11

มอร. 200 – 0001 – 0966

คุณลักษณะที่สำคัญของระบบไฟฟ้ากำลังในเรือรบไทย

มาตรฐานงานช่าง กรมอู่ทหารเรือ

มอร. 200 – 0001 – 0966
คุณลักษณะที่สำคัญของระบบไฟฟ้ากำลังในเรือรบไทย

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

ประกาศกรมอู่ทหารเรือ
เรื่อง กำหนดมาตรฐานงานช่างกรมอู่ทหารเรือ
พ.ศ.๒๕๖๖

อาศัยอำนาจความในข้อ ๗.๓ และข้อ ๑๒ แห่งระเบียบกรมอู่ทหารเรือ ว่าด้วยมาตรฐานงานช่าง พ.ศ. ๒๕๕๑ เจ้ากรมพัฒนาการช่าง กรมอู่ทหารเรือ จึงกำหนดมาตรฐานงานช่าง กรมอู่ทหารเรือ หมายเลข มอร. ๒๐๐-๐๐๐๑-๐๙๖๖ คุณลักษณะที่สำคัญของระบบไฟฟ้ากำลังในเรือรบไทย ไว้ดังรายละเอียดต่อท้ายประกาศนี้

ประกาศ ณ วันที่ ๒๗ กันยายน พ.ศ. ๒๕๖๖

พลเรือตรี
(กริช ขันธอุบล)
เจ้ากรมพัฒนาการช่าง กรมอู่ทหารเรือ

มอร. 200 – 0001 – 0966
คุณลักษณะที่สำคัญของระบบไฟฟ้ากำลังในเรือรบไทย
(POWER SYSTEM CHARACTERISTIC ON SHIPBOARD)

