วารสารกรมอู่ทหารเรือ

ประจำปี ๒๕๖๕

Royal Thai Naval Dockyard Journal 2022

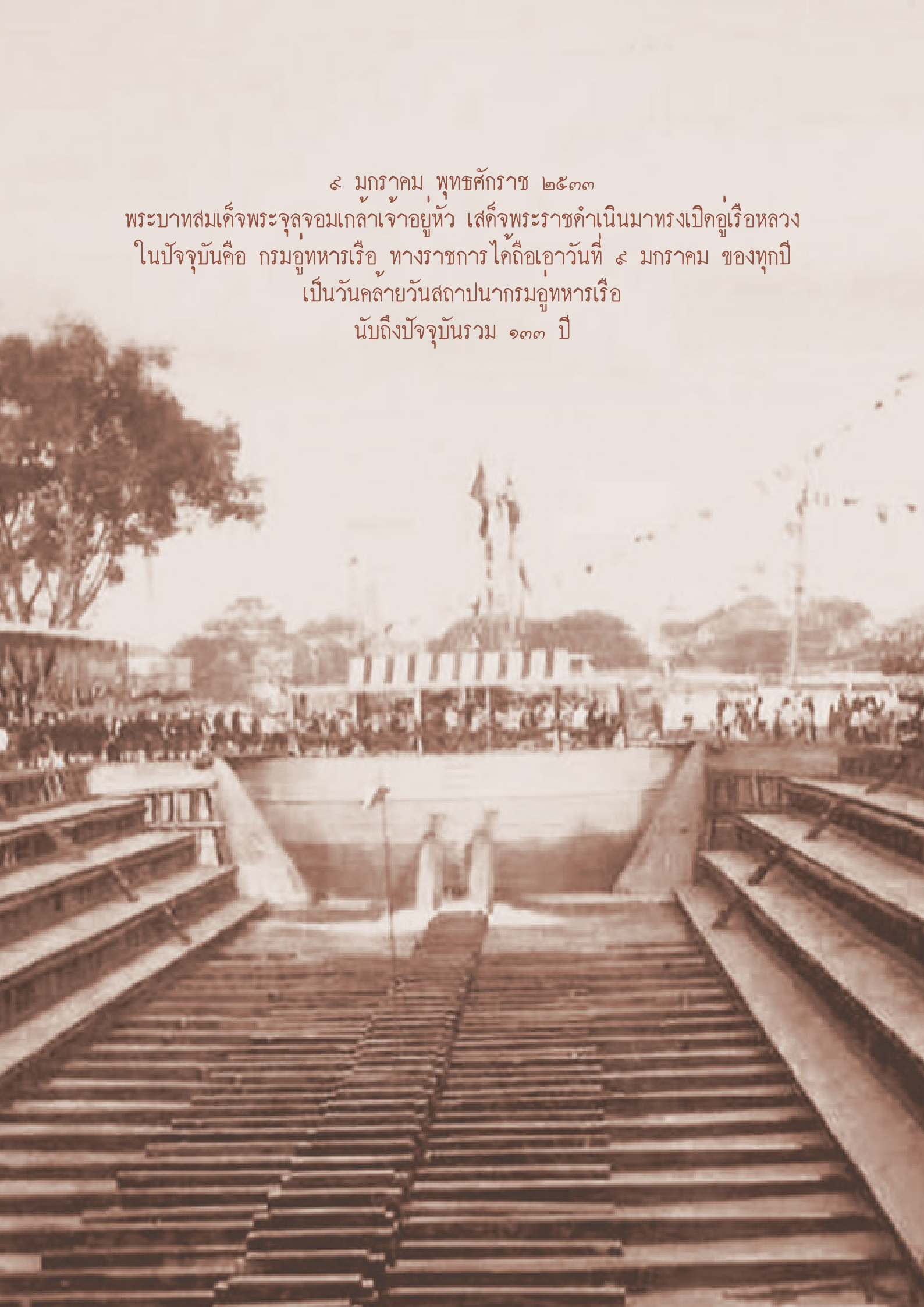
SN : 0857-4677

“
ธรรมดามีเรือแล้วต้องซ่อมได้เอง
เป็นหลักของยุทธศาสตร์ ถ้าซ่อมไม่ได้ก็ไม่ควรจะมี
”

พระราชดำรัสของพระเจ้าบรมวงศ์เธอกรมหลวงชุมพรเขตอุดมศักดิ์

ภาพ กรมอู่ทหารเรือ พ.ศ.๒๕๓๓

๙ มกราคม พุทธศักราช ๒๕๓๓
พระบาทสมเด็จพระจุลจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว เสด็จพระราชดำเนินมาทรงเปิดอู่เรือหลวง
ในปัจจุบันคือ กรมอู่ทหารเรือ ทางราชการได้ถือเอาวันที่ ๙ มกราคม ของทุกปี
เป็นวันคล้ายวันสถาปนากรมอู่ทหารเรือ
นับถึงปัจจุบันรวม ๑๓๓ ปี



ทบทิลมนุนทเค

กมุเทพมหานคปินพะนมมหาชัง

เล่ม ๙ แผ่นที่ ๔๒ วันที่ ๑๘ มกราคม รัตนโกสินทร์ศักก์ ๑๐๘ นำเบอร์ ๓๖๗

ศุภรชกณ

เสด็จออกแขกเมือง พระราชทานสัญญาบัตร แลเครื่องราชอิศริยาภรณ์ น่า ๓๖๗
ตั้งคำแหน่งพระสงฆ์ น่า ๓๖๙
ข้าราชการเฝ้าทูลละอองธุลีพระบาท น่า ๓๗๐
การเบิกอุ่เรือหลวง น่า ๓๗๒
ทำบุญวันประสูตรสมเด็จพระเจ้าน้องยานอเธอ น่า ๓๗๓
ประกาศเปลี่ยนชื่อพระอาราม น่า ๓๗๓
ข่าวเพลิงไหม้ น่า ๓๗๔
ประกาศห้ามมิให้ไทยจีนทรงเจ้า แลแจกน้ำจิก น่า ๓๗๕
แจ้งความยอกคำขลำหน่ายน้ำจิก น่า ๓๗๗
ข่าวตาย น่า ๓๗๗
ข่าวพระราชทานเพลิง น่า ๓๗๘
กฐินสาลพระกลังมหาสมยัติ น่า ๓๗๘

เสด็จออกแขกเมือง พระราชทานสัญญาบัตร แลเครื่องราชอิศริยาภรณ์

วันที่ ๑๑ มกราคม รัตนโกสินทรศักก์ ๑๐๗ เวลาย่ำค่ำ พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว เสด็จออกพระที่นั่งอมรินทรวินิจฉัย ประทับพระที่นั่งโธรน น่าพระที่นั่งเสวตรฉัตร พร้อมด้วยพระบรมวงษานุวงษ์ ข้าทูลละอองธุลีพระบาท ฝ่ายทหารพลเรือนเฝ้าตามตำแหน่ง

เจ้าพนักงานประโคมมหะอึก แตรฝรั่ง แตรทหารสุดเสียงลง

จุลพระยาทั้งปวง ๆ ได้ความเจ็บไข้ แม้ว่ารับประทานน้ำกร่อย

การเบิดอู่เรือหลวง

กรมยุทธนาธิการ ตั้งแต่เริ่มจัดการในชั้นแรก ความเจริญเกิดขึ้นเปนหนักหนาแล้วก็ดี จนยักษ์ความรุ่งเรืองก็ยังเดินขึ้นเรื่อยอยู่เสมอ เห็นพยานได้ว่ากรมทหารเรือ ซึ่งชื่อเสียงไม่สู้ปรากฏในหนังสือนี้ เหมือนกรมทหารบกนั้น ยักษ์พระวรวงษ์เธอ พระองค์เจ้าจรูญรัสวงษ์ เปนผู้บัญชาการทั่วไป ได้ทรงพระอุสาหะจัดการโดยสามารถ มีความเจริญเรียบร้อยเห็นได้ชัดแล้ว คือเรือรบเรือพระที่นั่งทุก ๆ ลำ ซึ่งรายชื่ออยู่ในแม่น้ำเจ้าพระยา น่าท่าราชวรกิจต์ ล้วนเต็มไปด้วยความรักษาไม่หย่อนพร่อง ดูภายนอกก็เห็นสีขาวหมดทุกลำ ๆ ตะหารอยด่างดวงไฟฤาสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ทำให้ด่างเปรอะก็ไม่มีแล้ว ทุกรุ่งเช้าฟั้นกระดานเรือต้องถูขัด ถึงแม้ว่าความโสโครกตะไม่เห็นถนัดก็ดี เรือรบแล้วยังประจำช่องทุกยอก ตะหาฉนีมสักนิดเดียวเห็นตะไม่ได้ เรือพระที่นั่งตะหาผงแลไยอันใดในห้องหับเมื่องฝาก็ไม่ใคร่เจอเปนแน่แท้ ความสอาดซึ่งตรงกับคำว่า " ใหม่ " มีอยู่ฉันใดเรือเหล่านี้ถึง แม้ว่าตะผานยักก็ดี ยังเรียมราวกะใหม่อยู่เสมอ เครื่องจักร์กลไกอย่างใดก็มีผู้ตรวจจัดทำ ไม่ทิ้งให้ชำรุดมากลงได้ เจ้าพนักงานทุกตำแหน่ง ก็เลือกเอาแต่ผู้ที่มีความรู้ พอที่จะกระทำน่าที่ของตนให้เจริญได้ ที่สุดจนพลทหารก็จำนาญในการเรือขึ้นเปนอันมาก

พยานของการนี้ มีอยู่ถึงตะไม่กล่าวก็มีผู้เห็นโดยมากแล้ว คือยักษ์คันขึ้นตั้งแต่ไรมาได้ทำแล้วฤาในเมืองไทย ยักนี้ก็โรงหล่อข้างวังสมเด็จพระเจ้าน้องยาเธอ พระองค์ใหญ่ซึ่งเปนออฟฟิศกรมทหารเรือ ได้มีเวิกช็อยคือที่ทำการช่างเหล็ก สำหรับทำเครื่องเรือกลไฟต่าง ๆ แลมีโรงหลังหนึ่งต่างหาก ทำยักษ์คันขึ้นใช้ได้เอง ไม่ต้องซื้อจากนอกแล้ว ใช้เครื่องสกิมทำเร็วอย่างยิ่ง วันหนึ่งทำได้ตั้งแสนทีเดียว

อู่เรือข้างโรงหล่อ ซึ่งยังไม่สำเร็จแต่เดิม เดี๋ยวนี้ก็เสร็จแล้ว

ได้ริ่มการเบิกอู่เรือนี้ เมื่อวันที่ ๙ มกราคม

วันที่ ๙ เวลาย่ายพระสงฆ์ ๒๐ รูป ได้เจริญพระพุทธมนต์ที่พลับพลา ข้างอู่เรือใหม่นี้

วันที่ ๙ รุ่งขึ้น ฉันแลถวายไทยทานแล้ว เวลาย่าย ๓ โมงเศษ พระยาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว เสด็จออกทางพระที่นั่งจักรกริมหาปราสาท ทรงพระราชยานไปประทับพระที่นั่งราชกิจวินิจฉัย เสด็จพระราชดำเนินไปลงเรือพระที่นั่งกราะจรกรง พายไปเทียบตะพานน่าโรงหล่อ พระวรวงษ์เธอ พระองค์เจ้าจรูญรัสวงษ์คอยเฝ้าอยู่ เสด็จขึ้นจากเรือพระที่นั่ง ทรงพระราชยานไปประทับพลับพลาข้างอู่ สมเด็จพระเจ้าน้องยาเธอ เจ้าฟ้าภาณุรังษีสว่างวงษ์ กรมพระภาณุพันธุวงษ์วรเดช เจ้านายหลายพระองค์แลข้าราชการทั้งราชทูตกงสุล ผู้แทนคอนเซอลเยเนอร์ต่างประเทศทั้งปวง ซึ่งกรมทหารเชิญมาในการนี้ ได้เฝ้าทูลถวายอุลีพระยาท มี

พระราชกำรัสปราไสครู่หนึ่ง เสด็จไปทรงเยี่ยมน้ำเข้าอู่ ทหารทำเพลงแตรสรรเสริญพระบารมีและมีประโคมแตรสังข์พิณพาทย์

แล้วเสด็จพระราชดำเนิน ไปทอดพระเนตรโรงทำยุ่สตันและโรงเวิกซ์อย ทอดพระเนตรหลวมเหล็กกลิ้งยัน เลื่อยเหล็ก ทำเครื่องเรือกลไฟต่าง ๆ ทั่วทั้งสามหลัง ซึ่งอยู่ติด ๆ กัน เวลาเย็นประทับโต๊ะเสวยบนออฟฟิศทหารเรือ พร้อมด้วยเจ้านายส่วนข้าราชการ และคนต่างประเทศทั้งปวงนั้น เจ้าพนักงานได้จัดการเลี้ยง ที่ต้องเกียสาคราวุธ มีแตรเข้าเมื่อเวลาเลี้ยงนี้ด้วย

ครั้นเสร็จแล้ว แลออฟฟิศโรงทหารเรือนั้น ได้ประทับชักชมเทียว ผูกใยไม้แลเวลาค่ำ ทุกโคมขึ้นชุ่น ซึ่งแขวนอยู่ตามกิ่งไม้ในโรงทหารนั้น แลทุกโคมหิ้วตามช่องน่าต่างโรงทหารแลงครึกไป ทั้งเรือรบเรือพระที่นั่งทุกลำ ก็ชักธงทุกโคมไฟสว่างเป็นทิวแถวเป็นต้นว่าเรือมกุฎราชกุมาร ก็ส่องแสงไฟฟ้ากระจ่างระยับตา

เสร็จการเลี้ยงแล้ว เสด็จไปทอดพระเนตรที่อู่ ซึ่งกำลังไขน้ำเข้าอยู่ ยังไม่เต็มเวลา ๑ ทุ่ม เสด็จกลับสู่พระบรมมหาราชวัง

เมื่อน้ำเข้าอู่บริบูรณ์แล้ว ได้เลื่อนเรือหาญหักศัตรูเข้าอู่ จัดการซ่อมแซมให้ดีขึ้น

การทำบุญวันประสูติ สมเด็จพระเจ้าน้องยาเธอ

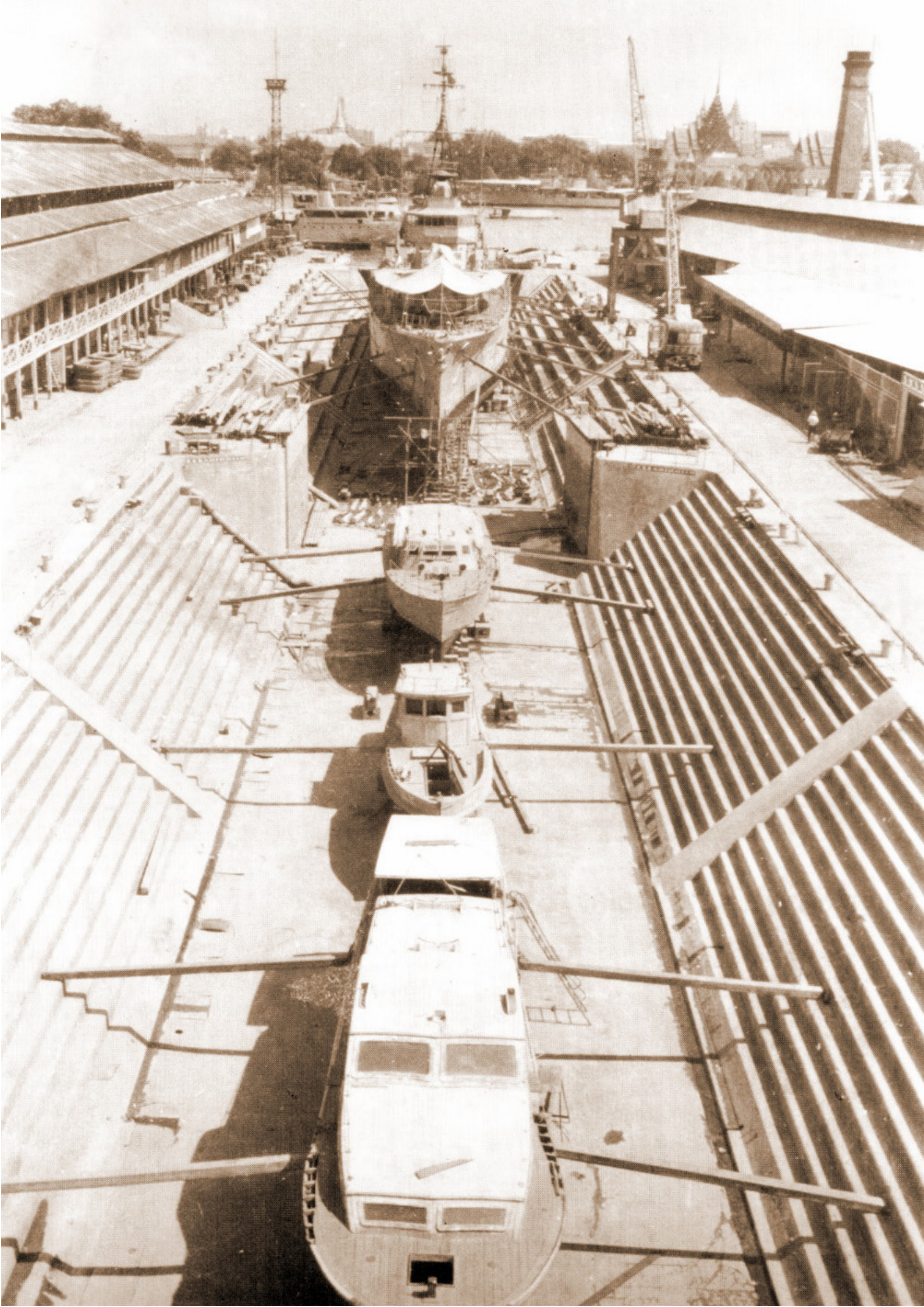
การทำเพ็ญพระกุศล ของสมเด็จพระเจ้าน้องยาเธอ เจ้าฟ้าภาณุรังษีสว่างวงษ์กรมพระภาณุพันธุวงษ์วรเดช ซึ่งเขาทรงทำในวันประสูติเสมอทุกปีนั้น ในปีนี้มีการคริสต์มาสพิเศษ คือ ที่ท้องพระโรงตั้งโต๊ะจีนเป็นต่อ ๆ แถวไปตามระยะ โดยที่พระบรมวงษานุวงษ์ ข้าราชการมีความยินดี ในความทำเพ็ญพระกุศลนี้ จึงพร้อมกันมาโต๊ะมาตามแต่งประกวดกันให้เอิกเกริก

วันที่ ๑๐ มีนาคม เป็นวันตั้งโต๊ะยังไม่ถึงงาน พระยาทศมนเทียรพระเจ้าอยู่หัว ได้เสด็จพระราชดำเนิน ไปวัดยุรพาภิรมย์ โดยรถพระที่นั่ง ในเวลา ๒ ทุ่ม กลับ ๒ ยาม มีการเลี้ยงโต๊ะจีนอย่างงาม ในเวลา ๔ ทุ่ม ถวายชามของที่ใช้ในการเลี้ยง ล้วนเครื่องลายครามลางเนื้อทั้งนั้น ตั้งโต๊ะเต็มไปทั้งท้องพระโรงด้านใน พระยาทศมนเทียรพระเจ้าอยู่หัว ประทับเสวยด้วย

วันที่ ๑๑ ที่ ๑๒ เป็นวันงาน ได้เสด็จพระราชดำเนินแต่วันที่ ๑๑ วันที่ ๑๒ โปรดเกล้าให้สมเด็จพระบรมโอรสาธิราชเสด็จ

ประกาศเปลี่ยนชื่อพระอาราม

กรมหมื่นสมมตอมรพันธุ์ รับพระบรมราชโองการโปรดเกล้า ๆ ให้ประกาศแก่ชนทั้งปวงให้ทราบทั่วกันว่า วัดพระนามบัญญัติ เดิมพระยาทศมนเทียรพระจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว ได้มีพระบรมราชโองการโปรดเกล้า ๆ ดำรัสสั่งไว้ว่า สืบไปภายน่าให้เรียกว่าวัดมกุฎกษัตริยาราม และทรงพระราชดำริห์ว่าจะให้ทำพระเกียรติยศมีรูปมงกุฎเป็นที่หมายนามวัดสืบไปภายน่า ยังมิได้โปรดเกล้า ๆ ให้ดำรูปมงกุฎสวมยอดพระเกียรติเสร็จแล้ว จึง



วารสารกรมอู่ทหารเรือ
ประจำปี ๒๕๖๖
Royal Thai Naval Dockyard Journal 2022

รอบปีที่ผ่านมา 1
กองบรรณาธิการ

เรือแตงโมไฟฟ้า ก้าวต่อไป ของ กรมอู่ทหารเรือ สู่ ระบบขับเคลื่อนไฟฟ้าในอนาคตของกองทัพเรือ 17
พลเรือตรี สมศักดิ์ คงโชติ M.Engr. ผู้อำนวยการอู่ทหารเรือธนบุรี กรมอู่ทหารเรือ
เรือเอก ธิติภูมิ สังข์สนิท B.Engr. ประจำกรมอู่ทหารเรือ

Reliability Centered Maintenance (RCM)
การเดินทางไปสู่การซ่อมบำรุงโดยเน้นความน่าเชื่อถือเป็นพื้นฐาน 34
นาวาเอก วิชาญ สีดา
ผู้อำนวยการกองวิจัยและพัฒนา กรมพัฒนาการช่าง กรมอู่ทหารเรือ

Fire Detection & Alarm System
การปรับปรุงและพัฒนาระบบตรวจจับและแจ้งเตือนอัคคีภัยในอาคาร 52
กองโรงงานไฟฟ้า
อู่ราชนาวีมหิดลอดุลยเดช กรมอู่ทหารเรือ

การเพิ่มประสิทธิภาพการบำรุงรักษาเชิงคาดการณ์ด้วย Big Data
(Prognostics and Health Management in PdM with Big data) 57
กองโรงงานไฟฟ้า อู่ราชนาวีมหิดลอดุลยเดช กรมอู่ทหารเรือ
กองควบคุมคุณภาพ อู่ราชนาวีมหิดลอดุลยเดช กรมอู่ทหารเรือ
กองแผนการช่าง กองเรือยุทธการ

สารบัญ

การควบคุมระบบแจ้งเตือนอัคคีภัยผ่านระบบ SCADA (Superviaion and Control by SCADA of Fire Alarm System) 62

กองโรงงานไฟฟ้า
อู่ราชนาวีมหิดลอดุลยเดช กรมอู่ทหารเรือ

ระบบการจัดการพลังงานฉลาด สำหรับเรือไฟฟ้าทุกประเภท (Intelligent Energy Management System for an all-electric ship based on adaptive neure-fuzzy inference system) 66

นาวาเอก ชลวิทย์ พฤทธิพงศ์
นายทหารปฏิบัติการ ประจำกรมกำลังพลทหารเรือ

แนวทางการบริหารกรมอู่ทหารเรือในภาวะสงคราม 87

นาวาเอก พันธ์ยศ พัฒนะธราพงศ์
รองผู้อำนวยการศูนย์พัสดุช่าง กรมอู่ทหารเรือ

การปรับปรุงคุณสมบัติเชิงกลของโลหะผสมนิกเกิลอะลูมินัมบรอนซ์โดยการเคลือบฟิล์มคาร์บอนเสมือนเพชร (Improving mechanical properties of nickel-alumminum-bronze alloys using diamond-like carbon lms deposition) 96

นาวาเอก เสวียง เถื่อนบุญ
หัวหน้าโครงสร้างและเครื่องกล กองวิจัยและพัฒนา สำนักงานวิจัยและพัฒนาการทางทหารกองทัพเรือ

พลเรือโท สุทธิศักดิ์ บุตรนาค
เจ้ากรมอู่ทหารเรือ

คำปรารภเจ้ากรมอู่ทหารเรือ

กรมอู่ทหารเรือได้สร้างสรรค์ผลงานการซ่อมและสร้างเรือ เพื่อสนับสนุนกองทัพเรือให้มีความพร้อมในการปกป้องอธิปไตยและรักษาผลประโยชน์ของชาติทางทะเล ช่วยบรรเทาสาธารณภัยต่าง ๆ ให้กับประชาชน ตลอดจนงานช่างในสาขาต่าง ๆ เป็นที่ประจักษ์ต่อเนื่องมาเป็นระยะเวลายาวนาน ถึง ๑๓๓ ปี ในพุทธศักราช ๒๕๖๖ นี้ ตลอดห้วงระยะเวลาที่ผ่านมา กรมอู่ทหารเรือยังได้พากเพียรพยายามดำรงศักยภาพของหน่วยเทคนิค เพื่อตอบสนองภารกิจของกองทัพเรืออย่างเต็มกำลัง

อีกทั้งด้วยความจงรักภักดีและเทิดทูนสถาบันพระมหากษัตริย์อย่างหาที่สุดมิได้ กรมอู่ทหารเรือจึงมุ่งมั่นพัฒนาในด้านต่าง ๆ เพื่อสนองพระราชปณิธานของสมเด็จพระบาทสมเด็จพระปรเมนทรรามาธิบดีศรีสินทรมหาวชิราลงกรณ พระวชิรเกล้าเจ้าอยู่หัว ในอันที่จะสืบสาน รักษา และต่อยอด โครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ และการปฏิบัติตามแนวทางพระราชดำริของพระบาทสมเด็จพระบรมชนกาธิเบศร มหาภูมิพลอดุลยเดชมหาราชบรมนาถบพิตร ทั้งในด้านการพัฒนาขีดความสามาถในการสร้างเรือตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงและการพึ่งพาตนเอง พร้อมด้วยกระแสพระราชดำรัส เมื่อครั้งทรงเสด็จเป็นประธานในพิธีเปิดอู่ทหารเรือพระจุลจอมเกล้า ไว้ว่า *“...ดีใจที่กองทัพเรือมีอู่เรือที่ทันสมัย ขอให้เก็บรักษาเอาไว้ให้ดี...”*

ซึ่งนับได้ว่า ปณิธานที่กรมอู่ทหารเรือสืบสานมาจนถึงปัจจุบัน มีความสอดคล้องกับพระดำรัสของพลเรือเอกพระเจ้าบรมวงศ์เธอพระองค์เจ้าอาภากรเกียรติวงศ์ กรมหลวงชุมพรเขตอุมดมศักดิ์ องค์บิดาของทหารเรือไทย และอดีตเจ้ากรมอู่ทหารเรือ ลำดับที่ ๗ ที่ว่า *“ธรรมดามีเรือแล้วต้องซ่อมได้เอง เป็นหลักของยุทธศาสตร์ ถ้าซ่อมไม่ได้เองก็ไม่ควรจะมี”*

ในวาระครบรอบ ๑๐๐ ปี แห่งการสวรรคตของพลเรือเอกพระเจ้าบรมวงศ์เธอพระองค์เจ้าอาภากรเกียรติวงศ์ กรมหลวงชุมพรเขตอุดมศักดิ์ ที่จะเวียนมาบรรจบในวันที่ ๑๙ พฤษภาคม พุทธศักราช ๒๕๖๖ นี้ กรมอู่ทหารเรือมีความมุ่งมั่นในการดำเนินงานให้ประสบผลสำเร็จตามเป้าหมาย ตามยุทธศาสตร์กรมอู่ทหารเรือ พุทธศักราช ๒๕๕๙ – ๒๕๖๗ และแผนการปฏิบัติงานอย่างเต็มกำลัง พร้อมทั้งให้ความสำคัญกับการขยายขีดความสามารถในการที่จะสร้างเรือฟริเตสมรรถนะสูง และการจัดตั้งอู่เรืออันดามัน กรมอู่ทหารเรือตลอดจนได้มีการจัดตั้งหน่วยเฉพาะกิจผลักดันน้ำ กรมอู่ทหารเรือ เพื่อช่วยสนับสนุนการบรรเทาสาธารณภัยให้กับประชาชนในพื้นที่ประสบภัยจากอุทกภัยต่าง ๆ ให้ครอบคลุมและมีประสิทธิภาพสูงสุด สมกับคติธรรมคำสอนของพลเรือเอกพระเจ้าบรมวงศ์เธอพระองค์เจ้าอาภากรเกียรติวงศ์ กรมหลวงชุมพรเขตอุดมศักดิ์ ที่ได้ทรงสอนเหล่าทหารเรือทั้งหลายไว้ว่า “กยิราเจ กยิราเถนัง”. อันหมายถึง กระทำสิ่งใดควรทำให้จริง

ในวารสารกรมอู่ทหารเรือ ได้รวบรวมเหตุการณ์ ผลงานในปีที่ผ่านมา รวมทั้งบทความทางวิชาการ เพื่อเป็นแหล่งศึกษาค้นคว้าหรือรับทราบข้อมูล ขอขอบคุณกองบรรณาธิการวารสารกรมอู่ทหารเรือ เจ้าหน้าที่ผู้เกี่ยวข้อง และหน่วยงานต่าง ๆ ที่สนับสนุนและมีส่วนร่วมในการดำเนินการสร้างสรรค์วารสารกรมอู่ทหารเรือ ประจำปี ๒๕๖๖ ให้เป็นวารสารที่มีคุณค่า แสดงอัตลักษณ์ และดำรงเกียรติของกรมอู่ทหารเรือทางด้านวิชาการที่จะได้รับสืบทอดต่อไป

พลเรือโท

(สุทธิศักดิ์ บุตรนาค)
เจ้ากรมอู่ทหารเรือ

วารสารกรมอู่ทหารเรือ ประจำปี ๒๕๖๖
Royal Thai Naval Dockyard Journal 2022

ISSN : 0857-4766

ประธาน

พลเรือโท สุทธิศักดิ์ บุตรนาค เจ้ากรมอู่ทหารเรือ

คณะที่ปรึกษา

พลเรือตรี ธิติ นาวานุเคราะห์ รองเจ้ากรมอู่ทหารเรือ
พลเรือตรี อภิรมย์ เงินบำรุง รองเจ้ากรมอู่ทหารเรือ
พลเรือตรี เกื้อกูล กลิ่นเอี่ยม รองเจ้ากรมอู่ทหารเรือ
พลเรือตรี สมศักดิ์ คงโชติ ผู้อำนวยการอู่ทหารเรือธนบุรี กรมอู่ทหารเรือ
พลเรือตรี นิพนธ์ รัตนะเหลี่ยม รองผู้อำนวยการอู่ทหารเรือพระจุลจอมเกล้า กรมอู่ทหารเรือ
พลเรือตรี วรานนท์ พึ่งวิชา ผู้ช่วยผู้อำนวยการฝ่ายแผน อู่ทหารเรือพระจุลจอมเกล้า กรมอู่ทหารเรือ
พลเรือตรี สมบัติ แย้มดอนไพร ผู้ช่วยผู้อำนวยการฝ่ายผลิต อู่ทหารเรือพระจุลจอมเกล้า กรมอู่ทหารเรือ

ที่ปรึกษากองบรรณาธิการ

พลเรือตรี เกื้อกูล กลิ่นเอี่ยม รองเจ้ากรมอู่ทหารเรือ

บรรณาธิการ

พลเรือตรี กริช ขันธอุบล เจ้ากรมพัฒนาการช่าง กรมอู่ทหารเรือ

ผู้ช่วยบรรณาธิการ

นาวาเอก นิพนธ์ มูลสิน รองเจ้ากรมแผนการช่าง กรมอู่ทหารเรือ
นาวาเอก กุลกวี เจริญยืนยาว รองเจ้ากรมพัฒนาการช่าง กรมอู่ทหารเรือ
นาวาเอก สุทิน ภูยานนท์ รองผู้อำนวยการอู่ทหารเรือธนบุรี กรมอู่ทหารเรือ
นาวาเอก สันติ มนต์วิเศษ รองผู้อำนวยการอู่ราชนาวีมหิดลอดุลยเดช กรมอู่ทหารเรือ
นาวาเอก ประพันธ์ ศรีเหนี่ยง หัวหน้าฝ่ายอำนวยการ กรมอู่ทหารเรือ
นาวาเอก สุรธันย์ พุทธิจุณ นายช่างเทคนิค กรมพัฒนาการช่าง กรมอู่ทหารเรือ

ประจำกองบรรณาธิการ

นาวาเอก กอบเกียรติ มีชาญ
นาวาเอก ชัชวาลย์ บัวทอง
นาวาเอก กู้เกียรติ มิ่งรัชตะ
นาวาเอก สุภาพ รับพรพระ
นาวาเอก คีรีรัฐ อุดรวงค์
นาวาเอก เจริญ เครือใจ
นาวาตรี นคร พรธนาชัย (ผู้ช่วยเลขานุการ)
เรือเอกหญิง สหรักษ์ สุวรรณเนตร
เรือตรีหญิง สุพิชฌาย์ ลิมปนันท์วดี
นาวาเอก พนม คมสัน
นาวาเอก วิชาญ สีดา (เลขานุการ)
นาวาเอก วิรัช สมบูรณ์โชคดี
นาวาเอก ปฏิพล ศรีแก้ว (ผู้ช่วยเลขานุการ)
นาวาเอก สมศักดิ์ รัสมีโชติ (ผู้ช่วยเลขานุการ)
นาวาโทหญิง รศนา สมพงษ์
เรือเอกหญิง นริศรา คงผล
เรือเอก ญาณวิทย์ วัจนะประพันธ์

ข้อคิดเห็นและบทความที่นำลงวารสารกรมอู่ทหารเรือเป็นของผู้เขียน
มิใช่ข้อคิดเห็นหรือนโยบายของหน่วยใดของรัฐ และมิได้ผูกพันต่อทางราชการแต่อย่างใด

บรรณาธิการแถลง

ในโอกาสที่วันคล้ายวันสถาปนากรมอู่ทหารเรือได้เวียนมาบรรจบอีกวาระหนึ่ง ในวันที่ ๙ มกราคม ๒๕๖๖ กรมอู่ทหารเรือได้จัดทำวารสารกรมอู่ทหารเรือ ประจำปี ๒๕๖๖ ฉบับนี้ขึ้น ตามที่ได้ปฏิบัติต่อเนื่องมา เพื่อเป็นสื่อบันทึกและประชาสัมพันธ์เผยแพร่เรื่องราวสำคัญของกรมอู่ทหารเรือในห้วงปี ๒๕๖๕ ที่ผ่านมา รวมทั้งการเผยแพร่สาระความรู้ในทางวิชาการ เทคโนโลยี วิวัฒนาการและงานวิจัยต่าง ๆ ในวิทยาการที่เกี่ยวกับงานวิศวกรรมทางเรือ อันเป็นพื้นฐานทางเทคนิควิทยาการที่สำคัญของกรมอู่ทหารเรือ

สำหรับบทความต่าง ๆ ที่นำเสนอไว้ในวารสารฉบับนี้ มีทั้งเรื่องที่เกี่ยวกับองค์ความรู้พื้นฐานและเทคโนโลยีสมัยใหม่ต่าง ๆ ที่นำมาประยุกต์ใช้กับการดำเนินกิจกรรมการซ่อมและสร้างเรือ ซึ่งเป็นภารกิจหลักของกรมอู่ทหารเรือ เช่น บทความเรื่อง *“ระบบการจัดการพลังงานฉลาด สำหรับเรือไฟฟ้าทุกประเภท”* หรือบทความเรื่อง *“การเพิ่มประสิทธิภาพการบำรุงรักษาเชิงคาดการณ์ด้วย Big Data”* บทความเกี่ยวกับผลงานการวิจัยพัฒนาที่สำคัญ เช่น บทความเรื่อง *“เรือแตงโม ก้าวต่อไปของกรมอู่ทหารเรือ สู่ระบบขับเคลื่อนไฟฟ้าในอนาคตของกองทัพเรือ”* รวมทั้งบทความในเชิงการบริหารจัดการ เรื่อง *“แนวทางการบริหารกรมอู่ทหารเรือในภาวะสงคราม”* อีกด้วย โดยเรื่องราวและบทความต่าง ๆ ทั้งหมด ได้ถูกจัดทำในรูปแบบหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ (eBook) เพื่อความสะดวกต่อการเข้าถึงเนื้อหาภายในวารสาร และสอดคล้องกับความเปลี่ยนแปลงของวิถีการดำเนินชีวิตในยุคปัจจุบันอีกด้วย

กระผม ในฐานะบรรณาธิการวารสารกรมอู่ทหารเรือ ประจำปี ๒๕๖๖ ขอขอบพระคุณผู้บังคับบัญชา หน่วยงานต่าง ๆ ผู้เขียนบทความ รวมถึงบุคคลากรประจำกองบรรณาธิการทุกท่าน ที่กรุณามอบความไว้วางใจและให้การสนับสนุนในการจัดทำวารสารฉบับนี้ให้สำเร็จลุล่วงมาด้วยดี ทั้งนี้ หากมีเนื้อหาส่วนหนึ่งส่วนใดที่คาดเคลื่อนไปจากข้อเท็จจริง หรือ เข้าข่ายละเมิดหน่วยงานหรือบุคคลใด กระผมขอน้อมรับไว้ด้วยความผิดชอบทั้งหมดต่อไป

พลเรือตรี

(กริช ขันธอุบล)

บรรณาธิการวารสารกรมอู่ทหารเรือ

“กยิรา เจ กยิราเถนำ”
จะทำสิ่งไร ควรทำจริง....และ
“ฉันด้วย”

ปีที่ 100 แห่งการสิ้นพระชนม์ของพลเรือเอกพระเจ้าบรมวงศ์เธอพระองค์เจ้าอาภากรเขตอุดมศักดิ์ องค์บิดาของทหารเรือไทย และผู้ทรงก่อตั้ง “โรงเรียนนายช่างกล”

ในปี พ.ศ.2566 ปัจจุบันกาลนี้ หากเราท่านทั้งหลายหวนย้อนนึกถึงวัยเยาว์ เมื่อครั้งอายุ 10 กว่าปีนั้น เราทำอะไร เรียนรู้อะไร และสร้างสรรค์อะไร บางครั้งเราอาจไม่สามารถจะกล่าวได้อย่างมั่นใจมากนัก บ้างก็กำลังเรียนรู้สิ่งใหม่ทั้งวิชาการและประสบการณ์ บ้างก็ขมักเขม้นกับการเตรียมตัวสอบในชั้นที่สูงขึ้นไป ทั้งด้านวิชาการ หรือการฝึกฝนกำลังและร่างกายเพื่อให้สามารถผ่านการสอบด้านสมรรถนะของร่างกาย ในโรงเรียนทหาร และแม้บางท่านนอกจากการศึกษาเล่าเรียนแล้วอาจมีภาระหน้าที่ในการช่วยเหลือการงานของครอบครัว หรือการงาน เพื่อเป็นรายได้สมทบให้ครอบครัวอีกทางหนึ่ง ชีวิตที่ผ่านช่วงเวลาในแต่ละช่วงมานั้น เราต่างสามารถมองย้อนไปพบความจริงที่ว่า แม้เมื่อเรายังเด็กเราต้องผ่านความยากลำบาก ด้านใดด้านหนึ่ง ไม่ว่าจะด้านร่างกาย หรือ จิตใจ เพื่อที่จะนำพาให้ตัวเองนั้นเติบโตขึ้นไปอีกขั้นหนึ่ง

ในมุมที่กว้างขึ้น “การเติบโต” ทั้งส่วนบุคคล หมู่คณะ หรือสถาบัน-องค์กร ย้อมผสมคละเคล้าไปด้วยความยินดีและความลำเค็ญมากบ้างน้อยบ้างสลับกันไป แต่สิ่งที่จะช่วยจรรโลงใจ และเป็นสิ่งกระตุ้นเร้าให้เราฮึดสู้ ฝ่าฟันอุปสรรค ในห้วงชีวิตให้ผ่านพ้นไปได้นั้น มีบางสิ่งที่เรียกว่า “แบบอย่าง” จากบุคคลผู้เป็น “แรงบันดาลใจ” และแบบอย่างที่ทหารเรือไทยทุกพรรคเหล่า รักและศรัทธาย่อมไม่พ้น “เตี่ย” “เสด็จเตี่ย” “องค์บิดาของทหารเรือไทย” หรือ พลเรือเอกพระเจ้าบรมวงศ์เธอพระองค์เจ้าอาภากรเกียรติอุดมศักดิ์ นั่นเอง

ตลอดพระชนม์ชีพทรงได้แสดงให้เห็นเป็นที่ประจักษ์ว่า ไม่มีอะไรได้มาโดยง่าย ต้องมีความเพียรพยายาม วิริยะอุตสาหะและอดทน พร้อมไปด้วยกันกับวิชาความรู้ ทักษะ ความชาญฉลาดทางอารมณ์และเหตุผล ไหวพริบปฏิภาณจากภายในตน แสดงออกไปยังภายนอกตัวตนด้วยความเชื่อมั่น เด็ดเดี่ยวและกล้าหาญตามปัจจัยแวดล้อมของแต่ละสถานการณ์ในชีวิต โดยเราทั้งหลายในวันนี้ แม้ไม่ทันได้มีโอกาสเป็นศิษย์ทหารเรือของพระองค์ท่านโดยตรงเช่นเดียวกับบรรพบุรุษทหารเรือของเรา แต่หากยังสามารถสัมผัสพระองค์ท่านผ่านพระคาถาในตราประจำพระองค์ที่ว่า กยิรา เจ กยิราเถนํ – จะทำสิ่งไร ควรทำจริง อีกทั้งยังปรากฏไว้ในคำกลอนที่ทรงพระนิพนธ์ไว้ในฐานะของ “พ่อ” ที่แต่งคำกลอนง่าย ๆ ไว้สอนพระโอรสพระธิดาให้ได้จดจำและใช้นำทางชีวิต เช่น

ทำงานทำจริงเจ้า จงทำ
ระหว่างเล่นควรจำ เล่นแท้
หนทางเช่นนี้แล เป็นสุข
ก่อให้เกิดรื่นเริง นับมื้อ ทวีคูณ
ทุกสิ่งที่ทำนั้น ควรตรอง
โดยแน่สุดทำนอง ที่รู้
สิ่งใดทำเป็นลอง ครึ่ง ๆ
สิ่งนั้นไม่ควรกู้ ก่อให้ เป็นจริง

ซึ่งนอกจากร้อยกรองในภาษาไทย กรมหลวงชุมพรฯ ยังทรงนิพนธ์ร้อยกรองภาษาอังกฤษด้วยฉันทลักษณ์ง่าย ๆ ควบคู่กันไว้ด้วย

Work while you work
Play while you play
That is the way
To be cheerful and gay
All that you do
Do with your might
Things done by half
Are never done right

ทั้งจากพระคาถาหรือบทกลอน สามารถสะท้อนอีกนัยหนึ่งของความเป็นผู้ทรง “ให้” ได้อย่างจริงใจอย่าง “พ่อ” ของลูก และ ลูกศิษย์ ที่ท่านรัก และปรารถนาที่จะ “สร้าง” ให้เขาเหล่านั้นเติบโตอย่างมีคุณภาพทั้งกายใจ สืบสานปณิธานและอุดมการณ์ ไม่ว่าจะผ่านไปกี่ปี หรือกี่ยุคสมัยก็ตาม

ขัตติยะมานะของเจ้านายพระองค์น้อย

จากวิกฤตการณ์ ร.ศ.112 กับความเสียเปรียบในด้านยุทธวิธีและองค์บุคคลของทหารเรือไทย ในครั้งนั้นจำเป็นอย่างยิ่งที่สยามจะต้องมีทหารเรือไทยที่มีทักษะความรู้ด้านการเรือและการยุทธนาวีให้ทัดเทียมนานาประเทศ เพื่อการปกป้องอธิปไตยของชาติ ใน ร.ศ.112 หรือ พ.ศ.2436 นั้นเอง พระบาทสมเด็จพระจุลจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว ได้ทรงพระกรุณาโปรดเกล้าฯ ให้พระเจ้าลูกยาเธอ พระองค์เจ้าอาภากรเกียรติวงศ์ พระชันษาได้ 13 ปี เสด็จไปทรงศึกษาต่อ ณ ประเทศอังกฤษ พร้อมกับพระบาทสมเด็จพระมงกุฎเกล้าเจ้าอยู่หัว ซึ่งขณะนั้นทรงดำรงพระอิสริยศักดิ์เป็นสมเด็จพระเจ้าลูกยาเธอ เจ้าฟ้ามหาวชิราวุธ โดยพระองค์เจ้าอาภากรเกียรติวงศ์ ทรงเข้าศึกษาต่อในโรงเรียนนายเรืออังกฤษ ต่อจากนั้นทรงศึกษาต่อในมหาวิทยาลัยทหารเรือ โรงเรียนปืนใหญ่ และโรงเรียนตอร์ปิโด จนได้เลื่อนยศเป็นเรือเอก รวมเวลาที่ทรงศึกษาอยู่ในราชนาวีอังกฤษ 6 ปีเศษ

จากคำบอกเล่าของคุณครูพลเรือเอกประพัฒน์ จันทวิรัช ไดกล่าวไว้ว่า “...พระองค์เจ้าอาภากรฯ ทรงได้รับการฝึกหัดศึกษาในระบบที่ผิดไปจากพระราชโอรสพระองค์อื่น พระองค์ต้องทรงประสบความลำบากตรากตรำอย่างสาหัส ต้องทรงผจญภัยกับความเข้มงวดกวดขันจากครูและผู้บังคับบัญชาที่ได้ชื่อว่า เป็นยอดนักไล่ลูกไล่ของราชนาวีอังกฤษ ต้องทรงอดทนต่อระบบการ “แกล้ง” หรือ “ซ่อม” ของนักเรียนและนายทหารรุ่นอาวุโสฯลฯ พระองค์จึงได้รับการสร้างสรรค์พระวรกายและพระหฤทัยจนแข็งแกร่ง ประกอบด้วยความรู้ประสบการณ์ ตลอดจนความเป็นผู้นำ ทำให้พระองค์สามารถรับภาระอันหนักยิ่งในการสร้างสรรค์ “สานุศิษย์” และราชนาวีไทยให้เป็นกำลังของชาติได้ดียิ่งในเวลาต่อมา...” อีกทั้งในครั้งทรงพระเยาว์ หลังจากที่พระองค์สอบความรู้ได้ตามหลักสูตรของโรงเรียนนายเรือแล้ว ต้องเสด็จไปศึกษาและฝึกภาคทะเล ในฐานะนักเรียนทำการนายเรือ โดยได้เสด็จไปฝึกในเรือประจัญบาน Revenge ในทะเล Mediteranean และในห้วงเวลานั้นได้เกิดการจลาจลขึ้นบนเกาะ Crete และพระองค์เจ้าอาภากรฯ ต้องทรงทำหน้าที่เป็นผู้บังคับบัญชาทหารทำการยกพลขึ้นบก เพื่อปราบจลาจลในรูปแบบการรบและต่อสู้กับศัตรูในระยะประชิด ถือได้ว่ามีอันตรายต่อชีวิตในพระชันษาเพียง 18 ปี เท่านั้น

โรงเรียน นายช่างกล

เมื่อเสด็จนิวัติประเทศไทย ใน พ.ศ.2443 จึงได้รับพระราชทานยศเป็น นายเรือโท (ปัจจุบันเทียบเท่า นาวาตรี) ทรงได้รับการเฉลิมพระอิสริยยศเป็นพระองค์เจ้าต่างกรมที่ “กรมหมื่นชุมพรเขตรอุดมศักดิ์” ดำรงตำแหน่งรองผู้บัญชาการกรมทหารเรือ และทรงดำรงตำแหน่ง เจ้ากรมยุทธศึกษาทหารเรือ ใน พ.ศ.2448 เสด็จ ในกรมฯ ทรงเห็นว่า ควรจะได้ฝึกหัดให้ทหารเรือไทยเดินเรือทะเล ได้อย่างชาวต่างประเทศ เพราะในสมัยนั้น คนไทยยังต้องจ้างชาวต่างประเทศ มาเป็นผู้บังคับการเรือ เป็นส่วนมาก ได้ทรงวางหลักสูตร การเรียนของนักเรียนทุกชั้นขึ้นใหม่หมด เพราะหลักสูตรเดิมยังอ่อน และยังใช้การทางทะเลไม่ได้ โดยเสด็จในกรมฯ ได้ทรงเพิ่มวิชาต่าง ๆ เข้าไปไว้ในหลักสูตรอีกมาก เช่น วิชาตรีโกณเมตริ แอลยิบร่า ยีโอเมตรี การเรือ ดาราศาสตร์ แผนที่ ภาษาอังกฤษ ช่างกล และอื่น ๆ

จาก บันทึกความประสงค์ การตั้งโรงเรียนนายเรือ ของ นายพลเรือตรี พระยาราชวังสัน (ศรี กมลนาวิน) เสนาธิการทหารเรือ ทูลเกล้าฯ ถวายนายพลเรือเอก สมเด็จเจ้าฟ้า อัษฎางค์เดชาวุธ เจ้าฟ้ากรมหลวงนครราชสีมา ผู้สำเร็จราชการ กรมทหารเรือ เมื่อเดือน ธันวาคม พ.ศ.2467 ว่า

“... ต่อมาเมื่อปี 2448 นายพลเรือเอก พระเจ้าพี่ยาเธอ กรมหลวงชุมพรเขตอุดมศักดิ์ ได้เสด็จดำรงตำแหน่ง เจ้ากรมยุทธศึกษาทหารเรือ อีกตำแหน่งหนึ่ง เพื่อจัดการโรงเรียน ได้ทรงเพิ่มวิชาสามัญชั้นสูงขึ้นกับมีวิทยาศาสตร์ เพิ่มเติมบ้าง ส่วนวิชาการเดินเรือนั้น ก็ทรงให้คงอยู่ ตามความประสงค์เดิม แต่ขยายหลักสูตรกว้างขวางออกไป ทั้งทรงตั้ง โรงเรียน นายช่างกล ขึ้นเป็นครั้งแรกด้วย...”

ตามบันทึกนี้ จะเห็นได้ว่า เสด็จในกรม ได้ทรงตั้ง โรงเรียน นายช่างกลขึ้นอีกโรงเรียนหนึ่ง เมื่อปี พ.ศ.2449 เป็นครั้งแรก เพราะทรงเห็นว่า เมื่อมีโรงเรียนนายเรือ ขึ้นมาแล้ว ก็สมควรจะมี โรงเรียนนายช่างกล ซึ่งเป็นของคู่กันอยู่ด้วย เสด็จในกรมฯ ได้รับผู้สมัครที่จะเรียนทางช่างกล จากนักเรียนนายเรือนั่นเอง และปรากฏว่า มีนักเรียนมาสมัครเรียน ทางช่างกลกันมาก พอกับความต้องการทีเดียว การศึกษาวิชาคนละสาขากับนักเรียนนายเรือ เว้นแต่วิชาอย่างเดียวกันก็เรียนรวมกัน ส่วนการบังคับบัญชาโรงเรียน นายช่างกลแบ่งออกเป็น 2 ตอนนั้น คือ ตอน 1ตอน 2 เรียกว่า ช่างกลกราบขวา และช่างกลกราบซ้าย

ในระยะแรก ๆ นั้น ปรากฏว่าสถานที่ฝึกงาน ภาคปฏิบัติของนักเรียนนายเรือยังไม่มี เสด็จในกรมฯ โปรดให้สร้างโรงงานขึ้น โดยสั่งหม้อน้ำเครื่องจักร ฯลฯ มาจากที่ต่าง ๆ พอที่จะประกอบเป็นโรงงานย่อม ๆ ขึ้น

นอกจากทรงใฝ่พระทัยในด้านการศึกษาของ นักเรียนนายเรือแล้ว เสด็จในกรมฯ ทรงดำริว่า สำหรับการช่วยเหลือราษฎรในด้านการดับเพลิงนั้น ควรจะได้ให้นักเรียนนายเรือได้มีการฝึกทำการช่วยเหลือราษฎรทำการดับเพลิง เพราะมีเรือสูบน้ำ และเรือกลไฟเล็ก ซึ่งขึ้นอยู่กับกรมเรือกลอยู่แล้ว และมีหน้าที่ดับเพลิงฉะนั้นเมื่อเกิดเพลิงไหม้ที่ใด เรือกลไฟจะทำหน้าที่ลากจูงเรือ สูบน้ำไปทำการดับเพลิงเป็นประจำ ดังนั้น เสด็จในกรมฯ ทรงจัดตั้งกองดับเพลิงของทหารเรือขึ้น โดยมีกองต่าง ๆ ดังนี้ คือ

1. กองถัง
2. กองขวาน
3. กองผ้าใบกันแสงเพลิง
4. กองรื้อและตัดเชื้อเพลิง
5. กองช่วย
6. กองพยาบาล

ต่อมาจึงได้เพิ่มกองสายสูบขึ้นกองหนึ่ง ในการนี้ได้ทรงจัดให้นักเรียนนายช่างกล ทำหน้าที่ร่วมกับนักเรียนอื่นๆและเพื่อความชำนาญให้มีการเปลี่ยนกันไปบ้างตามความสามารถของนักเรียนนอกจากนั้น เสด็จในกรมฯ ทรงฝึกหัดการดับเพลิงให้กับทหาร และนักเรียนนายเรือ ด้วยพระองค์เอง ในสมัยนั้นมักจะเกิดเพลิงไหม้บ่อย ๆ เสด็จในกรมฯ จะเสด็จไปบัญชาการดับเพลิง ด้วยพระองค์เองเสมอ ๆ โดยไม่ทรงถือพระองค์ และจะลงมือปฏิบัติด้วยพระองค์เอง เพื่อเป็นแบบอย่าง แก่ผู้ใต้บังคับบัญชาด้วยความกล้าหาญ

หมดคน คือ ฉันด้วย

ไม่เพียงแต่ทรงเป็น “แบบอย่าง” ในฐานะผู้นำหรือผู้บังคับบัญชาเท่านั้น กระบวนการถ่ายทอดความรู้ ควบคู่ไปกับการสร้างสรรค์ “จิตวิญญาณของทหารเรือ” นั้นถือได้ว่าเปี่ยมไปด้วยหัวใจรักที่เมตตาต่อศิษย์ พร้อมด้วยกุศโลบาย อันเป็นมิติที่ครบถ้วนของความเป็นครูตลอดจนผู้บังคับบัญชาในบุคคลเดียว ทหารเรือจึงมีการเรียกขานผู้บังคับบัญชาระดับสูงในชั้นยศนายพลเรือ ว่า “ครู” ด้วยความเคารพนับถือตามลำดับชั้นการบังคับบัญชาและเคารพรักในความเป็น “ครู” ผู้ให้ไปพร้อม ๆ กัน

พระองค์เจ้าอาภากรฯ จึงสามารถสร้างความยอมรับนับถือ และความเชื่อมั่นให้แก่บรรดาทหารทุกระดับในกรมทหารเรือ ว่าแม้พระองค์จะทรงมีทั้งอำนาจ-ตามตำแหน่งหน้าที่ราชการระดับผู้บังคับบัญชา อีกทั้งทรงเปี่ยมด้วยพระบารมี-ในฐานะ “พระเจ้าลูกยาเธอ” หรือพระราชโอรสของในหลวง แต่ก็ยังทรงมีฐานะเป็น “ทหารคนหนึ่ง” คือพร้อมที่จะปฏิบัติตัวตามระเบียบวินัย และพร้อมที่จะเคียงบ่าเคียงไหล่ ร่วมทุกข์ร่วมสุขกับ “เพื่อนทหาร” ทุกนาย กุศโลบายที่พระองค์เจ้าอาภากรฯ ทรงใช้สร้างความยอมรับนับถือในหมู่ทหารเรือใต้บังคับบัญชา คือการแสดงพระองค์ในฐานะ “พวกเดียวกัน” ด้วยการกระทำให้เห็นเป็นตัวอย่างว่า พระองค์ก็เป็น “ทหารคนหนึ่ง” เช่นเดียวกับทหารคนอื่น ๆ ทั้งในการปฏิบัติงาน และการใช้ชีวิตในเรือ ที่เป็นการสะท้อนนัยของการ “ลงเรือลำเดียวกัน” อย่างแท้จริง

จากคำบอกเล่าของ นาวาตรี หลวงรักษาราชทรัพย์ (รักษ์ เอกะวิภาต 2426-2498) บันทึกเรื่องของพระองค์เจ้าอาภากรฯ หรือที่คุณหลวงเรียกว่า “เจ้าพ่อ” ไว้ว่า ในการเคลื่อนย้ายกำลังทหารไปตั้งหน่วยฝึกพลทหารเรือขึ้นใหม่ที่บางพระ ชลบุรี ราวปี 2445

“...เจ้าพ่อประทับในเรืออัคเรศฯ พร้อมด้วยพวกฝ่ายธุรการ พอถึงปากอ่าวเกิดเรือรั่วขึ้น เจ้าพ่อสั่งให้เอาข้าวสารที่ใส่กระสอบไว้ไปอุดที่รูรั่ว 3-4 กระสอบ เมื่ออุดแล้วก็ยังรั่วอยู่ แต่เบาลงครึ่งหนึ่ง เจ้าพ่อสั่งให้เอาถังสังกะสีประมาณ 10 ใบมา และรับสั่งว่า ‘เรียงแถววิดน้ำเรือหมดคน ฉันด้วย เว้นแต่เจ้าหน้าที่เดินเรือกับช่างกลและยาม ไม่ต้องวิด’ วิดจากท้องเรือส่งกันต่อ ๆ ไป เมื่อแห้งแล้วหยุดพัก เมื่อมีน้ำก็วิดอีก...”

