



저작자표시-동일조건변경허락 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.
- 이차적 저작물을 작성할 수 있습니다.
- 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



동일조건변경허락. 귀하가 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공했을 경우에는, 이 저작물과 동일한 이용허락조건하에서만 배포할 수 있습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

工學碩士 學位論文

월성 原電 非常디젤發電機 常態監視 및
診斷 시스템 適用에 관한 研究

A Study on the Application of Condition Monitoring
and Diagnosis System for Emergency Diesel
Generator at Wol-sung Nuclear Power Plant



指導教授 趙 權 回

2009 年 8 月

韓國海洋大學校 大學院

機關시스템工學科

車 鶴 烈

本 論 文 을 車 鶴 烈 의 工 學 碩 士 學 位 論 文 으 로 認 准 함 .

委 員 長 鄭 柄 健 (印)

委 員 柳 熙 漢 (印)

委 員 趙 權 回 (印)



2009 年 6 月 日

韓 國 海 洋 大 學 校 大 學 院

목 차

표 목차	ii
그림 목차	iii
Abstract	iv
제 1 장 서 론	1
1.1 연구배경 및 목적	1
2.1 개발범위	1
제 2 장 신뢰도 향상을 위한 상태감시인자 선정	3
2.1 디젤발전기의 상태감시인자 조사	3
2.2 월성 비상디젤발전기 상태감시인자 선정	12
제 3 장 상태감시 시스템 설계변경 및 추가 적용 가능한 감시인자	35
3.1 상태감시 시스템 설계변경	35
3.2 차후에 추가적으로 적용 가능한 감시장치	39
제 4 장 월성비상발전기 신뢰도 향상을 위한 진단 시스템	42
4.1 상태감시 시스템의 구성 및 진단절차	42
4.2 상태감시 시스템의 진단기술적용	45
4.3 상태감시 시스템 구현	50
제 5 장 결론	52
참 고 문 헌	54

- 표 목차 -

Table 2.1 Monitoring parameters of fuel oil system	3
Table 2.2 Monitoring parameters of lubricating oil system	4
Table 2.3 Monitoring parameters of intake and exhaust gas system ..	7
Table 2.4 Monitoring parameters of starting and control air system ..	8
Table 2.5 Monitoring parameters of cooling water system	8
Table 2.6 Monitoring parameters of generator side system	9
Table 2.7 Monitoring parameters of engine side system	11
Table 2.8 Alarm signal parameters	19
Table 2.9 Operating parameters	22
Table 2.10 COCOS operating parameters	25
Table 2.11 DMDS monitoring parameters	27
Table 2.12 Trip parameters	30
Table 2.13 Interlock parameters	31
Table 2.14 Selected operating parameters	32
Table 2.15 Selected monitoring parameter	34
Table 4.1 Trend of diagnosis data	49

- 그림 목차 -

Fig. 2.1 System classification of emergency diesel generator	12
Fig. 2.2 Fuel oil system	13
Fig. 2.3 Lubricating oil system	14
Fig. 2.4 Intake and exhaust system	15
Fig. 2.5 Starting air system	16
Fig. 2.6 Low water temperature system	17
Fig. 2.7 High water temperature system	18
Fig. 3.1 Addition of the pressure transmitter	35
Fig. 3.2 Replacement of new type CMR	36
Fig. 3.3 Replacement of temperature transmitter	36
Fig. 3.4 Installation of temperature sensor	37
Fig. 4.1 Composition of failure & estimate diagnosis system	42
Fig. 4.2 Classification of diagnosis system	43
Fig. 4.3 Processing circuit of L.T. System diagnosis	44
Fig. 4.4 Flowchart of digital sensor alarm	45
Fig. 4.5 Flowchart of analog sensor alarm	46
Fig. 4.6 Graph of failure diagnosis system	47
Fig. 4.7 Graph of estimate diagnosis system	48

A Study on the Application of Condition Monitoring and Diagnosis System for Emergency Diesel Generator at Wol-sung Nuclear Power Plant

Hak - Yeol Cha

**Department of Marine System Engineering
Graduate School of Korea Maritime University**

(Supervisor : Prof. Kwon - Hae Cho)



The emergency diesel generator, which is used as the emergency electric power of the nuclear plants, does not receive full recognition of its importance because of the low frequency of its use. However, the reliability of the diesel generator during the actual emergency and the professional quality of the administrator that manages the generator are more important anything. If those two qualities are not secured, then a large-scale catastrophic event could occur.

In order to enhance this reliability and the professional quality of the administrator, it is necessary to install a condition monitoring system that can have a systemic and integrated diagnosis of the situation. By constructing this system, the non-professional administrator can receive proper instructions to get a handle on engine when the engine malfunction and abnormal running.

Currently, a sophisticated DMDS¹⁾ system is installed at the nuclear plant No.3~6 in Uljin and No.5~6 in Yonggwang, and the state of the nuclear plant can be observed at a distant place, but it is necessary to acquire professionals who have expert knowledge in the field. Also, in the case of emergency diesel generator at the nuclear plant in Wolsung, the watch system is composed simple of the alarm system and indicating instrument at the field. Therefore, when the alarm goes off due to the problems in the engine, the administrator must check the sign at the field. Furthermore, when the administrator misses the right moment for adjustment due to the misjudgment about the factors of error, an even greater problem can occur. In order to secure this weakness, it is recommended to improve the professional quality and reliability of the emergency diesel generator at the nuclear plant in Wolsung by constructing an integrated and systemic condition monitoring and diagnosis system.

The development of this system is largely divided into three parts. At the first stage, the performance parameters of general diesel generators are investigated in order to compose an appropriate system for Wolsung emergency diesel generators and to identify the components of condition parameters that can be applied in the diesel generator. Then, by analyzing other condition monitoring systems, the strengths and weaknesses of each system are identified and establish the direction for system development. Also, the investigated parameters of condition monitoring are sorted by the importance and finally selected.

At the second stage, in order to measure data from the selected condition monitoring parameters, the appropriate design changes in the existing diesel generators are discovered and new devices and machines are installed to implement the changes. The components that

1) DMDS : Diagnostic monitoring and display system

are excluded because of the cost and special traits of the power plant need to be applied in the condition monitoring system in the future, so additional condition monitoring parameters are to be suggested.

At the last stage, by finding and implementing the ways to apply the diagnosis techniques in the condition monitoring system, an integrated condition monitoring system that has both reliability and professional quality is finally constructed.



제 1 장 서 론

1. 1 연구배경 및 목적

원자력 발전소의 비상전원계통으로 이용되고 있는 비상디젤발전기는 사용빈도가 적은 이유로 그 중요성이 실제보다 크게 인식되지 못하고 있다. 그러나 비상상태 발생 시 비상디젤 발전기의 신뢰성과 발전기를 관리하는 관리자의 전문성은 무엇보다 중요하며 전문성과 신뢰성이 확보되지 못한다면 큰 사고로 전개 될 수 있다.

이런 신뢰성과 관리자의 전문성을 향상시키기 위해 체계적이고 종합적이며 진단기능을 갖춘 상태감시시스템이 필요하다. 이 시스템을 구축함으로써 엔진고장이나 비정상 운전 시 적절한 조치사항을 당직자에게 제공하여 전문지식이 없는 관리자라도 쉽게 비상상황에 대처할 수 있도록 한다.

현재 울진 3~6기 및 영광 5~6기의 원전용 비상디젤발전기에는 고기능의 DMDS²⁾ 시스템이 채용되어 있어서 엔진의 상태를 원격지에서 감시할 수 있는 편리성은 보장되지만, 엔진을 전문적으로 관리하는 고도의 전문지식을 가진 전문가가 필요한 실정이다. 또한 월성 원자력 발전소 비상디젤발전기의 경우 단순한 경보 시스템과 현장지시기 정도로만 시스템이 구성되어 있다. 그래서 엔진 이상으로 경보가 발생하면 관리자는 현장에서 경보를 확인해야만 한다. 더욱이 관리자가 고장원인에 대한 잘못된 판단으로 인하여 조치의 적기를 놓치면 더 큰 문제를 야기할 수 있다. 이런 단점을 보완하기 위해 월성 원자력 발전소 비상디젤발전기의 체계적이고 종합적인 상태감시 및 진단시스템을 구축하여 전문성과 신뢰성을 향상하도록 한다.

1. 2 개발범위

이 시스템의 개발은 크게 3단계로 나누어 진행된다. 첫 번째 단계에서

2) DMDS : Diagnostic monitoring and display system (울진과 영광에 설치된 SEMT Pielstick 엔진용 상태감시 시스템)

는 월성 비상디젤발전기에 적합한 시스템을 구성하기 위해 일반 디젤엔진의 성능변수를 조사하여 월성비상디젤발전기에 적용 가능한 상태감시 인자를 파악한다. 그리고 타 상태감시 시스템을 분석하여 각 시스템의 장, 단점을 파악하고 월성비상디젤 발전기의 상태감시 시스템 개발 방향을 설정하도록 한다. 또한 조사된 상태감시 인자는 중요도에 따라 분류하고 최종 선정 하도록 한다.

두 번째 단계에서는 선정된 상태감시 인자에서 데이터를 측정하기 위해 기존 월성 비상디젤발전기 시스템에 적절한 설계변경 방안을 찾아내고 설계를 변경하여 새로운 장치 및 계기를 설치하도록 한다. 발전소의 특수성과 비용상의 문제로 선정되지 못한 인자들은 차후에 상태감시시스템에 적용 하도록 추가 가능한 감시요소를 제시 하도록 한다.

마지막 단계에서는 상태감시시스템 진단기술적용 방법을 찾고 구현 하도록 함으로써 최종적으로 전문성과 신뢰성을 갖춘 종합 상태감시 시스템을 구축하도록 한다.



제 2 장 신뢰도 향상을 위한 상태감시인자 선정

2.1 디젤발전기의 상태감시인자 조사^{[1][2]}

본 연구에서는 비상디젤발전기의 상태감시 인자를 선정하기 위해 일반 디젤 발전기의 계통을 연료유, 윤활유, 흡기와 배기, 냉각수, 시동공기, 엔진관련, 발전기관련 계통으로 분류하고 상태감시 인자를 조사하도록 한다.

2.1.1 연료유 계통

연료유의 압력, 온도, 연료유 점도 및 성분이 엔진성능에 영향을 미치는 인자이다. 연료유계통 감시대상인자의 측정된 데이터를 이용하여 디젤발전기에 이상상태를 파악할 수 있다. Table 2.1은 연료유계통의 상태감시 인자를 조사한 것이다.

Table 2.1 Monitoring parameters of fuel oil system

감시대상인자명	데이터 용도
연료유 레벨	- 연료유 소모량 추적/확인 - 연료유 누설 여부 감지
연료유 성상	- 연료유 점도 확인 - 연료유 성분 파악
엔진필터 입,출구 연료유 압력	- 필터의 막힘 또는 손상탐지
연료펌프 입,출구 연료유 압력	- 조절밸브 조정감시 - 펌프마모감시
연료라인 입,출구 온도	- 연료유 열교환기 성능감시 (저질중유사용시)

2.1.2 윤활유 계통

윤활유 계통의 압력과 온도의 변화는 엔진성능에 중요한 영향을 미치는 변수이다. 또한 윤활유는 엔진 베어링 및 엔진 내부의 각 구동부와 마찰

부에 공급되어지며, 마모를 최소화시키고 일정부분 냉각시키는 역할을 하게 된다. 윤활유의 이상은 엔진에 심각한 손상을 줄 수 있으며, 윤활유 분석을 통해 엔진 구동부와 마찰부의 부품 이상을 추적할 수 있다. Table 2.2는 윤활유의 상태감시 인자를 조사한 것이다.

Table 2.2 Monitoring parameters of lubricating oil system

감시대상인자명	데이터 용도
윤활유 레벨	<ul style="list-style-type: none"> - 윤활유 소모량 추적/확인 - 엔진부품 마멸 확인 - 윤활유 누설 여부 감지
윤활유 색상	<ul style="list-style-type: none"> - 엔진부품 상태 확인 - 엔진교환시기 확인 - 연료유 혼입
윤활유 엔진 입구와 섬프탱크 온도	<ul style="list-style-type: none"> - 냉각기 오손의 감지 - 제어밸브 작동감시
윤활유 냉각기의 입,출구 온도	<ul style="list-style-type: none"> - 냉각기 오손의 탐지 - 제어 밸브의 작동감시
과급기 입,출구 윤활유 온도	<ul style="list-style-type: none"> - 과급기 베어링 감시 - 윤활유 탐지 - 윤활유 공급펌프 성능감시 (VTR형)
엔진 입구 압력	<ul style="list-style-type: none"> - 엔진 운전성 확인 - 필터 막힘 감지 - 조절밸브와 엔진마모의 고장수리 - 윤활유 점도감지
윤활유 필터의 입,출구 압력	<ul style="list-style-type: none"> - 필터 막힘 탐지 - 필터 손상 탐지
윤활유 냉각기의 입,출구 압력	<ul style="list-style-type: none"> - 냉각기의 오손 탐지

2.1.3 흡, 배기 계통

1) 흡기계통

가) 기관입구

디젤 기관의 출력성능은 기관의 입구 측에 있어 공기의 상태 즉 대기압과 대기온도 및 습도에 의하여 영향을 받는다. 과급기관의 경우는 압축기의 입구상태가 여기 해당한다. 따라서 대기압과 대기온도는 주요 관찰대상이 된다.

나) 흡기매니폴드

디젤기관의 공기흡입은 간헐적으로 일어나기 때문에 흡기관내에는 압력진동이 발생한다. 이 압력진동은 공급공기량에 영향을 미치기 때문에 흡기매니폴드의 압력과 온도는 기관의 출력성능에 관계하게 된다. 또한 실린더간의 흡입기간의 겹침으로 인하여 간섭을 일으키게 되며, 이 간섭을 피하는 것이 공급공기량의 증대에 중요하다. 실제 기관들은 이러한 흡기관내의 압력진동을 적극 이용하고, 실린더간의 흡기간섭을 적극 피할수 있는 구조로 설계되고 있다. 또한 흡입밸브의 형상과 개폐시기도 최적화시킬 필요가 있다.

