วารสารวิชาการโรงเรียนนายเรือ
ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ปีที่ 1 ฉบับที่ 1 สิงหาคม 2561
Royal Thai Naval Academy
Journal of Science and Technology
Vol.1 Issue 1, August 2018

แบตเตอรี่เรือดำน้ำและระบบช่วยในการทำงานของแบตเตอรี่เรือดำน้ำ
Submarine's Batteries and Submarine's Battery Support systems.

นาวาเอก ยุทธภูมิ ศรีสุข
หัวหน้าแผนกออกแบบไฟฟ้ากำลังและแสงสว่าง กองออกแบบไฟฟ้า กรมแผนการช่าง กรมอู่ทหารเรือ

Received : May 7, 2018
Revised : May 30, 2018
Accepted : June 20, 2018

บทคัดย่อ

ในเรือดำน้ำดีเซลไฟฟ้าเมือปฏิบัติภารกิจอยู่ใต้น้ำ การเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเช่นที่ใช้ในเรือผิวน้ำไม่สามารถทำได้ จึงต้องมีแหล่งพลังงานไฟฟ้าเมื่อปฏิบัติภารกิจอยู่ใต้น้ำ ซึ่งแบตเตอรี่เป็นแหล่งหลังงานหลักของเรือดำน้ำ เรือดำน้ำดีเซลไฟฟ้าจะใช้แบตเตอรี่ในการขับเคลื่อนมอเตอร์เพื่อหมุนใบจักร อีกทั้งแบตเตอรี่ยังเป็นแหล่งพลังงานของระบบไฟฟ้าทุกระบบภายในเรือ แบตเตอรี่และระบบช่วยในการทำงานของแบตเตอรี่จึงเป็นสิ่งที่สำคัญอย่างยิ่งในเรือดำน้ำดีเซลไฟฟ้า การทำงานของแบตเตอรี่ในเรือดำน้ำนั้น แบตเตอรี่จำนวนหลายๆ เซลถูกบรรจุอยู่ในห้องแบตเตอรี่ที่มีพื้นที่อันจำกัด มีพื้นที่สำหรับผู้ปฏิบัติการเพื่อเข้าไปทำการบำรุงดูแลรักษาไม่มาก ประกอบด้วยงานบางอย่างในห้องแบตเตอรี่หากต้องทำโดยไม่มีระบบอัตโนมัติมาช่วยเหลือในการทำงานจะต้องเสียเวลามาก มีความเสี่ยงต่อการเกิดความผิดพลาด หรือ ไม่สามารถกระทำได้เลยเช่น การวัดค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าในทุกเซ็ลของแบตเตอรี่ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีระบบช่วยในการทำงานของแบตเตอรี่

บทความนี้จะกล่าวถึงคุณลักษณะเฉพาะ และส่วนประกอบต่างๆของแบตเตอรี่เรือดำน้ำ การใช้งานและการชาร์จแบตเตอรี่เรือดำน้ำเมื่อเรืออยู่ที่ฐานทัพ และในทะเล

:

Abstract

For conventional electric diesel submarines, during the mission underneath the water surface, the diesel generators cannot be used. Therefore, during the dives, batteries are the only sources of the submarines' electric power. The electric power consumers consist of systems and major equipment such as propulsion motor, hydraulic pumps, steering consoles and lightning system. The batteries and the batteries support systems are undeniably crucial for the operation of the conventional electric diesel submarines. The batteries are stored in very confined spaces inside submarines. Due to the limitation of working spaces, some tasks to perform for the maintenance of the batteries must be done automatically such as the measurement of each battery cell voltage. Thus, there must be systems to support the operation of the batteries

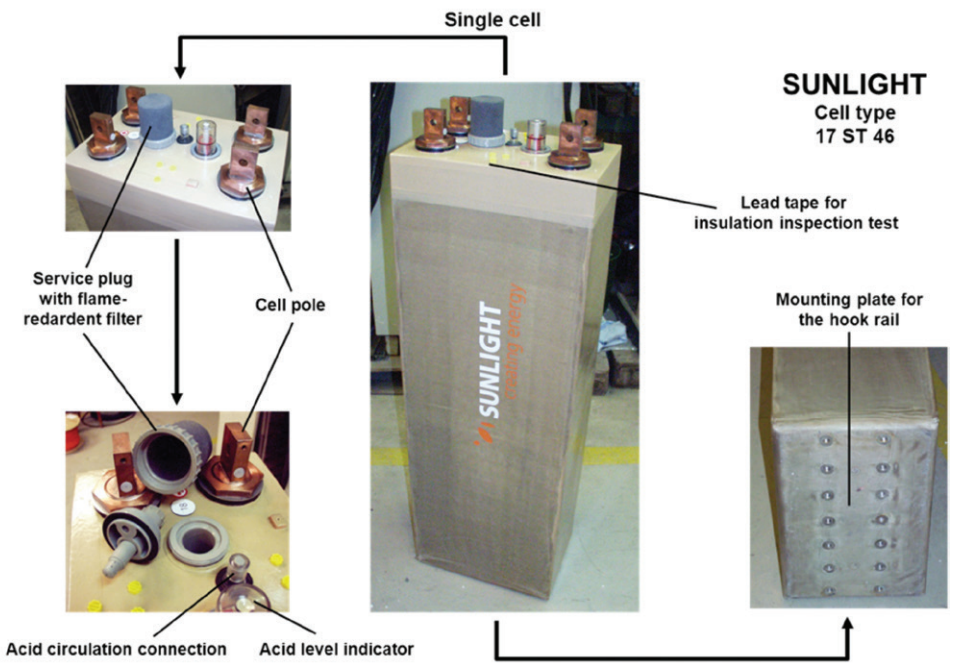
This paper will describe the specifications and parts of the submarine batteries. The operation of batteries and the charging of batteries when submarines are at home bases and at sea will also be described.

keywords:Batteries, Support Systems, Electric Diesel Submarines

1. แบตเตอรี่เรือดำน้ำ

กระแสไฟฟ้าที่จ่ายออกมาจากแบตเตอรี่เป็นรูปแบบของไฟฟ้ากระแสตรง (Direct Current : DC) และมีค่าความต่างศักย์ในช่วง 450 – 900 V ซึ่งจะถูกแปลงไปเป็นรูปแบบกระแสตรงที่มีค่าศักย์ไฟฟ้าน้อยลง หรือ ถูกแปลงไปเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ (Alternating Current : AC) เพื่อใช้งานกับอุปกรณ์ต่างๆในเรือดำน้ำ แบตเตอรี่ที่ใช้ในเรือดำน้ำเป็นแบตเตอรี่ชนิดตะกั่วกรด (Lead Acid Battery) ต้องมีการเติมน้ำกลั่นเข้าไปในแบตเตอรี่เช่นเดียวกับแบตเตอรี่ที่ใช้งานในรถยนต์ ตัวอย่างของแบตเตอรี่ที่ใช้ในเรือดำน้ำ แสดงอยู่ในรูปที่ 1

