



รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

การวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือของระบบควบคุมสำหรับระบบเครื่องกำเนิดไอน้ำจาก
ความร้อนเหลือทิ้ง

Reliability Analysis of Control System for HRSG

นายจิรานนท์ โสวัตร

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2561



รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

การวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือของระบบควบคุมสำหรับระบบเครื่องกำเนิดไอน้ำจาก
ความร้อนเหลือทิ้ง

Reliability Analysis of Control System for HRSG

นายจิรานนท์ โสวัตร

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2561

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการสหกิจศึกษา การวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือของระบบควบคุมสำหรับระบบเครื่องกำเนิดไอน้ำ
จากความร้อนเหลือทิ้ง

ชื่อ-สกุล นักศึกษา นายจิรานนท์ โสวัตร

คณะ วิศวกรรมศาสตร์

ภาควิชา วิศวกรรมการวัดและควบคุม

ชื่อ-สกุล อาจารย์นิเทศ รศ.สักรียา ชิตวงศ์

ชื่อ-สกุล ผู้นิเทศงาน นายชัยชาญ ไชยเรือน

สถานประกอบการ บริษัท กัลฟ์ เจพี ยูที จำกัด (มหาชน)

บทคัดย่อ

รายงานสหกิจศึกษานี้แนะนำเสนอเกี่ยวกับวิธีการวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือและความไม่น่าเชื่อถือของระบบควบคุมสำหรับเครื่องกำเนิดไอน้ำจากความร้อนเหลือทิ้ง (Heat Recovery Steam Generator : HRSG) เพื่อหาแนวทางในการเพิ่มความน่าเชื่อถือ (Reliability) ในระบบควบคุมและทำให้ระบบควบคุมมีเสถียรภาพมากยิ่งขึ้น ในกรณีนี้จะพิจารณาลูปคอนโทรลของระบบ HRSG ทั้งหมด ซึ่งประกอบด้วยส่วนของหม้อพักไอน้ำ (Drum) แบบ 3 ความดัน ซึ่งทำหน้าที่พักไอน้ำที่ได้จาก HRSG สำหรับนำไปขับเคลื่อนกังหันไอน้ำในเพื่อผลิตไฟฟ้า ส่วนของ HRSG ที่ทำหน้าที่ผลิตไอน้ำใน 3 ระดับความดัน ได้แก่ ความดันสูง (High Pressure) ความดันปานกลาง (Intermediate Pressure) และความดันต่ำ (Low Pressure) และสุดท้ายคือส่วนของระบบป้อนน้ำเลี้ยงเพื่อนำมาแลกเปลี่ยนความร้อนกับขดท่อของ HRSG โดยทำการวิเคราะห์ข้อผิดพลาดด้วยเทคนิค Fault tree Analysis (FTA) ที่ถูกใช้เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือและความไม่น่าเชื่อถือของระบบควบคุมสำหรับ HRSG

คำสำคัญ : HRSG, FTA, Reliability, Drum

Cooperative Title: Reliability Analysis of Control System for HRSG

Student intern name: Mr. Jiranon Sowat

Faculty: Engineering **Department:** Instrumentation and Control Engineering

Advisor name: Assoc. Prof. Sakreya Chitwong

Mentor name: Mr. Chaichan Chairuen

Company: Gulf JP UT Public Company Limited

ABSTRACT

This co-operative education report discusses the methodology for analyzing the reliability and unreliability of control system for Heat Recovery Steam Generator (HRSG) to find ways to increase reliability of control system and make control system more stable. In this case, all HRSG control loops are analyzed, which consists of 3-pressure steam drum that receives steam from the HRSG to drive the steam turbine in the power plant, The HRSG which produces steam at three pressure levels : high pressure, intermediate pressure and low pressure, and finally is feed water system. Fault tree analysis (FTA) is employed as a tool for analyzing reliability and unreliability of control system for HRSG

Keywords : HRSG, FTA, Reliability, Drum

กิตติกรรมประกาศ

รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์นี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เพราะได้รับความอนุเคราะห์จากบุคคลหลายท่านก่อนอื่นต้องขอขอบพระคุณ บริษัท กัลฟ์ เจพี ยูที จำกัด (มหาชน) หรือโรงไฟฟ้าอุทัย ที่ให้โอกาสข้าพเจ้าได้เข้าไปฝึกปฏิบัติงานในโครงการสหกิจศึกษา ตลอดระยะเวลาหนึ่งภาคการศึกษาทำให้ข้าพเจ้าได้รับความรู้และประสบการณ์ในการทำงานด้านวิศวกรรมการวัดคุมมากยิ่งขึ้นซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการทำงานในอนาคต และต้องกราบขอบพระคุณคุณกิตติ วุฒิพลากร หัวหน้าแผนกซ่อมบำรุงระบบควบคุมและเครื่องมือวัด และคุณชัยชาญ ไชยเรื่อน ผู้นิเทศงาน รวมไปถึงพนักงานในแผนกซ่อมบำรุงระบบควบคุมและเครื่องมือวัดทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือและให้ประสบการณ์ในการทำงาน

ขอขอบพระคุณ รศ.สักริยา ชิตวงศ์ อาจารย์นิเทศงาน ที่ได้ให้คำแนะนำในการตรวจแก้รายงานฉบับนี้ และให้ข้อเสนอแนะต่าง ๆ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งแก่ข้าพเจ้าตลอดมา และขอขอบพระคุณคณาจารย์หลักสูตรวิศวกรรมการวัดคุม ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม ทุกท่านที่ได้สั่งสอนให้ความรู้ อันเป็นประโยชน์ต่อการทำงานสหกิจฉบับนี้

จิรานนท์ โสวัตร

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VII
สารบัญภาพ.....	VIII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการทำโครงการ.....	2
1.3 ขอบเขตโครงการ.....	2
1.4 วิธีการดำเนินงาน.....	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 โรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม.....	4
2.1.1 หลักการทำงานของโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วม.....	4
2.2 ระบบเครื่องกำเนิดไอน้ำจากความร้อนเหลือทิ้ง.....	5
2.2.1 ส่วนที่ 1 ระบบผนังท่อเครื่องกำเนิดไอน้ำจากความร้อนเหลือทิ้ง.....	5
2.2.2 ส่วนที่ 2 ระบบผลิตไอน้ำความดันสูง.....	7
2.2.3 ส่วนที่ 3 ระบบผลิตไอน้ำความดันปานกลาง.....	12
2.2.4 ส่วนที่ 4 ระบบผลิตไอน้ำความดันต่ำ.....	18
2.2.5 ส่วนที่ 5 ระบบ Blowdown Tank.....	22
2.3 วิศวกรรมความน่าเชื่อถือ.....	23
2.3.1 การแจกแจงความน่าจะเป็นแบบต่อเนื่อง.....	23
2.3.2 วิศวกรรมความน่าเชื่อถือของระบบ.....	25
2.4 การวิเคราะห์ความล้มเหลวของระบบด้วยวิธี Fault Tree Analysis.....	31
2.4.1 ขั้นตอนการวิเคราะห์ปัญหาด้วยวิธี FTA.....	32
2.4.2 สัญลักษณ์สำหรับการเขียนแผนภาพ Fault Tree.....	32

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.4.3 วิธี FTA เชิงคุณภาพ.....	34
2.4.4 วิธี FTA เชิงปริมาณ.....	34
2.5 หลักการออกแบบระบบสำรอง.....	36
2.5.1 ระบบ k-out-of-n.....	36
2.6 Euler Math Toolbox.....	37
2.7 แผนภาพ SAMA.....	38
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือของระบบควบคุมสำหรับระบบเครื่องกำเนิดไอน้ำ.....	39
3.1 บทนำ.....	41
3.2 ลูปคอนโทรลที่ 1 LP Drum Level Control.....	42
3.3 ลูปคอนโทรลที่ 2 1-Element HP Drum Level Control.....	49
3.4 ลูปคอนโทรลที่ 3 3-Element HP Drum Level Control.....	53
3.5 ลูปคอนโทรลที่ 4 HP DSHTR (Desuperheater) Spray Water.....	58
3.6 ลูปคอนโทรลที่ 5 1-Element IP Drum Level Control.....	61
3.7 ลูปคอนโทรลที่ 6 3-Element IP Drum Level Control.....	66
3.8 ลูปคอนโทรลที่ 7 RH DSHTR (Desuperheater) Spray Water.....	70
3.9 ลูปคอนโทรลที่ 8 IP Economizer Bypass.....	74
3.10 ลูปคอนโทรลที่ 9 IP SH Steam Back Pressure.....	78
3.11 ลูปคอนโทรลที่ 10 LP ECO1 Inlet & ECO Bypass.....	82
3.12 ลูปคอนโทรลที่ 11 LP ECO1 Bypass.....	86
3.13 ลูปคอนโทรลที่ 12 LP ECO Recirculate Pump VFD Speed Control.....	90
3.14 ลูปคอนโทรลที่ 13 LP ECO Bypass (from Gland Steam Condenser).....	94
3.15 ลูปคอนโทรลที่ 14 ATMOS Blowoff Tank Level Control.....	98
3.16 ลูปคอนโทรลที่ 15 ATMOS Blowoff Tank Cooling Water.....	102
3.17 ลูปคอนโทรลที่ 16 HP Feed Water to HP Economizer Flow.....	106
3.18 ลูปคอนโทรลที่ 17 HP/IP FWP A Minimum Flow.....	110
3.19 ลูปคอนโทรลที่ 18 HP/IP FWP B Minimum Flow.....	114
3.20 ลูปคอนโทรลที่ 19 HP Turbine Bypass Spray Water.....	119
3.21 ลูปคอนโทรลที่ 20 HP Turbine Bypass.....	122

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.22 ลูบคอนโทรลที่ 21 IP Turbine Bypass Spray Water.....	126
3.23 ลูบคอนโทรลที่ 22 IP Turbine Bypass.....	130
3.24 ลูบคอนโทรลที่ 23 LP Turbine Bypass.....	134
บทที่ 4 แนวทางในการเพิ่มความน่าเชื่อถือของระบบเครื่องกำเนิดไอน้ำจากความร้อนเหลือทิ้ง	139
4.1 คำนำ.....	139
4.2 ระดับความรุนแรงของลูบคอนโทรลต่อระบบ HRSG.....	139
4.2.1 ระดับที่ 1.....	139
4.2.1 ระดับที่ 2.....	139
4.2.1 ระดับที่ 3.....	139
4.3 แนวทางการเพิ่มความน่าเชื่อถือของลูบคอนโทรลประเภทที่ 1 และ ประเภทที่ 2.....	141
4.3.1 เพิ่มระบบสำรอง.....	141
4.3.2 การเปลี่ยนอุปกรณ์ตามค่าความน่าเชื่อถือที่เหมาะสม.....	143
4.4 แนวทางการเพิ่มความน่าเชื่อถือของลูบคอนโทรลประเภทที่ 3.....	147
4.4.1 เปลี่ยนอุปกรณ์เมื่อระบบทำงานล้มเหลว.....	147
4.4.2 การเปลี่ยนอุปกรณ์ตามค่าความน่าเชื่อถือที่เหมาะสม.....	147
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	151
5.1 สรุปผล.....	151
5.2 ปัญหาที่พบและแนวทางในการแก้ปัญหา.....	151
5.3 ข้อเสนอแนะ.....	152
บรรณานุกรม	153
ภาคผนวก	154
ประวัติผู้เขียน	157

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 สัญลักษณ์สำหรับการเขียนแผนภาพ Fault Tree.....	33
2.2 สัญลักษณ์เพิ่มเติมสำหรับการเขียนแผนภาพ Fault Tree.....	33
2.3 Enclosure symbols.....	39
2.4 Process Signal Continuation Symbols.....	40
2.5 Signal Processing Symbols.....	40
3.1 อัตราความล้มเหลวและเวลาเฉลี่ยที่จะล้มเหลวของอุปกรณ์ในระบบ HRSG.....	46
4.1 ประเภทของลูปคอนโทรลซึ่งจำแนกตามระดับความรุนแรง.....	140
4.2 แนวทางการเพิ่มความน่าเชื่อถือแก่ระบบที่เป็นองค์ประกอบของลูปคอนโทรลประเภทที่ 1.....	145
4.3 แนวทางการเพิ่มความน่าเชื่อถือแก่ระบบที่เป็นองค์ประกอบของลูปคอนโทรลประเภทที่ 2.....	146
4.4 แนวทางการเพิ่มความน่าเชื่อถือแก่ระบบที่เป็นองค์ประกอบของลูปคอนโทรลประเภทที่ 3.....	149



สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 แผนผังหลักการทำงานของโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม.....	4
2.2 ระบบผนังท่อของเครื่องกำเนิดไอน้ำจากความร้อนเหลือทิ้ง.....	5
2.3 ทิศทางการไหลของไอเสียผ่าน HRSG.....	6
2.4 ระบบผลิตไอน้ำแรงดันสูง.....	8
2.5 ลักษณะของ Evaporator.....	10
2.6 ระบบผลิตไอน้ำแรงดันปานกลาง.....	14
2.7 ระบบ Preheater.....	18
2.8 ระบบผลิตไอน้ำแรงดันต่ำ.....	20
2.9 ความน่าจะเป็นของตัวแปรสุ่มแบบต่อเนื่อง X ในช่วงระหว่าง a และ b.....	24
2.10 PDF และ CDF สำหรับตัวแปรสุ่มแบบต่อเนื่อง.....	25
2.11 ฟังก์ชันความน่าเชื่อถือและความไม่น่าเชื่อถือ.....	27
2.12 ฟังก์ชันความน่าเชื่อถือและความไม่น่าเชื่อถือมีค่า $\lambda = 0.5$ failure per hour.....	29
2.13 โมเดล Bathtub Curve.....	30
2.14 ขั้นตอนการวิเคราะห์ด้วยวิธี FTA.....	32
2.15 แผนภาพ Fault Tree ของระบบไฟฟ้ากำลัง.....	34
2.16 Desktop of Euler Math Toolbox.....	38
2.17 ความแตกต่างระหว่าง ISA และ แผนภาพ SAMA.....	39
3.1 ตัวอย่างแผนภาพลอจิกของ LP Feed Water Level Control Valve (1/2).....	42
3.2 ตัวอย่างแผนภาพลอจิกของ LP Feed Water Level Control Valve (2/2).....	43
3.3 แผนภาพ SAMA ของลูปคอนโทรล LP Drum Level Control.....	44
3.4 แผนภาพ Fault Tree (Fault Tree Diagram) ของลูปคอนโทรล LP Drum Level Control.....	45
3.5 กราฟแนวโน้มความน่าเชื่อถือของลูปคอนโทรล LP Drum Level Control.....	48
3.6 กราฟแนวโน้มความไม่น่าเชื่อถือของลูปคอนโทรล LP Drum Level Control.....	48
3.7 แผนภาพ SAMA ของลูปคอนโทรล 1-Element HP Drum Level Control.....	49
3.8 แผนภาพ Fault Tree ของลูปคอนโทรล 1-Element HP Drum Level Control.....	50
3.9 กราฟแนวโน้มความน่าเชื่อถือของลูปคอนโทรล 1-Element HP Drum Level Control.....	52
3.10 กราฟแนวโน้มความไม่น่าเชื่อถือของลูปคอนโทรล 1-Element HP Drum Level Control.....	53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อ VIII ศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
3.11 แผนภาพ SAMA ของลูปคอนโทรล 3-Element HP Drum Level Control.....	54
3.12 แผนภาพ Fault Tree ของลูปคอนโทรล 3-Element HP Drum Level Control.....	55
3.13 กราฟแนวโน้มความน่าเชื่อถือของลูปคอนโทรล 3-Element HP Drum Level Control.....	57
3.14 กราฟแนวโน้มความไม่น่าเชื่อถือของลูปคอนโทรล 3-Element HP Drum Level Control.....	57
3.15 แผนภาพ SAMA ของลูปคอนโทรล HP DSHTR Spray Water.....	58
3.16 แผนภาพ Fault Tree ของลูปคอนโทรล HP DSPHTR Spray Water Control Valve.....	59
3.17 กราฟแนวโน้มความน่าเชื่อถือของลูปคอนโทรล HP DSHTR Spray Water.....	61
3.18 กราฟแนวโน้มความไม่น่าเชื่อถือของลูปคอนโทรล HP DSHTR Spray Water.....	61
3.19 แผนภาพ SAMA ของลูปคอนโทรล 1-Element IP Drum Level Control.....	62
3.20 แผนภาพ Fault Tree ของลูปคอนโทรล 1-Element IP Drum Level Control.....	63
3.21 กราฟแนวโน้มความน่าเชื่อถือของลูปคอนโทรล 1-Element IP Drum Level Control.....	65
3.22 กราฟแนวโน้มความไม่น่าเชื่อถือของลูปคอนโทรล 1-Element IP Drum Level Control.....	65
3.23 แผนภาพ SAMA ของลูปคอนโทรล 3-Element IP Drum Level Control.....	66
3.24 แผนภาพ Fault Tree ของลูปคอนโทรล 3-Element IP Drum Level Control.....	67
3.25 กราฟแนวโน้มความน่าเชื่อถือของลูปคอนโทรล 3-Element IP Drum Level Control.....	69
3.26 กราฟแนวโน้มความไม่น่าเชื่อถือของลูปคอนโทรล 3-Element IP Drum Level Control.....	70
3.27 แผนภาพ SAMA ของลูปคอนโทรล RH DSHTR Spray Water.....	71
3.28 แผนภาพ Fault Tree ของลูปคอนโทรล RH DSPHTR Spray Water.....	72
3.29 กราฟแนวโน้มความน่าเชื่อถือของลูปคอนโทรล RH DSHTR Spray Water.....	73
3.30 กราฟแนวโน้มความไม่น่าเชื่อถือของลูปคอนโทรล RH DSHTR Spray Water.....	74
3.31 แผนภาพ SAMA ของลูปคอนโทรล IP Economizer Bypass.....	75
3.32 แผนภาพ Fault Tree ของลูปคอนโทรล IP Economizer Bypass.....	76
3.33 กราฟแนวโน้มความน่าเชื่อถือของลูปคอนโทรล IP Economizer Bypass.....	77
3.34 กราฟแนวโน้มความไม่น่าเชื่อถือของลูปคอนโทรล IP Economizer Bypass.....	78
3.35 แผนภาพ SAMA ของลูปคอนโทรล IP SH Steam Back Pressure.....	79
3.36 แผนภาพ Fault Tree ของลูปคอนโทรล IP SH Steam Back Pressure.....	80
3.37 กราฟแนวโน้มความน่าเชื่อถือของลูปคอนโทรล IP SH Steam Back Pressure.....	81

สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
3.38 กราฟแนวโน้มความไม่น่าเชื่อถือของลูบคอนโทรล IP SH Steam Back Pressure.....	82
3.39 แผนภาพ SAMA ของลูบคอนโทรล LP ECO1 Inlet & ECO Bypass.....	83
3.40 แผนภาพ Fault Tree ของลูบคอนโทรล LP ECO1 Inlet & ECO Bypass.....	84
3.41 กราฟแนวโน้มความน่าเชื่อถือของลูบคอนโทรล LP ECO1 Inlet & ECO Bypass.....	86
3.42 กราฟแนวโน้มความไม่น่าเชื่อถือของลูบคอนโทรล LP ECO1 Inlet & ECO Bypass.....	86
3.43 แผนภาพ SAMA ของลูบคอนโทรล LP ECO1 Bypass.....	87
3.44 แผนภาพ Fault Tree ของลูบคอนโทรล LP ECO1 Bypass.....	88
3.45 กราฟแนวโน้มความน่าเชื่อถือของลูบคอนโทรล LP ECO1 Bypass.....	89
3.46 กราฟแนวโน้มความไม่น่าเชื่อถือของลูบคอนโทรล LP ECO1 Bypass.....	90
3.47 แผนภาพ SAMA ของลูบคอนโทรล LP ECO Recirculate Pump VFD Speed Control.....	91
3.48 แผนภาพ Fault Tree ของลูบคอนโทรล LP ECO Recirculate Pump VFD Speed Control.....	92
3.49 กราฟแนวโน้มความน่าเชื่อถือของลูบคอนโทรล LP ECO Recirculate Pump VFD Speed Control.....	93
3.50 กราฟแนวโน้มความไม่น่าเชื่อถือของลูบคอนโทรล LP ECO Recirculate Pump VFD Speed Control.....	94
3.51 แผนภาพ SAMA ของลูบคอนโทรล LP ECO Bypass (from GSC).....	95
3.52 แผนภาพ Fault Tree ของลูบคอนโทรล LP ECO Bypass (from GSC).....	96
3.53 กราฟแนวโน้มความน่าเชื่อถือของลูบคอนโทรล LP ECO Bypass (from GSC).....	97
3.54 กราฟแนวโน้มความไม่น่าเชื่อถือของลูบคอนโทรล LP ECO Bypass (from GSC).....	98
3.55 แผนภาพ SAMA ของลูบคอนโทรล ATMOS Blowoff Tank Level Control.....	99
3.56 แผนภาพ Fault Tree ของลูบคอนโทรล ATMOS Blowoff Tank Level Control.....	100
3.57 กราฟแนวโน้มความน่าเชื่อถือของลูบคอนโทรล ATMOS Blowoff Tank Level Control.....	101
3.58 กราฟแนวโน้มความไม่น่าเชื่อถือของลูบคอนโทรล ATMOS Blowoff Tank Level Control.....	102
3.59 แผนภาพ SAMA ของลูบคอนโทรล ATMOS Blowoff Tank Cooling Water.....	103
3.60 แผนภาพ Fault Tree ของลูบคอนโทรล ATMOS Blowoff Tank Cooling Water.....	104
3.61 กราฟแนวโน้มความน่าเชื่อถือของลูบคอนโทรล ATMOS Blowoff Tank Cooling Water.....	105
3.62 กราฟแนวโน้มความไม่น่าเชื่อถือของลูบคอนโทรล ATMOS Blowoff Tank Cooling Water.....	106

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
3.63 แผนภาพ SAMA ของลูปคอนโทรล HP Feed Water to HP Economizer Flow.....	107
3.64 แผนภาพ Fault Tree ของลูปคอนโทรล HP Feed Water to HP Economizer Flow.....	108
3.65 กราฟแนวโน้มความน่าเชื่อถือของลูปคอนโทรล HP Feed Water to HP Economizer Flow....	109
3.66 กราฟแนวโน้มความไม่น่าเชื่อถือของลูปคอนโทรล HP Feed Water to HP Economizer Flow.....	110
3.67 แผนภาพ SAMA ของลูปคอนโทรล HP/IP FWP A Minimum Flow.....	111
3.68 แผนภาพ Fault Tree ของลูปคอนโทรล HP/IP FWP A Minimum Flow.....	112
3.69 กราฟแนวโน้มความน่าเชื่อถือของลูปคอนโทรล HP/IP FWP A Minimum Flow.....	114
3.70 กราฟแนวโน้มความไม่น่าเชื่อถือของลูปคอนโทรล HP/IP FWP A Minimum Flow.....	114
3.71 แผนภาพ SAMA ของลูปคอนโทรล HP/IP FWP B Minimum Flow.....	115
3.72 แผนภาพ Fault Tree ของลูปคอนโทรล HP/IP FWP B Minimum Flow.....	116
3.73 กราฟแนวโน้มความน่าเชื่อถือของลูปคอนโทรล HP/IP FWP B Minimum Flow.....	118
3.74 กราฟแนวโน้มความไม่น่าเชื่อถือของลูปคอนโทรล HP/IP FWP B Minimum Flow.....	118
3.75 แผนภาพ SAMA ของลูปคอนโทรล HP Turbine Bypass Spray Water.....	119
3.76 แผนภาพ Fault Tree ของลูปคอนโทรล HP Turbine Bypass Spray Water.....	120
3.77 กราฟแนวโน้มความน่าเชื่อถือของลูปคอนโทรล HP Turbine Bypass Spray Water.....	121
3.78 กราฟแนวโน้มความไม่น่าเชื่อถือของลูปคอนโทรล HP Turbine Bypass Spray Water.....	122
3.79 แผนภาพ SAMA ของลูปคอนโทรล HP Turbine Bypass.....	123
3.80 แผนภาพ Fault Tree ของลูปคอนโทรล HP Turbine Bypass.....	124
3.81 กราฟแนวโน้มความน่าเชื่อถือของลูปคอนโทรล HP Turbine Bypass.....	125
3.82 กราฟแนวโน้มความไม่น่าเชื่อถือของลูปคอนโทรล HP Turbine Bypass.....	126
3.83 แผนภาพ SAMA ของลูปคอนโทรล IP Turbine Bypass Spray Water.....	127
3.84 แผนภาพ Fault Tree ของลูปคอนโทรล IP Turbine Bypass Spray Water.....	128
3.85 กราฟแนวโน้มความน่าเชื่อถือของลูปคอนโทรล IP Turbine Bypass Spray Water.....	129
3.86 กราฟแนวโน้มความไม่น่าเชื่อถือของลูปคอนโทรล IP Turbine Bypass Spray Water.....	130
3.87 แผนภาพ SAMA ของลูปคอนโทรล IP Turbine Bypass.....	131
3.88 แผนภาพ Fault Tree ของลูปคอนโทรล IP Turbine Bypass.....	132

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
3.89 กราฟแนวโน้มความน่าเชื่อถือของลูบคอนโทรล IP Turbine Bypass.....	133
3.90 กราฟแนวโน้มความไม่น่าเชื่อถือของลูบคอนโทรล IP Turbine Bypass.....	134
3.91 แผนภาพ SAMA ของลูบคอนโทรล LP Turbine Bypass.....	135
3.92 แผนภาพ Fault Tree ของลูบคอนโทรล LP Turbine Bypass.....	136
3.93 กราฟแนวโน้มความน่าเชื่อถือของลูบคอนโทรล LP Turbine Bypass.....	137
3.94 กราฟแนวโน้มความไม่น่าเชื่อถือของลูบคอนโทรล LP Turbine Bypass.....	138
4.1 กราฟแนวโน้มความน่าเชื่อถือของระบบการวัดความดันของ HP SH Steam Outlet.....	141
4.2 กราฟแนวโน้มความน่าเชื่อถือของระบบการวัดความดันของ HP SH Steam Outlet ที่มีระบบสำรองต่างกัน.....	142
4.3 กราฟแนวโน้มความน่าเชื่อถือของระบบตัวควบคุมสุดท้ายของ HP Feed Water Level Control Valve (0-100%).....	143
4.4 กราฟแนวโน้มความน่าเชื่อถือของระบบตัวควบคุมสุดท้ายของ IP Economizer Bypass Control Valve.....	148

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ระบบการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าอุทัย (บริษัท กัลฟ์ เจพี ยูที จำกัด (มหาชน)) เป็นโรงไฟฟ้าชนิดพลังความร้อนร่วม (Combined Cycle Power Plant) ซึ่งใช้ก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้า โดยมีการทำงาน 2 ระบบร่วมกัน คือ ระบบกังหันก๊าซ (Gas Turbine) ทำงานร่วมกับระบบกังหันไอน้ำ (Steam Turbine) โดยนำเชื้อเพลิงมาจุดระเบิดเพื่อให้เกิดพลังงานความร้อนไปขับเคลื่อนกังหันก๊าซในการผลิตไฟฟ้า จากนั้นไอเสียที่เกิดจากการจุดระเบิดในเครื่องกังหันก๊าซ จะส่งผ่านไปยังระบบเครื่องกำเนิดไอน้ำ จากความร้อนเหลือทิ้ง (Heat Recovery Steam Generation : HRSG) เพื่อต้มน้ำให้กลายเป็นไอน้ำขับเคลื่อนกังหันไอน้ำ เพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้าอีกครั้งหนึ่ง ซึ่งทางโรงไฟฟ้าอุทัยได้ทำสัญญาซื้อขายไฟฟ้ากับการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) โดยสัญญาซื้อขายไฟฟ้านี้ทางการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยจะต้องมีค่าใช้จ่ายซึ่งประกอบไปด้วย 2 ส่วน คือ ค่าความพร้อมจ่าย (Availability Payment : AP) เป็นค่าลงทุนโรงไฟฟ้าและดูแลให้มีความพร้อมจ่ายไฟฟ้า และค่าพลังงานไฟฟ้า (Energy Payment : EP) เป็นค่าผลิตไฟฟ้าเมื่อศูนย์ฯสั่งการให้จ่ายไฟ ซึ่งสาเหตุที่มีการจ่ายค่า AP ก็เพื่อเป็นเงื่อนไขให้โรงไฟฟ้าต้องเตรียมโรงไฟฟ้าให้มีความพร้อมจ่ายไฟฟ้าตลอดเวลา เพื่อรองรับความต้องการใช้ไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงตลอดวัน และสำรองให้พร้อมจ่ายไฟฟ้ากรณีมีข้อขัดข้องเกิดกับโรงไฟฟ้า ระบบส่งไฟฟ้า หรือระบบส่งเชื้อเพลิง รวมทั้งช่วยเสริมการจ่ายไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียน คือ พลังงานแสงแดด พลังงานลม ชีวมวล และชีวมวล ซึ่งการจ่ายไฟฟ้ามีความไม่แน่นอน ดังนั้นหากโรงไฟฟ้าไม่พร้อมจ่ายไฟฟ้าจะต้องถูกปรับเงินตามที่สัญญาได้ระบุไว้ จึงเป็นที่มาของโครงการนี้ที่สร้างขึ้นเพื่อวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือในระบบเครื่องกำเนิดไอน้ำจากความร้อนเหลือทิ้ง และหาแนวทางในการเพิ่มความน่าเชื่อถือ (Reliability) ในระบบควบคุมและทำให้ระบบควบคุมมีเสถียรภาพมากยิ่งขึ้น ในที่นี้การที่จะหาความน่าเชื่อถือนี้ได้จะต้องใช้โมเดลทางคณิตศาสตร์เรื่องความน่าจะเป็นและความน่าเชื่อถือมาเป็นปัจจัยหลักในการวิเคราะห์ โดยวิเคราะห์ระบบควบคุม ด้วยเทคนิค FTA (Fault Tree Analysis) เพื่อระบุสาเหตุที่ทำให้อุปกรณ์โทรลเกิดความล้มเหลวหากเครื่องมือวัด (Measuring Instrument) และตัวควบคุมสุดท้าย (Final Control Element) ที่ใช้ในการควบคุมเกิดทำงานผิดพลาด เทคนิค FTA นี้ยังใช้คำนวณหาความน่าเชื่อถือของระบบควบคุมในรูปกราฟผ่านโปรแกรม Euler Math Toolbox ที่แสดงแนวโน้มความน่าเชื่อถือซึ่งแปรเปลี่ยนตามเวลา ข้อมูลที่ได้จากเทคนิค FTA นี้ สามารถนำไปวิเคราะห์จุดอ่อนของระบบเครื่องกำเนิดไอน้ำจากความร้อนเหลือทิ้ง ได้ และยังสามารถใช้วางแผนซ่อมบำรุงหรือเปลี่ยนอุปกรณ์ที่มีอายุการใช้งานมานานเพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือระบบได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อวิเคราะห์หาแนวทางในการเพิ่มความน่าเชื่อถือและเสถียรภาพในระบบ โดยพิจารณาว่า ลูปคอนโทรล (Loop Control) ส่วนใดมีความเสี่ยงที่จะทำให้ระบบควบคุมทำงานผิดพลาดจนทำให้เกิดความเสียหายของเครื่องจักร หรืออาจทำให้ระบบควบคุมหยุดทำงานโดยฉับพลัน ซึ่งนำมาสู่การสูญเสียงบประมาณ ในการซ่อมบำรุงและสูญเสียรายได้หากเครื่องจักรหยุดทำงาน

1.2.2 เพื่อศึกษาระบบควบคุมของ HRSG อย่างละเอียด ตั้งแต่ลูปคอนโทรลจนถึงแผนภาพลอจิก (Logic Diagram)

1.2.3 เพื่อประยุกต์ใช้หลักการทางวิศวกรรมความน่าเชื่อถือ ในการอ้างอิงแนวทางในการเพิ่มความน่าเชื่อถือของระบบ

1.2.4 เพื่อศึกษาการเขียนกราฟผ่านโปรแกรม Euler Math Toolbox

1.2.5 เพื่อให้เข้าใจแผนภาพลอจิก และสร้างให้อยู่ในรูปแบบภาพ SAMA (Scientific Apparatus Makers Association Diagram) ให้ง่ายต่อการเข้าใจลูปคอนโทรล

1.2.6 เรียนรู้กระบวนการทำงานทางวิศวกรรมการวัดคุมและกระบวนการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้า อุทัย (บริษัท กัลป์ เจพี ยูที จำกัด (มหาชน))

1.3 ขอบเขตโครงการ

จัดทำเพื่อใช้วิเคราะห์ความน่าเชื่อถือของระบบเครื่องกำเนิดไอน้ำจากความร้อนเหลือทิ้ง และค้นหาแนวทางในการเพิ่มความน่าเชื่อถือในระบบควบคุมและทำให้ระบบควบคุมมีเสถียรภาพมากยิ่งขึ้น โดยจะวิเคราะห์เฉพาะลูปคอนโทรลของระบบเครื่องกำเนิดไอน้ำจากความร้อนเหลือทิ้ง และวิเคราะห์ผลกระทบต่อลูปคอนโทรลหากเครื่องมือวัดและตัวควบคุมสุดท้ายทำงานผิดพลาด ตลอดจนหาค่าความน่าเชื่อถือและหาแนวทางในการเพิ่มความน่าเชื่อถือของระบบ

1.4 วิธีการดำเนินการวิจัย

1.4.1 ศึกษาทฤษฎีสถิติเบื้องต้นและวิศวกรรมความน่าเชื่อถือที่ใช้ในการทำโครงการ และติดตั้งโปรแกรมที่ใช้ในการทำโครงการ

1.4.2 ศึกษาลูปคอนโทรลและแผนภาพลอจิกของระบบเครื่องกำเนิดไอน้ำจากความร้อนเหลือทิ้ง และผลกระทบต่อลูปคอนโทรลหากเครื่องมือวัด (Instruments) และตัวควบคุมสุดท้าย (Final control element) ทำงานผิดพลาด

1.4.3 เขียนแผนภาพลอจิกของลูปคอนโทรลให้อยู่ในรูปแบบภาพ SAMA เพื่อให้ง่ายต่อการทำความเข้าใจการทำงานของลูปคอนโทรล

1.4.4 วิเคราะห์แผนภาพ SAMA เพื่อหาสาเหตุที่ทำให้ลูปคอนโทรลทำงานล้มเหลว แล้วนำมาสร้างเป็นแผนภาพ Fault Tree (Fault Tree Diagram: FTD) ที่แสดงถึงสาเหตุของความล้มเหลวต่างๆที่นำไปสู่ความล้มเหลวในการทำงานของลูปคอนโทรล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อ 2 รัชศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4.5 วิเคราะห์แผนภาพ Fault Tree และแปลงให้อยู่ในรูปของสมการความไม่น่าเชื่อถือและสมการความน่าเชื่อถือ

1.4.5 เมื่อได้สมการของแต่ละลูปคอนโทรลแล้ว นำสมการมาพล็อตกราฟด้วยโปรแกรม Euler Math Toolbox

1.4.6 แยกระดับความรุนแรงของลูปคอนโทรลที่ส่งผลต่อระบบเครื่องกำเนิดไอน้ำจากความร้อนเหลือทิ้ง เป็น 3 ระดับ

1.4.7 กำหนดค่าความน่าเชื่อถือที่ยอมรับได้ในแต่ละระดับความรุนแรงของลูปคอนโทรลที่ส่งผลต่อระบบเครื่องกำเนิดไอน้ำจากความร้อนเหลือทิ้ง

1.4.8 ทำการวิเคราะห์และหาแนวทางในการเพิ่มความน่าเชื่อถือให้แต่ละลูปคอนโทรล

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 สามารถใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงในการปรับปรุงความน่าเชื่อถือในระบบเครื่องกำเนิดไอน้ำจากความร้อนเหลือทิ้ง ของโรงไฟฟ้าอุทัย (บริษัท กัลป์ เจพี ยูที จำกัด (มหาชน)) ได้

1.5.2 เข้าใจการทำงานของระบบเครื่องกำเนิดไอน้ำจากความร้อนเหลือทิ้ง มากยิ่งขึ้น

1.5.3 ได้รับแนวคิดในการออกแบบระบบควบคุมเพื่อให้ระบบมีความน่าเชื่อถือและมีเสถียรภาพ

1.5.4 มีความรู้ในด้านการวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือของระบบควบคุม และสามารถนำไปต่อยอดการทำงานในอนาคต

บทที่ 2

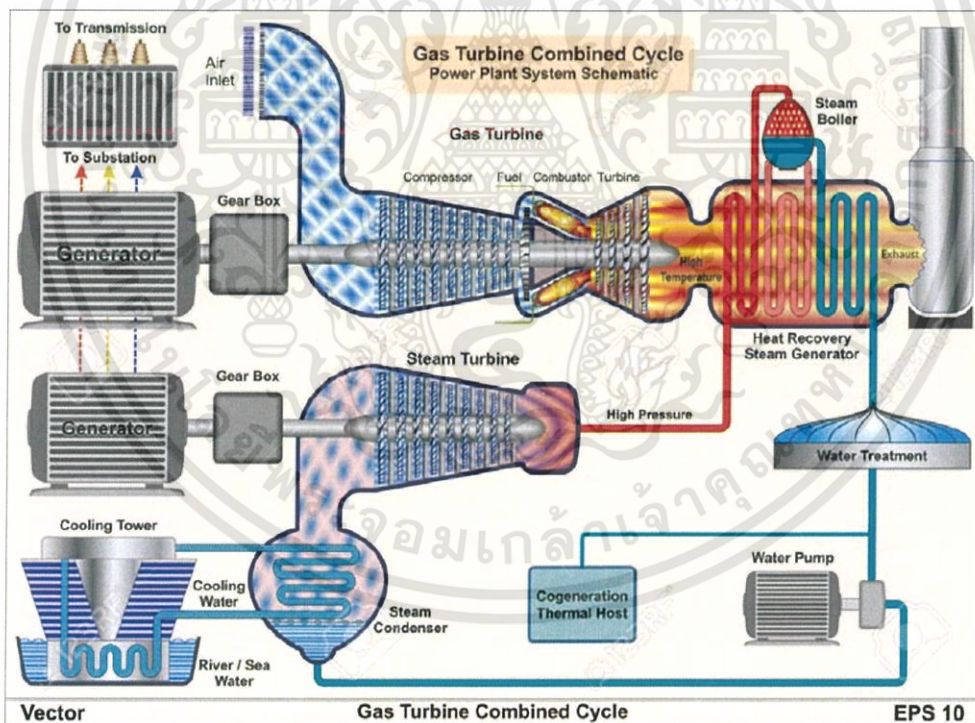
แนวคิด ทฤษฎี ที่เกี่ยวข้อง

2.1 โรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม (Combined cycle power plant)

โรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม เป็นการนำเอาเทคโนโลยีของโรงไฟฟ้ากังหันก๊าซ (Gas turbine power plant) และโรงไฟฟ้าพลังไอน้ำ (Steam turbine power plant) มาใช้งานเป็นระบบร่วมกัน โดยการนำไอเสียจากโรงไฟฟ้ากังหันก๊าซ ซึ่งมีความร้อนสูงประมาณ 500 องศาเซลเซียส ไปผ่านเครื่องกำเนิดไอน้ำจากความร้อนเหลือทิ้ง และถ่ายเทความร้อนให้กับน้ำ ทำให้น้ำเดือดกลายเป็นไอเพื่อขับกังหันไอน้ำ

ส่วนประกอบหลักของโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วม

1. กังหันก๊าซ (Gas turbine)
2. เครื่องกำเนิดไอน้ำจากความร้อนเหลือทิ้ง (Heat recovery steam generator)
3. กังหันไอน้ำ (Steam turbine)
4. เครื่องควบแน่น (Condenser)



ภาพที่ 2.1 แผนผังหลักการทำงานของโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม

2.1.1 หลักการทำงานของโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วม

1. เชื้อเพลิงก๊าซจะถูกส่งเข้าไปยังห้องเผาไหม้ของเครื่องกังหันก๊าซ (Gas turbine) โดยมีอากาศที่ถูกอัดด้วยความดันสูง 8-10 เท่าจากเครื่องอัดอากาศมาช่วยเผาไหม้ ทำให้เกิดการขยายตัว เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

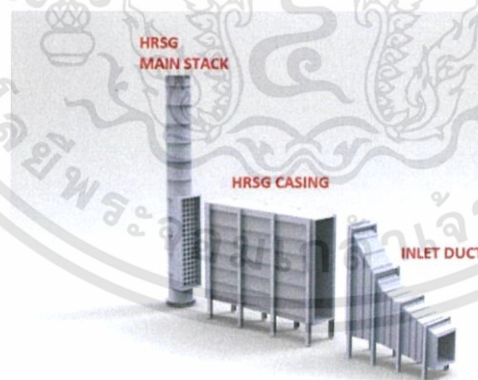
ของก๊าซร้อนและอุณหภูมิสูงส่งเข้าไปขับเคลื่อนกังหันก๊าซ ขับเคลื่อนและจุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator) ที่ต่ออยู่บนเพลาดียวกัน

2. ก๊าซร้อนที่ขับเคลื่อนกังหันก๊าซเสร็จจะถูกส่งออกไปยัง HRSG (Heat Recovery Steam Generator) และนำความร้อนนี้ไปต้มน้ำที่หม้อน้ำ
3. น้ำที่ถูกร้อนจะกลายเป็นไอน้ำความดันสูงไปขับเคลื่อนกังหันไอน้ำ (Steam Turbine) เพื่อขับเคลื่อนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า
4. ส่วนไอน้ำที่ขับเคลื่อนกังหันไอน้ำแล้ว ส่วนที่ยังคงมีความดันสูงอยู่จะไหลผ่านวาล์วความดัน ได้ ไอน้ำส่วนนี้ก็จะขับเคลื่อนกังหันอีกครั้งหนึ่ง
5. ส่วนไอน้ำความดันลดลงก็จะถูกส่งเข้าไปยังเครื่องควบแน่น ซึ่งจะระบายความร้อนของไอน้ำด้วยน้ำ ไอน้ำจะถูกควบแน่นเป็นน้ำ บีบส่งไปยังถังพักน้ำ เพื่อส่งไปต้มน้ำต่อหม้อต้มน้ำ

2.2 ระบบเครื่องกำเนิดไอน้ำจากความร้อนเหลือทิ้ง (HRSG System)

2.2.1 ส่วนที่ 1 ระบบผนังท่อเครื่องกำเนิดไอน้ำจากความร้อนเหลือทิ้ง (HRSG Casing System)

ระบบผนังท่อของ HRSG ประกอบด้วยส่วนที่เป็นทางผ่านของแก๊สไอเสียคือ ท่อไอเสียขาเข้าของ HRSG (HRSG exhaust gas inlet duct) , ผนังของ HRSG (HRSG Casing) และ ปล่องไอเสียของ HRSG (HRSG main stack, HRSG exhaust gas stack)



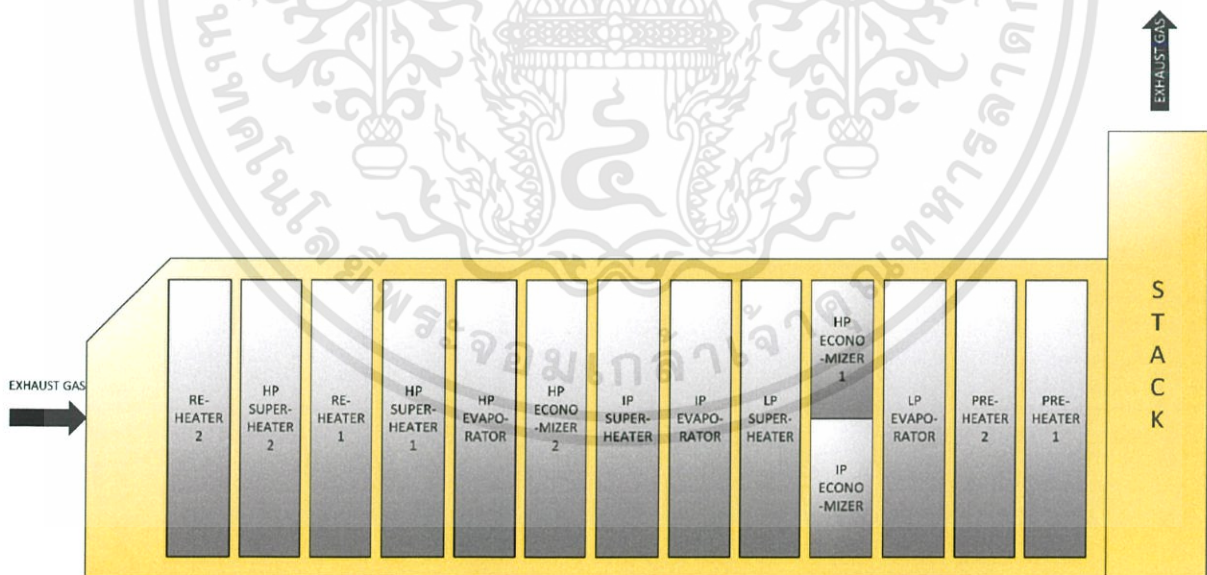
ภาพที่ 2.2 ระบบผนังท่อของเครื่องกำเนิดไอน้ำจากความร้อนเหลือทิ้ง (HRSG Casing System)

การเคลื่อนที่ของไอเสียนี้จะสมบูรณ์ได้ก็ต่อเมื่อ ทิศทางการเคลื่อนที่ของไอเสียนั้นมาจากท่อไอเสียขาออกของระบบกังหันก๊าซ (Gas Turbine : GT) ผ่านไปยังระบบ HRSG และสุดท้ายจะออกไปยังชั้นบรรยากาศผ่านปล่องไอเสียของ HRSG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไอเสียจากกังหันก๊าซจะไหลผ่านท่อไอเสียขาเข้าของ HRSG (HRSG exhaust gas inlet duct) และผนังท่อ HRSG ก่อนถูกปล่อยสู่ชั้นบรรยากาศผ่านทางปล่องไอเสีย โดยผนังท่อ HRSG จะถูกแบ่งเป็นส่วนต่างๆในการถ่ายโอนความร้อนโดยเรียงจากทิศทางการไหลของไอเสียจากต้นทางไปยังปลายทางได้ดังนี้

- Reheater No.2
- HP Superheater No.2
- Reheater No.1
- HP Superheater No.1
- HP Evaporator
- HP Economizer No.2
- IP Superheater
- IP Evaporator
- LP Superheater
- HP Economizer No.1/IP Economizer
- LP Evaporator
- Preheater No.2
- Preheater No.1



ภาพที่ 2.3 ทิศทางการไหลของไอเสียผ่าน HRSG

พื้นผิวที่ให้ความร้อนส่วนใหญ่ทำมาจากท่อครีบ (Finned tubes) แนวตั้งอยู่รวมกันเพื่อสร้างเป็นชุดท่อแลกเปลี่ยนความร้อน มัดท่อทั้งหลายจะถูกแขวนไว้ในโครงและผนังท่อของ HRSG เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ท่อไอเสียเข้าจะติดตั้งชุดขยายข้อต่อชนิดทนอุณหภูมิสูง (High temperature expansion joint) ที่จุดเชื่อมต่อระหว่างตัวกระจายอากาศ (Diffuser) ของกังหันก๊าซ และท่อไอเสียเข้าของ HRSG โดยชุดขยายข้อต่อนี้ถูกออกแบบเพื่อยอมให้เกิดความแตกต่างจากการขยายตัวทางความร้อนระหว่าง ตัวกระจายอากาศและ HRSG

ท่อไอเสียเข้าจะถูกติดตั้งด้วยทรานสมิตเตอร์วัดความดัน 2 ตัว สำหรับสังเกตการณ์ค่าความดันด้านกลับ (Back Pressure) บน HRSG การเพิ่มขึ้นของความดันด้านกลับที่สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดจะส่งผลทำให้กังหันก๊าซเกิดลัดไหลคให้อยู่ในจุดที่ปลอดภัย (Runback) หรือ หยุดเดินเครื่องทันที (Trip) และทรานสมิตเตอร์วัดความดันอีก 3 ตัว จะถูกติดตั้งที่ระยะแตกต่างกันไปตามส่วนต่างๆของ HRSG และในปล่องไอเสีย

เทอมอคัปเปิลจะถูกติดตั้งไว้สำหรับวัดอุณหภูมิของไอเสียใน HRSG ตั้งแต่ท่อไอเสียเข้าของ HRSG จนถึงทางปลายปล่องไอเสีย

ไต้ผนัง HRSG จะถูกติดตั้งด้วยเครื่องระบายที่ควบคุมด้วยมือตั้งแต่หม้อต้มไอน้ำจากท่อไอเสียเข้าจนถึงปล่องไอเสีย เครื่องระบายเหล่านี้ถูกออกแบบเพื่อกำจัดน้ำที่ปนมากับแก๊สใน HRSG

ไอเสียที่เย็นลงแล้ว หลังจากผ่าน Preheater 2 จะไหลผ่านปล่องไอเสียของ HRSG ออกสู่ชั้นบรรยากาศ ชุดขยายข้อต่อชนิดอุณหภูมิต่ำจะติดตั้งอยู่ระหว่าง HRSG และ รอยต่อของปล่องไอเสีย ชุดขยายข้อต่อถูกออกแบบเพื่อยอมให้เกิดความแตกต่างจากการขยายตัวทางความร้อนระหว่าง HRSG และรอยต่อของปล่องไอเสีย ปล่องไอเสียนั้นจะถูกติดตั้งด้วย Stack Damper และ Stack Silencer

Stack Silencer สามารถลดเสียงรบกวนจาก HRSG ให้อยู่ในระดับต่ำกว่าที่กำหนด

Stack Damper ช่วยชะลอการสูญเสียพลังงานระหว่างที่ HRSG หยุดทำงาน ทำให้เวลาที่ใช้สำหรับช่วงเริ่มเดินเครื่อง (Start-up) เร็วขึ้น เฉพาะในกรณีที่หยุดทำงานในระยะเวลาสั้นๆ เช่น หยุดทำงานหนึ่งคืน

ส่วนบนของปล่องจะมีพอร์ตของ CEMS (Continuous Emission Monitoring System) และพอร์ต EPA อีก 4 พอร์ต สำหรับสังเกตการณ์และทดสอบค่ามลพิษ พอร์ตจะตั้งอยู่ที่แพลตฟอร์มเพื่อความสะดวกในการเข้าถึง

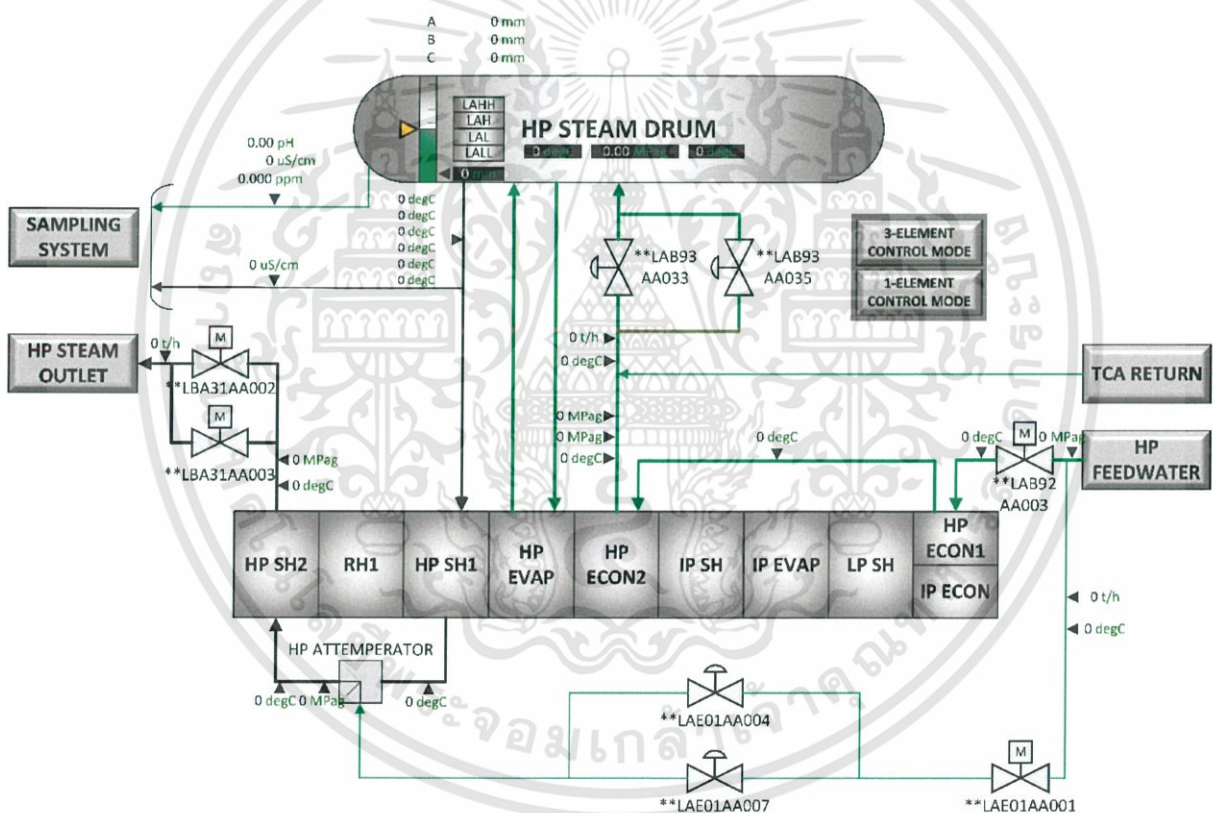
2.2.2 ส่วนที่ 2 ระบบผลิตไอน้ำความดันสูง (High Pressure Steam Generation System)

ระบบผลิตไอน้ำความดันสูงของ HRSG จะผลิตไอน้ำแรงดันสูง (HP Steam) ที่ความดันและอุณหภูมิตามกำหนด ซึ่งผลิตจากพลังงานความร้อนที่ได้จากไอเสียของกังหันก๊าซ

ระบบผลิตไอน้ำความดันสูงติดตั้งอยู่ระหว่างระบบจ่ายน้ำของหม้อน้ำความดันสูง (HP Boiler Feed Water System) และ ระบบการนำไอน้ำไปใช้งาน (Main Steam System)

โดยยังมีวัตถุประสงค์อื่นนอกเหนือจากการผลิตไอน้ำ ดังนี้

- ป้อนน้ำเลี้ยง (Feed Water) ที่เพียงพอไปยังหม้อน้ำความดันสูง (HP Drum) ในทุกโหมดการเดินเครื่อง
- ปิดระบบป้อนน้ำเลี้ยงเมื่อการควบคุมระบบป้อนน้ำทำงานผิดปกติ
- จ่ายน้ำไปยังระบบ Main Steam ในโหมดการเดินเครื่องปกติ
- จ่ายน้ำเลี้ยงความดันสูง (HP Feed Water) ไปยังระบบ HP Desuperheating
- จ่ายน้ำเลี้ยงความดันสูง (HP Feed Water) ไปยังระบบ TCA Cooler
- รักษาและป้องกันอุณหภูมิของไอตรงความดันสูง (HP Superheated Steam) ให้อยู่ภายใต้ระดับที่กำหนดของระบบกังหันไอน้ำ (Steam turbine system) และระบบ HRSG



ภาพที่ 2.4 ระบบผลิตไอน้ำแรงดันสูง

2.2.2.1 ระบบป้อนน้ำเลี้ยงความดันสูง (HP - Feed Water System)

ไลน์ท่อของน้ำเลี้ยงความดันสูงจะถูกติดตั้งด้วยเซ็นเซอร์ (**LAB92AA002) และติดตั้งวาล์วควบคุมด้วยมือ (Manual valve) เพื่อป้องกันการไหลย้อนกลับของน้ำเลี้ยงความดันสูง (HP Feed Water) โดยไลน์นี้สามารถตัดแยกออกจากระบบได้ด้วยการปิดวาล์วมอเตอร์ (**LAB92AA003) วาล์วควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การป้อนน้ำเลี้ยงความดันสูง (**LAB93AA033 & **LAB93AA035) 2 ตัว ถูกติดตั้งอยู่ที่ปลายทาง (Downstream) ของ HP Economizer 2 โดยจะมีวาล์วนิรภัยติดตั้งอยู่ที่ปลายทางของ HP Economizer เพื่อเป็นการป้องกันความดันใน HP Economizer เกินเกณฑ์ที่กำหนดในกรณีที่ว่าลวควบคุมการป้อนน้ำเลี้ยง ปิดขณะ HRSG ยังทำงานอยู่

น้ำเลี้ยงความดันสูงที่ออกจากบ่อบางส่วนจะจ่ายให้แก่ระบบ HP Desuperheater จากนั้นระบบ HP Desuperheater จะจ่ายน้ำไปยัง HP Attenuator ที่ติดตั้งอยู่ระหว่าง HP Superheater 1 และ HP Superheater 2 ซึ่ง HP Attenuator จะควบคุมอุณหภูมิของไอน้ำแรงดันสูงด้วยการสเปรย์น้ำ ในช่วงที่กังหันไอน้ำเริ่มเดินเครื่อง (Start-up) และระหว่างการเดินเครื่องด้วยโหลดบางส่วน (Part load) หรือเดินเครื่องแบบปกติ อัตราการไหลของน้ำเลี้ยงที่จ่ายไปยัง HP Attenuator จะถูกควบคุมด้วยวาล์วควบคุมอุณหภูมิ 2 ตัว (**LAE01AA004 & **LAE01AA007) โดยไลน์นี้สามารถตัดแยกออกจากระบบได้ด้วยวาล์วมอเตอร์ (**LAE01AA001) โดยวาล์วควบคุมอุณหภูมิจะเปิดเมื่อวาล์วมอเตอร์เปิดสุดเท่านั้น

2.2.2.2 ระบบผลิตไอน้ำความดันสูง (HP - Steam Generation)

พื้นผิวให้ความร้อนนั้นทำมาจากท่อครีบ (Finned tube) ระบบ HP นั้นถูกแบ่งย่อย ดังต่อไปนี้ โดยเรียงตามลำดับของน้ำและไอน้ำที่ไหลผ่าน

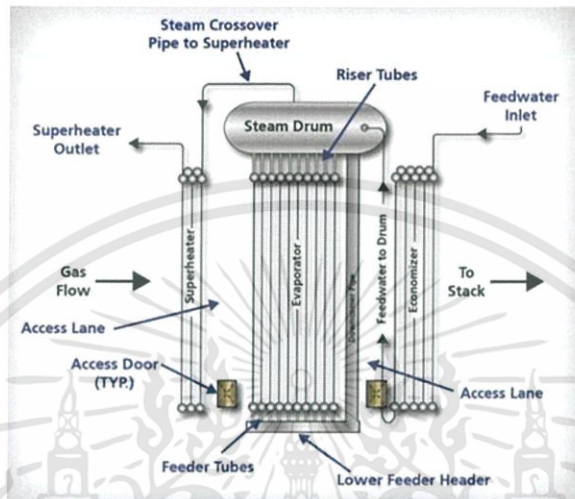
- HP Economizer No.1
- HP Economizer No.2
- HP Evaporator
- HP Superheater No.1
- HP Superheater No.2

HP Economizer 1&2 จะให้ความร้อนกับน้ำเลี้ยงความดันสูง จากอุณหภูมิเริ่มต้นที่เข้ามาให้สูงขึ้นจนถึงอุณหภูมิอิ่มตัวในหม้อพักไอน้ำความดันสูง (HP Drum) ขดท่อจะวางในแนวตั้งซึ่งตั้งฉากกับทิศทางการไหลของไอเสียซึ่งเคลื่อนที่เป็นแนวนอนใน HRSG โดย HP Economizer 1&2 เป็นการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างน้ำและไอเสียในลักษณะสวนทางกัน การออกแบบ HP Economizer นั้นเป็นวิธีที่ดีและไม่มีระบบ Bypass

HP Evaporator คือส่วนที่ผลิตไอน้ำหรือเป็นส่วนที่น้ำกำลังเปลี่ยนเฟสมาเป็นไอน้ำอิ่มตัว (Saturated steam) โดยน้ำจากหม้อพักไอน้ำความดันสูงจะไหลลงมาที่ HP evaporator และระเหยกลายเป็นไอน้ำอิ่มตัวขึ้นไปหม้อพักไอน้ำความดันสูง

HP Superheater จะให้ความร้อนกับไอน้ำที่ออกจากหม้อพักไอน้ำความดันสูงโดยจะเปลี่ยนจากสถานะที่เป็นไอน้ำอิ่มตัวกลายเป็นไอตรง (Superheated steam) ซึ่งอุณหภูมิจะสูงกว่าไอน้ำอิ่มตัว

น้ำจะถูกป้อนจากหม้อพักไอน้ำความดันสูงผ่าน Downcomer ไปยัง Inlet Header ของ HP Evaporator และใช้วัฏจักรธรรมชาติซึ่งอาศัยหลักการความแตกต่างของความหนาแน่น น้ำที่เย็นกว่าจะพยายามดันน้ำที่ร้อนกว่าหรือไอน้ำใน Tube Risers จาก Outlet Header กลับไปยังหม้อพักไอน้ำความดันสูง



ภาพที่ 2.5 ลักษณะของ Evaporator

หม้อพักไอน้ำความดันสูง (HP Drum) ต้องมีฟังก์ชันการทำงานดังต่อไปนี้

- รองรับการผสมกันระหว่างน้ำเลี้ยง และ น้ำที่อยู่ในหม้อพักไอน้ำอยู่แล้วได้ดี
- เป็นจุดน้ำสำรองที่จำเป็นสำหรับระบบหมุนเวียนน้ำใน HRSG
- ยอมให้น้ำขยายตัวในระหว่างช่วงเริ่มเดินเครื่อง
- รับรองได้ว่าสามารถแยกส่วนระหว่างน้ำและไอน้ำได้ดี

ความจุของหม้อพักไอน้ำความดันสูงถูกเลือกให้มั่นใจว่ามีความปลอดภัยและการเดินเครื่องมีเสถียรภาพภายใต้เงื่อนไขการเดินเครื่องแบบปกติทั้งหมด หม้อพักไอน้ำความดันสูงจะถูกออกแบบให้รักษาระดับน้ำ 3 นาที จากระดับน้ำปกติถึงระดับ low-low ซึ่งขึ้นอยู่กับอัตราการไหลของไอน้ำคือ 723,427 lb/hr (328.14 tonne/hr) (อัตราการไหลสูงสุดที่คาดการณ์ไว้เมื่อเทียบกับขนาดหม้อพักไอน้ำ) หม้อพักไอน้ำความดันสูงจะติดตั้งไว้ข้างนอกของ HRSG เพื่อไม่ให้ได้รับความร้อนจากไอเสีย

การแยกน้ำและไอน้ำออกจากกันทำได้โดยใช้ระบบแยกน้ำ/ไอน้ำซึ่งสามารถจำกัดน้ำที่ปะปนเข้าไปใน Superheater ให้เหลือน้อยกว่า 1%

ไอน้ำอิมตัวไหลจากหม้อพักไอน้ำความดันสูงผ่านข้อต่อท่อไปยัง HP Superheater ซึ่ง HP Superheater นั้นจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนโดย HP Attenuator จะติดตั้งอยู่ในข้อต่อท่อระหว่าง 2 ส่วนนี้

วาล์วนิรภัย 2 ตัว จะติดตั้งไว้บนหม้อพักไอน้ำความดันสูง เพื่อป้องกันระบบอีกชั้น หากเกิดเหตุการณ์ที่ความดันมากเกินไป

หม้อพักไอน้ำจะถูกติดตั้งด้วยทรานสมิตเตอร์วัดระดับ (Level Transmitter) 3 ตัว สำหรับสังเกตการณ์และควบคุมระดับน้ำในหม้อพักไอน้ำ จะเป็นการทำงานแบบ 2 of 3 บนพื้นฐานทางลอจิก หากวัดระดับน้ำได้สองในสามตัวจะสั่งการให้เตือนหรือหยุดเดินเครื่องตามสภาวะที่ได้กำหนดไว้ โดยสัญญาณเหล่านี้จะถูกใช้ในระบบควบคุมแยกส่วน (Distributed Control System : DCS) หม้อพักไอน้ำยังถูกติดตั้งด้วย Remote Level Indicator 2 ตัว โดยจะแสดงค่าบนหน้าจอในห้องควบคุมแต่ไม่ใช้ใน DCS และไม่ได้มีไว้เพื่อการควบคุมหรือมีวัตถุประสงค์เพื่อใช้หยุดเครื่อง หม้อพักไอน้ำยังถูกติดตั้งด้วยมาตรวัดระดับ (Level gauge) 2 ตัว เพื่อดูค่าระดับน้ำในหม้อพักไอน้ำที่ HRSG

เซนเซอร์วัดอุณหภูมิจะถูกติดตั้งอยู่ที่พื้นผิวด้านนอกของหม้อพักไอน้ำโดยผ่านทาง ตัว weld pad สำหรับใช้สังเกตการณ์อุณหภูมิของผนังหม้อพักไอน้ำ

จะมีส่วนสำหรับเชื่อมต่อสำหรับเก็บตัวอย่างของน้ำจากหม้อพักไอน้ำความดันสูง และไอน้ำอิ่มตัว ขณะทำการเกิดเครื่อง

ไลน์ท่อที่ใช้ระบายน้ำและไอน้ำแบบต่อเนื่องจากหม้อพักไอน้ำความดันสูงไปยัง Atmospheric Blowdown tank จะถูกติดตั้งด้วยวาล์วมอเตอร์ (**HAG31AA047) และ วาล์วควบคุม (**HAG31AA048) การควบคุมการระบายนี้ขึ้นอยู่กับหลักเกณฑ์ทางเคมีของน้ำและการวิเคราะห์ตัวอย่างต่างๆ ที่ได้จาก HRSG ไลน์ท่อที่ใช้ระบายน้ำและไอน้ำแบบไม่ต่อเนื่องจากหม้อพักไอน้ำความดันสูงไปยัง Atmospheric blowdown tank จะถูกติดตั้งด้วย วาล์วเปิดปิด (Shut-off Valve) (**HAG31AA051) ส่วนที่ใช้ระบายไอน้ำอิ่มตัวความดันสูง (HP Saturated Steam) ไปยัง Atmospheric Blowdown Tank นั้นจะถูกติดตั้งด้วยวาล์วมอเตอร์ (**HAG31AA921) ระบบทำความสะอาดด้วยสารเคมีจะถูกติดตั้งไว้ที่ Evaporator Downcomer

2.2.2.3 ระบบผลิตไอน้ำความดันสูง (HP - Superheater System)

ระบบ HP Superheater จะรับไอน้ำอิ่มตัวความดันสูงจากหม้อพักไอน้ำความดันสูง และเปลี่ยนเป็นไอน้ำความดันสูงเพื่อนำไปใช้ในระบบ Main Steam Piping

ไอน้ำจะถูกให้ความร้อนจาก 2 สเตจ นั่นคือ HP Superheater 1&2 โดย Interstage Desuperheater หรือ HP Attemperator นั้นใช้สำหรับควบคุมอุณหภูมิของไอน้ำความดันสูงที่ผ่าน HP Superheater 1 มาแล้ว โดยจะใช้ควบคุมระหว่างการเดินเครื่องด้วยโหลดบางส่วน (Part Load) หรือ อุณหภูมิของไอน้ำความดันสูงไม่เป็นไปตามที่กำหนดไว้

HP Superheater 1 ถูกติดตั้งด้วยระบบตรวจจับการควบแน่น (Condensate Detection System) เพื่อใช้สังเกตการณ์ระดับของน้ำในตัวระบาย หากมีการตรวจจับน้ำได้ วาล์วระบาย (**HAH31AA910) จะทำการเปิดเพื่อกำจัดน้ำที่เกิดจากการควบแน่นนี้ โดย ทรานสมิตเตอร์วัดอุณหภูมิ 2 ตัว

(**HAH31CT101/102) บนวาล์วระบายแต่ละตัวจะถูกออกแบบให้ปิดวาล์วระบายถ้า Level switch (**HAH31CL209/210) ทำงานผิดพลาด

Desuperheater drip pot จะถูกติดตั้งอยู่ปลายทางของ HP Desuperheater drip pot นี้ถูกออกแบบเพื่อป้องกันการหลุดเข้ามาของน้ำที่ไม่ระเหย (Non-evaporated water) ไปยัง HP Superheat 2 ถ้าตรวจจับน้ำได้ วาล์วระบาย (**HAH31AA910) จะเปิดเพื่อกำจัดออก โดยทรานสมิตเตอร์วัดอุณหภูมิ 2 ตัว (**HAH31CT110/111) จะถูกออกแบบให้ปิดวาล์วระบายเมื่อมีการตรวจจับไอน้ำ

