



มอธ. 220 – 0001 – 0251

การตรวจและทดสอบเครื่องยนต์ดีเซล

มาตรฐานงานช่าง กรมอุทกทหารเรือ

มอร. 220 – 0001 – 0251

การตรวจและทดสอบเครื่องยนต์ดีเซล

แก้ไขครั้งที่.....เมื่อ.....
แก้ไขครั้งที่.....เมื่อ.....
แก้ไขครั้งที่.....เมื่อ.....



ประกาศกรมอุตุนิยมวิทยา
เรื่อง กำหนดมาตรฐานงานช่าง กรมอุตุนิยมวิทยา

.....

อาศัยอำนาจตามความในข้อ ๗.๓ และ ข้อ ๑๒ แห่งระเบียบ กรมอุตุนิยมวิทยา ว่าด้วยมาตรฐานงานช่าง พ.ศ. ๒๕๕๑ เจ้ากรมพัฒนาการช่าง กรมอุตุนิยมวิทยา จึงให้ยกเลิกมาตรฐานงานช่าง กรมอุตุนิยมวิทยา มอว. ๒๒๐ - ๐๐๐๑ - ๐๒๓๒ การทดสอบเครื่องยนต์ดีเซลที่ได้รับการปรับซ่อม ซึ่งประกาศ ณ วันที่ ๒๑ กุมภาพันธ์ พ.ศ.๒๕๓๒ และ มอว. ๒๒๐ - ๐๐๐๕ - ๐๙๓๖ การปรับซ่อมเครื่องยนต์ดีเซล ขนาด ๖๐ แรงม้าขึ้นไป ซึ่งประกาศ ณ วันที่ ๒๓ กันยายน พ.ศ.๒๕๓๖ และให้ใช้ มาตรฐานงานช่าง กรมอุตุนิยมวิทยา มอว. ๒๒๐ - ๐๐๐๑ - ๐๒๕๑ การตรวจและทดสอบเครื่องยนต์ดีเซล ดังรายละเอียดต่อท้ายประกาศนี้

ประกาศ ณ วันที่ กุมภาพันธ์ พ.ศ. ๒๕๕๑

พล.ร.ต.รศ.

(พงศ์สรร ฤทธิประวัตติ)

จก.กพช.อร.

รายการแก้ไข

หมายเลขหน้า

การแก้ไขครั้งที่

บันทึกการแก้ไข

วัน เดือน ปี	รายการแก้ไข

มาตรฐานงานช่างกรมอู่ทหารเรือ
การตรวจและทดสอบเครื่องยนต์ดีเซล

1. เอกสารอ้างอิง

- 1.1. JIS F 0801-1989: Test Code of Propelling Machinery at Sea Trials
- 1.2. JIS F 4301 – 1983: Water Cooled Four Cycle Marine Diesel Engines for Propelling Use
- 1.3. JIS F 4304-1999: Shop Test Code of Marine Internal Combustion Engines for Propelling Use
- 1.4. JIS F 4306-1998: Water-Cooled Four Cycle Marine Diesel Engines for Electric Generator
- 1.5. ISO 3046-1: 2002 (E) Reciprocating Internal Combustion Engines – Performance – Part 1: Declarations of Power, Fuel and Lubricating Oil Consumptions, and Test Methods – Additional Requirements for Engines for General Use
- 1.6. ISO 3046-3: 1989 (E) Reciprocating Internal Combustion Engines – Performance – Part 3: Test Measurement
- 1.7. ISO 15550: 2002 (E) Reciprocating Internal Combustion Engines – Determination and Method for the Measurement of Engine Power – General Requirements
- 1.8. มาตรฐานงานช่างกรมอู่ทหารเรือ มอ. 200 – 0004 – 0936: การติดตั้งเครื่องจักรสำคัญบนเรือ และการตรวจสอบการติดตั้ง
- 1.9. มาตรฐานงานช่างกรมอู่ทหารเรือ มอ. 200 – 0002 – 1148: การวิเคราะห์การสันเสทือนในเรือ
- 1.10. คำแนะนำทางช่าง ค.002 – 28: การทดลองเครื่องจักรใหญ่เรือหลวงขณะเรือจอดในท่า
- 1.11. คำแนะนำทางช่าง ค.001 – 29: การทดลองเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

2. การแจกจ่าย

ดูรายการ “การแจกจ่าย” ท้ายเล่ม

3. ความมุ่งหมาย

เพื่อให้หน่วยที่เกี่ยวข้อง ได้กำหนดแผน, หน่วยปฏิบัติ และหน่วยตรวจสอบได้ทราบถึงแนวทางในการปฏิบัติงานในการปรับซ่อม ทดสอบ และประเมินผลประสิทธิภาพเครื่องยนต์ดีเซล

4. ขอบเขต

คำแนะนำทางช่างฉบับนี้ จะกล่าวถึงลำดับขั้นตอน และรายละเอียดในการปฏิบัติงานบางส่วนในการปรับซ่อมเครื่องยนต์ดีเซล ขั้นตอนการปรับซ่อมใหญ่ (Major Overhaul) โดยจะไม่เน้นรายละเอียดของการปรับซ่อมเครื่องยนต์ดีเซลตราอักษร หรือรุ่นหนึ่งรุ่นใดโดยเฉพาะ

5. กล่าวโดยทั่วไป

เครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้งานภายในกองทัพเรือมีอยู่หลายประเภท จากหลากหลายบริษัท การปรับซ่อมใหญ่เครื่องยนต์ดีเซลสามารถกระทำได้ที่ กรง.รฐ.สส., อจปร.อร. และ อรม.อร. ซึ่งเมื่อปรับซ่อมแล้วจะต้องทำการตรวจสอบ

ประสิทธิภาพ (Efficiency) ของเครื่องยนต์ได้โดยการนำเครื่องยนต์ไปทดสอบบนแท่นทดสอบ (Test Bench) เพื่อหากำลังงาน (Power Output) ที่เครื่องสามารถผลิตออกมาได้ (แรงม้า หรือ กิโลวัตต์) ซึ่งสามารถกระทำได้ที่ อดปร. อร. และ อรม.อร. เป็นหลัก ในการปรับซ่อมใหญ่จะต้องมีการควบคุมคุณภาพระหว่างการซ่อมทำในทุกขั้นตอน ข้อมูลของชิ้นส่วนที่เกิดการชำรุดก่อนที่จะปรับซ่อม การเปลี่ยนอะไหล่ และการตั้งระยะเบียด (Clearance) ต่าง ๆ ของชิ้นส่วนใหม่ประกอบเข้าไปจะต้องมีการบันทึกเอาไว้เป็นหลักฐานอย่างครบถ้วน นอกจากนี้การทดสอบเครื่องยนต์บนแท่นทดสอบเพื่อหากำลังงานที่เครื่องสามารถผลิตออกมาได้ที่รอบการทำงานต่าง ๆ จะต้องทำการบันทึกข้อมูลที่สำคัญไว้ได้แก่ อุณหภูมิ, กำลังดัน ฯลฯ ในแบบฟอร์มเอกสารตรวจสอบเพื่อเป็นข้อมูลอ้างอิงของเครื่องยนต์ ดังนั้นเอกสารฉบับนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อให้เจ้าหน้าที่ผู้ปฏิบัติงานในการซ่อมทำ และเจ้าหน้าที่ควบคุมคุณภาพ ตลอดจนผู้สนใจสามารถนำไปใช้เพื่อควบคุมคุณภาพการตั้งแต่งขึ้นการซ่อมทำ จนถึงขั้นการทดลองในระหว่างปฏิบัติงานเพื่อให้ผลการซ่อมทำมีคุณภาพ เป็นไปตามวัตถุประสงค์ต่อไป

6. การปฏิบัติในการปรับซ่อมเครื่องยนต์ดีเซล

6.1. การปฏิบัติ ขั้นการตรวจสอบ

ก่อนที่จะทำการปรับซ่อมเครื่องยนต์จะต้องทำการตรวจสอบสภาพของเครื่องยนต์ก่อนว่ามีชิ้นส่วน และอุปกรณ์ใดบ้างที่จะต้องทำการเปลี่ยนหรือซ่อม โดยทั่วไปแล้วชิ้นส่วนสำคัญที่จะต้องทำการตรวจสอบ และเปลี่ยนหรือซ่อมจะมีอยู่ 2 ชนิด ในเครื่องได้แก่

6.1.1. ชิ้นส่วนอะไหล่ที่มีการเคลื่อนไหว และชิ้นส่วนที่มีการสัมผัสกับชิ้นส่วนอื่นๆ (Moving Part) ได้แก่

6.1.1.1. เพลาข้อเหวี่ยง (Crank Shaft)

6.1.1.2. เมนเบริง (Main Bearing)

6.1.1.3. แบริ่งก้านสูบ พร้อมนุชก้านสูบ (Connecting Rod Bearing with Bush)

6.1.1.4. สลักลูกสูบ (Piston Pin)

6.1.1.5. ปลอกสูบ (Liner)

6.1.1.6. ลูกสูบ (Piston)

6.1.1.7. ฝาสูบ (Piston Head), บ่าลิ้น แป็กกิ้งฝาสูบ และ Seal Ring ต่าง ๆ ของฝาสูบ

