



# วิทยานิพนธ์

การศึกษาเหตุขัดข้องของอุปกรณ์เพื่อปรับปรุงระบบการบำรุงรักษาและ  
ทำให้ความน่าเชื่อถือของระบบสูงขึ้น: กรณีศึกษา ระบบเครื่องเพิ่ม  
แรงดันก๊าซธรรมชาติบนแท่นผลิตก๊าซนอกชายฝั่ง

**THE STUDY OF EQUIPMENT FAILURES TO IMPROVE  
MAINTENANCE SYSTEM AND SYSTEM RELIABILITY:  
A CASE STUDY OF BOOSTER COMPRESSOR SYSTEM  
ON OFFSHORE GAS PRODUCTION PLATFORM**

นายวัฒนา วิเชียรรัตน์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พ.ศ. 2550



# ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมความปลอดภัย)

ปริญญา

วิศวกรรมความปลอดภัย

โครงการสหวิทยาการระดับบัณฑิตศึกษา

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การศึกษาเหตุขัดข้องของอุปกรณ์เพื่อปรับปรุงระบบการบำรุงรักษาและทำให้  
ความน่าเชื่อถือของระบบสูงขึ้น: กรณีศึกษา ระบบเครื่องเพิ่มแรงดันก๊าซธรรมชาติ  
บนแท่นผลิตก๊าซนอกชายฝั่ง

The Study of Equipment Failures to Improve Maintenance System and System Reliability:

A Case Study of Booster Compressor System on Offshore Gas Production Platform

นามผู้วิจัย นายวัฒนา วิเชียรรัตน์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการ

) รองศาสตราจารย์ธัญญา เกียรติวัฒน์, Ph.D. (

กรรมการ

( ผู้ช่วยศาสตราจารย์เสรี เสวตเสรณี, D.Eng. (

กรรมการ

( ผู้ช่วยศาสตราจารย์นงลักษณ์ งามเจริญ, วศ.ม. (

หัวหน้าภาควิชา

) ผู้ช่วยศาสตราจารย์อนนต์ วงษ์เกษม, M.S. (

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

( รองศาสตราจารย์วินัย อัจจงหาญ, M.A. )

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ ..... เดือน ..... พ.ศ. .... .

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การศึกษาเหตุขัดข้องของอุปกรณ์เพื่อปรับปรุงระบบการบำรุงรักษาและทำให้  
ความน่าเชื่อถือของระบบสูงขึ้น: กรณีศึกษา ระบบเครื่องเพิ่มแรงดัน  
ก๊าซธรรมชาติบนแท่นผลิตก๊าซนอกชายฝั่ง

The Study of Equipment Failures to Improve Maintenance System and System Reliability:  
A Case Study of Booster Compressor System on Offshore Gas Production Platform

โดย

นายวัฒนา วิเชียรรัตน์

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์  
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมความปลอดภัย)

พ.ศ. 2550

วัฒนา วิเชียรรัตน์ 2550: การศึกษาเหตุขัดข้องของอุปกรณ์เพื่อปรับปรุงระบบการบำรุงรักษา และทำให้ความน่าเชื่อถือของระบบสูงขึ้น: กรณีศึกษา ระบบเครื่องเพิ่มแรงดันก๊าซธรรมชาติ บนแท่นผลิตก๊าซนอกชายฝั่ง ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมความปลอดภัย) สาขาวิศวกรรมความปลอดภัย โครงการสหวิทยาการระดับบัณฑิตศึกษา ปรธานกรรมการ ที่ปรึกษา: รองศาสตราจารย์ชญุช เกียรติวัฒน์, Ph.D. 102 หน้า

ก๊าซธรรมชาติและน้ำมันดิบเป็นสารไวไฟ การรั่วไหลก่อให้เกิดความไม่ปลอดภัยและเป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม อุปกรณ์เครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตปิโตรเลียมนอกชายฝั่งจึงต้องมีความปลอดภัยและมีความน่าเชื่อถือสูง การศึกษาเหตุขัดข้องของอุปกรณ์ในระบบเครื่องเพิ่มแรงดันก๊าซธรรมชาติบนแท่นผลิตก๊าซนอกชายฝั่งได้ระบุอุปกรณ์สามรายการที่การขัดข้องในปี 2549 ทำให้สูญเสียโอกาสในการผลิตเป็นมูลค่า 3,443,567 ดอลลาร์สหรัฐ จากนั้นจึงได้พิจารณาปรับระบบการบำรุงรักษาจากการซ่อมหรือเปลี่ยนหลังเหตุขัดข้อง (Break-down Maintenance) เป็นการบำรุงรักษาเชิงป้องกันด้วยการเปลี่ยนอะไหล่ (Part Replacement Preventive Maintenance – PM) โดยได้ศึกษาช่วงความถี่ในการบำรุงรักษา 8 ครั้ง 4 ครั้งและ 2 ครั้งต่อปี พบว่าการเปลี่ยนอุปกรณ์ 2 ครั้งต่อปี ให้อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อการลงทุนดีที่สุดประมาณ 18.9 ต่อ 1 ในขณะที่การเปลี่ยนอุปกรณ์ 4 ครั้งและ 8 ครั้งต่อปี ให้อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อการลงทุนเป็น 9.5 ต่อ 1 และ 4.7 ต่อ 1 ตามลำดับ คาดการณ์ว่าเมื่อมีการปรับระบบการบำรุงรักษาแล้วจะทำให้เครื่องจักรที่ทำการศึกษามีความพร้อมใช้งาน (Operational Availability) เพิ่มขึ้นจาก 89.46 เป็น 94.96 เปอร์เซ็นต์โดยประมาณ ซึ่งจะทำให้ค่าสูญเสียโอกาสในการผลิตลดลงจากประมาณ 6,269,229 เป็น 2,997,322 ดอลลาร์สหรัฐ หรือเป็นมูลค่าการผลิตประมาณ 3,271,907 ดอลลาร์สหรัฐต่อปี แต่เมื่อทำการบำรุงรักษาเชิงป้องกันด้วยการเปลี่ยนอะไหล่จะมีค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องเพิ่มขึ้นอีกประมาณ 181,772 ดอลลาร์สหรัฐต่อปีการศึกษาเหตุขัดข้องและการปรับเปลี่ยนระบบการบำรุงรักษา อุปกรณ์สำคัญตามระยะเวลาที่เหมาะสม จะช่วยให้ความน่าเชื่อถือของอุปกรณ์เครื่องจักรสูงขึ้น และมีความคุ้มค่าต่อการลงทุน

Watana Wichienrut 2007: The Study of Equipment Failures to Improve Maintenance System and System Reliability: A Case Study of Booster Compressor System on Offshore Gas Production Platform. Master of Engineering (Safety Engineering), Major Field: Safety Engineering, Interdisciplinary Graduate Program. Thesis Advisor: Associate Professor Thanya Kiatiwat, Ph.D. 102 pages.

Crude oil and natural gas are flammable. Consequently, leakage affects safety and the environment. Therefore, offshore oil and gas processing equipment must be highly reliable. The study of equipment failures in booster compressor system on an offshore gas production platform, specified into 3 major components have caused a lost production opportunity of 3,443,567 US dollars in 2006. A review of current maintenance system on these components was also conducted. Part Replacement Preventive Maintenance (PM) was proposed to replace the existing Break-down Maintenance. The preventive maintenance intervals of 8, 4 and 2 per year were then analyzed. The study revealed that the maintenance intervals of 2 per year yielded the highest benefit to cost ratio of 18.9 to 1. Where, the intervals of 4 and 8 per year yielded the benefit to cost ratio of 9.5 to 1 and 4.7 to 1, respectively. It is expected that once the revised maintenance system is implemented, availability of the booster compressor system would increase approximately from 89.46 to 94.96 percent. Also, lost production opportunity would be significantly reduced approximately from 6,269,229 to 2,997,322 US dollars or 3,271,907 US dollars saved production cost per year. However, total cost of maintenance and planned maintenance downtime will increase by approximately 181,772 US dollars per year. Study of equipment failures for adjusting maintenance system of critical equipment at appropriate intervals can improve equipment reliability and cost effectiveness.

---

Student's signature

---

Thesis Advisor's signature

\_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_

## กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. รัชฎา เกียรติวัฒน์ ประธานกรรมการ ที่ได้ให้คำปรึกษาช่วยเหลือและให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆ ขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เสรี เสวตเสรณี กรรมการวิชาเอก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นงลักษณ์ งามเจริญ กรรมการวิชาการ ผู้แทนบัณฑิตวิทยาลัย และอาจารย์ชาญณรงค์ ไวยพจน์ ที่ได้ให้คำปรึกษาแนะนำ จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้

ขอบพระคุณบริษัทยูโนแคลประเทศไทย จำกัด โดย คุณสันธาน ศาสนนันท์ ผู้จัดการแผนกวิศวกรรมเครื่องเพิ่มแรงดันก๊าซธรรมชาติ ที่ให้คำแนะนำ และสนับสนุนการเก็บข้อมูลและให้คำปรึกษาซึ่งเป็นประโยชน์อย่างยิ่ง

สุดท้ายนี้ คุณงามความดีหรือประโยชน์ทั้งหลายของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ขอมอบให้แก่ผู้มีพระคุณ บิดา มารดา คุณครูอาจารย์ และญาติมิตรทุกท่าน

วัฒนา วิเชียรรัตน์

พฤษภาคม 2550

## สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	4
การตรวจเอกสาร	7
อุปกรณ์และวิธีการ	18
อุปกรณ์	18
วิธีการ	18
ผลและวิจารณ์	20
สรุปและข้อเสนอแนะ	60
สรุป	60
ข้อเสนอแนะ	61
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	64
ภาคผนวก	66
ภาคผนวก ก ประวัติการขัดข้อง (Plank and Unplanned Shutdown) ของระบบ เครื่องเพิ่มแรงดันก๊าซธรรมชาติที่แท่นหลุมผลิตปลาหมึกชาร์ลี PMWC ปัญหาและกิจกรรมในกระบวนการผลิตของแท่นผลิต ในปี 2549	67
ภาคผนวก ข รายการและราคาวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการบำรุงรักษาระบบ เพิ่มแรงดันก๊าซธรรมชาติปลาหมึกชาร์ลี PMWC ในปี 2549	79
ภาคผนวก ค รายการบำรุงรักษาเชิงป้องกันของเครื่องเพิ่มแรงดันก๊าซธรรมชาติ ที่ระยะการใช้งานที่ 2,000 ชั่วโมง (3 เดือน) 4,000 ชั่วโมง (6 เดือน) และ 8,000 ชั่วโมง (1 ปี)	84
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	102

## สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	แสดงความพร้อมใช้งานของระบบเครื่องเพิ่มแรงดันก๊าซที่แทนหลุมผลิต ปลาหมึกชาร์ลี PMWC ในปี 2549	31
2	ความถี่และผลกระทบต่อการผลิต จากการขัดข้องของอุปกรณ์ต่างๆในระบบ เครื่องเพิ่มแรงดันก๊าซธรรมชาติปลาหมึกชาร์ลี PMWC ในปี 2549เรียงลำดับ ตามชั่วโมงการหยุดเครื่องจักรเพื่อแก้ไขปัญหาจากมากไปหาน้อย	35
3	แสดงทางเลือกช่วงความถี่ของการทำ PM	41
4	แสดงทางเลือกที่ 1 ทำ PM ทุก 1.5 เดือน หรือทำ PM ปีละ 8 ครั้ง	43
5	แสดงทางเลือกที่ 2 ทำ PM ทุก 3 เดือน หรือทำ PM ปีละ 4 ครั้ง	45
6	แสดงทางเลือกที่ 3 ทำ PM ทุก 6 เดือน หรือทำ PM ปีละ 2 ครั้ง	47
7	เปรียบเทียบกับอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อการลงทุนของทางเลือก ในการปรับตารางการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน	49
8	แสดงมูลค่าการสูญเสียโอกาสในการผลิตของระบบเครื่องเพิ่มแรงดันก๊าซ ธรรมชาติปลาหมึกชาร์ลีก่อนและหลังการปรับตาราง PM	51
9	แสดงความพร้อมใช้งานของระบบเครื่องเพิ่มแรงดันก๊าซธรรมชาติปลาหมึก ชาร์ลีก่อนและหลังการปรับตาราง PM	55
<b>ตารางผนวกที่</b>		
ก1	ประวัติการขัดข้อง (Unplan Shutdown) ของอุปกรณ์ในระบบเครื่องเพิ่ม แรงดันก๊าซที่แทนหลุมผลิตปลาหมึกชาร์ลี PMWC ในปี 2549	68
ก2	ประวัติการหยุดระบบเครื่องเพิ่มแรงดันก๊าซแทนหลุมผลิตปลาหมึกชาร์ลี PMWC เพื่อบำรุงรักษาตามแผน (Plan Shutdown) ในปี 2549	73
ก3	ประวัติการหยุดการทำงาน ของระบบระบบเครื่องเพิ่มแรงดันก๊าซแทนหลุม ผลิต ปลาหมึกชาร์ลี PMWC จากปัญหาและกิจกรรม ในกระบวนการผลิต (Plan & Unplan Shutdown) ในปี 2549	75

### สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
ข1	รายการและราคาวัสดุอุปกรณ์ ที่ใช้ในการบำรุงรักษา ระบบเพิ่มแรงดัน ก๊าซธรรมชาติปลาหมึกชาร์ลี PMWC ในปี 2549	80
ค1	รายการบำรุงรักษาเชิงป้องกันของระบบเครื่องเพิ่มแรงดันก๊าซธรรมชาติ ที่ระยะการใช้งาน 2, 000 ชั่วโมง (3 เดือน)	85
ค2	รายการบำรุงรักษาเชิงป้องกันของเครื่องเพิ่มแรงดันก๊าซธรรมชาติ ที่ระยะการใช้งาน 4, 000 ชั่วโมง ( 6เดือน)	90
ค3	รายการบำรุงรักษาเชิงป้องกันของเครื่องเพิ่มแรงดันก๊าซธรรมชาติ ที่ระยะการใช้งาน 8, 000 ชั่วโมง ( 1ปี)	95

## สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	แสดงจำนวนชั่วโมงหยุดการทำงานรวมของระบบเครื่องเพิ่มแรงดันก๊าซธรรมชาติบนแท่นหลุมผลิต PMWB, PMWC, PMWD และ PMWE ในแหล่งผลิตก๊าซธรรมชาติปลาหมึกในปี 2549	20
2	แสดงลักษณะแท่นหลุมผลิตและระบบเครื่องเพิ่มแรงดันก๊าซธรรมชาติที่ติดตั้งใช้งาน	21
3	แสดงแท่นผลิตกลาง Platong Central Processing Platform – PLCPP	22
4	ผังแสดงแท่นผลิตและท่อส่งก๊าซใต้ทะเลในแหล่งผลิตก๊าซธรรมชาติปลาหมึกในอ่าวไทย	22
5	แสดงส่วนประกอบหลักและกระบวนการทำงานของระบบเครื่องเพิ่มแรงดันก๊าซ	26
6	แสดงเครื่องจักรในระบบเพิ่มแรงดันก๊าซบนแท่นหลุมผลิต PMWC ในช่วงการติดตั้ง	27
7	แสดงกระบวนการเพิ่มแรงดันก๊าซธรรมชาติ	28
8	ผังโครงสร้างหน่วยงานระดับบริหารของผู้รับเหมาควบคุมการใช้งานและซ่อมบำรุงเครื่องเพิ่มแรงดันก๊าซธรรมชาติ	29
9	ผังโครงสร้างหน่วยงานผู้รับเหมาระดับปฏิบัติการนอกชายฝั่ง	30
10	แสดงสัดส่วนเป็นร้อยละของเวลาการหยุดการทำงานของระบบเพิ่มแรงดันก๊าซธรรมชาติปลาหมึกชาร์ลี PMWC ในปี 2549	34
11	แสดงสาเหตุการขัดข้องและเปอร์เซ็นต์การสูญเสียเวลาทำงานของเครื่องเพิ่มแรงดันก๊าซปลาหมึกชาร์ลี PMWC ในปี 2549	39
12	แสดงความพร้อมใช้งาน (Operational Availability) และมูลค่าการสูญเสียโอกาสในการผลิตของระบบเพิ่มแรงดันก๊าซปลาหมึกชาร์ลีก่อนและหลังการปรับตาราง PM ให้อุปกรณ์สามารถ	58

การศึกษาเหตุขัดข้องของอุปกรณ์เพื่อปรับปรุงระบบการบำรุงรักษาและทำให้  
ความน่าเชื่อถือของระบบสูงขึ้น: กรณีศึกษา ระบบเครื่องเพิ่มแรงดัน  
ก๊าซธรรมชาติบนแท่นผลิตก๊าซนอกชายฝั่ง

**The Study of Equipment Failures to Improve Maintenance System and  
System Reliability: A Case Study Booster Compressor System  
on Offshore Gas Production Platform**

คำนำ

ปัจจุบันมีการพัฒนาและนำวิธีการหลากหลายรูปแบบมาใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตสินค้า ซึ่งมีการแข่งขันกันด้านคุณภาพและต้นทุน อุปกรณ์เครื่องจักรในการผลิตสินค้าเหล่านี้จึงมีความสลับซับซ้อนทั้งในด้านการออกแบบ การควบคุมการใช้งาน รวมถึงการซ่อมและบำรุงรักษา การควบคุมการใช้งานและบำรุงรักษาเครื่องจักรอุปกรณ์ในการผลิตให้มีประสิทธิภาพเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญและส่งผลกระทบต่อคุณภาพ ปริมาณผลผลิต ความปลอดภัย สิ่งแวดล้อม รวมถึงชื่อเสียงและความน่าเชื่อถือของบริษัท การควบคุมการใช้งานและบำรุงรักษาเครื่องจักรอย่างไม่เหมาะสมอาจทำให้อุปกรณ์เครื่องจักรมีสภาพที่ไม่ปลอดภัย ส่งผลให้เกิดอุบัติเหตุหรือขาดประสิทธิภาพในการผลิต

ระบบเครื่องเพิ่มแรงดันก๊าซ (Booster Compressor) เป็นอุปกรณ์สำคัญบนแท่นหลุมผลิตก๊าซธรรมชาตินอกชายฝั่ง โดยการติดตั้งอุปกรณ์นี้ทำให้สามารถลดแรงดันด้านที่หัวหลุมผลิตก๊าซ ซึ่งการลดแรงดันจะทำให้ก๊าซและน้ำมันภายใต้พื้นดินสามารถไหลออกมาได้เร็วขึ้นและในปริมาณมากขึ้น ในขณะที่การลงทุนเจาะสำรวจและผลิตก๊าซและน้ำมันต้องใช้งบลงทุนสูงและมีการกำหนดระยะเวลาของสัมปทานการผลิต การนำก๊าซหรือน้ำมันออกมาจากหลุมผลิตได้น้อยหรือช้าในขณะที่ยังมีค่าใช้จ่ายอื่น ๆ อย่างต่อเนื่องทำให้เกิดการสูญเสียรายได้ นอกจากนี้การที่ไม่สามารถนำก๊าซหรือน้ำมันออกมาจากหลุมผลิตได้หมดก่อนทำการปิดหลุมผลิตอย่างถาวร (Well Abandonment) ถือเป็น การสูญเสียทางเศรษฐกิจที่สำคัญ

ระบบเครื่องเพิ่มแรงดันก๊าซนี้มีชิ้นส่วนเคลื่อนไหวและอุปกรณ์ย่อยอีกเป็นจำนวนมาก และมีการทำงานตลอดยี่สิบสี่ชั่วโมง ยกเว้นช่วงเวลาที่ต้องหยุดเครื่องจักรเพื่อการซ่อมและบำรุงรักษา ระบบเครื่องเพิ่มแรงดันก๊าซนี้มีการติดตั้งใช้งานบนแท่นหลุมผลิตก๊าซนอกชายฝั่ง (Offshore Well Platform) ที่โดยปกติจะไม่มีเจ้าหน้าที่อยู่ประจำ การควบคุมการทำงานของเครื่องจักรรวมถึงการเฝ้าตรวจทำโดยใช้การควบคุมจากระยะไกล (Remote Control and Monitoring) ผ่านระบบ SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) การตรวจสภาพเครื่องจักรโดยเจ้าหน้าที่มีเพียงสองครั้งต่อเดือนตามการออกแบบ ดังนั้นหากเครื่องจักรเกิดปัญหาอาจใช้เวลาหลายวันกว่าเจ้าหน้าที่จะตรวจพบซึ่งความเสียหายอาจรุนแรงกว่าการตรวจพบและแก้ไขตั้งแต่เบื้องต้น นอกจากนี้ยังมีการวางแผนติดตั้งใช้งานเครื่องจักรแบบเดียวกันนี้ในอนาคตอีกกว่า 200 เครื่อง

### ความสำคัญของปัญหา

ระบบเครื่องเพิ่มแรงดันก๊าซในแหล่งผลิตก๊าซธรรมชาติที่ทำการศึกษา มีใช้งานจำนวนสี่เครื่อง พบว่าเครื่องจักรแต่ละเครื่องมีเวลารวมหยุดทำงาน (Total Downtime) ค่อนข้างสูง นอกจากนั้นมีเครื่องจักรเครื่องหนึ่งได้รับความเสียหายอย่างรุนแรงจากอุบัติเหตุ การสอบสวนอุบัติเหตุพบว่า หนึ่งในสาเหตุพื้นฐานที่ทำให้เกิดอุบัติเหตุเกิดจากการตรวจและบำรุงรักษาเครื่องจักรที่ไม่เพียงพอ จากการศึกษาเบื้องต้นพบว่ายังไม่มีการวิเคราะห์จัดระดับความสำคัญของอุปกรณ์ การจัดการบำรุงรักษาเชิงป้องกันของเครื่องจักรในปัจจุบันจัดทำโดยอาศัยข้อมูลจากผู้ผลิตเป็นหลัก นอกจากนั้นยังพบว่ายังไม่มีการนำข้อมูลการจัดซ่อมของเครื่องจักรมาวิเคราะห์เพื่อใช้ปรับแผนงานการควบคุมการใช้งานและการบำรุงรักษาเครื่องจักรอย่างจริงจัง และยังไม่มีการนำระบบคอมพิวเตอร์บริหารการบำรุงรักษา CMMS (Computerized Maintenance Management Systems) มาใช้กับระบบเครื่องเพิ่มแรงดันก๊าซนี้

เนื่องจากก๊าซธรรมชาติและน้ำมันเป็นสารไวไฟซึ่งการรั่วไหลอาจก่อให้เกิดอันตรายจากการเกิดเพลิงไหม้และเป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม นอกจากนั้นการผลิตก๊าซและน้ำมันนอกชายฝั่งยังมีปัญหาและข้อจำกัดอื่น ๆ อีกมากมาย การควบคุมการทำงานและการปรับปรุงระบบบำรุงรักษาอุปกรณ์เครื่องจักรในการผลิตก๊าซธรรมชาตินอกชายฝั่งให้มีความน่าเชื่อถือสูงและมีความปลอดภัยจึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง

จากเหตุการณ์ดังกล่าวจึงเป็นแรงจูงใจให้ทำการศึกษาในครั้งนี้ ซึ่งคาดว่าผลการศึกษาจะเป็นประโยชน์ต่อหน่วยงานในการนำผลการศึกษาไปประกอบการวางแผนบริหารควบคุมการใช้งานและบำรุงรักษาเครื่องจักรเครื่องอื่น ๆ ที่มีลักษณะคล้ายกันให้มีความน่าเชื่อถือดีขึ้น

## วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษากระบวนการทำงานของระบบเครื่องเพิ่มแรงดันก๊าซธรรมชาติบนแท่นหลุมผลิตก๊าซนอกชายฝั่ง รวมทั้งหน้าที่รายละเอียดของอุปกรณ์ต่าง ๆ ในระบบ
2. เพื่อศึกษาสาเหตุการขัดข้องของระบบเครื่องเพิ่มแรงดันก๊าซธรรมชาติ รวมถึงผลกระทบที่เกิดขึ้น
3. เสนอแนวทางเพื่อปรับปรุงระบบการบำรุงรักษาและเพิ่มความน่าเชื่อถือของระบบเครื่องเพิ่มแรงดันก๊าซธรรมชาติ

## ขอบเขตของการวิจัย

1. ศึกษากระบวนการเพิ่มแรงดันก๊าซธรรมชาติ บนแท่นหลุมผลิตนอกชายฝั่งชื่อ ปลาหมึกชาร์ลี (PMWC) ในแปลงสัมปทานสำรวจและผลิตปิโตรเลียมปลาหมึกในอ่าวไทยของบริษัท ยูโนแคลไทยแลนด์จำกัด เพื่อเป็นต้นแบบในการขยายผลต่อไป
2. ศึกษาข้อมูลประวัติเหตุขัดข้องและผลกระทบของระบบเครื่องเพิ่มแรงดันก๊าซธรรมชาติ ปลาหมึกชาร์ลีที่ได้จากการบันทึกไว้ในปี 2549

## ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ทราบปัญหาเหตุขัดข้องของระบบเครื่องเพิ่มแรงดันก๊าซธรรมชาติที่ทำการศึกษา
2. ได้ข้อเสนอเพื่อปรับปรุงระบบการบำรุงรักษาและเพิ่มความน่าเชื่อถือของระบบเครื่องเพิ่มแรงดันก๊าซธรรมชาติ
3. ได้แนวทางในการนำผลการศึกษาไปประกอบการวางแผนบริหารการบำรุงรักษาอุปกรณ์เครื่องจักรเครื่องอื่นที่มีลักษณะคล้ายกันให้มีความน่าเชื่อถือดีขึ้น

## นิยามศัพท์

ความน่าเชื่อถือ (Reliability) หมายถึง ความสามารถของอุปกรณ์ หรือระบบที่จะทำงานได้ตามหน้าที่ (Function) ที่ต้องการในสภาพแวดล้อมและช่วงเวลาที่กำหนดไว้ วิธีการตรวจสอบว่าอุปกรณ์หรือระบบนั้นมีความน่าเชื่อถือหรือไม่ เราสามารถพิจารณาจากมาตรฐานต่าง ๆ ที่อุปกรณ์หรือระบบนั้นได้รับ นอกจากนี้ความน่าเชื่อถือยังเป็นปัจจัยที่สัมพันธ์กับ MTBF (Mean Time Between Failure) ถ้าค่าของ MTBF มากเท่าใด หมายถึงอุปกรณ์นั้นมีความน่าเชื่อถือสูงเท่านั้น

Meantime Between Failure (MTBF) หมายถึง อายุการใช้งานของเครื่องจักร-อุปกรณ์ที่สามารถใช้งานได้ก่อนเกิดข้อขัดข้องเสียหาย

MTTR (Mean Time To Repair) หมายถึง เวลาเฉลี่ยในการแก้ไขหรือกู้ระบบให้กลับมาใช้งานได้เหมือนเดิม

MTPM (Mean Time for Preventive Maintenance) หมายถึง ระยะเวลาโดยเฉลี่ยในการบำรุงรักษาเชิงป้องกันต่อช่วงเวลาหนึ่ง

งานบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance - PM) หมายถึง งานบำรุงรักษาที่มีการวางแผนและกำหนดการทำงานไว้ล่วงหน้า โดยมีวัตถุประสงค์ที่จะป้องกันหรือลดปัญหาการขัดข้องของเครื่องจักร-อุปกรณ์ให้น้อยลงหรือให้หมดสิ้นไป

ระบบคอมพิวเตอร์บริหารการบำรุงรักษา CMMS (Computerized Maintenance Management Systems) หรือบางครั้งเรียกว่าระบบ FAMS (Facilities Asset Management Systems) หมายถึง ระบบเครื่องและ โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการจัดการบริหารงานบำรุงรักษาของอุปกรณ์เครื่องจักรและโรงงาน รวมถึงการเก็บบันทึกข้อมูลสำคัญที่เกี่ยวข้องกับการซ่อมและบำรุงรักษา การนำระบบคอมพิวเตอร์บริหารการบำรุงรักษามาใช้งานมีจุดประสงค์เพื่อช่วยเพิ่มผลผลิต และลดค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน

การสูญเสียโอกาสในการผลิต (Lost Production Opportunity – LPO) ในที่นี้หมายถึง การสูญเสียโอกาสในการผลิตก๊าซหรือน้ำมันเนื่องจากการขัดข้องของระบบเครื่องจักร ในกระบวนการผลิต คำจำกัดความนี้ใช้กับอุตสาหกรรมการผลิตปิโตรเลียมเพื่อใช้วัดประสิทธิภาพ และความน่าเชื่อถือของกระบวนการผลิต การสูญเสียโอกาสในการผลิตจะวัดเป็นรายวัน และ จะไม่คำนึงถึงการผลิตชดเชยที่อาจทำได้ในวันถัดไป

ความพร้อมใช้งานของเครื่องจักร (Operational Availability) หมายถึง ความพร้อมใช้งาน ของเครื่องจักรในช่วงระยะเวลาหนึ่ง ๆ ที่ได้หักเวลาหยุดเครื่องจักรทั้งตามแผนงานและนอกแผนงาน บำรุงรักษาออกไปแล้ว เหลือเป็นค่าความพร้อมใช้งานสุทธิในช่วงระยะเวลานั้น ๆ

โหมดการเสีย (Failure Mode) หมายถึง การสิ้นสุดความสามารถของชิ้นส่วนที่จะทำงาน ตามหน้าที่ที่มันถูกออกแบบมา ชิ้นส่วนหนึ่งอาจเสียได้หลายโหมด ตัวอย่างเช่น ถัดวงจร วงจรเปิด รั่ว อุดตัน ขาด หัก บิ่น ดัด เคลื่อนไหวไม่ได้ ซึ่งเป็นการกำหนดประเภทลักษณะอาการของ ปัญหาข้อขัดข้อง ชำรุดเสียหายของเครื่องจักร-อุปกรณ์ให้เป็นมาตรฐานเพื่อใช้บันทึกประวัติ และ วิเคราะห์ผลเชิงสถิติความน่าเชื่อถือ