HP Superheater 2 ถูกติดตั้งด้วยระบบตรวจจับการควบแน่น เพื่อสังเกตการณ์น้ำในตัวระบาย ถ้าตรวจจับน้ำได้วาล์วระบาย (**HAH32AA902/904) จะเปิดเพื่อกำจัดออก ทรานสมิตเตอร์วัดอุณหภูมิ (**HAH32CT101/102) ในแต่ละวาล์วระบาย จะถูกออกแบบให้ปิดวาล์วระบายเมื่อมีการตรวจจับไอน้ำ

2.2.2.4 ระบบนำไอน้ำความดันสูงไปใช้งาน (HP-Main Steam Piping System)

ระบบ HP Main Steam Piping จะรับไอน้ำความดันสูงจาก HRSG และ ส่งไปยังกังหันไอน้ำ (Steam Turbine : ST)

วาล์วนิรภัย (**LBA31AA191) ถูกติดตั้งเพื่อป้องกันระบบหากมีความดันมากเกินไป Low point drain จะถูกติดตั้งด้วย วาล์วลม (**LBA31AA904) เพื่อกำจัดน้ำที่เกิดจากการควบแน่นทั้งหมดที่สะสมในไลน์ท่อ

Stop-check valve (**LBA31AA001) ถูกติดตั้งเพื่อป้องกันการไหลย้อนกลับของไอน้ำความดันสูง

วาล์วมอเตอร์ (**LBA31AA002) และ Visible free blow drain จะถูกติดตั้งในไลน์ Main steam ตามความต้องการของ ASME วาล์วมอเตอร์ (**LBA31AA003) อีกตัว จะถูกติดตั้งไว้ที่ไลน์บายพาสข้างๆกัน เพื่อทำการอุ่นไลน์ท่อและปรับอุณหภูมิให้เท่ากันในขณะที่เริ่มเดินเครื่อง

เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ จะติดตั้งไว้เพื่อวัดอุณหภูมิของไอน้ำ ที่จุดต่างๆตลอดจนส่วนของ Superheater

ทรานสมิตเตอร์วัดความดันจะติดตั้งไว้เพื่อวัดความดันของไอน้ำที่จุดต่างๆตลอดจนส่วนของ Superheater

2.2.3 ส่วนที่ 3 ระบบผลิตไอน้ำความดันปานกลาง (Intermediate Pressure Steam Generation System)

ระบบผลิตไอน้ำความดันปานกลางของ HRSG จะผลิตไอน้ำแรงดันปานกลาง (IP Steam) ที่ความดันและอุณหภูมิตามที่กำหนด ซึ่งผลิตจากพลังงานความร้อนที่ได้จากไอเสียของกังหันก๊าซ โดยไอน้ำแรงดันปานกลางจะนำมารวมกับไอน้ำ Cold Reheat (CRH) ที่ออกจากกังหันไอน้ำความดันสูง (HP Steam Turbine)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อ 12 วิชาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และเข้าไปยังระบบ Reheat (RH) ไอตงที่ได้จากระบบ Reheat นี้จะถูกจ่ายไปยังกังหันไอน้ำความดันปานกลาง (IP Steam Turbine)

โดยระบบนี้ยังมีวัตถุประสงค์อื่นนอกเหนือจากการผลิตไอน้ำ ดังนี้

- ส่งน้ำเลี้ยง (Feed Water) ที่เพียงพอไปยังหม้อพักไอน้ำความดันปานกลาง (IP Drum) ในทุกโหมดการเดินเครื่อง
- ปิดระบบป้อนน้ำเลี้ยงเมื่อการควบคุมระบบป้อนน้ำทำงานผิดปกติ
- ควบคุมอุณหภูมิของน้ำเลี้ยงที่เข้าไปยังหม้อพักไอน้ำความดันปานกลาง
- จ่ายไอน้ำไปยังระบบ Reheat Steam ในขณะที่เดินเครื่องแบบปกติ
- จ่ายน้ำเลี้ยงแรงดันปานกลาง (IP Feed Water) ไปยังระบบ RH Desuperheater
- จ่ายน้ำไปที่ระบบ Fuel Gas Heater
- รักษาและป้องกันอุณหภูมิของไอตงความดันปานกลางให้อยู่ภายใต้ระดับที่กำหนดของระบบกังหันไอน้ำ (Steam turbine system) และระบบ HRSG โดยระดับที่กำหนดนี้จะใช้ในทุกโหมดการเดินเครื่อง

2.2.3.1 ระบบป้อนน้ำเลี้ยงความดันปานกลาง (IP - Feed water System)

ไลน์ของน้ำเลี้ยงความดันปานกลาง (IP Feed Water) ถูกติดตั้งด้วยเช็ควาล์ว (**LAB82AA004) เพื่อป้องกันการไหลย้อนกลับของน้ำเลี้ยงความดันปานกลาง ไลน์นี้สามารถตัดแยกออกจากระบบด้วยการปิดวาล์วมอเตอร์ (**LAB82AA005) ส่วนวาล์วนิรภัย (**LAB83AA191) จะถูกติดตั้งที่ปลายทาง (Downstream) ของ IP Economizer เพื่อป้องกันความดันใน IP Economizer เกินระดับที่กำหนดในกรณีวาล์วควบคุมการป้อนน้ำเลี้ยงปิดขณะ HRSG ทำงานอยู่

น้ำเลี้ยงความดันปานกลางบางส่วนจะถูกจ่ายให้ RH Desuperheater โดยระบบ RH Desuperheater จะจ่ายน้ำไปยัง RH Attenuator ที่ติดตั้งอยู่ระหว่าง Reheater 1 และ Reheater 2 โดย RH Attenuator จะจำกัดอุณหภูมิของไอน้ำในช่วงที่กังหันไอน้ำเริ่มเดินเครื่อง (Start-up) และระหว่างการเดินเครื่องด้วยโหลดบางส่วน (Part Load) หรือการเดินเครื่องแบบปกติ อัตราการไหลของน้ำที่ป้อนไปยัง RH Attenuator จะถูกควบคุมด้วยวาล์วควบคุมอุณหภูมิ 2 ตัว (**LAF01AA004/007) โดยไลน์ท่อนี้สามารถตัดแยกออกจากระบบได้โดยใช้วาล์วมอเตอร์ (**LAF01AA001) ซึ่งวาล์วควบคุมอุณหภูมิจะเปิดเมื่อวาล์วมอเตอร์เปิดสุดเท่านั้น

IP Economizer Bypass Valve เป็นวาล์วลม (**HAC21AA006) ถูกออกแบบเพื่อบายพาสน้ำเลี้ยงความดันปานกลางบางส่วนที่จะเข้าไปยัง IP Economizer ให้เข้าหม้อพักไอน้ำความดันปานกลาง (IP drum) โดยทันที เพื่อช่วยควบคุมอุณหภูมิน้ำขาออก (**LAB83CT102) ของ Economizer โดย IP Economizer Bypass Valve จะใช้ในระหว่างที่เดินเครื่องด้วยน้ำมัน เพื่อลดโอกาสที่ให้น้ำเปลี่ยนเฟสเป็น

ไอน้ำแล้วไหลผ่าน IP Feed Water Control Valve () โดยการควบคุมของ Bypass valve ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิขาออกของน้ำเลี้ยงที่ออกจาก IP Economizer

ส่วนที่แยกไปยัง Fuel Gas Heater นั้นถูกนำออกจากระบบของ IP ก่อนที่จะผ่านไปยังอุปกรณ์วัดอัตราการไหล และ IP Level Control Valve หรือก็คือนำออกมาหลังจาก IP Economizer แล้ว

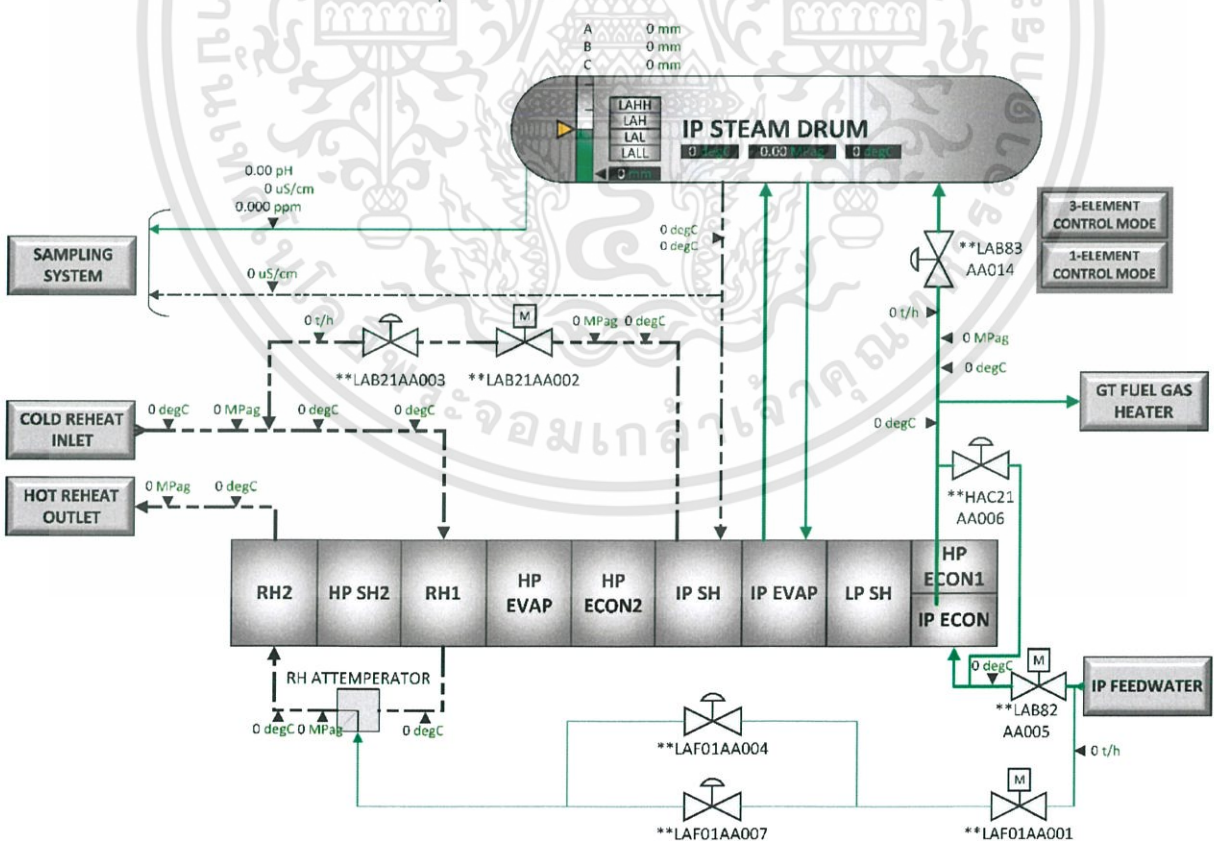
IP Level Control Valve (**LAB83AA014) จะถูกติดตั้งอยู่ที่ปลายทาง (Downstream) ของ IP Economizer

อุปกรณ์วัดอุณหภูมิถูกติดตั้งไว้ต้นทาง (Upstream) และปลายทาง (Downstream) ของ IP Economizer เพื่อสังเกตการณ์ค่าอุณหภูมิที่พุ่งสูงขึ้นในเขตท่อ

2.2.3.2 ระบบผลิตไอน้ำความดันปานกลาง (IP - Steam Generation)

พื้นผิวให้ความร้อนของระบบ IP นั้นทำมาจากท่อครีบ (Finned tube) ระบบ IP นั้นถูกแบ่งย่อยดังต่อไปนี้ โดยเรียงตามลำดับที่ของไหล (น้ำและไอน้ำ) ไหลผ่าน

- IP Economizer
- IP Evaporator
- IP Superheater



ภาพที่ 2.6 ระบบผลิตไอน้ำแรงดันปานกลาง

IP Economizer ให้ความร้อนกับ Boiler Feed Water จากสถานะเริ่มต้นไปสู่ น้ำที่มีอุณหภูมิอิ่มตัวเคลื่อนที่ไปยังหม้อพักไอน้ำความดันปานกลาง

IP Evaporator คือส่วนที่ผลิตไอน้ำ หรือส่วนที่น้ำกำลังเปลี่ยนเฟสเป็นไอน้ำอิ่มตัว (Saturated Steam) โดยน้ำจากหม้อพักไอน้ำความดันปานกลางจะไหลลงไปที่ IP Evaporator และระเหยกลายเป็นไอน้ำอิ่มตัวขึ้นไป ที่ หม้อพักไอน้ำความดันปานกลาง

IP Superheater จะให้ความร้อนกับไอน้ำที่ออกจากหม้อพักไอน้ำความดันปานกลาง โดยจะเปลี่ยนจากสถานะที่เป็นไอน้ำอิ่มตัวกลายเป็นไอตรง (Superheated Steam) ซึ่งอุณหภูมิจะสูงกว่าไอน้ำอิ่มตัว

น้ำเลี้ยง (Feed water) จะถูกปั๊มโดย Feed Water Pump จาก Preheater No.2 ขาออก ไปยัง IP Economizer

น้ำจะถูกปั๊มจากหม้อพักไอน้ำความดันปานกลางผ่าน Downcomer ไป Inlet header ของ IP Evaporator และใช้วัฏจักรธรรมชาติซึ่งอาศัยหลักการความแตกต่างของความหนาแน่น น้ำที่เย็นกว่าจะพยายามดันน้ำที่ร้อนกว่าหรือไอน้ำใน Tube risers จาก Outlet header กลับไปยัง หม้อพักไอน้ำความดันปานกลาง

หม้อพักไอน้ำความดันปานกลาง ต้องมีฟังก์ชันการทำงานดังต่อไปนี้

- รองรับการผลิตระหว่างน้ำเลี้ยงและ Boiler water
- เป็นน้ำสำรองที่จำเป็นสำหรับระบบหมุนเวียน
- ยอมให้น้ำขยายตัวระหว่างเริ่มเดินเครื่อง
- รับรองได้ว่าสามารถแยกส่วนระหว่างน้ำและไอน้ำได้

การเลือกความจุหม้อพักไอน้ำความดันปานกลางต้องมั่นใจว่ามีความปลอดภัยและการเดินเครื่องมีเสถียรภาพภายใต้เงื่อนไขการเดินเครื่องแบบปกติทั้งหมด หม้อพักไอน้ำความดันปานกลางถูกออกแบบให้รักษาระดับน้ำ 5 นาที จากระดับน้ำปกติ ถึงระดับ low-low ซึ่งขึ้นอยู่กับอัตราการไหลของไอน้ำคือ 175,475 lb/hr (79.59 tonne/hr) (อัตราการไหลสูงสุดที่คาดการณ์ไว้เมื่อเทียบกับขนาดหม้อพักไอน้ำ) หม้อพักไอน้ำความดันปานกลางจะติดตั้งไว้ข้างนอกของ HRSG เพื่อไม่ให้ได้รับความร้อนจากแก๊สไอเสีย

การแยกน้ำและไอน้ำออกจากกันทำได้โดยใช้ระบบแยกน้ำ/ไอน้ำซึ่งสามารถจำกัดน้ำที่ปะปนเข้าไปใน Superheater ให้น้อยกว่า 1%

วาล์วนิรภัย (**HAG21AA191) ถูกติดตั้งบนหม้อพักไอน้ำความดันปานกลางเพื่อป้องกันระบบหากมีความดันเกินกว่าปกติ

หม้อพักไอน้ำความดันปานกลางจะถูกติดตั้งด้วยทรานสมิตเตอร์วัดระดับ (Level Transmitter) 3 ตัว สำหรับสังเกตการณ์และควบคุมระดับน้ำในหม้อพักไอน้ำ จะเป็นการทำงานแบบ 2 of 3 บนพื้นฐานลอจิก หากวัดได้ 2 ใน 3 ตัว จะสั่งการให้เตือนหรือหยุดเครื่องตามสถานะที่ได้กำหนดไว้ โดยสัญญาณเหล่านี้จะถูกใช้ใน DCS โดยหม้อพักไอน้ำยังถูกติดตั้งด้วย Remote Level Indicator 2 ตัว โดยจะ

แสดงค่าบนหน้าจอในห้องควบคุมแต่ไม่ใช้ใน DCS และไม่ได้มีไว้เพื่อการควบคุมหรือมีวัตถุประสงค์เพื่อใช้หยุดเครื่อง นอกจากนี้หม้อพักไอน้ำยังถูกติดตั้งด้วย Level Gauge 2 ตัว เพื่อดูค่าระดับของหม้อพักไอน้ำที่ HRSG เซนเซอร์วัดอุณหภูมิจะถูกติดตั้งอยู่ที่พื้นผิวด้านนอกของ หม้อพักไอน้ำ โดยผ่านทางตัว weld pad สำหรับใช้สังเกตการณ์อุณหภูมิของผนังหม้อพักไอน้ำ

จะมีส่วนไว้เชื่อมต่อสำหรับเก็บตัวอย่างของน้ำจาก หม้อพักไอน้ำความดันปานกลางและไอน้ำอิ่มตัว ขณะทำการเดินเครื่อง

ไลน์ท่อที่ใช้ระบายน้ำและไอน้ำอย่างต่อเนื่องจาก หม้อพักไอน้ำความดันปานกลางไปยัง Atmospheric Blowdown Tank จะถูกติดตั้งด้วยวาล์วมอเตอร์ (**HAG21AA047) และ วาล์วควบคุม (**HAG21AA048) การควบคุมการระบายนี้ ขึ้นอยู่กับหลักเกณฑ์ทางเคมีของน้ำและการวิเคราะห์ตัวอย่างต่างๆที่ได้จาก HRSG ไลน์ท่อที่ใช้ระบายน้ำและไอน้ำอย่างต่อเนื่องจากหม้อพักไอน้ำความดันปานกลางไป Atmospheric Blowdown Tank จะติดตั้งด้วย Pneumatic Isolation Valve (**HAG21AA051) ส่วนที่ใช้ระบายไอน้ำอิ่มตัวความดันปานกลาง (IP Saturated Steam) ไปยัง Blowdown Tank นั้นจะถูกติดตั้งด้วยวาล์วมอเตอร์ (**HAG21AA916) ระบบทำความสะอาดด้วยสารเคมีจะถูกติดตั้งไว้ที่ Evaporator Downcomer

2.2.3.3 ระบบผลิตไอน้ำความดันปานกลาง (IP-Superheater System)

ระบบ IP Superheater จะรับไอน้ำความดันปานกลางจากหม้อพักไอน้ำความดันปานกลาง และเปลี่ยนเป็นไอน้ำความดันปานกลาง (IP Superheated Steam) เพื่อนำไปใช้ในระบบ IP Steam Piping

ไอน้ำจะถูกให้ความร้อนจาก 1 สเตจ เนื่องจากมีแค่ IP Superheater 1 ตัว IP Superheater จะถูกติดตั้งด้วยระบบตรวจจับการควบแน่น (Condensate Detection System) เพื่อสังเกตการณ์ระดับของน้ำในตัวระบาย หากตรวจจบน้ำได้วาล์วระบาย (**HAG21AA920) จะเปิดเพื่อกำจัดน้ำที่ควบแน่นนี้ ตัววาล์วระบายจะถูกออกแบบให้ปิดวาล์ว ถ้า Level Switch (**HAG21CL2003) ไม่สามารถตรวจจับได้

2.2.3.4 ระบบนำไอน้ำความดันปานกลางไปใช้ (IP-Steam Piping)

ไอน้ำอิ่มตัวจะไหลจากหม้อพักไอน้ำความดันปานกลางผ่านส่วนของชุดเชื่อมต่อไปยัง IP Superheater

วาล์วนิรภัย (**LBA21AA191) จะถูกติดตั้งเพื่อป้องกันระบบมีความดันมากเกินไป Low point drain จะถูกติดตั้งด้วยวาล์วลม (**LBA21AA904) เพื่อกำจัดน้ำที่เกิดจากการควบแน่นทั้งหมดที่สะสมในท่อ

Pneumatic Operated Butterfly Valve (**LBA21AA003) จะถูกติดตั้งในจุดที่เชื่อมต่อไลน์จาก IP Superheater ถึงไลน์ Reheater Cold Inlet ซึ่งช่วยป้องกันระบบ IP จากความดันที่ผัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อ 16 ศึกษานี้เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผวนอย่างฉับพลันซึ่งเป็นที่ทำให้เกิดความผันผวนของระดับน้ำในหม้อพักไอน้ำความดันปานกลาง ตัว Butterfly Valve นี้ สามารถตัดแยกระบบของ IP ออกจากระบบ Reheat ได้โดยการปิดวาล์ว

เซนเซอร์วัดอุณหภูมิจะติดตั้งไว้เพื่อวัดอุณหภูมิของไอน้ำ ที่จุดต่างๆตลอดจนส่วนของ Superheater

ทรานสมิตเตอร์วัดความดันจะติดตั้งไว้เพื่อวัดความดันของไอน้ำ ที่จุดต่างๆตลอดจนส่วนของ Superheater

2.2.3.5 Reheater

Reheater ถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วน โดยตั้งอยู่ปลายทางของท่อไอเสียขาเข้าของ HRSG และที่ต้นทางของระบบ HP Evaporator

ในระหว่างเดินเครื่องแบบปกติไอน้ำที่นำไปใช้ปั่นกังหันไอน้ำความดันสูง (HP Steam Turbine) แล้ว จะถูกส่งไปยัง Reheater และส่งไปที่ขาเข้าของกังหันไอน้ำความดันปานกลาง (IP Steam Turbine) ก่อนที่จะเข้าไปในส่วนของ Reheater ไอน้ำที่ปั่นกังหันไอน้ำความดันสูงแล้วจะผสมกับไอน้ำความดันปานกลาง (IP Superheat Steam) ที่ออกมาจาก IP Superheater

วาล์วควบคุมด้วยมือ (**LBC01AA001) มีไว้เพื่อตัดแยกระบบ CRH จากระบบกังหันไอน้ำ

ขาเข้าของ RH No.1 นั้นถูกติดตั้งด้วยระบบตรวจจับการควบแน่น เพื่อสังเกตการณ์ระดับน้ำในตัวระบาย ถ้าน้ำถูกตรวจจับได้ วาล์วลม (**LBC01AA902) จะเปิดเพื่อกำจัดน้ำควบแน่นออกไป ทรานสมิตเตอร์วัดอุณหภูมิ (LBC01CT104) ที่อยู่บนตัวระบายนั้นถูกออกแบบมาให้ปิดวาล์วระบายหากมีการตรวจจับไอน้ำ

Desuperheat drip pot จะตั้งอยู่ที่ต้นทางและปลายทางของ RH Desuperheater drip pots นี้ถูกออกแบบเพื่อป้องกันการสะสมของน้ำที่ควบแน่นหรือป้องกันน้ำที่ไม่เปลี่ยนเป็นไอน้ำเล็ดลอดเข้ามาในส่วนของ RH No.2 ถ้าตรวจจับน้ำได้ วาล์วลม (**HAJ01AA911/915) จะเป็นตัวเปิดเพื่อกำจัดน้ำเหล่านั้น ทรานสมิตเตอร์วัดอุณหภูมิ (**HAJ01CT113/116/117/118) ถูกออกแบบมาให้ปิดวาล์วระบายเมื่อมีการตรวจจับไอน้ำ

RH Desuperheating Station ถูกใช้เพื่อควบคุมอุณหภูมิขั้นสุดท้ายของไอน้ำ (**LBB01CT101/102) ที่ผ่าน Reheater ในระหว่างเดินเครื่องด้วยโหลดบางส่วน (Part Load) หรือสถานะที่ไม่ตรงตามที่ออกแบบ อุณหภูมิของไอน้ำที่ RH Desuperheater และ Reheater No.2 ด้านขาออกต้องทำการสังเกตเพื่อให้มั่นใจได้ว่าอุณหภูมิจะไม่เกินขีดจำกัดที่ออกแบบไว้ในระหว่างเดินเครื่อง

วาล์วนิรภัยถูกติดตั้งไว้ทั้งทางด้านต้นทาง (**LBC01AA191/192) และปลายทาง (**LBB01AA191) ของ Reheater เพื่อป้องกันการระบบจากความดันที่สูงเกินไป

วาล์วควบคุมด้วยมือ (**LBB01AA001) จะถูกใช้เพื่อแยกระบบ HRH จากระบบกังหันไอน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อ 17 ศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เซนเซอร์วัดอุณหภูมิจะติดตั้งไว้เพื่อวัดอุณหภูมิของไอน้ำที่จุดต่างๆตลอดจนส่วน

ของ Reheater

ทรานสมิตเตอร์วัดความดันจะติดตั้งไว้เพื่อวัดความดันของไอน้ำ ที่จุดต่างๆตลอดจน

ส่วนของ Reheater

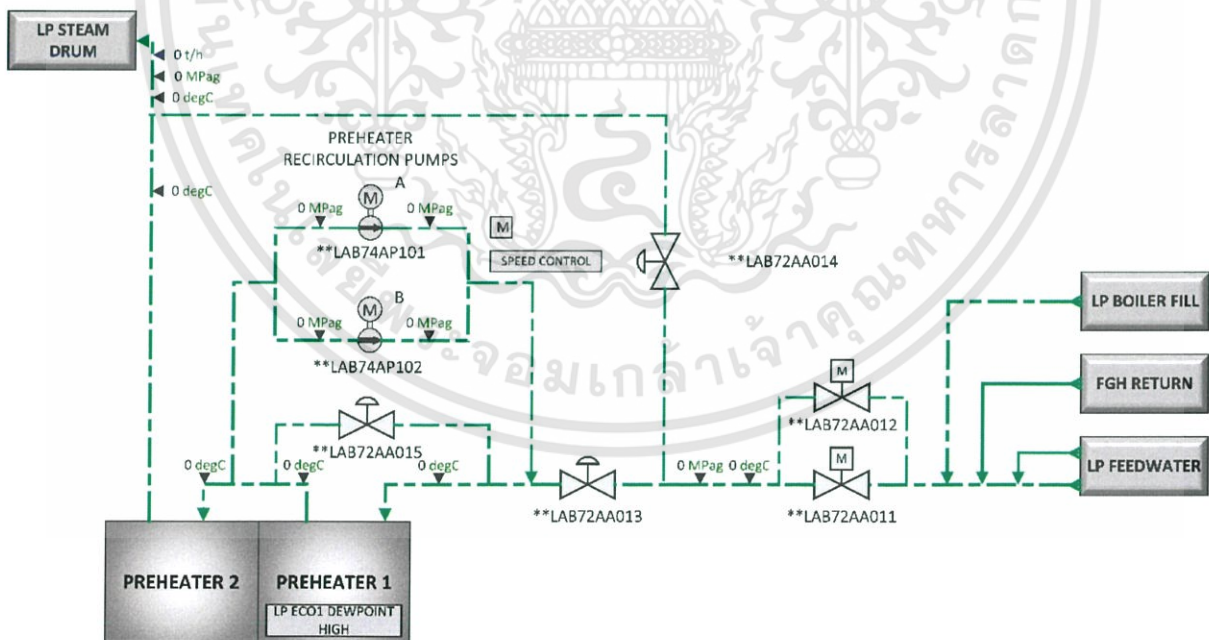
2.2.4 ส่วนที่ 4 ระบบผลิตไอน้ำความดันต่ำ (Low Pressure Steam Generation)

ระบบผลิตไอน้ำความดันต่ำของ HRSG จะผลิตไอน้ำความดันต่ำ (LP Steam) ที่ความดันและอุณหภูมิตามที่กำหนด ซึ่งผลิตจากพลังงานความร้อนที่ได้จากแก๊สไอเสียของกังหันก๊าซ

โดยยังมีวัตถุประสงค์อื่นนอกเหนือจากการผลิตไอน้ำ ดังนี้

- ป้อนไอน้ำความดันต่ำ (LP Superheated Steam) จาก HRSG ไปยังระบบไอน้ำความดันต่ำในระหว่างเดินเครื่องปกติ
- ปิดระบบป้อนน้ำเลี้ยง (Feed Water System) เมื่อการควบคุมระบบป้อนน้ำทำงานผิดปกติเพื่อป้องกันการป้อนน้ำเลี้ยงมากเกินไป
- ส่งน้ำเลี้ยงไปยังเครื่องหม้อพักไอน้ำความดันต่ำ (LP Drum) ขณะเริ่มเดินเครื่อง

2.2.4.1 ระบบป้อนน้ำเลี้ยงความดันต่ำ (LP - Feed Water System)



ภาพที่ 2.7 ระบบ Preheater

Condensate Extraction Pump จะป้อนน้ำเลี้ยงความดันต่ำ (LP Feed water) ผ่านการให้ความร้อนจาก Preheaters เข้าสู่ หม้อพักไอน้ำความดันต่ำ

ระบบสังเกตการณ์จุดไอน้ำกลั่นตัว (Dew Point Monitoring System) จะถูกติดตั้งไว้ที่ Preheater No.1 ระบบนี้ถูกออกแบบเพื่อตรวจจับการสะสมของน้ำจากการควบแน่นที่ Preheater No.1 ถ้าน้ำจากการควบแน่นถูกตรวจจับได้ ค่าเซตพอยท์ของอุณหภูมิของระบบหมุนเวียนจะต้องเพิ่มขึ้นเองจนกว่า จะไม่สามารถตรวจพบการควบแน่นได้

ไลน์ HP/IP Boiler Feed Pump Recirculation จะป้อนน้ำไปยังท่อขาเข้าของ ระบบป้อนน้ำเลี้ยงความดันต่ำ (LP Feed Water System) โดยจะติดตั้งเช็ควาล์ว (**LAB72AA005) เพื่อ ป้องกันการไหลย้อนกลับไปยังระบบ Fuel Gas Heater

ไลน์ LP Feed Water จะติดตั้งเช็ควาล์ว (**LAB72AA010) เพื่อป้องกันการไหลย้อนกลับของ LP Feed water โดยไลน์ป้อนน้ำเลี้ยงความดันต่ำ (LP Feed Water) สามารถตัดแยกระบบได้ โดยใช้วาล์วมอเตอร์ (**LAB72AA007) โดยวาล์วตัวนี้จะมี Motorized Bypass Valve (**LAB72AA012) เพื่อ ใช้สำหรับวอร์มอัพระบบ

Redundant Recirculation Pump จะดูดน้ำจากขาออกของ Preheater No.1 เพื่อให้ความร้อนกับน้ำที่จะเข้า Preheater No.1 ให้อุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิการกลั่นตัวของไอน้ำกรดกำมะถัน (Acid dew point) อุณหภูมิของน้ำที่จะเข้าไปยัง Preheater No.1 (**LAB72CT102) นั้นถูกควบคุมด้วย VFD (Variable frequency drive) pump ตัว LP Eco1 Bypass Control Valve (**LAB72AA015) จะบายพาส บางส่วนของน้ำที่อยู่ใน Preheater No.1 เพื่อควบคุมอุณหภูมิของน้ำที่จะเข้าไปยัง Recirculation Pump ด้วยเหตุ นี้จึงทำให้น้ำที่เข้าสู่ Preheater No.1 ถูกควบคุมด้วย

การบายพาส Preheater ถูกใช้เพื่อป้องกันน้ำกลายเป็นไอน้ำที่ Boiler Feed Pump ขณะเดินเครื่องแบบปกติ และช่วยรักษาอุณหภูมิในเขตท่อให้อยู่สูงกว่า Acid Dew Point ขณะเดินเครื่องด้วย น้ำมัน หรือ ในกรณีที่อุณหภูมิของน้ำเลี้ยงที่ถูกป้อนเข้ามาต่ำ ถ้า LP Eco1 Bypass Control Valve (**LAB72AA015) เปิดเกินกว่าเซตพอยท์ที่กำหนด ตัวมันและ LP Eco1 Inlet Control Valve (**LAB72AA013) จะปรับสมดุลกันเพื่อบายพาสน้ำจาก Preheater No.1 ให้เพียงพอ เพื่อให้ได้ตามค่าเซตพอยท์ LP Eco Bypass Control Valve (**LAB72AA014) จะเริ่มเปิดเพื่อบายพาสน้ำที่จะเข้า Preheater No.1 & No.2 เพื่อให้มั่นใจว่าจะไม่มีน้ำที่จะกลายเป็นไอเกิดขึ้นที่ Boiler Feed Pump โดยการบายพาสนี้ ต้องการใช้ในขณะเดินเครื่องด้วยน้ำมัน การบายพาสรอบๆ Preheater No.1 นี้จะถูกใช้งานโดยสัมพันธ์กับ Recirculation pump เมื่อ Recirculation Pump ถึงขีดความสามารถของมันแล้ว (ในกรณีเดินเครื่องด้วย น้ำมันและอุณหภูมิของน้ำเลี้ยงที่ป้อนเข้าต่ำ) การปิด LP Eco1 Inlet Control Valve (**LAB72AA013) และ เปิด LP Eco bypass valve (**LAB72AA014) จะทำให้น้ำไหลเข้าสู่ Preheater No.1 น้อยลง การรักษา อุณหภูมิที่จะเข้า Preheater No.1 ให้สูงกว่า Acid dew point ได้นั้น เนื่องจากมีน้ำน้อย Recirculation Pump ต้องทำงานหนักขึ้น หลังจากการบายพาสการไหลทั้งหมดนี้จะถูกนำมารวมกันที่ Preheater No.2

วาล์วนิรภัย (**LAB73AA191) จะถูกติดตั้งไว้ที่ปลายทางของ Preheater No.2 เพื่อป้องกันความดันมากเกินไปใน Economizer ในกรณีที่ Feed water control valve ปิด ขณะ HRSG ยังทำงานอยู่

LP Feed Water Control Valve (**LAB73AA006) จะติดตั้งไว้ที่ต้นทางของหม้อพักไอน้ำความดันต่ำ และ ปลายทางของ Preheater

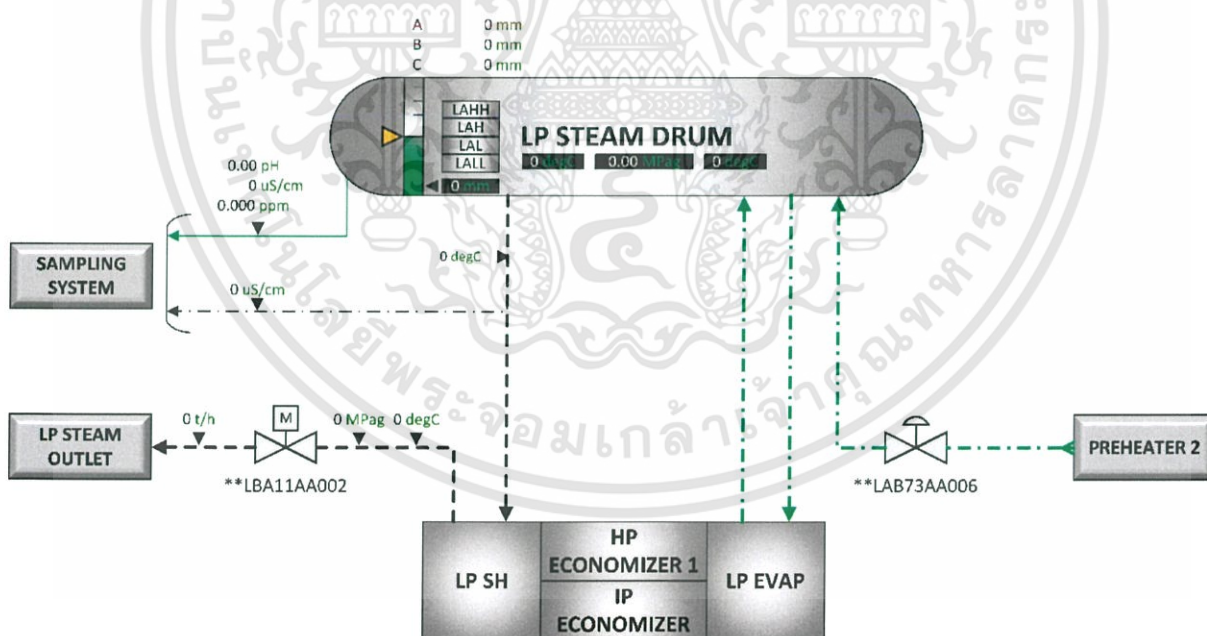
เซนเซอร์วัดอุณหภูมิจะถูกติดตั้งไว้ที่ต้นทางและปลายทางของ Preheater เพื่อสังเกตการณ์ค่าอุณหภูมิที่พุ่งสูงขึ้นในชุดท่อ

ทรานสมิตเตอร์วัดความดันจะถูกติดตั้งไว้ที่ต้นทางและปลายทางของ Preheaters และ Recirculation Pumps เพื่อสังเกตการณ์ค่าความดันที่พุ่งสูงขึ้นในชุดท่อ

2.2.4.2 ระบบผลิตไอน้ำความดันต่ำ (Low Pressure Steam Generation)

พื้นผิวให้ความร้อนของ LP นั้นทำมาจากท่อครีบ (Finned tube) ระบบ LP นั้นถูกแบ่งย่อยดังต่อไปนี้ โดยเรียงตามลำดับที่ของไหลไหลผ่าน

- LP Evaporator
- LP Superheater



ภาพที่ 2.8 ระบบผลิตไอน้ำแรงดันต่ำ

LP Evaporator คือส่วนที่ผลิตไอน้ำ หรือส่วนที่น้ำกำลังเปลี่ยนเฟสมาเป็นไอน้ำ อิ่มตัว (Saturated steam) โดยน้ำจากหม้อพักไอน้ำความดันต่ำจะไหลลงไปที่ LP evaporator และระเหย กลายเป็นไอน้ำอิ่มตัวขึ้นไปที่หม้อพักไอน้ำความดันต่ำ

LP Superheater จะให้ความร้อนกับไอน้ำที่ออกจาก หม้อพักไอน้ำความดันต่ำ โดย จะเปลี่ยนจากสถานะที่เป็นไอน้ำอิ่มตัวกลายเป็นไอตรง (Superheat steam) ซึ่งอุณหภูมิจะสูงกว่าไอน้ำอิ่มตัว

น้ำจะถูกป้อนจากหม้อพักไอน้ำความดันต่ำ ผ่าน Downcomer ไปยัง Inlet Header ของ LP Evaporator และใช้วัฏจักรธรรมชาติซึ่งอาศัยหลักการความแตกต่างของความหนาแน่น น้ำ ที่เย็นกว่าจะพยายามดันน้ำที่ร้อนกว่าหรือไอน้ำใน Tube Risers จาก Outlet Header กลับไปยังหม้อพักไอน้ำ ความดันต่ำ

หม้อพักไอน้ำความดันต่ำยังมีฟังก์ชันการทำงานดังนี้

- รองรับการผสมกันระหว่าง Feed Water และ Boiler Water
- เป็นน้ำสำรองที่จำเป็นสำหรับระบบหมุนเวียน
- ยอมให้น้ำขยายตัวระหว่างเริ่มเดินเครื่อง
- รองรับได้ว่าสามารถแยกส่วนระหว่างน้ำและไอน้ำได้

การเลือกความจุหม้อพักไอน้ำความดันต่ำต้องมั่นใจว่ามีความปลอดภัยและการเดินเครื่องมีเสถียรภาพภายใต้เงื่อนไขการเดินเครื่องแบบปกติทั้งหมด หม้อพักไอน้ำความดันต่ำถูกออกแบบให้รักษาระดับน้ำ 5.9 นาที่ จากระดับน้ำปกติ ถึงระดับ low-low ซึ่งขึ้นอยู่กับอัตราการไหลของไอน้ำคือ 113,781 lb/hr (51.61 tonne/hr) (อัตราการไหลสูงสุดที่คาดการณ์ไว้เมื่อเทียบกับขนาดหม้อพักไอน้ำ) หม้อพักไอน้ำ ความต่ำจะติดตั้งไว้ข้างนอกของ HRSG เพื่อไม่ให้ได้รับความร้อนจากแก๊สไอเสีย

เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ (**HAG11CT101/102) จะติดตั้งไว้ที่ผิวด้านนอกของหม้อพักไอน้ำ ผ่าน weld pad สำหรับสังเกตการณ์อุณหภูมิของผนังหม้อพักไอน้ำ

จะมีส่วนไว้เชื่อมต่อสำหรับเก็บตัวอย่างของน้ำจากหม้อพักไอน้ำความดันต่ำและไอน้ำ อิ่มตัว ขณะทำการเดินเครื่อง

ไลน์ท่อที่ใช้ระบายน้ำและไอน้ำอย่างต่อเนื่องจากหม้อพักไอน้ำความดันต่ำไปยัง Atmospheric Blowdown Tank จะถูกติดตั้งด้วยวาล์วมอเตอร์ (**HAG11AA047) และวาล์วควบคุม (**HAG11AA048) การควบคุมการระบายนี้ขึ้นอยู่กับหลักเกณฑ์ทางเคมีของน้ำและการวิเคราะห์ตัวอย่างต่างๆ ที่ได้จาก HRSG ไลน์ท่อที่ใช้ระบายน้ำและไอน้ำอย่างต่อเนื่องจากหม้อพักไอน้ำความดันต่ำไปยัง Atmospheric Blowdown Tank จะติดตั้งด้วย Pneumatic Shutoff Valve (**HAG11AA051) ส่วนที่ใช้ ระบายไอน้ำอิ่มตัวความดันต่ำ (LP Saturated Steam) ไปยัง Atmospheric Blowdown Tank นั้นจะถูก ติดตั้งด้วยวาล์วมอเตอร์ (**HAG11AA918) ระบบทำความสะอาดด้วยสารเคมีจะถูกติดตั้งไว้ที่ Evaporator Downcomer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อ 21 ศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.4.3 ระบบผลิตไอน้ำความดันต่ำ (LP – Superheater system)

ระบบ LP Superheater รับไอน้ำแรงดันต่ำ (LP Steam) จากหม้อพักไอน้ำความดันต่ำ (LP Drum) และส่งไปที่ระบบ LP Steam Piping

ไอน้ำจะรับความร้อนเพียง 1 สเตจ เนื่องจากมี LP Superheater 1 ตัว

LP Superheater จะถูกติดตั้งด้วยระบบตรวจจัดการควบแน่น (Condensate Detection System) เพื่อสังเกตการณ์ระดับของน้ำในตัวระบาย หากตรวจจับน้ำได้วาล์วระบาย (**HAG11AA921) จะเปิดเพื่อกำจัดน้ำที่ควบแน่นนี้ ตัววาล์วระบายจะถูกออกแบบให้ปิดวาล์ว ถ้า Level switch (**HAG11CL202) ไม่สามารถตรวจจัดการควบแน่นได้

2.2.4.4 ระบบนำไอน้ำความดันต่ำไปใช้ (LP-Steam Piping)

ไอน้ำอิมตัวจะไหลจากหม้อพักไอน้ำความดันต่ำ ผ่านชุดเชื่อมต่อท่อไปยัง LP Superheater

วาล์วนิรภัย (**LBA11AA191) จะถูกติดตั้งเพื่อป้องกันระบบมีความดันมากเกินไป Stop – check valve (**LBA11AA001) ถูกติดตั้งเพื่อป้องกันการไหลย้อนกลับของ

ไอน้ำความดันต่ำ

Stop valve (**LBA11AA002) และ Visible free blow drain ถูกติดตั้งในไลน์ LP

Steam

Low point drain จะถูกติดตั้งด้วย Pneumatic valve (**LBA11AA904) เพื่อกำจัดน้ำที่เกิดจากการควบแน่นทั้งหมดที่สะสมในท่อ

ของ LP Superheater เซนเซอร์วัดอุณหภูมิจะติดตั้งไว้เพื่อวัดอุณหภูมิของไอน้ำ ที่จุดต้นทางและปลายทาง

ทรานสมิตเตอร์วัดความดันจะติดตั้งไว้เพื่อวัดความดันของไอน้ำ ที่จุดต่างๆตลอดจน ส่วนของ LP Superheater

2.2.5 ส่วนที่ 5 Blowdown Tank System

Blowdown Tank ถูกตั้งไว้ใกล้ๆกับ HRSG

ระบบ Blowdown มีวัตถุประสงค์ดังนี้ :

- ลดอุณหภูมิของน้ำที่ถูกระบายจาก HRSG ก่อนปล่อยสู่บ่อพักน้ำ
- เป็นตัวรับทุกอย่างที่ HRSG ระบายออกมา

2.2.5.1 Atmospheric Blowdown Tank

Atmospheric Blowdown Tank ทำหน้าที่เป็นจุดระบายน้ำทั่วไปสำหรับท่อระบายน้ำที่ออกจาก HRSG เช่นเดียวกับการระบายน้ำทั้งแบบต่อเนื่องและไม่ต่อเนื่อง

วาล์วควบคุมอุณหภูมิ (**LCQ02AA010) จะปล่อยน้ำประปาเพื่อลดอุณหภูมิของก่อนปล่อยไปที่บ่อพักน้ำในระดับที่ยอมรับได้

ทรานสมิตเตอร์วัดระดับ (**LCQ02CL101) ถูกติดตั้งเพื่อสังเกตการณ์ค่าระดับน้ำใน Tank ระดับน้ำจะถูกควบคุมโดยวาล์วควบคุมระดับ (**LCQ02AA003)

2.3 วิศวกรรมความน่าเชื่อถือ (Reliability Engineering)

ตัวชี้วัดพื้นฐานหลายประเภทที่จะใช้ในงานทางด้านวิศวกรรมความน่าเชื่อถือ เช่น ความน่าเชื่อถือ (Reliability), ความไม่น่าเชื่อถือ (Unreliability), ความพร้อมใช้งาน (Availability), ความไม่พร้อมใช้งาน (Unavailability) และ เวลาเฉลี่ยที่จะล้มเหลว (Mean Time To Failure: MTTF) ตัวชี้วัดต่างๆเหล่านี้มีพื้นฐานมาจากตัวแปรสุ่มและความน่าจะเป็นของเหตุการณ์ที่เราสนใจ ดังนั้น การศึกษาด้านวิศวกรรมความน่าเชื่อถือขั้นพื้นฐานจำเป็นที่จะต้องนำความรู้จากพื้นฐานดังกล่าวมาประยุกต์ใช้สำหรับการออกแบบฟังก์ชันนิรภัย

2.3.1 การแจกแจงความน่าจะเป็นแบบต่อเนื่อง

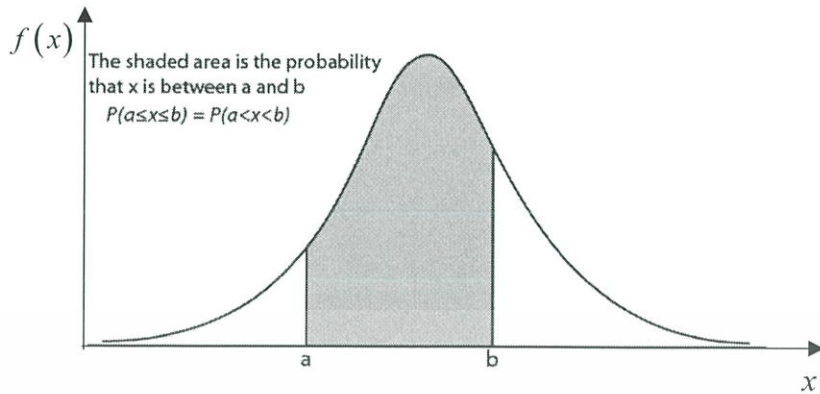
สำหรับตัวแปรสุ่มแบบต่อเนื่อง X จะมีจำนวนเป็นอนันต์ โดยความน่าจะเป็นของค่าที่เป็นไปได้ใดๆจะถูกสมมติให้เป็นศูนย์ ฟังก์ชันความหนาแน่นจะถูกนำมาใช้ในงานทางด้านวิศวกรรมสำหรับอธิบายความน่าจะเป็นของตัวแปรสุ่มแบบต่อเนื่อง ดังนั้นฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น (Probability Density Function : PDF) จะแสดงด้วย $f(x)$ สามารถใช้อธิบายการกระจายความน่าจะเป็นของตัวแปรสุ่มแบบต่อเนื่อง X ในช่วงระหว่าง a และ b ได้ในภาพที่ 2.9 และการหาค่าความน่าจะเป็นสามารถหาได้จาก

$$P(a \leq X \leq b) = \int_a^b f(x) dx \quad (2-1)$$

เนื่องจาก $f(x)$ เป็นค่าความน่าจะเป็นดังนั้น $f(x)$ สำหรับตัวแปรสุ่มแบบต่อเนื่องมีคุณสมบัติ

ดังนี้

1. $0 \leq f(x) \leq 1$
2. $\int_{-\infty}^{\infty} f(x) dx = 1$
3. $P(a \leq X \leq a) = \int_a^a f(x) dx = 0$



ภาพที่ 2.9 ความน่าจะเป็นของตัวแปรสุ่มแบบต่อเนื่อง X ในช่วงระหว่าง a และ b

ฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็นสะสม (Cumulative Function : CDF) สำหรับตัวแปรสุ่มต่อเนื่อง X แทนด้วย $F(x)$

$$F(x) = \int_{-\infty}^x f(x) dx \quad (2-2)$$

$F(x)$ เรียกว่าง่าย ๆ ว่าเป็นฟังก์ชันการแจกแจงสะสมมีค่าความน่าจะเป็นของตัวแปรสุ่มที่เล็กมากหรือใกล้เคียงกับค่า x นอกจากนี้ $F(x)$ เป็นฟังก์ชันไม่มีค่าที่ลดลง และ $F(-\infty) = 0, F(+\infty) = 1$ ในคุณสมบัติข้อสองของตัวแปรสุ่มแบบต่อเนื่องเมื่อต้องการหาค่า PDF สามารถทำได้ดังนี้

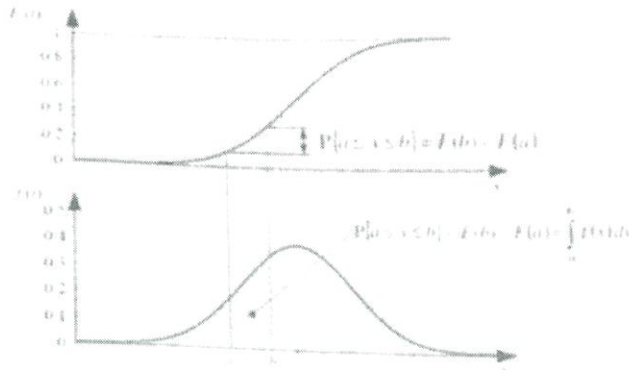
$$f(x) = \frac{dF(x)}{dx} \quad (2-3)$$

จากสมการที่ 2-1 ผลลัพธ์ของ CDF จะหาได้ดังนี้ และแสดงในภาพที่ 2.10

$$P(a \leq X \leq b) = F(b) - F(a) = \int_a^b f(x) dx \quad (2-4)$$

ค่าเฉลี่ย (Mean) ของตัวแปรสุ่มหรือจะเรียกว่าค่าคาดหวัง (Expected value) ของการแจกแจงสำหรับตัวแปรสุ่มแบบต่อเนื่อง สมการของค่าเฉลี่ยคือ

$$\mu = E(X) = \int_{-\infty}^{+\infty} xf(x) dx \quad (2-5)$$



ภาพที่ 2.10 PDF และ CDF สำหรับตัวแปรสุ่มแบบต่อเนื่อง

การแจกแจงความน่าจะเป็นสำหรับตัวแปรสุ่มแบบต่อเนื่องมีความสำคัญกับงานทางด้านวิศวกรรมความน่าเชื่อถือมีการแจกแจงหลายรูปแบบเช่น

การแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล (Exponential Distribution) จะนำมาใช้กันอย่างมากเพื่อการอธิบายความน่าจะเป็นของความล้มเหลวของอุปกรณ์ที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาที่มีผลมาจากค่าอัตราความล้มเหลวคงที่

การแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution) จะใช้สำหรับงานทางด้านวิทยาศาสตร์และด้านอื่นๆ แต่สำหรับงานทางด้านวิศวกรรมความน่าเชื่อถือจะใช้แสดงความแข็งแรง (Strength) ของอุปกรณ์ที่ทนต่อความเค้น (Stress) จากภายนอกที่มากระทำกับอุปกรณ์

การแจกแจงแบบ Lognormal จะใช้สำหรับระบบที่สามารถซ่อมแซมได้

การแจกแจงแบบไวบูลล์ (Weibull Distribution) พัฒนามาจากการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลที่มีข้อจำกัดในการจำลองอายุการใช้งานของอุปกรณ์ต่างๆ ซึ่งมีคุณสมบัติคล้ายกับการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลและรูปร่างของการแจกแจงจะมีหลากหลายที่ขึ้นอยู่กับค่าพารามิเตอร์ของฟังก์ชัน

2.3.2 วิศวกรรมความน่าเชื่อถือของระบบ

ทฤษฎีความน่าเชื่อถือจะสนใจในเรื่อง “เวลาที่ล้มเหลว” ของอุปกรณ์ (component) หรือโมดูล (module) หรือยูนิต (unit) หรือระบบ (System) โดยจะแบ่งเป็นระบบที่ไม่สามารถซ่อมแซม (non-repairable) และระบบที่สามารถซ่อมแซมได้ (repairable) เมื่อความล้มเหลวเกิดขึ้นจะไม่สามารถซ่อมแซมหรือกู้คืนกลับมาใช้งานได้ (เช่น ฟังก์ชัน) หมายความว่าเวลาที่ซ่อมแซม (Time to repair : TTR) มีค่าเป็นอนันต์ เช่นเดียวกันเมื่อความล้มเหลวเกิดขึ้นสำหรับอุปกรณ์ที่สามารถซ่อมแซมได้จะกลับมาทำตามหน้าที่หรือฟังก์ชันอีกครั้ง ในการประเมินความน่าเชื่อถือของทั้งสองระบบนี้จะใช้โมเดลที่แตกต่างกัน

2.3.2.1 ระบบที่ไม่สามารถซ่อมแซมได้

ความน่าจะเป็นของความสำเร็จมักถูกกำหนดให้เป็น "ความเป็นไปได้ที่ระบบจะทำหน้าที่ตามที่ต้องการและเมื่อดำเนินการภายใต้ขีดจำกัดที่กำหนดไว้" จากข้อความจะทำหน้าที่ตามที่ต้องการ และเมื่อดำเนินการภายใต้ขีดจำกัดที่กำหนดไว้ อุปกรณ์จะล้มเหลวตามการใช้งานไม่ได้มาจากสาเหตุอื่น (ความผิดพลาดของผู้ใช้งาน) หรือการใช้งานที่เกินขอบเขตที่ระบุไว้

2.3.2.1.1 ความน่าเชื่อถือ (Reliability)

ความน่าเชื่อถือเป็นตัวชี้วัดความสำเร็จ (component, module, unit, system) ที่ถูกกำหนดไว้เป็นความน่าจะเป็นของอุปกรณ์ที่จะประสบความสำเร็จ ซึ่งก็คืออุปกรณ์จะทำงานได้เป็นที่น่าพอใจ อุปกรณ์จะปฏิบัติหน้าที่ของตนเอง เมื่อจำเป็นต้องการดำเนินงานจะทำภายในขอบเขตของการออกแบบที่กำหนด ความหมายที่สำคัญของความน่าเชื่อถือมีดังนี้

1. อุปกรณ์ "มีหน้าที่ทำตามฟังก์ชัน" เช่น PT-101 หรือ PSH-101 ทำหน้าที่วัดความดัน
2. "เมื่ออุปกรณ์จำเป็นต้องทำงาน" จะต้องทำงาน เช่น เมื่อความดันเพิ่มหรือลดอุปกรณ์จะต้องวัดความดันที่เปลี่ยนแปลงได้หรือเมื่อความดันเกินขอบเขตที่ตั้งไว้ (เช่น HH) จะต้องส่ง สัญญาณแจ้งเตือน
3. "ผลการประเมินต้องเป็นที่น่าพอใจ" จะต้องถูกกำหนดไว้ เช่น มีส่วนแสดงผลได้ชัดเจน เมื่อความดันมีการเปลี่ยนแปลง (แสดงให้ผู้ปฏิบัติงานเห็น) หรือระบบหยุดการทำงานฉุกเฉินทำงานเมื่อความดันเกินขอบเขตที่ตั้งไว้
4. "ข้อจำกัดตามที่ได้ออกแบบไว้" จะต้องรู้ เช่น ใช้งานได้อุณหภูมิไม่เกิน 50 °C หรือใช้แรงดันไฟฟ้า 12 - 35 Vdc เป็นต้น

ความน่าเชื่อถือจะแทนด้วย "R(t)" มีค่าจำกัดความดังนี้ "ความน่าจะเป็นที่อุปกรณ์จะทำงานได้สำเร็จในช่วงเวลา t" สำหรับตัวแปรสุ่มจะแทนด้วย T

$$R(t) = P(T > t) \quad (2-6)$$

ความน่าเชื่อถือของอุปกรณ์จะมีค่าเท่ากับความน่าจะเป็นที่ T เวลาที่จะล้มเหลวมีค่ามากกว่า t ในช่วงเวลาการทำงาน

2.3.2.1.2 ความไม่น่าเชื่อถือ (Unreliability)

ความไม่น่าเชื่อถือจะแทนด้วย F(t) จะเป็นตัวชี้วัดความล้มเหลวคือ "ความน่าจะเป็นที่อุปกรณ์จะทำงานล้มเหลวในช่วงเวลา t" สำหรับตัวแปรสุ่มจะแทนด้วย T

$$F(t) = F(T \leq t) \quad (2-7)$$

ความไม่น่าเชื่อถือจะเท่ากับความน่าจะเป็นของเวลาที่ล้มเหลวน้อยกว่าหรือเท่ากับช่วงเวลาในการทำงาน เนื่องจากทุกๆ อุปกรณ์จะต้องทำงานสำเร็จหรือล้มเหลว ดังนั้น $F(t)$ เป็น one's complement ของ $R(t)$

$$F(t) = 1 - R(t) \quad (2-8)$$

$F(t)$ คือฟังก์ชันการแจกแจงสะสม หรือ CDF ค่าเริ่มต้นจะมีค่าเป็นศูนย์และค่าจะเพิ่มขึ้นตามเวลา จนสุดท้ายมีค่าเท่ากับหนึ่ง

ฟังก์ชันความน่าเชื่อถือหรืออาจจะเรียกได้ว่าฟังก์ชันการอยู่รอด แสดงด้วย $R(t)$ คือ ความน่าจะเป็นที่ อุปกรณ์ โมดูล ยูนิต ระบบ และ อื่น ๆ จะทำงานโดยปราศจากความผิดพลาดในช่วง $[0, t]$ สำหรับฟังก์ชัน $R(t)$ และ $F(t)$ หาได้ดังนี้

$$R(t) = P(T > t) = \int_t^{\infty} f(t) dt \quad (2-9)$$

และ

$$F(t) = P(T \leq t) = \int_0^t f(t) dt \quad (2-10)$$

การแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลปกตินิยมใช้อธิบายการล้มเหลวแบบสุ่มโดย PDF ฟังก์ชันเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t} \quad (2-11)$$

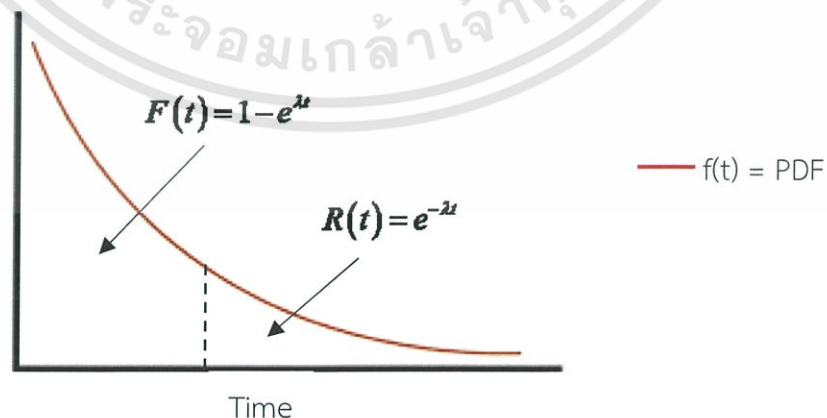
เมื่อ λ คือ อัตราความล้มเหลว (Failure rate) มีหน่วยเป็น failure per unit time และเมื่อ $t \geq 0$ ฟังก์ชัน CDF จะมีค่าเท่ากับ

$$F(t) = 1 - e^{-\lambda t} \quad (2-12)$$

จากฟังก์ชัน $F(t)$ และ $R(t)$ อัตราความล้มเหลว (λ) จะมีความมากกว่าศูนย์และ CDF จะมีค่าเป็นหนึ่งเมื่อ $t = \infty$

และ $R(t)$ จะมีค่าเท่ากับ

$$R(t) = e^{-\lambda t} \quad (2-13)$$



ภาพที่ 2.11 ฟังก์ชันความน่าเชื่อถือและความไม่น่าเชื่อถือ

ความน่าจะเป็นที่จะล้มเหลว (Probability of Failure) ที่เกิดขึ้นช่วงเวลาใดๆ ของการทำงาน ดังนั้น PDF สามารถหาได้ดังนี้

$$f(t) = \frac{dF(t)}{dt} \quad (2-14)$$

2.3.2.1.3 เวลาเฉลี่ยที่จะล้มเหลว (Mean Time to Failure)

เวลาเฉลี่ยที่จะล้มเหลวแทนด้วย MTTF เป็นพารามิเตอร์ที่ใช้กันอย่างมากในงานด้านวิศวกรรมความน่าเชื่อถือ โดยปกติคำจำกัดความทางสถิติจะหมายถึงค่าคาดหวังหรือค่าเฉลี่ยของตัวแปรสุ่ม T เมื่อ T คือเวลาที่จะล้มเหลวของอุปกรณ์ที่ทำงานในช่วงเวลา t ตั้งแต่เวลาเริ่มต้นที่ไม่เป็นลบ ดังนั้นเราสามารถหาค่าเฉลี่ยของ PDF หรือ f(t) ได้ดังนี้

$$E(T) = \int_0^{+\infty} tf(t) dt \quad (2-15)$$

จากสมการที่ 2-8 คือ $F(t) = 1 - R(t)$ แทนค่าลงในสมการที่ 2-14 จะได้

$$f(t) = \frac{dF(t)}{dt}$$

และนำไปแทนลงในสมการค่าความคาดหวังจะได้สมการใหม่คือ

$$E(T) = -\int_0^{+\infty} t d[R(t)]$$

จากนั้น Integrating by parts จะได้

$$E(T) = [-tR(t)]_0^{+\infty} - \left[-\int_0^{+\infty} R(t) dt \right] \quad (2-16)$$

จากสมการในพจน์แรกจะมีค่าเท่ากับศูนย์และจะเหลือพจน์สุดท้ายซึ่งจะได้สมการค่าความคาดหวังหรือเวลาเฉลี่ยที่จะล้มเหลว MTTF คือ

$$MTTF = E(T) = \int_0^{+\infty} R(t) dt = 1/\lambda \quad (2-17)$$

ทฤษฎีของความน่าเชื่อถือคำจำกัดความของ MTTF คือการอินทิเกรตฟังก์ชันความน่าเชื่อถือ และในคำจำกัดความ MTTF ไม่ได้แปรผกผันกับค่าอัตราความล้มเหลว (λ) แต่จะใช้กับบางกรณีเฉพาะค่าอัตราความล้มเหลวมีค่าคงที่

2.3.2.1.4 อัตราความล้มเหลวคงที่ (Constant Failure Rate)

เมื่อตั้งสมมติฐานว่าค่าคงที่ของอัตราความล้มเหลวมีค่าเป็นอนันต์ในช่วงอายุการใช้งานทำให้ ความสัมพันธ์ระหว่างตัวชี้วัด ความน่าเชื่อถือ ความไม่น่าเชื่อถือ และ MTTF มีค่าที่สอดคล้องและสัมพันธ์กันดังนี้

$$\text{เมื่อ } \lambda(t) = \lambda, 0 \leq t \leq \infty$$

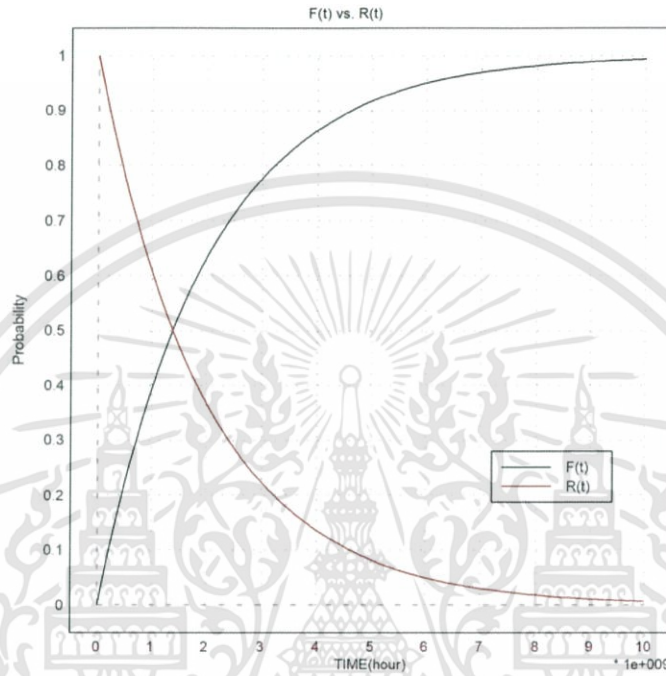
$$1) R(t) = e^{-\lambda t}$$

$$2) F(t) = 1 - e^{-\lambda t}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อ 28 ศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) $MTTF = 1/\lambda$

ฟังก์ชันความน่าเชื่อถือและความไม่น่าเชื่อถือในภาพที่ 2.12 มีอัตราความล้มเหลวคงที่เท่ากับ 0.5 failure per hour (500×10^6 FITs) สามารถแสดงให้เห็นว่าอัตราความล้มเหลวคงที่จะมีรูปแบบการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลฟังก์ชันในเวลา t



ภาพที่ 2.12 ฟังก์ชันความน่าเชื่อถือและความไม่น่าเชื่อถือมีค่า $\lambda = 0.5$ failure per hour

การคำนวณโดยใช้อัตราความล้มเหลวคงที่เป็นที่ยอมรับได้ถึงแม้ว่าอายุการใช้งานจะมีช่วง ระยะเวลาจำกัด โดยมีเงื่อนไขว่าหากมีการนำค่าคงที่มาใช้ในการคำนวณ ผลการคำนวณเหล่านี้จะจำกัดไว้เฉพาะช่วงเวลาในการใช้งานของอุปกรณ์หรือระบบเท่านั้น

2.3.2.2 ระบบที่สามารถซ่อมแซมได้

การวัดความน่าเชื่อถือระบบจะมีทำงานโดยสมบูรณ์อย่างต่อเนื่องในช่วงเวลา t ในขณะที่ ความน่าจะเป็นประมาณค่าสำหรับสถานการณ์ที่ระบบไม่สามารถซ่อมแซมได้ในระหว่างปฏิบัติการ แต่มีบางอย่างที่แตกต่างกันสำหรับระบบการควบคุมกระบวนการทางอุตสาหกรรม ซึ่งการซ่อมแซมอาจทำได้บ่อยครั้งในช่วงการดำเนินงานของกระบวนการ

2.3.2.2.1 เวลาเฉลี่ยที่นำระบบกลับคืน (Mean Time to Restore : MTTR)

MTTR คือค่าความคาดหวังหรือเวลาเฉลี่ยของตัวแปรสุ่มที่นำระบบกลับคืน รวมถึงเวลาที่ใช้ในการตรวจจับความล้มเหลว (detection time) และเวลาที่ต้องใช้ในการซ่อมแซม (repair time) เมื่อตรวจพบและระบุสาเหตุของความล้มเหลว หรือ MTTR อีกความหมายคือเวลาเฉลี่ยที่เปลี่ยนจากความล้มเหลวให้กลับมาทำงานตามปกติ

2.3.2.2.2 เวลาเฉลี่ยระหว่างการล้มเหลว (Mean Time Between Failure :

MTBF)