6.1.1.8. ลิ้น และส่วนประกอบ (Valve and Valve Components)

6.1.1.9. กระเดื่องกดลิ้น และส่วนประกอบ (Rocker Arm and Rocker Arm Components)

6.1.1.10. ลิ้นแก๊สเสีย (Exhaust Valve) และลิ้นอากาศดี (Intake Valve)

6.1.1.11. หัวฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง (Fuel Injector)

6.1.1.12. แบริ่งเพลาลูกเบี้ยว (Cam Shaft Bearing) และซีลกันน้ำมัน (Oil Seal)

6.1.1.13. ชุดหมู่เฟืองส่งต่ออาการทำงานของเครื่อง (Gear Train)

6.1.1.14. ชิ้นส่วนอื่น ๆ ที่สำคัญตามชนิด, ขนาด และตราอักษรของเครื่องยนต์

- 6.1.2. อุปกรณ์ประกอบเครื่องยนต์ที่สำคัญ ได้แก่
 - 6.1.2.1. เครื่องควบคุมความเร็ว (Governor)
 - 6.1.2.2. พัดน้ำมันหล่อลื่น (Lubricating Oil Pump)
 - 6.1.2.3. พัดน้ำมันเชื้อเพลิง (Fuel Oil Pump)
 - 6.1.2.4. พัดน้ำจืด และพัดน้ำทะเล (Fresh Water Pump and Sea Water Pump)
 - 6.1.2.5. ถังพักน้ำจืด (Expansion Tank) และหม้อระบายความร้อน (Heat Exchanger)
 - 6.1.2.6. หม้อระบายความร้อนน้ำมันหล่อ (Lubricating Oil Heat Exchanger)
 - 6.1.2.7. ท่อแก๊สเสียรวม (Exhaust Manifold)
 - 6.1.2.8. มาตรวัดต่าง ๆ (Gauges and Indicators)
 - 6.1.2.9. Gaskets
 - 6.1.2.10. สายพานในระบบขับเคลื่อนทั้งหมด (Driven Belts)
 - 6.1.2.11. ท่อทางต่าง ๆ ที่ต่อเข้ากับเครื่อง (Pipes)
 - 6.1.2.12. ระบบสตาร์ทเครื่อง (Starting System)
 - 6.1.2.13. หัวตรวจวัดในระบบควบคุมเครื่องจักร (Monitoring Sensors)
 - 6.1.2.14. ส่วนประกอบอื่น ๆ ที่สำคัญตามชนิด, ขนาด และตราอักษรของเครื่องยนต์
- 6.1.3. การตรวจสอบชิ้นส่วนต่าง ๆ ตามข้อ 6.1.1 และ 6.1.2 สิ่งสำคัญที่จะต้องทำการตรวจสอบคือ
 - 6.1.3.1. สภาพของหน้าสัมผัส และระยะเบียดของชิ้นส่วนที่มีการเสียดสีกัน เช่น Bearing, บูช, แหวน, ลูกสูบ ฯลฯ ปลอกสูบเป็นต้น
 - 6.1.3.2. การรั่วไหลของของเหลวหรือแก๊สตาม Seal หรือ Gasket ในเครื่องยนต์ และอุปกรณ์ประกอบ
 - 6.1.3.3. ความมั่นคงแข็งแรงของสลักที่ยึดอุปกรณ์ หรือชิ้นส่วนต่าง ๆ ภายในเครื่องยนต์
 - 6.1.3.4. ในระหว่างการตรวจสอบจะต้องมีการบันทึกผลการตรวจสอบลงในแผ่นบันทึกการตรวจสอบ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการซ่อมทำ และจัดเตรียมอะไหล่ (รายละเอียดของแผ่นบันทึกการตรวจสอบตามในผนวก ก.)

6.2. ขั้นตอนการปรับซ่อม

เมื่อจะทำการเปลี่ยน หรือปรับซ่อมชิ้นส่วนต่าง ๆ ของเครื่องยนต์จะต้องปฏิบัติตามเอกสารคู่มือการปรับซ่อมของเครื่องยนต์แต่ละรุ่น ขนาด ตราอักษร บันทึกการยกชิ้นส่วนที่ได้ทำการเปลี่ยน, ระยะห่างที่ตั้งใหม่ของชิ้นส่วน และรายละเอียดอื่น ๆ ลงในแผ่นบันทึกการซ่อมทำ และจะต้องได้รับการตรวจสอบ และรับรองโดยหัวหน้าช่างประจำโรงงาน หรือผู้ที่มีอำนาจหน้าที่ในการรับผิดชอบการซ่อมทำ (ดูรายละเอียดใน ผนวก ก.)

หมายเหตุ

เนื่องจากเครื่องยนต์ที่มีใช้งานภายในกองทัพเรือมีอยู่หลายแบบ และหลายขนาด อะไหล่ที่ใช้เปลี่ยน และชิ้นส่วนอุปกรณ์ที่สำคัญต่าง ๆ ของเครื่องยนต์แต่ละเครื่องอาจจะแตกต่างกันไป ดังนั้นในการปรับซ่อม เจ้าหน้าที่ที่ทำ

การปรับซ่อมจะต้องศึกษาคู่มือการปรับซ่อมของเครื่องยนต์แต่ละเครื่องอย่างละเอียด และปฏิบัติตามคู่มืออย่างเคร่งครัด

6.3. การตรวจสอบชิ้นส่วนระหว่างปรับซ่อม

การตรวจสอบชิ้นส่วนระหว่างการปรับซ่อมใหญ่ (Overhaul Inspection) ในการตรวจสอบชิ้นส่วนระหว่างการปรับซ่อมใหญ่ให้ดำเนินการตรวจสอบชิ้นส่วน และอุปกรณ์ต่าง ๆ ดังในมีรายละเอียดตามข้อ 6

6.4. การตรวจสอบชิ้นส่วนภายหลังการปรับซ่อม

การตรวจสอบชิ้นส่วนและอุปกรณ์ต่าง ๆ ภายหลังการปรับซ่อมใหญ่ (Reassembly Inspection after Overhaul Inspection) ในการตรวจสอบนี้จะต้องตรวจสอบ และบันทึกผลตามหัวข้อต่อไปนี้

- 6.4.1. ไม่มีการรั่วไหลของระบบระบายความร้อนของเครื่องยนต์ และระบบหล่อลื่น (Cooling water and Lubricating System)
- 6.4.2. ไม่มีการรั่วไหลของแก๊สเสียผ่านทางข้อต่อของท่อแก๊สเสียต่าง ๆ
- 6.4.3. ไม่ปรากฏอาการร้อนจนรู้สึกผิดปกติของส่วนที่เคลื่อนไหวต่าง ๆ
- 6.4.4. เครื่องยนต์เดินได้อย่างราบเรียบโดยไม่มีการสั่นสะเทือนจนรู้สึกผิดปกติ และมีรอบเครื่องยนต์ทำงานปกติ
- 6.4.5. ชุดเกียร์สามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง

7. การทดสอบเครื่องยนต์

เครื่องยนต์ที่ผ่านการปรับซ่อมแล้วจะต้องผ่านการตรวจสอบ ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนคือ การทดสอบในโรงงาน (Shop Test), การทดลองเรือหน้าท่า (Harbor Acceptance Test, HAT) และการทดลองเรือในทะเล (Sea Acceptance Test, SAT) ในแต่ละขั้นตอนการตรวจสอบ จะมีเอกสารตรวจสอบของเครื่องยนต์เพื่อให้ผู้ตรวจสอบได้ทำการบันทึกข้อมูลที่สำคัญ และจำเป็น

7.1. การทดสอบในโรงงาน (Shop Test)

เครื่องยนต์ที่ผ่านการปรับซ่อมแล้วก่อนจะนำไปติดตั้งใช้งานในเรือจะต้องผ่านการทดสอบบนโรงงานเสียก่อน การทดสอบโดยทั่วไปจะประกอบด้วย

7.1.1. การทดสอบหัวตรวจวัดอุปกรณ์ป้องกันเครื่องยนต์ (Test of Protective Sensor) ทำการทดสอบภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดจากบริษัทผู้ผลิตเครื่องยนต์ เพื่อทดสอบขีดความสามารถในการทำงานของอุปกรณ์ป้องกันเครื่องยนต์ โดยมีรายละเอียดที่จะต้องทำการตรวจสอบคือ

7.1.1.1. การดับเครื่องฉุกเฉิน (Emergency Stopping) โดยการกดปุ่ม Stop ในขณะที่เครื่องยนต์เดินอยู่

7.1.1.2. การทำงานของระบบป้องกันเครื่องยนต์เมื่อกำลังดันน้ำมันหล่อลื่น ทำการทดสอบโดยการถอดสายไฟที่ต่อเข้าสวิตช์กำลังดัน (Pressure Switch) ออก แล้วต่ออุปกรณ์ที่สามารถจ่ายลมเพื่อทำการทดสอบเข้าในระบบสวิตช์กำลังดัน ทำการตรวจสอบกำลังดันจนกระทั่งสวิตช์กำลังดันทำงานหรือตัดระบบ บันทึกค่ากำลังดันเมื่อสวิตช์ทำงาน หรือระบบตัดการทำงาน

