

บทคัดย่อ

ระบบขับเคลื่อนเรือนั้นมีทั้งแบบ *Mechanical, Hybrid* และ *Electrical Drives* ซึ่งในแต่ละแบบจะให้คุณลักษณะการขับเคลื่อนเรือที่แตกต่างกัน ดังนั้นในแต่ละแบบของการขับเคลื่อนเรือจึงเหมาะสมกับเรือที่มีลักษณะการปฏิบัติงาน (*Ship Profile*) ที่แตกต่างกัน การวิเคราะห์ว่าเรือที่จะสร้างใหม่นั้นต้องการระบบขับเคลื่อนชนิดใดนั้น จึงจำเป็นต้องกระทำการศึกษาอย่างละเอียดถี่ถ้วน เพื่อให้ได้มาซึ่งระบบที่เหมาะสมในการใช้งานที่สุด เนื่องจากในปัจจุบันได้มีนักวิทยาศาสตร์ได้วิจัยและพัฒนาการผลิตพลังงานไฟฟ้าและขับเคลื่อนด้วยพลังงานไฟฟ้าให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น และมีความเป็นไปได้สูงที่จะประสบความสำเร็จ จึงมีโอกาสมากที่ระบบขับเคลื่อนเรือทั้งหมดในอนาคตจะเป็นการขับเคลื่อนด้วยกำลังไฟฟ้า (*Electric Propulsion*) ในบทความนี้จะนำเสนอคุณลักษณะของการนำระบบขับเคลื่อนด้วยพลังงานไฟฟ้าไปใช้ในเรือรบพร้อมกับตัวอย่างของการนำระบบขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าไปใช้ในเรือรบในรูปแบบต่าง ๆ ที่มีใช้กันอยู่ในปัจจุบัน

นาวาโท ทศพร ปราบริปู
นายช่าง แผนกไฟฟ้าระบบอาวุธและบังคับเรือ
กองออกแบบไฟฟ้า กรมแผนการช่าง กรมอุทการเรือ

การขับเคลื่อนเรือด้วยกำลังไฟฟ้า (Electric Propulsion)

บทนำ

ระบบขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้านั้นได้มีใช้กันมาเป็นเวลานานนับสิบ ๆ ปีแล้ว ที่เห็นเด่นชัดคือในเรือดำน้ำ และมีการพัฒนาไปอย่างรวดเร็ว สำหรับการนำมาใช้ในเรือสินค้าที่มีคุณลักษณะการใช้งานเฉพาะ เพื่อให้มีค่าใช้จ่ายตลอดช่วงอายุการใช้งานเรือต่ำลง การใช้ระบบขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าจะได้ประโยชน์คือในขณะที่ระบบขับเคลื่อนหลักและระบบขับเคลื่อนช่วยจะไม่ทำงานเต็มที่พร้อมกัน ดังนั้นความต้องการในการติดตั้งเครื่องกำเนิดพลังงานจึงน้อยกว่าปกติ มีห้องเหลือเพิ่มให้ใช้งานได้มากกว่าปกติ การออกแบบ Compartment ต่าง ๆ มีความอ่อนตัวมากขึ้น

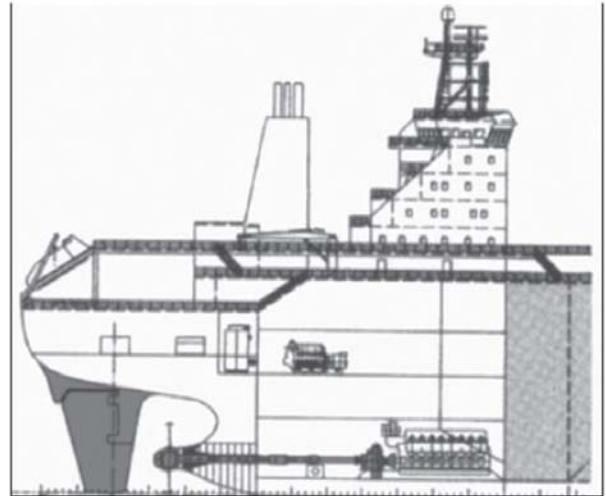
การใช้ระบบขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้านั้นจะใช้ก็ต่อเมื่อระบบขับเคลื่อนด้วยเกียร์ ไม่สามารถทำได้ดีที่สุดเท่านั้น สำหรับเรือที่มีลักษณะการใช้งานของระบบขับเคลื่อนด้วยเกียร์ที่สามารถใช้ประโยชน์ได้สูงสุดคือเรือบรรทุกสินค้าที่มีการขนส่งเป็นระยะทางไกล ๆ การใช้ระบบขับเคลื่อนด้วยเกียร์จะให้ประสิทธิภาพประมาณ 80 - 85 % ซึ่งระบบขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าไม่สามารถทำได้เพราะมีการสูญเสียที่สูงกว่าจากการเปลี่ยนพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้า (Generator) และจากพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล (Motor)

การนำระบบขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าไปใช้กับเรือรบ

โดยมีวัตถุประสงค์ในการใช้ไฟฟ้าขับเคลื่อนเรือ ดังนี้

1. ลดค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงและการซ่อมทำ
2. ความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงต่ำ
3. ลดกำลังพลในการทำงานและซ่อมบำรุงระบบขับเคลื่อนลง
4. ปรับปรุง Signature ของเรือ เช่น Sound Signature เป็นต้น
5. เพิ่มขีดความสามารถของการอยู่รอดของเรือเมื่อได้รับการโจมตี

Diesel/Mechanical Propulsion



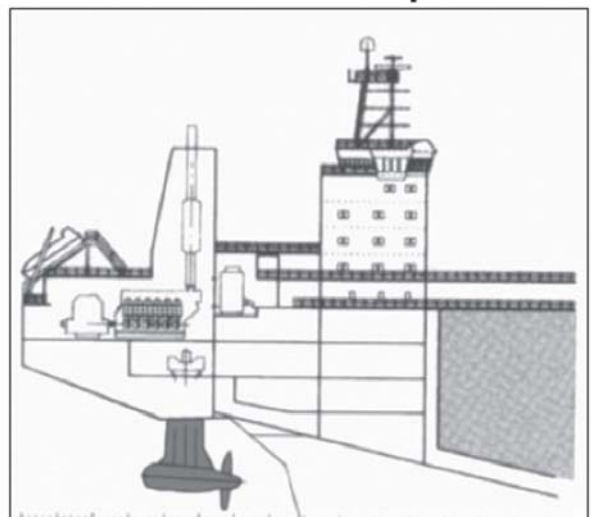
ข้อพิจารณาในการนำระบบขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าไปใช้กับเรือรบ

1. การออกแบบติดตั้งเครื่องจักรต่าง ๆ

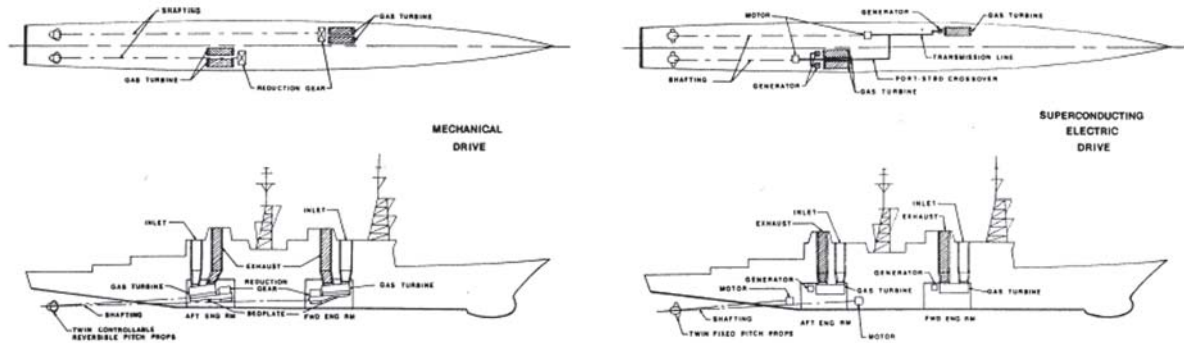
ความสามารถที่จะทำให้การออกแบบมีความยืดหยุ่นได้ดียิ่งขึ้น ลดความยุ่งยากซับซ้อนในการจัดวางเพลาใบจักร มีความยืดหยุ่นของตำแหน่งที่ตั้งของ Prime Movers มากขึ้น สามารถออกแบบติดตั้งเครื่องกำเนิดให้อยู่ในบริเวณที่สามารถยกเครื่องเข้าออกจากเรือได้ง่ายกว่า ดังแสดงในรูปที่ 1¹

