วารสาร กรมอู่ทหารเรือ

ISSN : 0857-4766 ประจำปี 2551 ฉบับที่ 1

วารสารกรมอู่ทหารเรือ ประจำปี 2551 ฉบับที่ 1 ISSN : 0857-4766

อีกก้าว...ก้าวหนึ่งของกองทัพเรือ

นาวาเอก วิพันธุ์ ชมะโชติ
นายทหารฝ่ายเทคนิค กรมอู่ทหารเรือ

มีคนกล่าวว่า... ***“เมื่ออาคารสูงสร้างเสร็จ นั่งร้านก็จะหมดความหมาย เช่นเดียวกับฐานรากของตึกระฟ้าซึ่งจะถูกความงดงามของการตกแต่งบดบังจนมองไม่เห็น”***

น้อยคนนักที่จะหวนรำลึกถึงจุดเริ่มต้น และการก่อกำเนิดของสรรพสิ่งเหล่านั้น หลังจากที่เห็นเป็นรูปร่างแข็งแกร่งสง่างาม และได้นำไปใช้ประโยชน์สมดังเจตนารมณ์ที่กำหนดไว้

แต่สำหรับเรือรบลำหนึ่ง จุดเริ่มต้นและความเพียรพยายามของบุคลากรทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้อง ในการสร้างเรือลำนี้ นับเป็นเรื่องราวที่ควรค่าแก่การศึกษาจดจำเป็นอย่างยิ่ง เรือลำนั้นก็คือ ต.991 เรือรบแห่งพระอัจฉริยภาพของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวรัชกาลปัจจุบัน

ย้อนหลังไปในอดีต นับตั้งแต่ครั้งที่พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวเสด็จประพาสยุโรป เมื่อ พ.ศ.2503 และเสด็จพระราชดำเนินไปทรงเยี่ยมชมกิจการของอู่เรือลือเซนวาฟท์ จนเป็นที่มาของการสร้างเรือตรวจการณ์ใกล้ฝั่งตามแนวพระราชดำริ ชุดเรือ ต.91 ของกองทัพเรือ

ในห้วงเวลาดังกล่าว ลูกประดู่หลายคนในปัจจุบันยังคงอยู่ในวัยที่แตกต่างกัน บ้างยังอยู่ในช่วงเจริญวัย บ้างยังอยู่ในช่วงของการศึกษาเล่าเรียน คงมีเพียงสิ่งเดียวที่เสมอเหมือนกันก็คือ ทุกคนต่างไม่คาดคิดมาก่อนเลยว่า เมื่อวันเวลาผ่านพ้น ตนเองจะได้เติบโตขึ้นและก้าวเข้ามาเป็นทหารเรือและมีโอกาสได้ปฏิบัติหน้าที่อันสำคัญยิ่งนั่นคือการมีส่วนร่วมในโครงการสร้างเรือ ซึ่งเป็นเสมือนการเดินทางตามรอยเท้าพ่อของแผ่นดิน อันได้แก่ โครงการสร้างเรือตรวจการณ์ใกล้ฝั่งเฉลิมพระเกียรติ 80 พรรษา หรือ เรือ ต.991 นั่นเอง

กองทัพเรือได้เว้นว่างจากการต่อเรือประเภทนี้มาเป็นระยะเวลากว่า 10 ปี จนกระทั่งพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวมีพระราชกระแสรับสั่งกับผู้บังคับหมู่เรืออารักขาซึ่งเข้าเฝ้าฯ ณ วังไกลกังวล อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ เมื่อวันที่ 15 เมษายน พ.ศ.2545 มีความตอนหนึ่งว่า

"เรือรบขนาดใหญ่มีราคาแพงและมีค่าใช้จ่ายในการปฏิบัติงานสูง กองทัพเรือจึงควรใช้เรือ ที่มีขนาดเหมาะสมและสร้างได้เอง ซึ่งเมื่อสร้างเรือตรวจการณ์ใกล้ฝั่งชุดเรือ ต.91 ได้แล้ว ควรขยายแบบเรือให้ใหญ่ขึ้นและสร้างเพิ่มเติม" รวมถึงพระราชดำรัสเนื่องในโอกาสวันเฉลิมพระชนมพรรษา 5 ธันวาคม พ.ศ.2546 ที่ทรงกล่าวถึง ***"เศรษฐกิจพอเพียง"*** ว่า ***"แม้จะเป็นกองทัพก็ต้องพอเพียง แต่กองทัพทำอะไรพอเพียงเยอะแยะ ทำโครงการต่าง ๆ ที่ช่วยแล้ว ก็ที่สมควรที่จะทำแล้ว ก็ทำได้ ถ้าเรือทหารเรือ เรือ ต.91 นั้น เศรษฐกิจพอเพียง"*** กองทัพเรือจึงได้น้อมนำพระราชกระแสรับสั่งจัดทำโครงการสร้างเรือตรวจการณ์ใกล้ฝั่งขึ้นอีกครั้ง เพื่อเป็นการเฉลิมพระเกียรติเนื่องในโอกาสมหามงคลเฉลิมพระชนมพรรษา 80 พรรษา 5 ธันวาคม 2550

เรือ ต.991 นับเป็นเรือรบแห่งพระอัจฉริยภาพอย่างแท้จริง ด้วยพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวพระราชทานพระบรมพระราชวินิจฉัย และพระราชทานคำแนะนำให้แก่กองทัพเรือหลายประการ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง**การแก้ไขท้องเรือส่วนท้าย จากรูปทรงแบนราบให้มีความโค้งมน ทำให้เรือมีความเร็วเพิ่มขึ้น** ซึ่งความเป็นไปดังกล่าวถูกพิสูจน์ให้เห็นจากการทดลองความเร็ว โดยเรือ ต.991 สามารถทำความเร็วได้ถึง 29.5 นอต จากที่ตั้งเป้าไว้ที่ความเร็วไม่ต่ำกว่า 27 นอต

เหนือสิ่งอื่นใดก็คือ กองทัพเรือได้รับพระมหากรุณาธิคุณเป็นล้นพ้น เมื่อพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวเสด็จพระราชดำเนินมาทรงประกอบพิธีวางกระดูกงูเรือ ณ อู่ทหารเรือธนบุรี เมื่อวันที่ 9 กันยายน 2548 และเสด็จพระราชดำเนินพร้อมด้วยสมเด็จพระนางเจ้า ฯ พระบรมราชินีนาถ และสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดา ฯ สยามบรมราชกุมารี มาทรงประกอบพิธีปล่อยเรือ ต.991 ลงน้ำ เมื่อวันที่ 30 เมษายน 2550 นับเป็นพระมหากรุณาธิคุณต่อทหารเรือทั้งมวลอย่างหาที่สุดมิได้

แม้จะแตกต่างกันด้วยบทบาทและภาระหน้าที่ แต่สิ่งหนึ่งซึ่งทุกคนที่เกี่ยวข้องกับเรือ ต.991 ได้รับเสมอเหมือนกัน ก็คือ โอกาสอันหาได้ยากยิ่ง ในการเรียนรู้ตลอดจนได้รับ

ประสบการณ์จากการทำงานบนหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงได้สัมผัสด้วยตนเองว่าความยิ่งใหญ่ของการสร้างเรือ มิได้อยู่ที่ขนาดและประเภทของเรือ หากแต่อยู่ที่การได้มีส่วนรับผิดชอบร่วมกันในการก้าวไปสู่จุดหมายเดียวกัน อีกทั้งยังได้ประจักษ์ในบทเรียนที่ว่า *“ความคิดเห็นอันแตกต่างย่อมนำไปสู่เหตุผลในการทำงานมากขึ้น”*

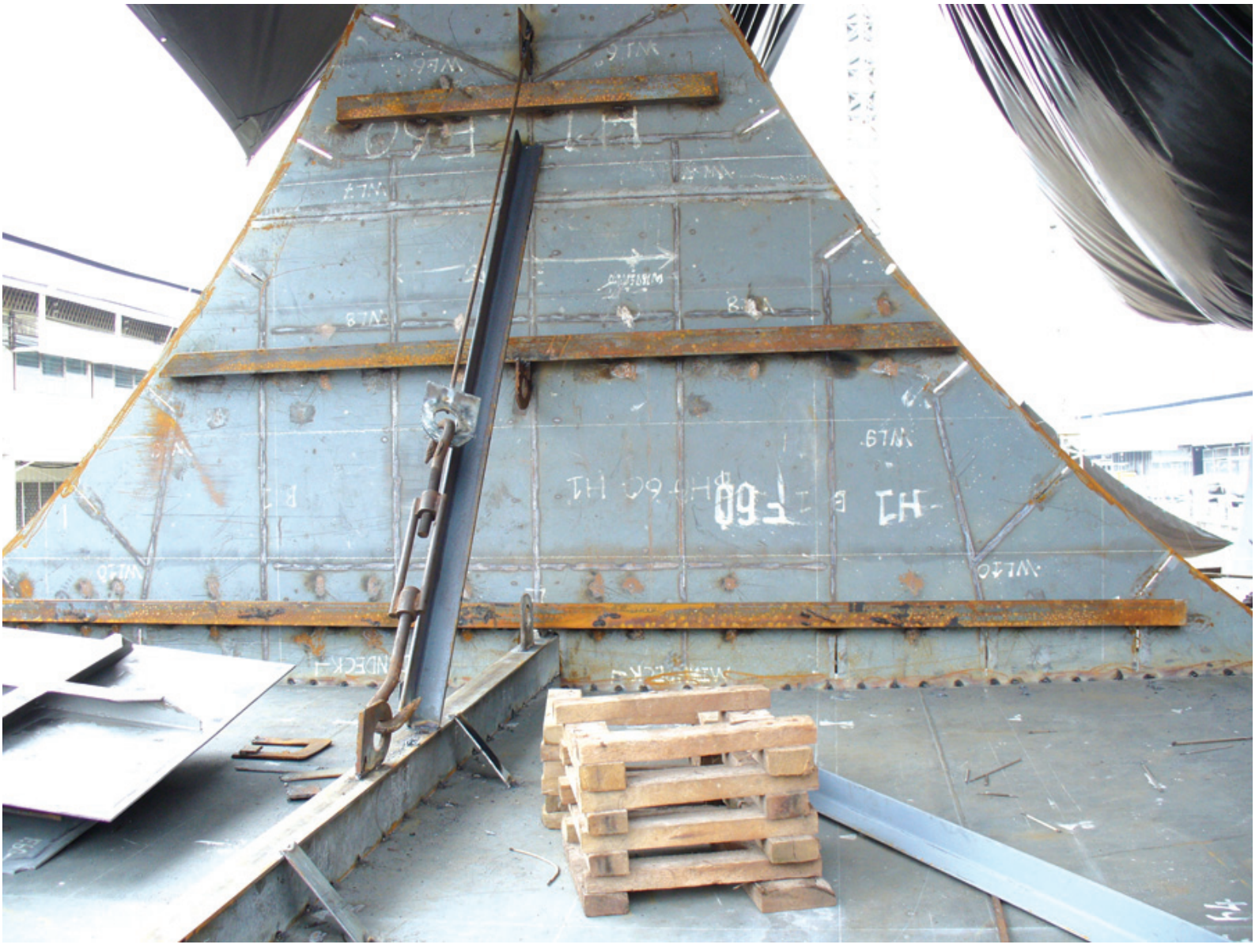
หรือ แม้แต่ในระดับผู้บังคับบัญชาก็ได้ตระหนักชัดว่า..
ปัญหา คือ สิ่งที่ทำให้ผู้บริหารเข้มแข็ง
สถานการณ์ ทำให้รู้จักแก้ไข
การตัดสินใจ ทำให้รู้ผิดถูก
และความคิดรอบคอบ ทำให้ผู้บริหารเป็นเลิศทางปัญญา

โครงการสร้างเรือ ต.991 ทำให้ผู้บังคับบัญชาทุกระดับได้มีโอกาสเรียนรู้ความจริงที่ว่าหัวใจของการทำงานให้สำเร็จ มิใช่อยู่ที่การสร้างคนในองค์กร ให้มีความรอบรู้เชี่ยวชาญในการทำงานเพียงอย่างเดียวเท่านั้น หากยังต้องรวมถึงการเสริมสร้างให้ทุกคนอยู่ร่วมกันด้วยความรักความสามัคคี เอื้ออาทรต่อกันอย่างแท้จริง

เรือ ต.991 ผลพวงแห่งความสำเร็จที่มีความจงรักภักดีและเทิดทูนในสถาบันชาติศาสนา พระมหากษัตริย์ของพสกนิกรทุกหมู่เหล่าเป็นเสมือนกระดูกงู มีหัวใจของชาวไทยทุกคนเชื่อมประสานเสมือนดังแผ่นเหล็กตัวเรือ และมีปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงเป็นเสมือนระบบขับเคลื่อน เรือลำนี้พร้อมแล้วที่จะแล่นฝ่ากระแสโลกาภิวัตน์อันเชี่ยวกราก เพื่อเป็นก้าวหนึ่งในการจุดประกายความคิดให้คนไทยทุกคนปรับเปลี่ยนจิตสำนึก และวิถีการดำรงชีวิตตามแนวปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง ปรัชญาอันเป็นเสมือนความรักที่พ่อของแผ่นดินมอบให้แก่ประชาชนของพระองค์

บัดนี้ งานสร้างเรือ ต.991 ซึ่งเป็นเสมือนสัญลักษณ์แห่งการหลอมรวมจิตวิญญาณงานช่าง และภูมิปัญญาด้านการต่อเรือของทหารเรือไทยได้ลุล่วงมาจนถึงจุดหมายปลายทาง คงเหลือไว้ เพียงภาพแห่งความหลังและความทรงจำ ซึ่งกำลังจะกลายเป็นบริบทหนึ่งของประวัติศาสตร์ ที่จะดำรงคงอยู่คู่กับกองทัพเรือและพสกนิกรชาวไทยตลอดไป

แนวทางและวิธีการสร้างตัวเรือ ต.991



นาวาเอก ปรัชญา เลาะหนับ
หัวหน้าแผนกโรงงานเรือเหล็ก
กองโรงงาน อู่ทหารเรือธนบุรี กรมอู่ทหารเรือ

บทคัดย่อ

การสร้างตัวเรือ ต.991 เป็นงานที่ค่อนข้างซับซ้อนสำหรับผู้สร้าง ฉะนั้น การวางแนวทางและวิธีการสร้างตัวเรือ จึงมีความสำคัญที่จะต้องมีไว้เพื่อสร้างความเข้าใจให้แก่บุคลากรที่เกี่ยวข้องกับงานสร้างตัวเรือ โดยใช้ทรัพยากรทุก ๆ ด้าน เช่น เงิน เครื่องมือเครื่องใช้ วัสดุอุปกรณ์ สถานที่ และเวลา เหล่านี้เป็นต้น มาเป็นตัวกำหนดแนวทางและวิธีการสร้าง เพื่อให้สามารถดำเนินการสร้างเรือ ต.991 ได้โดยสะดวก รวดเร็ว ทันเวลา และยังสามารถรักษาระดับคุณภาพของงานได้ดี สำหรับการสร้างตัวเรือ ต.991 นี้ ใช้วิธีการสร้างเป็นบล็อก โดยแบ่งตัวเรือ (HULL) เป็น 4 บล็อก และแบ่งเก๋ง (SUPERSTRUCTURE) เป็น 4 บล็อกเช่นกัน ซึ่งเป็นวิธีที่สะดวกต่อการเคลื่อนย้าย และสามารถเปิดงานได้หลายงานพร้อม ๆ กัน ในกรณีที่มีบุคลากรเพียงพอ

บทนำ

เรือ ต.991 เป็นเรือตรวจการณ์ใกล้ฝั่งหนึ่งในสามลำที่เกิดขึ้นตามโครงการจัดหาเรือของกองทัพเรือ ซึ่งประกอบด้วยเรือ ต.991 ต.992 และ ต.993 โดยเรือ ต.991 เป็นเรือที่กรมอู่ทหารเรือรับผิดชอบในการสร้าง เพื่อเป็นการเฉลิมพระเกียรติเนื่องในโอกาสมหามงคลเฉลิมพระชนมพรรษา 80 พรรษา 5 ธันวาคม 2550 ซึ่งเป็นความภาคภูมิใจสูงสุดของเจ้าหน้าที่ผู้เกี่ยวข้องทุกคน โดยเฉพาะเจ้าหน้าที่ฝ่ายสร้าง ที่ทุ่มเททั้งแรงกาย แรงใจ กับทั้งเพียรพยายามร่วมกันสร้างสรรค์ ตั้งแต่เริ่มงานขยายแบบ ทำไม้แบบ หมายตัด ดัดขึ้นรูปประกอบและเชื่อมต่อเป็นส่วนต่าง ๆ ของตัวเรือ ตลอดจนการติดตั้งอุปกรณ์และระบบต่าง ๆ จนกระทั่งสำเร็จเป็นเรือ ต.991 บทความนี้จัดทำขึ้นเพื่อเป็นบันทึกสำหรับอ้างอิงหรือศึกษาในโอกาสที่กองทัพเรือจะสร้างเรือในอนาคต

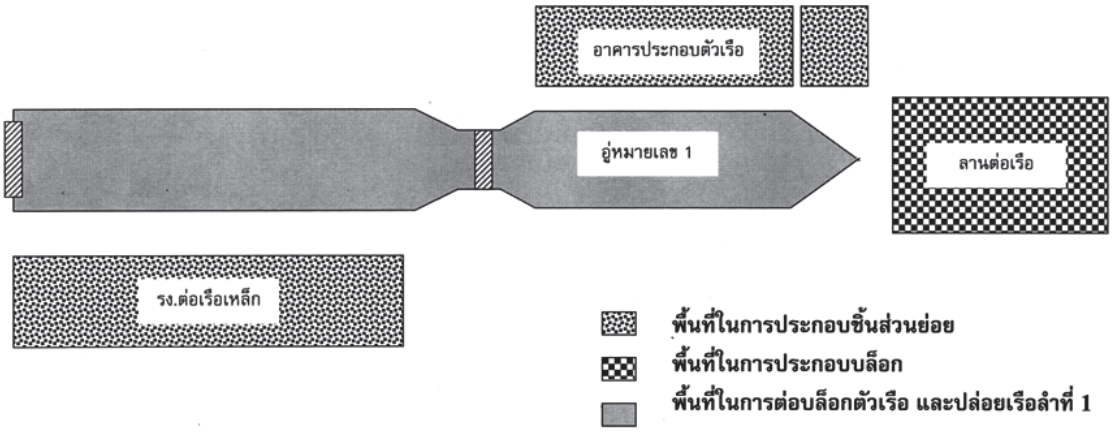
แนวทางและวิธีการสร้างตัวเรือ ต.991

แนวทางและวิธีการสร้างตัวเรือ ต.991 เป็นการวางแผนการทำงานของผู้สร้างตัวเรือ โดยใช้ทรัพยากรทุกชนิดเท่าที่มีและที่จะสามารถหาได้ เพื่อให้งานสร้างตัวเรือดำเนินไปอย่างถูกต้องเรียบร้อย และมีคุณภาพ ก่อนที่จะเริ่มดำเนินการสร้างตัวเรือดังกล่าว แนวทางและวิธีการสร้างตัวเรือ ต.991 นี้ เป็นส่วนหนึ่งใน *"แนวทางและวิธีการสร้างเรือ (BUILD STRATEGY) สำหรับเรือ ตกฝ. (ต.991) ณ อู่ทหารเรือธนบุรี กรมอู่ทหารเรือ"* (วิโรจน์ นิลพงษ์, นาวาเอก. 2548) สำหรับการสร้างตัวเรือ ต.991 ที่ได้ดำเนินการไปจนเสร็จสิ้นแล้วนั้น ส่วนใหญ่สามารถดำเนินการตามลำดับขั้นตอนของงานที่วางแผนไว้ตั้งแต่ก่อนเริ่มงานสร้าง กล่าวคือ หลังจากงานออกแบบมีความชัดเจนพอสมควรแล้ว ฝ่ายสร้างจึงเริ่มนำข้อมูลต่าง ๆ ที่ได้จาก ขั้นตอนการออกแบบมาดำเนินการโดยเริ่มขยายแบบลายเส้นของเรือลงบนพื้นขยายแบบเป็นลำดับแรก เพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการควบคุมขนาด มิติ และรูปทรงของเรือ รวมทั้งชิ้นส่วนต่าง ๆ ให้เป็นไปตามแบบที่ฝ่ายออกแบบได้ออกแบบไว้ หลังจากขยายแบบแล้วจึงดำเนินงานในขั้นตอนต่อ ๆ ไป คือ ทำไม้แบบ หมาย ตัด ดัดขึ้นรูป ประกอบเป็นส่วนงานย่อย ประกอบเป็นบล็อก แล้วจึงประกอบแต่ละบล็อกเป็นตัวเรือทั้งลำในขั้นต่อไป

