

การซ้บ่งอันตรายและการประเมินความเสี่ยงในโรงงานที่เป็นกรณีศึกษาด้วยวิธี
HAZARD AND OPERABILITY STUDIES



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2563
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และที่ยังคงอยู่ถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

HAZARD IDENTIFICATION AND RISK ASSESSMENT IN CASE STUDY
PLANTS BY HAZARD AND OPERABILITY STUDIES METHOD



A REPORT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS
FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF ENGINEERING IN CHEMICAL ENGINEERING
SCHOOL OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ACADEMIC YEAR 2020

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



COPYRIGHT 2020

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครูใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
SCHOOL OF ENGINEERING
ไม่ว่ากรณีใดๆ KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG เอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ปริญญานิพนธ์เรื่อง การชั่งอันตรายและการประเมินความเสี่ยงในโรงงานที่เป็นกรณีศึกษา
ด้วยวิธี Hazard and Operability Studies
โดย นายปารามศ โชทยานนท์
นายศิริวิชญ์ คิม
อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.อัญชลีพร วาริทสวัสดิ์ หล่อทองคำภาค ภาควิชาวิศวกรรมเคมี
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ผศ.ดร.ปิยะนาถ สมมณี ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
ปริญญานิพนธ์ ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปริญญานิพนธ์นี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี

คณะกรรมการตรวจสอบปริญญานิพนธ์

Anchaleepon W. Lohongkum

ประธานกรรมการ
(รศ.ดร.อัญชลีพร วาริทสวัสดิ์ หล่อทองคำ)

(ผศ.ดร.อภิรักษ์ นิ่มคนิสรณ์)

(ดร.นริศรา ทองบุญชู)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ปริญญานิพนธ์เรื่อง	การชั่งอันตรายและการประเมินความเสี่ยงในโรงงานที่เป็นกรณีศึกษา ด้วยวิธี Hazard and Operability Studies
โดย	นายปารามศ โขตยานนท์ นายศิววิษญ์ คิม
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมเคมี
ปีการศึกษา	2563
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.ดร.อัญชลีพร วาริตสวัสดิ์ หล่อทองคำ
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ผศ.ดร.ปิยะนาถ สมมณี (ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า)

บทคัดย่อ

โครงการนี้แสดงตัวอย่างการชั่งอันตรายและการประเมินความเสี่ยงในโรงงานที่เป็นกรณีศึกษา ได้แก่ โรงแยกก๊าซธรรมชาติ และโรงงานผลิต Phthalic Anhydride (PA) ด้วยวิธี Hazard and Operability Studies (HAZOP) เพื่อทราบระดับความเสี่ยง กำหนดมาตรการควบคุม อุปกรณ์ป้องกัน และลดผลกระทบของอันตราย กรณีโรงแยกก๊าซธรรมชาติโดยไม่รวมหน่วยควบคุมจุดกลั่นตัว (Dew Point Control Unit: DPCU) ประกอบด้วย Study Nodes 17 โหนด เลือกศึกษา 3 โหนด ที่ LPG Column คือ Deethanizer Bottom to LPG Column Inlet Including Deethanizer Reboiler, LPG Overhead System to LPG Storage Spheres Including Reflux Drum and LPG Subcooler และ LPG Bottom Column to NGL Storage Tanks Including LPG Column Reboiler ดังนั้นเมื่อ กำหนดมาตรการควบคุมและอุปกรณ์ป้องกันตามหลักวิศวกรรมและการจัดการพบว่า 1 ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นและก่อให้เกิดอันตรายใน 3 โหนดที่ศึกษา เป็นความเสี่ยงสูง (ความเสี่ยงระดับ 3) อีก 60 ผลกระทบ เป็นความเสี่ยงที่ยอมรับได้ (ความเสี่ยงระดับ 2) และ 5 ผลกระทบ จัดเป็นความเสี่ยงเล็กน้อย (ความเสี่ยงระดับ 1) สำหรับกรณีของโรงงานผลิต PA ศึกษาที่อุปกรณ์ Regenerative Thermal Oxidizer (RTO) ซึ่งติดตั้งใหม่ ประกอบด้วย 3 โหนด ได้แก่ กระบวนการของ Regenerative Thermal Oxidizer (Process System) ระบบหัวเผาไหม้ (Burner System) และระบบบออากาศสำหรับ อุปกรณ์วัด (Instrument Air System) เลือกศึกษา 1 โหนด คือที่ Process System ดังนั้นเมื่อกำหนด มาตรการควบคุมและอุปกรณ์ป้องกันตามหลักวิศวกรรมและการจัดการพบว่า 42 ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นและก่อให้เกิดอันตรายเป็นความเสี่ยงที่ยอมรับได้ (ความเสี่ยงระดับ 2) และอีก 25 ผลกระทบ เป็นความเสี่ยงเล็กน้อย (ความเสี่ยงระดับ 1) ทั้งนี้มาตรการควบคุม อุปกรณ์ป้องกันต่าง ๆ เพื่อลดผลกระทบจากอันตรายของทั้งสองกรณีศึกษาได้แสดงไว้ใน HAZOP Worksheets

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์และใช้เฉพาะเพื่อการศึกษานำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content,¹ and cite the document when use.

Project Hazard Identification and Risk Assessment in Case Study Plants
Title by Hazard and Operability Studies Method
By Mr. Paramet Chotayanon
Mr. Sirawit Kim
Degree Bachelor of Engineering
Program Chemical Engineering
Year 2020
Advisor Assoc. Prof. Dr. Anchaleeporn Waritswat Lothongkum
Co-Advisor Asst. Prof. Dr. Piyanart Sommani (Dept. of Electrical Engineering)

ABSTRACT

This project provides the examples of hazard identification and risk assessment in case study plants, Gas Separation Plant and Phthalic Anhydride (PA) Plant, by using Hazard and Operability Studies (HAZOP) method. The results reflect risk ranks that affect determination of control measures and safeguards to prevent potential hazards and mitigate their consequences. For Gas Separation Plant excluding Dew Point Control Unit (DPCU), 17 study nodes are decided. LPG Column is selected and focused on 3 study nodes, i.e., Deethanizer Bottom to LPG Column Inlet Including Deethanizer Reboiler, LPG Overhead System to LPG Storage Spheres Including Reflux Drum and LPG Subcooler, and LPG Bottom Column to NGL Storage Tanks Including LPG Column Reboiler. By considering the control measures and safeguards from this study in 3 study nodes, 1 consequence is high risk (Risk Rank 3), 60 consequences are acceptable risk (Risk Rank 2), and 5 consequences are low risk (Risk Rank 1). In case of the PA Plant at new Regenerative Thermal Oxidizer (RTO) Unit, 3 study nodes are involved, i.e., Process System, Burner System and Instrument Air System. Process System node is reviewed. By setting control measures and safeguards in 1 study node, 42 consequences are acceptable risk (Risk Rank 2), and 25 consequences are low risk (Risk Rank 1). As a result, the control measures and safeguards for 2 case study plants are described in the HAZOP Worksheets herein.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณบริษัทที่เป็นกรณีศึกษาที่สนับสนุนข้อมูลต่าง ๆ เพื่อการทำโครงการนี้

ขอขอบคุณ รศ.ดร. อัญชลีพร วาริตสวัสดิ์ หล่อทองคำ อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.ปิยะนาถ สมมณี อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่ให้ความรู้ และชี้แนะแนวทางในการทำงานและการแก้ปัญหา รวมทั้งคณะกรรมการสอบที่แนะนำแก้ไขให้รายงานนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ที่ช่วยเหลือ ให้กำลังใจ และเป็นแรงผลักดันตลอดมา ตลอดจนครูอาจารย์ที่เคารพทุกท่านที่อบรมสั่งสอนวิชาความรู้และถ่ายทอดประสบการณ์ และขอขอบคุณพี่น้อง หงส์บิน และเพื่อน ๆ ในภาควิชาวิศวกรรมเคมี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, ^{III} and cite the document when use.

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ	I
ABSTRACT	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญรูป.....	VIII
อภิธานศัพท์.....	IX
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตการศึกษา.....	3
1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและกระบวนการผลิต	4
2.1 กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการซั้งอันตรายและการประเมินความเสี่ยงและมาตรฐานความปลอดภัย.....	4
2.2 การซั้งอันตราย (Hazard Identification).....	14
2.3 การประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment).....	34
2.4 กระบวนการแยกก๊าซธรรมชาติของโรงแยกก๊าซธรรมชาติ.....	43
2.5 กระบวนการผลิต Phthalic Anhydride (PA).....	44
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน	51
3.1 ขั้นตอนในการซั้งอันตรายและการประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี HAZOP ของโรงแยกก๊าซธรรมชาติ	51
3.2 ขั้นตอนในการซั้งอันตรายและการประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี HAZOP ของโรงงานผลิต Phthalic Anhydride ที่อุปกรณ์ Regenerative Thermal Oxidizer	53
บทที่ 4 ผลการศึกษา	57
4.1 ผลการซั้งอันตรายและการประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี HAZOP ของโรงแยกก๊าซธรรมชาติ.....	57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

IV
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการศึกษา (ต่อ)	57
4.2 ผลการที่ป้องกันตรายและการประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี HAZOP ของโรงงานผลิต Phthalic Anhydride ที่อุปกรณ์ Regenerative Thermal Oxidizer.....	125
บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ.....	151
5.1 สรุปผลการดำเนินงาน	151
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	152
บรรณานุกรม.....	153
ภาคผนวก.....	156
ภาคผนวก ก. Process Flow Diagrams ของโรงแยกก๊าซธรรมชาติ.....	157
ประวัติผู้เขียน.....	164



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ประเภทหรือชนิดของโรงงานที่ต้องจัดทำรายงานการวิเคราะห์ความเสี่ยงจากอันตราย	5
2.2 ข้อดีและข้อจำกัดของวิธีการ Checklist.....	15
2.3 ตัวอย่างคำถาม What If.....	16
2.4 ข้อดีและข้อจำกัดของวิธีการ What If Analysis.....	17
2.5 แบบฟอร์มการชี้บ่งอันตรายและการประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี What If Analysis	20
2.6 ข้อดีและข้อจำกัดของวิธีการ What If / Checklist Analysis	22
2.7 ความหมายของคำทั่วไปที่ใช้ในการทำ HAZOP.....	22
2.8 คำนำทาง (HAZOP Guidewords) และความบกพร่องหรือผิดปกตินในการทำงาน (Operating Deviation)	24
2.9 ข้อดีและข้อจำกัดของวิธีการ HAZOP	25
2.10 แบบฟอร์มการชี้บ่งอันตรายและการประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี HAZOP	27
2.11 สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์การชี้บ่งอันตรายด้วยวิธี Fault Tree Analysis.....	29
2.12 การจัดระดับโอกาสในการเกิดเหตุการณ์	35
2.13 การจัดระดับความรุนแรงของเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่ส่งผลกระทบต่อบุคคล.....	35
2.14 การจัดระดับความรุนแรงของเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่ส่งผลกระทบต่อชุมชน.....	35
2.15 การจัดระดับความรุนแรงของเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม.....	36
2.16 การจัดระดับความรุนแรงของเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่ส่งผลกระทบต่อทรัพย์สิน	36
2.17 การจัดระดับความเสี่ยง	37
2.18 ตัวอย่างการใช้หลักการ Inherently Safer Design ในการออกแบบกระบวนการผลิต	38
2.19 แบบฟอร์มการจัดทำแผนงานควบคุมความเสี่ยง.....	41
2.20 แบบฟอร์มการจัดทำแผนงานลดความเสี่ยง.....	42
2.21 ข้อดีและข้อเสียของ Waste Gas Scrubber	50
2.22 ข้อดีและข้อเสียของ RTO.....	50
3.1 แบบฟอร์มการชี้บ่งอันตรายและการประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี HAZOP ของโรงแยกก๊าซ ธรรมชาติ.....	55
3.2 แบบฟอร์มการชี้บ่งอันตรายและการประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี HAZOP ที่ Regenerative Thermal Oxidizer ของโรงงานผลิต Phthalic Anhydride.....	56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใ้ใช้งานเพื่อการศึกษานานัน ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.1 Node Lists และ Node Description ที่หน่วยการแยกก๊าซธรรมชาติ.....	58
4.2 ตัวอย่างบัญชีรายการอันตรายและผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นในกระบวนการแยกก๊าซธรรมชาติ.	67
4.3 ผลการชี้บ่งอันตรายและการประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี HAZOP บริเวณ Deethanizer Bottom to LPG Column Inlet Including Deethanizer Reboiler.....	78
4.4 ผลการชี้บ่งอันตรายและการประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี HAZOP บริเวณ LPG Overhead System to LPG Storage Spheres Including Reflux Drum and LPG Subcooler.....	87
4.5 ผลการชี้บ่งอันตรายและการประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี HAZOP บริเวณ LPG Bottom to NGL Storage Tanks Including LPG Reboiler.....	107
4.6 Node Lists และ Node Description ที่หน่วย Regenerative Thermal Oxidizer	125
4.7 ตัวอย่างบัญชีรายการอันตรายและผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นในกระบวนการผลิต Phthalic Anhydride.....	131
4.8 ผลการชี้บ่งอันตรายและการประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี HAZOP ที่ Regenerative Thermal Oxidizer.....	134

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 แผนผังขั้นตอนการซีปองอันตรายด้วยวิธี HAZOP.....	28
2.2 ไดอะแกรมสำหรับการวิเคราะห์ Bow-Tie	33
2.3 การประเมินระดับความเสี่ยงด้วยการใช้ Risk Matrix.....	37
2.4 กระบวนการแยกก๊าซธรรมชาติที่เป็นกรณีศึกษา	43
2.5 กระบวนการผลิต Phthalic Anhydride.....	45
2.6 หลักการทำงานของ Regenerative Thermal Oxidizer.....	48
4.1 Process Flow Diagram แสดง Study Node ที่เป็นกรณีศึกษาในโรงแยกก๊าซธรรมชาติ (2100-PF-003)	63
4.2 Process Flow Diagram แสดง Study Node ที่เป็นกรณีศึกษาในโรงแยกก๊าซธรรมชาติ (2100-PF-004).....	64
4.3 Process Flow Diagram แสดง Study Node ที่เป็นกรณีศึกษาในโรงแยกก๊าซธรรมชาติ (2100-PF-005).....	65
4.4 Process Flow Diagram แสดง Study Node ที่เป็นกรณีศึกษาในโรงแยกก๊าซธรรมชาติ (2100-PF-006).....	66
4.5 Process Flow Diagram แสดง Study Node ที่ Regenerative Thermal Oxidizer โรงงานผลิต Phthalic Anhydride (2019-723-PID).....	132

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

อภิธานศัพท์

อักษรย่อที่แสดงในแบบฟอร์มการชี้บ่งอันตรายและการประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี HAZOP (HAZOP Worksheet) ของกรณีศึกษา ในตารางที่ 4.3, 4.4, 4.5 และ 4.8 ที่เกี่ยวข้องกับระบบควบคุมระบบความปลอดภัย และอื่น ๆ ดังนี้

ATS	= Automatic Transfer Switch
FAL	= Low Flow Alarm
FCV	= Flow Control Valve
FIC	= Flow Indicating Controller
FRC	= Flow Recording Controller
FRCA	= Flow Recording Controlling Alarm
FZAL	= Low Flow Safety Interlock
HV	= Hand Valve
LAL	= Low Level Alarm
LAH	= High Level Alarm
LCV	= Level Control Valve
LIC	= Level Indicating Controller
LZAL	= Low Level Safety Interlock
LZAH	= High Level Safety Interlock
PAL	= Low Pressure Alarm
PAH	= High Pressure Alarm
PCV	= Pressure Control Valve
PDAH	= High Differential Pressure Alarm
PDIC	= Differential Pressure Indicating Controller (Pressure Control Loop)
PDIT	= Differential Pressure Indicating Transmitter
PIC	= Pressure Indicating Controller
PICA	= Pressure Indicating Controlling Alarm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาดูเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

IX
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

PIT	= Pressure Indicating Transmitter
PM	= Preventive Maintenance
PSH	= High Pressure Switch
PSV	= Pressure Safety Valve
PTE	= Pressure Transmitting Element
PZAH	= High Pressure Safety Interlock
QI	= Quality Indicator
R	= Redundant
SAL	= Low Speed Alarm
SSOV	= Safety Shutoff Valve
SV	= Safety Valve
SW	= Switch
TAH	= High Temperature Alarm
TAL	= Low Temperature Alarm
TDAL	= Low Differential Temperature Alarm
TDRC	= Differential Temperature Recording Controller (Temperature Control Loop)
TDRCA	= Differential Temperature Recording Controlling Alarm (Temperature Control Loop)
TE	= Temperature Element
TIC	= Temperature Indicating Controller
TZAH	= High Temperature Safety Interlock
UPC	= Uninterruptible Power Control
UPS	= Uninterruptible Power Supply
VB	= Vacuum Breaker
VFD	= Variable Frequency Drives

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับใช้ในการเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ZIC = Position Indicating Controller

ZSL = Low Position Switch



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content,^{XI} and cite the document when use.

บทที่ 1

บทนำ

โครงการนี้เป็นงานในความร่วมมือการซัพพอร์ตรายและการประเมินความเสี่ยงกับโรงงานอุตสาหกรรม โดยผลการซัพพอร์ตรายและการประเมินความเสี่ยงจำลองใกล้เคียงกับที่กระทำจริง ผู้ทำโครงการขอสงวนสิทธิ์ข้อมูลต่าง ๆ โดยเฉพาะผลที่ปรากฏในแบบฟอร์มการซัพพอร์ตรายและการประเมินความเสี่ยงเนื่องจากเป็นสิทธิ์ของโรงงานที่เป็นกรณีศึกษา ห้ามมิให้ผู้ใดใช้ประโยชน์ ทำซ้ำ ดัดแปลง นำออกแสดง ทำให้ปรากฏหรือเผยแพร่ต่อสาธารณชน ไม่ว่าด้วยรูปแบบและประการใด ๆ เว้นแต่ได้รับอนุญาตเป็นหนังสือจากอาจารย์ที่ปรึกษาหลัก สำหรับการกล่าว คัดหรืออ้างอิง ข้อมูลบางส่วนตามสมควรในรายงานนี้ ต้องรับรู้ถึงความเป็นเจ้าของลิขสิทธิ์ในข้อมูลของโครงการ และต้องอ้างอิงเอกสารฉบับนี้ของโครงการโดยชัดแจ้ง

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

การเกิดอุบัติเหตุและอุบัติภัยร้ายแรงในโรงงานอุตสาหกรรมมักสร้างความเสียหายแก่ชีวิตทรัพย์สินและสิ่งแวดล้อม สาเหตุส่วนใหญ่อาจเกิดจากความผิดพลาดที่ระบบการทำงานต่าง ๆ เช่น พนักงานไม่ปฏิบัติตามขั้นตอนการปฏิบัติงาน ขาดประสิทธิภาพในการจัดการการเปลี่ยนแปลง (Management of Change) อุปกรณ์วิกฤต (Critical Process Equipment หรือ Safety Critical Equipment: SCE) ขาดความพร้อมใช้งาน (Mechanical Integrity) การสื่อสารในการทำงานไม่ชัดเจน เป็นต้น (Marsh JLT Specialty, 2020) ดังนั้นสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมที่มีการใช้สารเคมีอันตรายร้ายแรง แก๊สไวไฟ ของเหลวไวไฟ จึงต้องดำเนินการซัพพอร์ตรายและการประเมินความเสี่ยงในกระบวนการผลิตเพื่อให้มั่นใจว่าโรงงานอุตสาหกรรมได้มีระบบจัดการความปลอดภัยในกระบวนการผลิตตามความเสี่ยงที่มี (Risk-Based Process Safety) ซึ่งเป็นเรื่องสำคัญที่ช่วยป้องกันการเกิดอุบัติเหตุและอุบัติภัยร้ายแรง และสามารถลดความรุนแรงหากอุบัติภัยร้ายแรงนั้นเกิดขึ้น กฎหมายเพื่อให้โรงงานอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องดำเนินการผลิตและปฏิบัติงานอย่างปลอดภัย เช่น

- ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2542) เรื่องมาตรการคุ้มครองความปลอดภัยในการดำเนินงาน (กระทรวงอุตสาหกรรม, 2542)
- ระเบียบกรมโรงงานอุตสาหกรรม ว่าด้วยหลักเกณฑ์การซัพพอร์ตราย การประเมินความเสี่ยงและการจัดทำแผนงานบริหารจัดการความเสี่ยง พ.ศ. 2543 (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2543) ทั้งนี้รายละเอียดการซัพพอร์ตรายและการประเมินความเสี่ยงจะแสดงใน

บทที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

- ข้อบังคับคณะกรรมการการนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย ว่าด้วยหลักเกณฑ์ วิธีการ และเงื่อนไขในการประกอบกิจการในนิคมอุตสาหกรรม (ฉบับที่ 4) พ.ศ.2559 (การนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย, 2559)
- ประกาศการนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย เรื่อง แนวทางการตรวจประเมินการจัดการความปลอดภัยกระบวนการผลิตในนิคมอุตสาหกรรม พ.ศ. 2561 (การนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย, 2561)
- ประกาศการนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย เรื่อง คุณสมบัติของผู้ตรวจประเมิน และการขึ้นทะเบียนผู้ตรวจประเมินภายนอก พ.ศ. 2564 (การนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย, 2564)
- ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดโครงการ กิจการ หรือ การดำเนินการ ซึ่งต้องจัดทำรายงานการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม และหลักเกณฑ์ วิธีการ และเงื่อนไขในการจัดทำรายงานการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม (กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2562a) และเรื่อง กำหนดโครงการกิจการ หรือการดำเนินการที่อาจมีผลกระทบต่อทรัพยากรธรรมชาติ คุณภาพสิ่งแวดล้อม สุขภาพ อนามัย คุณภาพชีวิต ของประชาชนในชุมชนอย่างรุนแรง ซึ่งต้องจัดทำรายงานการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมและหลักเกณฑ์ วิธีการ และเงื่อนไขในการจัดทำรายงานการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม (กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2562b)

โครงการนี้แสดงตัวอย่างการชั่งอันตรายและการประเมินความเสี่ยงในโรงงานด้วยวิธี Hazard and Operability Studies (HAZOP) กรณีศึกษา 2 โรงงาน ได้แก่ งานที่โรงแยกก๊าซธรรมชาติซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการทบทวนการชั่งอันตรายและการประเมินความเสี่ยง อุปกรณ์ที่เลือกศึกษาและแสดงตัวอย่าง ได้แก่ LPG Column สำหรับโรงงานผลิตพทาสิกแอนไฮไดรด์ (Phthalic Anhydride: PA) และไดออกทิลพทาเลต (Diocetyl Phthalate: DOP) อุปกรณ์ที่เลือกศึกษาและแสดงตัวอย่าง ได้แก่ Regenerative Thermal Oxidizer (RTO) ที่กำลังดำเนินการติดตั้งใหม่ (ศึกษาเฉพาะโรงงานผลิต PA ไม่ศึกษากระบวนการผลิต DOP เนื่องจากไม่เกี่ยวข้องกับ RTO)

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อทบทวนการชั่งอันตรายและการประเมินความเสี่ยงที่ LPG Column ด้วยวิธี HAZOP

1.2.2 เพื่อชั่งอันตรายและประเมินความเสี่ยงที่ RTO ด้วยวิธี HAZOP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

- 1.2.3 เพื่อตรวจสอบและเสนอมาตรการควบคุมในการป้องกันและลดผลกระทบของอันตรายที่อาจเกิดขึ้นจากหน่วยปฏิบัติการที่ศึกษาและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง

1.3 ขอบเขตการศึกษา

- 1.3.1 ศึกษากระบวนการแยกก๊าซธรรมชาติของโรงแยกก๊าซธรรมชาติ และวาดแผนผังกระบวนการที่เกี่ยวข้องที่จะใช้ศึกษาการซั้งอันตรายและการประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี HAZOP
- 1.3.2 ศึกษา Study Nodes ของโรงแยกก๊าซธรรมชาติโดยไม่รวมหน่วยควบคุมจุดกลั่นตัว (Dew Point Control Unit: DPCU) และกำหนด Study Nodes ที่ LPG Column ที่จะพบเหตุการณ์ซั้งอันตรายและการประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี HAZOP รวมทั้งมาตรการควบคุม ป้องกัน เพื่อลดผลกระทบของอันตรายที่อาจเกิดขึ้นเนื่องจาก LPG Column และอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง
- 1.3.3 ศึกษากระบวนการผลิต PA และหลักการทำงานของ RTO กำหนด Study Nodes ที่ RTO เพื่อซั้งอันตรายและประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี HAZOP และกำหนดมาตรการควบคุม ป้องกัน เพื่อลดผลกระทบของอันตรายที่อาจเกิดขึ้นเนื่องจาก RTO และอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ

- 1.4.1 ได้เรียนรู้การซั้งอันตรายและการประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี HAZOP ในโรงงานที่เป็นกรณีศึกษา
- 1.4.2 ได้มาตรการควบคุมในการป้องกันและลดผลกระทบของอันตรายที่อาจเกิดขึ้นจากอุปกรณ์ที่เป็นกรณีศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 2

ทฤษฎีและกระบวนการผลิต

เนื้อหาในบทนี้จะสรุปกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการซั้งอันตรายและการประเมินความเสี่ยง มาตรฐานความปลอดภัย วิธีการซั้งอันตรายต่าง ๆ และยกตัวอย่างการซั้งอันตรายด้วยวิธี HAZOP การประเมินความเสี่ยง การจัดลำดับความเสี่ยง หลักการบริหารความเสี่ยงตามหลักวิศวกรรม การจัดทำแผนบริหารความเสี่ยงและอธิบายกระบวนการแยกก๊าซธรรมชาติของโรงแยกก๊าซธรรมชาติ และกระบวนการผลิต Phthalic Anhydride ของโรงงานที่เป็นกรณีศึกษา

2.1 กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการซั้งอันตรายและการประเมินความเสี่ยงและมาตรฐานความปลอดภัย

2.1.1 ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2542) เรื่อง มาตรการคุ้มครองความปลอดภัยในการดำเนินงาน

กระทรวงอุตสาหกรรมออกประกาศให้ผู้ประกอบการที่ประสงค์ขอรับใบอนุญาตประกอบกิจการโรงงานหรือใบอนุญาตขยายโรงงาน 12 รายการ แสดงดังตารางที่ 2.1 ตามบัญชีท้ายประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 4 (พ.ศ. 2552) เรื่อง มาตรการคุ้มครองความปลอดภัยในการดำเนินงาน จัดทำรายงานการวิเคราะห์ความเสี่ยงจากอันตรายที่อาจเกิดขึ้นจากการประกอบกิจการโรงงาน (กระทรวงอุตสาหกรรม, 2542: กระทรวงอุตสาหกรรม, 2552)

รวมทั้งกระทรวงอุตสาหกรรมได้ออกระเบียบกรมโรงงานอุตสาหกรรม ว่าด้วยหลักเกณฑ์การซั้งอันตราย การประเมินความเสี่ยงและการจัดทำแผนงานบริหารจัดการความเสี่ยง พ.ศ. 2543 ให้ผู้ประกอบการกิจการโรงงานจัดทำรายงานการวิเคราะห์ความเสี่ยงจากอันตรายที่อาจเกิดขึ้นจากการประกอบกิจการโรงงาน โดยทำการศึกษา วิเคราะห์ และทบทวนการดำเนินงานเพื่อซั้งอันตราย ประเมินความเสี่ยง และจัดทำแผนงานการจัดการความเสี่ยงตามแนวทางของระเบียบฉบับนี้ ซึ่งต้องดำเนินงานโดยกลุ่มบุคลากรของโรงงานอย่างน้อย 3 คน และมีคุณสมบัติดังนี้

- 1) มีความรู้ ความเข้าใจ และประสบการณ์ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการประกอบกิจการโรงงาน เช่น เทคโนโลยีการผลิต กระบวนการผลิต การซ่อมบำรุง เครื่องจักรหรืออุปกรณ์ วัสดุดิบ ผลิตภัณฑ์และวัตถุดิบที่ได้ เป็นต้น
- 2) มีความรู้ ความเข้าใจ และประสบการณ์ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัย อาชีวอนามัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้และสภาพแวดล้อมการทำงานศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3) มีความรู้ และความเข้าใจในการชี้บ่งอันตราย การประเมินความเสี่ยง และการบริหารจัดการความเสี่ยง

ผู้ประกอบการโรงงานอาจเลือกใช้วิธีใดวิธีหนึ่งหรือหลายวิธีที่เหมาะสมตามลักษณะการประกอบกิจการหรือลักษณะความเสี่ยงอันตราย ที่อาจเกิดขึ้นจากการประกอบกิจการดังต่อไปนี้ Checklist, What If Analysis, Hazard and Operability Studies (HAZOP), Fault Tree Analysis, Failure Modes and Effects Analysis (FMEA), Event Tree Analysis หรือวิธีการอื่นที่กรมโรงงานอุตสาหกรรมเห็นชอบ โดยโรงงานที่ตั้งอยู่ในเขตประกอบอุตสาหกรรมจะต้องทบทวนจัดทำและยื่นรายงานการวิเคราะห์ความเสี่ยงจากอันตรายที่อาจเกิดจากการประกอบกิจการโรงงาน ทุก ๆ 5 ปี (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2543: กระทรวงอุตสาหกรรม, 2542)

ตารางที่ 2.1 ประเภทหรือชนิดของโรงงานที่ต้องจัดทำรายงานการวิเคราะห์ความเสี่ยงจากอันตราย (กระทรวงอุตสาหกรรม, 2552)

รายการที่	ลำดับที่	ประเภทหรือชนิดของโรงงานตามบัญชีท้ายกฎกระทรวง (พ.ศ. 2535) ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535
1	7(1)(4)	โรงงานสกัดน้ำมันจากพืช สัตว์หรือไขมันสัตว์เฉพาะที่ใช้สารตัวทำละลายในการสกัด
2	42(1)(2)	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับเคมีภัณฑ์สารเคมีหรือวัตถุอันตราย
3	43(1)(2)	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับปุ๋ย หรือสารป้องกันหรือกำจัดศัตรูพืช หรือสัตว์ยกเว้นการผลิตปุ๋ย อินทรีย์และการผลิตปุ๋ยเคมีที่ไม่มีการใช้แอมโมเนียมไนเตรต (Ammonium Nitrate) หรือโปแตสเซียมคลอเรต (Potassium Chlorate)
4	44	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับการผลิตยางเรซินสังเคราะห์ ยางอีลาสโตเมอร์ พลาสติก หรือเส้นใยสังเคราะห์ซึ่งมีใยแก้ว
5	45(1)(2)(3)	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับสี น้ำมันชักเงา เซลแล็ก แล็กเกอร์ หรือผลิตภัณฑ์สำหรับใช้ยาหรืออุตสาหกรรม ยกเว้นการผลิตสีน้ำ
6	48(4)(6)	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับการทำไม้ขีดไฟ วัตถุระเบิด หรือดอกไม้ไฟ หรือการทำคาร์บอนดำ
7	49	โรงงานกลั่นน้ำมันปิโตรเลียม
8	50(4)	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์จากปิโตรเลียม ถ่านหิน หรือลิกไนต์ ยกเว้นแอสฟัลท์ติกคอนกรีต
9	89	โรงงานผลิตก๊าซ ซึ่งมีใช้ก๊าซธรรมชาติ ส่ง หรือจำหน่ายก๊าซ
10	91(2)	โรงงานบรรจุก๊าซ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับใช้ภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่ไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

รายการที่	ลำดับที่	ประเภทหรือชนิดของโรงงานตามบัญชีท้ายกฎกระทรวง (พ.ศ. 2535) ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535
11	92	โรงงานห้องเย็น เฉพาะที่ใช้แอมโมเนียเป็นสารทำความเย็น
12	99	โรงงานผลิต ซ่อมแซม ดัดแปลงเครื่องกระสุนปืน วัตถุระเบิด หรือสิ่งอื่นใดที่มีอำนาจในการประหาร ทำลาย หรือทำให้หมดสมรรถภาพในทำนองเดียวกับอาวุธปืน เครื่องกระสุนปืน หรือวัตถุระเบิด และรวมถึงสิ่งประกอบของสิ่งดังกล่าว

2.1.2 ข้อบังคับคณะกรรมการการนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย ว่าด้วยหลักเกณฑ์ วิธีการ และเงื่อนไขในการประกอบกิจการในนิคมอุตสาหกรรม (ฉบับที่ 4) พ.ศ. 2559

ข้อบังคับนี้เกี่ยวกับการจัดการความปลอดภัยกระบวนการผลิต ซึ่งหมายถึงการจัดการให้เกิดความปลอดภัย การป้องกันการเกิดอุบัติเหตุและการบาดเจ็บที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตที่มีการใช้สารเคมีอันตรายร้ายแรง โดยใช้มาตรการทางการจัดการและพื้นฐานทางด้านวิศวกรรมในการชี้บ่ง ประเมิน และควบคุมอันตรายจากกระบวนการผลิต และให้หมายรวมถึงการจัดเก็บ การออกแบบ การใช้ การผลิต การบำรุงรักษา การตรวจสอบ การทดสอบ และการขนส่งหรือเคลื่อนย้ายสารเคมีอันตรายร้ายแรงในเขตนิคมอุตสาหกรรม

ผู้ประกอบการอุตสาหกรรมในนิคมอุตสาหกรรมต่างๆ ที่มีกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับสารเคมีอันตรายร้ายแรงในปริมาณครอบครอง ณ เวลาใดเวลาหนึ่ง เท่ากับหรือมากกว่าปริมาณที่กำหนดในบัญชีท้ายข้อบังคับฯ หรือมีกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับ แก๊สไวไฟ หรือของเหลวไวไฟ ที่มีปริมาณครอบครองตั้งแต่ 4,545 กิโลกรัมหรือ 10,000 ปอนด์ขึ้นไป ณ เวลาใดเวลาหนึ่ง ต้องดำเนินการจัดการความปลอดภัยกระบวนการผลิต (Process Safety Management: PSM) 14 ข้อกำหนดดังต่อไปนี้

- 1) การมีส่วนร่วมของผู้ปฏิบัติงาน (Employee Participation: EP)
- 2) ข้อมูลความปลอดภัยกระบวนการผลิต (Process Safety Information: PSI)
- 3) การวิเคราะห์อันตรายกระบวนการผลิต (Process Hazard Analysis: PHA)
- 4) ขั้นตอนการปฏิบัติงาน (Operating Procedures: OP)
- 5) การฝึกอบรม (Training)
- 6) การจัดการความปลอดภัยผู้รับเหมา (Contractor Safety Management: CSM)
- 7) การทบทวนความปลอดภัยก่อนการเริ่มเดินเครื่อง (Pre-Startup Safety Review: PSSR)
- 8) ความพร้อมใช้ของอุปกรณ์ (Mechanical Integrity: MI)
- 9) การอนุญาตทำงานที่อาจทำให้เกิดความร้อนและประกายไฟ (Hot Work Permits)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

และการอนุญาตทำงานที่ไม่ใช่งานประจำ (Non-Routine Work Permits)

- 10) การจัดการการเปลี่ยนแปลง (Management of Change: MOC)
- 11) การสอบสวนอุบัติการณ์ (Incident Investigation: II)
- 12) การเตรียมความพร้อมและการตอบโต้ภาวะฉุกเฉิน (Emergency Planning and Response: EPR)
- 13) การตรวจประเมินการปฏิบัติตามข้อกำหนด (Compliance Audits)
- 14) ความลับทางการค้า (Trade Secrets)

การวิเคราะห์อันตรายในกระบวนการผลิต (Process Hazard Analysis: PHA) เป็นข้อกำหนดหนึ่งของการจัดการความปลอดภัยกระบวนการผลิต มีขั้นตอนดังนี้

1) การชี้บ่งอันตราย (Hazard Identification) เป็นกระบวนการค้นหาอันตรายที่มีอยู่ในกระบวนการผลิตและระบุลักษณะของอันตราย โดยรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ ทั้งหมด เพื่อนำมาพิจารณาชี้บ่งอันตรายที่อาจเกิดขึ้นได้ในกระบวนการผลิต (เนื้อหาการชี้บ่งอันตรายจะกล่าวถึงในหัวข้อที่ 2.2)

2) การประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment) เป็นกระบวนการประเมินหาระดับของความเสี่ยง (Risk Rank หรือ Risk Level) โดยพิจารณาจากโอกาสที่จะเกิดอันตราย (Likelihood) และความรุนแรงหรือผลกระทบจากอันตรายนั้น (Severity) (เนื้อหาการประเมินความเสี่ยงจะกล่าวถึงในหัวข้อที่ 2.3)

3) การบริหารและควบคุมความเสี่ยง (Management and Control) เป็นกระบวนการที่ทำหลังจากการชี้บ่งอันตรายและการประเมินความเสี่ยง โดยจะต้องลำดับความสำคัญของอันตราย และกำหนดมาตรการควบคุมโดยใช้การควบคุมทางด้านวิศวกรรมและการบริหารจัดการเพื่อลดอันตรายให้ระดับความเสี่ยงอยู่ในระดับที่ยอมรับได้

การวิเคราะห์อันตรายกระบวนการผลิต จะต้องจัดให้มีระบบจัดการกับสิ่งที่พบจากการตรวจประเมิน และข้อเสนอแนะของคณะทำงานวิเคราะห์อันตราย โดยระบุถึงแผนการดำเนินงาน ผู้รับผิดชอบ และกำหนดวันแล้วเสร็จ และต้องปรับปรุงข้อมูลการวิเคราะห์อันตรายกระบวนการผลิตให้เป็นปัจจุบัน โดยให้ดำเนินการอย่างน้อยทุก 5 ปี หรือเมื่อมีการขยายหรือเปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิตที่มีอยู่ (Management of Change: MOC) และต้องจัดเก็บเอกสารการวิเคราะห์อันตรายกระบวนการผลิตไว้ตลอดช่วงอายุของกระบวนการ (การนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย, 2559)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.1.3 รายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม (Environmental Impact Assessment: EIA) และรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมและสุขภาพ (Environmental and Health Impact Assessment: EHIA)

การทำโครงการ กิจการ หรือการดำเนินการใดของรัฐหรือหน่วยงานที่รัฐอนุญาต ผู้ดำเนินการหรือผู้ขออนุญาตจะต้องทำรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม (Environmental Impact Assessment: EIA) และรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมและสุขภาพ (Environmental and Health Impact Assessment: EHIA) ตามประกาศของกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2562a, 2562b) ซึ่งต้องมีการประเมินความเสี่ยงที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมด้วย

2.1.4 มาตรฐานความปลอดภัย ISO 45001 (สถาบันรับรองมาตรฐานไอเอสโอ, 2563: วชิรวิทย์ มธุรสสุวรรณ, 2562)

ISO 45001 เป็นมาตรฐานระบบการจัดการอาชีวอนามัยและความปลอดภัยขององค์กรระหว่างประเทศว่าด้วยมาตรฐาน (International Organization for Standardization: ISO) มีชื่อเต็มว่า Occupational Health and Safety Management System Requirement ที่มุ่งเน้นให้องค์กรสามารถปรับปรุงสมรรถนะเพื่อป้องกันการบาดเจ็บ ความเจ็บป่วยต่อพนักงาน และจัดเตรียมสถานที่ทำงานที่ปลอดภัย มีสุขลักษณะที่ดี ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับองค์กรทุกประเภทและทุกขนาด โดยมุ่งหวังให้มีการวิเคราะห์อันตรายและประเมินความเสี่ยงเพื่อปรับปรุงผลการดำเนินงานด้านความปลอดภัยและอาชีวอนามัยอย่างต่อเนื่อง ให้การดำเนินงานขององค์กรเป็นไปตามกฎหมาย และข้อกำหนดอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง บรรลุตามเป้าหมายด้านอาชีวอนามัยและความปลอดภัย สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการดำเนินงานให้เกิดความปลอดภัย และส่งเสริมภาพพจน์ด้านความรับผิดชอบต่อองค์กรที่มีต่อพนักงานและสังคม และสามารถบูรณาการกับระบบการจัดการอื่น ๆ ได้

สาระสำคัญของข้อกำหนดตามมาตรฐาน ISO 45001

องค์กรมาตรฐานระหว่างประเทศ (International Organization for Standardization: ISO) ได้ออกมาตรฐานการบริหารจัดการอาชีวอนามัยและความปลอดภัย ISO 45001: 2018 เมื่อเดือนมีนาคม 2561 โดยมีส่วนประกอบและสาระสำคัญหลัก ๆ ที่กำหนดไว้ดังนี้

1) ขอบเขต (Scope)

ส่วนนี้แสดงขอบเขตของการใช้มาตรฐานสำหรับการบริหารจัดการอาชีวอนามัยและความปลอดภัยเพื่อให้องค์กรนำไปวางระบบและพัฒนาปรับปรุงผลการดำเนินงานด้านอาชีวอนามัยและความปลอดภัย เพื่อบรรลุผลการดำเนินธุรกิจและสอดคล้องกับกฎหมายและข้อกำหนดต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งบรรลุวัตถุประสงค์ด้านอาชีวอนามัยและความปลอดภัย

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2) เอกสารอ้างอิง (Normative Reference)

มาตรฐาน ISO 45001: 2018 ไม่มีเอกสารอ้างอิง เนื่องจากเป็นมาตรฐานที่องค์กร มาตรฐานระหว่างประเทศประกาศขึ้นเป็นฉบับแรก

3) คำนิยาม (Terms and Definitions)

มาตรฐานการจัดการ ISO 45001: 2018 กำหนดคำนิยามและคำศัพท์ทั้งหมด 37 คำ หากในเนื้อหาของมาตรฐานมีคำใดที่อาจทำให้เกิดความเข้าใจที่แตกต่างกัน ให้ใช้ความหมายของคำ นิยามที่กำหนดไว้ตั้งแต่ต้นเป็นเกณฑ์

4) บริบทขององค์กร (Context of the Organization)

ข้อกำหนดของมาตรฐาน ISO 45001: 2018 กำหนดให้องค์กรจะต้องดำเนินการ 4 เรื่องต่อไปนี้ และเขียนเอกสารสารสนเทศเพื่อกำหนดขอบเขตการจัดทำระบบให้ชัดเจน

- จัดทำแบบฟอร์มสำรวจประเด็นภายในและภายนอกขององค์กร ที่จะมีผลกระทบต่อระบบการบริหารจัดการอาชีวอนามัยและความปลอดภัย
- จัดทำแบบฟอร์มสำรวจความต้องการ ความคาดหวัง ของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียด้านอาชีวอนามัยและความปลอดภัย เช่น ผู้ถือหุ้นหรือผู้บริหารโรงงาน พนักงาน ชุมชนใกล้เคียง โรงงานใกล้เคียง
- กำหนดขอบเขตการจัดทำระบบการบริหารจัดการอาชีวอนามัยและความปลอดภัยขององค์กรหรือสถานประกอบการ
- กำหนดแนวทางการจัดทำระบบการจัดการอาชีวอนามัยและความปลอดภัยขององค์กร

5) ความเป็นผู้นำและการมีส่วนร่วม (Leadership and Worker Participation)

องค์กรจัดทำและวางระบบที่สะท้อนให้เห็นความมุ่งมั่นและภาวะผู้นำของผู้บริหาร เกี่ยวกับระบบการบริหารจัดการอาชีวอนามัยและความปลอดภัย 4 เรื่อง ดังนี้

- ความมุ่งมั่นของผู้นำและผู้บริหารในการจัดทำระบบการบริหารจัดการอาชีวอนามัยและความปลอดภัย ซึ่งต้องกำหนดให้ชัดเจนว่าจะเน้นอะไร จะทำอะไร และจะแสดงออกอย่างไรอย่างเป็นรูปธรรม
- ผู้บริหารสูงสุดต้องกำหนดนโยบายระบบการบริหารจัดการอาชีวอนามัยและความปลอดภัย พร้อมทั้งสื่อสารให้ทั่วถึงทั้งองค์กร
- ผู้บริหารทุกระดับต้องมีบทบาท อำนาจ หน้าที่ ความรับผิดชอบในระบบการบริหารจัดการอาชีวอนามัยและความปลอดภัย และผู้บริหารต้องกำหนด บทบาท อำนาจ หน้าที่ ความรับผิดชอบของพนักงานทุกตำแหน่ง ให้สอดคล้องกับระบบการบริหารจัดการอาชีวอนามัยและความปลอดภัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

- องค์กรต้องกำหนดวิธีการและขั้นตอนการเข้ามามีส่วนร่วมของพนักงานในระบบการบริหารจัดการอาชีวอนามัยและความปลอดภัย

6) การวางแผน (Planning)

องค์กรกำหนดแผนการดำเนินการ ทรัพยากร และผู้รับผิดชอบให้ชัดเจน และวางแผนระบบการบริหารจัดการอาชีวอนามัยและความปลอดภัย 2 เรื่อง ให้สอดคล้องกับความเสี่ยงขององค์กร ดังนี้

- กำหนดวัตถุประสงค์เป้าหมายและแผนการดำเนินการปฏิบัติ
- จัดทำแผนการดำเนินการปฏิบัติ แผนป้องกันอันตราย การลดระดับและการจัดการความเสี่ยงด้านอาชีวอนามัยและความปลอดภัย ทั้งความเสี่ยงในองค์กรและความเสี่ยงด้านการบริหารจัดการ เช่น การกำหนดนโยบายด้านอาชีวอนามัยและความปลอดภัย การกำหนดหน้าที่รับผิดชอบของพนักงาน รวมทั้งการปรับเปลี่ยนหน้าที่การทำงานของพนักงานตาม Competency Framework และที่ได้รับการฝึกอบรม

7) การสนับสนุน (Support)

องค์กรต้องจัดทำกิจกรรมที่สำคัญ 5 เรื่อง ดังนี้

- จัดเตรียมทรัพยากรที่จำเป็นในการจัดทำระบบการบริหารจัดการอาชีวอนามัยและความปลอดภัย ให้เพียงพอ เหมาะสม พร้อมใช้งาน เช่น งบประมาณ บุคลากร เป็นต้น
- แบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบของบุคลากรทุกระดับตามความรู้ ความสามารถ เพื่อดำเนินการตามระบบการบริหารจัดการอาชีวอนามัยและความปลอดภัย
- สร้างจิตสำนึกด้านอาชีวอนามัยและความปลอดภัยให้กับบุคลากรในองค์กร โดยวิธีการที่เหมาะสมกับกลุ่มต่าง ๆ
- จัดทำระบบการสื่อสารด้านอาชีวอนามัยและความปลอดภัยภายในองค์กรและภายนอกองค์กรให้สะดวก ทัวถึง และมีการนำไปปฏิบัติอย่างสม่ำเสมอ
- จัดทำเอกสารสารสนเทศด้านอาชีวอนามัยและความปลอดภัยเพื่อให้ผู้เกี่ยวข้องปฏิบัติตามระบบที่มีการออกแบบและวางระบบไว้ รวมทั้งต้องมีระบบการควบคุมจัดการเอกสารสารสนเทศให้มีความทันสมัย

8) การปฏิบัติงาน (Operation)

ในการปฏิบัติงานองค์กรต้องดำเนินการ 2 เรื่อง ดังนี้

- วางแผนและควบคุมการดำเนินงาน โดยใช้ข้อมูลของความเสี่ยงด้านอาชีวอนามัยและความปลอดภัยขององค์กรเป็นฐานข้อมูลในการพิจารณา เพื่อให้เกิดอาชีวอนามัยและความปลอดภัยที่เหมาะสมในองค์กร โดยเน้นการป้องกันอันตราย การลดระดับของความเสี่ยง และลด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์และสงวนลิขสิทธิ์ในเนื้อหา โดยผู้จัดทำเอกสารนี้ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาและวิจัยเท่านั้น ไม่สามารถนำเนื้อหาไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตจากผู้จัดทำเอกสารนี้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

(Hazard Identification and Risk Assessment) การบริหารจัดการความเปลี่ยนแปลง (Management of Change: MOC) การจัดการความปลอดภัยผู้รับเหมา (Contractor Safety Management: CSM) เป็นต้น

- องค์กรต้องจัดทำแผนการเตรียมความพร้อมและการตอบโต้ภาวะฉุกเฉิน (Emergency Planning and Response: EPR) ในหลายรูปแบบที่มีโอกาสเกิดขึ้นในองค์กรตามผลการวิเคราะห์อันตรายและการประเมินความเสี่ยงตามความเสี่ยงที่มี (Risk Based) โดยเน้นทั้งมาตรการการป้องกันไม่ให้เกิดเหตุการณ์ มาตรการขณะเกิดเหตุการณ์เพื่อลดความรุนแรงของเหตุการณ์ และมาตรการฟื้นฟูหลังเกิดเหตุการณ์ นอกจากนี้จะต้องมีการฝึกซ้อมแผนหรือกำหนดมาตรการต่าง ๆ เพื่อให้พนักงานที่เกี่ยวข้องมีทักษะและความชำนาญ

9) การประเมินสมรรถนะ (Performance Evaluation)

องค์กรต้องดำเนินการ 3 เรื่อง ดังนี้

- ติดตาม วัดผล วิเคราะห์ และประเมินผลการดำเนินงานด้านอาชีวอนามัยและความปลอดภัยเพื่อทราบระดับความเสี่ยง ปัญหา และข้อจำกัด แล้วจึงดำเนินการแก้ไขลดระดับความเสี่ยงทันทีเมื่อพบความเสี่ยงที่ยอมรับไม่ได้หรือภายในเวลาที่เหมาะสม

- ตรวจสอบประเมินภายในเพื่อตรวจสอบความครบถ้วนทุกข้อตามข้อกำหนดของระบบการบริหารจัดการอาชีวอนามัยและความปลอดภัย เพื่อหาข้อบกพร่องและดำเนินการแก้ไขให้เกิดการพัฒนาและปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง

