

자동제어 시스템이 케미칼 프로플린 생산에 미치는 영향 연구

이오식¹, 임춘성²

¹연세대학교 일반대학원 융합기술경영공학과, ²연세대학교 공과대학 산업공학과 교수

A Study on the Influence of Automatic Control System on the Production of Chemical Propylene

Oh Sick Lee¹, Choon Seong Leem²*

¹Student, Department of Convergence Technology & Management Engineering, Yonsei University

²Professor, Department of Industrial Engineering, College of Engineering, Yonsei University

요약 본 연구에서는 자동제어시스템이 리액터 운전에 미치는 영향을 분석해 보았다. Propylene 리액터 공정은 복잡하게 구성되어 일반적으로 효율이 낮고, 생산성이 떨어지는 문제로 인해 경제적 손실이 많다. 본 연구에서는 장애요인을 보완하여 운전효율을 높이고, 생산성을 향상시키는 목적으로 연구 모델을 제시하였다. 기존 공정의 구성을 분석하여 하드웨어 시스템 및 소프트웨어 시스템을 독창성 있는 모델로 보완하였다. 설비의 구성을 연간 60 만톤/Year 프로플린을 생산하는 리액터 8기를 기준으로 적용하였다. 연구 모델 적용결과 운전 효율이 높아졌고, 안정성 91%과 더불어 생산량이 90~95% 으로 증가하였다. 향후 연구는 생산성 100% 향상을 위한 연구모형을 제시할 예정이다. 추가적으로 프로플린 부산물인 수소 생산공정인 PSA 시스템의 안정성과 생산성 향상 방안에 대해 연구하고자 한다.

주제어 : 자동제어시스템, 리액터, 프로플린, 공정, 동기화

Abstract In this study, we analyzed the effects of the automatic control system on the reactor operation. The Propylene Reactor process is complex and typically is inefficient and costly due to the lack of productivity. In this study, a research model was presented with the aim of supplementing obstacles to enhance operational efficiency and increase productivity. The configuration of the existing processes was analyzed to complement the hardware and software systems with original models. The composition of the facility is applied to eight reactor units producing 600,000 ton/year propylene per year. As a result of applying the research model, efficiency of operation was increased, and production volume increased from 90 to 95%, along with 91% Reliability. Future studies will present a research model to improve productivity by 100 percent. In addition, we will study the stability and productivity improvement of PSA (Pressure Swing Adsorption) systems, which are the hydrogen production process of propylene by-products.

Key Words : Automatic Control System, Reactor, Propylene, Process, Synchronize

*Corresponding Author: Choon Seong Leem(Leem@yonsei.ac.kr)

Received December 28, 2018

Revised January 11, 2019

Accepted February 20, 2019

Published February 28, 2019

1. 서론

1.1 연구배경

Reactor 운전은 Propylene을 생산하는 설비로서, 고온에서 반복적인 공정으로 24분 운전주기로 이루어진다. 그러나 Catofin Reactor Propylene 공정 [1] 중 대부분 RVCS (Reactor Valve Control System) 운전에서 Fault가 발생하여 운전이 중단되는 경우가 종종 발생하고 있으며, 이런 문제로 인해 생산성이 저하되고, 경제적 손실을 많이 가져왔다. 주어진 운전 절차에 따라서 기술적인 측면과 경제적인 측면에서 기존 시스템을 분석하여 오차 없이 생산을 하기 위해서는 시스템의 특수성이 요구된다. Field에서부터 System까지 연결되는 입력신호(Input Signal)와 출력신호(output signal)에 의해 정확한 Control이 이루어져야 최종적으로 Propylene 제품이 생산되는 특성을 가지고 있다. 이런 특성을 고려하여 본 연구 Model을 적용하여 시스템의 안정성과 생산성을 높이는 방안이 연구배경이다.

1.2 연구목적

Propylene은 친환경 플라스틱 제품의 원료이며, 생활용품에 많이 사용된다. 이 원료 생산의 핵심인 리액터 운전 시스템을 개선하여 운전 효율을 높이고 생산성을 향상시키고, 경제적 이익을 얻기 위한 것이 연구 목적이다.

1.3 연구동기 및 가치

자원이 부족한 한국에서는 Propylene 공장이 매우 부족하다. 연구 동기는 Fault를 줄이고 운전효율을 높여 국내 친환경 플라스틱 원료를 안정적으로 공급할 수 있다는 것이다. 그리고 융합기술의 접목으로 화학 분야의 생산 시설에 기여할 수 있다는 것이 연구가치라고 판단한다.

1.4 연구 내용

본 연구모델은 License인 Lummus에서 Basic으로 제공한 자료를 중심으로 분석하였으며, Reactor 8기를 기준으로 제어대상 Valve 64개가 연속적이고 순차적으로 각각 운전과 재생의 과정을 24분 단위로 정확한 시간에 운전되어야 하는 조건이다. PLC를 이용한 제어장치로 Autobase 신호가 [2] Reactor 1기에 8개의 Valve가 동작하고, Reactor 8기에 총 64개의 Valve가 제어 대상이 된다. 즉 리액터 Feeder 원료인 Inlet 밸브와 Outlet 밸브가 시간차가 발생

하여 Fault가 발생하지 않도록 Voting 기능을 강화하고, 시간차가 발생하지 않도록 동기화(Time Synchronized) 하는 것을 본 연구 Model에 적용하였다.