7.1.1.3. การทำงานของระบบป้องกันเครื่องยนต์เมื่ออุณหภูมิน้ำหล่อ และน้ำมันหล่อสูงเกินเกณฑ์โดยการใช้เครื่องวัดอุณหภูมิ เปรียบเทียบกับเครื่องวัดอุณหภูมิของเครื่อง บันทึกค่าอุณหภูมิเมื่อสวิตช์ทำงานหรือระบบตัดการทำงาน

7.1.2. การทดลองสตาร์ทเครื่อง (Starting Test) จะต้องกระทำในสถานะที่เครื่องไม่มีภาระ (No Load) และกระทำที่อุณหภูมิห้องดังนี้

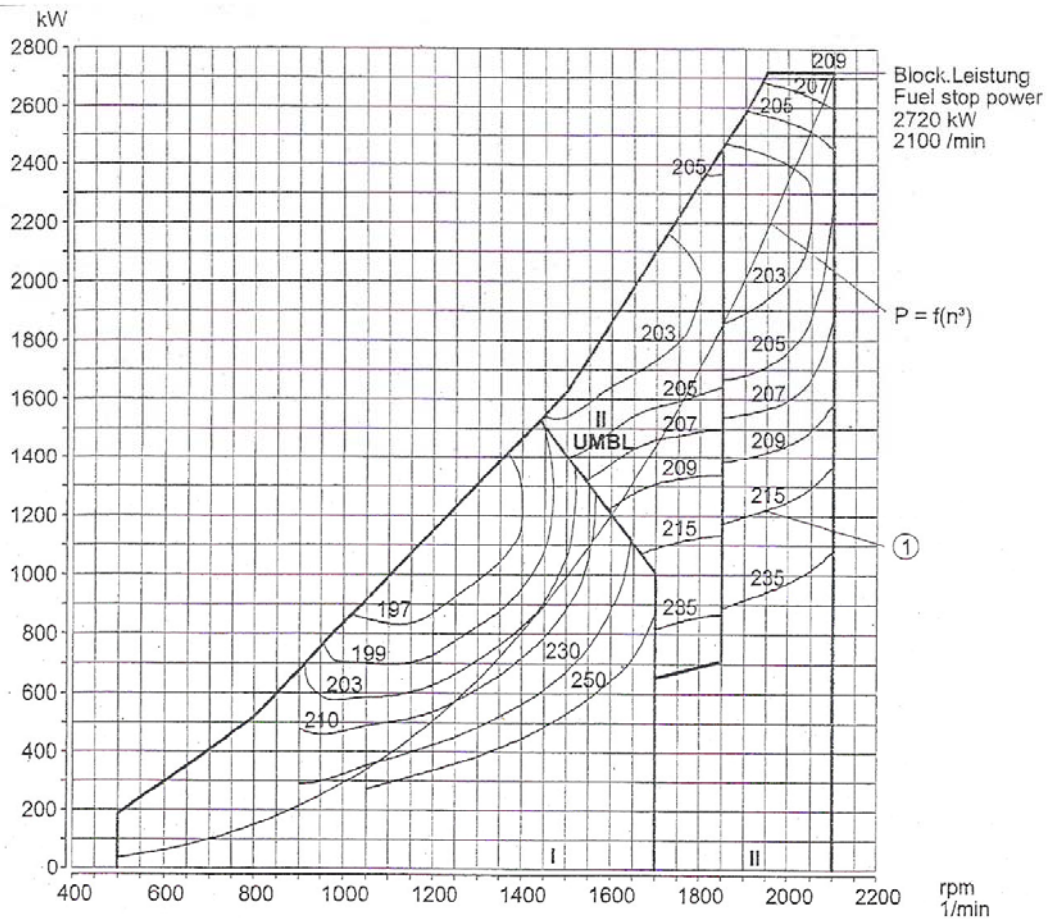
7.1.2.1. การสตาร์ทด้วยอากาศอัด (Compressed Air Starting) จะต้องทำการทดสอบการสตาร์ทของเครื่องยนต์จนกระทั่งกำลังดับในถังเก็บไม่เพียงพอต่อที่จะสตาร์ท จะต้องบันทึกจำนวนครั้ง และกำลังดับน้อยที่สุดที่สามารถสตาร์ทได้ เครื่องยนต์ที่สามารถกลับทิศทางการหมุนของเครื่องได้ (Self-Reversing Engine) จะต้องทำการสตาร์ททั้งเดินหน้า (Ahead) และถอยหลัง (Astern) สลับกัน สำหรับเครื่องยนต์ที่มีทิศทางการหมุนของเครื่องยนต์ทิศทางเดียวและมีเกียร์ประกอบอยู่เป็นชุดเดียวกัน (Non-Self-Reversing Engine Coupled with Reversing Gear) ให้ทำการสตาร์ทในทิศทางปกติ

7.1.2.2. การสตาร์ทด้วยไฟฟ้า (Electric Motor Starting) จะต้องทำการทดสอบโดยการกดปุ่มสตาร์ทจนกระทั่งมั่นใจได้ว่าเครื่องสามารถสตาร์ทติดได้โดยง่าย จะต้องทำการตรวจวัด และบันทึกค่ากระแสไฟฟ้าที่ใช้ในการสตาร์ทไว้ด้วย

7.1.3. การทดสอบภาระของเครื่อง (Load Test) เป็นการทดสอบเพื่อหาประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ โดยทั่วไปจะต้องทำการทดสอบบนแท่นทดสอบที่มีอุปกรณ์ในการหาลำกำลังงานของเครื่องยนต์ (Dynamometer) ซึ่งเป็นเครื่องมือทดสอบโดยเฉพาะ ซึ่งจะแบ่งได้คือ

7.1.3.1. เครื่องยนต์ที่มีเส้นโค้งการทำงานของเครื่อง (MCR Curve or Performance Curve) ให้ทำการทดสอบตามเส้นโค้งการทำงานของเครื่องยนต์ ซึ่งมีลักษณะตามรูปที่ 1

7.1.3.2. เครื่องยนต์ที่ไม่มีเส้นโค้งการทำงานของเครื่อง ให้ทำการทดสอบโดยใช้เส้นโค้งใบจักร (Propeller Curve) จากการทดลองความเร็วเรือครั้งสุดท้าย โดยสามารถขอข้อมูลได้จากหน่วยควบคุมคุณภาพ หรือหน่วยออกแบบ หรือหน่วยทดลองเรือของหน่วยซ่อมแต่ละแห่ง หรือขอได้จากกองออกแบบต่อเรือ กรมแผนการช่าง กรมอุทการเรือ



รูปที่ 1 เส้นโค้งการทำงานของเครื่องยนต์ (Performance Curve)

7.1.3.3. ปรับแต่งเครื่องวัดค่าแรงบิด (Torque Meter) หรือเครื่องวัดกำลังของเครื่อง (Power Meter) ไปตามจุดต่าง ๆ ของเส้นโค้งการทำงานของเครื่องตามความเหมาะสมที่จะทำให้สามารถพล็อตเส้นโค้งการทดลองได้สะดวก และถูกต้อง แต่ทั้งนี้จะต้องทำการทดลองไม่น้อยกว่า 4 จุด

7.1.3.4. ความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิด และกำลังของเครื่องยนต์ (Engine Torque – Power Relationship) สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$\text{Power (HP)} = \frac{\text{Torque (Inch-lbf)} \times \text{Speed (rpm)}}{63,000}$$

$$\text{Power (kW)} = \frac{\text{Torque (Newton - meter)} \times \text{Speed (rpm)}}{9535.434}$$

1 แรงม้า = 0.746 กิโลวัตต์

1 กิโลวัตต์ = 1.341 แรงม้า

7.1.3.5. หากไม่สามารถหาเส้นโค้งการทำงานของเครื่องยนต์ หรือเส้นโค้งไม่จักรได้ ให้ทำการทดสอบกระทำได้โดยการเพิ่มภาระ (Load) ให้กับเครื่องยนต์ดังในตารางที่ 1 ดังนี้

ลำดับที่	ภาระในการทดสอบ	เวลาที่ใช้ทดสอบ (นาที)	หมายเหตุ
1.	1/4 เท่าของกำลังสูงสุดต่อเนื่อง ¹	30	สามารถปรับแต่งเวลาที่ใช้ในการทดสอบได้ตามความจำเป็น
2.	2/4 เท่าของกำลังสูงสุดต่อเนื่อง	30	
3.	3/4 เท่าของกำลังสูงสุดต่อเนื่อง	30	
4.	กำลังสูงสุดต่อเนื่อง	120	
5.	Overload (110%)	30	

ตารางที่ 1 ภาระ และระยะเวลาที่ใช้ในการทดสอบภาระของเครื่อง

7.1.4. การทดสอบชุดควบคุมความเร็วของเครื่อง (Governor Test) จะต้องทำการทดสอบการปรับซ่อมชุดควบคุมความเร็วของเครื่องตามคู่มือการปรับซ่อมชุดควบคุมความเร็วตามชนิด, ขนาด และตราอักษรของเครื่องยนต์ และจะต้องทำการทดสอบ และบันทึกผลตามที่กำหนดไว้ในเอกสารคู่มือการปรับซ่อมดังกล่าว

