

KINS/HR-659

비상디젤발전기계통 성능 및 고장 분석기술 개발
Development of the Performance and Failure Analysis
Technique on Emergency Diesel Generator System

연구기관

한국해양대학교 부설 해사산업연구소

한국원자력안전기술원

제 출 문

한국원자력안전기술원장 귀하

본 보고서를 “비상디젤발전기계통 성능 및 고장 분석기술 개발” 과제의
제2차년도(최종) 보고서로 제출합니다.

2005년 2월 28일

연구기관명 : 한국해양대학교 부설
해사산업연구소

연구책임자 : 조 권 회

공동연구원 : 류 소 길 수
 김 최 명 옥
 김 재 성
 김 정 렬

연구원보 : 장 태 린 수
 손 민 수 일
 박 이 중 형

최종연구보고서 초록

과제관리 번호		해당단계 연구기관	한국원자력안전 기술원	단계구분	(해당단계) /(총단계)
연구사업명	중사 업 명	원자력연구개발 중·장기사업			
	세부 사업명				
연구과제명	대과제명	원전설비 운전성능평가 규제기술 개발			
	세부과제명	비상디젤발전기계통 성능 및 고장 분석기술 개발			
연구기관명 (연구책임자)	한국해양대학교 부설 해사산업연구소 (조권희)	해당단계 연구인력	내부 :0.75 M·Y	연구비	정부 :35,000 천원
			외부 :1.8 M·Y		민간 : 0 천원
		계 :2.55 M·Y	계 :35,000 천원		
위탁연구	연구기관:	연구책임자:			
국제공동연구	상대국명:	상대국연구기관명:		참여기업	
색 인 어 (각5개이상)	한글 : 비상디젤발전기, 진단, 변수, 분석, 감시, 전문가시스템				
	영어 :EDG, Diagnosis, Parameter, Analysis, Monitor, Expert system				
요약(연구결과를 중심으로 개조식 500자 이내)				면수	184
<p>1. 연구개발목표 및 내용</p> <ul style="list-style-type: none"> -진단데이터와 인과관계의 데이터베이스화 -EDGS 상태감시 및 진단표시 모듈 개발 -규칙기반 진단지식을 이용한 진단모듈 개발 <p>2. 연구결과</p> <ul style="list-style-type: none"> -진단지식구축을 위한 전문가의 경험적 지식의 자료수집 및 분석 -디젤엔진의 진단지식 표현 -울진 5,6호기 EDG DMDS의 시운전데이터로 보관된 DB 분석 -감시모듈의 구성 -진단모듈의 구성 <p>3. 기대효과 및 활용방안</p> <ul style="list-style-type: none"> -Pielstick EDG 상태 감시 및 진단시스템 구축기술을 제공 -성능감시, 경향분석 및 고장진단기법의 지식기반 구축과 이들을 활용하여 성능감시의 기초가 되는 상태감시 기법을 확보하는데 활용 -국내 전 EDGS 운전/정비 관계자의 엔진인지도를 향상시키는데 활용 -원전 EDGS 예측정비 및 신뢰도기반 정비에 활용 -향상된 능력의 안전심사 및 규제에 활용 					

요 약 문

I. 제 목

비상디젤발전기계통 성능 및 고장 분석기술 개발

II. 연구개발의 목적 및 필요성

원자력발전소의 비상전원계통으로는 신뢰성의 중요성 때문에 선박 등 기타 산업체에서 운전성능이 확보된 디젤발전기를 사용하고 있다. 원전에서 비상디젤발전기의 중요성은 PSA 안전성평가에서 이미 확인되었을 뿐만 아니라 미국은 이미 원전 경년 열화연구(Nuclear Plant Aging Research) 프로젝트의 일환으로 비상디젤발전기계통의 경년 열화(Aging)에 관련된 연구가 활발히 진행되어, 그 결과로 산업계/규제기관간의 성능 평가개념이 통계적인 시험결과에 대한 의존에서 경년열화/신뢰도 감시에 활용하기 위한 성능감시 및 경향분석에로의 전환이 시도되고 있다.

국내에서는 최근에서야 비상디젤발전기 계통(EDGS)에 대한 열화 특성 및 신뢰도와 관련된 연구가 시작된 상태이며, 최근에 도입된 비상디젤발전기 신뢰도 프로그램과 관련 비상디젤엔진의 성능감시와 관련된 절차 등을 보완하도록 단편적으로 권고하고 있는 실정이다. 따라서 보다 체계적이고 종합적인 성능감시 및 고장진단/분석 기술을 확보하여 효율적인 성능감시가 필요하며 이는 향후 국내에 도입될 정비규정 이행으로 EDG 성능감시의 기초가 되는 상태감시기법을 확보하는 데 활용될 수 있을 것이다..

연구개발의 최종목표를 비상디젤발전기계통(EDGS) 성능 및 고장진단시스템 개발에 두고 1차년도에 비상디젤발전기계통의 상태 감시인자들의 지식기반 체계의 구축에 이어 2차년도에는 Pielstick EDG에 사용할 수 있는 상태감시 및 고장진단시스템을 개발하였다.

III. 연구개발의 내용 및 범위

내 용	범 위
<p>1. 진단데이터의 선정 및 진단데이터와 이상상태의 인과관계 설정</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 울진원전 2회, 영광원전 1회 방문, 감시시스템 조사 및 배관자료 수집 - Pielstick DMDS 운전인자 분석 - 울진 5,6호기 DMDS 시운전 데이터 분석 - 디젤엔진 진단지식 표현(계통분류, 계통별 객체정의-클래스/메소드/멤버) - Pielstick PC2-5V의 진단데이터와 증상간의 관계도출
<p>2. EDGS의 상태감시 및 진단 표시모듈 개발</p>	<ul style="list-style-type: none"> - EDGS 계통별 분류 - In-Touch 기반 계통별 GUI 설계 제작 - DB로부터 실시간 데이터 입력 - 진단모듈과의 인터페이스 개발
<p>3. 규칙기반 진단지식을 이용한 진단모듈 개발</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 진단논리 보완 및 개정 - Java 언어를 이용하여 디젤엔진 객체의 표현 - ILOG Jrules 기반 규칙작성 및 추론엔진 개발 - IN-Touch와 인터페이스 개발

IV. 연구개발결과

- 진단지식구축을 위한 전문가의 경험적 지식의 자료수집 및 분석
- 디젤엔진의 진단지식 표현
- 울진 5,6호기 EDG DMDS의 시운전데이터로 보관된 DB 분석
- 감시모듈의 구성
- 진단모듈의 구성

V. 연구개발결과의 활용계획

- Pielstick EDG(울진 3/4/5/6, 월성1/2/3/4, 영광 5/6)에 적용할 수 있는 상대 감시 및 진단시스템 구축기술을 제공함.
- 성능 평가개념이 통계적인 시험결과에 대한 의존에서 경년열화/신뢰도 감시에 활용하기 위한 성능감시 및 경향분석에로의 전환이 시도되고 있어 이에 대비하여 성능감시, 경향분석 및 고장진단 기법을 활용할 수 있음.
- 최근에 도입된 EDG 신뢰도 프로그램의 적용 평가와 관련하여 종합적인 성능감시 및 고장진단/분석 기술을 확보하게 될 수 있으며, 향후 국내에 도입될 정비규정 이행 사항중의 하나로 상대감시기반 정비 기법을 확보하는 데 활용될 수 있음.
- 원전 EDGS 예측정비 및 신뢰도 기반 정비에 활용
- 국내 원전 비상디젤발전기 계통의 성능감시 및 고장진단 시스템 개발을 통해 EDG 고장 mechanism, 고장영향 및 진단기술을 습득하게 되고 이를 지식기반 진단시스템으로 개발하므로 EDGS 운전인자만으로 운전상태를 효과적으로 확인할 수 있는 기반을 구축
- 엔진 운전인자 분석에 따른 지식정보는 국내 전 EDG 운전/정비 관계자의 엔진인지도를 향상시키는데 활용될 것이며, 향상된 능력의 안전심사 및 규제에 활용.

S U M M A R Y

I. Project Title

Development of the performance and failure analysis technique on emergency diesel generator system.

II. Objective and Importance of the Project

Diesel engine proved performance reliability in industry and marine fields has been adopted as emergency source of electric power in nuclear plant. The importance of emergency diesel generator(EDG) has confirmed in the safety evaluation of PSA and the study on aging of EDG has been progressed actively as a part of the project of nuclear plant aging reserch in the U.S.A. As the result, the concept of performance evaluation is being transferred from statistical analysis of test results to performance monitoring and trending analysis for monitoring of aging and reliability.

Recently, the study related aging characteristic and reliability for EDGS has begun in Korea. And the performance monitoring of diesel engine and procedures related reliability program of EDG introduced in recent is recommended to be complemented. Consequently, the efficient performance monitoring based systematic and integrated monitoring and failure diagnostic technology is necessary. And this result will be used to condition-based maintenance introduced hereafter.

The final goal of research is a development of performance and diagnostic system for emergency diesel generator system. In the first half of research, the knowledge basis of monitoring parameters for EDGS is constructed. In this year, the prototype monitoring and diagnosis system applicable to Pielstick EDG (Uljin 3/4/5/6, Wolsong 1/2/3/4, Yeonggwang 5/6) is developed.

III. Scope and Contents of the Project

Contents	Extents
1. -Selection of diagnosis data -Troubleshooting Table (Symptom/Diagnosis/Remedy)	<ul style="list-style-type: none"> -Visiting Uljin 2 times, Yeonggwang once, examination of monitoring system, data collection of piping system -Analysis of operation parameter for Pielstick DMDS -Analysis of DMDS trial data for Uljin 5/6 EDG -Embodiment of diagnosis knowledge for diesel engine(Class/Method/Member) -Framing troubleshooting for Pielstick PC2-5V
2. Development of display module for monitoring and diagnosis	<ul style="list-style-type: none"> -System classification of EDGS -Design of system GUI based on In-Touch -Development of interface to diagnosis module
3. Development of diagnosis module	<ul style="list-style-type: none"> -Expression of EDG object using Java language -Development of inference engine based on ILOG Jrules -Development of interface to In-Touch

IV. Results

- Data collection and analysis of empirical knowledge of an expert
- Embodiment of diagnosis knowledge for diesel engine
- Analysis of DMDS trial data for Uljin 5/6 EDG
- Construction of monitoring module
- Construction of diagnosis module

V. Application Plan of Results

- Offering a technique of monitoring and diagnosis system applicable to Pielstick EDG (Uljin 3/4/5/6, Wolsong 1/2/3/4, Yeonggwang 5/6)
- Application to performance monitoring, trending analysis and failure diagnosis
- Application to condition-based maintenance introduced hereafter.
(Maintenance based on prediction and reliability)
- Application to technology acquirement of engine failure mechanism(cause and remedy) and diagnostic system for EDG.
- Application to confirmation of operation condition with operation factors simply
- Application to education for technical elevation of engineers
- Application to safety examination and restriction

CONTENTS

Chapter 1 Introduction	1
1.1 Background of study	1
1.2 Method of study	2
Chapter 2 Analysis of diesel engine	4
2.1 Operation parameters of diesel engine system	4
1. HSD SEMT Pielstick Monitoring/Trending parameters	4
2. Pielstick DMDS parameters	7
2.2 Parameter relation of diesel engine	9
1. EDG system diagram	9
2. Explanation of EDG system diagram	9
3. Symptom-Diagnosis-Remedy	13
2.3 Object of diesel engine system	52
2.4 Condition analysis of diagnosis data	56
Chapter 3 Data analysis of EDG plant test	58
3.1 Table analysis of Designation	58
3.2 Table analysis of Fastacquisition_point_dg56	63
3.3 Table analysis of Longtrends_blocks_dg56	63
3.4 Table analysis of Shorttrends_dg56	64
Chapter 4 Development of failure diagnosis system	66
4.1 General composition of system	66
4.2 Monitoring module based on In-Touch	68
4.3 Diagnosis module based on JRULES	82
1. Expert system	82
2. Construction of diagnosis system using JRULES	84
3. Rule creation using JRULES Rule Builder	88

Chapter 5 Experiment and discussion	98
5.1 KEDES based on In-Touch (Monitoring)	98
5.2 KEDES based on JRULES (Diagnosis)	118
Appendix 1 Diagnosis data table of DMDS	122
Appendix 2 Data table of Shorttrends_dg56	129
Appendix 3 Analysis table of Shorttrends_dg56	150
Appendix 4 Analysis rule(262)	153
References	184

목 차

제1장 서론	1
1.1 연구배경	1
1.2 연구방법	2
제2장 디젤엔진 분석	4
2.1 엔진 계통별 운전인자	4
1. HSD SEMT Pielstick Monitoring/Trending 인자	4
2. Pielstick DMDS 입력인자표	7
2.2 디젤엔진 운전인자 관계(증상/진단/조치)	9
1. EDG 계통도	9
2. EDG 계통도 설명	9
3. 각 계통의 증상-진단-조치	13
2.3 디젤엔진의 계통별 객체	52
2.4 진단데이터의 상태분석	56
제3장 원전 시운전 데이터 분석	58
3.1 Designation 테이블 분석	58
3.2 Fastacquisition_point_dg56 테이블 분석	63
3.3 Longtrends_blocks_dg56 테이블 분석	63
3.4 Shorttrends_dg56 테이블 분석	64
제4장 고장진단 시스템 개발	66
4.1 시스템의 전체 구성	66
4.2 In-Touch 기반 감시 모듈	68
4.3 JRULES 기반 진단 모듈	82
1. 전문가 시스템	82
2. JRULES를 이용한 진단시스템 구축	84
3. JRULES Rule Builder를 이용한 Rule 생성	88

제5장 실험 및 고찰	98
5.1 In-Touch 기반 KEDES 사용(Monitoring)	98
5.2 JRULES 기반 KEDES 사용(Diagnosis)	118
부록 1 DMDS 진단데이터표	122
부록 2 Shorttrends_dg56 데이터 분석표	129
부록 3 Shorttrends_dg56 테이블 분석표	150
부록 4 262개의 진단 규칙	153
제6장 참고자료	184

표 목차

표 3.1 INSPECT 데이터베이스	58
표 3.2 designation 테이블 구성	59
표 3.3 계통별 진단 데이터표	59
표 3.4 Fastacquisition_point_dg56 테이블	63
표 3.5 longtrends_blocks_dg56 테이블	64
표 3.6 shorttrends_dg56 테이블	64
표 3.7 shorttrends_dg56 테이블의 분석 결과표	65

그 립 목 차

그림 1.1 상태감시 및 고장진단 시스템 구성도	2
그림 2.1 객체 표기 구문	52
그림 2.2 JAVA 언어로 구현한 계통별 클래스	53
그림 2.3 각 계통별 기기간의 객체 지향 표기법에 의한 관계	55
그림 2.4 진단데이터의 경향 분석 알고리즘	57
그림 4.1 시스템 전체 구성도	67
그림 4.2 전문가 시스템 구조도	83
그림 4.3 추론의 흐름	84
그림 4.4 Rule Engine	85
그림 4.5 Rule Builder	87
그림 4.6 Rule Builder 실행화면	88
그림 4.7 Deployer Settings	89
그림 4.8 Import Class to the BOM	90
그림 4.9 Business Object Model	90
그림 4.10 Rule 추가	91
그림 4.11 TRL로 작성한 Rule 화면	92
그림 4.12 BAL로 작성한 Rule 화면	92
그림 4.13 Initial Actions을 설정하는 화면	93
그림 4.14 Ruleflow를 작성하는 화면	94
그림 4.15 Rule Engine이 생성되는 화면	94
그림 4.16 Working memory의 상태 화면	95
그림 4.17 Agenda의 상태 화면	95
그림 4.18 Trace 화면	96
그림 4.19 Message 패널의 진단결과 화면	96
그림 4.20 작성한 Rules	97
그림 5.1 Cylinder A1의 이상발생 화면	117
그림 5.2 Cylinder A1 진단에 필요한 값들을 DB에 저장된 화면.....	118
그림 5.3 그림 5.3 A1 Cylinder 진단 결과를 모니터링하는 화면.....	119
그림 5.4 LO계통 진단에 필요한 값들을 DB에 저장된 화면.....	120
그림 5.5 그림 5.5 LO계통 진단 결과를 모니터링하는 화면.....	121

제 1 장 서 론

1.1 연구배경

원자력발전소의 비상전원계통으로 이용되고 있는 비상발전기디젤엔진은 사용빈도가 적은 이유로 그 중요성이 실제보다 인식되지 못하고 있다. 국내에서는 최근에 서야 비상발전기 계통에 대한 열화특성 및 신뢰도 등에 관심을 가지기 시작하고 있다. 그러나 목적이 비상용 이므로 상시 감시에 소홀해지기 쉬우며 고도의 전문지식을 가진 전문가를 채용하여 근무시키는 것도 어려움이 따르게 된다. 그러므로 보다 체계적이고 종합적인 성능감시 및 고장진단/분석 기술을 확보하고 효율적인 성능감시가 가능한 시스템을 활용하여 엔진 고장이나 또는 비정상 운전시에 당직자에게 시스템이 적절한 어드바이스를 해줌으로써 고도의 전문지식을 가지지 못한 엔지니어가 근무중일지라도 위급한 상황에 쉽게 대처할 수 있도록 하는 것이 바람직하다. 이를 위해서는 비상발전기엔진의 상태감시 및 지능적인 고장진단기능을 가진 시스템 개발이 필수적이다.

일반적으로 상태감시 및 진단 시스템의 경우 계측부, 상태감시부, 진단부로 구성되어 계측부에서는 원격지의 센서값을 실시간으로 획득하여 이를 상태감시부에 전송해주고, 상태감시부에서는 이 값들을 사용자에게 텍스트모드 또는 GUI모드 등으로 표시해 주며, 이 값들이 설정값 이상 또는 이하가 되면 경보를 울려주고 화면에 표시해 준다. 필요시 해당 경보의 원인 및 대처방안을 확인하고자 하는 경우에는 진단부에 이를 의뢰하고 진단부로부터의 진단결과를 받으면 다시 이를 표시해주어 엔지니어에게 적절한 조치를 취하도록 어드바이스를 해 준다. 따라서 이러한 시스템에서는 계측부의 경우 어느 정도 실시간으로 정확한 센서값을 취득하느냐 하는 점이 가장 중요하며, 상태감시부의 경우 엔지니어가 쉽게 이해할 수 있도록 보여주기 위한 사용자인터페이스와 화면 디자인이 중요하다. 또한 진단부의 경우에는 경보의 원인과 대처방안을 정확하게 나타내주기 위해서는 산업용 장치와 관련된 일반적인 지식과 전문가가 가지고 있는 경험적 지식을 어떻게 정확하게 프로그래밍화할 것인지가 대단히 중요하게 된다.

현재 울진 및 영광의 원전용 비상발전기디젤엔진에는 고기능의 DMDS시스템이 도입되어 있어서 엔진의 상태를 비교적 잘 감시할 수 있어서 원격지에서 엔진을 감시하는 사용자 편리성은 보장되지만, 엔진을 안전하게 관리하는 것을 보장할 수는 없어서 고도의 전문지식을 가진 전문가가 필요하다. 이를 개선하기 위해서는 시스템에 진단기능을 도입하여야 하지만, 기존의 DMDS시스템과 계측 및 상태감시 등이 중복되는 문제가 발생한다. DMDS시스템을 소스레벨에서 분석할 수 있다면

진단기능만을 시스템에 도입하는 것이 가능하지만 외국 상용제품이라는 점을 고려하면 실질적으로 이것은 불가능하다. 따라서 현재의 DMDS시스템과는 별도의 상태감시 및 고장진단 기능을 가진 시스템의 도입이 요구된다. 또한 이러한 시스템의 도입이 DMDS 시스템의 기능을 방해하지 않으면서 감시 및 진단을 수행할 수 있어야 한다.

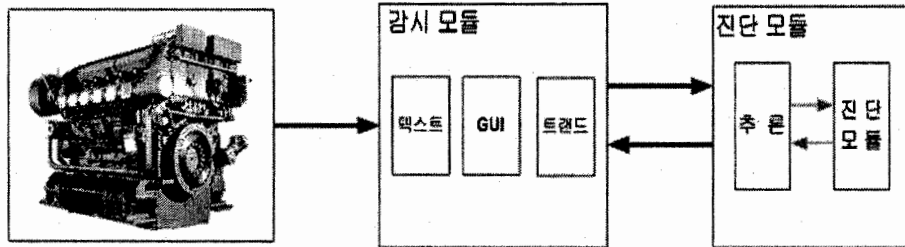


그림 1.1 상태감시 및 고장진단 시스템 구성도

1.2 연구방법

이상의 배경으로부터 본 연구에서는 원전용 비상디젤발전기엔진을 위한 상태감시 및 고장진단 시스템개발을 위한 방법론을 제시하고 프로토타입을 개발하는데 목적을 둔다.

상태감시 및 고장진단 시스템을 개발하기 위해서는 그림 1.1에서 보여주는 것과 같이 계측부, 상태감시부, 진단부가 각각 독립적으로 모듈화되는 것이 개발단계에서나 또는 동작의 유연성면에서 모두 바람직하지만, 저급레벨의 언어를 이용하여 개발하기 위해서는 많은 시간과 노력이 필요하게 된다. 최근에는 시스템 개발을 보조해주는 많은 개발도구들이 등장하고 있다. 특히 계측부와 상태감시부의 개발을 도와주는 개발도구들로서 많은 SCADA 시스템들이 등장하여 사용자 인터페이스의 경우에는 쉽게 개발할 수 있지만 계측을 위해서는 제공되는 제한된 획득보드를 사용하지 않으면 안되는 제한점들도 있다. 또한 이러한 개발도구들은 여러 버전으로 판매되고 있어서 초기 개발시에는 구입 가격이 비교적 많이 들지만 개발후에는 배포라이센스만을 구매하면 되어 비교적 저렴하게 시스템을 개발할 수 있다. 진단부의 경우에는 전문가시스템 개발도구들을 이용하여 쉽게 개발할 수 있지만 이러한 도구들은 가격이 대단히 고가일뿐만 아니라 배포라이센스와 같은 개념이 없다. 그러므로 초기의 개발단계에서는 이러한 개발도구를 이용하여 프로토타입으로 개발한 후 진단 가능성을 확인한 다음, 저급레벨의 언어를 이용하여 재개발하는 것이

경제적인 측면이나 실행측면에서 모두 실용적이라 할 수 있다.

본 연구의 목적은 진단 가능성의 방법을 제시하는 것이 주목표이므로 우선 개발도구를 이용하여 개발하기로 한다. 특히 계측부의 경우 연구개발비 및 시간을 고려하여 기존의 DMDS시스템과 실시간 센서값을 획득하기 위해 충돌하는 문제 등을 배제하기 위해 가급적 하드웨어는 조작하지 않기로 한다. 대신에 울진 5, 6호 원전의 비상발전기디젤엔진(Pielstick PC2-5V)용 DMDS시스템의 시운전 데이터가 DB로 보관되어 있어서 이것을 실시간 계측용 데이터로 이용하기로 한다. 시스템의 총체적인 개발절차는 다음과 같다.

- (1) 디젤엔진을 분석하여 진단데이터와 증상간의 인과관계를 규명하고 이를 지식화한다. 또한 지식표현을 위하여 디젤엔진의 객체를 Java언어를 이용하여 정의한다.
- (2) 계측부를 개발하기위해 울진 5, 6호 비상발전기엔진 DMDS의 시운전데이터로 보관된 MySQL DB를 분석하여 실시간 계측으로 이용할 데이터를 추출한다.
- (3) 상태감시부의 개발을 위해 In-touch 개발도구를 이용하여 상태감시용 텍스트화면, GUI화면, 트렌드화면 등을 디자인하고 진단부를 호출하기 위한 인터페이스를 작성한다.
- (4) 진단부의 개발을 위해 Jrules 개발도구를 이용하여 진단데이터와 증상과의 인과관계를 규칙기반 진단지식으로 작성하고 이를 상태감시부와 연결될 수 있도록 배포하기 위해 Java언어를 이용하여 인터페이스를 작성한다.

다음 장부터는 이상의 개발방법 및 구현에 대하여 상세하게 설명하고 시스템의 실행결과도 함께 예시한다. 본 연구에서는 진단가능성을 보여주는 것이 목표이므로 진단데이터와 증상과의 인과관계를 대부분 규명하였지만 시스템에 규칙기반 지식으로 표현하는 데에 있어서는 일부분만을 작성하였다. 그러므로 진단결과도 부분적인 범위에서만 가능하며 이에 대한 상용화 연구는 별도로 진행되어야 할 것으로 사료된다.

제 2 장 디젤엔진 분석

2.1 엔진 계통별 운전인자

디젤엔진의 운전인자에 대해서는 1차년도 연구에서 충분히 다루었으므로(1차년도 보고서 제2장 각종 운전인자의 분석, 제4장 운전인자의 지식기반 참조) 본 장에서는 연구대상엔진인 HSD SEMT Pielstick 운전인자들과, DMDS에 의해 감시되는 인자들에 대해서만 표시하였다.

1. HSD SEMT Pielstick Monitoring/Trending 인자

Performance Parameter List	Monitor(M) Trends(T) (See Note 2)	Acceptance Limits (See Note 1)
A LT WATER SYSTEM		
LT water Temp.	M/T	< 50 °C
LT water Press.	M/T	>2.5 bar
LT water Consumption	T	
LT water Analysis	T	
Water Leakage Alarm at Air cooler	T	
B HT WATER SYSTEM		
HT water Engine inlet TEMP. (normal)	M/T	67 ~ 75 °C
HT water Engine outlet Temp. (normal)	M/T	75 ~ 85 °C
HT water Engine inlet Temp. (stand-by)	M/T	57 ~ 63 °C
HT water Engine outlet Temp. (stand-by)	M/T	50 ~ 65 °C
HT water Engine inlet Press. (normal)	M/T	3 ~ 4 bar
HT water Engine inlet Temp. (stand-by)	M/T	1.2 ~ 3 bar
HT water Consumption	T	
HT water Analysis	T	
C Fuel Oil (F.O)		
FO Engine inlet Press.	M/T	3.5 ~ 7 bar
Automatic FO Filter delta P	M	< 0.8 bar
FO Analysis	T	
FO Consumption	T	

Performance Parameter List	Monitor(M) Trends(T) (See Note 2)	Acceptance Limits (See Note 1)
----------------------------	---	---------------------------------------

D Lubricating Oil (L.O)

L.O. Engine inlet Press. (normal)	M/T	4.5 ~ 7 bar
L.O. Engine inlet Press. (stand-by)	M/T	> 0.1 bar
Automatic L.O. Fiter delta P	M	< 0.8 bar
LO Engine Inlet Temp. (normal)	M	50 ~ 60 °C
LO Engine Inlet Temp. (stand-by)	M	> 40 °C
Oil Analysis.	T	
L.O. Consumption	T	

E STARTING AIR

Press. Of Starting air receiver A	M	36 ~ 40 bar
Press. Of Starting air receiver B	M	36 ~ 40 bar
Press. Of Over speed air receiver	M	6 ~ 8 bar
Start Time (fast starts only)	M/T	< 10 sec.

F INTAKE AIR AND EXHAUST GAS SYSTEMS

Exhaust Gas Temp. at Cylinder outlet (See Note 4)	M/T	< 525 °C
Max. Delta T of Exhaust Gas Between cylinder	M/T	< 70 °C
Exhaust Gas Temp. at T/C inlet	M/T	< 655 °C
Air Intake Filter Delta P	M/T	< 95 mmWC
Ambient Air Temp.	T	
Ambient Air Press.	T	

G GOVERNOR

Oil Level	T	
Fuel Rack Position	T	

H ENGINE

Crankcase Pressure	M/T	< 0.0008 bar
Engine Room Temperature	T	

Performance Parameter List	Monitor(M) Trends(T) (See Note 2)	Acceptance Limits (See Note 1)
I. GENERATOR		
Voltage	T	95% ~ 105%
Current	T	
Stator Temperature	T	< 70 °C
Load (KW)	T	
Frequency	T	
Reactive Load (KVAR)	M	98% ~ 102%
Bearing Temperature	M	< 95 °C
Field Voltage/Current	M	155 V/10.2A

NOTES

1. To be established by each utility, based on previous engine specific experience, with concurrence of the Engine manufacturer.
2. For monitoring/trending frequency.
3. Delta T/Delta P derived from monitoring parameters.
4. Exhaust temperature should be trended for all cylinders individually as well as on an average basis.

2. Pielstick DMDS 입력인자표

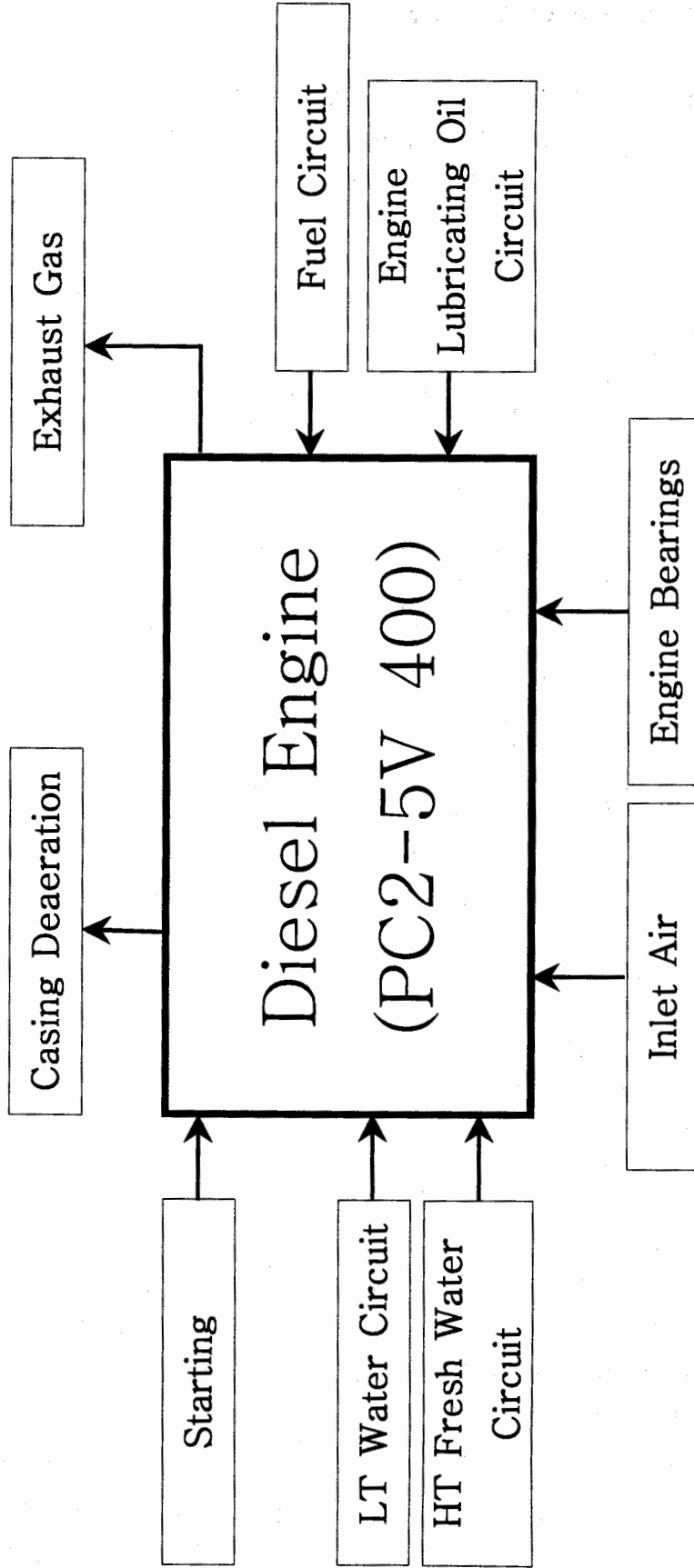
The 99 logical information monitored by the 132 acquisition units are:

N°	DESIGNATION	ALARM N°	PID MARK	132	CHANNEL	FUNCTION
1.00	Maintenance mode	IL 3008		1	00	Priority interlocking
2.00	Diesel in local mode	IL 3007		1	01	
3.00	Auto auxiliaries control			1	02	
4.00	Manual Start Order (LCR)			1	03	
5.00	Manual Emergency Start Order (RCE)	IL 3013		1	04	
6.00	DG Emergency Start Order (DGESS)	IL 3013		1	05	
7.00	Diesel Circuit Breaker Open			1	06	
8.00	Engine stop lever	IL 3006	560 SM	1	07	Emergency tripping
9.00	Lube oil prelubricating P < 0.1 bar	IL 3041	PS047	1	08	Normal interlocking
10.00	HT water preheating P < 1.2 bar	IL 3087	PS008	1	09	Abnormal for starting
11.00	Presence of water in air manifold - lineA	IL 3005	744 ㄴ	1	0A	Abnormal for starting
12.00	Presence of water in air manifold - lineB	IL 3005	745 ㄴ	1	0B	Abnormal for starting
13.00	HT water tank low level	IL 3084	LS001A	1	0C	Normal interlocking
14.00	Low level in DO daily tank	IL 3065	LS025A	1	0D	
15.00	Low level in LT daily tank	IL 3083	LS010B	1	0E	Normal interlocking
16.00	Turning gear engaged	IL 3003	510 ㄴ	1	0F	
17.00	Starting oil pressure NO 1 < 34 bar	IL 3076	PS084	1	10	Abnormal for starting
18.00	Starting oil pressure NO 2 < 34 bar	IL 3077	PS085	1	11	Abnormal for starting
19.00	Control air pressure P < 6bar	IL 3078	PS087	1	12	Abnormal for starting
20.00	HT water pressure P < 2bar	IL 3088	PS007A	1	13	
21.00	DO pressure P < 3.5bar	IL 3054	PS035	11	14	
22.00	LT water pressure P < 2.5bar	IL 3081	PS017	1	15	Normal interlocking
23.00	Correct voltage		Relay 59-1/59-2	1	16	
24.00	Correct frequency		Relay 81-1/81-2	1	17	
25.00	Exciting contactor closed			1	18	
26.00	DG synch. with network (droop mode)			1	19	
27.00	Fuel leakage line A	IL 3004	LS021	1	1A	
28.00	Fuel leakage line B	IL 3004	LS022	1	1B	
29.00	DO filter pressure drop > 0.8bar	IL 3060	PDIS033	1	1C	
30.00	HT water low temperature < 50℃	IL 3080	TS008	1	1D	Normal interlocking
31.00	HT water high temperature > 85℃	IL 3082	TS006	1	1E	
32.00	Lube oil filter pressure drop > 0.8bar	IL 3042	PDIS045	1	1F	
33.00	Lube oil pressure < 4.5bar	IL 3047	PS041	2	00	
34.00	Lube oil temperature < 40℃	IL 3044	TS040	2	01	Normal interlocking
35.00	Lube oil temperature > 63℃	IL 3045	TS045	2	02	Normal tripping
36.00	Mechanical overspeed	IL 3012		2	03	
37.00	Electronic overspeed	IL 3011		2	04	Normal tripping
38.00	HT water very high temperature T > 95℃	IL 3086	TS007	2	05	Normal tripping
39.00	Engine inlet oil pressure < 3.5bar	IL 3046	PS042	2	06	Normal tripping
40.00	Crankcase gas pressure > 0.008bar	IL 3048	PS060	2	07	Normal tripping
41.00	Emergency stop (RCE)	IL 3002		2	08	
42.00	Emergency stop (LCR)	IL 3002		2	09	
43.00	Generator differential	IL 3025	Relay 87	2	0A	
44.00	Negative phase sequence	IL 3026	Relay 46	2	0B	Normal tripping
45.00	Generator ground overvoltage	IL 3027	Relay 59G	2	0C	Normal tripping
46.00	Voltage balance relay	IL 3028	Relay 60	2	0D	
47.00	Overvoltage	IL 3029	Relay 59	2	0E	Normal tripping
48.00	Undervoltage	IL 3030	Relay 27	2	0F	Normal tripping
49.00	Loss of field	IL 3032	Relay 40	2	10	Normal tripping
50.00	Generator over current with voltage restraint	IL 3033	Relay 51V	2	11	Normal tripping
51.00	Reverse power	IL 3034	Relay 32	2	12	Normal tripping
52.00	Under frequency	IL 3035	Relay 81	2	13	Normal tripping
53.00	Over current	IL 3036	Relay 51	2	14	Normal tripping
54.00	Excitation overcurrent 1st stage	IL 3067	Relay 591-592	2	15	

N°	DESIGNATION	ALARM N°	PID MARK	132	CHANNEL	FUNCTION
55,00	Excitation overcurrent 2nd stage	IL 3068	Relays 811-812	2	16	Normal tripping
56,00	Voltage regul. manu/autosupply in fault	IL 3050		2	17	
69,00	Diesel engine bearing temperature 1st stage	IL 3009		3	04	
70,00	Diesel engine bearing temperature 2nd stage	IL 3010		3	05	Normal tripping
71,00	Start up failure	IL 3014		3	06	
72,00	Speed cubicle supply fault	IL 3017		3	07	
73,00	Over speed system fault	IL 3018		3	08	
74,00	CO2 actuator signal	IL 3022		3	09	Normal interlocking
75,00	Sequencer overlap test	IL 3023		3	0A	
76,00	Sequencer trouble test	IL 3024		3	0B	
77,00	Lube oil make up tank low level	IL 3031	LS030A	3	0C	
78,00	Lube oil low level	IL 3038	LS032	3	0D	Normal interlocking
79,00	Lube oil very low level	IL 3039	LS033	3	0E	Normal tripping
80,00	Lube oil priming failure	IL 3040	LS034	3	0F	
81,00	Lube oil make up tank high level	IL 3043	LS030B	3	10	
82,00	Excitation cubicle supply fault	IL 3050		3	11	
83,00	Diesel oil transfert pumps 1.2 electric trouble	IL 3052		3	12	
84,00	Rotating diodes fault	IL 3055		3	13	
85,00	Thyristor fuse alarm	IL 3056		3	14	
86,00	Low level in DO storage tank	IL 3057		3	15	
87,00	Diesel oil transfert pumps 1.2 start failure	IL 3058		3	16	
88,00	Very low level in DO storage tank	IL 3051		3	17	
89,00	Over excitation limitation	IL 3061		3	18	Normal tripping
90,00	Under excitation limitation	IL 3062		3	19	
91,00	High level in DO storage tank	IL 3063		3	1A	
92,00	Diesel fuel oil pump discharge pressure low	IL 3064		3	1B	
93,00	Very low level in DO daily tank	IL 3059	LS025B	3	1C	Normal tripping
94,00	Low level in water treatment tank	IL 3066	LS002A	3	1D	
95,00	Diesel fuel oil strainer differential pressure	IL 3069		3	1E	
96,00	Very high level in DO daily tank	IL 3071	LS025D	3	1F	
97,00	High level in water treatment tank	IL 3072	LS002B	4	00	
98,00	Air compressor fault	IL 3075		4	01	
99,00	HT water preheating low temperature < 55°C	IL 3079	TS002A	4	02	Abnormal for starting
100,00	HT water preheating low temperature > 63°C	IL 3085	TS002B	4	03	Abnormal for starting
101,00	LT water tank high level	IL 3089	LS010A	4	04	
102,00	HT water tank high level	IL 3090	LS010B	4	05	Normal interlocking
103,00	Alarm polarity fault	IL 3201		4	06	
104,00	DG running with C.B open	IL 3091		4	07	
105,00	Protection cubicle and relaying power failure	IL 3001		4	08	
106,00	Engine inlet oil pressure < 3.8bar	IL 3037	PS046	4	09	
107,00	DG stop order			4	0A	
108,00	Starting memory ON			4	0B	
109,00	Combustion air filter fouling	IL 3092	PDIS021	4	0C	
110,00	Isochronous mode	IL 3141		4	0D	
111,00	Time synchronizing signal			4	0E	

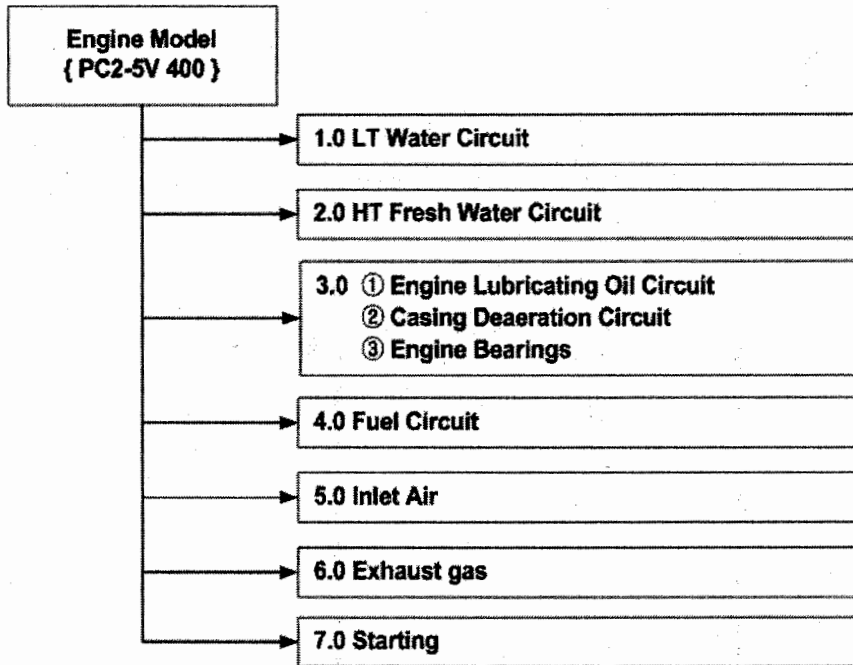
2.2 디젤엔진 운전인자 관계 (계측-진단-조치)

1. Emergency Diesel Generator System 계통도



2. Emergency Diesel Generator 계통도 설명

위 계통도에서는 9가지로 상세 분류하였으나 본 연구에서는 Casing deaeration circuit와 Engine bearing circuit를 Lubricating oil circuit로 분류하고, DMDS에 우수하게 실현(실시간 제어 기능)된 Starting air circuit에 대한 구현은 KEDES에서는 생략하였다.



1.0 냉각계통의 성능은 EDG의 정상적인 기동을 위한 엔진의 예열유지와 엔진의 부하운전시 연료에 의한 엔진의 발열과 냉각계통의 냉각이 균형을 이루는 열평형 상태의 유지에 있다.

Low Temperature(LT) Water System(저온냉각수계통) : EDG의 냉각에서 윤활유계통과 연소용 공기냉각기(이하 에어쿨러)의 냉각계통을 저온 냉각수계통이라 하는데, 한국형 원전에 채택된 PC2.5시스템에서는 윤활계통을 냉각하는 LT계통(2차청수사용)과 에어쿨러를 냉각하는 기기냉각수(CCW, 1차청수사용)계통으로 나뉜다. 이 두계통의 구성기기는 LT water expansion tank(저온수 팽창탱크), LT/CCW heat exchanger(저온수/기기냉각수 열교환기), LT/LO heat exchanger(저온수/윤활유 열교환기), Engine driven LT water pump(엔진구동 저온수 펌프), Supercharging Air/CCW heat exchanger(과급공기/기기냉각수 열교환기), Thermostatic 3-way control valve(3방향 온도제어 밸브) 등으로 구성되어 있다.

2.0 ㉠ High Temperature(HT) Water System(고온냉각수계통) : EDG의 냉각에서 엔진자켓을 냉각하는계통을 말한다. 한국형 원전의 경우, 이 계통의 구성기기는 HT water expansion tank(고온수 팽창탱크), HT/CCW heat exchanger(고온수/기기냉각수 열교환기), Pre-heating HT water/LO heat exchanger(예열고온수/윤활유 열교환기), Engine driven HT water pump(엔진구동 고온수 펌프), Water treatment tank pump(수처리 탱크펌프), Water treatment tank(수처리 탱크), HT water electric heater(고온수 전기가열기), Thermostatic 3-way control valve(3방향 온도제어 밸브) 등으로 구성되어 있다.

㉢ 이 계통은 크게 두가지로 나눌 수 있다. 첫째는 주회로로 엔진구동 고온수 펌프를 통해 엔진가동과 함께 발생한 열을 엔진자켓으로부터 흡수하여 고온수/기기냉각수 열교환기를 통해 발전소 기기냉각수 계통에 방출하는 계통과 둘째로는 EDG의 비상대기상태에서 신속한 기동을 위해 전동기구동 예열고온수 펌프 및 전기 가열기를 이용하여 가열된 고온수를 엔진내에 순환시켜 엔진을 예열상태로 유지시키는 계통이다.

3.0 ①Lubricating Oil(LO) System(윤활유계통) : 윤활유계통은 엔진베어링에 일정 온도의 윤활유를 계속 공급함으로써 마모를 최소화하고 기동 및 부하수용의 신속성과 신뢰성을 확보하기 위한 계통으로서 엔진구동 윤활유 펌프를 통해 EDG 운전중 흡수된 열에너지를 윤활유/저온수 열교환기로 보내 냉각한다. 또한 엔진이 운전되고 있지 않는 동안(비상대기상태) 윤활유를 계속적으로 순환시키는 전동기구동 윤활유펌프를 설치하고 있다. 예열고온수/윤활유 열교환기를 활용하여 윤활유의 온도를 일정하게 유지시킨다. 윤활유계통의 구성기기는 Lube oil make-up tank(윤활유 보충탱크), Pre-lube oil pump(예열 윤활유펌프), Engine driven lube oil pump(엔진구동 윤활유펌프), Automatic lube oil filter(자동 윤활유 여과기), Lube oil/moisture separator(윤활유/습분 분리기), Lube oil make-up tank flame arrester(윤활유 보충탱크 화염방지기) 등으로 구성되어 있다.

②크랭크실 내의 유증기의 폭발에 의한 엔진 및 기관실의 화재를 예방하기 위하여, 운전중 생성되는 유증기(Oil Mist)를 연속적으로 배출하는 배관이 설치되며, 유증기의 양을 측정하는 장치가 설치된다. 따라서 배출배관이 막히지 않도록 관리되어야 하고, 측정장치는 선박용은 표준공기와의 밀도를 비교하는 방법이, 원전용은 유증기의 압력을 감지하는 방법이 주로 채택된다.

4.0 Fuel Oil(FO) System(연료유계통) : 연료유계통의 구성기기는 Fuel oil storage

tank(연료유 저장탱크), Fuel oil day tank(일일 연료유 저장탱크), Engine driven fuel oil pump(엔진구동 연료유공급펌프), Motor driven fuel oil feed pump(전동기 구동 연료유 공급펌프), Automatic fuel oil filter(자동 연료유 여과기), Fuel oil day tank flame arrester(일일 연료유 저장탱크 화염방지기) 등으로 구성되어 있다.

5.0/6.0 Air Intake & Exhaust Gas System(연소용공기 흡입 및 배기계통) : 연소용공기는 EDG 건물 밖으로부터 공기여과기, 흡기배관, 흡기소음기를 통해 연소용 공기압축장치(Supercharger)로 흡인된다. 이 계통의 구성기기는 Air intake filter(연소용 공기흡입 여과기), Air intake silencer(연소용 공기흡입 소음기), Air intake pipe spool(연소용 공기흡입 배관), Expansion bellows(연결관), Turbocharger(과급기), Expansion joints(나선관), Exhaust gas pipe spool(배기 배관), Exhaust gas silencer(소음기), Stack(연통) 등이다.

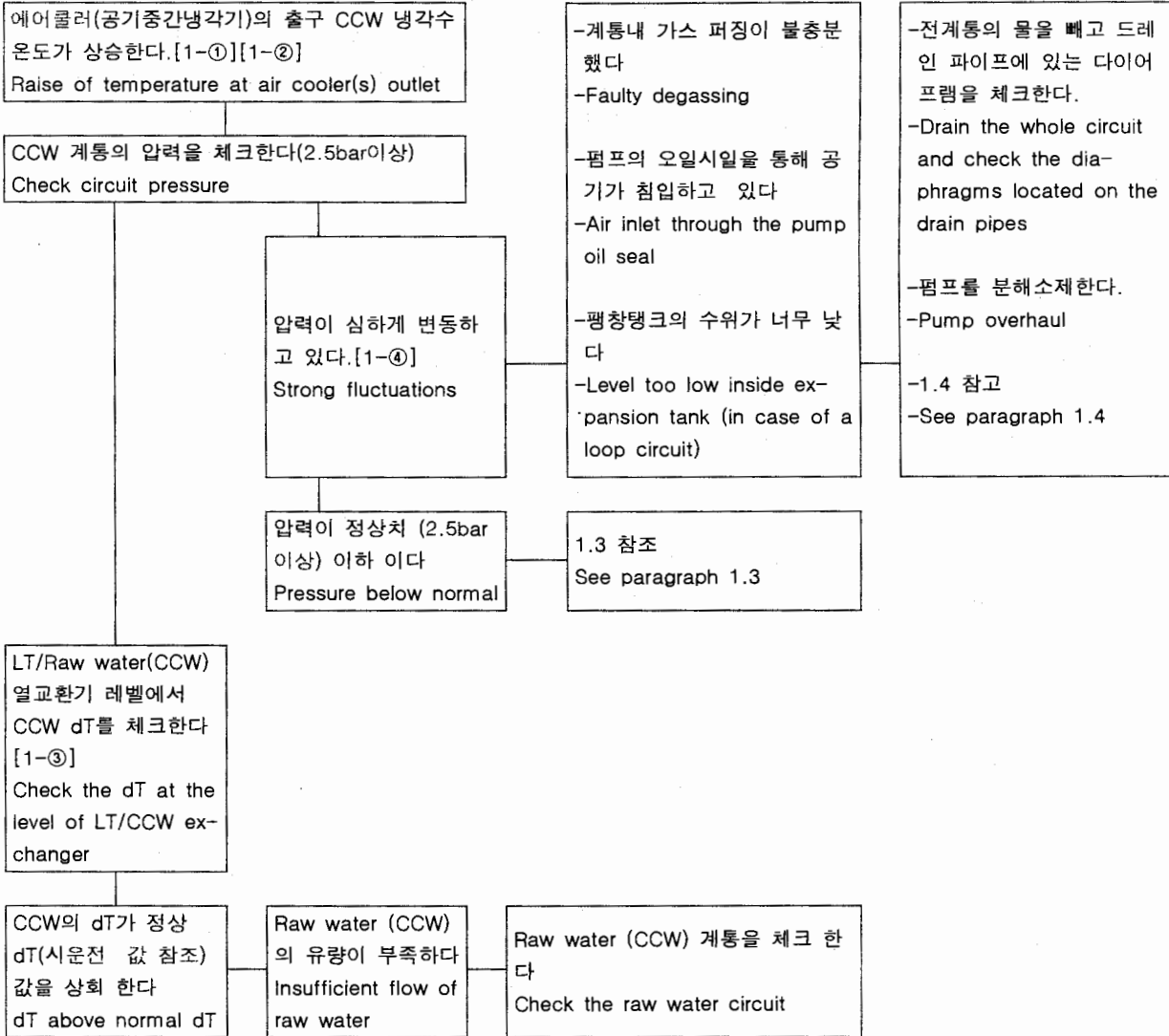
7.0 Starting Air System(기동용공기계통) : 기동용공기계통의 구성기기는 Starting air compressor skid(기동용 공기압축기장치, compressor, air cooling fan, filter, air dryer), Starting air receiver(기동용 공기저장조), Over-speed air receiver(과속도 공기저장조), Starting air frame for PI & PS(기동용 공기계기 프레임), Over-speed air rack with start & stop valves(과속도 공기 랙, 기동 및 정지밸브) 등으로 구성되어 있다.

3. 각 계통의 증상-진단-조치

(본 Troubleshooting은 울진원전을 기준으로 한 것임)

(1) L.T. Water Circuit

(가)



1-① 에어쿨러 출구온도 상승의 원인과 대책 : 과급기는 압축된 공기를 제공하여 각 실린더의 연소에 필요한 보다 많은 공기를 보내주고 있다. 과급의 결과 압축된 공기들의 분자사이의 마찰에 의해 공기온도는 150℃이상으로 올라갈 수 있다. 냉각된 공기는 보다 밀도가 높기 때문에 보다 많은 양의 공기를 공급할 수 있다. 따라서, 에어쿨러는 과급승압공기를 엔진에 들어가기 전에 냉각시키도록 설계되어진다.

1-② CCW 계통의 입구온도는 50℃ 이하여야 한다.

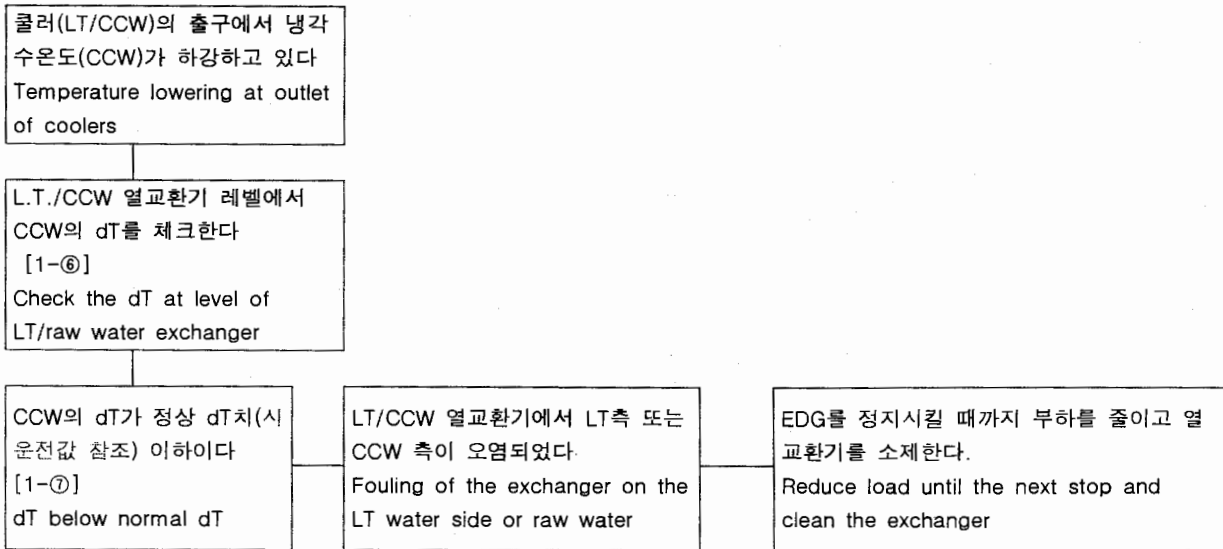
1-③ ΔT 의 의미: 이 파라미터는 열전달면의 오손도를 나타내어 주고 펌프열화를 검출하는 좋은 수단이다. 이다. ΔT 가 높다는 것은 2차측 냉각계의 문제점을 나타낼 수 있으며, 온도증가의 바른 이유를 찾는 시발점이 될 것이다. 낮은 ΔT 는 아래 1.2에서 설명하는 열교환기의 오손과 물질에 침식을 일으키는 원인이 되는 냉각제의 속도가 고속임을 나타내어 준다. ΔT 는 보통 10°C 를 유지하나 에어컨의 경우, 소기온도의 조건이 해수입구온도(최대 32°C)+ 15°C 임을 감안하여 조절한다. 과냉의 경우에는 연소용공기가 냉각기의 튜브에 응축되어 수분이 연소실로 유입될 수 있으며, 실린더에 물이 유입되면 윤활유 유막이 파괴될 뿐만 아니라 황산에 의한 저온부식을 가져온다. 냉각수가 해수인 경우에 그의 온도가 높으면(40°C 이상) 염류가 침전하여 전열을 방해하고, 엔진자켓의 전해부식을 촉진하므로 배출온도는 50°C 이내로 유지해야 한다.

본 건과 같이 dT 가 큰 경우에는 1차 냉각수인 CC Water(청수)의 유량이 부족하여 LT의 온도가 상승한 경우이다.

1-④ 액체의 흐름을 방해하는 것으로, 계통내로의 공기흡입을 들 수 있다. 공기는 주로 펌프의 시일, 밸브의 글랜드부, PC2-5의 경우 드레인계통의 다이어프램 손상 등의 외부유입과 국부비등에 의한 증발로 흐름이 방해받으며, 더 나아가 온도상승의 결과인 증기폐색을 가져올 수도 있다. 따라서 계통내로의 공기유입과 비등에 의한 증기는 철저히 추출되어야 한다. 위 원인을 보더라도 본 건과 같이 펌프의 압력이 심하게 변동을 할 경우에는 CCW의 유량이 부족하여 에어컨의 출구에서 온도상승을 가져온다.

원심펌프의 특징은 토출측의 밸브를 잠귀도 압력이 계속 상승하지 않고 어느 최고압력을 유지한 채 운전이 가능한 점(작동유체의 온도는 상승한다)과 계통내에 공기가 유입되면 토출이 잘되지 않는 점이다. 원전 주회로 냉각펌프는 이 상태(액체+기체 2상)까지를 고려하여 설치되므로 고가의 펌프가 설치되어 있다.

(나) [1-⑤]



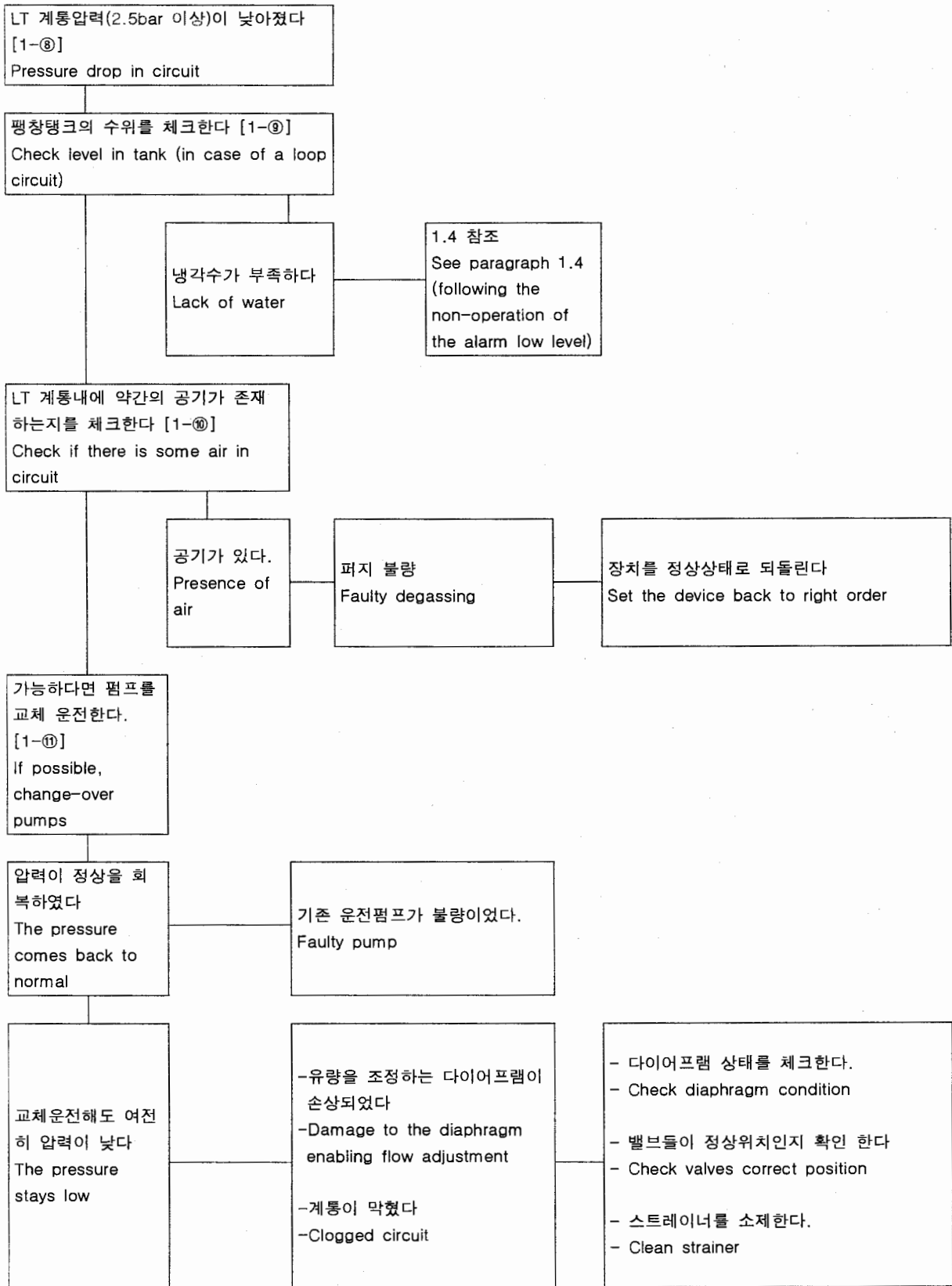
1-⑤ 월성은 에어컨 냉각수의 냉각을 LT cooler에서 한다. (LT냉각기의 냉각수=해수)
기타 한국형은 CCW로 한다. (CCW=청수)

1-⑥ LT/CCW 열교환기에서 LT측 또는 냉각제측(CCW)이 오손되어 열전달효율이 떨어진 결과이다. 즉 CCW는 상대측의 열을 많이 뺏지 못하게 되어 dT가 작아지게 된다. 상대적으로 상대측(LT, LO)은 점점 온도가 상승하게 되어 정상운전이 불가능해진다. 해결방법은 열교환기의 소제뿐이므로, 부득히 운전을 계속하려면 EDG가 과열되지 않도록 부하를 낮추어 주어야 한다.

열교환기의 소제는, Shell & Tube(Tabular) type의 경우에, LT/CCW측 모두 화학소제를 할 수 있으나 CCW측은 주로 브러쉬에 의한 소제를 LT측은 화학약품을 순환시키는 방법을 사용한다. 최근 울진 5/6호기에 도입된 PHE(Plate Heat Exchanger) type의 경우에도 화학약품으로 소제할 수 있으나 부드러운 브러쉬로 소제하는 것이 일반적이다.

1-⑦ 1차측 냉각수가 온도조절이 불가능한 해수나 청수일 경우(기후에 따라 0-35℃로 변함)에는 순환을 통해 입구온도 10℃ 이상을 유지해야하고, 입출구 온도차이는 20℃ 이상이 되어서는 않된다. 또한 1차측 냉각수량의 감소에 의해 dT는 증가한다.

(다)



1-⑧ 원심펌프사용 계통에서 압력의 의미 : 펌프의 구경을 정할 때, 제일 먼저 흡입구와 송출구의 유속을 정해야 한다. 유속을 빨리하면 마찰손실이 크게 되고, 느리게 하면 구경이 커지기 때문에 비경제적이다. 흡입구의 유속은 보통 1-3m/s의 범위를 잡는 것이 좋고, 일반적인 경우 2-2.5m/s를 잡는 경우가 많다. 점성이 큰 액체에서는 1m/s 전후로 한다. 송출구의 유속은 고압원심펌프의 경우 5-6m/s, 보통의 경우에는 2.5-3m/s를 잡는다. 이를 기준으로 압력이 결정되고, 이 압력의 정상값은 엔진의 정상운전을 확인시켜주고, 냉각수계통이 막혔는지를 감지하는 인자가 된다. 냉각수의 압력을 유지하기 위해서는 펌프상태가 양호하고 소요수량이 확보되고 흐름에 방해가 없어야 한다.

냉각수의 저압력은 엔진구동 원심순환펌프의 고장, 냉각수의 부족, 냉각수 회로내의 공기의 침투, 펌프의 흡입쪽 파이프의 누설이 원인이 될 수 있다. 냉각수의 부족시에는 보충탱크의 냉각수를 보충하고, 냉각수회로의 누설을 점검하고, 열교환기나 실린더라이너에서의 냉각수의 누설을 의심해야 한다.

