

효율적인 비상대응을 위한 Process High Alarm의 Priority 분석

김영세 · 조규선 · 전진우 · 김병직 · 이준원 · 박교식[†]

송실대학교 안전보건융합대학원
 06978 서울특별시 동작구 상도로 369
 (2020년 5월 13일 접수, 2020년 7월 8일 수정본 접수, 2020년 7월 14일 채택)

The Research of Process High Alarm Priority Analysis for Efficient Emergency Response

Youngse Kim, Gysun Cho, Jinwoo Jun, Byungjick Kim, Joonwon Lee and Kyoshik Park[†]

Department of Safety & Health Convergence Engineering, Soongsil University, 369, Sangdo-ro, Dongjak-gu, Seoul, 06978, Korea
 (Received 13 May 2020; Received in revised form 8 July 2020; accepted 4 July 2020)

요 약

본 연구에서는 국내 석유화학산업에 설치 운영 중인 DCS (Distributed Control System)에 설정되어 실제 운전에서 적용하고 있는 PV high trip point에 설정된 alarm의 우선순위를 ISA 18.2 국제규격 또는 EEMUA 191 guideline에서 제시하고 있는 기준과 비교 분석하여 현재 사용 중인 공정 alarm의 우선순위 관리상태를 확인하는 것이 목적이다. 공정 문제 발생 시 과도하게 설정된 high alarm이 짧은 시간 안에 운전자에게 제공되어 최우선으로 처리해야 할 alarm을 분별하기 어려워지는 상황이 발생하게 된다. 이로 인하여 운전자가 정해진 시간 안에 적절한 조치를 진행하지 못할 가능성이 커지고 예상하지 못한 공정의 shutdown이나 공정사고로 이어지는 사례가 다수 보고되었다. 그리하여 본연구에서는 alarm 관리에 관련된 국제규격을 소개하고 국내 석유화학산업 현장에 사용하고 있는 alarm 관리 수준을 확인하여 향후 국가 산단의 석유화학 공정에 발생할 수 있는 잠재적 위험을 알리고 위험 요소를 감소시킬 방안을 제시하고자 한다.

Abstract – The purpose of this study is to check the priority control status of the current operation process alarm by comparing the priority of the alarm set up in PV high trip point, which is being installed and operated in the domestic petrochemical industry, with the criteria presented in ISA 18.2 International Standard or EEMUA 191 Guidelines. In the event of a process problem, excessively set high alarm is provided to the driver in a short period of time, making it difficult to identify the alarm that needs to be handled first. As a result, it is likely that the operator will not be able to carry out appropriate actions within the specified time frame, and many cases have been reported leading to unexpected process shutdowns or process accidents. Therefore, this study aims to introduce international standards related to alarm management and identify the level of alarm control used at the domestic petrochemical industry site to inform potential risks that may occur in the petrochemical process of the national industrial complex in the future and suggest ways to reduce risk factors. This paper was submitted to Professor Lee Inbeom's retirement anniversary issue.

Key words: DCS, Alarm, Priority, High trip point, ISA18.2, EEMUA 191

1. 서 론

1-1. 연구 배경 및 필요성

1980년대 후반부터 1990년대 초 국내 석유화학 투자가 활성화되면서 국내 대기업에서 석유화학 산업의 원료가 되는 NCC(Naphtha Cracking Center) plant를 건설하기 시작했다. 동시에 아날로그 방

식으로 운전되던 공장들도 점진적으로 디지털 방식(DCS : 분산제어시스템)으로 교체되기 시작했다. DCS 기반의 장비를 사용하여 다양한 공정정보를 실시간으로 받는 운전자들은 공정에서 발생하는 여러 이벤트(event)와 비상대응 상황에 좀 더 안정적으로 대처할 수 있다고 기대되었으나 동시에 집중적으로 발생된 alarm 신호의 홍수 속에 오히려 시급한 우선순위 결정에 장애가 된다는 점을 인식하게 되었다. 이러한 문제는 결국 허용조치시간(allowable response time) 안에 적절한 조치를하지 못하게되어 공정의 예상치 못한 셧다운(unplanned shutdown)이나 주요 설비의 손상 혹은 화재·폭발·누출과 같은 심각한 사고로 이어진 사례가 발생하였다[1].

본 연구를 진행 하기 전에 다수의 공정을 대상으로 alarm 우선순

[†]To whom correspondence should be addressed.