7.1.5. การตรวจวัดการสั่นสะเทือน (Vibration Measurement) ในการทดสอบจะต้องทำการตรวจวัดการสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นโดยอ้างอิงเอกสารมาตรฐานงานช่างกรรมอุตสาหกรรมเรือ มอว. 200 – 0002 – 1148 การวิเคราะห์การสั่นสะเทือนในเรือ

7.1.6. การทดสอบการทำงานต่อเนื่องของเครื่องยนต์ (Endurance Test) จะต้องทำการทดสอบเครื่องยนต์ต่อเนื่องในช่วงเวลาที่ยาวนานเพียงพอที่จะสามารถตรวจสอบขีดความสามารถในการทำงานต่อเนื่องของเครื่องยนต์ได้ บันทึกระยะเวลาการทำงานต่อเนื่องที่เครื่องยนต์สามารถทำงานได้

7.1.7. การทดสอบอุปกรณ์ป้องกันเครื่องยนต์ (Test of Protective Device) ทำการทดสอบโดยการจำลองสถานการณ์ (Simulation) ระบบป้องกันอันตราย โดยมีรายละเอียดที่จะต้องทำการตรวจสอบคือ

7.1.7.1. การทำงานของระบบป้องกันเครื่องยนต์เมื่อรอบสูงเกินเกณฑ์

7.1.7.2. การทำงานของระบบป้องกันเครื่องยนต์เมื่อกำลังดันน้ำมันหล่อต่ำกว่าเกณฑ์

7.1.7.3. การทำงานของระบบป้องกันเครื่องยนต์เมื่ออุณหภูมิหม้อน้ำหล่อ และน้ำมันหล่อสูงเกินเกณฑ์

7.1.8. การทดสอบกำลังดันอากาศดีเข้าเครื่อง (Air Charging test) ทำการตรวจสอบการทำงานของระบบอากาศดีเข้าเครื่องยนต์ (ลิ้นอากาศดี หรือระบบกำลังดันอากาศดีเข้าเครื่อง) บันทึกผลการทำงาน

7.1.9. ในขณะที่ทำการทดสอบเครื่องยนต์ในโรงงาน เจ้าหน้าที่ผู้รับผิดชอบในการทดสอบจะต้องทำการบันทึกข้อมูลที่สำคัญลงในตารางการตรวจสอบเครื่องยนต์ในโรงงาน ดังมีรายละเอียดใน ผนวก ข.

¹ กำลังสูงสุดต่อเนื่องคือกำลังงานสูงสุดที่เครื่องสามารถกระทำติดต่อกันได้เป็นเวลานาน (Maximum Continuous Output)

7.2. การทดลองเรือหน้าท่า (Harbor Acceptance Test, HAT)

เมื่อเครื่องยนต์ดีเซลได้ผ่านการทดสอบในโรงงาน และผ่านการรับรองคุณภาพเรียบร้อยแล้วจะต้องทำการติดตั้งเครื่องยนต์ดีเซลตามคู่มือ และมาตรฐานงานช่างกรมอุทกหารเรือ มอ. 200 – 0004 – 0936 การติดตั้งเครื่องจักรสำคัญบนเรือ และการตรวจสอบการติดตั้ง โดยจะต้องมีการตรวจสอบการติดตั้งควบคุมไปตลอดเวลา เมื่อการติดตั้งเครื่องยนต์เรียบร้อยแล้วก่อนที่จะทำการทดสอบการใช้งานในทะเล จะต้องทำการทดลองในท่า (HAT) ซึ่งมีขั้นตอนที่สำคัญดังนี้

7.2.1. การทดลองสตาร์ทเครื่องยนต์ (Starting Test) เป็นการทดสอบระบบสตาร์ท และการสตาร์ทเครื่องยนต์ในลักษณะเดียวกับการปฏิบัติในโรงงาน การทดสอบควรจะทำเมื่อเครื่องยนต์ยังไม่ผ่านการใช้งาน โดยทำการทดลองทั้งจากห้องควบคุมเครื่องจักร (Machinery Control Room, MCR) จากสะพานเดินเรือ (Bridge Control Consol, BCC) และที่ชุดควบคุม ณ ตัวเครื่อง (Local Operating Panel, LOP) ระหว่างการทดสอบจะต้องบันทึกข้อมูลที่สำคัญ ได้แก่

7.2.1.1. เวลาที่เครื่องยนต์หมุนจนติด ในการทำงานครั้งแรก

7.2.1.2. อุณหภูมิ น้ำหล่อระบายความร้อน น้ำมันหล่อ และอากาศภายนอกเรือ ในการสตาร์ทครั้งแรก

7.2.1.3. จำนวนครั้งที่สามารถสตาร์ทได้ กำลังดันลมหรือกระแสไฟฟ้าที่ใช้ในการสตาร์ทแต่ละครั้ง และกำลังดันลมน้อยที่สุดที่สามารถสตาร์ทได้

7.2.2. การทดสอบระบบป้องกันเครื่องยนต์ (Test of Protective Devices) โดยทั่วไปเครื่องยนต์ที่ได้ทำการทดสอบในโรงงานจะต้องผ่านการทดสอบการทำงานของระบบอุปกรณ์ป้องกันเครื่องยนต์ (Protective Devices) ตามรายละเอียดในข้อ 7.1.9 ซึ่งเป็นการทดสอบอุปกรณ์ป้องกันที่ติดตั้งมากับเครื่องเท่านั้น เมื่อนำเครื่องยนต์มาติดตั้งบนเรือจะติดตั้งร่วมกับระบบควบคุม (Monitoring & Control System) จึงจำเป็นต้องทำการตรวจสอบว่าระบบป้องกันเครื่องยนต์ตามข้อ 7.1.9 ยังคงทำงานได้เช่นเดียวกับที่ทำการทดสอบในโรงงาน ด้วยการทดสอบระบบควบคุมด้วยการจำลองสถานการณ์ (Simulation) สัญญาณไฟที่ส่งมาจาก Sensor ต่าง ๆ ของเครื่องบันทึกค่าอุณหภูมิ กำลังดัน และกระแสไฟฟ้าเมื่อระบบป้องกันเครื่องยนต์ทำงาน หรือระบบตัดการทำงาน

7.2.3. การตรวจสอบความพร้อมของเครื่องยนต์ และความสัมพันธ์ของเครื่องยนต์กับอุปกรณ์ช่วยต่าง ๆ ดังนี้

7.2.3.1. เดินเครื่องยนต์ที่รอบใดรอบหนึ่ง ในระยะเวลาหนึ่งโดยให้ตำแหน่งเกียร์อยู่ที่ “Neutral” ในระหว่างนั้นตรวจดูความผิดปกติที่อาจเกิดขึ้น และบันทึกค่าอุณหภูมิ กำลังดันน้ำหล่อ และน้ำมันหล่อของเครื่องยนต์

7.2.3.2. ทดลองเข้า Clutch เดินหน้า และถอยหลังในขณะที่เรือถูกตรึงอยู่ในท่า ตรวจดูทิศทาง การหมุนของเพลายับจักรว่าถูกต้องหรือไม่

7.3. การทดลองในทะเล (Sea Acceptance Test, SAT)

จะทำการทดลองภายหลังจากที่ได้ทำการทดลองเรือในท่าเรียบร้อยแล้ว การปฏิบัติในการทดลองในทะเลประกอบด้วย

7.3.1. การทดสอบภาระของเครื่องยนต์ จะมีลักษณะการปฏิบัติคล้ายกับการทดสอบภาระในโรงงานที่กระทำบนแท่นทดสอบ โดยมีข้อแตกต่างคือการทดลองในทะเลจะเป็นการทดสอบการใช้งานจริง โดยทำการเดินเครื่องจักรใหญ่ที่รอบต่าง ๆ ตามรายละเอียดในตารางที่ 1 ภาระ และระยะเวลาที่ใช้ในการทดสอบภาระของเครื่องบันทึกข้อมูลที่สำคัญ และเกี่ยวข้องของเครื่องจักรใหญ่เพื่อตรวจสอบว่ามีสิ่งผิดปกติเกิดขึ้นหรือไม่

7.3.2. ทดสอบความหนืดเปลืองของน้ำมันเชื้อเพลิงที่ความเร็วเดินทาง (Cruising Speed) และที่ความเร็วสูงสุดต่อเนื่อง (Maximum Continuous Speed) อย่างน้อย 1 ชั่วโมง

7.3.3. ทดสอบหาความเร็วรอบต่ำสุดที่เครื่องยนต์สามารถเดินได้อย่างราบเรียบ ไม่มีการสั่นสะเทือนเกินเกณฑ์ และมีรอบเครื่องยนต์ทำงานปกติ

7.3.4. การทดสอบอื่น ๆ ได้แก่การวัดเสียง, การตรวจวัดการสั่นสะเทือนสามารถปฏิบัติได้พร้อม ๆ กับการทดลองในข้อ 7.3.1 – 7.3.3

7.3.5. ในระหว่างการทดลองเรือในท่า และในทะเล เจ้าหน้าที่ผู้รับผิดชอบจะต้องทำการบันทึกข้อมูลที่สำคัญในแผ่นบันทึกการตรวจสอบในท่า และในทะเล ดังมีรายละเอียดตาม ผนวก ค.