นอกจากนี้ยังมีการศึกษาถึงการปรับปรุงเรือชั้น DD ของประเทศสหรัฐอเมริกา ปรากฏว่า เมื่อเปลี่ยนระบบขับเคลื่อนจาก Mechanical Drives (รูปที่ 2 ซ้ายมือ) เป็น Electric Drives (รูปที่ 2 ขวามือ) ทำให้ลดพื้นที่การใช้งานภายในเรือ 9 % และลดความต้องการพลังงานในการขับเคลื่อนเรือ 25 % ที่ภาระ ความเร็วและระยะทางเท่ากัน²

Diesel/Electric Propulsion



รูปที่ 1 แสดงความอ่อนตัวของการออกแบบเมื่อใช้การขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้า

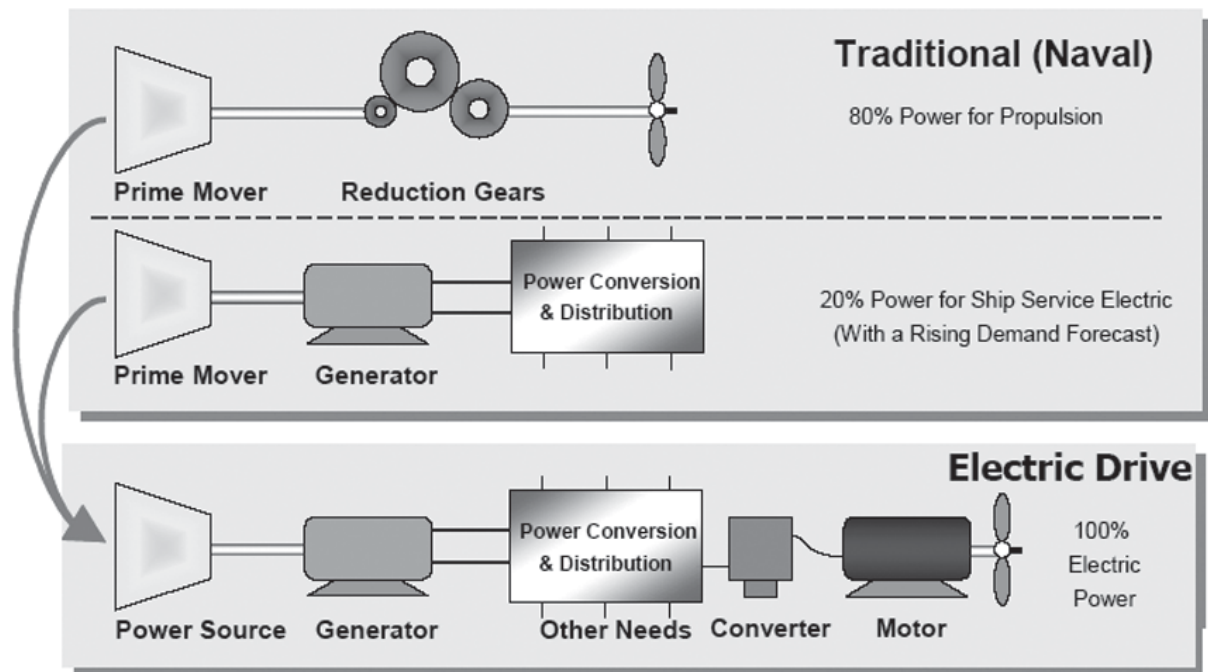


รูปที่ 2 แสดงการปรับปรุงเรือชั้น DD ของประเทศสหรัฐอเมริกา

2. ประสิทธิภาพของการใช้พลังงานของเรือ

การออกแบบเรือแบบ Electrical Drives ทำให้สามารถใช้พลังงานที่ติดตั้งบนเรือสามารถนำมาใช้ได้ 100 % ตลอดเวลา ส่วน

การออกแบบเรือแบบ Mechanical Drives จะต้องแบ่งการติดตั้งเครื่องยนต์ให้กับระบบขับเคลื่อนแยกต่างหากจากภาระทางไฟฟ้าอื่น ๆ ของเรือทำให้ไม่สามารถใช้งานพลังงานไฟฟ้าได้ ดังแสดงในรูปที่ 3³



รูปที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบระหว่าง Mechanical และ Electrical Drives

3. ระบบเหลือเผื่อใช้ (Redundancy)

