การประเมินความเสี่ยงเชิงกึ่งปริมาณสำหรับงานตรวจสอบและซ่อมบำรุง โรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม

Semi-Quantitative Risk Assessment for Inspection and Maintenance of Combined Cycle Power Plant

ชัยวิชิต ดวนใหญ่[1]
วีรวุฒิ กนกบรรณกร[2]

บทคัดย่อ

โรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมมีการใช้เครื่องจักรขนาดใหญ่ในการผลิตไฟฟ้า เพื่อให้เครื่องจักรสามารถผลิตไฟฟ้าได้เต็มประสิทธิภาพและปลอดภัยต้องหยุดเครื่องจักรสำหรับตรวจสอบและซ่อมบำรุงตามคำแนะนำของผู้ผลิต ซึ่งในงานนั้นแฝงไปด้วยอันตรายมากมายที่อาจจะส่งให้เกิดอุบัติเหตุร้ายแรง ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความเสี่ยงเชิงกึ่งปริมาณ โดยพิจารณา 3 ปัจจัย คือ ความรุนแรงของอันตราย (Hazard Severity Categories) ความถี่ในการเกิดอุบัติเหตุ (Frequency of Incident) และความน่าจะเป็นของอันตราย (Probability of Hazard Categories) และนำอันตรายในงานที่มีความเสี่ยงสูง (Potential Risk >5) ไปวิเคราะห์กับสถิติอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นในอดีตและรายงานสภาพแวดล้อมและการกระทำที่ไม่ปลอดภัยในรูปแบบแผนผังความเสี่ยง (Heat Map) เพื่อจัดทำแผนลดความเสี่ยงต่อไป

ผลการศึกษาพบว่างานตรวจสอบและซ่อมบำรุงมีงานหลักทั้งหมด 78 งาน แบ่งเป็นขั้นตอนได้ทั้งหมด 390 ขั้นตอน และชี้บ่งอันตรายที่อาจจะส่งผลให้เกิดอุบัติเหตุทั้งสิ้น 52 ประเภท จากผลการประเมินความเสี่ยงพบว่างานเครื่องกังหันก๊าซมีระดับความเสี่ยงสูง 76 ขั้นตอน งานเครื่องกังหันไอน้ำมีระดับความเสี่ยงสูง 10 ขั้นตอน งานเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีระดับความเสี่ยงสูง 11 ขั้นตอน งานทดสอบและเดินเครื่องจักรมีระดับความเสี่ยงสูง 15 ขั้นตอน และงานที่มีความเสี่ยงเฉพาะมีระดับความเสี่ยงสูง 23 ขั้นตอน เมื่อวิเคราะห์แผนผังความเสี่ยงสรุปได้ว่าอันตรายที่แฝงในงานที่มีระดับความเสี่ยงสูงมีจำนวน 10 ประเภท ที่จำเป็นต้องหยุดเพื่อจัดการความเสี่ยงและควบคุมอันตรายโดยเร่งด่วน ดังนั้นสรุปได้ว่าการประเมินความเสี่ยงเชิงกึ่งปริมาณเป็นวิธีที่เหมาะสมในการนำมาประเมินงานตรวจสอบและซ่อมบำรุงสำหรับโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม และสามารถช่วยในการตัดสินใจ เพื่อจัดทำโครงการลดความเสี่ยงอันตราย (Risk Reduction Programs) โดยกำหนดมาตรการป้องกันอันตรายครอบคลุมสาเหตุที่แท้จริงของอุบัติเหตุได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ : ประเมินความเสี่ยงเชิงกึ่งปริมาณ, ซ่อมบำรุง, โรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม

Abstract

A Combined Cycle Power Plant uses large engine to produce electricity. In order to ensure plant optimization, reliability and safety that requires to shut down the engine for comprehensive maintenance program as manufacture's recommendations. But during Inspection and Maintenance process, there are a lot of hazard might potentially of serious accident. Thus, this study aims to applied the Semi-Quantitative Risk Assessment by considering of 3 elements for determine risk score which are Hazard Severity Categories, Frequency of Incident and Probability of Hazard Categories. The hazard Categories of each task steps have risk rating higher than 5 must be subjected and analyzed together with statistics of Accident and Concern Reporting into the Heat Map format. The results of this study, there are 78 tasks of core activities which including 390 task steps. We have identified hazard among 52 categories that could be harmful to maintenance worker. The risk evaluation results shown high risk of Gas Turbine is 76 task steps, Steam

[1]นิสิตหลักสูตรปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมความปลอดภัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
[2]ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประจำคณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Turbine is 10 task steps, Generator is 11 task steps, Commissioning is 15 task steps and Specific task is 23 task steps. The analyzing of Heat Map is showing 10 Risks Categories that must be determine STOP Work and additional defenses are required to reduce the risk to an acceptable or low level immediately. Therefore, the semi-qualitative risk assessment methodology is an effective tool to identify high risk and useful for making decision to do Risk Reduction Programs coverage to incident prevention of Inspection and Maintenance for Combined Cycle Power Plant.

Keywords : Semi- Quantitative Risk Assessment, Maintenance, Combined Cycle

บทนำ

ปัจจุบันพลังงานไฟฟ้าคือปัจจัยสำคัญในการดำเนินชีวิตของประชาชนทุกคน และสำคัญต่อการพัฒนาประเทศชาติในด้านระบบสาธารณูประโภคพื้นฐาน ด้านเศรษฐกิจ และด้านอุตสาหกรรมของประเทศเป็นอย่างมาก ซึ่งการผลิตไฟฟ้าจัดเป็นกลุ่มอุตสาหกรรมหนักที่มีความเสี่ยงในการเกิดอัคคีภัย และอุบัติเหตุในการทำงานสูง เพื่อป้องกันไม่ให้เครื่องจักรทำงานผิดพลาดส่งผลต่อความปลอดภัย (Safety) และความเชื่อถือ (Reliability) ต่อการทำงานของเครื่องจักร เมื่อโรงไฟฟ้าได้เดินเครื่องจักรผลิตไฟฟ้าจำนวนชั่วโมงการทำงานตามที่ผู้ผลิตเครื่องจักรกำหนดจะต้องหยุดการผลิตไฟฟ้าเพื่อตรวจสอบและซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance) ลักษณะงานซ่อมบำรุงเครื่องจักรขนาดใหญ่นั้นมีขั้นตอนการทำงานที่ซับซ้อน มีการใช้เครื่องมือพิเศษเฉพาะงาน และทำงานในสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงสภาพตลอดเวลา ซึ่งผู้ปฏิบัติงานมีโอกาสที่จะสัมผัสกับอันตราย มีโอกาสต่อการเกิดอุบัติส่งผลกระทบต่อชีวิต ทรัพย์สิน และกระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้าเป็นจำนวนมหาศาลได้

จากกรณีศึกษาอุบัติเหตุของวิศวกรวิศวกรชาวอินเดีย ณ โรงไฟฟ้าแห่งหนึ่งในจังหวัดลำปาง ขณะเข้าไปตรวจสอบภายในเครื่องจักรแล้วเกิดลื่นไถลร่างตกลงไปในใบพัดของเครื่องจักรที่กำลังหมุนทำงานอยู่ส่งผลให้วิศวกรผู้ประสบเหตุเสียชีวิตทันที สาเหตุเกิดจากไม่มีการประเมินความเสี่ยงอันตราย ไม่ตัดไฟและล็อคกลไกการทำงานของใบพัดเครื่องจักร การกำกับควบคุมดูแลที่ไม่เพียงพอต่อผู้ปฏิบัติงาน (Incident Investigation report, 2018) และกรณีศึกษาอุบัติเหตุปั้นจั่นแบบเหนือศีรษะ (Overhead Cranes) ของงานตรวจสอบและซ่อมบำรุงโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมแห่งหนึ่ง ทำงานผิดพลาดขณะยกแกนเพลากลางของเครื่องกังหันก๊าซ (GT Rotor) น้ำหนัก 115 ตัน ไหลตกลงกระแทกกับฐานรอง โดยทีมวิศวกรงานตรวจสอบและซ่อมบำรุงได้วางแผนงานยก ติดตั้งแกนเพลากลางของเครื่องกังหันก๊าซด้วยปั้นจั่นแบบเหนือศีรษะขนาด 70 ตัน จำนวน 2 ตัว เชื่อมต่อกันทำงานแบบคู่ (Tandem Lifting Practice) สาเหตุเกิดจากระบบเบรกของปั้นจั่นเสื่อมสภาพ ซึ่งส่งผลให้สูญเสียวันทำงานล่าช้า 4 วัน มูลค่าความเสียหายมากกว่าร้อยล้านบาท และสูญเสียโอกาสการผลิตกระแสไฟฟ้าอีกด้วย (Incident Investigation report, 2019)