8. การประเมินผลหลังการตรวจสอบ

8.1. การทดสอบการสตาร์ทเครื่องยนต์ (Starting Test)

เครื่องยนต์ที่ผ่านการทดสอบสตาร์ทเครื่องทั้งการทดสอบในโรงงาน และการทดลองในท่าจะต้องผ่านเกณฑ์ดังนี้

8.1.1. สตาร์ทด้วยลม เครื่องยนต์จะต้องสามารถสตาร์ทได้ไม่ต่ำกว่า 6 ครั้ง ส่วนเครื่องยนต์ที่สามารถกลับทางหมุนได้ (Self Reversing Type Engine) จะต้องสามารถสตาร์ทได้ไม่น้อยกว่า 12 ครั้ง

8.1.2. สตาร์ทด้วยไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ จะต้องสามารถสตาร์ทได้ไม่น้อยกว่า 6 ครั้ง

8.2. การทดสอบภาระของเครื่อง (Load Test)

ในระหว่างการทดสอบภาระของเครื่องทั้งการทดสอบในโรงงาน และการทดลองในท่า หรือการทดลองในทะเล เครื่องยนต์จะต้องเดินราบเรียบสม่ำเสมอ ค่าการสั่นสะเทือน อุณหภูมิความร้อนจากเครื่อง และเสียงที่เกิดขึ้นจะต้องมีค่าไม่เกินเกณฑ์ที่กำหนดตามมาตรฐานที่สภาวะการทำงานที่ภาระต่าง ๆ แก๊สเสียที่ออกมาจะต้องมีสภาพปกติ ข้อมูลที่ได้จากการทดลองในทะเลจะต้องมีค่าใกล้เคียงกับข้อมูลที่ได้จากการทดสอบเครื่องในโรงงาน

8.3. การทดสอบตามเส้นโค้งการทำงานของเครื่อง (Performance Curve Test)

เมื่อนำข้อมูลสำคัญของเครื่องยนต์ เช่นความเร็วรอบ ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิง และกำลังของเครื่องที่ได้จากการทดสอบบนแท่นทดสอบในขั้นการทดสอบในโรงงานไปเปรียบเทียบกับเส้นโค้งการทำงานของเครื่องยนต์ (MCR

Curve, Propeller Curve) ของเครื่องที่ได้จากโรงงานผู้ผลิต เส้นกราฟที่ได้จากการทดสอบในโรงงานจะต้องไม่เกินที่ปรากฏในเส้นโค้งการทำงานที่ได้จากผู้ผลิต

8.4. การทดสอบความหมดเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (Fuel Consumption Test)

ในการทดสอบความหมดเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง ค่าที่ได้จากการทดลองที่ภาวะต่าง ๆ สามารถจะนำมาเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการคำนวณโดยใช้ข้อมูลบางส่วนจากบริษัทผู้ผลิต ในกรณีที่ไม่สามารถจะหาข้อมูลจากบริษัทผู้ผลิตได้ ให้นำข้อมูลจากตารางที่ 2 ซึ่งกำหนดค่าความหมดเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์ 4 จังหวะเอาไว้โดยใช้การเปรียบเทียบขนาดของลูกสูบกับความหมดเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงเมื่อทดสอบที่กำลังสูงสุดต่อเนื่อง

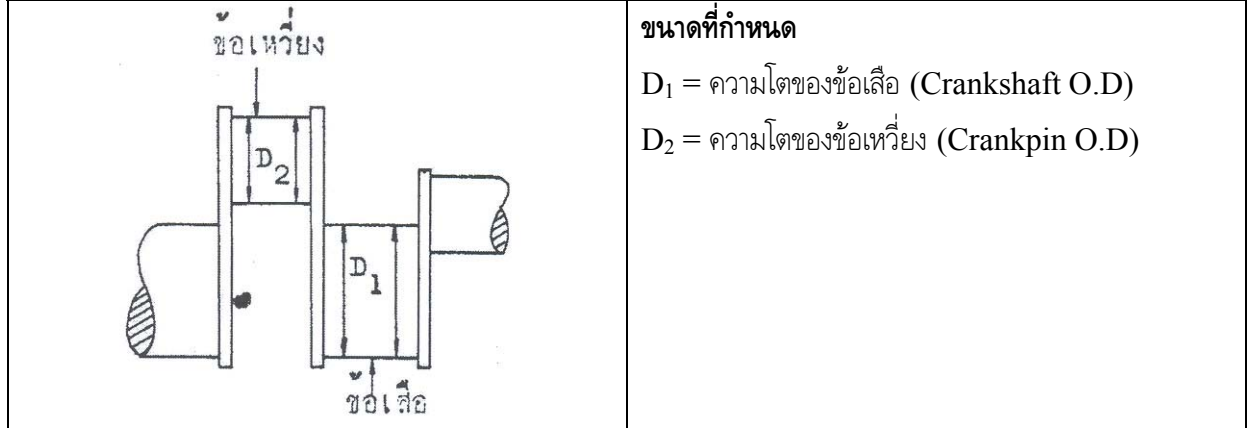
ความโตของ กระบอกสูบ (D, mm.)	ความหมดเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (g/kW.h)		
	ไม่มี Supercharging	มี Supercharging	มี Supercharging และมี Air Cooler
$D \leq 100$	271.9	265.1	-
$100 < D \leq 150$	258.3	247.4	237.9
$150 < D \leq 250$	251.5	242.0	231.1
$250 < D \leq 350$	-	237.9	224.3
$350 < D$	-	-	217.5

ตารางที่ 2 ค่าความหมดเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงที่กำลังสูงสุดต่อเนื่องของเครื่องยนต์ดีเซลโดยทั่วไป [1.2]

9. หมวด ก. การบันทึกข้อมูลในขั้นการตรวจสอบ และการปรับซ่อม

ในขั้นตอนการปรับซ่อมเครื่องยนต์ในโรงงาน ชิ้นส่วนอะไหล่ และอุปกรณ์ประกอบเครื่องยนต์ที่จะทำการปรับซ่อม จะต้องผ่านการตรวจสอบสภาพ ขนาด และความสึกหรอ รวมทั้งจะต้องบันทึกข้อมูลที่ตรวจสอบได้ลงในแผ่นบันทึกการตรวจสอบ เพื่อที่จะได้ทราบว่าชิ้นส่วน และอุปกรณ์ต่าง ๆ เหล่านี้มีความจำเป็นที่จะต้องเปลี่ยนใหม่ หรือปรับซ่อม อย่างไม่หรือไม่ นอกจากนี้ข้อมูลเหล่านี้สามารถนำไปใช้เพื่อเป็นข้อมูลยืนยันการจัดหาอะไหล่ต่าง ๆ เพื่อการซ่อมทำอีกด้วย ก่อนที่จะทำการเปลี่ยนหรือประกอบชิ้นส่วนเข้าเครื่องยนต์จะต้องทำการบันทึกขนาด ค่าระยะเบียด และข้อมูลอื่น ๆ ที่สำคัญตามเอกสารคู่มือประจำเครื่องลงในแผ่นบันทึกการซ่อมทำอีกครั้ง เพื่อให้แน่ใจว่าการปรับซ่อมนั้น เจ้าหน้าที่ได้ทำการปฏิบัติตามที่ได้กำหนดเอาไว้ ในหมวดนี้จะประกอบด้วยแผ่นบันทึกข้อมูลตั้งแต่ข้อมูลในการตรวจสอบ และปรับซ่อมเพลาลูกเบี้ยวจนถึงการตรวจสอบ และปรับซ่อมอุปกรณ์ที่สำคัญ ซึ่งหลาย ๆ อุปกรณ์ไม่ได้กำหนดแบบบันทึกไว้ เฉพาะเจาะจงซึ่งเจ้าหน้าที่ทำการบันทึกข้อมูลสามารถจัดทำเอกสารขึ้นเองได้ตามความเหมาะสม

เครื่องยนต์ดีเซล ร.ล. <input type="checkbox"/> ขวา <input type="checkbox"/> ซ้าย <input type="checkbox"/> คพฟ. รุ่น	แผ่นบันทึก <input type="checkbox"/> การปรับซ่อม <input type="checkbox"/> การตรวจสอบ เพลาข้อเหวี่ยง (Crankshaft)	แผ่นที่ หมายเลขเครื่อง
---	--	---------------------------

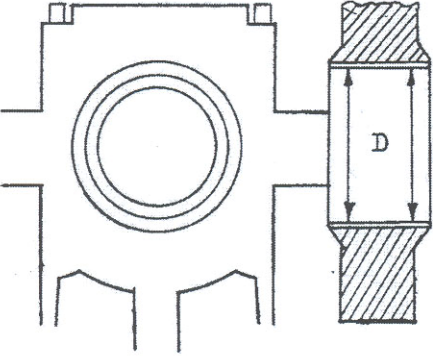


รายการตรวจสอบ	ขนาดที่วัดได้ ()											
	1		2		3		4		5		6	
	หัว	ท้าย	หัว	ท้าย	หัว	ท้าย	หัว	ท้าย	หัว	ท้าย	หัว	ท้าย
D_1												
D_2												