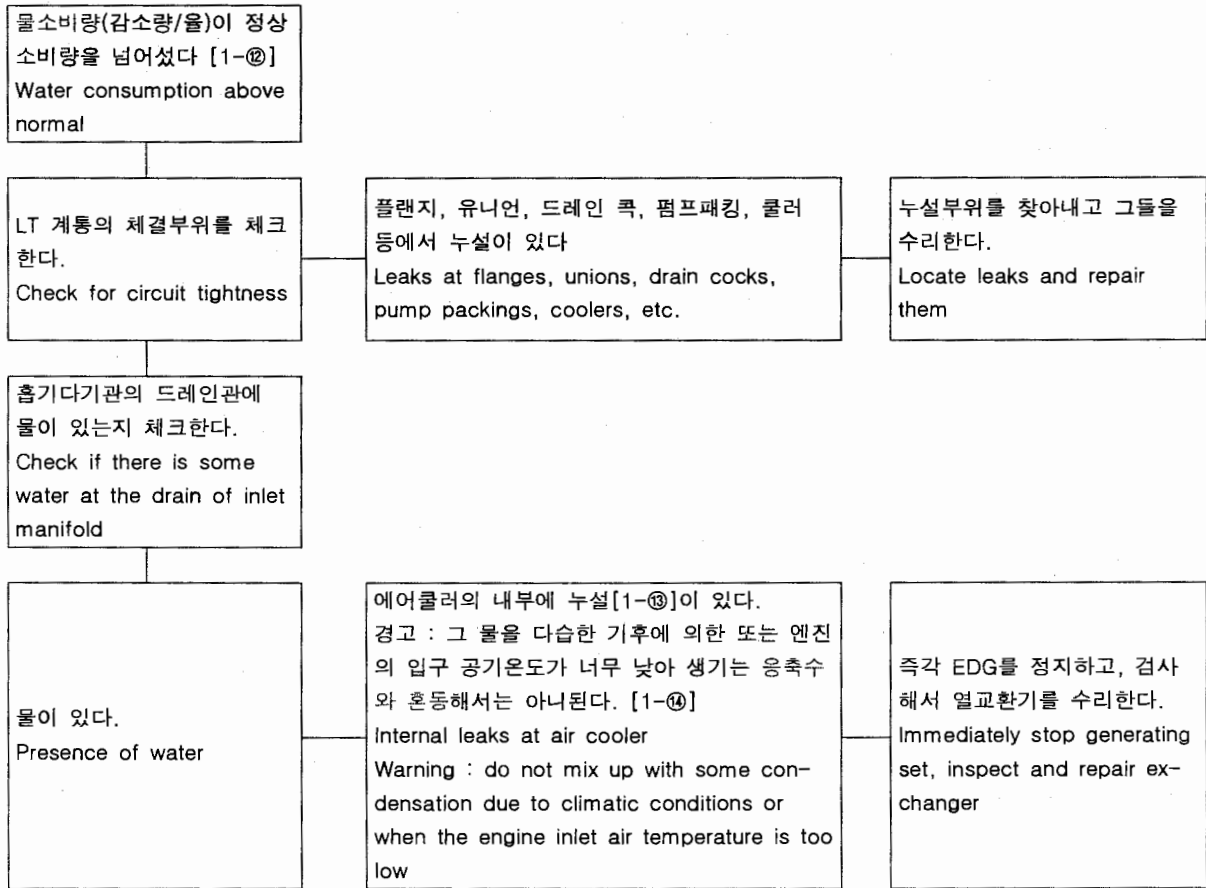
1-⑨ 팽창탱크의 수위 : 이 탱크는 엔진가동 중 냉각수의 체적팽창을 수용하며, 폐회로 계통내의 공기를 추출하고, 펌프의 흡입수두를 제공한다. 자동보급수 장치를 사용하지 않아야, 평소 사용량을 감지할 수 있다. 비정상적으로 수위가 낮아지면 1.4에서 논의되는 문제가 있다.

1-⑩ 퍼지는 정지중에 펌프케이싱에 붙어있는 콕에서 충분히 해준다.

운전중에는 송출측의 콕을 열어 퍼지를 해준다.

1-⑪ 흐름을 방해하는 요소로 펌프 임펠러 또는 케이싱의 마모, 전술한 공기흡입, 밸브조작의 잘못, 스트레이너의 폐색 등이 있다.

(라)



1-12 물 소비량이 정상 수준을 넘어서면 우선 의심할 것으로, 외부누설부를 찾는 것이고 그 다음은 열교환기에서의 누설여부이다. 특히 에어쿨러는 연소용 공기의 응축에 의해서도 물이 다량 발생하므로 이 물(혀로 맛을 보면 알 수 있음)과 냉각수의 누설인가를 구별할 수 있어야 한다. 또한 실린더헤드나 라이너에 크랙이 있으면 물소비량이 증가한다. 이 때는 압력계의 지침이 심하게 헛탕하는 것으로 발견할 수 있다.

1-13 LT로 에어쿨러(Air/LT)를 냉각하는 월성에만 해당사항. 울진은 Supercharging Air/CCW 이므로 팽창탱크에 의한 물소비량의 감지는 어렵지만 물이 발견시에는 열교환기의 누설에 의한 것인지 응축에 의한 것인지 판단을 해야한다. 선박에서는 옛날 방식에서는 냉각제로 해수를 사용해 곧잘 누설이 발생하였으며 이 경우는 기체/액체 열교환기 특성 때문에 누설부위를 찾기가 상당히 어렵다. 한국원전의 경우에는 냉각제로 청수를 사용해 누설이 쉽게 발생하지는 않겠으나 이 열교환기는 고온상태에서 운전되는 특성상 10여년이 지나면 누설은 발생하게 된다.

1-14 특별히 습도가 높은 상태에서 운전하게 될 경우에는 배출라인의 밸브들을 약간 열어 놓아야 한다

(2) H.T. Fresh Water Circuit

(가)



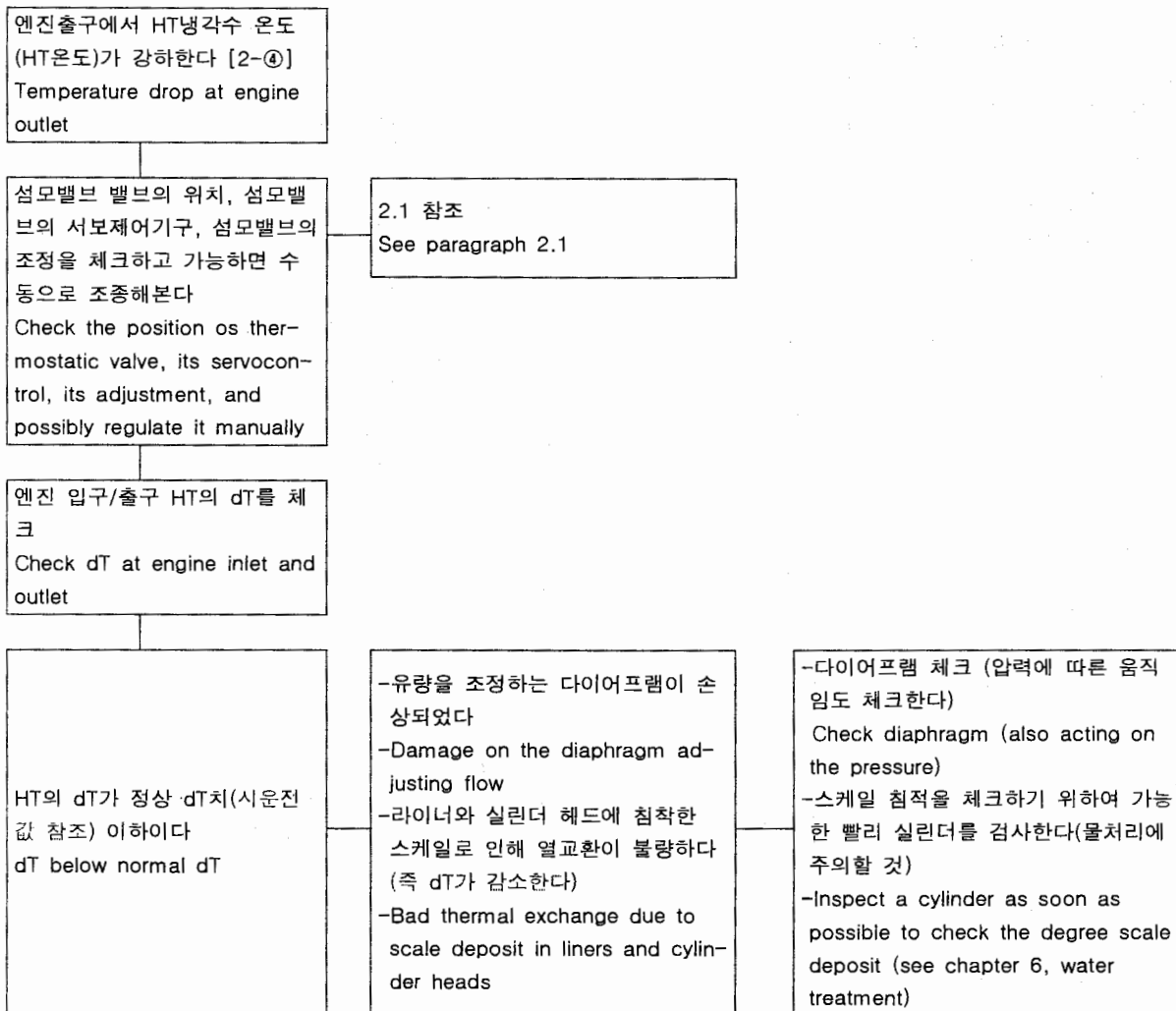
2-① dT에 대한 사항은 LT계통의 설명을 참조. HT의 온도상승은 1)펌프이상으로 HT 수량이 부족한 경우 2)구성부품의 크랙으로 고온가스가 냉각계통으로 유입하는 경우 3)HT를 냉각하는 CCW 계통에 이상이 있는 경우로 열교환기 오손과 LT-CCW 계통에 이상이 있을 경우가 있다.

2-② 실린더라이너의 부식을 방지하기 위하여 1) 냉각수 출구온도를 규정된 값 이내로 유지하고
2) MCR에서 실린더의 입출구 온도차이를 12-18℃로 유지한다. 냉각기 입출구 해수온도 차이가 20℃를 초과하면 안된다.

2-③ 냉각수의 고온은 엔진의 과열을 의미하므로 방지하여야 한다. 고온수의 온도가 95도 이상이 3-4분간 지속되면 엔진의 과열로 인한 실린더의 내부를 내시경으로 검사하여야 한다. 저온수는 엔진의 입구에서 55도 이하로 출구에서 63도 이하로, 고온수는 엔진의 입구에서 79도 이하로 출구에서 83도 이하로 유지하는 것이 바람직하다. 냉각수가 고온이 되는 원인은 기기냉각수와의 열교환기의 이상, 보충탱크의 냉각수 부족, 섬모(씨모스텍) 밸브의 이상, 냉각수 펌프의 이상이 될 수 있다.

냉각수온도가 너무 높으면 윤활유의 점도는 감소하고 윤활유의 사용량이 증대하며 실린더와 피스톤링의 마모를 증가시킨다. 또한 피스톤과 피스톤링의 팽창이 과대하게 되어 고착의 원인으로 된다. 또한 해수가 처리되지 않은 청수를 사용하는 경우에는 스케일의 부착을 촉진하여 열전도를 저하시키고 순환수의 통로를 좁히며, 냉각수가 증발하거나 스케일이 떨어져서 통로를 막음으로써 냉각수의 순환이 불량하게 되어 냉각효과를 저하시키고 전기침식작용이 촉진되며, 체류공기가 생기기 때문에 부식이 증가하는 등 여러 가지 고장의 원인으로 된다.

(나)

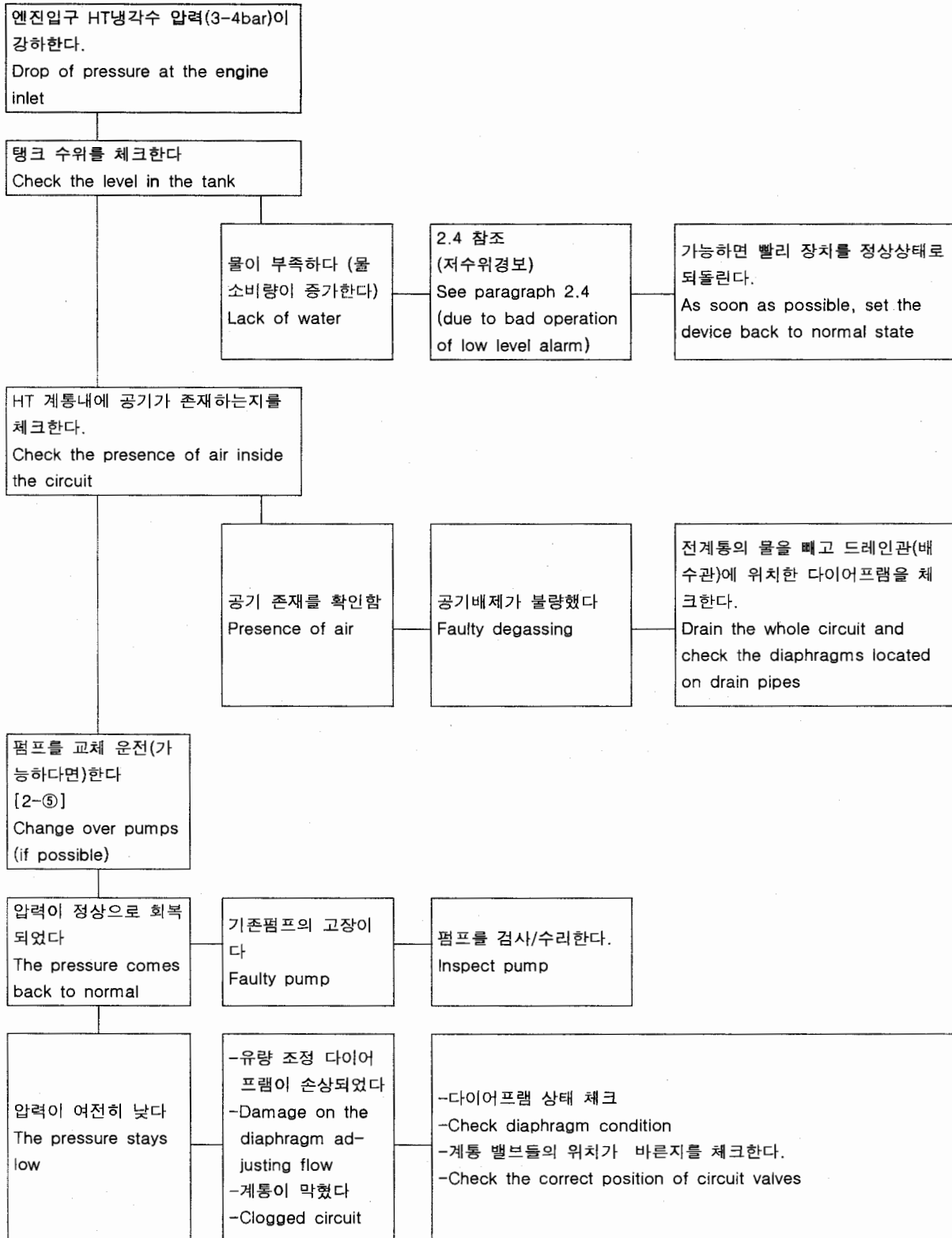


HT Water Engine inlet 67-75°C (normal) 57-63°C (s/by)
outlet 75-85°C (normal) 50-65°C (s/by)

inlet pressure 3-4bar(normal) 1.2-3bar(s/by)

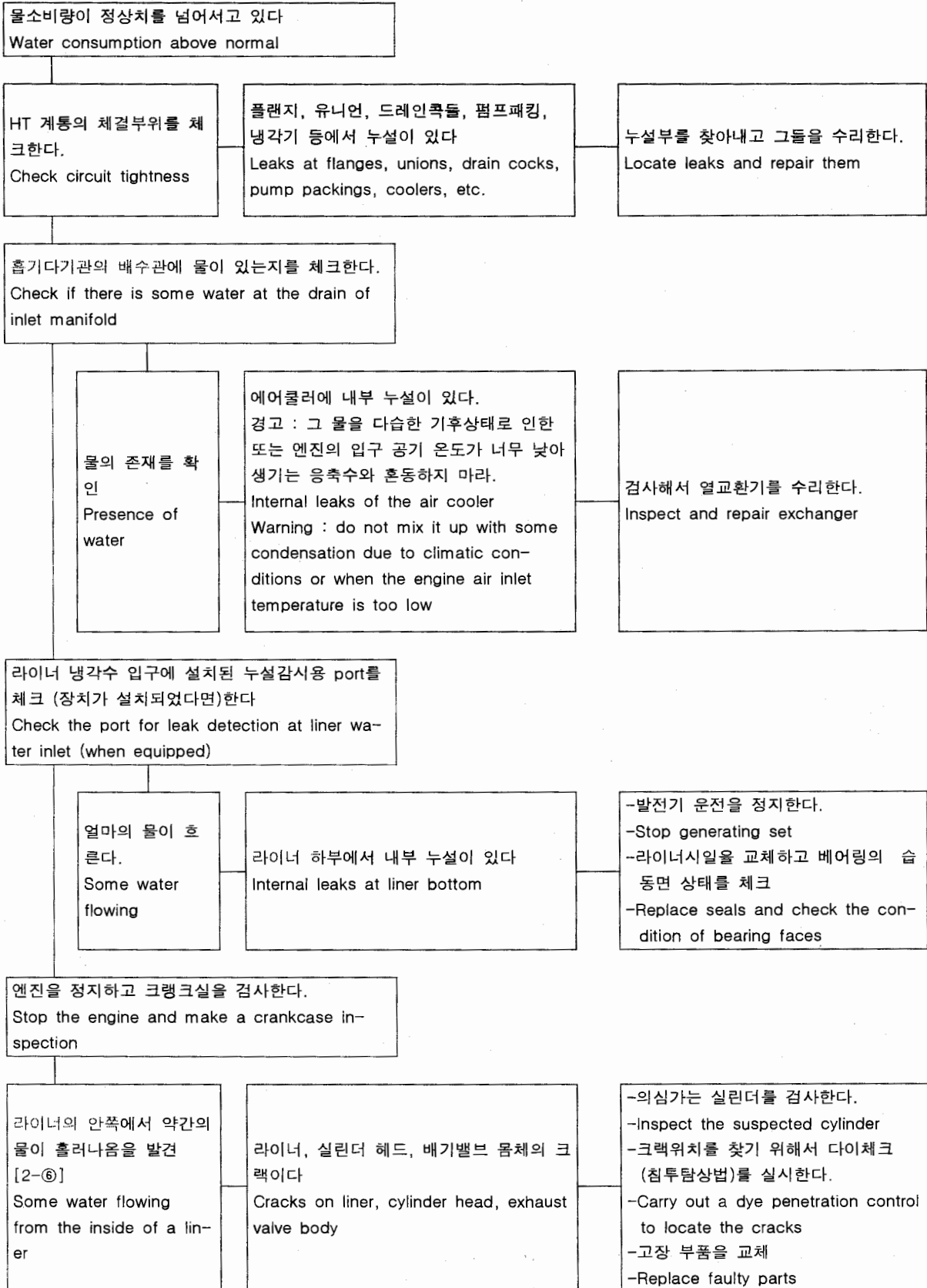
2-④ : 냉각수온도가 너무 낮으면 발화능을 일으키고 연료가 불완전연소하여 효율이 저하할 뿐만 아니라, 개미산 황산 등 매우 부식성이 강한 산류가 발생하여 부식을 일으키고 또한 윤활유의 점도가 높아져서 마찰손실이 커지고, 기계효율이 저하하며 연료소비량이 많아진다. 따라서 특히 한냉한 때에는 기관실의 온도를 높게 유지하도록 유의하며 저부하 시동직후에는 냉각수온도를 높게 유지하도록 주의한다.

(다)



2-⑤ Redundncy pump가 설치되어 있을 경우임

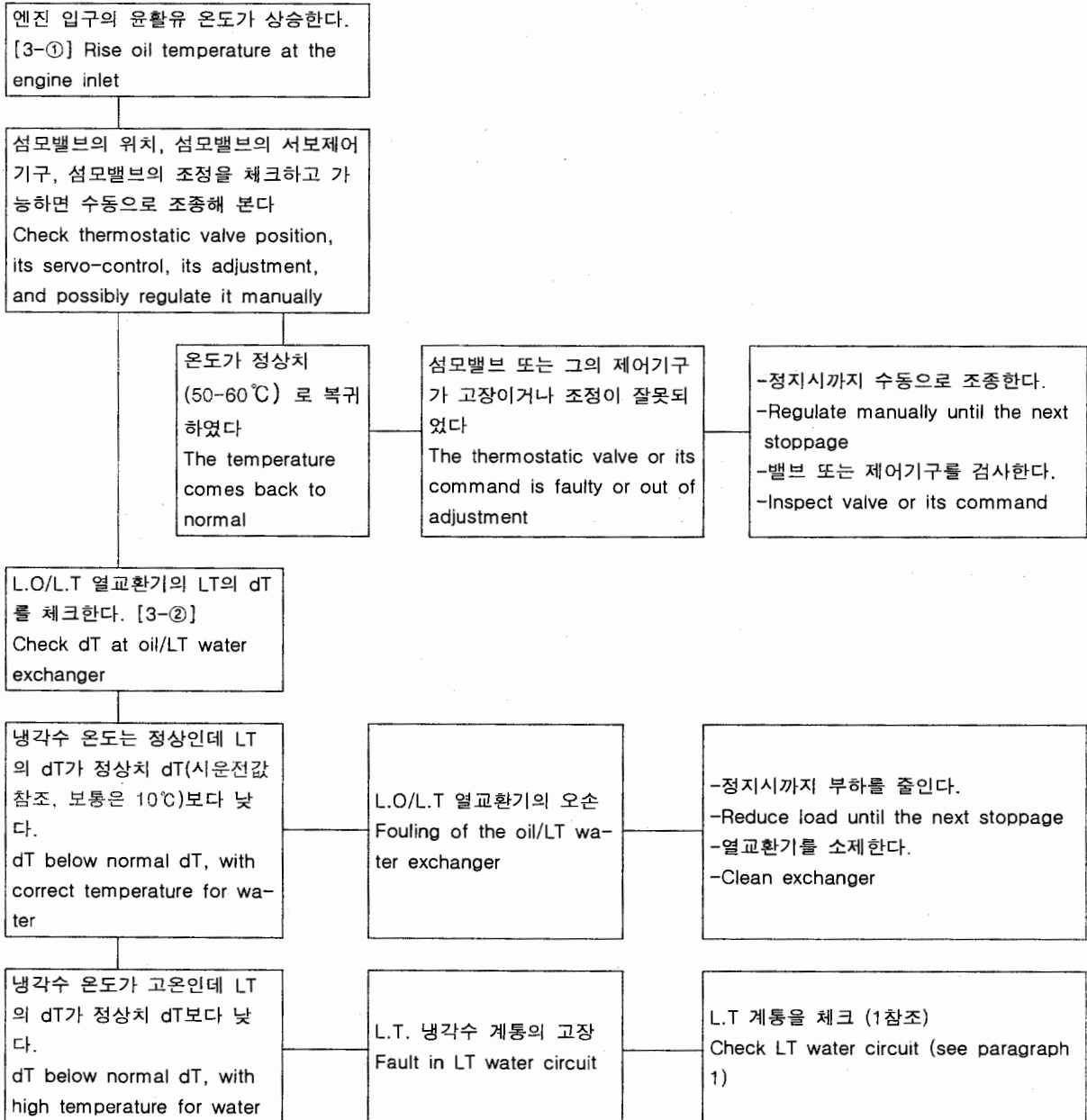
(라)



2-⑥ 실린더라이너에서의 누설은 두 종류가 있다. 하나는 라이너의 고무시일 불량으로 인해 라이너 외부를 타고 내려오는 누설과 라이너의 크랙으로 인해 연소실로 누설하는 두 가지 경우이다.

(3-1) Engine L.O 계통

(가)



3-① L.O. engine inlet Temperature : 50-60℃(normal), >40℃(s/by)

엔진입구의 윤활유 온도가 상승하는 이유는 LO/LT cooler의 역할이 불량할 때 일어나며, 원인은 제어기구의 이상, Cooler의 오손으로 열전달이 불량할 때, LT계통의 고장으로 LT온도 자체가

고온으로 상승하게 되면 LO 온도를 규정치로 유지할 수 없게 되어 상승한다.

3-② 과냉각에 의하여 윤활유 점도가 너무 높아질 수 있으므로 펌프입구의 온도를 해수를 사용할 경우에는 순환을 통해 항상 10℃이상 유지하여야 한다.

(나)

엔진입구의 LO 압력이 하강한다.
[3-③] Drop of pressure at engine inlet

주필터의 dP를 체크해 본다.
[3-④]
Check dP at main filter

dP가 정상치(<0.8bar)를 상회한다
dP above normal dP

필터가 막혔다
Clogged filter
-막힘방지 장치의 기능 저하
-Malfunction of the unclogging device
-유회유에 의한 오손
-Fooling due to a pollution of oil capacity

비상필터로 교체(설치되었다면)하고 막힌 필터를 소제하거나, 발전기를 정지하고 필터를 소제한다. 만약 금속입자 성분이 발견되면, 크랭크실 검사를 실시한다.
Change over to emergency filter (when possible) and clean clogged filter or stop generating set and clean filter, if there are some particles of metal, make a crankcase inspection

엔진 입구의 유회유 온도를 체크한다.
Check the oil temperature at the engine inlet

온도가 비정상적으로 높다
The temperature is unusually high

3절 참조
See paragraph 3

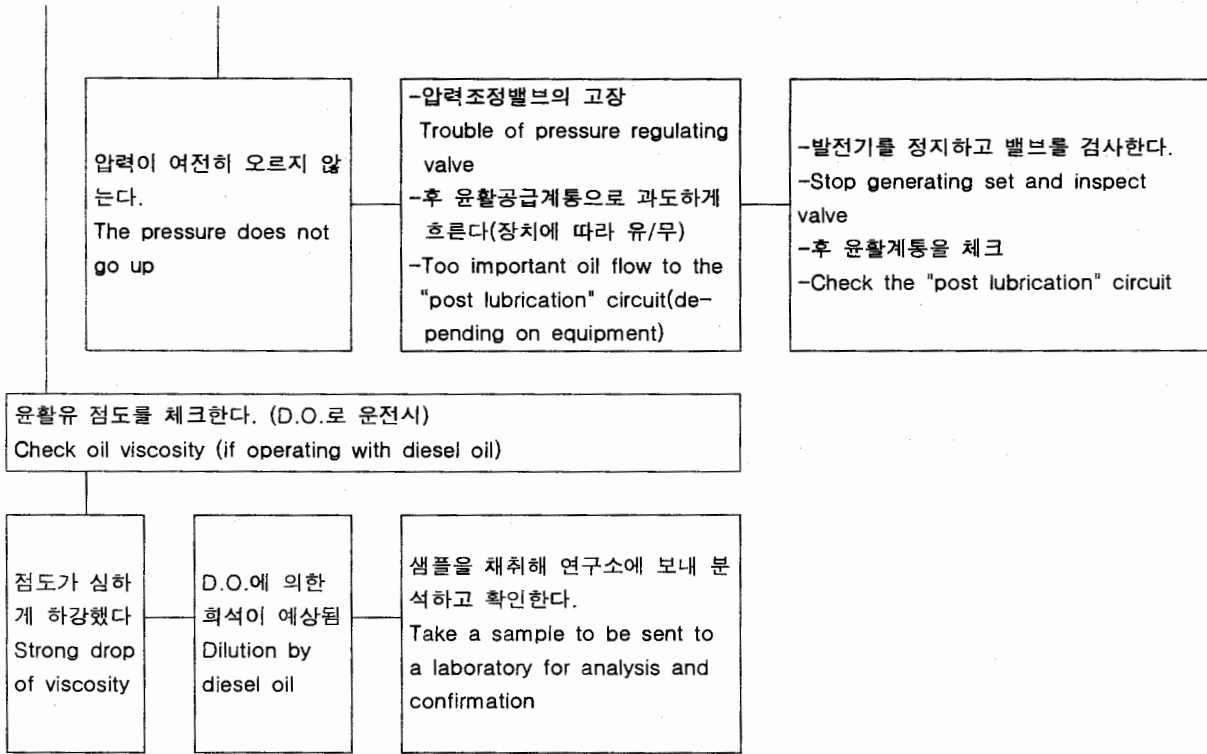
펌프 출구 압력을 체크해서 이전 값과 비교한다.[3-⑤]
Check the pressure at the pump discharge and compare it to the previous readings
(1) 또는 펌프를 교체 운전한다(가능할 경우)
or change-over pumps (when possible)
(2) 경고 : 교체 운전 중에 black out 될 위험이 있다.
Warning :risk of black-out during the change-over

압력이 이전 값과 다르거나
The pressure is different (1)
압력이 정상으로 회복되었다
or comes back to normal (2)

-펌프의 도출밸브 조정이 잘못되었다. [3-⑥]
-The pump safety valve is out of adjustment
-펌프의 고장이다
-Pump trouble

-도출압력을 재조정한다.
-Adjust safety valve
-펌프를 검사한다.
-Inspect pump

계통의 압력 조정밸브를 조절해 본다.
Operate the pressure regulating valve of the circuit



3-③ L.O. engine inlet Pressure : 4.5-7bar (normal), >0.1bar (s/by)

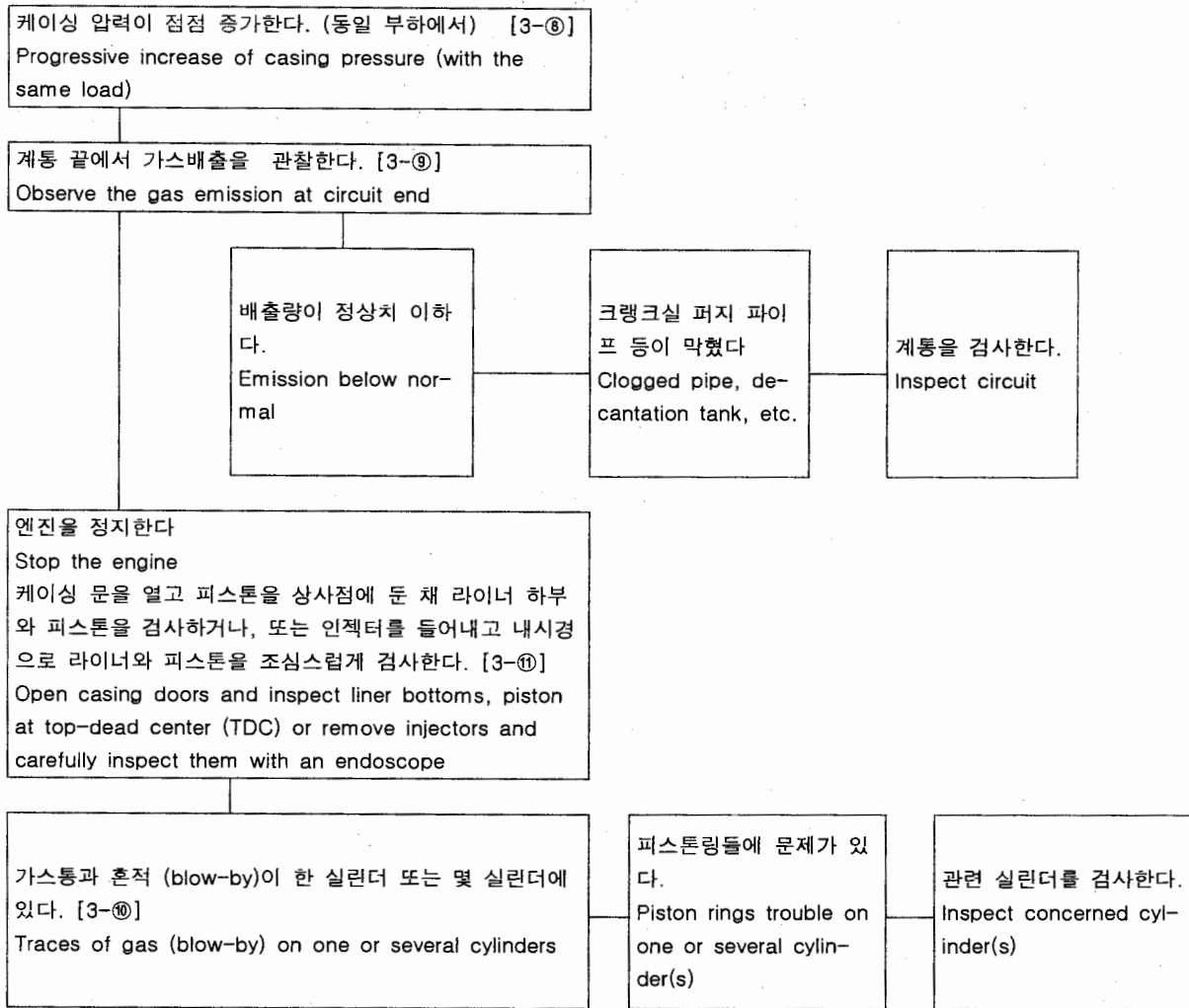
3-④ 윤활유압력은 윤활유펌프의 능력을 나타내며, 윤활유압력의 저하는 엔진의 손상으로 이어진다. 윤활유 필터의 dP는 필터상태를 감시하는 수단으로, 필터의 교환이 언제 필요할 것인가를 나타내 주며, 만약 dP가 갑자기 상승하면 어떤 부품의 마멸생성물을 표시할 수도 있다. dP에 대한 빠른 검출/추이파악은 중대한 엔진손상을 방지해 줄 수 있다.

3-⑤ 정상적인 윤활유 압력은 펌프의 건전성, 윤활유의 적정 점도, 도출밸브 및 계통 압력조정밸브의 규정치 세팅, 필터의 청결성에 의해 유지된다.

3-⑥ 펌프를 보호하기 위해 기어펌프 자체에는 도출밸브, 배관에는 계통 압력조절밸브가 설치된다.

(3-2) Casing deaeration 계통 (crankcase) [3-⑦]

(다)



3-⑦ Oil mist detector : 유분탐지기 예 : Graviner (made in England)

3-⑧ 1) Crankcase Pressure : <0.0008bar

2) 유증기가 형성되는 원인은 ①순환유의 분무로 인해 ②실린더라이너/피스톤링을 통한 블로우바이 ③균열이 생긴 피스톤크라운을 통해 크랭크실로 직접 발생하는 블로우바이 ④윤활유에 물이나 연료유가 희석될 경우 유증기의 증가를 초래한다.

3-⑨ 크랭크실 내 유증기는 유분/습분분리기를 통해 EDG 건물 밖으로 배출된다.

3-⑩ 아주 제한된 기간동안이라도 피스톤링의 블로우바이 상태에서 운전하면, 실린더 라이너가 심하게 손상된다. 이것은 라이너의 과열의 원인이 된다. 크랭크실 내의 발화원으로 1) 크랭크실 내부로 열이 전달되는 경우 2) 냉각되지 않는 바닥의 열에 의해 가열된 표면위의 열점 3) 베어링에 오일공급이 원활하지 못하거나 마멸성 입자나 부식된 저질의 윤활유 때문에 베어링의 저널 표면이

거칠어져서 생긴 과열 4) 피스톤과 라이너의 윤활부족으로 생긴 과열

3-① 실린더라이너의 손상 : 1) 엔진정지 후 곧 바로 케이싱도어를 열 경우, 폭발위험이 있으므로 엔진제작자가 제시하는 가이드를 따라야 한다 .

- 2) 라이너의 표면이 흰색이나 갈색으로 변색 - 황산에 의한 부식성 마모
라이너의 표면이 검은 회색 - 블로우 마이 흔적

(라)

케이싱 압력이 급격 하게 상승한다
Quick rise of casing pressure

만약에 발전기가 베어링 고온정지신호 또는 Graviner(oil mist detector)의 안전장치에 의해 정지되지 않았다면 수동으로 정지시키고 크랭크실 검사를 한다.
Stop generating set if not stopped by "bearing temperature" or "graviner" safety device and make a crankcase inspection

-메인베어링, 연결봉 큰쪽, 추력베어링 또는 캠축 베어링의 베어링셸의 고장일 것이다
-Bearing shell failure of bearings, connecting-rod big ends, thrust bearings or camshaft bearings
-피스톤의 달라붙기(고착)가 시작된다.
-Beginning of piston seizure

-엔진 구동되는 보조기기(펌프들)의 사고
-Incidents of driven auxiliaries(pumps)
+손상된 베어링
Damaged bearing
+과열된 베어링
Overheated bearing

- 9절 참조 (엔진 베어링)
- See paragraph 9 "engine bearings"

- 다음 손상들에 주목
Note damages
+관련 실린더의 연결봉을 취외한다.
Remove the con-rod assembly of concerned cylinder
+인접 실린더의 연결봉을 취외하고 연결 봉 베어링 셸 뿐 아니라 라이너를 주의 깊게 검사한다.
Remove the con-rod assembly of adjoining cylinder and carefully inspect liner as well as con-rod bearing shells
+인접 메인 베어링셸을 검사한다.
Inspect adjoining bearing-shells
+oil mist detect가 timing gear부를 가리켰을 때는 그 부분을 검사한다.
When the detector indicates "timing gear" casing, inspect these parts
- 원인 추적
Look for causes
+9 엔진 베어링 참조
See paragraph 9 "engine bearings"
+바르지 못한 길들이기
Uncorrect running-in
+고장인젝터로 인한 실린더벽 와싱(연료유가 윤활유를 씻겨내림)이 발생
Cylinder washing due to a faulty injector
- 고장 부품들을 재생 또는 교체한다. 만약 약간의 금속 파편들이 계속적으로 윤활계통에 들어간다면 제작자에 자문을 구하라. 린스를 시행해야한다 [3-⑩]
- If some particles of metal have succeeded in going into lubrication circuit at bearing level, ask the engine manufacturer for advice. A rinse should be performed.
- 관련 보조기기들을 검사한다.
- Inspect concerned auxiliary

3-⑫ 1) 윤활유의 금속성분(철/몰리브덴/구리/알루미늄/납/주석) 증가량의 분석을 통하여 피스톤 링과 실린더라이너의 비정상적인 마모, 라이너 파손의 징후, 연접봉/주베어링 셸/베어링 부싱의 파손 징후 등을 알 수 있다.

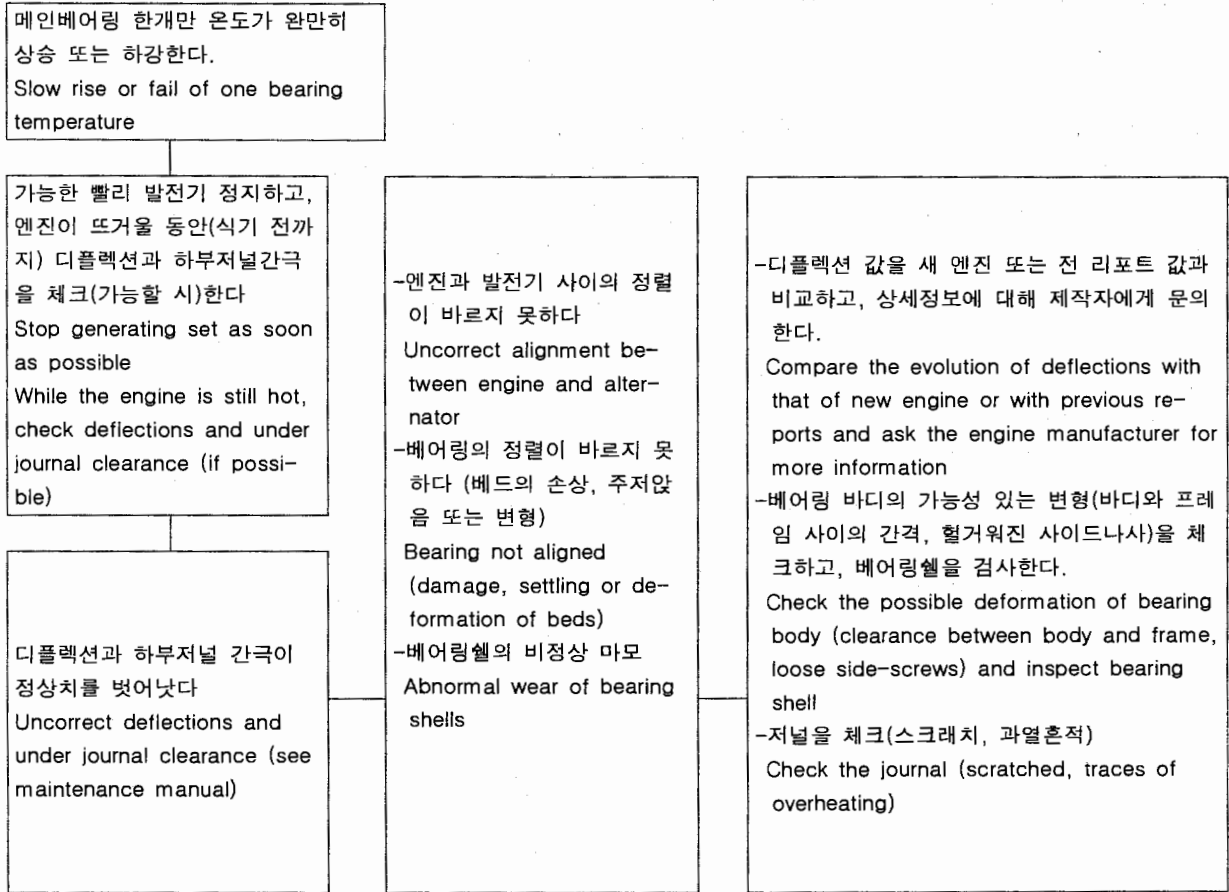
2) 윤활유의 금속성분 이 외에 더욱 중요하게 관리해야 할 것은 윤활유 내의 수분과 전알칼리이다. 윤활유내의 수분은 윤활의 역할을 하는 점도에 영향을 미치고 발생의 원인은 주로 겨울철의 온도변화이나 엔진의 적합한 예열을 통하여 방지할 수 있다. 전알칼리는 엔진의 산화를 방지하는 주요한 인자이다.

3) 이상마모: 정상의 윤활이 유지되면 마모는 거의 진행되지 않으나 이물이 들어가거나 과대부하가 걸리거나 윤활이 저해되어 과열되면 유막이 깨져서 금속접촉이 일어나고 더욱더 발열하여 마침내 메탈을 녹게한다.

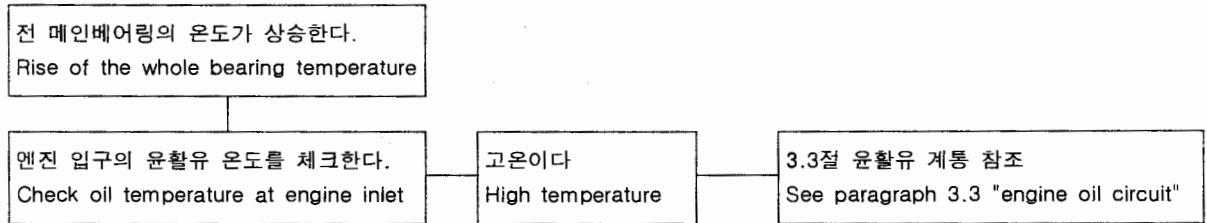
4) 부식마모: 윤활유는 사용함에 따라서 고온변화를 받거나 연소가스에 직접 접촉하여 연소하거나 불완전연소에 의하여 생긴 카아본퇴적물을 용해하든지 때로는 연료유가 혼입하여서 점차 유기산이나 유화물을 만들고 소위 열화가 진행된다. 이러한 기름이 베어링메탈에 공급되어 고온이 되면 부식이 일어나고 핀홀(pin hole)상의 소공을 만들며 마찰면이 거칠어지고 메탈과 축이 광택을 잃는다.

(3-3) Engine Bearings

(마)



(바) cf. [3-⑬]



cf.3-⑬ 발전기 축베어링의 온도를 90도 이하로 관리하기 위하여 윤활유의 적정준위 유지, 윤활유의 넘침예방, 윤활유의 적합품질 유지, 정확한 축 정렬, 윤활유링의 적절한 위치 유지, 베어링의 외부 표면의 청결, 축진류 침투의 예방을 위한 접지브러쉬의 건전성 유지가 필요하다.

(사)

메인베어링 한 개의 온도가 매우 심하게 상승하여 안전장치에 의해 엔진이 정지되었다
Strong rise of one bearing temperature with engine stoppage by means of a safety device

제어기기들의 트리거 문턱값(시작값)을 체크한다.
Check the triggering threshold of control instrument

트리거 시작값이 바르게 조정되어 있다.
The threshold is correctly adjusted

베어링 고장 (파손)
Bearing breakdown

냉각되어 있거나 결함을 가진 채로 있는 엔진에 대해 시동을 걸면, 크랭크축에 수리불능인 손상을 입힐 수도 있다. [3-⑭]

After cooling and fault reset any starting-up may irreparably damage crankshaft.

-다음 손상에 대해 주의하십시오

Note damages

+케이싱도어를 열고 베어링조각 등이 없는지 체크한다. [3-⑮]

Open casing doors and inspect to check there is no antifricition chip

+엔진이 따뜻할 때, 인접 크랭크의 디플렉션을 측정하고 가능하다면 하부저널 간격을 측정한다.

When the engine is warm, check the deflections of adjoining cranks and if possible the under journal clearances

+베어링바디의 가능성 있는 변형을 체크(바디와 프레임 사이 간의 헐거운 사이드 나사 등)한다

Check the possible deformation of bearing body (clearance between body and frame, loose side-screws)

+베어링셸을 취외해서 검사한다.

Remove bearing shell to inspect it

-원인을 추적한다.

Look for causes

+윤활유 내에 금속파편이 있는지를 검색하기 위해 필터를 체크한다.

Check oil filter, to detect particles of metal

+분석을 위해 샘플을 채취한다 (희석도, 물함유)

Take oil samples for further analysis (dilution, presence of some water)

-재생

Reconditon

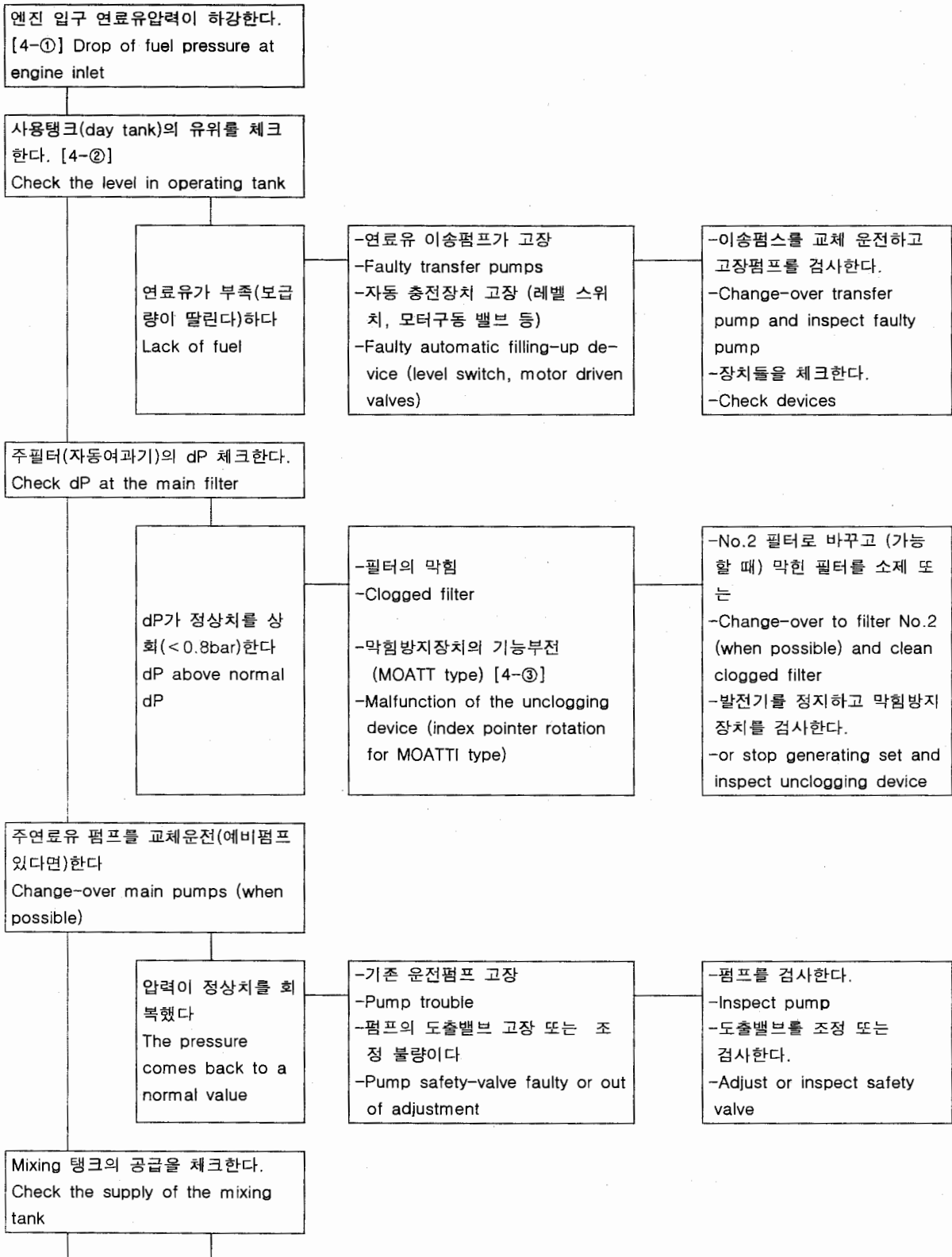
+큰 손상(베어링바디의 변형, 베어링 셸의 손상 등)이 발생했다면, 엔진제조사에게 알리고, 관측결과와 고장상태를 설명한다. 수리는 숙련자에 의해 시행되어야 한다.

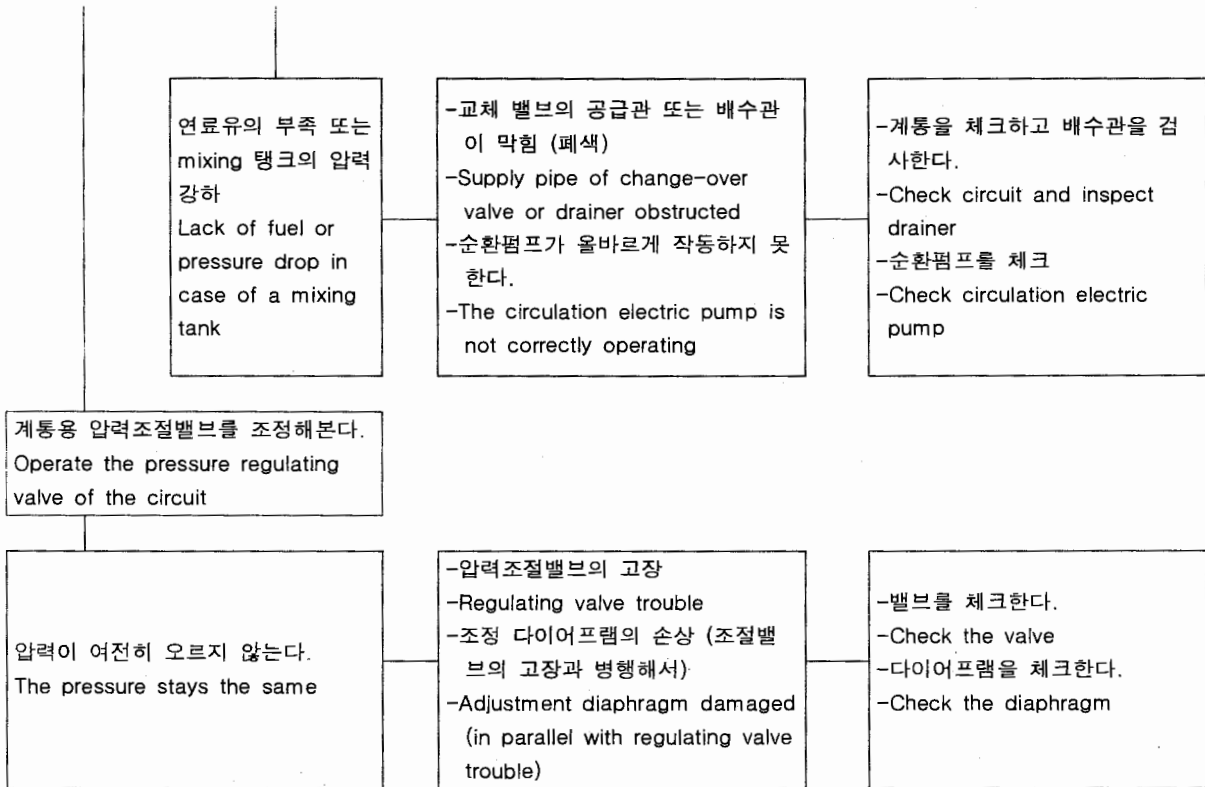
When there are large damages (deformations of bearing body, damaged bearing shells, etc.) ask engine manufacturer and explain him the observations made and the conditions of failure. The repair should e performed by an expert.

3-⑭ 만일 자켓 냉각수 온도가 20℃이하이면 엔진을 시동하지 않아야 한다. 최소한 20℃이상 예열하고, 되도록이면 50℃까지 예열하는 것이 좋다.

3-⑮ 베어링 메탈이 찌그러진 곳이나 열에 의해 변색된 곳을 찾아낸다.

(4) Fuel 계통





4-① F.O. engine inlet Pressure : 3.5-7bar
Automatic F.O. filter dP : <0.8bar

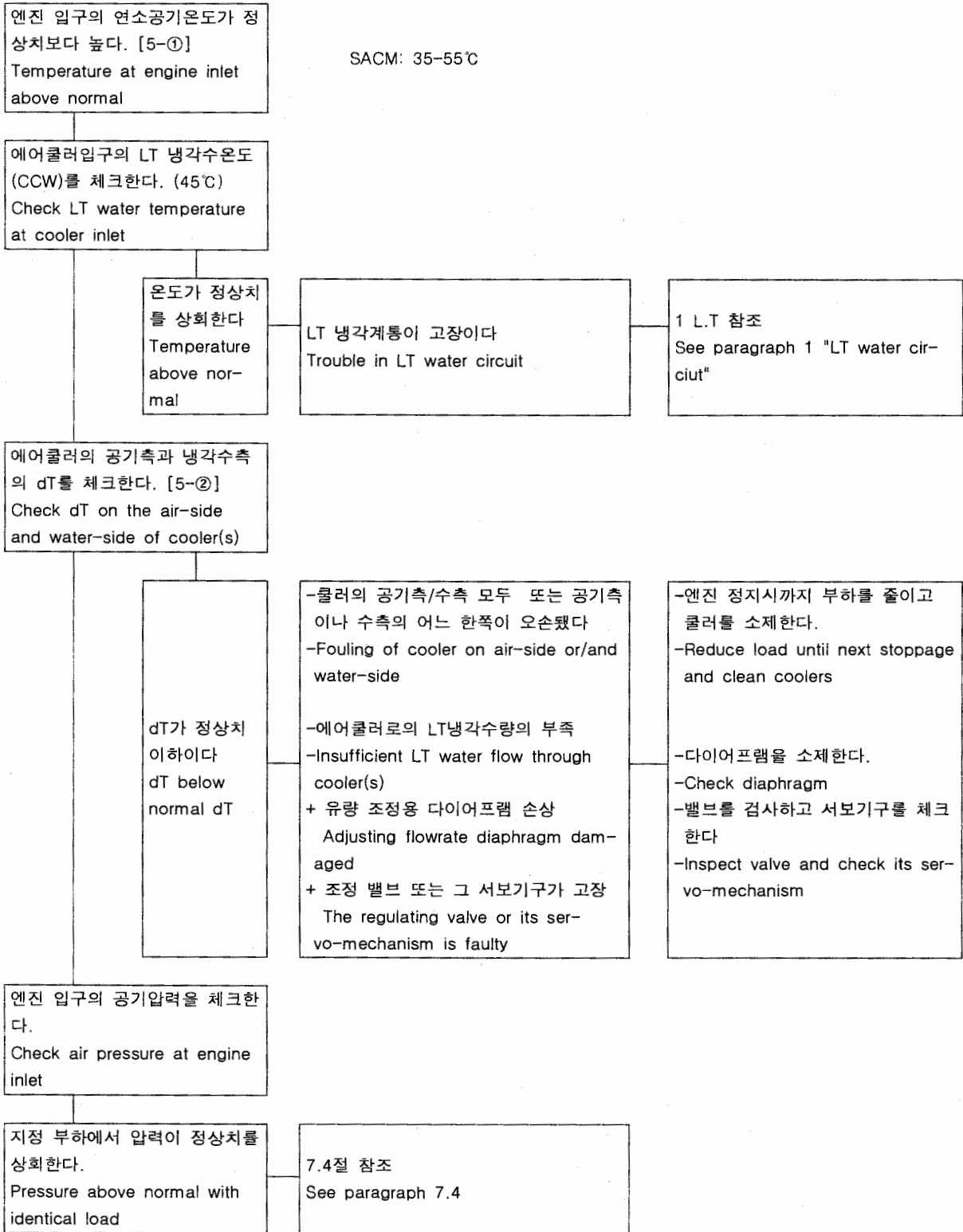
4-② 계통설명

- ① 연료유계통은 동일한 기능을 갖는 2개의 계열로 이루어지며, 각 계열은 1대의 일일탱크, 1대의 전동기구동 연료유 공급펌프, 1대의 엔진구동 연료유 공급펌프 및 1대의 자동연료유 여과기로 구성된다.
- ② Day tank의 연료를 전동기구동 연료유 공급펌프 및 엔진구동 연료유 공급펌프로 디젤엔진 최대 요구유량 이상의 연료유를 공급한다.
- ③ 엔진 연료배관에 공급된 과잉연료유는 엔진 후단 orifice를 통해 일일탱크로 회송된다.
- ④ EDG 기동신호가 발생되면 연료유 이송펌프 및 전동기구동 연료유 공급펌프가 가동되어 연료유 여과기를 통해 필요한 연료를 각 실린더에 공급한다.
- ⑤ 디젤엔진이 정격속도로 도달되어 엔진구동 연료유 공급펌프의 정격유량이 형성되면 전동기구동펌프는 자동 정지된다.

4-③ 막힘방지장치(Unclogging device) : 자동 연료유 여과기는 dP가 규정치에 도달하면(차압이 높아지면) 차압스위치에 의해 경보를 발생하고 자동으로 세척된다.

(5) Inlet air

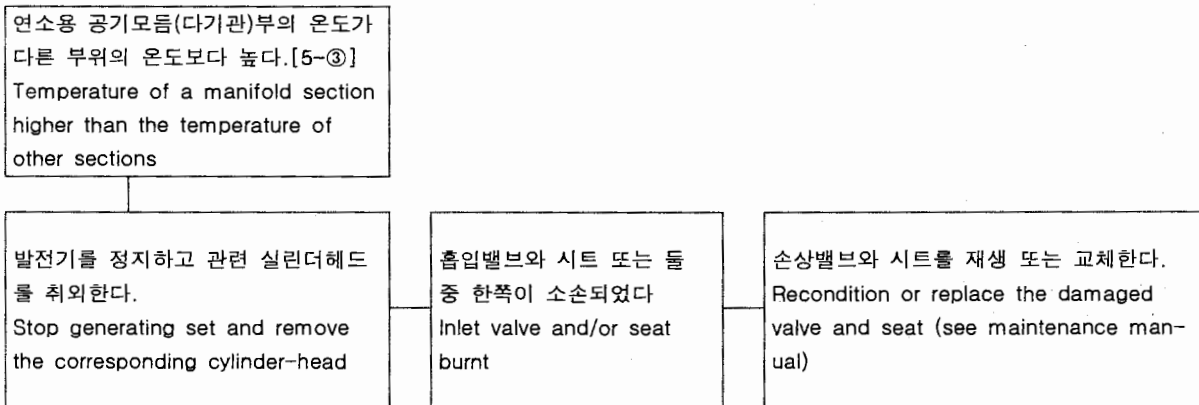
(가)



5-① 보통은 냉각제로 해수를 사용할 경우에 (해수온도+15℃)를 표준으로 한다.

5-② 올진원전의 경우, 냉각수축(CCW)은 43.3℃ - 51.5℃ 이다. 에어컨의 공기축 출구온도와 냉각수축 입구온도와의 차이가 증가하면 공기냉각기의 오손을 나타낸다.

(나)



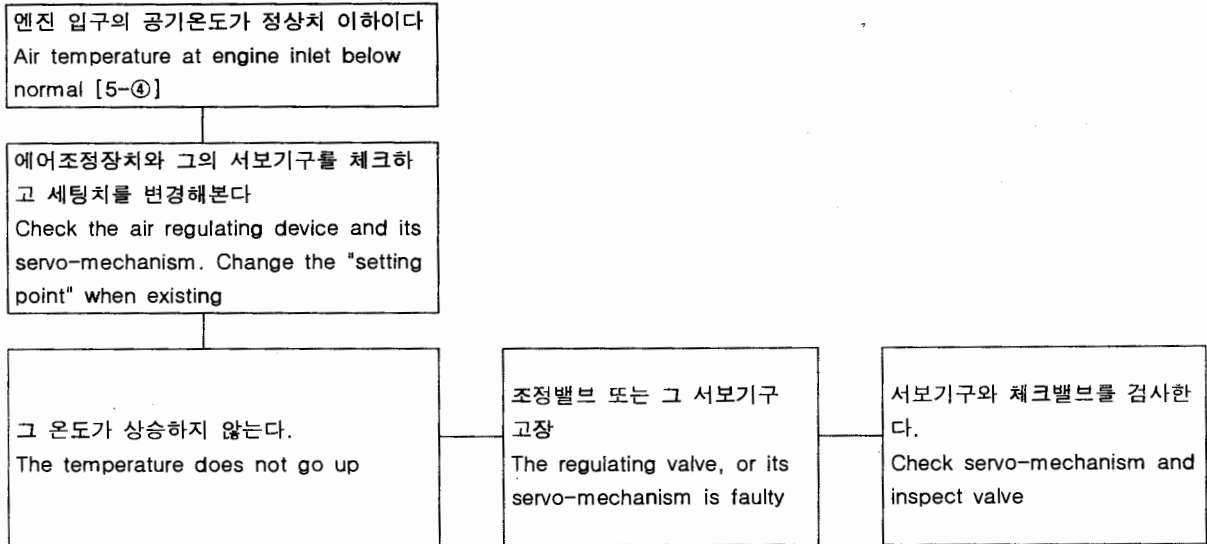
7-③ 흡입밸브의 소손으로 인해 고온의 배기가스가 흡입부로 역류하기 때문에 온도가 상승하게 된다.

5-④ 엔진입구에서의 연소용 공기는 원칙적으로 공기밀도를 증가시키기 위하여 낮아야 한다. 그러나 노점이하의 온도가 될 경우에 수분의 발생으로 인하여 여러 가지 장애를 가져온다.