Root Cause Failure Analysis หมายถึง การวิเคราะห์ค้นหาสาเหตุพื้นฐานหรือสาเหตุ ที่แท้จริงเพื่อระบุและกำหนดประเภทของสาเหตุและปัญหาที่ทำให้เกิดข้อขัดข้อง ชำรุดเสียหาย ของเครื่องจักร-อุปกรณ์ให้เป็นมาตรฐาน เพื่อใช้บันทึกเก็บประวัติ และวิเคราะห์ผลเชิงสถิติ ความน่าเชื่อถือ

SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) หมายถึง ระบบคอมพิวเตอร์ที่ใช้ รวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลตามเวลาจริง (real time data) ในวงการอุตสาหกรรมระบบ SCADA ได้ถูกนำมาใช้ในการตรวจ และควบคุมการทำงานของอุปกรณ์เครื่องจักรในระบบต่าง ๆ เช่น ระบบการสื่อสาร กระบวนการผลิตและกลั่นปิโตรเลียม การควบคุมการขนส่ง เป็นต้น

การบำรุงรักษาตามแผนงาน (Planned Maintenance) หมายถึง การวางแผนและการกำหนด การงานบำรุงรักษาไว้ล่วงหน้า ซึ่งครอบคลุมถึงแผนงานบำรุงรักษาระหว่างเดินเครื่อง และ งานบำรุงรักษาในระหว่างหยุดเดินเครื่องตามแผน

การบำรุงรักษานอกแผนงาน (Unplanned Maintenance) หมายถึง การบำรุงรักษาที่ไม่ได้ กำหนดไว้ในแผนงานซึ่งเกิดจากปัญหาการขัดข้อง การชำรุดเสียหายของอุปกรณ์

## การตรวจเอกสาร

ในการศึกษาเรื่อง “การศึกษาเหตุขัดข้องของอุปกรณ์เพื่อปรับปรุงระบบการบำรุงรักษาและทำให้ความน่าเชื่อถือของระบบสูงขึ้น” ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี และรวบรวมงานวิจัยที่เกี่ยวข้องนำเสนอได้ตามลำดับดังนี้

### ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

Barringer (2001) ได้ศึกษาเกี่ยวกับมุมมองของผู้บริหารในเรื่องค่าความน่าเชื่อถือ (Reliability) โดยกล่าวว่าค่าความเชื่อถือของธุรกิจเริ่มต้นจากการระดับบริหารจัดการ หลักการของค่าความน่าเชื่อถือช่วยระบุว่าจะระบบหรือกระบวนการจะล้มเหลวเมื่อใดและอย่างไรโดยทำการเปรียบเทียบในแง่ของค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งาน (Life Cycle Cost) ซึ่งจะช่วยให้ตัดสินใจในการลดต้นทุนในระยะยาวให้ต่ำที่สุด และหากไม่มีข้อมูลค่าความน่าเชื่อถือของความล้มเหลวหรือการขัดข้อง (Failure) ดังกล่าวจะทำให้ยากต่อการคำนวณค่ากำไรสุทธิ (Net Profit Value – NPV) ที่เป็นสิ่งที่จะช่วยในการตัดสินใจทางธุรกิจ ยิ่งไปกว่านั้นหากลูกค้าของบริษัทไม่พอใจความน่าเชื่อถือของระบบผู้บริหารจำเป็นต้องพิจารณาเพื่อทำการปรับปรุง

NASA Reliability Centered Maintenance Guide for Facilities and Collateral Equipment, 3-14 February 2000 - การจัดช่วงเวลาการบำรุงรักษาเชิงป้องกันในระยะแรกโดยทั่วไปจะใช้ค่า Mean Time Between Failures (MTBF) เป็นตัวกำหนด แต่ค่า MTBF นี้ไม่ได้ให้รายละเอียดของผลต่อความน่าเชื่อถือจากอายุการใช้งานที่เพิ่มขึ้น ค่า MTBF ให้เพียงค่าอายุการใช้งานเฉลี่ยที่เกิดการขัดข้องของอุปกรณ์ การใช้การวิเคราะห์แบบ Weibull distribution ในอุตสาหกรรมการผลิตแบบรีง (bearing) เพื่อหาค่าอายุการใช้งานของแบริงสามารถให้ข้อมูล distribution of failures ได้ถูกต้องกว่า อย่างไรก็ตามหากไม่มีข้อมูลค่าความน่าเชื่อถือตามอายุการใช้งานที่สมบูรณ์ก็ให้ใช้การเฝ้าตรวจสภาพเครื่องจักร ซึ่งเป็นวิธีที่ดีที่สุด

## การคำนวณความน่าเชื่อถือ (Reliability Calculations): Mean Time Between Failure (MTBF)

ค่า MTBF สามารถได้จากข้อมูลประวัติเครื่องจักรที่มีบันทึกไว้ในระบบคอมพิวเตอร์ การบำรุงรักษา หรือข้อมูลที่บันทึกไว้จากแหล่งต่าง ๆ เช่น โดยผู้ควบคุมเครื่องจักร บันทึกการจ่ายอะไหล่ บันทึกที่จัดทำไว้โดยผู้รับเหมา เป็นต้น ค่าความน่าเชื่อถือมีสูตรดังต่อไปนี้

$$R(t) = 1 - F(t)$$

โดย  $F(t)$  เป็นค่าโอกาสความน่าจะเป็นของการขัดข้องที่เวลา  $t$   $F(t)$  เป็นฟังก์ชันการแจกแจงของการขัดข้อง หรือฟังก์ชันการขัดข้องของความไม่น่าเชื่อถือ (unreliability) ถ้าตัวแปรสุ่ม  $t$  มีฟังก์ชันความหนาแน่นเป็น  $f(t)$  ความน่าเชื่อถือจะเป็น

$$R(t) = 1 - F(t) = \int_0^t f(t) dt$$

ถ้าเวลาก่อนการขัดข้องเป็นฟังก์ชันความหนาแน่นแบบ Exponential ดังนั้น

$$f(X) = 1/L(e^{-t/L})$$

เมื่อ  $L$  เป็นค่าอายุเฉลี่ย  $t$  เป็นช่วงเวลาที่สนใจ และ  $e$  เป็นค่าฐาน Log ธรรมชาติ (2.7183) ความน่าเชื่อถือที่เวลา  $t$  จะเป็น

$$R(t) = 1/L(e^{-t/L}) = e^{-t/L}$$

ค่าอายุเฉลี่ย ( $L$ ) เป็นค่าเฉลี่ยทางคณิตศาสตร์ของอุปกรณ์ทุกชิ้นที่สนใจ ค่าอายุเฉลี่ยสำหรับฟังก์ชันแบบ Exponential มีค่าเท่ากับค่า Mean Time Between Failures (MTBF)

$$R(t) = e^{-t/M} = e^{-F/t}$$

เมื่อ F เป็นอัตราการชำรุดแบบทันที (instantaneous) และ M คือ MTBF ถ้าอุปกรณ์มีอัตราการชำรุดแบบคงที่ ค่าความน่าเชื่อถือของอุปกรณ์ที่ค่าอายุเฉลี่ยประมาณ 0.37 หมายถึงมีความน่าจะเป็นอยู่ 37 เปอร์เซ็นต์ ที่อุปกรณ์จะทำหน้าที่ได้ในช่วงเวลาอายุเฉลี่ยนั้น โดยไม่มีการชำรุด ค่าอายุเฉลี่ยและอัตราการชำรุดมีความสัมพันธ์กันดังนี้

$$Fr = 1/L$$

### อัตราการชำรุด (Failure Rate - Fr)

หมายถึง อัตราการชำรุดของอุปกรณ์ในช่วงเวลาหนึ่ง อัตราการชำรุด (Fr) สามารถคำนวณได้จากสูตรต่อไปนี้

$$Fr = \text{จำนวนครั้งของการชำรุด} / \text{ชั่วโมงการทำงานทั้งหมด}$$

### ความสัมพันธ์ของความน่าเชื่อถือของอุปกรณ์ (Reliability Component Relationships)

ก. ความสัมพันธ์แบบอนุกรม (Series Networks) ความสัมพันธ์แบบนี้หากมีการชำรุดของอุปกรณ์ส่วนใดในระบบก็จะส่งผลให้ระบบทั้งหมดต้องหยุดการทำงานไปด้วย การหาค่าความน่าเชื่อถือจะใช้สูตรต่อไปนี้

$$\text{Reliability (R)} = (R_A)(R_B)(R_C)$$

หากระบบนี้มีการกำหนดช่วงเวลาการทำงานมาเกี่ยวข้อง ค่าความน่าเชื่อถือรวมของอุปกรณ์จะใช้สูตรต่อไปนี้

$$RS = e^{-(1+1+\dots+1)t}$$

ข. ความสัมพันธ์แบบขนาน (Parallel Networks) ในระบบความสัมพันธ์แบบขนานจะมีอุปกรณ์สำรองติดตั้งอยู่ ตัวอย่างเช่น สายการบรรจุผลิตภัณฑ์แบบขนานกัน หรือการมีปั๊มน้ำสำรองในระบบทำความเย็นแบบчилเลอร์ (chiller) ดังนั้นค่าความน่าเชื่อถือจึงจะเป็น

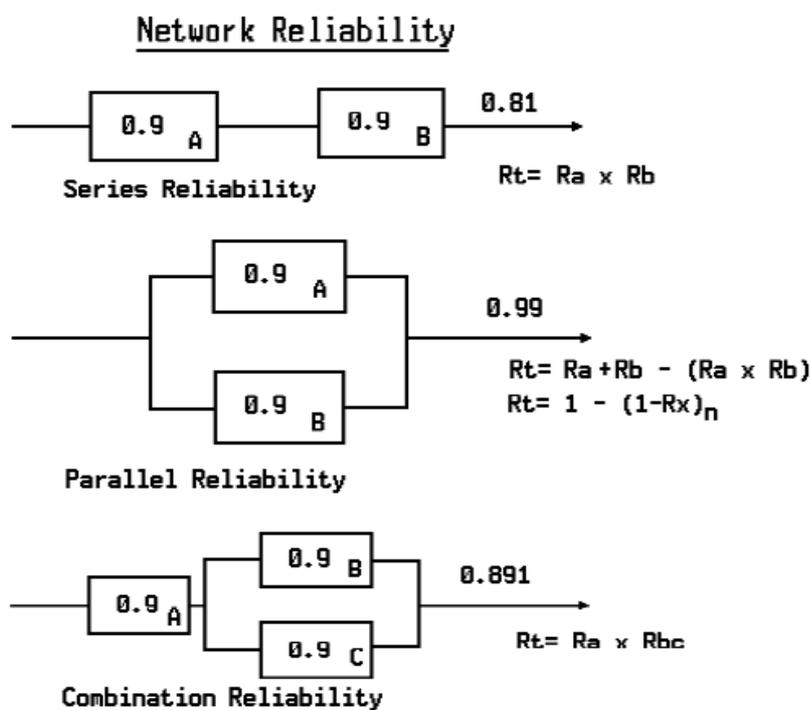
Reliability (R)

$(R) = R_A + R_B - (R_A)(R_B)$  มีอุปกรณ์ต่อขนานกัน 2 ชุด (2 component network)

$(R) = 1 - (1-R_A)(1-R_B)(1-R_C)$  มีอุปกรณ์ต่อขนานกัน 3 ชุด (3 component network)

$(R) = 1 - (1-R)^n$  มีอุปกรณ์ต่อขนานกัน n ชุด (n identical components)

ค. ความสัมพันธ์แบบอนุกรม-ขนาน (Series-parallel networks) ภาพต่อไปนี้แสดงวิธีการหาค่าความน่าเชื่อถือของอุปกรณ์ในระบบที่มีความสัมพันธ์แบบอนุกรม-ขนาน กรณีเป็นวงจรไฟฟ้า ต้องวิเคราะห์ส่วนที่เป็นความสัมพันธ์แบบขนานก่อนแล้วจึงวิเคราะห์ส่วนทั้งหมดโดยรวมอุปกรณ์ทั้งหมดเป็นแบบอนุกรม



สุวัฒน์ และคณะ (2549) สัมฤทธิ์ผลของงานบำรุงรักษา (Efficacy of Maintenance) ได้อธิบายหลักการจัดระบบงานและการจัดการเพื่อให้กิจกรรมต่างๆ ของงานบำรุงรักษาและหน่วยงานข้างเคียงเชื่อมโยงเข้าหากันอย่างมีประสิทธิภาพ ตลอดจนได้นำเสนอข้อเสนอแนะและข้อสรุปที่ครอบคลุมวิธีปฏิบัติของระบบบริหารงานบำรุงรักษาอันเป็นแนวทางที่ช่วยให้สามารถนำไปกำหนดบทบาทหน้าที่และทิศทางการพัฒนาระดับสมรรถนะของหน่วยงานบำรุงรักษา เพื่อตอบสนองต่อนโยบายการใช้ทรัพยากรให้เกิดประโยชน์คุ้มค่าสูงสุด

## การวิเคราะห์เพื่อปรับปรุงกิจกรรมของงานบำรุงรักษาตามแผนงาน

ใน PM-Program การเก็บประวัติงานบำรุงรักษาของเครื่องจักร-อุปกรณ์จะมีความสำคัญอย่างยิ่งเพราะการวิเคราะห์การทำงานของงานบำรุงรักษาตามแผนงานจะต้องอาศัยการสะสมข้อมูลในแฟ้มประวัติของเครื่องจักร-อุปกรณ์อย่างน้อย 3 ปี เพื่อที่จะทำการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติได้ถูกต้องแม่นยำแน่นอน ข้อมูลที่นำมาประกอบกรวิเคราะห์งานบำรุงรักษาในขั้นต้นนั้นให้ความสำคัญกับประเด็นต่อไปนี้

- เครื่องจักร-อุปกรณ์ที่มีค่าใช้จ่ายงานบำรุงรักษาสูง High Maintenance Cost (Planned & Unplanned Maintenance Cost) ซึ่งมักจะแสดงผล โดยเลือกเครื่องจักร-อุปกรณ์ที่มีค่าใช้จ่ายงานบำรุงรักษาสูงสุด 10 อันดับแรก (Top Ten High Cost Area) เพื่อจะได้ทำการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายในรายละเอียดต่อไป
- การประเมินแยกค่าใช้จ่ายด้านงานบำรุงรักษาตามแผนงาน และงานบำรุงรักษา นอกแผนงานของเครื่องจักร-อุปกรณ์แต่ละตัว และภาพรวมของโรงงาน
- ชั่วโมงทำงาน Man-Hours ของงานบำรุงรักษาตามแผนงาน และงานบำรุงรักษา นอกแผนงานในภาพรวมทั้งหมด
- แสดงผลอัตราการเกิดการขัดข้องเสียหายของเครื่องจักร-อุปกรณ์สูงสุด 10 อันดับแรก (Top Ten High Failure Rate หรือ Top Ten High Problem Area)
- อัตราการเกิดการขัดข้อง (Failure Rate) และ Mean Time Between Failure (MTBF) ของเครื่องจักร-อุปกรณ์ที่ส่งผลกระทบต่อความชะงักงันของระบบการผลิตทุก ๆ ครั้ง
- ปัจจัยความพร้อมใช้งาน (Availability Factor) หรือปัจจัยความน่าเชื่อถือ (Reliability Factor) ของระบบผลิตและของโรงงาน

ในการปรับปรุง PM – Program เมื่อผ่านขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลจากแฟ้มประวัติ อุปกรณ์แล้ว จะเป็นขั้นตอนการจัดทำดัชนีวัดค่าเพื่อประเมินผลงานบำรุงรักษา และนำไปสู่การปรับ PM-Program ให้เหมาะสมยิ่งขึ้น

## แนวทางการวิเคราะห์ข้อมูลงานบำรุงรักษาที่นำปรับ PM-Program

ก. ชั่วโมงทำงานของงานบำรุงรักษาตามแผนงาน และงานบำรุงรักษานอกแผนงาน (Planned Maintenance Man-Hours: Unplanned Maintenance Man-Hours)

หากการวิเคราะห์ข้อมูลบ่งชี้ว่าสัดส่วนชั่วโมงการทำงานของ PM-Maintenance ต่ำกว่า 2 เท่าของชั่วโมงการทำงานของงานบำรุงรักษาตามแผนงาน อาจสรุปได้ว่าปริมาณการทำงานของกิจกรรมงานบำรุงรักษาที่กำหนดไว้ใน PM-Program นั้นต่ำเกินไปและควรมีการปรับแผนงาน เพื่อให้มีกิจกรรมงานบำรุงรักษาตามแผนงานเพิ่มมากขึ้นไปอีก ซึ่งสัดส่วนชั่วโมงการทำงานที่เหมาะสมนั้น Planned Man-Hrs ควรจะมากกว่า Unplanned Man-Hours ตั้งแต่ 2 เท่าขึ้นไปและอาจจะสูงได้ถึง 4-8 เท่า กรณีที่เป็นโรงงานประเภทโรงกลั่น โรงไฟฟ้า โรงงานปิโตรเคมี

ข. เครื่องจักร-อุปกรณ์ที่มีค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาสูงสุด 10 อันดับแรก (Top Ten High Cost Areas)

แบ่งทำการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาของเครื่องจักร-อุปกรณ์สูงสุด 10 อันดับแรก โดยระบุค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากงานบำรุงรักษาตามแผนงาน และงานบำรุงรักษาตามแผนงานในแต่ละอันดับในกรณีค่าใช้จ่ายงานบำรุงรักษาตามแผนงาน สูงเกิน 70% ควรพิจารณาว่ามีกิจกรรมของงานบำรุงรักษาตามแผนงานสูงเกินความจำเป็นหรือไม่ โดยอาจจะปรับลดกิจกรรมของงานบำรุงรักษาตามแผนงานบางส่วนลดลงได้บ้าง ด้วยการขยายช่วงเวลาของกิจกรรมแต่ละประเภทออกไปทีละน้อย และติดตามวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายเปรียบเทียบกับงานบำรุงรักษาตามแผนงาน จนพบว่าค่าใช้จ่ายงานบำรุงรักษาตามแผนงานเริ่มสูงขึ้น จึงลดช่วงเวลาการทำงานของงานบำรุงรักษาตามแผนงานให้สั้นลงนั่นคือการทำงานให้ถี่ขึ้น ซึ่งจะสร้างสมดุลค่าใช้จ่ายของงานบำรุงรักษาได้ในระดับหนึ่ง ในกรณีนี้หากสามารถวิเคราะห์หาค่าอายุใช้งานเฉลี่ยก่อนการขัดข้อง (Mean Time Between Failure – MTBF) ได้จะทำให้สามารถกำหนดช่วงเวลาการทำงานงานบำรุงรักษาตามแผนงานให้มีความชัดเจนได้มากขึ้น กล่าวคือควรกำหนดให้ช่วงเวลาการทำงานของงานบำรุงรักษาตามแผนงานก่อนถึงช่วงเวลาของ MTBF

ในกรณีค่าใช้จ่ายงานบำรุงรักษานอกแผนงานที่รวมความเสียหายของวัตถุและพลังงาน ที่สูญเสียชีวิตไป เป็นสัดส่วนที่สูงกว่างานบำรุงรักษาตามแผนงาน จะต้องพิจารณาเพิ่มกิจกรรมของ งานบำรุงรักษาตามแผนงานให้มากขึ้น โดยปรับช่วงระยะเวลาของการทำ Part Replacement PM ให้เร็วขึ้น หรืออาจพิจารณาเพิ่มกิจกรรมด้าน Condition Monitoring ให้ดีขึ้น จนสามารถควบคุม ไม่ให้เกิดปัญหาชำรุดเสียหาย เพื่อลดค่าใช้จ่ายของงานบำรุงรักษานอกแผนงานลง

ค. อัตราการเกิดการขัดข้องเสียหายของเครื่องจักร-อุปกรณ์สูงสุด 10 อันดับแรก (Top Ten High Failure Rate)

การพิจารณา Failure Rate จะต้องพิจารณาตามระดับความสำคัญของเครื่องจักร-อุปกรณ์ โดยต้องพยายามลด Failure Rate ของเครื่องจักร-อุปกรณ์ที่มีความสำคัญระดับ 1 และ ระดับ 2 ลงให้ต่ำที่สุด แต่จะยอมให้เกิด Failure Rate ได้ที่มีความสำคัญระดับ 3 และระดับ 4 โดยเฉพาะ เครื่องจักร-อุปกรณ์ที่มีความสำคัญระดับ 4 จะใช้นโยบายการบำรุงรักษา Run to Failure เป็นส่วนใหญ่ ส่วนเครื่องจักร-อุปกรณ์ที่มีความสำคัญระดับ 3 อาจจะยอมให้เกิด Failure Rate ได้บ้าง ในกรณีที่ ราคาของเครื่องจักร-อุปกรณ์นั้นไม่สูงนัก

หากพิจารณาทั้ง High Failure Rate และ High Cost Area แล้วพบว่าเครื่องจักร-อุปกรณ์ใด อยู่ในข่ายทั้งสองกรณี จะต้องพิจารณาเพิ่มกิจกรรมงานบำรุงรักษาตามแผนงานให้มากขึ้น เพื่อควบคุมให้ค่าใช้จ่ายโดยรวมและ Failure Rate ลดลงด้วย แต่หากเพิ่มกิจกรรมงานบำรุงรักษา ตามแผนงานเต็มที่แล้ว ไม่สามารถลด Failure Rate ลงได้ จะต้องพิจารณาแนวทางการทำการบำรุง รักษาเชิงปรับปรุง (Improvement Maintenance - IM) เพื่อลดค่าใช้จ่ายโดยรวม เมื่อพิจารณาแล้วว่า งาน IM นั้นคุ้มค่ากับการลงทุนเปลี่ยนแปลงปรับปรุงเครื่องจักร-อุปกรณ์ที่เป็นปัญหา

การปรับปรุงความน่าเชื่อถือ (Reliability Improvement) เริ่มจากการเก็บบันทึกข้อมูล ของงานบำรุงรักษาทั้งงานบำรุงรักษานอกแผนงาน และงานบำรุงรักษาตามแผนงานอย่างละเอียด แม่นยำ ทั้งนี้เพื่อนำข้อมูลที่บันทึกไว้มาทำการวิเคราะห์เชิงสถิติขั้นสูง เพื่อหาค่าความน่าเชื่อถือ ของเครื่องจักร-อุปกรณ์และระบบการผลิต เพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงคุณภาพของ งานบำรุงรักษา และควบคุมค่าใช้จ่ายงานบำรุงรักษาให้เกิดประโยชน์ คุ้มค่า อย่างมีประสิทธิภาพ สูงสุด ข้อมูลพื้นฐานที่จำเป็นต้องใช้ในการวิเคราะห์ค่าน่าเชื่อถือของเครื่องจักร-อุปกรณ์ ได้แก่

- การกำหนดกลุ่มประเภทของปัญหาที่เกิดการขัดข้อง เสียหาย ของเครื่องจักร-อุปกรณ์ (Failure Mode) ให้เป็นมาตรฐาน
- การบันทึกผลการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาของเครื่องจักร-อุปกรณ์ (Root Cause Failure Analysis) ที่มีการแยกแยะข้อมูลอย่างเป็นระบบ
- อัตราการใช้อะไหล่ในการบำรุงรักษา ทั้งงานบำรุงรักษาตามแผนงานและงานบำรุงรักษา นอกแผนงานของเครื่องจักร-อุปกรณ์หลักที่มีความสำคัญระดับสูง
- การบันทึกค่าใช้จ่ายของงานบำรุงรักษาแต่ละงานอย่างถูกต้อง แม่นยำ ครบถ้วน และมีหลักการบันทึกค่าใช้จ่ายเป็นมาตรฐานที่ยอมรับได้ในระบบบัญชีต้นทุนการผลิตสินค้า

นอกจากนี้แล้วจะเป็นการนำข้อมูลที่รวบรวมได้มาประเมินผลทางสถิติวิศวกรรมความน่าเชื่อถือ (Reliability Engineering) เพื่อหาข้อสรุปทางด้านความคุ้มค่าของกิจกรรมบำรุงรักษา การกำหนดความเหมาะสมของงานบำรุงรักษาตามแผนงาน และต่อเนื่องถึงการกำหนดให้มีอะไหล่สำรองคลังของเครื่องจักร-อุปกรณ์เท่าที่จำเป็น จะประกันความเสี่ยงในระดับที่ยอมรับได้

มาตรฐาน NORSOK (NORSOK Standards, Z-2008 Rev. 2, Nov. 2001) – Criticality Analysis for Maintenance Purpose) มาตรฐาน NORSOK เป็นมาตรฐานอุตสาหกรรมที่พัฒนาโดยกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเลียมของประเทศนอร์เวย์เพื่อเป็นมาตรฐานความปลอดภัย เพิ่มประสิทธิภาพ และลดค่าใช้จ่ายสำหรับอุตสาหกรรมปิโตรเลียม โดยมีสถาบันปิโตรเลียมของประเทศนอร์เวย์เป็นผู้ประสานงาน โดยสมาคมอุตสาหกรรมน้ำมันและสมาพันธ์อุตสาหกรรมการผลิตของประเทศนอร์เวย์ให้การสนับสนุน

มาตรฐาน NORSOK ฉบับนี้ได้กำหนดข้อแนะนำพื้นฐานในการเตรียมการและปรับปรุงโปรแกรมการบำรุงรักษาเครื่องจักรในอุตสาหกรรมนอกชายฝั่ง (offshore) และบนฝั่ง (onshore) ให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด โดยควบคุมความเสี่ยงที่เกี่ยวข้องกับผู้คน สิ่งแวดล้อม การสูญเสียการผลิต และการสูญเสียด้านเศรษฐกิจอื่นที่นอกเหนือจากการสูญเสียการผลิต มาตรฐาน NORSOK สามารถประยุกต์ใช้เพื่อจุดประสงค์ต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

- ช่วงการออกแบบ - การจัดเตรียมบุคลากรด้านการบำรุงรักษา ค้นหาข้อขัดข้องแอบแฝงของอุปกรณ์ที่มีความสำคัญ การจัดเตรียมอะไหล่สำรอง

- ช่วงเตรียมการเดินเครื่องจักร – ช่วยพัฒนาตารางการบำรุงรักษาเบื้องต้นเพื่อบรรจุเข้าสู่ระบบบริหารการบำรุงรักษา และการจัดการอะไหล่สำรอง

- ช่วงการเดินเครื่องจักร – ช่วยพัฒนาปรับปรุงประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักร รวมถึงการจัดระดับความสำคัญใบงาน (Work Order) ให้เกิดประโยชน์สูงสุด

พูลพร (2545) วิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตโดยการบำรุงรักษา ได้อธิบายถึงเทคนิคการบำรุงรักษาวิผลที่ทุกคนมีส่วนร่วม (Total Productive Maintenance -TPM) รวมถึงการวัดผลประสิทธิภาพการบำรุงรักษาที่ไม่ยุ่งยากนักและสามารถนำไปปฏิบัติได้คือ วิธีการวัดอัตราส่วนต่าง ๆ ทั้งด้านงาน เวลาและค่าใช้จ่าย ซึ่งอัตราส่วนเหล่านี้ในทางปฏิบัติยังไม่มีข้อแนะนำที่ชัดเจนว่าควรมีค่าเท่าใด แต่ประสบการณ์ของแต่ละกิจการจะเป็นเครื่องชี้ให้ทราบถึงค่าที่เหมาะสมของแต่ละตัวเลขเหล่านั้น การวัดอัตราส่วนอันเป็นที่นิยมในงานบำรุงรักษา ได้แก่

ก. การวัดอัตราส่วนของงานซ่อมบำรุงจากการวางแผนต่องานที่ได้ปฏิบัติจริง

$$\text{Planned work ratio} = \frac{\text{Man-hours of planned maintenance}}{\text{Total man-hours of actual maintenance}}$$

ข. การวัดอัตราส่วนระหว่างค่าใช้จ่ายบำรุงรักษาต่อหน่วยของการผลิต

$$\text{Maintenance cost per unit production} = \frac{\text{Total maintenance cost}}{\text{Production volume}}$$

ค. ดัชนีแสดงสภาพความน่าเชื่อถือ

$$\text{MTBF} = \frac{\text{ผลรวมเวลาการทำงาน}}{\text{ผลรวมจำนวนครั้งที่หยุดเครื่อง}}$$

ง. คำนีแสดงสภาพการบำรุงรักษา

$$MTTR = \frac{\text{ผลรวมเวลาหยุดเครื่อง}}{\text{ผลรวมจำนวนครั้งที่หยุดเครื่อง}}$$

จ. ค่าความพร้อมใช้งานของเครื่องจักร (Operational Availability)

$$\text{ความพร้อมใช้งานของเครื่องจักร} = \frac{(\text{เวลารับภาระของเครื่องจักร} - \text{เวลาที่เครื่องจักรหยุดการทำงาน}) \times 100}{\text{เวลารับภาระของเครื่องจักร}}$$

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วิภาส (2543) การลดและควบคุมเวลาสูญเสียในการผลิตโดยวิธีการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ได้ทำการศึกษาเพื่อค้นหาวิธีในการลดปัญหาหยุดการทำงานของอุปกรณ์สำคัญในสายการผลิตอาหาร ซึ่งมีสาเหตุมาจากการขาดการบำรุงรักษาที่เหมาะสม การศึกษาเริ่มต้นด้วยการวิเคราะห์ระบบการบำรุงรักษาในปัจจุบัน วิเคราะห์ข้อมูลการหยุดของเครื่องจักร รวมถึงค่าการสูญเสียต่อการผลิต จากการศึกษาพบว่าปัญหาหลายประการในระบบการจัดการของฝ่ายวิศวกรรม วิธีการศึกษา คือ การวิเคราะห์ระบบการบำรุงรักษาในปัจจุบันเพื่อเปรียบเทียบกับระบบการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน และวิเคราะห์โครงสร้างของฝ่ายวิศวกรรม โดยเปรียบเทียบกับมาตรฐานที่กำหนดโดย ISO-9002

