กรมพัฒนาพลังงานทดแทน
และอนุรักษ์พลังงาน
กระทรวงพลังงาน

โครงการไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กมากท้ายเขื่อนพลวง 2
PHLUANG 2 MINI HYDROPOWER PROJECT

จังหวัดจันทบุรี
CHANGWAT CHANTHABURI

เอกสารหมายเลข 2
VOLUME 2
ข้อกำหนดทางด้านเทคนิค (2/2)
TECHNICAL SPECIFICATIONS (2/2)

ส่วนที่ 2	:	งานอุปกรณ์เครื่องจักรกล-ไฟฟ้า
(PART 2	:	ELECTRO-MECHANICAL EQUIPMENT)
ส่วนที่ 3	:	งานระบบไฟฟ้าแรงสูง
(PART 3	:	TRANSMISSION LINE)

PCM บริษัท พี แอนด์ ซี แมเนจเมนท์ จำกัด
มีนาคม 2563

โครงการไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กมากท้ายเขื่อนพลวง 2
ตำบลพลวง อำเภอเขาคิชฌกูฏ จังหวัดจันทบุรี

เอกสารประมูลจ้างด้วยระบบอิเล็กทรอนิกส์
เอกสารหมายเลข 2 : ข้อกำหนดทางด้านเทคนิค (2/2)

ส่วนที่ 2 งานอุปกรณ์เครื่องจักรกล-ไฟฟ้า

สารบัญ

		หน้า
หมวดที่ 1	**อุปกรณ์ระบบไฟฟ้าและระบบควบคุม**	
1.1	ความต้องการทั่วไป	1-1
1.2	ขอบเขตของงาน	1-1
1.3	จุดเชื่อมต่อ	1-3
1.4	มาตรฐานอ้างอิง กฎหมาย และกฎกระทรวงของไทย	1-3
1.5	สภาวะแวดล้อมของสถานที่ก่อสร้าง	1-4
1.6	เกณฑ์การออกแบบระบบไฟฟ้า	1-4
1.7	เกณฑ์การออกแบบระบบควบคุมและป้องกัน	1-6
1.8	แบบและเอกสารประกอบ	1-10
1.9	เครื่องกำเนิดไฟฟ้าและอุปกรณ์สนับสนุนอื่น ๆ	1-11
1.10	หม้อแปลงไฟฟ้าสำหรับเชื่อมต่อกับ กฟภ.	1-13
1.11	อุปกรณ์ระบบ 22 กิโลโวลต์สำหรับเชื่อมต่อกับ กฟภ.	1-14
1.12	ตู้ควบคุมไฟฟ้าแรงต่ำ	1-16
1.13	มอเตอร์	1-17
1.14	ชุดแบตเตอรี่และเครื่องชาร์จแบตเตอรี่	1-18
1.15	ระบบไฟฟ้าสำรองต่อเนื่อง	1-19
1.16	สายเคเบิ้ลและรางสายไฟ	1-19
1.17	ระบบต่อลงดิน	1-20
1.18	ระบบป้องกันฟ้าผ่า	1-21
1.19	ระบบแสงสว่างและเต้ารับ	1-22

สารบัญ (ต่อ)

		หน้า
1.20	ระบบสื่อสาร	1-23
1.21	ระบบกล้องวงจรปิด	1-24
1.22	ระบบตรวจจับและแจ้งเหตุเพลิงไหม้	1-24
1.23	เครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซล	1-25
1.24	ระบบควบคุม PLC	1-26
1.25	อุปกรณ์สำรองที่จำเป็น	1-29
1.26	งานทำสี	1-30
1-27	งานเชื่อม	1-33

หมวดที่ 2 POWER BOX

2.1 เครื่องกังหันน้ำ

2.1.1	ข้อกำหนดทั่วไป (General)	2-1
2.1.2	ชนิดและคุณลักษณะ (Type and Description)	2-1
2.1.3	ข้อมูลออกแบบ (Design Data)	2-1
2.1.4	Overspeed, Runaway Speed, Critical Speed and Maximum Pressure	2-2
2.1.5	กำลังการผลิตและประสิทธิภาพของเครื่องกังหันน้ำ (Turbine Output and Efficiency)	2-2
2.1.6	การเกิด Cavitation	2-4
2.1.7	คุณภาพของน้ำ (Quality of Water)	2-4
2.1.8	ท่อน้ำเข้า (Inlet Pipe)	2-4
2.1.9	โครงสร้างกังหันน้ำ (Casing)	2-5
2.1.10	Runner	2-5
2.1.11	ใบปรับปริมาณน้ำและก้านบังคับ (Guide Vane and Regulating Arm)	2-5
2.1.12	รองลื่นเพลา (Runner Shaft Bearing)	2-6
2.1.13	Draft Tube	2-6
2.1.14	การประกอบที่โรงงานและการทดสอบ (Shop Assembly And Test)	2-6
2.1.15	การทดสอบหลังติดตั้ง (Field Test)	2-7
2.1.16	การสำรองอุปกรณ์ (Spare Parts)	2-9

สารบัญ (ต่อ)

		หน้า
2.2	**อุปกรณ์ควบคุมความเร็ว (Speed Governor)**	
2.2.1	ข้อกำหนดทั่วไป (General)	2-10
2.2.2	ชนิดและคุณลักษณะ (Type and Description)	2-10
2.2.3	ขนาดและเงื่อนไขการใช้งาน (Capacity and Operating Condition)	2-11
2.2.4	การควบคุม (Governor Control)	2-11
2.2.5	การเดินสายไฟ (Wiring)	2-12
2.2.6	เครื่องมือและอุปกรณ์ควบคุม (Instrument and Control Device)	2-12
2.2.7	ระบบแรงดันน้ำมัน (Oil Pressure Unit : OPU)	2-13
2.2.8	เครื่องมือที่ใช้ถอดและประกอบ (Wrench and Tool)	2-15
2.2.9	การตรวจสอบและการทดสอบ (Inspection and Test)	2-15
2.2.10	การทดสอบหลังติดตั้ง (Field Test)	2-16
2.2.11	การสำรองอุปกรณ์ (spare part)	2-17
2.3	**ประตูน้ำด้านเข้า (Inlet Valve)**	
2.3.1	ข้อกำหนดทั่วไป (General)	2-18
2.3.2	ชนิดและคุณลักษณะ (Type and Description)	2-18
2.3.3	หลักการการออกแบบ (Design Criteria)	2-18
2.3.4	รายละเอียดของอุปกรณ์ (Description of Components)	2-19
2.3.5	วัสดุ (Material)	2-23
2.3.6	การเชื่อม (Welding)	2-25
2.3.7	การทำสี (Painting)	2-25
2.3.8	การตรวจสอบและการทดสอบ (Inspection and Test)	2-25
2.3.9	การสำรองอุปกรณ์ (Spare Parts)	2-26
2.4	**เกียร์ทดรอบ (Gearbox)**	
2.4.1	ข้อกำหนดทั่วไป (General)	2-27
2.4.2	ชนิดและคุณลักษณะ (Type and Description)	2-27
2.4.3	คุณลักษณะของส่วนประกอบ (Description Of Components)	2-27
2.4.4	เครื่องมือและเครื่องมือพิเศษ (Wrench And Special Tool)	2-29
2.4.5	การทดสอบที่โรงงาน (Shop Test)	2-29
2.4.6	การทดสอบหลังติดตั้ง (Field Test)	2-30
2.4.7	การสำรองอุปกรณ์ (Spare Parts)	2-30

สารบัญ (ต่อ)

		หน้า
2.5	**อุปกรณ์ประกอบเครื่องกล (Mechanical Auxiliary Equipment)**	
2.5.1	ข้อกำหนดทั่วไป (General)	2-31
2.5.2	งานจัดหาประกอบด้วย (Work Included)	2-31
2.5.3	มาตรฐาน (Codes and Standards)	2-31
2.5.4	อุปกรณ์ดับเพลิง (Fire Extinguisher Equipment)	2-31
2.5.5	อุปกรณ์ระบายอากาศและปรับอากาศ (Ventilation and Air Conditioning Equipment)	2-32
2.5.6	การควบคุมและแหล่งจ่ายไฟฟ้าเสริม (Control and Auxiliary Power Supplies)	2-33
2.5.7	อุปกรณ์ไฟฟ้า (Electrical Equipment)	2-33
2.5.8	การทำสี (Painting)	2-33
2.5.9	การตรวจสอบและทดสอบ (Inspection and Test)	2-33
2.5.10	การสำรองอุปกรณ์ (Spare Parts)	2-34
2.6	**เครนเคลื่อนที่เหนือศีรษะ (Overhead Traveling Crane)**	
2.6.1	ข้อกำหนดทั่วไป (General)	2-35
2.6.2	ชนิดและโครงสร้าง (Type and Construction)	2-36
2.6.3	การตรวจสอบและทดสอบ (Inspection and Test)	2-38
2.7	**อุปกรณ์ระบบไฟฟ้าและระบบควบคุม (Electrical and control system equipment)**	
2.7.1	ความต้องการทั่วไป	2-39
2.7.2	ขอบเขตของงาน	2-39
2.7.3	จุดเชื่อมต่อ	2-41
2.7.4	มาตรฐานอ้างอิง กฎหมายและกฎกระทรวงของไทย	2-42
2.7.5	แบบและเอกสารประกอบ	2-42
2.7.6	เครื่องกำเนิดไฟฟ้าและอุปกรณ์สนับสนุนอื่นๆ	2-43
2.7.7	ตู้ควบคุมไฟฟ้าแรงต่ำและตู้เซอร์กิตเบรกเกอร์	2-44
2.7.8	ชุดแบตเตอรี่และเครื่องชาร์จแบตเตอรี่	2-45
2.7.9	สายเคเบิ้ลและรางสายไฟ	2-46
2.7.10	ระบบต่อลงดิน	2-47
2.7.11	ระบบป้องกันฟ้าผ่า	2-47
2.7.12	ระบบแสงสว่างและเต้ารับ	2-48
2.7.13	ระบบตรวจจับและแจ้งเหตุเพลิงไหม้	2-49

ส่วนที่ 3 งานระบบไฟฟ้าแรงสูง

สารบัญ

		หน้า
หมวดที่ 1	**งานระบบไฟฟ้าแรงสูง**	
1.1	งานติดตั้งระบบไฟฟ้าแรงสูง	1-1
	1.1.1 ขอบเขตงานและความต้องการ	1-1
	1.1.2 กฎเกณฑ์และระเบียบต่างๆ	1-2
	1.1.3 การส่งจ่ายกำลังไฟฟ้า	1-2
	1.1.4 ระบบต่อลงดิน	1-2
	1.1.5 แบบและข้อมูลที่ต้องจัดทำโดยผู้รับจ้าง	1-2
	1.1.6 คู่มือการปฏิบัติงานและการบำรุงรักษา	1-4
	1.1.7 การอบรมให้เจ้าหน้าที่ประจำ	1-4
	1.1.8 มาตรฐาน	1-4
	1.1.9 การจัดเรียงและรหัสสี	1-5
	1.1.10 คุณภาพของงาน (Workmanship)	1-5
	1.1.11 การป้องกัน การทำความสะอาด และการทาสี	1-5
	1.1.12 งานฝังภายนอกและอื่นๆ	1-6
	1.1.13 การทดสอบ	1-6
	1.1.14 อุปกรณ์อะไหล่	1-6
1.2	ระบบสายส่ง 22 kV	1-7
	1.2.1 ทั่วไป	1-7
	1.2.2 มาตรฐานและอุปกรณ์	1-7
	1.2.3 วิธีการติดตั้ง	1-9
1.3	ตู้ควบคุมระบบไฟฟ้าย่อย	1-10
	1.3.1 ทั่วไป	1-10
	1.3.2 การติดตั้ง	1-11

ส่วนที่ 2 งานอุปกรณ์เครื่องจักรกล-ไฟฟ้า

หมวดที่ 1 อุปกรณ์ระบบไฟฟ้าและระบบควบคุม

หมวดที่ 1
อุปกรณ์ระบบไฟฟ้าและระบบควบคุม

1.1 ความต้องการทั่วไป

หัวข้อนี้ระบุถึงรายละเอียดของอุปกรณ์ระบบไฟฟ้าและอุปกรณ์ระบบควบคุมที่ใช้งานสำหรับโครงการไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กมากท้ายเขื่อนพลวง 2 การออกแบบ การผลิต การติดตั้ง และการทดสอบอุปกรณ์ทั้งหมดจะอยู่ในขอบเขตของงานและอยู่ใต้ความรับผิดชอบของผู้รับจ้าง หากมีคุณสมบัติทางเทคนิคอื่นๆ ของวัสดุและอุปกรณ์ที่ไม่ได้ระบุไว้ในข้อกำหนดนี้ จะต้องได้รับอนุมัติจากผู้ควบคุมงานของผู้ว่าจ้างก่อนเริ่มงาน ออกแบบ จัดหา ติดตั้งและทดสอบ

1.2 ขอบเขตของงาน

ขอบเขตของงานจะต้องประกอบไปด้วยงานออกแบบทางวิศกรรม งานจัดหา และงานติดตั้งอุปกรณ์ระบบไฟฟ้าและอุปกรณ์ระบบควบคุมที่ใช้งานสำหรับโครงการไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กมากท้ายเขื่อนพลวง 2 ขอบเขตของงานจะต้องรวมถึงการทดสอบที่โรงงาน การขนส่งมายังสถานที่ก่อสร้าง การทดสอบสมรรถนะของอุปกรณ์และของระบบโดยรวม การทดลองเดินเครื่อง การอบรมเจ้าหน้าที่ การควบคุมคุณภาพและการบริหารจัดการของงานติดตั้ง ขอบเขตของงานมีดังนี้

1.2.1 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแรงต่ำจำนวน 1 ชุด และอุปกรณ์ประกอบต่าง ๆ เช่น ระบบกระตุ้นสนามแม่เหล็ก ตู้ควบคุม รีเลย์ป้องกันสำหรับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ระบบป้องกันการป้องกันสภาวะที่แรงดันไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้าเกินหรือที่เรียกว่าไฟกระโชกในระยะเวลาสั้น ๆ และอุปกรณ์ต่อลงดินที่ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

1.2.2 ตู้ควบคุมไฟฟ้าแรงต่ำ LV switchgear ซึ่งประกอบด้วย ระบบป้องกันและมิเตอร์วัดค่าพลังงานไฟฟ้า ตู้ควบคุมหลักสำหรับอุปกรณ์ไฟฟ้าแรงต่ำทั้งหมดและเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรอง ตู้ควบคุมไฟฟ้ากระแสสลับสำหรับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแต่ละเครื่อง ตู้ควบคุมไฟฟ้ากระแสตรงและตู้ควบคุมย่อย