1. เอกสารอ้างอิง

1.1 IEEE STD 45 .1th- 2017 "POWER SYSTEM CHARACTERISTIC"

2. ความมุ่งหมาย

เพื่อใช้เป็นมาตรฐานสำหรับการออกแบบระบบไฟฟ้ากำลังในเรือรบไทย

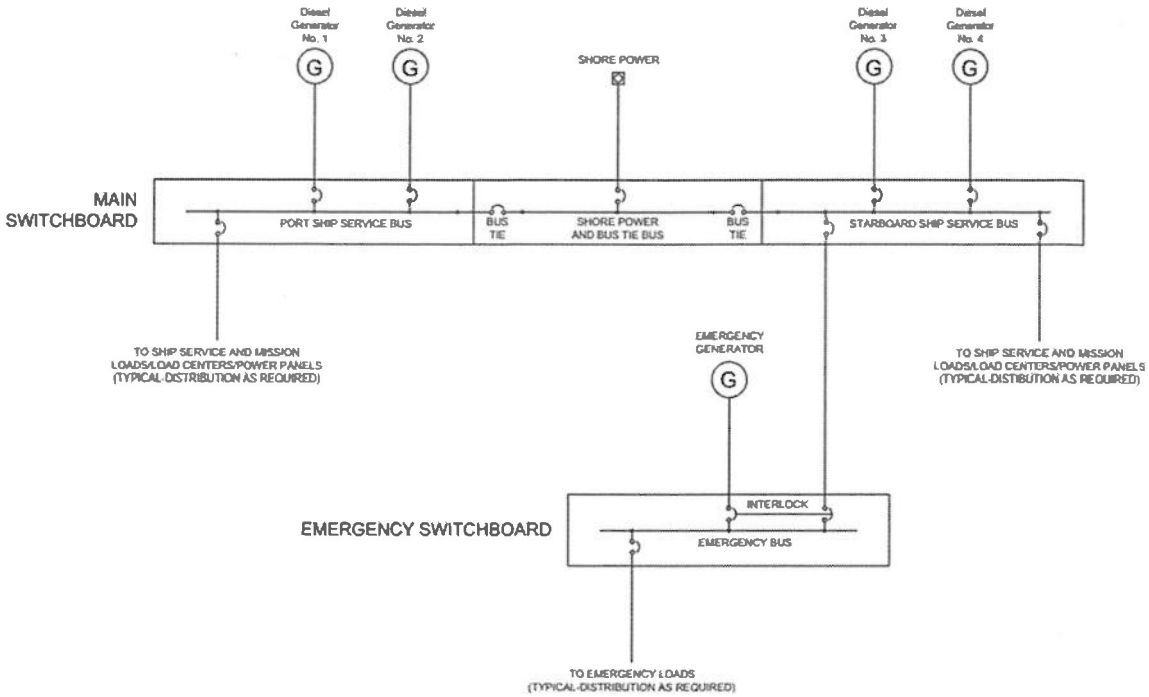
3. ขอบเขต

มาตรฐานฉบับนี้ใช้เป็นข้อกำหนดในการออกแบบระบบไฟฟ้ากำลังสำหรับเรือรบ หรือเรือช่วยรบของกองทัพเรือที่มีการต่อใหม่ โดยครอบคลุมเฉพาะคุณลักษณะที่สำคัญของระบบไฟฟ้าภายในเรือเท่านั้น

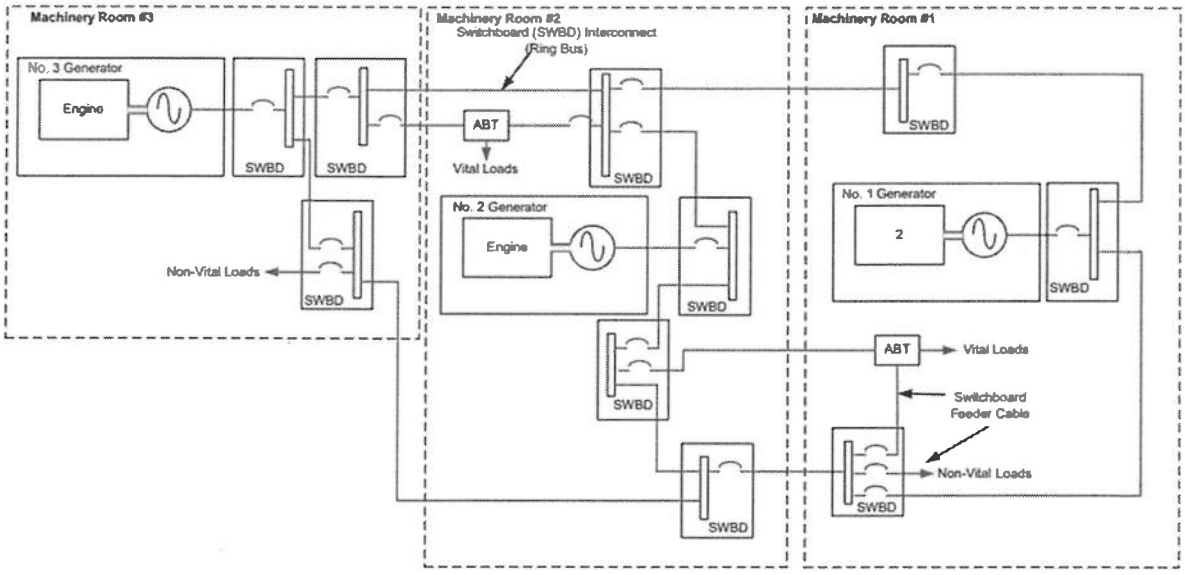
4. เนื้อเรื่อง

4.1 โครงสร้างระบบไฟฟ้ากำลังในเรือ (Electrical power systems architecture)

4.1.1 โครงสร้าง แบบเรเดียล (Radial architecture) ระบบจะประกอบด้วยแผงสวิตช์บอร์ด (Switch boards) มีสายไฟต่อไปยังโหลดที่ใช้กำลังไฟขนาดใหญ่และตู้ควบคุมโหลดไฟกำลังหลัก (Load centers) หรือ Power panel เพื่อจ่ายไฟให้กับโหลดอุปกรณ์ย่อยต่าง ๆ ภายในเรือ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าหลักและเครื่องไฟฟ้าฉุกเฉินโดยทั่วไปจะจ่ายไฟไปยังแผงสวิตช์บอร์ด (Switch boards) สำหรับโหลดที่เป็นโหลดแบบฉุกเฉิน (Emergency load) ปกติจะรับไฟจากแผงสวิตช์บอร์ดฉุกเฉิน (Emergency switchboard) สำหรับโหลดที่มีความสำคัญต่อภารกิจของเรือจะรับไฟจากตู้ควบคุมโหลดไฟกำลังหลัก (Load centers) มากกว่าหนึ่งตู้ซึ่งกระจายอยู่ตามพื้นที่ต่าง ๆ กันมีการควบคุมการใช้งานผ่านอุปกรณ์การถ่ายโอนบัสบาร์ด้วยมือโยก (Manual Bus Transfer - MBT) หรืออุปกรณ์การถ่ายโอนบัสบาร์แบบอัตโนมัติ (Automatic Bus Transfer - ABT)