วิเชียร (2544) การปรับปรุงระบบการบำรุงรักษาเชิงป้องกันเครื่องจักรกรณีศึกษาโรงงานทูปซึ้นร้อน ได้ทำการศึกษาเพื่อการปรับปรุงระบบการบำรุงรักษาเชิงป้องกันเครื่องจักรให้เพิ่มระยะเวลาเฉลี่ยระหว่างการเกิดเหตุขัดข้อง (Mean Time Between Failure – MTBF) และลดร้อยละของระยะเวลาการเกิดเหตุขัดข้องของเครื่องจักร โดยการเก็บข้อมูลต่าง ๆ ของเครื่องจักรเพื่อวิเคราะห์สาเหตุของการขัดข้องและดำเนินงานจัดระดับความสำคัญของอุปกรณ์ แล้วจึงแก้ไขปรับปรุงระบบการบำรุงรักษาเครื่องจักร โดยจัดกิจกรรมและความถี่ในการบำรุงรักษาควบคู่กับแผนการบำรุงรักษาเครื่องจักร

คณัย (2543) การปรับปรุงตารางวางแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันเครื่องจักร กรณีศึกษา โรงงานผลิตชิ้นส่วนเครื่องยนตร์รถจักรยานยนต์ ได้ทำการวิเคราะห์เหตุขัดข้องของเครื่องจักร เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพงานบำรุงรักษาเชิงป้องกัน การศึกษาได้นำประวัติการขัดข้องในรูปแบบของ ข้อมูลลำดับชั้นของการขัดข้องของเครื่องจักรมาประยุกต์ใช้ในงานบำรุงรักษาให้เหมาะสม และ ดำเนินการแก้ไขปรับปรุง พิศาล รัชกิจประการ (2546) การบำรุงรักษาเชิงป้องกันสำหรับเรือบรรทุก น้ำมันขนาดเล็ก ได้ทำการศึกษาออกแบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับใช้ในการดำเนินงานและ ควบคุมการปฏิบัติงานการบำรุงรักษาเชิงป้องกันสำหรับเรือบรรทุกน้ำมันขนาดเล็ก

กาญจนกร (2548) การศึกษาระบบความปลอดภัยของหน่วยผสมในโรงงานนำร่อง เพื่อการผลิตผลิตภัณฑ์ด้านเส้นผม ได้ทำการวิเคราะห์ความเสี่ยงในหน่วยผสมของโรงงานนำร่อง โดยการทำให้ HAZOP และใช้แบบสอบถามเพื่อยืนยันผล แล้วจึงคัดเลือกอันตรายหลักจำนวนแปดรายการ แล้วจึงใช้การวิเคราะห์เชิงปริมาณโดยวิธีแผนผังต้นไม้ (Fault Tree Analysis – FTA) เพื่อหาระดับ ความน่าเชื่อถือของวิธีการลดความเสี่ยงที่น่าเสนอรวมถึงการวิเคราะห์ Layer of Safety Protection แล้วจึงสรุปข้อปรับปรุงและทำการคำนวณวิเคราะห์สัดส่วนต้นทุนต่อกำไร

สุวิษ (2548) การศึกษาความน่าเชื่อถือของการทำงานในพื้นที่เสี่ยงอันตราย กรณีศึกษา ห้องบรรจุก๊าซ ได้ทำการศึกษาหาโอกาสของการเกิดความผิดพลาดและค่าความน่าเชื่อถือโดย การวิเคราะห์แบบแผนภูมิต้นไม้ ซึ่งได้ศึกษาจากผู้ปฏิบัติงานในห้องบรรจุก๊าซในห้องปฏิบัติงาน ของบริษัทสถานีแอนด์ ซันส์ จำกัด จำนวน 2 แผนก ประกอบด้วยแผนกน้ำหอมและแผนกยาฆ่าแมลง การปฏิบัติงานของแต่ละแผนกมีอุบัติเหตุบ่อยครั้ง และเกิดความเสียหายต่อกระป๋องบรรจุก๊าซ การศึกษาได้ใช้สมการทางคณิตศาสตร์ทำการคำนวณและวิเคราะห์สาเหตุ ค่าความน่าเชื่อถือและ โอกาสการเกิดอุบัติเหตุแล้วจึงเสนอแนวทางแก้ไข

## อุปกรณ์และวิธีการ

### อุปกรณ์

1. ข้อมูลการจัดองค์กรหน่วยซ่อมบำรุงรักษาของบริษัทรับเหมาผู้ควบคุมดูแลระบบเครื่องเพิ่มแรงดันก๊าซธรรมชาติ
2. Process Piping and Instrumentation Diagram (P&ID) ของระบบเครื่องเพิ่มแรงดันก๊าซธรรมชาติ
3. ข้อมูลทั่วไปและหน้าที่ของอุปกรณ์ในระบบเครื่องเพิ่มแรงดันก๊าซธรรมชาติ คู่มือการใช้งานและการบำรุงรักษา (Operating and Maintenance Manual)
4. ข้อมูลประวัติการใช้งาน การขัดข้อง รายการและราคาอะไหล่ และตารางการบำรุงรักษาระบบเครื่องเพิ่มแรงดันก๊าซธรรมชาติ
5. คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (Personal Computer)

### วิธีการ

1. คัดเลือกเครื่องจักรที่จะทำการศึกษา และรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง
2. ศึกษาค่าความพร้อมใช้งานของเครื่องจักร วิเคราะห์สาเหตุการขัดข้องและระบุอุปกรณ์ที่มีผลกระทบต่อการผลิตสูงเมื่อเกิดการขัดข้อง
3. เสนอแนวทางปรับปรุงแก้ไขเพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือของอุปกรณ์ที่ได้ระบุไว้จากขั้นตอนที่ 3 และหาค่าอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อเงินลงทุนของแนวทางการปรับปรุงแก้ไข
4. วิเคราะห์และสรุปผลการศึกษา
5. จัดทำและเสนอรายงานการวิจัย

**สถานที่และระยะเวลาทำการวิจัย**

บริษัทยูโนแคลไทยแลนด์จำกัด 11 ถนนรัชดาภิเษก เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร

**ระยะเวลาในการทำวิจัย**

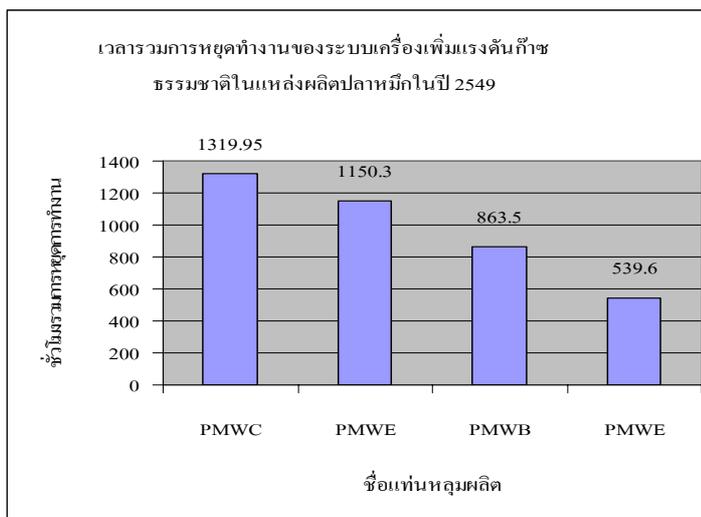
งานวิจัยนี้ใช้เวลาในการทำวิจัย 18 เดือน (1 มิถุนายน 2548 ถึง 31 ธันวาคม 2549)

## ผลและวิจารณ์

การคัดเลือกเครื่องจักรที่จะทำการศึกษาและรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

### 1. การคัดเลือกเครื่องจักรเพื่อทำการศึกษา

ปัจจุบันมีการติดตั้งระบบเครื่องเพิ่มแรงดันก๊าซประเภทเดียวกันนี้ใช้งานอยู่จำนวน 4 เครื่อง ในแหล่งผลิตก๊าซ “ปลาหมึก” ในอ่าวไทย การคัดเลือกเครื่องจักรเพื่อทำการศึกษาได้ทำการคัดเลือก โดยวิธีการเปรียบเทียบสถิติเวลารวมหยุดการทำงานของเครื่องจักรเป็นเกณฑ์ เครื่องจักรที่เลือก ทำการศึกษาคือระบบเครื่องเพิ่มแรงดันก๊าซธรรมชาติที่ได้รับการติดตั้งใช้งานอยู่บนแท่นหลุมผลิต ปลาหมึกชาร์ลี หรือ PMWC ซึ่งเป็นเครื่องจักรที่มีเวลารวมหยุดการทำงานรวมมากที่สุดเป็นจำนวน 1,319.95 ชั่วโมง จากเครื่องจักรทั้งหมดจำนวน 4 เครื่องซึ่งมีการติดตั้งใช้งานในแหล่งผลิตปลาหมึก ในปี 2549



ภาพที่ 1 แสดงจำนวนชั่วโมงหยุดการทำงานรวมในปี 2549 ของระบบเครื่องเพิ่มแรงดัน ก๊าซธรรมชาติบนแท่นหลุมผลิต PMWB PMWC PMWD และ PMWE ในแหล่ง ผลิตปลาหมึก

ที่มา: บริษัทยูโนแคลไทยแลนด์จำกัด (2549)

## 2. สภาพทั่วไปและการดำเนินงาน

เพื่อให้ทราบถึงสภาพทั่วไป ข้อมูลและการทำงานของเครื่องจักรที่ทำการศึกษา ตลอดจนปัญหาในการดำเนินงาน ผู้วิจัยได้รวบรวมข้อมูลของกระบวนการผลิตและระบบเครื่องเพิ่มแรงดันก๊าซธรรมชาติไว้ดังรายละเอียดต่อไปนี้

### 2.1 ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับแท่นหลุมผลิต

แท่นหลุมผลิตปลาหมึกชาร์ลี (PMWC) ติดตั้งอยู่ในแหล่งผลิตก๊าซปลาหมึกของบริษัท ยูโนแคลไทยแลนด์ จำกัด ในอ่าวไทย โดยมีการผลิตอยู่จำนวน 8 หลุมจากจำนวนหลุมผลิตย่อยทั้งหมด 20 หลุม อัตราการผลิต ณ วันที่ 1 พฤศจิกายน 2549 พบว่ามีปริมาณการผลิตก๊าซประมาณ 7 ล้านลูกบาศก์ฟุตต่อวัน น้ำมันประมาณ 2,700 บาร์เรลต่อวัน และ น้ำจำนวน 1,100 บาร์เรลต่อวัน ตามลำดับ ของเหลวและก๊าซทั้งหมดจะถูกส่งลงท่อใต้ทะเลขนาด 16 นิ้วเพื่อเข้าสู่กระบวนการผลิตขั้นสุดท้ายที่แท่นผลิตกลาง Platong Central Processing Platform ซึ่งอยู่ห่างไปอีกประมาณ 27 กิโลเมตร ก่อนที่จะส่งต่อก๊าซเข้าสู่ท่อหลักใต้ทะเลเข้าสู่โรงแยกก๊าซบนฝั่ง ส่วนน้ำมันจะมีการส่งไปเก็บไว้บนเรือกักเก็บน้ำมันซึ่งอยู่ในบริเวณใกล้เคียง



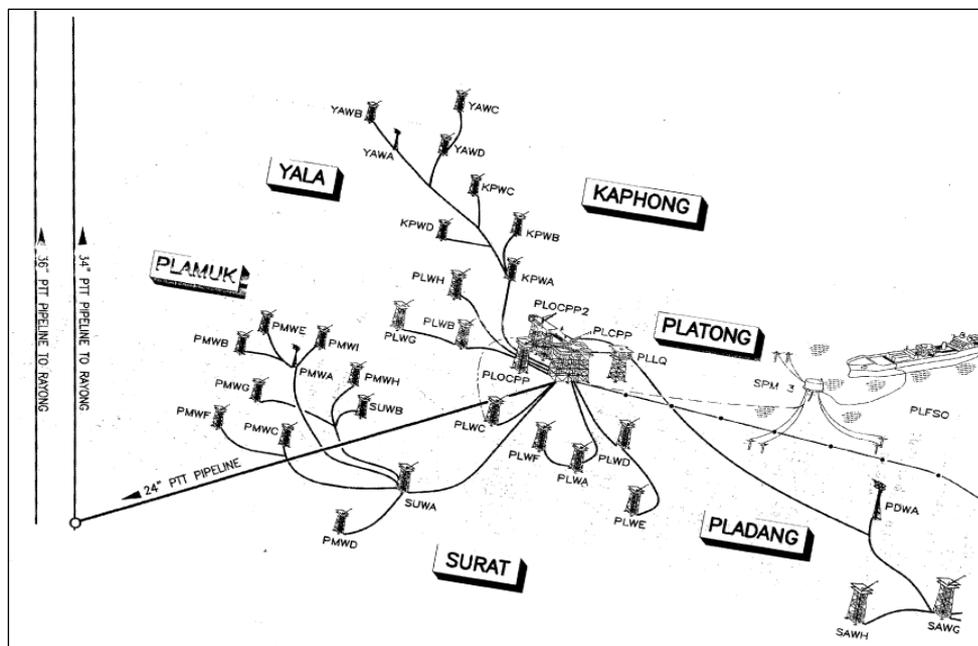
ภาพที่ 2 แสดงลักษณะแท่นหลุมผลิตและระบบเครื่องเพิ่มแรงดันก๊าซธรรมชาติที่ติดตั้งใช้งาน

ที่มา: บริษัทยูโนแคลไทยแลนด์จำกัด (2549)



ภาพที่ 3 แสดงแท่นผลิตกลาง Platong Central Processing Platform – PLCPP

ที่มา: บริษัทยูโนแคลไทยแลนด์จำกัด (2549)



ภาพที่ 4 ผังแสดงแท่นผลิตและท่อส่งก๊าซใต้ทะเลในแหล่งผลิตก๊าซธรรมชาติปลาหมึกในอ่าวไทย

ที่มา: บริษัทยูโนแคลไทยแลนด์จำกัด (2549)

## 2.2 ข้อมูลของอุปกรณ์ในระบบเครื่องเพิ่มแรงดันก๊าซธรรมชาติที่ทำการศึกษา

### ก. คุณลักษณะทั่วไปของระบบเครื่องเพิ่มแรงดันก๊าซธรรมชาติ

- 1) กำลังเครื่องยนต์แบบลูกสูบขนาด 650 แรงม้า ติดตั้งไว้บนแท่นหลุมผลิต ซึ่งออกแบบให้ทำงานโดยไม่มีเจ้าหน้าที่อยู่ประจำ เป้าหมายในการออกแบบคือให้มีเจ้าหน้าที่ทำการตรวจเยี่ยมแท่นผลิตเพียง 2 ครั้งในรอบ 1 เดือน
- 2) อุปกรณ์ถูกออกแบบให้สามารถรับของเหลว (น้ำ และน้ำมัน) ได้ 2,000 บาร์เรลต่อวัน
- 3) สามารถรองรับปริมาณก๊าซได้
  - 14 ล้านลูกบาศก์ฟุตต่อวัน (MMSCFD) ที่แรงดันด้านเข้า 250 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว และแรงดันด้านออก 450 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว หรือ
  - 5 ล้านลูกบาศก์ฟุตต่อวัน (MMSCFD) ที่แรงดันด้านเข้า 250 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว และแรงดันด้านออก 900 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว
- 4) ใช้ระบบ SCADA Surveillance ในควบคุมและตรวจดูการทำงานของเครื่องจักร โดยการควบคุมจากระยะไกล (Remote Control)
- 5) งานควบคุมการใช้งานและการซ่อมบำรุงเครื่องจักรทำโดยบริษัทผู้รับเหมา
- 6) อุปกรณ์ถูกออกแบบให้สามารถรับก๊าซระหว่าง 3 - 8 หลุมจากจำนวนหลุมผลิตทั้งหมดประมาณ 12-20 หลุมของแท่นหลุมผลิต
- 7) ชิ้นส่วนขนาดใหญ่สามารถแยกเป็น 3 ส่วนเพื่อยกติดตั้งและถอดออกได้ด้วยปั้นจั่นของแท่นผลิตขนาด 17 ตัน

8) เครื่องยนต์ใช้ก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงที่มีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในก๊าซเชื้อเพลิงระหว่าง 10-40 เปอร์เซ็นต์

ข. ระบบเครื่องเพิ่มแรงดันก๊าซ ประกอบด้วยอุปกรณ์หลัก ซึ่งมีหน้าที่ดังต่อไปนี้

1) ระบบถังทดสอบ (Test Separator) ทำหน้าที่ทดสอบปริมาณก๊าซ น้ำมัน และน้ำของแต่ละหลุมผลิต ระบบถังทดสอบถูกออกแบบให้รับปริมาณก๊าซได้ประมาณ 10 ล้านลูกบาศก์ฟุตต่อวัน ของเหลว (น้ำและน้ำมัน) ประมาณ 2,000 บาร์เรลต่อวัน ที่แรงดัน 250 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ถังทดสอบมีระบบควบคุมแรงดันและระบบควบคุมระดับของเหลว และอุปกรณ์วัดอัตราการไหลของปริมาณก๊าซ น้ำมันและน้ำที่ไหลผ่าน นอกจากนี้ถังทดสอบยังใช้รวบรวมหลุมก๊าซก่อนที่จะผ่านเข้าไปในระบบเพิ่มแรงดัน

2) ระบบถังแยกก่อนเข้าและออกจากเครื่องเพิ่มแรงดัน Suction / Discharge Scrubber ทำหน้าที่เป็นถังแยกชั้นที่สอง ของเหลวที่ยังมีปะปนมากับก๊าซก่อนที่จะผ่านเข้าสู่ตัวลูกสูบของเครื่องเพิ่มแรงดันจะถูกกักไว้ที่ถังแยกนี้ อุปกรณ์นี้มีไว้เพื่อป้องกันความเสียหายต่อตัวเครื่องจักรอันเนื่องมาจากการมีของเหลวเข้าไปในตัวลูกสูบของเครื่องเพิ่มแรงดัน ทั้งนี้เนื่องจากเครื่องเพิ่มแรงดันก๊าซถูกออกแบบมาเฉพาะสำหรับเพิ่มแรงดันก๊าซเท่านั้น

3) Suction / Discharge Dampener ทำหน้าที่เป็นถังพักก๊าซเพื่อรักษาแรงดันด้านเข้าและด้านออกจากตัวคอมเพรสเซอร์ให้คงที่เพื่อลดการสั่นสะเทือนของตัวคอมเพรสเซอร์

4) ระบบเครื่องยนต์แบบลูกสูบ (Reciprocating Engine) 16 สูบขนาด 650 แรงม้า ยี่ห้อ Caterpillar รุ่น 3516 NA ใช้ก๊าซเป็นเชื้อเพลิง ระบายความร้อนด้วยน้ำ ทำหน้าที่เป็นตัวต้นกำลัง

5) เครื่องเพิ่มแรงดันแบบลูกสูบจังหวะเดียว (Single-stage Reciprocating Compressor) ยี่ห้อ Ariel รุ่น JGK-2 มีการอัดเพิ่มแรงดัน 2 ขั้น (2 steps) ทำหน้าที่เพิ่มแรงดันก๊าซเพื่อส่งต่อลงท่อได้นำไปสู่กระบวนการผลิตบนแท่นผลิตกลาง

6) ระบบควบคุมระดับของเหลว ซึ่งติดตั้งอยู่กับถังแยกทุกถัง ทำหน้าที่ควบคุมระดับของเหลวในถังให้อยู่ในระดับคงที่

7) ระบบควบคุมแรงดัน ระบบนี้มีติดตั้งอยู่บริเวณถังทดสอบ และ Suction Scrubber และยังมีกรเชื่อมโยงกับการเปิดปิดของ Compressor Recycle Valve เพื่อรักษาแรงดันในระบบให้คงที่ให้เหมาะสมกับปริมาณก๊าซที่ไหลเข้าสู่เครื่องจักร

8) ระบบควบคุมอุณหภูมิ Fin-Fan Cooler for Engine, Pre-cooler & After-cooler เป็นชุดถ่ายเทความร้อนของตัวเครื่องยนต์และตัวคอมเพรสเซอร์ รวมถึงการลดอุณหภูมิก๊าซหลังจากผ่านการเพิ่มแรงดัน การลดอุณหภูมิทำโดยการใช้พัดลมที่ขับเคลื่อนด้วยตัวเครื่องยนต์เป่าผ่านครีบริบายความร้อนของท่อที่มีน้ำ หรือ ก๊าซไหลผ่าน

9) ระบบสัญญาณเตือนและหยุดเครื่องจักรเพื่อป้องกันความเสียหายต่อเครื่องยนต์และอุปกรณ์ในระบบเครื่องเพิ่มแรงดันก๊าซ ระบบนี้มีหน้าที่ป้องกันความเสียหายต่อเครื่องจักรกรณีมีภาวะการทำงานที่อยู่นอกเหนือการออกแบบของเครื่องจักร เช่น มีแรงดัน อุณหภูมิสูงหรือต่ำกว่ากำหนด เป็นต้น ระบบสัญญาณนี้จะเชื่อมโยงกับระบบคอมพิวเตอร์ที่สถานีควบคุม ณ แท่นผลิตกลางโดยผ่านระบบ SCADA System และยังเชื่อมโยงกับระบบความปลอดภัยหลักของแท่นหลุมผลิต กรณีเกิดปัญหาในกระบวนการผลิตหลักของแท่นหลุมผลิต ระบบเครื่องเพิ่มแรงดันก๊าซก็จะถูกสั่งการให้หยุดการทำงานไปด้วยโดยอัตโนมัติ

10) ระบบเชื้อเพลิง เป็นชุดถังแยกและกักกรองของแข็งและของเหลวซึ่งอาจปะปนมากับก๊าซเชื้อเพลิงก่อนเข้าสู่เครื่องยนต์

11) ระบบหล่อลื่น เป็นชุดถังเก็บน้ำมัน ใส์กรองน้ำมัน และเครื่องสูบเพื่อส่งจ่ายสารหล่อลื่นไปยังเครื่องยนต์และคอมเพรสเซอร์

12) ระบบสัญญาณควบคุมและตรวจดูการทำงานของเครื่องจักรจากระยะไกลผ่าน SCADA System เป็นระบบที่ใช้ส่งสัญญาณแสดงสภาวะการทำงานของระบบไปยังสถานีควบคุม ณ แท่นผลิตกลาง นอกจากนั้นก็ยังรับคำสั่งจากทางสถานีควบคุมเพื่อปรับสภาวะต่าง ๆ ในกระบวนการผลิต เช่น การปรับเปลี่ยนหลุมผลิตเพื่อเข้าสู่เครื่องเพิ่มแรงดันก๊าซ



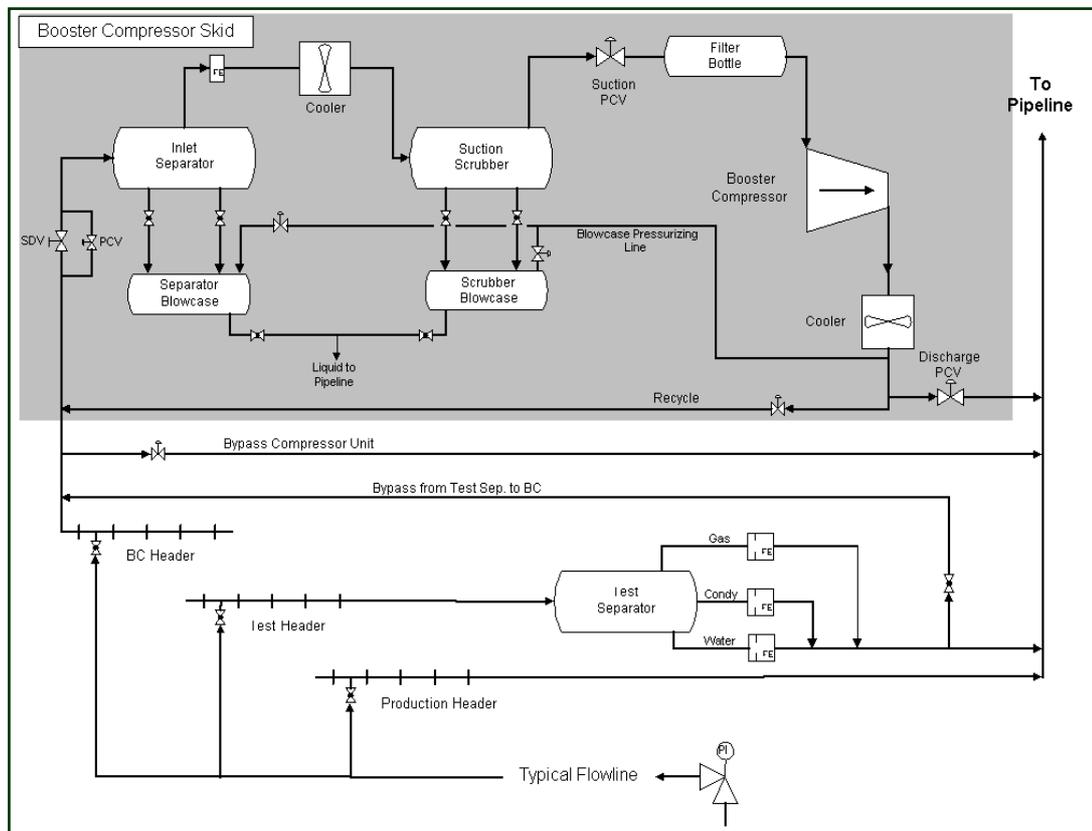
ภาพที่ 5 แสดงเครื่องจักรในระบบเพิ่มแรงดันก๊าซบนแท่นหลุมผลิต PMWC ในช่วงการติดตั้ง

ที่มา: บริษัทยูโนแคลไทยแลนด์จำกัด (2547)

### 3. กระบวนการเพิ่มแรงดันก๊าซธรรมชาติ

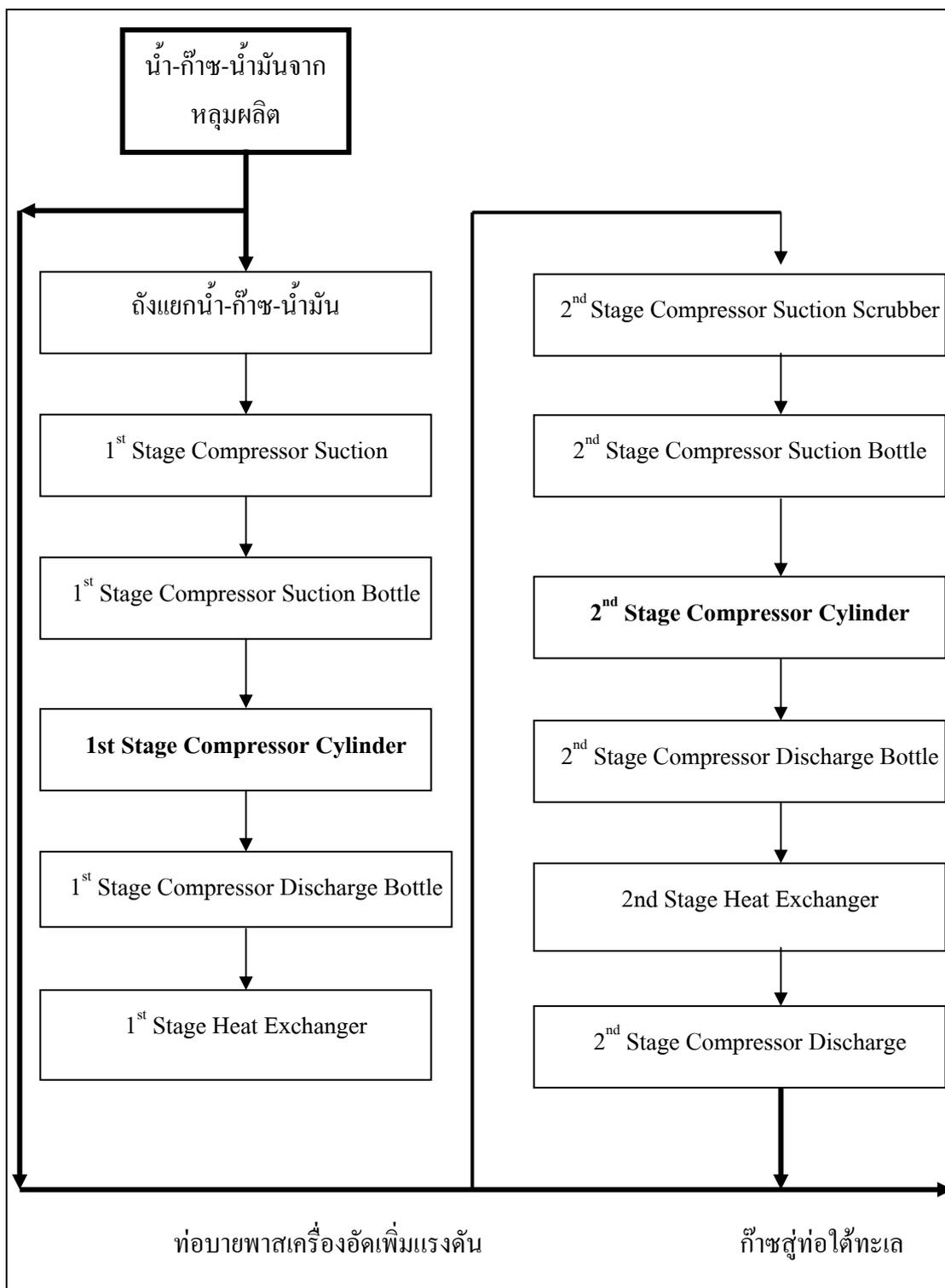
ก๊าซ น้ำ และน้ำมันจากหลุมผลิตจะไหลเข้าสู่ระบบเครื่องเพิ่มแรงดันก๊าซได้สองทาง คือ การไหลผ่าน Test Separator หรือไหลผ่านเข้าสู่ Inlet Separator ของระบบเพิ่มแรงดันโดยตรง Test Separator ใช้วัดอัตราการไหลของ ก๊าซ น้ำ และน้ำมันของแต่ละหลุมผลิตจากนั้น ก๊าซ น้ำ และน้ำมันทั้งหมดจะไหลเข้าสู่ Inlet Separator ของระบบเพิ่มแรงดันก๊าซต่อไป