จากอุบัติเหตุดังกล่าวมีภัยอันตรายและความสูญเสียมหาศาล ดังนั้นผู้วิจัยสนใจประยุกต์ใช้วิธีประเมินความเสี่ยงเชิงกึ่งปริมาณในงานการตรวจสอบและซ่อมบำรุงโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม เพื่อนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาไปใช้ในการตัดสินใจ เพื่อจัดทำแผนงานโครงการลดความเสี่ยงอันตรายเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ

วัตถุประสงค์

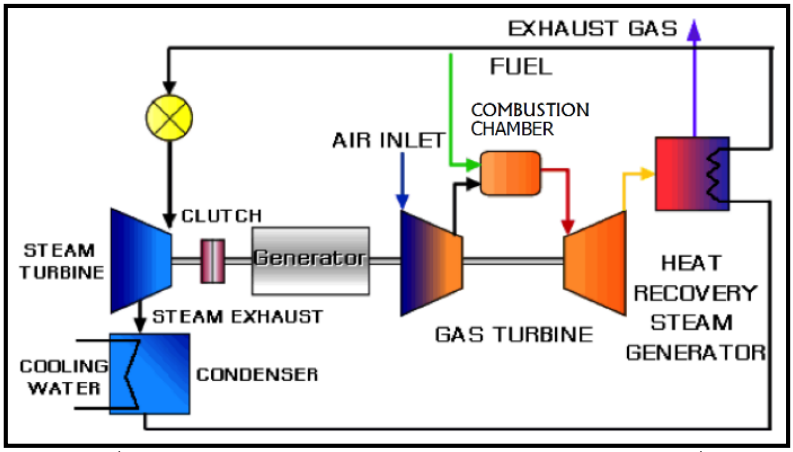
1. เพื่อประเมินความเสี่ยงเชิงกึ่งปริมาณในงานตรวจสอบซ่อมบำรุงโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม
2. เพื่อลำดับความสำคัญของกิจกรรมที่มีความเสี่ยงสูงและจัดทำแผนการลดความเสี่ยงในงานตรวจสอบและซ่อมบำรุงโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม

แนวคิดทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. ระบบการผลิตไฟฟ้าและบำรุงรักษาเครื่องจักรของโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม

หลักการทำงานของโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม เป็นหลักการทำงานผสมผสานกัน 2 ระบบ ของเครื่องกังหันก๊าซกับเครื่องกังหันไอน้ำ ใช้เป็นเครื่องจักรต้นกำลังเพื่อหมุนขับเคลื่อนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เมื่อเครื่องกังหันก๊าซ (GT) เริ่มทำงานโดยดูดอากาศ (Air Inlet) เข้ามาบีบอัดภายใน (Stage Compressor) ของเครื่องกังหันก๊าซให้เกิดแรงดันอากาศสูง 8-10 เท่าในห้องเผาไหม้ แล้วจุดระเบิดเผาไหม้เชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติ (Natural Gas) เพื่อให้เกิดแรงขับใบกังหัน (Turbine) ให้หมุนเพลาขับเคลื่อน (Gas Turbine Rotor) จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงเครื่องกังหันก๊าซ

ที่ออกมาจากปล่องไอเสีย (Exhaust) นั้นมีอุณหภูมิจากปล่องไอเสียสูงถึง 1,600 °C – 1,700 °C (H or J Class Turbine) ซึ่งเพียงพอต่อการนำความร้อนนี้ไปต้มน้ำในเครื่องผลิตไอน้ำแบบนำความร้อนกลับมาใช้ (HRSG) แล้วส่งแรงดันไอน้ำส่งเป็นพลังงานไปขับเคลื่อนเครื่องกังหันไอน้ำ (ST) ซึ่งต่อพ่วงเพลาขับอีกทางด้านหนึ่งของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator) และไอน้ำหลังจากขับเคลื่อนเครื่องกังหันไอน้ำแล้ว จะส่งต่อผ่านไปยังเครื่องควบแน่น (Condenser) ให้กลั่นตัวเป็นหยดน้ำ เพื่อส่งน้ำกลับไปหมุนเวียนใช้ใหม่ที่เครื่องผลิตไอน้ำต่อไป (Paul Breeze, 2016) ตามแผนผังการทำงานของโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ผังการทำงานของโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมแบบเพลาเดี่ยว

โรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมนั้นประกอบไปด้วยเครื่องจักรหลัก ๆ ได้แก่ เครื่องกังหันก๊าซ (GT) เครื่องกังหันไอน้ำ (ST) และเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator) เป็นต้น ซึ่งในงานตรวจสอบและซ่อมบำรุงของเครื่องจักรเหล่านี้จะมีการกำหนดแผนงานตรวจสอบและซ่อมบำรุง 3 แบบ คือ ซ่อมย่อย (A) ซ่อมกลาง (B) และซ่อมใหญ่ (C) โดยจัดตารางการซ่อมบำรุงเรียงตามตัวอักษรดังนี้ A – A – B – A – A – B – A – A – C หมายถึง นับจากเริ่มเดินเครื่องจักรครั้งแรก จะเริ่มการซ่อมย่อย (A) จำนวน 2 ครั้ง ต่อด้วยการซ่อมขนาดกลาง (B) จำนวน 1 ครั้ง แล้วทำการซ่อมแซมย่อย (A) จำนวน 2 ครั้ง แล้วต่อด้วยการซ่อมแซมขนาดกลาง (B) อีกจำนวน 1 ครั้ง ก่อนจะดำเนินการซ่อมแซมใหญ่ (C) รวมถึงเครื่องกำเนิดไฟฟ้า และหม้อไอน้ำ ซึ่งเครื่องจักรเหล่านี้รวมอยู่ในโปรแกรมการตรวจสอบและซ่อมบำรุงด้วย ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แผนซ่อมบำรุงเครื่องจักรโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วม

ระดับซ่อมบำรุง	แผนงานตรวจสอบ	จำนวนชั่วโมงที่ต้องใช้ต่อ 1R*		
		ชั่วโมงเครื่อง	ระยะเวลาตรวจสอบ	จำนวนคนงาน
การซ่อมบำรุงย่อย (A-Inspection) / Combustion Inspection	1 ปี	8,000 hrs	3 – 5 วัน	≥30
การซ่อมแซมขนาดกลาง (B-Inspection) / Hot gas path inspection	2 ปี	16,000 hrs	10 – 14	≥80
การซ่อมแซมขนาดใหญ่ (C-Inspection) / Major inspection	5 ปี	48,000 hrs	20 – 35	≥200

จากการศึกษาคู่มือมาตรฐานงานตรวจสอบและซ่อมบำรุงโรงไฟฟ้าพลังความร้อน (Field Procedure) และสัมภาษณ์ผู้ทรงคุณวุฒิตามขอบเขตของงาน ได้ยกตัวอย่างขั้นตอนงานซ่อมบำรุง ดังรูปภาพต่อไปนี้

ขั้นตอน Set up Lifting Device of Turbine Casing และ Remove / Install Turbine Casing (weight 63.33 Ton)

ภาพที่ 2 ตัวอย่างการซ่อมบำรุงเครื่องกังหันก๊าซ

ขั้นตอน Remove and Install Generator Field (Rotor)

ภาพที่ 4 ตัวอย่างการซ่อมบำรุงเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

งาน Hot works by using Welding equipment

ภาพที่ 6 ตัวอย่างงานที่มีความเสี่ยงเฉพาะ

ขั้นตอน Disassembly and Reassembly Turbine / Pedestal Bearings

ภาพที่ 3 ตัวอย่างการซ่อมบำรุงเครื่องกังหันไอน้ำ

ขั้นตอน Cold Commissioning – Install gas fuel probe

ภาพที่ 5 ตัวอย่างการทดสอบและเดินเครื่อง

งานทำงานในพื้นที่อับอากาศ (Confined space works)