- ผู้บริหารสูงสุด ผู้บริหารทุกระดับ และพนักงานต้องร่วมประชุมทบทวนผลการดำเนินงานด้านอาชีวอนามัยและความปลอดภัยที่ได้ดำเนินการ เพื่อให้ทราบผลการดำเนินงานที่เกิดขึ้น ทั้งนี้ต้องพิจารณาความถี่ของการประชุม รวมทั้งรูปแบบและวิธีการประชุม

10) การปรับปรุง (Improvement)

องค์กรต้องมีการพัฒนาและปรับปรุงระบบการบริหารจัดการอาชีวอนามัยและความปลอดภัย 3 ด้าน ดังนี้

- ผลลัพธ์ของระบบการบริหารจัดการอาชีวอนามัยและความปลอดภัย หากไม่เป็นไปตามเป้าหมายที่กำหนด ก็จะต้องตัดสินใจดำเนินการอย่างใดอย่างหนึ่งเพื่อนำไปสู่การพัฒนาหรือปรับปรุงให้ดีขึ้น

- การจัดการกับข้อบกพร่อง ปัญหา และความไม่สอดคล้องต่าง ๆ กับข้อกำหนด เพื่อไม่ให้เกิดปัญหานี้เกิดขึ้นซ้ำอีก

- การพัฒนาระบบอย่างสม่ำเสมอโดยเน้นให้เหมาะสมกับองค์กร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.1.5 มาตรฐานความปลอดภัย ISO 31000 (สำนักงานพัฒนาารัฐบาลดิจิทัล (องค์การมหาชน), 2561: International Organization for Standardization, 2021)

ISO 31000 เป็นมาตรฐานการบริหารความเสี่ยงสากลขององค์การระหว่างประเทศ (International Organization for Standardization: ISO) มีชื่อเต็มว่า Risk Management-Guidelines on Principles and Implementation of Risk Management ซึ่งการบริหารความเสี่ยงตามมาตรฐานการบริหารความเสี่ยงสากล ISO 31000 ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้

1) การกำหนดสภาพแวดล้อม (Establish the Context)

การกำหนดบริบทที่มีผลต่อเป้าหมายขององค์กรถือว่าเป็นกระบวนการที่สำคัญและมีผลต่อเป้าหมายขององค์กรตามแนวทางของ ISO สามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่

(1) การกำหนดบริบทภายนอก (Establishing the External Context) จากกฎระเบียบ ข้อบังคับ วัฒนธรรม สังคม การเมือง ปัจจัยขับเคลื่อนและกระแสของสังคม และมุมมองจากคนภายนอกต่อองค์กร เป็นต้น

(2) การกำหนดบริบทภายใน (Establishing the Internal Context) จากโครงสร้าง การบริหาร วัฒนธรรมองค์กร และกลยุทธ์องค์กร เป็นต้น เพื่อให้การบริหารความเสี่ยงที่เกิดขึ้นเป็นไปตามเป้าหมายขององค์กร

(3) การกำหนดบริบทของกระบวนการบริหารความเสี่ยง (Establishing the Context of the Risk Management Process) เช่น การกำหนดเป้าหมายของกิจกรรมต่าง ๆ การกำหนดหน้าที่ความรับผิดชอบ การกำหนดขอบเขตของการดำเนินกิจกรรม การบริหารความเสี่ยง เป็นต้น

2) การระบุความเสี่ยงและปัจจัยเสี่ยง (Risk Identification)

วัตถุประสงค์ของกระบวนการนี้คือระบุถึงแหล่งที่มาของความเสี่ยงและสาเหตุทั้งหมดรวมทั้งผลกระทบที่จะเกิดขึ้น ซึ่งอยู่บนหลักการว่าความเสี่ยงนั้นจะกระทบต่อการบรรลุเป้าหมายขององค์กรทั้งทางบวกและทางลบ ส่วนการระบุปัจจัยเสี่ยงควรครอบคลุมทั้งปัจจัยเสี่ยงที่สาเหตุดังกล่าวสามารถจัดการได้ และไม่สามารถจัดการได้ ทั้งนี้การได้มาซึ่งข้อมูลที่มีความถูกต้องมีความสำคัญอย่างมากต่อการระบุปัจจัยเสี่ยงที่สมบูรณ์ โดยการระบุปัจจัยเสี่ยงอาจมาจากข้อมูลในอดีต การวิเคราะห์ทางทฤษฎี การใช้ความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ และความต้องการของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย เป็นต้น อย่างไรก็ตามองค์กรควรประยุกต์ใช้เครื่องมือหรือเทคนิคของการระบุปัจจัยเสี่ยงที่เหมาะสมกับเป้าหมายขององค์กร รวมถึงพิจารณาความสามารถของบุคลากรในองค์กร

3) การวิเคราะห์ความเสี่ยง (Risk Analysis)

เป็นกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการทำความเข้าใจความเสี่ยงและปัจจัยเสี่ยงต่าง ๆ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ที่องค์กรมีอยู่ กล่าวคือ เป็นการพิจารณาความเสี่ยง สาเหตุปัจจัยเสี่ยง และผลกระทบ ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

(Consequences) ทั้งด้านบวกและด้านลบของปัจจัยเสี่ยงดังกล่าว รวมถึงโอกาส (Likelihood) ของปัจจัยเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้น การพิจารณาผลกระทบและโอกาส ทำให้สามารถกำหนดระดับความเสี่ยง (Risk Level) ของปัจจัยเสี่ยงนั้น ๆ ซึ่งสิ่งที่กำหนดนี้ต้องมีความสอดคล้องกับเกณฑ์ความเสี่ยงที่ได้กำหนดมาจากบริบท การวิเคราะห์ความเสี่ยงสามารถจัดทำได้ในหลายระดับขึ้นอยู่กับลักษณะของความเสี่ยง ผลลัพธ์ของการวิเคราะห์ รวมถึงข้อมูลต่าง ๆ ที่องค์กรมีอยู่ การวิเคราะห์ความเสี่ยงอาจเป็นเชิงปริมาณ เชิงคุณภาพ หรือเชิงกึ่งปริมาณก็ได้ ผลที่เกิดสืบเนื่องจากปัจจัยเสี่ยงใด ๆ สามารถแสดงในลักษณะของผลกระทบที่จับต้องได้ เช่น เงิน ทรัพย์สิน ผลผลิตที่เสียหาย หรือลักษณะของผลกระทบที่จับต้องไม่ได้ เช่น ภาพลักษณ์ขององค์กรที่เสียหายทั้งจากมุมมองของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียและสาธารณะ

4) การประเมินความเสี่ยง (Risk Evaluation)

การประเมินความเสี่ยงเป็นกระบวนการช่วยในการตัดสินใจ โดยอาศัยข้อมูลจากผลการวิเคราะห์ความเสี่ยงจากกระบวนการก่อนหน้านี้เพื่อใช้ในการพิจารณาว่าปัจจัยเสี่ยงใดที่องค์กรจำเป็นต้องมีในการจัดการกับปัจจัยเสี่ยงนั้น (Risk Treatment) รวมถึงการจัดลำดับความสำคัญก่อนหลังในการดำเนินการจัดการลดความเสี่ยงเหล่านั้น กระบวนการประเมินความเสี่ยงเป็นการเปรียบเทียบระดับความเสี่ยง (Risk Level) ที่ได้จากการวิเคราะห์ความเสี่ยงกับเกณฑ์ความเสี่ยง (Risk Criteria) ที่ได้มาจากกระบวนการกำหนดบริบทต่าง ๆ ที่มีผลต่อเป้าหมายขององค์กร เพื่อที่จะทำให้ทราบว่าปัจจัยเสี่ยงใดที่องค์กรยอมรับได้หรือยอมรับไม่ได้ ซึ่งจะต้องกำหนดการจัดการความเสี่ยงต่อไป

5) การจัดการความเสี่ยง (Risk Treatment)

ในการจัดการความเสี่ยงเพื่อลดระดับความเสี่ยงสามารถเลือกแนวทางใดแนวทางหนึ่งหรือหลายแนวทางและนำแนวทางนั้นไปปฏิบัติ แนวทางนั้นคือการจัดการ ควบคุม และลดความเสี่ยง โดยต้องพิจารณาด้วยว่าระดับความเสี่ยงที่เหลืออยู่จากการจัดการความเสี่ยงแล้วนั้นยอมรับได้หรือไม่ หากรับไม่ได้ การจัดการความเสี่ยงใหม่จะต้องเป็นอย่างไร ประเด็นสำคัญคือต้องประเมินความมีประสิทธิภาพของการจัดการความเสี่ยงที่ได้ดำเนินการด้วย

แนวทางต่าง ๆ ในการจัดการความเสี่ยงไม่จำเป็นต้องเป็นอิสระต่อกัน หรือไม่จำเป็นที่แนวทางหนึ่งจะต้องลดระดับความเสี่ยงได้ทุกปัจจัยเสี่ยง ซึ่งหลักการที่ใช้อาจทำโดยการหลีกเลี่ยงความเสี่ยง การเปลี่ยนแปลงโอกาสที่จะเกิด การเปลี่ยนแปลงผลกระทบที่ตามมาของปัจจัยเสี่ยง การกระจายความเสี่ยง เป็นต้น หลักการในการเลือกแนวทางที่เหมาะสมในการจัดการความเสี่ยงนั้น ต้อง

คำนึงถึงการสร้างความสมดุลระหว่างความปลอดภัย ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและทรัพย์สิน รวมทั้งต้นทุนต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นจากการนำแนวทางหรือมาตรการจัดการความเสี่ยงไปปฏิบัติกับผลประโยชน์ที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ได้รับเมื่อระดับความเสี่ยงของปัจจัยเสี่ยงนั้นลดลง อย่างไรก็ตามสิ่งที่องค์กรพึงระวังก็คือ หากการดำเนินการจัดการและการควบคุมความเสี่ยงผิดพลาด นอกจากไม่สามารถลดระดับความเสี่ยงของปัจจัยเสี่ยงที่มีอยู่นั้นแล้ว ยังอาจก่อให้เกิดปัจจัยเสี่ยงใหม่ตามมาได้ ดังนั้นการติดตามและทบทวน (Monitoring and Review) ประเมินประสิทธิผลของการจัดการและการควบคุมความเสี่ยงจึงจำเป็นต้องถูกผนวกเข้ากับแผนการดำเนินงานการจัดการและควบคุมความเสี่ยง เพื่อสร้างความมั่นใจในประสิทธิผลที่เกิดขึ้น นอกจากนี้การสื่อสารและการให้คำแนะนำ (Communicate and Consult) เกี่ยวกับการบริหารความเสี่ยงให้แก่ผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทั้งภายในและภายนอกองค์กรเพื่อให้มีความเข้าใจและปฏิบัติงานในแนวทางเดียวกันจึงเป็นสิ่งจำเป็นที่หลีกเลี่ยงไม่ได้

2.2 การชี้บ่งอันตราย (Hazard Identification)

การชี้บ่งอันตราย (Hazard Identification) หมายถึง การแจกแจงอันตรายต่าง ๆ ที่มีและที่แอบแฝงอยู่ ซึ่งอาจเกิดขึ้นจากการประกอบกิจการทุกขั้นตอนตั้งแต่การรับจ่าย การเก็บ การขนถ่าย หรือขนย้าย การใช้การขนส่ง วัสดุดิบ เชื้อเพลิง สารเคมีหรือวัตถุดิบอันตราย ผลิตภัณฑ์และผลผลิตพลอยได้ กระบวนการผลิต วิธีการปฏิบัติงาน เครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิต และกิจกรรมหรือสภาพการณ์ต่าง ๆ ภายในโรงงาน เป็นต้น (กระทรวงอุตสาหกรรม, 2542)

การชี้บ่งอันตรายต้องอาศัยความเข้าใจพื้นฐานเรื่องความปลอดภัยในกระบวนการผลิตเพื่อใช้เป็นข้อเสนอแนะในการจัดการ ควบคุม และลดความเสี่ยง เช่น การใช้หลักการ Inherently Safer Design, Intrinsic Safety และ Hierarchy of Control เป็นต้น (Daniel A. Crowl and Joseph F. Louvar, 2019) การชี้บ่งอันตรายสามารถเลือกใช้วิธีการใดวิธีการหนึ่งหรือหลายวิธีที่เหมาะสมตามลักษณะความซับซ้อนของกระบวนการผลิต หรือลักษณะความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นจากการดำเนินการผลิตดังต่อไปนี้

2.2.1 Checklist

แบบตรวจเป็นวิธีที่ใช้ในการชี้บ่งอันตรายโดยการนำแบบตรวจไปใช้ในการตรวจสอบการดำเนินงานในโรงงานเพื่อค้นหาอันตราย แบบตรวจประกอบด้วยหัวข้อคำถามที่เกี่ยวกับการดำเนินงานต่าง ๆ เพื่อตรวจสอบว่าการปฏิบัติเป็นตามมาตรฐานการออกแบบ มาตรฐานการปฏิบัติงาน หรือกฎหมาย หรือไม่ เพื่อนำผลจากการตรวจสอบมาทำการชี้บ่งอันตราย ข้อดีและข้อจำกัดของวิธีการ Checklist แสดงดังตารางที่ 2.2

ขั้นตอนการศึกษาวิเคราะห์และทบทวนการดำเนินงานในโรงงานเพื่อชี้บ่งอันตรายด้วยวิธี

เอกสารนี้เป็นเอกสาร Checklist (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2543) ศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น (1) กำหนดหัวข้อเรื่องที่จะตรวจสอบความปลอดภัยในการดำเนินงานในโรงงานทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(2) ร่างรายละเอียดของเรื่องที่จะต้องตรวจสอบโดยพิจารณาถึงขั้นตอนการปฏิบัติ ข้อกฎหมายด้านอาชีวอนามัยและความปลอดภัย และมาตรฐานความปลอดภัย

(3) นำรายละเอียดในข้อ (2) มาจัดทำแบบตรวจเพื่อใช้สำหรับการตรวจสอบความปลอดภัย

(4) ตรวจสอบความถูกต้องและความสมบูรณ์ของแบบตรวจอีกครั้งโดยผู้เชี่ยวชาญสาขาต่าง ๆ ที่มีประสบการณ์ เพื่อให้เกิดความมั่นใจว่าแบบตรวจนั้น ครอบคลุมประเด็นปัญหา ความปลอดภัยที่เป็นอยู่

(5) นำแบบตรวจไปใช้ตรวจสอบความปลอดภัยในการดำเนินงานในโรงงาน

(6) นำผลการตรวจสอบมาชี้บ่งอันตราย เพื่อหาแนวโน้มของอันตรายที่อาจเกิดขึ้นจากพื้นที่การทำงาน เครื่องจักร เครื่องมือ อุปกรณ์ และกิจกรรมต่าง ๆ

(7) นำผลการชี้บ่งอันตรายมาประเมินความเสี่ยงเพื่อจัดลำดับความเสี่ยงจากอันตรายที่อาจเกิดขึ้น

(8) จัดทำแผนงานบริหารจัดการความเสี่ยงตามระดับความเสี่ยงที่ประเมินได้ เพื่อพิจารณาดำเนินการต่อไปด้วยมาตรการที่เหมาะสม

ตารางที่ 2.2 ข้อดีและข้อจำกัดของวิธีการ Checklist (Popov et al., 2016)

ข้อดี	ข้อจำกัด
<ul style="list-style-type: none"> - เป็นวิธีการที่ง่ายต่อการใช้งาน - ไม่ต้องฝึกอบรมหรือเตรียมตัวก่อนการใช้งาน - เป็นวิธีที่มีค่าใช้จ่ายต่ำ - เห็นผลการดำเนินงานค่อนข้างรวดเร็วและคุ้มค่า 	<ul style="list-style-type: none"> - คุณภาพของ Checklist ขึ้นกับความรู้ ประสบการณ์ และความสามารถของผู้ดำเนินการ - ถ้าละเลยและไม่ตรวจสอบให้ครบถ้วนตาม Checklist อาจส่งผลให้เกิดอันตรายขึ้น - ไม่เหมาะสมกับกระบวนการผลิตที่มีความซับซ้อน

2.2.2 What If Analysis

เป็นกระบวนการในการศึกษา วิเคราะห์ และทบทวนเพื่อชี้บ่งอันตรายในการดำเนินงานต่าง ๆ ในโรงงาน โดยเป็นการระดมความคิดของผู้ที่มีทั้งความรู้ความสามารถและประสบการณ์ในการชี้บ่งอันตรายในการสมมติสถานการณ์ที่เป็นอันตรายที่อาจจะเกิดขึ้นได้จาก เครื่องจักร เครื่องมือ อุปกรณ์ ระหว่างการดำเนินงานต่าง ๆ โดยใช้คำถาม "อะไรจะเกิดขึ้น ถ้า..."

(What If) แล้วหาคำตอบในคำถามเหล่านั้นเพื่อชี้บ่งอันตรายที่อาจเกิดขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

วัตถุประสงค์ของการชี้บ่งอันตรายด้วยวิธี What If Analysis คือ การใช้คำถาม What If ช่วยในการชี้บ่งอันตรายเพื่อหาเหตุการณ์และสาเหตุที่ทำให้กระบวนการผลิตไม่ปกติ ซึ่งต้องระบุอุปกรณ์ควบคุมและป้องกันที่มีอยู่ในกระบวนการผลิต และพัฒนาแผนควบคุมความเสี่ยง และแผนลดความเสี่ยงตามความเหมาะสมกับระดับความเสี่ยงที่เกิดขึ้น ข้อเสนอแนะเป็นสิ่งจำเป็นที่ทำให้มีระบบควบคุม (อาจเป็นด้านวิศวกรรมหรือด้านบริหารจัดการ) หรือจัดหาอุปกรณ์ป้องกันอันตรายเพิ่มเติม เป็นต้น การชี้บ่งอันตรายด้วยวิธี What If Analysis เป็นพื้นฐานที่สำคัญสำหรับการชี้บ่งอันตรายด้วยวิธี HAZOP คำถาม What If จะแสดงถึงการเบี่ยงเบนหรือการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ของกระบวนการผลิต ตารางที่ 2.3 แสดงตัวอย่างคำถาม What If สำหรับพิจารณาสิ่งที่จะเกิดขึ้นเนื่องจากความไม่พร้อมใช้งานของอุปกรณ์วิกฤต ส่วนข้อดีและข้อจำกัดของการชี้บ่งอันตรายด้วยวิธีการ What If Analysis แสดงดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.3 ตัวอย่างคำถาม What If (Dennis P. Nolan, 2014)

อุปกรณ์วิกฤต	คำถาม What If
Piping	<ul style="list-style-type: none"> - อะไรจะเกิดขึ้นถ้า สารไวไฟ สารที่มีสมบัติกัดกร่อน หรือแก๊สพิษ รั่วจากท่อ - อะไรจะเกิดขึ้นถ้า ท่อเกิดการเปราะ (Embrittlement) - อะไรจะเกิดขึ้นถ้า ท่อสูญเสียความร้อนจาก Heat Tracing - อะไรจะเกิดขึ้นถ้า Piping Supports เสียหาย - อะไรจะเกิดขึ้นถ้า ปะเก็น (Gasket) หรือหน้าแปลน (Flange) รั่ว
Valves	<ul style="list-style-type: none"> - อะไรจะเกิดขึ้นถ้า หัวขับเคลื่อนวาล์ว (Valve Actuator) ทำงานล้มเหลว - อะไรจะเกิดขึ้นถ้า เกิดการไหลย้อนกลับเข้าวาล์ว - อะไรจะเกิดขึ้นถ้า ใช้งานวาล์วกับสารหลายวัฏภาค - อะไรจะเกิดขึ้นถ้า เกิดตะกอนภายในวาล์ว หรือวาล์วถูกสารเคมีกัดกร่อน - อะไรจะเกิดขึ้นถ้า ระบบควบคุม Electric หรือ Pneumatic ทำงานล้มเหลว
Pumps	<ul style="list-style-type: none"> - อะไรจะเกิดขึ้นถ้า ท่อขาเข้าปั๊มที่มีสารเคมีอันตรายรั่วแรงสุดต้น - อะไรจะเกิดขึ้นถ้า ปั๊มที่มีสารเคมีอันตรายรั่วแรงเกิด Cavitation - อะไรจะเกิดขึ้นถ้า ปั๊มที่มีสารเคมีอันตรายรั่วแรงขาดการบำรุงรักษาที่ดี - อะไรจะเกิดขึ้นถ้า ปั๊มที่มีสารเคมีอันตรายรั่วแรงเริ่มทำงานในขณะที่ Discharge Valve ปิดอยู่ - อะไรจะเกิดขึ้นถ้า ปั๊มที่มีสารเคมีอันตรายรั่วแรงเริ่มทำงานในขณะที่ Suction Valve ปิดอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในการเรียนการสอนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 2.4 ข้อดีและข้อจำกัดของวิธีการ What If Analysis (Popov et al., 2016)

ข้อดี	ข้อจำกัด
<ul style="list-style-type: none"> - เป็นวิธีการที่ง่ายต่อการใช้งาน และมีความยืดหยุ่นในการใช้งานสูง - ส่งเสริมการคิดแบบสร้างสรรค์ - เห็นผลการดำเนินงานค่อนข้างรวดเร็วและคุ้มค่า - สามารถใช้วิธีการนี้ได้ แม้ไม่มี Checklists หรือ Guidelines 	<ul style="list-style-type: none"> - คุณภาพการซึบงันตรายขึ้นกับความรู้และความสามารถของผู้ดำเนินการ - เป็นวิธีการที่ผิดพลาดได้ง่าย ถ้าผู้ดำเนินการไม่มีความรู้และขาดประสบการณ์ในการวิเคราะห์ - เป็นวิธีการที่ยากต่อการตรวจสอบเพื่อหาความสมบูรณ์แบบของการวิเคราะห์

ขั้นตอนการศึกษา วิเคราะห์ และทบทวนการดำเนินงานในโรงงานเพื่อซึบงันตรายด้วยวิธี What If Analysis (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2543)

(1) แต่งตั้งคณะทำงานเพื่อศึกษา วิเคราะห์ และทบทวนการดำเนินงานในโรงงานเพื่อซึบงันตรายด้วยรูปแบบคำถาม What If

(2) กำหนดขอบเขตของการศึกษา วิเคราะห์ และทบทวนเพื่อซึบงันตรายที่ครอบคลุมทั้งในกรณีเกิดเพลิงไหม้ ระเบิด สารเคมีหรือวัตถุอันตรายรั่วไหล

(3) ระบุขอบเขตของแหล่งกำเนิดอันตราย และพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบ รวมทั้งผู้ที่ได้รับผลกระทบ ขอบเขตของแหล่งกำเนิดอันตรายในกระบวนการผลิตอาจเป็น

- สารเคมีหรือวัตถุอันตราย
- เครื่องจักร อุปกรณ์
- หน่วยกระบวนการผลิต
- พื้นที่การปฏิบัติงาน
- ระบบสาธารณูปโภค
- ชุมชนใกล้เคียง

(4) เตรียมข้อมูลรายละเอียดในหัวข้อต่างๆ ซึ่งคณะทำงานจะต้องทบทวนเอกสารพื้นฐานที่สำคัญเพื่อใช้ในการตั้งคำถามซึ่งกำหนดสมมติฐานหรือความคลาดเคลื่อนจากช่วงเวลาการผลิตปกติ ทั้งในกรณีที่มีการดำเนินงานปกติ ผิดปกติ และเกิดเหตุฉุกเฉินขึ้น รวมทั้งกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิตไปจากกระบวนการผลิตปกติ หัวหน้ากลุ่มจะต้องเข้าสำรวจพื้นที่การทำงานที่อันตรายเพื่อที่จะเข้าใจสภาพทั่วไป และอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องในพื้นที่จริง เพื่อประสิทธิภาพในการประเมินความเสี่ยง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับใช้ภายในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่ไปใช้ประโยชน์ในการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

(5) คณะทำงานจัดทำคำถามให้เป็นระบบและทบทวนคำถามต่างๆ สำหรับรูปแบบการตั้งคำถามให้พิจารณาในประเด็นต่างๆ ดังนี้

- ความล้มเหลวของเครื่องจักร อุปกรณ์ เครื่องมือวัด
- สภาพกระบวนการผลิตที่ผิดปกติเนื่องจากอุณหภูมิ ความดัน หรือความล้มเหลวของการป้อนวัตถุดิบสู่กระบวนการผลิต เป็นต้น
- ความล้มเหลวของระบบสาธารณูปโภคที่เกี่ยวข้อง
- ความผิดพลาดจากการทำงานของพนักงาน
- พนักงานไม่ปฏิบัติตามขั้นตอนการปฏิบัติงานระหว่างสภาพการทำงานปกติ การเดินเครื่องจักร หรือการหยุดเครื่องจักร
- อุบัติเหตุที่เกี่ยวข้องกับการซ่อมบำรุงรักษา
- อุบัติเหตุในบริเวณสถานที่ทำงานที่เกี่ยวข้อง เช่น พื้นที่ขนส่งและระหว่างการขนส่งพื้นที่ซึ่งมีการใช้รถยก เป็นต้น
- ความล้มเหลวโดยรวม เช่น ความล้มเหลวของอุปกรณ์หลายชนิด หรือความล้มเหลวของอุปกรณ์ต่าง ๆ รวมกับความผิดพลาดจากการทำงานของพนักงาน

(6) ดำเนินการศึกษา วิเคราะห์ และทบทวนเพื่อชี้บ่งอันตรายด้วยเทคนิคการชี้บ่งอันตรายในรูปแบบคำถาม What If (อะไรจะเกิดขึ้น ถ้า...) โดยรวบรวมคำถามต่าง ๆ เข้าด้วยกันเป็นหมวดหมู่ตามลำดับขั้นตอนการผลิต โดยหัวข้อแต่ละคอลัมน์ในแบบการชี้บ่งอันตรายและการประเมินความเสี่ยงจะประกอบด้วย

- คำถาม What If
- อันตรายหรือผลที่อาจเกิดขึ้นตามมา
- มาตรการเพื่อลดผลกระทบของอันตราย
- ข้อเสนอแนะ

ในการปฏิบัติเริ่มต้นด้วยคำถาม What If แต่ละคำถาม โดยพิจารณาถึงอันตรายที่เกี่ยวข้อง ผลที่จะเกิดตามมา แล้วประเมินระดับความเสี่ยง จัดลำดับความเสี่ยง และกำหนดมาตรการลดผลกระทบที่เกี่ยวข้องกับแต่ละคำถามนั้น รวมทั้งข้อเสนอแนะในการป้องกันและควบคุมอันตราย หัวหน้าคณะทำงานมีหน้าที่จัดการกับคำถามของแต่ละกลุ่มคำถาม ร่วมกันกับคณะทำงานเพื่อหาคำตอบคือทราบว่ายานอันตรายคืออะไร และมาตรการควบคุมและลดความเสี่ยงคืออะไรให้เสร็จเรียบร้อยก่อนที่จะเริ่มคำถามข้อต่อไป ทั้งนี้คณะทำงานจะยอมรับคำตอบและข้อพิจารณาต่าง ๆ นั้นตามความ

สอดคล้องของอันตรายและระดับความเสี่ยงที่มีกับมาตรการควบคุมที่จะลดความรุนแรงของเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ผลกระทบ

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

- (7) สรุปข้อมูลที่ได้จากการศึกษา วิเคราะห์ และทบทวนการดำเนินงานเพื่อชี้บ่งอันตรายลงในแบบฟอร์มการชี้บ่งอันตรายและการประเมินความเสี่ยง แสดงดังตารางที่ 2.5
- (8) จัดทำแผนงานบริหารจัดการความเสี่ยงตามระดับความเสี่ยงที่ประเมินได้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 2.5 แบบฟอร์มการชี้บ่งอันตรายและการประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี What If Analysis (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2558)

ผลการศึกษา วิเคราะห์ และทบทวนการดำเนินงานในโรงงานเพื่อการชี้บ่งอันตรายและการประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี What If Analysis

พื้นที่/เครื่องจักร/กระบวนการผลิต/ขั้นตอนการปฏิบัติ/กิจกรรม.....โรงงาน.....

ตามแบบเอกสารหมายเลข.....วันที่ทำการศึกษา.....

คำถาม What If	อันตรายหรือผลที่ เกิดขึ้นตามมา	มาตรการป้องกันและ ควบคุมอันตราย	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง			
				โอกาส	ความ รุนแรง	ผล ลัพธ์	ระดับ ความ เสี่ยง
ให้ระบุความล้มเหลวของเครื่องจักร อุปกรณ์ เครื่องมือวัด ระบบ สาธารณูปโภคที่เกี่ยวข้อง ความ ผิดพลาดจากการทำงานของพนักงาน การทำงานไม่เป็นไปตามขั้นตอน ระหว่างสภาพการทำงานปกติ การ เดินเครื่องจักร หรือการหยุด เครื่องจักร อุบัติเหตุที่ เกี่ยวข้องกับการซ่อมบำรุงรักษา (ให้สอดคล้องกับอันตรายและระดับ ความเสี่ยง)	ให้ระบุอันตรายที่ เกิดขึ้น และอันตรายที่ เกิดขึ้นตามมาที่เป็น ผลจากเหตุการณ์แรก จนถึงอันตรายสุดท้าย ที่อาจเกิดขึ้นได้ และ ระบุผลกระทบจาก อันตรายดังกล่าวที่มี ผลกระทบต่อบุคคล ชุมชน สิ่งแวดล้อม หรือทรัพย์สิน	ให้ระบุมาตรการป้องกันและ ควบคุมอันตรายที่โรงงานมี การดำเนินการอยู่ในปัจจุบัน เพื่อป้องกันความล้มเหลวหรือ ความผิดพลาดที่ระบุในช่อง คำถาม What If (โดยเน้น มาตรการในเชิงการควบคุม ด้านวิศวกรรมก่อน และ มาตรการด้านการบริหาร จัดการ รวมทั้งมาตรการระยะ จับและฟื้นฟูเหตุการณ์)	ให้ระบุมาตรการความ ปลอดภัยที่โรงงานยังไม่มี แต่จะดำเนินการเพิ่มเติม เพื่อให้เกิดความปลอดภัย ยิ่งขึ้น (โดยเฉพาะกรณี ประเมินความเสี่ยงได้ ระดับความเสี่ยง 3 ขึ้นไป) ซึ่งต้องระบุผู้รับผิดชอบ และระยะเวลาที่จะ ดำเนินการสิ้นสุด รวมทั้ง ผู้ติดตามผลดำเนินการ	ระบุ ระดับ โอกาส	ระบุ ระดับ ความ รุนแรง		ระบุระดับ ความ เสี่ยง ระบุแผน ควบคุม ความ เสี่ยงและ แผนลด ความ เสี่ยง
				โอกาส × ความรุนแรง = ผลลัพธ์			

2.2.3 What If / Checklist Analysis

What If / Checklist Analysis เป็นวิธีการที่ป้องกันการเกิดอุบัติเหตุซึ่งรวมระหว่างสองวิธีคือ What If Analysis และ Checklist Analysis วิธีนี้จะชดเชยข้อจำกัดของวิธี Checklist และ What If คณะทำงานจะร่วมกันระดมความคิดและตั้งคำถามในลักษณะ What If อย่างเป็นระบบ แล้วรวมเข้ากับวิธี Checklist โดยใช้ชุดคำถามที่เขียนไว้ล่วงหน้าซึ่งพัฒนาโดยผู้ที่มีความรู้ ประสบการณ์ และมีคุณสมบัติเหมาะสมเพื่อให้ชุดคำถามที่สร้างขึ้นมีศักยภาพสามารถใช้ประเมินอันตรายที่อาจเกิดขึ้นจากกระบวนการได้ คณะทำงานจะต้องรู้ข้อมูลพื้นฐานที่จำเป็นต่าง ๆ เกี่ยวกับกระบวนการผลิต เช่น ขั้นตอนการปฏิบัติงาน อุปกรณ์ เครื่องมือวัด และวัสดุ เป็นต้น นอกจากนี้ยังต้องใช้ข้อมูลเกี่ยวกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นก่อนหน้าหรือมีการทบทวนกระบวนการที่เป็นอันตรายอีกด้วย การสำรวจกระบวนการผลิตจะทำให้เข้าใจ และสามารถตั้งข้อสังเกตและตรวจสอบกระบวนการตั้งแต่ต้นจนจบได้ จากนั้นคณะทำงานจะประชุมกันเพื่อจัดทำรายการคำถาม “What If” ร่วมกันเกี่ยวกับอันตรายและความปลอดภัยของการปฏิบัติงาน เมื่อรายการคำถามเสร็จสมบูรณ์คณะทำงานจะดำเนินการตาม Checklists ที่เตรียมไว้อย่างเป็นระบบเพื่อกระตุ้นคำถามเพิ่มเติม (Popov et al., 2016) ข้อดีและข้อจำกัดของวิธี What If / Checklist Analysis แสดงดังตารางที่ 2.6

ขั้นตอนการศึกษา วิเคราะห์ และทบทวนการดำเนินงานในโรงงานเพื่อป้องกันการเกิดอุบัติเหตุด้วยวิธี What If / Checklist Analysis (Daniel A. Crowl and Joseph F. Louvar, 2019)

- (1) เตรียมข้อมูลรายละเอียดเกี่ยวกับกระบวนการผลิต
- (2) สร้างตารางเพื่อจัดทำรายการคำถาม “What If”
- (3) ใช้รายการ Checklists เพื่อทำให้มั่นใจว่าทุกพื้นที่และทุกประเด็นปัญหานั้นได้ถูกนำไปวิเคราะห์อย่างครอบคลุมแล้ว
- (4) สรุปข้อมูลทั้งหมดที่ได้จากการศึกษา วิเคราะห์ และทบทวนการดำเนินงานในโรงงานของกลุ่มลงในแบบการป้องกันการเกิดอุบัติเหตุและการประเมินความเสี่ยง
- (5) นำผลการป้องกันการเกิดอุบัติเหตุมาประเมินความเสี่ยง เพื่อจัดลำดับความเสี่ยงอันตรายที่อาจเกิดขึ้นลงในแบบการป้องกันการเกิดอุบัติเหตุและการประเมินความเสี่ยง
- (6) จัดทำแผนงานบริหารจัดการความเสี่ยงตามระดับความเสี่ยงที่ประเมินได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 2.6 ข้อดีและข้อจำกัดของวิธีการ What If / Checklist Analysis

ข้อดี	ข้อจำกัด
<ul style="list-style-type: none"> - เป็นวิธีการที่เป็นระบบและมีรายละเอียดมากขึ้นกว่าวิธี Checklist และ What If - เป็นวิธีการที่ง่ายต่อการใช้งาน และมีความยืดหยุ่นในการใช้งานสูง - ใช้เวลาฝึกอบรมไม่นานก่อนการใช้งาน - ส่งเสริมการคิดแบบสร้างสรรค์ 	<ul style="list-style-type: none"> - คุณภาพการชั่งปั่งอันตรายขึ้นกับความรู้ ประสบการณ์ และความสามารถของผู้ดำเนินการ - หากอ้างอิงและใช้แต่ Checklist มากไป อาจส่งผลให้ประสิทธิภาพการชั่งปั่งอันตรายลดลง

2.2.4 Hazard and Operability Studies (HAZOP)

การศึกษาคำกรทำ Hazard and Operability (HAZOP) ถูกพัฒนาขึ้นจากองค์กร Imperial Chemical Industries (ICI) ในปี พ.ศ. 2503 และได้รับการสนับสนุนให้ถูกตีพิมพ์ในปี พ.ศ. 2520 จาก The Chemical Industries Association (CIA) ตั้งแต่นั้นมาวิธีการทำ HAZOP ก็เป็นตัวเลือกสำหรับการออกแบบกระบวนการผลิตที่คิดค้นใหม่ กระบวนการที่มีอยู่แล้วแต่ต้องการปรับเปลี่ยนกระบวนการและการดำเนินงานของกระบวนการผลิต การทบทวนกระบวนการผลิตให้เป็นปัจจุบัน เป็นต้น โดยการทำ HAZOP สามารถใช้เพื่อระบุปัญหาที่สามารถเกิดขึ้นในกระบวนการผลิตได้ โดยความหมายของคำทั่วไปที่ใช้ในการทำ HAZOP จะแสดงดังตารางที่ 2.7 (Frank Crawley, Malcolm Preston, and Brian Tyler, 2000)

ตารางที่ 2.7 ความหมายของคำทั่วไปที่ใช้ในการทำ HAZOP (อัญชลีพร วาริตสวัสต์ หล่อทองคำ และปิยะนาถ สมมณี, 2563)

คำ	ความหมาย
Study Node	ตำแหน่งศึกษาที่ถูกเลือกขึ้นมาจากกระบวนการซึ่งสามารถดูได้จากแผนภาพของระบบท่อและเครื่องมือวัด (Piping & Instrument Diagram: P&ID) และแผนภาพกระบวนการผลิต (Process Flow Diagram: PFD) โดยตำแหน่งที่เลือกนี้จะเป็นตำแหน่งที่ถูกสมมติให้เกิดการเบี่ยงเบนขึ้นโดยแต่ละตำแหน่งจะมีค่าตัวแปรของระบบของตนเอง เมื่อศึกษาการเบี่ยงเบนจนครบแล้วก็จะเปลี่ยนตำแหน่งศึกษาไปที่ตำแหน่งอื่นในกระบวนการจนครบทั้งกระบวนการ
Intention หรือ Intent	วัตถุประสงค์ของการดำเนินงานที่ตำแหน่งที่ศึกษา ซึ่งในการดำเนินการปกติแล้วควรจะเป็นไปตามนี้ โดยไม่มีการเบี่ยงเบน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับงานวิชาการเท่านั้นเพื่อการใช้งานเท่านั้น ไม่เอื้ออำนวยให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

คำ	ความหมาย
Design Intent	วัตถุประสงค์หรือเจตนาของการออกแบบ
HAZOP Guidewords	เป็นเครื่องมือช่วยในการระบุถึงปริมาณอย่างคร่าว ๆ ของการเบี่ยงเบน ไปจากการดำเนินงานปกติ โดยคำแนะนำจะถูกนำมาประยุกต์ใช้กับค่าตัวแปรของระบบเพื่อเป็นการระบุถึงการเบี่ยงเบนที่ตำแหน่งที่ศึกษา
Parameters	ตัวแปร ปัจจัยการผลิต หรือพารามิเตอร์ ที่ได้ออกแบบไว้ เช่น อัตราการไหล อุณหภูมิ ความดัน เป็นต้น
Deviation	การเบี่ยงเบนหรือการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ของกระบวนการผลิตจาก Intention ซึ่งจะใช้ Guidewords และค่าตัวแปรของระบบในการบอกถึงการเบี่ยงเบนนั้น ๆ
Causes	สาเหตุที่ทำให้การเบี่ยงเบนนั้นเกิดขึ้น เมื่อมีการกำหนดการเบี่ยงเบนขึ้น สมาชิกในกลุ่มจะต้องพยายามหาสาเหตุของการเกิดการเบี่ยงเบนนั้น ซึ่งความเป็นไปได้หรือความน่าเชื่อถือของแต่ละสาเหตุจะไม่เท่ากัน ดังนั้นจึงต้องมีการตัดสินกันว่าสาเหตุใดที่สามารถเกิดขึ้นได้และเป็นที่มาของการเบี่ยงเบนนั้นจริง ๆ ส่วนสาเหตุที่ไม่มีโอกาสเกิดขึ้นเลยจะถูกกำจัดออกไป โดยสามารถจำแนกสาเหตุ ได้เป็น 3 ชนิด คือ <ul style="list-style-type: none"> - ความผิดพลาดจากมนุษย์ (Human Error) คือความผิดพลาดที่เกิดจากการประมาท ความไม่เข้าใจ หรือการปฏิบัติงานที่ผิดพลาดของผู้ปฏิบัติงาน ผู้ออกแบบ ผู้ก่อสร้าง หรือ ใครก็ตามที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดอันตรายขึ้น - ความผิดพลาดของอุปกรณ์ (Equipment Failure) คือความผิดพลาดที่เกิดจากกลศาสตร์ โครงสร้าง หรือการดำเนินการที่ผิดพลาดที่เป็นสาเหตุให้เกิดอันตรายขึ้น - ปัจจัยภายนอก (External Event) คือสิ่งต่างๆภายนอกที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดอันตรายขึ้น เช่น การเกิดระเบิดอันเนื่องมาจากอากาศร้อนและแผ่นดินไหว ซึ่งจะรวมไปถึงอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่อยู่ใกล้ตำแหน่งศึกษาที่เราศึกษา
Consequences	ผลสืบเนื่องหรือผลกระทบที่เกิดขึ้นเมื่อเกิดการเบี่ยงเบน
Safeguards/Actions	อุปกรณ์ป้องกันอันตราย/มาตรการหรือการดำเนินการ เพื่อป้องกันกระบวนการผลิตไม่ให้เกิดความเสียหาย ซึ่งสามารถจำแนกมาตรการ ได้เป็น 2 กลุ่ม คือ <ul style="list-style-type: none"> - มาตรการป้องกันหรือกำจัดสาเหตุของการเบี่ยงเบน (Preventive

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานานาชาติ ไม่อนุญาตให้แก้ไข ใด ๆ ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

คำ	ความหมาย
	Safeguards) - มาตรการลดผลกระทบหรือความรุนแรงของอันตรายที่เกิดขึ้น (Mitigation Safeguards)

HAZOP เป็นวิธีการศึกษาวิเคราะห์และทบทวนเพื่อชี้บ่งอันตรายและค้นหาปัญหาที่อาจเกิดขึ้นจากการดำเนินงานในโรงงาน โดยการวิเคราะห์อันตรายและปัญหาของระบบต่าง ๆ ซึ่งอาจเกิดจากความไม่สมบูรณ์ในการออกแบบที่เกิดขึ้นโดยไม่ได้ตั้งใจ ด้วยการตั้งคำถามที่สมมติสถานการณ์ของการผลิตในภาวะต่าง ๆ โดยการใช้ HAZOP Guidewords มาประกอบกับปัจจัยการผลิต หรือตัวแปรที่ได้ออกแบบไว้ เช่น อัตราการไหล อุณหภูมิ ความดัน เป็นต้น ซึ่งจะเป็นตัวแทนของความบกพร่องและความผิดปกติในกระบวนการผลิต จะแสดงดังตารางที่ 2.8 เพื่อนำมาชี้บ่งอันตรายหรือค้นหาปัญหาในกระบวนการผลิตซึ่งอาจทำให้เกิดอุบัติเหตุหรืออุบัติภัยร้ายแรงขึ้น และขั้นตอนการชี้บ่งอันตรายด้วยวิธีการ HAZOP จะแสดงดังรูปที่ 2.1 โดยข้อดีและข้อจำกัดของการชี้บ่งอันตรายด้วยวิธีการ HAZOP จะแสดงดังตารางที่ 2.9

ตารางที่ 2.8 คำนำทาง (HAZOP Guidewords) และความบกพร่องหรือผิดปกติในการทำงาน (Operating Deviation) (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2543)

HAZOP Guidewords	ความบกพร่องหรือผิดปกติในการทำงาน (Operating Deviation)
ไม่ (None)	- ไม่มีการไหล (No Flow) - ไหลย้อนกลับ (Reverse Flow) - ไม่เกิดปฏิกิริยา (No Reaction)
มากกว่า (More)	- อัตราการไหลที่เพิ่มขึ้น (Increased Flow) - ความดันที่เพิ่มขึ้น (Increased Pressure) - อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น (Increased Temperature) - อัตราการเกิดปฏิกิริยาเพิ่มขึ้น (Increased Reaction Time)
น้อยกว่า (Less)	- อัตราการไหลลดลง (Reduced Flow) - ความดันลดลง (Reduced Pressure) - อุณหภูมิลดลง (Reduced Temperature) - อัตราการเกิดปฏิกิริยาลดลง (Reduced Reaction Time)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานภายในเท่านั้น ห้ามเผยแพร่หรือใช้เพื่อการค้าโดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

HAZOP Guidewords	ความบกพร่องหรือผิดปกติในการทำงาน (Operating Deviation)
ปัจจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง (Part of, As Well As, Others)	<ul style="list-style-type: none"> - การเปลี่ยนแปลงส่วนผสมของวัตถุดิบ (Change of Ratio of Material Balance) - การเปลี่ยนวัตถุดิบ (Different Material Present) - สภาพะโรงงานที่แตกต่างจากการปฏิบัติอย่างปกติ (Different Plant Conditions from Normal Operation) - การเดินเครื่องจักร (Start Up) - การหยุดเครื่องจักร (Shutdown) - การปล่อยสารเคมี ความดัน (Relief System) - การใช้เครื่องมือ (Instrumentation) - การเก็บตัวอย่าง (Sampling) - ความบกพร่องของระบบน้ำ ระบบไฟ เป็นต้น (Utility Failure) - การกัดกร่อน (Corrosion) - การซ่อมบำรุง (Maintenance) - การกัดเซาะ (Erosion) - ไฟฟ้าสถิต (Grounding/Static)

ตารางที่ 2.9 ข้อดีและข้อจำกัดของวิธีการ HAZOP (Popov et al., 2016)

ข้อดี	ข้อจำกัด
<ul style="list-style-type: none"> - เป็นวิธีการที่ใช้ได้กับระบบที่มีความซับซ้อนมาก - ให้รายละเอียดได้มากกว่าวิธีการซึ่งบังด้วยวิธีการ What If Analysis - สามารถระบุปัญหาในการปฏิบัติงานรวมทั้งอันตรายที่เกิดขึ้นได้ - เป็นวิธีการที่มีการคิดเป็นระบบระเบียบและครอบคลุม 	<ul style="list-style-type: none"> - ใช้เวลาในการดำเนินงานมากและใช้ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานสูง - มีความจำเป็นต้องใช้ข้อมูลค่าการออกแบบของตัวแปรและอุปกรณ์ ในกระบวนการผลิต รวมถึงขั้นตอนการปฏิบัติงานและกระบวนการผลิตอย่างละเอียด - ต้องอาศัยผู้ที่มีความรู้ ความเชี่ยวชาญ และความสามารถของผู้ดำเนินงานค่อนข้างสูง - ไม่สามารถประเมินประสิทธิภาพของอุปกรณ์ควบคุมและป้องกันที่มีอยู่ในกระบวนการผลิตหรือในอนาคตได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่ควรนำเอกสารนี้ไปใช้ในการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงชื่อของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ขั้นตอนการศึกษา วิเคราะห์ และทบทวนการดำเนินงานในโรงงานเพื่อชั่งอันตรายด้วยวิธี HAZOP (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2543)

- (1) แนะนำสมาชิกของคณะทำงาน พร้อมประวัติอย่างคร่าว ๆ ของแต่ละคน
- (2) ผู้ประสานงานของกลุ่มเสนอวิธีการในการทำ HAZOP เพื่อให้คณะทำงานพร้อมที่จะทำการศึกษา วิเคราะห์ และทบทวนการดำเนินงานในโรงงาน
- (3) นำเสนอให้คณะทำงานทราบถึงคุณสมบัติของสารเคมีหรือวัตถุดิบอันตรายชนิดเฉียบพลัน เพื่อให้ตระหนักถึงความเป็นพิษ
- (4) สมาชิกในคณะทำงานต้องชั่งอันตรายเบื้องต้นในกระบวนการผลิตก่อนเพื่อจะได้ทราบจุดประสงค์ของการทำ HAZOP และนำไปสู่การปฏิบัติในแนวทางเดียวกัน
- (5) กำหนดขอบเขตของการทำ HAZOP
- (6) การเดินสำรวจโรงงาน คณะทำงานควรเดินสำรวจโรงงานตามจุดต่าง ๆ เพื่อศึกษาให้เข้าใจกระบวนการผลิต
- (7) จัดประชุมกลุ่มย่อยภายใต้ขอบข่ายงานที่กำหนดในการทำ HAZOP
- (8) สรุปข้อมูลทั้งหมดที่ได้จากการศึกษา วิเคราะห์ และทบทวนการดำเนินงานในโรงงานของคณะทำงานลงในแบบฟอร์มการชั่งอันตรายและการประเมินความเสี่ยง แสดงดังตารางที่ 2.10
- (9) นำผลการชั่งอันตรายมาประเมินความเสี่ยง เพื่อจัดลำดับความเสี่ยงอันตรายที่อาจเกิดขึ้นลงในแบบฟอร์มการชั่งอันตรายและการประเมินความเสี่ยง
- (10) จัดทำแผนงานบริหารจัดการความเสี่ยงตามระดับความเสี่ยงที่ประเมินได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

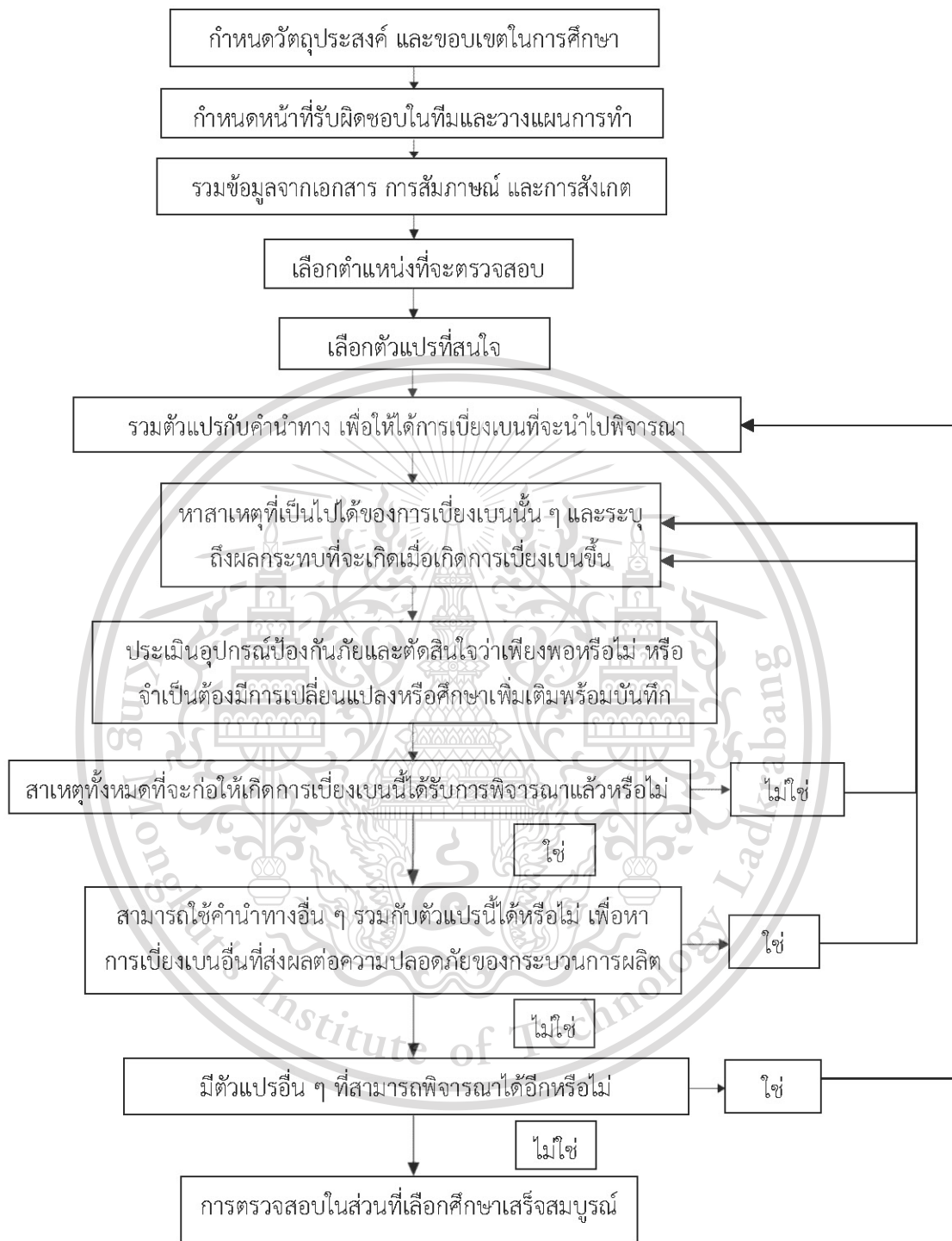
ตารางที่ 2.10 แบบฟอร์มการชี้บ่งอันตรายและการประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี HAZOP (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2558)

ผลการศึกษา วิเคราะห์ และทบทวนการดำเนินงานในโรงงานเพื่อการชี้บ่งอันตรายและการประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี HAZOP

หน่วย..... รายละเอียด.....