แนวทางในการสร้างตัวเรือ (องค์วัตถุ องค์บุคคล องค์ยุทธวิธี)

แนวทางในการดำเนินการสร้างตัวเรือจะเกี่ยวข้องกับวัสดุอุปกรณ์ บุคลากร และวิธีการในส่วนของวัสดุอุปกรณ์ อันประกอบไปด้วย **ประการแรก** คือ เรื่องของสถานที่งานในส่วนของตัวเรือจะเริ่มเกิดที่พื้นขยายแบบ ชั้นบนของอาคารแผนกโรงงานเรือเหล็ก กองโรงงาน อู่ทหารเรือธนบุรี กรมอู่ทหารเรือ งานประกอบหรือสร้างชิ้นส่วน (Fabrication) ได้แก่ งานสร้างชิ้นส่วนโครงสร้างต่าง ๆ งานตัดต่อแผ่นเหล็ก งานดัดขึ้นรูป ใช้อาคารโรงงานต่อเรือเหล็ก ฯ และอาคารประกอบชิ้นส่วนตัวเรือ ส่วนของงานประกอบแผงต่าง ๆ งานประกอบบล็อกย่อย และงานประกอบบล็อก ใช้อาคารโรงงานต่อเรือเหล็ก ฯ อาคารประกอบชิ้นส่วนตัวเรือ อู่แห้งหมายเลข 1 ชั้นนอกและชั้นใน ลานต่อเรือบริเวณด้านทิศตะวันตกของอู่แห้งหมายเลข 1 และลานซีเมนต์หน้าอาคารโรงงานต่อเรือเหล็ก ฯ **ประการที่สอง** คือวัสดุอุปกรณ์ ประกอบด้วยเครื่องจักรกลเครื่องมือ ที่มีใช้งานอยู่แล้วแต่ต้องมีการตรวจสอบและเตรียมความพร้อม ได้แก่ เครื่องเชื่อม เครนคร่อมอู่แห้ง รถยกเครนยกของแบบรถเคลื่อนที่ ฯลฯ และส่วนที่จะต้องมีการจัดหาเพิ่มเติม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน ได้แก่ เครื่องเชื่อมเครนยกของแบบรถเคลื่อนที่ กล้องตรวจสอบระดับและเล็งแนว ฯลฯ เพื่อให้สามารถทำงานให้แล้วเสร็จตามแผนฯ พร้อมทั้งจัดหาวัสดุหมดเปลืองให้พร้อม ก่อนการ

พื้นที่ที่ใช้ในการสร้างเรือของอู่ทหารเรือธนบุรี กรมอู่ทหารเรือ

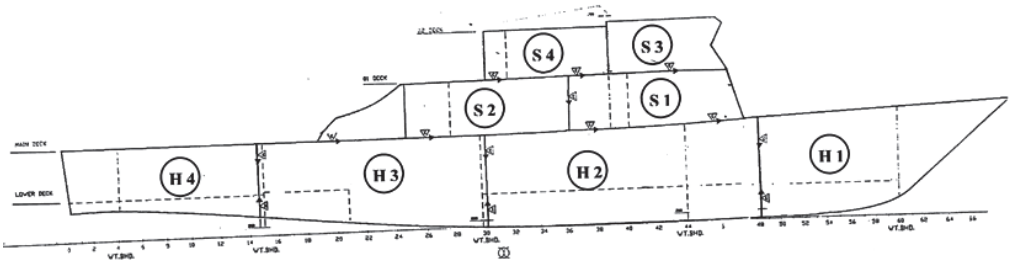


ภาพที่ 1 แสดงผังพื้นที่ในการสร้างตัวเรือ

ดำเนินการสร้าง อันได้แก่ แผ่นเหล็กต่อเรือ เหล็กรูปพรรณชนิดต่าง ๆ ลวดเชื่อม แก๊สชนิดต่าง ๆ ที่ใช้ในงานเชื่อม เหล่านี้เป็นต้น

ในส่วนของบุคลากรที่ใช้ในการดำเนินการสร้างตัวเรือ ต.991 ซึ่งมีไม่เพียงพอ อันเป็นผลสืบเนื่องจากการเกลี่ยอัตราไปที่อู่ราชนาวีมหิดลอดุลยเดช กรมอู่ทหารเรือ จึงต้องใช้ลูกจ้างชั่วคราวเข้ามาช่วยแก้ปัญหา ซึ่งใช้เวลาเรียนรู้และทำความคุ้นเคยกับงานอยู่ระยะหนึ่ง

ส่วนของวิธีการสร้างตัวเรือและเก๋งดำเนินการสร้างโดยวิธีการแบ่งส่วนของตัวเรือและเก๋งเรือออกเป็นบล็อกเพื่อความสะดวกในการปฏิบัติงาน สามารถทำงานได้ง่ายขึ้น คุณภาพของงานดีขึ้น มีการบริหารแรงงานอย่างมีประสิทธิภาพ และการใช้สถานที่ที่มีอยู่ให้เกิดประโยชน์สูงสุด **โดยคำนึงถึงสิ่งอำนวยความสะดวก เครื่องทุ่นแรง เครื่องมือเครื่องใช้ที่มีในปัจจุบัน** โดยแบ่งตัวเรือ (HULL CONSTRUCTION) ออกเป็น 4 บล็อก คือ BLOCK H1, BLOCK H2, BLOCK H3, และ BLOCK H4 และแบ่งเก๋ง (SUPERSTRUCTURE CONSTRUCTION) แบ่งออกเป็น 4 บล็อก เช่นกัน คือ BLOCK S1, BLOCK S2, BLOCK S3, และ BLOCK S4



ภาพที่ 2 แสดงการแบ่งส่วนของตัวเรือเป็นบล็อกต่างๆ

ในการสร้างตัวเรือ (HULL CONSTRUCTION) มีลำดับการสร้างตามแผนที่กำหนดโดยเริ่มจากการขยายแบบ การสร้างไม้แบบต่างๆ การประกอบชิ้นส่วนย่อยในโรงงาน การสร้างบล็อกบนฐานรองรับ การประกอบบล็อกในอู่แห้ง ซึ่งการสร้างเก๋ง (SUPERSTRUCTURE CONSTRUCTION) ก็จะดำเนินการในแนวทางเดียวกัน โดยสร้างต่อเนื่องหลังจากการสร้างบล็อกตัวเรือแล้วเสร็จ ในระหว่างการสร้างบล็อกตัวเรือและเก๋ง จะดำเนินการสร้างฐานแท่น (FOUNDATION) ตัวจับยึด ช่องทางผ่านฝากั้นต่าง ๆ (DUCT & PENETRATION) ของระบบกลจักรและไฟฟ้าที่เกี่ยวเนื่องกับโครงสร้างตัวเรือและเก๋ง เพื่อหลีกเลี่ยงงาน HOT WORK ที่จะเกิดขึ้นหลังการทาสีภายในตัวเรือ

เมื่องานสร้างตัวเรือและเก๋งแล้วเสร็จและผ่านขั้นตอนการตรวจสอบคุณภาพเรียบร้อยแล้ว จะดำเนินการประกอบและติดตั้งอุปกรณ์ ระบบตัวเรือ ระบบกลจักร ระบบไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ระบบเดินเรือ ระบบอาวุธ (ฐานแท่น) สิ่งอำนวยความสะดวกในเรือและ อื่น ๆ ณ อู่ทหารเรือธนบุรี ให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ ส่วนงานประกอบและติดตั้งอุปกรณ์ที่เหลือให้ไปดำเนินการต่อที่อู่ทหารเรือพระจุลจอมเกล้า กรมอู่ทหารเรือ หลังจากการปล่อยเรือลงน้ำแล้ว เนื่องจากมีข้อจำกัดในการนำเรือผ่านสะพานต่าง ๆ ในแม่น้ำเจ้าพระยา การประกอบเก๋งในส่วนของ BLOCK S3 BLOCK S4 และเสากระโดงจะทำการประกอบสมบูรณ์ ณ อู่ทหารเรือธนบุรี ก่อนแต่รอยต่อระหว่างบล็อกดังกล่าวกับบล็อกเกี่ยวเนื่องจะเว้นการเชื่อมประสานไว้ เพื่อถอดถอนออกในขณะนำเรือผ่านสะพาน การติดตั้งและเดินสายอุปกรณ์ของระบบต่าง ๆ ที่เกี่ยวเนื่องกับบล็อกดังกล่าวได้ถูกออกแบบให้มีส่วนต่อเพื่อสะดวกในการประกอบหลังจากนำ BLOCK S3 BLOCK S4 และเสากระโดง ติดตั้งอย่างสมบูรณ์ ณ อู่ทหารเรือพระจุลจอมเกล้า

วิธีการและขั้นตอนการสร้างตัวเรือ ต.991

การสร้างตัวเรือและเก๋งเรือ

ตัวเรือและเก๋งเรือสามารถแบ่งเป็นบล็อกเพื่อการประกอบส่วนของตัวเรือ มีเปลือกเรือและโครงสร้างภายในเป็นเหล็กต่อเรือ สามารถแบ่งออกเป็น 4 บล็อก คือ BLOCK H1, BLOCK H2, BLOCK H3, และ BLOCK H4 และส่วนของเก๋ง มีผนังและโครงสร้างภายในเป็นอะลูมิเนียมอัลลอย แบ่งออกเป็น 4 บล็อก คือ BLOCK S1, BLOCK S2, BLOCK S3, และ BLOCK S4 โดยแต่ละบล็อกมีลักษณะทั่วไปดังนี้

BLOCK_H1

- ตำแหน่ง หัวเรือสุดถึงกงที่ 48 + 300 มม.
- ความยาวประมาณ 10.5 ม. ความกว้าง 6 ม. ความลึก 4.5 ม.

BLOCK_H2

- ตำแหน่ง กงที่ 48 + 300 มม.ถึง กงที่ 30 + 200 มม.
- ความยาวประมาณ 11 ม. ความกว้าง 6.4 ม. ความลึก 3.8 ม.

BLOCK_H3

- ตำแหน่ง กงที่ 30 + 200 มม. ถึง กงที่ 14 + 400 มม.
- ความยาวประมาณ 9.5 ม. ความกว้าง 6.4 ม. ความลึก 3.5 ม.

BLOCK_H4

- ตำแหน่ง กงที่ 14 + 400 มม. ถึง ท้ายเรือสุด
- ความยาวประมาณ 8 ม. ความกว้าง 6 ม. ความลึก 3 ม.

BLOCK_S1

- ตำแหน่ง กงที่ 36 +100 มม. ถึง กงที่ 48
- ความยาวประมาณ 7 ม. ความกว้าง 6 ม. ความสูง 2.2 ม.

BLOCK_S2

- ตำแหน่ง กงที่ 25 ถึง กงที่ 36 +100 มม.
- ความยาวประมาณ 7 ม. ความกว้าง 4.5 ม. ความสูง 2.2 ม.

BLOCK_S3

- ตำแหน่ง กงที่ 39 ถึง กงที่ 47
- ความยาวประมาณ 5 ม. ความกว้าง 4.5 ม. ความสูง 2.2 ม.

BLOCK_S4

- ตำแหน่ง กงที่ 30 ถึง กงที่ 39
- ความยาวประมาณ 5 ม. ความกว้าง 3 ม. ความสูง 2.2 ม.

ขั้นตอนในการสร้างชิ้นส่วยย่อย และการประกอบบล็อก

BLOCK_H1

- ประกอบชิ้นส่วนโครงสร้างต่าง ๆ ในโรงงานประกอบชิ้นส่วน ดังนี้
  - WEB FRAME (Fr.50, Fr.52, Fr.54, Fr.56, Fr.58, Fr.62, Fr.64, Fr.66)
  - ฝากั้นผนึกน้ำ (WT.BHD.60)
  - ฝากั้นถัง (Fr.50)
  - โครงสร้างตามยาว (SIDE STRINGER, CENTER GIRDER และ SIDE GIRDER)

- โครงสร้างตามขวาง (BEAM) Fr.50, Fr.52, Fr.54, Fr.56, Fr.58, Fr.62, Fr.64, Fr.66
- โครงสร้างทวนหัว
- หมายตัด ดัดขึ้นรูปแผ่นเปลือกเรือต่าง ๆ

- ประกอบ MAIN DECK ลงบน JIG ที่เตรียมไว้พร้อมเชื่อมแนวต่อแผ่นเหล็กและโครงสร้าง
- ประกอบฝากั้นผนึกน้ำ (WT.BHD.60)
- ประกอบโครงสร้าง WEB FRAME (Fr.50, Fr.52, Fr.54, Fr.56, Fr.58, Fr.62, Fr.64, Fr.66) ลงบนโครงสร้าง MAIN DECK
- ประกอบโครงสร้างตามยาว (SIDE LONGITUDINAL, SIDE STRINGER, BOTTOM LONGITUDINAL และ SIDE GIRDER)
- ประกอบทวนหัวและแผ่นกระดูกงู (แผ่น K)
- ประกอบ เสาค้ำบริเวณ Fr.50 และ Fr.53
- ประกอบ LOWER DECK
- ประกอบแผ่นเปลือกเรือ (แผ่น A แผ่น B แผ่น C แผ่น D และแผ่น E)
- เชื่อมประสานแนวต่อแผ่นเหล็กและโครงสร้างที่เกิดจากการประกอบ
- ตรวจสอบขนาดและความตรงแนวพร้อมทั้งความสมบูรณ์ของการเชื่อม
- กำหนดจุดและติดตั้งหูยกเพื่อการพลิกบล็อกและยกบล็อกลงประกอบในอู่แห้ง

<u>BLOCK H2</u>

- ประกอบชิ้นส่วนโครงสร้างต่าง ๆ ในโรงงานประกอบชิ้นส่วน ดังนี้
  - WEB FRAME (Fr.32, Fr.34, Fr.36, Fr.38, Fr.40, Fr.42, Fr.46, Fr.48)
  - ฝากั้นผนึกน้ำ (WT.BHD.44)
  - ฝากั้นถังตามขวาง (Fr.34, Fr.40, Fr.41)
  - ฝากั้นถังตามยาว (LONG. # 1)
  - เสาค้ำ
  - โครงสร้างตามยาว (SIDE STRINGER, CENTER GIRDER และ SIDE GIRDER)
  - โครงสร้างตามขวาง (BEAM) Fr.32, Fr.34, Fr.36, Fr.38, Fr.40, Fr.42, Fr.46, Fr.48
  - กระดูกงูตั้ง (CENTER VERTICAL KEEL; CVK.)
  - หมายตัด ดัดขึ้นรูปแผ่นเปลือกเรือต่าง ๆ

- ประกอบแผงโครงสร้าง (PANEL) เปลือกเรือด้านข้างกราบขวาและซ้ายลงบน JIG ที่เตรียมไว้ในโรงงานพร้อมเชื่อมแนวต่อแผ่นเหล็กและโครงสร้าง
- ประกอบ MAIN DECK ลงบน JIG ที่เตรียมไว้ในโรงงานพร้อมเชื่อมแนวต่อแผ่นเหล็กและโครงสร้าง
- ประกอบบล็อกท้องเรือลงบน JIG ที่เตรียมไว้บริเวณลานประกอบบล็อกโดยมีลำดับการประกอบชิ้นส่วนโครงสร้างดังนี้
  - ประกอบแผ่นเหล็กพื้นท้องเรือ(LOWER DECK) ลงบน JIG พร้อมเชื่อมประสานแนวแผ่นเหล็กที่เกิดขึ้นจากการประกอบ
  - ประกอบ WEB FRAME (Fr.32, Fr.34, Fr.36, Fr.38, Fr.40, Fr.42, Fr.46, Fr.4 ลงบน LOWER DECK
  - ประกอบ ฝากั้นถังตามขวาง (Fr.34, Fr.40, Fr.41)และฝากั้นถังตามยาว (LONG.# 1)
  - ประกอบโครงสร้างตามยาว (BOTTOM LONG.)
  - ประกอบกระดูกงูตั้ง (CENTER VERTICAL KEEL; CVK.)
  - แผ่นเปลือกเรือ(แผ่น K แผ่น A แผ่น B)
  - เชื่อมประสานแนวต่อแผ่นเหล็กและโครงสร้างที่เกิดจากการประกอบ
  - ตรวจสอบขนาดและความตรงแนวพร้อมทั้งความสมบูรณ์ของการเชื่อม
  - กำหนดจุดและติดตั้งหูยกเพื่อการพลิกบล็อกและยกบล็อกลงประกอบในอู่แห้ง
- ประกอบฝากั้นผนึกน้ำ (WT.BHD.44) ลงบนบล็อกท้องเรือ
- ประกอบแผงโครงสร้าง (PANEL) เปลือกเรือด้านข้างกราบขวาและซ้ายลงบนบล็อกท้องเรือ
- ประกอบเสาค้ำ ลงบนบล็อกท้องเรือ
- ประกอบ MAIN DECK
- เชื่อมประสานแนวต่อแผ่นเหล็กและโครงสร้างที่เกิดจากการประกอบ
- ตรวจสอบขนาดและความตรงแนวพร้อมทั้งความสมบูรณ์ของการเชื่อม

<u>BLOCK H3</u>

- ประกอบชิ้นส่วนโครงสร้างต่าง ๆ ในโรงงานประกอบชิ้นส่วน ดังนี้
  - WEB FRAME (Fr.16, Fr.18, Fr.20, Fr.22, Fr.24, Fr.26, Fr.28)
  - ฝากั้นผนึกน้ำ (WT.BHD. 15 + 200, WT.BHD.30)
  - ฝากั้นถังตามขวาง (Fr.20) กราบขวา-ซ้าย
  - ฝากั้นถังตามยาว (LONG.# 4)
  - พื้น TANK TOP ถังน้ำมันกราบขวา-ซ้าย
  - เสาค้ำ

- โครงสร้างตามยาว (SIDE STRINGER, CENTER GIRDER และ SIDE GIRDER)
- โครงสร้างฐานแท่นเครื่องจักรใหญ่ ขวา-ซ้าย
- โครงสร้างตามขวาง (BEAM) Fr.16, Fr.18, Fr.20, Fr.22, Fr.24, Fr.26, Fr.28
- กระดูกงูตั้ง (CENTER VERTICAL KEEL; CVK.)
- หมายตัด ดัดขึ้นรูปแผ่นเปลือกเรือต่าง ๆ

- ประกอบแผงโครงสร้าง (PANEL) เปลือกเรือด้านข้างกราบขวาและซ้ายลงบน JIG ที่เตรียมไว้ในโรงงานพร้อมเชื่อมแนวต่อแผ่นเหล็กและโครงสร้าง

- ประกอบ MAIN DECK ลงบน JIG ที่เตรียมไว้ในโรงงานพร้อมเชื่อมแนวต่อแผ่นเหล็กและโครงสร้าง

- ประกอบบล็อกท้องเรือลงบน JIG ที่เตรียมไว้ในอู่แห้งโดยมีลำดับการประกอบชิ้นส่วนโครงสร้างดังนี้

- ประกอบแผ่นเปลือกเรือ(แผ่น K แผ่น A แผ่น B)ลงบน JIG พร้อมเชื่อมประสานแนวแผ่นเหล็กที่เกิดขึ้นจากการประกอบ
- ประกอบโครงสร้างตามยาว (BOTTOM LONG.)
- ประกอบฝากั้นผนึกน้ำ (WT.BHD. 15 + 200, WT.BHD.30)
- ประกอบ WEB FRAME (Fr.16, Fr.18, Fr.20, Fr.22, Fr.24, Fr.26, Fr.28) ลงบนแผ่นเปลือกเรือ
- ประกอบ กระดูกงูตั้ง (CENTER VERTICAL KEEL; CVK.)
- ประกอบ โครงสร้างฐานแท่นเครื่องจักรใหญ่ ขวา - ซ้าย
- ประกอบฝากั้นถังตามขวาง (Fr.20) กราบขวา-ซ้าย
- ประกอบฝากั้นถังตามยาว (LONG.# 4)
- ประกอบพื้น TANK TOP ถังน้ำมันกราบขวา-ซ้าย
- เชื่อมประสานแนวต่อแผ่นเหล็กและโครงสร้างที่เกิดจากการประกอบ
- ตรวจสอบขนาดและความตรงแนวพร้อมทั้งความสมบูรณ์ของการเชื่อม

- ประกอบแผงโครงสร้าง (PANEL) เปลือกเรือด้านข้างกราบขวาและซ้ายลงบนบล็อกท้องเรือ

- ประกอบเสาค้ำลงบนบล็อกท้องเรือ
- ประกอบ MAIN DECK
- เชื่อมประสานแนวต่อแผ่นเหล็กและโครงสร้างที่เกิดจากการประกอบ
- ตรวจสอบขนาดและความตรงแนวพร้อมทั้งความสมบูรณ์ของการเชื่อม