Inlet Separator จะทำการแยกก๊าซและของเหลวออกจากกัน ของเหลวทั้งหมดจะถูกบีบส่งลงท่อใต้ทะเลไปยังแท่นผลิตกลาง ส่วนก๊าซก็จะผ่านเข้าสู่ Heat Exchanger เพื่อลดอุณหภูมิ แล้วจึงไหลเข้า Suction Scrubber และ Suction Dampener ก่อนที่จะเข้าสู่คอมเพรสเซอร์สองชั้น เพื่อเพิ่มแรงดันก่อนเข้าสู่ท่อก๊าซใต้ทะเลเพื่อส่งต่อไปยังแท่นผลิตกลาง กรณีที่ไม่ต้องการใส่หลุมก๊าซเข้าสู่ระบบเพิ่มแรงดันก็สามารถ เปิดวาล์วบายพาสเพื่อส่งก๊าซลงสู่ท่อใต้ทะเลโดยตรง แต่กรณีนี้หลุมผลิตจะต้องมีแรงดันสูงกว่าแรงดันด้านในท่อใต้ทะเล



ภาพที่ 6 แสดงส่วนประกอบหลักและกระบวนการทำงานของระบบเครื่องเพิ่มแรงดันก๊าซ

ที่มา: บริษัทยูโนแคลไทยแลนด์จำกัด (2547)

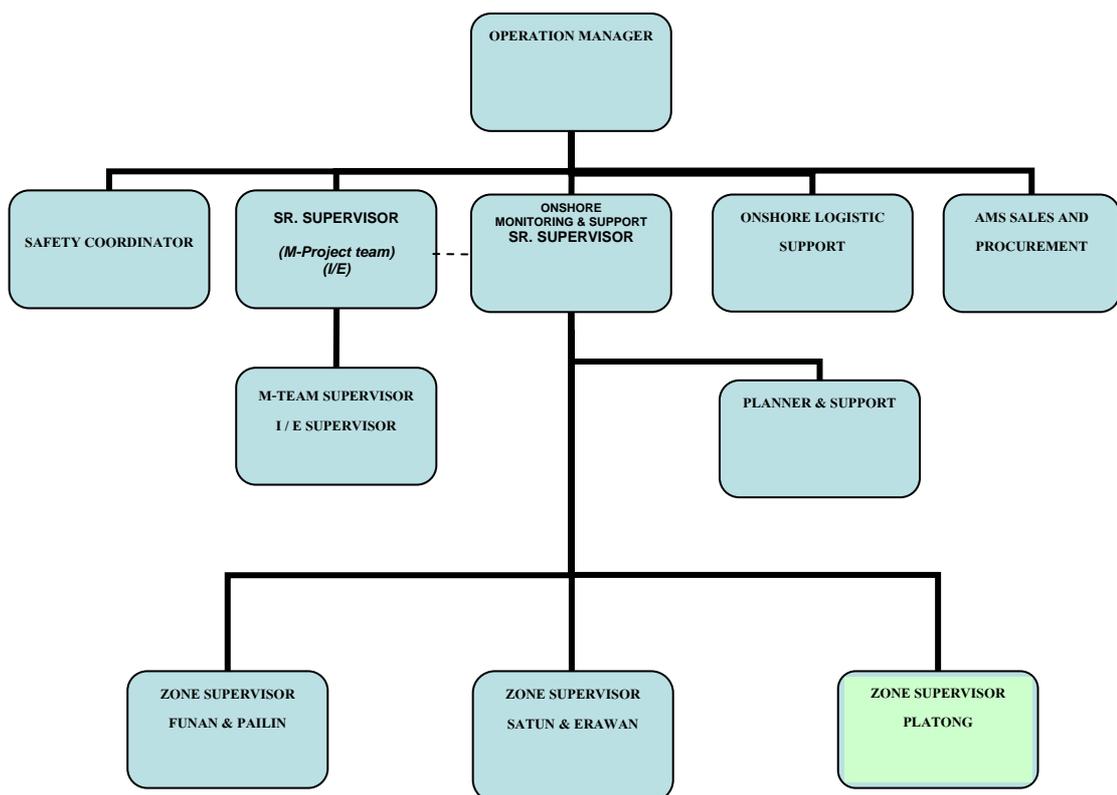


ภาพที่ 7 แสดงกระบวนการเพิ่มแรงดันก๊าซธรรมชาติ

ที่มา: บริษัท โนแกสไทยแลนด์ จำกัด (2549)

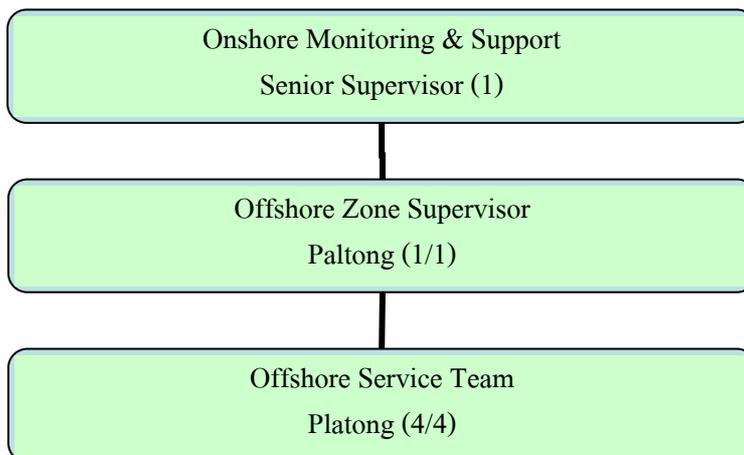
#### 4. ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับหน่วยงานผู้รับเหมา

เครื่องจักรทั้งหมดเป็นการเช่าจากบริษัทผู้ผลิต โดยมีบริษัทผู้รับเหมาทำหน้าที่ควบคุมการทำงานรวมถึงการบำรุงรักษาเครื่องจักร เจ้าหน้าที่ผู้ควบคุมและบำรุงรักษาเครื่องเพิ่มแรงดันก๊าซเป็นพนักงานของบริษัทผู้รับเหมาทั้งหมด โดยมีเจ้าหน้าที่ในฝ่ายวิศวกรรมของบริษัทยูโนแคลไทยแลนด์เป็นผู้กำกับดูแลอีกช่วงหนึ่ง ค่าแรงและค่าใช้จ่ายในการควบคุมและบำรุงรักษาเครื่องจักรเป็นการคิดในลักษณะเหมาจ่ายต่อจำนวนเครื่องจักรต่อปี ในปัจจุบันมีเจ้าหน้าที่อยู่ประจำเพื่อดูแลเครื่องเพิ่มแรงดันก๊าซในแหล่งผลิตจำนวน 5 คน ในแต่ละกะการทำงาน การปฏิบัติงานแบ่งเป็น 2 กะ โดยมีชุดการทำงานตรงกันข้ามในลักษณะ Back-to-Back นอกจากนี้เจ้าหน้าที่เหล่านี้จะมีหน้าที่ดูแลเครื่องเพิ่มแรงดันก๊าซในแหล่งปลาทูอีกจำนวน 4 เครื่องแล้ว ก็ยังต้องทำหน้าที่ดูแลเครื่องเพิ่มแรงดันก๊าซลักษณะนี้ในแหล่งผลิตอื่น ๆ ในบริเวณใกล้เคียงอีกจำนวน 5 เครื่อง



ภาพที่ 8 ผังโครงสร้างหน่วยงานระดับบริหารของผู้รับเหมาควบคุมการใช้งานและซ่อมบำรุงเครื่องเพิ่มแรงดันก๊าซธรรมชาติ

ที่มา: บริษัทยูโนแคลไทยแลนด์จำกัด (2549)



ภาพที่ 9 ผังโครงสร้างหน่วยงานผู้รับเหมาระดับปฏิบัติการนอกชายฝั่ง

ที่มา: บริษัทยูโนแคลไทยแลนด์จำกัด (2549)

ศึกษาค่าความพร้อมใช้งานของเครื่องจักร วิเคราะห์สาเหตุการขัดข้องและระบุอุปกรณ์ที่ขัดข้องแล้วมีผลกระทบต่อการผลิตสูง

### 1. ศึกษาค่าความพร้อมใช้งานของเครื่องจักร

ประวัติการขัดข้องของระบบเครื่องเพิ่มแรงดันก๊าซที่แท่นหลุมผลิตปลาหมึกชาร์ลี PMWC ตามข้อมูลที่บันทึกไว้ในปี 2549 ทำให้ทราบถึงเวลาที่ใช้ในการบำรุงรักษาเครื่องจักรทั้งนอกแผนและตามแผน รวมถึงการหยุดการทำงานของเครื่องจักรอันมีสาเหตุมาจากปัญหาหรือกิจกรรมในกระบวนการผลิต เพื่อเป็นข้อมูลในการคำนวณหาความพร้อมใช้งานของเครื่องจักรสรุปได้ตามตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 1 แสดงความพร้อมใช้งานของระบบเครื่องเพิ่มแรงดันก๊าซที่แทนหลุมผลิต ปลาหมึกชาร์ลี PMWC ในปี 2549

เดือน	เวลาเครื่องจักร หยุดทำงาน ตามแผน - Plan (ชั่วโมง)	เวลาเครื่องจักร หยุดทำงาน นอกแผน – Unplan (ชั่วโมง)	เวลาเครื่องจักรหยุดทำงาน จากปัญหาในกระบวนการ ผลิต – Plan & Unplan (ชั่วโมง)	เวลารวม เครื่องจักรทำงาน (ชั่วโมงต่อเดือน)	เวลารับภาระ ของเครื่องจักร (ชั่วโมง)	ความพร้อมใช้งานของ เครื่องจักร (%)
	A	B	C	D	E = D-C	F = (E – (A+B))100/E
มกราคม	11.3	19.95	75.89	744	668.11	95.32
กุมภาพันธ์	0	38.42	35.45	672	636.55	93.96
มีนาคม	2	17	159.75	744	584.25	96.75
เมษายน	2.3	50.65	29.12	720	690.88	92.34
พฤษภาคม	3.5	59.19	0	744	744	91.57
มิถุนายน	4.5	18	8.13	720	711.87	96.84
กรกฎาคม	1.3	6.1	4.08	744	739.92	99.00
สิงหาคม	0	58.55	2	744	742	92.11
กันยายน	20.5	14	66.01	720	653.99	94.72
ตุลาคม	0	72.9	38.58	744	705.42	89.67

ตารางที่ 1 (ต่อ)

เดือน	เวลาเครื่องจักร หยุดทำงานตาม แผน - Plan (ชั่วโมง)	เวลาเครื่องจักร หยุดทำงานนอก แผน - Unplan (ชั่วโมง)	เวลาเครื่องจักรหยุดทำงาน จากปัญหาในกระบวนการ ผลิต - Plan & Unplan (ชั่วโมง)	เวลารวม เครื่องจักรทำงาน (ชั่วโมงต่อเดือน)	เวลารับภาระ ของเครื่องจักร (ชั่วโมง)	ความพร้อมใช้งานของ เครื่องจักร (%)
	A	B	C	D	E = D-C	F = (E - (A+B))100/E
พฤศจิกายน	45.1	98	21.93	720	698.07	79.50
ธันวาคม	8.75	324.5	2.5	744	741.5	55.06
<b>รวม</b>	99.25	777.26	443.44	8,760	8,316.56	89.46

A คือ เวลาเครื่องจักรหยุดทำงานตามแผน (Planned Maintenance) คือเวลาหยุดเครื่องจักรเพื่อบำรุงรักษา

B คือ เวลาเครื่องจักรหยุดทำงานนอกแผน (Unplanned Maintenance) คือเวลาหยุดเครื่องจักรจากเหตุขัดข้อง

C คือ เวลาเครื่องจักรหยุดทำงานจากปัญหาในกระบวนการผลิต (Plan & Unplan) คือเวลาหยุดเครื่องจักรจากปัญหาหรือกิจกรรมในกระบวนการผลิตหลักของแท่นซึ่งทำให้ระบบเครื่องเพิ่มแรงดันก๊าซต้องหยุดทำงานไปด้วย

D คือ เวลาที่เครื่องจักรถูกออกแบบให้ทำงาน 24 ชั่วโมงต่อวัน หรือ 8,760 ชั่วโมงต่อปี

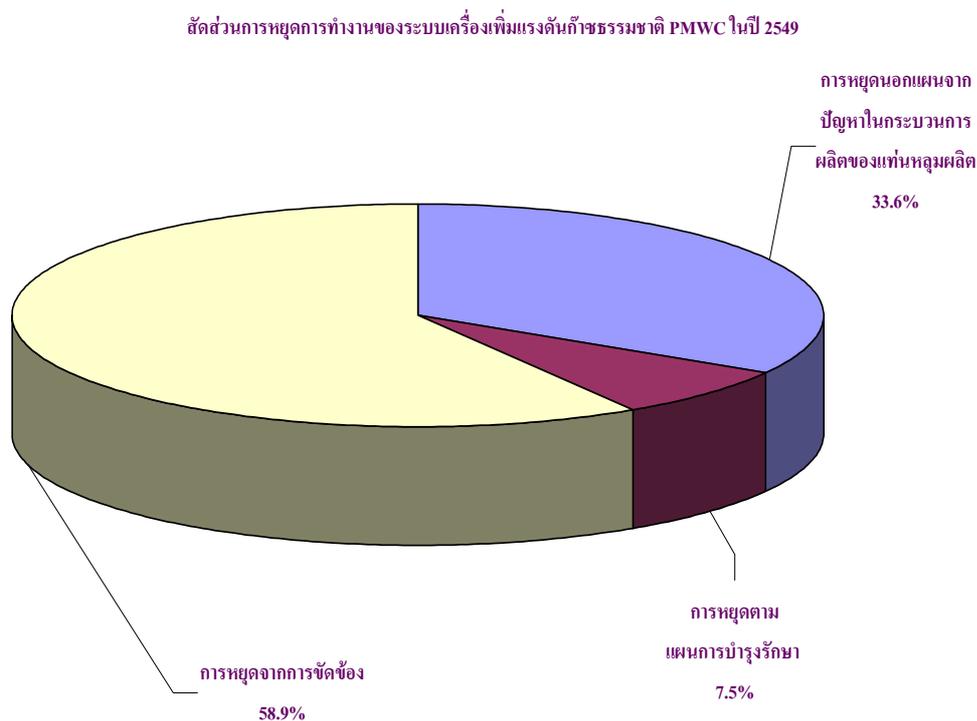
E คือ เวลารับภาระของเครื่องจักรที่ได้หักการขัดข้องจากปัญหานอกระบบเครื่องจักรออกแล้ว

จากตารางที่ 1 จะเห็นได้ว่าในปี 2549 เครื่องจักรมีความพร้อมใช้งาน (Operational Availability) เฉลี่ยเป็น 89.46 เปอร์เซ็นต์ ค่าความพร้อมใช้งานของเครื่องจักรค่อย ๆ ลดลง หลังจากเดือนกรกฎาคมโดยมีค่าความพร้อมใช้งานในเดือนพฤศจิกายนและธันวาคมต่ำสุดเพียง 79.5 และ 55.05 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากมีความล่าช้าในการแก้ไขข้อขัดข้องของอุปกรณ์ปั๊มของเหลว การเก็บอะไหล่สำรองไว้ไม่เพียงพอ ประกอบกับการมีคลื่นลมแรงในช่วงเดือนดังกล่าว ทำให้การจัดส่งอะไหล่และการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่มีข้อจำกัดเพิ่มขึ้นส่งผลให้เครื่องจักรต้องหยุดการทำงานเป็นเวลานาน

เนื่องจากระบบเครื่องเพิ่มแรงดันก๊าซ เป็นระบบย่อยในกระบวนการผลิตของแท่นผลิต PMWC การหยุดตามแผนและนอกแผนในกระบวนการผลิตหลัก จำนวน 443.44 ชั่วโมง จึงเป็นสาเหตุที่ทำให้ระบบเครื่องเพิ่มแรงดันก๊าซปลาหมึกชาร์ลี PMWC ต้องหยุดการทำงานไปด้วย โดยอัตโนมัติ อย่างไรก็ตามในการคำนวณเพื่อหาความพร้อมใช้งานของระบบเครื่องเพิ่มแรงดันก๊าซปลาหมึกชาร์ลีนี้ได้หักเวลาหยุดการทำงานของเครื่องจักรที่เกิดจากการสั่งการหรือปัญหาในระบบการผลิตหลักของแท่นผลิต (Plan & Unplan) ออกเพื่อให้ได้เวลาหยุดการทำงานจากสาเหตุที่เกี่ยวข้องกับตัวเครื่องจักรอย่างแท้จริงมาใช้คำนวณค่าความพร้อมใช้งาน ในการคำนวณค่าความพร้อมใช้งานได้ใช้สูตรต่อไปนี้

$$\text{ความพร้อมใช้งานของเครื่องจักร (Operational Availability)} = \frac{\text{เวลารับภาระของเครื่องจักร} - \text{เวลาที่เครื่องจักรหยุดการทำงาน}}{\text{เวลารับภาระของเครื่องจักร}} \times 100$$

จากสถิติในปี 2549 พบว่า เวลารวมที่ระบบเครื่องเพิ่มแรงดันก๊าซ PMWC หยุดการทำงานจำนวน 1,319.95 ชั่วโมงนั้นเป็นการหยุดตามแผนเพื่อการบำรุงรักษาจำนวน 99.25 ชั่วโมง และเป็นการหยุดจากปัญหาขัดข้องโดยตรงในระบบตัวเครื่องจักร จำนวน 777.26 ชั่วโมง นอกจากนี้ก็ยังมีหยุดของระบบจากปัญหาในกระบวนการผลิตซึ่งทำให้ระบบเครื่องเพิ่มแรงดันก๊าซธรรมชาติต้องหยุดการทำงานไปด้วยจำนวน 443.44 ชั่วโมงดังสรุปได้ตามภาพต่อไปนี้



ภาพที่ 10 แสดงสัดส่วนของเวลาการหยุดการทำงานของระบบเพิ่มแรงดันก๊าซธรรมชาติปลาหมึกชาร์ลี PMWC ในปี 2549 จากสาเหตุต่าง ๆ

ที่มา: บริษัทยูโนแคลไทยแลนด์จำกัด (2549)

จากภาพที่ 10 จะเห็นได้ว่าสัดส่วนการหยุดระบบเครื่องเพิ่มแรงดันก๊าซธรรมชาติปลาหมึกชาร์ลี PMWC นอกแผนงานอันเนื่องมาจากปัญหาของอุปกรณ์ในตัวระบบเครื่องจักรเองมีสูงเป็นร้อยละ 58.9 ของการหยุดทั้งหมด โดยที่ร้อยละ 33.6 เป็นการหยุดจากปัญหาในกระบวนการผลิตแสดงให้เห็นได้ว่าการหยุดเครื่องจักรเพื่อบำรุงรักษาตามแผนงาน (ร้อยละ 7.5) นั้นน้อยกว่าการหยุดระบบจากเหตุขัดข้อง (ร้อยละ 58.9) ถึง 7.8 เท่า ทำให้สามารถสรุปได้ว่าการบำรุงรักษาตามแผนงาน (Planned Maintenance) ของระบบเพิ่มแรงดันก๊าซธรรมชาติปลาหมึกชาร์ลี PMWC นั้นอาจดำเนินไป สุวัฒน์ เขียวศิริวัฒนา วัฒนา เขียวกุล เกรียงไกร ดำรงรัตน์ (2549) ได้กล่าวไว้ในหนังสือเรื่อง สัมฤทธิ์ผลของงานบำรุงรักษา (Efficacy of Maintenance) ว่า “Planned Man-Hours ควรจะมากกว่า 2 เท่าของ Unplanned Man-Hours ขึ้นไป และอาจจะสูงได้ถึง 4-8 เท่า กรณีที่เป็นโรงงานประเภทโรงกลั่น โรงไฟฟ้า โรงงานปิโตรเคมี”

## 2. การวิเคราะห์สาเหตุการขัดข้องของอุปกรณ์

ผลการศึกษาสถิติและประวัติเครื่องจักรในปี 2549 พบว่าเครื่องจักรหยุดการทำงานด้วยสาเหตุต่าง ๆ โดยสามารถสรุปได้ดังตารางต่อไปนี้

**ตารางที่ 2** แสดงความถี่และผลกระทบต่อการผลิต จากการขัดข้องของอุปกรณ์ต่าง ๆ ในระบบเครื่องเพิ่มแรงดันก๊าซธรรมชาติปลาหมึกชาร์ลีในปี 2549

สาเหตุการหยุดของเครื่องจักร	ความถี่ของการ ขัดข้อง (ครั้งต่อปี)	ผลกระทบ (ชั่วโมง หยุดการผลิต)	สูญเสีย การผลิต (บาร์เรล)
1. Liquid pump plunger/packing leaked	1	373.5	46,282
2. Defective bearing of belt tensioner	2	58.75	6,046
3. Cooler fan belt broken	1	49.2	6,672
4. Valve Positioner of recycle valve failed	2	35.95	3,611
5. Cooler fan drive shaft coupling broken	1	30.25	4,831
6. Force feed pump stuck	3	27.5	3,773
7. 1st Stage scrubber Level control valve stuck closed	1	26.16	3,240
8. Inlet Separator Level Transmitter failed	2	16.83	1,914
9. Level control valve passing due to flow cut	1	15.7	2,510
10. Lube oil flow switch failed	1	13.75	1,829
11. Lube oil strainer clogged	1	13.25	1,792
12. Programmable Logic Control (PLC) power supply fuse failed	1	12	1,850
13. Battery Charger breaker failed	2	11.75	1,424
14. Pressure Transmitter failed	2	10.1	2,698

## ตารางที่ 2 (ต่อ)

สาเหตุการหยุดของเครื่องจักร	ความถี่ของการ ขัดข้อง (ครั้งต่อปี)	ผลกระทบ (ชั่วโมง หยุดการผลิต)	สูญเสีย การผลิต (บาร์เรล)
15. Oil pressure transmitter malfunctioned	1	10	1,594
16. Export Shutdown valve failed	1	8.3	1,061
17. Lube oil auto refill strainer clogged	1	8.17	1,304
18. Engine Speed control linkage stuck	1	8.1	1,214
19. Alternator failed to charge	1	7	1,066
20. Fuel gas Shutdown valve passing	1	6.25	759
21. Shutdown valve air leaked	1	6.1	1,008
22. Suction Scrubber Level control valve passing	1	6	925
23. Liquid pump orifice of leak detection clogged	1	4.5	700
24. Compressor lube oil flow switch failed	1	4	384
25. Flow orifice of leak detection clogged	1	3.75	547
26. Vibration Switch failed	1	3.7	1,181
27. Suction strainer of force feed pump clogged	1	2.7	366
28. Suction Scrubber Level control valve stuck closed	1	2	243
29. Fuel gas regulator failed	1	1.5	182
30. Programmable Logic Control (PLC) bid error	1	0.5	73
<b>รวม</b>	<b>37</b>	<b>777.26</b>	<b>101,079*</b>

หมายเหตุ \* ค่าการสูญเสียการผลิตมีหน่วยเป็นจำนวนบาร์เรลน้ำมันดิบ  
ที่มา: บริษัทยูโนแคลไทยแลนด์จำกัด (2549)

จากตารางที่ 2 จะเห็นได้ว่าการขัดข้องของอุปกรณ์สามรายการแรกนั้นส่งผลกระทบต่อ การผลิตสูงมากถึงแม้ว่าการขัดข้องจะมีความถี่ไม่มากก็ตาม การขัดข้องที่ทำให้ระบบเครื่องเพิ่มแรงดัน ก๊าซปลาหมึกชาร์ลี PMWC หยุดการทำงานสูงสุดในปี 2549 จำนวน 373.5 ชั่วโมงนั้นเกิดจาก การรั่วของแพกกิ้ง (packing) และตัวปั๊มน้ำมันดิบ (pump plunger) ตามด้วยอุปกรณ์ปรับความตึง สายพาน (belt tensioner) จำนวน 58.75 ชั่วโมงและการชำรุดของสายพานขับพัดลมระบบการถ่ายเท ความร้อน (Heat Exchanger) จำนวน 49.2 ชั่วโมง

เนื่องจากเครื่องจักรมีการติดตั้งใช้งานในช่วงปลายปี 2547 ข้อมูลการใช้งานในช่วงแรก มีการเก็บไว้ไม่ครบถ้วน ดังนั้นในการศึกษาจึงใช้ข้อมูลของปี 2549 เท่านั้น อย่างไรก็ตามข้อมูลนี้ ก็ยังไม่เพียงพอต่อการนำมาวิเคราะห์เชิงสถิติวิศวกรรมความน่าเชื่อถือ ทั้งนี้ข้อมูลที่เพียงพอ ต่อการวิเคราะห์เชิงสถิติความน่าเชื่อถือ ควรเป็นข้อมูลที่มีการเก็บไว้อย่างสมบูรณ์ภายในระยะเวลา อย่างน้อย 3 ปี แต่เนื่องจากการที่เครื่องจักรที่ทำการศึกษานี้มีสถิติการหยุดงานสูงและเคยมีเครื่องจักร เครื่องอื่นที่มีลักษณะคล้ายกันได้รับความเสียหายรุนแรงจากอุบัติเหตุ การศึกษาในครั้งนี้จึงเป็น การศึกษาเบื้องต้นเพื่อนำผลการศึกษามาแก้ไขปัญหานั้นในระยั้ง เมื่อมีข้อมูลที่สมบูรณ์แล้ว จึงทำการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อแก้ไขปัญหานั้นในระยะยาวต่อไป

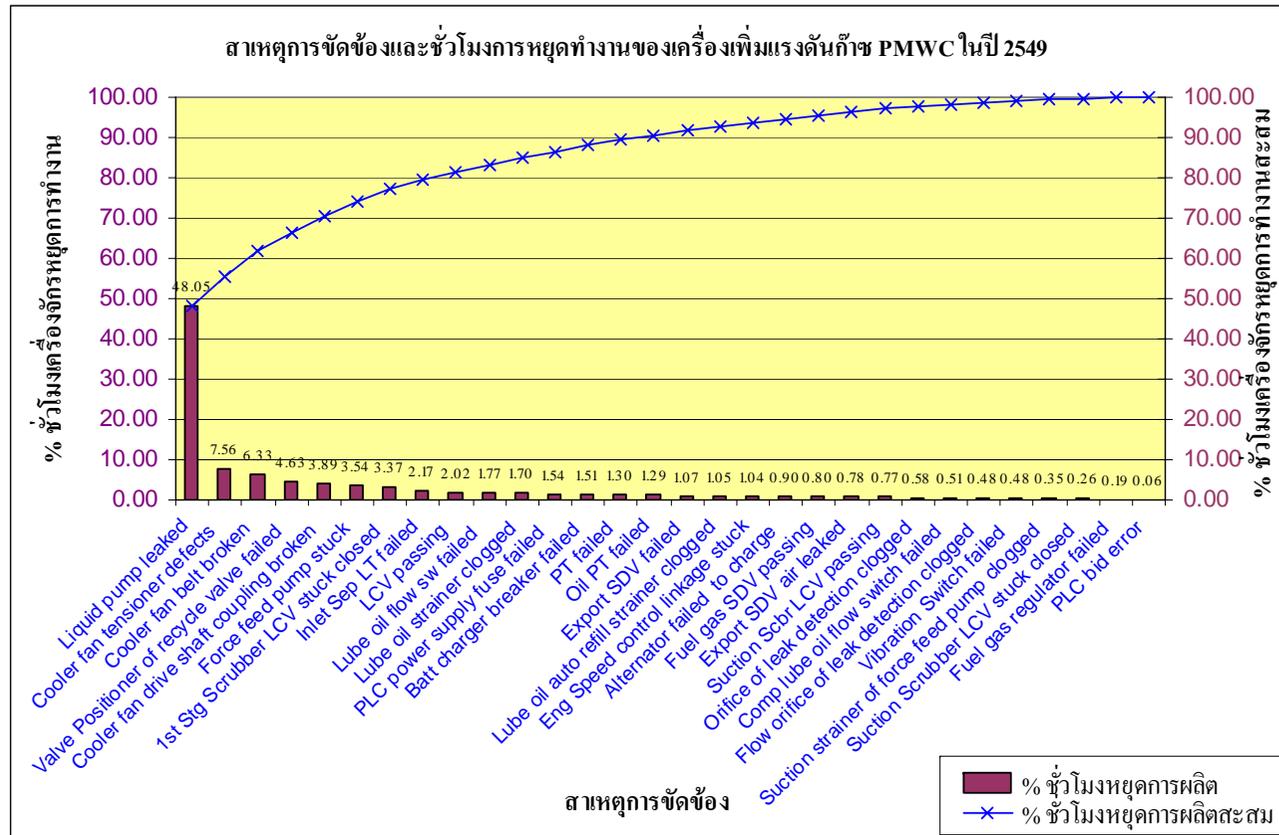
### 3. การระบุอุปกรณ์ที่มีผลกระทบต่อการผลิตสูงเมื่อเกิดการขัดข้อง

จากผลการวิเคราะห์ปัญหาประวัติการขัดข้องในการใช้งานจริง ความถี่ของการขัดข้อง จำนวนชั่วโมงหยุดการทำงาน ค่าผลกระทบต่อการผลิต และค่า Machine Availability ทำให้พบ ปัญหาและอุปสรรคหลายประการที่ทำให้ระบบเครื่องเพิ่มแรงดันก๊าซปลาหมึกชาร์ลี PMWC ทำงานได้ไม่เต็มประสิทธิภาพ ในความเป็นจริงปัญหาทุกปัญหาคควรได้รับการแก้ไข แต่ในทาง ปฏิบัติยังไม่สามารถแก้ปัญหาทุกอย่างได้ในเวลาเดียวกัน โดยทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด การศึกษา ในครั้งนี้จึงได้อาศัยหลักพาเรโต (Pareto) หรือหลักการ 80/20 เป็นแนวคิดเพื่อทำการคัดเลือกปัญหา และสาเหตุสำคัญหลักเพื่อทำการปรับปรุงแก้ไข โดยได้คัดเลือกอุปกรณ์เพียง 3 รายการที่การขัดข้อง มีผลกระทบต่อการผลิตสูงสุดดังแสดงโดยกราฟพาเรโตตามภาพที่ 9 อุปกรณ์ทั้ง 3 รายการนี้ได้แก่

- 1) ลูกสูบปั๊มของเหลวสีกหรือทำน้ำมันดิบรั่วไหลของออกสู่สภาพแวดล้อม
- 2) อุปกรณ์ปรับความตึงสายพานขับพัดลมระบายความร้อนของระบบ Heat Exchanger ขัดข้อง

### 3) สายพานผลิตระบายความร้อนของระบบ Heat Exchanger ขนาด

หลักการพาเรโต (Pareto Principle) ระบุว่า “สิ่งที่มีความสำคัญมากจำนวนเล็กน้อย (The Vital Few) และสิ่งที่มีความสำคัญเล็กน้อยจำนวนมากมาย (The Trivial Many)” เพื่อพิจารณาถึงสาเหตุอันสำคัญของเหตุการณ์ โดย Juran ได้แนะนำให้ใช้การตัดสินใจตามหลักการพาเรโต คือ 80-20 ซึ่งหมายความว่า “ปัญหาที่สำคัญมากจำนวนมาก 80 เปอร์เซ็นต์มักมีสาเหตุมาจากประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ของสาเหตุทั้งหมด ในขณะที่อีก 80 เปอร์เซ็นต์ของสาเหตุจะมีผลต่อปัญหาที่มีความสำคัญเพียงเล็กน้อยจำนวน 20 เปอร์เซ็นต์ของปัญหาเท่านั้น” ภาพต่อไปนี้จะแสดงสถิติการขัดข้องของอุปกรณ์ในระบบเครื่องเพิ่มแรงดันก๊าซธรรมชาติปลาหมึกชาร์ลีในปี 2549 โดยใช้กราฟพาเรโต เพื่อแสดงลำดับผลกระทบต่อการผลิต



ภาพที่ 11 แสดงสาเหตุการขัดข้องและเปอร์เซ็นต์การสูญเสียเวลาทำงานของเครื่องเพิ่มแรงดันก๊าซปลาหมึกชาร์ลี

ที่มา: บริษัทยูโนแคลไทยแลนด์จำกัด (2549)

ภาพที่ 11 แสดงโดยกราฟพารेटโตจะให้เห็นว่าการหยุดทำงานของระบบเครื่องเพิ่มแรงดันก๊าซที่มีสาเหตุจากการรั่วของปั้มน้ำมันคืบนั้นคิดเป็นสัดส่วนร้อยละสูงสุดเป็น 48.05 ของเวลาหยุดรวมของระบบจากทุกสาเหตุ ตามด้วยสาเหตุจากการชำรุดของอุปกรณ์ปรับความดัน สายพานขับพัดลมระบายความร้อนคิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 7.56 สายพานขับพัดลมขาดเป็นสัดส่วนร้อยละ 6.33 และสาเหตุอื่น ๆ ซึ่งการขัดข้องของอุปกรณ์ทั้งหมดทำให้เครื่องจักรหยุดการทำงานรวมทั้งสิ้น 777.26 ชั่วโมง ในปี 2549 การขัดข้องของอุปกรณ์ทั้งสามรายการดังกล่าวส่งผลต่อเวลาหยุดของระบบเครื่องเพิ่มแรงดันก๊าซรวมกันทั้งสิ้น 480.9 ชั่วโมง หรือร้อยละ 61.94 ของเวลาหยุดจากการขัดข้องของอุปกรณ์ทั้งหมดรวมกัน รายละเอียดของสถิติการหยุดของเครื่องจักรจากเหตุขัดข้องสามารถดูได้จากภาคผนวก ก.