다) 공기압축기

기관의 최대출력은 소비되는 공급공기량에 의하여 결정되고, 기계적인 응력과 열응력에 의하여 제한 받는다. 공급공기량을 증대시키기 위한 방법으로 과급(supercharging)을 하게 된다. 이는 공급되는 공기의 밀도를 높이는 방법으로 기관의 행적용적이나 기관회전수의 증가 없이 출력을 증대시킬 수 있는 방법이기 때문이다.

과급의 방법에는 여러 가지 방법들이 이용될 수 있으나 현재는 배기가스터빈 과급기가 주로 이용된다. 즉 배기에너지를 이용하여 공기압축기를 구동하는 방식이다. 그러나 공기를 압축하면 온도가 상승하기 때문에 공기의 밀도는 그만큼 낮아지게 된다. 따라서 공기압축기의 출구압력과 출구온도는 공급공기량에 매우 밀접하게 관계하며 이는 주로 공기압축기의 효율에 의하여 결정된다. 또한, 공기 압축기의 입구에는 공기필터가 존재

하며, 공기필터의 전후 압력차를 나타내는 U자관에 의하여 판단될 수 있다.

라) 중간 냉각기

과급을 하는 디젤기관의 경우 공급공기를 압축하면 공기온도가 상승하며, 공기압축기의 압력비에 따라 다르나, 100~130℃ 정도로 높게 된다. 이 때문에 공급공기량이 감소하고 연소온도는 높게 되며, 출력의 증대를 꾀하게 하는 것이 곤란하게 된다. 이에 대한 대책으로 중간 냉각기를 설치하여 압축기로부터의 고온공기를 40~70℃ 정도까지 냉각하게 된다. 중간냉각기는 냉각매질로서 기관본체의 냉각수나 외부공기를 이용하나, 대형기관의 경우는 독립된 냉각수를 이용하는 것이 일반적이다 냉각기의 성능은 열교환기의 온도효율로 정의되는 형태의 냉각효율로 나타낼 수 있다.

2) 배기계통



가) 배기매니폴드

다 실린더 기관의 배기 매니폴드는 단순히 배기가스를 모으는 역할을 할 뿐만 아니라 흡기매니폴드에서 언급한 바와 같이 배기간섭을 피할 수 있는 구조로 되어야 한다. 또한 과급기관의 경우는 배기에너지의 유효이용이라는 관점에서 매우 중요하게 취급되어야 한다. 각 실린더 출구에서의 배기가스온도는 실린더간의 불균형을 파악할 수 있는 중요한 데이터가 된다. 그리고 배기매니폴드에서의 압력과 온도 또는 배기터빈입구에서의 압력과 온도는 이용 가능한 배기에너지를 판단하는데 중요한 자료가 된다.

나) 배기터빈

배기터빈의 구동에너지는 기관으로부터 배출되는 배기가스의 에너지이며, 배기터빈 입,출구에서의 배기가스의 열낙차에 의하여 발생한다. 따라서 배기터빈의 입구 온도 및 압력이 중요한 감시대상이 된다. 배기터빈의 구동에너지는 일반적으로 기관의 발생마력에 대략 비례하여 변화한다. 또한 압축기의 경우와 마찬가지로 터빈블레이드의 오손은 기관의 연소상태

에 의하여 영향을 받는데, 장시간의 운전으로 카본등의 퇴적으로 터빈블레이드가 오손되면 터빈의 성능이 저하하게 된다. 터빈성능의 저하는 터빈회전수의 변화로부터 감지할 수 있기 때문에 터빈회전수의 감시 및 기록은 터빈의 운전관리에 매우 중요한 요소가 된다.

다) 기관출구

배기관의 출구는 대기 측으로 연결되어 있기 때문에 실린더로부터 배출되는 배기가스는 대기 측으로 방출하게 된다. 배기에너지를 회수하기 위하여 에코노마이저와 같은 열교환기가 설치되게 된다. 이들 부속장치들의 설치하는 기관으로부터의 가스배출에 방해가 되는 배압의 증가를 초래하며, 기관의 성능에도 영향을 미친다. 특히 과급기관의 경우에는 배기가스터빈 출구 이후에 이들 부속장치가 설치되기 때문에 터빈의 출구압력이 증가되어 터빈의 팽창비가 감소되고 그 결과 터빈에 의한 회전수 동력도 감소되게 된다. 따라서 배압을 되도록 낮게 하여야 한다. 배기관의 출구 즉 연돌에서의 배기가스온도는 배기에너지 회수의 정도를 판단하는데 중요하다. Table 2.3은 흡,배기 계통의 상태감시인자를 조사한 것이다.

Table 2.3 Monitoring parameters of intake and exhaust gas system

감시대상인자명	데이터 용도
주위공기 온도, 상대습도	- 표준공기조건의 감시와 효율계산을 위해 필요
과급기 입구 공기 온도	- 과급기 효율계산
과급기 입구 공기압력	- 과급기 효율 계산
공기냉각기의 입,출구 공기압력	- 과급기 효율 계산
각 실린더의 배기가스온도	- 연료인젝터 성능감시 - 로커암, 마모된 링, 밸브 문제탐지 - 실린더간의 평형 탐지
과급기 입구 배기가스 온도	- 과급기 효율 - 과급기의 공급온도 한계를 초과하지 않도록 안전감시
과급기 출구 배기가스 온도	- 과급기 성능감시

2.1.4 시동 및 제어공기 계통

엔진 시동 공기가 부족해 압력이 낮다면 엔진이 시동에 실패하거나 시동 시에도 천천히 회전하여 착화속도에 도달하지 못해 지속적 운전을 하지 못하게 된다. 또한 제어공기는 엔진과 엔진 운전에 필요한 보조 계기등이 동작하고 제어하는데 필요한 공기를 공급하며, 제어공기의 압력 저하는 엔진과 엔진 보조 계기등을 제어하고 동작하는 것을 어렵게 만든다. 공기 압축기가 작동하지 못하는 비상상황 시 제어공기는 계속 소모하면서 엔진에 운전을 유지해 준다. **Table 2.4**는 시동 및 제어공기계통의 상태감시인자를 조사한 것이다.

Table 2.4 Monitoring parameters of starting air system

감시대상인자명	데이터 용도
공기저장소 압력	- 엔진시동가능여부 공기 압축기 작동여부
제어 공기 압력	- 보조계기 제어가능 여부파악

2.1.5 냉각수 계통

냉각수계통의 경우도 대부분은 압력과 온도로 감시대상인자가 조사되며, 온도와 압력 변화는 엔진의 성능에 중요한 영향을 미친다. 냉각수는 열전달면의 오손을 파악하는 중요한 변수이다. **Table 2.5**는 냉각수 계통의 상태감시인자를 조사한 것이다.

Table 2.5 Monitoring parameters of cooling water system

감시대상인자명	데이터 용도
엔진 냉각수 입,출구 온도	- 제어밸브 작동 감시 - 냉각기 성능감시 - 엔진 고부하시 온도차가 증가함

감시대상인자명	데이터 용도
엔진 냉각수 입, 출구 온도	- 냉각기 오손감시 - 제어밸브 작동 감지
1차 냉각기 (해수)의 입,출구 온도	- 냉각기 오손감시 - 냉각수 펌프 운전성
과급기 냉각수의 입,출구 온도	- 과급기의 오손 - 과급기 부하의 감지
공기냉각기 냉각수 입,출구 온도	- 냉각기 오손의 감시
운활유 냉각수 입,출구 온도	- 냉각기 오손의 감시
과급기 입구 공기압력	- 과급기 효율 계산
공기냉각기의 입,출구 공기압력	- 과급기 효율 계산

2.1.6 발전기관 관련 계통

디젤발전기는 발전기축의 권선온도의 경우 과부하, 과전류로 인해 권선이 과열하게 되고 온도가 한계치를 넘어가면서 지속적으로 운전될 시는 권선에 피복인 에나멜이 녹게 되어 권선의 단락으로 이어지게 되며 더 많은 열이 발생해 피복이 녹으며 검게 타게 된다. 또한 권선도 녹게 되어 발전기가 운전 불능이 된다. 또한 베어링의 과대한 마모는 운전 중 발전기축(generator)회전축의 손상과 회전자와 고정자의 접촉으로 인한 사고를 유발한다. Table 2.6은 발전기관 관련 상태감시 인자를 조사한 것이다.

Table 2.6 Monitoring parameters of generator side

감시대상인자명	데이터 용도
권선온도	- 권선상태 파악 - 냉각능력 감지
베어링 온도	- 손상 베어링 감시

2.1.7 엔진관련 계통

1) 실린더내부

가) 압축압력

실린더내의 압축압력은 기본적으로 공급공기의 압축초기의 압력과 온도에 의하여 결정된다. 압축압력의 변화는 피스톤링의 기밀유지를 판단할 수 있는 자료가 되기 때문에 중요하게 관찰되어야 한다. 과급기관의 경우는 압축초기의 압력과 온도가 운전조건 즉 부하나 회전속도에 따라 다르게 되기 때문에 일정하지 않다 따라서 이 경우는 급기압력과 함께 판단하여야 한다. 압축압력과 온도는 실린더내의 연소상태를 양호하게 유지하는데 매우 중요한 요소이다. 일반적으로 압력과 온도는 밀접한 관계를 가지고 있기 때문에 측정이 비교적 쉬운 압력으로 판단한다.

나) 최고폭발압력

실린더내의 최고폭발압력은 연소상태를 파악하는데 중요한 자료가 된다. 그러나 최고폭발압력은 압축압력과 연료분사 시기 등에 의하여도 영향을 받기 때문에 관계하는 인자들의 종합적인 판단이 필요하다. 최고폭발압력은 부하의 증가와 더불어 증가하는 경향이 있으며, 실제기관에서는 기계적인 강도에 의하여 제한받기 때문에 안전관리의 측면에서 운전 중 수시로 관찰되어야 한다.

2) 엔진 베어링

엔진의 과부하의 운전, 기관베드의 변형, 메인베어링 중심선의 부정, 크랭크 축심의 부정, 메인베어링의 조정의 부정 및 윤활유 계통의 고장은 베어링의 과대한 발열은 케이싱 내의 온도를 상승시키고 이 온도는 윤활유를 열화 시켜 크랭크 케이스내의 압력을 상승시키는 결과를 가져온다. **Table 2.7**은 엔진관련 계통의 상태감시 인자를 조사한 것이다.

Table 2.7 Monitoring parameters of engine inside

감시대상인자명	데이터 용도
압축압력	<ul style="list-style-type: none"> - 실린더내 기밀상태 파악 - 실린더내 압축압력 파악
최고폭발 압력	<ul style="list-style-type: none"> - 실린더내 연소상태 파악
베어링 온도	<ul style="list-style-type: none"> - 손상 베어링 감시



2.2 월성 비상디젤발전기 상태감시인자 선정

월성 비상디젤발전기의 P&ID³⁾도면과 PLC⁴⁾도면 조사를 통해 상태감시 인자로 적용이 가능한 인자를 수집하도록 한다. 또한 타 상태감시 시스템과의 비교를 통해 월성 비상디젤발전기의 상태감시 시스템 개발 방향을 정하도록 한다. 수집된 적용 가능한 인자들은 중요도의 기준을 마련하여 월성 비상디젤발전기에 적용할 상태감시 인자를 확정 하도록 한다.

2.2.1 월성 비상발전기 계통 분류 및 기능설명^[3]

다음은 월성 비상디젤 발전기를 다음 아래와 같이 크게 7계통으로 분류하였다. 각 계통을 분류하여 계통에 속한 상태감시 가능인자를 파악하고 세분화 하였다.



Fig. 2.1 System classification of emergency diesel generator

3) Pipe and instrument diagram (배관 및 장치 도면)

4) Programmable logic controller

1) 연료유 계통 (Fuel oil system)

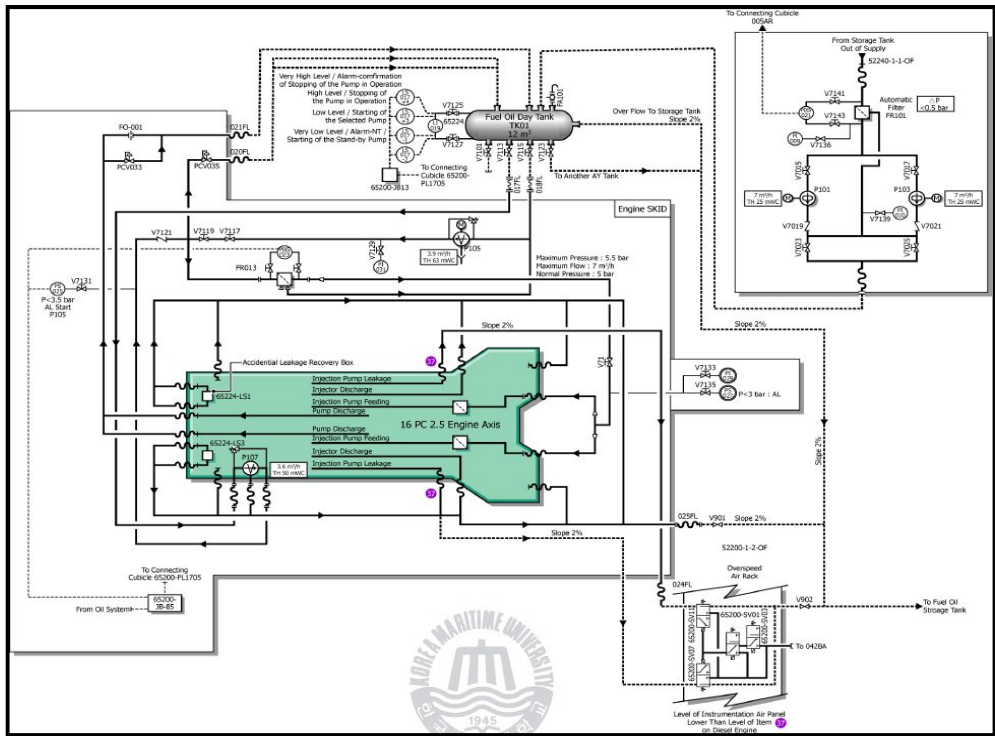


Fig. 2.2 Fuel oil system

Fig. 2.2는 연료유 P&ID 도면이다. 연료유 계통은 동일한 기능을 갖는 2개의 계열로 이루어지며, 각 계열은 1대의 일일 탱크(day tank), 1대의 전동기구동 연료유 공급펌프, 1대의 엔진구동 연료유 펌프 및 1대의 자동연료유 여과기로 구성된다. 일일탱크의 연료를 전동기구동 연료유 공급펌프 및 엔진구동 연료유 공급펌프로 디젤엔진 최대요구유량 이상의 연료유를 공급 한다. 엔진 연료배관에 공급된 과잉연료유는 엔진 후단 오리피스를 통해 일일 탱크로 회송된다. 비상 발전기 기동신호가 발생되면 연료유 이송펌프 및 전동기구동 연료유 공급 펌프가 가동되어 연료유 여과기를 통해 필요한 연료를 각 실린더에 공급한다. 디젤엔진이 정격속도로 도달되어 엔진 구동 연료유 공급펌프의 정격유량이 형성되면 전동기 구동펌프는 정지된다.