1.2.3 ระบบป้องกันและการวัดค่าพลังงานไฟฟ้าสำหรับ เครื่องกำเนิดไฟฟ้า ตู้ควบคุมไฟฟ้าแรงต่ำทั้งหมด หม้อแปลงไฟฟ้า เครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซล และอุปกรณ์ไฟฟ้าอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง

1.2.4 เครื่องมือของระบบ 22 kV ระบบป้องกันและการวัดค่า สำหรับระบบ 22 kV ตามข้อกำหนดของ การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

1.2.5 มอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส-380 โวลต์ และ 2 เฟส-220 โวลต์ สำหรับอุปกรณ์สนับสนุนต่าง ๆ

1.2.6 ชุดแบตเตอรี่และเครื่องชาร์จแบตเตอรี่จำนวน 1 ชุด

1.2.7 ชุดระบบไฟฟ้าสำรองต่อเนื่องจำนวน 1 ชุด

1.2.8 สายเคเบิ้ลต่างๆ และระบบรางเดินสายไฟ

1.2.9 ระบบท่อและรางเดินสายไฟ

1.2.10 ระบบต่อลงดินและระบบป้องกันฟ้าผ่า

1.2.11 ระบบสื่อสาร

1.2.12 ระบบกล้องวงจรปิด

1.2.13 ระบบตรวจจับและแจ้งเตือนไฟไหม้

1.2.14 ตู้ควบคุมไฟฟ้าย่อย

1.2.15 ระบบแสงสว่างและเต้ารับ

1.2.16 ระบบควบคุมโรงไฟฟ้า

1.2.17 ระบบเครื่องมือวัด

1.2.18 อุปกรณ์สำรองที่จำเป็น

1.2.19 การทดสอบระบบทั้งหมดและการอบรมเจ้าหน้าที่สำหรับการเดินเครื่องและการซ่อมบำรุงอุปกรณ์

1.2.20 อุปกรณ์อื่นๆ ที่จำเป็นรวมถึงเฟอร์นิเจอร์ต่างๆ สำหรับการเดินเครื่องและการบำรุงรักษาอุปกรณ์

1.2.21 การควบคุมงานก่อสร้างรวมถึงระบบบริหารจัดการต่างๆ

1.2.22 งานขออนุญาตการเชื่อมต่อกับการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

1.2.23 จัดเตรียมเอกสารและแบบพร้อมวิศวกรเซ็นรับรองสำหรับการขออนุญาตเชื่อมต่อระบบ 22 กิโลโวลต์ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

1.2.24 จัดทำเอกสารและแบบสำหรับก่อสร้างพร้อมวิศวกรเซ็นรับรองสำหรับใช้ก่อสร้างโครงการไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กมากท้ายเขื่อนพลวง 2

1.2.25 เครื่องมือสำหรับการทดสอบอุปกรณ์ทั้งหมด

1.2.26 ค่าใช้จ่ายต่างๆ สำหรับการก่อสร้าง การทดสอบและทดลองเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เช่น ค่าไฟฟ้า ค่าน้ำ ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง

ผู้รับจ้างจะต้องเสนออุปกรณ์สำรองที่แนะนำจากผู้ผลิตอุปกรณ์หลักสำหรับอุปกรณ์ระบบไฟฟ้าและอุปกรณ์ระบบควบคุม โดยเสนอรายการอุปกรณ์ดังกล่าวเป็นทางเลือกให้เจ้าของงานพิจารณา

1.3 จุดเชื่อมต่อ

จุดเชื่อมต่อของระบบไฟฟ้า 22 กิโลโวลต์ มีดังนี้

1.3.1 TP-E-1: สายเคเบิ้ล 22 กิโลโวลต์จะเชื่อมต่อที่สวิตช์ตัดตอนที่ติดตั้งบนเสาไฟคอนกรีตบริเวณลานหม้อแปลงภายในพื้นที่โรงไฟฟ้า

1.3.2 TP-E-2: ที่สวิตช์ตัดตอนและมิเตอร์ซื้อขายไฟ รวมถึงงานเดินสายเคเบิ้ล 22 กิโลโวลต์ที่สวิตช์ตัดตอนไปยังบริเวณเสาไฟต้นสุดท้ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

1.4 มาตรฐานอ้างอิง กฎหมาย และกฎกระทรวงของไทย

การออกแบบ การผลิต การประกอบ การติดตั้ง และการทดสอบอุปกรณ์ระบบไฟฟ้าและอุปกรณ์ระบบควบคุมจะต้องปฏิบัติตามข้อกำหนดของมาตรฐานอ้างอิงของต่างประเทศรวมถึงกฎหมายและกฎกระทรวงของไทย ดังต่อไปนี้

- The Antifriction Bearing Manufacturers Association (AFBMA)
- American National Standards Institute (ANSI)
- American Society for Testing and Materials (ASTM)
- American Society of Mechanical Engineers (ASME)
- American Petroleum Institute (API)
- British Standard (BS)
- Edison Electric Institute (EEI)
- Engineering Institute of Thailand (E.I.T)
- German Institute for Standardization (DIN)
- Insulated Cable Engineers Association (ICEA)
- International Electrotechnical Commission (IEC)
- Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)
- Instrument Society of America (ISA)
- International Organization for Standardization (ISO)
- Illuminating Engineering Society (IES)
- Japanese Industrial Standard (JIS)
- National Association of Corrosion Engineers (NACE)
- National Electrical Code (NEC)
- National Electrical Manufacturers Association (NEMA)
- National Electrical Safety Code (NESC)
- National Fire Protection Association (NFPA)
- Occupational Safety and Health Act (OSHA)
- Scientific Apparatus Makers Association (SAMA)
- Thai Industrial Standards (TIS)

- Underwriters' Laboratories (UL)

มาตรฐานอ้างอิงของต่างประเทศรวมถึงกฎหมายและกฎกระทรวงของไทยจะต้องเป็นฉบับล่าสุดที่ประกาศใช้ก่อนวันออกจดหมายแสดงเจตจำนงในการจ้างงาน

1.5 สภาวะแวดล้อมของสถานที่ก่อสร้าง

อุปกรณ์ระบบไฟฟ้าจะต้องถูกออกแบบ ให้สามารถทำงานได้ปกติ และต่อเนื่องตามสภาพอากาศและตำแหน่งที่ติดตั้ง โดยอุปกรณ์ที่ติดตั้งภายในอาคาร ที่อุณหภูมิแวดล้อม 40 องศาเซลเซียส อุปกรณ์ที่ติดตั้งภายนอกอาคาร ที่อุณหภูมิแวดล้อม 45 องศาเซลเซียส และอุปกรณ์ที่ติดตั้งระหว่างเพดานและหลังคา สามารถทำงานได้ปกติ ที่อุณหภูมิแวดล้อม 60 องศาเซลเซียส

1.6 เกณฑ์การออกแบบระบบไฟฟ้า

หัวข้อนี้จะระบุเกณฑ์การออกแบบระบบไฟฟ้าสำหรับโครงการนี้

1.6.1 ระดับแรงดันไฟฟ้า

- ระบบไฟฟ้าแรงสูง: 22 กิโลโวลต์, 3 เฟส, 3 สาย, 50 เฮิรตซ์
- ระบบไฟฟ้าแรงต่ำ: 400 โวลต์, 3 เฟส, 4 สาย, 50 เฮิรตซ์

1.6.2 ระดับแรงดันของอุปกรณ์ไฟฟ้า

- หม้อแปลง: 22 กิโลโวลต์/400-230 โวลต์, 3 สาย, 50 เฮิรตซ์
- เครื่องกำเนิดไฟฟ้า: 400 โวลต์, 3 phase, 3 wire, 50 เฮิรตซ์
- มอเตอร์ 3 เฟส: 380 โวลต์, 3 เฟส, 3 สาย, 50 เฮิรตซ์
- มอเตอร์ 1 เฟส: 220 โวลต์, 1 เฟส, 2 สาย, 50 เฮิรตซ์
- ระบบแสงสว่าง: 380/220 โวลต์, 3 เฟส, 4 สาย, 50 เฮิรตซ์
- เต้ารับสำหรับงานเชื่อม: 380 โวลต์, 3 เฟส, 4 สาย, สายดิน, 50 เฮิรตซ์
- เต้ารับทั่วไป: 220 โวลต์, 1 เฟส, 2 สาย, สายดิน, 50 เฮิรตซ์
- อุปกรณ์ไฟฟ้า 1 เฟส: 220 โวลต์, 1 เฟส, 2 สาย, 50 เฮิรตซ์
- อุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสตรง: 125 โวลต์, DC 1 เฟส

ระบบต่อลงดินของไฟฟ้าแรงต่ำจะต้องเป็นแบบ TN-S

1.6.3 ระบบต่อลงดิน

- ระบบไฟฟ้าแรงสูง 22 กิโลโวลต์: ต่อลงดินโดยตรง
- ระบบไฟฟ้าแรงต่ำ 400 โวลต์: ต่อลงดินโดยตรง (TN-S)

1.6.4 ระดับแรงดันตก

ระดับแรงดันตกสูงสุดที่ยอมรับได้จะต้องไม่เกินค่าดังต่อไปนี้

- สายป้อนกำลัง ระบบการจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงและกระแสสลับ 5%
- สายเคเบิ้ลวงจรมอเตอร์ขนาดจ่ายโหลดเต็มพิกัด 5%
- วงจรไฟฟ้าแสงสว่าง 3%
- วงจรไฟฟ้าสำรองฉุกเฉิน 3%
- สายเคเบิ้ลมอเตอร์ขณะสตาร์ท 15%

1.6.5 ระดับการป้องกันฝุ่นและน้ำของตู้ ตาม IEC 60529

- มอเตอร์: ติดตั้งภายนอกอาคาร IP55, ติดตั้งภายในอาคาร IP54
- ตู้สวิตช์เกียร์: ติดตั้งภายในอาคาร IP41
- ตู้ไฟฟ้าย่อย: ติดตั้งภายนอกอาคาร IP55, ติดตั้งภายในอาคาร IP31
- แผงควบคุม: ติดตั้งภายนอกอาคาร IP55, ติดตั้งภายในอาคาร IP31
- แผงควบคุมอุปกรณ์ย่อย: ติดตั้งภายนอกอาคาร IP65, ติดตั้งภายในอาคาร IP54
- เต้ารับ: ติดตั้งภายนอกอาคาร IP55, ติดตั้งภายในอาคาร IP20
- แผงควบคุมไฟแสงสว่าง: ติดตั้งภายนอกอาคาร IP55, ติดตั้งภายในอาคาร IP42
- กล่องต่อสาย: ติดตั้งภายนอกอาคาร IP55, ติดตั้งภายในอาคาร IP42

1.7 เกณฑ์การออกแบบระบบควบคุมและป้องกัน

1.7.1 ระบบควบคุม

หัวข้อนี้จะระบุเกณฑ์การออกแบบระบบควบคุม เครื่องมือวัดและระบบป้องกันสำหรับโครงการนี้ ระบบควบคุม เครื่องมือวัด ระบบตรวจสอบ และอุปกรณ์ป้องกันทางกลและทางไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กควรได้รับการออกแบบและจัดหาบนพื้นฐานของความปลอดภัยและมีเสถียรภาพเชื่อถือได้ เพื่อควบคุมและตรวจสอบ เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากังหันน้ำ 1 ชุด วาล์วทางเข้า ตัวควบคุมความเร็ว หม้อแปลงลานไก ระบบเสริมและอุปกรณ์เสริมแบบอัตโนมัติ ระบบควบคุมแบบ Programmable logic Control (PLC) เป็นการทำงานของเครื่องจักรหรือกระบวนการทำงานต่างๆ โดยภายในมี Microprocessor เป็นมันสมองสั่งการที่สำคัญ ระบบควบคุมความเร็ว ระบบกระตุ้นสนามแม่เหล็ก ซึ่งรวมระบบควบคุมแรงดันไฟฟ้าอัตโนมัติ, รีเลย์ป้องกันแบบดิจิทัลทำงานควบคู่กันไป ระบบควบคุมแบบ Programmable logic Control (PLC) และระบบควบคุมอื่นควรเชื่อมต่อกันอุปกรณ์สื่อสารและเครือข่ายสื่อสารความเร็วสูง รวมถึงออกแบบรองรับการควบคุมทางไกลในอนาคต โดยการเตรียมอุปกรณ์แปลงสัญญาณและฐานข้อมูลเพื่อเชื่อมต่อกับภายนอกโรงไฟฟ้า

รูปแบบการควบคุมการทำงานมี 3 แบบ ได้แก่ ควบคุมแบบอัตโนมัติ ควบคุมแบบ Step by step และควบคุมแยกรายอุปกรณ์ ในแบบอัตโนมัติ ขั้นตอนการควบคุมการทำงานจะถูกโปรแกรมเก็บไว้ใน PLC ในกระบวนการปกติระบบควบคุมจะสั่งเริ่มต้นหรือสั่งหยุดการทำงานได้จากคอมพิวเตอร์ควบคุมในห้องควบคุม ในการบำรุงรักษาหรือการทดสอบ การสั่งการควรทำที่บอร์ดควบคุมใกล้เครื่องจักร ฟังก์ชันในการควบคุมประกอบด้วย การตรวจสอบและเฝ้าระวังสภาพของเครื่องจักร การบันทึกลำดับเหตุการณ์ความผิดพลาดและเหตุการณ์แจ้งเตือน การกำหนดเงื่อนไขในการเริ่มทำงาน และเงื่อนไขในการทำงานแต่ละขั้นตอน ระบบเก็บและแสดงข้อมูลย้อนหลัง ในรูปแบบกราฟเส้นและกราฟแท่ง ระบบข้อความให้คำแนะนำแก่พนักงานเดินเครื่อง ระบบแจ้งเตือน ระบบความปลอดภัยของข้อมูลคอมพิวเตอร์และไฟร์วอลล์ และระบบข้อมูลผู้บริหารที่ต้องมี OPC server/client พร้อมฐานข้อมูลและระบบที่รองรับการเชื่อมต่อระยะไกลในอนาคต

ผู้รับจ้างต้องจัดหาระบบแสดงผลข้อมูลแบบเรียลไทม์ บนหน้าจอ LCD ของเครื่องควบคุมเพื่อให้พนักงานเดินเครื่องใช้ในการควบคุมเครื่อง โดยอย่างน้อยที่สุดต้องมีข้อมูลต่อไปนี้ MW, MVAR, พลังงานในหน่วย kWh, แรงดันไฟฟ้า, กระแสไฟฟ้า, ความถี่, สถานะของ PLC และอุปกรณ์เครือข่าย สถานะของ governor สถานะของเครื่องกระตุ้นสนามแม่เหล็ก อัตราการไหลของน้ำ ระดับน้ำ อุณหภูมิของขดลวด stator และอื่นๆ