ภาพที่ 7 ตัวอย่างงานที่มีความเสี่ยงเฉพาะ

การซ่อมบำรุงภาคสนามโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมตามคู่มือและมาตรฐานของผู้ผลิต และอาศัยความรู้ความเชี่ยวชาญของผู้ทรงคุณวุฒิที่มีประสบการณ์ในกระบวนการผลิตไฟฟ้าและซ่อมบำรุงโรงไฟฟ้ามากกว่า 10 ปีขึ้นไป ทั้งหมด 36 คน จากผู้เชี่ยวชาญในแต่ละด้านที่เกี่ยวข้อง เช่น วิศวกรไฟฟ้ามีหน้าที่ดูแลงานการถอดหรือประกอบระบบไฟฟ้าที่เกี่ยวข้องกับเครื่องจักร ระบบควบคุมเชื้อเพลิง ระบบควบคุมฉุกเฉิน ระบบไฟฟ้าทั่วไป วิศวกรเครื่องกลมีหน้าที่ดูแลงานการถอดหรือประกอบเครื่องจักร วิศวกรด้าน Instrument & Control มีหน้าที่ตั้งค่าทดสอบและเดินเครื่องจักร หัวหน้าควบคุมงานซ่อมบำรุง และเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงาน เป็นต้น โดยสามารถรวบรวมงานตรวจสอบและซ่อมบำรุงทั้งหมด 78 งาน ซึ่งแบ่งเป็นขั้นตอนการทำงานได้ทั้งหมด 390 ขั้นตอน

2. การประเมินความเสี่ยงเชิงกึ่งปริมาณตามกฎหมายและมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง

การประเมินความเสี่ยงเชิงกึ่งปริมาณ คือ การวิเคราะห์เชิงคุณภาพ กับค่าความน่าจะเป็นของอันตรายและผลกระทบ โดยพื้นฐานของการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญหรือผู้มีประสบการณ์ นำมาอ้างอิงถึงค่าคะแนนในแต่ละช่วงที่กำหนดไว้ สามารถประเมินได้ง่ายและชี้บ่งความเสี่ยงอันตรายในระดับสูงได้อย่างรวดเร็ว (František BOŽEK, 2008) เป็นวิธีการหรือกฎสำหรับการประเมินความเสี่ยงโดยกำหนดเกณฑ์การวัดหรือใช้ตัวเลขเป็นตัวแทนระดับค่าของความเสี่ยงในอันตรายจากกิจกรรมนั้น ๆ ตัวอย่างเช่น การให้ค่าน้ำหนักความเสี่ยงใน “ความเสี่ยงน้อย” “ความเสี่ยงปานกลาง” และ “ความเสี่ยงสูง” เพื่อจัดหมวดหมู่ให้สอดคล้องกับค่าของตัวเลข ในขณะที่ผลลัพธ์ที่เป็นตัวเลข

ถูกนำมาใช้ในวิธีการประเมินเชิงกึ่งประมาณและสามารถวัดค่าระดับความเสี่ยงได้ (DHS Risk Lexicon, 2010) เป็นวิธีการวิเคราะห์ความเสี่ยงเชิงกึ่งปริมาณจะมีการใช้คำอธิบายระดับความเสี่ยงควบคู่กับการให้ค่าความเสี่ยงเป็นตัวเลข ซึ่งวิธีนี้มักจะใช้ในกรณีที่ไม่สามารถหาระดับความเสี่ยงเชิงปริมาณได้หรือต้องการที่จะลดการคาดคะเนความเสี่ยงที่ขึ้นอยู่กับผู้ประเมินให้น้อยลง (สำนักงานพัฒนาธุรกรรมทางอิเล็กทรอนิกส์, 2563)

วิธีดำเนินการวิจัย

การประเมินความเสี่ยงเชิงกึ่งปริมาณมีรูปแบบการประยุกต์โดยผสมวิธีการประเมินความเสี่ยงเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณไว้ด้วยกัน ซึ่งการประเมินเชิงคุณภาพอาศัยเพียงการตัดสินใจของผู้พิจารณาประกอบกับตารางเปรียบเทียบ ส่วนการประเมินเชิงปริมาณเป็นการนำค่าความน่าจะเป็นหรือโอกาสที่จะเกิดขึ้นมาบวกกับความรุนแรงของผลกระทบมาพิจารณาในหลายลักษณะ เช่น ความเสียหายเป็นตัวเงิน จำนวนผู้ประสบภัยจากอุบัติเหตุ เป็นต้น โดยการประเมินเชิงกึ่งปริมาณจำเป็นต้องมีข้อมูลรายละเอียดที่เกี่ยวข้องชัดเจน เนื่องจากการวิเคราะห์ต้องสามารถคำนวณแสดงเป็นตัวเลขได้ สำหรับวิธีการประเมินเชิงกึ่งปริมาณพิจารณาจาก 3 ปัจจัย คือ ความรุนแรงของอันตราย (Hazard Severity Categories) ความถี่ในการเกิดเหตุ (Frequency of Incident) และโอกาสความน่าจะเป็นของอันตราย (Hazard Probability Categories) ซึ่งการหาค่าความเสี่ยงอันตรายที่อาจเกิดขึ้น (Potential Risk) เป็นกระบวนการง่าย ๆ ในการประเมินความเสี่ยงของงานโดยใช้สูตรคำนวณตามสมการที่ 1 ดังนี้

สมการที่ 1

$$Potential\ Risk = [Severity + Frequency] - 1$$

ความรุนแรง (Severity) หมายถึง ความรุนแรงของเหตุการณ์ที่ส่งผลกระทบต่อการบาดเจ็บของบุคคลถึงขั้นเสียชีวิต เกิดโรคในการทำงาน ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และความเสียหายต่อทรัพย์สิน ซึ่งหลักเกณฑ์นี้ผ่านการพิจารณาจากผู้ทรงคุณวุฒิที่เชี่ยวชาญในกิจกรรมและขอบเขตของงาน โดยกำหนดความรุนแรงของอันตรายไว้ 5 ระดับ ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ความรุนแรงของอันตราย

ความรุนแรง (Severity)	ผลกระทบ			
	บุคคล	โรคในการทำงาน	สิ่งแวดล้อม	ทรัพย์สิน
S5 มากที่สุด	เสียชีวิตหรือทุกพลภาพถาวร	เป็นโรคร้ายแรง ที่ทำให้ผู้ป่วยเสียชีวิตได้	เหตุการณ์ที่ส่งผลกระทบต่อชุมชนหรือสภาพแวดล้อมอื่นภายนอกแนวรั้วของสถานประกอบการถึงขั้นมีผลต่อการดำรงชีวิต	มูลค่าความเสียหายทางตรง และทางอ้อม ≥ 1,000,000 เหรียญสหรัฐ
S4 มาก	เหตุการณ์บาดเจ็บรุนแรงขั้นสูญเสียเวลาการทำงานโดยไม่สามารถกลับมาปฏิบัติงานเดิมในวันถัดไป หรือสูญเสียอวัยวะ ทุกพลภาพถาวรทั้งหมดบางส่วน	อาการเจ็บป่วยเรื้อรังรุนแรงอาจส่งผลให้เกิดความพิการบางส่วนหรือทุกข์พลภาพทั้งร่างกาย	จากเหตุการณ์รั่วไหลหรือการร้องเรียนนอกเหนือจากสถานประกอบการ หรือในแนวรั้วของสถานประกอบการ	มูลค่าความเสียหายทางตรง และทางอ้อม≥ 250,000 เหรียญสหรัฐ < 1,000,000 เหรียญสหรัฐ
S3 ปานกลาง	เหตุการณ์บาดเจ็บขั้นสูญเสียเวลาการทำงานโดยไม่สามารถกลับมาปฏิบัติ งานเดิมในวันทำงานถัดไป หรือทุกพลภาพชั่วคราวบางส่วนหรือทั้งหมด	การเจ็บป่วยถึงขั้นลาป่วยและรับการรักษาโดยแพทย์ หรือกลับมาเจ็บป่วยซ้ำอีก ผลของการเจ็บป่วยนั้นส่งผลให้ไม่สามารถปฏิบัติงานเดิมได้หรือเปลี่ยนลักษณะงาน	จากเหตุการณ์รั่วไหล หรือการร้องเรียนนอกเหนือจากสถานประกอบการ หรือในแนวรั้วของสถานประกอบการ	มูลค่าความเสียหายทางตรง และทางอ้อม ≥ 100,000 เหรียญสหรัฐ แต่<250,000 เหรียญสหรัฐ
S2 น้อย	การบาดเจ็บขั้นได้รับการรักษาพยาบาลทางการแพทย์ หรือ จำเป็นต้องเปลี่ยนลักษณะการทำงาน	ความผิดปกติ หรือเจ็บป่วย ที่มีผลกระทบระยะเวลาสั้น ๆ หรืออาการผิดปกติให้เข้ารับการรักษาทางการแพทย์	เหตุการณ์รั่วไหลเล็กน้อย หรือปล่อยมลพิษไม่เกินค่ามาตรฐานภายในสถานประกอบการ	มูลค่าความเสียหายทางตรง และทางอ้อม ≥ 10,000 เหรียญสหรัฐ แต่<100,000 เหรียญสหรัฐ