2) 윤활유 계통 (Lubricating oil system)

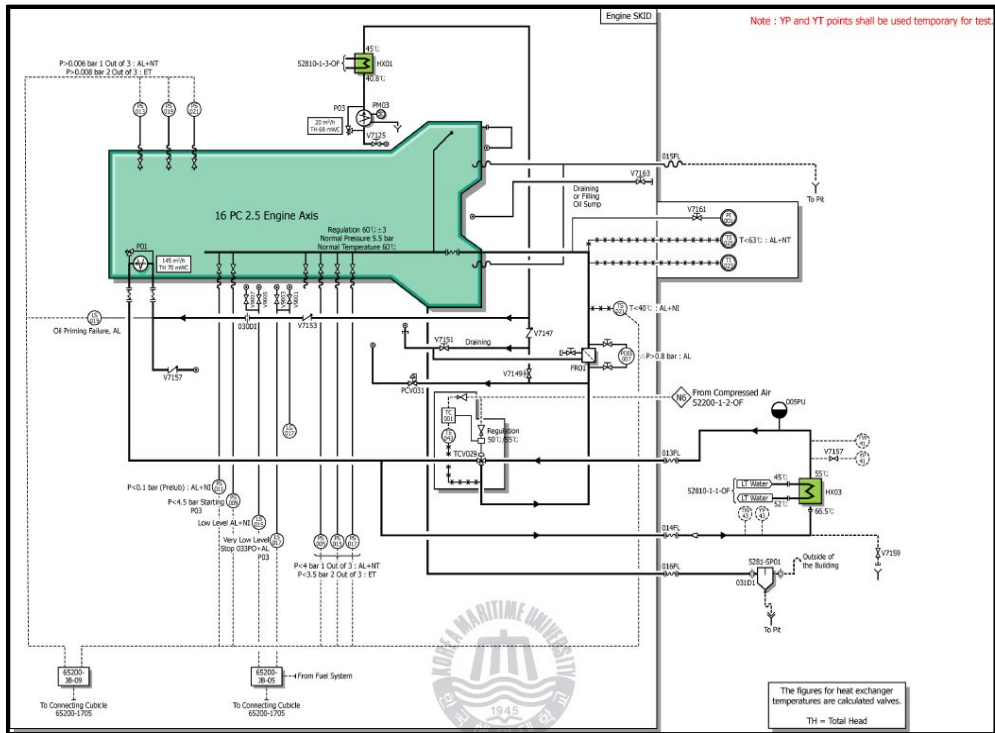


Fig. 2.3 Lubricating oil system

Fig. 2.3는 윤활유 P&ID 도면이다. 윤활유 계통은 엔진 베어링에 일정한 온도의 윤활유를 계속 공급함으로써 마모를 최소화하고 기동 및 부하수용의 신속성과 신뢰성을 확보하기 위한 계통으로서 엔진구동 윤활유 펌프를 통해 비상발전기를 운전 중 흡수된 열에너지를 윤활유/저온수 열교환기로 보내 냉각한다. 또한 엔진이 운전하지 않는 동안 윤활유를 계속적으로 순환시키는 전기구동 윤활유 펌프를 설치하고 있다. 예열 고온수/윤활유 열교환기를 활용하여 윤활유의 온도를 일정하게 유지시킨다. 또한 크랭크실 내의 유증기의 폭발에 의한 엔진 및 기관실의 화재 예방을 위하여, 운전 중 생성되는 유증기를 연속적으로 배출하는 배관이 설치되며, 유증기의 양을 측정하는 장치가 설치된다.

3) 흡, 배기계통 (Intake and Exhaust gas system)

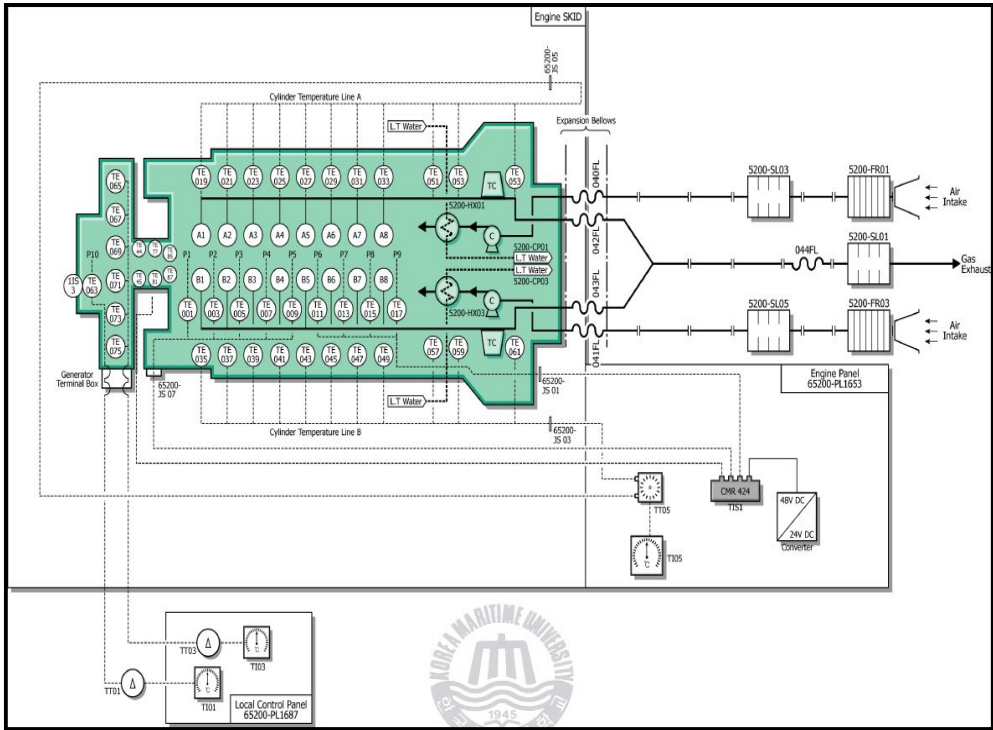


Fig. 2.4 Intake and Exhaust gas system

Fig. 2.4는 흡,배기 가스 P&ID 도면이다. 흡,배기 가스 계통에서 연소용 공기는 비상발전기 건물 밖에서부터 공기여과기, 흡배기배관, 흡기 소음기를 통해 연소용 공기 압축장치로 흡입된다. 연소용 공기는 흡기관을 통해 실린더내로 들어가 연료와 혼합되어 연소하고 연소 후 가스는 배기배관과 과급기를 통해 외부로 배출되게 된다. 배기 출구에서의 배기가스온도는 실린더간의 불균형을 파악할 수 있는 중요한 데이터가 된다.

4) 시동 공기계통 (Starting air system)

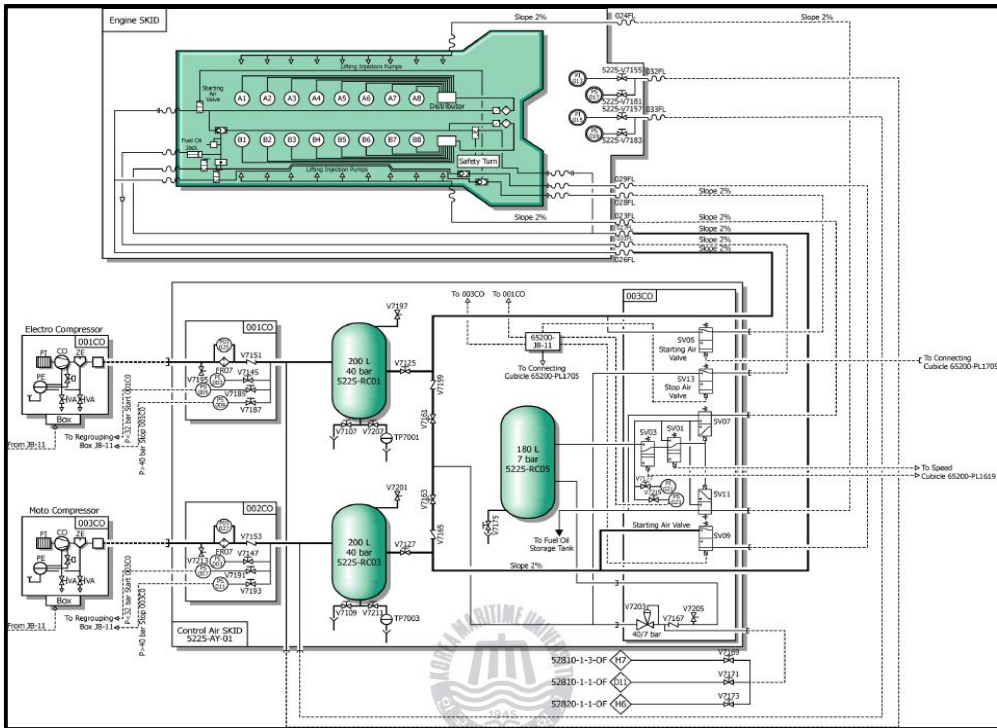


Fig. 2.5 Starting air system

Fig. 2.5는 시동공기계통 P&ID 도면이다. 각 디젤엔진에는 2대의 독립적인 기동용 공기계통이 설치된다. 비상 발전기가 자동기동신호를 받으면 과속방지용 랙(over-speed air rack)에는 기동용 공기 솔레노이드 밸브에 전원이 공급되어, 기동용 공기가 기동용 공기배관을 통해 엔진 실린더로 들어간다. 기동용 공기 솔레노이드 밸브는 기동신호 접수 후 약 2초 동안 여자 후 차단되어 기동용 공기계통이 차단된다. 공기 압축기는 연결된 공기 저장조의 설정압력에 따라 자동으로 기동되고 저장된다. 디젤엔진을 수동으로 정지시키거나 자동정지 신호가 발생하면 과속도 공기 저장조 내의 압축공기가 과속도 정지 공기밸브를 통해 각 엔진의 연료분사 펌프를 들어 올려 엔진을 정지한다.

6) 고온 냉각수 계통 (High temperature water system)

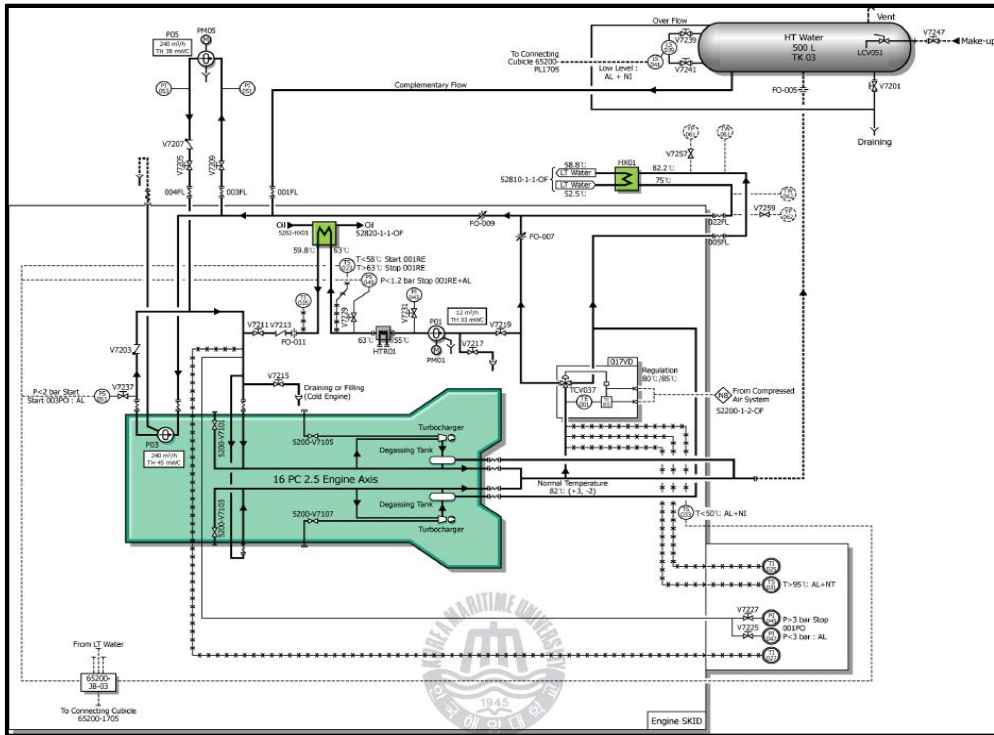


Fig. 2.7 High temperature water system

Fig. 2.7은 고온냉각수 P&ID 도면이다. 고온냉각수는 비상 디젤발전기의 엔진 자켓을 냉각하는 계통을 말한다. 이 계통은 크게 두 가지로 나누어지는데 첫째는 주회로로 엔진구동 고온수 펌프를 통해 엔진가동과 함께 발생한 열을 엔진 자켓으로 흡수하여 고온수/기기냉각수 열교환기를 통해 발전소 기기냉각수 계통에 방출하는 계통과 둘째로는 비상 디젤발전기의 비상대기상태에서 신속한 기동을 위해 전동기구동 예열고온수 펌프 및 전기 가열기를 이용하여 가열된 고온수를 엔진내에 순화시켜 엔진을 예열상태로 유지시키는 계통이다.