ระบบควบคุมควรได้รับการออกแบบให้ตรวจพบสภาพผิดปกติที่เป็นเหตุให้เกิดอันตรายต่อการเดินเครื่องและหยุดเดินเครื่องโรงไฟฟ้าได้อย่างปลอดภัย ในกรณีที่หน่วยประมวลผลหรือคอนโทรลเลอร์เสีย โดยมีคอนโทรลเลอร์ชุดเดียวทำงาน ไม่มีชุดสำรอง ระบบควบคุมต้องเปลี่ยนเป็นโหมด manual หรือหยุดเครื่องจักรที่กำลังทำงานอยู่อย่างปลอดภัย พร้อมทั้งมีการแจ้งเตือน เครื่องมือวัดที่มีสัญญาณเอาต์พุต 4-20 mA หรือแบบสวิตช์ควรมีอย่างเพียงพอสำหรับการควบคุมและป้องกัน ควรมีปุ่มสวิตช์ฉุกเฉิน

รูปหัวเห็ดสีแดงที่ต้องใช้การกระทำสองขั้นตอนในห้องควบคุมเพื่อใช้ในการหยุดการเดินเครื่องแบบฉุกเฉิน ในกรณีที่การหยุดเดินเครื่องแบบปกติไม่สามารถทำได้ หรือในกรณีฉุกเฉิน

อุปกรณ์ที่ต้องจัดหาควรมีลักษณะทางเทคนิคดังต่อไปนี้

- คอมพิวเตอร์ควบคุมและจอมอนิเตอร์ LCD 2 ชุด รวมซอฟต์แวร์ลิขสิทธิ์สำหรับใช้ในการควบคุม การเดินเครื่องและการตรวจสอบ ซอฟต์แวร์ต้องเป็นภาษาอังกฤษ
- คอมพิวเตอร์งานวิศวกรรม (Laptop) 1 ชุด รวมซอฟต์แวร์ลิขสิทธิ์สำหรับใช้ในงานวิศวกรรมและทดสอบ ซอฟต์แวร์ต้องเป็นภาษาอังกฤษ
- PLC รวมซอฟต์แวร์ 2 ชุด
- ตู้ควบคุมใกล้เครื่องจักรสำหรับการควบคุมเครื่องจักรแต่ละเครื่อง และตู้ควบคุมสำหรับควบคุมอุปกรณไฟฟ้าและอุปกรณ์เสริม ซึ่งตู้ควบคุมต้องมีไฟแจ้งเตือนแบบหน้าต่างอย่างน้อยขนาด 2 x 16 หน้าต่างและมีไฟแสดงสถานะการทดสอบ มีสวิตช์เลือก local/remote ปุ่มหยุดการทำงานแบบฉุกเฉินพร้อมฝาครอบ ตัวตู้ต้องมีพัดลม ไฟแสงสว่างพร้อมสวิตช์ประตู เครื่องทำความร้อนแบบที่มี thermostat เพื่อควบคุมความชื้น
- เซิร์ฟเวอร์สำหรับ Sequence of Event (SOE) ที่มีอินพุตการ์ดที่มีความเร็วไม่น้อยกว่า 1 มิลลิวินาที ที่สามารถรองรับสัญญาณ SOE ของทั้งโรงไฟฟ้าอย่างน้อย 200 สัญญาณ และบันทึกเก็บข้อมูลไว้ได้อย่างน้อย 2 ปี ซึ่งต้องมีระบบบันทึกลำดับเหตุการณ์ และเรียกใช้ข้อมูลย้อนหลังซึ่งสามารถเก็บเรียกดู แสดงข้อมูลค่าวัด ข้อมูลแจ้งเตือนและระบบรายงานข้อมูล
- ระบบขนานเครื่อง ทั้งแบบอัตโนมัติและแบบ manual ซึ่งประกอบด้วย synchro scope, synch check relay มิเตอร์และอุปกรณ์เสริมอื่นๆ สำหรับทั้ง 2 หน่วยผลิต
- ระบบรีเลย์ป้องกันแบบดิจิทัล
- Local Area Network (LAN) Ethernet TCP/IP 10/100/1000 Mbps include network switching
- เครื่องสำรองไฟขนาด 230 โวลต์
- Master clock พร้อมเสาอากาศและ lightning arrester, และจอแสดงเวลา อย่างละ 1 ชุด
- Network color laser printer supported A3 size with duplex printing function
- Operator control desk สำหรับติดตั้งเครื่องควบคุม พร้อมเก้าอี้
- ตู้ Marshalling สำหรับเข้าสายเคเบิล
- เครื่องมือวัดที่มีสัญญาณเอาต์พุต 4-20 mA แบบมีจอแสดงผลบนตัวเครื่อง เครื่องมือวัดทุกตัวมีวาล์วสำหรับเปิดและปิดการเชื่อมต่อระหว่างเครื่องมือวัดกับกระบวนการ การวัดอุณหภูมิควรใช้ RTD แบบ Pt100 โอห์ม เครื่องมือวัดประเภทสวิตช์ contact ควรเป็นแบบ SPDT ป้ายชื่อสำหรับเครื่องมือวัดเป็นแผ่นสเตนเลสสตีลแขวนหรือติดอยู่กับเครื่องมือวัด
- กล้องวงจรปิด CCTV เพื่อคอยตรวจตราและเฝ้าระวังความปลอดภัยแบบ fixed IP ประเภทติดตั้งในอาคาร 3 และแบบ fixed IP ประเภทติดตั้งนอกอาคาร

1.7.2 โหมดการควบคุม

ระบบควรมีการควบคุมระยะไกล (Remote) จากเครื่องควบคุมในห้องควบคุม หรือจากตู้ควบคุมกังหัน (Local) ผู้รับจ้างต้องจัดหาสวิตช์เพื่อเลือก local/remote ให้สามารถเลือกได้จาก ตู้ควบคุมกังหัน พนักงานเดินเครื่องควรสามารถเลือกโหมดการควบคุมต่อไปนี้

ก. Manual mode: เครื่องจักรและอุปกรณ์เสริมแต่ละชุดจะถูกควบคุมด้วยตัวพนักงานเดินเครื่องผ่านการควบคุมระยะไกลหรือควบคุมที่ตู้ควบคุมของเครื่องจักร

ข. Auto mode: เครื่องจักรและอุปกรณ์ทั้งหมดจะถูกควบคุมอย่างอัตโนมัติตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงการขนานเครื่องโดยพนักงานเดินเครื่องสั่งการเริ่มต้นการทำงานจากเครื่องควบคุมในห้องควบคุม

ค. Step by step mode: พนักงานเดินเครื่องสามารถสั่งการตามขั้นตอนการควบคุมใน Auto mode ไปทีละขั้นตอน โดยพนักงานเดินเครื่องสั่งเริ่มทำงานแต่ละขั้นตอน

1.7.3 Unit Control Sequence (UCS)

UCS สามารถดำเนินการ โดยเป็นไปตามขั้นตอนการควบคุมที่เลือกและตามที่ตั้งค่าเริ่มต้นไว้ได้ในในทุกโหมดการควบคุมยกเว้น manual mode เมื่อขั้นตอนการควบคุมถูกสั่งให้เริ่ม UCS จะตรวจสอบเงื่อนไขในการเริ่มทำงานทุกเงื่อนไขของขั้นตอนการควบคุมที่เลือกนั้น จนเมื่อเงื่อนไขทุกอย่างผ่าน จึงเริ่มทำงานตามขั้นตอนที่ตั้งค่าไว้

ในการหยุดเดินเครื่องปกติ ขั้นตอนจะถูกเป็นไปตามค่าเริ่มต้นที่ตั้งค่าไว้หรือจากระบบควบคุมของระบบเอง เพื่อทำการหยุดเดินเครื่อง หรือการเริ่มเดินเครื่องที่ไม่สมบูรณ์ก็จะสั่งให้หยุดเดินเครื่องเช่นกัน ระบบควบคุมควรหยุดการทำงานตามขั้นตอน ตามการตั้งค่าของผู้ผลิต (Default Setting)

การหยุดเดินเครื่องฉุกเฉิน Emergency shutdown โดยผู้ปฏิบัติงาน สามารถทำได้โดยการกดปุ่มสวิตช์ฉุกเฉินรูปหัวเห็ดสีแดง จะใช้กระทำใน 2 กรณี คือ การหยุดเดินเครื่องปกติแบบฉุกเฉิน หรือเครื่องไม่สามารถหยุดได้ตามปกติ

1.7.4 การขนานเครื่อง

การขนานเครื่องของโรงไฟฟ้าจะทำที่เซอร์กิตเบรกเกอร์แรงต่ำโดยใช้รีเลย์สำหรับขนานเครื่องเป็นตัวสั่งการและส่งกำลังไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าผ่านหม้อแปลงไฟฟ้าเข้าระบบ 22 กิโลโวลต์ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

1.7.5 ระบบป้องกันทางไฟฟ้า

รีเลย์ป้องกันจะเป็นชนิดดิจิทัลมัลติฟังก์ชันและแต่ละอุปกรณ์ไฟฟ้าจะต้องมีฟังก์ชันการป้องกันอย่างน้อยที่สุดดังต่อไปนี้

เครื่องกำเนิดไฟฟ้า

- การป้องกันกระแสไฟมากเกินไป
- การป้องกันกระแสไฟลงดินมากเกินไป
- การป้องกันกระแสไฟที่แต่ละเฟสเกินแบบโดยตรง
- การป้องกันกระแสไฟที่ลงดินเกินแบบโดยตรง
- การป้องกันกำลังไฟฟ้าไหลย้อนกลับทิศทาง
- การป้องกันความถี่ สูงหรือต่ำ เกินไป
- การป้องกันแรงดันไฟฟ้าสูงหรือต่ำ เกินไป

หม้อแปลงไฟฟ้า

- ใช้ฟิวส์เป็นตัวป้องกันกระแสไฟที่เกินและการลัดวงจร

สายส่งไฟฟ้า 22 กิโลโวลต์

- ใช้ฟิวส์เป็นตัวป้องกันกระแสไฟที่เกินและการลัดวงจร
- การป้องกันแรงดันไฟฟ้าเกิน

1.7.6 มิเตอร์ซื้อขายไฟ

มิเตอร์ซื้อขายไฟจะต้องติดตั้งที่บริเวณจุดเชื่อมต่อและใกล้กับเสาไฟต้นสุดท้ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค มิเตอร์ซื้อขายไฟและหม้อแปลงเครื่องวัดจะต้องเป็นไปตามมาตรฐานของการไฟฟ้าฯ

1.7.7 มิเตอร์วัดค่าคุณภาพกำลังไฟฟ้า

ผู้รับจ้างจะต้องจัดหามิเตอร์วัดค่าคุณภาพกำลังไฟฟ้าตามมาตรฐานและข้อกำหนดของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค มิเตอร์วัดค่าคุณภาพกำลังไฟฟ้าจะติดตั้งที่จุดซื้อขายไฟหรือติดตั้งในห้องระบบไฟฟ้าโดยให้ กฟภ. เป็นผู้กำหนดจุดติดตั้งมิเตอร์

1.8 แบบและเอกสารประกอบ

แบบและเอกสารสำหรับระบบไฟฟ้าและระบบควบคุมจะต้องมีดังต่อไปนี้เป็นอย่างน้อย

- Overall single line diagrams
- Single line diagrams
- Logic diagrams and flow chart
- Control configuration diagrams
- Schematic diagrams
- Wiring diagrams
- Cable schedules
- Raceway schedules
- Motor and load lists
- Input/output lists
- Instrument lists
- PLC hardware and software lists
- แบบแสดงหน้าจอระบบควบคุม
- คู่มือการใช้งานของอุปกรณ์
- แคตาล็อกอุปกรณ์
- แบบแปลนไฟฟ้า
- แบบโครงร่างและการประกอบชิ้นส่วน
- แนวคิดการออกแบบภาพรวมของระบบ
- แผนภาพบล็อกของระบบ
- แบบแสดงรายละเอียดตู้ระบบควบคุมและแสดงตำแหน่งติดตั้ง
- แบบแสดงอุปกรณ์และแสดงตำแหน่งติดตั้งในห้องควบคุม
- แบบแสดงอุปกรณ์และแสดงตำแหน่งติดตั้งในห้องอุปกรณ์ไฟฟ้า
- รายละเอียดการคำนวณขนาดพิกัด
- การคำนวณการตั้งค่ารีเลย์ป้องกัน และเส้นโค้งความสัมพันธ์ของรีเลย์
- แบบการติดตั้งตัวอย่าง
- แบบการติดตั้งเครื่องมือวัด
- คู่มือการใช้งานระบบควบคุม
- เอกสารประกอบการฝึกอบรม
- เอกสารรายการอุปกรณ์สำรอง

การคำนวณจะต้องรวมถึงการศึกษาการลัดวงจร สภาวะแรงดันตก และการหาขนาดอุปกรณ์

1.9 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าและอุปกรณ์สนับสนุนอื่น ๆ

1.9.1 ความต้องการทั่วไป

หัวข้อนี้ระบุความต้องการในการออกแบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดซิงโครนัสและอุปกรณ์สนับสนุนอื่นๆ สำหรับโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก

พิกัดและคุณสมบัติทางเทคนิค

ก.	จำนวนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	: 1
ข.	พิกัดกำลังต้องไม่น้อยกว่า	: 425 กิโลโวลต์แอมป์
ค.	ค่าตัวประกอบกำลังที่พิกัด	: 0.8
ง.	ความถี่	: 50 เฮิรตซ์
จ.	ค่าประสิทธิภาพ	: ไม่น้อยกว่า 92% ค่าตัวประกอบกำลัง 0.8
ฉ.	จำนวนเฟส	: 3
ช.	ย่านแรงดัน	: ± 5%
ซ.	พิกัดความเร็วรอบ	: กำหนดโดยผู้รับจ้าง
ฌ.	ขดลวดสเตเตอร์	: ทองแดง
ญ.	การต่อขดลวดสเตเตอร์	: สตาร์
ฎ.	ระดับฉนวนหุ้มขดลวดสเตเตอร์และขดลวดโรเตอร์	: คลาส F

1.9.2 ค่าอุณหภูมิเพิ่ม

ค่าอุณหภูมิเพิ่มสูงสุดต้องไม่เกิน 80 องศาทั้งที่ขดลวดสเตเตอร์และขดลวดโรเตอร์เมื่อเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเดินเครื่องเต็มพิกัดกำลัง และมีออกแบบที่ค่าอุณหภูมิโดยรอบไม่เกิน 40 องศา

คุณสมบัติทางไฟฟ้า

ก. ค่า direct-axis reactance (Xdu) จะต้องมีค่าต่ำเท่าที่จะทำได้ตามการออกแบบที่เหมาะสม

ข. ค่า direct-axis transient reactance (X'du) จะต้องมีค่าต่ำเท่าที่จะทำได้ตามการออกแบบที่เหมาะสม

ค. ค่าแรงดันอิ่มตัวของค่า direct-axis sub-transient reactance (X"d) จะต้องมีค่าสูงเท่าที่จะทำได้ตามการออกแบบที่เหมาะสม