ความรุนแรง (Severity)	ผลกระทบ			
	บุคคล	โรคในการทำงาน	สิ่งแวดล้อม	ทรัพย์สิน
S1 น้อยที่สุด	การบาดเจ็บขั้นปฐมพยาบาล	การเจ็บป่วยเพียงเล็กน้อยเป็นเวลาสั้นๆ ไม่มีความผิดปกติที่ส่งผลต่องาน และไม่มีการรักษาพยาบาลใด ๆ	เหตุการณ์รั่วไหลหรือปล่อยมลพิษภายในภาชนะป้องกันการรั่วไหล	มูลค่าความเสียหายทางตรง และทางอ้อม รวม < 10,000 เหรียญสหรัฐ

ที่มา : ฟิลด์คอร์ เซอร์วิส โซลูชันส์ อินเตอร์เนชั่นแนล แอลแอลซี (A GE Company)

ความถี่ (Frequency) หมายถึง ความถี่ของการเกิดอุบัติเหตุ ซึ่งได้จากสถิติการเกิดอุบัติเหตุในอดีต นำมาใช้กำหนดเกณฑ์ความถี่โดยผู้ทรงคุณวุฒิ เพื่อใช้พิจารณาโอกาสในการเกิดอุบัติการณ์อันตรายต่าง ๆ ไว้ 5 ระดับ ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ความถี่ของการเกิดอุบัติเหตุ

ความถี่ (Frequency)	การเกิดอุบัติเหตุ
F5 มากที่สุด	มีโอกาสในการเกิดมากที่สุด (Monthly) ความถี่ในการเกิด เกิดขึ้น ≥ 1 ครั้ง / เดือน
F4 มาก	มีโอกาสในการเกิดมาก (Quarterly) ความถี่ในการเกิด เกิดขึ้น ≥ 4 ครั้ง / ปี
F3 มีนัยยะ	มีโอกาสในการเกิดอย่างมีนัยยะ (Annually) ความถี่ในการเกิด เกิดขึ้น ≥ 1 < 4 ครั้ง / ปี
F2 ปานกลาง	มีโอกาสในการเกิดปานกลาง (Bi – Annually) ความถี่ในการเกิด เกิดขึ้น ≥ 1 ครั้ง ในระยะ 2 ปี
F1 น้อย	มีโอกาสในการเกิดยาก (Less than every 2 years) ความถี่ในการเกิด เกิดขึ้น 1 ครั้ง ในระยะ > 2 ปี หรือไม่เคยเกิดขึ้น

ที่มา : ฟิลด์คอร์ เซอร์วิส โซลูชันส์ อินเตอร์เนชั่นแนล แอลแอลซี (A GE Company)

ความน่าจะเป็น (Probability) หมายถึง ความน่าจะเป็นที่ใช้พิจารณากับความรุนแรงและความถี่ โดยตัวเลขที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทั้งสองตัว เรียกว่า Correlation Coefficient (r) ใช้แสดงระดับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสองตัว เป็นตัวแปรต่อเนื่องทั้งคู่ ค่า correlation coefficient ที่ใช้พิจารณาระดับความน่าจะเป็นเพื่อแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความรุนแรงกับความถี่ คือ ค่าความสัมพันธ์ -1 หมายความว่า มีความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทั้งสองมากที่สุด แต่เป็นความสัมพันธ์ไปในทางตรงข้าม เช่น ถ้าตัวแปรตัวหนึ่งมีค่ามาก ตัวแปรอีกตัวหนึ่งจะมีค่าน้อย (Bernauer, James A, 2014)

ตารางระดับความเสี่ยง (Risk Matrix) หมายถึง ตารางระดับความเสี่ยงเพื่อใช้วิเคราะห์โอกาสของการเกิดอุบัติเหตุของงานนั้นๆ แล้ว โดยเรียกเครื่องมือนี้ว่า “เมทริกซ์ความเสี่ยง (Risk Matrix)” แล้วนำมาใช้พิจารณาการตัดสินใจวางแผนจัดการความเสี่ยงในแต่ละระดับความเสี่ยงนั้น ๆ ดังตารางที่ 4

Severity / Frequency	Minor (Level D)	Significant (Level C)		Severe (Level B)	Major (Level A)
	S1 Minor	S2 Moderate	S3 Significant	S4 Severe	S5 Major
F5 Monthly	5	6	7	8	9
F4 Quarterly	4	5	6	7	8
F3 Annually	3	4	5	6	7
F2 Bi-Annually	2	3	4	5	6
F1 Less than every 2 years	1	2	3	4	5

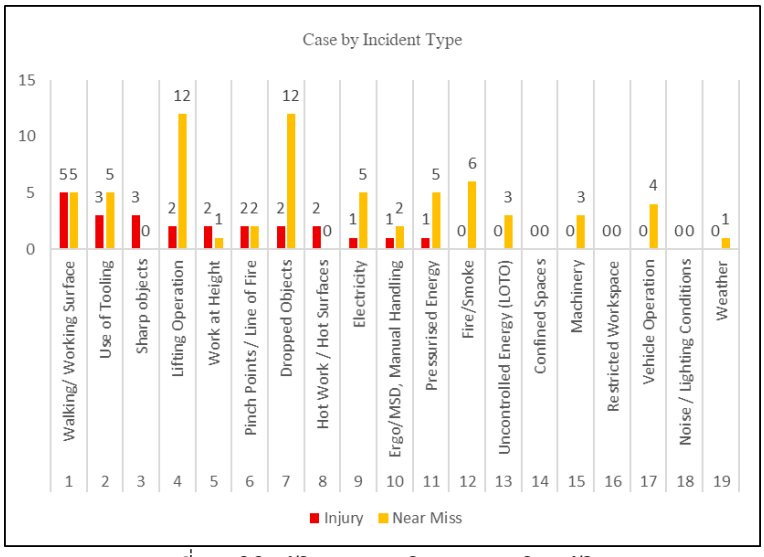
ระดับความเสี่ยง และกลยุทธ์ (Risk Rating & Strategy)		การดำเนินการ (Action Required)
1 – 3	**ต่ำ (Low)** “กลยุทธ์การกำกับดูแล”	**ยอมรับได้** โดยการจัดการ มาตรการป้องกัน และปฏิบัติตามขั้นตอนการทำงาน
4 – 5	**ปานกลาง (Medium)** “กลยุทธ์การควบคุม”	**“หยุด” เพิ่มเติมการควบคุม** ต้องมีการป้องกันเพิ่มเติม (SMART actions) เพื่อลดระดับความเสี่ยงให้อยู่ในระดับต่ำ ที่ยอมรับได้
>5	**สูง (High)** “ขั้นตอนสำคัญ ๆ กลยุทธ์การมีส่วนร่วมดำเนินการ”	**“หยุด” เพิ่มเติมการควบคุม** ต้องมีการป้องกันเพิ่มเติม โครงการลดความเสี่ยง (Risk Reduction Project) ที่นอกเหนือจากอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล (PPE) เพื่อลดระดับความเสี่ยงให้อยู่ในระดับต่ำ ที่ยอมรับได้ ร่วมกับ EHS

ที่มา : ฟิลด์คอร์ เซอร์วิส โซลูชันส์ อินเตอร์เนชั่นแนล แอลแอลซี (A GE Company)

จากการประเมินความเสี่ยงเชิงกึ่งปริมาณของทุกๆ กิจกรรมในโครงการตรวจสอบและซ่อมบำรุงโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมเสร็จเรียบร้อยให้นำผลลัพธ์ของความเสี่ยงมาเปรียบเทียบและจัดกลุ่มระดับความเสี่ยงตามตารางความเสี่ยง (Risk Matrix) แล้วขึ้นทะเบียนรายการความเสี่ยง (Risk Register) ของงาน และพิจารณางานและขั้นตอนที่มีความเสี่ยงสูง (Risk rating >5) เพื่อไปจัดทำแผนผังความเสี่ยง (Heat Map) เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการตัดสินใจและจัดทำแผนงานโครงการลดความเสี่ยงอันตรายต่อไป