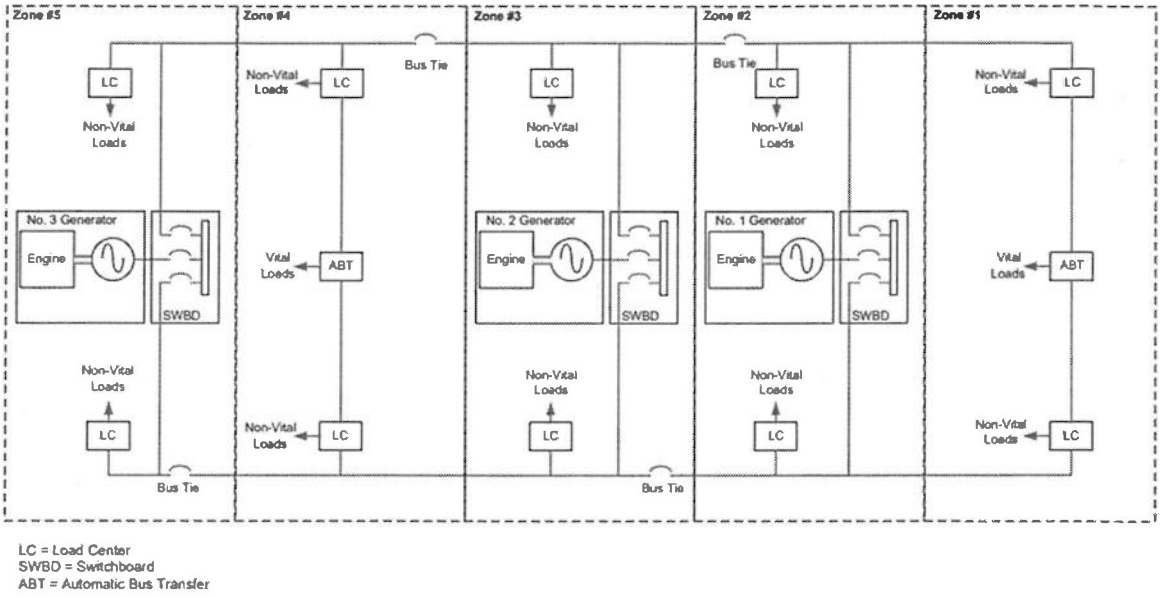
รูปภาพ 1 โครงสร้างระบบไฟฟ้ากำลังในเรือแบบเรเดียน (Radial architecture) ที่ส่วนมากพบในเรือพาณิชย์



รูปภาพ 2 โครงสร้างระบบไฟฟ้ากำลัง ในเรือ แบบเรเดียล (Radial architecture) ที่ส่วนมากพบในเรือรบ

4.1.2 โครงสร้างแบบโซน (Zone architecture) สำหรับเรือที่มีความต้องการระบบไฟฟ้าที่มีความมั่นคงต่อเนื่องและถูกต้องแม่นยำสูงแนะนำให้ใช้โครงสร้างระบบไฟฟ้าในเรือแบบโซน (Zone architecture) ระบบโครงสร้างแบบนี้จะมีการแบ่งพื้นที่ในเรือเป็นหลาย ๆ โซน (Zones) และมีการออกแบบระบบการกระจายจ่ายไฟเป็นของตัวเองในแต่ละโซน (Zonal Electrical Distribution System-ZEDS) และเชื่อมโยงแต่ละโซนเข้าถึงกันผ่านทาง primary bus หรือ inter-zonal distribution bus ดังแสดงในรูปภาพ 3

อย่างไรก็ตามจะมีอุปกรณ์บางตัวซึ่งตั้งอยู่ในโซน (Zone) นั้น แต่ไม่ได้รับการจ่ายไฟมาจากโซน (Zone) ที่อุปกรณ์นั้นติดตั้งอยู่