E-mail: hwayi21@empal.com

*이 논문은 POSTECH 이인범 교수님의 정년을 기념하여 투고되었습니다.
 This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

위 분석에 관한 선행연구를 확인해 보았으나, 사고가 발생한 공정 원인 분석 시 하나의 주요 원인 항목으로 조사된 개별적인 분석은 있었으나 다수공정의 우선순위 분포 현황을 연구한 사례는 찾을 수 없었다. 이는 다수의 공정 data를 수집하기 어려운 특수성에 기인한 것으로 생각되며, 본 논문에서는 이러한 한계를 극복하고자 연구에 필요한 data 수집에 많은 노력과 시간을 할애하였다.

Alarm 관리 실패(poor alarm management)와 관련된 대표적인 사고사례는 다음과 같다.

- 1988 – Piper Alpha Oil Platform (North Sea)
- 1994 – Milford Haven Refinery (UK)
- 1998 – Esso Longford Gas Explosion (Australia)
- 2005 – Fire and Explosion at Texas City Refinery - BP
- 2005 – Fire at Buncefield Oil Depot

이 사고 중 2005년 3월 23일 Texas City Refinery에서 Isomerization unit의 재기동 과정 중 발생한 폭발 화재 사고로 15명이 사망하고 170명 이상이 부상당하였으며 \$1.5 B 이상의 재산손실을 초래한 사고의 원인은 아래와 같다[2].

- Tower에 설치된 level transmitter에서 false alarm 제공
- Process vessel의 outlet의 control valve가 닫힌 채 hydrocarbon liquid를 계속 펌핑함. DCS에는 valve가 열린 것으로 지시됨
- Tower level에 대한 safety alarm이 정상적으로 작동하지 않음
- Knock out drum의 high level alarm이 정상적으로 작동하지 않음
- PSSR(Pre-startup safety review)에서 critical alarm이 작동되었음을 확인하지 않음
- 운전자 training과 simulation 결여
- HMI 화면에 주요 alarm에 대한 적절한 정보가 제공되지 않음
- 사고 직전 10.7분 동안 275개의 alarm이 발생했음을 운전원은 인지 하였으나 조치하지 않음
- Emergency 상황에서 운전자가 중요 사항만을 신속히 인지하고 조치할 수 있는 기능이 결여됨(Shelves function 필요)

본 연구에서는 alarm 관리실패가 공정사고의 주요 요인으로 작용했다는 부분을 인식하고 현재 국내 석유화학 공정에 사용되는 DCS alarm 우선순위 관리상태를 국제규격과 비교 확인하는데 일차적인 목적이 있으며, 비교 분석 결과에 따라 DCS 메이커들이 국제기준에 따라 제작한 관리 도구를 활용하여 전체적인 alarm rationalization(합리화) 컨설팅 필요성을 부각하는데 두 번째 목적이 있다.

Swiss Cheese Model에서 언급되고 있는 개념에 비추어볼 때 부실한 alarm 관리로 인해 지속해서 발생하고 있는 크고 작은 문제들이 언젠가는 중대한 사고로 이어질 수 있는 전조 증상을 인지해야 하며, 이러한 중대사고 등을 피하고자 한다면 사전 결함 및 문제를 해결할 기회가 있을 때 근본 원인을 정확히 찾아내어 조치해야 함을 의미하며 관련 중대사고 발생 메커니즘 및 전조 신호 등에 대한 이해가 요구된다[3]. 석유화학 산업의 경우 사고 발생 시 국가적으로 큰 피해를 줄 수 있어 ISA 18.2 혹은 EEMUA 191 규격에는 alarm 관리에 요구되는 절차와 방법 그리고 지속적인 관리를 위한 방향을 제시하고 있다.

2. 이론적 배경

2-1. Alarm 운영 규격

1990년 하니웰사는 화학, 석유화학 및 정유 사업자(Amoco, BP, Chevron, Exxon, Shell 등)가 참여하는 민간차원의 고객 자문위원회(AMTF, Alarm Management Task Force)를 구성하여 alarm 관련 정보를 수집하고 alarm 관리와 관련된 문제에 대한 문서를 작성하고 연구했다.

이후 비정상 상황관리(ASM; Abnormal Situation Management) 컨소시엄으로 발전한 ASM 컨소시엄은 영국의 Engineering Equipment and Materials User's Association (EEMUA)이 발표한 alarm 관리 기준(Alarm management guideline)개발에 참여하여 ASM 컨소시엄 회원사의 사례 연구 자료(case study data)와 같은 정보를 EEMUA에 제공, 관련 기준에 많은 부분이 반영되어 최종적으로 'EEMUA 191' 기준이 만들어지게 되었다[4].

주요 국제기구의 alarm 관련 국제표준 및 지침 등 기준은 ISA¹⁾ 18.2/IEC 62682 표준, EEMUA (Engineering Equipment and Materials User's Association) 191 기준, ASM (Abnormal Situation Management) Consortium 기준 등 크게 세 가지가 있다.