ส่วนประกอบที่เห็นในรูปที่ 1 จะเห็นขั้วบวก และ ขั้วลบ ของแบตเตอรี่ซึ่งจะประกอบไปด้วยแกน 4 แกน (Cell Poles) โดยขั้วบวกจะมี 2 แกน และ ขั้วลบจะมี 2 แกน ทางด้านบนยังมีอุปกรณ์ตรวจวัดระดับน้ำกลั่น (Acid Level Indicator) ช่องเติมน้ำกลั่นและกรองอากาศชนิดป้องกันการติดไฟ (Service Plug with Flame Retardant Filter) ส่วนทางด้านล่างจะมีแผ่นรองเพื่อติดตั้งบนรางในห้องแบตเตอรี่



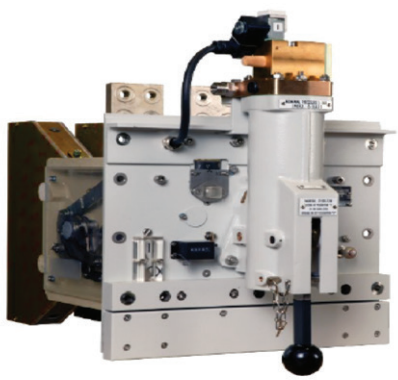
รูปที่ 1 แบตเตอรี่ที่ใช้ในเรือดำน้ำ

แบตเตอรี่ในเรือดำน้ำนั้นจะบรรจุอยู่ในห้องแบตเตอรี่ ในห้องแบตเตอรี่จะประกอบไปด้วยแบตเตอรี่จำนวนมาก ซึ่งแต่ละหน่วยจะเรียกว่าแบตเตอรี่เซลล์ (Battery Cell) ในรูปที่ 2 และ รูปที่ 3 แสดงให้เห็นถึงห้องเก็บแบตเตอรี่และแบตเตอรี่เซลล์ในห้องแบตเตอรี่ เซลล์จำนวนหนึ่งจะถูกนำมาต่อกันในลักษณะอนุกรมเพื่อ ประกอบเป็นแบตเตอรี่ย่อย (Partial Battery) ซึ่งแต่ละเรือจะมีจำนวนแบตเตอรี่ย่อยแตกต่างกันไป โดยค่าเฉลี่ยของความต่างศักย์จะอยู่ที่ 2.4 V ต่อเซลล์ แบตเตอรี่ย่อยสามารถนำมาต่ออนุกรม หรือต่อแบบขนานเมื่อต้องการกระแสไฟฟ้าสูง แบตเตอรี่ทุกเซลล์จะมีเซ็นเซอร์ต่ออยู่กับเซลล์เพื่อวัดค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าอยู่ตลอดเวลา และจะมีบางเซลล์ซึ่งกระจายอยู่ในห้องแบตเตอรี่ (Pilot Cells) เซลล์เหล่านี้จะมีเซนเซอร์เพิ่มเติมเพื่อวัดอุณหภูมิ โดยอุณหภูมิที่ใช้งานจะอยู่ในช่วง 0 °C ถึง 45 °C

รูปที่ 2 ห้องเก็บแบตเตอรี่ของเรือดำน้ำก่อนบรรจุแบตเตอรี่

รูปที่ 3 แบตเตอรี่ในห้องเก็บแบตเตอรี่ของเรือดำน้ำ

การเชื่อมต่อพลังงานจากแบตเตอรี่ไปยังระบบต่างๆในเรือ (Load) จะเชื่อมต่อโดยสวิทช์ (Switch) และ ตู้สวิทช์ (Switchboard) ดังที่แสดงในรูปที่ 4 และ รูปที่ 5



รูปที่ 4 แบตเตอรี่สวิทช์

รูปที่ 5 ตู้สวิทช์ของแบตเตอรี่

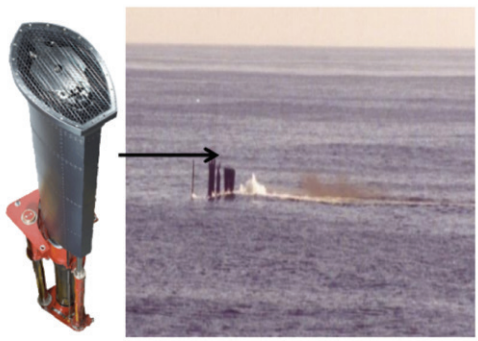
สวิทช์นอกจากจะทำหน้าที่ตัดต่อพลังงานจากแบตเตอรี่ไปยังระบบต่างในเรือแล้ว ยังทำหน้าที่ป้องกันในกรณีที่มีการเกิดไฟฟ้าลัดวงจรไม่ให้กระแสไฟฟ้าลัดวงจรไปทำความเสียหายกับแบตเตอรี่ ตู้สวิทช์ของแบตเตอรี่ยังมีหน้าที่ในการต่อเชื่อมกระแสไฟฟ้าจากแหล่งอื่นๆมายังแบตเตอรี่ เช่นจากบนบก (Shore Connection) จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Charging Generator) ในกรณีที่ต้องการอัดกระแสไฟฟ้ากลับเข้าไปยังแบตเตอรี่

2. การอัดกระแสไฟฟ้าเข้าไปในแบตเตอรี่ (Battery Charging)

เรียกว่าการชาร์จแบตเตอรี่ เช่นเดียวกับแบตเตอรี่ที่ใช้ทั่วไปเช่นในรถยนต์หรือในโทรศัพท์มือถือ เมื่อแบตเตอรี่ถูกใช้พลังงานจนพลังงานที่มีอยู่หมดลงต้องมีการชาร์จแบตเตอรี่เพื่อการใช้งานในครั้งต่อไป สำหรับแบตเตอรี่ในเรือดำน้ำสามารถทำการชาร์จได้จากสองแหล่งคือ

1. เมื่ออยู่ที่ท่าเรือสามารถใช้ไฟฟ้าจากบนบกต่อเข้าไปชาร์จแบตเตอรี่ในเรือได้ ทั้งนี่ที่ท่าเรือต้องมีระบบไฟฟ้ากระแสตรงรองรับในการชาร์จแบตเตอรี่ของเรือดำน้ำ