รูปที่ 3 โครงสร้างระบบไฟฟ้าในเรือ แบบโซน (Zone) ที่ส่วนมากพบในเรือรบ

การแบ่งโซน (Zone) ในเรือมักจะแบ่งไปตามแนวความยาวของเรือโดยมีผนังผนึกน้ำเป็นตัวกั้นแบ่งจำนวนโซน (Zone) ขึ้นอยู่กับความซับซ้อนในการใช้งานของเรือ เช่น ภารกิจ และขีดความสามารถ ความคงทนต่อภาวะทะเลของเรือ ตัวอย่างเช่นในเรือรบอาจจะมี 4 ถึง 7 โซน (Zones)

ระบบการกระจายจ่ายไฟของแต่ละโซน (Zonal Electrical Distribution System - ZEDS) ประกอบด้วยองค์ประกอบต่าง ๆ ที่จ่ายไฟให้กับกลุ่มโหลดอุปกรณ์ของในโซนของตัวเองและตัวของมันเองก็ถือเป็นส่วนหนึ่งของระบบจ่ายไฟใหญ่, ZEDS รวมกับกลุ่มโหลดอุปกรณ์ในโซนที่มันจ่ายให้ ประกอบขึ้นมาเป็นหนึ่งโซน, ZEDS จะจำกัดกำลังไฟและอุปกรณ์ควบคุมการเชื่อมโยงกับระบบใหญ่ และมีคุณสมบัติที่เมื่อเกิดข้อขัดข้องภายในโซน จะไม่ส่งผลกระทบลุกลามออกนอกโซน นอกจากนี้จุดประสงค์ของการออกแบบการกระจายจ่ายไฟแบบ ZEDS และระบบจ่ายไฟใหญ่ที่มี ZEDS หลาย ๆ อันมาประกอบเข้าด้วยกันนั้นโหลดอุปกรณ์ในแต่ละ ZEDS เราจะสามารถเลือกหรือกำหนดประเภทของไฟฟ้าได้ เช่น คุณภาพของไฟฟ้า คุณภาพของการให้บริการ (Quality of Service-QOS) เพราะอุปกรณ์ที่ขึ้นอยู่กับ ZEDS ใดจะรับกำลังไฟมาจากแหล่งจ่ายไฟของ ZEDS นั้นเท่านั้น อุปกรณ์ของระบบ ZEDS จะรวมไปถึงอุปกรณ์แปลงไฟ คอนโทรล สวิตช์เกียร์ สายไฟ และอุปกรณ์อื่น ๆ เป็นทางเลือก เช่น อุปกรณ์เก็บพลังงาน และเครื่องผลิตพลังงานไฟฟ้า

ในกรณีใช้งานเฉพาะบางอย่าง ระบบ ZEDS จะถูกแยกออกจากระบบจ่ายไฟใหญ่ของเรือและจะถูกกำหนดให้เดินเป็นครั้งคราวหรือต่อเนื่องก็ได้ ในกรณีนี้ ZEDS จะมีอุปกรณ์เก็บพลังงานและ/หรือผลิตพลังงานไฟฟ้า

4.1.3 โครงสร้างแบบผสม (Hybrid architecture) ระบบนี้จะไม่เหมือนแบบเรเดียล หรือแบบโซน อย่างหนึ่งอย่างใดเสียทีเดียว เป็นการออกแบบเฉพาะตามสถานการณ์ของงานในการวิเคราะห์ออกแบบจะต้องคำนึงถึงระบบไฟฟ้าที่ดีมีความมั่นคงของระบบไฟฟ้าทุกเงื่อนไขของการใช้งาน บรรลุคุณภาพของการให้บริการของระบบไฟฟ้า (Quality of Service-QOS) กล่าวคือ การบริหารจัดการระบบไฟฟ้าที่มีความน่าเชื่อถือในการที่จะส่งกระแสไฟฟ้าจากระบบไปยังโหลดอุปกรณ์ได้อย่างต่อเนื่องภายใต้

เงื่อนไขสถานการณ์ที่กำหนดและช่วงเวลาที่กำหนด ระบบไฟฟ้ามีคุณภาพ บรรลุวัตถุประสงค์อื่น ๆ ตามที่ได้ตกลงกันไว้ทุกอย่าง