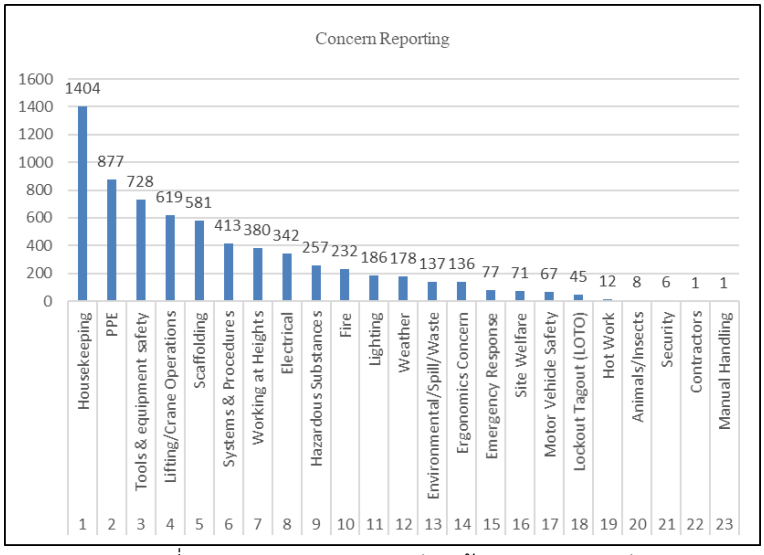
สรุปผลการวิจัย

จากฐานข้อมูลสถิติการบาดเจ็บจากอุบัติเหตุของผู้ปฏิบัติ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2560 – 2562 (เริ่มตั้งแต่วันที่ 1 กันยายน พ.ศ. 2560 ถึง วันที่ 31 ธันวาคม 2562) พบว่าสถิติผู้ปฏิบัติงานได้รับการบาดเจ็บจากการเกิดอุบัติเหตุมีทั้งสิ้นจำนวน 24 ราย แบ่งอุบัติเหตุที่ต้องทำบันทึกขั้นสูญเสียวันทำงาน (Recordable) จำนวน 7 ราย อุบัติเหตุที่ไม่ต้องบันทึก (Non-Recordable) จำนวน 17 ราย โดยสามารถแจกแจงสถิติตามชนิดของการเกิดอุบัติเหตุ (Accident) และอุบัติการณ์ (Near miss) ได้ดังแสดงในภาพที่ 8



ภาพที่ 8 สถิติอุบัติเหตุตามชนิดของการเกิดอุบัติเหตุ

จากข้อมูลรายงานรายงานสภาพแวดล้อมและการกระทำที่ไม่ปลอดภัย ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2560 – 2562 (เริ่มตั้งแต่วันที่ 1 กันยายน พ.ศ. 2560 ถึง วันที่ 31 ธันวาคม 2562) ได้สรุปสถิติข้อมูลโดยเรียงลำดับจากมากไปหาน้อย ดังภาพที่ 9



ภาพที่ 9 สถิติการรายงานเหตุกังวลด้านความปลอดภัย

เมื่อชี้บ่งอันตรายในแบบฟอร์ม Task Risk Assessment (TRA) สามารถระบุอันตรายได้ทั้งหมดจำนวน 52 ประเภท ซึ่งแฝงในขั้นตอนการทำงาน เมื่อวิเคราะห์ความเสี่ยงจากแหล่งของอันตราย พิจารณาสาเหตุและโอกาสการเกิดผลกระทบที่ตามมาทั้งทางบวกและลบ แล้วนำข้อมูลที่ได้มาประยุกต์ใช้วิธีการประเมินความเสี่ยงเชิงกึ่งปริมาณเสร็จเรียบร้อย

ตารางที่ 5 แบบฟอร์มประเมินความเสี่ยง

	Task Steps:	POTENTIAL RISK (PR) Hazards:	S	F	PR*	Defences:	CONTROLLED RISK (CR) S	F	CR*	Comments:
1										
2										
3	สำหรับ กรอกขั้นตอนการทำงาน	สำหรับ ชี้บ่ง/ระบุอันตราย	ค่าความรุนแรง (S) กับค่าความถี่ (F) เพื่อคำนวณความเสี่ยงอันตราย (PR)							
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10		Insert additional rows as required, ensuring that risk score formula is copied								

EQUIPMENT / MATERIAL / PPE REQUIRED:

ASSESSED BY: SIGNATURE: PRINT NAME: DATE:

REVIEWED & APPROVED BY: SIGNATURE: PRINT NAME: DATE:

การคำนวณ

การประเมินความเสี่ยงเชิงกึ่งปริมาณในกิจกรรมที่มีความเสี่ยงสูง เช่น ตัวอย่างงานกังหันก๊าซ เลขที่ TRA_GT017 ขั้นตอนการรื้อถอดและประกอบตัวน๊อตยึดโครงเครื่องกังหันก๊าซ (Remove and Installation of Case Bolts) ได้ชี้บ่งอันตรายที่เกี่ยวข้องทั้งหมดในตาราง ซึ่งในตาราง Severity (S) กับ Frequency (F) จะคำนวณค่าความรุนแรงและความถี่ที่ใช้เป็นตัวแทนของชุดข้อมูลทั้งสองตัวแปร ใช้แทนค่าในสมการที่ 1 เพื่อหาค่าระดับความเสี่ยง (PR) ของขั้นตอนการทำงานนี้ ดังตารางที่ 6

ID	Task	Task Steps:		POTENTIAL RISK (PR) Hazards:	S	F	PR*
TRA_GT-017	Remove and Installation of Case Bolts	1	Remove/Replace Case Bolts	Physical Exertion, Use of Tooling, Sharp objects, Pressurised Energy, Pinch Points/Line of Fire	3	4	6

ตารางที่ 6 ค่าความรุนแรง (S) กับค่าความถี่ (F) ที่ระบุโดยผู้ทรงคุณวุฒิเพื่อใช้ประเมินความเสี่ยง

Hazard	S	F	PR*
1. อันตรายจากการออกแรงในการทำงานมาก (Physical Exertion)	2	3	4
2. อันตรายจากการใช้เครื่องมือ (Use of Tooling)	2	4	5
3. อันตรายจากวัตถุมีคม หรือปลายแหลม (Sharp Objects)	1	5	5
4. อันตรายจากแรงดัน หรือพลังงาน (Pressurised Energy)	4	1	4
5. อันตรายจากจุดหมุน ตัด ทับ หนีบ และวิถีอันตราย (Pinch Points/Line of Fire)	2	4	5
Max,	4	5	5
Median, $\overline{\mu}$	2	4	5

จากข้อมูลของ (Severity) และ (Frequency) ในตารางสามารถแสดงการคำนวณหาตัวแทนของของชุดข้อมูลโดยใช้ค่าเฉลี่ยของค่ามากสุดกับค่ามัธยฐาน ได้จากสมการที่ 2 ดังนี้

สมการที่ 2

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^{N} x_i}{N}, \text{ เมื่อ } N = 2$$

คำนวณค่า

S ความรุนแรงของอันตราย (Hazard Severity Categories)

ค่ามากที่สุด = 4

ค่ามัธยฐาน (Median, $\overline{\mu}$) = 2

แทนค่าในสมการที่ 2

$$\mu = \frac{4+2}{2} = 3$$

คำนวณค่า

F ความถี่ของการเกิดอุบัติการณ์อันตราย (Frequency of Incident)

ค่ามากที่สุด = 5

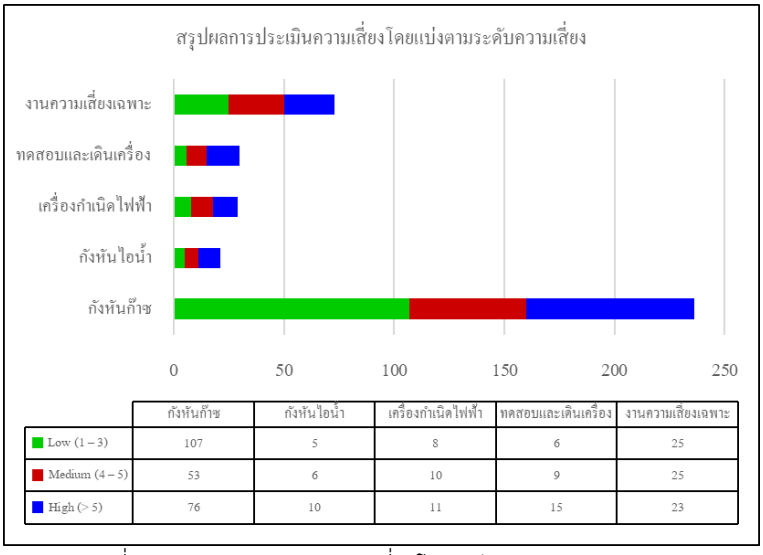
ค่ามัธยฐาน (Median, $\overline{\mu}$) = 4