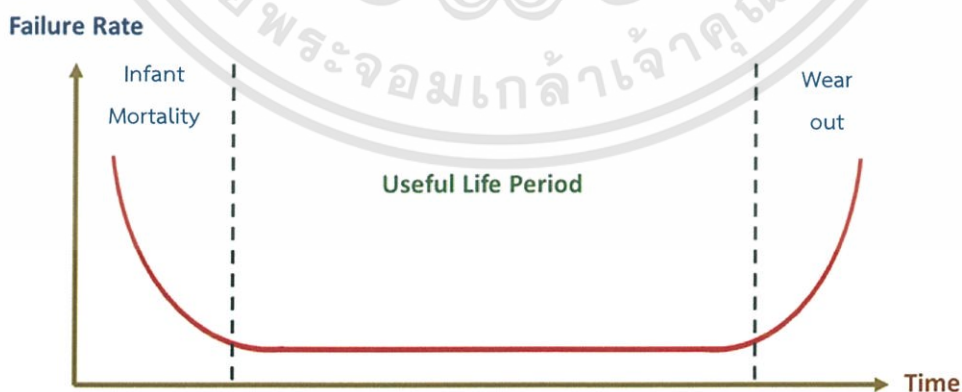
MTBF หมายถึง เวลาเฉลี่ยรวมของเวลาเฉลี่ยในช่วงการทำงานและเวลาเฉลี่ยที่นำระบบ กลับคืน สำหรับระบบที่สามารถซ่อมแซมได้ MTBF หาได้ดังนี้

$$MTBF = MTTF + MTTR \quad (2-18)$$

การใช้ MTBF อาจจะไม่มีความสัมพันธ์อย่างชัดเจนในบางกรณี MTTR มีค่าน้อยมากๆ MTBF อาจจะใช้แทน MTTF ได้ในกรณีที่ระบบสามารถซ่อมแซมได้ แต่อย่างไรก็ตามความหมายของ MTBF จะใช้กับระบบที่สามารถซ่อมแซมได้ แต่ MTTF จะใช้ได้กับทั้งสองระบบ ดังนั้นหากจะใช้กับระบบที่ไม่สามารถซ่อมแซมได้จะไม่สามารถใช้ MTBF แทน MTTF ได้

2.3.2.3 โมเดลของความล้มเหลว

อุปกรณ์เมื่อนำมาใช้งานอาจได้รับความเครียดจากสิ่งแวดล้อมหลายประเภท ได้แก่ เคมี แรงทางกล ไฟฟ้าและปริมาณทางกายภาพต่างๆ ปัจจัยความแข็งแรงของอุปกรณ์ที่ผลิตขึ้นในแต่ละโรงงานผู้ผลิตจะแตกต่างกันไปและความแข็งแรงจะเปลี่ยนไปในอัตราที่แตกต่างกันตามเวลา (ความแข็งแรงจะลดลงตามเวลา) เมื่ออัตราความล้มเหลวเกิดขึ้นเนื่องจากปัจจัยด้านต่างๆ มีผลทำให้เกิด เป็นโมเดลความล้มเหลวที่มีรูปแบบที่เรียกกันว่า “Bathtub Curve” ดังรูป



ภาพที่ 2.13 โมเดล Bathtub Curve

จากโมเดลจะแบ่งความล้มเหลวเป็น 3 ช่วงระยะ คือ

1. ช่วงระยะเริ่มต้นใช้งาน (Early Failure Period หรือ Run – In Period)

เป็นลักษณะการลดลงของอัตราความล้มเหลว (Decreasing Failure Rate : DFR) อัตราความล้มเหลวจะมีโอกาสเกิดขึ้นได้จากสาเหตุหลายประการ เช่น การใช้วัสดุที่ผลิตอุปกรณ์ไม่เหมาะสมกับการใช้งานของอุปกรณ์หรือไม่ถูกต้อง การควบคุมคุณภาพหรือเทคโนโลยีการผลิตอุปกรณ์ไม่ดีพอ การติดตั้งอุปกรณ์ผิดไปจากที่กำหนดไว้ในคู่มือ และการใช้งานไม่เหมาะสมหรือไม่ถูกต้อง ระยะนี้อัตราความล้มเหลวจึงมีโอกาสเกิดขึ้นได้สูงมาก ดังนั้น สำหรับการใช้งานของอุปกรณ์ในระยะนี้ เมื่อเริ่มมีความล้มเหลวจากสาเหตุใดก็ตาม ก็ต้องดำเนินการแก้ไขปรับปรุงเพื่อให้ผ่านช่วงเวลานี้ไป เมื่อผ่านพ้นระยะนี้ไปแล้วอัตราการชำรุดของเครื่องจักรจะค่อยๆ ลดลง

2. ช่วงใช้งานปกติของอุปกรณ์ (Random Failure หรือ Useful Life Period)

เป็นช่วงที่ต่อเนื่องจากระยะแรก เมื่อมีการใช้งานมาระยะหนึ่งแล้ว เป็นช่วงที่มีการปรับปรุงหรือการเปลี่ยนแปลงให้มีเสถียรภาพในการทำงานของอุปกรณ์มาแล้ว อัตราความล้มเหลวจะไม่ค่อยมี แต่ในบางโอกาสก็เกิดขึ้นได้ ขึ้นอยู่กับการใช้งานและบำรุงรักษา และจะคงอยู่ในสภาพเช่นนั้นในระยะเวลาหนึ่ง ซึ่งถ้าต้องการให้ระยะการใช้งานปกติของอุปกรณ์ยาวนานขึ้นขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่างด้วยกัน เช่น ใช้งานไม่เกินภาระที่ได้รับการออกแบบไว้ บำรุงรักษาตามที่กำหนดไว้ในคู่มืออุปกรณ์ และควบคุมสภาพแวดล้อมที่อุปกรณ์ติดตั้งใช้งานอยู่ให้เหมาะสมตามข้อกำหนดที่ออกแบบไว้ เมื่อมีการควบคุมสิ่งเหล่านี้ได้ โอกาสที่อุปกรณ์จะเกิดความล้มเหลวจะมีไม่มาก และมักจะมีค่าค่อนข้างคงที่ซึ่งจะเห็นได้ว่าเส้นกราฟเป็นเส้นขนานกับแกนเวลา นั่นคืออัตราการล้มเหลวค่อนข้างคงที่ (CFR : Constant Failure Rate : $\lambda_{\text{constant}}$)

3. ช่วงระยะสึกหรอของอุปกรณ์ (Wear-Out Period)

เมื่ออุปกรณ์ผ่านระยะการใช้งานมาเป็นเวลานานๆ ทำให้เกิดการล้าช้ำกับชิ้นส่วนของอุปกรณ์ ทำให้ชิ้นส่วนของอุปกรณ์เริ่มเสื่อมสภาพ เช่น การสึกหรอ เมื่อเสื่อมมากขึ้น อัตราความล้มเหลวก็เพิ่มสูงขึ้นด้วย ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่เรียกว่า อัตราความล้มเหลวค่อยๆ เพิ่มขึ้น (Increasing Failure Rate : IFR)

2.4 การวิเคราะห์ความล้มเหลวของระบบด้วยวิธี Fault Tree Analysis

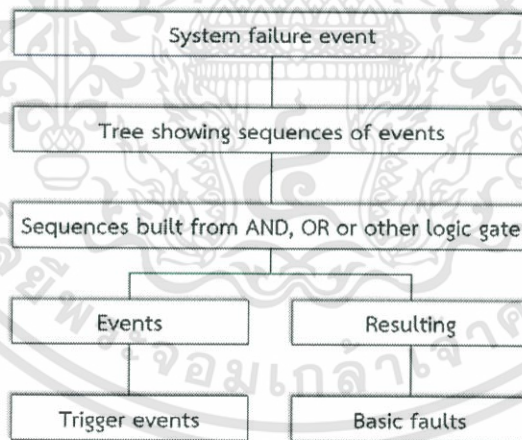
การวิเคราะห์ปัญหาโดยวิธี Fault Tree Analysis หรือ FTA เมื่อปัญหาคือความล้มเหลวของอุปกรณ์ การวิเคราะห์ด้วยวิธีนี้เพื่อระบุสาเหตุที่ทำให้เกิดความล้มเหลว หรือจะเป็นการวิเคราะห์จากบนลงล่าง (top down) เป็นวิธีที่ออกแบบมาเพื่อการวิเคราะห์เชิงคุณภาพที่ช่วยระบุปัญหาสำหรับระบบที่มีความซับซ้อน วิธี FTA เป็นการวินิจฉัยปัญหาจากหลายๆสาเหตุแล้วนำมาเป็นข้อสรุป (inductive approach) และตรงกันข้ามกับ FMEA ซึ่งเป็นวิธีที่จะต้องสรุปปัญหาจากทฤษฎีและทำนายสิ่งที่จะเกิดขึ้น (deductive approach) วิธี FTA เป็นวิธีที่จะช่วยชี้จุดอ่อนในระบบและช่วยระบุส่วนประกอบของระบบที่ทำให้เกิดความล้มเหลว ผลลัพธ์

สุดท้ายของวิธี FTA คือแผนภาพที่แสดงการรวมกันของเหตุการณ์ที่อาจทำให้ระบบล้มเหลวในโหมดความล้มเหลวที่ระบุไว้และช่วยให้ นักวิเคราะห์มุ่งความสนใจไปที่ความล้มเหลวที่เกิดขึ้นในแต่ละครั้ง

วิธี FTA เป็นเอกสารทางวิศวกรรมที่มีค่าและอธิบายว่าระบบควรจะทำงานภายใต้สภาวะความผิดพลาดต่าง ๆ อย่างไร จึงเป็นข้อมูลที่จำเป็นสำหรับการวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือและความปลอดภัย หรือจะใช้ในการออกแบบทางวิศวกรรมเพื่อระบุจุดอ่อนของการออกแบบที่อาจเกิดขึ้นและสามารถนำมาตรวจสอบสาเหตุของความล้มเหลวหรืออุบัติเหตุที่เกิดขึ้น ซึ่งอาจจะมาจากเหตุการณ์จากภายนอกหรือเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นภายในทั้งหมดสามารถจัดทำเป็นแผนภาพกราฟิกที่แสดงถึงความสัมพันธ์โดยรวมระหว่างเหตุการณ์และความล้มเหลวที่เกิดขึ้นได้

2.4.1 ขั้นตอนการวิเคราะห์ปัญหาด้วยวิธี FTA

เมื่อนำ FTA มาประยุกต์ใช้ในการออกแบบระบบ ขั้นตอนแรกจะเริ่มจากระบุปัญหาหรือเหตุการณ์ความล้มเหลวของระบบ (system failure event) ที่มตรตรวจสอบ FTA จะต้องศึกษาการทำงาน ของระบบและพัฒนา ต้องมีความเข้าใจว่าระบบควรทำงานอย่างไร หลังจากจะหาเหตุการณ์ (Events) หรือผลลัพธ์ของความผิดพลาด (resulting faults) ที่เป็นไปได้ทั้งหมดซึ่งอาจทำให้เกิดปัญหาขึ้นกับระบบที่ออกแบบได้ จากนั้นแต่ละรายการที่ระบุในขั้นตอนนี้จะดำเนินต่อไปจนกว่าจะมีการระบุที่มาของเหตุการณ์ (trigger event) หรือความผิดพลาดพื้นฐาน (basic fault) จะนำมาระบุลงในแผนภาพดังภาพที่ 2.14



ภาพที่ 2.14 ขั้นตอนการวิเคราะห์ด้วยวิธี FTA





2.4.2 สัญลักษณ์สำหรับการเขียนแผนภาพ Fault Tree

สัญลักษณ์สำหรับการเขียนแผนภาพแสดงในตารางที่ 2.1 สัญลักษณ์ที่ใช้บ่อยคือแสดงเหตุการณ์ (event) หรือผลลัพธ์ของความผิดพลาด (resulting fault) จะแทนด้วยรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าซึ่งทั้งสองอาจจะเกิดจากการรวมกันจากหลายเหตุการณ์ที่มีเงื่อนไข โดยจะใช้สัญลักษณ์ที่เป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อ 32 ศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลอจิกเกต AND และ OR นอกจากนี้ยังมีสัญลักษณ์เพิ่มเติมแสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.1 สัญลักษณ์สำหรับการเขียนแผนภาพ Fault Tree

สัญลักษณ์	ชื่อสัญลักษณ์	ความหมายและการนำไปใช้งาน
	Event or Resulting fault	แสดงเหตุการณ์หรือแสดงผลลัพธ์ของความผิดพลาด
	Basic fault	สาเหตุหลักของการเกิดความล้มเหลว (ไม่ต้องหาสาเหตุอีก)
	AND gate	เงื่อนไขจะเป็นจริงเมื่อมีเหตุการณ์มากกว่าหนึ่งเหตุการณ์จะต้องเกิดขึ้นทั้งหมด
	OR gate	เงื่อนไขจะเป็นจริงเมื่อมีเหตุการณ์ตั้งแต่หนึ่งเหตุการณ์ขึ้นไปเกิดขึ้น

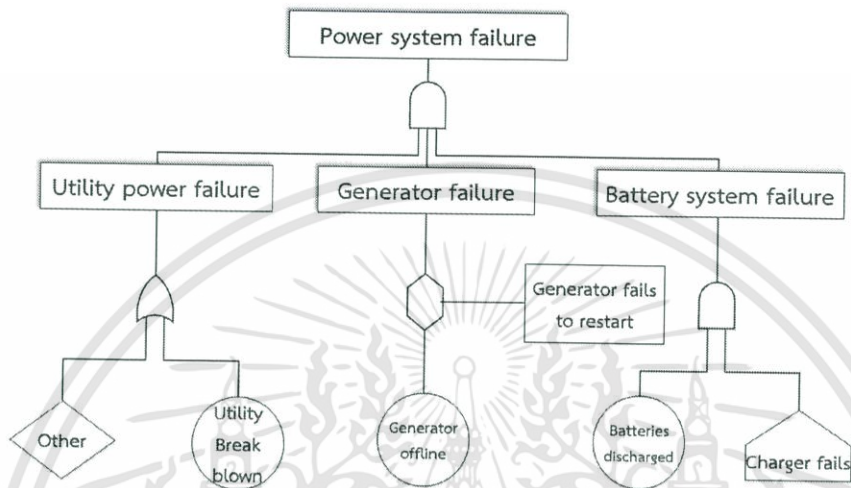
ตารางที่ 2.2 สัญลักษณ์เพิ่มเติมสำหรับการเขียนแผนภาพ Fault Tree

สัญลักษณ์	ชื่อสัญลักษณ์	ความหมายและการนำไปใช้
	Incomplete event Undeveloped event	ความน่าจะเป็นที่มีโอกาสเกิดน้อยหรือไม่มีความสำคัญ หรือเหตุการณ์ที่วิเคราะห์ต่อไปไม่ได้หรือไม่มีข้อมูลสนับสนุน
	Trigger event House event External event	สาเหตุจากภายนอก
	Inhibit gate	คือ AND gate แต่เหตุการณ์ที่จะเกิดขึ้นจะต้องมีเงื่อนไขหรือมีลำดับการเกิดเหตุการณ์
	Condition event	แสดงเหตุการณ์หรือแสดงผลลัพธ์ของความผิดพลาดจากลอจิกเกต
	Alternative condition event	แสดงเหตุการณ์แบบมีเงื่อนไขสำหรับลอจิก
	Transfer In	แสดงส่วนของแผนภาพที่มีต่อจากแผนภาพอื่น
	Transfer Out	แสดงส่วนของแผนภาพที่จะถูกนำไปใช้ต่อที่แผนภาพอื่น
	Incomplete event that needs attention	ความน่าจะเป็นที่มีโอกาสเกิดน้อยแต่ต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อ 33 ศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3 วิธี FTA เชิงคุณภาพ

การนำวิธี FTA เชิงคุณภาพมาใช้ในการออกแบบส่วนใหญ่ใช้เป็นเครื่องมือตรวจสอบการทำงาน of ระบบหรือเมื่อทำการทวนสอบการออกแบบระบบซึ่งอาจจะมีจุดอ่อนในการออกแบบระบบ ตัวอย่างเช่นระบบไฟฟ้ากำลังในภาพที่ 2.15



ภาพที่ 2.15 แผนภาพ Fault Tree ของระบบไฟฟ้ากำลัง

ระบบไฟฟ้ากำลัง (power system) ประกอบด้วย 3 ระบบย่อยที่ทำงานอิสระกันคือ Utility power, Generator และ Batter system สัญลักษณ์ AND gate ในแผนภาพด้านบนสุดแสดงให้ เห็นว่าระบบไฟฟ้าทั้งสามระบบจะต้องล้มเหลวพร้อมกันจึงจะทำให้ระบบไฟฟ้ากำลังเกิดความล้มเหลว

มีหลายสาเหตุที่ทำให้ Utility power เกิดความล้มเหลวได้แต่เหตุการณ์หลักที่ทำให้เกิดความล้มเหลวคืออุปกรณ์ป้องกันของระบบคือ เบรกเกอร์ (breaker) ดังนั้นในแผนภาพจะใช้สัญลักษณ์ Incomplete event แทนสาเหตุอื่น ๆ ที่ทำให้ Utility power เกิดความล้มเหลวหรือเกิดจากเบรกเกอร์ระเบิด (breaker blow) และ Generator ล้มเหลวมีสาเหตุมาจาก Generator หยุดการทำงานและผู้ปฏิบัติงานไม่ได้ทำการเดินเครื่องใหม่อีกครั้ง ส่วนสุดท้ายระบบไฟสำรองจาก แบตเตอรี่ล้มเหลวเนื่องจากแบตเตอรี่มีพลังงานไม่เพียงพอและอุปกรณ์ชาร์จไฟเสีย

2.4.4 วิธี FTA เชิงปริมาณ

วิธี FTA สามารถนำมาใช้เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ความน่าจะเป็นเชิงปริมาณได้ ซึ่งความน่าจะเป็นดังกล่าวเกิดจากความล้มเหลวพื้นฐานและเหตุการณ์จากภายนอก กฎของความน่าจะเป็นนี้ใช้เพื่อรวมตัวเลขความน่าจะเป็นที่เกิดขึ้นซึ่งเทคนิคการแก้ปัญหาจะแตกต่างกันและมีหลายวิธี เช่น Gate solution method, Cut Set Analysis, Tie Set Analysis และ Event Space method เป็นต้น วิธีการทั้งหมดเป็น

วิธีการรวมความน่าจะเป็นของอินพุต ดังนั้นวิธีการนำเสนอในการวิเคราะห์เชิงปริมาณนี้คือ Gate Solution method โดยความน่าจะเป็นของอินพุตจะมีที่มาจาก อัตราความล้มเหลวและ/หรืออัตราการซ่อมแซมของแต่ละเหตุการณ์

2.4.4.1 Gate solution method

วิธี FTA ในการหาคำตอบของลอจิกเกตอย่างง่ายสำหรับการแก้ปัญหาโดยการรวมความน่าจะเป็นที่เกิดขึ้นจากอินพุตของลอจิกเกตโดยใช้กฎความน่าจะเป็น สำหรับลอจิกเกตพื้นฐานที่ใช้คือ AND gate และ OR gate เมื่อแผนภาพ Fault Tree มีความซับซ้อนมากขึ้นการวิเคราะห์อาจมีความผิดพลาดในการออกแบบที่เกิดขึ้นได้บ่อยครั้ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อเหตุการณ์ที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน หรือ AND gate หรือเมื่อนำมาคำนวณหาค่า PFDavg นอกจากนี้สิ่งสำคัญที่จะต้องมีการ พิจารณาอย่างรอบคอบเพื่อให้หลายๆกรณีของความน่าจะเป็นคำนวณได้

2.4.4.1.1 AND gate

คุณสมบัติของเกต AND คืออินพุตทั้งหมดจะต้องไม่มีค่าเป็นศูนย์เพื่อไม่ให้เอาต์พุตมีค่าเป็น ศูนย์ แต่เมื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์ความล้มเหลว "0" จะหมายถึงระบบทำงานโดยสมบูรณ์และ "1" หมายถึงระบบจะล้มเหลว และหมายความว่าความน่าจะเป็นของอุปกรณ์จะเกิดความล้มเหลวเกิดขึ้นเท่ากับ 1 ดังนั้นเหตุการณ์ความน่าจะเป็นของความล้มเหลวของระบบหรือความล้มเหลวของระบบเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$P(A \cap B) = P(A) \times P(B) \quad (2-19)$$

หรือ Unreliability ของระบบจะแทนด้วย $F_s(t)$ จะได้ดังนี้

$$F_s = F(A) \times F(B) \quad (2-20)$$

เมื่อ $F(A)$ และ $F(B)$ เป็นฟังก์ชันเอ็กซ์โพเนนเชียลของอุปกรณ์ในระบบจะได้

$$F_s = (1 - e^{-\lambda_A t}) \times (1 - e^{-\lambda_B t}) \quad (2-21)$$

2.4.4.1.2 OR gate

คุณสมบัติของเกต OR เมื่ออินพุตทั้งหมดไม่มีค่าเป็นศูนย์มีผลทำให้เอาต์พุตของเกตมีค่าไม่เป็นศูนย์ด้วย สำหรับเหตุการณ์ที่ไม่สามารถเกิดขึ้นได้ในเวลาเดียวกัน (mutually exclusive events)

$$P(A \cup B) = P(A) + P(B) \quad (2-22)$$

สำหรับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นได้ในเวลาเดียวกัน (non-mutually exclusive events) โดยปกติ จะใช้กรณีนี้ในการพิจารณา

$$P(A \cup B) = P(A) + P(B) - P(A \cap B) \quad (2-23)$$

หรือ Unreliability สำหรับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นได้ในเวลาเดียวกันจะแทนด้วย $F_s(t)$ จะได้ดังนี้

$$F_s = F(A) + F(B) - [F(A) \times F(B)] \quad (2-24)$$

เมื่อ

$$F_s = (1 - R(A)) + (1 - R(B)) - (1 - R(A)) \times (1 - R(B))$$

$$F_s = 1 - R(A) \times R(B)$$

ดังนั้น

$$F_s = 1 - R_s = 1 - \prod_{i=1}^n R_i \quad (2-25)$$

2.5 หลักการออกแบบระบบสำรอง

ความน่าเชื่อถือ ความพร้อมใช้งานและความปลอดภัยในระดับอุปกรณ์และระบบ สามารถเพิ่มได้โดยเพิ่มระบบสำรองเข้าไปในการทำงาน ระบบสำรอง (redundancy system) จะหมายถึง อุปกรณ์ที่มีมากกว่าหนึ่งตัวในฟังก์ชันการทำงานแบบเดียวกันและระบบสำรองไม่ได้หมายถึงอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์อย่างเดียว ระบบซอฟต์แวร์ก็สามารถนำมาใช้ทำงานเป็นระบบสำรองได้ อย่างไรก็ตามข้อควรระวังในการนำระบบสำรองมาใช้งานคือความล้มเหลวร่วมของอุปกรณ์ชนิดเดียวกันที่ทำงานในสภาวะแวดล้อมเดียวกัน การออกแบบเพื่อหลีกเลี่ยงเหตุการณ์ดังกล่าวเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่ง

ระบบสำรองมีความแตกต่างในการทำงาน 3 แบบคือ Active Redundancy, Warm Redundancy และ Standby Redundancy แต่ละแบบมีรายละเอียดดังนี้

- Active Redundancy (parallel, hot): อุปกรณ์สำรองในระบบจะมีการทำงานพร้อมไปด้วยกัน ภาระงานเดียวกันและเป็นไปได้ที่จะมีการแบ่งภาระงานของแต่ละอุปกรณ์ เช่น งานระบบการวัดและการควบคุม หรืองานฟังก์ชันนิรภัย
- Warm Redundancy (lightly loaded): อุปกรณ์สำรองในระบบจะมีการทำงานที่ภาระงานต่ำสุด จนกระทั่งอุปกรณ์ตัวใดตัวหนึ่งในระบบเกิดความล้มเหลวและอุปกรณ์สำรองจะทำงานแทนที่ภาระงานสูงสุด
- Standby Redundancy (cold, unloaded): อุปกรณ์สำรองในระบบจะมีการทำงานแบบไม่มีภาระงานและจะทำงานก็ต่อเมื่ออุปกรณ์ตัวใดตัวหนึ่งในระบบเกิดความล้มเหลวและอุปกรณ์สำรองจะทำงานแทน

2.5.1 ระบบ k-out-of-n

ระบบสำรองแบบ active หรืออุปกรณ์มีฟังก์ชันการทำงานร่วมกัน (load sharing) เป็นระบบสำรองที่ไม่มีความซับซ้อนและมีประสิทธิภาพ ตัวอย่างเช่นระบบการวัดอุณหภูมิโดยใช้เทอร์โมคัปเปิล 5 ตัว ซึ่งระบบได้ออกแบบให้อุปกรณ์การวัดมีการทำงาน 4 ตัวและหากเกิดความล้มเหลวมากกว่า 1 ตัว ระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อ 36 ศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวัดอุณหภูมิจะล้มเหลวทั้งระบบ วิธีการออกแบระบบสำรองนี้จะโหวตแบบ 4oo5 (four out of five voting) หมายถึง 4 ตัวต้องทำงานโดยสมบูรณ์และล้มเหลวได้ 1 ตัว ดังนั้นจำนวนวิธีจัดหมู่ (combination) ของ n หน่วยโดยไม่เรียงตำแหน่งหรือลำดับก่อนหลังจะได้ดังนี้

$$\binom{n}{k} = \frac{n!}{k!(n-k)!} \quad (2.26)$$

เมื่อ n คือจำนวนของอุปกรณ์ทั้งหมด และ k คือจำนวนของอุปกรณ์ที่ต้องการให้ทำงาน ดังนั้นจากตัวอย่างจะมีการโหวตการทำงานทั้งหมด 5 วิธี

$$\binom{5}{4} = \frac{5!}{4!(5-4)!} = 5$$

การคำนวณหาความน่าจะเป็นของการทำงานโดยสมบูรณ์สามารถหาได้ที่ละไล่นดังนี้

$$R_{Part1} = R_1 \times R_2 \times R_3 \times R_4$$

$$R_{Part2} = R_1 \times R_2 \times R_3 \times R_5$$

$$R_{Part3} = R_1 \times R_2 \times R_4 \times R_5$$

$$R_{Part4} = R_1 \times R_3 \times R_4 \times R_5$$

$$R_{Part5} = R_2 \times R_3 \times R_4 \times R_5$$

ความน่าเชื่อถือของระบบการโหวต k-out-of-n อุปกรณ์สำหรับการทำงานที่สมบูรณ์ของระบบ คือจำนวนของวิธีการจัดหมู่คูณด้วยความน่าจะเป็นของแต่ละหมู่เขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$R(t)_{k/n} = \sum_{i=k}^n \binom{n}{i} R(t)^i (1-R(t))^{n-i} \quad (2.27)$$

เช่น

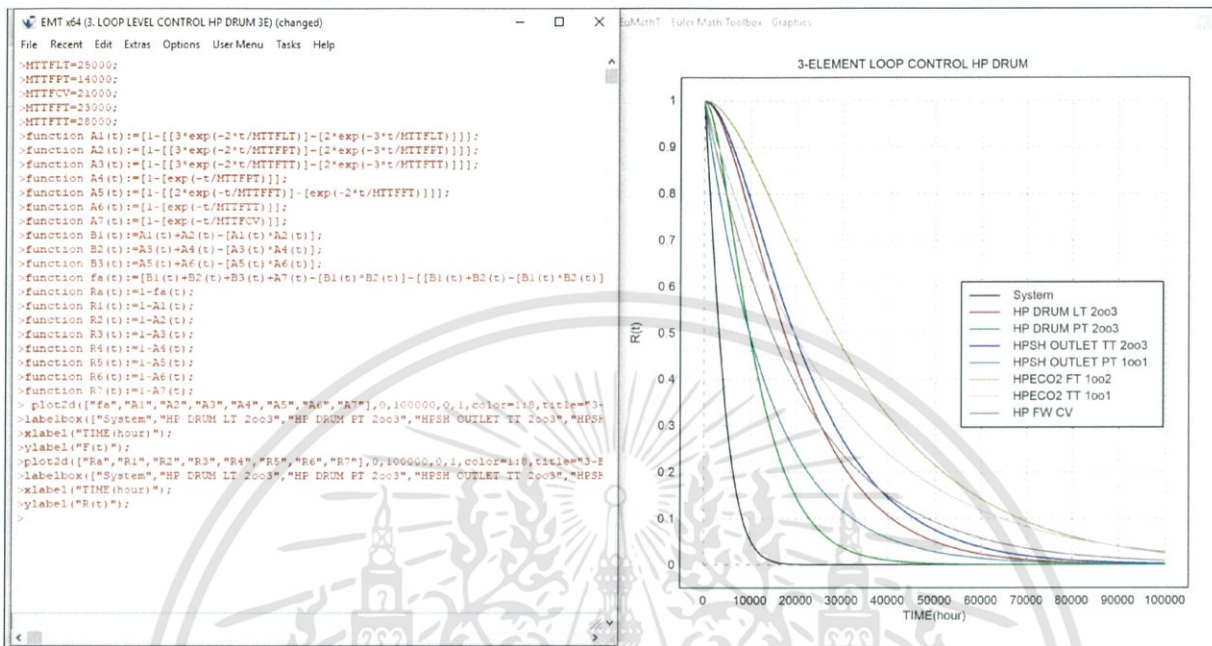
$$R(t)_{1/2} = \binom{2}{1} R(t)^1 (1-R(t))^{2-1} + \binom{2}{2} R(t)^2 (1-R(t))^{2-2} = 2R - R^2$$

2.6 Euler Math Toolbox

สำหรับโปรแกรมนี้มีชื่อว่า โปรแกรม Euler Math Toolbox ถูกพัฒนาโดยทีมงานจาก Euler Math Toolbox ประเทศเยอรมนี เป็นโปรแกรมที่มีความสามารถรอบด้านในเรื่องการวิเคราะห์ คำนวณและประมวลผลทางคณิตศาสตร์แบบเชิงลึกได้อย่างละเอียด ไม่ว่าจะนำไปใช้แก้สมการตัวเลข (Numerical Equation), การหาปริพันธ์ (Integration), ตัวแปร (Variable), กราฟ (Graph), สถิติ (Statistics), รูปทรงเรขาคณิต (Geometry), รวมถึงการคำนวณ (Computation) รูปแบบอื่นๆ ได้อีกหลากหลาย

อีกทั้ง โปรแกรม Euler Math Toolbox ยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการ สร้างตัวอย่างสื่อการเรียนการสอน (CAI) ประจำวิชาคณิตศาสตร์ ทั้งในหลักสูตรของโรงเรียน และในระดับอุดมศึกษา มหาวิทยาลัยได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้ยังเป็นที่ยอมรับใช้กันอย่างแพร่หลายในกลุ่มอาชีพที่ต้องใช้ทักษะทางการคำนวณ และวิเคราะห์เชิงตัวเลขเป็นอย่างมาก เช่น นักคณิตศาสตร์ นักฟิสิกส์ นักวิทยาศาสตร์ และวิศวกร เป็นต้น

ซึ่งโปรแกรม Euler Math Toolbox ยังมีฟังก์ชันในการจำลองภาพกราฟ สถิติเชิงเส้น และ รูปทรงเรขาคณิต ในมุมมองแบบกราฟฟิก (Graphic) 2 มิติ (2D) และ 3 มิติ (3D)

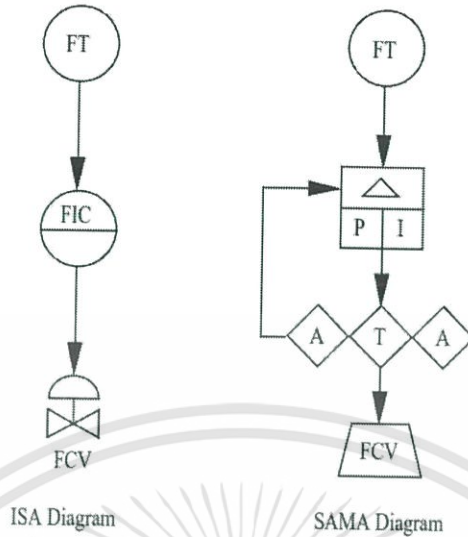


ภาพที่ 2.16 Desktop of Euler Math Toolbox

2.7 SAMA Diagram

ไดอะแกรมสำหรับระบบควบคุมในอุตสาหกรรมพลังงานมักถูกอ้างอิงด้วย แผนภาพ SAMA โดยสัญลักษณ์และไดอะแกรมนี้ได้ถูกพัฒนาขึ้นโดย Scientific Apparatus Makers Association (SAMA) ซึ่งแผนภาพ SAMAนี้จะถูกนำมาใช้ในการอธิบายและจัดทำเอกสารในการควบคุมกระบวนการ และถูกออกแบบมาสำหรับหม้อพักไอน้ำที่ใช้ทั้งในด้านอุตสาหกรรมและสาธารณูปโภค แม้ว่าจะมีแนวคิดคล้ายกับ ISA ไดอะแกรม แต่ก็มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่าง 2 วิธีในการเขียนไดอะแกรมระบบควบคุม

ภาพที่ 2.17 แสดงรูปคอนโทรลเลอร์ไหลอย่างง่ายของทั้ง ISA และ แผนภาพ SAMA จะสังเกตเห็นว่ามีเพียงสัญลักษณ์ของ Flow transmitter ที่เหมือนกัน โดย ISA ไดอะแกรมจะแสดงเพียงสัญลักษณ์ของตัวควบคุมอัตราการไหล (FIC : Flow indicating controller) ส่วน แผนภาพ SAMA นั้นจะแสดงรายละเอียดของคอนโทรลเลอร์มากกว่า โดยบอกว่าเป็นคอนโทรลเลอร์แบบ PI และยังแสดงค่าเซตพอยท์ (Set point), manual adjustment และ auto/manual transfer switch ซึ่ง SAMA และ ISA ไดอะแกรมยังใช้สัญลักษณ์ของ Flow control valve (FCV) ที่แตกต่างกันด้วย






ภาพที่ 2.17 ความแตกต่างระหว่าง ISA และ แผนภาพ SAMA

ตารางที่ 2.3 Enclosure symbols

FUNCTION	ENCLOSURE SYMBOL	FUNCTION	ENCLOSURE SYMBOL
Measuring or Readout		Logical AND	
Manual Signal Processing		Logical OR	
Automatic Signal Processing		Qualified Logical OR	
Final Controlling		Logical NOT	
Final Controlling with Positioner		Maintained Memory	
Time Delay or Pulse Duration			

ตารางที่ 2.4 Process Signal Continuation Symbols

SIGNAL	SYMBOL
Continuously Variable Signal	
Incremental Change Signal or Rate of Change of a Continuously Variable Signal	
On-Off Signal *	

* The on-off signal symbol may be a solid line if on a separate digital logic diagram or if on an inset detail on a functional diagram.

ตารางที่ 2.5 Signal Processing Symbols

FUNCTION	SIGNAL PROCESSING SYMBOL	FUNCTION	SIGNAL PROCESSING SYMBOL
Summing	Σ or +	Logical Signal Generator	B
Averaging	Σ / n	Logical AND	AND
Difference	Δ or -	Logical OR	OR
Proportional	K or P	Qualified Logical OR	> n GTn
Integral	\int or		< n LTn
Derivative	d/dt or D		= n EQn
Multiplying	X	n = an integer	
Dividing	\div	Logical NOT	NOT
Root Extraction	$\sqrt[n]{\quad}$	Set Memory	S, SO
Exponential	x^n	Reset Memory	R, RO
Non-Linear Function	f(x)	Pulse Duration	PD
Tri-State Signal (Raise, Hold, Lower)	\updownarrow	Pulse Duration of the Lesser Time	LT
Integrate or Totalize	Q	Time Delay on Initiation	DI or GT
High Selecting	>	Time Delay on Termination	DT
Low Selecting	<	Input/Output	Analog A
High Limiting	\uparrow		Digital D
Low Limiting	\downarrow	Voltage E	
Reverse Proportional	-K or -P	Frequency F	
Velocity Limiting	v \updownarrow	Hydraulic H	
Bias	\pm	Current I	
Time Function	f(t)	Examples: D/A O	
Variable Signal Generator	A	I/P P	
Transfer	T	Resistance R	
Signal Monitor	HV, H/L, /L		

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือของระบบควบคุมสำหรับระบบเครื่องกำเนิดไอน้ำ

3.1 บทนำ

การวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือของระบบควบคุมสำหรับระบบเครื่องกำเนิดไอน้ำนั้น จะแบ่งย่อยการวิเคราะห์ออกเป็นแต่ละลูปคอนโทรลของระบบ HRSG ทั้งหมด 23 ลูป โดยจะต้องทำการวิเคราะห์ไปที่ลูป โดยเริ่มขั้นตอนการวิเคราะห์ดังนี้

3.1.1 เขียนแผนภาพลอจิกให้อยู่ในรูป แผนภาพ SAMA

การเขียน แผนภาพ SAMA นั้น จำเป็นต้องวิเคราะห์ส่วนหลักๆ ในแผนภาพลอจิก นั่นคือ ค่าเซ็ทพอยท์ (Set point value) , ทรานสมิตเตอร์ (Transmitter) , ชนิดของตัวควบคุม (Controller) และตัวควบคุมสุดท้าย (Final control element) เป็นหลัก ซึ่งจะตัดส่วนการควบคุมที่ซับซ้อนในแผนภาพลอจิกออกไป เพื่อความสะดวกในการทำความเข้าใจลูปคอนโทรล โดยแผนภาพลอจิกของแต่ละลูปคอนโทรลสามารถดูได้ในภาคผนวก

3.1.2 วิเคราะห์ แผนภาพ SAMA แล้วเขียนให้อยู่ในรูปแผนภาพ Fault Tree (Fault Tree Diagram)

การเขียนแผนภาพ Fault Tree เป็นส่วนสำคัญที่แสดงถึงปัญหาที่จะทำให้ลูปคอนโทรลทำงานผิดพลาด ซึ่งในโครงการฉบับนี้จะสนใจปัญหาที่เกิดขึ้นกับส่วนของวงจรวอร์เรจอิเล็ททรอนิกส์ของทรานสมิตเตอร์และตัวควบคุมสุดท้ายเท่านั้น เพื่อให้ง่ายต่อการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค FTA

3.1.3 ใช้ FTA (Fault Tree Analysis) เชิงปริมาณเพื่อวิเคราะห์แผนภาพ Fault Tree ให้อยู่ในรูปของสมการความล้มเหลวและสมการความน่าเชื่อถือ

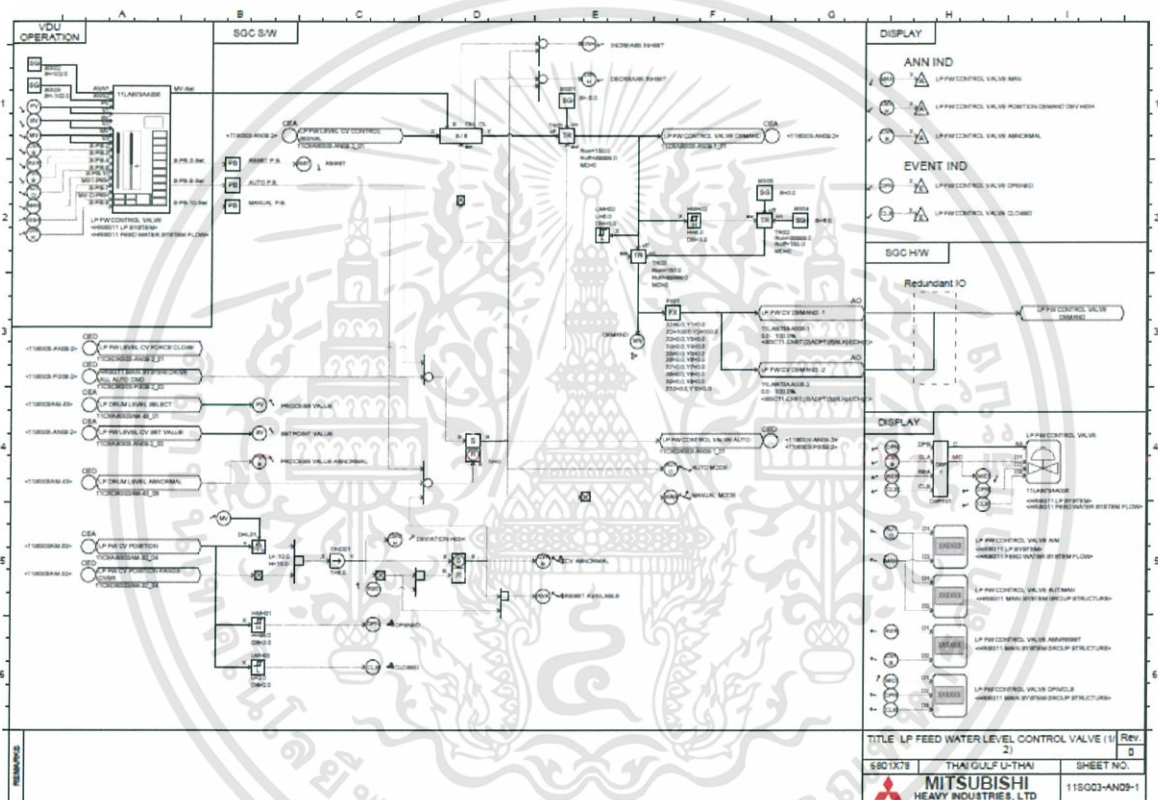
การเขียนแผนภาพ Fault Tree เป็นส่วนสำคัญที่แสดงถึงปัญหาที่จะทำให้ลูปคอนโทรลทำงานผิดพลาด ซึ่งในโครงการฉบับนี้จะสนใจปัญหาที่เกิดขึ้นกับส่วนของวงจรวอร์เรจอิเล็ททรอนิกส์ของทรานสมิตเตอร์และตัวควบคุมสุดท้ายเท่านั้น เพื่อให้ง่ายต่อการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค FTA

3.1.4 นำสมการที่ได้มาพล็อตกราฟในโปรแกรม Euler Math Toolbox

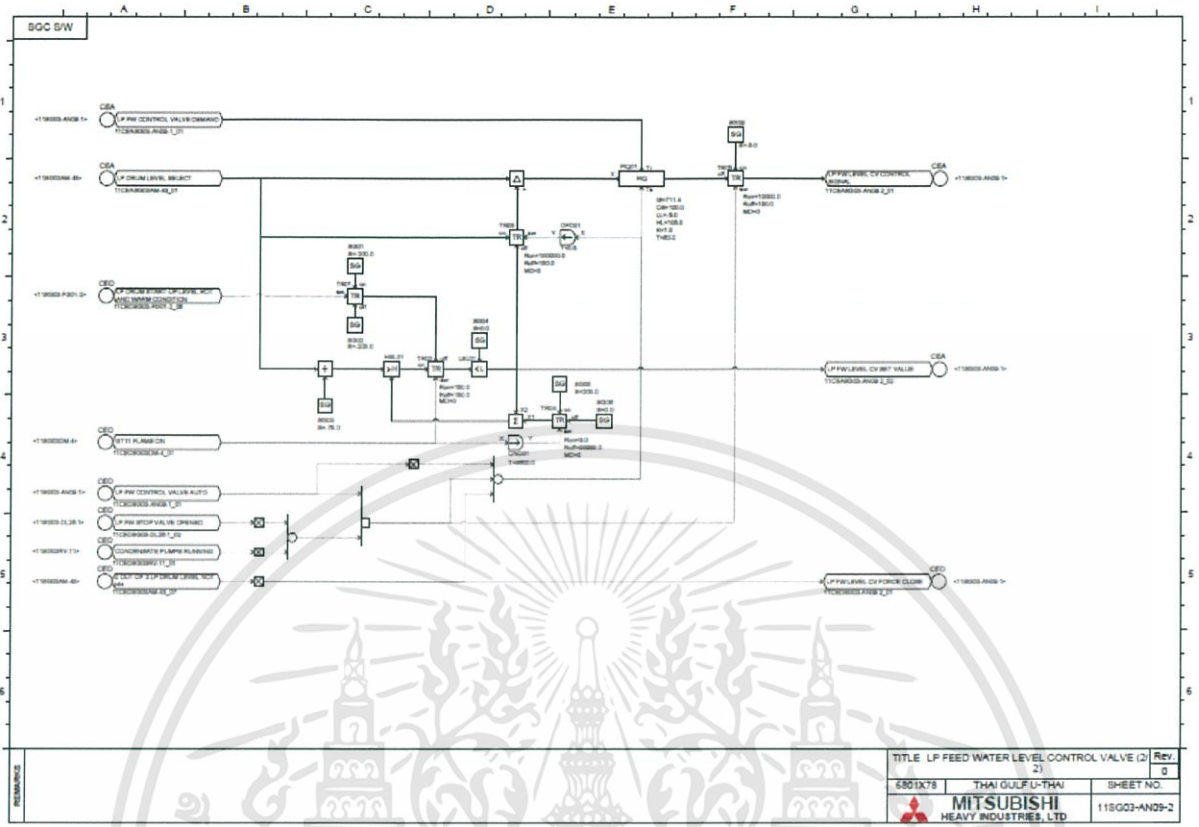
ซึ่งในกราฟหลังจากการประมวลผลจากสมการความน่าเชื่อถือและความไม่น่าเชื่อถือแล้ว จะนำมาวิเคราะห์หาจุดอ่อนของระบบการวัดและระบบตัวควบคุมสุดท้ายที่มีผลต่อความน่าเชื่อถือของลูปคอนโทรลนั้นๆ

3.2 ลูบคอนโทรลที่ 1 LP Drum Level Control

เป็นลูบคอนโทรลที่ใช้ในการควบคุมระดับน้ำในหม้อพักไอน้ำความดันต่ำ (Low Pressure Drum) ซึ่งจะมีทรานสมิตเตอร์วัดระดับน้ำในหม้อพักไอน้ำความดันต่ำ 3 ตัว ทำงานในรูปแบบ 2 out of 3 (2oo3) และมีทรานสมิตเตอร์วัดความดันในหม้อพักไอน้ำความดันต่ำ 3 ตัว (2oo3) เป็นตัวชดเชย (Compensator) ค่าระดับน้ำที่วัดได้หลังการชดเชยแล้วจะถูกนำไปใช้ควบคุม LP Feed Water Control Valve เพื่อให้เปิดตามระดับน้ำที่วัดได้ หากระดับน้ำต่ำกว่าหรือสูงกว่าค่าเซตพอยท์ (Set Point) วาล์วจะควบคุมปริมาณน้ำที่ไหลเข้าหม้อพักไอน้ำความดันต่ำให้เหมาะสม จนกว่าระดับจะอยู่ในจุดเซตพอยท์

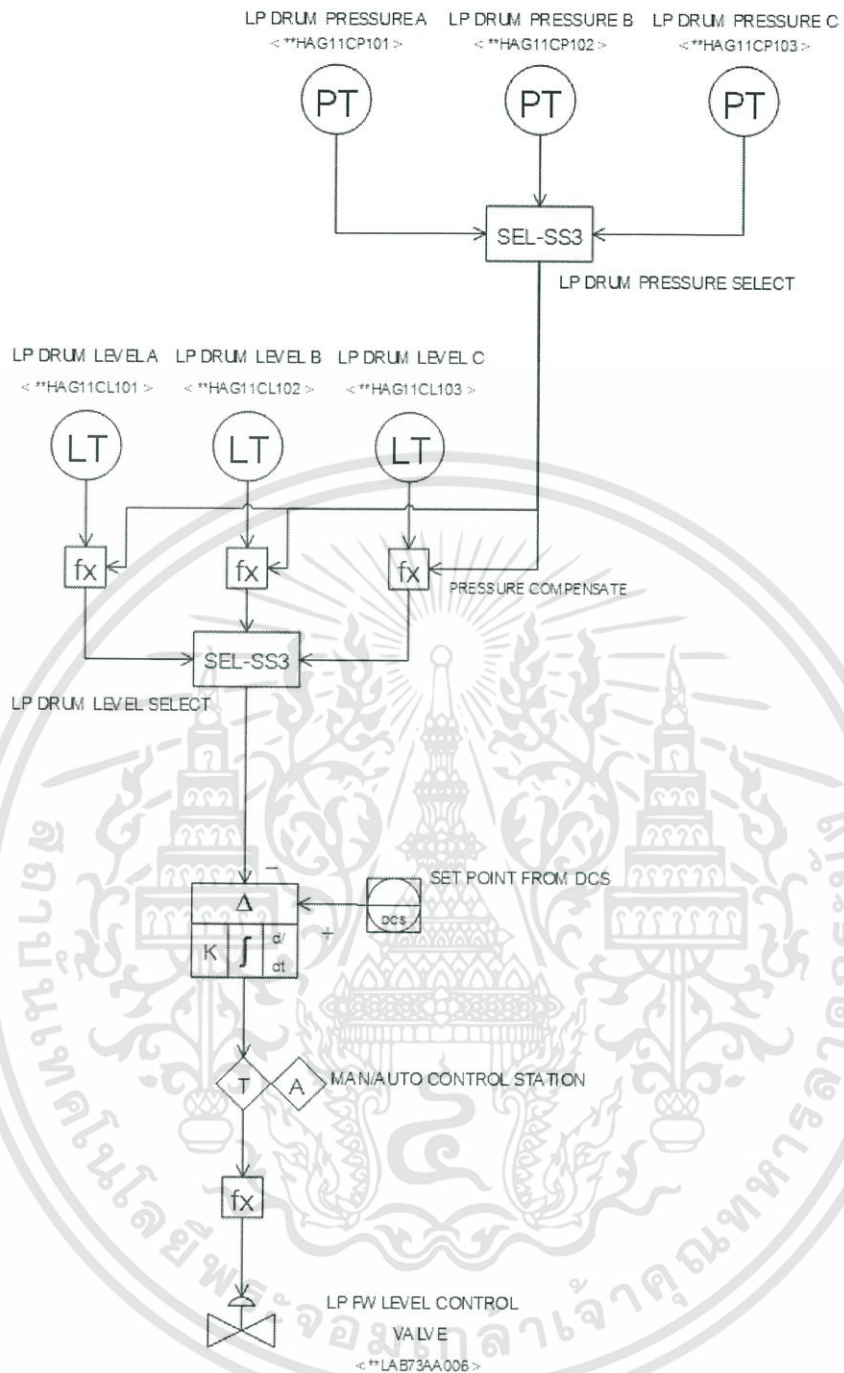


ภาพที่ 3.1 ตัวอย่างแผนภาพลอจิกของ LP Feed Water Level Control Valve (1/2)



ภาพที่ 3.2 ตัวอย่างแผนภาพลอจิกของ LP Feed Water Level Control Valve (2/2)

หากพิจารณาแผนภาพลอจิกจากภาพที่ 3.1 และ 3.2 แล้ว สามารถเขียนแผนภาพ SAMA ได้ดังนี้



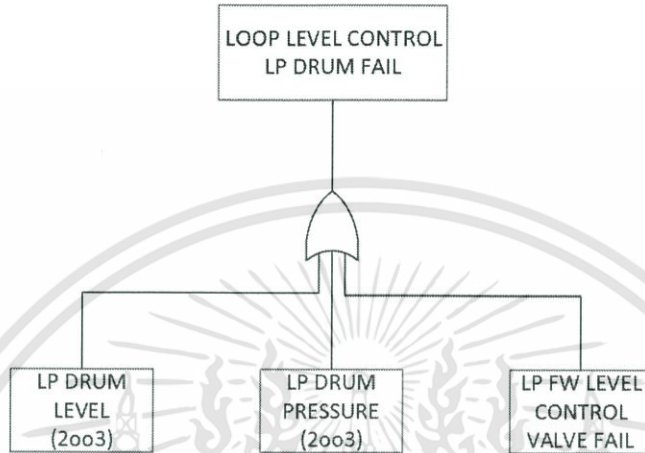
ภาพที่ 3.3 แผนภาพ SAMA ของลูปคอนโทรล LP Drum Level Control

จากการวิเคราะห์ลูปคอนโทรล LP Drum Level Control ในภาพที่ 3.3 ด้วยเทคนิค FTA สามารถระบุสาเหตุที่ทำให้ลูปคอนโทรลเกิดความล้มเหลวได้ดังนี้

- 1) LP DRUM LEVEL FAIL คือ ระบบการวัดค่าระดับน้ำของหม้อพักไอน้ำความดันต่ำล้มเหลว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อ 44 รัชศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 2) LP DRUM PRESSURE FAIL คือ ระบบการวัดค่าความดันของหม้อพักไอน้ำความดันต่ำ ล้มเหลว
- 3) LP FW LEVEL CONTROL VALVE FAIL คือ ระบบตัวควบคุมสุดท้าย (Final Control Element) ของ LP Feed Water Level Control Valve ล้มเหลว



ภาพที่ 3.4 แผนภาพ Fault Tree (Fault Tree Diagram) ของลูบคอนโทรล LP Drum Level Control

จากภาพที่ 3.4 สามารถใช้เทคนิค FTA เพื่อวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือเชิงปริมาณของลูบคอนโทรล LP Drum Level Control ได้ดังนี้

$$F_{LPDRUM} = F_{LP_{LT}} \cup F_{LP_{PT}} \cup F_{LP_{FWCV}}$$

จากสมการที่ 2-25

$$Fs = 1 - Rs = 1 - \prod_{i=1}^n R_i$$

ดังนั้นความไม่น่าเชื่อถือของลูบคอนโทรลแสดงได้ดังสมการที่ 3-1 และความน่าเชื่อถือแสดงได้ดังสมการที่ 3-2

$$F_{LPDRUM} = 1 - R_{LP_{LT}} R_{LP_{PT}} R_{LP_{FWCV}} \quad (3-1)$$

$$R_{LPDRUM} = 1 - F_{LPDRUM} \quad (3-2)$$

$$F_{LP_{LT}} = 1 - R_{LP_{LT}} = 1 - 3R_{LP_{LT}}^2 + 2R_{LP_{LT}}^3 = 1 - 3e^{-2\lambda_{LT}t} + 2e^{-3\lambda_{LT}t} \quad (2oo3) \quad (3-3)$$

$$F_{LP_{PT}} = 1 - R_{LP_{PT}} = 1 - 3R_{LP_{PT}}^2 + 2R_{LP_{PT}}^3 = 1 - 3e^{-2\lambda_{PT}t} + 2e^{-3\lambda_{PT}t} \quad (2oo3) \quad (3-4)$$

$$F_{LP_{FWCV}} = 1 - R_{LP_{FWCV}} = 1 - e^{-\lambda_{cv}t} \quad (3-5)$$

เมื่อ F_{LPDRUM} คือ ค่าความล้มเหลวของลูบคอนโทรล LP Drum Level Control

- R_{LPDRUM} คือ ค่าความน่าเชื่อถือของอุปกรณ์โทรล LP Drum Level Control
- $F_{LP_{LT}}$ คือ ค่าความล้มเหลวของระบบการวัดค่าระดับน้ำในหม้อพักไอน้ำความดันต่ำ
- $R_{LP_{LT}}$ คือ ค่าความน่าเชื่อถือของระบบการวัดค่าระดับน้ำในหม้อพักไอน้ำความดันต่ำ
- $F_{LP_{PT}}$ คือ ค่าความล้มเหลวของระบบการวัดค่าความดันในหม้อพักไอน้ำความดันต่ำ
- $R_{LP_{PT}}$ คือ ค่าความน่าเชื่อถือของระบบการวัดค่าความดันในหม้อพักไอน้ำความดันต่ำ
- $F_{LP_{FWCV}}$ คือ ค่าความล้มเหลวของระบบตัวควบคุมสุดท้าย (Final Control Element) ของ LP Feed Water Control Valve
- $R_{LP_{FWCV}}$ คือ ค่าความน่าเชื่อถือของระบบตัวควบคุมสุดท้าย (Final Control Element) ของ LP Feed Water Control Valve
- F_{LT} คือ ค่าความล้มเหลวของทรานสมิตเตอร์วัดระดับ
- R_{LT} คือ ค่าความน่าเชื่อถือของทรานสมิตเตอร์วัดระดับ
- F_{PT} คือ ค่าความล้มเหลวของทรานสมิตเตอร์วัดความดัน
- R_{PT} คือ ค่าความน่าเชื่อถือของทรานสมิตเตอร์วัดความดัน
- λ_{LT} คือ อัตราความล้มเหลวของทรานสมิตเตอร์วัดระดับ
- λ_{PT} คือ อัตราความล้มเหลวของทรานสมิตเตอร์วัดความดัน
- λ_{CV} คือ อัตราความล้มเหลวของระบบตัวควบคุมสุดท้ายของ Control Valve (Positioner)
- t คือ ระยะเวลาการใช้งานของอุปกรณ์หรือระยะเวลาการทำงานของระบบ

ตารางที่ 3.1 อัตราความล้มเหลวและเวลาเฉลี่ยที่จะล้มเหลวของอุปกรณ์ในระบบ HRSG

อุปกรณ์	อัตราความล้มเหลว λ (per 10^9)	เวลาเฉลี่ยที่จะล้มเหลว : MTTF (ชั่วโมง)	แหล่งที่มาของข้อมูล
ทรานสมิตเตอร์วัดระดับ (Level Transmitter : LT)	3680	271740	Foxboro Function Safety Manual
ทรานสมิตเตอร์วัดความดัน (Pressure Transmitter : PT)	3680	271740	Foxboro Function Safety Manual
ทรานสมิตเตอร์วัดอัตราการไหล (Flow Transmitter : FT)	3680	271740	Foxboro Function Safety Manual
ทรานสมิตเตอร์วัดอุณหภูมิ (Temperature Transmitter : TT)	4570	218819	OREDA 2002 (หน้า 754)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อ 46 ศึกษานี้เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์	อัตราความล้มเหลว λ (per 10^9)	เวลาเฉลี่ยที่จะล้มเหลว : MTTF (ชั่วโมง)	แหล่งที่มาของข้อมูล
ระบบตัวควบคุมสุดท้ายของ Control Valve (Positioner)	22910	43649	OREDA 2002 (หน้า 560)

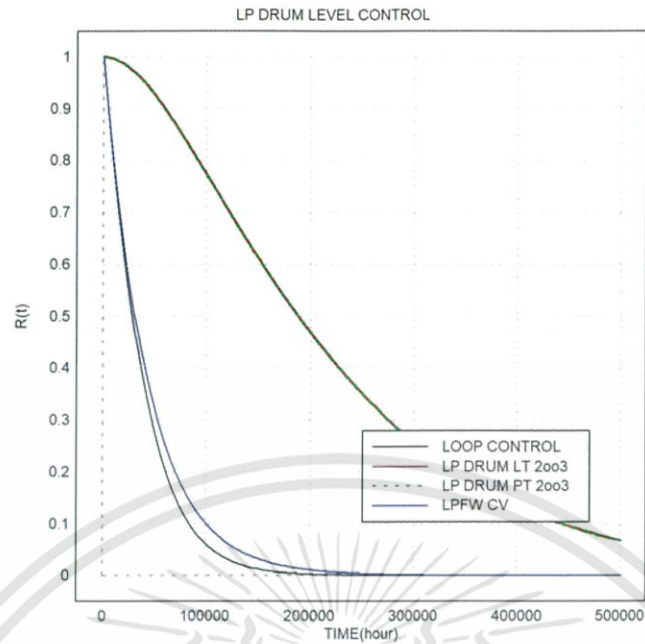
เมื่อนำสมการความน่าเชื่อถือและความไม่น่าเชื่อถือของลูบคอนโทรล LP Drum Level Control, ระบบการวัดในลูบคอนโทรล และระบบตัวควบคุมสุดท้าย (Final Control Element) มาวิเคราะห์เพื่อแสดงผลในลักษณะของกราฟแนวโน้มความน่าเชื่อถือซึ่งแกนตั้งแสดงถึงค่าความน่าเชื่อถือและแกนอนแสดงระยะเวลาการทำงานของอุปกรณ์ดังแสดงในภาพที่ 3.5 ผลที่ได้นั้นแนวโน้มความน่าเชื่อถือของลูบคอนโทรล (เส้นทึบสีดำ) มีค่าต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับระบบอื่นๆ เนื่องจากลูบคอนโทรลนั้นเป็นผลรวมของโอกาสที่อุปกรณ์อื่นๆจะเกิดความล้มเหลว ดังนั้นในช่วงเวลาเดียวกัน ลูบคอนโทรลจึงมีโอกาสทำงานล้มเหลวมากที่สุด

เมื่อพิจารณาระบบที่เป็นองค์ประกอบของลูบคอนโทรล LP Drum Level Control ในช่วงเวลาเดียวกันพบว่า LP Feed Water Control Valve (เส้นทึบสีน้ำเงิน) ซึ่งเป็นระบบตัวควบคุมสุดท้ายมีแนวโน้มความน่าเชื่อถือต่ำที่สุดเนื่องจากมีอัตราความล้มเหลว (Failure Rate) มากที่สุดหรือมีเวลาเฉลี่ยที่จะล้มเหลว (Mean Time to Failure : MTTF) น้อยที่สุดเมื่อเทียบกับระบบการวัดอื่นๆ และ LP Feed Water Control Valve ไม่มีระบบสำรองเมื่อเทียบกับระบบการวัดระดับในหม้อพักไอน้ำความดันต่ำ (เส้นทึบสีแดง) และระบบการวัดความดันในหม้อพักไอน้ำความดันต่ำ (เส้นประสีเขียว) ซึ่งมีระบบสำรองแบบ 2 out of 3

เหตุที่แนวโน้มความน่าเชื่อถือของระบบการวัดระดับในหม้อพักไอน้ำความดันต่ำและระบบการวัดความดันในหม้อพักไอน้ำความดันต่ำมีค่าเท่ากันเนื่องจากมีอัตราความล้มเหลวของทรานสมิตเตอร์วัดความดันเท่ากับอัตราความล้มเหลวของทรานสมิตเตอร์วัดระดับ และเป็นระบบการทำงานแบบ 2 out of 3 เหมือนกัน

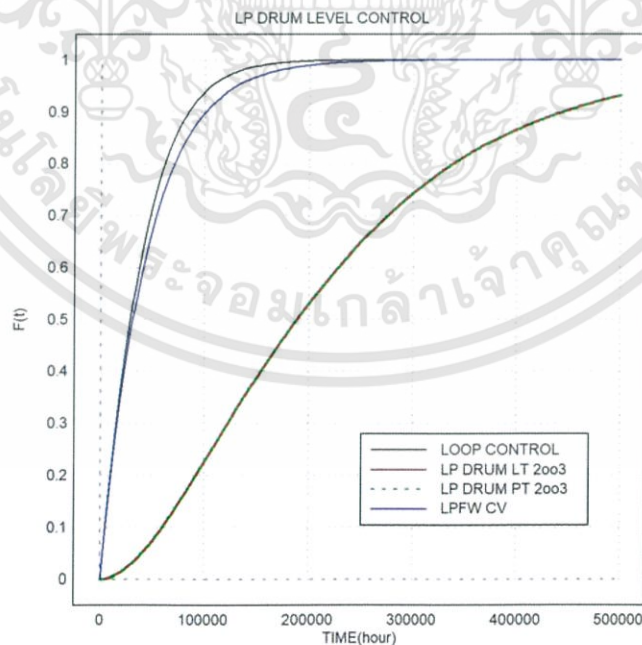
จากการวิเคราะห์ ระบบที่ควรหาแนวทางในการเพิ่มความน่าเชื่อถือจะพิจารณาระบบการวัดหรือระบบตัวควบคุมสุดท้ายของลูบคอนโทรลที่ไม่มีระบบสำรองเป็นหลัก ซึ่งหมายความว่าหากระบบที่เป็นองค์ประกอบของลูบคอนโทรลมีความน่าเชื่อถือมากขึ้น ความน่าเชื่อถือของลูบคอนโทรลจะเพิ่มขึ้นด้วย โดยสาเหตุที่ไม่นำระบบการวัดหรือระบบตัวควบคุมสุดท้ายที่มีระบบสำรองมาพิจารณาเนื่องจากว่า เป็นไปได้ยากที่อุปกรณ์ในระบบจะทำงานล้มเหลวหรือชำรุดเสียหายพร้อมกันจนทำให้ลูบคอนโทรลทำงานผิดพลาด ซึ่งในทางปฏิบัตินั้นหากอุปกรณ์ที่มีระบบสำรองตัวใดตัวหนึ่งทำงานล้มเหลวหรือชำรุดเสียหายจะมีการเปลี่ยนอุปกรณ์ตัวใหม่ที่ใช้งานได้ทันที ซึ่งระบบที่เป็นองค์ประกอบของลูบคอนโทรลที่ไม่มีระบบสำรองหรือเรียกว่าทำงานแบบ 1 out of 1 มีดังนี้

1. ระบบตัวควบคุมสุดท้ายของ LP Feed Water Control Valve (เส้นทึบสีน้ำเงิน)



ภาพที่ 3.5 กราฟแนวโน้มความน่าเชื่อถือของลูบคอนโทรล LP Drum Level Control

ลักษณะของกราฟแนวโน้มความไม่น่าเชื่อถือซึ่งแกนตั้งแสดงค่าความไม่น่าเชื่อถือและแกนนอนแสดงระยะเวลาการทำงานของอุปกรณ์ดังแสดงในภาพที่ 3.6 เมื่อเปรียบเทียบกับกราฟแนวโน้มความน่าเชื่อถือในภาพที่ 3.5 พบว่าแนวโน้มความไม่น่าเชื่อถือเป็น 1's complement ของความน่าเชื่อถือดังในสมการที่ 2-8

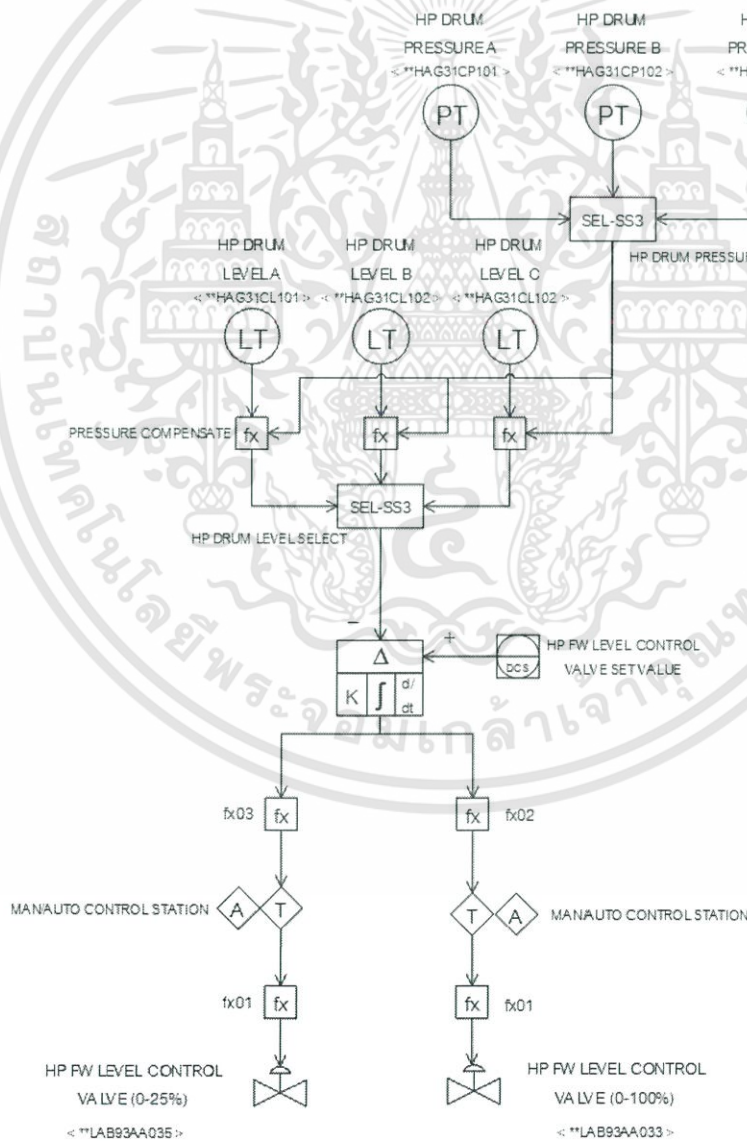


ภาพที่ 3.6 กราฟแนวโน้มความไม่น่าเชื่อถือของลูบคอนโทรล LP Drum Level Control

3.3 รูปคอนโทรลที่ 2 1-Element HP Drum Level Control

เป็นรูปคอนโทรลที่ใช้ในการควบคุมระดับน้ำในหม้อพักไอน้ำความดันสูง (High Pressure Drum) ซึ่งจะมี ทรานสมิตเตอร์วัดระดับ 3 ตัว ทำงานในรูปแบบ 2 out of 3 (2oo3) จะเป็นตัววัดระดับน้ำในหม้อน้ำความดันสูง และมีทรานสมิตเตอร์วัดความดันในหม้อพักไอน้ำความดันสูง 3 ตัว (2oo3) เป็นตัวชดเชย (Compensator) ค่าระดับน้ำที่วัดได้หลังการชดเชยแล้วจะถูกนำไปใช้ควบคุม HP Feed Water Control Valve เพื่อให้เปิดตามระดับน้ำที่ที่วัดได้ หากระดับน้ำต่ำกว่าหรือสูงกว่าเซตพอยท์ (Set point) วาล์วจะควบคุมปริมาณน้ำที่ไหลเข้าหม้อน้ำความดันต่ำให้เหมาะสมจนกว่าระดับจะอยู่ที่เซตพอยท์ซึ่งการควบคุมระดับน้ำแบบ 1-Element นี้จะใช้ในช่วงเริ่มเดินเครื่อง (Start-up) หลังจากช่วงเริ่มเดินเครื่องแล้วจะสลับไปใช้การควบคุมแบบ 3-Element