การศึกษาในครั้งนี้นอกจากจะพบปัญหาโดยตรงที่ทำให้เครื่องจักรขัดข้องแล้ว ยังได้พบปัญหาและข้อจำกัดสำคัญอื่น ๆ ที่มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพการใช้งานและการบำรุงรักษาเครื่องจักรโดยรวม ซึ่งสรุปได้ดังต่อไปนี้

- 1) บริษัทผู้รับเหมาฯ ยังไม่มีการนำระบบคอมพิวเตอร์บริหารการบำรุงรักษา CMMS มาใช้งานเพื่อการบำรุงรักษา ระบบเครื่องเพิ่มแรงดันก๊าซอย่างเป็นระบบ
- 2) ข้อมูลประวัติเครื่องจักรมีการบันทึกไว้แต่ยังไม่ถูกต้องครบถ้วนเพียงพอ ไม่มีการระบุโหมดการเสีย และสาเหตุแท้จริง (Root Cause) ของการขัดข้องอย่างถูกต้องเหมาะสม
- 3) มีการเก็บอะไหล่สำรองไว้ไม่เพียงพอและมีการเก็บไว้หลายสถานที่ ซึ่งแต่ละสถานที่อยู่ห่างไกลต้องใช้เวลาในการขนส่งไปยังจุดที่ต้องการ
- 4) มีบุคลากรด้านการบำรุงรักษาจำกัดเนื่องจากข้อจำกัดด้านที่พักอาศัยนอกชายฝั่ง และข้อจำกัดของชั่วโมงทำงานของพนักงานเพื่อความปลอดภัย รวมถึงข้อจำกัดด้านประสบการณ์ของเจ้าหน้าที่
- 5) การเดินทางไปตรวจสภาพและบำรุงรักษาเครื่องจักรต้องเดินทางโดยทางเรือทำให้ต้องเสียเวลาในการเดินทาง สภาพอากาศอาจมีคลื่นลมแรง รวมถึงการเสียเวลาเรือโดยสารที่มีจำนวนจำกัด ข้อจำกัดด้านการเดินทางจึงมีผลต่อการบำรุงรักษาเครื่องจักร

6) การหยุดการทำงานของเครื่องจักรส่วนหนึ่งมีสาเหตุจากความบกพร่องในกระบวนการผลิตหลักของแท่นผลิตซึ่งสั่งการให้เครื่องเพิ่มแรงดันก๊าซหยุดการทำงานไปด้วยตามวงจรควบคุมความปลอดภัย การแก้ไขปัญหาในกระบวนการผลิตจึงควรปฏิบัติตามคู่มือไปด้วย

7) ปริมาณก๊าซ น้ำ และน้ำมันที่ผ่านเข้ามาในระบบไม่สามารถควบคุมให้คงที่ได้ตลอดเวลา โดยปริมาณการไหลขึ้นอยู่กับคุณลักษณะทางธรณีวิทยาของแต่ละหลุม เพิ่มความยุ่งยากในการควบคุมการทำงานของเครื่องจักรทำให้เครื่องจักรหยุดการทำงานเพิ่มขึ้น

### แนวทางการปรับปรุงระบบการบำรุงรักษาเพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือของอุปกรณ์

แนวทางเพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือของอุปกรณ์มุ่งเน้นไปที่การปรับปรุงระบบการบำรุงรักษาเชิงป้องกันด้วยการเปลี่ยนอะไหล่ (Part Replacement Preventive Maintenance – PM) โดยมีแนวทางต่อไปนี้

#### 1. การหาช่วงเวลาบำรุงรักษาเชิงป้องกันด้วยการเปลี่ยนอะไหล่ (PM Intervals) ที่เหมาะสม

ตารางการบำรุงรักษาในปัจจุบันของอุปกรณ์ทั้งสามรายการนี้มีเพียงการตรวจสอบสภาพทั่วไปและทำการเปลี่ยนหรือซ่อมหลังการขัดข้อง (Break down Maintenance or Run to Fail) เพื่อหาแนวทางการบำรุงรักษาเชิงป้องกันด้วยการเปลี่ยนอะไหล่ ที่เหมาะสมจึงได้เลือกความถี่ในการเปลี่ยนอุปกรณ์ทั้งสามรายการตามตารางต่อไปนี้

**ตารางที่ 3** แสดงทางเลือกช่วงความถี่ของการบำรุงรักษาเชิงป้องกันด้วยการเปลี่ยนอะไหล่ (Part Replacement Preventive Maintenance – PM)

เหตุการณ์	ทางเลือกที่ 1	ทางเลือกที่ 2	ทางเลือกที่ 3
	ความถี่ในการทำ PM	ความถี่ในการทำ PM	ความถี่ในการทำ PM
ลูกสูบปั๊มของเหลวและแพกกิ้ง	ทุกๆ 1.5 เดือน	ทุกๆ 3 เดือน	ทุกๆ 6 เดือน
อุปกรณ์ปรับความตึงสายพาน	ทุกๆ 1.5 เดือน	ทุกๆ 3 เดือน	ทุกๆ 6 เดือน
สายพานขับพัลลม	ทุกๆ 1.5 เดือน	ทุกๆ 3 เดือน	ทุกๆ 6 เดือน

2. การหาความถี่ของการบำรุงรักษาเชิงป้องกันด้วยการเปลี่ยนอะไหล่ (Part Replacement Preventive Maintenance – PM Intervals) ที่ให้ประโยชน์สูงสุด

การหาความถี่ในการทำ PM ให้กับอุปกรณ์ทั้งสามรายการที่จะให้ผลประโยชน์สูงสุด ได้เปรียบเทียบค่าการสูญเสียการผลิตเมื่อไม่มีการทำ PM ในปี 2549 กับค่าใช้จ่ายด้านค่าแรง ค่าวัสดุ ค่าเดินทางและค่าการสูญเสียการผลิตเมื่อต้องหยุดเครื่องจักรเพื่อทำ PM ด้วยความถี่ 8 ครั้ง 4 ครั้ง และ 2 ครั้งต่อปีดังแสดงในตารางที่ 4 ตารางที่ 5 และ ตารางที่ 6

ตารางที่ 4 ทางเลือกที่ 1 ทำการบำรุงรักษาเชิงป้องกันด้วยการเปลี่ยนอะไหล่ (Part Replacement Preventive Maintenance – PM) ทุก 1.5 เดือน หรือ ปีละ 8 ครั้ง

เหตุการณ์	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
ลูกสูบปั๊ม ของเหลวและ แพกกิ้ง	16	41	656	3,280	450	4,386	8	35,088	7,152.49	686,639	721,727	373.5	2,671,455
อุปกรณ์ปรับ ความตึงสายพาน	4	41	164	190	0	354	8	2,832	7,152.49	0	2,832	58.75	420,209
สายพานขับพัค ลมขาด	4	41	164	152	0	316	8	2,528	7,152.49	0	2,528	49.2	351,903
										รวม	<b>727,087</b>	<b>481.45</b>	<b>3,443,567</b>

อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อการลงทุน =  $3,443,567/727,087 = 4.7: 1$

จากตารางจะเห็นได้ว่าทางเลือกที่ 1 คือการทำ PM ทุก 1.5 เดือนให้อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อการลงทุนเป็น 4.7 ต่อ 1 โดยคำนวณจากค่าการสูญเสียการผลิตเมื่อไม่ทำ PM ให้อุปกรณ์ทั้งสามในปี 2549/ ค่าใช้จ่ายทั้งหมดและค่าการสูญเสียการผลิตหลังการทำ PM ตามข้อแนะนำ

A เป็นชั่วโมงรวมทำงานของเจ้าหน้าที่ (Man-hour)

B เป็นค่าแรงเฉลี่ยต่อชั่วโมงต่อคน (ดอลลาร์สหรัฐ): ค่าแรง 41 ดอลลาร์สหรัฐต่อชั่วโมงต่อคนเป็นค่าแรงเฉลี่ยของพนักงานบริษัทรับเหมาผู้ควบคุมดูแลเครื่องจักร

#### ตารางที่ 4 (ต่อ)

- C เป็นค่าแรงรวมต่อการทำ PM 1 ครั้ง (ดอลลาร์สหรัฐ)
- D เป็นค่าวัสดุต่อการทำ PM 1 ครั้ง (ดอลลาร์สหรัฐ): ค่าวัสดุอุปกรณ์แสดงไว้ในภาคผนวก ข.
- E เป็นค่าเดินทางต่อการทำ PM 1 ครั้ง (ดอลลาร์สหรัฐ): ค่าเดินทางที่ 450 ดอลลาร์สหรัฐเป็นค่าเฉลี่ยของค่าเช่าเรือและค่าน้ำมันจากการเดินทางไปกลับ เป็นเวลาประมาณ 2 ชั่วโมง ไม่คิดค่าเดินทางและค่าการสูญเสียการผลิตในการทำ PM ของอุปกรณ์ที่ 2 และ 3 เนื่องจากใช้ช่วงเวลาทำงานเดียวกันกับการทำ PM ให้อุปกรณ์ที่ 1
- F เป็นค่าใช้จ่ายรวมต่อการทำ PM 1 ครั้ง (ดอลลาร์สหรัฐ)
- G เป็นจำนวน PM ต่อปี (ครั้ง)
- H เป็นค่าใช้จ่ายรวมในการทำ PM 8 ครั้งต่อปี (ดอลลาร์สหรัฐ)
- I เป็นค่าเฉลี่ยการสูญเสียการผลิต/ชั่วโมง (ดอลลาร์สหรัฐ): ค่าเฉลี่ยการสูญเสียการผลิตประมาณ 7,152.49 ดอลลาร์สหรัฐต่อชั่วโมงเป็นค่าที่ได้จากการบันทึกค่าการสูญเสียการผลิตเนื่องจากเหตุขัดข้อง (unplanned shutdown) ของเครื่องจักรทั้งปี/จำนวนชั่วโมงของการหยุดเครื่องจักรแบบ unplanned ทั้งหมด ซึ่งได้จากบันทึกประวัติการขัดข้องของเครื่องจักรซึ่งบันทึกไว้โดยเจ้าหน้าที่ฝ่ายผลิต การทำ PM ทุกอุปกรณ์ต้องทำให้เสร็จภายในวันเดียว (12 ชั่วโมง) จึงจะสามารถรักษาค่าใช้จ่ายจากการเดินทางและเวลาหยุดเครื่องจักรเพื่อบำรุงรักษาให้คงที่ได้
- J เป็นค่าสูญเสียการผลิตเมื่อทำ PM 8 ครั้งต่อปี (ดอลลาร์สหรัฐ): ค่าการสูญเสียการผลิตจากการทำ PM ทั้งปีได้จากค่าเฉลี่ยการสูญเสียการผลิตต่อชั่วโมง (7,152.49 ดอลลาร์สหรัฐ) X จำนวนครั้งการทำ PM ต่อปี (8 ครั้ง) X จำนวนชั่วโมงการหยุดเครื่องจักรเพื่อทำการบำรุงรักษา (PM) แต่ละครั้ง (12 ชั่วโมง) ดังนั้นค่าการสูญเสียการผลิตในการทำ PM ด้วยความถี่จำนวน 8 ครั้งต่อปีจึงเท่ากับ  $7152.49 \times 8 \times 12 = 686,639$  ดอลลาร์สหรัฐ
- K เป็นค่าใช้จ่ายและการสูญเสียการผลิตรวมในการทำ PM 8 ครั้งต่อปี (ดอลลาร์สหรัฐ)
- L เป็นชั่วโมงรวมการหยุดระบบเครื่องเพิ่มแรงดันก๊าซที่เกิดจากการขัดข้องของอุปกรณ์ 3 รายการนี้ในปี 2549
- M เป็นการสูญเสียการผลิตในปี 2549 เมื่อไม่ทำ PM (ดอลลาร์สหรัฐ) ซึ่งได้มาจาก  $7152.49 \times$  ชั่วโมงการหยุดเครื่องจักร

ตารางที่ 5 ทางเลือกที่ 2 ทำการบำรุงรักษาเชิงป้องกันด้วยการเปลี่ยนอะไหล่ (Part Replacement Preventive Maintenance – PM) ทุก 3 เดือน หรือ ปีละ 4 ครั้ง

เหตุการณ์	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	
ลูกสูบปั๊ม ของเหลวและ แพกกิ้ง	16	41	656	3,280	450	4,386	4	17,544	7,152.49	343,320	360,864	373.5	2,671,455	
อุปกรณ์ปรับ ความตึง สายพาน	4	41	164	190	0	354	4	1,416	7,152.49	0	1,416	58.75	420,209	
สายพานขับ พัดลมขาด	4	41	164	152	0	316	4	1,264	7,152.49	0	1,264	49.2	351,903	
											<b>รวม</b>	<b>363,544</b>	<b>481.45</b>	<b>3,443,567</b>

อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อการลงทุน =  $3,443,567 / 363,544 = 9.5 : 1$

จากตารางจะเห็นได้ว่าทางเลือกที่ 2 คือ การทำ PM ทุก 3 เดือนให้อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อค่าใช้จ่ายเป็น 9.5 ต่อ 1 โดยคำนวณจากค่าการสูญเสียการผลิตเมื่อไม่ทำ PM ให้อุปกรณ์ทั้งสามในปี 2549/ค่าใช้จ่ายทั้งหมดและค่าการสูญเสียการผลิตหลังการทำ PM ตามข้อแนะนำ

A เป็นชั่วโมงรวมทำงานของเจ้าหน้าที่ (Man-hour)

B เป็นค่าแรงเฉลี่ยต่อชั่วโมงต่อคน (ดอลลาร์สหรัฐ): ค่าแรง 41 ดอลลาร์สหรัฐต่อชั่วโมงต่อคนเป็นค่าแรงเฉลี่ยของพนักงานบริษัทรับเหมาผู้ควบคุมดูแลเครื่องจักร

## ตารางที่ 5 (ต่อ)

- C เป็นค่าแรงรวมต่อการทำ PM 1 ครั้ง (ดอลลาร์สหรัฐ)
- D เป็นค่าวัสดุต่อการทำ PM 1 ครั้ง (ดอลลาร์สหรัฐ): ค่าวัสดุอุปกรณ์แสดงไว้ในภาคผนวก ข.
- E เป็นค่าเดินทางต่อการทำ PM 1 ครั้ง (ดอลลาร์สหรัฐ): ค่าเดินทางที่ 450 ดอลลาร์สหรัฐเป็นค่าเฉลี่ยของค่าเช่าเรือและค่าน้ำมันจากการเดินทาง ไปกลับ เป็นเวลาประมาณ 2 ชั่วโมง ไม่คิดค่าเดินทางและค่าการสูญเสียการผลิตในการทำ PM ของอุปกรณ์ที่ 2 และ 3 เนื่องจากใช้ช่วงเวลาทำงานเดียวกันกับการทำ PM ให้อุปกรณ์ที่ 1
- F เป็นค่าใช้จ่ายรวมต่อการทำ PM 1 ครั้ง (ดอลลาร์สหรัฐ)
- G เป็นจำนวน PM ต่อปี (ครั้ง)
- H เป็นค่าใช้จ่ายรวมในการทำ PM 4 ครั้งต่อปี (ดอลลาร์สหรัฐ)
- I เป็นค่าเฉลี่ยการสูญเสียการผลิต/ชั่วโมง (ดอลลาร์สหรัฐ): ค่าเฉลี่ยการสูญเสียการผลิตประมาณ 7,152.49 ดอลลาร์สหรัฐต่อชั่วโมงเป็นค่าที่ได้จากการบันทึกค่าการสูญเสียการผลิตเนื่องจากเหตุขัดข้อง (unplanned shutdown) ของเครื่องจักรทั้งปี/จำนวนชั่วโมงของการหยุดเครื่องจักรแบบ unplan ทั้งหมด ซึ่งได้จากการบันทึกประวัติการขัดข้องของเครื่องจักรซึ่งบันทึกไว้โดยเจ้าหน้าที่ฝ่ายผลิต การทำ PM ทุกอุปกรณ์ต้องทำให้เสร็จภายในวันเดียว (12 ชั่วโมง) จึงจะสามารถรักษาค่าใช้จ่ายจากการเดินทางและเวลาหยุดเครื่องจักรเพื่อบำรุงรักษาให้คงที่ได้
- J เป็นค่าสูญเสียการผลิตเมื่อทำ PM 4 ครั้งต่อปี (ดอลลาร์สหรัฐ): ค่าการสูญเสียการผลิตจากการทำ PM ทั้งปีได้จากค่าเฉลี่ยการสูญเสียการผลิตต่อ ชั่วโมง (7,152.49 ดอลลาร์สหรัฐ) X ด้วยจำนวนครั้งการทำ PM ต่อปี (4 ครั้ง) X จำนวนชั่วโมงการหยุดเครื่องจักรเพื่อทำการบำรุงรักษา (PM) แต่ละครั้ง (12 ชั่วโมง) ดังนั้นค่าการสูญเสียการผลิตในการทำ PM ด้วยความถี่จำนวน 4 ครั้งต่อปีจึงเท่ากับ  $7152.49 \times 4 \times 12 = 343,320$  ดอลลาร์สหรัฐ
- K เป็นค่าใช้จ่ายและการสูญเสียการผลิตรวมในการทำ PM 4 ครั้งต่อปี (ดอลลาร์สหรัฐ)
- L เป็นชั่วโมงรวมการหยุดระบบเครื่องเพิ่มแรงดันก๊าซที่เกิดจากการขัดข้องของอุปกรณ์ 3 รายการนี้ในปี 2549
- M เป็นการสูญเสียการผลิตในปี 2549 เมื่อไม่ทำ PM (ดอลลาร์สหรัฐ) ซึ่งได้มาจาก  $7152.49 \times$  ชั่วโมงการหยุดเครื่องจักร

ตารางที่ 6 ทางเลือกที่ 3 ทำการบำรุงรักษาเชิงป้องกันด้วยการเปลี่ยนอะไหล่ (Part Replacement Preventive Maintenance – PM) ทุก 6 เดือน หรือ ปีละ 2 ครั้ง

เหตุการณ์	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	
ลูกสูบปั๊ม ของเหลว และแพกกิ้ง	16	41	656	3,280	450	4,386	2	8,772	7,152.49	171,660	180,432	373.5	2,671,455	
อุปกรณ์ปรับ ความตึง สายพาน	4	41	164	190	0	354	2	708	7,152.49	0	708	58.75	420,209	
สายพานขับ พัดลมขาด	4	41	164	152	0	316	2	632	7,152.49	0	632	49.2	351,903	
											<b>รวม</b>	<b>181,772</b>	<b>481.45</b>	<b>3,443,566</b>

อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อการลงทุน =  $3,443,566/181,772 = 18.9 : 1$

จากตารางจะเห็นว่าทางเลือกที่ 3 คือ การทำ PM ทุก 6 เดือนให้อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อค่าใช้จ่ายเป็น 18.9 ต่อ 1 โดยคำนวณจาก ค่าการสูญเสียการผลิตเมื่อไม่ทำ PM ให้อุปกรณ์ทั้งสามในปี 2549/ค่าใช้จ่ายทั้งหมดและค่าการสูญเสียการผลิตหลังการทำ PM ตามข้อแนะนำ

A เป็นชั่วโมงรวมทำงานของเจ้าหน้าที่ (Man-hour)

B เป็นค่าแรงเฉลี่ยต่อชั่วโมงต่อคน (ดอลลาร์สหรัฐ): ค่าแรง 41 ดอลลาร์สหรัฐต่อชั่วโมงต่อคนเป็นค่าแรงเฉลี่ยของพนักงานบริษัทรับเหมาผู้ควบคุมดูแลเครื่องจักร

## ตารางที่ 6 (ต่อ)

- C เป็นค่าแรงรวมต่อการทำ PM 1 ครั้ง (ดอลลาร์สหรัฐ)
- D เป็นค่าวัสดุต่อการทำ PM 1 ครั้ง (ดอลลาร์สหรัฐ): ค่าวัสดุอุปกรณ์แสดงไว้ในภาคผนวก ข.
- E เป็นค่าเดินทางต่อการทำ PM 1 ครั้ง (ดอลลาร์สหรัฐ): ค่าเดินทางที่ 450 ดอลลาร์สหรัฐเป็นค่าเฉลี่ยของค่าเช่าเรือและค่าน้ำมันจากการเดินทาง ไปกลับ เป็นเวลาประมาณ 2 ชั่วโมง ไม่คิดค่าเดินทางและค่าการสูญเสียการผลิตในการทำ PM ของอุปกรณ์ที่ 2 และ 3 เนื่องจากใช้ช่วงเวลาทำงานเดียวกันกับการทำ PM ให้อุปกรณ์ที่ 1
- F เป็นค่าใช้จ่ายรวม (ค่าแรง + ค่าวัสดุ + ค่าเดินทาง) ต่อการทำ PM 1 ครั้ง (ดอลลาร์สหรัฐ)
- G เป็นจำนวน PM ต่อปี (ครั้ง)
- H เป็นค่าใช้จ่ายรวมในการทำ PM 2 ครั้งต่อปี (ดอลลาร์สหรัฐ)
- I เป็นค่าเฉลี่ยการสูญเสียการผลิต/ชั่วโมง (ดอลลาร์สหรัฐ): ค่าเฉลี่ยการสูญเสียการผลิตประมาณ 7,152.49 ดอลลาร์สหรัฐต่อชั่วโมงเป็นค่าที่ได้จากการบันทึกค่าการสูญเสียการผลิตเนื่องจากเหตุขัดข้อง (unplanned shutdown) ของเครื่องจักรทั้งปี/จำนวนชั่วโมงของการหยุดเครื่องจักรแบบ unplan ทั้งหมด ซึ่งได้จากการบันทึกประวัติการขัดข้องของเครื่องจักรซึ่งบันทึกไว้โดยเจ้าหน้าที่ฝ่ายผลิต การทำ PM ทุกอุปกรณ์ต้องทำให้เสร็จภายในวันเดียว (12 ชั่วโมง) จึงจะสามารถรักษาค่าใช้จ่ายจากการเดินทางและเวลาหยุดเครื่องจักรเพื่อบำรุงรักษาให้คงที่ได้
- J เป็นค่าสูญเสียการผลิตเมื่อทำ PM 2 ครั้งต่อปี (ดอลลาร์สหรัฐ): ค่าการสูญเสียการผลิตจากการทำ PM ทั้งปีได้จากค่าเฉลี่ยการสูญเสียการผลิตต่อ ชั่วโมง (7,152.49 ดอลลาร์สหรัฐ) X จำนวนครั้งการทำ PM ต่อปี (2 ครั้ง) X จำนวนชั่วโมงการหยุดเครื่องจักรเพื่อทำการบำรุงรักษา (PM) แต่ละครั้ง (12 ชั่วโมง) ดังนั้นค่าการสูญเสียการผลิตในการทำ PM ด้วยความถี่จำนวน 2 ครั้งต่อปีจึงเท่ากับ  $7152.49 \times 2 \times 12 = 171,660$  ดอลลาร์สหรัฐ
- K เป็นค่าใช้จ่ายและการสูญเสียการผลิตรวมในการทำ PM 2 ครั้งต่อปี (ดอลลาร์สหรัฐ)
- L เป็นชั่วโมงรวมการหยุดระบบเครื่องเพิ่มแรงดันก๊าซที่เกิดจากการขัดข้องของอุปกรณ์ 3 รายการนี้ในปี 2549
- M เป็นการสูญเสียการผลิตในปี 2549 เมื่อไม่ทำ PM (ดอลลาร์สหรัฐ) ซึ่งได้มาจาก  $7152.49 \times$  ชั่วโมงการหยุดเครื่องจักร

การเปรียบเทียบอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อการลงทุนของทางเลือกในการปรับตารางการบำรุงรักษาเชิงป้องกันด้วยการเปลี่ยนอะไหล่สรุปได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 7 เปรียบเทียบกับอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อการลงทุนของทางเลือกในการปรับตารางการบำรุงรักษาเชิงป้องกันด้วยการเปลี่ยนอะไหล่

	ทางเลือกที่ 1	ทางเลือกที่ 2	ทางเลือกที่ 3
	ทำ PM ทุก 1.5 เดือน (8 ครั้งต่อปี)	ทำ PM ทุก 3 เดือน (4 ครั้งต่อปี)	ทำ PM ทุก 6 เดือน (2 ครั้งต่อปี)
ค่าใช้จ่ายรวมทำ PM (ดอลลาร์สหรัฐต่อปี)	40,448	20,224	10,112
ค่าสูญเสียการผลิตเมื่อทำ PM (ดอลลาร์สหรัฐต่อปี)	686,639	343,320	171,660
รวมค่าใช้จ่ายและค่าสูญเสียการผลิตในการทำ PM (ดอลลาร์สหรัฐต่อปี)	727,087	363,544	181,772
ค่าการสูญเสียการผลิตเมื่อไม่ทำ PM (ดอลลาร์สหรัฐต่อปี)	3,443,567	3,443,567	3,443,567
อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อการลงทุน	4.7 ต่อ 1	9.5 ต่อ 1	18.9 ต่อ 1