แทนค่าในสมการที่ 2

$$\mu = \frac{5+4}{2} = 4.5$$

แล้วนำค่าของ Severity กับ Frequency แทนค่าสมการที่ 1
จะได้ผลลัพธ์ของระดับความเสี่ยง = 6.5 หรือ อยู่ในช่วงระดับความเสี่ยงที่

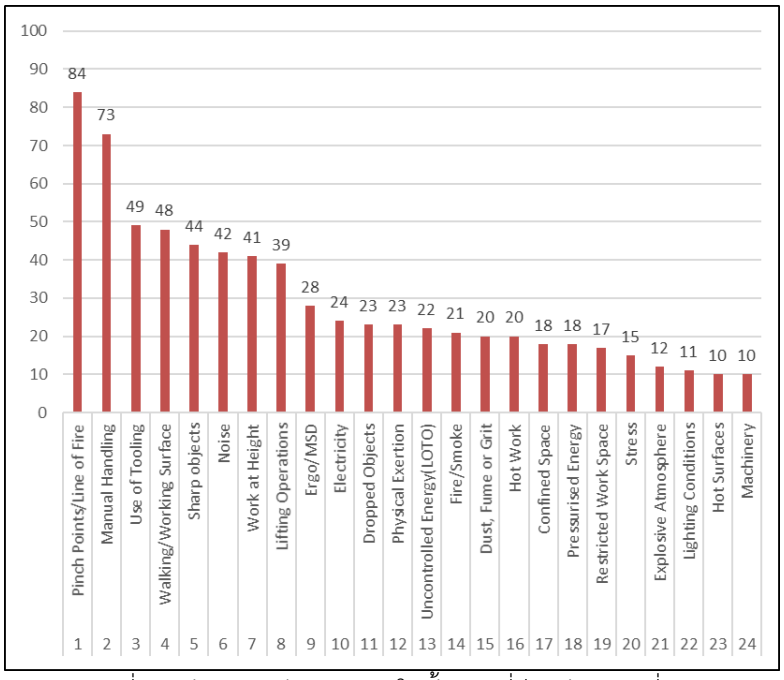
จากการประเมินด้วยวิธีเดียวกันกับข้อมูลทั้งหมด สามารถสรุปผลลัพธ์ค่าระดับความเสี่ยงมาเปรียบเทียบและจัดกลุ่มระดับความเสี่ยงตามตารางระดับความเสี่ยง แล้วขึ้นทะเบียนรายการความเสี่ยง (Risk Register) โดยสรุประดับความเสี่ยงในแต่ละงานได้ดังภาพที่ 10



	กังหันก๊าซ	กังหันไอน้ำ	เครื่องกำเนิดไฟฟ้า	ทดสอบและเดินเครื่อง	งานความเสี่ยงเฉพาะ
Low (1 – 3)	107	5	8	6	25
Medium (4 – 5)	53	6	10	9	25
High (> 5)	76	10	11	15	23

ภาพที่ 10 ผลการประเมินความเสี่ยงโดยแบ่งตามประเภทของงาน

เมื่อขึ้นทะเบียนรายการความเสี่ยง โดยสรุประดับความเสี่ยงในแต่ละงาน แล้วได้พิจารณาขั้นตอนการทำงานที่มีระดับความเสี่ยงสูง สามารถสรุปปริมาณของอันตรายที่เกี่ยวข้องแต่ละประเภทในภาพที่ 11



ภาพที่ 11 อันตรายแต่ละประเภทในขั้นตอนที่มีระดับความเสี่ยงสูง

แผนผังความเสี่ยง คือเครื่องมือช่วยจัดลำดับความเสี่ยงอันตรายที่มีระดับความเสี่ยงสูง เพื่อนำไปกำหนดกลยุทธ์มาตรการควบคุมความเสี่ยงตามความสำคัญและความเร่งด่วน โดยพิจารณาอันตรายแต่ละประเภทในขั้นตอนการทำงานที่มีระดับความเสี่ยงสูง (>5) กับสถิติอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นในอดีตและรายงานสภาพการณ์และการกระทำที่ไม่ปลอดภัย (Statistics of Accident and Concern Reporting) ตามแบบฟอร์มแผนผังความเสี่ยง ดังแสดงในตารางที่ 7

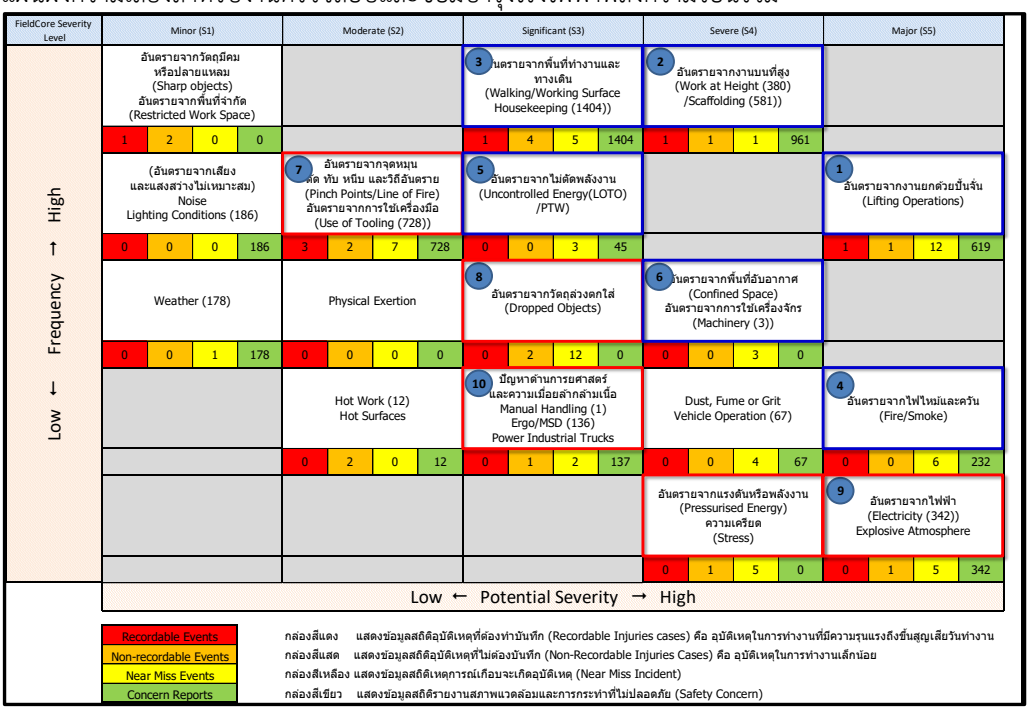
ตารางที่ 7 รวบรวมข้อมูลเพื่อจัดทำแผนผังความเสี่ยง (Heat Map)

Potential Risk (PR)	Type of Hazard	Incident and Concern Statistics			
		Recordable	Non-Record	Near Miss	Concern
8	อันตรายจากงานยกด้วยปั้นจั่น	1	1	12	619
8	อันตรายจากงานบนที่สูง	1	1	1	961
7	อันตรายจากพื้นที่ทำงานและทางเดิน	1	4	5	1,404
6	อันตรายจากไฟไหม้และควัน	0	0	6	232
6	อันตรายจากไม่ตัดพลังงาน (LOTO)	0	0	3	45
6	อันตรายจากพื้นที่อับอากาศ	0	0	0	0
6	อันตรายจากการใช้เครื่องจักร	0	0	3	0
5	อันตรายจากการใช้เครื่องมือ	2	1	5	728
5	อันตรายจากจุดหมุน ตัด ทับ หนีบ และวิถีอันตราย	1	1	2	0
5	อันตรายจากวัตถุล่วงตกใส่	0	2	12	0
5	อันตรายจากไฟฟ้า	0	1	5	342
5	อันตรายจากวัตถุมีคม หรือปลายแหลม	1	2	0	0
5	อันตรายจากพื้นที่จำกัด	0	0	0	0

Potential Risk (PR)	Type of Hazard	Incident and Concern Statistics			
		Recordable	Non-Record	Near Miss	Concern
4	ปัญหาด้านการยศาสตร์และความเมื่อยล้ากล้ามเนื้อ	0	1	2	137
4	อันตรายจากแรงดันหรือพลังงาน	0	1	5	0
4	อันตรายจากเสียงและแสงสว่างไม่เหมาะสม	0	0	0	186
3	อันตรายจากงานประกายไฟและพื้นผิวร้อน	0	2	0	12