전체적인 alarm의 라이프사이클을 이해하는 데 있어 첫 번째는 APD (alarm philosophy document)를 준비해야 하며 master alarm database의 living document로서 관리되어야 한다. ISA 18.2 & EEMUA 191에서 정의하는 alarm에 대한 라이프사이클 모델은 Fig. 1과 같다.

2-2. Alarm 관리 적용을 위한 검토

공장을 새로 건설하는 green field project의 경우, 공정 alarm을 설계하는 프로세스는 프로젝트의 한 부분으로 전체적인 프로젝트와 동시에 진행되며, 기존에 운전 중인 플랜트와 같은 brown field plant의 공정 alarm의 경우에는 기존에 설정된 alarm의 평가부터 시작하여

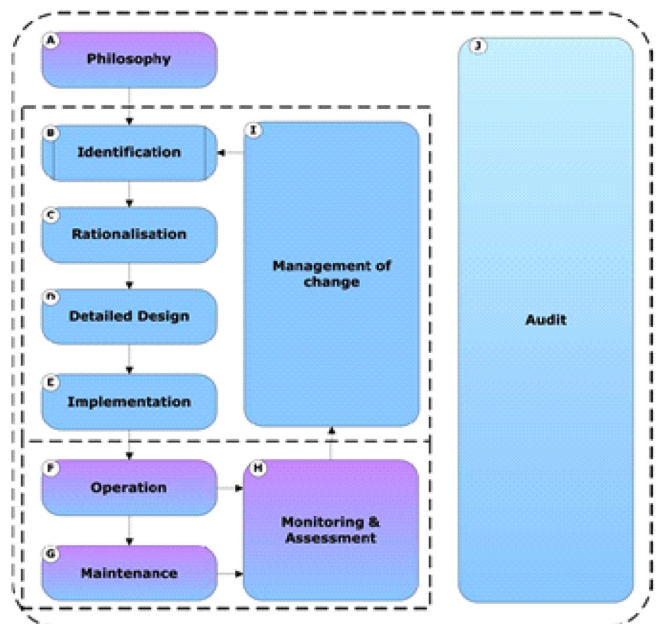


Fig. 1. ISA 18.2 lifecycle model [5].

¹⁾ISA (International Standards Association) 국제규격 통일협회

기존 alarm의 전반적인 합리화가 진행되는 데 이 부분은 사실상 zero base에서 모든 것을 처음부터 검토해야 한다[6].

Alarm 설계 단계는 단계마다 무엇을 해야 하는지 명확하게 정의하여야 하며 공식적인 문서로서 관리되어야 한다. 이것은 각각의 alarm들이 담당해야 하는 보호지역을 명확히 설정하여 alarm에 assign된 의미를 운전자가 명확하게 이해하고 alarm 발생 시 상응하는 올바른 조치를 정확하게, 허용된 조치시간(allowable response time) 안에 실행할 수 있어야 한다. 이러한 이유로 alarm을 설계할 때 가장 기본적인 일은 alarm이 얼마나 중요한지 그리고 발생한 alarm이 얼마나 믿을만한지를 정량적이거나 정성적으로 평가하는 것이다. 이때 고려해야 할 중요한 사항들은 다음과 같다.

- Alarm이 국제규격 IEC 61508의 정의에 따라서 안전 관련 alarm으로 분류되어야 하는지 여부
- Alarm 시스템이 공정 제어 시스템과 무관하게 독립적으로 실행되어야 하는지 여부이다.

Alarm이 안전과 관련된 alarm인지를 결정하는 것은 국가마다 적용하는 법률이나 산업 분야에서 진행했던 기존 관행에 영향을 받지만 이러한 안전 관련 alarm들은 운전자에게 특히 중요한 인터페이스를 제공하므로 특별 관리되어야 한다[7].

Alarm의 우선순위는 운전 중인 공정에서 동시에 여러 개의 alarm이 발생했을 때 운전자가 설정된 우선순위에 따라 신속하게 조치하여 허용된 시간 안에 공정을 정상 상태로 회복시키는데 필요한 중요한 구성요소 중의 하나이다.

2-3. Alarm 우선순위 결정과 리더십

일반적인 우선순위는 emergency (urgent), high, low로 분류할 수 있으며, process point에 대한 우선순위는 해당 alarm이 적절히 조치되지 않았을 때 발생할 치명도(consequence damage)에 대한 카테고리(안전, 환경 그리고 재산 부분으로 나누어 위험성평가(risk assessment) 후 위험도에 따라 alarm에 대한 우선순위를 결정하여야 한다.