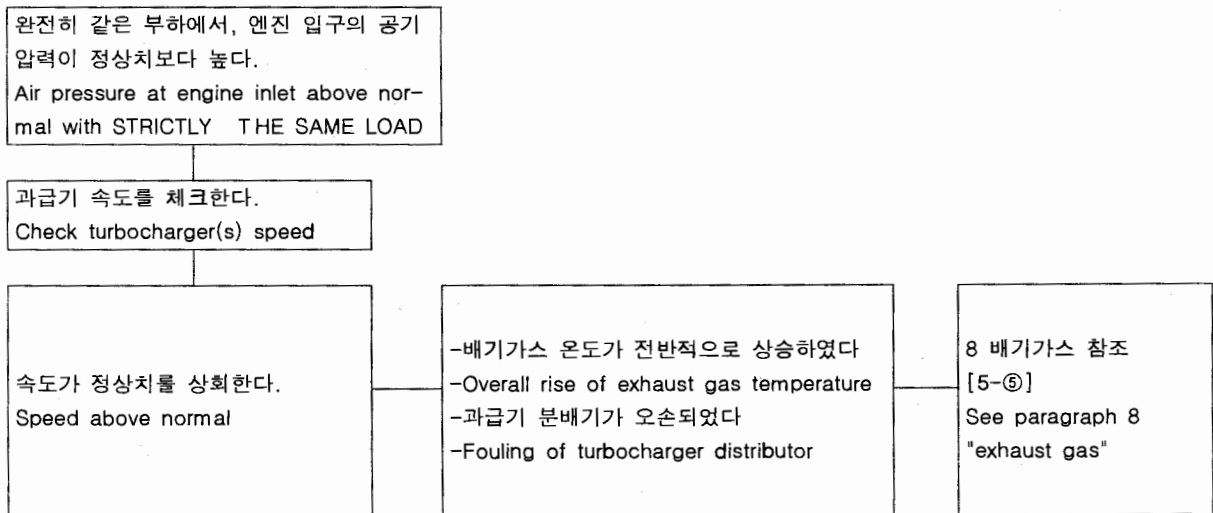
수분에 의한 장애 : 1) 연료유 중의 수분 - ①함유량이 1% 미만이면 별로 영향 없음 ②출력의 저하 ③불완전연소 ④에말존(emulsion)의 생성 ⑤연료펌프와 노즐고장의 원인 ⑥수분 중의 Na,Ca,Hg 등의 염화물이나 탄산염이 결정을 만들어 실린더벽에 붙어 부식과 마모를 일으킴

2) 기타 수분 : ①저온(황산)부식의 원인 ②실린더 벽면 윤활유의 회석에 의한 유막의 파괴 ③연소 온도의 하강에 의한 출력의 감소 등

(다)



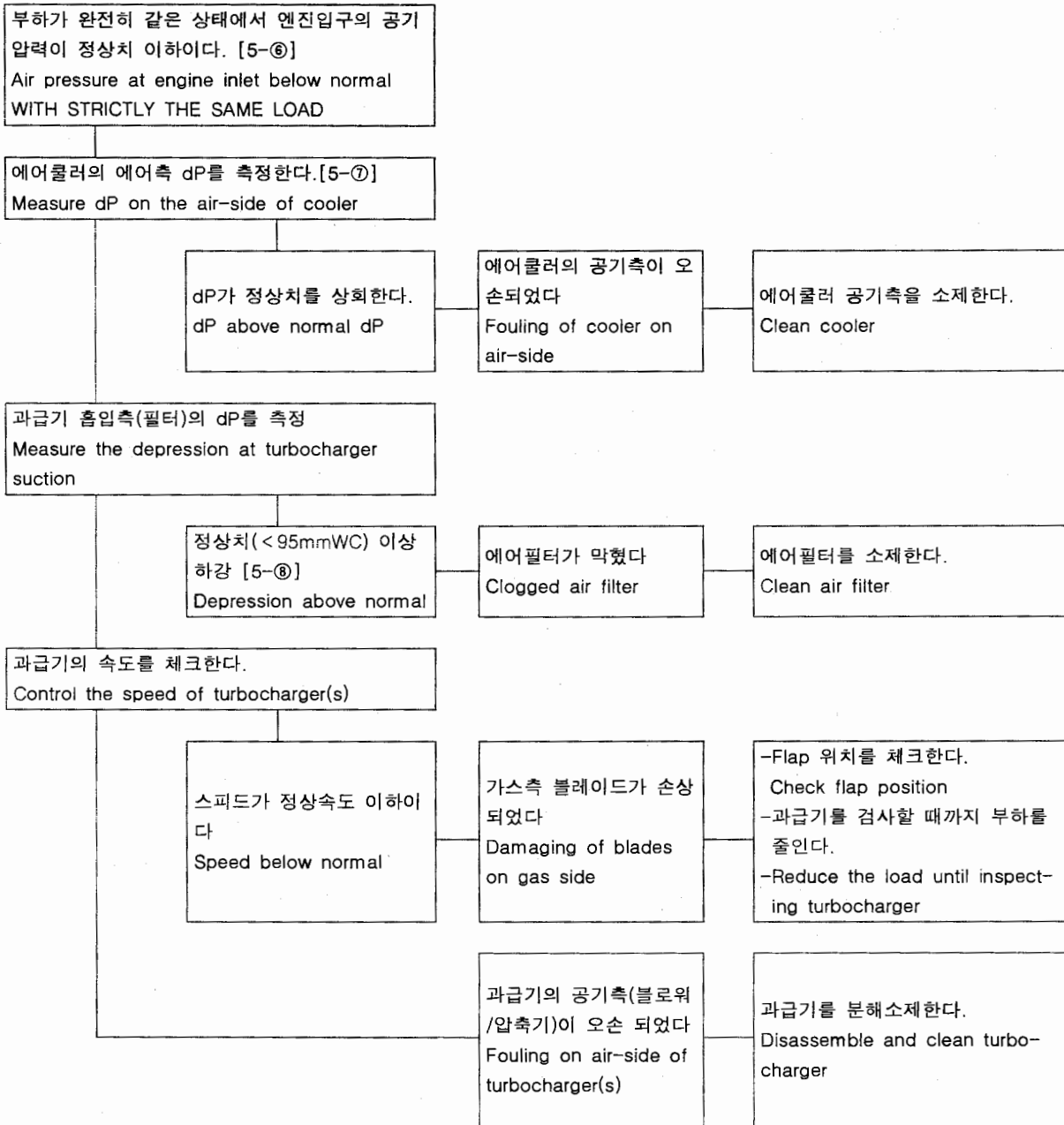
(라)



5-⑤ 공장시운전 당시에 비해 EDG는 운전을 함에 따라 배기온도가 증가하게 되는데 그 이유는

- 1) 과급기의 오손(흡입구 필터포함)과 배기가스연도 오염(+30℃)
- 2) 에어쿨러의 오손(+10℃)
- 3) 기계적인 결함(+10℃)
- 4) 주위 기후 조건(+45℃)
- 5) 엔진을 중유로 운전(+15℃) 과 같으며 팔호 속의 수치는 최대허용 편차를 나타낸다.

(마)



5-⑥ 주어진 부하에서 소기압력이 떨어지면 연소실의 열부하가 증가한다

5-⑦ 공기냉각기의 압력강하 : 정상치는 공장시운전값에 따른다. dP의 증가는 공기측의 오손을 나타낸다. 시운전 값보다 50%이상 커지면 청소를 해야한다. ;

5-⑧ Air intake filter dP : < 95mmWC (공장시운전값보다 50%이상 커지면 소제를 해주어야 한다)

(6) Exhaust Gas

① Pielstick PC2-5

At cylinder outlet : < 525°C

Max dT between cylinder : < 70°C

T/C inlet : < 655°C

② 엔진의 전부하를 얻기 위해 각각의 연료펌프 력값을 시운전시의 값보다 10% 증가시키면 대부분의 경우 연료펌프가 마모된다.(약 10% 증가하게 되면 분해점검을 해야한다)

③ 연속최대마력으로 운전시 공장시운전 값과 비교하여 소기압력이 0.45bar 만큼 압력이 강하하면 정보를 주어야 한다.

④ 연소실 압력은 피스톤 링의 블로우 바이, 피스톤 상부의 소손/마모, 배기밸브의 누설, 연료밸브의 손상 등에 의해 감소된다.

⑤ 하나의 실린더에서 배기온도가 증가할 경우

1) 연료밸브를 분해점검 해야 한다.

2) 배기밸브의 누설이나 피스톤 링의 블로우 바이에 의한 압축압력 저하

⑥ 부하평형 조정: 각 배기밸브 후의 가스온도를 기준으로 하여 조정하면 안된다. 1)각 실린더의 Pi 는 모든 실린더의 평균값에서 0.5bar 이상 벗어나지 않도록 한다. 2)각각의 Pmax가 평균값보다 3bar 이상 차이가 나면 그 원인을 찾아 바로 잡아야 한다.

⑦ 유효마력의 예측 방법으로 과급기 회전수를 사용하면 연료펌프인덱스에 의한 방법에 비해 좀 더 정확하며, ±3% 이내의 오차가 예상되지만 엔진과 과급기의 상태에 따라서 정확하게 예측할 수 있다. 오손되거나 부식된 과급기는 대부분의 경우에 회전수를 감소시킨다.

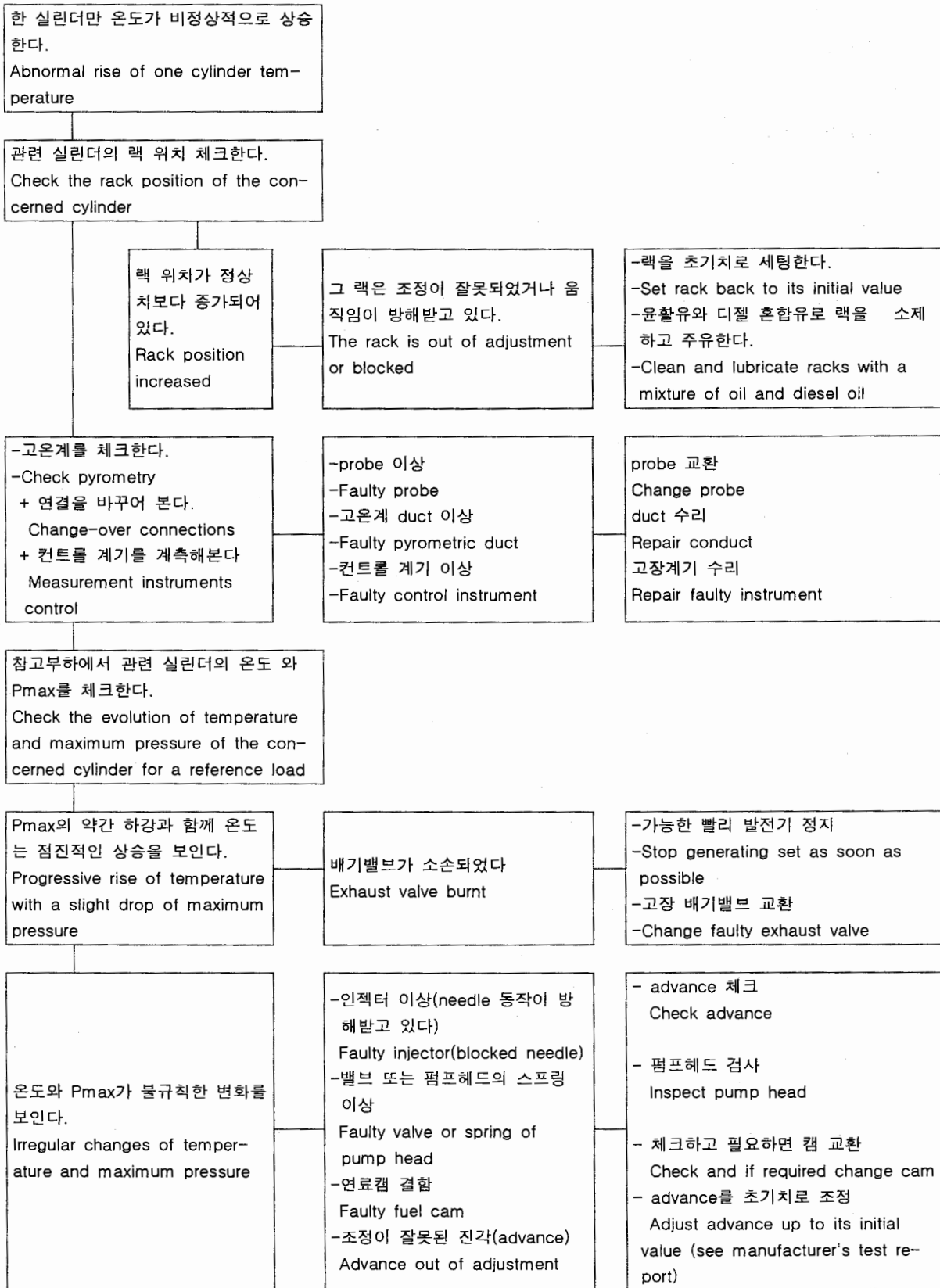
⑧ 전체 실린더에서 배기온도가 증가할 경우

1) 공기시스템의 오손 (공기필터/블로워/냉각기/소기공)

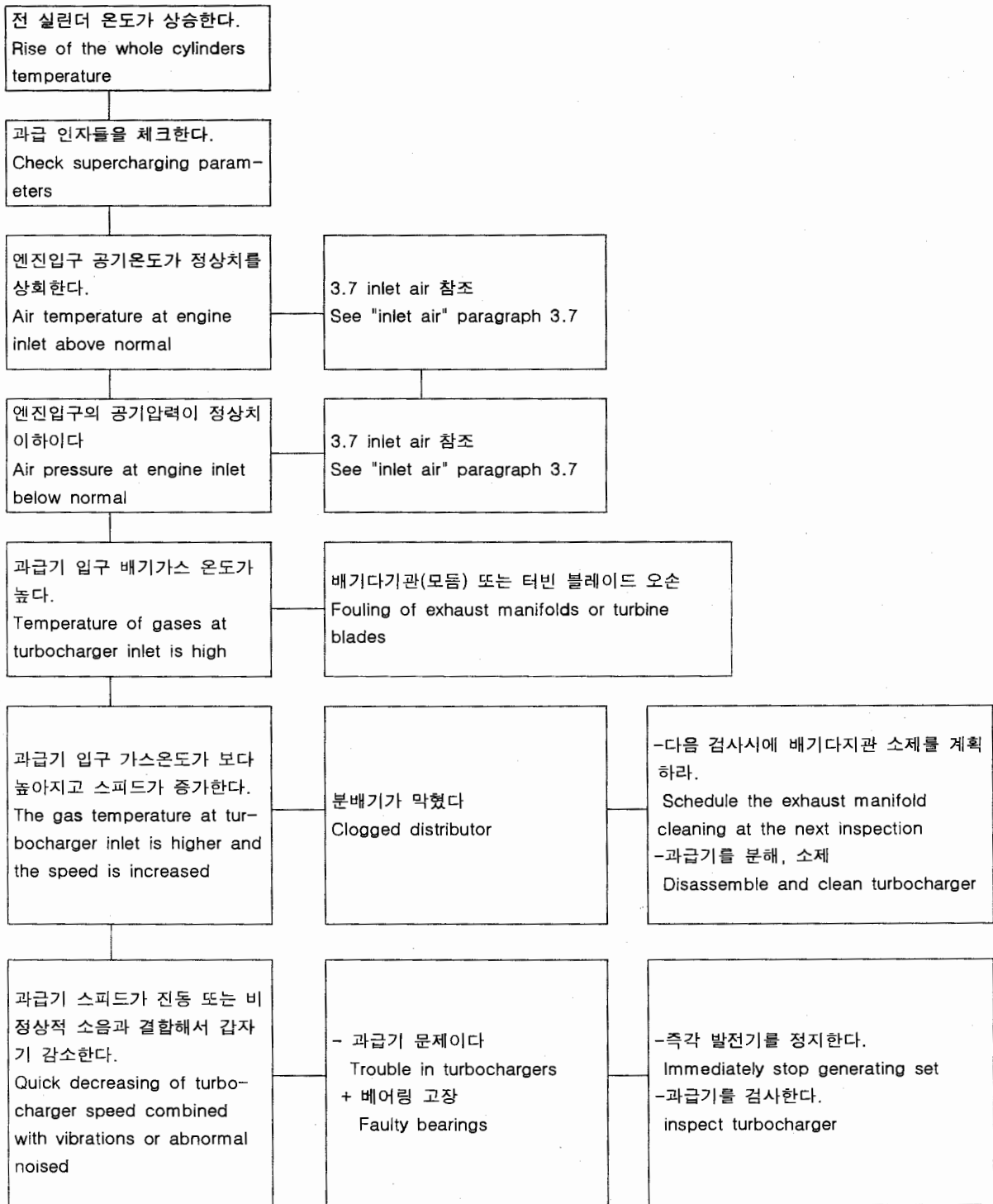
2) 배기시스템의 오손 (노즐링/터빈휠)

⑨ Pmax가 같으면 출력은 배기온도에 비례한다. 따라서 각 실린더 출구온도를 같게하면 대략 동일 출력으로 된다. 단 배기온도의 가리키는 온도계의 설치위치나 깊이에 따라 크게 변하므로 주의를 요한다(예: 3실린더가 1개의 과급기에 배기를 인도하는 경우에 중앙의 온도계는 배기가스의 열반사나 배기간섭을 받아서 20-30°C정도 높게 나타난다). 시운전시의 각 실린더의 고유온도차를 알아 둘 필요가 있다.

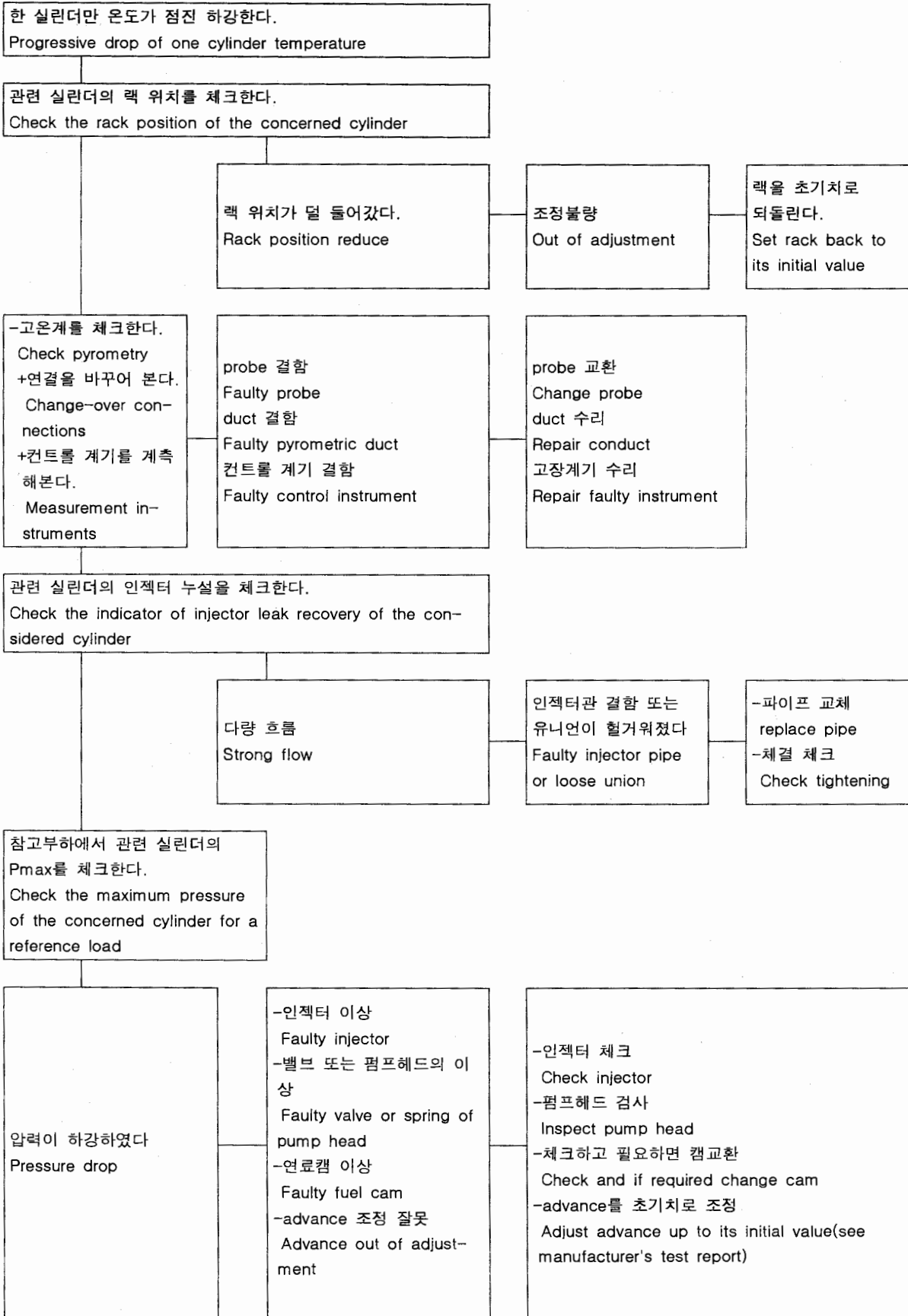
(가)



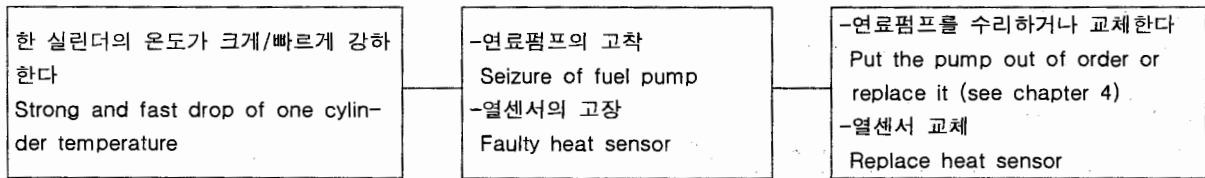
(나)



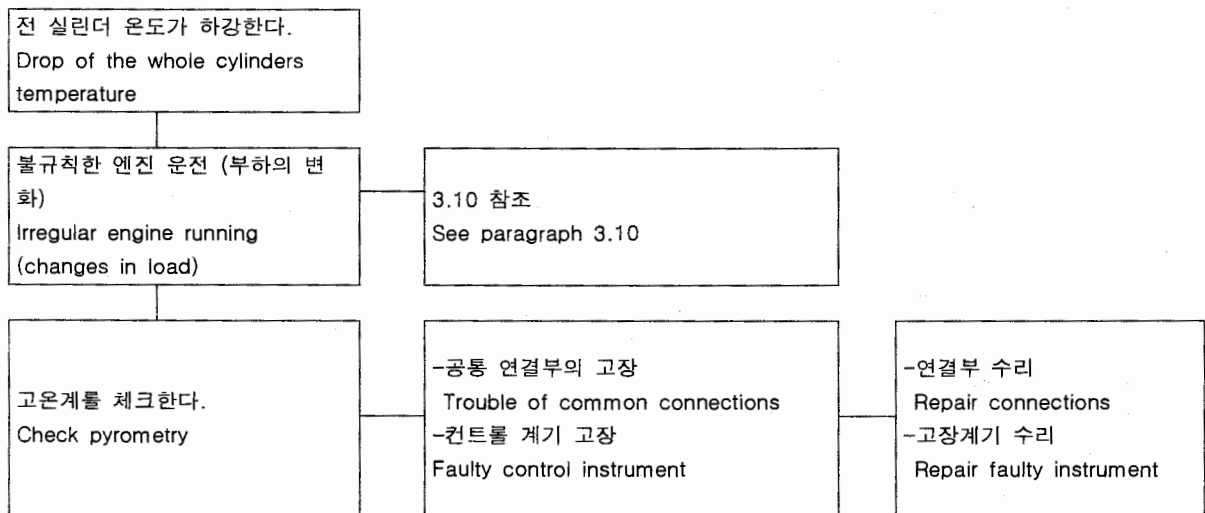
(다)



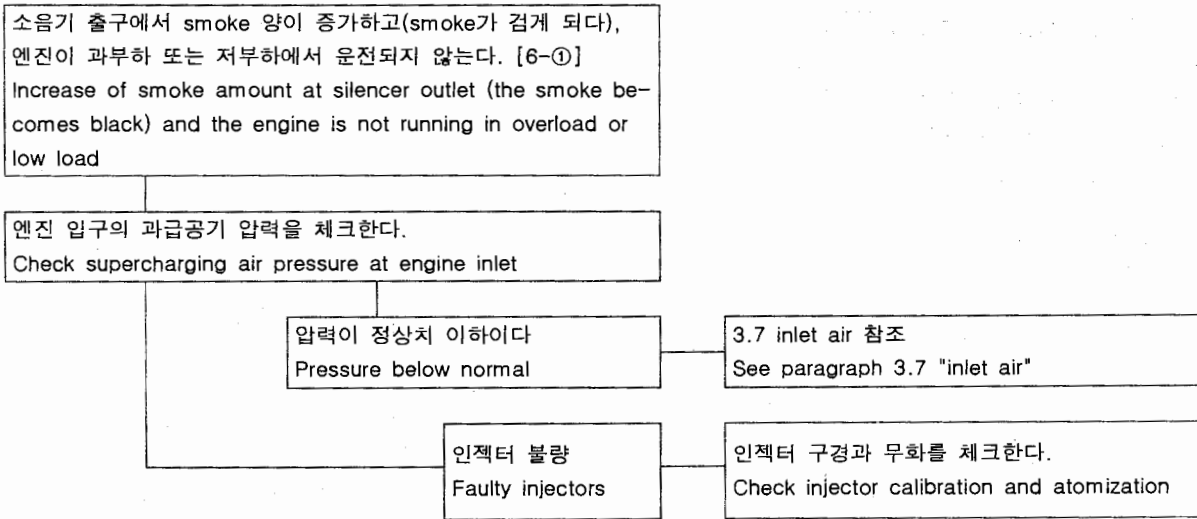
(라)



(마)



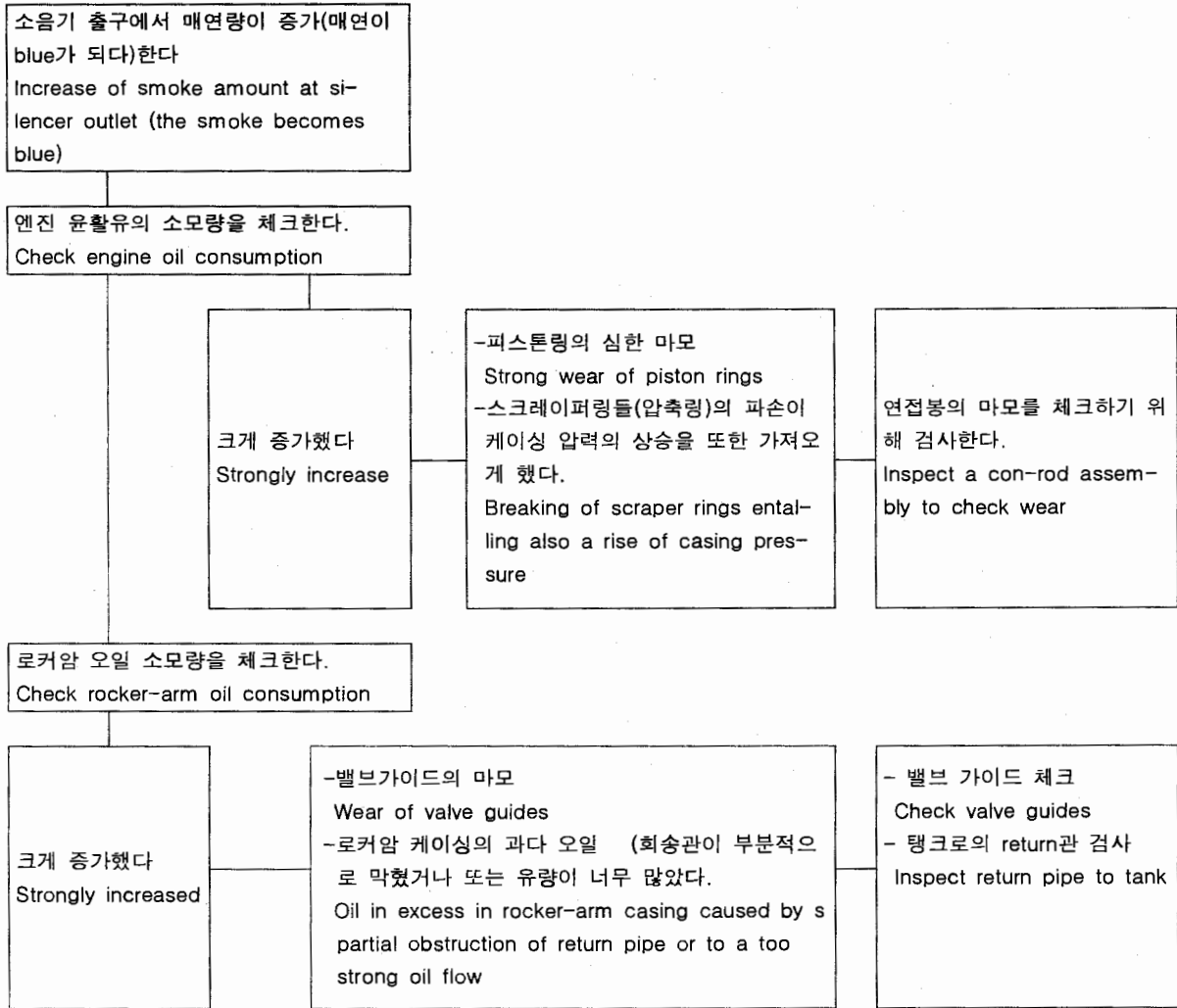
(바)



6-① 연기의 색깔과 연소상태

- 1) Clear(무색) : 완전연소 상태
- 2) Black(흑연) : 불완전연소 상태(Soot)
- 3) Blue(청연) : 윤활유가 타는 상태
부분 산화한 연료(HC)의 연기(자극적인 냄새)로 저부하 운전시 발생
- 4) White(백연) : 연소실에 수분이 유입될 때 나타남
타지 않는(미연)상태의 탄화수소 즉 연료와 윤활유로 기동초기에 발생

(사)



(7) Starting

(가)

엔진이 회전하지 않는다. [7-②]
The engine does not rotate

HP/LP/시동공기계통을 체크한다.
[7-①]
Check HP and LP air circuit

시동공기압력이 너무 낮다.
(36-40bar)
Air pressures too low

-고장기기들
Trouble at level of
+압축기
compressors
+자동충기장치
Automatic filling-up device
+감압밸브 (30/7bar)
Pressure reducing valve
-계통장치들이 바른 위치에 있지 않다. (몇 밸브들이 잠겨져 있다.)
-Circuit devices not rightly positioned (some valves turned off)

-체크기기들
Check
+압축기
compressors
+자동충기장치
Automatic filling-up device
+감압밸브
Pressure reducing valve
-계통장치들의 올바른 위치를 체크한다.
-Check the correct position of circuit devices

시동공기를 이용. 수동으로 돌려본다.
(연료랙은 0에 두고)(air-blowing)
Manually try to turn engine with air
(the racks being set to zero)

엔진이 정상적으로 회전한다.
The engine is normally rotating

-전기계통 고장
-Faulty electric circuit
-시동용 전자밸브 고장
-The electro-valve for starting is faulty

-전기계통 체크
-Check electric circuit
-전자밸브 상태 체크
-Check electro-valve condition

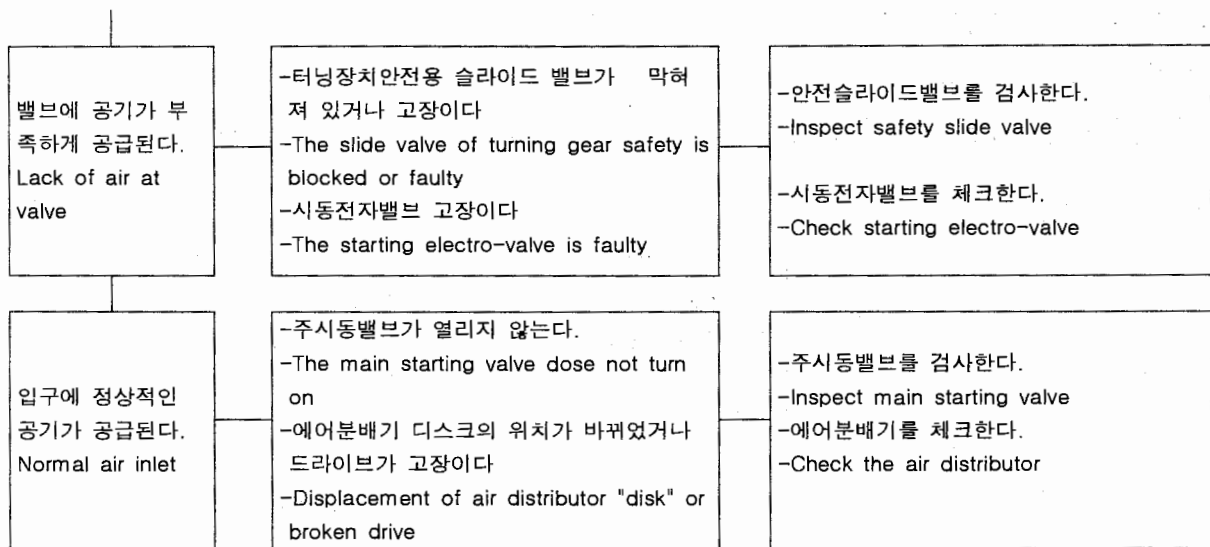
터닝장치로 반바퀴 회전시키고, 시동공기로 기동을 해본다.
Half turn engine with the turning gear, and try to perform a new turn with air

엔진이 정상적으로 회전한다.
The engine is normally rotating

실린더의 1개 또는 몇 개의 시동밸브들이 고장
One or several starting valves on cylinder are faulty

고장밸브를 찾아서 그들을 검사한다.
Locate faulty valve(s) and inspect them

주 시동밸브용 작동공기 입구관을 떼어내고 시동 수동 명령을 실시한다.
Remove the driving air inlet pipe on the main starting valve and operate starting manual command



7-① 계통설명

① 각 디젤엔진에는 2대의 독립적인 기동용 공기계통이 설치된다. 각각의 기동용 공기계통은 모터 구동 공기압축기, 압축공기를 냉각-건조시키는 공랭식냉각기 및 공기건조기가 설치된 공기압축기 skid와 공기저장조로 구성된다.

② EDG가 자동기동신호를 받으면 over-speed air rack에 있는 기동용 공기 솔레노이드 밸브에 전원이 공급되어, 기동용 공기가 기동용 공기배관을 통해 엔진 실린더로 들어간다.

③ 기동용 공기 솔레노이드 밸브는 기동신호 접수 후 약 2초 동안 여자후 차단되어 기동용 공기계통이 차단된다.

④ 공기압축기는 연결된 공기저장조의 설정압력에 따라 자동으로 기동, 정지된다.

⑤ 디젤엔진을 수동으로 정지시키거나 자동정지 신호가 발생하면 과속도 공기저장조 내의 압축공기가 과속도 정지 공기밸브를 통해 각 엔진의 연료분사 펌프를 들어올려 엔진을 정지시킨다.

7-② 엔진이 기동되지 않는 주 이유로는 1) 기동용공기압력이 낮거나 2) 기동초기 부하가 높거나 3)시동밸브와 기계장치, 각종 전자밸브 등과 같은 전기장치들이 작동하지 않을 때이다.

(나)

엔진이 회전은 하나 시
동되지 않는다. [7-③]
The engine is rotating
but does not start

회전속도를 체크한다.
Check rotation speed

회전 속도가
착화속도에 미
치지 못했다.
[7-④]
Speed below
the ignition
speed

-시동밸브들의 오손
-Fouling of starting valves
-시동공기압력이 낮다
-Starting air pressure insufficient
-주시동밸브와 분배기 사이의 필터가 막혔
다.
-Clogged filter between main valve and
distributor

-결함밸브들을 찾아서 검사한다.
Locate and inspect default valves
-체크기기를
Check
+압축기
Compressors
+자동충기장치
Automatic filling-up device
+계통장치들의 올바른 위치 체크
Check the correct position of cir-
cuit devices
-필터 소제
-Clean filter

연료계통을 체크한다.
Check fuel circuit

연료랙이 Zero 위치에
머무른다.
The fuel racks stay
on the nul-flow posi-
tion

-가버너 고장 [7-⑤]
Governor trouble
+정지용 솔레노이드 고장
(Woodward 가버너)
Faulty stop solenoid (in case of a
WOODWARD governor)
-분사펌프의 콘트롤 링크지가 잡혀있다(방
해받고 있다)
The control linkage of injection pumps is
blocked
-정지용 잭(jack)이 풀어지지 않았다.
The stopping jack is not released
-정지용 레버(lever)가 풀어지지 않는다. (장
치에 의해서)
The stopping lever is not released
(according to equipment)

-가버너 또는 조정장치를 체크한다.
-Check governor or regulation de-
vice
-손으로 링크지를 동작시켜본다(윤활
유와 디젤유의 혼합유로 소제한다)
-Operate linkage by hand (clean it
with a mixture of oil and diesel oil)
-잭(jack)을 검사한다.
-Inspect jack
-레버(lever)를 풀어놓는다.
-Release lever

연료랙이 정상위치에
가 있다.
The rack setting is
normally settling

-분사펌프내의 연료가 드레인 되었다.
-The injection pumps are drained
-연료압력이 부족하다
-Lack of fuel pressure
-계통장치 등이 제 위치에 있지 않다.
-The circuit devices are not correctly
positioned

계통장치들, 펌프들의 위치를 체크한
다.
Check the position of circuit de-
vices, pumps etc.

7-③ 압축공기에 의해 회전은 하나 착화/시동이 되지 않는 경우는 시동공기압력이 낮은 경우와 연료계통에 문제가 있는 경우이다. 압축시동공기가 실린더헤드를 내리누르는 힘에 의해 규정회전수 이상 올라가야 연료착화운전으로 전환된다. 연료펌프와 그 펌프를 제어하는 링키지기구의 고착으로 인한 고장은 저질중유를 사용하는 선박용에는 흔히 일어나는데, 윤활유와 경유를 섞어 만든 혼합유로 고착부를 세정해준다(윤활역할과 세척역할을 병행).

7-④ EDG의 예열이 안되면 특히 동절기에 기동이 원활하지 않음으로 기동실패가 될 확률이 높아지며, 엔진내의 응축수가 발생하여 윤활유 내로 침투하여 점도에 영향을 미치고, 과급기를 통하여 실린더내로 침투하여 크랭크 축의 손상을 일으킬 수 있다. 예열냉각수의 온도는 써모스태트 밸브의 이상, 예열히터의 고장, 순환펌프의 고장 또는 공기침투로 인하여 내려갈 수 있다. 냉각수의 예열온도는 너무 낮으면 운전성이 떨어지고, 너무 높으면 에너지의 경제성이 떨어진다. 예열냉각수 온도는 40도 이상을 유지한다.

7-⑤ Over-speed air receiver : 6-8bar

Starts time(fast start only) : <10second

(8) Various Trouble

부하가 불안정(오르내림)하다
Instability of load (pumping)

부하가 변하고 있는 동안 신축링크가 좀 더 길어지는지 체크한다.
Check the flexible link becomes longer while load is changing

신축링크가 좀 더 길어짐.
The flexible link becomes longer

링크지 상에 고착부위가 있다
Hard point on linkage

-윤활유와 디젤유의 혼합유로 링크지를 소제
Clean linkage with a mixture of oil and diesel oil
-링크지의 베어링과 조인트(연결부)에 주유
Lubricate bearings and joint

엔진의 연료공급계통을 체크한다.
Check engine fuel supply

연료공급압력의 불안정, 공기 존재 등
Unsteady pressure, presence of air etc.

3.4절 연료계통 참조
See paragraph 3.4 "Fuel circuit"

가버너의 운전이 바른지를 체크한다.
Check the right operation of governor

기계식 가버너
Case of a mechanical governor

-오일 부족
Lack of oil
-조정 보상
Compensation out of adjustment

- 오일을 채우고 누설원인을 찾는다.
(내부 또는 외부원인)
Fill up and look for leak cause (internal or external)
- 가버너 제작자의 기술 메뉴얼(조정편) 참조
(중요: pumping limit 보상을 조정한다. 큰 보상은 과속도로 인한 엔진정지를 가져와 단전을 가져올 수도 있다)
See the technical manual issued by governor manufacturer for adjustment
Important : Adjust compensation at pumping limit. A strong compensation can entail a stoppage due to overspeed during a sudden power cut off
- 가버너 수리 전문가에게 맡긴다.
If the default remains, give governor for repair to an expert

전기적 인자들 체크
(여자, 전압, 조정)
Check electrical parameters
(excitation, voltage, regulation)

전기고장 참조
See electric trouble, not dealt with in this guide

2.3 디젤엔진의 계통별 객체

디젤엔진 운전 인자간의 관계를 지식으로 표현하기 위해서는 디젤엔진을 계층별로 분류하고 이것들의 속성 및 값을 체계적으로 표시할 필요가 있다. 이런 방법으로 최근 가장 많이 이용되고 있는 것이 객체지향 표기법이다. 본 연구에서는 이런 객체지향기법을 이용하여 디젤엔진을 정의하고 디젤엔진 운전인자간의 관계를 객체간의 관계로 표시함으로써 프로그램을 구현하기로 한다. 일반적으로 객체지향 기법은 그림 2.1에 표시한 것과 같이 class명, 속성명, 속성값, method 등으로 분류된다. 본 연구에서는 6계통을 class명으로 각종센서들을 속성명으로, 이들 값을 속성값으로, 이들 값을 Memory/DB에 저장 또는 로드하는 것을 method로 정의하였다. 그림 2.2는 E, G, L, T, L, O 계통의 클래스 및 디젤 엔진과는 직접적으로 관계없지만 DB에 접근하기 위해 필요한 DB 클래스의 JAVA 언어로 구현한 것을 보여주고 있다.

```
class명 {  
  
    Attribute      attribute명;  
    Value          value값;  
  
    diagnosis_Msg();  
}
```

그림 2.1 객체 표기 구문

```

public class CEG()
{
    Db_class eg = new Db_class();
    t_TE200_S = eg.TE200_1;
    t_TE200_A = eg.TE200_2;
    t_TE201_S = eg.TE201_1;
    t_TE201_A = eg.TE201_2;
    t_TE202_S = eg.TE202_1;
    t_TE202_A = eg.TE202_2;
    t_TE203_S = eg.TE203_1;
    t_TE203_A = eg.TE203_2;
    t_TE204_S = eg.TE204_1;
    t_TE204_A = eg.TE204_2;
    t_TE205_S = eg.TE205_1;
    t_TE205_A = eg.TE205_2;
    t_TE206_S = eg.TE206_1;
    t_TE206_A = eg.TE206_2;
    t_TE207_S = eg.TE207_1;
    t_TE207_A = eg.TE207_2;
    t_TE208_S = eg.TE208_1;
    t_TE208_A = eg.TE208_2;
    t_TE209_S = eg.TE209_1;
    t_TE209_A = eg.TE209_2;
    t_TE210_S = eg.TE210_1;
    t_TE210_A = eg.TE210_2;
    t_TE211_S = eg.TE211_1;
    t_TE211_A = eg.TE211_2;
    t_TE212_S = eg.TE212_1;
    t_TE212_A = eg.TE212_2;
    t_TE213_S = eg.TE213_1;
    t_TE213_A = eg.TE213_2;
    t_TE214_S = eg.TE204_1;
    t_TE214_A = eg.TE204_2;
    t_TE215_S = eg.TE205_1;
}

import java.sql.*; // 데이터베이스 질의할 후
import java.sql.Connection;
import java.sql.DriverManager;
import java.sql.SQLException;

public class Db_class {
    String url; // 데이터베이스의 위치 문자
    String user; // 데이터베이스의 사용자 이름
    String passwd; // 데이터베이스의 사용자 암호
    Connection conn; // 데이터베이스 연결
    Statement stat; // 질의 명령
    ResultSet rs; // 질의 결과 레코드 셋
}

//EG
public double TE200_1;
public double TE200_2;
public double TE201_1;
public double TE201_2;
public double TE202_1;
public double TE202_2;
public double TE203_1;
public double TE203_2;
public double TE204_1;
public double TE204_2;
public double TE205_1;
public double TE205_2;
public double TE206_1;
public double TE206_2;
public double TE207_1;
public double TE207_2;
public double TE208_1;
public double TE208_2;
public double TE209_1;
public double TE209_2;
public double TE210_1;
public double TE210_2;
public double TE211_1;
public double TE211_2;
public double TE212_1;
public double TE212_2;
public double TE213_1;
public double TE213_2;
public double TE214_1;
public double TE214_2;
public double TE209_1;
public double TE209_2;
}

public class CLO
{
    //public String name;
    //public double value;
    //public double previousBuy;
    public double P_IN_LUBOILS;
    public double P_IN_LUBOIL_A;
    public double t_TE150_S;
    public double t_TE150_A;
    public double t_TE151_S;
    public double t_TE151_A;
    public double t_TE152_S;
    public double t_TE152_A;
    public double t_TE153_S;
    public double t_TE153_A;
    public double t_TE154_S;
    public double t_TE154_A;
    public double t_TE155_S;
    public double t_TE155_A;
    public double t_TE156_S;
    public double t_TE156_A;
    public double t_TE157_S;
    public double t_TE157_A;
    public double t_TE158_S;
}

public class CLT
{
    //public String name;
    //public double value;
    //public double previousBuy;
    public double t_TE016_S;
    public double t_TE016_A;
    public double t_TE016_1_S;
    public double t_TE016_1_A;
    public double t_IL3083;
    public double p_IL3081;
    public double t_IL3089;
    public CLTO
    {
    }
    Db_class lt = new Db_class();
    t_TE016_S = lt.TE016_1;
    t_TE016_A = lt.TE016_2;
    t_TE016_1_S = lt.TE016_1_1;
    t_TE016_1_A = lt.TE016_1_2;
    t_IL3083=lt.il3083;
    p_IL3081=lt.il3081;
    t_IL3089=lt.il3089;
}
}

```

그림 2.2 JAVA 언어로 구현한 계통별 클래스

표 2.1은 디젤엔진 6계통의 class, attribute, value type, value로 보여주고 있다. 예를 들어 EG(Exhaust Gas) class의 속성은 Cylinder exhaust gas temperature 와 turbine inlet temperature, turbine outlet temperature를 나타내고 있다. Exhaust Gas의 값은 아날로그 값을 가지고 있으므로 value는 low, high, increase, steady, decrease 값을 가진다. SA(Scavenging Air) class의 속성은 Engine inlet air pressure, Engine inlet air temperature를 가지고 있으면 Engine inlet air pressure는 high, low 값을 가지고, Engine inlet air temperature는 high, low, steady, increase, decrease 값을 가진다.

표 2.1 6계통 클래스 객체 분류

Class	Attribute	Value Type	Value
EG System	Cylinder Exhaust Gas (A1~A8 , B1~B8)	temperature	high
	Turbine inlet gas		low
	Turbine outlet gas		increase
			decrease
SA System	Engine inlet air pressure (A , B)	pressure	high low
	Engine inlet air temperature (A , B)	temperature	increase decrease
LO System	Engine inlet LO pressure	pressure	low, high
	Bearing temperature (N1~N9)	temperature	low, high increase decrease steady
	Thrust bearing temperature (N1~N9)		
	Generator bearing temperature		
	Engine inlet LO temperature		
	Thrust Bearing temperature OI		
	Thrust Bearing temperature OE		
LO Level	Level	low, very low	
	Crankcase gas pressure	pressure	low
HT Water System	Engine outlet HT water temperature	temperature	low, high increase, decrease steady
	HT water Tank Level	Level	low
	HT water pressure	pressure	high
LT Water System	Air cooler CC water temperature	temperature	low, high increase, decrease steady
	LT water pressure	pressure	high
	LT water tank Level	Level	low high
FO System	DO Daily tank fuel Leakage Level (A, B)	Level	low very low
	DO storage tank Level	Level	low high
	DO pressure	pressure	low
	DO strainer differential pressure	pressure	high

LO(Lubricating Oil) Class의 속성은 엔진입구 LO 압력(Engine inlet LO pressure), 베어링 온도(Bearing temperature), 스러스트 베어링 온도(Thrust bearing temperature), 제너레이터 베어링 온도(Generator bearing temperature), 엔진 입구 LO 온도(Engine inlet LO temperature), 스러스트 베어링 온도 OI(Thrust Bearing temperature OI), 스러스트 베어링 온도 OE(Thrust Bearing temperature OE), LO 레벨(LO Level), 크랭크케이스 가스온도(Crankcase gas pressure)를 가진다. LO 압력(Engine inlet LO pressure)은 low, high값을 가지고, 베어링 온도, 스러스트 베어링 온도, 제너레이터 베어링 온도, 엔진 입구 LO 온도, 스러스트 베어링 온도 OI, 스러스트 베어링 온도 OE, 크랭크케이스 가스온도의 value는 high, low, steady, increase, decrease 값을 가지고, LO 레벨은 low와 very low 값을 가진다. 표 2.3은 객체 지향 기법으로 분류한 각 계통별 기기간의 관계를 규명하기 위한 방법을 보여주는 표이며 각 기기의 증상 원인파 상태 센서 속성 간의 관계를 규칙 기반 형태로 정의하게 된다.

본 연구에서는 2.2절에서 분석한 인자간의 관계를 이러한 형태로 표현하기 위해 3계통만을 우선적으로 선택하며 구현하였다. 이때 작성된 규칙 기반 지식은 262개이며, 이는 구현대상이 울진 원전의 비상 발전기 디젤 엔진에 부착된 센서로 입력 받을 수 있는 정보가 한정되어 있기 때문이며, 이것이 많아지면 지식의 수도 증가시킬 수 있게 된다.

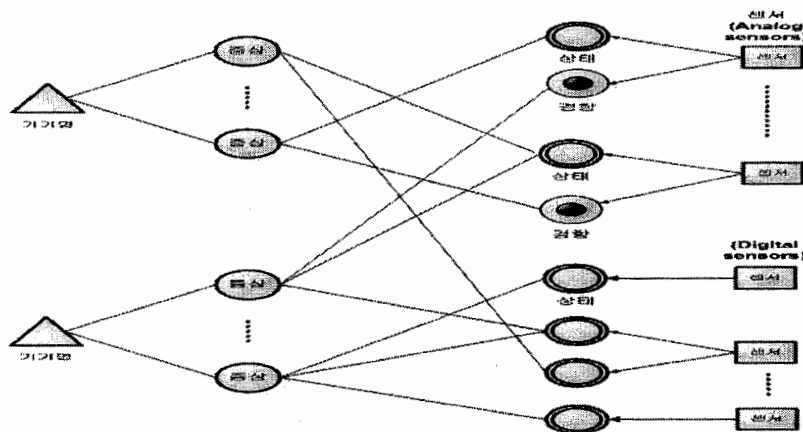


그림 2.3 각 계통별 기기간의 객체 지향 표기법에 의한 관계

2.4 진단데이터의 상태분석

실시간으로 모니터링되는 DB의 데이터들은 아날로그, 디지털로 이루어져 있고 JRULES에서는 직접 사용할 수 없고, 상태를 3가지로 변환할 필요가 있다. 진단을 위해서는 상태이외에 데이터의 감소 증가의 경향을 파악함으로써 보다 더 고정도의 진단을 수행할 수 있다. 실시간 데이터들은 현재 상태들만 가지고 있기 때문에 실시간 데이터에 순차적인 실시간 데이터를 분석하여 현재의 데이터 값이 증가, 감소가 일정한가를 판단할 기준이 필요하다. 이러한 판단을 위해서는 판단알고리즘을 상태 감시부 또는 진단부에서 수행하여야 하는데 본 연구에서는 상태 감시부에서 판단하게 프로그램을 하였다. 판단 알고리즘 그림 2.4와 같다.

하나의 진단 데이터를 예를 들어 설명하겠다.

TE200 : A1 cylinder Exhaust Gas의 현재 온도를 저장하는 태그

TE200_C : TE200의 값을 복사하는 태그

TE200_1 : TE200과 TE200_C를 비교하는 태그

TE200_2 : TE200_1의 값에 대한 설정 태그

TE200_S : TE200의 경향을 저장하는 태그 (Normal, High, Low)

TE200_A : TE200의 경향 상태를 저장하는 태그

(Increase, Decrease, Steady)

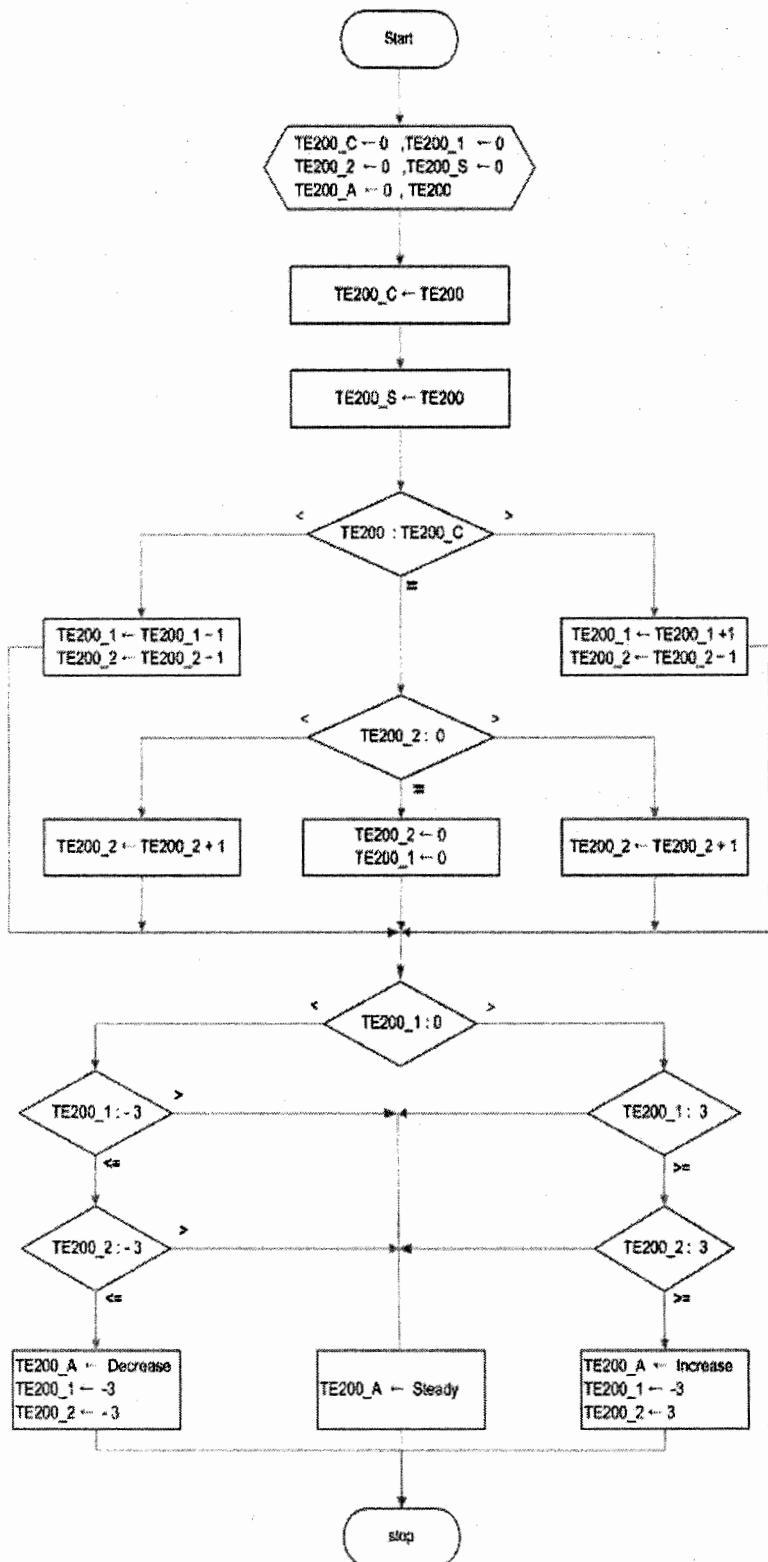


그림 2.4 진단데이터의 경향 분석 알고리즘

제 3 장 원전 시운전 데이터 분석

울진 5, 6호 비상발전기엔진 DMDS의 시운전데이터로 저장된 DB를 먼저 분석하였다. 이 데이터베이스는 MySQL DB로 저장되어 있으며 DB의 이름은 INSPECT로 되어있다. 먼저 INSPECT DB의 테이블은 총 10개로 이루어져 있다. 표 3.1과 같이 구성되어져 있다. 본 연구에서 DB를 분석해본 결과 fastacquisition_points_dg56은 정지시 데이터가 대부분이라 사용을 하지 않았고, shorttrends_dg56_stopped 테이블은 엔진 정지 시 매 15분 간격으로 저장되어 있었다. shorttrends_dg56테이블을 사용하여 In-Touch에서 모니터링하게 되고 알람이 발생하게 되면 진단 데이터를 alarmed_db에 저장하게 되고 저장된 데이터를 가지고 진단을 하게 된다.

표 3.1 INSPECT 데이터베이스

테이블	레코드 수	타입	크기
designation	481	MylSam	84.6KB
eventrecorder	15814	MylSam	3.1MB
fastacquisition_header_dg56	733	MylSam	126.5MB
fastacquisition_points_dg56	171208	MylSam	314.5KB
longtrends_blocks_dg56	34	MylSam	32.0KB
longtrends_curves_dg56	17	MylSam	2.70KB
longtrends_segments_dg56	17	MylSam	3.1KB
pmax	36	MylSam	100.2KB
shorttrends_dg56	38019	MylSam	72.1MB
shorttrends_dg56_stopped	21986	MylSam	41.2MB
테이블 10개	248345	--	431.2M

3.1 Designation 테이블 분석

표 3.2는 Designation 테이블의 구조를 보여주고 있다. 구조를 살펴보면 4개의 필드로 구성되어진다. ChannelIdent 필드는 각 진단에 필요한 각 센서들의 장치를 구성하고 있고, Disignation 필드는 진단데이터에 대한 설명이 되어있다. DisplayFormat 필드는 각 진단데이터가 출력할 때 형식을 정의하였고 Unit 필드는 진단데이터가 측정되어질 때의 단위를 나타낸다.

표 3.2 designation 테이블 구성

필드	종류	Null	기본값
ChannelIdent	char(40)	Not Null	
Designation	char(80)	Null	Null
DisplayFormat	char(20)	Null	Null
Unit	char(20)	Null	Null

Designation 테이블은 진단에 필요한 진단데이터들을 정의 하였다. 진단데이터의 총 235개의 구성되어 있고 각각 analog 데이터는 52개, digital 101개, 통신기기 82개로 구성되어 있고, 부록 1을 참조한다.

본 연구에서는 이상 발전기 디젤 엔진만을 대상으로 하여 진단을 수행하는 것을 목표로 하였으므로 디젤엔진과 직접적으로 관련되는 91개의 진단데이터만 사용하였다. 연구에서 사용한 91개의 진단데이터를 계통별로 분류해 보았다. 계통별 진단 데이터는 **Bearing, HT water, LT water, LO, FO, EG, Comp.Air**로 분류했고 표3.3과 같다.

표 3.3 계통별 진단 데이터표

LO					
	ChannelIdent	Designation	Unit	센서종류	비고
1	P_IN_LUBOIL	Engine inlet lubricating oil pressure	mb		
2	TE150	No.1 diesel engine bearing temperature	℃		
3	TE151	No.2 diesel engine bearing temperature	℃		
4	TE152	No.3 diesel engine bearing temperature	℃		
5	TE153	No.4 diesel engine bearing temperature	℃		
6	TE154	No.5 diesel engine bearing temperature	℃		
7	TE155	No.6 diesel engine bearing temperature	℃		
8	TE156	No.7 diesel engine bearing temperature	℃		
9	TE157	No.8 diesel engine bearing temperature	℃		
10	TE158	No.9 diesel engine bearing temperature	℃		
11	TE260	No.1 diesel engine thrust bearing temperature	℃		
12	TE261	No.2 diesel engine thrust bearing temperature	℃		
13	TE262	No.3 diesel engine thrust bearing temperature	℃		
14	TE263	No.4 diesel engine thrust bearing temperature	℃		

표 3.3 계통별 진단 데이터표(계속)

15	TE310	Generator bearing temperature	℃		
16	TE042	Engine inlet lubricating oil temperature	℃		
17	TE264	Thrust bearing temperature OI	℃		
18	TE265	Thrust bearing temperature OE	℃		
19	IL3041	Lub oil prelubricating P < 0.1b	-		
20	IL3042	Lub oil filter pressure drop > 0.8b	-		
21	IL3047	Lub oil pressure < 4.5b	-		
22	IL3044	Lub oil temperature < 40C	-		
23	IL3045	Lub oil temperature > 63C	-		
24	IL3046	Engine inlet oil pressure < 3.5 b	-		
25	IL3048	Crankcase gas pressure > 0.008 b	-		
26	IL3009	Diesel engine bearing temperature 1st stage	-		
27	IL3010	Diesel engine bearing temperature 2nd stage	-		
28	IL3031	Lub oil make up tank low level	-		
29	IL3038	Lub oil low level	-		
30	IL3039	Lub oil very low level	-		
31	IL3040	Lub oil priming failure	-		
32	IL3043	Lub oil make up tank high level	-		
33	IL3037	Engine inlet oil pressure < 3.8 b	-		

LT & HT					
	ChannelIdent	Designation	Unit	센서종류	비고
1	TE005	Diesel engine outlet HT water temp.	℃		
2	TE016	Supercharging air cooler inlet CC water temperature	℃		
3	IL3087	HT water preheating P < 1.2b	-		
4	IL3005_A	Presence of water in air manifold -line A	-		
5	IL3005_B	Presence of water in air manifold -line B	-		
6	IL3084	HT water tank low level	-		
7	IL3083	Low level in LT water tank	-		
8	IL3088	HT water pressure P < 2b	-		
9	IL3081	LT water pressure P < 2.5b	-		
10	IL3080	HT water low temperature < 50 ℃	-		
11	IL3082	HT water high temperature > 82℃	-		
12	IL3086	HT water very high temperature T > 95℃	-		

표 3.3 계통별 진단 데이터표(계속)

13	IL3066	Low level in water treatment tank	-		
14	IL3072	High level in water treatment tank	-		
15	IL3079	HT water preheating low temperature < 58℃	-		
16	IL3085	HT water preheating high temperature > 63℃	-		
17	IL3089	LT water tank high level	-		
18	IL3090	HT water tank high level	-		

Exhaust Gas					
	ChannelIdent	Designation	Unit	센서종류	비고
1	TE200	Cylinder A1 exhaust gas temperature	℃		
2	TE201	Cylinder A2 exhaust gas temperature	℃		
3	TE202	Cylinder A3 exhaust gas temperature	℃		
4	TE203	Cylinder A4 exhaust gas temperature	℃		
5	TE204	Cylinder A5 exhaust gas temperature	℃		
6	TE205	Cylinder A6 exhaust gas temperature	℃		
7	TE206	Cylinder A7 exhaust gas temperature	℃		
8	TE207	Cylinder A8 exhaust gas temperature	℃		
9	TE250	Line A turbine inlet gas temperature	℃		
10	TE251	Line A turbine inlet gas temperature	℃		
11	TE252	Line A turbine outlet gas temperature	℃		
12	TE208	Cylinder B1 exhaust gas temperature	℃		
13	TE209	Cylinder B2 exhaust gas temperature	℃		
14	TE210	Cylinder B3 exhaust gas temperature	℃		
15	TE211	Cylinder B4 exhaust gas temperature	℃		
16	TE212	Cylinder B5 exhaust gas temperature	℃		
17	TE213	Cylinder B6 exhaust gas temperature	℃		
18	TE214	Cylinder B7 exhaust gas temperature	℃		
19	TE215	Cylinder B8 exhaust gas temperature	℃		
20	TE253	Line B turbine inlet gas temperature	℃		
21	TE254	Line B turbine inlet gas temperature	℃		
22	TE255	Line B turbine outlet gas temperature	℃		

표 3.3 계통별 진단 데이터표(계속)

FO					
	ChannelIdent	Designation	Unit	센서종류	비고
1	IL3065	Low level in DO daily tank	-		
2	IL3004_A	Fuel leakage line A	-		
3	IL3004_B	Fuel leakage line B	-		
4	IL3060	DO filter pressure drop > 0.8b	-		
5	IL3052	Diesel oil transfer pumps 1.2 electric trouble	-		
6	IL3057	Low level in DO storage tank	-		
7	IL3058	Diesel oil transfer pumps 1.2 start failure	-		
8	IL3051	Very low level in DO storage tank	-		
9	IL3063	High level in DO storage tank	-		
10	IL3064	Diesel fuel oil strainer differential pressure	-		
11	IL3059	high level in DO daily tank	-		
12	IL3069	Diesel fuel oil strainer differential pressure	-		
13	IL3071	Very high level in DO daily tank	-		
14	IL3054	DO pressure P < 3.5b	-		

SA					
	ChannelIdent	Designation	Unit	센서종류	비고
1	P3_LA	Line A engine inlet air pressure	mb		
2	P3_LB	Line B engine inlet air pressure	mb		
3	TE015	Engine inlet supercharging air temp. (line A)	℃		
4	TE017	Engine inlet supercharging air temp. (line B)	℃		

3.2 Fastacquisition_points_dg56 테이블 분석

Fastacquisition_points_dg56 테이블은 시동·정지시 2분간 데이터를 저장하였다. 저장된 데이터는 정지데이터, Starting 데이터, Tripping 데이터, Running 데이터로 저장되어 있다. Record당 PointIndex가 평균 241개를 가지고 있고, 저장 간격은 0.5초마다 저장되어 있다. 부록 2를 참조하면 대부분 진단 데이터가 정지 데이터가 많은 것으로 확인되었고 진단용으로 이용하기에는 적합하지 않은 테이블로 판명되었다.