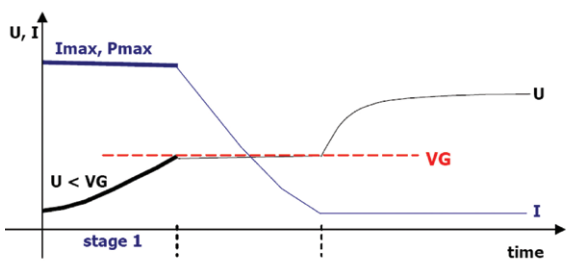
2. เมื่ออยู่ระหว่างการออกปฏิบัติการในทะเล ในเรือดำน้ำจะมีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพื่อใช้ในการชาร์จแบตเตอรี่ การชาร์จแบตเตอรี่โดยใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้านั้นเรือดำน้ำจะต้องอยู่บนผิวน้ำ (Surface) หรือ ดำอยู่ในความลึกที่สามารถใช้กล้อง Periscope (Periscope Depth) เนื่องจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะถูกขับเคลื่อนด้วยเครื่องยนต์ดีเซลล์ ดังนั้นจึงต้องใช้อากาศจากภายนอกโดยดูดอากาศจากบนผิวน้ำเมื่อเรืออยู่บนผิวน้ำ หรือ ดูดอากาศจากบนผิวน้ำผ่านท่อ Snorkel (Snorkel Mast) เมื่อเรือดำอยู่ในความลึกที่สามารถใช้กล้อง Periscope ตัวอย่างของท่อ Snorkel แสดงอยู่ในรูปที่ 6



รูปที่ 6 ท่อ Snorkel (Snorkel Mast)

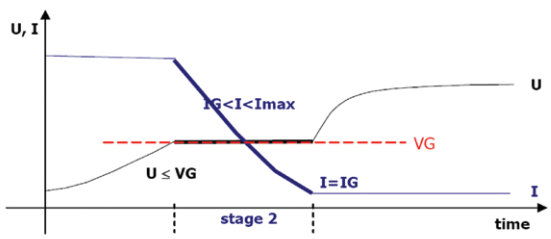
การชาร์จแบตเตอรี่ในเรือดำน้ำแบ่งออกเป็น 3 ระดับคือ

ในระดับที่ 1 (Stage 1) จะชาร์จที่กระแสไฟฟ้า (I) จะมีค่าสูงและคงที่ในขั้นตอนนี้ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า (V) ในแบตเตอรี่จะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆจนใกล้ถึงจุดที่เรียกว่า Gassing Voltage ถ้าค่าความต่างศักย์เกินค่า Gassing Voltage จะเกิดก๊าซจากการชาร์จแบตเตอรี่ ณ จุดนี้การชาร์จแบตเตอรี่จะเปลี่ยนไปเป็นการชาร์จในระดับ 2 การชาร์จแบตเตอรี่ในระดับที่ 1แสดงอยู่ในรูปที่ 7



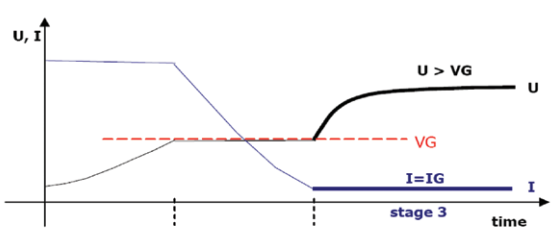
รูปที่ 7 การชาร์จแบตเตอรี่ในระดับที่ 1

ในระดับที่ 2 (Stage 2) จะชาร์จที่ค่าความต่างศักย์คงที่ซึ่งมีค่าน้อยกว่า Gassing Voltage กระแสไฟฟ้าในแต่ละเซลล์จะลดลงเรื่อยๆจนถึงจุดที่เรียกว่า Gassing Current ณ จุดนี้การชาร์จแบตเตอรี่จะเปลี่ยนไปเป็นการชาร์จในระดับ 3 การชาร์จแบตเตอรี่ในระดับที่ 2 แสดงอยู่ในรูปที่ 8



รูปที่ 8 การชาร์จแบตเตอรี่ในระดับที่ 2

การชาร์จในระดับที่ 3 (Stage 3) สามารถทำได้เมื่อเรืออยู่ที่ท่าเรือเท่านั้น ในระดับนี้ ค่าความต่างศักย์ของแบตเตอรี่จะเพิ่มขึ้น และค่อยๆคงที่เมื่อชาร์จใกล้เต็ม ในขณะที่กระแสจะอยู่คงที่ ณ จุด Gassing Current ในระดับนี้ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าในแบตเตอรี่จะเพิ่มขึ้นเกินค่าความต่างศักย์ Gassing Voltage ดังนั้นจะมีการเกิดก๊าซจากการชาร์จแบตเตอรี่ในระดับนี้ การชาร์จแบตในระดับที่ 3 ให้เต็มจะต้องใช้เวลา 10 ถึง 12 ชั่วโมง การชาร์จแบตเตอรี่ในระดับที่ 3 แสดงอยู่ในรูปที่ 9

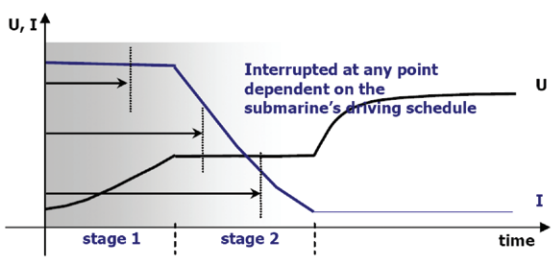


รูปที่ 9 การชาร์จแบตเตอรี่ในระดับที่ 3

ค่า Gassing Voltage จะมีค่าแตกต่างไปตามอุณหภูมิของน้ำกรดในแบตเตอรี่นอกจากระดับในการชาร์จแบตเตอรี่แล้ว การชาร์จแบตเตอรี่ยังมีวิธีการชาร์จที่แตกต่างกันซึ่งจะขึ้นอยู่กับ สถานการณ์และช่วงเวลาที่เอื้ออำนวย เช่นระหว่างการปฏิบัติการเวลาที่สามารถขึ้นมาอยู่ในความลึกที่สามารถใช้ท่อ Snorkel ได้ หรือ เวลาที่เรืออยู่บนผิวน้ำ ดังนั้นวิธีการชาร์จจะสามารถแบ่งเป็น 4 วิธีคือ

2.1 การชาร์จพลังงานเพียงบางส่วน (Partial Charge)