그러나, 대부분 공장의 경우 공정 운전 중인 PCS (process control system)의 alarm에 대한 라이프사이클 관리가 요구되므로 alarm 합리화를 진행할 때 여러 가지 문제점에 드러내는데, 대표적인 것이 alarm 합리화 project에 대한 ownership이다. alarm 합리화는 어느 특정한 부서가 단독으로 진행할 수 없으며 여러 유관 부서가 서로 유기적으로 협력하여야만 결과를 도출해 낼 수 있기 때문이다.

예를 들면 회사 내의 안전에 관련한 전체적인 규정이나 지침을 제시하는 부서는 대부분 안전환경팀에서 관여하고 있고, 공정 안전 관련 consequence는 process engineer가 leading을 하고, 현장 설비에 대한 specification 및 유지보수에 관련된 부분은 대부분 maintenance team에서 주관하고 있는 것이 일반적이다.

Alarm 합리화와 라이프사이클 관리는 리더십의 강력한 의지가 프로젝트 추진 및 성패에 큰 영향을 미치게 되며 강력한 리더십 하에 TFT를 구성하여 프로젝트가 정상 궤도에 오를 때까지는 리더십의 지속적인 control action이 절대적으로 필요하다. 이것은 발생한 alarm의 원인과 조치 방법 그리고 적절하게 조치되지 않았을 때의 consequence가 기록되어 있는 것으로 석유화학 공장의 경우에는 모

든 alarm에 대하여 정해진 양식으로 보고 관리하며 이는 alarm 시스템 라이프사이클을 통하여 living document로 관리 되어야 한다.

2-4. Alarm 우선순위의 결정 방법

우선순위를 결정하는 절차는 alarm philosophy를 진행하는 과정의 한 부분으로 우선순위 정의와 점수화에 대한 기준표를 준비해야 하며 우선순위에 대한 기준표는 각 알람에 관한 결과의 심각성(consequence severity)를 식별하는 데 사용된다. 심각성(severity)과 시급성(urgency) table 등을 사용하여 alarm에 대한 종합적인 위험성을 평가하여 합리적인 우선순위를 결정하는데 사용할 수 있다.

이와 더불어, alarm이 발생했을 때 얼마나 신속하게 조치해야 하는지를 결정하는 시급성에 대한 가중치를 우선순위 결정에 반영해야 하는데 이 부분은 공정 alarm이 발생한 후 운전자에게 주어진 alarm을 처리할 수 있는 시간(allowable response time)을 의미하며, 주어진 시간 안에 적절한 조치를 하지 못할 경우 alarm response sheet에 언급된 consequence가 발생하게 된다.

실질적인 조치시간은 alarm이 경보 되었을 때부터 시작되며 운전자가 alarm에 대한 올바른 조치를 완료했을 때 끝나게 된다. 여기에는 alarm을 감지하고 어떤 내용인지 확인하고 정상 상태로 복귀시킬 수 있는 것까지가 포함된다.

Fig. 2는 공정 alarm이 발생 후 운전자가 공정을 정상 상태로 회복시키려는 조치와 이에 따른 공정의 반응상태를 나타낸 것이다.

2-5. 추천되는 Alarm 우선순위 분포

IAS 18.2 규격에서 alarm은 ‘장비의 고장, 공정 편차 혹은 조치가 필요한 비정상적인 상태를 운전자에게 청각적 혹은 시각적인 방법으로 알려 주는 것을 의미한다.’ 라고 정의된다.

ANSI/ISA 18.02-2016 표준과 EEMUA 191-2013 가이드에 따르면 시스템 디자인 시 설정하는 공정 alarm에 적용되는 우선순위는 emergency alarm의 경우 5% 미만, high alarm은 15% 미만, low alarm은 80%를 추천하고 있으며, 이는 비정상상황이 되었을 때, 과도하게 설정된 emergency & high alarm이 급격히 발생하여 운전자가 취해야 할 첫 번째 조치를 정해진 시간 안에 하지 못함으로써 공정이 예기치 못한 섯다운으로 이어져 여러 가지 안전환경 관련 문제가 발생할 가능성이 증가하기 때문이다[9].

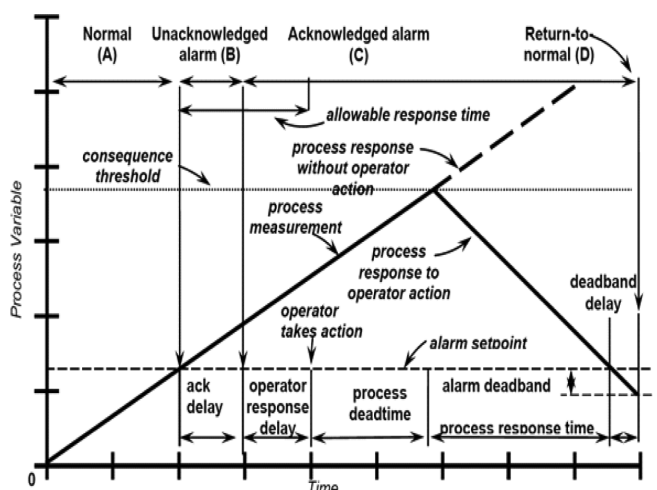


Fig. 2. Alarm response timeline [8].