표 3.4 Fastacquisition_point_dg56 테이블

Record No	PointIndex	Data
1	1	
1	2	
⋮	⋮	⋮
10	1	
10	2	
10	3	

3.3 longtrends_blocks_dg56 테이블 분석

longtrends_blocks_dg56 테이블은 최초 운전에서 lifetime까지 1시간 간격으로 저장되어 있다. 각 진단 데이터는 Turbine Inlet gas temperature 4개, Turbin outlet gas temperature 2개, Supercharger air pressure 2개, Bearing Temperature 9개로 저장되어 있다. 저장되어 있는 데이터 양이 적고 1시간 간격으로 저장되어 있어서 한순간의 상태만을 이용하는 경우의 진단에는 적합하지만 데이터의 증가 및 감소 경향을 이용하여 진단하고자 하는 경우에는 적합하지 않은 테이블로 판명되었다.

표 3.5 longtrends_blocks_dg56 테이블

103

Data	SegmentNumber	BlockNumber	Hr0	val	Hr1	val2	

3.4 shorttrends_dg56 테이블 분석

Shorttrends_dg56 테이블은 엔진 운전 중 매 15초 간격으로 저장되어 있다. 표 3.6에서 보여주는 것과 같이 테이블 분석한 결과로 235개의 진단 데이터를 저장하였으며, Starting, Stop, Running의 3가지 형태로 분석되었다. 본 연구에서 In-Touch의 모니터링 시스템에서 이 데이터를 사용하여 실시간 감시 모니터링 시스템을 구축하였다.

표 3.6 shorttrends_dg56 테이블

235

Record No	RecordTime	Engine Hr	Diagnosis	Stability	Data

Shorttrends_dg56 테이블을 분석한 결과를 부록 3에 표시하였으며 연속측정 횟수가 각각 달랐다. 표 3.7은 연속측정이 360회(90분)이상인 RecordNumber만을 정리하여 보여주고 있으며, 이들 데이터는 최소 90분 이상 연속운전중인 데이터들이므로 실험할 때에 이용할 수 있을 것으로 판단되었다. 또한 표에서 Starting, Stop, Running은 저장되어 있는 데이터 값들을 분석하여 당시의 엔진상태가 각각 Starting, Stop, Running이었을 것이라고 추정하여 표시한 것들이다.

표 3.7 shorttrends_dg56 테이블의 분석 결과표

Record Number	연속측정	상 태
1820 - 2270	451	Running
3207 - 4525	1319	Running
4548 - 4938	391	Running
5332 - 10348	5017	Running
10605 - 16566	5962	Running
17213 - 17866	654	Stop
17867 - 18286	420	Starting
18287 - 18667	381	Starting
19057 - 19603	547	Running
19604 - 20004	401	Starting
20005 - 20407	403	Starting
20408 - 20770	363	Starting
20771 - 21235	445	Starting
21236 - 21652	417	Starting
21653 - 21982	330	Starting
21983 - 30134	8152	Running
31154 - 31543	390	Starting
32776 - 33431	656	Running
33639 - 34003	365	Starting
34004 - 34522	519	Starting
34523 - 36763	2241	Running
36764 - 37380	617	Starting
37381 - 37981	601	Running
기 타	300 이하	

제 4 장 고장 진단 시스템 개발

4.1절 시스템의 전체 구성

비상디젤발전기계통 성능 및 고장진단 시스템의 개발을 위해 1차년도 연구결과를 토대로 진단시스템의 핵이라 할 수 있는 고장진단시스템 개발을 위한 연구를 수행하였다. 고장진단시스템은 우선 실시간 진단데이터가 계측되어 이 값들을 표시해 주고 알람을 알려주는 기능이 있어야 하며, 알람이 발생하면 전문가와 유사한 진단을 수행하여 이를 표시해주는 기능이 필요하다. 본 연구에서는 현재 운용되고 있는 DMDS의 기능을 방해하지 않으면서 감시 및 진단을 수행할 수 있는 상태감시 및 고장진단시스템의 개발을 목표로 하여 울진 5, 6호 원전용 비상발전기엔진(Pielstick PC2-5V)의 상태감시 및 고장진단시스템을 다음과 같은 전략으로 개발하였다.

(1) 진단데이터와 증상과의 인과관계를 규칙기반 진단지식으로 만들기 위해 관련 자료를 수집하여 많은 분석과 논의를 거쳐 전문가의 경험적 진단방식의 지식으로 정리하였다. 이렇게 정리한 지식을 JRULES라는 전문가개발도구를 이용하여 규칙형 진단지식으로 변환하여 지식베이스에 저장하였다. 디젤엔진에 관한 전문가의 경험적 지식을 얻기 위해서는 디젤엔진의 손상 사례 및 정비경험에 대한 자료가 있어야 한다. 이를 위해, 본 연구에서는 10여종의 자료를 분석하여 이를 토대로 전문가의 경험적 지식을 도출하였다.

(2) 울진 3, 4호 비상발전기엔진 DMDS의 시운전데이터로 보관된 DB를 분석하였다. 실시간데이터를 얻기 위해서는 현장의 각 센서로부터 직접 통신라인을 통하여 전송받아야 하지만, 금번의 연구에서는 여러 가지 제약조건 때문에 프로토타입으로 구현할 계획으로 울진 3, 4호 비상디젤발전기엔진의 DMDS 시스템의 시운전 데이터가 MySQL DB로 저장되어 있기에 이를 분석하고 이 데이터를 가상의 실시간 데이터로 이용하도록 소프트웨어를 작성하였다.

(3) 비상발전기엔진의 상태를 실시간으로 감시하여 이를 표시해주기 위해 엔진을 계통별로 분류한 후, 이를 GUI 형태로 화면상에 표시하고 이 화면상에 실시간데이터도 함께 표시하도록 하는 기능을 설계하였다. 이를 위해 In-touch라고 하는 SCADA시스템을 이용하여 비상발전기엔진의 계통별 GUI화면, 실시간 트렌드, 히

스토리 트렌드 기능들을 구현하였다.

(4) 각 실시간데이터의 상태를 감시하여 알람발생시에는 이를 화면상에 표시하고 사용자가 인식하도록 하며, 진단이 필요한 경우에는 진단모듈에 진단을 요구하도록 하였다. 이를 위해 역시 In-touch를 이용하여 각 센서의 정상범위를 설정하여 이 범위를 초과하였을 경우 알람발생토록 하고 이를 화면상에 표시하도록 하였다.

(5) 진단요구를 받은 진단모듈에서는 자신이 가지고 있는 규칙형 진단지식과 현재 상태에 기반하여 진단결과를 도출하고 도출한 결과를 DB에 저장하게된다. 이를 감시모듈에 전송하도록 한다. 이 기능 중에서 진단결과의 도출은 JRULES에서 수행 되도록 하고, 이 결과를 In-touch 전송은 java언어를 이용하여 구현하였다.

그림 4.1은 상기의 개발전략에 의해 개발된 시스템의 구성도를 보여주고 있다.

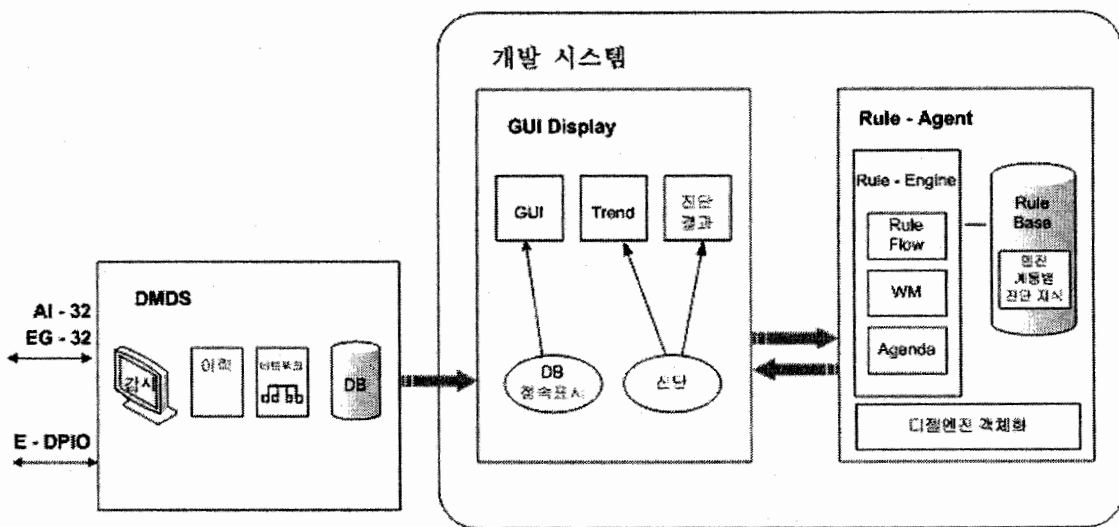


그림 4.1 시스템 전체 구성도

4.2 In-Touch 기반 감시모듈

엔진모니터링 및 고장진단시스템은 EDG 운전 중 운전상태의 감시, 기기들의 정상상태 유지 확인 및 정비, 엔진의 비정상 상태(비상디젤발전기계통 성능 및 고장 분석기술 개발 보고서) 조기발견에 있음을 주목하고 GUI 환경을 통한 중앙 집중적인 운전감시를 위해 올진 5, 6호기 EDG Piping System을 기반으로 InTouch로서 엔진모니터링의 Graphic 부분을 완성하였다.

엔진모니터링의 Piping System Graphic 부분은 EDG 운전 중 감시되어야할 중요 인자를 중심으로 실제 도면에 충실하게 제작되었다. 감시되어야할 중요 인자로서 화면에 표시되는 알람부분은 EDG로부터 실제의 Data를 실시간으로 수집할 수 있는 부분에 한해서만 표시할 수 있었다.

■ InTouch 소개

Invensys System, Inc.의 Wonderware 중 개체-지향적 그래픽을 사용하여 동적으로 접촉-민감한 화면 작성을 위한 개발환경인 WindowMaker를 사용하여 엔진모니터링 부분을 완성하였으며 WindowMaker로 제작된 그래픽 화면을 디스플레이하기 위해 런타임 환경인 WindowViewer를 사용하였다.

고장진단부분은 ILOG JRules tools부분에서 행하여지며 InTouch는 단지 발생된 알람의 진단텍스트만 디스플레이해주는 역할을 한다.

■ Alarm 발생의 분류

Data의 수집에는 Analog적인 부분과 Digital적인 부분으로 나누어진다.

(1) Analog 신호가 입력되는 경우

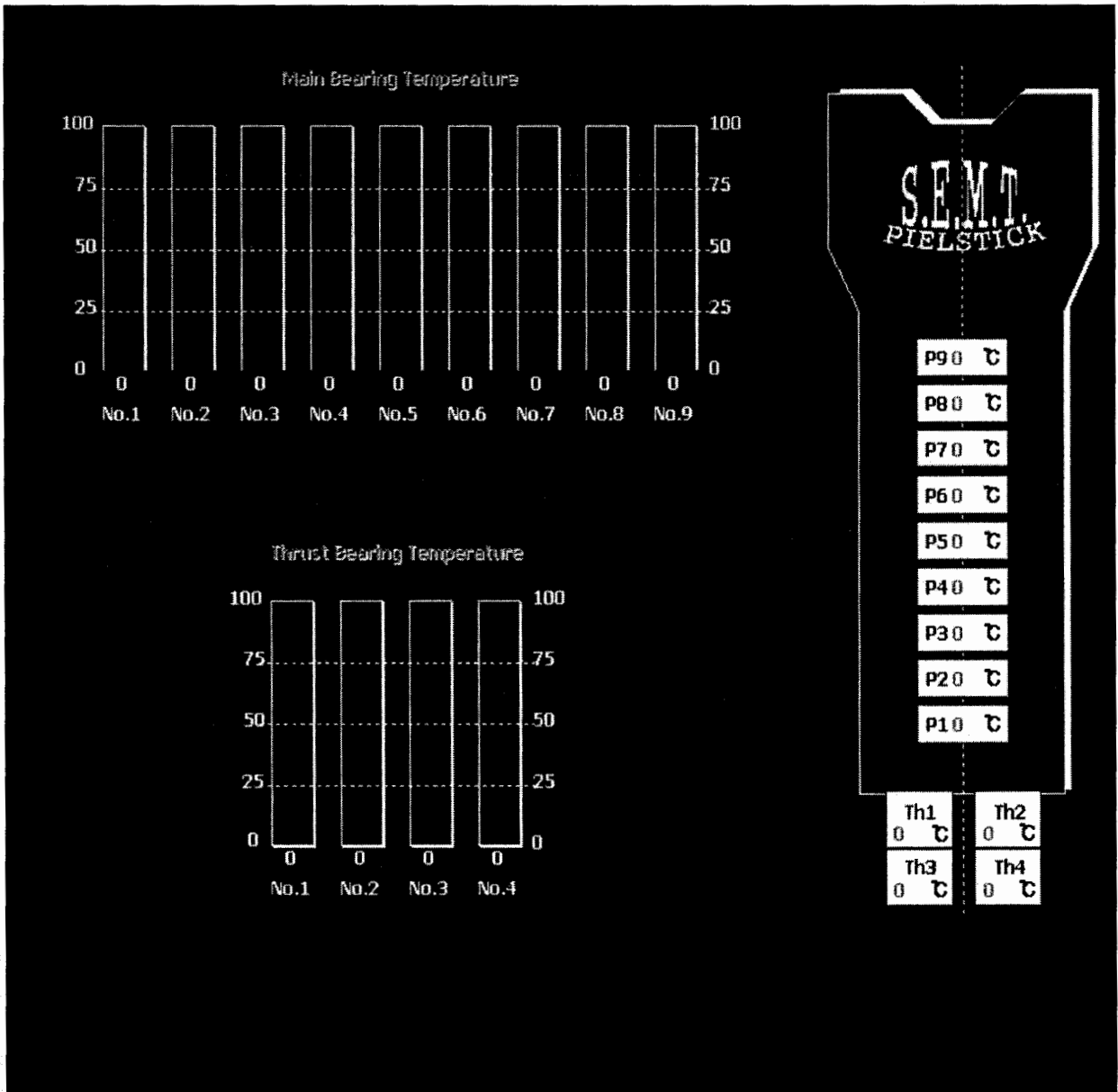
각 EDG Piping System에 실시간으로 Data의 값이 표시되도록 제작하였다. Alarm 발생은 InTouch 자체기능을 이용하였으며 알람 발생 한계치는 원전용 디젤기관에서 제시하는 한계값을 기준으로 알람이 발생할 수 있도록 제작하였다.

(2) Digital 신호가 입력되는 경우

Digital이라함은 EDG 각부에 설치된 센서가 ON/OFF 작동만으로 정보를 AMS(KEDES)에 전달하는 것을 말한다.

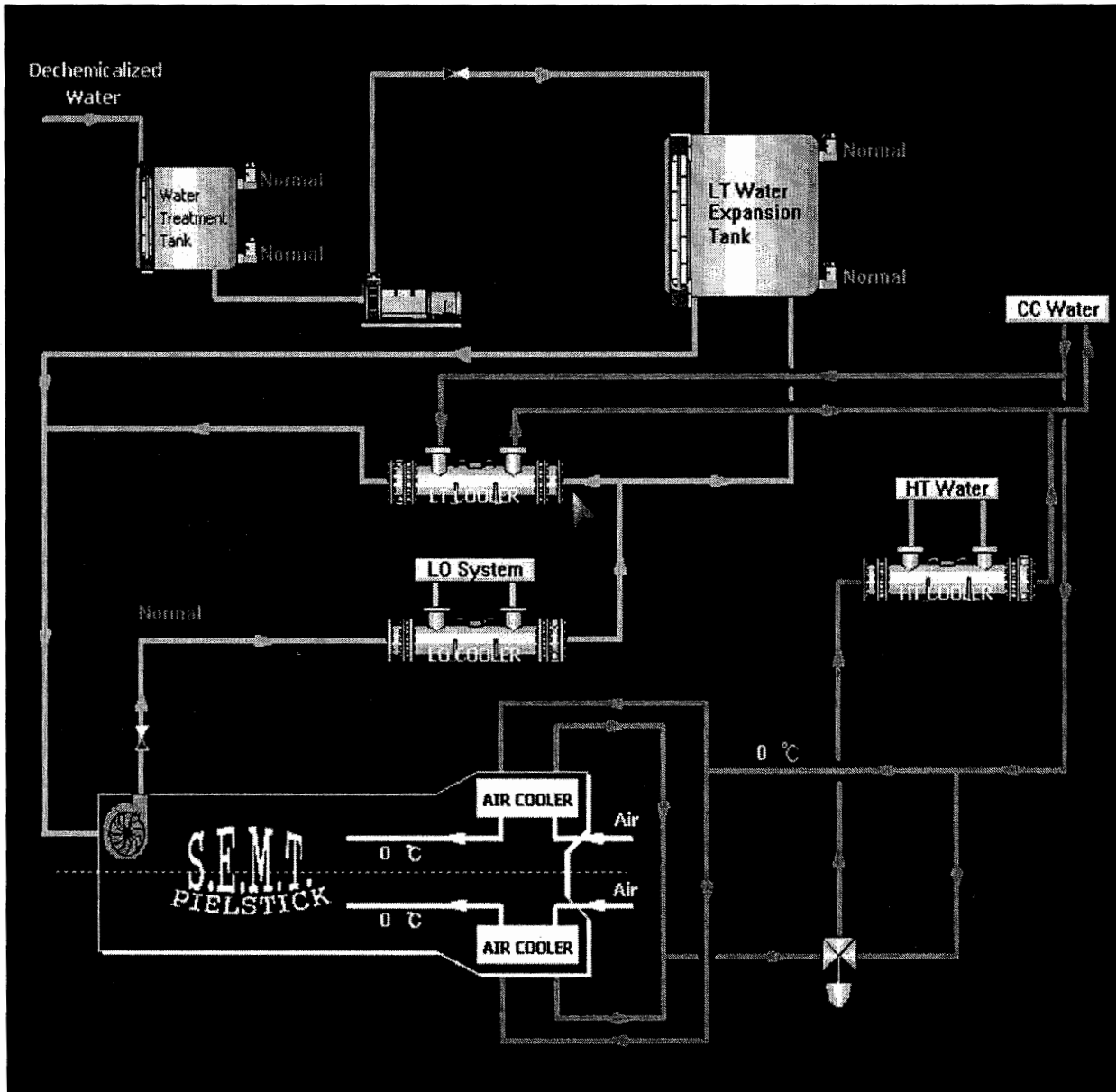
GUI 화면상에서 정상일 때는 항상 NORMAL로 표시가 되며 센서 작동시에 알람 발생할 수 있도록 제작하였다.

2. Bearing Temperature Window



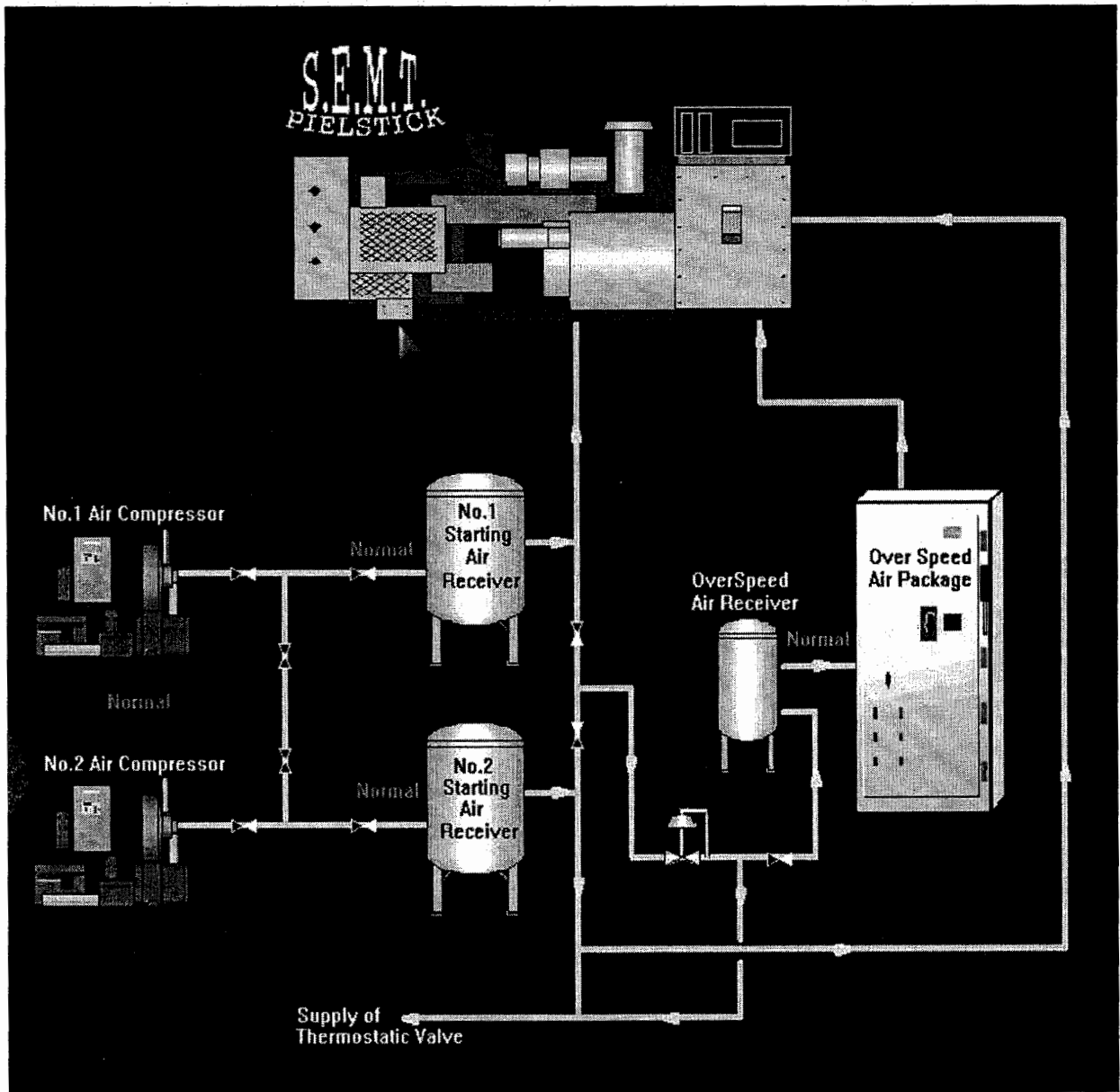
EDG 각 Bearing 온도를 한 화면에서 관찰할 수 있으며 전체 Bearing의 알람 한계치 및 현재 평균치를 막대그래프와 텍스트를 통해 실시간으로 확인할 수 있도록 제작되었다.

3. CC & LT Water System Window



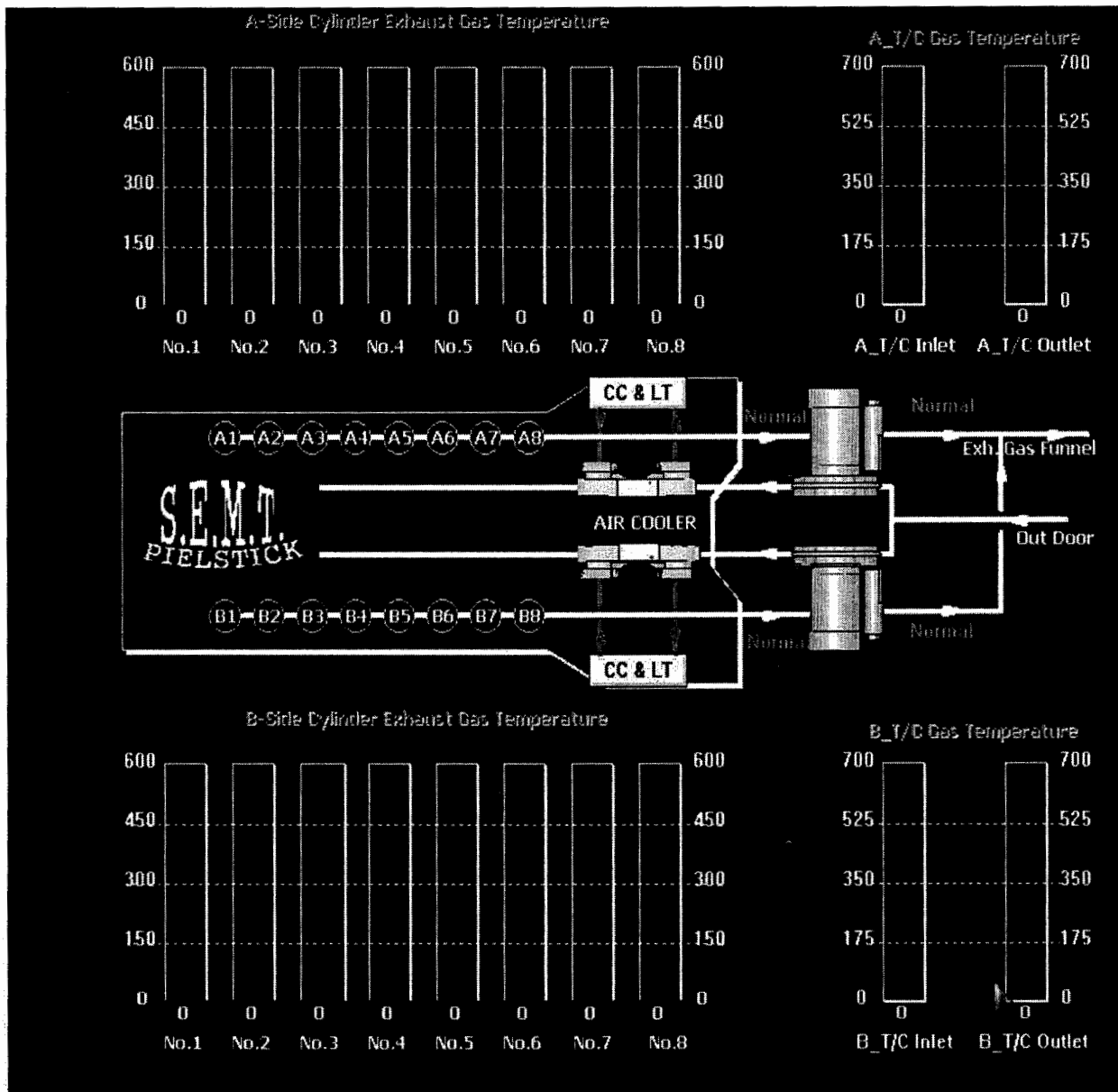
설계도면을 바탕으로 각 Tank, 중요 Pump, Cooler 및 CC & LT Water Pipe만을 간결하게 표현했으며 EDG에 유입되는 CC Water와 Air의 온도는 Analog값으로 실시간 확인 및 관찰을 위해 텍스트로 제작되었다. :

4. Compressed Air System Window



설계도면을 바탕으로 각 부속기기와 Air Pipe만을 간결하게 표현하여 제작되었다.

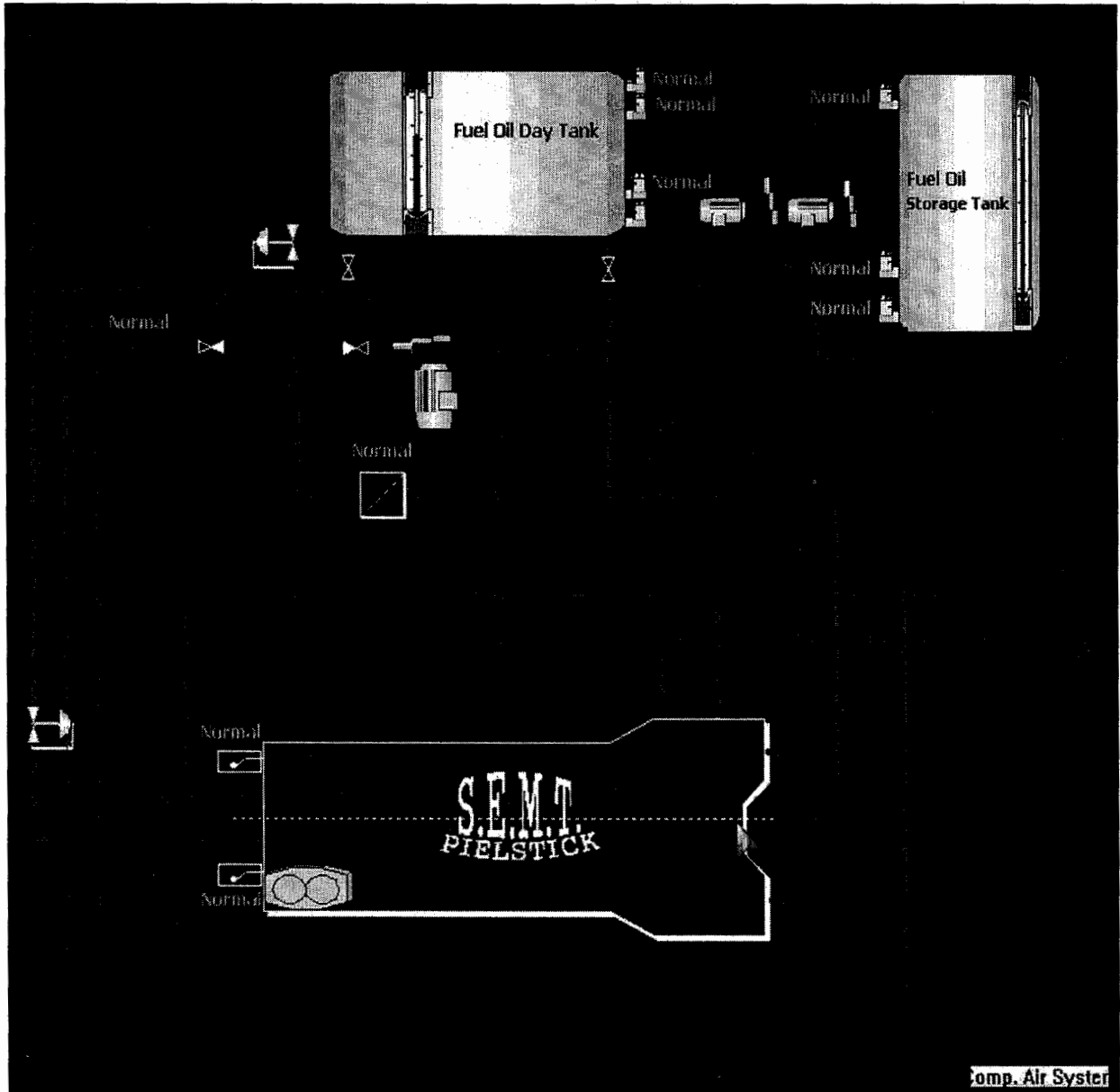
5. Exhaust Gas & Intake Air System Window



설계도면을 바탕으로 EDG의 과급기 및 각 Pipe를 표현했다.

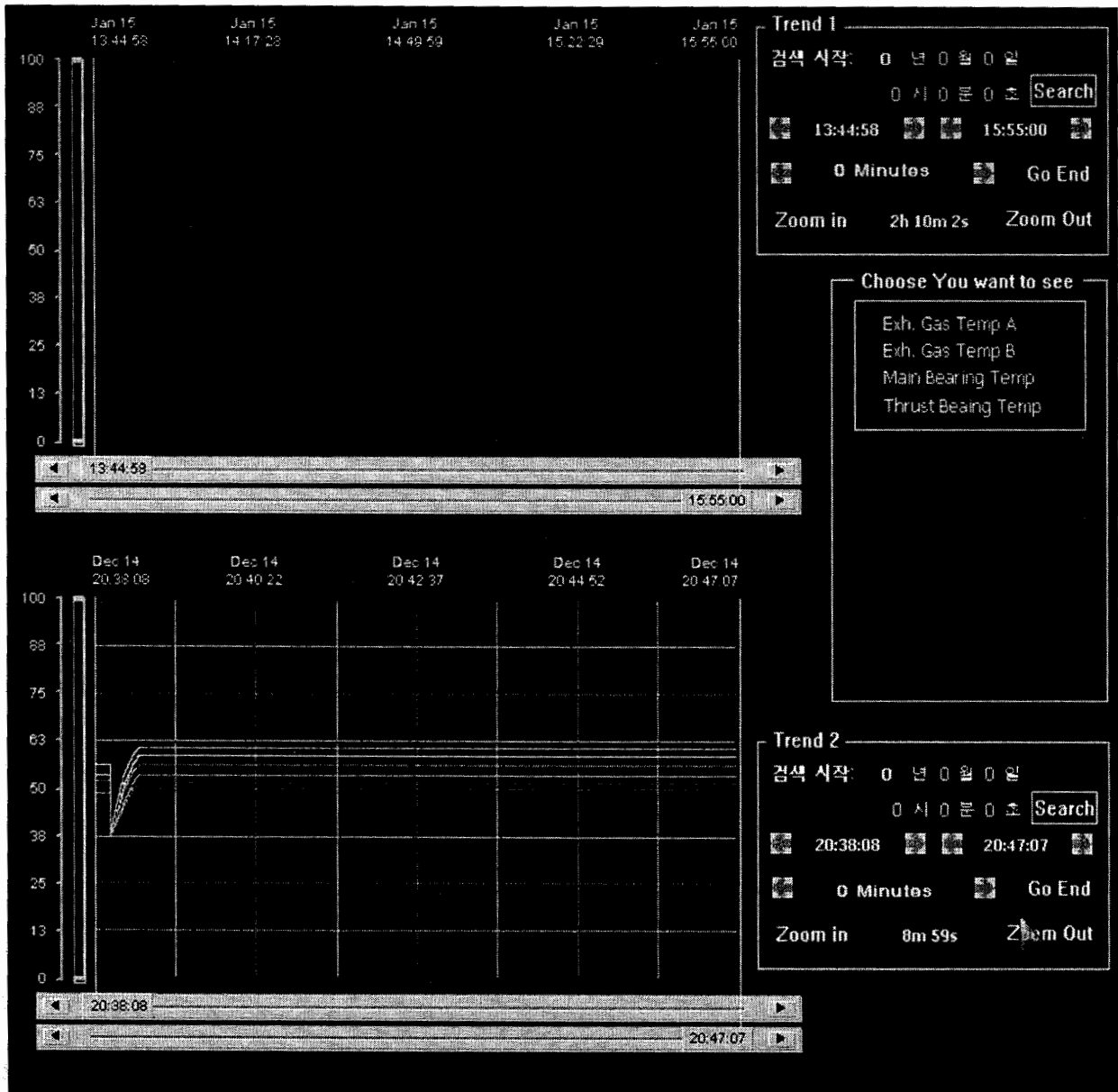
각 Cylinder 및 과급기 IN/OUT 온도는 막대그래프와 텍스트를 통해서 실시간으로 확인할 수 있도록 제작되었으며 알람 한계치 및 현재 평균치를 확인할 수 있도록 제작되었다.

6. Fuel Oil System Window



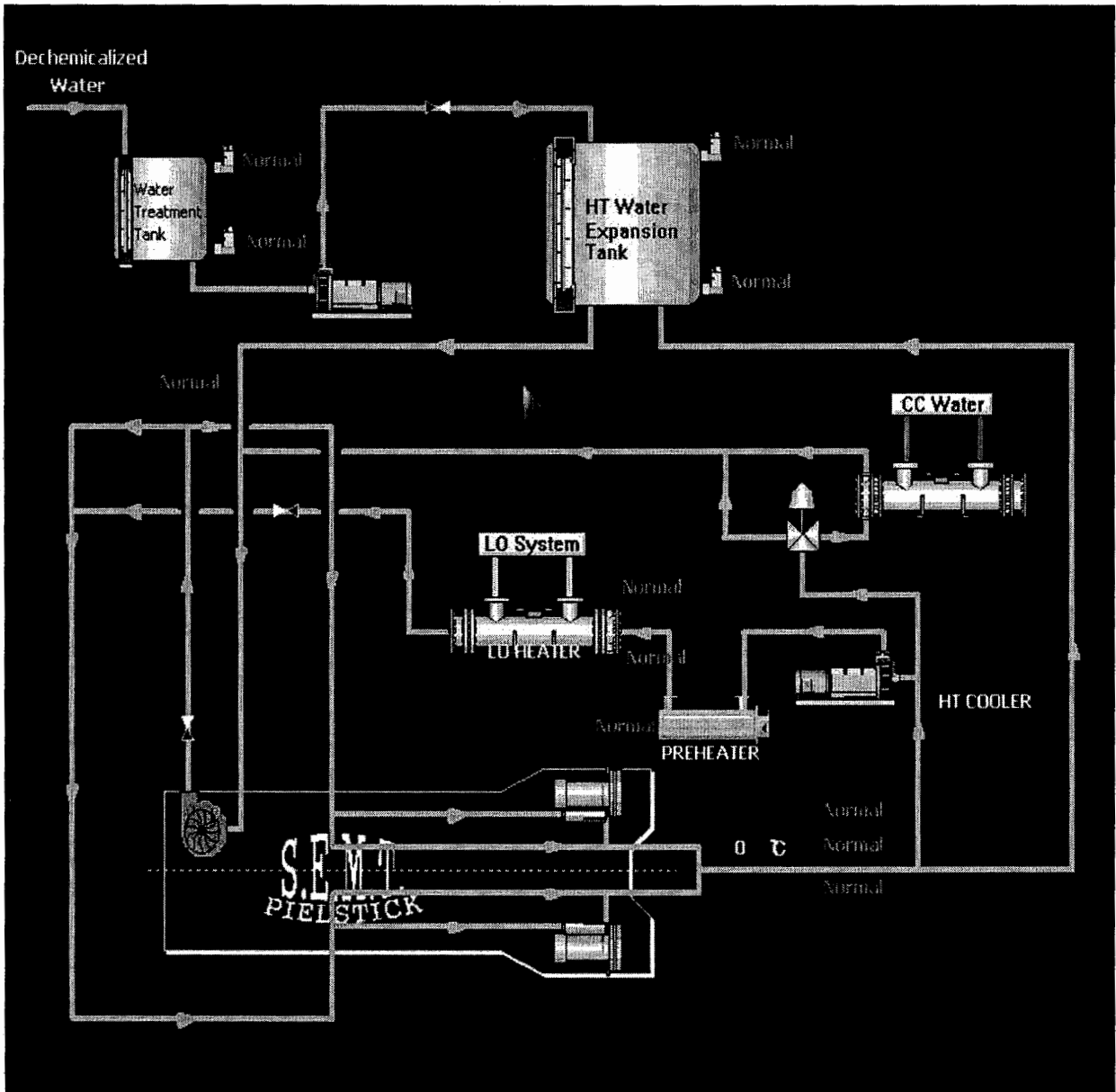
설계도면을 바탕으로 각 Tank, 중요 Pump, F.O Leakage Detector 및 Pipe만을 간결하게 표현하여 제작되었다.

7. History Trend Window



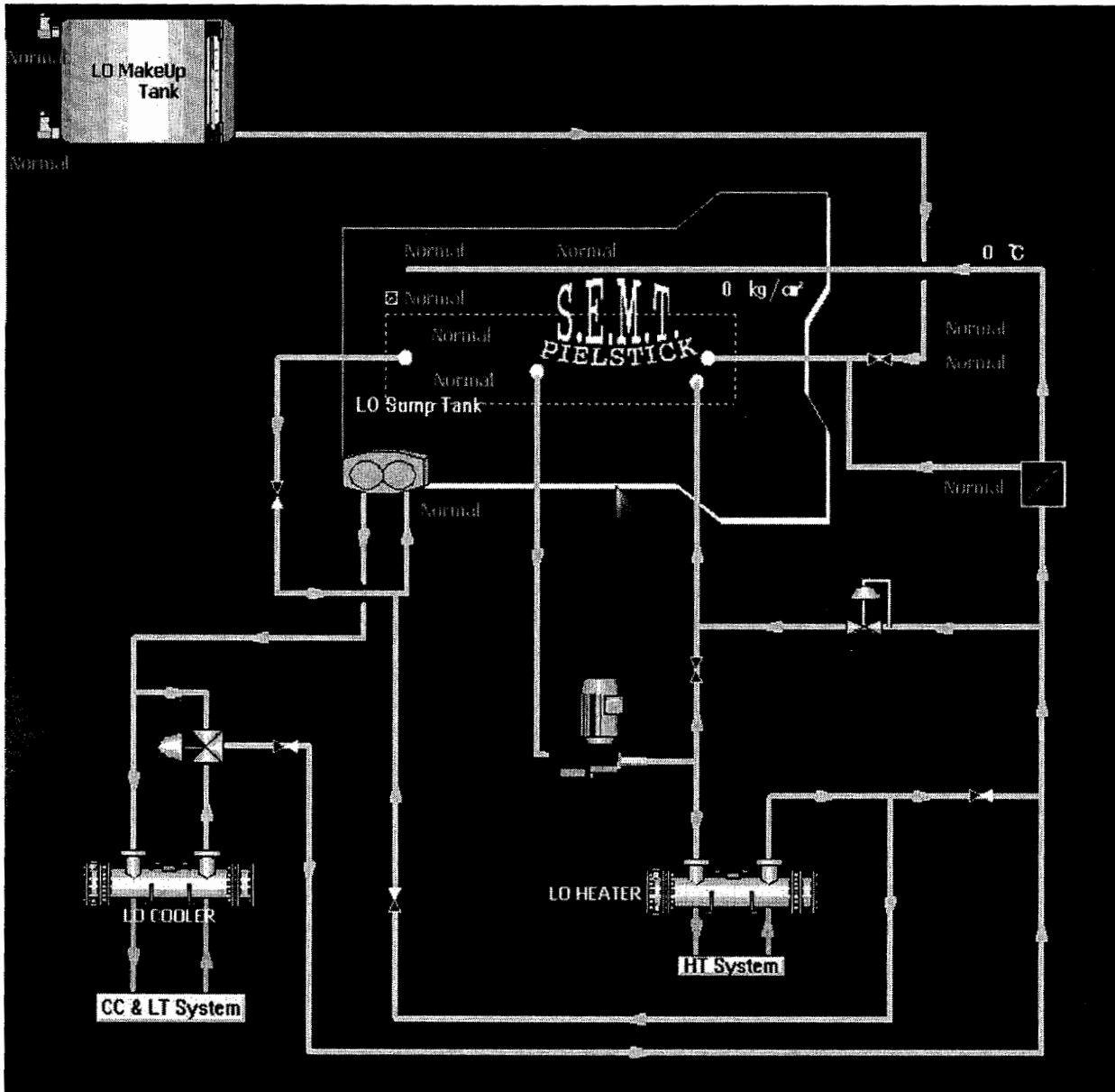
이전의 시간과 날짜로부터 Data의 History를 제공하는 화면으로서 같은 측정항목에 대해서 서로 다른 시간대의 History를 비교, 관찰할 수 있도록 한 화면에 History Trend 2개를 상하로 표현하였으며 Exh. Gas Temperature A & B, Main Bearing Temperature와 Thrust Bearing Temperature의 History를 확인할 수 있도록 제작되었다.

8. HT Water System Window



설계도면을 바탕으로 각 Tank, 중요 Pump, Cooler 및 HT Water Pipe만을 간결하게 표현했으며 EDG에서 유출되는 HT Water 온도는 Analog값으로 실시간 확인 및 관찰을 위해 텍스트로 제작되었다.

9. L.O. System Window




설계도면을 바탕으로 각 Tank, 중요 Pump, L.O Sump Tank 및 Pipe만을 간결하게 표현하였으며 EDG에 유입되는 L.O 온도 및 압력은 Analog값으로 실시간 확인 및 관찰을 위해 텍스트로 제작되었다.

10. Main Window


E. D. G.

(Emergency Diesel Generator)

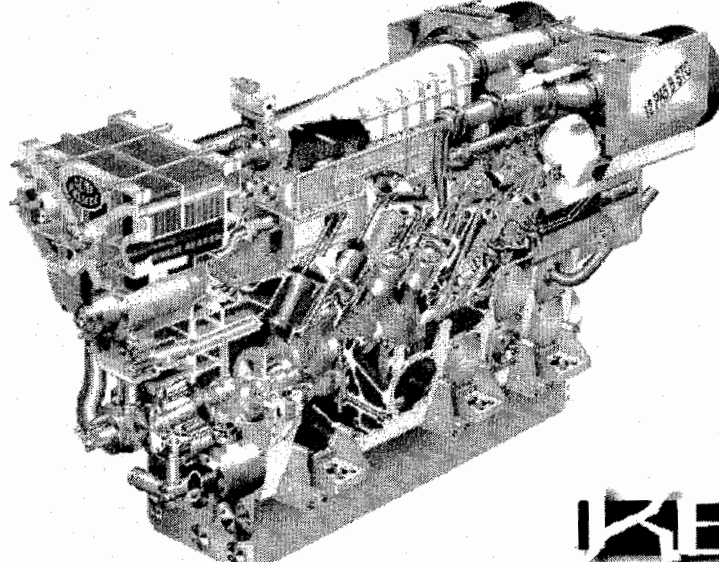
Alarm Monitoring and Diagnostic System

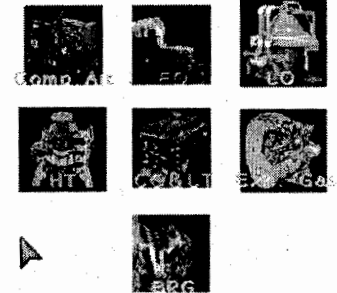


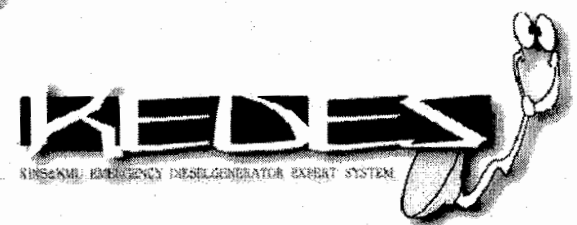
한국원자력안전기술원



한국해양대학교







KEDES
KINS&MIL. EMERGENCY DIESELGENERATOR EXPERT SYSTEM

초기화면으로서 각 Pipe System의 아이콘 선택시 O.C.P, Title Bar 및 해당 Pipe System이 화면에 보여질 수 있도록 제작되었다.

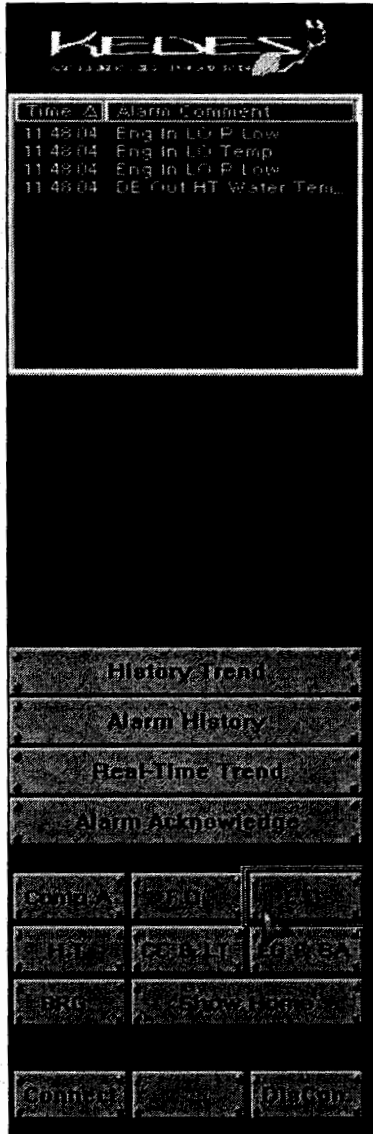
12. Real Time Trend Window



EDG로부터 실시간 입력되는 Analog Data값을 Trend 형태로 실시간 확인 및 관찰이 가능하도록 했다.

확인 및 관찰이 가능한 항목으로는 Exh. Gas Temperature A & B, T/C & Scavenge Air Temperature와 Main Bearing Temperature를 선택할 수 있도록 제작되었다.

11. Operating Control Panel Window



O.C.P는 화면 좌측에 보여지며 현재 발생한 알람을 볼 수 있는 Mimi 알람 Window, 고장진단 Window 그리고 각각의 Window로 이동할 수 있도록 버튼을 두었다.

Window 화단부에는 GUI환경과 DataBase를 임의적으로 연결/정지시킬 수 있는 버튼을 두어 GUI 화면에서 각 Window간의 이동을 보다 편리하게 사용할 수 있도록 제작되었다.

4.3절 JRULES 기반 진단 모듈

본 연구에서는 ILOG사의 JRULES라는 전문가 시스템을 도입하여 각 계통에서 발생한 알람에 대한 진단을 하기 위해서 JAVA 기반의 전문가 시스템 도구인 JRULES를 사용하였다. 먼저 전문가 시스템에 대한 전반적인 내용을 설명한다.

1. 전문가 시스템(Expert System)

가. 전문가 시스템 개념 및 구성

전문가 시스템이란 특정분야의 인간 전문가들이 전문 지식들을 수집 정리하여 주어진 특정 전문 영역에 관한 문제를 컴퓨터의 추론 능력을 이용하여 해결하는 컴퓨터 자문 시스템을 말한다. 전문가 시스템은 각종 장비의 고장 진단, 의사결정 지원(decision-making)에 응용, 인사관리, 물품 재고 관리, 통신 네트워크 고장 진단, 의료진단, 화학 분자식으로 부터 분자 구조 추출, 지질 정보를 가지고 광의 종류와 위치를 결정하는 등의 많은 분야에서 전문가 시스템을 도입하였다.

아래 그림 4.2과 같이 전문가 시스템의 구조는 지식베이스(Knowledge Base), 작업메모리(Working Memory), 추론 엔진(Inference Engine), 지식획득 하위시스템(Knowledge Acquisition Subsystem), 사용자 인터페이스(User Interface)로 구성되어진다.

(1) 지식베이스(Knowledge Base)

지식베이스는 문제 풀이의 규칙, 절차, 그리고 문제 영역과 관련된 고유한 사실(Facts) 등의 자료로 구성되어진다.

(2) 작업메모리(Working Memory)

작업메모리는 사용자가 해결을 하고자 하는 문제 또는 진위여부를 검토하기 위한 자료 등을 저장한다. 그리고 추론엔진이 지식베이스에서 가져온 규칙을 사용자가 입력한 자료에 적용하여 나온 결과를 저장하기도 한다.

(3) 추론 엔진(Inference Engine)

13. Title Bar Window



화면 상부에 위치하여 각 Window의 제목을 보여주며 현재시간을 볼 수 있도록 제작되었다.

전문가시스템 (Expert System) 에서의 추론전략 (inference strategy)은 크게 정방향 추론(forward chaining) 과 역방향 추론(backward chaining)으로 나눌 수 있다. Forward Chaining 은 A \rightarrow B 즉 조건 A가 Working Memory에 있으면 B를 수행한다. 따라서 당연히 연역법 (Deduction) 에 속한다. Backward Chaining 은 A \rightarrow B에서 B를 결론 이라고 결정하고 A 조건의 타당성을 규명하는 방법으로 수행되며 귀납법(Induction)에 속한다. 설계 및 계획형 문제에 주로 이용된다. 그리고 정방향 추론은 목표지향적인 (Goal Driven) 역방향 추론에 비해 데이터 지향적인(Data Driven)인 성격을 가지므로 일정계획, 모니터링, 생산통제 등의 문제해결에 적합한 추론방식이다.

일반적으로 정방향추론 방식이 역방향 추론 방식보다 추론 시간이 더욱 많이 소요되는 이유는 일반적으로 정방향추론은 많은 규칙 및 방대한 데이터의 양으로 인해, 추론시 실행 속도가 느리게 되는 단점이 있다. 그 이유는 정방향 추론 방식은 매 추론 사이클마다 모든 규칙을 작업 메모리와 패턴 매칭하여 조건문이 만족되는 규칙들을 상층 집합에 저장하는 시스템으로 구성되어 있다. 그런데 규칙수가 늘어나고 작업 메모리가 커지는 경우 패턴 매칭에 소요되는 시간이 많아지고 결국 추론시간이 길어진다.

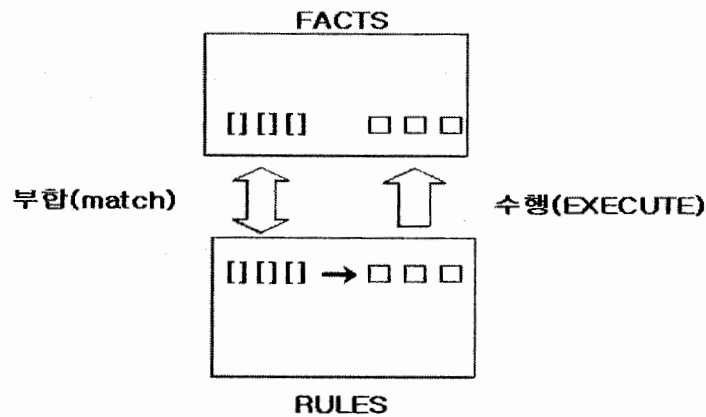


그림 4.3 추론의 흐름

2. JRULES를 이용한 진단시스템 구축

가. JRULES의 개념 및 구성

본 연구에서 고장 진단을 하기위해 Rule-based Intelligent System 개발

전문가시스템의 "수뇌"는 제어 구조(control architecture) 또는 규칙해석기(rule interpreter)라고도 알려진 추론 엔진(inference engine)인데, 추론엔진은 결론의 도출과 형성을 위한 방법론을 제공하는 컴퓨터프로그램을 말한다. 추론엔진은 사용자 인터페이스를 통하여 사용자로부터 제공된 입력을 받아들이며, 의사결정이나 진단과 같은 문제해결안을 생성하기 위하여 지식베이스 내의 지식을 결합한다.

(4) 지식획득 하위시스템(Knowledge Acquisition Subsystem) :

전문가로부터 지식을 추출하여 이를 지식베이스에 저장할 수 있는 형태로 전환하는 하위 시스템을 말한다.

(5) 해석 하위시스템(Explanation subsystem) :

추론엔진이 지식베이스의 규칙을 적용한 과정을 역추적 함으로써 결론에 이르게 된 배경, 즉 추론과정을 설명하는 소프트웨어이다.

(6) 사용자 인터페이스(User Interface)

사용자와 전문가 시스템 간의 의사소통을 돕는 도구이고, 사용자로부터 사실 또는 질의를 입력 받거나 추론 결과를 출력하는 기능을 가진다.

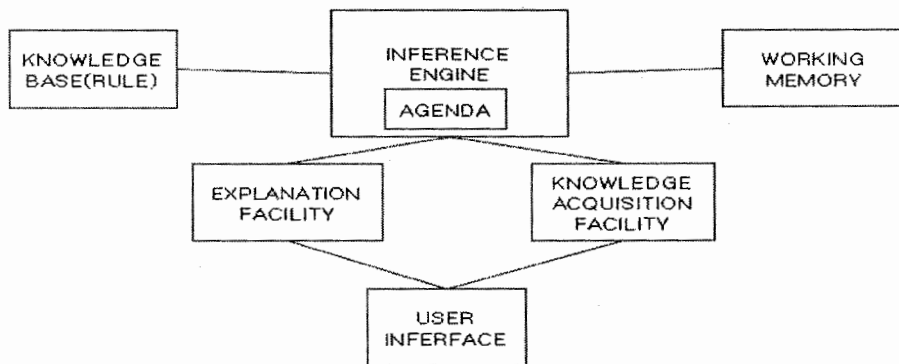


그림 4.2 전문가 시스템 구조도

나. 추론(Reasoning / Inference)

Rule을 이용한 추론의 방법은 그림 4.3과 같은 흐름으로 나타낼 수 있다. 사실(Facts)과 Rules이 부합(match)했을 때 새로운 사실(Fact)이 생성된다.

나. ILOGJRules의 주요특징

- (1) ILOG JRULES는 100%의 Pure Java를 사용하고 있고, 알고리즘은 Optimized RETE 알고리즘을 탑재해 최상의 Rule 엔진을 이용하고 있다.
- (2) 펜티엄 PC에서 초당 10,000개의 규칙(Rules)들을 실행을 할 수 있는 고속의 실행 속도를 가지고 있으며 점유메모리의 극소화를 실현하고 있다.
- (3) 그림 4.5와 같이 강력한 Visual 개발 환경 제공을 제공하고 있다. 규칙(Rules)을 입력할 수 있는 Visual Rule Builder를 제공하고 입력된 규칙(Rule)을 실행하였을 때의 동작을 확인하고 Debugging 하는 Rule Tracer 제공하고 있다. 그리고 실행 과정과 결과를 확인하고 조작 할 수 있는 Agenda Editor 제공하고 있다. 또한 DB 데이터를 객체로 자동 생성해 주는 DB Tool 제공한다.
- (4) 특정 분야의 용어를 정의하는 Community Language 기능 제공하기 때문에 비전산 전문가인 현장 기술자도 쉽게 Rule을 입력하고 수정, 변경 할 수 있도록 지원하고 있다.
- (5) 애플리케이션이 실행되는 중에도 새로운 Rule을 적용하거나 제거가 가능하다. 실행 중에 Rule 변경할 수 있는 DynaRules 제공한다.
- (6) EJB, Corba 등 표준 컴포넌트와의 통합 지원을 한다.
- (7) ILOG JRules를 Java 애플리케이션에 Embedding 시킬 수 있는 API 제공한다.
- (8) 어떤 처리의 결과로 새로운 Rule을 생성하여 적용하거나 변경 할 수 있다. Rule을 생성하는 Factory API 제공한다.

틀인 ILOG JRULES라는 전문가 시스템을 사용하였다. 순수 자바 코드로 구현되었으므로 자바 애플릿 혹은 애플리케이션에 추론 능력을 갖도록 Rule Engine을 가장 쉽게 탑재할 수 있는 최적의 솔루션이다. 규칙(Rules)들을 처리하기 위해 최적의 Rete 알고리즘을 사용하므로 빠른 패턴 매칭이 가능하다. 강력한 BRE(Business Rule Engine) 통합개발 환경을 제공한다. 특히 Rule Engine, Rule Editor(Modeler), Debugger, Profiler등을 지원한다.

내부의 업무 절차나 규칙과 같은 Business Logic의 처리, 고객관계관리, 고장 진단과 같은 규칙 기반의 시스템을 빠르고 신속하게 개발 하도록 지원해 주는 도구이다. ILOG JRules가 제공하는 Visual Rule Editor, Debugger 등의 개발 환경을 이용하여 빠르게 개발할 수 있으며, 기존의 시스템에 쉽게 결합 시킬 수 있는 다양한 도구를 지원하고 있다. Rule-based System은 애플리케이션과 비즈니스 로직을 분리해서 관리함으로써 환경의 변화나 규칙의 변경에도 시스템에 대한 변경 없이 비즈니스 로직만 변경하고 운영 한다는 점에서 기존의 시스템 개발 방법론에 비해 많은 장점을 가지게 된다.

그림 4.4는 JRULES의 Rule Engine의 구조이다. Rule Engine은 추론 엔진(Inference Engine), 룰셋(Rule Set), Agenda, 작업메모리(Working Memory)로 구성되어 있다. Inference Engine은 Rule Set을 읽어 와서 Rule의 수행하면 Working memory가 변경된다. Working memory가 수정될 경우에 Rule Instance에 의해 Agenda가 변경된다.

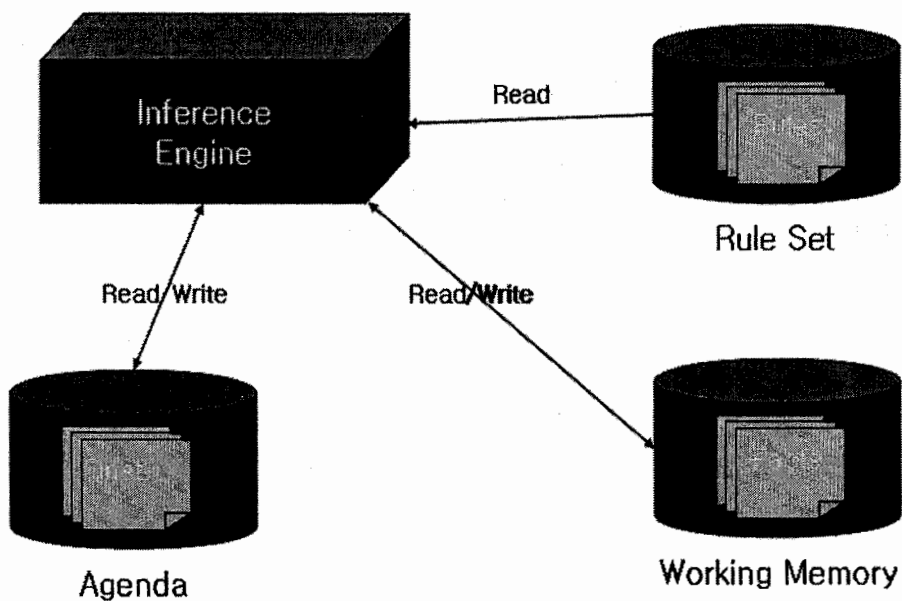


그림 4.4 Rule Engine

3. JRULES Rule Builder 이용한 RULE 생성

JRULES를 이용해서 진단지식을 작성하고자하는 경우에는 내장되어 있는 Rule Builder 이용해서 다음과 같은 절차에 의해 Rule을 생성할 수 있다.

가. Rule Builder 초기화면

그림 4.6은 Rule Builder 실행 화면의 메인 윈도우를 보여 주고 있다. Rule을 작성하기 위한 강력한 Visual 개발 환경을 제공한다.

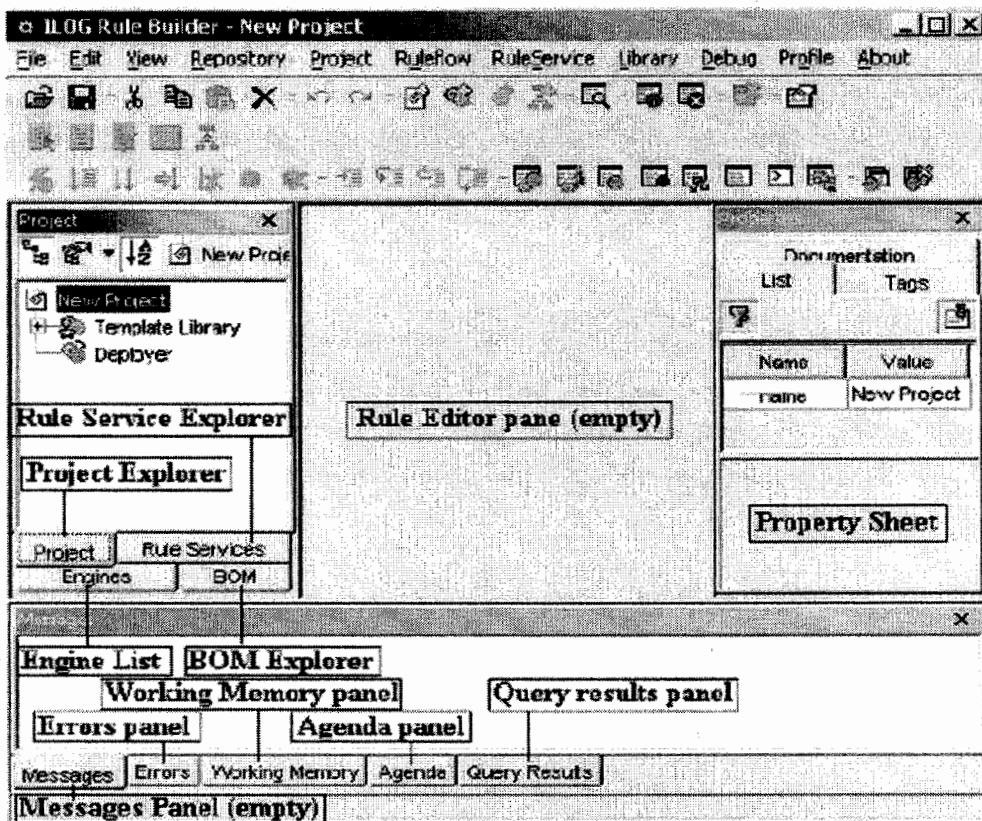


그림 4.6 Rule Builder 실행화면

나. XOM(eXecution Object Model) 정의

XOM이란 JAVA 클래스나 XML Schema 혹은 Web Service와 같은 구현하고자하는 다양한 오브젝트들을 레퍼런스하는 모델이다.