นั่นคือ นอกจากจะทรงมีคำสั่งให้ทหารทุกนาย (“หมดคน”) ระดมกำลังกันมายืนเรียงแถวส่งถังน้ำต่อ ๆ กันแล้ว ยังให้นับเอาพระองค์เอง (“ฉันด้วย”) เข้าไปในแถวด้วย นั่นคือพระองค์เจ้าอาภากรฯ ทรงต้องมี “หน้าที่” ในยามคับขันไม่ต่างจากลูกเรือคนอื่น ๆ สอดคล้องกับคำบอกเล่า นาวาเอก สวัสดิ์ จันทนี ผ่านรายการโทรทัศน์ “ร่วมเครือนาวี” หัวข้อ “พระบิดาของทหารเรือ” เนื่องในวาระวันคล้ายวันสิ้นพระชนม์ของกรมหลวงชุมพรฯ เมื่อเดือนพฤษภาคม 2506 ที่ว่า

“...เวลานั้นเรือรบใช้ถ่านหินกันเป็นส่วนมาก พอถ่านหินหมดกลางทะเลก็มีเรือฉางไปส่ง การขนถ่านหิน ก็ขนในขณะจอดข้างเกาะใดเกาะหนึ่ง พวกปากเรือต้องขนด้วยทุกคน ในกรมก็ขนกะพวกทหารด้วย เลยเป็นธรรมเนียมต่อ ๆ กันไปว่า แม้ผู้บังคับการเรือก็ต้องขนถ่านหินทุกคราวไป อีกเรื่องหนึ่งก็คือ เมื่อครั้งเรืออัคเรศรัตนาสน์รั่ว เสด็จในกรมฯ รับสั่งว่า ‘เรียงแถววิดน้ำเรือหมดคน-ฉันด้วย’ พระองค์ไม่ให้วิดแต่พวกยามทั้งปากเรือและช่างกลเท่านั้น...”

ทรงดำรงตำแหน่งเจ้ากรมอู่ทหารเรือ จนวาระสุดท้ายของพระชนม์ชีพ

จากการให้ความสำคัญของงานด้านต่าง ๆ ที่จำเป็นในเรืออย่างเสมอกัน เพราะเหตุด้วยเรือคือยุทโธปกรณ์ที่ประกอบไปด้วยองคาพยพที่หลากหลาย ความพร้อมของเรือจะตอบสนององค์ยุทธวิธีตามทัศนวิสัยบน “สะพานเดินเรือ” หรือการตอบโต้ข้าศึกและแสดงแสนยานุภาพของระบบไฟฟ้าอาวุธที่ทันสมัยไม่ได้เลย หากไร้ซึ่งเครื่องจักรกล ที่เร่งร้อนเดินเครื่องอย่างไม่อาจหยุดชะงักลงได้ของ “แผนกช่างกล” ณ deck ด้านล่างสุดของลำเรือที่น้อยนักจะได้เห็นท้องฟ้าด้านบนและสัมผัสลมทะเลในยามเรือเดิน

....ไม่ว่าจะในอดีตของเรือกลไฟ หรือเครื่องจักรใหญ่ระบบดีเซล หรือกระทั่งระบบขับเคลื่อนใดในอนาคต หรือห้วงศตวรรษหน้า

สิ่งสำคัญขององคาพยพที่เสด็จในกรมฯ ได้เล็งเห็นและก่อร่างสร้างไว้ นับแต่ยุคต้นของการรับราชการ เมื่อครั้งทรงดำรงตำแหน่งเจ้ากรมยุทธศึกษาที่ได้ทรงให้กำเนิดโรงเรียนนายช่างกลเพื่อผลิตบุคคลากรที่มีความเชี่ยวชาญเป็นการเฉพาะไปปฏิบัติหน้าที่ที่สำคัญในเรือรบของราชนาวีไทย ตลอดจนการสนับสนุนทางด้านการซ่อมบำรุง และสามารถสร้างเรือรบขึ้นเองได้ด้วยศักยภาพของทหารเรือไทยเองเช่นในปัจจุบัน

จากยุคต้นที่ทรงตั้งโรงเรียน นายช่างกล กาลผ่านไปจนถึงห้วงสุดท้ายของพระชนม์ชีพ เสด็จในกรมฯ ได้ทรงได้กลับมาใกล้ชิดนักเรียนนายช่างกลของพระองค์ท่านด้วยอีกครั้งหนึ่ง โดยได้ทรงพระกรุณาโปรดเกล้า ฯ ให้พลเรือเอกพระบรมวงศ์เธอพระองค์เจ้าอาภากรเกียรติวงศ์ กรมหลวงชุมพรเขตอุดมศักดิ์ เสนาธิการทหารเรือมาดำรงตำแหน่งเป็น “ผู้บัญชาการในหน้าที่เจ้ากรมยุทธโยธาทหารเรือ” หรือกล่าวได้ว่าเป็น เจ้ากรมอู่ทหารเรือ (ในลำดับที่ 7) อีกตำแหน่งหนึ่ง นับตั้งแต่ 8 ธันวาคม พ.ศ.2465 จนถึงวันสุดท้ายแห่งพระชนม์ชีพ 19 พฤษภาคม 2466 ในห้วงเวลาที่ไม่นานมากนักในการดำรงตำแหน่ง หากแต่ทรงได้จุดประกายสร้างแรงบันดาลใจให้กับเหล่านายทหารพรรคกลินและช่างของกรมอู่ทหารเรือ ผ่านระยะเวลามาถึง 100 ปี ด้วยพระดำรัสที่ว่า

“...ธรรมดามีเรือแล้วต้องซ่อมได้เองเป็นหลักของยุทธศาสตร์ ถ้าซ่อมไม่ได้เอง ก็ไม่ควรจะมี...”

เสมือนการฝังชิปแห่งหลักนิยมและอุดมการณ์ของพรรคกลินและเหล่าช่างยุทธโยธา ในการพึ่งพาตนเอง ให้ได้ในทุกมิติ เท่าที่สรรพกำลังจะพาเราไปถึง ในห้วงศตวรรษที่ผ่านมากองทัพเรือไทย โดยเฉพาะอย่างยิ่ง กรมอู่ทหารเรือจึงดำรงอยู่ในบทบาทแห่งการฝึกศึกษา วิจัยพัฒนา ทั้งสายงานซ่อมบำรุงและสายงานผลิต ตามแนวทางปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงมาอย่างต่อเนื่อง

ในปี พ.ศ.2466 ห้วงเวลาสุดท้ายแห่งพระชนม์ชีพ เสด็จในกรมฯ ในฐานะเจ้ากรมยุทธโยธาทหารเรือ จะทรงเป็นเจ้ากรมฯ ในลักษณะใด ภารกิจ หน้าที่ ทัศนคติมุมมอง ในหน้าที่ของกรมยุทธโยธาทหารเรือ ณ เวลานั้นเป็นอย่างไร ในหนังสือวารสารกรมอู่ทหารเรือเล่มนี้ ท่านจะสามารถถอดรหัสตัวตนของพระองค์ท่าน ภาพสะท้อนแห่งตัวตนผ่านความหมายระหว่างบรรทัดของรายงานประชุม ครั้งที่ 1/2466 ***"รายงานประชุมสภาช่างยุทธโยธาทหารเรือ วัน พุฒ ที่ ๑๑ เมษายน พระพุทธศักราช ๒๔๖๖"*** ***(คลิ๊กดูรายละเอียด)*** ให้พระองค์ท่านได้ทำหน้าที่ "ครู" และ "สอน" เราได้ตามประสบการณ์ของแต่ละบุคคลจึงนับเป็นการเปิดประสบการณ์ของการตีความบันทึกการประชุมนี้จะมีความหมายที่แตกต่างไปตามแต่ละช่วงของการเติบโตของเรา แม้กาลเวลาจะผ่านไปอีกนานเท่าใดก็ตาม

และอาจเป็นบทเรียนที่พลเรือเอกพระเจ้าบรมวงศ์เธอพระองค์เจ้าอาภากร กรมหลวงชุมพรเขตอุดมศักดิ์ ทรงต้องการให้เรา "ทบทวน" สิ่งสำคัญในบทบาทหน้าที่ โดยทรงให้บทเรียนที่ยิ่งใหญ่แก่พวกเราในห้วงปิดท้าย ปีที่ 99 ของการสิ้นพระชนม์ ของ ผ่านกรณีการอับปางของ ร.ล.สุโขทัย ณ ค่ำวันที่ 18 ธันวาคม พ.ศ.2565 เรือรบสมรรถนะสูงที่ออกปฏิบัติภารกิจ โดยไม่มี "ต้นกล" บรรจุในอัตรา

รอบปีที่ผ่านมา

กองบรรณาธิการวารสาร กรมอู่ทหารเรือ

ในรอบปี 2565 กรมอู่ทหารเรือมีการดำเนินงานที่หลากหลาย ทั้งงานตามภารกิจหน้าที่และงานที่ได้รับมอบหมาย ซึ่งสามารถประมวลผลการดำเนินงานที่สำคัญ ๆ ในรอบปีที่ผ่านมาได้ดังนี้

งานซ่อมและสร้างเรือ

กรมอู่ทหารเรือ มีภารกิจหลักในการซ่อมบำรุงเรือของกองทัพเรือในด้านตัวเรือ กลจักร และไฟฟ้า ซึ่งในการดำเนินการตามภารกิจดังกล่าวจำเป็นต้องมีกระบวนการวางแผนและการซ่อมบำรุงที่ดี เพื่อให้การซ่อมบำรุงเรือ มีประสิทธิภาพ และสามารถส่งมอบเรือให้กับหน่วยผู้ใช้เรือได้ตามกำหนดอย่างมีคุณภาพ ทั้งนี้ เพื่อให้เป็นไปตามวิสัยทัศน์ของกรมอู่ทหารเรือที่ว่า *“เป็นเลิศในงานซ่อมและสร้างเรือด้วยการบริหารจัดการที่มีคุณภาพ”*

กรมแผนการช่าง กรมอู่ทหารเรือ

ในรอบปีที่ผ่านมา กรมแผนการช่าง กรมอู่ทหารเรือ ซึ่งเป็นหน่วยรับผิดชอบในการวางแผนการซ่อมบำรุงเรือของกรมอู่ทหารเรือได้ดำเนินการจัดทำแผนการซ่อมบำรุงเรือทั้งแผนระยะยาว (20 ปี) แผนระยะปานกลาง (5 ปี) และแผนประจำปี เสนอต่อคณะกรรมการอำนวยการซ่อมบำรุงและปรับปรุงยุทโธปกรณ์ของกองทัพเรือ (อซป.ทร.) เพื่อใช้ในการจัดทำแผนซ่อมบำรุงยุทโธปกรณ์ของกองทัพเรือในภาพรวมต่อไป รวมทั้งได้ทำการสำรวจและตรวจสอบเรือตามแผนปลดระวางประจำการ แพ เครื่องจักรและอุปกรณ์ประจำเรือต่าง ๆ เพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบการซ่อมแก้ไข ดัดแปลง ตามที่หน่วยเรือหรือหน่วยซ่อมทำขอรับการสนับสนุน นอกจากนี้ ยังให้การสนับสนุนโครงการต่าง ๆ ทั้งในและนอกกองทัพเรือ อาทิ สนับสนุนเจ้าหน้าที่ร่วมเป็นคณะทำงานโครงการพัฒนา ขีดความสามารถในการส่งกำลังบำรุงด้านฝั่งทะเลอันดามันของกองทัพเรือ สนับสนุนเจ้าหน้าที่ร่วมเป็นคณะทำงานด้านเทคนิคโครงการจัดหาเรือดำน้ำของกองทัพเรือ และสนับสนุนเจ้าหน้าที่ร่วมเป็นคณะทำงานโครงการปรับปรุงและพัฒนาเรือสำรวจประมงจุฬาภรณ์ และเรือสำรวจประมงมหิดล ร่วมกับกรมประมง เป็นต้น

ส่วนการซ่อมบำรุงเรือนั้น เป็นหน้าที่ของหน่วยซ่อมต่าง ๆ ของกรมอู่ทหารเรือ ได้แก่ อู่ทหารเรือธนบุรี อู่ทหารเรือพระจุลจอมเกล้า และอู่ราชนาวีมหิดลอดุลยเดช ซึ่งในรอบปีที่ผ่านมา หน่วยซ่อมต่าง ๆ ได้ดำเนินการซ่อมทำเรือ และสนับสนุนภารกิจอื่น ๆ พอสรุปได้ดังนี้

อู่ทหารเรือธนบุรี กรมอู่ทหารเรือ

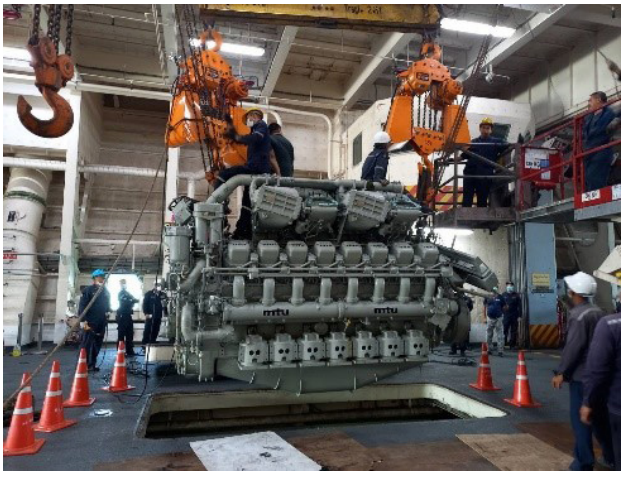
ได้ดำเนินการซ่อมทำเรือตามแผน จำนวน 40 ลำ ซ่อมทำเรือฉุกเฉิน จำนวน 2 ลำ เรือพระราชพิธี จำนวน 3 ลำ และโป๊ะเทียบเรือ จำนวน 5 โป๊ะ นอกจากนี้ยังได้ทำการติดตั้งเครื่องจักรใหญ่ทดแทนของเครื่องเดิมที่รุจำหน่าย จำนวน 1 ลำ คือ เรือ ขส.ทร.1218 ตลอดจนยังได้ให้การสนับสนุนหน่วยงานต่าง ๆ ทั้งในและนอกกองทัพเรือ โดยเฉพาะการสนับสนุนเรือผลักดันน้ำ ซึ่งที่ผ่านมาอู่ทหารเรือธนบุรี ได้จัดตั้งหน่วยเฉพาะกิจเรือผลักดันน้ำ (ฉก.ผดน.อธบ.อร.) เพื่อสนับสนุนการปฏิบัติการผลักดันน้ำในพื้นที่เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร และอำเภอกระทุ่มแบน จังหวัดสมุทรสาคร เป็นต้น

อู่ทหารเรือพระจุลจอมเกล้า กรมอู่ทหารเรือ

ในรอบปีที่ผ่านมามีการซ่อมทำเรือต่าง ๆ ประกอบด้วยซ่อมคืนสภาพ (คส.) จำนวน 2 ลำ ซ่อมตามระยะเวลา (ตว.) จำนวน 1 ลำ และซ่อมทำจำกัดประจำปี (จก.ป.) จำนวน 15 ลำ นอกจากนี้ยังมีการจัดตั้งหน่วยเฉพาะกิจเรือผลักดันน้ำ (ฉก.ผดน.อจปร.อร.) เพื่อสนับสนุน การปฏิบัติการผลักดันน้ำในพื้นที่ต่าง ๆ อีกด้วย ได้แก่ พื้นที่อำเภอองครักษ์ จังหวัดนครนายก พื้นที่อำเภอ สามพราน จังหวัดนครปฐม และพื้นที่อำเภอบางพลี จังหวัดสมุทรปราการ

อู่ราชนาวีมหิดลอดุลยเดช กรมอู่ทหารเรือ

เป็นอีกหน่วยงานหนึ่งของกรมอู่ทหารเรือที่รับผิดชอบงานซ่อมบำรุงเรือของกองทัพเรือ โดยในรอบปีที่ผ่านมาได้ดำเนินการซ่อมทำเรือต่าง ๆ ให้กับกองทัพเรือ ได้แก่ ร.ล.ล่องลม ร.ล.ตากสิน ร.ล.อ่างทอง ร.ล.ปัตตานี และ ร.ล.จักรีนฤเบศร



นอกจากนี้ อู่ราชนาวีมหิดลอดุลยเดช กรมอู่ทหารเรือ ยังได้ติดตามความก้าวหน้าการดำเนินโครงการก่อสร้างโรงซ่อมบำรุงเรือดำน้ำของกองทัพเรือ ซึ่งถือเป็นโครงการที่สำคัญอีกโครงการหนึ่งของกองทัพเรือ เพื่อเตรียมความพร้อมในการรองรับเรือดำน้ำที่จะเป็นยุทโธปกรณ์สำคัญของกองทัพเรือในอนาคต ดังพระราชดำรัสของพระเจ้าบรมวงศ์เธอ กรมหลวงชุมพรเขตอุดมศักดิ์ ที่ว่า *“ธรรมดามีเรือแล้วต้องซ่อมได้เอง เป็นหลักของยุทธศาสตร์ ถ้าซ่อมไม่ได้เองก็ไม่ควรจะมี”* ซึ่งนับได้ว่าเป็นคติประจำใจในการปฏิบัติภารกิจเพื่อสนองต่อพันธกิจที่อู่ราชนาวีมหิดลอดุลยเดชมีต่อกองทัพเรือ โดยโรงซ่อมบำรุงเรือดำน้ำแห่งนี้ได้เริ่มก่อสร้างตั้งแต่วันที่ 28 เม.ย.64 และมีกำหนดแล้วเสร็จในวันที่ 11 เม.ย.67 ปัจจุบันมีความก้าวหน้าในการก่อสร้างตามแผนที่ได้วางไว้ ดังนี้

1. โรงซ่อมเรือดำน้ำ (Cover Bert) ขนาด 45 X 117 X 36 เมตร กำลังดำเนินการเทคอนกรีตปรับพื้นภายในอาคาร

2. โรงซ่อมชิ้นส่วนประกอบตัวเรือ (Non-pressure Ship Hull Processing Workshop) กำลังดำเนินการติดตั้งโครงสร้างเหล็กอาคารและโครงหลังคา

3. โรงงานแบตเตอรี่ (Battery Shop) กำลังดำเนินการเทคอนกรีตเสารับคาน และเทคอนกรีตพื้นอาคาร

4. อาคารเก็บเครื่องมือและชิ้นส่วนอะไหล่ (Stock Place) กำลังดำเนินการติดตั้งโครงสร้างเหล็กอาคารและโครงหลังคา

5. โรงจ่ายไฟฟ้า (Substation) กำลังดำเนินการเทคอนกรีตพื้น

6. โรงผลิตไอน้ำ (Boiler Room) กำลังอยู่ในขั้นตอนเทคอนกรีตฐานราก และคานคอดิน

7. ลานสำรวจและตรวจสอบภายนอก (Docking Survey Zone) กำลังดำเนินการเทคอนกรีต ได้ 50%

8. พื้นที่เคลื่อนย้ายเรือดำน้ำ (Transition Zone) กำลังดำเนินการเทคอนกรีต ได้ 50%

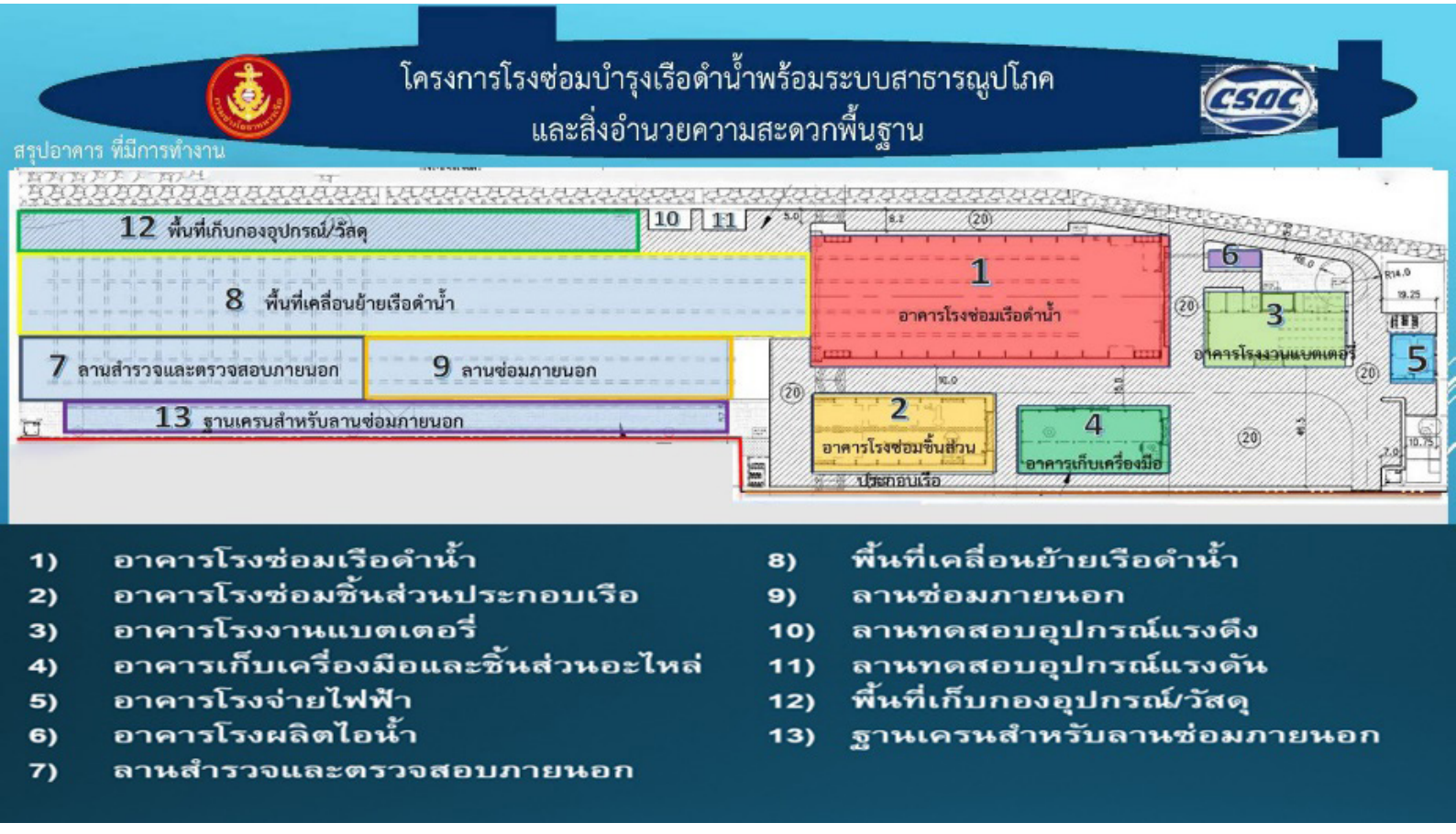
9. ลานซ่อมเรือภายนอก (Outdoor Berth) กำลังดำเนินการเทคอนกรีต ได้ 50%

10. อาคารทดสอบแรงดึง (Tension Test Rig) กำลังดำเนินการเทคอนกรีตฐานราก

11. อาคารทดสอบแรงดัน (External Pressure Well) กำลังดำเนินการเทคอนกรีตฐานราก

12. พื้นที่เก็บ กองวัสดุและอุปกรณ์ (Stock Area) กำลังดำเนินการเทคอนกรีตพื้นได้ 45%

13. เครนสำหรับลานซ่อมเรือภายนอก (Outdoor Granty Crane) กำลังดำเนินการผูกเหล็กคานรับรางเครน



1) อาคารโรงซ่อมเรือดำน้ำ
2) อาคารโรงซ่อมชิ้นส่วนประกอบเรือ
3) อาคารโรงงานแบตเตอรี่
4) อาคารเก็บเครื่องมือและชิ้นส่วนอะไหล่
5) อาคารโรงจ่ายไฟฟ้า
6) อาคารโรงผลิตไอน้ำ
7) ลานสำรวจและตรวจสอบภายนอก
8) พื้นที่เคลื่อนย้ายเรือดำน้ำ
9) ลานซ่อมภายนอก
10) ลานทดสอบอุปกรณ์แรงดึง
11) ลานทดสอบอุปกรณ์แรงดัน
12) พื้นที่เก็บกองอุปกรณ์/วัสดุ
13) ฐานเครนสำหรับลานซ่อมภายนอก

กรมพัฒนาการช่าง กรมอู่ทหารเรือ

ในรอบปีที่ผ่านมา ได้ดำเนินการจัดการอบรมให้แก่ข้าราชการและลูกจ้างของกรมอู่ทหารเรือ การจัดส่งไปฝึกอบรมหลักสูตรต่าง ๆ นอกกองทัพเรือทั้งในและต่างประเทศ รวมถึงภายในกองทัพเรือ รวมทั้งงานด้านการควบคุมคุณภาพ โดยได้ดำเนินการปรับปรุงมาตรฐานกรมอู่ทหารเรือ อนุมัติใช้ คู่มือการบริหารการซ่อมบำรุงตามสภาพ (CBM) พ.ศ.2565 เพื่อดำเนินการตามแนวทางการปฏิบัติการซ่อมบำรุงตามสภาพ การบริหาร และกำกับการซ่อมบำรุงตามสภาพ การจัดวงรอบตรวจสอบเรือ ประเภทอุปกรณ์ และเรือ การฝึกกำลังพล เครื่องมือ งป. และระบบฐานข้อมูล

ศูนย์พัสดุช่าง กรมอู่ทหารเรือ

ในปีงบประมาณ 2565 ที่ผ่านมา สามารถปฏิบัติงานได้ตามแผนปฏิบัติราชการของหน่วย และสามารถดำเนินการได้ตามนโยบายของผู้บังคับบัญชา ทั้งหน่วยบังคับบัญชา (กรมอู่ทหารเรือ) และหน่วยสายวิทยาการ (กรมพลาธิการทหารเรือ) ตลอดจนได้ผลการตรวจราชการจากกรมจเรทหารเรือในระดับ *"ดีเยี่ยม"* ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการปฏิบัติงานในปีงบประมาณ 2565 นั้น ศูนย์พัสดุช่าง กรมอู่ทหารเรือ สามารถปฏิบัติงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

นอกจากนี้ ศูนย์พัสดุช่าง กรมอู่ทหารเรือ ยังมีแนวทางการปฏิบัติงานของหน่วยเพื่อให้บรรลุวิสัยทัศน์ คือ งานที่เป็นไปตามสายวิทยาการ จะดำเนินการผ่านตามหน่วยขึ้นตรงของศูนย์พัสดุช่าง กรมอู่ทหารเรือ ส่วนงานนโยบายหรืองานที่นอกเหนือจากงานตามสายวิทยาการ จะแต่งตั้งคณะทำงานขึ้นมา เพื่อรองรับงานดังกล่าว เช่น PMQA KM ควบคุมภายใน สุขาภิบาล การป้องกันความเสียหาย(ปคส.) ประหยัดพลังงาน สารสนเทศ และอื่น ๆ ตลอดจนมีการประชุมผู้บริหารทุกสัปดาห์ และประชุม นขต.ศพด.อร. ตลอดจนประชุมติดตามงานตามความเหมาะสมอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้มั่นใจได้ว่าจะสามารถควบคุมการปฏิบัติของหน่วยได้ตามแผนปฏิบัติราชการ

การจัดกิจกรรมจิตอาสา “เราทำความ ดี ด้วยหัวใจ”

กิจกรรมจิตอาสา *“เราทำความ ดี ด้วยหัวใจ”* มีวัตถุประสงค์เพื่อให้กำลังพล หน่วยงานราชการ ประชาชนทั่วไปได้บูรณาการร่วมกันจัดกิจกรรมเพื่อสาธารณประโยชน์ สร้างจิตสำนึกและปลูกฝัง ให้กำลังพล มีจิตสาธารณะ หรือจิตอาสา พร้อมที่จะช่วยเหลือสังคม ส่งเสริมจิตสำนึกด้านคุณธรรมกับการทำงานโดยไม่หวังผลสิ่งตอบแทนใด ๆ และปรับปรุงภูมิทัศน์พื้นที่บริเวณหน่วยงาน โดยในส่วนของกรมอู่ทหารเรือได้ให้ นขต.อร. และ นขต.บก.อร. จัดกำลังพลเข้าร่วมกิจกรรมจิตอาสาดังกล่าว

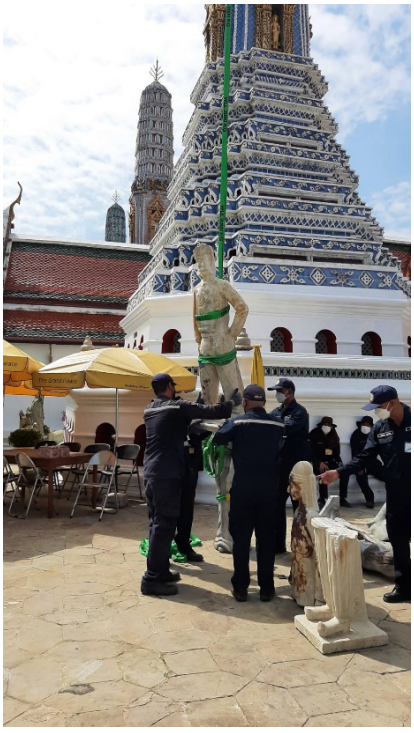
พลเรือตรี สมศักดิ์ คงโชติ ผู้อำนวยการอู่ทหารเรือธนบุรี และกำลังพลจิตอาสา อธบ.อร. ร่วมสนับสนุนการจัดกิจกรรมจิตอาสา *“เราทำความ ดี ด้วยหัวใจ”* เมื่อ 1 พ.ย.64 โดยประสานการปฏิบัติและร่วมมือกับหน่วยกรมพลาธิการทหารเรือ กองเรือลำน้ำ กองเรือยุทธการ และสำนักงานเขตบางกอกน้อย ร่วมกันพัฒนาทำความสะอาดพื้นที่ด้านหน้าหน่วยงานของ ทร. ที่มีที่ตั้งติดถนนอรุณอมรินทร์ ตั้งแต่สะพานข้ามคลองบางกอกน้อย - สะพานข้ามคลองมอญ เพื่อเตรียมการรับเสด็จฯ สำหรับพิธีถวายผ้าพระกฐินหลวง ประจำปี 2565

พลเรือตรี ธนากร แจ้งจิตร ผอ.อรม.อร. เป็นประธานจัดกิจกรรมบำเพ็ญสาธารณประโยชน์ พร้อมกำลังพล จำนวน 50 นาย ร่วมกันพัฒนา วัดศีรีภาวนาราม ต.พลา อ.บ้านฉาง จว.ระยอง เมื่อ 15 ก.พ.65

อู่ราชนาวีมหิดลอดุลยเดช กรมอู่ทหารเรือ จัดกิจกรรมบำเพ็ญสาธารณประโยชน์ นาวาเอก นิมิตร สาดะระ ผู้อำนวยการกองกำลังพล อู่ราชนาวีมหิดลอดุลยเดช กรมอู่ทหารเรือ พร้อมด้วยกำลังพล 50 นาย จัดกิจกรรมบำเพ็ญสาธารณประโยชน์ ณ วัดศีรีภาวนาราม ต.พลา อ.บ้านฉาง จว.ระยอง เมื่อวันที่ 25 พ.ค.65

อู่ทหารเรือพระจุลจอมเกล้า กรมอู่ทหารเรือ จัดกิจกรรมบำเพ็ญสาธารณประโยชน์ เนื่องในวันเฉลิมพระชนมพรรษา สมเด็จพระนางเจ้า พระบรมราชินี โดยการรื้อ/ซ่อมรั้วของโรงเรียนที่ชำรุด และตัดต้นไม้ เพื่อปรับปรุงภูมิทัศน์บริเวณพื้นที่ด้านหน้าโรงเรียน ณ โรงเรียนป้อมพระจุลจอมเกล้า อำเภอพระสมุทรเจดีย์ จังหวัดสมุทรปราการ เมื่อ 2 มิ.ย.65

พลเรือโท สุทธิศักดิ์ บุตรนาค เจ้ากรมอู่ทหารเรือ ขณะดำรงตำแหน่งรองผู้อำนวยการอู่ทหารเรือพระจุลจอมเกล้า กรมอู่ทหารเรือ พร้อมกำลังพลเข้าร่วมโครงการจิตอาสาพระราชทาน *“เราทำความ ดี ด้วยหัวใจ”* เนื่องในวันเฉลิมพระชนมพรรษา สมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ พระบรมราชินีนาถ พระบรมราชชนนีพันปีหลวง 12 สิงหาคม 2565 ณ วัดครุฑ แขวงบ้านช่างหล่อ เขตบางกอกน้อย กรุงเทพฯ เมื่อ 9 ส.ค.65



การเคลื่อนย้ายประติมากรรมหินแกะสลัก สำนักพระราชวัง

สำนักพระราชวัง ขอความอนุเคราะห์เคลื่อนย้ายปฏิมากรรมหินแกะสลัก (ตุ๊กตาหิน) ในการนี้ อธบ.อร. จัด จนท.รง.เชือกรอกและการอู่ แผนกโรงงานเบ็ดเตล็ด กงน.อธบ.อร. เป็นผู้ดำเนินการเคลื่อนย้ายปฏิมากรรมหินแกะสลัก (ตุ๊กตาหิน) ดังกล่าว ในวันอังคารที่ 26 ตุลาคม 64

พิธีมอบเครื่องบำบัดอากาศที่มีมลพิษและฝุ่นขนาดเล็ก PM 2.5 ให้กองทัพเรือ

ในวันที่ 1 ส.ค.65 พล.ร.อ.พงษ์เทพ หนูเทพ องคมนตรี ประธานกรรมการบริหาร มูลนิธิราชประชานุเคราะห์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จัดให้มีพิธีมอบเครื่องบำบัดอากาศที่มีมลพิษและฝุ่นขนาดเล็ก PM 2.5 จำนวน 14 เครื่อง ให้กับกองทัพเรือ โดยมี พล.ร.อ.สมประสงค์ นิลสมัย ผู้บัญชาการทหารเรือ เป็นผู้รับมอบ พล.ร.ต.สมศักดิ์ คงโชติ ผอ.อธบ.อร. เป็นผู้แทนจาก อร. เข้าร่วมพิธีดังกล่าว

งานวิจัยที่ได้รับรางวัลระดับกองทัพเรือ

ในงาน *"นาวีวิจัย 2022"* ประจำปี 2565 มีผลงานวิจัยและพัฒนาการทางทหารด้านยุทโธปกรณ์ของกรมอู่ทหารเรือ ที่ได้รับรางวัลดีเด่น จำนวน 1 ผลงาน คือ โครงการวิจัยระบบป้องกันเพรียง ในท่อนำน้ำทะเลสำหรับเรือในกองทัพเรือ โดยมี น.อ.เสวียง เถื่อนบุญ หน.โครงสร้างและเครื่องกล กวจพ.สวพ.ทร. เป็นนายทหารโครงการ รับรางวัลเมื่อ 21 ก.ย.65 ณ ห้องเจ้าพระยา หอประชุมกองทัพเรือ โดยมี ผบ.ทร. เป็นประธานในพิธี

เรือแตงโมไฟฟ้า

ก้าวต่อไป ของ กรมอู่ทหารเรือ สู่ ระบบขับเคลื่อนไฟฟ้าในอนาคตของกองทัพเรือ

พลเรือตรี สมศักดิ์ คงโชติ M.Engr.
ผู้อำนวยการอู่ทหารเรือธนบุรี กรมอู่ทหารเรือ
ว่าที่ เรือเอก ธิติภูมิ สังข์สนิท B.Engr.
ประจำกรมอู่ทหารเรือ

ก้าวแรกของกรมอู่ทหารเรือ

นับตั้งแต่ประเทศไทยได้สร้างเรือกลไฟลำแรก คือ เรือสยามอรสุมพล ในปี พ.ศ. 2398 ที่อู่เรือตรงข้ามท่าราชวรดิฐ ซึ่งก็คืออู่ทหารเรือธนบุรีในปัจจุบัน ถือได้ว่ารากฐานของเทคโนโลยีการต่อเรือของกองทัพเรือได้ถูกเริ่มต้นขึ้น ซึ่งต่อมา พลเรือเอก พระเจ้าบรมวงศ์เธอ กรมหลวงชุมพรเขตอุดมศักดิ์ ทรงวางรากฐานและพัฒนาปรับปรุงทหารเรือสยามให้เจริญก้าวหน้าตามแบบประเทศตะวันตก เมื่อทรงมีโอกาสได้เข้าบริหารราชการในช่วงหนึ่งท่านได้ทรงตั้งโรงเรียนนายช่างกลและได้ทรงดำรงตำแหน่งเจ้ากรมอู่ทหารเรือลำดับที่ 7 ระหว่าง 8 ธ.ค.2465 - 16 พ.ค.2466 ดังนั้น การพัฒนาการซ่อม และสร้างเรือจึงได้มีความก้าวหน้าเป็นลำดับนับแต่นั้นมา ตามพระราชดำรัสของพระองค์ท่าน ตอนหนึ่งว่า *“ธรรมดามีเรือแล้วต้องซ่อมได้เอง เป็นหลักของยุทธศาสตร์ ถ้าซ่อมไม่ได้เองก็ไม่ควรจะมี”* จนจวบปัจจุบัน หลังจากท่านได้เสด็จสวรรคต จะครบรอบ 100 ปี ในปี พ.ศ.2566 นั้น กรมอู่ทหารเรือ ก็ยังมิได้หยุดการพัฒนาองค์ความรู้ทางช่างที่ท่านได้วางรากฐานไว้

ก้าวต่อไปในอนาคต

กรมอู่ทหารเรือ มีภารกิจหลักในการต่อเรือ และซ่อมบำรุงเรือของกองทัพเรือ โดยในอดีตจนถึงปัจจุบัน เรือหลวง เรือรบขนาดเล็ก รวมไปถึงเรือขนส่งทางธุรการ ต่างใช้ระบบขับเคลื่อนที่มีเครื่องยนต์สันดาปภายใน (Internal combustion engine) เป็นเครื่องต้นกำลังขับทั้งสิ้น ทำให้กรมอู่ทหารเรือ เปรียบเสมือนจุดศูนย์กลางขององค์ความรู้ ในการซ่อมบำรุง ตลอดจนการวิจัยและพัฒนา ของระบบขับเคลื่อนเรือดังกล่าวทั้งในระดับกองทัพเรือ และระดับประเทศ แต่ในปัจจุบันและอนาคตอันใกล้ ระบบขับเคลื่อนไฟฟ้า (Electric Propulsion) มีแนวโน้มที่จะเข้ามามีบทบาทมากขึ้น เช่นเดียวกับวงการยานยนต์ ที่เริ่มเข้าสู่การเปลี่ยนผ่านเข้าสู่ยานยนต์ไฟฟ้า (Electric Vehicle) อย่างเป็นทางการทั้งในระดับโลก และในประเทศไทย ดังนั้นกรมอู่ทหารเรือจึงมีความจำเป็นที่จะต้องศึกษา และทำความเข้าใจในระบบขับเคลื่อนไฟฟ้า เพื่อรองรับการพัฒนา ที่จะเกิดขึ้นในอนาคต

ปัจจุบันกองทัพเรือมีเรือใช้สอยทางธุรการ เป็นเรือไม้ที่มีท้องเรือมีทรงคล้ายแตงโม ผ่าซีก จึงเรียกกันว่าเรือแตงโม ใช้ราชการมาแล้วกว่า 70 ปี

ด้วยรูปลักษณ์ของท้องเรือ ทำให้เรือแม้จะเอียงมากเพียงใด แต่ก็ยังสามารถทรงตัวอยู่ได้ โดยเรือแตงโมนี้ ปัจจุบันเรือสังกัดแผนกเรือบริการ กองเรือเล็ก กรมการขนส่งทหารเรือ เริ่มมีใช้ตั้งแต่ปี พ.ศ.2495 เป็นต้นมา โดยใช้บริการรับ - ส่งกำลังพลกองทัพเรือ และบุคคลทั่วไป ข้ามฟากในแม่น้ำเจ้าพระยา ในเวลาราชการ ระหว่างฝั่งธนบุรีกับฝั่งพระนคร ระหว่างท่านิเวศน์วรดิฐ กับ ท่าราชนาวิกสภา และ ท่าพระราชวังเดิม กับ ท่าราชนาวีสโมสร ปัจจุบันมีเรือให้บริการจำนวนทั้งสิ้น 11 ลำ โดยใช้ชื่อเรือว่า ขส.ทร 1101 ถึง 1111 และเรือแต่ละลำจะมีนามแฝงโดยตั้งจากชื่อคลองสำคัญ ๆ เช่น บางกอกน้อย บางหลวง ชักพระ ผดุงกรุงเกษม ตลิ่งชัน โอ่งอ่าง

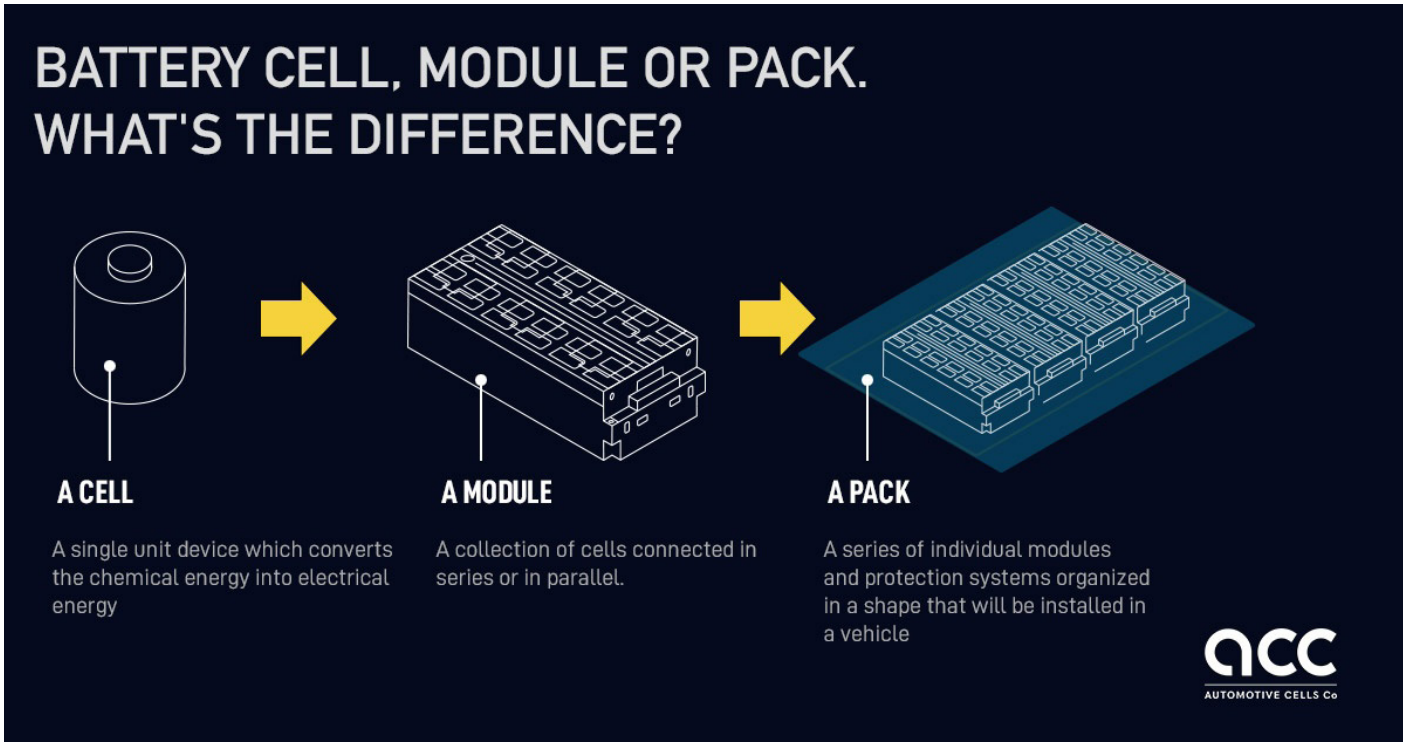
การที่เรือรุ่นนี้มีอายุการใช้งานของเครื่องยนต์มานาน จนถึงเวลาที่เครื่องยนต์ ต้องมีการเปลี่ยนทดแทน ดังนั้นแนวคิดในการจะใช้ระบบขับเคลื่อนไฟฟ้ามาทดแทนเครื่องยนต์จึงเกิดขึ้น

ภาพเรือแตงโม

ระบบขับเคลื่อนไฟฟ้า

การทำงานของระบบขับเคลื่อนไฟฟ้า ไม่ได้ซับซ้อนเท่ากับการทำงานของระบบขับเคลื่อนด้วยเครื่องยนต์สันดาปภายใน ด้วยองค์ประกอบของรถไฟฟ้าแล้ว มอเตอร์ไฟฟ้ามีส่วนที่เคลื่อนที่เพียงส่วนเดียว ขณะที่เครื่องยนต์มีเป็นร้อย ๆ ส่วน ซึ่งระบบขับเคลื่อนไฟฟ้าจะใช้ระบบแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง (DC) เป็นหลัก แต่จะเปลี่ยนเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) เมื่อส่งไฟฟ้าเข้าไปยังมอเตอร์ โดยการทำงานหลัก ๆ ของระบบขับเคลื่อนไฟฟ้า อาศัยอุปกรณ์ 5 ส่วนทำงานร่วมกัน [1] ดังนี้

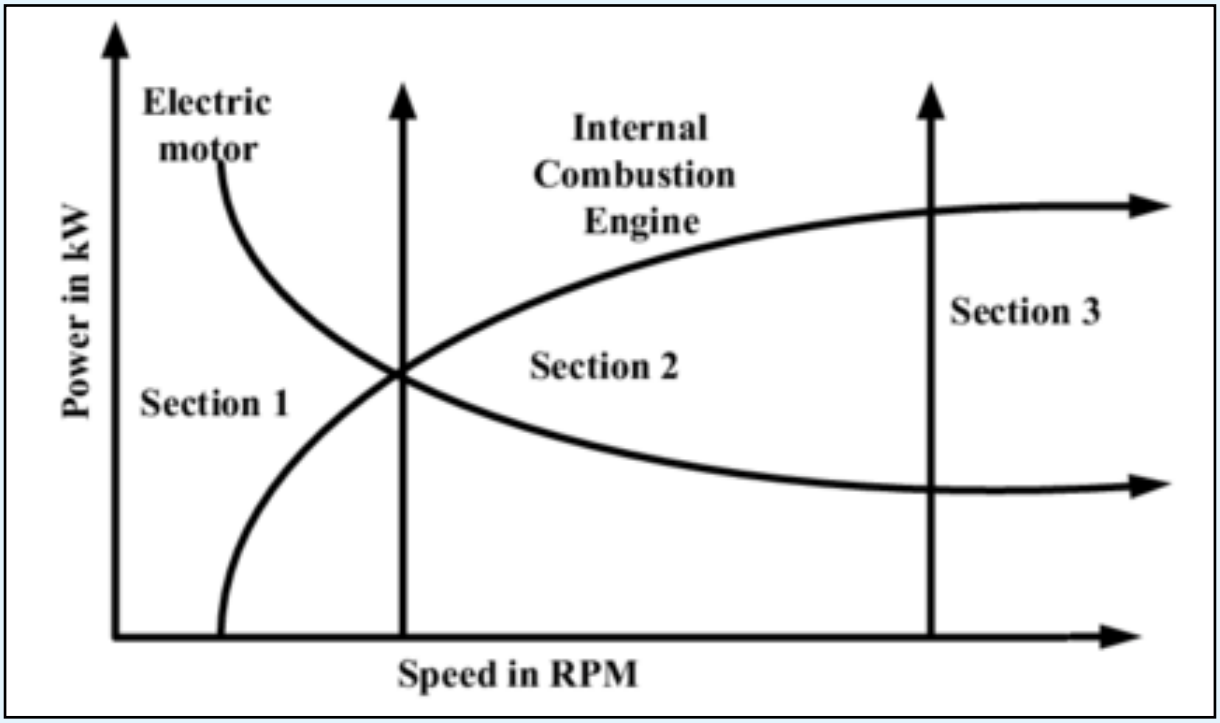
1. แบตเตอรี่ (Battery) โดยปัจจุบันนิยมใช้แบตเตอรี่ชนิด ลิเธียมไอออน (Lithium – Ion) เนื่องจากสามารถกักเก็บพลังงานได้สูง ทั้งต่อน้ำหนักและต่อปริมาตร ซึ่งเป็นแหล่งกักเก็บพลังงานไฟฟ้า โดยเป็นแบตก้อนเล็ก ๆ เรียกว่า เซลล์ ขนาดจะใหญ่กว่าถ่านไฟฉายเล็กน้อย ประกอบเข้าด้วยกันตั้งแต่หลักพันจนถึงหลักหมื่นก้อน เพื่อให้กลายเป็นแบตลูกใหญ่ 1 ลูก ที่เรียกว่า แบตเตอรี่โมดูลและแบตเตอรี่แพ็ค (Battery Pack) ซึ่งจะเต็มไปด้วยพลังงานไฟฟ้าซึ่งจะจ่ายพลังงานมาในรูปแบบกระแสตรง (DC)



ภาพ แบตเตอรี่ลิเธียมไอออนในระดับเซลล์ แบตเตอรี่โมดูล และ แบตเตอรี่แพ็ค [2]

2. Inverter คือ ระบบควบคุมการทำงานของอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าที่จะแปลงไฟจากกระแสตรง (DC) จากแบตเตอรี่เป็นกระแสสลับ (AC) ที่มอเตอร์รถยนต์ไฟฟ้า

3. มอเตอร์ (Induction Motor) หรือมอเตอร์เหนี่ยวนำ คือ เครื่องกลไฟฟ้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) ให้เป็นพลังงานกลชนิดหมุน (Kinetic Power) โดยเมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องยนต์สันดาปภายใน มอเตอร์จะมีจุดเด่นที่สามารถให้กำลังฉุด (Torque) สูงสุดตั้งแต่ความเร็วรอบต่ำ ตั้งแต่เริ่มใช้งาน หรือเรียกว่า Flat torque และไม่ต้องรอรอบ ซึ่งจะเห็นได้จากรถยนต์ไฟฟ้า จะมีอัตราเร่งที่สูงกว่า รถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์สันดาปภายใน

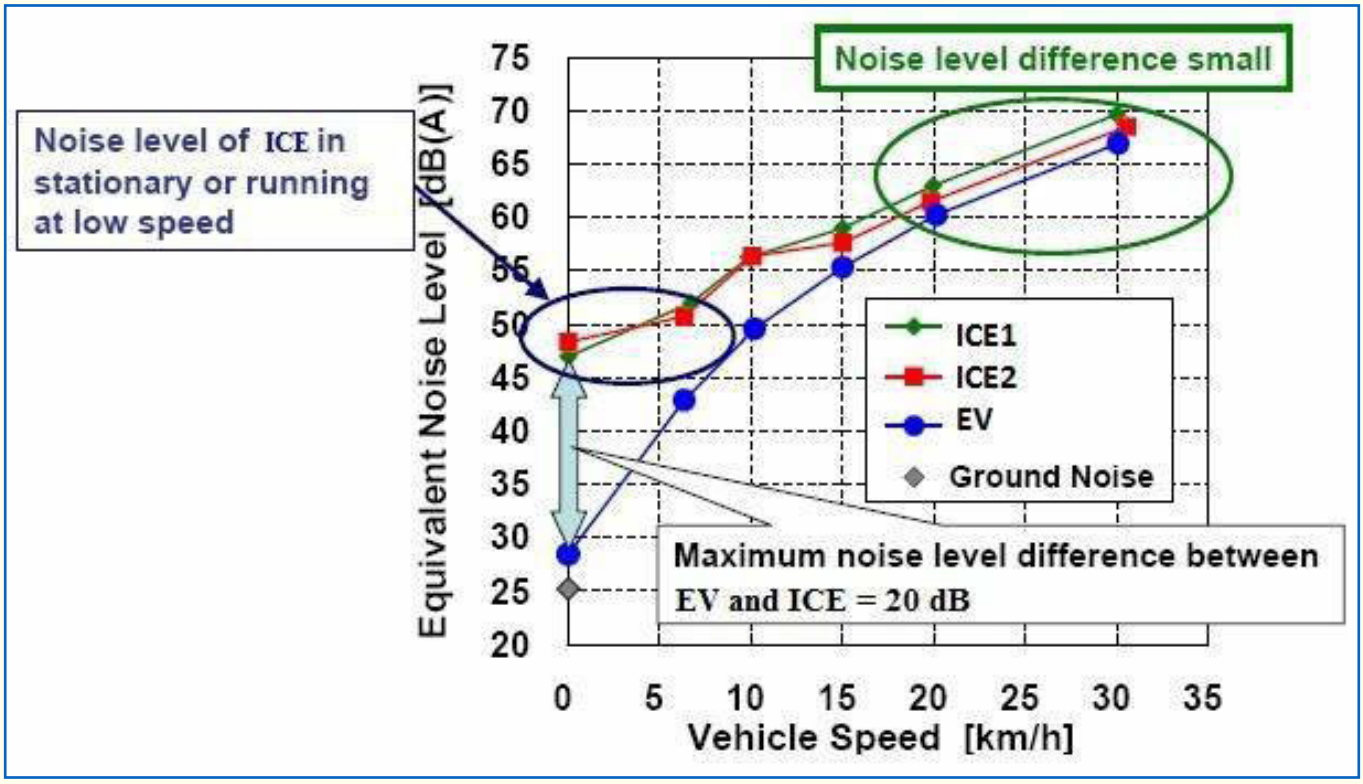


ภาพ ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและกำลังของมอเตอร์ไฟฟ้าเปรียบเทียบกับเครื่องยนต์สันดาปภายใน [3]

4. ระบบขับเคลื่อน (Driving Train) โดยหลักแล้วระบบขับเคลื่อนไฟฟ้าจะเป็นแบบเกียร์เดียว โดยใช้การควบคุมการทำงานของมอเตอร์ด้วยคอมพิวเตอร์เป็นหลัก แต่อาจจะมีแค่บางรุ่นจะออกแบบให้เป็นแบบ 2 เกียร์

5. ที่ชาร์จไฟ (Charging) ทำหน้าที่รับไฟฟ้าจากสถานีชาร์จไฟเข้าไปเก็บยังแบตเตอรี่ โดยแปลงกระแส และค่าความต่างศักดิ์ ให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสมกับแบตเตอรี่

โดยเมื่อนำระบบขับเคลื่อนไฟฟ้ามาติดตั้งในเรือ จะมีจุดเด่น คือ กำลังฉุด (Torque) ในช่วงเริ่มต้นที่สูง นำไปสู่อัตราเร่งที่ดีกว่า เสียงที่เงียบกว่าซึ่งจากงานวิจัยมอเตอร์ไฟฟ้าจะปล่อยเสียงต่ำกว่าเฉลี่ย 20 dB ในช่วงความเร็วรอบต่าง ๆ และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เนื่องจากไม่มีการเผาไหม้ที่นำไปสู่การปล่อยก๊าซเสีย เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ และ ฝุ่น PM 2.5



ภาพ เปรียบเทียบระดับเสียงของมอเตอร์ไฟฟ้า และเครื่องยนต์สันดาปภายใน [4]

ความก้าวหน้าของเรือไฟฟ้าในระดับโลก และในประเทศไทย

ถึงแม้ว่าจะยังไม่มีกองทัพเรือของประเทศใด นำระบบขับเคลื่อนไฟฟ้าล้วน (All Electric Propulsion) มาใช้ในเรือรบอย่างเป็นทางการเนื่องจากยังอยู่ในขั้นตอนการวิจัยและพัฒนา แต่สำหรับเรือเพื่อการพาณิชย์นั้นเริ่มมีการใช้งานอย่างแพร่หลายทั้งในระดับโลกและในประเทศไทย เนื่องจากความกังวลจากค่าการปล่อยก๊าซเสีย หรือ คาร์บอนไดออกไซด์ จากเครื่องยนต์สันดาปภายในซึ่งส่วนใหญ่ใช้น้ำมันดีเซลของอุตสาหกรรมการเดินเรือในภาพรวมที่สูงถึง 940 ล้านตันต่อปี หรือคิดเป็น 3% ของปริมาณที่เกิดขึ้นทั้งหมด จึงนำไปสู่การพัฒนาเรือไฟฟ้าเพื่อใช้งานในวัตถุประสงค์ต่าง ๆ อาทิ

ภาพ เรือเฟอรี่ไฟฟ้า E-ferry Ellen

เรือเฟอรี่ไฟฟ้า E-ferry Ellen มีระวางขับน้ำ 650 ตัน สร้างขึ้นในปี ค.ศ.2019 สามารถบรรจุผู้โดยสารได้ 198 คน และรถยนต์ 31 คัน โดยได้รับการสนับสนุนทางการเงินจากสหภาพยุโรป เรือ E-ferry Ellen ติดตั้งแบตเตอรี่ลิเธียมไอออน ขนาด 4.3 MWh และ มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 750 kW จำนวน 2 เครื่อง โดยให้บริการเป็นเรือเฟอรี่ระหว่างเกาะ ในภูมิภาคตอนใต้ของประเทศเดนมาร์ก มีระยะทำการที่ 22 ไมล์ทะเล โดยคาดการณ์ว่าจะสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก หรือ คาร์บอนไดออกไซด์ได้ถึง 2,000 ตันต่อปี ซึ่งถือว่าเป็นเรือลำแรกที่ใช้ระบบไฟฟ้าล้วนโดยไม่มีการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจากพลังงานน้ำมันดีเซลเป็นระบบสำรอง [5]

ภาพ เรือขนส่งน้ำมันไฟฟ้า e5 Tanker

เรือน้ำมันไฟฟ้า e5 Tanker เป็นโครงการทดสอบการใช้เรือขนส่งน้ำมันพลังงานไฟฟ้าภายในอ่าวโตเกียว ประเทศญี่ปุ่น เพื่อลดปัญหาการปล่อยมลพิษภายในพื้นที่ มีระวางขับน้ำ 500 ตัน สร้างขึ้นในปี ค.ศ.2021 e5 Tanker ติดตั้งแบตเตอรี่ลิเธียมไอออนขนาด 3.48 MWh และมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 300 kW 1 เครื่อง และ ขนาด 68 kW 2 เครื่อง โดยถือว่าเรือน้ำมัน (Tanker) ลำแรกของโลกที่ใช้ระบบขับเคลื่อนไฟฟ้าเต็มรูปแบบ [6]

ภาพ เรือขนส่งถ่านหินไฟฟ้า Guangzhou Tanker

เรือ Guangzhou Tanker เป็นเรือขนส่งถ่านหิน มีระวางขับน้ำ 2,000 ตัน ถูกใช้ในเส้นทางการขนส่งถ่านหินระหว่างเหมืองไปสู่โรงไฟฟ้าของประเทศจีน บริเวณแม่น้ำไข่มุก โดยติดตั้งแบตเตอรี่ลิเธียมไอออน ขนาด 2.4 MWh สามารถทำความเร็วได้สูงสุด คือ 12.8 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และระยะทำการที่ 80 กิโลเมตร โดยถือว่าเป็นเรือขนส่งสินค้าลำแรกของโลก ที่ใช้ระบบขับเคลื่อนไฟฟ้า [7]