BLOCK H4

- ประกอบชิ้นส่วนโครงสร้างต่าง ๆ ในโรงงานประกอบชิ้นส่วน ดังนี้
  - WEB FRAME (Fr.2, Fr.6, Fr.8, Fr.10, Fr.12, Fr.14)
  - ฝากั้นผนึกน้ำ (WT.BHD.4)
  - แผ่นปิดท้าย (TRANSOM)
  - ฝากั้นถังตามขวาง (Fr.11)
  - ฝากั้นถังตามยาว (LONG.# 2) กราบขวา - ซ้าย
  - พื้น TANK TOP ถังน้ำมัน
  - เสาค้ำ
  - โครงสร้างตามยาว (SIDE STRINGER, CENTER GIRDER และ SIDE GIRDER)
  - โครงสร้างตามขวาง (BEAM) Fr.2, Fr.6, Fr.8, Fr.10, Fr.12, Fr.14
  - กระดูกงูตั้ง (CENTER VERTICAL KEEL; CVK.)
  - หมายตัด ดัดขึ้นรูปแผ่นเปลือกเรือต่าง ๆ
- ประกอบแผงโครงสร้าง (PANEL) เปลือกเรือด้านข้างกราบขวาและซ้ายลงบน JIG ที่เตรียมไว้ในโรงงานพร้อมเชื่อมแนวต่อแผ่นเหล็กและโครงสร้าง
- ประกอบ MAIN DECK ลงบน JIG ที่เตรียมไว้ในโรงงานพร้อมเชื่อมแนวต่อแผ่นเหล็กและโครงสร้าง
- ประกอบบล็อกท้องเรือลงบน JIG ที่เตรียมไว้ในอู่แห้งโดยมีลำดับการประกอบชิ้นส่วนโครงสร้าง ดังนี้
  - ประกอบแผ่นเหล็กพื้นท้องเรือ (LOWER DECK) ลงบน JIG พร้อมเชื่อมประสานแนวแผ่นเหล็กที่เกิดขึ้นจากการประกอบ
  - ประกอบ WEB FRAME (Fr.2, Fr.6, Fr.8, Fr.10, Fr.12, Fr.14) ลงบน LOWER DECK
  - ประกอบ ฝากั้นถังตามขวาง (Fr.11)และฝากั้นถังตามยาว (LONG.# 2)
  - ประกอบโครงสร้างตามยาว (BOTTOM LONG.)
  - ประกอบ กระดูกงูตั้ง (CENTER VERTICAL KEEL; CVK.)
  - แผ่นเปลือกเรือ (แผ่น K แผ่น A แผ่น B)
  - เชื่อมประสานแนวต่อแผ่นเหล็กและโครงสร้างที่เกิดจากการประกอบ
  - ตรวจสอบขนาดและความตรงแนวพร้อมทั้งความสมบูรณ์ของการเชื่อม
  - กำหนดจุดและติดตั้งหูยกเพื่อการพลิกบล็อกและยกบล็อกลงประกอบในอู่แห้ง
- ประกอบฝากั้นผนึกน้ำ (WT.BHD.4) ลงบนบล็อกท้องเรือ
- ประกอบแผ่นปิดท้าย (TRANSOM)

- ประกอบแผงโครงสร้าง (PANEL) เปลือกเรือด้านข้างกราบขวาและซ้ายลงบนบล็อกท้องเรือ
- ประกอบเสาค้ำลงบนบล็อกท้องเรือ
- ประกอบ MAIN DECK
- เชื่อมประสานแนวต่อแผ่นเหล็กและโครงสร้างที่เกิดจากการประกอบ
- ตรวจสอบขนาดและความตรงแนวพร้อมทั้งความสมบูรณ์ของการเชื่อม

BLOCK S1 & S2

- การประกอบ SUPERSTRUCTURE บล็อก S1 และบล็อก S2 จะประกอบพร้อมกันบน JIG เพื่อสะดวกในการประกอบแต่จะแบ่งบล็อกไว้เพื่อการยกเคลื่อนย้ายนำไปติดตั้งบนตัวเรือ
- ประกอบชิ้นส่วนโครงสร้างต่าง ๆ เป็นแผงโครงสร้าง (PANEL) ในโรงงานประกอบชิ้นส่วน ดังนี้
  - โครงสร้างแผงด้านข้าง กราบขวา - ซ้าย
  - โครงสร้างแผงด้านหัวเรือ จำนวน 4 แผง
  - โครงสร้างแผ่นปิดท้ายเก๋ง
  - โครงสร้างพื้น DECK 01
  - โครงสร้างแผงฝากั้นห้องภายใน
- ประกอบ JIG รองรับโครงสร้าง SUPERSTRUCTURE
- ประกอบ TRANSITION PLATE ซึ่งยึดติดกับขอบยกที่เป็นเหล็กลงบน JIG
- ประกอบ แผ่นปิดท้ายและแผงฝากั้นห้องภายในลงบน TRANSITION PLATE
- ประกอบ โครงสร้างแผงด้านข้าง กราบขวา - ซ้าย
- ประกอบ โครงสร้างพื้น DECK 01
- ประกอบ โครงสร้างด้านหัวเรือ
- ประกอบประตู หน้าต่างและช่องแสงตามตำแหน่ง
- เชื่อมประสานแนวที่เกิดขึ้นจากการประกอบ
- ตรวจสอบขนาดและความตรงแนวพร้อมทั้งความสมบูรณ์ของการเชื่อม
- กำหนดจุดและติดตั้งหูยกเพื่อยกบล็อกลงประกอบบน MAIN DECK

BLOCK S3 & S4

- การประกอบ SUPERSTRUCTURE บล็อก S3 และบล็อก S4 จะประกอบพร้อมกันบน JIG เพื่อสะดวกในการประกอบแต่จะแบ่งบล็อกไว้เพื่อการยกเคลื่อนย้ายนำไปติดตั้งบนตัวเรือ
- ประกอบชิ้นส่วนโครงสร้างต่างๆเป็นแผงโครงสร้าง (PANEL) ในโรงงานประกอบชิ้นส่วน

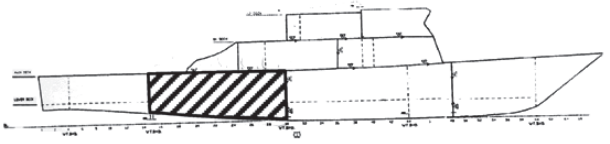
- ประกอบ JIG รองรับโครงสร้าง
- ประกอบแผ่นปิดท้ายและแผงฝากั้นห้องภายใน
- ประกอบโครงสร้างแผงด้านข้าง กราบขวา - ซ้าย
- ประกอบโครงสร้างพื้น DECK 02
- ประกอบโครงสร้างด้านหัวเรือ
- ประกอบประตู หน้าต่างและช่องแสงตามตำแหน่ง
- เชื่อมประสานแนวที่เกิดขึ้นจากการประกอบ
- ตรวจสอบขนาดและความตรงแนวพร้อมทั้งความสมบูรณ์ของการเชื่อม
- กำหนดจุดและติดตั้งหูยกเพื่อยกบล็อกลงประกอบบน DECK 02

ขั้นตอนการประกอบบล็อกต่าง ๆ ในอู่แห้ง

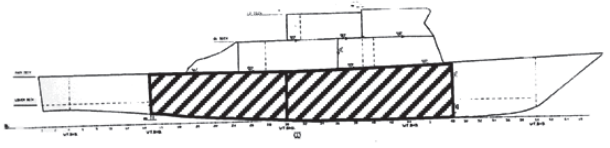
การประกอบบล็อกต่าง ๆ ในอู่แห้ง ประกอบตามลำดับ ดังนี้

- ประกอบ BLOCK H3 เป็นบล็อกหลัก
- ประกอบ BLOCK H2
- ประกอบ BLOCK H4
- ประกอบ BLOCK H1
- ประกอบกระดูกงูเสริม (SKEG)
- ประกอบ BLOCK S1
- ประกอบ BLOCK S2
- ประกอบ BLOCK S3
- ประกอบ BLOCK S4
- ประกอบเสากระโดง

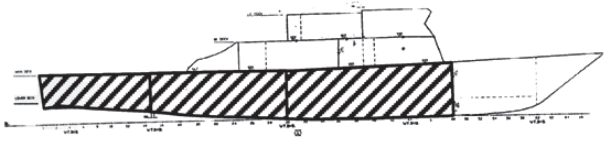
ขั้นตอนการต่อบล็อกในอู่แห้ง



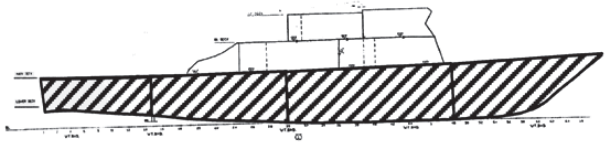
ติดตั้ง BLOCK H3 เป็นบล็อกเริ่มต้น



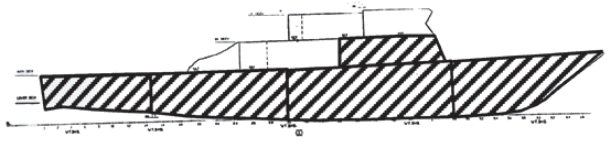
ติดตั้ง BLOCK H2



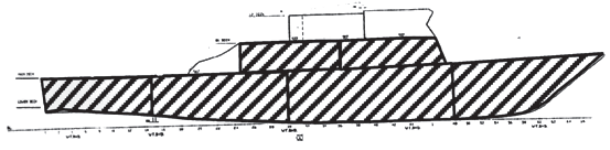
ติดตั้ง BLOCK H4



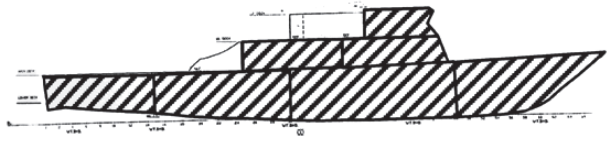
ติดตั้ง BLOCK H1



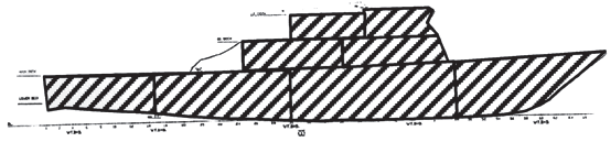
ติดตั้ง BLOCK S1



ติดตั้ง BLOCK S2



ติดตั้ง BLOCK S3



ติดตั้ง BLOCK S4

ภาพที่ 3 แสดงลำดับขั้นตอนการต่อบล็อกในอู่แห้ง

อย่างไรก็ตาม แนวทางและวิธีการสร้างตัวเรือ ต.991 ที่กล่าวมานี้ เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้เป็นแนวทางให้แก่โรงงานหรือช่างในระดับผู้ปฏิบัติได้ทราบแนวทางในการดำเนินการอย่างกว้าง ๆ แต่ในการดำเนินการจริง ต้องใช้รายละเอียดทางเทคนิคในแต่ละงานเข้ามาช่วยในการทำงานด้วย ซึ่งส่วนใหญ่เป็นเทคนิคที่ได้จากประสบการณ์การสร้างเรือลำก่อน ๆ หรืองานซ่อมทำเรือที่เคยดำเนินการ นอกจากนี้ในบางขั้นตอนยังมีการปรับเปลี่ยนเนื่องจากข้อจำกัดทางด้านเวลา เช่น งานต่อบล็อก (Erection) ในอู่แห้ง ซึ่งตามแนวทางจะต้องดำเนินการสร้างบล็อกแต่ละบล็อกให้เสร็จสมบูรณ์ก่อนแล้วจึงนำแต่ละบล็อกมาเชื่อมต่อกัน แต่ความจริงแล้วไม่สามารถสร้างบล็อกให้เสร็จสมบูรณ์ได้ โดยเฉพาะงานติดตั้ง GUNWALE

สรุป

งานสร้างตัวเรือ ต.991 ได้ดำเนินการมาตามลำดับขั้นตอนของแนวทางและวิธีการสร้างตัวเรือ ต.991 แผนการดำเนินการที่วางไว้ค่อนข้างสมบูรณ์ ถึงแม้ว่าในการดำเนินการบางส่วนจะไม่สามารถดำเนินการตามแนวทางที่วางไว้ได้ เนื่องจากปัญหาเล็ก ๆ น้อย ๆ ที่เกิดขึ้น แต่ก็ได้มีปรับเปลี่ยนแนวทาง จนสามารถดำเนินงานต่อไปได้อย่างต่อเนื่องจนกระทั่งแล้วเสร็จ ทำให้งานอื่น ๆ ในลำดับต่อ ๆ ไป ดำเนินไปได้อย่างต่อเนื่องจนเสร็จสมบูรณ์ สามารถนำเรือออกทำการทดสอบทดลองการใช้งาน ทดลองระบบต่าง ๆ ของงานควบคุมคุณภาพ จนกระทั่งส่งมอบเรือเพื่อใช้ราชการต่อไป

เอกสารอ้างอิง

วิโรจน์ นิลพงษ์, นาวาเอก. (2548). แนวทางและวิธีการสร้างเรือ (Build Strategy) สำหรับเรือ ตกฝ. (ต.991) ณ อู่ทหารเรือธนบุรี กรมอู่ทหารเรือ. กรุงเทพ ฯ, อู่ทหารเรือธนบุรี กรมอู่ทหารเรือ.

การออกแบบเรือตรวจการณ์ใกล้ฝั่ง (ตกฝ.) ด้านกลจักร

นาวาเอก กิตติพงษ์ พุ่มสร้าง
หัวหน้าแผนกเครื่องต้นกำลังขับ กองออกแบบกลจักร
กรมแผนการช่าง กรมอู่ทหารเรือ

บทคัดย่อ

"The design process is inherently iterative and commonly represented by the classical design spiral." (Spaulding & Johnson ,1975) การออกแบบเรือนั้นเป็นกระบวนการทำซ้ำ ๆ และสามารถแสดงให้เห็นภาพโดยเปรียบคล้ายการเดินเข้าสู่จุดหมายปลายทางที่มีลักษณะวนคล้ายก้นหอย และสำหรับเรือชุด ต.991 ก็เช่นกัน โดยที่เรือลำนี้เป็นเรือตรวจการณ์ชายฝั่งที่ออกแบบและสร้างโดย กรมอู่ทหารเรือ เริ่มดำเนินการตั้งแต่ พ.ศ. 2546 - 2550 และในขั้นตอนการออกแบบก็ได้มีการดำเนินการออกแบบในลักษณะของการออกแบบ แก้ไข ปรับปรุงซ้ำแล้วซ้ำอีก โดยกรมอู่ทหารเรือได้ใช้เรือแม่แบบ (Parent Ship) คือเรือชุด ต.91 - ต.99 โดยมีลักษณะของการทำซ้ำที่มีกระบวนการที่ถูกต้องตามมาตรฐานสากล และเมื่อต่อเรือเสร็จนำไปใช้งานก็พบว่าเรือสามารถทำความเร็วได้ตามเกณฑ์ที่ออกแบบไว้ และคุณสมบัติโดยทั่วไปของเรือมีประสิทธิภาพตรงตามความต้องการของผู้ใช้งาน อย่างไรก็ดี บทความนี้จะขอกล่าวถึงเฉพาะเรือ ต.991 ที่ต่อโดยกรมอู่ทหารเรือเท่านั้น และแม้ว่าการดำเนินการต่อเรืออาจประสบปัญหาอุปสรรคบ้าง แต่เมื่อมีพื้นฐานในการออกแบบที่ดีถูกต้องตามหลักวิชาการปัญหาเหล่านั้นก็สามารถแก้ไขได้ทั้งสิ้น และภายหลังการทดลองเรือก็ได้พบว่าผลงานออกมาเป็นที่น่าพอใจทั้งในระดับผู้ใช้และผู้สร้างเรือ

กล่าวโดยทั่วไป

เรือที่มีใช้งานอยู่ในกองทัพเรือมีหลายขนาดและแตกต่างกันตามภารกิจที่ได้รับมอบหมาย แต่เรือที่สร้างออกไปใช้งานได้ดี และเป็นที่ยอมรับ (Well Proven) แล้วคือเรือชุด ต.91 - ต.99 เนื่องจากเรือชุดนี้มีต้นกำเนิดมาจากแนวพระราชดำริในพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ที่ทรงพระกรุณาโปรดเกล้า ฯ ให้กรมอู่ทหารเรือเป็นผู้ดำเนินการสร้าง ด้วยเหตุผลที่ว่าเรือชุด ต.99 มีคุณสมบัติที่เหมาะสมกับอ่าวไทย กล่าวคือ ตัวเรือมีขนาดไม่ใหญ่และไม่เล็กจนเกินไป มีอาวุธที่เหมาะสมกับขนาดของเรือ ใช้เวลาเตรียมการออกแบบเรือน้อย มีกำลังพลไม่มากและไม่น้อยจนเกินไป สามารถเข้าเทียบท่าเรือ หรือวิ่งเข้าตามเกาะแก่งภายในอ่าวไทยและทะเลอันดามันได้อย่างคล่องตัว เพราะกินน้ำไม่ลึกมาก การบำรุงรักษาง่ายไม่สลับซับซ้อน เป็นต้น ดังนั้น เนื่องในโอกาสมหามงคลเฉลิมพระชนมพรรษา 80 พรรษา 5 ธันวาคม 2550 และเพื่อเป็นการสนองแนวพระราชดำริเศรษฐกิจพอเพียง กองทัพเรือจึงพิจารณาสร้างเรือประเภทเดียวกันนี้เพื่อใช้งานเพิ่มขึ้น ดังนั้น เมื่อเริ่มโครงการสร้างเรือในประมาณเดือนตุลาคม พ.ศ.2546 สิ่งที่จะต้องทราบประการแรกคือ เรือที่ต้องการเป็นเรือประเภทใด และจะนำไปใช้ในภารกิจใด

ใน ค.ศ. 1974 DU CANE ได้ให้คำจำกัดความของเรือยนต์เล็กความเร็วสูง (High - Speed Small Craft) ไว้ดังนี้ *"เรือยนต์เล็กความเร็วสูงคือเรือที่มีความเร็วไม่น้อยกว่า 15 นอต และมีความยาวไม่เกิน 150 ฟุต (ประมาณ 45 เมตร)"* ดังนั้น เรือตรวจการณ์ชายฝั่งที่ต่อโดยกรมอู่ทหารเรือหากจะจัดประเภทเรือให้เป็นสากลก็สามารถจัดเข้ากลุ่มของเรือยนต์เล็กความเร็วสูงได้ สาเหตุที่ต้องจัดประเภทของเรือก็เพื่อหาวิธีการที่เหมาะสมในการออกแบบเรือต่อไป

ในการออกแบบเรือชุดนี้ได้ใช้รูปทรงของเรือ ต.99 มาเป็นเรือแม่แบบ (Parent Ship) และขยายขนาดเพิ่มขึ้นอีกร้อยละ 10 เรือชุดนี้มีทั้งหมด 3 ลำ คือ เรือ ต.991 เรือ ต.992 และ เรือ ต.993 (สองลำหลังต่อโดย บริษัท มาร์ซัน จำกัด) เรือชุดนี้เป็นเรือสังกัด กองเรือตรวจอ่าว กองเรือยุทธการ ที่มีขนาดเล็กโดยมีระวางขับน้ำประมาณ 185 - 220 ตัน ความยาวตลอดลำประมาณ 35 เมตร และออกแบบให้ทำความเร็วได้ไม่น้อยกว่า 27 นอต ในการนี้ ได้มีการปรับปรุงส่วนของตัวเรือเล็กน้อย อาทิเช่น ปรับปรุงอุปกรณ์รีดน้ำบริเวณหัวเรือ (Spray Rails) และส่วนท้องเรือบริเวณใบจักรก็ได้รับการปรับปรุงให้โค้งลงในลักษณะของการเพิ่ม Stern Wedge เพื่อให้ท้ายเรือยกขึ้นขณะวิ่ง เมื่อได้ทรงของเรือและรูปร่างภายนอกแล้ว ลำดับต่อไปคือการแบ่งห้องและจัดวางอุปกรณ์

โดยทั่วไปนั้น การจัดวางอุปกรณ์ในห้องเครื่องของเรือรบมักนิยมแบ่งเป็นห้องเครื่องจักรใหญ่ (Main Engine Room) ห้องเครื่องไฟฟ้า (Generator Room) และห้องเครื่องจักรช่วย (Auxiliary Engine Room) เพื่อให้เป็นอิสระจากกัน ซึ่งจะทำให้เกิดความสะดวกต่อการปฏิบัติงานและการแบ่งความรับผิดชอบ ในหัวข้อนี้ กิตติพงษ์และคณะ (2550) ได้เสนอไว้ว่า *"เนื่องจากเรือ ตกฝ. เป็นเรือขนาดเล็ก พื้นที่ใช้สอยและที่ว่างภายในเรือมีไม่มากนัก จึงจำเป็นจะต้องจัดวางอุปกรณ์ทุกประเภทรวมกันในห้องเครื่องเพียงห้องเดียว ด้วยข้อจำกัดดังกล่าวจึงมีความจำเป็นที่จะต้องอาศัยการออกแบบการจัดวางอุปกรณ์ที่อำนวยประโยชน์สูงสุดต่อผู้ใช้เรือ"* ดังนั้น ในการจัดวางอุปกรณ์ผู้ออกแบบจึงจำเป็นจะต้องพิจารณาทั้งขนาดน้ำหนัก และอุปกรณ์ต่อพ่วง ให้มีขนาดและน้ำหนักน้อยที่สุดแต่ยังสามารถทำให้เรือคงขีดความสามารถให้ได้ตามที่กำหนด

เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ดังกล่าว ผู้ออกแบบด้านเครื่องกลเรือจึงต้องพิจารณาปัจจัยเบื้องต้นที่มีผลกระทบต่อผลสำเร็จของงานดังนี้คือ อันดับแรกคือการพิจารณาเรื่องของระบบขับเคลื่อน เนื่องจากอุปกรณ์ที่ใช้ในการขับเคลื่อนเรือจะเป็นปัจจัยชี้วัดหลักที่แสดงผลสำเร็จของเรือ (ทำความเร็วได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด) ปัจจัยสำคัญรองลงมาคือการออกแบบระบบเครื่องจักรช่วยและอุปกรณ์อื่น ๆ ในกรณีที่มีพื้นที่จำกัดแต่จะต้องพยายามติดตั้งอุปกรณ์เข้าด้วยกันโดยจะต้องทำให้แต่ละระบบยังคงประสิทธิภาพสูงสุด หรือเกิดความสูญเสียต่อระบบน้อยที่สุด ปัจจัยประการสุดท้ายที่ต้องคำนึงถึงคือการผลิตแบบในด้านกลจักรที่จะต้องมีประมาณ 18 ระบบ (เรือใหญ่กว่านี้อาจมีถึง

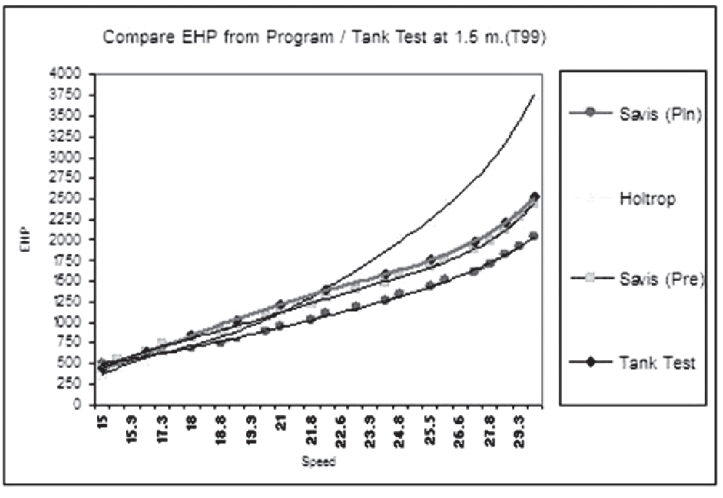
20 - 23 ระบบ) โดยมีความจำเป็นต้องผลิตแบบให้ทันแต่ละช่วงเวลาของการสร้างเรือ ทั้งนี้เพื่ออำนวยความสะดวกให้แก่ ผู้ติดตั้ง ผู้ปฏิบัติงานบนเรือ รวมไปถึงผู้ใช้และผู้ซ่อมบำรุงรักษาอุปกรณ์ทั้งในปัจจุบันและในอนาคต โดยมีจุดประสงค์ที่จะทำให้สามารถต่อเรือเสร็จตามเวลา และเพื่อให้ได้เรือที่มีอายุการใช้งานยาวที่สุดเท่าที่จะสามารถกระทำได้

ปัจจัยเบื้องต้นที่มีผลกระทบต่อผลสำเร็จของการออกแบบด้านเครื่องกล

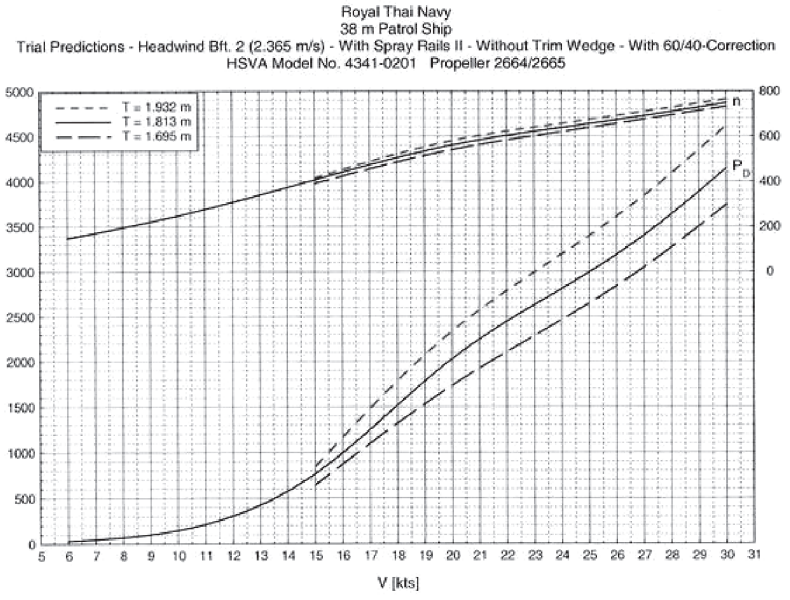
1. ระบบขับเคลื่อน

ระบบขับเคลื่อนประกอบด้วยเครื่องจักรใหญ่ดีเซลจำนวนอย่างน้อย 2 เครื่อง ใช้ขับเพลาใบจักรจำนวนอย่างน้อย 2 เพลา เพลาใบจักรแต่ละเพลาจะถูกขับโดยเครื่องจักรใหญ่ ผ่านคับปลิ้ง คลัทช์ และระบบเกียร์ทด ซึ่งระบบเกียร์ทดเป็นแบบ Reduction Gearbox และจะต้องออกแบบระบบขับเคลื่อนให้สามารถขับเคลื่อนด้วยเพลาเพียง 1 เพลา

ระบบขับเคลื่อนของเรือ ตกฝ. ออกแบบโดยใช้ข้อมูลเบื้องต้นเมื่อเรือกินน้ำลึกประมาณ 1.93 เมตร ยาว 35.36 เมตร ระวางขับน้ำประมาณ 185 ตัน โดยออกแบบให้สามารถทำความเร็วได้ไม่น้อยกว่า 27 นอต ในเบื้องต้นได้ใช้ข้อมูลของเรือ ต.99 มาเป็นเรือต้นแบบ (Parent Ship) แต่ภายหลังการออกแบบลายเส้นเบื้องต้น และหลังจากได้มีการปรับแต่งรายละเอียดลายเส้นตัวเรือลงจนลงตัวแล้ว จึงพิจารณาถึงระบบขับเคลื่อน โดยที่การหากำลังขับเบื้องต้นนี้เป็นการประมาณการเท่านั้น เมื่อได้ข้อมูลในเบื้องต้นแล้วจึงพิจารณาเรื่องของน้ำหนักและการจัดวาง รวมไปถึงการแบ่งห้องหรือผนังกั้นน้ำภายในเรือ อันดับต่อมาคือการเตรียมการทดลองลากเรือทดลอง (Model Test) และผลที่ได้จากการลากเรือทดลองถือว่าเป็นข้อมูลที่ใกล้เคียงสภาพเรือจริง และใกล้เคียงความเป็นจริงมากที่สุด



รูปที่ 1 ใน พ.ศ. 2546 นาวาเอก ศราวุธ ฯ และ นาวาเอก นิพนธ์ ฯ ได้เสนอการหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังขับ กับความเร็วเรือโดยใช้เรือ ต.99 เป็นต้นแบบ โดยเปรียบเทียบวิธีการที่ต่างกัน (Savistsky Pre-Planning, Savistsky - Planning , Holtrop) รวมทั้งเทียบค่าที่ใกล้เคียงกับผลการทดลองเรือจำลอง ผลปรากฏว่าวิธีการของ Savitsky (Pre-Planning) เป็นวิธีการที่ให้ค่าใกล้เคียงกับผลการทดลองเรือจำลองมากที่สุด



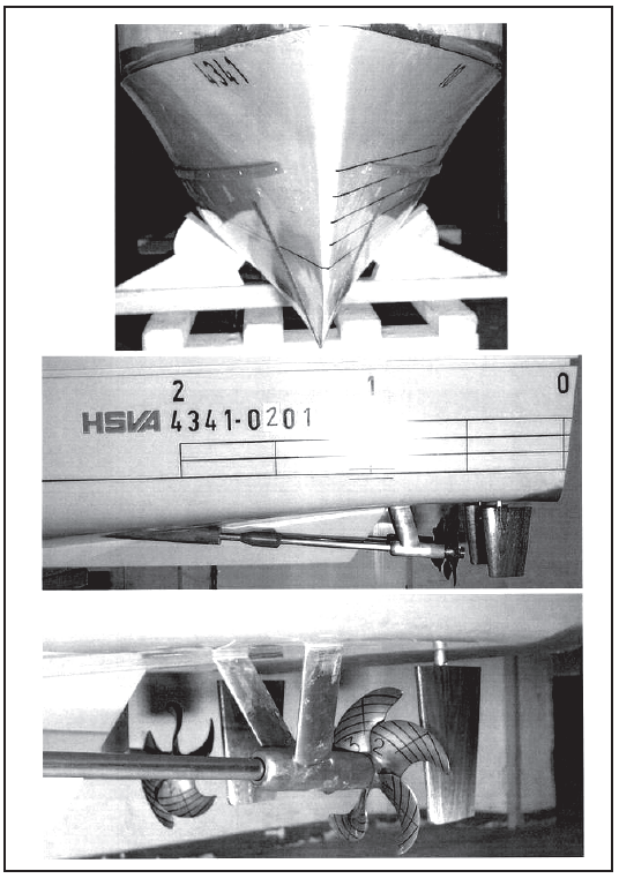
รูปที่ 2 แสดงกำลังขับของเครื่องยนต์ที่ได้จากผลการทดลองแบบเรือจำลองที่ขับด้วยใบจักรมอเตอร์ไฟฟ้าติดอยู่ (Self Propulsion Test) ซึ่งผลการทดลองเรือจำลองจะให้ค่าที่ใกล้เคียงสภาพความเป็นจริงมากที่สุด จากกราฟจะสังเกตว่าเมื่อความเร็วที่จุดออกแบบที่ประมาณ 18 นอต เรือจะเริ่มยกหัวเรือขึ้น (Take Off) ลักษณะของกราฟแสดงว่าท้องเรือของเรือเป็นท้องเรือประเภท Semi - Planning Hull

การทดลองเรือจำลอง (Model Test)

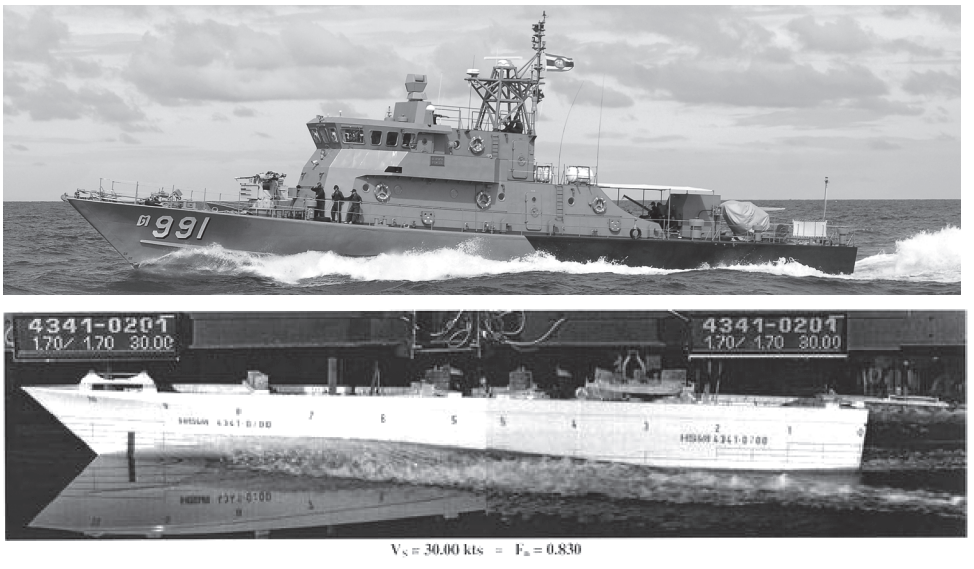
การทดลองเรือจำลองส่วนใหญ่นิยมทำโดยสถาบันที่มีความน่าเชื่อถือ เพราะค่าที่ได้จะเป็นตัวแปรที่ใช้ในการจัดหาเครื่องจักรและอุปกรณ์หลักอีกหลายชนิด อาทิ เครื่องจักรใหญ่ เพลา ใบจักร เป็นต้น รวมไปถึงการติดตั้งอุปกรณ์เหล่านี้ให้ถูกต้องตามหลักการทางวิศวกรรม ก็จำเป็นต้องได้มาจากผลการทดลองเรือจำลอง ในครั้งนี้กองทัพเรือได้ว่าจ้าง บริษัท HSVA ตั้งอยู่ ณ เมืองฮัมบูร์ก สหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมนี การทดลองได้กระทำในเดือนธันวาคม พ.ศ.2547 สำหรับข้อมูลของเรือจำลองมีดังนี้

ตัวเรือยาวประมาณ 4.447 เมตร กินน้ำลึกตั้งแต่ 0.21 เมตร 0.23 เมตร และ 0.24 เมตร ตามลำดับ (ย่ออัตราส่วนจากที่เรือจริง กินน้ำลึก 1.695 เมตร 1.813 เมตร และ 1.932 เมตร) ที่ความกว้างบริเวณแนวน้ำที่ 0.747 เมตร 0.753 เมตร และ 0.757 เมตร ตามลำดับ และปริมาตรของเรือที่ตามแนวน้ำดังกล่าวคือ 334.8 ลูกบาศก์เมตร 374.8 ลูกบาศก์เมตร และ 416.1 ลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ

การทดลองที่ดำเนินการมี 3 รูปแบบ คือ Bare Hull with Spray Rail, Appended Resistance with Spray Rail, Self Propulsion Test ซึ่งรูปแบบการทดลองทั้ง 3 ประเภท จะมีทั้งการเสริมและไม่เสริม Trim Wedge



รูปที่ 3 แสดงภาพเรือจำลองในการทำ Self Propulsion Test บริเวณหัวเรือและท้ายเรือซึ่งเป็นจุดสำคัญที่สุดในการดำเนินการทดลอง บริเวณหัวเรือจะสังเกตเห็นแถบการติด Spray Rail และที่ท้ายเรือจะติดตั้งเพลาและใบจักรเหมือนของจริง พร้อมกับแนวสีเข้มที่ขอบล่างของท้ายเรือที่เป็น Stern Wedge



รูปที่ 4 แสดงภาพเรือจำลองขณะทำ Self Propulsion Test ที่ความเร็ว 30 นอต จะสังเกตว่ารูปแบบของคลื่นที่เกิดจากหัวเรือมี Wave Pattern ที่ดี เปรียบเทียบกับเรือจริง

ผลการทดลองสามารถสรุปได้ดังนี้

● การทดลองในแบบ Self Propulsion Test ให้ผลการทดลองที่น่าพอใจ รูปแบบของคลื่นที่เกิด Wave Pattern เมื่อเรือแล่นไปมีลักษณะดี

● การติดตั้ง Spray Rail มีผลกระทบต่อค่าความต้านทานของเรือน้อยมาก แต่ทำให้รูปแบบของคลื่น (Wave Pattern) สวยงาม

● Trim Wedge มีผลต่อความต้านทานของเรือน้อยมาก

● การออกแบบให้ใบจักรหมุนเข้าหากันทำให้เรือสามารถประหยัดน้ำมันสูงสุด

● เมื่อเรือกินน้ำลึกประมาณ 1.695 เมตร ในสภาพลมวิ่งปะทะตรงหัวเรือ (ประมาณ 2 โบฟอร์ตสเกล) เรือสามารถทำความเร็วได้ 30.8 นอต ที่กำลังขับรวม Pd ที่ 3,933 kW

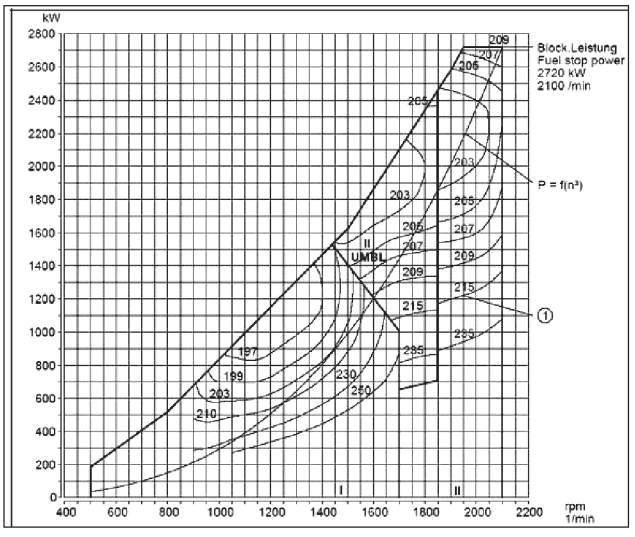
● เมื่อเรือกินน้ำลึกประมาณ 1.813 เมตร ในสภาพลมวิ่งปะทะตรงหัวเรือ (ประมาณ 2 โบฟอร์ตสเกล) เรือสามารถทำความเร็วได้ 29.2 นอต ที่กำลังขับรวม Pd ที่ 3,933 kW

● เมื่อเรือกินน้ำลึกประมาณ 1.932 เมตร ในสภาพลมวิ่งปะทะตรงหัวเรือ (ประมาณ 2 โบฟอร์ตสเกล) เรือสามารถทำความเร็วได้ 27.4 นอต ที่กำลังขับรวม Pd ที่ 3,933 kW

เครื่องจักรใหญ่

ในการเลือกเครื่องจักรใหญ่เพื่อติดตั้งในเรือควรคำนึงถึงผลสำเร็จของงานเป็นอันดับแรก กล่าวคือ ความเร็วเรือที่เมื่อติดตั้งเครื่องจักรใหญ่ที่เลือกแล้วเรือจะต้องทำความเร็วได้ไม่น้อยกว่า 27 นอต และจากผลการทดลองก็ได้ระบุว่ากำลังของเรือที่ต้องใช้ (Delivered Power or Propeller Power, P_D) คือประมาณ 4,000 kW ในกรณีนี้ นาวาเอก ศราวุธ ฯ และ นาวาเอก นิพนธ์ ฯ (2550) ได้เคยเสนอให้ชดเชยความสูญเสียที่เกียร์และเพลาประมาณร้อยละ 8 รวมทั้งเมื่อเลือกเครื่องจักรใหญ่ก็ควรเลือกใช้ค่ากำลังเครื่องยนต์ที่ร้อยละ 85-95 ของ MCR ดังนั้น เมื่อคำนวณย้อนกลับไปหาค่าของกำลังขับเครื่องยนต์ (Effective Power Or Resistance Power, P_E) จะทำให้ได้กำลังขับรวมทั้งสิ้นประมาณ 4,900-5,000 kW และโดยที่เรือลำนี้เป็นเรือรบ จึงจำเป็นต้องมีกำลังสำรองอีกส่วนหนึ่งเผื่อไว้สำหรับอนาคตภายหน้า (Sea Margin) ภายใต้เงื่อนไขที่ว่า เรือรบจัดเป็นส่วนราชการอิสระหน่วยหนึ่ง จำเป็นต้องมีเอกสารทางธุรการและติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเติมจำนวนมาก รวมทั้งท้องเรือและใบจักรที่มีสิ่งสกปรกยึดเกาะ จะส่งผลให้ค่าความต้านทานของเรือเพิ่มขึ้นตามโดยอัตโนมัติ

การนำเครื่องยนต์ลงติดตั้งจึงเลือกใช้เครื่องยนต์ตราอักษร MTU รุ่น 4000 M90 (จัดเป็นเครื่องประเภท 1 DS มีกำลังขับ 2,720 กิโลวัตต์ต่อเครื่อง ที่ 2,100 รอบต่อนาที) จะทำให้เครื่องต้นกำลังขับของเรือลำนี้มีขนาดเพียงพอต่อการขับเคลื่อน (กำลังขับรวมของเครื่องยนต์ขับสองเครื่องคือ 5,440 kW)