ดังนั้นดังนั้น จากข้อมูลในตารางที่ 6 ได้นำข้อมูลไปกรอกลงในแผนผังความเสี่ยง จะได้ผลลัพธ์ของแผนผังประเภทอันตรายที่แฝงในงานที่มีระดับความเสี่ยงสูงจำนวน 10 ประเภท เรียงตามลำดับ 1 – 10 ดังตารางที่ 8

ตาราง 8 แผนผังความเสี่ยงสำหรับงานตรวจสอบและซ่อมบำรุงโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม



การอภิปรายผล

การประยุกต์ใช้การประเมินความเสี่ยงเชิงกึ่งปริมาณในงานตรวจสอบและซ่อมบำรุงโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมนั้นสามารถจัดลำดับความสำคัญของอันตรายที่มีความเสี่ยงสูง Risk rating : High >5 ในแผนผังความเสี่ยง Heat Map ได้ดังต่อไปนี้

1. **ในงานซ่อมบำรุงกิจกรรมหลักๆ** นั้นมีการใช้ปั้นจั่น (Lifting Operations) สำหรับการยกส่วนประกอบของเครื่องจักร ซึ่งส่วนใหญ่ชิ้นส่วนของเครื่องจักรจะมีน้ำหนักมาก จากผลการประเมินความเสี่ยงงานยกมีระดับความเสี่ยงสูง เท่ากับ 8 มีข้อมูลสถิติอุบัติเหตุบาดเจ็บถึงขั้นสูญเสียวันทำงาน 1 กรณีอุบัติเหตุในการทำงานเล็กน้อย 1 กรณีมีเหตุการณ์เกือบจะเกิดอุบัติเหตุ 12 กรณี และมีรายงานสภาพแวดล้อมและการกระทำที่ไม่ปลอดภัย 619 กรณี

2. **อันตรายจากการทำงานบนที่สูง** (Working at Height) เนื่องจากเครื่องกังหันก๊าซ เครื่องกังหันไอน้ำและเครื่องกำเนิดไฟฟ้านั้นมีขนาดใหญ่และมีความสูงมากกว่า 2 เมตร เมื่อต้องรื้อถอดหรือประกอบชิ้นส่วนของเครื่องจักรจำเป็นต้องติดตั้งนั่งร้านหรือปีนขึ้นไปทำงานบนเครื่องจักรในบางพื้นที่ ซึ่งมีโอกาสพลัดตกล่นได้ จากผลการประเมินความเสี่ยงการทำงานบนที่สูงมีระดับความเสี่ยงสูง

เท่ากับ 8 มีข้อมูลสถิติอุบัติเหตุบาดเจ็บถึงขั้นสูญเสียวันทำงาน 1 กรณีอุบัติเหตุในการทำงานเล็กน้อย 1 กรณี มีเหตุการณ์เกือบจะเกิดอุบัติเหตุ 1 กรณี และมีรายงานสภาพแวดล้อมและการกระทำที่ไม่ปลอดภัย 961 กรณี

3. **อันตรายจากพื้นผิวที่ทำงานและทางเดิน** (Working Surface/Walking) เนื่องจากในงานซ่อมบำรุงเครื่องจักรขนาดใหญ่ มีหลายพื้นที่ที่ไม่ได้ออกแบบให้มีพื้นแฟลตฟอร์มสำหรับทำงานซ่อมบำรุง หรือเมื่อถอดรื้อชิ้นส่วนของเครื่องจักรออกไปแล้วทำให้พื้นผิวนั้นมีช่องเปิดมีโอกาส ลื่น สะดุด ผลัดตก รวมทั้งเมื่อรื้อถอดชิ้นส่วนของเครื่องจักรจำนวนมากออกมาแล้วจำเป็นต้องวางแผนพื้นที่วาง พื้นที่ทำงาน พื้นที่ทางเดิน และเส้นทางฉุกเฉินให้เพียงพอ และต้องจัดแผนงานดูแลความสะอาดเรียบร้อย (Housekeeping) อยู่ตลอดเวลา จากผลการประเมินความเสี่ยงพื้นผิวที่ทำงานและทางเดินมีระดับความเสี่ยงสูงเท่ากับ 7 มีข้อมูลสถิติอุบัติเหตุบาดเจ็บถึงขั้นสูญเสียวันทำงาน 1 กรณีอุบัติเหตุในการทำงานเล็กน้อย 4 กรณีมีเหตุการณ์เกือบจะเกิดอุบัติเหตุ 5 กรณี และมีรายงานสภาพแวดล้อมและการกระทำที่ไม่ปลอดภัย 1,404 กรณี

4. **อันตรายจากไฟไหม้และควัน** (Fire/Smoke) โอกาสของการเกิดไฟไหม้ในงานซ่อมบำรุงเครื่องจักรโรงไฟฟ้านั้นมีสาเหตุอย่างมีนัยยะจากเชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติ (Natural Gas) ที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงหลักและน้ำมันดีเซล (Deasel) เชื้อเพลิงสำรองของเครื่องกังหันก๊าซ หากมีความผิดพลาดในการทดสอบหรือเดินเครื่อง เช่น งาน Cold Commissioning Live Ignition Torch Test งาน Hot Commissioning First Ignition Start-up Test และงาน Hot Commissioning Load Tests เพื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าสู่ระบบจ่ายไฟ เป็นต้น จากผลการประเมินความเสี่ยงอันตรายจากไฟไหม้และควันมีระดับความเสี่ยงสูงเท่ากับ 6 โดยมีเหตุการณ์เกือบจะเกิดอุบัติเหตุ 6 กรณี และมีรายงานสภาพแวดล้อมและการกระทำที่ไม่ปลอดภัย 232 กรณี

5. **อันตรายจากไม่ตัดพลังงาน** (Uncontrolled Energy, LOTO) จากการทำงานของเครื่องจักรขนาดใหญ่นั้นมีแหล่งพลังงานหลายระบบที่เกี่ยวข้อง เช่น ระบบเชื้อเพลิง ระบบน้ำมันหล่อลื่น ระบบระบายอากาศ ระบบน้ำหมุนเวียน ระบบไอน้ำ ระบบควบคุม ระบบฉุกเฉิน ปั๊มแรงดัน และระบบไฟฟ้า เป็นต้น ซึ่งหากไม่มีระบบการขออนุญาตทำงาน (Permit To Work) และควบคุมการตัดพลังงาน (Lock Out Tag Out) ที่ครอบคลุมแหล่งพลังงานที่เกี่ยวข้องทั้งหมดนั้น มีโอกาสเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุได้ ซึ่งจากผลการประเมินความเสี่ยงอันตรายจากไม่ตัดพลังงานมีระดับความเสี่ยงสูงเท่ากับ 6 มีเหตุการณ์เกือบจะเกิดอุบัติเหตุ 3 กรณี และมีรายงานสภาพแวดล้อมและการกระทำที่ไม่ปลอดภัย 45 กรณี

6. **อันตรายจากพื้นที่อับอากาศ** (Confined Spaces) มีระดับความเสี่ยงสูงเท่ากับ 6 ไม่เคยมีอุบัติเหตุเกิดขึ้นมาก่อน แต่ในเครื่องจักรขนาดใหญ่ซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 3 เมตร ก่อนทำการรื้อถอดชิ้นส่วนของเครื่องจักร วิศวกรภาคสนามจะมีการตรวจสภาพ และวัดค่า Alighment ต่างๆ ของเครื่องจักร ซึ่งการเข้าตรวจสอบภายในบางจุดของเครื่องจักรนั้นพิจารณาเป็นพื้นที่อับอากาศเกี่ยวข้องและมีโอกาสเกิดอุบัติเหตุ เช่น GT bearing no.1, GT bearing no. 2, GT exhaust และเข้าตรวจสอบก่อนการทดสอบและเดินเครื่อง เป็นต้น และอันตรายจากการทำงานกับเครื่องจักร (Machinery) เช่น การใช้เครื่องกลึง เครื่องตัด เครื่อง Magnetic drill เป็นต้น ซึ่งผลการประเมินความเสี่ยงอันตรายจากการทำงานกับเครื่องจักร มีระดับความเสี่ยงสูง (High) เท่ากับ 6 โดยมีเหตุการณ์เกือบจะเกิดอุบัติเหตุ 3 กรณี