ภาพ เรือไฟฟ้า MINE Smart Ferry

เรือไฟฟ้าในประเทศไทย MINE Smart Ferry

เรือ MINE Smart Ferry ออกแบบและสร้างในรูปแบบคาตามารารัน ตัวเรือประกอบจากวัสดุอะลูมิเนียมอัลลอยด์ เรือมีขนาดกว้าง 7 เมตร และยาว 24 เมตร สามารถรองรับผู้โดยสารได้ถึง 250 คน สามารถทำความเร็วได้สูงสุด 18 น็อต ด้านระบบพลังงานไฟฟ้า MINE Smart Ferry ได้นำเทคโนโลยีแบตเตอรี่ลิเธียมไอออนขนาด 800 kWh สามารถอัดประจุไฟฟ้าจากสถานีชาร์จ ได้ด้วยเวลาเพียง 15 - 20 นาที และสามารถเดินทางได้ระยะทางสูงสุด 100 กิโลเมตรต่อการชาร์จ 1 ครั้ง

เรือโดยสารไฟฟ้า MINE SMART FERRY ได้รับการจดทะเบียนให้เป็นเรือโดยสารไฟฟ้าลำแรกของประเทศ ผ่านการตรวจสอบ การทดสอบระบบความปลอดภัย และการเดินเรือตามมาตรฐานของกรมเจ้าท่า และได้รับรางวัลนวัตกรรมแห่งชาติ ประจำปี 2563 จากสำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ โดยได้เริ่มเปิดทดลองให้บริการ ตั้งแต่วันที่ 23 ธันวาคม 2563 เป็นต้นมา โดยยานพาหนะไฟฟ้าทางน้ำที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ไร้มลพิษทางอากาศและ PM 2.5 และไม่มีเสียงดังรบกวน

การติดตั้งระบบขับเคลื่อนไฟฟ้าในเรือแตงโมของกองทัพเรือ โดยอู่ทหารเรือธนบุรี กรมอู่ทหารเรือ

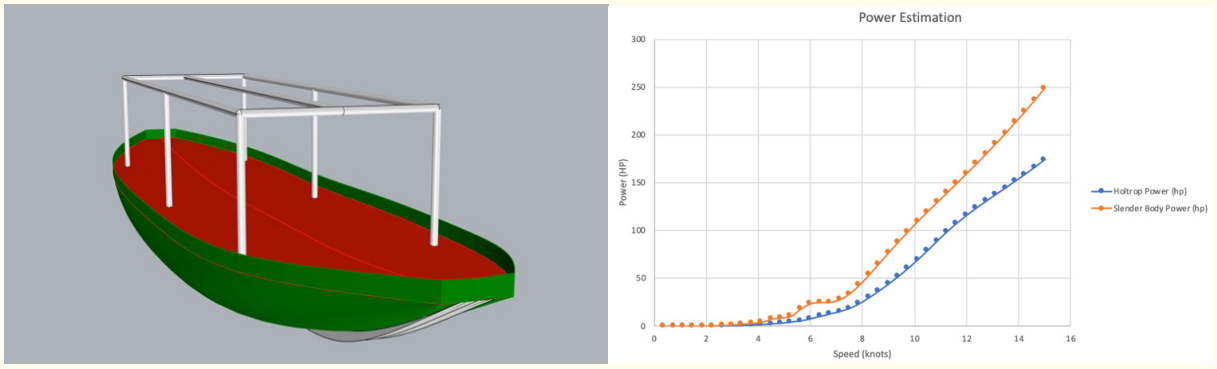
กองทัพเรืออนุมัติแต่งตั้งคณะทำงานพลังงานทดแทน เพื่อดำเนินการในการนำพลังงานทดแทนมาใช้ในกองทัพเรือ ในการวิจัยและพัฒนาเพื่อการพึ่งพาตนเอง ตามแนวทางการพัฒนากองทัพเรือที่กำหนดไว้ในยุทธศาสตร์กองทัพเรือ 20 ปี (พ.ศ.2560 - พ.ศ.2579) ในเรื่องการส่งเสริมการสร้างเครือข่ายความร่วมมือการวิจัยและพัฒนายุทโธปกรณ์กับองค์กรต่าง ๆ ทั้งภาครัฐและภาคเอกชน โดยมี พลเรือโท ประชาชาติ ศิริสวัสดิ์ รองเสนาธิการทหารเรือ (ในขณะนั้น) เป็นหัวหน้าคณะทำงาน และ พลเรือโทสมัย ใจอินทร์ รองผู้บัญชาการกองเรือยุทธการ (ในขณะนั้น) เป็นรองหัวหน้าคณะทำงานฯ ซึ่งนำไปสู่ โครงการติดตั้งระบบขับเคลื่อนไฟฟ้าสำหรับรถโดยสาร และเรือเวรข้ามฟาก โดยมอบหมายให้ อู่ทหารเรือธนบุรี กรมอู่ทหารเรือ เป็นหน่วยรับผิดชอบ โดยเลือกใช้เรือ ขส.ทร. 1110 หรือเรือแตงโม เป็นเรือต้นแบบ

ภาพ พิธีการเปิดตัวและแถลงข่าวเรือแตงโมไฟฟ้า

ขั้นตอนในการดำเนินการในการปรับเปลี่ยนระบบขับเคลื่อนของเรือ

1. การออกแบบ และคำนวณความเสถียรของเรือแตงโม เพื่อรองรับการติดตั้งระบบขับเคลื่อนไฟฟ้า โดยการดำเนินการเปลี่ยนระบบขับเคลื่อนจากเครื่องยนต์สันดาปภายในเป็นระบบขับเคลื่อนไฟฟ้าจะต้องถอดถอนเครื่องยนต์สันดาปภายใน และติดตั้งมอเตอร์ไฟฟ้าที่ให้กำลังใกล้เคียงกันเข้าแทนที่ ซึ่งในขั้นนี้ถือเป็นข้อดีของระบบขับเคลื่อนไฟฟ้า เนื่องจากมอเตอร์ไฟฟ้ามีน้ำหนักน้อยกว่าเครื่องยนต์ที่ให้กำลังเท่ากันถึง

50% แต่ในระบบขับเคลื่อนไฟฟ้านั้น จำเป็นต้องติดตั้ง แบตเตอรี่ลิเธียมขนาด 50 kWh ที่มีน้ำหนักประมาณ 1 ตัน เพื่อให้มีพลังงานเพียงพอต่อการใช้งานในหนึ่งวัน ทำให้ต้องมีการคำนวณความเสถียรของเรือแตงโมใหม่ เพื่อให้มั่นใจว่าเรือแตงโม สามารถรองรับน้ำหนักของแบตเตอรี่ที่เพิ่มเข้าไปได้



ภาพ แบบและการคำนวณกำลังขับเคลื่อนของเรือแตงโม

2. ดำเนินการดัดแปลง และติดตั้งระบบขับเคลื่อนไฟฟ้าภายในเรือแตงโม โดยเริ่มต้นจาก การจัดทำชุดระบบขับเคลื่อนในโรงงาน ซึ่งเป็นการประกอบมอเตอร์ไฟฟ้า เข้ากับระบบเกียร์เดิมของเรือ เพื่อให้เรือคงรูปแบบการควบคุมซึ่งเป็นความคุ้นชินของผู้บังคับเรือ ก่อนนำลงติดตั้งในเรือ แล้วทดเอียงเรือเพื่อหา CG และตำแหน่งติดตั้งแบตเตอรี่ หลังจากนั้นจึงติดตั้งระบบขับเคลื่อน (มอเตอร์ + เกียร์ + เพลาใบจักร) รวมทั้งการติดตั้งอุปกรณ์ระบบไฟฟ้า (VCU + MCU + 3 in 1 (Inverter, Converter and Transformer)) และ เดินสายไฟฟ้าทั้งสายไฟฟ้ากำลังและสายสัญญาณ

ภาพ การประกอบเกียร์กับมอเตอร์ไฟฟ้าภายนอกตัวเรือ

ภาพ การติดตั้งระบบขับเคลื่อนในตัวเรือ

ภาพ การติดตั้งระบบไฟฟ้าและแบตเตอรี่

3. การทดสอบทดลอง ประสิทธิภาพการใช้งานหลังติดตั้งระบบขับเคลื่อนไฟฟ้า ตั้งแต่ทดสอบระบบบนบก และหน้าท่า (HAT) ตลอดจนทดสอบวิ่งระยะสั้น (Pre – SAT) บก.ขส.ทร. คลองมอญ – ร.พ.ศิริราช โดยขั้นนี้เรือแตงโมไฟฟ้า สามารถผ่านการทดสอบตามมาตรฐานของกรมอู่ทหารเรือ และในภาพรวมเรือแตงโมไฟฟ้า มีประสิทธิภาพที่สูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับระบบขับเคลื่อนเดิมของเรือ

ภาพ ทดสอบวิ่งระยะสั้น (Pre – SAT) บก.ขส.ทร. คลองมอญ – ร.พ.ศิริราช

- มอเตอร์รอบตัวเปล่า สูงสุด 2,000 RPM
- มอเตอร์รอบจ่ายโหลด สูงสุด 1,900 RPM
- Gear Ratio 2.75:1
- Battery Time to Fully Charged (0 % to 100%) 5 Hr.

รอบ 1000 RPM	แบตเตอรี่	30 นาที	1 ชั่วโมง	5 ชั่วโมง	ความเร็ว
50%	100%	ลดลง 10%	ลดลง 20%	ลดลง 100%	4 น็อต
รอบ 1350 RPM				3.30 ชั่วโมง	
75%	100%	ลดลง 15%	ลดลง 30%		5.5 น็อต
รอบ 1500 RPM				1.30 ชั่วโมง	
85%	100%	ลดลง 30%	ลดลง 60%		6.7 น็อต

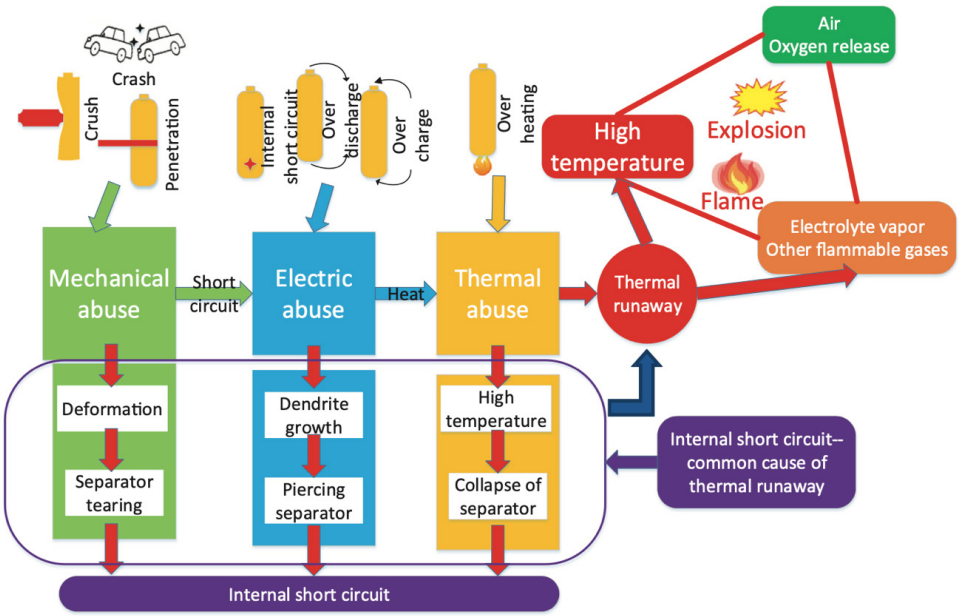
ภาพ ประสิทธิภาพของเรือแตงโมไฟฟ้า

เรือแตงโมที่ติดตั้งระบบขับเคลื่อนไฟฟ้านี้ จะวิ่งได้ประมาณ 5 ชั่วโมงต่อการชาร์จ 1 ครั้ง ที่ความเร็ว 5 น็อต และความเร็วสูงสุด 8 น็อต ซึ่งถือเป็นครั้งแรกที่มีการติดตั้งระบบขับเคลื่อนไฟฟ้าเข้ากับเรือของกองทัพเรือ โดยเป็นการดำเนินการของกรมอู่ทหารเรือเอง

ประเด็นเรื่องความปลอดภัย และแนวคิดการลดความเสี่ยงของระบบขับเคลื่อนไฟฟ้าในส่วนของแบตเตอรี่

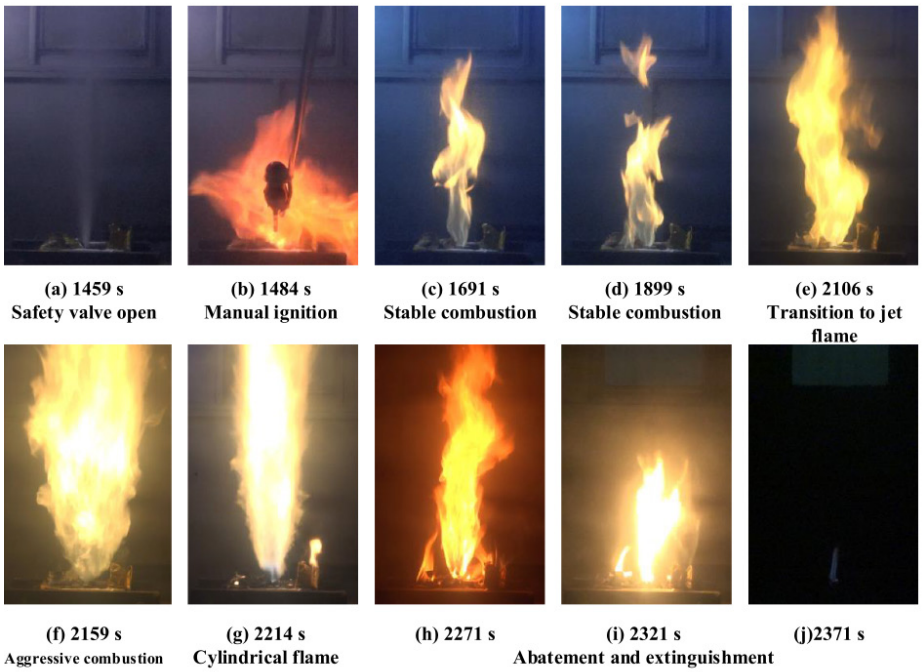
ในระบบขับเคลื่อนไฟฟ้าอุปกรณ์ซึ่งถือว่ามีความเสี่ยงสูงสุด คือ แบตเตอรี่ (Battery pack) ซึ่งเป็นชนิดลิเธียมไอออน โดยจุดเด่นของแบตเตอรี่ชนิดลิเธียมไอออน คือสามารถกักเก็บพลังงานในรูปแบบไฟฟ้าเคมี ได้ในปริมาณสูง ทั้งต่อน้ำหนัก และ ต่อปริมาตร แต่พลังงานดังกล่าว ก็สามารถเปลี่ยนรูปเป็นพลังงานความร้อนได้อย่างรวดเร็ว จนอาจนำไปสู่ความไม่ปลอดภัยทั้งต่อชีวิต และทรัพย์สิน ในกรณีที่มีการออกแบบ การผลิต การติดตั้ง หรือ การใช้งานที่ไม่เหมาะสม

แม้ว่าแบตเตอรี่ลิเธียมจะเป็นเทคโนโลยีที่มีความปลอดภัยสูง เนื่องจากผ่านการพัฒนามาอย่างยาวนาน และเกิดการถอดบทเรียนจากข้อผิดพลาดในอดีต จนเกิดเป็นมาตรฐานการทดสอบความปลอดภัยหลายมาตรฐานอาทิ UN 38.3 ซึ่งเป็นมาตรฐานการทดสอบความปลอดภัยของแบตเตอรี่ลิเธียมภายใต้ UN หรือ United Nation แต่แบตเตอรี่ลิเธียมไอออนก็ยังมีโอกาสเกิดความไม่ปลอดภัยได้ในรูปแบบต่าง ๆ [8] โดยอาจเกิดความร้อนสูงได้จากหลายสาเหตุ เช่น การกักเก็บหรือใช้งานแบตเตอรี่ในสถานที่ที่มีอุณหภูมิสูง (Thermal abuse) การที่แบตเตอรี่ได้รับแรงกระแทกหรือถูกของมีคมเจาะ (Mechanical abuse) จนทำให้ได้รับความเสียหายอาจเกิดขึ้นได้ทั้งระหว่างการขนส่งและการใช้งาน หรือแบตเตอรี่อาจมีตำหนิจากขั้นตอนการผลิต เช่น เยื่อเลือกผ่านมีการฉีกขาด (Separator) หรือมีโลหะปนเปื้อน ทำให้เกิดไฟฟ้าลัดวงจรจากภายในแบตเตอรี่



ภาพ แผนภาพแสดงโอกาสการเกิดความไม่ปลอดภัยของแบตเตอรี่ลิเธียมไอออน [9]

นอกจากนี้ ไม่ว่าจะเป็นการอัดหรือคายประจุแบตเตอรี่โดยปกติก็เกิดความร้อนอยู่แล้ว แต่หากแบตเตอรี่ หรือเครื่องประจุแบตเตอรี่ (Charger) มีความผิดปกติ ก็อาจทำให้เกิดอันตรายได้ สาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดไฟไหม้ได้ คือ การที่แบตเตอรี่ได้รับการอัดประจุเกินกว่าที่รับได้ (Overcharge) ซึ่งอาจเกิดในหลายกรณี เช่น เครื่องประจุแบตเตอรี่ มีความบกพร่องทำให้ไม่หยุดการอัดประจุแม้ว่าแบตเตอรี่จะเต็มแล้ว หรือแบตเตอรี่เสื่อมสภาพทำให้รับประจุได้น้อยลง สาเหตุอีกประการคือการใช้งานแบตเตอรี่อย่างหนัก เช่น การอัดหรือคายประจุด้วยกระแสสูงเป็นเวลานาน ซึ่งหากใช้ในสถานที่ที่มีอุณหภูมิสูงหรือแบตเตอรี่ไม่สามารถระบายความร้อนได้ดีนัก ก็ยิ่งมีความเสี่ยงต่อการเกิดไฟไหม้ได้สูง



ภาพ รูปแบบการติดไฟและการระเบิดของแบตเตอรี่ลิเธียม ในกรณีที่ใช้งานในความร้อนสูง [10]

หากแบตเตอรี่มีอุณหภูมิภายในถึง 60°C จะเริ่มมีความร้อนสูงขึ้นที่ขั้วลบและสารละลายอิเล็กโทรไลต์ ซึ่งเป็นสารไวไฟสูง (Highly flammable) มีปฏิกิริยาข้างเคียงทำให้เกิดผลิตภัณฑ์เป็นแก๊สต่าง ๆ (Gas evolution) ที่อาจติดไฟได้ เกิดกำลังดันภายในและเกิดความร้อนขึ้นด้วยส่งผลให้เกิดปฏิกิริยาลูกโซ่ต่อเนื่องจนในที่สุดอาจเกิดไฟลุกไหม้ หรือระเบิดได้ เหตุการณ์ดังกล่าวเรียกว่าการเกิดความร้อน ต่อเนื่องแบบกู่ไม่กลับ (Thermal runaway) ในบางกรณีอุณหภูมิอาจเพิ่มสูงถึง 900°C ได้ [11]

การเพิ่มความปลอดภัยของแบตเตอรี่ลิเธียม จึงเป็นหัวข้อการวิจัยที่มีความสำคัญ และกำลังได้รับความสนใจจากนักวิจัยจำนวนมากทั่วโลก ไม่แพ้การเพิ่มประสิทธิภาพในการกักเก็บพลังงาน หรือ การลดเวลาในการประจุไฟ โดยการเพิ่มความปลอดภัยของแบตเตอรี่ลิเธียม สามารถทำได้หลายระดับ อาทิ การติดตั้งอุปกรณ์ตัดการทำงานในกรณีการใช้กระแสเกินกว่าที่กำหนด (CID, Current Interrupt Device) หรือตัวตัดการทำงานในกรณี อุณหภูมิ ความดัน และ กระแส ผิดปกติ (PTC (Pressure, Temperature, Current) Switch) แต่การแก้ปัญหาดังกล่าวเป็นการแก้ปัญหาที่ปลายเหตุ ซึ่งหากพิจารณาส่วนประกอบหลักของแบตเตอรี่ลิเธียมจะเห็นว่า สารละลายอิเล็กโทรไลต์ ซึ่งใช้สารละลายกลุ่ม คาร์บอเนต เป็นต้นเหตุสำคัญของปัญหาความไม่ปลอดภัยเนื่องจากเป็นสารละลายที่ติดไฟสูงและมีจุดวาบไฟต่ำ ฉะนั้นจึงมีความพยายามที่จะเพิ่มสารหน่วงไฟ (Flame retardant electrolyte) ลงในสารละลายอิเล็กโทรไลต์ เพื่อให้ได้สารละลาย อิเล็กโทรไลต์ที่ไม่ติดไฟหรือติดไฟน้อยลง แต่สารหน่วยไฟซึ่งเป็นสารละลายกลุ่มฟอสเฟต มีค่าความหนืดสูง ความสามารถในการแพร่ผ่านของลิเธียมไอออนต่ำ นำไปสู่ประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ที่ต่ำลง และใช้เวลาชาร์จนานขึ้น จึงจำเป็นต้องวิจัยและพัฒนาต่อไป

สารละลายอิเล็กโทรไลต์ กลุ่มคาร์บอเนต

สารละลายอิเล็กโทรไลต์ กลุ่มฟอสเฟต

ภาพ การเปรียบเทียบการทดสอบการติดไฟ และ การทดสอบการทุบทำลายของแบตเตอรี่ลิเธียม ที่ใช้สารละลายอิเล็กโทรไลต์ กลุ่มคาร์บอเนต และ ฟอสเฟต

เมื่อนำระบบขับเคลื่อนไฟฟ้าที่มีแบตเตอรี่ลิเธียมขนาดใหญ่ มาติดตั้งบนเรือ ความปลอดภัย จึงเป็น สิ่งสำคัญเทียบเท่า หรือ เหนือกว่า ยานยนต์ไฟฟ้า (Electric vehicle) เนื่องจากในกรณีเกิดเหตุความไม่ปลอดภัย การอพยพ ผู้ใช้งาน หรือ ผู้โดยสาร ออกจากเรือไฟฟ้าย่อมทำได้ยากกว่า ยานยนต์ไฟฟ้า แต่หากมีการออกแบบ การติดตั้ง และทดสอบที่เป็นมาตรฐาน ซึ่งในประเทศไทยหน่วยงานที่ดูแล คือ กรมเจ้าท่า ซึ่งได้ประกาศใช้กฎหมาย ข้อบังคับกรมเจ้าท่า ว่าด้วยหลักเกณฑ์ วิธีการ เงื่อนไข และค่าธรรมเนียมการตรวจและการออกใบสำคัญรับรองการตรวจเรือ เพื่ออนุญาตให้ใช้เรือ และใบสำคัญแสดงการตรวจเรือเพื่อจดทะเบียนเรือไทย สำหรับเรือขับเคลื่อนด้วยพลังงานไฟฟ้า พ.ศ.2563 [12] การใช้งานเรือไฟฟ้าก็ย่อมมีความปลอดภัย

การเตรียมความพร้อมของกรมอู่ทหารเรือ

ดังนั้นกรมอู่ทหารเรือ ซึ่งต้องเป็นหน่วยเทคนิคที่รับผิดชอบการซ่อมบำรุงรักษาเรือของกองทัพเรือ รวมถึงเรือซึ่งจะใช้ระบบขับเคลื่อนไฟฟ้าล้วน (All electric propulsion) ในอนาคต การเตรียมความพร้อมเพื่อรองรับการพัฒนาดังกล่าวทั้งในด้านองค์ความรู้ของบุคคล องค์วัตถุ และองค์ยุทธวิธี จึงมีความจำเป็นที่ต้องเร่งดำเนินการอย่างต่อเนื่อง ต่อยอดองค์ความรู้ ทักษะ ประสบการณ์ ความชำนาญ ที่ได้สั่งสมจากอดีตจนถึงปัจจุบัน เพื่อให้กรมอู่ทหารเรือสามารถก้าวทันการพัฒนาทางเทคโนโลยี และทำให้กรมอู่ทหารเรือ ยังคงเป็นหน่วยงานชั้นนำทั้งในระดับกองทัพเรือ และระดับประเทศ ในเทคโนโลยีทางเรือในทุกมิติ โดยไม่ว่าเทคโนโลยีทางเรือจะพัฒนาก้าวล้ำไปเพียงใด เราจะยังคงก้าวต่อไปโดยไม่หยุดยั้ง

เอกสารอ้างอิง

1] บทความ รถยนต์ไฟฟ้าทำงานอย่างไร แบ่งออกเป็นกี่ขั้นตอน [https://www.thaievcharge.com/บทความ/electric-car/]

[2] Battery Cell, Module or Pack. What's the difference? [Infographics] [https://www.acc-emotion.com/stories/battery-cell-module-or-pack-whats-difference-infographics]

[3] Singh K, Bansal H, Singh D. Feed-forward modeling and real-time implementation of an intelligent fuzzy logic-based energy management strategy in a series–parallel hybrid electric vehicle to improve fuel economy. Electrical Engineering. 2020;102.

[4] Salleh I, Md zain MZ, Raja R. Evaluation of Annoyance and Suitability of a Back-Up Warning Sound for Electric Vehicles. International Journal of Automotive and Mechanical Engineering. 2013;8:1267-77.

[5] Andrew Tunnicliffe (3 September 2019). "Ellen E-ferry: the world's glimpse of the future of ferries". Ship Technology/Verdict Media Limited. Retrieved 2020-05-09.

[6] Brownell, Bradley (2020-05-22). "The Japanese Are Developing An Awesome 3.5 MWh Battery-Powered Ocean Freighter". Jalopnik. Archived from the original on 2020-05-23. Retrieved 2020-05-26.

[7] Fully electric cargo ship launched in Guangzhou [https://www.chinadaily.com.cn/business/2017-11/14/content_34511312.htm]

[8] ดร.วรวริศ กอปรสิริพัฒน์, สารพันความรู้ด้านพลังงาน, 2559

[9] Wang Q, Mao B, Stoliarov SI, Sun J. A review of lithium ion battery failure mechanisms and fire prevention strategies. Progress in Energy and Combustion Science. 2019;73:95-131.

[10] Mao B, Liu C, Yang K, Li S, Liu P, Zhang M, et al. Thermal runaway and fire behaviors of a 300 Ah lithium ion battery with LiFePO4 as cathode. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2021;139:110717.

[11] A. Golubkov, D. Fuchs, J. Wagner, H. Wiltsche, C. Stangl, G. Fauler, G. Voitic, A. Thaler and V. Hacker,“Thermal-runaway experiments on consumer Li-ion batteries with metal-oxide and olivin-type cathodes,”RSC Advances, vol. 4, pp. 3633-3642, 2014.

[12] ข้อบังคับกรมเจ้าท่า ว่าด้วยหลักเกณฑ์ วิธีการ เงื่อนไข และค่าธรรมเนียมการตรวจและการออกใบสำคัญรับรองการตรวจเรือ เพื่ออนุญาตให้ใช้เรือ และใบสำคัญแสดงการตรวจเรือเพื่อจดทะเบียนเรือไทย สำหรับเรือขับเคลื่อนด้วยพลังงานไฟฟ้า พ.ศ.2563

การเดินทางไปสู่การซ่อมบำรุงโดยเน้นความน่าเชื่อถือเป็นพื้นฐาน
(Reliability Based Maintenance)

นาวาเอก วิชาญ สีดา
ผู้อำนวยการกองวิจัยและพัฒนา กรมพัฒนาการช่าง กรมอู่ทหารเรือ

กล่าวนำ

เมื่อวันที่ 15 พ.ย. 2565 กองทัพเรือ จัดงานแถลงข่าว ในกิจกรรมครบรอบวันสิ้นพระชนม์ 100 ปี พลเรือเอก พระเจ้าบรมวงศ์เธอ พระองค์เจ้าอาภากรเกียรติวงศ์ กรมหลวงชุมพรเขตอุดมศักดิ์ เพื่อเทิดพระเกียรติ [1] ประจวบเหมาะกับผู้เขียนได้รับภารกิจให้เขียนบทความลงในวารสารกรมอู่ทหารเรือ เพื่อมอบเป็นของที่ระลึกให้กับแขกที่มาร่วมงานในวันที่ 9 ม.ค.66 ซึ่งเป็นวันคล้ายวันสถาปนากรมอู่ทหารเรือ ครบรอบ 133 ปี ทำให้นึกขึ้นได้ว่ามีหลาย ๆ สิ่งที่เกิดขึ้นในอดีตเพราะมีวัตถุประสงค์ที่ชัดเจนสามารถดำรงอยู่ได้นานจริง ๆ ไม่ว่าจะเป็นกองทัพเรือที่เสด็จเตี่ยได้ก่อตั้งขึ้นไว้เพื่อรักษาผลประโยชน์ของชาติทางทะเล หรือกรมอู่ทหารเรือที่ก่อตั้งขึ้นเพื่อซ่อมและสร้างเรือก็ตามทั้งสองสิ่งยังมีอยู่เหมือนเดิมเพื่อวัตถุประสงค์เดิม อย่างไรก็ตามในความเหมือนเดิมนี้วิธีการในการให้ได้มาซึ่งวัตถุประสงค์ที่ต้องการเปลี่ยนแปลงไปอย่างมาก ทั้งนี้เนื่องจากมีการปฏิวัติอุตสาหกรรม ตั้งแต่ยุคที่ 1 ที่มีการนำเครื่องจักรมาใช้ ตามด้วยยุคที่ 2 ที่เริ่มมีสายการผลิต และยุคที่ 3 ที่เริ่มมีการใช้ระบบอัตโนมัติแทนคนในสายการผลิต มาจนถึงปัจจุบันในยุคที่ 4 ที่เริ่มมีการนำระบบ Cyber Physical System มาใช้ [2] ผู้เขียนซึ่งสนใจการวิวัฒนาการของเทคโนโลยี และเพิ่งมีโอกาสเข้ามาทำงานในกรมอู่ทหารเรือ และพบว่ากรมอู่ทหารเรือกำลังพัฒนากลยุทธในการซ่อมบำรุง โดยเริ่มมีการนำ Condition Based Maintenance (CBM) เข้ามาใช้ ซึ่งจะนำไปสู่การซ่อมบำรุงแบบ Predictive Maintenance ในอนาคต จึงใคร่ขอนำเสนอการวิวัฒนาการของงานซ่อมบำรุงตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันและการวิวัฒนาการของกองทัพเรือด้านงานซ่อมบำรุง โดยบทความนี้จะกล่าวถึงกลยุทธ์การซ่อมบำรุงที่เกิดขึ้นในภาพกว้าง ๆ แต่จะเจาะลึกในเรื่องการซ่อมบำรุงโดยเน้นความน่าเชื่อถือเป็นพื้นฐาน (Reliability Based Maintenance หรือ ที่เรียกกันสั้น ๆ ว่า RBM) ซึ่งจะสอดคล้องกับคำว่า The Trusted Navy หรือ กองทัพเรือที่ประชาชนเชื่อมั่นและภาคภูมิใจ จากนั้นจะกล่าวถึงแนวทางการซ่อมบำรุงที่ผ่านมาของกองทัพเรือ และการพัฒนากลยุทธ์การซ่อมบำรุงที่เกิดขึ้นมาจนถึงปัจจุบันเพื่อเดินทางไปสู่การซ่อมบำรุงโดยเน้นความน่าเชื่อถือเป็นศูนย์กลาง

เนื้อหาในบทความมาจากการศึกษาค้นคว้าจากแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือต่าง ๆ ทั่วโลก โดยผู้เขียนพยายามวิเคราะห์และเรียบเรียงให้เป็นเรื่องราวที่เข้าใจง่าย ไม่ลงรายละเอียดทางเทคนิคมากจนเกินไป ถ้าผู้อ่านสนใจรายละเอียดในประเด็นใดสามารถเข้าไปศึกษาต่อในเอกสารอ้างอิงในโอกาสต่อไป หากมีเนื้อหาในบทความนี้ผิดพลาดไปจากเอกสารอ้างอิงเพราะผู้เขียนตีความผิด หรือมีเนื้อหาที่พาดพิงแล้วผู้เขียนไม่ได้ลงเอกสารอ้างอิง ผู้เขียนขออภัยไว้ ณ ที่นี้ ด้วยครับ

2. การวิวัฒนาการของการซ่อมบำรุง

เราสามารถสังเกตการวิวัฒนาการของการซ่อมบำรุงได้จากการวิเคราะห์การปฏิวัติต่าง ๆ ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันมีการปฏิวัติ (Revolution) ต่าง ๆ มากมาย แต่ที่เกี่ยวข้องกับการซ่อมบำรุง คือ การปฏิวัติทางอุตสาหกรรม (Industrial Revolution)

การปฏิวัติทางอุตสาหกรรมมีอยู่ 4 ยุคสมัยคือ [3]

ยุคที่ 1 เป็นยุคที่มนุษย์สามารถคิดค้นและสร้างเครื่องจักรขึ้นมาได้ และมีการนำเครื่องจักรมาใช้ทำงานแทนมนุษย์ การวิวัฒนาการทางอุตสาหกรรมครั้งแรกเกิดขึ้นในประเทศอังกฤษช่วงปี ค.ศ.1760 เป็นการปฏิวัติจากแรงงานคนและสัตว์มาเป็น *"เครื่องจักรไอน้ำ"* ทำให้งานที่ต้องใช้แรงงานซ้ำ ๆ ถูกทดแทนด้วยเครื่องจักรไอน้ำและใช้ถ่านหินเป็นพลังงานทางการผลิต ในยุคนี้มีสัญลักษณ์ที่สำคัญ คือ *"เครื่องทอผ้า"* การทอผ้าจากที่เคยเป็นเรื่องยากใช้เวลาในการทำและใช้แรงงานคนมากมาย เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นการใช้เครื่องจักรไอน้ำทำให้เสื้อผ้ามีราคาที่ถูกลงผู้คนเข้าถึงสินค้าที่ดีในราคาที่ถูกได้ง่ายขึ้น ในทางกลับกันก็ส่งผลกระทบต่ออาชีพแรงงาน เช่น แรงงานทอผ้ามากมายในประเทศอังกฤษค่อย ๆ หายไป

ยุคที่ 2 การปฏิวัติอุตสาหกรรมครั้งถัดมาเกิดขึ้นในประเทศสหรัฐอเมริกา ช่วงปี ค.ศ.1870 เป็นการเปลี่ยนแปลงจากพลังงานถ่านหินมาสู่การใช้พลังงานไฟฟ้า ก๊าซและน้ำมัน ด้วยระบบไฟฟ้าและการใช้สายพานในขบวนการผลิต ส่งผลให้เกิดการผลิตจำนวนมหาศาลอย่างที่ไม่เคยเกิดขึ้นมาก่อน ทำให้ประสิทธิภาพในการผลิตเพิ่มสูงขึ้นและต้นทุนการผลิตลดลง จึงเกิดเป็นยุคที่มีสินค้าเหมือน ๆ กันจำนวนมาก หรือที่เรียกกันว่า Mass Production ทำให้โรงงานที่มีขนาดใหญ่ก็จะยิ่งได้เปรียบในการประหยัดต่อขนาด หรือ Economy of Scale

ยุคที่ 3 การปฏิวัติอุตสาหกรรมครั้งนี้ได้พัฒนาจากครั้งที่ 2 การเกิดขึ้นของไฟฟ้านำมาสู่การพัฒนาระบบไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ สิ่งสำคัญที่เกิดขึ้นในยุคนี้คือ *"คอมพิวเตอร์"* คอมพิวเตอร์เครื่องแรกเกิดขึ้นในปี ค.ศ.1946 และนำเข้ามาใช้ในอุตสาหกรรมเมื่อปี ค.ศ.1970 ทำให้เกิดการผลิตแบบอัตโนมัติขึ้น ส่งผลให้ขบวนการผลิตมีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้นกว่าเดิม ในปัจจุบันนี้แทบทุกโรงงานต่างมีระบบการผลิตแบบอัตโนมัติเข้าไปเป็นส่วนช่วยในการผลิต ทำให้ต้นทุนในการผลิตถูกลง สินค้ามีราคาที่ถูกยิ่งกว่าเดิม ส่งผลดีต่อผู้บริโภค

ยุคที่ 4 การปฏิวัติอุตสาหกรรมที่กำลังจะเกิดขึ้นนี้จะเป็นการเปลี่ยนแปลงโลกครั้งใหญ่อย่างที่กล่าวได้ว่าโลกจะพลิกจากหลังมือไปหน้ามือ ทั้งในมิติของขนาด ความเร็ว และขอบเขต การปฏิวัติครั้งนี้โลกจะก้าวเร็วขึ้นแบบทวีคูณ

– ความเร็ว – หากเราย้อนดูในอดีตการปฏิวัติที่ผ่านมา การปฏิวัติครั้งแรกห่างจากโลกที่เราอยู่ในปัจจุบัน 250 ปี การปฏิวัติครั้งที่สองห่างจากปัจจุบัน 150 ปี การปฏิวัติครั้งล่าสุดห่างจากจุดที่เราอยู่ ณ ตรงนี้ 50 ปี หากนับระยะเวลาของแต่ละช่วงแล้ว โลกกำลังหมุนเร็วขึ้นแบบทวีคูณ ไม่ใช่เป็นการเดินแบบเส้นตรงอย่างที่ผ่านมา

– ความกว้าง – การปฏิวัติอุตสาหกรรมครั้งที่ 2 ที่เกิดขึ้นส่งผลต่อประชากรโลกเพียง 17% เท่านั้น เนื่องจากประชากรส่วนใหญ่ยังไม่มีไฟฟ้าใช้ การปฏิวัติอุตสาหกรรมครั้งที่ 3 ก็เช่นกัน ประชากร 4,000 ล้านคนยังเข้าไม่ถึงอินเตอร์เน็ต แต่ในช่วง 10 ปีที่ผ่านมา ระบบอินเตอร์เน็ตได้แทรกซึมไปอย่างรวดเร็วทั่วโลก ทำให้ผู้คนเข้าถึง Internet แล้วกว่า 50% ของประชากรทั้งโลก สิ่งนี้ทำให้โลกเชื่อมถึงกันได้มากขึ้น

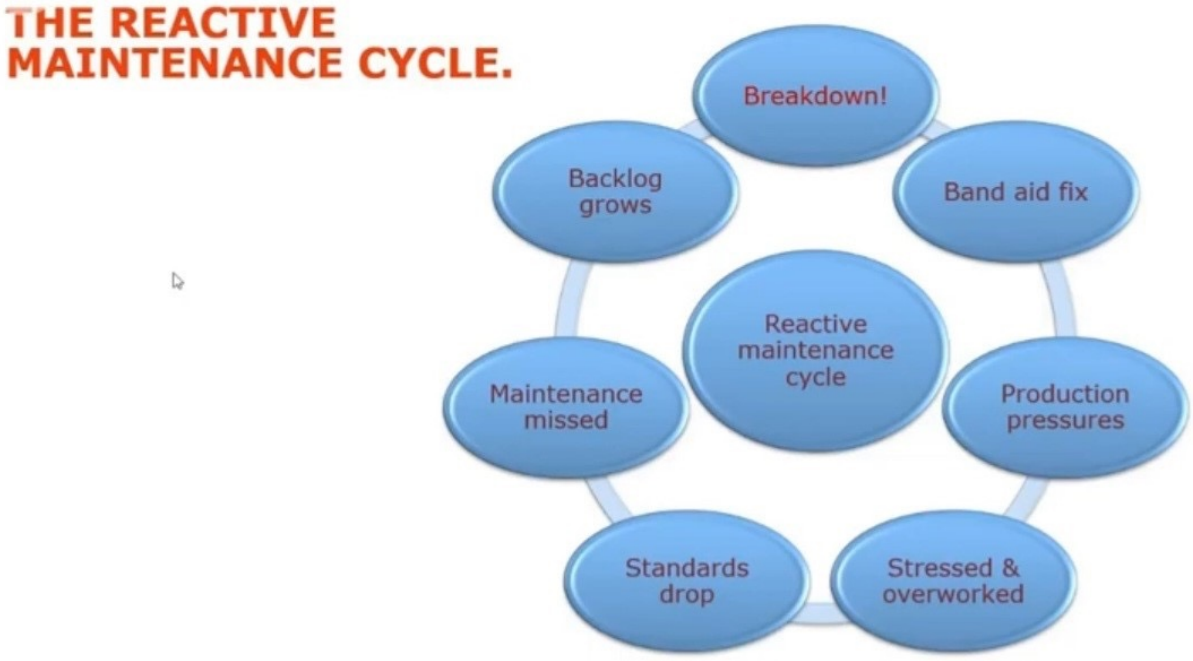
ปัจจุบันสามารถกล่าวได้ว่า สิ่งสำคัญในการแข่งขันทางธุรกิจจะไม่ใช่การลดต้นทุนอีกต่อไป แต่คือ นวัตกรรม และความคิดสร้างสรรค์ เช่น *“อูเบอร์”* บริษัทแท็กซี่ที่ใหญ่ที่สุดในโลก แต่ไม่มีรถในครอบครอง *“เฟซบุ๊ก”* บริษัทสื่อที่มีมูลค่ามากกว่า GDP ประเทศไทย แต่ไม่ได้มีเนื้อหาของตัวเองเลย *“Airbnb”* บริษัทจัดหาที่พักที่ใหญ่ที่สุดในโลก แต่ไม่มีห้องพักของตนเองสักห้องเดียว

รายงานการวิจัยของสหรัฐอเมริกาได้กล่าวไว้ว่า แรงงานกว่า 47% มีความเสี่ยงที่จะหายไปใน 10 หรือ 20 ปีข้างหน้า โดยเฉพาะแรงงานที่มีลักษณะทำซ้ำและมีรายได้ปานกลางจะหดหายไปอย่างมหาศาล อย่างไรก็ตามนวัตกรรมทางเทคโนโลยี และการปฏิวัติอุตสาหกรรมแม้จะทำลายงานไปบางส่วน แต่ก็มักจะสร้างงานใหม่ ๆ ในกิจกรรมอื่น ๆ ทดแทนขึ้นมาเช่นกัน

ถึงแม้ว่าจะมีการปฏิวัติอุตสาหกรรมถึง 4 ครั้ง ทำให้เกิดอุปกรณ์ที่ต้องซ่อมบำรุงเพิ่มขึ้นเป็นจำนวนมากแต่วิวัฒนาการในการซ่อมบำรุงเปลี่ยนแปลงไปน้อยมาก โดยหลักการในการซ่อมบำรุงนั้นยังคงเหมือนเดิม แต่กลยุทธ์ในการซ่อมบำรุงนั้นเปลี่ยนแปลงไปตามการวิวัฒนาการของเทคโนโลยี หลักการในการซ่อมบำรุงที่มีอยู่มาตั้งแต่อดีตถึงปัจจุบันก็คือ 1 ไม่ซ่อม 2 ซ่อมเมื่อเสีย 3 ซ่อมตามที่คนขายอุปกรณ์บอก 4 ซ่อมเมื่อเห็นอาการแสดงออกมาว่าใกล้เสียแล้ว การจะเลือกใช้หลักการใดในการซ่อมบำรุงนั้นมีปัจจัยประกอบหลายอย่าง เช่น ราคา ผลกระทบที่เกิดขึ้น อายุการใช้งาน อาการที่แสดงออกตอนใกล้เสีย การใช้งาน และความเสี่ยงที่ยอมรับได้ เป็นต้น จากสี่หลักการนี้สามารถแบ่งการซ่อมบำรุงออกเป็นหลายประเภทดังต่อไปนี้

3. ประเภทของการซ่อมบำรุง

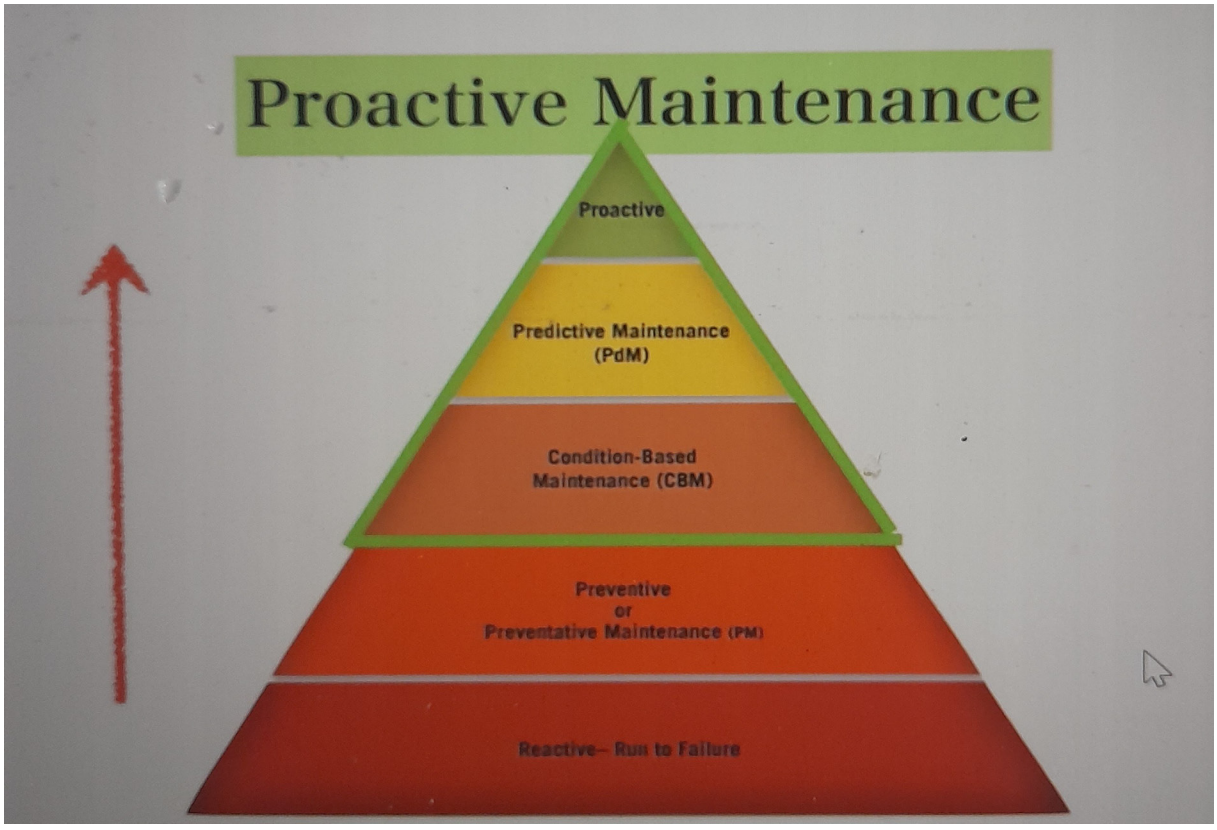
Reactive Maintenance หรือ *“การซ่อมบำรุงเชิงรับ”* เป็นประเภทงานซ่อมในแบบเชิงรับ ซึ่งความหมายของงานซ่อมชนิดนี้จริง ๆ คือ การรอรับมือกับเครื่องจักรที่พังเข้ามาในทุก ๆ วัน โดยหลักการของงานซ่อมบำรุงประเภทนี้คือใช้งานเครื่องจักรจนเครื่องจักรพัง (Run to fail) แล้วหลังจากนั้นค่อยซ่อมกลับมาให้ใช้ได้ใหม่ ดังนั้นช่างซ่อมในโรงงานก็คอยรับมือกับเครื่องจักรพังในทุก ๆ วัน ทางทีมซ่อมก็จะมีหน้าที่เข้าไปแก้ไขปัญหานั้นให้เสร็จสิ้นเพื่อที่จะทำให้ใช้ราชการได้ต่อไป โดยประเภทงานซ่อมที่เข้าไปแก้ไขเครื่องจักรที่พังอยู่ให้กลับมาใช้งานได้ เราจะเรียกว่า CM หรือ Corrective Maintenance หรือบางที่จะใช้คำว่า BM หรือ Break Down Maintenance ซึ่งส่วนใหญ่เครื่องจักรเสียหายอยู่แล้ว ถ้าเป็นแบบนี้ทางทีมซ่อมต้องรีบเข้าไปแก้ไขให้เร็วที่สุดทำให้ช่างเครียดโดยเฉพาะ ถ้าอยู่ระหว่างภารกิจสำคัญดังแสดงในรูปที่ 1 วงโคจรของ Reactive maintenance



รูปที่ 1 วงโคจรของ Reactive maintenance

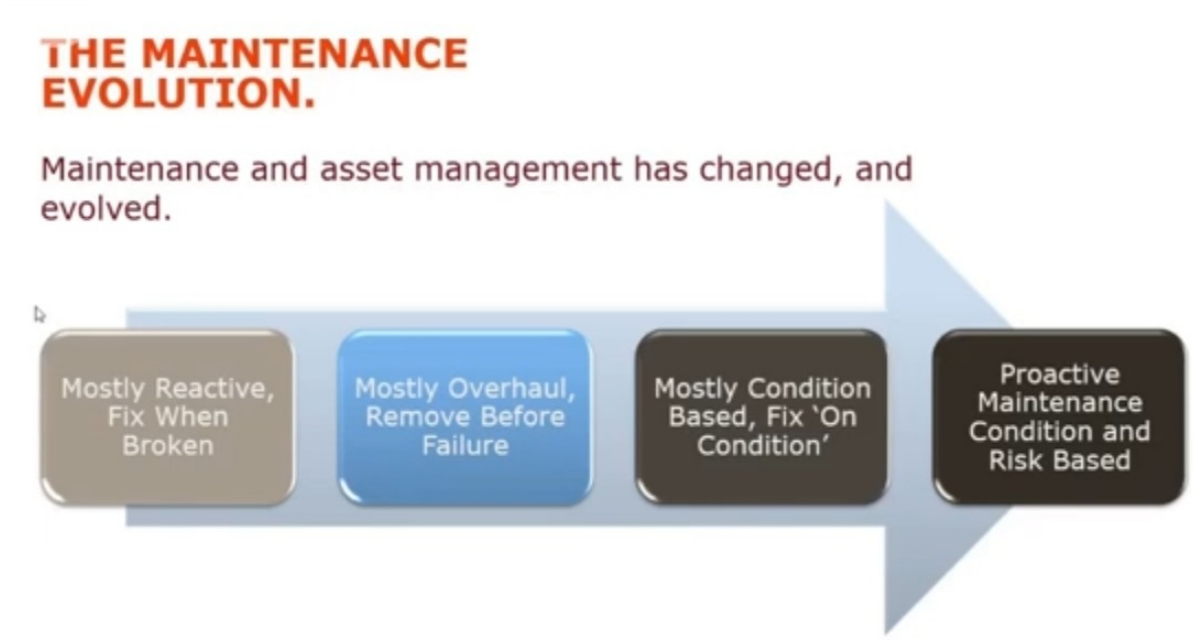
Preventive Maintenance หรือ การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน โดยความหมายคือ เป็นการซ่อมบำรุงเชิงป้องกัน โดยจะเข้าไปทำกิจกรรมงานซ่อมต่าง ๆ ตามที่ OEM แนะนำมาเพื่อป้องกันไม่ให้เครื่องจักรพัง ในยุคแรก ๆ จะเป็นแบบแรกคือ Reactive maintenance โดยจะเดินเครื่องจักรไปเรื่อย ๆ จนมันพัง พอเครื่องจักรพังเสร็จก็รีบไปซ่อม พอซ่อมเสร็จก็กลับไปใช้ และวนลูปแบบนี้ไปเรื่อย ๆ แต่ว่า *“เวลาเราปล่อยเครื่องจักรพังเลย ค่าซ่อมจะแพงกว่าที่เรารีบซ่อมก่อนที่มันจะพัง”* และเรื่องประสิทธิภาพเวลาเราซ่อมก่อนที่มันจะพังดีกว่า เพราะว่าชิ้นส่วนด้านในเครื่องจักรที่สำคัญยังไม่พังเสียหายมาก ดังนั้นจึงมีการวางแผนซ่อมบำรุง ก่อนที่เครื่องจักรตัวนั้นจะพัง เพราะต้นทุนงานบำรุงรักษา ความน่าเชื่อถือ และประสิทธิภาพของตัวเครื่องจักรจะดีกว่า โดยใช้คำแนะนำจากผู้ผลิตเครื่องมากำหนดเวลาที่เหมาะสมเข้าไป บำรุงรักษา และซ่อม ยกตัวอย่างเช่น มีปั๊ม 1 ตัว เราอาจจะกำหนดแผน การเปลี่ยนถ่ายน้ำมันทุก 6 เดือน และถอดออกมาซ่อม (Overhaul) ทุก ๆ 4 ปีเป็นต้น

Proactive Maintenance หรือ การซ่อมบำรุงเชิงรุก เรียกได้ว่าเป็นที่สุดในการกำหนดกลยุทธ์ในการซ่อมบำรุง (บนสุดของยอดพีระมิดงานซ่อมบำรุงดังรูปที่ 2) ซึ่งจะเป็นการผสมผสานงานซ่อมทั้งในแบบ Reactive Maintenance และ Preventive Maintenance โดยใช้ศาสตร์ในการคาดการณ์ Predictive Maintenance และ Condition Base Monitoring มากำหนดช่วงเวลาเหมาะสมที่สุดในการเข้าไปซ่อม เพื่อลดต้นทุนงานซ่อมให้มากที่สุด ขอยกตัวอย่างอย่างง่ายจากหัวข้อก่อนหน้า ที่เราจะตัดสินใจซ่อมปั๊มทุก 4 ปีคำถาม คือ เราจะรู้ได้อย่างไรว่าเร็วเกินไป หรือช้าเกินไป ซึ่งล้วนแล้วแต่กระทบต่อต้นทุนทั้งสิ้น ดังนั้น Proactive Maintenance จะเป็นคำตอบที่จะลดต้นทุนในงานซ่อม อย่างเหมาะสมที่สุด (Cost Optimization) เมื่อเพิ่มแผนการดูแลเครื่องจักร อย่างเหมาะสม ต้นทุนในงานซ่อมจะลดลงอย่างมีนัยยะสำคัญ โดย Proactive Maintenance จะเข้าไปจัดการถึงต้นตอของปัญหาเครื่องจักรจริง ๆ (Root Cause) เพราะจะมีเครื่องจักรบางตัวพังบ่อย ๆ ปีหนึ่งหลาย ๆ ครั้ง หรือที่เราเรียกว่า Bad actor ซึ่งการเสียหายบ่อย ๆ อาจจะจากการออกแบบไม่เหมาะสมตั้งแต่แรก ทำให้ซ่อมเท่าไหร่ก็ไม่หาย เป็นต้น หรือการเข้าไปวัดคุณภาพของเครื่องจักร ณ เวลานั้นจริง ๆ ว่าถึงเวลาสมควรแล้วหรือยังที่ต้องซ่อม หรือที่เรียกว่า Condition Based Monitoring เช่น การวัด Vibration Monitoring เป็นต้น ซึ่งรวมไปถึงการเก็บข้อมูลต่าง ๆ ในงานซ่อมบำรุง ไม่ว่าจะเป็นอายุใช้งานเครื่องจักร เวลาในการซ่อมบำรุง งบประมาณการซ่อมบำรุงต่าง ๆ เพื่อมาใช้วิเคราะห์เชิงสถิติ ในระบบคอมพิวเตอร์ หรือ ระบบ CMMS (Computerized Maintenance Management System) เพื่อนำมากำหนดกลยุทธ์ และวิเคราะห์ปัญหางานซ่อมบำรุงในภาพรวม