ปัจจัยการผลิต..... ค่าควบคุม..... แบบแปลนหมายเลข.....

ชื่อบทพร้อง	สถานการณ์จำลอง	ผลกระทบหรือเหตุการณ์ที่เกิดตามมา	มาตรการป้องกัน/ควบคุม/แก้ไข	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง			
					โอกาส	ความรุนแรง	ผลลัพธ์	ระดับความเสี่ยง
ให้นำ Guidewords มาประกอบกับตัวแปรที่พิจารณาเพื่อให้ได้ความบกพร่องหรือผิดพลาดในการทำงาน (Operating Deviation)	พิจารณาเหตุการณ์ สถานการณ์ อุปกรณ์ หรือสาเหตุที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องในจุดที่กำลังศึกษาวิเคราะห์	ผลกระทบที่เกิดจาก สถานการณ์ อุปกรณ์ ที่ทำให้เกิดข้อบกพร่อง (ให้ระบุผลจากเหตุการณ์ แรกจนถึงเหตุการณ์ สุดท้ายที่อาจเกิดขึ้น ที่มีผลกระทบ ต่อบุคคล ชุมชนสิ่งแวดล้อม หรือทรัพย์สิน)	ให้ระบุมาตรการป้องกันและควบคุมอันตรายที่โรงงานมีการดำเนินการอยู่ในปัจจุบัน เพื่อป้องกันสาเหตุที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องจากสถานการณ์จำลองโดยเน้นมาตรการในเชิงการควบคุมด้านวิศวกรรม ก่อน และมาตรการด้านการบริหารจัดการ รวมทั้ง มาตรการระงับและฟื้นฟูเหตุการณ์	ให้ระบุมาตรการความปลอดภัยที่โรงงานยังมี แต่จะดำเนินการเพิ่มเติมเพื่อให้เกิดความปลอดภัยยิ่งขึ้น (โดยเฉพาะกรณี ประเมินความเสี่ยงได้ระดับความเสี่ยง 3 ขึ้นไป)	ระบุระดับโอกาส	ระบุระดับความรุนแรง	ระบุผลลัพธ์	ระบุระดับความเสี่ยง ระบุแผนควบคุมความเสี่ยงและแผนลดความเสี่ยง
$\text{โอกาส} \times \text{ความรุนแรง} = \text{ผลลัพธ์}$								



รูปที่ 2.1 แผนผังขั้นตอนการชี้บ่งอันตรายด้วยวิธี HAZOP

(Frank Crawley, Malcolm Preston, and Brian Tyler, 2000)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.2.5 Fault Tree Analysis

เป็นเทคนิคการซึ่งบ่งอันตรายที่เน้นถึงอุบัติเหตุหรืออุบัติเหตุร้ายแรงที่เกิดขึ้นหรือคาดว่าจะเกิดขึ้น เพื่อนำไปวิเคราะห์หาสาเหตุของการเกิดเหตุ ซึ่งเป็นเทคนิคในการคิดย้อนกลับที่อาศัยหลักการทางตรรกวิทยาในการใช้หลักการเหตุและผล เพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุหรืออุบัติเหตุร้ายแรง โดยเริ่มวิเคราะห์จากอุบัติเหตุหรืออุบัติเหตุร้ายแรงที่เกิดขึ้นหรือคาดว่าจะเกิดขึ้น เพื่อพิจารณาหาเหตุการณ์แรกที่เกิดขึ้นก่อนแล้วนำมาแจกแจงขั้นตอนการเกิดเหตุการณ์แรกกว่ามาจากเหตุการณ์ย่อยอะไร ได้บ้าง และเหตุการณ์ย่อยเหล่านั้นเกิดขึ้น ได้อย่างไร การสิ้นสุดการวิเคราะห์เมื่อพบว่าสาเหตุของการเกิดเหตุการณ์ย่อยเป็นผลเนื่องจากความบกพร่องของเครื่องจักร อุปกรณ์หรือความผิดพลาดจากการปฏิบัติงาน ซึ่งการซึ่งบ่งอันตรายด้วยเทคนิคนี้จะมีการใช้สัญลักษณ์ที่ช่วยในการวิเคราะห์แสดงตัวอย่างสัญลักษณ์ดังตารางที่ 2.11

ตารางที่ 2.11 สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์การซึ่งบ่งอันตรายด้วยวิธี Fault Tree Analysis (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2543)

สัญลักษณ์	ชื่อ	ความหมาย
	And Gate สาเหตุหลายสาเหตุ	เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นได้เนื่องจากสาเหตุหลายสาเหตุของเหตุการณ์ย่อย
	Or Gate สาเหตุใดสาเหตุหนึ่ง	เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นได้เนื่องจากสาเหตุใดสาเหตุหนึ่งของเหตุการณ์ย่อย
	Basic Event เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นโดยปกติ	เหตุการณ์ย่อยที่เกิดขึ้นได้ตามปกติ ซึ่งทราบถึงสาเหตุที่เห็นได้ชัดเจนโดยไม่ต้องทำการวิเคราะห์หาสาเหตุต่อไป ถือเป็นสาเหตุแรกของการเกิดอุบัติเหตุ
	Fault Tree Event เหตุการณ์ย่อย	เหตุการณ์ย่อยที่ส่งผลให้เกิดเหตุการณ์ต่อเนื่องจนเป็นเหตุให้เกิดอุบัติเหตุ
	Undeveloped Event เหตุการณ์ที่วิเคราะห์ต่อไม่ได้	เหตุการณ์ย่อยที่ไม่ต้องทำการวิเคราะห์หาสาเหตุต่อไป เนื่องจากไม่มีข้อมูลสนับสนุน
	External Event เหตุการณ์ภายนอก	เหตุการณ์ภายนอกหรือปัจจัยภายนอกที่เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดเหตุการณ์ต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ขั้นตอนการศึกษา วิเคราะห์ และทบทวนการดำเนินงานในโรงงานเพื่อชั่งอันตรายด้วยวิธี Fault Tree Analysis ให้ปฏิบัติดังนี้ (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2543)

(1) พิจารณาเลือกจำลองเหตุการณ์แรก (Top Event) ที่เกิดขึ้นหรืออาจเกิดขึ้นได้ ซึ่งสามารถส่งผลกระทบต่อทำให้เกิดอุบัติเหตุร้ายแรงตามมา

(2) วิเคราะห์หาสาเหตุของการเกิดเหตุการณ์แรกว่าเกิดได้จากเหตุการณ์ย่อย (Fault Tree Event or Intermediate Event) อะไรได้บ้าง

(3) วิเคราะห์หาสาเหตุของเหตุการณ์ย่อยเหล่านั้นอีกจนการวิเคราะห์หาสาเหตุสิ้นสุดเมื่อพบว่าสาเหตุต่าง ๆ ของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นเป็นผลมาจากความบกพร่องของเครื่องจักรอุปกรณ์ เครื่องมือ ระบบความปลอดภัย ความผิดพลาดของผู้ปฏิบัติงาน และ/หรือระบบการบริหารจัดการซึ่งสิ่งเหล่านี้จัดเป็นเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นได้โดยปกติ (Basic Event)

(4) แสดงผลการศึกษา วิเคราะห์ และทบทวนเพื่อชั่งอันตรายในรูปแบบภูมิโดยใช้เครื่องหมายในตาราง

(5) สรุปผลการศึกษา วิเคราะห์ และทบทวนการดำเนินงานในโรงงานเพื่อชั่งอันตราย และประเมินความเสี่ยงลงในแบบการชั่งอันตรายและการประเมินความเสี่ยง

(6) จัดทำแผนงานบริหารจัดการความเสี่ยงตามระดับความเสี่ยงที่ประเมินได้

2.2.6 Failure Modes and Effects Analysis (FMEA)

เป็นวิธีที่ใช้การวิเคราะห์ในรูปแบบความล้มเหลวและผลที่เกิดขึ้น ซึ่งเป็นการตรวจสอบชิ้นส่วนเครื่องจักรอุปกรณ์ในแต่ละส่วนของระบบแล้วนำมาวิเคราะห์หาผลที่จะเกิดขึ้นเมื่อเกิดความล้มเหลวของเครื่องจักรอุปกรณ์

ขั้นตอนการศึกษา วิเคราะห์ และทบทวนการดำเนินงานในโรงงานเพื่อชั่งอันตรายด้วยวิธี FMEA ให้ปฏิบัติดังนี้ (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2543)

(1) จัดเตรียมข้อมูล เอกสาร และแผนผังเพื่อศึกษาวิเคราะห์ FMEA ข้อมูลหรือเอกสารที่ใช้ในการศึกษาวิเคราะห์เพื่อชั่งอันตรายด้วย FMEA ประกอบด้วย

- แผนผังระบบท่อและอุปกรณ์
- แผนผังวงจรกระแสไฟฟ้าและคำอธิบายถึงลักษณะของระบบ
- แผนผังของระบบเชื่อมโยงระหว่างเครื่องมือหรืออุปกรณ์
- แผนผังการเดินสายไฟ
- แผนผังเครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่ใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานภายในโรงงานอุตสาหกรรม ไม่อนุญาตให้เผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจากทางบริษัทฯ
 ระวัง
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ก็ตาม ห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(2) คัดเลือกกลุ่มทำการศึกษา FMEA ซึ่งต้องประกอบด้วยบุคลากรที่มีประสบการณ์
ดังนี้

- วิศวกรหรือผู้เชี่ยวชาญด้านการปฏิบัติงานที่มีความชำนาญในเรื่องการออกแบบและ
การปฏิบัติงานของโรงงาน

- ผู้เชี่ยวชาญด้านการควบคุมระบบไฟฟ้า เครื่องจักรอุปกรณ์ และสิ่งอำนวยความสะดวกหรือระบบสาธารณูปโภค (Utilities) โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ต้องมีความชำนาญในเรื่องการ
ออกแบบ

สำหรับหัวหน้ากลุ่มต้องมีลักษณะต่อไปนี้เพื่อให้ได้ผลการศึกษาวิเคราะห์ที่ถูกต้องและมี
คุณภาพ

- ต้องมีประสบการณ์ด้านเครื่องจักรอุปกรณ์ โดยเฉพาะ ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการ
ทำงาน สาเหตุและผลกระทบจากความล้มเหลวของเครื่องจักรอุปกรณ์

- มีความรู้เกี่ยวกับโรงงานในเชิงวิศวกรรม ทั้งทางด้าน การออกแบบและการควบคุมการ
ทำงานของเครื่องจักรอุปกรณ์หรือไฟฟ้า

(3) การทำ FMEA มีแนวทางดังนี้

ก. ให้คำนิยามเพื่อกำหนดขอบเขตการทำ FMEA โดยจัดทำรายการของสิ่งต่าง ๆ ใน
โรงงานอย่างเป็นระบบ ซึ่งคำว่า "ระบบ" หมายถึง ส่วนประกอบทั้งหมดของเครื่องจักรอุปกรณ์ท่อ
และส่วนประกอบอื่น ๆ ที่เป็นส่วนสนับสนุน เช่น แหล่งกำเนิดไฟฟ้า น้ำหล่อเย็น เป็นต้น ทั้งนี้ต้อง
ครอบคลุมหน้าที่อย่างสมบูรณ์

ข. อธิบายรายละเอียดของชิ้นส่วนหลักของระบบต่าง ๆ ในโรงงาน เพราะการวิเคราะห์
ต้องเกี่ยวข้องกับหลายระบบ อย่างไรก็ตามอุปกรณ์หลักของแต่ละระบบมักทำงานล้มเหลวเนื่องจาก
ชิ้นส่วนย่อย ๆ กลุ่มผู้ศึกษาวิเคราะห์เทคนิค FMEA สามารถนำความล้มเหลวของชิ้นส่วนย่อยไปรวม
ไว้ในการวิเคราะห์ได้ ถ้ามีผู้เชี่ยวชาญอยู่ในกลุ่มด้วย

ค. เก็บรวบรวมข้อมูล ซึ่งประกอบด้วย

- รายละเอียดของชิ้นส่วนเครื่องจักรอุปกรณ์และระบบสนับสนุน
- รูปแบบความล้มเหลวที่เลือกไว้รวมทั้งสาเหตุของความล้มเหลว
- ผลกระทบที่เกิดจากความล้มเหลวของระบบรวมและระบบย่อย
- วิธีการตรวจวัดและการวิเคราะห์หาสาเหตุของความล้มเหลว
- ระบบการทำงานทดแทนและผู้ปฏิบัติงานพร้อมคำอธิบาย

ในการทำ FMEA นั้น ไม่เพียงแต่มุ่งประเด็นหลักไปที่ความล้มเหลวของเครื่องจักร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่เผยแพร่โดยทางวิศวกรรมศาสตร์เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่ในเชิงพาณิชย์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การประมวลผลหรือภาพรวมทั้งหมดได้ โดยจะต้องพิจารณาถึงชิ้นส่วนอื่นๆ และรูปแบบความล้มเหลวด้วย เช่น การพิจารณาถึงชิ้นส่วนที่เป็นเครื่องจักรอุปกรณ์ เช่น ปีม ต้องพิจารณาเลยไปถึงชิ้นส่วนอื่นๆที่ทำหน้าที่จ่ายกำลัง ได้แก่ เครื่องตัดวงจรกระแสไฟ ระบบเชื่อมโยงระหว่างการเริ่มทำงานและการสิ้นสุดการทำงาน ระบบควบคุมร่วม เป็นต้น ความล้มเหลวของระบบเป็นส่วนมากที่มักพบว่ามีสาเหตุเกี่ยวข้องกับเรื่องระบบไฟฟ้าและการควบคุมระบบ

(4) การรวบรวมบันทึกข้อมูล ซึ่งแสดงให้เห็นถึงผลความล้มเหลวของชิ้นส่วนที่มีต่อระบบ ความล้มเหลวทั้งหมดซึ่งเป็นสาเหตุให้ระบบไม่สามารถทำงานได้นั้นต้องได้รับการพิจารณาทั้งหมด โดยไม่มีการจำเพาะเจาะจงถึงความรุนแรงของผลกระทบและแนวโน้มของเหตุการณ์นั้น ๆ เครื่องจักรอุปกรณ์ที่ได้รับความเสียหายอาจเป็นผลมาจากความล้มเหลวบางอย่างของระบบสนับสนุนก็ได้ เช่น สภาวะที่กระแสไฟตกเป็นเวลานาน ดังนั้นจึงถือเป็นหน้าที่ของผู้วิเคราะห์ในการเพิ่มหัวเรื่องลงไปในการบันทึกข้อมูล เพื่อระบุถึงความล้มเหลวที่มีผลต่อการทำงานในแต่ละระบบ หรือไม่ก็อธิบายลักษณะของผลกระทบจากความล้มเหลวในแง่ของแนวโน้มที่อาจก่อให้เกิดความสูญเสียต่อผลผลิตหรือรายได้ไว้ด้วย

(5) รายงานที่ต้องจัดทำเพื่อแสดงผลการศึกษา ให้บันทึกข้อมูลลงในแบบการชี้บ่งอันตรายและประเมินความเสี่ยง ซึ่งประกอบด้วยข้อมูลในเรื่อง

- รายละเอียดของชิ้นส่วนเครื่องจักรอุปกรณ์และระบบสนับสนุน
- ความล้มเหลวหรือความเสียหายหรือความบกพร่อง
- สาเหตุของความล้มเหลว หรือความเสียหาย หรือความบกพร่องผลที่เกิดจากความล้มเหลว หรือความเสียหาย หรือความบกพร่องของเครื่องจักรอุปกรณ์ และระบบสนับสนุน
- มาตรการป้องกัน ควบคุม และแก้ไข

(6) นำผลการชี้บ่งอันตรายมาประเมินความเสี่ยง เพื่อจัดลำดับความเสี่ยงอันตรายที่อาจเกิดขึ้น ลงในแบบการชี้บ่งอันตรายและประเมินความเสี่ยง

(7) จัดทำแผนงานบริหารจัดการความเสี่ยงตามระดับความเสี่ยงที่ประเมินได้

2.2.7 Bow-Tie Diagrams

Bow-Tie นั้นเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าการวิเคราะห์สิ่งกีดขวาง เนื่องจากวิธีการนี้ระบุการป้องกันที่สามารถป้องกันอันตรายและลดอันตรายได้ ซึ่งการใช้แผนภาพ Bow-Tie เหมาะสำหรับการวิเคราะห์ตั้งแต่โรงงานต้นแบบ การออกแบบทางวิศวกรรม การปฏิบัติงานที่ทำเป็นประจำ การปรับเปลี่ยนกระบวนการผลิตหรือการขยายโรงงาน และขั้นตอนการตรวจสอบปฏิบัติการ เป็นต้น โดย

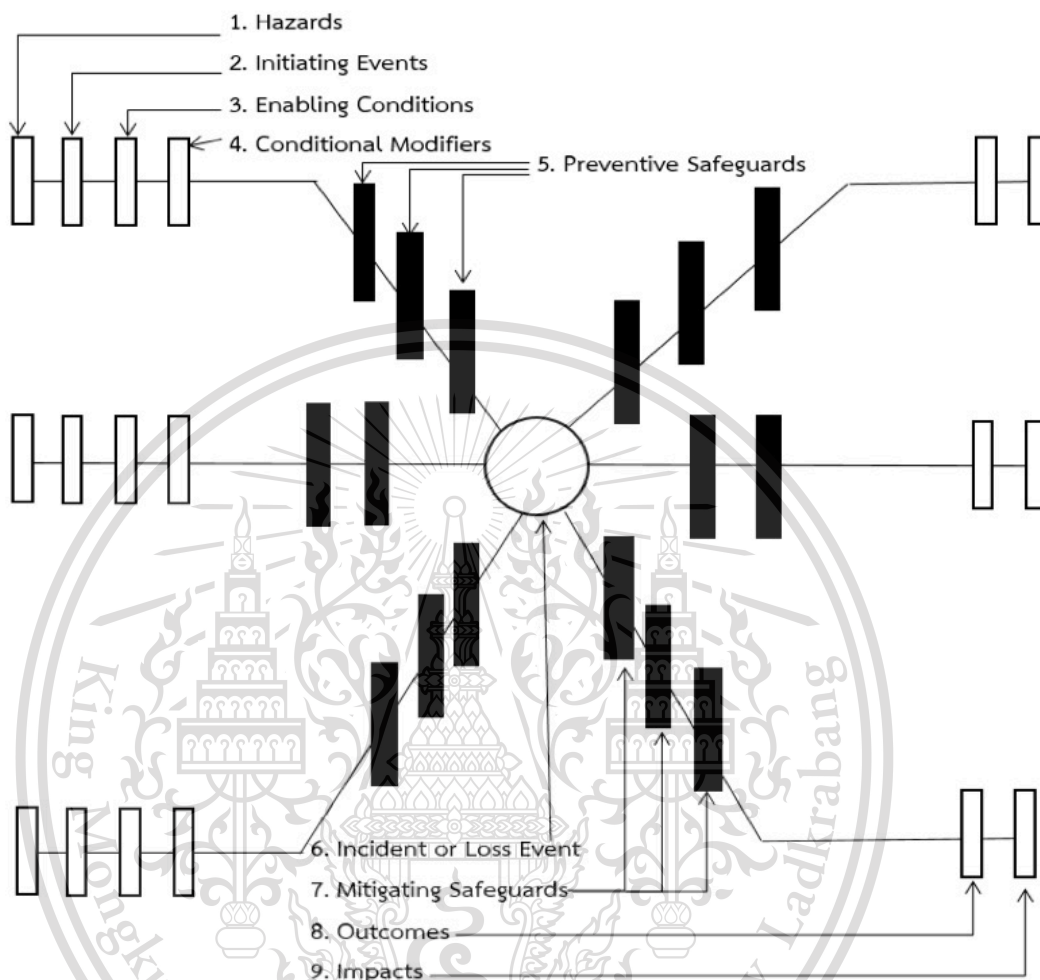
เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง การนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตจากสถาบันฯ

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Trees กับเหตุการณ์เริ่มต้นของการซึ่งอันตรายด้วยวิธี Even Tree หรือความบกพร่องหรือผิดพลาด
ในกระบวนการผลิตของการซึ่งอันตรายด้วยวิธี HAZOP แสดงดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 ไตอะแกรมสำหรับการวิเคราะห์ Bow-Tie
(Daniel A. Crowl and Joseph E. Louvar, 2019)

เนื่องจากแผนภาพ Bow-Tie สามารถแสดงภาพของความสัมพันธ์ระหว่างเหตุการณ์
เริ่มต้น การป้องกัน และผลสุดท้ายได้ชัดเจน ทำให้แผนภาพ Bow-Tie นั้นสามารถใช้ได้อย่าง
กว้างขวางตั้งแต่กระบวนการระดับง่ายไปจนถึงระดับที่ซับซ้อนมาก โดยสำหรับกระบวนการที่ซับซ้อน
มากจะสามารถช่วยให้รายละเอียดในการวิเคราะห์ความเสี่ยงเชิงปริมาณ ส่วนสำหรับกระบวนการ
ระดับง่ายนั้นก็จะใช้เพียงบางส่วนของแผนภาพ Bow-Tie เท่านั้นก็เพียงพอ แผนภาพ Bow-Tie นั้นมี
ข้อดี คือ แสดงสิ่งต่าง ๆ ออกมาได้อย่างชัดเจนและง่ายต่อการเข้าใจ นอกจากนี้ยังเป็นเครื่องมือที่มี
ประสิทธิภาพสูงที่ช่วยในการหามาตรการป้องกันเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ตามที่ต้องการ (Daniel A. Crowl
and Joseph E. Louvar, 2019)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่หรือใช้
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.3 การประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment)

อันตราย หมายถึง สิ่งหรือเหตุการณ์ที่อาจก่อให้เกิดการบาดเจ็บหรือความเจ็บป่วยจากการทำงาน ความเสียหายต่อทรัพย์สิน ความเสียหายต่อสภาพแวดล้อม ความเสียหายต่อสาธารณชน หรือสิ่งต่างๆเหล่านี้รวมกัน โดยสิ่งทำให้เกิดเหตุการณ์ไม่พึงประสงค์เช่น สารเคมีอันตรายร้ายแรง ภาชนะรับแรงดัน สถานที่อับอากาศ และเหตุการณ์ไม่พึงประสงค์ที่เกิดจากสิ่งเหล่านั้นได้แก่ ไฟไหม้ ระเบิด หรือสารเคมีอันตรายร้ายแรงรั่วไหล

ความเสี่ยง หมายถึง ผลลัพธ์ของความน่าจะเป็นที่จะเกิดอันตราย และผลจากอันตรายนั้น

การประเมินความเสี่ยง หมายถึง กระบวนการวิเคราะห์ถึงปัจจัย หรือสภาพการณ์ต่าง ๆ ที่เป็นสาเหตุทำอันตรายที่มีและที่แอบแฝงอยู่ก่อให้เกิดอุบัติเหตุและอาจก่อให้เกิดเหตุการณ์ที่ไม่พึงประสงค์ เช่น การเกิดเพลิงไหม้ การระเบิด การรั่วไหลของสารเคมีหรือวัตถุอันตราย เป็นต้น โดยพิจารณาถึงโอกาสและความรุนแรงของเหตุการณ์เหล่านั้น ซึ่งอาจส่งผลให้เกิดอันตรายหรือความเสียหายแก่บุคคล ชุมชน สิ่งแวดล้อม และทรัพย์สิน เป็นต้น (กระทรวงอุตสาหกรรม, 2542)

2.3.1 วิธีการประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment)

การประเมินความเสี่ยงเป็นการวิเคราะห์และจัดลำดับความเสี่ยงโดยพิจารณาจากการประเมินโอกาสที่จะเกิดเหตุการณ์ (Likelihood) ซึ่งจะแสดงรายละเอียดดังตารางที่ 2.12 และความรุนแรงของผลกระทบจากเหตุการณ์ความเสี่ยง (Severity) โดยในการพิจารณาความรุนแรงให้พิจารณาเหมือนไม่มีมาตรการป้องกันและควบคุมอันตรายเพื่อจะประเมินว่าเมื่อเกิดเหตุการณ์นั้นแล้วจะเกิดความรุนแรงได้มากเพียงใด โดยจะต้องพิจารณาให้ครอบคลุม 4 ด้าน ได้แก่ บุคคล ชุมชน สิ่งแวดล้อม และทรัพย์สิน ซึ่งรายละเอียดแสดงการจัดระดับความรุนแรงจะแสดงดังตารางที่ 2.13-2.16 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 2.12 การจัดระดับโอกาสในการเกิดเหตุการณ์ (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2543)

ระดับ	รายละเอียด
1	มีโอกาในการเกิดยาก เช่น ไม่เคยเกิดเลยในช่วงเวลาตั้งแต่ 10 ปีขึ้นไป
2	มีโอกาในการเกิดน้อย เช่น ความถี่ในการเกิด เกิดขึ้น 1 ครั้ง ในช่วง 5-10 ปี
3	มีโอกาในการเกิดปานกลาง เช่น ความถี่ในการเกิด เกิดขึ้น 1 ครั้ง ในช่วง 1-5 ปี
4	มีโอกาในการเกิดสูง เช่น ความถี่ในการเกิด เกิดมากกว่า 1 ครั้ง ใน 1 ปี

ตารางที่ 2.13 การจัดระดับความรุนแรงของเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่ส่งผลกระทบต่อบุคคล (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2543)

ระดับ	ความรุนแรง	รายละเอียด
1	เล็กน้อย	มีการบาดเจ็บเล็กน้อยในระดับปฐมพยาบาล
2	ปานกลาง	มีการบาดเจ็บที่ต้องได้รับการรักษาทางการแพทย์
3	สูง	มีการบาดเจ็บหรือเจ็บป่วยที่รุนแรง
4	สูงมาก	ทุพพลภาพหรือเสียชีวิต

ตารางที่ 2.14 การจัดระดับความรุนแรงของเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่ส่งผลกระทบต่อชุมชน (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2543)

ระดับ	ความรุนแรง	รายละเอียด
1	เล็กน้อย	ไม่มีผลกระทบต่อชุมชนรอบโรงงาน หรือมีผลกระทบเล็กน้อย
2	ปานกลาง	มีผลกระทบต่อชุมชนรอบโรงงาน และแก้ไขได้ในระยะเวลาสั้น
3	สูง	มีผลกระทบต่อชุมชนรอบโรงงาน และต้องใช้เวลาในการแก้ไข
4	สูงมาก	มีผลกระทบรุนแรงต่อชุมชนเป็นบริเวณกว้าง หรือหน่วยงานของรัฐต้องเข้าดำเนินการแก้ไข

หมายเหตุ ผลกระทบต่อชุมชน หมายถึงเหตุการณ์ต่อชุมชน การบาดเจ็บ เจ็บป่วยของประชาชน ความเสียหายต่อทรัพย์สินของชุมชนและประชาชน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 2.15 การจัดระดับความรุนแรงของเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2543)

ระดับ	ความรุนแรง	รายละเอียด
1	เล็กน้อย	ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเล็กน้อย สามารถควบคุมหรือ แก้ไขได้
2	ปานกลาง	มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมปานกลาง สามารถแก้ไขได้ในระยะเวลาสั้น
3	สูง	มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมรุนแรง ต้องใช้เวลาในการแก้ไข
4	สูงมาก	มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมรุนแรงมาก ต้องใช้ทรัพยากรและเวลานานในการแก้ไข

หมายเหตุ ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม หมายถึง การเสื่อมโทรมและเสียหายของสิ่งแวดล้อม เช่น อากาศ ดิน แหล่งน้ำ เป็นต้น

ตารางที่ 2.16 การจัดระดับความรุนแรงของเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่ส่งผลกระทบต่อทรัพย์สิน (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2543)

ระดับ	ความรุนแรง	รายละเอียด
1	เล็กน้อย	ทรัพย์สินเสียหายน้อยมากหรือไม่เสียหายเลย
2	ปานกลาง	ทรัพย์สินเสียหายปานกลางและสามารถดำเนินการผลิตต่อไปได้
3	สูง	ทรัพย์สินเสียหายมากและต้องหยุดการผลิตในบางส่วน
4	สูงมาก	ทรัพย์สินเสียหายมากและต้องหยุดการผลิตทั้งหมด

หมายเหตุ ความเสียหายของทรัพย์สินในแต่ละระดับ โรงงานสามารถกำหนดขึ้นเองตามความเหมาะสมโดยพิจารณาถึงขีดความสามารถของโรงงาน

2.3.2 การจัดระดับความเสี่ยง

การจัดระดับความเสี่ยงพิจารณาโดยนำผลลัพธ์ของระดับโอกาสคูณกับระดับความรุนแรง หากระดับความเสี่ยงที่มีผลกระทบต่อทั้ง 4 ด้านได้แก่ บุคคล ชุมชน สิ่งแวดล้อม และทรัพย์สินมีค่าแตกต่างกัน ให้เลือกระดับความเสี่ยงที่มีค่าสูงกว่าเป็นผลของการประเมินความเสี่ยงในเรื่องนั้น ๆ โดยการประเมินความเสี่ยงด้วยการใช้ Risk Matrix จะแสดงดังรูปที่ 2.3 ซึ่งระดับความเสี่ยงที่ประเมินได้จะถูกจัดเป็น 4 ระดับแสดงดังตารางที่ 2.17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Likelihood	Severity			
	People Community Environment Asset	People Community Environment Asset	People Community Environment Asset	People Community Environment Asset
	1	2	3	4
	1	1	2	3
2	2	4	6	8
3	3	6	9	12
4	4	8	13	16

รูปที่ 2.3 การประเมินระดับความเสี่ยงด้วยการใช้ Risk Matrix

ตารางที่ 2.17 การจัดระดับความเสี่ยง (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2543)

ระดับ	ผลลัพธ์	ความหมาย
1	1-2	ความเสี่ยงเล็กน้อย
2	3-6	ความเสี่ยงที่ยอมรับได้ ต้องมีการทบทวนมาตรการควบคุม
3	8-9	ความเสี่ยงสูง ต้องมีการดำเนินงานเพื่อลดความเสี่ยง
4	12-16	ความเสี่ยงที่ยอมรับไม่ได้ต้องหยุดดำเนินการและปรับปรุงแก้ไขเพื่อลดความเสี่ยงลงทันที

2.3.3 หลักการบริหารความเสี่ยงตามหลักวิศวกรรม (Daniel A. Crowl and Joseph F. Louvar, 2019)

มาตรการควบคุมทางด้านวิศวกรรมและการบริหารจัดการเป็นสิ่งที่ใช้สำหรับการป้องกันอันตรายและผลกระทบที่เกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน ภายใต้หลักการ ALARP (As Low As Reasonably Possible) คือ การลดผลกระทบของอันตรายให้น้อยที่สุดเท่าที่จะสามารถทำได้ด้วยวิธีการหรือเทคนิคที่มีอยู่ในปัจจุบันเพื่อลดความเสี่ยงอยู่ที่ในระดับที่ยอมรับได้ โดยยึดหลักการดังนี้

1) Inherently Safer Design

หลักการพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับการคัดเลือกกระบวนการอย่างระมัดระวัง พร้อมด้วยการออกแบบกระบวนการผลิตที่ดีเพื่อลดหรือกำจัดความเป็นอันตรายบางอย่าง ลดผลกระทบจากความผิดพลาดของมนุษย์ แต่ไม่ได้หมายความว่าจะไม่มีความเสี่ยงเหลืออยู่ ซึ่งมีหลักการเพื่อที่จะลดความเสี่ยงโดยรวมได้ ซึ่งประกอบด้วย 4 หลักการ แสดงดังตารางที่ 2.18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 2.18 ตัวอย่างการใช้หลักการ Inherently Safer Design ในการออกแบบกระบวนการผลิต (Daniel A. Crowl and Joseph F. Louvar, 2019)

ชนิด	เทคนิคโดยทั่วไป
ลดปริมาณ (Minimize)	<ul style="list-style-type: none"> - การเปลี่ยนจากเครื่องปฏิกรณ์แบบกะขนาดใหญ่ ไปเป็นเครื่องปฏิกรณ์แบบต่อเนื่องขนาดเล็ก - ลดปริมาณการจัดเก็บของวัตถุดิบ - ปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อลดปริมาณสารมัธยันตร์ (Intermediate) อันตรายที่เกิดขึ้นในระบบ
แทนที่ (Substitution)	<ul style="list-style-type: none"> - การเลือกใช้ท่อที่ใช้หน้าแปลนหรือท่อที่เชื่อม - การเลือกใช้ตัวทำละลายที่มีพิษน้อยกว่าในกระบวนการผลิต - การเลือกใช้สารเคมีที่มีคุณสมบัติอื่นที่อันตรายน้อยกว่าสารเคมีที่อันตรายกว่า เช่น สารเคมีจุดติดไฟต่ำ จุดเดือดต่ำ เป็นต้น
พอประมาณ (Moderate)	<ul style="list-style-type: none"> - การใช้ระบบสุญญากาศเพื่อลดจุดเดือดของสาร - การลดอุณหภูมิและความดันของกระบวนการให้เหมาะสม - มีระบบทำความเย็นให้ถึงเก็บสาร - ละลายหรือเจือจางวัตถุดิบอันตรายด้วยตัวทำละลายที่ปลอดภัย - เลือกสภาวะปฏิบัติการให้เหมาะสม เพื่อหลีกเลี่ยงการเกิดปฏิกิริยาที่ไม่สามารถควบคุมได้ (Runaway Reaction) - การแยกห้องควบคุมกระบวนการออกจากส่วนปฏิบัติการ - การแยกบีมออกเป็นห้องบีมและแยกให้ออกห่างจากห้องอื่น - การมีอุปกรณ์ป้องกันห้องควบคุมกระบวนการและถังเก็บสาร
ง่ายขึ้น (Simplify)	<ul style="list-style-type: none"> - วางระบบท่อให้เรียบง่ายเพื่อให้ง่ายต่อการติดตาม - ออกแบบระบบควบคุมให้ง่ายไม่ซับซ้อนต่อความเข้าใจ - เลือกอุปกรณ์ที่มีอัตราการดูแลรักษาต่ำ - เลือกอุปกรณ์ที่มีคุณภาพและมีอัตราความล้มเหลวต่ำ - เพิ่มอุปกรณ์ป้องกันที่ด้านทานไฟและการระเบิด - แยกระบบและการควบคุมออกเป็นส่วน ๆ เพื่อให้ง่ายต่อการเข้าใจและใช้งาน - ทำเครื่องหมายท่อไว้เพื่อง่ายต่อความเข้าใจและติดตาม - ทำเครื่องหมายถังและอุปกรณ์ รวมถึงระบบควบคุมไว้เพื่อง่ายต่อความเข้าใจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2) มาตรการเชิงรับ (Passive Control)

เป็นการลดผลกระทบและโอกาสที่จะเกิดอันตรายที่อาจเกิดขึ้นจากกระบวนการผลิต จากการทำงานของอุปกรณ์ป้องกันความปลอดภัยโดยที่มนุษย์ไม่ต้องไปลงมือปฏิบัติเมื่อเกิดเหตุการณ์ อุกฉัตรเกิดขึ้น เช่น

- (1) ต้องมีเครื่องมือเตรียมพร้อมเพื่อควบคุมอันตรายที่เกิดขึ้นโดยใช้หลักการออกแบบทางวิศวกรรม เช่น เชื้อนป้องกันสารเคมีรั่วไหล เป็นต้น
- (2) ต้องมั่นใจว่าแยกสารที่เป็น Incompatible ให้ห่างออกจากกัน
- (3) ต้องมีระยะห่างระหว่างเครื่องมือต่าง ๆ เช่น ถังเก็บสาร เครื่องปฏิกรณ์ เป็นต้น
- (4) ให้มีระยะห่างระหว่างโรงงานติดกัน หรือเขตชุมชนให้เหมาะสม เป็นต้น

3) มาตรการเชิงรุก (Active Control)

เป็นการลดผลกระทบและโอกาสที่จะเกิดอันตรายที่อาจเกิดขึ้นจากกระบวนการผลิต จากการเพิ่มระบบความปลอดภัยอัตโนมัติเพื่อป้องกันอุบัติเหตุ โดยอาศัยหลักการออกแบบและควบคุมทางวิศวกรรม เช่น

- (1) มีการออกแบบของระบบควบคุม ระบบเตือนภัย และอุปกรณ์เชื่อมโยงเพื่อห้ามการทำงาน (Interlock) ที่เหมาะสมเพื่อที่จะควบคุมกระบวนการผลิตให้มีความปลอดภัย
- (2) มีการออกแบบอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่เหมาะสมเพื่อระบายพลังงานจากปฏิกิริยาเคมี
- (3) จัดเตรียม Relief Systems เพื่อป้องกันอันตรายเนื่องจากความดันสูง
- (4) ใช้ระบบทำความเย็น ระบบหยุดการทำงาน เพื่อจะหยุดระบบอย่างรวดเร็วในระบบที่มีสารไวต่อปฏิกิริยา

4) ขั้นตอนการปฏิบัติงาน (Procedural)

เป็นขั้นตอนการปฏิบัติงานตามหลักการออกแบบและควบคุมทางการจัดการ เช่น

- (1) มีการทบทวนและตรวจสอบกิจกรรมในกระบวนการผลิตอย่างสม่ำเสมอ
- (2) จัดเตรียมเอกสารเกี่ยวกับความเสี่ยงของปฏิกิริยาเคมีและการบริหารจัดการ
- (3) มีการสื่อสารและอบรมเกี่ยวกับอันตรายเกี่ยวกับปฏิกิริยาเคมีให้ชัดเจน
- (4) มีการทบทวนและตรวจสอบเกี่ยวกับสารเคมีที่ไวต่อปฏิกิริยา เพื่อให้มั่นใจในว่ามี การปฏิบัติงานอย่างถูกต้องและเหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.3.4 การจัดทำแผนงานบริหารจัดการความเสี่ยง (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2558)

แผนงานบริหารจัดการความเสี่ยง หมายถึง แผนงานลดความเสี่ยง และแผนงานควบคุมความเสี่ยง ซึ่งผู้ประกอบการโรงงานต้องดำเนินการจัดทำแผนงานเพื่อกำหนดมาตรการความปลอดภัยที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพในการลดและควบคุมความเสี่ยงจากอันตรายที่อาจเกิดขึ้นจากการประกอบกิจการ ให้จัดทำแผนงานบริหารจัดการความเสี่ยง (แผนงานควบคุมความเสี่ยงและแผนงานลดความเสี่ยง) ดังนี้

1) แผนงานควบคุมความเสี่ยง

กรณีประเมินความเสี่ยงแล้วได้ ระดับความเสี่ยง 2 ต้องจัดทำ แผนงานควบคุมความเสี่ยง โดยให้นำ มาตรการป้องกันและควบคุมอันตราย ที่ระบุในตารางการชี้บ่งอันตราย มาจัดทำแผนงานควบคุมความเสี่ยง โดยนำมาตรการป้องกันและควบคุมอันตรายของทุกข้อที่ได้ระดับความเสี่ยง 2 มาจัดทำแผนงานควบคุมความเสี่ยง โดยระบุลงในช่อง "มาตรการหรือกิจกรรมหรือการดำเนินการเพื่อลดความเสี่ยงหรือขั้นตอนการปฏิบัติที่เป็นความเสี่ยง" และกำหนดหัวข้อเรื่องที่ควบคุมและหลักเกณฑ์หรือมาตรฐานที่ใช้ควบคุม พร้อมทั้งกำหนดผู้รับผิดชอบและผู้ตรวจติดตาม (ต้องไม่ใช่บุคคลหรือหน่วยงานเดียวกัน) แสดงดังตารางที่ 2.19

2) แผนงานลดความเสี่ยง

กรณีประเมินความเสี่ยงแล้วได้ระดับความเสี่ยง 3 และ 4 ต้องจัดทำแผนงานลดความเสี่ยง สำหรับการจัดทำแผนงานลดความเสี่ยง ให้ นำข้อเสนอแนะ ที่ระบุในตารางการชี้บ่งอันตราย มาจัดทำแผนงานลดความเสี่ยง โดยนำข้อเสนอแนะของทุกข้อที่ได้ระดับความเสี่ยง 3 และ 4 มาจัดทำแผนงานลดความเสี่ยง โดยระบุลงในช่อง "มาตรการ กิจกรรม/การดำเนินงานลดความเสี่ยง" และกำหนดระยะเวลาดำเนินการ (โดยให้ระบุเป็นวัน เดือน ปี ที่แน่นอนที่จะดำเนินการดังกล่าวให้แล้วเสร็จ) พร้อมทั้งกำหนดผู้รับผิดชอบและผู้ตรวจติดตาม (ซึ่งต้องไม่ใช่บุคคลหรือหน่วยงานเดียวกัน) เมื่อจัดทำแผนงานลดความเสี่ยงดำเนินการเรียบร้อยแล้วให้นำแผนงานลดความเสี่ยงมาจัดทำเป็นแผนงานควบคุมความเสี่ยงต่อไป แสดงดังตารางที่ 2.20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 2.19 แบบฟอร์มการจัดทำแผนงานควบคุมความเสี่ยง (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2558)

แบบแผนงาน
แผ่นที่.../...

แผนงานบริหารจัดการความเสี่ยง (แผนงานควบคุมความเสี่ยง)

หน่วยงาน..... รายละเอียด.....

วัตถุประสงค์.....

เป้าหมาย.....

ลำดับที่	มาตรการหรือกิจกรรมหรือการดำเนินงานเพื่อลดความเสี่ยงหรือขั้นตอนการปฏิบัติที่เป็นความเสี่ยง	ผู้รับผิดชอบ	หัวข้อเรื่องที่ควบคุม	หลักเกณฑ์หรือมาตรฐานที่ใช้ควบคุม	ผู้ตรวจติดตาม
	ให้นำมาตรการป้องกันและควบคุมอันตราย หรือมาตรการป้องกัน/ควบคุม/แก้ไข ตามแบบฟอร์มการชี้บ่งอันตรายและประเมินความเสี่ยงแบบต่าง ๆ มาระบุเพื่อจัดทำแผนงานควบคุมความเสี่ยง	ระบุตำแหน่งผู้รับผิดชอบ	ระบุวิธีการที่ต้องปฏิบัติ	ระบุเกณฑ์หรือมาตรฐาน	ระบุตำแหน่งผู้ตรวจติดตาม

ตารางที่ 2.20 แบบฟอร์มการจัดทำแผนงานลดความเสี่ยง (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2558)

แบบแผนงาน

แผ่นที่.../...

แผนงานบริหารจัดการความเสี่ยง (แผนงานลดความเสี่ยง)

หน่วยงาน..... รายละเอียด.....

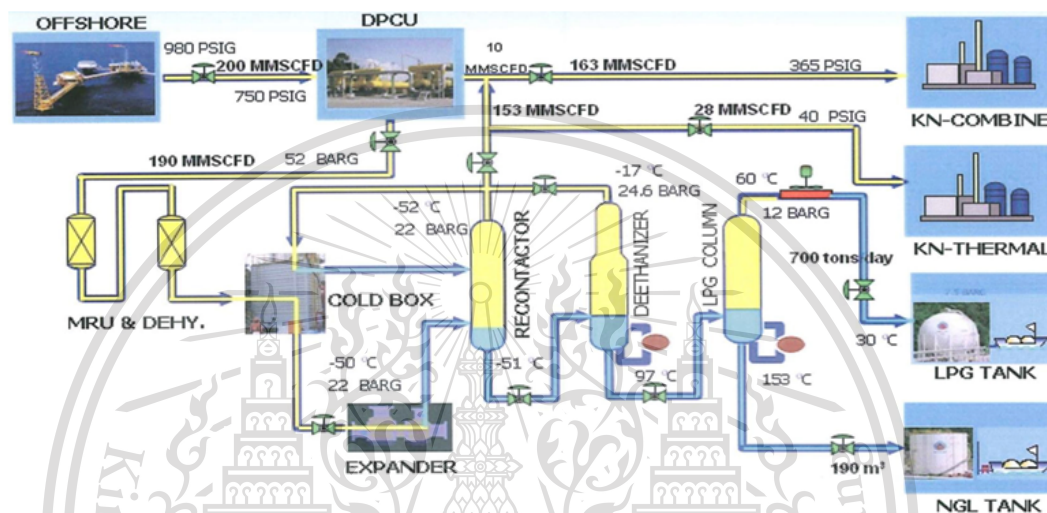
วัตถุประสงค์.....

เป้าหมาย.....