Repository를 저장하고 나면 Rule Builder는 Repository 위치에 상응하는 Virtual Driver를 생성하게 된다. Virtual Driver는 이 위치에 관련에 모든 것을 정의 한다. XOM을 정의했다면 존재하는 Repository를 오픈 했을 때 자동으로 XOM 클래스 패스를 찾게 된다. 그림 4.7은 Repository에 사용자의 클래스 파일의 ClassPath를

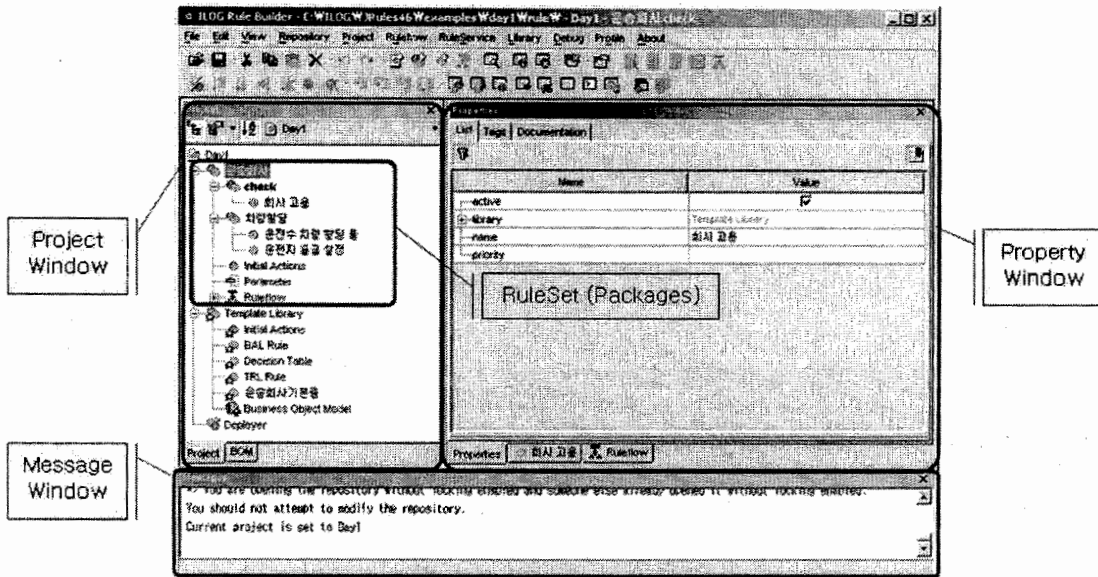


그림 4.5 Rule Builder

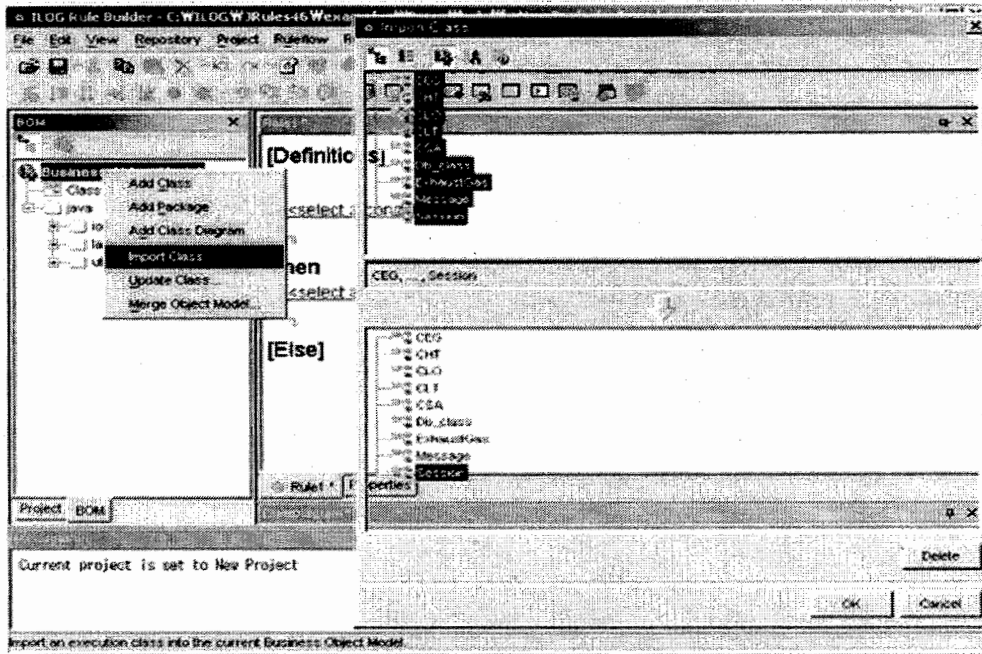


그림 4.8 Import Class to the BOM

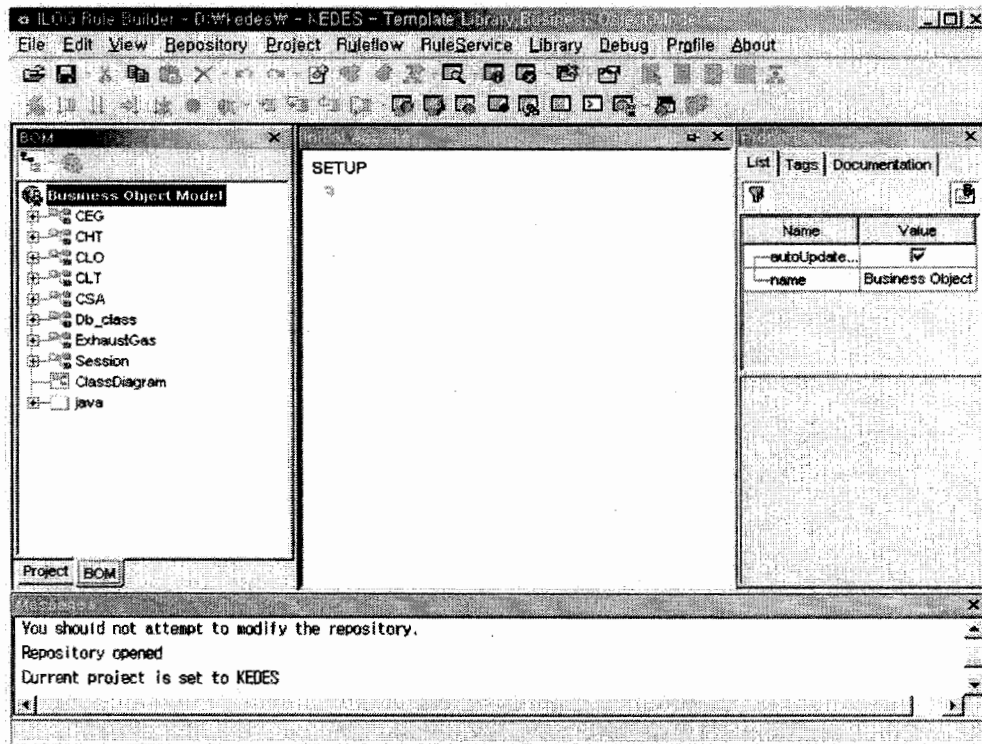


그림 4.9 Business Object Model

설정하는 화면이다. 사용자 ClassPath를 설정하면 JRULES와 외부 JAVA File이 연동하게 된다.

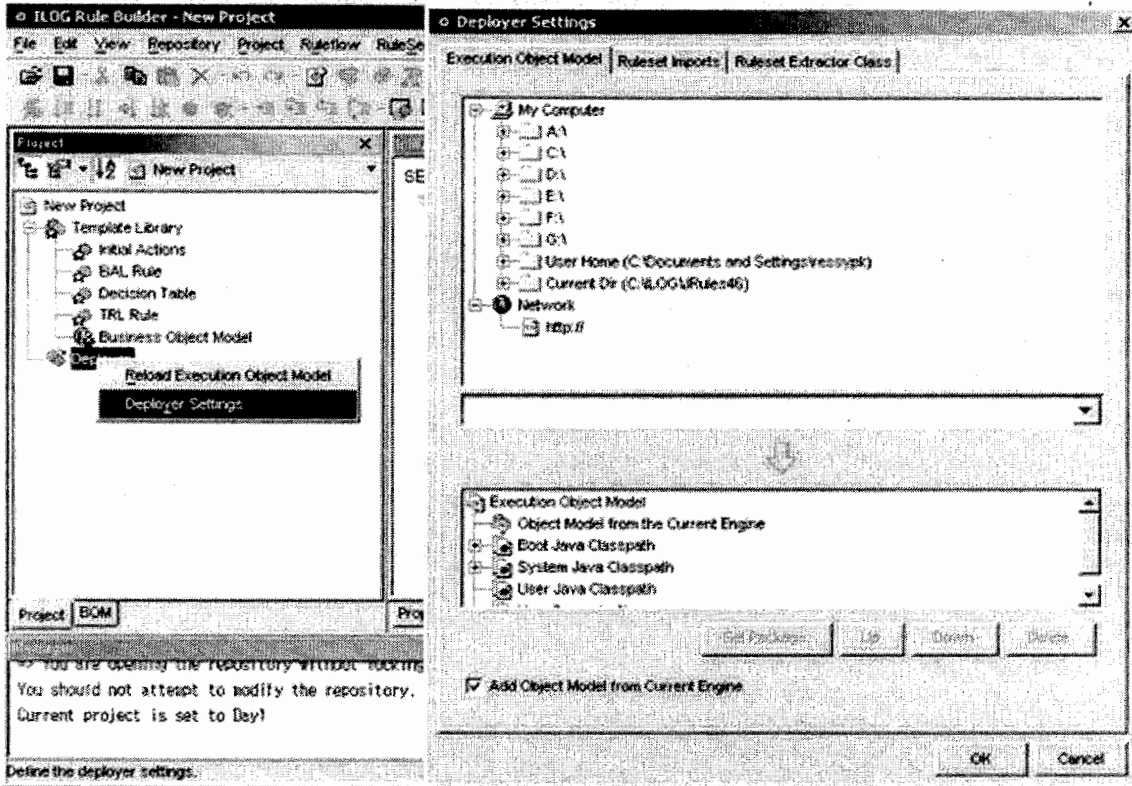


그림 4.7 Deployer Settings

다. BOM(Business Object Model)에 Class를 추가

BOM(Business Object Model)은 Project가 생성되면 자동으로 empty BOM을 생성하게 된다. BOM은 Repository에서 Template Library의 한 부분이다. Template Library에서의 BOM은 정의한 Class들을 가지고 Rule 작성이나 Decision Table을 만들 때 사용된다. XOM을 정의 했다면 정의한 Class들을 Import하여 Rule Builder에서 사용할 수 있다. 그림 4.8은 사용자 Class 파일들을 Import 하는 화면이다. Import 하게 되면 그림 4.9와 같이 BOM Class파일들이 추가 되어진다. 그리고 Class 파일이 변경되었다면 Update Class 하여 변경된 부분을 Update 시킨다.

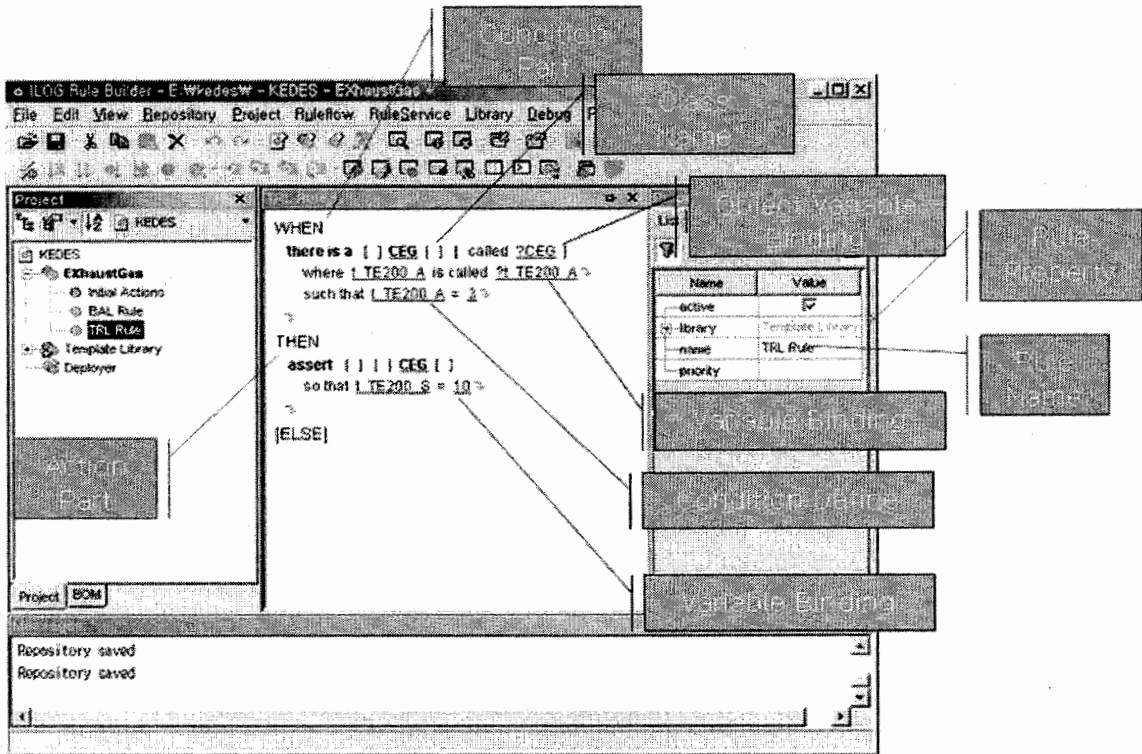


그림 4.11 TRL로 작성한 Rule 화면

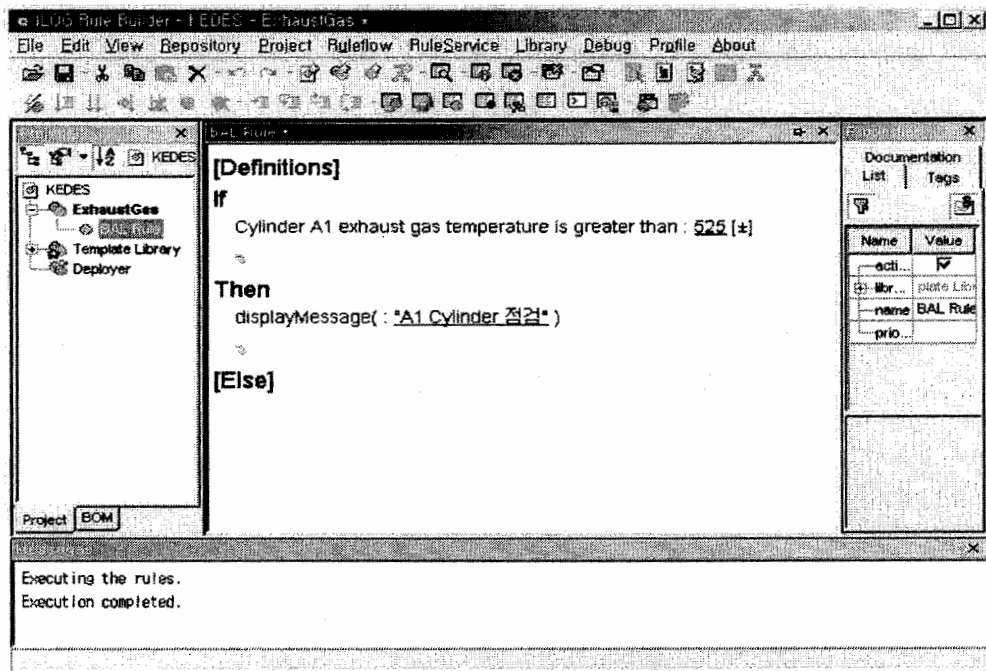


그림 4.12 BAL로 작성한 Rule 화면

라. Rule 작성

Package를 생성한 후 진단에 필요한 Rule을 생성할 수 있다. JRULES에서는 3가지의 Rule 작성 방법이 있다. Rule Language는 IRL(ilog Rule Language) BAL(Business Action Language), TRL(Technical Rule Language)가 있다. IRL은 Run-time Language로서 Rule engine이 실행될 때 사용하는 Rule Language이다. TRL은 개발자를 위한 Rule Format이고 Full Rule Language이다. BAL은 Rule 작성자를 위한 Rule Format이면서 Full Rule Language(IRL,TRL)의 Subset이 된다. 그림 4.10은 Rule을 추가 하는 화면이다.

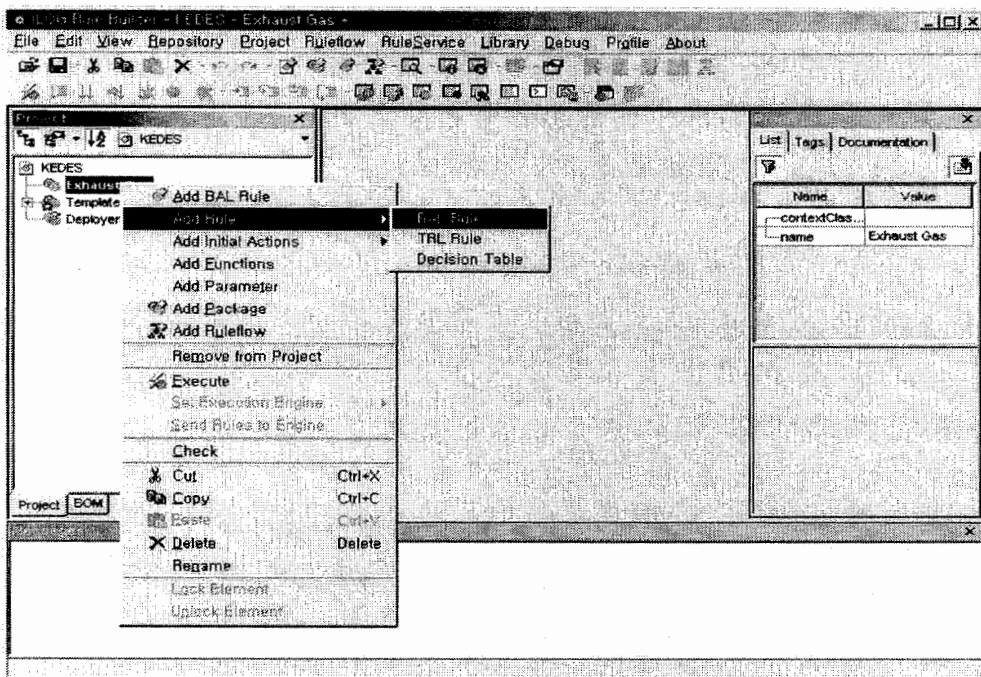


그림 4.10 Rule 추가

그림 4.11은 TRL로 작성한 Rule이다. condition절과 Action절로 나누어져 있다. Rule을 실행했을 때 조건에 맞게 Action절에서 이벤트가 발생하게 된다.

그림 4.12은 BAL로 작성한 Rule이다.

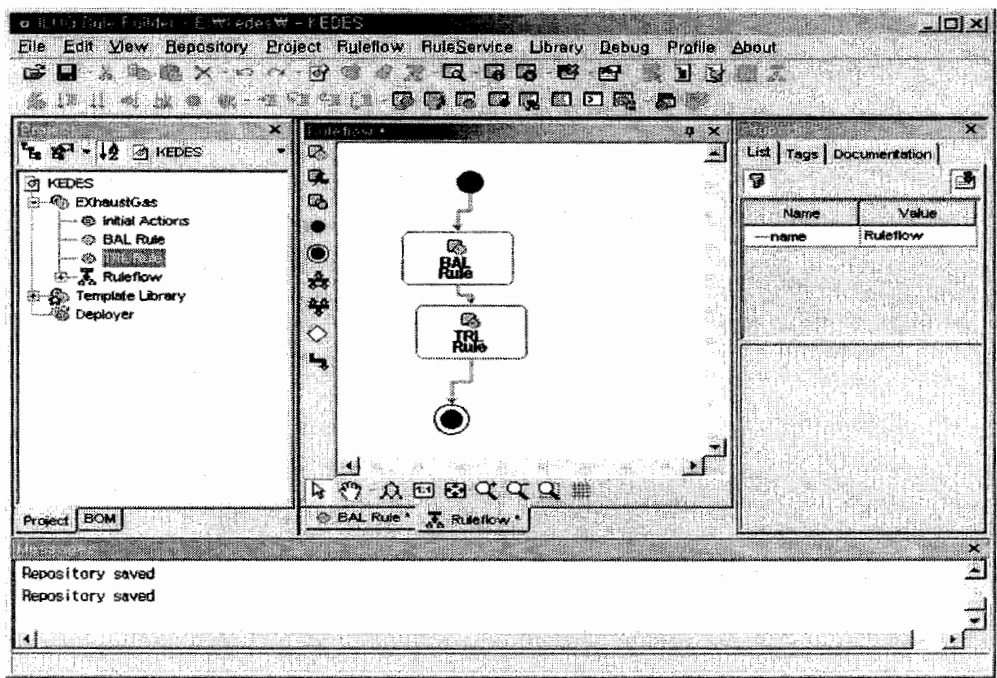


그림 4.14 Ruleflow를 작성하는 화면

사. JRULES 상에서의 Rule Builder 실행

Rule Builder 실행하면 sequential 실행 모드를 보여주게 된다. 실행 했을 때 Agenda, Working Memory, Trace, Output 등의 패널에서 현재 상태의 설정된 상태를 볼 수 있다. 그림 4.15는 실행했을 때 Rule Engine이 생성되는 화면이다.

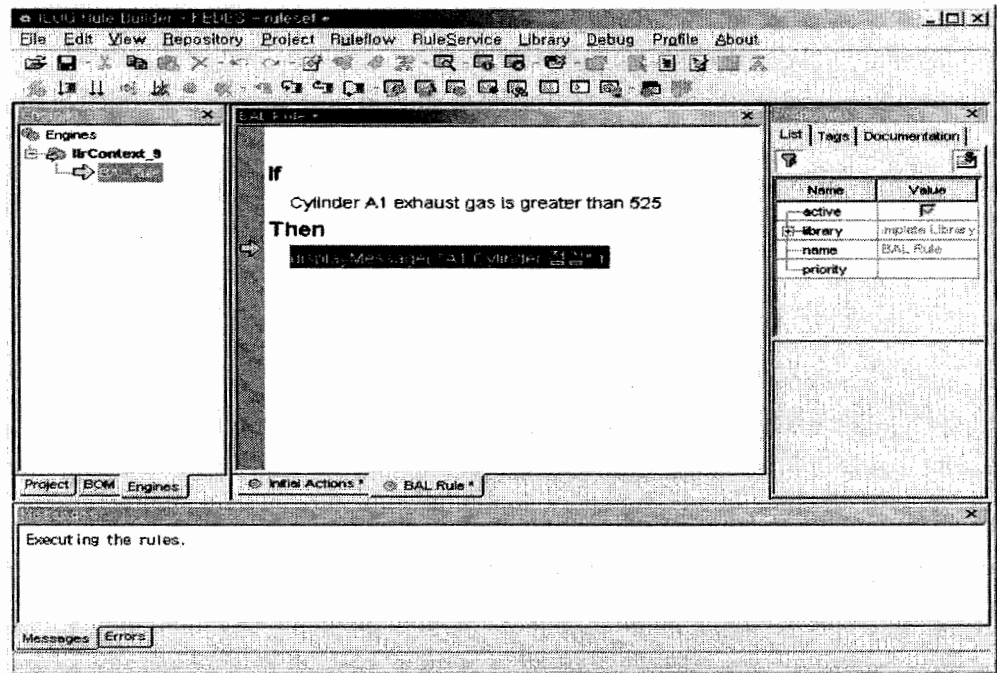


그림 4.15 Rule Engine이 생성되는 화면

그림 4.16은 Rule을 실행했을 때 Working Memory의 상태를 보여주고 있다.

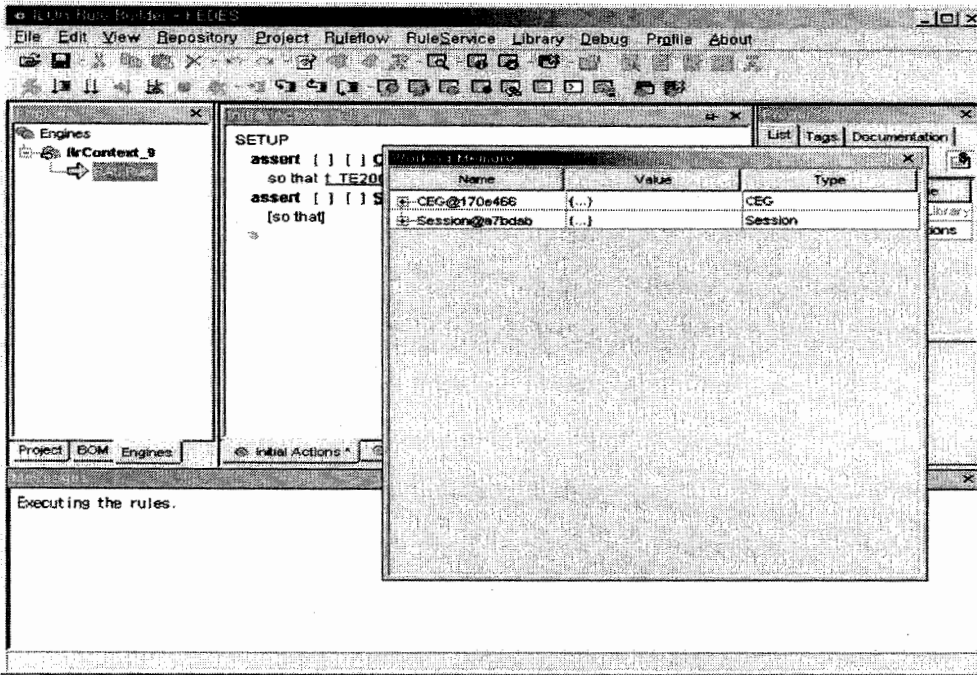


그림 4.16 Working memory의 상태 화면

그림 4.17은 Agenda의 상태를 보여주고 있다.

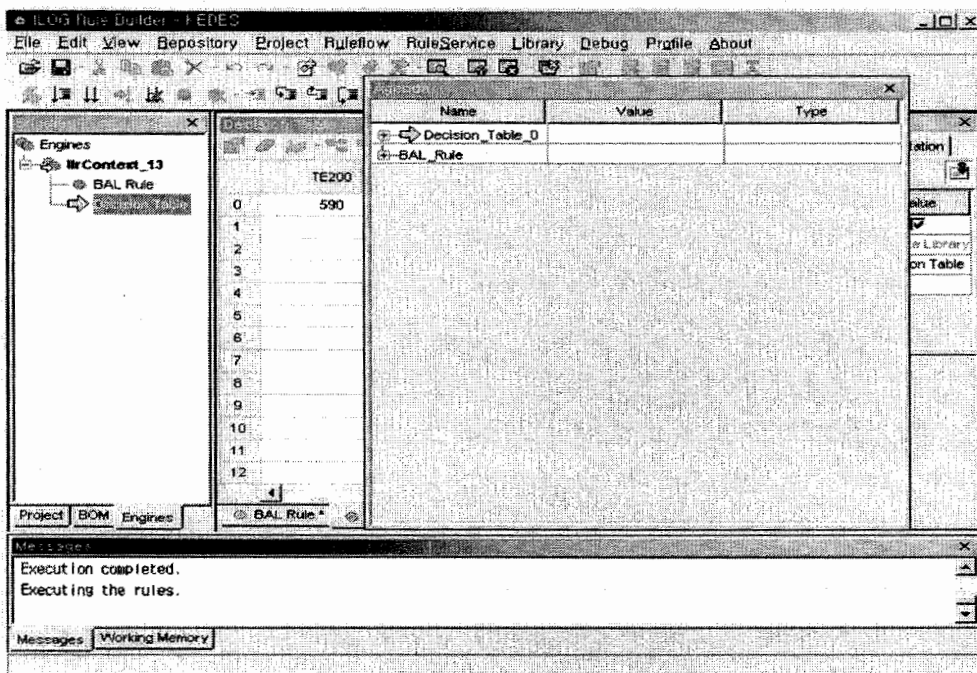


그림 4.17 Agenda의 상태 화면

그림 4.18은 Trace를 보여주고 있다.

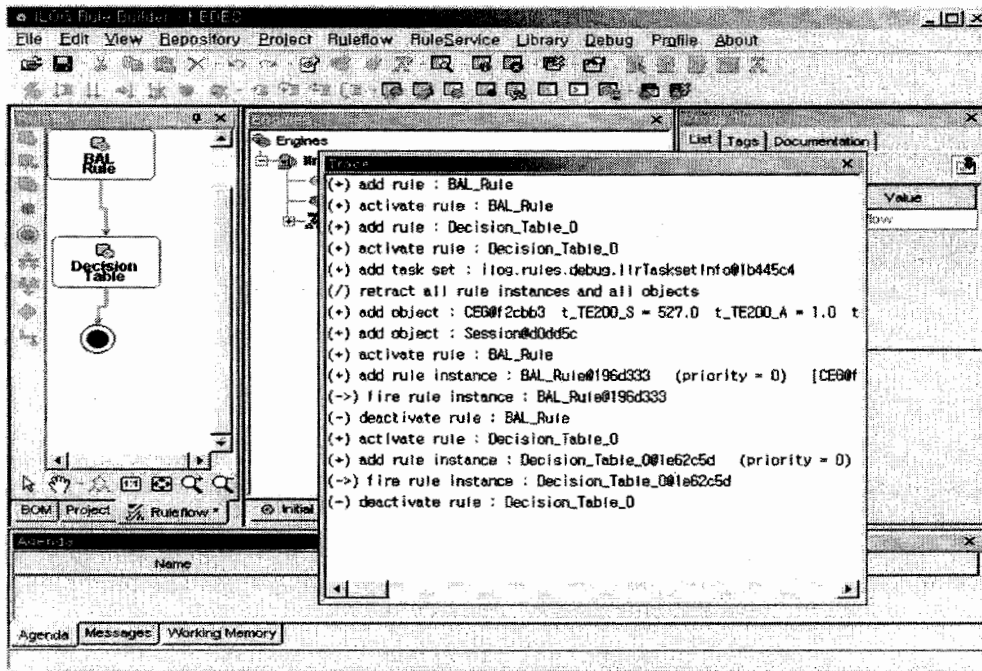


그림 4.18 Trace 화면

그림 4.19는 Message 패널에 진단 결과가 나타난 화면이다.

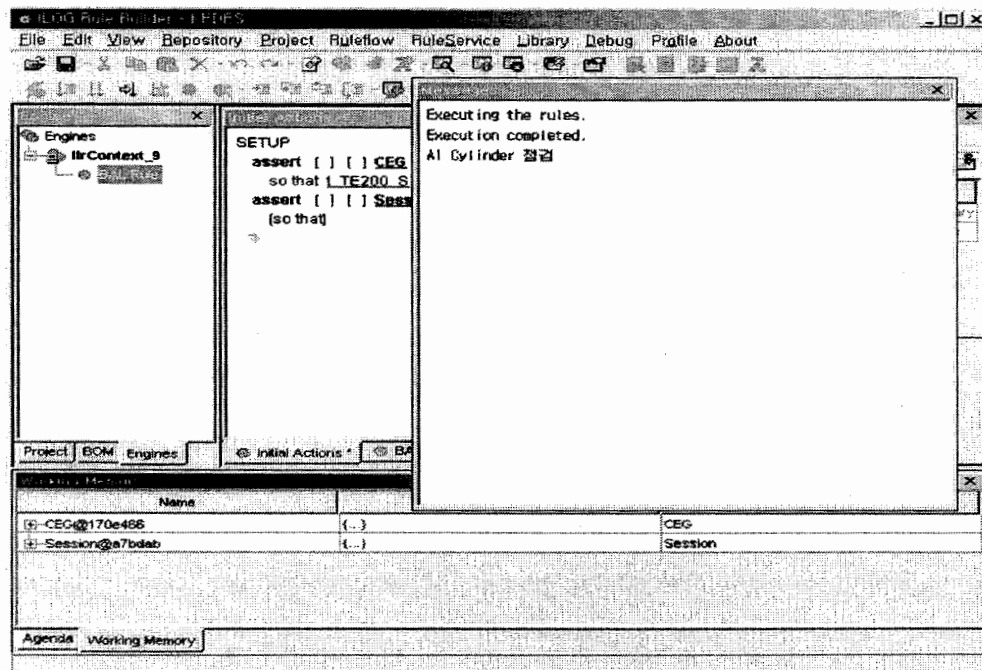


그림 4.19 Message 패널의 진단결과 화면

본 연구에서는 3계통 진단지식의 지식표현 및 추론엔진 작성을 하였으며 총 262 개의 Rule로 구성되어 있다. 그림

```

[Definitions]
If
  t_TE200_S equals : 1 [±]
  and t_TE201_S equals : 1 [±]
  and t_TE202_S equals : 1 [±]
  and t_TE203_S equals : 1 [±]
  and t_TE204_S equals : 1 [±]
  and t_TE205_S equals : 1 [±]
  and t_TE206_S equals : 1 [±]
  and t_TE207_S equals : 1 [±]
  and p_P9_LA_S equals : -1 [±]
Then
  displayMessage( : "A 엔진 과급기 오븐" )
[Else]
  
```

```

[Definitions]
If
  t_TE016_1_A equals : 1 [±]
  and p_IL3081 equals : 1 [±]
  and _IL3083 equals : 0 [±]
Then
  displayMessage( : "LT계통내에 공기 존재여부 조사" )
  and displayMessage( : "공기 존재하면 공기 저지" )
  and displayMessage( : "필프 운전상태 조사" )
  and displayMessage( : "필프 불량이면 교체 운전" )
  and displayMessage( : "그렇지 않으면 유량 조정
  다이아그램 손상 또는 LT계통 스트레이너 교체" )
[Else]
  
```

```

[Definitions]
If
  t_TE042_A equals : 1 [±]
  and p_IL3046 equals : 1 [±]
Then
  displayMessage( : "LO 필프 운전상태 불량" )
  and displayMessage( : "LO 필프 교체 운전" )
  and displayMessage( : "LO filter 점검" )
[Else]
  
```

```

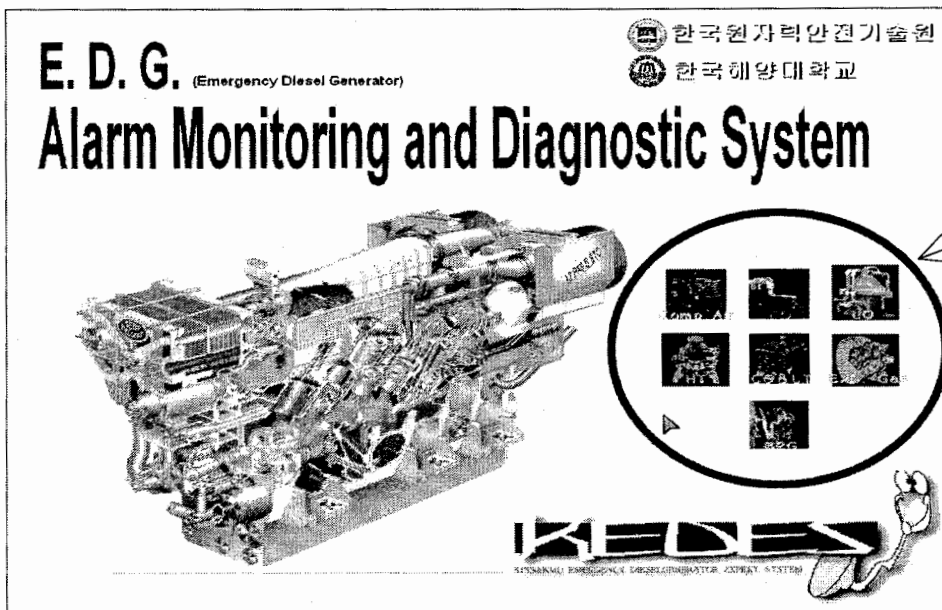
[Definitions]
If
  t_TE042_A equals : 1 [±]
  and t_TE042_S equals : 1 [±]
  and p_IL3046 equals : 0 [±]
Then
  displayMessage( : "thrmc 밸브 제어 불량" )
  and displayMessage( : "온도 제어 수동 조작" )
  and displayMessage( : "엔진 과부하" )
  and displayMessage( : "LO Cooler 오븐" )
[Else]
  
```

그림 4.20 작성한 Rules

제 5 장 실험 및 고찰

5.1 In-Touch기반 KEDES 사용(Monitoring)

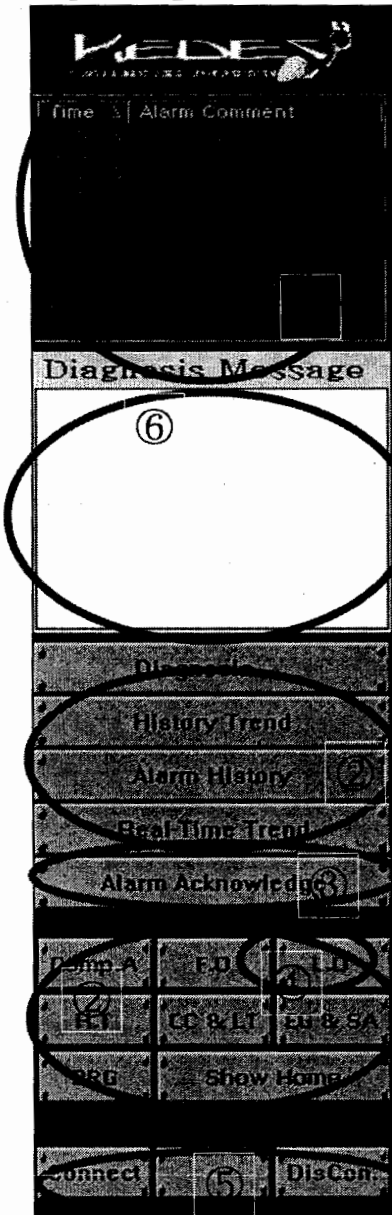
1. KEDES 사용을 위해서는 WONDERWARE의 In-Touch를 설치하여야 한다.
In-Touch사용을 위한 하드웨어와 소프트웨어는 다음과 같다.
 - ① Pentium II processor 또는 그 이상을 가진 IBM compatible PC
 - ② 적어도 2GB 이상의 여유 하드 디스크 공간
 - ③ 적어도 256MB 이상의 RAM, 512MB의 RAM 권장
 - ④ SVGA display adapter(2M 이상 권장)
 - ⑤ Network adapter가 설치되어야 함.
 - ⑥ Window 2000(sp3)이상 또는 Window XP(sp1)이상 운영체제
2. InTouch 설치 후 C:\Program Files\Wonderware\InTouch\View.exe를 실행시킨다. 그러면 WindowViewer가 실행되면서 Main Window가 보인다.
3. Main Window의 8개 Icon은 각각의 System과 연결되어 Icon Click시 각 System Window로 이동하게 된다.



각 Icon은 다음의 System Window와 연결되어 있다.

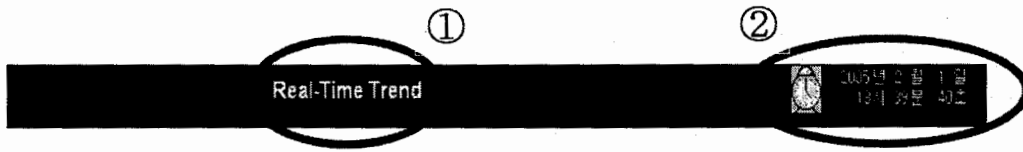
- ① Comp. Air : Compressed Air System
- ② F.O : Fuel Oil System
- ③ L.O : Lubricating Oil System
- ④ H.T : High Temperature water System
- ⑤ C.C & L.T : Component Cooling & Low Temperature water System
- ⑥ Exh. Gas : Exhaust Gas & intake air System
- ⑦ BRG : Bearing System

4. Operating Control Panel (O.C.P)



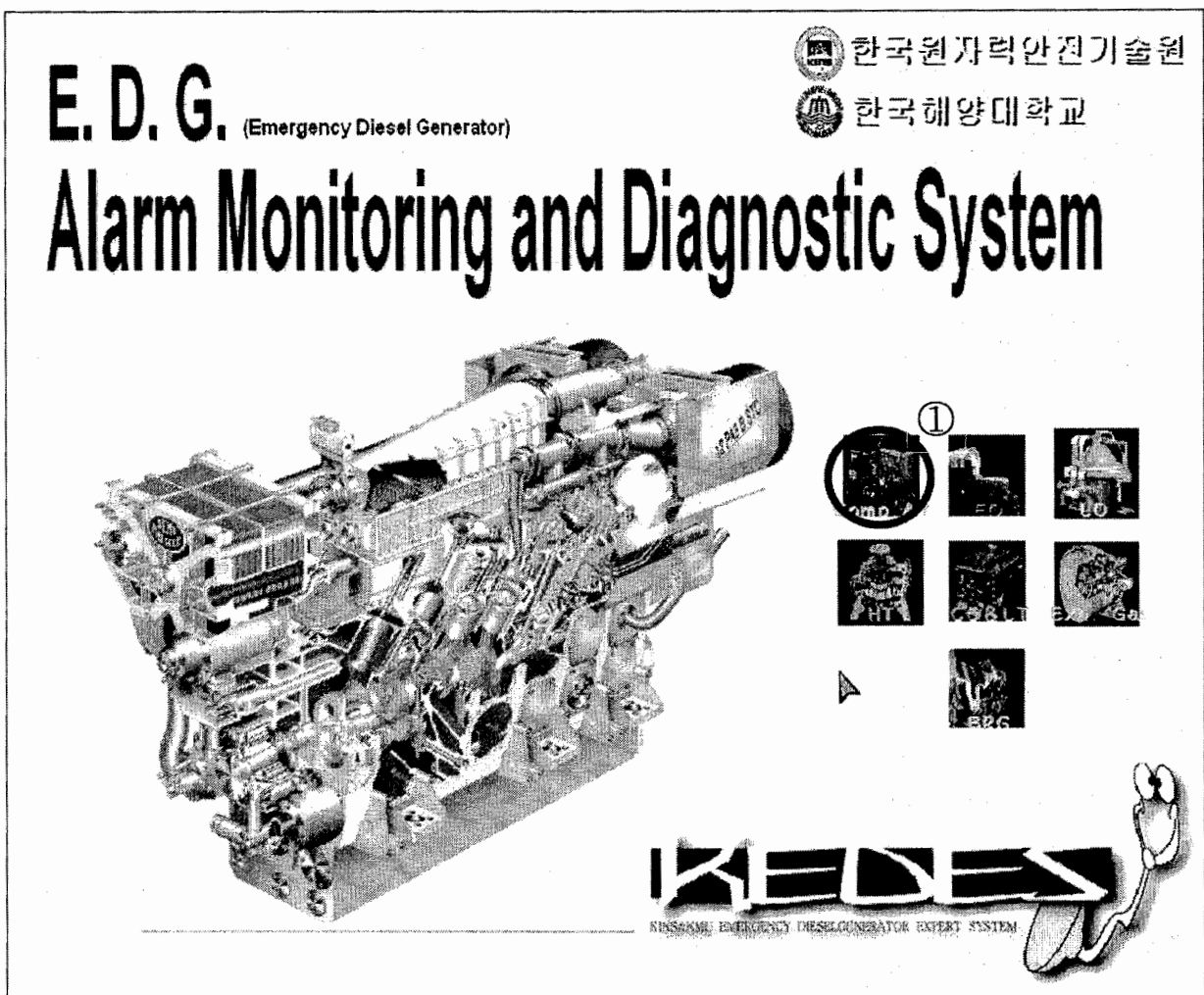
- ① Mini Alarm Window로서 현재시간과 Alarm Item을 보여주고 있다. Alarm이 발생하면 Alarm Item은 시간의 내림차순으로 정렬이 되며 최초 Alarm이 발생하여 Alarm 인지를 하지 않으면 빨간색으로 Text가 나타나며 Alarm 인지 후에는 하얀색으로 바뀐다. 그리고 Alarm Item에 대해서 정비 및 조치 후 기기가 정상상태가 되면 Alarm Item은 사라지게 된다.
- ② 각각의 Button을 Click하면 각 Window로 화면 전환이 이루어진다.
- ③ Alarm 인지를 위한 Button으로서 Alarm 발생시 사용자가 Alarm을 인지했음을 System에 알려주는 역할을 한다.
- ④ Alarm 발생시 해당 시스템의 Button Text가 Alarm 인지 전 빨간색으로 점멸하며 Alarm 인지 후에는 빨간색으로 지속, 정상상태에서는 검정색이다.
- ⑤ GUI와 Data Base의 연결, 정지를 한다.
- ⑥ 발생한 Alarm에 따른 진단을 하여 그 결과를 나타낸다.

5. Title Bar

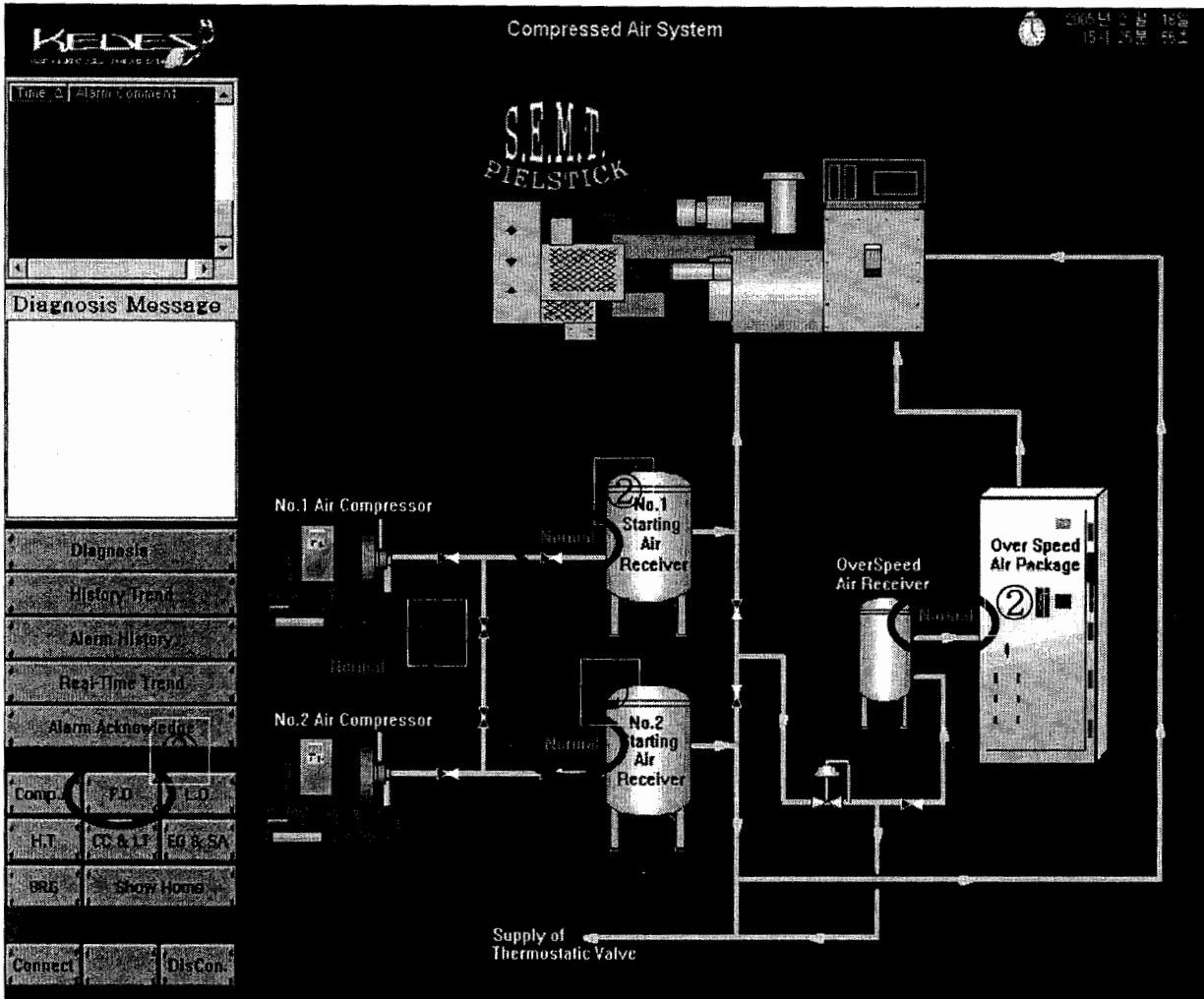


- ① 각각의 System Window로 이동시 해당 System의 Title이 나타난다.
- ② 현재 시간을 나타낸다. 컴퓨터의 시간과 일치함.

6. Compressed Air System Window

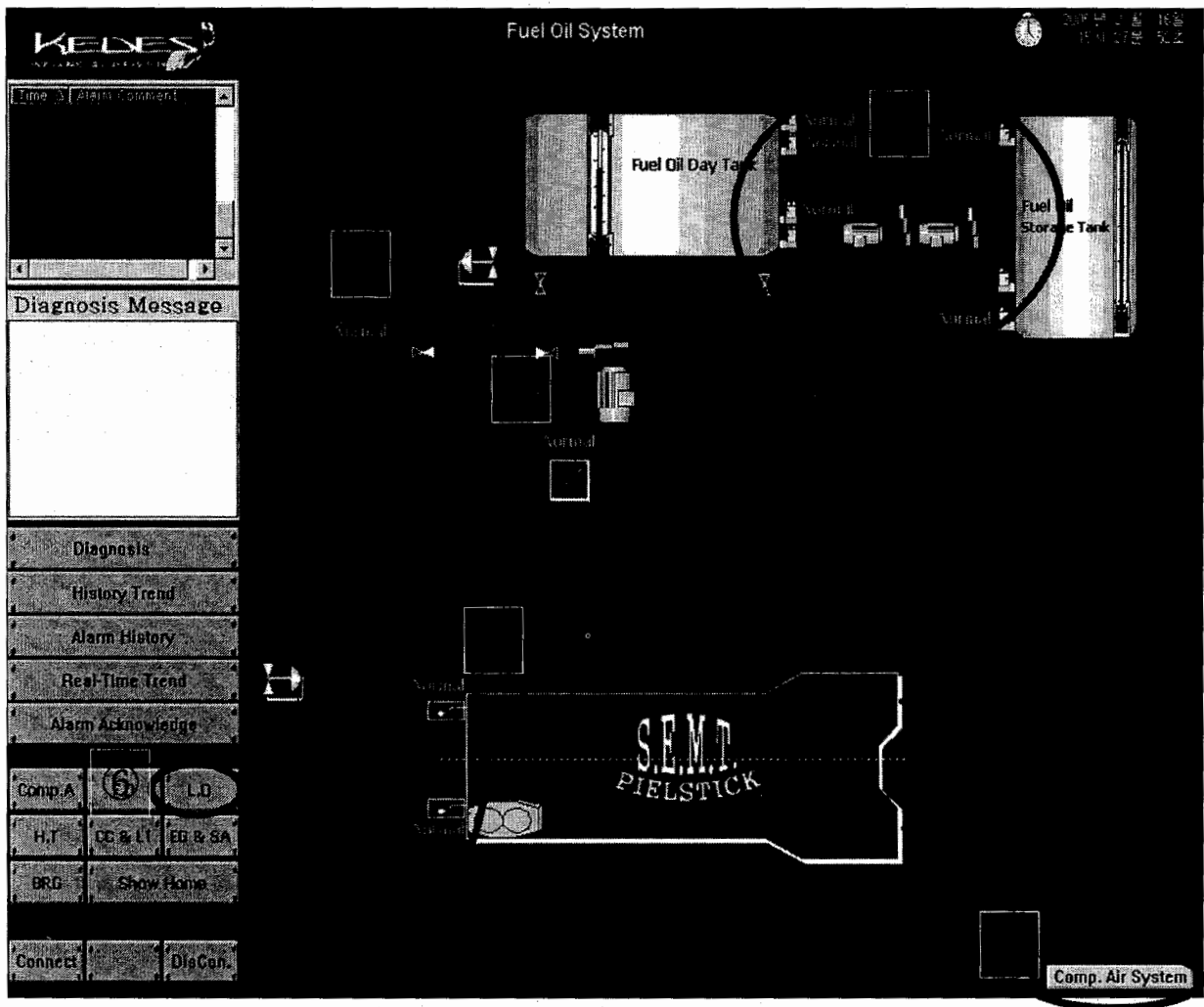


- ① Comp. Air Icon을 Click하면 다음 화면으로 이동한다.



- ① Digital 신호로 System에 입력되어 Normal/Abnormal 상태를 감시할 수 있다. Air Compressor의 작동상태를 나타내고 있다. Abnormal시 Fault 라 표시된다.
- ② Digital 신호로 System에 입력되어 Normal/Abnormal 상태를 감시할 수 있다. Alarm은 각 Tank의 Pressure 상태를 나타내고 있다. 각 Tank는 PAL(Pressure Alarm Low)이라 표시된다.
- ③ 현재화면에서 O.C.P Window의 F.O Button을 Click하면 Fuel Oil System Window로 이동한다.

7. Fuel Oil System Window



- ① 각 F.O Tank의 Level 상태를 나타내고 있으며 Digital 신호로 System에 입력되어 Level의 High, Low 상태를 감시할 수 있다. 각 Tank Level Alarm은 다음과 같이 표현하였다.

Fuel Oil Day Tank	Fuel Oil Storage Tank
LAHH(Level Alarm HighHigh)	LAH(Level Alarm High)
LAH(Level Alarm High)	LAL(Level Alarm Low)
LAL(Level Alarm Low)	LALL(Level Alarm LowLow)
LALL(Level Alarm LowLow)	

- ② EDG로 유입되는 F.O 압력의 Digital 신호로 System에 입력되어 Normal/Abnormal

상태만을 감시할 수 있다. 압력이 설정치 이하가 되면 PAL(Pressure Alarm Low)이라 표시된다

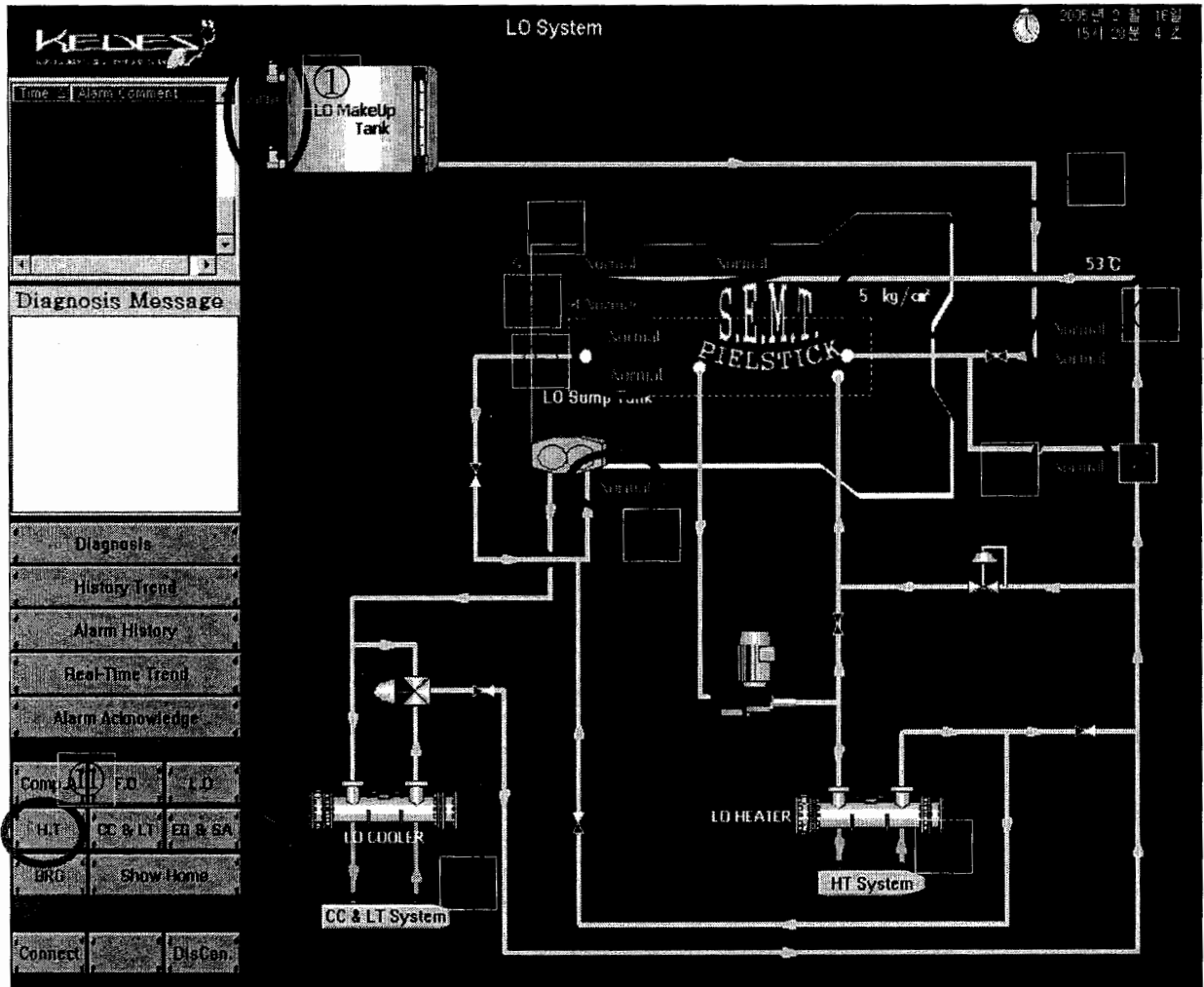
③ F.O Filter 차압이 Digital 신호로 System에 입력되어 Normal/Abnormal 상태를 감시할 수 있다. 차압이 설정치 이상 되면 DPH(Differential Pressure alarm High)라 표시된다.

④ EDG에서 누설하는 F.O가 일정량 이상이 되면 Digital 신호로 System에 입력되어 Normal/Abnormal 상태를 감시할 수 있다. Leakage Detector의 Level이 설정치 이상이 되면 LAH(Level Alarm High)가 표시된다

⑤ Button Click시 Compressed Air System Window로 이동함.

⑥ 현재화면에서 O.C.P Window의 L.O Button을 Click하면 Lubricating Oil System Window로 이동한다.

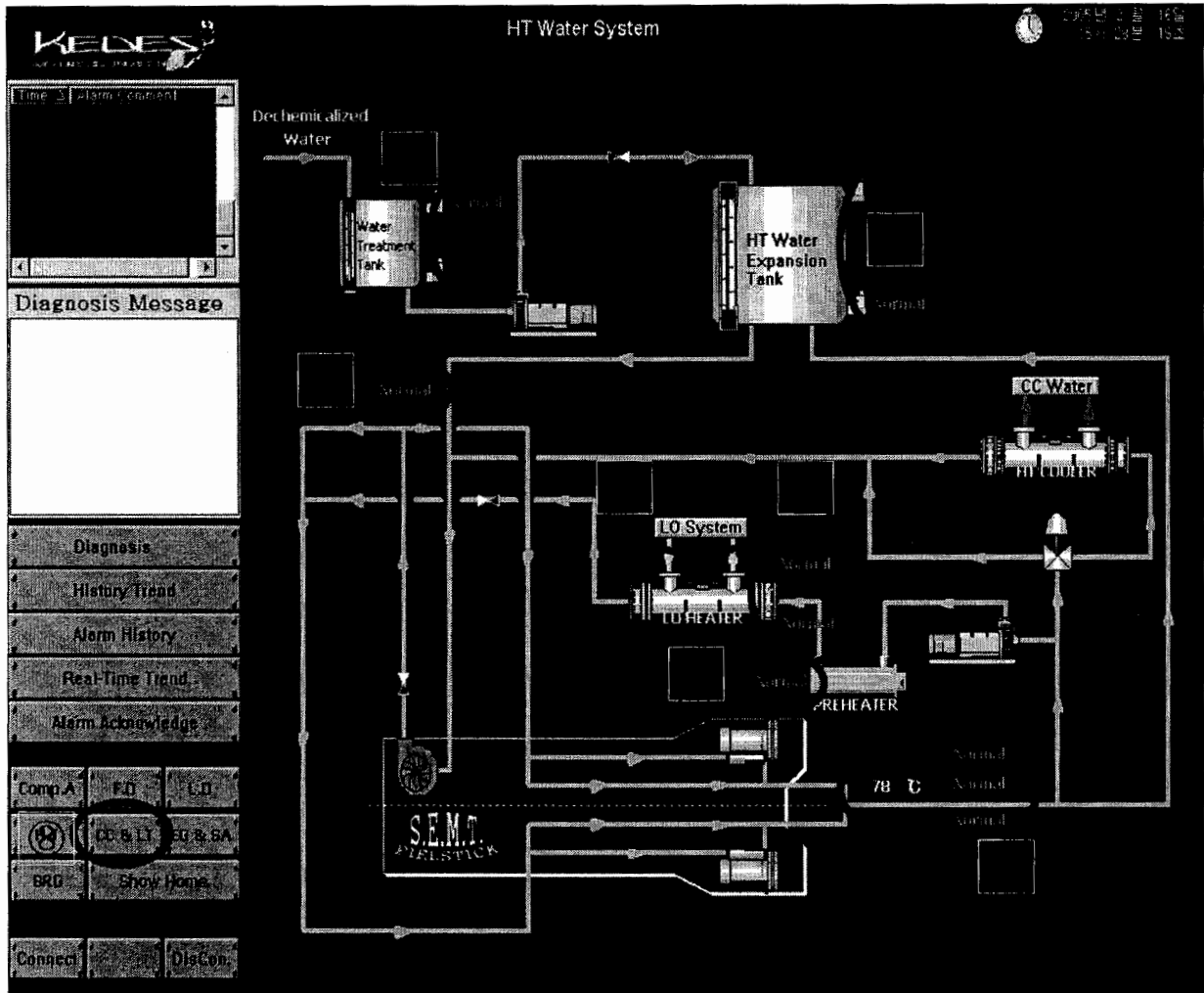
8. Lubricating Oil System Window



- ① L.O MakeUp Tank의 Level 상태를 나타내고 있으며 Level의 High, Low 상태 만 Digital 신호로 System에 입력되어 Normal/Abnormal 상태만을 감시할 수 있다. Tank Level Alarm은 LAH(Level Alarm High), LAL (Level Alarm Low)으로 표현하였다.
- ② EDG에 유입되는 L.O Pressure로서 설정치 이하가 되면 Digital 신호로 System에 입력되어 Normal/Abnormal 상태만을 감시할 수 있다. 현재의 System에서는 4.5bar이하가 되면 Alarm만 발생하며 3.5bar 이하가 되면 EDG System의 Stop 과 동시에 Alarm이 발생하도록 제작되었다.
- ③ EDG에 유입되는 L.O의 Pressure & Temperature가 Analog값으로 실시간 입력 되어 Text로 표현되도록 하였다.

- ④ EDG Crank Chamber의 압력이 Digital 신호로 System에 입력되어 Normal/Abnormal 상태를 감시할 수 있다. Crank Chamber의 압력이 설정치 이상 상승하면 PAH(Pressure Alarm High)로 표현된다.
- ⑤ EDG L.O Sump Tank의 Level 상태를 나타내고 있으며 Level의 Low, LowLow 상태를 감시할 수 있다. Tank Level Alarm은 LAL(Level Alarm Low), LALL (Level Alarm LowLow)으로 표현하였다.
- ⑥ EDG에 유입되는 L.O Temperature로서 설정치 이하가 되면 Digital 신호로 System에 입력되어 Normal/Abnormal 상태를 감시할 수 있다. 현재의 System에서는 40℃이하가 되면 TAL(Temperature Alarm Low)가 발생하며 63℃ 이상이 되면 TAH(Temperature Alarm High)이 발생하도록 제작되었다.
- ⑦ L.O Filter 차압이 Digital 신호로 System에 입력되어 Normal/Abnormal 상태를 감시할 수 있다. 차압이 설정치 이상 되면 DPH (Differential Pressure alarm High)라 표시된다.
- ⑧ Oil Priming Failure Alarm으로서 Engine Driven Lub. Oil Pump 입구의 Pipe 내부에 L.O의 Level을 확인하는 것으로서 Level이 설정치 이하가 되면 Digital 신호로 System에 입력되어 Normal/Abnormal 상태를 감시하며 Alarm 발생시 Failure라고 표시된다.
- ⑨ Button Click시 C.C & L.T water System Window로 이동함.
- ⑩ Button Click시 H.T water System Window로 이동함.
- ⑪ 현재화면에서 O.C.P Window의 H.T Button을 Click하면 High Temperature water System Window로 이동한다.

