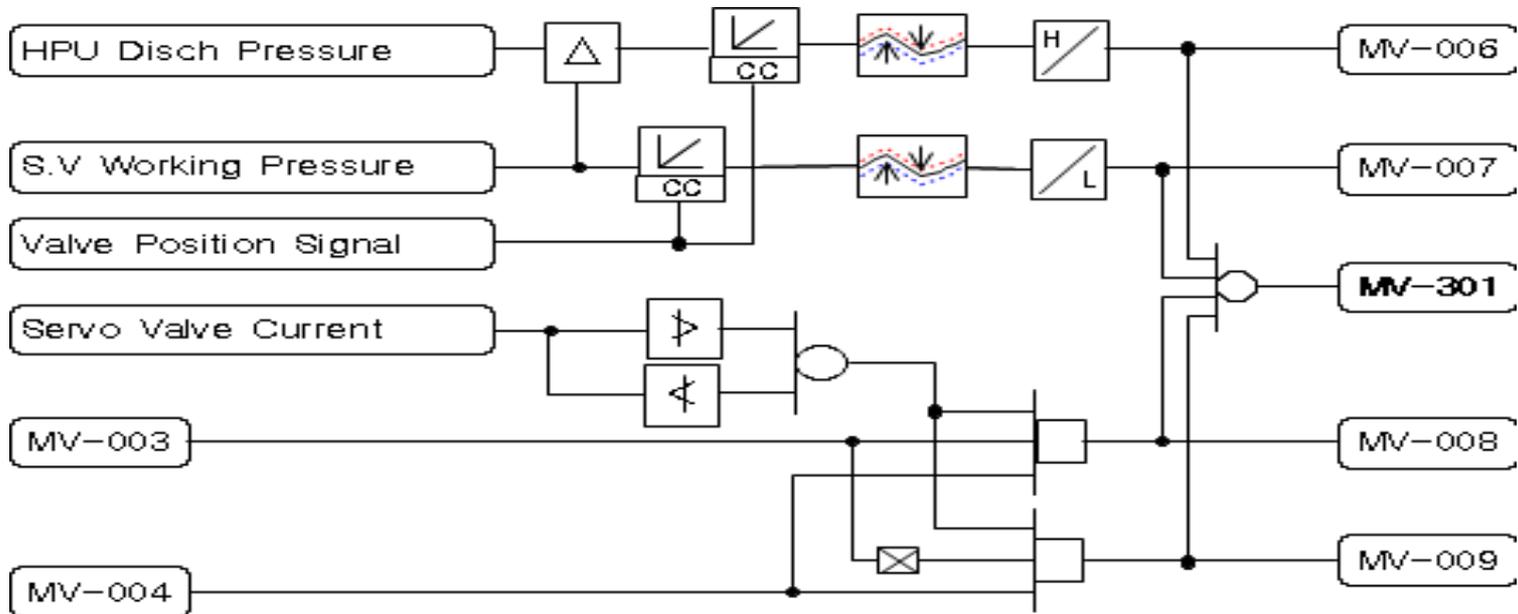


로직 선정 및 방법(예)