หากพิจารณาแผนภาพลอจิกแล้ว สามารถเขียนแผนภาพ SAMA ได้ดังภาพที่ 3.7



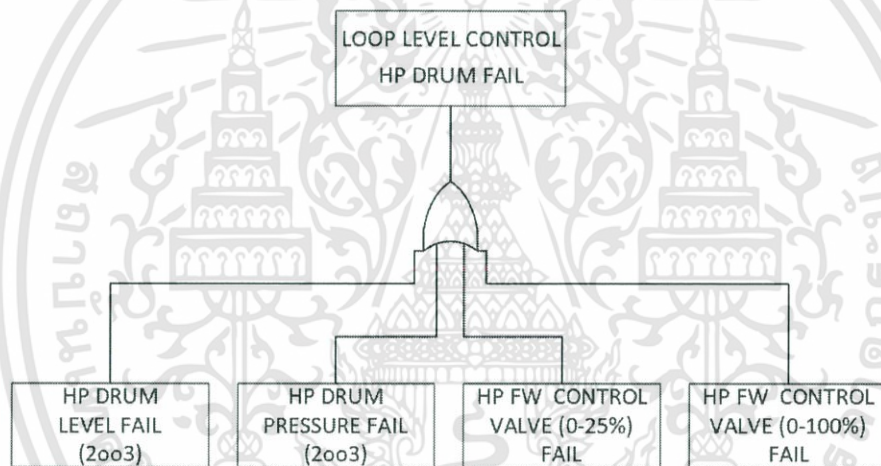
ภาพที่ 3.7 แผนภาพ SAMA ของรูปคอนโทรล 1-Element HP Drum Level Control

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อ 49:ศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการวิเคราะห์ลูปคอนโทรล 1-Element HP Drum Level Control โดยใช้เทคนิค FTA สามารถระบุสาเหตุที่ทำให้ลูปคอนโทรลเกิดความล้มเหลวได้ดังนี้

- 1) HP DRUM LEVEL FAIL คือ ระบบการวัดค่าระดับน้ำในหม้อพักไอน้ำความดันสูง ล้มเหลว
- 2) HP DRUM PRESSURE FAIL คือ ระบบการวัดค่าความดันของหม้อพักไอน้ำความดันสูง ล้มเหลว
- 3) HP FW LEVEL CONTROL VALVE FAIL (0-25%) คือ ระบบตัวควบคุมสุดท้าย (Final Control Element) ของ HP Feed Water Level Control Valve ล้มเหลว
- 4) HP FW LEVEL CONTROL VALVE FAIL (0-100%) คือ ระบบตัวควบคุมสุดท้าย (Final control element) ของ HP Feed Water Level Control Valve ล้มเหลว

สามารถเขียนให้อยู่ในแผนภาพ Fault Tree ได้ดังภาพที่ 3.8



ภาพที่ 3.8 แผนภาพ Fault Tree ของลูปคอนโทรล 1-Element HP Drum Level Control

จากภาพที่ 3.8 สามารถใช้เทคนิค FTA เพื่อวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือเชิงปริมาณของลูปคอนโทรล 1-Element HP Drum Level Control ได้ดังนี้

$$F_{HPDRUM} = F_{HP_{LT}} \cup F_{HP_{PT}} \cup F_{HPFW_{CV1}} \cup F_{HPFW_{CV2}}$$

จากสมการที่ 2-25 ค่าความล้มเหลวหรือความไม่น่าเชื่อถือของลูปคอนโทรล 1-Element HP Drum Level Control แสดงได้ดังสมการที่ 3-6 และความน่าเชื่อถือแสดงได้ดังสมการที่ 3-7

$$F_{HPDRUM} = 1 - R_{HP_{LT}} R_{HP_{PT}} R_{HPFW_{CV1}} R_{HPFW_{CV2}} \quad (3-6)$$

$$R_{HPDRUM} = 1 - F_{HPDRUM} \quad (3-7)$$

$$F_{HP_{LT}} = 1 - R_{HP_{LT}} = 1 - 3R_{LT}^2 + 2R_{LT}^3 = 1 - 3e^{-2\lambda_{LT}t} + 2e^{-3\lambda_{LT}t} \quad (2oo3) \quad (3-8)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อ 50 รัชกาลที่ 10 ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$F_{HP}^{PT} = 1 - R_{HP}^{PT} = 1 - 3R_{PT}^2 + 2R_{PT}^3 = 1 - 3e^{-2\lambda_{PT}t} + 2e^{-3\lambda_{PT}t} \quad (2003) \quad (3-9)$$

$$F_{FWCV1}^{HP} = 1 - R_{FWCV1}^{HP} = 1 - e^{-\lambda_{CV}t} \quad (3-10)$$

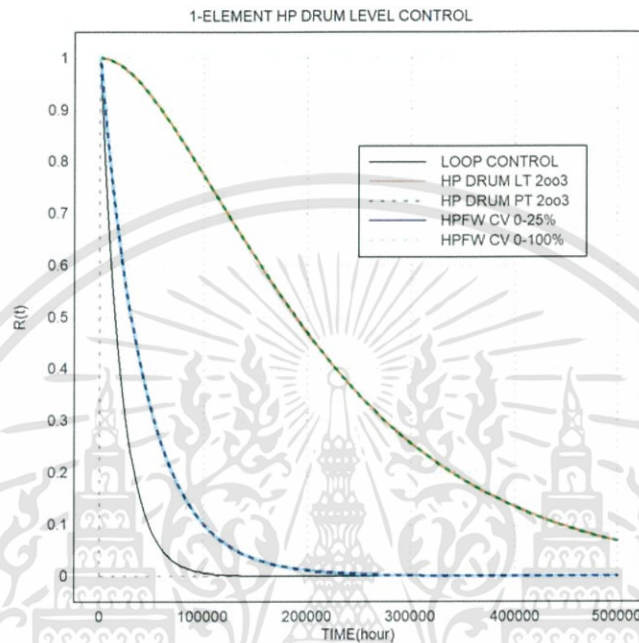
$$F_{FWCV2}^{HP} = 1 - R_{FWCV2}^{HP} = 1 - e^{-\lambda_{CV}t} \quad (3-11)$$

เมื่อ	F_{HPDRUM}^{HP}	คือ ค่าความล้มเหลวของลูบคอนโทรล HP Drum Level Control
	R_{HPDRUM}^{HP}	คือ ค่าความน่าเชื่อถือของลูบคอนโทรล HP Drum Level Control
	F_{LT}^{HP}	คือ ค่าความล้มเหลวของระบบการวัดค่าระดับน้ำในหม้อพักไอน้ำความดันสูง
	R_{LT}^{HP}	คือ ค่าความน่าเชื่อถือของระบบการวัดค่าระดับน้ำในหม้อพักไอน้ำความดันสูง
	F_{PT}^{HP}	คือ ค่าความล้มเหลวของระบบการวัดค่าความดันในหม้อพักไอน้ำความดันสูง
	R_{PT}^{HP}	คือ ค่าความน่าเชื่อถือของระบบการวัดค่าความดันในหม้อพักไอน้ำความดันสูง
	F_{FWCV1}^{HP}	คือ ค่าความล้มเหลวของระบบตัวควบคุมสุดท้าย HP Feed Water Control Valve (0-25%)
	R_{FWCV1}^{HP}	คือ ค่าความน่าเชื่อถือของระบบตัวควบคุมสุดท้าย HP Feed Water Control Valve (0-25%)
	F_{FWCV2}^{HP}	คือ ค่าความล้มเหลวของระบบตัวควบคุมสุดท้าย HP Feed Water Control Valve (0-100%)
	R_{FWCV2}^{HP}	คือ ค่าความน่าเชื่อถือของระบบตัวควบคุมสุดท้าย HP Feed Water Control Valve (0-100%)

เมื่อนำสมการความน่าเชื่อถือและความไม่น่าเชื่อถือของลูบคอนโทรล 1-Element HP Drum Level Control, ระบบการวัดในลูบคอนโทรล และตัวควบคุมสุดท้าย (Final Control Element) มาวิเคราะห์เพื่อแสดงผลในลักษณะของกราฟแนวโน้มความน่าเชื่อถือซึ่งแกนตั้งแสดงถึงค่าความน่าเชื่อถือและแกนนอนแสดงระยะเวลาการทำงานของอุปกรณ์ดังแสดงในภาพที่ 3.9

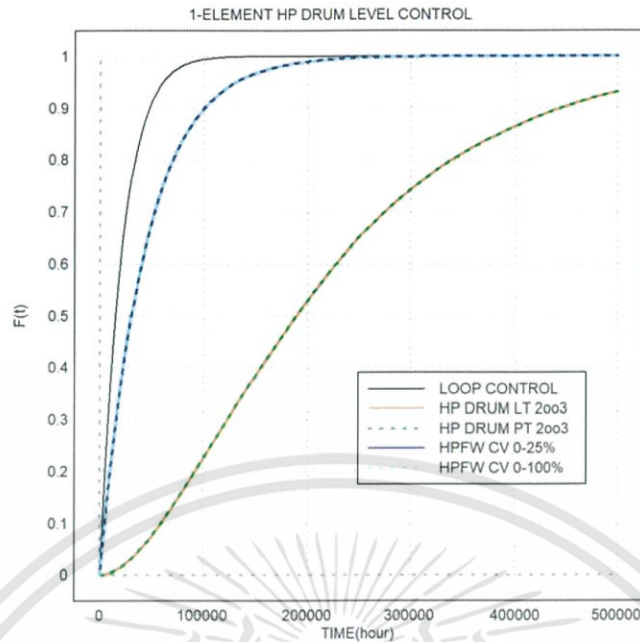
จากการวิเคราะห์ ระบบที่ควรหาแนวทางในการเพิ่มความน่าเชื่อถือจะพิจารณาระบบการวัดหรือระบบตัวควบคุมสุดท้ายของลูบคอนโทรลที่ไม่มีระบบสำรองเป็นหลัก ซึ่งหมายความว่าหากระบบที่เป็นองค์ประกอบของลูบคอนโทรลมีความน่าเชื่อถือมากขึ้น ความน่าเชื่อถือของลูบคอนโทรลจะเพิ่มขึ้นด้วย โดยระบบที่เป็นองค์ประกอบของลูบคอนโทรลที่ไม่มีระบบสำรองหรือเรียกว่าทำงานแบบ 1 out of 1 มีดังนี้

1. ระบบตัวควบคุมสุดท้ายของ HP Feed Water Control Valve 0-25% (เส้นทึบสีน้ำเงิน)
2. ระบบตัวควบคุมสุดท้ายของ HP Feed Water Control Valve 0-100% (เส้นประสีฟ้า)



ภาพที่ 3.9 กราฟแนวโน้มความน่าเชื่อถือของกลุ่มคอนโทรล 1-Element HP Drum Level Control

ลักษณะของกราฟแนวโน้มความไม่น่าเชื่อถือซึ่งแกนตั้งแสดงค่าความไม่น่าเชื่อถือและแกนนอนแสดงระยะเวลาการทำงานของอุปกรณ์ดังแสดงในภาพที่ 3.10 เมื่อเปรียบเทียบกับกราฟแนวโน้มความน่าเชื่อถือในภาพที่ 3.9 พบว่าแนวโน้มความไม่น่าเชื่อถือเป็น 1's complement ของความน่าเชื่อถือดังในสมการที่ 2-8



ภาพที่ 3.10 กราฟแนวโน้มความไม่น่าเชื่อถือของลูปคอนโทรล 1-Element HP Drum Level Control

3.4 ลูปคอนโทรลที่ 3 3-Element HP Drum Level Control

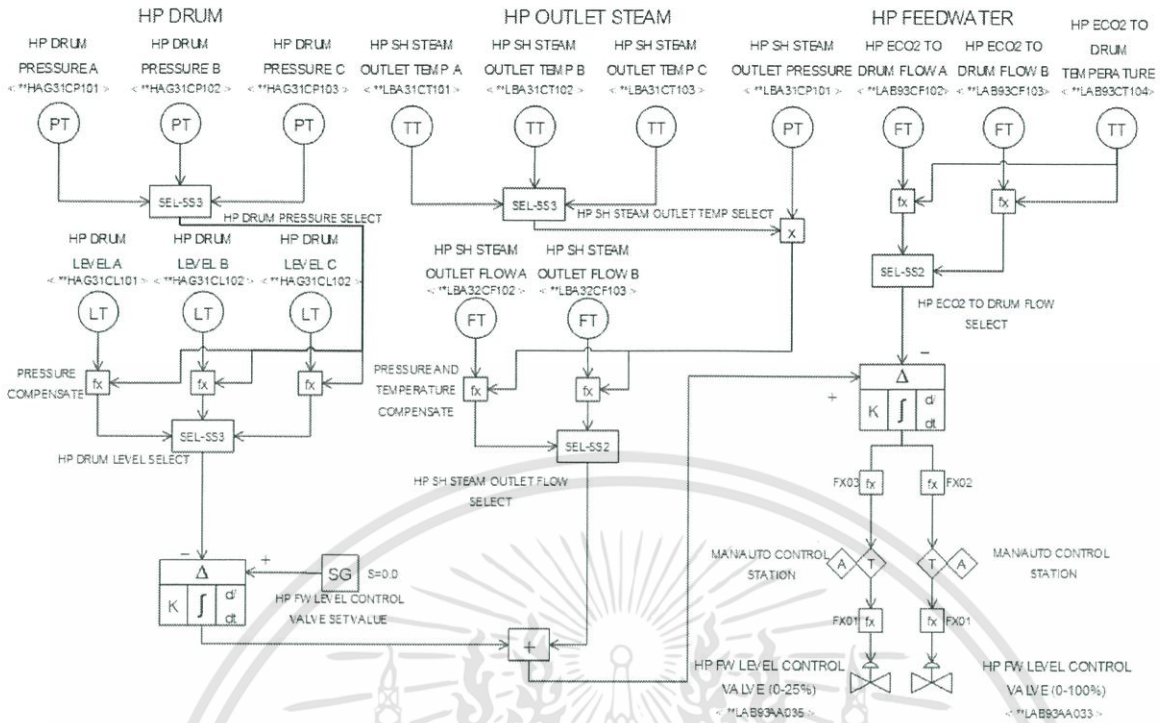
ในเทอมของ “3-Element control” เป็นการกล่าวถึงจำนวนของตัวแปรกระบวนการ (Process Variables : PVs) ที่วัดเพื่อควบคุม HP Feed Water Control Valve

โดยตัวแปรกระบวนการประกอบด้วย

- ระดับน้ำในหม้อพักไอน้ำความดันสูง
- อัตราการไหลของน้ำเลี้ยงที่ป้อนเข้าหม้อพักไอน้ำความดันสูง
- อัตราการไหลของไอน้ำที่ออกจากหม้อพักไอน้ำความดันสูง

การควบคุมระดับน้ำในหม้อพักไอน้ำความดันสูงนั้นเป็นสิ่งที่สำคัญที่สุด โดยจะต้องควบคุมระดับน้ำให้อยู่ในช่วงที่ถูกออกแบบไว้เท่านั้น หากระดับน้ำสูงเกินกว่ากำหนดจะส่งผลให้มีความชื้นปะปนไปกับไอน้ำเข้าสู่กังหันไอน้ำ ซึ่งเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดความเสียหายต่อชิ้นส่วนของกังหันไอน้ำ และหากระดับน้ำของหม้อพักไอน้ำต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดจะส่งผลกระทบต่อผนังของท่อลำเลียงน้ำเข้าสู่หม้อพักไอน้ำ และอาจทำให้เกิดการแตกร้าวเนื่องจากได้รับความร้อนมากเกินไป ซึ่งปัญหาดังกล่าวจะส่งผลกระทบต่อกระบวนการผลิตไฟฟ้าต้องหยุดลง

หากพิจารณาแผนภาพลอจิกแล้ว สามารถเขียนแผนภาพ SAMA ได้ดังภาพที่ 3.11

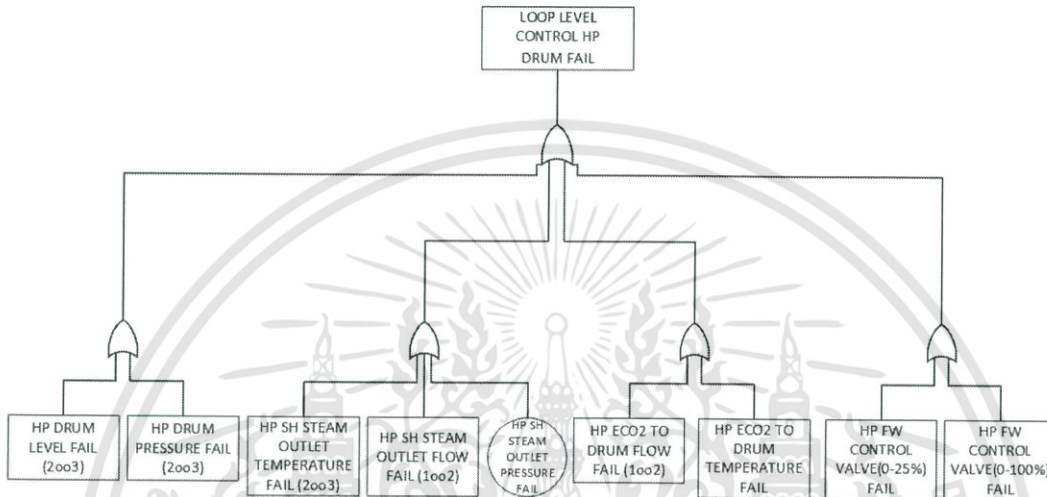


ภาพที่ 3.11 แผนภาพ SAMA ของลูบคอนโทรล 3-Element HP Drum Level Control

จากการวิเคราะห์ลูบคอนโทรล 3-Element HP Drum Level Control โดยใช้เทคนิค FTA สามารถระบุสาเหตุที่ทำให้ลูบคอนโทรลเกิดความล้มเหลวได้ดังนี้

- 1) HP DRUM LEVEL FAIL คือ ระบบการวัดระดับน้ำในหม้อพักไอน้ำความดันสูงล้มเหลว
- 2) HP DRUM PRESSURE FAIL คือ ระบบการวัดความดันของหม้อพักไอน้ำความดันสูงล้มเหลว
- 3) HP SH STEAM OUTLET TEMPERATURE FAIL คือ ระบบการวัดอุณหภูมิของ HP SH Steam Outlet ล้มเหลว
- 4) HP SH STEAM OUTLET FLOW FAIL คือ ระบบการวัดอัตราการไหลของ HP SH Steam Outlet ล้มเหลว
- 5) HP SH STEAM OUTLET PRESSURE FAIL คือ ระบบการวัดความดันของ HP SH Steam Outlet ล้มเหลว
- 6) HP ECO2 TO DRUM FLOW FAIL คือ ระบบการวัดอัตราการไหลของ HP ECO2 to Drum ล้มเหลว
- 7) HP ECO2 TO DRUM TEMPERATURE FAIL คือ ระบบการวัดอุณหภูมิของ HP ECO2 to Drum ล้มเหลว

- 8) HP FW LEVEL CONTROL VALVE (0-25%) FAIL คือ ระบบตัวควบคุมสุดท้าย (Final Control Element) ของ HP Feed Water Level Control Valve (0.25%) ล้มเหลว
- 9) HP FW LEVEL CONTROL VALVE (0-100%) FAIL คือ ระบบตัวควบคุมสุดท้าย (Final Control Element) ของ HP Feed Water Level Control Valve (0-100%) ล้มเหลว
- สามารถเขียนให้อยู่ในแผนภาพ Fault Tree ได้ดังภาพที่ 3.12



ภาพที่ 3.12 แผนภาพ Fault Tree ของลูบคอนโทรล 3-Element HP Drum Level Control

จากภาพที่ 3.12 สามารถใช้เทคนิค FTA เพื่อวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือเชิงปริมาณของลูบคอนโทรล 3-Element HP Drum Level Control ได้ดังนี้

$$F_{3EHPDRUM} = F_{HP}^{LT} \cup F_{HP}^{PT} \cup F_{HPSH}^{TT} \cup F_{HPSH}^{PT} \cup F_{HPSH}^{FT} \cup F_{HPECO2}^{TT} \cup F_{HPECO2}^{FT} \cup F_{HP}^{FWCV1} \cup F_{HP}^{FWCV2}$$

จากสมการที่ 2-25 ค่าความล้มเหลวหรือความไม่น่าเชื่อถือของลูบคอนโทรล 3-Element HP Drum Level Control แสดงได้ดังสมการที่ 3-12 และความน่าเชื่อถือแสดงได้ดังสมการที่ 3-13

$$F_{3EHPDRUM} = 1 - R_{HP}^{LT} R_{HP}^{PT} R_{HPSH}^{TT} R_{HPSH}^{PT} R_{HPSH}^{FT} R_{HPECO2}^{TT} R_{HPECO2}^{FT} R_{HP}^{FWCV1} R_{HP}^{FWCV2} \quad (3-12)$$

$$R_{3EHPDRUM} = 1 - F_{3EHPDRUM} \quad (3-13)$$

$$F_{HPSH}^{TT} = 1 - R_{HPSH}^{TT} = 1 - 3R_{TT}^2 + 2R_{TT}^3 = 1 - 3e^{-2\lambda_{TT}t} + 2e^{-3\lambda_{TT}t} \quad (2oo3) \quad (3-14)$$

$$F_{HPSH}^{PT} = 1 - R_{HPSH}^{PT} = 1 - e^{-\lambda_{PT}t} \quad (3-15)$$

$$F_{HPSH}^{FT} = 1 - R_{HPSH}^{FT} = 1 - 2R_{FT} + R_{FT}^2 = 1 - 2e^{-\lambda_{FT}t} + e^{-2\lambda_{FT}t} \quad (1oo2) \quad (3-16)$$

$$F_{HPECO2}^{FT} = 1 - R_{HPECO2}^{FT} = 1 - 2R_{FT} + R_{FT}^2 = 1 - 2e^{-\lambda_{FT}t} + e^{-2\lambda_{FT}t} \quad (1oo2) \quad (3-17)$$

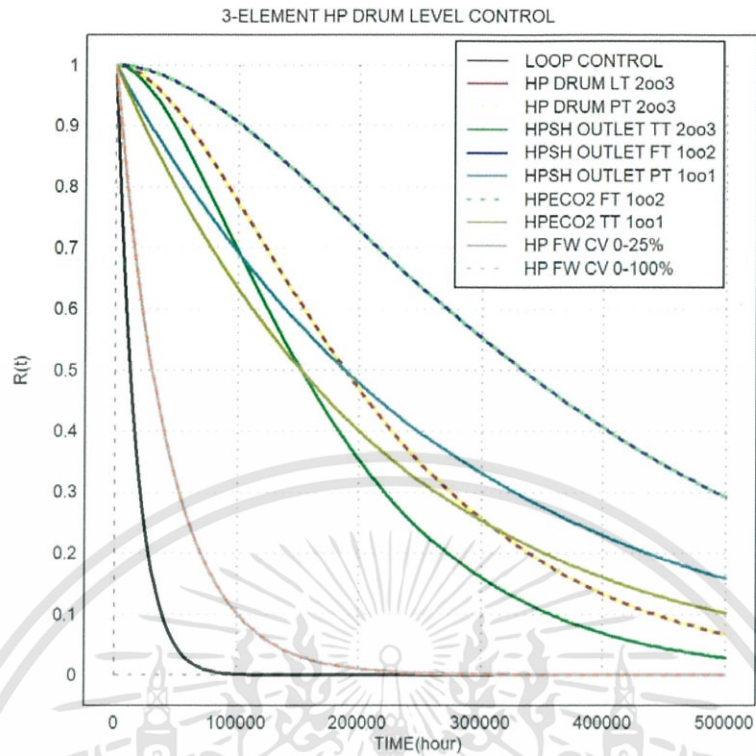
$$F_{TT}^{HPECO2} = 1 - R_{TT}^{HPECO2} = 1 - e^{-\lambda_{TT}t} \quad (3-18)$$

เมื่อ $F_{3EHPDRUM}$	คือ ค่าความล้มเหลวของลูบคอนโทรล 3-Element HP Drum Level Control
$F_{3EHPDRUM}$	คือ ค่าความน่าเชื่อถือของลูบคอนโทรล 3-Element HP Drum Level Control
F_{TT}^{HPSH}	คือ ค่าความล้มเหลวของระบบการวัดอุณหภูมิของ HP SH Steam Outlet
R_{TT}^{HPSH}	คือ ค่าความน่าเชื่อถือของระบบการวัดอุณหภูมิของ HP SH Steam Outlet
F_{PT}^{HPSH}	คือ ค่าความล้มเหลวของระบบการวัดความดันของ HP SH Steam Outlet
R_{PT}^{HPSH}	คือ ค่าความน่าเชื่อถือของระบบการวัดความดันของ HP SH Steam Outlet
F_{FT}^{HPSH}	คือ ค่าความล้มเหลวของระบบการวัดอัตราการไหลของ HP SH Steam Outlet
R_{FT}^{HPSH}	คือ ค่าความน่าเชื่อถือของระบบการวัดอัตราการไหลของ HP SH Steam Outlet
F_{FT}^{HPECO2}	คือ ค่าความล้มเหลวของระบบการวัดอัตราการไหลของ HP ECO2 to Drum
R_{FT}^{HPECO2}	คือ ค่าความน่าเชื่อถือของระบบการวัดอัตราการไหลของ HP ECO2 to Drum
F_{TT}^{HPECO2}	คือ ค่าความล้มเหลวของระบบการวัดอุณหภูมิของ HP ECO2 to Drum
R_{TT}^{HPECO2}	คือ ค่าความน่าเชื่อถือของระบบการวัดอุณหภูมิของ HP ECO2 to Drum

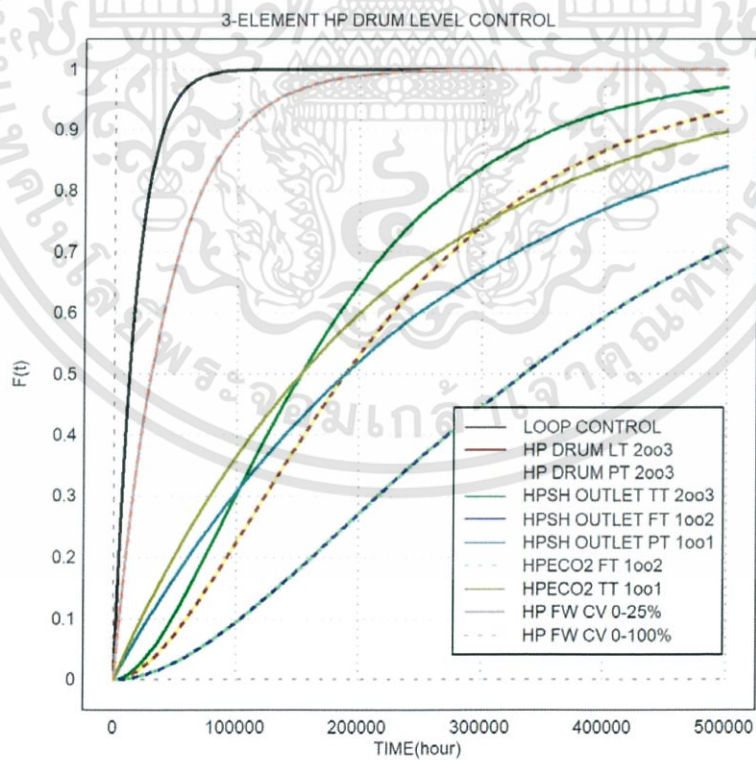
เมื่อนำสมการความน่าเชื่อถือและความไม่น่าเชื่อถือของลูบคอนโทรล 3-Element HP Drum Level Control, ระบบการวัดในลูบคอนโทรล และระบบตัวควบคุมสุดท้าย (Final Control Element) มาวิเคราะห์ เพื่อแสดงผลในลักษณะของกราฟแนวโน้มความน่าเชื่อถือซึ่งแกนตั้งแสดงถึงค่าความน่าเชื่อถือและแกนนอน แสดงระยะเวลาการทำงานของอุปกรณ์ดังแสดงในภาพที่ 3.13

จากการวิเคราะห์ ระบบที่ควรหาแนวทางในการเพิ่มความน่าเชื่อถือจะพิจารณาระบบการวัดหรือระบบตัวควบคุมสุดท้ายของลูบคอนโทรลที่ไม่มีระบบสำรองเป็นหลัก ซึ่งหมายความว่าหากระบบที่เป็นองค์ประกอบของลูบคอนโทรลมีความน่าเชื่อถือมากขึ้น ความน่าเชื่อถือของลูบคอนโทรลจะเพิ่มขึ้นด้วย โดยระบบที่เป็นองค์ประกอบของลูบคอนโทรลที่ไม่มีระบบสำรองหรือเรียกว่าทำงานแบบ 1 out of 1 มีดังนี้

1. ระบบตัวควบคุมสุดท้ายของ HP Feed Water Control Valve 0-25% (เส้นทึบสีเทา)
2. ระบบตัวควบคุมสุดท้ายของ HP Feed Water Control Valve 0-100% (เส้นประสีชมพู)
3. ระบบการวัดความดันของ HP SH Steam Outlet (เส้นทึบสีฟ้า)
4. ระบบการวัดอุณหภูมิของ HP ECO2 to Drum (เส้นทึบสีน้ำตาล)



ภาพที่ 3.13 กราฟแนวโน้มความน่าเชื่อถือของอุปกรณ์ 3-Element HP Drum Level Control

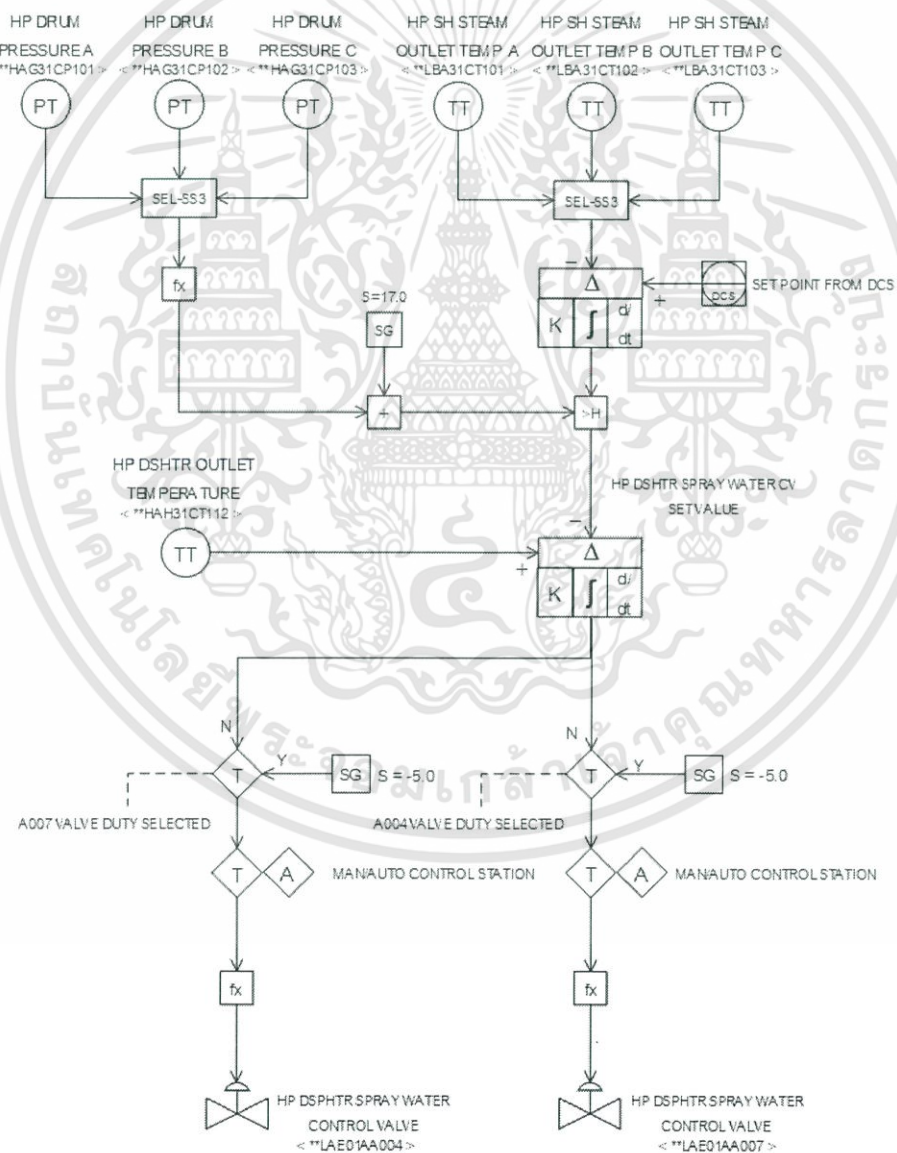


ภาพที่ 3.14 กราฟแนวโน้มความไม่น่าเชื่อถือของอุปกรณ์ 3-Element HP Drum Level Control

3.5 ลูปคอนโทรลที่ 4 HP DSHTR (Desuperheater) Spray Water

HP DSHTR spray water control valve เป็นส่วนที่ควบคุมอัตราการไหลของน้ำเลี้ยงความดันสูงที่จะเข้าไปยัง HP Attenuator ซึ่งตั้งอยู่ระหว่างท่อ HP Superheater 1 และ ท่อ HP Superheater 2 เพื่อควบคุมอุณหภูมิของไอตรงความดันสูงไม่ให้สูงเกินกว่าค่าควบคุม โดยค่าสัญญาณควบคุมของ HP DSHTR Spray Water Control Valve จะคำนวณได้จากค่าเซตพอยท์ที่ได้จากการคำนวณค่าของทรานสมิตเตอร์ที่วัดอุณหภูมิของ HP SH Steam Outlet (2003) หรือค่าของทรานสมิตเตอร์ที่วัดความดันในหม้อพักไอน้ำความดันสูง (2003) เปรียบเทียบกับค่ากระบวนการ (Process Value) ของ HP DSHTR Outlet Temperature หากอุณหภูมิของไอตรงแรงดันสูงที่วัดได้ต่ำกว่าหรือสูงกว่าจุดเซตพอยท์ วาล์วจะควบคุมปริมาณน้ำที่เข้า HP Attenuator เพื่อใช้สเปรย์ให้เหมาะสม จนกว่าอุณหภูมิของไอตรงแรงดันสูงจะอยู่ที่จุดเซตพอยท์

หากพิจารณาแผนภาพลจิกแล้ว สามารถเขียน แผนภาพ SAMA ได้ดัง ภาพที่ 3.15



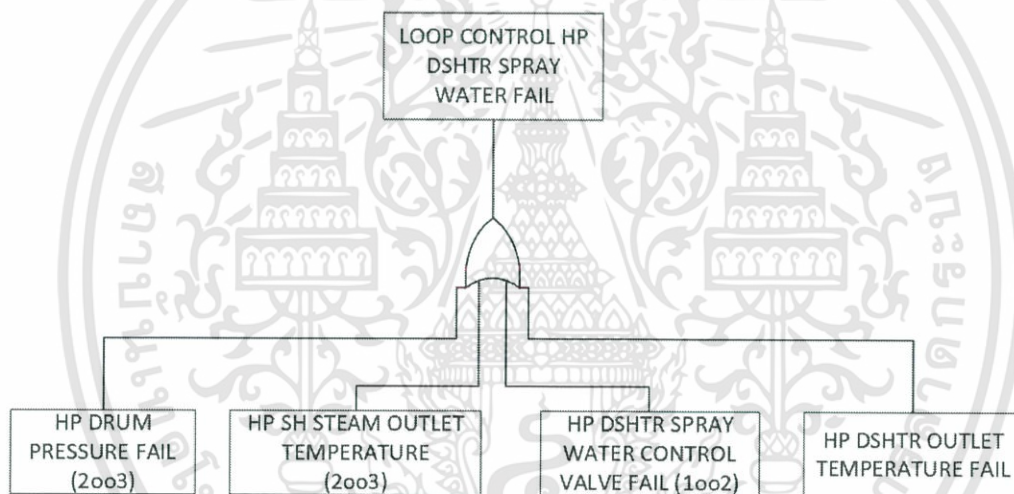
ภาพที่ 3.15 แผนภาพ SAMA ของลูปคอนโทรล HP DSHTR Spray Water

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อ 58 ศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการวิเคราะห์ลูปคอนโทรล HP DSPHTR Spray Water โดยใช้เทคนิค FTA สามารถระบุสาเหตุที่ทำให้ลูปคอนโทรลเกิดความล้มเหลวได้ดังนี้

- 1) HP DRUM PRESSURE FAIL คือ ระบบการวัดความดันในหม้อพักไอน้ำความดันสูง ล้มเหลว
- 2) HP SH STEAM OUTLET TEMPERATURE FAIL คือ ระบบการวัดอุณหภูมิของ HP SH Steam Outlet ล้มเหลว
- 3) HP DSHTTR OUTLET TEMPERATURE FAIL คือ ระบบการวัดอุณหภูมิของ HP DSHTTR Outlet ล้มเหลว
- 4) HP DSHTTR SPRAY WATER CONTROL VALVE FAIL คือ ระบบตัวควบคุมสุดท้าย (Final Control Element) ของ HP DSHTTR Spray Water Control Valve ล้มเหลว

สามารถเขียนให้อยู่ในแผนภาพ Fault Tree ได้ดังภาพที่ 3.16



ภาพที่ 3.16 แผนภาพ Fault Tree ของลูปคอนโทรล HP DSPHTR Spray Water Control Valve

จากภาพที่ 3.16 สามารถใช้เทคนิค FTA เพื่อวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือเชิงปริมาณของลูปคอนโทรล HP DSPHTR Spray Water ได้ดังนี้

$$F_{HPDSHTTR SPRAYWATER} = F_{HP PT} \cup F_{HP SH TT} \cup F_{HP DSHTTR CV} \cup F_{HP DSHTTR TT}$$

จากสมการที่ 2-25 ค่าความล้มเหลวหรือความไม่น่าเชื่อถือของลูปคอนโทรล HP DSPHTR Spray Water แสดงได้ดังสมการที่ 3-19 และความน่าเชื่อถือแสดงได้ดังสมการที่ 3-20

$$F_{HPDSHTTR SPRAYWATER} = 1 - R_{HP PT} R_{HP SH TT} R_{HP DSHTTR CV} R_{HP DSHTTR TT} \quad (3-19)$$

$$R_{HPDSHTTR SPRAYWATER} = 1 - F_{HPDSHTTR SPRAYWATER} \quad (3-20)$$

$$F_{\frac{HPDSHTR}{TT}} = 1 - R_{\frac{HPDSHTR}{TT}} = 1 - e^{-\lambda_{TT}t} \quad (3-21)$$

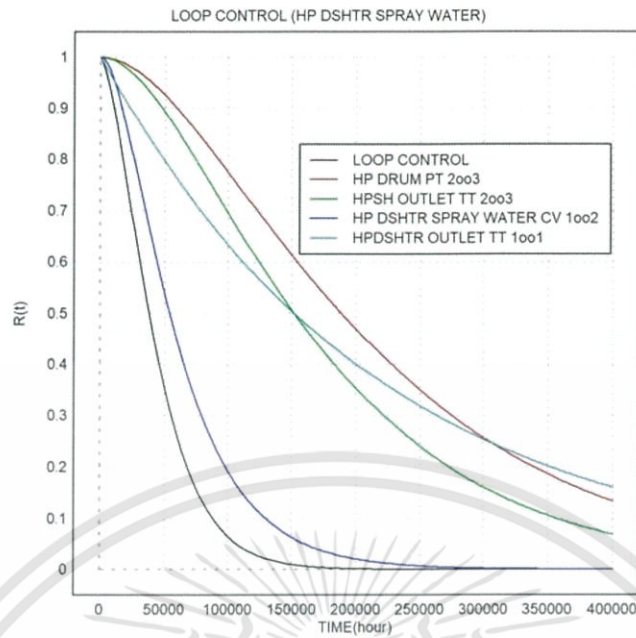
$$F_{\frac{HPDSHTR}{CV}} = 1 - R_{\frac{HPDSHTR}{CV}} = 1 - 2R_{CV} + R_{CV}^2 = 1 - 2e^{-\lambda_{CV}t} + e^{-2\lambda_{CV}t} \quad (1002) \quad (3-22)$$

- เมื่อ $F_{\frac{HPDSHTR}{SPRAYWATER}}$ คือ ค่าความล้มเหลวของลูปคอนโทรล HP DSHTR Spray Water
- $R_{\frac{HPDSHTR}{SPRAYWATER}}$ คือ ค่าความน่าเชื่อถือของลูปคอนโทรล HP DSHTR Spray Water
- $F_{\frac{HPDSHTR}{TT}}$ คือ ค่าความล้มเหลวของระบบการวัดอุณหภูมิของ HP DSHTR Outlet
- $R_{\frac{HPDSHTR}{TT}}$ คือ ค่าความน่าเชื่อถือของระบบการวัดอุณหภูมิของ HP DSHTR Outlet
- $F_{\frac{HPDSHTR}{CV}}$ คือ ค่าความล้มเหลวของระบบตัวควบคุมสุดท้าย (Final control element) HP DSPHTR Spray Water Control Valve
- $R_{\frac{HPDSHTR}{CV}}$ คือ ค่าความน่าเชื่อถือของระบบตัวควบคุมสุดท้าย (Final control element) HP DSPHTR Spray Water Control Valve
- F_{CV} คือ ค่าความล้มเหลวของระบบตัวควบคุมสุดท้าย (Final control element) ของ Control Valve (Positioner)
- R_{CV} คือ ค่าความน่าเชื่อถือของระบบตัวควบคุมสุดท้าย (Final control element) ของ Control Valve (Positioner)

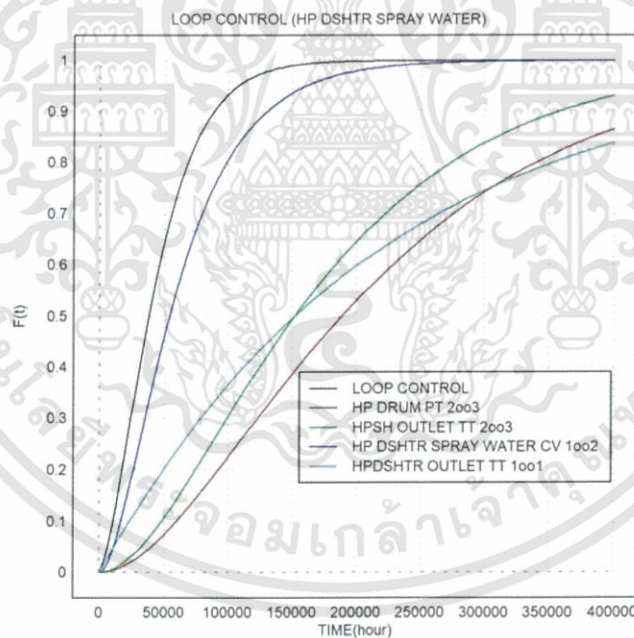
เมื่อนำสมการความน่าเชื่อถือและความไม่น่าเชื่อถือของลูปคอนโทรล HP DSHTR (Desuperheater) Spray Water, ระบบการวัดในลูปคอนโทรล และระบบตัวควบคุมสุดท้าย (Final Control Element) มาวิเคราะห์เพื่อแสดงผลในลักษณะของกราฟแนวโน้มความน่าเชื่อถือซึ่งแกนตั้งแสดงถึงค่าความน่าเชื่อถือและแกนนอนแสดงระยะเวลาการทำงานของอุปกรณ์ดังแสดงในภาพที่ 3.17

จากการวิเคราะห์ ระบบที่ควรหาแนวทางในการเพิ่มความน่าเชื่อถือจะพิจารณาระบบการวัดหรือระบบตัวควบคุมสุดท้ายของลูปคอนโทรลที่ไม่มีระบบสำรองเป็นหลัก ซึ่งหมายความว่าหากระบบที่เป็นองค์ประกอบของลูปคอนโทรลมีความน่าเชื่อถือมากขึ้น ความน่าเชื่อถือของลูปคอนโทรลจะเพิ่มขึ้นด้วย โดยระบบที่เป็นองค์ประกอบของลูปคอนโทรลที่ไม่มีระบบสำรองหรือเรียกว่าทำงานแบบ 1 out of 1 มีดังนี้

1. ระบบการวัดอุณหภูมิของ HP DSHTR Outlet (เส้นทึบสีฟ้า)



ภาพที่ 3.17 กราฟแนวโน้มความน่าเชื่อถือของลูปคอนโทรล HP DSHTR Spray Water



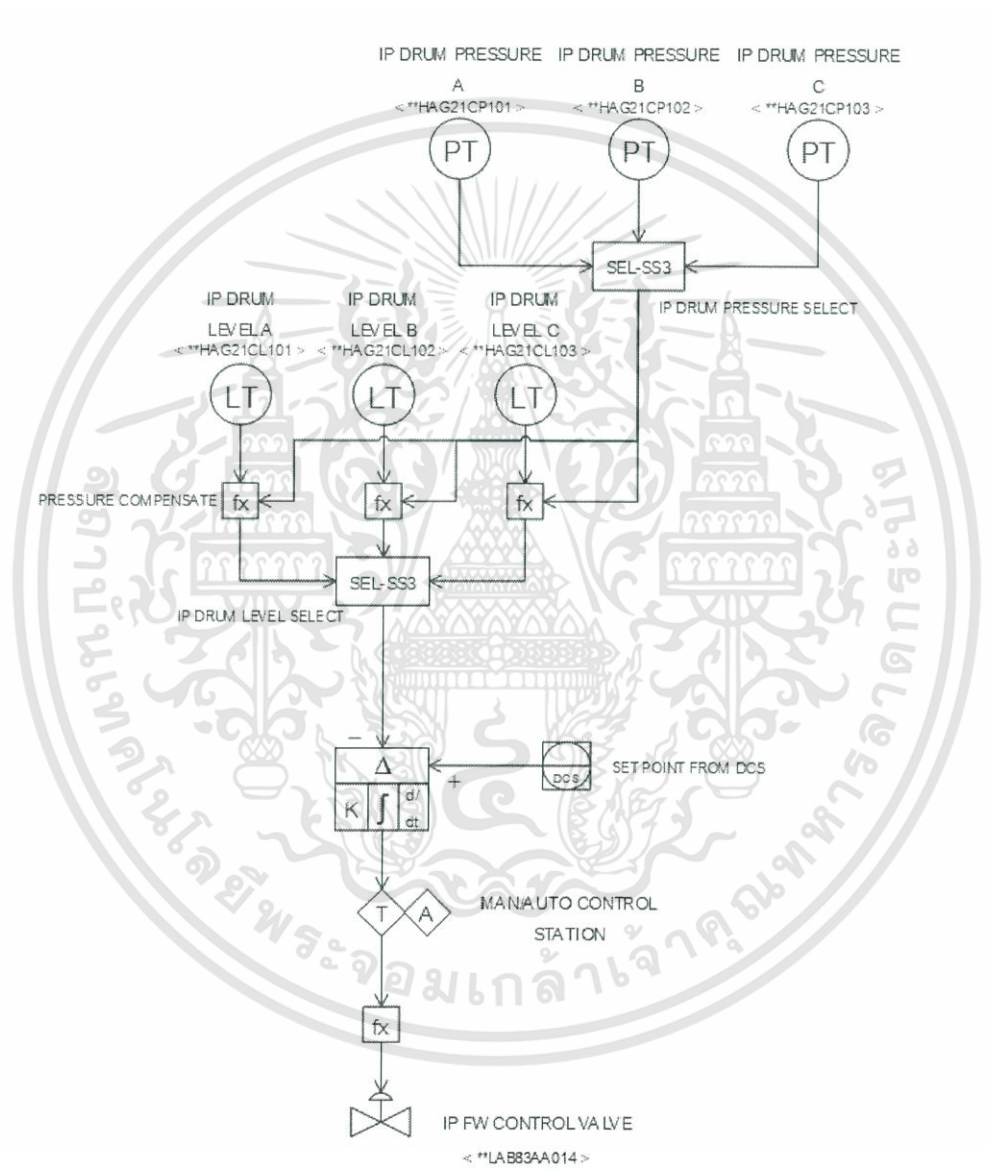
ภาพที่ 3.18 กราฟแนวโน้มความไม่น่าเชื่อถือของลูปคอนโทรล HP DSHTR Spray Water

3.6 ลูปคอนโทรลที่ 5 1-Element IP Drum Level Control

เป็นลูปคอนโทรลที่ใช้ควบคุมระดับน้ำในหม้อน้ำความดันปานกลาง (Intermediate Pressure Drum) ซึ่งจะมีทรานสมิตเตอร์วัดระดับน้ำในหม้อพักไอน้ำความดันปานกลาง 3 ตัว ทำงานในรูปแบบ 2 out of 3 (2o03) และมีทรานสมิตเตอร์วัดความดันในหม้อพักไอน้ำความดันปานกลาง 3 ตัว (2o03) เป็นตัวชดเชย เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Compensator) ค่าระดับน้ำที่วัดได้หลังการชดเชยแล้วจะถูกนำไปใช้ควบคุม IP Feed Water Control Valve เพื่อให้เปิดตามระดับน้ำที่วัดได้ หากระดับน้ำต่ำกว่าหรือสูงกว่าจุดเซ็ตพอยท์ วาล์วจะควบคุมปริมาณน้ำที่ไหลเข้าหม้อพักไอน้ำความดันปานกลางให้เหมาะสมจนกว่าระดับจะอยู่ที่จุดเซ็ตพอยท์ ซึ่งการควบคุมระดับน้ำแบบ 1-Element นี้จะใช้ในช่วงเริ่มเดินเครื่อง (Start-up) หลังจากช่วงเริ่มเดินเครื่องแล้วจะสลับไปใช้การควบคุมแบบ 3-Element

หากพิจารณาแผนภาพลอจิกแล้ว สามารถเขียน แผนภาพ SAMA ได้ดัง ภาพที่ 3.19



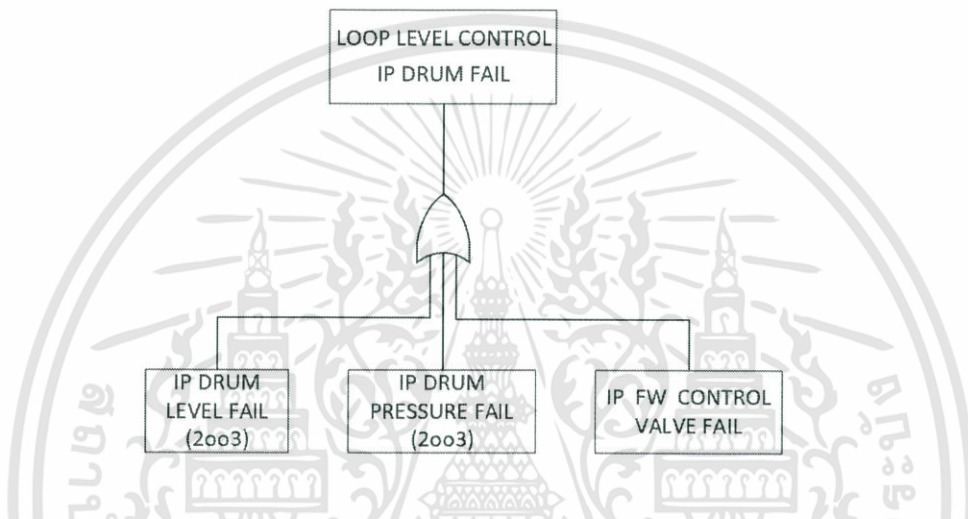
ภาพที่ 3.19 แผนภาพ SAMA ของลูคอนโทรล 1-Element IP Drum Level Control

จากการวิเคราะห์ลูคอนโทรล 1-Element IP Drum Level Control โดยใช้เทคนิค FTA สามารถระบุสาเหตุที่ทำให้ลูคอนโทรลเกิดความล้มเหลวได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อ 62 ศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 1) IP DRUM LEVEL FAIL คือ ระบบการวัดระดับน้ำในหม้อพักไอน้ำความดันปานกลาง ล้มเหลว
- 2) IP DRUM PRESSURE FAIL คือ ระบบการวัดแรงดันในหม้อพักไอน้ำความดันปานกลาง ล้มเหลว
- 3) IP FW LEVEL CONTROL VALVE FAIL คือ ระบบตัวควบคุมสุดท้าย (Final Control Element) ของ IP Feed Water Control Valve ล้มเหลว

สามารถเขียนให้อยู่ในแผนภาพ Fault Tree ได้ดังภาพที่ 3.20



ภาพที่ 3.20 แผนภาพ Fault Tree ของลูบคอนโทรล 1-Element IP Drum Level Control

จากภาพที่ 3.20 สามารถใช้เทคนิค FTA เพื่อวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือเชิงปริมาณของลูบคอนโทรล 1-Element IP Drum Level Control ได้ดังนี้

$$F_{IPDRUM} = F_{IP_{LT}} \cup F_{IP_{PT}} \cup F_{IP_{FWCV}}$$

จากสมการที่ 2-25 ค่าความล้มเหลวหรือความไม่น่าเชื่อถือของลูบคอนโทรล 1-Element IP Drum Level Control แสดงได้ดังสมการที่ 3-23 และความน่าเชื่อถือแสดงได้ดังสมการที่ 3-24

$$F_{IPDRUM} = 1 - R_{IP_{LT}} R_{IP_{PT}} R_{IP_{FWCV}} \quad (3-23)$$

$$R_{IPDRUM} = 1 - F_{IPDRUM} \quad (3-24)$$

$$F_{IP_{LT}} = 1 - R_{IP_{LT}} = 1 - 3R_{LT}^2 + 2R_{LT}^3 = 1 - 3e^{-2\lambda_{LT}t} + 2e^{-3\lambda_{LT}t} \quad (2oo3) \quad (3-25)$$

$$F_{IP_{PT}} = 1 - R_{IP_{PT}} = 1 - 3R_{PT}^2 + 2R_{PT}^3 = 1 - 3e^{-2\lambda_{PT}t} + 2e^{-3\lambda_{PT}t} \quad (2oo3) \quad (3-26)$$

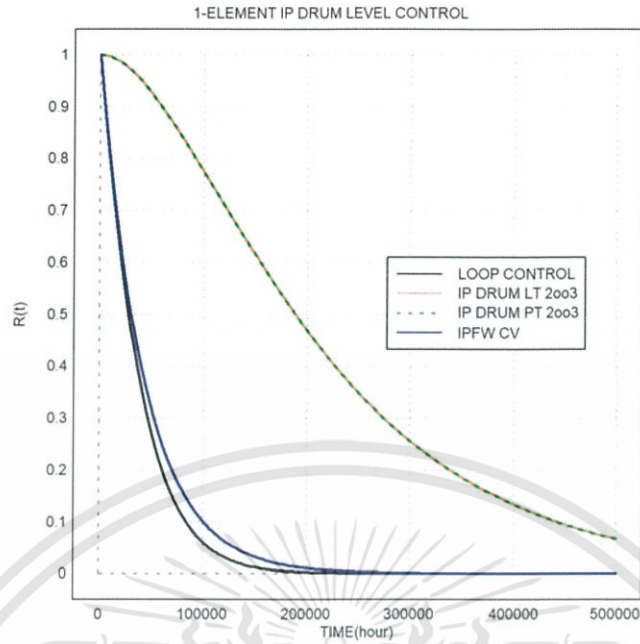
$$F_{IP_{FWCV}} = 1 - R_{IP_{FWCV}} = 1 - e^{-\lambda_{IP_{FWCV}}t} \quad (3-27)$$

เมื่อ	F_{IPDRUM}	คือ ค่าความล้มเหลวของลูบคอนโทรล 1-Element IP Drum Level Control
	R_{IPDRUM}	คือ ค่าความน่าเชื่อถือของลูบคอนโทรล 1-Element IP Drum Level Control
	F_{IPLT}	คือ ค่าความล้มเหลวของระบบการวัดระดับน้ำในหม้อพักไอน้ำความดันปานกลาง
	R_{IPLT}	คือ ค่าความน่าเชื่อถือของระบบการวัดระดับน้ำในหม้อพักไอน้ำความดันปานกลาง
	F_{IPT}	คือ ค่าความล้มเหลวของระบบการวัดความดันในหม้อพักไอน้ำความดันปานกลาง
	R_{IPT}	คือ ค่าความน่าเชื่อถือของระบบการวัดความดันในหม้อพักไอน้ำความดันปานกลาง
	F_{IPFWCV}	คือ ค่าความล้มเหลวของระบบตัวควบคุมสุดท้าย (Final Control Element) ของ IP Feed Water Control Valve
	R_{IPFWCV}	คือ ค่าความน่าเชื่อถือของระบบตัวควบคุมสุดท้าย (Final Control Element) ของ IP Feed Water Control Valve

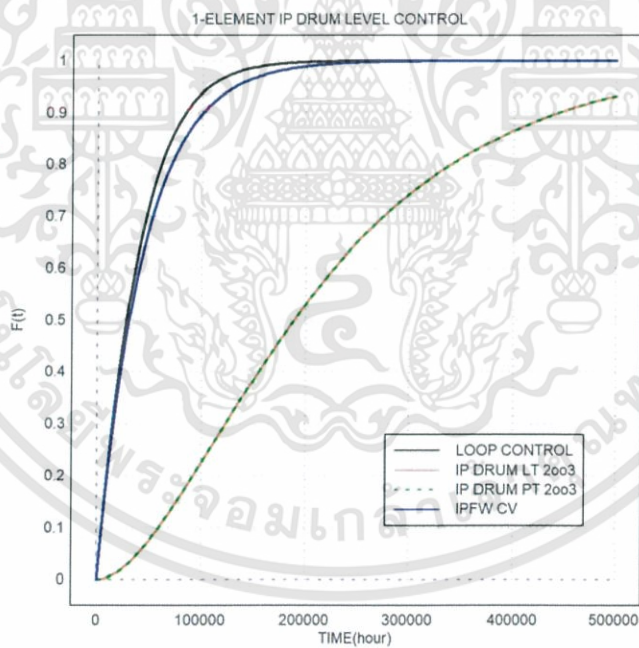
เมื่อนำสมการความน่าเชื่อถือและความไม่น่าเชื่อถือของลูบคอนโทรล 1-Element IP Drum Level Control, ระบบการวัดในลูบคอนโทรล และระบบตัวควบคุมสุดท้าย (Final Control Element) มาวิเคราะห์ เพื่อแสดงผลในลักษณะของกราฟแนวโน้มความน่าเชื่อถือซึ่งแกนตั้งแสดงถึงค่าความน่าเชื่อถือและแกนนอนแสดงระยะเวลาการทำงานของอุปกรณ์ดังแสดงในภาพที่ 3.21

จากการวิเคราะห์ ระบบที่ควรหาแนวทางในการเพิ่มความน่าเชื่อถือจะพิจารณาระบบการวัดหรือระบบตัวควบคุมสุดท้ายของลูบคอนโทรลที่ไม่มีระบบสำรองเป็นหลัก ซึ่งหมายความว่าหากระบบที่เป็นองค์ประกอบของลูบคอนโทรลมีความน่าเชื่อถือมากขึ้น ความน่าเชื่อถือของลูบคอนโทรลจะเพิ่มขึ้นด้วย โดยระบบที่เป็นองค์ประกอบของลูบคอนโทรลที่ไม่มีระบบสำรองหรือเรียกว่าทำงานแบบ 1 out of 1 มีดังนี้

1. ระบบตัวควบคุมสุดท้ายของ IP Feed Water Control Valve (เส้นทึบสีน้ำเงิน)



ภาพที่ 3.21 กราฟแนวโน้มความน่าเชื่อถือของลูปคอนโทรล 1-Element IP Drum Level Control



ภาพที่ 3.22 กราฟแนวโน้มความไม่น่าเชื่อถือของลูปคอนโทรล 1-Element IP Drum Level Control

3.7 ลูปคอนโทรลที่ 6 3-Element IP Drum Level Control

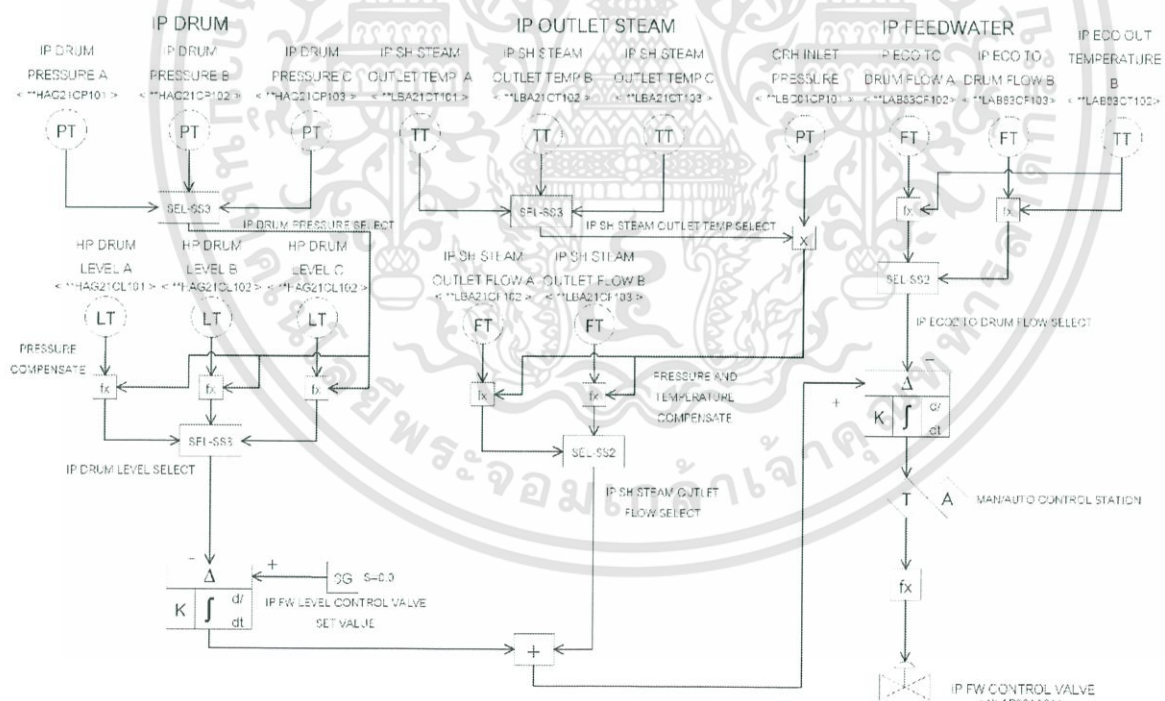
ในเทอมของ “3-Element control” เป็นการกล่าวถึงจำนวนของตัวแปรกระบวนการ (Process Variables : PVs) ที่วัดเพื่อควบคุม IP Feed Water Control Valve

โดยตัวแปรกระบวนการประกอบด้วย

- ระดับน้ำในหม้อพักไอน้ำความดันปานกลาง
- อัตราการไหลของน้ำเลี้ยงที่ป้อนเข้าหม้อพักไอน้ำความดันปานกลาง
- อัตราการไหลของไอน้ำที่ออกจากหม้อพักไอน้ำความดันปานกลาง

การควบคุมระดับน้ำในหม้อพักไอน้ำความดันปานกลางนั้นเป็นสิ่งสำคัญที่สุด โดยจะต้องควบคุมระดับน้ำให้อยู่ในช่วงที่ถูกออกแบบไว้เท่านั้น หากระดับน้ำสูงเกินกว่ากำหนดจะส่งผลให้มีความชื้นปะปนไปกับไอน้ำเข้าสู่กังหันไอน้ำ ซึ่งเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดความเสียหายต่อชิ้นส่วนของกังหันไอน้ำ และหากระดับน้ำของหม้อพักไอน้ำต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดจะส่งผลกระทบต่อผนังของท่อลำเลียงน้ำเข้าสู่หม้อพักไอน้ำ และอาจทำให้เกิดการแตกร้าวเนื่องจากได้รับความร้อนมากเกินไป ซึ่งปัญหาดังกล่าวจะส่งผลกระทบต่อกระบวนการผลิตไฟฟ้าต้องหยุดลง

หากพิจารณาแผนภาพลอจิกแล้วสามารถเขียน แผนภาพ SAMA ได้ดัง ภาพที่ 3.23



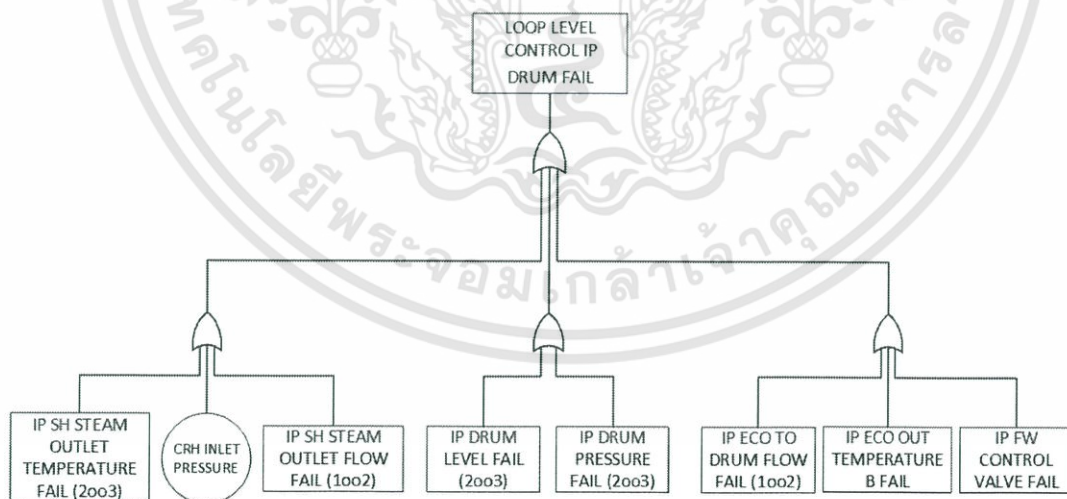
ภาพที่ 3.23 แผนภาพ SAMA ของลูปคอนโทรล 3-Element IP Drum Level Control

จากการวิเคราะห์ลูปคอนโทรลระดับน้ำในหม้อแรงดันปานกลางโดยใช้เทคนิค FTA สามารถระบุสาเหตุที่ทำให้ลูปคอนโทรลเกิดความล้มเหลวได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 1) IP DRUM LEVEL FAIL คือ ระบบการวัดระดับน้ำในหม้อพักไอน้ำความดันปานกลาง ล้มเหลว
- 2) IP DRUM PRESSURE FAIL คือ ระบบการวัดความดันในหม้อพักไอน้ำความดันปานกลางล้มเหลว
- 3) IP SH STEAM OUTLET TEMPERATURE FAIL คือ ระบบการวัดอุณหภูมิของ IP SH Steam Outlet ล้มเหลว
- 4) CRH INLET PRESSURE FAIL คือ ระบบการวัดความดันของ CRH (Cold reheat) Inlet ล้มเหลว
- 5) IP SH STEAM OUTLET FLOW FAIL คือ ระบบการวัดอัตราการไหลของ IP SH Steam Outlet ล้มเหลว
- 6) IP ECO TO DRUM FLOW FAIL คือ ระบบการวัดอัตราการไหลของ IP ECO to Drum ล้มเหลว
- 7) IP ECO OUT TEMPERATURE B FAIL คือ ระบบการวัดอุณหภูมิ IP ECO Outlet B ล้มเหลว
- 8) IP FW LEVEL CONTROL VALVE FAIL คือ ระบบตัวควบคุมสุดท้าย (Final control element) ของ IP Feed Water Level Control Valve ล้มเหลว

สามารถเขียนให้อยู่ในแผนภาพ Fault Tree ได้ดังภาพที่ 3.24



ภาพที่ 3.24 แผนภาพ Fault Tree ของลูปคอนโทรล 3-Element IP Drum Level Control

จากภาพที่ 3.24 สามารถใช้เทคนิค FTA เพื่อวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือเชิงปริมาณของรูปคอนโทรล 3-Element IP Drum Level Control ได้ดังนี้

$$F_{3EIPDRUM} = F_{IP_{LT}} \cup F_{IP_{PT}} \cup F_{IPSH_{TT}} \cup F_{CRH_{PT}} \cup F_{IPSH_{FT}} \cup F_{IPECO_{FT}} \cup F_{IPECO_{TT}} \cup F_{IP_{FWCV}}$$