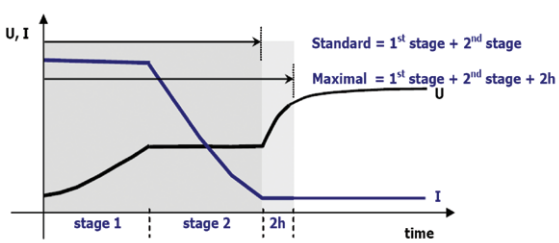
เป็นวิธีการชาร์จแบตเตอรี่ที่กระทำบ่อยมากที่สุดในระหว่างการปฏิบัติการ การชาร์จแบตเตอรี่วิธีนี้จะเริ่มจากการชาร์จ ในระดับที่ 1 ซึ่งสามารถหยุดได้ ณ เวลาใดๆ ขึ้นอยู่กับเวลาที่อำนวยในการปฏิบัติการของเรือดำน้ำ เช่นหากเวลาที่เรือสามารถขึ้นมาอยู่ที่ความลึกที่สามารถใช้ท่อ Snorkel ได้มีน้อย ก็ใช้เวลาอันจำกัดที่มีในการชาร์จพลังงานเพียงบางส่วน และขึ้นอยู่กับสภาวะของแบตเตอรี่ก่อนทำการชาร์จ หากพลังงานถูกใช้ไปมากก็จะต้องใช้เวลาในการชาร์จนาน หากเวลามีเพียงพอควรจะชาร์จแบตเตอรี่จนถึงช่วงกลางของการชาร์จในระดับที่ 2 การชาร์จพลังงานเพียงบางส่วนแสดงอยู่ในรูปที่ 10



รูปที่ 10 การชาร์จพลังงานเพียงบางส่วน (Partial Charge)

2.2 การชาร์จพลังงานในระดับปานกลาง (Intermediate Charge)

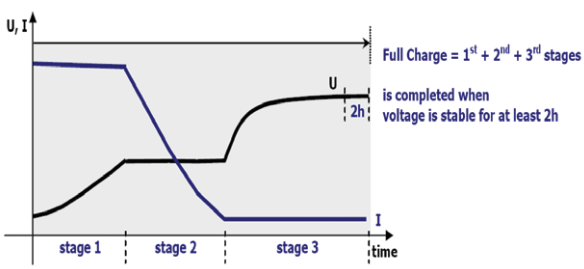
เป็นวิธีการชาร์จแบตเตอรี่ที่ทำให้พลังงานในแบตเตอรี่สามารถกลับคืนมา เกือบถึง 100 % การชาร์จแบตเตอรี่ในวิธีนี้จะทำได้คือ ใน 2 ลักษณะคือ สามารถทำการชาร์จแบตเตอรี่จนถึงช่วงปลายของการชาร์จในระดับที่ 2 ซึ่งเรียกว่าการชาร์จในลักษณะมาตรฐาน (Standard) หรือ สามารถทำการชาร์จแบตเตอรี่ต่อจากการช่วงปลายของการชาร์จในระดับที่ 2 ไปอีก 2 ชั่วโมง เรียกว่าการชาร์จในลักษณะสูงสุด (Maximal) ซึ่งจะกระทำการชาร์จในลักษณะสูงสุดนี้ทุก 2 สัปดาห์ การชาร์จพลังงานในระดับปานกลางแสดงอยู่ในรูปที่ 11



รูปที่ 11 การชาร์จพลังงานในระดับปานกลาง (Intermediate Charge)

2.3 การชาร์จพลังงานในระดับเต็ม (Full Charge)

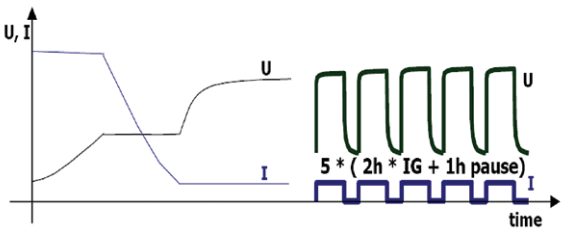
เป็นวิธีการชาร์จแบตเตอรี่ที่ทำให้พลังงานในแบตเตอรี่สามารถกลับคืนมาจนเต็มความจุของแบตเตอรี่ การชาร์จพลังงานในระดับเต็มจะทำการชาร์จแบตเตอรี่จนถึงการชาร์จในระดับที่ 3 เมื่อแบตเตอรี่ถูกชาร์จจนได้รับพลังงานใกล้เต็มความจุของแบตเตอรี่ ค่าความต่างศักย์ในแต่ละเซลล์จะเริ่มมีค่าคงที่ การสิ้นสุดการชาร์จพลังงานในระดับเต็มจะดูจากจุดสำคัญคือ หากในระยะเวลา 2 ชั่วโมงของช่วงปลายการชาร์จในระดับที่ 3 เมื่อค่าความต่างศักย์ของแต่ละเซลล์มีค่าคงที่ สามารถสิ้นสุดการชาร์จพลังงานในระดับเต็มได้ ค่าความต่างศักย์ในการชาร์จแบตเตอรี่จะลดลงตามอุณหภูมิคือ จะลดลง 5 mV/ °C/เซลล์ การชาร์จพลังงานในระดับเต็มจะใช้เวลา 10 ถึง 18 ชั่วโมง การชาร์จพลังงานในระดับเต็มแสดงอยู่ในรูปที่ 12



รูปที่ 12 การชาร์จพลังงานในระดับเต็ม (Full Charge)

2.4 การชาร์จพลังงานให้แต่ละเซลล์มีพลังงานใกล้เคียงกัน (Equalizing Charge)

เป็นการชาร์จแบตเตอรี่ให้แต่ละเซลล์มีระดับพลังงานที่ใกล้เคียงกัน การชาร์จแบตเตอรี่โดยวิธีนี้จะเริ่มขึ้น 1 ชั่วโมงหลังการชาร์จในระดับที่ 3 โดยจะมีวงรอบการชาร์จดังนี้ คือ จะทำการชาร์จที่ระดับกระแสไฟฟ้าที่ทำให้เกิดก๊าซ (Gassing Current) เป็นระยะเวลา 2 ชั่วโมงและหยุดพัก 1 ชั่วโมง คิดเป็น 1 วงรอบ จะทำการชาร์จวิธีนี้ทั้งหมด 5 วงรอบ เพื่อให้ พลังงานในแต่ละเซลล์มีระดับพลังงานใกล้เคียงกัน การชาร์จพลังงานในระดับเต็มแสดงอยู่ในรูปที่ 13



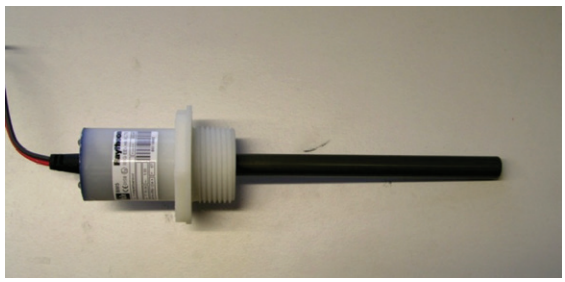
รูปที่ 13 การชาร์จพลังงานให้แต่ละเซลล์มีพลังงานใกล้เคียงกัน (Equalizing Charge)