ง. ค่า Short circuit ratio จะต้องไม่น้อยกว่า 0.8

จ. ค่าแรงดัน ceiling voltage ของระบบกระตุ้นสนามแม่เหล็กจะต้องไม่น้อยกว่า 150%

ฉ. ค่าพิกัดของระบบกระตุ้นสนามแม่เหล็กต้องออกแบบเผื่อไว้ให้สูงกว่าค่าใช้งานจริงอย่างน้อย 10%

ช. ค่าฮาร์โมนิครวมจะต้องไม่เกิน 5%

ซ. ค่าเบี่ยงเบนของรูปคลื่นแรงดันและความถี่ต้องไม่เกิน 5%

1.9.3 คุณสมบัติทางกล

ก. ค่า Flywheel effect (J) จะต้องถูกกำหนดโดยผู้ผลิต

ข. ค่า Maximum runaway speed จะต้องถูกกำหนดโดยผู้รับจ้าง

ค. ค่า Ratio of first bending critical speed to maximum runaway speed จะต้องไม่น้อยกว่า 1.25

ง. ช่วงเวลาน้อยที่สุดในการเดินเครื่องที่ค่าความเร็ว maximum runaway จะใช้เวลา 30 นาที

จ. ทิศทางการหมุนจะต้องตามเข็มนาฬิกาเมื่อมองจากตัวกังหัน

ฉ. ค่าอุณหภูมิสูงสุดของน้ำที่ใช้ระบายความร้อนสำหรับน้ำมันและอากาศต้องไม่เกิน 30 องศา

1.9.4 ระบบกระตุ้นสนามแม่เหล็ก

ระบบกระตุ้นสนามแม่เหล็กจะต้องเป็นชนิดแม่เหล็กถาวร ไม่ใช้แปรงถ่าน

1.9.5 อุปกรณ์ควบคุมแรงดันอัตโนมัติ

อุปกรณ์ควบคุมแรงดันอัตโนมัติจะต้องเป็นชนิดไมโครโปรเซสเซอร์สำหรับควบคุมแรงดันของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเท่านั้น

1.9.6 ตู้จุดต่อสายนิวตรอลลงดิน

จุดนิวตรอลของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะต้องต่อลงดินผ่านตัวต้านทานที่ติดตั้งในตู้โลหะ ตัวต้านทานจะต้องถูกออกแบบให้จำกัดกระแสลัดวงจรไม่เกิน 15 แอมป์ ได้นานถึง 10 วินาที

1.10 หม้อแปลงไฟฟ้าสำหรับเชื่อมต่อกับ กฟภ. (ถ้ามี)

1.10.1 ความต้องการทั่วไป

หัวข้อนี้ระบุความต้องการและคุณสมบัติทางเทคนิคของหม้อแปลงไฟฟ้า หม้อแปลงไฟฟ้าจะทำหน้าที่รับกำลังไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ระดับแรงดันต่ำและแปลงกำลังไฟฟ้าขึ้นไปที่ระดับแรงดัน 22 กิโลโวลต์ เพื่อจ่ายให้กับระบบจำหน่ายไฟฟ้าของ กฟภ. และในช่วงเริ่มต้นการทำงานของโรงไฟฟ้า โรงไฟฟ้าจะต้องรับไฟจากระบบจำหน่ายไฟฟ้า 22 กิโลโวลต์ ของ กฟภ. ผ่านหม้อแปลงเข้ามาในโรงไฟฟ้าเพื่อเริ่มต้นทำงาน

1.10.2 พิกัดและคุณสมบัติทางเทคนิค

ก. จำนวนหม้อแปลง: 1
ข. พิกัดกำลัง: 500-600 กิโลโวลต์แอมป์
ค. พิกัดความถี่: 50 เฮิรตซ์
ง. พิกัดแรงดัน: ด้านแรงสูง 22 กิโลโวลต์, ด้านแรงต่ำ 400 โวลต์
จ. ระดับฉนวนของขดลวดและอุปกรณ์ประกอบ: เป็นไปตามมาตรฐาน IEC
ฉ. ประสิทธิภาพ: เป็นไปตามมาตรฐาน IEC
ช. ขดลวดหม้อแปลง: ทองแดง
ซ. การระบายความร้อน: ระบายความร้อนด้วยตัวเอง
ฌ. ตัวถังหม้อแปลง: แผ่นเหล็ก
ญ. ชนิดหม้อแปลง: แบบคอนเซอร์เวเตอร์ หรือ แบบถังปิด
ฎ. กลุ่มเวกเตอร์: เดลต้า-วาย
ฏ. ค่าอิมพีแดนซ์: ไม่เกิน 6 %
ฐ. ค่าอุณหภูมิเพิ่มของน้ำมัน: 60 องศา (ค่าออกแบบ)
ฑ. ค่าอุณหภูมิเพิ่มของขดลวด: 65 องศา (ค่าออกแบบ)
ฒ. ตัวเปลี่ยนแท็ป: ติดตั้งด้านแรงสูง ±2 x 2.5 %
ณ. ระดับเสียงรบกวน: เป็นไปตามมาตรฐาน IEC
ด. มาตรฐานที่ใช้ในการออกแบบ ผลิต และทดสอบ: เป็นไปตามมาตรฐาน IEC

1.11 อุปกรณ์ระบบ 22 กิโลโวลต์สำหรับเชื่อมต่อกับ กฟภ. (If applicable)

1.11.1 ความต้องการทั่วไป

อุปกรณ์ไฟฟ้าของระบบ 22 กิโลโวลต์สำหรับเชื่อมต่อกับระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคจะต้องเป็นไปตามข้อกำหนดของ กฟภ. ประกอบด้วย มิเตอร์ไฟ มิเตอร์วัดค่าคุณภาพกำลังไฟฟ้า หม้อแปลงเครื่องวัด รีเลย์ป้องกัน สวิตช์ตัดตอน อุปกรณ์ป้องกันฟ้าผ่า เป็นต้น ผู้รับจ้างจะต้องเป็นผู้รับผิดชอบในการติดต่อประสานงานกับ กฟภ. ในงานเชื่อมต่อระบบให้ถูกต้องและเสร็จสมบูรณ์

1.11.2 สวิตช์ตัดตอนแรงสูง 22 กิโลโวลต์ (22kV Disconnecting Switch**)**

ก. ลักษณะการใช้งาน: ติดตั้งภายนอกอาคาร (50 Hz.)

ข. พิกัดทนกระแสลัดวงจรที่ 1 วินาที: 25 กิโลแอมป์ (ตามที่ กฟภ. กำหนด)

ค. มาตรฐานที่ใช้: มาตรฐาน IEC, ANSI และ NEC

ง. อุปกรณ์ประกอบ: Steel/Aluminum channel base, with mounting strap and mounting hardware, supporting insulators, copper bus bar blade, operating eye for hook stick operation, Positive latch to prevent accidental opening, 90 degree open position blade stop

1.11.3 ฟิวส์กำลัง (Drop Out Fuse**)**

ก. ลักษณะการใช้งาน: ติดตั้งภายนอกอาคาร

ข. พิกัดกระแส: 100 แอมป์

ค. พิกัดแรงดันสูงสุด: 27 กิโลโวลต์

ง. พิกัดทนกระแสลัดวงจร: 12 กิโลแอมป์ (ตามที่ กฟภ. กำหนด)

จ. มาตรฐานที่ใช้: มาตรฐาน IEC, ANSI และ NEC

ฉ. หน้าสัมผัส รวมถึงส่วนอยู่กับที่และส่วนเคลื่อนที่ : โลหะเงิน

ช. ตัวฟิวส์ด้านนอกจะต้องทำจากไฟเบอร์กลาสเสริมความแข็งแรง

ซ. อุปกรณ์ประกอบอื่นๆ ให้เป็นไปตามบริษัทผู้ผลิต

1.11.4 อุปกรณ์กับดัก Surge (Surge Arrester)

ก. จำนวน: 1 ชุด ต่อสวิตช์ตัดตอน 1 ตัว
ข. ลักษณะการใช้งาน: ติดตั้งภายนอกอาคาร
ค. พิกัดแรงดัน: 21 กิโลโวลต์
ฌ. กระแสดิสชาร์จปกติ:10 กิโลแอมป์ (ตามที่ กฟภ. กำหนด)
ญ. พิกัดทนกระแสลัดวงจร: 20 กิโลแอมป์
ฎ. ระดับชั้นการดิสชาร์จ: 2
ง. มาตรฐานที่ใช้: TIS, IEC, ANSI or NEC
จ. อุปกรณ์ประกอบอื่นๆ ให้เป็นไปตามบริษัทผู้ผลิต

1.11.5 ระบบมิเตอร์ไฟ

ก. ชนิดและคลาสของมิเตอร์: ตามที่ กฟภ. กำหนด
ข. พิกัดและคลาสของหม้อแปลงกระแส: ตามที่ กฟภ. กำหนด
ค. พิกัดและคลาสของหม้อแปลงแรงดัน: ตามที่ กฟภ. กำหนด

1.11.6 ระบบรีเลย์ป้องกันตามที่ กฟภ. กำหนด

ก. รูปแบบการป้องกัน: รูปแบบที่ 6 ที่แสดงในข้อกำหนดการเชื่อมต่อของ กฟภ.
ข. ฟังก์ชันการป้องกันด้านแรงสูง 22 กิโลโวลต์: 59N
ค. ฟังก์ชันการป้องกันด้านแรงต่ำ 230/400 โวลต์: 50/51, 50N/51N, 32, 27/59, 67, 67N, 81, 25, 27R
ง. พิกัดและคลาสของหม้อแปลงกระแส: ตามที่ กฟภ. กำหนด
จ. พิกัดและคลาสของหม้อแปลงแรงดัน: ตามที่ กฟภ. กำหนด

1.12 ตู้ควบคุมไฟฟ้าแรงต่ำ

1.12.1 ความต้องการทั่วไป

ตู้ควบคุมไฟฟ้าแรงต่ำประกอบด้วยตู้สวิตช์เกียร์ ตู้ควบคุมไฟฟ้าหลัก และตู้ควบคุมไฟฟ้าย่อย จะต้องออกแบบให้สามารถรับกำลังไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและจ่ายไปยังหม้อแปลง อุปกรณ์ไฟฟ้าแรงต่ำทั้งหมด

1.12.2 สวิตช์เกียร์แรงต่ำ

ก. มาตรฐานที่ใช้: IEC
ข. ชนิดของโครงสร้างตู้: ตู้โลหะหุ้มฉนวน
ค. พิกัดแรงดัน: 660 โวลต์
ง. แรงดันที่ใช้งาน: 230/400 โวลต์, 3 เฟส, 4 สาย

จ. ความถี่: 50 เฮิรตซ์
ฉ. พิกัดทนกระแสลัดวงจรที่ 1 วินาที: จะต้องไม่น้อยกว่าค่าที่คำนวณได้
ช. พิกัดทนกระแสลัดวงจรยอดคลื่น: ไม่น้อยกว่า 2.3 เท่าของพิกัดทนกระแสลัดวงจร
ซ. พิกัดทนแรงดันเกินที่ความถี่กำลัง: เป็นไปตามมาตรฐาน IEC
ฌ. ระบบวงจรไฟเลี้ยง: 125 โวลต์ดีซี
ญ. ฮีตเตอร์ทำความร้อนป้องกันการกลั่นตัวไอน้ำในตู้
ฎ. รูปแบบการจัดวางอุปกรณ์ในตู้: 3b
ฏ. เซอร์กิตเบรกเกอร์ชนิดอากาศ: 630 แอมป์, มีถาดถอดได้, มีวงจรทริป, ทำงานด้วยมอเตอร์
ฐ. ฟังก์ชันป้องกัน: ป้องกันกระแสเกิน ป้องกันการลัดวงจร ป้องกันกระแสลงดิน
ฑ. ระบบต่อลงดิน: TN-S

1.12.3 Main Distribution Board

ก. มาตรฐานที่ใช้: IEC
ข. ชนิดของโครงสร้างตู้: ตู้โลหะหุ้มฉนวน
ค. พิกัดแรงดัน: 660 โวลต์
ง. แรงดันที่ใช้งาน: 230/400 โวลต์, 3 เฟส, 4 สาย
จ. ความถี่: 50 เฮิรตซ์
ฉ. พิกัดทนกระแสลัดวงจรที่ 1 วินาที: จะต้องไม่น้อยกว่าค่าที่คำนวณได้
ช. พิกัดทนกระแสลัดวงจรยอดคลื่น: ไม่น้อยกว่า 2.3 เท่าของพิกัดทนกระแสลัดวงจร
ซ. พิกัดทนแรงดันเกินที่ความถี่กำลัง: เป็นไปตามมาตรฐาน IEC
ฌ. ระบบวงจรไฟเลี้ยง: 125 โวลต์ดีซี
ญ. ฮีตเตอร์ทำความร้อนป้องกันการกลั่นตัวไอน้ำในตู้
ฎ. รูปแบบการจัดวางอุปกรณ์ในตู้: 3b
ฏ. โมเดตเคสเซอร์กิตเบรกเกอร์ (MCCB) : มีถาดถอดได้, มีวงจรชั้นทริป, ทำงานด้วยมือ
ฐ. ฟังก์ชันป้องกัน: ป้องกันกระแสเกิน ป้องกันการลัดวงจร ป้องกันกระแสลงดิน
ฑ. ระบบต่อลงดิน: TN-S

1.12.4 ตู้ควบคุมไฟฟ้าย่อยกระแสตรงและกระแสสลับ

ก. มาตรฐานที่ใช้: IEC
ข. ชนิดของโครงสร้างตู้: ตู้โลหะหุ้มฉนวน
ค. พิกัดแรงดัน: 660 โวลต์
ง. แรงดันที่ใช้งาน: 230/400 โวลต์, 3 เฟส, 4 สาย
จ. ความถี่: 50 เฮิรตซ์
ฉ. พิกัดทนกระแสลัดวงจรที่ 1 วินาที: จะต้องไม่น้อยกว่าค่าที่คำนวณได้
ช. พิกัดทนกระแสลัดวงจรยอดคลื่น: ไม่น้อยกว่า 2.3 เท่าของพิกัดทนกระแสลัดวงจร
ซ. พิกัดทนแรงดันเกินที่ความถี่กำลัง: เป็นไปตามมาตรฐาน IEC
ฌ. โมเดตเคสเซอร์กิตเบรกเกอร์(MCCB): มีฟังก์ชันการป้องกันกระแสเกิน ป้องกันการลัดวงจร

ฌ. เบรกเกอร์สำรอง: 20%

ญ. ระบบต่อลงดิน: TN-S

1.13 มอเตอร์

1.13.1 ความต้องการทั่วไป

ผู้รับจ้างจะต้องมีหน้าที่ออกแบบ ติดตั้ง และทดสอบมอเตอร์ทุกตัวที่ใช้สำหรับโรงไฟฟ้าพลังน้ำ มอเตอร์จะต้องมีพิกัดกำลังสูงกว่าอุปกรณ์ทางกลไม่น้อยกว่า 10%