รายการตรวจสอบ	ขนาดที่วัดได้ ()											
	7		8		9		10		11		12	
	หัว	ท้าย	หัว	ท้าย	หัว	ท้าย	หัว	ท้าย	หัว	ท้าย	หัว	ท้าย
D_1												
D_2												

ผู้ตรวจสอบ	วันที่
หน่วยงาน	

เครื่องยนต์ดีเซล ร.ล. <input type="checkbox"/> ขวา <input type="checkbox"/> ซ้าย <input type="checkbox"/> คพฟ. รุ่น	แผ่นบันทึก <input type="checkbox"/> การปรับซ่อม <input type="checkbox"/> การตรวจสอบ เพลาข้อเหวี่ยง (Crankshaft)	แผ่นที่ หมายเลขเครื่อง
---	--	---------------------------

	ขนาดที่กำหนด t = ความหนาของแบริ่งข้อเหวี่ยง = ค่า t สึกได้มากที่สุด = Δt = ระยะเบียดระหว่างแบริ่งกับข้อเหวี่ยง = ค่า Δt สึกได้มากที่สุด = T = กำลังกวาดสลักแบริ่งข้อเหวี่ยง = D = โทโนของแบริ่งข้อเหวี่ยง =
---	--

รายการ ตรวจสอบ	ขนาดที่วัดได้ ()												
	1		2		3		4		5		6		
	หัว	ท้าย	หัว	ท้าย	หัว	ท้าย	หัว	ท้าย	หัว	ท้าย	หัว	ท้าย	
D													
t													
Δt													

รายการ ตรวจสอบ	ขนาดที่วัดได้ ()												
	7		8		9		10		11		12		
	หัว	ท้าย	หัว	ท้าย	หัว	ท้าย	หัว	ท้าย	หัว	ท้าย	หัว	ท้าย	
D													
t													
Δt													

ผู้ตรวจสอบ หน่วยงาน	วันที่
------------------------	--------

เครื่องยนต์ดีเซล ร.ล. <input type="checkbox"/> ขวา <input type="checkbox"/> ซ้าย <input type="checkbox"/> คพฟ. รุ่น			แผ่นบันทึก <input type="checkbox"/> การปรับซ่อม <input type="checkbox"/> การตรวจสอบ ก้านสูบ และส่วนประกอบ (Connecting Rod, Bearing & Bush)						แผ่นที่ หมายเลขเครื่อง			
ก้านสูบ	D		d		t		$\square t$		T		ขนาดที่กำหนด (จากคู่มือเครื่อง) D = โตในของแบริ่งข้อเหวี่ยง d = โตในของปลอกนกก้านสูบ t = ความหนาของแบริ่งข้อเหวี่ยง $\square t$ = ระยะเบียดของแบริ่งข้อเหวี่ยงกับ ข้อเหวี่ยง (ลึกได้มากที่สุด) T = แรงบิดตักก้านสูบ	
หมายเลข	หัว	ท้าย	หัว	ท้าย	หัว	ท้าย	หัว	ท้าย	หัว	ท้าย		
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												
ผู้ตรวจสอบ								วันที่				
หน่วยงาน												

เครื่องยนต์ดีเซล ร.ล. <input type="checkbox"/> ขวา <input type="checkbox"/> ซ้าย <input type="checkbox"/> คพฟ. รุ่น							แผ่นบันทึก <input type="checkbox"/> การปรับซ่อม <input type="checkbox"/> การตรวจสอบ สลักลูกสูบ และปลอกสลักลูกสูบ				แผ่นที่ หมายเลขเครื่อง																																																																																																																																																				
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2" style="padding: 5px;">ก้านสูบ หมายเลข</th> <th colspan="2" style="padding: 5px;">D₁</th> <th colspan="2" style="padding: 5px;">D₂</th> <th colspan="2" style="padding: 5px;">D₃</th> <th colspan="2" style="padding: 5px;">ΔD₁</th> <th colspan="2" style="padding: 5px;">ΔD₂</th> </tr> <tr> <th style="padding: 5px;">หัว</th> <th style="padding: 5px;">ท้าย</th> <th style="padding: 5px;">หัว</th> <th style="padding: 5px;">ท้าย</th> <th style="padding: 5px;">หัว</th> <th style="padding: 5px;">ท้าย</th> <th style="padding: 5px;">หัว</th> <th style="padding: 5px;">ท้าย</th> <th style="padding: 5px;">หัว</th> <th style="padding: 5px;">ท้าย</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td style="padding: 5px;">1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td style="padding: 5px;">2</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td style="padding: 5px;">3</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td style="padding: 5px;">4</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td style="padding: 5px;">5</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td style="padding: 5px;">6</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td style="padding: 5px;">7</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td style="padding: 5px;">8</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td style="padding: 5px;">9</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td style="padding: 5px;">10</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td style="padding: 5px;">11</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td style="padding: 5px;">12</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>	ก้านสูบ หมายเลข	D ₁		D ₂		D ₃		ΔD ₁		ΔD ₂		หัว	ท้าย	หัว	ท้าย	หัว	ท้าย	หัว	ท้าย	หัว	ท้าย	1											2											3											4											5											6											7											8											9											10											11											12											ขนาดที่กำหนด D ₁ = โตในของปลอกสลักลูกสูบ D ₂ = โตนอกของสลักลูกสูบ D ₃ = โตในของปลอกที่ก้านสูบ ΔD ₁ = ระยะเบียดระหว่างสลักลูกสูบกับ ปลอกที่ก้านสูบ ΔD ₂ = ระยะเบียดระหว่างสลักลูกสูบกับ ปลอกที่ลูกสูบ ค่า ΔD ₁ สึกมากที่สุด ค่า ΔD ₂ สึกมากที่สุด					
ก้านสูบ หมายเลข		D ₁		D ₂		D ₃		ΔD ₁		ΔD ₂																																																																																																																																																					
	หัว	ท้าย	หัว	ท้าย	หัว	ท้าย	หัว	ท้าย	หัว	ท้าย																																																																																																																																																					
1																																																																																																																																																															
2																																																																																																																																																															
3																																																																																																																																																															
4																																																																																																																																																															
5																																																																																																																																																															
6																																																																																																																																																															
7																																																																																																																																																															
8																																																																																																																																																															
9																																																																																																																																																															
10																																																																																																																																																															
11																																																																																																																																																															
12																																																																																																																																																															
ผู้ตรวจสอบ หน่วยงาน							วันที่																																																																																																																																																								

10. แผนก ข. การบันทึกข้อมูลขึ้นการทดสอบในโรงงาน

10.1. แผนบันทึกการตรวจสอบ

เมื่อเครื่องยนต์ได้ทำการปรับซ่อมในโรงงานเรียบร้อยแล้ว และจะต้องนำไปทำการทดสอบบนเครื่องหาแรงม้าในโรงงาน เจ้าหน้าที่ที่ทำการทดสอบจะต้องจัดเตรียมเครื่องทดสอบให้พร้อม และพอดูเหมาะสมกับกำลังของเครื่อง โดยทั่วไปเครื่องทดสอบหาแรงม้าที่เหมาะสมที่ใช้ในการทดสอบจะต้องมีประสิทธิภาพไม่มากกว่า 2 (สอง) เท่าของแรงบิดสูงสุด (Maximum Torque) ของเครื่องที่วัดได้ ระบบต่าง ๆ ที่ต่อเข้ากับเครื่องได้แก่ ระบบน้ำฉีด ระบบน้ำทะเล ระบบลม ระบบน้ำมันหล่อ ฯลฯ ที่จะต่อเข้าเครื่องจะต้องสมบูรณ์ และมีลักษณะคล้ายกับเมื่อใช้งานจริง รูปที่ ข.1 เป็นตัวอย่างการติดตั้งเครื่องยนต์กับเครื่องหาแรงม้าเพื่อทำการทดสอบในโรงงาน [1.3]

ในระหว่างการทดสอบ เจ้าหน้าที่ตรวจสอบจะต้องจดบันทึกข้อมูลที่สำคัญของเครื่องลงในตารางการบันทึกข้อมูลทดสอบเครื่องยนต์ ในโรงงาน ซึ่งจะบรรจุรายละเอียดของข้อมูลที่สำคัญไว้อย่างสมบูรณ์ ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบการสตาร์ทเครื่องยนต์ และการทดสอบระบบป้องกันเครื่องยนต์สามารถบันทึกลงในตารางเดียวกันได้ โดยทำการบันทึกต่อจากการทดสอบภาระของเครื่อง

10.2. การตรวจวัดข้อมูลในการทดสอบ

10.2.1. การวัดรอบเครื่อง โดยทั่วไปจะต้องใช้เครื่องวัดรอบที่ติดมากับเครื่องยนต์ แต่ถ้าเครื่องวัดรอบที่ติดมากับเครื่องยนต์ไม่มี หรือชำรุดสามารถใช้เครื่องวัดรอบอื่น ๆ ที่ได้รับการเทียบแล้วทดแทนได้

10.2.2. การหากำลังของเครื่อง (Brake Output) กำลังของเครื่องยนต์ที่รอบต่าง ๆ ได้จากการวัดค่าแรงที่กระทำบนปลายแขนของ Dynamometer ซึ่งมีสมการในการคำนวณดังนี้

$$Pe = \frac{1.047RNW}{10^4} \text{ kW}$$

โดย $Pe =$ กำลังของเครื่องยนต์ (Brake Output) (kW)