Table 1. Example annunciated alarm priority distribution[10]

Priority designation	Percentage distribution
3 Priorities : Low, Medium, High	~80% Low, ~15% medium, ~5% High
4 Priorities : Low, Medium, High, Highest	~80% Low, ~15% medium, ~5% High, ~<1% Highest

Note The ~<1% Highest Priority is sometimes used for a few alarms with severe consequences.

3. 피해 영향 범위 계산연구 방법 및 Alarm 우선순위 결정절차

3-1. 비교 연구를 위한 기초자료

본 연구에 요구되는 기초자료는 여수, 울산, 대산 complex에서 사용하고 있는 DCS system의 데이터 중 control point의 PV high trip point에 설정된 우선순위를 수집하여 분포를 조사하였다.

DCS에서는 PVHI, PVHH, PVLO, PVLL, Bad PV, ROC(Rate of Change), Deviation, Commend Disorder와 같은 공정과 관련된 다양한 종류의 alarm을 제공할 뿐 아니라 DCS system 자체의 문제로 인한 복잡한 시스템 관련 alarm도 운전자에게 제공하지만, 공정 관련 alarm만 수집하였다.

Alarm 자료를 수집한 DCS system에서는 우선순위와 관련하여 emergency (urgent), high, low와 같이 3가지의 우선순위를 제공하고 alarm이 필요 없는 경우 “No Action”으로, audible alarm이 필요 없는 경우는 “Journal”이라는 option으로 log 상에만 기록하게 된다. 본 연구에 사용된 row data는 50개의 DCS system에서 제공된 데이터로부터 추출하였으며, 공정에 따라서 사용되는 장치의 수가 다르므로 공정의 point도 달라진다.

공정에서 사용 중인 DCS에는 여러 가지 version과 type이 존재하여 system type 별로 필요한 data를 추출하는데 많은 시간과 노력이 필요했다.

3-2. Alarm 우선순위 결정절차

다음에 설명하는 alarm 우선순위 결정절차 example에 나오는 수치는 공정이 다르고 사용하고 있는 장치의 특성에 따라 다르므로 공학적인 근거에 의해 계산된 수치가 아니라 개념을 설명하기 위해 사용된 수치이나, 언급된 reference는 process control 분야 alarm management의 권위자인 Douglas H. Rothenberg의 handbook에서 인용했음을 밝힌다.

공정 alarm의 심각성과 시급성을 토대로 point에 대한 점수화를 할 때 해당 공정과 관련된 여러 유관부서의 전문가가 참여하여 안전, 환경 그리고 재산 측면에 대한 영향을 고려하여 결정하여야 한다. 평가를 진행하는 방법이나 상황별로 항목에 주어지는 가중치는 각 회사의 규정이나 공정의 특성에 따라 달라질 수 있다. Table 2는 심각성을 반영하여 우선순위를 점수화하는 방법이다[11].

Table 2. Example of alarm priority scoring table [12]

Sev. Con.	None	Low	Medium	High	Emergency
Safety	0	25	75	100	300
Environmental	0	75	100	150	250
Financial	0	25	50	75	150

Table 3. Example urgency multiplier table [13]

Time available (in minutes for effective action)	Priority (Urgency-only priority assignment)	Multiplier (multiplies consequence severity values)
≤ 3	Emergency	1.4
> 3 but ≤ 10	High	1.2
> 10 but ≤ 30	Medium	1
> 30	Low	0.9

Alarm이 발생했을 때 얼마나 신속하게 조치를 해야 하는지에 대한 시급성 우선순위에 대한 가중치를 결정하는 방법은 Table 3과 같다. 예를 들어, 3분 안에 반드시 처리되어야 하는 alarm에 대하여는 emergency로 분류하고 1.4의 가중치를 부여하여 타 순위보다 우선하게 한다. 가중치의 크기를 결정하는 것은 각 회사의 규정이나 공정특성에 따라 다를 수 있다.

마지막으로 심각성과 시급성을 종합하여 우선순위의 결과를 순위별 정해진 breakpoint에 따라 최종 결정하게 된다. 우선순위별 breakpoint에 대한 기준은 각 회사의 규정이나 공정특성에 따라 다르다.