1.13.2 ความต้องการทางเทคนิค

ก. พิกัดแรงดันที่ขั้ว: 380 โวลต์ สำหรับมอเตอร์ 3 เฟส และ 220 โวลต์ สำหรับมอเตอร์ 1 เฟส

ข. ชนิดของมอเตอร์: อินดักชั่น, โรเตอร์แบบกรงกระรอก

ค. กระแสสตาร์ท: 6-8 เท่า

ง. ค่าตัวประกอบกำลัง: ไม่ต่ำกว่า 0.85

จ. ระดับชั้นประสิทธิภาพ: IE1-IE2

ฉ. ระดับชั้นฉนวน: คลาส F

ช. ระดับชั้นค่าอุณหภูมิเพิ่ม: คลาส B

ซ. วิธีการสตาร์ท: สตาร์ทโดยตรง

1.14 ชุดแบตเตอรี่และเครื่องชาร์จแบตเตอรี่

1.14.1 ความต้องการทั่วไป

ชุดแบตเตอรี่และเครื่องชาร์จแบตเตอรี่จะต้องถูกออกแบบสำหรับอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสตรงที่สำคัญ ชุดแบตเตอรี่จะต้องสามารถจ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับโหลดกระแสตรงทั้งหมดได้ต่อเนื่องเป็นระยะเวลาไม่น้อยกว่า 2 ชั่วโมงในกรณีที่เกิดไฟฟ้าดับในโรงไฟฟ้า

1.14.2 ความต้องการด้านเทคนิค

ก. มาตรฐานที่ใช้: IEC หรือ IEEE

ข. ระบบแรงดันกระแสตรง: 125 VDC, 2 สาย

ค. พิกัดกำลังของเครื่องชาร์จแบตเตอรี่: สามารถจ่ายโหลดได้ 100% และชาร์จแบตเตอรี่ในเวลาเดียวกัน

ง. เครื่องชาร์จแบตเตอรี่ : เป็นชนิดที่ใช้สำหรับโรงงานอุตสาหกรรม ใช้ได้กับโรงไฟฟ้าขนาดเล็ก

จ. การจ่ายไฟของเครื่องชาร์จแบตเตอรี่: 125 VDC จ่ายประจุแบบคงที่

ฉ. ช่วงของการรับแรงดันไฟฟ้าเข้าของเครื่องชาร์จแบตเตอรี่: ±10%

ช. การควบคุมแรงดันการจ่ายไฟฟ้าของเครื่องชาร์จแบตเตอรี่: ±0.5%

ซ. ฟังก์ชันการแจ้งเตือน: เป็นไปตามมาตรฐานผู้ผลิต

ฌ. ระดับเสียงรบกวน: ไม่เกิน 65 dBA

ญ. อุปกรณ์ป้องกันของเครื่องชาร์จแบตเตอรี่: การป้องกันการลัดวงจรลงดิน

ฎ. ชนิดของแบตเตอรี่: ชนิดแห้ง

ฏ. ความจุของแบตเตอรี่: สามารถจ่ายโหลดกระแสไฟตรงได้ 100% และจ่ายโหลดระบบไฟฟ้าสำรองต่อเนื่องได้ 100% ในกรณีที่เกิดไฟดับในโรงไฟฟ้า

ฐ. ค่าอุณหภูมิที่ใช้ในการออกแบบชุดแบตเตอรี่: 25 องศา

ฑ. ค่าแฟคเตอร์ความเสื่อม: 1.25

ฒ. แรงดันต่อเซลของแบตเตอรี่: 2 โวลต์

ณ. ตู้ใส่ชุดแบตเตอรี่: ตู้โลหะติดตั้งในห้องระบบควบคุม

ด. อุปกรณ์ป้องกันและตัดวงจรชุดแบตเตอรี่: สวิตช์ตัดตอนพร้อมฟิวส์

ต. เครื่องมือพิเศษสำหรับการเคลื่อนย้าย: รถเข็นสำหรับยกและเครื่องย้ายแบตเตอรี่

1.15 ระบบไฟฟ้าสำรองต่อเนื่อง

1.15.1 ความต้องการทั่วไป

ระบบไฟฟ้าสำรองต่อเนื่องจะต้องออกแบบสำหรับอุปกรณ์ไฟฟ้าที่สำคัญเช่นระบบควบคุม ระบบสื่อสาร ระบบกล้องวงจรปิด ระบบไฟแสงสว่างฉุกเฉิน และอุปกรณ์อื่นๆ เพื่อความปลอดภัยของเจ้าหน้าที่และอุปกรณ์หลัก

1.15.2 ความต้องการทางเทคนิค

ก. มาตรฐานที่ใช้: IEC หรือ IEEE
ข. ระดับแรงดัน: 220 โวลต์, 1 เฟส, 2 สาย
ค. พิกัดกำลังของอินเวอร์เตอร์: จ่ายโหลดที่จำเป็นได้ 100%
ง. Inverter type: เป็นชนิดที่ใช้สำหรับโรงงานอุตสาหกรรม ใช้ได้กับโรงไฟฟ้าขนาดเล็ก
จ. ช่วงของการจ่ายไฟฟ้าของเครื่องสำรองไฟ : ±5%
ฉ. การควบคุมการจ่ายไฟฟ้าของเครื่องสำรองไฟ: ±1.0%
ช. ฟังก์ชันการแจ้งเตือน: เป็นไปตามมาตรฐานผู้ผลิต

1.16 สายเคเบิ้ลและรางสายไฟ

1.16.1 ความต้องการทั่วไป

ผู้รับจ้างจะต้องออกแบบสายเคเบิ้ล ท่อร้อยสาย รางเดินสาย ไดอะแกรมการต่อวงจร และการวางแนวสายเคเบิ้ล และงานเดินสายเคเบิ้ลทั้งหมด

1.16.2 ความต้องการทางเทคนิคของสายเคเบิ้ล 22 กิโลโวลต์

ก. ขนาดสาย: ตามรายการคำนวณ
ข. วัสดุสายตัวนำ: สายทองแดงตีเกลียว
ค. ชนิดฉนวน: XLPE
ง. สายเคเบิ้ลจะต้องมีเทปทองเหลืองหรือลวดเหล็กเพื่อป้องกันหนูกัดแทะ
จ. สายเคเบิ้ลจะต้องมีการคำนวณค่ากระแสโหลดเต็มพิกัด การทนต่อกระแสลัดวงจรและแรงดันตกในสายเคเบิ้ล

1.16.3 ความต้องการทางเทคนิคของสายเคเบิ้ลชนิดอื่นๆ

ก. สายเคเบิ้ลแรงต่ำจะต้องเป็นสายชนิด 0.6/1 กิโลโวลต์, ฉนวนชนิด XLPE, ฉนวนชั้นนอกเป็น FR-PVC, ทนอุณหภูมิได้ 90 องศา หรือเป็นไปตามมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้า

ข. สายเคเบิ้ลสำหรับระบบควบคุมจะต้องเป็นสายชนิด 600/1000 โวลต์, สายทองแดงตีเกลียว, ฉนวนชนิด XLPE หรือ PVC, ฉนวนชั้นนอกเป็น FR-PVC

ค. สายเคเบิ้ลสำหรับระบบเครื่องมือวัดจะต้องเป็นสายชนิด 600 โวลต์, ฉนวนชนิด PVC, ฉนวนชั้นนอกเป็น FR-PVC

ง. สายเคเบิ้ลสำหรับระบบแจ้งเตือนและหม้อแปลงเครื่องวัดจะต้องเป็นสายชนิด 600/1000 โวลต์, ฉนวนชั้นนอกเป็น FR-PVC, ทนอุณหภูมิได้ 75 องศา

จ. สายเคเบิ้ลสำหรับระบบตรวจจับเพลิงไหม้จะต้องเป็นสายชนิดทนไฟ, ฉนวนชนิด PVC

1.16.4 ความต้องการทางเทคนิคของระบบรางห่อหุ้มสายไฟ

ก. รางเดินสายไฟจะต้องทำจากเหล็กชุดสังกะสี รางเดินสายไฟที่ติดตั้งนอกอาคาร จะต้องมีฝาปิดรางเดินสายไฟชั้นบนสุด อุปกรณ์ประกอบต่างๆจะต้องเป็นเหล็กชุดสังกะสี

ข. ตัวรองรับรางสายไฟและอุปกรณ์ยึดต่างๆจะต้องเป็นเหล็กชุดสังกะสี

ค. ท่อร้อยสายจะต้องเป็นท่อโลหะแข็งและชุดสังกะสีใช้ในพื้นที่ๆอาจเกิดความเสียหายทางกล เช่น จากการขุด หรือการกระแทก สำหรับท่อที่ไม่ได้ทำจากโลหะจะใช้ในพื้นที่ๆไม่เกิดความเสียหายทางกล ท่อโลหะอ่อนสามารถใช้ได้ในพื้นที่ๆท่อโลหะแข็งไม่เหมาะสมต่อการติดตั้งและต้องได้รับการอนุมัติจากวิศวกรเจ้าของงานก่อนออกแบบและติดตั้ง

ง. รางคอนกรีตสำหรับเดินสายไฟ จะทำจากคอนกรีตแบบหล่อสำเร็จ หรือแบบหล่อที่หน้างาน พร้อมทั้งมีแผ่นโลหะครอบตลอดแนวรางสายไฟฟ้า

1.17 ระบบต่อลงดิน

1.17.1 ความต้องการทั่วไป

ระบบต่อลงดินจะต่อกับอุปกรณ์ไฟฟ้าและโครงสร้างโลหะ รั้ว ท่อโลหะ เพื่อความปลอดภัยของอุปกรณ์และเจ้าหน้าที่

1.17.2 ความต้องการทางเทคนิค

ก. ระบบกราวด์กริดใต้ดินจะต้องออกแบบให้รองรับกระแสลัดวงจรสูงสุดได้นานถึง 1 วินาที ค่าความต้านทานดินจะต้องทำการวัดโดยผู้รับจ้างที่พื้นที่บริเวณก่อสร้างโรงไฟฟ้าและนำไปคำนวณระบบกราวด์กริดใต้ดิน

ข. ระบบกราวด์กริดใต้ดินจะต้องมีความต้านทานรวมไม่เกิน 5 โอห์ม และค่าแรงดันที่เพิ่มขึ้นของกริด ต้องไม่เกิน 5 กิโลโวลต์ การคำนวณค่าแรงดันสัมผัสและแรงดันระหว่างก้าวเท้าต้องไม่เกินค่าที่มาตรฐานกำหนด

ค. สายตัวนำที่ฝังใต้ดินสำหรับระบบกราวด์กริดจะต้องเป็นสายทองแดงเปลือยตีเกลียว จะต้องมีการคำนวณตามมาตรฐานสากลและขนาดสายตัวนำต้องไม่น้อยกว่า 95 ตารางมิลลิเมตร

ง. วัสดุที่ทำจากโลหะ เช่น โครงสร้างเหล็ก ตัวโครงสร้างกังหัน และอุปกรณ์ไฟฟ้าทั้งหมดจะต้องต่อลงดินไปที่กราวด์กริดใต้ดิน

1.18 ระบบป้องกันฟ้าผ่า

1.18.1 ความต้องการทั่วไป

ระบบป้องกันฟ้าผ่าจะต้องติดตั้งให้กับโครงสร้างทั่วไป อาคารโรงไฟฟ้า อาคารประกอบทั้งหมดตามมาตรฐาน NFPA780 สำหรับอุปกรณ์ที่ใช้ในระบบป้องกันฟ้าผ่าจะต้องออกแบบตามมาตรฐาน IEEE 998

1.18.2 ความต้องการทางเทคนิค

ก. ผู้รับจ้างจะต้องออกแบบระบบป้องกันฟ้าผ่าให้ครอบคลุมโครงสร้างทั้งหมดภายในพื้นที่โรงไฟฟ้า

ข. โครงสร้างต่างๆจะต้องต่อเข้ากับระบบป้องกันฟ้าผ่าจะต้องเพื่อลดอันตราย

ค. ระบบป้องกันฟ้าผ่าจะต้องประกอบด้วย ตัวล่อฟ้า สายตัวนำล่อฟ้า และต่อลงดินกับระบบกราวด์กริด

ง. ตัวล่อฟ้า จะเป็นแท่งทองแดงมีปลายเรียว ส่วนที่เรียวยาว 0.16 เมตร และติดตั้งห่างกันไม่เกิน 7.6 เมตร ความสูงต่ำสุดของตัวล่อฟ้าวัดจากปลายยอดถึงพื้นที่ ที่จะป้องกัน จะต้องไม่สูงไม่น้อยกว่า 0.254 เมตร และติดตั้งห่างกันไม่เกิน 7.6 เมตร

จ. สายตัวนำหลักจะต้องเป็นสายทองแดง 98% และมีขนาดไม่น้อยกว่า 50 ตารางมิลลิเมตร

ฉ. สายตัวนำย่อยที่ใช้สำหรับเชื่อมติดกับอุปกรณ์จะต้องเป็นสายทองแดงและมีขนาดไม่น้อยกว่า 50 ตารางมิลลิเมตร

1.19 ระบบแสงสว่างและเต้ารับ

1.19.1 ความต้องการทั่วไป

ผู้รับจ้างจะต้องออกแบบ จัดหา และติดตั้งโคมไฟทั้งหมดมาพร้อมกับหลอดไฟ ชุดควบคุม และอุปกรณ์ประกอบอื่น ๆ ที่จำเป็น รวมถึงอุปกรณ์รองรับและยึดจับโคมไฟที่จำเป็นต้องใช้ในการติดตั้ง ชุดไฟแสงสว่างฉุกเฉินจะประกอบด้วยแบตเตอรี่และหลอดไฟ LED ทำงานในกรณีที่ระบบไฟฟ้าหลักดับหรือเกิดสภาวะไฟดับ ระดับความเข้มแสงจะต้องเป็นไปตามมาตรฐานอ้างอิงของไทยหรือต่างประเทศ ป้ายไฟทางออกฉุกเฉินจะต้องติดตั้งในตำแหน่งที่เหมาะสมและรับไฟจากระบบไฟฟ้าสำรองต่อเนื่อง

เต้ารับทั่วไปจะติดตั้งสูงจากพื้น 300 มิลลิเมตร ในพื้นที่ๆ มีฝ้าเพดานและติดตั้งสูงจากพื้น 900 มิลลิเมตร ในพื้นที่ๆ ไม่มีฝ้าเพดาน สำหรับสวิตช์สำหรับเปิด-ปิดไฟแสงสว่างจะต้องติดตั้งสูงจากพื้น 1,300 มิลลิเมตร

1.19.2 ความต้องการทางเทคนิคของระบบแสงสว่าง

ระดับความเข้มแสงที่มีหน่วยเป็น **ลักซ์ (Lux)** จะต้องออกแบบดังต่อไปนี้

ก. ห้องไฟฟ้า	:	300
ข. โถงเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและกังหัน	:	300
ค. โถงเครื่องจักร	:	300
ง. ห้องควบคุม/ห้องทำงาน	:	500
จ. ห้องน้ำ	:	200
ฉ. ไฟฉุกเฉิน	:	150
ช. ไฟทางเดิน	:	10
ซ. ไฟทางออก	:	10
ฌ. ไฟทางออก (ติดตั้งตามมาตรฐาน NFPA 101)	:	50
ญ. ลานหม้อแปลง	:	50
ฎ. ทางเข้าอาคาร	:	50
ฏ. ไฟถนนและที่จอดรถ	:	5

1.19.3 ความต้องการทางเทคนิคของเต้ารับ

ก. เต้ารับ 1 เฟส : ใช้สำหรับอุปกรณ์ทั่วไปและเป็นชนิด 250 โวลต์/10 แอมป์, 3 รู, (1 เฟส, 1 นิวตรอล และ 1 กราวด์).