รูปที่ 2 พีระมิดงานซ่อมบำรุง

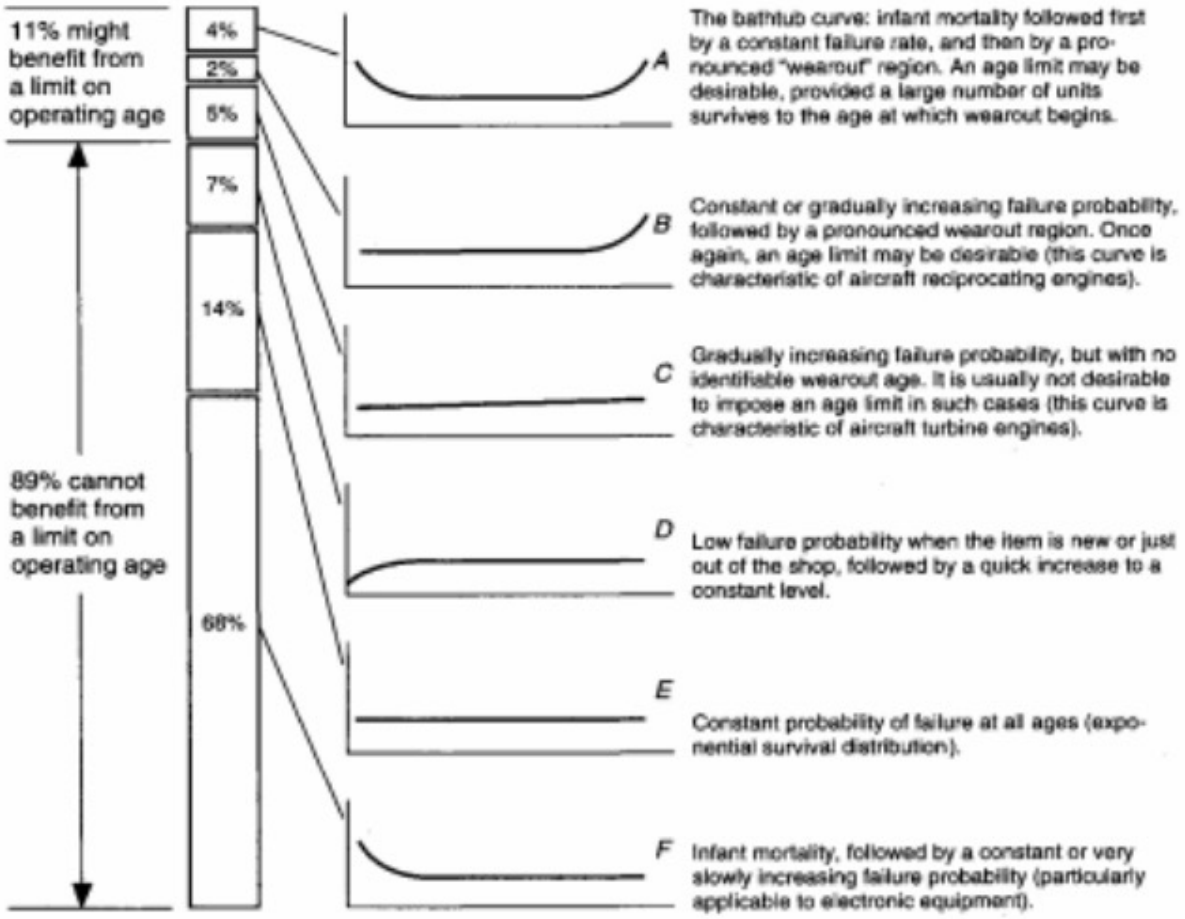
Reliability Based Maintenance หรือการซ่อมบำรุงโดยเน้นความน่าเชื่อถือเป็นพื้นฐาน (RBM) เป็นแนวคิดของการวางแผนการบำรุงรักษาเพื่อให้แน่ใจว่าระบบยังคงทำสิ่งที่ผู้ใช้ต้องการในบริบทการทำงานปัจจุบัน การนำ RBM ไปใช้อย่างประสบความสำเร็จจะนำไปสู่การเพิ่มประสิทธิภาพด้านต้นทุน ความน่าเชื่อถือ ความพร้อมใช้งานของเครื่องจักร และความเข้าใจที่มากขึ้นเกี่ยวกับระดับความเสี่ยงที่องค์กรกำลังจัดการอยู่ RBM คือ การผสมผสานแนวคิดของการซ่อมบำรุงโดยเน้นความน่าเชื่อถือเป็นศูนย์กลางหรือ Reliability Center Maintenance (RCM) กับ การตรวจสอบความเสี่ยง หรือ Risk Based Inspection (RBI) รูปที่ 3 แสดงการวิวัฒนาการของงานซ่อมบำรุง



รูปที่ 3 การวิวัฒนาการของงานซ่อมบำรุง

4. การซ่อมบำรุงโดยเน้นความน่าเชื่อถือเป็นศูนย์กลาง (RCM)

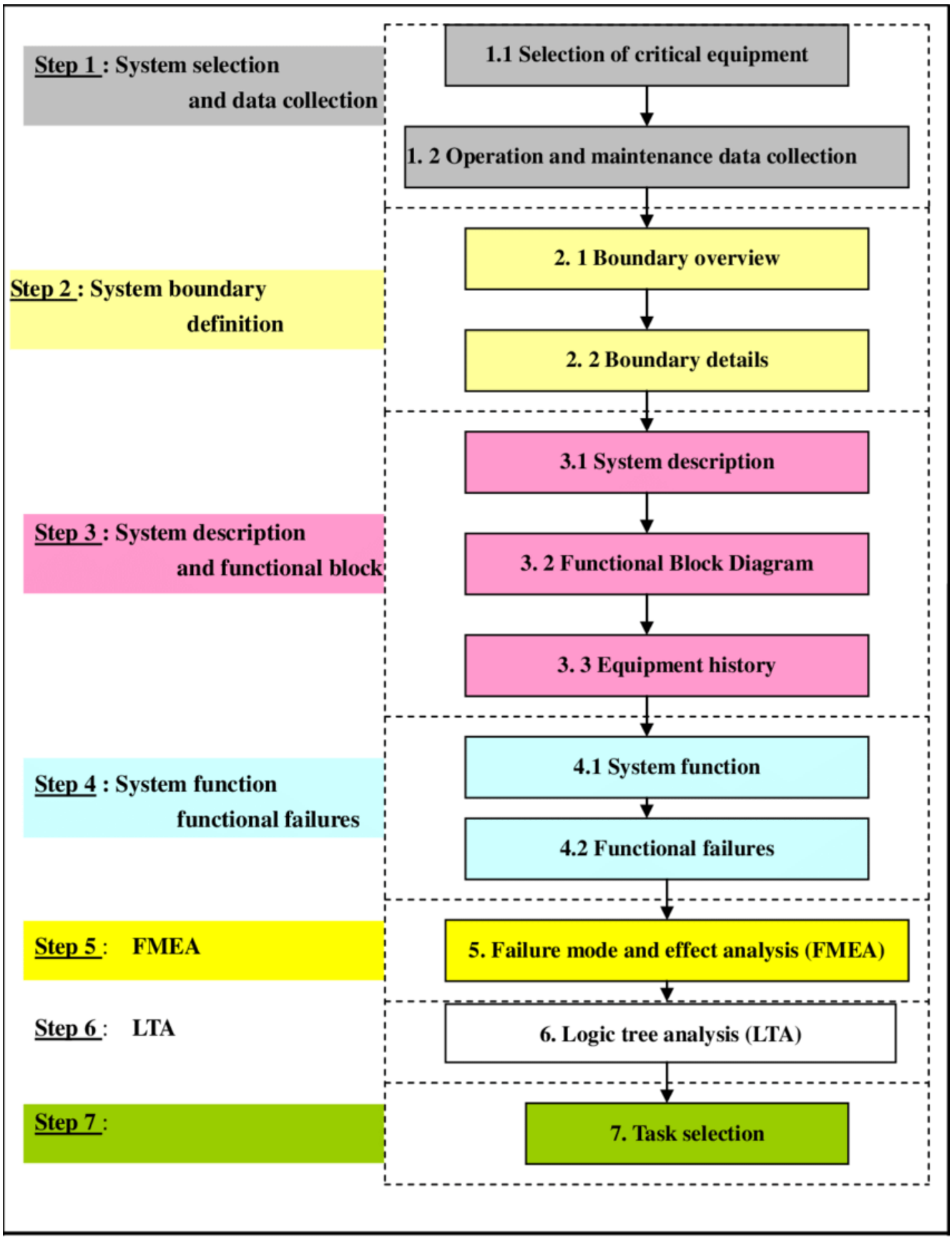
ประมาณปี ค.ศ.1960 บริษัทการบินประสบปัญหาเรื่องความน่าเชื่อถือว่าจะไม่ตกมากจึงเพิ่มต้นทุนในการซ่อมบำรุงเป็นอย่างมาก แต่ความน่าเชื่อถือว่าจะไม่ตกก็ไม่ดีขึ้น จึงให้นักวิจัยสองท่านที่ไม่ได้เชี่ยวชาญในสาขาการบินหรือการซ่อมบำรุงแต่เชี่ยวชาญในสาขาคณิตศาสตร์ ทั้งสองได้ทำวิจัยและค้นพบว่าเขาสามารถลดต้นทุนในการซ่อมบำรุงไปได้ถึง 80 เปอร์เซ็นต์ และยังช่วยเพิ่มความน่าเชื่อถือว่าเครื่องจะไม่ตกได้อีกด้วย พวกเขาพบว่าประมาณ 96 เปอร์เซ็นต์ของอุปกรณ์ในเครื่องบินไม่ไม่ได้มีกราฟการเสียแบบ Bath Tub ดังแสดงในรูปที่ 4 [4] ดังนั้นการ Overhaul ที่ต้องใช้งบประมาณมากมายจึงไม่ช่วยให้เครื่องไม่ตก ควรใช้วิธีอื่นในการซ่อมบำรุง พวกเขาเรียกมันว่าการซ่อมบำรุงโดยเน้นความน่าเชื่อถือเป็นศูนย์กลาง (RCM) ต่อจากนั้นได้มีการวิจัยเพิ่มเติมมากมายจน FAA บังคับให้อุตสาหกรรมการบินใช้ RCM หลังจากนั้น เพนตากอนก็นำไปใช้กับการซ่อมบำรุงยุทโธปกรณ์ของสหรัฐอเมริกาเกือบทั้งหมด ปัจจุบันหลายองค์กรมีการประยุกต์ใช้ RCM ในการซ่อมบำรุง เนื่องจากช่วยให้สามารถลดต้นทุนและเพิ่มความน่าเชื่อถือในการปฏิบัติงานได้ในภาพรวม



รูปที่ 4 กราฟแสดงกราฟการเสียของอุปกรณ์ในเครื่องบิน

4.1 ขั้นตอนในการซ่อมบำรุงโดยเน้นความน่าเชื่อถือเป็นศูนย์กลาง (RCM)

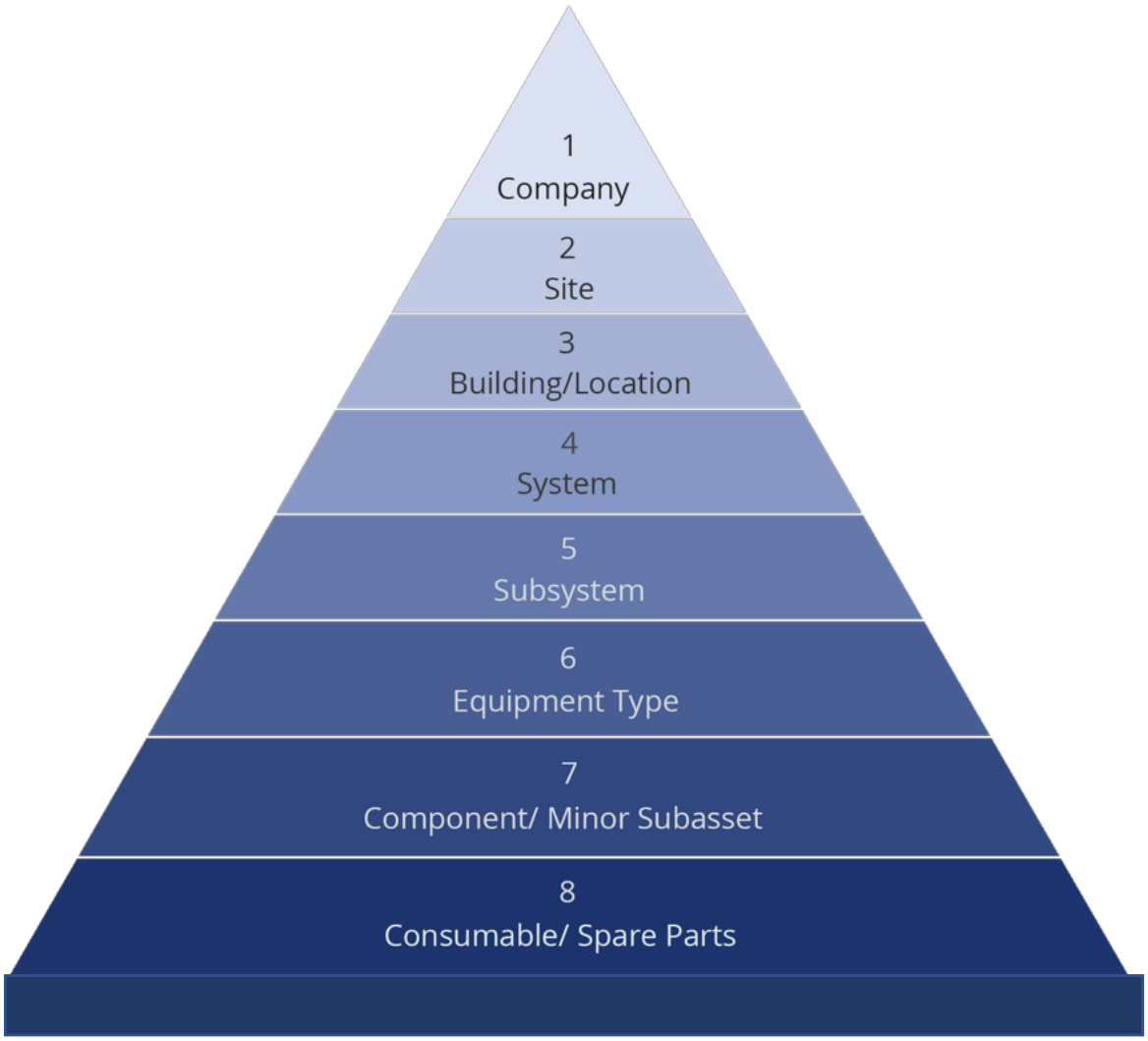
การดำเนินการซ่อมบำรุงโดยเน้นความน่าเชื่อถือเป็นศูนย์กลางนั้นสามารถดำเนินการได้ตามรูปที่ 5 โดยเริ่มจากการเลือกระบบและเก็บข้อมูลระบบจากประวัติการใช้งานและการซ่อมบำรุง จากนั้นศึกษาขอบเขตและรายละเอียดของระบบ ศึกษาหน้าที่การทำงาน และ Functional Block Diagram ของระบบศึกษาการเสียของระบบ ทำ Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) ทำ Logic Tree Analysis (LTA) จากนั้นเลือกงานซ่อมบำรุงที่ต้องดำเนินการ



รูปที่ 5 ขั้นตอนในการซ่อมบำรุงโดยเน้นความน่าเชื่อถือเป็นศูนย์กลาง (RCM)

4.1.1 การเลือกระบบและเก็บข้อมูลระบบ

เป็นการกำหนดว่าระบบใดสำคัญ โดยดูจากหลาย ๆ องค์ประกอบ เช่น เมื่อเสียมีผลกระทบต่อภารกิจอย่างไร เสียบ่อยหรือไม่ มีระบบสำรองหรือไม่ สิ่งที่ต้องดำเนินการ คือ การจัดทำความเชื่อมโยงของทรัพย์สิน (Asset Hierarchy)



รูปที่ 6 ความเชื่อมโยงของทรัพย์สิน (Asset Hierarchy)

4.1.2 กำหนดขอบเขตระบบ

เป็นการกำหนดว่าระบบที่เลือกมามีขอบเขตแค่ไหนทั้งในตัวระบบเองและผลกระทบต่อระบบอื่นที่จะเกิดขึ้นเมื่อระบบไม่ทำงาน

4.1.3 ศึกษาหน้าที่การทำงาน

เป็นการศึกษาหน้าที่การทำงานของระบบที่เลือก ศึกษาการทำงานและความสัมพันธ์ของ Block Diagram ต่าง ๆ โดยละเอียด รวมทั้งตรวจสอบประวัติของอุปกรณ์ต่าง ๆ ในระบบ

4.1.4 ศึกษาฟังก์ชั่นและการเสีย

เป็นการศึกษาฟังก์ชั่นต่าง ๆ ของระบบว่ามีอะไรบ้าง ทำงานอย่างไร รวมไปถึงอาการเสีย สาเหตุที่จะทำให้เสียและผลกระทบที่เกิดขึ้นเมื่อเสีย ปกติจะแบ่งระดับผลกระทบออกเป็น 3 ระดับ คือ มีผลกระทบด้านความปลอดภัยทำให้มีผู้เสียชีวิตหรือได้รับบาดเจ็บ มีผลกระทบด้านการปฏิบัติงานทำให้ต้องหยุดงาน มีผลกระทบด้านเศรษฐกิจทำให้ต้องเสียงบประมาณเพื่อซ่อมบำรุงหรือจัดหาทดแทน

4.1.5 การทำ Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

ในการทำ FMEA นั้นจะวิเคราะห์ในสามประเด็น คือ ความรุนแรงของผลกระทบที่เกิดจากการเสีย โอกาสที่จะเกิดการเสีย และมีหนทางในการตรวจสอบว่าจะเสียก่อนเสียหรือไม่ จะให้คะแนนแต่ละประเด็นจาก 1 ถึง 10 แล้วนำมารวมกันเพื่อหาค่าระดับความเสี่ยง (Risk Priority Number :RPN) ค่า RPN จะช่วยในการจัดระดับความสำคัญของอาการเสียและกำหนดอาการเสียที่ต้องพิจารณา อาการเสียที่มีค่า RPN สูงสุดต้องรีบเข้าไปดำเนินการเพื่อกำจัดความเสี่ยงให้หมดไป ขั้นตอนในการทำ FMEA มีดังต่อไปนี้

4.1.5.1 เลือกภารกิจที่ต้องการวิเคราะห์

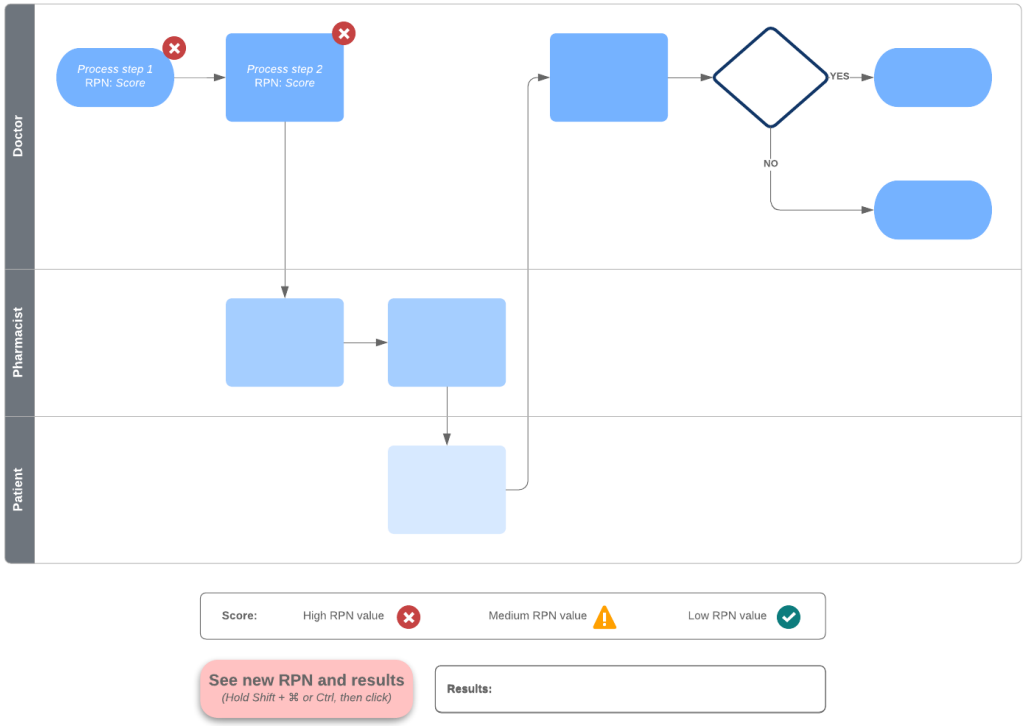
เป็นการเลือกหรือกำหนดผลผลิตหรือขบวนงานที่จะทำการวิเคราะห์ ขอบเขตของขบวนงานต้องชัดเจนและเจาะจง ยิ่งถ้าเป็นประเด็นที่ทราบมาก่อนหน้าแล้วยิ่งดีใหญ่ เช่น ถ้าเลือกภารกิจอารักขาบริเวณภูเก็ต อุปกรณ์ที่ต้องนำมาวิเคราะห์ก็คือ ยุทโธปกรณ์ที่ต้องใช้ในภารกิจทั้งหมด ถ้าขบวนงานซับซ้อนมาก ๆ ให้แบ่งเป็นขบวนงานย่อยแล้วแยกกันวิเคราะห์

4.1.5.2 ตั้งคณะทำงาน

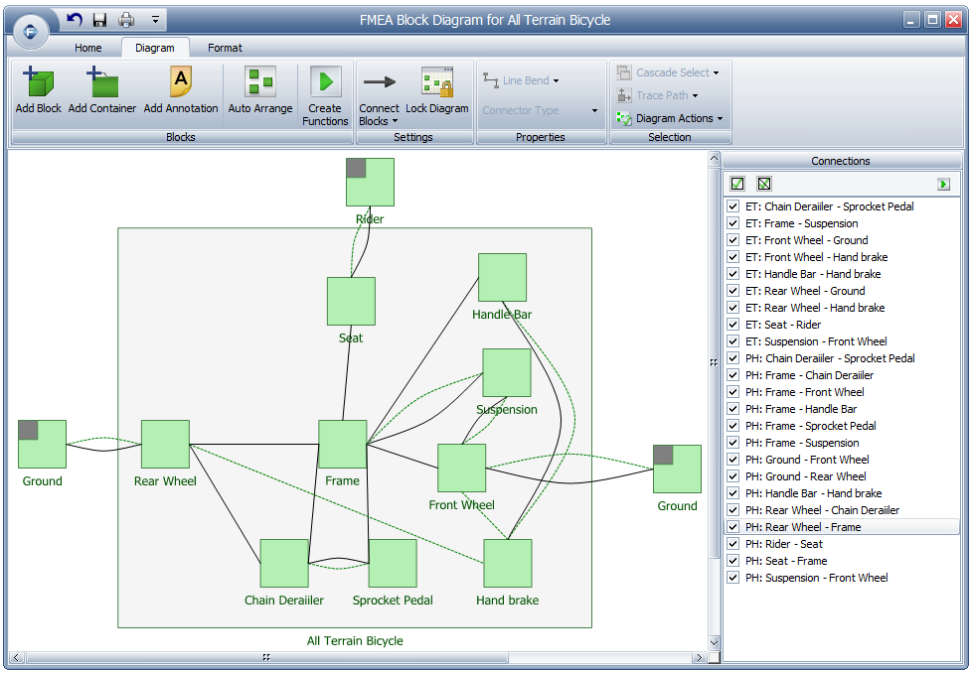
คณะทำงานต้องประกอบด้วยทุกคนที่เกี่ยวข้องกับภารกิจและยุทโธปกรณ์ที่ต้องใช้ในภารกิจทั้งหมด ตั้งแต่เจ้าของภารกิจ ผู้ออกแบบยุทโธปกรณ์ ผู้ใช้ยุทโธปกรณ์ ผู้ซ่อมยุทโธปกรณ์ หรือคนอื่น ๆ ที่จะช่วยให้เห็นภาพรวมของภารกิจให้ชัดเจนที่สุด ชัดประมาณว่า ณ เวลาใดต้องการให้รอบเครื่องเป็นเท่าไรนั่นแหละครับ เพราะถ้าภารกิจบอกว่าคุณต้องทำความเร็วหนึ่งให้ได้ตามภารกิจ และเรือคุณทำไม่ได้นี่คือ ความเสี่ยงที่จะทำให้ภารกิจล้มเหลวต้องหาทางแก้ไข อาจจะด้วยการเปลี่ยนเรือเป็นต้น

4.1.5.3 ตรวจสอบภารกิจ

เป็นการวิเคราะห์ภารกิจ แยกแยะภารกิจหลักออกเป็นภารกิจย่อย และดูว่าแต่ละภารกิจย่อยต้องมีหน้าที่อะไร บางภารกิจย่อยนั้นถ้าล้มเหลวอาจไม่กระทบกับภารกิจหลักก็ได้ ตรวจสอบวัตถุประสงค์ของภารกิจต่าง ๆ ตรวจสอบว่าความต้องการของผู้รับบริการตรงกับวัตถุประสงค์หลักหรือไม่ แสดงแผนผังการไหลและความเชื่อมโยงของภารกิจที่เป็นอยู่ในปัจจุบันให้สามารถมองเห็นได้ชัดเจนด้วยตา จะช่วยให้มองหาจุดที่อาจจะเกิดความเสี่ยงที่จะทำให้ภารกิจล้มเหลวได้ง่ายขึ้น อาจใช้โปรแกรมทำ chart ต่าง ๆ เข้ามาช่วยก็ได้ แผนผังนี้เรียกว่า FMEA Diagram ตัวอย่าง FMEA Block Diagram ดังรูปที่ 7 [5] และรูปที่ 8 [6]



รูปที่ 7 ตัวอย่าง FMEA Block Diagram



รูปที่ 8 ตัวอย่าง FMEA Block Diagram

4.1.5.4 จัดทำโหมดอาการเสีย

คณะทำงานร่วมกันหาว่าอะไร (โหมดอาการเสีย) ที่จะทำให้ภารกิจล้มเหลวทั้งหมด อะไรคือความเสี่ยง ชิ้นส่วนในยุทโธปกรณ์ที่เกี่ยวข้องจะเสียหรือทำงานผิดพลาดได้อย่างไร พึงระลึกไว้ว่าชิ้นส่วนหนึ่งเสียอาจมีผลกระทบกับชิ้นส่วนอื่น ที่อยู่ที่อื่น เช่น สถานีส่งบนบกเสียมีผลกระทบกับวิทยุในเรือ เป็นต้น

4.1.5.5 จัดทำผลกระทบของโหมดอาการเสีย

เมื่อได้โหมดอาการเสียแล้วให้เขียนรายการผลกระทบของแต่ละโหมดต่อระบบอื่น ต่อภารกิจ ต่อองค์กร และต่อผู้รับบริการ หาคำตอบให้คำถามที่ว่าเกิดอะไรขึ้นเมื่อเสีย ผลกระทบต่อผู้รับบริการคืออะไร จากนั้นดูว่า Root Cause ของแต่ละอาการเสียคืออะไร ตรงนี้ต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญเฉพาะทางลง Root Cause ใน FMEA Diagram ตัวอย่าง FMEA Diagram ดังรูปที่ 9 [5]

Process steps	Potential failure mode	Potential failure effects	SEV (1-10)	Potential failure cause	OCC (1-10)	Current controls	DET (1-10)	Risk profile number (RPN)	Recommended actions	Resp. and target completion date	Actions taken	New SEV (1-10)	New OCC (1-10)	New DET (1-10)	New RPN
Diagnoses problem	Doctor diagnoses the wrong problem	Patient is still sick	6	Inexperienced doctor, mild case of problem	4		4	96	Become aware of current and family problems	AH 4/1/2019	Developed learning and development program	5	3	3	45
Sends request to fulfill prescription to pharmacy	Wrong prescription sent to pharmacy	Patient experiences unnecessary side effects and is still sick	9	Not paying attention	3	Enter prescription request	6	162	Confirm prescription and provide description	AH 4/1/2019	Updated system to require the prescription be typed twice with both responses matching and change description to a required field	8	2	5	80
Fulfills prescription	Prescription fulfilled with wrong pill/dosage	Irreversible side effects	8	Handwriting is illegible, not spelled correctly	3		4	96	Assign bar codes to all prescription and require scanning to fulfill prescription	GS 4/4/2019	Implemented system	7	2	3	42
Verifies customer and prescription	Wrong prescription given to customer	Irreversible side effects; closure of pharmacy	9	Not paying attention	3	Verify ID and prescription with every purchase	6	162	Set up customer profile	MM 4/3/2019	Developed customer profile program	8	2	5	80
Pays for prescription	Counterfeit money, stolen credit card	Money is not received for sale	2	Improper training	2	Use best judgment	8	32	Security training	GS 4/4/2019	Developed security training program; holding it once a month	2	2	8	32
Monitors patient's reaction to prescription	Side effects go unrecognized	Irreversible side effects	6	Not spending enough time with patient to discuss how they feel while on medication	2	Compare notes from prior visit with current visit	7	84	Provide better patient notes	AH 4/1/2019	Documented all side effects patient noticed and reviewed notes before next visit with patient	5	1	6	30
Changes prescription	Side effects go unrecognized	Irreversible side effects	7	Patient doesn't understand side effects; doctor lacks experience with this particular problem	2	Ask questions	3	42	Provide better patient notes	AH 4/1/2019	Documented all side effects patient noticed and reviewed notes before next visit with patient	6	1	2	12
Continues prescription	Side effects go unrecognized	Irreversible side effects	8	Patient doesn't understand side effects; doctor lacks experience with this particular problem	4	Ask questions	3	96	Provide better patient notes	AH 4/1/2019	Documented all side effects patient noticed and reviewed notes before next visit with patient	7	3	2	42

รูปที่ 9 ตัวอย่าง FMEA Diagram

4.1.5.6 ใส่ค่าระดับความรุนแรงจากผลกระทบของโหมดอาการเสีย

ใส่ค่าระดับความรุนแรงจากผลกระทบของโหมดอาการเสียทั้งหมดโดยให้ค่า 1 คือ ความรุนแรงต่ำสุด ค่า 10 คือ ความรุนแรงสูงสุดจากนั้นนำไปลงใน FMEA Diagram

4.1.5.7 ใส่ค่าระดับโอกาสที่เกิดขึ้นของโหมดอาการเสีย

ใส่ค่าระดับโอกาสที่เกิดขึ้นของโหมดอาการเสียทั้งหมดโดยให้ค่า 1 คือ โอกาสที่เกิดขึ้นต่ำสุด ค่า 10 คือ โอกาสที่เกิดขึ้นสูงสุดนั่นคือเกิดขึ้นแน่ ๆ จากนั้นนำไปลงใน FMEA Diagram

4.1.5.8 ใส่ค่าโอกาสที่จะตรวจสอบได้ว่าจะเสียของโหมดอาการเสีย

ใส่ค่าระดับโอกาสที่จะตรวจสอบได้ว่าจะเสียของโหมดอาการเสียทั้งหมด ต้องตรวจสอบว่าระบบมีอะไรติดตั้งไว้แล้วบ้างเพื่อป้องกันการเสียก่อนที่ผู้รับบริการจะค้นพบจากนั้นจึงให้คะแนนว่าระบบที่ติดตั้งไว้จะป้องกันการเสียได้ดีแค่ไหน โดยให้ค่า 1 คือ โอกาสที่จะตรวจสอบได้ว่าจะเสียสูงสุด นั่นคือระบบป้องกันทำงานได้ดีแน่ ๆ ค่า 10 คือโอกาสที่เกิดขึ้นต่ำสุดนั่นคือระบบป้องกันทำงานไม่ได้แน่ ๆ จากนั้นนำไปลงใน FMEA Diagram

4.1.5.9 คำนวณค่า RPN

คำนวณค่า RPNโดยใช้สูตร RPN=ระดับความรุนแรงxระดับโอกาส x โอกาสที่จะตรวจสอบได้ค่า RPN จะช่วยจัดลำดับโหมดการเสีย ว่าโหมดใดสำคัญและจำเป็นต้องจัดทำแผนเพื่อรองรับต่อไป

4.1.5.10 จัดทำแผนงานเพื่อรองรับความเสี่ยงตามลำดับชั้น

เมื่อได้ลำดับของโหมดการเสียแล้วก็จะสามารถแนะนำวิธีการที่เหมาะสมเพื่อกำจัดความเสี่ยงนั้นให้หมดไปหรือลดลง ทั้งนี้อาจรวมไปถึงการเปลี่ยนขบวนงาน เปลี่ยนยุทโธปกรณ์ เปลี่ยนการออกแบบ ติตตั้งระบบตรวจสอบและป้องกัน การออกแผนงานควรคำนึงถึงต่อไปนี้

กำจัดโหมดอาการเสียออกไปเลยถ้าทำได้

ลดความรุนแรงและโอกาสที่จะเกิดอาการเสีย

ปรับปรุงระบบตรวจสอบและป้องกัน

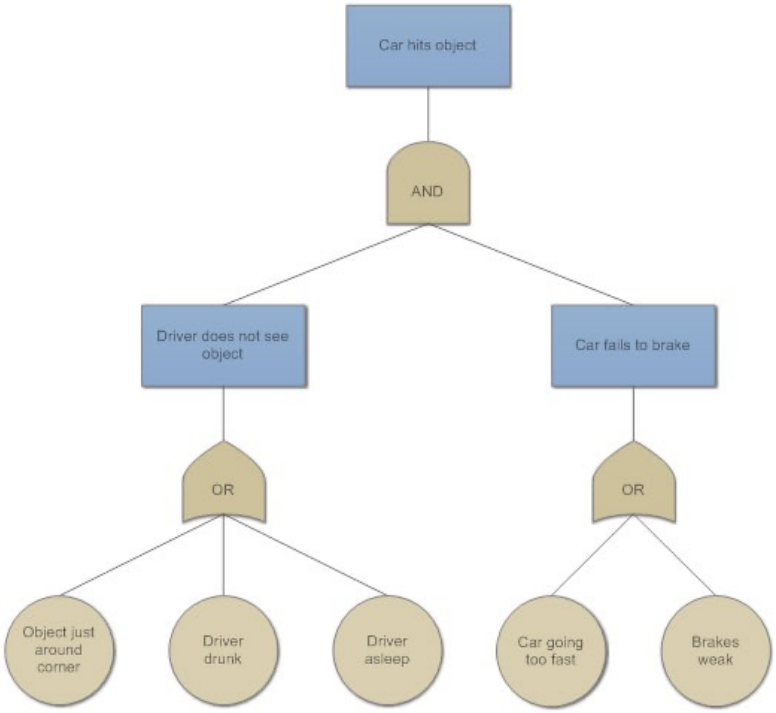
เมื่อจัดทำแผนงานแล้วให้ใส่ลงไปใน FMEA Diagram แจกจ่ายผู้เกี่ยวข้อง หลังจากดำเนินการตามแผนงานแล้วให้ทำการคำนวณค่า RPN อีกครั้งเพื่อตรวจสอบความก้าวหน้าว่าเป็นอย่างไร

4.1.6 การทำ Fault Tree Analysis (FTA)

การทำ FTA นั้นมีประโยชน์ในทางวิศวกรรมโดยเฉพาะในอุตสาหกรรมที่การเสียมีผลกระทบรุนแรงเช่น ระบบพลังงานนิวเคลียร์ หรือระบบการบิน อย่างไรก็ตาม FTA สามารถนำไปใช้ในช่วงพัฒนาโปรแกรมเพื่อ Debug ระบบที่ซับซ้อนได้ ตัวอย่างการทำ FTA ดังรูปที่ 10 [5]

4.1.7 การเลือกงานซ่อมบำรุง

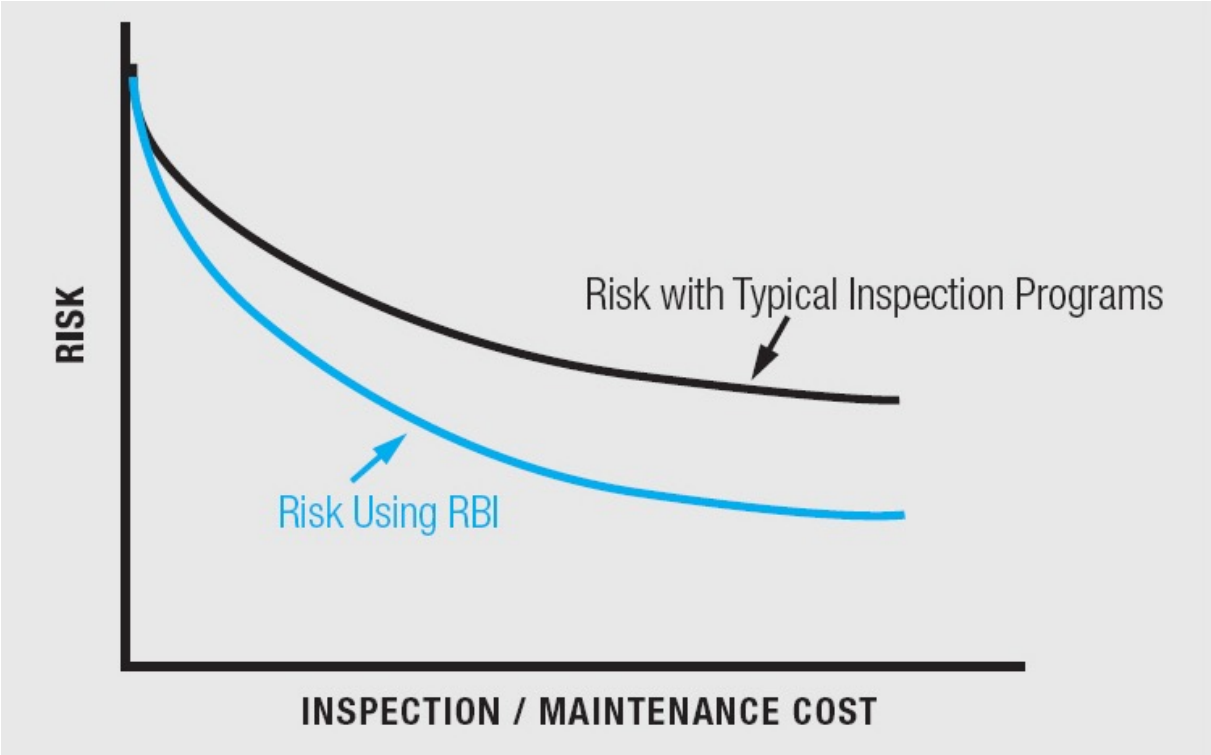
เมื่อทำ FMEA และได้ค่า RPN ที่ยอมรับได้แล้วก็สามารถที่จะนำแผนงานใน FMEA Diagram มาจัดทำเป็นแผนงานซ่อมบำรุงได้ แผนงานนี้อาจจะประกอบด้วย การจัดหายุทโธปกรณ์สำรอง การเปลี่ยนยุทโธปกรณ์ เปลี่ยนการออกแบบ การติดตั้งหรือปรับปรุงระบบตรวจสอบและป้องกันการเสีย การตรวจสอบสภาพระบบตามช่วง P-F ของระบบ เป็นต้น



รูปที่ ๑๐ ตัวอย่าง FTA

5. การตรวจสอบความเสี่ยง หรือ Risk Based Inspection (RBI)

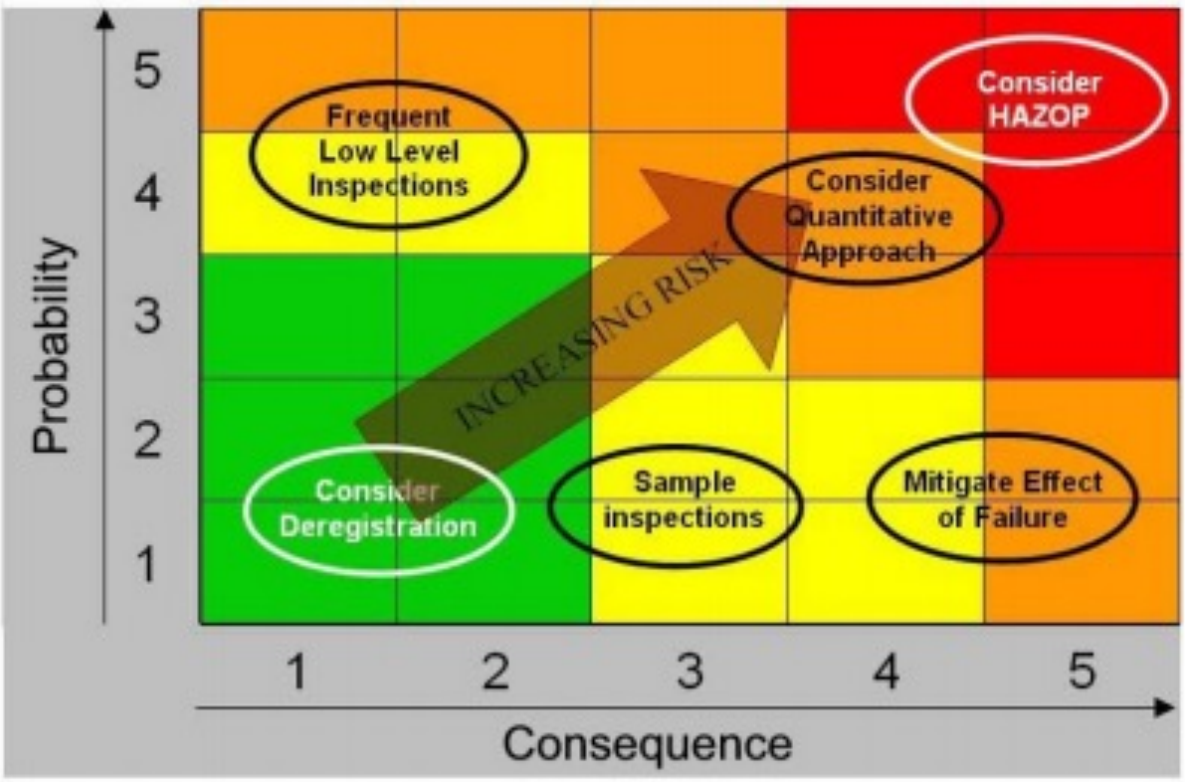
RBI ช่วยให้สามารถหาความถี่ของการตรวจสอบที่เหมาะสมที่สุดของอุปกรณ์ วิธีนี้ได้รับการพัฒนาจาก API-580 และ API-581 ที่ออกโดย American Petroleum Institute และขณะนี้ได้ถูกนำมาใช้สำหรับการจัดการการตรวจสอบและการบำรุงรักษาในโรงงานเคมีและปิโตรเคมี เป้าหมายของ RBI นี้คือ การเติมเต็มช่องว่างของการตรวจสอบ และการจัดตารางการบำรุงรักษาตามกำหนดเวลาที่แน่นอน ซึ่งโดยปกติจะไม่คำนึงถึงประสบการณ์ก่อนหน้านี้ ไม่อนุญาตให้เปลี่ยนแปลงความถี่ของการตรวจสอบที่ดำเนินการกับอุปกรณ์หรือโรงงาน RBI มีข้อได้เปรียบที่สำคัญคือ การให้ความสำคัญกับอุปกรณ์ที่มีความเสี่ยงสูง ที่ต้องเพิ่มความปลอดภัยและประสิทธิผลของการตรวจสอบ ลดเวลาในการตรวจสอบ ซึ่งส่งผลให้ต้นทุนลดลง ดังรูปที่ 11 [7] การทำ RBI เริ่มต้นด้วยการรวบรวมข้อมูลของอุปกรณ์และกลไกความเสียหายที่อาจเกิดขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้ข้อมูลที่รวบรวมไว้ก่อนหน้านี้ ข้อมูลเกี่ยวกับสถานะของอุปกรณ์ในปัจจุบันและระดับการเสื่อมสภาพ รายงานในสมุดคู่มือการใช้งานและการบำรุงรักษาอุปกรณ์ แม้ว่าโดยปกติแล้วในเอกสารเหล่านี้จะกำหนดวันที่ตรวจสอบที่ผ่านไป จากนั้นกำหนดระดับความเสี่ยง เมื่อกำหนดระดับความเสี่ยงแล้ว จึงจัดทำ Inspection Plan เป้าหมายแผนคือการลดความเสี่ยงที่เป็นไปได้โดยการระบุกลไกความเสียหายสำหรับอุปกรณ์แต่ละชิ้น การทำ RBI จะพิจารณาสองประเด็นหลักคือ ความน่าจะเป็นที่อุปกรณ์จะเสียและผลกระทบจากการที่อุปกรณ์เสียดังรูปที่ 12



รูปที่ 11 ต้นทุนในการทำ RBI

กล่าวโดยสรุปแล้ววิวัฒนาการของการซ่อมบำรุงนั้นเป็นไปตามรูปที่ 3 โดยอาจกล่าวได้ว่า การปฏิวัติการซ่อมบำรุงนั้นเกิดขึ้นเมื่อมี RCM เกิดขึ้นในช่วงต้นของ 1960s ที่มีการค้นพบว่า Life Cycle ของชิ้นส่วนอุปกรณ์ส่วนใหญ่ไม่เป็น Bath Tub จึงมีการตรวจสอบ Life Cycle ของชิ้นส่วนอุปกรณ์กันเป็นการใหญ่เพื่อแยกว่า ชิ้นส่วนใดอายุการใช้งานขึ้นอยู่กับเวลา ชิ้นส่วนใดอายุการใช้งานไม่ขึ้นอยู่กับเวลา ชิ้นส่วนใดมีอะไรให้สังเกตได้ก่อนเสียหรือมีช่วงเวลาระหว่างจุดแสดงอาการกับจุดเสีย (P-F) เท่าไร การหาคำตอบเหล่านี้ในอดีตทำได้ยาก เพราะต้องมีการเก็บข้อมูลประวัติของชิ้นส่วนอย่างมหาศาล ทั้งยังต้องมาทำการวิเคราะห์ข้อมูลมหาศาลนั้นอีก แต่ในปัจจุบันการปฏิวัติอุตสาหกรรมยุคที่ 4 ทำให้เกิดการนำเอาดิจิทัลเทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการซ่อมบำรุง เช่น การใช้ระบบ Computerized Management Maintenance System (CMMS) มาช่วยในการบริหารจัดการการซ่อมบำรุง การใช้ Industrial Internet of Things (IIoTs) มาช่วยในการมอนิเตอร์ หรือควบคุมระบบต่าง ๆ ทำให้สามารถเก็บข้อมูลได้ตลอดเวลาโดยไม่ต้องรบกวนเวลาของพนักงานในการตรวจสอบ บันทึกและส่งข้อมูลของอุปกรณ์เข้ามาเพื่อใช้ในการวิเคราะห์และออกแผนการซ่อมบำรุง การตรวจสอบและเก็บข้อมูลอย่างเป็นระบบที่เกิดขึ้นอยู่ตลอดเวลาจะทำให้เกิดสิ่งที่เรียกว่า Big Data เนื่องจากการทำ FMEA และ RBI มีขั้นตอนที่ค่อนข้างชัด มีการรับข้อมูลเข้า มีการคำนวณซ้ำๆ มีการนำผลการคำนวณไปเข้าขบวนการทำแผนการซ่อมบำรุงที่เป็นการทำซ้ำ ๆ กัน ดังนั้นจึงมีหลายองค์กรลงทุนนำโปรแกรมคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยดำเนินการแทน นั่นก็คือ การใช้ AI มาช่วยวิเคราะห์ข้อมูลที่เก็บได้ใน Big Data และนำเสนอแผนการซ่อมบำรุงบนพื้นฐานของข้อมูลที่ถูกจัดเก็บโดย Sensor และส่งข้อมูลเข้า Big Data ตลอดเวลา มี AI วิเคราะห์ข้อมูลและแนะนำแผนบนพื้นฐานของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นทั้งในอดีต และปัจจุบันตลอดเวลา ทำให้แผนที่ได้มีความน่าเชื่อถือสูงขึ้น ทำให้หน่วยซ่อมบำรุงพิจารณาในเรื่องของการจัดสรรงบประมาณตามแผนได้ง่ายและ

ตรงประเด็นกว่า หลายองค์กรยังไม่นำแนวคิดนี้มาใช้เพราะคิดว่าต้องมีการลงทุนสูง ในการนำดิจิทัลเทคโนโลยีเข้ามาช่วย อย่างไรก็ตามในปัจจุบัน ต้นทุนในการนำดิจิทัลเทคโนโลยีเข้ามาช่วยมีแนวโน้มว่าจะลดลง เพราะมีการนำแนวคิดใหม่นี้ไปใช้ในการออกแบบอุปกรณ์ใหม่ ๆ ในอนาคตต้นทุนในการนำดิจิทัลเทคโนโลยีเข้ามาช่วยจะไม่ใช่ข้อจำกัดอีกต่อไป



รูปที่ 12 RBI Matrix

6. การวิวัฒนาการของการซ่อมบำรุงของกองทัพเรือ

หลายราชการมีหน่วยงานที่รับผิดชอบการซ่อมบำรุงอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการปฏิบัติภารกิจของหน่วย และต้องเสนองบประมาณเพื่อนำมาใช้ในการปฏิบัติตามแผนของหน่วย ในกองทัพเรือมีหลายหน่วยงานที่เป็นหน่วยเทคนิคและมีภารกิจในการจัดหาและซ่อมบำรุงอุปกรณ์หรือเครื่องมือของกองทัพเรือ ในบทความนี้จะขอกล่าวถึงการวิวัฒนาการของการซ่อมบำรุงของหน่วยเทคนิคในกองทัพเรือ ที่ผู้เขียนมีประสบการณ์เกี่ยวกับหน่วยงาน หรือที่ผู้เขียนมีโอกาสได้เข้าไปปฏิบัติหน้าที่ในหน่วยงานเหล่านั้น อันประกอบด้วย กรมอู่ทหารเรือ กรมการสื่อสารและเทคโนโลยีสารสนเทศทหารเรือ กรมสรรพาวุธทหารเรือ กรมอิเล็กทรอนิกส์ทหารเรือ หน่วยซ่อมของกองเรือยุทธการ และหน่วยซ่อมของทัพเรือภาคต่าง ๆ ในทุกปีงบประมาณหน่วยเหล่านี้จะต้องเสนอของบประมาณเพื่อนำมาใช้ในการซ่อมทำของหน่วยงาน โดยใช้ รายงานการซ่อมทำของหน่วยผู้ใช้และแผนการซ่อมบำรุงตามคำแนะนำของ OEM ในการจัดทำแผนซ่อมบำรุงของหน่วย แต่ละหน่วยจะตั้งงบส่วนหนึ่งไว้ใช้ในการซ่อมบำรุงกรณีฉุกเฉิน (Unforeseen) ดังนั้นพอจะสรุปได้ว่าการเตรียมการในการซ่อมบำรุงนั้นมีทั้งแบบ Reactive Maintenance คือ เสียแล้วซ่อมเลยโดยใช้งบ Unforeseen กรณีฉุกเฉิน หรือรอของบประมาณในปีถัดไปเพื่อซ่อม อีกแบบหนึ่งในการเตรียมการของหน่วย

คือแบบ Preventive Maintenance คือ ซ่อมบำรุงตามคำแนะนำของ OEM ที่ผลิตอุปกรณ์นั้น ๆ ถ้าหน่วยได้งบประมาณตามที่ขอ และอายุการใช้งานของอุปกรณ์ที่ต้องซ่อมบำรุงทั้งหมดเป็นแบบ Bath Tub ก็ไม่น่าจะมีปัญหาอะไร แต่จากประสบการณ์ของผู้เขียนเองและจากการสัมภาษณ์ผู้ที่เกี่ยวข้องพบว่าไม่มีหน่วยไหนได้งบซ่อมบำรุงตามที่ต้องการ โดยเฉพาะงบที่จะใช้การซ่อมบำรุงตามคำแนะนำของ OEM หลาย ๆ หน่วยจึงต้องมาบริหารจัดการงบประมาณที่ได้อย่างจำกัดปฏิบัติหน้าที่ของหน่วยให้มีประสิทธิภาพสูงสุด นั่นก็คือหลายหน่วยค่อย ๆ พยายามนำการซ่อมบำรุงแบบ Predictive Maintenance เข้ามาใช้ แต่ส่วนใหญ่จะติดปัญหา เนื่องจากต้องใช้งบประมาณที่ตนมีอยู่อย่างจำกัดมาลงทุนในการเริ่มต้นดำเนินการแบบ Predictive Maintenance เช่น ต้องติดตั้งหรือจัดหาเครื่องมือในการตรวจสอบสภาพของอุปกรณ์เพิ่ม เนื่องจากการออกแบบอุปกรณ์ที่มีอยู่ไม่ได้นำแนวคิดว่าจะต้องคอยตรวจสอบสภาพของอุปกรณ์บางส่วนอยู่เป็นประจำ เพราะคิดว่าต้องมีการตรวจสอบอยู่แล้วช่วงที่ทำการ Overhaul อุปกรณ์ หรือบางทีมีเครื่องมือตรวจสอบแล้วไม่มีพนักงานไปตรวจและส่งข้อมูลให้ นอกจากนี้เมื่อได้ข้อมูลมาแล้วยังต้องใช้งบประมาณในการจัดหาแหล่งเก็บข้อมูล โปรแกรมที่จะช่วยในการจัดการจัดเก็บและวิเคราะห์ข้อมูล หรือขาดผู้เชี่ยวชาญในการวิเคราะห์ข้อมูล เป็นต้น อย่างไรก็ในรอบ 10 ปีที่ผ่านมาผู้เขียนสังเกตเห็นว่าหลายหน่วยสามารถเริ่มนำ Predictive Maintenance เข้ามาใช้ได้ระดับหนึ่งแล้ว เช่นมีการพัฒนาระบบ Computerized Management Maintenance System (CMMS) ขึ้นมาเอง เช่น ระบบสารสนเทศเพื่อการซ่อมทำของกรมอู่ทหารเรือ กรมการสื่อสารและเทคโนโลยีสารสนเทศทหารเรือ กรมสรรพาวุธทหารเรือ หรือกรมอิเล็กทรอนิกส์ทหารเรือ เป็นต้น มีนโยบายให้จัดทำคู่มือในการตรวจสอบอุปกรณ์ (Condition Monitoring) มีการจัดหาเครื่องมือในการตรวจสอบสภาพของอุปกรณ์เพิ่ม มีการกำหนดพนักงานในการตรวจและส่งข้อมูลเข้าระบบ CMMS ของหน่วย มีการประชุมหารือผู้เกี่ยวข้องในการซ่อมบำรุงบางอุปกรณ์เพื่อดูความเสี่ยง มีการวิจัยเกี่ยวกับการนำ RCM และ RBM เข้ามาใช้ในกองทัพเรือ เป็นต้น

จากที่กล่าวมาจึงสามารถสรุปได้ว่าการวิวัฒนาการของการซ่อมบำรุงของหน่วยเทคนิคในกองทัพเรือเป็นไปตามรูปที่ 3 ด้วยเช่นกัน เพียงแต่ที่ผ่านมา เป็นไปค่อยข้างช้าเนื่องจากมีข้อจำกัดหลาย ๆ ด้าน ไม่ว่าจะเป็น ด้านนโยบาย ด้านองค์ความรู้ ด้านกำลังพล และด้านงบประมาณ อย่างไรก็ตามการปฏิวัติทางอุตสาหกรรมในยุคที่ 4 จะช่วยเร่งให้เกิดการวิวัฒนาการของการซ่อมบำรุงของหน่วยเทคนิคในกองทัพเรือให้เป็นไปได้รวดเร็วยิ่งขึ้น มีนโยบายในเรื่องของความน่าเชื่อถือเกิดขึ้นในทุกระดับของกองทัพเรือ มีการเผยแพร่องค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องให้กับกำลังพลมากยิ่งขึ้นเช่น ธีมในการจัดทำวารสาร การจัดการความรู้ และการจัดนิทรรศการและการวิจัยของกรมอู่ทหารเรือในปีงบประมาณนี้จะเป็นเรื่องการประยุกต์ใช้ Digital Technology ในงานซ่อมและสร้างเรือ อีกทั้งมีการพัฒนาเครื่องมือที่ต้องนำมาใช้ในการเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลมากยิ่งขึ้น ปัจจุบันมีบริษัทที่พัฒนา CMMS จำหน่ายและดูแลให้ CMMS สามารถรองรับการนำ CBM เข้ามาใช้ในองค์กรเพิ่มขึ้นเป็นจำนวนมาก ทำให้เกิดการแข่งขันเพิ่มขึ้น ซึ่งจะส่งผลให้ต้นทุนในการนำ CBM เข้ามาใช้ของกองทัพเรือลดลง โดยกองทัพเรือจะถูกเทคโนโลยีสมัยใหม่ชักจูงให้เปลี่ยนวิธีในการซ่อมบำรุงไปเอง เนื่องจากในการออกแบบอุปกรณ์สมัยใหม่ได้นำแนวคิดในการซ่อมบำรุงแบบ CBM เข้ามาพิจารณาในการออกแบบจึงมีการเพิ่มการตรวจสอบแบบอัตโนมัติขึ้น เช่น มี IoT ติดมากับอุปกรณ์เลย หรือเป็น Smart อุปกรณ์ มาเลย เป็นต้น

7. บทสรุป

การปฏิวัติทางอุตสาหกรรมในยุคที่ 4 ได้ขับเคลื่อนให้เกิดการวิวัฒนาการในการซ่อมบำรุงจากเสียแล้วซ่อม (Reactive Maintenance) หรือซ่อมบำรุงตามคำแนะนำของ OEM (Preventive Maintenance) ไปเป็นการ ซ่อมบำรุงแบบ Proactive maintenance หรือซ่อมบำรุงโดยเน้นความน่าเชื่อถือเป็นพื้นฐาน (Reliability Based Maintenance) ทั้งนี้เนื่องจาก การปฏิวัติทางอุตสาหกรรมในยุคที่ 4 ทำให้ข้อจำกัดหลาย ๆ ด้าน ในการเดินทางไปสู่การซ่อมบำรุงโดยเน้นความน่าเชื่อถือเป็นพื้นฐาน ถูกกำจัดออกไปหรือลดลง ไม่ว่าจะเป็นข้อจำกัดด้านนโยบาย ด้านองค์ความรู้ ด้านกำลังพล หรือด้านงบประมาณ ผู้เขียนเชื่อว่าในอนาคตอันใกล้ การปฏิวัติทางอุตสาหกรรมในยุคที่ 4 จะชักจูงให้กองทัพเรือเดินทางไปสู่การซ่อมบำรุงโดยเน้นความน่าเชื่อถือเป็นพื้นฐานได้อย่างสมบูรณ์

เอกสารอ้างอิง

[1] https://www.bangkokbiznews.com/news/1038016

[2] https://www.i-scoop.eu/industry-4-0/

[3] https://www.finnomena.com/nuthjira/the-fourth-industrial-revolution/

[4] https://apps.dtic.mil/sti/citations/ADA066579

[5] https://www.lucidchart.com/pages

[6] https://help.synthesisplatform.net/xfmea_rcm_rbi11/fmea_block_diagrams_boundary_diagrams.htm

[7] https://www.cortemgroup.com/es/noticias/in-depth-analysis-on-risk-based-inspection

Fire Detection & Alarm System
การปรับปรุงและพัฒนาระบบตรวจจับและแจ้งเตือนอัคคีภัยในอาคาร

กองโรงงานไฟฟ้า
อู่ราชนาวีมหิดลอดุลยเดช กรมอู่ทหารเรือ

บทคัดย่อ

ระบบตรวจจับและแจ้งเตือนอัคคีภัย (Fire Detection & Alarm System) เป็นระบบที่มีหน้าที่แจ้งเตือนเมื่อมีเหตุเพลิงไหม้เกิดขึ้น โดยจะใช้อุปกรณ์ตรวจจับชนิดต่าง ๆ ตามความเหมาะสม เช่น Moke Detector Heat Detector และ Manual Call Point ซึ่งจะทำให้รับรู้และแก้ไขไม่ให้เกิดไฟไหม้ลุกลามจนไม่สามารถควบคุมได้ ซึ่งระบบฯ นี้ ได้ติดตั้งมาพร้อมกับการสร้างอาคารกองโรงงานไฟฟ้า จนถึงปัจจุบันเป็นเวลาราว 17 ปี ทำให้เกิดการเสื่อมสภาพตามอายุการใช้งาน และการซ่อมทำไม่สามารถทำให้ระบบกลับคืนสภาพสมบูรณ์เหมือนเมื่อติดตั้งใหม่ได้ หากจะติดตั้งระบบใหม่ทดแทนก็ต้องใช้งบประมาณเป็นจำนวนมาก ดังนั้นทาง กฟฟ.อรม.อร. จึงมีแนวคิดที่จะปรับปรุงระบบฯ นี้เอง โดยใช้ความรู้ทางด้านการเขียนโปรแกรมควบคุม PLC มาพัฒนา ยกระดับความสามารถของระบบฯ ให้สามารถใช้งานได้มีประสิทธิภาพ มีความน่าเชื่อถือทันสมัย ใช้งานง่าย สามารถ แจ้งเตือนเหตุเพลิงไหม้ได้อย่างรวดเร็วผ่านทาง Line Application

1. บทนำ

นับตั้งแต่ปี พ.ศ.2547 อาคารของ กฟฟ.อรม.อร. ได้ถูกใช้เป็นที่ปฏิบัติงานเป็นครั้งแรก เพื่อตอบสนองภารกิจหลักของ อรม.อร. ซึ่งเป็นอาคารขนาดใหญ่ประกอบด้วยส่วนสำนักงาน และกองโรงงาน 3 โรงงาน ในปัจจุบันมีการจัดหาเครื่องมือ เครื่องจักร พัสดุอุปกรณ์ที่มีราคาแพงเพิ่มขึ้นเป็นจำนวนมาก จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องให้ความสำคัญในการดูแลรักษา และป้องกันภัยจากเหตุอุบัติภัยร้ายแรง หนึ่งในนั้นก็คือ อัคคีภัยที่อาจเกิดขึ้นได้ตลอดเวลา ซึ่งหากเกิดเหตุเพลิงไหม้ขึ้นแล้วไม่สามารถตัดต้นเพลิงหรือสกัดกั้นความรุนแรงของเพลิงได้ อาจทำให้เกิดความเสียหายทั้งงานซ่อมทำต่าง ๆ ที่อยู่บนโรงงาน เช่น มอเตอร์ เครื่องกำเนิดไฟฟ้า หม้อแปลง อุปกรณ์ไฟฟ้าในเรือ สายไฟ ฯลฯ รวมทั้งเครื่องมือ เครื่องจักรต่าง ๆ ก็จะชำรุดเสียหายด้วย ส่งผลให้โรงงานส่งมอบงานซ่อมทำล่าช้า และอาจทำให้เรือตกแผนการซ่อมทำได้ สิ่งสำคัญที่จะช่วยลดความร้ายแรงจากเหตุการณ์เหล่านั้นได้ ก็คือ ระบบตรวจจับและแจ้งเตือนอัคคีภัย (Fire Detection & Alarm System) ที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งจะสามารถตรวจจับความร้อน และควันไฟด้วยอุปกรณ์ตรวจจับ (Sensor) ได้อย่างถูกต้องแม่นยำ และแจ้งเตือนให้รับรู้ได้อย่างเร็ว ทำให้ดำเนินการควบคุมเพลิงมิให้เกิดการลุกลามใหญ่โต จนกระทั่งไม่สามารถควบคุมได้ในที่สุด

กองโรงงานไฟฟ้าจึงมีแนวความคิดในการเพิ่มขีดความสามารถของกำลังพล กฟฟ.อรม.อร. ในการเรียนรู้การเขียนโปรแกรมควบคุม PLC และต่อยอดด้วยการนำมาประยุกต์ใช้กับระบบ Fire Detection & Alarm จนสามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพและมีความน่าเชื่อถือสูง

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพิ่มขีดความสามารถของกำลังพล กฟฟ.อรม.อร. ในการนำความรู้ทางด้านการเขียนโปรแกรมควบคุม PLC มาพัฒนาและประยุกต์ใช้กับงานระบบควบคุมได้จริง

2.2 พัฒนาระบบ Fire Detection & Alarm ให้สามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีความน่าเชื่อถือสูง ทันสมัย ใช้งานง่าย แจ้งเตือนได้อย่างรวดเร็ว และสามารถแจ้งเตือนเหตุเพลิงไหม้ผ่านทาง Line Application บนโทรศัพท์มือถือของผู้ที่มีหน้าที่เกี่ยวข้องได้ทันที

3. การดำเนินการ

โครงการศึกษาการปรับปรุงและพัฒนาระบบ Fire Detection & Alarm ในอาคารกองโรงงานไฟฟ้าฯ ได้แบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอน ดังนี้

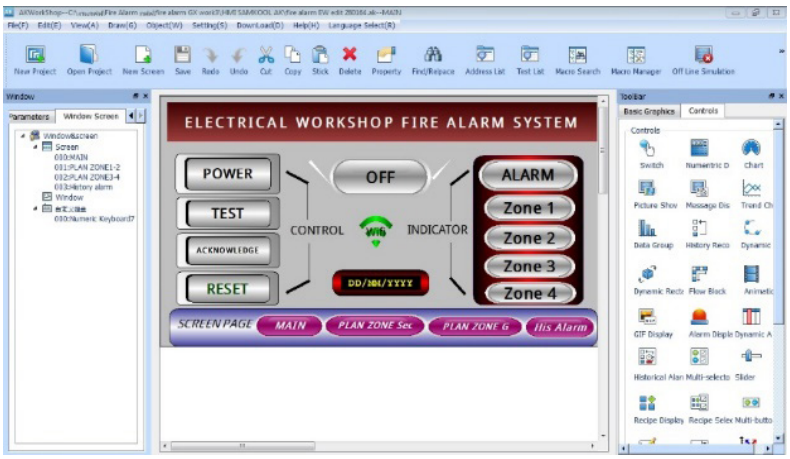
3.1 ตรวจสอบการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับและแจ้งเตือนระบบเดิมของอาคาร กฟฟ.อรม.อร.