ลำดับที่	มาตรการ/กิจกรรม/การดำเนินงานลดความเสี่ยง	ผู้รับผิดชอบ	ระยะเวลาดำเนินการ	ผู้ตรวจติดตาม	หมายเหตุ
	ให้นำมาตรการความปลอดภัยที่ระบุไว้ในช่องข้อเสนอแนะตามแบบฟอร์มการชี้บ่งอันตรายและการประเมินความเสี่ยงแบบต่าง ๆ มาระบุเพื่อจัดทำแผนงานลดความเสี่ยง	ระบุตำแหน่งผู้รับผิดชอบ	ระบุวันเดือนปีที่เริ่มต้นถึงวันที่ดำเนินการแล้วเสร็จ	ระบุตำแหน่งผู้ตรวจติดตาม	

2.4 กระบวนการแยกก๊าซธรรมชาติของโรงแยกก๊าซธรรมชาติ

โรงแยกก๊าซธรรมชาติ ใช้กระบวนการผลิตแบบลดความดัน (Expander Process) โดยมี อุปกรณ์ลดความดัน (Turbo Expander) ทำหน้าที่ลดความดันของก๊าซธรรมชาติเพื่อลดอุณหภูมิของ ก๊าซธรรมชาติก่อนนำเข้าสู่หอกลั่นเพื่อแยกเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ โดยอาศัยคุณสมบัติจุดเดือดของก๊าซ ที่แตกต่างกัน ซึ่งมีรายละเอียดดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 กระบวนการแยกก๊าซธรรมชาติที่เป็นกรณีศึกษา
(สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2561)

2.4.1 หน่วยควบคุมจุดกลั่นตัวของก๊าซธรรมชาติ (Dew Point Control Unit: DPCU)

เป็นหน่วยที่ทำหน้าที่ควบคุมจุดกลั่นตัวของก๊าซธรรมชาติ การควบคุมค่า Dew Point ของก๊าซที่ผ่านหน่วย DPCU ทำโดยการลดอุณหภูมิของก๊าซด้วยสารทำความเย็น และที่อุณหภูมิ ดังกล่าวสารไฮโดรคาร์บอนหนักจะถูกแยกออกจากก๊าซอยู่ในรูป Condensate แล้วจะถูกส่งเข้าสู่ กระบวนการแยกต่อไป สำหรับก๊าซแห้งที่ผ่านออกจากหน่วย DPCU จะถูกส่งออกไปรวมกับ Sales Gas ที่มาจากกระบวนการแยกแล้วทำการส่งต่อไปยังโรงไฟฟ้า

2.4.2 กระบวนการแยกสารที่ไม่ใช่ก๊าซไฮโดรคาร์บอน

หน่วยแยกสารที่ไม่ใช่ก๊าซไฮโดรคาร์บอน ได้แก่ หน่วยกำจัดปรอท ทำหน้าที่ลด ปริมาณของปรอทออกจากก๊าซธรรมชาติ เพื่อป้องกันการกัดกร่อนในกระบวนการผลิต โดยใช้อุปกรณ์ ที่มีสารจับปรอท (Adsorbent) ชนิดเกลือซิลิเกตที่มี Alumina และหน่วยกำจัดความชื้นทำหน้าที่ แยกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

กำจัดน้ำออกจากก๊าซธรรมชาติ ปริมาณน้ำในก๊าซจะถูกกำจัดโดยการดูดซับ (Adsorption) ด้วยสารดูดซับประเภท Molecular Sieve

2.4.3 กระบวนการแยกสารประกอบก๊าซไฮโดรคาร์บอน

1) หน่วยแยกก๊าซมีเทน และก๊าซอีเทน

หน่วยนี้จะทำหน้าที่ในการแยกก๊าซต่าง ๆ คือ ก๊าซมีเทน ก๊าซอีเทน และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากก๊าซธรรมชาติ หลักการคือการทำให้ก๊าซธรรมชาติกลายเป็นของเหลวโดยการลดอุณหภูมิด้วยการทำความเย็นและการลดความดัน (Expansion) แล้วจึงค่อยเพิ่มอุณหภูมิเพื่อให้ก๊าซที่มีจุดเดือดต่ำสุด คือ มีเทนแยกตัวออกมาก่อน ส่วนอีเทนและสารที่มีจุดเดือดสูงกว่ายังเป็นของเหลว การทำงานแบ่งเป็น 3 ส่วน คือ การลดอุณหภูมิก๊าซ การทำความเย็นก๊าซโดยการขยายตัว และการแยกก๊าซธรรมชาติ

2) หน่วยแยกผลิตภัณฑ์ก๊าซปิโตรเลียมเหลว และก๊าซโซลีนธรรมชาติ

หน่วยนี้ทำหน้าที่แยกก๊าซปิโตรเลียมเหลวและก๊าซโซลีนธรรมชาติออกจากกัน โดยก๊าซปิโตรเลียมเหลวที่ได้ออกจากยอดหอจะถูกส่งไปยังหน่วยกำจัดสารไฮโดรเจนซัลไฟด์ ส่วนก๊าซโซลีนธรรมชาติที่ออกทางด้านล่างของหอ นั้นจะส่งไปยังถังเก็บผลิตภัณฑ์เพื่อรอการจัดจำหน่ายทางเรือหรือทางรถต่อไป

2.4.4 กระบวนการเสริมประกอบการแยกก๊าซธรรมชาติ (Utility Equipment)

กระบวนการเสริมประกอบการแยกก๊าซธรรมชาติประกอบด้วย 2 ได้แก่ หน่วยกำจัดสารไฮโดรเจนซัลไฟด์มีหน้าที่กำจัดสารไฮโดรเจนซัลไฟด์ออกจากก๊าซปิโตรเลียมเหลว และหน่วยเก็บผลิตภัณฑ์โดยจะประกอบด้วยถังเก็บก๊าซปิโตรเลียมเหลว 2 ถัง ความจุถังละ 6,000 ลูกบาศก์เมตร และถังเก็บก๊าซโซลีนธรรมชาติ 2 ถัง ความจุถังแรก 250 ลูกบาศก์เมตร ถังที่ 2 มีความจุ 4,000 ลูกบาศก์เมตร

2.5 กระบวนการผลิต Phthalic Anhydride (PA)

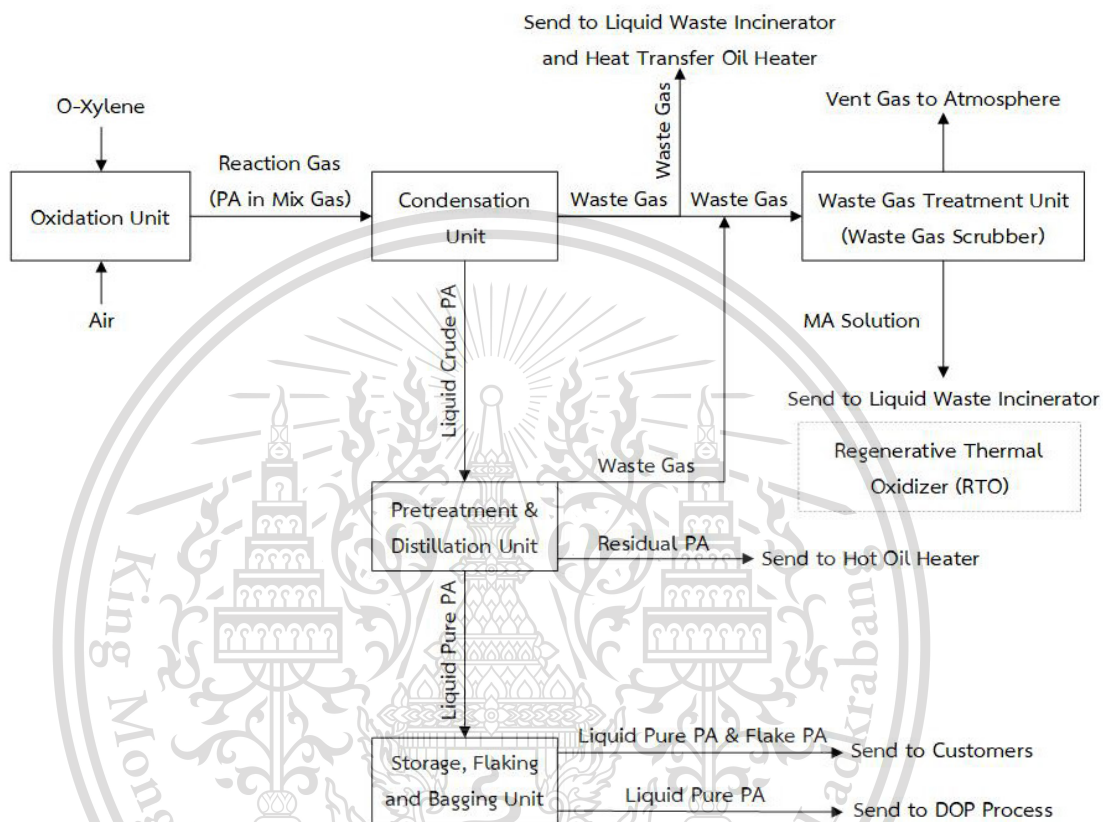
กระบวนการผลิต Phthalic Anhydride สามารถแบ่งแยกย่อยออกได้เป็น 5 หน่วยการผลิต ดังรูปที่ 2.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ปัจจุบันหน่วยบำบัดก๊าซเสียของโรงงานผลิต Phthalic Anhydride กำลังดำเนินการติดตั้ง Regenerative Thermal Oxidizer ซึ่งคณะผู้จัดทำจะทำการชี้บ่งอันตรายและประเมินความเสี่ยงที่ตำแหน่งนี้ด้วยวิธี Hazard and Operability Studies (HAZOP)



รูปที่ 2.5 กระบวนการผลิต Phthalic Anhydride
(สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2562)

2.5.1 หน่วยเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidation)

หน่วยนี้จะใช้เครื่องปฏิกรณ์ในกระบวนการผลิตเป็นเครื่องปฏิกรณ์ Packed Bed Reactor ซึ่งขณะดำเนินการจะมีการใส่สารตั้งต้นเข้าไปในระบบ 2 ตัว ประกอบด้วย o-Xylene และอากาศ แล้วได้ผลิตภัณฑ์เป็น PA และผลิตภัณฑ์พลอยได้ดังนี้ Maleic Anhydride, Benzoic Acid, Citraconic Anhydride, Phthalide, Toluic Acid, Carbon Dioxide, Carbon Monoxide และสารอื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.5.2 หน่วยควบแน่น (Condensation)

ก๊าซผสม (Reaction Gas) ซึ่งประกอบด้วย Phthalic Anhydride และผลิตภัณฑ์พลอยได้ ที่ถูกทำให้เย็นลงจากเครื่องก๊าซคูลเลอร์ (Gas Cooler) จะถูกส่งเข้าสู่เครื่องควบแน่นชนิด PA Liquid Condenser เพื่อแยก Phthalic Anhydride บางส่วนออกจากก๊าซเสียโดยใช้หลักการการควบแน่น ก่อนที่จะถูกส่งเข้าสู่เครื่องควบแน่นชนิด PA Switch Condenser เพื่อแยก Phthalic Anhydride ส่วนที่เหลือ

2.5.3 ขั้นตอนการบำบัดเบื้องต้นและการกลั่น (Pretreatment and Distillation)

หลังจากผ่านหน่วยควบแน่นมาแล้วจะเข้าสู่ขั้นตอนในหน่วยการบำบัดเบื้องต้นและการกลั่น ซึ่งหน่วยการบำบัดเบื้องต้นมีวัตถุประสงค์เพื่อกำจัดน้ำออกจาก Liquid Crude PA และการกลั่นมีวัตถุประสงค์เพื่อแยกสารผสมออกจาก Liquid Crude PA เพื่อให้ได้เป็นผลิตภัณฑ์ Phthalic Anhydride เหลวบริสุทธิ์ (Liquid Pure PA)

2.5.4 ขั้นตอนการเก็บ การทำให้เป็นเกล็ด และการบรรจุ (Storage, Flake and Bagging)

ผลิตภัณฑ์ PA จะจำหน่ายใน 2 ลักษณะ คือ Phthalic Anhydride เหลวและเกล็ด ส่วนขั้นตอนการผลิต Phthalic Anhydride เหลวให้เป็น Phthalic Anhydride เกล็ดนั้นทำโดยนำ Phthalic Anhydride เหลวส่งไปยังเครื่องทำเกล็ด (Flaker Unit) และส่งต่อไปยังเครื่องบรรจุถุง (Bagging Unit)

2.5.5 หน่วยบำบัดก๊าซเสีย (Waste Gas Treatment Unit)

ก๊าซเสีย (Waste Gas) จากกระบวนการผลิต Phthalic Anhydride ประกอบด้วย Maleic Anhydride, Benzoic Acid, Citraconic Anhydride, Phthalide, Toluic Acid, Carbon Dioxide, Carbon Monoxide และสารอื่น ๆ มาจาก 2 แหล่ง คือ หน่วยควบแน่น และหน่วยการบำบัดเบื้องต้นและการกลั่น โดยก๊าซเสียเหล่านี้จะถูกบำบัดด้วยเครื่องทำความสะอาดก๊าซเสีย (Waste Gas Scrubber) ซึ่งในปัจจุบันบริษัทกำลังมีโครงการติดตั้งอุปกรณ์ Regenerative Thermal Oxidizer สำหรับใช้แทนเครื่องทำความสะอาดก๊าซเสีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.5.6 Regenerative Thermal Oxidizer (RTO)

Regenerative Thermal Oxidizer (RTO) เป็นเทคโนโลยีในการกำจัดมลพิษของไอเสียที่มีการปะปนของสารอินทรีย์ระเหย (Volatile Organic Compounds : VOCs) และสารที่เป็นมลพิษทางอากาศ (Hazardous Air Pollutant : HAPs) ด้วยการเผาทำลายที่อุณหภูมิสูง แล้วเปลี่ยนเป็นคาร์บอนไดออกไซด์และไอน้ำก่อนปล่อยออกสู่บรรยากาศ โดยระบบจะใช้วัสดุเซรามิกเป็นตัวกักเก็บความร้อนจากก๊าซไอเสียและจากปฏิกิริยาเผาไหม้ โดย RTO ประกอบด้วยอุปกรณ์หลักคือ Rotary Valve ออกแบบให้หมุนรอบตัวเพื่อส่งอากาศร้อนรับมาจากเครื่องอบ ส่งต่อให้ชุด Regenerative Ceramic Block ทำหน้าที่ทั้งให้และรับความร้อนสลับกัน ไอเสียหรือไอระเหยของสารเคมีจะเกิดปฏิกิริยาในห้องเผาไหม้ทำให้ช่วยลดเชื้อเพลิงที่ใช้ในการเผาทำลายไอเสียหรือไอระเหยของสารเคมีลง เนื่องจากไอเสียจะได้รับความร้อนที่สะสมบริเวณเซรามิกก่อนเข้าห้องเผาไหม้

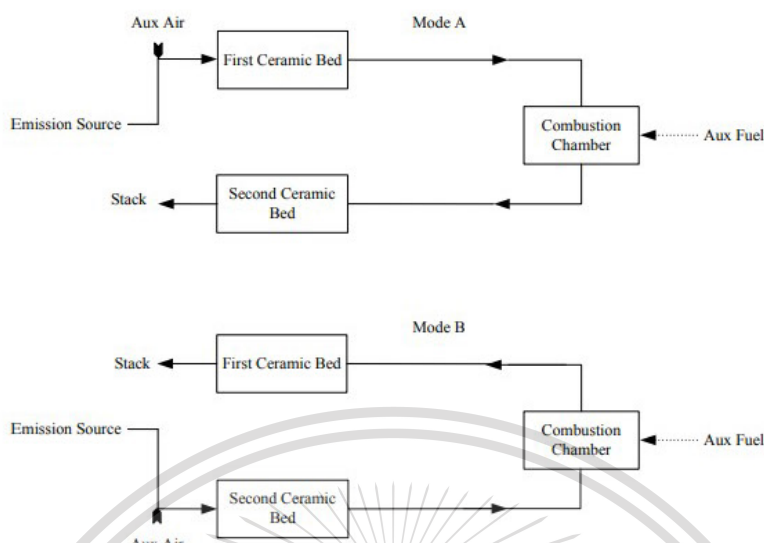
1) หลักการทำงานของ Regenerative Thermal Oxidizer

การทำงานของระบบสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.6 โดยในรูปมีการแบ่งออกเป็น 2 Mode ด้วยกันคือ Mode A และ Mode B จากรูปที่ 2.6 ในส่วนของ Mode A ก๊าซเข้าจะผ่านเซรามิกตัวแรกก่อนเพื่อให้เกิดการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างก๊าซกับเซรามิก จึงทำให้ก๊าซมีอุณหภูมิสูงขึ้นจนถึงอุณหภูมิจุดระเบิดในขณะที่เซรามิกมีอุณหภูมิต่ำ แต่ถ้าหากอุณหภูมิหลังจากการแลกเปลี่ยนความร้อนที่ได้ยังไม่ถึงอุณหภูมิที่ต้องการ จะมีการเติมตัวช่วยเป็นเชื้อเพลิงลงไปในห้องเผาไหม้เพื่อเป็นตัวช่วยในการเผาไหม้ให้มีอุณหภูมิสูงขึ้นตามที่ต้องการ จากนั้นก๊าซร้อนที่มีอุณหภูมิที่เหมาะสมจะทำปฏิกิริยาการเผาไหม้ในห้องเผาไหม้และเดินทางผ่านเซรามิกตัวที่สอง ซึ่งเซรามิกตัวที่สองจะได้รับการแลกเปลี่ยนความร้อนกับแก๊สร้อนขาออกจากการเกิดปฏิกิริยาการเผาไหม้ หลังจากนั้นเมื่อเซรามิกตัวที่สองมีอุณหภูมิสูงขึ้นจนถึงอุณหภูมิจุดระเบิดที่ได้ตั้งไว้ ทิศทางการไหลจะถูกสลับกลับด้านเพื่อให้ก๊าซเข้าผ่านเซรามิกตัวที่สองก่อนและออกจากกระบวนการโดยผ่านเซรามิกตัวแรกเป็นขั้นตอนสุดท้าย ดังที่แสดงใน Mode B โดยกระบวนการนี้เป็นกระบวนการหมุนเวียนที่ให้การกู้คืนพลังงานสูงมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 2.6 หลักการทำงานของ Regenerative Thermal Oxidizer

(John L. Sorrels et al., 2017)

Regenerative Thermal Oxidizer โดยทั่วไปจะใช้วาล์วแบบผีเสื้อ (Butterfly Valve) หรือวาล์วแบบพอพเพท (Poppet Valve) มีหน้าที่ในการเปลี่ยนทิศทางการไหลของก๊าซที่ผ่านเซรามิก ซึ่งการเปลี่ยนทิศทางการไหลไปมาจะช่วยเพิ่มการหมุนเวียนพลังงานได้สูงสุด

การหมุนเวียนพลังงานจาก Regenerative Thermal Oxidizer ได้มากจะช่วยลดความต้องการใช้เชื้อเพลิงเสริมและประหยัดต้นทุนการดำเนินงาน โดยถ้าเชื้อเพลิงมีความเข้มข้นต่ำประมาณ 3 - 4 เปอร์เซ็นต์ของ LEL ทำให้เครื่องมีประสิทธิภาพสูงและมีการดำเนินกระบวนการอย่างยั่งยืนโดยไม่มีการใช้เชื้อเพลิงเสริม

2) ตัวกลางถ่ายเทความร้อนเซรามิก (Ceramic Media)

มีการใช้ตัวกลางการถ่ายเทความร้อนหลายประเภทสำหรับใช้ใน Regenerative Thermal Oxidizer ประกอบด้วย ตัวกลางการถ่ายเทความร้อนโครงสร้างแบบสุ่มบรรจุ (Random Packing) ตัวกลางการถ่ายเทความร้อนโครงสร้างแบบรังผึ้ง (Honeycomb Structured Block) และตัวกลางการถ่ายเทความร้อนโครงสร้างแบบแบบลูกฟูก (Corrugated Structure Packing)

ตัวกลางการถ่ายเทความร้อนโครงสร้างแบบสุ่มบรรจุ (Random Packing) ใช้วัสดุในการทำหลากหลาย เช่น ก้อนกรวด ลูกเซรามิก เป็นต้น โดยสุ่มบรรจุลงใน Regenerative Thermal Oxidizer จนกลายเป็นตัวกลางการถ่ายเทความร้อนขึ้น โครงสร้างแบบสุ่มบรรจุนี้มีประโยชน์ในการช่วยป้องกันการอุดตันของอนุภาคตัวกลางการถ่ายเทความร้อน ซึ่งอาจเกิดการอุดตันของการไหลได้ โดยตัวกลางการถ่ายเทความร้อนที่เป็นเซรามิกรูปทรงอานม้า นั้นถือว่าเป็นรูปทรงที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดสำหรับการใช้เป็นตัวกลางการถ่ายเทความร้อนโครงสร้างแบบสุ่มบรรจุที่ใช้ใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Regenerative Thermal Oxidizer เนื่องจากช่วยลดแรงดันตกคร่อม ซึ่งจะช่วยลดปริมาณการใช้ไฟฟ้าของ Induction Fan และมีพื้นที่ผิวสูงที่สุด ซึ่งจะช่วยให้ประสิทธิภาพในการถ่ายเทความร้อน

ตัวกลางการถ่ายเทความร้อนโครงสร้างแบบรังผึ้ง (Honeycomb Structured Block) เป็นรูปแบบของการบรรจุแบบมีโครงสร้างที่ชัดเจนและเป็นระบบระเบียบ โครงสร้างแบบรังผึ้งนั้นมีประโยชน์ในการช่วยเรื่องของหลักอากาศพลศาสตร์ที่ช่วยให้อากาศไหลได้ดี

ตัวกลางการถ่ายเทความร้อนโครงสร้างแบบแบบลูกฟูก (Corrugated Structure Packing) ใช้วัสดุที่ทำจากแผ่นเซรามิกแบบลูกฟูก โดยลักษณะลอนของตัวกลางการถ่ายเทความร้อนที่อยู่ติดกันจะอยู่กลับด้านกัน ซึ่งมีประโยชน์ในการช่วยกระจายอากาศให้ไหลได้ทั่วถึงอย่างสม่ำเสมอ (John L. Sorrels et al., 2017)

3) การเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของ Waste Gas Scrubber และ Regenerative Thermal Oxidizer

เนื่องจากโรงงานผลิต Phthalic Anhydride ที่เป็นโรงงานในกรณีศึกษา กำลังประสบปัญหาได้รับการร้องเรียนเรื่องการสร้างมลภาวะทางกลิ่นที่ออกจากโรงงานต่อชุมชนโดยรอบ โดยมลภาวะทางกลิ่นที่เกิดขึ้นมีสาเหตุจาก VOCs ซึ่งเป็นก๊าซเสียที่มาจากกระบวนการผลิต นั่นคือ Condensation Unit และ Pretreatment & Distillation Unit แล้วเข้าสู่ Waste Gas Scrubber ซึ่งเป็นระบบบำบัดก๊าซเสียก่อนปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมที่มีอยู่แล้วของโรงงาน แต่ระบบดังกล่าวไม่สามารถกำจัดมลภาวะทางกลิ่นได้ เนื่องจาก Waste Gas Scrubber มีข้อจำกัดคือ มีประสิทธิภาพในการกำจัด VOCs ต่ำ

ทางโรงงานจึงได้มีนโยบายในการเปลี่ยนอุปกรณ์ในการบำบัดก๊าซเสีย ที่สามารถกำจัด VOCs ได้อย่างมีประสิทธิภาพเพื่อแก้ปัญหามลภาวะทางกลิ่น ดังนั้นทางโรงงานมีโครงการติดตั้ง Regenerative Thermal Oxidizer (RTO) แทน Waste Gas Scrubber เนื่องจากมีประสิทธิภาพในการกำจัด VOCs ได้มากกว่า จึงทำให้มลพิษทางกลิ่นลดลงหรือหายไป โดยข้อดีและข้อเสียของ Waste Gas Scrubber และ RTO แสดงดังตารางที่ 2.21 และ 2.22 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 2.21 ข้อดีและข้อเสียของ Waste Gas Scrubber (Ketek Group, 2020)

ข้อดี	ข้อเสีย
<ul style="list-style-type: none"> - ใช้งานในการกำจัดสารที่เป็นมลพิษพื้นฐานได้ เช่น ก๊าซที่มีฤทธิ์กรด อนุภาคขนาดเล็ก ไตออกซิน และฟูแรนส์ เป็นต้น - สามารถใช้งานกับก๊าซเสียที่ประกอบด้วยสารไวไฟหรือสารที่ระเบิดได้ - ราคา Waste Gas Scrubber ถูก 	<ul style="list-style-type: none"> - ค่าบำรุงรักษาและค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานสูง - ของเหลวเสียที่เกิดจาก Waste Gas Scrubber นั้นสามารถส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้ ดังนั้นจึงต้องใช้งบประมาณในการดำเนินการกำจัดส่วนของเสียนี้เพิ่มเติม - เนื่องจากไอเสียที่เกิดจาก Waste Gas Scrubber นั้นมีความชื้นอยู่ ดังนั้นอาจจะมีการปนเปื้อนเป็นสารพิษที่หลงเหลืออยู่ที่ปล่องออกมาข้างนอกได้ - ก๊าซไอเสียที่ออกจาก Waste Gas Scrubber มีอุณหภูมิต่ำ จึงทำให้การกระจายของก๊าซไอเสียลดลง

ตารางที่ 2.22 ข้อดีและข้อเสียของ RTO (Epcon Industrial System, 2011)

ข้อดี	ข้อเสีย
<ul style="list-style-type: none"> - มีประสิทธิภาพในการกำจัด VOCs สูง - ประหยัดพลังงาน เนื่องจากการนำพลังงานความร้อนกลับมาใช้ใหม่ - ค่าบำรุงรักษาและค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานค่อนข้างต่ำ - มีความแข็งแรงทนทาน และมีอายุการใช้งานที่นานมากกว่า 20 ปี - มีระบบการทำงานที่เรียบง่าย - บำรุงรักษาและซ่อมแซมได้ง่าย เนื่องจากการออกแบบระบบที่เรียบง่าย 	<ul style="list-style-type: none"> - มีความดันตกคร่อมสูงเมื่อก๊าซไหลผ่านตัวกลางถ่ายเทความร้อน - ต้องการพื้นที่เพื่อใช้ในการติดตั้งมาก - ตัวกลางถ่ายเทความร้อนเซรามิกต้องเปลี่ยนทุก ๆ 5-6 ปี เนื่องจากประสิทธิภาพลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 3

วิธีดำเนินงาน

บทนี้แสดงวิธีการซึ่งป้องกันการอันตรายและประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี Hazard and Operability Studies (HAZOP) โดยการซึ่งป้องกันการอันตรายและประเมินความเสี่ยงที่โรงแยกก๊าซธรรมชาติเป็นการทบทวนการซึ่งป้องกันการอันตรายและประเมินความเสี่ยงให้เป็นปัจจุบัน และ ที่โรงงานผลิต Phthalic Anhydride เป็นการซึ่งป้องกันการอันตรายและการประเมินความเสี่ยงที่ Regenerative Thermal Oxidizer ซึ่งเป็นหน่วยปฏิบัติงานที่ติดตั้งใหม่

3.1 ขั้นตอนในการซึ่งป้องกันการอันตรายและการประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี HAZOP ของโรงแยกก๊าซธรรมชาติ

3.1.1 ศึกษากระบวนการแยกก๊าซธรรมชาติของโรงแยกก๊าซธรรมชาติ

ศึกษาเอกสารพื้นฐานที่สำคัญ และทำความเข้าใจกระบวนการแยกก๊าซธรรมชาติ เพื่อใช้ในการตั้งคำถาม ซึ่งจะกำหนดสมมติฐานหรือความคลาดเคลื่อนจากช่วงเวลาการผลิตปกติ ทั้งในกรณีที่มีการดำเนินงานปกติ ผิดปกติและเกิดเหตุฉุกเฉินขึ้น รวมทั้งกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิตไปจากกระบวนการผลิตปกติ

3.1.2 วาด Process Flow Diagrams อย่างละเอียดของกระบวนการแยกก๊าซธรรมชาติของโรงแยกก๊าซธรรมชาติ

วาด Process Flow Diagrams ของกระบวนการแยกก๊าซธรรมชาติโดยไม่รวมหน่วยควบคุมจุดกลั่นตัว (Dew Point Control Unit: DPCU) เพื่อใช้ในการซึ่งป้องกันการอันตรายและการประเมินความเสี่ยงโดยระบบควบคุมในกระบวนการผลิตอย่างละเอียดของกระบวนการแยกก๊าซธรรมชาติ เนื่องจากจะส่งวนสิทธิ์ P&IDs ที่เกี่ยวข้อง

3.1.3 กำหนดขอบเขตของการศึกษา วิเคราะห์ และทบทวนเพื่อซึ่งป้องกันการอันตราย

วิเคราะห์ Study Nodes ของโรงแยกก๊าซธรรมชาติโดยไม่รวมหน่วยควบคุมจุดกลั่นตัว (Dew Point Control Unit: DPCU) และเขียน Node Description จำนวน 17 โหนด ซึ่งจะแสดงรายละเอียดในบทที่ 4 และจะเลือกศึกษา 3 โหนด ที่ LPG Column คือ Deethanizer Bottom to LPG Column Inlet Including Deethanizer Reboiler, LPG Overhead System to LPG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Storage Spheres Including Reflux Drum and LPG Subcooler และ LPG Bottom Column to NGL Storage Tanks Including LPG Column Reboiler

3.1.4 วิเคราะห์หาสิ่งที่เป็นอันตรายในกระบวนการผลิต

เมื่อศึกษากระบวนการผลิตทั้งหมดอย่างเข้าใจ จะวิเคราะห์เบื้องต้นเพื่อหาสิ่งที่เป็นอันตรายของการดำเนินงานในโรงงานและประเมินผลกระทบที่มีโอกาสเกิดขึ้น

3.1.5 ตั้งคำถามที่สมมติสถานการณ์ของการผลิตในภาวะต่าง ๆ เพื่อชี้บ่งอันตราย

เมื่อมีข้อมูลที่สำคัญและเข้าใจกระบวนการผลิตทั้งหมด ผู้จัดทำจะตั้งคำถามที่สมมติสถานการณ์ของการผลิตในภาวะต่าง ๆ โดยนำ HAZOP Guidewords ร่วมกับตัวแปรที่สนใจเพื่อสร้างคำถามชี้บ่งอันตรายและค้นหาปัญหาที่อาจเกิดขึ้นจากการดำเนินงานในโรงงาน โดยการวิเคราะห์หาอันตรายและปัญหาของระบบต่าง ๆ เพื่อหาความบกพร่องหรือผิดปกติในการทำงาน (Operation Deviation) อันเป็นสาเหตุที่เป็นไปได้ (Possible Causes) ที่จะทำให้เกิดอันตรายขึ้นได้ แล้วประเมินเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นตามมาหรือผลกระทบ (Consequences) แล้วบันทึกลงในแบบฟอร์มการชี้บ่งอันตรายและการประเมินความเสี่ยง (HAZOP Worksheet) แสดงดังตารางที่ 3.1

3.1.6 ประเมินความเสี่ยง

ประเมินความเสี่ยงโดยประเมินจากโอกาสในการเกิดเหตุการณ์ (Likelihood) และความรุนแรงของผลกระทบนั้น ๆ (Severity) โดยความรุนแรงของผลกระทบนั้นจะต้องพิจารณาจากความรุนแรงที่ส่งผลกระทบต่อ บุคคล ชุมชน สิ่งแวดล้อม และ ทรัพย์สิน แล้วทบทวนมาตรการควบคุม และอุปกรณ์ป้องกันอันตรายที่อยู่ (Controls and Existing Safeguards) ว่าเพียงพอหรือไม่ ถ้าไม่เพียงพอหรือมีข้อเสนอแนะอื่นเพิ่มเติมจะบันทึกลงในคอลัมน์ข้อเสนอแนะ (Recommendations) แล้วสรุปข้อมูลที่ได้จากการชี้บ่งอันตรายและประเมินความเสี่ยง ลงในแบบฟอร์มการชี้บ่งอันตรายและการประเมินความเสี่ยง (HAZOP Worksheet) โดยข้อควรระวังในการบันทึกข้อมูลลงใน HAZOP Worksheet คือ อุปกรณ์ในกระบวนการผลิต อุปกรณ์ควบคุม อุปกรณ์ป้องกันภัย และคู่มือการปฏิบัติงานจะต้องระบุหมายเลขกำกับ (Tag Numbers) เพื่อสื่อสารให้ถูกต้องและไม่คลาดเคลื่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.1.7 จัดทำแผนงานบริหารจัดการความเสี่ยงตามระดับความเสี่ยงที่ประเมินได้

ในกรณีที่ประเมินความเสี่ยงแล้วได้ระดับความเสี่ยงเท่ากับ 2 จะต้องจัดทำแผนงานควบคุมความเสี่ยง และกรณีที่ประเมินความเสี่ยงแล้วได้ระดับความเสี่ยงเท่ากับ 3 และ 4 ต้องจัดทำแผนงานลดความเสี่ยง

3.2 ขั้นตอนในการชี้บ่งอันตรายและการประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี HAZOP ของโรงงานผลิต Phthalic Anhydride ที่อุปกรณ์ Regenerative Thermal Oxidizer

3.2.1 ศึกษากระบวนการผลิต Phthalic Anhydride

ศึกษาเอกสารพื้นฐานที่สำคัญ และทำความเข้าใจกระบวนการผลิต Phthalic Anhydride เพื่อใช้ในการตั้งคำถาม ซึ่งจะกำหนดสมมติฐานหรือความคลาดเคลื่อนจากช่วงเวลาการผลิตปกติ ทั้งในกรณีที่มีการดำเนินงานปกติ ผิดปกติและเกิดเหตุฉุกเฉินขึ้น รวมทั้งกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิตไปจากกระบวนการผลิตปกติ

3.2.2 วาด Process Flow Diagrams อย่างละเอียดของอุปกรณ์ Regenerative Thermal Oxidizer

วาด Process Flow Diagrams ที่ Regenerative Thermal Oxidizer โดยระบบควบคุมในกระบวนการผลิตอย่างละเอียดของ Regenerative Thermal Oxidizer เนื่องจากจะส่งวนลิทธิ P&IDs ที่เกี่ยวข้อง

3.2.3 กำหนดขอบเขตของการศึกษา วิเคราะห์ และทบทวนเพื่อชี้บ่งอันตราย

วิเคราะห์ Study Nodes ที่ Regenerative Thermal Oxidizer จำนวน 3 โหนด ได้แก่ Burner, Process และ Instrument Air ซึ่งจะแสดงรายละเอียดในบทที่ 4 และจะเลือกศึกษา 1 โหนด คือ Process

3.2.4 วิเคราะห์หาสิ่งที่เป็นอันตรายในกระบวนการผลิต

เมื่อศึกษากระบวนการผลิตทั้งหมดอย่างเข้าใจ วิเคราะห์เบื้องต้นเพื่อหาสิ่งที่เป็นอันตรายของการดำเนินงานในโรงงานและประเมินผลกระทบที่มีโอกาสเกิดขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่งวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.2.5 ตั้งคำถามที่สมมติสถานการณ์ของการผลิตในภาวะต่าง ๆ เพื่อชี้บ่งอันตราย

เมื่อมีข้อมูลที่สำคัญและเข้าใจกระบวนการผลิตทั้งหมด ผู้จัดทำจะตั้งคำถามที่สมมติสถานการณ์ของการผลิตในภาวะต่าง ๆ โดยนำ HAZOP Guidewords ร่วมกับตัวแปรที่สนใจเพื่อสร้างคำถามชี้บ่งอันตรายและค้นหาปัญหาที่อาจเกิดขึ้นจากการดำเนินงานในโรงงาน โดยการวิเคราะห์หาอันตรายและปัญหาของระบบต่าง ๆ เพื่อหาความบกพร่องหรือผิดปกติในการทำงาน (Operation Deviation) อันเป็นสาเหตุที่เป็นไปได้ (Possible Causes) ที่จะทำให้เกิดอันตรายขึ้นได้ แล้วประเมินเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นตามมาหรือผลกระทบ (Consequences) แล้วบันทึกลงในแบบฟอร์มการชี้บ่งอันตรายและการประเมินความเสี่ยง (HAZOP Worksheet) แสดงดังตารางที่ 3.2

3.2.6 ประเมินความเสี่ยง

ประเมินความเสี่ยงโดยประเมินจากโอกาสในการเกิดเหตุการณ์ (Likelihood) และความรุนแรงของผลกระทบนั้น ๆ (Severity) โดยความรุนแรงของผลกระทบนั้นจะต้องพิจารณาจากความรุนแรงที่ส่งผลกระทบต่อ บุคคล ชุมชน สิ่งแวดล้อม และ ทรัพย์สิน แล้วคิดหามาตรการควบคุมและอุปกรณ์ป้องกัน (Controls and Safeguards) เพื่อป้องกัน และบรรเทาผลกระทบที่รุนแรง แล้วสรุปข้อมูลที่ได้จากการชี้บ่งอันตรายและประเมินความเสี่ยง ลงในแบบฟอร์มการชี้บ่งอันตรายและการประเมินความเสี่ยง (HAZOP Worksheet) โดยข้อความระวางในการบันทึกข้อมูลลงใน HAZOP Worksheet คือ อุปกรณ์ในกระบวนการผลิต อุปกรณ์ควบคุม อุปกรณ์ป้องกันภัย และคู่มือการปฏิบัติงานจะต้องระบุหมายเลขกำกับ (Tag Numbers) เพื่อสื่อสารให้ถูกต้องและไม่คลาดเคลื่อน

3.2.7 จัดทำแผนงานบริหารจัดการความเสี่ยงตามระดับความเสี่ยงที่ประเมินได้

ในกรณีที่ประเมินความเสี่ยงแล้วได้ระดับความเสี่ยงเท่ากับ 2 จะต้องจัดทำแผนงานควบคุมความเสี่ยง และกรณีที่ประเมินความเสี่ยงแล้วได้ระดับความเสี่ยงเท่ากับ 3 และ 4 ต้องจัดทำแผนงานลดความเสี่ยง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 3.1 แบบฟอร์มการชี้บ่งอันตรายและการประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี HAZOP ของโรงแยกก๊าซธรรมชาติ (ดัดแปลงจากกรมโรงอุตสาหกรรม, 2543)

ตัวแปร (Parameters)	คำนำทาง (Guide Words)	ความบกพร่อง หรือผิดปกติใน การทำงาน (Operation Deviation)	สาเหตุที่เป็นไปได้ (Possible Causes)	ผลกระทบ (Consequences)	มาตรการควบคุมและการป้องกัน (Controls & Existing Safeguards)	การประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment)			ข้อเสนอแนะ (Recommendations)	ผู้รับผิดชอบ / วันครบ กำหนด (Action By / Due Date)	หมายเหตุ (Remarks)
						โอกาส (L) ความรุนแรง (S)	คะแนนความเสี่ยง (Risk Score)	ระดับความเสี่ยง (Risk Rank)			

หมายเหตุ : L หมายถึง Likelihood และ S หมายถึง Severity

ตารางที่ 3.2 แบบฟอร์มการชี้บ่งอันตรายและการประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี HAZOP ที่ Regenerative Thermal Oxidizer ของโรงงานผลิต Phthalic Anhydride

(ดัดแปลงจากกรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2543)

ตัวแปร (Parameters)	คำนำทาง (Guide Words)	ความบกพร่อง หรือผิดปกติใน การทำงาน (Operation Deviation)	สาเหตุที่เป็นไปได้ (Possible Causes)	ผลกระทบ (Consequences)	มาตรการควบคุมและการป้องกัน (Controls & Safeguards)	การประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment)			ข้อเสนอแนะ (Recommendations)	ผู้รับผิดชอบ / วันครบ กำหนด (Action By / Due Date)	หมายเหตุ (Remarks)
						โอกาส (L)	ความรุนแรง (S)	คะแนนความเสี่ยง (Risk Score)			

หมายเหตุ : L หมายถึง Likelihood และ S หมายถึง Severity

บทที่ 4

ผลการศึกษา

บทนี้แสดงผลการซ้บ่งอันตรายและการประเมินความเสี่ยงของโรงแยกก๊าซธรรมชาติ และโรงงานผลิต Phthalic Anhydride ที่แสดงในแบบฟอร์มการซ้บ่งอันตรายและการประเมินความเสี่ยง (HAZOP Worksheet) Study Nodes ความบกพร่องหรือผิดปกติของการดำเนินงาน สาเหตุที่เป็นไปได้ที่ทำให้เกิดข้อบกพร่อง ผลกระทบ มาตรการควบคุมและอุปกรณ์ป้องกัน และข้อเสนอแนะ

4.1 ผลการซ้บ่งอันตรายและการประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี HAZOP ของโรงแยกก๊าซธรรมชาติ

4.1.1 Study Nodes ของโรงแยกก๊าซธรรมชาติ

Study Nodes ที่หน่วยการแยกก๊าซธรรมชาติ มีทั้งหมด 34 โหนด โครงการนี้ขอสงวนสิทธิ์ของบริษัทที่เป็นกรณีศึกษาที่ไม่แสดงข้อมูลทั้งหมด ตารางที่ 4.1 แสดง Node Lists และ Node Description จำนวน 17 โหนด ของหน่วยการแยกก๊าซธรรมชาติโดยไม่รวมหน่วยควบคุมจุดกลั่นตัว (Dew Point Control Unit: DPCU) และแสดง Study Nodes ร่วมกับแผนภาพกระบวนการแยกก๊าซธรรมชาติในภาคผนวก ก.

Study Nodes ที่ LPG Column ได้แก่

- โหนดที่ 11 Deethanizer Bottom to LPG Column Inlet Including Deethanizer Reboiler แทนด้วยเส้นสีส้ม (รูปที่ 4.1 และ 4.2)
- โหนดที่ 12 LPG Overhead System to LPG Storage Spheres Including Reflux Drum and LPG Subcooler แทนด้วยเส้นสีเหลือง (รูปที่ 4.2 และ 4.3)
- โหนดที่ 13 LPG Bottom to NGL Storage Tanks Including LPG Column Reboiler แทนด้วยเส้นสีเขียว (รูปที่ 4.2 และ 4.4)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 4.1 Node Lists และ Node Description ที่หน่วยการแยกก๊าซธรรมชาติ

Nodes	Node Description	Drawings/ References
1. Feed Gas from Battery Limit (BL) to the Inlet of Mercury Removal Unit Including Liquid Outlet from the Filter Separators.	Feed gas from Dew Point Control Unit (DPCU) at about 51 barg and 20 °C is led to Filter Separators (2101-S-XX,R) (1 operating, 1 standby). Any entrained liquid is separated, and free gas is routed to the suction of the Feed Gas Booster Compressor (2101-C-XX). This compressor is driven by Expander (2101-X-XX) operating on MP-Sales Gas expanding to LP-Sales Gas. The discharge of the compressor is routed to the Mercury Removal Unit (2102-A-XXA,B).	1. 2100-PF-001 2. 2100-PF-002
2. Feed Gas from the Outlet of Feed Gas Booster to the Inlet of the Feed Gas Dryers Including the Mercury Adsorbers.	Feed gas from the Feed Gas Booster (2101-C-XX) is routed through the Mercury Adsorbers (2102-A-XXA,B) (both in service). The adsorbent used is molecular sieves. The mercury free gas is then routed through the Mercury Adsorbers Outlet Filters (2102-S-XX,R) (1 operating, 1 standby) and then sent to the Feed Gas Dryers (2103-A-XXA,B,C,R).	1. 2100-PF-001 2. 2100-PF-002
3. Feed Gas from Dryer Inlet to Feed Gas Separator Inlet Including Filter and Cold Box.	The feed gas from the outlet of the Mercury Removal Unit is sent to the Feed Gas Dryers (2103-A-XXA,B,C,R) (3 operating, 1 standby/regeneration) where the gas is dried. The dried gas is then routed through the Main Process Heat Exchangers (Cold Box) (2104-E-XX). The resulting two-phase gas-condensate stream is sent to the Feed Gas Separator (2104-D-XX).	1. 2100-PF-002 2. 2100-PF-003

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Nodes	Node Description	Drawings/ References
4. Feed Gas Separator Outlet to Inlet of Recontactor Including Feed Gas Expander.	Feed gas from Feed Gas Separator (2104-D-XX) is routed to Feed Gas Expander (2106-X-XX) inlet where the gas is cooled by expansion. Outlet gas at 23 barg and -50 °C is sent to Recontactor Column (2104-T-XX). Work of expansion is used to boost the sales gas pressure.	1. 2100-PF-001 2. 2100-PF-003
5. Feed Gas Separator Outlet to Deethanizer Inlet Including Cold Box, Two Phase Distributor	Liquid outlet from Feed Gas Separator (2104-D-XX) bottom is send to Two-Phase Distributor 2 (2104-D-XX) under level control, where it separates into liquid and vapor streams due to flashing at 25 barg. These two streams are routed through Cold Box (2104-E-XX) to Deethanizer (2104-T-XX) inlet as a feed at about 16 °C.	1. 2100-PF-003
6. MP-Sales Gas from Recontactor Overhead to Inlet of MP-Sales Gas Booster.	MP-Sales Gas from Recontactor (2104-T-XX) overhead is routed to Cold Box (2104-E-XX), then to the inlet of MP-Sales Gas Booster (2106-C-XX).	1. 2100-PF-001 2. 2100-PF-003 3. 2100-PF-004
7. MP-Sales Gas Booster Compressor to DPCU.	MP-Sales Gas is compressed from 20 barg to 29 barg. This gas (29 barg) is delivered to the DPCU unit to join with DPCU sales gas and sent to customer.	1. 2100-PF-001
8. LP-Sales Gas System from Inlet of LP-Sales Gas Expander to BL Including Cold Box.	MP-Sales Gas is let down to LP-Sales Gas through LP-Sales Gas Expander (2101-X-XX), where pressure is reduced from 22 barg to 7 barg, expander outlet temperature is -37 °C. This cold LP-Sales Gas is routed to Cold Box (2104-E-XX) for warming to about 16.5 °C. LP-Sales Gas is routed to LP-Fuel Gas Separator.	1. 2100-PF-001 2. 2100-PF-003

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Nodes	Node Description	Drawings/ References
9. Recontactor Bottom System to Deethanizer Including Cold Box.	C2+ form Recontactor (2104-T-XX) bottom is pumped through Recontactor Pump (2104-P-XX,R) and send to Deethanizer Column (2104-T-XX) through Cold Box (2104-E-XX) for warming to -15 °C.	1. 2100-PF-003
10. Deethanizer Overhead System to Recontactor Including Cold Box, Two Phase Distributor 2.	Deethanizer (2104-T-XX) overhead is condensed in Cold Box (2104-E-XX) and received in Deethanizer Reflux Drum (2104-D-XX). Reflux Drum outlet is routed to reflux to Deethanizer (2104-T-XX) and outlet to Two Phase Distributor 2 (2104-D-XX).	1. 2100-PF-003
11. Deethanizer Bottom to LPG Column Inlet Including Deethanizer Reboiler.	Deethanizer Reboiler (2104-E-XX) is provided for reboiling by using hot oil as a heating medium. Deethanizer (2104-T-XX) bottom at 101.5 °C is sent to LPG Column (2105-T-XX) as a feed.	1. 2100-PF-003 2. 2100-PF-004
12. LPG Overhead System to LPG Storage Spheres Including Reflux Drum and LPG Subcooler.	LPG overhead vapor at 12 barg and 59 °C are condensed in LPG Condenser (2105-E-XX). Part of LPG is directed to LPG Storage Spheres (2108-D-XX,1/2). Balance LPG received in LPG Reflux Drum (2105-D-XX). Condensed liquid is pumped through LPG Reflux Pump (2105-P-XX,R) and part of stream is sent to reflux under flow control. Balance LPG is sub cooled in Liquid Product Subcooler (2105-E-XX) and sent to LPG Storage Spheres (2108-D-XX,1/2).	1. 2100-PF-004 2. 2100-PF-005
13. LPG Bottom to NGL Storage Tanks Including	LPG Column (2105-T-XX) bottom is reboiled in LPG Reboiler (2105-E-XX) with hot oil. Natural Gasoline (NGL) Product from LPG Column bottom	1. 2100-PF-004 2. 2100-PF-006

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปเผยแพร่บนสื่อออนไลน์ การค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีเหตุที่เปลี่ยนแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงชื่อของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

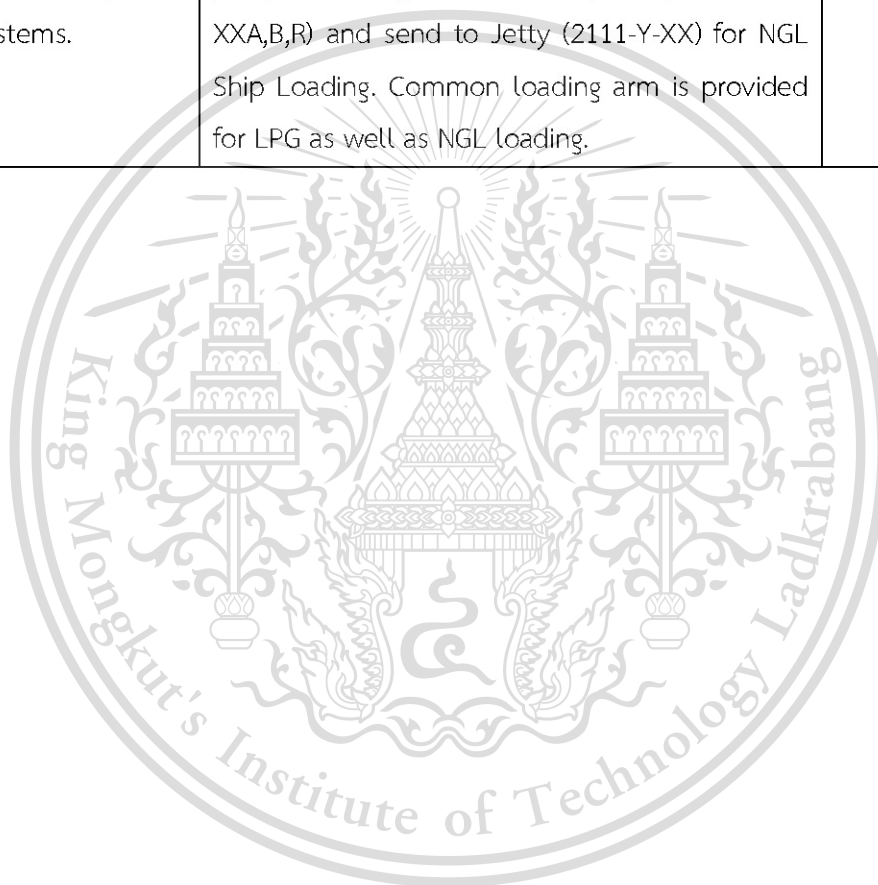
Nodes	Node Description	Drawings/ References
LPG Column Reboiler.	at 155 °C is withdrawn and routed through Gasoline Cooler (2105-E-XX) followed by Liquid Product Subcooler (2105-E-XX), cooled at 30 °C. Normally, NGL is routed to NGL Storage Tank (2111-D-XX) 4,000 m ³ or NGL Day Tank (2111-D-XX) 250 m ³ is used when NGL Storage Tank 4,000 m ³ is used for ship loading. NGL Refilled Pumps (2111-P-XX,R) are provided to transfer NGL from NGL Day Tank to NGL Storage Tank.	
14. Pentane Side Draw Accumulator	Pentane side cut is taken from 7 th tray of LPG Column (2105-T-XX) and cooled in Pentane Side Draw Cooler (2105-E-XX). Cooled liquid is collected in Pentane Side Draw Accumulator (2105-D-XX). Pentane Side Draw Delivery Pump (2105-P-XX,R) is provided to inject pentane into MP-Sales Gas and/or in LP-Sales Gas to improve heating value.This facility is currently not in operation.	1. 2100-PF-001 2. 2100-PF-004
15. LPG Storage and Loading Systems Including Odorant Injection, Vapor Return.	LPG is stored in two LPG Spheres (2108-D-XX) (6,000 m ³), one in receiving mode and other in dispatch mode. LPG from Sphere is pumped through LPG Loading Pumps (2110-P-XXA,B,R) (2 operating, 1 standby) mixed with odorant and send to Jetty (2110-Y-XX) for LPG Ship Loading. Common loading arm is provided for LPG as well as NGL loading. Vapor return line from ship is connected to LPG Spheres.	1. 2100-PF-005 2. 2100-PF-006
16. Jetty Drain System.	Jetty Blowdown Drum (2110-D-XX) is provided to collect the drains from LPG/NGL Loading Arms (2110-Y-XX). The drains are connected to drum.	1. 2100-PF-004 2. 2100-PF-006

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ย้ำทั้งที่ ไม่มีเหตุที่เปลี่ยนแปลงเนื้อหา และต้องยังอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกรณีไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