3. ระบบช่วยการทำงานของแบตเตอรี่

การทำงานของแบตเตอรี่ในเรือดำน้ำนั้น แบตเตอรี่จำนวนหลายๆเซลล์ถูกบรรจุอยู่ในห้องแบตเตอรี่ที่มีพื้นที่อันจำกัด มีพื้นที่สำหรับผู้ปฏิบัติการเพื่อเข้าไปทำการบำรุงดูแลรักษาไม่มาก ประกอบด้วยงานบางอย่างในห้องแบตเตอรี่หากต้องทำโดยไม่มีระบบอัตโนมัติมาช่วยเหลือในการทำงานจะต้องเสียเวลามาก มีความเสี่ยงต่อการเกิดความผิดพลาด หรือ ไม่สามารถกระทำได้เลยเช่น การวัดค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าในทุกเซลล์ของแบตเตอรี่ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีระบบช่วยในการทำงานของแบตเตอรี่ ได้แก่

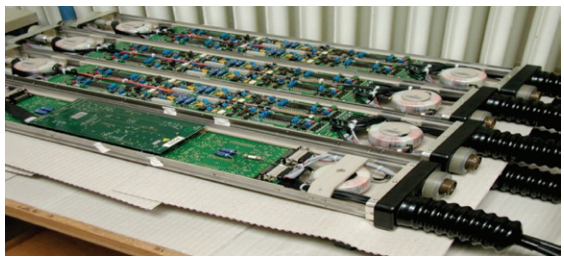
3.1 ระบบตรวจการทำงานของแบตเตอรี่ (Battery Monitoring System)

ดังที่กล่าวข้างต้นเซนเซอร์จะถูกติดตั้งเพื่อวัดค่าความต่างศักย์และบางเซลล์จะมีเซนเซอร์เพื่อวัดอุณหภูมิ หากค่าความต่างศักย์น้อยกว่าค่าที่ใช้งานได้ หรือ ค่าอุณหภูมิสูงกว่าค่าปรกติระบบตรวจการทำงานของแบตเตอรี่ก็จะส่งสัญญาณเตือน (Warning and Alarm) สำหรับเซ็นเซอร์ที่ใช้ในการวัดกระแสไฟฟ้า จะทำการวัดกระแสของ แบตเตอรี่ย่อยแต่ละกลุ่มเซลล์ เซ็นเซอร์และตัวรับสัญญาณจากเซ็นเซอร์ (Data Transmit and Receiver) จะถูกติดตั้งอยู่ในห้องแบตเตอรี่ เซ็นเซอร์ที่ใช้เพื่อวัดค่าความต่างศักย์จะส่งสัญญาณผ่านสายสัญญาณเซ็นเซอร์ที่ใช้เพื่อวัดอุณหภูมิจะส่งสัญญาณแบบไร้สาย (Wireless) เซ็นเซอร์และตัวรับสัญญาณจะรับสัญญาณผ่านทางการแพร่คลื่นในอากาศจากเซ็นเซอร์ เซ็นเซอร์ที่ใช้เพื่อวัดอุณหภูมิและ ตัวรับสัญญาณแสดงอยู่ในรูปที่ 14 15 16 และ 17

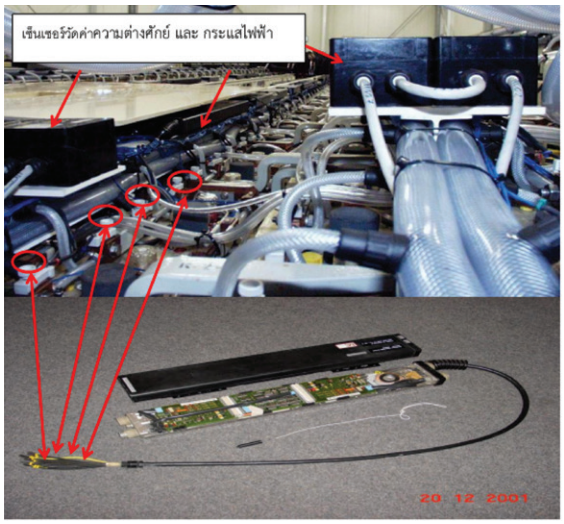


รูปที่ 14 เซ็นเซอร์สำหรับวัดอุณหภูมิ

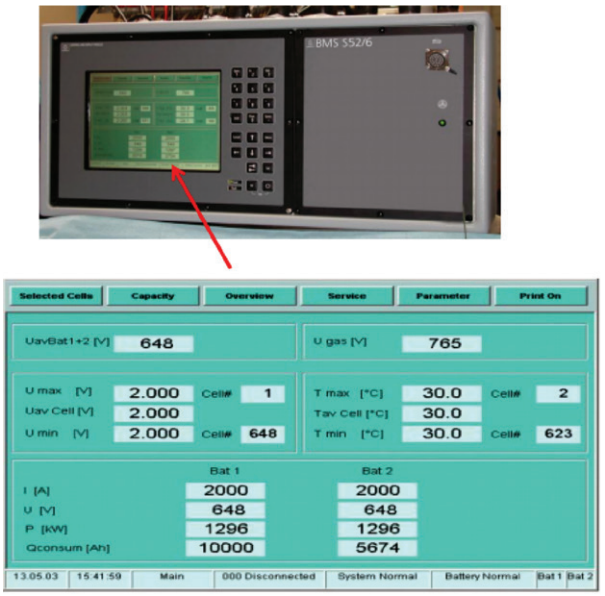
รูปที่ 15 ตัวรับสัญญาณจากเซ็นเซอร์สำหรับวัดอุณหภูมิ



รูปที่ 16 เซ็นเซอร์สำหรับวัดค่าความต่างศักย์และ กระแสไฟฟ้า



รูปที่ 17 สายต่อจากขั้วแบตเตอรี่ (ในวงกลมสีแดง) ไปยังเซ็นเซอร์สำหรับวัดค่าความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้า



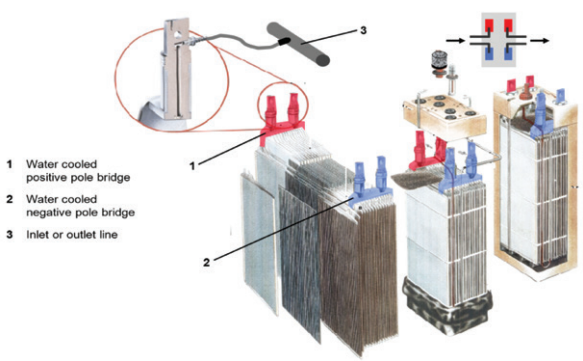
รูปที่ 18 รูปของจอแสดงผลและตัวอย่างของผลบนจอ