2.2.2 경보 및 운전인자 조사 및 분류^[4]

월성비상디젤발전기 각 계통별 시스템을 분석한 결과 크게 경보인자와 운전인자로 분류되어 진다.

1) 경보인자의 정의

월성 비상디젤발전기의 각 계통의 압력, 온도 또는 발전기의 작동 시 정해놓은 설정값에 도달하면 경보를 발생하거나 혹은 동작 상태를 on/off 디지털 신호만으로 주는 인자를 경보인자라고 한다.

Table 2.8 Alarm signal parameters

System		Parameters	Equip. name
AIR	1	Low starting air pressure	65225-PS17
	2	Low overspeed air pressure	65225-PS23
	3	Air compressor in fault	52250-CP01
L.O.	4	Engine lubricating oil sump level low	65282-LS15
	5	Engine oil priming failure	65282-LS19
	6	Crank case pressure high	65282-PS13
	7	Temperature in pre lubricating oil	65282-TS21
	8	High differential press at fuel or oil filter	65282-PDIS007
	9	Engine lubricating oil sump level very low	65282-LS17
	10	Lubricating oil pressure low	65282-PS05
	11	Low pressure on pre lub. oil $P < 0.1\text{bar}$	65282-PS11
	12	Lubricating oil hi temperature $T > 63^\circ\text{C}$	62828-TS25
	13	Oil pre lubricating pump 033po output order	52810-PM03
F.O.	14	Very high level in fuel oil day tank	65224-LS017-04
	15	Low low level in fuel oil day tank	65224-LS017-02
	16	Fuel oil low press of engine driven pump circuit	65224-PS25
	17	Low fuel press in fuel frame discharge circuit	65224-PS27

System	Parameters	Equip. name	
	18	Line A or B fuel leakage failure	65224-LS01
	19	Fuel oil transfer pump in fault (020po)	54330-MCC25
	20	Fuel oil transfer pump in fault (021po)	54330-MCC25
	21	Fuel transfer pump 1 020po output order(18,20)	52240-PM101
	22	Fuel transfer pump 2 021po output order(18,20)	52240-PM103
	23	Fuel booster pump 022po output order	52240-PM105
L.T.	24	Low level in L.T. water tank	65224-LS21
	25	High temperature in cooling water $T > 50^{\circ}\text{C}$	65281-TS29
	26	L.T. engine p/p out low pressure	65281-PS23
	27	Low pressure in L.T. water $P < 3\text{bar}$	65281-PS21
	28	Low level in L.T. water tank 21cm	65281-LS17
	29	L.T. water presence line A or B fault	65281-LS03
	30	L.T. water circulating pump	52810-PM09
H.T.	31	L.T. circulating pump 011po output order	65281-PS23
	32	Low level in H.T. water tank	65281-LS41
	33	Low temperature in H.T. water $T < 50^{\circ}\text{C}$	65281-TS33
	34	Low pressure in pre-heating circuit water	65281-PS49
	35	Low pressure in jacket water $P < 3\text{bar}$	65281-PS47
	36	H.T. water low press engine driven pump circuit	65281-PS51
	37	High temperature in H.T. water $T > 95^{\circ}\text{C}$	65281-TS31
	38	H.T. water circulating pump	52810-PM05
	39	H.T. preheating pump 001po output order	52810-PM01
GEN.	40	H.T. circulating pump 003po output order	65281-PS51
	41	Excitation governor supplies fault	65200-PL1511
	42	Excitation thyr. fuses	65200-PL1511
	43	Excitation over current first stage	65200-PL1511
	44	Excitation rotating diodes fault	65200-PL1511

System	Parameters	Equip. name	
GEN.	45	Excitation over current second stage	65200-PL1511
	46	Switch s1 open	65200-PL1511
	47	High temperature at generator bearing $T > 90^{\circ}\text{C}$	65200-TIS1
	48	High temperature at generator bearing $T > 95^{\circ}\text{C}$	65200-TIS1
	49	Stop lever engaged	65200-PL1511
	50	Turning gear engaged	65200-ZS07-1
	51	Mechanical overspeed	65200-ZS01
	52	Electrical protection	5323-BUE/19/
	53	Overspeed relay fault	SVEM
	54	Electrical overspeed	SVEM
	55	Diesel generator starting signal	LOCA
	56	Engine cranking	ENGINE SPEED > 30%
	57	Start up failure	PLC
	58	Emergency stop	STOP BUTTON
	59	48V supply cubicle fault	PLC
	60	Alarm sequence DC 48V supply failure	001XR
	61	D/G local select switches not auto mode	PLC
	62	PLC cubicle temperature fault	TS-R,B
	63	PLC first stage failure	MPC RACK A,B
	64	PLC stop or test mode	MPC RACK A,B
	65	PLC second stage failure	MPC RACK A,B
	66	H.T. water preheating circuit $58^{\circ}\text{C} < T < 63^{\circ}\text{C}$	65281-TS23
67	D/G local/remote selection "remote"	D/G SELECT	
68	Starting sequence memory servant link "on"	STARTING	
69	Engine speed > 30%	AFSEM	
70	Engine speed > 80%	AFSEM	
71	Voltage control mode "auto"	MODE AUTO	
72	Voltage control mode "manu"	MODE MANUAL	

System		Parameters	Equip. name
GEN.	73	Power plant D/G set mode droop	1-4-1, E03
	74	D/G set ready for auto start	D/G SELECT SW "REMOTE"
	75	D/G set out service	65200-ZS03
	76	D/G tripping on fault	53523-BUE/19.20
	77	Generator heater 011re output order	012XE
	78	Emergency tripping memory servant link	ET
	79	Normal tripping memory servant link	NT
ENG.	80	High temperature at diesel bearing $T > 90^{\circ}\text{C}$	65200-TIS3
	81	High temperature at diesel bearing $T > 95^{\circ}\text{C}$	65200-TIS3

2) 운전인자의 정의

월성 비상디젤 발전기의 운전 중에 계속해서 아날로그로 데이터를 얻을 수 있는 압력과 온도, 그리고 역률, 전압, 전류와 같은 발전기측 정보를 운전인자라고 한다.



Table 2.9 Operating parameters

System		Parameters	Equip. name
F.O.	1	Fuel oil engine inlet pressure	PI029
L.O.	2	Lubricating. oil engine inlet pressure	PI001
	3	Lubricating oil engine inlet temperature	TI023
H.T.	4	H.T. water engine inlet pressure	PI045
	5.	H.T. water engine inlet temperature	TI027
	6	H.T. water engine outlet temperature	TI025
L.T.	7	L.T. water engine inlet pressure	PI019
	8	L.T. water engine inlet temperature	TI003
	9	L.T. water engine outlet temperature	TI009
	10	Air cooler air inlet temperature	

System		Parameters	Equip. name
ENG.	11	Diesel bearing temperature	
	12	Thrust bearing temperature	
EXH.	13	Exh. gas(A 01 ….) temperature	
	14	T/C inlet gas[EA 1,2,7,8] temperature	
	15	T/C inlet gas[EB 1,2,7,8] temperature	
	15	T/C inlet gas[EA 3,4,5,6] temperature	
	16.	T/C inlet gas[EB 3,4,5,6] temperature	
	17	T/C outlet gas[SA] temperature	
	18	T/C outlet gas[SB] temperature	
	19	Intake air pressure A	
	20	Intake air temperature B	
	21	Intake air pressure A	
	22	Intake air temperature B	
ENG.	23	Tachometer	
	24	Diesel generator bearing	
	25	Generator winding temperature	
	26	Generator WATT	
	27	Generator VAR	
	28	Generator VOLT	
	29	Generator AMP	
	30	Generator frequency	
	31	Generator power factor	
	32	Excitation VOLT	
	33	Excitation AMP	
AIR	34	No.1 air receiver pressure	PI 013
	35	No.2 air receiver pressure	PI 015
	36	Overspeed air pressure	PI 021

2.2.3 타 시스템 상태감시인자 조사

1) COCOS 시스템 및 인자 조사^[5]

COCOS-EDS는 2행정과 4행정 선박용 기관과 발전용 엔진에 상용 가능한 MAN B&W사의 엔진진단시스템이다. COCOS-EDS의 주요 감시 기능은 다음 아래와 같이 4가지이다

가) Data logging

기본적으로 매 10초 간격으로 측정된 데이터를 자동적으로 저장하고 기록한다.

나) Monitoring

측정된 운전데이터는 동형엔진에서 측정된 데이터 또는 공장 시운전이나 해상시운전에서 얻어진 데이터를 기초로 한 공인된 수치와 비교된다. 따라서 어떤 편차가 있으면 쉽게 검출이 되어 조치가 가능하다.

다) Diagnostics

엔진이상의 초기 단계에 명백하게 엔진을 진단하여 보여주며 동시에 적절한 조치를 제안해 준다.

라) Trend logging

5분 간격 데이터 수집하고 2일 저장하는 단기추이(short-term trend)와 2년간 저장하는 장기추이(long-term trend)가 있다.

COCOS의 경우는 대부분 센서를 통해 아날로그 데이터 값이 계속해서 모니터에 전송되는 운전인자이다. 실시간으로 전송되는 데이터가 Low 레벨과 High 레벨 사이에 있으면 정상값이라 판단하고 설정된 값을 벗어날 경우 경보를 발생시킨다.

COCOS의 운전인자는 **Table 2.10**과 같다.

Table 2.10 COCOS Operating parameters

NO	Parameters	
1	Fuel oil viscosity	
2	Fuel oil inlet pressure	
3	Pressure drop across fuel oil filter	
4	Fuel oil temperature inlet pumps	
5	Lubricating (system) oil inlet temperature	
6	Piston cooling oil outlet temperature	
7	Piston cooling oil/camshaft lubricating oil inlet pressure	
8	Lubricating oil inlet press main/thrust bearing	
9	Thrust bearing segment temperature	
10	Lubricating oil inlet temp. to exhaust valve actuators	
11	Lubricating oil inlet press. camshaft/exh. Valve act.	
12	Lubricating oil outlet from camshaft	
13	Lubricating oil outlet temperature turbocharger	
14	Lubricating oil inlet pressure turbocharger	
15	Cooling water temperature at air cooler inlet	
16	Cooling water pressure at air cooler inlet	
17	Cooling water temperature at air cooler outlet	
18	Jacket cooling water inlet temperature	
19	Jacket cooling water inlet pressure	
20	Jacket cooling water cylinder outlet temperature	
21	Jacket cooling water pressure drop across engine	
22	Jacket cooling water outlet temperature at turbocharger	
23	Cooling water pressure drop across air cooler	
24	Engine room turbocharger air intake temperature	
25	Air intake temperature below air intake filter	
26	Compressor spiral housing pressure at outer diameter	
27	Differential pressure across compressor spiral housing	
28	Scavenge air outlet pressure turbocharger	
29	Scavenge air outlet temperature turbocharger	
30	Scavenge air cooler air inlet temperature	
31	Scavenge air cooler air outlet temperature	
32	Scavenge air temperature before cyl.	
33	Scavenge air receiver temperature	
34	Scavenge air cooler air outlet pressure	
35	Scavenge air cooler air outlet pressure	

NO	Parameters	
36	Scavenge air receiver pressure	
37	Pressure drop of air across scavenging air cooler	
38	Pressure drop of air across turbocharger air intake filter	
39	Exhaust gas system	
40	Exhaust gas receiver temperature	
41	Exhaust gas blow off, bypass valve angle position	
42	Pressure drop of grid at turbine inlet outlet	
43	Exhaust gas temperature at turbine inlet	
44	Exhaust gas temperature after exhaust valve	
45	Exhaust gas pressure at turbine inlet	
46	Exhaust gas temperature at turbine outlet	
47	Exhaust gas pressure at turbine outlet	
48	Turbocharger speed	
49	Differential pressure across exhaust economizer	
50	Time and date	
51	Run hours counter	
52	Ambient pressure	
53	Engine speed	
54	P-max set point	
55	Fuel pump index	
56	V.I.T. index	
57	Governor index (fuel rack position)	
58	Engine torque (shaft horse power)	
59	Power take off from main engine shaft (PTO)	
60	Ambient temperature	
61	Ambient relative humidity	
62	Mean indicated pressure mip	
63	Maximum pressure p max.	
64	Compression pressure p comp.	

2) DMDS 상태감시 인자 조사^[6]

DMDS는 원전용 디젤발전기의 감시를 위해 개발 되었으며, 한국에서는 울진 3/4, 5/6호기에서 적용되고 있다. Data의 수집은 아날로그 및 디지털로 계속적으로 얻으며, 필요할 때는 실린더 압력을 측정 장치에서 얻어 RS232선으로 PC에 전달할 수 있다. DMDS상태감시 인자는 Table 2.11과 같다.