1.5 선행연구고찰

1.5.1 기존 시스템의 RVCS 분석

기존 RVCS 구성 분석으로 Field와 system간의 Interval이 길어져 system fault가 자주 발생한 것을 알 수 있었다. 기술적인 이론을 분석하면 SIL level이 낮다고 볼 수 있다. 그 이유는 직렬로 구성된 System은 병렬로 구성되는 것보다 불안정하여 운전 중 Fault가 자주 발생하기 때문에 운전의 연속성이 떨어지고 신뢰성이 저하되기 때문이다.

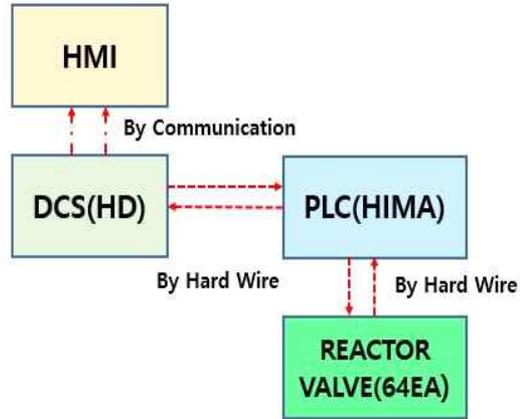


Fig. 1. Existing System Configuration Model

Fig. 1의 기존 시스템 구성을 보면, Field의 리액터 밸브에 설치되어 있는 동작 신호가 PLC 및 DCS(HD)를 거쳐 Hardwire로 중첩되게 연결되었다. 즉, 현장(Field)에서 PLC(Program Logic Controller)까지 Hardwire로 연결하고, 다시 DCS(Distributor Control System) Marshalling Panel까지 Hardwire로 연결하는 구조로 되어있다. 그리고 HMI(Human Machine Interface)에서 운전상황을 볼 수 있으나, 명령(Command)을 전달시 시간이 지연되는 경우이다. 통신 속도는 약 5000msec가 소요되고, 다시 Hardwire에 의해 명령신호가 각 밸브에 전달되는 구조이다. 이런 경우 1sec 단위의 Step으로 운전되는 리액터 운전 특성상 Fault가 자주 발생할 수 있었다. 피드백 제어 시스템 구조로[3] 적용되지 않았다고 판단된다.

1.5.2 기존 Logic Application 분석

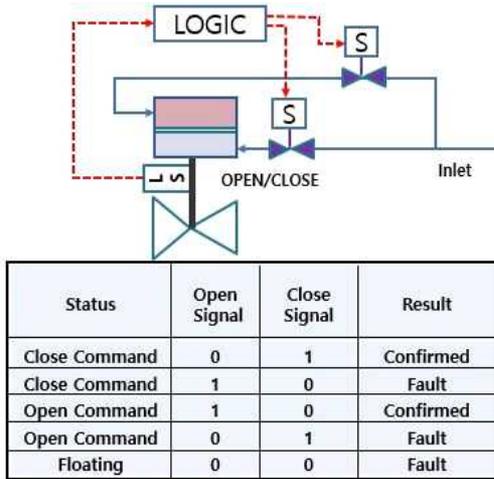


Fig. 2. Existing System Logic Model

Fig. 2의 기존 시스템 Logic은 1 out of 1 Concept 으로 적용하였다. 이런 경우 확률적으로 Error 발생률이 높다는 것을 알 수 있다. 기존설비에서의 Reactor 운전 생산성을 분석해보면, 사우디 APC, 중국 텐진 및 보화 공장의 운전 통계를 분석한 결과 약 65%~75%의 생산성을 알 수 있었다. 아래와 같이 Field Reactor 밸브의 Open 및 Close Limit Switch의 신호가 하나로 구성되어 있다. Solenoid Valve도 Open 및 Close 신호가 각각 단일신호로 구성되었다. Fig. 2의 경우 SIL(Safety Integrity Level) 1에 해당하며, 안정적이지 못하고, Trouble 발생 확률이 높으며, 실제 운전상황에서 효율이 낮아지는 결과를 가져왔다. 기존 구성방식으로 인한 기술적인 문제에 대해서 원인분석을 하여 1.5.3 선행 연구의 문제점을 제시하였다.