ในเรือฟรีเกตทั่วไปจะมีระบบขับเคลื่อนและระบบไฟฟ้า โดยระบบไฟฟ้าจะมี 2 Power Centers ในแต่ละ Power Centers จะสามารถจ่ายภาระได้ทั้งหมด ดังนั้น Power Center ที่ 2 จึงเป็นระบบเหลือเผื่อใช้ (Redundancy) แบบ 100% แต่ในเรือที่ขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้า ระบบขับเคลื่อนจะถูกขับเคลื่อนด้วยพลังงานไฟฟ้าโดยใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าของระบบขับเคลื่อน หากการใช้งานระบบไฟฟ้าเรือเกิดการขัดข้องขึ้น สามารถใช้ไฟจากระบบไฟฟ้าที่ใช้ในการขับเคลื่อนมาแก้ขัดในระบบไฟฟ้าได้ ดังนั้นระบบเหลือเผื่อใช้ (Redundancy) แบบ 100 % จึงไม่มีความจำเป็นอีกต่อไป ทำให้ระบบไฟฟ้าที่ต้องติดตั้งในเรือจะน้อยกว่าเรือฟรีเกตทั่วไป

4. จำนวนของเครื่องกำเนิดที่จะต้องติดตั้งในเรือ

ในระบบเรือฟรีเกตที่ใช้ CODOG หรือ CODAG จะประกอบด้วยเครื่องยนต์ดีเซล 2 เครื่อง เครื่องยนต์กังหันก๊าซ 1 เครื่อง เครื่องกำเนิดไฟฟ้า 4 เครื่อง แต่สำหรับเรือที่ขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้านั้นต้องการเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 4 เครื่อง และเครื่องยนต์กังหันก๊าซ 1 เครื่อง สามารถลดจำนวนเครื่องยนต์ได้ถึง 2 เครื่อง ผลที่ได้รับ

1. การจัดหาอะไหล่ลดลง เนื่องจากมีการติดตั้งเครื่องยนต์เพียงชนิดเดียว (เครื่องไฟฟ้า)

2. การซ่อมบำรุงลดลง⁴

3. การฝึกกำลังพล ง่ายขึ้น

5. ระบบขับเคลื่อนทุติยภูมิ (Secondary Propulsion)

ในกรณีที่เกิดข้อขัดข้องในระบบขับเคลื่อนหลัก จะสามารถใช้ระบบขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าได้ แต่ไม่สามารถทำงานที่ความเร็วสูงได้เนื่องจากข้อจำกัดบางประการ (อยู่ที่ Concept ของการออกแบบ)

6. ข้อเปรียบเทียบด้านน้ำหนัก

ระบบขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าจะให้ Power-to-Weight Ratio ที่ดีน้อยกว่าระบบขับเคลื่อนด้วยเกียร์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเรือเร็วโจมตีที่ต้องทำความเร็วสูงในการปฏิบัติการกิจ

7. ค่าใช้จ่ายในการลงทุน

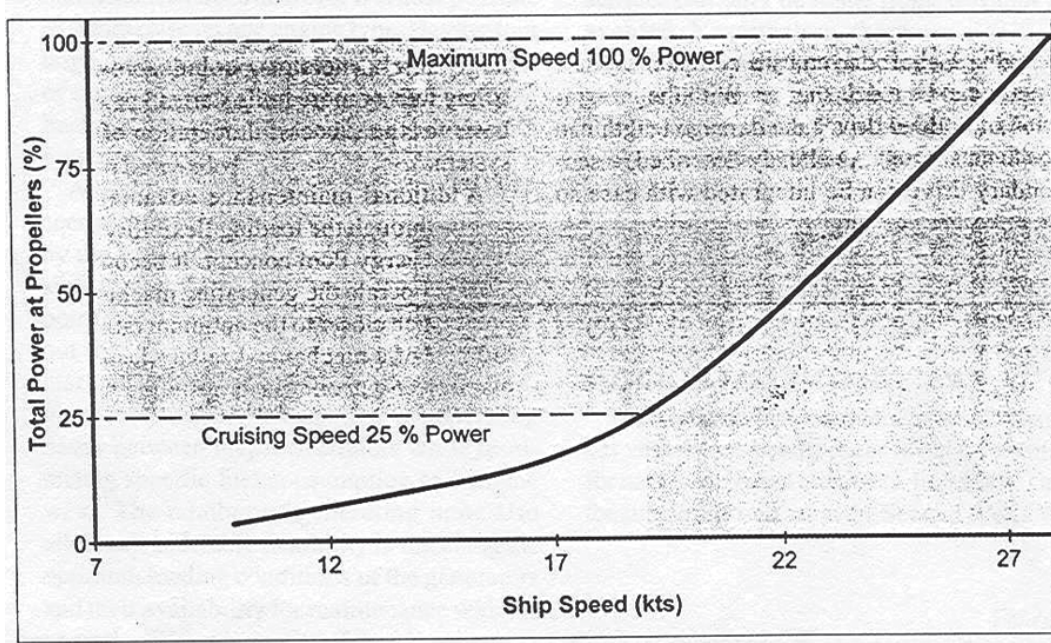
ค่าใช้จ่ายในการลงทุนของระบบขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าจะสูงกว่าระบบขับเคลื่อนด้วยเกียร์