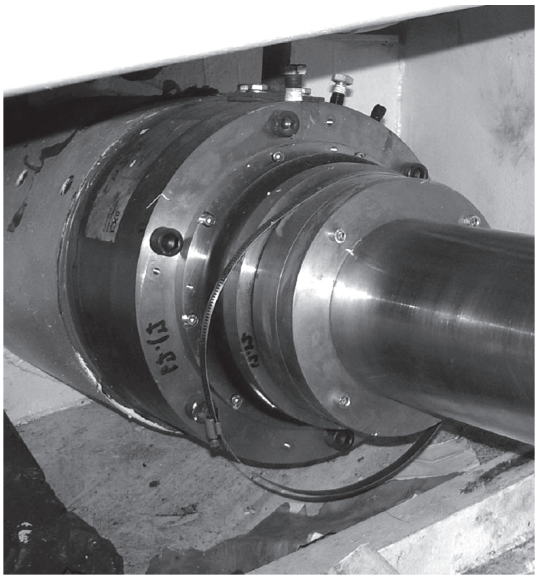
รูปที่ 5 แสดงลักษณะ Maximum Continuous Rating, MCR ของเครื่องยนต์ MTU 4000 M90 ประเภท 1 DS มีกำลังขับ 2,720 กิโลวัตต์ต่อเครื่อง ที่ 2,100 รอบต่อนาที จากภาพแสดงให้การทำงานของเครื่องยนต์ที่รอบต่างๆ กัน ลักษณะของ Propeller Design Curve รวมถึงอัตราการกินน้ำมันที่รอบต่าง ๆ ของเครื่องยนต์

เครื่องยนต์ดังกล่าวเป็นเครื่องยนต์ Common Rail รหัสของเครื่องยนต์ประเภท 1 DS หมายถึงหากต้องการใช้เครื่องยนต์ในระยะเวลาหนึ่งๆ สามารถใช้รอบสูงสุดหรือความเร็วสูงสุดได้ไม่เกินร้อยละ 10 ในช่วงเวลานั้นๆ ตัวอย่างเช่น เครื่องยนต์ของเรือที่สามารถวิ่งได้ความเร็วสูงสุด 27 นอต ใน 1 ชั่วโมง (60 นาที) ผู้ใช้เครื่องยนต์สามารถใช้รอบสูงสุดหรือความเร็วสูงสุดหรือวิ่งด้วยความเร็ว 27 นอตได้ไม่เกิน 6 นาที หากไม่ปฏิบัติดังนี้จะทำให้อายุการใช้งานของเครื่องยนต์สั้นกว่าที่ควรจะเป็น

เกียร์ทด ตราอักษร ZF รุ่น 7550 มีอัตราทดที่ 3.074 ต่อ 1 ในทางทฤษฎีค่าพลังงานที่สูญเสียของเกียร์ทดแบบกลับทางหมุนได้ประมาณ 3-5 เปอร์เซ็นต์ และ MTU (2004) เสนอให้ใช้ค่าประมาณร้อยละ 3 ประเภทของเกียร์ที่ใช้เป็นแบบ Pleasure Duty ซึ่งหมายถึงมีชั่วโมงการใช้งานโดยเฉลี่ยไม่เกิน 500 ชั่วโมง ต่อปี และใช้กับตัวเรือที่เป็นแบบเรือเหาะ (Planning)

Coupling ระหว่างเครื่องยนต์ขับกับเกียร์จะใช้อุปกรณ์ส่งถ่ายกำลังประเภท Elastic Coupling สำหรับเรือ ต.991 ใช้อุปกรณ์ตราอักษร SKF รุ่น OKF/ OKFA ภายในตัวคับปลิ้งจะมีน้ำมันหล่ออยู่ภายในซึ่งน้ำมันหล่อมีค่าความหนืดที่ 300 ตารางมิลลิเมตร ต่อวินาที หรือ สำหรับประเทศไทยก็อาจใช้น้ำมันหล่อเกรด SAE 40 ก็สามารถยอมรับได้

Under Water Shaft Seals เป็นซีลที่ใช้กันน้ำระหว่างแบริ่งรองรับเพลากับผนังกั้นน้ำในตัวเรือ สำหรับเรือนี้ใช้ตราอักษร Deep Sea Seals เพื่อป้องกันมิให้น้ำรั่วไปถึงเครื่องและเกียร์ได้โดยง่ายโดยมีหลักการทำงานที่คล้ายกับ Mechanical Seal และเมื่อทำการซ่อมทำเพลาเรือก็สามารถเปลี่ยนซีลเพลาโดยไม่ต้องนำเรือเข้าอู่แห้ง เนื่องจากซีลประเภทนี้สามารถใช้ลมอัดเพื่อผนึกน้ำได้

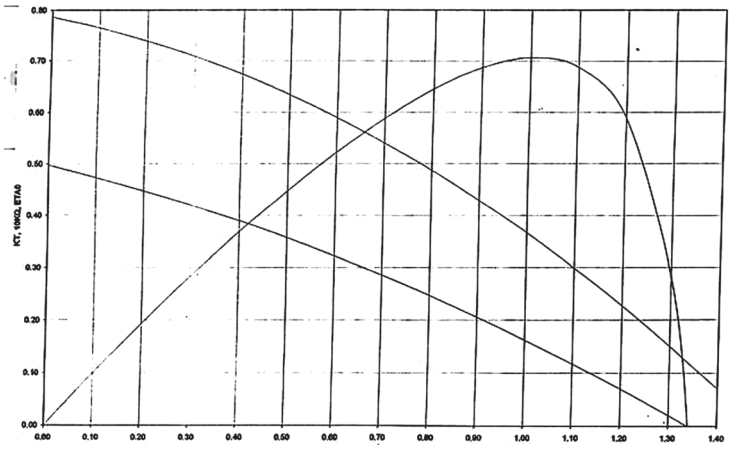


รูปที่ 6 ภาพแสดงการติดตั้ง/ถอดประกอบ Under Water Shaft Seal ที่ติดตั้งในเรือ ตกฝ.

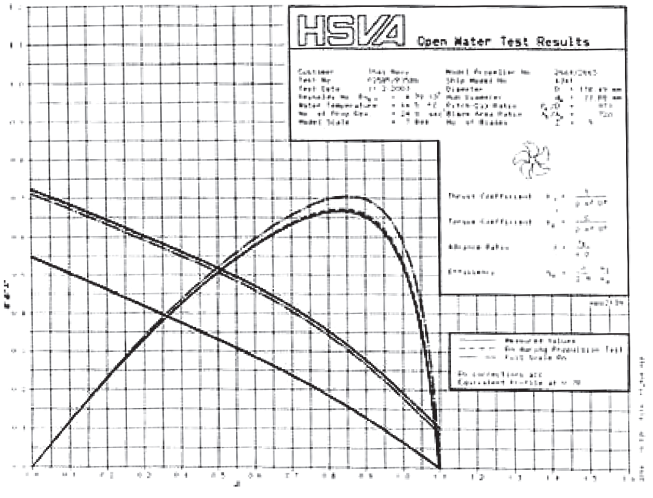
เพลา การออกแบบเพลาของเรือ ตกฝ. ใช้มาตรฐานในการเลือกวัสดุที่ใช้ทำเพลาโดยใช้มาตรฐานของ ABS และในการออกแบบจะกำหนดให้เพลามีขนาดโตมากที่สุดบริเวณที่ติดกับใบจักร ในการเลือกใช้โลหะทำเพลาหากใช้เพลาเหล็กกล้าคาร์บอน (Carbon Steel, C45E) ควรใช้ค่า Specific Minimum Tensile Strength ที่ประมาณ 600 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร และหากเลือกใช้เพลาสเตนเลสเกรด 316 (Stainless Steel, SUS316L) ควรใช้ค่า Specific Minimum Tensile Strength ที่ประมาณ 480 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร โดยมีเส้นผ่านศูนย์กลางโตสุดที่บริเวณดุมใบจักรขนาดประมาณ 6 นิ้ว (150 มิลลิเมตร) เนื่องจากเป็นบริเวณที่ต้องรับแรงบิดและแรงสั่นสะเทือนสูงสุด และจะลดขนาดเพลาลงเมื่อวิ่งเข้าระหว่างแบริ่งรองรับเพลา (Stern Tube) กับโยงโย่ และจะลดขนาดลงอีกครั้งเมื่อวิ่งเข้าหาเกียร์ หลังจากนั้นจึงวิ่งผ่านเข้าไปยังแบริ่งรองรับเพลา (Stern Tube) เมื่อเพลาพ้นออกนอกตัวเรือก็จะมีการรองรับการสั่นสะเทือนของเพลาโดย V-Bracket หลังจากนั้นจึงนำเข้าไปสวมเข้ากับใบจักรโดยไม่ใช้ลิ่ม (Keyless Propeller)

ระบบเพลานี้จะใช้น้ำหล่อเย็นโดยการอาศัยน้ำทะเลดับความร้อนที่ออกมาจากชุดเรือนเกียร์ มาเข้าหล่อและออกนอกตัวเรือไปทาง Stern Tube Bearing

ใบจักร การออกแบบใบจักรจะใช้มาตรฐานของ VAGENIGEN B-Series เป็นเกณฑ์ โดยกำหนดในเบื้องต้นให้ใบจักรมี 5 ปีก โดยคิดประสิทธิภาพใบจักรที่ร้อยละ 67 (นาวาเอก ศราวุธ ฯ และ นาวาเอก นิพนธ์ ฯ, 2550) และเมื่อทำการทดลอง Tank Test บริษัท HSVA ใช้ค่าประสิทธิภาพใบจักรที่ประมาณร้อยละ 65 ใช้ค่าของ Blade Area Ratio ที่ 0.72 และทิศทางการหมุนของใบจักรคือหมุนเข้าหากันเมื่อมองจากท้ายเรือ



รูปที่ 7 แสดงเส้นโค้งสัมประสิทธิ์ของแรงบิด แรงผลัก (K_t , $10K_q$) และประสิทธิภาพของใบจักรที่สร้างโดยบริษัท LIPS โดยแสดงค่าให้เห็นการเลือกใช้ใบจักรที่มีประสิทธิภาพประมาณร้อยละ 65 สอดคล้องกับการออกแบบเบื้องต้นที่ใช้ใบจักรประเภท 5 ปีกใบจักรตามมาตรฐาน VAGENIGEN B-Series ซึ่งจะทำให้ได้แรงบิดและแรงผลักสูงสุดที่ประมาณร้อยละ 65 เช่นกัน



รูปที่ 8 แสดงเส้นโค้งสัมประสิทธิ์ของแรงบิด แรงผลัก (K_t , $10K_q$) และประสิทธิภาพของใบจักรที่ใช้สำหรับเรือทดลองแบบ Open Water Test (การทดลองใบจักรโดยไม่มีอิทธิพลจากตัวเรือมากระทบ) ของสถาบัน HSVA สหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมนี แสดงค่าให้เห็นการเลือกใช้ใบจักรที่มีประสิทธิภาพประมาณร้อยละ 65 ซึ่งสอดคล้องกับการออกแบบในเบื้องต้น และใบจักรที่ใช้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางใบจักร 178.49 มิลลิเมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางดุมใบจักร (Hub Diameter) 33.88 มิลลิเมตร Blade Area Ratio คือ 0.72 จำนวนปีก 5 ปีก

2. ระบบเครื่องจักรช่วย ในบทความนี้จะระบุเฉพาะอุปกรณ์หลักที่สำคัญเท่านั้น

2.1 ระบบน้ำทะเล

ระบบน้ำทะเลสามารถแบ่งได้เป็น 3 ระบบย่อยดังนี้คือ ระบบน้ำทะเลดับความร้อน ระบบน้ำทะเลใช้สอย และระบบน้ำดับเพลิง (Fire Main)

2.1.1 ระบบน้ำทะเลดับความร้อน (Sea Water for Cooling System)

ระบบน้ำทะเลดับความร้อน ระบบนี้จะใช้น้ำทะเลในการดับความร้อนเครื่องจักรใหญ่ เกียร์ กระบอกเพลา (Stern Tube) ซีลเพลาใบจักร (Under Water Shaft Seal) เครื่องขับและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เครื่องปรับอากาศ และท่อแก๊สเสีย

สำหรับระบบนี้จะต้องพิจารณาเริ่มต้นจากขนาดของกระโปรงทางดูดน้ำทะเล (Sea Chest) ว่าเพียงพอต่อการหล่อเย็นอุปกรณ์แต่ละชนิดหรือไม่ หลักในการทำงานคือนิยมออกแบบให้กระโปรงทางดูดของเครื่องจักรใหญ่ให้ใช้เฉพาะตัว ทางดูดของระบบเครื่องปรับอากาศสามารถใช้ร่วมกับเครื่องขับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าได้ และทางดูดของเครื่องสูบน้ำไฟร์เมนก็สามารถใช้ร่วมกับทางดูดของเครื่องสูบน้ำทะเลใช้สอย (แต่ต้องแยกท่อเป็นอิสระต่อกัน ไม่ควรใช้ท่อร่วมกัน) ดังนั้น สำหรับเรือประเภทนี้จะได้จำนวนของกระโปรงทางดูดไม่น้อยกว่า 5 ช่อง

นาวาเอก กิตติพงษ์ ฯ และคณะ (2550) ได้เสนอว่า การออกแบบกระโปรงทางดูดของระบบน้ำทะเลดับความร้อน ให้ใช้ค่าตัวเกณฑ์ประมาณ 1.5 คูณ พื้นที่หน้าตัดรวมของท่อทางดูดของอุปกรณ์ทุกประเภท และในทางปฏิบัติขนาดของกระโปรงทางดูดมักนิยมเจาะตัวเรือโดยให้แนวเจาะอยู่ระหว่างแนวของเหล็กเสริมกำลัง หากเป็นไปได้ควรเจาะให้มีขนาดใหญ่กว่าที่คำนวณเล็กน้อย

2.1.2 ระบบน้ำทะเลใช้สอย (Sea Water Servicing System)

ระบบน้ำทะเลใช้สอยในเรือ มักติดตั้งพัดน้ำแยกต่างหากและมีอุปกรณ์รักษาความดันในระบบ (Pressure Tank) โดยใช้เป็นน้ำในการชำระล้างระบบสุขภัณฑ์ ในปัจจุบันระบบน้ำสุขภัณฑ์จะต้องได้รับการบำบัดตามกฎของ IMO/MARPOL 73/78 การออกแบบระบบน้ำทะเลใช้สอยจะใช้ขนาดความโตของท่อหลักเป็นเกณฑ์การคำนวณ นั่นคือใช้ท่อที่มีความโตเฉลี่ยขนาด 32 ND ผลที่ได้จากการคำนวณคือได้พัดน้ำทะเลขนาดประมาณ 3.5 kW ที่สามารถสูบน้ำได้ในอัตรา 12 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง

2.1.3 ระบบน้ำดับเพลิง ระบบน้ำดับเพลิง นิยมออกแบบให้ใช้พัดน้ำที่สามารถสูบน้ำไปได้ตลอดลำและจะต้องทำกำลังดันสูงสุดในระบบให้ได้ประมาณ 10 บาร์ (145-150 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว) มีลิ้นผ่อนกำลังดัน (Relief Valve) ตั้งค่าการใช้งานไว้ที่ประมาณ 7 บาร์ โดยระบบนี้มีจุดประสงค์เพื่อนำน้ำไปใช้ในการดับเพลิง สูบน้ำท้องเรือโดยใช้ระบบอีดักเตอร์ และใช้เป็นน้ำดับความร้อนเครื่องจักรใหญ่และเกียร์ในกรณีที่พัดน้ำทะเลของเครื่องจักรใหญ่ชำรุด

การออกแบบระบบน้ำดับเพลิงจะใช้ขนาดความโตเฉลี่ยของท่อหลัก 50 ND ดังนั้น เมื่อต้องการคำนวณหาค่าขนาดพัดน้ำที่ใกล้เคียงจึงใช้ค่าเส้นผ่านศูนย์กลางเดียวกันเพื่อให้ง่ายต่อการคำนวณ ผลที่ได้จากการคำนวณคือได้พัดน้ำทะเลขนาดประมาณ 15 kW ที่สามารถสูบน้ำได้ในอัตรา 45 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง

2.2 ระบบน้ำจืด

ระบบน้ำจืดแบ่งเป็นสองระบบย่อยคือ ระบบน้ำจืดดับความร้อนเครื่องยนต์ และระบบน้ำจืดที่ใช้ในการบริโภค

ระบบน้ำจืดดับความร้อนเครื่องยนต์มักเป็นระบบปิด ที่ประกอบด้วยหม้อดับความร้อนโดยอาศัยน้ำทะเลเข้าหล่อน้ำจืดของเครื่องยนต์ที่ดับความร้อนน้ำมันหล่อมาอีกทอดหนึ่ง ระบบนี้ประกอบด้วยระบบอุ่นน้ำจืด (Coolant Preheating Unit) ถังพักน้ำจืด (Expansion Tank) แต่ในปัจจุบันขนาดของระบบอุ่นน้ำมีขนาดใหญ่มากขึ้น จึงไม่จำเป็นต้องมีถังพักน้ำก็ได้ ระบบอุ่นน้ำจืดส่วนใหญ่มักออกแบบให้ใช้พลังงานความร้อนจากระบบไฟฟ้า ดังนั้น จึงต้องเตรียมแหล่งจ่ายไฟให้เพียงพอ (สำหรับเรือลำนี้มีอัตราการสิ้นเปลืองไฟประมาณ 4.5 kW ต่อชุดเครื่อง) และจุดติดตั้งอุปกรณ์ทางไฟฟ้าก็ควรให้มองเห็นง่าย สะดวกต่อการใช้งาน

ระบบน้ำจืดที่ใช้ในการบริโภค ในปัจจุบันนิยมติดตั้งเครื่องผลิตน้ำจืดจากน้ำทะเลโดยวิธี Reverse Osmosis แต่ขนาดของอุปกรณ์สำหรับระบบนี้จะมีตัวแปรอยู่ที่ปริมาณกำลังพลบนเรือ (ประมาณ 30 คน) และจากการที่ทางราชการกำหนดให้มีน้ำจืดคงเรือไม่น้อยกว่าร้อยละ 50 ดังนั้น การติดตั้งเครื่องผลิตน้ำจืดก็ควรใช้ขนาดที่มีกำลังผลิตไม่ต่ำกว่า 3 ลูกบาศก์เมตร ต่อวัน (นาวาเอก กิตติพงษ์ ฯ และคณะ, 2550) ส่วนการออกแบบระบบพัดน้ำจืด ใช้หลักการคำนวณเช่นเดียวกับพัดน้ำทะเลใช้สอย

2.3 ระบบปรับอากาศ

เครื่องปรับอากาศที่ใช้ในเรือ ต.91 ถึง ต.99 เป็นเครื่องปรับอากาศที่แยกเป็นชุดวางอยู่ตามห้องต่าง ๆ จะมีเพียงระบบน้ำทะเลระบายความร้อนระบบปรับอากาศที่ขับโดยพัดน้ำทะเลและส่งน้ำเข้าหล่อตามตู้ปรับอากาศ

ในเรือ ต.991 จะใช้ระบบเครื่องปรับอากาศรวมตราอักษร Carrier ขนาดชุดละ 20 ตัน จำนวน 2 ชุด โดยมีชุดเครื่องปรับอากาศติดตั้งอยู่ที่ห้องเครื่องจักร และเพื่อเป็นการลดพื้นที่ในการติดตั้ง จึงใช้ระบบปรับอากาศแบบ Semi Hermatic และเดินท่อน้ำเย็นระบบ Chiller ไปตามห้องต่าง ๆ โดยสามารถแบ่งเป็นห้องต่าง ๆ ได้ 15 ห้อง และใช้ชุด Fan Coil ติดตั้งตามห้อง 18 ชุด สำหรับการออกแบบเครื่องปรับอากาศในภาพรวม เพื่อป้องกันมิให้เกิดปัญหาในเรื่องภาระ จึงควรแยกการคำนวณตามภาระของแต่ละห้อง

การติดตั้งระบบปรับอากาศ เนื่องจากมีพื้นที่จำกัด จึงใช้วิธีการติดตั้งซ้อนกันทั้งชุดบนโครงสร้างเดียวกัน วัสดุที่ใช้ทำฐานแท่นเครื่องปรับอากาศสามารถใช้เหล็กรางน้ำหรือเหล็กรูปตัวยู (Channel-Steel) ขนาด

100 x 50 เป็นโครงสร้าง และแยกเรียงชั้นการวางดังนี้คือ ชุดของคอนเดนเซอร์ ชุดของมอเตอร์คอมเพรสเซอร์ ชุดน้ำชีล (Chiller Unit) จากล่างขึ้นบนตามลำดับ

ระบบปรับอากาศ จะต้องมีระบบ Shore Connection ของ Chilled Water ติดตั้งทั้ง 2 กราบ และระบบปรับอากาศในห้องคลังกระสุนจะต้องใช้คอยล์เย็น (Evaporator) แบบ Gravity Type