ตัวอย่างโครงสร้างแบบผสม เช่น ระบบที่มีการผลิตไฟฟ้าและมีโหลดขนาดใหญ่หลายอันในรูปแบบบัสวงแหวน (Ring - bus configuration) ถูกเชื่อมต่อเข้ากับ ZEDS จ่ายไฟให้กับโหลดที่เหลืออื่น ๆ

4.2 ชนิดของระบบไฟฟ้าในเรือ มีดังนี้

4.2.1 ระบบไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) หรือกระแสตรง (DC) แบบ 1 เฟส (SINGLE - PHASE) 2 สาย (TWO -WIRE)

4.2.2 ระบบไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) หรือกระแสตรง (DC) แบบ 1 เฟส (SINGLE - PHASE) 3 สาย (THREE-WIRE)

4.2.3 ระบบไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) แบบ 3 เฟส (THREE - PHASE) 3 สาย (THREE -WIRE)

4.2.4 ระบบไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) แบบ 3 เฟส (THREE - PHASE) 4 สาย (FOUR-WIRE)

4.3 ขนาดของแรงดันไฟฟ้าในเรือมีดังนี้

การเลือกขนาดของแรงดันไฟฟ้าในระบบที่จ่ายให้กับภาระจะต้องมีความสอดคล้องกับแรงดันไฟฟ้าที่ผลิตจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า มาตรฐานที่สามารถเลือกใช้งานมีหลายขนาด ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 มาตรฐานของขนาดของแรงดันไฟฟ้าของไฟฟ้ากระแสสลับและไฟฟ้ากระแสตรงที่ใช้ในเรือ

มาตรฐาน	ไฟฟ้ากระแสสลับ (โวลต์)	ไฟฟ้ากระแสตรง (โวลต์)
แรงดันไฟฟ้าในระบบที่จ่ายให้กับภาระ	1 1 5 , 200, 220, 230, 350, 440, 460, 575, 660 ,2300, 3150, 4000, 6300, 10600, 13200	12, 24, 28, 115, 230, 270, 380 ดู IEEE std 1709
แรงดันไฟฟ้าในระบบที่จ่ายจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	120, 208, 230, 240, 380, 450, 480, 600, 690, 2400, 3300, 4160, 6600, 11000, 13800	120, 240 ดู IEEE std 1709

4.4 ความถี่ไฟฟ้า

ความถี่ไฟฟ้ามาตรฐานสำหรับระบบแสงสว่าง และระบบไฟฟ้ากำลัง มีความถี่ 50 Hz และความถี่ 60 Hz สำหรับ 400 Hz ใช้กับระบบอุปกรณ์บางประเภทในเรือที่ต้องการความถี่นี้

4.5 การเลือกชนิดของระบบไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า และความถี่ไฟฟ้าให้กับเรือขนาดต่าง ๆ

4.5.1 เรือขนาดเล็ก คือ เรือที่มีการใช้กำลังไฟฟ้าขนาดไม่มากกว่า 15 กิโลวัตต์ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าอาจใช้ขนาดแรงดันไฟฟ้า 120 โวลต์ แบบ 1 เฟส หรือ 3 เฟส จ่ายกระแสไฟฟ้าแรงดันไฟฟ้าขนาด 115 โวลต์ แบบ 3 เฟส หรือ 1 เฟส ให้กับระบบไฟกำลัง และไฟแสงสว่าง สำหรับไฟฟ้าแสงสว่าง 1 เฟส ที่ต่อแยกมาจากระบบ 3 เฟส จะต้องออกแบบให้มีการแบ่งภาระในแต่ละเฟสที่ตู้จ่ายไฟฟ้าให้สมดุลหรือใกล้เคียงกันมากที่สุด