8. การขับเคลื่อนลูกผสม (Hybrid Drive)

การทำงานที่ความเร็วต่ำจะใช้ระบบขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้า แต่เมื่อต้องการความเร็วที่สูง ก็สามารถนำระบบขับเคลื่อนด้วยเกียร์เข้ามาเสริม (Booster Drive) ได้ ดังแสดงในรูปที่ 4 เมื่อเรือที่มีความเร็วสูงสุด 28 นอต มีความเร็วเดินทาง 20 นอต (Cruising Speed) จะต้องการกำลังงานในการขับเคลื่อนเพียง 25 % ที่ความเร็วเดินทาง (Cruising Speed) และอีก 75 % ที่ต้องการในการเพิ่มความเร็วสูงสุด (เพิ่มอีกประมาณ 8 นอต) เมื่อวิถีการใช้งานของเรือเกิน 76 % จะเดินทางด้วยความเร็วต่ำ

ดังนั้นการที่จะใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าในการเพิ่มกำลังงานอีก 75% ของกำลังงานที่ต้องการนั้นดูแล้วไม่คุ้มค่า (เนื่องจากต้องเพิ่มขนาด Genset

และ Motor อย่างมหาศาล) จึงต้องใช้ระบบขับเคลื่อนด้วยเกียร์ ดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4 ระบบ Hybrid สำหรับเรือที่มีคุณลักษณะการใช้งานที่ความเร็วสูงน้อย

9. แผนการออกแบบเรือ (General Arrangement Plan)

สามารถออกแบบวางตำแหน่งเครื่องกำเนิดเพื่อให้เรือมีความสามารถอยู่รอดสูงสุดได้ เนื่องจากเครื่องจักรที่ใช้ในการขับเคลื่อนจะไม่ต้องยึดติดกับเพลลาอีกต่อไป

10. ระบบเฝ้าสภาพและซ่อมบำรุงตามสภาพ (Condition Monitoring and Condition Based Maintenance)

ในระบบซ่อมบำรุงตามแผน (PMS) จะทำการซ่อมบำรุงเมื่อการใช้งานเครื่องจักร

ได้ตามชั่วโมงการใช้งานที่กำหนด ซึ่งไม่มี ความจำเป็น เนื่องจากในบางส่วนยังไม่ต้องการ การซ่อมบำรุงขณะนั้น ผลที่ตามมาคือค่า ซ่อมบำรุงสูงขึ้น แต่ในระบบเฝ้าสภาพและ ซ่อมบำรุงตามสภาพนั้น จะเป็นการซ่อมบำรุง ตามสภาพ ซึ่งจะประหยัดกว่า ระบบขับเคลื่อน ด้วยไฟฟ้าเป็นระบบที่เหมาะสมกับระบบเฝ้าสภาพ และซ่อมบำรุงตามสภาพมาก เนื่องจากสามารถ วัดค่าอุณหภูมิ ความสั่นสะเทือน เพื่อประเมิน สภาพของเครื่องว่าถึงเวลาในการซ่อมบำรุงแล้ว หรือไม่

11. สามารถออกแบบเรือให้มี Signature ของเรือลดลงได้⁵

- Acoustic Signature
- Infrared Signature
- Magnetic Signature

ส่วนประกอบสำหรับระบบขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าในอนาคต

การพัฒนาเทคโนโลยีที่อาจจะทำให้เรือบรรทุกสินค้าที่มีการขนส่งเป็นระยะทางไกล ๆ ดังกล่าวข้างต้น พิจารณาใช้ระบบขับเคลื่อนเรือด้วยพลังงานไฟฟ้า (Electric Drives) แทนระบบขับเคลื่อนเรือด้วยเกียร์ (Mechanical Drives) มีดังนี้

- Permanent Magnet (PM) Motor and Generator
- High Temperature Superconductor Technology (HTST)
- Podded Drives
- Fuel Cell

ระบบขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าสำหรับเรือฟริเกตแบบต่าง ๆ