2.5 ระบบป้องกันความเสียหาย

ระบบการป้องกันความเสียหาย ประกอบด้วย ศูนย์ป้องกันความเสียหาย (Damage Control Center) และหน่วยซ่อม (Repair Party) การควบคุมและการเตือนภัยของระบบควบคุมความเสียหายทั้งหมดจะทำงานในศูนย์ป้องกันความเสียหาย แผ่นพล็อตและแบบที่จำเป็นต่าง ๆ จะมีอยู่ในศูนย์ดังกล่าว และจะอยู่บริเวณห้องควบคุมเครื่องจักร นอกจากนี้ยังมีห้องเก็บอุปกรณ์ ปคส. (D.C. Store) เพื่อใช้ในการเก็บเครื่องมือและอุปกรณ์ป้องกันความเสียหายต่าง ๆ โดยจัดให้มีอุปกรณ์ป้องกันความเสียหายซึ่งมีรายการตามที่ทางราชการกำหนด เช่น ลิ่ม ลูกอุด เสาค้ำยัน เป็นต้น

ผู้ออกแบบระบบจะต้องพิจารณาจุดติดตั้งขวด CO_2 ชนิดเคลื่อนที่ ขวด CO_2 ชนิดประจำที่ สำหรับดับเพลิงในห้องเครื่องจักรใหญ่ สำหรับเครื่องสูบน้ำดับเพลิงเคลื่อนที่แบบ Marine Type ขนาด 25 แรงม้า และจะวางไว้ที่ดาดฟ้าเปิดท้ายเรือ

เกณฑ์การใช้อุณหภูมิผนังคำนวณการออกแบบเครื่องปรับอากาศตามมาตรฐาน NAVSEA

ผนัง/ พื้นผิว	NAVSEA อุณหภูมิ องศา F	NAVSEA องศา C	เรือ ตกฝ.องศา C
ผนังที่ติดกับห้องเครื่องจักรอื่นๆ	120	48.89	40
ผนังห้องที่ไม่ใช่ห้องเย็น	100	37.78	35
ผนังด้านสัมผัสแสงแดด	140	60.00	35
ผนังด้านสัมผัสน้ำ	90	32.22	35
ผนังใกล้เคียง/ติดกับฝากั้นน้ำ	70	21.11	30
ผนังที่ติดกับห้องที่มีการปรับอากาศ	80	26.67	30

2.4 ระบบระบายอากาศ

ระบบระบายอากาศเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับเรือ เนื่องจากห้องบางห้องอยู่ในตำแหน่งอับ ทำให้ไม่มีอากาศเพียงพอต่อการหายใจ และในกรณีฉุกเฉิน เช่น เครื่องปรับอากาศชำรุด ก็จำเป็นจะต้องมีอากาศหมุนเวียนให้เพียงพอ หลักการออกแบบระบบระบายอากาศจะใช้หลักสมดุลของอากาศ นั่นคือ หากมีลมเข้ากราบใดก็ต้องมีพัดลมดูดออกอีกด้านหนึ่ง รวมทั้งต้องออกแบบท่อทางลมของระบบระบายอากาศให้เหมาะสม และระบบระบายอากาศที่อยู่ต่ำกว่าระดับแนวน้ำ จะต้องเป็นระบบป้องกันน้ำ (Water Tight)

3. การออกแบบและการผลิตแบบ

การจัดทำแบบด้านการออกแบบกลจักรของเรือ สามารถแบ่งขั้นตอนได้ดังนี้

3.1 การออกแบบระบบประเภท Schematic Diagram การออกแบบในขั้นนี้จะยึดตามระบบ Ship Work Breakdown System, SWBS ของกองทัพเรือสหรัฐ ฯ โดยจะแบ่งระบบหลัก ๆ ออกจากกัน และสำหรับเรือลำนี้จะมีระบบหลัก 18 ระบบ ในขั้นนี้จะเพียงระบุว่าในระบบหนึ่ง ๆ ควรมีอุปกรณ์ใดและสิ่งอำนวยความสะดวกใดบ้างเท่านั้น เช่น ระบบน้ำจืดจะต้องมีมอเตอร์พัดน้ำจืดจำนวนอย่างน้อยสองตัว เป็นต้น

3.2 การออกแบบระบบ One Line Diagram เป็นการออกแบบระบบที่เริ่มจะมีรายละเอียดของอุปกรณ์ เช่น การมีมอเตอร์พัดน้ำจืดจะต้องระบุว่ามีขนาดเท่าใด เช่น 2 กิโลวัตต์ หรือ 2.5 แรงม้า และเดินท่อไปที่ใด มีลิ้นน้ำ หน้าแปลน ข้อต่อข้องอ ฯลฯ จำนวนเท่าใด และในขั้นนี้ควรจะต้องทำรายการอุปกรณ์ (Material List) ที่ต้องใช้ในแต่ละระบบให้ครบถ้วน ทั้งนี้เพื่ออำนวยความสะดวกในการจัดทำประมาณการค่าใช้จ่ายที่จะเกิดขึ้นทั้งหมด

3.3 การออกแบบระบบในขั้น Detail Design ในขั้นนี้จะเป็นการออกแบบระบบในลักษณะของ Double Line Diagram หรือ Shop Drawing รวมไปถึงการจัดทำแบบติดตั้ง (Installation & Seating Drawing) การออกแบบในขั้นนี้มักดำเนินการหลังการเซ็นสัญญา และอุปสรรคเท่าที่พบมักเกิดจากการเปลี่ยนแปลงแก้ไขอุปกรณ์

3.4 การออกแบบในขั้น As built Drawing เป็นขั้นตอนสุดท้ายในการผลิตแบบ เนื่องจากเป็นขั้นของการติดตั้งเพื่อใช้งานจริง บางอุปกรณ์อาจต้องได้รับการปรับปรุงทั้งเรื่องของระบบท่อทาง รวมทั้งฐานแท่น ตลอดไปถึงการตั้งชื่ออุปกรณ์พร้อมทำป้ายติด (Naming Convention, Name Tag) จึงจำเป็นต้องมีการปรับปรุงทั้งหมดพร้อมจัดทำแบบเพื่อส่งให้ผู้ใช้เรือได้รับแบบที่ใกล้เคียงความจริงให้มากที่สุด

สรุป

การออกแบบด้านกลจักรในเรือที่มีระวางขับน้ำประมาณ 185- 220 ตัน ความยาวประมาณ 35-40 เมตร ความเร็วประมาณ 27 นอต จำเป็นต้องพิจารณาปัจจัยหลักที่จะส่งผลกระทบต่อสมรรถนะของเรือ กล่าวคือ หากไม่พิจารณาให้ครบทุกปัจจัยที่กล่าวมาข้างต้น ก็อาจจะทำให้ได้เรือที่ไม่ตรงตามความมุ่งหมาย หรืออาจทำให้ผู้รับจ้างสร้างเรือต้องประสบปัญหา ไม่ว่าจะเป็นเรื่องของการถูกปรับในกรณีที่ต่อเรือไม่เสร็จตามกำหนด หรือกรณีที่เรือไม่สามารถทำความเร็วตามที่ระบุในสัญญา นอกจากนี้ ยังหมายรวมไปถึงการผลิตแบบเพื่ออำนวยความสะดวกในการปฏิบัติงาน การบำรุงรักษาและการซ่อมทำ ที่เป็นรูปแบบสากล สามารถนำแบบที่มีรายละเอียดครบถ้วนสมบูรณ์แล้วไป ติดตั้ง ซ่อมทำอุปกรณ์ รวมถึงสามารถนำไปผลิตเรือลำใหม่ได้ในทันที จึงนับว่าจะส่งผลดีให้กับกองทัพทั้งในปัจจุบันและอนาคต

บรรณานุกรม

กิตติพงษ์ พุ่มสร้าง, นาวาเอก, ทศพร ปราบริปู, นาวาโท และ ณัฐกร สุพัฒนะกรกิจ, เรือเอก. "การจัดวางอุปกรณ์ในเรือแบบ Single Engine Room" วารสารกรมอู่ทหารเรือ. (ฉบับพิเศษ มกราคม 2550), มกราคม 2550. 44 - 56.

คู่มือวิศวกรเครื่องกล. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพฯ, บริษัท เอ็นแอนด์อี จำกัด, 2544.

วริทธิ์ อึ๊งภากรณ์. การออกแบบระบบท่อภายในอาคาร. กรุงเทพ ฯ, โรงพิมพ์บำรุงนุกูลกิจ, 2526.

วีรวัตน์ วงษ์ดนตรี, ศาสตราจารย์ พลเรือตรี. โครงการสร้างเรือตรวจการณ์ใกล้ฝั่งชุดเรือ ต.๙๑. กรุงเทพ ฯ, โรงเรียนนายเรือ, 2541.

วุฒิไกร บูรณ์เจริญ. การส่งลมเย็นในงานปรับอากาศ. กรุงเทพ ฯ, โอเดียนสโตร์, 2547.

ศราวุธ วงศ์เงินยวง, นาวาเอก และ นิพนธ์ มูลสิน, นาวาเอก. "ความต้านทานและกำลังขับเคลื่อนของเรือตรวจการณ์ใกล้ฝั่ง" ใน การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 21. ม.ป.ท., 2550.

American Ship Bureau. ABS, GL 2006, Chapter2, I-Part- 1, Section 4, Main Shafting.

Autodesk Inventor Professional 10 with ANSYS. California, Autodesk Inc, 2005.

Du Cane, Peter High-Speed Small Craft : Structures. Bath, The Pitman Press, 1974.

Gotz, Gerhard, Panke, Carsten and Steinbeck, Karl. Technical Project Guide Marine Application. MTU Friedrichshafen GmbH, 2004.

A Group of Authorities. Marine Engineering. New York, The Society of Naval Architecture and Marine Engineers, 1980.

A Group of Authorities. Ships Design and Construction. New York, The Society of Naval Architecture and Marine Engineers, 1980.

HSVA Report. Report 113/04, Model Test for a 38 m Patrol Ship, HSVA - Model No. 4341. HAMBURGISHE SCHIFFBAU- VERSUCHS, THE HAMBURGE SHIP MODEL BASIN, 2004.

MTU. Technical Project Guide Marine Application Part 1- General : MTU Friedrichshafen GmbH Ship System Technology Commercial D-88040. MTU Friedrichshafen GmbH, 2003.

Spaulding, Ken B and Johnson, Anthony F. Management of Ship Design at the Naval Ship EngineeringCenter, ASE 12 th Annual Technical Symposium. Washington, 1975.

กลุ่มโซลูชั่นและการบริการสำหรับอุตสาหกรรมภูมิใจที่ได้มีส่วน
ในการออกแบบและจัดหาตู้ไฟฟ้าสำหรับเรือตรวจการณ์ใกล้ฝั่งเฉลิมพระเกียรติ

Email : Kitjaw@siemens.com
Tel. : 02-715-4645 Fax : 02-715-4867

SIEMENS

ระบบไฟฟ้าในเรือ ต.991

นาวาเอก วศากร สุนทรนันท
หัวหน้าแผนกออกแบบไฟฟ้าระบบอาวุธและบังคับเรือ
กองออกแบบไฟฟ้า กรมแผนการช่าง กรมอู่ทหารเรือ

บทคัดย่อ

การสร้างเรือที่จะต้องออกแบบทุกอย่างตั้งแต่เริ่มต้น ผู้ออกแบบจะต้องพิจารณาจากข้อกำหนดคุณลักษณะเฉพาะของความต้องการของฝ่ายเสนาธิการ (Staff Requirement-SR) ถึงขีดความสามารถและคุณลักษณะของระบบไฟฟ้าที่ต้องการ นำข้อกำหนดดังกล่าวไปดำเนินการออกแบบตามหลักวิชาการ และมาตรฐานต่าง ๆ ในการต่อเรือ จะทำให้ได้เรือที่มีระบบไฟฟ้าที่ดีสามารถใช้งานได้เต็มประสิทธิภาพ นอกจากนี้ยังมีข้อมูลที่ต้องนำมาใช้ในการออกแบบคือ ภาระต่าง ๆ ของระบบไฟฟ้า ถ้าหากข้อมูลเกี่ยวกับภาระทางไฟฟ้าไม่ชัดเจนก็เป็นการยากที่จะออกแบบระบบไฟฟ้าที่เหมาะสมสำหรับเรือลำนั้น ๆ ได้ เช่น เรืออาจจะได้เครื่องกำเนิดที่มีขนาดเล็กเกินไป หรือการออกแบบระบบไฟสำหรับปืนที่ใช้ไฟแตกต่างจากระบบไฟฟ้าหลักของเรือ เป็นต้น

บทนำ

เมื่อกล่าวถึงเรือหนึ่งลำ จะมีโครงสร้างพื้นฐานที่สำคัญต่อความอยู่รอดของเรือคือ ตัวเรือ กลจักร และไฟฟ้า ทั้งสามส่วนจะต้องได้รับการออกแบบระบบและกำหนดคุณลักษณะของอุปกรณ์ให้สามารถปฏิบัติงานร่วมกันได้เป็นอย่างดี เพื่อให้เรือที่สร้างขึ้นมามี Reliability และ Survivalability ที่ดี ดังตัวอย่างที่เห็นได้ชัดเจนคือ เรือ Titanic ที่ได้รับความเสียหายจากการชนภูเขาน้ำแข็ง[1] และจมลงในเวลาต่อมา ซึ่งจากหลักฐานที่มีอยู่ ปรากฏว่าลักษณะการชนไม่น่าจะทำให้เรือขนาดนี้จมลงได้ ทำให้อู่เรือต้องนำเรือแฝดของเรือ Titanic คือเรือ Olympic เข้าอู่เพื่อปรับปรุงโครงสร้างของเรือให้มีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น และตัวอย่างที่เกิดกับเรือ HMS Sheffield ที่ถูกยิงด้วยอาวุธปล่อย Exocet แล้วเกิดเพลิงไหม้ขึ้น ลำพังความเสียหายที่เกิดจากอาวุธปล่อยไม่สามารถทำให้เรือจมได้ แต่เพลิงที่ไหม้สายไฟฟ้าทำให้เรือจมลงในอีกหลายวันต่อมา นอกจากนี้ยังทำให้ลูกเรือได้รับบาดเจ็บและล้มตายจำนวนมาก[2] จากบทเรียนดังกล่าวข้างต้น ทำให้สถาบันที่เกี่ยวข้องในการต่อเรือได้ศึกษา ค้นคว้าวิจัย และได้กำหนดเป็นมาตรฐานต่าง ๆขึ้นมาเพื่อให้เรือที่สร้างขึ้นมานั้นมีความแข็งแรงปลอดภัยและใช้งานได้ประสิทธิภาพที่ดีขึ้น

กองทัพเรือไทยไม่ต้องรอให้ความเสียหายเกิดขึ้นก่อนแล้วจึงมากำหนดมาตรฐานต่าง ๆ ขึ้นมาใช้ เราสามารถนำแนวทางการปฏิบัติที่ได้ผลดี (Well Proven) มาประยุกต์ใช้กับการออกแบบเรือของเราได้เลย มาตรฐานหลัก ๆ ที่เรารับมาใช้คือ Military Standard ของกองทัพเรือสหรัฐอเมริกา ขณะเดียวกันสำหรับเรือที่ใช้ในการพาณิชย์ก็ได้พัฒนามาตรฐานของตนเองขึ้นมาอยู่ในระดับที่ดี ในปัจจุบันการจัดหาอุปกรณ์ที่จะประหยัดงบประมาณในการสร้างและซ่อมบำรุงเรือ กองทัพเรือสหรัฐอเมริกาได้เลือกอุปกรณ์ที่ยอมรับให้ใช้ภายในเรือสินค้ามาใช้ในเรือรบได้ เพราะว่าอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ได้ตาม Military Standard นั้นมีราคาแพง และหาซื้ออะไหล่ได้ยาก กองทัพเรือไทยเป็นกองทัพที่กะทัดรัดในขนาดของเรือ, ทั้งในเรือจำนวนของเรือ และงบประมาณที่ได้รับ ดังนั้นในการสร้างเรือใหม่จึงจำเป็นที่ต้องคัดเลือกอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูง ในราคาที่เหมาะสม และสามารถใช้งานภายในเรือได้เป็นอย่างดี

ในบทความนี้จะกล่าวถึงระบบไฟฟ้าภายในเรือเท่านั้น และการที่เรือหนึ่งลำจะมีระบบไฟฟ้าที่มีกำลังการผลิตที่เหมาะสม สามารถจ่ายไฟฟ้าที่มีคุณลักษณะที่ดี มีความมั่นคงของกระแสไฟฟ้า และโอกาสที่จะก่อให้เกิดอันตรายต่อกำลังพลประจำเรือน้อยที่สุด จะต้องเริ่มตั้งแต่การวิเคราะห์ภาระของเรือ (Load Analysis) ข้อกำหนดเพื่อให้ได้มาซึ่งอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพที่ดี ในราคาที่เหมาะสม

สิ่งที่สำคัญที่สุดในการทำสิ่งใด ๆ ก็ตาม เป้าหมายที่ชัดเจนจะเป็นตัวกำหนดรูปร่างของงานที่ต้องทำได้ดี สำหรับการออกแบบสร้างเรือลำหนึ่ง ๆ นั้น รูปร่างของงานนั้นถูกกำหนดด้วยคุณลักษณะเฉพาะของความต้องการของฝ่ายเสนาธิการ (Staff Requirement-SR) สำหรับเรือ ต.991 SR ได้กำหนดคุณลักษณะในส่วนของระบบไฟฟ้าส่วนหนึ่งไว้ดังนี้

ระบบไฟฟ้า จะต้องออกแบบให้มี

- แหล่งจ่ายไฟสำรอง สำหรับอุปกรณ์ที่มีความสำคัญ
- การแบ่งวงจรไฟฟ้าออกเป็นวงจรย่อย เป็นส่วน ๆ
- การป้องกันการใช้กระแสไฟเกินแรงเคลื่อนไฟฟ้าตก/เกิน และการลัดวงจรไฟฟ้า
- ระบบสายดินตามมาตรฐาน MIL-STD-1310E และ MIL-STD-1857
- เครื่องกำเนิดไฟฟ้า จำนวน 2 เครื่อง
- คุณสมบัติของกระแสไฟฟ้า AC ทุกระบบให้ใช้เกณฑ์ในมาตรฐาน MIL-STD - 1399
- การกำหนดป้ายชื่อและเครื่องหมายของอุปกรณ์และสายไฟ ตามมาตรฐาน NAVSEA
- การคำนวณภาระ (Load Analysis) ตามมาตรฐาน MIL-STD-2189 (SH) และการคำนวณการลัดวงจรไฟฟ้า (Short - Circuit Evaluation) ตามมาตรฐาน IEC 363
- การเดินสายไฟและสายสัญญาณผ่านผนังกั้นน้ำและออกนอกตัวเรือต้องเดิน

สายผ่าน Multi Cables Transit (MCT) หรือ Cable Gland แบบ Watertight ฯลฯ"[3]

ข้อกำหนดคุณลักษณะเฉพาะความต้องการของฝ่ายเสนาธิการเป็นเหตุให้ กองออกแบบไฟฟ้า กรมแผนการช่าง กรมอู่ทหารเรือ ต้องนำมาดำเนินการต่อ สามารถแบ่งออกเป็นส่วนๆ ได้ดังนี้

1. งานออกแบบระบบไฟฟ้าเรือ

2. งานกำหนดคุณลักษณะของอุปกรณ์ไฟฟ้า

3. งานให้คำแนะนำทางเทคนิคกับหน่วยสร้างเรือ (จะไม่กล่าวถึงในบทความนี้ เนื่องจากเป็นงานที่มีความต้องการเฉพาะหน้าต่อปัญหาที่เกิดขึ้น)

1. งานออกแบบระบบไฟฟ้าเรือ ประกอบด้วยงานหลัก ๆ ดังนี้

1.1 การวิเคราะห์ภาระของเครื่องกำเนิด ไฟฟ้า (Load Analysis) ตามมาตรฐาน MIL-STD-2189 มีรายละเอียดพอสรุปได้ดังนี้

1.1.1 รวบรวมภาระทางไฟฟ้าและคุณลักษณะการใช้พลังงานไฟฟ้าจากหน่วยเทคนิคที่เกี่ยวข้องให้ครบให้หมดเสียก่อน คือ

- ภาระทางไฟฟ้าในส่วนที่กรมสื่อสารทหารเรือรับผิดชอบ เช่น วิทยุสื่อสาร เป็นต้น
- ภาระทางไฟฟ้าในส่วนที่กรมอิเล็กทรอนิกส์รับผิดชอบ เช่น ไยโร เป็นต้น
- ภาระทางไฟฟ้าในส่วนที่กรมอุทกศาสตร์ทหารเรือรับผิดชอบ เช่น GPS เป็นต้น
- ภาระทางไฟฟ้าในส่วนที่กรมสรรพาวุธทหารเรือรับผิดชอบ เช่น ระบบควบคุมการยิง เป็นต้น
- กองออกแบบต่อเรือ กรมแผนการช่าง เช่น กว้านสมอ เป็นต้น
- กองออกแบบกลจักร กรมแผนการช่าง เช่น ระบบควบคุมเครื่องจักร , ระบบปรับอากาศ เป็นต้น