1.5.3 선행연구의 문제점

통상적인 기존 공정에서 발생하는 문제점은 Cycle Time을 맞추지 못하는 경우이다. 소프트웨어 시스템과 하드웨어 시스템의 Interface 속도가 지연되어 다음 Step으로 넘어가지 못하는 경우로, Reactor 8기 기준으로 볼 때 불규칙적이고 반복적인 Fault가 연속해서 발생했다. 이로 인해 일시정지 상태가 지속되는 경우가 발생하여 운전의 연속성이 이루어지지 않았다. 특히 중국 텐진 공장의 경우 HMI 구성이 타 공정과 통합되어 Time Cycle 절차가 제대로 수행되지 못하는 경우로, Trouble 분석이

어렵고 원인을 해결하는 시간이 증가되어 생산성이 저하되는 문제가 발생하였다. 상기 내용 외 전반적으로 Time Synchronize가 되지 않는 문제점이 발생하였다. 또한, 연구 결과 기존 방식은 Field에서 신호가 끊어지는 현상이 자주 발생하여 운전 절차에 따라 진행이 되지 않았다. 기존 방식에서는 시스템의 안정성이 운전절차에 충족되지 못하는 현상이 나타났다.

1.6 기존 PLC 제어 시스템의 결함인자

기존 시스템에서 발생하는 결함율은 아래와 같다.

$$\text{결함율}(\lambda) = \frac{n}{N_0 \times t} \quad [4]$$

n : 시간 t 동안 결함 수량

N_0 : 구성요소

t : 사용시간

상기에서 보면 구성요소 대비 결함수량이 증가하여 Fault 발생횟수가 증가되는 것을 알 수 있다. 원인 추정 요소는 아래와 같다.

- 1) 시스템 구성요소의 결함현상
- 2) 신호의 오류로 인한 결함현상
- 3) 운전자(Operator) 오류에 의한 결함현상
- 4) 통신 시간 지연 및 프로토콜 Interface 오류로 인한 결함 현상

상기 내용과 같이 결함인자를 축소시키는 것을 본 논문에서 제시하였다.

2. 본론

Reactor공정 운전에서 가장 중요한 것은 RVCS 운전의 안정성과 속도 그리고 Field에서 연결되는 신호를 오류 없이 빠르게 처리하여 반복적인 Sequence를 연속적으로 수행하는 것이다. 따라서 자동화 System의 Hardware 및 Software Application 그리고 Field Signal을 정확하고 빠르게 처리하는 것이 중요하다. 즉, 중앙처리장치인 CPU(Central Processing Unit), 통신속도, Hardware의 복합적인 구성이 이루어져야 한다. 운전 중 Sequence Fault가 발생하지 않고, 연속적인 운전이 On-Time에 의해 이루어지도록 Field-Signal, Hardware System 및 Logic Software system인 HMI(Human Machine Interface)가 삼위일체가 되도록 시간과 안정성에 초점을 두었다.

2.1 Propylene Reactor 공정

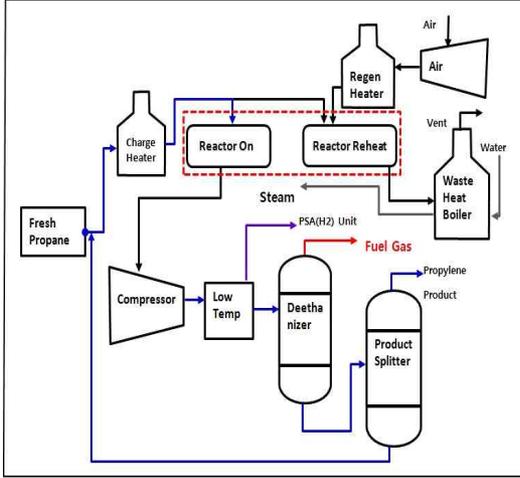


Fig. 3. Reactor Propylene Process

Fig. 3은 Propylene 전체 공정 중 점선 부분에 해당되는 것으로, Propylene Reactor 8기에 대한 운전은 아래 RPP(Reactor Propylene Process)[5]과 같이 구성된다. 운전 중 점선부분이 생산에 가장 많이 영향을 주는 Reactor에 Valve가 설치되며, 운전 시 Fault가 가장 많이 발생하여 생산에 영향을 많이 주는 대상이며, 본 연구의 핵심과제이다.

2.2 Reactor Valve의 신호 적용 모델

Fig. 4는 Reactor의 Feeder와 반응 후 배출되는 모델을 구성한 것이며, Feeder HC(Hydro Carbon) Inlet Line에서 Outlet Line으로 이어지는 Valve는 순차적으로 Control 되어야 한다. 각 입력 신호는 이중(Redundancy)으로 적용하였으며, Sequence 명령(command)에 의해 동작하는 Solenoid Valve는 SIL3 제품이며, 2oo3 (2 out of 3) Voting으로 구성하였다.

2.3 Reactor 공정의 Cycle Time

Fig. 5는 Reactor 공정의 Time Cycle을 나타낸 것이며, 24분[5] 단위로 운전되며, Fig. 5과 같이 진행된다. Reactor Valve는 HC(Hydrocarbon) Inlet → 촉매&반응 → 스팀퍼지 → 재가열 → 배출 → 축소 순으로 진행된다. 이 순서는 여러 회사에서 Propylene 생산을 위한 운전 절차로 분류하였다.