นอกจากนี้ยังมีเซนเซอร์เพื่อวัดค่ากระแสไฟฟ้าของแต่ละแบตเตอรี่ย่อยเช่นกัน ถ้ากระแสไฟฟ้าของแต่ละแบตเตอรี่ย่อยไม่อยู่ในช่วงของค่าปรกติ ระบบตรวจการทำงานของแบตเตอรี่ก็จะส่งสัญญาณเตือนให้ทราบเช่นกัน โดยค่าที่วัดได้และสัญญาณเตือนจะถูกส่งไปยังจอแสดงผล (Monitor) ซึ่งนอกจากจะแสดงผลของค่าที่วัดได้และสัญญาณเตือนต่างๆแล้ว บนจอแสดงผลยังสามารถเลือกให้แสดงผลอื่นๆเช่น จำนวนพลังงานที่ถูกใช้ไปในแบตเตอรี่ เวลาที่เหลืออยู่ที่สามารถใช้แบตเตอรี่ได้ในอัตราสิ้นเปลืองพลังงาน ณ เวลาปัจจุบัน เวลาที่ต้องใช้ในการชาร์จแบตเตอรี่จนเต็ม รูปของจอแสดงผลและตัวอย่างของผลบนจอ แสดงอยู่ในรูปที่ 18

3.2 ระบบระบายความร้อนของแบตเตอรี่ ระบบน้ำกลั่น และ ระบบวัดค่าความนำไฟฟ้าของน้ำกลั่น (Battery Cooling System Distillated Water and Conductivity Measuring System)

เมื่อมีการชาร์จ หรือ มีการใช้พลังงานจากแบตเตอรี่จะเกิดความร้อนทำให้อุณหภูมิในแบตเตอรี่มีค่าสูงขึ้นต้องมีการระบายความร้อน และในการชาร์จแบตเตอรี่จนเต็มแบตเตอรี่ทุกเซลล์จะต้องมีอุณหภูมิที่เท่ากัน ซึ่งโดยปรกติแบตเตอรี่เซลล์ที่อยู่บริเวณมุมห้องแบตเตอรี่และเซลล์แถวริมรอบห้องแบตเตอรี่จะมีอุณหภูมิต่ำกว่าเซลล์แบตเตอรี่ที่อยู่ในบริเวณกลางห้องหากมีความแตกต่างในอุณหภูมิของเซลล์แบตเตอรี่มากจะไม่สามารถชาร์จแบตเตอรี่จนมีพลังงานเต็มทุกเซลล์ได้ ดังนั้นเพื่อไม่ให้แบตเตอรี่มีอุณหภูมิสูงเกินช่วงที่เป็นอุณหภูมิใช้งานของแบตเตอรี่ ซึ่งไม่ควรเกิน 30 °C

และเพื่อให้สามารถชาร์จแบตเตอรี่ได้จนเต็มประสิทธิภาพ ระบบระบายความร้อนของแบตเตอรี่จึงถูกนำมาใช้โดยมีการทำงานดังนี้ ระบบนี้จะใช้น้ำกลั่นเพื่อดับความร้อนโดยจะมีท่อต่อน้ำกลั่นเข้าทางขั้วของแบตเตอรี่ซึ่งแบตเตอรี่ของเรือดำน้ำจะมีขั้วบวกสองขั้วและขั้วลบสองขั้วอยู่บนเซลล์แบตเตอรี่ โดยขั้วบวกทั้งสองจะเชื่อมต่อกัน และขั้วลบทั้งสองก็เชื่อมต่อกันเช่นกัน ในแกนกลางของขั้วจะมีมีท่อเดินเข้าไปในเซลของแบตเตอรี่ เมื่อน้ำกลั่นได้เข้าไปลดอุณหภูมิในเซลล์แล้วก็จะออกมาทางอีกขั้วหนึ่ง รูปที่ 19 แสดงตัวอย่างของการไหลของน้ำกลั่นเข้าขั้วของเซลล์แบตเตอรี่

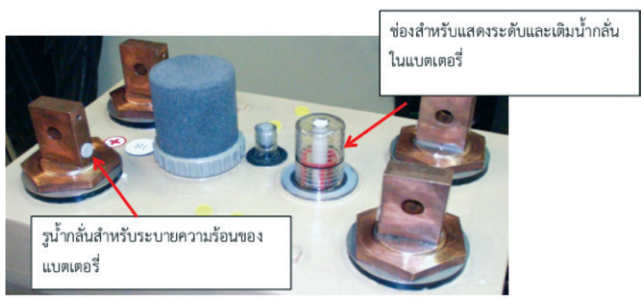


รูปที่ 19 ตัวอย่างของการไหลของน้ำกลั่นเข้าขั้วของเซลล์แบตเตอรี่

ทุกเซลล์จะมีระบบดับความร้อนของแบตเตอรี่ต่ออยู่ เพื่อให้น้ำกลั่นสามารถเข้าไปในแต่ละเซลล์ระบบจะใช้อากาศอัดที่มีความดัน 3 bar เพื่อให้น้ำกลั่นไหลวนเข้าไปในเซล เมื่อน้ำกลั่นรับความร้อนภายในเซลแล้วน้ำกลั่นที่มีอุณหภูมิสูงจะถูกนำไปลดอุณหภูมิโดยใช้น้ำทะเล เนื่องจากระบบดับความร้อนของแบตเตอรี่ต้องมีการสัมผัสของน้ำกลั่นกับขั้วของแบตเตอรี่จึงต้องมีการวัดค่าความนำไฟฟ้าของน้ำกลั่น ค่าปรกติจะอยู่ที่ระดับไม่เกิน 10 µS ถ้ามีค่าสูงเกินนี้น้ำกลั่นจะถูกนำไปลดค่าความนำไฟฟ้าโดยอุปกรณ์ที่เรียกว่า Ion Exchanger ในรูปที่ 20 ก่อนจะนำกลับมาใช้ในระบบดับความร้อนของแบตเตอรี่ต่อไป