จากสมการที่ 2-25 ค่าความล้มเหลวหรือความไม่น่าเชื่อถือของรูปคอนโทรล 3-Element IP Drum Level Control สามารถหาได้ดังสมการที่ 3-28 และความน่าเชื่อถือแสดงได้ดังสมการที่ 3-29

$$F_{3EIPDRUM} = 1 - R_{IP_{LT}} R_{IP_{PT}} R_{IPSH_{TT}} R_{CRH_{PT}} R_{IPSH_{FT}} R_{IPECO_{FT}} R_{IPECO_{TT}} R_{IP_{FWCV}} \quad (3-28)$$

$$R_{3EIPDRUM} = 1 - F_{3EIPDRUM} \quad (3-29)$$

$$F_{IPSH_{TT}} = 1 - R_{IPSH_{TT}} = 1 - 3R_{TT}^2 + 2R_{TT}^3 = 1 - 3e^{-2\lambda_{TT}t} + 2e^{-3\lambda_{TT}t} \quad (2003) \quad (3-30)$$

$$F_{CRH_{PT}} = 1 - R_{CRH_{PT}} = 1 - e^{-\lambda_{PT}t} \quad (3-31)$$

$$F_{IPSH_{FT}} = 1 - R_{IPSH_{FT}} = 1 - 2R_{FT} + R_{FT}^2 = 1 - 2e^{-\lambda_{FT}t} + e^{-2\lambda_{FT}t} \quad (1002) \quad (3-32)$$

$$F_{IPECO_{FT}} = 1 - R_{IPECO_{FT}} = 1 - 2R_{FT} + R_{FT}^2 = 1 - 2e^{-\lambda_{FT}t} + e^{-2\lambda_{FT}t} \quad (1002) \quad (3-33)$$

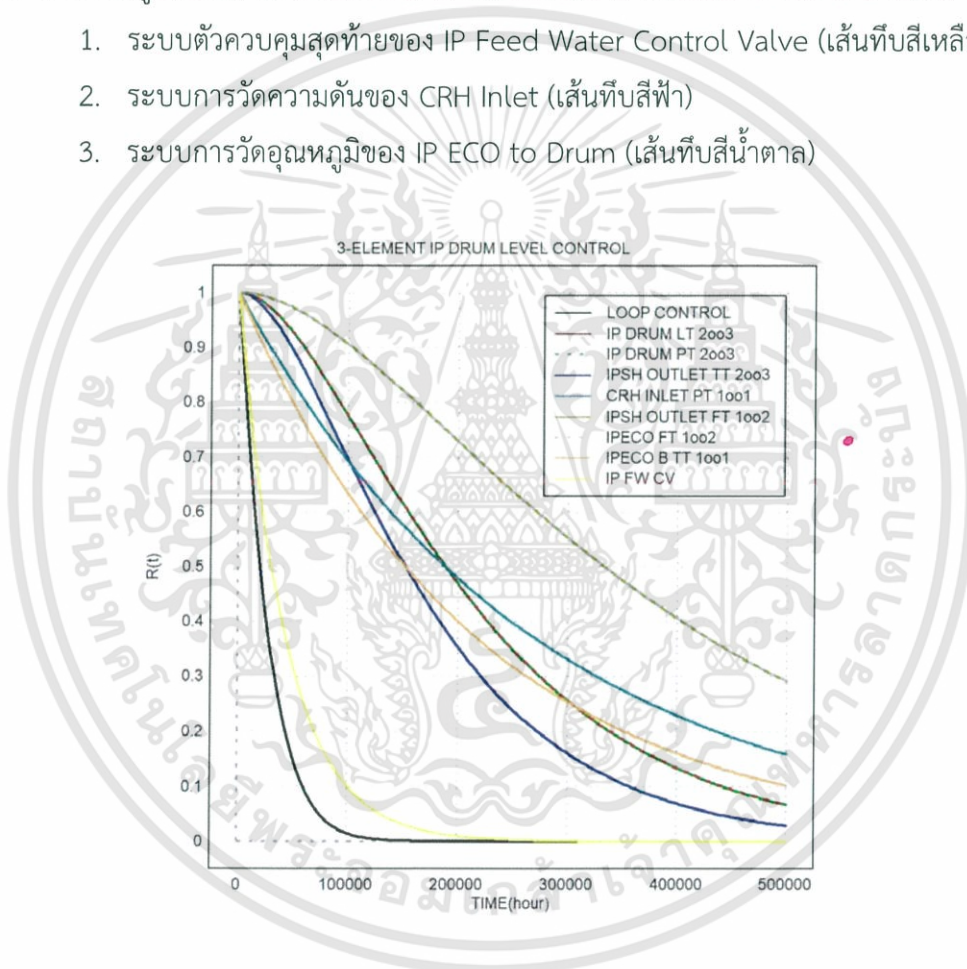
$$F_{IPECO_{TT}} = 1 - R_{IPECO_{TT}} = 1 - e^{-\lambda_{TT}t} \quad (3-34)$$

เมื่อ $F_{3EIPDRUM}$	คือ ค่าความล้มเหลวของรูปคอนโทรล 3-Element IP Drum Level Control
$R_{3EIPDRUM}$	คือ ค่าความน่าเชื่อถือของรูปคอนโทรล 3-Element IP Drum Level Control
$F_{IPSH_{TT}}$	คือ ค่าความล้มเหลวของระบบการวัดอุณหภูมิของ IP SH Steam Outlet
$R_{IPSH_{TT}}$	คือ ค่าความน่าเชื่อถือของระบบการวัดอุณหภูมิของ IP SH Steam Outlet
$F_{CRH_{PT}}$	คือ ค่าความล้มเหลวของระบบการวัดความดันของ CRH Inlet
$R_{CRH_{PT}}$	คือ ค่าความน่าเชื่อถือของระบบการวัดความดันของ CRH Inlet
$F_{IPSH_{FT}}$	คือ ค่าความล้มเหลวของระบบการวัดอัตราการไหลของ IP SH Steam Outlet
$R_{IPSH_{FT}}$	คือ ค่าความน่าเชื่อถือของระบบการวัดอัตราการไหลของ IP SH Steam Outlet
$F_{IPECO_{FT}}$	คือ ค่าความล้มเหลวของระบบการวัดอัตราการไหลของ IP ECO to Drum
$R_{IPECO_{FT}}$	คือ ค่าความน่าเชื่อถือของระบบการวัดอัตราการไหลของ IP ECO to Drum
$F_{IPECO_{TT}}$	คือ ค่าความล้มเหลวของระบบการวัดอุณหภูมิของ IP ECO Outlet
$R_{IPECO_{TT}}$	คือ ค่าความน่าเชื่อถือของระบบการวัดอุณหภูมิของ IP ECO Outlet

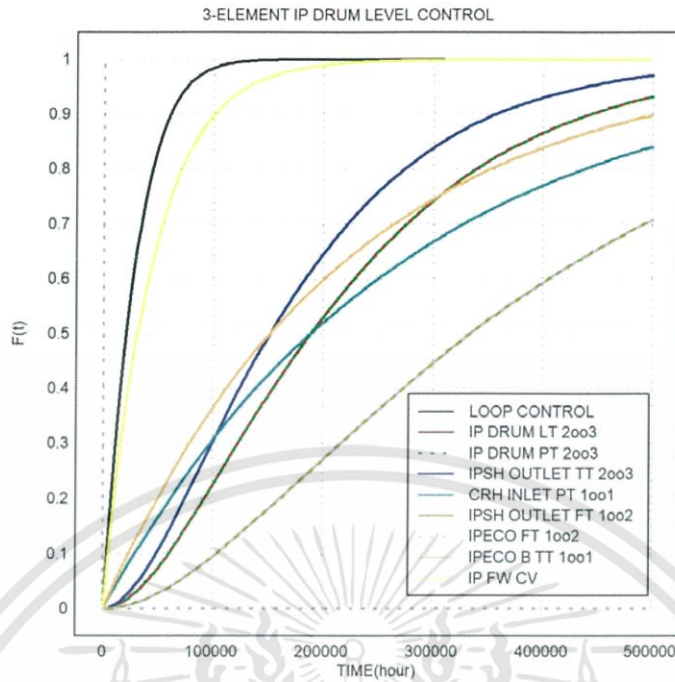
เมื่อนำสมการความน่าเชื่อถือและความไม่น่าเชื่อถือของอุปกรณ์ 3-Element IP Drum Level Control, ระบบการวัดในอุปกรณ์ และระบบตัวควบคุมสุดท้าย (Final Control Element) มาวิเคราะห์ เพื่อแสดงผลในลักษณะของกราฟแนวโน้มความน่าเชื่อถือซึ่งแกนตั้งแสดงถึงค่าความน่าเชื่อถือและแกนนอน แสดงระยะเวลาการทำงานของอุปกรณ์ดังแสดงในภาพที่ 3.25

จากการวิเคราะห์ ระบบที่ควรหาแนวทางในการเพิ่มความน่าเชื่อถือจะพิจารณาระบบการวัดหรือระบบตัวควบคุมสุดท้ายของอุปกรณ์ที่ไม่มีระบบสำรองเป็นหลัก ซึ่งหมายความว่าหากระบบที่เป็นองค์ประกอบของอุปกรณ์มีความน่าเชื่อถือมากขึ้น ความน่าเชื่อถือของอุปกรณ์จะเพิ่มขึ้นด้วย โดยระบบที่เป็นองค์ประกอบของอุปกรณ์ที่ไม่มีระบบสำรองหรือเรียกว่าทำงานแบบ 1 out of 1 มีดังนี้

1. ระบบตัวควบคุมสุดท้ายของ IP Feed Water Control Valve (เส้นที่บสีเหลือง)
2. ระบบการวัดความดันของ CRH Inlet (เส้นที่บสีฟ้า)
3. ระบบการวัดอุณหภูมิของ IP ECO to Drum (เส้นที่บสีน้ำตาล)



ภาพที่ 3.25 กราฟแนวโน้มความน่าเชื่อถือของอุปกรณ์ 3-Element IP Drum Level Control

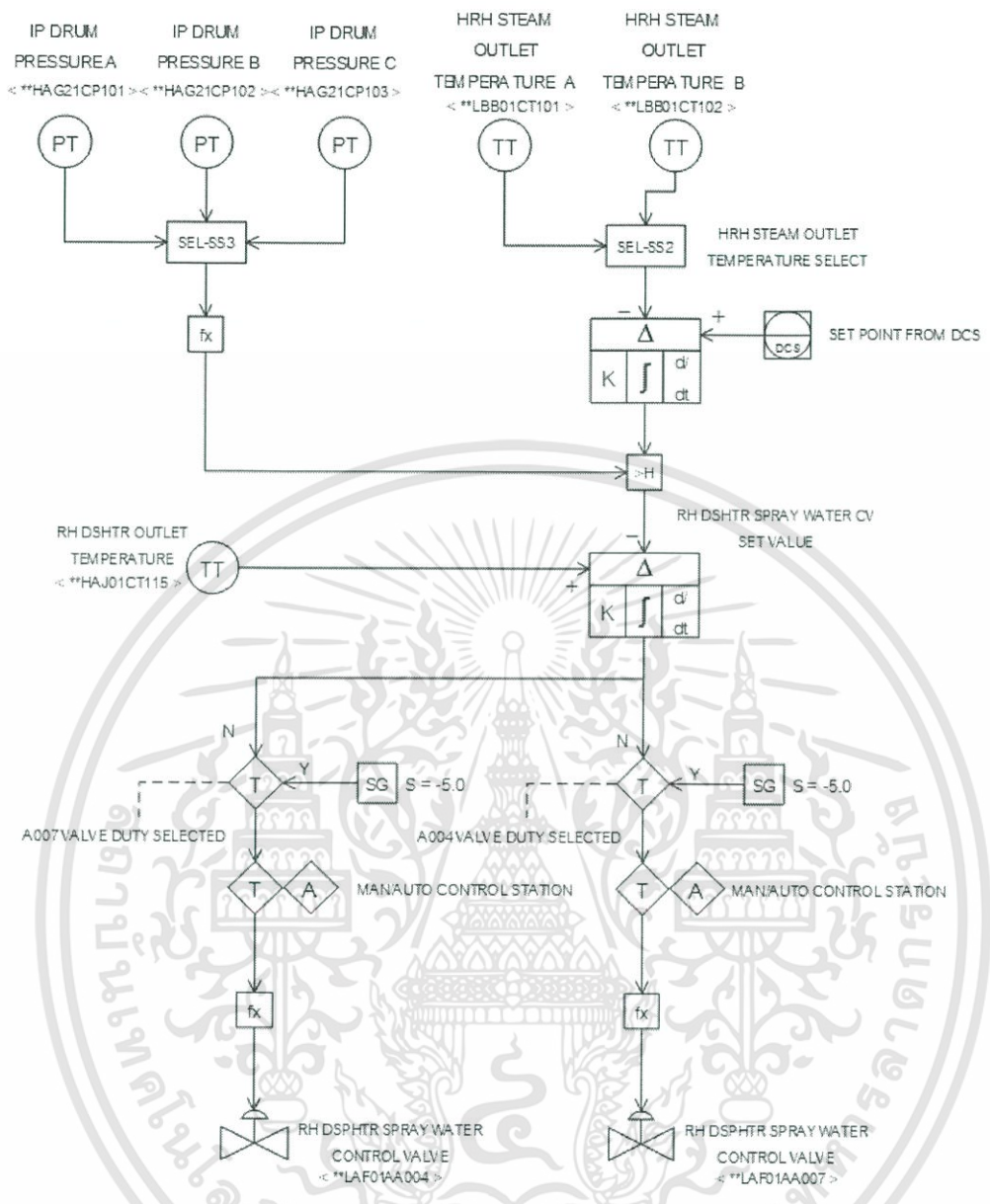


ภาพที่ 3.26 กราฟแนวโน้มความไม่น่าเชื่อถือของลูบคอนโทรล 3-Element IP Drum Level Control

3.8 ลูบคอนโทรลที่ 7 RH DSHTR Spray Water

RH DSHTR Spray Water Control Valve เป็นส่วนที่ควบคุมอัตราการไหลของน้ำเลี้ยงความดันปานกลางที่จะเข้าไปยัง RH Attenuator ซึ่งตั้งอยู่ระหว่างท่อ Reheater 1 และ ท่อ Reheater 2 เพื่อควบคุมอุณหภูมิของไอน้ำความดันปานกลางไม่ให้สูงเกินกว่าค่าเซตพอยท์ โดยค่าสัญญาณควบคุมของ RH DSHTR Spray Water Control Valve คำนวณได้จากค่าเซตพอยท์ที่ได้จากการคำนวณค่าของอุณหภูมิที่วัดได้จากทรานสมิตเตอร์วัดอุณหภูมิใน HRH Steam Outlet (1002) หรือค่าของความดันที่วัดได้จากทรานสมิตเตอร์วัดความดันในหม้อพักไอน้ำความดันปานกลาง (2003) เปรียบเทียบกับค่ากระบวนการ (Process Value) ของ RH DSHTR Outlet Temperature หากอุณหภูมิของไอน้ำความดันปานกลางที่วัดได้ต่ำกว่าหรือสูงกว่าจุดเซตพอยท์ วาล์วจะควบคุมปริมาณน้ำที่เข้า RH Attenuator เพื่อใช้ในการสเปรย์ให้เหมาะสมจนกว่าอุณหภูมิของไอน้ำความดันปานกลางจะอยู่ที่จุดเซตพอยท์

หากพิจารณาแผนภาพลอจิกแล้ว สามารถเขียน แผนภาพ SAMA ได้ดัง ภาพที่ 3.27



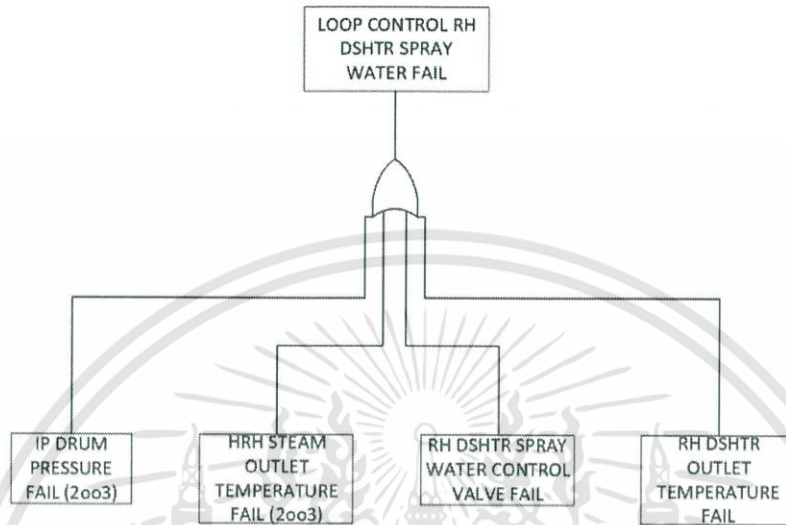
ภาพที่ 3.27 แผนภาพ SAMA ของลูบคอนโทรล RH DSHTer Spray Water

จากการวิเคราะห์ลูบคอนโทรล RH DSHTer Spray Water Control Valve โดยใช้เทคนิค FTA สามารถระบุสาเหตุที่ทำให้ลูบคอนโทรลเกิดความล้มเหลวได้ดังนี้

- 1) IP DRUM PRESSURE FAIL คือ ระบบการวัดความดันในหม้อพักไอน้ำความดันปานกลางล้มเหลว
- 2) HRH STEAM OUTLET TEMPERATURE FAIL คือ ระบบการวัดอุณหภูมิของ HRH Steam Outlet ล้มเหลว
- 3) RH DSHTer OUTLET TEMPERATURE FAIL คือ ระบบการวัดอุณหภูมิของ RH DSHTer Outlet ล้มเหลว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) RH DSPHTR SPRAY WATER CONTROL VALVE FAIL คือ ระบบตัวควบคุมสุดท้าย (Final control element) ของ RH DSPHTR Spray Water Control Valve ล้มเหลว สามารถเขียนให้อยู่ในแผนภาพ Fault Tree ได้ดังภาพที่ 3.28



ภาพที่ 3.28 แผนภาพ Fault Tree ของอุปกรณ์โทรถ่วง RH DSPHTR Spray Water

จากภาพที่ 3.28 สามารถใช้เทคนิค FTA เพื่อวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือเชิงปริมาณของอุปกรณ์โทรถ่วง RH DSPHTR Spray Water ได้ดังนี้

$$F_{RH\ DSHT\ R\ SPRAY\ WATER} = F_{IP\ PT} \cup F_{HRH\ TT} \cup F_{RH\ DSHT\ R\ CV} \cup F_{RH\ DSHT\ R\ TT}$$

จากสมการที่ 2-25 ค่าความล้มเหลวหรือความไม่น่าเชื่อถือของอุปกรณ์โทรถ่วง RH DSPHTR Spray Water แสดงได้ดังสมการที่ 3-35 และความน่าเชื่อถือแสดงได้ดังสมการที่ 3-36

$$F_{RH\ DSHT\ R\ SPRAY\ WATER} = 1 - R_{IP\ PT} R_{HRH\ TT} R_{RH\ DSHT\ R\ CV} R_{RH\ DSHT\ R\ TT} \quad (3-35)$$

$$F_{HRH\ TT} = 1 - R_{HRH\ TT}, \quad R_{HRH\ TT} = 3R_{TT}^2 - 2R_{TT}^3 = 3e^{-2\lambda_{TT}t} - 2e^{-3\lambda_{TT}t} \quad (2oo3) \quad (3-36)$$

$$F_{RH\ DSHT\ R\ TT} = 1 - R_{RH\ DSHT\ R\ TT} = 1 - e^{-\lambda_{TT}t} \quad (3-37)$$

$$F_{RH\ DSHT\ R\ CV} = 1 - R_{RH\ DSHT\ R\ CV} = 1 - 2R_{CV} + R_{CV}^2 = 1 - 2e^{-\lambda_{CV}t} + e^{-2\lambda_{CV}t} \quad (1oo2) \quad (3-38)$$

เมื่อ $F_{RH\ DSHT\ R\ SPRAY\ WATER}$ คือ ค่าความล้มเหลวของอุปกรณ์โทรถ่วง RH DSPHTR Spray Water

$R_{RH\ DSHT\ R\ SPRAY\ WATER}$ คือ ค่าความน่าเชื่อถือของอุปกรณ์โทรถ่วง RH DSPHTR Spray Water

$F_{HRH\ TT}$ คือ ค่าความล้มเหลวของระบบการวัดอุณหภูมิของ HRH Steam Outlet

$R_{\frac{HRH}{TT}}$ คือ ค่าความนำเชื่อถือของระบบการวัดอุณหภูมิของ HRH Steam Outlet

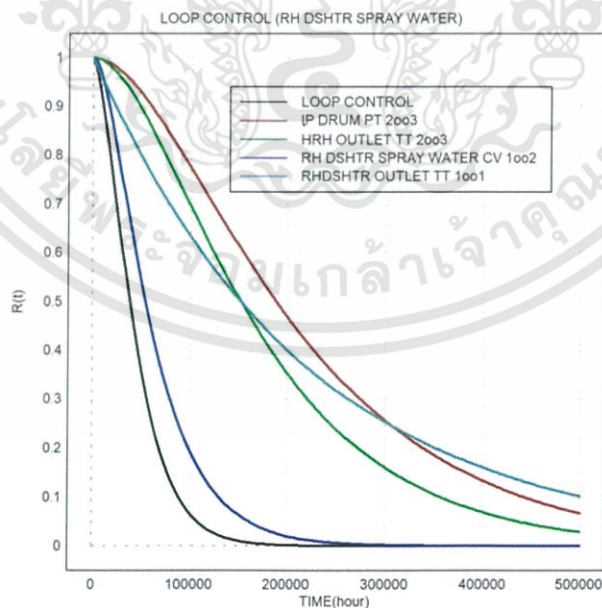
$F_{\frac{RH\ DSHTTR}{CV}}$ คือ ค่าความล้มเหลวของระบบตัวควบคุมสุดท้าย (Final Control Element) ของ RH DSPHTR Spray Water Control Valve

$R_{\frac{RH\ DSHTTR}{CV}}$ คือ ค่าความนำเชื่อถือของระบบตัวควบคุมสุดท้าย (Final Control Element) ของ RH DSPHTR Spray Water Control Valve

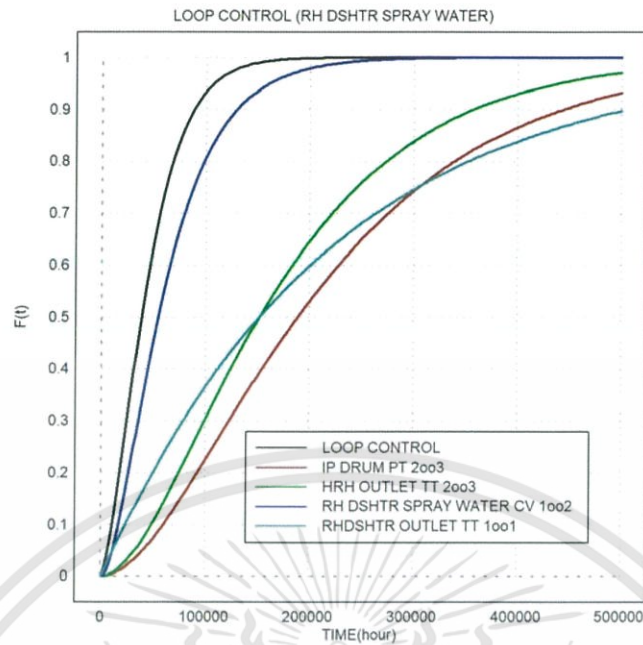
เมื่อนำสมการความนำเชื่อถือและความไม่น่าเชื่อถือของลูบคอนโทรล RH DSPHTR Spray Water, ระบบการวัดในลูบคอนโทรล และระบบตัวควบคุมสุดท้าย (Final Control Element) มาวิเคราะห์เพื่อแสดงผลในลักษณะของกราฟแนวโน้มความนำเชื่อถือซึ่งแกนตั้งแสดงถึงค่าความนำเชื่อถือและแกนนอนแสดงระยะเวลาการทำงานของอุปกรณ์ดังแสดงในภาพที่ 3.29 และแสดงผลในลักษณะของกราฟแนวโน้มความนำเชื่อถือซึ่งแกนตั้งแสดงถึงค่าความไม่น่าเชื่อถือและแกนนอนแสดงระยะเวลาการทำงานของอุปกรณ์ดังแสดงในภาพที่ 3.30

จากการวิเคราะห์ ระบบที่ควรหาแนวทางในการเพิ่มความนำเชื่อถือจะพิจารณาระบบการวัดหรือระบบตัวควบคุมสุดท้ายของลูบคอนโทรลที่ไม่มีระบบสำรองเป็นหลัก ซึ่งหมายความว่าหากระบบที่เป็นองค์ประกอบของลูบคอนโทรลมีความนำเชื่อถือมากขึ้น ความนำเชื่อถือของลูบคอนโทรลจะเพิ่มขึ้นด้วย โดยระบบที่เป็นองค์ประกอบของลูบคอนโทรลที่ไม่มีระบบสำรองหรือเรียกว่าทำงานแบบ 1 out of 1 มีดังนี้

1. ระบบวัดอุณหภูมิของ RH DSHTTR Outlet (เส้นที่บสีฟ้า)



ภาพที่ 3.29 กราฟแนวโน้มความนำเชื่อถือของลูบคอนโทรล RH DSHTTR Spray Water

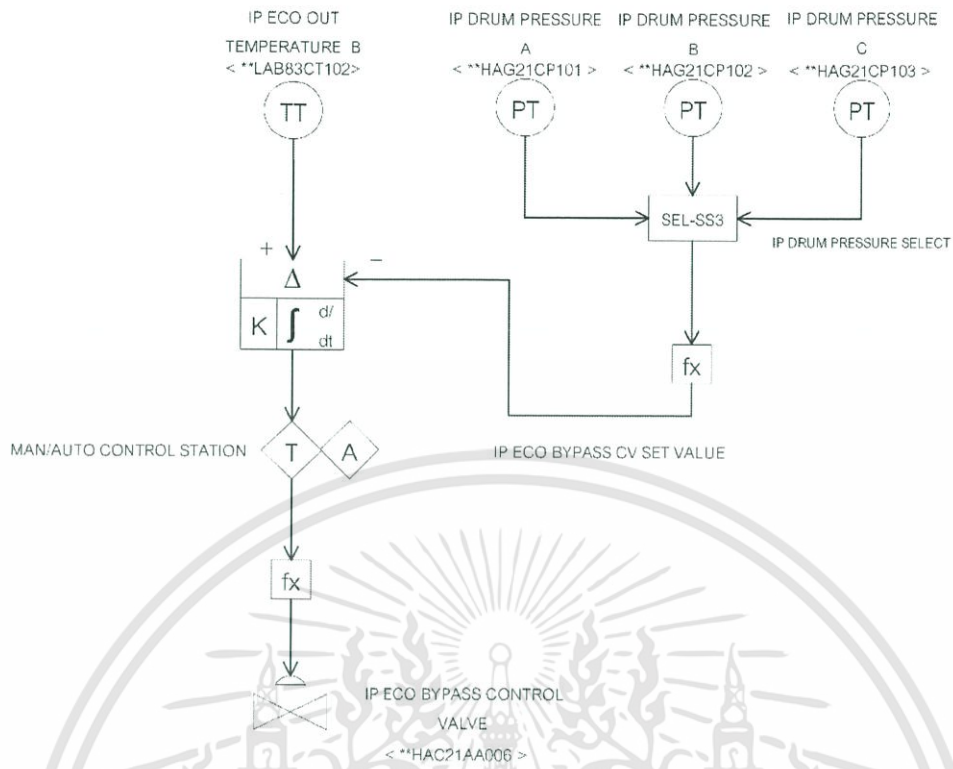


ภาพที่ 3.30 กราฟแนวโน้มความไม่น่าเชื่อถือของลูบคอนโทรล RH DSHTR Spray Water

3.9 ลูบคอนโทรลที่ 8 IP Economizer Bypass

เป็นลูบคอนโทรลสำหรับควบคุมอุณหภูมิของน้ำเลี้ยงความดันปานกลางที่ออกจาก IP Economizer ซึ่งเป็นการลดโอกาสที่น้ำจะกลายเป็นไอและไหลผ่าน IP Feed Water Control Valve เพื่อป้องกันท่อแตกจากการขยายของน้ำกลายเป็นไอน้ำในขณะที่เดินเครื่องด้วยน้ำมัน โดยค่าสัญญาณควบคุมของวาล์วคำนวณมาจากค่าเซตพอยท์ของทรานสมิตเตอร์วัดความดันในหม้อพักไอน้ำความดันปานกลาง (2003) เปรียบเทียบกับค่าอุณหภูมิที่วัดได้จากทรานสมิตเตอร์วัดอุณหภูมิตัว B ของ IP ECO Outlet หากอุณหภูมิของน้ำที่วัดสูงกว่าค่าเซตพอยท์ วาล์วจะบายพาสน้ำเลี้ยงความดันปานกลางในปริมาณที่เหมาะสมไปยังหม้อพักไอน้ำความดันปานกลางจนกว่าอุณหภูมิของน้ำหลังออกจาก IP Economizer จะอยู่ที่จุดเซตพอยท์

หากพิจารณาแผนภาพลอจิกแล้ว สามารถเขียนแผนภาพ SAMA ได้ดังภาพที่ 3.31

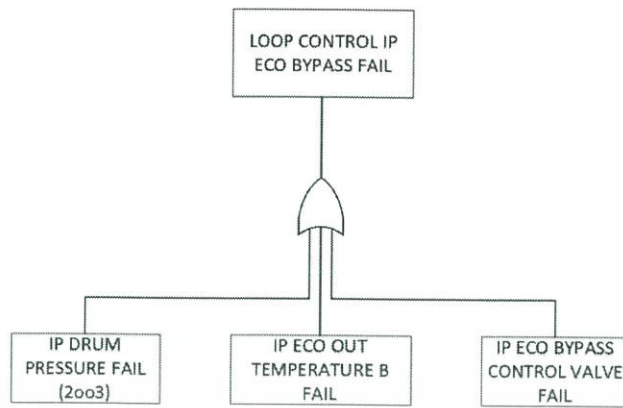


ภาพที่ 3.31 แผนภาพ SAMA ของลูบคอนโทรล IP Economizer Bypass

จากการวิเคราะห์ลูบคอนโทรล IP Economizer Bypass โดยใช้เทคนิค FTA สามารถระบุสาเหตุที่ทำให้ลูบคอนโทรลเกิดความล้มเหลวได้ดังนี้

- 1) IP DRUM PRESSURE FAIL คือ ระบบการวัดความดันในหม้อพักไอน้ำความดันปานกลางล้มเหลว
- 2) IP ECO OUT TEMPERATURE B FAIL คือ ระบบการวัดอุณหภูมิของ IP Economizer Outlet B ล้มเหลว
- 3) IP ECO BYPASS CONTROL VALVE FAIL คือ ระบบตัวควบคุมสุดท้าย (Final Control Element) ของ IP Economizer Bypass Control Valve ล้มเหลว

สามารถเขียนให้อยู่ในแผนภาพ Fault Tree ได้ดังภาพที่ 3.32



ภาพที่ 3.32 แผนภาพ Fault Tree ของลูบคอนโทรล IP Economizer Bypass

จากภาพที่ 3.32 สามารถใช้เทคนิค FTA เพื่อวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือเชิงปริมาณของลูบคอนโทรล IP Economizer Bypass ได้ดังนี้

$$F_{IPECO\ BYP} = F_{IP\ PT} \cup F_{IPECO\ TT} \cup F_{IPECO\ BYP\ CV}$$

จากสมการที่ 2-25 ค่าความล้มเหลวหรือความไม่น่าเชื่อถือของลูบคอนโทรล IP Economizer Bypass แสดงได้ดังสมการที่ 3-39 และความน่าเชื่อถือแสดงได้ดังสมการที่ 3-40

$$F_{IPECO\ BYP} = 1 - R_{IP\ PT} R_{IPECO\ TT} R_{IPECO\ BYP\ CV} \quad (3-39)$$

$$R_{IPECO\ BYP} = 1 - F_{IPECO\ BYP} \quad (3-40)$$

$$F_{IPECO\ BYPCV} = 1 - R_{IPECO\ BYPCV} = 1 - e^{-\lambda_{cv}t} \quad (3-41)$$

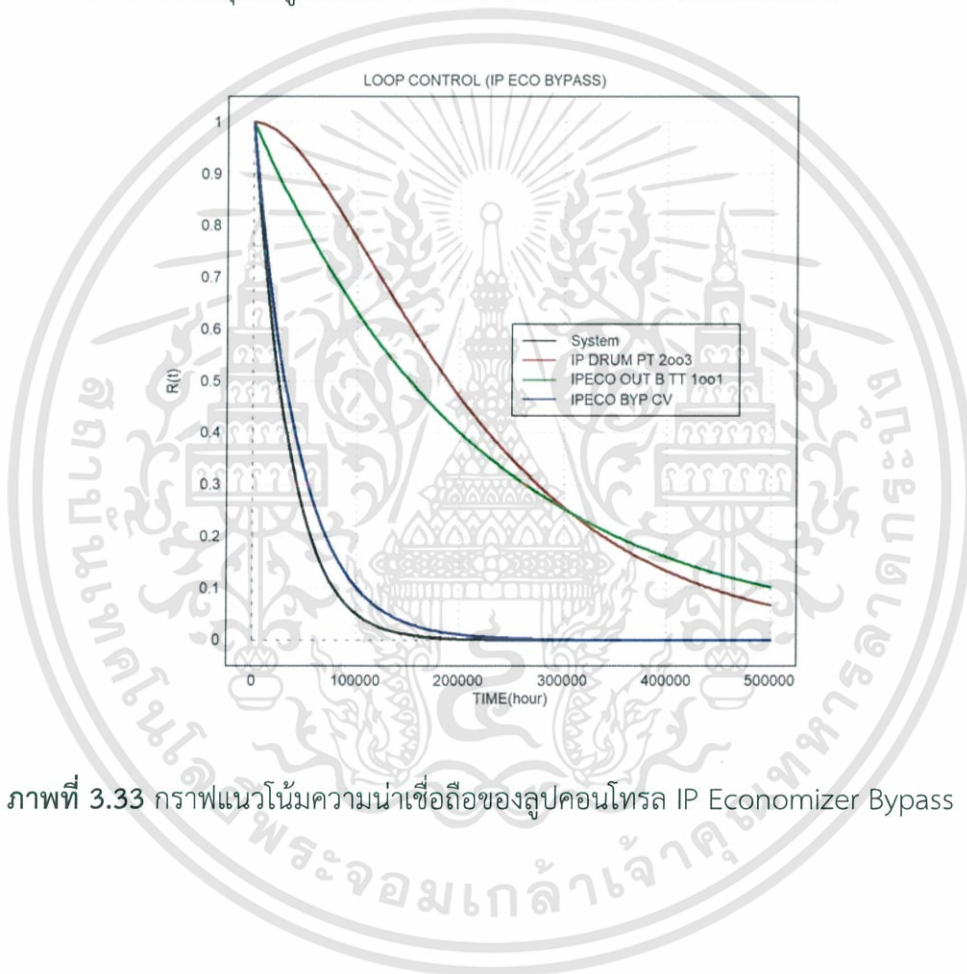
- เมื่อ $F_{IPECO\ BYP}$ คือ ค่าความล้มเหลวของลูบคอนโทรล IP Economizer Bypass
- $R_{IPECO\ BYP}$ คือ ค่าความน่าเชื่อถือของลูบคอนโทรล IP Economizer Bypass
- $F_{IPECO\ BYPCV}$ คือ ค่าความล้มเหลวของระบบตัวควบคุมสุดท้าย (Final Control Element) ของ IP Economizer Bypass Control Valve
- $R_{IPECO\ BYPCV}$ คือ ค่าความน่าเชื่อถือของระบบตัวควบคุมสุดท้าย (Final Control Element) ของ IP Economizer Bypass Control Valve

เมื่อนำสมการความน่าเชื่อถือและความไม่น่าเชื่อถือของลูบคอนโทรล IP Economizer Bypass, ระบบการวัดในลูบคอนโทรล และระบบตัวควบคุมสุดท้าย (Final Control Element) มาวิเคราะห์เพื่อแสดงผลในลักษณะของกราฟแนวโน้มความน่าเชื่อถือซึ่งแกนตั้งแสดงถึงค่าความน่าเชื่อถือและแกนนอนแสดงระยะเวลาการทำงานของอุปกรณ์ดังแสดงในภาพที่ 3.33 และแสดงผลในลักษณะของกราฟแนวโน้มความไม่

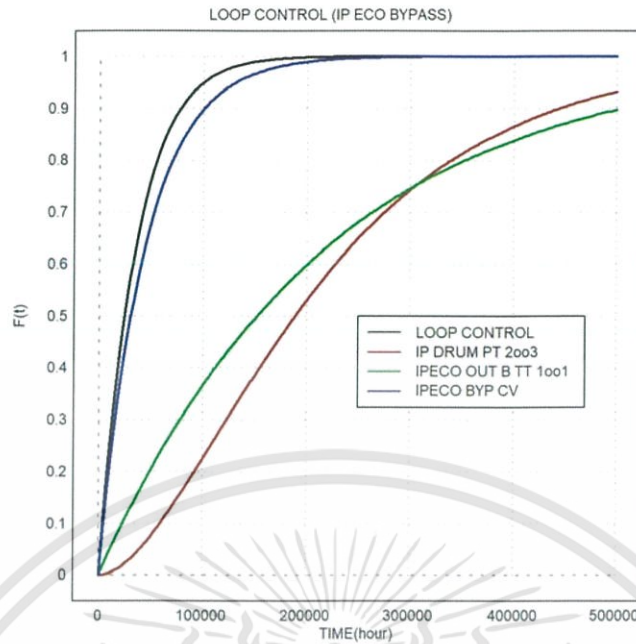
นำเชื่อถือซึ่งแกนตั้งแสดงถึงค่าความไม่น่าเชื่อถือและแกนอนแสดงระยะเวลาการทำงานของอุปกรณ์ดังแสดงในภาพที่ 3.34

จากการวิเคราะห์ ระบบที่ควรหาแนวทางในการเพิ่มความน่าเชื่อถือจะพิจารณาระบบการวัดหรือระบบตัวควบคุมสุดท้ายของลูบคอนโทรลที่ไม่มีระบบสำรองเป็นหลัก ซึ่งหมายความว่าหากระบบที่เป็นองค์ประกอบของลูบคอนโทรลมีความน่าเชื่อถือมากขึ้น ความน่าเชื่อถือของลูบคอนโทรลจะเพิ่มขึ้นด้วย โดยระบบที่เป็นองค์ประกอบของลูบคอนโทรลที่ไม่มีระบบสำรองหรือเรียกว่าทำงานแบบ 1 out of 1 มีดังนี้

1. ระบบตัวควบคุมสุดท้ายของ IP Economizer Bypass Control Valve (เส้นทึบสีน้ำเงิน)
2. ระบบวัดอุณหภูมิของ IP Economizer Outlet B (เส้นทึบสีเขียว)



ภาพที่ 3.33 กราฟแนวโน้มความน่าเชื่อถือของลูบคอนโทรล IP Economizer Bypass

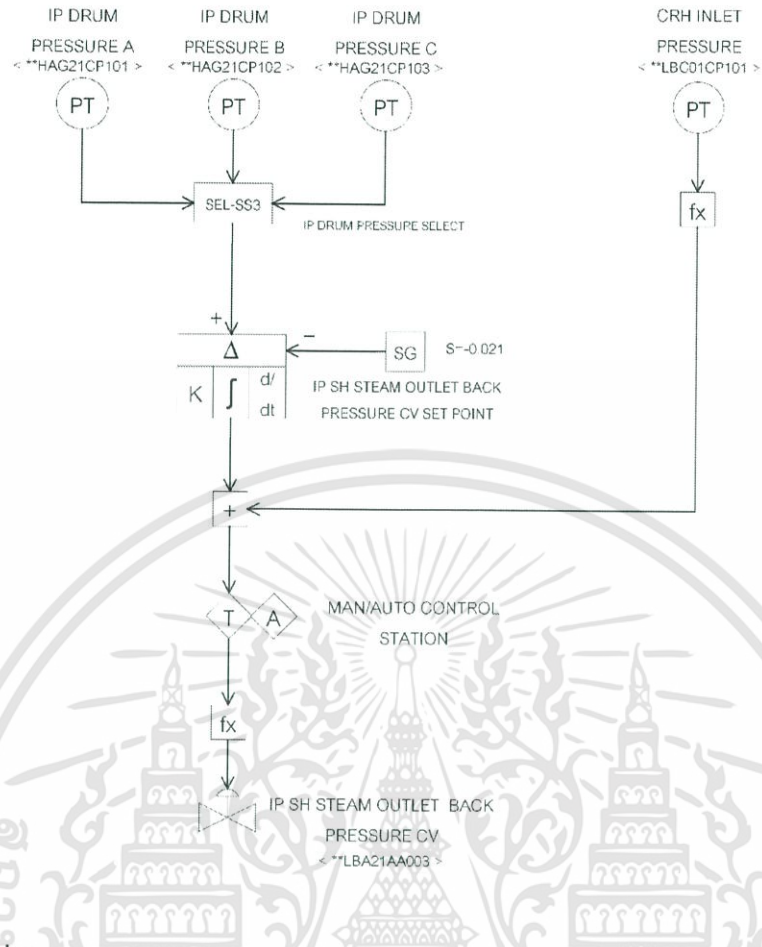


ภาพที่ 3.34 กราฟแนวโน้มความไม่น่าเชื่อถือของลูปคอนโทรล IP Economizer Bypass

3.10 ลูปคอนโทรลที่ 9 IP SH Steam Back Pressure

IP SH Steam Back Pressure ตั้งอยู่ระหว่างท่อที่เชื่อมต่อกันของ CRH (Cold Reheat) Inlet และ IP Superheater ซึ่งเป็นส่วนที่ป้องกันระบบหม้อพักไอน้ำความดันปานกลางจากความผันผวนของความดันอย่างฉับพลัน ซึ่งความผันผวนของความดันนี้ทำให้ระดับของน้ำในหม้อพักไอน้ำความดันปานกลางเกิดความผันผวนไปด้วยโดยวาล์วนี้สามารถใช้แยกระบบผลิตไอน้ำความดันปานกลาง (IP System) จากระบบ Reheat ได้ด้วยการปิดวาล์ว

หากพิจารณาแผนภาพล่อจิกแล้ว สามารถเขียนแผนภาพ SAMA ได้ดังภาพที่ 3.35

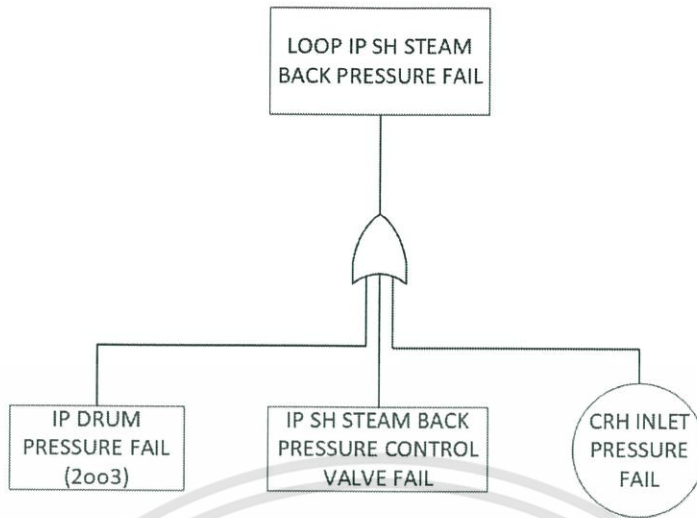


ภาพที่ 3.35 แผนภาพ SAMA ของลูบคอนโทรล IP SH Steam Back Pressure

จากการวิเคราะห์ลูบคอนโทรล IP SH Steam Back Pressure โดยใช้เทคนิค FTA สามารถระบุสาเหตุที่ทำให้ลูบคอนโทรลเกิดความล้มเหลวได้ดังนี้

- 1) IP DRUM PRESSURE FAIL คือ ระบบการวัดความดันในหม้อพักไอน้ำความดันปานกลางล้มเหลว
- 2) CRH INLET PRESSURE FAIL คือ ระบบการวัดความดันของ CRH (Cold Reheat) Inlet ล้มเหลว
- 3) IP SH STEAM BACK PRESSURE CONTROL VALVE FAIL คือ ระบบตัวควบคุมสุดท้าย (Final Control Element) ของ IP SH Steam Back Pressure Control Valve ล้มเหลว

สามารถเขียนให้อยู่ในแผนภาพ Fault Tree ได้ดังภาพที่ 3.36



ภาพที่ 3.36 แผนภาพ Fault Tree ของลูปคอนโทรล IP SH Steam Back Pressure

จากภาพที่ 3.36 สามารถใช้เทคนิค FTA เพื่อวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือเชิงปริมาณของลูปคอนโทรล IP SH Steam Back Pressure ได้ดังนี้

$$F_{IPSH_{BP}} = F_{IP_{PT}} \cup F_{CRH_{PT}} \cup F_{IPSH_{BPCV}}$$

จากสมการที่ 2-25 ค่าความล้มเหลวหรือความไม่น่าเชื่อถือของลูปคอนโทรล IP SH Steam Back Pressure แสดงได้ตั้งสมการที่ 3-42 และความน่าเชื่อถือแสดงได้ตั้งสมการที่ 3-43

$$F_{IPSH_{BP}} = 1 - R_{IP_{PT}} R_{CRH_{PT}} R_{IPSH_{BPCV}} \quad (3-42)$$

$$R_{IPSH_{BP}} = 1 - F_{IPSH_{BP}} \quad (3-43)$$

$$F_{IPSH_{BPCV}} = 1 - R_{IPSH_{BPCV}} = 1 - e^{-\lambda_{cr}t} \quad (3-44)$$

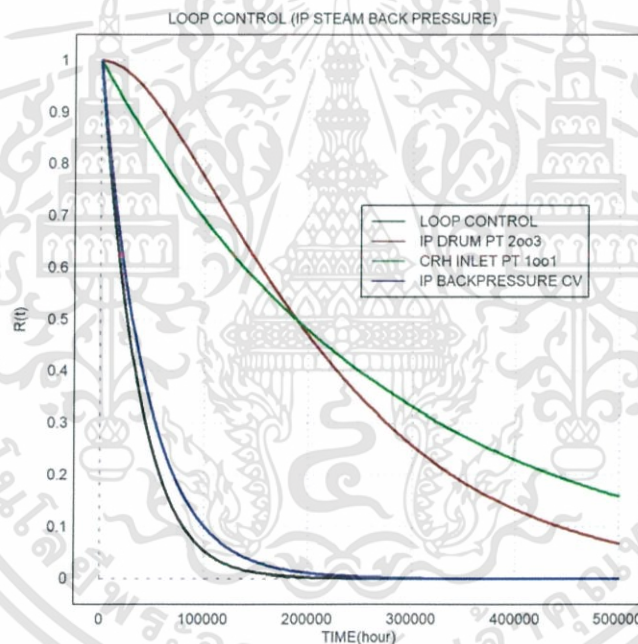
- เมื่อ $F_{IPSH_{BP}}$ คือ ค่าความล้มเหลวของลูปคอนโทรล IP SH Steam Back Pressure
- $R_{IPSH_{BP}}$ คือ ค่าความน่าเชื่อถือของลูปคอนโทรล IP SH Steam Back Pressure
- $F_{IPSH_{BPCV}}$ คือ ค่าความล้มเหลวของระบบตัวควบคุมสุดท้าย (Final Control Element) ของ IP SH Steam Back Pressure Control Valve
- $R_{IPSH_{BPCV}}$ คือ ค่าความน่าเชื่อถือของระบบตัวควบคุมสุดท้าย (Final Control Element) ของ IP SH Steam Back Pressure Control Valve

เมื่อนำสมการความน่าเชื่อถือและความไม่น่าเชื่อถือของลูปคอนโทรล IP SH Steam Back Pressure, ระบบการวัดในลูปคอนโทรล และระบบตัวควบคุมสุดท้าย (Final Control Element) มาวิเคราะห์เพื่อ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

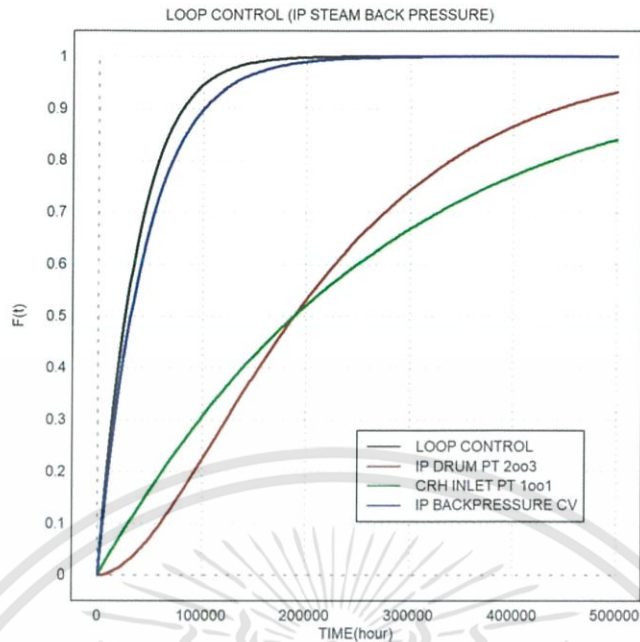
แสดงผลในลักษณะของกราฟแนวโน้มความนำเชื้อเพลิงซึ่งแกนตั้งแสดงถึงค่าความนำเชื้อเพลิงและแกนนอนแสดงระยะเวลาการทำงานของอุปกรณ์ดังแสดงในภาพที่ 3.37 และแสดงผลในลักษณะของกราฟแนวโน้มความไม่นำเชื้อเพลิงซึ่งแกนตั้งแสดงถึงค่าความไม่นำเชื้อเพลิงและแกนนอนแสดงระยะเวลาการทำงานของอุปกรณ์ดังแสดงในภาพที่ 3.38

จากการวิเคราะห์ ระบบที่ควรหาแนวทางในการเพิ่มความนำเชื้อเพลิงจะพิจารณาระบบการวัดหรือระบบตัวควบคุมสุดท้ายของลูบคอนโทรลที่ไม่มีระบบสำรองเป็นหลัก ซึ่งหมายความว่าหากระบบที่เป็นองค์ประกอบของลูบคอนโทรลมีความนำเชื้อเพลิงมากขึ้น ความนำเชื้อเพลิงของลูบคอนโทรลจะเพิ่มขึ้นด้วย โดยระบบที่เป็นองค์ประกอบของลูบคอนโทรลที่ไม่มีระบบสำรองหรือเรียกว่าทำงานแบบ 1 out of 1 มีดังนี้

1. ระบบตัวควบคุมสุดท้ายของ IP SH Steam Back Pressure Control Valve (เส้นที่บสีน้ำเงิน)
2. ระบบวัดความดันของ CRH (Cold Reheat) Inlet (เส้นที่บสีเขียว)



ภาพที่ 3.37 กราฟแนวโน้มความนำเชื้อเพลิงของลูบคอนโทรล IP SH Steam Back Pressure

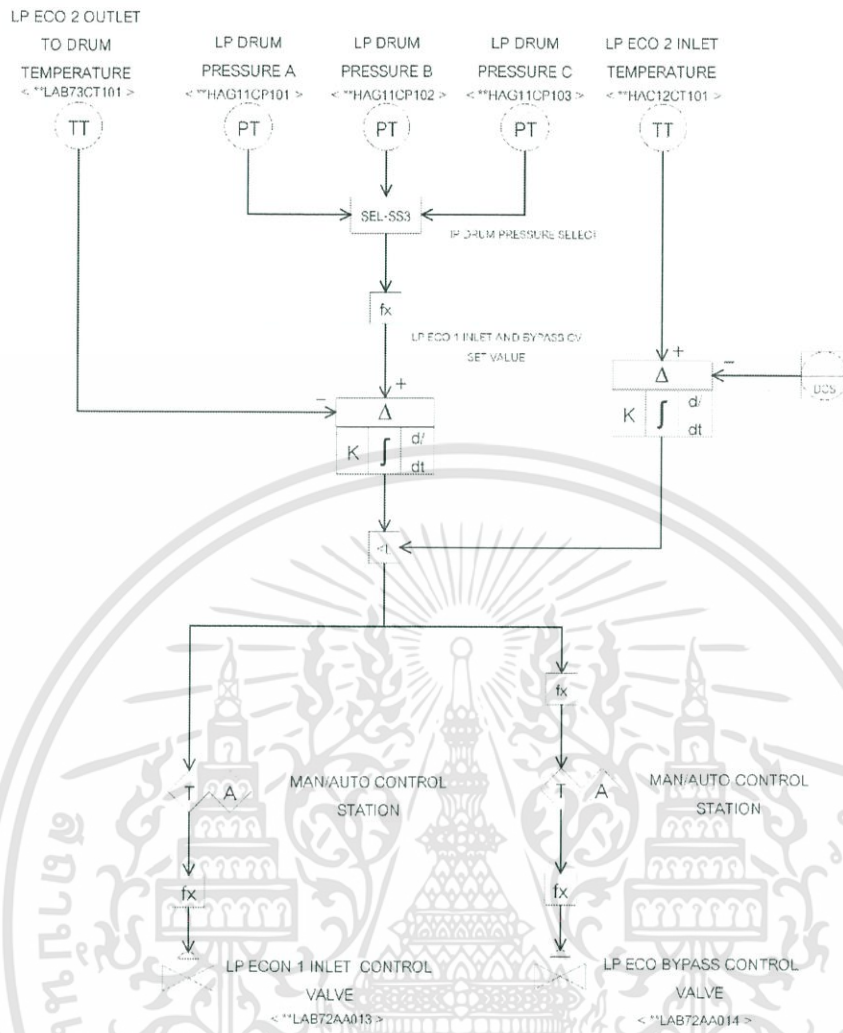


ภาพที่ 3.38 กราฟแนวโน้มความไม่น่าเชื่อถือของลูบคอนโทรล IP SH Steam Back Pressure

3.11 ลูบคอนโทรลที่ 10 LP ECO1 Inlet & ECO Bypass Control Valve

เป็นลูบคอนโทรลสำหรับการควบคุมอุณหภูมิของน้ำเลี้ยงความดันต่ำที่ออกจาก Preheater 2 ซึ่งเป็นการลดโอกาสที่น้ำจะกลายเป็นไอและไหลไปยังหม้อพักไอน้ำความดันต่ำเพื่อป้องกันท่อแตกในขณะที่เดินเครื่องด้วยน้ำมัน โดยค่าสัญญาณควบคุมของ LP ECO1 Inlet Control Valve และ LP ECO Bypass Control Valve คำนวณมาจากค่าเซตพอยท์ของทรานสมิตเตอร์วัดความดันในหม้อพักไอน้ำความดันต่ำ (2003) เปรียบเทียบกับทรานสมิตเตอร์วัดอุณหภูมิของ LP ECO2 Outlet to Drum หลังจากได้ค่าสัญญาณควบคุมแล้วจะถูกนำมาเปรียบเทียบกับค่าอุณหภูมิที่วัดได้จาก LP ECO2 Inlet เพื่อเลือกค่าที่ต่ำที่สุด หากอุณหภูมิของน้ำหลังออกจาก Preheater 2 ที่วัดได้สูงกว่าค่าเซตพอยท์ LP ECO Bypass Control Valve จะบายพาสน้ำเลี้ยงความดันต่ำในปริมาณที่เหมาะสมไปยังหม้อพักไอน้ำความดันต่ำและจะลดปริมาณน้ำเข้า Preheater 1 โดยการหรี LP ECO1 Inlet Control Valve

หากพิจารณาแผนภาพลอจิกแล้ว สามารถเขียนแผนภาพ SAMA ได้ดังภาพที่ 3.39

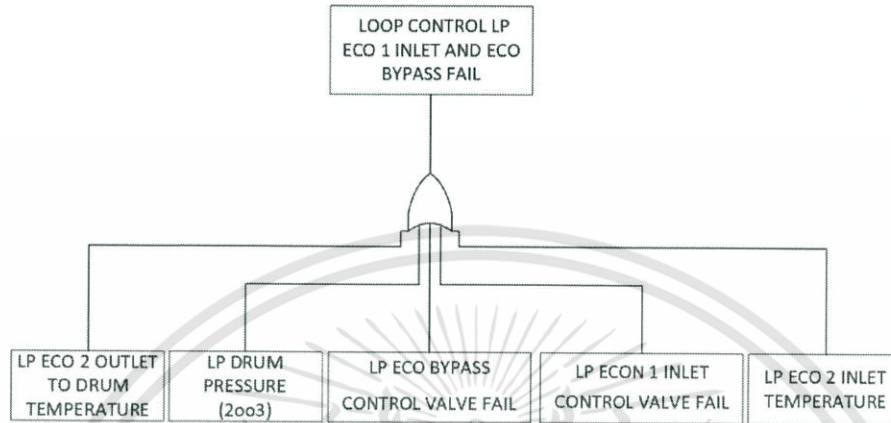


ภาพที่ 3.39 แผนภาพ SAMA ของลูปคอนโทรล LP ECO1 Inlet & ECO Bypass

จากการวิเคราะห์ลูปคอนโทรล LP ECO1 Inlet & ECO Bypass โดยใช้เทคนิค FTA สามารถระบุสาเหตุที่ทำให้ลูปคอนโทรลเกิดความล้มเหลวได้ดังนี้

- 1) LP DRUM PRESSURE FAIL คือ ระบบการวัดความดันในหม้อพักไอน้ำความดันต่ำ ล้มเหลว
- 2) LP ECO 2 OUTLET TO DRUM TEMPERATURE FAIL คือ ระบบการวัดอุณหภูมิของ LP Economizer 2 Outlet to Drum ล้มเหลว
- 3) LP ECO 2 INLET TEMPERATURE FAIL คือ ระบบการวัดอุณหภูมิของ LP Economizer 2 Inlet ล้มเหลว
- 4) LP ECO BYPASS CONTROL VALVE FAIL คือ ระบบตัวควบคุมสุดท้าย (Final Control Element) ของ LP Economizer Bypass Control Valve ล้มเหลว

5) LP ECON 1 INLET CONTROL VALVE FAIL คือ ระบบตัวควบคุมสุดท้าย (Final Control Element) ของ LP Economizer 1 Inlet Control Valve ล้มเหลว สามารถเขียนให้อยู่ในแผนภาพ Fault Tree ได้ดังภาพที่ 3.40



ภาพที่ 3.40 แผนภาพ Fault Tree ของลูปคอนโทรล LP ECO1 Inlet & ECO Bypass

จากภาพที่ 3.40 สามารถใช้เทคนิค FTA เพื่อวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือเชิงปริมาณของลูปคอนโทรล LP ECO1 Inlet & ECO Bypass ได้ดังนี้

$$F_{LPECO1, ECOBYP} = F_{LPECO2, OUTTT} \cup F_{LP, PT} \cup F_{LPECO1, CV} \cup F_{LPECO, BYPCV} \cup F_{LPECO2, INTT}$$

จากสมการที่ 2-25 ค่าความล้มเหลวหรือความไม่น่าเชื่อถือของลูปคอนโทรล LP ECO1 Inlet & ECO Bypass แสดงได้ดังสมการที่ 3-45 และความน่าเชื่อถือแสดงได้ดังสมการที่ 3-46

$$F_{LPECO1, ECOBYP} = 1 - R_{LPECO2, OUTTT} R_{LP, PT} R_{LPECO1, CV} R_{LPECO, BYPCV} R_{LPECO2, INTT} \quad (3-45)$$

$$R_{LPECO1, ECOBYP} = 1 - F_{LPECO1, ECOBYP} \quad (3-46)$$

$$F_{LPECO2, OUTTT} = 1 - R_{LPECO2, OUTTT} = 1 - e^{-\lambda_{TT}t} \quad (3-47)$$

$$F_{LPECO2, INTT} = 1 - R_{LPECO2, INTT} = 1 - e^{-\lambda_{TT}t} \quad (3-48)$$

$$F_{LPECO1, CV} = 1 - R_{LPECO1, CV} = 1 - e^{-\lambda_{CV}t} \quad (3-49)$$

$$F_{LPECO, BYPCV} = 1 - R_{LPECO, BYPCV} = 1 - e^{-\lambda_{CV}t} \quad (3-50)$$

เมื่อ $F_{LPECO1, ECOBYP}$ คือ ค่าความล้มเหลวของลูปคอนโทรล LP ECO1 Inlet & ECO Bypass

$R_{LPECO1, ECOBYP}$ คือ ค่าความน่าเชื่อถือของลูปคอนโทรล LP ECO1 Inlet & ECO Bypass

F_{LPECO2_OUTTT} คือ ค่าความล้มเหลวของระบบการวัดอุณหภูมิของ LP Economizer 2 Outlet to Drum

R_{LPECO2_OUTTT} คือ ค่าความน่าเชื่อถือของระบบการวัดอุณหภูมิของ LP Economizer 2 Outlet to Drum

F_{LPECO2_INTT} คือ ค่าความล้มเหลวของระบบการวัดอุณหภูมิของ LP Economizer 2 Inlet

R_{LPECO2_INTT} คือ ค่าความน่าเชื่อถือของระบบการวัดอุณหภูมิของ LP Economizer 2 Inlet

F_{LPECO1_CV} คือ ค่าความล้มเหลวของระบบตัวควบคุมสุดท้าย (Final control element) ของ LP Economizer 1 Inlet Control Valve

R_{LPECO1_CV} คือ ค่าความน่าเชื่อถือของระบบตัวควบคุมสุดท้าย (Final control element) ของ LP Economizer 1 Inlet Control Valve

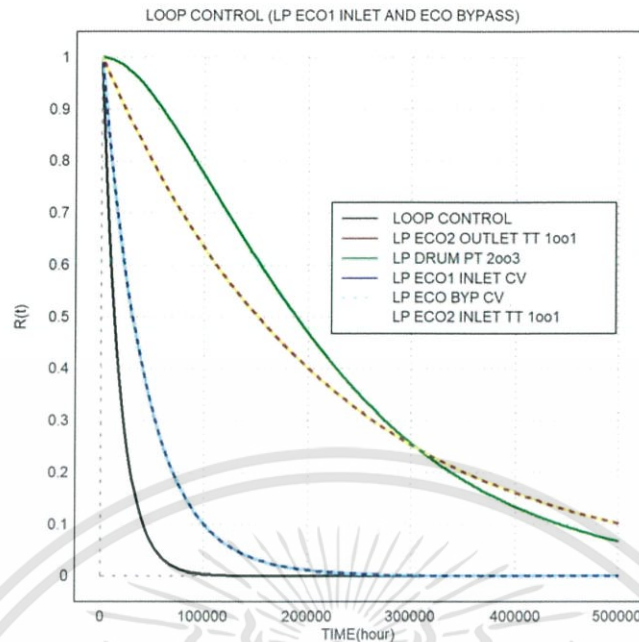
F_{LPECO_BYPCV} คือ ค่าความล้มเหลวของระบบตัวควบคุมสุดท้าย (Final Control Element) ของ LP Economizer Bypass Control Valve

R_{LPECO_BYPCV} คือ ค่าความน่าเชื่อถือของระบบตัวควบคุมสุดท้าย (Final Control Element) ของ LP Economizer Bypass Control Valve

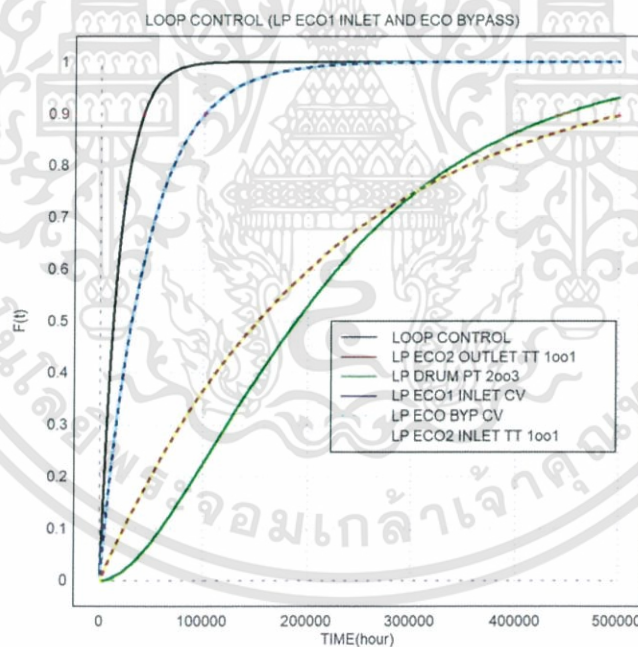
เมื่อนำสมการความน่าเชื่อถือและความไม่น่าเชื่อถือของอุปกรณ์ LP ECO1 Inlet & ECO Bypass, ระบบการวัดในอุปกรณ์ และระบบตัวควบคุมสุดท้าย (Final Control Element) มาวิเคราะห์ เพื่อแสดงผลในลักษณะของกราฟแนวโน้มความน่าเชื่อถือซึ่งแกนตั้งแสดงถึงค่าความน่าเชื่อถือและแกนนอนแสดงระยะเวลาการทำงานของอุปกรณ์ดังแสดงในภาพที่ 3.41 และแสดงผลในลักษณะของกราฟแนวโน้มความไม่น่าเชื่อถือซึ่งแกนตั้งแสดงถึงค่าความไม่น่าเชื่อถือและแกนนอนแสดงระยะเวลาการทำงานของอุปกรณ์ ดังแสดงในภาพที่ 3.42

จากการวิเคราะห์ ระบบที่ควรหาแนวทางในการเพิ่มความน่าเชื่อถือจะพิจารณาระบบการวัดหรือระบบตัวควบคุมสุดท้ายของอุปกรณ์ที่ไม่มีระบบสำรองเป็นหลัก ซึ่งหมายความว่าหากระบบที่เป็นองค์ประกอบของอุปกรณ์มีความน่าเชื่อถือมากขึ้น ความน่าเชื่อถือของอุปกรณ์จะเพิ่มขึ้นด้วย โดยระบบที่เป็นองค์ประกอบของอุปกรณ์ที่ไม่มีระบบสำรองหรือเรียกว่าทำงานแบบ 1 out of 1 มีดังนี้

1. ระบบตัวควบคุมสุดท้ายของ LP Economizer 1 Inlet Control Valve (เส้นทึบสีน้ำเงิน)
2. ระบบตัวควบคุมสุดท้ายของ LP Economizer Bypass Control Valve (เส้นประสีฟ้า)
3. ระบบวัดอุณหภูมิของ LP Economizer 2 Outlet to Drum (เส้นทึบสีแดง)
4. ระบบวัดอุณหภูมิของ LP Economizer 2 Inlet (เส้นประสีเหลือง)



ภาพที่ 3.41 กราฟแนวโน้มความน่าเชื่อถือของลูบคอนโทรล LP ECO1 Inlet & ECO Bypass



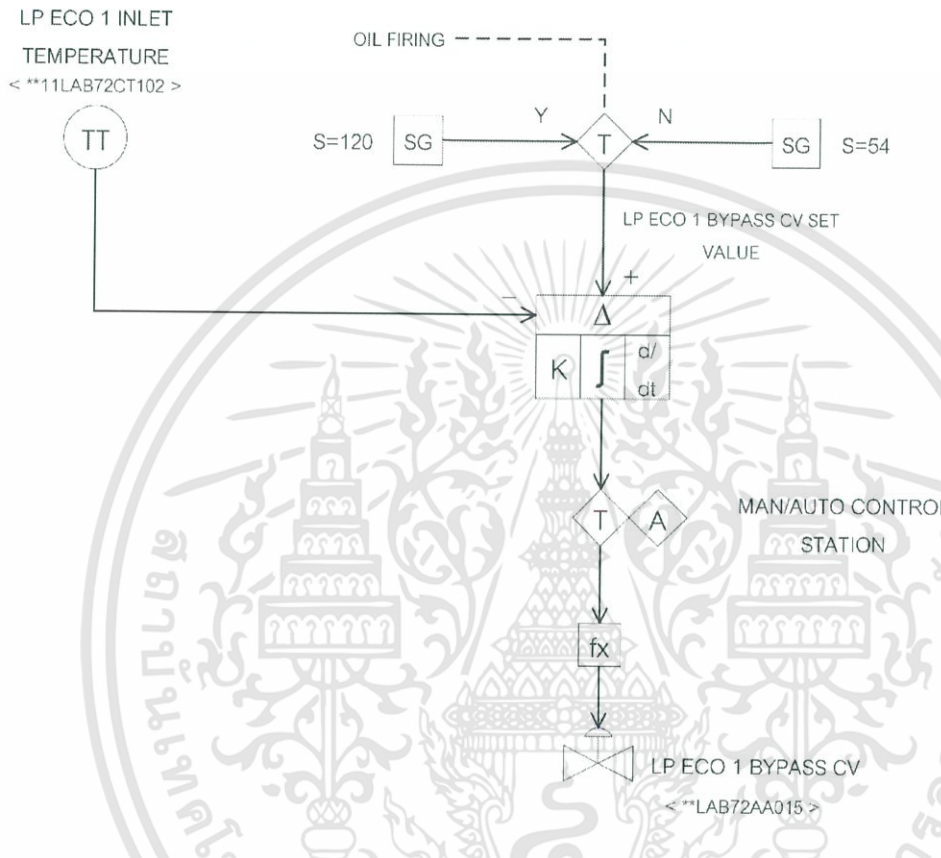
ภาพที่ 3.42 กราฟแนวโน้มความไม่น่าเชื่อถือของลูบคอนโทรล LP ECO1 Inlet & ECO Bypass