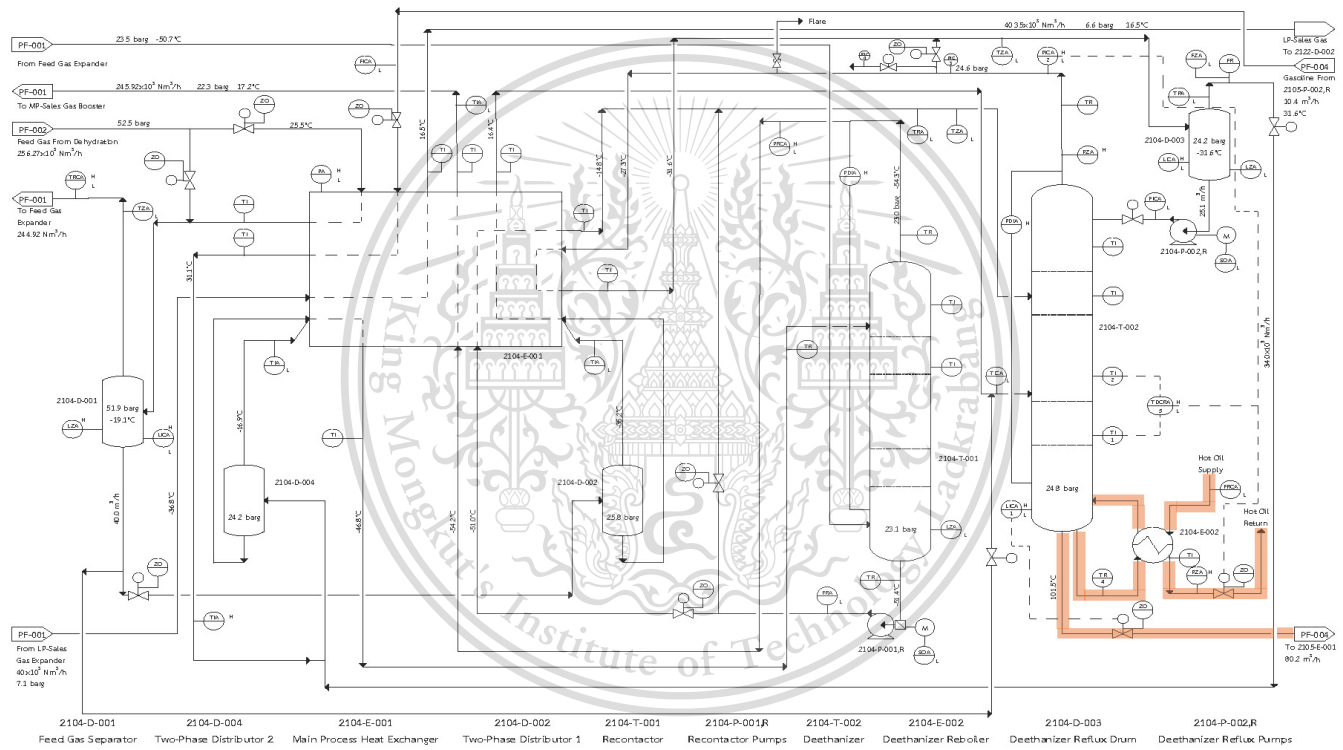
Nodes	Node Description	Drawings/ References
	The drum is opened to Blowdown System. Liquid collected in the drum is pumped by Jetty Liquid Return Pump (2110-P-XX) to either LPG Column (2105-T-XX) or to DPCU.	
17. NGL Storage and Loading Systems.	NGL from NGL Storage Tank (2111-D-XX) is pumped through NGL Loading Pumps (2113-P-XXA,B,R) and send to Jetty (2111-Y-XX) for NGL Ship Loading. Common loading arm is provided for LPG as well as NGL loading.	1. 2100-PF-006



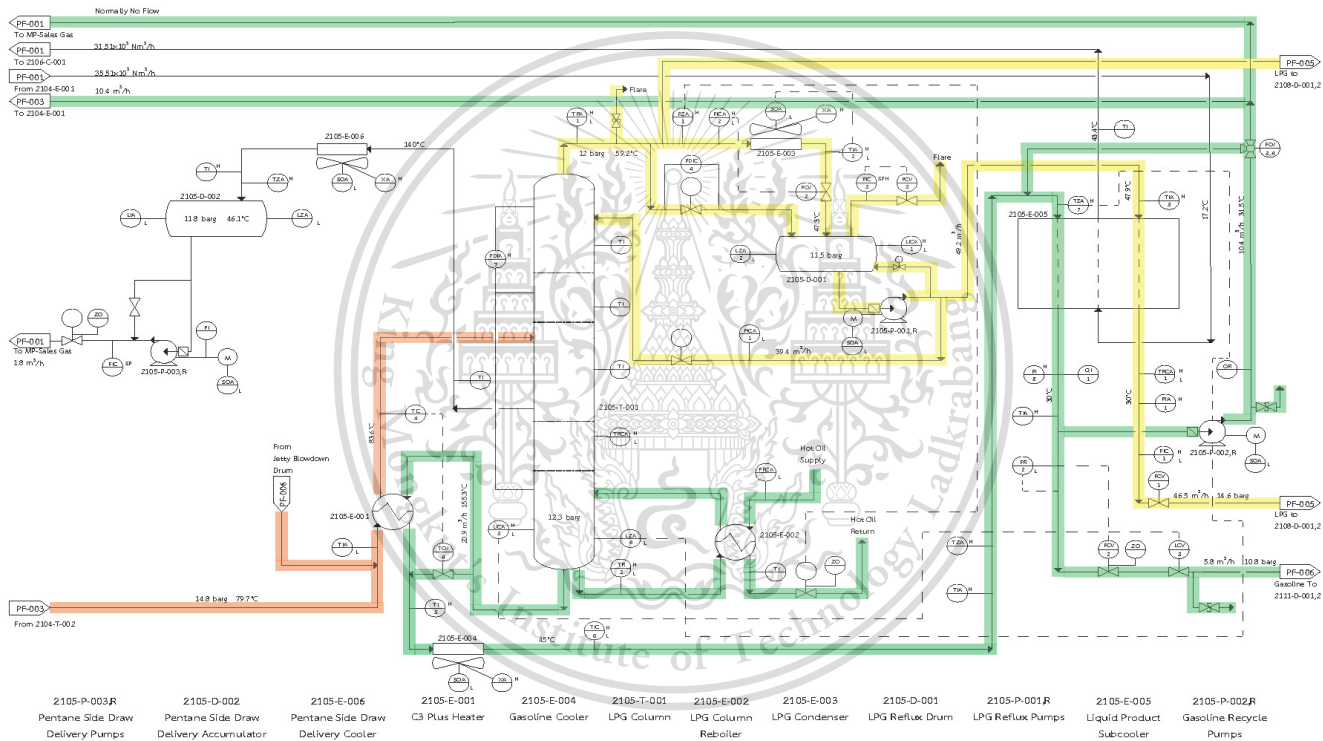
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

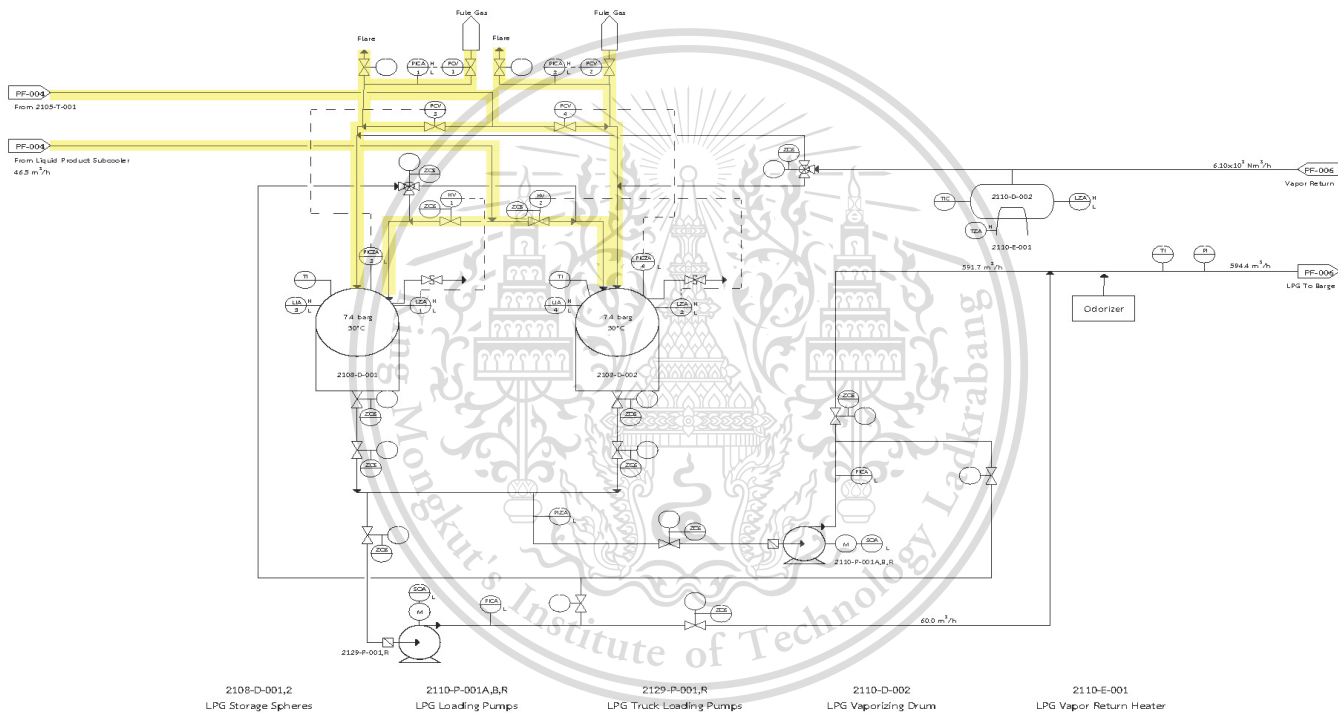
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



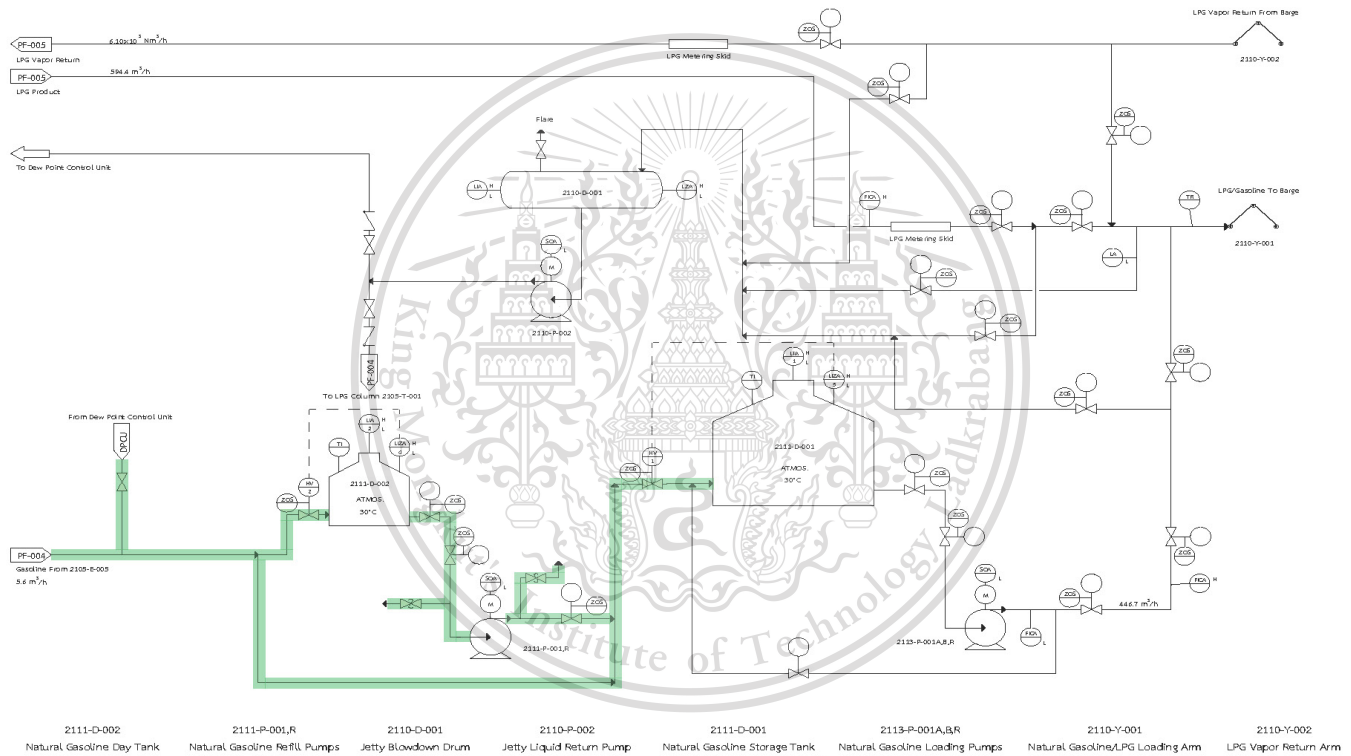
รูปที่ 4.1 Process Flow Diagram แสดง Study Node ที่เป็นกรณีศึกษาในโรงแยกก๊าซธรรมชาติ (2100-PF-003)



รูปที่ 4.2 Process Flow Diagram แสดง Study Node ที่เป็นกรณีศึกษาในโรงแยกก๊าซธรรมชาติ (2100-PF-004)



รูปที่ 4.3 Process Flow Diagram แสดง Study Node ที่เป็นกรณีศึกษาในโรงแยกก๊าซธรรมชาติ (2100-PF-005)



รูปที่ 4.4 Process Flow Diagram แสดง Study Node ที่เป็นกรณีศึกษาในโรงแยกก๊าซธรรมชาติ (2100-PF-006)

4.1.2 ผลการวิเคราะห์อันตรายและผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นในกระบวนการผลิต

การซึบอันตรายและการประเมินผลกระทบที่มีโอกาสเกิดขึ้นในกระบวนการแยกก๊าซธรรมชาติ แสดงตัวอย่างดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ตัวอย่างบัญชีรายการอันตรายและผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นในกระบวนการแยกก๊าซธรรมชาติ

การดำเนินงาน ในโรงงาน	สิ่งที่เป็นอันตราย	ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น
หน่วยควบคุม จุดกั้นตัวของ ก๊าซธรรมชาติ	- ไม่มีการไหลจากต้นทาง	- ต้องหยุดกระบวนการแยกก๊าซ ธรรมชาติฉุกเฉิน - ชดเชยค่าเสียหายตามสัญญา
(Dewpoint Control Unit: DPCU)	- ความดันขาเข้าสูงกว่าค่า ออกแบบ (750 psig)	- เกิดความดันเกินกว่าระดับปกติของ ระบบ (Overpressure) ทำให้ อุปกรณ์เสียหาย อาจเกิดการ รั่วไหลของสารไฮโดรคาร์บอน และ มีโอกาสที่จะเกิดไฟไหม้และระเบิด ได้
	- เกิดการกัดกร่อนเนื่องจาก สารเจือปนในก๊าซธรรมชาติ	- อุปกรณ์ในกระบวนการผลิต เสียหาย อาจเกิดการรั่วไหลของ สารไฮโดรคาร์บอน และมีโอกาสที่ จะเกิดไฟไหม้และระเบิดได้
	- การกัดกร่อนภายใต้ฉนวน ความร้อน (Corrosion Under Insulation: CUI) - การกัดกร่อนภายใต้ตัวรองรับ (Corrosion Under Support: CUS)	- ท่อและอุปกรณ์ที่หุ้มฉนวนเกิดการ กัดกร่อน อาจทำให้เกิดการรั่วไหล ของสารไฮโดรคาร์บอน และมี โอกาสที่จะเกิดไฟไหม้และระเบิดได้ - โครงสร้างค้ำยัน (Support) ของ ท่อและอุปกรณ์เกิดการกัดกร่อน ไม่สามารถรับน้ำหนักได้ ทำให้ อุปกรณ์เสียหายและอาจเกิดการ รั่วไหลของสารไฮโดรคาร์บอน มี โอกาสที่จะเกิดไฟไหม้และระเบิดได้
หน่วยเพิ่มความ ดัน	- ไม่มีก๊าซขาเข้าจากหน่วย	- อัตราการไหลที่เข้า Cold Box

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

การดำเนินงาน ในโรงงาน	สิ่งที่เป็นอันตราย	ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น
ต้นก๊าซเข้า	DPCU - Feed Gas Booster (2101-C-XX) หยุดการทำงาน	(2104-E-XX) น้อยกว่าปกติ ทำให้เกิดการแกว่งของอุณหภูมิภายใน ทำให้เกิดความล้าเนื่องจากอุณหภูมิ (Thermal Fatigue) Cold Box เสียหาย อาจเกิดการรั่วไหลของสารไฮโดรคาร์บอน และมีโอกาสที่จะเกิดไฟไหม้และระเบิดได้
	- การกัดกร่อนภายใต้ฉนวนความร้อน (Corrosion Under Insulation: CUI) - การกัดกร่อนภายใต้ตัวรองรับ (Corrosion Under Support: CUS)	- ท่อและอุปกรณ์ที่หุ้มฉนวนเกิดการกัดกร่อน อาจทำให้เกิดการรั่วไหลของสารไฮโดรคาร์บอน และมีโอกาสที่จะเกิดไฟไหม้และระเบิดได้ - โครงสร้างค้ำยัน (Support) ของท่อและอุปกรณ์เกิดการกัดกร่อน ไม่สามารถรับน้ำหนักได้ ทำให้อุปกรณ์เสียหายและอาจเกิดการรั่วไหลของสารไฮโดรคาร์บอน มีโอกาสที่จะเกิดไฟไหม้และระเบิดได้
หน่วยการแยก ปรอทและน้ำ	- Mercury Adsorber ทำงานได้น้อยกว่าปกติ	- ปรอทหลุดเข้าไปที่ Cold Box (2104-E-XX) แล้วทำปฏิกิริยากับอะลูมิเนียมเกิดเป็นอะมัลกัม ทำให้เกิดการกัดกร่อนที่ผิวของ Cold Box อาจเกิดการรั่วไหลของสารไฮโดรคาร์บอน และมีโอกาสที่จะเกิดไฟไหม้และระเบิดได้
	- Mercury Adsorber Outlet Filter (2102-S-001,R) อุดตัน	- ความดันที่ Mercury Adsorber Outlet Filter (2102-S-001,R) เกินกว่าค่าออกแบบ (65 barg) ทำให้อุปกรณ์เสียหาย อาจเกิดการรั่วไหลของสารไฮโดรคาร์บอน และมีโอกาสที่จะเกิดไฟไหม้และระเบิดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปดลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

การดำเนินงาน ในโรงงาน	สิ่งที่เป็นอันตราย	ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น
	<ul style="list-style-type: none"> - เกิดการรั่วภายในท่อของ Feed Gas Heater (2104-D-XX) 	<ul style="list-style-type: none"> - สารไฮโดรคาร์บอนความดันสูงไหลเข้าสู่ระบบน้ำมันร้อน อาจเกิดความดันเกินกว่าระดับปกติของระบบน้ำมันร้อน (Overpressure) น้ำมันร้อนอาจรั่วไหลออกสู่บรรยากาศ และมีโอกาสที่จะเกิดไฟไหม้และระเบิดได้
	<ul style="list-style-type: none"> - ก๊าซที่ออกจาก Feed Gas Dryers (2103-A-XXA,B,C,R) มีความชื้นสูงกว่า 1 ppmV 	<ul style="list-style-type: none"> - เกิด Ice Formation หรือเกิด Hydrate Formation เนื่องจากก๊าซธรรมชาติและน้ำทำปฏิกิริยากันภายใต้ภาวะอุณหภูมิต่ำ ความดันสูง ทำให้เกิดการอุดตันภายในท่อหรืออุปกรณ์ อาจเกิดการรั่วไหลของสารไฮโดรคาร์บอน และมีโอกาสที่จะเกิดไฟไหม้และระเบิดได้
	<ul style="list-style-type: none"> - การกัดกร่อนภายใต้ฉนวนความร้อน (Corrosion Under Insulation: CUI) - การกัดกร่อนภายใต้ตัวรองรับ (Corrosion Under Support: CUS) 	<ul style="list-style-type: none"> - ท่อและอุปกรณ์ที่หุ้มฉนวนเกิดการกัดกร่อน อาจทำให้เกิดการรั่วไหลของสารไฮโดรคาร์บอน และมีโอกาสที่จะเกิดไฟไหม้และระเบิดได้ - โครงสร้างค้ำยัน (Support) ของท่อและอุปกรณ์เกิดการกัดกร่อน ไม่สามารถรับน้ำหนักได้ ทำให้อุปกรณ์เสียหายและอาจเกิดการรั่วไหลของสารไฮโดรคาร์บอน มีโอกาสที่จะเกิดไฟไหม้และระเบิดได้
หน่วยกลั่นแยกมีเทน (Recontactor)	<ul style="list-style-type: none"> - Strainers ของ Recontactor Pumps (2104-P-XX,R) อุดตัน 	<ul style="list-style-type: none"> - ป้อนสูญเสียดูด (Loss Suction) ทำให้ปั๊มเสียหาย สารไฮโดรคาร์บอนที่อุณหภูมิประมาณ -50°C รั่วไหลและขยายตัวเป็นกลุ่มไอ และอาจเกิดการระเบิดเนื่องจากกลุ่มไอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามให้ตีพิมพ์ลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกรนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

การดำเนินงาน ในโรงงาน	สิ่งที่เป็นอันตราย	ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น
		(Vapor Cloud Explosion)
	- Recontactor Pumps (2104-P-XX,R) หยุดทำงาน	- ระดับของเหลวใน Recontactor (2104-T-XX) สูงขึ้นและท่วมหอทำให้ของเหลวอาจไหลย้อนกลับไปยัง Cold Box (2014-E-XX) สารไฮโดรคาร์บอนที่อุณหภูมิประมาณ -50 °C รั่วไหลและขยายตัวเป็นกลุ่มไอ และอาจเกิดการระเบิดเนื่องจากกลุ่มไอ (Vapor Cloud Explosion)
	- การกัดกร่อนภายใต้ฉนวนความร้อน (Corrosion Under Insulation: CUI) - การกัดกร่อนภายใต้ตัวรองรับ (Corrosion Under Support: CUS)	- ท่อและอุปกรณ์ที่หุ้มฉนวนเกิดการกัดกร่อน อาจทำให้เกิดการรั่วไหลของสารไฮโดรคาร์บอน และมีโอกาสที่จะเกิดไฟไหม้และระเบิดได้ - โครงสร้างค้ำยัน (Support) ของท่อและอุปกรณ์เกิดการกัดกร่อน ไม่สามารถรับน้ำหนักได้ ทำให้อุปกรณ์เสียหายและอาจเกิดการรั่วไหลของสารไฮโดรคาร์บอน มีโอกาสที่จะเกิดไฟไหม้และระเบิดได้
หน่วยกลั่นแยก อีเทน (Deethanizer)	- Strainers ของ Deethanizer Reflux Pumps (2104-P-XX,R) อุดตัน	- ป้อนสูญเสียดูด (Loss Suction) ทำให้ปั๊มเสียหาย สารไฮโดรคาร์บอนที่อุณหภูมิประมาณ -30 °C รั่วไหลและขยายตัวเป็นกลุ่มไอ และอาจเกิดการระเบิดเนื่องจากกลุ่มไอ (Vapor Cloud Explosion)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

การดำเนินงาน ในโรงงาน	สิ่งที่เป็นอันตราย	ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น
		<ul style="list-style-type: none"> - อัตราการไหลของ Reflux ลดลง ทำให้ความดันภายในหอ Deethanizer (2104-T-XX) สูงขึ้น อาจเกิดความดันเกินกว่าระดับปกติของระบบ (Overpressure) สารไฮโดรคาร์บอนที่อุณหภูมิประมาณ -30°C รั่วไหลและขยายตัวเป็นกลุ่มไอ และอาจเกิดการระเบิดเนื่องจากกลุ่มไอ (Vapor Cloud Explosion)
	<ul style="list-style-type: none"> - Deethanizer Reflux Pumps (2104-P-XX,R) หยุดทำงาน 	<ul style="list-style-type: none"> - อัตราการไหลของ Reflux ลดลง ทำให้ความดันภายในหอ Deethanizer (2104-T-XX) สูงขึ้น อาจเกิดความดันเกินกว่าระดับปกติของระบบ (Overpressure) สารไฮโดรคาร์บอนที่อุณหภูมิประมาณ -30°C รั่วไหลและขยายตัวเป็นกลุ่มไอ และอาจเกิดการระเบิดเนื่องจากกลุ่มไอ (Vapor Cloud Explosion)
	<ul style="list-style-type: none"> - ระบบควบคุมการไหลของ Hot Oil ทำงานผิดพลาด และวาล์วควบคุมการไหลเปิดสุดเกิดการให้ความร้อนที่ Deethanizer Reboiler (2104-E-XX) สูงไป 	<ul style="list-style-type: none"> - เกิดการระเหยสูง ทำให้ความดันและอุณหภูมิที่ Deethanizer (2104-T-XX) สูง สารไฮโดรคาร์บอนที่อุณหภูมิประมาณ -30°C รั่วไหลและขยายตัวเป็นกลุ่มไอ และอาจเกิดการระเบิดเนื่องจากกลุ่มไอ (Vapor Cloud Explosion)
	<ul style="list-style-type: none"> - เกิดการรั่วภายในท่อของ Deethanizer Reboiler (2104-E-XX) 	<ul style="list-style-type: none"> - สารไฮโดรคาร์บอนความดันสูงไหลเข้าสู่ระบบน้ำมันร้อน อาจเกิดความดันเกินกว่าระดับปกติของระบบน้ำมันร้อน (Overpressure) น้ำมันร้อนอาจรั่วไหลออกสู่บรรยากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

การดำเนินงาน ในโรงงาน	สิ่งที่เป็นอันตราย	ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น
	<ul style="list-style-type: none"> - การกัดกร่อนภายใต้ฉนวนความร้อน (Corrosion Under Insulation: CUI) - การกัดกร่อนภายใต้ตัวรองรับ (Corrosion Under Support: CUS) 	<p>และมีโอกาสที่จะเกิดไฟไหม้และระเบิดได้</p> <ul style="list-style-type: none"> - ท่อและอุปกรณ์ที่หุ้มฉนวนเกิดการกัดกร่อน อาจทำให้เกิดการรั่วไหลของสารไฮโดรคาร์บอน และมีโอกาสที่จะเกิดไฟไหม้และระเบิดได้ - โครงสร้างค้ำยัน (Support) ของท่อและอุปกรณ์เกิดการกัดกร่อน ไม่สามารถรับน้ำหนักได้ ทำให้อุปกรณ์เสียหายและอาจเกิดการรั่วไหลของสารไฮโดรคาร์บอน มีโอกาสที่จะเกิดไฟไหม้และระเบิดได้
หน่วยกลั่นแยก ก๊าซปิโตรเลียม เหลว (LPG Column)	<ul style="list-style-type: none"> - Strainers ของ LPG Reflux Pumps (2105-P-XX,R) อุดตัน 	<ul style="list-style-type: none"> - บีมสูญเสียดูด (Loss Suction) ทำให้บีมเสียหาย อาจเกิดการรั่วไหลของสารไฮโดรคาร์บอน และมีโอกาสที่จะเกิดไฟไหม้และระเบิดได้ - อัตราการไหลของ Reflux ลดลง ทำให้ความดันภายในหอ LPG Column (2105-T-XX) สูงขึ้น อาจเกิดความดันเกินกว่าระดับปกติของระบบ (Overpressure) อาจเกิดการรั่วไหลของสารไฮโดรคาร์บอน และมีโอกาสที่จะเกิดไฟไหม้และระเบิดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

การดำเนินงาน ในโรงงาน	สิ่งที่เป็นอันตราย	ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น
	LPG Reflux Pumps (2105-P-XX,R) หยุดทำงาน	<ul style="list-style-type: none"> - อัตราการไหลของ Reflux ลดลง ทำให้ความดันภายในหอ LPG Column (2105-T-XX) สูงขึ้น อาจเกิดความดันเกินกว่าระดับปกติของระบบ (Overpressure) อาจเกิดการรั่วไหลของสารไฮโดรคาร์บอน และมีโอกาสที่จะเกิดไฟไหม้และระเบิดได้ - ระดับของของเหลวใน LPG Reflux Drum (2105-D-XX) สูงขึ้น และอาจเกิดการล้น สารไฮโดรคาร์บอนรั่วไหล และมีโอกาสที่จะเกิดไฟไหม้และระเบิดได้
	<ul style="list-style-type: none"> - ระบบควบคุมการไหลของ Hot Oil ทำงานผิดพลาด และวาล์วควบคุมการไหลเปิดสุด เกิดการให้ความร้อนที่ LPG Column Reboiler (2105-E-XX) สูงไป 	<ul style="list-style-type: none"> - เกิดการระเหยสูง ทำให้ความดันและอุณหภูมิที่ LPG Column (2105-T-XX) สูง อาจเกิดการรั่วไหลของสารไฮโดรคาร์บอน และมีโอกาสที่จะเกิดไฟไหม้และระเบิดได้
	<ul style="list-style-type: none"> - ระบบควบคุมการไหลของ Hot Oil และวาล์วควบคุมการไหลปิดสุด เกิดการให้ความร้อนที่ LPG Column Reboiler (2105-E-XX) ต่ำไป 	<ul style="list-style-type: none"> - องค์กรประกอบเบา (LPG) ออกไปกับสายด้านล่างหอ LPG Column (2105-T-XX) (NGL) ไปที่ NGL Storage Tank (2111-D-XX) หรือ NGL Day Tank (2111-D-XX) อาจเกิดการรั่วไหลที่บริเวณซีลกันรั่ว (Rim Seal) สารไฮโดรคาร์บอนรั่วไหลและมีโอกาสที่จะเกิดไฟไหม้และระเบิดได้
	<ul style="list-style-type: none"> - พัดลมของ LPG Condenser (2105-E-XX) (Air-Cooled Heat Exchangers) หยุด 	<ul style="list-style-type: none"> - ใ้อาจกยอดหอ LPG Column (2105-T-XX) ความแน่นลดลง ทำให้ความดันภายใน LPG Reflux

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเท่านั้น ไม่ควรเผยแพร่หรือใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตจากหน่วยงานต้นสังกัด
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ทำซ้ำหรือดัดแปลงในสิ่งใดก็ตามโดยไม่ได้รับอนุญาตจากหน่วยงานต้นสังกัด

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

การดำเนินงาน ในโรงงาน	สิ่งที่เป็นอันตราย	ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น
	ทำงาน	Drum (2105-D-XX) สูงขึ้น และอาจเกิดความดันเกินกว่าระดับปกติของระบบ (Overpressure) อาจเกิดการรั่วไหลของสารไฮโดรคาร์บอน และมีโอกาสที่จะเกิดไฟไหม้และระเบิดได้
	- เกิดการรั่วภายในท่อของ LPG Column Reboiler (2105-E-XX)	- สารไฮโดรคาร์บอนความดันสูงไหลเข้าสู่ระบบน้ำมันร้อน อาจเกิดความดันเกินกว่าระดับปกติของระบบน้ำมันร้อน (Overpressure) น้ำมันร้อนอาจรั่วไหลออกสู่บรรยากาศ และมีโอกาสที่จะเกิดไฟไหม้และระเบิดได้
	- การกัดกร่อนภายใต้ฉนวนความร้อน (Corrosion Under Insulation: CUI) - การกัดกร่อนภายใต้ตัวรองรับ (Corrosion Under Support: CUS)	- ท่อและอุปกรณ์ที่หุ้มฉนวนเกิดการกัดกร่อน อาจทำให้เกิดการรั่วไหลของสารไฮโดรคาร์บอน และมีโอกาสที่จะเกิดไฟไหม้และระเบิดได้ - โครงสร้างค้ำยัน (Support) ของท่อและอุปกรณ์เกิดการกัดกร่อน ไม่สามารถรับน้ำหนักได้ ทำให้อุปกรณ์เสียหายและอาจเกิดการรั่วไหลของสารไฮโดรคาร์บอน มีโอกาสที่จะเกิดไฟไหม้และระเบิดได้
หน่วยเก็บ Liquefied Petroleum Gas (LPG Storage Spheres)	- Strainers ของ LPG Loading Pumps (2110-P-XXA,B,R) อุดตัน	- บั้มสูญเสียดูด (Loss Suction) ทำให้บั้มเสียหาย อาจเกิดการรั่วไหลของสารไฮโดรคาร์บอน และมีโอกาสที่จะเกิดไฟไหม้และระเบิดได้
	- LPG Loading Pumps (2110-P-XXA,B,R) หยุดทำงาน	- โคนปรับเนื่องจากการส่ง LPG ไปที่เรือไม่สามารถทำได้ภายในระยะเวลาตามสัญญา
	- ระบบควบคุมระดับของ LPG	- ระดับของ LPG ภายใน LPG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่ควรนำเอกสารนี้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามแก้ไขหรือดัดแปลงเนื้อหาใดๆของเอกสารนี้โดยไม่ได้รับอนุญาตจากทางบริษัทฯ

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

การดำเนินงาน ในโรงงาน	สิ่งที่เป็นอันตราย	ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น
	<p>ภายใน LPG Storage Spheres (2108-D-XX) ทำงานผิดพลาด</p> <ul style="list-style-type: none"> - การกัดกร่อนภายใต้ฉนวนความร้อน (Corrosion Under Insulation: CUI) - การกัดกร่อนภายใต้ตัวรองรับ (Corrosion Under Support: CUS) 	<p>Storage Spheres (2108-D-XX) ถังหนึ่งสูงขึ้น อาจเกิดการล้นออกจากถังและความดันภายในถังเกินค่าควบคุม สารไฮโดรคาร์บอนรั่วไหล และมีโอกาสที่จะเกิดไฟไหม้และระเบิดได้</p> <ul style="list-style-type: none"> - ท่อและอุปกรณ์ที่หุ้มฉนวนเกิดการกัดกร่อน อาจทำให้เกิดการรั่วไหลของสารไฮโดรคาร์บอน และมีโอกาสที่จะเกิดไฟไหม้และระเบิดได้ - โครงสร้างค้ำยัน (Support) ของท่อและอุปกรณ์เกิดการกัดกร่อน ไม่สามารถรับน้ำหนักได้ ทำให้อุปกรณ์เสียหายและอาจเกิดการรั่วไหลของสารไฮโดรคาร์บอน มีโอกาสที่จะเกิดไฟไหม้และระเบิดได้
หน่วยเก็บ Natural Gasoline (NGL Storage Tanks)	<ul style="list-style-type: none"> - Strainers ของ Natural Gasoline Refill Pumps (2111-P-XX,R) อุดตัน - วาล์วควบคุมการไหล NGL ขาออกจาก Natural Gasoline Day Tank (2111-D-XX) ไปยัง Natural Gasoline Storage Tank (2111-D-XX) เปิดสุดเนื่องจากความผิดพลาดของพนักงาน 	<ul style="list-style-type: none"> - บั้มสูญเสียดูด (Loss Suction) ทำให้บั้มเสียหาย อาจเกิดการรั่วไหลของสารไฮโดรคาร์บอน และมีโอกาสที่จะเกิดไฟไหม้ได้ - เกิดสูญญากาศ Natural Gasoline Day Tank (2111-D-XX) ทำให้ถังเสียหาย อาจเกิดการรั่วไหลของสารไฮโดรคาร์บอน และมีโอกาสที่จะเกิดไฟไหม้ได้ - ระดับของของเหลวภายใน Natural Gasoline Day Tank ลดลง อาจทำให้ Natural Gasoline Refill Pumps (2111-P-XX,R) สูญเสียดูด (Loss Suction) บั้มเสียหาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ห้ามมิให้นำไปใช้ในการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามแก้ไขตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงแหล่งที่มาทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

การดำเนินงาน ในโรงงาน	สิ่งที่เป็นอันตราย	ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น
	<ul style="list-style-type: none"> - ระบบควบคุมการส่ง NGL ไปยังเรือทำงานผิดพลาด และวาล์วควบคุมการไหล NGL ขาออกจาก Natural Gasoline Storage Tank (2111-D-XX) เปิดสุด 	<ul style="list-style-type: none"> - เกิดสุญญากาศ Natural Gasoline Storage Tank (2111-D-XX) ทำให้ถังเสียหาย อาจเกิดการรั่วไหลของสารไฮโดรคาร์บอน และมีโอกาสที่จะเกิดไฟไหม้ได้ - อัตราการไหลของ NGL สูงขึ้น เช่นเดียวกับกับความเร็วกการไหลภายในท่อ ทำให้เกิดการสะสมของไฟฟ้าสถิต อาจเกิดไฟไหม้เนื่องจากมีประจุไฟฟ้าสะสม
	<ul style="list-style-type: none"> - พัดลมของ Gasoline Cooler (2105-E-XX) (Air-Cooled Heat Exchangers) หยุดทำงาน 	<ul style="list-style-type: none"> - NGL อุณหภูมิสูงไปที่ Liquid Product Subcooler (2105-E-XX) และ Natural Gasoline Storage Tanks อาจทำให้อุณหภูมิสูงเกินกว่าค่าออกแบบ ทำให้ถังเสียหาย อาจเกิดการรั่วไหลของสารไฮโดรคาร์บอน และมีโอกาสที่จะเกิดไฟไหม้ได้
	<ul style="list-style-type: none"> - ระดับของของเหลวภายใน Natural Gasoline Day Tank (2111-D-XX) และ/หรือ Natural Gasoline Storage Tank (2111-D-XX) ต่ำกว่าค่าควบคุม 	<ul style="list-style-type: none"> - อาจทำให้ Natural Gasoline Refill Pumps (2111-P-XX,R) และ/หรือ Natural Gasoline Loading Pumps (2113-P-XX,A,B,R) สูญเสียแรงดูด (Loss Suction) บั้มเสียหาย
	<ul style="list-style-type: none"> - อากาศเข้าสู่ Natural Gasoline Day Tank (2111-D-XX) หรือ Natural Gasoline Storage Tank (2111-D-XX) ในกรณีเกิดสุญญากาศภายในถังและ Breather Valve ทำงาน 	<ul style="list-style-type: none"> - อากาศผสมกับไอระเหยของ NGL เกิดภาวะติดไฟได้ มีโอกาสที่จะเกิดไฟไหม้และระเบิดได้
	<ul style="list-style-type: none"> - การกักตุนภายในถังฉนวน 	<ul style="list-style-type: none"> - ท่อและอุปกรณ์ที่หุ้มฉนวนเกิดการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในสถานศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา หรือทำซ้ำสิ่งใดจากเอกสารนี้โดยไม่ได้รับอนุญาตให้นำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

การดำเนินงาน ในโรงงาน	สิ่งที่เป็นอันตราย	ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น
	ความร้อน (Corrosion Under Insulation: CUI) - การกัดกร่อนภายใต้ตัวรองรับ (Corrosion Under Support: CUS)	กัดกร่อน อาจทำให้เกิดการรั่วไหลของสารไฮโดรคาร์บอน และมีโอกาสที่จะเกิดไฟไหม้และระเบิดได้ - โครงสร้างค้ำยัน (Support) ของท่อและอุปกรณ์เกิดการกัดกร่อน ไม่สามารถรับน้ำหนักได้ ทำให้อุปกรณ์เสียหายและอาจเกิดการรั่วไหลของสารไฮโดรคาร์บอน มีโอกาสที่จะเกิดไฟไหม้และระเบิดได้

4.1.3 ผลการขี้งอันตรายและการประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี HAZOP

ผลการขี้งอันตรายและการประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี HAZOP ของโรงแยกก๊าซธรรมชาติ 3 โหนด (Node ที่ 11-13) ที่ LPG Column ได้แก่

- Node 11: Deethanizer Bottom to LPG Column Inlet Including Deethanizer Reboiler (ตารางที่ 4.3)
- Node 12: LPG Overhead System to LPG Storage Spheres Including Reflux Drum and LPG Subcooler (ตารางที่ 4.4)
- Node 13: LPG Bottom Column to NGL Storage Tanks Including LPG Reboiler (ตารางที่ 4.5)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 4.3 ผลการชี้บ่งอันตรายและการประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี HAZOP บริเวณ Deethanizer Bottom to LPG Column Inlet Including Deethanizer Reboiler

Node 11: Deethanizer Bottom to LPG Column Inlet Including Deethanizer Reboiler

ตัวแปร (Parameters)	คำนำทาง (Guide Words)	ความบกพร่อง หรือผิดปกติใน การทำงาน (Operation Deviation)	สาเหตุที่เป็นไปได้ (Possible Causes)	ผลกระทบ (Consequences)	มาตรการควบคุมและการป้องกัน (Controls & Existing Safeguards)	การประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment)				ข้อเสนอแนะ (Recommendations)	ผู้รับผิดชอบ / วันครบกำหนด (Action By / Due Date)	หมายเหตุ (Remarks)
						โอกาส (L)	ความรุนแรง (S)	คะแนนความเสี่ยง (Risk Score)	ระดับความเสี่ยง (Risk Rank)			
Flow	No / Less	No / Less Flow	1 2104-LIC-1 at bottom of Deethanizer Column (2104-T-XX) malfunctioned and 2104-LCV-1 fully closed.	1.1 Blockage of bottom line from Deethanizer (2104-T-XX) causing level increases in Deethanizer, potential overflowed and liquid carry over to Cold Box (2104-E-XX) and Cold Box damage. Hydrocarbons release to atm. Potential fire/explosion.	1.1.1 2104-TAL-1 setpoint XX °C and 2104-TAL-2 setpoint XX °C with operator actions (WI-1). 1.1.2 2104-TDAL-3 setpoint XX °C. 1.1.3 2104-PDAH-1 setpoint XX bar with operator actions (WI-1). 1.1.4 Limit Switch (2104-ZIC-1) 1.1.5 2105-LIC-1 setpoint XX % with operator actions (WI-1).	1	4	4	2			

ตัวแปร (Parameters)	คำนำทาง (Guide Words)	ความบกพร่อง หรือผิดปกติใน การทำงาน (Operation Deviation)	สาเหตุที่เป็นไปได้ (Possible Causes)	ผลกระทบ (Consequences)	มาตรการควบคุมและการป้องกัน (Controls & Existing Safeguards)	การประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment)				ข้อเสนอแนะ (Recommendations)	ผู้รับผิดชอบ / วันครบ กำหนด (Action By / Due Date)	หมายเหตุ (Remarks)
						โอกาส (L)	ความรุนแรง (S)	คะแนนความเสี่ยง (Risk Score)	ระดับความเสี่ยง (Risk Rank)			
			2. 2117-FIC-1 at hot oil supply inlet to Deethanizer Reboiler (2104-E-XX) malfunctioned and 2117-FCV-1 fully closed.	2.1 Loss of hot oil in Deethanizer Reboiler (2104-E-XX) leading to low temperature in Deethanizer (2104-T-XX). More C ₂ go to LPG Column (2105-T-XX). Potential overpressurization. Hydrocarbons release to atm. Potential fire/explosion.	2.1.1 2104-TAL-4 setpoint XX °C with operator actions (WI-1). 2.1.2 C ₂ online analyzer high alarm XX %mol with operator actions (WI-1). 2.1.3 2105-PIC-1 setpoint XX barg to manipulate 2105-PCV-1 to flare. 2.1.4 2105-PSV-1A/B setpoint XX barg.	1	4	4	2			

ตัวแปร (Parameters)	คำนำทาง (Guide Words)	ความบกพร่อง หรือผิดปกติใน การทำงาน (Operation Deviation)	สาเหตุที่เป็นไปได้ (Possible Causes)	ผลกระทบ (Consequences)	มาตรการควบคุมและการป้องกัน (Controls & Existing Safeguards)	การประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment)				ข้อเสนอแนะ (Recommendations)	ผู้รับผิดชอบ / วันครบ กำหนด (Action By / Due Date)	หมายเหตุ (Remarks)
						โอกาส (L)	ความรุนแรง (S)	คะแนนความเสี่ยง (Risk Score)	ระดับความเสี่ยง (Risk Rank)			
More	More Flow	More Flow	1. 2117-FIC-1 at hot oil supply inlet to Deethanizer Reboiler (2104-E-XX) malfunctioned and 2117-FCV-1 fully opened.	1.1 More hot oil flow to Deethanizer Reboiler (2104-E-XX) leading to high temperature and high boiling rate at Deethanizer (2104-T-XX). Potential overpressurization. Hydrocarbons release to atm. Potential fire/explosion.	1.1.1 2104-PAH-3 setpoint XX barg with operator actions (WI-1). 1.1.2 2104-PIC-4 setpoint XX barg to manipulate 2104-PCV-1 to flare. 1.1.3 2104-PZAH-2 setpoint XX barg to close Deethanizer bottom line (2104-LCV-1) and to close hot oil valve (21-FCV-1). 1.1.4 2104-PSV-1A/B setpoint XX barg.	1	4	4	2			

ตัวแปร (Parameters)	คำนำทาง (Guide Words)	ความบกพร่อง หรือผิดปกติใน การทำงาน (Operation Deviation)	สาเหตุที่เป็นไปได้ (Possible Causes)	ผลกระทบ (Consequences)	มาตรการควบคุมและการป้องกัน (Controls & Existing Safeguards)	การประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment)				ข้อเสนอแนะ (Recommendations)	ผู้รับผิดชอบ / วันครบ กำหนด (Action By / Due Date)	หมายเหตุ (Remarks)
						โอกาส (L)	ความรุนแรง (S)	คะแนนความเสี่ยง (Risk Score)	ระดับความเสี่ยง (Risk Rank)			
				1.2 More vapor flash leading to low liquid level at Deethanizer (2104-T-XX). Potential gas blowby and overpressurization at LPG Column (2105-T-XX). Hydrocarbons release to atm. Potential fire/explosion.	1.2.1 2104-LIC-1 setpoint XX % to close Deethanizer bottom line (2104-LCV-1). 1.2.2 2105-PIC-1 setpoint XX barg to manipulate 2105-PCV-1 to flare. 1.2.3 2105-PSV-1A/B setpoint XX barg.	1	4	4	2			
Pressure	High	High Pressure	1. 2117-FIC-1 at hot oil supply inlet to Deethanizer Reboiler (2104-E-XX) malfunctioned and 2117-FCV-1 fully opened.	1.1 Refer to consequences 1.1 and 1.2 in More Flow deviation.								

ตัวแปร (Parameters)	คำนำทาง (Guide Words)	ความบกพร่อง หรือผิดปกติใน การทำงาน (Operation Deviation)	สาเหตุที่เป็นไปได้ (Possible Causes)	ผลกระทบ (Consequences)	มาตรการควบคุมและการป้องกัน (Controls & Existing Safeguards)	การประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment)				ข้อเสนอแนะ (Recommendations)	ผู้รับผิดชอบ / วันครบ กำหนด (Action By / Due Date)	หมายเหตุ (Remarks)
						โอกาส (L)	ความรุนแรง (S)	คะแนนความเสี่ยง (Risk Score)	ระดับความเสี่ยง (Risk Rank)			
	Low	Low Pressure	1. 2117-FIC-1 at hot oil supply inlet to Deethanizer Reboiler (2104-E-XX) malfunctioned and 2117-FCV-1 fully closed.	1.1 Refer to consequences 2.1 in No/Less Flow deviation.								
Temperature	High	High Temperature	1. 2117-FIC-1 at hot oil supply inlet to Deethanizer Reboiler (2104-E-XX) malfunctioned and 2117-FCV-1 fully opened.	1.1 Refer to consequences 1.1 and 1.2 in More Flow deviation.								

ตัวแปร (Parameters)	คำนำทาง (Guide Words)	ความบกพร่อง หรือผิดปกติใน การทำงาน (Operation Deviation)	สาเหตุที่เป็นไปได้ (Possible Causes)	ผลกระทบ (Consequences)	มาตรการควบคุมและการป้องกัน (Controls & Existing Safeguards)	การประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment)				ข้อเสนอแนะ (Recommendations)	ผู้รับผิดชอบ / วันครบ กำหนด (Action By / Due Date)	หมายเหตุ (Remarks)
						โอกาส (L)	ความรุนแรง (S)	คะแนนความเสี่ยง (Risk Score)	ระดับความเสี่ยง (Risk Rank)			
	Low	Low Temperature	1. 2117-FIC-1 at hot oil supply inlet to Deethanizer Reboiler (2104-E-XX) malfunctioned and 2117-FCV-1 fully closed.	1.1 Refer to consequences 2.1 in No/Less Flow deviation.								
Level	High	High Level	1 More flow from Recontactor Column (2104-T-XX).	1.1 More feed to Deethanizer Column (2104-T-XX) leading to high level and process upset, Potential more C ₂ entrainment to LPG Column (2105-T-XX). LPG product offspec.	1.1.1 2104-TDRC-3 setpoint XX °C to open hot oil valve (2117-FCV-1). 1.1.2 2104-LIC-1 setpoint XX % to manipulate valve (2104-LCV-1) at Deethanizer bottom line. 1.1.3 C ₂ online analyzer high alarm XX %mol with operator actions (WI-1).	2	2	4	2			

ตัวแปร (Parameters)	คำนำทาง (Guide Words)	ความบกพร่อง หรือผิดปกติใน การทำงาน (Operation Deviation)	สาเหตุที่เป็นไปได้ (Possible Causes)	ผลกระทบ (Consequences)	มาตรการควบคุมและการป้องกัน (Controls & Existing Safeguards)	การประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment)				ข้อเสนอแนะ (Recommendations)	ผู้รับผิดชอบ / วันครบ กำหนด (Action By / Due Date)	หมายเหตุ (Remarks)
						โอกาส (L)	ความรุนแรง (S)	คะแนนความเสี่ยง (Risk Score)	ระดับความเสี่ยง (Risk Rank)			
			2. More flow from Feed Gas Separator (2104-D-XX).	2.1 More feed to Deethanizer Column (2104-T-XX) leading to high level and process upset, Potential more C ₂ entrainment to LPG Column (2105-T-XX). LPG product offspec.	2.1.1 2104-TDRC-3 setpoint XX °C to open hot oil valve (2117-FCV-1). 2.1.2 2104-LIC-1 setpoint XX % to manipulate valve (2104-LCV-1) at Deethanizer bottom line. 2.1.3 C ₂ online analyzer high alarm XX %mol with operator actions (WI-1).	2	2	4	2			
	Low	Low Level	1. 2104-LIC-1 at bottom of Deethanizer Column (2104-T-XX) malfunctioned and 2104-LCV-1 fully opened.	1.1 Low liquid level at Deethanizer (2104-T-XX). Potential gas blowby and overpressurization at LPG Column (2105-T-XX). Hydrocarbons release to atm. Potential fire/explosion.	1.1.1 2105-PIC-8 setpoint XX barg to manipulate 2105-PCV-1 to flare. 1.1.2 2105-PSV-1A/B setpoint XX barg.	1	4	4	2	To confirm 2105-PSV-1A/B are designed to cover gas blowby from Deethanizer (2104-T-XX).	Process Engineer	

ตัวแปร (Parameters)	คำนำทาง (Guide Words)	ความบกพร่อง หรือผิดปกติใน การทำงาน (Operation Deviation)	สาเหตุที่เป็นไปได้ (Possible Causes)	ผลกระทบ (Consequences)	มาตรการควบคุมและการป้องกัน (Controls & Existing Safeguards)	การประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment)				ข้อเสนอแนะ (Recommendations)	ผู้รับผิดชอบ / วันครบ กำหนด (Action By / Due Date)	หมายเหตุ (Remarks)
						โอกาส (L)	ความรุนแรง (S)	คะแนนความเสี่ยง (Risk Score)	ระดับความเสี่ยง (Risk Rank)			
Others	Others	Others	1. Deethanizer Reboiler (2104-E-XX) tube leak.	1.1 C ₃ + leak to hot oil system leading to overpressurization flammable substances release to atm. Potential fire and explosion.	1.1.1 2117-PZAH-1 setpoint XX barg to close 2117-FCV-1 and 2104-LCV-1. 1.1.2 2117-PSV-1 setpoint XX barg.	1	4	4	2			
			2. C ₃ Plus Heater (2105-E-XX) tube leak.	2.1 C ₃ + leaks to NGL Storage Tanks leading to overpressurization. Hydrocarbons release to atm. Potential fire/explosion.	2.1.1 2105-PAH-1 setpoint XX barg with operator actions (WI-1).	1	4	4	2			
			3. No instrument air to control valves / shut down valves.	3.1 No significant consequences as control valves / shut down valves are designed in fail-safe mode.								