1.1.2 การวิเคราะห์ระบบ เป็นวิธีการที่ใช้ในการกำหนดค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าของเรือภายใต้สภาวะการทำงานต่าง ๆ ของเรือ เช่น Anchor, Shore, Cruising, Functional, และ Emergency ซึ่งความสำคัญจะอยู่ที่ภาระที่ต่ำสุดและสูงสุดของความต้องการทางไฟฟ้า ภาระความต้องการพลังงานไฟฟ้าต่ำสุดนั้นมีความสำคัญคือ เพื่อป้องกันการเลือกใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีขนาดใหญ่เกินไป โดยที่การเลือกใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีขนาดใหญ่เกินไปจะทำให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้า รับภาระน้อยที่ความต้องการพลังงานไฟฟ้าต่ำสุด เมื่อการใช้งานเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ในสภาวะเช่นนี้ เป็นระยะเวลานาน จะทำให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเกิดการชำรุดอย่างรวดเร็ว

1.1.3 การกำหนดค่าตัวคูณภาระโดยทั่วไป (Typical Operating Load Factors) จะแสดงไว้ในตารางที่ 1 ตัวคูณภาระเหล่านี้สามารถนำมาใช้ในการกำหนดตัวคูณภาระของเรือที่จะออกแบบสร้างได้ และมีประโยชน์ในการกำหนดอัตราส่วนระหว่างภาระที่ต่ออยู่ทั้งหมดกับภาระที่ใช้งานในสภาวะต่าง ๆ ตัวเลขในตารางที่ 1 นั้นเป็นตัวชี้นำเท่านั้นถ้าหากมีสถานการณ์ที่จะต้องมีการปรับแก้เพื่อให้ได้ภาระใกล้เคียงกับ

ความเป็นจริงที่สุด ผู้ออกแบบสามารถปรับเปลี่ยนได้ตามความจำเป็น การคำนวณสามารถกระทำได้ดังนี้

- ภาระที่ต่ออยู่ในระบบนำขนาดเป็นกำลังไฟฟ้าซึ่งมีหน่วยเป็นวัตต์มาคิด คูณด้วยตัวคูณของแต่ละตัวคูณภาระในแต่ละสภาวะการปฏิบัติงานของเรือคือ Anchor, Cruising, Functional, และ Emergency ผลคูณที่ได้นั้นจะนำมาซึ่งความต้องการพลังงานไฟฟ้าของแต่ละภาระในสภาวะการทำงานของเรือนั้นๆ

- ภาระโดยรวมของแต่ละสภาวะการทำงานของเรือนั้นสามารถหาได้โดยการรวมความต้องการไฟฟ้าของแต่ละอุปกรณ์ของสภาวะการทำงานของเรือนั้น ๆ

1.1.4 ระบบควบคุมเรือฉุกเฉิน ควรจะประกอบไปด้วยภาระทางไฟฟ้าดังต่อไปนี้

- ระบบหางเสือ
- ระบบขับเคลื่อนเฉพาะที่จำเป็นในการใช้งานระบบขับเคลื่อนเท่านั้น ซึ่งรวมไปถึงอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ในการติดเครื่อง เช่น พัดน้ำมันหล่อ พัดน้ำมันเชื้อเพลิงใช้งาน พัดลมระบายอากาศ เป็นต้น
- พัดลมระบายอากาศในห้องเครื่องจักรที่ใช้เครื่องหมายวงกลม W
- ระบบไฟฟ้าแสงสว่างฉุกเฉิน
- ระบบสื่อสารฉุกเฉิน
- เรดาร์พื้นน้ำ
- พัดน้ำดับเพลิง (Fire Pumps)
- ระบบสื่อสารภายใน
- ระบบในการเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าฉุกเฉิน

ตารางที่ 1 ตัวอย่างพิกัดของ Load Factor ในสภาวะต่างๆ ของเรือ ตามมาตรฐาน MIL-STD-2189

Description	Anchor	Shore	Cruising	Functional	Emergency
ESWBS Group 2-Propulsion Plant					
General					
Auxiliary Seawater Circulating Pump	0.3	0.3	0.6	0.6	0
Blow in door heater, gas turbine	0	0	0.9	0.9	0
Cpch propulsion hydraulic oil heater	0.3	0.3	0.3	0.3	0

Description	Anchor	Shore	Cruising	Functional	Emergency
ESWBS Group 2-Propulsion Plant					
General					
Cpch propulsion hydraulic oil pump	0	0	0.9	0.9	0
Cpch propulsion hydraulic oil purifier heater	0.1	0	0.1	0	0
Cpp. propulsion hydraulic oil purifier	0.3	0	0.3	0.3	0
Electric propulsion equipment space heaters	0.9	0.9	0	0	0
Electric propulsion exciter	0	0	0.9	0.9	0
Emergency feed booster and transfer pump	0	0	0	0	0
Fuel service pump	0.4	0.1	0.9	0.9	0
Inlet louver heater, gas turbine	0	0	0.9	0.9	0
Lighting off forced draft blower	0.1	0	0	0	0
Lube oil purifier	0.3	0	0.3	0.3	0
Main circulating MO valve	0	0	0	0	0
Main circulating pump	0	0	0.9	0.9	0
Main condensate pump	0	0	0.9	0.9	0
Main Engine cooling fan, gas turbine	0	0	0.9	0.9	0
Main engine prelube pump	0	0	0	0	0
Main feed booster pump	0.1	0	0.9	0.9	0.5
Main turbine gland exhaust	0	0	0.9	0.9	0

หมายเหตุ คำจำกัดความของแต่ละช่อง

- Anchor คือสภาวะที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าภายในเรือจะต้องรับภาระในขณะที่เรือทอดสมอ

- Shore คือสภาวะที่พลังงานไฟฟ้าที่จะต้องรับจากบกสำหรับภาระที่ใช้งานในขณะที่เรือเทียบท่า

- Cruising คือสภาวะที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าภายในเรือจะต้องจ่ายพลังงานไฟฟ้าขณะที่เรือเดินทางที่ความเร็วเดินทาง รวมไปถึงพลังงานไฟฟ้าสำหรับการทดสอบระบบอาวุธด้วย

- Functional คือสภาวะที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าภายในเรือจะต้องจ่ายพลังงานไฟฟ้าขณะที่เรือปฏิบัติภารกิจตามที่ได้

ออกแบบไว้ เช่น การรบสำหรับเรือพิฆาต และเรือฟริเกต การปฏิบัติการทางอากาศสำหรับเรือบรรทุกเครื่องบิน เป็นต้น

- Emergency คือสภาวะที่จะต้องจ่ายพลังงานไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าฉุกเฉินเนื่องจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหลักไม่สามารถใช้ราชการได้ ซึ่งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าฉุกเฉินจะต้องรับภาระดังต่อไปนี้ได้

ก. เรือรบผิวน้ำ - ระบบควบคุมเรือฉุกเฉินและระบบอาวุธบางชนิด

ข. เรือบรรทุกเครื่องบิน - ระบบควบคุมเครื่องฉุกเฉินและระบบอาวุธบางชนิดหรือการปฏิบัติการทางอากาศบางอย่าง

ค. เรือยกพลขึ้นบก - ระบบควบคุมเรือฉุกเฉินและการระบายพลแบบจำกัด

ง. เรือช่วยรบ - ระบบควบคุมเรือฉุกเฉินและระบบอาวุธบางชนิด

จ. เรือกวาดทุ่นระเบิดและเรือตรวจการณ์ - ระบบควบคุมเรือฉุกเฉิน

ฉ. เรือสนับสนุน - ไฟเรือเดินและระบบสื่อสารเท่านั้น

ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ภาระทางไฟฟ้าของเรือ ต.991 ทำให้ได้เครื่องไฟฟ้าที่มีขนาดไม่น้อยกว่า 123 kW แต่เนื่องจากเครื่องไฟฟ้าขนาดดังกล่าวไม่มีการผลิต ทำให้ต้องเลือกเครื่องไฟฟ้าขนาดถัดไปคือ 140 kW

1.2 การจัดวางอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ ภายในเรือ (Electrical General Arrangement) เนื่องจากภาระทางไฟฟ้าของเรือทั้งหมดจะต้องกระจัดกระจายอยู่ทั่วลำเรือตามความต้องการใช้งานของแต่ละระบบ กองออกแบบ ไฟฟ้า กรมแผนการช่าง กรมอู่ทหารเรือ มีหน้าที่รวบรวม จัดกลุ่มภาระทางไฟฟ้า มีการกำหนดระบบไฟแสงสว่าง/ไฟกำลัง หรือการกำหนดโดยการแบ่งพื้นที่ โดยอาจจะแบ่งเป็นภาคหัว ภาคกลาง ภาคท้าย เป็นต้น

1.3 การออกแบบการแจกจ่ายพลังงานไฟฟ้า (Power Distribution Design) ในเรือ ต.991 กำลังงานไฟฟ้าสำหรับภาระแสงสว่าง และภาระกำลังต่าง ๆ ภายในเรือจะจ่ายจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Ship Service) เข้าสู่แผงสวิทช์บอร์ดหลักแล้วจึงจ่ายกำลังไฟฟ้าออกไปดังนี้

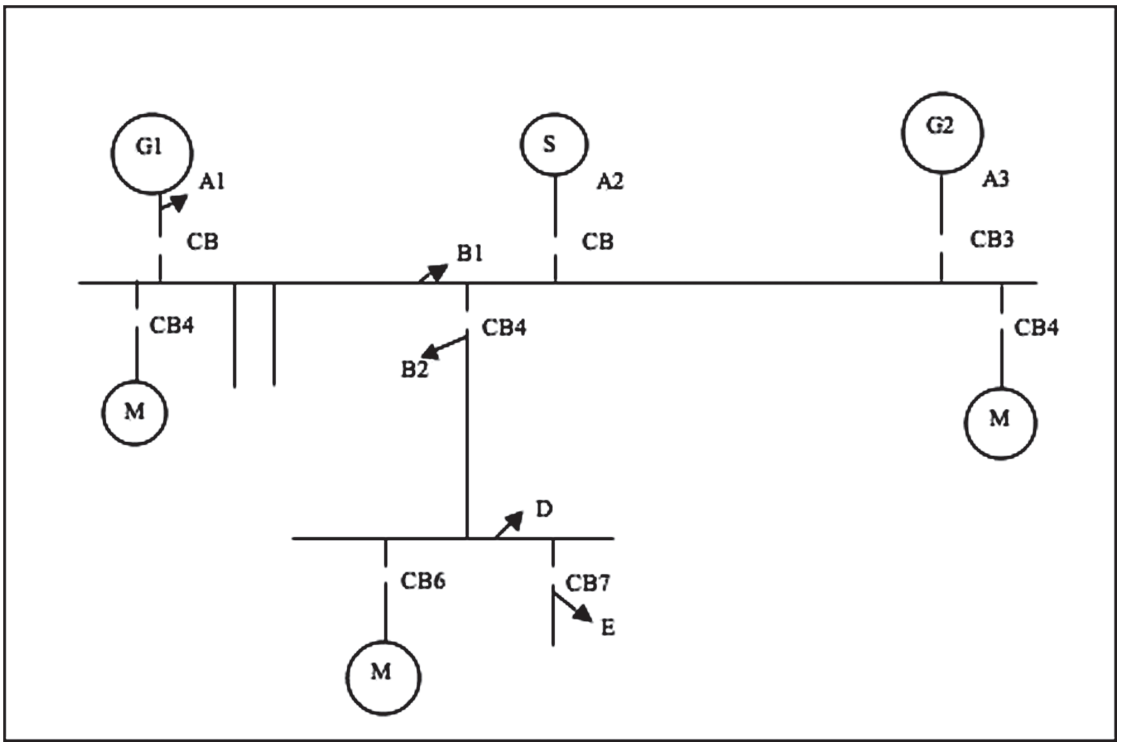
1.3.1 เข้าวงจรย่อยสำหรับวงจรควบคุมและมอเตอร์ (Individual Controller or Motor)

1.3.2 สวิทช์บอร์ดศูนย์กลางโหลด (Load-Center Switchboard) ติดตั้งอยู่บริเวณศูนย์กลางของโหลดทางไฟฟ้าต่าง ๆ การติดตั้งสวิทช์บอร์ดศูนย์กลางโหลด (Load-Center Switchboard) ดังกล่าวจะประหยัดกว่าการเดินสายไฟป้อน (Feeder) ที่ยาวมาก ๆ ไปตามส่วนต่างๆ ของเรือ และไปเข้าแผงดังต่อไปนี้

- เข้าแผงย่อยไฟกำลัง (Power Distribution Panel) หรือแผงย่อย (Panel Board) จากนั้นจึงจ่ายไปยังวงจรย่อยสำหรับวงจรควบคุม และมอเตอร์

- เข้าวงจรย่อยไฟแสงสว่าง (Lighting Branch Circuit)

1.4 การคำนวณการลัดวงจรไฟฟ้า (Short - Circuit Evaluation) ตามมาตรฐาน IEC 363 รูปที่ 1 แสดงจุดสำคัญ ๆ ที่ต้องสมมุติว่าลัดวงจร แล้วจึงทำการคำนวณปริมาณกระแสสูงสุดที่จะเกิดกับ Circuit Breaker ข้างเคียงขณะมีการลัดวงจรไฟฟ้า



รูปที่ 1 แสดงจุดที่ต้องทำการคำนวณการลัดวงจรไฟฟ้าตามมาตรฐาน IEC 363

<u>ตัวอย่างการคำนวณ</u> เมื่อมีการลัดวงจร ณ จุด B2

กระแสไฟฟ้าลัดวงจรจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาด 140 kW นั้นมีขนาดพิกัดกระแสไฟฟ้าอยู่ที่ 252 แอมแปร์ เมื่อเกิดการลัดวงจรที่จุด B2 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะสามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าได้ถึง 1,400 แอมแปร์ และกระแสไฟจากมอเตอร์ที่กำลังปฏิบัติงานอยู่จะสามารถจ่ายไฟในช่วงสั้น ๆ ได้ประมาณ 30 แอมแปร์ การกำหนดคุณลักษณะของ Circuit Breaker CB4 จึงต้องนำกระแสไฟที่เครื่องกำเนิดทั้งสอง (คิดจากสภาพการที่เลวร้ายที่สุดคือการเกิดการลัดวงจรขณะที่เดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสองเครื่อง) สามารถจ่ายได้มารวมกันบวกกับกระแสไฟฟ้าที่ได้จากมอเตอร์มีค่าเท่ากับ 2,830 แอมแปร์ ดังนั้นค่าที่ได้จะเป็นตัวกำหนดคุณลักษณะ Breaking Capacity ของ Circuit Breaker CB4 ว่าจะต้องสามารถกระทำได้ไม่น้อยกว่า 2.83 kA หรือเราสามารถเลือกใช้ขนาด 5 kA ได้

1.5 การคำนวณแรงดันตกในสายไฟ ณ จุดที่อุปกรณ์ไฟฟ้าติดตั้งอยู่ หลังจากการจัดตำแหน่งของอุปกรณ์ต่างๆ ภายในเรือแล้ว ทำให้สามารถประมาณการเดินสายไฟฟ้าภายในเรือได้ องค์ประกอบที่สำคัญในการคำนวณแรงดันตกในสาย มีดังนี้

- ขนาดของภาระไฟฟ้าต่าง ๆ
- ความยาวสายไฟจากเครื่องกำเนิดถึงอุปกรณ์ไฟฟ้านั้น ๆ
- ข้อมูลสายไฟฟ้า
- มาตรฐานข้อกำหนดแรงดันไฟฟ้าตกในสายไฟที่ยอมรับได้ เช่น ตามมาตรฐาน IEEE std. 45 กำหนดไว้ว่า แรงดันไฟฟ้าตกในสายจากแผงสวิทช์บอร์ดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าถึงอุปกรณ์ไฟแสงสว่างที่ไกลที่สุด ต้องไม่เกิน 3 %[4] นอกจากนี้ยังมีมาตรฐานของกรมอู่ทหารเรือ[5] ได้กำหนดแรงดันไฟตกไว้ดังแสดงในตารางที่ [2] (คัดมาเป็นส่วนหนึ่งเท่านั้น)

ตารางที่ 2 ข้อกำหนดแรงดันไฟฟ้าตกในสายสูงสุดที่ยอมรับได้ตามมาตรฐานของ อร.

ลำดับ	ประเภทการใช้งาน	แรงดันไฟฟ้าสูงสุด (%)
1	สายไฟจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหลักไปยังตู้จ่ายไฟหลัก (SHIP SERVICE BUS TIE)	2.0
2	สายไฟจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรองไปยังตู้จ่ายไฟสำรอง SHIP SERVICE TO EMERGENCY BUS TIE)	2.0
3	สายไฟจากตู้จ่ายไฟหลักไปยังตู้จ่ายไฟย่อย (LOAD CENTER BUS FEEDERS)	2.0
4	สายไฟบก (SHORE POWER FEEDERS)	2.0
5	สายไฟจากตู้จ่ายไฟไปยังอุปกรณ์ (SHIP SERVICE OR EMERGENCY SWITCHBOARD) ดังต่อไปนี้	
	5.1 อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ อุปกรณ์สื่อสารภายใน อุปกรณ์ควบคุมอาวุธ และอุปกรณ์ควบคุมแรงดัน (TERMINAL OF ELECTRONIC INTERIOR COMMUNICATION, WEAPONS CONTROL EQUIPMENT AND INPUT LINE TERMINALS OF LINE VOLTAGE REGULATORS)	6.0
	ยกเว้น หม้อแปลงไฟฟ้าที่สามารถปรับแต่งแรงดันได้ (TRANSFORMER REGULATION)	
	5.2 อุปกรณ์ไฟฟ้ากำลัง (TERMINALS OF POWER EQUIPMENT)	6.0
	ยกเว้น ก. หม้อแปลงไฟฟ้าที่สามารถปรับแต่งแรงดันได้ (TRANSFORMER REGULATION)	
	ข. ภายใต้สภาวะการเริ่มเดินเครื่องต้องไม่เกิน 12%	

สำหรับวงจรที่มีการต่อ ๆ กันไปหลายช่วง เช่น ไฟแสงสว่างห้องสะพานเดินเรือ ที่ต้องรับไฟจาก Junction Box - Switch - Lighting Panel - Load Center - Main Switchboard การคำนวณแรงดันตกในสายไฟฟ้าจะต้องมีการนำแรงเคลื่อนตกของสายไฟฟ้าในแต่ละช่วงมารวมกัน เป็นแรงเคลื่อนตกในสาย การคำนวณไม่สามารถแยกคำนวณจากแผงสวิทช์ไฟหลักถึงอุปกรณ์ปลายทางนั้นได้ เช่น หลอดไฟในห้องสะพานเดินเรือที่ทำให้แรงดันไฟฟ้าตกจาก Main Switchboard ถึง Load Center ประมาณ 0.005 โวลท์ แต่ภาระอื่น ๆ ของ Load Center ดังกล่าว ทำให้แรงดันไฟฟ้าตกระหว่าง Main Switchboard ถึง Load Center ประมาณ 0.1 โวลท์ ดังนั้นแรงดันไฟฟ้าตกในช่วงนี้ที่จะนำไปรวมกับช่วงอื่น ๆ ของการหาแรงดันไฟฟ้าตกของหลอดไฟจะเท่ากับ 0.105 โวลท์ เป็นต้น

การคำนวณแรงดันไฟตกจะต้องทำกับอุปกรณ์ทุกชนิด เพื่อป้องกันสายไฟไม่ให้รับภาระหนักเกินไป และอุปกรณ์นั้น ๆ ได้พลังงานไฟฟ้าที่มีคุณลักษณะที่ดี การแก้ปัญหาเรื่องแรงดันไฟฟ้าตกเกินมาตรฐานสามารถกระทำได้ง่าย ๆ ด้วยการเพิ่มขนาดของสายไฟฟ้า หรือหาทางเดินสายไฟฟ้าให้สั้นลง หรือถ้าเป็นไปได้ให้ลดขนาดของภาระลง