ข. เต้ารับ 3 เฟส : ใช้สำหรับอุปกรณ์และเครื่องมือ เป็นชนิด 400 โวลต์/30 แอมป์, 5 รู, (3 เฟส, 1 นิวตรอล และ 1 กราวด์) เต้ารับ 3 เฟสทุกตัวจะต้องเป็นแบบฝังในผนัง ผิวด้านหน้าทำด้วยโลหะและเรียบกับผนัง

1.20 ระบบสื่อสาร

1.20.1 ความต้องการทั่วไป

ระบบสื่อสารจะต้องประกอบด้วยระบบโทรศัพท์และระบบเครือข่าย LAN สำหรับโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก อุปกรณ์ของระบบสื่อสารจะต้องออกแบบ ผลิต ติดตั้ง และทดสอบตามมาตรฐาน IEC, NEC และ EIT

1.20.2 ความต้องการทางเทคนิคของระบบโทรศัพท์

ก. ระบบชุมสายโทรศัพท์และเครื่องโทรศัพท์จะต้องจัดหาให้เหมาะสมกับโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก

1.20.3 ความต้องการทางเทคนิคของระบบเครือข่าย LAN

ก. ผู้รับจ้างจะต้องจัดหาและติดตั้งระบบเครือข่าย LAN รวมถึง switching hubs, 8 pin LAN jack, two (2) wireless LAN Dual radio (IEEE 802 11a/b/g) PoE access points, กล่องต่อสาย และอุปกรณ์สนับสนุนอื่น ๆ ที่ห้องระบบไฟฟ้าและห้องระบบควบคุม

ข. ระบบเครือข่าย LAN จะต้องมี 2 ชุดทำงานร่วมกัน ในกรณีที่ชุดที่ 1 เสีย ชุดที่ 2 ที่ทำงานขนานกันจะไม่ส่งผลให้ระบบเครื่อข่าย LAN ขาดการติดต่อสื่อสาร

ค. Switching hubs จะต้องเป็นชนิด 10/100/1000 Base-TX 24 ports (RJ-45 type) with 2 ports single mode fiber optic Gigabit type Ethernet (1000 Base Lx)

1.21 ระบบกล้องวงจรปิด

1.21.1 ความต้องการทั่วไป

กล้องวงจรปิดจะต้องถูกจัดหาและติดตั้งสำหรับตรวจตราภายใน ภายนอกอาคารและบริเวณโดยรอบโรงไฟฟ้า และระบบกล้องวงจรปิดจะต้องเชื่อมต่อกับระบบควบคุมและสามารถตรวจตราได้ที่ห้องควบคุมผ่านจอภาพมอนิเตอร์

1.21.2 ความต้องการทางเทคนิค

ก. กล้องวงจรปิดจะต้องเป็นชนิด IP CCTV

ข. กล้องวงจรปิด IP fixed ติดตั้งภายในอาคารมีระดับกันฝุ่นและกันน้ำคือ IP41

ค. กล้องวงจรปิด IP PTZ ติดตั้งภายนอกอาคารมีระดับกันฝุ่นและกันน้ำคือ IP54

ง. กล้องวงจรปิด IP fixed จะต้องติดตั้งเพื่อตรวจตราอุปกรณ์หลัก

จ. กล้องวงจรปิด IP PTZ จะติดตั้งที่บริเวณโถงกังหัน และทางเข้าเพื่อรักษาความปลอดภัย และบริเวณลานหม้อแปลง

ฉ. อุปกรณ์มอนิเตอร์จะติดตั้งในห้องควบคุม

ช. สัญญาณจากทุกกล้องจะถูกบันทึกต่อเนื่องลงในอุปกรณ์บันทึกวีดีโอและสามารถเรียกดูวีดีโอย้อนหลังได้

ซ. อุปกรณ์บันทึกวีดิโอของระบบกล้องวงจรปิดจะต้องบันทึกได้อย่างน้อย 30 วัน

1.22 ระบบตรวจจับและแจ้งเหตุเพลิงไหม้

1.22.1 ความต้องการทั่วไป

ผู้รับจ้างจะต้องออกแบบ จัดหา ติดตั้งและทดสอบระบบระบบตรวจจับและแจ้งเหตุเพลิงไหม้ อุปกรณ์ทั้งหมดจะต้องได้มาตรฐาน มอก. หรือ มาตรฐานสากล ผู้รับจ้างจะต้องออกแบบ จัดหาตู้ควบคุมสัญญาณเพลิงไหม้หลัก ตัวตรวจจับเพลิงไหม้ กล่องปุ่มเริ่มสัญญาณเพลิงไหม้ กริ่งสัญญาณ และอุปกรณ์สนับสนุนอื่นๆ

1.22.2 ความต้องการทางเทคนิค

ก. ตัวตรวจจับควัน: จะต้องเป็นชนิดโฟโตอิเล็คทริค การออกแบบจะต้องพิจารณาการหมุนเวียนของอากาศ ความสูงของเพดาน โดยการออกแบบและติดตั้ง จะต้องเป็นไปตามมาตรฐาน NFPA 72 และตามคำแนะนำของผู้ผลิต

ข. กล่องปุ่มเริ่มสัญญาณเพลิงไหม้: จะต้องติดตั้งรอบอาคารโรงไฟฟ้าและทำหน้าที่เริ่มสัญญาณแจ้งเตือนไปยังแผงควบคุม โดยการออกแบบและติดตั้ง จะต้องเป็นไปตามมาตรฐาน NFPA 72

ค. แผงควบคุม: จะต้องแสดงการตรวจตราตัวตรวจจับเพลิงไหม้อย่างต่อเนื่องและทำงานร่วมกับระบบดับเพลิง

ง. คุณลักษณะของแผงควบคุม: จะต้องผ่านการรับรองของ FM และออกแบบให้ทำงานด้วยแรงดัน 230 โวลต์ 50 เฮิรตซ์ และรับไฟจากระบบไฟฟ้าสำรองต่อเนื่อง

จ. กริ่งสัญญาณแจ้งเตือนจะต้องเป็นไปตามมาตรฐาน NEMA 12 และจะต้องติดตั้งที่แผงควบกริ่งสัญญาณแจ้งเตือนจะต้องดังเมื่อเกิดเหตุหรือมีการกดปุ่มเริ่มสัญญาณ ระดับเสียงจะต้องดังที่ 85 dB ที่ 3 เมตรจากอุปกรณ์ ปุ่มกดรับทราบสัญญาณเพื่อปิดเสียงกริ่งจะต้องมีที่แผงควบคุม และหากมีสัญญาณดังเพิ่มเติมระบบจะต้องอนุญาติให้เกิดเสียงกริ่งดังขึ้นอีกครั้ง นอกจากนี้แผงควบคุมจะต้องมีวงจรทดสอบหลอดไฟบนแผงพร้อมปุ่มรีเซ็ต

1.23 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซล (Not applicable)

1.23.1 ความต้องการทั่วไป

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซลจะต้องมีพิกัด 50 กิโลโวลต์แอมป์, 400 โวลต์, 3 เฟส และต่อเข้ากับตู้ควบคุมไฟฟ้าแรงต่ำหลัก เครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะทำงานและจ่ายกำลังไฟฟ้าให้โหลดได้อย่างต่อเนื่อง เมื่อระบบไฟฟ้าหลักในโรงไฟฟ้าดับและเซอร์กิตเบรกเกอร์หลักของตู้ควบคุมไฟฟ้าแรงต่ำหลักเปิดวงจร

1.23.2 ความต้องการทางเทคนิค

ก. พิกัดกำลัง: 50 กิโลโวลต์แอมป์
ข. ระดับแรงดันที่ขั้ว: 400 โวลต์, 50 เฮิรตซ์, 3 เฟส, 4 สาย
ค. ค่าตัวประกอบกำลัง: 0.8
ง. ระบบกระตุ้นสนามแม่เหล็ก: แบบแม่เหล็กถาวร ไม่ใช้แปรงถ่าน
จ. การต่อวงจรขดลวด: สตาร์ หรือ วาย
ฉ. จุดสะเทิน(Neutral point) : ต่อลงดินโดยตรง หรือ ต่อผ่านตัวต้านทาน
ช. ระดับชั้นของฉนวนของขดลวด: คลาส F
ซ. ระดับชั้นอุณหภูมิเพิ่ม: คลาส B

1.24 ระบบควบคุม PLC

1.24.1 ความต้องการทั่วไป

ระบบควบคุมโรงไฟฟ้าจะใช้ Programmable Logic Controller (PLC) ในการควบคุม ผู้รับจ้างจะต้องออกแบบ จัดหา ติดตั้งและทดสอบระบบควบคุมให้ทำงานได้อย่างสมบูรณ์ดังที่ระบุไว้ในเอกสารฉบับนี้ รวมถึงอุปกรณ์อื่นๆทั้งหมดที่จำเป็นสำหรับงานติดตั้ง ทดสอบ เดินเครื่องและซ่อมบำรุง ผู้ว่าจ้างจะต้องจัดหาอุปกรณ์ทั้งฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ล่าสุดที่มีอยู่ในปัจจุบันของผู้ผลิต และเป็นผู้ผลิตที่มีตัวแทนจำหน่ายและบริการภายในประเทศไทย

1.24.2 ความต้องการทางเทคนิคของอุปกรณ์ควบคุม

ระบบควบคุมด้วย PLC จะต้องถูกออกแบบให้มีเสถียรภาพ โดยสามารถทำงานทดแทนกันได้ (redundant function) สำหรับอุปกรณ์ เช่น หน่วยประมวลผล (controller) หน่วยจ่ายกำลังไฟ power supply) อุปกรณ์เชื่อมต่อสื่อสาร (communication)

ระบบควบคุมด้วย PLC จะต้องประกอบด้วย หน่วยประมวลผล (CPU) หน่วยรับส่งสัญญาณ (input/output) หน่วยจ่ายกำลังไฟ (power supply) หน่วยเชื่อมต่อเครือข่าย (communication module) หน่วยเชื่อมต่ออุปกรณ์ควบคุมอื่นๆ (interface module) ระบบสื่อสาร (data highway, network switch) โดย PLC จะต้องรับสัญญาณเวลาจากระบบสัญญาณนาฬิกามาตรฐาน (master clock system)

1.24.3 คุณสมบัติเบื้องต้นของส่วนประกอบ PLC

ก. หน่วยประมวลผล (CPU) จะต้องเป็นแบบ 32 บิท (bit)

ข. PLC จะต้องสอดคล้องกับมาตรฐานอุตสาหากรรมสากล (IEC61131) ในการรองรับมาตรฐานการเขียนโปรแกรม 5 ภาษา และ (IEC60801) ความสามารถทนต่อสนามแม่เหล็กไฟฟ้า

ค. ทำงานทดแทนกันได้อย่างสมบูรณ์ (standby redundant) และสามารถถอดเปลี่ยนอุปกรณ์เพื่อซ่อมบำรุงได้โดยไม่ต้องปิดชุดจ่ายไฟ (Hot swop)

ง. หน่วยความจำ จะต้องเป็นแบบ EEPROM หรือ FLASH

จ. ดิจิทัลโมดูล (digital input/output module) เป็นชนิด ที่รับสัญญาณไม่เกิน 16 สัญญาณ/โมดูล และอนาล็อคโมดูล (analog input/output module) เป็นชนิด ที่รับสัญญาณไม่เกิน 8 สัญญาณ/โมดูล เมื่อระบบควบคุมเสร็จสมบูรณ์จะต้องมีช่องสัญญาณสำรองขั้นต่ำ 10% สำหรับแต่ละชนิดโมดูล และจะต้องต่อสายสัญญาณให้แล้วเสร็จ

1.24.4 เครื่องคอมพิวเตอร์

ก. คอมพิวเตอร์ (operator workstation) จำนวน 2 เครื่อง
ข. คอมพิวเตอร์ (SOE server) จำนวน 1 เครื่อง
ค. คอมพิวเตอร์ (engineering workstation) จำนวน 1 เครื่อง

1.24.5 ข้อมูลเทคนิคเครื่องคอมพิวเตอร์ระบบควบคุม

ชนิด	คอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ, workstation class
หน่วยประมวลผล	Intel Xeon Bronze Processor 1.9GHz, 6C หรือสูงกว่า
หน่วยความจำ	16GB DDR4 RDIMM EEC
กราฟฟิคการ์ด	กราฟฟิคการ์ด 3 มิติ พร้อมการเชื่อมต่อ DVI/DP
ฮาร์ดไดร์ฟ	2x500GB SATA 7200RPM RAID 1 configuration
จอมอนิเตอร์	จอ WLED ขนาด 24 นิ้ว ความละเอียด 1920x1200, ขาตั้งปรับระดับได้

1.24.6 ข้อมูลเทคนิคเครื่องคอมพิวเตอร์ Engineering workstation

คอมพิวเตอร์ (Engineering workstation) สำหรับปรับแต่งและแก้ไขโปรแกรมการทำงานของระบบ กราฟฟิคแสดงผล โดยเครื่องคอมพิวเตอร์จะต้องเป็น workstation class โดยมีคุณสมบัติขั้นต่ำดังนี้

ชนิด	Laptop, workstation class
หน่วยประมวลผล	Intel Core i7 Processor 2.6GHz, 6C หรือสูงกว่า
หน่วยความจำ	16GB DDR4
กราฟฟิคการ์ด	กราฟฟิคการ์ด 3 มิติ พร้อมการเชื่อมต่อ DVI/DP
ฮาร์ดไดร์ฟ	1TB SATA 7200RPM
จอมอนิเตอร์	15.6 inch display

ซอฟต์แวร์สำหรับ operating system, programming software, HMI software, gateway รวมถึงซอฟต์แวร์อื่นๆ ที่จำเป็นต้องใช้งาน จะต้องมีใบอนุญาตซอฟต์แวร์ที่มีลิขสิทธิ์ถูกต้อง (License) และสามารถใช้ได้ตลอดอายุการใช้งาน