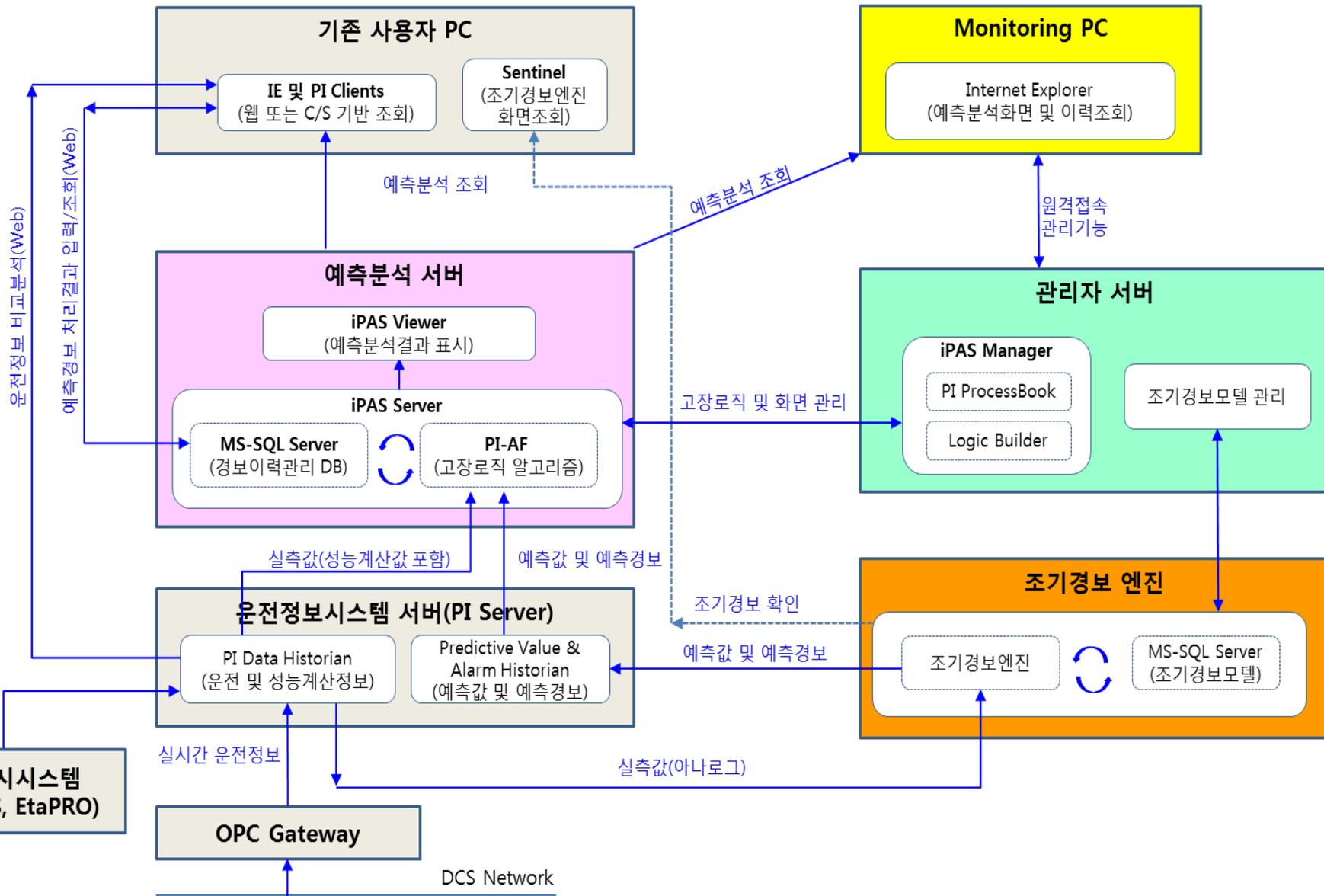
③ Servo Valve / LVDT 상태 감시

▶ 조기현상

- Servo Valve Filter 차압 증가[MV-006]
- Servo Valve Nozzle/Flapper, Spool 부식에 의한 Oil량 증가[MV-007]
- Servo Valve Coil/Null Spring 불량[MV-008]
- LVDT 불량[MV-009]



시스템 구성



개발 시스템 - 메인화면

The screenshot shows the iPAS Viewer software interface. At the top, there is a menu bar with options like File, Edit, View, Insert, Tools, Draw, Arrange, Window, and Help. Below the menu bar is a header area with the company logo (CWP) and the text '태안발전본부 발전 운전 정보 시스템 - 6호기'. The main content area is divided into several sections:

- Top Menu:** A horizontal bar containing various system components and their counts: Main TBN (4), Major Valve (0), BFPT (9), Seal Oil System (0), Clinker (3), Feeder Pulverizer (20), Air Heater (4), FD Fan (6), PA Fan (2), and CID Fan (6).
- Tree Menu:** A vertical sidebar on the left showing a hierarchical tree structure of the system components, including Incident List (54), Air Heater (4), BFPT (9), CID Fan (6), Clinker (3), FD Fan (6), Feeder Pulverizer (20), Main TBN (4), Major Valve (0), PA Fan (2), Seal Oil System (0), and PMS (01-09).
- Central Dashboard:** A large area displaying a 3D rendering of the power plant and various data tables. The top right of the dashboard shows 'iPAS 경보 발생 현황' (iPAS Alarm Occurrence Status) and 'Intelligent Predictive Analysis System'. Below this, there is a table showing alarm counts for units 1 through 8.

iPAS Viewer
Top Menu

iPAS Viewer
Tree Menu

알람 from EPI*Center

6호기 설비별 알람
From iPAS
(상시 활성화)

호기별 알람 from iPAS

6호기 설비별 알람
From iPAS
(메인화면에서만 활성화)

1호기	2호기	3호기	4호기	5호기	6호기	7호기	8호기
34	31	41	30	44	54	6	5

Main TBN	4
Major Valve	0
BFPT	9
Seal Oil System	0
Clinker	3
Feeder Pulverizer	20
Air Heater	4
FD Fan	6
PA Fan	2
CID Fan	6