4. ISA 18.2 standard와 alarm 우선순위 database 비교 분석

본 연구를 위해 수집된 공정 alarm 포인트는 50개 공정에서

Table 4. Example priority breakpoint table [14]

Priority	Breakpoint value
Emergency	From 500 and 600
High	From 350 and 499
Medium	From 250 and 349
Low	From 100 and 249
Might not be an alarm	0 up to 99

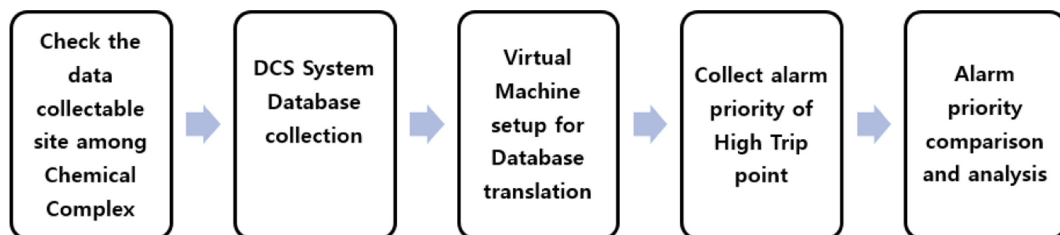


Fig. 3. A procedure to collect alarm priority data.

Table 5. Priority assigned by sum of severity with urgency [15]

Tag	Severities				
	Safety	Environment	Financial	Urgency	Priority
F-2301A	High = 100	High = 150	Critical = 150	2 minutes	560 = Emergency
F-2301B (Not Urgent)	High = 100	High = 150	Critical = 150	12 minutes	400 = High
T-3004	None = 0	Medium = 100	High = 75	45 minutes	157.5 = Low
A-0562	None = 0	Critical = 250	Medium = 50	10 minutes	360 = High

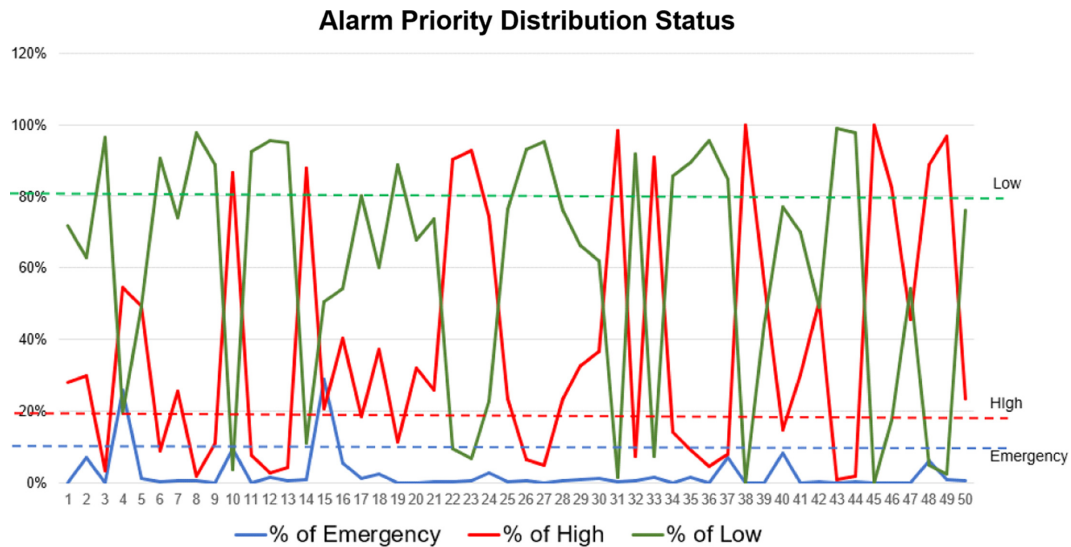


Fig. 4. Alarm priority distribution status.

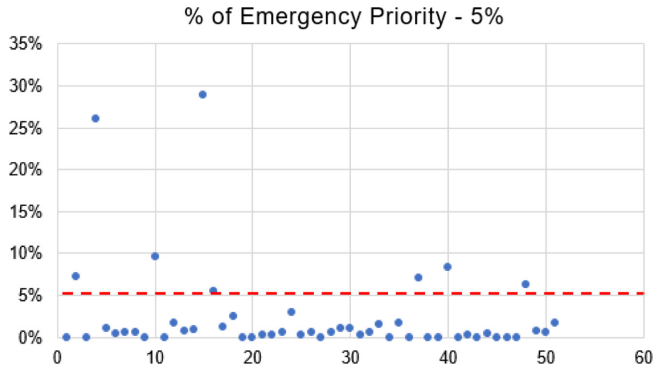


Fig. 5. Emergency alarm priority distribution status.