Table 2.11 DMDS monitoring parameters

NO	Parameters	
1	Maintenance mode	
2	Diesel in local mode	
3	Auto auxiliaries control	
4	Manual start order (LCR)	
5	Manual emergency start order (RCR)	
6	D/G emergency start order (DGRESS)	
7	Diesel circuit breaker open	
8	Engine stop lever	
9	Lubrication oil pre-lubricating $P < 0.1 \text{ bar}$	
10	H.T. water preheating $P < 1.2 \text{ bar}$	
11	Presence of water in air manifold - line A	
12	Presence of water in air manifold - line B	
13	H.T. water tank low level	
14	Low level in D.O. daily tank	
15	Low level in L.T. daily tank	
16	Turning gear engaged	
17	Starting air pressure No.1 $< 34 \text{ bar}$	
18	Starting air pressure No.2 $< 34 \text{ bar}$	
19	Control air pressure $P < 6 \text{ bar}$	
20	H.T. water pressure $p < 2 \text{ bar}$	
21	D.O. pressure $P < 3.5 \text{ bar}$	
22	L.T. water pressure $P < 2.5 \text{ bar}$	
23	Correct voltage	
24	Correct frequency	
25	Exciting contactor closed	
26	D/G synch. With network (droop mode)	
27	Fuel leakage line A	
28	Fuel leakage line B	
29	D.O. filter pressure drop $P > 0.8 \text{ bar}$	
30	H.T. water low temperature $T < 50^\circ \text{C}$	
31	H.T. water high temperature $T > 85^\circ \text{C}$	
32	Lubricating oil filter pressure drop $P > 0.8 \text{ bar}$	
33	Lubricating oil pressure $P < 4.5 \text{ bar}$	
34	Lubricating oil temperature $T < 40^\circ \text{C}$	
35	Lubricating oil temperature $T > 63^\circ \text{C}$	
36	Mechanical overspeed	
37	Electronic overspeed	

NO	Parameters	
38	H.T. water very high temperature $T > 95^{\circ}\text{C}$	
39	Engine inlet oil pressure $P < 3.5\text{bar}$	
40	Crankcase gas pressure $P > 0.008\text{bar}$	
41	Emergency stop (RCR)	
42	Emergency stop (LCR)	
43	Generator differential	
44	Negative phase sequence	
45	Generator ground overvoltage	
46	Voltage balance relay	
47	Over voltage	
48	Under voltage	
49	Loss of field	
50	Generator over current with voltage restraint	
51	Reverse power	
52	Under frequency	
53	Over current	
54	Excitation over current 1st stage	
55	Excitation over current 2nd stage	
56	Voltage regul. Manu/auto supply in fault	
57	Diesel engine bearing temperature 1st stage	
58	Diesel engine bearing temperature 2nd stage	
59	Start up failure	
60	Speed cubicle supply fault	
61	Over speed system fault	
62	CO ₂ actuator signal	
63	Sequencer overlap test	
64	Sequencer trouble test	
65	Lubricating oil make up tank low level	
66	Lubricating oil low level	
67	Lubricating oil very low level	
68	Lubricating oil priming failure	
69	Lubricating oil make up tank high level	
70	Excitation cubicle supply fault	
71	Diesel oil transfer pumps 1.2 electric trouble	
72	Rotating diodes fault	
73	Thyristor fuse alarm	
74	Low level in D.O. storage tank	
75	Diesel oil transfer pumps 1.2 start failure	

NO	Parameters	
76	Very low level in D.O. storage tank	
77	Over excitation limitation	
78	Under excitation limitation	
79	High level in D.O. storage tank	
80	Diesel fuel oil pump discharge pressure low	
81	Very low level in D.O. daily tank	
82	Low level in water treatment tank	
83	Diesel fuel oil strainer differential pressure	
84	Very high level in D.O. daily tank	
85	High level in water treatment tank	
86	Air compressor fault	
87	H.T. water preheating low temperature $T < 55^{\circ}\text{C}$	
88	H.T. water preheating low temperature $T > 63^{\circ}\text{C}$	
89	L.T. water tank high level	
90	H.T. water tank high level	
91	Alarm polarity fault	
92	D/G running with c.b open	
93	Protection cubicle and relaying power failure	
94	Engine inlet oil pressure $P < 3.8\text{bar}$	
95	D/G stop order	
96	Starting memory on	
97	Combustion air filter fouling	
98	Isochronous mode	
99	Time synchronizing signal	

2.2.4 상태감시 시스템 감시인자 선정^[7]

감시인자의 선정기준은 감시 시스템 설치에 따른 비용적인 측면과 원자력 발전소라는 장소와 작업여건에 대하여도 고려되어졌으며, 비상 디젤발전기에 운전이 영향을 미치는 중요도에 따라 Heavy, Middle, Light 로 구분하여 선정하였다.

1) 경보감시인자 선정

가) Heavy : 엔진 운전이 직접적인 영향을 미치는 인자

(1) Trip 관련인자

엔진운전 중 엔진이상 현상 발생으로 엔진에 심각한 영향이 미칠 수 있는 경우 엔진은 자동으로 운전을 감속하거나 정지시켜 엔진을 스스로 보호하도록 설계되어 있다. Trip은 Normal trip 과 Emergency trip으로 나누어지며, 월성 비상발전기의 경우 두 조건이 Trip일 경우 엔진을 강제 정지 시키도록 설계되어있다.

Table 2.12 Trip parameters

Emergency Trip	Mechanical overspeed
	Electrical protection
	Emergency trip push button
	Emergency stop lever
	Lubricating oil pressure very low
	Crankcase pressure very high
	Generator bearing temperature very high
Normal Trip	Lubricating oil high temperature
	Excitation tripping
	H.T. water temperature very high
	Lubricating oil pressure low
	Crankcase pressure high
	Engine bearing temperature very high
	Electrical overspeed

(2) Interlock 관련인자

Interlock은 2가지 이상의 상태가 공존하여야 사고를 일으키는 경우, 계측기기로 그중 한 쪽의 상태를 감시하여 이상을 검출하면 직접 그것과 연동된 제어기기에 신호를 송출하여 다른 쪽의 가동을 정지 시키거나 가동이 되지 않도록 하여 사고를 미연에 방지하는 기능을 말한다. 기기가 안전하게 작동되도록 운전하기 위하여 다수의 기기 중 관련이 있는 기기의 작동을 제어하고 일정조건이 만족될 때 작동되도록 구성된다

Table 2.13 Interlock Parameters

Interlock	Lub oil sump low
	Engine pre lubricating temperature low
	Engine pre lubricating pressure low
	Low temperature in H.T. water
	Low level in H.T. water tank
	Low level in L.T. water tank

나) Middle

(1) Heavy로 분류되었던 Trip과 Interlock 경보인자들 이외의 인자로 기관의 운전성능 및 고장진단에 필요한 인자.

(2) 기관 운전 시 이상상태가 발생하면, 경보를 발생시켜 관리자의 주위와 점검을 필요로 하는 인자.

다) Light : 그 밖의 운전성능이나 고장 진단에 도움이 되는 인자

(1) Status 관련인자

기관 운전 시 기관의 운전 상태를 보여주는 인자로 엔진에 운전성능에 직접적인 영향을 미치지 않으나, 기관의 운전 시 진행 상태를 파악할 수 있는 인자

(2) Control 관련인자

Control 계통인자 또한 기관 운전 상태를 보여주는 인자로 기관에 직접적인 영향은 없으나 기관의 운전 상태를 감시하고 한눈에 파악할 수 있는 인자

2) 운전감시인자 선정

운전인자는 선정은 각 계통에서 엔진의 상태를 분석하는데 중요하게 영향을 미치는 중요 요소들을 선정하였으며, 이 운전감시인자는 실시간으로 모니터링이 가능하며, 설치 시 비용과 원자력 발전소의 작업여건 등이 고려되어 선정되어졌다.

기존 비상 디젤발전기의 고온 냉각수 온도 출구 온도의 경우 총 16기통

의 실린더를 냉각하고 나온 냉각수가 공통된 라인을 통해서 순환하도록 되어있다. 그래서 냉각수 온도의 운전인자는 단 2개소에서만 데이터를 가져 올 수밖에 없었다. 그러나 실린더 냉각수는 각각의 실린더마다 온도 데이터의 측정 필요성이 요구되어지고 그만큼 중요인자로 분류되어 각 실린더마다 온도센서를 취부 하여 총 16개소 운전 감시 인자를 사용하도록 확장 선정 되었다. 선정된 운전인자는 **Table 2.14**와 같다.

Table 2.14 Selected operating parameters

	System	Operating parameters	Point
1	F.O.	Fuel oil engine inlet pressure	
2	L.O.	Lubricating oil engine inlet pressure	
3	L.O.	Lubricating oil engine inlet temperature	
4	L.O.	Crankcase pressure	
5	H.T.	H.T. water engine inlet pressure	
6	H.T.	H.T. water engine inlet temperature	
7	H.T.	H.T. water engine outlet temperature	16 Point
8	L.T.	L.T. water engine inlet pressure	
9	L.T.	L.T. water engine inlet temperature	
10	L.T.	L.T. water engine outlet temperature	
11	Eng.	Diesel bearing temperature	9 Point
12	Eng.	Thrust bearing temperature	6 Point
13	Exh.	Exh. gas(A 01 ….) temperature	16 Point
14	Exh.	T/C inlet gas[EA 1,2,7,8] temperature	
15	Exh.	T/C inlet gas[EB 1,2,7,8] temperature	
16	Exh.	T/C inlet gas[EA 3,4,5,6] temperature	
17	Exh.	T/C inlet gas[EB 3,4,5,6] temperature	
18	Exh.	T/C outlet gas[SA] temperature	

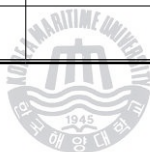
	System	Operating parameters	Point
19	Eng.	T/C outlet gas[SB] temperature	
20	Gen.	Tachometer	
21	Gen.	Diesel generator bearing	
22	Gen.	Generator winding temperature	6 Point
23	Gen.	Generator WATT	
24	Gen.	Generator VAR	
25	Gen.	Generator VOLT	
26	Gen.	Generator AMP	
27	Gen.	Generator frequency	
28	Gen.	Generator power factor	
29	Gen.	Excitation VOLT	
30	Gen.	Excitation AMP	
31	Exh.	Intake air pressure A	
32	Exh.	Intake air temperature A	
33	Exh.	Intake air pressure B	
34	Exh.	Intake air temperature B	
35	Air.	Overspeed air pressure	
36	L.T.	Air cooler air inlet temperature	
Total			84 Point

2.2.5 상태감시인자 선정결과

선정기준에 따라 비상 디젤발전기 운전상태 감시용 인자를 경보인자와 운전인자로 나누어 선정하였으며, 최종적으로 상태감시에 필요한 일부 경보인자를 추가하여 경보인자 81개소, 운전인자 84개소로 총 165개소로 확정하였다. 최종 확정된 상태감시 인자는 **Table 2.15**와 같다.

Table 2.15 Final selected monitoring parameters

System	Operating parameters	Alarm parameters
Fuel oil	1	5
Lubricating oil	3	9
Low water temperature	4	7
High water temperature	18	8
Intake air/exhaust gas	25	0
Starting/ control air	1	3
Engine	22	29
Generator	10	0
etc.	0	20
Sub-total	84	81
Total	165	



제 3 장 상태감시 시스템 설계변경 및 차후 추가 적용 가능한 감시인자

3.1 상태감시 시스템 설계변경

3.1.1 선정된 인자 데이터 계측을 위한 설계변경 방안

1) 운전인자 데이터 계측을 위한 장치설치

장치를 설치하기 위한 설계변경은 추가, 교체, 신설의 3가지로 구분한다.

가) 추가

기존 시스템의 압력장치는 압력 스위치나 압력 지시계로 되어 있다. 이런 기존의 장치로는 지속적인 압력 데이터를 얻을 수 없으므로 추가로 압력 트랜스미터를 설치하여 데이터를 획득해야만 한다. 또한 기존의 장치는 그대로 보존하면서 추가로 압력 트랜스미터를 설치하는 설계변경을 해야 하며, 이것을 추가설치 사항으로 분류하였다. 추가사항으로는 기존 시스템의 압력 스위치나 지시계로 오는 라인을 절단하고 중간에 T형 파이프를 삽입, 라인을 확장하여 압력 트랜스미터를 Fig. 3.1과 같이 설치한다.

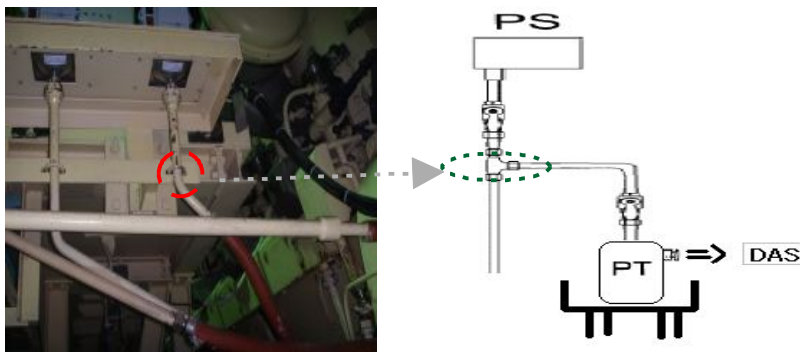


Fig. 3.1 Addition of the pressure transmitter

나) 교체

Fig. 3.2는 배기가스와 베어링 온도의 경우 PT100 센서를 통해 데이터가 취득되고 이 데이터들은 CMR424라는 장치에 전달되어 지시계에 나타나게 된다. 이 기존의 CMR장비는 온도를 표시하는 지시계가 하나밖에 없어 필요한 온도 데이터를 확인하려면 토글스위치를 돌려 가며서 볼 수밖에 없는 단점이 있다. 그래서 기존장비인 CMR424를 신형 장비인 CMR129.3으로 교체하도록 하였다. 배기가스와 베어링의 기존 PT100 센서는 그대로 이용하였으며, 데이터를 집합하는 장치만을 신형으로 교체하였다. 이 신형 CMR장치는 얻어진 데이터 값을 통신포트를 통해 DAS⁵⁾ (Data aquisition system)로 데이터를 전송할 수 있어 필요한 온도 데이터를 얻을 수 있었다.