1.24.7 ปริ้นเตอร์

ก. เครื่องพิมพ์สีเลเซอร์ (Color laser printer)
ข. รองรับการพิมพ์เอกสารขนาด A3 ได้
ค. ความละเอียดการพิมพ์ขั้นต่ำ 600 x 600 dpi
ง. พิมพ์ได้ 2 ด้านอัตโนมัติ
จ. มีพอร์ตรองรับการเชื่อมต่อเครือข่าย Ethernet
ฉ. ปริ้นเตอร์และโต๊ะวางปริ้นเตอร์จะต้องถูกติดตั้งในห้องควบคุม

1.24.8 เน็ตเวิร์กสวิตช์

Layer 2/Layer 3 Ethernet switch 10/100/1000 Mbps

1.24.9 ระบบเวลามาตรฐาน (Master clock system)

ระบบควบคุมสำหรับอุปกรณ์ในโรงไฟฟ้า จะต้องใช้ระบบสัญญาณนาฬิกามาตรฐาน (Master Clock system) โดยรับสัญญาณเวลามาตรฐานจากระบบดาวเทียม (GPS antenna) เพื่อเชื่อมระบบต่างๆ ให้มีสัญญาณเวลาเดียวกัน เพื่อเพิ่มความถูกต้องแม่นยำและเพิ่มประสิทธิภาพของระบบโดยผ่านสัญญาณ IRIG หรือ NTP

ระบบ Master Clock ประกอบด้วย ระบบรับสัญญาณเวลาดาวเทียม เสาอากาศ Synchronized time code generator สายล่อฟ้า สายสัญญาณและอุปกรณ์จำเป็นอื่นๆ และเชื่อมต่อกับ Digital clock indicator จำนวน 1 เครื่องที่ติดตั้งในห้องควบคุม

1.24.10 ตู้ระบบควบคุม

อุปกรณ์ระบบควบคุม อุปกรณ์เชื่อมต่อสื่อสาร และอุปกรณ์ประกอบระบบควบคุมอื่นๆ จะต้องติดตั้งไว้ในตู้ การติดตั้งและการเข้าสายของอุปกรณ์ประกอบภายในตู้จะต้องทำสำเร็จจากโรงงานผู้ผลิต โดยตู้จะติดตั้งในห้องที่มีระบบปรับอากาศ

ตู้ควบคุมจะต้องผลิตจากแผ่นโลหะและมีโครงอลูมิเนียม มีขนาดความกว้าง 800 ซม. ลึก 600 ซม. สูง 2,100 ซม. และจะต้องมีฐานวางและโครงรองรับ ตู้จะต้องมีประตู 2 ด้านทั้งด้านหน้าและด้านหลัง เพื่อสะดวกต่อการบำรุงรักษา

ตู้จะต้องมีระดับการป้องกันตรงตามข้อกำหนด การเดินสายไฟ/สายสัญญาณต่างๆ จะต้องเข้าจากด้านล่างตู้เท่านั้น

1.24.11 โต๊ะควบคุม

โต๊ะควบคุมใช้สำหรับวางอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ในห้องควบคุม จะต้องออกแบบเป็นโมดูลมาวางเรียงต่อกัน โดยออกแบบให้ตรงตามหลักกายภาพของมนุษย์ (Human Factors of Design) และหลักการการยศาสตร์ (Ergonomic standard) ทั้งด้านขนาด ความสูง ระยะต่างๆ มุมมองและการจัดวางอุปกรณ์ โดยจะติดตั้งในห้องควบคุม โต๊ะควบคุมจะต้องมีพื้นที่เพียงพอสำหรับติดตั้งคอมพิวเตอร์จำนวนอย่างน้อย 3 เครื่อง และอุปกรณ์สื่อสารภายในโรงไฟฟ้า

โต๊ะควบคุมจะต้องประกอบด้วย ชั้นวางเคสคอมพิวเตอร์ พัดลมระบายอากาศ เบรกเกอร์ไฟเต้ารับไฟ และรางเดินสายไฟ เก้าอี้สำหรับพนักงานเดินเครื่องจะต้องเป็นเก้าอี้ล้อหมุน มีพนักพิงสูงปรับได้ และพนักแขน

1.25 อุปกรณ์สำรองที่จำเป็น

1.25.1 เครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ผู้รับจ้างจะต้องจัดหาอุปกรณ์สำรองสำหรับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพร้อมทั้งกรอกราคาลงในแบบฟอร์ม โดยมีรายการอุปกรณ์ดังต่อไปนี้

ก. Stator winding: บาร์หรือขดลวด ด้านบนหรือด้านล่าง จำนวน 5 ชุด

ข. Field coil สำหรับ 1 ขั้วแม่เหล็ก จำนวน 1 ชุด

ค. รองลื่น หรือ แบริ่ง bearing (metal or ball/roller) จำนวน 1 ชุด

ง. Diodes bridge or thyristors bridge สำหรับระบบกระตุ้นสนามแม่เหล็ก จำนวน 1 ชุด

จ. แผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ควบคุมสำหรับระบบกระตุ้นสนามแม่เหล็ก จำนวน 1 ชุด

ฉ. ตัวตรวจวัดค่าอุณหภูมิของแบริ่ง จำนวน 1 ชุด

อุปกรณ์สำรองที่ระบุไว้ด้านบนจะต้องระบุจำนวน ชนิด รุ่น พิกัดกระแส ฟังก์ชันการทำงาน สำหรับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 1 ยูนิต

1.26 งานทำสี

1) พื้นผิวสเตนเลส, ชุบสังกะสี, บรอนซ์และอลูมิเนียม, เกลียวสลักเกลียว, พื้นผิวที่ผ่านการกลึง, พื้นผิวส่วนที่สัมผัสกัน จะไม่ทาสี แต่จะได้รับการเคลือบป้องกันการกัดกร่อนชั่วคราวเพื่อป้องกันการกัดกร่อนเพื่อให้การป้องกันระหว่างการขนส่ง

2) ยกเว้นงานโลหะอื่น ๆ ที่ระบุ พื้นผิวทั้งหมดที่ฝังอยู่ในคอนกรีตพื้นผิวและขอบที่จะทำการเชื่อมในพื้นผิวอื่น ๆ ที่ไม่ได้ระบุ การทาสีก่อนการติดตั้ง จะต้องดำเนินการตาม SSPC-SP1 และ SP2 หรือ 3

3) สีที่ใช้สำหรับพื้นผิวที่ปราศจากความชื้นตามที่กำหนด จะต้องดำเนินการภายใต้อุณหภูมิที่ต่างจากอุณหภูมิต่ำสุด (แนะนำโดยผู้ผลิตสีสำหรับการใช้งานบนชั้นเคลือบ) อย่างน้อย 5°C

4) ความหนาสุดท้ายของการเคลือบป้องกันจะต้องตรวจสอบ โดยเครื่องวัดความหนาของฟิล์มที่ได้รับการรับรอง โดยผู้รับจ้างต้องดำเนินการเทียบความหนาบนโลหะที่มีองค์ประกอบเหมือนกัน ความหนาของงานทาสีสุดท้ายต้องไม่น้อยกว่างานสีที่เตรียมพื้นผิว

5) ตารางสี โดยของ Munsell สำหรับอุปกรณ์จะต้องตรงกับอุปกรณ์ที่มีอยู่

6) ระบบการทาสีที่อ้างถึงในข้อกำหนดเหล่านี้จะเป็นดังนี้:

ระบบสี 1 - พื้นผิวสัมผัสกับน้ำ

(ก) ทั่วไป

พื้นผิวทั้งหมดจะต้องทาสีด้วยสีรองพื้น 1 ชั้น และอีพ็อกซี่เหลว 2 ชั้น งานสีในห้องปฏิบัติงานจะไม่ใช้กับงานเชื่อมในสนามขนาด 100 มม. งานเชื่อมเหล่านี้จะทาสีรองพื้นที่สามารถล้างออกได้ ก่อนทำการเชื่อม

(ข) การเตรียมพื้นผิว

พื้นผิวจะต้องทำความสะอาดด้วยวิธี Blast-cleaned ตามมาตรฐาน SSPC-SP10

(ค) คุณสมบัติของสี

(1) วัสดุ

ระบบพ่นสีจะประกอบด้วยสีรองพื้น 1 ชั้น และของอีพ็อกซี่เหลวอีก 2 ชั้น ที่เข้ากันได้ ส่วนประกอบทั้งหมดจะต้องมาจากผู้ผลิตรายเดียวกัน และทำตามคำแนะนำของผู้ผลิตจะต้องปฏิบัติตามอย่างเคร่งครัด

(2) ความหนาของสี

ความหนาของสีรองพื้นแห้งต้องอยู่ที่ 80 μm ความหนาของสีแห้งของอีพ็อกซี่แต่ละชนิดจะต้องอยู่ระหว่าง 200 μm และ 260 μm

(3) ค่าที่ยอมรับได้

สีที่ยอมรับได้ซึ่งจัดหาโดย Jotun นั้นแสดงไว้ด้านล่าง:

- สีรองพื้น : Primer Resist 78
- สีพื้น : Jotamastic 87 Aluminium
- สีเคลือบขั้นสุดท้าย : Jotamastic 87

(ง) ความหนาฟิล์มสีแห้งขั้นสุดท้าย

ความหนาสุดท้ายของสีทั้ง 3 ชั้น จะอยู่ระหว่าง 480 µm และ 600 µm นี้จะถูกตรวจสอบโดยเครื่องวัดความหนาของฟิล์มสี Type B จัดทำโดยผู้รับจ้างโดยเทียบกับโลหะคุณสมบัติเดียวกัน วัดความหนา การเตรียมพื้นผิว และการทาสีขั้นสุดท้ายแบบเดียวกัน

ระบบสี 2 - ผิวสัมผัสกับน้ำมัน

(ก) การเตรียมพื้นผิว

พื้นผิวจะต้องทำความสะอาดด้วยวิธีระเบิดตามมาตรฐาน SSPC-SP10

(ข) คุณสมบัติของสี

ระบบการพ่นสีต้องประกอบด้วยการเคลือบ 2 ชั้น ด้วยอีพ็อกซี่เรซินสังกะสีฟอสเฟต ซึ่งมีความหนาแห้งอย่างน้อย 25 ไมโครเมตรต่อชั้น

(ค) ความหนาฟิล์มสีแห้งขั้นสุดท้าย

การอ่านค่าที่เพียงพอพร้อมเครื่องวัดที่จัดทำโดยผู้รับเหมาจะต้องดำเนินการเพื่อให้แน่ใจว่าได้ความหนาฟิล์มอย่างน้อย 50 ไมโครเมตร

ระบบสี 3 - อุปกรณ์ไฟฟ้า Cubicles, Panels และ Boards

(ก) การเตรียมพื้นผิว

พื้นผิวที่ทาสีต้องทำความสะอาดด้วยวิธีระเบิดตามมาตรฐาน SSPC-SP6

(ข) คุณสมบัติของสี

(1) วัสดุ

ระบบการพ่นสีต้องรองพื้นด้วยอีพ็อกซี่เรซิน และสีทับหน้ามันวาวสูง

(2) ความหนาของฟิล์ม

ความหนาของฟิล์มสีแห้งของสีรองพื้นต้องอยู่ที่ 50 µm ความหนาฟิล์มสีแห้งของผิวสำเร็จต้องอยู่ที่ 50 µm

(ค) ความหนาฟิล์มสีแห้งขั้นสุดท้าย

การอ่านค่าที่เพียงพอพร้อมมาตรวัดที่จัดทำโดยผู้รับจ้างจะต้องดำเนินการเพื่อให้แน่ใจว่าได้ความหนาฟิล์มขั้นต่ำอย่างน้อย 100 µm

ระบบสี 4 - อุปกรณ์เครื่องจักรกล, ท่อเหล็กคาร์บอน

(ก) การเตรียมพื้นผิว

พื้นผิวของผลิตภัณฑ์ที่ทาสีไว้ล่วงหน้าจากโรงงาน เช่น ปั๊ม มอเตอร์ และท่อที่สมบูรณ์จะต้องถูกทำให้ล้างคราบมันและทำความสะอาดตามมาตรฐาน SSPC-SP1 และ SSPC-SP2 พื้นผิวอื่น ๆ ที่จะทำการทาสีจะต้องทำความสะอาดด้วยวิธีกัดผิวด้วย SSPC-SP10

(ข) คุณสมบัติสี

(1) วัสดุ

สีที่มาจากโรงงาน สำหรับ ผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป เช่น ปั๊ม มอเตอร์ และงานท่อ จะถูกเคลือบด้วยสีเคลือบแข็ง 2 ชั้น ประเภท aliphatic polyurethane สำหรับงานพื้นผิวอื่น ๆ ระบบการพ่นสีจะใช้สีรองพื้น 1 ชั้น และอีพ็อกซี่เหลว 1 ชั้น และสีเคลือบแข็งอีกสองชั้น

(2) ความหนาของฟิล์ม

ความหนาของฟิล์มสีแห้งของสีรองพื้นต้องอยู่ที่ 50 μm ความหนาของฟิล์มสีแห้งของเสื้ออีพ็อกซี่แต่ละชนิดจะต้องอยู่ระหว่าง 200 μm และ 260 μm ความหนาฟิล์มสีแห้งของผิวสำเร็จจะเท่ากับ 80 μm

(3) ระบบที่ยอมรับได้ (ยกเว้น: ปั๊ม มอเตอร์ และท่อ)

ระบบการพ่นสีที่ยอมรับได้ซึ่งจัดหาโดย Jotun นั้นแสดงไว้ด้านล่าง:

- สีรองพื้น : Primer Resist 78
- สีพื้น : Jotamastic 87 Aluminium
- สีเคลือบแข็ง : Hardtop XP

(ค) ความหนาฟิล์มสีแห้งขั้นสุดท้าย

การอ่านค่าที่เพียงพอพร้อมเครื่องวัด ที่จัดทำโดยผู้รับจ้างจะต้องดำเนินการเพื่อให้แน่ใจว่าได้รับความหนารวมของฟิล์มอย่างน้อย 330 μm ต้องไม่ให้มีสีส่วนเกินปรากฏให้เห็น

ระบบสี 5 งานโยธา งานโลหะเบ็ดเตล็ด

(ก) การเตรียมพื้นผิว

พื้นผิวที่จะทาสีต้องทำความสะอาดด้วยการระเบิดตามที่ผู้ควบคุมงานของผู้ว่าจ้างกำหนด

(ข) คุณสมบัติสี

(1) วัสดุ

ระบบการพ่นสีต้องประกอบด้วยสีรอง 1 ชั้น Polyamide epoxy 1 ชั้น และ Acrylic asphaltic polyurethane อีก 1 ชั้น ส่วนประกอบทั้งหมดจะต้องมาจากผู้ผลิตรายเดียวกัน และปฏิบัติตามคำแนะนำของผู้ผลิตอย่างเคร่งครัด