ตารางที่ 7 ได้สรุปการพิจารณาทางเลือกในการทำการบำรุงรักษาเชิงป้องกันด้วยการเปลี่ยนอะไหล่ (Part Replacement Preventive Maintenance – PM) ให้ผู้ประกอบการทั้งสามรายการ พบว่าทางเลือกที่ 3 (ทำ PM ทุก 6 เดือน หรือ 2 ครั้งต่อปี) ให้ค่าอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อการลงทุนที่ดีที่สุดเป็น 18.9 ต่อ 1 เนื่องจากมีค่าใช้จ่ายและค่าสูญเสียการผลิตจากการหยุดเครื่องจักรต่ำกว่าการทำ PM 4 ครั้งและ 8 ครั้งต่อปี ดังนั้นจึงเลือกทำ PM ทุก 6 เดือนให้กับผู้ประกอบการทั้งสามรายการในช่วงเวลาเดียวกัน ค่าการสูญเสียการผลิตเมื่อไม่ทำ PM (3,443,567 ดอลลาร์สหรัฐ) เป็นค่าการสูญเสียโอกาสการผลิตที่ได้จากประวัติการขัดข้องของอุปกรณ์ทั้ง 3 รายการในปี 2549 หลังการปรับตาราง PM ให้กับอุปกรณ์ทั้งสามรายการแล้วคาดการณ์ว่าจะสามารถเพิ่มความน่าเชื่อถือของเครื่องจักรให้ดีขึ้น

ในทางปฏิบัติอาจมีการขัดข้องของอุปกรณ์เหล่านี้ได้แม้มีการทำ PM ตามข้อเสนอแนะแล้วก็ตาม แต่จะแก้ไขได้ด้วยการนำวิธีการบำรุงรักษาอื่น เช่น การบำรุงรักษาที่คาดการณ์ได้ล่วงหน้า (Predictive Maintenance) เช่น การตรวจความสั่นสะเทือน (Vibration Monitoring) หรือ Online Monitoring มาเสริมการบำรุงรักษาเชิงป้องกันเพื่อทำการตรวจหาแนวโน้มการขัดข้องของอุปกรณ์ ก่อนถึงเวลาทำ PM ถ้าพบความผิดปกติก็สามารถปรับตาราง PM ได้ตามความเหมาะสม

### **3. การหามูลค่าการสูญเสียโอกาสในการผลิตของระบบเครื่องเพิ่มแรงดันก๊าซธรรมชาติ ปลาหมึกชาร์ลีก่อนและหลังการปรับตารางบำรุงรักษาเชิงป้องกันด้วยการเปลี่ยนอะไหล่**

ตารางต่อไปนี้จะแสดงการเปรียบเทียบให้เห็นมูลค่าการสูญเสียโอกาสในการผลิตของระบบเครื่องเพิ่มแรงดันก๊าซธรรมชาติปลาหมึกชาร์ลีก่อนและหลังการปรับตารางบำรุงรักษาเชิงป้องกันด้วยการเปลี่ยนอะไหล่ตามข้อเสนอแนะโดยมีสมมุติฐานว่าหลังการปรับตารางบำรุงรักษาด้วยการเปลี่ยนอะไหล่แล้วจะไม่มีการหยุดเครื่องจักรจากปัญหาการขัดข้องของอุปกรณ์ทั้งสามนี้อีกในรอบปี

ตารางที่ 8 แสดงมูลค่าการสูญเสียโอกาสในการผลิตของระบบเครื่องเพิ่มแรงดันก๊าซธรรมชาติปลาหมึกชาร์ลีก่อนและหลังการปรับตารางการบำรุงรักษา PM

เดือน	ปี 2549 ก่อนปรับตาราง PM					หลังปรับตาราง PM ตามข้อเสนอ			
	A	B	C	D = A+B	E = AxD	F	G	H = F+G	I = A x H
มกราคม	7152.49	11.30	19.95	31.25	223,515.31	11.30	19.95	31.25	223,515.31
กุมภาพันธ์	7152.49	0.00	38.42	38.42	274,798.67	0.00	38.42	38.42	274,798.67
มีนาคม	7152.49	2.00	17.00	19.00	135,897.31	2.00	17.00	19.00	135,897.31
เมษายน	7152.49	2.30	50.65	52.95	378,724.35	2.30	14.90	17.20	123,022.83
พฤษภาคม	7152.49	3.50	59.19	62.69	448,389.60	3.50	59.19	62.69	448,389.60
มิถุนายน	7152.49	4.50	18.00	22.50	160,931.03	16.50**	18.00	34.50	246,760.91
กรกฎาคม	7152.49	1.30	6.10	7.40	52,928.43	1.30	6.10	7.40	52,928.43
สิงหาคม	7152.49	0.00	58.55	58.55	418,778.29	0.00	58.55	58.55	418,778.29
กันยายน	7152.49	20.50	14.00	34.50	246,760.91	20.50	14.00	34.50	246,760.91
ตุลาคม	7152.49	0.00	72.90	72.90	521,416.52	0.00	23.70	23.70	169,514.01
พฤศจิกายน	7152.49	45.10	98.00	143.10	1,023,521.32	45.10	21.50	66.60	476,355.83
ธันวาคม	7152.49	8.75	324.50	333.25	2,383,567.29	20.75**	4.50	25.25	180,600.37
<b>รวม</b>					<b>6,269,229.01</b>				<b>2,997,322.46</b>

## ตารางที่ 8 (ต่อ)

- A ค่าเฉลี่ยสูญเสียการผลิต /ช.ม. (ดอลลาร์สหรัฐ)
- B เวลาเครื่องจักรหยุดทำงานตามแผน - Plan ปี 2549 (ชั่วโมง)
- C เวลาเครื่องจักรหยุดทำงานนอกแผน - Unplan ปี 2549 (ชั่วโมง)
- D เวลาเครื่องจักรหยุดทำงานรวมในปี 2549 - (ชั่วโมง)
- E ค่าสูญเสียการผลิตที่จากเครื่องจักรหยุดทำงานในปี 2549 (ดอลลาร์สหรัฐ)
- F เวลาเครื่องจักรหยุดทำงานตามแผนหลังการปรับตารางการบำรุงรักษา – Plan (ชั่วโมง)
- G เวลาเครื่องจักรหยุดทำงานนอกแผนหลังการปรับตารางการบำรุงรักษา - Unplan (ชั่วโมง)
- H เวลาเครื่องจักรหยุดทำงานรวม (ชั่วโมง)
- I มูลค่าการผลิตที่สูญเสียจากเครื่องจักรหยุดทำงานหลังปรับ PM (ดอลลาร์สหรัฐ)
- \* ตัวเลขการสูญเสียการผลิตจากการขัดข้องของเครื่องจักรจากการบำรุงรักษาแบบ Plan และ Unplan ของแต่ละเดือนได้มาจากรายงานการผลิตของฝ่ายผลิตประจำแท่นผลิตกลาง “ปลาทอง” ซึ่งสามารถดูรายละเอียดเพิ่มเติมได้ในภาคผนวก ก.
- \*\* ตัวเลขการบำรุงรักษาตามแผน (PM) ของเดือนมิถุนายน และเดือนธันวาคมช่วงหลังปรับตาราง PM เพิ่มขึ้นเดือนละ 12 ชั่วโมงเนื่องจากกำหนดให้มีการทำ PM ตามข้อเสนอแนะ (2 ครั้งต่อปี) ครั้งละ 12 ชั่วโมง

- ผลต่างการสูญเสียการผลิตจากการหยุดเครื่องจักร (Plan + Unplan) ในปี 2549 และ  
 หลังการปรับตาราง PM =  $6,269,229.01 - 2,997,322.46 = 3,271,906.55$  ดอลลาร์สหรัฐ การคำนวณ  
 ค่าความสูญเสียจากการขัดข้องของเครื่องจักรในปี 2549 คิดเพียงค่าการสูญเสียโอกาสในการผลิต  
 เท่านั้นไม่ได้รวมค่าวัสดุ ค่าแรงและค่าเดินทางเนื่องจากไม่มีข้อมูลเพียงพอและไม่ได้เป็นประเด็น  
 สำคัญเมื่อเทียบกับมูลค่าการสูญเสียโอกาสในการผลิต

- เวลาเครื่องจักรหยุดทำงานนอกแผน - Unplan ในเดือนเมษายนปี 2549 = 35.75 ชั่วโมง  
 เนื่องจากการขัดข้องของตัวปรับความตึงสายพาน หลังการทำ PM ทำให้ในเดือนเดียวกันของ  
 ปีถัดไปคาดการณ์ว่าจะไม่มีการขัดข้องด้วยปัญหานี้ อีก การคิดเวลาการสูญเสียการผลิตของ  
 เครื่องจักรหลังการทำ PM จึง =  $50.65 - 35.75 = 14.9$  ชั่วโมง

- เวลาเครื่องจักรหยุดทำงานนอกแผน - Unplan ในเดือนตุลาคมปี 2549 = 49.2 ชั่วโมง  
 เนื่องจากสายพานพัดลมขาด หลังการทำ PM คาดการณ์ว่าในเดือนเดียวกันของปีถัดไปจะไม่  
 มีการขัดข้องด้วยปัญหานี้ อีก การคิดเวลาการสูญเสียการผลิตของเครื่องจักรหลังการทำ PM  
 จึง =  $72.9 - 49.2 = 23.7$  ชั่วโมง

- เวลาเครื่องจักรหยุดทำงานนอกแผน - Unplan ในเดือนพฤศจิกายนปี 2549 = 76.5 ชั่วโมง  
 เนื่องจากปั๊มของเหลวขัดข้อง หลังการทำ PM คาดการณ์ว่าในเดือนเดียวกันของปีถัดไปจะไม่  
 มีการขัดข้องด้วยปัญหานี้ อีก การคิดเวลาการสูญเสียการผลิตของเครื่องจักรหลังการทำ PM จึง =  $98 - 76.5$   
 = 21.5 ชั่วโมง

- เวลาเครื่องจักรหยุดทำงานนอกแผน - Unplan ในเดือนธันวาคมปี 2549 = 320 ชั่วโมง  
 เนื่องจากปั๊มของเหลวขัดข้อง หลังการทำ PM คาดการณ์ว่าในเดือนเดียวกันของปีถัดไปจะไม่  
 มีการขัดข้องด้วยปัญหานี้ อีก การคิดเวลาการสูญเสียการผลิตของเครื่องจักรหลังการทำ PM จึงเหลือ  
 $324.5 - 320 = 4.5$  ชั่วโมง

- ชั่วโมงหยุดการทำงานเครื่องจักรตามแผนและนอกแผนที่ไม่เกี่ยวข้องกับอุปกรณ์ทั้งสาม  
 รายการ ได้คงไว้เท่าเดิมทั้งก่อนและหลังการปรับตารางการปรับตารางการบำรุงรักษา PM

#### 4. เวลารับภาระของระบบเครื่องเพิ่มแรงดันก๊าซธรรมชาติปลาหมึกชาร์ลีก่อนและหลังการปรับตารางการบำรุงรักษา PM

การหาค่าความพร้อมใช้งานของระบบเครื่องเพิ่มแรงดันก๊าซธรรมชาติปลาหมึกชาร์ลีก่อนการปรับตารางการบำรุงรักษาได้มาจากสถิติการหยุดเครื่องจักรตามแผนและนอกแผนในปี 2549 เปรียบเทียบกับเวลาหยุดเครื่องจักรตามแผนและนอกแผนหลังการปรับตารางการบำรุงรักษามีรายละเอียดแสดงไว้ในตารางที่ 9 และภาพที่ 12

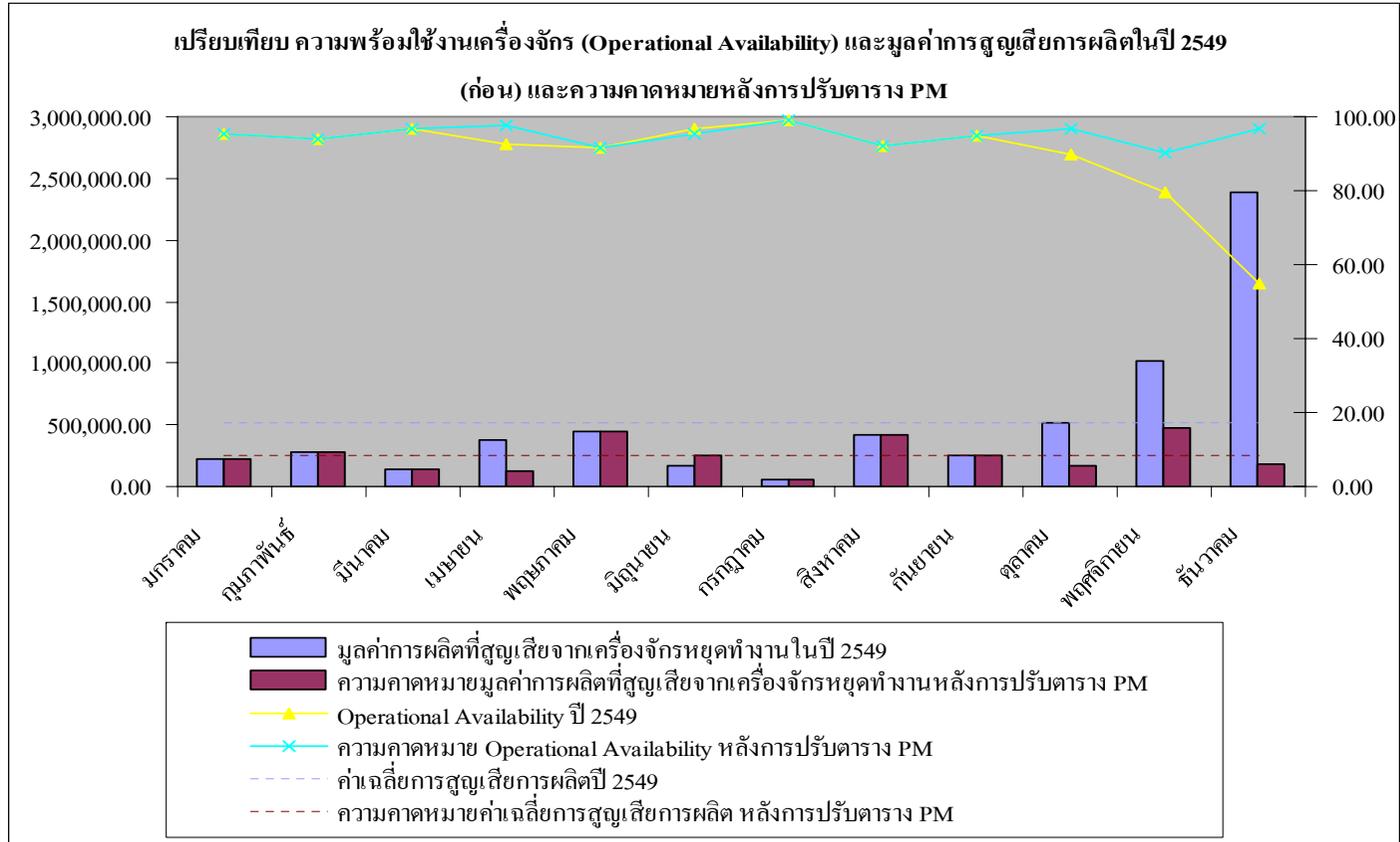
ตารางที่ 9 แสดงความพร้อมใช้งานของระบบเครื่องเพิ่มแรงดันก๊าซธรรมชาติปลาหมึกชาร์ลีก่อนและหลังการปรับตารางการบำรุงรักษา PM

เดือน	ก่อนปรับตาราง PM					หลังปรับตาราง PM ตามข้อเสนอแนะ			
	A	B	C	D	E = D-C	F = (E – (A+B)100/E)	G	H	I = (E – (G+H)100/E)
ม.ค.	11.3	19.95	75.89	744	668.11	95.32	11.3	19.95	95.32
ก.พ.	0	38.42	35.45	672	636.55	93.96	0	38.42	93.96
มี.ค.	2	17	159.75	744	584.25	96.75	2	17	96.75
เม.ย.	2.3	50.65	29.12	720	690.88	92.34	2.3	14.9	97.51
พ.ค.	3.5	59.19	0	744	744	91.57	3.5	59.19	91.57
มิ.ย.	4.5	18	8.13	720	711.87	96.84	16.5	18	95.15
ก.ค.	1.3	6.1	4.08	744	739.92	99	1.3	6.1	99.00
ส.ค.	0	58.55	2	744	742	92.11	0	58.55	92.11
ก.ย.	20.5	14	66.01	720	653.99	94.72	20.5	14	94.72
ต.ค.	0	72.9	38.58	744	705.42	89.67	0	23.7	96.64
พ.ย.	45.1	98	21.93	720	698.07	79.5	45.1	21.5	90.46
ธ.ค.	8.75	324.5	2.5	744	741.5	55.06	20.75	4.5	96.59
<b>รวม</b>	<b>99.25</b>	<b>777.26</b>	<b>443.44</b>	<b>8760</b>	<b>8316.56</b>	<b>89.46</b>	<b>123.25</b>	<b>295.81</b>	<b>94.96</b>

## ตารางที่ 9 (ต่อ)

- A เป็นเวลาหยุดงานตามแผนการบำรุงรักษาก่อนปรับตาราง PM – Plan (ชั่วโมง)
- B เป็นเวลาหยุดทำงานนอกแผนการบำรุงรักษาก่อนปรับตาราง PM - Unplan (ชั่วโมง)
- C เป็นเวลาหยุดทำงานจากปัญหาในกระบวนการผลิต – Plan & Unplan (ชั่วโมง)
- D เป็นเวลารวมเครื่องจักรถูกออกแบบให้ทำงาน (ชั่วโมงต่อเดือน)
- E เป็นเวลารับภาระของเครื่องจักร(ชั่วโมง)
- F เป็นความพร้อมใช้งานของเครื่องจักร (%)
- G เป็นเวลาหยุดงานตามแผนการบำรุงรักษาหลังปรับตาราง PM – Plan (ชั่วโมง)
- H เป็นเวลาหยุดงานนอกแผนการบำรุงรักษาหลังปรับตาราง PM - Unplan (ชั่วโมง)
- I เป็นความพร้อมใช้งานของเครื่องจักรหลังปรับตาราง PM (%)

จากตารางจะเห็นได้ว่าความพร้อมใช้งานของเครื่องจักรในปี 2549 มีค่า 89.46 เปอร์เซ็นต์ คาดว่าหลังการปรับตารางการบำรุงรักษาด้วยการเปลี่ยนอะไหล่ PM ตามข้อเสนอแนะแล้วความพร้อมใช้งานจะเพิ่มขึ้นเป็น 94.96 เปอร์เซ็นต์ ความพร้อมใช้งานของเครื่องจักรที่เพิ่มขึ้นนี้ได้มาจากการปรับตารางการบำรุงรักษาให้กับอุปกรณ์เพียงสามรายการซึ่งได้แก่ ลูกสูบและแพกกิ่งของปั้มน้ำมันดิบ อุปกรณ์ปรับความตึงสายพานขับพัดลมระบายความร้อนและ สายพานขับพัดลม ชั่วโมงหยุดการทำงานเครื่องจักรตามแผนและนอกแผนที่ไม่เกี่ยวข้องกับอุปกรณ์ทั้งสามรายการนี้ได้คงไว้เท่าเดิมทั้งก่อนและหลังการปรับตาราง PM



ภาพที่ 12 แสดงมูลค่าการสูญเสียโอกาสในการผลิตและเวลารับภาระ (Machine Availability) ของระบบเพิ่มแรงดันก๊าซปลาหมึกชาร์ลีในปี 2549 เปรียบเทียบกับแนวโน้มมูลค่าการสูญเสียโอกาสในการผลิตและเวลารับภาระในปีต่อไปหลังการปรับตาราง PM ให้อุปกรณ์ทั้งสามรายการที่ได้ระบุไว้

จากภาพแสดงให้เห็นมูลค่าการสูญเสียโอกาสการผลิตและเวลารับภาระ (Availability) ของระบบเพิ่มแรงดันก๊าซปลาหมึกชาร์ลีของแต่ละเดือนในปี 2549 เปรียบเทียบกับค่าการสูญเสียการผลิตและเวลารับภาระของเครื่องจักรในปีถัดไปหลังการปรับตารางการบำรุงรักษาตามข้อเสนอแนะสังเกตว่าค่าการสูญเสียโอกาสการผลิตในเดือนมิถุนายนของปี 2549 นั้นน้อยกว่าค่าการสูญเสียโอกาสการผลิตปีถัดไป ทั้งนี้เนื่องจากกำหนดให้มีการทำ PM ให้อุปกรณ์ทั้งสามรายการตามข้อเสนอแนะคือทำ PM ทุกๆ 6 เดือนในช่วงเดือนมิถุนายนและเดือนธันวาคมจึงทำให้ต้องหยุดเครื่องจักรเพื่อทำ PM ในเดือนมิถุนายนและเดือนธันวาคมของปีถัดไปส่งผลให้ค่าการสูญเสียการผลิตในสองเดือนดังกล่าวเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามค่าการสูญเสียโอกาสในการผลิตของเดือนเมษายน ตุลาคม พฤศจิกายน และธันวาคมได้ลดลงมากหลังทำการบำรุงรักษาเชิงป้องกันด้วยการเปลี่ยนอะไหล่

## สรุปและข้อเสนอแนะ

### สรุป

จากการศึกษาหาคัดข้อของข้ออุปกรณ์เพื่อปรับปรุงระบบการบำรุงรักษาและความน่าเชื่อถือของระบบ กรณีศึกษาระบบเครื่องเพิ่มแรงดันก๊าซธรรมชาติบนแท่นหลุมผลิตนอกชายฝั่ง ผลการศึกษาสรุปได้ดังต่อไปนี้

1. การคัดเลือกเครื่องจักรเพื่อทำการศึกษจากจำนวน 4 เครื่อง ได้ใช้วิธีการเปรียบเทียบสถิติเวลารวมหยุดการทำงานของเครื่องจักรเป็นเกณฑ์ เครื่องจักรที่เลือกทำการศึกษาคือ ระบบเครื่องเพิ่มแรงดันก๊าซธรรมชาติบนแท่นหลุมผลิตนอกชายฝั่งปลาหมึกชาร์ลี ซึ่งมีเวลาหยุดการทำงานรวมสูงสุดจำนวน 1,319.95 ชั่วโมงในปี 2549
2. การวิเคราะห์สาเหตุการขัดข้อง ผลกระทบต่อการผลิต และความพร้อมใช้งานของเครื่องจักร ได้ระบุอุปกรณ์และปัญหาหลักเรียงตามลำดับความรุนแรงของผลกระทบต่อการผลิตจากการขัดข้องโดยได้คัดเลือกอุปกรณ์เพียง 3 รายการได้แก่ 1) อุปกรณ์ลูกสูบและแพกกิง (Packing) ของปั๊มของเหลว (Liquid Plunger Pump) 2) อุปกรณ์ปรับความตึงสายพาน (Cooler Fan Tensioner) 3) สายพานขับพัดลม Heat Exchanger การขัดข้องของอุปกรณ์ทั้งสามรายการนี้ได้ส่งผลกระทบต่อหยุดการทำงานของระบบเครื่องเพิ่มแรงดันก๊าซถึงร้อยละ 61.94 ของเวลาหยุดเครื่องจักรจากการขัดข้องทั้งหมดในปี 2549
3. การแก้ไขปัญหาเพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือของอุปกรณ์ทั้งสามรายการซึ่งในปัจจุบันมีการบำรุงรักษาแบบซ่อมหรือเปลี่ยนหลังการขัดข้อง (Run to Fail or Break-down Maintenance) ได้มุ่งเน้นไปที่การบำรุงรักษาเชิงป้องกันด้วยการเปลี่ยนอะไหล่ (Part Replacement Preventive Maintenance – PM) โดยพบว่า การเปลี่ยนอุปกรณ์ ทุก 6 เดือนให้อัตราผลประโยชน์ต่อการลงทุนเป็น 18.9 ต่อ 1 ในขณะที่มีค่าใช้จ่ายและการสูญเสียเวลาผลิตรวมในการบำรุงรักษาอุปกรณ์เหล่านี้เพิ่มขึ้น 181,772 ดอลลาร์สหรัฐต่อปี การเปลี่ยนอุปกรณ์ทุกๆ 3 เดือนและ 1.5 เดือนให้อัตราผลประโยชน์ต่อการลงทุนเป็น 9.5 และ 4.7 ตามลำดับ คาดการณ์ว่าเมื่อมีการจัดตารางการบำรุงรักษาของอุปกรณ์ทั้งสามรายการนี้ให้เป็นทุก ๆ 6 เดือนตามข้อเสนอแนะแล้วจะสามารถเพิ่มความน่าเชื่อถือของระบบเครื่องจักรในกรณีศึกษาจากที่มีความพร้อมใช้งานเพิ่มขึ้นจาก 89.46 เป็น 94.96

เปอร์เซ็นต์ส่งผลให้ลดการสูญเสียโอกาสในการผลิตลงเป็นมูลค่าประมาณ 3,271,907 ดอลลาร์สหรัฐ ต่อปี (จาก 6,269,229 ดอลลาร์สหรัฐก่อนปรับตารางการบำรุงรักษาเป็น 2,997,322 ดอลลาร์สหรัฐ) โดยมีสมมติฐานว่าจะไม่มีการหยุดเครื่องจักรจากปัญหาการขัดข้องของอุปกรณ์ทั้งสามรายการนี้อีก ในรอบปีหลังจากการเปลี่ยนระบบการบำรุงรักษาจากการซ่อมหรือเปลี่ยนหลังเหตุขัดข้อง เป็นการบำรุงรักษาเชิงป้องกันด้วยการเปลี่ยนอะไหล่

### ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัย ผู้วิจัยได้นำเสนอแนวทางในการแก้ไขปัญหาการขัดข้องของอุปกรณ์ เครื่องจักรเพื่อปรับปรุงความน่าเชื่อถือซึ่งสามารถแบ่งข้อเสนอแนะออกเป็น 2 ส่วน คือ ข้อเสนอแนะจากผลการวิจัย และข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป ดังนี้

#### ข้อเสนอแนะจากผลการวิจัย

1. บริษัทผู้รับเหมาควรรนำระบบระบบคอมพิวเตอร์บริหารการบำรุงรักษา CMMS มาใช้งาน เพื่อให้การเก็บข้อมูลการใช้งาน เหตุขัดข้อง โหมดการขัดข้อง การจัดการใบงาน (Work Order) และการสำรองอะไหล่ อย่างเป็นระบบ
2. บริษัทผู้รับเหมาควรรนำวิธีการบำรุงรักษาอื่นๆ เช่น การบำรุงรักษาที่คาดการณ์ได้ล่วงหน้า (Predictive Maintenance) การบำรุงรักษาแบบการตรวจวัดสภาพการทำงานของเครื่องจักรอุปกรณ์ (Condition Monitoring) มาเสริมเพิ่มเติมจากวิธีการบำรุงรักษาที่มีอยู่ในปัจจุบันเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพระบบการบำรุงรักษาโดยรวม
3. ชั่วโมงการบำรุงรักษาตามแผน (99.2 ชั่วโมง) ต่อชั่วโมงการบำรุงรักษาออกแผน (777.2 ชั่วโมง) มีอัตราส่วนเป็น 1 ต่อ 7.8 แสดงให้เห็นว่าการบำรุงรักษาตามแผนของระบบเครื่อง เพิ่มแรงดันก๊าซธรรมชาติปลาหมึกชาร์ลีสอาจไม่เพียงพอ ควรปรับเพิ่มการบำรุงรักษาตามแผนงาน รวมถึงการสำรองอะไหล่ การจัดใบงาน ตามระดับความสำคัญของอุปกรณ์

4. ควรทำการศึกษาเชิงวิศวกรรม เพื่อลดปัญหาอุปกรณ์ที่มีความถี่ในการขัดข้องสูงและอาจมีผลกระทบต่อระบบ เช่น การออกแบบอุปกรณ์ใหม่ การนำเทคโนโลยีที่ทันสมัยในระบบควบคุมเครื่องจักรมาใช้งาน การเปลี่ยนใช้วัสดุอุปกรณ์ที่มีความน่าเชื่อถือสูงกว่า

5. ฝึกอบรมให้พนักงานรู้จักวิธีการวิเคราะห์ค้นหาสาเหตุที่แท้จริงของการขัดข้องของเครื่องจักร โหมดการขัดข้องที่ถูกต้องรวมถึงเหตุการณ์ที่เกิดจากความผิดพลาดของผู้ควบคุมและสาเหตุจากกระบวนการผลิต รวมถึงการเก็บรวบรวมข้อมูลค่าใช้จ่ายทั้งทางตรงและทางอ้อมในการแก้ไขข้อขัดข้องของเครื่องจักรทุกครั้ง เช่น ค่าความเสียหาย ค่าแรง ค่าวัสดุ และเวลาค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการเดินทางเพื่อจะได้ทำการการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อแก้ไขปัญหาได้อย่างถูกต้องต่อไป

6. ศึกษาและปรับปรุงแก้ไขปัญหาอุปสรรคด้านจำนวนบุคลากร การเดินทาง การคัดเลือกหลุมผลิต และปัญหาในส่วนของการผลิตที่ส่งผลกระทบต่อผลผลิตในทางตรงและทางอ้อมต่อประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักร

7. ควรมีการทบทวนประเมินความเสี่ยงของระบบเพิ่มแรงดันก๊าซหลังการใช้งานอย่างน้อยทุก ๆ 5 ปี (อ้างถึง OSHA PSM 1910.119(e)(6) ทั้งนี้เนื่องจากอาจมีการปรับแต่งและติดตั้งเพิ่มเติมหรือลดอุปกรณ์ต่าง ๆ โดยไม่มีการประเมินความเสี่ยงของระบบ

### ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

เพื่อให้การวิจัยเกี่ยวกับการศึกษาเหตุขัดข้องของอุปกรณ์เพื่อปรับปรุงระบบการบำรุงรักษาและทำให้ความน่าเชื่อถือของระบบเครื่องเพิ่มแรงดันก๊าซธรรมชาติสูงขึ้นให้มีความต่อเนื่องทางวิชาการ และเป็นประโยชน์ในการปรับปรุงงานด้านความปลอดภัยและความน่าเชื่อถือ ผู้วิจัยจึงขอเสนอแนวทางในการวิจัยครั้งต่อไปดังนี้

1. นำข้อมูลเหตุขัดข้องและประวัติการใช้งานที่มีความสมบูรณ์หลังการใช้งานเครื่องจักรในระยะ 3 ปีมาทำการวิเคราะห์ซ้ำเพื่อปรับปรุงระบบบำรุงรักษาและเพิ่มความน่าเชื่อถือของอุปกรณ์ให้ดียิ่งขึ้น โดยควรเก็บข้อมูลของเครื่องจักรที่มีลักษณะคล้ายกันทั้งหมดเพื่อให้ได้ข้อมูลที่เพียงพอและเหมาะสมกับการวิเคราะห์เชิงวิศวกรรมความน่าเชื่อถือ (Reliability Engineering)

2. ควรทำการศึกษาวิเคราะห์เพื่อแก้ไขและลดข้อจำกัดและปัญหาต่างในการทำงานนอกชายฝั่ง เช่น ปัญหาที่พื้กอาศัยและบุคลากร ปัญหาการเดินทางและส่งกำลังบำรุง การคัดเลือกหลุมผลิตเข้าระบบเครื่องเพิ่มแรงดัน และปัญหาในกระบวนการผลิตของแท่นหลุมผลิต ซึ่งปัญหาเหล่านี้มีความสำคัญต่อความปลอดภัยและประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร

## เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- กาญจนกร เกศางาม. 2548. การศึกษาระบบความปลอดภัยของหน่วยผสมในโรงงานนำร่อง เพื่อการผลิตผลิตภัณฑ์ด้านเส้น. ม.ป.ท.
- คนัย สาหร่ายทอง. 2543. การปรับปรุงตารางวางแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันเครื่องจักร กรณีศึกษาโรงงานผลิตชิ้นส่วนเครื่องยนต์รถจักรยานยนต์. ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- พิศาล รัชกิจประการ. 2546. การศึกษาออกแบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการดำเนินงาน และควบคุมการปฏิบัติงานการบำรุงรักษาเชิงป้องกันสำหรับเรือบรรทุกน้ำมันขนาดเล็ก. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- พูลพร แสงบางปลา. 2545. การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตโดยการบำรุงรักษา. สำนักพิมพ์ แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- วิภาส จิรภาส. 2543. การลดและควบคุมเวลาสูญเสียในการผลิตโดยวิธีการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน. คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- วิเชียร สิงห์ใหม่. 2544. การปรับปรุงระบบการบำรุงรักษาเชิงป้องกันเครื่องจักรกรณีศึกษาโรงงาน ทูบขึ้นร้อน. ภาควิชาอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี พระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.
- สุพัฒน์ เชียศิริวัฒนา, วัฒนา เชียงกุล และเกรียงไกร ดำรงรัตน์. 2549. สัมฤทธิ์ผลของงาน บำรุงรักษา (Efficacy of Maintenance). บริษัท ซีเอคยเคชั่น จำกัด มหาชน, กรุงเทพฯ.
- สุวิษ ภารัตนวงศ์. 2548. การศึกษาความน่าเชื่อถือของการปฏิบัติงานในพื้นที่เสี่ยงอันตราย กรณีศึกษา ห้องบรรจุก๊าซ. ม.ป.ท.