개발 시스템 - Incident List

Unit6 iPAS Logic 경보 발생량

Detail	Occurrence Time	Asset	Count	Message
<input type="checkbox"/>	2012-07-16 16:09:04	Unit6 > Main TBN > Algorithm 4 > r029	759	#2 Heater Level Tx-1 Trouble
<input type="checkbox"/>	2012-07-16 16:09:04	Unit6 > CID Fan > A > Algorithm 2 > r052	109	CIDF Outlet
<input type="checkbox"/>	2012-07-16 16:08:58	Unit6 > Feeder Pulverizer > A > Algorithm 8 > r014	1256	Pulv A Air Flow Trouble
<input type="checkbox"/>	2012-07-16 16:08:53	Unit6 > Main TBN > Algorithm 3 > r037	747	#3 Heater Level Tx-1 Trouble
<input type="checkbox"/>	2012-07-16 16:08:48	Unit6 > Feeder Pulverizer > A > Algorithm 7 > r007	149	Pulv BNR Coal Flow Trouble
<input type="checkbox"/>	2012-07-16 16:08:04	Unit6 > FD Fan > B > Algorithm 2 > r051	75	FDF Stall Alarm
<input type="checkbox"/>	2012-07-16 16:07:59	Unit6 > CID Fan > A > Algorithm 3 > r051	81	CIDF Stall Alarm
<input type="checkbox"/>	2012-07-16 16:07:27	Unit6 > Feeder Pulverizer > E > Algorithm 7 > r007	247	Pulv BNR Coal Flow Trouble
<input type="checkbox"/>	2012-07-16 16:06:16	Unit6 > Feeder Pulverizer > C > Algorithm 7 > r007	101	Pulv BNR Coal Flow Trouble
<input type="checkbox"/>	2012-07-16 16:05:21	Unit6 > FD Fan > A > Algorithm 2 > r051	81	FDF Stall Alarm
<input type="checkbox"/>	2012-07-16 16:05:21	Unit6 > CID Fan > B > Algorithm 3 > r051	65	CIDF Stall Alarm
<input type="checkbox"/>	2012-07-16 16:01:02	Unit6 > Feeder Pulverizer > D > Algorithm 6 > r007	163	Pulv BNR Coal Flow Trouble
<input type="checkbox"/>	2012-07-16 15:57:22	Unit6 > Feeder Pulverizer > B > Algorithm 6 > r021	105	Pulv BNR Coal Flow Trouble
<input type="checkbox"/>	2012-07-16 15:54:41	Unit6 > PA Fan > A > Algorithm 1 > r100	11	PAF Outlet
<input type="checkbox"/>	2012-07-16 15:40:40	Unit6 > Feeder Pulverizer > F > Algorithm 7 > r021	55	Pulv BNR Coal Flow Trouble
<input type="checkbox"/>	2012-07-16 14:39:40	Unit6 > Main TBN > Algorithm 7 > r026	59	Water Detect IP TBN Inlet Temp
<input type="checkbox"/>	2012-07-16 13:37:32	Unit6 > Air Heater > B > Algorithm 1 > r010	9	GAH B Trouble
<input type="checkbox"/>	2012-07-16 13:32:09	Unit6 > FD Fan > A > Algorithm 1 > r052	17	FDF Outlet
<input type="checkbox"/>	2012-07-16 13:22:09	Unit6 > FD Fan > B > Algorithm 1 > r052	21	FDF Outlet
<input type="checkbox"/>	2012-07-16 13:18:13	Unit6 > PA Fan > B > Algorithm 1 > r100	3	PAF Outlet
<input type="checkbox"/>	2012-07-16 13:12:17	Unit6 > Clinker > Algorithm 1 > r017	15	Clinker 낙하(제거)
<input type="checkbox"/>	2012-07-16 12:44:21	Unit6 > Main TBN > Algorithm 3 > r038	7	#3 Heater Level Tx-2 Trouble
<input type="checkbox"/>	2012-07-16 12:15:28	Unit6 > Air Heater > A > Algorithm 2 > r010	7	GAH A Trouble
<input type="checkbox"/>	2012-07-16 12:09:02	Unit6 > Clinker > Algorithm 3 > r008	3	BAH Level Hi
<input type="checkbox"/>	2012-07-16 11:32:27	Unit6 > Air Heater > B > Algorithm 2 > r014	5	GGH B Trouble
<input type="checkbox"/>	2012-07-16 11:32:11	Unit6 > Air Heater > A > Algorithm 1 > r014	5	GGH A Trouble
<input type="checkbox"/>	2012-07-16 11:16:15	Unit6 > BFPT > B > Algorithm 3 > r012	229	BFPT-B
<input type="checkbox"/>	2012-07-16 10:50:32	Unit6 > FD Fan > A > Algorithm 1 > r013	5	FDF Current
<input type="checkbox"/>	2012-07-16 10:38:56	Unit6 > Feeder Pulverizer > C > Algorithm 5 > r037	1	Pulv C CAD Trouble
<input type="checkbox"/>	2012-07-16 10:33:20	Unit6 > CID Fan > A > Algorithm 1 > r052	11	CIDF Inlet Air
<input type="checkbox"/>	2012-07-16 09:33:04	Unit6 > BFPT > A > Algorithm 5 > r016	1	BFPT A Speed control Trouble
<input type="checkbox"/>	2012-07-16 09:14:24	Unit6 > Clinker > Algorithm 2 > r038	3	BAH Clear Time Low