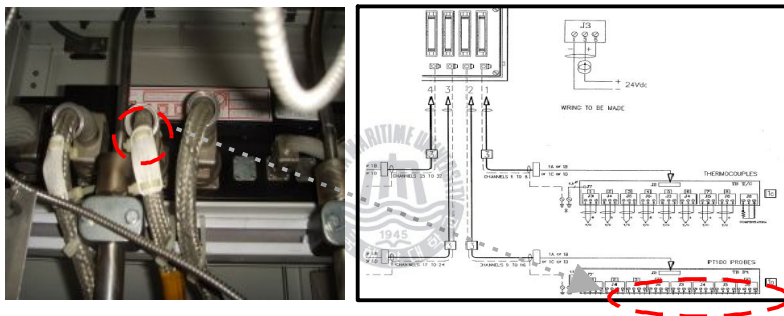


Fig. 3.2 Replacement of new type CMR

단순 온도 지시계도 데이터를 추이를 관찰할 수 있는 온도 트랜스미터로 **Fig. 3.3**과 같이 교체하였다.

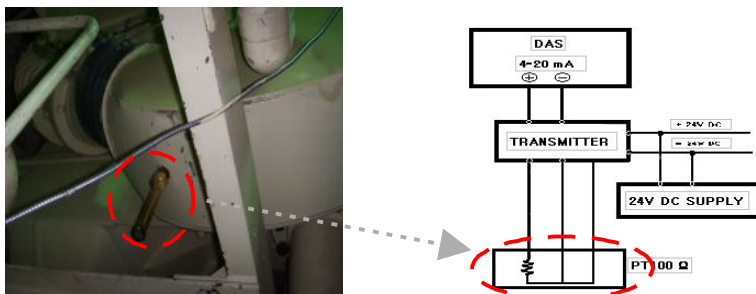


Fig. 3.3 Replacement of temperature transmitter

5) 온라인 데이터 계측시스템 (Data acquisition system)

다) 신설

상태감시 인자를 구성하기 위해서는 새로운 온도 트랜스미터나 압력 트랜스미터를 설치할 필요가 있다. Fig. 3.4의 경우 고온냉각수의 경우 각각 실린더의 온도 데이터의 중요성이 요구되어 엔진의 고온냉각수 출구라인에 온도센서를 취부하여 총 16개소 상태 감시 인자 데이터를 취득하도록 하였다. 센서를 통해 취득한 측정값은 신형 CMR129.3으로 보내 데이터를 얻을 수 있다.

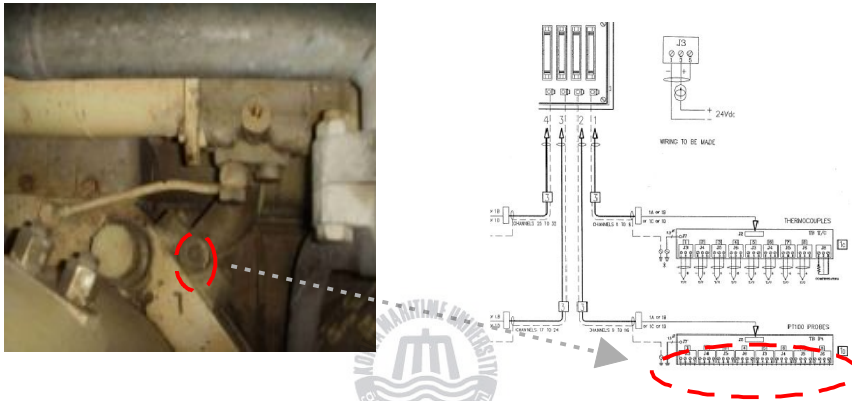


Fig. 3.4 Installation of temperature sensor

2) 경보인자 데이터 계측을 위한 장치 설치

경보인자의 경우는 PLC 출력부에서 나온 터미널에서 선을 병렬로 연장하고 연장된 선에 릴레이 설치하여 a접점 on-off신호를 DAS로 송신하였다.

3.1.2 설계변경 중요 고려 사항

설계변경 시 중요하게 고려 할 사항은 상태감시시스템을 구성하기 위해 새롭게 설치된 장비들을 기존 시스템과 완전하게 분리할 필요가 있다. 신설된 상태감시시스템 계기의 이상발생으로 인하여 기존시스템에 영향을 미쳐 이상이 발생한다면 원자력 발전소에 커다란 위험이 될 수 있기 때문이다. 그래서 기존시스템과 연결되는 대부분의 장치와 계기에는 격리된 모듈(isolation module)을 설치하여 기존시스템과 단절을 한다.

또한 설계를 변경하고 새로운 장비를 설치하기 위해서는 비상디젤발전기를 작동불능 상태로 만들어야만 한다. 그런데 원자력 발전소의 특성상 오랜 기간 동안 비상디젤발전기를 작동불능 상태로 유지할 수 없다. 그렇기 때문에 오랜 시간이 소요되는 설계 변경과 설치는 할 수가 없다. 또한 종합상태감시를 위해 많은 수의 상태감시 인자가 필요했으나 인자 취득을 위한 장치의 설계변경에 어려움과 비용이 한정되어 있어 상태감시 인자 선정뿐만 아니라 설계변경을 하는데 고려해야 할 사항이 된다.



3.2 차후에 추가적으로 적용 가능한 감시인자

원자력 발전소의 특성상 선박디젤엔진과는 다르게 상태감시인자를 결정하는데 많은 제약이 있다. 종합적인 상태감시시스템을 구성하기 위해서는 상태감시인자가 많을수록 이상상태 감시와 진단이 자세하게 구현될 수 있다. 그러나 상태감시 인자를 선정하는데 있어서 설계변경의 어려움과 비용상의 문제로 인하여 부득이 중요도로 분류해서 필요인자만을 선정하였다. 차후에 이런 제약적인 문제가 해결될 경우 종합적인 상태감시 시스템을 구성하기 위해서는 차압장치, 레벨장치, 오일분석시스템, 진동감지장치, 엔진 성능 분석 장치 등을 추가로 보강을 하면 비상디젤발전기의 신뢰성 향상에 더욱 기여할 수 있을 것이다.

3.2.1 차압장치^[8]

윤활유 필터 차압을 측정하는 것으로 이 패러미터는 필터 상태를 감시하는 인자로 다음 2가지 이유로 중요하다.

가) 필터의 ΔP (차압)는 필터의 교환이 언제 필요할 것인가를 보여 준다. 이는 예방정비를 함에 있어 불필요하게 필터를 교체할 필요가 없으며, 데이터가 축적되면 데이터를 이용 필터교환 주기 등을 파악할 수 있게 된다.

나) 만약 ΔP (차압)가 갑자기 상승한다면, 엔진의 몇 개의 부품들이 상당히 빠른 속도로 나빠지고 있는 가운데 만들어진 마멸 생성물의 표시일 수도 있다.

연료유 필터 차압 장치 또한 필터의 현재 상태와 필터교환시기를 알 수 있게 해준다.

이 차압인자는 상태감시시스템에서 경고인자로 분류 되어 있어 설정값 이상으로 측정되면 경보를 발생하여 준다. 이런 경고인자를 압력 데이터

를 실시간으로 감시하고 압력추이변화를 감시한다면, 필터의 교환 필요성을 사전 경고할 뿐만 아니라 중대한 엔진손상을 방지할 수 있다.

3.2.2 윤활유, 연료유 분석

1) 윤활유 분석

윤활유 분석은 물과 연료유 같이 엔진에 심각한 손상을 줄 수 있는 오염물을 확인하게 해준다. 이에 추가로, 그 분석은 정상적인 그리고 비정상적인 마모금속을 나타낼 수 있고, 그 어떤 엔진 부품의 나빠짐을 추적할 수 있다. 그 결과로는 많은 엔진 분야에 있어 조기경고 시스템으로서 사용될 수 있다. 이 윤활유 분석 모니터링은 언제 oil 교환이 필요한지 그리고 첨가물이 고갈 되었는지를 알 수 있게 해준다.

윤활유 분석 시스템에 갖추어야 할 조건은 다음 아래와 같다

가) 기름점도 (Oil viscosity)

점도시험은 사용되고 있는 기름이 적절한 등급인지를 나타내 주며, 산화 또는 연료유 희석을 나타낸다.

나)산가/알칼리가

엔진오일은 연소 생성물과 오일의 산화로부터 형성되는 산성 화합물을 중화시키기 위해 일부러 약 알칼리성으로 제조한다. 점차로 이 보유 알칼리가 고갈되고, 이 약 유기산은 베어링 표면을 악영향을 미치게 된다. 주기적인 TBN⁶⁾평가는 윤활유 열화를 파악하는 중요한 척도가 된다.

다) 불용해성 물질

이 시험은 불용해성 물질과 첨가제 열화에 의한 oil 수지물질, 외부 오염, 연료유 카본과 첨가제의 열화에 의한 고탄소화물질, 엔진마모, 히터고장과 부식성 물질의 척도이다.

6) TBN : Total base number (윤활유 포함된 염기성분의 양)

2) 연료유 분석

연료유 분석 또한 구입한 신유가 저장중인 기존유의 질을 떨어뜨리지 않는 최저 기준에 부합하는지를 추정할 뿐만 아니라 연료의 열화를 발견하는데 중요하다.

3.2.3 레벨(Level) 장치

윤활유의 경우, 윤활유 섬프탱크 유위를 모니터링 하는 것은 오일 소모량을 추적하게 한다. 이 경향은 엔진 부품들이 마멸할 것인지, 시일이 나빠질 것인지 또는 과도한 누설이 발생할 것인지를 알아내는데 중요하다. 운전 중 이들의 어느 항목이라도 오일레벨을 허용치 아래로 떨어지게 하는 결과를 초래하여, 엔진을 상당히 손상시킬 수 있다. 섬프탱크의 레벨뿐만 아니라 연료유, 고온과 저온 냉각수의 레벨등을 모니터링 한다면 좀더 통합적인 상태감시시스템을 구성하는데 도움이 될 것이다.

3.2.4 진동 감지



진동은 크랭크축, 플랜지, 기어, 볼프, 파이프 지지대와 펌프에 스트레스를 준다. 실화(misfire, 불균일한 실린더 부하로 인한) 또는 발전기를 구동하는 크랭크축 플랜지에서의 동작이 엔진의 진동양상을 변화시킨다. 디젤 발전기 계통에서 일반적이고 많은 강용된 진동 패턴들은 모든 구성부품들에 영향을 미칠 수 있는 복잡한 상호작용진동모드를 만든다. 진동 감지 센서는 엔진의 안전성에 기여할 수 있다.

3.2.5 엔진성능 분석 장치

디젤엔진의 엔진 분석을 행하기 위해서는 엔진 분석기가 필요하다. 엔진의 분석데이터를 수집, 경향추적을 할 수 있어야 한다. 엔진성능분석에는 크랭크 각도의 함수로서 실린더 압력, 진동신호, 그리고 초음파 신호의 측정과 기록할 수 있는 장치여야 한다.

제 4 장 월성비상발전기 신뢰도 향상을 위한 진단 기술

4.1 상태감시 시스템 구성 및 진단절차

4.1.1 상태감시 시스템의 구성 ^[9]

고장진단은 우선 실시간 진단 데이터가 계속되어 이 값들을 실시간으로 표시해 주며, 일정한 기간 동안 계속값 변화 추이를 감시/분석하여 준다 또한 측정된 데이터는 기록 저장되며, 이상발생시 경보를 알려주어야 한다. 또한 경보가 발생하면 전문가와 유사한 진단을 수행하여 이를 표시해주는 기능이 필요하다.

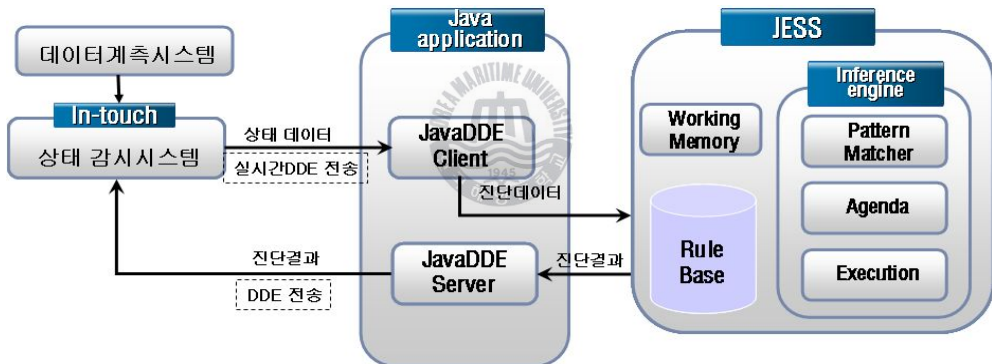


Fig. 4.1 Composition of failure and estimate diagnosis system

Fig. 4.1에서는 상태감시 시스템의 구성도를 설명한 그림이다. 상태감시시스템은 HMI⁷⁾ 시스템인 In-Touch⁸⁾를 이용하여 구축하였고, 실시간 상태데이터를 현장의 각 센서에서 통신라인을 거쳐 수신한 데이터 계측시스템으로부터 전송받아 모니터링 화면에 표시 하도록 구성하였다.^[10] 자바 인터페이스 응용프로그램^[11]은 상태감시 모듈에서 수신된 상태데이터

7) HMI(Human machine interface)

8) In-Touch는 SCADA 시스템으로써 HMI(Human machine interface)를 쉽게 작성할 수 있는 개발 도구이다.