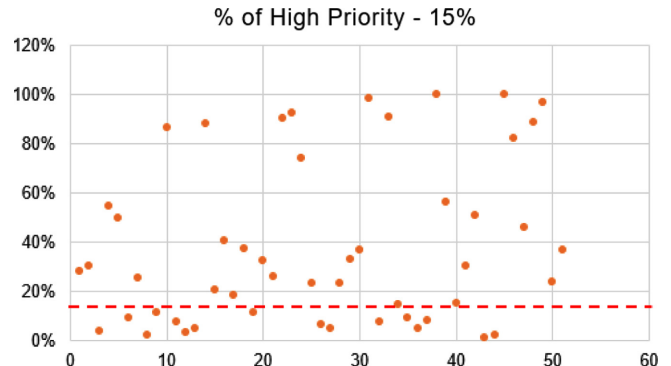


Fig. 6. High alarm priority distribution status.

31,229 points였으며, 이중 emergency로 설정된 포인트의 수는 537개, high로 설정된 포인트의 수는 11,370개 그리고 low로 설정된 포인트의 수는 19,322개였다. 전체 포인트에 대한 각 우선순위 설정 비율은 emergency alarm은 2%, high alarm은 36% 그리고 low alarm은 62%로 나타났다.

Emergency, high 그리고 low 순위 중 한 부분이 과도하게 설정되면 다른 부분은 상대적으로 작아지게 된다. 이번 조사에서 high priority가 기준치의 2배 이상으로 설정됨을 확인하였으므로 우선순위 간의 균형을 위한 합리적인 조정이 필요하다.

또한, ISA 18.2 규격에서 추천하는 우선순위 분포와 수집된 데이터를 비교하였으며 emergency priority의 경우, 규격의 5% 이내로 설정되어 있었으며 50개 비교 대상 중 8개가 기준치를 초과하였다.

High priority의 경우는 50개 비교 대상 중 35개가 기준을 초과했으며 이는 전체 비교군의 약 60% 정도를 초과한 것이다. 이것을 전체 포인트 수와 비교했을 경우, 총 alarm의 36% 정도가 high priority에 설정되었음을 알 수 있다.

Low priority의 경우는 50개 비교 대상 중 18개가 기준을 초과했으며 이것은 전체 비교군의 약 38% 정도가 초과한 것이며 전체 포인트 수와 비교할 경우, 총 alarm의 62% 정도가 low priority에 설정되었음을 알 수 있다. 우선순위의 허용조치시간에 상대적으로 여유가 있는 low priority 일지라도 과도하게 많이 설정되어 있을 경우, 비정상상황 시 다수의 alarm이 동시에 발생하여 운전자는 alarm에 대한 분별력이 저하되고 효율적인 대응이 어려울 가능성이 있다.

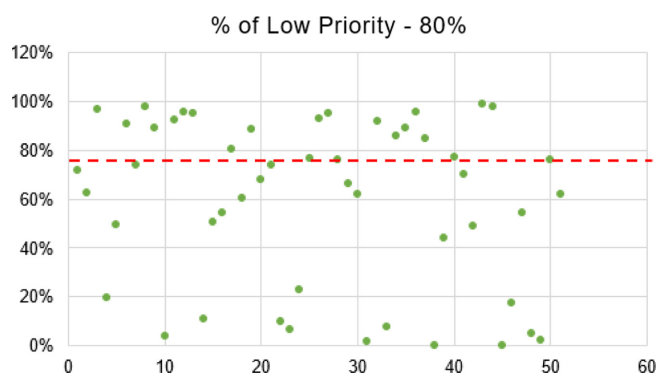


Fig. 7. Low alarm priority distribution status.

4. 결 론

전체적인 alarm 우선순위 분포를 조사한 결과 high trip point에 설정된 alarm의 우선순위가 high로 설정된 부분이 ISA 18.2 규격에서 제시하는 기준에 비해 2배 이상 초과하여 공정이 비정상 상태가 되었을 때 alarm 통제 화면을 통하여 운전자들이 효율적으로 비정상 상태를 처리하는 데 있어 여러 어려움이 있을 것으로 판단되었다.

이와 같은 비정상 혹은 비상상황에서 효율적으로 공정을 제어하여 안전, 환경 재산상의 손실을 예방하기 위해서는 각 DCS 메이커가 국제기준을 기초로 자사 DCS system에 최적화하여 분석할 수 있도록 개발된 솔루션을 도입하여 적극적으로 활용할 필요성이 시급해 보인다. 그러나 alarm 합리화 부분은 단순 솔루션 도입으로 끝나는 것이 아니고 유관부서의 협업과 리더십의 강력한 의지가 있어야 성공할 수 있음을 언급한 바가 있다. alarm의 시급성과 심각성을 고려한 우선순위 결정 기준과 솔루션이 석유화학 공정 전체에 보급되어야 할 것이다.