4.5.2 เรือขนาดกลาง คือ เรือที่มีการใช้กำลังไฟฟ้าขนาดไม่มากกว่า 100 กิโลวัตต์ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าอาจใช้เป็นแบบ 3 เฟส ขนาดแรงดันไฟฟ้า 230 โวลต์ หรือ 240 โวลต์ จะจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับระบบไฟฟ้ากำลังขนาดแรงดันไฟฟ้า 220 โวลต์ หรือ 230 โวลต์ 3 เฟส และแรงดันสำหรับไฟฟ้าแสงสว่างเป็นแบบ 120 โวลต์ 3 เฟส 3 สาย หรือ 120/208 โวลต์ 3 เฟส 4 สาย อุปกรณ์ไฟฟ้าที่นำมาใช้กับระบบไฟฟ้ากำลังและระบบไฟฟ้าแสงสว่างควรมีแรงดันไฟฟ้า 115/200 โวลต์ 3 เฟส

4.5.3 เรือขนาดใหญ่ ขนาดแรงดันไฟฟ้าของระบบไฟฟ้ากำลังกับระบบไฟฟ้าแสงสว่าง จะมีความต้องการใช้แรงดันไฟฟ้าในระบบที่แตกต่างกันมาก (ใช้หม้อแปลงไฟฟ้าแยกระบบแรงดันไฟฟ้าจากกัน ห้ามใช้ร่วมกัน) เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ใช้จะมีขนาดแรงดันไฟฟ้าให้เลือก คือ แรงดันไฟฟ้าขนาด 450, 480, 600 และ 690 โวลต์ ตามลำดับ แรงดันไฟฟ้าที่ใช้ในระบบไฟฟ้ากำลังจะมีขนาดสอดคล้องกับแหล่งจ่าย คือ แรงดันไฟฟ้าขนาด 440, 460, 575 และ 660 โวลต์ ตามลำดับ แรงดันไฟฟ้าของระบบไฟฟ้าแสงสว่าง มีขนาด 120 โวลต์ หรือ 230 โวลต์ 3 เฟส 3 สาย หรือ 120/208 โวลต์ 3 เฟส 4 สาย

4.5.4 สำหรับเรือที่มีระบบไฟฟ้าขนาดใหญ่จะมีความต้องการใช้แรงดันไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายที่สูงขึ้น แรงดันไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายจะมีขนาด 13800, 11000, 6600, 4160, 3300 หรือ 2400 โวลต์ ใช้กับแรงดันไฟฟ้าที่ใช้งาน คือ 13200, 10600, 6300, 4000, 3150 หรือ 2300 โวลต์ 3 เฟส ตามลำดับ สำหรับการลดระดับแรงดันไฟฟ้าให้ต่ำลง จะใช้หม้อแปลงไฟฟ้า ส่วนการผลิตไฟฟ้าเป็นระบบไฟ DC ให้ใช้ขนาดแรงดันไฟฟ้าที่กำหนดไว้ตามมาตรฐานของ IEEE Std 1709

4.5.5 สำหรับเรือที่มีความต้องการที่จะใช้ไฟฟ้ากระแสตรง (DC) และมีอุปกรณ์ใช้ไฟกำลังน้อย แนะนำให้ใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบ 120 V dc โดยที่แรงดันไฟฟ้าที่ใช้กับระบบไฟฟ้าแสงสว่าง และระบบไฟฟ้ากำลังเป็นแบบ 115 V dc สำหรับเรือที่มีอุปกรณ์ใช้ไฟกำลังจำนวนมากจนอาจจะมีผลกับระบบไฟฟ้าได้ อาจเลือกใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบ 120/240 V dc 3 สาย จ่ายให้กับระบบไฟกำลัง 230 V dc จากแผงตู้ไฟกำลัง และจ่ายให้ระบบไฟแสงสว่างแบบ 115/230 V dc อาจเลือกใช้สายป้อน (Feeders) ที่มีตัวนำแบบ 3 แกน โดยวงจรย่อยของไฟแสงสว่างที่ต่อจากแผงจ่ายไฟแสงสว่างควรเป็นแบบ 115 V dc 2 สาย

เรือที่มีภาระโหลดแบบ 28, 270 หรือ 380 V dc แนะนำให้ใช้อุปกรณ์แปลงไฟ ณ จุดใช้งาน

อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าควรถูกออกแบบมาให้ทำงานได้อย่างปกติกับแรงดันไฟของระบบ (Nominal voltage) ซึ่งจะอยู่ระหว่างแรงดันใช้งานอุปกรณ์ (nominal power utilization voltages) กับแรงดันของเครื่องผลิตไฟฟ้า (nominal generation voltages) ความแตกต่างของค่าแรงดันใช้งานอุปกรณ์ (nominal power utilization voltages) กับแรงดันของเครื่องผลิตไฟฟ้า (nominal generation voltages) เกิดจากแรงดันตกในสายไฟและอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ ในระบบ