3.2 ศึกษาโปรแกรมที่ใช้ในการออกแบบระบบควบคุมด้วย PLC โปรแกรม GX Work3 ของ Mitsubishi และโปรแกรม AK Work Shop สำหรับออกแบบหน้าจอ HMI เพื่อให้ผู้ใช้ควบคุม ตรวจสอบการทำงาน และแสดงผลการแจ้งเตือนเหตุไฟไหม้

3.3 ออกแบบระบบควบคุม PLC และหน้าจอ HMI

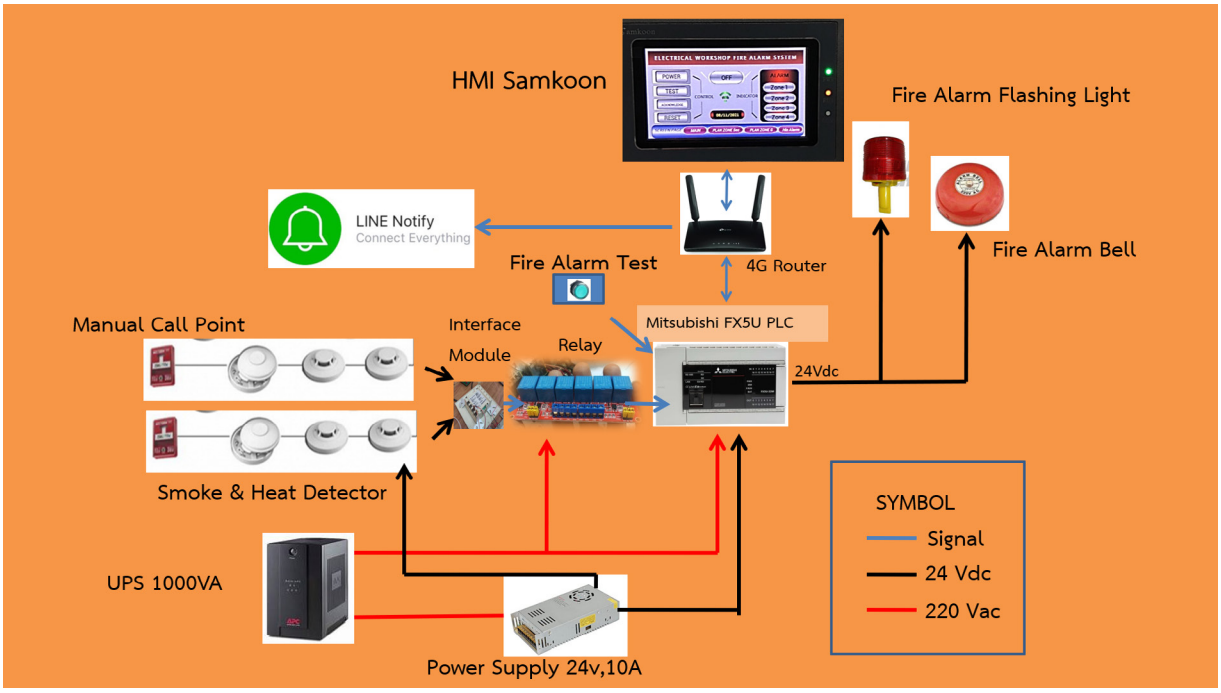
3.4 จัดหาชุดอุปกรณ์ Sensor ทดแทนในส่วนที่ชำรุด และจัดหาชุดควบคุม PLC

3.5 ติดตั้งระบบควบคุม PLC และทำการทดสอบ ทดลอง

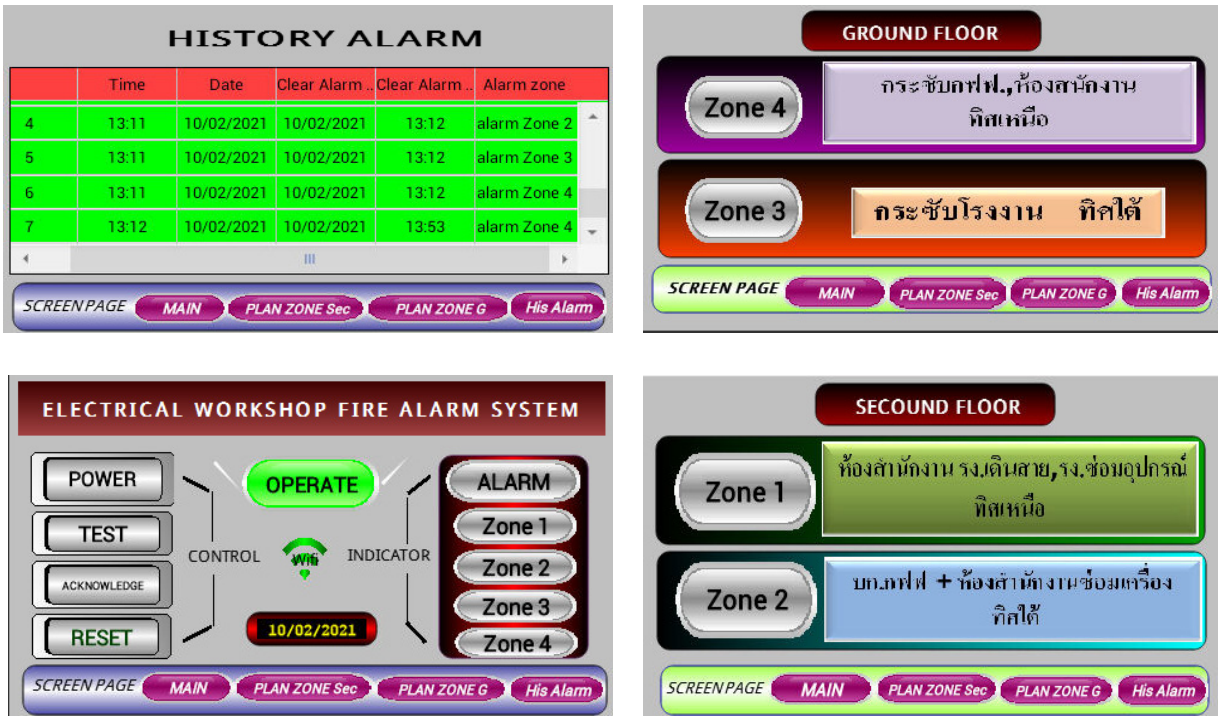


รูปที่ 1
Software ที่ใช้ศึกษา

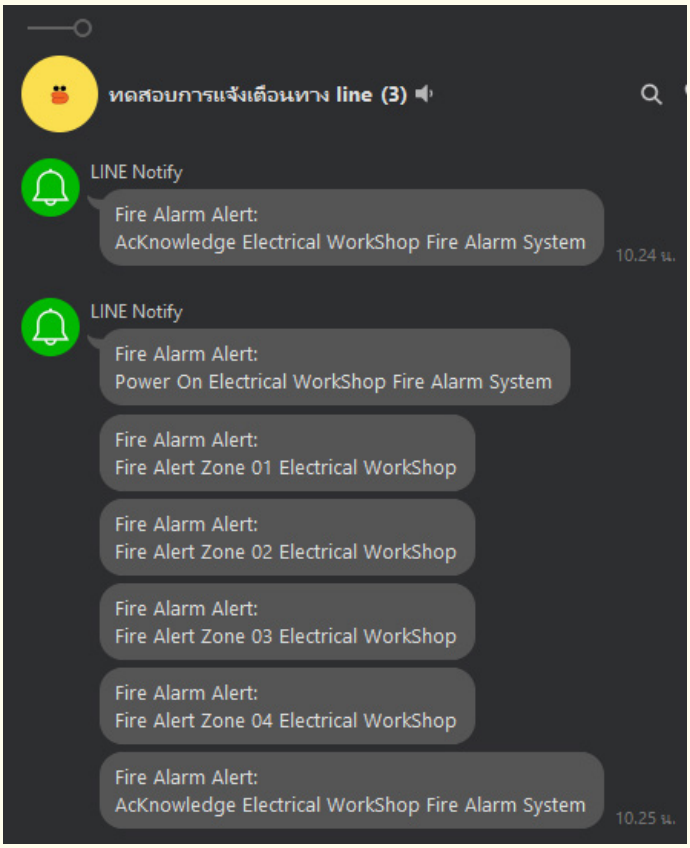
4. ผลการดำเนินงาน



รูปที่ 2 แสดงการออกแบบระบบตรวจจับและแจ้งเตือนเหตุอัคคีภัย



รูปที่ 3 แสดงหน้าจอ HMI Samkoon



รูปที่ 4 แสดงการส่งข้อความแจ้งเตือนทาง Line Application

5. ข้อเสนอแนะ

การปรับปรุงระบบ Fire Detection & Alarm จำเป็นจะต้องมีองค์ความรู้หลายด้านไม่ว่าจะเป็นการเขียนโปรแกรมควบคุม PLC ระบบไฟฟ้า และระบบแจ้งเตือนอัคคีภัย จึงจะดำเนินการให้สำเร็จได้ เพื่อให้สามารถดำเนินการได้ กฟฟ.อรม.อร.จำเป็นต้องได้รับการสนับสนุนอุปกรณ์สำหรับการเรียนรู้ เช่น ชุดฝึก PLC Mitsubishi FX5u และชุดฝึก PLC Siemens S7-1200 ฯลฯ

สรุปผลและการวิเคราะห์

การพัฒนาระบบตรวจจับและแจ้งเตือนอัคคีภัย (Fire Detection & Alarm) จะช่วยเพิ่มขีดความสามารถของกำลังพล กฟฟ.อรม.อร. ให้สามารถเขียนโปรแกรมควบคุม PLC ได้ และทำให้สามารถซ่อมทำ แก้ไข หรือปรับปรุงระบบฯ ทั้ง Software และ Hardware ได้ด้วยตนเอง สามารถทำให้ระบบดังกล่าวใช้งานได้มีประสิทธิภาพ มีความน่าเชื่อถือ ทันสมัย ใช้งานง่าย และรวดเร็ว เมื่อเกิดเหตุไฟไหม้ ระบบฯ จะระบุตำแหน่งเกิดเหตุชัดเจนในรูปแบบ Graphic ที่จอ HMI Samkoon สามารถแจ้งเตือนเหตุเพลิงไหม้ผ่านทาง Line Application ได้ทันที

การพัฒนาระบบฯ นี้ ทำให้ กฟฟ.อรม.อร. เป็นอาคารต้นแบบ ที่ใช้งานระบบฯ นี้ได้จริง และสามารถต่อยอดนำไปใช้กับอาคารอื่น ๆ ใน อรม.อร. และของกองทัพเรือต่อไป

เอกสารอ้างอิง

นาวาเอก คำรณ พิสณฑ์ยุทธการ. “The Evolution of Warships and Integrated Systems Technology”.

นาวิกศาสตร์. ปีที่ 94 ฉบับที่ 11, พฤศจิกายน 2554. กรุงเทพฯ : กรมสารบรรณทหารเรือ, 2554.

พิศนุรัตน์ เขจร. PLC กับการควบคุมแบบซีเควนซ์. กรุงเทพฯ : พิศนุรัตน์ เขจร, 2013.

อาจารย์อธิปตย์ จันทร์ดี. (2562). ระบบแจ้งเหตุไฟไหม้ (Fire Alarm System). สืบค้น 18 กุมภาพันธ์ 2562,

จาก https://www.mut.ac.th/research-detail-263

OPC Quick Client Connectivity Guide. (2563). [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.Kepware.com.

Prognostics and Health Management in PdM with Big data

การเพิ่มประสิทธิภาพการบำรุงรักษาเชิงคาดการณ์ด้วย Big Data

กองโรงงานไฟฟ้า
อู่ราชนาวีมหิดลอดุลยเดช กรมอู่ทหารเรือ
กองควบคุมคุณภาพ อู่ราชนาวีมหิดลอดุลยเดช
กองแผนการช่าง กองเรือยุทธการ

บทคัดย่อ

ปัจจุบันเทคโนโลยี Big Data นับว่าเป็นเทคโนโลยีสารสนเทศที่มีความสำคัญในการใช้เป็นระบบจัดเก็บและรวบรวมข้อมูลขนาดใหญ่ เพื่อนำไปใช้ในการประมวลผล และการวิเคราะห์ (Analytics) ซึ่งจะนำไปสู่การใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ (AI: Artificial Intelligence) ซึ่งมีส่วนช่วยในการจำแนกแยกแยะปัญหาข้อขัดข้อง (Failure) ในเครื่องจักรได้สะดวกและรวดเร็วมากยิ่งขึ้น แต่ด้วยความซับซ้อนในการทำงานของบรรดาเครื่องจักรต่าง ๆ ลักษณะความเสียหาย (Failure Mode) และข้อขัดข้อง คุณลักษณะทางการเคลื่อนที่ (Dynamic Properties) ของระบบ ตัวแปรต่าง ๆ ในกระบวนการผลิต และลักษณะการทำงานทำให้ยังไม่มีระบบตรวจสอบอัตโนมัติใดที่สามารถตัดสิน หรือบอกสภาพของเครื่องจักรได้อย่างแม่นยำและน่าเชื่อถือ ผู้ที่ทำหน้าที่วิเคราะห์และประมวลผลข้อมูลนี้ จะต้องเป็นผู้ที่มีความรู้ และความเข้าใจหลักการทำงานส่วนประกอบของเครื่องจักร สามารถเชื่อมโยง สมรรถนะ ประสิทธิภาพ และการเสื่อมสภาพจากการทำงานของเครื่องจักรกับพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่ได้จากการตรวจวัด นำมาบูรณาการเพื่อวินิจฉัย ประเมินความรุนแรงของความเสียหาย หรือการเสื่อมสภาพของเครื่องจักรได้อย่างแม่นยำและถูกต้องมากขึ้น ดังนั้นระบบการบำรุงรักษาแบบ Smart Maintenance จึงเป็นระบบที่เกี่ยวข้องกับการตรวจสอบสภาพ สมรรถนะของเครื่องจักรโดยอาศัยเทคโนโลยีของอุปกรณ์ IoT การสื่อสารสัญญาณ และการวิเคราะห์ เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาวางแผนในการซ่อมทำ เป็นส่วนที่จะช่วยปรับปรุงระบบงาน Condition Based Maintenance (CBM) หรือ Predictive Maintenance ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยอาศัยอุปกรณ์ IoT ซอฟต์แวร์ และระบบการสื่อสารเข้ามาช่วยและยังทำให้ค่าใช้จ่ายในกระบวนการเก็บข้อมูลลดลงอีกด้วย

1. บทนำ

กองทัพเรือ ต้องส่งเรือไปปฏิบัติภารกิจใน ทรภ. หรือหน่วยเฉพาะกิจต่าง ๆ โดยมีการใช้ยุทโธปกรณ์ที่สำคัญ เช่น เครื่องจักรใหญ่ และเครื่องขับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ภายในเรืออย่างต่อเนื่อง ทำให้มีชั่วโมงใช้การยุทโธปกรณ์สูงกว่าปกติ จากการรวบรวมสถิติพบว่ามีสาเหตุหลักมาจากการขาด Facilities ด้านระบบไฟฟ้าของท่าเรือที่ไปจอดเทียบ ความต้องการใช้เรือบางประเภทที่มีความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงน้อยในการปฏิบัติภารกิจ เช่น เรือตรวจการณ์ไกลฝั่ง (ตกก.) อย่างไรก็ตามแม้ว่าหน่วยต่าง ๆ ของ อร. จะปฏิบัติตาม *“กระบวนการ ขั้นตอน และข้อกำหนด ในการตรวจสภาพเรือ การควบคุมคุณภาพ และการซ่อมบำรุงตามสภาพของ อร.”* และมีกระบวนการ CBM ซึ่งเป็นการเก็บข้อมูลเพิ่มเติม เพื่อนำมาใช้ร่วมกับผลการตรวจสภาพเรือก่อนเข้ารับการซ่อมทำ ประเมินความชำรุดเสียหาย และขอบเขตการซ่อมทำของบรรดาเครื่องจักรอุปกรณ์ต่าง ๆ

ภายในเรือ สำหรับวางแผน การซ่อมทำเรือ ตลอดจนการจัดหาอะไหล่ ก็ยังเกิดปัญหา ยุทโธปกรณ์ชำรุดเสียหายก่อนกำหนดที่จะเข้ารับการซ่อมทำตามแผนที่ได้วางไว้แล้ว ส่งผลกระทบต่อภารกิจของ ทรภ. หรือหน่วยเฉพาะกิจนั้น ๆ หากมีวิธีที่สามารถเก็บข้อมูลต่าง ๆ แบบอัตโนมัติ นอกเหนือจากค่า Parameters ที่แสดงผลทางระบบควบคุม และส่งข้อมูลแบบ Realtime ได้ จะช่วยให้การซ่อมบำรุงแบบ Predictive Maintenance มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น สามารถทราบข้อบกพร่องของบรรดาเครื่องจักรอุปกรณ์ต่าง ๆ ก่อนที่จะลุกลามเป็นความเสียหายขนาดใหญ่

จากปัญหาที่กล่าวมาข้างต้น กฟฟ.อรม.อร. กผช.กร. และ กคภ.อรม.อร. มีความเห็นร่วมกันที่จะนำแนวความคิด และการซ่อมบำรุงแบบ Predictive Maintenance ร่วมกับเทคโนโลยี Big Data และระบบ AI มาใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดทำแผนการบำรุงรักษา เพิ่มความแม่นยำของการประมาณค่าอายุที่เหลืออยู่ (Mean Time Between Failures : MTBF) ได้ใกล้ความจริงมากยิ่งขึ้น ส่งผลให้การใช้งบประมาณในการซ่อมบำรุงเรือเป็นไปด้วยความคุ้มค่าและประหยัด ลดภาระกำลังพลเรือและหน่วยเทคนิคในการปรนนิบัติและการซ่อมบำรุงเรือ แต่ยังดำรงไว้ซึ่งความพร้อมด้านองค์วัตถุของเรือ

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพิ่มประสิทธิภาพในการส่งข้อมูลเครื่องจักร เช่น แนวโน้มค่าความสั่นสะเทือนมาให้ กคภ.อรม.อร. ได้อย่างรวดเร็วมากยิ่งขึ้น โดยไม่ต้องส่งเจ้าหน้าที่ไปตรวจวัด

2.2 กผช.กร. สามารถนำเสนอแผนการใช้เรือได้ตามสภาพการใช้งานยุทโธปกรณ์สอดคล้องกับความต้องการของฝ่ายยุทธการ กร.

2.3 เพิ่มขีดความสามารถของกำลังพล กฟฟ.อรม.อร. ในการซ่อมทำให้สามารถนำเซ็นเซอร์ โมดูลมาเชื่อมต่อระบบ Network ได้

2.4 เตรียมความรู้เพื่อรองรับเทคโนโลยีสมัยใหม่

3. การดำเนินการ

โครงการศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพการบำรุงรักษาเชิงคาดการณ์ด้วย Big Data แบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอนดังนี้

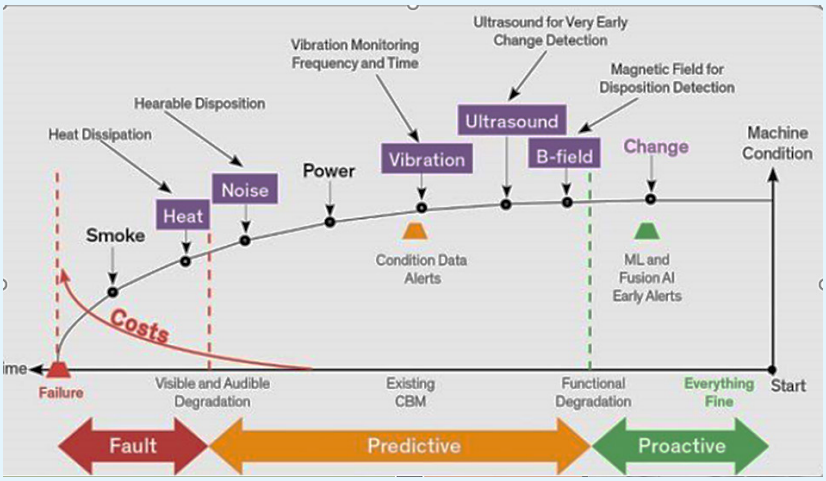
3.1 ศึกษาการใช้เซนเซอร์วัดความสั่นสะเทือน ADXL335 และไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 (กฟฟ.อรม.อร.)

3.2 ศึกษาการใช้ Raspberry PI เพื่อนำมาติดตั้ง Database Server รองรับข้อมูล Big Data จาก Sensor (กฟฟ.อรม.อร.)

3.3 ออกแบบ Database Server ที่ บก.กร. เพื่อรองรับ Big data ของเรือทุกลำ พร้อมทั้งพล็อตกราฟแสดงค่าความสั่นสะเทือนของแต่ละ Sensor (กผช.กร.)

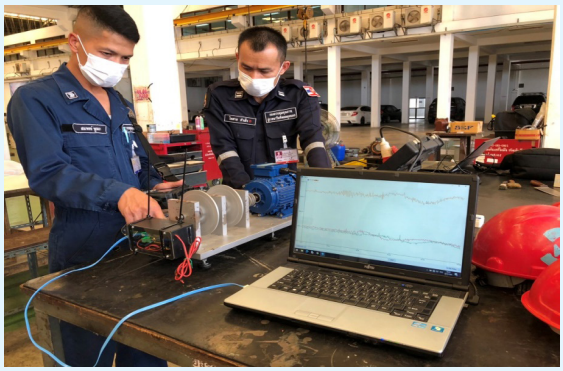
3.4 ออกแบบระบบ AI เพื่อเฝ้าตรวจแนวโน้มความผิดปกติของค่าความสั่นสะเทือน (กผช.กร./กฟฟ.อรม.อร.)

3.5 เปรียบเทียบกราฟแนวโน้มค่าความสั่นสะเทือน เทียบกับเครื่องมือมาตรฐาน เพื่อให้ AI ได้เรียนรู้ (กคภ.อรม.อร.)

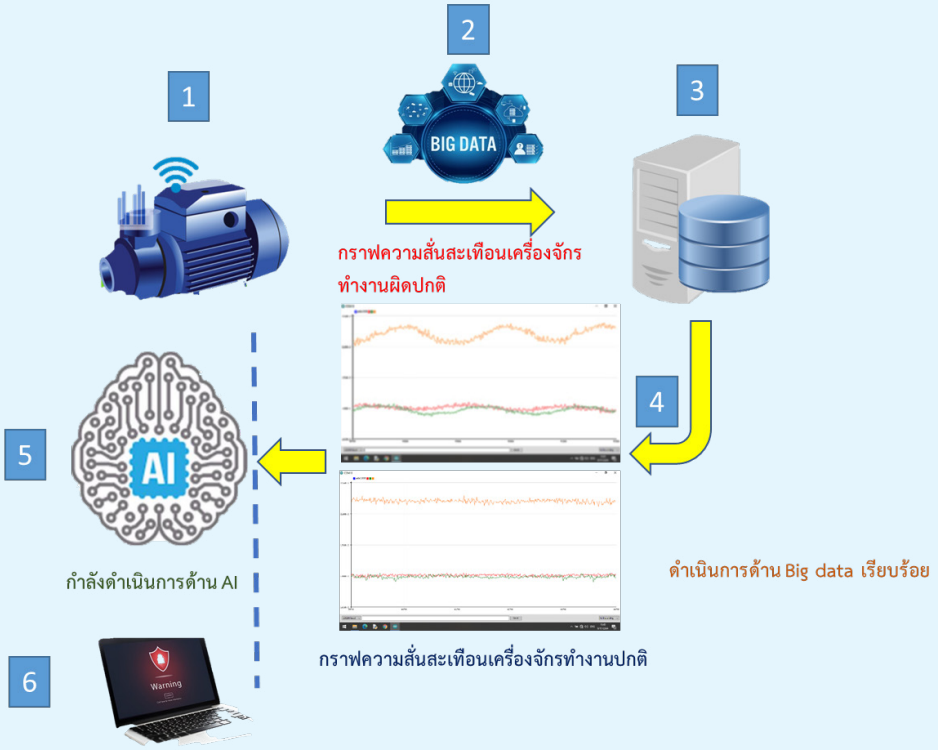


รูปที่ 1 บำรุงรักษาเชิงคาดการณ์(PdM) ใช้อุปกรณ์เซนเซอร์เพื่อรวบรวมการวัดแบบเรียลไทม์ ความดันอุณหภูมิ หรือการสั่นสะเทือน แจ้งเตือนก่อนเกิดความผิดพลาด

4. ผลการดำเนินงาน



รูปที่ 2 แสดงเครื่องมือวัดของ กคภ.อรม.อร. เทียบกับ Sensor ที่ กฟฟ.อรม.อร. สร้างขึ้น



รูปที่ 3 แสดงขั้นตอนการทำงานของเซนเซอร์ตรวจสอบเครื่องจักรส่งข้อมูล Big Data

ขั้นตอนการทำงานดังนี้

ลำดับที่ 1-3 Sensor ส่งข้อมูล Big data จากเครื่องจักรเข้าสู่ Database ที่เรือ ถ้าสามารถติดต่อ Database บน บก. ได้ จะส่งข้อมูลมาเก็บไว้ที่ Database บนฝั่ง

ลำดับที่ 4 Server ทำหน้าที่พล็อตกราฟส่งเข้าสู่ AI ที่มี Database ของรูปความสั่นสะเทือนที่ปกติ

ลำดับที่ 5 AI ทำการเปรียบเทียบกราฟความสั่นสะเทือน ถ้าผิดปกติส่งสัญญาณเตือน สำดับที่ 6

5. ข้อเสนอแนะ

1. จัดทำระบบเชื่อมโยงเครือข่ายฐานข้อมูลของค่าความสั่นสะเทือนที่ตรวจวัดได้จากยุทโธปกรณ์ภายในเรือต่าง ๆ และจัดเก็บไว้ในระบบ Big Data (บนบก) เพื่อนำมาใช้ประโยชน์ร่วมกันในการบริหารทั้งในด้านยุทธการ และการซ่อมบำรุง

2. Sensor ใช้ ESP32 อ่านค่าความสั่นสะเทือนจาก ADXL335 ซึ่งให้ค่า analog output 3 แกน คือ X Y และ Z ช่วงการวัด ± 3g

3. Database ที่เรือใช้ Raspberry PI4 Ram 8 Gb SD Card 64 Gb ระบบปฏิบัติการ Linux

4. ESP32 นอกจากส่งค่าความสั่นสะเทือนแล้วยังสามารถส่งชั่วโมงการใช้งานเครื่องจักร เพื่อนับเวลาการใช้งานที่แท้จริง

5. ในอนาคตจะทำการส่งค่าอุณหภูมิเครื่องจักรเพื่อนำข้อมูลมาเก็บไว้ทำการวิเคราะห์ต่อไป

6. การดำเนินการในส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์ (ESP32) เชื่อมต่อกับ Sensor นั้น กำลังพล กฟฟ.อรม.อร. เป็นผู้ดำเนินการ เพื่อให้ได้องค์ความรู้เพื่อรองรับเทคโนโลยีสมัยใหม่

สรุปผลและการวิเคราะห์

โครงการการเพิ่มประสิทธิภาพการบำรุงรักษาเชิงคาดการณ์ด้วย Big Data เป็นส่วนหนึ่งของการพัฒนากำลังพล กฟฟ.อรม.อร. ให้มีความรู้ระดับการทำงานของ Sensor โดยได้รับงบประมาณจาก กร. โดย กผช.กร. และ กคภ.อรม.อร. ร่วมกันทำงานซึ่งขณะนี้ได้ดำเนินการจนถึงขั้นที่ 4 ตามรูปที่ 3 กราฟที่แสดงความสั่นสะเทือนของเครื่องจักรมีแนวโน้มที่ไปในทางเดียวกันกับกราฟที่ได้จากการวัดของ กคภ.อรม.อร. ดังนั้นจึงมั่นใจได้ว่าข้อมูลที่ได้จากการวิจัยสามารถนำมาพยากรณ์แนวโน้มของความสั่นสะเทือนของเครื่องจักรได้โดยใช้ต้นทุนต่ำ สำหรับขั้นตอนถัดไป คณะวิจัยจะได้ใช้ Platform AI (CiRA Core) เพื่อทำการแจ้งเตือนกราฟความสั่นสะเทือนที่ผิดปกติเพื่อส่งให้ กคภ.อรม.อร. ไปดำเนินการตรวจสอบโดยละเอียดว่าผิดปกติจากสาเหตุใดต่อไป

การบำรุงรักษาเครื่องจักรไม่ว่าจะเป็นระบบงานแบบ Condition Based Maintenance (CBM) หรือ Predictive Maintenance (PdM) ล้วนต้องใช้ Big data และ AI มาช่วยทั้งสิ้นจึงจะช่วยให้งานสำเร็จลุล่วง เพื่อนำพากองทัพเรือเข้าสู่ยุค 5G ได้อย่างภาคภูมิใจ

เอกสารอ้างอิง

หนังสือ

กองทัพเรือ. คู่มือระบบการซ่อมบำรุงตามแผน ของ กองทัพเรือ พ.ศ.2524 กรุงเทพฯ กรมยุทธศึกษาทหารเรือ. : โรงพิมพ์กรมการศาสนา, 2529.

เกรียงไกร เพชรประไพ. คู่มือการใช้งานระบบสารสนเทศสนับสนุนการส่งกำลังบำรุงรวมของ ทร.(ระบบ ILS.IT) ชลบุรี : กองตรวจสอบสภาพยุทโธปกรณ์ กองบัญชาการ กองเรือยุทธการ, 2559.

Jame V. Jones. Integrated Logistic Support Hand Book. New York : McGraw-Hill, 2006.

Naval Sea System Command. Expanded Ship Work Breakdown Structure. Washington D.C.: Departmnent of Navy Sea System Command, 1985.

งานวิจัย

Chinedum Anthony Onuorah, Sara Chaychian, Yichuang Sun and Johann Siau, Development of a Vibration Measurement Device based on a MEMS Accelerometer, School of Engineering and Technology, University of Hertfordshire, Hatfield, U.K.

T.Chaitanya, G.Divyasree, P.Akshitha, Vibration Analysis of DC Motor with ADXL335 and MATLAB, Balaji institute of technology and science, Warangal, Telangana, International Journal of Engineering Research in Electrical and Electronic Engineering Vol 4, Issue 2, February 2018

วารสาร

เปรมมนัส สุวรรณดุล และ เกษม วิจิตราภรณ์พงศ์. การซ่อมบำรุงตามสภาพ (Condition Based Maintenance: CBM). วารสารกรมอู่ทหารเรือ. (2555): 70-76

Supervision and Control by SCADA of Fire Alarm System

การควบคุมระบบแจ้งเตือนอัคคีภัยผ่านระบบ SCADA

กองโรงงานไฟฟ้า

อู่ราชนาวีมหิดลอดุลยเดช กรมอู่ทหารเรือ

บทคัดย่อ

SCADA นั้นย่อมาจากคำว่า Supervisory Control and Data Acquisition เป็นระบบตรวจสอบและวิเคราะห์ข้อมูลแบบ Real-time ใช้ในการตรวจสอบสถานะตลอดจนถึงควบคุมการทำงานของระบบควบคุมในเรือ และงานวิศวกรรมต่าง ๆ เช่น ระบบควบคุมเครื่องจักร ระบบควบคุมเครื่องจักรช่วย ระบบป้องกันความเสียหาย และระบบไฟฟ้า เป็นต้น ตัวอย่างการใช้งาน เช่น ใช้ SCADA ตรวจสอบข้อมูล การรั่วไหลของของเหลวที่เกิดขึ้น ในท่อขนส่งจากตัวตรวจจับแล้วส่งสัญญาณแจ้งเตือนให้เจ้าหน้าที่ทราบ โดยส่งข้อมูลสู่ส่วนกลางของระบบ SCADA เป็นต้น นอกจากนั้น SCADA อาจทำหน้าที่คำนวณและประมวลผลข้อมูลที่ได้จากฮาร์ดแวร์ต่าง ๆ เช่น PLC Controller DCS และ RTU แล้วแสดงข้อมูลทางหน้าจอ หรือส่งสัญญาณควบคุมฮาร์ดแวร์ดังกล่าว เช่น หากอุณหภูมิของอุปกรณ์สูงเกินพิกัด ให้ทำการปิดอุปกรณ์นั้น เป็นต้น การออกแบบในลักษณะนี้เป็นการพัฒนาระบบบูรณาการด้านขีดความสามารถในการรบทางเรือสมัยใหม่ (Modern Warfighting Capabilities) และการพัฒนาระบบบูรณาการด้านความอยู่รอดของเรือ (Survivability) ซึ่งแบ่งเป็นการป้องกันการยิงถูกเรือ (HitAvoidance) ตามขั้นตอนการรบแต่ละขั้นตอนความทนทานต่อความเสียหายของเรือ (Damage Tolerance) ให้อยู่ในขอบเขตจำกัดหรือสามารถฟื้นตัวกลับมารบได้ในเวลาอันรวดเร็ว

1. บทนำ

เนื่องจากในปัจจุบันเรือรบในกองทัพเรือได้นำระบบ PLC มาใช้ในการควบคุมระบบการทำงานต่าง ๆ ภายในเรือ เรือบางลำระบบ PLC ชำรุดเสียหาย และซอฟต์แวร์เสียหายทำให้ระบบบางส่วนไม่สามารถใช้ในราชการได้ เจ้าหน้าที่รับหน้าที่ในการซ่อมไม่สามารถเรียนรู้เทคโนโลยีได้ทัน ขาดความชำนาญและความเข้าใจระบบควบคุมสมัยใหม่ที่เชื่อมต่อเป็นระบบเน็ตเวิร์ค ทำให้การคิดวิเคราะห์ปัญหาเกิดความล่าช้า และต้องเสียงบประมาณมากในการจ้างบริษัทผู้ผลิตมาเพื่อแก้ปัญหา บทความฉบับนี้ได้นำเสนอแนวทางหนึ่งในการเพิ่มขีดความสามารถของช่างไฟฟ้าให้มีความรู้ความเข้าใจในการออกแบบระบบควบคุมสมัยใหม่โดยการใช้โปรแกรม TIA Portal 16 ในส่วนของ WinCC ในการออกแบบระบบ SCADA เพื่อควบคุมและเฝ้าตรวจระบบ Fire Alarm System ของกองโรงงานไฟฟ้า ซึ่งออกแบบและเขียนโปรแกรมด้วย PLC Mitsubishi FX5u นอกจากนั้นระบบ SCADA ยังควบคุมโปรแกรม Factory IO ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ใช้ในการจำลองอุปกรณ์ทางฮาร์ดแวร์ ผ่านทาง PLC Siemens S7-1200 ด้วยโปรแกรมภาษา Ladder ควบคุมแบบระบบปิด ชนิด PID

กองโรงงานไฟฟ้าจึงมีแนวความคิดในการเพิ่มขีดความสามารถในการซ่อมบำรุงของช่างไฟฟ้าโดยโครงการนี้ได้ศึกษาทดลองออกแบบระบบควบคุมด้วย PLC ร่วมกับโปรแกรมออกแบบ SCADA ด้วยการพึ่งพาตนเองจะสามารถทำให้ผู้เรียนสามารถเข้าใจการออกแบบระบบ SCADA ที่มีใช้ในราชการกองทัพเรือได้ซึ่งจะนำพาไปสู่ความสามารถสนับสนุนความต้องการในการแก้ปัญหาระบบได้มากขึ้น

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพิ่มขีดความสามารถของช่างไฟฟ้าในการซ่อมทำให้สามารถวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาได้ถูกต้องและรวดเร็ว

2.2 เตรียมความรู้เพื่อรองรับเทคโนโลยีสมัยใหม่

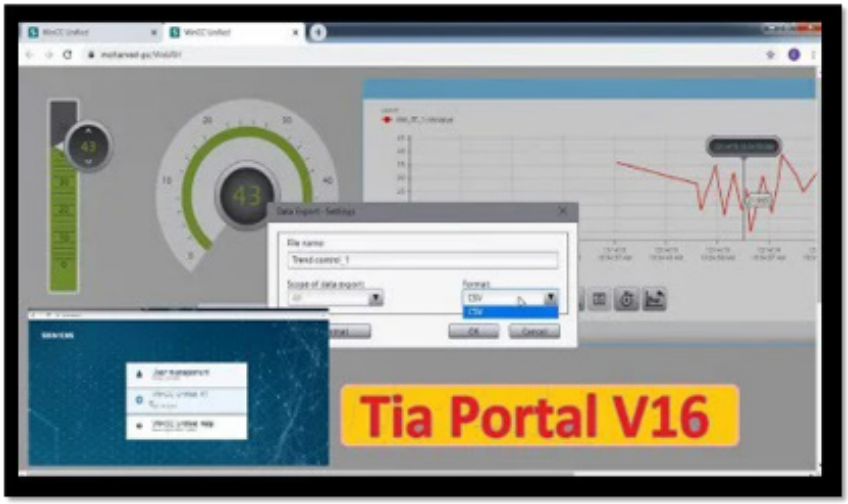
3. การดำเนินการ

โครงการศึกษาออกแบบระบบควบคุมด้วย PLC ร่วมกับโปรแกรมออกแบบระบบ SCADA กองโรงงานไฟฟ้า ได้แบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

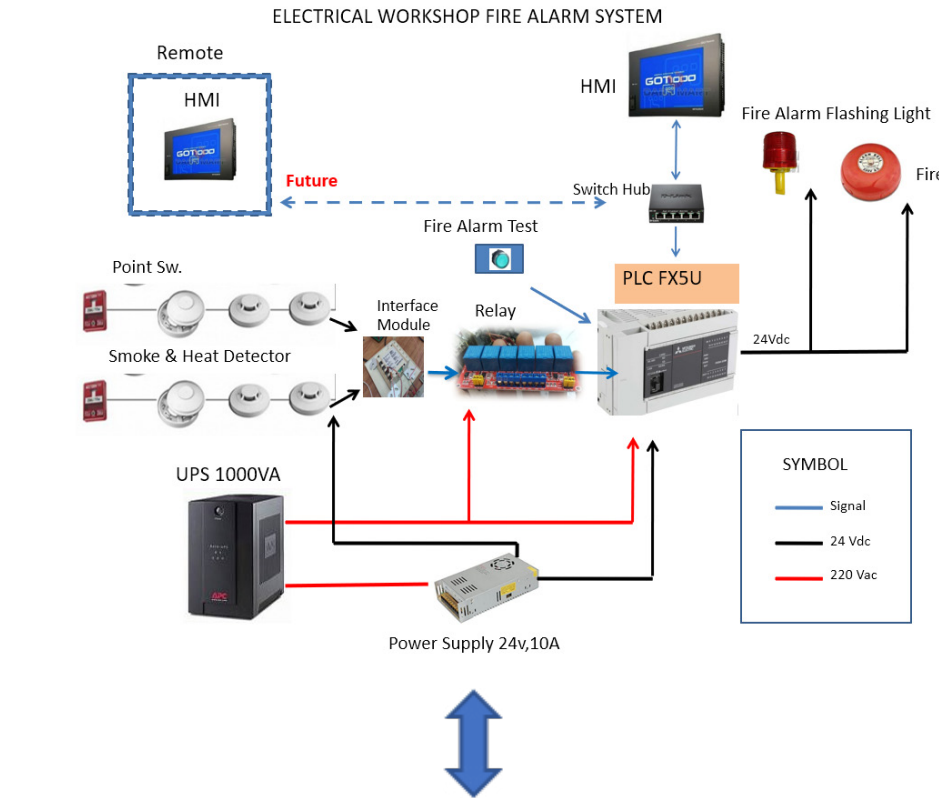
3.1 ศึกษาและวิเคราะห์ปัญหาสาเหตุระบบควบคุม PLC ที่มีใช้อยู่ในเรือรบปัจจุบัน

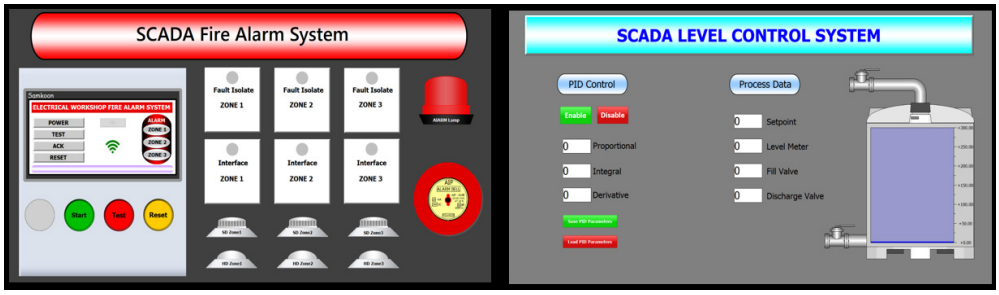
3.2 ศึกษาเกี่ยวกับโปรแกรมที่ใช้ในการออกแบบระบบควบคุมด้วย PLC โปรแกรม GX Work3 ของ Mitsubishi โปรแกรม TIA Portal ของ Siemens และโปรแกรม Factory IO ศึกษาการเชื่อมต่อเข้ากับ OPC Server ในการแสดงผลและควบคุมเซนเซอร์ตรวจจับความร้อน และเซนเซอร์ตรวจจับควันไฟ

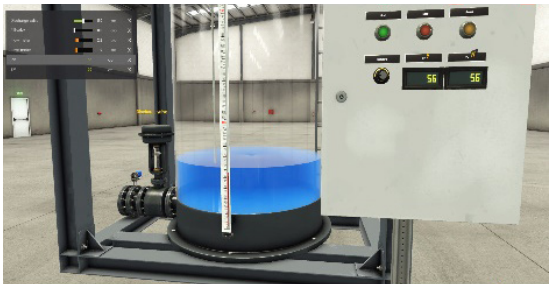
3.3 ออกแบบระบบควบคุม PLC ร่วมกับโปรแกรมออกแบบระบบ SCADA



4. ผลการดำเนินงาน







รูปที่ 2 ระบบ SCADA ที่ควบคุม Fire Alarm และ Water Level Controller แบบ PID

5. ข้อเสนอแนะ

ในการฝึกการเขียนโปรแกรมเพื่อพัฒนาเสริมสร้างองค์ความรู้ให้กับกำลังพลช่างไฟฟ้าของกองโรงงานไฟฟ้า เพื่อให้ประสบความสำเร็จจนถึงขั้นที่สามารถนำความรู้ไปสู่การปฏิบัติได้จริงนั้นจะประกอบด้วยองค์ประกอบดังนี้

5.1 เครื่องคอมพิวเตอร์อย่างต่ำ CPU Core i5 RAM อย่างน้อย 12 GB

5.2 ชุดฝึก PLC Mitsubishi FX5u และชุดฝึก PLC Siemens S7-1200

5.3 ความรู้พื้นฐานด้านวงจรระบบควบคุม Magnetic

5.4 ความรู้พื้นฐานด้าน Computer Network

5.5 ความสนใจในการอยากเรียนรู้เทคโนโลยี

5.6 สื่อการสอนต่าง ๆ ในรูปแบบ วิดีโอ ตามอินเทอร์เน็ตทั่วไป

สรุปผลและการวิเคราะห์

แนวความคิดในการเพิ่มขีดความสามารถในการซ่อมบำรุงของช่างไฟฟ้า กองโรงงานไฟฟ้านี้ถือได้ว่าประสบความสำเร็จ เนื่องจากช่างที่ได้รับการถ่ายทอดความรู้ สามารถนำความรู้ระบบ SCADA ที่ได้ไปควบคุมระบบ Fire Alarm ที่สร้างโดยกองโรงงานไฟฟ้าอย่างเป็นรูปธรรม อีกทั้งสามารถเข้าใจการทำงานของระบบ SCADA ของเครน 75 ตัน โดยสามารถนำ Software มาเก็บไว้และทำการ Upgrade จาก TIA Portal 13 ไปเป็น TIA Portal 16

การพัฒนาเสริมสร้างองค์ความรู้ลักษณะนี้มีข้อดีกว่าการส่งคนไปอบรมนอกสถานที่ตามศูนย์อบรมต่าง ๆ ซึ่งมีเวลาจำกัดเพียงแค่ 3 วัน และมีค่าใช้จ่ายค่อนข้างแพง ช่างที่ไปอบรมไม่สามารถทำตามที่สอนได้ทัน เนื่องจากไม่มีชุดฝึกที่พร้อมให้ทดลองได้ตลอดเวลา หลังจากอบรมเสร็จก็ลืมเพราะไม่ได้นำไปใช้ ดังนั้นการนำผลการเรียนไปสู่การปฏิบัติที่ทำได้จริงนั้น สิ่งที่สำคัญคือ การวางแนวทางการศึกษาอย่างเป็นระบบ และที่จะขาดไม่ได้คือ การสนับสนุนของผู้บังคับบัญชา เพื่อให้เกิดองค์ความรู้จากรุ่นพี่สู่รุ่นน้องสืบต่อไป

เอกสารอ้างอิง

นายพิสิฐ คูวิจิตรจารุ และ คณะ, “ระบบ Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) ในการบริหารจัดการน้ำ” ปริญญานิพนธ์, ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บริษัท อีดีเอ อินเตอร์เนชั่นเนล จำกัด “SCADA คืออะไร สอน SCADA,” http://www.eda.co.th/scada.html

SCADA and Automation Community “สอนการใช้งาน Genesis32,” https://www.scadaclub.com/

ระบบการจัดการพลังงานฉลาด สำหรับเรือไฟฟ้าทุกประเภท
โดยใช้หลักการระบบอ้างอิงแบบความคลุมเครือของเซลล์ประสาทปรับตัว

(Intelligent Energy Management System for an all-electric ship based on adaptive neuro-fuzzy inference system)

นาวาเอก ชลวิทย์ พฤทธพงศ์
นายทหารปฏิบัติการ ประจำกรมกำลังพลทหารเรือ

1.กล่าวนำ

งานประยุกต์สติปัญญาเทียมอันชาญฉลาด (Artificial Intelligence applications ; AI) อย่างหลากหลายในระบบกำลังงานไฟฟ้าเริ่มได้รับการรู้จักในศตวรรษที่ผ่านมา (Rahman, 1993) เทคนิค AI ได้แสดงบทบาทที่สำคัญในระบบกำลังงานไฟฟ้าที่ทันสมัย (Modern electric power system) การเพิ่มขึ้นของระบบการกำเนิดกำลังงานที่หลากหลาย ความไม่แน่นอนที่เกิดมีอยู่เป็นประจำของพลังงานจากแสงอาทิตย์และลม สิ่งเหล่านี้นำไปสู่การเกิดความยุ่งยากซับซ้อนในสมรรถภาพของระบบกำลังงาน (Power system performance) ในการประมาณการการรับโหลดล่วงหน้า (Load forecasting) ในการป้องกัน (Protection) (Saha et al., 2000) และในการควบคุมเมื่อต่อเชื่อมเข้ากับกริด (Grid) เทคนิค AI ที่ใช้ในระบบกำลังงานไฟฟ้า คือ ตรรกศาสตร์คลุมเครือ (Fuzzy Logic ; FL) ตรรกศาสตร์คลุมเครือ แบบปรับตัว (Adaptive Fuzzy Logic ; AFL) ระบบใช้ความชำนาญ (Expert Systems ; ESs) โครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Networks ; ANNs) กระบวนการคำนวณแบบพันธุศาสตร์ (Genetic Algorithms ; GAs) และระบบการอนุมานแบบคลุมเครือของเซลล์ประสาทปรับตัว (Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System ; ANFIS) (Andreoiu, 2002; Dubey, 2008)

ระบบใช้ความชำนาญ (Expert systems) จะเป็นการจำลองกระบวนการคิดในเชิงการคิดปฏิบัติการ (Operator thinking thought process) ขึ้นอยู่กับความรู้ที่ถูกแสดงให้เห็นและกลไกในการอนุมาน (Inference mechanisms) อีกทั้งยังนำมาใช้เป็นเครื่องมือในการตัดสินใจ (Decision-making tool) ในระดับที่ใกล้เคียงกับการใช้ประสบการณ์ของมนุษย์เอง กระบวนการคำนวณแบบพันธุศาสตร์ (GA) จะใช้วิธีการวิวัฒนาการทางพันธุกรรมของมนุษย์มาใช้ในการหาคำตอบหรือผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุดบนหลักการของเครื่องมือสืบค้นข้อมูลแบบสุ่มหาเชิงพันธุศาสตร์ (Genetically random search engine) (Ibrahim and Morcos, 2002)

เทคนิคตรรกศาสตร์คลุมเครือ (FL) มีความเที่ยงตรงกว่าระบบใช้ความชำนาญ (ESs) ในการควบคุมระบบกำลังงาน ทั้งนี้เพราะว่าแบบจำลองของระบบ (System model) ไม่จำเป็นต้องถูกกำหนดขึ้นมาใช้ในการดำเนินกระบวนการในระบบ หรือเมื่อกรณีแบบจำลองของระบบกำลังงานนั้นมีรูปแบบ ทางคณิตศาสตร์ที่มีความยุ่งยากซับซ้อนก็ไม่มีผลกระทบ

วิธีการโครงข่ายประสาทเทียม (ANNs) ได้จำลองโครงสร้างการเชื่อมต่อในลักษณะเซลล์สมองของมนุษย์ (Human's neural brain structure) ซึ่งประกอบด้วยโนดเชิงคณิตศาสตร์ (Arithmetic nodes) ขนาดเล็ก ๆ ถูกเชื่อมต่อกันเป็นสถาปัตยกรรมของชั้นโครงข่ายที่มีความซับซ้อนสูง (Highly complex layer architecture) วิธีการ ANNs นี้ สามารถแก้ปัญหาระบบกำลังงานโดยอาศัยหลักการใช้ตัวอย่างข้อมูลความรู้ของรอบการทำงานรอบก่อน (Previous knowledge examples) มาใช้ในการบ่งชี้(Identify) และแยกแยะ (Classify) ความผิดพลาดที่แตกต่างกันในระบบกำลังงานไฟฟ้า (Electric power system) (Sanjeevikumar et al.,2014; Larsson

et al., 2006) และประมาณหาค่าการแกว่งกระเพื่อมของความเร็วลม (Wind speed fluctuation) โดยการใช้การประมาณค่าทางเรขาคณิตศาสตร์ (Geometric approximation) ในฟาร์มกังหันลม (Wind farms) (Petković et al., 2017b)

ระบบอัจฉริยะ (Intelligent system) เป็นแนวโน้มใหม่ในทุกระบบไฟฟ้า (All-electric system) ซึ่งได้จุดประกายในการนำพลังงานทดแทนมาใช้อย่างแพร่หลาย เนื่องจากมีแหล่งพลังงานรูปแบบผสม (Nonhomogeneous energy source) ที่หลากหลายสำหรับนำมาใช้ในการออกแบบ วิธีการ AI ได้เพิ่มสมรรถนะและสามารถตัดสินใจในคำสั่งการที่ไม่ได้เป็นคำสั่งการที่เหมาะสมที่สุด (Non-optimality issue) ได้ (Katebi et al., 2020) ระบบกำลังผสมของเรือตามความมุ่งหวังสามารถใช้เป็นระบบแรงลาก (Traction system) โดยที่จำเป็นต้องมีวิธีการจัดการและควบคุม (Wangsupphaphol et al., 2014) ตามโหมดเรือในการปฏิบัติงาน (Dayeni and Soleymani, 2016; Ji et al., 2020) และยังใช้ในยานพาหนะแบบอัตโนมัติ (Phan et al., 2020)