또 하나 이 부분이 중요하게 언급되어야 할 이유는 경험이 많지 않은 세대가 노후화된 공장을 안전하게 운전하게 할 수 있는 상황을 마련해 주어야 한다는 것이다. 울산, 여수 그리고 대산 complex가 건설된 지 30년 이상 되었고, 여수, 울산 complex는 50년 이상 노후화가 되었다. 또한, 건설 초기부터 근무하여 오랫동안 공정운전에 대한 풍부한 경험과 지식을 보유하고 있는 베이비붐 세대가 향후 5년 이내에 산업현장에서 퇴직을 앞두고 있어 새로운 세대와의 기술과 경험의 전수가 공정안전에 현안 과제로 대두되고 있다. 초기 complex 건설 당시 참여했던 선임들은 많은 시행착오를 경험하면서 공정에 대한 기술을 축적할 수 있었던 반면 공정이 안정된 이후에 투입된 인원들은 비상상황에 대한 경험이 충분하지 못한 상황에서 노후화된 공정을 운전하고 있다.

노후설비에서 돌발적으로 발생할 alarm에 대하여 정확하고 신속하게 대응할 수 있도록 alarm 합리화 작업은 유관부서의 협조와 지속적인 보완이 되어야 하는 만큼 수작업으로 진행하는 것은 매우 어려운 일이다. 따라서, alarm 관리를 위한 상용 솔루션 및 서비스 도입을 통한 전 수명관리가 공정사고의 잠재적 위험을 감소시킬 것이다.

아울러, ISA 18.2 규격의 요구사항을 기초로 설계된 alarm 관리

솔루션의 공정 적용 사례와 효과에 관한 연구가 추가로 진행되어야 할 것이다. 또한 alarm 우선순위 결정절차의 예로 사용된 수치가 공학적으로 구체적인 계산식에 의해 구해진 수치가 아니라 우선순위 간의 가중치에 차별을 부여하기 위한 예시로 제공된 부분은 이 연구의 한계로 생각된다.

References

1. Douglas H. Rothenberg, "Alarm Management for Process Control;" A Best-Practice Guide for Design, Implementation, and Use of Industrial Alarm Systems, 2nd ed, 27.
2. Updated BP Texas City Animation on the 15th Anniversary of the Explosion -US Chemical Safety Board(CSB), 24 Mar(2020). <https://youtu.be/goSEyGNfPM>
3. Yun, Y. J. and Park, D. J., "A Study on the Development of Assessment Index for Catastrophic Incident Warning Sign at Refinery and Petrochemical Plants," *Korean Chemical Engineering Research*, **57**(5), October (2019).
4. https://en.wikipedia.org/wiki/Alarm_management.
5. EEMUA (The Engineering Equipment and Materials Users' Association) publication 191 - Alarm systems / A guide to design, management and procurement PUBLICATION, 191, 3rd ed, 26 (2013).
6. Todd Stauffer, Exida Webinar - The Philosophy behind effective alarm management, 18 Mar (2020).
7. EEMUA(The Engineering Equipment and Materials Users' Association) publication 191 - Alarm systems / A guide to design, management and procurement PUBLICATION, 191, 3rd ed, 9(2013).
8. AMERICAN NATIONAL STANDARD ANSI/ISA-18.2-2016 Management of Alarm Systems for the Process Industries, 35, 17 Mar(2016).
9. EEMUA (The Engineering Equipment and Materials Users' Association) publication 191 - Alarm systems / A guide to design, management and procurement PUBLICATION, 191, 3rd ed, 129(2013).
10. AMERICAN NATIONAL STANDARD ANSI/ISA-18.2-2016 Management of Alarm Systems for the Process Industries, 77, 17 Mar(2016).
11. Douglas H. Rothenberg, "Alarm Management for Process Control;" A Best-Practice Guide for Design, Implementation, and Use of Industrial Alarm Systems, 2nd ed, 286.
12. Douglas H. Rothenberg, "Alarm Management for Process Control;" A Best-Practice Guide for Design, Implementation, and Use of Industrial Alarm Systems, 2nd ed, 286.
13. Douglas H. Rothenberg, "Alarm Management for Process Control;" A Best-Practice Guide for Design, Implementation, and Use of Industrial Alarm Systems, 2nd ed, 286.
14. Douglas H. Rothenberg, "Alarm Management for Process Control;" A Best-Practice Guide for Design, Implementation, and Use of Industrial Alarm Systems, 2nd ed, 287.
15. Douglas H. Rothenberg, "Alarm Management for Process Control;" A Best-Practice Guide for Design, Implementation, and Use of Industrial Alarm Systems, 2nd ed, 296.