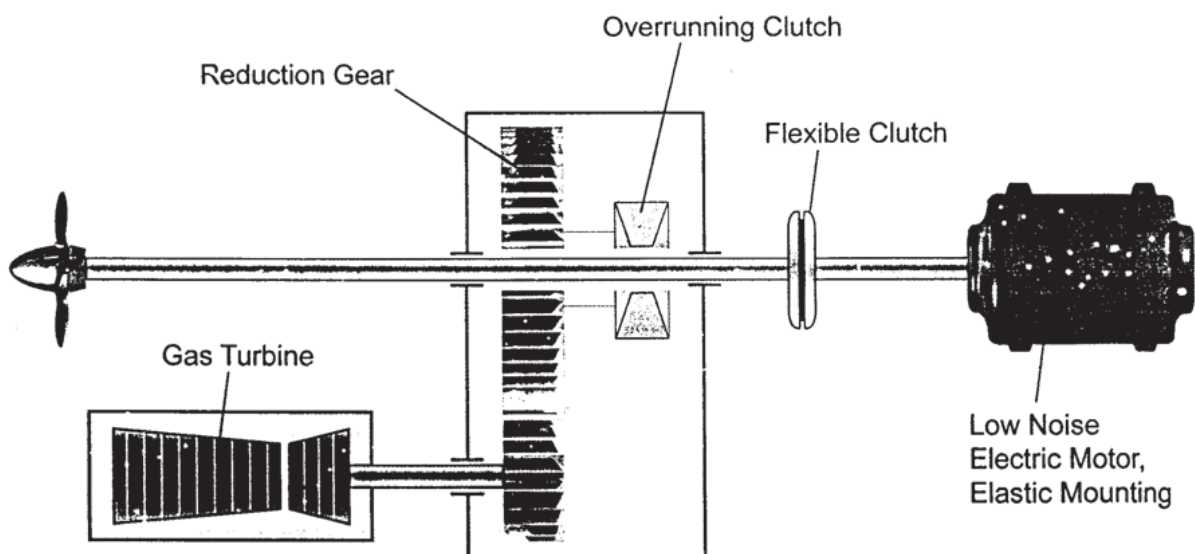
1. Meko D Frigate เป็นเรือที่ออกแบบให้เป็น Multi-Role Frigate ที่สามารถทำงานได้ทั่วโลก โดยการออกแบบให้เรือมีความกว้างท้ายเรือมากขึ้นเพื่อติดตั้งระบบอาวุธใหม่ ๆ มีการติดตั้งขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าทุกขุม

a. ระบบขับเคลื่อนแบบ CODLAG (CODLAG Drive) มอเตอร์ไฟฟ้าจะขับเคลื่อนเพลาด้วยคลัตช์ และเกียร์จะแยกจากเพลาด้วยคลัตช์อีกชุดหนึ่ง ดังนั้นจะไม่มีเกียร์ตัวใดที่ไม่ทำงาน เมื่อมอเตอร์ขับเคลื่อนเพลา ดังรูปที่ 5

b. ระบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Power Stations)

Gensets จะติดตั้งใน 2 Power Stations ซึ่งเพียงพอที่จะขับเคลื่อนเรือด้วยความเร็ว 19 นอต ดังแสดงในรูปที่ 6