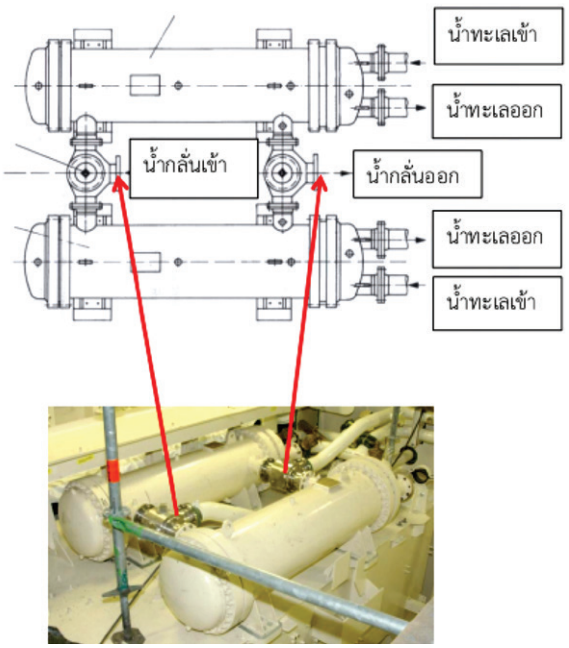
รูปที่ 20 Ion Exchanger

เมื่อระดับน้ำกรดในเซลแบตเตอรี่มีระดับต่ำกว่าค่าปรกติโดยแต่ละเซลจะมีช่องแสดงระดับและช่องเติมน้ำกลั่นในแบตเตอรี่ รูปที่ 21 แสดงตัวอย่างของช่องสำหรับแสดงระดับและเติมน้ำกลั่นในแบตเตอรี่ นอกจากนี้น้ำกลั่นยังถูกนำมาใช้ เพื่อทำความสะอาดแบตเตอรี่ในห้องแบตเตอรี่อีกด้วย



รูปที่ 21 ช่องสำหรับแสดงระดับและเติมน้ำกลั่นในแบตเตอรี่

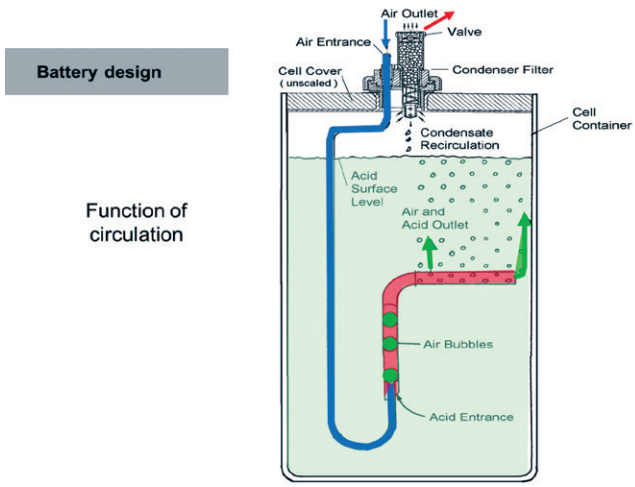
หลังจากน้ำกลั่นดูดซับความร้อนจากภายในแบตเตอรี่แล้วหากอุณหภูมิของน้ำกลั่นมีค่าเกิน 33 ℃ น้ำกลั่นจะถูกนำไปดับความร้อนโดยน้ำทะเลอีกทีหนึ่งก่อนนำวนกลับไปดูดซับความร้อนในแบตเตอรี่ โดยน้ำกลั่นจะถูกนำไปผ่านถังดับความร้อนแบตเตอรี่ (Battery Cooler) ในรูปที่ 22 เพื่อดับความร้อนโดยน้ำทะเล น้ำทะเลจะถูกปั๊มสูบเข้ามาในถังดับความร้อนของแบตเตอรี่ ดูดซับความร้อนจากน้ำกลั่น และ ถูกสูบออกไปยังภายนอกตัวเรือ



รูปที่ 22 ถังดับความร้อนแบตเตอรี่ (Battery Cooler)

3.3 ระบบการไหลวนของน้ำกรดในเซลแบตเตอรี่[4] (Acid Circulation System)

ถ้าน้ำกรดในแบตเตอรี่เซลมีการตกตะกอนประสิทธิภาพในการคายพลังงานของเซลแบตเตอรี่จะลดลง ดังนั้นจึงต้องมีการป้องกันไม่ให้เกิดการตกตะกอนของน้ำกรด โดยแต่ละเซลจะมีท่อต่ออากาศอัดท่อนี้จะต่อลงไปยังด้านล่างของเซลแบตเตอรี่ อากาศอัดจะลงไปคนให้น้ำกรดเกิดการไหลวนโดยฟองอากาศที่ออกจากท่อจะลอยขึ้นบนผิวน้ำกรดและถูกระบายออกจากเซลแบตเตอรี่มายังอากาศในตัวเรือ แผนภาพแสดงการไหลวนของน้ำกรดแสดงอยู่ในรูปที่ 24

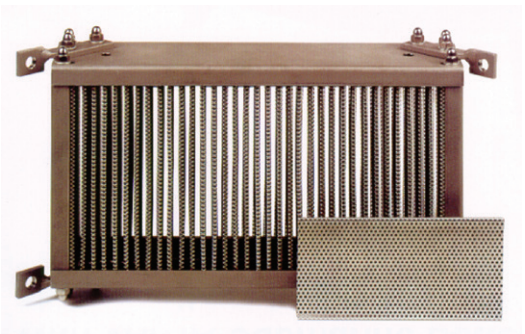


รูปที่ 24 แผนภาพแสดงการไหลวนของน้ำกรด

อากาศอัดนี้จะถูกส่งมาจากเครื่องอัดอากาศ (Air Compressor) ซึ่งใช้เฉพาะสำหรับระบบการไหลวนของน้ำกรด โดยจะมีความดันอากาศในท่ออยู่ที่ 1.3 bar โดยแต่ละเซลล์จะใช้อากาศอัด 45 – 105 ลิตรต่อชั่วโมงขึ้นอยู่กับ สถานะภาพว่าเซลแบตเตอรี่มีการใช้งานอยู่อย่างไร หรือ อยู่ในช่วงการชาร์จแบตเตอรี่ เมื่อฟองอากาศลอยออกแบตเตอรี่ก็จะกลับเข้ามารวมกับอากาศในตัวเรือต่อไป

3.4 ระบบการกำจัดก๊าซไฮโดรเจน (H2 Elimination System)

ในการชาร์จแบตเตอรี่ในระดับที่ 3 (Charging Stage 3) หรือเมื่อแบตเตอรี่มีการคายพลังงานจะมีการเกิดก๊าซไฮโดรเจนขึ้น เนื่องจากก๊าซไฮโดรเจนมีความไวไฟจึงเป็นอันตรายอย่างยิ่งโดยเฉพาะในระบบอากาศปิดเช่นเรือดำน้ำ จึงจำเป็นต้องมีการนำระบบการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนมาใช้ ระบบนี้ประกอบไปด้วยอุปกรณ์หลักคือตัวเร่งปฏิกริยา (Catalytic) ตัวอย่างอยู่ในรูปที่ 25