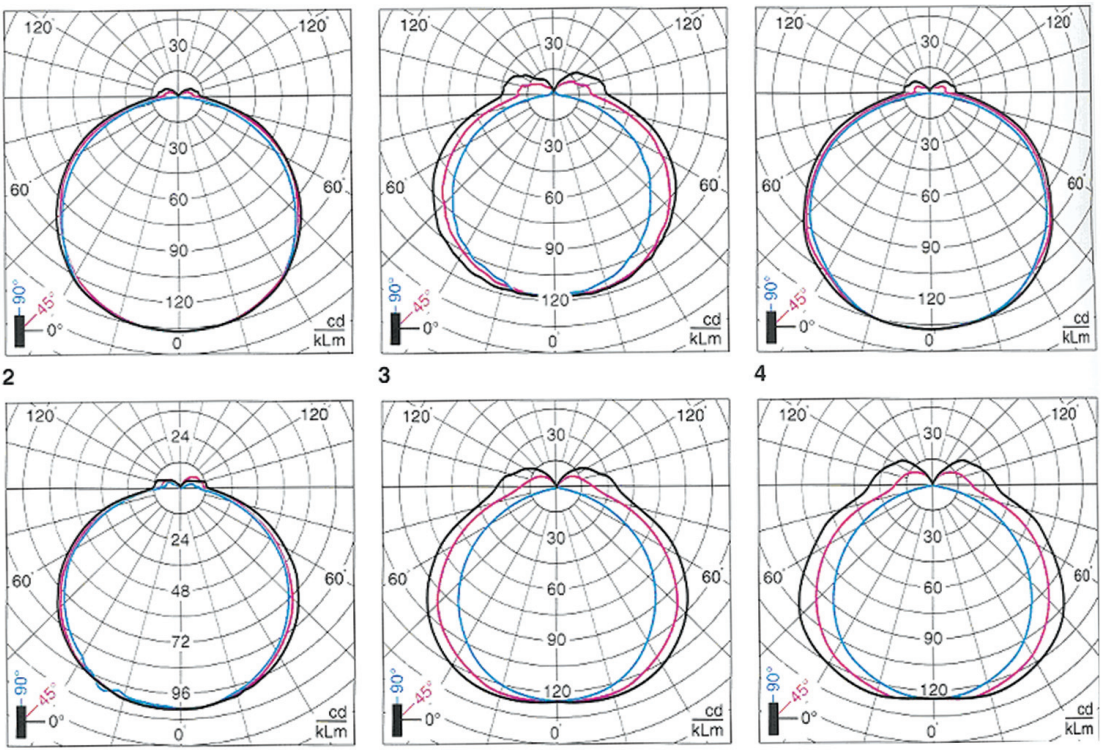
1.6 การคำนวณไฟฟ้าแสงสว่างในสถานที่ต่าง ๆ ตามคู่มือ DOD-HDBK-289

การใช้งานสถานที่ต่าง ๆ ภายในเรือย่อมแตกต่างกันไปตามลักษณะของงานที่ต้องกระทำ และในงานที่ต้องกระทำนั้น ๆ ก็ต้องการแสงสว่างที่เหมาะสม สำหรับการออกแบบระบบไฟฟ้าแสงสว่างของเรือ ต.991 นั้นสามารถใช้ระดับความเข้มแสงที่กำหนดไว้ในคู่มือ DOD - HDBK - 289 ได้ เนื่องจากว่าระดับความเข้มที่กำหนดไว้ในคู่มือนี้ได้รับการวิเคราะห์เป็นอย่างดีแล้วว่ามีความเหมาะสมในการดำเนินกิจกรรมตามที่ระบุในห้องนั้น ตัวอย่างในตารางที่ 3 เป็นข้อกำหนดระดับความเข้มแสงต่ำสุดตามคู่มือ DOD - HDBK - 289

ตารางที่ 3 ระดับความเข้มแสงต่ำสุดภายในห้องต่าง ๆ ที่ยอมรับได้

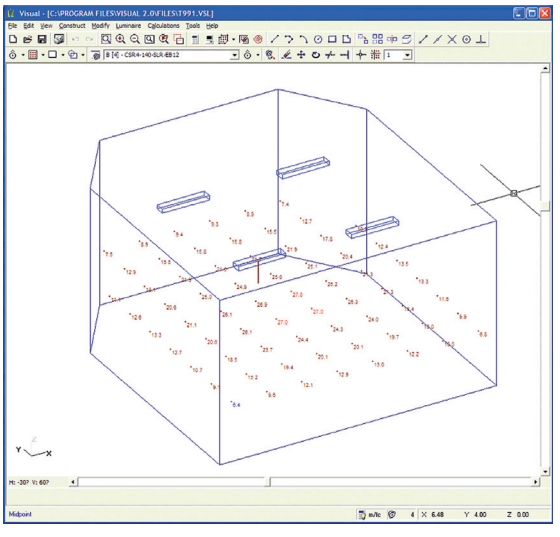
ห้อง	ระดับความเข้มแสง (Footcandle)
Hangar and air control and associated spaces	14
Machinery control and operation station	21
Medical and dental spaces	28
Offices	28
Workshops	28
Shower area	3
Pilot house	7

การคำนวณแสงสว่างตามคู่มือ DOD-HDBK-289 นั้นมีรายละเอียดการคำนวณที่ชัดเจน มีสูตรในการคำนวณพร้อม แต่การดำเนินการคำนวณนั้นจะต้องมีข้อมูลการส่องสว่างของหลอดไฟเสียก่อนดังตัวอย่างในรูปที่ 2



รูปที่ 2 แสดงคุณลักษณะของความเข้มแสงที่ปล่อยออกจากโคมไฟต่างชนิดกัน[6] ซึ่งจะเป็นข้อมูลสำคัญในการคำนวณปริมาณแสงสว่างในห้อง

หลังจากได้ข้อมูลแล้วจึงทำการคำนวณปริมาณแสงสว่างตามคู่มือ ในปัจจุบันมีเครื่องมือที่สามารถจะ Download มาใช้งานได้เช่น โปรแกรมประยุกต์ Visual ดังรูปที่ 3 ซึ่งมีระยะเวลาให้ทดลองใช้งานได้ 30 วัน สามารถนำมาช่วยในการคำนวณปริมาณแสงสว่างในห้องต่าง ๆ ได้



รูปที่ 3 โปรแกรมประยุกต์ Visual คำนวณปริมาณแสงสว่างในห้องสะพานเดินเรือ ต.991

2. งานกำหนดคุณลักษณะของอุปกรณ์ไฟฟ้าตามความต้องการของฝ่ายเสนาธิการ (SR) กำหนดระบบไฟฟ้าหลักเป็นไฟ 380 VAC 50 Hz Three-Phase, Three-Wire แบบ Ungrounded Star Point และ All-Pole Insulated และได้แปลงเป็นไฟระบบต่างๆ ตามความต้องการในการใช้งาน ดังนั้นการกำหนดคุณลักษณะของอุปกรณ์ไฟฟ้าในแต่ละรายการที่สำคัญมีดังนี้

2.1 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเรือ ต.991

เป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบ 380 50 Hz Three-Phase Self-Excited ชนิด Brushless Synchronous โดยมี Built - in Rectifiers และมีคุณลักษณะเพิ่มเติมคือ มีฉนวนอย่างต่ำ Class F มี Degree of Protection ไม่ต่ำกว่า IP 44 เป็นแบบ Double Bearing มีขนาดเล็ก และน้ำหนักเบา

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีขนาดเท่ากัน จำนวน 2 เครื่อง แต่ละเครื่องสามารถรับภาระในสภาวะปฏิบัติการรบได้ เครื่องที่เหลืออยู่อีกหนึ่งเครื่องจะทำหน้าที่เตรียมพร้อม (Stand-By) และสามารถใช้งานได้ทันทีหากมีความจำเป็น การเริ่มเดิน การขนานเครื่อง การเฉลี่ยภาระเป็นแบบอัตโนมัติ (Auto Start, Auto Synchronize and Auto Load Sharing) สามารถปลดการขนานเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรองและดับเครื่องโดยอัตโนมัติ และสามารถเดินขนานกับไฟบก (Shore Supply) ได้ทุกเครื่องในช่วงการเปลี่ยนจากไฟเรือเป็นไฟบกหรือจากไฟบกเป็นไฟเรือ ตลอดจนสามารถกำหนดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเครื่องใด เครื่องหนึ่งเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหลักและเครื่องกำเนิดไฟฟ้ารองได้ (Pre-Selected Facility)

2.2 Navigation Light

เป็นผลิตภัณฑ์ที่เป็นแบบ Marine Type มีคุณลักษณะถูกต้องตามพระราชบัญญัติป้องกันเรือโดนกัน พ.ศ.2522 และที่แก้ไขเพิ่มเติม มีรายละเอียดดังนี้

2.2.1 โคมไฟข้างเรือ (Side Light) จำนวน 2 รายการ

- ไฟเรือเดินกราบขวา (Starboard Light) จำนวน 1 ชุด แสงส่องสว่างภายในบังคับมุม 112.5 องศา ในทางระดับและระยะมองเห็นแสงไฟได้ไกลไม่น้อยกว่า 2 ไมล์ทะเล

- ไฟเรือเดินกราบซ้าย (Port Light) จำนวน 1 ชุด แสงส่องสว่างภายในบังคับมุม 112.5 องศา ในทางระดับและระยะมองเห็นแสงไฟได้ไกล ไม่น้อยกว่า 2 ไมล์ทะเล

2.2.2 โคมไฟเสากระโดง (Masthead Light) จำนวน 1 ชุด แสงส่องสว่างภายในมุมบังคับ 225 องศา ในทางระดับและระยะมองเห็นแสงไฟได้ไกลไม่น้อยกว่า 5 ไมล์ทะเล

2.2.3 โคมไฟพ่วงจูง (Towing Light) จำนวน 1 ชุด แสงส่องสว่างภายในบังคับมุม 135 องศา ในทางระดับและระยะมองเห็นแสงไฟได้ไกลไม่น้อยกว่า 2 ไมล์ทะเล

2.2.4 โคมไฟท้ายเรือ (Stern Light) จำนวน 1 ชุด แสงส่องสว่างภายใน

บังคับมุม 135 องศา ในทางระดับและระยะมองเห็นแสงไฟได้ไกลไม่น้อยกว่า 2 ไมล์ทะเล

2.2.5 โคมไฟเรือทอดสมอ (Anchor Light) จำนวน 3 ชุด แสงส่องสว่างภายในมุมบังคับ 360 องศา ในทางระดับและระยะมองเห็นแสงไฟได้ไกล ไม่น้อยกว่า 2 ไมล์ทะเล

2.2.6 โคม Aircraft Warning Light ใช้ดวงโคมไฟสัญญาณ (Allround Signaling Light) มองเห็นได้รอบทิศ จำนวน 1 ชุด แสงส่องสว่างมองเห็นได้รอบตัวมุม 360 องศา ในทางระดับและระยะมองเห็นแสงไฟได้ไกล ไม่น้อยกว่า 3 ไมล์ ทะเล

2.2.7 โคม Not Under Command Light จำนวน 2 ชุด แสงส่องสว่างภายในมุมบังคับ 360 องศา ในทางระดับและระยะมองเห็นแสงไฟได้ไกล ไม่น้อยกว่า 5 ไมล์ ทะเล

2.2.8 โคม Not Under Command Light และ Ship Task Light จำนวน 4 ชุด แสงส่องสว่างภายในบังคับมุมของดวงโคม Not Under Command Light ชั้นบน มองเห็นได้รอบตัว มุม 360 องศา ดวงโคม Ship Task Light ชั้นล่าง ภายในบังคับมุม 225 องศา และระยะมองเห็นได้ไกลไม่น้อยกว่า 5 ไมล์ทะเล

2.2.9 แผงควบคุมไฟเรือเดิน (Navigation Light Control Panels) ประกอบสำเร็จรูปทำด้วยวัสดุที่ไม่เป็นสนิมเหมาะสำหรับติดตั้งบนคอนโซล (Console) ด้านหน้าประกอบด้วยสวิทช์ช่องใส่ฟิวส์ และหลอดไฟแสดงตำแหน่งบนแผนผังไฟเรือเดิน ขนาดไม่เกิน 220 x 330 มม. จำนวน 1 ชุด

2.3 Transformer

Transformer ที่จ่ายภาระให้กับอุปกรณ์ต่าง ๆ ภายในเรือ รับระบบไฟฟ้าจากตู้เมนแผงสวิทช์บอร์ด 380 VDC 3 Phase 50 Hz จ่ายไปยังตู้หรือแผงจ่ายไฟฟ้าย่อยต่าง ๆ โดยแปลงแรงดันไฟฟ้า เป็น 220 VAC 3 Phase 50 Hz หรือ 115 VAC 3 Phase 50 Hz โดยมีฉนวนขั้นต่ำ Class F เป็นแบบ Marine Type จำนวนและขนาดของกำลังไฟฟ้าเพียงพอต่อการใช้งาน มีมาตรฐานการป้องกันไม่น้อยกว่า IP 23 ยกเว้นที่ติดตั้งในบริเวณอับชื้นมีมาตรฐานการป้องกันไม่น้อยกว่า IP 44 โดยจ่ายให้ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ระบบไฟฟ้ากำลัง ระบบไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ ระบบไฟฟ้าสื่อสาร

การกำหนดขนาดของหม้อแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้า (มีหน่วยเป็น KVA) สำหรับภาระแต่ละประเภทให้พิจารณาดังนี้

ก. หม้อแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ใช้กับระบบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ไม่กำหนดจำนวนของเฟส แต่ต้องมีขนาด 100 % ของภาระที่ต่อใช้งานอยู่

ข. หม้อแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ใช้กับระบบควบคุมการยิง (ในแต่ละอุปกรณ์) ไม่กำหนดจำนวนเฟส แต่ต้องมีขนาด 100 % ของภาระที่ต่อใช้งานอยู่

ค. หม้อแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ใช้กับปืน (แต่ละแท่น) ไม่กำหนดจำนวนเฟส แต่ต้องมีขนาด 100 % ของภาระที่ต่อใช้งานอยู่

ง. หม้อแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ใช้กับระบบอุปกรณ์ เครื่องจักรช่วย และแผงสวิทช์บอร์ดเป็นแบบ 3 เฟส และต้องมีขนาด 125 % ของภาระที่ต่อใช้งานอยู่

จ. หม้อแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ใช้กับระบบอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่เป็น 1 เฟส (Single Phase) เป็นแบบ 1 เฟส และต้องมีขนาด 100 % ของภาระที่ต่อใช้งานอยู่

ฉ. หม้อแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ใช้กับระบบไฟฟ้าแสงสว่างระบบไฟฟ้าฉุกเฉินและระบบไฟสำหรับปลั๊ก (Ship Service Plug) ต่าง ๆ เป็นแบบ 3 เฟส และต้องมีขนาด 115 % ของภาระที่ต่อใช้งานอยู่

ช. หม้อแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้า ที่ใช้กับระบบขับเคลื่อนระบบเกียร์รวม แผงสวิทช์บอร์ดเป็นแบบ 1 เฟส และต้องมีขนาด 125 % ของภาระที่ต่อใช้งานอยู่

2.4 Battery

แบตเตอรี่ที่ใช้ในเรือจะต้องถูกออกแบบให้มีความคงทนต่อสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ในเรือ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง สภาพที่เกิดจากอาการโคลงของเรือ ทั้งทางข้าง และทางยาว สามารถใช้งานได้เป็นปกติถึงแม้เรือจะมีอาการโคลงถึง 30 องศา นอกจากนี้ต้องทนทานต่อการสั่นสะเทือนและสภาพบรรยากาศที่มีความชื้นและความเค็มสูง สำหรับแบตเตอรี่ที่ใช้ในเรือ ต.991 แบ่งได้เป็น 4 ระบบ

1. Battery 12 VDC 165 Ah จำนวน 4 ลูก โดยนำมาต่อพ่วงกันเพื่อให้ได้ไฟ 24 VDC 330 Ah เพื่อจ่ายให้กับระบบไฟเรือเดิน ระบบไฟฟ้าฉุกเฉิน ระบบสื่อสารภายนอก และ ระบบประกาศคำสั่ง

2. Battery 12 VDC 200 Ah จำนวน 2 ลูก โดยนำมาต่อพ่วงกันเพื่อให้ได้ไฟ 24 VDC 200 Ah เพื่อจ่ายให้กับระบบควบคุมเครื่องจักรใหญ่

3. Battery 12 VDC 165 Ah จำนวน 2 ลูก โดยนำมาต่อพ่วงกันเพื่อให้ได้ไฟ 24 VDC 330 Ah เพื่อจ่ายให้กับระบบป้องกันความเสียหาย ระบบสั่งจักร ระบบบังคับเรือ และระบบควบคุม Main Switchboard

4. Battery 12 VDC 200 Ah จำนวน 4 ลูก โดยแบ่งเป็น 2 ชุด แต่ละชุดจะจ่ายไฟ 24 VDC 200 Ah เพื่อจ่ายไฟให้กับระบบเริ่มเดินเครื่องไฟฟ้า

2.5 Main Switchboard

ความสามารถควบคุมระบบการทำงานของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าดังนี้

- สามารถเดินเครื่อง ขนานเครื่องจ่ายไฟ และ เฉลี่ยภาระโดยอัตโนมัติ (Auto Start, Synchronizing and Load Sharing)

- เมื่อเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหลักเกิดขัดข้องไม่สามารถจ่ายไฟ เครื่องไฟฟ้าสำรองจะต้องเดินเครื่องและจ่ายไฟ แบบอัตโนมัติ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าหลักจะต้องดับโดยอัตโนมัติ

- เมื่อเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหลักจ่ายไฟถึง 85 % ของขนาดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยเมื่อหน่วงเวลา 30 วินาทีแล้ว การจ่ายไฟยังคงเท่าเดิม เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรองจะต้องเดินเครื่อง ขนานเครื่อง และเฉลี่ยภาระอย่างอัตโนมัติตามลำดับ

- ถ้าเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่เดินขนานกันจ่ายไฟลดลงถึง 35 % ของขนาดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยเมื่อหน่วงเวลา 30 วินาที

แล้วการจ่ายไฟยังคงเท่าเดิม เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรองจะต้องถูกปลดและดับเครื่องโดยอัตโนมัติ

- สามารถ Synchronizing ระหว่างไฟบก (Shore Supply) กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าได้ทั้งสองเครื่อง แบบกึ่งอัตโนมัติ โดยเมื่อ Synchronizing แล้ว 5 วินาที ระบบจะปลดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและดับเครื่องโดยอัตโนมัติ ในกรณีที่ต่อไฟบก หรือ ปลดไฟบกโดยอัตโนมัติในกรณีที่จะกลับมาใช้ไฟเรือ

Main Switchboard ประกอบด้วยจำนวนแผงไฟย่อยอย่างน้อย ดังนี้

1. Generator Panels
   จำนวน 2 ชุด
2. Shore Connection Panel
   จำนวน 1 ชุด
3. Synchronizing Panel
   จำนวน 1 ชุด
4. Interconnection Breaker Panel
   จำนวน 1 ชุด
5. Consumer Breaker Panels
   จำนวน 2 ชุด

สรุป

ระบบไฟฟ้าเป็นระบบที่มีความสำคัญเป็นหนึ่งในสามของระบบหลัก ๆ ของเรือ เป็นระบบที่ทำให้เครื่องจักร อุปกรณ์ ที่อำนวยความสะดวกให้กับกำลังพลประจำเรือทำงานได้ตามที่ออกแบบไว้ ทำให้ทหารประจำเรือมีความสุขกาย สบายใจ ไม่ว่าจะลุก นั่ง นอน รับประทานอาหาร ฯลฯ ดังนั้นการออกแบบและกำหนดคุณลักษณะของระบบไฟฟ้าของเรือนอกจากจะต้องให้ถูกต้องตามหลักวิชาการและมาตรฐานต่าง ๆ แล้ว ยังจะต้องถูกใจผู้ใช้งานอีกด้วย กองออกแบบไฟฟ้า กรมแผนการช่าง กรมอู่ทหารเรือ ได้พัฒนาถึงความต้องการของฝ่ายต่าง ๆ เพื่อให้ได้ระบบไฟฟ้าที่ดีที่สุดสำหรับเรือที่มีคุณค่าที่สุดทั้งทางด้านจิตใจและสมรรถภาพของ เรือ ต.991

เอกสารอ้างอิง

[1] http://en.wikipedia.org/wiki/Titanic

[2] http://en.wikipedia.org/wiki/HMS_Sheffield_%28D80%29

[3] คุณลักษณะเฉพาะตามความต้องการของฝ่ายเสนาธิการ (SR) ของเรือตรวจการณ์ใกล้ฝั่ง ชุดเรือ ต.991. กองทัพเรือ, 2004.

[4] IEEE std.45-1998 IEEE Recommended Practice for Electric Installations on Shipboard. The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc., 16 September 1998.

[5] มอร.300 - 0002 - 0942, แรงดันไฟฟ้าตก (VOLTAGE DROP) มาตรฐานงานช่าง กรมอู่ทหารเรือ, 2542.

[6] Light for Ships, Catalog, Aqua Signal Aktiengesellschaft, Bremen, Germany.