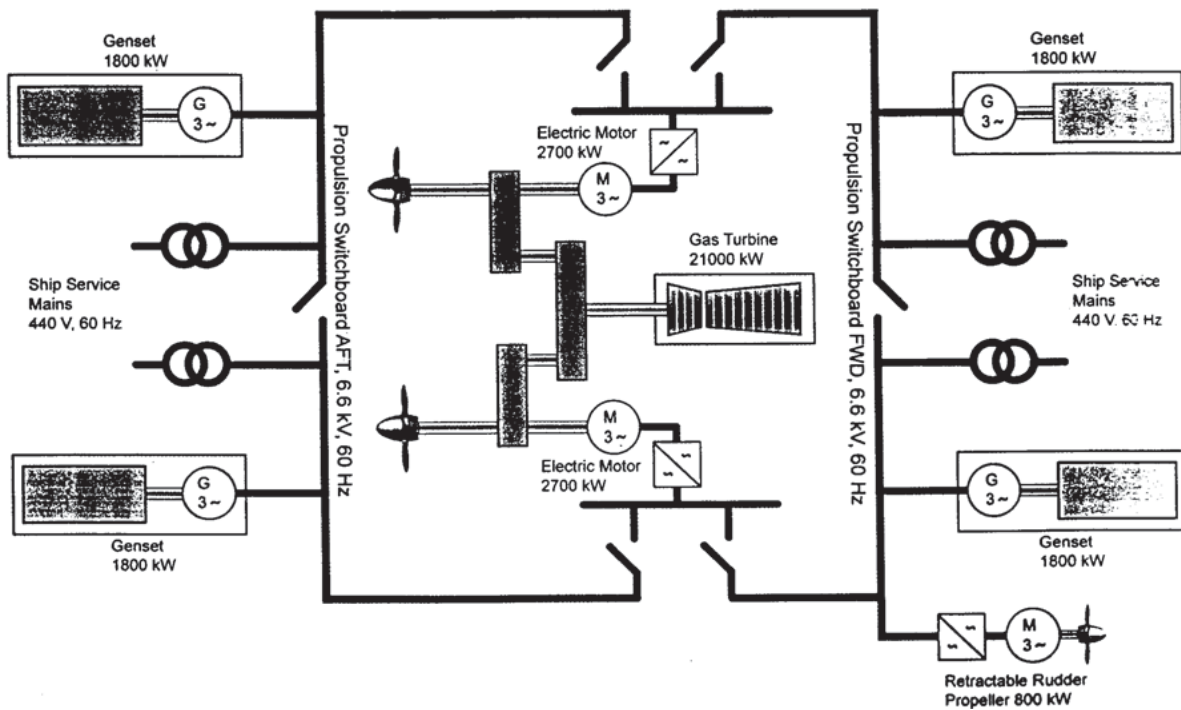
c. ระบบแก๊สเสีย (Exhaust



รูปที่ 5 ระบบขับเคลื่อนที่ใช้ Motor เป็นระบบขับเคลื่อนทุกขุม

Route) มีการออกแบบและจัดวางเพื่อลด IR Signature

d. ข้อได้เปรียบของเรือชุด Meko D (Meko D Advantage) มีดังนี้

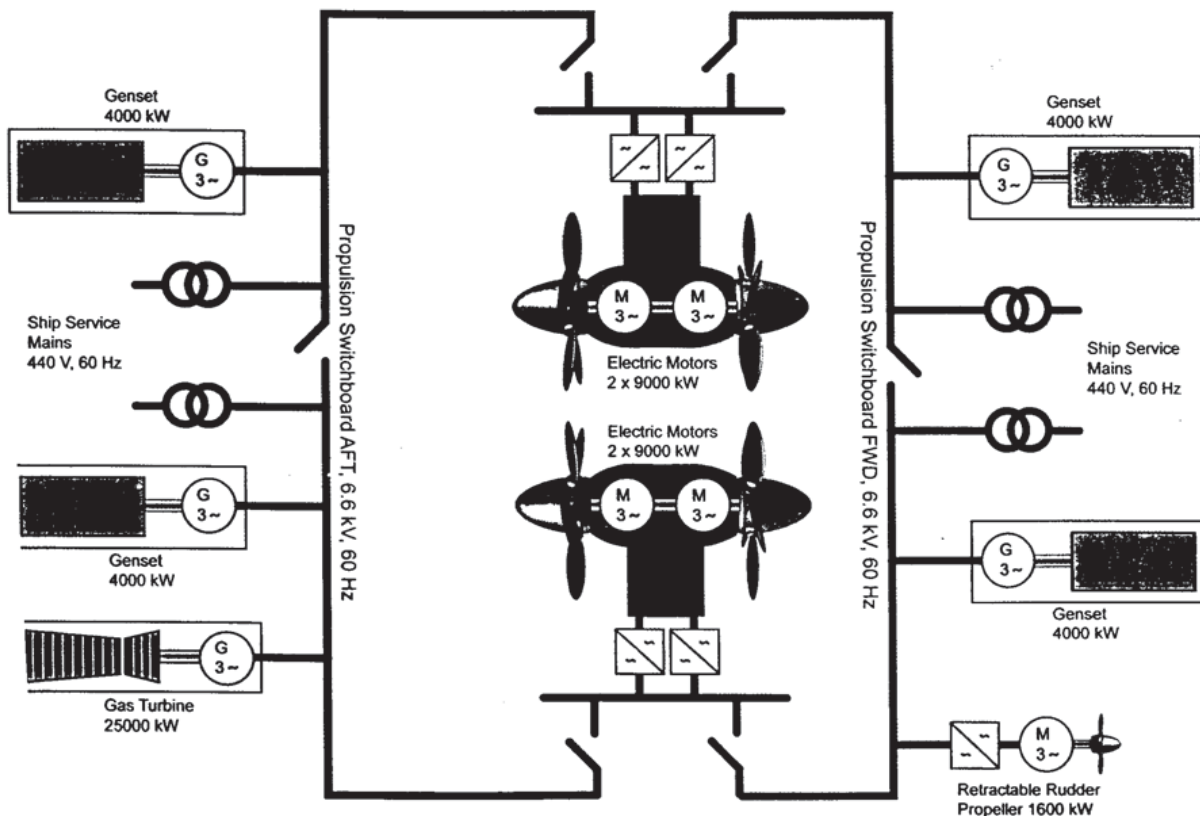


รูปที่ 6 การวางระบบขับเคลื่อนและระบบไฟฟ้าของเรือ Meko D Frigate

- ความอยู่รอดสูง (High Survivability)
- ระบบขับเคลื่อนเหลือเผื่อใช้ (Redundancy Drive)
- ค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานต่ำ (Low Life-Cycle Cost)
- มีความพร้อมในการใช้งานสูง (High Availability)

2. Meko X Frigate เป็นระบบไฟฟ้าเต็มตัว (Fully Electric Drive) สำหรับเรือที่มีขนาด 7,000 - 8,000 ตัน ในการออกแบบจะเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซล 4 เครื่อง และเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กังหันก๊าซ

1 เครื่อง เครื่องยนต์ดีเซลนั้นสามารถรับภาระทั้งหมดในขณะที่เรือใช้ความเร็วเดินทางได้ (Cruising Speed) ระบบนี้จะทำให้สามารถวางเครื่องยนต์กัณฑ์ชบน Main Deck ได้ การจัดวางระบบไฟฟ้า ดังแสดงในรูปที่ 7



รูปที่ 7 การจัดวางระบบไฟฟ้าขับเคลื่อนเต็มตัวของเรือ Meko X Frigate

บทสรุปและอนาคตของระบบขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้า

จุดแข็งของระบบขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าคือค่าใช้จ่ายตลอดช่วงอายุการใช้งานที่ต่ำกว่า (Life-Cycle Cost) ความต้องการในการซ่อมบำรุงและซ่อมทำที่ต่ำกว่า การจัดเก็บอะไหล่ที่ง่ายกว่าและการฝึกกำลังพล เพื่อใช้งานระบบนั้นง่ายกว่า ส่วนข้อดีอื่น ๆ คือการออกแบบที่สามารถทำได้หลากหลายขึ้น Signature ที่ดีขึ้น และความอยู่รอดในสภาพที่ได้รับเสียหายจากการรบได้ดีกว่า

ระบบขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้ายังมีข้อดีที่จะแข่งกับระบบขับเคลื่อนด้วยเกียร์ได้ แต่ขีดจำกัดในเรื่องของกำลังต่อน้ำหนักที่ไม่สามารถทำได้ดีเท่าระบบขับเคลื่อนด้วยเกียร์ดังนั้นเรือเร็วโจมตีและเรือคอร์เวตขนาดเล็กจะต้องใช้ระบบขับเคลื่อนด้วยเกียร์ต่อไป แต่สำหรับเรือฟริเกตที่มีขนาดใหญ่ขึ้น ก็จะมีหนทางเลือกในการใช้ระบบขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้า ซึ่งขึ้นอยู่กับแนวความคิดในการสร้างเรือเป็นหลัก แต่ในอนาคตข้างหน้าเมื่อระบบขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าที่มี Power Density ที่สูงขึ้น เช่น HTST เป็นต้นสามารถพัฒนาจนต้นทุนถูกลง ทำให้การออกแบบเรือรุ่นใหม่หันมาใช้ระบบขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าทั้งหมดก็เป็นได้

เอกสารอ้างอิง

1. Gary M. Jebson, “Electric Warship Technology Overview”. Office of the Naval Research, U.S.A. 2 May 2001.
2. Doyle, Steven and Robey, “An Historical Overview of Navay Electric Drive”.
3. Isaac Porche, Henry Willis and Martin Ruszkowski. “Framework for Quantifying Uncertainty in Electric Ship Design”. March, 2004.
4. “Developing Science and Technology List: Section 13 Marine System Technology”. Defense Threat Reduction Agency, July 2002.
5. Developing Science and Technology List: Section 13 Marine System Technology. Defense Threat Reduction Agency, July 2002.