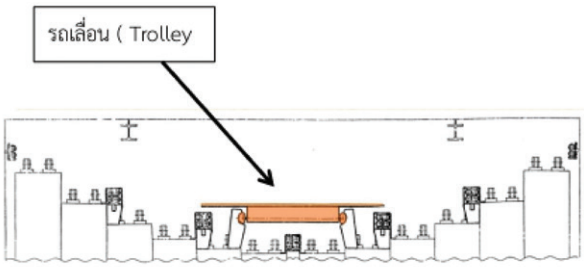


รูปที่ 25 ตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalytic)

การทำงานคือเมื่อก๊าซไฮโดรเจนเข้ามาสัมผัสกับตัวเร่งปฏิกิริยา ก๊าซไฮโดรเจนจะถูกรวมกับก๊าซออกซิเจนที่มีมีอยู่ในตัวเรือดำน้ำ และรวมกันกลายเป็นไอน้ำ ตัวเร่งปฏิกิริยามีลักษณะเป็นตะแกรงและมีติดตั้งกระจายอยู่ในเรือดำน้ำ ระบบนี้ไม่ต้องใช้พลังงานในการสร้างปฏิกิริยาจึงไม่มีการสูญเสียพลังงานจากแบตเตอรี่

3.5 ระบบช่วยในการบำรุงรักษา ใช้งานและเปลี่ยนแบตเตอรี่ (Battery Servicing System)

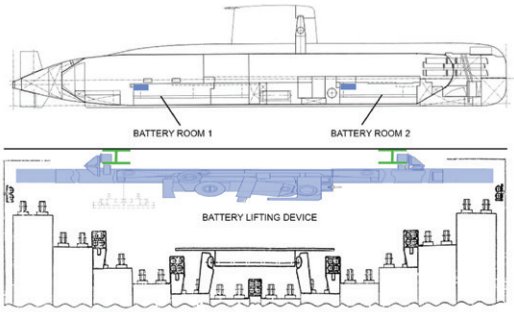
เนื่องจากห้องแบตเตอรี่เป็นห้องที่มีพื้นที่จำกัด การเข้าไปบำรุงรักษา ใช้งาน กระทำได้ยาก จึงจำเป็นต้องมีระบบช่วยในการบำรุงรักษาใช้งานและเมื่อจำเป็นต้องมีระบบช่วยในการเปลี่ยนแบตเตอรี่ ในการบำรุงรักษาในห้องแบตเตอรี่จะมีรถเลื่อน (Trolley) พาดอยู่บนเซลล์แบตเตอรี่ซึ่งอยู่กลางห้องดังที่แสดงในรูปที่ 26



รูปที่ 26 รถเลื่อน (Trolley) ในห้องแบตเตอรี่

ผู้ปฏิบัติงานสามารถใช้รถเลื่อนเพื่อเข้าไปบำรุงรักษาเช่นเติมน้ำกลั่น หรือ ทำความสะอาดเซลแบตเตอรี่ต่างๆในห้องแบตเตอรี่ได้ ในการเปลี่ยนแบตเตอรี่ เมื่อมีการนำเซลแบตเตอรี่ลงไปติดตั้งในห้องแบตเตอรี่ทางเข้าออกของเซลแบตเตอรี่มีอยู่ช่องทางเดียวซึ่งพอดีกับเซลหนึ่งเซลและตำแหน่งของช่องทางนี้จะอยู่บริเวณกลางห้องแบตเตอรี่ ดังนั้นเมื่อนำเซลแบตเตอรี่ลงไปติดตั้งในห้องแบตเตอรี่เซลที่อยู่ด้านริมจะถูกนำลงไปก่อน การเคลื่อนเซลแบตเตอรี่จากกลางห้องไปบังริมห้องจำเป็นต้องใช้เครน ซึ่งเครนนี้มีลักษณะเป็นคานแบบติดตั้งชั่วคราว โดยทางด้านริมของห้องแบตเตอรี่ตามแนวยาวของตัวเรือทั้งสองข้างจะมีรางเพื่อให้คานของเครนพาดทางปลายทั้งสองในแนวขวางคานของเครนจะสามารถเคลื่อนที่ตลอดแนวยาวของห้องแบตเตอรี่ โดยจะมีรอกเพื่อยกเซลแบตเตอรี่ไปยังตำแหน่งต่างๆในห้องโดยจะติดตั้งเซลเริ่มจากริมทั้งสองข้างมายังกลางห้องแบตเตอรี่ ดังนั้นหากต้องการเปลี่ยนเซลที่อยู่ด้านในต้องมีการยกเซลล์แบตเตอรี่ที่อยู่ตรงกลางห้องออก และเซลล์แบตเตอรี่ที่อยู่ถัดไปเรื่อยๆจนถึงเซลล์ที่ต้องการเปลี่ยน

เครนและตัวอย่างการยกเซลล์แบตเตอรี่แสดงในรูปที่ 27 และ รูปที่ 28



รูปที่ 27 เครนสำหรับยกเซลล์แบตเตอรี่

รูปที่ 28 การบรรจุเซลล์แบตเตอรี่โดยใช้เครน

4. บทสรุป

ที่กล่าวมาข้างต้นเป็นระบบการทำงาน และระบบช่วยในการทำงานของแบตเตอรี่ในเรือดำน้ำ ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะสำหรับเรือดำน้ำดีเซลไฟฟ้า ซึ่งใช้พลังงานจากแบตเตอรี่เป็นหลัก ในการออกแบบระบบเหล่านี้จำเป็นต้องพิจารณาถึงข้อจำกัดทั้งในด้านพื้นที่ปฏิบัติงานในเรือ ความสามารถในการควบคุมใช้งานได้โดยกำลังพลที่มีจำนวนจำกัด และการปฏิบัติการของเรือดำน้ำซึ่งเวลาในการปฏิบัติภารกิจจะอยู่ใต้น้ำเป็นหลัก

เอกสารอ้างอิง

[1] http://www.systems-sunlight.com/

[2] Schnell, A. (2013). *Battery Monitoring System* [PowerPoint Slides]. Presented at Submarine Technology and Knowledge Training for Royal Thai Navy, ThyssenKrupp Marine Systems, Kiel, Germany, July.

[3] Schnell, A. (2013). *Battery Cooling System* [PowerPoint Slides]. Presented at Submarine Technology and Knowledge Training for Royal Thai Navy, ThyssenKrupp Marine Systems, Kiel, Germany, July.

[4] Schnell, A. (2013). *Acid Circulating System* [PowerPoint Slides]. Presented at Submarine Technology and Knowledge Training for Royal Thai Navy, ThyssenKrupp Marine Systems, Kiel, Germany, July.

[5] Schnell, A. (2013). Battery Service System [PowerPoint Slides]. Presented at Submarine Technology and Knowledge Training for Royal Thai Navy, ThyssenKrupp Marine Systems, Kiel, Germany, July.