$R =$ ความยาวของแขนเครื่องหาแรงม้า (m)

$N =$ ความเร็วรอบเครื่องหาแรงม้า (rpm)

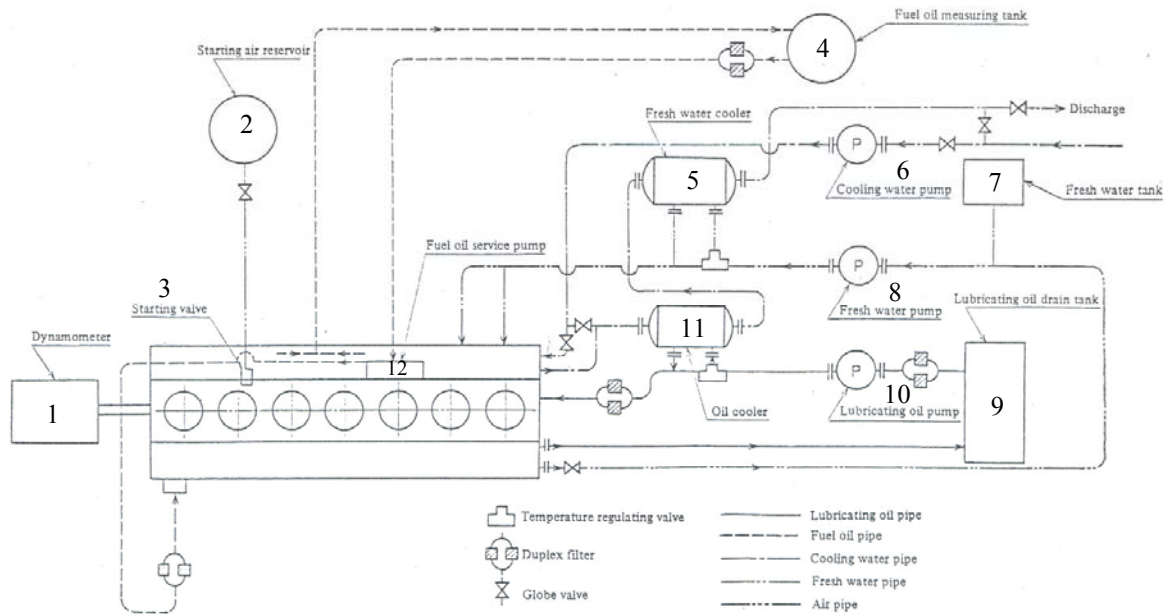
$W =$ แรงที่กระทำบนปลายแขน (N)

10.2.3. ในกรณีที่เครื่องทดสอบหาแรงม้าสามารถแสดงค่าแรงบิด (Torque) ออกมาได้เลย ต้องเปลี่ยนหน่วยแรงบิดเป็น N-m และโดยใช้สมการ

$$Pe = \frac{1.047(TN)}{10^4} \text{ N-m}$$

โดย $T =$ แรงบิด (Torque) ที่รอบต่าง ๆ (N-m)

$N =$ ความเร็วรอบเครื่องหาแรงม้า (min^{-1})



อุปกรณ์ในระบบทดสอบเครื่องยนต์

1. เครื่องทดสอบแรงม้า (Dynamometer)
2. ถังเก็บอากาศสตาร์ทเครื่องยนต์ (Starting Air Reservoir)
3. ลิ้นลมสตาร์ท (Starting Valve)
4. ถังเก็บน้ำมันเชื้อเพลิง (Fuel Oil Tank)
5. เครื่องหล่อเย็นน้ำจืด (Fresh Water Cooler)
6. ปั๊มน้ำทะเล (Sea Water Pump)
7. ถังเก็บน้ำจืด (Fresh Water Tank)
8. ปั๊มน้ำจืด (Fresh Water Pump)
9. ถังเก็บน้ำมันหล่อลื่น (Lubricating Oil Tank)
10. ปั๊มน้ำมันหล่อลื่น (Lubricating Oil Pump)
11. ถังเก็บน้ำมันหล่อลื่น (Lubricating Oil Tank)
12. ปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิง (Fuel Oil Pump)

11. หมวด ค. การบันทึกข้อมูลขั้นการทดสอบในท่า และในทะเล

การบันทึกข้อมูลผลการตรวจสอบระหว่างการทดลองเครื่องยนต์ในท่า จะต้องปฏิบัติเช่นเดียวกับการทดสอบเครื่องยนต์ในโรงงานโดยแบ่งออกเป็น

11.1. ตารางที่ ค.1 เป็นตารางบันทึกข้อมูลในการทดลองเครื่องยนต์ในท่าตามขั้นตอนการทดสอบในหัวข้อที่ 7.2 ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 แผ่น แผ่นที่ 1 ใช้บันทึกข้อมูลในระหว่างการทดสอบสตาร์ทเครื่องยนต์ และระบบป้องกันเครื่องยนต์ ส่วนแผ่นที่ 2 ใช้บันทึกข้อมูลในการทดสอบความพร้อมของเครื่องยนต์

11.2. ตารางที่ ค.2 เป็นตารางที่ใช้บันทึกข้อมูลในระหว่างการทดลองเครื่องยนต์ในทะเลตามขั้นตอนการทดสอบในหัวข้อ ๗.๓ ในการทดลองเรือในทะเลทั้งเรือที่ต่อใหม่ และเรือที่ผ่านการซ่อมทำจะมีระบบที่ต้องทำการตรวจสอบอยู่หลายระบบ แต่การทดลองเครื่องยนต์รวมทั้งระบบขับเคลื่อนเป็นสิ่งจำเป็นที่จะต้องปฏิบัติก่อนที่จะทำการทดสอบในระบบอื่น ๆ เจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องในการทดลองเรือจะต้องตระหนักว่า เครื่องยนต์รวมถึงระบบขับเคลื่อนทั้งหมดจะต้องผ่านการทดลองในท่าให้เรียบร้อยก่อนที่จะทำการทดลองเรือในทะเล และเพื่อให้เกิดความมั่นใจว่าการทดลองเรือในทะเลจะไม่มีอุปสรรคเกิดขึ้น หน่วยแผนงานอาจจะกำหนดให้มีการทดลองเครื่องยนต์ และระบบขับเคลื่อนขั้นต้น (Preliminary Trial) ก่อนที่จะมีการทดลองเรือในทะเลอย่างเป็นทางการ (Official Sea Trial) การทดลองเครื่องยนต์ และระบบขับเคลื่อนขั้นต้นเป็นการทดสอบเพื่อให้เกิดความมั่นใจต่อการใช้งานของเครื่องยนต์ และระบบขับเคลื่อน โดนทำการทดลองเดินเครื่องที่รอบต่าง ๆ ขณะที่มีภาระ และตรวจสอบดูว่ามีอาการผิดปกติเกิดขึ้นหรือไม่

11.3. การตรวจวัดข้อมูลในการทดสอบ

11.3.1. การหากำลังของเครื่องยนต์ (Brake Output) กำลังของเครื่องยนต์ที่ได้จากการทดลองในทะเลสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$BHP = BHP_1 \frac{S_a \cdot H_{ua} \cdot \gamma_a}{S \cdot H_u \cdot \gamma}$$

โดย BHP = กำลังของเครื่องยนต์ (Brake Output) (kW)

BHP_1 = กำลังของเครื่องยนต์ที่ประมาณจากกราฟกำลังของเครื่องยนต์ (Main Engine Output Curve) (kW)

S = ระยะช่วงชักของปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงขณะทดสอบบนโรงงาน (Effective Delivery Stroke (mm) of Fuel Pump at Shop Test)

S_a = ระยะช่วงชักของปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงขณะทดสอบในทะเล (Effective Delivery Stroke (mm) of Fuel Pump at Sea Trial)

H = Low Calorific Value (kJ/kg) ของน้ำมันเชื้อเพลิงขณะทำการทดสอบบนโรงงาน กำหนดให้มีค่าเท่ากับ 42000 kJ/kg (10030 kcal/kg)

H_a = Low Calorific Value (kJ/kg) ของน้ำมันเชื้อเพลิงขณะทำการทดสอบในทะเล กำหนดให้มีค่าเท่ากับ 42000 kJ/kg (10030 kcal/kg)

γ = ความถ่วงจำเพาะของน้ำมันเชื้อเพลิงเข้าเครื่องยนต์ขณะทำการทดสอบบนโรงงาน (Specific Gravity of Fuel Oil at Engine Inlet at Shop Trial)

γ_a = ความถ่วงจำเพาะของน้ำมันเชื้อเพลิงเข้าเครื่องยนต์ขณะทำการทดสอบใน

ทะเล (Specific Gravity of Fuel Oil at Engine Inlet at Sea Trial)

11.3.2. ในกรณีที่เครื่องยนต์ติดตั้งมาตรวัดที่สามารถอ่านค่ากำลังที่ผลิตออกมาได้เลยสามารถคำนวณกำลังของเครื่องยนต์ ขณะทำการทดสอบในทะเลได้จาก

$$BHP = \eta_m \cdot IHP$$

โดย BHP = กำลังของเครื่องยนต์ (Brake Output) (kW)