3.12 ลูบคอนโทรลที่ 11 LP ECO1 Bypass

LP ECO1 Bypass Control Valve จะบายพาสน้ำบางส่วนที่จะเข้าไปยัง Preheater 1 ให้เข้าไปยัง Preheater 2 ทันที เพื่อควบคุมอุณหภูมิน้ำที่จะเข้าไปยัง Recirculation Pumps และใช้เพื่อป้องกันน้ำ

กลายเป็นไอน้ำที่ Boiler Feed Pump ขณะเดินเครื่องแบบปกติและช่วยรักษาอุณหภูมิในชุดท่อของ Preheater ให้อยู่สูงกว่า Acid dew point ขณะเดินเครื่องด้วยน้ำมัน หรือในกรณีที่อุณหภูมิของน้ำเลี้ยงความดันต่ำที่ถูกป้อนเข้ามาต่ำ

หากพิจารณาแผนภาพลอจิกแล้ว สามารถเขียนแผนภาพ SAMA ได้ดังภาพที่ 3.43

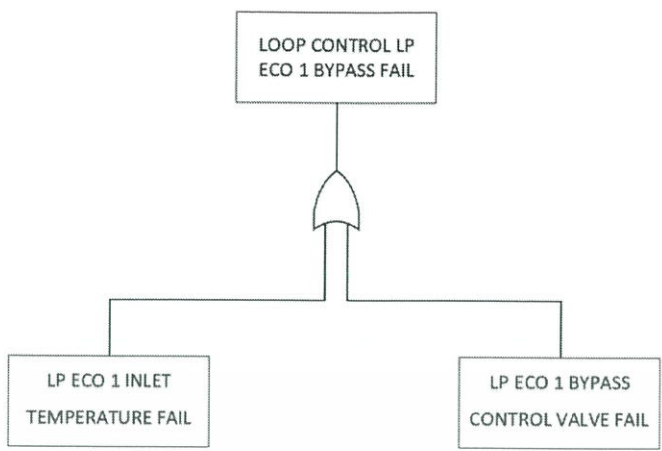


ภาพที่ 3.43 แผนภาพ SAMA ของลูปคอนโทรล LP ECO1 Bypass

จากการวิเคราะห์ลูปคอนโทรล LP ECO1 Bypass โดยใช้เทคนิค FTA สามารถระบุสาเหตุที่ทำให้ลูปคอนโทรลเกิดความล้มเหลวได้ดังนี้

- 1) LP ECO 1 INLET TEMPERATURE FAIL คือ ระบบการวัดอุณหภูมิของ LP Economizer 1 Inlet ล้มเหลว
- 2) LP ECO 1 BYPASS CONTROL VALVE FAIL คือ ระบบตัวควบคุมสุดท้าย (Final Control Element) ของ LP Economizer 1 Bypass Control Valve ล้มเหลว

สามารถเขียนให้อยู่ในแผนภาพ Fault Tree ได้ดังภาพที่ 3.44



ภาพที่ 3.44 แผนภาพ Fault Tree ของลูบคอนโทรล LP ECO1 Bypass

จากภาพที่ 3.44 สามารถใช้เทคนิค FTA เพื่อวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือเชิงปริมาณของลูบคอนโทรล LP ECO1 Inlet & ECO Bypass ได้ดังนี้

$$F_{LPECO1\ BYP} = F_{LPECO1\ BYPCV} \cup F_{LPECO1\ INTT}$$

จากสมการที่ 2-25 ค่าความล้มเหลวหรือความไม่น่าเชื่อถือของลูบคอนโทรล LP ECO1 Bypass แสดงได้ดังสมการที่ 3-51 และความน่าเชื่อถือแสดงได้ดังสมการที่ 3-52

$$F_{LPECO1\ BYP} = 1 - R_{LPECO1\ BYPCV} R_{LPECO1\ INTT} \quad (3-51)$$

$$R_{LPECO1\ BYP} = 1 - F_{LPECO1\ BYP} \quad (3-52)$$

$$F_{LPECO1\ INTT} = 1 - R_{LPECO1\ INTT} = 1 - e^{-\lambda_{tr}t} \quad (3-53)$$

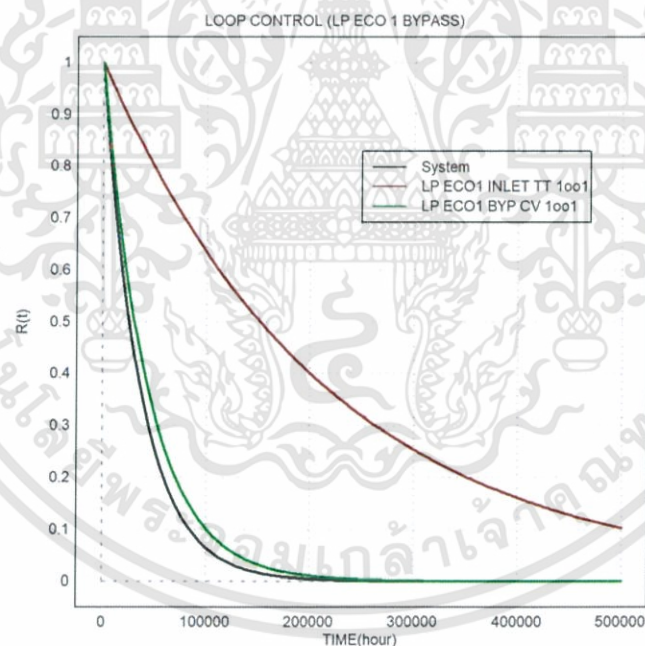
$$F_{LPECO1\ BYPCV} = 1 - R_{LPECO1\ BYPCV} = 1 - e^{-\lambda_{cv}t} \quad (3-54)$$

- เมื่อ
- $F_{LPECO1\ BYP}$ คือ ค่าความล้มเหลวของลูบคอนโทรล LP ECO1 Bypass
 - $R_{LPECO1\ BYP}$ คือ ค่าความน่าเชื่อถือของลูบคอนโทรล LP ECO1 Bypass
 - $F_{LPECO1\ INTT}$ คือ ค่าความล้มเหลวของระบบการวัดอุณหภูมิของ LP Economizer 1 Inlet
 - $R_{LPECO1\ INTT}$ คือ ค่าความน่าเชื่อถือของระบบการวัดอุณหภูมิของ LP Economizer 1 Inlet
 - $F_{LPECO1\ BYPCV}$ คือ ค่าความล้มเหลวของระบบตัวควบคุมสุดท้าย (Final Control Element) ของ LP Economizer 1 Bypass Control Valve
 - $R_{LPECO1\ BYPCV}$ คือ ค่าความน่าเชื่อถือของระบบตัวควบคุมสุดท้าย (Final Control Element) ของ LP Economizer 1 Bypass Control Valve

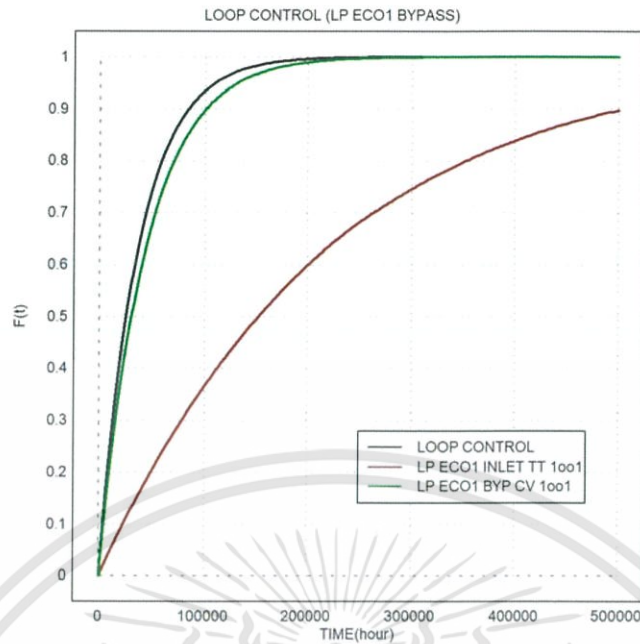
เมื่อนำสมการความน่าเชื่อถือและความไม่น่าเชื่อถือของลูบคอนโทรล LP ECO1 Bypass, ระบบการวัดในลูบคอนโทรล และระบบตัวควบคุมสุดท้าย (Final Control Element) มาวิเคราะห์เพื่อแสดงผลในลักษณะของกราฟแนวโน้มความน่าเชื่อถือซึ่งแกนตั้งแสดงถึงค่าความน่าเชื่อถือและแกนนอนแสดงระยะเวลาการทำงานของอุปกรณ์ดังแสดงในภาพที่ 3.45 และแสดงผลในลักษณะของกราฟแนวโน้มความไม่น่าเชื่อถือซึ่งแกนตั้งแสดงถึงค่าความไม่น่าเชื่อถือและแกนนอนแสดงระยะเวลาการทำงานของอุปกรณ์ดังแสดงในภาพที่ 3.46

จากการวิเคราะห์ ระบบที่ควรหาแนวทางในการเพิ่มความน่าเชื่อถือจะพิจารณาระบบการวัดหรือระบบตัวควบคุมสุดท้ายของลูบคอนโทรลที่ไม่มีระบบสำรองเป็นหลัก ซึ่งหมายความว่าหากระบบที่เป็นองค์ประกอบของลูบคอนโทรลมีความน่าเชื่อถือมากขึ้น ความน่าเชื่อถือของลูบคอนโทรลจะเพิ่มขึ้นด้วย โดยระบบที่เป็นองค์ประกอบของลูบคอนโทรลที่ไม่มีระบบสำรองหรือเรียกว่าทำงานแบบ 1 out of 1 มีดังนี้

1. ระบบตัวควบคุมสุดท้ายของ LP Economizer 1 Bypass Control Valve (เส้นที่บสีเขียว)
2. ระบบวัดอุณหภูมิของ LP Economizer 1 Inlet (เส้นที่บสีแดง)



ภาพที่ 3.45 กราฟแนวโน้มความน่าเชื่อถือของลูบคอนโทรล LP ECO1 Bypass

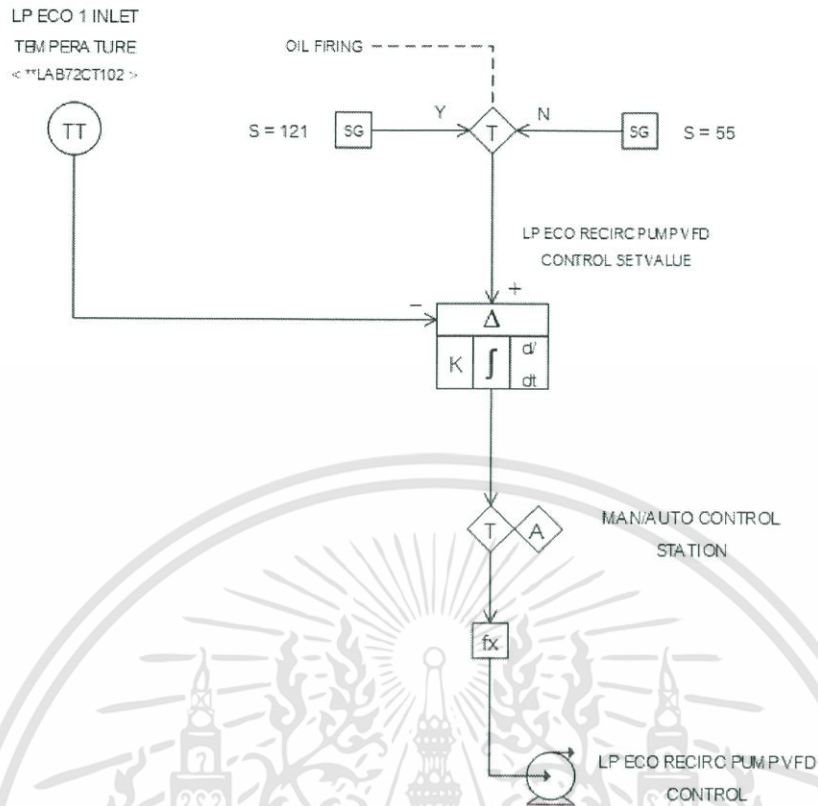


ภาพที่ 3.46 กราฟแนวโน้มความไม่น่าเชื่อถือของลูปคอนโทรล LP ECO1 Bypass

3.13 ลูปคอนโทรลที่ 12 LP ECO Recirculate Pump VFD Speed Control

Recirculation Pumps จะหมุนเวียนน้ำจากขาออกของ Preheater 1 เพื่อเพิ่มความร้อนให้กับน้ำที่จะเข้า Preheater 1 ให้อุณหภูมิสูงกว่า Acid dew point ในกรณีที่มีการเดินเครื่องด้วยน้ำมัน หากทรานสมิตเตอร์วัดอุณหภูมิซึ่งวัดอุณหภูมิได้ได้จาก LP Eco 1 Inlet มีค่าต่ำกว่าจุดเซตพอยท์ Recirculation Pump จะทำการปรับความถี่เพื่อเพิ่มความเร็วในการหมุนเวียนน้ำให้เหมาะสมจนกว่าค่าอุณหภูมิของน้ำจะอยู่ที่จุดเซตพอยท์

หากพิจารณาแผนภาพลจิกแล้ว สามารถเขียนแผนภาพ SAMA ได้ดังภาพที่ 3.47

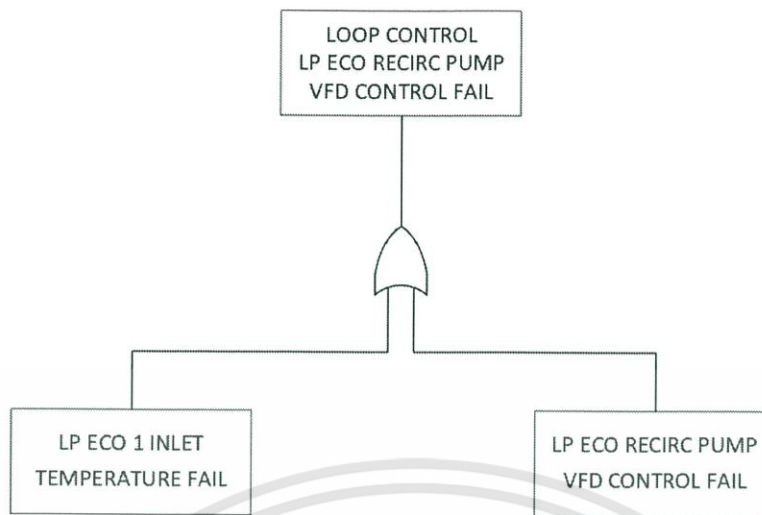


ภาพที่ 3.47 แผนภาพ SAMA ของลูบคอนโทรล LP ECO Recirculate Pump VFD Speed Control

จากการวิเคราะห์ลูบคอนโทรล LP ECO Recirculate Pump VFD Speed Control โดยใช้เทคนิค FTA สามารถระบุสาเหตุที่ทำให้ลูบคอนโทรลเกิดความล้มเหลวได้ดังนี้

- 1) LP ECO 1 INLET TEMPERATURE FAIL คือ ระบบการวัดอุณหภูมิของ LP ECO1 Inlet ล้มเหลว
- 2) LP ECO RECIRC PUMP VFD CONTROL FAIL คือ ระบบตัวควบคุมสุดท้าย (Final Control Element) ของ LP Economizer Recirculate Pump VFD ล้มเหลว

สามารถเขียนให้อยู่ในแผนภาพ Fault Tree ได้ดังภาพที่ 3.48



ภาพที่ 3.48 แผนภาพ Fault Tree ของลูบคอนโทรล LP ECO Recirculate Pump VFD Speed Control

จากภาพที่ 3.48 สามารถใช้เทคนิค FTA เพื่อวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือเชิงปริมาณของลูบคอนโทรล LP ECO Recirculate Pump VFD Speed Control ได้ดังนี้

$$F_{VFD_{RECIRC}} = F_{LPECO1_{INLETT}} \cup F_{VFD_{RECIRC PUMP}}$$

จากสมการที่ 2-25 ค่าความล้มเหลวหรือความไม่น่าเชื่อถือของลูบคอนโทรล LP ECO Recirculate Pump VFD Speed Control แสดงได้ดังสมการที่ 3-55 และความน่าเชื่อถือแสดงได้ดังสมการที่ 3-56

$$F_{VFD_{RECIRC}} = 1 - R_{LPECO1_{INLETT}} R_{VFD_{RECIRC PUMP}} \quad (3-55)$$

$$R_{VFD_{RECIRC}} = 1 - F_{VFD_{RECIRC}} \quad (3-56)$$

$$F_{VFD} = 1 - R_{VFD} = 1 - e^{-\lambda_{VFD}t} \quad (3-57)$$

เมื่อ $F_{VFD_{RECIRC}}$ คือ ค่าความล้มเหลวของลูบคอนโทรล LP ECO Recirculate Pump VFD Speed Control

$R_{VFD_{RECIRC}}$ คือ ค่าความน่าเชื่อถือของลูบคอนโทรล LP ECO Recirculate Pump VFD Speed Control

F_{VFD} คือ ค่าความล้มเหลวของระบบตัวควบคุมสุดท้าย (Final Control Element) ของ Variable Frequency Drive

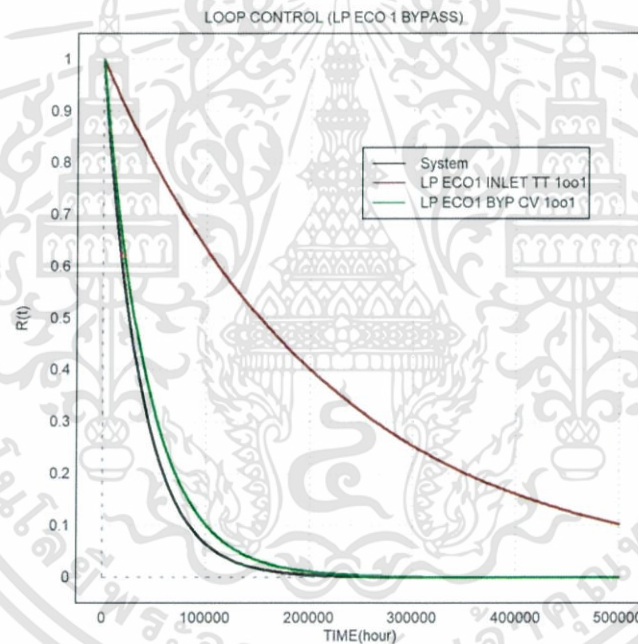
R_{VFD} คือ ค่าความน่าเชื่อถือของระบบตัวควบคุมสุดท้าย (Final Control Element) ของ Variable Frequency Drive

λ_{VFD} คือ อัตราความล้มเหลวของระบบตัวควบคุมสุดท้าย (Final control element) ของ Variable Frequency Drive

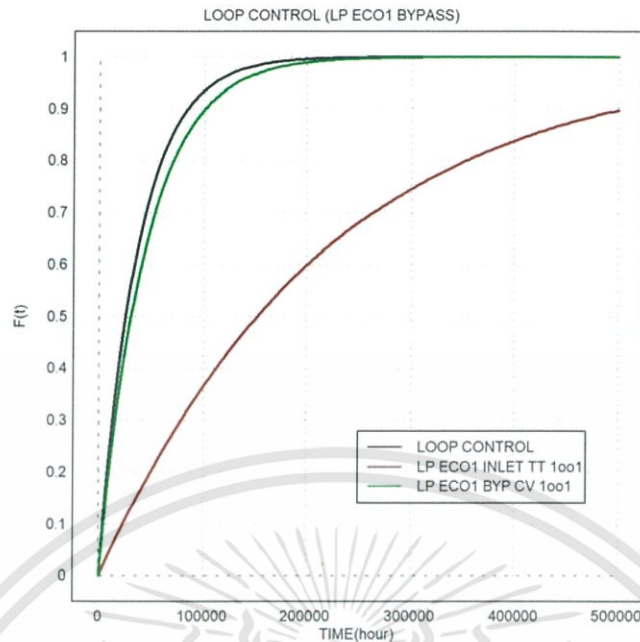
เมื่อนำสมการความน่าเชื่อถือและความไม่น่าเชื่อถือของลูบคอนโทรล LP ECO Recirculate Pump VFD Speed Control, ระบบการวัดในลูบคอนโทรล และระบบตัวควบคุมสุดท้าย (Final Control Element) มาวิเคราะห์เพื่อแสดงผลในลักษณะของกราฟแนวโน้มความน่าเชื่อถือซึ่งแกนตั้งแสดงถึงค่าความน่าเชื่อถือและแกนนอนแสดงระยะเวลาการทำงานของอุปกรณ์ดังแสดงในภาพที่ 3.49 และแสดงผลในลักษณะของกราฟแนวโน้มความไม่น่าเชื่อถือซึ่งแกนตั้งแสดงถึงค่าความไม่น่าเชื่อถือและแกนนอนแสดงระยะเวลาการทำงานของอุปกรณ์ดังแสดงในภาพที่ 3.50

จากการวิเคราะห์ ระบบที่ควรหาแนวทางในการเพิ่มความน่าเชื่อถือจะพิจารณาระบบการวัดหรือระบบตัวควบคุมสุดท้ายของลูบคอนโทรลที่ไม่มีระบบสำรองเป็นหลัก ซึ่งหมายความว่าหากระบบที่เป็นองค์ประกอบของลูบคอนโทรลมีความน่าเชื่อถือมากขึ้น ความน่าเชื่อถือของลูบคอนโทรลจะเพิ่มขึ้นด้วย โดยระบบที่เป็นองค์ประกอบของลูบคอนโทรลที่ไม่มีระบบสำรองหรือเรียกว่าทำงานแบบ 1 out of 1 มีดังนี้

1. ระบบวัดอุณหภูมิของ LP Economizer 1 Inlet (เส้นทึบสีแดง)



ภาพที่ 3.49 กราฟแนวโน้มความน่าเชื่อถือของลูบคอนโทรล LP ECO Recirculate Pump VFD Speed Control

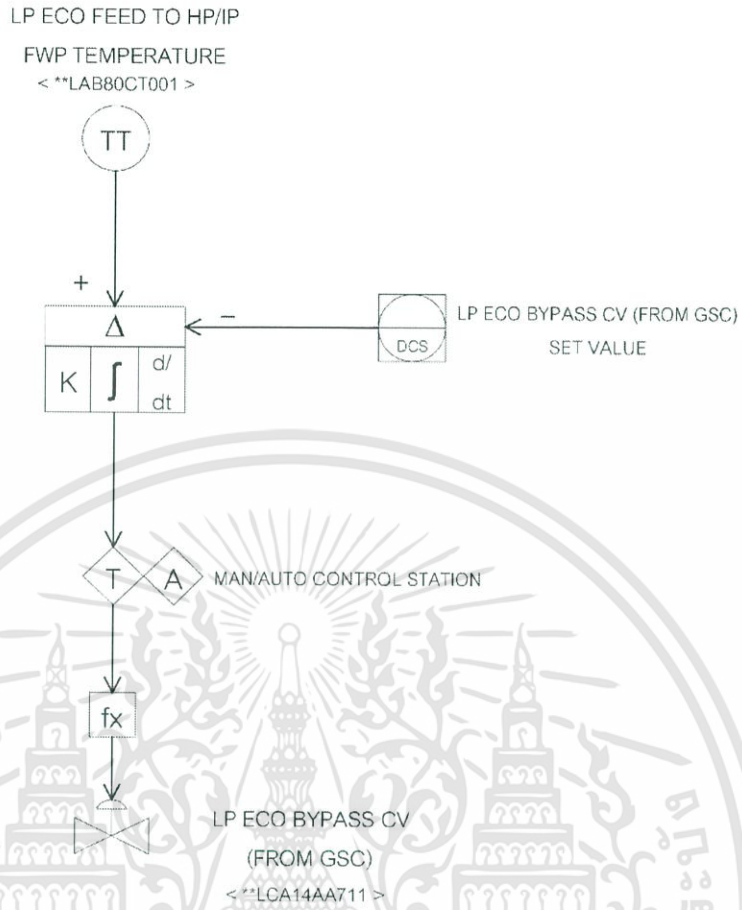


ภาพที่ 3.50 กราฟแนวโน้มความไม่น่าเชื่อถือของลูบคอนโทรล LP ECO Recirculate Pump VFD Speed Control

3.14 ลูบคอนโทรลที่ 13 LP ECO Bypass (from Gland Steam Condenser)

LP ECO Bypass Control Valve (from GSC) ใช้สำหรับควบคุมอุณหภูมิน้ำของ LP ECO Feed to HP/IP Feed Water Pump โดยการบายพาสน้ำคอนเดนเสทจาก Feed Water Heater และ LP Economizer เพื่อตอบสนอง GT Cooling Air Cooler ที่ต้องการน้ำเลี้ยงที่มีอุณหภูมิต่ำในระหว่างที่กังหันก๊าซเริ่มเดินเครื่อง หลังจากกังหันก๊าซเดินเครื่องและถึงโหลดที่ตั้งค่าไว้ วาล์วตัวนี้จะปิดเพื่อให้น้ำไหลผ่าน LP Economizer

หากพิจารณาแผนภาพล่อจิกแล้ว สามารถเขียนแผนภาพ SAMA ได้ดังภาพที่ 3.51

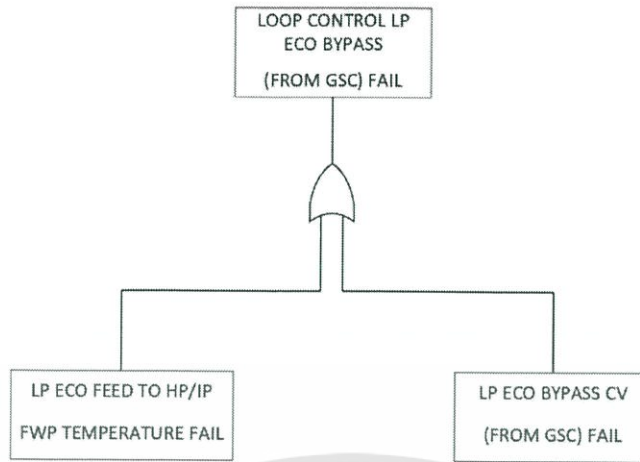


ภาพที่ 3.51 แผนภาพ SAMA ของลูบคอนโทรล LP ECO Bypass (from GSC)

จากการวิเคราะห์ลูบคอนโทรล LP ECO Bypass (from GSC) โดยใช้เทคนิค FTA สามารถระบุสาเหตุที่ทำให้ลูบคอนโทรลเกิดความล้มเหลวได้ดังนี้

- 1) LP ECO FEED TO HP/IP FWP TEMPERATURE FAIL คือ ระบบการวัดอุณหภูมิของ LP Economizer Feed to HP/IP Feed Water Pump ล้มเหลว
- 2) LP ECO BYPASS CONTROL VALVE (FROM GSC) FAIL คือ ระบบตัวควบคุมสุดท้าย (Final Control Element) ของ LP Economizer Bypass Control Valve (from Gland Steam Condenser) ล้มเหลว

สามารถเขียนให้อยู่ในแผนภาพ Fault Tree ได้ดังภาพที่ 3.52



ภาพที่ 3.52 แผนภาพ Fault Tree ของลูปคอนโทรล LP ECO Bypass (from GSC)

จากภาพที่ 3.52 สามารถใช้เทคนิค FTA เพื่อวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือเชิงปริมาณของลูปคอนโทรล LP ECO Bypass (from GSC) ได้ดังนี้

$$F_{LPECO\ BYP(GSC)} = F_{LPECO\ BYPCV(GSC)} \cup F_{LPECO\ HP/IP\ TT}$$

จากสมการที่ 2-25 ค่าความล้มเหลวหรือความไม่น่าเชื่อถือของลูปคอนโทรล LP ECO Bypass (from GSC) แสดงได้ดังสมการที่ 3-58 และความน่าเชื่อถือแสดงได้ดังสมการที่ 3-59

$$F_{LPECO\ BYP(GSC)} = 1 - R_{LPECO\ BYPCV(GSC)} R_{LPECO\ HP/IP\ TT} \quad (3-58)$$

$$R_{LPECO\ BYP(GSC)} = 1 - F_{LPECO\ BYP(GSC)} \quad (3-59)$$

$$F_{LPECO\ HP/IP\ TT} = 1 - R_{LPECO\ HP/IP\ TT} = 1 - e^{-\lambda_{TT}t} \quad (3-60)$$

$$F_{LPECO\ BYPCV(GSC)} = 1 - R_{LPECO\ BYPCV(GSC)} = 1 - e^{-\lambda_{CV}t} \quad (3-61)$$

เมื่อ $F_{LPECO\ BYP(GSC)}$ คือ ค่าความล้มเหลวของลูปคอนโทรล LP ECO Bypass (from GSC)

$R_{LPECO\ BYP(GSC)}$ คือ ค่าความน่าเชื่อถือของลูปคอนโทรล LP ECO Bypass (from GSC)

$F_{LPECO\ HP/IP\ TT}$ คือ ค่าความล้มเหลวของระบบการวัดอุณหภูมิของ LP Economizer Feed to HP/IP Feed Water Pump

$R_{LPECO\ HP/IP\ TT}$ คือ ค่าความน่าเชื่อถือของระบบการวัดอุณหภูมิของ LP Economizer Feed to HP/IP Feed Water Pump

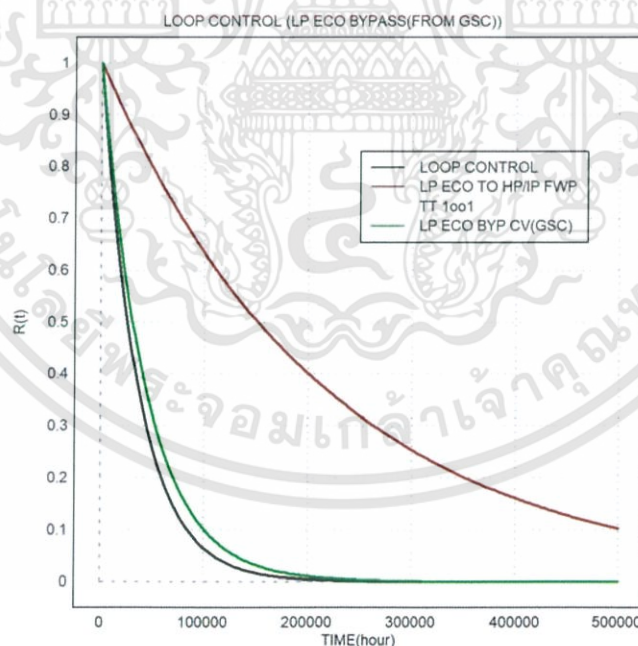
$F_{LPECO\ BYPCV(GSC)}$ คือ ค่าความล้มเหลวของระบบตัวควบคุมสุดท้าย (Final Control Element) ของ LP Economizer Bypass Control Valve (from GSC)

$F_{LP\text{ECO}}^{BYPCV(GSC)}$ คือ ค่าความน่าเชื่อถือของระบบตัวควบคุมสุดท้าย (Final Control Element) ของ LP Economizer Bypass Control Valve (from GSC)

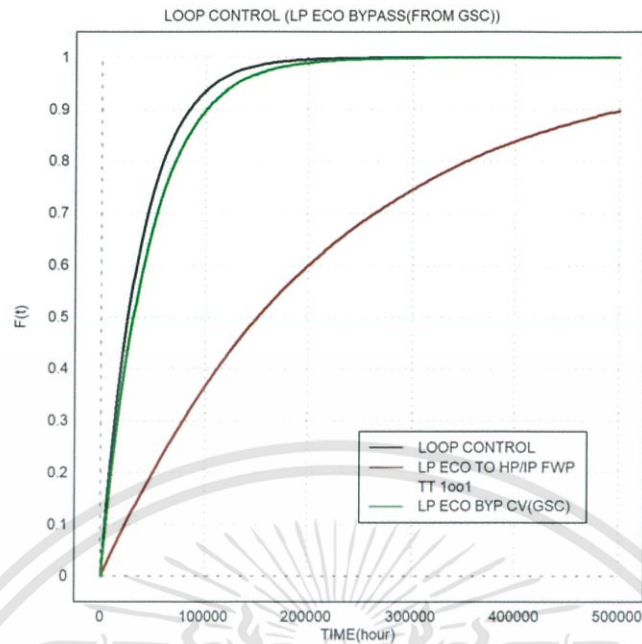
เมื่อนำสมการความน่าเชื่อถือและความไม่น่าเชื่อถือของลูบคอนโทรล LP ECO Bypass (from GSC), ระบบการวัดในลูบคอนโทรล และระบบตัวควบคุมสุดท้าย (Final Control Element) มาวิเคราะห์เพื่อแสดงผลในลักษณะของกราฟแนวโน้มความน่าเชื่อถือซึ่งแกนตั้งแสดงถึงค่าความน่าเชื่อถือและแกนนอนแสดงระยะเวลาการทำงานของอุปกรณ์ดังแสดงในภาพที่ 3.53 และแสดงผลในลักษณะของกราฟแนวโน้มความไม่น่าเชื่อถือซึ่งแกนตั้งแสดงถึงค่าความไม่น่าเชื่อถือและแกนนอนแสดงระยะเวลาการทำงานของอุปกรณ์ดังแสดงในภาพที่ 3.54

จากการวิเคราะห์ ระบบที่ควรหาแนวทางในการเพิ่มความน่าเชื่อถือจะพิจารณาระบบการวัดหรือระบบตัวควบคุมสุดท้ายของลูบคอนโทรลที่ไม่มีระบบสำรองเป็นหลัก ซึ่งหมายความว่าหากระบบที่เป็นองค์ประกอบของลูบคอนโทรลมีความน่าเชื่อถือมากขึ้น ความน่าเชื่อถือของลูบคอนโทรลจะเพิ่มขึ้นด้วย โดยระบบที่เป็นองค์ประกอบของลูบคอนโทรลที่ไม่มีระบบสำรองหรือเรียกว่าทำงานแบบ 1 out of 1 มีดังนี้

1. ระบบวัดอุณหภูมิของ LP Economizer Feed to HP/IP Feed Water Pump (เส้นทึบสีแดง)



ภาพที่ 3.53 กราฟแนวโน้มความน่าเชื่อถือของลูบคอนโทรล LP ECO Bypass (from GSC)

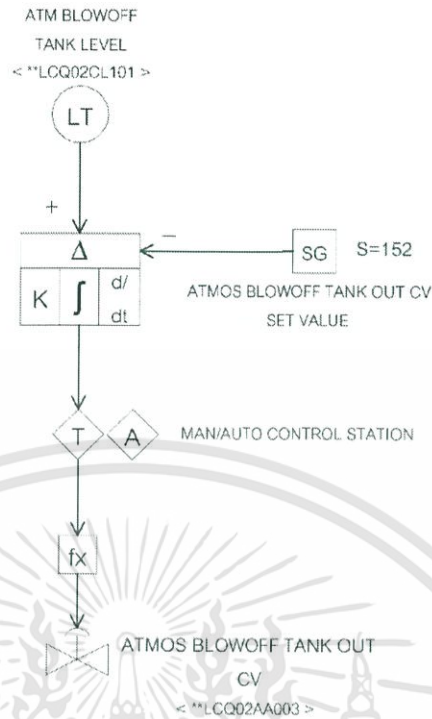


ภาพที่ 3.54 กราฟแนวโน้มความไม่น่าเชื่อถือของลูบคอนโทรล LP ECO Bypass (from GSC)

3.15 ลูบคอนโทรลที่ 14 ATMOS Blowoff Tank Level Control

ATMOS Blowoff Tank Outlet Control Valve เป็นวาล์วที่ใช้ระบายน้ำจาก ATMOS Blowoff Tank ออกสู่ระบบน้ำทิ้ง ซึ่งจะมีทรานสมิตเตอร์วัดระดับน้ำใน ATM Blowoff Tank 1 ตัว หากระดับน้ำต่ำกว่าหรือสูงกว่าจุดเซตพอยท์ วาล์วจะควบคุมปริมาณออกที่ไหลออกจาก ATM Blowoff Tank ให้เหมาะสม จนกว่าระดับจะอยู่ที่จุดเซตพอยท์

หากพิจารณาแผนภาพลอจิกแล้วสามารถเขียนเป็นแผนภาพ SAMA ได้ดังภาพที่ 3.55

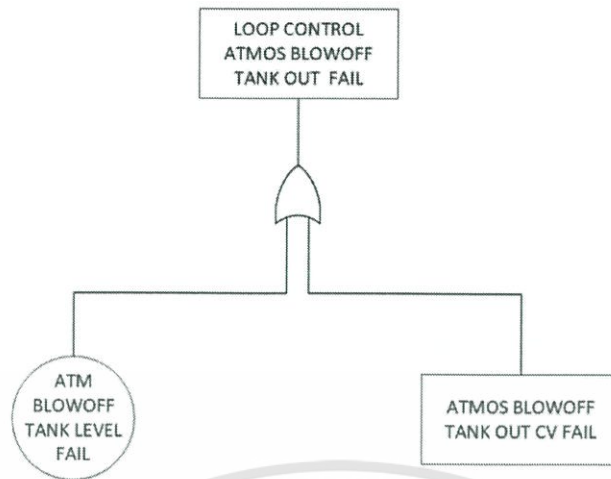


ภาพที่ 3.55 แผนภาพ SAMA ของลูบคอนโทรล ATMOS Blowoff Tank Level Control

จากการวิเคราะห์ลูบคอนโทรล ATMOS Blowoff Tank Level Control โดยใช้เทคนิค FTA สามารถระบุสาเหตุที่ทำให้ลูบคอนโทรลเกิดความล้มเหลวได้ดังนี้

- 1) ATM BLOWOFF TANK LEVEL FAIL คือ ระบบการวัดระดับน้ำใน ATM Blowoff Tank ล้มเหลว
- 2) ATMOS BLOWOFF TANK OUT CV FAIL คือ ระบบตัวควบคุมสุดท้าย (Final Control Element) ของ Atmosphere Blowoff Tank Outlet Control Valve ล้มเหลว

สามารถเขียนให้อยู่ในแผนภาพ Fault Tree ได้ดังภาพที่ 3.56



ภาพที่ 3.56 แผนภาพ Fault Tree ของลูบคอนโทรล ATMOS Blowoff Tank Level Control

จากภาพที่ 3.56 สามารถใช้เทคนิค FTA เพื่อวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือเชิงปริมาณของลูบคอนโทรล ATMOS Blowoff Tank Level Control ได้ดังนี้

$$F_{ATM\ BLOWOFF\ TANK} = F_{ATM\ LT} \cup F_{ATM\ CV}$$

จากสมการที่ 2-25 ค่าความล้มเหลวหรือความไม่น่าเชื่อถือของลูบคอนโทรล ATMOS Blowoff Tank Level Control แสดงได้ดังสมการที่ 3-62 และความน่าเชื่อถือแสดงได้ดังสมการที่ 3-63

$$F_{ATM\ BLOWOFF\ TANK} = 1 - R_{ATM\ LT} R_{ATM\ CV} \quad (3-62)$$

$$R_{ATM\ BLOWOFF\ TANK} = 1 - F_{ATM\ BLOWOFF\ TANK} \quad (3-63)$$

$$F_{ATM\ LT} = 1 - R_{ATM\ LT} = 1 - e^{-\lambda_{LT}t} \quad (3-64)$$

$$F_{ATM\ CV} = 1 - R_{ATM\ CV} = 1 - e^{-\lambda_{CV}t} \quad (3-65)$$

เมื่อ $F_{ATM\ BLOWOFF\ TANK}$ คือ ค่าความล้มเหลวของลูบคอนโทรล ATMOS Blowoff Tank Level Control

$R_{ATM\ BLOWOFF\ TANK}$ คือ ค่าความน่าเชื่อถือของลูบคอนโทรล ATMOS Blowoff Tank Level Control

$F_{ATM\ LT}$ คือ ค่าความล้มเหลวของระบบวัดระดับน้ำใน ATM Blowoff Tank

$R_{ATM\ LT}$ คือ ค่าความล้มเหลวของระบบวัดระดับน้ำใน ATM Blowoff Tank

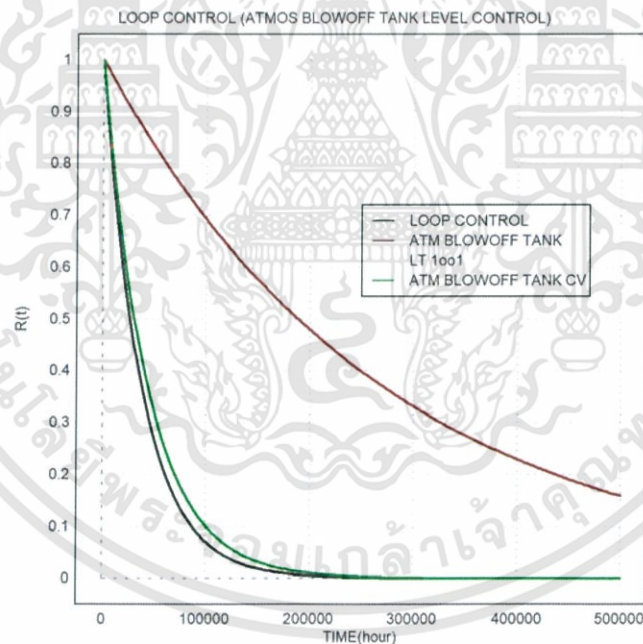
$F_{ATM\ CV}$ คือ ค่าความล้มเหลวของระบบตัวควบคุมสุดท้าย (Final Control Element) ของ ATMOS Blowoff Tank Outlet Control Valve

$R_{ATM\ CV}$ คือ ค่าความน่าเชื่อถือของระบบตัวควบคุมสุดท้าย (Final Control Element) ของ ATMOS Blowoff Tank Outlet Control Valve

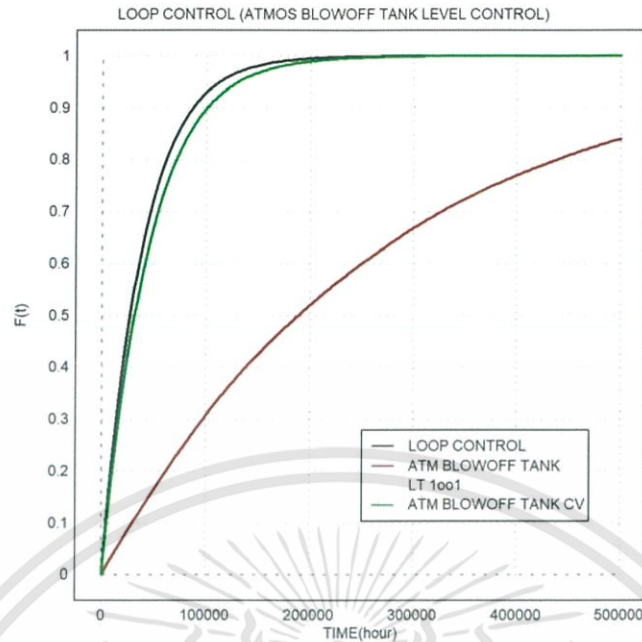
เมื่อนำสมการความน่าเชื่อถือและความไม่น่าเชื่อถือของลูบคอนโทรล ATMOS Blowoff Tank Level Control, ระบบการวัดในลูบคอนโทรล และระบบตัวควบคุมสุดท้าย (Final Control Element) มาวิเคราะห์ เพื่อแสดงผลในลักษณะของกราฟแนวโน้มความน่าเชื่อถือซึ่งแกนตั้งแสดงถึงค่าความน่าเชื่อถือและแกนนอน แสดงระยะเวลาการทำงานของอุปกรณ์ดังแสดงในภาพที่ 3.57 และแสดงผลในลักษณะของกราฟแนวโน้มความไม่น่าเชื่อถือซึ่งแกนตั้งแสดงถึงค่าความไม่น่าเชื่อถือและแกนนอนแสดงระยะเวลาการทำงานของอุปกรณ์ ดังแสดงในภาพที่ 3.58

จากการวิเคราะห์ ระบบที่ควรหาแนวทางในการเพิ่มความน่าเชื่อถือจะพิจารณาระบบการวัดหรือระบบตัวควบคุมสุดท้ายของลูบคอนโทรลที่ไม่มีระบบสำรองเป็นหลัก ซึ่งหมายความว่าหากระบบที่เป็นองค์ประกอบของลูบคอนโทรลมีความน่าเชื่อถือมากขึ้น ความน่าเชื่อถือของลูบคอนโทรลจะเพิ่มขึ้นด้วย โดยระบบที่เป็นองค์ประกอบของลูบคอนโทรลที่ไม่มีระบบสำรองหรือเรียกว่าทำงานแบบ 1 out of 1 มีดังนี้

1. ระบบตัวควบคุมสุดท้ายของ ATMOS Blowoff Tank Outlet Control Valve (เส้นทึบสีเขียว)
2. ระบบวัดระดับน้ำใน ATM Blowoff Tank (เส้นทึบสีแดง)



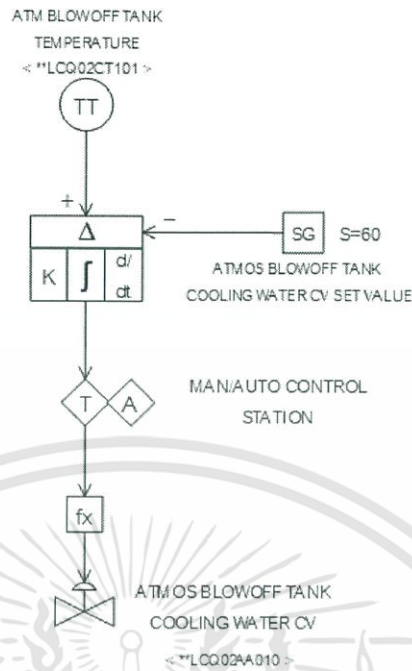
ภาพที่ 3.57 กราฟแนวโน้มความน่าเชื่อถือของลูบคอนโทรล ATMOS Blowoff Tank Level Control



ภาพที่ 3.58 กราฟแนวโน้มความไม่น่าเชื่อถือของลูบคอนโทรล ATMOS Blowoff Tank Level Control

3.16 ลูบคอนโทรลที่ 15 ATMOS Blowoff Tank Cooling Water

ATMOS Blowoff Tank Cooling Water Control Valve เป็นวาล์วที่ใช้สำหรับเปิดน้ำประปาเพื่อใช้ในการลดอุณหภูมิน้ำใน ATM Blowoff Tank ก่อนปล่อยสู่ระบบน้ำทิ้ง โดยมีทรานสมิตเตอร์วัดอุณหภูมิน้ำใน ATM Blowoff Tank 1 ตัว หากอุณหภูมิที่วัดได้ต่ำกว่าหรือสูงกว่าจุดเซตพอยท์ วาล์วจะควบคุมปริมาณน้ำที่ไหลเข้า ATM Blowoff Tank ให้เหมาะสม จนกว่าอุณหภูมิใน ATM blowoff tank จะอยู่ที่จุดเซตพอยท์ หากพิจารณาแผนภาพลอจิกแล้ว สามารถเขียนแผนภาพ SAMA ได้ดังภาพที่ 3.59

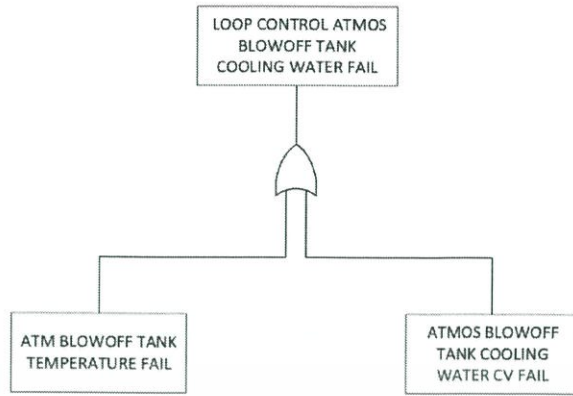


ภาพที่ 3.59 แผนภาพ SAMA ของลูปคอนโทรล ATMOS Blowoff Tank Cooling Water

จากการวิเคราะห์ลูปคอนโทรล ATMOS Blowoff Tank Cooling Water โดยใช้เทคนิค FTA สามารถระบุสาเหตุที่ทำให้ลูปคอนโทรลเกิดความล้มเหลวได้ดังนี้

- 1) ATM BLOWOFF TANK TEMPERATURE FAIL คือ ระบบการวัดอุณหภูมิน้ำใน ATM Blowoff Tank ล้มเหลว
- 2) ATMOS BLOWOFF TANK COOLING WATER CV FAIL คือ ระบบตัวควบคุมสุดท้าย (Final Control Element) ของ Atmosphere Blowoff Tank Cooling Water Control Valve ล้มเหลว

สามารถเขียนให้อยู่ในแผนภาพ Fault Tree ได้ดังภาพที่ 3.60



ภาพที่ 3.60 แผนภาพ Fault Tree ของลูบคอนโทรล ATMOS Blowoff Tank Cooling Water

จากภาพที่ 3.60 สามารถใช้เทคนิค FTA เพื่อวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือเชิงปริมาณของลูบคอนโทรล ATMOS Blowoff Tank Cooling Water ได้ดังนี้

$$F_{ATM\ BLOWOFF\ TANK\ COOLING} = F_{ATM\ TT} \cup F_{ATM\ COL\ CV}$$

จากสมการที่ 2-25 ค่าความล้มเหลวหรือความไม่น่าเชื่อถือของลูบคอนโทรล ATMOS Blowoff Tank Cooling Water แสดงได้ดังสมการที่ 3-66 และความน่าเชื่อถือแสดงได้ดังสมการที่ 3-67

$$F_{ATM\ BLOWOFF\ TANK\ COOLING} = 1 - R_{ATM\ TT} R_{ATM\ COL\ CV} \quad (3-66)$$

$$R_{ATM\ BLOWOFF\ TANK\ COOLING} = 1 - F_{ATM\ BLOWOFF\ TANK\ COOLING} \quad (3-67)$$

$$F_{ATM\ TT} = 1 - R_{ATM\ TT} = 1 - e^{-\lambda_{TT}t} \quad (3-68)$$

$$F_{ATM\ COL\ CV} = 1 - R_{ATM\ COL\ CV} = 1 - e^{-\lambda_{CV}t} \quad (3-69)$$

เมื่อ $F_{ATM\ BLOWOFF\ TANK\ COOLING}$ คือ ค่าความล้มเหลวของลูบคอนโทรล ATMOS Blowoff Tank Cooling Water

$R_{ATM\ BLOWOFF\ TANK\ COOLING}$ คือ ค่าความน่าเชื่อถือของลูบคอนโทรล ATMOS Blowoff Tank Cooling Water

$F_{ATM\ TT}$ คือ ค่าความล้มเหลวของระบบการวัดอุณหภูมิใน ATM Blowoff Tank

$R_{ATM\ TT}$ คือ ค่าความน่าเชื่อถือของระบบการวัดอุณหภูมิใน ATM Blowoff Tank

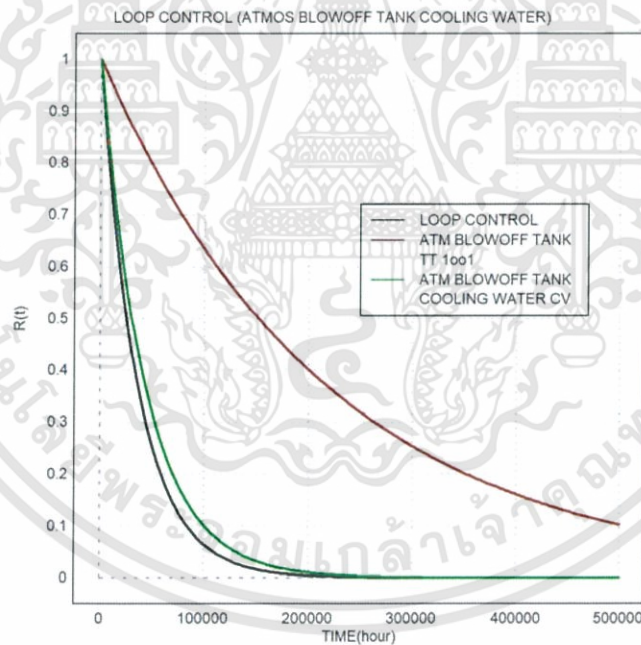
$F_{ATM\ COL\ CV}$ คือ ค่าความล้มเหลวของระบบตัวควบคุมสุดท้าย (Final Control Element) ของ ATMOS Blowoff Tank Cooling Water Control Valve

$R_{ATM\ COL\ CV}$ คือ ค่าความน่าเชื่อถือของระบบตัวควบคุมสุดท้าย (Final Control Element) ของ ATMOS Blowoff Tank Cooling Water Control Valve

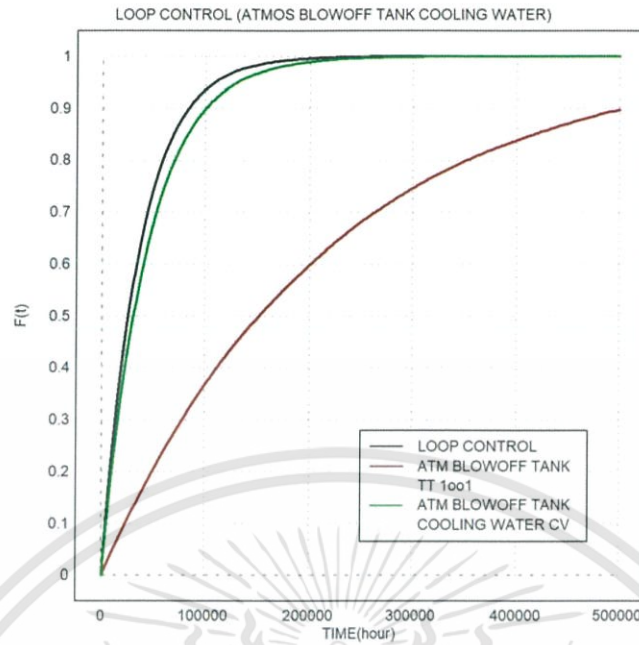
เมื่อนำสมการความน่าเชื่อถือและความไม่น่าเชื่อถือของลูบคอนโทรล ATMOS Blowoff Tank Cooling Water, ระบบการวัดในลูบคอนโทรล และระบบตัวควบคุมสุดท้าย (Final Control Element) มาวิเคราะห์เพื่อแสดงผลในลักษณะของกราฟแนวโน้มความน่าเชื่อถือซึ่งแกนตั้งแสดงถึงค่าความน่าเชื่อถือและแกนนอนแสดงระยะเวลาการทำงานของอุปกรณ์ดังแสดงในภาพที่ 3.61 และแสดงผลในลักษณะของกราฟแนวโน้มความไม่น่าเชื่อถือซึ่งแกนตั้งแสดงถึงค่าความไม่น่าเชื่อถือและแกนนอนแสดงระยะเวลาการทำงานของอุปกรณ์ดังแสดงในภาพที่ 3.62

จากการวิเคราะห์ ระบบที่ควรหาแนวทางในการเพิ่มความน่าเชื่อถือจะพิจารณาระบบการวัดหรือระบบตัวควบคุมสุดท้ายของลูบคอนโทรลที่ไม่มีระบบสำรองเป็นหลัก ซึ่งหมายความว่าหากระบบที่เป็นองค์ประกอบของลูบคอนโทรลมีความน่าเชื่อถือมากขึ้น ความน่าเชื่อถือของลูบคอนโทรลจะเพิ่มขึ้นด้วย โดยระบบที่เป็นองค์ประกอบของลูบคอนโทรลที่ไม่มีระบบสำรองหรือเรียกว่าทำงานแบบ 1 out of 1 มีดังนี้

1. ระบบตัวควบคุมสุดท้ายของ ATMOS Blowoff Tank Cooling Water Control Valve (เส้นทึบสีเขียว)
2. ระบบการวัดอุณหภูมิใน ATM Blowoff Tank (เส้นทึบสีแดง)



ภาพที่ 3.61 กราฟแนวโน้มความน่าเชื่อถือของลูบคอนโทรล ATMOS Blowoff Tank Cooling Water

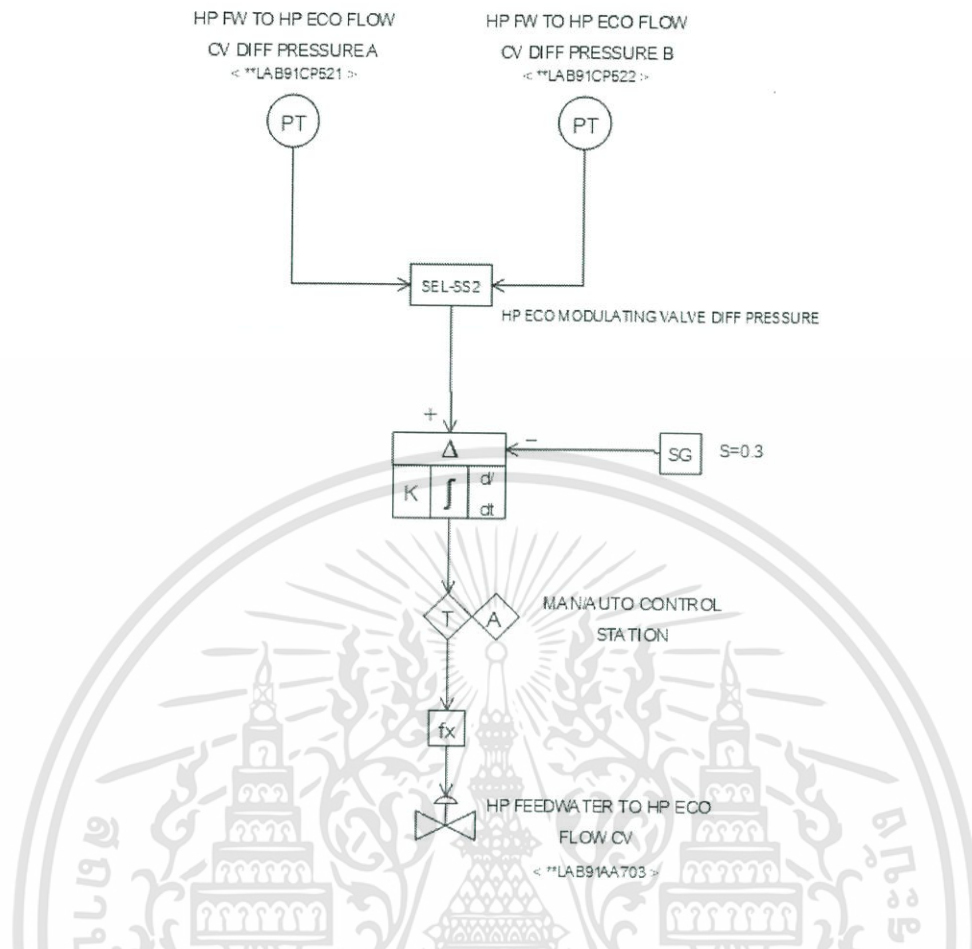


ภาพที่ 3.62 กราฟแนวโน้มความน่าเชื่อถือของลูบคอนโทรล ATMOS Blowoff Tank Cooling Water

3.17 ลูบคอนโทรลที่ 16 HP Feed Water to HP Economizer Flow

HP Feed Water to HP Economizer Flow Control Valve เป็นวาล์วควบคุมเพื่อให้แน่ใจว่ามีการไหลของน้ำจาก HP Boiler Feed Pump ไหลผ่าน GT Cooling Air Cooler เพียงพอ และมีอัตราการไหลที่เหมาะสม โดยวาล์วนี้ถูกควบคุมตามค่าความดันตกคร่อมวาล์วที่ได้ตั้งค่าไว้ ดังนั้นทำให้มั่นใจได้ว่าจะมีการไหลของน้ำที่เพียงพอไปยัง GT Cooling Air Cooler ในทุกสภาวะการเดินเครื่อง โดยความดันตกคร่อมที่วาล์วนั้นสามารถวัดได้จากทรานสมิตเตอร์วัดความดันของ HP FW to HP ECO Flow CV 2 ตัว (1002)

หากพิจารณาแผนภาพลอจิกแล้ว สามารถเขียนแผนภาพ SAMA ได้ดังภาพที่ 3.63

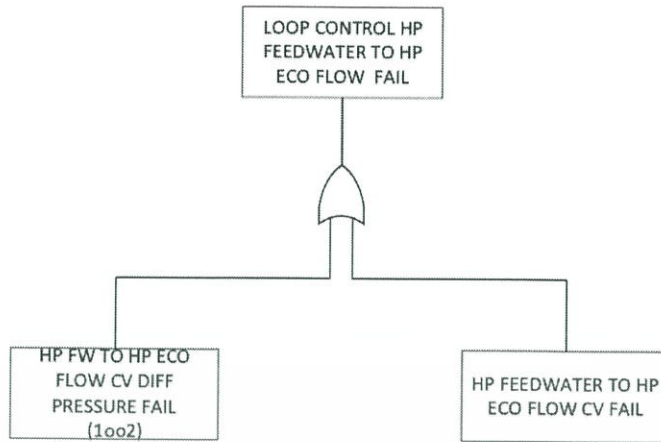


ภาพที่ 3.63 แผนภาพ SAMA ของลูบคอนโทรล HP Feed Water to HP Economizer Flow

จากการวิเคราะห์ลูบคอนโทรล HP Feed Water to HP Economizer Flow โดยใช้เทคนิค FTA สามารถระบุสาเหตุที่ทำให้ลูบคอนโทรลเกิดความล้มเหลวได้ดังนี้

- 1) HP FW TO HP ECO FLOW CV DIFF PRESSURE FAIL คือ ระบบการวัดค่าความดันแตกต่างของ HP Feed Water to HP Economizer Flow Control Valve
- 2) HP FW TO HP ECO FLOW CV FAIL คือ ระบบตัวควบคุมสุดท้าย (Final control element) ของ HP Feed Water to HP Economizer Flow Control Valve ล้มเหลว

สามารถเขียนให้อยู่ในแผนภาพ Fault Tree ได้ดังภาพที่ 3.64



ภาพที่ 3.64 แผนภาพ Fault Tree ของลูบคอนโทรล HP Feed Water to HP Economizer Flow

จากภาพที่ 3.64 สามารถใช้เทคนิค FTA เพื่อวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือเชิงปริมาณของลูบคอนโทรล HP Feed Water to HP Economizer Flow ได้ดังนี้

$$F_{HPFW \rightarrow ECO} = F_{\Delta P_{PT}} \cup F_{HPFW \rightarrow ECO_{CV}}$$

จากสมการที่ 2-25 ค่าความล้มเหลวหรือความไม่น่าเชื่อถือของลูบคอนโทรล HP Feed Water to HP Economizer Flow แสดงได้ดังสมการที่ 3-70 และความน่าเชื่อถือแสงได้ดังสมการที่ 3-71

$$F_{HPFW \rightarrow ECO} = 1 - R_{\Delta P_{PT}} R_{HPFW \rightarrow ECO_{CV}} \quad (3-70)$$

$$R_{HPFW \rightarrow ECO} = 1 - F_{HPFW \rightarrow ECO} \quad (3-71)$$

$$F_{\Delta P_{PT}} = 1 - R_{\Delta P_{PT}} = 1 - 2R_{PT} + R_{PT}^2 = 1 - 2e^{-\lambda_{PT}t} + e^{-2\lambda_{PT}t} \quad (1oo2) \quad (3-72)$$

$$F_{HPFW \rightarrow ECO_{CV}} = 1 - R_{HPFW \rightarrow ECO_{CV}} = 1 - e^{-\lambda_{CV}t} \quad (3-73)$$

เมื่อ $F_{HPFW \rightarrow ECO}$ คือ ค่าความล้มเหลวของลูบคอนโทรล HP Feed Water to HP Economizer Flow

$R_{HPFW \rightarrow ECO}$ คือ ค่าความล้มเหลวของลูบคอนโทรล HP Feed Water to HP Economizer Flow

$F_{\Delta P_{PT}}$ คือ ค่าความล้มเหลวของระบบการวัดความดันแตกต่างของ HP Feed Water to HP Economizer Flow Control Valve

$R_{\Delta P_{PT}}$ คือ ค่าความน่าเชื่อถือของระบบการวัดความดันแตกต่างของ HP Feed Water to HP Economizer Flow Control Valve

$F_{HPFW \rightarrow ECO}^{CV}$ คือ ค่าความล้มเหลวของระบบตัวควบคุมสุดท้าย (Final control element)

ของ HP Feed Water to HP Economizer Flow Control Valve

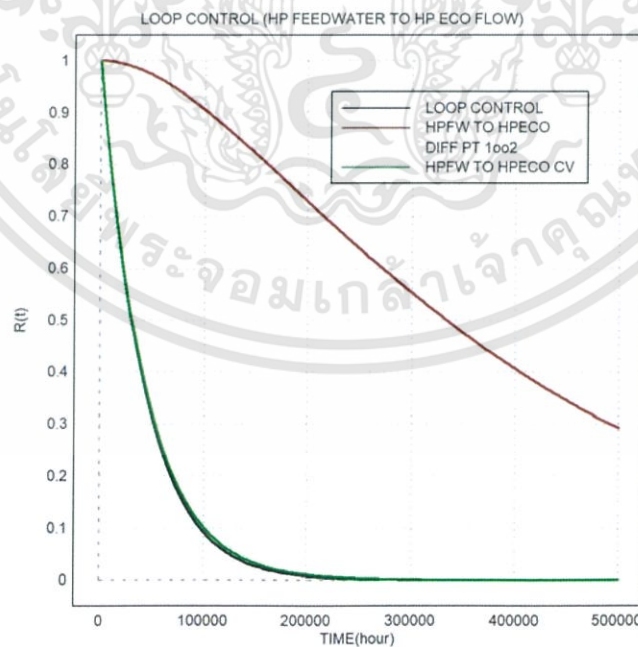
$R_{HPFW \rightarrow ECO}^{CV}$ คือ ค่าความน่าเชื่อถือของระบบตัวควบคุมสุดท้าย (Final control element)

ของ HP Feed Water to HP Economizer Flow Control Valve

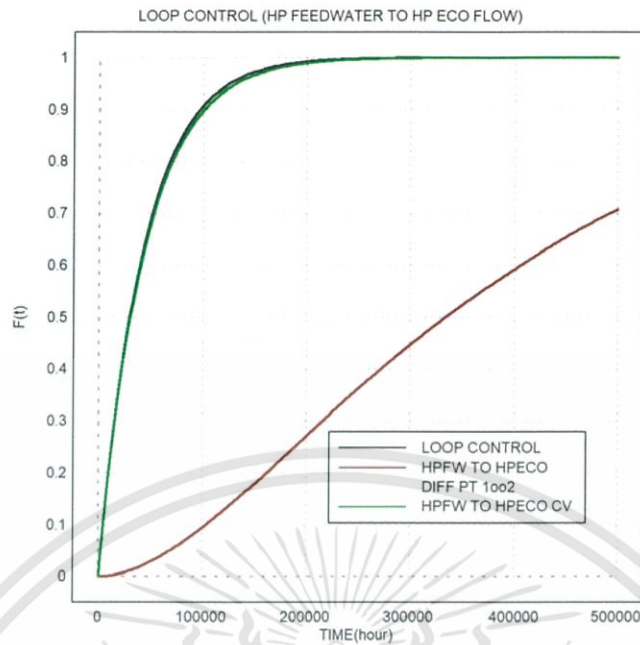
เมื่อนำสมการความน่าเชื่อถือและความไม่น่าเชื่อถือของลูปคอนโทรล HP Feed Water to HP Economizer Flow, ระบบการวัดในลูปคอนโทรล และระบบตัวควบคุมสุดท้าย (Final Control Element) มาวิเคราะห์เพื่อแสดงผลในลักษณะของกราฟแนวโน้มความน่าเชื่อถือซึ่งแกนตั้งแสดงถึงค่าความน่าเชื่อถือและแกนนอนแสดงระยะเวลาการทำงานของอุปกรณ์ดังแสดงในภาพที่ 3.65 และแสดงผลในลักษณะของกราฟแนวโน้มความไม่น่าเชื่อถือซึ่งแกนตั้งแสดงถึงค่าความไม่น่าเชื่อถือและแกนนอนแสดงระยะเวลาการทำงานของอุปกรณ์ดังแสดงในภาพที่ 3.66