Ed M. and Eric S. n.d. ISA- The Instrumentation, Systems and Automation Society.

**Safety Integrity Level Selection.** n.p.

Exida.com.L.L.C. **Exida Safety Equipment Reliability Handbook 2003.** n.p.

NORSOK Standard Z-008 Rev 2. 2001. **Criticality Analysis for Maintenance Purposes.**

Available Source: <http://www.nts.no/norsok>, March 27, 2006.

John, S. n.d. **Reliability-Centred Maintenance.** Available Source: <http://www.ebme.co.uk/arts/rcm/part3.htm>, March 27, 2006.

Dunn, S. 1999. **Integrating RCM with Effective Planning and Scheduling.** Available Source: [http://www.plant-maintenance.com/articles/rcm\\_planning1.shtml](http://www.plant-maintenance.com/articles/rcm_planning1.shtml), March 27, 2006.

Louvar, J.F. and B.D. Louvar. 1998. **Health and Environmental Risk Analysis.** Prentice Hall PTR, New York.

Moubray, J. 1991. **Reliability-Centered Maintenance RCM Butterworth/Heinemann Ltd., Linacre House.** Jordan Hill, Oxford.

OREDA Participants prepared by INTEF Industrial Management. **Offshore Reliability Data 2002.** 4<sup>th</sup> Edition. n.p.

Petersen ,L. 2001. **Handbook on Maintenance Management,** DNV.

ภาคผนวก

**ภาคผนวก ก**

ประวัติการขัดข้อง (Plan and Unplanned Shutdown) ของระบบเครื่องเพิ่มแรงดัน  
ก๊าซธรรมชาติที่แท่นหลุมผลิตปลาหมึกชาร์ลี PMWC ปัญหาและกิจกรรม  
ในกระบวนการผลิตของแท่นผลิตในปี 2549

ตารางผนวกที่ ก1 ประวัติการขัดข้อง (Unplanned Shutdown) ของอุปกรณ์ในระบบเครื่องเพิ่มแรงดันก๊าซที่แท่นหลุมผลิตปลาหมึกชาร์ลี PMWC ในปี 2549

ว/ค/ป	เวลาหยุดเครื่องจักร (ชั่วโมง)	การสูญเสียการผลิตน้ำมันดิบ (บาร์เรล)	อุปกรณ์ที่ขัดข้อง	สาเหตุการหยุดของเครื่องจักร
3/1/2006	3.75	547	Liquid pump leak detection	Flow orifice of leak detection clogged
11/1/2006	0.5	73	PLC Controller	Programmable Logic Control (PLC) bid error
21/1/2006	15.7	2,510	1 <sup>st</sup> Stage scrubber Level control valve	Level control valve passing due to flow cut
21/2/2006	3.75	599	Cooler fan drive shaft coupling	Cooler fan drive shaft coupling broken
22/2/2006	17	2,715	Cooler fan drive shaft coupling	Cooler fan drive shaft coupling broken
23/2/2006	9.5	1,517	Cooler fan drive shaft coupling	Cooler fan drive shaft coupling broken
25/2/2006	6.17	985	Engine Lube oil strainer	Lube oil auto refill strainer clogged
26/2/2006	2	319	Engine Lube oil strainer	Lube oil auto refill strainer clogged
18/3/2006	10	1,594	Lube oil press transmitter	Oil pressure transmitter malfunctioned
27/3/2006	7	2,233	1 <sup>st</sup> Stage Suction pressure transmitter	Pressure Transmitter failed
6/4/2006	2.5	798	Booster Comp vibration Switch	Vibration Switch failed

ตารางผนวกที่ ก1 (ต่อ)

ว/ค/ป	เวลาหยุด เครื่องจักร (ชั่วโมง)	การสูญเสียการ ผลิตน้ำมันดิบ (บาร์เรล)	อุปกรณ์ที่ขัดข้อง	สาเหตุการหยุด ของเครื่องจักร
7/4/2006	1.2	383	Booster Comp vibration Switch	Vibration Switch failed
13/4/2006	24	2,873	Cooler fan tensioner	Defective bearing due to inadequate lubrication
14/4/2006	11.75	1,406	Cooler fan tensioner	Defective bearing due to inadequate lubrication
27/4/2006	3	450	1 <sup>st</sup> Stage Suction pressure transmitter	Pressure Transmitter failed
28/4/2006	0.1	15	1 <sup>st</sup> Stage Suction pressure transmitter	Pressure Transmitter failed
29/4/2006	8.1	1,214	Engine speed control linkage	Engine Speed control linkage stuck
5/5/2006	7	1,066	Alternator	Alternator failed to charge
19/5/2006	6.83	1,040	1 <sup>st</sup> Stage scrubber Level control valve	1 <sup>st</sup> Stage scrubber Level control valve stuck closed
20/5/2006	19.33	2,200	1 <sup>st</sup> Stage scrubber Level control valve	1 <sup>st</sup> Stage scrubber Level control valve stuck closed
21/5/2006	9.18	1,044	Inlet Sep Level Transmitter	Inlet Separator Level Transmitter failed
23/5/2006	7.65	870	Inlet Separator Level Transmitter	Inlet Separator Level Transmitter failed

## ตารางผนวกที่ ก1 (ต่อ)

ว/ด/ป	เวลาหยุด เครื่องจักร (ชั่วโมง)	การสูญเสียการ ผลิตน้ำมันดิบ (บาร์เรล)	อุปกรณ์ที่ขัดข้อง	สาเหตุการหยุด ของเครื่องจักร
25/5/2006	9.2	1,046	Recycle valve	Valve Positioner of recycle valve failed
13/6/2006	12	1,850	PLC power supply fuse	Programmable Logic Control (PLC) power supply fuse failed
14/6/2006	6	925	Suction Scrubber Level control valve	Suction Scrubber Level control valve passing
23/7/2006	6.1	1,008	SDV-121B	Shutdown valve air leaked
3/8/2006	9.75	1,182	Battery Charger breaker	Battery Charger breaker failed
15/8/2006	24	2,301	Recycle valve	Valve Positioner of recycle valve failed
16/8/2006	2.75	264	Recycle valve	Valve Positioner of recycle valve failed
18/8/2006	4	384	Compressor lube oil flow switch	Compressor lube oil flow switch failed
20/8/2006	1.6	244	Export Shutdown valve	Export Shutdown valve failed
21/8/2006	6.7	817	Export Shutdown valve	Export Shutdown valve failed
25/8/2006	6.25	759	Fuel gas Shutdown valve	Fuel gas Shutdown valve passing

ตารางผนวกที่ ก1 (ต่อ)

ว/ค/ป	เวลาหยุด เครื่องจักร (ชั่วโมง)	การสูญเสียการ ผลิตน้ำมันดิบ (บาร์เรล)	อุปกรณ์ที่ขัดข้อง	สาเหตุการหยุด ของเครื่องจักร
29/8/2006	2	243	1 <sup>st</sup> Stage scrubber Level control valve	Suction Scrubber Level control valve stuck closed
30/8/2006	1.5	182	Fuel gas regulator	Fuel gas regulator failed
4/9/2006	2	242	Battery Charger breaker	Battery Charger breaker failed
19/9/2006	12	1,692	Force feed pump	Force feed pump stuck
19/10/2006	15.5	2,102	Cooler fan belt	Cooler fan belt broken
20/10/2006	24	3,255	Cooler fan belt	Cooler fan belt broken
21/10/2006	9.7	1,315	Cooler fan belt	Cooler fan belt broken
23/10/2006	2.7	366	Booster Comp Lube oil strainer	Suction strainer of force feed pump clogged
24/10/2006	1.25	169	Booster Comp Lube oil strainer	Lube oil strainer clogged
25/10/2006	4.25	575	Booster Comp Lube oil strainer	Lube oil strainer clogged
28/10/2006	7.75	1,048	Booster Comp Lube oil strainer	Lube oil strainer clogged
31/10/2006	7.75	1,048	Force feed pump	Force feed pump stuck
22/11/2006	7.75	1,033	Force feed pump	Force feed pump stuck
23/11/2006	7	931	Force feed pump flow switch	Lube oil flow switch failed

ตารางผนวกที่ ก1 (ต่อ)

ว/ค/ป	เวลาหยุด เครื่องจักร (ชั่วโมง)	การสูญเสียการ ผลิตน้ำมันดิบ (บาร์เรล)	อุปกรณ์ที่ขัดข้อง	สาเหตุการหยุด ของเครื่องจักร
24/11/2006	6.75	898	Force feed pump flow switch	Lube oil flow switch failed
27/11/2006	11.75	1,562	Liquid pump plungers	Liquid pump leak Sand in crude oil, oil temperature exceeded packing design
28/11/2006	16.75	2,227	Liquid pump plungers	Liquid pump leaked
29/11/2006	24	3,192	Liquid pump plungers	Liquid pump leaked
30/11/2006	24	3,192	Liquid pump plungers	Liquid pump leaked
1/12/2006	21.5	2,860	Liquid pump plungers	Liquid pump leaked
2/12/2006	24	2,860	Liquid pump plungers	Liquid pump leaked
3/12/2006	24	2,860	Liquid pump plungers	Liquid pump leaked
4/12/2006	24	2,860	Liquid pump plungers	Liquid pump leaked
5/12/2006	24	2,860	Liquid pump plungers	Liquid pump leaked
6/12/2006	24	2,860	Liquid pump plungers	Liquid pump leaked
7/12/2006	24	2,860	Liquid pump plungers	Liquid pump leaked
8/12/2006	24	2,860	Liquid pump plungers	Liquid pump leaked
9/12/2006	24	2,860	Liquid pump plungers	Liquid pump leaked
10/12/2006	24	2,860	Liquid pump plungers	Liquid pump leaked
11/12/2006	24	2,860	Liquid pump plungers	Liquid pump leaked
12/12/2006	24	2,860	Liquid pump plungers	Liquid pump leaked
13/12/2006	11.5	1,789	Liquid pump plungers	Liquid pump leaked
15/12/2006	4.5	700	Force feed pump	Orifice of leak detection clogged

ตารางผนวกที่ ก1 (ต่อ)

ว/ด/ป	เวลาหยุด เครื่องจักร (ชั่วโมง)	การสูญเสียการ ผลิตน้ำมันดิบ (บาร์เรล)	อุปกรณ์ที่ขัดข้อง	สาเหตุการหยุด ของเครื่องจักร
28/12/2006	16	933	Cooler fan tensioner	Defective bearing due to inadequate lubrication
29/12/2006	7	834	Cooler fan tensioner	Defective bearing due to inadequate lubrication
<b>รวม</b>	<b>777.26</b>	<b>101,079*</b>	-	-

หมายเหตุ \* ตัวเลขการสูญเสียการผลิต (บาร์เรลน้ำมันดิบ) ได้มาจากรายงานการผลิตของฝ่ายผลิต  
ประจำแท่นผลิตกลาง “ปลาทอง”

ที่มา: บริษัทยูโนแคลไทยแลนด์จำกัด (2549)

ตารางผนวกที่ ก2 ประวัติการหยุดระบบเครื่องเพิ่มแรงดันก๊าซแทนหลุมผลิตปลาหมึกชาร์ลี  
PMWC เพื่อบำรุงรักษาตามแผน (Planned Shutdown) ในปี 2549

ว/ด/ป	เวลาหยุด เครื่องจักร (ชั่วโมง)	สูญเสียการผลิต น้ำมันดิบ (BBSL)	กิจกรรม
13/1/2006	11.3	1,650	Converted BC to single stage to avoid high discharge press shutdown. Adjusted set point of suction pressure from 260 to 230 psi and discharge pressure set point fm 700 to 650 psi.
22/3/2006	2	319	Downloaded PLC Program to update Pressure Transmitter Range

ตารางผนวกที่ ก2 (ต่อ)

ว/ด/ป	เวลาหยุด เครื่องจักร (ชั่วโมง)	สูญเสียการผลิต น้ำมันดิบ ( BBLs )	กิจกรรม
5/4/2006	2.3	734	Adjusted set point of suction and discharge pressure of Booster Compressor
31/5/2006	3.5	541	PM Inspection
10/6/2006	4.5	695	PM Inspection 90 Days
1/7/2006	1.3	206	Installed guard for liquid pump
6/9/2006	8.25	1,000	PM inspection
8/9/2006	8.75	1,060	PM Inspection
17/9/2006	3.5	400	Replace PSV of 2 <sup>nd</sup> Stage suction scrubber
17/11/2006	22	2,930	Modified to add level control valve of liquid pump
19/11/2006	21	2,800	Manual shutdown for level control valve modification
20/11/2006	2.1	280	Reset Pressure Safety Valve of motor start
27/12/2006	8.75	1,042	8000 hours-PM inspection
<b>รวม</b>	<b>99.25</b>	<b>1,2421*</b>	

หมายเหตุ \* ตัวเลขการสูญเสียการผลิต (บาร์เรลน้ำมันดิบ) ได้มาจากรายงานการผลิตของฝ่ายผลิต  
ประจำแท่นผลิตกลาง “ปลาทอง”  
ที่มา: บริษัทยูโนแคลไทยแลนด์จำกัด (2549)

ตารางผนวกที่ ก3 ประวัติการหยุดการทำงาน ของระบบระบบเครื่องเพิ่มแรงดันก๊าซแทนหลุมผลิต  
ปลาหมึกชาร์ลี PMWC จากปัญหาและกิจกรรม ในกระบวนการผลิต (Planned  
& Unplan Shutdown) ในปี 2549

ว/ด/ป	เวลาหยุด เครื่องจักร (ชั่วโมง)	สูญเสียการผลิต น้ำมันดิบ (บาร์เรล)	สาเหตุการหยุดของเครื่องจักร
5/1/2006	5.59	815	2 <sup>nd</sup> stage discharge pressure high due to high pipeline pressure
6/1/2006	10.8	1,575	2 <sup>nd</sup> stage suction pressure high, high pipeline pressure of Surat trunk line
6/1/2006	1.5	219	2 <sup>nd</sup> stage suction pressure, high pipeline pressure
8/1/2006	3	438	2 <sup>nd</sup> stage suction pressure, high pipeline pressure while pigging PMD-RWA
14 /1/2006	5.3	774	1 <sup>st</sup> stage low suction ion pressure , low feed gas Lost gas supply to system
15/1/2006	5	730	1 <sup>st</sup> stage low suction ion pressure , low feed gas Lost gas supply to system
16/1/2006	2	292	High pipeline pressure due to pigging operation Discharge high pressure
19/1/2006	7.5	1,199	High pipeline pressure
22/1/2006	11.2	1,791	High incoming liquid Suction scrubber level high
31/1/2006	24	3,838	Planned Shutdown Surat A trunk line modification
5/2/2006	18	2,878	Planned Shutdown Surat A trunk line modification
9/2/2006	15.7	2,510	Emergency shutdown from platform signal

ตารางผนวกที่ ก3 (ต่อ)

ว/ด/ป	เวลาหยุด เครื่องจักร (ชั่วโมง)	สูญเสียการผลิต น้ำมันดิบ (บาร์เรล)	สาเหตุการหยุดของเครื่องจักร
24/2/2006	1.75	279	High incoming liquid Flow surge into inlet sep caused liquid carried over to suction scrubber, suspected from PMC-16
3/3/2006	24	3,828	Planned Shutdown for total Surat trunk line shutdown
4/3/2006	24	3,828	Planned Shutdown for total Surat trunk line shutdown
5/3/2006	24	3,828	Planned Shutdown for total Surat trunk line shutdown
6/3/2006	24	3,828	Planned Shutdown for total Surat trunk line shutdown
7/3/2006	24	3,828	Planned Shutdown for total Surat trunk line shutdown
8/3/2006	24	3,828	Planned Shutdown for total Surat trunk line shutdown
9/3/2006	5.33	850	Planned Shutdown for total Surat trunk line shutdown
15/3/2006	7	1,116	Planned Shutdown. Slugging problem on all central processing P/F while 24"trunk line from Sutun A in service
16/3/2006	3.42	545	Planned Shutdown
9/4/2006	4.3	1,372	Low feed gas Throw #2 suction pressure low
10/4/2006	9	2,873	Error when switching wells. Suction low press during adjusting chock causing suction pressure low

ตารางผนวกที่ ก3 (ต่อ)

ว/ด/ป	เวลาหยุด เครื่องจักร (ชั่วโมง)	สูญเสียการผลิต น้ำมันดิบ (บาร์เรล)	สาเหตุการหยุดของเครื่องจักร
15/4/2006	2.25	269	Low feed gas. Lost of suction header - Suction low pressure
20/4/2006	3.42	378	High incoming liquid High liquid condensed in scrubber
25/4/2006	2.92	323	Planned shutdown, platform under well service HWO activity
26/4/2006	7.23	799	Planned shutdown for central processing platform turn around
17/6/2006	2	308	Low production feed gas
18/6/2006	1.83	282	Planned Shutdown for relocating ESD station
21/6/2006	0.5	78	Low production feed gas
25/6/2006	3.8	601	Planned shutdown unit for Pigging operation
12/7/2006	2.75	435	Platform emergency shutdown activated
15/7/2006	1.33	210	Error when switching wells. Lost of suction pressure while switching well to test header
22/8/2006	2	243	Error when switching wells causing Suction Scrubber low pressure
9/9/2006	4.25	514	Planned Shutdown, hot work above skid
10/9/2006	20.41	2,468	Planned Shutdown, hot work above skid
11/9/2006	5.25	635	Planned Shutdown
13/9/2006	5.5	628	Platform process shutdown

## ตารางผนวกที่ ก3 (ต่อ)

ว/ด/ป	เวลาหยุด เครื่องจักร (ชั่วโมง)	สูญเสียการผลิต น้ำมันดิบ (บาร์เรล)	สาเหตุการหยุดของเครื่องจักร
18/9/2006	22.4	3,158	Bad weather unable to restart process
22/9/2006	8.2	1,181	Low feed gas
5/10/2006	10.58	1,523	High pipeline pressure while switching trunk line
6/10/2006	24	3,454	High pipeline pressure while switching trunk line
7/10/2006	4	575	High pipeline pressure while switching trunk line
13/11/2006	2.2	293	Platform process emergency shutdown activated
21/11/2006	0.5	66	2 <sup>nd</sup> stage Suction Scrubber high level. Human error – accidentally closed liquid outlet control valve LCV
25/11/2006	0.23	31	Suction scrubber high level. High incoming liquid Wet gas from well.
26/11/2006	19	2,527	Manual shutdown for commissioning water flood system
14/12/2006	2.5	389	Manual shutdown commissioning water flood system
<b>รวม</b>	<b>443.44</b>	<b>68,430*</b>	

หมายเหตุ ตัวเลขการสูญเสียการผลิต (บาร์เรลน้ำมันดิบ) ได้มาจากรายงานการผลิตของฝ่ายผลิต  
ประจำแท่นผลิตกลาง “ปลาทอง”

ที่มา: บริษัทยูโนแคลไทยแลนด์จำกัด (2549)

**ภาคผนวก ข**

รายการและราคาวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการบำรุงรักษาระบบเพิ่มแรงดัน  
ก๊าซธรรมชาติปลาหมึกชาร์ลี PMWC ในปี 2549

ตารางผนวกที่ ข1 แสดงรายการและราคาวัสดุอุปกรณ์ ที่ใช้ในการบำรุงรักษา ระบบเพิ่มแรงดัน  
ก๊าซธรรมชาติปลาหมึกชาร์ลี PMWC ในปี 2549

ว/ค/ป	รายการวัสดุ-อุปกรณ์	หน่วย (each)	ราคาต่อ หน่วย (USD)	ราคารวม (USD)
3/1/2006	Cylinder oil (35017)	3	360	1,080
19/1/2006	Spark plug (194-8518)	16	80	1,280
	Compressor oil filter (SFO-4004)	2	6	12
	Engine oil filter (1R-0726)	3	30	90
	Cylinder oil (35017)	1	360	360
	Engine oil (32046)	4	390	1,560
	Spark plug gasket (97-6792)	16	0.2	3.2
22/1/2006	Battery 12 volt (Exide75DT-60)	2	90	180
24/1/2006	Cooler fan belt (2650)	4	38	152
5/2/2006	Rupture disk 3600 psi.	1	3	3
9/2/2006	Battery (class b)	2	500	1,000
23/2/2006	Coupling fan drive (REX Omega E-60), 1 ea. of Pressure transmitter 0-30 psi (1142195), 2 ea. of battery (75DT-60 Exide)	1	380	380
26/2/2006	Coupling fan drive (REX Omega E-60)	1	380	380
3/3/2006	Cylinder oil (35017)	1	360	360
22/3/2006	Pressure transmitter range 2000	1	230	230
2/4/2006	Engine oil ( 32046 )	1	390	390
	Cylinder oil ( 35017 )	2	360	720
14/4/2006	Bearing for cooler fan (1203KRR+COL)	2	95	190
27/4/2006	P/T 600 psi (PXM-600) class B	1	50	50
29/4/2006	O-ring seal for actuator 4" SDV	6	3	18

ตารางผนวกที่ ข1 (ต่อ)

ว/ด/ป	รายการวัสดุอุปกรณ์	หน่วย (each)	ราคาต่อ หน่วย (USD)	ราคารวม (USD)
5/5/2006	Battery	2	90	180
	Alternator motor, 1ea alternator belt	1	470	470
9/5/2006	Engine oil (32046)	1	390	390
21/5/2006	Packing pump lubricator class B, 1 ea of level transmitter	1	300	300
31/5/2006	Engine oil (32046)	4	390	1,560
	Engine oil filter (1R-0726/LP-2247)	3	30	90
	Compressor oil filter (SFO-0667)	6	30	180
	Air filter inner (LAF 81847)	2	30	60
	Air filter outer (LAF 8483)	2	30	60
10/6/2006	Spark plug (194-8518)	16	80	1,280
	Seal O-ring transformer (125-1372)	16	3	48
	Seal transformer (135-2651)	16	16	256
18/6/2006	Engine oil (35017)	4	390	1,560
23/6/2006	Engine oil (32046)	1	390	390
	Cylinder oil (35017)	2	360	720
1/7/2006	I/P 3-15 Psi	1	650	650
16/8/2006	Cylinder oil (35017)	1	360	360
18/8/2006	Force feed pump size 3/8"	1	128	128
25/8/2006	Check valve	1	470	470
	Fuel gas shutoff valve	1	600	600
	2" LCV	1	2,000	2,000
	1" coupling	1	60	60
29/8/2006	Engine Oil (32046)	3	360	1,080

ตารางผนวกที่ ข1 (ต่อ)

ว/ด/ป	รายการวัสดุ-อุปกรณ์	หน่วย (each)	ราคาต่อ หน่วย (USD)	ราคารวม (USD)
6/9/006	Comp oil filter (SFO 4004)	2	6	12
	Engine oil filter (1R-0726)	3	30	90
	Alternator belt (141-7116)	1	15	15
	Spark plug (194-8518)	16	80	1,280
	Gasket spark plug (9Y-6792)	16	0.2	3.2
9/9/2006	Battery 12V (75DT-60)	2	90	180
11/9/2006	PSV-Engine starting gas (S/N 29814)	1	Overhauled	0
17/9/2006	PSV 800 Psi (2 <sup>nd</sup> stage suction scrubber)	1	2,000	2,000
19/9/2006	Shaft oil seal (A-3911)	1	4	4
	O-ring ( A-0030 )	1	2	2
21/10/2006	Single belt of cooler fan (SPC 2650)	4	38	152
31/10/2006	Force feed pump 3/8" (A-9478)	1	Overhauled	0
17/11/2006	PSV 25 Psi of fuel scrubber (95-27D1307S)	1	2,000	2,000
	PSV 1935 Psi of 2nd Disch (95-31D3307S)	1	2,000	2,000
18/11/2006	PSV 800 Psi of PD pump (95-29D1307S)	1	2,000	2,000
19/11/2006	Pre-fab spools and 1 set of Control valve (S/N 17682018)	1	Overhauled	0
24/11/2006	Lube oil pump, FF, 3/8" size (A-9478)	1	128	128
	Timer, digital NO-Flow, FF S/D, PS, TRAB, DC (A-10753)	1	430	430
	Relief valve, Starting gas set @ 150 Psi (S/N 29815)	1	2,000	2,000
	Engine Oil (32046)	3	390	1,170
	Cylinder Oil (35017)	2	360	720

## ตารางผนวกที่ ข1 (ต่อ)

ว/ด/ป	รายการวัสดุ-อุปกรณ์	หน่วย (each)	ราคาต่อ หน่วย (USD)	ราคารวม (USD)
1/12/2006	Packing 3-3/8", 6 ea. of lantern ring (ACC-117140-006), 3 ea. of male adapter (ACC-117140-002), 3 ea. of seal carrier (ACC-117140-009), 3 ea. of Gland Bushing (ACC-117140-011), Plunger 3-3/8" (002-028499-999)	3	427	1,281
	Regulator type 95L (16442883)	1	1,128	1,128
12/12/2006	Engine fuel regulator (2W-7978)	1	680	680
13/12/2006	Packing soft seal from BKK (AAC- 117140-990)	5	156	780
	Plungers class B(002-028499-999)	5	500	2,500
	Hard seal	5	220	1,100
	O-ring cover(110-000345-201) and Baffle disc (001-007986-201)	2	3.2	6.4
		1	15	15
27/12/2006	Engine oil filter (1R-0726)	3	30	90
	Compressor oil filter (SFO-4004)	2	6	12
	Engine oil (32046)	2	390	780
	Cylinder oil (35017)	2	360	720
	Gasket sparkplug (9y-6792)	16	0.2	3.2
	Spark plug (194-8518)	16	80	1,280
	O-ring for transformer (125-1372)	16	3	48
	Seal transformer (124-5133)	16	13	208
	Prelube motor (3N-1287)	1	496	496
	<b>Total</b>	<b>315</b>	<b>27,812.8</b>	<b>46,644</b>

ที่มา: บริษัทยูโนแคลไทยแลนด์จำกัด (2549)

**ภาคผนวก ค**

รายการบำรุงรักษาเชิงป้องกันของเครื่องเพิ่มแรงดันก๊าซธรรมชาติที่ระยะการใช้งานที่  
2,000 ชั่วโมง (3 เดือน) 4,000 ชั่วโมง (6 เดือน) และ 8,000 ชั่วโมง (1 ปี)

**ตารางผนวกที่ ค1** แสดงรายการบำรุงรักษาเชิงป้องกันของระบบเครื่องเพิ่มแรงดันก๊าซธรรมชาติ  
ที่ระยะการใช้งาน 2,000 ชั่วโมง (3 เดือน)

---

JOB CARD :TASK 001 BC2MWC

---

EQUIPMENT: PM-SKC1350-PMWC

RESOURCE: UCT 3X6 = 18 MH

PRIORITY: 1

EQUIPMENT STATUS: ON LINE AND SHUTDOWN

---

GAS LIFT/BOOSTER COMPRESSOR - 2000 HR, PM-SKC1350-PMWC

---

**JOB INSTRUCTION** @

**CRITICALITY:**

**EQUIPMENT UNDER THIS TASKS :**

**GAS LIFT/BOOSTER COMPRESSOR SKID, PM-SKC1350-PMWC**

- A. CAT ENGINE MODEL 3516 (NA)
- B. ARIEL COMPRESSOR - JGK2
- C. PROCESS VESSELS
- D. LIQUID PUMP, ENGINE DRIVEN

**1. PREPARATION TO PERFORM PM ACTIVITIES:**

- A) REVIEW ALARM AND SHUTDOWN HISTORY FROM CONTROL PANEL,  
MAINTENANCE RECORDS, ENGINE AND COMPRESSOR PERFORMANCE
- B) REVIEW ENGINE AND COMPRESSOR LUBE OIL ANALYSIS RESULTS
- C) RECORD OPERATING PARAMETER IN UNIT LOG SHEET
- D) TEST UNIT SHUTDOWN FUNCTION ON CONTROL PANEL IN TEST MODE

**AFTER ENGINE SHUTDOWN:**

- E) CLOSE INLET COMPRESSOR, DISCHARGE AND BYPASS VALVES

ตารางผนวกที่ ค1 (ต่อ)

---

JOB CARD :TASK 001 BC2MWC

---

F) CLOSE FUEL GAS SHUTOFF VALVE.