ระบบการอนุมานแบบคลุมเครือของเซลล์ประสาทปรับตัว (ANFIS) คือ ระบบอนุมานแบบคลุมเครือ (Fuzzy inference system) ซึ่งใช้ลำดับขั้นตอนการเรียนรู้แบบผสม (Hybrid learning algorithm) เพื่อใช้ในการฝึกฝนเหมือนดังเช่น เทคนิคสติปัญญาฉลาดเทียม (Artificial Intelligence technique) หรือ AI เพื่อลอกเลียนพฤติกรรมการทำงานของสมองมนุษย์ (Human brain behavior) ANFIS สามารถถูกแสดงในรูปแบบเชิงคณิตศาสตร์ (Mathematical representation) ของโครงสร้าง ทางสถาปัตยกรรมของเซลล์สมองมนุษย์ (Human neural architecture) เนื่องจากความสามารถ การเรียนรู้ (Learning) และการสรุปผล (Generalization)ของระบบซึ่งANFISสามารถนำมาใช้ในหลากหลายงานประยุกต์ที่แตกต่างกันอย่างเช่นในงานวิศวกรรมโยธา (Civil engineering) จะใช้สำหรับจัดการหาเกณฑ์มาตรฐานที่มีประสิทธิผล (Effective criteria) เพื่อทำนายความแข็งแรงทนทาน ต่อการเฉือน (Shear strength) โดยการจัดหาข้อมูลอินพุต (Input data) ที่รวมความสูง (Height) อายุ ในการใช้งาน (Duration) และความหนาของตัวเชื่อมต่อรับการเฉือน (Thickness of shear connector) เช่นเดียวกันกับความแข็งแรงของคอนกรีต (Concrete strength) และการเลื่อนไถลของตัวเชื่อมต่อรับการเฉือน (Slip of shear connector) และเพื่อสืบให้มีความแน่ใจในค่าพารามิเตอร์เริ่มต้นต่าง ๆ (Primary parameters) ที่มีผลกระทบต่อการทำนายความรุนแรงในการเฉือน (Sheer intensity) ในตัวเชื่อมต่อรับการเฉือนที่มีมุมรูปทรงตัวอักษร C และ L (C and L, shaped angle shear connectors) (Sedghi et al., 2018) และถูกใช้ในประเทศเซอร์เบีย (Serbia) เพื่อทำการพิจารณาวัดค่าดัชนีความเข้มข้นในการตกตะกอนของสาร (Precipitation concentration index) (Petković et al., 2017a)

ANFIS เป็นเทคนิคที่ทรงพลังใช้สำหรับทำนายการควบคุม และการจัดการพลังงาน (Energy management) ในงานประยุกต์วิกฤตต่าง ๆ (Critical applications) อย่างเช่น การจัดการพลังงานไฟฟ้าที่มากขึ้น (More Electric Aircraft ; MEA) (Kamal et al., 2018) และไฮบริดสมาร์ทกริด (Hybrid smart grid) (Sujil et al., 2019) และในระบบซึ่งประกอบด้วยเซลล์เชื้อเพลิง (Fuel cell) และแบตเตอรี่ในงานประยุกต์ต่าง ๆ ที่แตกต่างกัน (Different applications) (García et al., 2013; Lukichev et al., 2018) ANFIS เป็นแบบจำลองบนพื้นฐานของตรรกศาสตร์คลุมเครือ (Fuzzy-logic-based model) ที่สามารถมีความรู้สึกตอบสนองต่อความสามารถในการเรียนรู้ (Learning capability) ของ ANN และสามารถหาสิ่งดีที่สุด (Optimization) ของ GAs เพื่อเพิ่มสมรรถนะความชาญฉลาด (Intelligent performance) ตามความรู้ที่เคยมีเมื่อครั้งก่อน (Previous knowledge) จึงทำให้ ANFIS สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับระบบกำลังงาน ดังเช่นทำหน้าที่ตรวจหาวินิจฉัยข้อผิดพลาด (Fault diagnostic) (William et al., 2007; Anika et al., 0000)

ANFIS ถูกใช้เกี่ยวกับโครงสร้างของลม เพราะว่าการแปรเปลี่ยนไปมาของทิศทางลม (Fluctuation of wind direction) และความเร็ว มีผลต่อระบบพลังงานเอาต์พุต (Output energy system)

หลาย ๆ พารามิเตอร์ (Parameter) มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพของพลังงานเอาต์พุต การเลือกวางตำแหน่งของกังหันลม (Wind turbine location) ถูกจัดการโดย ANFIS (Petković et al., 2014a) และถูกใช้เลือกค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่ดีที่สุดสำหรับเพื่อการพัฒนาพลังงานฟาร์มลม (Wind farm energy) (Petković et al., 2014b, 2016; Nikolić et al., 2017)

ระบบการอนุมานแบบคลุมเครือของเซลล์ประสาทปรับตัว (Adaptive neuro-fuzzy inference system ; ANFIS) นั้น จะมีอยู่ในบางงานประยุกต์ต่าง ๆ ในแผงควบคุมต่าง ๆ บนเรือทำหน้าที่เพื่อจำลองการเคลื่อนที่ของเรือ (Ship motion) และควบคุมวิถีในการเดินทาง (Trajectory control) (Nguyen et al., 2017) การออกแบบการนำเรืออัตโนมัติ (Autopilot design) และการควบคุมเก็บรักษา เส้นการเดินทาง (Course keeping control) (Chen and Zhang, 2015; Guo et al., 2003) และ ถูกใช้ในการป้องกันระบบกำลังงานบนแผงควบคุมปกติของเรือ (Typical shipboard power system) (Fang et al., 2011)

การปฏิบัติงาน และการควบคุม คือ เป้าหมายเริ่มต้นในระบบกำลังงานไฟฟ้า (Electric power system) เพื่อในการจัดเตรียมโหลด (Load) ด้วยกับกำลังงานไฟฟ้าที่เพียงพอโดยที่มีค่าใช้จ่ายที่ถูกที่สุด และทำให้แน่ใจว่าระบบจะมีความเสถียรและน่าเชื่อถือ (Stability and reliability) เทคนิค AI หลาย ๆ เทคนิคสามารถปฏิบัติตามการวางแผนการของระบบกำลังไฟฟ้า ไม่ว่าจะเป็นการตรวจวัด (Monitoring) การป้องกัน (Protection) การควบคุม (Control) และการแนะนำผลลัพธ์ (Suggest solution) เพื่อแก้ปัญหาของระบบและทำการตัดสินใจ (Decision making) กับในบางเหตุวิกฤตการณ์ ที่ต้องมีการตัดสินใจทั้งแบบให้คำแนะนำ (Supervised) และไม่ให้คำแนะนำ (Unsupervised) (Zhao and Zhang, 2016)

ในเอกสารฉบับนี้ EMS ร่วมด้วยกับเทคโนโลยีสติปัญญาฉลาดเทียม AI ได้ถูกนำมาใช้ โดยมีการใช้ระบบการอนุมานแบบคลุมเครือของเซลล์ประสาทปรับตัว ANFIS นี้ ความต้องการภาระโหลด (Load demand) และ สถานะแบตเตอรี่ในการชาร์จ (Battery state of charge ; SOC) คือ ค่าพารามิเตอร์อินพุตของ EMS หลัก (Main EMS input parameter) เพื่อควบคุมการผลิตกำลังงานตามความต้องการ (Necessary power production) จากเซลล์เชื้อเพลิง (Fuel cell) ระบบตามความมุ่งหวังนี้จะเหมาะสมกับเรือรบของราชนาวี และเรือดำน้ำในการเดินเรือ (Naval ships and submarine cursing) โดยที่มีความต้องการลดสัญญาณเสียงให้อยู่ในระดับต่ำ (Low acoustic signature) ในเอกสารฉบับนี้ EMS ร่วมด้วยกับ AI โดยมีการใช้ระบบ ANFIS

สมาร์ทกริด (Smart grid) ได้กลายเป็นเครื่องมือประยุกต์ที่สำคัญ (Essential application) สำหรับเพื่อใช้กับ AI และ CI เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาระบบที่มีความซับซ้อน (System complexity) และปัญหาพลังงานสำหรับการส่งจ่าย (deliver energy) ระบบ AI ได้ทำการกระตุ้น และเร่งรัดเทคโนโลยีของระบบกำลังงานเรือ (Eremia et al., 2016; Jizhi et al., 2019; Yoon et al., 2020)

ตัวอย่างงานวิจัยนี้เป็นขั้นตอนแรกในการมุ่งไปสู่การจัดการและการควบคุมระบบกำลังงานไฟฟ้าของเรือ โดยการปฏิบัติทดสอบบนแท่นทดสอบ (Testbed bench) เพื่อจำลองค่าระบบกำลังงานเรือ และการประยุกต์ ANFIS บนหลักการเพื่อให้เป็นฮาร์ดแวร์เชิงพาณิชย์ (Commercial hardware) เพื่อใช้ประเมินความเป็นเหตุเป็นผลของระบบ (System validity) ก่อนที่จะมีการทำการปฏิบัติการในระบบกำลังงานเรือจริง (Gaber et al., 2021b, a)

ผลที่จะได้โดยหลักของงานวิจัยนี้สามารถสรุปเป็นข้อได้ดังต่อไปนี้ :

1. สามารถแสดงให้เห็นในระบบที่ถูกทดสอบ (Testbed system) เพื่อสำหรับการประเมินหาผลการจำลองค่า (Simulation result) ก่อนที่จะนำไปปฏิบัติจริง ในเรือ

2. มุ่งหวังให้ได้ระบบ EMS ที่ชาญฉลาด (Intelligent EMS) โดยใช้หลักการของเทคนิค ANFIS

3. ตรวจสอบประสิทธิภาพของระบบตามเป้าหมาย เปรียบเทียบกับผลการปฏิบัติที่ได้มาจากงานครั้งก่อน

4. การศึกษาเหล่านี้ได้แสดงให้เห็นข้อดีของระบบ EMS ในระบบกำลังงานผสม (Hybrid power system) ที่มีต่อสิ่งแวดล้อมทางทะเล (Marine environment)

5. การศึกษานี้เป็นขั้นตอนแรกในการที่จะทำให้เกิดระบบ EMS ที่มีความยืดหยุ่นโดยสมบูรณ์ในการออกแบบ (Completely flexible EMS designed) และสามารถนำไปประกอบใช้เป็นระบบกำลังงานในเรือ (Shipboard power system)

เอกสารฉบับนี้ได้มีการจัดเรียงอันดับดังต่อไปนี้ ; ส่วนที่ 2 แสดงระบบกำลังผสมตามเป้าหมาย (Proposed hybrid power system) ในขณะที่ในส่วนที่ 3 ได้แสดงสถาปัตยกรรมในการวางระบบ การจัดการพลังงาน (Energy Management System Architecture) ส่วนที่ 4 แสดงวิธีการที่ดีที่สุด ในการทำระบบผสม (Hybrid system optimization Strategy) ประโยชน์ที่ได้จากระบบ ANFIS ในการจัดการพลังงานของเรือ (Ship Energy Management ; SEM) ได้ถูกแสดงไว้ในส่วนที่ 5 ในส่วนที่ 6 ได้แนะนำการศึกษาในครั้งก่อน (Previous studies) สำหรับในระบบที่เหมือนกัน แม้ว่าในส่วนที่ 7 จะได้แสดงขั้นตอนในการทำงานของระบบ EMS ในส่วนที่ 8 การจำลองค่าและผลลัพธ์ที่ได้จากการทดสอบ (simulation and test results) ได้ถูกแสดงให้เห็น และสุดท้าย ภาพสรุปที่ได้จากงานวิจัยจะถูกสรุปไว้ในส่วนที่ 9 นี้

2. การบรรยายระบบ (System description)

วิธีการจัดการพลังงาน (Energy management strategy ; EMS) คือ การจัดการกับระบบผสมระหว่างเซลล์เชื้อเพลิงที่สำคัญ และแบตเตอรี่ (Significant fuel cell and battery hybrid system) ซึ่งเป็นการจัดการจ่ายพลังงานจากภายในส่วนของแหล่งจ่ายกำลังงาน (Power source) ปัจจัยสำคัญ ที่จำเป็น (Vital factor) ของวิธีการควบคุมฉลาด (Intelligent control strategy) นี้ คือ การปรับแต่งสัดส่วนปริมาณการจ่ายไฟของกำลังงานระบบผสม (Hybrid system power) เพื่อเปลี่ยนกำลังงานของโหลด และสถานะแบตเตอรี่ในการชาร์จ (State of Charge ; SOC) โมเดลของระบบด้วยการวิเคราะห์เชิงลึก (In-depth analysis) สามารถทำได้โดยการใช้กล่องเครื่องมือในโปรแกรม ANFIS/Simulink (ANFIS/Simulink toolbox) บทความนี้ได้แสดงวิธีการอันชาญฉลาด (Intelligent approach) บนพื้นฐานของขั้นตอนการคำนวณแบบคลุมเครือของเซลล์ประสาทปรับตัว (Adaptive neuro-fuzzy algorithm) ซึ่งสามารถจัดการความหมดเปลืองพลังงานของระบบผสม AES (Energy consumption of AES hybrid) เป้าหมายที่สำคัญที่สุดในการวิเคราะห์นี้ คือ การกำหนดหาประสิทธิภาพของแบบจำลอง ที่มุ่งหมาย (Proposed model's efficacy) ในการรักษาระดับค่าโวลเตชของบัสไฟกระแสตรงให้มี ความสม่ำเสมอ (Steady DC bus voltage) การศึกษานี้มุ่งความสนใจไปที่การตัดสินใจปรับปริมาณสัดส่วนในการส่งจ่ายไฟของไฟกำลัง (Flow of power decision) ในระบบแหล่งกำลังไฟฟ้าแบบผสม (Hybrid power system) ที่มุ่งสนใจไปที่ EMS

งานใน “การตรวจจับเรือดำน้ำ (Submarine seeking)” คือ หนึ่งในภาระงานที่ท้าทายที่สุดของเรือรบเนื่องจากสัญญาณเสียงรบกวน (Noise) ที่เกิดขึ้นจากใบจักรของเรือ (Ship propeller) ตอร์ปิโด (Torpedo) และจรวดมิสซายล์ (Missile lock) บนเรือ โหมดการปฏิบัติการนี้ต้องการการยาตราเรือ ที่เงียบเพื่อรักษาให้สัญญาณเสียงมีค่าต่ำ (Low acoustic signature) และป้องกันการโจมตีของตอร์ปิโดและมิสซายล์ของเรือดำน้ำ

แบบจำลองที่มุ่งหมาย คือ แบบจำลองกำลังงานผสม (Hybrid power model) ซึ่งประกอบด้วยแหล่งกำลังงานไฟฟ้ากระแสตรงเบื้องต้น (Primary DC power source) จากเซลล์เชื้อเพลิง (Fuel-cell) และ ระบบเก็บสะสมพลังงาน (Storage system) ของแบตเตอรี่แบงก์ (Battery bank) และซุปเปอร์ คาปาซิเตอร์(supercapacitor) ตามสิ่งประยุกต์ต่าง ๆ ในเรือ (Ship application) และ ความต้องการโหลด (Load demand) แบบจำลอง (model) นี้ ถูกเพิ่มค่าโดยการเพิ่มแหล่งพลังงาน (Energy source) เป็นเหมือนกับโมดูล PV จากแหล่งพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar energy source PV module) หรือเครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซล (Diesel generator) (Gaber et al., 2019; Motapon et al., 2013) การขาดอุปกรณ์เครื่องมือทางกล (Mechanical equipment) ส่งผลในแบบจำลองหรือโมเดลด้วยสัญญาณเสียงที่ต่ำ (Low acoustics signature)

ระบบกำลังงานผสม (Hybrid power system) ดังแสดงในแผนภาพที่ 1 ถูกออกแบบเพื่อให้ได้ความต้องการกำลังงาน และพลังงานของเรือรบจริง (Actual naval ship’s power and energy requirement) ในโครงการพิเศษเฉพาะ (Specific scenario) ที่มีความคล้ายคลึงกับงานวิจัยเรือดำน้ำ (Submarine search) ระบบเซลล์เชื้อเพลิง (Fuel cell system) ถูกออกแบบให้ได้ความต้องการ ภาระโหลด (Load demand) ในย่านจาก 0 ถึง 10 kW แบตเตอรี่ของระบบเก็บสะสมพลังงาน และซุปเปอร์คาปาซิเตอร์ ถูกออกแบบมาให้สามารถชดเชยผลตอบสนองเชิงไดนามิคอย่างช้า ๆ ของเซลล์เชื้อเพลิง (Fuel cell’s slow dynamic response) ภายใต้เงื่อนไขความต้องการให้ยอดพีคของสัญญาณมีค่าสลับไปมาเป็นช่วง ๆ และแบบยอดพีคของสัญญาณคงที่ (Intermittent and constant peak demand condition)

เครื่องมือเก็บสะสมพลังงาน (Energy storage device) ประกอบด้วยแบงก์แบตเตอรี่ กรด – ด่าง แบบเจลแห้งขนาด 100 A ตราอักษร Sonnenschein A412 (Sonnenschein A412/100 A dry gel lead–acid battery bank) จำนวน 2 ชุด แบตเตอรี่ขนาด 100 Ah นี้มีประสิทธิภาพที่ยอมรับได้ และเป็นแนวคิดสำหรับเป็นเครื่องมือประยุกต์ใช้ในเรือ (Marine application) ซึ่งจะประกอบด้วยจำนวนหกโมดูล (Module) ของแบตเตอรี่ และซุปเปอร์คาปาซิเตอร์ (48.6 V, 88 F)

ดังแสดงในแผนภาพที่ 2 เป็นรูปโมดูลแผนผังควบคุม (Control schematic module) ซึ่งใช้ตัวควบคุม (Controller) เพื่อปรับแต่งกำลังงานเอาต์พุตของเซลล์เชื้อเพลิง และแบตเตอรี่ผ่านไปยัง คอนเวอร์เตอร์ DC/DC (DC/DC converter) ที่อยู่ติดกันกับตัวควบคุม ซึ่งตัวควบคุมนี้ถูกวางโครงสร้าง ในรูปแบบที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับวิธีการอนุรักษ์พลังงาน (Energy conservation methodology) ที่ใช้ คอนเวอร์เตอร์ DC/DC ต้องการค่าอ้างอิงของโวลเตชเอาต์พุต (Output voltage reference) และ ค่าอ้างอิงของกระแสไฟ อินพุต/เอาต์พุต ค่าที่น้อยที่สุด (Minimum input/output current reference) เพื่อล้อตามระดับค่าโวลเตชของบัสไฟ DC (DC bus voltage level) ซึ่งถูกหาค่าออกมาโดยระบบการจัดการพลังงาน (Energy management system)

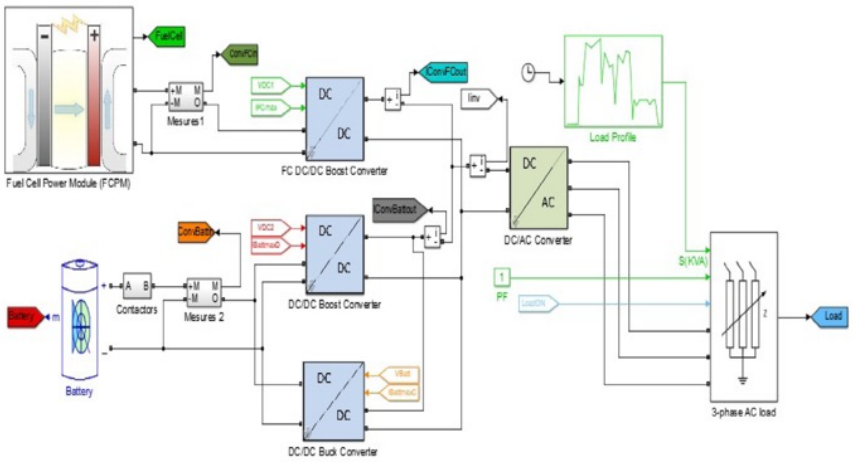
คอนเวอร์เตอร์ของแบตเตอรี่แบบสองทิศทาง ต้าน-เสริม DC/DC (DC/DC bidirectional buck–boost battery converter) ถูกนำมาใช้สำหรับในการชาร์จ/คายประจุ (Charge/discharge) ของแบตเตอรี่ที่ถูกต่อตรงเข้ากับบัส DC (DC bus) ระบบจัดการแบตเตอรี่ (Battery management system ; BMS)

ทำหน้าที่ควบคุมพลังงานของแบตเตอรี่ และป้องกันแบตเตอรี่จากการชาร์จประจุ มากเกิน (Overcharging) คายประจุมากเกิน (Over-discharging) และมีความร้อนสูงเกิน (Overheating)

ระบบบัส DC ถูกเชื่อมต่อไปยังอินเวอร์เตอร์สามเฟส DC/AC (DC/AC three-phase inverter) เพื่อเปลี่ยนกำลังงานไฟ DC ไปเป็นกำลังงานไฟสามเฟส AC เพื่อป้อนให้กับภาระโหลดที่ต้องการ

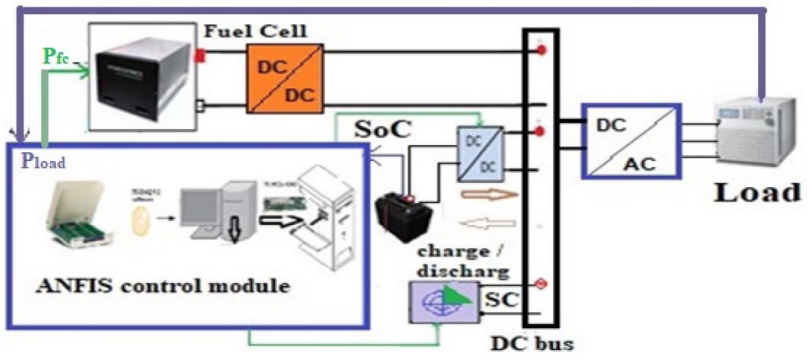
สำหรับเพื่อให้ได้โมเดลในการสุ่มค่าที่สมบูรณ์ (Complete simulation model) ระบบจะถูกต่อเชื่อมไปยังโปรไฟล์ของโหลด (Load profile) บนหลักการของภาระโหลดเรือจริง (Actual shipload) ในระหว่างปฏิบัติภารกิจที่ถูกเลือก

แผนภาพที่ 1 กำลังไฟฟ้าพลังงานผสมตามมุ่งหมายสำหรับภารกิจเรือเดินเงียบ (Proposed hybrid energy power for silent ship mission)



ที่มา : Energy Reports 7 (2021) 7989–7998

แผนภาพที่ 2 แสดงภาพไดอะแกรมแผนผังของโมดูลควบคุม ANFIS (Schematic diagram of ANFIS control module)

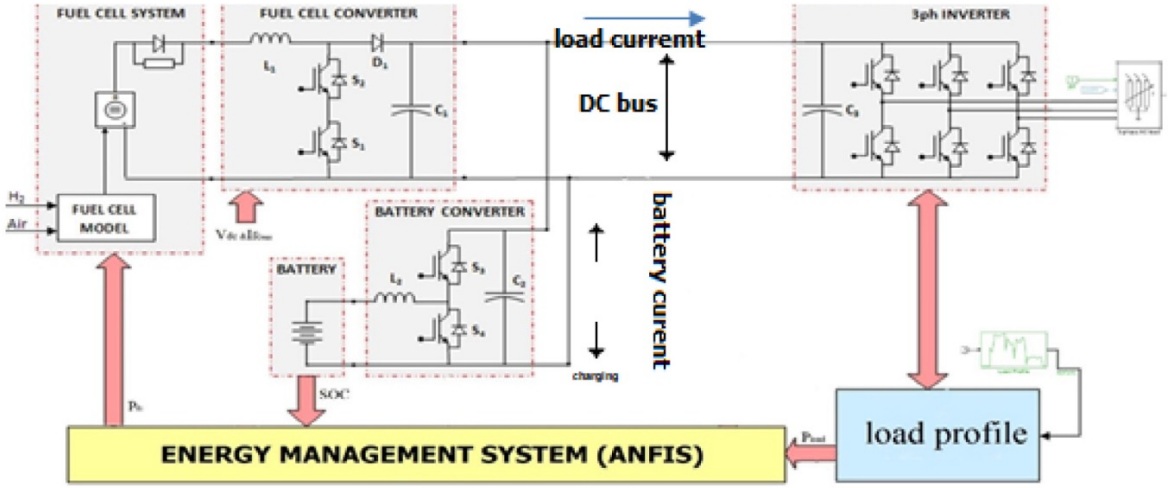


ที่มา : Energy Reports 7 (2021) 7989–7998

3. สถาปัตยกรรมระบบการจัดการพลังงาน (Energy management system architecture)

สถาปัตยกรรมของระบบการจัดการพลังงาน (EMS) แสดงดังในแผนภาพที่ 3 อุปกรณ์ควบคุม ANFIS (ANFIS controller) มีจำนวนสองอินพุต และหนึ่งเอาต์พุต ส่วนของอินพุตที่ต่อไปยัง EMS คือ กำลังงานโหลด (Load power) $\boldsymbol{P}_{load}$ และ สถานะแบตเตอรี่ของการชาร์จ (Battery State of Charge ; SoC) จะถูกใช้งานบนพื้นฐานของความรู้ในครั้งก่อน (Previous knowledge) และฝึกระบบ (System train) เพื่อประเมินค่าพลังงานไฟฟ้าที่ต้องการเพื่อการจ่ายซับพลายโหลด EMS บ่งบอกค่ากำลังงานไฟฟ้าที่ผลิตขึ้นจากเซลล์เชื้อเพลิง $\boldsymbol{P}_{fc}$ ทั้งนี้เพื่อให้แน่ใจว่าระบบมีเสถียรภาพ (Stability) และเป็นการรักษาระดับแบตเตอรี่ที่โหมดการปฏิบัติการชาร์จ SOC ในสถานะปกติ (Normal SoC operating mode)

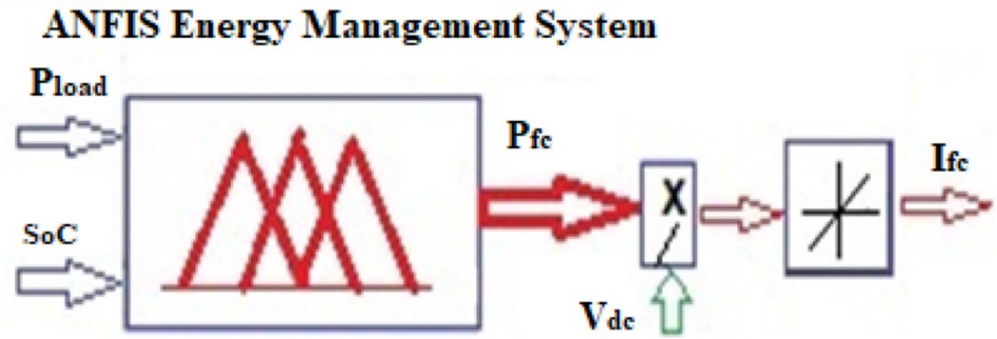
แผนภาพที่ 3 แสดงสถาปัตยกรรมของระบบการจัดการพลังงาน (Architecture of the energy management system)



ที่มา : Energy Reports 7 (2021) 7989–7998

แผนภาพที่ 4 แสดงโครงสร้างของ ANFIS EMS ซึ่งได้รักษาระดับบัสของโวลเตช DC (DC voltage bus) ให้มีค่าคงที่ กำลังงานของเซลล์เชื้อเพลิง P_{fc} ถูกหารด้วย V_{DC} ถูกคำนวณ และจำกัดค่ากระแสของเซลล์เชื้อเพลิง I_{fc} ซึ่งเป็นฟังก์ชันของการใช้ไฮโดรเจน (Motapon et al 2012)

แผนภาพที่ 4 โครงสร้างควบคุม ANFIS EMS (ANFIS EMS control structure)



ที่มา : Energy Reports 7 (2021) 7989–7998

4. วิธีการจัดการที่ดีที่สุดกับระบบผสม (Hybrid system optimization strategy)

ระบบผสม (Hybrid system) ใช้แหล่งพลังงานอย่างน้อยที่สุด สองแหล่งพลังงานเพื่อสนับสนุนไฟเลี้ยงให้โหลดด้วยปริมาณกำลังงานที่ต้องการ ระบบโดยปกติจะเป็นการจับคู่กันด้วยแหล่งพลังงานทดแทน (Renewable energy source) ต่าง ๆ ตั้งแต่หนึ่งแหล่งเป็นต้นไป หรืออาจจะมากกว่านั้น กับระบบเก็บสะสมพลังงาน (Energy-storage system) หรือระบบเชื้อเพลิง (Fuel system) ที่ใช้เชื้อเพลิงจากฟอสซิล (Fossil fuel) หรือไฮโดรเจน (Hydrogen)

ผลที่เกิดขึ้นอย่างไม่ชัดเจนแน่นอน หรือเป็นผลสโตแคสติค (Stochastic existence) ที่เกิดขึ้นของโฟโตโวลตาอิก (Photovoltaic ; PV) แหล่งพลังงานลม (Wind energy resource) คือ ปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องในเบื้องต้น ลมหลาย ๆ ครั้งมักจะไม่เกี่ยวพันกับแบบแผนของโหลด (Load pattern) และโดยทั่วไปจะถูกมองข้ามเมื่อมีการใช้งานจำนวนมาก นอกจากนี้ พลังงานแสงอาทิตย์ (Solar energy) จะสามารถใช้ได้เพียงในช่วงเวลากลางวัน ตัวแปรสุ่มที่สำคัญ (Significant random variable) หลายตัวแปรในระบบพลังงานผสมทำให้เกิดความจำเป็นในการต้องหาค่าที่เหมาะสม (Optimizing) ที่จะทำให้ได้อัตราส่วนที่มีประสิทธิผลที่สุด (Most effectively rating) ของส่วนประกอบระบบผสม ผลที่ได้จะทำให้ทราบความมีประสิทธิผลในค่าใช้จ่าย (Cost-effectiveness) เทคนิค (Technical) และเป้าหมายในการออกแบบ (Design goal) กระบวนการคำนวณ (Algorithm) ในการหาขนาดที่เหมาะสมที่สุด (Optimal sizing) และการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด (Optimization) สำหรับในระบบพลังงานทดแทนผสม (Hybrid renewable energy system) จะต้องถูกนำมาพิจารณา และฟังก์ชันเป้าหมายต่างๆ (Various objective function) ได้ถูกนำมาพิจารณาเมื่อทำการออกแบบระบบผสม (Ghofrani and Hosseini, 2016)

เพื่อทำให้ความหมดเปลืองเชื้อเพลิงน้อยที่สุด และเพื่อรักษาความมีเสถียรภาพในระบบผสม (Hybrid system) นี้จะถูกคาดหวังให้มีการนำเทคนิคการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด (Optimization technique) มาทำงานร่วมกันกับ EMS ในการตัดสินเลือกแหล่งจ่ายไฟเลี้ยงโหลดตามความจำเป็นต้องการกำลังงาน หรือกำลังงาน (ไฟฟ้า) เท่าไรก็ตามที่ควรจ่ายเลี้ยงให้กับในแต่ละการร้องขอ (จากโหลด) เพื่อทำให้ความหมดเปลืองเชื้อเพลิงน้อยที่สุด และเพื่อรักษาความมีเสถียรภาพในระบบ (Paganelli et al., 2002; Torreglosa et al., 2011; Rodatz et al., 2005)

เซลล์เชื้อเพลิงถูกใช้เป็นแหล่งพลังงานเบื้องต้น (Primary energy source) และแบตเตอรี่/ซุปเปอร์คาปาซิเตอร์ (Batteries/supercapacitor) ถูกใช้เป็นอุปกรณ์เก็บสะสมพลังงาน (Energy storage device) ตามแนวทางวิธีการควบคุมที่ถูกสร้างขึ้น เพื่อสำหรับใช้กับระบบพลังงานผสม (Pisu et al., 2005; Delprat et al., 2004) ในการทำการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด (Optimization) นั้น มีความมุ่งหมายที่จะลดปริมาณไฮโดรเจนที่ถูกใช้ในระบบผสม ซึ่งก็คือความหมดเปลืองโดยรวมของระบบเซลล์เชื้อเพลิงและระบบสะสมพลังงาน (Total fuel cell and storage system consumption) ซึ่งประกอบด้วยแบตเตอรี่ และซุปเปอร์คาปาซิเตอร์

ปริมาณของความหมดเปลืองไฮโดรเจนของเซลล์เชื้อเพลิง (Fuel cell hydrogen consumption) C_{fc} ความหมดเปลืองไฮโดรเจนของแบตเตอรี่ (Battery hydrogen consumption) C_{bat} และความหมดเปลืองไฮโดรเจนของซุปเปอร์คาปาซิเตอร์ (Supercapacitor hydrogen consumption) C_{SC} ซึ่งปริมาณเหล่านี้ถูกนำมาใช้ในการคำนวณความหมดเปลืองไฮโดรเจนรวมสำหรับภาระโหลดรวมของการทำงานร่วมกัน C

ต่อไปนี้ คือปัญหาทางคณิตศาสตร์ (Mathematical problem) ที่สอดคล้องที่ใช้อธิบายการทำให้ความหมดเปลืองเชื้อเพลิงมีค่าน้อยที่สุด (Minimizing fuel consumption) :

$$P_{load} = P_{fc} + C_{batt} \qquad (1)$$

$$P_{fc} = min(C_{fc} + k_1 C_{bat} + k_1 C_{SC}) \qquad (2)$$

โดยที่ P_{fc} คือ กำลังงานเอาต์พุตของเซลล์เชื้อเพลิง และ k_1, k_2 คือ สัมประสิทธิ์คอนเวอร์เตอร์ในการสูญเสีย (Penalty converter coefficient) เมื่อมีการเปลี่ยนการบริโภคพลังงานมาเป็นความหมดเปลืองไฮโดรเจน (Hydrogen consumption)

เพราะว่าคอนเวอร์เตอร์ของแบตเตอรี่ (Battery converter) ได้ปรับแต่งค่าโวลเตชของบัส DC (DC-bus voltage) กำลังงานของซุปเปอร์คาปาซิเตอร์ (Supercapacitor power) จะถูกละเลยในปัญหาการทำการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด (Optimization problem) ในแต่ละวงรอบ (Each cycle) กำลังงานของโหลด (Load power) ถูกแบ่งระหว่างเซลล์เชื้อเพลิง และแบตเตอรี่โดยการคายประจุ (Discharging) หรือชาร์จประจุ (Charging) ให้กับซุปเปอร์คาปาซิเตอร์ (Supercapacitor) ด้วยพลังงานที่เหมือนกันจากอุปกรณ์แบตเตอรี่ (Battery device) ต่อไปนี้คือ ตัวอย่างปัญหาการทำการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด (Optimization problem) :

$$x=[P_{fc}+k_1 P_{batt}] \quad (3)$$

เพื่อใช้วิธีการทำให้มีค่าน้อยที่สุด (Minimize) สมการที่จะได้คือ

$$F=[P_{fc}+k_1 P_{batt}]\,\Delta T \quad (4)$$

จากกำลังงานแบตเตอรี่ P_{batt} และ ค่าสถานการณ์ชาร์จของแบตเตอรี่ (Battery SOC) ค่าความหมดเปลืองไฮโดรเจนที่สอดคล้อง C_{bat} สามารถกำหนดหาค่าภายใต้เงื่อนไขบังคับในความเท่ากัน

$$k_1=1-2\mu\ ((SOC-0.5(SOC_max-SOC_min\ )))/((SOC_max-SOC_min\ )\ ) \quad (5)$$

ด้วยเงื่อนไขบังคับขอบเขต (Boundary constraint) :

$$P_fcmin \le P_fc \le P_fcmax \quad (6)$$

$$P_{battmin} \le P_{batt} \le P_{battmax} \quad (7)$$

$$0 \le k_1 \le 100 \quad (8)$$

ระบบข้างต้นเป็นฟังก์ชั่นค่าใช้จ่าย (Cost function) เป็นปัญหาโดยทั่วไปสำหรับระบบผสม (Hybrid system) ใด ๆ กับระบบเก็บสะสมพลังงานของเซลล์เชื้อเพลิง (Fuel cell energy storage system) ปัญหาการทำการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดหลากหลายเป้าหมาย (Multi-objective optimization problem) ได้ถูกทำการแก้ปัญหาออกมาเพื่อระบบนี้ในหลาย ๆ เอกสาร แต่ไม่ได้มุ่งความสนใจเจาะจงมาเฉพาะงานนี้ (Mirjalili and Lewis, 2016; García et al., 2012)

5. การจัดการพลังงาน ANFIS (ANFIS energy management)

ด้วยการกระจายตัวของเทคนิคฟัซซี่ (Fuzzy techniques) ในซอฟต์แวร์ประยุกต์สำหรับการควบคุม (Control application) ผู้พัฒนาจะมองหากระบวนการเรียนรู้แบบอัตโนมัติเพื่อสนับสนุนเครื่องมือประยุกต์ในอุตสาหกรรม ระบบการอนุมานแบบคลุมเครือของเซลล์ประสาทปรับตัว (Adaptive neuro-fuzzy inference system ; ANFIS) คือ ผลเฉลยเพื่อรวมประโยชน์ของความสามารถในการเรียนรู้ทั้งสองของโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial neural networks ; ANNs) และความสามารถในการอนุมาน (Inference capability) ของการควบคุมแบบตรรกศาสตร์คลุมเครือที่ใช้กฎเป็นพื้นฐานในการตัดสินใจ (Rule-based fuzzy logic control) เพื่อทำให้ได้เซ็ตที่สมบูรณ์ (Complete set) ของทุกชนิดของโครงข่ายประสาทแบบป้อนสัญญาณไปข้างหน้า (Feed-forward neural network) ด้วยความสามารถในการเรียนรู้แบบมีฐานข้อมูลสำหรับตรวจทาน (Supervised learning capability) เทคนิค ANFIS จะก่อให้เกิดกระบวนการเรียนรู้แบบผสม (Hybrid learning procedure) ในระหว่างความสัมพันธ์อินพุต – เอาต์พุต (Input–output relationship) ขึ้นอยู่กับความรู้ที่ชำนาญ (Expert knowledge) และข้อมูลอินพุต - เอาต์พุต (Input–output data)

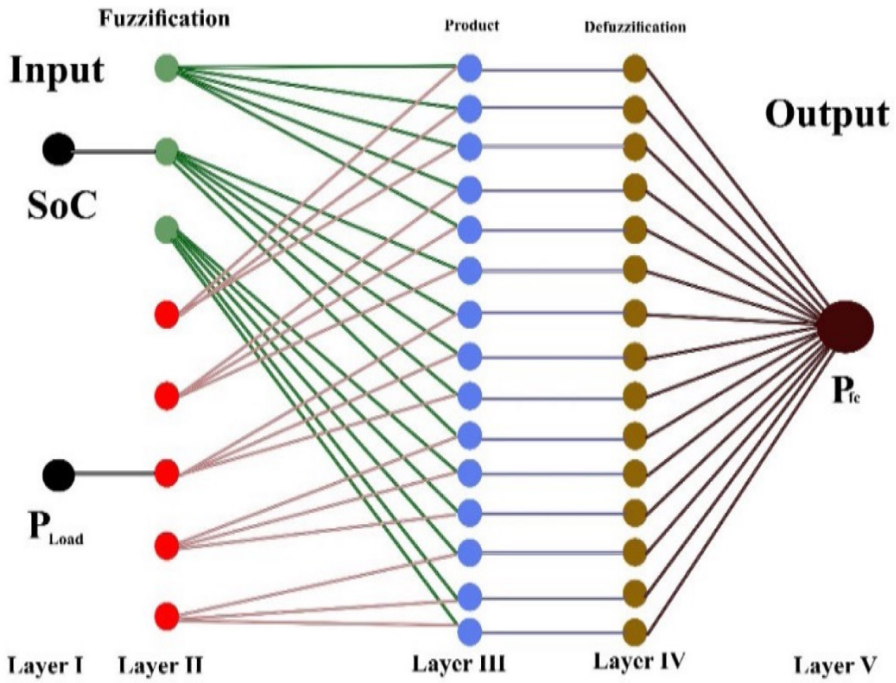
ANFIS ได้ถูกสร้างขึ้นเพื่อช่วยแก้ปัญหาในระบบแบบจำลองที่ไม่เป็นเชิงเส้นตรง (Nonlinear modeling system) พารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่ไม่เป็นเชิงเส้นตรง (Nonlinear parameter) ได้ถูกกำหนดค่าขึ้นในการควบคุมออนไลน์ (Online control) ของระบบไฟฟ้าที่มีความซับซ้อน (Complex electrical system) ที่ถูกรู้จักในชื่อของระบบกำลังงานอินติเกรต (Integrated Power System ; IPS) ซึ่งเป็นระบบที่สามารถคิดวิเคราะห์ราวกับเป็นกริดของกำลังงานประจำเกาะ (Islanded power grid) และค่าพารามิเตอร์ที่ถูกทำนายค่า (Forecasting parameter) ยกตัวอย่างเช่น การควบคุมการเดินเรือ โดยอัตโนมัติที่มีการรักษาเส้นทางการ

เดินเรือ (Course holding autopilot) ในการล่องเรือ (Ship sailing) และการพยากรณ์อากาศ (Weather forecasting) (Nauck and Nurnberger, 2005; Nauck and Nürnberger, 2013)

ซอฟต์แวร์ MATLAB ได้จัดเตรียมรูปแบบโปรแกรมสุ่มค่าและการทดสอบที่มีความแม่นยำเที่ยงตรง (Robust simulation and test platform) ซึ่งจะนำมาใช้สำหรับงานนี้ แผนภาพที่ 5 แสดงโครงสร้างของชั้น ANFIS ใน MATLAB (MATLAB layered ANFIS) ซึ่งถูกเขียนขึ้นเพื่อใช้สำหรับแบบจำลองของงานนี้ ดังแสดงในแผนภาพที่ 5 ANFIS ประกอบด้วย ห้าชั้นโนด (Node layer) ชั้นที่ 1 (Layer_1) เป็นโนดอินพุต (Input node) ชั้นที่ 2 (Layer_2) เป็นโนดการเข้าสู่กระบวนการฟัซซี่ (Fuzzification node) ชั้นที่ 3 (Layer_3) เป็นโนดผลผลิต (Product node) ชั้นที่ 4 (Layer_4) เป็นโนดการออกจากกระบวนการฟัซซี่ (Defuzzification node) และชั้นที่ 5 (Layer_5) เป็นโนดเอาต์พุต (Output node) บางโนดจะถูกแยกแยะให้เป็นโนดแบบปรับค่าได้ (Adaptive node) หรือเป็นโนดแบบตรึงค่า (Fixed node) โดยจะอ้างอิงหลักการว่าโนดเหล่านี้สามารถอัพเดทค่าได้หรือไม่

ชั้นที่ 2 และชั้นที่ 4 แสดงถึงว่าเป็นโนดแบบปรับค่าได้ (Adaptive node) และชั้นที่ 1 และ 3 เป็นโนดแบบตรึงค่า (Fixed node) เพื่อทำนายค่าเอาต์พุตของกำลังงานของเซลล์เชื้อเพลิง อินพุตที่ป้อนไปยัง ANFIS คือ SOC ของแบตเตอรี่ในสนามแม่เหล็กไฟฟ้าสามเฟส (Three M.F.) และกำลังงานโหลดของเรือที่หมดเปลือง P_load ค่าเอาต์พุตของ ANFIS คือ ค่ากำลังงานเอาต์พุตที่ถูกพยากรณ์จากค่าของเซลล์เชื้อเพลิง (Fuel cell value) PFC โดยการประยุกต์ค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้อง (Relative parameter) ANFIS จะให้กำเนิดกฎ (Rules) และทำการปรับจูนให้ได้ประสิทธิภาพ

แผนภาพที่ 5 โครงสร้าง ANFIS (ANFIS structure)



ที่มา : Energy Reports 7 (2021) 7989–7998

6. การวิเคราะห์งานจากรอบงานก่อนหน้า (Analysis of previous works)

ระบบผสมประกอบด้วยเซลล์เชื้อเพลิง ระบบสะสมพลังงาน คอนเวอร์เตอร์ และบัส DC ซึ่งทำหน้าที่จ่ายป้อนกำลังงานไฟฟ้าสนับสนุน ให้กับโหลด AC ผ่านอินเวอร์เตอร์สามเฟส (Three-phase inverter) ระบบผสมนี้ถูกนำมาใช้อย่างกว้างขวางหลากหลายในเครื่องมือประยุกต์ต่างๆ อุปกรณ์ที่เป็น ที่รู้จักกันอย่างแพร่หลายมากที่สุด คือ อากาศยานไฟฟ้าที่ถูกเรียกว่า “More Electric Aircraft” (MEA) วิธีการจำนวนมากที่ใช้สำหรับการปรับปรุงระบบการจัดการพลังงาน (Energy management system regulation) เป็นสิ่งมุ่งหวังเพื่อนำมาใช้กับระบบนี้ วิธีการ PI แบบดั้งเดิมจะถูกนำมาเปรียบเทียบผลลัพธ์ในการปรับปรุง (Kamal et al., 2018; Gaber et al., 2019; Motapon et al., 2013)

การศึกษาถูกทำให้สมบูรณ์ด้วยอุปกรณ์ผสมตามที่มุ่งหมาย (Proposed hybrid device) และได้แสดงภาพดังในแผนภาพที่ 2 การใช้เครื่องมือจำลองค่า (Simulator) จะใช้หลักการพื้นฐาน ตัวควบคุมแบบ PI ตัวควบคุม (Controller) ในสามโหมดของการปฏิบัติการ SOC : สูง (High) ปานกลาง (Regular) และ ต่ำ (Low) ส่งผลตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงในความต้องการโหลด (Load demand) และในการชาร์จแบตเตอรี่

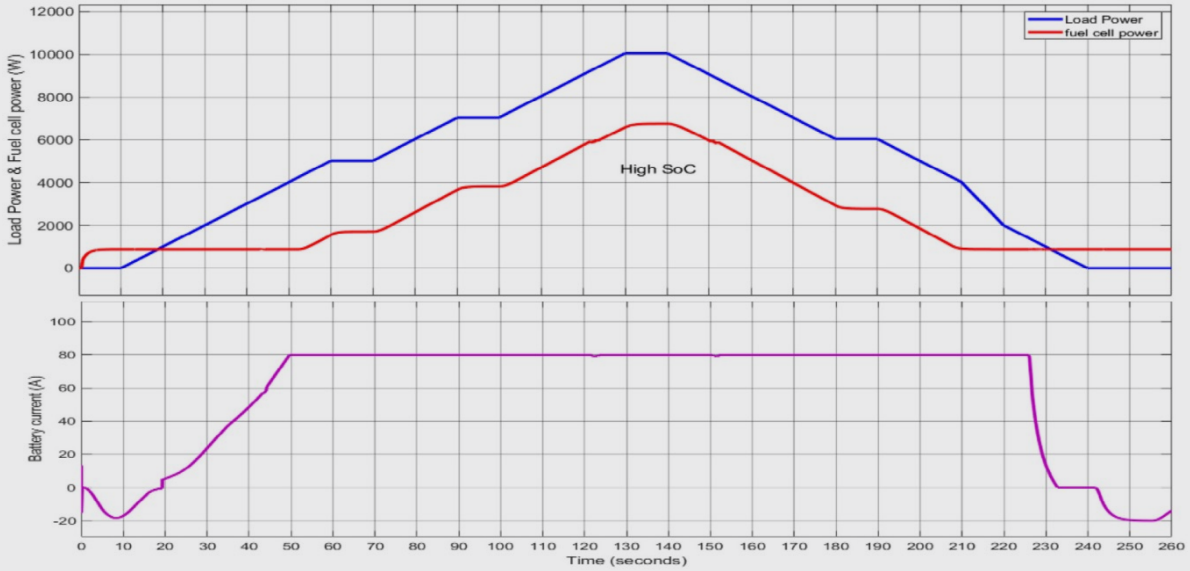
ตัวควบคุมแบบ PI มาตรฐานทั่วไป (Conventional PI controller) ทำหน้าที่จัดการระบบพลังงานทั้งสามโหมดการชาร์จที่แตกต่าง การจำลองค่าด้วยซอฟต์แวร์ MATLAB/SIMULINK ถูกนำมาใช้รันค่า (Run) ด้วยค่าพารามิเตอร์รูปร่างโปรไฟล์ของโหลดที่เหมือนกัน (Same load profile parameter) ในทั้งสามโหมด รูปโปรไฟล์ของโหลด SIMULINK จะถูกนำมาใช้ในการจำลองค่าเป็นภาระโหลดของเรือ ในช่วงเวลาสุ่ม (Sampling time) 250 s ขณะที่มีการปรับเปลี่ยนค่าโหลดขึ้น - ลง 0 – 10 kW ส่วนต่อไปของบทความจะอธิบายผลการวิเคราะห์สำหรับสถานะการชาร์จสูง และต่ำ (High and low SOC) ; ระดับการชาร์จ SOC ปกติตามคำจำกัดความ (Normal SoC definition) และผลของงานทดลองพบว่ามีผลลัพธ์ในการวิเคราะห์เหมือนกันกับ High SOC

6.1 สถานะในการชาร์จแบตเตอรี่ระดับสูง (Battery high SOC)

เพราะว่าพลังงานที่ถูกเก็บสะสมในแบตเตอรี่มีค่ามากกว่าระดับพลังงานที่เหมาะสมต่อการถนอมแบตเตอรี่ (Battery health) สำหรับในโหมดระดับสูงนี้ ระบบการจัดการพลังงานแบบ PI ได้ควบคุมพลังงานของเซลล์เชื้อเพลิง (Fuel cell energy) ที่ผลิตขึ้นให้มีค่าน้อยกว่าภาระโหลดที่ต้องการ (Demand load)

จากแผนภูมิที่ 1 เส้นสีน้ำเงินทึบเป็นการเปลี่ยนแปลงของความต้องการโหลด (Load demand dynamic) และเส้นสีแดงคือกำลังงานจากเซลล์เชลเชื้อเพลิงที่ถูกผลิตขึ้น (Produced fuel cell power) ซึ่งจะอยู่ต่ำกว่าเส้นโค้งกราฟความต้องการโหลด (Load demand curve) นั่นหมายถึงกำลังงานที่โหลดต้องการได้มาจากทั้งแบตเตอรี่ และเซลล์เชื้อเพลิง

แผนภูมิที่ 1 แสดงผลจากระบบการจัดการพลังงานแบบ PI ในโหมดสถานะการชาร์จในระดับสูงและปานกลาง (PI, energy management system, results at high and normal SoC mode)



ที่มา : Energy Reports 7 (2021) 7989–7998

ค่ากำลังงานสูงสุดที่ถูกจำกัดค่า (Maximum limiting power) ที่ผลิตจากเซลล์เชื้อเพลิงมีค่า 7 kW ถึงแม้ว่าความต้องการของโหลดจะมากเกินค่านี้ รูปภาพด้านล่างของแผนภูมิที่ 1 คือเส้นกราฟกระแสแบตเตอรี่ (Battery current) และกำลังงานที่ผลิตขึ้นมีค่าสูงกว่ากำลังงานที่โหลดต้องการที่เวลา t = (0–20) s และ (230–260) s ระบบการจัดการพลังงานแบบ PI ใช้ คอนเวอร์เตอร์สองทิศทางแบบ Buck–boost bidirectional converter ในการชาร์จแบตเตอรี่ ซึ่งค่ากระแสจะมีค่าเป็นลบ และในทางกลับกันค่ากระแสจะมีค่าเป็นบวกเมื่อพลังงานถูกจ่ายให้ระบบ

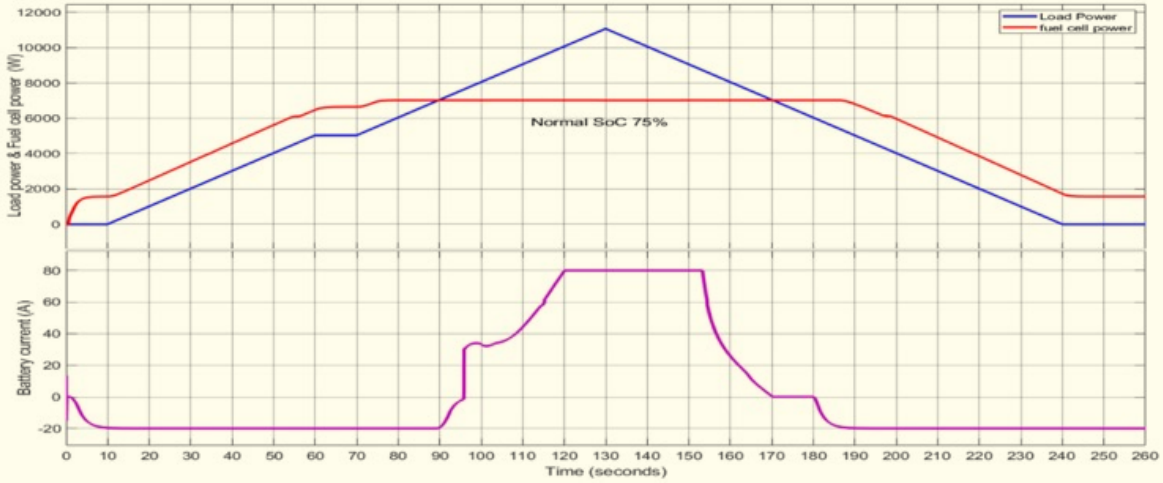
6.2 สถานะในการชาร์จแบตเตอรี่ระดับต่ำ (Battery low SOC)

เพราะความสามารถในการเก็บสะสมพลังงานของแบตเตอรี่จะถูกจำกัดค่าลงสำหรับ ในโหมดนี้ระบบการจัดการพลังงานจะควบคุมจำนวนของพลังงานโดยการจัดเตรียมเซลล์เชื้อเพลิงให้มีขนาดใหญ่กว่าโหลดที่ต้องการทั้งนี้เพื่อจะได้สามารถจ่ายไฟเลี้ยงโหลด และยังชาร์จไฟให้แบตเตอรี่ด้วย

ดังแสดงในแผนภูมิที่ 2 เส้นสีน้ำเงินทึบแสดงความต้องการของโหลดที่เปลี่ยนแปลงไปตามเวลา (Dynamic load demand) ขณะที่เส้นสีแดงแสดงพลังงานที่ผลิตได้จากเซลล์พลังงาน เมื่อพลังงานที่ผลิตขึ้นจากเซลล์เชื้อเพลิงเกินความต้องการของโหลดที่ t = (0–90) seconds วิธีการในการจัดการพลังงาน PI (PI energy management device) ได้ชาร์จแบตเตอรี่ผ่านคอนเวอร์เตอร์ Buck–boost bidirectional converter ดังที่ถูกบ่งชี้โดยกระแสไฟฟ้าที่ถูกวาดด้วยเส้นโค้งกราฟแสดงค่าเป็นลบในรูปภาพไดอะแกรมที่อยู่ด้านล่าง ที่เวลา t = (90–130) s ความต้องการโหลดได้เพิ่มขึ้นจาก 7 kW ไปถึงกำลังงานที่ถูกผลิตขึ้นในค่าสูงสุดที่ยอมให้ได้ (Maximum allowable generated power) จากเซลล์เชื้อเพลิง คือ 10 kW กำลังงานของเซลล์เชื้อเพลิงส่วนที่เหลือคงไว้ที่ 7 kW และกระแสของแบตเตอรี่เปลี่ยนไปเพื่อคายประจุ และจัดเตรียมกำลังงานให้โหลดที่เวลา t = 130 s โหลดลดค่าลงจนถึง 7 kW ที่ t = 170 s กำลังงานเซลล์เชื้อเพลิงส่วนที่เกินจากความ

ต้องการโหลด และกระแสแบตเตอรี่เปลี่ยนเพื่อคายประจุออกและจัดเตรียมกำลังงานให้กับโหลด ประโยชน์ของเทคนิคนี้ก็คือ มีความเรียบง่าย (Simplicity) นอกจากนี้ผู้ออกแบบไม่สามารถที่จะบรรลุการได้กำลังงานสูงสุดจากเซลล์เชื้อเพลิงที่ได้รับโหลดมาก ๆ อย่างต่อเนื่อง (Continuous heavy load) ด้วยโหมดแบตเตอรี่วิกฤต (Critical battery mode) ของการปฏิบัติงาน และแบตเตอรี่จะล้มเหลวในการจ่ายไฟเลี้ยงโหลดด้วยกำลังงานที่เพียงพอ

แผนภูมิที่ 2 แสดงผลจากระบบการจัดการพลังงานแบบ PI ในโหมดสถานะการชาร์จในระดับต่ำ (PI, energy management system, results at low SoC mode)



ที่มา : Energy Reports 7 (2021) 7989–7998

7. ขั้นตอนในการควบคุม ANFIS (ANFIS control procedure)

ขั้นตอนในการทำงานของ ANFIS (ANFIS procedure) จะถูกทำให้สมบูรณ์ตามผลลัพธ์ในการเรียนรู้ (Learning result) ที่ถูกทำขึ้นในเบื้องต้น จากการทดลองครั้งเก่า (Old trial) หรือประสบการณ์ของมนุษย์ (Human experience) ข้อได้เปรียบที่ได้จากการใช้ ANFIS โดยเฉพาะในระบบที่ไม่เป็นเชิงเส้นตรง (Nonlinear system) และระบบจำเป็นต้องการการตัดสินใจที่รวดเร็วตามเวลาจริง (Quick decision in real-time)

ในระบบนี้ ระบบการจัดการพลังงานโดยทั่วไป (Generic energy management system) จะถูกรู้จักในลักษณะระบบที่ปราศจากการประยุกต์ใด ๆ กับเซลล์เชื้อเพลิง และระบบเก็บสะสมพลังงานซึ่งได้แก่ แบตเตอรี่ และซุปเปอร์คาปาซิเตอร์ ซึ่งสามารถที่จะใช้ในอากาศยาน เรือ หรือยานยนต์ ซึ่งมีเพียงความแตกต่างกันคือ เป็นวัตถุประสงค์ (Objective) ของ EMS ก็สำหรับเพื่อความปลอดภัยของอากาศยาน (Aircraft safety) เป็นวัตถุประสงค์สูงสุด (Highest objective) สำหรับเรือรบ เพื่อความเชื่อถือได้ (reliability) เป็นวัตถุประสงค์สูงสุด (Highest objective) สำหรับรถยนต์ในการลดค่าใช้จ่ายสำหรับเชื้อเพลิงให้มีค่าน้อยที่สุด และเป็นวัตถุประสงค์หลัก (Main objective)

ดังแสดงในแผนภาพที่ 6 ANFIS EMS มีสองอินพุต และกำลังงานเซลล์เชื้อเพลิงเป็นเสมือนเอาต์พุตของระบบ อินพุตแรก คือ SOC ของแบตเตอรี่ ซึ่งจะบ่งบอกสถานะของแบตเตอรี่ (Battery state)

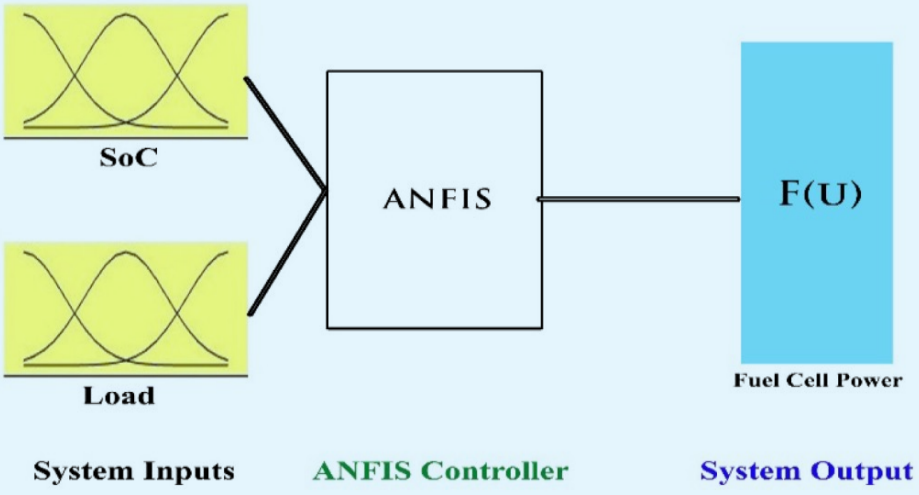
และปริมาณไฟ (Battery amount) และสถานะที่ดีที่สุด (Optimal state) คือ สถานะปกติ (Normal state) ระหว่าง 60% ถึง 90% (Motapon et al., 2013) วัตถุประสงค์อีกประการหนึ่งคือ เพื่อการรักษาสถานะการชาร์จของแบตเตอรี่ (Battery SOC) ภายในขีดจำกัดที่ยอมรับได้ (Acceptable limit) เพื่อที่จะทำให้อายุในการใช้งานของแบตเตอรี่ยาวนานขึ้น อินพุตที่สองของ EMS คือ กำลังงานของภาระโหลดเรือที่หมดเปลือง (Consumed shipload power) ภาระโหลดที่อนุญาตอยู่ในย่านระหว่าง 1–10 kW บ่งบอกถึงจำนวนพลังงานที่ต้องการเพื่อสร้างเสถียรภาพให้กับระบบ

แบบจำลอง ANFIS (ANFIS model) บรรจุอยู่ด้วยระบบควบคุมลูปปิด (Closed-loop control system) ที่การทำงานต้องอาศัยข้อมูลที่มีความเชี่ยวชาญจากครั้งก่อน (Previous expert data) ความแม่นยำของเอาต์พุตระบบได้ถูกแสดงผลออกมาด้วยข้อมูลการฝึกฝนของ ANFIS (ANFIS training data) สำหรับในระบบนี้ ANFIS จะถูกฝึกฝนเพื่อให้ได้ฟังก์ชั่นของสมาชิก (Membership function ; MFs) โดยใช้ข้อมูลเพื่อการฝึกฝนจำนวน 2,352 ข้อมูล ระหว่าง SOC กำลังงานของโหลด (Load power) และกำลังงานของเซลล์เชื้อเพลิง (Fuel cell power) เพื่อทำให้ ANFIS สามารถประมาณค่าความสัมพันธ์กันที่ดี (Good correlation) ระหว่างอินพุต และเอาต์พุต ข้อมูลที่เชี่ยวชาญ (Expert data) ถูกป้อนเข้าสู่ระบบด้วยข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างอินพุต - เอาต์พุต จำนวน 3 x 784 คู่ รวม 2,352 ข้อมูลเพื่อฝึกฝน เพื่อพัฒนาตัวควบคุม (Controller) ให้มีค่าความผิดพลาดน้อยที่สุด (Minimum error)

เพื่อให้ค่าความผิดพลาดน้อยที่สุด การฝึก 6,000 รอบ (Epoch) ถูกปฏิบัติขึ้น เพื่อลดค่าความผิดพลาดในการฝึกฝน (Training error) จนเหลือเพียง 1e–4 (0.0001) ในความคลาดเคลื่อน ซึ่งค่าความผิดพลาดในการฝึกฝนที่มีค่าน้อยกว่า 0.0001 หมายความว่าค่าเอาต์พุตระบบ ANFIS เกือบจะได้ค่าจากการฝึกฝนที่ต้องการ

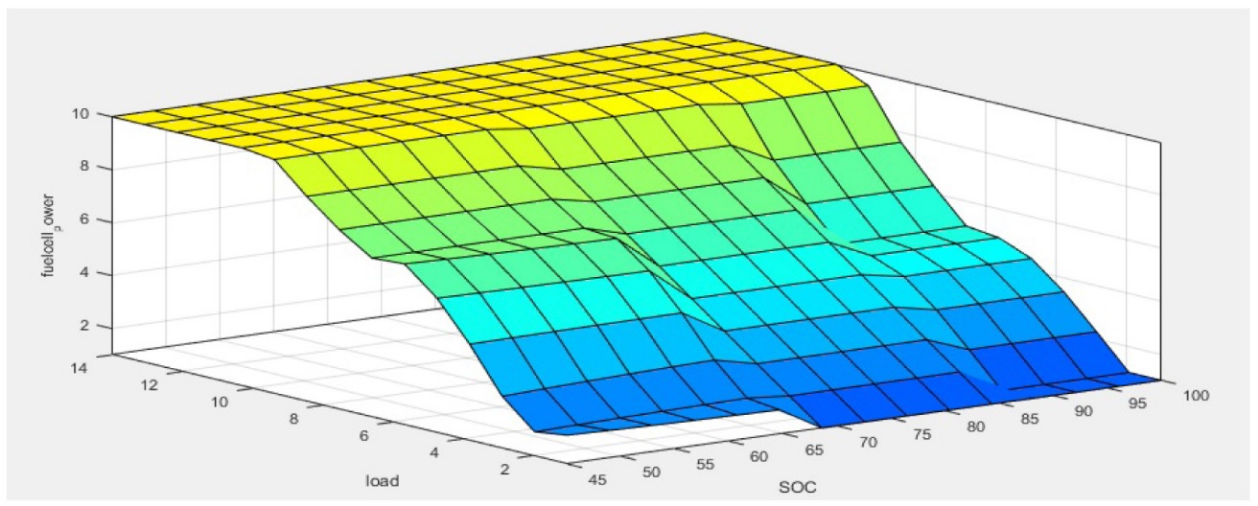
พื้นผิวตารางของผลการทดสอบได้แสดงดังในแผนภูมิที่ 3 โดยที่แกน $\boldsymbol{X}$ แสดงค่าอินพุตตัวแรก ซึ่งก็คือ SOC และแกน Y คือ อินพุตตัวที่สอง คือ $\boldsymbol{P_{load}}$ และค่าเอาต์พุตที่ได้จากการคำนวณที่ดีที่สุด คือ $\boldsymbol{P_{fc}}$ บนแกน $\boldsymbol{Z}$

แผนภาพที่ 6 แสดงแบบจำลอง ANFIS (ANFIS model)



ที่มา : Energy Reports 7 (2021) 7989–7998

แผนภูมิที่ 3 แสดงค่าเอาต์พุตการทำงานของ ANFIS จากการจำลองค่าใน MATLAB เป็นภาพพื้นผิว (The MATLAB simulation output surface of the ANFIS)



ที่มา : Energy Reports 7 (2021) 7989–7998

8. ผลการดำเนินงาน

ผลลัพธ์จากการจำลองค่า (Simulation result) สามารถทำให้สมบูรณ์ขึ้นมาได้ด้วยการใช้โปรแกรม MATLAB ANFIS ในการจัดการกับข้อมูล (MATLAB ANFIS editor) พารามิเตอร์ต่าง ๆ ของระบบทั้งสามโหมดสถานะการชาร์จ SOC ทั้งสูง (High) ปานกลาง (Normal) และต่ำ (Low) ค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของระบบแสดงดังในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่ต้องการในการออกแบบการจัดการพลังงาน

Energy management designed parameter requirements.