η_m = ประสิทธิภาพทางกล (Mechanical Efficiency) ของเครื่องยนต์

IHP = ค่าที่อ่านได้จากมาตรวัดกำลัง (Indicator Output) (kW)

11.3.3. อัตราความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (Fuel Oil Consumption)

11.3.3.1. อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเฉพาะที่เกิดขึ้นจริง (Actual Specific Fuel Oil Consumption) สามารถคำนวณได้จากสมการ

11.3.3.2. การแก้ไขอัตราความผิดพลาดของอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเฉพาะที่เกิดขึ้นสำหรับเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้นเรือ (Correction of Specific Fuel Oil Consumption for Diesel Ship) สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$b_2 = C \cdot b_1$$

โดย b_2 = อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงที่ผ่านการแก้ไขอัตราผิดแล้ว (Correction Specific Fuel Oil Consumption) (g/kW-h)

b_1 = อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเฉพาะที่เกิดขึ้นจริงซึ่งคำนวณได้จาก

๑.๓.๓.๑ (Actual Specific Fuel Oil Consumption) (g/kW-h)

C = Correction Coefficient ซึ่งสามารถคำนวณได้จาก

$$C = C_f \cdot C_t \cdot C_p \cdot C_w$$

โดย C_f = ค่าแก้ไขอัตราผิดของ Low Calorific Value (Correction Coefficient for Different in Low Calorific Value)

C_t = ค่าแก้ไขอัตราผิดของอากาศเข้าเทอร์โบชาร์จ (Correction Coefficient for Different in Air Temperature at Turbocharger Inlet)

C_p = ค่าแก้ไขอัตราผิดของกำลังดันเข้าเทอร์โบชาร์จ (Correction Coefficient for Different in Air Pressure at Turbocharger Inlet)

C_w = ค่าแก้ไขอัตราผิดของอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นเข้าดับความร้อนของอากาศ (Correction Coefficient for Difference in Cooling Water Temperature at Air Cooler Inlet)

หมายเหตุ ข้อมูลค่าตัวแปรต่าง ๆ สามารถขอได้จากบริษัทผู้ผลิตเครื่องยนต์

แผนบันทึกการทดลองเครื่องยนต์ดีเซลในทะเล				สถานที่บันทึกข้อมูล				อุณหภูมิอากาศภายนอก		อุณหภูมิน้ำทะเล		วัน เดือน ปี				
การตรวจสอบระบบขับเคลื่อน				ระดับแนวหน้า				ระหว่างชั้นน้ำ		ความดันอากาศ		อุณหภูมิห้องเครื่อง		ความเร็วลม		
<input type="checkbox"/> ขวา		<input type="checkbox"/> ซ้าย		เมื่อเริ่มออกเรือ		เมื่อเข้าท่า										
แผ่นที่ ของ แผ่น				หมายเลขของเครื่องจักรใหญ่				Serial Number		เกียร์		เพลลา		ใบจักร		
เวลา	ความเร็วรอบเครื่องยนต์	มุมพิชไปจักร	ตำแหน่งตั้งแรง	กำลังของเครื่องยนต์	กำลังต้นน้ำทะเล	อุณหภูมิน้ำมันเชื้อเพลิงถึงใช้การ	กำลังต้นน้ำทะเล	อุณหภูมิต้นน้ำทะเล	Vacuum ทางดูดน้ำทะเล	อุณหภูมิน้ำทะเล	กำลังต้นอากาศดี	กำลังต้นอากาศเสีย	อุณหภูมิแก๊สเสีย	กำลังต้นน้ำทะเล	อุณหภูมิแรงดันกรุ่น	กำลังต้นน้ำทะเล
h, min	Rpm.	°	อง.	kW.	bar	°C	bar	°C	CmHg	°C	bar	bar	°C	°C	°C	°C
รวม	-													Ahead	Astern	
ผู้ตรวจสอบ										วัน/เดือน/ปี						

การทดสอบการทำงานของเครื่องยนต์ขณะทำการทดลองในท่า ร.ล.			แผ่นที่ 1.	
ลำดับ	การปฏิบัติ	หมายเลขเครื่อง	เครื่องจักรขวา	เครื่องจักรซ้าย
	การสตาร์ทเครื่องยนต์			
1.	Cold Starting	อุณหภูมิ (°c)	น้ำจืดหล่อเย็น	
			น้ำมันหล่อลื่น	
		เวลาเป็นวินาทีที่เครื่องหมุนจนติด (s)		
		อุณหภูมิอากาศภายนอกเรือ (°c)		
2.	Warm Starting	อุณหภูมิ (°c)	น้ำจืดหล่อเย็น	
			น้ำมันหล่อลื่น	
		กำลังดันที่ตกลง ของขวดอากาศ	จาก (bar)	
			เหลือ (bar)	
		จำนวนครั้งที่สตาร์ท		
		อุณหภูมิในห้องเครื่องจักร (°c)		
		อุณหภูมิอากาศนอกเรือ (°c)		
		กำลังดันลมต่ำสุดที่สตาร์ทได้ (bar)		
การทดสอบอุปกรณ์ป้องกันอันตรายของเครื่องยนต์				
3.	การดับเครื่อง	ห้องเครื่อง (LOP)		
		ห้องควบคุมเครื่องจักร (MCR)		
		สะพานเดินเรือ (BCC)		
4.	Over Speed Shutdown	ความเร็วรอบที่เครื่องดับ (rpm)		
5.	Too Low Lub Oil Press	กำลังดันที่เครื่องดับ (bar)		
6.	Emergency Shutdown	ห้องเครื่อง (LOP)		
		ห้องควบคุมเครื่องจักร (MCR)		
		สะพานเดินเรือ (BCC)		
การทำงานของเครื่องยนต์				
7.	Vacuum	ทางดูดน้ำทะเล (CmHg)		
8.	จำนวนรอบเดินเบา (rpm)			
ผู้ตรวจสอบ			วันที่	
หน.นายช่าง รง.ปรับซ่อมเครื่องยนต์			วันที่	

การทดสอบการทำงานของเครื่องยนต์ขณะทำการทดลองในท่า ร.ล.			แผ่นที่ 2.	
ลำดับ	การปฏิบัติ		เครื่องจักรขวา	เครื่องจักรซ้าย
	หมายเลขเครื่อง			
การทำงานของเครื่องยนต์				
7.	กำลังดัน (bar)	น้ำมันหล่อลื่น		
		น้ำมันเชื้อเพลิง		
		Charge Air		
		แก๊สเสีย		
		น้ำจืดระบายความร้อน		
		น้ำทะเลระบายความร้อน		
8.	อุณหภูมิ (°c)	น้ำมันหล่อลื่น		
		น้ำมันเชื้อเพลิง		
		Charge Air		
		แก๊สเสีย		
		น้ำจืดระบายความร้อน		
		น้ำทะเลระบายความร้อน		
11.	ระดับการ สั่นสะเทือน (mm/s Peak)	Main Bearing 1		
		Main Bearing 2		
		Main Bearing 3		
		Main Bearing 4		
		Main Bearing 5		
		Main Bearing 6		
		Main Bearing 7		
		Main Bearing 8		
		Main Bearing 9		
		Main Bearing 10		
		Main Bearing 11		
		Main Bearing 12		
ผู้ตรวจสอบ			วันที่	
หน.นายช่าง รง.ปรับซ่อมเครื่องยนต์			วันที่	

หน่วย	การแจกจ่าย	จำนวนเล่ม	เลขทะเบียน
กพช.อร.			
จก.กพช.อร.		1	
ผ.วิชาการ กวจพ.กพช.อร.		1	
ห้องสมุด กวจพ.กพช.อร.		5	
กคภ.กพช.อร.		2 (รวมต้นฉบับ)	
กผช.อร.			
กผงร.กผช.อร.		1	
กอร.กผช.อร.		1	
กอจ.กผช.อร.		1	
กอฟ.กผช.อร.		1	
อธบ.อร.			
กผป.อธบ.อร.		1	
กงน.อธบ.อร.		1	
อจปร.อร.			
ห้องสมุด อจปร.อร.		3	
กพ.อจปร.อร.			
คป.อจปร.อร.			
กผป.อจปร.อร.		1	
กพท.อจปร.อร.			
กอบ.อจปร.อร.		1	
กพด.อจปร.อร.			
กคภ.อจปร.อร.		1	
กซส.อจปร.อร.		1	
กรก.อจปร.อร.		1	
กรล.อจปร.อร.			
กบต.อจปร.อร.		1	
กบก.อจปร.อร.			
อรม.อร.			
กจก.อรม.อร.			
กพ.อรม.อร.			

หน่วย	จำนวนเล่ม	เลขทะเบียน
กบ.อรัม.อร.		
กพป.อรัม.อร.	1	
กคภ.อรัม.อร.	1	
กรก.อรัม.อร.	1	
กรล.อรัม.อร.		
กพฟ.อรัม.อร.	1	
กสน.อรัม.อร.		
กพด.อรัม.อร.		
กรง.ฐท.สถ.		
กผกช.กรง.ฐท.สถ.	1	
กงน.กรง.ฐท.สถ.	1	
ฐท.สถ.		
กงน.ฐท.สถ.	1	
ฐท.พง.		
กงน.ฐท.พง.	1	