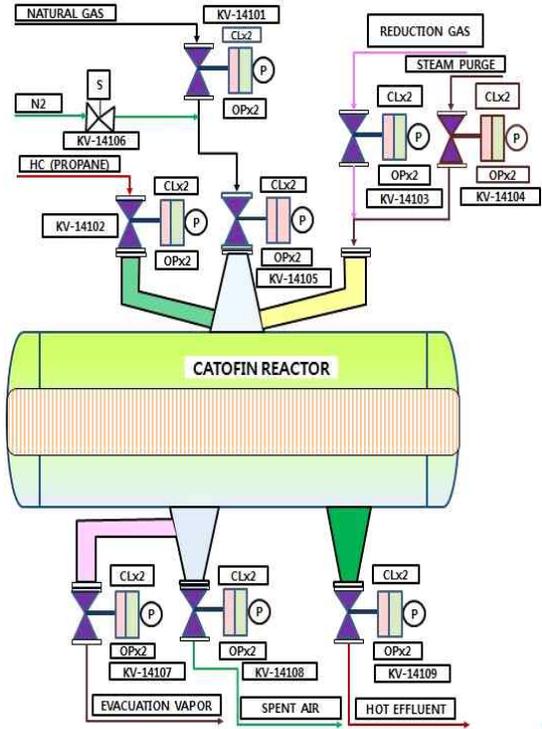


Fig. 4. Reactor Valve Application Concept

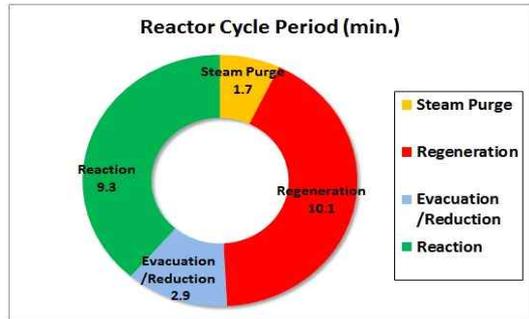


Fig. 5. Reactor Cycle Time Period (24min)

2.4 Reactor 내부 온도의 분포도

Fig. 6은 화학적 반응을 통해 정상적인 Reactor 운전 중에 Reactor 내부 온도에 따른 제품의 Quality와 관련이 있다. 즉, 일정한 온도 분포도에 의해 단계별 온도조건이 유지되어야 한다. 즉 Reactor 내부에는 아래와 같이 분포되는 특성이 있다. Reactor 내부 온도의 반응에 의해 화학적 Category가 분리되고, 절차에 따라 온도 분포도[5]가 달라진다.

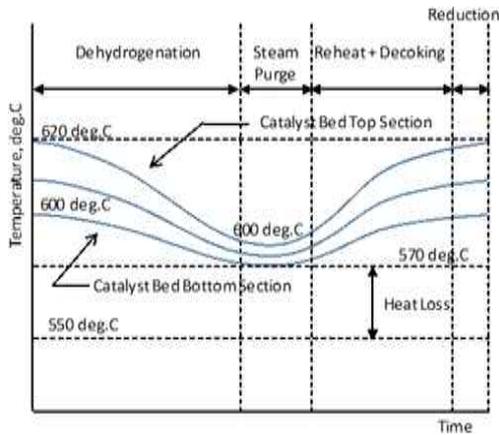


Fig. 6. Reactor Internal Temp(Lummus)

2.5 Reactor Cycle Time 감시 기능 적용

Fig. 7은 8기의 Reactor가 일정 시간 동안 Cycle Time에 따라 운전되는 Table [5]로, 기존 시스템 방식의 경우에는 DCS(Distributor Control System)에서 운전하고, RAESS(Reactor Automated Emergency Shutdown System)에서 Trip하는 방법으로 운전을 하였으나 본 연구는 다른 방식으로 적용하였다. 기존 방식에서 신호오류와 명령오류 및 통신시간 지연을 보완하여 본 연구 논문에서는 RVCS의 독창적인 Model로 적용하였다. Cycle Time은 Fig7과 같이 수직 bar가 연속적으로 이동하여 운전 상태를 파악할 수 있도록 PLC(Program Logic Controller) 시스템과 동기화하였다.

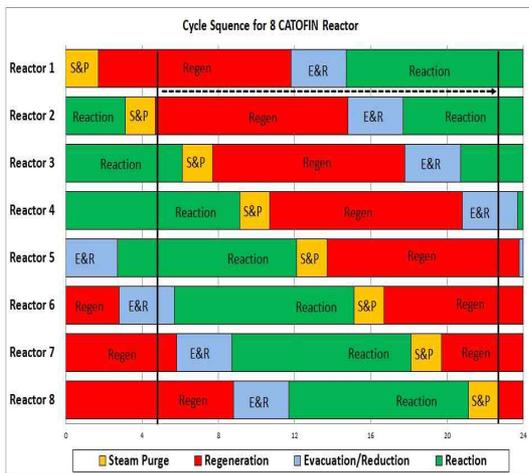


Fig. 7. CATOFIN Reactor cycle sequence

Fig. 7과 같이 Bar Graph의 이동시 절차에 따른 운전단

계를 보여주는 기능을 하며, 각각 서로 다른 공정의 진행 상황을 확인할 수 있도록 구성되었다. 즉 Bar Graph가 점선을 따라 이동하면서 각 Reactor의 진행공정을 보여준다.