Parameter	Min value	Max value
Fuel cell power	1 kW	10 kW
Battery power	−1.2 kW (charging)	4 kW (discharging)
Battery SoC (high)	85%	100%
Battery SoC (normal)	65%	85%
Battery SoC (low)	65%	40%
D.C. bus voltage	250 V	280 V

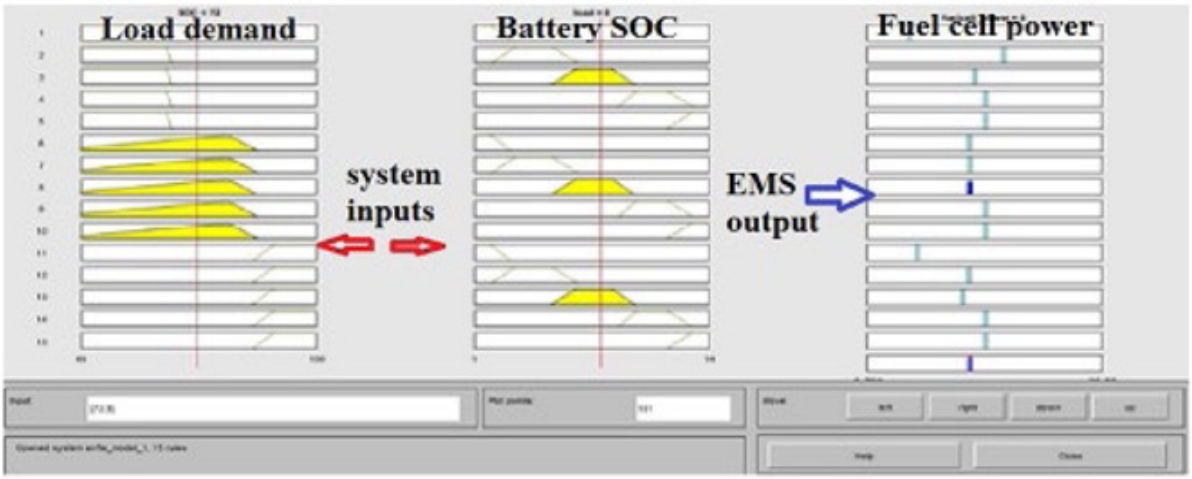
ที่มา : Energy Reports 7 (2021) 7989–7998

เพื่อกำหนดหาค่าประมาณกำลังงานของเซลล์เชื้อเพลิง เมื่อมีการทดสอบ EMS EMS จะคำนวณค่ากระแสไฟฟ้าของเซลล์เชื้อเพลิงที่มีค่าสูงสุด I_{fcmax} ซึ่งถูกใช้เป็นค่าอ้างอิง (Reference) โดยตัวควบคุมอากาศและไฮโดรเจนของเซลล์เชื้อเพลิงเพื่อที่จะการกำหนดค่าปริมาณของเชื้อเพลิงที่ต้องการใช้กับเซลล์เชื้อเพลิง I_{fcmax} และ V_{dc} ที่ถูกคำนวณมาเป็นค่าอ้างอิง (Reference value) และถูกกำหนดหาค่าออกมาโดย EMS ยังถูกนำไปใช้โดยคอนเวอร์เตอร์เซลล์เชื้อเพลิง DC/DC (DC/DC fuel cell converter) สำหรับคอนเวอร์เตอร์ของแบตเตอรี่ DC/DC แบบสองทิศทางคือทั้งสำหรับการชาร์จ และคายประจุไฟฟ้า (Charging or discharging state of the bidirectional DC/DC battery converter) จะใช้หลักการพื้นฐานจากภาระโหลดที่เป็นค่าพารามิเตอร์ของอุปกรณ์ (Device parameters load) สถานะการชาร์จแบตเตอรี่ (Battery state of charge) และค่าความจุของเซลล์เชื้อเพลิงที่ถูกคำนวณ (Calculated fuel cell capacity) แผนภาพที่ ซ7 แสดงโปรแกรมในการจำลองค่า ANFIS MATLAB (ANFIS MATLAB simulation editor) ในเคสสถานการณ์ชาร์จแบตเตอรี่อยู่ในระดับปกติปานกลาง (Normal battery SOC)

การจำลองค่า (Simulation) ถูกรันในสามระดับโหมดการทำงานของแบตเตอรี่ที่แตกต่าง

ตารางที่ 2 ได้สรุปผลลัพธ์ที่ได้จากการใช้โปรแกรม MATLAB ANFIS ดังที่แสดงในแผนภาพที่ 7 คอลัมน์ทางด้านซ้ายแสดงความต้องการโหลดโดยที่จะเปลี่ยนค่าไประหว่าง 1–12 kW คอลัมน์ที่สองแสดงกำลังงานที่ถูกทำนายขึ้นมาโดย EMS (EMS predictive power) โดยดึงมาจากเซลล์เชื้อเพลิงที่ 90% SOC คอลัมน์ที่สามแสดงกำลังงานของเซลล์เชื้อเพลิงในโหมดสถานะการชาร์จระดับปกติที่ 75% และคอลัมน์สุดท้ายแสดงกำลังงานของเซลล์เชื้อเพลิงที่ถูกทำนายค่าในโหมดสถานะการชาร์จระดับต่ำที่ 50%

แผนภาพที่ 7 แสดงผลการทดสอบ ANFIS ที่ SOC ระดับปกติ (ANFIS test result at normal SOC)



ที่มา : Energy Reports 7 (2021) 7989–7998

สถานะแบตเตอรี่ในการชาร์จบ่งบอกความสามารถของแบตเตอรี่เป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าความจุรวม (Percentage of total capacity) กำลังงานแบตเตอรี่ขึ้นอยู่กับสถานะในการชาร์จของแบตเตอรี่ ซึ่งกำลังงานจะถูกทำให้สมดุลระหว่างการชาร์จประจุ (Charging) และการคายประจุ (Discharging) ในโหมดสถานะการชาร์จปกติเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุด และช่วยรักษาอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ (Battery's life (Topan et al., 2016; Arcos-Aviles et al., 2021)

ผลลัพธ์ดังแสดงในตารางที่ 2 แสดงให้เห็นว่ากำลังงานของเซลล์เชื้อเพลิงแปรเปลี่ยนตามสถานะในการชาร์จของแบตเตอรี่ (Battery SOC) ระบบ ANFIS ได้ฝึกฝนเพื่อการจัดเตรียมโหลดด้วยกำลังงานที่เพียงพอและรักษา SOC ของแบตเตอรี่ในโหมดปกติ การจำลองค่า หรือการทำซิมมูเลชั่นได้ปฏิบัติภายใต้โหมดสถานะต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2 แสดงผลจากการทำซิมมูเลชั่น (simulation result) ที่ได้จาก ANFIS EMS

Simulation result obtained from ANFIS EMS.

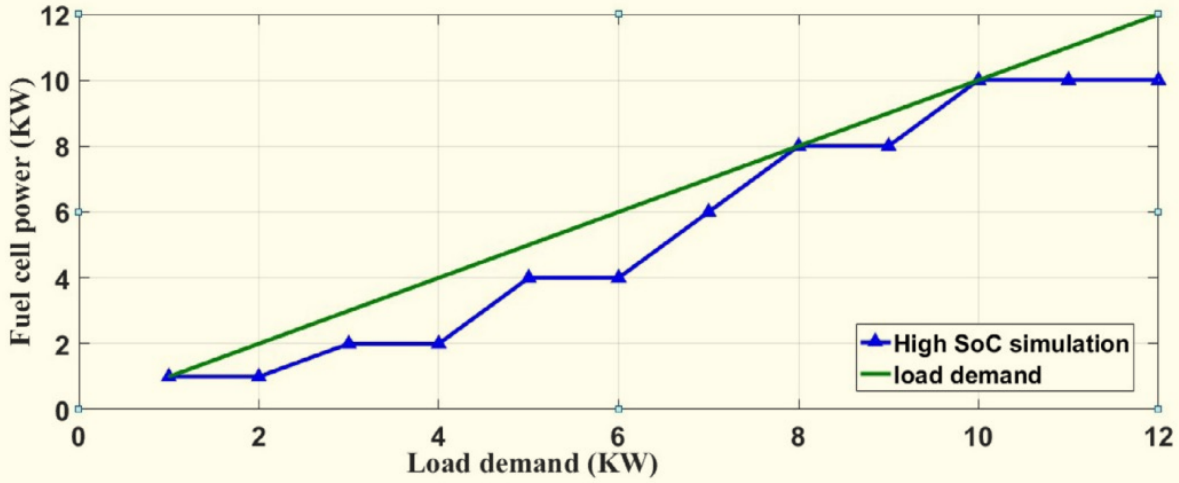
P_{load}	$P_{F.C}$ high SoC	$P_{F.C}$ normal SoC	$P_{F.C}$ low SoC
1	1	1	2
2	1	2	2
3	2	3	4
4	2	4	4
5	4	5	6
6	4	6	6
7	6	7	8
8	8	8	8
9	8	9	10
10	10	10	10
11	10	10	10
12	10	10	10

ที่มา : Energy Reports 7 (2021) 7989–7998

8.1 สถานะในการชาร์จระดับสูง (The high state of charge)

แผนภูมิที่ 4 แสดงถึงค่ากำลังงานเซลล์เชื้อเพลิงที่ได้มาจากโปรแกรม ANFIS ในการทำซิมมูเลชั่นจำลองค่าบน MATLAB และ ความต้องการโหลด เส้นกราฟสีน้ำเงินแสดงโหมด High SOC mode ที่ 90 % เพราะว่าค่าความจุในการเก็บสะสมพลังงานแบตเตอรี่ (Battery storage capacity) มีค่าสูงในโหมดนี้ EMS ผลิตกำลังงานจากเซลล์เชื้อเพลิงน้อยกว่าความต้องการของโหลดในการจ่ายไฟซับพลายโหลด และบรรลุผลการได้กำลังงานจากแบตเตอรี่เพื่อลดโหมด SOC ของแบตเตอรี่จากระดับสูง ไปสู่ระดับปกติ เส้นกราฟสีน้ำเงินอยู่ต่ำกว่าเส้นสีเขียว (บ่งบอกถึงความต้องการโหลด) เพราะว่ากำลังงานที่ถูกผลิตโดยเซลล์เชื้อเพลิงมีค่าน้อยกว่าความต้องการของโหลด (พื้นที่ภายใต้เส้นโค้งกราฟ) และกำลังงานส่วนที่เหลือได้จากแบตเตอรี่

แผนภูมิที่ 4 แสดงกำลังงานเซลล์เชื้อเพลิงที่บรรลุผลได้จาก ANFIS EMS ที่ High SOC mode



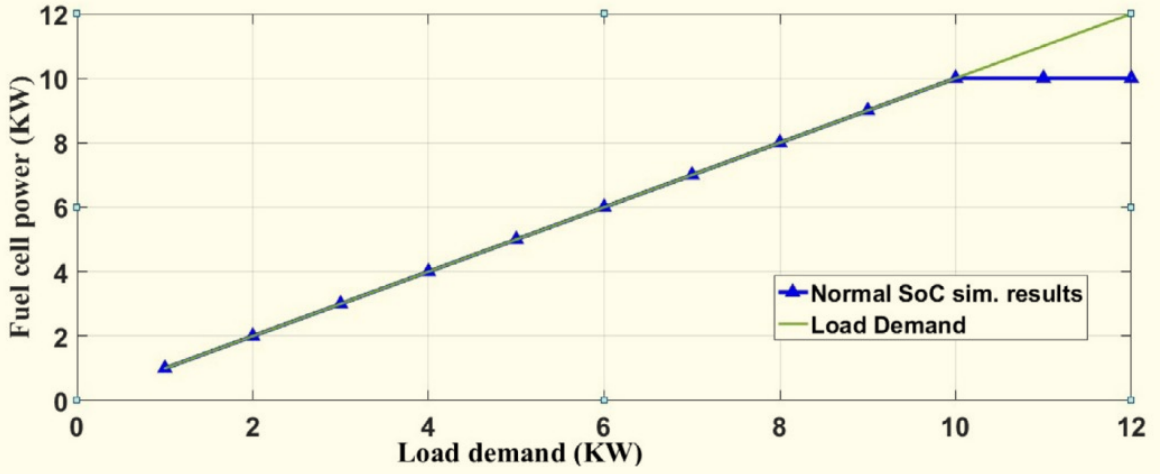
ที่มา : Energy Reports 7 (2021) 7989–7998

8.2 สถานะในการชาร์จระดับปานกลาง (The normal SOC)

ในโหมดนี้ SOC มีระดับอยู่ระหว่าง 85% – 65% คือโหมดที่ดีที่สุดของการปฏิบัติการสำหรับเพื่อสมรรถนะของแบตเตอรี่ (Battery performance) และสถานภาพแบตเตอรี่ (Battery health) ดังนั้นถาด EMS (EMS tray) จะทำหน้าที่เพียงเพื่อเลี้ยงรักษาความต้องการของโหลด (Load demand) เพื่อรักษาสถานะในการชาร์จของแบตเตอรี่ให้อยู่ในระดับคงที่ไม่เปลี่ยนแปลง

แผนภูมิที่ 5 แสดงกำลังงานของเซลล์เชื้อเพลิงที่ผลิตจากเซลล์เชื้อเพลิงในเส้นกราฟสีน้ำเงินทึบ และความต้องการของโหลดในเส้นกราฟสีเขียวทึบ และเส้นโค้งกราฟทั้งสองเส้นเหมือนกัน นั่นหมายถึงโหลดที่ต้องการมีค่าเท่ากับกำลังงานที่ถูกผลิตขึ้นมา

แผนภูมิที่ 5 แสดงกำลังงานเซลล์เชื้อเพลิงที่บรรลุผลได้จาก ANFIS EMS ที่ Normal SOC mode



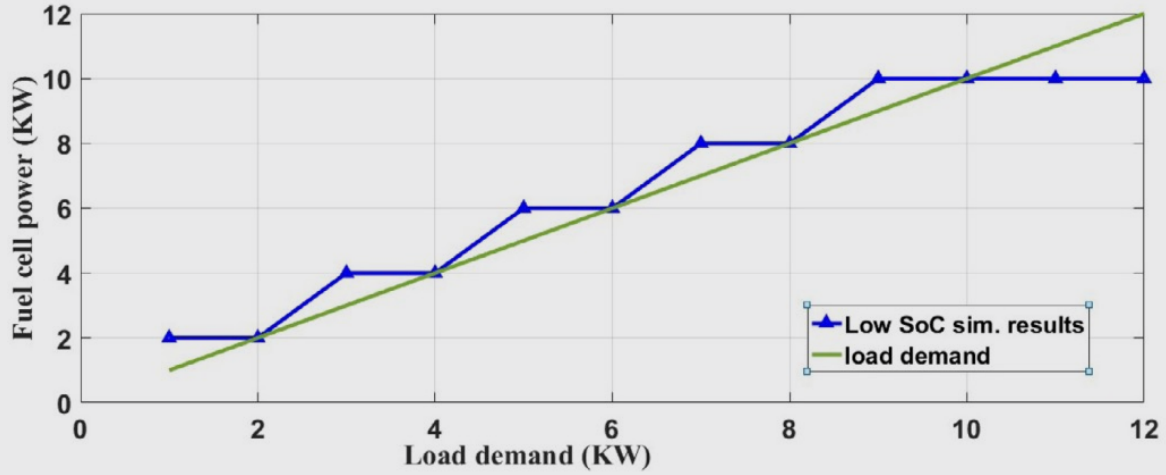
ที่มา : Energy Reports 7 (2021) 7989–7998

8.3 สถานะในการชาร์จระดับต่ำ (The low SOC)

สถานะในการชาร์จของแบตเตอรี่อยู่ในระดับต่ำบ่งบอกว่าพลังงานที่ถูกเก็บสะสมในแบตเตอรี่มีระดับต่ำ ด้วยเหตุผลนี้ EMS ได้ปรับแต่งเซลล์เชื้อเพลิงให้ผลิตพลังงานให้มากกว่าความต้องการโหลดเพื่อชับพลายให้โหลดและชาร์จแบตเตอรี่

ดังแสดงในแผนภูมิที่ 6 เส้นกราฟทึบสีน้ำเงินในเซลล์เชื้อเพลิงที่ถูกผลิตขึ้นมาอยู่เหนือเส้นกราฟสีเขียวแสดงความต้องการโหลด กำลังงานเส้นกราฟสีน้ำเงินมีค่ามากกว่าเส้นกราฟสีเขียว ซึ่งหมายความว่ากำลังงานที่ถูกผลิตขึ้นจากเซลล์เชื้อเพลิงมีค่ามากกว่าความต้องการของโหลด และพลังงานส่วนที่เหลือถูกใช้เพื่อการชาร์จประจุไฟฟ้าให้แบตเตอรี่

แผนภูมิที่ 6 แสดงกำลังงานเซลล์เชื้อเพลิงที่บรรลุผลได้จาก ANFIS EMS ที่ Low SOC mode



ที่มา : Energy Reports 7 (2021) 7989–7998

9. บทสรุป (Conclusions)

ระบบการจัดการพลังงานฉลาด (Intelligent energy management system) สำหรับระบบกำลังงานเรือไฟฟ้าทั้งระบบ (All-electric ship power system) บนหลักการของ ANFIS เป็นเทคนิคที่ทรงพลังมากในการพัฒนาความสามารถของระบบกำลังงานเรือแบบสมาร์ทกริด (Smart grid ship power system) มากไปกว่านั้น ระบบนี้ยังมีความยืดหยุ่นต่อระบบกำลังงานในการจัดการ ควบคุมพลังงานที่ผลิตขึ้นและให้เห็นว่าพลังงานสะอาดนั้นมีความจำเป็นอย่างไรในการนำไปใช้กับอุปกรณ์ประยุกต์ต่างๆ ในเรือ

ระบบการจัดการพลังงานฉลาด (Intelligent energy management system) สำหรับระบบกำลังงานเรือไฟฟ้าทั้งระบบ (All-electric ship power system) บนหลักการของ ANFIS เป็นเทคนิคที่มีประสิทธิผลสำหรับในการเพิ่มระบบกำลังงานเรือแบบสมาร์ทกริด (Smart grid ship power system) อีกทั้งยังมีความสามารถหลายด้านในการจัดการ และควบคุมพลังงานที่ถูกผลิตขึ้นมาและแสดงสิ่งที่เป็นหัวใจสำคัญคือผลิตพลังงานสะอาดเพื่อประยุกต์ใช้กับเรือรบ ในการสร้างเรือควรพิจารณาเซลล์เชื้อเพลิงในด้านการออกแบบโดยเฉพาะในโหมดวิกฤตของการปฏิบัติงาน เนื่องจากต้องการสัญญาณเสียงที่ต่ำ และต้องการให้การปล่อยมลพิษมีค่าเป็นศูนย์

เมื่อเปรียบเทียบกับเทคนิคการควบคุม PI แบบดั้งเดิมซึ่งถูกใช้ใน MEA จะถูกจำกัดในการผลิตกำลังงานไฟฟ้าที่เพียงพอ กำลังงานค่าสูงสุดที่ยอมให้ได้ (Max allowable power) ในช่วงระหว่างต้องการภาระโหลดเต็มที่จะไม่เกิน 7 kW ซึ่งเป็นอิสระจากโหมดใด ๆ ของ SOC ที่จะนำไปสู่ความไม่มีเสถียรภาพของระบบ ระบบ ANFIS จะส่งจ่ายกำลังงานสูงสุดที่ได้จากเซลล์เชื้อเพลิง 10 kW กับในทุกโหมดการปฏิบัติการ เทคนิค PI แบบเก่าได้จัดเตรียมกระแสไฟฟ้า 80 A จากแบตเตอรี่ หรือการชาร์จประจุไฟฟ้าด้วยกระแส 20 A ถาด ANFIS (ANFIS tray) จ่ายกระแสไฟให้แบตเตอรี่ในโหมด Normal SOC บางครั้งคายประจุจากแบตเตอรี่ในโหมด High SOC mode และชาร์จประจุไฟฟ้าให้แบตเตอรี่ในโหมด Low SOC mode และเก็บประจุไฟฟ้าในโหมด Normal SOC mode

เทคนิค AI ให้ความเชื่อถือได้ (Reliability) และความยืดหยุ่น (Flexibility) ต่อระบบถ้ามีการเพิ่มแหล่งพลังงานมากขึ้น หรือมีการเปลี่ยนแปลงขนาดของระบบกำลังงาน ระบบ ANFIS เป็นระบบที่สามารถจัดการได้ง่ายกว่าในการเปลี่ยนฮาร์ดแวร์ในแหล่งที่มาของการควบคุมแบบ PI ดั้งเดิม ให้กับระบบ งานในอนาคตระบบนี้จะถูกเพิ่มโดย กระบวนการ PV (PV array) เพื่อลดความหมดเปลืองในการใช้ไฮโดรเจน นอกจากนี้ระบบจะถูกทำให้เสร็จสมบูรณ์ด้วยระบบกำลังงานเรือสำหรับการทดสอบ (Testbed ship power system) เพื่อเข้าถึงสมรรถนะของระบบก่อนที่จะถูกนำมาติดตั้งบนบอร์ดเรือ

แนวทางการบริหารกรมอู่ทหารเรือ
ในภาวะสงคราม

นาวาเอก พันธ์ยศ พัฒนะธราพงศ์
รองผู้อำนวยการศูนย์พัสดุช่าง กรมอู่ทหารเรือ

"ธรรมดามีเรือแล้วต้องซ่อมได้เอง
เป็นหลักของยุทธศาสตร์ ถ้าซ่อมไม่ได้เองก็ไม่ควรจะมี"
พระราชดำรัสของพระเจ้าบรมวงศ์เธอ กรมหลวงชุมพรเขตอุดมศักดิ์

กล่าวนำ

ผู้เขียนได้รับการติดต่อให้ช่วยเขียนบทความ ในเรื่องเกี่ยวกับการบริหารกรมอู่ทหารเรือ ในภาวะสงคราม เพื่อนำไปลงเผยแพร่ในวารสารกรมอู่ทหารเรือ แต่เนื่องจากแผนการทัพของกรมอู่ทหารเรือ (ทั้งแผนสนับสนุนอ่าวไทยและแผนสนับสนุนอันดามัน) นั้น จำเป็นต้องอ้างถึงแนวทาง การใช้กำลังของแผนป้องกันประเทศของ ทร. ซึ่งกำหนดชั้นความลับแต่ในแผนการทัพของกรมอู่ทหารเรือ มีบางส่วนที่เกี่ยวข้องกับแผนผนึกกำลังและทรัพยากรเพื่อการป้องกันประเทศ ซึ่งจำเป็น ที่จะต้องเปิดเผยข้อมูลเพื่อเป็นการเตรียมความพร้อมในด้านระดมสรรพกำลัง จึงตกลงใจว่าจะเขียนบทความดังกล่าว โดยถ้าจำเป็นต้องมีการอ้างถึงแนวทางการใช้กำลังตามแผนป้องกันประเทศของ ทร. จะขอละเว้นข้อมูลที่เห็นว่าสำคัญและมีชั้นความลับ และจะพยายามเขียนบทความในลักษณะ การเล่าเรื่องราวให้ฟัง จะไม่พยายามให้เป็นบทความวิชาการ เพื่อให้ผู้ที่ไม่ใช่นักวางแผนทางทหารเข้าใจได้ง่ายขึ้น

ก่อนอื่นต้องมาทำความเข้าใจก่อนว่า บริบทของกรมอู่ทหารเรือจะเป็นอย่างไรเมื่อต้องสู่ภาวะสงคราม พบว่าภารกิจที่กรมอู่ทหารเรือต้องปฏิบัติเพื่อสนับสนุนกำลังรบนั้นเพิ่มขึ้นเป็นจำนวนมาก และทางกรมอู่ทหารเรือเองยังเกิดปัญหาในด้านต่าง ๆ เพื่อรองรับภารกิจที่เพิ่มขึ้นในภาวะสงคราม ทั้งทางด้านองค์บุคคล, องค์วัตถุและการบริหารจัดการ ซึ่งจากที่กล่าวมาทั้งหมดเป็นความท้าทายของกรมอู่ทหารเรือที่จะต้องปรับแนวทางในการบริหารเพื่อให้สามารถสนับสนุนหน่วยกำลังรบ เพื่อคงขีดความสามารถของกำลังรบในภาวะสงครามต่อไป

ภารกิจที่เพิ่มขึ้นในภาวะสงคราม

จากแนวทางการใช้กำลังของ ทร.ในขั้นปกติสถานการณ์ปกติ กำหนดให้มีความพร้อมอยู่ในระดับ พ.1 แต่เมื่อสถานการณ์มีแนวโน้มที่จะมีความรุนแรง ศปก.ทร. จะประกาศวัน ว. แนวทางการใช้กำลังของ ทร. ในขั้นปกติสถานการณ์วิกฤติ กำหนดให้มีความพร้อมอยู่ในระดับ พ.2 ซึ่งจะมีการเพิ่มเติมกำลังทางเรือให้ ทรภ. ต่าง ๆ ตลอดจนมีการจัดตั้งกองเรือXXXXX เพิ่มเติมขึ้นมา ซึ่งการระดมเรือรบ เกณฑ์เรือช่วยรบจากภาคส่วนต่าง ๆ เพื่อใช้ในการสนับสนุนกำลังรบ เช่น การวางทุ่นระเบิด การยกพลขึ้นบก การสนับสนุนกู้ภัย เรือดำน้ำส่ง ชปพ. แทรกซึมพื้นที่สำคัญทางยุทธวิธี ตลอดจนภารกิจอื่นๆนั้น ทางกรมอู่จะต้องเป็นหน่วยงานหลักที่รับผิดชอบในเรื่องการสร้าง ซ่อม และดัดแปลงเรือทั้งหมด

ซึ่งสามารถสรุปงานที่เพิ่มขึ้นมาของกรมอู่ทหารเรือในภาวะสงครามได้ ดังนี้

- เร่งรัดการซ่อมทำเรือที่อยู่ในแผนซ่อมทำเพื่อให้สามารถประกอบกำลังตามแนวทางการใช้กำลังของ ทร.
- เร่งรัดการเตรียมความพร้อมของเรือที่อยู่ในแผนป้องกันประเทศของ ทร. เพื่อให้สามารถใช้ราชการได้อย่างมีประสิทธิภาพ
- ปรับปรุงและติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเติมต่าง ๆ ในเรือรบของ ทร. เพื่อใช้ในภารกิจพิเศษต่าง ๆ ตามแผนป้องกันประเทศของ ทร.
- ปรับปรุงและดัดแปลงเรือช่วยรบจากภาคส่วนต่าง ๆ ที่ ทร. เกณฑ์มาช่วยราชการตามแผนผนึกกำลังและทรัพยากรเพื่อการป้องกันประเทศ

จากภารกิจที่เพิ่มขึ้นเป็นจำนวนมาก ต่อไปเราจะมาทำการประเมินถึงปัญหาที่ทางกรมอู่ทหารเรือจะต้องพบในภาวะสงครามต่อไป

ปัญหาและอุปสรรคของกรมอู่ทหารเรือ ในภาวะสงคราม

<u>องค์บุคคล</u> เมื่อ ศปก.ทร.ประกาศวัน ว. แนวทางการใช้กำลังของ ทร. ในขั้นปกติสถานการณ์วิกฤติ โดยกำหนดให้มีความพร้อมอยู่ในระดับ พ.2 ทางความพร้อมด้านกำลังพลนั้นในบัญชี ตพ.5 จะต้องบรรจุกำลังพลลงหน่วยกำลังรบให้เต็ม 100% โดยนำกำลังพลประจำการเสริมมาจาก หน่วยต่าง ๆ ที่ไม่ใช่กำลังรบ ซึ่งจะทำให้กำลังพลของกรมอู่ทหารเรือเหลือคงกองเพียง 50% จากอัตราคงสังกัด โดยกรมอู่ทหารเรือจะได้กำลังพลเพิ่มเติมจากกำลังประจำการเสริมในวัน ร.+70 ซึ่งไม่ทันการต่อภารกิจที่เพิ่มมากขึ้น

<u>องค์วัตถุ</u> ปัญหาด้านองค์วัตถุนั้นสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่มปัญหา ดังนี้

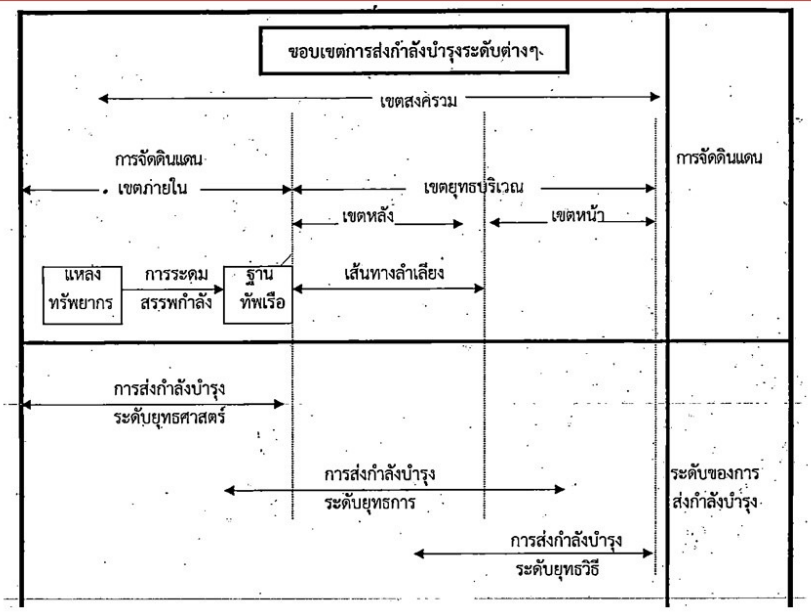
- สป.9 อะไหล่ซ่อมทำเรือ ปัจจุบันกรมอู่ทหารเรือไม่มี งป. ในการสะสม สป.9 อัตราสงครามที่เพียงพอต่อการสนับสนุนหน่วยกำลังรบตามแผนป้องกันประเทศ มีเพียงรายการอะไหล่ซ่อมทำเรือตามแผนปฏิบัติราชการปกติเท่านั้น และอะไหล่บางกลุ่มจำเป็นต้องจัดหาจากผู้ผลิตที่อยู่นอกประเทศซึ่งต้องใช้เวลานานในการจัดหา ดังนั้นเมื่อ ศปก.ทร. ประกาศวัน ว. แนวทางการใช้กำลังของ ทร. ในขั้นปกติสถานการณ์วิกฤติโดยกำหนดให้มีความพร้อมอยู่ในระดับ พ.2 ทางความพร้อมด้านอะไหล่เรือที่ใช้ในการสนับสนุนจึงไม่มีความพร้อม เนื่องจากไม่มีระดับการสะสมไว้ในคลังสำรองให้เพียงพอ

- เครื่องมือในการซ่อมทำ ปัจจุบันกรมอู่ทหารเรือมียุทโธปกรณ์ในการซ่อมทำ สำหรับรองรับในการซ่อมทำตามแผนปฏิบัติราชการประจำปี แต่ยังมียุทโธปกรณ์ไม่เพียงพอต่อการรองรับการซ่อมสร้างและดัดแปลงเรือ เป็นจำนวนมากตามแผนป้องกันประเทศ เนื่องจาก งป. ที่ได้รับการสนับสนุนสามารถรองรับการซ่อมทำตามแผนปฏิบัติราชการประจำปีเท่านั้น

-อาคารสถานที่ (อู่เรือคานเรือ) ปัจจุบันกรมอู่ทหารเรือมีอาคารสถานที่ (อู่เรือคานเรือ) สำหรับรองรับในการซ่อมทำตามแผนปฏิบัติราชการประจำปี แต่ในภาวะสงครามจำเป็นที่จะต้องเร่งรัด การเตรียมเรือต่าง ๆ ทั้งเรือรบและเรือช่วยรบเพื่อใช้ในภาวะสงคราม แต่เนื่องจากอาคารสถานที่ (อู่เรือ คานเรือ) มีจำกัด จึงทำให้ไม่สามารถดำเนินการซ่อม สร้างและดัดแปลงเรือเป็นจำนวนมาก ตามแผนป้องกันประเทศได้ทันตามกำหนด

องค์ยุทธวิธี ในด้านการบริหารจัดการนั้น อู่ซ่อมเรือหลักของ ทร. อยู่ในเขตภายใน แต่แนวทางการใช้กำลังตามแผนป้องกันประเทศนั้น กำลังทางเรือส่วนใหญ่ซึ่งอยู่ในเขตหน้าของพื้นที่ยุทธบริเวณจะไม่ได้รับการซ่อมบำรุงแก้ไขได้ทันท่วงที เมื่อเกิดความเสียหายจากการปะทะกองกำลังฝ่ายตรงข้าม ตลอดจนหน่วยซ่อมในสายวิทยาการ อร. ที่ตั้งอยู่ในเขตหลังของพื้นที่ยุทธบริเวณ มีขีดความสามารถในการซ่อมทำจำกัดแค่กองกำลังพิทักษ์ชายแดนตามแผนปฏิบัติงานประจำปี ไม่มีขีดความสามารถ ที่จะรองรับกำลังทางเรือขนาดใหญ่ตามแผนป้องกันประเทศได้ ซึ่งความสัมพันธ์ของการจัดดินแดนและระดับการส่งกำลังบำรุงสามารถสรุปได้ดังรูปภาพที่ 1

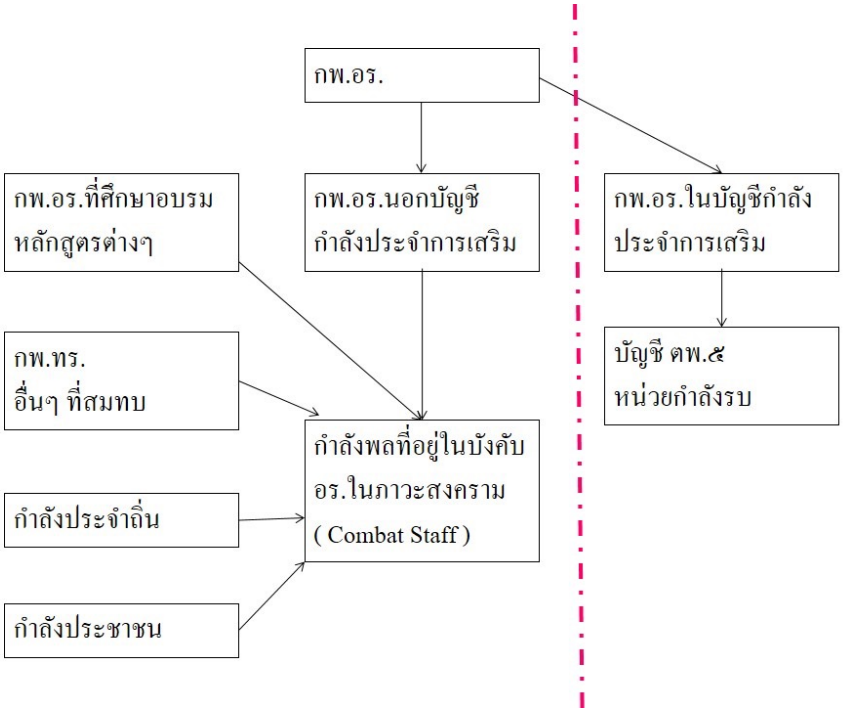
ความสัมพันธ์ของการจัดดินแดนและระดับการส่งกำลังบำรุง



รูปภาพที่ 1 ความสัมพันธ์ของการจัดดินแดนและระดับการส่งกำลังบำรุง

แนวทางแก้ปัญหาของกรมอู่ทหารเรือในภาวะสงคราม

<u>องค์บุคคล</u> ในภาพรวมของกองกำลังต่อสู้เบ็ดเสร็จนั้น ไม่ได้มีเพียงกำลังรบหลักซึ่งประกอบไปด้วยกำลังประจำการและกำลังสำรอง แต่ในกองกำลังต่อสู้เบ็ดเสร็จนั้น ยังประกอบอีก 2 กองกำลัง คือ กำลังประจำถิ่นและกำลังประชาชน ซึ่งทางกรมอู่ทหารเรือสามารถเรียกเกณฑ์มาช่วยราชการได้เมื่อเกิดภาวะสงคราม ตามแผนผนึกกำลังและทรัพยากรเพื่อการป้องกันประเทศ และนอกจากนี้ กำลังพลในสายวิทยาการ อร. ที่เข้ารับการศึกษาอยู่ทั้งสถานศึกษาใน ทร. และ นอก ทร. ก็จำเป็น ที่จะต้องระดมพลกลับมารายงานตัว ภาพรวมตามรูปภาพที่ 2.



รูปภาพที่ 2. แหล่งที่มาของกำลังพลกรมอู่ทหารเรือในภาวะสงคราม

สรุปคือกำลังพลที่อยู่ในบังคับ อร. ในภาวะสงคราม (Combat Staff) นั้นจะประกอบไปด้วย

- กำลังพล อร. นอกบัญชีกำลังประจำการเสริม
- กำลังพล อร. ที่ศึกษาอบรมหลักสูตรต่าง ๆ ทั้งใน ทร. และ นอก ทร.
- กำลังพล ทร. สายวิทยาการอื่น ๆ ที่สมทบ
- กำลังประจำถิ่นที่เกณฑ์มาช่วยราชการทหาร ตามแผนผนึกกำลังและทรัพยากรเพื่อการป้องกันประเทศ
- กำลังประชาชนที่เกณฑ์มาช่วยราชการทหาร ตามแผนผนึกกำลังและทรัพยากรเพื่อการป้องกันประเทศ

โดยกำลังประชาชนที่เกณฑ์มานั้น จะต้องเข้ามาทำการอบรมถึงขั้นตอนการปฏิบัติขนบธรรมเนียมทหารเรือ และความปลอดภัยในการทำงาน ที่กองการศึกษา กรมพัฒนาการช่าง กรมอู่ทหารเรือ เป็นเวลา 1 วัน ก่อนเข้าปฏิบัติงานในอู่หลักของกรมอู่ทหารเรือ โดยมีความมุ่งหมายนำกำลังประชาชนมาทดแทนและเสริมกำลังพลตามชั้นยศดังนี้

- ช่างเทคนิค ทดแทนและเสริมกำลังพลในชั้นยศพนักงานราชการและลูกจ้างประจำ
- หัวหน้าช่าง ทดแทนและเสริมกำลังพลในชั้นยศ จ.ต. - พ.จ.อ.
- วิศวกร ผู้ควบคุมงาน ทดแทนและเสริมกำลังพลในชั้นยศ ร.ต. – น.ต.
- วิศวกรอาวุโสทดแทนและเสริมกำลังพลในชั้นยศ น.ท. – น.อ. (ที่รับเงินวิชาชีพ)
- ส่วนผู้บริหารชั้นยศ น.อ. (ที่รับเงินบริหาร) ขึ้นไป ไม่สามารถหาทดแทนได้

โดยภาพรวมของกำลังประชาชนที่ต้องการตามแผนการทัพของกรมอู่ทหารเรือนั้น รวมเป็นจำนวนโดยประมาณ 3,000 นาย

<u>องค์วัตถุ</u> เพื่อให้การบริหารจัดการของกรมอู่ทหารเรือในภาวะสงคราม เป็นไปด้วยความเรียบร้อย จึงจำเป็นต้องแก้ปัญหา 2 ด้านดังนี้

- กรมอู่ทหารเรือต้องกำหนด สป.9 อัตราสงคราม เพื่อเสนอขอรับการสนับสนุน งป.ในการกำหนดระดับสะสมเพื่อเตรียมความพร้อม ซึ่งจากผลการฝึก ทร.ที่ผ่านสามารถสรุปได้ว่าสถานภาพสิ่งอุปกรณ์ประเภทอะไหล่ซ่อมทำเรือ (สป.9) ที่ต้องการในภาวะสงครามนั้นมีจำนวน 4 กลุ่ม รวม 410 รายการ รวมมูลค่าประมาณ 3,500 ล้านบาท

- ในส่วนของอาคารสถานที่ (อู่เรือ คานเรือ) ตลอดจนยุทโธปกรณ์ต่าง ๆ นั้น เนื่องจากทางกรมอู่ทหารเรือมีเพียงพอในการสนับสนุนตามแผนปฏิบัติราชการประจำปี แต่ไม่สามารถรองรับปริมาณงานจำนวนมากตามแผนป้องกันประเทศได้ จึงมีความจำเป็นที่จะต้องเกณฑ์อาคารสถานที่ (อู่เรือ คานเรือ) ตลอดจนยุทโธปกรณ์ต่างๆจากภาคส่วนอื่นๆทั้งของภาครัฐและภาคเอกชนมาช่วยราชการทหารตั้งแต่ศปก.ทร. ประกาศวัน ว. โดยรวบรวมบัญชีอาคารสถานที่ (อู่เรือ คานเรือ) ตลอดจนยุทโธปกรณ์ต่าง ๆ ที่จำเป็นต้องใช้ตามห้วงเวลาต่าง ๆ บรรจุในแผนผนึกกำลังและทรัพยากรเพื่อการป้องกันประเทศ

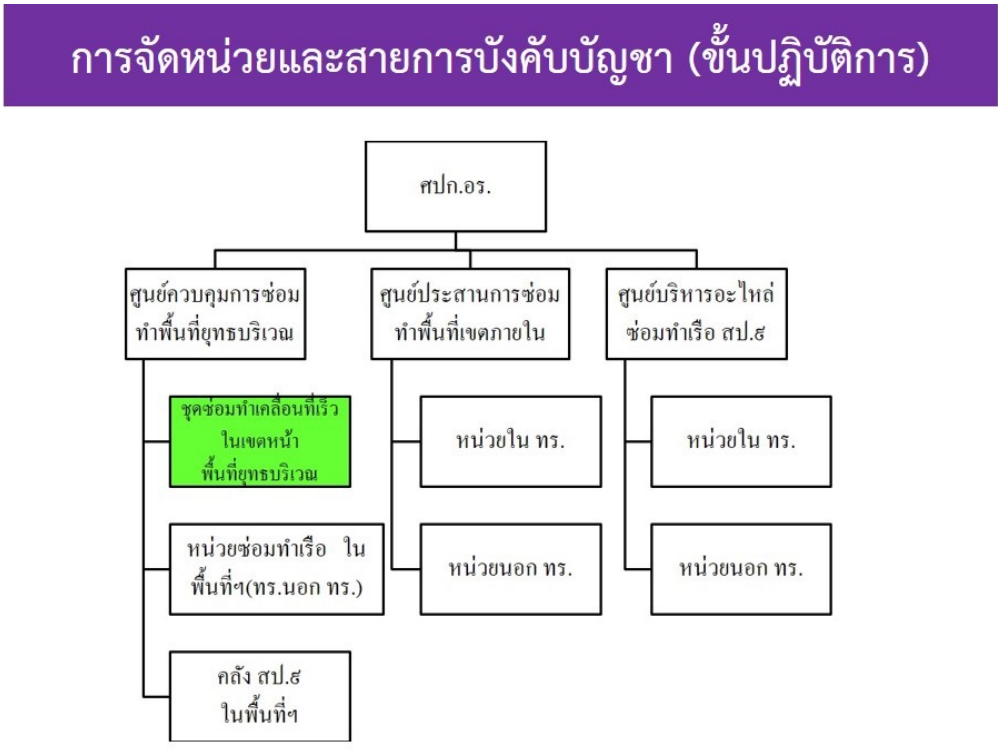
<u>องค์ยุทธวิธี</u> เพื่อให้การบริหารจัดการของกรมอู่ทหารเรือในภาวะสงคราม เป็นไปด้วยความเรียบร้อย จึงจำเป็นต้องแก้ปัญหา 3 ด้าน ดังนี้

- กำลังทางเรือส่วนใหญ่ซึ่งอยู่ในเขตหน้าของพื้นที่ยุทธบริเวณ เพื่อให้ได้รับการซ่อมบำรุงแก้ไขได้ทันท่วงที เมื่อเกิดความเสียหายจากการปะทะกองกำลังฝ่ายตรงข้าม จึงจำเป็นต้องมีชุดซ่อมเคลื่อนที่ไปดำเนินการแก้ไขสถานการณ์ในเขตหน้าของพื้นที่ยุทธบริเวณ ตลอดจนต้องมีการขยายขีดความสามารถของหน่วยสายวิทยาการในเขตหลังของพื้นที่ยุทธบริเวณ โดยใช้กำลังพลหลัก จากหน่วยซ่อมหลักของกรมอู่ทหารเรือเข้าไปในพื้นที่ยุทธบริเวณประกอบกับใช้การระดมสรรพกำลัง สถานที่ (อู่เรือ คานเรือ) ตลอดจนยุทโธปกรณ์และกำลังประชาชน (ช่าง) ต่าง ๆ จากการเกณฑ์ช่วยราชการตามแผนผนึกกำลังและทรัพยากรเพื่อการป้องกันประเทศเพื่อขยายขีดความสามารถทั้งด้านงานซ่อมบำรุงและส่งกำลังบำรุง สป.9 เพื่อคงขีดความสามารถของกำลังรบหลักของ ทร. โดยตั้งเป็นหน่วยเฉพาะกิจศูนย์ควบคุมการซ่อมทำพื้นที่ยุทธบริเวณขึ้นตรงกับ ศปก.อร. และมีหน่วยขึ้นตรงประกอบไปด้วย ชุดซ่อมทำเคลื่อนที่เร็วในเขตหน้าพื้นที่ยุทธบริเวณ หน่วยซ่อมทำเรือในพื้นที่ยุทธบริเวณ (หน่วยใน ทร. หน่วยนอก ทร.) คลัง สป.9 ในพื้นที่ยุทธบริเวณ

- การเร่งรัดซ่อมทำเรือ เตรียมเรือ ดัดแปลงและปรับปรุงเรือต่าง ๆ ตามแนวทางการใช้กำลังตามแผนป้องกันประเทศนั้น เนื่องจากกำลังพลหลักของกรมอู่ทหารเรือ จำเป็นต้องเพิ่มเติมกำลังไปยังพื้นที่ยุทธบริเวณ จึงจำเป็นต้องใช้กำลังประชาชนจากการเกณฑ์ช่วยราชการทหาร ตามแผนผนึกกำลังและทรัพยากรเพื่อการป้องกันประเทศมาช่วยเสริม ตลอดจนสถานที่ (อู่เรือ คานเรือ) และยุทโธปกรณ์ที่กรมอู่ทหารเรือมีนั้นยังไม่เพียงพอต่อการรองรับเรือจำนวนมากที่จะต้องใช้ตามแผนป้องกันประเทศ จึงจำเป็นต้องเกณฑ์สถานที่ (อู่เรือ คานเรือ) ตลอดจนยุทโธปกรณ์และกำลังประชาชน (ช่าง) ต่าง ๆ เข้ามาช่วยในเขตภายใน โดยตั้งเป็นหน่วยเฉพาะกิจศูนย์ประสานการซ่อมทำพื้นที่เขตภายในขึ้นตรงกับ ศปก.อร. และมีหน่วยขึ้นตรงประกอบไปด้วยหน่วยใน ทร. และหน่วยนอก ทร.

-การบริหาร สป.9 ในด้านต่าง ๆ ทั้งการจัดหา เก็บรักษาและแจกจ่าย ก็มีความสำคัญเป็นอย่างมาก อย่างที่ทราบกันว่ากรมอู่ทหารเรือไม่มี สป.9 อัตราสงครามสำรองคลังเพียงพอต่อการสนับสนุนการใช้กำลังตามแผนป้องกันประเทศ จึงจำเป็นต้องมีการรวมศูนย์การบริหารด้าน สป.9 โดยเกณฑ์ภาคประชาชนเข้ามาช่วยตามแผนผนึกกำลังและทรัพยากรเพื่อการป้องกันประเทศ ตั้งเป็นหน่วยเฉพาะกิจศูนย์บริหารอะไหล่ซ่อมทำเรือ สป.9 ขึ้นตรงกับ ศปก.อร. และมีหน่วยขึ้นตรงประกอบไปด้วยหน่วยใน ทร. และหน่วยนอก ทร.

ซึ่งสามารถสรุปโครงสร้างหน่วยเฉพาะกิจของกรมอู่ทหารเรือ เพื่อรองรับสภาวะสงครามได้ตามรูปที่ 3



รูปภาพที่ 3. การจัดหน่วยและสายการบังคับบัญชา
หน่วยเฉพาะกิจกรมอู่ทหารเรือในขั้นปฏิบัติการ

แนวทางการบริหารกรมอู่ทหารเรือ ในภาวะสงคราม

แนวความคิดในการปฏิบัติ แบ่งการปฏิบัติเป็น 3 ขั้น (ขั้นปกติ ขั้นเตรียมการ ขั้นปฏิบัติการ) ซึ่งสามารถสรุปสาระสำคัญได้ดังนี้

1. ขั้นปกติ (ขั้นปกติสถานการณ์ปกติ)

- การกำลังพล

ให้ทุกหน่วยจัดทำ และตรวจสอบบัญชีบรรจุกำลัง (ตพ.5) ให้มีความถูกต้อง และพร้อมสนับสนุนกำลังพลตามบัญชีบรรจุกำลัง ตลอดจนตรวจสอบบัญชีกำลังประจำถิ่นและกำลังประชาชน เพื่อบรรจุในแผนผนึกกำลังและทรัพยากรเพื่อการป้องกันประเทศ ให้สามารถมีกำลังพลทดแทนบัญชีประจำการเสริมได้ในภาวะสงคราม

- การส่งกำลัง

คลังใหญ่ (ศพด.อร.) พิจารณาระดับสะสมเพื่อให้มีพอจ่ายได้อย่างต่อเนื่องตามแผนปฏิบัติราชการประจำปี

คลังสาขา (หน่วยซ่อมบำรุงของ อร.) กำหนดระดับสะสมตามแผนซ่อมทำประจำปี

- การซ่อมบำรุง อร.