4.6 คุณลักษณะของระบบไฟฟ้ากำลังกระแสสลับ (AC POWER SYSTEM CHARACTERISTIC)

ระบบการจ่ายไฟกำลังกระแสสลับ AC ควรที่จะต้องรักษาให้ได้คุณลักษณะตามใน MIL-STD-1399-300, MIL-STD-1399-680 หรือตารางที่ 2 อุปกรณ์ไฟฟ้ารับไฟมาจากระบบควรจะทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพภายใต้เงื่อนไขตามคุณลักษณะใน MIL-STD-1399-300, MIL-STD-1399-680 หรือตารางที่ 2 และควรถูกออกแบบมาให้สามารถทนต่อสภาวะการรบกวนในระบบไฟฟ้า เช่น การเกิดทรานเซียน (TRANSIENT), การเกิดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ารบกวน (EMI), การเกิดคลื่นความถี่วิทยุรบกวน (RFI) และการทดสอบค่าความเป็นฉนวนทางไฟฟ้าด้วย สำหรับอุปกรณ์ไฟฟ้าซึ่งต้องใช้แรงดันไฟฟ้าหรือความถี่

ที่ไม่ได้เป็นไปตามมาตรฐานที่กล่าวมาข้างต้น ควรต้องมีความสามารถในการแปลงแรงดันไฟฟ้าหรือความถี่ได้ด้วยตัวเอง อุปกรณ์ไฟฟ้าต้องไม่ส่งผลทำให้คุณภาพทางไฟฟ้าของระบบลดลง คุณลักษณะที่สำคัญของระบบไฟฟ้ากำลังกระแสสลับ (AC) จะแสดงไว้ในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ตารางคุณลักษณะที่สำคัญของระบบไฟฟ้ากำลัง

คุณลักษณะที่สำคัญ	ขอบเขตที่กำหนด
Frequency a) Nominal Frequency	50/60 Hz
b) Frequency Tolerances	±3%
c) Frequency Modulation	0.5%
d) Frequency Transient:	
1. Tolerances	±4%
2. Recover time	2s
e) The worst – case frequency excursion from nominal frequency resulting from b), c), and d) 1. combined, except under emergency conditions.	±5.5%
Voltage a) User voltage tolerance: 1. Average of the three line - to - line voltages	±5%
2. Any one line - to - line voltage, including a) 1. and line voltage unbalances item b)	±7%
b) Line voltage unbalance	3%
c) Voltage modulation	5%
d) Voltage transient	
1. Voltage transient tolerances	±16%
2. Voltage transient recovery time	2s
e) Voltage spike (peak value includes fundamental)	±2500 V (380 - 600 V) system 1000 V (120 - 240 V) system
f) The maximum departure voltage resulting from a) 1. and d) combined, except under transient or emergency conditions.	±6%
g) The worst-case voltage excursion from nominal user voltage resulting from a) 1., a) 2. and d) 1. combined, except under emergency conditions	±20%
Emergency Conditions a) Frequency excursion	-100% to +12%

b) Duration of frequency excursion	Up to 2 min
c) Voltage excursion	-100% to +35%
d) Duration of voltage excursion	
1. Lower limits (- 100%)	Up to 2 min
2. Upper limits (+ 35%)	2 min

ข้อกำหนด

Frequency

1. Nominal frequency: The designated frequency ($f_{nominal}$) in Hz

2. Frequency tolerance: The maximum permitted departure from nominal frequency during normal frequency operation, excluding transient and cyclic frequency variations. It includes variation caused by load changes, environment (temperature, humidity, vibration, inclination). Switchboard meter error and drift. Tolerances are expressed in percentage of nominal frequency.