2.6 RVCS Hardware System 적용 Model

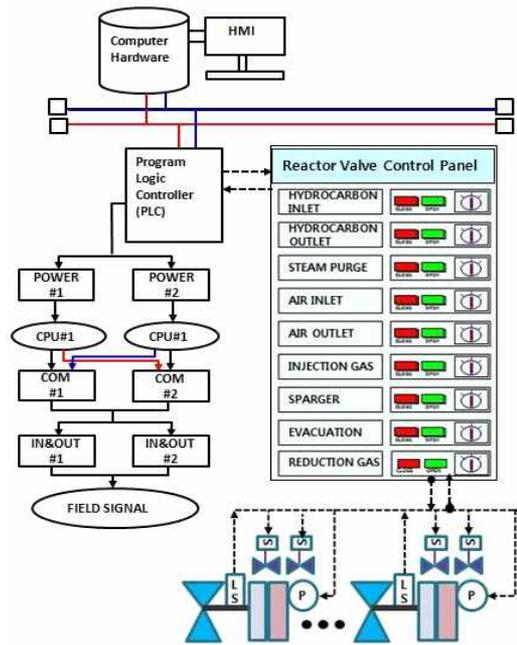


Fig. 8. RVCS Configuration Model

Fig. 8은 Field 신호에서 시스템과의 Interface 및 Hardware 구성을 나타내는 Model로, RVCS 독립적인 시스템으로 application 하였으며, HMI와 Time synchronize가 되도록 구성하였다. 기본적으로 Power module redundancy, CPU Redundancy, Input & output module redundancy로 적용하였다. 통신은 이중으로 통신 표준인 TCP/IP IEEE 802.3 Modbus Protocol을 적용하여 HMI와 PLC와의 통신으로 인한 Time Gap을 최소화하기 위한 방안으로 연구결과 도출되었다.

본 연구에서 Hardware System은 RVCS 전용으로 구축하였으며 PLC와 HMI와 동기화(Time Synchronize)되는 특성을 가지고 있다.

Field에서 신호가 PLC Hardware에 신호가 직접 전달되고, HMI와 바로 통신하여 Time Gap을 최소화하였다. 이 경우 Logic에 의해 명령을 전달하는 경우 Response

Time이 대체로 빠르게 이루어졌다.

2.7 Reactor Valve 시스템의 Voting 적용

Table 1은 RVCS(Reactor Valve Control System) 운전 시 Fault를 예방하기 위해 Close와 Open Condition에 각각 2oo3 (2 out of 3 Voting) Logic Model을 적용하였다. 아래는 Close condition에 Voting을 적용한 경우이다. 선형학습의 자료와 다르게 각각 2oo3 Voting을 적용하였고, Close Signal (backup), Open Signal (backup), P(Positioner) Signal을 추가적용 하였다. 물론 System Input과 Output Module은 Redundancy로 적용하여 Fault 가능성을 최소화하였다.

Close Cause & Effect Condition은 Table 1과 같다. 아래 Table 1에서 보면 Field에서 전달되는 Close 신호 A와 B중에서 하나의 신호라도 정상이고, Close 방향이 성립되면 Close조건이 성립되는 조건을 Table화 하였다.

Table. 1 Close Condition Cause & Effect Table

Limit Switch	Close A	Close B	Positioner	Result
Close Condition-1	1	1	Less than 10%	Close Confirmed
Close Condition-2	0	1	Less than 10%	Close Confirmed
Close Condition-3	1	0	Less than 10%	Close Confirmed
Close Condition-4	1	1	More than 90%	Close Confirmed
Close Condition-5	1	0	More than 90%	Fault
Close Condition-6	0	1	More than 90%	Fault

그리고 2oo3 Close Condition Logic은 Fig. 9와 같다.

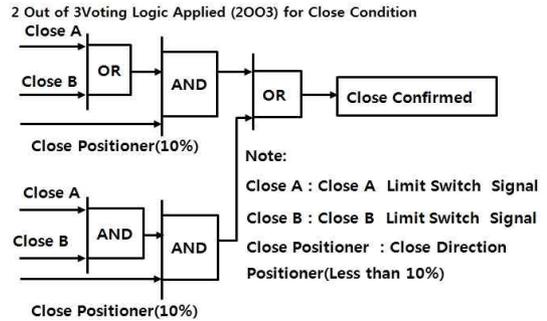


Fig. 9. 2oo3 Close Condition Logic Model

Fig. 9 Logic은 Table 1의 전제조건을 Logic Diagram으로 변환하였으며, 2oo3 기능을 보완하여 SIL(Safety Integrity Level) 3으로 구성하여 시스템 안정성을 높였다. Close A 또는 Close B 신호가 들어오고, Positioner가 10% 이내에 있거나, Close A와 B가 동시에 들어오는 경우에 Close Confirmed 조건으로 하였다.