ได้พิจารณาแบ่งมอบความรับผิดชอบในการซ่อมบำรุงเรือต่าง ๆ ให้แก่หน่วยซ่อมบำรุงเรือของ อร. ทั้งในขณะเรือจอดในที่ตั้งปกติ และขณะเรือออกปฏิบัติงานในหน่วยเฉพาะกิจ ซึ่งจะต้องรับผิดชอบการซ่อมบำรุงตามแผน และการซ่อมบำรุงแก้ไข โดยเน้นความสำคัญให้ดำรงความพร้อมของกำลังรบทางเรือที่ออกปฏิบัติราชการและเรือที่เตรียมออกปฏิบัติราชการเป็นลำดับความสำคัญเร่งด่วน รวมทั้งให้ซ่อมทำในต่างประเทศได้เมื่อเห็นว่ามีความเหมาะสมในกรณีเรืออยู่ในน่านน้ำต่างประเทศ

2. ชั้นเตรียมการ (ขั้นปกติสถานการณ์วิกฤต)

- การกำลังพล

ให้ นขต.อร. สนับสนุนกำลังพลตามบัญชีบรรจุกำลัง (ตพ.5) เพื่อเป็นประจำการเสริมให้กับหน่วยใช้กำลังและหน่วยเตรียมกำลังเมื่อได้รับการสั่งการจากหน่วยเหนือและ กพ.อร. เรียกเกณฑ์กำลังประจำถิ่นและกำลังประชาชน ตามแผนผนึกกำลังและทรัพยากรเพื่อการป้องกันประเทศ เข้ามาประจำการเสริมตามแผนการทัพกรมอู่ทหารเรือ

- การส่งกำลัง

จัดชุดส่งกำลังพัสดุสายช่าง เพื่อสนับสนุนการส่งกำลังไปยังพื้นที่ปฏิบัติการ

คลังใหญ่ พิจารณาระดับสะสมเพื่อให้มีพอจ่ายได้อย่างต่อเนื่องตลอดเวลา

คลังสาขา กำหนดระดับสะสมสำหรับพัสดุที่สามารถจัดหาหรือผลิตภายในประเทศได้ ใน 3 เดือน และพัสดุที่ต้องจัดหาจากต่างประเทศได้ใน 18 เดือน ให้มีพอจ่ายได้อย่างต่อเนื่องตลอดเวลา

- การซ่อมบำรุง

อธบ.อร. อจปร.อร. และ อรม.อร. ให้เร่งการซ่อมบำรุงเรือที่ใช้ตามแผนของ ทร. ให้แล้วเสร็จโดยเร็วที่สุด ทั้งนี้ให้หยุดการซ่อมบำรุงเรือที่ไม่เกี่ยวข้องทั้งหมด และจัดระบบการซ่อมบำรุงให้มีประสิทธิภาพต่อเนื่องตลอด 24 ชั่วโมง โดยการจัดเจ้าหน้าที่ซ่อมบำรุงออกเป็น 3 ชุด ทำงานชุดละ 6 ชั่วโมง หมุนเวียนกันโดยตลอด รวมทั้งจัดให้มีชุดซ่อมบำรุงเคลื่อนที่เร็วซึ่งประกอบด้วยช่างตามสาขาต่าง ๆ พร้อมเครื่องมือ และอุปกรณ์พร้อมสนับสนุนการซ่อมบำรุงระดับกลางให้เรือในพื้นที่ยุทธบริเวณ ตามที่ได้รับการสั่งการจากหน่วยเหนือโดยมีเกณฑ์ความพร้อมออกปฏิบัติการภายใน 1 ชั่วโมงหลังจากได้รับคำสั่ง และให้กลับที่ตั้งปกติเมื่อเสร็จกิจ

3. ขั้นปฏิบัติการ (ขั้นตอบโต้)

- การกำลังพล

ขอรับการสนับสนุนกำลังพลเพิ่มเติม (กำลังประจำถิ่นและกำลังประชาชน) ตามแผนผนึกกำลังและทรัพยากรเพื่อการป้องกันประเทศถึง ศปก.ทร. เพื่อทดแทน กพ.ประจำการเสริมของ อร.ตามแผนบรรจุบัญชีพล (ตพ.5) ของ ทร.

- การส่งกำลัง

คลังใหญ่ พิจารณาระดับสะสมเพื่อให้มีพอจ่ายได้อย่างต่อเนื่องตลอดเวลา

คลังสาขา ให้เพิ่มระดับสะสมอะไหล่วิกฤติสำหรับเรือของหน่วยใช้กำลัง เป็น 2 เท่าของระดับสะสมในขั้นเตรียมการปกติ

- การซ่อมบำรุง

ศปก.อร. พิจารณาปรับแผนการซ่อมบำรุงเรือ โดยกำหนดให้ซ่อมบำรุงเรือที่ใช้ตามแผนป้องกันประเทศให้มีความพร้อม เป็นความสำคัญเร่งด่วนที่สุด สำหรับเรือที่อยู่ในพื้นที่ปฏิบัติการเมื่อมีอุปสรรคข้อขัดข้องหรือได้รับการชำรุดเสียหาย ให้ดำเนินการซ่อมทำให้ทันต่อเหตุการณ์ และกลับคืนสู่สภาพพร้อมปฏิบัติการให้เร็วที่สุด

บทสรุปแนวทางการบริหารกรมอู่ทหารเรือในภาวะสงคราม

เมื่อเกิดภาวะสงครามกรมอู่ทหารเรือ จากภาระงานที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากต้องเร่งรัดซ่อมทำเรือเตรียมเรือ ตลอดจนต้องปรับปรุงและดัดแปลงเรือทั้งภาครัฐและภาคเอกชนให้พร้อมตามแผนป้องกันประเทศ รวมถึงการซ่อมแก้ไขเรือที่เกิดความเสียหาย เนื่องจากการปะทะกองกำลังฝ่ายตรงข้าม ในพื้นที่ยุทธบริเวณ ซึ่งการแก้ปัญหาต่าง ๆ ด้านซ่อมบำรุงและส่งกำลังบำรุงสาย สป.9 ในภาวะสงครามนั้น กรมอู่ทหารเรือมีแนวทางซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

- องค์บุคคล เกณฑ์กำลังประจำถิ่นและกำลังประชาชนตามแผนผนึกกำลังและทรัพยากร เพื่อการป้องกันประเทศ เข้ามาทดแทนกำลังประจำการเสริมในบัญชี ตพ.5

- องค์วัตถุ กำหนดระดับการสะสม สป.9 อัตราสงคราม ตลอดจนเกณฑ์อู่เรือ คานเรือและยุทโธปกรณ์ต่าง ๆ ที่จำเป็น ตามแผนผนึกกำลังและทรัพยากรเพื่อการป้องกันประเทศมาช่วยราชการทหาร

- องค์ยุทธวิธี จัดตั้ง ศปก.อร.และปรับหน่วยที่ตั้งปกติเป็นหน่วยเฉพาะกิจกรมอู่ทหารเรือ มีหน่วยเฉพาะกิจขึ้นตรงประกอบไปด้วย ศูนย์ควบคุมการซ่อมทำพื้นที่ยุทธบริเวณ ศูนย์ประสานการซ่อมทำพื้นที่เขตภายใน ศูนย์บริหารอะไหล่ซ่อมทำเรือ สป.9 เพื่อให้สามารถรองรับภารกิจตามแผนป้องกันประเทศได้

การแก้ปัญหาต่าง ๆ ในภาวะสงครามนั้น จำเป็นที่จะต้องได้รับความร่วมมือจากทุกภาคส่วน เพื่อให้สามารถสนับสนุนกำลังรบให้มีขีดความสามารถ ทำการรบได้ต่อเนื่องอย่างมีประสิทธิภาพ และจะเริ่มทำตอนเกิดสงครามไม่ได้ จำเป็นต้องเตรียมการตั้งแต่สถานการณ์ปกติ เพื่อให้มีความพร้อมสามารถสนับสนุนได้ทันเมื่อเกิดเหตุ ผู้เขียนขอจบบทความเรื่องแนวทางการบริหารกรมอู่ทหารเรือ ในภาวะสงคราม โดยขออนุญาตอัญเชิญ พระราชนิพนธ์ในพระบาทสมเด็จพระมงกุฎเกล้าเจ้าอยู่หัว ที่เป็นคำขวัญเสือป่าความว่า

“แม้หวังตั้งสงบ จงเตรียมรบให้พร้อมสรรพ์
ศัตรูกล้ามาประจัน จะอาจสู้ริปูสลาย”

การปรับปรุงคุณสมบัติเชิงกลของโลหะผสมนิกเกิลอะลูมินัมบรอนซ์ โดยการเคลือบฟิล์มคาร์บอนเสมือนเพชร

Improving mechanical properties of nickel-aluminum-bronze alloys using diamond-like carbon lms deposition

ผศ.ดร. อาทิตย์ ฉิ่งสูงเนิน[1], ผศ.ดร.พิษณุ พูลเจริญศิลป์[1], ดร.ศรายุทธ ตั้นมี[2], นาวาเอก ดร. เสวียง เถื่อนบุญ[3], นาวาเอก กิตติ์ธนภูมิ ว่องวรานนท์[3], นาวาเอก ดร.บพิธ ทศเทพพิทักษ์[3]

[1]ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150

[2]สถาบันวิจัยแสงซินโครตรอน (องค์การมหาชน) อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000

[3]กรมอู่ทหารเรือ กองทัพเรือ อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี 20180

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเทคนิคการเคลือบฟิล์มคาร์บอนเสมือนเพชร (DLC) ลงบนชิ้นงานโลหะผสมนิกเกิลอะลูมินัมบรอนซ์ (NAB) เพื่อเพิ่มสมบัติความแข็ง และความต้านทานสึกหรอ โดยได้ทำการเคลือบฟิล์ม DLC ด้วยเทคนิคแบบผสมระหว่างแมกนีตรอนสปัตเตอริงกับการเพิ่มการตกสะสมของไอเชิงเคมีโดยใช้กำลังไฟฟ้าความถี่วิทยุ (RF-PECVD) ฟิล์ม DLC ได้ทำการเคลือบฟิล์มเป็นชุด (Period or stack) โดย 1 ชุด ประกอบด้วยชั้นอะมอร์ฟัสซิลิกอน (a-Si) และชั้นฟิล์มไฮโดรจิเนตเตดอะมอร์ฟัสคาร์บอน (a-C:H) จากนั้นเพิ่มจำนวนชุด เพื่อเพิ่มความหนาของฟิล์ม ไปจนถึง 4 ชุด จากนั้นทำการตรวจวัดความแข็งตามความลึกด้วยเทคนิคนาโนอินเดนเตชัน พบว่าการเคลือบชิ้นงานแบบ 3 stacks ทำให้ฟิล์มมีความแข็งเพิ่มขึ้นถึงจาก ~3 GPa เป็น ~33 GPa และมีปริมาตรการสึกหรอ (wear volume) ต่ำที่สุด ซึ่งแสดงให้เห็นว่าชิ้นงาน DLC/a-Si/NAB ซึ่งมีซิลิกอนเป็นชั้นรองพื้นสามารถทนต่อการขยายตัวและหดตัวของชิ้นงานได้ดี เมื่อทำการเคลือบฟิล์ม DLC/a-Si ลงบนใบพัดปั๊มน้ำหอยโข่งแบบกึ่งเปิด พบว่าฟิล์ม DLC สามารถยึดติดกับชิ้นงานได้ดี ไม่หลุดลอก จึงสามารถลดการสึกหรอและสามารถยืดอายุของชิ้นงานได้นานขึ้น

คำสำคัญ: สมบัติเชิงกล นิกเกิลอะลูมินัมบรอนซ์ คาร์บอนเสมือนเพชร การใช้พลาสมาช่วยตกสะสมของไอเชิงเคมี

Abstract

The objective of this research is to develop diamond-like carbon (DLC) coatings to improve the mechanical properties and wear resistance of nickel aluminum bronze (NAB). The DLC coatings were deposited by radio frequency- plasma enhanced chemical vapor deposition (RF-PECVD). The intermediate a-Si layer was deposited by magnetron sputtering. The number of DLC/a-Si layers was increased from 1 to 4 stacks. A nanoindentation test was performed to determine the depth profile of the surface hardness of the coated samples. The average roughness increased with increasing number of stacks. The DLC/a-Si with 3 stacks can increase the hardness of NAB from about 3 GPa to 33 GPa and exhibits higher wear resistance. The DLC films were deposited on the semi-open impeller pump using the hybrid system of RF-PECVD and magnetron sputtering. The coated films do not detach from the NAB sample, indicating good adhesion, which has the potential to reduce wear rate and extend service life.

Keywords: Nickel-aluminum-bronze; Diamond-like carbon; Plasma enhanced chemical vapor deposition;

บทนำ

โลหะผสมนิกเกิลอะลูมินัมบรอนซ์ (Nickel Aluminum Bronze, NAB) มีสมบัติพิเศษหลายด้าน เช่น มีความต้านทานการกัดกร่อนและต้านทานการสึกหรอที่ดี มีความแข็งแรงสูงมาก มีความต้านทานสูงต่อการเกิดออกซิเดชัน นอกจากนี้ยังมีความแข็งแรงดีมากที่อุณหภูมิสูง ส่วนใหญ่ถูกนำมาใช้ในทางเคมี ทางทะเลและน้ำมัน การใช้งานส่วนใหญ่จะเป็นอุปกรณ์วาล์ว ใบพัด เพลาใบพัด แบริ่งหนักเชื่อมโยงไปถึงชิ้นส่วนเกียร์ เกียร์ เฟืองตัวหนอน เครื่องมือที่ไม่เกิดประกายไฟและอื่น ๆ เนื่องจากโลหะผสมนิกเกิลสามารถต้านทานการกัดกร่อนได้ดี โดยเฉพาะการกัดกร่อนจากน้ำทะเล และการกัดกร่อนจากไอน้ำ ความเร็วสูงที่อุณหภูมิสูง แต่อย่างไรก็ตามโลหะผสมนิกเกิลอะลูมินัมบรอนซ์แม้จะมีความแข็งเหนียว ทนร้อนและไม่เกิดสนิม แต่เมื่อถูกแช่อยู่ในน้ำทะเลเป็นเวลานานก็สามารถเกิดการกัดกร่อนได้ทั้งแบบเป็นหลุม (Pitting) ที่มักเกิดจากวัตถุสัมผัสสารละลายพวกคลอไรด์ และการผุกร่อนแบบเลือก ซึ่งเกิดจากธาตุโลหะหนึ่งเสถียรกว่าธาตุหนึ่ง เมื่อสัมผัสสภาพแวดล้อม เช่น การกัดกร่อนของทองเหลือง (Dezincification) โดยทองเหลืองจะสูญเสียสังกะสีเหลือแต่ทองแดงทำให้เป็นรูพรุน รูปทรงของวัตถุจะไม่เปลี่ยนแปลง แต่ความแข็งแรงจะลดลง ส่งผลให้ความเปราะเพิ่มขึ้นอย่างมาก ทำให้ชิ้นงานเกิดความเสียหายได้ง่ายขึ้น ซึ่งเกิดจากการแตกของฟองอากาศที่มาจับตัวกันซ้ำแล้วซ้ำเล่าทำให้เกิดการกระแทกซึ่งสามารถทำลายผิวโลหะหรือวัสดุได้เป็นจุด ๆ ซึ่งค่าใช้จ่ายในการจัดซื้ออุปกรณ์หรือชิ้นส่วนที่ผลิตจากโลหะผสมพิเศษมีราคาที่สูงมาก

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบและกรรมวิธีเคลือบฟิล์มคาร์บอนเสมือนเพชร [1-9] ซึ่งจะทำให้ชิ้นงานโลหะผสมนิกเกิลอะลูมินัมบรอนซ์มีสมบัติเชิงกลที่ดีขึ้น มีความต้านทานต่อการสึกหรอสูงขึ้น สามารถนำไปใช้เป็นส่วนประกอบของอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในทะเล เช่น ใบพัดเรือ สมอเรือ เป็นต้น ซึ่งจะช่วยยืดอายุการใช้งานของอุปกรณ์เหล่านั้นให้ยาวนานขึ้น ลดค่าใช้จ่ายในการจัดซื้ออุปกรณ์หรือชิ้นส่วนใหม่ ซึ่งจะทำให้เกิดการคุ้มค่าทางเศรษฐกิจของประเทศ นอกจากนั้นวิธีการเคลือบฟิล์มโดยใช้พลาสมานี้ถือเป็นกรรมวิธีที่สะอาด ไม่ใช้สารเคมีจึงเป็นเทคโนโลยีที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ซึ่งจะมีส่วนสำคัญในการขับเคลื่อนและพัฒนากรมอู่ทหารเรือให้เกิดผลสัมฤทธิ์ในการปฏิบัติงานตามพันธกิจและบรรลุวิสัยทัศน์ของกรมอู่ทหารเรือที่ว่า *“เป็นเลิศในงานซ่อมและสร้างเรือ ด้วยการบริหารจัดการที่มีคุณภาพ”* ตามแผนยุทธศาสตร์กรมอู่ทหารเรือ ฉบับปี พ.ศ. 2559 - 2567

วัตถุประสงค์การวิจัย

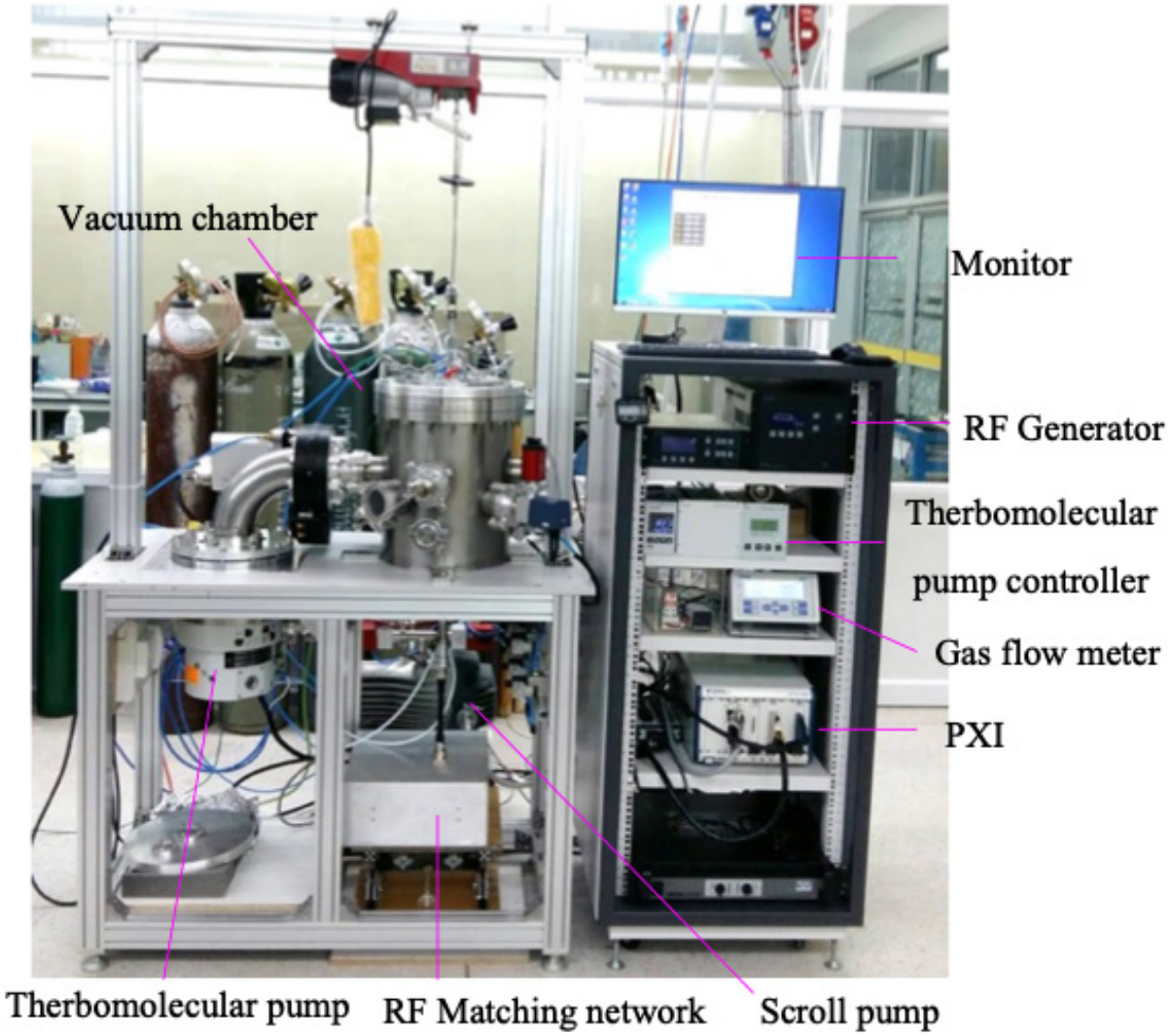
1. เพื่อปรับปรุงสมบัติเชิงกลและความต้านทานการสึกหรอของโลหะผสมนิกเกิลอะลูมินัมบรอนซ์ โดยการเคลือบฟิล์ม DLC

ระเบียบวิธีดำเนินการวิจัย

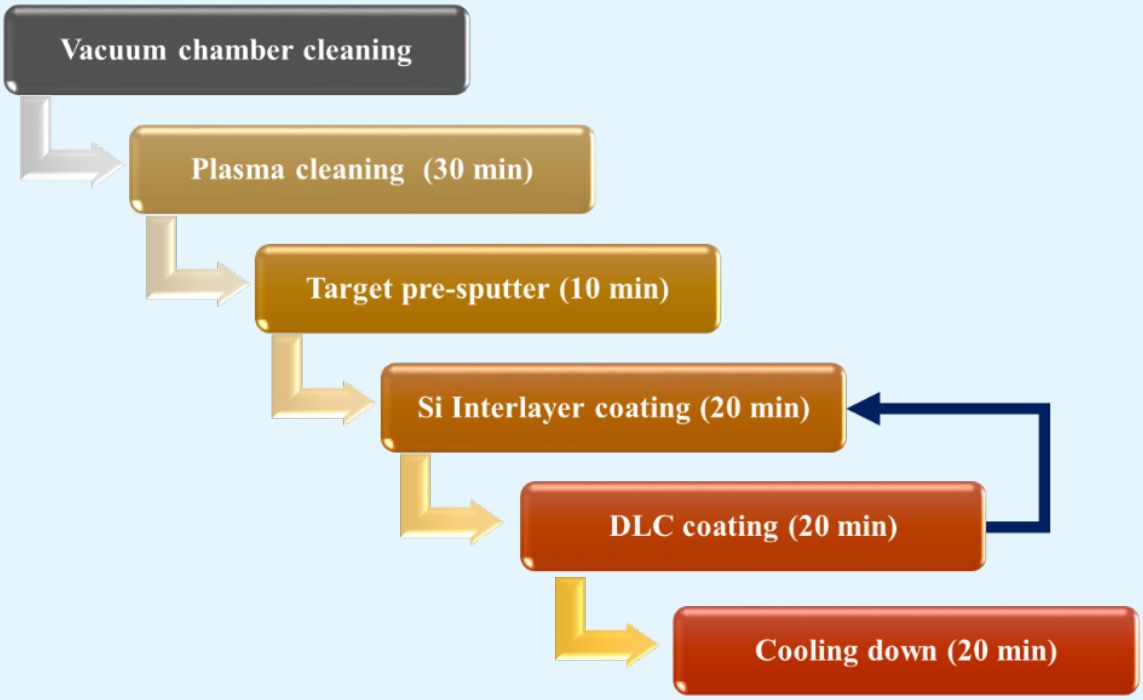
การเตรียมฟิล์ม DLC

ในงานวิจัยนี้ได้ใช้ระบบ radio frequency-plasma enhanced chemical vapor deposition ซึ่งมีชื่อย่อว่า RF-PECVD ร่วมกับระบบ magnetron sputtering ซึ่งมีชื่อย่อว่า MS สำหรับเคลือบฟิล์มคาร์บอนเสมือนเพชร ตามภาพที่ 1 หัวแมกนีตรอนสปัตเตอริงถูกติดตั้งด้านบนสำหรับเคลือบชั้นรองพื้นอะมอร์ฟัสซิลิกอน (a-Si) ขณะที่ระบบ RF-PECVD ถูกใช้สำหรับเคลือบฟิล์มไฮโดรจิเนตเตดอะมอร์ฟัสคาร์บอน (a-C:H) หรือเรียกสั้น ๆ ว่า ฟิล์มคาร์บอนเสมือนเพชร (DLC) ระบบนี้เป็นการรวมเอาข้อดีของระบบ RF-PECVD และ MS

เข้าด้วยกัน เริ่มต้นด้วยการทำความสะอาดภาชนะสุญญากาศ เพื่อลดการปนเปื้อน ที่อาจเกิดขึ้นในระหว่างการตกสะสมฟิล์ม ทำการติดตั้งชิ้นงานบนขั้วไฟฟ้าล่างและทำความสะอาดชิ้นงาน ด้วยพลาสมาของอาร์กอนและไฮโดรเจน เพื่อกำจัดชั้นออกไซด์และสิ่งปนเปื้อนบนผิวของชั้นงาน นอกจากนั้น ยังช่วยในการยึดติดระหว่างฟิล์มกับแผ่นฐานที่ดีขึ้น ในลำดับถัดมาจะทำการกะเทาะที่หน้าเป้าของซิลิกอน เพื่อกำจัดชั้นซิลิกอนออกไซด์ จากนั้นจะเข้ากระบวนการเคลือบชั้นรองพื้นซิลิกอน ซึ่งทำหน้าที่ในการเพิ่ม การยึดติดระหว่างชั้นฟิล์ม a-C:H กับแผ่นฐาน ถัดมาจะทำการเคลือบฟิล์ม a-C:H ลงบนชั้นรองพื้นซิลิกอน เพื่อให้ได้ฟิล์มที่มีความหนาและมีการยึดติดกับแผ่นฐานที่ดี ในงานวิจัยนี้จึงได้ออกแบบการเคลือบฟิล์ม เป็นโครงสร้างแบบหลายชั้นโดยทำการเคลือบสลับไปกันไปมาระหว่างชั้นฟิล์มซิลิกอนและชั้นฟิล์ม a-C:H ในลำดับสุดท้าย เมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการเคลือบฟิล์มจะทำการพักชั้นงานไว้เป็นเวลา 20 min เพื่อให้ชิ้นงานเย็นตัวลง ขั้นตอนการเตรียมฟิล์มสามารถแสดงดังภาพที่ 2

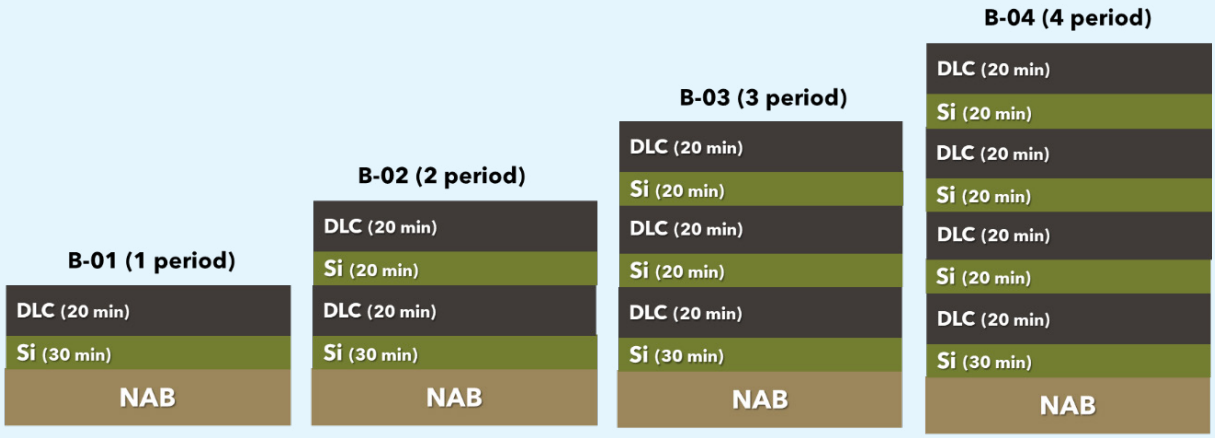


ภาพที่ 1 ภาพถ่ายระบบ RF-PECVD และ MS



ภาพที่ 2 ขั้นตอนการเตรียมชั้นรองพื้นซิลิกอนและชั้นฟิล์ม a-C:H

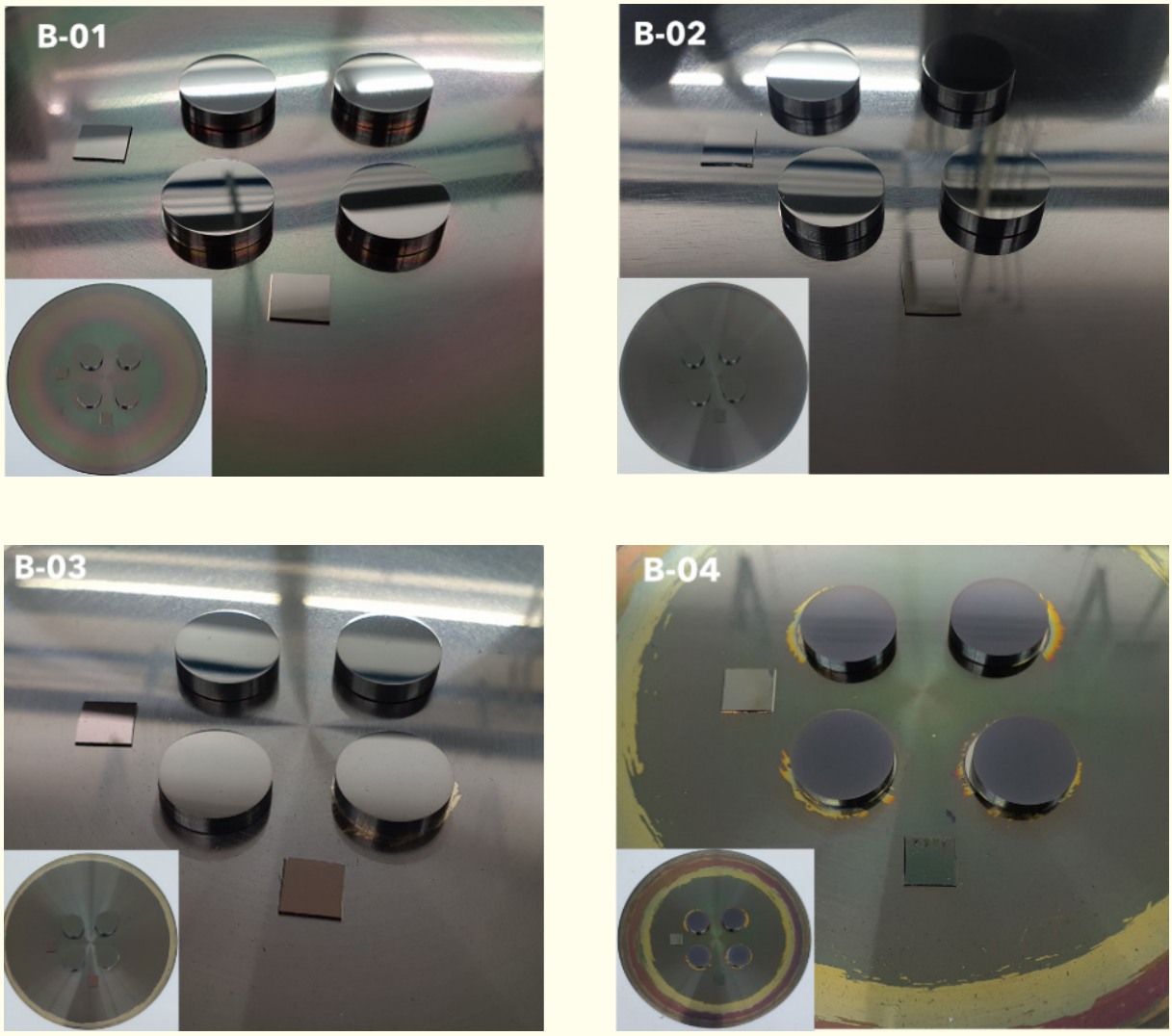
การเคลือบฟิล์มแบบหลายชั้นสามารถทำได้โดยการเคลือบเป็นชุดเพื่อเพิ่มความหนาของฟิล์ม ดังแสดงแบบจำลองโครงสร้างของฟิล์มในภาพที่ 3



(a) B-01 *(b) B-02* *(c) B-03* *(d) B-04*

ภาพที่ 3 ภาพจำลองโครงสร้างการเคลือบฟิล์ม a-C:H

ฟิล์ม a-C:H ถูกเตรียมด้วยเทคนิค RF-PECVD โดยทำการต่อขั้วไฟฟ้าล่างเข้ากับแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าความถี่วิทยุ ในขณะที่ขั้วไฟฟ้าบนต่อเข้ากับกราวด์ และทำการจ่ายแก๊สอาร์กอนที่อัตราการไหล 10 sccm แก๊สไฮโดรเจน 10 sccm และแก๊สอะเซทิลีน 10 sccm จากนั้นทำการปรับความดันภายในภาชนะสุญญากาศโดยปรับตำแหน่งของวาล์วไปที่ตำแหน่งสูงสุดซึ่งจะได้ความดันประมาณ 7 mTorr จากนั้นจ่ายกำลังไฟฟ้าความถี่วิทยุ 300 W ให้กับขั้วไฟฟ้าล่างและทำการจุดพลาสมา เมื่อสังเกตภายในภาชนะสุญญากาศจะเกิดเป็นพลาสมาสีขาวเกิดขึ้นบริเวณเหนือชิ้นงานและเกิดการตกสะสมลงบนแผ่นฐาน เมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการเคลือบฟิล์มแล้ว ชิ้นงานจะถูกทิ้งไว้เป็นเวลา 20 min เพื่อให้อุณหภูมิของชิ้นงานลดลง ภาพที่ 4 แสดงภาพถ่ายลักษณะของชิ้นงานหลังจากเสร็จสิ้นกระบวนการเคลือบฟิล์มเรียบร้อยแล้ว ในลำดับถัดไป ชิ้นงานจะถูกนำไปตรวจวัดสมบัติกลและความต้านทานการสึกหรอต่อไป

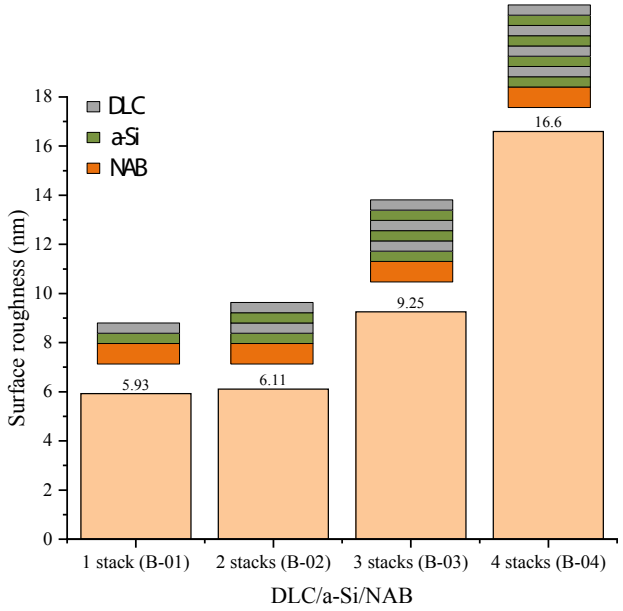


ภาพที่ 4 ภาพถ่ายชิ้นงานหลังเคลือบฟิล์ม a-C:H ที่จำนวนรอบการตกสะสมแตกต่างกัน

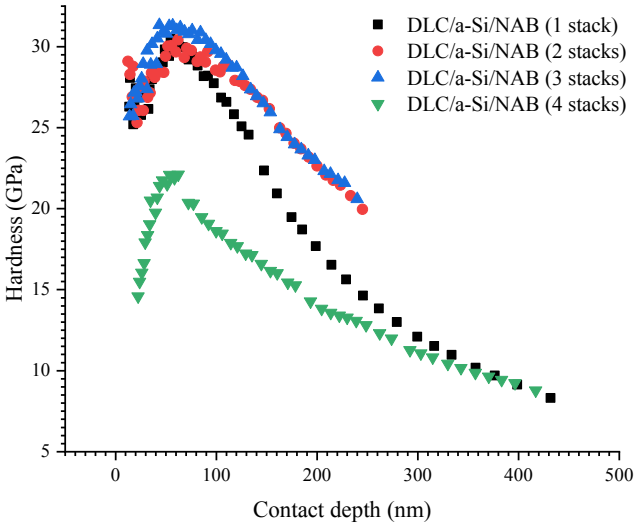
ผลการทดลองและการวิเคราะห์

ผลการวิเคราะห์สมบัติเชิงกล

เมื่อพิจารณาความขรุขระของฟิล์ม DLC จากภาพที่ 5 พบว่าชิ้นงานที่ถูกเคลือบด้วยจำนวนชั้นฟิล์มที่ประกบกันระหว่าง a-Si และ DLC พบว่าจำนวน 1 stack มีความขรุขระเฉลี่ย (average roughness, Ra) น้อยที่สุด เมื่อความหนาโดยรวมของฟิล์มมากขึ้นตามจำนวน stacks พบว่าความขรุขระเฉลี่ยมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งถ้าความขรุขระเฉลี่ยของฟิล์มมากเกินไปจะส่งผลโดยตรงต่อการก่อตัวของฟิล์ม DLC ทำให้สมบัติเชิงกลแย่ลง ดังจะเห็นได้จากค่าความแข็งตามความลึก (hardness depth profile) ตามภาพที่ 6 ของชิ้นงาน 4 stacks (B-04) มีค่าน้อยกว่าชิ้นงานที่มีจำนวน 3 stacks อย่างเห็นได้ชัด นอกจากนั้นค่าความแข็งยังลดลงเข้าสู่ความแข็งของแผ่นฐานเร็วกว่าอีกด้วย

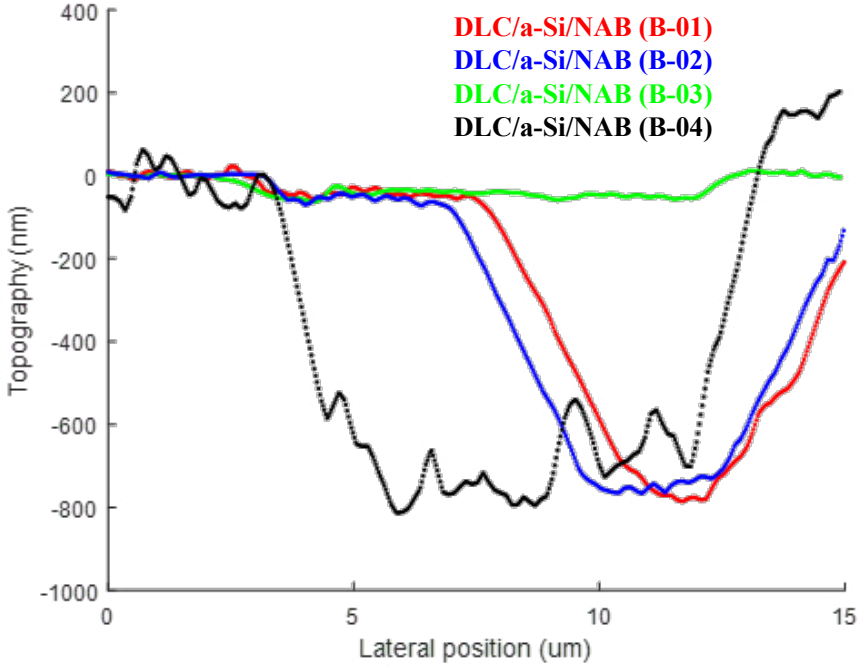


ภาพที่ 5 เปรียบเทียบความขรุขระของฟิล์ม 1 stack (B-01) ถึง 4 stacks (B-04



ภาพที่ 6 เปรียบเทียบความแข็งตามความลึกของฟิล์ม 1 stack (B-01) ถึง 4 stacks (B-04)

เมื่อเปรียบเทียบค่าความลึกตามรอยกดของชิ้นงาน DLC/a-Si/NAB ที่ถูกเคลือบด้วยจำนวนชั้น 1 stack (B-01) ถึง 4 stacks (B-04) ตามภาพที่ 4-23 จะเห็นว่าชิ้นงาน B-03 ซึ่งถูกเคลือบด้วยชั้น DLC/a-Si จำนวน 3 stacks มีค่าความลึกการสึกหรอตามรอยกดน้อยกว่าชิ้นงานอื่น ๆ อย่างเห็นได้ชัด นั่นแสดงถึงชิ้นงาน B-03 ก็มีค่าปริมาตรการสึกหรอ (Wear volume) ต่ำที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับค่าการยึดติดที่สูงที่สุดนั่นเอง



ภาพที่ 7 เปรียบเทียบความลึกตามรอยกด (Topography) ของชิ้นงาน DLC/a-Si/NAB

ผลการเคลือบฟิล์ม DLC บนชิ้นงานปั๊มน้ำหอยโข่ง

สำหรับหัวข้อนี้คณะผู้วิจัยได้ทดสอบการเคลือบฟิล์ม DLC ลงบนชิ้นงานใบพัดปั๊มน้ำหอยโข่งแบบกึ่งเปิด (Semi-open Impeller) ที่มีลักษณะเป็นแผ่นเหล็กที่ติดกับครีบใบพัด 1 ชิ้น ดังแสดงตามภาพที่ 8 ใบพัดประเภทนี้นิยมนำมาใช้งานการสูบจ่ายของของเหลวที่พวกของแข็งปะปนอยู่ เช่น โคลนหรือทราย เป็นต้น ดังนั้นใบพัดประเภทนี้จะถูกเสียดสีและเป็นรอยถลอกได้ง่าย จึงควรมีการเคลือบผิวเพื่อปกป้องทั้งการกัดกร่อนเชิงกายภาพและเชิงเคมี ขั้นตอนการเคลือบฟิล์ม DLC บนชิ้นงานใบพัดปั๊มน้ำหอยโข่งขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 110 mm หนา 30 mm เริ่มจากการทำความสะอาดและกำจัดชั้นออกไซด์บนพื้นผิวของแผ่นฐานซิลิกอนด้วยพลาสมาของแก๊สอาร์กอนและแก๊สไฮโดรเจน โดยใบพัดปั๊มน้ำหอยโข่งจะถูกวางไว้ที่ขั้วไฟฟ้าล่างที่ต่อเข้ากับแหล่งจ่ายไฟความถี่วิทยุ ในขณะที่ขั้วไฟฟ้าบนต่อเข้ากับกราวด์ หลังจากติดตั้งใบพัดปั๊มน้ำหอยโข่งเข้าไปในระบบและทำการปั๊มอากาศออกให้ได้ความดันฐานซึ่งขั้นตอนนี้จะใช้เวลาประมาณ 2 ชั่วโมง จากนั้นทำการจ่ายแก๊สอาร์กอนและแก๊สไฮโดรเจนในสัดส่วนที่เท่ากันด้วยอัตราการไหล 10 sccm และทำการปรับความดันภายในระบบให้มีค่าประมาณ 50 mTorr และจ่ายกำลังไฟฟ้าความถี่วิทยุที่ 300 W เพื่อทำความสะอาด แผ่นฐานเป็นเวลา 10 min โดยทำการจุดพลาสมารอบละ 2 min และพัก 2 min จากนั้นทำการเคลือบ ชั้นรองพื้น

a-Si เพื่อเพิ่มการยึดติดของฟิล์ม DLC สำหรับการเคลือบชั้นรองพื้นซิลิกอนได้ใช้เป้าของซิลิกอนบริสุทธิ์ ซึ่งถูกติดตั้งที่ขั้วบนของภาชนะสุญญากาศ โดยที่ขั้วบนต่อเข้ากับแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าแบบดีซี ในขณะที่ขั้วล่างต่อเข้าแหล่งจ่ายไฟแบบดีซีเช่นเดียวกัน เพื่อใช้ในการไบอัส (Substrate Bias) จากนั้นทำการจ่ายแก๊สอาร์กอนที่อัตราการไหล 20 sccm และทำการปรับความดันขณะเคลือบให้ได้ค่าประมาณ 50 mTorr ซึ่งจะใช้กำลังไฟฟ้าที่ 100 W และใช้ศักย์ไฟฟ้าแบบดีซีในการไบอัสที่ -25 โวลต์ ซึ่งระยะเวลาที่ใช้ในการเคลือบชั้นรองพื้นคือ 30 min ซึ่งจะทำการเคลือบแบบ 5 min และพัก 5 min เพื่อลดการสะสมความร้อน ที่เป้าซิลิกอน ผลการเคลือบพบว่าการเคลือบฟิล์ม DLC จะทำให้ผิวชิ้นงานมีความลื่นมากขึ้น มีความเฉื่อย ทางเคมี และมีความแข็งมากขึ้น จึงสามารถลดการสึกหรอ และสามารถยืดอายุของชิ้นงานได้นานขึ้น

ภาพที่ 8 ภาพถ่ายใบพัดปั๊มน้ำหอยโข่งที่ถูกเคลือบฟิล์ม DLC ด้วยเทคนิค hybrid RF-PECVD/MS

สรุปผล

งานวิจัยนี้ได้ทำการเตรียมฟิล์มคาร์บอนเสมือนเพชรลงบนชิ้นงานโลหะผสมนิกเกิลอะลูมินัมบรอนซ์ เพื่อเพิ่มสมบัติความแข็ง และความต้านทานการสึกหรอ โดยได้ทำการเคลือบฟิล์ม DLC/a-Si ด้วยเทคนิค RF-PECVD/MS จำนวน 1-4 stacks พบว่าความขรุขระของฟิล์มมีค่าเพิ่มขึ้นตามจำนวนชั้นที่เพิ่มขึ้น และชิ้นงาน NAB ที่ถูกเคลือบด้วยฟิล์ม DLC/a-Si จำนวน 3 stacks มีความแข็งเพิ่มขึ้นจาก 3 GPa เป็น 33 GPa และฟิล์มมีอัตราการสึกหรอน้อยที่สุด การเคลือบชั้นรองพื้น a-Si มีส่วนช่วยเพิ่มสมบัติการยึดติดของฟิล์ม DLC กับ NAB จากนั้นได้ทำการเคลือบชิ้นงานใบพัดปั๊มน้ำหอยโข่งแบบกึ่งเปิด ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 110 mm หนา 30 mm ผลการทดสอบพบว่าเฟิล์ม DLC สามารถยึดติดกับชิ้นงานได้ดี ไม่หลุดลอก การเคลือบฟิล์ม DLC ทำให้ผิวชิ้นงานมีความลื่น มีความเฉื่อยทางเคมี และมีความแข็งมากขึ้น จึงสามารถลดการสึกหรอ และสามารถยืดอายุของชิ้นงานได้นานขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ประจำปีงบประมาณ 2563

เอกสารอ้างอิง

1. Chang, Y. Y., Wang, D. Y., Chang, C. H., & Wu, W. te. (2004). Tribological analysis of nano-composite diamond-like carbon films deposited by unbalanced magnetron sputtering. Surface and Coatings Technology. https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2003.11.015

2. Choi, W. S., Heo, J., Chung, I., & Hong, B. (2005). The effect of RF power on tribological properties of the diamond-like carbon films. Thin Solid Films, 475(1-2 SPEC. ISS.). https://doi.org/10.1016/j.tsf.2004.07.033

3. Clay, K. J., Speakman, S. P., Morrison, N. A., Tomozeiu, N., Milne, W. I., & Kapoor, A. (1998). Material properties and tribological performance of rf-PECVD deposited DLC coatings. Diamond and Related Materials, 7(8). https://doi.org/10.1016/S0925-9635(98)00159-9

4. Erdemir, A., & Donnet, Ch. (2014). Tribology of Diamond and Diamond-Like Carbon Films. In Wear - Materials, Mechanisms and Practice. https://doi.org/10.1002/9780470017029.ch9

5. Gomes, J. R., Camargo, S. S., Simão, R. A., Carrapichano, J. M., Achete, C. A., & Silva, R. F. (2007). Tribological properties of silicon nitride ceramics coated with DLC and DLC-Si against 316L stainless steel. Vacuum, 81(11–12). https://doi.org/10.1016/j.vacuum.2007.04.023

6. Gupta, P., & Meletis, E. I. (2004). Tribological behavior of plasma-enhanced CVD a-C:H films. Part II: Multinanolayers. Tribology International, 37(11-12 SPEC.ISS.), 1031–1038. https://doi.org/10.1016/j.triboint.2004.07.021

7. Tomasella, E., Thomas, L., Dubois, M., & Meunier, C. (2004). Structural and mechanical properties of a-C:H thin films grown by RF-PECVD. Diamond and Related Materials, 13(9). https://doi.org/10.1016/j.diamond.2004.01.017

8. Tyagi, A., Walia, R. S., Murtaza, Q., Pandey, S. M., Tyagi, P. K., & Bajaj, B. (2019). A critical review of diamond like carbon coating for wear resistance applications. In International Journal of Refractory Metals and Hard Materials. https://doi.org/10.1016/j.ijrmhm.2018.09.006

9. Williams, J. A. (2005). Wear and wear particles - Some fundamentals. Tribology International, 38(10). https://doi.org/10.1016/j.triboint.2005.03.007

คำสั่งกรมอู่ทหารเรือ

(เฉพาะ) ที่ ๗๑๙/๒๕๖๕

เรื่อง แต่งตั้งกองบรรณาธิการวารสารกรมอู่ทหารเรือ ประจำปี ๒๕๖๖

คำสั่งกรมอู่ทหารเรือ
(เฉพาะ)
ที่ ๒๙๕/๒๕๖๕
เรื่อง แต่งตั้งกองบรรณาธิการวารสารกรมอู่ทหารเรือ ประจำปี ๒๕๖๖

เพื่อให้การดำเนินการจัดทำวารสารกรมอู่ทหารเรือ เป็นไปด้วยความเรียบร้อย จึงให้ปฏิบัติดังนี้

๑. ให้ยกเลิกคำสั่งกรมอู่ทหารเรือ (เฉพาะ) ที่ ๖๖๘/๒๕๖๔ ลง ๑๘ ต.ค.๖๔ เรื่อง แต่งตั้งกองบรรณาธิการวารสารกรมอู่ทหารเรือ

๒. ให้ผู้ดำรงตำแหน่งและผู้มีรายชื่อต่อไปนี้เป็นกองบรรณาธิการวารสารกรมอู่ทหารเรือ ประจำปี ๒๕๖๖

๒.๑ รอง จก.อร.(๓)	ที่ปรึกษากองบรรณาธิการ
๒.๒ จก.กพช.อร.	บรรณาธิการ
๒.๓ รอง จก.กผช.อร.(๑)	ผู้ช่วยบรรณาธิการ
๒.๔ รอง จก.กพช.อร.	ผู้ช่วยบรรณาธิการ
๒.๕ รอง ผอ.อธบ.อร.(๑)	ผู้ช่วยบรรณาธิการ
๒.๖ รอง ผอ.อรม.อร.(๑)	ผู้ช่วยบรรณาธิการ
๒.๗ หน.นฝอ.อร.	ผู้ช่วยบรรณาธิการ
๒.๘ นายช่างเทคนิค กพช.อร.	ผู้ช่วยบรรณาธิการ
๒.๙ ผอ.กผงร.กผช.อร.	ประจำกองบรรณาธิการ
๒.๑๐ ผอ.กอร.กผช.อร.	ประจำกองบรรณาธิการ
๒.๑๑ ผอ.กศษ.กพช.อร.	ประจำกองบรรณาธิการ
๒.๑๒ ผอ.กวจพ.กพช.อร.	ประจำกองบรรณาธิการและเลขานุการ
๒.๑๓ ผอ.กคภ.กพช.อร.	ประจำกองบรรณาธิการ
๒.๑๔ ผอ.กพ.บก.อจปร.อร.	ประจำกองบรรณาธิการ
๒.๑๕ หก.ธก.อร.	ประจำกองบรรณาธิการ
๒.๑๖ รอง ผอ.กวจพ.กพช.อร.	ประจำกองบรรณาธิการและ ผช.เลขานุการ
๒.๑๗ รอง ผอ.กพ.อร.	ประจำกองบรรณาธิการ
๒.๑๘ หน.วิชาการ กวจพ.กพช.อร.	ประจำกองบรรณาธิการและ ผช.เลขานุการ
๒.๑๙ หน.วิจัย กวจพ.กพช.อร.	ประจำกองบรรณาธิการ
๒.๒๐ น.ท.หญิง รศนา สมพงษ์	ประจำกองบรรณาธิการ
๒.๒๑ ร.อ.นคร พรธนาชัย	ประจำกองบรรณาธิการและ ผช.เลขานุการ
๒.๒๒ ร.อ.หญิง นริศรา คงผล	ประจำกองบรรณาธิการ
๒.๒๓ ร.อ.หญิง สหรักษ์ สุวรรณเนตร	ประจำกองบรรณาธิการ
๒.๒๔ ร.ท.ญาณวิทย์ วัจนะประพันธ์	ประจำกองบรรณาธิการ
๒.๒๕ ว่าที่ ร.ต.หญิง สุพิชฌาย์ ลิมปนันท์วดี	ประจำกองบรรณาธิการ

๓. กองบรรณาธิการวารสารกรมอู่ทหารเรือ มีหน้าที่

๓.๑ จัดทำวารสารกรมอู่ทหารเรือ ประจำปี ๒๕๖๖ เพื่อเผยแพร่ความรู้ทางวิชาการในด้านวิศวกรรมทางเรือและประชาสัมพันธ์ผลงานของกรมอู่ทหารเรือ

๓.๒ กำหนดรูปแบบวารสารกรมอู่ทหารเรือ

๓.๓ จัดหาและคัดเลือกบทความ

๓.๔ เรียบเรียงและจัดพิมพ์วารสารกรมอู่ทหารเรือ

๓.๕ กำหนดระยะเวลาการจัดทำวารสารกรมอู่ทหารเรือ

๓.๖ กำหนดค่าตอบแทนให้แก่ผู้เขียนบทความนำลงในวารสารกรมอู่ทหารเรือ

๓.๗ จัดส่งวารสารให้แก่หน่วยงาน สถาบัน และองค์กรที่เป็นกลุ่มเป้าหมายในการเผยแพร่

๔. หน่วยต่าง ๆ ให้การสนับสนุนตามที่ได้รับการร้องขอ

๕. ให้รายงานผลการจัดทำวารสารกรมอู่ทหารเรือ ประจำปี ๒๕๖๖ เสนอ อร. รับทราบและให้สิ้นสุดหน้าที่ เมื่อ อร. รับทราบรายงานผลการจัดทำเรียบร้อยแล้ว

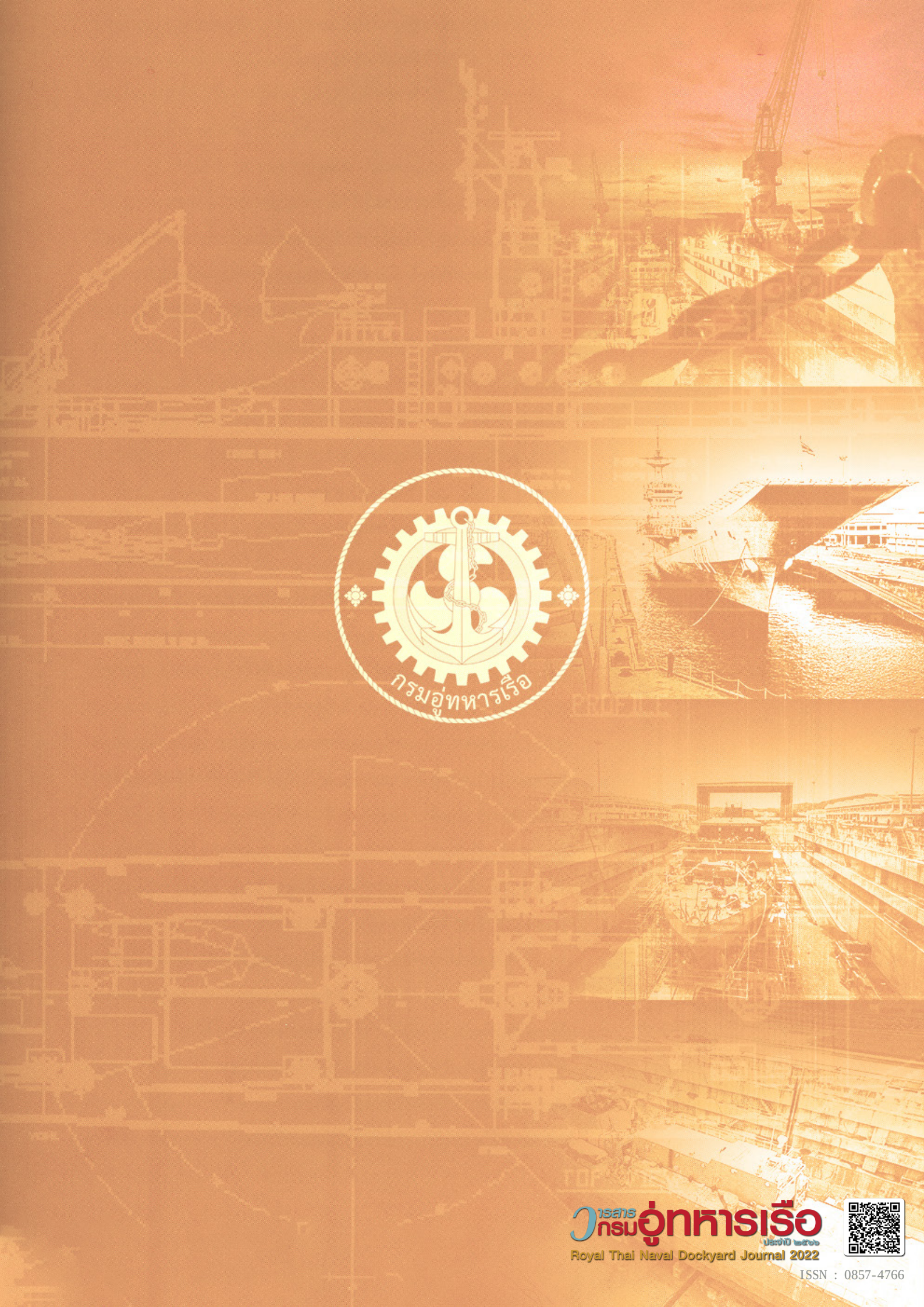
ทั้งนี้ ตั้งแต่บัดนี้

สั่ง ณ วันที่ ๗ พฤศจิกายน พ.ศ.๒๕๖๕

พล.ร.ท.

(สุทธิศักดิ์ บุตรนาค)

จก.อร.



วารสารกรมอู่ทหารเรือ ประจำปี ๒๕๖๕
Royal Thai Naval Dockyard Journal 2022
ISSN : 0857-4766