9. High Temperature water System Window

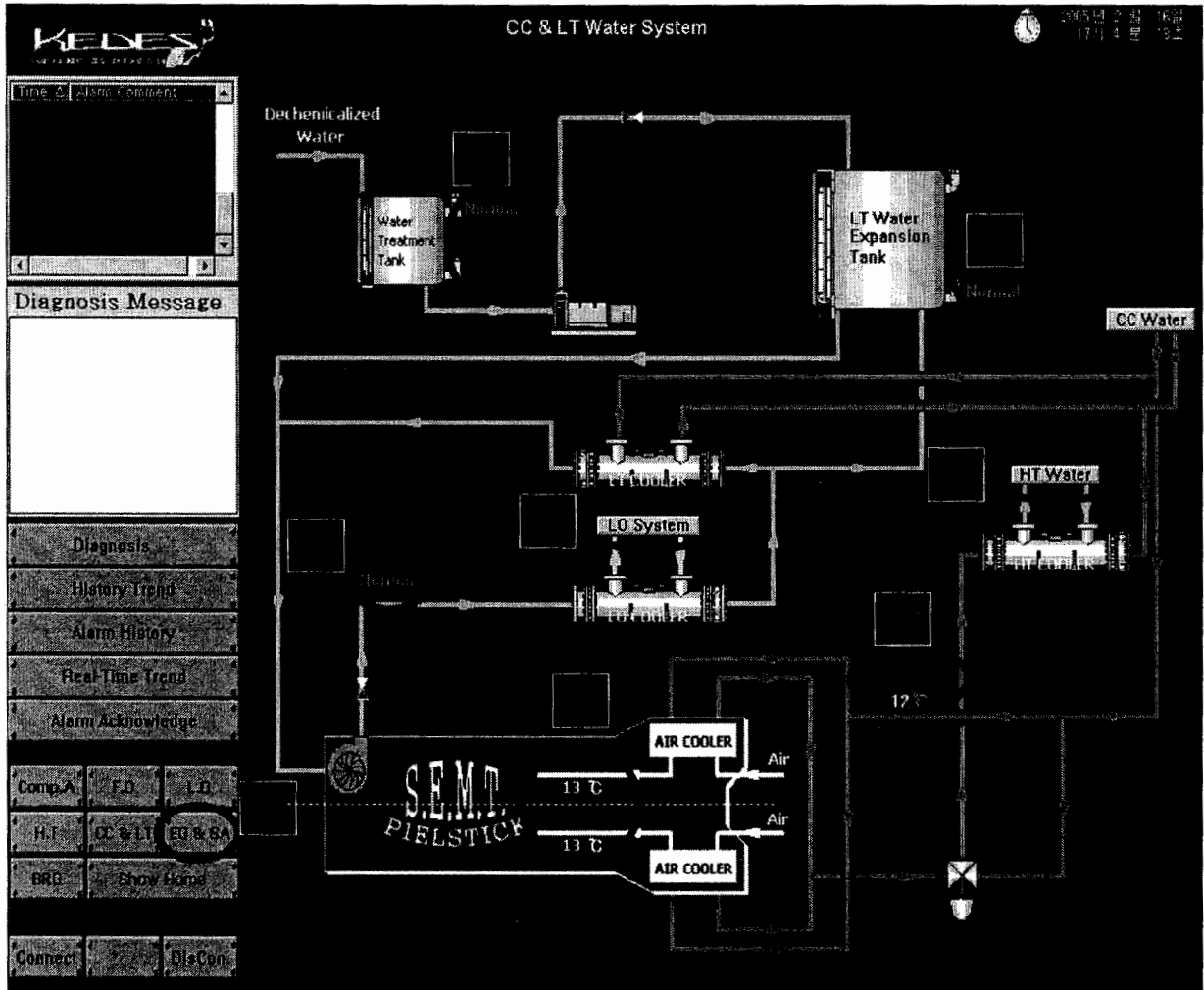


- ① Water Treatment Tank의 Level 상태를 나타내고 있으며 Level의 High, Low 상태만 Digital 신호로 System에 입력되어 Normal/Abnormal 상태를 감시할 수 있다. Tank Level Alarm은 LAH(Level Alarm High), LAL (Level Alarm Low)으로 표현하였다.
- ② H.T Water Expansion Tank의 Level 상태를 나타내고 있으며 Level의 High, Low 상태만 Digital 신호로 System에 입력되어 Normal/Abnormal 상태를 감시할 수 있다. Tank Level Alarm은 LAH(Level Alarm High), LAL (Level Alarm Low)으로 표현하였다.
- ③ EDG로 유입되는 H.T Water 압력이 Digital 신호로 System에 입력되어 Normal/Abnormal 상태를 감시할 수 있다. 압력이 설정치 이하가 되면 PAL(Pressure Alarm Low)이라 표

시된다.

- ④ Button Click시 L.O System Window로 이동함.
- ⑤ Preheater를 통과한 H.T water Temperature의 상태를 Temperature High, Low 상태만 Digital 신호로 System에 입력되어 Normal/Abnormal 상태만을 감시할 수 있다.
- ⑥ Preheater를 통과한 H.T water Pressure의 상태를 Pressure Low 상태만 Digital 신호로 System에 입력되어 Normal/Abnormal 상태만을 감시할 수 있다.
- ⑦ H.T Water의 EDG Cylinder Jacket Cooling 후 Outlet Temperature를 감시하는 것으로서 Temperature가 Analog값으로 실시간 입력되어 Text로 표현되도록 하였다.
Alarm의 경우는 TAHH(Temperature Alarm HighHigh), TAH(Temperature Alarm High), TAL(Temperature Alarm Low)로 표시하였다.
- ⑧ 현재화면에서 O.C.P Window의 C.C & L.T Button을 Click하면 Cooler Cooling & Low Temperature water System Window로 이동한다.

10. Component Cooling & Low Temperature water System Window

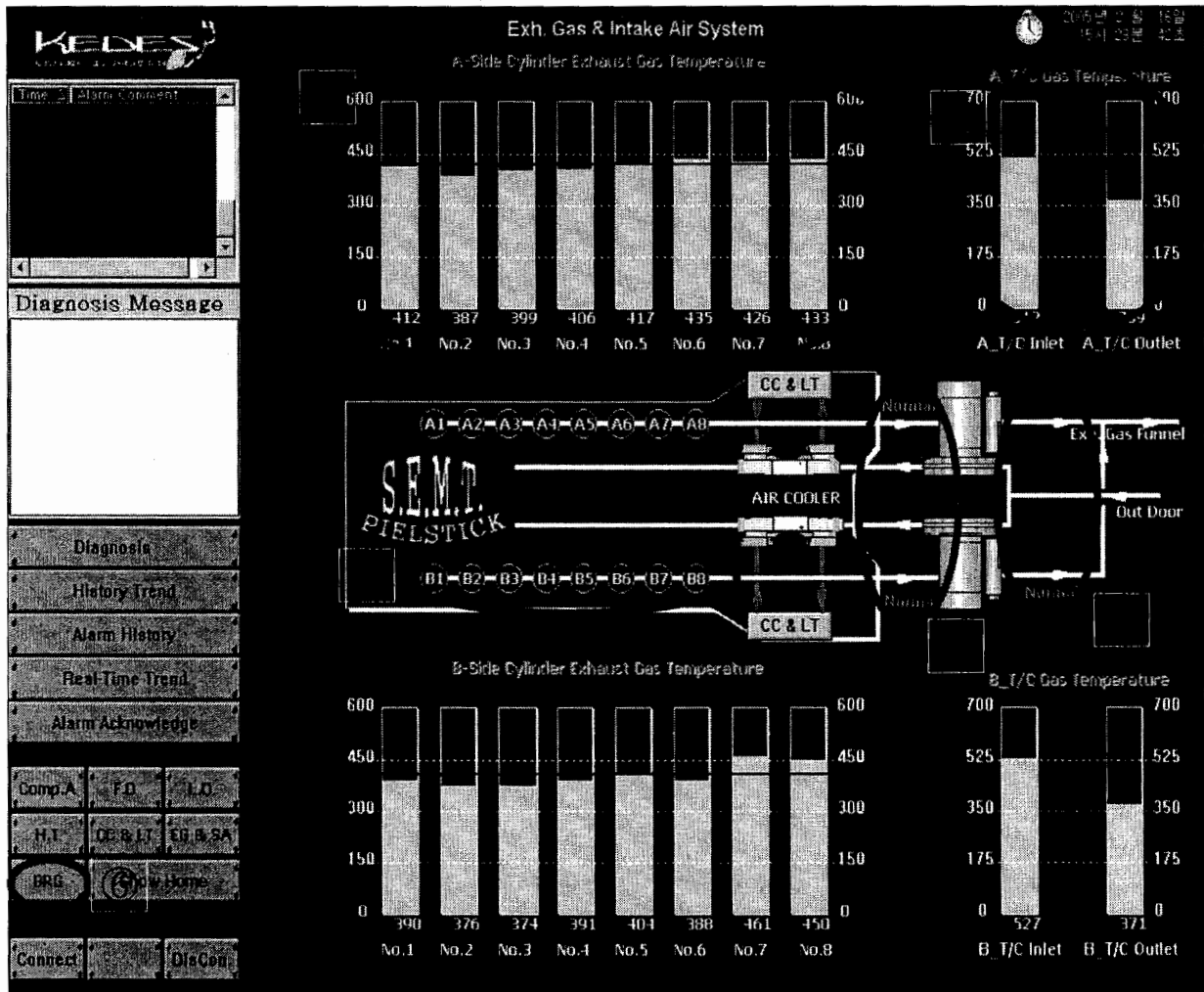


- ① Water Treatment Tank의 Level 상태를 나타내고 있으며 Level의 High, Low 상태만 Digital 신호로 System에 입력되어 Normal/Abnormal 상태만을 감시할 수 있다. Tank Level Alarm은 LAH(Level Alarm High), LAL (Level Alarm Low)으로 표현하였다.
- ② L.T Water Expansion Tank의 Level 상태를 나타내고 있으며 Level의 High, Low 상태만 Digital 신호로 System에 입력되어 Normal/Abnormal 상태만을 감시할 수 있다. Tank Level Alarm은 LAH(Level Alarm High), LAL (Level Alarm Low)으로 표현하였다.
- ③ EDG로 유입되는 L.T Water 압력이 Digital 신호로 System에 입력되어 Normal/Abnormal 상태만을 감시할 수 있다. 압력이 설정치 이하가 되면 PAL(Pressure Alarm Low)이라 표

시된다.

- ④ Button Click시 L.O System Window로 이동함.
- ⑤ Button Click시 H.T water System Window로 이동함.
- ⑥ Air Cooler에 유입되는 C.C Water Temperature를 감시하는 것으로서 Temperature가 Analog값으로 실시간 입력되어 Text로 표현되도록 하였다.
- ⑦ Air Cooler를 통과하면서 Cooling된 Scavenging Air의 Temperature를 감시하는 것으로서 Temperature가 Analog값으로 실시간 입력되어 Test로 표현되도록 하였다.
- ⑧ 현재화면에서 O.C.P Window의 E.G & S.A Button을 Click하면 Exhaust Gas & Scavenging Air System Window로 이동한다.

11. Exhaust Gas & Scavenging Air System Window



① A-Side Cylinder Exhaust Gas Temperature를 막대그래프 형태로 표시했으며 각 Cylinder의 Temperature는 Analog값으로 실시간 System에 입력된다. 빨간 선(525)은 Temperature Alarm High 한계치를 표시하고 있으며, 파란색(405)은 현재 System에 실시간으로 입력되는 각 Cylinder Temperature의 Analog값을 평균한 값으로 Temperature 변화와 함께 연속적으로 변화하면서 값을 나타낼 수 있도록 제작되었다.

Temperature Alarm High 한계치 이상이 되면 막대그래프에 채워지는 색은 노란색(Normal)에서 빨간색(Abnormal)으로 변한다.

B-Side도 동일하게 제작되었다.

② A-Side T/C Inlet/Outlet Gas Temperature를 막대그래프 형태로 표시했으며

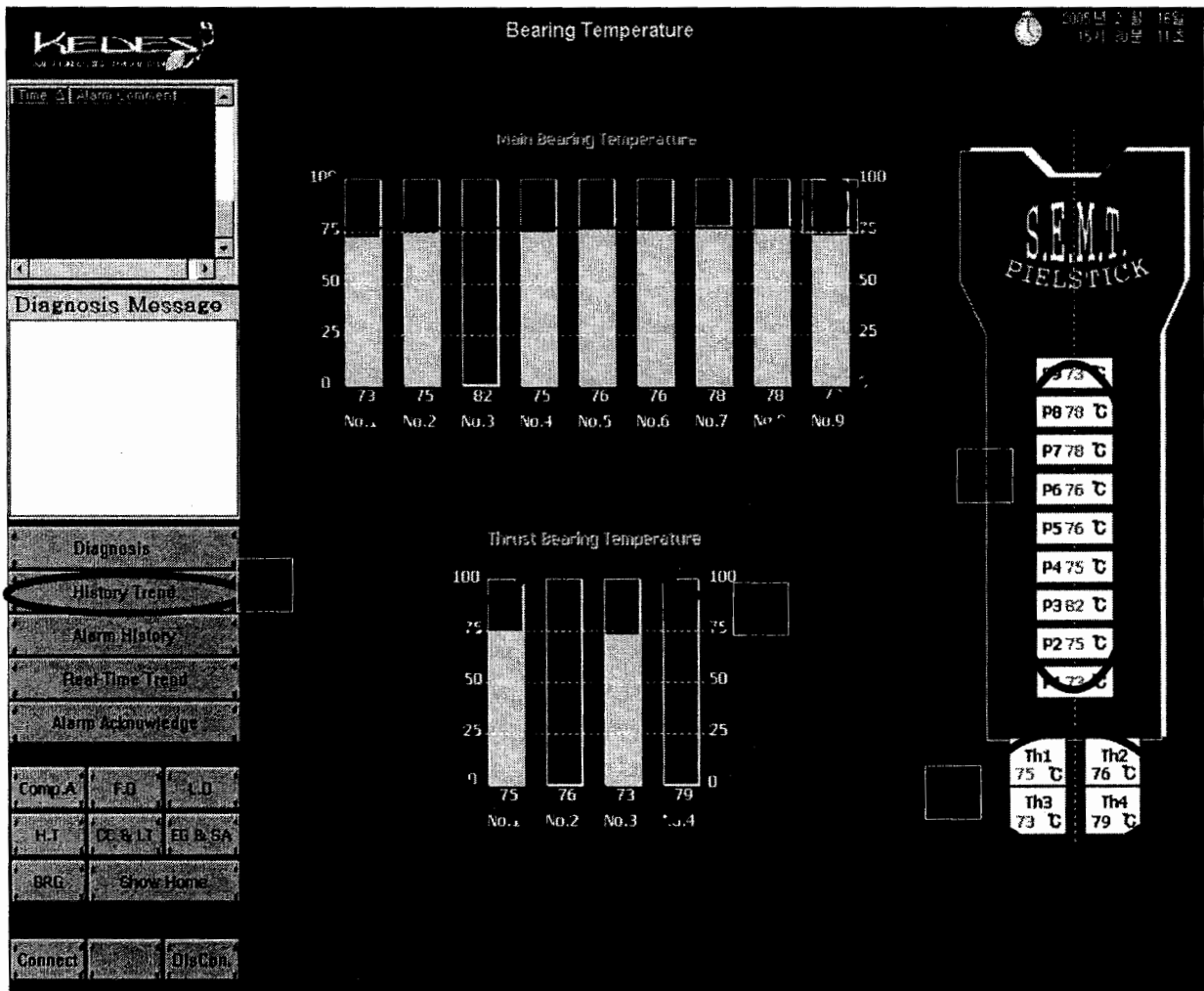
T/C Inlet/Outlet Gas의 Temperature는 Analog 값으로 실시간 System에 입력된다.

Temperature Alarm High 한계치 이상이 되면 막대그래프에 채워지는 색은 노란색(Normal)에서 빨간색(Abnormal)으로 변한다.

B-Side T/C도 동일하게 제작되었다.

- ③ EDG의 각 Cylinder를 나타낸 것이며 Temperature Alarm High 한계치 이상이 되면 빨간색으로 점멸한다.
- ④ T/C Inlet Gas Temperature의 High, HighHigh 상태가 Digital 신호로 System에 입력되어 Normal/Abnormal 상태만을 감시할 수 있다. Temperature Alarm은 TAH(Temperature Alarm High), TAHH (Temperature Alarm Low)으로 표현하였다.
- ⑤ T/C Outlet Gas Temperature의 High 상태가 Digital 신호로 System에 입력되어 Normal/Abnormal 상태만을 감시할 수 있다. Temperature Alarm은 TAH(Temperature Alarm High)로 표현하였다.
- ⑥ 현재화면에서 O.C.P Window의 BRG Button을 Click하면 Bearing System Window로 이동한다.

12. Bearing System Window



- ① Main Bearing Temperature를 막대그래프 형태로 표시했으며 각 Main Bearing의 Temperature는 Analog값으로 실시간 System에 입력된다. 빨간선()은 Temperature Alarm High 한계치를 표시하고 있으며, 파란색()은 현재 System에 실시간으로 입력되는 각 Main Bearing Temperature의 Analog값을 평균한 값으로 Temperature 변화와 함께 연속적으로 변화하면서 값을 나타낼 수 있도록 제작되었다.

Temperature Alarm High 한계치 이상이 되면 막대그래프에 채워지는 색은 노란색(Normal)에서 빨간색(Abnormal)으로 변한다.

- ② EDG Main Bearing Temperature를 각 구역별로 나누어 Text로 볼 수 있도록 했으며 Temperature Alarm High 한계치 이상이 되면 Text의 색이 연초록에서 빨

간색으로 점멸하게끔 제작되었다.

- ③ Thrust Bearing Temperature를 막대그래프 형태로 표시했으며 각 Thrust Bearing의 Temperature는 Analog값으로 실시간 System에 입력된다. 빨간선()은 Temperature Alarm High 한계치를 표시하고 있으며, 파란선()은 현재 System에 실시간으로 입력되는 각 Thrust Bearing Temperature의 Analog값을 평균한 값으로 Temperature 변화와 함께 연속적으로 변화하면서 값을 나타낼 수 있도록 제작되었다.

Temperature Alarm High 한계치 이상이 되면 막대그래프에 채워지는 색은 노란색(Normal)에서 빨간색(Abnormal)으로 변한다.

- ④ EDG Thrust Bearing Temperature를 각 구역별로 나누어 Text로 볼 수 있도록 했으며 Temperature Alarm High 한계치 이상이 되면 Text의 색이 연초록에서 빨간색으로 점멸하게끔 제작되었다.

- ⑤ 현재화면에서 O.C.P Window의 History Trend Button을 Click하면 History Trend Window로 이동한다.

13. History Trend Window

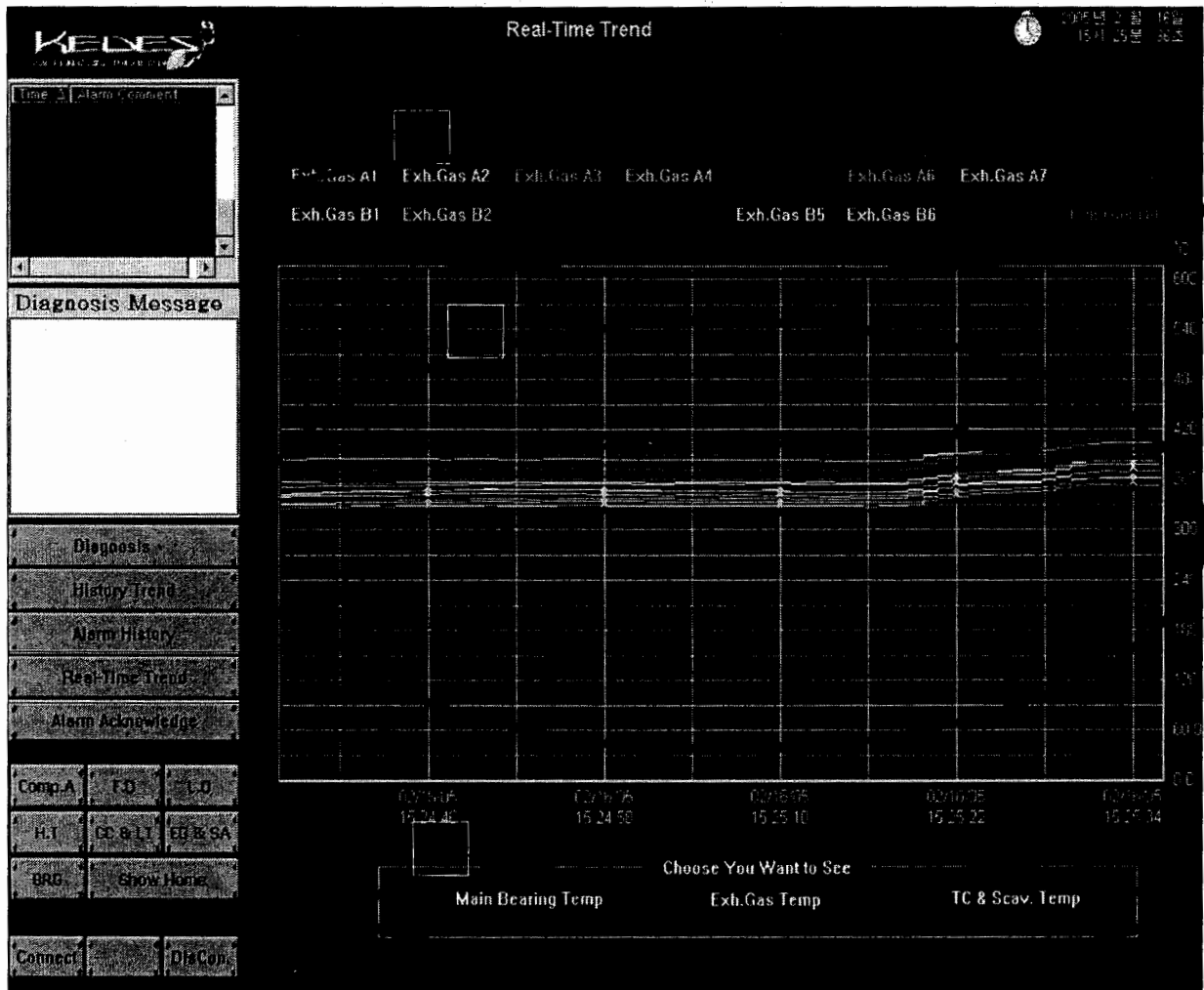


- ① 눈금을 나타낸다. 눈금의 최대치는 보여지는 그래프의 최대치에 따라 자동으로 바뀐다.
- ② 좌측 scooter : History Trend를 보기 시작하는 시간을 이동한다. 오른쪽으로 움직여서 더 이후의 시간부터 보는 것은 가능하나, 왼쪽으로 움직일 수는 없다. 왼쪽으로 움직이기 위해서는 4번을 참고하라.
- ③ 우측 scooter : History Trend를 볼 시간의 끝을 가리킨다. 왼쪽으로 움직여서 이전의 시간까지 보는 것은 가능하나, 오른쪽으로 움직일 수는 없다. 오른쪽으로 움직이기 위해서는 4번을 참고하라.
- ④ 검색 시작에서는 Trend를 보고 싶은 시간의 시작시간을 입력한다. 바로 아래의 두

시간은 scooter가 가리키는 시간을 나타낸다. 화살표를 사용하여 시간을 조절한다. 바로 아래 분을 표시하는 곳이 있는데, 이 곳을 클릭하여 분 단위의 시간을 설정한다. 이 때 설정한 시간은 모든 화살표를 클릭할 때, 시간을 움직이는 기본단위가 된다. Go End 버튼은 History Trend를 가장 마지막 저장된 시간까지 보여준다. 가장 아래 있는 Zoom In과 Zoom Out은 Scooter사이를 확대하거나 축소한다.

- ⑤ History Trend를 보기 위해 4개의 메뉴 중 하나를 선택하도록 되어있다. 각 메뉴를 클릭하면 아래 빈 공간에 Submenu가 나타나며, Submenu의 이름을 클릭하면 그래프에 클릭된 Tag의 History Trend가 보인다. 이 때 보이는 선의 색상은 클릭했을 때 Submenu의 이름이 바뀌는 색상과 동일하다.
- ⑥ 현재화면에서 O.C.P Window의 Real-Time Button을 Click하면 Real-Time Trend Window로 이동한다.

14. Real-Time Trend Window



- ① ③에서 보고자 하는 System을 선택하면 System의 세부항목이 표시되는 부분이며 표시되는 항목은 각각 선택하여 ②에 표시할 수 있다.
- ② ①에서 선택한 항목이 실시간 그래프로 나타나는 부분이다.
- ③ 현재 보고자하는 System을 다음에서 선택할 수 있다.
 - a. Main Bearing Temperature
 - b. Exhaust Gas Temperature
 - c. T/C & Scavenging Air Temperature

5.2 JRULES기반 KEDES 사용(Diagnosis)

1. In-Touch에서 실시간 모니터링을 하면서 알람이 발생하게 되면 AlarmViewerCtrl에서 발생한 알람에 대한 목록을 보여주게 된다. 그림 5.1은 Exhaust Gas의 Cylinder A1의 배기가스 온도가 정상치보다 이상이기 때문에 알람을 발생하게 된다. 알람이 발생하면 AlarmViewerCtrl의 목록에 나타나게 된다. 진단을 하기 위해서는 먼저 AlarmViewerCtrl의 목록에 알람을 선택한 다음 Diagnosis 버튼을 클릭하게 되면 In-Touch는 진단에 필요한 값들을 DB에 저장하게 된다.

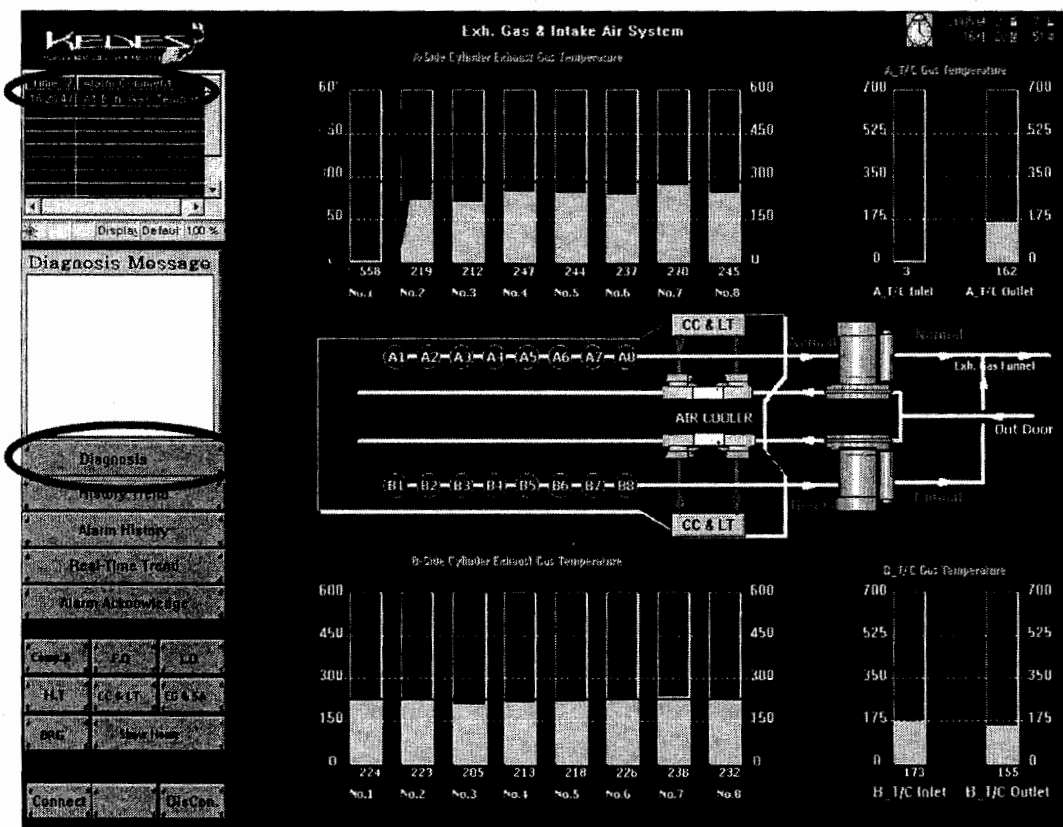


그림 5.1 Cylinder A1의 이상발생 화면

2. 발생한 알람에 대한 AlarmViewerCtrl의 목록에서 알람을 선택한 다음 Diagnosis 버튼을 클릭하면 Alarmed_db에 진단에 필요한 진단 데이터를 저장하게 된다. 그림 5.2에 진단 버튼을 누르면 실제로 DB에 저장되는 것을 볼 수 있다.

Alarm 값이 저장되면 ILOG JRULES에서는 진단 데이터가 들어온 것을 감지하여 바로 진단에 들어가게 된다. 진단요구를 받은 진단모듈에서는 자신이 가지고 있는 규칙형 진단지식과 현재 상태에 기반하여 진단결과를 도출하고 진단결과는 텍스트 파일에 저장하게 한다. 텍스트 파일에 저장된 진단 결과는 In-Touch에서 모니터링 하게 된다.

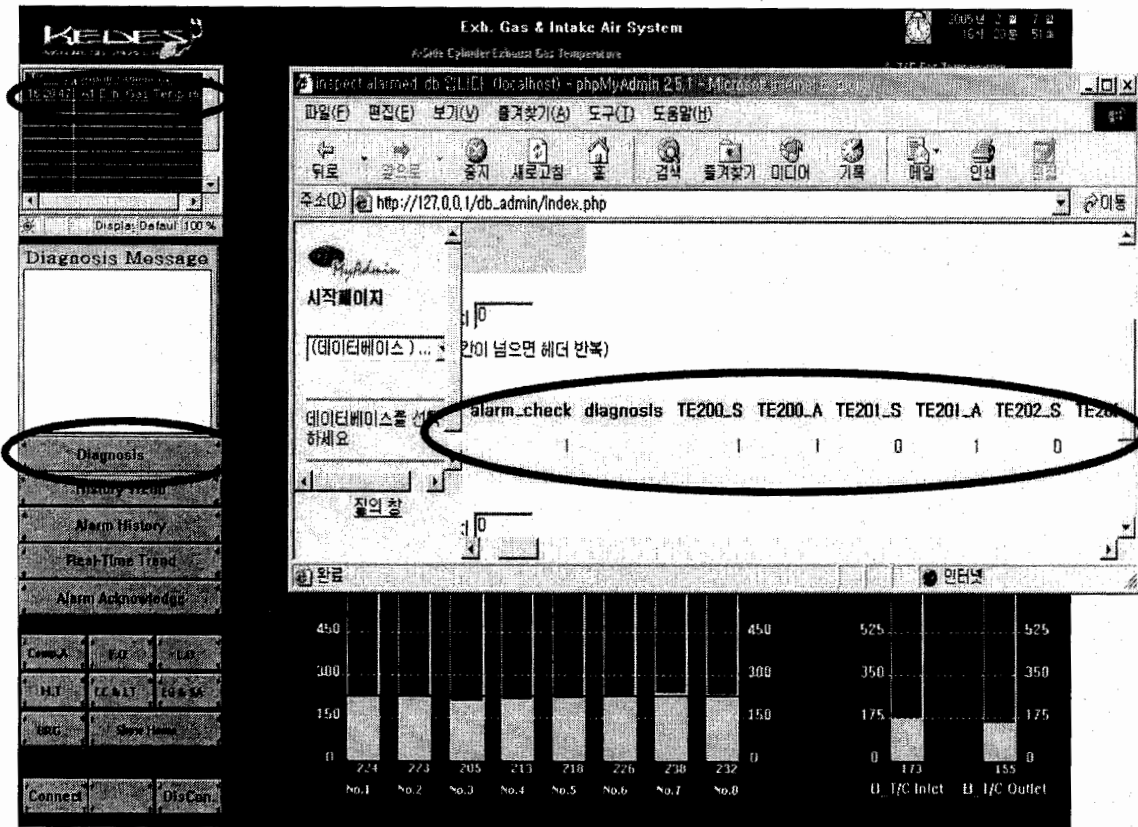


그림 5.2 Cylinder A1 진단에 필요한 값들을 DB에 저장된 화면

3. AlarmViewerCtrl에서 선택한 알람이 DB에 저장되면 진단에 필요한 데이터들을 JRULES에서 가져가게 된다. JRULES에서는 가져온 진단 데이터와 RULE을 비교하게 된다. 진단 결과가 나오게 되면 텍스트파일에 진단 결과를 저장하게 되고 In-Touch에서는 그림 5.3과 같이 진단한 결과를 모니터링 한다.

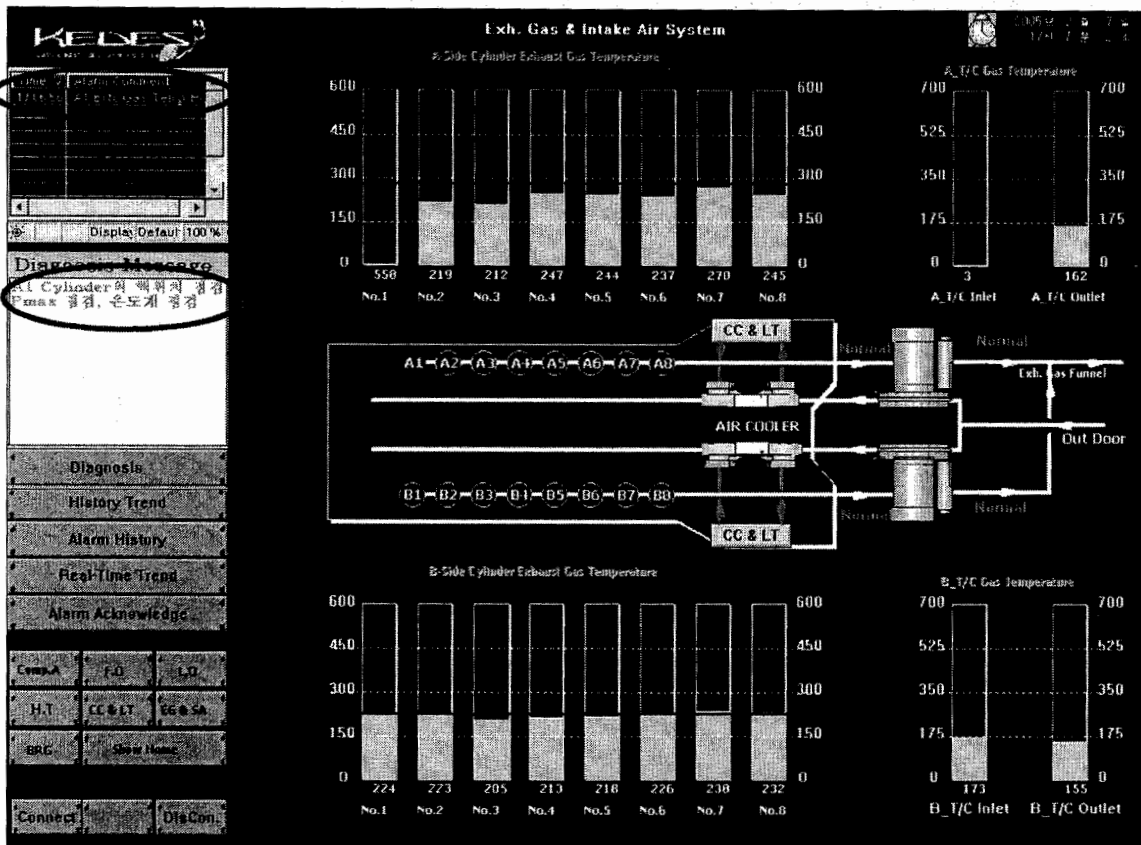


그림 5.3 A1 Cylinder 진단 결과를 모니터링하는 화면

4. 이번에는 LO 계통에 알람이 발생했을 때의 진단 과정을 살펴보겠다. 그림 5.4는 LO 계통의 알람이 발생한 것을 AlarmViewerCtrl의 목록에 보여주고 있다. LO 계통의 진단을 하기 위해 앞에 Exhaust Gas와 동일하게 먼저 AlarmViewerCtrl의 목록에 알람을 선택한 다음 Diagnosis 버튼을 클릭하게 되면 In-Touch는 진단에 필요한 값들을 DB에 저장하게 된다. 진단에 필요한 값들을 DB에 저장하게 되면 JRULES에서는 진단 데이터 값들이 저장된 것을 감지하여 바로 진단에 들어가게 된다. JRULES에서 진단결과를 텍스트 파일에 저장하고, 저장된 값을 In-Touch에서 모니터링하게 된다.

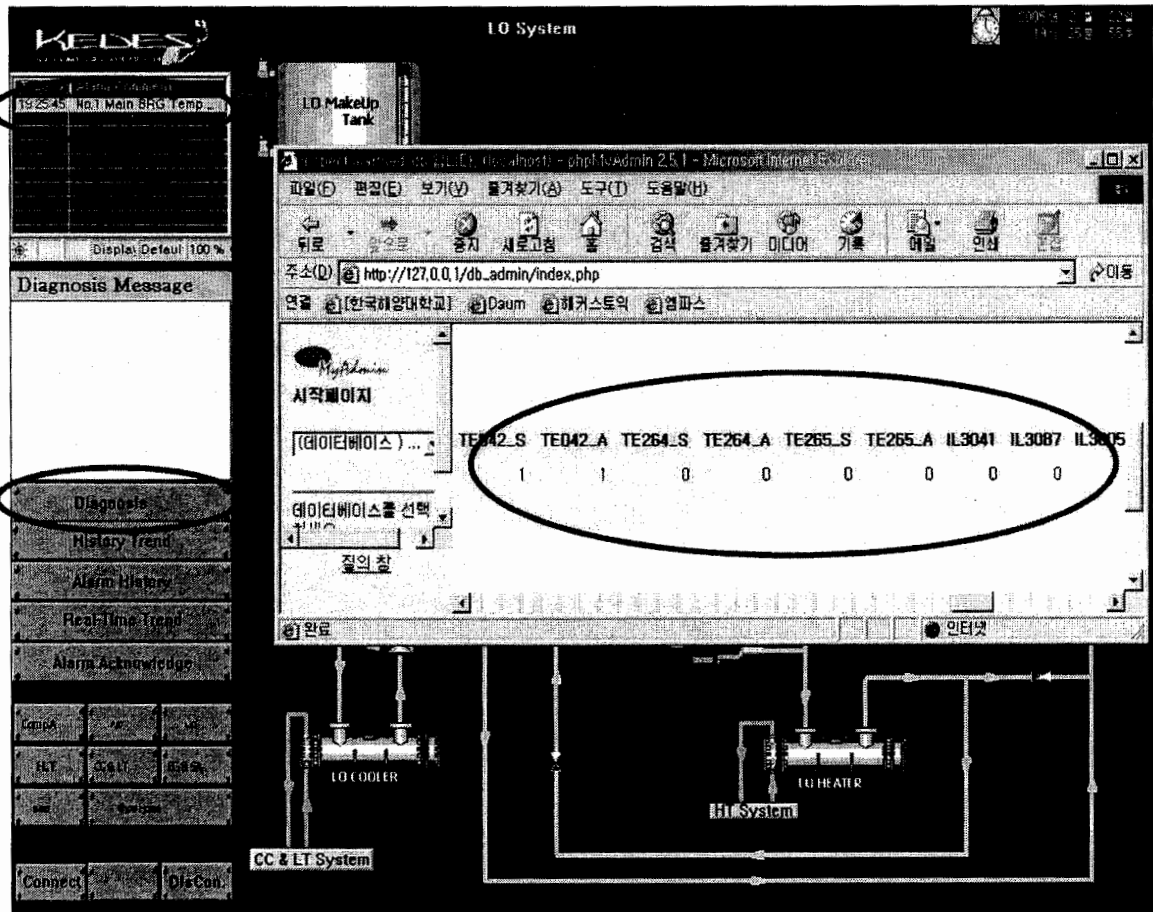


그림 5.4 LO계통 진단에 필요한 값들을 DB에 저장된 화면

5. 그림 5.5는 진단에 필요한 값들을 In-Touch에서 DB에 저장이 되어지면 JRULES에서는 바로 진단에 들어가게 되고 JRULES에서 작성한 Rule들을 비교하게 된다. 최종 진단한 결과가 나오면 JRULES에서는 텍스트 파일에 진단 메시지를 저장하게 된다. 진단 메시지가 저장이 되면 In-Touch에서는 텍스트 파일을 모니터링하게 되고 진단 메시지 창에 진단 메시지를 보여주게 된다.

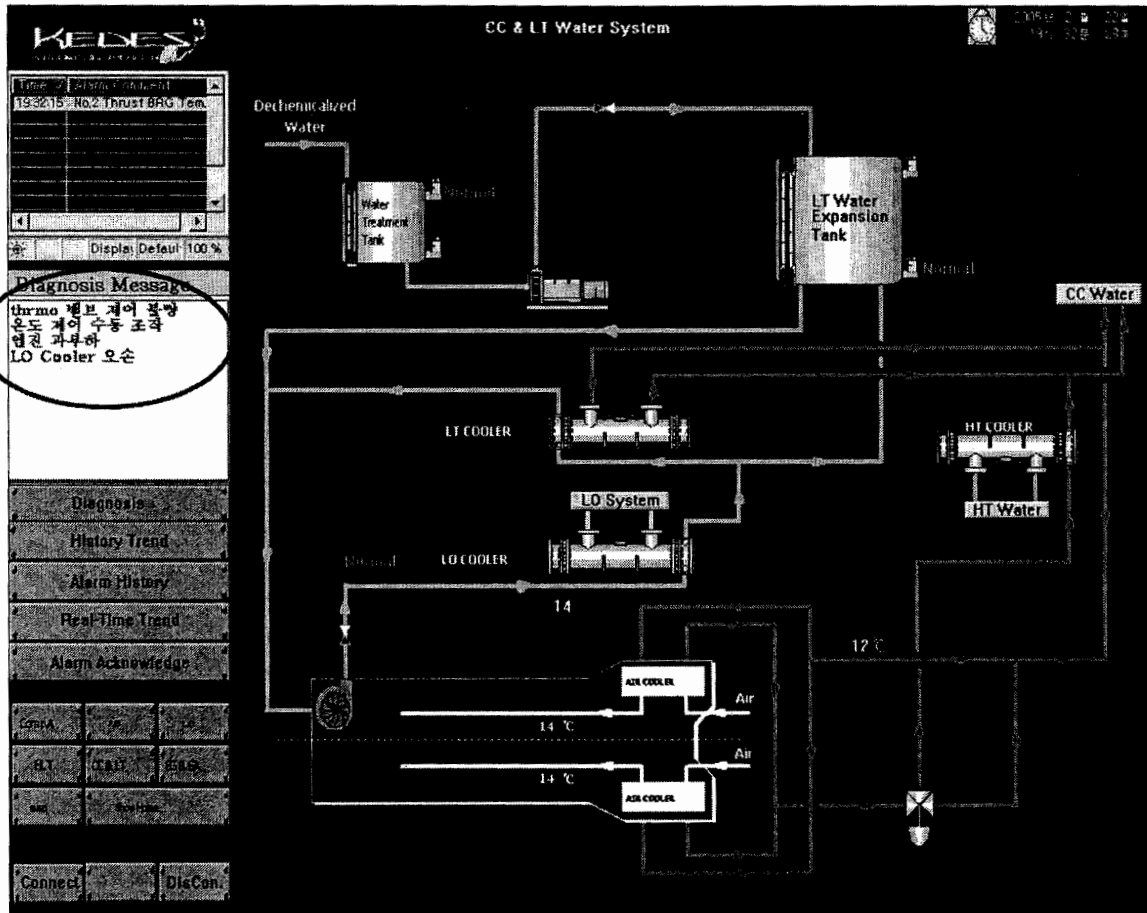


그림 5.5 LO계통 진단 결과를 모니터링하는 화면

부록 1 DMDS 진단데이터표

ChannelIdent	Designation	Display Format	Unit
TE200	Cylinder A1 exhaust gas temperature	%3.1f	°C
TE201	Cylinder A2 exhaust gas temperature	%3.1f	°C
TE202	Cylinder A3 exhaust gas temperature	%3.1f	°C
TE203	Cylinder A4 exhaust gas temperature	%3.1f	°C
TE204	Cylinder A5 exhaust gas temperature	%3.1f	°C
TE205	Cylinder A6 exhaust gas temperature	%3.1f	°C
TE206	Cylinder A7 exhaust gas temperature	%3.1f	°C
TE207	Cylinder A8 exhaust gas temperature	%3.1f	°C
TE250	Line A turbine inlet gas temperature	%3.1f	°C
TE251	Line A turbine inlet gas temperature	%3.1f	°C
TE252	Line A turbine outlet gas temperature	%3.1f	°C
TE208	Cylinder B1 exhaust gas temperature	%3.1f	°C
TE209	Cylinder B2 exhaust gas temperature	%3.1f	°C
TE210	Cylinder B3 exhaust gas temperature	%3.1f	°C
TE211	Cylinder B4 exhaust gas temperature	%3.1f	°C
TE212	Cylinder B5 exhaust gas temperature	%3.1f	°C
TE213	Cylinder B6 exhaust gas temperature	%3.1f	°C
TE214	Cylinder B7 exhaust gas temperature	%3.1f	°C
TE215	Cylinder B8 exhaust gas temperature	%3.1f	°C
TE253	Line B turbine inlet gas temperature	%3.2f	°C
TE254	Line B turbine inlet gas temperature	%3.2f	°C
TE255	Line B turbine outlet gas temperature	%3.2f	°C
ACTIVE_POWER	Generator set active power	%3.2f	MW
P3_LA	Line A engine inlet air pressure	%3.2f	mb
P3_LB	Line B engine inlet air pressure	%3.2f	mb
P_IN_LUBOIL	Engine inlet lubricating oil pressure	%3.f	mb
N_SPEED	Engine speed	%3.1f	rpm
EDG_VOLTAGE	EDG voltage	%3.2f	kV
TE150	No.1 diesel engine bearing temperature	%3.2f	°C
TE151	No.2 diesel engine bearing temperature	%3.2f	°C
TE152	No.3 diesel engine bearing temperature	%3.2f	°C
TE153	No.4 diesel engine bearing temperature	%3.2f	°C
TE154	No.5 diesel engine bearing temperature	%3.2f	°C
TE155	No.6 diesel engine bearing temperature	%3.2f	°C
TE156	No.7 diesel engine bearing temperature	%3.2f	°C
TE157	No.8 diesel engine bearing temperature	%3.2f	°C
TE158	No.9 diesel engine bearing temperature	%3.2f	°C
TE260	No.1 diesel engine thrust bearing temperature	%3.2f	°C
TE261	No.2 diesel engine thrust bearing temperature	%3.2f	°C

	temperature		
TE262	No.3 diesel engine thrust bearing temperature	%3.2lf	°C
TE263	No.4 diesel engine thrust bearing temperature	%3.2lf	°C
TE310	Generator bearing temperature	%3.2lf	°C
TE005	Diesel engine outlet HT water temperature	%3.2lf	°C
TE016	Supercharging air cooler inlet CC water temp.	%3.2lf	°C
TE015	Engine inlet supercharging air temp. (line A)	%3.2lf	°C
TE017	Engine inlet supercharging air temp. (line B)	%3.2lf	°C
TE042	Engine inlet lubricating oil temperature	%3.2lf	°C
TE301	U phase generator stator temperature	%3.2lf	°C
TE303	V phase generator stator temperature	%3.2lf	°C
TE305	W phase generator stator temperature	%3.2lf	°C
TE264	Thrust bearing temperature OI	%3.2lf	°C
TE265	Thrust bearing temperature OE	%3.2lf	°C
IL3008	Maintenance mode	%.lf	-
IL3007	Diesel in local mode	%.lf	-
ILXXX1	Auto auxiliaries control	%.lf	-
ILXXX2	Manual Start Order (LCR)	%.lf	-
IL3013_RCE	Manual Emergency Start Order (RCE)	%.lf	-
IL3013_DGESS	DG Emergency Starting Signal (DGESS)	%.lf	-
ILXXX3	Diesel Circuit Breaker Open	%.lf	-
IL3006	Engine stop lever	%.lf	-
IL3041	Lub oil prelubricating P < 0.1 b	%.lf	-
IL3087	HT water preheating P < 1.2 b	%.lf	-
IL3005_A	Presence of water in air manifold - line A	%.lf	-
IL3005_B	Presence of water in air manifold - line B	%.lf	-
IL3084	HT water tank low level	%.lf	-
IL3065	Low level in DO daily tank	%.lf	-
IL3083	Low level in LT water tank	%.lf	-
IL3003	Turning gear engaged	%.lf	-
IL3076	Starting air pressure No 1 < 34b	%.lf	-
IL3077	Starting air pressure No 2 < 34b	%.lf	-
IL3078	Control air pressure P < 5.5 b	%.lf	-
IL3088	HT water pressure P < 2b	%.lf	-
IL3054	DO pressure P < 3.5b	%.lf	-
IL3081	LT water pressure P < 2.5b	%.lf	-
ILXXX4	Correct voltage	%.lf	-
ILXXX5	Correct frequency	%.lf	-
ILXXX6	Exciting contactor closed	%.lf	-
ILXXX7	DG synchronized with network. (droop mode)	%.lf	-
IL3004_A	Fuel leakage line A	%.lf	-

IL3004_B	Fuel leakage line B	%.lf	-
IL3060	DO filter pressure drop >0.8b	%.lf	-
IL3080	HT water low temperature < 50°C	%.lf	-
IL3082	HT water high temperature > 82°C	%.lf	-
IL3042	Lub oil filter pressure drop >0.8b	%.lf	-
IL3047	Lub oil pressure <4.5b	%.lf	-
IL3044	Lub oil temperature <40°C	%.lf	-
IL3045	Lub oil temperature >63°C	%.lf	-
IL3012	Mechanical overspeed	%.lf	-
IL3011	Electronic overspeed	%.lf	-
IL3086	HT water very high temperature T> 95°C	%.lf	-
IL3046	Engine inlet oil pressure < 3.5 b	%.lf	-
IL3048	Crankcase gas pressure > 0.008 b	%.lf	-
IL3002_RCE	Emergency stop (RCE)	%.lf	-
IL3002_LCR	Emergency stop (LCR)	%.lf	-
IL3025	Generator differential	%.lf	-
IL3026	Negative phase sequence	%.lf	-
IL3027	Generator ground overvoltage	%.lf	-
IL3028	Voltage balance relay	%.lf	-
IL3029	Overvoltage	%.lf	-
IL3030	Undervoltage	%.lf	-
IL3032	Loss of field	%.lf	-
IL3033	Generator over current with voltage restraint	%.lf	-
IL3034	Reverse power	%.lf	-
IL3035	Under frequency	%.lf	-
IL3036	Over current	%.lf	-
IL3067	Excitation overcurrent 1st stage	%.lf	-
IL3068	Excitation overcurrent 2nd stage	%.lf	-
ILX101	DG loading order	%.lf	-
IL3009	Diesel engine bearing temperature 1st stage	%.lf	-
IL3010	Diesel engine bearing temperature 2nd stage	%.lf	-
IL3014	Start up failure	%.lf	-
IL3017	Speed cubicle supply fault	%.lf	-
IL3018	Over speed system fault	%.lf	-
IL3022	CO2 actuator signal	%.lf	-
IL3023	Sequencer overlap test	%.lf	-
IL3024	Sequencer trouble test	%.lf	-
IL3031	Lub oil make up tank low level	%.lf	-
IL3038	Lub oil low level	%.lf	-
IL3039	Lub oil very low level	%.lf	-
IL3040	Lub oil priming failure	%.lf	-
IL3043	Lub oil make up tank high level	%.lf	-
IL3050	Excitation cubicle supply fault	%.lf	-
IL3052	Diesel oil transfer pumps 1.2 electric	%.lf	-

	trouble		
IL3055	Rotating diodes fault	%.lf	-
IL3056	Thyristor fuse alarm	%.lf	-
IL3057	Low level in DO storage tank	%.lf	-
IL3058	Diesel oil transfer pumps 1.2 start failure	%.lf	-
IL3051	Very low level in DO storage tank	%.lf	-
IL3061	Over excitation limitation	%.lf	-
IL3062	Under excitation limitation	%.lf	-
IL3063	High level in DO storage tank	%.lf	-
IL3064	Diesel fuel oil pump discharge pressure low	%.lf	-
IL3059	Very low level in DO daily tank	%.lf	-
IL3066	Low level in water treatment tank	%.lf	-
IL3069	Diesel fuel oil strainer differential pressure	%.lf	-
IL3071	Very high level in DO daily tank	%.lf	-
IL3072	High level in water treatment tank	%.lf	-
IL3075	Air compressor falt	%.lf	-
IL3079	HT water preheating low temperature <58° C	%.lf	-
IL3085	HT water preheating high temperature >63° C	%.lf	-
IL3089	LT water tank high level	%.lf	-
IL3090	HT water tank high level	%.lf	-
IL3201	Alarm polarity fault	%.lf	-
IL3091	DG running with C.B open	%.lf	-
IL3001	Protection cubicle and relaying supplies	%.lf	-
IL3037	Engine inlet oil pressure < 3.8 b	%.lf	-
ILXXX8	DG stop order	%.lf	-
ILXXX9	Starting memory ON	%.lf	-
IL3092	Combustion air filter fouling	%.lf	-
ILX100	Voltage regul manu-auto supply in fault	%.lf	-
ILXEND	last channel for br table size to 40	%.lf	-
IL_OVERFREQ	Over frequency	%.lf	-
IL_SLOWSTART	Slow Start (Idle Mode)	%.lf	-
EMOXCMR_EG32_AT	EMOXCMR EG32 access time	%.lf	-
EMOXCMR_EG32_ATMAX	EMOXCMR EG32 access time max	%.lf	-
EMOXCMR_EG32_ATMIN	EMOXCMR EG32 access time min	%.lf	-
EMOXCMR_EG32_MEAN	EMOXCMR EG32 access time mean	%.lf	-
EMOXCMR_EG32_SD	EMOXCMR EG32 access time standard dev	%.lf	-
EMOXCMR_EG32_STA	EMOXCMR EG32 status	%.lf	-
EMOXCMR_EG32_PC	EMOXCMR EG32 packet count	%3.0lf	packe t
EMOXCMR_EG32_PCB	EMOXCMR EG32 packet count bad	%3.0lf	packe t

EMOXC MR_AI32_AT	EMOXC MR AI32 access time	%.lf	-
EMOXC MR_AI32_ATMAX	EMOXC MR AI32 access time max	%.lf	-
EMOXC MR_AI32_ATMIN	EMOXC MR AI32 access time min	%.lf	-
EMOXC MR_AI32_MEAN	EMOXC MR AI32 access time mean	%.lf	-
EMOXC MR_AI32_SD	EMOXC MR AI32 access time standard dev	%.lf	-
EMOXC MR_AI32_STA	EMOXC MR AI32 status	%.lf	-
EMOXC MR_AI32_PC	EMOXC MR AI32 packet count	%3.0lf	packe t
EMOXC MR_AI32_PCB	EMOXC MR AI32 packet count bad	%3.0lf	packe t
EMOXTES_SUP_1_AT	EMOXTES SUP 1 access time	%.lf	-
EMOXTES_SUP_1_ATMAX	EMOXTES SUP 1 access time max	%.lf	-
EMOXTES_SUP_1_ATMIN	EMOXTES SUP 1 access time min	%.lf	-
EMOXTES_SUP_1_MEAN	EMOXTES SUP 1 access time mean	%.lf	-
EMOXTES_SUP_1_SD	EMOXTES SUP 1 access time standard dev	%.lf	-
EMOXTES_SUP_1_STA	EMOXTES SUP 1 status	%.lf	-
EMOXTES_SUP_1_PC	EMOXTES SUP 1 packet count	%3.0lf	packe t
EMOXTES_SUP_1_PCB	EMOXTES SUP 1 packet count bad	%3.0lf	packe t
EMOXTES_SUP_2_AT	EMOXTES SUP 2 access time	%.lf	-
EMOXTES_SUP_2_ATMAX	EMOXTES SUP 2 access time max	%.lf	-
EMOXTES_SUP_2_ATMIN	EMOXTES SUP 2 access time min	%.lf	-
EMOXTES_SUP_2_MEAN	EMOXTES SUP 2 access time mean	%.lf	-
EMOXTES_SUP_2_SD	EMOXTES SUP 2 access time standard dev	%.lf	-
EMOXTES_SUP_2_STA	EMOXTES SUP 2 status	%.lf	-
EMOXTES_SUP_2_PC	EMOXTES SUP 2 packet count	%3.0lf	packe t
EMOXTES_SUP_2_PCB	EMOXTES SUP 2 packet count bad	%3.0lf	packe t
EMOXTES_SUP_3_AT	EMOXTES SUP 3 access time	%.lf	-
EMOXTES_SUP_3_ATMAX	EMOXTES SUP 3 access time max	%.lf	-
EMOXTES_SUP_3_ATMIN	EMOXTES SUP 3 access time min	%.lf	-
EMOXTES_SUP_3_MEAN	EMOXTES SUP 3 access time mean	%.lf	-

N			
EMOXTES_SUP_3_SD	EMOXTES SUP 3 access time standard dev	%.1f	-
EMOXTES_SUP_3_STA	EMOXTES SUP 3 status	%.1f	-
EMOXTES_SUP_3_PC	EMOXTES SUP 3 packet count	%3.0lf	packe t
EMOXTES_SUP_3_PCB	EMOXTES SUP 3 packet count bad	%3.0lf	packe t
EMOXTES_SUP_4_AT	EMOXTES SUP 4 access time	%.1f	-
EMOXTES_SUP_4_ATM AX	EMOXTES SUP 4 access time max	%.1f	-
EMOXTES_SUP_4_ATMI N	EMOXTES SUP 4 access time min	%.1f	-
EMOXTES_SUP_4_MEA N	EMOXTES SUP 4 access time mean	%.1f	-
EMOXTES_SUP_4_SD	EMOXTES SUP 4 access time standard dev	%.1f	-
EMOXTES_SUP_4_STA	EMOXTES SUP 4 status	%.1f	-
EMOXTES_SUP_4_PC	EMOXTES SUP 4 packet count	%3.0lf	packe t
EMOXTES_SUP_4_PCB	EMOXTES SUP 4 packet count bad	%3.0lf	packe t
EMOXTES_CNS_1_AT	EMOXTES CNS 1 access time	%.1f	-
EMOXTES_CNS_1_ATM AX	EMOXTES CNS 1 access time max	%.1f	-
EMOXTES_CNS_1_ATMI N	EMOXTES CNS 1 access time min	%.1f	-
EMOXTES_CNS_1_MEA N	EMOXTES CNS 1 access time mean	%.1f	-
EMOXTES_CNS_1_SD	EMOXTES CNS 1 access time standard dev	%.1f	-
EMOXTES_CNS_1_STA	EMOXTES CNS 1 status	%.1f	-
EMOXTES_CNS_1_PC	EMOXTES CNS 1 packet count	%3.0lf	packe t
EMOXTES_CNS_1_PCB	EMOXTES CNS 1 packet count bad	%3.0lf	packe t
EMOXTES_CNS_2_AT	EMOXTES CNS 2 access time	%.1f	-
EMOXTES_CNS_2_ATM AX	EMOXTES CNS 2 access time max	%.1f	-
EMOXTES_CNS_2_ATMI N	EMOXTES CNS 2 access time min	%.1f	-
EMOXTES_CNS_2_MEA N	EMOXTES CNS 2 access time mean	%.1f	-
EMOXTES_CNS_2_SD	EMOXTES CNS 2 access time standard dev	%.1f	-

EMOXTES_CNS_2_STA	EMOXTES CNS 2 status	%.1f	-
EMOXTES_CNS_2_PC	EMOXTES CNS 2 packet count	%3.0lf	packe t
EMOXTES_CNS_2_PCB	EMOXTES CNS 2 packet count bad	%3.0lf	packe t
EMOXTES_CNS_3_AT	EMOXTES CNS 3 access time	%.1f	-
EMOXTES_CNS_3_ATM AX	EMOXTES CNS 3 access time max	%.1f	-
EMOXTES_CNS_3_ATMI N	EMOXTES CNS 3 access time min	%.1f	-
EMOXTES_CNS_3_MEA N	EMOXTES CNS 3 access time mean	%.1f	-
EMOXTES_CNS_3_SD	EMOXTES CNS 3 access time standard dev	%.1f	-
EMOXTES_CNS_3_STA	EMOXTES CNS 3 status	%.1f	-
EMOXTES_CNS_3_PC	EMOXTES CNS 3 packet count	%3.0lf	packe t
EMOXTES_CNS_3_PCB	EMOXTES CNS 3 packet count bad	%3.0lf	packe t
EMOXTES_CNS_4_AT	EMOXTES CNS 4 access time	%.1f	-
EMOXTES_CNS_4_ATM AX	EMOXTES CNS 4 access time max	%.1f	-
EMOXTES_CNS_4_ATMI N	EMOXTES CNS 4 access time min	%.1f	-
EMOXTES_CNS_4_MEA N	EMOXTES CNS 4 access time mean	%.1f	-
EMOXTES_CNS_4_SD	EMOXTES CNS 4 access time standard dev	%.1f	-
EMOXTES_CNS_4_STA	EMOXTES CNS 4 status	%.1f	-
EMOXTES_CNS_4_PC	EMOXTES CNS 4 packet count	%3.0lf	packe t
EMOXTES_CNS_4_PCB	EMOXTES CNS 4 packet count bad	%3.0lf	packe t
CMR_NOT_USED	CMR_NOT_USED	%.3lf	-
TES_NOT_USED	TES_NOT_USED	%.3lf	-

부록 2 Shorttrends_dg56 데이터 분석표

Record NO.	PointIndex	Min	Max
1	241	43.3	43.7
2	241	40.1	40.7
3	241	40.8	41.4
4	241	39.9	40.6
5	241	39.9	40.6
6	241	37.2	37.7
7	179	37.2	37.9
8	241	36.1	36.8
9	241	34	34.5
10	241	31.8	32.6
11	241	31.4	32
12	241	31.5	32.4
13	241	30.9	31.5
14	241	32.9	42.5
15	241	35.5	39.1
16	241	42.1	79.5
17	241	47.5	49.5
18	241	48.8	61.7
19	241	48.8	61.7
20	241	40.8	81.1
21	241	74.8	117.9
22	241	64.3	121.2
23	241	56.5	76.3
24	241	38.3	39
25	241	38.1	38.8
26	241	37.5	38
27	232	37.4	38.1
28	241	37.6	38.7
29	241	37.9	38.6
30	241	37.1	37.7
31	241	36.6	37.5
32	241	35.1	36.1

33	241	34.6	35.7
34	241	34.9	35.4
35	241	34.9	35.4
36	156	35.1	36.7
37	143	35.2	36.7
38	241	36.4	101.2
39	241	40.7	41.3
40	241	40.7	108
41	169	40.7	108
42	241	50.1	55.2
43	241	44.5	45.7
44	241	43.4	44
45	241	43.5	44.2
46	241	43.3	119.5
47	241	69.9	121.5
48	241	50.6	71.2
49	241	55.5	57.3
50	241	42.2	42.7
51	241	42.2	42.8
52	241	42.3	42.9
53	241	42.2	42.8
54	241	42.1	42.8
55	241	42	42.8
56	241	42	42.6
57	241	42	42.6
58	241	42	42.6
59	183	42	42.5
60	127	41.9	42.5
61	241	41.9	42.5
62	220	41.9	42.5
63	241	41.8	42.3
64	241	42	42.5
65	241	41.9	97
66	241	41.4	112.1
67	241	55.2	108
68	241	55.2	108