COMMENT \_\_\_\_\_ DONE BY \_\_\_\_\_

**2. VISUAL INSPECTION:**

A)INSPECT ENGINE, COMPRESSOR, PUMP, VALVES AND VESSELS, ACCESSORIES, ELECTRICAL AND INSTRUMENT SYSTEMS AND PIPING FOR LEAKAGES , DAMAGES, LOOSE FITTINGS, CORROSION AND FOR ABNORMAL CONDITIONS

B)RECORD INDIVIDUAL TEMPERATURE OF COMPRESSOR VALVES COVER BY USING TEMP GUN AND EVALUATE VALVE CONDITION.

RECORD FINDING \_\_\_\_\_ DONE BY \_\_\_\_\_

**3. ENGINE, COMPRESSOR LUBE OIL AND WATER SYSTEMS:**

A) TAKE ENGINE/COMPRESSOR LUBE OIL SAMPLE FOR LAB ANALYSIS.

B) CHANGE ENGINE/COMPRESSOR OIL AND OIL FILTERS.

C) CHECK LUBRICATOR OIL.

D) CHECK COOLANT LEVEL ADD IF LOW, CHECK PH (5.5 - 9)

E) CLEAN COMPR AND CRANKCASE BREATHERS, STRAINERS, DRAINS

RECORD RESULTS \_\_\_\_\_ DONE BY \_\_\_\_\_

**4. FUNCTION TEST SHUTDOWN LOOPS:**

PERFORM FUNCTION AND LOOP TEST, COMPARE WITH PRESET

VALUES IN THE PLC, CALIBRATE IF ERROR, ON THE FOLLOWINGS:

A) LSHH-3210, FG FILTER LIQ LEVEL HI S/D, PRESET LAHH \_\_\_%

RECORD RESULTS \_\_\_\_\_ DONE BY \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_

ตารางผนวกที่ ค1 (ต่อ)

---

JOB CARD :TASK 001 BC2MWC

---

**5. ENGINE GAS FUEL AND START SYSTEMS:**

- A) MANUAL DRAIN LIQUID IN FUEL GAS SCRUBBER
  - B) CHECK FUEL GAS FILTER ELEMENT, CLEAN IF CONTAMINATED
  - C) CHECK OPERATION OF START MOTOR LUBRICATOR \_\_\_\_\_
  - D) DRAIN WATER FROM GAS PRESSURE REGULATOR, CHECK SETTINGS.
- RECORD RESULTS \_\_\_\_\_ DONE BY \_\_\_\_\_

**6. IGNITION AND ENGINE CONTROL SYSTEM:**

- A) INSPECT GOVERNOR, APPLY GREASE TO LINKAGES AS NEEDED,  
REPLACE OIL IN GOVERNOR BOX
  - B) CHECK AND CLEAN BATTERY TERMINALS
- RECORD RESULTS \_\_\_\_\_ DONE BY \_\_\_\_\_

**7. ENGINE CAT 3516:**

- A) CLEAN AIR CLEANER ELEMENT
  - B) CHECK ALTERNATOR AND BELTS CONDITION FOR DEFECT,  
REPLACE, ADJUST.
  - C) INSPECT ENGINE, PIPING, HOSES FOR LEAKAGES,
  - D)INSPECT ENGINE EXHAUST MANIFOLD AND SILENCER FOR CRACKS  
OR DAMAGE
- RECORD RESULTS \_\_\_\_\_ DONE BY \_\_\_\_\_

**8. COMPRESSOR (ARIEL):**

- A) CHECK PACKING SEAL VENT FOR EXCESSIVE LEAKAGE
- COMMENT \_\_\_\_\_ DONE BY \_\_\_\_\_

ตารางผนวกที่ ค1 (ต่อ)

---

JOB CARD :TASK 001 BC2MWC

---

**9. LIQUID PUMP:(ENGINE DRIVEN)**

- A) CHECK OPERATION OF LUBRICATOR
- B) CLEAN PUMP LUBRICATION CHAMBER, CLEAN VENT PORT
- C) CHECK CONDITION OF DRIVE COUPLING

COMMENT \_\_\_\_\_ DONE BY \_\_\_\_\_

**10. COOLER :**

- A) INSPECT DRIVE BELTS CONDITION, TENSION ADJUST IF REQUIRE
- B) INSPECT RUBBER COUPLING ON JACK SHAFT FOR DEFECT.
- C) GREASE JACK SHAFT AND COOLER FAN DRIVE PILLOW

BLOCK BEARINGS, CHECK CONDITION OF FAN BLADES

RECORD RESULTS \_\_\_\_\_ DONE BY \_\_\_\_\_

**11. INLET SEP/SCRUBBER, SUCTION AND DISCHARGE BOTTLES:**

- A) DRAIN AND CLEAN STRAINERS AND REGULATORS
- B) CHECK OPERATION OF DRAIN VALVES, DUMP VALVES,  
EQUALIZATION VALVES AND PRESSURIZATION VALVES. ADJUST,  
REPAIR OR REPLACE AS NEEDED.

COMMENT \_\_\_\_\_ DONE BY \_\_\_\_\_

**12. V-1901 INLET SEP:**

PERFORM FUNCTION AND LOOPS TEST, COMPARE WITH PRESET  
VALUES IN THE PLC, ON THE FOLLOWINGS:

- A) INLET SEP: LT-1934 FOR LEVEL CONTROL LCV-1903

COMMENT \_\_\_\_\_ DONE BY \_\_\_\_\_

ตารางผนวกที่ ค1 (ต่อ)

---

JOB CARD :TASK 001 BC2MWC

---

**14. FINAL CHECK:**

- A) PRE-CHECK FOR START UP ENGINE, CHECK FOR LEAKAGES
- B) AFTER ENGINE START UP, LOAD AND OPERATE TO NORMAL CONDITION,  
CHECK ENGINE SET UP WITH DDT, ADJUST IF REQUIRE
- C) RETURN PACKAGE TO PRODUCTION

SIGNED DONE BY \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ SUPERVISOR \_\_\_\_\_ DATE \_\_\_\_\_

ACKNOWLEDGED UNOCAL \_\_\_\_\_ DATE \_\_\_\_\_

---

ที่มา: บริษัทยูโนแคลไทยแลนด์จำกัด (2549)

**ตารางผนวกที่ ค2** แสดงรายการบำรุงรักษาเชิงป้องกันของเครื่องเพิ่มแรงดันก๊าซธรรมชาติ  
ที่ระยะการใช้งาน 4,000 ชั่วโมง (6 เดือน)

---

JOB CARD :TASK 001 BC4MWC

---

EQUIPMENT: PM-SKC1350-PMWC

RESOURCE: UCT 3X8 = 24 MH

PRIORITY: 1

EQUIPMENT STATUS: ON LINE AND SHUTDOWN

---

GAS LIFT/BOOSTER COMPRESSOR - 4000 HR, PM-SKC1350-PMWC

---

**JOB INSTRUCTION** @

**CRITICALITY:**

**EQUIPMENT UNDER THIS TASKS :**

**GAS LIFT/BOOSTER COMPRESSOR SKID, PM-SKC1350-PMWC**

- A. CAT ENGINE MODEL 3516 (NA)
- B. ARIEL COMPRESSOR - JGK2
- C. PROCESS VESSELS
- D. LIQUID PUMP, ENGINE DRIVEN

**1. PREPARATION TO PERFORM PM ACTIVITIES:**

- A) REVIEW ALARM AND SHUTDOWN HISTORY FROM CONTROL PANEL,  
MAINTENANCE RECORDS, ENGINE AND COMPRESSOR PERFORMANCE
- B) REVIEW ENGINE AND COMPRESSOR LUBE OIL ANALYSIS RESULTS
- C) RECORD OPERATING PARAMETER IN UNIT LOG SHEET
- D) TEST UNIT SHUTDOWN FUNCTION ON CONTROL PANEL IN TEST MODE

**AFTER ENGINE SHUTDOWN:**

- E) CLOSE INLET COMPRESSOR, DISCHARGE AND BYPASS VALVES

ตารางผนวกที่ ค2 (ต่อ)

---

JOB CARD :TASK 001 BC4MWC

---

F) CLOSE FUEL GAS SHUTOFF VALVE.

COMMENT \_\_\_\_\_ DONE BY \_\_\_\_\_

**2. VISUAL INSPECTION:**

A)INSPECT ENGINE, COMPRESSOR, PUMP, VALVES AND VESSELS, ACCESSORIES, ELECTRICAL AND INSTRUMENT SYSTEMS AND PIPING FOR LEAKAGES , DAMAGES, LOOSE FITTINGS, CORROSION AND FOR ABNORMAL CONDITIONS

B)RECORD INDIVIDUAL TEMPERATURE OF COMPRESSOR VALVES COVER BY USING TEMP GUN AND EVALUATE VALVE CONDITION.

RECORD FINDING \_\_\_\_\_ DONE BY \_\_\_\_\_

**3. ENGINE, COMPRESSOR LUBE OIL AND WATER SYSTEMS:**

A) TAKE ENGINE/COMPRESSOR LUBE OIL SAMPLE FOR LAB ANALYSIS.

B) CHANGE ENGINE/COMPRESSOR OIL AND OIL FILTERS.

C) CHANGE LUBRICATOR OIL AND FILTERS.

D) CHECK COOLANT LEVEL ADD IF LOW, CHECK PH (5.5 - 9)

E) CLEAN COMPR AND CRANKCASE BREATHERS, STRAINERS, DRAINS

RECORD RESULTS \_\_\_\_\_ DONE BY \_\_\_\_\_

**4. FUNCTION TEST SHUTDOWN LOOPS:**

PERFORM FUNCTION AND LOOP TEST, COMPARE WITH PRESET

VALUES IN THE PLC, CALIBRATE IF ERROR, ON THE FOLLOWINGS:

A) LSSL-4003, E.J.W SURGE TANK LOW LEVEL S/D

B) LC-6001, ENGINE OIL LEVEL LOW S/D, PRESET LALL \_\_\_%

C) LC-7001, COMPRESSOR OIL LEVEL LOW S/D, PRESET LALL \_\_\_%

D) PT-7, ENGINE L/O PRESSURE LOW S/D, PRESET PALL 35 PSIG

ตารางผนวกที่ ค2 (ต่อ)

---

JOB CARD :TASK 001 BC4MWC

---

E) PT-8, COMPR L/O PRESS LOW S/D,PRESET PALL 35 PSIG

F) PT-6, FUEL GAS PRESS PRESET PALL 15 PSIG/PAHH 120 PSIG

G) LSHH-3210, FG FILTER LIQ LEVEL HI S/D, PRESET LAHH\_\_\_\_%

RECORD RESULTS \_\_\_\_\_ DONE BY \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_

**5. ENGINE GAS FUEL AND START SYSTEMS:**

A) MANUAL DRAIN LIQUID IN FUEL GAS SCRUBBER

B) CHANGE FUEL GAS FILTER ELEMENT IF CONTAMINATED

C) CHECK OPERATION OF START MOTOR LUBRICATOR \_\_\_\_\_

D) DRAIN WATER FROM GAS PRESSURE REGULATOR, CHECK SETTINGS.

RECORD RESULTS \_\_\_\_\_ DONE BY \_\_\_\_\_

**6. IGNITION AND ENGINE CONTROL SYSTEM:**

A) CHANGE SPARK PLUGS WITH NEW SET

B) INSPECT AND CLEAN SPEED MAGNETIC PICK UP AND SPEED  
TIMING SENSOR

C) INSPECT GOVERNOR, APPLY GREASE TO LINKAGES AS NEEDED,  
REPLACE OIL IN GOVERNOR BOX

D) CHECK AND CLEAN BATTERY TERMINALS

RECORD RESULTS \_\_\_\_\_ DONE BY \_\_\_\_\_

**7. ENGINE CAT 3516:**

A) CHANGE AIR CLEANER ELEMENT

B) CHECK AND RECORD ENGINE CYLINDER PRESSURE

C) CHECK AND RECORD EXHAUST VALVE TAKE UP

D) INSPECT ENGINE VALVE LASH, ADJUST PER SPEC.

ตารางผนวกที่ ค2 (ต่อ)

---

JOB CARD :TASK 001 BC4MWC

---

E) CHECK ALTERNATOR AND BELTS CONDITION FOR DEFECT,  
REPLACE, ADJUST.

F) INSPECT ENGINE, PIPING, HOSES FOR LEAKAGES,

G)INSPECT ENGINE EXHAUST MANIFOLD AND SILENCER FOR CRACKS  
OR DAMAGE

H) CHECK COUPLING ALIGNMENT, TORQUE COUPLING BOLTS

I) INSPECT AIR EXCHANGER AND COUPLING, CLEAN EXCHANGER  
IF DIRTY

RECORD RESULTS \_\_\_\_\_ DONE BY \_\_\_\_\_

**8. COMPRESSOR (ARIEL):**

A) CHECK PACKING SEAL VENT FOR EXCESSIVE LEAKAGE

B) INSPECT AND CHECK ALL CLEARANCES AS PER MANUFACTURER  
SPEC, REPLACE PARTS IF WORN OUT.

COMMENT \_\_\_\_\_ DONE BY \_\_\_\_\_

**9. LIQUID PUMP:(ENGINE DRIVEN)**

A) CHECK OPERATION OF LUBRICATOR

B) CLEAN PUMP LUBRICATION CHAMBER, CLEAN VENT PORT

C) CHECK CONDITION OF DRIVE COUPLING

COMMENT \_\_\_\_\_ DONE BY \_\_\_\_\_

**10. COOLER :**

A) INSPECT DRIVE BELTS CONDITION, TENSION ADJUST IF REQUIRE

B) INSPECT RUBBER COUPLING ON JACK SHAFT FOR DEFECT.

C) GREASE JACK SHAFT AND COOLER FAN DRIVE PILLOW  
BLOCK BEARINGS, CHECK CONDITION OF FAN BLADES

RECORD RESULTS \_\_\_\_\_ DONE BY \_\_\_\_\_

ตารางผนวกที่ ค2 (ต่อ)

---

JOB CARD :TASK 001 BC4MWC

---

**11. INLET SEP/SCRUBBER, SUCTION AND DISCHARGE BOTTLES:**

- A) DRAIN AND CLEAN STRAINERS AND REGULATORS
- B) CHECK OPERATION OF DRAIN VALVES, DUMP VALVES, EQUALIZATION VALVES AND PRESSURIZATION VALVES. ADJUST, REPAIR OR REPLACE AS NEEDED.
- C) DRAIN, FLUSH LEVEL GAUGE CHAMBERS ON ALL VESSELS
- D)

COMMENT \_\_\_\_\_ DONE BY \_\_\_\_\_

**12. V-1901/V-1902/V-1701/V1702/V1804**

PERFORM FUNCTION AND LOOPS TEST, COMPARE WITH PRESET VALUES IN THE PLC, ON THE FOLLOWINGS:

- A) INLET SEP: LT-1901 FOR SHUTDOWN UNIT LAHH/LALL  
INLET SEP: LT-1934 FOR LEVEL CONTROL LCV-1903
- B) SUCTION SCRUBBER: LT-1902 FOR SHUTDOWN LOOP LAHH
- C) SUCTION BOTTLES, V-1701:LT-1701 FOR SHUTDOWN UNIT LAHH/LALL
- D) SUCTION BOTTLES, V-1702:LT-1702 FOR SHUTDOWN UNIT LAHH
- E) DISCH BOTTLES, V-1802: LT 1701FOR SHUTDOWN UNIT LAHH/LALL
- F) DISCH BOTTLES, V-1804: LT 1804FOR SHUTDOWN UNIT LAHH

COMMENT \_\_\_\_\_ DONE BY \_\_\_\_\_

**13. COMPRESSOR AND PROCESS:**

- A) PT-3, SUCT HI PRESS S/D, PRESET PALL 15/PAHH 300 PSIG
- B) PT-4, DISCH HI PRESS S/D, PRESET PALL 300/PAHH 975 PSIG
- C) PT-5, LIQ PRESS TO P/L S/D, PRESET PALL 300/PAHH 975 PSIG
- H) CHECK OPERATION OF COMPRESSOR CONTROL VALVES

RECORD RESULTS \_\_\_\_\_ DONE BY \_\_\_\_\_

ตารางผนวกที่ ค2 (ต่อ)

---

JOB CARD :TASK 001 BC4MWC

---

**14. FINAL CHECK:**

- A) PRE-CHECK FOR START UP ENGINE, CHECK FOR LEAKAGES
- B) AFTER ENGINE START UP, LOAD AND OPERATE TO NORMAL CONDITION,  
CHECK ENGINE SET UP WITH DDT, ADJUST IF REQUIRE
- C) RETURN PACKAGE TO PRODUCTION

SIGNED DONE BY \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ SUPERVISOR \_\_\_\_\_ DATE \_\_\_\_\_

ACKNOWLEDGED UNOCAL \_\_\_\_\_ DATE \_\_\_\_\_

---

ที่มา: บริษัทยูโนแคลไทยแลนด์จำกัด (2549)

ตารางผนวกที่ ค3 แสดงรายการบำรุงรักษาเชิงป้องกันของเครื่องเพิ่มแรงดันก๊าซธรรมชาติ  
ที่ระยะการใช้งาน 8,000 ชั่วโมง (1 ปี)

---

JOB CARD :TASK 001 BC8MWC

---

EQUIPMENT: PM-SKC1350-PMWC

RESOURCE: UCT 3X8 = 24 MH

PRIORITY: 1

EQUIPMENT STATUS: ON LINE AND SHUTDOWN

---

GAS LIFT/BOOSTER COMPRESSOR - 8000 HR, PM-SKC1350-PMWC

---

ตารางผนวกที่ ค3 (ต่อ)

---

JOB CARD :TASK 001 BC8MWC

---

**JOB INSTRUCTION** @

**CRITICALITY:**

**EQUIPMENT UNDER THIS TASKS :**

**GAS LIFT/BOOSTER COMPRESSOR SKID, PM-SKC1350-PMWC**

- A. CAT ENGINE MODEL 3516 (NA)
- B. ARIEL COMPRESSOR - JGK2
- C. PROCESS VESSELS
- D. LIQUID PUMP, ENGINE DRIVEN

**1. PREPARATION TO PERFORM PM ACTIVITIES:**

- A) REVIEW ALARM AND SHUTDOWN HISTORY FROM CONTROL PANEL, MAINTENANCE RECORDS, ENGINE AND COMPRESSOR PERFORMANCE
- B) REVIEW ENGINE AND COMPRESSOR LUBE OIL ANALYSIS RESULTS
- C) RECORD OPERATING PARAMETER IN UNIT LOG SHEET
- D) TEST UNIT SHUTDOWN FUNCTION ON CONTROL PANEL IN TEST MODE

**AFTER ENGINE SHUTDOWN:**

- E) CLOSE INLET COMPRESSOR, DISCHARGE AND BYPASS VALVES
- F) CLOSE FUEL GAS SHUTOFF VALVE.

COMMENT \_\_\_\_\_ DONE BY \_\_\_\_\_

**2. VISUAL INSPECTION:**

- A)INSPECT ENGINE, COMPRESSOR, PUMP, VALVES AND VESSELS, ACCESSORIES, ELECTRICAL AND INSTRUMENT SYSTEMS AND PIPING FOR LEAKAGES , DAMAGES, LOOSE FITTINGS, CORROSION AND FOR ABNORMAL CONDITIONS

ตารางผนวกที่ ค3 (ต่อ)

---

JOB CARD :TASK 001 BC8MWC

---

B)RECORD INDIVIDUAL TEMPERATURE OF COMPRESSOR VALVES  
COVER BY USING TEMP GUN AND EVALUATE VALVE CONDITION.  
RECORD FINDING \_\_\_\_\_ DONE BY \_\_\_\_\_

**3. ENGINE, COMPRESSOR LUBE OIL AND WATER SYSTEMS:**

A) TAKE ENGINE/COMPRESSOR LUBE OIL SAMPLE FOR LAB ANALYSIS.  
B) CHANGE ENGINE/COMPRESSOR OIL AND OIL FILTERS.  
C) CHANGE LUBRICATOR OIL AND FILTERS.  
D) CHECK COOLANT LEVEL ADD IF LOW, CHECK PH (5.5 - 9)  
E) CLEAN COMPR AND CRANKCASE BREATHERS, STRAINERS, DRAINS  
RECORD RESULTS \_\_\_\_\_ DONE BY \_\_\_\_\_

**4. FUNCTION TEST SHUTDOWN LOOPS:**

PERFORM FUNCTION AND LOOP TEST, COMPARE WITH PRESET  
VALUES IN THE PLC, CALIBRATE IF ERROR, ON THE FOLLOWINGS:  
A) LSSL-4003, E.J.W SURGE TANK LOW LEVEL S/D  
B) LC-6001, ENGINE OIL LEVEL LOW S/D, PRESET LALL \_\_\_%  
C) LC-7001, COMPRESSOR OIL LEVEL LOW S/D, PRESET LALL \_\_\_%  
D) PT-7, ENGINE L/O PRESSURE LOW S/D, PRESET PALL 35 PSIG  
E) PT-8, COMPR L/O PRESS LOW S/D,PRESET PALL 35 PSIG  
F) PT-6, FUEL GAS PRESS PRESET PALL 15 PSIG/PAHH 120 PSIG  
G) LSHH-3210, FG FILTER LIQ LEVEL HI S/D, PRESET LAHH \_\_\_%  
RECORD RESULTS \_\_\_\_\_ DONE BY \_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_

ตารางผนวกที่ ค3 (ต่อ)

---

JOB CARD :TASK 001 BC8MWC

---

**5. ENGINE GAS FUEL AND START SYSTEMS:**

- A) MANUAL DRAIN LIQUID IN FUEL GAS SCRUBBER
  - B) CHANGE FUEL GAS FILTER ELEMENT IF CONTAMINATED
  - C) CHECK OPERATION OF START MOTOR LUBRICATOR \_\_\_\_\_
  - D) DRAIN WATER FROM GAS PRESSURE REGULATOR, CHECK SETTINGS.
- RECORD RESULTS \_\_\_\_\_ DONE BY \_\_\_\_\_

**6. IGNITION AND ENGINE CONTROL SYSTEM:**

- A) CHANGE SPARK PLUGS WITH NEW SET
  - B) INSPECT AND CLEAN SPEED MAGNETIC PICK UP AND SPEED  
TIMING SENSOR
  - C) INSPECT GOVERNOR, APPLY GREASE TO LINKAGES AS NEEDED,  
REPLACE OIL IN GOVERNOR BOX
  - D) CHECK AND CLEAN BATTERY TERMINALS
- RECORD RESULTS \_\_\_\_\_ DONE BY \_\_\_\_\_

**7. ENGINE CAT 3516:**

- A) CHANGE AIR CLEANER ELEMENT
- B) CHECK AND RECORD ENGINE CYLINDER PRESSURE
- C) CHECK AND RECORD EXHAUST VALVE TAKE UP
- D) INSPECT ENGINE VALVE LASH, ADJUST PER SPEC.
- E) CHECK ALTERNATOR AND BELTS CONDITION FOR DEFECT,  
REPLACE, ADJUST.
- F) INSPECT ENGINE, PIPING, HOSES FOR LEAKAGES,
- G) INSPECT ENGINE EXHAUST MANIFOLD AND SILENCER FOR CRACKS  
OR DAMAGE

ตารางผนวกที่ ค3 (ต่อ)

---

JOB CARD :TASK 001 BC8MWC

---

H) CHECK COUPLING ALIGNMENT, TORQUE COUPLING BOLTS

I) INSPECT AIR EXCHANGER AND COUPLING, CLEAN EXCHANGER  
IF DIRTY

RECORD RESULTS \_\_\_\_\_ DONE BY \_\_\_\_\_

**8. COMPRESSOR (ARIEL):**

A) CHECK PACKING SEAL VENT FOR EXCESSIVE LEAKAGE

B) INSPECT AND CHECK ALL CLEARANCES AS PER MANUFACTURER  
SPEC, REPLACE PARTS IF WORN OUT.

COMMENT \_\_\_\_\_ DONE BY \_\_\_\_\_

**9. LIQUID PUMP:(ENGINE DRIVEN)**

A) CHECK OPERATION OF LUBRICATOR

B) CLEAN PUMP LUBRICATION CHAMBER, CLEAN VENT PORT

C) CHECK CONDITION OF DRIVE COUPLING

COMMENT \_\_\_\_\_ DONE BY \_\_\_\_\_

**10. COOLER :**

A) INSPECT DRIVE BELTS CONDITION, TENSION ADJUST IF REQUIRE

B) INSPECT RUBBER COUPLING ON JACK SHAFT FOR DEFECT.

C) GREASE JACK SHAFT AND COOLER FAN DRIVE PILLOW

BLOCK BEARINGS, CHECK CONDITION OF FAN BLADES

RECORD RESULTS \_\_\_\_\_ DONE BY \_\_\_\_\_

ตารางผนวกที่ ค3 (ต่อ)

---

JOB CARD :TASK 001 BC8MWC

---

**11. INLET SEP/SCRUBBER, SUCTION AND DISCHARGE BOTTLES:**

- A) DRAIN AND CLEAN STRAINERS AND REGULATORS
- B) CHECK OPERATION OF DRAIN VALVES, DUMP VALVES, EQUALIZATION VALVES AND PRESSURIZATION VALVES. ADJUST, REPAIR OR REPLACE AS NEEDED.
- C) DRAIN, FLUSH LEVEL GAUGE CHAMBERS ON ALL VESSELS
- D)

COMMENT \_\_\_\_\_ DONE BY \_\_\_\_\_

**12. V-1901/V-1902/V-1701/V1702/V1804**

PERFORM FUNCTION AND LOOPS TEST, COMPARE WITH PRESET VALUES IN THE PLC, ON THE FOLLOWINGS:

- A) INLET SEP: LT-1901 FOR SHUTDOWN UNIT LAHH/LALL  
INLET SEP: LT-1934 FOR LEVEL CONTROL LCV-1903
- B) SUCTION SCRUBBER: LT-1902 FOR SHUTDOWN LOOP LAHH
- C) SUCTION BOTTLES, V-1701:LT-1701 FOR SHUTDOWN UNIT LAHH/LALL
- D) SUCTION BOTTLES, V-1702:LT-1702 FOR SHUTDOWN UNIT LAHH
- E) DISCH BOTTLES, V-1802: LT 1701FOR SHUTDOWN UNIT LAHH/LALL
- F) DISCH BOTTLES, V-1804: LT 1804FOR SHUTDOWN UNIT LAHH

COMMENT \_\_\_\_\_ DONE BY \_\_\_\_\_

**13. COMPRESSOR AND PROCESS:**

- A) PT-3, SUCT HI PRESS S/D, PRESET PALL 15/PAHH 300 PSIG
- B) PT-4, DISCH HI PRESS S/D, PRESET PALL 300/PAHH 975 PSIG
- C) PT-5, LIQ PRESS TO P/L S/D, PRESET PALL 300/PAHH 975 PSIG
- H) CHECK OPERATION OF COMPRESSOR CONTROL VALVES

RECORD RESULTS \_\_\_\_\_ DONE BY \_\_\_\_\_

ตารางผนวกที่ ค3 (ต่อ)

---

JOB CARD :TASK 001 BC8MWC

---

**14. FUNCTION TEST PSV:(PER ATTACHED PROCEDURES)**

(SWAP WITH TESTED PSV'S IF AVAIL)

FUNCTION TEST AND CHECK SET POINT OF THE FOLLOWING

A) PSV-1902 SET \_\_\_ PSIG, FOUND \_\_\_ PSIG, AS LEFT \_\_\_ PSIG

B) PSV-2501 SET \_\_\_ PSIG, FOUND \_\_\_ PSIG, AS LEFT \_\_\_ PSIG

COMMENT \_\_\_\_\_ DONE BY \_\_\_\_\_

**15. FINAL CHECK:**

A) PRE-CHECK FOR START UP ENGINE, CHECK FOR LEAKAGES

B) AFTER ENGINE START UP, LOAD AND OPERATE TO NORMAL CONDITION,

CHECK ENGINE SET UP WITH DDT, ADJUST IF REQUIRE

C) RETURN PACKAGE TO PRODUCTION

SIGNED DONE BY \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ SUPERVISOR \_\_\_\_\_ DATE \_\_\_\_\_

ACKNOWLEDGED UNOCAL \_\_\_\_\_ DATE \_\_\_\_\_

---

ที่มา: บริษัทยูโนแคลไทยแลนด์จำกัด (2549)

## ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นายวัฒนา วิเชียรรัตน์
วัน เดือน ปี ที่เกิด	29 มิถุนายน 2503
สถานที่เกิด	ชุมพร
ประวัติการศึกษา	วท.บ. (อาชีวอนามัยและความปลอดภัย)
ตำแหน่งปัจจุบัน	Operational Excellent Process Advisor
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	บริษัท เซพรอนเอเชียเซ้าท์ จำกัด