ตัวแปร (Parameters)	คำนำทาง (Guide Words)	ความบกพร่อง หรือผิดปกติใน การทำงาน (Operation Deviation)	สาเหตุที่เป็นไปได้ (Possible Causes)	ผลกระทบ (Consequences)	มาตรการควบคุมและการป้องกัน (Controls & Existing Safeguards)	การประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment)				ข้อเสนอแนะ (Recommendations)	ผู้รับผิดชอบ / วันครบ กำหนด (Action By / Due Date)	หมายเหตุ (Remarks)
						โอกาส (L)	ความรุนแรง (S)	คะแนนความเสี่ยง (Risk Score)	ระดับความเสี่ยง (Risk Rank)			
			4. Corrosion Under Insulation (CUI)	4.1. Insulated pipes and equipment damaged and potential hydrocarbon leakage. Potential fire and explosion.	4.1.1 Effective Preventive Maintenance (PM) plan.	1	4	4	2			
			5. Corrosion Under Support (CUS)	5.1. Supported structure of pipes and equipment damaged and potential hydrocarbon leakage. Potential fire and explosion.	5.1.1 Effective Preventive Maintenance (PM) plan.	1	4	4	2			

ตารางที่ 4.4 ผลการซึ่งอันตรายและการประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี HAZOP บริเวณ LPG Overhead System to LPG Storage Spheres Including Reflux Drum and LPG Subcooler

Node 12: LPG Overhead System to LPG Storage Spheres Including Reflux Drum and LPG Subcooler

ตัวแปร (Parameters)	คำนำทาง (Guide words)	ความบกพร่อง หรือผิดปกติใน การทำงาน (Operation Deviation)	สาเหตุที่เป็นไปได้ (Possible Causes)	ผลกระทบ (Consequences)	มาตรการควบคุมและการป้องกัน (Controls & Existing Safeguards)	การประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment)				ข้อเสนอแนะ (Recommendations)	ผู้รับผิดชอบ / วันครบ กำหนด (Action By / Due Date)	หมายเหตุ (Remarks)
						โอกาส (L)	ความรุนแรง (S)	คะแนนความเสี่ยง (Risk Score)	ระดับความเสี่ยง (Risk Rank)			
Flow	No / Less	No / Less Flow of Liquid	1. Strainers of LPG Reflux Pumps (2105-P-XX,R) plugged.	1.1 Less flow to LPG Reflux Pumps (2105-P-XX,R) leading to loss suction and pumps damage. Hydrocarbons release to atm. Potential fire and explosion.	1.1.1 2105-FAL-1 setpoint XX m ³ /h with operator actions (WI-2).	1	4	4	2			
				1.1.2 LPG Reflux Pumps (2105-P- XX,R) with double mechanical seal with (2105-PAH-5.6) setpoint XX barg is provided to release gas to flare.	1.1.2 2105-LAH-1 setpoint XX % with operator actions (WI-2).							
				1.2 Less reflux to LPG Column (2105-T-XX) leading to high pressure, potential overpressurization. Hydrocarbons release to atm. Potential fire and explosion.	1.2.1 2105-FAL-1 setpoint XX m ³ /h with operator actions. (WI-2).	1	4	4	2			

ตัวแปร (Parameters)	คำนำทาง (Guide words)	ความบกพร่อง หรือผิดปกติใน การทำงาน (Operation Deviation)	สาเหตุที่เป็นไปได้ (Possible Causes)	ผลกระทบ (Consequences)	มาตรการควบคุมและการป้องกัน (Controls & Existing Safeguards)	การประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment)				ข้อเสนอแนะ (Recommendations)	ผู้รับผิดชอบ / วันครบ กำหนด (Action By / Due Date)	หมายเหตุ (Remarks)
						โอกาส (L)	ความรุนแรง (S)	คะแนนความเสี่ยง (Risk Score)	ระดับความเสี่ยง (Risk Rank)			
					1.2.3 2105-PAH-2 setpoint XX barg with operator actions (WI-2). 1.2.4 2105-PC-3 setpoint XX barg to manipulate 2105-PCV- 3 to flare. 1.2.5 2105-PZAH-1 setpoint XX barg to close hot oil valve (2117-FCV-2). 1.2.6 2105-PSV-1A/B setpoint XX barg.							
			2. Strainers of Liquid Product Subcooler (2105- E-XX) plugged.	2.1 No/Less flow to Liquid Product Subcooler (2105-E- XX) resulting in high level in LPG Reflux Drum (2105-D-XX); Potential overfilling and flooding upto LPG Condenser	2.1.1 2107-FAL-1 setpoint XX m ³ /h with operator actions (WI-2). 2.1.2 2105-LAH-1 setpoint XX % with operator actions (WI- 2).	1	4	4	2			

ตัวแปร (Parameters)	ค่านำทาง (Guide words)	ความบกพร่อง หรือผิดปกติใน การทำงาน (Operation Deviation)	สาเหตุที่เป็นไปได้ (Possible Causes)	ผลกระทบ (Consequences)	มาตรการควบคุมและการป้องกัน (Controls & Existing Safeguards)	การประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment)				ข้อเสนอแนะ (Recommendations)	ผู้รับผิดชอบ / วันครบ กำหนด (Action By / Due Date)	หมายเหตุ (Remarks)
						โอกาส (L)	ความรุนแรง (S)	คะแนนความเสี่ยง (Risk Score)	ระดับความเสี่ยง (Risk Rank)			
				(2105-E-XX) leading to high pressure and overpressurization at LPG Column (2105-T-XX). Hydrocarbons release to atm. Potential fire/explosion.	2.1.3 2105-PAH-2 setpoint XX barg with operator actions (WI-2). 2.1.4 2105-PIC-3 setpoint XX barg to manipulate 2105-PCV-3 to flare. 2.1.5 2105-PZAH-1 setpoint XX barg to close hot oil valve (2117-FCV-2). 2.1.6 2105-PSV-1A/B setpoint XX barg.							
			3. LPG reflux pumps (2105-P-XX,R) trip.	3.1 High level in the LPG Reflux Drum (2105-D-XX) and less reflux to LPG Column (2105-T-XX) leading to overpressurization.	3.1.1 2105-LAH-1 setpoint XX % with operator actions (WI-2). 3.1.2 2105-FAL-1 setpoint XX m ³ /h with operator actions (WI-2).	1	4	4	2			

ตัวแปร (Parameters)	คำนำทาง (Guide words)	ความบกพร่อง หรือผิดปกติใน การทำงาน (Operation Deviation)	สาเหตุที่เป็นไปได้ (Possible Causes)	ผลกระทบ (Consequences)	มาตรการควบคุมและการป้องกัน (Controls & Existing Safeguards)	การประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment)				ข้อเสนอแนะ (Recommendations)	ผู้รับผิดชอบ / วันครบ กำหนด (Action By / Due Date)	หมายเหตุ (Remarks)
						โอกาส (L)	ความรุนแรง (S)	คะแนนความเสี่ยง (Risk Score)	ระดับความเสี่ยง (Risk Rank)			
				Hydrocarbons release to atm. Potential fire/explosion.	3.1.3 2107-FAL-1 setpoint XX m ³ /h with operator actions (WI-2). 3.1.4 2105-PAH-2 setpoint XX barg with operator actions (WI-2). 3.1.5 2105-PIC-3 setpoint XX barg to manipulate 2105-PCV-3 to flare. 3.1.6 2105-PZAH-1 setpoint XX barg to close hot oil valve (2117-FCV-2). 3.1.7 2105-PSV-1A/B setpoint XX barg.							
			4. 2105-FIC-1 malfunctioned and 2105-FCV-1 fully closed.	4.1 No reflux to LPG Column (2105-T-XX) leading to high pressure, potential	4.1.1 2105-PAH-2 setpoint XX barg with operator actions (WI-2).	1	4	4	2			

ตัวแปร (Parameters)	คำนำทาง (Guide words)	ความบกพร่อง หรือผิดปกติใน การทำงาน (Operation Deviation)	สาเหตุที่เป็นไปได้ (Possible Causes)	ผลกระทบ (Consequences)	มาตรการควบคุมและการป้องกัน (Controls & Existing Safeguards)	การประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment)				ข้อเสนอแนะ (Recommendations)	ผู้รับผิดชอบ / วันครบ กำหนด (Action By / Due Date)	หมายเหตุ (Remarks)
						โอกาส (L)	ความรุนแรง (S)	คะแนนความเสี่ยง (Risk Score)	ระดับความเสี่ยง (Risk Rank)			
				overpressurization, Hydrocarbons release to atm. Potential fire and explosion.	4.1.2 2105-PZAH-1 setpoint XX barg to close hot oil valve (2117-FCV-2). 4.1.3 2105-PSV-1A/B setpoint XX barg.							
			5. 2107-FIC-1 malfunctioned and 2107-FCV-1 fully closed.	5.1 Blockage of LPG flow to LPG Storage Spheres (2108-D- XX) leading to higher level in LPG Reflux Drum (2105-D-XX), potential overpressurization at LPG Column (2105-T-XX). Hydrocarbons release to atm. Potential fire and explosion.	5.1.1 2105-LAH-1 setpoint XX % with operator actions (WI-2). 5.1.2 2105-PAH-2 setpoint XX barg with operator actions (WI-2). 5.1.3 2105-PIC-3 setpoint XX barg to manipulate 2105-PCV- 3 to flare. 5.1.4 2105-PZAH-1 setpoint XX barg to close hot oil valve (2117-FCV-2).	1	4	4	2			

ตัวแปร (Parameters)	คำนำทาง (Guide words)	ความบกพร่อง หรือผิดปกติใน การทำงาน (Operation Deviation)	สาเหตุที่เป็นไปได้ (Possible Causes)	ผลกระทบ (Consequences)	มาตรการควบคุมและการป้องกัน (Controls & Existing Safeguards)	การประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment)				ข้อเสนอแนะ (Recommendations)	ผู้รับผิดชอบ / วันครบ กำหนด (Action By / Due Date)	หมายเหตุ (Remarks)
						โอกาส (L)	ความรุนแรง (S)	คะแนนความเสี่ยง (Risk Score)	ระดับความเสี่ยง (Risk Rank)			
					5.1.5 2105-PSV-1A/B setpoint XX barg.							
			6. Valves (2108-HV-1,2) at inlet of LPG Storage Spheres (2108-D-XX) closed inadvertently.	6.1 Blockage of LPG flow to one of LPG Storage Spheres (2108-D-XX) leading to higher level in LPG Reflux Drum (2105-D-XX), potential overpressurization at LPG Column (2105-T-XX). Hydrocarbons release to atm. Potential fire and explosion.	6.1.1 2107-FAL-1 setpoint XX m ³ /h with operator actions (WI-2). 6.1.2 2105-LAH-1 setpoint XX % with operator actions (WI-2). 6.1.3 2105-PAH-2 setpoint XX barg with operator actions (WI-2). 6.1.4 2105-PIC-3 setpoint XX barg to manipulate 2105-PCV-3 to flare. 6.1.5 2105-PZAH-1 setpoint XX barg to close hot oil valve (2117-FCV-2). 6.1.6 2105-PSV-1A/B setpoint XX barg.	1	4	4	2			

ตัวแปร (Parameters)	คำนำทาง (Guide words)	ความบกพร่อง หรือผิดปกติใน การทำงาน (Operation Deviation)	สาเหตุที่เป็นไปได้ (Possible Causes)	ผลกระทบ (Consequences)	มาตรการควบคุมและการป้องกัน (Controls & Existing Safeguards)	การประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment)				ข้อเสนอแนะ (Recommendations)	ผู้รับผิดชอบ / วันครบ กำหนด (Action By / Due Date)	หมายเหตุ (Remarks)
						โอกาส (L)	ความรุนแรง (S)	คะแนนความเสี่ยง (Risk Score)	ระดับความเสี่ยง (Risk Rank)			
			7. 2105-FCV-3,4 opened flow back to LPG Reflux Drum (2105-D-XX).	7.1 Liquid circulation around LPG Reflux Pumps (2105-P- XX,R) to LPG Reflux Drum (2105-D-XX). No reflux flows to LPG Column (2105-T-XX) and no LPG to LPG Storage Spheres (2108-D-XX) leading to overpressurization at LPG Column (2105-T-XX). Hydrocarbons release to atm. Potential fire and explosion.	7.1.1 2105-LAH-1 setpoint XX % with operator actions (WI-2). 7.2.2 2107-FAL-1 setpoint XX m ³ /h with operator actions (WI-2). 7.2.3 2105-PAH-2 setpoint XX barg with operator actions (WI-2). 7.2.4 2105-PIC-3 setpoint XX barg to manipulate 2105-PCV- 3 to flare. 7.2.5 2105-PZAH-1 setpoint XX barg to close hot oil valve (2117-FCV-2). 7.2.6 2105-PSV-1A/B setpoint XX barg.	1	4	4	2			

ตัวแปร (Parameters)	คำนำทาง (Guide words)	ความบกพร่อง หรือผิดปกติใน การทำงาน (Operation Deviation)	สาเหตุที่เป็นไปได้ (Possible Causes)	ผลกระทบ (Consequences)	มาตรการควบคุมและการป้องกัน (Controls & Existing Safeguards)	การประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment)				ข้อเสนอแนะ (Recommendations)	ผู้รับผิดชอบ / วันครบ กำหนด (Action By / Due Date)	หมายเหตุ (Remarks)
						โอกาส (L)	ความรุนแรง (S)	คะแนนความเสี่ยง (Risk Score)	ระดับความเสี่ยง (Risk Rank)			
	More	More Flow	1. 2105-FIC-1 malfunctioned and 2105-FCV-1 fully opened.	<p>1.1 More reflux to LPG Column (2105-T-XX) leading to low temperature, low pressure and low level in LPG Reflux Drum (2105-D-XX).</p> <p>Potential LPG Reflux Pumps (2105-P-XX,R) loss suction and pumps damage.</p> <p>Hydrocarbons release to atm. Potential fire and explosion.</p>	<p>1.1.1 2105-TAL-1 setpoint XX °C</p> <p>1.1.2 2105-TC-2 setpoint XX °C to decrease motor speed of LPG Condenser (2105-E-XX)</p> <p>1.1.3 2105-LIC-1 setpoint XX % to manipulate 2105-FCV-2</p> <p>1.1.4 2105-LZAL-2 setpoint XX % to stop LPG Reflux Pumps (2105-P-XX,R)</p> <p>1.1.5 LPG Reflux Pumps (2105-P-XX,R) with double mechanical seal with (2105-PAH-5,6) setpoint XX barg is provided to release gas to flare.</p>	1	4	4	2			

ตัวแปร (Parameters)	คำนำทาง (Guide words)	ความบกพร่อง หรือผิดพลาดใน การทำงาน (Operation Deviation)	สาเหตุที่เป็นไปได้ (Possible Causes)	ผลกระทบ (Consequences)	มาตรการควบคุมและการป้องกัน (Controls & Existing Safeguards)	การประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment)				ข้อเสนอแนะ (Recommendations)	ผู้รับผิดชอบ / วันครบ กำหนด (Action By / Due Date)	หมายเหตุ (Remarks)
						โอกาส (L)	ความรุนแรง (S)	คะแนนความเสี่ยง (Risk Score)	ระดับความเสี่ยง (Risk Rank)			
				1.2 Less LPG flow to Liquid Product Subcooler (2105-E-XX). Potential thermal fatigue overtime and damage. Hydrocarbons release to atm. Potential fire and explosion.	1.2.1 2107-TAL-1 setpoint XX °C with operator actions (WI-2).	1	4	4	2			
			2. 2107-FIC-1 malfunctioned and 2107-FCV-1 fully opened.	2.1 More LPG flow to LPG Storage Spheres (2108-D-XX) leading to low level in LPG Reflux Drum (2105-D-XX). Potential LPG Reflux Pumps (2105-P-XX,R) loss suction and pumps damage. Hydrocarbons release to atm. Potential fire and explosion.	2.1.1 2105-LIC-1 setpoint XX % to manipulate 2105-FCV-2. 2.1.2 2105-LZAL-2 setpoint XX % to stop LPG Reflux Pumps (2105-P-XX,R). 2.1.3 LPG Reflux Pumps (2105-P-XX,R) with double mechanical seal with (2105-PAH-5,6) setpoint XX barg is provided to release gas to flare.	1	4	4	2			

ตัวแปร (Parameters)	คำนำทาง (Guide words)	ความบกพร่อง หรือผิดปกติใน การทำงาน (Operation Deviation)	สาเหตุที่เป็นไปได้ (Possible Causes)	ผลกระทบ (Consequences)	มาตรการควบคุมและการป้องกัน (Controls & Existing Safeguards)	การประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment)				ข้อเสนอแนะ (Recommendations)	ผู้รับผิดชอบ / วันครบ กำหนด (Action By / Due Date)	หมายเหตุ (Remarks)
						โอกาส (L)	ความรุนแรง (S)	คะแนนความเสี่ยง (Risk Score)	ระดับความเสี่ยง (Risk Rank)			
				2.2 Less reflux to LPG Column (2105-T-XX) leading to high pressure, potential overpressurization. Hydrocarbons release to atm. Potential fire and explosion.	2.2.1 2105-FAL-1 setpoint XX m ² /h with operator actions (WI-2). 2.2.2 2105-PAH-2 setpoint XX barg with operator actions (WI-2). 2.2.3 2105-PIC-3 setpoint XX barg to manipulate 2105-PCV-3 to flare. 2.2.4 2105-PZAH-1 setpoint XX barg to close hot oil valve (2117-FCV-2). 2.2.5 2105-PSV-1A/B setpoint XX barg.	1	4	4	2			
	Reverse	Reverse Flow	1. LPG Reflux Pumps (2105-P-XX,R) trip.	1.1 Reverse flow from LPG Column (2105-T-XX) to LPG Reflux Pumps (2105-P-XX,R) via LPG reflux line. No significant consequences as								

ตัวแปร (Parameters)	คำนำทาง (Guide words)	ความบกพร่อง หรือผิดพลาดในการทำงาน (Operation Deviation)	สาเหตุที่เป็นไปได้ (Possible Causes)	ผลกระทบ (Consequences)	มาตรการควบคุมและการป้องกัน (Controls & Existing Safeguards)	การประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment)				ข้อเสนอแนะ (Recommendations)	ผู้รับผิดชอบ / วันครบกำหนด (Action By / Due Date)	หมายเหตุ (Remarks)
						โอกาส (L)	ความรุนแรง (S)	คะแนนความเสี่ยง (Risk Score)	ระดับความเสี่ยง (Risk Rank)			
				the ARV valve (3-ways valve) acts as non-return valve.								
	Misdirected	Misdirected Flow	1. Human error open valves (2108-HV-1,2) to wrong lineup LPG Storage Spheres (2108-D-XX).	1.1 LPG sent to another LPG Storage Sphere (2108-D-XX) (Undesignable rundown spheres where at high level). Potential overflow and overpressurization. Hydrocarbons release to atm. Potential fire and explosion.	1.1.1 2108-LZAH-1,2 setpoint XX % to close inlet valve (2108-HV-1,2) (leak class VI).	1	4	4	2			
Pressure	High	High Pressure	1. 2105-PIC-2 malfunctioned and 2105-PCV-2 fully closed.	1.1 Blockage of LPG outlet form LPG Condenser (2015-E-XX) leading to high pressure and overpressurization. Hydrocarbons release to atm. Potential fire and explosion.	1.1.1 2105-PDAH 4 setpoint XX bar with operator actions (WI-2). 1.1.2 2105-LAL-1 setpoint XX % with operator actions (WI-2). 1.1.3 2105-PSV-1A/B setpoint XX barg.	1	4	4	2			

ตัวแปร (Parameters)	คำนำทาง (Guide words)	ความบกพร่อง หรือผิดปกติใน การทำงาน (Operation Deviation)	สาเหตุที่เป็นไปได้ (Possible Causes)	ผลกระทบ (Consequences)	มาตรการควบคุมและการป้องกัน (Controls & Existing Safeguards)	การประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment)				ข้อเสนอแนะ (Recommendations)	ผู้รับผิดชอบ / วันครบ กำหนด (Action By / Due Date)	หมายเหตุ (Remarks)
						โอกาส (L)	ความรุนแรง (S)	คะแนนความเสี่ยง (Risk Score)	ระดับความเสี่ยง (Risk Rank)			
				1.2 Low liquid flow to LPG Reflux Drum (2105-D-XX) resulting in low level. Potential LPG Reflux Pumps (2105-P-XX,R) loss suction and damage. Hydrocarbons release to atm. Potential fire and explosion.	1.2.1 2105-LAL-1 setpoint XX % with operator actions (WI-2). 1.2.2 2105-LZAL-2 setpoint XX % to stop LPG Reflux Pumps (2105-P-XX,R). 1.2.3 LPG Reflux Pumps (2105-P-XX,R) with double mechanical seal with (2105-PAH-5,6) setpoint XX barg is provided to release gas to flare.	1	4	4	2			
			2. 2105-PIC-2 malfunctioned and 2105-PCV-2 fully opened.	2.1 High pressure at c leading to overpressurization. Hydrocarbons release to atm. Potential fire and explosion.	2.1.1 2105-PAH-3 setpoint XX barg with operator actions (WI-2). 2.1.2 2105-PZAH-1 setpoint XX barg to close hot oil valve (2117-FCV-2). 2.1.3 2105-PSV-1A/B setpoint XX barg.	1	4	4	2			

ตัวแปร (Parameters)	คำนำทาง (Guide words)	ความบกพร่อง หรือผิดปกติใน การทำงาน (Operation Deviation)	สาเหตุที่เป็นไปได้ (Possible Causes)	ผลกระทบ (Consequences)	มาตรการควบคุมและการป้องกัน (Controls & Existing Safeguards)	การประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment)				ข้อเสนอแนะ (Recommendations)	ผู้รับผิดชอบ / วันครบ กำหนด (Action By / Due Date)	หมายเหตุ (Remarks)
						โอกาส (L)	ความรุนแรง (S)	คะแนนความเสี่ยง (Risk Score)	ระดับความเสี่ยง (Risk Rank)			
			3. 2105-PIC-3 malfunctioned and 2105-PCV-3 not open when required.	3.1 Pressure buildup in LPG Reflux Drum (2105-D-XX) leading to overpressurization. Hydrocarbons release to atm. Potential fire and explosion.	3.1.1 2105-PAH-2 setpoint XX barg with operator actions (WI-2). 3.1.2 2105-PZAH-1 setpoint XX barg to close hot oil valve (2117-FCV-2). 3.1.3 2105-PSV-1A/B setpoint XX barg.	1	4	4	2			
			4 2105-PDIC-4 malfunctioned and 2105-PCV-4 fully opened.	4.1 High pressure at LPG Reflux Drum (2105-D-XX) and LPG Column (2105-T-XX) leading to overpressurization. Hydrocarbons release to atm. Potential fire and explosion.	4.1.1 2105-PAH-2 setpoint XX barg with operator actions (WI-2). 4.1.2 2105-PIC-3 setpoint XX barg to manipulate 2105-PCV-3 to flare. 4.1.3 2105-PZAH-1 setpoint XX barg to close hot oil valve (2117-FCV-2).	1	4	4	2			

ตัวแปร (Parameters)	คำนำทาง (Guide words)	ความบกพร่อง หรือผิดปกติใน การทำงาน (Operation Deviation)	สาเหตุที่เป็นไปได้ (Possible Causes)	ผลกระทบ (Consequences)	มาตรการควบคุมและการป้องกัน (Controls & Existing Safeguards)	การประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment)				ข้อเสนอแนะ (Recommendations)	ผู้รับผิดชอบ / วันครบ กำหนด (Action By / Due Date)	หมายเหตุ (Remarks)
						โอกาส (L)	ความรุนแรง (S)	คะแนนความเสี่ยง (Risk Score)	ระดับความเสี่ยง (Risk Rank)			
					4.1.4 2105-PSV-1A/B setpoint XX barg.							
			5. 2108-PIC-1,2 malfunctioned and 2108-PCV-1,2 not open when required.	5.1 High pressure in LPG Storage Spheres (2108-D-XX) leading to overpressurization. Hydrocarbons release to atm. Potential fire and explosion.	5.1.1 2108-PAH-3,4 setpoint XX barg with operator actions (WI-3). 5.1.2 2108-PSV-1A/B, 2A/B setpoint XX barg.	1	4	4	2			
			6. 2108-PIC-3,4 malfunctioned and 2108-PCV-3,4 fully opened.	6.1 High pressure in LPG Storage Spheres (2108-D-XX) leading to overpressurization. Hydrocarbons release to atm. Potential fire and explosion.	6.1.1 2108-PAH-1,2 setpoint XX barg with operator actions (WI-3). 6.1.2 2108-PSV-1A/B,2A/B setpoint XX barg.	1	4	4	2			
	Low	Low Pressure	1. 2105-PIC-1 malfunctioned and 2105-PCV-1 fully opened.	1.1 Loss of LPG to flare. Low pressure at LPG Column (2105-T-XX) and LPG Reflux Drum (2105-D-XX). Potential LPG Reflux Pump (2105-P-XX,R) cavitation and damage.	1.1.1 2105-PDIC-4 setpoint XX bar to manipulate 2105-PCV-4. 1.1.2 2105-LAL-1 setpoint XX % with operator actions (WI-2).	1	4	4	2			

ตัวแปร (Parameters)	คำนำทาง (Guide words)	ความบกพร่อง หรือผิดพลาดใน การทำงาน (Operation Deviation)	สาเหตุที่เป็นไปได้ (Possible Causes)	ผลกระทบ (Consequences)	มาตรการควบคุมและการป้องกัน (Controls & Existing Safeguards)	การประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment)				ข้อเสนอแนะ (Recommendations)	ผู้รับผิดชอบ / วันครบ กำหนด (Action By / Due Date)	หมายเหตุ (Remarks)
						โอกาส (L)	ความรุนแรง (S)	คะแนนความเสี่ยง (Risk Score)	ระดับความเสี่ยง (Risk Rank)			
				Hydrocarbons release to atm. Potential fire and explosion.	1.1.3 LPG Reflux Pumps (2105-P-XX,R) with double mechanical seal with (2105-PAH-5,6) setpoint XX barg is provided to release gas to flare.							
			2. 2108-PIC-1,2 malfunctioned and 2108-PCV-1,2 fully opened.	2.1 Loss of LPG to flare. Low pressure at LPG Storage Spheres (2108-D-XX). Potential LPG Loading Pump (2110-P-XXA,B,R) cavitation and damage. Hydrocarbons release to atm. Potential fire and explosion.	2.1.1 2108-PAL-3,4 setpoint XX barg with operator actions (WI-3). 2.1.2 2108-PZAL-3,4 setpoint XX barg to stop LPG Loading Pump (2110-P-XXA,B,R). 2.1.3 LPG Loading Pump (2110-P-XXA,B,R) with double mechanical seal with (2110-PAH-5,6,7) setpoint XX barg is provided to release gas to flare.	1	4	4	2			

ตัวแปร (Parameters)	คำนำทาง (Guide words)	ความบกพร่อง หรือผิดปกติใน การทำงาน (Operation Deviation)	สาเหตุที่เป็นไปได้ (Possible Causes)	ผลกระทบ (Consequences)	มาตรการควบคุมและการป้องกัน (Controls & Existing Safeguards)	การประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment)				ข้อเสนอแนะ (Recommendations)	ผู้รับผิดชอบ / วันครบ กำหนด (Action By / Due Date)	หมายเหตุ (Remarks)	
						โอกาส (L)	ความรุนแรง (S)	คะแนนความเสี่ยง (Risk Score)	ระดับความเสี่ยง (Risk Rank)				
Temperature	High	High Temperature	1. 2105-TIC-1 malfunctioned to decrease speed/stop fan motor of LPG Condenser (2105-E-XX).	1.1 High temperature and pressure at LPG Reflux Drum (2105-D-XX). Process upset. No safety consequences.	1.1.1 2105-PIC-3 setpoint XX barg to manipulate 2105-PCV-3 to flare.								
					1.1.2 2105-TAH-3 setpoint XX °C with operator actions (WI-2).								
			2. Fan motor of LPG Condenser (2105-E-XX) trip.	2.1 High temperature liquid and vapor flow to LPG Reflux Drum (2105-D-XX). Potential overpressurization. Hydrocarbons release to atm. Potential fire and explosion.	2.1.1 2105-PIC-3 setpoint XX barg to manipulate 2105-PCV-3 to flare.	1	4	4	2				

ตัวแปร (Parameters)	คำนำทาง (Guide words)	ความบกพร่อง หรือผิดพลาดในการทำงาน (Operation Deviation)	สาเหตุที่เป็นไปได้ (Possible Causes)	ผลกระทบ (Consequences)	มาตรการควบคุมและการป้องกัน (Controls & Existing Safeguards)	การประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment)				ข้อเสนอแนะ (Recommendations)	ผู้รับผิดชอบ / วันครบกำหนด (Action By / Due Date)	หมายเหตุ (Remarks)
						โอกาส (L)	ความรุนแรง (S)	คะแนนความเสี่ยง (Risk Score)	ระดับความเสี่ยง (Risk Rank)			
	Low	Low Temperature	1. 2105-TIC-1 malfunctioned to LPG Condenser (2105-E-XX) operate all fan.	1. Slightly lower temperature at LPG Reflux Drum (2105-D-XX). No significant consequences.								
Level	High	High Level	1. 2105-LIC-1 malfunctioned and 2105-FCV-2 fully closed.	1.1 Blockage of LPG flow to LPG Storage Spheres (2108-D-XX) leading to higher level in LPG Reflux Drum (2105-D-XX), potential overpressurization at LPG Column (2105-T-XX). Hydrocarbons release to atm. Potential fire and explosion.	1.1.1 2107-PAH-1 setpoint XX barg with operator actions (WI-2). 1.1.2 2105-PAH-2 setpoint XX barg with operator actions (WI-2). 1.1.3 2105-PC-3 setpoint XX barg to manipulate 2105-PCV-3 to flare. 1.1.4 2105-PZAH-1 setpoint XX barg to close hot oil valve (2117-FCV-2). 1.1.5 2105-PSV-1A/B setpoint XX barg.	1	4	4	2			

ตัวแปร (Parameters)	คำนำทาง (Guide words)	ความบกพร่อง หรือผิดปกติใน การทำงาน (Operation Deviation)	สาเหตุที่เป็นไปได้ (Possible Causes)	ผลกระทบ (Consequences)	มาตรการควบคุมและการป้องกัน (Controls & Existing Safeguards)	การประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment)				ข้อเสนอแนะ (Recommendations)	ผู้รับผิดชอบ / วันครบ กำหนด (Action By / Due Date)	หมายเหตุ (Remarks)
						โอกาส (L)	ความรุนแรง (S)	คะแนนความเสี่ยง (Risk Score)	ระดับความเสี่ยง (Risk Rank)			
			2. Ship tanker delayed to receive LPG.	2.1 High level in one of LPG Storage Sphere (2108-D-XX), Potential tank overflow and overpressurization. Hydrocarbons release to atm. Potential fire and explosion.	2.1.1 2108-PAH-1,2 setpoint XX barg with operator actions (WI-3). 2.1.2 2108-LAH-3,4 setpoint XX % with operator actions (WI-3). 2.1.3 2108-LZAH-1,2 setpoint XX % to close inlet valve (2108-HV-1,2) (leak class VI).	1	4	4	2			
Low	Low Level	1. 2105-LIC-1 malfunctioned and 2107-FCV-1 fully opened.	1.1 More LPG flow to LPG Storage Spheres (2108-D-XX) leading to low level in LPG Reflux Drum (2105-D-XX). Potential LPG Reflux Pumps (2105-P-XX,R) loss suction and pumps damage. Hydrocarbons release to atm. Potential fire and explosion.	1.1.1 2105-LZAL-2 setpoint XX % to stop LPG Reflux Pumps (2105-P-XX,R). 1.1.2 LPG Reflux Pumps (2105-P-XX,R) with double mechanical seal with (2105-PAH-5,6) setpoint XX barg is provided to release gas to flare.	1	4	4	2				

ตัวแปร (Parameters)	คำนำทาง (Guide words)	ความบกพร่อง หรือผิดปกติใน การทำงาน (Operation Deviation)	สาเหตุที่เป็นไปได้ (Possible Causes)	ผลกระทบ (Consequences)	มาตรการควบคุมและการป้องกัน (Controls & Existing Safeguards)	การประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment)				ข้อเสนอแนะ (Recommendations)	ผู้รับผิดชอบ / วันครบ กำหนด (Action By / Due Date)	หมายเหตุ (Remarks)
						โอกาส (L)	ความรุนแรง (S)	คะแนนความเสี่ยง (Risk Score)	ระดับความเสี่ยง (Risk Rank)			
			2. 2105-FIC-1 malfunctioned and 2105-FCV-1 fully opened.	2.1 Refer to consequences 1.1 in More Flow deviation.								
Others	Others	Others	1. More C ₂ from upstream.	1.1 C ₂ does not condense at LPG Condenser (2105-E-XX) leading to high pressure at LPG Reflux Drum (2105-D-XX) potential overpressurization. Hydrocarbons release to atm. Potential fire and explosion.	1.1.1 C ₂ online analyzer high alarm XX %mol with operator actions (WI-1). 1.1.2 2105-PAH-3 setpoint XX barg with operator actions (WI-2).	1	4	4	2			
				1.2 LPG product off-spec.	1.2.1 C ₂ online analyzer high alarm XX %mol with operator actions (WI-3).	1	2	2	1			
			2. More C ₃ in LPG Storage Spheres (2108-D-XX).	2.1 LPG product off-spec.	2.1.1 C ₃ online analyzer high alarm XX %mol with operator actions (WI-3).	1	2	2	1			

ตัวแปร (Parameters)	คำนำทาง (Guide words)	ความบกพร่อง หรือผิดพลาดใน การทำงาน (Operation Deviation)	สาเหตุที่เป็นไปได้ (Possible Causes)	ผลกระทบ (Consequences)	มาตรการควบคุมและการป้องกัน (Controls & Existing Safeguards)	การประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment)				ข้อเสนอแนะ (Recommendations)	ผู้รับผิดชอบ / วันครบ กำหนด (Action By / Due Date)	หมายเหตุ (Remarks)
						โอกาส (L)	ความรุนแรง (S)	คะแนนความเสี่ยง (Risk Score)	ระดับความเสี่ยง (Risk Rank)			
			3. No instrument air to control valves / shut down valves.	3.1 No significant consequences as control valves / shut down valves are designed in fail-safe mode.								
			4. Corrosion Under Insulation (CUI)	4.1. Insulated pipes and equipment damaged and potential hydrocarbon leakage. Potential fire and explosion.	4.1.1 Effective Preventive Maintenance (PM) plan.	1	4	4	2			
			5. Corrosion Under Support (CUS)	5.1. Supported structure of pipes and equipment damaged and potential hydrocarbon leakage. Potential fire and explosion.	5.1.1 Effective Preventive Maintenance (PM) plan.	1	4	4	2			

ตารางที่ 4.5 ผลการชี้บ่งอันตรายและการประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี HAZOP บริเวณ LPG Bottom Column to NGL Storage Tanks Including LPG Reboiler

Node 13: LPG Bottom Column to NGL Storage Tanks Including LPG Reboiler

ตัวแปร (Parameters)	คำนำทาง (Guide Words)	ความบกพร่อง หรือผิดปกติใน การทำงาน (Operation Deviation)	สาเหตุที่เป็นไปได้ (Possible Causes)	ผลกระทบ (Consequences)	มาตรการควบคุมและการป้องกัน (Controls & Existing Safeguards)	การประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment)				ข้อเสนอแนะ (Recommendations)	ผู้รับผิดชอบ / วันครบกำหนด (Action By / Due Date)	หมายเหตุ (Remarks)
						โอกาส (L)	ความรุนแรง (S)	คะแนนความเสี่ยง (Risk Score)	ระดับความเสี่ยง (Risk Rank)			
Flow	No / Less	No / Less Flow	1. Strainer of Liquid Product Subcooler (2105-E-XX) plugged.	1.1 Less flow to Liquid Product Subcooler (2105-E-XX) leading to level increase in LPG Column (2105-T-XX) and less NGL to Natural Gasoline Storage Tanks. Process upset. No safety consequences.	1.1.1 2105-LAH-5 setpoint XX % with operator actions (WI-2).	1	2	2	1			
				1.1.2 2105-FAL-3 setpoint XX m ³ /h with operator actions (WI-2).								
			2. Strainer of Gasoline Recycle Pump (2105-P-XX,R) plugged.	2.1 Less flow to Gasoline Recycle Pumps (2105-P-XX,R) (Vertical Barrel Pump type) leading to loss suction and pumps damage.	2.1.1 Low liquid level in barrel of Gasoline Recycle Pumps (2105-P-XX,R) to stop pump.	1	4	4	2			

ตัวแปร (Parameters)	คำนำทาง (Guide Words)	ความบกพร่อง หรือผิดปกติใน การทำงาน (Operation Deviation)	สาเหตุที่เป็นไปได้ (Possible Causes)	ผลกระทบ (Consequences)	มาตรการควบคุมและการป้องกัน (Controls & Existing Safeguards)	การประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment)				ข้อเสนอแนะ (Recommendations)	ผู้รับผิดชอบ / วันครบ กำหนด (Action By / Due Date)	หมายเหตุ (Remarks)
						ไลทาส (L)	ความรุนแรง (S)	คะแนนความเสี่ยง (Risk Score)	ระดับความเสี่ยง (Risk Rank)			
				Hydrocarbons release to atm. Potential fire.	2.1.2 Gasoline Recycle Pumps. (2105-P-XX,R) with double mechanical seal with (2105-PAH-6,7) setpoint XX barg is provided to release gas to flare.							
			3. Strainer of Natural Gasoline Refill Pumps (2111-P-XX,R) plugged.	3.1 Less NGL flow. Potential Natural Gasoline Refill Pumps (2111-P-XX,R) leading to loss suction and pumps damage. Hydrocarbons release to atm. Potential fire.	3.1.1 Pump fault alarm (2111-SAL-1,2) with operator actions to start standby pump (WI-4). 3.1.2 Gasoline Refill Pumps (2111-P-XX,R) with double mechanical seal with (2111-PAH-1,2) setpoint XX barg is provided to release gas to flare.	1	4	4	2			
			4. Gasoline Recycle Pumps (2105-P-XX,R) trip.	4.1 No NGL flow to Cold Box (2104-E-XX) and Two-Phase Distributer 2 (2104-D-XX). No significant consequences.								

ตัวแปร (Parameters)	คำนำทาง (Guide Words)	ความบกพร่อง หรือผิดปกติใน การทำงาน (Operation Deviation)	สาเหตุที่เป็นไปได้ (Possible Causes)	ผลกระทบ (Consequences)	มาตรการควบคุมและการป้องกัน (Controls & Existing Safeguards)	การประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment)				ข้อเสนอแนะ (Recommendations)	ผู้รับผิดชอบ / วันครบ กำหนด (Action By / Due Date)	หมายเหตุ (Remarks)
						โอกาส (L)	ความรุนแรง (S)	คะแนนความเสี่ยง (Risk Score)	ระดับความเสี่ยง (Risk Rank)			
			5. Natural Gasoline Refill Pumps (2111-P-XX,R) trip.	5.1 No NGL transfer from Natural Gasoline Day Tank (2111-D-XXB) to Natural Gasoline Storage Tank (2111-D-XXA) leading to less at ullage volume in Natural Gasoline Day Tank.	5.1.1 Pump fault alarm (2111-SAL-1.2) with operator actions to start standby pump (WI-4).	1	2	2	1			
			6. 2105-LIC-3 at bottom of LPG Column (2105-T-XX) malfunctioned and 2105-LCV-3 fully closed in NGL run down line.	6.1 Blockage of bottom line from LPG Column (2105-T-XX) causing level increases in LPG Column, potential overflowed. Hydrocarbons release to atm. Potential fire/explosion.	6.1.1 2105-FAL-3 setpoint XX m ³ /h with operator actions (WI-2). 6.1.2 2105-PDAH-1 setpoint XX bar with operator actions (WI-2).	1	4	4	2			
			7. 2117-FIC-2 at hot oil supply inlet to LPG Column Reboiler	7.1. No hot oil flow to LPG Column Reboiler (2105-E-XX) leading to low temperature in	7.1.1 2105-LAH-3 setpoint XX °C with operator actions (WI-2).	1	4	4	2			

ตัวแปร (Parameters)	คำนำทาง (Guide Words)	ความบกพร่อง หรือผิดปกติใน การทำงาน (Operation Deviation)	สาเหตุที่เป็นไปได้ (Possible Causes)	ผลกระทบ (Consequences)	มาตรการควบคุมและการป้องกัน (Controls & Existing Safeguards)	การประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment)				ข้อเสนอแนะ (Recommendations)	ผู้รับผิดชอบ / วันครบ กำหนด (Action By / Due Date)	หมายเหตุ (Remarks)
						โอกาส (L)	ความรุนแรง (S)	คะแนนความเสี่ยง (Risk Score)	ระดับความเสี่ยง (Risk Rank)			
			(2104-E-XX) malfunctioned and 2117-FCV-2 fully closed.	LPG Column (2105-T-XX) and more LPG in bottom line flow to Gasoline Recycle Pumps (2105-P-XX,R). Pump cavitation and damage. Hydrocarbons release to atm. Potential fire and explosion.	7.1.2 Gasoline Recycle Pumps (2105-P-XX,R) with double mechanical seal with (2105-PAH-6,7) setpoint XX barg is provided to release gas to flare.							
				7.2 No hot oil flow to LPG Column Reboiler (2105-E-XX) leading to low temperature in LPG Column (2105-T-XX) and more LPG in bottom line flow NGL Storage Tanks (2111-D-XXA,B). Potential leakage from tank rim seals. Hydrocarbons release	7.2.1 2105-TAL-3 setpoint XX °C with operator actions (WI-2). 7.2.2 2105-LAH-3 setpoint XX °C with operator actions (WI-2). 7.2.3 High reid vapor pressure alarm (2105-QI-1) setpoint XX psia.	2	4	8	3	Consider to provide new low temperature safety interlock to stop flow to NGL Storage Tanks (2111-D-XXA,B).	MOC Team	

ตัวแปร (Parameters)	คำนำทาง (Guide Words)	ความบกพร่อง หรือผิดปกติใน การทำงาน (Operation Deviation)	สาเหตุที่เป็นไปได้ (Possible Causes)	ผลกระทบ (Consequences)	มาตรการควบคุมและการป้องกัน (Controls & Existing Safeguards)	การประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment)				ข้อเสนอแนะ (Recommendations)	ผู้รับผิดชอบ / วันครบ กำหนด (Action By / Due Date)	หมายเหตุ (Remarks)
						โอกาส (L)	ความรุนแรง (S)	คะแนนความเสี่ยง (Risk Score)	ระดับความเสี่ยง (Risk Rank)			
				to atm. Potential fire and explosion.	7.24 16-inch vent is provided at Natural Gasoline Storage Tank (2111-D-XXA) and 12-inch vent is provided at Natural Gasoline Day Tank (2111-D-XXB).							
			8. 2105-FIC-3 at Gasoline Recycle line to Cold Box (2104-E-XX) malfunctioned and 2105-FCV-3 fully closed.	6.1 Gasoline Recycle Pump (2105-P-XX,R) running blocked discharge leading to pump damage. Hydrocarbons release to atm. Potential fire and explosion.	6.1.1 2105-FCV-4,5 (Auto Recirculation Valve). 6.1.2 Gasoline Recycle Pumps (2105-P-XX,R) with double mechanical seal with (2105-PAH-6,7) setpoint XX barg is provided to release gas to flare.	1	4	4	2			
			9. Valves (2111-HV-1,2) at inlet of NGL Storage Tanks (2111-D-XXA,B) closed inadvertently.	7.1 Blockage of bottom line from LPG Column (2105-T-XX) causing level increases in LPG Column, potential overfilled. Hydrocarbons release to atm.	7.1.1 2105-FAL-3 setpoint XX m ³ /h with operator actions (WI-2). 7.1.2 2105-LAH-3 setpoint XX °C with operator actions (WI-2).	1	4	4	2			

ตัวแปร (Parameters)	คำนำทาง (Guide Words)	ความบกพร่อง หรือผิดปกติใน การทำงาน (Operation Deviation)	สาเหตุที่เป็นไปได้ (Possible Causes)	ผลกระทบ (Consequences)	มาตรการควบคุมและการป้องกัน (Controls & Existing Safeguards)	การประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment)				ข้อเสนอแนะ (Recommendations)	ผู้รับผิดชอบ / วันครบ กำหนด (Action By / Due Date)	หมายเหตุ (Remarks)
						โอกาส (L)	ความรุนแรง (S)	คะแนนความเสี่ยง (Risk Score)	ระดับความเสี่ยง (Risk Rank)			
				Potential fire/explosion.	7.1.3 2105-PDAH-1 setpoint XX bar with operator actions (WI-2). 7.1.4 Limit Switches (2111-ZIC-1,2).							
	More	More Flow	1. 2105-LIC-3 at bottom of LPG Column (2105-T-XX) malfunctioned and 2105-LCV-3 fully opened.	1.1 More NGL from LPG Column (2105-T-XX) to Natural Gasoline Storage Tanks (2111-D-XXA,B), potential tank overfill. Hydrocarbons release to atm. Potential fire/explosion.	1.1.1 2111-LAH-1 setpoint XX % with operator actions (WI-4). 1.1.2 2111-LAH-2 setpoint XX % with operator actions (WI-4). 1.1.3 2111-LZAH-3 setpoint XX % to close 2111-HV-1. 1.1.4 2111-LZAH-4 setpoint XX % to close 2111-HV-2.	1	4	4	2			
			2. 2117-FIC-2 at hot oil supply inlet to LPG	2.1 More hot oil flow to LPG Column Reboiler (2105-E-XX) leading to high	2.1.1 2105-TAH-3 setpoint XX °C with operator actions (WI-2).	1	4	4	2			

ตัวแปร (Parameters)	คำนำทาง (Guide Words)	ความบกพร่องหรือผิดปกติในการทำงาน (Operation Deviation)	สาเหตุที่เป็นไปได้ (Possible Causes)	ผลกระทบ (Consequences)	มาตรการควบคุมและการป้องกัน (Controls & Existing Safeguards)	การประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment)				ข้อเสนอแนะ (Recommendations)	ผู้รับผิดชอบ / วันครบกำหนด (Action By / Due Date)	หมายเหตุ (Remarks)
						โอกาส (L)	ความรุนแรง (S)	คะแนนความเสี่ยง (Risk Score)	ระดับความเสี่ยง (Risk Rank)			
			Column Reboiler (2104-E-XX) malfunctioned and 2117-FCV-2 fully opened.	temperature and high boiling rate at in LPG Column (2105-T:XX). Potential overpressurization. Hydrocarbons release to atm. Potential fire/explosion.	2.1.2 2105-PAH-1 setpoint XX barg with operator actions (WI-2). 2.1.3 2105-PZAH-1 setpoint XX barg to close hot oil valve (2117-FCV-2). 2.1.4 2105-PSV-1A/B setpoint XX barg.							
				2.2 More C ₅ in LPG product leading to LPG product offspec.	2.2.1 C ₅ online analyzer high alarm XX %mol with operator actions (WI-3).	2	2	4	2			
			3. 2105-FIC-3 at Gasoline Recycle line to Cold Box (2104-E-XX) malfunctioned and 2105-FCV-3 fully opened.	3.1 More NGL to Cold Box (2104-E-XX) leading to low level at LPG Column (2105-T-XX). Potential gas blowby and hydrocarbons release to atm. Potential fire/explosion.	3.1.1 2105-LIC-3 setpoint XX % to manipulate valve (2105-LCV-3) at LPG Column bottom line. 3.1.2 2105-LZAL-4 setpoint XX % to stop Gasoline Recycle Pumps (2105-P-XX,R)	1	4	4	2			

ตัวแปร (Parameters)	คำนำทาง (Guide Words)	ความบกพร่อง หรือผิดปกติใน การทำงาน (Operation Deviation)	สาเหตุที่เป็นไปได้ (Possible Causes)	ผลกระทบ (Consequences)	มาตรการควบคุมและการป้องกัน (Controls & Existing Safeguards)	การประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment)				ข้อเสนอแนะ (Recommendations)	ผู้รับผิดชอบ / วันครบ กำหนด (Action By / Due Date)	หมายเหตุ (Remarks)
						โอกาส (L)	ความรุนแรง (S)	คะแนนความเสี่ยง (Risk Score)	ระดับความเสี่ยง (Risk Rank)			
				3.2 More NGL to Cold Box (2104-E-XX) leading to high temperature at Cold Box and Two-Phase Distributer 2 (2104-D-XX). Process upset. No safety consequences.								
	Reverse	Reverse Flow	1. Gasoline Recycle Pumps (2105-P-XX,R) trip.	1.1 Reverse flow from Two-Phase Distributer 2 (2104-D-XX) to LPG Column (2105-T-XX). No significant consequences as the ARV valve (3-ways valve) acts as non-return valve.								
			2. High level in Natural Gasoline Storage Tank	2.1 Potential reverse flow from Natural Gasoline Storage Tank (2111-D-XXA)	2.1.1 Single check valve is provided at inlet of Natural Gasoline Storage Tank (2111-D-XXA).	1	4	4	2			

ตัวแปร (Parameters)	คำนำทาง (Guide Words)	ความบกพร่อง หรือผิดปกติใน การทำงาน (Operation Deviation)	สาเหตุที่เป็นไปได้ (Possible Causes)	ผลกระทบ (Consequences)	มาตรการควบคุมและการป้องกัน (Controls & Existing Safeguards)	การประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment)				ข้อเสนอแนะ (Recommendations)	ผู้รับผิดชอบ / วันครบ กำหนด (Action By / Due Date)	หมายเหตุ (Remarks)
						โอกาส (L)	ความรุนแรง (S)	คะแนนความเสี่ยง (Risk Score)	ระดับความเสี่ยง (Risk Rank)			
			(2111-D-XXA)	to Natural Day Tank (2111-D-XXB). Potential liquid overfills and overpressurization. Hydrocarbons release to atm. Potential fire.	1.1.2 2111-LAH-1 setpoint XX % with operator actions (WI-4). 1.1.3 2111-LZAH-3 setpoint XX % to close 2111-HV-1.							
	Misdirected	Misdirected Flow	1. Human error open valves (2111-HV-1,2) to wrong lineup Natural Gasoline Storage Tanks (2111-D-XXA,B).	1.1 NGL sent to another Natural Gasoline Storage Tank (2111-D-XXA) (Undesignable rundown storage tanks where at high level), Potential overflow and overpressurization. Hydrocarbons release to atm. Potential fire.	1.1.1 2111-LAH-1 setpoint XX % with operator actions (WI-4). 1.1.2 2111-LAH-2 setpoint XX % with operator actions (WI-4). 1.1.3 2111-LZAH-3 setpoint XX % to close 2111-HV-1. 1.1.4 2111-LZAH-4 setpoint XX % to close 2111-HV-2.	1	4	4	2			

ตัวแปร (Parameters)	คำนำทาง (Guide Words)	ความบกพร่อง หรือผิดปกติใน การทำงาน (Operation Deviation)	สาเหตุที่เป็นไปได้ (Possible Causes)	ผลกระทบ (Consequences)	มาตรการควบคุมและการป้องกัน (Controls & Existing Safeguards)	การประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment)				ข้อเสนอแนะ (Recommendations)	ผู้รับผิดชอบ / วันครบ กำหนด (Action By / Due Date)	หมายเหตุ (Remarks)
						โอกาส (L)	ความรุนแรง (S)	คะแนนความเสี่ยง (Risk Score)	ระดับความเสี่ยง (Risk Rank)			
Pressure	High	High Pressure	1. Solar radiation	1.1 Thermal expansion in isolated liquid section leading to pipe damage. NGL leak to atm. Potential fire.	1.1.1 Thermal Relief Valve (2105-SV-2) setpoint XX barg at outlet of 2105-LCV-3.	1	2	2	1			
					1.1.2 Thermal Relief Valve (2105-SV-3,4) setpoint XX barg at outlet of Gasoline Recycle Pumps (2105-P-XX,R).							
				1.1.3 Thermal Relief Valve (2111-SV-1,2,3) setpoint XX barg at suction and discharge of Natural Gasoline Refill Pumps (2111-P-XX,R).								
			2. Blockage of flame arrester at vent line from Natural Gasoline Storage Tanks (2111-D-XXA,B).	2.1 Limit out breathing capacity of tanks, potential tank overpressure and damage. NGL leak to atm. Potential fire.	2.1.1. Effective Preventive Maintenance (PM) plan for cleaning every 5 years.	1	4	4	2			

ตัวแปร (Parameters)	คำนำทาง (Guide Words)	ความบกพร่อง หรือผิดปกติใน การทำงาน (Operation Deviation)	สาเหตุที่เป็นไปได้ (Possible Causes)	ผลกระทบ (Consequences)	มาตรการควบคุมและการป้องกัน (Controls & Existing Safeguards)	การประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment)				ข้อเสนอแนะ (Recommendations)	ผู้รับผิดชอบ / วันครบ กำหนด (Action By / Due Date)	หมายเหตุ (Remarks)
						โอกาส (L)	ความรุนแรง (S)	คะแนนความเสี่ยง (Risk Score)	ระดับความเสี่ยง (Risk Rank)			
Pressure	Low	Low Pressure	1. Pumping out and/or atmospheric condition changes for Natural Gasoline Storage Tanks (2111-D-XXA,B).	1.1 Tanks may be subjected to vacuum. Potential damage. NGL leak to atm. Potential fire.	1.1.1 Atmospheric vent is provided on each NGL Storage Tanks (2111-D-XXA,B) with flame arrester.	1	4	4	2			
Temperature	High	High Temperature	1. 2117-FIC-2 at hot oil supply inlet to LPG Column Reboiler (2104-E-XX) malfunctioned and 2117-FCV-2 fully opened.	1.1 Refer to consequences 2.1 and 2.2 in More Flow deviation.								