69	241	55	59.5
70	241	54.7	59.1
71	241	49.5	50.8
72	241	46.3	116
73	241	46.3	116
74	225	47.2	105.1
75	228	47.2	105.1
76	130	58.5	62.3
77	179	57.9	62.3
78	241	52.6	55.2
79	241	50.4	51.8
80	241	47.1	114.7
81	241	47.1	114.7
82	241	44.7	45.4
83	241	44.8	45.2
84	176	44.5	108.4
85	178	44.5	108.4
86	219	60.6	114.5
87	220	60.6	114.5
88	218	64.6	122.2
89	241	77.7	134.9
90	241	77.9	134.9
91	241	79.2	82.9
92	241	79	82.9
93	241	43.3	43.8
94	241	43.4	43.8
95	241	43.4	43.8
96	223	43.4	43.8
97	123	43.4	43.8
98	241	43.4	87.9
99	241	49.6	85.6
100	241	48	71.9
101	241	70.8	130.4
102	241	72.1	121.3
103	241	72.1	121.3
104	241	72.3	129.1

105	241	81.6	86.6
106	241	81.8	86.4
107	241	43.6	44.2
108	241	43.4	44.2
109	241	43.2	44.1
110	241	43.1	43.8
111	241	36.1	37.4
112	241	36.1	37.4
113	241	35.9	36.9
114	241	35.7	36.4
115	241	35	35.6
116	241	35	35.5
117	241	34.5	121.8
118	241	55.6	57.9
119	241	41.8	42.4
120	122	41.7	42.2
121	241	41.2	41.8
122	241	35	35.5
123	241	35.3	36
124	241	37.2	37.8
125	241	37.9	38.6
126	241	39.1	120.5
127	241	71.8	77.1
128	241	74.2	126.2
129	231	74.2	126.2
130	241	71.7	123.4
131	241	74.3	76.7
132	241	57.6	60.6
133	241	57.2	60.1
134	125	56.1	57.3
135	241	54	56
136	241	50.3	51.3
137	241	47.8	48.5
138	241	43.2	44.2
139	241	43.7	44.2
140	241	43.6	44.1

141	160	43.7	44.2
142	241	43.6	44.1
143	217	43.3	44.1
144	241	43.1	44
145	241	42.8	43.3
146	241	40.3	40.9
147	241	40.6	41.4
148	241	41.3	42
149	156	41.7	42
150	241	42.1	42.7
151	241	42.6	43.2
152	241	42.9	43.4
153	241	42.8	43.5
154	241	43.1	121.2
155	241	48.5	121.1
156	241	74.3	126.3
157	241	74.3	126.3
158	241	72.4	76.8
159	241	71.8	76.6
160	241	52.6	79.4
161	241	52.6	79.4
162	241	55.2	124.3
163	241	75.7	127.6
164	241	67.7	72.2
165	241	54.6	122.6
166	241	123.7	129.9
167	241	81.7	97.3
168	241	81.7	95.9
169	241	80.7	85.4
170	241	43.8	44.3
171	241	43.5	44.1
172	241	43.5	77.8
173	241	50.8	123.2
174	241	58.2	121.2
175	241	59.5	62.7
176	129	57.9	59.7

177	188	55.9	58
178	241	53	54.7
179	202	52.1	53.1
180	241	51.4	52.4
181	241	46.4	122
182	241	77.9	131.6
183	184	79.1	84.1
184	241	72.3	133.4
185	154	72.6	128.9
186	241	62.7	127
187	241	74.8	132.4
188	241	78.3	136.1
189	241	77.8	139.7
190	241	79.9	142
191	241	81.9	141.1
192	241	65	79.7
193	241	65	118.9
194	241	65	118.9
195	157	70.7	132.5
196	241	70.7	135.5
197	241	77.6	79.8
198	241	77.4	79.8
199	241	42	128.3
200	241	83.8	136.2
201	241	82.6	134.5
202	142	84.1	88.4
203	241	82.6	115
204	241	50	121.5
205	241	60.2	151.6
206	241	60.2	147.3
207	163	61.2	125.7
208	241	33.4	34.1
209	241	35.4	36.3
210	241	35.9	36.8
211	241	36.7	37.4
212	241	39.6	40.2

213	241	39.8	40.7
214	241	40.2	114.7
215	241	77.5	132
216	241	79.9	82.3
217	241	79.9	82.3
218	241	43.3	43.8
219	241	43.4	125.5
220	241	73.3	128.8
221	241	63.9	124.6
222	241	51.6	125.4
223	241	94.7	103.2
224	241	83.2	135.8
225	241	107.1	115.5
226	241	55	127.9
227	241	98.1	106.5
228	241	72.8	133.1
229	241	74.8	148.6
230	241	106	152.6
231	241	246.2	415.4
232	241	204.4	223.9
233	241	204	223.5
234	241	32.3	33
235	241	42.9	125.7
236	241	145.5	157.6
237	241	132.2	144.3
238	241	63.5	64.8
239	241	50.9	120.7
240	241	162.8	339.6
241	241	105.2	141.8
242	241	130.7	139.5
243	241	115.9	147.8
244	241	186	342.2
245	241	166.3	181.8
246	241	161.8	176.2
247	241	47.6	48.2
248	241	47.6	48.2

249	241	35.7	130.2
250	122	402.6	405.2
251	122	399.9	404.1
252	241	225.2	404.4
253	241	204	224.5
254	241	152.3	161.6
255	241	116.6	120.8
256	241	81	112.1
257	241	81	112.1
258	241	79.9	81.3
259	241	72.6	74
260	241	32.5	33.2
261	241	32.5	33
262	241	41.1	41.9
263	241	45.8	67
264	241	47.7	121.6
265	241	62	65.2
266	241	48.8	49.7
267	241	38.2	38.7
268	241	26.1	26.8
269	241	26.1	26.8
270	241	26	26.7
271	241	26	26.7
272	241	35.5	40.8
273	241	40.6	41.1
274	241	40.6	98.7
275	241	54.3	73.5
276	241	36.1	64
277	241	77.1	128.6
278	241	52.5	122.8
279	241	137.7	173.9
280	241	86.6	140
281	241	81.8	137
282	241	103.9	109.9
283	241	90.9	106.8
284	206	93.6	96.2

285	241	22.4	22.9
286	241	27.8	28.5
287	241	30.6	31.2
288	241	67.8	73.4
289	241	80.5	129.9
290	241	130	242.4
291	241	130	179.9
292	241	120.8	123.7
293	241	109.4	115.5
294	241	69.2	70.3
295	241	56.8	121.6
296	241	70.8	126.1
297	241	68.4	123.9
298	241	58.8	82.1
299	241	65.2	104.3
300	241	55.5	74.4
301	241	53.1	58.6
302	241	50.2	123.3
303	241	203.3	397.6
304	146	206.1	236.6
305	241	203.3	264.5
306	241	204.7	224.2
307	241	43.7	44.4
308	241	43.7	123.6
309	241	110.2	147.3
310	166	98.9	110.3
311	241	83.9	97.8
312	140	77.6	83.9
313	169	71.7	77.6
314	241	36.5	79.8
315	134	52.5	108.7
316	147	61.1	77
317	241	57.3	109
318	241	56.3	118.8
319	241	206.8	377.6
320	241	98.2	132.8

321	241	66.3	67.8
322	241	42.3	42.8
323	241	42.1	42.7
324	241	42	42.8
325	241	42.8	127.3
326	241	88.7	92
327	241	63.2	92.4
328	241	58	115.6
329	148	65.5	72.9
330	241	64.1	117.4
331	128	67.1	72.8
332	190	67.3	117.5
333	223	71	119.1
334	241	73	125
335	241	143	284.8
336	241	136	145.9
337	241	42.1	120.7
338	241	104.3	170.3
339	241	113.2	119.8
340	241	49.1	120.6
341	241	49.6	51.4
342	241	38.3	116.2
343	241	122.9	149.2
344	241	47.6	118.6
345	241	117.3	184.4
346	128	118.1	135.5
347	241	48.9	116.6
348	241	123.3	202.3
349	126	124	136.9
350	241	50	119.1
351	241	135.6	239.9
352	241	59.5	63.5
353	241	41.3	113.5
354	241	133.9	143.9
355	241	48.2	117.2
356	241	114.9	182.8

357	241	47.2	116.9
358	241	133.1	229.8
359	241	49.8	119.7
360	241	134	207
361	241	48.8	115.5
362	241	64.9	122
363	241	136.4	235.5
364	241	50.2	116.3
365	241	119.5	188.9
366	141	119.7	135.2
367	241	49.6	50.1
368	166	49.4	49.9
369	241	47.5	116.4
370	241	131.8	208.1
371	241	48.1	116.4
372	241	145	225.9
373	221	149.2	171.4
374	241	49.5	116.5
375	241	77.3	126.3
376	156	80.6	122.8
377	241	131.3	214.6
378	241	131.3	198.3
379	241	48.3	115
380	241	119.2	197.6
381	121	119.8	136.3
382	241	48.9	49.8
383	241	46	47.1
384	241	39	47
385	126	39.9	114.9
386	241	124.5	198.9
387	241	48.2	48.8
388	241	47.8	119
389	241	137.5	219.8
390	241	45.4	114.8
391	241	129.4	206.5
392	241	44.3	115

393	241	127.5	203.2
394	241	48.2	119.2
395	241	132.6	206.8
396	241	48.7	117.7
397	241	129.5	199.7
398	241	108.6	114.8
399	241	47	115.3
400	241	115.2	189.1
401	241	42.6	116.4
402	241	127.9	215.7
403	241	125.3	134.1
404	241	48.6	117.9
405	241	128.9	200.1
406	241	139.9	164
407	241	101.7	135.9
408	241	83.9	128.7
409	241	83.9	128.4
410	241	46	118.2
411	241	46	119.2
412	241	199	292.8
413	241	300.7	305.6
414	238	299.8	303.2
415	241	300.9	305.9
416	189	305.8	310.5
417	194	310.3	314
418	158	310.2	311.7
419	241	301.1	304.3
420	144	298	302.5
421	241	168.5	302.5
422	240	130.6	298
423	143	129.5	191.6
424	241	147.7	178
425	241	146.5	178
426	241	149.2	321.6
427	241	107.4	165.9
428	241	107.4	165.9

429	241	105.7	165.9
430	241	106.9	144.9
431	241	87.8	133
432	241	88.1	99.1
433	241	95.7	98.8
434	241	85.4	88
435	200	83.6	85.6
436	241	80.9	83
437	241	49	49.6
438	241	48.7	81.7
439	241	134.7	215.2
440	241	143.1	165.8
441	241	143.1	165.8
442	241	334.1	346.9
443	241	341.4	345.6
444	168	308.3	341.8
445	125	298.3	308.1
446	140	296.8	298.8
447	241	99.7	137.6
448	241	92.2	134.6
449	241	92.2	134.6
450	124	92.6	103.9
451	241	106.1	108.9
452	241	40.7	95.8
453	241	58.5	117.1
454	241	66.3	119.7
455	241	66.3	127.2
456	241	75.5	130.3
457	241	62.4	128
458	241	63.7	67.4
459	241	41.7	42.3
460	241	21.7	22.2
461	241	21.7	22.2
462	191	21.6	22.2
463	241	21.5	22.2
464	241	18.8	19.2

465	241	18.8	19.3
466	241	18.8	19.3
467	132	18.7	19.3
468	241	18.8	19.4
469	141	18.9	19.3
470	241	17.6	18.3
471	147	17.7	18.2
472	241	19	19.5
473	241	44.5	45.1
474	241	44.3	69.1
475	241	85.6	138.3
476	241	82.5	86.8
477	241	68.6	71.4
478	241	54.6	55.7
479	241	42.1	99.1
480	241	53.9	96.2
481	201	59.9	66.7
482	241	52.7	130.5
483	241	92	143.9
484	241	47.1	131.3
485	241	67.7	70.2
486	241	64.5	131.3
487	241	60.1	65.9
488	241	41.7	42.4
489	241	40.6	41.2
490	241	41.3	138.7
491	241	41.3	139.3
492	241	99	155.9
493	241	66.8	68.7
494	241	61	62.6
495	241	46.5	137.7
496	241	46.5	137.7
497	241	46.5	139.2
498	241	92.8	151.6
499	241	79	84.9
500	241	74.2	138.3

501	241	74.2	142
502	241	74.2	142
503	241	92	149.3
504	241	92	149.3
505	241	77.1	142.9
506	241	77.1	142.9
507	241	77.1	143.4
508	241	84.9	145.1
509	149	84.9	145.1
510	241	56.5	137.6
511	241	56.5	137.6
512	241	56.5	138.2
513	241	88.1	144.7
514	199	88	144.7
515	241	82	136.4
516	241	82	136.4
517	241	82	136.9
518	241	149.4	150.4
519	241	96	146.6
520	241	96	146.4
521	241	85	138
522	241	85	138
523	241	85	138.5
524	241	94.3	145.7
525	241	91.1	95.3
526	241	40.9	125.1
527	241	40.9	125.1
528	241	40.9	125.9
529	241	75.2	133.2
530	241	61.5	130.4
531	241	83	133.9
532	241	80.7	133
533	241	80.7	133
534	241	80.7	133.3
535	241	84.8	134.8
536	241	84.9	133.2

537	241	84.9	133.2
538	241	84.9	133.5
539	241	86.4	135.2
540	241	86.4	134.3
541	241	86.4	134.3
542	241	86.4	134.9
543	241	87.9	134
544	241	87.9	134.3
545	241	87.9	136.5
546	241	87.9	134.7
547	241	87.9	134.7
548	241	87.9	134.8
549	241	88.9	136.8
550	241	90.6	133
551	241	90.6	133
552	241	90.6	133.4
553	241	89.2	134.7
554	241	89.2	134.7
555	241	89.3	134.7
556	241	88.6	136.3
557	241	88.6	136.1
558	241	88.6	136.1
559	241	88.6	136.3
560	241	90.4	135.7
561	241	90.4	135.7
562	241	90.4	135.8
563	241	90.3	137.2
564	241	90.3	135.5
565	241	90.3	135.5
566	241	90.3	135.5
567	241	89.9	137.1
568	241	91.3	136.6
569	241	91.3	136.6
570	241	91.4	136.7
571	241	90.3	135.9
572	241	90.3	135.9

573	241	90.4	135.9
574	241	93.6	134.8
575	241	93.6	134.8
576	241	93.6	135
577	241	91.8	135.7
578	241	91.8	135.7
579	241	91.8	135.8
580	241	71.9	131
581	241	71.9	131
582	241	71.9	131.4
583	241	88.8	134.7
584	241	90.2	133.5
585	241	90.2	133.5
586	241	90.2	133.8
587	241	91.2	134.1
588	241	91.2	134.1
589	241	91.2	134.1
590	241	91.3	131.4
591	241	91.3	131.4
592	241	91.3	131.6
593	241	87	134
594	241	87	110.8
595	241	40.6	120.6
596	241	80	129.4
597	241	46.5	47.2
598	241	35.4	44.2
599	241	42.6	123.4
600	241	127.5	201
601	241	127.5	193.5
602	241	44.9	45.6
603	241	41.6	42.1
604	241	48.7	49.2
605	241	49.1	49.7
606	241	48	48.6
607	241	45.1	46.3
608	241	47.4	132.3

609	241	76.1	134.8
610	241	81.7	136.7
611	241	52.9	53.8
612	241	46.3	48.7
613	241	46.3	48.7
614	241	48.2	48.6
615	241	48.1	129.7
616	241	73.9	132.4
617	241	68.4	308
618	241	68.4	308
619	241	68.4	313.1
620	241	349.5	351.7
621	241	98.7	312.8
622	241	98.7	312.8
623	241	98.7	317.7
624	241	193.1	346.9
625	241	121.7	245.6
626	241	121.7	156.9
627	241	130.3	161.1
628	241	113.5	119.3
629	241	73	74.1
630	241	68.5	75.1
631	241	68.5	75.1
632	241	70.1	124.6
633	241	70.1	124.6
634	241	70.1	124.7
635	241	192.9	364
636	241	114.2	245.9
637	241	121.6	169.2
638	241	121.6	169.2
639	241	123	169.2
640	241	196.6	380.9
641	241	123.2	311.4
642	241	124	173.6
643	241	124	173.6
644	241	124.8	173.6

645	241	171.7	298.1
646	241	104.7	211.5
647	241	125.2	156.8
648	241	125.2	156.8
649	241	125.4	156.8
650	241	83.9	134.2
651	241	83.9	133.7
652	241	48.5	48.9
653	241	45.6	46
654	241	46	128.9
655	241	78.4	134.1
656	241	59.8	128.7
657	224	74.9	125
658	241	54.1	127
659	230	72.9	125.5
660	241	48.9	49.4
661	241	46.5	46.9
662	241	50.4	50.9
663	241	49.6	136.7
664	241	91.9	139.8
665	241	49.8	129.4
666	241	88.3	139
667	241	49.9	50.4
668	241	49.9	50.3
669	241	47.5	48
670	241	47.9	48.4
671	241	49.4	49.7
672	130	49.4	49.7
673	241	118.4	128.1
674	241	47.5	86
675	241	47.5	86
676	241	47.5	86
677	241	49.9	50.7
678	241	47.4	47.9
679	241	47.6	48.2
680	241	47.7	111

681	241	47.7	111
682	241	47.7	111
683	241	59.8	127.6
684	241	59.8	127.6
685	241	65.3	128.4
686	241	79.9	133.6
687	241	75	78.8
688	241	65.5	67.8
689	221	63.9	65.6
690	241	48.2	48.7
691	241	48	49
692	241	49	75
693	241	87.7	147.2
694	241	56.6	59
695	241	46.2	129.8
696	241	114.6	122.1
697	241	47.8	129
698	241	86.2	135.8
699	241	86.2	135.7
700	241	47	129.3
701	241	47	129.3
702	241	47	129.7
703	241	46.9	47.5
704	241	41.2	41.8
705	241	37.5	37.8
706	241	36.3	36.8
707	241	34.9	35.3
708	241	47.8	74.5
709	241	47.3	237.6
710	241	47.3	237.6
711	241	47.3	241.9
712	241	91.9	137.2
713	241	45.5	46
714	241	46.5	47
715	241	47.2	47.6
716	241	34.8	35.2

717	241	45.7	46.2
718	241	45.7	46.4
719	241	45.7	71.3
720	241	45.1	45.6
721	241	45.2	45.7
722	241	45.2	45.7
723	241	42.7	43.2
724	241	42.6	43.1
725	241	44.1	44.7
726	241	43.8	70.2
727	241	41.4	66
728	241	93.1	99.4
729	241	75.6	96.8
730	241	90.7	113.7
731	241	81.5	117
732	241	71.9	122.2
733	241	40.9	41.3

부록 3 Shorttrends_dg56 테이블 분석표

Record Number	측정횟수	Record Number	측정횟수
1 - 2	2	1146 - 1177	32
3 - 95	93	1178 - 1196	19
96 - 100	5	1197 - 1214	18
101 - 105	5	1215 - 1231	17
106 - 129	24	1232 - 1250	19
130	1	1251 - 1255	5
131 - 134	4	1256 - 1264	9
135 - 140	6	1265 - 1271	7
141 - 145	5	1272 - 1359	88
146 - 150	5	1360 - 1468	109
151 - 151	2	1469 - 1568	100
153 - 156	4	1569 - 1620	52
157 - 161	5	1621 - 1673	53
162 - 166	5	1674 - 1819	146
167 - 171	5	1820 - 2270	451
172 - 230	59	2271 - 2382	112
231 - 235	5	2383 - 2403	21
236 - 239	4	2404 - 2415	12
240 - 244	5	2416 - 2434	19
245 - 297	53	2435 - 2466	32
298 - 345	48	2467 - 2476	10
346 - 350	5	2477 - 2488	12
351 - 398	48	2489 - 2496	8
399 - 429	31	2497 - 2565	69
430 - 526	97	2566 - 2584	19
527 - 551	25	2585 - 2591	7
552 - 587	36	2592 - 2631	40
588 - 640	53	2632 - 2641	10
641 - 711	71	2642 - 2659	18
712 - 715	4	2660 - 2661	2
716 - 903	208	2662 - 2672	11
904 - 1118	215	2673 - 2693	21
1119 - 1145	27	2694 - 2701	8

Record Number	측정횟수	Record Number	측정횟수
2702 - 2760	59	10357 - 10431	75
2761 - 2775	15	10432 - 10439	8
2776 - 2784	9	10440 - 10474	35
2785 - 2792	8	10475 - 10480	6
2793 - 2796	4	10481 - 10485	5
2797 - 2804	8	10486 - 10503	18
2805 - 2813	9	10504 - 10528	25
2814 - 2823	10	10529 - 10604	76
2824 - 2827	4	10605 - 16566	5962
2828 - 2839	12	16567 - 16574	8
2840 - 2850	11	16575 - 16597	23
2851 - 2858	8	16598 - 16606	9
2859 - 2906	48	16607 - 16610	4
2907 - 3060	154	16611 - 16615	5
3061 - 3070	10	16616 - 16719	104
3071 - 3081	11	16720	1
3082 - 3099	18	16721 - 16728	8
3100 - 3129	30	16729 - 17082	354
3130 - 3135	6	17083 - 17093	11
3136 - 3150	15	17094 - 17201	108
3151 - 3165	15	17202 - 17212	11
3166 - 3186	21	17213 - 17866	654
3187 - 3189	3	17867 - 18286	420
3190 - 3206	17	18287 - 18667	381
3207 - 4525	1319	18668 - 18785	118
4526 - 4535	10	18786 - 18862	77
4536 - 4540	5	18863 - 19023	161
4541 - 4547	7	19024 - 19031	8
4548 - 4938	391	19032 - 19040	9
4939 - 5117	179	19041 - 19056	16
5118 - 5331	214	19057 - 19603	547
5332 - 10348	5017	19604 - 20004	401
10349 - 10356	8	20005 - 20407	403

Record Number	측정횟수	Record Number	측정횟수
20408 - 20770	363	30960 - 30977	18
20771 - 21235	445	30978 - 30996	19
21236 - 21652	417	30997 - 31014	18
21653 - 21982	330	31015 - 31032	18
21983 - 30134	8152	31033 - 31051	19
30135 - 30153	19	31052 - 31069	18
30154 - 30169	16	31070 - 31087	18
30170 - 30190	21	31088 - 31105	18
30191 - 30210	20	31106 - 31153	48
30211 - 30257	47	31154 - 31543	390
30258 - 30265	8	31544 - 31557	14
30266 - 30271	6	31558 - 31574	17
30272 - 30337	66	31575 - 31587	13
30338 - 30389	52	31588 - 31609	22
30390 - 30464	75	31610 - 31848	239
30465 - 30494	30	31849 - 32018	170
30495 - 30517	23	32019 - 32020	2
30518 - 30532	15	32021 - 32136	116
30533 - 30550	18	32137 - 32178	42
30551 - 30705	155	32179 - 32473	295
30706 - 30741	36	32474 - 32504	31
30742 - 30763	22	32505 - 32516	12
30764 - 30780	17	32517 - 32716	200
30781 - 30797	17	32717 - 32775	59
30798 - 30814	17	32776 - 33431	656
30815 - 30832	18	33432 - 33638	207
30833 - 30850	18	33639 - 34003	365
30851 - 30868	18	34004 - 34522	519
30869 - 30885	17	34523 - 36763	2241
30886 - 30903	18	36764 - 37380	617
30904 - 30923	20	37381 - 37981	601
30924 - 30941	18	37982 - 37987	6
30942 - 30959	18	37988 - 38019	32

부록 4 262개의 진단 규칙

```

rule Exhaust_Gas.EG_Rule001
  evaluate((?cEG.t_TE200_S == 1d) &&
    (?cEG.t_TE201_S == 1d) &&
    (?cEG.t_TE202_S == 1d) &&
    (?cEG.t_TE203_S == 1d) &&
    (?cEG.t_TE204_S == 1d) &&
    (?cEG.t_TE205_S == 1d) &&
    (?cEG.t_TE206_S == 1d) &&
    (?cEG.t_TE207_S == 1d) &&
    (?cSA.t_TE015_S == 1d));
then{ ?message.diagnosisMsg("에어쿨러 상태 점검, LT 계통 점검");}
-----rule
Exhaust_Gas.EG_Rule002
  evaluate((?cEG.t_TE250_S == 1d) &&
    (?cEG.t_TE251_S == 1d) &&
    (?cSA.t_TE015_S == 1d));
then{ ?message.diagnosisMsg(" 에어쿨러 상태 점검, LT 계통 점검");}
-----
rule Exhaust_Gas.EG_Rule003
  evaluate((?cEG.t_TE200_S == 1d) &&
    (?cEG.t_TE201_S == 1d) &&
    (?cEG.t_TE202_S == 1d) &&
    (?cEG.t_TE203_S == 1d) &&
    (?cEG.t_TE204_S == 1d) &&
    (?cEG.t_TE205_S == 1d) &&
    (?cEG.t_TE206_S == 1d) &&
    (?cEG.t_TE207_S == 1d) &&
    (?cSA.p_P3_LA_S == -1d));
then{ ?message.diagnosisMsg(" A엔진 과급기 오손");}
-----
rule Exhaust_Gas.EG_Rule004
  evaluate((?cEG.t_TE250_S == 1d) &&
    (?cEG.t_TE251_S == 1d) &&
    (?cSA.p_P3_LA_A == -1d));
then{ ?message.diagnosisMsg(" A 엔진 과급기 오손");}
-----
rule Exhaust_Gas.EG_Rule005
  evaluate((?cEG.t_TE200_S == 1d) &&
    (?cEG.t_TE201_S == 1d) &&
    (?cEG.t_TE202_S == 1d) &&
    (?cEG.t_TE203_S == 1d) &&
    (?cEG.t_TE204_S == 1d) &&
    (?cEG.t_TE205_S == 1d) &&
    (?cEG.t_TE206_S == 1d) &&
    (?cEG.t_TE207_S == 1d) &&
    (?cSA.t_TE015_S == 1d) &&
    (?cSA.p_P3_LA_S == 0d));
-----
rule Exhaust_Gas.EG_Rule006
  evaluate((?cEG.t_TE250_S == 1d) &&
    (?cEG.t_TE251_S == 1d) &&
    (?cSA.t_TE015_S == 0d) &&
    (?cSA.p_P3_LA_S == 0d));
then{ ?message.diagnosisMsg(" 엔진 과부하");}
-----
rule Exhaust_Gas.EG_Rule007
  evaluate((?cEG.t_TE200_S == 0d) &&
    (?cEG.t_TE201_S == 0d) &&
    (?cEG.t_TE202_S == 0d) &&
    (?cEG.t_TE203_S == 0d) &&
    (?cEG.t_TE204_S == 0d) &&
    (?cEG.t_TE205_S == 0d) &&
    (?cEG.t_TE206_S == 0d) &&
    (?cEG.t_TE207_S == 1d));
then{ ?message.diagnosisMsg("Cylinder A8 랙 위치 점검, Pmax 점검, 온도계 점검");}
-----
rule Exhaust_Gas.EG_Rule008
  evaluate((?cEG.t_TE200_S == 0d) &&
    (?cEG.t_TE201_S == 0d) &&
    (?cEG.t_TE202_S == 0d) &&
    (?cEG.t_TE203_S == 0d) &&
    (?cEG.t_TE204_S == 0d) &&
    (?cEG.t_TE205_S == 0d) &&
    (?cEG.t_TE206_S == 1d) &&
    (?cEG.t_TE207_S == 0d));
then{ ?message.diagnosisMsg("Cylinder A7 랙 위치 점검, Pmax 점검, 온도계 점검");}
-----
rule Exhaust_Gas.EG_Rule009
  evaluate((?cEG.t_TE200_S == 0d) &&
    (?cEG.t_TE201_S == 0d) &&
    (?cEG.t_TE202_S == 0d) &&
    (?cEG.t_TE203_S == 0d) &&
    (?cEG.t_TE204_S == 0d) &&
    (?cEG.t_TE205_S == 1d) &&
    (?cEG.t_TE206_S == 0d) &&
    (?cEG.t_TE207_S == 0d));

```

```
then{ ?message.diagnosisMsg("Cylinder A6 랙  
위치 점검, Pmax 점검, 온도계 점검");}
```

```
-----  
rule Exhaust_Gas.EG_Rule010  
  evaluate((?cEG.t_TE200_S == 0d) &&  
    (?cEG.t_TE201_S == 0d) &&  
    (?cEG.t_TE202_S == 0d) &&  
    (?cEG.t_TE203_S == 0d) &&  
    (?cEG.t_TE204_S == 1d) &&  
    (?cEG.t_TE205_S == 0d) &&  
    (?cEG.t_TE206_S == 0d) &&  
    (?cEG.t_TE207_S == 0d));
```

```
then{ ?message.diagnosisMsg("Cylinder A5 랙  
위치 점검, Pmax 점검, 온도계 점검");}
```

```
-----  
rule Exhaust_Gas.EG_Rule011  
  evaluate((?cEG.t_TE200_S == 0d) &&  
    (?cEG.t_TE201_S == 0d) &&  
    (?cEG.t_TE202_S == 0d) &&  
    (?cEG.t_TE203_S == 1d) &&  
    (?cEG.t_TE204_S == 0d) &&  
    (?cEG.t_TE205_S == 0d) &&  
    (?cEG.t_TE206_S == 0d) &&  
    (?cEG.t_TE207_S == 0d));
```

```
then{ ?message.diagnosisMsg("Cylinder A4 랙위  
치 점검, Pmax 점검, 온도계 점검");}
```

```
-----  
rule Exhaust_Gas.EG_Rule012  
  evaluate((?cEG.t_TE200_S == 0d) &&  
    (?cEG.t_TE201_S == 0d) &&  
    (?cEG.t_TE202_S == 1d) &&  
    (?cEG.t_TE203_S == 0d) &&  
    (?cEG.t_TE204_S == 0d) &&  
    (?cEG.t_TE205_S == 0d) &&  
    (?cEG.t_TE206_S == 0d) &&  
    (?cEG.t_TE207_S == 0d));
```

```
then{ ?message.diagnosisMsg("Cylinder A3 랙위  
치 점검, Pmax 점검, 온도계 점검");}
```

```
-----  
rule Exhaust_Gas.EG_Rule013  
  evaluate((?cEG.t_TE200_S == 0d) &&  
    (?cEG.t_TE201_S == 1d) &&  
    (?cEG.t_TE202_S == 0d) &&  
    (?cEG.t_TE203_S == 0d) &&  
    (?cEG.t_TE204_S == 0d) &&  
    (?cEG.t_TE205_S == 0d) &&  
    (?cEG.t_TE206_S == 0d) &&  
    (?cEG.t_TE207_S == 0d));
```

```
then{ ?message.diagnosisMsg("Cylinder A2 랙위  
치 점검, Pmax 점검, 온도계 점검");}
```

```
rule Exhaust_Gas.EG_Rule014  
  evaluate((?cEG.t_TE200_S == 1d) &&  
    (?cEG.t_TE201_S == 0d) &&  
    (?cEG.t_TE202_S == 0d) &&  
    (?cEG.t_TE203_S == 0d) &&  
    (?cEG.t_TE204_S == 0d) &&  
    (?cEG.t_TE205_S == 0d) &&  
    (?cEG.t_TE206_S == 0d) &&  
    (?cEG.t_TE207_S == 0d));
```

```
then{ ?message.diagnosisMsg("Cylinder A1 랙  
위치 점검, Pmax 점검, 온도계 점검");}
```

```
-----  
rule Exhaust_Gas.EG_Rule015  
  evaluate((?cEG.t_TE208_S == 0d) &&  
    (?cEG.t_TE209_S == 0d) &&  
    (?cEG.t_TE210_S == 0d) &&  
    (?cEG.t_TE211_S == 0d) &&  
    (?cEG.t_TE212_S == 0d) &&  
    (?cEG.t_TE213_S == 0d) &&  
    (?cEG.t_TE214_S == 0d) &&  
    (?cEG.t_TE215_S == 1d));
```

```
then{ ?message.diagnosisMsg("Cylinder B8 랙위  
치 점검, Pmax 점검, 온도계 점검");}
```

```
-----  
rule Exhaust_Gas.EG_Rule016  
  evaluate((?cEG.t_TE208_S == 0d) &&  
    (?cEG.t_TE209_S == 0d) &&  
    (?cEG.t_TE210_S == 0d) &&  
    (?cEG.t_TE211_S == 0d) &&  
    (?cEG.t_TE212_S == 0d) &&  
    (?cEG.t_TE213_S == 0d) &&  
    (?cEG.t_TE214_S == 1d) &&  
    (?cEG.t_TE215_S == 0d));
```

```
then{ ?message.diagnosisMsg("Cylinder B7 랙위  
치 점검, Pmax 점검, 온도계 점검");}
```

```
-----  
rule Exhaust_Gas.EG_Rule017  
  evaluate((?cEG.t_TE208_S == 0d) &&  
    (?cEG.t_TE209_S == 0d) &&  
    (?cEG.t_TE210_S == 0d) &&  
    (?cEG.t_TE211_S == 0d) &&  
    (?cEG.t_TE212_S == 0d) &&  
    (?cEG.t_TE213_S == 1d) &&  
    (?cEG.t_TE214_S == 0d) &&  
    (?cEG.t_TE215_S == 0d));
```

```
then{ ?message.diagnosisMsg("Cylinder B6 랙위  
치 점검, Pmax 점검, 온도계 점검");}
```

```
-----  
rule Exhaust_Gas.EG_Rule018  
  evaluate((?cEG.t_TE208_S == 0d) &&  
    (?cEG.t_TE209_S == 0d) &&
```

```

(?cEG.t_TE210_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE211_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE212_S == 1d) &&
(?cEG.t_TE213_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE214_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE215_S == 0d));
then{ ?message.diagnosisMsg("Cylinder B5 랙위
치 점검, Pmax 점검, 온도계 점검");}

```

```

-----
rule Exhaust_Gas.EG_Rule019
evaluate((?cEG.t_TE208_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE209_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE210_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE211_S == 1d) &&
(?cEG.t_TE212_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE213_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE214_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE215_S == 0d));

```

```

then{ ?message.diagnosisMsg("Cylinder B4 랙위
치 점검, Pmax 점검, 온도계 점검");}

```

```

-----
rule Exhaust_Gas.EG_Rule020
evaluate((?cEG.t_TE208_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE209_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE210_S == 1d) &&
(?cEG.t_TE211_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE212_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE213_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE214_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE215_S == 0d));

```

```

then{ ?message.diagnosisMsg("Cylinder B3 랙위
치 점검, Pmax 점검, 온도계 점검");}

```

```

-----
rule Exhaust_Gas.EG_Rule021
evaluate((?cEG.t_TE208_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE209_S == 1d) &&
(?cEG.t_TE210_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE211_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE212_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE213_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE214_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE215_S == 0d));

```

```

then{ ?message.diagnosisMsg("Cylinder B2 랙위
치 점검, Pmax 점검, 온도계 점검");}

```

```

-----
rule Exhaust_Gas.EG_Rule022
evaluate((?cEG.t_TE208_S == 1d) &&
(?cEG.t_TE209_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE210_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE211_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE212_S == 0d) &&

```

```

(?cEG.t_TE213_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE214_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE215_S == 0d));
then{ ?message.diagnosisMsg("Cylinder B1 랙위
치 점검, Pmax 점검, 온도계 점검");}

```

```

-----
rule Exhaust_Gas.EG_Rule023
evaluate((?cEG.t_TE200_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE201_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE202_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE203_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE204_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE205_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE206_S == 1d) &&
(?cEG.t_TE207_S == 1d));

```

```

then{ ?message.diagnosisMsg("Cylinder A8, A7
랙위치 점검, Pmax 점검, 온도계 점검");}

```

```

-----
rule Exhaust_Gas.EG_Rule024
evaluate((?cEG.t_TE200_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE201_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE202_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE203_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE204_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE205_S == 1d) &&
(?cEG.t_TE206_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE207_S == 1d));

```

```

then{ ?message.diagnosisMsg("Cylinder A8, A6
랙위치 점검, Pmax 점검, 온도계 점검");}

```

```

-----
rule Exhaust_Gas.EG_Rule025
evaluate((?cEG.t_TE200_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE201_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE202_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE203_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE204_S == 1d) &&
(?cEG.t_TE205_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE206_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE207_S == 1d));

```

```

then{ ?message.diagnosisMsg("Cylinder A8, A5
랙위치 점검, Pmax 점검, 온도계 점검");}

```

```

-----
rule Exhaust_Gas.EG_Rule026
evaluate((?cEG.t_TE200_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE201_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE202_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE203_S == 1d) &&
(?cEG.t_TE204_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE205_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE206_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE207_S == 1d));

```



```

        (?cEG.t_TE202_S == 0d) &&
        (?cEG.t_TE203_S == 0d) &&
        (?cEG.t_TE204_S == 0d) &&
        (?cEG.t_TE205_S == 0d) &&
        (?cEG.t_TE206_S == 1d) &&
        (?cEG.t_TE207_S == 0d));
then{   ?message.diagnosisMsg("Cylinder A7, A1
랙위치 점검, Pmax 점검, 온도계 점검");}
-----
rule Exhaust_Gas.EG_Rule036
    evaluate((?cEG.t_TE200_S == 0d) &&
        (?cEG.t_TE201_S == 0d) &&
        (?cEG.t_TE202_S == 0d) &&
        (?cEG.t_TE203_S == 0d) &&
        (?cEG.t_TE204_S == 1d) &&
        (?cEG.t_TE205_S == 1d) &&
        (?cEG.t_TE206_S == 0d) &&
        (?cEG.t_TE207_S == 0d));
then
{   ?message.diagnosisMsg("Cylinder A6, A5 랙
위치 점검, Pmax 점검, 온도계 점검");}
-----
rule Exhaust_Gas.EG_Rule037
    evaluate((?cEG.t_TE200_S == 0d) &&
        (?cEG.t_TE201_S == 0d) &&
        (?cEG.t_TE202_S == 0d) &&
        (?cEG.t_TE203_S == 1d) &&
        (?cEG.t_TE204_S == 0d) &&
        (?cEG.t_TE205_S == 1d) &&
        (?cEG.t_TE206_S == 0d) &&
        (?cEG.t_TE207_S == 0d));
then{   ?message.diagnosisMsg("Cylinder A6, A4
랙위치 점검, Pmax 점검, 온도계 점검");}
-----
rule Exhaust_Gas.EG_Rule038
    evaluate((?cEG.t_TE200_S == 0d) &&
        (?cEG.t_TE201_S == 0d) &&
        (?cEG.t_TE202_S == 1d) &&
        (?cEG.t_TE203_S == 0d) &&
        (?cEG.t_TE204_S == 0d) &&
        (?cEG.t_TE205_S == 1d) &&
        (?cEG.t_TE206_S == 0d) &&
        (?cEG.t_TE207_S == 0d));
then{   ?message.diagnosisMsg("Cylinder A6, A3
랙위치 점검, Pmax 점검, 온도계 점검");}
-----
rule Exhaust_Gas.EG_Rule039
    evaluate((?cEG.t_TE200_S == 0d) &&
        (?cEG.t_TE201_S == 1d) &&
        (?cEG.t_TE202_S == 0d) &&
        (?cEG.t_TE203_S == 0d) &&

```

```

        (?cEG.t_TE204_S == 0d) &&
        (?cEG.t_TE205_S == 1d) &&
        (?cEG.t_TE206_S == 0d) &&
        (?cEG.t_TE207_S == 0d));
then{   ?message.diagnosisMsg("Cylinder A6, A2
랙위치 점검, Pmax 점검, 온도계 점검");}
-----
rule Exhaust_Gas.EG_Rule040
    evaluate((?cEG.t_TE200_S == 1d) &&
        (?cEG.t_TE201_S == 0d) &&
        (?cEG.t_TE202_S == 0d) &&
        (?cEG.t_TE203_S == 0d) &&
        (?cEG.t_TE204_S == 0d) &&
        (?cEG.t_TE205_S == 1d) &&
        (?cEG.t_TE206_S == 0d) &&
        (?cEG.t_TE207_S == 0d));
then{   ?message.diagnosisMsg("Cylinder A6, A1
랙위치 점검, Pmax 점검, 온도계 점검");}
-----
rule Exhaust_Gas.EG_Rule041
    evaluate((?cEG.t_TE200_S == 0d) &&
        (?cEG.t_TE201_S == 0d) &&
        (?cEG.t_TE202_S == 0d) &&
        (?cEG.t_TE203_S == 1d) &&
        (?cEG.t_TE204_S == 1d) &&
        (?cEG.t_TE205_S == 0d) &&
        (?cEG.t_TE206_S == 0d) &&
        (?cEG.t_TE207_S == 0d));
then
{   ?message.diagnosisMsg("Cylinder A5, A4 랙
위치 점검, Pmax 점검, 온도계 점검");}
-----
rule Exhaust_Gas.EG_Rule042
    evaluate((?cEG.t_TE200_S == 0d) &&
        (?cEG.t_TE201_S == 0d) &&
        (?cEG.t_TE202_S == 1d) &&
        (?cEG.t_TE203_S == 0d) &&
        (?cEG.t_TE204_S == 1d) &&
        (?cEG.t_TE205_S == 0d) &&
        (?cEG.t_TE206_S == 0d) &&
        (?cEG.t_TE207_S == 0d));
then
{   ?message.diagnosisMsg("Cylinder A5, A3 랙
위치 점검, Pmax 점검, 온도계 점검");}
-----
rule Exhaust_Gas.EG_Rule043
    evaluate((?cEG.t_TE200_S == 0d) &&
        (?cEG.t_TE201_S == 1d) &&
        (?cEG.t_TE202_S == 0d) &&
        (?cEG.t_TE203_S == 0d) &&
        (?cEG.t_TE204_S == 1d) &&

```

```

                (?cEG.t_TE205_S == 0d) &&
                (?cEG.t_TE206_S == 0d) &&
                (?cEG.t_TE207_S == 0d));
then{    ?message.diagnosisMsg("Cylinder A5, A2
랙위치 점검, Pmax 점검, 온도계 점검");}
-----
rule Exhaust_Gas.EG_Rule044
    evaluate((?cEG.t_TE200_S == 1d) &&
                (?cEG.t_TE201_S == 0d) &&
                (?cEG.t_TE202_S == 0d) &&
                (?cEG.t_TE203_S == 0d) &&
                (?cEG.t_TE204_S == 1d) &&
                (?cEG.t_TE205_S == 0d) &&
                (?cEG.t_TE206_S == 0d) &&
                (?cEG.t_TE207_S == 0d));
then{    ?message.diagnosisMsg("Cylinder A5, A1
랙위치 점검, Pmax 점검, 온도계 점검");}
-----
rule Exhaust_Gas.EG_Rule045
    evaluate((?cEG.t_TE200_S == 0d) &&
                (?cEG.t_TE201_S == 0d) &&
                (?cEG.t_TE202_S == 1d) &&
                (?cEG.t_TE203_S == 1d) &&
                (?cEG.t_TE204_S == 0d) &&
                (?cEG.t_TE205_S == 0d) &&
                (?cEG.t_TE206_S == 0d) &&
                (?cEG.t_TE207_S == 0d));
then{    ?message.diagnosisMsg("Cylinder A4, A3
랙위치 점검, Pmax 점검, 온도계 점검");}
-----
rule Exhaust_Gas.EG_Rule046
    evaluate((?cEG.t_TE200_S == 0d) &&
                (?cEG.t_TE201_S == 1d) &&
                (?cEG.t_TE202_S == 0d) &&
                (?cEG.t_TE203_S == 1d) &&
                (?cEG.t_TE204_S == 0d) &&
                (?cEG.t_TE205_S == 0d) &&
                (?cEG.t_TE206_S == 0d) &&
                (?cEG.t_TE207_S == 0d));
then{    ?message.diagnosisMsg("Cylinder A4, A2
랙위치 점검, Pmax 점검, 온도계 점검");}
-----
rule Exhaust_Gas.EG_Rule047
    evaluate((?cEG.t_TE200_S == 1d) &&
                (?cEG.t_TE201_S == 0d) &&
                (?cEG.t_TE202_S == 0d) &&
                (?cEG.t_TE203_S == 1d) &&
                (?cEG.t_TE204_S == 0d) &&
                (?cEG.t_TE205_S == 0d) &&
                (?cEG.t_TE206_S == 0d) &&
                (?cEG.t_TE207_S == 0d));

```

```

then{    ?message.diagnosisMsg("Cylinder A4, A1
랙위치 점검, Pmax 점검, 온도계 점검");}
-----
rule Exhaust_Gas.EG_Rule048
    evaluate((?cEG.t_TE200_S == 0d) &&
                (?cEG.t_TE201_S == 1d) &&
                (?cEG.t_TE202_S == 1d) &&
                (?cEG.t_TE203_S == 0d) &&
                (?cEG.t_TE204_S == 0d) &&
                (?cEG.t_TE205_S == 0d) &&
                (?cEG.t_TE206_S == 0d) &&
                (?cEG.t_TE207_S == 0d));
then{    ?message.diagnosisMsg("Cylinder A3, A2
랙위치 점검, Pmax 점검, 온도계 점검");}
-----
rule Exhaust_Gas.EG_Rule049
    evaluate((?cEG.t_TE200_S == 1d) &&
                (?cEG.t_TE201_S == 0d) &&
                (?cEG.t_TE202_S == 1d) &&
                (?cEG.t_TE203_S == 0d) &&
                (?cEG.t_TE204_S == 0d) &&
                (?cEG.t_TE205_S == 0d) &&
                (?cEG.t_TE206_S == 0d) &&
                (?cEG.t_TE207_S == 0d));
then{    ?message.diagnosisMsg("Cylinder A3, A1
랙위치 점검, Pmax 점검, 온도계 점검");}
-----
rule Exhaust_Gas.EG_Rule050
    evaluate((?cEG.t_TE200_S == 1d) &&
                (?cEG.t_TE201_S == 1d) &&
                (?cEG.t_TE202_S == 0d) &&
                (?cEG.t_TE203_S == 0d) &&
                (?cEG.t_TE204_S == 0d) &&
                (?cEG.t_TE205_S == 0d) &&
                (?cEG.t_TE206_S == 0d) &&
                (?cEG.t_TE207_S == 0d));
then{    ?message.diagnosisMsg("Cylinder A2, A1
랙위치 점검, Pmax 점검, 온도계 점검");}
-----
rule Exhaust_Gas.EG_Rule051
    evaluate((?cEG.t_TE208_S == 0d) &&
                (?cEG.t_TE209_S == 0d) &&
                (?cEG.t_TE210_S == 0d) &&
                (?cEG.t_TE211_S == 0d) &&
                (?cEG.t_TE212_S == 0d) &&
                (?cEG.t_TE213_S == 0d) &&
                (?cEG.t_TE214_S == 1d) &&
                (?cEG.t_TE215_S == 1d));
then{    ?message.diagnosisMsg("Cylinder B8, B7
랙위치 점검, Pmax 점검, 온도계 점검");}
-----

```

```

rule Exhaust_Gas.EG_Rule052
- evaluate((?cEG.t_TE208_S == 0d) &&
  (?cEG.t_TE209_S == 0d) &&
  (?cEG.t_TE210_S == 1d) &&
  (?cEG.t_TE211_S == 1d) &&
  (?cEG.t_TE212_S == 0d) &&
  (?cEG.t_TE213_S == 0d) &&
  (?cEG.t_TE214_S == 0d) &&
  (?cEG.t_TE215_S == 1d));
then( ?message.diagnosisMsg("Cylinder B3, B4,
B8 랙위치 점검, Pmax 점검, 온도계 점검"); }
-----
rule Exhaust_Gas.EG_Rule053
  evaluate((?cEG.t_TE208_S == 0d) &&
    (?cEG.t_TE209_S == 0d) &&
    (?cEG.t_TE210_S == 0d) &&
    (?cEG.t_TE211_S == 0d) &&
    (?cEG.t_TE212_S == 0d) &&
    (?cEG.t_TE213_S == 1d) &&
    (?cEG.t_TE214_S == 0d) &&
    (?cEG.t_TE215_S == 1d));
then( ?message.diagnosisMsg("Cylinder B8, B6
랙위치 점검, Pmax 점검, 온도계 점검");}
-----
rule Exhaust_Gas.EG_Rule054
  evaluate((?cEG.t_TE208_S == 0d) &&
    (?cEG.t_TE209_S == 0d) &&
    (?cEG.t_TE210_S == 0d) &&
    (?cEG.t_TE211_S == 0d) &&
    (?cEG.t_TE212_S == 1d) &&
    (?cEG.t_TE213_S == 0d) &&
    (?cEG.t_TE214_S == 0d) &&
    (?cEG.t_TE215_S == 1d));
then( ?message.diagnosisMsg("Cylinder B8, B5
랙위치 점검, Pmax 점검, 온도계 점검");}
-----
rule Exhaust_Gas.EG_Rule055
  evaluate((?cEG.t_TE208_S == 0d) &&
    (?cEG.t_TE209_S == 0d) &&
    (?cEG.t_TE210_S == 0d) &&
    (?cEG.t_TE211_S == 1d) &&
    (?cEG.t_TE212_S == 0d) &&
    (?cEG.t_TE213_S == 0d) &&
    (?cEG.t_TE214_S == 0d) &&
    (?cEG.t_TE215_S == 1d));
then( ?message.diagnosisMsg("Cylinder B8, B4
랙위치 점검, Pmax 점검, 온도계 점검");}
-----
rule Exhaust_Gas.EG_Rule056
  evaluate((?cEG.t_TE208_S == 0d) &&
    (?cEG.t_TE209_S == 0d) &&

```

```

  (?cEG.t_TE210_S == 1d) &&
  (?cEG.t_TE211_S == 0d) &&
  (?cEG.t_TE212_S == 0d) &&
  (?cEG.t_TE213_S == 0d) &&
  (?cEG.t_TE214_S == 0d) &&
  (?cEG.t_TE215_S == 1d));
then( ?message.diagnosisMsg("Cylinder B8, B3
랙위치 점검, Pmax 점검, 온도계 점검");}
-----
rule Exhaust_Gas.EG_Rule057
  evaluate((?cEG.t_TE208_S == 0d) &&
    (?cEG.t_TE209_S == 1d) &&
    (?cEG.t_TE210_S == 0d) &&
    (?cEG.t_TE211_S == 0d) &&
    (?cEG.t_TE212_S == 0d) &&
    (?cEG.t_TE213_S == 0d) &&
    (?cEG.t_TE214_S == 0d) &&
    (?cEG.t_TE215_S == 1d));
then( ?message.diagnosisMsg("Cylinder B8, B2
랙위치 점검, Pmax 점검, 온도계 점검");}
-----
rule Exhaust_Gas.EG_Rule058
  evaluate((?cEG.t_TE208_S == 1d) &&
    (?cEG.t_TE209_S == 0d) &&
    (?cEG.t_TE210_S == 0d) &&
    (?cEG.t_TE211_S == 0d) &&
    (?cEG.t_TE212_S == 0d) &&
    (?cEG.t_TE213_S == 0d) &&
    (?cEG.t_TE214_S == 0d) &&
    (?cEG.t_TE215_S == 1d));
then( ?message.diagnosisMsg("Cylinder B8, B1
랙위치 점검, Pmax 점검, 온도계 점검");}
-----
rule Exhaust_Gas.EG_Rule059
  evaluate((?cEG.t_TE208_S == 0d) &&
    (?cEG.t_TE209_S == 0d) &&
    (?cEG.t_TE210_S == 0d) &&
    (?cEG.t_TE211_S == 0d) &&
    (?cEG.t_TE212_S == 0d) &&
    (?cEG.t_TE213_S == 1d) &&
    (?cEG.t_TE214_S == 1d) &&
    (?cEG.t_TE215_S == 0d));
then( ?message.diagnosisMsg("Cylinder B7, B6
랙위치 점검, Pmax 점검, 온도계 점검");}
-----
rule Exhaust_Gas.EG_Rule060
  evaluate((?cEG.t_TE208_S == 0d) &&
    (?cEG.t_TE209_S == 0d) &&
    (?cEG.t_TE210_S == 0d) &&
    (?cEG.t_TE211_S == 0d) &&
    (?cEG.t_TE212_S == 1d) &&

```



```

        (?cEG.t_TE213_S == 0d) &&
        (?cEG.t_TE214_S == 0d) &&
        (?cEG.t_TE215_S == 0d));
then{ ?message.diagnosisMsg("Cylinder B3, B2
랙위치 점검, Pmax 점검, 온도계 점검");}
-----
rule Exhaust_Gas.EG_Rule078
    evaluate((?cEG.t_TE208_S == 1d) &&
        (?cEG.t_TE209_S == 0d) &&
        (?cEG.t_TE210_S == 1d) &&
        (?cEG.t_TE211_S == 0d) &&
        (?cEG.t_TE212_S == 0d) &&
        (?cEG.t_TE213_S == 0d) &&
        (?cEG.t_TE214_S == 0d) &&
        (?cEG.t_TE215_S == 0d));
then{ ?message.diagnosisMsg("Cylinder B3, B1
랙위치 점검, Pmax 점검, 온도계 점검");}
-----
rule Exhaust_Gas.EG_Rule079
    evaluate((?cEG.t_TE208_S == 1d) &&
        (?cEG.t_TE209_S == 1d) &&
        (?cEG.t_TE210_S == 0d) &&
        (?cEG.t_TE211_S == 0d) &&
        (?cEG.t_TE212_S == 0d) &&
        (?cEG.t_TE213_S == 0d) &&
        (?cEG.t_TE214_S == 0d) &&
        (?cEG.t_TE215_S == 0d));
then{ ?message.diagnosisMsg("Cylinder B2, B1
랙위치 점검, Pmax 점검, 온도계 점검");}
-----
rule Exhaust_Gas.EG_Rule080
    evaluate((?cEG.t_TE200_A == -1d) &&
        (?cEG.t_TE201_A == 0d) &&
        (?cEG.t_TE202_A == 0d) &&
        (?cEG.t_TE203_A == 0d) &&
        (?cEG.t_TE204_A == 0d) &&
        (?cEG.t_TE205_A == 0d) &&
        (?cEG.t_TE206_A == 0d) &&
        (?cEG.t_TE207_A == 0d));
then{ ?message.diagnosisMsg("Cylinder A1
랙위치 점검, 온도계 점검, Pmax 점검 및 인젝터 점검");}
-----
rule Exhaust_Gas.EG_Rule081
    evaluate((?cEG.t_TE200_A == 0d) &&
        (?cEG.t_TE201_A == -1d) &&
        (?cEG.t_TE202_A == 0d) &&
        (?cEG.t_TE203_A == 0d) &&
        (?cEG.t_TE204_A == 0d) &&
        (?cEG.t_TE205_A == 0d) &&
        (?cEG.t_TE206_A == 0d) &&
        (?cEG.t_TE207_A == 0d));

```

```

then{ ?message.diagnosisMsg("Cylinder A2
랙위치 점검, 온도계 점검, Pmax 점검 및 인젝터 점검");}
-----
rule Exhaust_Gas.EG_Rule082
    evaluate((?cEG.t_TE200_A == 0d) &&
        (?cEG.t_TE201_A == 0d) &&
        (?cEG.t_TE202_A == -1d) &&
        (?cEG.t_TE203_A == 0d) &&
        (?cEG.t_TE204_A == 0d) &&
        (?cEG.t_TE205_A == 0d) &&
        (?cEG.t_TE206_A == 0d) &&
        (?cEG.t_TE207_A == 0d));
then{ ?message.diagnosisMsg("Cylinder A3
랙위치 점검, 온도계 점검, Pmax 점검 및 인젝터 점검");}
-----
rule Exhaust_Gas.EG_Rule083
    evaluate((?cEG.t_TE200_A == 0d) &&
        (?cEG.t_TE201_A == 0d) &&
        (?cEG.t_TE202_A == 0d) &&
        (?cEG.t_TE203_A == -1d) &&
        (?cEG.t_TE204_A == 0d) &&
        (?cEG.t_TE205_A == 0d) &&
        (?cEG.t_TE206_A == 0d) &&
        (?cEG.t_TE207_A == 0d));
then{ ?message.diagnosisMsg("Cylinder A4
랙위치 점검, 온도계 점검, Pmax 점검 및 인젝터 점검");}
-----
rule Exhaust_Gas.EG_Rule084
    evaluate((?cEG.t_TE200_A == 0d) &&
        (?cEG.t_TE201_A == 0d) &&
        (?cEG.t_TE202_A == 0d) &&
        (?cEG.t_TE203_A == 0d) &&
        (?cEG.t_TE204_A == -1d) &&
        (?cEG.t_TE205_A == 0d) &&
        (?cEG.t_TE206_A == 0d) &&
        (?cEG.t_TE207_A == 0d));
then{ ?message.diagnosisMsg("Cylinder A5
랙위치 점검, 온도계 점검, Pmax 점검 및 인젝터 점검");}
-----
rule Exhaust_Gas.EG_Rule085
    evaluate((?cEG.t_TE200_A == 0d) &&
        (?cEG.t_TE201_A == 0d) &&
        (?cEG.t_TE202_A == 0d) &&
        (?cEG.t_TE203_A == 0d) &&
        (?cEG.t_TE204_A == 0d) &&
        (?cEG.t_TE205_A == -1d) &&
        (?cEG.t_TE206_A == 0d) &&
        (?cEG.t_TE207_A == 0d));
then{ ?message.diagnosisMsg("Cylinder A6
랙위치 점검, 온도계 점검, Pmax 점검 및 인젝터 점검");}
-----

```

```

rule Exhaust_Gas.EG_Rule086
  evaluate((?cEG.t_TE200_A == 0d) &&
    (?cEG.t_TE201_A == 0d) &&
    (?cEG.t_TE202_A == 0d) &&
    (?cEG.t_TE203_A == 0d) &&
    (?cEG.t_TE204_A == 0d) &&
    (?cEG.t_TE205_A == 0d) &&
    (?cEG.t_TE206_A == -1d) &&
    (?cEG.t_TE207_A == 0d));
then{ ?message.diagnosisMsg("Cylinder A7 랙위치
점검, 온도계 점검, Pmax 점검 및 인젝터 점검");}

```

```

rule Exhaust_Gas.EG_Rule087
  evaluate((?cEG.t_TE200_A == 0d) &&
    (?cEG.t_TE201_A == 0d) &&
    (?cEG.t_TE202_A == 0d) &&
    (?cEG.t_TE203_A == 0d) &&
    (?cEG.t_TE204_A == 0d) &&
    (?cEG.t_TE205_A == 0d) &&
    (?cEG.t_TE206_A == 0d) &&
    (?cEG.t_TE207_A == -1d));
then{ ?message.diagnosisMsg("Cylinder A8 랙위치
점검, 온도계 점검, Pmax 점검 및 인젝터 점검");}

```

```

rule Exhaust_Gas.EG_Rule088
  evaluate((?cEG.t_TE200_A == -1d) &&
    (?cEG.t_TE201_A == -1d) &&
    (?cEG.t_TE202_A == 0d) &&
    (?cEG.t_TE203_A == 0d) &&
    (?cEG.t_TE204_A == 0d) &&
    (?cEG.t_TE205_A == 0d) &&
    (?cEG.t_TE206_A == 0d) &&
    (?cEG.t_TE207_A == 0d));
then{ ?message.diagnosisMsg("Cylinder A1, A2
랙위치 점검, 온도계 점검, Pmax 점검 및 인젝터 점
검");}

```

```

rule Exhaust_Gas.EG_Rule089
  evaluate((?cEG.t_TE200_A == -1d) &&
    (?cEG.t_TE201_A == 0d) &&
    (?cEG.t_TE202_A == -1d) &&
    (?cEG.t_TE203_A == 0d) &&
    (?cEG.t_TE204_A == 0d) &&
    (?cEG.t_TE205_A == 0d) &&
    (?cEG.t_TE206_A == 0d) &&
    (?cEG.t_TE207_A == 0d));
then{ ?message.diagnosisMsg("Cylinder A1, A3
랙위치 점검, 온도계 점검, Pmax 점검 및 인젝터 점
검");}

```

```

rule Exhaust_Gas.EG_Rule090

```

```

evaluate((?cEG.t_TE200_A == -1d) &&
  (?cEG.t_TE201_A == 0d) &&
  (?cEG.t_TE202_A == 0d) &&
  (?cEG.t_TE203_A == -1d) &&
  (?cEG.t_TE204_A == 0d) &&
  (?cEG.t_TE205_A == 0d) &&
  (?cEG.t_TE206_A == 0d) &&
  (?cEG.t_TE207_A == 0d));
then{ ?message.diagnosisMsg("Cylinder A1, A4
랙위치 점검, 온도계 점검, Pmax 점검 및 인젝터 점
검");}

```

```

rule Exhaust_Gas.EG_Rule091
  evaluate((?cEG.t_TE200_A == -1d) &&
    (?cEG.t_TE201_A == 0d) &&
    (?cEG.t_TE202_A == 0d) &&
    (?cEG.t_TE203_A == 0d) &&
    (?cEG.t_TE204_A == -1d) &&
    (?cEG.t_TE205_A == 0d) &&
    (?cEG.t_TE206_A == 0d) &&
    (?cEG.t_TE207_A == 0d));
then{ ?message.diagnosisMsg("Cylinder A1, A5
랙위치 점검, 온도계 점검, Pmax 점검 및 인젝터 점
검");}

```

```

rule Exhaust_Gas.EG_Rule092
  evaluate((?cEG.t_TE200_A == -1d) &&
    (?cEG.t_TE201_A == 0d) &&
    (?cEG.t_TE202_A == 0d) &&
    (?cEG.t_TE203_A == 0d) &&
    (?cEG.t_TE204_A == 0d) &&
    (?cEG.t_TE205_A == -1d) &&
    (?cEG.t_TE206_A == 0d) &&
    (?cEG.t_TE207_A == 0d));
then{ ?message.diagnosisMsg("Cylinder A1, A6
랙위치 점검, 온도계 점검, Pmax 점검 및 인젝터 점
검");}

```

```

rule Exhaust_Gas.EG_Rule093
  evaluate((?cEG.t_TE200_A == -1d) &&
    (?cEG.t_TE201_A == 0d) &&
    (?cEG.t_TE202_A == 0d) &&
    (?cEG.t_TE203_A == 0d) &&
    (?cEG.t_TE204_A == 0d) &&
    (?cEG.t_TE205_A == 0d) &&
    (?cEG.t_TE206_A == -1d) &&
    (?cEG.t_TE207_A == 0d));
then{ ?message.diagnosisMsg("Cylinder A1, A7
랙위치 점검, 온도계 점검, Pmax 점검 및 인젝터 점
검");}