를 진단에 이용할 수 있도록 진단 데이터로 변환하여 진단 모듈에 전송, 그리고 진단 모듈에서 도출된 진단 결과를 다시 상태감시 모듈에 전송하도록 구성하였다. 상태데이터 수신과 진단결과 전송을 위해서는 DDE⁹⁾ 통신을 이용하도록 하였다. 진단 모듈은 전문가시스템 개발도구인 JESS를 이용하고, 진단 모듈 구축을 위해 먼저 각 계통의 상태감시인자들을 기반으로 하여 진단데이터의 선정 및 진단데이터의 이상상태와 증상간의 인과관계를 도출하여 지식베이스를 구축하였다. 구축된 지식베이스와 JESS¹⁰⁾의 추론엔진을 결합하여 최종적인 진단 모듈을 완성한다.^[12]

4.1.2 진단 규칙 및 진단 절차

1) 계통별 분류

진단시스템에 적용할 진단관련 규칙들은 Fig. 4.2와 같이 7 계통으로 분류 하였다.

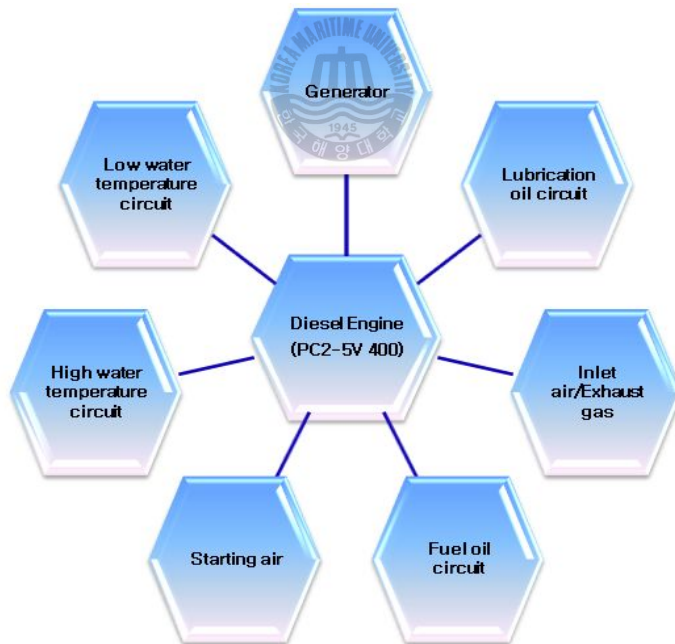


Fig. 4.2 Classification of diagnosis system

9) DAS와 In-Touch사이에서 계측된 Data를 전달하는 통신

10) JESSJava Expert System Shell)는 Java 기반의 전문가시스템 개발을 위한 도구

2) 진단규칙^[13]

각 계통별로 엔진운전 시 이상상태 발생으로 인한 증상과 그리고 증상이 발생했을 때 분석 및 진단을 하고 그 결과에 따라 조치 할 수 있도록 진단 규칙을 설정 하였다. **Fig. 4.3**은 일부 계통인 저온냉각수 (Low water temperature system) 계통을 진단규칙을 예로 설명한 것이다.

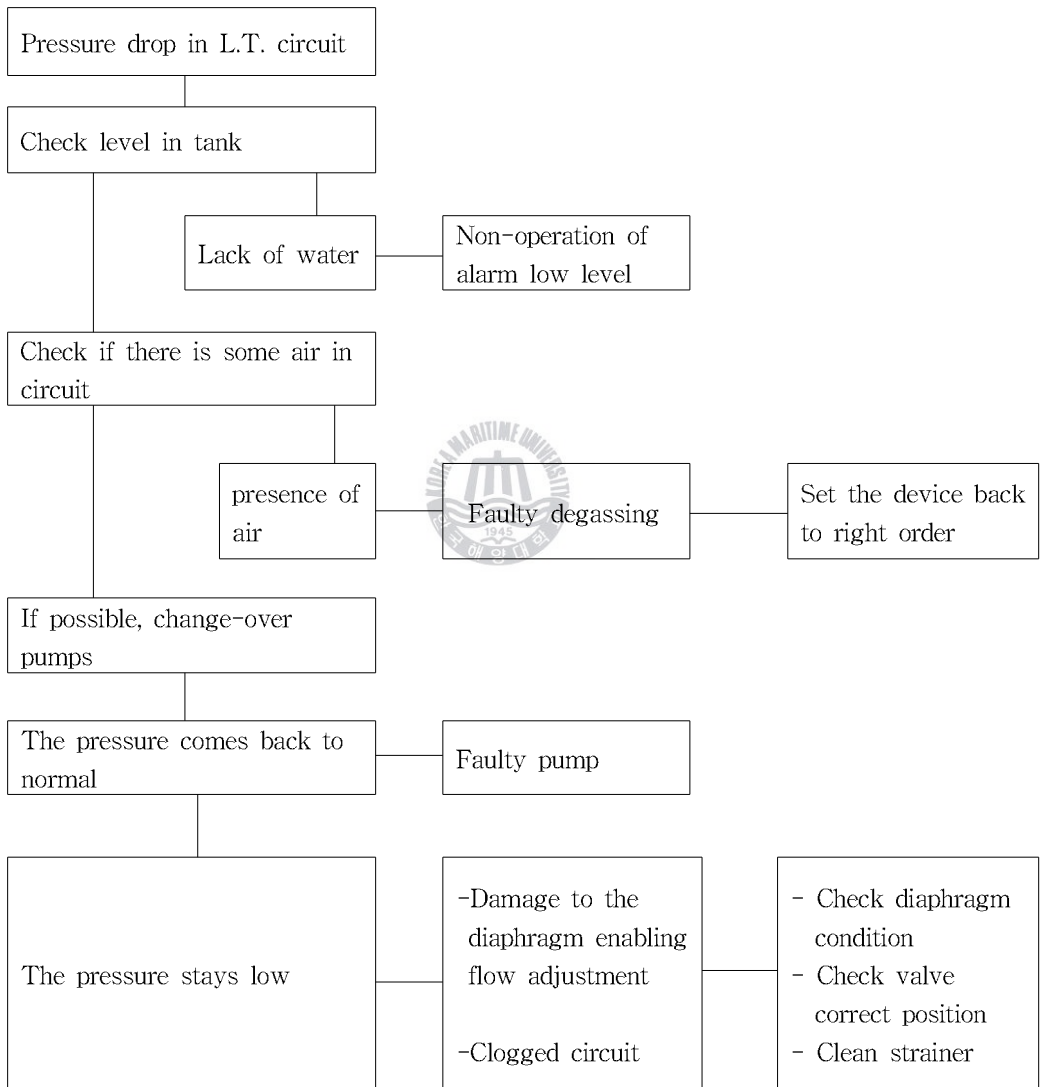


Fig. 4.3 Processing circuit of L.T. system diagnosis

4.2. 상태 감시 시스템 진단 기술 적용

4.2.1 진단 알고리즘^[14]

1) 디지털 센서에서의 경보 발생 원리

디지털 센서의 데이터는 0과1의 상태로 들어오며, Fig. 4.4의 흐름도와 같이 프로그램에서 데이터의 변화를 감지하여 알람의 발생 및 소거를 판단한다. 경보가 발생하거나 소거되는 것과 같은 이벤트가 발생할 경우에만 경보 리스트를 갱신하고 진단이 이루어지도록 구성한다.

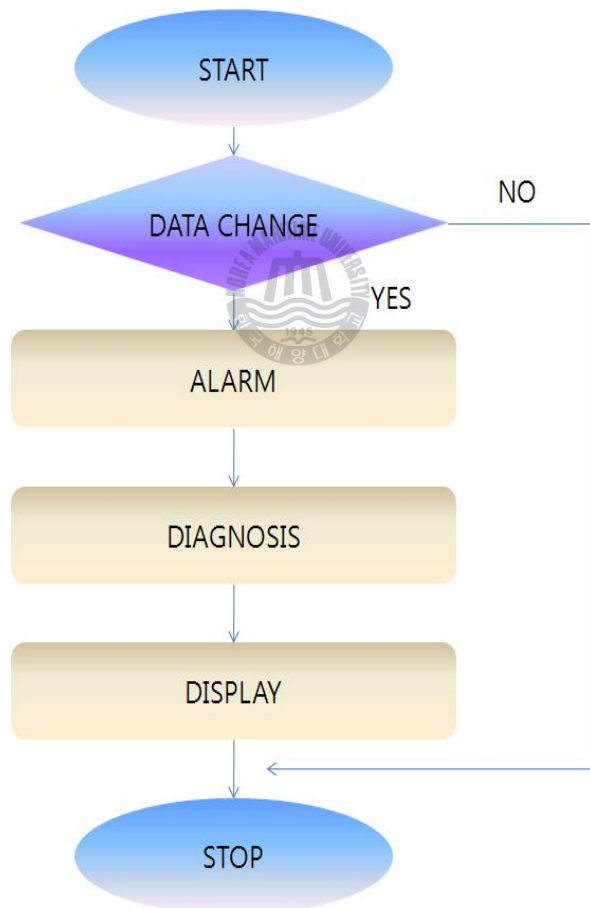


Fig. 4.4 Flowchart of digital sensor alarm

2) 아날로그 센서에서의 경보발생원리

아날로그 센서의 경우 Fig. 4.5의 흐름도 에서와 같이 들어온 데이터에 변화가 있는지 확인하고 변화가 있을 경우에만 경보레벨과 비교하도록 구성한다. 데이터가 LOW 레벨과 HIGH 레벨 사이에 있으면 정상값이라 판단하고 화면상에 정상적으로 표시되고, 허용값을 벗어날 경우 경보를 발생시킨다. 경보레벨이 지정되어 있는지 않은 경우는 비교판단절차를 무시하고 아날로그 센서의 값만을 화면상에 보여준다.

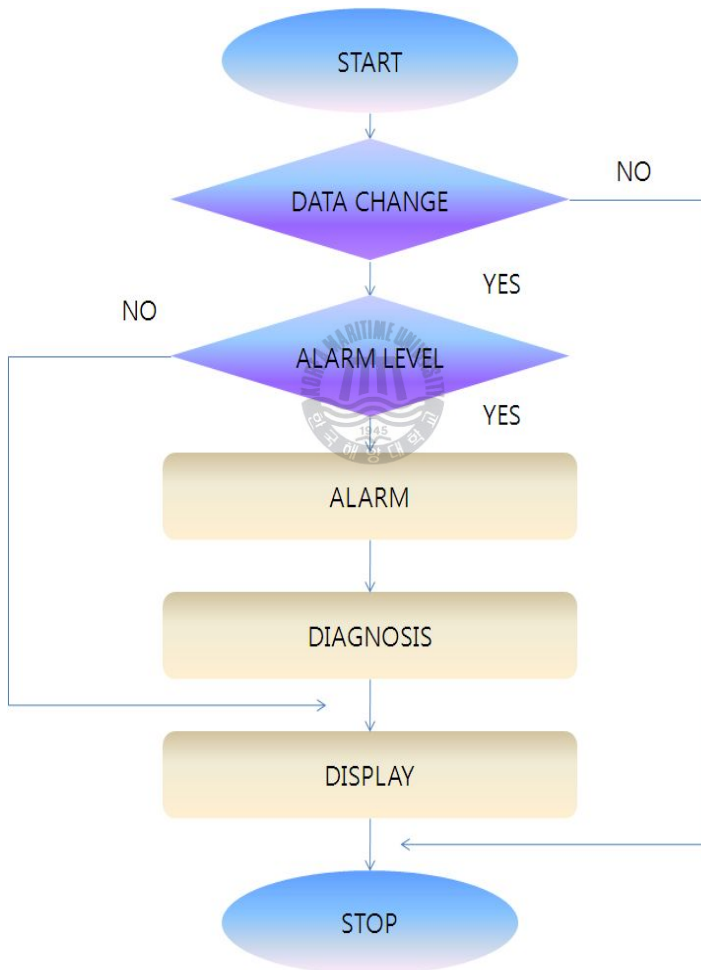


Fig. 4.5 Flowchart of analog sensor alarm

4.2.2 고장진단추이^[15]

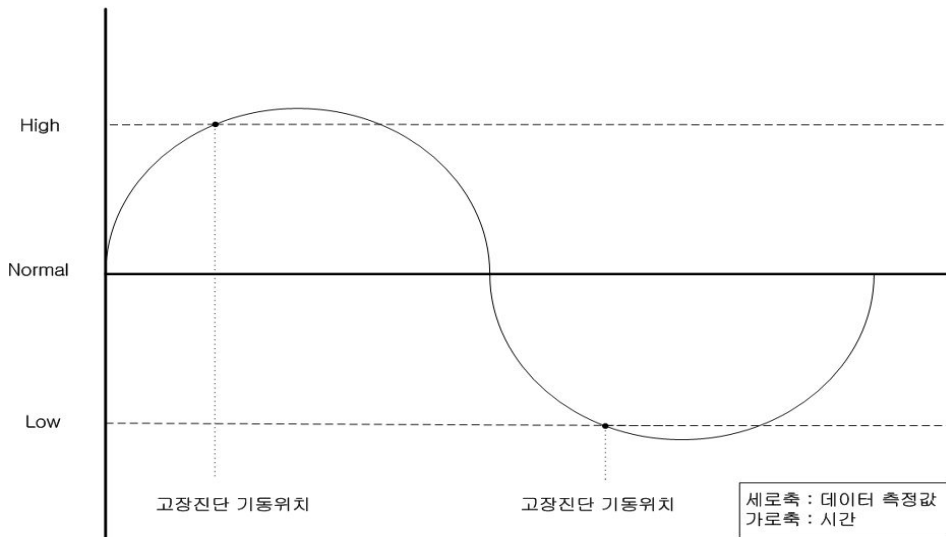


Fig. 4.6 Graph of failure diagnosis system

Fig. 4.6의 그래프는 고장 진단이 발생하는 시점에 나타낸 것이다. 가로축은 시간을 나타내고 세로축은 데이터의 측정값을 나타낸다. 엔진이 정상(normal)일때 일정한 값을 기준으로 유지하면서 움직이게 된다. 그러나 이상 발생 시 경고 설정값의 이상이나 이하로 움직이게 되고 경보를 발생시킨다. 이때 고장진단도 같이 시작되며, 즉시 진단결과가 화면에 표현된다. 초기 엔진이 정격부하가 80% 이하 시에는 고장진단이 시스템이 발생하지 않으나 일부 센서의 경우는 엔진 대기 중에도 알람이 발생하고 고장진단을 해야 하는 경우가 발생한다.