จากการวิเคราะห์ ระบบที่ควรหาแนวทางในการเพิ่มความน่าเชื่อถือจะพิจารณาระบบการวัดหรือระบบตัวควบคุมสุดท้ายของลูปคอนโทรลที่ไม่มีระบบสำรองเป็นหลัก ซึ่งหมายความว่าหากระบบที่เป็นองค์ประกอบของลูปคอนโทรลมีความน่าเชื่อถือมากขึ้น ความน่าเชื่อถือของลูปคอนโทรลจะเพิ่มขึ้นด้วย โดยระบบที่เป็นองค์ประกอบของลูปคอนโทรลที่ไม่มีระบบสำรองหรือเรียกว่าทำงานแบบ 1 out of 1 มีดังนี้

1. ระบบตัวควบคุมสุดท้ายของ HP Feed Water to HP Economizer Flow Control Valve (เส้นทึบสีเขียว)



ภาพที่ 3.65 กราฟแนวโน้มความน่าเชื่อถือของลูปคอนโทรล HP Feed Water to HP Economizer Flow

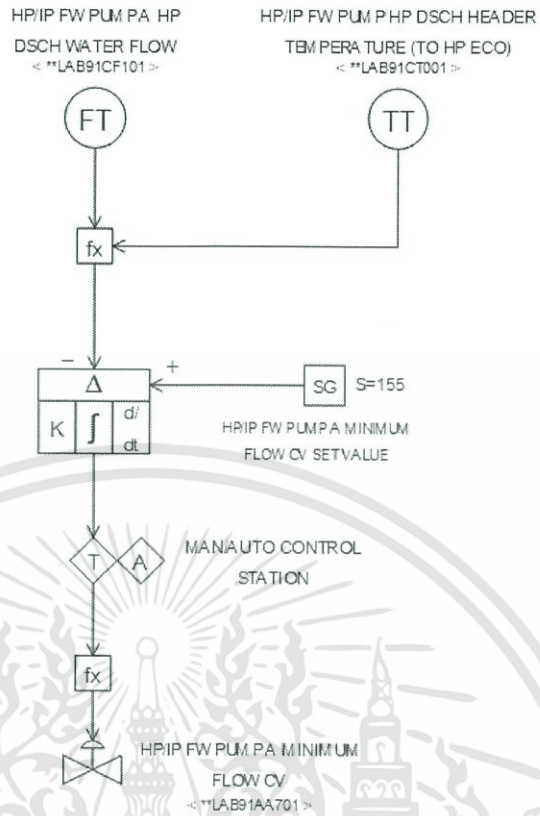


ภาพที่ 3.66 กราฟแนวโน้มความไม่น่าเชื่อถือของลูปคอนโทรล HP Feed Water to HP Economizer Flow

3.18 ลูปคอนโทรลที่ 17 HP/IP FWP A Minimum Flow

HP/IP FWP A Minimum Flow Control Valve นั้นใช้สำหรับบายพาสน้ำที่ HP Feed Water Pump สูบมาจาก LP Economizer เพื่อเป็นตัวป้องกันปั๊มเมื่ออัตราการไหลของน้ำที่ไหลผ่านปั๊มมีค่าน้อยกว่าอัตราการไหลที่กำหนด จะเกิดแรงดันอันที่ปั๊มมากและทำให้ปั๊มเสียหาย หากอัตราการไหลของน้ำมากกว่าอัตราการไหลที่กำหนด จะทำให้เกิดกระแสเกิน (Overcurrent) จนทำให้มอเตอร์ของปั๊มพัง จึงต้องทำการควบคุมอัตราการไหลผ่าน HP/IP FWP A Minimum Flow Control Valve

หากพิจารณาแผนภาพล่อจิกแล้ว สามารถเขียนแผนภาพ SAMA ได้ดังภาพที่ 3.67

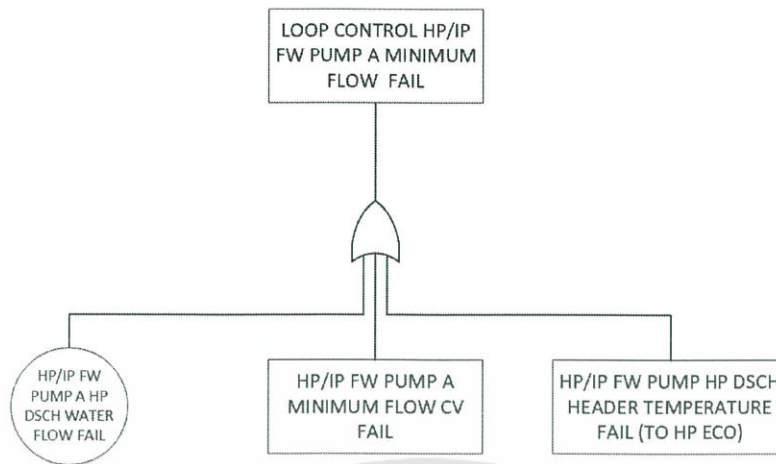


ภาพที่ 3.67 แผนภาพ SAMA ของลูบคอนโทรล HP/IP FWP A Minimum Flow

จากการวิเคราะห์ลูบคอนโทรล HP/IP FWP A Minimum Flow โดยใช้เทคนิค FTA สามารถระบุสาเหตุที่ทำให้ลูบคอนโทรลเกิดความล้มเหลวได้ดังนี้

- 1) HP/IP FW PUMP A HP DSCH WATER FLOW FAIL คือ ระบบวัดอัตราการไหลของ HP/IP Feed Water Pump A Discharge Water ล้มเหลว
- 2) HP/IP FW PUMP HP DSCH HEADER TEMPERATURE FAIL (TO HP ECO) คือ ระบบวัดอุณหภูมิของ HP/IP Feed Water Pump HP Discharge Header (to HP Economizer) ล้มเหลว
- 3) HP/IP FW PUMP A MINIMUM FLOW CV FAIL คือ ระบบควบคุมสุดท้าย (Final control element) ของ HP/IP Feed Water Pump A Minimum Flow Control Valve

สามารถเขียนให้อยู่ในแผนภาพ Fault Tree ได้ดังภาพที่ 3.68



ภาพที่ 3.68 แผนภาพ Fault Tree ของลูบคอนโทรล HP/IP FWP A Minimum Flow

จากภาพที่ 3.68 สามารถใช้เทคนิค FTA เพื่อวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือเชิงปริมาณของลูบคอนโทรล HP/IP FWP A Minimum Flow ได้ดังนี้

$$F_{MIN\ FLOW\ A} = F_{FWPA\ FT} \cup F_{MIN\ FLOW\ A\ CV} \cup F_{HPDSCH\ TT}$$

จากสมการที่ 2-25 ค่าความล้มเหลวหรือความไม่น่าเชื่อถือของลูบคอนโทรล HP/IP FWP A Minimum Flow แสดงได้ดังสมการที่ 3-74 และความน่าเชื่อถือแสดงได้ดังสมการที่ 3-75

$$F_{MIN\ FLOW\ A} = 1 - R_{FWPA\ FT} R_{MIN\ FLOW\ A\ CV} R_{HPDSCH\ TT} \quad (3-74)$$

$$R_{MIN\ FLOW\ A} = 1 - F_{MIN\ FLOW\ A} \quad (3-75)$$

$$F_{MIN\ FLOW\ A\ CV} = 1 - R_{MIN\ FLOW\ A\ CV} = 1 - e^{-\lambda_{cv}t} \quad (3-76)$$

$$F_{HPDSCH\ TT} = 1 - R_{HPDSCH\ TT} = 1 - e^{-\lambda_{tt}t} \quad (3-77)$$

$$F_{FWPA\ FT} = 1 - R_{FWPA\ FT} = 1 - e^{-\lambda_{ft}t} \quad (3-78)$$

- เมื่อ $F_{MIN\ FLOW\ A}$ คือ ค่าความล้มเหลวของลูบคอนโทรล HP/IP FWP A Minimum Flow
- $R_{MIN\ FLOW\ A}$ คือ ค่าความน่าเชื่อถือของลูบคอนโทรล HP/IP FWP A Minimum Flow
- $F_{HPDSCH\ TT}$ คือ ค่าความล้มเหลวของระบบการวัดอุณหภูมิของ HP/IP Feed Water Pump HP Discharge Header (to HP Economizer)
- $R_{HPDSCH\ TT}$ คือ ค่าความน่าเชื่อถือของระบบการวัดอุณหภูมิของ HP/IP Feed Water Pump HP Discharge Header (to HP Economizer)

F_{FWPA}^{FT} คือ ค่าความล้มเหลวของระบบการวัดอัตราการไหลของ HP/IP Feed Water Pump A HP Discharge Water

R_{FWPA}^{FT} คือ ค่าความน่าเชื่อถือของระบบการวัดอัตราการไหลของ HP/IP Feed Water Pump A HP Discharge Water

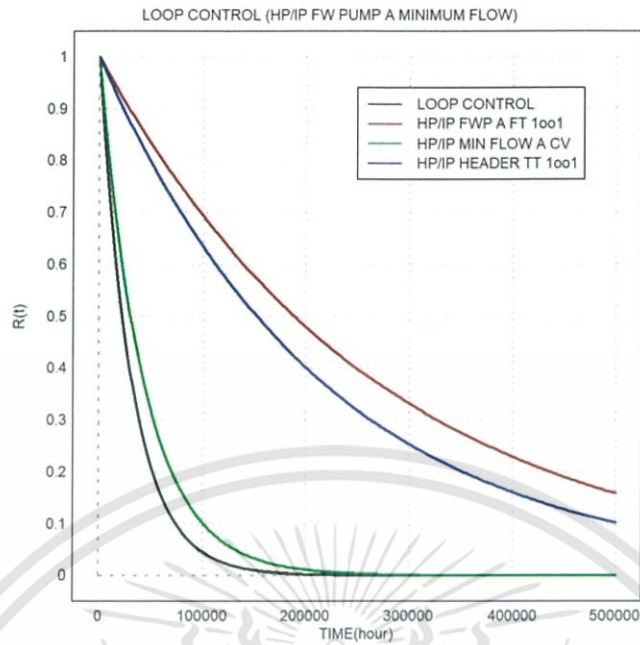
$F_{MIN FLOW A}^{CV}$ คือ ค่าความล้มเหลวของระบบตัวควบคุมสุดท้าย (Final control element) ของ HP/IP FWP A Minimum Flow Control Valve

$R_{MIN FLOW A}^{CV}$ คือ ค่าความน่าเชื่อถือของระบบตัวควบคุมสุดท้าย (Final control element) ของ HP/IP FWP A Minimum Flow Control Valve

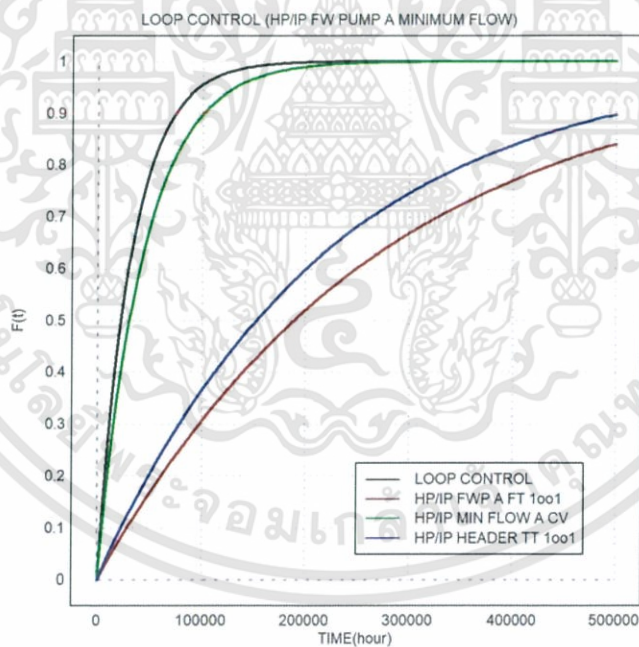
เมื่อนำสมการความน่าเชื่อถือและความไม่น่าเชื่อถือของลูบคอนโทรล HP/IP FWP A Minimum Flow, ระบบการวัดในลูบคอนโทรล และระบบตัวควบคุมสุดท้าย (Final Control Element) มาวิเคราะห์เพื่อแสดงผลในลักษณะของกราฟแนวโน้มความน่าเชื่อถือซึ่งแกนตั้งแสดงถึงค่าความน่าเชื่อถือและแกนนอนแสดงระยะเวลาการทำงานของอุปกรณ์ดังแสดงในภาพที่ 3.69 และแสดงผลในลักษณะของกราฟแนวโน้มความไม่น่าเชื่อถือซึ่งแกนตั้งแสดงถึงค่าความไม่น่าเชื่อถือและแกนนอนแสดงระยะเวลาการทำงานของอุปกรณ์ดังแสดงในภาพที่ 3.70

จากการวิเคราะห์ ระบบที่ควรหาแนวทางในการเพิ่มความน่าเชื่อถือจะพิจารณาระบบการวัดหรือระบบตัวควบคุมสุดท้ายของลูบคอนโทรลที่ไม่มีระบบสำรองเป็นหลัก ซึ่งหมายความว่าหากระบบที่เป็นองค์ประกอบของลูบคอนโทรลมีความน่าเชื่อถือมากขึ้น ความน่าเชื่อถือของลูบคอนโทรลจะเพิ่มขึ้นด้วย โดยระบบที่เป็นองค์ประกอบของลูบคอนโทรลที่ไม่มีระบบสำรองหรือเรียกว่าทำงานแบบ 1 out of 1 มีดังนี้

1. ระบบตัวควบคุมสุดท้ายของ HP/IP FWP A Minimum Flow Control Valve (เส้นทึบสีเขียว)
2. ระบบการวัดอัตราการไหลของ HP/IP Feed Water Pump A HP Discharge Water (เส้นทึบสีแดง)
3. ระบบการวัดอุณหภูมิของ HP/IP Feed Water Pump HP Discharge Header (to HP Economizer) (เส้นทึบสีน้ำเงิน)



ภาพที่ 3.69 กราฟแนวโน้มความน่าเชื่อถือของลูปคอนโทรล HP/IP FWP A Minimum Flow



ภาพที่ 3.70 กราฟแนวโน้มความไม่น่าเชื่อถือของลูปคอนโทรล HP/IP FWP A Minimum Flow

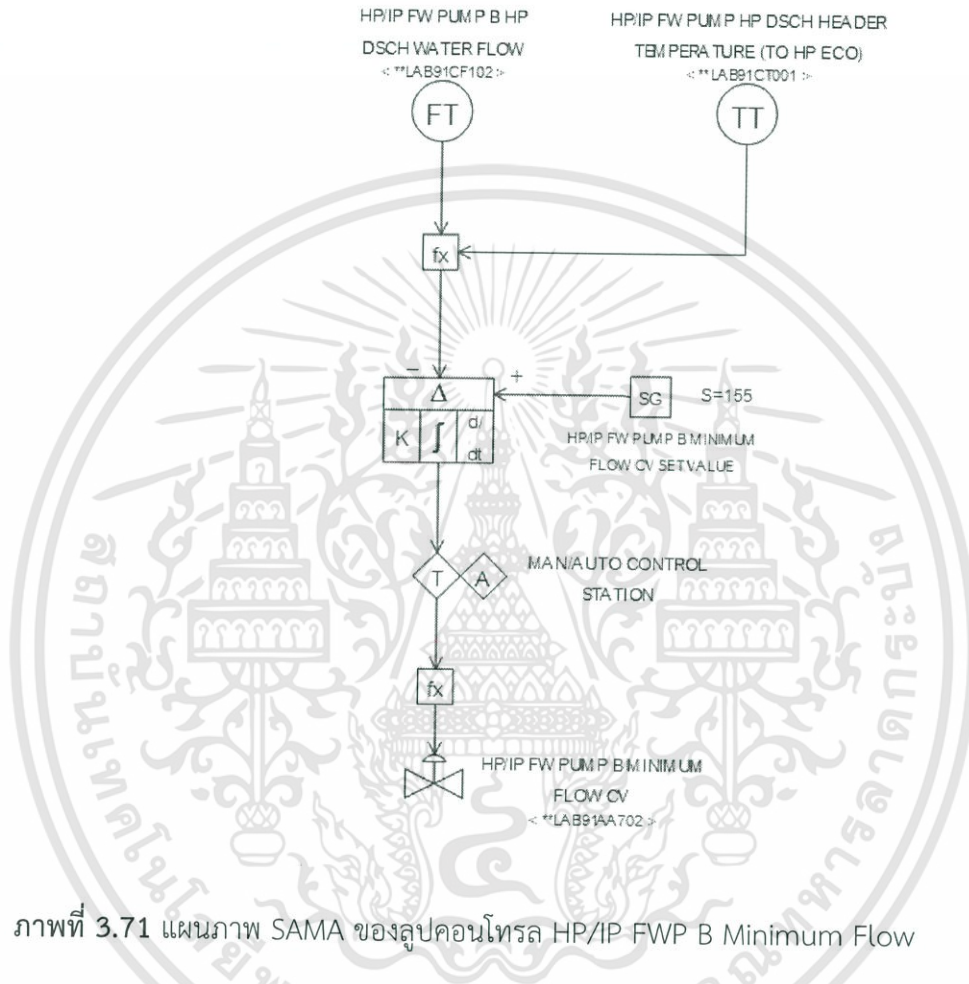
3.19 ลูปคอนโทรลที่ 18 HP/IP FWP B Minimum Flow

HP/IP FWP B Minimum Flow Control Valve นั้น ใช้สำหรับบายพาสน้ำที่ HP Feed Water Pump สูบมาจาก LP Economizer เพื่อเป็นตัวป้องกันปั๊มเมื่ออัตราการไหลของน้ำที่ไหลผ่านปั๊มมีค่าน้อยกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราการไหลที่กำหนด จะเกิดแรงดันอันที่บี้มากและทำให้บี้มเสียหาย หากอัตราการไหลของน้ำมากกว่าอัตราการไหลที่กำหนด จะทำให้เกิดกระแสเกิน (Overcurrent) จนทำให้มอเตอร์ของบี้มพัง จึงต้องทำการควบคุมอัตราการไหลผ่าน HP/IP FWP B Minimum Flow Control Valve

หากพิจารณาแผนภาพลอจิกแล้ว สามารถเขียนแผนภาพ SAMA ได้ดังภาพที่ 3.71



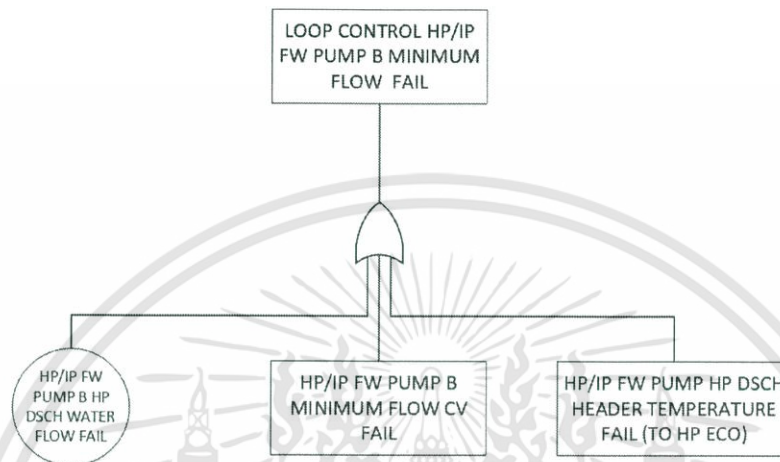
ภาพที่ 3.71 แผนภาพ SAMA ของลูคอนโทรล HP/IP FWP B Minimum Flow

จากการวิเคราะห์ลูคอนโทรล HP/IP FWP B Minimum Flow โดยใช้เทคนิค FTA สามารถระบุสาเหตุที่ทำให้ลูคอนโทรลเกิดความล้มเหลวได้ดังนี้

- 1) HP/IP FW PUMP B HP DSCH WATER FLOW FAIL คือ ระบบการวัดอัตราการไหลของ HP/IP Feed Water Pump B HP Discharge Water ล้มเหลว
- 2) HP/IP FW PUMP HP DSCH HEADER TEMPERATURE FAIL (TO HP ECO) คือ ระบบการวัดอุณหภูมิของ HP/IP Feed Water Pump HP Discharge Header (to HP Economizer) ล้มเหลว

3) HP/IP FW PUMP B MINIMUM FLOW CV FAIL คือ ระบบตัวควบคุมสุดท้าย (Final control element) ของ HP/IP Feed Water Pump B Minimum Flow Control Valve ล้มเหลว

สามารถเขียนให้อยู่ในแผนภาพ Fault Tree ได้ดังภาพที่ 3.72



ภาพที่ 3.72 แผนภาพ Fault Tree ของอุปกรณ์โทรล HP/IP FWP B Minimum Flow

จากภาพที่ 3.72 สามารถใช้เทคนิค FTA เพื่อวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือเชิงปริมาณของอุปกรณ์โทรล HP/IP FWP B Minimum Flow ได้ดังนี้

$$F_{MIN\ FLOW\ B}^{MIN} = F_{FWPB}^{FWPB} \cup F_{MIN\ FLOW\ B}^{MIN\ FLOW\ B} \cup F_{HP\ DSCH\ TT}^{HP\ DSCH}$$

จากสมการที่ 2-25 ค่าความล้มเหลวหรือไม่น่าเชื่อถือของอุปกรณ์โทรล HP/IP FWP B Minimum Flow แสดงได้ดังสมการที่ 3-79 และความน่าเชื่อถือแสดงได้ดังสมการที่ 3-80

$$F_{MIN\ FLOW\ B}^{MIN} = 1 - R_{FWPB}^{FWPB} R_{MIN\ FLOW\ B}^{MIN\ FLOW\ B} R_{HP\ DSCH\ TT}^{HP\ DSCH} \quad (3-79)$$

$$R_{MIN\ FLOW\ B}^{MIN} = 1 - F_{MIN\ FLOW\ B}^{MIN} \quad (3-80)$$

$$F_{MIN\ FLOW\ B}^{MIN\ FLOW\ B} = 1 - R_{MIN\ FLOW\ B}^{MIN\ FLOW\ B} = 1 - e^{-\lambda_{cv}t} \quad (3-81)$$

$$F_{FWPB}^{FWPB} = 1 - R_{FWPB}^{FWPB} = 1 - e^{-\lambda_{FT}t} \quad (3-82)$$

- เมื่อ $F_{MIN\ FLOW\ B}^{MIN}$ คือ ค่าความล้มเหลวของอุปกรณ์โทรล HP/IP FWP B Minimum Flow
- $R_{MIN\ FLOW\ B}^{MIN}$ คือ ค่าความน่าเชื่อถือของอุปกรณ์โทรล HP/IP FWP B Minimum Flow
- F_{FWPB}^{FWPB} คือ ค่าความล้มเหลวของระบบการวัดอัตราการไหล HP/IP Feed Water Pump B HP Discharge Water

R_{FWPB}^{FT} คือ ค่าความน่าเชื่อถือของระบบการวัดอัตราการไหล HP/IP Feed Water Pump B HP Discharge Water

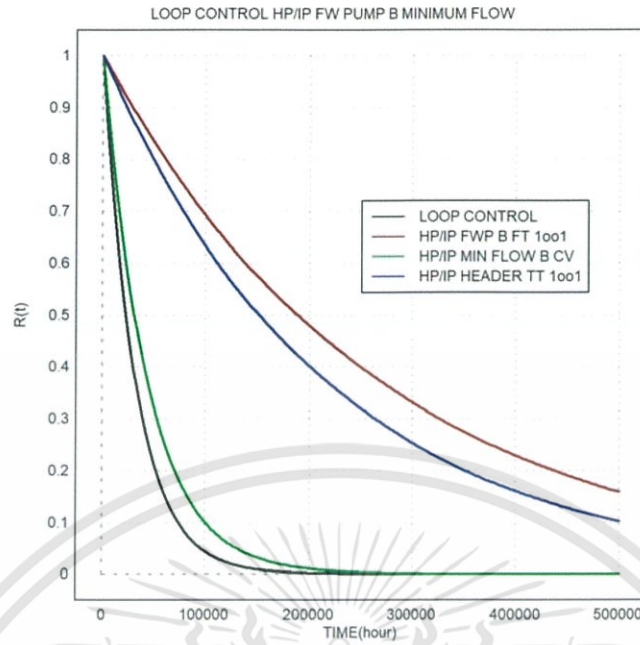
$F_{MINFLOWB}^{CV}$ คือ ค่าความล้มเหลวของตัวควบคุมสุดท้าย (Final Control Element) ของ HP/IP FWP B Minimum Flow Control Valve

$R_{MINFLOWB}^{CV}$ คือ ค่าความล้มเหลวของตัวควบคุมสุดท้าย (Final Control Element) ของ HP/IP FWP B Minimum Flow Control Valve

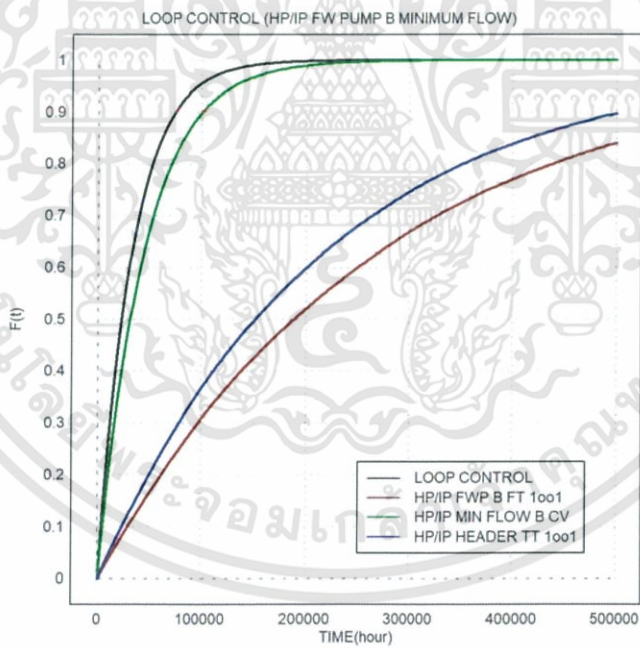
เมื่อนำสมการความน่าเชื่อถือและความไม่น่าเชื่อถือของอุปกรณ์โทรล HP/IP FWP B Minimum Flow, ระบบการวัดในอุปกรณ์โทรล และระบบตัวควบคุมสุดท้าย (Final Control Element) มาวิเคราะห์เพื่อแสดงผลในลักษณะของกราฟแนวโน้มความน่าเชื่อถือซึ่งแกนตั้งแสดงถึงค่าความน่าเชื่อถือและแกนนอนแสดงระยะเวลาการทำงานของอุปกรณ์ดังแสดงในภาพที่ 3.73 และแสดงผลในลักษณะของกราฟแนวโน้มความไม่น่าเชื่อถือซึ่งแกนตั้งแสดงถึงค่าความไม่น่าเชื่อถือและแกนนอนแสดงระยะเวลาการทำงานของอุปกรณ์ดังแสดงในภาพที่ 3.74

จากการวิเคราะห์ ระบบที่ควรหาแนวทางในการเพิ่มความน่าเชื่อถือจะพิจารณาระบบการวัดหรือระบบตัวควบคุมสุดท้ายของอุปกรณ์โทรลที่ไม่มีระบบสำรองเป็นหลัก ซึ่งหมายความว่าหากระบบที่เป็นองค์ประกอบของอุปกรณ์โทรลมีความน่าเชื่อถือมากขึ้น ความน่าเชื่อถือของอุปกรณ์โทรลจะเพิ่มขึ้นด้วย โดยระบบที่เป็นองค์ประกอบของอุปกรณ์โทรลที่ไม่มีระบบสำรองหรือเรียกว่าทำงานแบบ 1 out of 1 มีดังนี้

1. ระบบตัวควบคุมสุดท้ายของ HP/IP FWP B Minimum Flow Control Valve (เส้นทึบสีเขียว)
2. ระบบการวัดอัตราการไหลของ HP/IP Feed Water Pump B HP Discharge Water (เส้นทึบสีแดง)
3. ระบบการวัดอุณหภูมิของ HP/IP Feed Water Pump HP Discharge Header (to HP Economizer) (เส้นทึบสีน้ำเงิน)



ภาพที่ 3.73 กราฟแนวโน้มความน่าเชื่อถือของลูปคอนโทรล HP/IP FWP B Minimum Flow

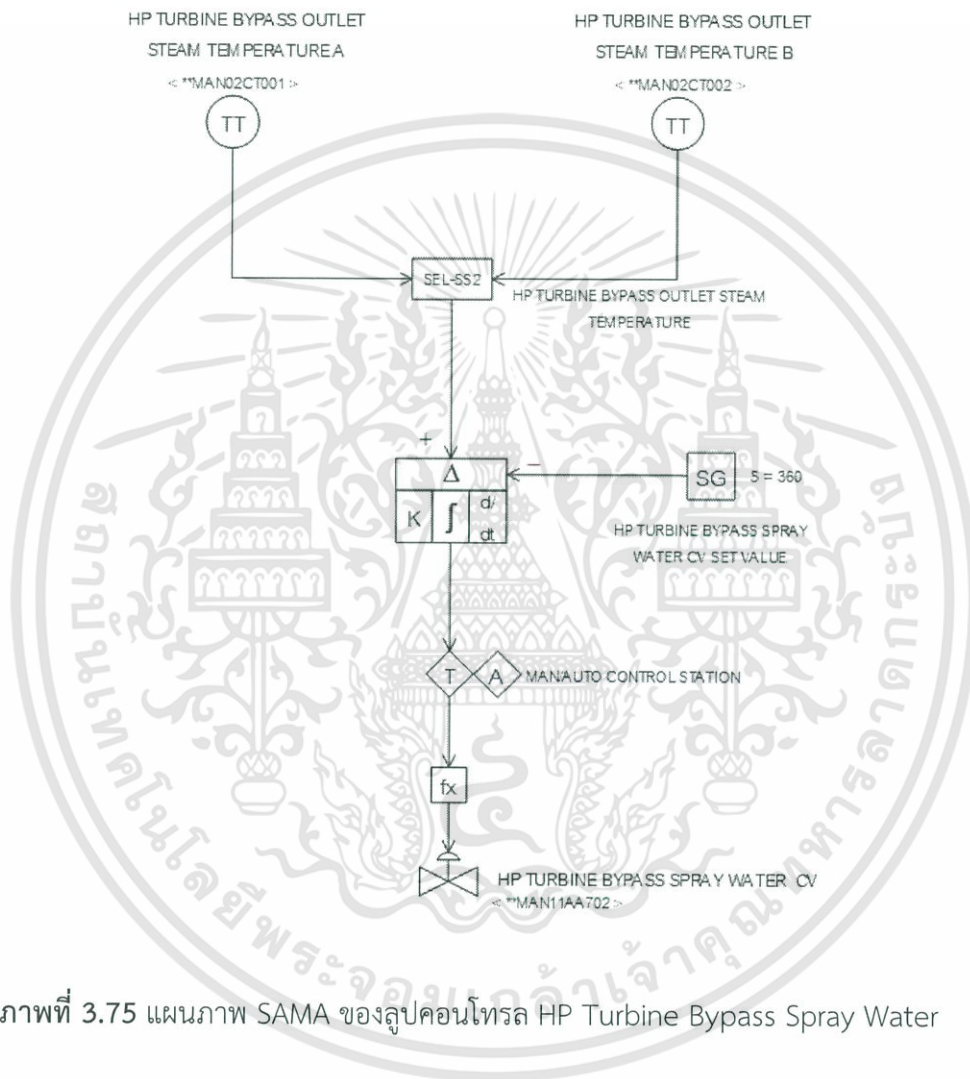


ภาพที่ 3.74 กราฟแนวโน้มความไม่น่าเชื่อถือของลูปคอนโทรล HP/IP FWP B Minimum Flow

3.20 ลูปคอนโทรลที่ 19 HP Turbine Bypass Spray Water

HP Turbine Bypass Spray Water Control Valve จะทำงานในช่วง Bypass Operation (การบายพาสไอน้ำที่มีความดันเกินค่าเซตพอยท์) เพื่อควบคุมอุณหภูมิไอน้ำที่วัดได้จากทรานสมิตเตอร์วัดอุณหภูมิที่ HP Turbine Bypass Outlet Steam ไม่ให้เกินค่าเซตพอยท์

หากพิจารณาแผนภาพลอจิกแล้ว สามารถเขียน แผนภาพ SAMA ได้ดัง ภาพที่ 3.75

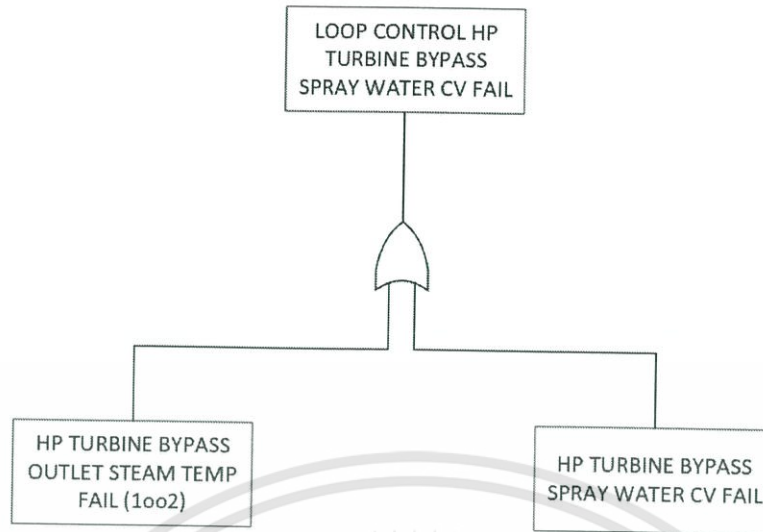


ภาพที่ 3.75 แผนภาพ SAMA ของลูปคอนโทรล HP Turbine Bypass Spray Water

จากการวิเคราะห์ลูปคอนโทรล HP Turbine Bypass Spray Water โดยใช้เทคนิค FTA สามารถระบุสาเหตุที่ทำให้ลูปคอนโทรลเกิดความล้มเหลวได้ดังนี้

- 1) HP TURBINE BYPASS OUTLET STEAM TEMP FAIL คือ ระบบการวัดอุณหภูมิของ HP Turbine Bypass Outlet Steam ล้มเหลว
- 2) HP TURBINE BYPASS SPRAY WATER CV FAIL คือ ระบบตัวควบคุมสุดท้าย (Final Control Element) ของ HP Turbine Bypass Spray Water Control Valve ล้มเหลว

สามารถเขียนให้อยู่ในแผนภาพ Fault Tree ได้ดังภาพที่ 3.76



ภาพที่ 3.76 แผนภาพ Fault Tree ของลูบคอนโทรล HP Turbine Bypass Spray Water

จากภาพที่ 3.76 สามารถใช้เทคนิค FTA เพื่อวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือเชิงปริมาณของลูบคอนโทรล HP Turbine Bypass Spray Water ได้ดังนี้

$$F_{HPTURBINE\ BYSPRAY} = F_{HPBYP\ TT} \cup F_{HPTBYP\ SPRAYCV}$$

จากสมการที่ 2-25 ค่าความล้มเหลวของลูบคอนโทรล HP Turbine Bypass Spray Water แสดงได้ดังสมการที่ 3-83

$$F_{HPTURBINE\ BYSPRAY} = 1 - R_{HPBYP\ TT} R_{HPTBYP\ SPRAYCV} \quad (3-83)$$

$$R_{HPTURBINE\ BYSPRAY} = 1 - F_{HPTURBINE\ BYSPRAY} \quad (3-84)$$

$$F_{HPBYP\ TT} = 1 - R_{HPBYP\ TT} = 1 - 2R_{TT} + R_{TT}^2 = 1 - 2e^{-\lambda_{TT}t} + e^{-2\lambda_{TT}t} \quad (1oo2) \quad (3-85)$$

$$F_{HPTBYP\ SPRAYCV} = 1 - R_{HPTBYP\ SPRAYCV} = 1 - e^{-\lambda_{CV}t} \quad (3-86)$$

เมื่อ $F_{HPTURBINE\ BYSPRAY}$ คือ ค่าความล้มเหลวของลูบคอนโทรล HP Turbine Bypass Spray Water

$R_{HPTURBINE\ BYSPRAY}$ คือ ค่าความน่าเชื่อถือของลูบคอนโทรล HP Turbine Bypass Spray Water

$F_{HPBYP\ TT}$ คือ ค่าความล้มเหลวของระบบการวัดอุณหภูมิของ HP Turbine Bypass Outlet Steam

$R_{HPBYP\ TT}$ คือ ค่าความน่าเชื่อถือของระบบการวัดอุณหภูมิของ HP Turbine Bypass Outlet Steam

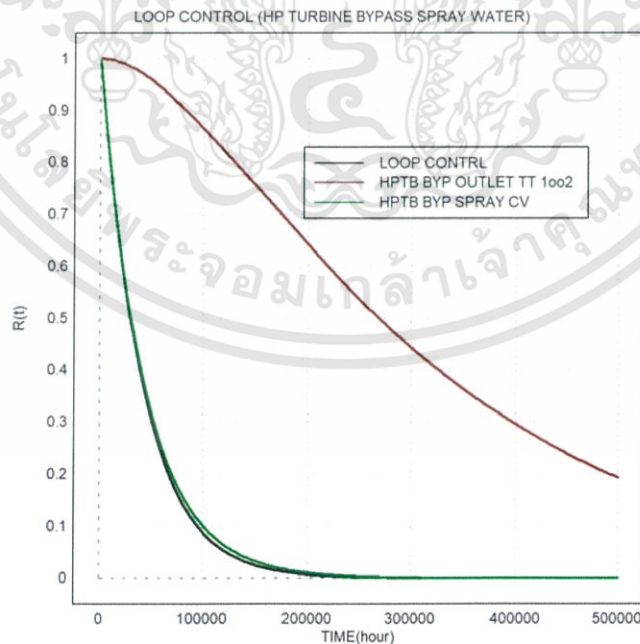
$F_{HPTB\ BYP\ SPRAY\ CV}$ คือ ค่าความล้มเหลวของระบบตัวควบคุมสุดท้าย (Final Control Element) ของ HP Turbine Bypass Spray Water Control Valve

$R_{HPTB\ BYP\ SPRAY\ CV}$ คือ ค่าความน่าเชื่อถือของระบบตัวควบคุมสุดท้าย (Final Control Element) ของ HP Turbine Bypass Spray Water Control Valve

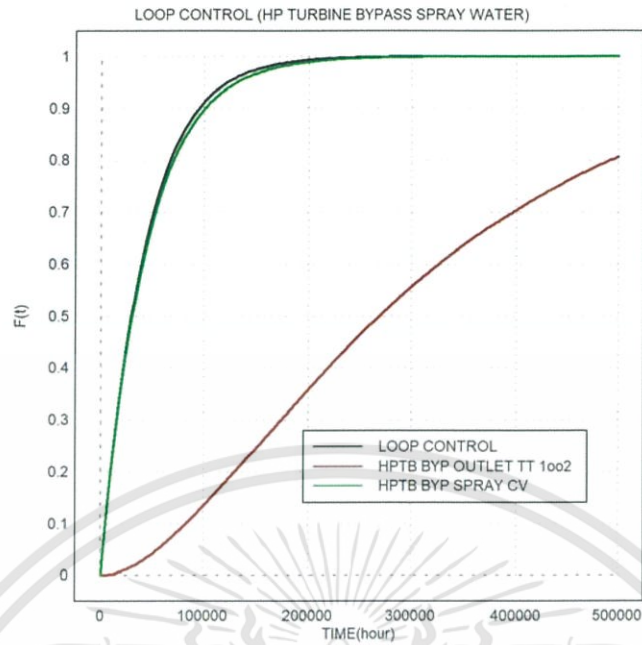
เมื่อนำสมการความน่าเชื่อถือและความไม่น่าเชื่อถือของลูบคอนโทรล HP Turbine Bypass Spray Water, ระบบการวัดในลูบคอนโทรล และระบบตัวควบคุมสุดท้าย (Final Control Element) มาวิเคราะห์เพื่อแสดงผลในลักษณะของกราฟแนวโน้มความน่าเชื่อถือซึ่งแกนตั้งแสดงถึงค่าความน่าเชื่อถือและแกนนอนแสดงระยะเวลาการทำงานของอุปกรณ์ดังแสดงในภาพที่ 3.77 และแสดงผลในลักษณะของกราฟแนวโน้มความไม่น่าเชื่อถือซึ่งแกนตั้งแสดงถึงค่าความไม่น่าเชื่อถือและแกนนอนแสดงระยะเวลาการทำงานของอุปกรณ์ดังแสดงในภาพที่ 3.78

จากการวิเคราะห์ ระบบที่ควรหาแนวทางในการเพิ่มความน่าเชื่อถือจะพิจารณาระบบการวัดหรือระบบตัวควบคุมสุดท้ายของลูบคอนโทรลที่ไม่มีระบบสำรองเป็นหลัก ซึ่งหมายความว่าหากระบบที่เป็นองค์ประกอบของลูบคอนโทรลมีความน่าเชื่อถือมากขึ้น ความน่าเชื่อถือของลูบคอนโทรลจะเพิ่มขึ้นด้วย โดยระบบที่เป็นองค์ประกอบของลูบคอนโทรลที่ไม่มีระบบสำรองหรือเรียกว่าทำงานแบบ 1 out of 1 มีดังนี้

1. ระบบตัวควบคุมสุดท้ายของ HP Turbine Bypass Spray Water Control Valve (เส้นทึบสีเขียว)



ภาพที่ 3.77 กราฟแนวโน้มความน่าเชื่อถือของลูบคอนโทรล HP Turbine Bypass Spray Water

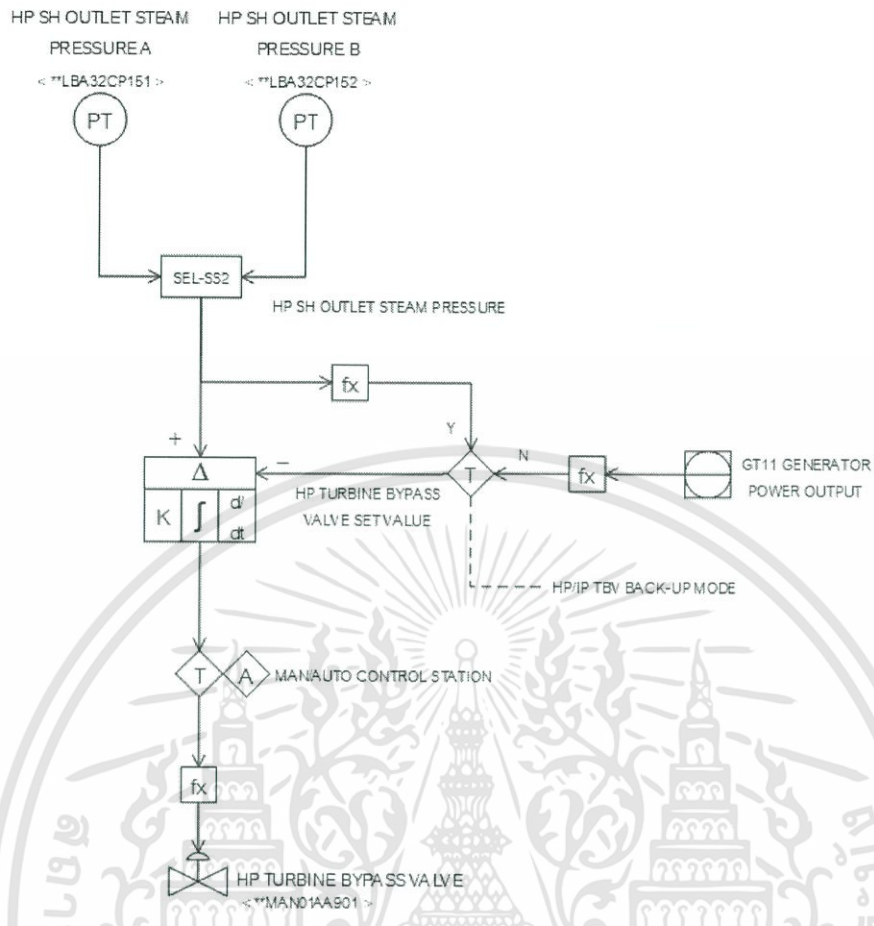


ภาพที่ 3.78 กราฟแนวโน้มความไม่น่าเชื่อถือของลูปคอนโทรล HP Turbine Bypass Spray Water

3.21 ลูปคอนโทรลที่ 20 HP Turbine Bypass

HP Turbine Bypass Valve ทำหน้าที่ในการบายพาสไอดงความดันสูงที่ความดันเกินค่าเซ็ตพอยท์ลงสู่ Cold Reheat ซึ่งจะมีทรานสมิตเตอร์วัดอุณหภูมิ HP SH Outlet Steam 2 ตัว (1002) สำหรับวัดความดันของไอดงความดันสูงที่ออกจาก HP Superheaters

หากพิจารณาแผนภาพลจิกแล้ว สามารถเขียนแผนภาพ SAMA ได้ดังภาพที่ 3.79

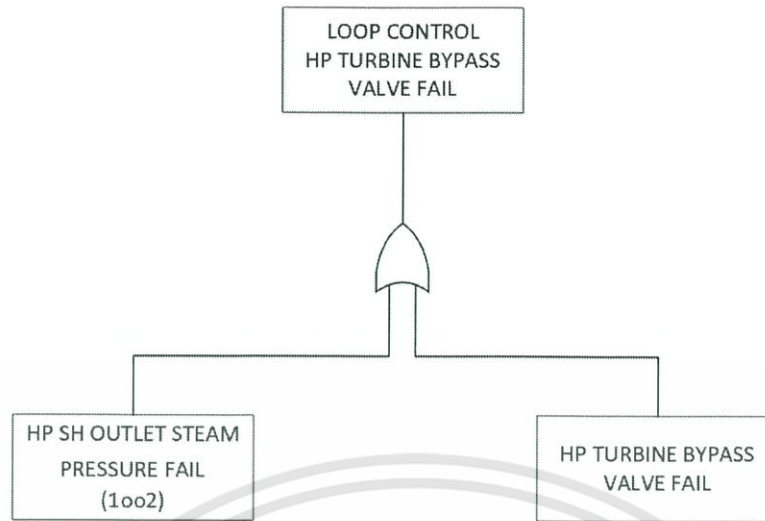


ภาพที่ 3.79 แผนภาพ SAMA ของลูปคอนโทรล HP Turbine Bypass

จากการวิเคราะห์ลูปคอนโทรล HP Turbine Bypass โดยใช้เทคนิค FTA สามารถระบุสาเหตุที่ทำให้ลูปคอนโทรลเกิดความล้มเหลวได้ดังนี้

- 1) HP SH OUTLET STEAM PRESSURE FAIL คือ ระบบการวัดความดันของ HP SH Outlet Steam ล้มเหลว
- 2) HP TURBINE BYPASS VALVE FAIL คือ ระบบตัวควบคุมสุดท้าย (Final Control Element) ของ HP Turbine Bypass Valve ล้มเหลว

สามารถเขียนให้อยู่ในแผนภาพ Fault Tree ได้ดังภาพที่ 3.42



ภาพที่ 3.80 แผนภาพ Fault Tree ของลูบคอนโทรล HP Turbine Bypass

จากภาพที่ 3.80 สามารถใช้เทคนิค FTA เพื่อวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือเชิงปริมาณของลูบคอนโทรล HP Turbine Bypass ได้ดังนี้

$$F_{HPTURBINE\ BYP} = F_{HPSH\ PT} \cup F_{HPTBYP\ CV}$$

จากสมการที่ 2-25 ค่าความล้มเหลวหรือไม่น่าเชื่อถือของลูบคอนโทรล HP Turbine Bypass แสดงได้ดังสมการที่ 3-87 และความน่าเชื่อถือแสดงได้ดังสมการที่ 3-88

$$F_{HPTURBINE\ BYP} = 1 - R_{HPSH\ PT} R_{HPTBYP\ CV} \quad (3-87)$$

$$R_{HPTURBINE\ BYP} = 1 - F_{HPTURBINE\ BYP} \quad (3-88)$$

$$F_{HPSH\ PT} = 1 - R_{HPSH\ PT} = 1 - 2R_{PT} + R_{PT}^2 = 1 - 2e^{-\lambda_{PT}t} + e^{-2\lambda_{PT}t} \quad (1oo2) \quad (3-89)$$

$$F_{HPTBYP\ CV} = 1 - R_{HPTBYP\ CV} = 1 - e^{-\lambda_{CV}t} \quad (3-90)$$

เมื่อ $F_{HPTURBINE\ BYP}$ คือ ค่าความล้มเหลวของลูบคอนโทรล HP Turbine Bypass

$R_{HPTURBINE\ BYP}$ คือ ค่าความน่าเชื่อถือของลูบคอนโทรล HP Turbine Bypass

$F_{HPSH\ PT}$ คือ ค่าความล้มเหลวของระบบการวัดความดันของ HP SH Outlet Steam

$R_{HPSH\ PT}$ คือ ค่าความน่าเชื่อถือของระบบการวัดความดันของ HP SH Outlet Steam

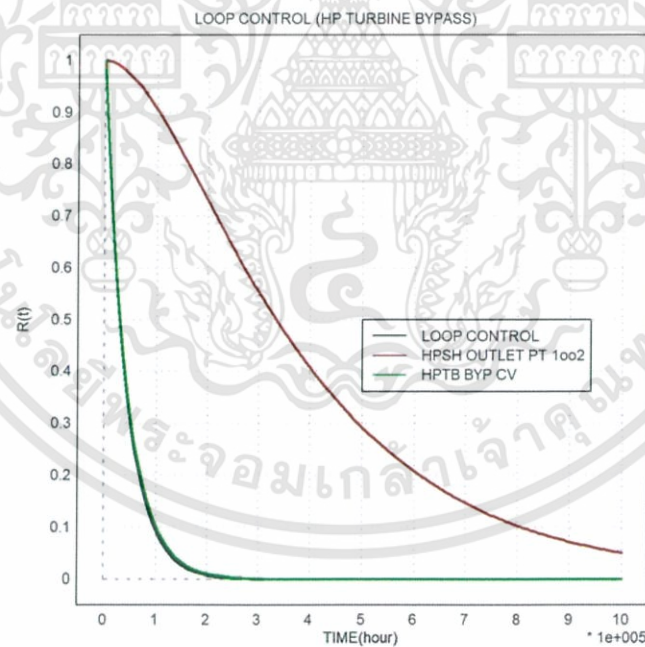
$F_{HPTBYP\ CV}$ คือ ค่าความล้มเหลวระบบตัวควบคุมสุดท้าย (Final Control Element) ของ HP Turbine Bypass Valve

$R_{HPTB\ BYP\ CV}$ คือ ค่าความน่าเชื่อถือระบบตัวควบคุมสุดท้าย (Final Control Element) ของ HP Turbine Bypass Valve

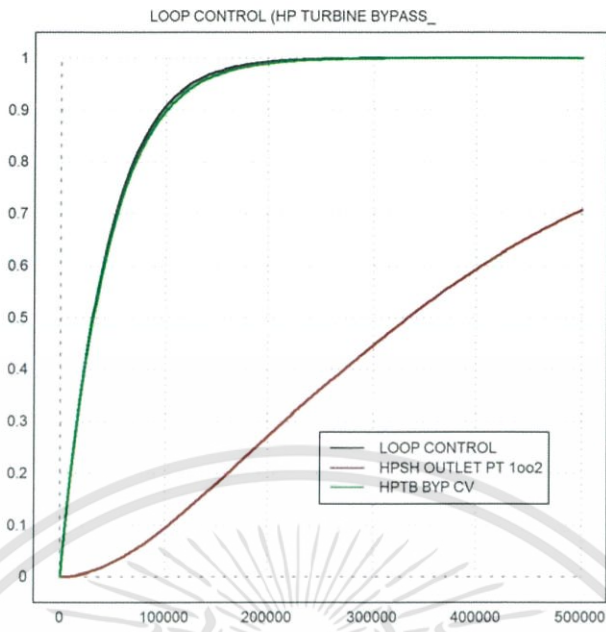
เมื่อนำสมการความน่าเชื่อถือและความไม่น่าเชื่อถือของลูบคอนโทรล HP Turbine Bypass, ระบบการวัดในลูบคอนโทรล และระบบตัวควบคุมสุดท้าย (Final Control Element) มาวิเคราะห์เพื่อแสดงผลในลักษณะของกราฟแนวโน้มความน่าเชื่อถือซึ่งแกนตั้งแสดงถึงค่าความน่าเชื่อถือและแกนนอนแสดงระยะเวลาการทำงานของอุปกรณ์ดังแสดงในภาพที่ 3.81 และแสดงผลในลักษณะของกราฟแนวโน้มความไม่น่าเชื่อถือซึ่งแกนตั้งแสดงถึงค่าความไม่น่าเชื่อถือและแกนนอนแสดงระยะเวลาการทำงานของอุปกรณ์ดังแสดงในภาพที่ 3.82

จากการวิเคราะห์ ระบบที่ควรหาแนวทางในการเพิ่มความน่าเชื่อถือจะพิจารณาระบบการวัดหรือระบบตัวควบคุมสุดท้ายของลูบคอนโทรลที่ไม่มีระบบสำรองเป็นหลัก ซึ่งหมายความว่าหากระบบที่เป็นองค์ประกอบของลูบคอนโทรลมีความน่าเชื่อถือมากขึ้น ความน่าเชื่อถือของลูบคอนโทรลจะเพิ่มขึ้นด้วย โดยระบบที่เป็นองค์ประกอบของลูบคอนโทรลที่ไม่มีระบบสำรองหรือเรียกว่าทำงานแบบ 1 out of 1 มีดังนี้

1. ระบบตัวควบคุมสุดท้ายของ HP Turbine Bypass Valve (เส้นทึบสีเขียว)



ภาพที่ 3.81 กราฟแนวโน้มความน่าเชื่อถือของลูบคอนโทรล HP Turbine Bypass

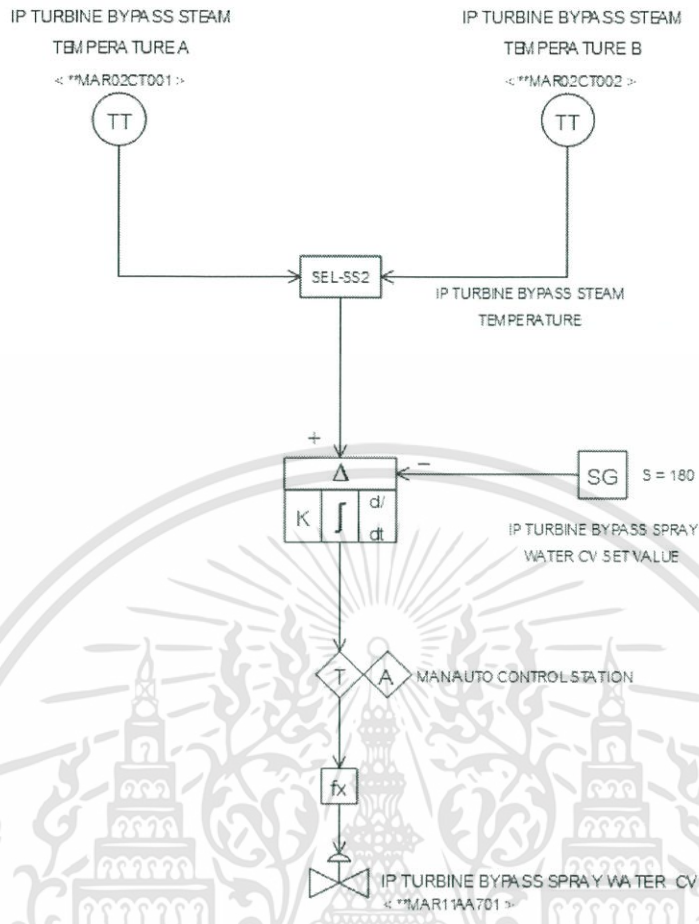


ภาพที่ 3.82 กราฟแนวโน้มความไม่น่าเชื่อถือของลูปคอนโทรล HP Turbine Bypass

3.22 ลูปคอนโทรลที่ 21 IP Turbine Bypass Spray Water

IP Turbine Bypass Spray Water Control Valve จะทำงานในช่วง Bypass Operation (การบายพาสไอน้ำที่มีความดันเกินกว่าค่าเซ็ตพอยท์) เพื่อควบคุมอุณหภูมิไอน้ำที่ได้จากทรานสมิตเตอร์วัดอุณหภูมิของ IP Turbine Bypass Outlet Steam ไม่ให้เกินค่าเซ็ตพอยท์

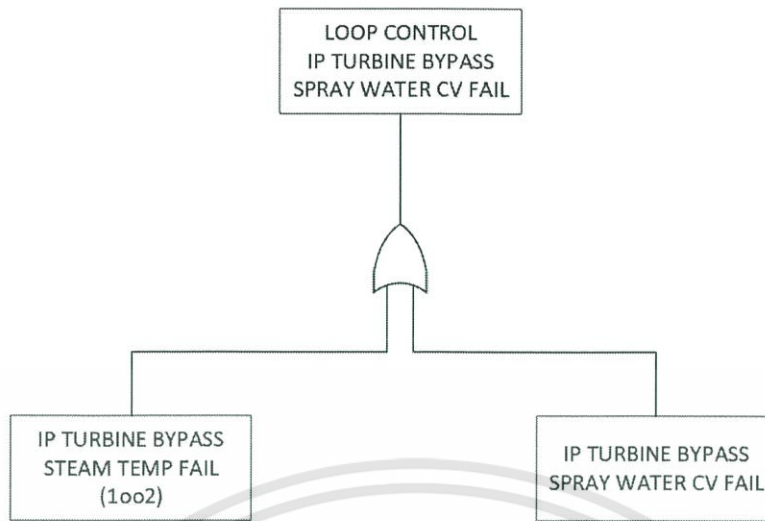
หากพิจารณาแผนภาพลจิกแล้ว สามารถเขียนแผนภาพ SAMA ได้ดังภาพที่ 3.83



ภาพที่ 3.83 แผนภาพ SAMA ของลูปคอนโทรล IP Turbine Bypass Spray Water

จากการวิเคราะห์ลูปคอนโทรล IP Turbine Bypass Spray Water โดยใช้เทคนิค FTA สามารถระบุสาเหตุที่ทำให้ลูปคอนโทรลเกิดความล้มเหลวได้ดังนี้

- 1) IP TURBINE BYPASS STEAM TEMP FAIL คือ ระบบการวัดอุณหภูมิของ IP Turbine Bypass Steam ล้มเหลว
 - 2) IP TURBINE BYPASS SPRAY WATER CV FAIL คือ ระบบตัวควบคุมสุดท้าย (Final Control Element) ของ IP Turbine Bypass Spray Water Control Valve ล้มเหลว
- สามารถเขียนให้อยู่ในแผนภาพ Fault Tree ได้ดังภาพที่ 3.84



ภาพที่ 3.84 แผนภาพ Fault Tree ของลูปคอนโทรล IP Turbine Bypass Spray Water

จากภาพที่ 3.84 สามารถใช้เทคนิค FTA เพื่อวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือเชิงปริมาณของลูปคอนโทรล IP Turbine Bypass Spray Water ได้ดังนี้

$$F_{IPTURBINE\ BYP\ SPRAY} = F_{IP\ BYP\ TT} \cup F_{IPTB\ BYP\ SPRAY\ CV}$$

จากสมการที่ 2-25 ค่าความล้มเหลวหรือความไม่น่าเชื่อถือของลูปคอนโทรล IP Turbine Bypass Spray Water แสดงได้ดังสมการที่ 3-91 และความน่าเชื่อถือแสดงได้ดังสมการที่ 3-92

$$F_{IPTURBINE\ BYP\ SPRAY} = 1 - R_{IP\ BYP\ TT} R_{IPTB\ BYP\ SPRAY\ CV} \quad (3-91)$$

$$R_{IPTURBINE\ BYP\ SPRAY} = 1 - F_{IPTURBINE\ BYP\ SPRAY} \quad (3-92)$$

$$F_{IP\ BYP\ TT} = 1 - R_{IP\ BYP\ TT} = 1 - 2R_{TT} + R_{TT}^2 = 1 - 2e^{-\lambda_{TT}t} + e^{-2\lambda_{TT}t} \quad (1oo2) \quad (3-93)$$

$$F_{IPTB\ BYP\ SPRAY\ CV} = 1 - R_{IPTB\ BYP\ SPRAY\ CV} = 1 - e^{-\lambda_{CV}t} \quad (3-94)$$

เมื่อ $F_{IPTURBINE\ BYP\ SPRAY}$ คือ ค่าความล้มเหลวของลูปคอนโทรล IP Turbine Bypass Spray Water

$R_{IPTURBINE\ BYP\ SPRAY}$ คือ ค่าความน่าเชื่อถือของลูปคอนโทรล IP Turbine Bypass Spray Water

$F_{IP\ BYP\ TT}$ คือ ค่าความล้มเหลวของระบบการวัดอุณหภูมิของ IP Turbine Bypass Steam

$R_{IP\ BYP\ TT}$ คือ ค่าความน่าเชื่อถือของระบบการวัดอุณหภูมิของ IP Turbine Bypass Steam

$F_{IPTB\ BYP\ SPRAY\ CV}$ คือ ค่าความล้มเหลวของระบบตัวควบคุมสุดท้าย (Final Control Element)

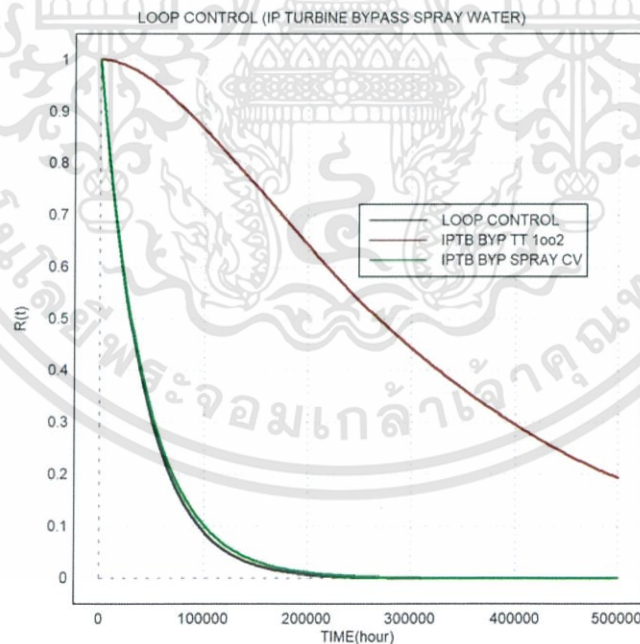
ของ IP Turbine Bypass Spray Water Control Valve

$R_{IPTB\ BYP\ SPRAY\ CV}$ คือ ค่าความน่าเชื่อถือของระบบตัวควบคุมสุดท้าย (Final Control Element) ของ IP Turbine Bypass Spray Water Control Valve

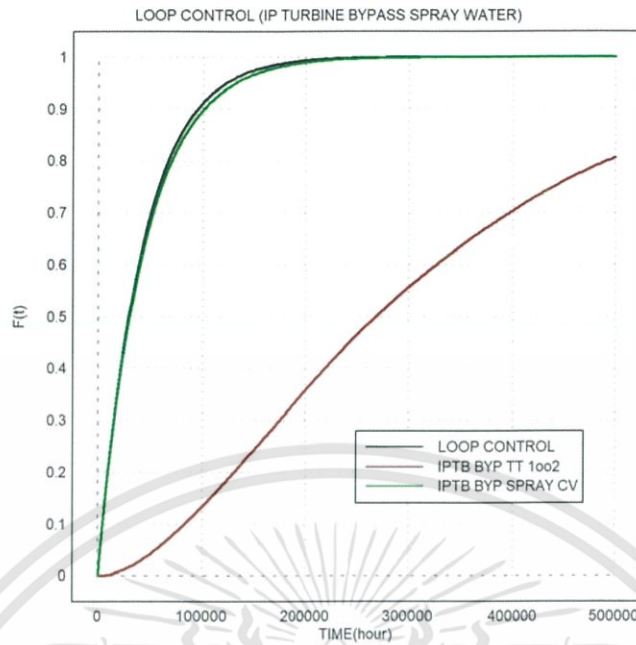
เมื่อนำสมการความน่าเชื่อถือและความไม่น่าเชื่อถือของลูบคอนโทรล IP Turbine Bypass Spray Water, ระบบการวัดในลูบคอนโทรล และระบบตัวควบคุมสุดท้าย (Final Control Element) มาวิเคราะห์เพื่อแสดงผลในลักษณะของกราฟแนวโน้มความน่าเชื่อถือซึ่งแกนตั้งแสดงถึงค่าความน่าเชื่อถือและแกนนอนแสดงระยะเวลาการทำงานของอุปกรณ์ดังแสดงในภาพที่ 3.85 และแสดงผลในลักษณะของกราฟแนวโน้มความไม่น่าเชื่อถือซึ่งแกนตั้งแสดงถึงค่าความไม่น่าเชื่อถือและแกนนอนแสดงระยะเวลาการทำงานของอุปกรณ์ดังแสดงในภาพที่ 3.86

จากการวิเคราะห์ ระบบที่ควรหาแนวทางในการเพิ่มความน่าเชื่อถือจะพิจารณาระบบการวัดหรือระบบตัวควบคุมสุดท้ายของลูบคอนโทรลที่ไม่มีระบบสำรองเป็นหลัก ซึ่งหมายความว่าหากระบบที่เป็นองค์ประกอบของลูบคอนโทรลมีความน่าเชื่อถือมากขึ้น ความน่าเชื่อถือของลูบคอนโทรลจะเพิ่มขึ้นด้วย โดยระบบที่เป็นองค์ประกอบของลูบคอนโทรลที่ไม่มีระบบสำรองหรือเรียกว่าทำงานแบบ 1 out of 1 มีดังนี้

1. ระบบตัวควบคุมสุดท้ายของ IP Turbine Bypass Spray Water Control Valve (เส้นสีเขียว)



ภาพที่ 3.85 กราฟแนวโน้มความน่าเชื่อถือของลูบคอนโทรล IP Turbine Bypass Spray Water

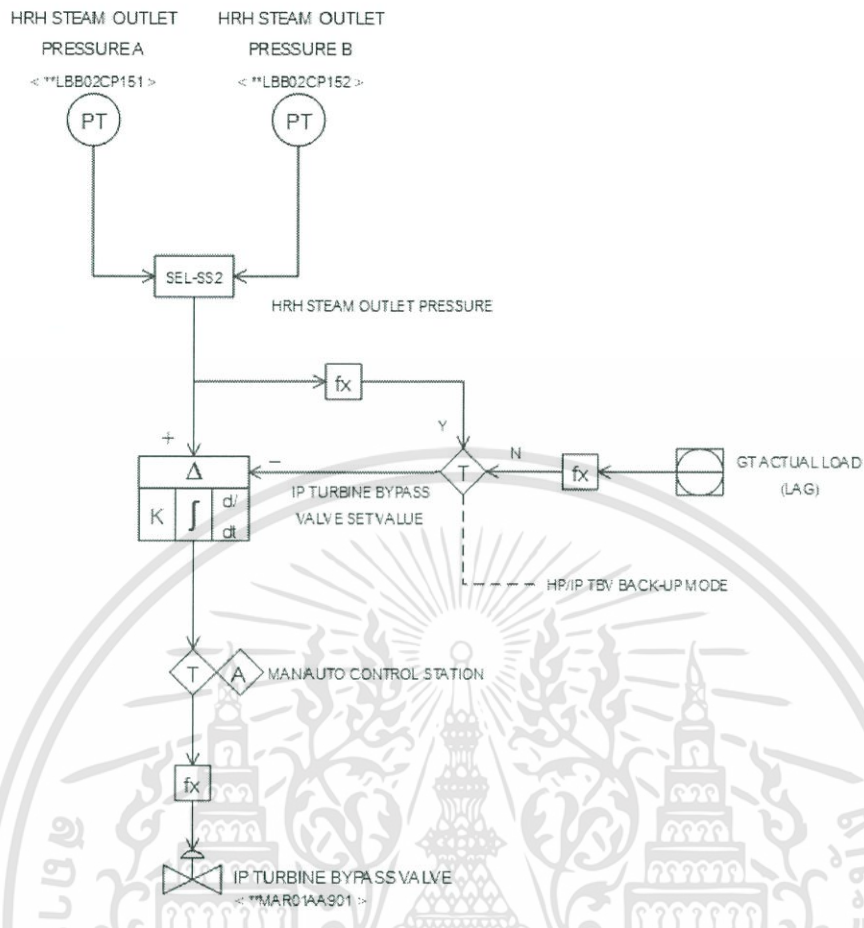


ภาพที่ 3.86 กราฟแนวโน้มความไม่น่าเชื่อถือของลูปคอนโทรล IP Turbine Bypass Spray Water