3. Frequency modulation: The permitted periodic variation in frequency during normal operation that might be caused by regularly and randomly repeated loading. For propose of definition, the periodicity of frequency modulation should be considered as not exceeding 10s.

$$\text{Frequency Modulation (\%)} = \left[\frac{f_{maximum} - f_{minimum}}{2 \times f_{nominal}}\right] \times 100$$

4. Frequency transient tolerance: A sudden change in frequency that goes outside the frequency tolerance limits, return to, and remains inside these limits within a specific recover time after initiation of the disturbance. Frequency transient tolerance is in addition to frequency tolerance limits.

5. Frequency transient recover time: The time period from the start of the disturbance until the frequency recovers and remains within the frequency tolerance limits.

Voltage

1. User voltage tolerance: The maximum permitted departure from nominal user voltage during normal operation, excluding transient and cyclic voltage variations. It includes variations such as those cause by load changes, environment (temperature, humidity, vibration, inclination), switchboard meter error and drift.

2. Line voltage unbalance tolerance (Three - phase system): The difference between the highest and lowest line - to - line voltages.

$$\text{Line Voltage Unbalance Tolerance (\%)} = \left[\frac{E_{maximum} - E_{minimum}}{E_{nominal}}\right] \times 100$$

3. Voltage modulation (amplitude): The periodic voltage variation (peak to valley) or the user voltage that might be cause by regularly or randomly repeated pulsed loading. The periodicity or voltage modulation is considered to be longer than 1 Hz and less than 10s. Voltage used in the following equation shall be on peak or all - rms:

$$\text{Voltage Modulation (\%)} = \left[\frac{E_{maximum} - E_{minimum}}{2 \times E_{nominal}}\right] \times 100$$

4. Voltage transient

4.1 Voltage transient tolerance: A sudden change (excluding spikes) in voltage that goes outside the user voltage tolerance limits and returns to and remains within these limits within a specified recover time longer than 1 ms after the initiation of the disturbance. The voltage transient tolerance is in addition to the user voltage tolerance limits.

4.2 Voltage transient recover time: the time elasped from initiation of the disturbance until the voltage recovers and remains within the user voltage tolerance limits.

5. Voltage spike: A voltage change of very short duration (Less than 1 ms)

Waveform

1. Total Harmonic Distortion (THD) (of a sine wave): The ratio in percentage of the rms valve of the residue (after elimination of the fundamental) to the rms value of the fundamental.

2. Single harmonic (of a sine wave): The ratio in percentage of the rms value of that harmonic to the rms valve of the fundamental.

3. Deviation factor (of a sine wave): The ratio of the maximum difference between corresponding ordinates of the wave and of the equivalent sine wave to the maximum ordinate of the equivalent sine wave when the waves are superimposed in such a way that they make the maximum difference as small as possible.

$$\text{Deviation factor (\%)} = \left(\frac{Maximum\ deviation}{Maximum\ ordinate\ of\ the\ equivalent\ sine\ wave}\right) \times 100$$

Emergency condition

A situation or occurrence of a serious nature that may result in electric power system interruptions or deviations, such as the occurrence of ships service generator failure and the emergency generator coming on line.

4.7 คุณลักษณะของไฟกระแสตรง (DC)

คุณลักษณะของไฟกระแสตรง (DC) ที่ใช้กับอุปกรณ์และระบบการจ่ายไฟกำลังในเรือ แนะนำตามตารางที่ 3

ตารางที่ 3 คุณลักษณะของไฟฟ้ากระแสตรง (DC)

ระดับแรงดันกระแสตรง	คุณลักษณะที่แนะนำ
28 V or 270 V	MIL STD 704F
380 V	ESTI EN 300 132-3-1
≥1000 V	IEEE Std 1709

การแจกจ่าย

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

หน่วย	จำนวนเล่ม/ไฟล์เอกสาร	เลขทะเบียน
อรม.อร.		
กจก.อรม.อร.	1	
กพ.อรม.อร.	1	
กบ.อรม.อร.	1	
กผป.อรม.อร.	1	
กคภ.อรม.อร.	1	
กรก.อรม.อร.	1	
กรล.อรม.อร.	1	
กฟฟ.อรม.อร.	1	
กสน.อรม.อร.		
กพด.อรม.อร.		
กรง.ฐท.สส.		
กผกช.กรง.ฐท.สส.	1	
กงน.กรง.ฐท.สส.	1	
ฐท.สข.		
กงน.ฐท.สข.	1	
ฐท.พง.		
กงน.ฐท.พง.	1	