Open Cause & Effect Condition은 Table 2와 같다.

Table. 2 2oo3 Open Condition Cause & Effect

Limit Switch	Close A	Close B	Positioner	Result
Open Condition-1	1	1	More than 90%	Open Confirmed
Open Condition-2	0	1	More than 90%	Open Confirmed
Open Condition-3	1	0	More than 90%	Open Confirmed
Open Condition-4	1	1	Less than 10%	Open Confirmed
Open Condition-5	1	0	Less than 10%	Fault
Open Condition-6	0	1	Less than 10%	Fault

Table 2에서 보면 Field에서 전달되는 Open 신호 A와 B중에서 하나의 신호라도 들어오고, Open 방향(90%이상)이 성립되거나 Open 신호 A와 B가 모두 Open 조건이 성립되면 Open Condition이 된다. 이 조건을 Table화 하였다.

다음으로, Open Condition Logic Model은 Fig. 10과 같다.

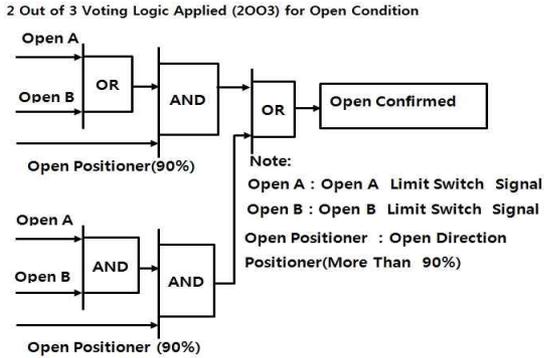


Fig. 10. 2003 Open Condition Logic Model

Fig. 10 Logic은 Table 2의 전제조건을 Logic Diagram으로 변환하였으며, 2003 기능을 보완하여 SIL(Safety Integrity Level) 3으로 구성하여 시스템 안정성을 높였다. Open A 또는 Open B 신호가 들어오고, Positioner가 10% 이내에 있거나, Open A와 B가 동시에 들어오는 경우에 Open Confirmed 조건으로 하였다.

2.8 HMI 구성방안

운전의 직접적인 상태를 볼 수 있는 HMI Application 방법은 Fig. 11과 같이 구성하였다.

GUI(Graphic User Interface) [6] 기능을 전체적으로 보면, 현장의 운전 상황을 중앙감시실에서 감시하고 제어하는 기반의 시스템 구축(System Application)이며, Fault가 발생할 경우를 대비하여 By-pass 기능과 자동 및 일시 수동 기능을 보완하였다. HMI 기능은 아래와 같이 기능이 포함되어 있도록 하였다.

첫째, RVCS 전체적으로 자동 및 수동 운전 기능을 적용하였다.

둘째, 스팀 및 Air Inlet 밸브의 경우 By-pass 기능을 적용하여 문제 발생시 Skip 할 수 있는 기능이다.

셋째, Reactor 운전에서 Fault가 발생된 경우 error Point를 제거한 다음, Sequence Reset 기능을 적용하여 바로 운전할 수 있게 하였다.

넷째, Time Sequence에서 진행되는 상황을 Monitoring되게 구성 하였다. Field 신호도 각각 A와B를 자동 또는 수동으로 선택할 수 있고 정상운전에서는 Off-Mode로 전환할 수 있다. 전체적으로 Time Synchronize기능이 수

행되는지를 확인할 수 있으며, 리액터밸브 전체를 자동 운전이 가능하고, 부분적으로 수동으로 전환하여 운전의 연속성을 유지 할 수 있도록 하였다.

최근 ICT 산업의 패러다임이 Software 위주로 급격히 이전됨에 따라 HMI Application이 매우 중요한 기술로 평가되고 있다[7].

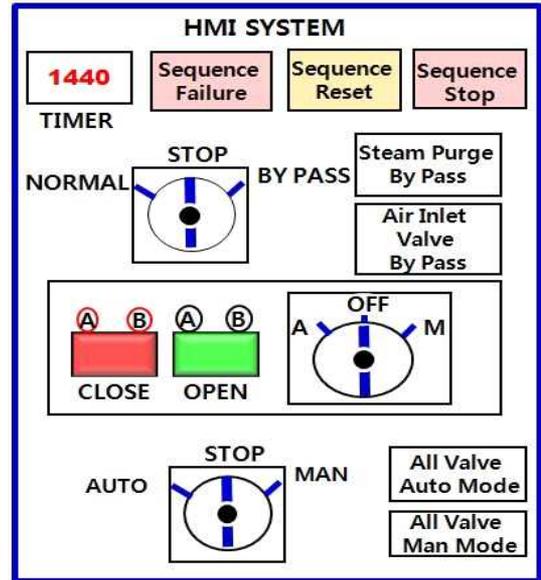


Fig. 11. HMI System Modeling in Monitor

2.9 PLC 제어 시스템의 결함요소 최소화

본 연구모델에서의 선행 연구 대비 종합적인 기준은 아래와 같다. 프로세스의 이중화와 Input 및 Output Module 이중화를 적용하였고, Power Supply Unit 역시 이중화로 접목시켰다. Software 기능은 2 out of 3 Voting 기능으로 SIL(Safety Integrity Level 3로 적용하여 $1E^{-4} \sim 1E^{-5}$ 으로 시스템 안정성에 중점을 두었다.