4.2.3 예측진단추이

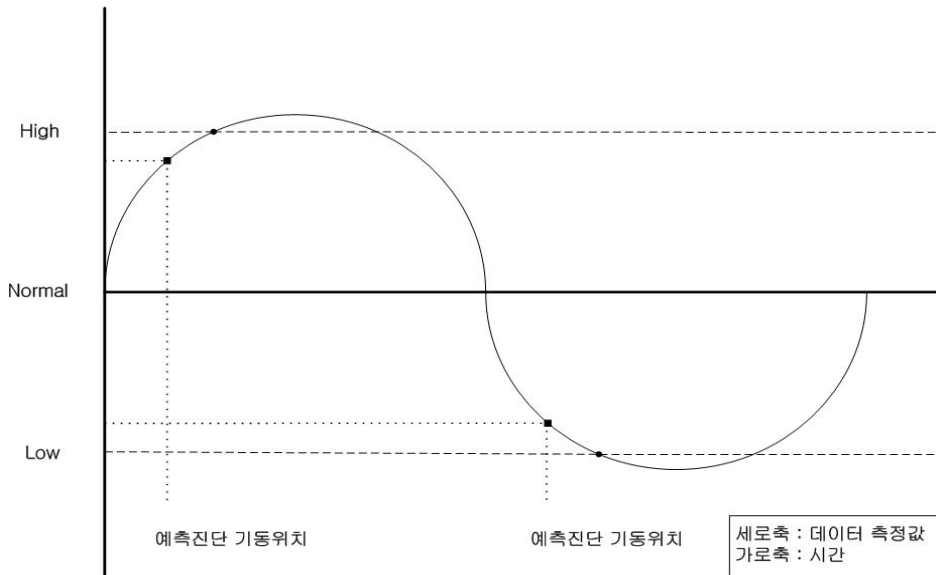


Fig. 4.7 Graph of estimate diagnosis system

Fig. 4.7은 예측진단 기동위치에 관한 그래프이다. 예측진단의 경우 운전인자의 경보발생시점에 도달하기 전 진단을 시작하고 관찰자로 하여금 정보가 발생할 가능성이 있음을 경고 해 줘야 한다. 데이터의 측정값을 크게 증가 중, 감소 중, 그리고 현상유지 이렇게 3가지로 분류한다. 상태 값은 실시간 데이터의 순간 데이터로부터 얻어지지만, 변화 추이는 순차적인 시계열 데이터를 분석하여 현재 데이터 값이 증가, 감소, 또는 일정한가를 판단할 필요가 있다. 일반적으로 운전인자의 상태가 정상(normal) 상태이지만 예측진단 기동 위치까지 증가하는 추이가 있거나 감소하는 추이가 있는 지점에 도달하게 되면 예측 진단을 시작하게 된다. 고장진단은 경보인자와 운전인자에 대한 진단을 수행하지만 예측진단은 운전인자에 대한 추이값을 가지고 진단을 수행한다.

4.2.4. 추이진단 데이터 산출 및 진단

추이진단은 진단하고자 하는 항목의 변화특성에 따라 5회 또는 10회 연속 변화로 구분지어 진단여부를 판단하게 된다. 진단 여부는 다음표와 같이 True, False, 비교판단의 3가지로 분류한다.

Table 4.1 Trend of diagnosis data

Sort of data True or false	Fast data by the change	slow data by the change
True	Continuous change of five times	Continuous change of eight times
Comparison and decision	Continuous change of three and four times	Continuous change of four and seven times
False	Continuous change of two times	Continuous change of three times

변화가 빠른 데이터는 5회 연속 변화가 있으면 추이 진단데이터로 사용하고, 3~4회 연속 변화는 비교 판단하며 2회 연속변화는 추이 진단데이터로 사용하지 않는다. 그리고 변화가 느린 데이터는 8회 연속 변화가 있으면 추이 진단데이터로 사용하고, 4~7회 연속 변화는 비교 판단하며 3회 연속변화는 추이 진단데이터로 사용하지 않는다. 여기에서 비교판단의 경우는 알람 설정값과 현재값을 비교하여 알람 설정값의 90% 이상인 경우 추이 진단데이터로 사용하게 되고, 90% 미만인 경우에는 추이 진단데이터로 사용하지 않는다.

4.3 상태감시 시스템 화면 구현

상태 감시 화면은 다음 아래와 같이 구현 하였다.

1) 2장에서 언급한 7개의 시스템 계통의 화면 외에 8개의 화면을 추가하여 구성 하였다. (구현화면 부록 참조)

- ① Starting & Control air system
- ② Fuel oil system
- ③ Lubricating oil system
- ④ High temperature cooling water system
- ⑤ Low temperature cooling water
- ⑥ Intake air & exhaust gas system
- ⑦ Bearing & stator coil temperature
- ⑧ Generator system
- ⑨ General information
- ⑩ Trend
- ⑪ History
- ⑫ Log
- ⑬ Configuration
- ⑭ General view
- ⑮ Log sheet



2) ①~⑥은 엔진의 6개 계통의 화면을 월성비상디젤 발전기 P&ID를 기본으로 화면을 표현하였다. 각 화면에는 각 계통의 운전인자 취득 데이터를 확인 할 수 있는 실시간 트렌드와 실시간 데이터 기능이 구성되어 있다.

3) ⑦ 베어링과 고정자 코일 온도화면의 경우 월성 비상디젤발전기는 9개소의 베어링 센서와 6개소의 고정자 코일 센서가 있으며, 15개소에서 얻어진 온도 데이터를 한 화면에서 확인 하도록 하였다. 이 화면 역시 실시간 트렌드와 실시간 데이터 기능이 있어 실시간 데이터 확인이 가능하다

- 4) ⑧ 발전기 정보기능은 발전기로부터 발생하는 출력, rpm, 전력, 전압, 역률 등을 한 화면에 보여 지도록 표현하였다.
- 5) ⑨ 부가 기능인 일반정보를 통해 전 계통의 데이터를 한 화면에 볼 수 있도록 구성하였다. 이 화면에서는 실시간 데이터와 History 데이터로 나누어 화면에 표현한다.
- 6) ⑩ 데이터추이 기능은 전 운전인자의 그래프를 한 화면에서 볼 수 있도록 구현하였다.
- 7) ⑪ History 과거의 데이터를 조건에 따라 검색하고 데이터를 선형 그래프로 표시할 수 있는 기능.
- 8) ⑫ Log의 기능은 상태감시 인자를 일정시간에 따라 기록하는 기능
- 9) ⑬ Configuration 화면은 경보인자 81개소를 Emergency trip, Normal trip, Interlock, Status, Control 계통으로 나누어서 한 화면에 표현 하였다. 이 화면에서는 경보인자의 작동상태를 한눈에 볼 수 있다.
- 10) ⑭ General view
- 11) ⑮ Log Sheet 상태감시인자 데이터를 프린트하여 기록하는 기능.



제 5 장 결론

월성 원자력 발전소 비상디젤발전기 신뢰성 향상을 위해 상태감시 시스템을 적용하였다. 월성 비상디젤발전기에 적절한 시스템 적용을 위해 일반 디젤 발전기의 성능변수를 조사하였고 월성 비상디젤발전기에 적용 가능한 상태감시가능 인자를 조사 하였다. 원자력 발전소의 특수성을 고려하여 중요도를 설정하였으며, 상태감시 인자를 분류하여, 최종적으로 상태감시 인자를 선정 하였다. 선정된 상태감시 인자의 데이터를 계측하기 위해 적절한 장치의 설치방안을 찾고 장치를 설치하였다. 상태감시 시스템의 화면은 In-Touch를 이용하여 구축하였으며, 진단시스템을 구현하기 위해서 선정된 상태감시 인자를 토대로 진단규칙을 작성하고 전문가시스템 개발도구인 JESS를 이용해 구현 하였다.

결론을 요약하면 다음과 같다.

- 1) 상태감시 인자를 선정하기 위해 월성 비상디젤발전기 현장과 도면을 조사하였으며, 조사된 상태감시인자를 운전인자와 경보인자로 분류했다.
- 2) 조사된 상태감시 인자는 중요도를 설정 및 선정 하였으며, 경보인자 81개소와 운전인자 84개로 165개의 상태감시 인자를 최종 확정하였다.
- 2) 선정된 상태감시 인자의 데이터 계측을 위해 장치 설치 방안을 제시하였다. 운전인자 계측을 위한 장치의 경우 기존 장비에 라인을 추가하여 데이터를 계측하는 “추가”, 기존 장비를 새장비로 교환하는 “교체”, 새로운 계기를 설치하는 “신설”로 구분하였으며, 경보인자 계측을 위한 장치의 경우는 기존 시스템에 병렬로 전선을 연결하여 데이터를 계측하도록 하였다.
- 3) 원자력 발전소의 특수성과 비용상의 이유로 선정하지 못한 상태감시 인자들은 차후에라도 상태감시 시스템에 적용이 가능하도록 조사하여 제시하였다.

4) 상태 감시 시스템 구현을 위해 진단의 기초가 되는 진단규칙을 작성하였고 진단절차를 정리하였다. 상태감시 시스템의 화면은 In-Touch를 이용하여서 구현하였고 상태감시 시스템과 진단시스템간의 상호연결을 위하여 자바 인터페이스 응용프로그램을 사용하였다. 진단시스템은 전문가 시스템 개발도구인 JESS를 이용하여 구현하였다.



참 고 문 헌

- [1] 조권희, 비상발전기 계통 성능 및 고장 분석기술 개발, 한국원자력 안전기술원 p.45, pp.106~108, 2003.
- [2] 전효중, 최재성, 내연기관 강의, 효성문화사, 1997.
- [3] 조권희, 비상발전기 계통 성능 및 고장 분석기술 개발, 한국원자력 안전기술원 pp.10~12, p.35, 2004.
- [4] Instructions, HSD-SEMT Pielstick 16PC2.5V-400 of Ulchin nuclear power plant unit 5&6 Service information.
- [5] COCOS Instructions manual, COCOS user's guide of MAN B & W Diesel, 1996.
- [6] DMDS Instruction manual, Engine type 16PC2-5V 400 Ulchin 5 & 6 EDG units, diagnostic monitoring and display system.
- [7] 월성 3.4호기 예비디젤 발전기 이상상태 감시 및 진단 기술 개발 2분기 보고서, (주)펜타텍, pp.52~53, 2007.
- [8] 조권희, 비상발전기 계통 성능 및 고장 분석기술 개발, 한국원자력 안전기술원, pp.36~38, 2003.
- [9] 박종일, 예비디젤발전기를 위한 감시 및 진단 시스템 구현에 관한연구, 한국 마린 엔지니어링학회 전기학술대회 논문집, pp.241~242, 2008.
- [10] Manual, IN TOUCH 8.0 Basic Training manual V1.0, Sammi information system Co. LTD. 2006.

- [11] 이안다윈, 자바 프로그래밍 실전 테크닉 300, 한빛미디어, 2002
- [12] Manual, JESS in action, Manning Publications Co. LTD, 2003.
- [13] 조권희, 비상발전기 계통 성능 및 고장 분석기술 개발, 한국원자력 안전기술원 p.16, 2004.
- [14] 장태린, Labview를 사용한 AMS 및 고장진단 시스템 개발, 한국해양대학교 석사논문, pp.11~12, 2006.
- [15] 월성 3.4호기 예비디젤 발전기 이상상태 감시 및 진단 기술 개발 보고서, (주)펜타텍, p.245, p.248, 2009.



감사의 글

막연하게 시작했던 대학원 2년이란 시간이 어느덧 다 지나갔습니다. 좀 더 열심히 했어야 하는 아쉬움이 남지만 지난 시간을 돌이켜 보면 많은 것을 배우고 익히는 중요한 시간들이었습니다.

이 논문을 완성되기 까지 부족한 저를 이끌어 주시고 흔들릴 때마다 용기와 격려를 해 주신 **조권회 교수님**, 부족한 논문에 아낌없는 조언과 관심으로 미미한 곳까지 다듬어 주신 **정병건 교수님**, **유희한 교수님**께 진심어린 감사를 드립니다. 또한 항상 열정적으로 대학원생들을 가르쳐 주신 동력기계공학 **최재성**, **김정렬**, **배종욱 교수님**께 감사의 말씀을 드립니다.

논문작성에 많은 자료와 조언을 아끼지 않고 논문의 완성도를 높여 주신 인공지능 연구실에 **박종일님**, 항상 동생처럼 챙겨주고 도움을 준 원자력안전기술원의 **장정환 형님**, 바쁜 업무에도 항상 열심히 공부하는 친구 **이기영 대위**, 논문 작성 동안 옆에서 많은 도움을 준 동력기관 **연구실 후배들** 그리고 이 논문이 작성 되도록 월성 비상발전기 연구개발 업무를 맡겨주신 (주)펜타텍 **권영괄 사장님**께 다시 한 번 감사의 말씀을 드립니다.

마지막으로, 대학원 2년이란 기간 동안 묵묵히 저를 믿고 응원해주신 **아버지**와 항상 나에게 힘이 되는 사랑하는 **어머니**, 그리고 아낌없는 격려와 칭찬을 해 주신 **매형과 누나들**에게 이 기쁨을 나누고 싶고, 무엇보다도 먼저 하늘나라에 간 사랑하는 조카 **지윤이**에게 이 작은 결실을 바칩니다.

이제 졸업하고 다시 사회로 갈려고 하니 두려움과 설레임이 앞섭니다. 하지만 지금까지 해왔던 것처럼 후회 없는 삶을 살도록 하루하루 노력하는 사람이 되겠습니다.