ตัวแปร (Parameters)	คำนำทาง (Guide Words)	ความบกพร่อง หรือผิดปกติใน การทำงาน (Operation Deviation)	สาเหตุที่เป็นไปได้ (Possible Causes)	ผลกระทบ (Consequences)	มาตรการควบคุมและการป้องกัน (Controls & Existing Safeguards)	การประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment)				ข้อเสนอแนะ (Recommendations)	ผู้รับผิดชอบ / วันครบ กำหนด (Action By / Due Date)	หมายเหตุ (Remarks)
						โอกาส (L)	ความรุนแรง (S)	คะแนนความเสี่ยง (Risk Score)	ระดับความเสี่ยง (Risk Rank)			
			2. 2105-TIC-4 malfunctioned and 2105-TCV-4 fully open to bypass C3 Plus Heater (2105-E-XX).	2.1 Higher temperature NGL maximum 150 °C to Gasoline Cooler (2105-E-XX) and Liquid Product Subcooler (2105-E-XX) leading to overdesign temperature of Liquid Product Subcooler and downstream equipment. Hydrocarbons release to atm. Potential fire.	2.1.1 2105-TAH-5 setpoint XX °C with operator actions (WI-2). 2.1.2 2105-TZAH-7 setpoint XX °C to stop Gasoline Recycle Pumps (2105-P-XX,R) and to close 2105-LCV-3 (Leak Class V).	1	4	4	2			
			3. Fan motor of Gasoline Cooler (2105-E-XX) trip.	3.1 High temperature NGL to Liquid Product Subcooler (2105-E-XX) leading to higher NGL temperature rundown to Natural Gasoline Storage Tanks (2111-D-XXA,B),	3.1 2105-TAH-6 setpoint XX °C with operator actions to start standby fan motor of Gasoline Cooler (2105-E-XX) (WI-2).	1	4	4	2			

ตัวแปร (Parameters)	คำนำทาง (Guide Words)	ความบกพร่อง หรือผิดปกติใน การทำงาน (Operation Deviation)	สาเหตุที่เป็นไปได้ (Possible Causes)	ผลกระทบ (Consequences)	มาตรการควบคุมและการป้องกัน (Controls & Existing Safeguards)	การประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment)				ข้อเสนอแนะ (Recommendations)	ผู้รับผิดชอบ / วันครบ กำหนด (Action By / Due Date)	หมายเหตุ (Remarks)
						โอกาส (L)	ความรุนแรง (S)	คะแนนความเสี่ยง (Risk Score)	ระดับความเสี่ยง (Risk Rank)			
				potential higher than design temperature of Liquid Product Subcooler and downstream equipment. Hydrocarbons release to atm. Potential fire.	3.2 2105-TZAH-7 setpoint XX °C to stop Gasoline Recycle Pumps (2105-P-XX,R) and to close 2105-LCV-3 (Leak Class V).							
Temperature	Low	Low Temperature	1. 2117-FIC-2 at hot oil supply inlet to LPG Column Reboiler (2104-E-XX) malfunctioned and 2117-FCV-2 fully closed.	1.1 Refer to consequences 7.1 and 7.2 in No/Less Flow deviation.								

ตัวแปร (Parameters)	คำนำทาง (Guide Words)	ความบกพร่องหรือผิดปกติในการทำงาน (Operation Deviation)	สาเหตุที่เป็นไปได้ (Possible Causes)	ผลกระทบ (Consequences)	มาตรการควบคุมและการป้องกัน (Controls & Existing Safeguards)	การประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment)				ข้อเสนอแนะ (Recommendations)	ผู้รับผิดชอบ / วันครบกำหนด (Action By / Due Date)	หมายเหตุ (Remarks)
						โอกาส (L)	ความรุนแรง (S)	คะแนนความเสี่ยง (Risk Score)	ระดับความเสี่ยง (Risk Rank)			
			2. 2105-TIC-4 malfunctioned and 2105-TCV-4 fully closed.	2.1 No significant consequences as this line is normally no flow.								
			3. All fan motor of Gasoline Cooler (2105-E-XX) in operation.	3.1 Slightly lower temperature NGL to Liquid Product Subcooler (2105-E-XX). No significant consequences.								
Level	High	High Level	1. 2105-LIC-3 at bottom of LPG Column (2105-T-XX) malfunctioned and 2105-LCV-3 fully closed in NGL run down line	1.1 Refer to consequences 6.1 in No/Less Flow deviation.								

ตัวแปร (Parameters)	คำนำทาง (Guide Words)	ความบกพร่อง หรือผิดปกติใน การทำงาน (Operation Deviation)	สาเหตุที่เป็นไปได้ (Possible Causes)	ผลกระทบ (Consequences)	มาตรการควบคุมและการป้องกัน (Controls & Existing Safeguards)	การประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment)				ข้อเสนอแนะ (Recommendations)	ผู้รับผิดชอบ / วันครบ กำหนด (Action By / Due Date)	หมายเหตุ (Remarks)
						โอกาส (L)	ความรุนแรง (S)	คะแนนความเสี่ยง (Risk Score)	ระดับความเสี่ยง (Risk Rank)			
			2. Human error open valves (2111-HV-1,2) to wrong lineup Natural Gasoline Storage Tanks (2111-D-XXA,B).	2.1 Refer to consequences 1.1 in Misdirected Flow deviation.								
	Low	Low Level	1. 2105-LIC-3 at bottom of LPG Column (2105-T-XX) malfunctioned and 2105-LCV-3 fully opened.	1.1 Refer to consequences 1.1 in More Flow deviation.								
			2. Strainer of Gasoline Recycle Pump (2105-P-XX,R) plugged.	2.1 Refer to consequences 2.1 in No/Less Flow deviation.								

ตัวแปร (Parameters)	คำนำทาง (Guide Words)	ความบกพร่อง หรือผิดปกติใน การทำงาน (Operation Deviation)	สาเหตุที่เป็นไปได้ (Possible Causes)	ผลกระทบ (Consequences)	มาตรการควบคุมและการป้องกัน (Controls & Existing Safeguards)	การประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment)				ข้อเสนอแนะ (Recommendations)	ผู้รับผิดชอบ / วันครบ กำหนด (Action By / Due Date)	หมายเหตุ (Remarks)
						โอกาส (L)	ความรุนแรง (S)	คะแนนความเสี่ยง (Risk Score)	ระดับความเสี่ยง (Risk Rank)			
Others	Others	Others	1. C ₃ Plus Heater (2105-E-XX) tube leak.	1.1 C ₃ + leaks to NGL Storage Tanks leading to overpressurization, Hydrocarbons release to atm. Potential fire/explosion.	1.1.1 2105-PAH-1 setpoint XX barg with operator actions (WI-1).	1	4	4	2			
			2. LPG Column Reboiler (2105-E- XX) tube leak.	2.1 Natural Gasoline leak to hot oil system leading to overpressurization flammable substances release to atm. Potential fire and explosion	2.1.1 2117-PZAH-2 setpoint XX barg to close 2117-FCV-2. 2.1.2 2117-PSV-2 setpoint XX barg.	1	4	4	2			
			3. No power supply to Gasoline Recycle Pumps (2105-P- XX,R).	3.1 Refer to consequences 4.1 in No/Less Flow deviation.								

ตัวแปร (Parameters)	คำนำทาง (Guide Words)	ความบกพร่อง หรือผิดปกติใน การทำงาน (Operation Deviation)	สาเหตุที่เป็นไปได้ (Possible Causes)	ผลกระทบ (Consequences)	มาตรการควบคุมและการป้องกัน (Controls & Existing Safeguards)	การประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment)				ข้อเสนอแนะ (Recommendations)	ผู้รับผิดชอบ / วันครบ กำหนด (Action By / Due Date)	หมายเหตุ (Remarks)
						โอกาส (L)	ความรุนแรง (S)	คะแนนความเสี่ยง (Risk Score)	ระดับความเสี่ยง (Risk Rank)			
			3. No power supply to Natural Gasoline Refill Pumps (2111-P-XX,R).	3.1 Refer to consequences 5.1 in No/Less Flow deviation.								
			4. No power supply to fan motor of Gasoline Cooler (2105-E-XX)	4.1 Refer to consequences 3.1 in High Temperature deviation.								
			5. No instrument air to control valves / shut down valves.	5.1 No significant consequences as control valves / shut down valves are designed in fail-safe mode.								

ตัวแปร (Parameters)	คำนำทาง (Guide Words)	ความบกพร่อง หรือผิดปกติใน การทำงาน (Operation Deviation)	สาเหตุที่เป็นไปได้ (Possible Causes)	ผลกระทบ (Consequences)	มาตรการควบคุมและการป้องกัน (Controls & Existing Safeguards)	การประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment)				ข้อเสนอแนะ (Recommendations)	ผู้รับผิดชอบ / วันครบ กำหนด (Action By / Due Date)	หมายเหตุ (Remarks)
						โอกาส (L)	ความรุนแรง (S)	คะแนนความเสี่ยง (Risk Score)	ระดับความเสี่ยง (Risk Rank)			
			6. Corrosion Under Insulation (CUI)	6.1 Insulated pipes and equipment damaged and potential hydrocarbon leakage. Potential fire and explosion.	6.1.1 Effective Preventive Maintenance (PM) plan.	1	4	4	2			
			7. Corrosion Under Support (CUS)	7.1. Supported structure of pipes and equipment damaged and potential hydrocarbon leakage. Potential fire and explosion.	7.1.1 Effective Preventive Maintenance (PM) plan.	1	4	4	2			

4.2 ผลการชี้บ่งอันตรายและการประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี HAZOP ของโรงงานผลิต Phthalic Anhydride

4.2.1 ผลการวิเคราะห์อันตรายและผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นในกระบวนการผลิต

การวิเคราะห์หาอันตรายและผลกระทบที่มีโอกาสเกิดขึ้นในกระบวนการผลิต วิเคราะห์จากหน่วยการผลิตที่สำคัญของกระบวนการผลิต Phthalic Anhydride แสดงตัวอย่างผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ตัวอย่างบัญชีรายการอันตรายและผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นในกระบวนการผลิต Phthalic Anhydride

หน่วยปฏิบัติการ	สิ่งที่เป็นอันตราย	ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น
เครื่องปฏิกรณ์ระหว่าง	- ป้อน o-Xylene หยุดทำงาน	- ไม่เกิดปฏิกิริยา หยุดกระบวนการผลิตฉุกเฉิน
o-Xylene และอากาศ	- ระบบควบคุมการไหลของสารละลายเกลือที่ Salt Bath ทำงานผิดพลาด และวาล์วควบคุมการไหลปิดสุด	- ไม่มีสารหล่อเย็นไปยังเครื่องปฏิกรณ์ ทำให้อุณหภูมิในเครื่องปฏิกรณ์สูงขึ้น อาจเกิดปฏิกิริยาที่ไม่สามารถควบคุมได้ (Run Away Reaction) อาจเกิดไฟไหม้และระเบิดได้
	- ระบบควบคุมการไหลของสารละลายเกลือที่ Salt Bath ทำงานผิดพลาด และวาล์วควบคุมการไหลเปิดสุด	- เกิดปฏิกิริยาไม่สมบูรณ์ อาจมี o-Xylene ไปกับสารผลิตภัณฑ์ อาจเกิดไฟไหม้และระเบิดได้
	- ตัวรองรับตัวเร่งปฏิกิริยาภายในเครื่องปฏิกรณ์เสียหาย	- ตัวเร่งปฏิกิริยาอุดตันที่ในเครื่องปฏิกรณ์ ทำให้เกิดความดันตกคร่อมภายในเครื่องปฏิกรณ์สูง อาจเกิดไฟไหม้และระเบิดได้
	- เกิดการสะสมของประจุไฟฟ้าสถิตเนื่องจากการไหลภายในเครื่องปฏิกรณ์	- อาจเกิดประกายไฟ ทำให้เกิดไฟไหม้และระเบิดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

หน่วยปฏิบัติการ	สิ่งที่เป็นอันตราย	ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น
	<ul style="list-style-type: none"> - การกัดกร่อนภายใต้ฉนวน ความร้อน (Corrosion Under Insulation: CUI) - การกัดกร่อนภายใต้ตัวรองรับ (Corrosion Under Support: CUS) 	<ul style="list-style-type: none"> - ท่อและอุปกรณ์ที่หุ้มฉนวนเกิดการกัดกร่อน อาจทำให้เกิดการรั่วไหลของสารเคมีในกระบวนการผลิต และอาจเกิดไฟไหม้และระเบิดได้ - โครงสร้างค้ำยัน (Support) ของท่อและอุปกรณ์เกิดการกัดกร่อน ไม่สามารถรับน้ำหนักได้ ทำให้อุปกรณ์เสียหายและอาจเกิดการรั่วไหลของสารเคมีในกระบวนการผลิต มีโอกาสที่จะเกิดไฟไหม้และระเบิดได้
หน่วยควบแน่น Reaction Gas	<ul style="list-style-type: none"> - ปั๊มน้ำหล่อเย็น (Cooling Pump) หยุดตัว 	<ul style="list-style-type: none"> - อัตราการไหลของน้ำ มีปริมาณน้อยลง ทำให้การควบแน่นลดลง ส่งผลให้ปริมาณของก๊าซเกินค่าออกแบบของ Waste Gas Scrubber อาจมีก๊าซเสียถูกปล่อยสู่บรรยากาศได้
	<ul style="list-style-type: none"> - เครื่องควบแน่น (Liquid Condenser) เสียหาย 	<ul style="list-style-type: none"> - การควบแน่น PA ลดลง ทำให้ปริมาณของก๊าซเสียไปที่หน่วย Waste Gas Scrubber เกินค่าออกแบบ อาจมีก๊าซเสียถูกปล่อยสู่บรรยากาศได้
	<ul style="list-style-type: none"> - ประสิทธิภาพการทำงานของหอทำความเย็น (Cooling Tower) ลดลง 	<ul style="list-style-type: none"> - อุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นที่ใช้ในการควบแน่น Reaction Gas มีค่าสูงกว่าค่าออกแบบ - การควบแน่นลดลง ทำให้ปริมาณของก๊าซที่เข้าสู่หน่วยบำบัดก๊าซเสียสูงเกิน Capacity ของ Waste Gas Scrubber ส่งผลให้อาจมีก๊าซเสียถูกปล่อยสู่บรรยากาศได้ใช้ประโยชน์ด้านการค้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

หน่วยปฏิบัติการ	สิ่งที่เป็นอันตราย	ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น
	<ul style="list-style-type: none"> - การกัดกร่อนภายใต้ฉนวน ความ ร้อน (Corrosion Under Insulation: CUI) - การกัดกร่อนภายใต้ตัวรองรับ (Corrosion Under Support: CUS) 	<ul style="list-style-type: none"> - ท่อและอุปกรณ์ที่หุ้มฉนวนเกิดการกัดกร่อน อาจทำให้เกิดการรั่วไหลของสารเคมีในกระบวนการผลิต และมีโอกาสที่จะเกิดไฟไหม้และระเบิดได้ - โครงสร้างค้ำยัน (Support) ของท่อและอุปกรณ์เกิดการกัดกร่อน ไม่สามารถรับน้ำหนักได้ ทำให้ อุปกรณ์เสียหายและอาจเกิดการรั่วไหลของสารเคมีในกระบวนการผลิต มีโอกาสที่จะเกิดไฟไหม้และระเบิดได้
กระบวนการกลั่น PA	<ul style="list-style-type: none"> - Strainers ของ Light End Column Feed Pump อุดตัน 	<ul style="list-style-type: none"> - ป้อนสูญเสียแรงดูด (Loss Suction) ทำให้ปั๊มเสียหาย Crude PA รั่วไหล มีโอกาสที่จะเกิดไฟไหม้ได้ - ระดับของของเหลวใน Light End Column ลดลงจนไอน้ำในหออาจไหลไปที่กระแสนล่างของ Light End Column (Gas Blowby) ส่งผลให้เกิดความดันเกินภายในระบบท่อและอุปกรณ์ส่วนหลัง มีโอกาสที่จะเกิดไฟไหม้และระเบิดได้ - ระดับของของเหลวใน Reboiler ลดลง ทำให้อุณหภูมิสูงขึ้นภายใน Reboiler มีโอกาสที่จะเกิดไฟไหม้และระเบิดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

หน่วยปฏิบัติการ	สิ่งที่เป็นอันตราย	ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น
	<ul style="list-style-type: none"> - ระบบอุ่นความร้อนด้วยไอน้ำ (Steam Tracing) ของระบบท่อทำงานผิดพลาด - การกัดกร่อนภายใต้ฉนวนความร้อน (Corrosion Under Insulation: CUI) - การกัดกร่อนภายใต้ตัวรองรับ (Corrosion Under Support: CUS) 	<ul style="list-style-type: none"> - อาจเกิดการอุดตันของ PA ภายในท่อทำให้ความดันภายในท่อสูง อาจทำให้ท่อเสียหายทำให้เกิดการรั่วไหลของสารเคมีอันตราย มีโอกาสที่จะเกิดไฟไหม้และระเบิดได้ - ท่อและอุปกรณ์ที่หุ้มฉนวนเกิดการกัดกร่อน อาจทำให้เกิดการรั่วไหลของสารเคมีในกระบวนการผลิต และมีโอกาสที่จะเกิดไฟไหม้และระเบิดได้ - โครงสร้างค้ำยัน (Support) ของท่อและอุปกรณ์เกิดการกัดกร่อน ไม่สามารถรับน้ำหนักได้ ทำให้อุปกรณ์เสียหายและอาจเกิดการรั่วไหลของสารเคมีในกระบวนการผลิต มีโอกาสที่จะเกิดไฟไหม้และระเบิดได้
การบำบัดก๊าซเสียด้วย Waste Gas Scrubber	<ul style="list-style-type: none"> - ปริมาณก๊าซเสียที่เข้ามายังหน่วยบำบัดก๊าซเสียสูงเกินค่าออกแบบ - ปริมาณน้ำที่ใช้ในการดูดซึมก๊าซเสียไม่เพียงพอต่อก๊าซเสียที่ป้อนเข้ามา - เกิดการอุดตันของ Packing Media - การกัดกร่อนภายใต้ฉนวนความร้อน (Corrosion Under Insulation: CUI) - การกัดกร่อนภายใต้ตัวรองรับ (Corrosion Under Support: CUS) 	<ul style="list-style-type: none"> - มีปริมาณก๊าซเสียที่ปล่อยสู่บรรยากาศสูง ส่งผลต่อชุมชนโดยรอบ - มีปริมาณก๊าซเสียที่ปล่อยสู่บรรยากาศสูง ส่งผลต่อชุมชนโดยรอบ - ความดันในหอบำบัดก๊าซเสียสูง - ท่อและอุปกรณ์ที่หุ้มฉนวนเกิดการกัดกร่อน อาจทำให้เกิดการรั่วไหลของสารเคมีในกระบวนการผลิต และมีโอกาสที่จะเกิดไฟไหม้และระเบิดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับอาจารย์และบุคลากรในหน่วยงานเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

หน่วยปฏิบัติการ	สิ่งที่เป็นอันตราย	ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น
	CUS)	- โครงสร้างค้ำยัน (Support) ของท่อและอุปกรณ์เกิดการกัดกร่อนไม่สามารถรับน้ำหนักได้ ทำให้อุปกรณ์เสียหายและอาจเกิดการรั่วไหลของสารเคมีในกระบวนการผลิต มีโอกาสที่จะเกิดไฟไหม้และระเบิดได้
การบำบัดก๊าซเสียด้วย Regenerative Thermal Oxidizer (RTO)	- เกิดการอุดตันของ PA ที่ Screener - อุณหภูมิที่ Combustion Chamber และ Hopper สูงกว่าค่าออกแบบ (1,093 °C และ 232 °C ตามลำดับ) เนื่องจากระบบควบคุมอัตราการไหลของก๊าซเชื้อเพลิงทำงานผิดพลาดหรือการทำงานล้มเหลวของ Poppet Valve	- อัตราการไหลและความดันภายในระบบ RTO ลดลงทำให้ Main Fan และ Purge Fan ทำงานที่ความเร็วรอบสูงขึ้น อาจทำให้อุปกรณ์เสียหาย - อาจเกิดไฟไหม้และระเบิดภายใน Combustion Chamber และ Hopper ได้ ทำให้ระบบ RTO เสียหาย
	- ความเข้มข้นของก๊าซเสีย (VOC Concentration) ที่ป้อนเข้าสู่ RTO สูงกว่าค่าออกแบบ	- อัตราส่วนระหว่างก๊าซเสียที่ติดไฟได้กับอากาศไม่เหมาะสม อาจเกิดไฟไหม้และระเบิดภายใน Combustion Chamber และ Hopper ได้ ทำให้ระบบ RTO เสียหาย
	- ระบบหัวเผาไหม้ไม่ทำงาน หรือ เปลวไฟดับ	- เกิดการสะสมของ VOC หรือก๊าซเชื้อเพลิงภายใน Combustion Chamber สูงจนช่วงบรรยากาศติดไฟและระเบิดได้ อาจเกิดไฟไหม้และระเบิดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้ตีพิมพ์เผยแพร่ และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกรนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

หน่วยปฏิบัติการ	สิ่งที่เป็นอันตราย	ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น
		ระเบิดภายใน Combustion Chamber และ Hopper ได้ ทำให้ระบบ RTO เสียหาย
	- Hot bypass Damper ไม่ทำงาน	- อุณหภูมิภายใน Combustion Chamber และ Hopper สูง อาจเกิดไฟไหม้และระเบิดภายใน Combustion Chamber และ Hopper ได้ ทำให้ระบบ RTO เสียหาย
	- Main Fan ไม่ทำงาน	- การไหลภายในระบบ RTO ทำได้น้อยกว่าปกติ อาจเกิดการสะสมของอุณหภูมิภายใน Combustion Chamber และ Hopper ทำให้ประสิทธิภาพในการเผาไหม้ลดลง อาจบ่่าบ่ัก๊าซเสียได้ไม่สมบูรณ์
	- การกัดกร่อนภายใต้ฉนวนความร้อน (Corrosion Under Insulation: CUI) - การกัดกร่อนภายใต้ตัวรองรับ (Corrosion Under Support: CUS)	- ท่อและอุปกรณ์ที่หุ้มฉนวนเกิดการกัดกร่อน อาจทำให้เกิดการรั่วไหลของสารเคมีในกระบวนการผลิต และมีโอกาสที่จะเกิดไฟไหม้และระเบิดได้ - โครงสร้างค้ำยัน (Support) ของท่อและอุปกรณ์เกิดการกัดกร่อน ไม่สามารถรับน้ำหนักได้ ทำให้อุปกรณ์เสียหายและอาจเกิดการรั่วไหลของสารเคมีในกระบวนการผลิต มีโอกาสที่จะเกิดไฟไหม้และระเบิดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.2.2 Study Nodes ของ Regenerative Thermal Oxidizer ที่โรงงานผลิต Phthalic Anhydride

Study Nodes ของระบบ Regenerative Thermal Oxidizer มีทั้งหมด 3 โหนด ได้แก่ กระบวนการของ Regenerative Thermal Oxidizer (Process System) ระบบหัวเผาไหม้ (Burner System) และระบบอากาศสำหรับอุปกรณ์วัด (Instrument Air System) โดยแสดง Node Lists และ Node Description ดังตารางที่ 4.7 และรูปที่ 4.5

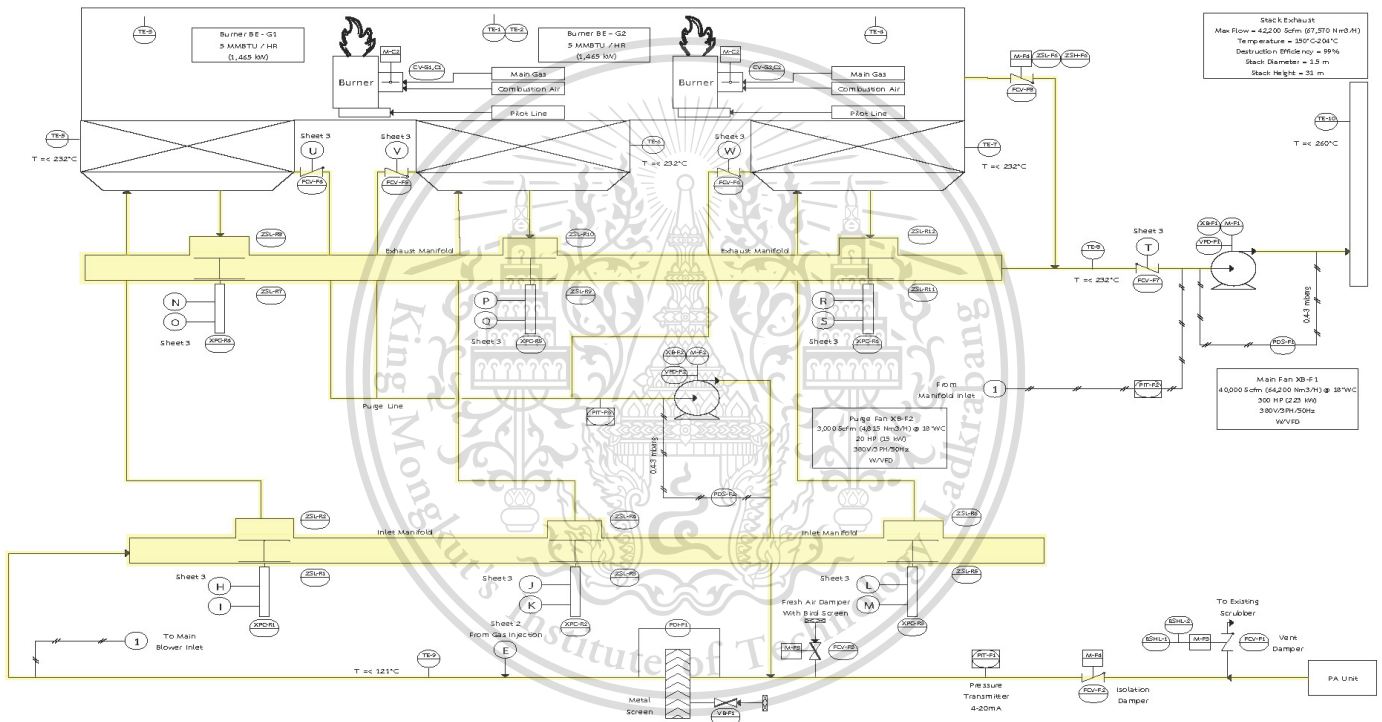
ตารางที่ 4.7 Node Lists และ Node Description ที่หน่วย Regenerative Thermal Oxidizer

Node	Node Description	Drawings/References
1. Process System	Regenerative thermal oxidizer system with capacity 64,200 Nm ³ /h is used to treat waste gas and other VOCs such as maleic anhydride, benzoic acid, citraconic anhydride, phthalide, toluic anhydride, carbon dioxide, carbon monoxide from PA process.	2019-723-PID
2. Burner System	Burners system are supplied by natural gas with capacity 268 Nm ³ /h and combustion air with capacity 3,466 Nm ³ /h. Natural gas from this node will separate into 5 lines consist of 4 lines to burner and 1 line to process inlet. Combustion air has 2 lines direct to burner.	2019-723-PID
3. Instrument Air System	Instrument air system with capacity 64 Nm ³ /h is used to supply many of valve that use in RTO process.	2019-723-PID

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 4.5 Process Flow Diagram แสดง Study Node ที่ Regenerative Thermal Oxidizer โรงงานผลิต Phthalic Anhydride (2019-723-PID)

4.2.3 ผลการชี้บ่งอันตรายและการประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี HAZOP

ผลการชี้บ่งอันตรายและการประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี HAZOP ของโรงงานผลิต Phthalic Anhydride ที่อุปกรณ์ Regenerative Thermal Oxidizer ที่โหนด Process System แสดงดังตารางที่ 4.8



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 4.8 ผลการซึ่งอันตรายและการประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี HAZOP ที่ Regenerative Thermal Oxidizer

ตัวแปร (Parameters)	คำนำทาง (Guide Words)	ความบกพร่อง หรือผิดปกติใน การทำงาน (Operation Deviation)	สาเหตุที่เป็นไปได้ (Possible Causes)	ผลกระทบ (Consequences)	มาตรการควบคุมและการป้องกัน (Controls & Safeguards)	การประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment)				ข้อเสนอแนะ (Recommendations)	ผู้รับผิดชอบ / วันครบ กำหนด (Action By / Due Date)	หมายเหตุ (Remarks)
						โอกาส (L)	ความรุนแรง (S)	คะแนนความเสี่ยง (Risk Score)	ระดับความเสี่ยง (Risk Rank)			
Flow	No/Less	No/Less Flow	Low (<25% from flow capacity) or no flow from process.	High temperature in the Hopper (>450°F, 232°C). Unit operating at lower than turndown capacity can result in channeling in media and not enough heat recovery.	TE-5, TE-6, TE-7 and PLC logic P-102 and P-221, PIT-F1 & PIT-F2 and PLC logic to shutdown RTQ with fault alarm.	3	1	3	2	- Client/Operator to check process flow from source.		
			Main Fan (XB-F1) trip.			1	1	1	1	- Operator to check the position of the Isolation Damper (FCV-F2), inlet and exhaust poppet valves.		
			Isolation Damper (FCV-F2) malfunction.			3	1	3	2	- Client/operator to check the screen and media.		
			One of Poppet Valve (XPC-R1-6) malfunction.			3	1	3	2			
			VFD-F1 malfunctioned to trip Main Fan (XB-F1).			1	1	1	1			
			VFD-F2 malfunctioned to trip Purge Fan (XB-F2).			1	1	1	1			

ตัวแปร (Parameters)	คำนำทาง (Guide Words)	ความบกพร่อง หรือผิดปกติใน การทำงาน (Operation Deviation)	สาเหตุที่เป็นไปได้ (Possible Causes)	ผลกระทบ (Consequences)	มาตรการควบคุมและการป้องกัน (Controls & Safeguards)	การประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment)				ข้อเสนอแนะ (Recommendations)	ผู้รับผิดชอบ / วันครบ กำหนด (Action By / Due Date)	หมายเหตุ (Remarks)
						โอกาส (L)	ความรุนแรง (S)	คะแนนความเสี่ยง (Risk Score)	ระดับความเสี่ยง (Risk Rank)			
			Main Fan Valve (FCV-F7) malfunction and fully closed.	High pressure in PA process leading to overpressurization. Hydrocarbons release to atm. Potential fire and explosion.	Limit Switch of FCV-F7 and PLC Logic, to RTO shutdown with fault alarm, then process flow send to vent. Rupture disc at PA process burst.	2	2	4	2	- Client/Operator to check process flow from source. - Operator to check the position of the Isolation Damper (FCV-F2), inlet and exhaust Poppet Valves (XPC-R1-6).		
			Media/Grid (Ceramic Media) blockage.	Unit operating at lower than turndown capacity can result in channeling in media and not enough heat recovery. No safety consequences.	VFD-F1/F2 Logic & parameters E-200 not to exceed 60 Hz. Vacuum Breaker (VB-F1) will open mechanically P-134.	2	1	2	1	- Client/operator to check the screen and media.		

ตัวแปร (Parameters)	คำนำทาง (Guide Words)	ความบกพร่อง หรือผิดปกติใน การทำงาน (Operation Deviation)	สาเหตุที่เป็นไปได้ (Possible Causes)	ผลกระทบ (Consequences)	มาตรการควบคุมและการป้องกัน (Controls & Safeguards)	การประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment)				ข้อเสนอแนะ (Recommendations)	ผู้รับผิดชอบ / วันครบ กำหนด (Action By / Due Date)	หมายเหตุ (Remarks)
						โอกาส (L)	ความรุนแรง (S)	คะแนนความเสี่ยง (Risk Score)	ระดับความเสี่ยง (Risk Rank)			
			Blockage on inlet screen.	Refer to high pressure Main Fan (XB-F1) operates at higher frequency/speed.	VFD-F1/F2 Logic & parameters E-200 not to exceed 60 Hz. Vacuum Breaker (VB-F1) will open mechanically P-134.	3	1	3	2	- Client/Operator to check process flow from source. - Operator to check the position of the Isolation Damper (FCV-F2), inlet and exhaust Poppet Valves (XPC-R1-6). - Client/operator to check the screen and media.		
	More	More Flow	More flow form process than design flow capacity (64,200 Nm ³ /h).	Main Fan (XB-F1) outlet pressure will drop based on the fan curve. High velocity in the media and combustion chamber.	PIT-F2 and PLC logic.	1	2	2	1	- Client/Operator to check process flow from source.		
						1	2	2	1			

ตัวแปร (Parameters)	คำนำทาง (Guide Words)	ความบกพร่อง หรือผิดปกติใน การทำงาน (Operation Deviation)	สาเหตุที่เป็นไปได้ (Possible Causes)	ผลกระทบ (Consequences)	มาตรการควบคุมและการป้องกัน (Controls & Safeguards)	การประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment)				ข้อเสนอแนะ (Recommendations)	ผู้รับผิดชอบ / วันครบ กำหนด (Action By / Due Date)	หมายเหตุ (Remarks)	
						โอกาส (L)	ความรุนแรง (S)	คะแนนความเสี่ยง (Risk Score)	ระดับความเสี่ยง (Risk Rank)				
				Reduction in thermal oxidation efficiency.	PIT-F2 and PLC logic.	1	2	2	1	- Client/Operator to check process flow from source.			
			Differential Pressure Indicating Transmitter (PDIT-F2) fault.	Error reading pressure and flowrate. No safety consequences.	Comparison with PIT-F1 VFD-F1 limit set point (PLC logic).	3	1	3	2				
			Hot bypass Valve (FCV-F8) fully open. (In case of high flow from process with high concentration)	High temperature flow to Main Fan (XB-F1) leading to Main Fan damage.	Fan Isolation Damper (FCV-F7) failed close and RTO shutdown with fault alarm and PLC logic.	1	2	2	1				
	Misdirected	Misdirected Flow	One of Poppet Valve (XPC-R1-6) malfunction.	Reduction in thermal oxidation efficiency and possible high temperature in Hopper (>450°F, 232°C). No safety consequences.	ZSL-Rx (Poppet Valve Limit Switch) of P-221 and PLC Logic to shutdown RTO with fault alarm.	3	2	6	2	- Client/Operator to check process flow from source. - Operator to check the position of the Poppet Valves (XPC-R1-6).			

ตัวแปร (Parameters)	คำนำทาง (Guide Words)	ความบกพร่อง หรือผิดพลาดใน การทำงาน (Operation Deviation)	สาเหตุที่เป็นไปได้ (Possible Causes)	ผลกระทบ (Consequences)	มาตรการควบคุมและการป้องกัน (Controls & Safeguards)	การประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment)				ข้อเสนอแนะ (Recommendations)	ผู้รับผิดชอบ / วันครบ กำหนด (Action By / Due Date)	หมายเหตุ (Remarks)
						โอกาส (L)	ความรุนแรง (S)	คะแนนความเสี่ยง (Risk Score)	ระดับความเสี่ยง (Risk Rank)			
			Purge Fan (XB-F2) trip.	Lower thermal oxidation efficiency. No safety consequences.	PIT-F3, PDS-F2, VFD-F2 and PLC logic, go to shutdown with fault alarm.	3	2	6	2			
			Purge Valves (FCV-F4/F5/F6) malfunction.	Lower thermal oxidation efficiency. No safety consequences.	Limit Switches of FCV-F4, FCV-F5, FCV-F6 to shutdown RTO with fault alarm.	3	2	6	2			
			Vacuum Breaker (VB-F1) malfunction.	PA gas leaks to ATM (Amount of leak? - depend on positive/negative pressure on location.	Put Limit Switch warning (No Shutdown Interlock).	3	2	6	2			
			Fresh Air Damper (FCV-F3) malfunction.	Environmental consequences.	Limit Switches of FCV-F3 if detect during normal operation to shutdown RTO with fault alarm.	2	2	4	2			

ตัวแปร (Parameters)	คำนำทาง (Guide Words)	ความบกพร่อง หรือผิดปกติใน การทำงาน (Operation Deviation)	สาเหตุที่เป็นไปได้ (Possible Causes)	ผลกระทบ (Consequences)	มาตรการควบคุมและการป้องกัน (Controls & Safeguards)	การประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment)				ข้อเสนอแนะ (Recommendations)	ผู้รับผิดชอบ / วันครบ กำหนด (Action By / Due Date)	หมายเหตุ (Remarks)
						โอกาส (L)	ความรุนแรง (S)	คะแนนความเสี่ยง (Risk Score)	ระดับความเสี่ยง (Risk Rank)			
Pressure	High	High Pressure	High source pressure from process.	Lower thermal oxidation efficiency. No safety consequences.	P-110 will control the pressure up to VFD-F1/F2 frequency of 50 Hz.	1	1	1	1	- Process side should provide a pressure safety valve in case of high pressure steam than design.		
			PIT-F1 (P-110) malfunctioned to increase speed of both fan.	Lower thermal oxidation efficiency. No safety consequences.	Comparison with PDIT-F2, warning alarm.	3	1	3	2			
			PDIT-F2 (P-110) malfunctioned to increase speed of both fan.	Both fan operate at high speed. Equipment damage.	Comparison with PIT-F1 VFD limit set point (PLC logic) to RTO alarm shutdown.	3	1	3	2			
				Vacuumed in the process duct and possibility of duct collapse and process leak. Possibility of process leak.	Vacuum Breaker (VB-F1) (P-134).	3	2	6	2			
			High utility steam jacketed pressure for the Dampers. (> 0.15 barg)	Damages to the steam jacketed system and damper parts. Potential personal injuries.	Plant Owner provide safety system.	3	2	6	2			

ตัวแปร (Parameters)	คำนำทาง (Guide Words)	ความบกพร่อง หรือผิดปกติใน การทำงาน (Operation Deviation)	สาเหตุที่เป็นไปได้ (Possible Causes)	ผลกระทบ (Consequences)	มาตรการควบคุมและการป้องกัน (Controls & Safeguards)	การประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment)				ข้อเสนอแนะ (Recommendations)	ผู้รับผิดชอบ / วันครบ กำหนด (Action By / Due Date)	หมายเหตุ (Remarks)
						โอกาส (L)	ความรุนแรง (S)	คะแนนความเสี่ยง (Risk Score)	ระดับความเสี่ยง (Risk Rank)			
			High utility steam pressure for steam heat tracing. (>7 barg)	Damage to the steam traced tubing. Potential personal injuries.	Plant Owner provide safety system.	3	2	6	2	- Process side should provide a pressure safety valve in case of high pressure steam than design.		
			Media/Grid blockage.	Unit operating at lower than turndown capacity can result in channeling in media and not enough heat recovery. No safety consequences.	VFD-F2 Logic & parameters E-200 not to exceed 60 Hz.	2	1	2	1			
			Blocked ducting / screen.	Main Fan (XB-F1) operates at high speed. Equipment damage.	Vacuum Breaker (VB-F1) (P-134).	3	1	3	2			
	Low	Low Pressure	Low source pressure from process.	Low inlet pressure to the Main Fan (XB-F1). (Fan is designed for ambient pressure).	PIT-F1 and PLC Logic, warning alarm.	1	1	1	1			

ตัวแปร (Parameters)	คำนำทาง (Guide Words)	ความบกพร่อง หรือผิดปกติใน การทำงาน (Operation Deviation)	สาเหตุที่เป็นไปได้ (Possible Causes)	ผลกระทบ (Consequences)	มาตรการควบคุมและการป้องกัน (Controls & Safeguards)	การประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment)				ข้อเสนอแนะ (Recommendations)	ผู้รับผิดชอบ / วันครบ กำหนด (Action By / Due Date)	หมายเหตุ (Remarks)
						โอกาส (L)	ความรุนแรง (S)	คะแนนความเสี่ยง (Risk Score)	ระดับความเสี่ยง (Risk Rank)			
				No significant consequences.								
			Isolation Damper (FCV-F2) malfunction. (partial close)	Low Inlet pressure to the Main Fan (XB-F1). (Fan is designed for ambient pressure). Equipment damage.	Limit Switch on Isolation Damper (FCV-F2) to RTO alarm shutdown.	1	1	1	1			
Temperature	High	High Temperature	High temperature of waste gas from the plant.	High temperature flow to RTO leading to Main Fan (XB-F1) and Purge Fan (XB-F2) damage.	TE-5, 6, 7, 8, 9 and PLC logic to RTO alarm shutdown.	1	2	2	1	- Plant Owner should make sure process temperature is below design temperature.		
				If temperature higher than 400°F/204° C. Mechanical Damage to RTO Assembly.	TE-5, 6, 7, 8, 9 and PLC logic to RTO alarm shutdown.	1	2	2	1			

ตัวแปร (Parameters)	คำนำทาง (Guide Words)	ความบกพร่อง หรือผิดปกติใน การทำงาน (Operation Deviation)	สาเหตุที่เป็นไปได้ (Possible Causes)	ผลกระทบ (Consequences)	มาตรการควบคุมและการป้องกัน (Controls & Safeguards)	การประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment)				ข้อเสนอแนะ (Recommendations)	ผู้รับผิดชอบ / วันครบ กำหนด (Action By / Due Date)	หมายเหตุ (Remarks)
						โอกาส (L)	ความรุนแรง (S)	คะแนนความเสี่ยง (Risk Score)	ระดับความเสี่ยง (Risk Rank)			
				Potential High temperature in combustion chamber. Very high combustion chamber temperature leading to major damage to the system. Potential fire.	TE-1,2,3,4,5,6,7,8,9,10 and PLC Logic interlock E-101 to total RTO shutdown.	1	3	3	2	- Plant Owner should make sure process temperature is below design temperature.		
			Inlet temperature sensor fault. (TE-9)	Error reading temperature. No significant consequences.	TE-1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 and PLC Logic. Interlock E-101, warning alarm.	3	1	3	2			
			Poppet Valves (XPC-R1-6) cycle time malfunctioned.	Exceeding design temperature of components. Equipment damage.	TE-5, 6, 7 and PLC Logic PLC cycle time limit from PLC is not allow to set more/lower than proper set point. Fresh Air Damper (FCV-F3) will be opened automatically to avoid high temperature. (> 500°F, 260°C)	1	2	2	1			

ตัวแปร (Parameters)	คำนำทาง (Guide Words)	ความบกพร่อง หรือผิดปกติใน การทำงาน (Operation Deviation)	สาเหตุที่เป็นไปได้ (Possible Causes)	ผลกระทบ (Consequences)	มาตรการควบคุมและการป้องกัน (Controls & Safeguards)	การประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment)				ข้อเสนอแนะ (Recommendations)	ผู้รับผิดชอบ / วันครบ กำหนด (Action By / Due Date)	หมายเหตุ (Remarks)
						โอกาส (L)	ความรุนแรง (S)	คะแนนความเสี่ยง (Risk Score)	ระดับความเสี่ยง (Risk Rank)			
			Problem with unbalanced chamber temperature due to blocked media or channeling.	Possible damage to springs.	Temperature logic of TE-5, 6, 7 and PLC logic to RTO alarm shutdown when unbalanced chamber temp is found. Fresh Air Damper (FCV-F3) will be opened automatically to avoid high temperature. (> 500°F, 260°C)	1	2	2	1			
			High firing rate at Burner (BE-G1/G2).	Very high combustion chamber temperature can cause major damage to the system and possibility of fire.	TE-1,2,3,4,5,6,7,8,9,10 and PLC Logic interlock E-101 to total RTO shutdown.	3	2	6	2	- Plant operator to check the Hot bypass Damper. - Plant operator to check the gas train line pressure. - Plant operator to check inlet process temperature and Burner (BE-G1/G2) performance.		