3.23 ลูปคอนโทรลที่ 22 IP Turbine Bypass

IP Turbine Bypass ทำหน้าที่ในการบายพาสไอน์ความดันปานกลางที่ความดันเกินค่าเซ็ทพอยท์ลงสู่ Condenser เพื่อควบคุมแล้วนำไปหมุนเวียนใช้ต่อ ซึ่งจะมีทรานสมิตเตอร์วัดความดันของ HRH Steam Outlet 2 ตัว (1oo2) สำหรับวัดความดันปานกลางที่ออกจาก Reheaters

หากพิจารณาแผนภาพลวงจิกแล้ว สามารถเขียนแผนภาพ SAMA ได้ดังภาพที่ 3.87

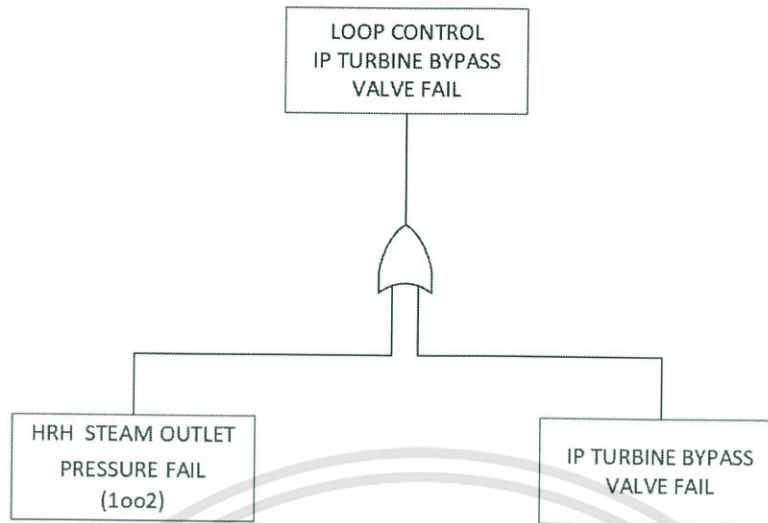


ภาพที่ 3.87 แผนภาพ SAMA ของลูปคอนโทรล IP Turbine Bypass

จากการวิเคราะห์ลูปคอนโทรล IP Turbine Bypass โดยใช้เทคนิค FTA สามารถระบุสาเหตุที่ทำให้ลูปคอนโทรลเกิดความล้มเหลวได้ดังนี้

- 1) HRH STEAM OUTLET PRESSURE FAIL คือ ระบบการวัดความดันของ HRH Steam Outlet ล้มเหลว
- 2) IP TURBINE BYPASS VALVE FAIL คือ ระบบตัวควบคุมสุดท้าย (Final Control Element) ของ IP Turbine Bypass Valve ล้มเหลว

สามารถเขียนให้อยู่ในแผนภาพ Fault Tree ได้ดังภาพที่ 3.88



ภาพที่ 3.88 แผนภาพ Fault Tree ของลูปคอนโทรล IP Turbine Bypass

จากภาพที่ 3.88 สามารถใช้เทคนิค FTA เพื่อวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือเชิงปริมาณของลูปคอนโทรล IP Turbine Bypass ได้ดังนี้

$$F_{IPTURBINE\ BYP} = F_{HRH\ PT} \cup F_{IPTB\ BYP\ CV}$$

จากสมการที่ 2-25 ค่าความล้มเหลวหรือความไม่น่าเชื่อถือของลูปคอนโทรล IP Turbine Bypass แสดงได้ดังสมการที่ 3-95 และความน่าเชื่อถือแสดงได้ดังสมการที่ 3-96

$$F_{IPTURBINE\ BYP} = 1 - R_{HRH\ PT} R_{IPTB\ BYP\ CV} \quad (3-95)$$

$$R_{IPTURBINE\ BYP} = 1 - F_{IPTURBINE\ BYP} \quad (3-96)$$

$$F_{HRH\ PT} = 1 - R_{HRH\ PT} = 1 - 2R_{PT} + R_{PT}^2 = 1 - 2e^{-\lambda_{PT}t} + e^{-2\lambda_{PT}t} \quad (1oo2) \quad (3-97)$$

$$F_{IPTB\ BYP\ CV} = 1 - R_{IPTB\ BYP\ CV} = 1 - e^{-\lambda_{CV}t} \quad (3-98)$$

เมื่อ $F_{IPTURBINE\ BYP}$ คือ ค่าความล้มเหลวของลูปคอนโทรล IP Turbine Bypass

$R_{IPTURBINE\ BYP}$ คือ ค่าความน่าเชื่อถือของลูปคอนโทรล IP Turbine Bypass

$F_{HRH\ PT}$ คือ ค่าความล้มเหลวของระบบการวัดความดันของ HRH Steam Outlet

$R_{HRH\ PT}$ คือ ค่าความน่าเชื่อถือของระบบการวัดความดันของ HRH Steam Outlet

$F_{IPTB\ BYP\ CV}$ คือ ค่าความล้มเหลวของระบบตัวควบคุมสุดท้าย (Final Control Element)

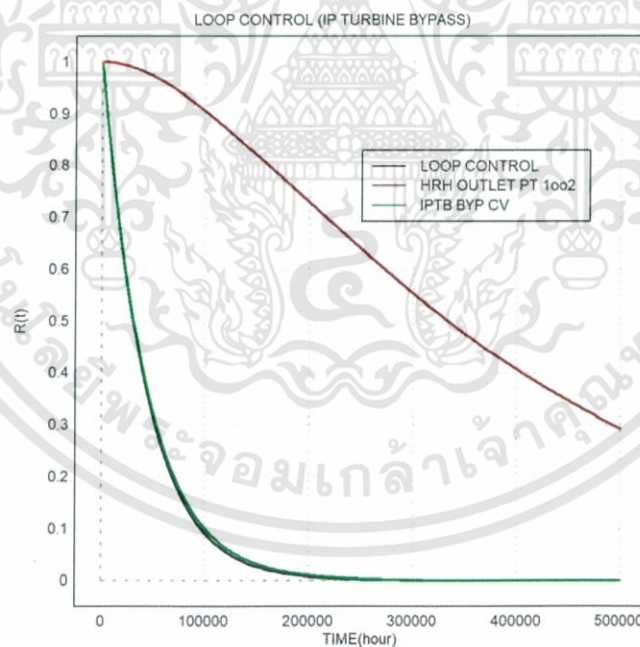
ของ IP Turbine Bypass Valve

$R_{IP\ TB\ BYP\ CV}$ คือ ค่าความน่าเชื่อถือของระบบตัวควบคุมสุดท้าย (Final Control Element) ของ IP Turbine Bypass Valve

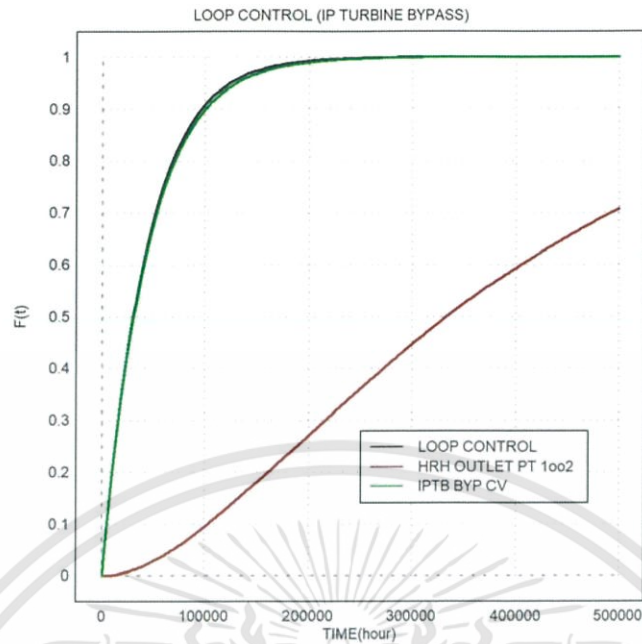
เมื่อนำสมการความน่าเชื่อถือและความไม่น่าเชื่อถือของลูบคอนโทรล IP Turbine Bypass, ระบบการวัดในลูบคอนโทรล และระบบตัวควบคุมสุดท้าย (Final Control Element) มาวิเคราะห์เพื่อแสดงผลในลักษณะของกราฟแนวโน้มความน่าเชื่อถือซึ่งแกนตั้งแสดงถึงค่าความน่าเชื่อถือและแกนอนแสดงระยะเวลาการทำงานของอุปกรณ์ดังแสดงในภาพที่ 3.89 และแสดงผลในลักษณะของกราฟแนวโน้มความไม่น่าเชื่อถือซึ่งแกนตั้งแสดงถึงค่าความไม่น่าเชื่อถือและแกนอนแสดงระยะเวลาการทำงานของอุปกรณ์ดังแสดงในภาพที่ 3.90

จากการวิเคราะห์ ระบบที่ควรหาแนวทางในการเพิ่มความน่าเชื่อถือจะพิจารณาระบบการวัดหรือระบบตัวควบคุมสุดท้ายของลูบคอนโทรลที่ไม่มีระบบสำรองเป็นหลัก ซึ่งหมายความว่าหากระบบที่เป็นองค์ประกอบของลูบคอนโทรลมีความน่าเชื่อถือมากขึ้น ความน่าเชื่อถือของลูบคอนโทรลจะเพิ่มขึ้นด้วย โดยระบบที่เป็นองค์ประกอบของลูบคอนโทรลที่ไม่มีระบบสำรองหรือเรียกว่าทำงานแบบ 1 out of 1 มีดังนี้

1. ระบบตัวควบคุมสุดท้ายของ IP Turbine Bypass Valve (เส้นที่สีเขียว)



ภาพที่ 3.89 กราฟแนวโน้มความน่าเชื่อถือของลูบคอนโทรล IP Turbine Bypass

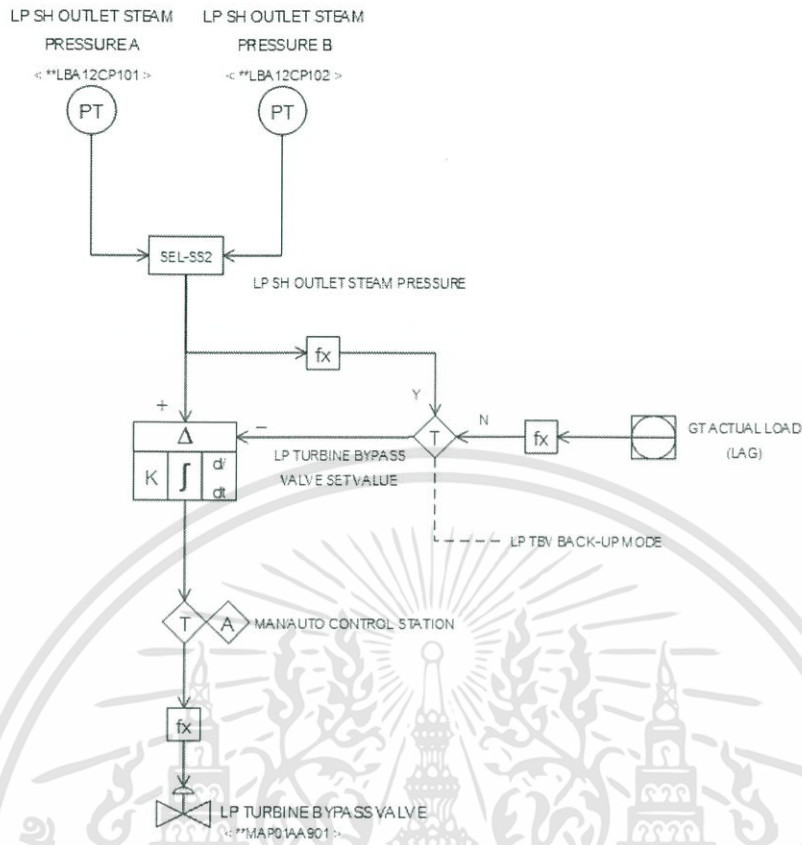


ภาพที่ 3.90 กราฟแนวโน้มความไม่น่าเชื่อถือของลูปคอนโทรล IP Turbine Bypass

3.24 ลูปคอนโทรลที่ 23 LP Turbine Bypass

LP Turbine Bypass Valve ทำหน้าที่ในการบายพาสไอดีความดันต่ำที่ความดันยังไม่ถึงสภาวะที่กำหนดไปยัง Condenser เพื่อควบแน่นแล้วนำไปหมุนเวียนใช้ต่อซึ่งจะมีทรานสมิเตอร์วัดความดันของ LP SH outlet steam 2 ตัว (1002) สำหรับวัดความดันต่ำที่ออกจาก Reheaters

หากพิจารณาแผนภาพลจจิกแล้ว สามารถเขียนแผนภาพ SAMA ได้ดังภาพที่ 3.91

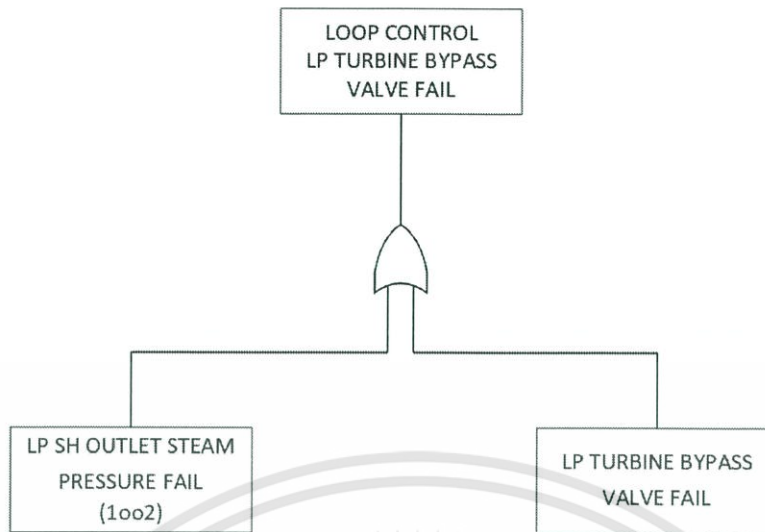


ภาพที่ 3.91 แผนภาพ SAMA ของลูปคอนโทรล LP Turbine Bypass

จากการวิเคราะห์ลูปคอนโทรล LP Turbine Bypass โดยใช้เทคนิค FTA สามารถระบุสาเหตุที่ทำให้ลูปคอนโทรลเกิดความล้มเหลวได้ดังนี้

- 1) LP SH OUTLET STEAM PRESSURE FAIL คือ ระบบการวัดความดัน LP SH Outlet Steam ล้มเหลว
- 2) LP TURBINE BYPASS VALVE FAIL คือ ระบบตัวควบคุมสุดท้าย (Final Control Element) ของ LP Turbine Bypass Valve ล้มเหลว

สามารถเขียนให้อยู่ในแผนภาพ Fault Tree ได้ดังภาพที่ 3.92



ภาพที่ 3.92 แผนภาพ Fault Tree ของลูปคอนโทรล LP Turbine Bypass

จากภาพที่ 3.92 สามารถใช้เทคนิค FTA เพื่อวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือเชิงปริมาณของลูปคอนโทรล LP Turbine Bypass ได้ดังนี้

$$F_{LPTURBINE\ BYP} = F_{LPSH\ PT} \cup F_{LPTB\ BYP\ CV}$$

จากสมการที่ 2-25 ค่าความล้มเหลวหรือความไม่น่าเชื่อถือของลูปคอนโทรล LP Turbine Bypass แสดงได้ดังสมการที่ 3-99 และความน่าเชื่อถือแสดงได้ดังสมการที่ 3-100

$$F_{LPTURBINE\ BYP} = 1 - R_{LPSH\ PT} R_{LPTB\ BYP\ CV} \quad (3-99)$$

$$R_{LPTURBINE\ BYP} = 1 - F_{LPTURBINE\ BYP} \quad (3-100)$$

$$F_{LPSH\ PT} = 1 - R_{LPSH\ PT} = 1 - 2R_{PT} + R_{PT}^2 = 1 - 2e^{-\lambda_{PT}t} + e^{-2\lambda_{PT}t} \quad (1oo2) \quad (3-101)$$

$$F_{LPTB\ BYP\ CV} = 1 - R_{LPTB\ BYP\ CV} = 1 - e^{-\lambda_{CV}t} \quad (3-102)$$

เมื่อ $F_{LPTURBINE\ BYP}$ คือ ค่าความล้มเหลวของลูปคอนโทรล LP Turbine Bypass

$R_{LPTURBINE\ BYP}$ คือ ค่าความน่าเชื่อถือของลูปคอนโทรล LP Turbine Bypass

$F_{LPSH\ PT}$ คือ ค่าความล้มเหลวของระบบการวัดความดันของ LP SH Outlet Steam

$R_{LPSH\ PT}$ คือ ค่าความน่าเชื่อถือของระบบการวัดความดันของ LP SH Outlet Steam

$F_{LPTB\ BYP\ CV}$ คือ ค่าความล้มเหลวของระบบตัวควบคุมสุดท้าย (Final Control Element)

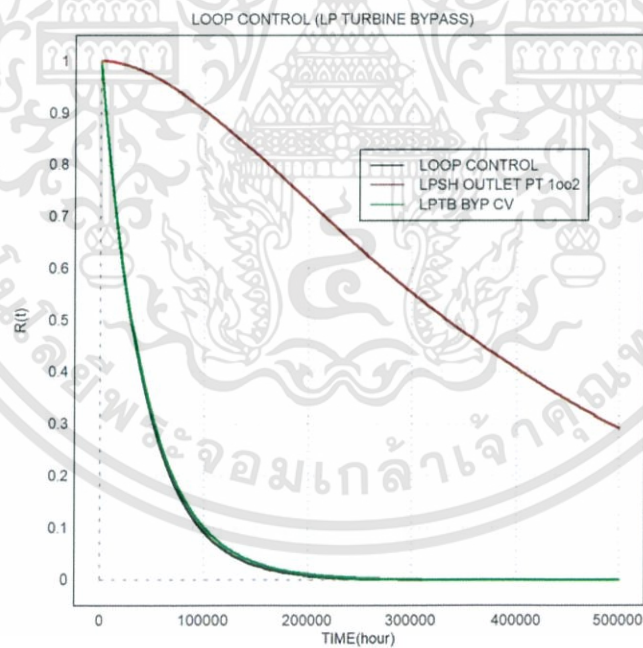
ของ LP Turbine Bypass Valve

$R_{LPTB\ BYP\ CV}$ คือ ค่าความน่าเชื่อถือของระบบตัวควบคุมสุดท้าย (Final Control Element) ของ LP Turbine Bypass Valve

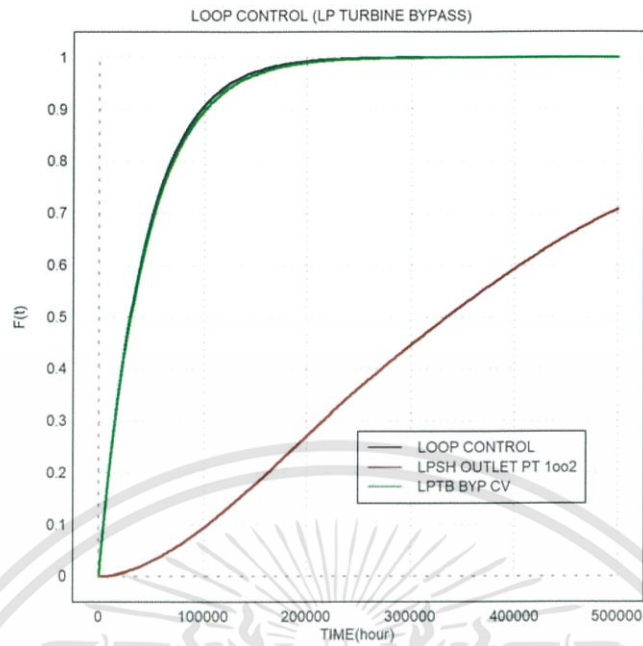
เมื่อนำสมการความน่าเชื่อถือและความไม่น่าเชื่อถือของลูบคอนโทรล LP Turbine Bypass, ระบบการวัดในลูบคอนโทรล และระบบตัวควบคุมสุดท้าย (Final Control Element) มาวิเคราะห์เพื่อแสดงผลในลักษณะของกราฟแนวโน้มความน่าเชื่อถือซึ่งแกนตั้งแสดงถึงค่าความน่าเชื่อถือและแกนนอนแสดงระยะเวลาการทำงานของอุปกรณ์ดังแสดงในภาพที่ 3.93 และแสดงผลในลักษณะของกราฟแนวโน้มความไม่น่าเชื่อถือซึ่งแกนตั้งแสดงถึงค่าความไม่น่าเชื่อถือและแกนนอนแสดงระยะเวลาการทำงานของอุปกรณ์ดังแสดงในภาพที่ 3.94

จากการวิเคราะห์ ระบบที่ควรหาแนวทางในการเพิ่มความน่าเชื่อถือจะพิจารณาระบบการวัดหรือระบบตัวควบคุมสุดท้ายของลูบคอนโทรลที่ไม่มีระบบสำรองเป็นหลัก ซึ่งหมายความว่าหากระบบที่เป็นองค์ประกอบของลูบคอนโทรลมีความน่าเชื่อถือมากขึ้น ความน่าเชื่อถือของลูบคอนโทรลจะเพิ่มขึ้นด้วย โดยระบบที่เป็นองค์ประกอบของลูบคอนโทรลที่ไม่มีระบบสำรองหรือเรียกว่าทำงานแบบ 1 out of 1 มีดังนี้

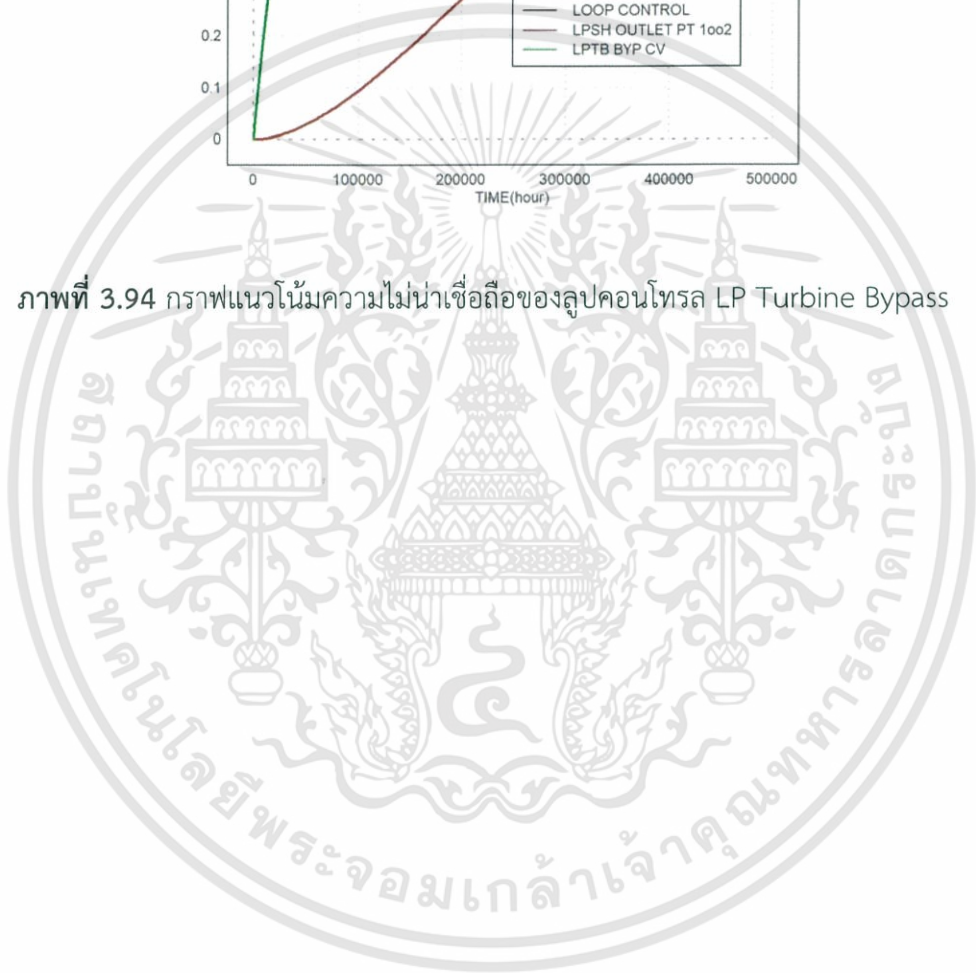
1. ระบบตัวควบคุมสุดท้ายของ LP Turbine Bypass Valve (เส้นทึบสีเขียว)



ภาพที่ 3.93 กราฟแนวโน้มความน่าเชื่อถือของลูบคอนโทรล LP Turbine Bypass



ภาพที่ 3.94 กราฟแนวโน้มความไม่น่าเชื่อถือของลูปคอนโทรล LP Turbine Bypass



บทที่ 4

แนวทางในการเพิ่มความน่าเชื่อถือของระบบเครื่องกำเนิดไอน้ำจากความร้อนเหลือทิ้ง

4.1 คำนำ

ในบทที่ผ่านมาได้กล่าวถึงขั้นตอนการดำเนินการวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือของระบบควบคุมสำหรับระบบเครื่องกำเนิดไอน้ำจากความร้อนเหลือทิ้ง (Heat Recovery Steam Generation : HRSG) ซึ่งประกอบไปด้วย การหาสาเหตุของระบบต่างๆที่ทำให้แต่ละอุปกรณ์ทำงานล้มเหลวเพื่อสร้างเป็นแผนภาพ Fault Tree และทำแผนภาพ Fault Tree ให้อยู่ในรูปของสมการความน่าเชื่อถือและสมการความไม่น่าเชื่อถือ ตลอดจนการนำสมการไปวิเคราะห์ทำเป็นกราฟแนวโน้มความน่าเชื่อถือและความไม่น่าเชื่อถือของอุปกรณ์และระบบต่างๆที่เป็นองค์ประกอบของอุปกรณ์ เพื่อใช้ในการวิเคราะห์หาจุดอ่อนของอุปกรณ์และหาแนวทางในการเพิ่มความน่าเชื่อถือของอุปกรณ์

ดังนั้นในบทนี้จะกล่าวถึงแนวทางในการเพิ่มความน่าเชื่อถือของอุปกรณ์ การแบ่งระดับความรุนแรงของอุปกรณ์ที่มีผลต่อระบบ HRSG เพื่อหาแนวทางในการเพิ่มความน่าเชื่อถือของอุปกรณ์ให้เหมาะสม ทั้งนี้จะเป็นการเริ่มต้นจากการแบ่งระดับความรุนแรงของอุปกรณ์ในระบบ HRSG เพื่อหาแนวทางที่เหมาะสมต่ออุปกรณ์นั้นๆ

4.2 ระดับความรุนแรงของอุปกรณ์ต่อระบบ HRSG

ระดับความรุนแรงของอุปกรณ์นั้นจำแนกตามความร้ายแรงที่จะเกิดขึ้นกับระบบผลิตไฟฟ้าหากอุปกรณ์นั้นๆทำงานผิดพลาดเพื่อให้ง่ายต่อการหาแนวทางเพิ่มความน่าเชื่อถือที่เหมาะสมของแต่ละอุปกรณ์ โดยจำแนก 3 ระดับ ดังนี้

4.2.1 ระดับที่ 1

มีผลกระทบร้ายแรงต่อระบบ HRSG และอุปกรณ์อื่นๆ, เครื่องจักรหยุดทำงานอัตโนมัติ (Auto-Shutdown) และ เครื่องจักรหยุดทำงานโดยฉับพลัน (Trip)

4.2.2 ระดับที่ 2

หากอุปกรณ์ทำงานผิดพลาดจะเกิดการ Runback ซึ่งหมายถึง ระบบผลิตไฟฟ้าจะทำการลดภาระงาน (Load) ลงหากอุปกรณ์นั้นทำงานผิดพลาด

4.2.3 ระดับที่ 3

ไม่มีผลกระทบหรือมีผลกระทบน้อยมากต่ออุปกรณ์อื่นๆ

ตารางที่ 4.1 ประเภทของลูปกอนโทรลซึ่งจำแนกตามระดับความรุนแรง

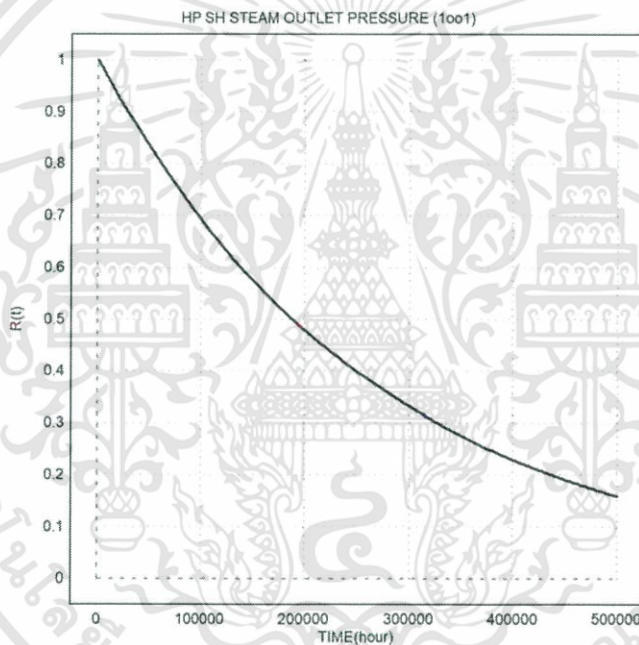
ประเภทที่ 1	ประเภทที่ 2	ประเภทที่ 3
LP Drum Level Control	HP DSHTR Spray Water	IP Economizer Bypass
1-Element HP Drum Level Control	RH DSHTR Spray Water	IP SH Steam Back Pressure
1-Element IP Drum Level Control		LP ECO1 Inlet & ECO Bypass
3-Element HP DRUM LEVEL CONTROL		LP ECO1 Bypass Control
3-Element IP Drum Level Control		LP ECO Recirculate Pump VFD Speed Control
HP Turbine Bypass		ATMOS blowoff tank Level Control
IP Turbine Bypass		ATMOS Blowoff Tank Cooling Water
LP Turbine Bypass		LP Economizer Bypass (from Gland Steam Condenser)
HP Feed Water to HP Economizer Flow		
HP Turbine Bypass Spray Water		
IP Turbine Bypass Spray Water		
HP/IP FWP A Minimum Flow		
HP/IP FWP B Minimum Flow		

4.3 แนวทางการเพิ่มความน่าเชื่อถือของรูปคอนโทรลประเภทที่ 1 และ ประเภทที่ 2

แนวทางในการเพิ่มความน่าเชื่อถือของรูปคอนโทรลประเภทที่ 1 และประเภทที่ 2 นั้นประกอบด้วย 2 แนวทางดังต่อไปนี้

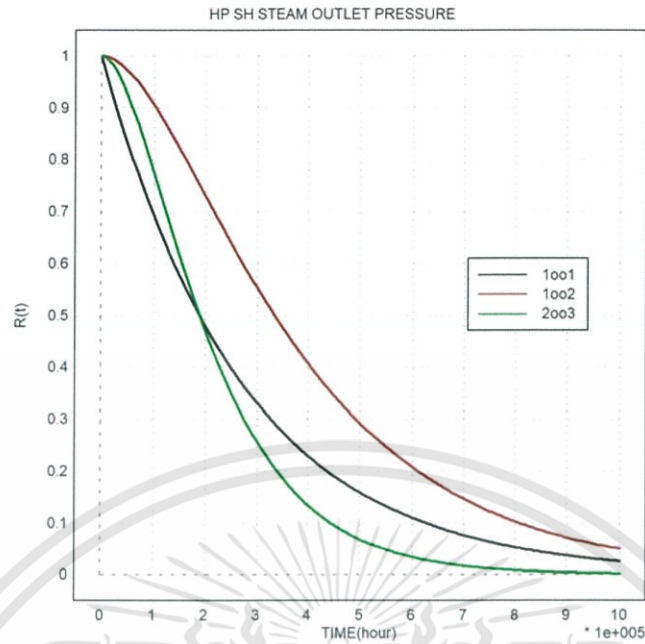
4.3.1 เพิ่มระบบสำรอง

การเพิ่มระบบสำรองให้กับระบบการวัดที่ไม่มีระบบสำรอง ยกตัวอย่างเช่น ระบบการวัดความดันของ HP SH Steam Outlet นั้นเป็นการทำงานแบบ 1 out of 1 (1oo1) หรือเรียกว่าไม่มีระบบสำรอง เมื่อนำสมการที่ 3-15 มาวิเคราะห์เพื่อแสดงผลในลักษณะของกราฟแนวโน้มความน่าเชื่อถือซึ่งแกนตั้งแสดงถึงค่าความน่าเชื่อถือและแกนนอนแสดงระยะเวลาการทำงานของอุปกรณ์ดังแสดงในภาพที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 กราฟแนวโน้มความน่าเชื่อถือของระบบการวัดความดันของ HP SH Steam Outlet

หากเพิ่มระบบสำรองให้แก่ระบบการวัดโดยที่อัตราความล้มเหลว (Failure Rate) ทราบสมิตเตอร์วัดความดันของอุปกรณ์แต่ละตัวเท่ากัน ค่าความน่าเชื่อถือของระบบการวัดความดันของ HP SH Steam Outlet จะเพิ่มขึ้นด้วย ดังแสดงในภาพที่ 4.2



ภาพที่ 4.2 กราฟแนวโน้มความน่าเชื่อถือของระบบการวัดความดันของ HP SH Steam Outlet ที่มีระบบสำรองต่างกัน

จากภาพที่ 4.2 จะเห็นได้ว่าในช่วงเวลาเดียวกันนั้นระบบวัดความดันของ HP SH Steam Outlet ที่มีระบบสำรองแบบ 1001 (เส้นทึบสีดำ) มีความน่าเชื่อถือต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับระบบสำรองอื่นๆ แต่ระบบสำรองแบบ 1002 (เส้นสีแดง) มีค่าความน่าเชื่อถือที่สูงกว่าระบบสำรองแบบ 2003 (เส้นทึบสีเขียว) เนื่องจากจำนวนทรานสมิตเตอร์วัดความดันที่ใช้ในระบบน้อยกว่าระบบสำรองแบบ 2003 และประเด็นสำคัญคือ อุปกรณ์ต้องทำงานได้อย่างต่ำ 1 ใน 2 ตัว แต่ระบบสำรองแบบ 2003 นั้นต้องทำงานได้อย่างต่ำ 2 ใน 3 ตัว เมื่อกำหนดจากสมการแล้วจึงพบว่าระบบสำรองแบบ 1002 นั้นมีแนวโน้มความน่าเชื่อถือที่สูงกว่า

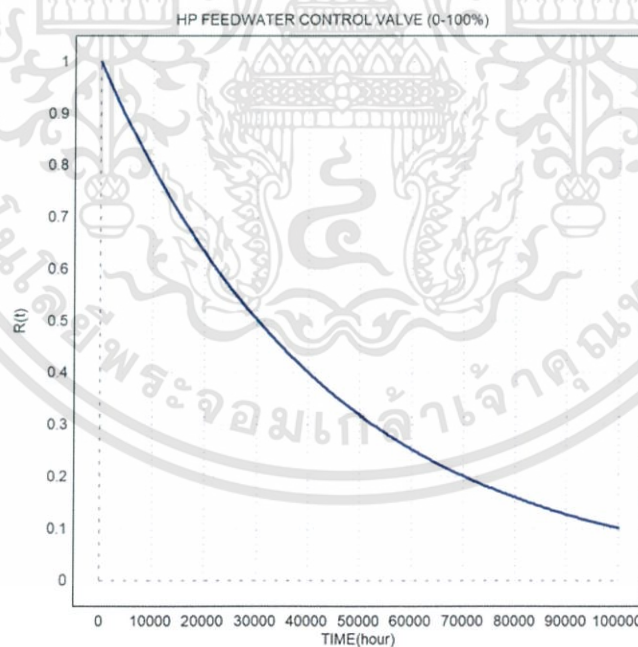
ในทางปฏิบัติแล้วระบบสำรองที่ดีที่สุดคือระบบสำรองแบบ 2003 เนื่องจากในระบบควบคุมของโรงไฟฟ้านั้นจะเลือกค่ากลางที่วัดได้มาใช้ในการควบคุมหากระบบการวัดแบบ 2003 ยกตัวอย่างเช่น โइटงความดันสูงมีค่าความดันอยู่ที่ 200 barg ระบบวัดความดันของ HP SH Steam Outlet แบบ 2003 วัดความดันของโइटงความดันสูงหลักออกจาก HP Superheater ได้ 200 barg, 201 barg และ 199 barg ดังนั้นค่าความดันที่ถูกเลือกไปใช้คือ 200 barg หากอุปกรณ์ตัวใดตัวหนึ่งทำงานล้มเหลวเช่นวัดค่าความดันได้ 200 barg ,201 barg และ 3 barg ค่าความดันที่ถูกเลือกไปใช้จะเป็น 200 barg ซึ่งเป็นค่ากลาง แต่ถ้าเป็นระบบสำรองแบบ 1002 ระบบควบคุมจะต้องทำการเลือกว่าจะเอาค่าสูงหรือค่าต่ำไปใช้ ยกตัวอย่างเช่นระบบการวัดความดันแบบ 1002 ซึ่งทำการเลือกค่าต่ำไปใช้ วัดค่าความดันได้ 200 barg กับ 202 barg ค่าความดันที่ถูกเลือกไป

ใช้คือ 200 barg ถ้าเกิดอุปกรณ์ตัวใดตัวหนึ่งวัดค่าผิดพลาดเช่น วัดค่าความดันได้ 200 barg และ 120 barg ค่าความดันที่ถูกเลือกไปใช้คือ 120 barg ซึ่งหากนำค่านี้ไปใช้ระบบควบคุมจะทำงานผิดพลาดทันที

จากที่ยกตัวอย่างไปข้างต้นแล้วจะเห็นได้ว่า ระบบสำรองแบบ 2oo3 มีความปลอดภัยมากกว่าระบบแบบ 1oo2 ซึ่งในทางปฏิบัตินั้นการเลือกระบบสำรองแบบใดแบบหนึ่งจะขึ้นอยู่กับดุลยพินิจของวิศวกร

4.3.2 การเปลี่ยนอุปกรณ์ตามค่าความน่าเชื่อถือที่เหมาะสม

ระบบตัวควบคุมสุดท้าย (Final Control Element) หากเพิ่มระบบสำรองนั้นทำได้ยากกว่าระบบการวัด เพราะระบบตัวควบคุมสุดท้ายคือ Positioner ซึ่งติดอยู่กับ Control Valve หากจะทำการเพิ่ม Positioner แสดงว่าต้องเดินท่อเพิ่มวาล์วขึ้นมาด้วย เมื่อมองตามหลักความเป็นจริงแล้วทำได้ยุ่งยากและมีค่าใช้จ่ายในการทำที่สูงมาก จึงต้องใช้แนวทางในการเปลี่ยนอุปกรณ์ตามค่าความน่าเชื่อถือที่เหมาะสม ซึ่งความน่าเชื่อถือนั้นจะลดลงเมื่ออายุการใช้งานของระบบตัวควบคุมสุดท้ายมากขึ้น ดังนั้นความหมายอีกนัยหนึ่งของแนวทางนี้คือการเปลี่ยนอุปกรณ์ตามอายุการใช้งานที่กำหนด โดยกำหนดให้ระบบตัวควบคุมสุดท้ายนั้นมีความน่าเชื่อถือไม่ต่ำกว่า 0.9 (90%) หรือ 0.8 (80%)



ภาพที่ 4.3 กราฟแนวโน้มความน่าเชื่อถือของระบบตัวควบคุมสุดท้ายของ HP Feed Water Level Control Valve (0-100%)

ยกตัวอย่างเช่น จากภาพที่ 4.3 เป็นกราฟแนวโน้มความน่าเชื่อถือของระบบตัวควบคุมสุดท้ายของ HP Feed Water Level Control Valve 0-100% เพื่อป้องกันให้ไม่ระบบนั้นมีโอกาสที่ทำงานล้มเหลวเพิ่มมากขึ้นหรือก็คือป้องกันไม่ให้ความน่าเชื่อถือต่ำกว่าที่แนะนำไว้จึงต้องทำการเปลี่ยน Positioner ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในระบบตัวควบคุมสุดท้ายตามระยะเวลาดังนี้

จากสมการที่ 3-11

$$F_{HP} = 1 - R_{HP} = 1 - e^{-\lambda_{CV}t}$$

จะได้ว่า $R_{HP} = e^{-\lambda_{CV}t}$

เมื่อกำหนดให้ความน่าเชื่อถือ $\left(R_{HP} \right)$ เท่ากับ 0.9 และอัตราความล้มเหลวของ Positioner (λ_{CV}) เท่ากับ $22910/10^9$ จะได้

$$0.9 = e^{-\frac{22910}{10^9}t}$$

$$t = 4598.88 \approx 4600 \text{ ชั่วโมง}$$

แสดงว่าจำเป็นต้องเปลี่ยน Positioner ทุกๆ 4600 ชั่วโมง เพื่อรักษาค่าความน่าเชื่อถือของระบบตัวควบคุมสุดท้ายของ HP Feed Water Level Control Valve (0-100%) ให้อยู่ที่ 0.9 (90%)

เมื่อกำหนดให้ความน่าเชื่อถือ $\left(R_{HP} \right)$ เท่ากับ 0.8 จะได้

$$0.8 = e^{-\frac{22910}{10^9}t}$$

$$t \approx 9740 \text{ ชั่วโมง}$$

แสดงว่าจำเป็นต้องเปลี่ยน Positioner ทุกๆ 9740 ชั่วโมง เพื่อรักษาค่าความน่าเชื่อถือของระบบตัวควบคุมสุดท้ายของ HP Feed Water Level Control Valve (0-100%) ให้อยู่ที่ 0.8 (80%)

จากที่ได้วิเคราะห์และกำหนดระบบที่เป็นองค์ประกอบของอุปกรณ์โทรลล์ที่จำเป็นต้องหาแนวทางในการเพิ่มความน่าเชื่อถือในบทที่ 3 แล้ว สามารถสรุปแนวทางที่เหมาะสมในการเพิ่มความน่าเชื่อถือให้แก่ระบบเหล่านี้ได้ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 แนวทางการเพิ่มความน่าเชื่อถือแก่ระบบที่เป็นองค์ประกอบของอุปกรณ์โทรลประเภทที่ 1

อุปกรณ์โทรลประเภทที่ 1	ระบบที่เป็นองค์ประกอบของอุปกรณ์โทรล	
	เพิ่มระบบสำรอง	เปลี่ยนอุปกรณ์ตามค่าความน่าเชื่อถือที่เหมาะสม
LP Drum Level Control	-	- ระบบตัวควบคุมสุดท้ายของ LP Feed Water Control Valve
1-Element HP Drum Level Control	-	- ระบบตัวควบคุมสุดท้ายของ HP Feed Water Control Valve 0-25% - ระบบตัวควบคุมสุดท้ายของ HP Feed Water Control Valve 0-100%
3-Element HP Drum Level Control	- ระบบการวัดความดันของ HP SH Steam Outlet - ระบบการวัดอุณหภูมิของ HP ECO2 to Drum	- ระบบตัวควบคุมสุดท้ายของ HP Feed Water Control Valve 0-25% - ระบบตัวควบคุมสุดท้ายของ HP Feed Water Control Valve 0-100%
1-Element IP Drum Level Control	-	- ระบบตัวควบคุมสุดท้ายของ IP Feed Water Control Valve
3-Element IP Drum Level Control	- ระบบการวัดความดันของ CRH Inlet - ระบบการวัดอุณหภูมิของ IP ECO to Drum	- ระบบตัวควบคุมสุดท้ายของ IP Feed Water Control Valve
HP Feed Water to HP Economizer Flow	-	- ระบบตัวควบคุมสุดท้ายของ HP Feed Water to HP Economizer Flow Control Valve
HP/IP FWP A Minimum Flow	-ระบบการวัดอัตราการไหลของ HP/IP Feed Water Pump A HP Discharge Water -ระบบการวัดอุณหภูมิของ HP/IP Feed Water Pump HP Discharge Header (to HP Economizer)	- ระบบตัวควบคุมสุดท้ายของ HP/IP FWP A Minimum Flow Control Valve

ลูบคอนโทรล	ระบบที่เป็นองค์ประกอบของลูบคอนโทรล	
	เพิ่มระบบสำรอง	เปลี่ยนอุปกรณ์ตามค่าความน่าเชื่อถือที่เหมาะสม
HP/IP FWP B Minimum Flow	-ระบบการวัดอัตราการไหลของ HP/IP Feed Water Pump B HP Discharge Water -ระบบการวัดอุณหภูมิของ HP/IP Feed Water Pump HP Discharge Header (to HP Economizer)	- ระบบตัวควบคุมสุดท้ายของ HP/IP FWP B Minimum Flow Control Valve
HP Turbine Bypass Spray Water	-	- ระบบตัวควบคุมสุดท้ายของ HP Turbine Bypass Spray Water Control Valve
HP Turbine Bypass	-	- ระบบตัวควบคุมสุดท้ายของ HP Turbine Bypass Valve
IP Turbine Bypass Spray Water	-	- ระบบตัวควบคุมสุดท้ายของ IP Turbine Bypass Spray Water Control Valve
IP Turbine Bypass	-	- ระบบตัวควบคุมสุดท้ายของ IP Turbine Bypass Valve
LP Turbine Bypass	-	- ระบบตัวควบคุมสุดท้ายของ LP Turbine Bypass Valve

ตารางที่ 4.3 แนวทางการเพิ่มความน่าเชื่อถือแก่ระบบที่เป็นองค์ประกอบของลูบคอนโทรลประเภทที่ 2

ลูบคอนโทรลประเภทที่ 2	ระบบที่เป็นองค์ประกอบของลูบคอนโทรล	
	เพิ่มระบบสำรอง	เปลี่ยนอุปกรณ์ตามค่าความน่าเชื่อถือที่เหมาะสม
HP DSHTR Spray Water	- ระบบการวัดอุณหภูมิของ HP DSHTR Outlet	-
RH DSHTR Spray Water	- ระบบการวัดอุณหภูมิของ RH DSHTR Outlet	-

4.4 แนวทางการเพิ่มความน่าเชื่อถือของอุปกรณ์ประเภทที่ 3

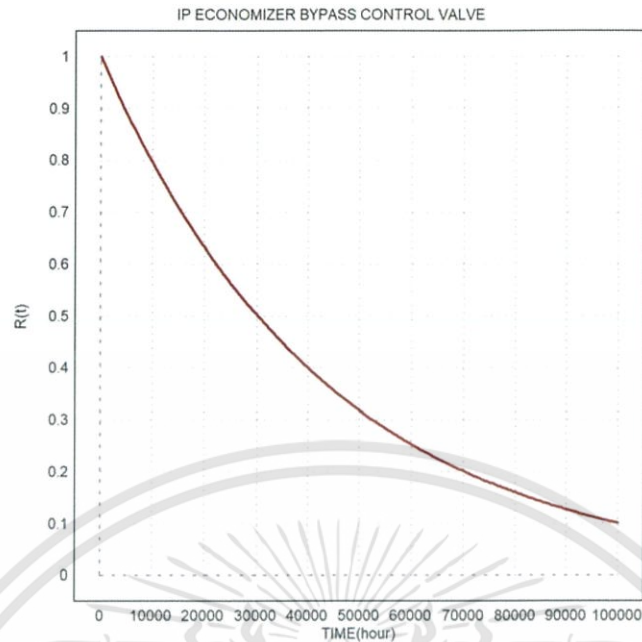
แนวทางในการเพิ่มความน่าเชื่อถือของอุปกรณ์ประเภทที่ 3 นั้นประกอบด้วย 2 แนวทางดังต่อไปนี้

4.4.1 เปลี่ยนอุปกรณ์เมื่อระบบทำงานล้มเหลว

เนื่องจากอุปกรณ์ประเภทที่ 3 นั้นส่งผลกระทบต่ออุปกรณ์อื่น ๆ น้อยหรือไม่มีผลกระทบต่ออุปกรณ์อื่นเลย โดยแนวทางนี้จะใช้กับระบบการวัดเท่านั้น หากระบบการวัดทำงานล้มเหลวสามารถทำการคงค่าการวัดที่ถูกต้องไว้เพื่อให้อุปกรณ์ทำงานได้ตามปกติ ในช่วงระยะเวลานั้นทางวิศวกรซ่อมบำรุงจะทำการเปลี่ยนอุปกรณ์ทรานสมิตเตอร์ใหม่เพื่อให้ระบบการวัดทำงานได้ปกติเหมือนเดิม

4.4.2 การเปลี่ยนอุปกรณ์ตามค่าความน่าเชื่อถือที่เหมาะสม

ระบบตัวควบคุมสุดท้าย (Final Control Element) หากเพิ่มระบบสำรองนั้นทำได้ยากกว่าระบบการวัด เพราะระบบตัวควบคุมสุดท้ายคือ Positioner ซึ่งติดอยู่กับ Control Valve หากจะทำการเพิ่ม Positioner แสดงว่าต้องเดินท่อเพิ่มวาล์วขึ้นมาด้วย เมื่อมองตามหลักความเป็นจริงแล้วทำได้ยุ่งยากและมีค่าใช้จ่ายในการทำที่สูงมาก จึงต้องใช้แนวทางในการเปลี่ยนอุปกรณ์ตามค่าความน่าเชื่อถือที่เหมาะสม ซึ่งความน่าเชื่อถือนั้นจะลดลงเมื่ออายุการใช้งานของระบบตัวควบคุมสุดท้ายมากขึ้น ดังนั้นความหมายอีกนัยหนึ่งของแนวทางนี้คือการเปลี่ยนอุปกรณ์ตามอายุการใช้งานที่กำหนด โดยกำหนดให้ระบบตัวควบคุมสุดท้ายนั้นมีความน่าเชื่อถือไม่ต่ำกว่า 0.7 (70%) หรือ 0.6 (60%)



ภาพที่ 4.4 กราฟแนวโน้มความน่าเชื่อถือของระบบตัวควบคุมสุดท้ายของ IP Economizer Bypass Control Valve

ยกตัวอย่างเช่น จากภาพที่ 4.4 เป็นกราฟแนวโน้มความน่าเชื่อถือของระบบตัวควบคุมสุดท้ายของ IP Economizer Bypass Control Valve เพื่อป้องกันให้ไม่ระบบนั้นมีโอกาสที่จะทำงานล้มเหลวเพิ่มมากขึ้นหรือก็คือป้องกันไม่ให้ความน่าเชื่อถือต่ำกว่าที่แนะนำไว้จึงต้องทำการเปลี่ยน Positioner ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในระบบตัวควบคุมสุดท้ายตามระยะเวลาดังนี้

จากสมการที่ 3-11

$$F_{IPECO\ BYPCV} = 1 - R_{IPECO\ BYPCV} = 1 - e^{-\lambda_{CV}t}$$

จะได้ว่า

$$R_{IPECO\ BYPCV} = e^{-\lambda_{CV}t}$$

เมื่อกำหนดให้ความน่าเชื่อถือ $\left(R_{IPECO\ BYPCV} \right)$ เท่ากับ 0.7 และอัตราความล้มเหลวของ

Positioner (λ_{CV}) เท่ากับ $22910/10^9$ จะได้

$$0.7 = e^{-\frac{22910}{10^9}t}$$

$$t = 15,568.5 \approx 15,570 \text{ ชั่วโมง}$$

แสดงว่าจะต้องเปลี่ยน Positioner ทุกๆ 15,570 ชั่วโมง เพื่อรักษาค่าความน่าเชื่อถือของระบบตัวควบคุมสุดท้ายของ IP Economizer Bypass Control Valve ให้อยู่ที่ 0.7 (70%)

เมื่อกำหนดให้ความน่าเชื่อถือ $\left(R_{HP}^{FWCV2} \right)$ เท่ากับ 0.6 จะได้

$$0.6 = e^{-\frac{22910}{10^9}t}$$

$$t \approx 22,300 \text{ ชั่วโมง}$$

แสดงว่าต้องเปลี่ยน Positioner ทุกๆ 22,300 ชั่วโมง เพื่อรักษาค่าความน่าเชื่อถือของระบบตัวควบคุมสุดท้ายของ IP Economizer Bypass Control Valve ให้อยู่ที่ 0.6 (60%)

จากที่ได้วิเคราะห์และกำหนดระบบที่เป็นองค์ประกอบของลูบคอนโทรลที่จำเป็นต้องหาแนวทางในการเพิ่มความน่าเชื่อถือในบอทที่ 3 แล้ว สามารถสรุปแนวทางที่เหมาะสมในการเพิ่มความน่าเชื่อถือให้แก่ระบบเหล่านี้ได้ดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 แนวทางการเพิ่มความน่าเชื่อถือแก่ระบบที่เป็นองค์ประกอบของลูบคอนโทรลประเภทที่ 3

ลูบคอนโทรลประเภทที่ 3	ระบบที่เป็นองค์ประกอบของลูบคอนโทรล	
	เปลี่ยนอุปกรณ์เมื่อระบบทำงานล้มเหลว	เปลี่ยนอุปกรณ์ตามค่าความน่าเชื่อถือที่เหมาะสม
IP Economizer Bypass	- ระบบวัดอุณหภูมิของ IP Economizer Outlet B	- ระบบตัวควบคุมสุดท้ายของ IP Economizer Bypass Control Valve
IP SH Steam Back Pressure	- ระบบวัดความดันของ CRH (Cold Reheat) Inlet	- ระบบตัวควบคุมสุดท้ายของ IP SH Steam Back Pressure Control Valve
LP ECO1 Inlet & ECO Bypass	- ระบบวัดอุณหภูมิของ LP Economizer 2 Outlet to Drum - ระบบวัดอุณหภูมิของ LP Economizer 2 Inlet	- ระบบตัวควบคุมสุดท้ายของ LP Economizer 1 Inlet Control Valve - ระบบตัวควบคุมสุดท้ายของ LP Economizer Bypass Control Valve
LP ECO1 Bypass	- ระบบวัดอุณหภูมิของ LP Economizer 1 Inlet	- ระบบตัวควบคุมสุดท้ายของ LP Economizer 1 Bypass Control Valve
LP ECO Recirculate Pump VFD Speed Control	-ระบบวัดอุณหภูมิของ LP Economizer 1 Inlet	-

อุปกรณ์ประเภทที่ 3	ระบบที่เป็นองค์ประกอบของอุปกรณ์	
	เปลี่ยนอุปกรณ์เมื่อระบบทำงานล้มเหลว	เปลี่ยนอุปกรณ์ตามค่าความน่าเชื่อถือที่เหมาะสม
LP ECO Bypass (from Gland Steam Condenser)	- ระบบวัดอุณหภูมิของ LP Economizer Feed to HP/IP Feed Water Pump	- ระบบตัวควบคุมสุดท้าย ของ LP Economizer Bypass Control Valve
ATMOS Blowoff Tank Level Control	- ระบบวัดระดับน้ำใน ATM Blowoff Tank	- ระบบตัวควบคุมสุดท้ายของ ATMOS Blowoff Tank Outlet Control Valve
ATMOS Blowoff Tank Cooling Water	- ระบบการวัดอุณหภูมิใน ATM Blowoff Tank	- ระบบตัวควบคุมสุดท้ายของ ATMOS Blowoff Tank Cooling Water Control Valve



บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

โครงการนี้ได้นำเสนอแนวทางในการเพิ่มความน่าเชื่อถือของระบบควบคุมสำหรับระบบเครื่องกำเนิดไอน้ำจากความร้อนเหลือทิ้ง (Heat Recovery Steam Generator : HRSG) ซึ่งแนวทางเหล่านี้เป็นปัจจัยอย่างหนึ่งสำหรับการตัดสินใจที่จะปรับปรุงความน่าเชื่อถือของระบบ HRSG และการวางแผนในการซ่อมบำรุงอุปกรณ์ต่างๆ เพื่อป้องกันไม่ให้งานของระบบ HRSG ผลิตพลังงานมาสู่การสูญเสียรายได้และเสียค่าปรับให้แก่องค์กรคู่สัญญา และป้องกันระบบ HRSG หยุดทำงานโดยฉับพลันจนอาจทำให้เครื่องจักรเสียหาย โดยโครงการวิเคราะห์นี้เป็นเพียงแนวทางในการเพิ่มความน่าเชื่อถือที่อ้างอิงตามหลักการทางทฤษฎีเท่านั้น โดยในทางปฏิบัติแล้วในการที่จะกำหนดว่าจะเปลี่ยนอุปกรณ์เมื่อใด และค่าความน่าเชื่อถือที่โรงไฟฟ้าต้องการเท่าใดนั้น ต้องคำนึงถึงว่าหากระบบผลิตไฟฟ้าหยุดการทำงานฉับพลันอันนำมาสู่การสูญเสียรายได้ของโรงไฟฟ้าเปรียบเทียบกับต้นทุนที่ใช้ในการเปลี่ยนอุปกรณ์หรือเพิ่มระบบสำรอง เพื่อลดโอกาสที่ระบบผลิตไฟฟ้าจะหยุดทำงานโดยฉับพลันหรือก็คือเพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือให้ระบบผลิตไฟฟ้ามากขึ้น ซึ่งทั้งนี้ต้นทุนในการเปลี่ยนอุปกรณ์หรือเพิ่มระบบสำรองจะต้องพิจารณาถึงจำนวนอุปกรณ์ที่ต้องเปลี่ยนทั้งหมด ราคาอุปกรณ์ต่อหน่วย ความถี่ของเวลาในการเปลี่ยนอุปกรณ์ก่อนเวลาที่อุปกรณ์จะเสียหาย

5.2 ปัญหาที่พบและแนวทางในการแก้ปัญหา

5.2.1 เนื่องจากข้อมูลของอัตราความล้มเหลว (Failure Rate) หรือเวลาเฉลี่ยที่จะล้มเหลว (Mean Time To Failure : MTTF) ที่เที่ยงตรงที่สุดของอุปกรณ์คือข้อมูลทางสถิติที่เก็บได้จากอุปกรณ์ของตัวโรงงานเอง โดยข้อมูลเหล่านี้ทางโรงไฟฟ้าไม่ได้เก็บไว้ จึงแก้ไขปัญหาด้วยการใช้ข้อมูลจากหนังสือคู่มือที่ทางผู้ผลิตอุปกรณ์ให้มา และข้อมูลทางสถิติที่สถาบัน OREDA รวบรวมไว้

5.2.2 เนื่องจากไม่มีข้อมูลในส่วนของจำนวนอุปกรณ์ที่มีความเสี่ยงทั้งหมดในโรงไฟฟ้า ราคาของอุปกรณ์ รวมถึงรายได้และค่าปรับของสัญญา ดังนั้นต้องให้ทางโรงไฟฟ้าพิจารณาเองว่าจุดไหนเป็นจุดที่เหมาะสมในการเปลี่ยนอุปกรณ์ ความน่าเชื่อถือเท่าใดที่โรงไฟฟ้ายอมรับได้เมื่อเทียบกับเงินลงทุนในการเปลี่ยนหรือเพิ่มอุปกรณ์

5.3 ข้อเสนอแนะ

ทั้งนี้จะต้องพิจารณาทุกระบบไม่ใช่เพียงระบบ HRSG เท่านั้นที่ทำให้ระบบผลิตไฟฟ้าหยุดทำงานฉับพลันและนำมาสู่การสูญเสียรายได้ ดังนั้นต้องนำอุปกรณ์หรือระบบย่อยที่เป็นจุดอ่อนหรือมีความเสี่ยงของทุกระบบในโรงไฟฟ้ามาวิเคราะห์และหาแนวทางในการเพิ่มความน่าเชื่อถือด้วย



บรรณานุกรม

- [1] Riccardo Manzini, Alberto Regattieri, Hoang Phan, and Emilio Ferrari. (2012). Maintenance for Industrial Systems. Leipzig; Springer.
- [2] SINTEF Industry Management. (2002). Offshore Reliability Data Handbook. 4th ed. Høvik; OREDA Participants.
- [3] ภาณุพล ถังมณี (2558). การประยุกต์ใช้ระบบควบคุมระดับน้ำแบบคาสแคดสามตัวแปรในหม้อต้ม ความดันไอน้ำสำหรับโรงไฟฟ้าด้วยตัวควบคุมแบบกระจายส่วน. วิทยานิพนธ์ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- [4] ชัยชาญ ชัยเรือน (2561). แบบจำลองความน่าเชื่อถือของการสั่งหยุดเดินเครื่องฉุกเฉินสำหรับระบบ ควบคุมเครื่องกำเนิดไอน้ำ. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรม อัตโนมัติ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- [5] Vinod Ramireddy. (2555). “An Overview of Combined Cycle Power Plant”. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา : <https://electrical-engineering-portal.com/an-overview-of-combined-cycle-power-plant> (20 พฤศจิกายน 2561)
- [6] Foxboro by Schneider Electric. (2016). “I/A Series Pressure Transmitter Function Safety Manual”. แหล่งที่มา : <https://www.fagerberg.se/wp-content/uploads/2018/02/MI%20020%20367%20Safety%20Manual.pdf> (25 พฤศจิกายน 2561)
- [7] Siemens. (2012). “Procidia Control Solutions SAMA Diagrams for Boiler Controls”. แหล่งที่มา : https://cache.industry.siemens.com/dl/files/624/51436624/att_75679/v1/AD353-131r2.pdf (30 สิงหาคม 2561)

ภาคผนวก

อัตราความล้มเหลวของอุปกรณ์ แสดงได้ดังต่อไปนี้

OREDA-2002		560		OREDA-2002						
Taxonomy no 4.2.4		Item Control and Safety Equipment Process sensors Temperature								
Population 43	Installations 2	Aggregated time in service (10 ⁶ hours)				No of demands				
		Calendar time * 1.6932		Operational time † 1.5070						
Failure mode	No of failures	Failure rate (per 10 ⁶ hours)					Active rep.hrs	Repair (manhours)		
		Lower	Mean	Upper	SD	n/r		Min	Mean	Max
Critical	6*	0.02	4.57	17.01	6.28	3.54	3.5	2.0	3.5	8.0
	6†	0.03	6.39	24.32	8.96	3.98				
Fail to function on demand	3*	0.01	2.23	8.00	2.96	1.77	4.3	2.5	4.3	8.0
	3†	0.01	3.10	11.67	4.30	1.99				
Spurious operation	3*	0.01	2.23	8.00	2.96	1.77	2.7	2.0	2.7	3.0
	3†	0.01	3.10	11.67	4.30	1.99				
All modes	6*	0.02	4.57	17.01	6.28	3.54	3.5	2.0	3.5	8.0
	6†	0.03	6.39	24.32	8.96	3.98				
Comments										

Taxonomy no 4.4.8.6		Item Control and Safety Equipment Valves Process control Globe								
Population 240	Installations 3	Aggregated time in service (10 ⁶ hours)					No of demands			
		Calendar time * 7.3330		Operational time † 6.6594			Active rep.hrs	Repair (manhours)		
Failure mode	No of failures	Failure rate (per 10 ⁶ hours)						Active rep.hrs	Repair (manhours)	
		Lower	Mean	Upper	SD	n/r	Min		Mean	Max
Plugged/Choked	2*	0.00	0.36	1.40	0.52	0.27	-	-	-	-
	2†	0.00	0.47	1.92	0.73	0.30	-	-	-	-
Spurious operation	1*	0.00	0.12	0.38	0.14	0.14	11.0	11.0	11.0	11.0
	1†	0.00	0.13	0.42	0.15	0.15	-	-	-	-
Unknown	1*	0.00	0.12	0.38	0.14	0.14	10.0	10.0	10.0	10.0
	1†	0.00	0.13	0.42	0.15	0.15	-	-	-	-
Valve leakage in closed position	6*	0.12	1.28	3.49	1.12	0.62	17.0	4.0	17.0	46.0
	6†	0.15	1.43	3.86	1.23	0.90	-	-	-	-
Incipient	25*	2.35	3.45	4.73	0.73	3.41	5.5	1.0	5.7	19.0
	25†	2.72	3.88	5.18	0.75	3.75	-	-	-	-
Abnormal instrument reading	14*	0.07	1.38	4.12	1.38	1.91	7.2	3.0	7.2	19.0
	14†	0.16	1.56	4.16	1.33	2.10	-	-	-	-
Low output	1*	0.00	0.16	0.51	0.18	0.14	1.0	1.0	1.0	1.0
	1†	0.00	0.22	0.80	0.30	0.15	-	-	-	-
Minor in-service problems	8*	0.18	1.55	4.14	1.32	1.09	3.9	2.0	4.4	8.0
	8†	0.14	1.90	5.46	1.80	1.20	-	-	-	-
Other	1*	0.00	0.26	1.05	0.39	0.14	3.0	3.0	3.0	3.0
	1†	0.00	0.27	1.09	0.41	0.15	-	-	-	-
Valve leakage in closed position	1*	0.00	0.16	0.51	0.18	0.14	2.0	2.0	2.0	2.0
	1†	0.00	0.22	0.80	0.30	0.15	-	-	-	-
Unknown	1*	0.00	0.12	0.38	0.14	0.14	87.0	119.0	119.0	119.0
	1†	0.00	0.13	0.42	0.15	0.15	-	-	-	-
Unknown	1*	0.00	0.12	0.38	0.14	0.14	87.0	119.0	119.0	119.0
	1†	0.00	0.13	0.42	0.15	0.15	-	-	-	-
All modes	187*	12.32	22.91	36.15	7.33	25.50	12.6	0.5	14.0	119.0
	187†	18.78	26.12	34.45	4.78	28.08	-	-	-	-
Comments										

Safety Related Parameters

The following variables and interfaces can be used as part of a Safety instrumented Function:

Variables: Pressure;

Interfaces: 4 to 20 mA analog current. Use in absolute, gauge, or differential pressure measurement applications as indicated by the model code.

Safety Accuracy: 2%

Safety Response Time: 750 ms maximum (with Damping set to 0 s)

Measurement Updates: Every 50 ms.

Fail Low: In rare cases, certain extreme conditions such as memory failures are signaled within the Fail Low range independent of the configured setting for the failsafe strategy. For example, a processor failure may result in a 3.8 mA output.

WARNING

To ensure safe fault monitoring, the DCS must be capable of recognizing both the Fail High and Fail Low conditions as malfunction indicators.

NOTE

1. The HART interface and/or the local interface (if present) may be used to examine data, but are not to be used as a safety-critical means of communication.
2. The write protect jumper must be in the Protect position during normal operation as detailed in the configuration and operation section.
3. The user can verify that the transmitter is operating in the secured (SIL) mode using a HART Communicator as follows:
 - From the Top Level Online menu, select Device Setup and then **Diagnostic Info**.
 - Verify that the **SIL Mode** item indicates **OK: Required + Active**.

Reliability Data

These data are valid with the following requirements:

- ◆ The logic solver (user SIF) must detect both out of range currents, both over and under, and must act upon their detection to bring the system to a safe state.
- ◆ The system operates in a low demand mode. (The frequency of demands for operation made on the system is no greater than one per year and no greater than twice the proof test frequency.)

Failure Data According to IEC 61508

Table 1. Failure Data According to IEC61508

Device	I	λ_a	λ_{dd}	λ_{du}	SFF
I/A Series Pressure Transmitter	3680 FIT	2150 FIT	1160 FIT	366 FIT	90.06%

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ - นามสกุล นายจิรานนท์ โสวัตร
วัน เดือน ปีเกิด 16 เมษายน 2539
ที่อยู่ 47/1 ม.1 ถ.ห้วยเม็ก-ท่าคันโท ต.ลำหนองแสน อ.หนองสูงศรี จ.กาฬสินธุ์ 46220
Email jiranon.sowat@gmail.com, 58010198@kmitl.ac.th
โทรศัพท์ 093-341-559

ประวัติการศึกษา

- พ.ศ. 2555 – 2557 ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย เลย
- พ.ศ.2558 – ปัจจุบัน วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต หลักสูตรวิศวกรรมการวัดคุม
ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ประสบการณ์ทำงาน

- นักศึกษาฝึกงาน แผนก Quality Measurement Instrument (QMI) บริษัท พีทีที โกลบอล เคมิคอล จำกัด
- นักศึกษาฝึกงาน แผนก DCS Maintenance (QMI) บริษัท พีทีที โกลบอล เคมิคอล จำกัด
- นักศึกษาโครงการสหกิจศึกษา แผนก C&I Maintenance (Control and Instrument) บริษัท กัลฟ์ เจพี ยูที จำกัด (มหาชน)