```

```
rule Exhaust_Gas.EG_Rule094
  evaluate((?cEG.t_TE200_A == -1d) &&
    (?cEG.t_TE201_A == 0d) &&
    (?cEG.t_TE202_A == 0d) &&
    (?cEG.t_TE203_A == 0d) &&
    (?cEG.t_TE204_A == 0d) &&
    (?cEG.t_TE205_A == 0d) &&
    (?cEG.t_TE206_A == 0d) &&
    (?cEG.t_TE207_A == -1d));
```

```
then{ ?message.diagnosisMsg("Cylinder A1, A8
랙위치 점검, 온도계 점검, Pmax 점검 및 인젝터 점
검");}
```

```
rule Exhaust_Gas.EG_Rule095
  evaluate((?cEG.t_TE200_A == 0d) &&
    (?cEG.t_TE201_A == -1d) &&
    (?cEG.t_TE202_A == -1d) &&
    (?cEG.t_TE203_A == 0d) &&
    (?cEG.t_TE204_A == 0d) &&
    (?cEG.t_TE205_A == 0d) &&
    (?cEG.t_TE206_A == 0d) &&
    (?cEG.t_TE207_A == 0d));
```

```
then{ ?message.diagnosisMsg("Cylinder A2, A3
랙위치 점검, 온도계 점검, Pmax 점검 및 인젝터 점
검");}
```

```
rule Exhaust_Gas.EG_Rule096
  evaluate((?cEG.t_TE200_A == 0d) &&
    (?cEG.t_TE201_A == -1d) &&
    (?cEG.t_TE202_A == 0d) &&
    (?cEG.t_TE203_A == -1d) &&
    (?cEG.t_TE204_A == 0d) &&
    (?cEG.t_TE205_A == 0d) &&
    (?cEG.t_TE206_A == 0d) &&
    (?cEG.t_TE207_A == 0d));
```

```
then{ ?message.diagnosisMsg("Cylinder A2, A4
랙위치 점검, 온도계 점검, Pmax 점검 및 인젝터 점
검");}
```

```
rule Exhaust_Gas.EG_Rule097
  evaluate((?cEG.t_TE200_A == 0d) &&
    (?cEG.t_TE201_A == -1d) &&
    (?cEG.t_TE202_A == 0d) &&
    (?cEG.t_TE203_A == 0d) &&
    (?cEG.t_TE204_A == -1d) &&
    (?cEG.t_TE205_A == 0d) &&
    (?cEG.t_TE206_A == 0d) &&
    (?cEG.t_TE207_A == 0d));
```

```
then{ ?message.diagnosisMsg("Cylinder A2, A5
랙위치 점검, 온도계 점검, Pmax 점검 및 인젝터 점
검");}
```

```
rule Exhaust_Gas.EG_Rule098
  evaluate((?cEG.t_TE200_A == 0d) &&
    (?cEG.t_TE201_A == -1d) &&
    (?cEG.t_TE202_A == 0d) &&
    (?cEG.t_TE203_A == 0d) &&
    (?cEG.t_TE204_A == 0d) &&
    (?cEG.t_TE205_A == -1d) &&
    (?cEG.t_TE206_A == 0d) &&
    (?cEG.t_TE207_A == 0d));
```

```
then{ ?message.diagnosisMsg("Cylinder A2,
A6 랙위치 점검, 온도계 점검, Pmax 점검 및 인젝터
점검");}
```

```
rule Exhaust_Gas.EG_Rule099
  evaluate((?cEG.t_TE200_A == 0d) &&
    (?cEG.t_TE201_A == -1d) &&
    (?cEG.t_TE202_A == 0d) &&
    (?cEG.t_TE203_A == 0d) &&
    (?cEG.t_TE204_A == 0d) &&
    (?cEG.t_TE205_A == 0d) &&
    (?cEG.t_TE206_A == -1d) &&
    (?cEG.t_TE207_A == 0d));
```

```
then{ ?message.diagnosisMsg("Cylinder A2,
A7 랙위치 점검, 온도계 점검, Pmax 점검 및 인젝터
점검");}
```

```
rule Exhaust_Gas.EG_Rule100
  evaluate((?cEG.t_TE200_A == 0d) &&
    (?cEG.t_TE201_A == -1d) &&
    (?cEG.t_TE202_A == 0d) &&
    (?cEG.t_TE203_A == 0d) &&
    (?cEG.t_TE204_A == 0d) &&
    (?cEG.t_TE205_A == 0d) &&
    (?cEG.t_TE206_A == 0d) &&
    (?cEG.t_TE207_A == -1d));
```

```
then{ ?message.diagnosisMsg("Cylinder A2,
A8 랙위치 점검, 온도계 점검, Pmax 점검 및 인젝터
점검");}
```

```
rule Exhaust_Gas.EG_Rule101
  evaluate((?cEG.t_TE200_A == 0d) &&
    (?cEG.t_TE201_A == 0d) &&
    (?cEG.t_TE202_A == -1d) &&
    (?cEG.t_TE203_A == -1d) &&
    (?cEG.t_TE204_A == 0d) &&
    (?cEG.t_TE205_A == 0d) &&
    (?cEG.t_TE206_A == 0d) &&
    (?cEG.t_TE207_A == 0d));
```

```
then{ ?message.diagnosisMsg("Cylinder A3, A4
랙위치 점검, 온도계 점검, Pmax 점검 및 인젝터 점
검");}
```

검");}

rule Exhaust_Gas.EG_Rule102

```
evaluate((?cEG.t_TE200_A == 0d) &&
         (?cEG.t_TE201_A == 0d) &&
         (?cEG.t_TE202_A == -1d) &&
         (?cEG.t_TE203_A == 0d) &&
         (?cEG.t_TE204_A == -1d) &&
         (?cEG.t_TE205_A == 0d) &&
         (?cEG.t_TE206_A == 0d) &&
         (?cEG.t_TE207_A == 0d));
```

then{ ?message.diagnosisMsg("Cylinder A3, A5
랙위치 점검, 온도계 점검, Pmax 점검 및 인젝터 점
검");}

rule Exhaust_Gas.EG_Rule103

```
evaluate((?cEG.t_TE200_A == 0d) &&
         (?cEG.t_TE201_A == 0d) &&
         (?cEG.t_TE202_A == -1d) &&
         (?cEG.t_TE203_A == 0d) &&
         (?cEG.t_TE204_A == 0d) &&
         (?cEG.t_TE205_A == -1d) &&
         (?cEG.t_TE206_A == 0d) &&
         (?cEG.t_TE207_A == 0d));
```

then{ ?message.diagnosisMsg("Cylinder A3, A6
랙위치 점검, 온도계 점검, Pmax 점검 및 인젝터 점
검");}

rule Exhaust_Gas.EG_Rule104

```
evaluate((?cEG.t_TE200_A == 0d) &&
         (?cEG.t_TE201_A == 0d) &&
         (?cEG.t_TE202_A == -1d) &&
         (?cEG.t_TE203_A == 0d) &&
         (?cEG.t_TE204_A == 0d) &&
         (?cEG.t_TE205_A == 0d) &&
         (?cEG.t_TE206_A == -1d) &&
         (?cEG.t_TE207_A == 0d));
```

then{ ?message.diagnosisMsg("Cylinder A3, A7
랙위치 점검, 온도계 점검, Pmax 점검 및 인젝터 점
검");}

rule Exhaust_Gas.EG_Rule105

```
evaluate((?cEG.t_TE200_A == 0d) &&
         (?cEG.t_TE201_A == 0d) &&
         (?cEG.t_TE202_A == -1d) &&
         (?cEG.t_TE203_A == 0d) &&
         (?cEG.t_TE204_A == 0d) &&
         (?cEG.t_TE205_A == 0d) &&
         (?cEG.t_TE206_A == 0d) &&
         (?cEG.t_TE207_A == -1d));
```

then{ ?message.diagnosisMsg("Cylinder A3, A8

랙위치 점검, 온도계 점검, Pmax 점검 및 인젝터 점
검");}

rule Exhaust_Gas.EG_Rule106

```
evaluate((?cEG.t_TE200_A == 0d) &&
         (?cEG.t_TE201_A == 0d) &&
         (?cEG.t_TE202_A == 0d) &&
         (?cEG.t_TE203_A == -1d) &&
         (?cEG.t_TE204_A == -1d) &&
         (?cEG.t_TE205_A == 0d) &&
         (?cEG.t_TE206_A == 0d) &&
         (?cEG.t_TE207_A == 0d));
```

then{ ?message.diagnosisMsg("Cylinder A4, A5
랙위치 점검, 온도계 점검, Pmax 점검 및 인젝터 점
검");}

rule Exhaust_Gas.EG_Rule107

```
evaluate((?cEG.t_TE200_A == 0d) &&
         (?cEG.t_TE201_A == 0d) &&
         (?cEG.t_TE202_A == 0d) &&
         (?cEG.t_TE203_A == -1d) &&
         (?cEG.t_TE204_A == 0d) &&
         (?cEG.t_TE205_A == -1d) &&
         (?cEG.t_TE206_A == 0d) &&
         (?cEG.t_TE207_A == 0d));
```

then{ ?message.diagnosisMsg("Cylinder A4, A6
랙위치 점검, 온도계 점검, Pmax 점검 및 인젝터 점
검");}

rule Exhaust_Gas.EG_Rule108

```
evaluate((?cEG.t_TE200_A == 0d) &&
         (?cEG.t_TE201_A == 0d) &&
         (?cEG.t_TE202_A == 0d) &&
         (?cEG.t_TE203_A == -1d) &&
         (?cEG.t_TE204_A == 0d) &&
         (?cEG.t_TE205_A == 0d) &&
         (?cEG.t_TE206_A == -1d) &&
         (?cEG.t_TE207_A == 0d));
```

then{ ?message.diagnosisMsg("Cylinder A4, A7
랙위치 점검, 온도계 점검, Pmax 점검 및 인젝터 점
검");}

rule Exhaust_Gas.EG_Rule109

```
evaluate((?cEG.t_TE200_A == 0d) &&
         (?cEG.t_TE201_A == 0d) &&
         (?cEG.t_TE202_A == 0d) &&
         (?cEG.t_TE203_A == -1d) &&
         (?cEG.t_TE204_A == 0d) &&
         (?cEG.t_TE205_A == 0d) &&
         (?cEG.t_TE206_A == 0d) &&
         (?cEG.t_TE207_A == -1d));
```

```

then( ?message.diagnosisMsg("Cylinder A4, A8
랙위치 점검, 온도계 점검, Pmax 점검 및 인젝터 점
검");)

```

```

-----
rule Exhaust_Gas.EG_Rule110

```

```

    evaluate((?cEG.t_TE200_A == 0d) &&
              (?cEG.t_TE201_A == 0d) &&
              (?cEG.t_TE202_A == 0d) &&
              (?cEG.t_TE203_A == 0d) &&
              (?cEG.t_TE204_A == -1d) &&
              (?cEG.t_TE205_A == -1d) &&
              (?cEG.t_TE206_A == 0d) &&
              (?cEG.t_TE207_A == 0d));

```

```

then( ?message.diagnosisMsg("Cylinder A5, A6
랙위치 점검, 온도계 점검, Pmax 점검 및 인젝터 점
검");)

```

```

-----
rule Exhaust_Gas.EG_Rule111

```

```

    evaluate((?cEG.t_TE200_A == 0d) &&
              (?cEG.t_TE201_A == 0d) &&
              (?cEG.t_TE202_A == 0d) &&
              (?cEG.t_TE203_A == 0d) &&
              (?cEG.t_TE204_A == -1d) &&
              (?cEG.t_TE205_A == 0d) &&
              (?cEG.t_TE206_A == -1d) &&
              (?cEG.t_TE207_A == 0d));

```

```

then( ?message.diagnosisMsg("Cylinder A5, A7
랙위치 점검, 온도계 점검, Pmax 점검 및 인젝터 점
검");)

```

```

-----
rule Exhaust_Gas.EG_Rule112

```

```

    evaluate((?cEG.t_TE200_A == 0d) &&
              (?cEG.t_TE201_A == 0d) &&
              (?cEG.t_TE202_A == 0d) &&
              (?cEG.t_TE203_A == 0d) &&
              (?cEG.t_TE204_A == -1d) &&
              (?cEG.t_TE205_A == 0d) &&
              (?cEG.t_TE206_A == 0d) &&
              (?cEG.t_TE207_A == -1d));

```

```

then( ?message.diagnosisMsg("Cylinder A5, A8
랙위치 점검, 온도계 점검, Pmax 점검 및 인젝터 점
검");)

```

```

-----
rule Exhaust_Gas.EG_Rule113

```

```

    evaluate((?cEG.t_TE200_A == 0d) &&
              (?cEG.t_TE201_A == 0d) &&
              (?cEG.t_TE202_A == 0d) &&
              (?cEG.t_TE203_A == 0d) &&
              (?cEG.t_TE204_A == 0d) &&
              (?cEG.t_TE205_A == -1d) &&
              (?cEG.t_TE206_A == -1d) &&

```

```

              (?cEG.t_TE207_A == 0d));

```

```

then( ?message.diagnosisMsg("Cylinder A6, A7
랙위치 점검, 온도계 점검, Pmax 점검 및 인젝터 점
검");)

```

```

-----
rule Exhaust_Gas.EG_Rule114

```

```

    evaluate((?cEG.t_TE200_A == 0d) &&
              (?cEG.t_TE201_A == 0d) &&
              (?cEG.t_TE202_A == 0d) &&
              (?cEG.t_TE203_A == 0d) &&
              (?cEG.t_TE204_A == 0d) &&
              (?cEG.t_TE205_A == -1d) &&
              (?cEG.t_TE206_A == 0d) &&
              (?cEG.t_TE207_A == -1d));

```

```

then( ?message.diagnosisMsg("Cylinder A6, A8
랙위치 점검, 온도계 점검, Pmax 점검 및 인젝터 점
검");)

```

```

-----
rule Exhaust_Gas.EG_Rule115

```

```

    evaluate((?cEG.t_TE200_A == 0d) &&
              (?cEG.t_TE201_A == 0d) &&
              (?cEG.t_TE202_A == 0d) &&
              (?cEG.t_TE203_A == 0d) &&
              (?cEG.t_TE204_A == 0d) &&
              (?cEG.t_TE205_A == 0d) &&
              (?cEG.t_TE206_A == -1d) &&
              (?cEG.t_TE207_A == -1d));

```

```

then( ?message.diagnosisMsg("Cylinder A7, A8
랙위치 점검, 온도계 점검, Pmax 점검 및 인젝터 점
검");)

```

```

-----
rule Exhaust_Gas.EG_Rule116

```

```

    evaluate((?cEG.t_TE208_A == -1d) &&
              (?cEG.t_TE209_A == 0d) &&
              (?cEG.t_TE210_A == 0d) &&
              (?cEG.t_TE211_A == 0d) &&
              (?cEG.t_TE212_A == 0d) &&
              (?cEG.t_TE213_A == 0d) &&
              (?cEG.t_TE214_A == 0d) &&
              (?cEG.t_TE215_A == 0d));

```

```

then( ?message.diagnosisMsg("Cylinder B1
랙위
치 점검, 온도계 점검, Pmax 점검 및 인젝터 점검");)

```

```

-----
rule Exhaust_Gas.EG_Rule117

```

```

    evaluate((?cEG.t_TE208_A == 0d) &&
              (?cEG.t_TE209_A == -1d) &&
              (?cEG.t_TE210_A == 0d) &&
              (?cEG.t_TE211_A == 0d) &&
              (?cEG.t_TE212_A == 0d) &&
              (?cEG.t_TE213_A == 0d) &&
              (?cEG.t_TE214_A == 0d) &&

```

```

        (?cEG.t_TE215_A == 0d));
then{ ?message.diagnosisMsg("Cylinder B2 랙위
치 점검, 온도계 점검, Pmax 점검 및 인젝터 점검");}
-----
rule Exhaust_Gas.EG_Rule118
- evaluate((?cEG.t_TE208_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE209_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE210_A == -1d) &&
           (?cEG.t_TE211_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE212_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE213_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE214_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE215_A == 0d));
then{ ?message.diagnosisMsg("Cylinder B3 랙위
치 점검, 온도계 점검, Pmax 점검 및 인젝터 점검");}
-----
rule Exhaust_Gas.EG_Rule119
- evaluate((?cEG.t_TE208_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE209_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE210_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE211_A == -1d) &&
           (?cEG.t_TE212_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE213_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE214_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE215_A == 0d));
then{ ?message.diagnosisMsg("Cylinder B4 랙위
치 점검, 온도계 점검, Pmax 점검 및 인젝터 점검");}
-----
rule Exhaust_Gas.EG_Rule120
- evaluate((?cEG.t_TE208_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE209_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE210_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE211_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE212_A == -1d) &&
           (?cEG.t_TE213_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE214_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE215_A == 0d));
then{ ?message.diagnosisMsg("Cylinder B5 랙위
치 점검, 온도계 점검, Pmax 점검 및 인젝터 점검");}
-----
rule Exhaust_Gas.EG_Rule121
- evaluate((?cEG.t_TE208_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE209_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE210_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE211_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE212_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE213_A == -1d) &&
           (?cEG.t_TE214_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE215_A == 0d));
then{ ?message.diagnosisMsg("Cylinder B6 랙위
치 점검, 온도계 점검, Pmax 점검 및 인젝터 점검");}

```

```

-----
rule Exhaust_Gas.EG_Rule122
- evaluate((?cEG.t_TE208_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE209_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE210_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE211_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE212_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE213_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE214_A == -1d) &&
           (?cEG.t_TE215_A == 0d));
then{ ?message.diagnosisMsg("Cylinder B7 랙위
치 점검, 온도계 점검, Pmax 점검 및 인젝터 점검");}
-----
rule Exhaust_Gas.EG_Rule123
- evaluate((?cEG.t_TE208_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE209_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE210_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE211_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE212_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE213_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE214_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE215_A == -1d));
then{ ?message.diagnosisMsg("Cylinder B8 랙위
치 점검, 온도계 점검, Pmax 점검 및 인젝터 점검");}
-----
rule Exhaust_Gas.EG_Rule124
- evaluate((?cEG.t_TE208_A == -1d) &&
           (?cEG.t_TE209_A == -1d) &&
           (?cEG.t_TE210_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE211_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE212_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE213_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE214_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE215_A == 0d));
then{ ?message.diagnosisMsg("Cylinder B1, B2
랙위치 점검, 온도계 점검, Pmax 점검 및 인젝터 점
검");}
-----
rule Exhaust_Gas.EG_Rule125
- evaluate((?cEG.t_TE208_A == -1d) &&
           (?cEG.t_TE209_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE210_A == -1d) &&
           (?cEG.t_TE211_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE212_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE213_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE214_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE215_A == 0d));
then{ ?message.diagnosisMsg("Cylinder B1, B3
랙위치 점검, 온도계 점검, Pmax 점검 및 인젝터 점
검");}
-----

```



```

rule Exhaust_Gas.EG_Rule126
-   evaluate((?cEG.t_TE208_A == -1d) &&
           (?cEG.t_TE209_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE210_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE211_A == -1d) &&
           (?cEG.t_TE212_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE213_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE214_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE215_A == 0d));
then{   ?message.diagnosisMsg("Cylinder B1, B4
라워치 점검, 온도계 점검, Pmax 점검 및 인젝터 점
검");}

```

```

rule Exhaust_Gas.EG_Rule127
-   evaluate((?cEG.t_TE208_A == -1d) &&
           (?cEG.t_TE209_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE210_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE211_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE212_A == -1d) &&
           (?cEG.t_TE213_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE214_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE215_A == 0d));
then{   ?message.diagnosisMsg("Cylinder B1, B5
라워치 점검, 온도계 점검, Pmax 점검 및 인젝터 점
검");}

```

```

rule Exhaust_Gas.EG_Rule128
-   evaluate((?cEG.t_TE208_A == -1d) &&
           (?cEG.t_TE209_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE210_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE211_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE212_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE213_A == -1d) &&
           (?cEG.t_TE214_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE215_A == 0d));
then{   ?message.diagnosisMsg("Cylinder B1, B6
라워치 점검, 온도계 점검, Pmax 점검 및 인젝터 점
검");}

```

```

rule Exhaust_Gas.EG_Rule129
-   evaluate((?cEG.t_TE208_A == -1d) &&
           (?cEG.t_TE209_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE210_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE211_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE212_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE213_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE214_A == -1d) &&
           (?cEG.t_TE215_A == 0d));
then{   ?message.diagnosisMsg("Cylinder B1, B7
라워치 점검, 온도계 점검, Pmax 점검 및 인젝터 점
검");}

```

```

rule Exhaust_Gas.EG_Rule130
-   evaluate((?cEG.t_TE208_A == -1d) &&
           (?cEG.t_TE209_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE210_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE211_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE212_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE213_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE214_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE215_A == -1d));
then{   ?message.diagnosisMsg("Cylinder B1, B8
라워치 점검, 온도계 점검, Pmax 점검 및 인젝터 점
검");}

```

```

rule Exhaust_Gas.EG_Rule131
-   evaluate((?cEG.t_TE208_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE209_A == -1d) &&
           (?cEG.t_TE210_A == -1d) &&
           (?cEG.t_TE211_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE212_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE213_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE214_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE215_A == 0d));
then{   ?message.diagnosisMsg("Cylinder B2, B3
라워치 점검, 온도계 점검, Pmax 점검 및 인젝터 점
검");}

```

```

rule Exhaust_Gas.EG_Rule132
-   evaluate((?cEG.t_TE208_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE209_A == -1d) &&
           (?cEG.t_TE210_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE211_A == -1d) &&
           (?cEG.t_TE212_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE213_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE214_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE215_A == 0d));
then{   ?message.diagnosisMsg("Cylinder B2, B4
라워치 점검, 온도계 점검, Pmax 점검 및 인젝터 점
검");}

```

```

rule Exhaust_Gas.EG_Rule133
-   evaluate((?cEG.t_TE208_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE209_A == -1d) &&
           (?cEG.t_TE210_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE211_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE212_A == -1d) &&
           (?cEG.t_TE213_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE214_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE215_A == 0d));
then{   ?message.diagnosisMsg("Cylinder B2, B5
라워치 점검, 온도계 점검, Pmax 점검 및 인젝터 점
검");}

```

검");}

rule Exhaust_Gas.EG_Rule134

```
- evaluate((?cEG.t_TE208_A == 0d) &&  
           (?cEG.t_TE209_A == -1d) &&  
           (?cEG.t_TE210_A == 0d) &&  
           (?cEG.t_TE211_A == 0d) &&  
           (?cEG.t_TE212_A == 0d) &&  
           (?cEG.t_TE213_A == -1d) &&  
           (?cEG.t_TE214_A == 0d) &&  
           (?cEG.t_TE215_A == 0d));
```

```
then{ ?message.diagnosisMsg("Cylinder B2, B6  
랙위치 점검, 온도계 점검, Pmax 점검 및 인젝터 점  
검");}
```

rule Exhaust_Gas.EG_Rule135

```
- evaluate((?cEG.t_TE208_A == 0d) &&  
           (?cEG.t_TE209_A == -1d) &&  
           (?cEG.t_TE210_A == 0d) &&  
           (?cEG.t_TE211_A == 0d) &&  
           (?cEG.t_TE212_A == 0d) &&  
           (?cEG.t_TE213_A == 0d) &&  
           (?cEG.t_TE214_A == -1d) &&  
           (?cEG.t_TE215_A == 0d));
```

```
then{ ?message.diagnosisMsg("Cylinder B2, B7  
랙위치 점검, 온도계 점검, Pmax 점검 및 인젝터 점  
검");}
```

rule Exhaust_Gas.EG_Rule136

```
- evaluate((?cEG.t_TE208_A == 0d) &&  
           (?cEG.t_TE209_A == -1d) &&  
           (?cEG.t_TE210_A == 0d) &&  
           (?cEG.t_TE211_A == 0d) &&  
           (?cEG.t_TE212_A == 0d) &&  
           (?cEG.t_TE213_A == 0d) &&  
           (?cEG.t_TE214_A == 0d) &&  
           (?cEG.t_TE215_A == -1d));
```

```
then{ ?message.diagnosisMsg("Cylinder B2, B8  
랙위치 점검, 온도계 점검, Pmax 점검 및 인젝터 점  
검");}
```

rule Exhaust_Gas.EG_Rule137

```
- evaluate((?cEG.t_TE208_A == 0d) &&  
           (?cEG.t_TE209_A == 0d) &&  
           (?cEG.t_TE210_A == -1d) &&  
           (?cEG.t_TE211_A == -1d) &&  
           (?cEG.t_TE212_A == 0d) &&  
           (?cEG.t_TE213_A == 0d) &&  
           (?cEG.t_TE214_A == 0d) &&  
           (?cEG.t_TE215_A == 0d));
```

```
then{ ?message.diagnosisMsg("Cylinder B3, B4
```

랙위치 점검, 온도계 점검, Pmax 점검 및 인젝터 점
검");}

rule Exhaust_Gas.EG_Rule138

```
- evaluate((?cEG.t_TE208_A == 0d) &&  
           (?cEG.t_TE209_A == 0d) &&  
           (?cEG.t_TE210_A == -1d) &&  
           (?cEG.t_TE211_A == 0d) &&  
           (?cEG.t_TE212_A == -1d) &&  
           (?cEG.t_TE213_A == 0d) &&  
           (?cEG.t_TE214_A == 0d) &&  
           (?cEG.t_TE215_A == 0d));
```

```
then{ ?message.diagnosisMsg("Cylinder B3, B5  
랙위치 점검, 온도계 점검, Pmax 점검 및 인젝터 점  
검");}
```

rule Exhaust_Gas.EG_Rule139

```
- evaluate((?cEG.t_TE208_A == 0d) &&  
           (?cEG.t_TE209_A == 0d) &&  
           (?cEG.t_TE210_A == -1d) &&  
           (?cEG.t_TE211_A == 0d) &&  
           (?cEG.t_TE212_A == 0d) &&  
           (?cEG.t_TE213_A == -1d) &&  
           (?cEG.t_TE214_A == 0d) &&  
           (?cEG.t_TE215_A == 0d));
```

```
then{ ?message.diagnosisMsg("Cylinder B3, B6  
랙위치 점검, 온도계 점검, Pmax 점검 및 인젝터 점  
검");}
```

rule Exhaust_Gas.EG_Rule140

```
- evaluate((?cEG.t_TE208_A == 0d) &&  
           (?cEG.t_TE209_A == 0d) &&  
           (?cEG.t_TE210_A == -1d) &&  
           (?cEG.t_TE211_A == 0d) &&  
           (?cEG.t_TE212_A == 0d) &&  
           (?cEG.t_TE213_A == 0d) &&  
           (?cEG.t_TE214_A == -1d) &&  
           (?cEG.t_TE215_A == 0d));
```

```
then{ ?message.diagnosisMsg("Cylinder B3, B7  
랙위치 점검, 온도계 점검, Pmax 점검 및 인젝터 점  
검");}
```

rule Exhaust_Gas.EG_Rule141

```
- evaluate((?cEG.t_TE208_A == 0d) &&  
           (?cEG.t_TE209_A == 0d) &&  
           (?cEG.t_TE210_A == -1d) &&  
           (?cEG.t_TE211_A == 0d) &&  
           (?cEG.t_TE212_A == 0d) &&  
           (?cEG.t_TE213_A == 0d) &&  
           (?cEG.t_TE214_A == 0d) &&  
           (?cEG.t_TE215_A == -1d));
```

```
then{    ?message.diagnosisMsg("Cylinder B3, B8
랙위치 점검, 온도계 점검, Pmax 점검 및 인젝터 점
검");}
```

```
-----
rule Exhaust_Gas.EG_Rule142
```

```
- evaluate((?cEG.t_TE208_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE209_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE210_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE211_A == -1d) &&
           (?cEG.t_TE212_A == -1d) &&
           (?cEG.t_TE213_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE214_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE215_A == 0d));
```

```
then{    ?message.diagnosisMsg("Cylinder B4, B5
랙위치 점검, 온도계 점검, Pmax 점검 및 인젝터 점
검");}
```

```
-----
rule Exhaust_Gas.EG_Rule143
```

```
- evaluate((?cEG.t_TE208_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE209_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE210_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE211_A == -1d) &&
           (?cEG.t_TE212_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE213_A == -1d) &&
           (?cEG.t_TE214_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE215_A == 0d));
```

```
then{    ?message.diagnosisMsg("Cylinder B4, B6
랙위치 점검, 온도계 점검, Pmax 점검 및 인젝터 점
검");}
```

```
-----
- evaluate((?cEG.t_TE208_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE209_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE210_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE211_A == -1d) &&
           (?cEG.t_TE212_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE213_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE214_A == -1d) &&
           (?cEG.t_TE215_A == 0d));
```

```
then{    ?message.diagnosisMsg("Cylinder B4, B7
랙위치 점검, 온도계 점검, Pmax 점검 및 인젝터 점
검");}
```

```
-----
rule Exhaust_Gas.EG_Rule145
```

```
- evaluate((?cEG.t_TE208_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE209_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE210_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE211_A == -1d) &&
           (?cEG.t_TE212_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE213_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE214_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE215_A == -1d));
```

```
then{    ?message.diagnosisMsg("Cylinder B4, B8
랙위치 점검, 온도계 점검, Pmax 점검 및 인젝터 점
검");}
```

```
-----
rule Exhaust_Gas.EG_Rule146
```

```
- evaluate((?cEG.t_TE208_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE209_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE210_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE211_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE212_A == -1d) &&
           (?cEG.t_TE213_A == -1d) &&
           (?cEG.t_TE214_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE215_A == 0d));
```

```
then{    ?message.diagnosisMsg("Cylinder B5, B6
랙위치 점검, 온도계 점검, Pmax 점검 및 인젝터 점
검");}
```

```
-----
rule Exhaust_Gas.EG_Rule147
```

```
- evaluate((?cEG.t_TE208_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE209_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE210_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE211_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE212_A == -1d) &&
           (?cEG.t_TE213_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE214_A == -1d) &&
           (?cEG.t_TE215_A == 0d));
```

```
then{    ?message.diagnosisMsg("Cylinder B5, B7
랙위치 점검, 온도계 점검, Pmax 점검 및 인젝터 점
검");}
```

```
-----
rule Exhaust_Gas.EG_Rule148
```

```
- evaluate((?cEG.t_TE208_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE209_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE210_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE211_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE212_A == -1d) &&
           (?cEG.t_TE213_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE214_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE215_A == -1d));
```

```
then{    ?message.diagnosisMsg("Cylinder B5, B8
랙위치 점검, 온도계 점검, Pmax 점검 및 인젝터 점
검");}
```

```
-----
rule Exhaust_Gas.EG_Rule149
```

```
- evaluate((?cEG.t_TE208_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE209_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE210_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE211_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE212_A == 0d) &&
           (?cEG.t_TE213_A == -1d) &&
           (?cEG.t_TE214_A == -1d) &&
```

```

        (?cEG.t_TE215_A == 0d));
then{ ?message.diagnosisMsg("Cylinder B6, B7
랙위치 점검, 온도계 점검, Pmax 점검 및 인젝터 점
검");}
-----
rule Exhaust_Gas.EG_Rule150
- evaluate((?cEG.t_TE208_A == 0d) &&
        (?cEG.t_TE209_A == 0d) &&
        (?cEG.t_TE210_A == 0d) &&
        (?cEG.t_TE211_A == 0d) &&
        (?cEG.t_TE212_A == 0d) &&
        (?cEG.t_TE213_A == -1d) &&
        (?cEG.t_TE214_A == 0d) &&
        (?cEG.t_TE215_A == -1d));
then{ ?message.diagnosisMsg("Cylinder B6, B8
랙위치 점검, 온도계 점검, Pmax 점검 및 인젝터 점
검");}
-----
rule Exhaust_Gas.EG_Rule151
- evaluate((?cEG.t_TE208_A == 0d) &&
        (?cEG.t_TE209_A == 0d) &&
        (?cEG.t_TE210_A == 0d) &&
        (?cEG.t_TE211_A == 0d) &&
        (?cEG.t_TE212_A == 0d) &&
        (?cEG.t_TE213_A == 0d) &&
        (?cEG.t_TE214_A == -1d) &&
        (?cEG.t_TE215_A == -1d));
then{ ?message.diagnosisMsg("Cylinder B7, B8
랙위치 점검, 온도계 점검, Pmax 점검 및 인젝터 점
검");}
-----
rule Exhaust_Gas.EG_Rule152
    evaluate((?cEG.t_TE200_S == 1d) &&
        (?cEG.t_TE201_S == 1d) &&
        (?cEG.t_TE202_S == 1d) &&
        (?cEG.t_TE203_S == 0d) &&
        (?cEG.t_TE204_S == 0d) &&
        (?cEG.t_TE205_S == 0d) &&
        (?cEG.t_TE206_S == 0d) &&
        (?cEG.t_TE207_S == 0d) &&
        (?cEG.t_TE200_S == 1d) &&
        (?cEG.t_TE201_S == 0d) &&
        (?cEG.t_TE202_S == 0d) &&
        (?cEG.t_TE203_S == 0d) &&
        (?cEG.t_TE204_S == 0d) &&
        (?cEG.t_TE205_S == 0d) &&
        (?cEG.t_TE206_S == 0d) &&
        (?cEG.t_TE207_S == 0d));
then{ ?message.diagnosisMsg("Cylinder A1, A2,
A3 랙위치 점검, Pmax 점검, 온도계 점검"); }
-----

```

```

rule Exhaust_Gas2.EG_Rule153
    evaluate((?cEG.t_TE200_S == 1d) &&
        (?cEG.t_TE201_S == 1d) &&
        (?cEG.t_TE202_S == 0d) &&
        (?cEG.t_TE203_S == 1d) &&
        (?cEG.t_TE204_S == 0d) &&
        (?cEG.t_TE205_S == 0d) &&
        (?cEG.t_TE206_S == 0d) &&
        (?cEG.t_TE207_S == 0d));
then { ?message.diagnosisMsg("Cylinder A1, A2,
A4 랙위치 점검, Pmax 점검, 온도계 점검"); }
-----
rule Exhaust_Gas.EG_Rule154
    evaluate((?cEG.t_TE200_S == 1d) &&
        (?cEG.t_TE201_S == 1d) &&
        (?cEG.t_TE202_S == 0d) &&
        (?cEG.t_TE203_S == 0d) &&
        (?cEG.t_TE204_S == 1d) &&
        (?cEG.t_TE205_S == 0d) &&
        (?cEG.t_TE206_S == 0d) &&
        (?cEG.t_TE207_S == 0d));
then{ ?message.diagnosisMsg("Cylinder A1, A2,
A5 랙위치 점검, Pmax 점검, 온도계 점검"); }
-----
rule Exhaust_Gas.EG_Rule155
    evaluate((?cEG.t_TE200_S == 1d) &&
        (?cEG.t_TE201_S == 1d) &&
        (?cEG.t_TE202_S == 0d) &&
        (?cEG.t_TE203_S == 0d) &&
        (?cEG.t_TE204_S == 0d) &&
        (?cEG.t_TE205_S == 1d) &&
        (?cEG.t_TE206_S == 0d) &&
        (?cEG.t_TE207_S == 0d));
then { ?message.diagnosisMsg("Cylinder A1, A2,
A6 랙위치 점검, Pmax 점검, 온도계 점검"); }
-----
rule Exhaust_Gas.EG_Rule156
    evaluate((?cEG.t_TE200_S == 1d) &&
        (?cEG.t_TE201_S == 1d) &&
        (?cEG.t_TE202_S == 0d) &&
        (?cEG.t_TE203_S == 0d) &&
        (?cEG.t_TE204_S == 0d) &&
        (?cEG.t_TE205_S == 0d) &&
        (?cEG.t_TE206_S == 1d) &&
        (?cEG.t_TE207_S == 0d));
then{ ?message.diagnosisMsg("Cylinder A1, A2,
A7 랙위치 점검, Pmax 점검, 온도계 점검"); }
-----
rule Exhaust_Gas.EG_Rule157
    evaluate((?cEG.t_TE200_S == 1d) &&
        (?cEG.t_TE201_S == 1d) &&

```

```

(?cEG.t_TE202_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE203_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE204_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE205_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE206_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE207_S == 1d));
then{ ?message.diagnosisMsg("Cylinder A1, A2,
A8 랙위치 점검, Pmax 점검, 온도계 점검"); }
-----
rule Exhaust_Gas.EG_Rule158
  evaluate((?cEG.t_TE200_S == 1d) &&
    (?cEG.t_TE201_S == 0d) &&
    (?cEG.t_TE202_S == 1d) &&
    (?cEG.t_TE203_S == 1d) &&
    (?cEG.t_TE204_S == 0d) &&
    (?cEG.t_TE205_S == 0d) &&
    (?cEG.t_TE206_S == 0d) &&
    (?cEG.t_TE207_S == 0d));
then{ ?message.diagnosisMsg("Cylinder A1, A3,
A4 랙위치 점검, Pmax 점검, 온도계 점검"); }
-----
rule Exhaust_Gas.EG_Rule159
- evaluate((?cEG.t_TE200_S == 1d) &&
  (?cEG.t_TE201_S == 0d) &&
  (?cEG.t_TE202_S == 1d) &&
  (?cEG.t_TE203_S == 0d) &&
  (?cEG.t_TE204_S == 1d) &&
  (?cEG.t_TE205_S == 0d) &&
  (?cEG.t_TE206_S == 0d) &&
  (?cEG.t_TE207_S == 0d));
then{ ?message.diagnosisMsg("Cylinder A1, A3,
A5 랙위치 점검, Pmax 점검, 온도계 점검"); }
-----
rule Exhaust_Gas.EG_Rule160
- evaluate((?cEG.t_TE200_S == 1d) &&
  (?cEG.t_TE201_S == 0d) &&
  (?cEG.t_TE202_S == 1d) &&
  (?cEG.t_TE203_S == 0d) &&
  (?cEG.t_TE204_S == 0d) &&
  (?cEG.t_TE205_S == 1d) &&
  (?cEG.t_TE206_S == 0d) &&
  (?cEG.t_TE207_S == 0d));
then { ?message.diagnosisMsg("Cylinder A1, A3,
A6 랙위치 점검, Pmax 점검, 온도계 점검"); }
-----
rule Exhaust_Gas.EG_Rule161
- evaluate((?cEG.t_TE200_S == 1d) &&
  (?cEG.t_TE201_S == 0d) &&
  (?cEG.t_TE202_S == 1d) &&
  (?cEG.t_TE203_S == 0d) &&
  (?cEG.t_TE204_S == 0d) &&

```

```

(?cEG.t_TE205_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE206_S == 1d) &&
(?cEG.t_TE207_S == 0d));
then{ ?message.diagnosisMsg("Cylinder A1, A3,
A7 랙위치 점검, Pmax 점검, 온도계 점검"); }
-----
rule Exhaust_Gas.EG_Rule162
- evaluate((?cEG.t_TE200_S == 1d) &&
  (?cEG.t_TE201_S == 0d) &&
  (?cEG.t_TE202_S == 1d) &&
  (?cEG.t_TE203_S == 0d) &&
  (?cEG.t_TE204_S == 0d) &&
  (?cEG.t_TE205_S == 0d) &&
  (?cEG.t_TE206_S == 0d) &&
  (?cEG.t_TE207_S == 1d));
then { ?message.diagnosisMsg("Cylinder A1, A3,
A8 랙위치 점검, Pmax 점검, 온도계 점검"); }
-----
rule Exhaust_Gas.EG_Rule163
- evaluate((?cEG.t_TE200_S == 1d) &&
  (?cEG.t_TE201_S == 0d) &&
  (?cEG.t_TE202_S == 0d) &&
  (?cEG.t_TE203_S == 1d) &&
  (?cEG.t_TE204_S == 1d) &&
  (?cEG.t_TE205_S == 0d) &&
  (?cEG.t_TE206_S == 0d) &&
  (?cEG.t_TE207_S == 0d));
then { ?message.diagnosisMsg("Cylinder A1, A4,
A5 랙위치 점검, Pmax 점검, 온도계 점검"); }
-----
rule Exhaust_Gas.EG_Rule164
- evaluate((?cEG.t_TE200_S == 1d) &&
  (?cEG.t_TE201_S == 0d) &&
  (?cEG.t_TE202_S == 0d) &&
  (?cEG.t_TE203_S == 1d) &&
  (?cEG.t_TE204_S == 0d) &&
  (?cEG.t_TE205_S == 1d) &&
  (?cEG.t_TE206_S == 0d) &&
  (?cEG.t_TE207_S == 0d));
then { ?message.diagnosisMsg("Cylinder A1, A4,
A6 랙위치 점검, Pmax 점검, 온도계 점검"); }
-----
rule Exhaust_Gas.EG_Rule165
- evaluate((?cEG.t_TE200_S == 1d) &&
  (?cEG.t_TE201_S == 0d) &&
  (?cEG.t_TE202_S == 0d) &&
  (?cEG.t_TE203_S == 1d) &&
  (?cEG.t_TE204_S == 0d) &&
  (?cEG.t_TE205_S == 0d) &&
  (?cEG.t_TE206_S == 1d) &&
  (?cEG.t_TE207_S == 0d));

```

```
then { ?message.diagnosisMsg("Cylinder A1, A4,
A7 랙위치 점검, Pmax 점검, 온도계 점검"); }
```

```
rule Exhaust_Gas.EG_Rule166
```

```
- evaluate((?cEG.t_TE200_S == 1d) &&
(?cEG.t_TE201_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE202_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE203_S == 1d) &&
(?cEG.t_TE204_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE205_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE206_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE207_S == 1d));
```

```
then { ?message.diagnosisMsg("Cylinder A1, A4,
A8 랙위치 점검, Pmax 점검, 온도계 점검"); }
```

```
rule Exhaust_Gas.EG_Rule167
```

```
- evaluate((?cEG.t_TE200_S == 1d) &&
(?cEG.t_TE201_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE202_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE203_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE204_S == 1d) &&
(?cEG.t_TE205_S == 1d) &&
(?cEG.t_TE206_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE207_S == 0d));
```

```
then { ?message.diagnosisMsg("Cylinder A1, A5,
A6 랙위치 점검, Pmax 점검, 온도계 점검"); }
```

```
rule Exhaust_Gas.EG_Rule168
```

```
- evaluate((?cEG.t_TE200_S == 1d) &&
(?cEG.t_TE201_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE202_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE203_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE204_S == 1d) &&
(?cEG.t_TE205_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE206_S == 1d) &&
(?cEG.t_TE207_S == 0d));
```

```
then { ?message.diagnosisMsg("Cylinder A1, A5,
A7 랙위치 점검, Pmax 점검, 온도계 점검"); }
```

```
rule Exhaust_Gas.EG_Rule169
```

```
- evaluate((?cEG.t_TE200_S == 1d) &&
(?cEG.t_TE201_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE202_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE203_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE204_S == 1d) &&
(?cEG.t_TE205_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE206_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE207_S == 1d));
```

```
then { ?message.diagnosisMsg("Cylinder A1, A5,
A8 랙위치 점검, Pmax 점검, 온도계 점검"); }
```

```
rule Exhaust_Gas.EG_Rule170
```

```
- evaluate((?cEG.t_TE200_S == 1d) &&
(?cEG.t_TE201_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE202_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE203_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE204_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE205_S == 1d) &&
(?cEG.t_TE206_S == 1d) &&
(?cEG.t_TE207_S == 0d));
```

```
then{ ?message.diagnosisMsg("Cylinder A1, A6,
A7 랙위치 점검, Pmax 점검, 온도계 점검"); }
```

```
rule Exhaust_Gas.EG_Rule171
```

```
- evaluate((?cEG.t_TE200_S == 1d) &&
(?cEG.t_TE201_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE202_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE203_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE204_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE205_S == 1d) &&
(?cEG.t_TE206_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE207_S == 1d));
```

```
then { ?message.diagnosisMsg("Cylinder A1, A6,
A8 랙위치 점검, Pmax 점검, 온도계 점검"); }
```

```
rule Exhaust_Gas.EG_Rule172
```

```
- evaluate((?cEG.t_TE200_S == 1d) &&
(?cEG.t_TE201_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE202_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE203_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE204_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE205_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE206_S == 1d) &&
(?cEG.t_TE207_S == 1d));
```

```
then { ?message.diagnosisMsg("Cylinder A1, A7,
A8 랙위치 점검, Pmax 점검, 온도계 점검"); }
```

```
rule Exhaust_Gas.EG_Rule173
```

```
- evaluate((?cEG.t_TE200_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE201_S == 1d) &&
(?cEG.t_TE202_S == 1d) &&
(?cEG.t_TE203_S == 1d) &&
(?cEG.t_TE204_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE205_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE206_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE207_S == 0d));
```

```
then{ ?message.diagnosisMsg("Cylinder A2, A3,
A4 랙위치 점검, Pmax 점검, 온도계 점검"); }
```

```
rule Exhaust_Gas.EG_Rule174
```

```
- evaluate((?cEG.t_TE200_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE201_S == 1d) &&
```



```
then { ?message.diagnosisMsg("Cylinder B1, B3,
B6 랙위치 점검, Pmax 점검, 온도계 점검"); }
```

```
-----
rule Exhaust_Gas.EG_Rule217
```

```
- evaluate((?cEG.t_TE208_S == 1d) &&
(?cEG.t_TE209_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE210_S == 1d) &&
(?cEG.t_TE211_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE212_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE213_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE214_S == 1d) &&
(?cEG.t_TE215_S == 0d));
```

```
then { ?message.diagnosisMsg("Cylinder B1, B3,
B7 랙위치 점검, Pmax 점검, 온도계 점검"); }
```

```
-----
rule Exhaust_Gas.EG_Rule218
```

```
- evaluate((?cEG.t_TE208_S == 1d) &&
(?cEG.t_TE209_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE210_S == 1d) &&
(?cEG.t_TE211_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE212_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE213_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE214_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE215_S == 1d));
```

```
then { ?message.diagnosisMsg("Cylinder B1, B3,
B8 랙위치 점검, Pmax 점검, 온도계 점검"); }
```

```
-----
rule Exhaust_Gas.EG_Rule219
```

```
- evaluate((?cEG.t_TE208_S == 1d) &&
(?cEG.t_TE209_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE210_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE211_S == 1d) &&
(?cEG.t_TE212_S == 1d) &&
(?cEG.t_TE213_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE214_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE215_S == 0d));
```

```
then { ?message.diagnosisMsg("Cylinder B1, B4,
B5 랙위치 점검, Pmax 점검, 온도계 점검"); }
```

```
-----
rule Exhaust_Gas.EG_Rule220
```

```
- evaluate((?cEG.t_TE208_S == 1d) &&
(?cEG.t_TE209_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE210_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE211_S == 1d) &&
(?cEG.t_TE212_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE213_S == 1d) &&
(?cEG.t_TE214_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE215_S == 0d));
```

```
then { ?message.diagnosisMsg("Cylinder B1, B4,
B6 랙위치 점검, Pmax 점검, 온도계 점검"); }
```

```
rule Exhaust_Gas.EG_Rule221
```

```
- evaluate((?cEG.t_TE208_S == 1d) &&
(?cEG.t_TE209_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE210_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE211_S == 1d) &&
(?cEG.t_TE212_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE213_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE214_S == 1d) &&
(?cEG.t_TE215_S == 0d));
```

```
then{ ?message.diagnosisMsg("Cylinder B1, B4,
B7 랙위치 점검, Pmax 점검, 온도계 점검"); }
```

```
-----
rule Exhaust_Gas.EG_Rule222
```

```
- evaluate((?cEG.t_TE208_S == 1d) &&
(?cEG.t_TE209_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE210_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE211_S == 1d) &&
(?cEG.t_TE212_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE213_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE214_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE215_S == 1d));
```

```
then{ ?message.diagnosisMsg("Cylinder B1, B4,
B8 랙위치 점검, Pmax 점검, 온도계 점검"); }
```

```
-----
rule Exhaust_Gas.EG_Rule223
```

```
- evaluate((?cEG.t_TE208_S == 1d) &&
(?cEG.t_TE209_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE210_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE211_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE212_S == 1d) &&
(?cEG.t_TE213_S == 1d) &&
(?cEG.t_TE214_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE215_S == 0d));
```

```
then { ?message.diagnosisMsg("Cylinder B1, B5,
B6 랙위치 점검, Pmax 점검, 온도계 점검"); }
```

```
-----
rule Exhaust_Gas.EG_Rule224
```

```
- evaluate((?cEG.t_TE208_S == 1d) &&
(?cEG.t_TE209_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE210_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE211_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE212_S == 1d) &&
(?cEG.t_TE213_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE214_S == 1d) &&
(?cEG.t_TE215_S == 0d));
```

```
then{ ?message.diagnosisMsg("Cylinder B1, B5,
B7 랙위치 점검, Pmax 점검, 온도계 점검"); }
```

```
-----
rule Exhaust_Gas.EG_Rule225
```

```
- evaluate((?cEG.t_TE208_S == 1d) &&
(?cEG.t_TE209_S == 0d) &&
```

```

        (?cEG.t_TE210_S == 0d) &&
        (?cEG.t_TE211_S == 0d) &&
        (?cEG.t_TE212_S == 1d) &&
        (?cEG.t_TE213_S == 0d) &&
        (?cEG.t_TE214_S == 0d) &&
        (?cEG.t_TE215_S == 1d));
then { ?message.diagnosisMsg("Cylinder B1, B5,
B8 랙위치 점검, Pmax 점검, 온도계 점검"); }
-----
rule Exhaust_Gas.EG_Rule226
- evaluate((?cEG.t_TE208_S == 1d) &&
        (?cEG.t_TE209_S == 0d) &&
        (?cEG.t_TE210_S == 0d) &&
        (?cEG.t_TE211_S == 0d) &&
        (?cEG.t_TE212_S == 0d) &&
        (?cEG.t_TE213_S == 1d) &&
        (?cEG.t_TE214_S == 1d) &&
        (?cEG.t_TE215_S == 0d));
then { ?message.diagnosisMsg("Cylinder B1, B6,
B7 랙위치 점검, Pmax 점검, 온도계 점검"); }
-----
rule Exhaust_Gas.EG_Rule227
- evaluate((?cEG.t_TE208_S == 1d) &&
        (?cEG.t_TE209_S == 0d) &&
        (?cEG.t_TE210_S == 0d) &&
        (?cEG.t_TE211_S == 0d) &&
        (?cEG.t_TE212_S == 0d) &&
        (?cEG.t_TE213_S == 1d) &&
        (?cEG.t_TE214_S == 0d) &&
        (?cEG.t_TE215_S == 1d));
then{ ?message.diagnosisMsg("Cylinder B1, B6,
B8 랙위치 점검, Pmax 점검, 온도계 점검"); }
-----
rule Exhaust_Gas.EG_Rule228
- evaluate((?cEG.t_TE208_S == 1d) &&
        (?cEG.t_TE209_S == 0d) &&
        (?cEG.t_TE210_S == 0d) &&
        (?cEG.t_TE211_S == 0d) &&
        (?cEG.t_TE212_S == 0d) &&
        (?cEG.t_TE213_S == 0d) &&
        (?cEG.t_TE214_S == 1d) &&
        (?cEG.t_TE215_S == 1d));
then { ?message.diagnosisMsg("Cylinder B1, B7,
B8 랙위치 점검, Pmax 점검, 온도계 점검"); }
-----
rule Exhaust_Gas.EG_Rule229
- evaluate((?cEG.t_TE208_S == 0d) &&
        (?cEG.t_TE209_S == 1d) &&
        (?cEG.t_TE210_S == 1d) &&
        (?cEG.t_TE211_S == 1d) &&
        (?cEG.t_TE212_S == 0d) &&

```

```

        (?cEG.t_TE213_S == 0d) &&
        (?cEG.t_TE214_S == 0d) &&
        (?cEG.t_TE215_S == 0d));
then { ?message.diagnosisMsg("Cylinder B2, B3,
B4 랙위치 점검, Pmax 점검, 온도계 점검"); }
-----
rule Exhaust_Gas.EG_Rule230
- evaluate((?cEG.t_TE208_S == 0d) &&
        (?cEG.t_TE209_S == 1d) &&
        (?cEG.t_TE210_S == 1d) &&
        (?cEG.t_TE211_S == 0d) &&
        (?cEG.t_TE212_S == 1d) &&
        (?cEG.t_TE213_S == 0d) &&
        (?cEG.t_TE214_S == 0d) &&
        (?cEG.t_TE215_S == 0d));
then{ ?message.diagnosisMsg("Cylinder B2, B3,
B5 랙위치 점검, Pmax 점검, 온도계 점검"); }
-----
rule Exhaust_Gas.EG_Rule231
- evaluate((?cEG.t_TE208_S == 0d) &&
        (?cEG.t_TE209_S == 1d) &&
        (?cEG.t_TE210_S == 1d) &&
        (?cEG.t_TE211_S == 0d) &&
        (?cEG.t_TE212_S == 0d) &&
        (?cEG.t_TE213_S == 1d) &&
        (?cEG.t_TE214_S == 0d) &&
        (?cEG.t_TE215_S == 0d));
then{ ?message.diagnosisMsg("Cylinder B2, B3,
B6 랙위치 점검, Pmax 점검, 온도계 점검"); }
-----
rule Exhaust_Gas.EG_Rule232
- evaluate((?cEG.t_TE208_S == 0d) &&
        (?cEG.t_TE209_S == 1d) &&
        (?cEG.t_TE210_S == 1d) &&
        (?cEG.t_TE211_S == 0d) &&
        (?cEG.t_TE212_S == 0d) &&
        (?cEG.t_TE213_S == 0d) &&
        (?cEG.t_TE214_S == 1d) &&
        (?cEG.t_TE215_S == 0d));
then { ?message.diagnosisMsg("Cylinder B2, B3,
B7 랙위치 점검, Pmax 점검, 온도계 점검"); }
-----
rule Exhaust_Gas.EG_Rule233
- evaluate((?cEG.t_TE208_S == 0d) &&
        (?cEG.t_TE209_S == 1d) &&
        (?cEG.t_TE210_S == 1d) &&
        (?cEG.t_TE211_S == 0d) &&
        (?cEG.t_TE212_S == 0d) &&
        (?cEG.t_TE213_S == 0d) &&
        (?cEG.t_TE214_S == 0d) &&
        (?cEG.t_TE215_S == 1d));

```

```
then { ?message.diagnosisMsg("Cylinder B2, B3,
B8 랙위치 점검, Pmax 점검, 온도계 점검"); }
```

```
-----
rule Exhaust_Gas.EG_Rule234
```

```
- evaluate((?cEG.t_TE208_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE209_S == 1d) &&
(?cEG.t_TE210_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE211_S == 1d) &&
(?cEG.t_TE212_S == 1d) &&
(?cEG.t_TE213_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE214_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE215_S == 0d));
```

```
then { ?message.diagnosisMsg("Cylinder B2, B4,
B5 랙위치 점검, Pmax 점검, 온도계 점검"); }
```

```
-----
rule Exhaust_Gas.EG_Rule235
```

```
- evaluate((?cEG.t_TE208_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE209_S == 1d) &&
(?cEG.t_TE210_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE211_S == 1d) &&
(?cEG.t_TE212_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE213_S == 1d) &&
(?cEG.t_TE214_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE215_S == 0d));
```

```
then { ?message.diagnosisMsg("Cylinder B2, B4,
B6 랙위치 점검, Pmax 점검, 온도계 점검"); }
```

```
-----
rule Exhaust_Gas.EG_Rule236
```

```
evaluate((?cEG.t_TE208_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE209_S == 1d) &&
(?cEG.t_TE210_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE211_S == 1d) &&
(?cEG.t_TE212_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE213_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE214_S == 1d) &&
(?cEG.t_TE215_S == 0d));
```

```
then{ ?message.diagnosisMsg("Cylinder B2, B4,
B7 랙위치 점검, Pmax 점검, 온도계 점검"); }
```

```
-----
rule Exhaust_Gas.EG_Rule237
```

```
- evaluate((?cEG.t_TE208_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE209_S == 1d) &&
(?cEG.t_TE210_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE211_S == 1d) &&
(?cEG.t_TE212_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE213_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE214_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE215_S == 1d));
```

```
then { ?message.diagnosisMsg("Cylinder B2, B4,
B8 랙위치 점검, Pmax 점검, 온도계 점검"); }
```

```
rule Exhaust_Gas.EG_Rule238
```

```
- evaluate((?cEG.t_TE208_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE209_S == 1d) &&
(?cEG.t_TE210_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE211_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE212_S == 1d) &&
(?cEG.t_TE213_S == 1d) &&
(?cEG.t_TE214_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE215_S == 0d));
```

```
then { ?message.diagnosisMsg("Cylinder B2, B5,
B6 랙위치 점검, Pmax 점검, 온도계 점검"); }
```

```
-----
rule Exhaust_Gas.EG_Rule239
```

```
- evaluate((?cEG.t_TE208_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE209_S == 1d) &&
(?cEG.t_TE210_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE211_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE212_S == 1d) &&
(?cEG.t_TE213_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE214_S == 1d) &&
(?cEG.t_TE215_S == 0d));
```

```
then { ?message.diagnosisMsg("Cylinder B2, B5,
B7 랙위치 점검, Pmax 점검, 온도계 점검"); }
```

```
-----
rule Exhaust_Gas.EG_Rule240
```

```
- evaluate((?cEG.t_TE208_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE209_S == 1d) &&
(?cEG.t_TE210_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE211_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE212_S == 1d) &&
(?cEG.t_TE213_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE214_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE215_S == 1d));
```

```
then{ ?message.diagnosisMsg("Cylinder B2, B5,
B8 랙위치 점검, Pmax 점검, 온도계 점검"); }
```

```
-----
rule Exhaust_Gas.EG_Rule241
```

```
- evaluate((?cEG.t_TE208_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE209_S == 1d) &&
(?cEG.t_TE210_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE211_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE212_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE213_S == 1d) &&
(?cEG.t_TE214_S == 1d) &&
(?cEG.t_TE215_S == 0d));
```

```
then { ?message.diagnosisMsg("Cylinder B2, B6,
B7 랙위치 점검, Pmax 점검, 온도계 점검"); }
```

```
-----
rule Exhaust_Gas.EG_Rule242
```

```
- evaluate((?cEG.t_TE208_S == 0d) &&
```

```

(?cEG.t_TE209_S == 1d) &&
(?cEG.t_TE210_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE211_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE212_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE213_S == 1d) &&
(?cEG.t_TE214_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE215_S == 1d));
then { ?message.diagnosisMsg("Cylinder B2, B6,
B8 랙위치 점검, Pmax 점검, 온도계 점검"); }
-----
rule Exhaust_Gas.EG_Rule243
- evaluate((?cEG.t_TE208_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE209_S == 1d) &&
(?cEG.t_TE210_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE211_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE212_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE213_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE214_S == 1d) &&
(?cEG.t_TE215_S == 1d));
then{ ?message.diagnosisMsg("Cylinder B2, B7,
B8 랙위치 점검, Pmax 점검, 온도계 점검"); }
-----
rule Exhaust_Gas.EG_Rule244
- evaluate((?cEG.t_TE208_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE209_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE210_S == 1d) &&
(?cEG.t_TE211_S == 1d) &&
(?cEG.t_TE212_S == 1d) &&
(?cEG.t_TE213_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE214_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE215_S == 0d));
then { ?message.diagnosisMsg("Cylinder B3, B4,
B5 랙위치 점검, Pmax 점검, 온도계 점검"); }
-----
rule Exhaust_Gas.EG_Rule245
- evaluate((?cEG.t_TE208_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE209_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE210_S == 1d) &&
(?cEG.t_TE211_S == 1d) &&
(?cEG.t_TE212_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE213_S == 1d) &&
(?cEG.t_TE214_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE215_S == 0d));
then { ?message.diagnosisMsg("Cylinder B3, B4,
B6 랙위치 점검, Pmax 점검, 온도계 점검"); }
-----
rule Exhaust_Gas.EG_Rule246
- evaluate((?cEG.t_TE208_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE209_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE210_S == 1d) &&

```

```

(?cEG.t_TE211_S == 1d) &&
(?cEG.t_TE212_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE213_S == 0d) &&
(?cEG.t_TE214_S == 1d) &&
(?cEG.t_TE215_S == 0d));
{ ?message.diagnosisMsg("Cylinder B3, B4, B7 랙
위치 점검, Pmax 점검, 온도계 점검"); }
-----
rule LO.LO_Rule1
evaluate((((?cLO.t_TE042_A == 1d ||
?cLO.t_TE042_A == 0d) &&
(?cLO.t_TE042_S == 1d) &&
(?cLO.p_IL3046 == 0d)))));
then{ ?message.diagnosisMsg("thrmn 밸브 제어
불량, 온도 제어 수동 조작, 엔진 과부하, LO Cooler
오손");}
-----
rule LO.LO_Rule2
evaluate((((?cLO.t_TE042_A == 1d ||
?cLO.t_TE042_A == 0d) &&
(?cLO.p_IL3046 == 1d)))));
then{ ?message.diagnosisMsg("LO 펌프 운전 상
태 불량, LO 펌프 교체 운전, LO filter 점검");}
-----
rule LO.LO_Rule3
- evaluate((?cLO.p_IL3041 == 1d) &&
(?cLO.l_IL3038 == 1d));
then
{ ?message.diagnosisMsg("LO level 점검");}
-----
rule LO.LO_Rule4
- evaluate((?cLO.p_IL3041 == 1d) &&
(?cLO.l_IL3038 == 0d));
then
{ ?message.diagnosisMsg("LO filter");}
-----
rule LO.LO_Rule5
- evaluate((?cLO.p_IL3042 == 1d));
then
{ ?message.diagnosisMsg("LO Filter 점검");}
-----
rule LO.LO_Rule6
evaluate((?cLO.p_IL3042 == 0d) &&
(?cLO.t_TE042_S == 1d));
then{ ?message.diagnosisMsg("LO Cooler 점검");}
-----
rule LO.LO_Rule7
evaluate((?cLO.p_IL3047 == 1d) &&
(?cLO.p_IL3042 == 1d));
then
{ ?message.diagnosisMsg("LO Filter");}

```

```

-----
rule LO.LO_Rule8
  evaluate((?cLO.p_IL3047 == 1d) &&
    (?cLO.p_IL3042 == 0d));
then{ ?message.diagnosisMsg(" LO 펌프 교체 운
전");}
-----

```

```

rule LT.LT_Rule1
- evaluate((?cLT.t_TE016_1_A == 1d) &&
  (?cLT.p_IL3081 == 1d) &&
  (?cLT.l_IL3083 == 1d));
then{ ?message.diagnosisMsg("LT 소비량 과다,
흡기다가관의 드레인에 물이 있는지 조사, 물이 있으
면 에어컨러 내부에 누설 검사, 누설 감지되면 EDG를
정지하고 에어컨러 수리, 드레인에 물이 없으면 LT
계통의 연결부 조사");}
-----

```

```

rule LT.LT_Rule2
- evaluate((?cLT.t_TE016_1_A == 1d) &&
  (?cLT.p_IL3081 == 1d) &&
  (?cLT.l_IL3083 == 0d));
then{ ?message.diagnosisMsg("LT계통내에 공기
존재 여부 조사, 공기 존재하면 공기 저지, 펌프 운전
상태 조사, 펌프 불량이면 교체운전, 그렇지 않으면 유
량조절 다이어그램 손상 또는 LT계통 스트레이네 소
재 ");}
-----

```

```

rule LT.LT_Rule3
  evaluate((?cLT.t_TE016_1_A == 1d) &&
    (?cLT.p_IL3081 == 0d) &&
    (((?cLT.t_TE016_S == 0d) &&
      (?cLT.t_TE016_S == 1d))));
then{ ?message.diagnosisMsg("엔진 과부하 상태
인지 조사, LT입구 온도가 높은지 조사");}
-----

```

```

rule LT.LT_Rule4
  evaluate((?cLT.t_TE016_1_A == 1d) &&
    (?cLT.p_IL3081 == 0d) &&
    (?cLT.t_TE016_S == -1d));
then{?message.diagnosisMsg(" 에어컨러의 오손 상
태 점검, 에어컨러 교체 운전, 에어컨러 소제");}
-----

```

```

rule LT.LT_Rule5
  evaluate((?cLT.t_TE016_1_A == 1d) &&
    (?cLT.t_TE016_S == -1d));
then{ ?message.diagnosisMsg(" 에어컨러 오손,
EDG의 부하 감소, 에어컨러 교체 운전, 에어컨러 소
제");}
-----

```

```

rule LT.LT_Rule6
  evaluate((?cLT.t_TE016_1_A == -1d) &&
    (?cLT.t_TE016_S == 0d));
then{ ?message.diagnosisMsg(" 엔진 부하가 적으
면 정상운전임"); }
-----

```

```

rule LT.LT_Rule7
  evaluate((?cLT.t_TE016_1_A == 0d) &&
    (?cLT.t_TE016_1_S == 1d) &&
    (?cLT.p_IL3081 == 1d));
then{ ?message.diagnosisMsg(" 펌프 운전 상태
점검, 펌프 교체 운전, 펌프 운전 상태 정상이면 스트
레이너 소제, LT 계통 점검");}
-----

```

```

rule LT.LT_Rule8
  evaluate((?cLT.t_TE016_1_A == 0d) &&
    (?cLT.t_TE016_1_S == 1d) &&
    (?cLT.p_IL3081 == 0d));
then{ ?message.diagnosisMsg(" 엔진 과부하 상태
점검, 에어컨러 점검, 입구 해수온도 정상 유무 확인
"); }
-----

```


참고 문헌

1. ILOG JRULES for developers "Customer Education"
2. ILOG JRULES 4.6 Rule Builder Tutorial
3. InTouch 9.0 Advanced Training Manual
4. In-Touch 9.0 Basic Training Manual V1.0
5. MYSQL 시스템관리와 프로그래밍:자바 PHP 펄 C 파이썬(개정판)
6. JAVA Bible Programming for JDK 1.4
7. 자바 프로그래밍 실전 테크닉 300
8. HSD-SEMT Pielstick 16PC2.5V-400 of Ulchin nuclear power plant unit 5&6 Service information
9. 디젤발전기 고장진단 프로그램 사양
 - 산업용 EDG 고장진단 프로그램
(현대HIPDS, MAN B&W CoCoS-EDS User's Guide)
 - 원전용 EDG 고장진단 기능 (Pielstick DMDS- AAC and EDG units
Diagnostic Monitoring and Display System, 울진 3/4, 5/6)
10. Instructions for 50-98MC type engines, Operation, MAN B&W Diesel A/S, Copenhagen, Denmark