2.10 경제성 분석

본 연구 모델을 적용한 결과 Propylene 생산성이 90~95% 이상으로 증가하는 효과를 가져왔다. Fig.12와 같이 본 연구 Model을 hardware와 software에 적용한 결과 생산특선곡선을 보면 생산량이 아래와 같이 점차적으로 향상되었다.

따라서 본 연구 모델의 특징을 동기화된 system의 응답 속도가 뛰어나고 처리속도가 빠르며 Fault 발생률이 9% 이내로 감소하는 결과를 얻었다는 것이다.

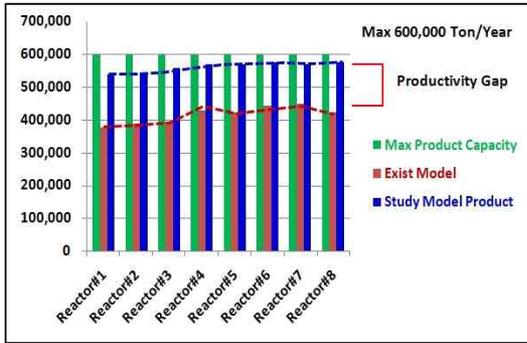


Fig 12. Result of Propylene Production(Ton/Year)

총8기의 Reactor에 대해 지속적으로 운전하였을 때의 결과를 상기 그래프로 나타내었다. 상기 그래프에서 보면 연간 60만톤 기준으로 보면 54만톤~ 57만톤 생산량으로 증가되었다. 결과적으로 기존 시스템 대비 약 20~25% 생산량 GAP이 발생하였다.

Fig. 13 그래프는 Performance 그래프로 운전의 효율성을 나타내었다. 기존 모델 65%~ 75%의 효율 대비 90%~95% 운전 효율성이 증가하였다. 그리고 신뢰성(Reliability)은 91%로 안정된 구조로 개선되었다.

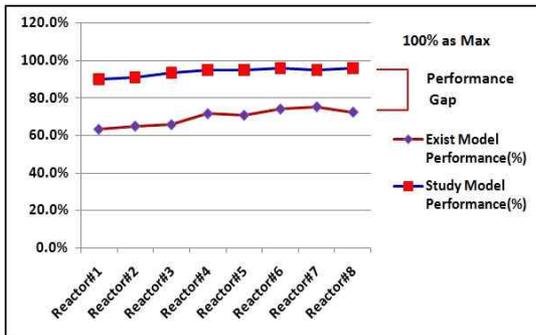


Fig 13. Performance Rate of Productivity(%)

2.11 Reliability 검증결과

$$R_5 = a_0 - \sum_{r=1}^3 \binom{3}{r} 0.9^r (1 - 0.9)^{3-r}$$

$$RS = 1 - \{(0.9 \times 1) \times (1 - 0.9)^3 - 1\} = 0.91$$

$$RS = 91\%$$

RS: total Reliability

a_0 = 100% at normally

r : reliability of each signal(Component)

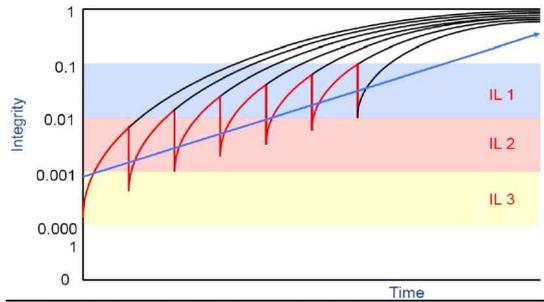


Fig.14 Reliability Performance Curve

Fig. 14를 보면, Reliability 검증결과와 같이 시스템이 안정될수록 Fault 확률이 낮은 층에 분포되는 것을 알 수 있다. 본 연구 모델의 결과는 91%의 신뢰성을 가져왔으며 그림과 같이 SIL LEVEL이 높을수록 매우 안정적인 위치에서 운전되는 현상을 알 수 있었다. 추가적으로, 신뢰성은 시스템의 성숙성, 가용성, 결점 완화성, 회복가능성[8]으로 구분된다.

2.12 본 연구의 차별성

본 연구에서는 기존 연구와 달리 구조적 단순화, Safety Voting 보완으로 인한 신뢰성이 향상되었고, Hardware와 소프트웨어 시스템의 Time Synchronize에 중점을 두었으며, 원인 분석이 용이하도록 HMI 기능을 특화시킨 것이 본 연구 모델의 차별점이라고 할 수 있다. 즉, 생산기술의 혁신을 통해 생산성 향상이 필수적인 요소로 인식되고 있다. 또한, 제품에 대한 품질 기대 수준도 높아짐에 따라 생산전략 수행을 위한 기술로 적시생산방식인 JIT (Just-In-Time)[9]로 분류하였다고 할 수 있다.