ตัวแปร (Parameters)	คำนำทาง (Guide Words)	ความบกพร่อง หรือผิดปกติใน การทำงาน (Operation Deviation)	สาเหตุที่เป็นไปได้ (Possible Causes)	ผลกระทบ (Consequences)	มาตรการควบคุมและการป้องกัน (Controls & Safeguards)	การประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment)				ข้อเสนอแนะ (Recommendations)	ผู้รับผิดชอบ / วันครบ กำหนด (Action By / Due Date)	หมายเหตุ (Remarks)
						โอกาส (L)	ความรุนแรง (S)	คะแนนความเสี่ยง (Risk Score)	ระดับความเสี่ยง (Risk Rank)			
			High pressure/ flowrate natural gas inlet	Very high combustion chamber temperature can cause major damage to the system and possibility of fire.	PCV-G1, PCV-G2, PSH-G1, PSH- G2 PTE-1,2,3,4,5,6,7,8,9,10 and PLC logic, interlock E-101 to total RTO shutdown.	3	2	6	2	- Plant operator to check the Hot bypass Damper. - Plant operator to check the gas train line pressure. - Plant operator to check inlet process temperature. - Plant operator to check Burner (BE- G1/G2) performance.		
			High process temperature.		P-25 and Switches (low/high) and PLC logic.	1	2	2	1			
			Hot bypass Damper (FCV-F8) malfunction.			2	2	4	2			
			Control Valve N.G (FCV-G1) Inject to off gas malfunction and fully opened		Smoke detector alarm. PSH-G3, SSOV-G4, ZSL-C1, and last one is SSOV-G1. (fail close)	2	2	4	2			
			Temperature sensor fault (TE-1, TE-2, TE-3, TE-4)		Error reading temperature. No significant consequences.	PLC logic to check when one of TE is fault.	3	1	3		2	

ตัวแปร (Parameters)	คำนำทาง (Guide Words)	ความบกพร่อง หรือผิดปกติใน การทำงาน (Operation Deviation)	สาเหตุที่เป็นไปได้ (Possible Causes)	ผลกระทบ (Consequences)	มาตรการควบคุมและการป้องกัน (Controls & Safeguards)	การประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment)				ข้อเสนอแนะ (Recommendations)	ผู้รับผิดชอบ / วันครบ กำหนด (Action By / Due Date)	หมายเหตุ (Remarks)
						โอกาส (L)	ความรุนแรง (S)	คะแนนความเสี่ยง (Risk Score)	ระดับความเสี่ยง (Risk Rank)			
			Stack temperature sensor fault TE-10.	Fresh Air Damper (FCV-F3) will open according to program sequence.	TE-8 and TE-5, TE-6, TE-7 and PLC logic, warning alarm and timer to RTO alarm shutdown.	3	1	3	2			
			High temperature waste gas from the process.	Possibility of high temperature in combustion chamber.	TE-10 and PLC logic, RTO will shut down if temperature is higher than 450°F by closing	1	1	1	1	- Plant operator inspect media visually, inspect poppet visually, and check the hot by-pass damper functionality.		
			Damaged media (Channeling).	Exceed design temperature of components.	Fan Isolation Damper (FCV-F7)	2	1	2	1			
			One of Poppet Valve (XPC-R1-6)	Possibility of damages to Poppet Valve sealing. (> 500°F)		3	1	3	2			
			Problem with unbalanced chamber temperature.	Possibility of hotspots on RTO shell.		1	1	1	1			
			Hot bypass Valve (FCV-F8) malfunctioned (Keep open when it should close or).	High temperature flow leading to Main Fan damage.	TE-8, TE-10 and PLC logic to RTO alarm shutdown.	2	2	4	2			

ตัวแปร (Parameters)	คำนำทาง (Guide Words)	ความบกพร่อง หรือผิดปกติใน การทำงาน (Operation Deviation)	สาเหตุที่เป็นไปได้ (Possible Causes)	ผลกระทบ (Consequences)	มาตรการควบคุมและการป้องกัน (Controls & Safeguards)	การประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment)				ข้อเสนอแนะ (Recommendations)	ผู้รับผิดชอบ / วันครบ กำหนด (Action By / Due Date)	หมายเหตุ (Remarks)
						โอกาส (L)	ความรุนแรง (S)	คะแนนความเสี่ยง (Risk Score)	ระดับความเสี่ยง (Risk Rank)			
			Poppet Valves (XPC-R1-6) seal are leaking.	Low thermal oxidation efficiency.	TE-1, 3, 4, P-25 and PLC logic unit will switch to Fresh Air Mode, if temperature is below 1425°F (773 °C).	3	2	6	2	- Plant operator inspect media visually, inspect poppet visually, and check the hot by-pass damper functionality.		
	Low	Low Temperature	Low temperature waste gas from the plant.	Possibility of PA condensation in the duct.	TE-9 and PLC Logic, warning alarm.	1	1	1	1			
			Inlet temperature sensor fault (TE-9).	Error reading temperature. No significant consequences.	TE-1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 and PLC Logic, Interlock E-101, warning alarm.	3	1	3	2			
			Loss steam tracing.	PA deposit in Hopper, Duct leading to high pressure drop and	TE-5, 6, 7 and PLC Logic, warning alarm.	4	1	4	2			
			Low temperature from process.	lower thermal oxidation efficiency. (PA deposit from underneath will go out to stack)		1	1	1	1			

ตัวแปร (Parameters)	คำนำทาง (Guide Words)	ความบกพร่อง หรือผิดปกติใน การทำงาน (Operation Deviation)	สาเหตุที่เป็นไปได้ (Possible Causes)	ผลกระทบ (Consequences)	มาตรการควบคุมและการป้องกัน (Controls & Safeguards)	การประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment)				ข้อเสนอแนะ (Recommendations)	ผู้รับผิดชอบ / วันครบ กำหนด (Action By / Due Date)	หมายเหตุ (Remarks)
						โอกาส (L)	ความรุนแรง (S)	คะแนนความเสี่ยง (Risk Score)	ระดับความเสี่ยง (Risk Rank)			
			Low firing rate at Burner (BE-G1/G2).	Low thermal oxidation efficiency.	TE-1, 3, 4, P-25 and PLC logic unit will switch to Fresh Air Mode, if temperature is below 1425°F (773 °C).	3	2	6	2	- Plant operator to check Burner (BE-G1/G2) operation. - Plant operator to check natural gas pressure on RTO inlet. - Plant operator to visually inspect media.		
		Problem with Burner (BE-G1/G2) actuator.	P-9 and PLC Logic, unit will switch to Fresh Air Mode.		3	2	6	2				
		Low pressure/ flowrate natural gas inlet.	TE-1,3,4, P-25 and PLC Logic Unit will switch to Fresh Air Mode if temperature is below 1425°F (773 °C).		3	2	6	2				
		Loss in thermal oxidation efficiency of media due to damage or blockage.	TE-1,3,4, P-25 and PLC Logic Unit will switch to Fresh Air Mode if temperature is below 1425°F (773 °C).		3	2	6	2				
		Temperature sensor fault. (Lower than actual) TE-5/TE-6/TE-7	Wrong reading on temperature only.		3	1	3	2				

ตัวแปร (Parameters)	คำนำทาง (Guide Words)	ความบกพร่อง หรือผิดปกติใน การทำงาน (Operation Deviation)	สาเหตุที่เป็นไปได้ (Possible Causes)	ผลกระทบ (Consequences)	มาตรการควบคุมและการป้องกัน (Controls & Safeguards)	การประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment)				ข้อเสนอแนะ (Recommendations)	ผู้รับผิดชอบ / วันครบ กำหนด (Action By / Due Date)	หมายเหตุ (Remarks)
						โอกาส (L)	ความรุนแรง (S)	คะแนนความเสี่ยง (Risk Score)	ระดับความเสี่ยง (Risk Rank)			
			Low temperature from process.	PA deposit in Hopper leading to lower thermal oxidation efficiency. (PA deposit from underneath will go out to stack)	TE-8, TE-10, TE-5.6.7, and PLC logic, warning alarm.	2	2	4	2	- Plant operator to check Burner (BE-G1/G2) operation, natural gas pressure on RTO inlet and visually inspect media.		
Concentration	High	High Concentration	High VOC loading from process.	High temperature in combustion chamber. (Refer to high chamber temperature)								
	Low	Low Concentration	Low VOC loading from process.	More natural gas needed to keep combustion chamber temperature consistent. No safety consequences.	- Open more M-G3 and PLC logic.	2	1	2	1			

ตัวแปร (Parameters)	คำนำทาง (Guide Words)	ความบกพร่อง หรือผิดปกติใน การทำงาน (Operation Deviation)	สาเหตุที่เป็นไปได้ (Possible Causes)	ผลกระทบ (Consequences)	มาตรการควบคุมและการป้องกัน (Controls & Safeguards)	การประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment)				ข้อเสนอแนะ (Recommendations)	ผู้รับผิดชอบ / วันครบ กำหนด (Action By / Due Date)	หมายเหตุ (Remarks)
						โอกาส (L)	ความรุนแรง (S)	คะแนนความเสี่ยง (Risk Score)	ระดับความเสี่ยง (Risk Rank)			
Utility	Failure	Utility Failure	Plant power failure.	Both fan trip. Possible high temperature at Hopper.	Burner management system. Hardwired logic. (fail close valve position) P-6, P-10A, P-10B (Safety shut off valves -redundant), PLC logic.	4	1	4	2			
				Combustion Air Fan trip. Possible high temperature at Hopper.	- Emergency UPC battery.	4	1	4	2			
				Burner (BE-G1/G2) will stop. Possible high temperature at Hopper.		4	1	4	2			
				Possibility of Instrument Air failure. Possible high temperature at Hopper.		4	1	4	2			
				Process flow to stop. Possible high temperature at Hopper.	Control system is fed by UPS (E-190) and ATS (E-192) All the actuators will forced to home position using PLC logic.	4	1	4	2	- Maintenance on UPC battery is required by client/operator.		

ตัวแปร (Parameters)	คำนำทาง (Guide Words)	ความบกพร่อง หรือผิดปกติใน การทำงาน (Operation Deviation)	สาเหตุที่เป็นไปได้ (Possible Causes)	ผลกระทบ (Consequences)	มาตรการควบคุมและการป้องกัน (Controls & Safeguards)	การประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment)				ข้อเสนอแนะ (Recommendations)	ผู้รับผิดชอบ / วันครบ กำหนด (Action By / Due Date)	หมายเหตุ (Remarks)
						โอกาส (L)	ความรุนแรง (S)	คะแนนความเสี่ยง (Risk Score)	ระดับความเสี่ยง (Risk Rank)			
			Short circuit in RTO panel.	Process flow to stop	P-119, P-102, P-100 and P-103 are fed by E-190 (UPS).	2	2	4	2			
Others	Others	Others	Steam leak to process line.	No effect, RTO can accept steam. (7 bar, 170°C)		2	1	2	1			
			Not provide grounding & lightning arrester.	Equipment damage.	Lightening to be installed. Copper wire will be straight to the ground.	1	2	2	1			

บทที่ 5

สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

การทบทวนการซีปั้งอันตรายและการประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี HAZOP กรณีโรงแยกก๊าซธรรมชาติที่ LPG Column พบว่าเมื่อกำหนดมาตรการควบคุมและอุปกรณ์ป้องกันตามหลักวิศวกรรม และการจัดการ มี 66 ผลกระทบ ดังรายละเอียด

- โหนด ที่ 11 Deethanizer Bottom to LPG Column Inlet Including Deethanizer Reboiler มี 11 ผลกระทบจัดเป็นความเสี่ยงที่ยอมรับได้ (ความเสี่ยงระดับ 2) และ 1 ข้อเสนอแนะ คือ ในกรณีที่ 2104-LIC-1 ที่ Deethanizer Bottom Column ทำงานผิดพลาดสั่งให้ 2104-LCV-1 เปิดสุด ทำให้ระดับของเหลวที่หอ Deethanizer ต่ำเกินไปจนอาจทำให้เกิด Gas Blowby จาก Deethanizer (2104-T-XX) ไปสู่ LPG Column (2105-T-XX) ส่งผลให้เกิดความดันสูงภายใน LPG Column จนอาจเกินกว่าค่าออกแบบ อาจทำให้เกิดการรั่วไหลของสารไฮโดรคาร์บอน มีโอกาสที่จะเกิดไฟไหม้และระเบิดได้ จึงมีข้อเสนอแนะให้วิศวกรกระบวนการผลิตยืนยันการออกแบบ PSV ว่าสามารถป้องกันการเกิดความดันเกินกว่าค่าออกแบบในกรณีเกิดจาก Gas Blowby จาก Deethanizer ไปสู่ LPG Column
- โหนดที่ 12 LPG Overhead System to LPG Storage Spheres Including Reflux Drum and LPG Subcooler มี 29 ผลกระทบจัดเป็นความเสี่ยงที่ยอมรับได้ (ความเสี่ยงระดับ 2) และอีก 2 ผลกระทบ จัดเป็นความเสี่ยงเล็กน้อย (ความเสี่ยงระดับ 1)
- โหนดที่ 13 LPG Bottom Column to NGL Storage Tanks Including LPG Column Reboiler มี 1 ผลกระทบจัดเป็นความเสี่ยงสูง (ความเสี่ยงระดับ 3) คือ กรณีที่ไม่มีน้ำมันร้อนไหลเข้าสู่ LPG Column Reboiler (2105-E-XX) ส่งผลให้อุณหภูมิภายในหอ LPG Column (2105-T-XX) ลดลง ทำให้ของเหลวจาก LPG bottom line ถูกส่งไปสู่ NGL Storage Tanks (2111-D-XXA,B) มากเกินไป ทำให้อาจเกิดการรั่วไหลของสารไฮโดรคาร์บอน มีโอกาสที่จะเกิดไฟไหม้และระเบิดได้ ซึ่งจากการประเมินมาตรการควบคุมและการป้องกันจัดเป็นความเสี่ยงสูง จึงมีข้อเสนอแนะให้มีการติดตั้ง Low Temperature Safety Interlock เนื่องจากสามารถหยุดการไหลของ NGL ไปสู่ NGL Storage Tanks ได้ เพื่อลดความเสี่ยงจากความเสี่ยงสูงเป็นความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่เสี่ยงที่ยอมรับได้ มี 20 ผลกระทบจัดเป็นความเสี่ยงที่ยอมรับได้ (ความเสี่ยงระดับ 2) และอีก 3 อันการค่า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ผลกระทบจัดเป็นความเสี่ยงเล็กน้อย (ความเสี่ยงระดับ 1) เจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ดังนั้นระดับความเสี่ยงที่ตำแหน่ง LPG Column มี 1 ผลกระทบ เป็นความเสี่ยงสูง (ความเสี่ยงระดับ 3) เป็นความเสี่ยงที่ยอมรับได้ (ความเสี่ยงระดับ 2) มี 60 ผลกระทบ เป็นความเสี่ยงที่ยอมรับได้ (ความเสี่ยงระดับ 2) และอีก 5 ผลกระทบ จัดเป็นความเสี่ยงเล็กน้อย (ความเสี่ยงระดับ 1)

กรณีการซั้งอันตรายและการประเมินความเสี่ยงของโรงงานผลิต Phthalic Anhydride ที่อุปกรณ์ Regenerative Thermal Oxidizer (RTO) ด้วยวิธี HAZOP พบว่าเมื่อกำหนดมาตรการควบคุมและอุปกรณ์ป้องกันตามหลักวิศวกรรมและการจัดการ มี 42 ผลกระทบ จัดเป็นความเสี่ยงที่ยอมรับได้ (ความเสี่ยงระดับ 2) และอีก 25 ผลกระทบ จัดเป็นความเสี่ยงเล็กน้อย (ความเสี่ยงระดับ 1)

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ควรเลือกหน่วยปฏิบัติการหรือตำแหน่งที่มีผลกระทบรุนแรงและ/หรือมีโอกาสที่จะเกิดอันตรายสูงที่ได้จากการซั้งอันตรายและการประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี HAZOP มาศึกษาเพิ่มเติมด้วยซอฟต์แวร์ของวิธี Bow - Tie Analysis เพื่อวิเคราะห์ความเพียงพอและความเหมาะสมของอุปกรณ์ป้องกัน (Safeguards) ที่ได้กำหนดไว้นั้น ฯลฯ (ซอฟต์แวร์ของวิธี Bow - Tie Analysis มีรายการที่จะช่วยให้สามารถประเมินความเสี่ยงได้หลายประเด็น)

5.2.2 ควรเลือกเหตุการณ์ที่มีผลกระทบรุนแรง เช่น เกิดการรั่วไหลของสารไฮโดรคาร์บอน มาประเมินความเสี่ยงเชิงปริมาณ (Quantitative Risk Assessment: QRA) โดยใช้โปรแกรมจำลองผลกระทบ เช่น Area Location of Hazardous Atmospheres: ALOHA), PHAST เป็นต้น วิเคราะห์ความรุนแรงของเหตุการณ์ที่อาจเกิดขึ้นเพิ่มเติม เพื่อพิจารณาพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบ ความเหมาะสมของอุปกรณ์ป้องกัน จัดทำแผนการเตรียมความพร้อมและการตอบโต้ภาวะฉุกเฉินด้วย เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บรรณานุกรม

- กรมโรงงานอุตสาหกรรม. 2543. ระเบียบกรมโรงงานอุตสาหกรรม ว่าด้วยหลักเกณฑ์การชี้แจงอันตราย การประเมินความเสี่ยงและการจัดทำแผนงานบริหารจัดการความเสี่ยง พ.ศ. 2543. กรุงเทพฯ: กรมโรงงานอุตสาหกรรม.
- กรมโรงงานอุตสาหกรรม. 2558. คู่มือการจัดทำรายงานการวิเคราะห์ความเสี่ยงจากอันตรายที่อาจเกิดจากการประกอบกิจการโรงงาน สำหรับโรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับสารป้องกันหรือกำจัดศัตรูพืช หรือสัตว์ประเภทลำดับที่ 43 (1) (2). กรุงเทพฯ: กรมโรงงานอุตสาหกรรม.
- กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2562a. ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดโครงการ กิจการ หรือการดำเนินการ ซึ่งต้องจัดทำรายงานการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม และหลักเกณฑ์ วิธีการ และเงื่อนไขในการจัดทำรายงานการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ: กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.
- กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2562b. ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดโครงการกิจการ หรือการดำเนินการที่อาจมีผลกระทบต่อทรัพยากรธรรมชาติ คุณภาพสิ่งแวดล้อม สุขภาพ อนามัย คุณภาพชีวิต ของประชาชนในชุมชนอย่างรุนแรง ซึ่งต้องจัดทำรายงานการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมและหลักเกณฑ์ วิธีการ และเงื่อนไขในการจัดทำรายงานการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ: กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.
- กระทรวงอุตสาหกรรม. 2542. ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2542) ออกตามความใน พ.ร.บ. โรงงาน พ.ศ. 2535 เรื่องมาตรการคุ้มครองความปลอดภัยในการดำเนินงาน. กรุงเทพฯ: กระทรวงอุตสาหกรรม.
- กระทรวงอุตสาหกรรม. 2552. ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 4 (พ.ศ. 2552) เรื่อง มาตรการคุ้มครองความปลอดภัยในการดำเนินงาน. กรุงเทพฯ: กระทรวงอุตสาหกรรม.
- การนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย. 2559. ข้อบังคับคณะกรรมการการนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทยว่าด้วยหลักเกณฑ์ วิธีการ และเงื่อนไขในการประกอบกิจการนิคมอุตสาหกรรม (ฉบับที่ 4) พ.ศ.2559. กรุงเทพฯ: การนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย.
- การนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย. 2561. ประกาศการนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย เรื่อง แนวทางการตรวจประเมินการจัดการความปลอดภัยกระบวนการผลิตในนิคมอุตสาหกรรม พ.ศ. 2561 กรุงเทพฯ: การนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บรรณานุกรม (ต่อ)

- การนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย. 2564. ประกาศการนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย เรื่อง **คุณสมบัติของผู้ตรวจประเมิน และการขึ้นทะเบียนผู้ตรวจประเมินภายนอก พ.ศ. 2564** กรุงเทพฯ: การนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย.
- วชิรวิชัย มธุรสสุวรรณ. 2562. **เทคนิควิธีการวางระบบและสรุปข้อกำหนดมาตรฐานการบริหารจัดการอาชีวอนามัยและความปลอดภัย ISO 45001:2018 (ภาคปฏิบัติ)**. กรุงเทพฯ: [Online]. <https://www.tosh.or.th>.
- สถาบันรับรองมาตรฐานไอเอสโอ. 2563. **ISO 45001: 2018 Occupational Health and Safety Management System มาตรฐานระบบการจัดการอาชีวอนามัยและความปลอดภัย**. กรุงเทพฯ: สถาบันรับรองมาตรฐานไอเอสโอ
- สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2561. **รายงานการขอเปลี่ยนแปลงรายละเอียดโครงการโรงแยกก๊าซธรรมชาติหน่วยที่ 4 ครั้งที่ 4**. กรุงเทพฯ: บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน).
- สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2562. **การเปลี่ยนแปลงรายละเอียดโครงการในรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม โครงการโรงงานผลิต Phthalic Anhydride (PA) และ Dioctyl Phthalate (DOP) ครั้งที่ 1**. สมุทรปราการ: บริษัท คอนทีเนนทอล ปีโตรเคมีคอล (ประเทศไทย) จำกัด.
- สำนักงานพัฒนารัฐบาลดิจิทัล (องค์การมหาชน). 2561. **นโยบายและคู่มือบริหารความเสี่ยง (Risk Management Policy and Manual)**. กรุงเทพฯ: สำนักงานพัฒนารัฐบาลอิเล็กทรอนิกส์ (องค์การมหาชน).
- อัญชลีพร วาริตสวัสดิ์ หล่อทองคำ และปิยะนาถ สมมณี. 2563. **หนังสือคู่มือความปลอดภัยในงานวิศวกรรมเคมี**. กรุงเทพฯ: คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- Daniel A. Crowl and Joseph F. Louvar. 2019. **Chemical Process Safety Fundamentals with Applications**. 4th ed. Pearson Education, Inc.
- Dennis P. Nolan. 2014. **Safety and Security Review for the Process Industries**. 4th ed. Gulf Professional Publishing.
- Epcon Industrial System. 2011. **Rto & recuperative oxidizer pros & cons - Regenerative thermal oxidizer technology**. USA: [Online]. <https://www.environmental-expert.com>.

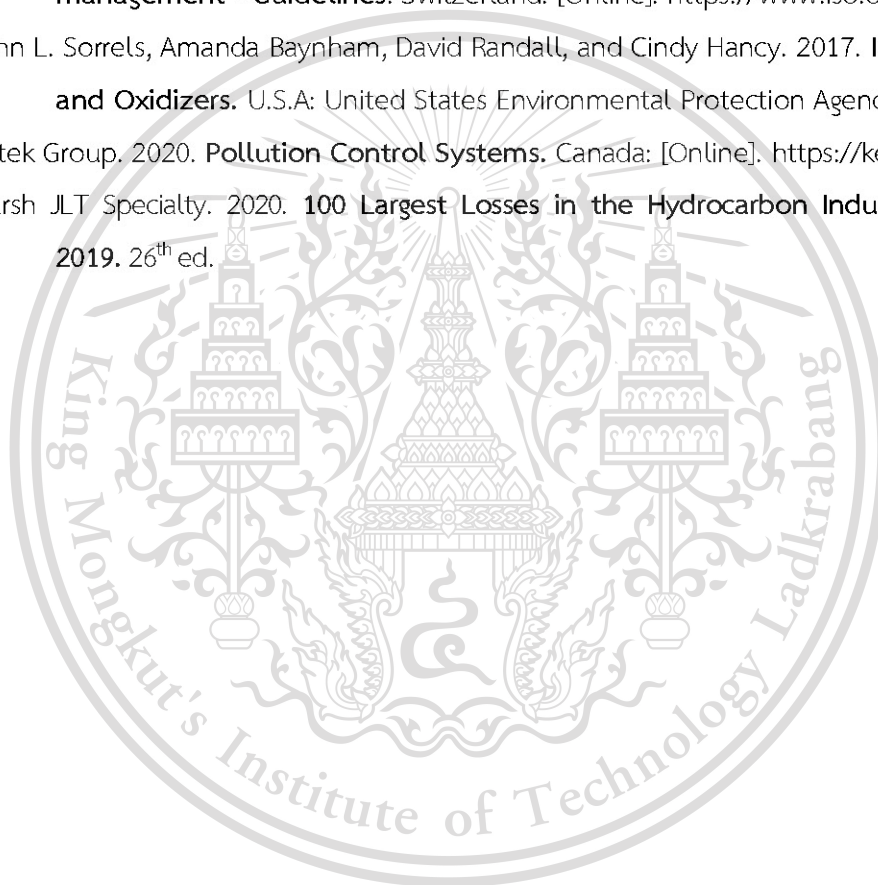
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บรรณานุกรม (ต่อ)

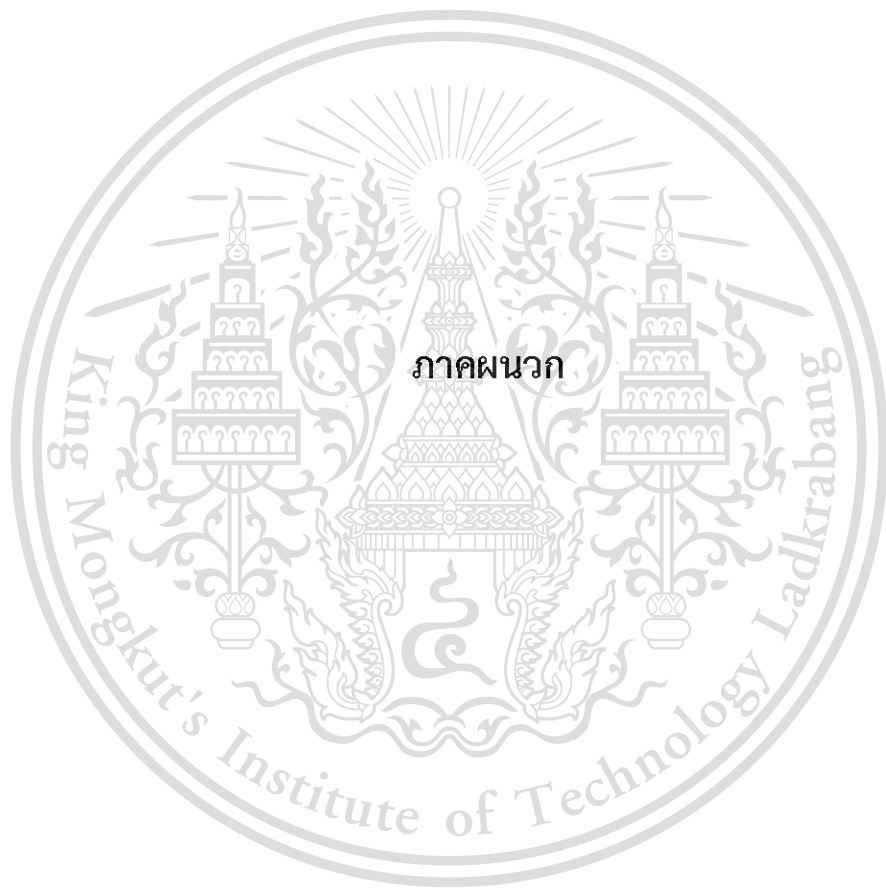
- Frank Crawley, Malcolm Preston, and Brian Tyler. 2000. **HAZOP: Guide to Best Practice: Guidelines to Best Practice for the Process and Chemical Industries**. 1st ed. UK: Elsevier.
- Georgi Popov, Bruce K. Lyon, and Bruce Hollcroft. 2016. **Risk Assessment: A Practical Guide to Assessing Operational Risks**. 1st ed. U.S.A: John Wiley & Sons.
- International Organization for Standardization. 2021. **ISO 31000:2018(en) Risk management - Guidelines**. Switzerland: [Online]. <https://www.iso.org>.
- John L. Sorrels, Amanda Baynham, David Randall, and Cindy Hancy. 2017. **Incinerator and Oxidizers**. U.S.A: United States Environmental Protection Agency.
- Ketek Group. 2020. **Pollution Control Systems**. Canada: [Online]. <https://ketek.ca>.
- Marsh JLT Specialty. 2020. **100 Largest Losses in the Hydrocarbon Industry: 1974-2019**. 26th ed.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



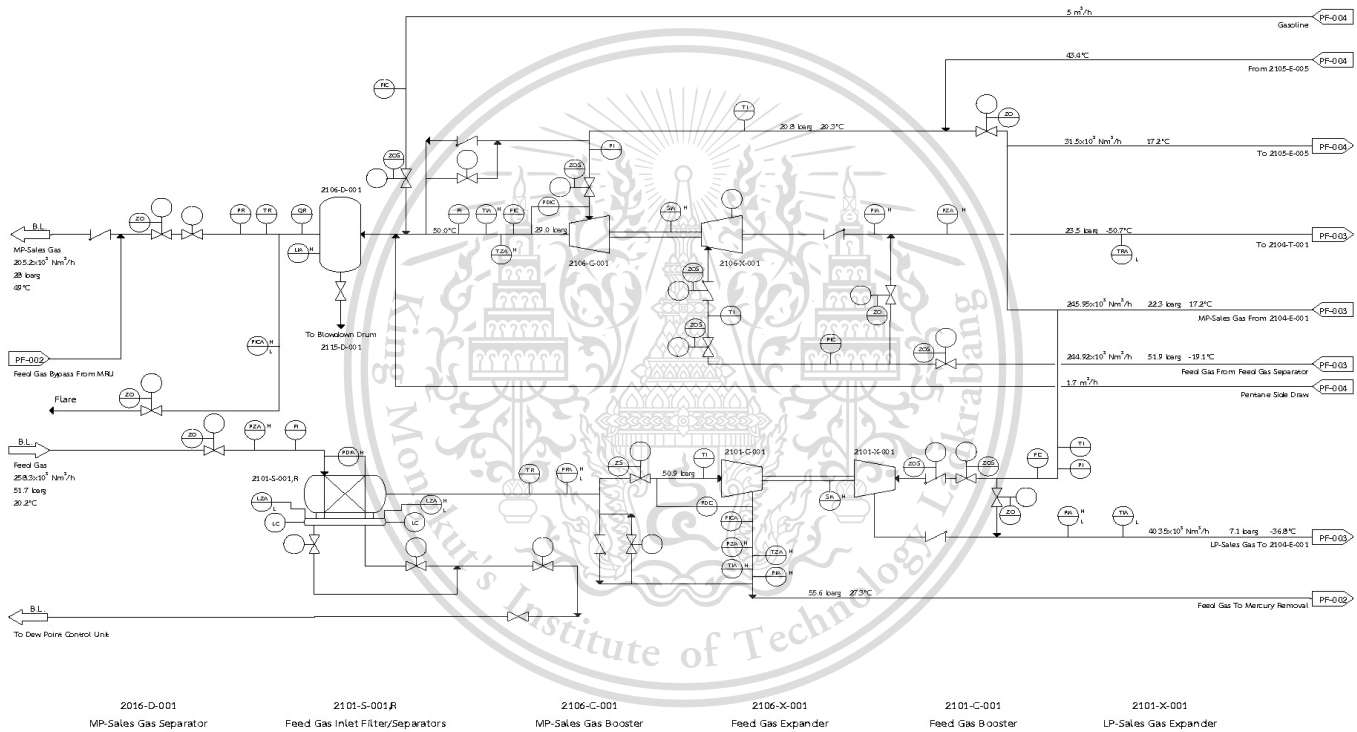
ภาคผนวก ก.

Process Flow Diagrams ของโรงแยกก๊าซธรรมชาติ

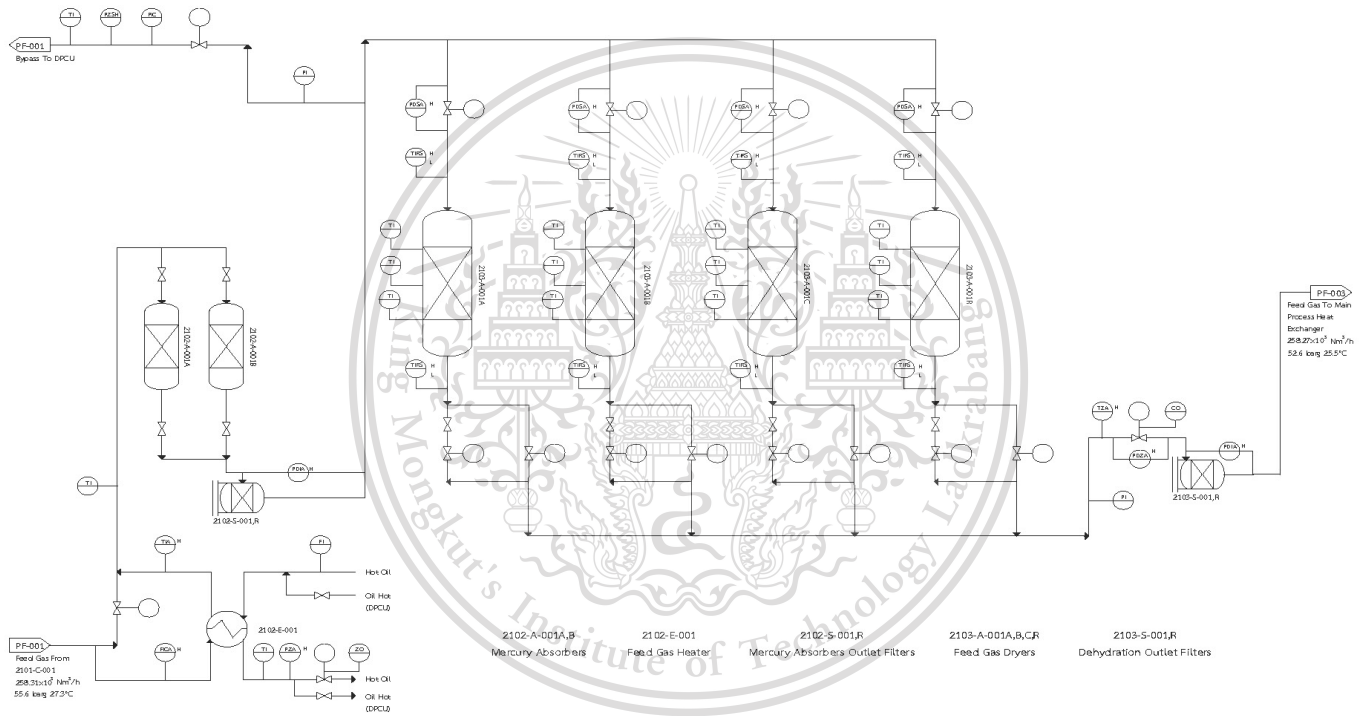
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

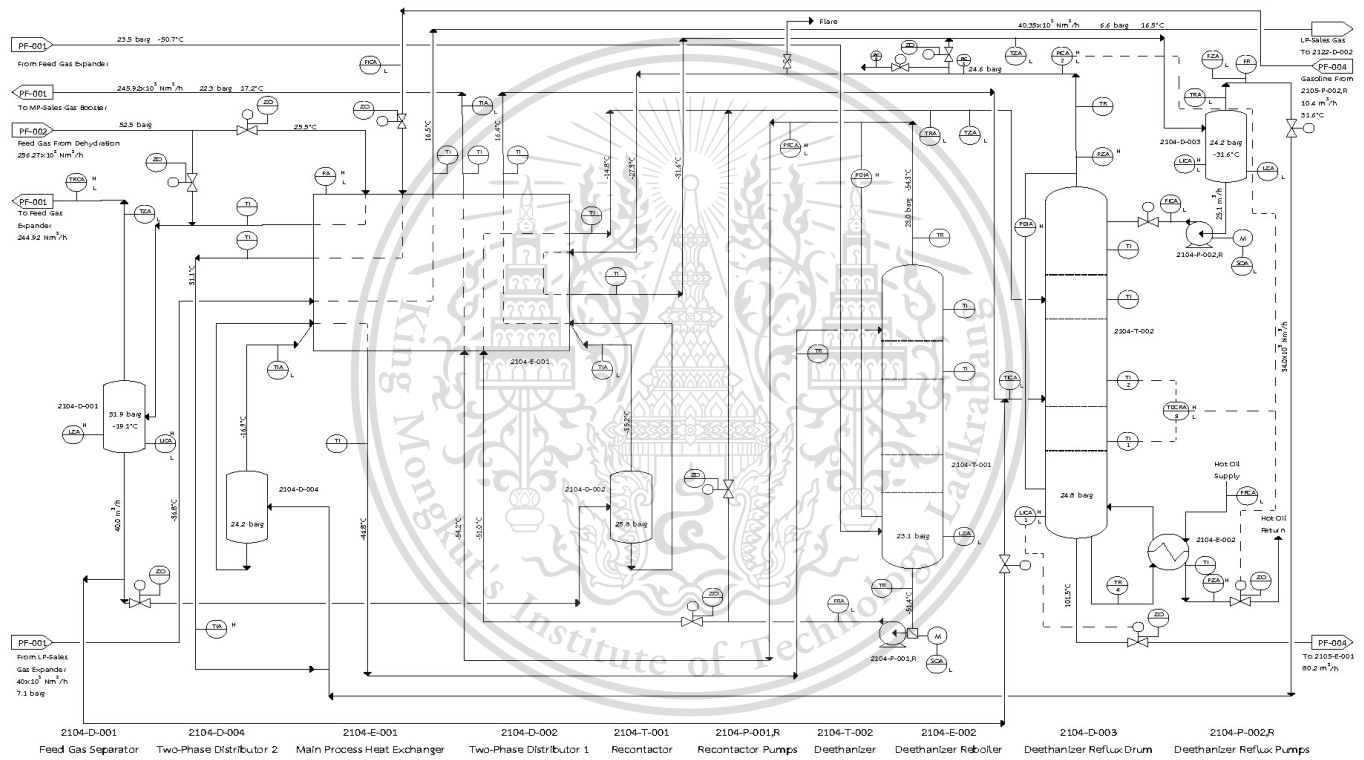
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



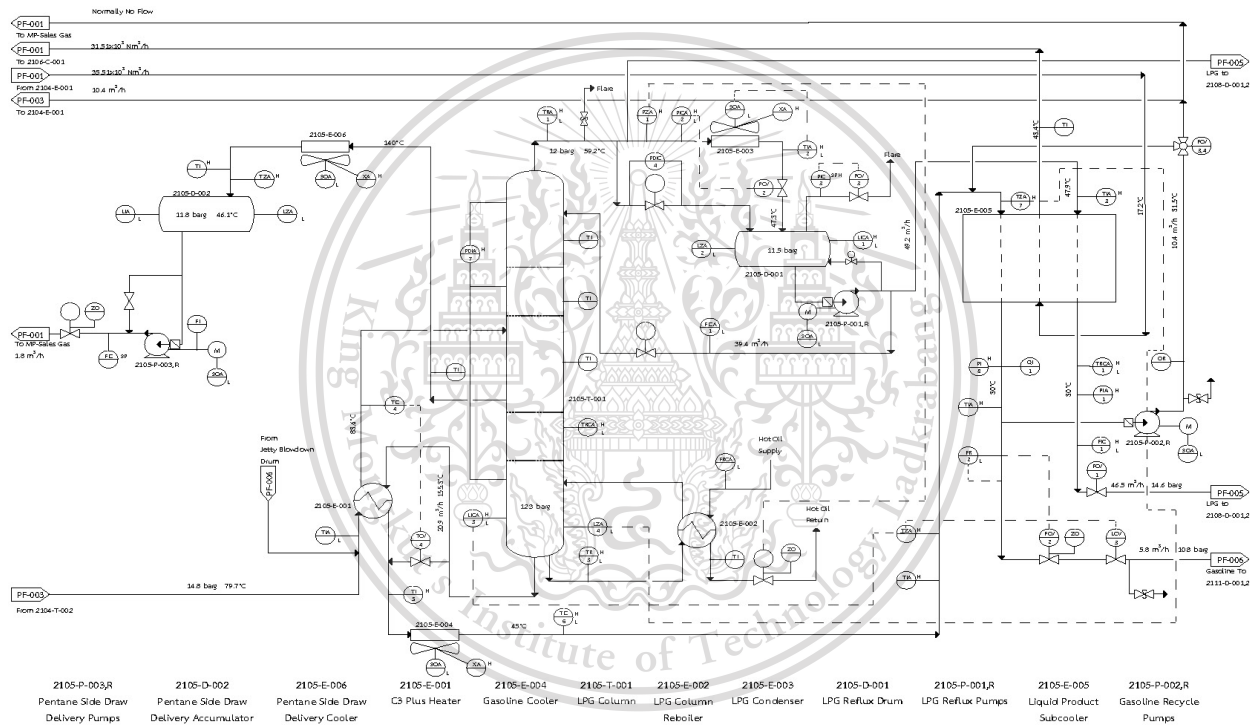
รูปที่ 1 Process Flow Diagram ของโรงแยกก๊าซธรรมชาติ (2100-PF-001)



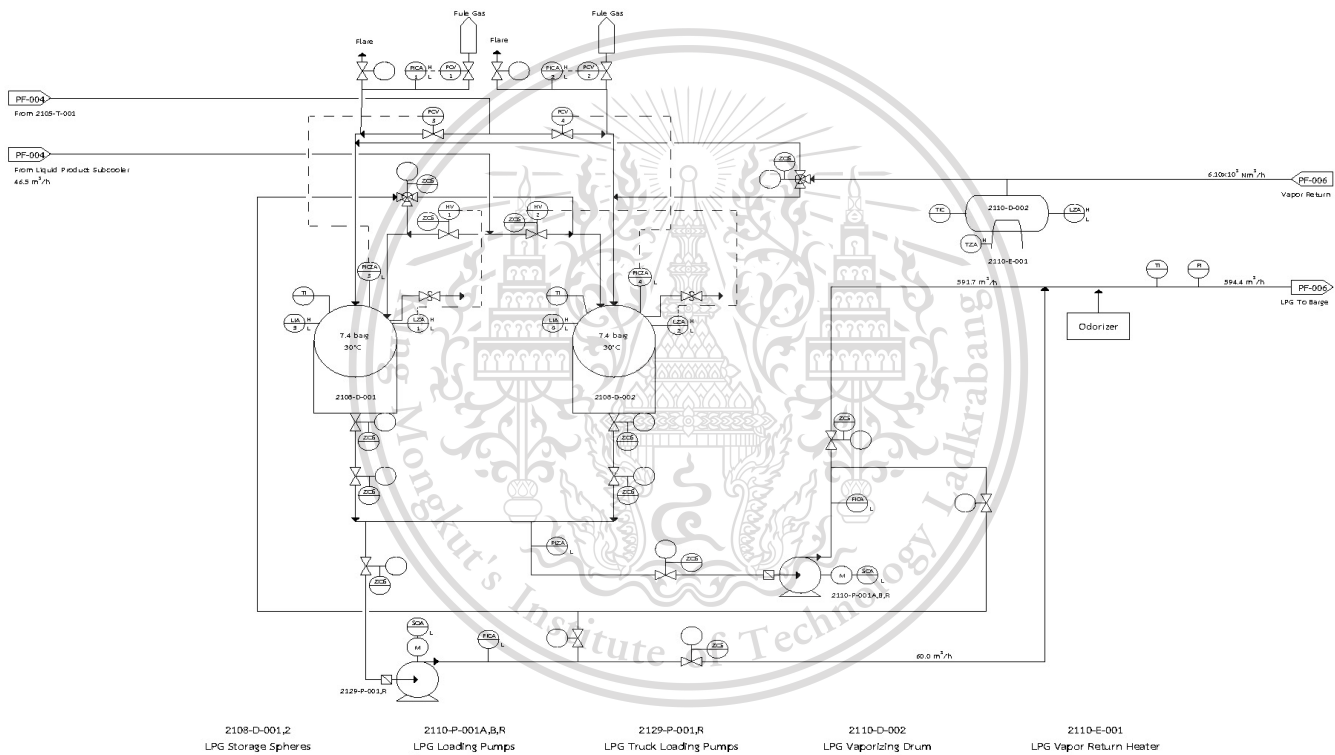
รูปที่ 2 Process Flow Diagram ของโรงแยกก๊าซธรรมชาติ (2100-PF-002)



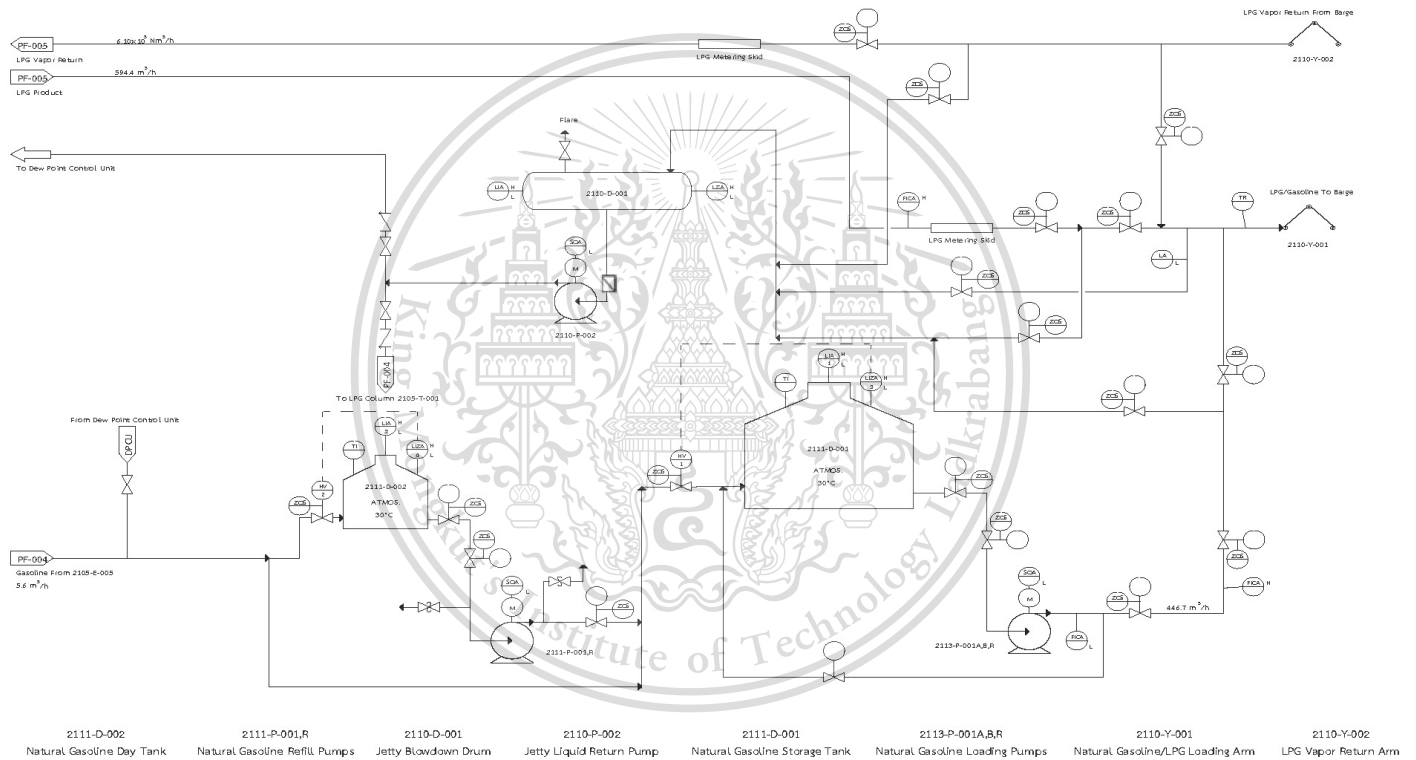
รูปที่ 3 Process Flow Diagram ของโรงแยกก๊าซธรรมชาติ (2100-PF-003)



รูปที่ 4 Process Flow Diagram ของโรงแยกก๊าซธรรมชาติ (2100-PF-004)



รูปที่ 5 Process Flow Diagram ของโรงแยกก๊าซธรรมชาติ (2100-PF-005)



รูปที่ 6 Process Flow Diagram ของโรงแยกก๊าซธรรมชาติ (2100-PF-006)

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล ปารามาศ โชตยานนท์
วัน เดือน ปีเกิด 2 กรกฎาคม 2541
ที่อยู่ 141/2 ถ.สุนอนันต์ ต.ปากพ่องฝั่งตะวันตก อ.ปากพ่อง
 จ.นครศรีธรรมราช 80140
E-mail parametcho@gmail.com
โทรศัพท์ 095-415-9846

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2560 - ปัจจุบัน วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วศ.บ. วิศวกรรมเคมี)
 ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์
 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2557 - 2559 ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย
 โรงเรียนเบญจมราชูทิศ จ.นครศรีธรรมราช

ประสบการณ์

- นักศึกษาฝึกงาน ส่วนวิศวกรรมการผลิต
บริษัท ดาว เคมิคอล ประเทศไทย จำกัด
ตั้งแต่วันที่ 1 มิถุนายน 2564 ถึงวันที่ 31 กรกฎาคม 2564
- ตัวแทนนักศึกษาไทยเข้าร่วมโครงการ The 2nd International Summer School “Automotive Engineering” ที่ Nanjing Tech University Pujiang Institute ประเทศจีน
ตั้งแต่วันที่ 22 กรกฎาคม 2562 ถึงวันที่ 3 สิงหาคม 2562

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ชื่อ-นามสกุล ศิริวิชญ์ คิม
 วัน เดือน ปีเกิด 6 สิงหาคม 2541
 ที่อยู่ 99/274 ถ.กรอกราชยา ต.เนินพระ อ.เมืองระยอง จ.ระยอง 21150
 E-mail sirawit19430@gmail.com
 โทรศัพท์ 080-573-4404

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2560 - ปัจจุบัน วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วศ.บ. วิศวกรรมเคมี)
 ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์
 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
 พ.ศ. 2557 - 2559 ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย
 โรงเรียนวัดป่าประดู่ ระยอง

ประสบการณ์

- นักศึกษาฝึกงาน ส่วนวิศวกรกระบวนการผลิต
 บริษัท เอสซีจี เคมิคอลส์ จำกัด
 ตั้งแต่วันที่ 1 มิถุนายน 2563 ถึงวันที่ 30 สิงหาคม 2563

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.