7. **อันตรายจากจุดหมุน จุดตัด จุดทับ จุดหนีบ** วิถีอันตราย (Pinch Point/Line of Fire) และอันตรายจากการใช้เครื่องมือ (Use of Tooling) ทั้งสองอันตรายนี้มีความสัมพันธ์ของการเกิดอุบัติเหตุอย่างมีนัยยะ โดยมีลักษณะของการเกิดอุบัติเหตุจากการหมุน เหวี่ยง ตัด ทับ หนีบ และกระเด็นใส่เนื่องจากอยู่ในวิถีอันตราย ซึ่งมีสาเหตุมากจากการใช้เครื่องมือ ผลการประเมินมีระดับความเสี่ยงปานกลางเท่ากับ 5 แต่เมื่อพิจารณาข้อมูลสถิติอุบัติเหตุบาดเจ็บถึงขั้นสูญเสียวันทำงาน 3 กรณี อุบัติเหตุในการทำงานเล็กน้อย 2 กรณี มีเหตุการณ์เกือบจะเกิดอุบัติเหตุ 7 กรณี และมีรายงานสภาพแวดล้อมและการกระทำที่ไม่ปลอดภัย 728 กรณี จึงต้องพิจารณาจัดทำมาตรการลดความเสี่ยงลงให้อยู่ในระดับที่ยอมรับได้

8. **อันตรายจากวัตถุร่วงหล่นใส่** (Dropped Objects) ในงานซ่อมบำรุงนั้นมีการใช้เครื่องมือเพื่อถอดรื้อชิ้นส่วนของเครื่องจักรอยู่ในตำแหน่งต่างๆ ของเครื่องจักรซึ่งมีโอกาสที่เครื่องมือ เช่น ประแจ ค้อน หรือชิ้นส่วนของเครื่องจักร อย่างเช่น น๊อต มีโอกาสร่วงหล่นได้ หากไม่มีเตรียมภาชนะ สายคล้องกันตก พื้นที่ทำงานโดยติดตั้งนั่งร้าน เป็นต้น จากผลการประเมินความเสี่ยงวัตถุร่วงล่นใส่มีระดับความปานกลางเท่ากับ 5 มีอุบัติเหตุในการทำงานเล็กน้อย 2 กรณี มีเหตุการณ์เกือบจะเกิดอุบัติเหตุ 12 กรณี

9. **อันตรายจากไฟฟ้า** (Electricity) แหล่งพลังงานไฟฟ้ามีส่วนเกี่ยวข้องกับทุกๆ อุปกรณ์ในระบบเดินเครื่องจักรของโรงไฟฟ้า เช่น ปั๊มแรงดันต่างๆ ระบบพัดลมระบายอากาศ ระบบไฟฟ้าทั่วไป เป็นต้น แต่ในการซ่อมบำรุงได้ดำเนินการตัดแหล่งพลังงานไฟฟ้าแล้ว แต่ก็ยังมีการเดินสายไฟฟ้าชั่วคราวที่ใช้งานในระหว่างงานซ่อมบำรุง ดังนั้นจากผลการประเมินความเสี่ยงอันตรายจากไฟฟ้า มีระดับความเสี่ยงปานกลางเท่ากับ 5 มีอุบัติเหตุในการทำงานเล็กน้อย 1 กรณีมีเหตุการณ์เกือบจะเกิดอุบัติเหตุ 5 กรณี และมีรายงานสภาพแวดล้อมและการกระทำที่ไม่ปลอดภัย 342 กรณี

10. **ปัญหาด้านการยศาสตร์** เกี่ยวกับความเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อ และงานออกแรงยกของด้วยมือ (Ergonomics, musculoskeletal disorder and Manual handling) จากผลการประเมินความเสี่ยง มีระดับความเสี่ยงปานกลางเท่ากับ 4 เท่านั้น แต่เมื่อพิจารณาถึงลักษณะการทำงานทั่วไปอาศัยแรงงานของช่างฝีมือเป็นส่วนใหญ่ในการทำงาน และมีอุบัติเหตุในการทำงานเล็กน้อย 1 กรณี มีเหตุการณ์เกือบจะเกิดอุบัติเหตุ 2 กรณี และมีรายงานสภาพแวดล้อมและการกระทำที่ไม่ปลอดภัย 137 กรณี

สรุปและข้อเสนอแนะ

จากการใช้การประเมินความเสี่ยงเชิงกึ่งปริมาณสำหรับงานตรวจสอบและซ่อมบำรุงโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมสามารถชี้บ่งอันตรายอันตรายที่แฝงในทุกขั้นตอนของการทำงาน พิจารณาค่าตัวเลขของความรุนแรง (Severity) ความถี่ (Frequency) และความน่าจะเป็น (Probabilities) เมื่อนำผลการประเมินความเสี่ยงขึ้นทะเบียนรายการความเสี่ยง เพื่อจัดเรียงลำดับระดับความเสี่ยงอันตรายจากระดับความเสี่ยงตามตารางความเสี่ยง และนำประเภทของอันตรายที่แฝงอยู่ในขั้นตอนการทำงานที่มีระดับความเสี่ยงสูง ไปพิจารณาร่วมกับสถิติอุบัติเหตุและสถิติการรายงานสภาพแวดล้อมในการทำงานและการกระทำที่ไม่ปลอดภัยในอดีต เพื่อจัดทำแผนผังความเสี่ยง (Heat Map) ทำให้ได้ทราบประเภทอันตรายในงานที่ความเสี่ยงสูง เพื่อสามารถนำไปจัดทำโครงการลดความเสี่ยงอันตรายโดยกำหนดมาตรการป้องกันอันตรายเชิงรุกในงานตรวจสอบและซ่อมบำรุงโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพมากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

1. ระเบียบกรมโรงงานอุตสาหกรรมว่าด้วยหลักเกณฑ์การชี้บ่งอันตราย. (2543). **การประเมินความเสี่ยง และการจัดทำแผนงานบริหารจัดการความเสี่ยง.**
2. คณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ. (2562). **แผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2562 - 2580.** กรุงเทพมหานคร: กระทรวงพลังงาน
3. ชยุตร์ มากวัฒนสุข. (2549). **การประยุกต์ใช้การประเมินความเสี่ยงกึ่งปริมาณเพื่อชี้บ่งงานวิกฤติ และกำหนดมาตรการความปลอดภัยเชิงรุกในฝ่ายก่อสร้างพลังน้ำ กฟผ.** (วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
4. ประพันธ์ ลิ่มเล็ก. (2547). **การประยุกต์ใช้การประเมินความเสี่ยงเชิงกึ่งปริมาณเพื่อชี้บ่งงานวิกฤติและกำหนดมาตรการป้องกันอุบัติเหตุเชิงรุกในกระบวนการผลิตก๊าซธรรมชาติ.** (วิศวกรรมศาสตร์ มหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
5. มนตรี สนขุนทด. (2551). **การบริหารความปลอดภัยในโรงไฟฟ้า.** กรณีศึกษา: บริษัทผลิตไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วม จำกัด. (วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต การค้นคว้าอิสระ). มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, กรุงเทพฯ.
6. D. WILLIAMS. (2011). **Gas turbine maintenance, refurbishment and repair**. In J. E. Oakey (Ed.), Power Plant Life Management and Performance Improvement (Vol. A volume in Woodhead Publishing Series in Energy, pp. 420-449). Cambridge CB22 3HJ, UK: Woodhead Publishing Limited.

7. ALVAREZ T, S. R., & PILIDIS P. (2013). **Maintenance and repair of gas turbine components**. In W. P. S. i. Energy (Ed.), Modern Gas Turbine Systems (pp. xvii-xxi). ScienceDirect: Woodhead Publishing Limited.

8. Iman, A., & Akram, E. (2020). **Qualitative Risk Assessment of Combined Cycle Power Plant Using Hazards Identification Technique. Journal of Mechanical Engineering Research and Developments,** 43, 284-293.

9. Majid, M. A. A., Wassan, R. K., & Mokhtar, A. A. (2014). **Semi-quantitative Risk Assessment Matrix for Rotating Equipment. Advanced Materials Research,** 845, 647-651.

10. Paul Breeze. (2016**). Combined Cycle Power Plants. In Gas-Turbine Power Generation (pp. 65).** ScienceDirect: Elsevier Ltd.

11. Voke Richard. (1998). **Risk Analysis and Reduction in the Chemical Process Industry, J.M. Santamaria Ramiro, P.A. Brana Aisa. Blackie Academic and Professional (1998),** ISBN: 0 7514 0374 1. Process Safety and Environmental Protection, 76(2), 195.