3. 결론

본 연구에서는 그동안 Reactor 운전 시 Valve에 의해 장애가 발생하여 신뢰성이 저하되고, 생산성이 낮았던 문제점을 분석하여 Reactor 자동운전 시스템이 성능 및 생산에 미치는 영향을 License Basic을 기준으로 연구하고 검증하여 본 결과 현장에서 발생하는 신호를 적기에 처리하지 못하는 경우와 시스템 자체의 Fault 그리고 Time Synchronization이 맞지 않아서 발생하였다.

따라서 Field에서의 신호를 2 out of 3 Voting으로 보완하였고, 리액터 자동제어시스템은 독립적인 Redundancy System으로 구성하여 Time Synchronize 기능을 보완한 결과 기존운전방식인 65%~75%보다 우위인 90~95%이

상의 생산성이 향상되었고, 신뢰성 91%이상으로 안정된 시스템으로 분석되었다. 따라서 본 연구 모델을 적용한 결과 리액터밸브 자동운전시스템은 최적의 Operation Condition을 유지할 수 있었으며, 생산성이 향상되어 경제적 이익이 수반되었다는 결론을 얻었다.

4. 향후연구방향

향후연구방향은 Prppylene 생산을 위한 자동화설비시스템의 구축방안에 대한 추가연구를 하여 자원이 부족한 국내의 실정을 고려하여 100% 생산성 달성을 위한 차원 높은 연구와 더불어 Propylene 부산물인 수소 생산시스템인 PSA (Pressure Swing Adsorption) 공정에 상용인 지기술 CA(Context Awareness)을[10] 접목하여 수소 생산성 향상에 대한 연구를 연계할 예정이다.

REFERENCES

[1] S. T. Seo, W. G. Won, K. S. Lee, C. S. Jung & S. H. Lee. (2007). Repetitive Control of CATOFIN process. *Korean Journal of Chemical Engineering*, 24(6), 921-926.

[2] J. B. Park, B. M. Kim, Jiam Shen, D. S. Rho. (2011). Development of Remote Monitoring and Control Device of 50KW Photovoltaic System. *Journal of Korea Convergence Society*, 2(3), 1-14.

[3] S. Y. Jung. (2010). Feedback Load Control Mechanism for Real-Time Web Services. *Journal of Korea Convergence Society*, 1(1), 1-21.

[4] J. H. Ko. (2011). A Study On Dual System for Fault Tolerance of PLC. *Journal of the Korea Institute of electronic Communication Sciences*, 6(3), 397-404.

[5] CB&I USA. (2013). Reactor Automated Emergency Shutdown System. Los Angeles : Lumus Technology.

[6] Y. G. Hyun & J. Y. Lee. (2018). Trends Analysis and Future Direction of Business Process Automation, RPA(Robotic Process Automation) in the Times of Convergence. *Journal of Digital Convergence*, 16(11), 313-327.

[7] H. S. Lee & Y. W. Seo. (2018). An Analysis of the proliferation Case of TOPCIT(Test of Practical Competency in ICT) and policy implications. *Journal of Digital Convergence*, 16(5), 1-12.

[8] Y. K. Lee & H. S. Yang. (2016). A Study for Secure the Reliability of Automated Warehouse System. *Journal of Digital Convergence*, 14(10), 253-259.

[9] D. K. Choi & H. S. Roh. (2003). *A Study on the Effect of*

Factory Automation Level on Cost Structure and Business Performance. Doctoral Dissertation. Dong-A University, Busan.

[10] H. J. Lee, M. Y. Jung, C. G. Kim & H. J. Kim. (2019). A Study on Energy Saving Monitoring System of Data Center based on Context Awareness. *Journal of Convergence for Information Technology*, 9(1), 19-27.

이 오 식(Oh Sick Lee)

[정회원]



- 2016년2월:연세대학교 공학대학원 (공학석사)
- 2018년2월 연세대학교 일반대학원 융합기술경영공학(박사수료)
- 현재 : SK건설 플랜트설계 Principle Engineer

- 관심분야 : 기업의 지속가능경영, 기업경영컨설팅, 석유화학공장자동화사업
- E-Mail : oslee30@hanmail.net

임 춘 성 (Choon Seong Leem)

[정회원]



- 1985년 2월 : 서울대학교 산업공학과 (공학사)
- 1987년 2월 : 서울대학교 산업공학과 (공학석사)
- 1992년 2월 : Univ. of California at Berkeley(공학박사)
- 1993년~1995년 : 미국 Rutgers University 산업공학과 조교수

- 현재 : 연세대학교 공과 대학 산업공학과 교수
- 관심분야 : 기술 기반 사업화 전략, 비즈니스 모델 개발 방법론, 산업 경쟁력 및 산업 정보화 평가 분석
- E-Mail : leem@yonsei.ac.kr