총 54건의 Incident List가 검색 되었습니다. 2012-07-16 16:09:05

Red: 현재 알람 ON 상태

Black: 현재 알람 OFF 상태

더블 클릭하여
해당 로직 화면으로
바로 이동

개발 시스템 - 설비화면

조기경보 Trend

IPAS ProcessBook - [http://IPAS/PDI/Unit6/Air Heater.A.pdi*]

태안발전본부 발전 운전 정보 시스템 - 6호기

EPI Center 3 2012-07-16 16:12:26

Unit6 > Air Heater > A

1.64 AMPS
388 DEG C
104.99

GGH A Trouble GAH A Trouble

Detail	Occurrence Time	Asset	Count	Message
<input type="checkbox"/>	2012-07-16 12:15:28	Unit6 > Air Heater > A > Algorithm 2 > r010	4	GAH A Trouble
<input type="checkbox"/>	2012-07-16 11:32:11	Unit6 > Air Heater > A > Algorithm 1 > r014	3	GGH A Trouble

총 2건의 Incident List가 검색 되었습니다. 2012-07-16 16:12:16

ASSET	INCIDENT MESSAGE	DENSITY	COUNT	LAST EVENT	FIRST EVENT
TA18_BFPT_68	6FP-XBYT087 - BFPT B PP IB X VIB	0	62	2012-07-16 02:01	2012-07-15 08:51
TA18_BFPT_68	6AT-YED48 - BFPT VIBRATION EXH END 39Y2B	0	3	2012-07-15 12:11	2012-07-15 11:41

View Group PERFORMANCE - SUCTION TEMP, PRESS, FLOW

GROSS_LOAD
(GROSS_LOAD) - GRG-GENMW-SV, ACTUAL MW LOAD, MW

BFPTSUUCT_PRESS
BFPTSUUCT_TEMP
PUMPEFFICIENCY
BFPTINLET_FLOW
(BFPT_INLET_FLOW) - 6DW-FI1238-SV, BFPT B SUUCT FLD SEL XMTR,

해당 설비 로직 #1 화면으로 이동

더블 클릭하여
해당 로직 화면으로
바로 이동

Red: 현재 알람 ON 상태

개발 시스템 - 로직화면

로직 화면 바로 가기

심벌 더블 클릭하여 수식 확인

Unit6#Main TBN#Algorithm 4

대상 심벌: BG_GTT_022
 심벌 타입: GTT 3
 기준: 20 단위: mm
 AF Name: 022
 AF Value: A=014:[if A>20 then 1 else 0]

Ready Server Time NUM

개발 시스템 - iPAS Builder

iPAS Builder

The screenshot displays the iPAS Builder software interface. The main window shows a process diagram titled "GAH, GGH 고장" (GAH, GGH Trouble). The diagram is divided into two sections: "GAH TROUBLE" and "GGH TROUBLE".

GAH TROUBLE Section:

- 8FG-TT01A-M3.XQ03 TT (364.02): Flue Gas Temp, 385 °C
- 8AP-IT01A.XQ01 AT (13.65): GAH 운전전류, 370 °C
- 8FG-DT01A.XQ01 DP (117.40): GAH 운전차압, 1/1sec, 15 A, 2/1min, 10/1hour

GGH TROUBLE Section:

- 8GF-TT12.XQ01 TT (146.75): Flue Gas Temp, 5/1min, 70 °C
- 8GF-IT01-SEL.XQ01 AT (17.39): 운전전류, 5/1sec
- 8GF-PDIT11.XQ02 DP (39.60): Flue Gas 차압, 20 A, 10/1hour, 80 mmH2O
- 8GF-PDIT12.XQ01 DP (23.40): Clean Gas 차압, 10/1hour, 50 mmH2O

The interface includes a menu bar (File, Edit, View, Insert, Tools, Draw, Arrange, Window, Help), a toolbar, and a status bar. A sidebar on the left contains various tool icons and a list of functions such as TAG, TAGs, VLV STAT, const., Alarm, and mathematical operations.

왕민석

mswang@iwest.co.kr

한국서부발전(주)



감사합니다

Brought to you by  **OSIsoft.**