(2) ความหนาของฟิล์ม

ความหนาของฟิล์มสีแห้งของสีรองพื้นต้องอยู่ที่ 75 µm ความหนาฟิล์มสีแห้งของตัวกลางจะอยู่ระหว่าง 100 µm และ 150 µm ความหนาฟิล์มสีแห้งของผิวสำเร็จจะอยู่ระหว่าง 40 µm และ 50 µm

(ค) ความหนาฟิล์มสีแห้งขั้นสุดท้าย

ความหนาสุดท้ายของสีทั้งสามชั้น จะอยู่ระหว่าง 215 µm และ 275 µm

1.27 งานเชื่อม

1) เมื่อใดที่มีงานเชื่อม ต้องใช้กระบวนการเชื่อมอาร์คไฟฟ้าโดยใช้แท่งเชื่อมแบบเคลือบ ขั้นตอนทั้งหมด ยกเว้นท่อรับความดันจะต้องดำเนินการตามกฎการเชื่อมที่ยอมรับของ AWS ส่วนขั้นตอนสำหรับท่อรับความดันหรือชิ้นส่วนที่มีแรงดัน จะต้องเป็นไปตามกฎการเชื่อมที่ยอมรับได้ของ ASME Sections VIII และ IX

2) อุปกรณ์และบุคลากรทั้งหมดจะต้องผ่านการรับรองตามมาตรฐาน AWS และ ASME

3) รอยเชื่อมต้องไม่น้อยกว่า 6 มม. รอยเชื่อมที่มีขนาดใหญ่กว่า 8 มม. ต้องเชื่อมสองเส้นหรือมากกว่า

4) การเชื่อมแบบสเตนเลสสตีลที่ใช้ในทางเดินน้ำ เพื่อป้องกันการเกิดหลุมจะต้องเป็นเหล็กกล้านิกเกิลโครเมียม ประเภทองค์ประกอบทางเคมีและ ASTM ระดับของแท่งเชื่อมที่ใช้จะต้องได้รับการอนุมัติจากผู้ควบคุมงานของผู้ว่าจ้าง

5) ขั้วไฟฟ้าจะต้องจัดหาให้โดยผู้รับจ้าง และเป็นไปตามข้อกำหนดโลหะ AWS Filler A5 หรือหม้อไอน้ำ ASME และรหัสท่อรับความดัน Section II ส่วนที่ C จะต้องจัดเตรียมมิเตอร์ที่เหมาะสมเพื่อแสดงตลอดเวลากระแสเชื่อมและแรงดันอาร์ค

6) ขั้นตอนการรับรองการเชื่อมและการเชื่อมทั้งหมดรวมถึงกระบวนการเชื่อมภาคสนามจะต้องได้รับการอนุมัติจากผู้ควบคุมงานของผู้ว่าจ้าง

7) ผู้รับจ้างจะต้องแสดงคุณสมบัติของผู้ประกอบการเชื่อมและช่างเชื่อมตามที่กำหนด ผู้รับจ้างจะต้องจัดทำสำเนาที่จำเป็นของรายงานการทดสอบทั้งหมด พร้อมกับสำเนารายงานการทดสอบของผู้ผลิตแท่งเชื่อม

8) ข้อบกพร่องที่ยอมรับไม่ได้ทั้งหมดในรอยเชื่อม จะถูกกำจัดออกถึงเนื้อโลหะ พื้นที่จะถูกตรวจสอบโดยการทดสอบอนุภาคแม่เหล็ก (MT), สีย้อมทะลุ (PT), การถ่ายภาพรังสี (RT) หรืออัลตราโซนิก (UT) โดยผู้รับจ้างตามที่กำหนดโดยผู้ควบคุมงานของผู้ว่าจ้าง เพื่อให้แน่ใจว่าข้อบกพร่องได้ถูกลบออกอย่างสมบูรณ์ก่อนการซ่อมแซม .

9) การตรวจสอบอนุภาคแม่เหล็ก (MT) จะต้องดำเนินการตาม ASME Code Section V, Article 7 และ ASTM E709 การยอมรับจะต้องเป็นไปตามรหัส ASME หมวด VIII ภาคผนวก 6 และ ASTM E125

10) การตรวจ Dye penetrant (PT) จะต้องดำเนินการตาม ASME Code Section V, Article 6 และ ASTM e165 การยอมรับจะต้องเป็นไปตามรหัส ASME หมวด VIII ภาคผนวก 8 และ ASTM E433

11) การตรวจสอบด้วยรังสี (RT) บนรอยเชื่อม สำหรับชิ้นส่วนที่มีแรงดันจะต้องดำเนินการตามวรรค UW-51 ของรหัส ASME มาตรา VIII, RT ของรอยเชื่อมบนเหล็กโครงสร้างที่ต้องการ รวมถึงมาตรฐานการยอมรับจะต้องดำเนินการตาม AWS D1.1 รหัสการเชื่อมโครงสร้าง การตรวจสอบ RT และ

มาตรฐานการยอมรับการหล่อเหล็กที่มีความหนาสูงสุด 50 มม. จะต้องเป็นไปตาม ASTM E446 สำหรับการหล่อแบบความดันสูงและสำหรับการหล่อแบบเหล็กความหนา 50 ถึง 115 มม. ASTM E186

12) การตรวจสอบด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง (UT) จะต้องดำเนินการตาม ASTM Code, Section V, ข้อ 5 ให้ใช้ตามรหัส ASTM, มาตรา VIII, ภาคผนวก 12 และ Section V, หัวข้อ 5

ส่วนที่ 2 งานอุปกรณ์เครื่องจักรกล-ไฟฟ้า

หมวดที่ 2 POWER BOX

หมวดที่ 2
POWER BOX

2.1 เครื่องกังหันน้ำ

2.1.1 ข้อกำหนดทั่วไป (General)

ข้อกำหนดรายละเอียดคุณสมบัติของอุปกรณ์ที่ระบุดังต่อไปนี้ไม่ได้ระบุอย่างละเอียดของทุกชิ้นส่วนของเครื่องกังหันน้ำ เป็นเพียงการระบุเพื่อใช้ในการออกแบบ ซึ่งผู้รับจ้างจะต้องรับผิดชอบในการออกแบบอุปกรณ์ตามที่กำหนด เพื่อให้อุปกรณ์ทั้งหมดมีคุณภาพและมีสมรรถนะการทำงานที่ดี ราบเรียบ มีเสถียรภาพ ตลอดจนมีการบำรุงรักษาน้อย และมีอายุการใช้งานนาน แต่ถ้ามีอุปกรณ์ที่ทางผู้รับจ้างออกแบบมาแล้วไม่ตรงกับคุณลักษณะที่กำหนด ผู้รับจ้างต้องเสนอให้กับวิศวกรของผู้ว่าจ้างเพื่อขอการอนุมัติ

2.1.2 ชนิดและคุณลักษณะ (Type and Description)

เครื่องกังหันน้ำที่ติดตั้งจะต้องเป็นแบบ Cross Flow พร้อมเกียร์ทดเพื่อเพิ่มความเร็วรอบจากความเร็วรอบของเครื่องกังหันน้ำที่ 500 รอบต่อนาที เป็นความเร็วรอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ 1,500 รอบต่อนาที อุปกรณ์ทั้งหมดจะติดตั้งอยู่ใน Power Box โดยผู้รับจ้างต้องเสนอขั้นตอนที่ใช้ในการประกอบ การติดตั้ง และการบำรุงรักษาเครื่องกังหันน้ำ เครื่องกำเนิดไฟฟ้า และอุปกรณ์อื่นๆ

2.1.3 ข้อมูลออกแบบ (Design Data)

ก) ระดับน้ำ

อ่างเก็บน้ำ

- ระดับเก็บกักสูงสุด	+71.50	ม.รทก.

ท้ายน้ำ

- ระดับน้ำท้ายน้ำ	+14.50	ม.รทก.

ข)	จำนวนเครื่องกังหันน้ำ	1	เครื่อง
ค)	ความสูงหัวน้ำออกแบบ	42.00	เมตร
ง)	อัตราการปล่อยน้ำต่อเครื่อง	1.087	ลบ.ม./วินาที
จ)	กำลังการผลิตของเครื่องกังหันน้ำต่อเครื่อง	358	กิโลวัตต์
ฉ)	ระดับติดตั้งอุปกรณ์	+16.15	ม.รทก.
ช)	ระดับกลึ่งกลางของเครื่องกังหันน้ำ	+16.50	ม.รทก.
ซ)	ระดับกลึ่งกลางของท่อส่งน้ำ (Penstock)	+16.95	ม.รทก.
ฌ)	ความเร็บรอบการหมุนของเครื่องกังหันน้ำ	500	รอบต่อนาที
ญ)	ความเร็บรอบการหมุนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	1,500	รอบต่อนาที

2.1.4 Overspeed, Runaway Speed, Critical Speed and Maximum Pressure

เมื่อกระแสไฟฟ้าจากระบบสายส่งมีปัญหาหรือเครื่องกังหันน้ำมีปัญหา ทำให้ไม่สามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับระบบสายส่ง มีผลทำให้เครื่องกังหันน้ำมีความเร็วรอบสูงขึ้น (Speed Rise) จึงต้องทำการปิดใบปรับปริมาณน้ำ (Guide Vane) แต่จะทำให้แรงดันในท่อส่งน้ำมีค่าสูงขึ้น (Pressure Rise) ผู้รับจ้างจะต้องรับประกันว่า Maximum Over Speed และ Maximum Runaway Speed จะต้องไม่เกิน 1.6 เท่า และ 2.2 เท่าของความเร็บรอบการหมุนปกติ ตามลำดับ และแรงดันน้ำในท่อส่งน้ำ (Penstock) จะต้องไม่เกิน 1.4 เท่าของความสูงหัวน้ำออกแบบ

เครื่องกังหันน้ำจะต้องถูกออกแบบมาให้สามารถใช้งานได้ดีไม่มีปัญหา เมื่อมีการเกิด Critical Speed หรือ Overspeed และ Maximum Runaway Speed ผู้ผลิตเครื่องกังหันน้ำต้องตรวจสอบอุปกรณ์ที่มีการหมุนทั้งเครื่องกังหันน้ำและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator) สามารถทนการเกิด First CriticaL Speed ที่ความเร็วรอบไม่น้อยกว่า 25 % ของ Maximum Runaway Speed โดยไม่การสั่นสะเทือน

2.1.5 กำลังการผลิตและประสิทธิภาพของเครื่องกังหันน้ำ (Turbine Output and Efficiency)

ผู้รับจ้างจะต้องรับผิดชอบในการออกแบบ การผลิต การติดตั้งและการทดสอบเครื่องกังหันน้ำที่จะต่อเข้ากับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าอย่างน้อยตามที่ระบุในข้อกำหนดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

2.1.5.1 กำลังการผลิตของเครื่องกังหันน้ำ (Turbine Output)

ผู้รับจ้างจะต้องทำการทดสอบเพื่อรับประกันกำลังการผลิตของเครื่องกังหันน้ำที่ติดตั้งแล้วเสร็จ จะต้องมีกำลังการผลิตไม่ต่ำกว่า 358 กิโลวัตต์ ที่ความสูงหัวน้ำออกแบบ 42.00 เมตร ถ้ามีค่าต่ำกว่าค่าที่รับประกัน ผู้รับจ้างต้องดำเนินการแก้ไขเพื่อปรับปรุงเครื่องกังหันน้ำให้แล้วเสร็จภายใน 6 เดือน ถ้าประสิทธิภาพยังมีค่าต่ำกว่าที่รับประกันอีก ผู้รับจ้างต้องชำระค่าปรับ (Liquidated Damages) ให้กับผู้ว่าจ้างตามที่กำหนดในสัญญาว่าจ้าง แต่

ถ้าผู้รับจ้างจะยอมชำระค่าปรับโดยไม่ต้องดำเนินการปรับปรุงเครื่องกังหันน้ำ ต้องเป็นการตกลงร่วมกันระหว่างผู้ว่าจ้างและผู้รับจ้าง

2.1.5.2 ประสิทธิภาพของเครื่องกังหันน้ำ (Turbine Efficiency)

ก่อนเริ่มทำการผลิตเครื่องกังหันน้ำ ผู้รับจ้างจะต้องทำการออกแบบเครื่องกังหันน้ำโดยใช้แบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ (Mathematical Model) ในห้องปฏิบัติการ เพื่อหาค่าสมรรถนะ เช่น ประสิทธิภาพ กำลังการผลิต ช่วงการใช้งานที่เหมาะสม เป็นต้น

ผู้รับจ้างจะต้องรับประกันว่าหลังติดตั้งแล้วเสร็จ เครื่องกังหันน้ำจะต้องมีประสิทธิภาพไม่น้อยกว่า 80% ที่ความสูงหัวน้ำออกแบบ 42.00 เมตร ซึ่งค่าประสิทธิภาพดังกล่าวต้องถูกคำนวนจากค่าที่ได้จากการทดสอบจากแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ โดยใช้การแปลงค่า (Scaling-up) ตามมาตาฐานของ IEC 60193 : Hydraulic Turbines, Storage Pumps and Pump/Turbine – Model Acceptance Tests

แต่ถ้าการทดสอบหลังการติดตั้ง พบว่าค่าประสิทธิภาพของเครื่องกังหันน้ำน้อยกว่าค่าดังกล่าว ผู้รับจ้างต้องชำระค่าปรับ (Liquidated Damages) ให้กับผู้ว่าจ้างตามที่กำหนดในสัญญาว่าจ้าง

ผู้รับจ้างต้องเสนอเอกสารต่างๆ ประกอบในการเอกสารยื่นประมูล (Bidding Proposal) เช่น รายงานการทดสอบแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ วิธีการแปลงค่าประสิทธิภาพ รวมทั้งกราฟแสดงสมรรถนะของเครื่องกังหันน้ำทั้งที่ได้จากการออกแบบและที่ผลิตขึ้นจริง (Model and Prototype Turbine Performance Characteristics หรือ Hill Curves)

2.1.6 การเกิด Cavitation

ผู้รับจ้างจะต้องรับประกันการเกิด Pitting ที่เป็นสาเหตุทำให้เนื้อของเหล็กของ Ruuner สึกหายไปหลังเดินเครื่องกังหันน้ำ 8,000 ชั่วโมง หลังจากออก PAC (Provisional Acceptance) การคำนวนหา Pitting ต้องเป็นไปตามมาตราฐานของ IEC Publication No.60609 (Cavitation Pitting Evaluation in Hydraulic Turbines, Storage Pumps and Pumps-Turbines) และต้องเสนอมาในเอกสารยื่นประมูล (Bidding Proposal) ซึ่งจะต้องมีไม่เกิน 1.5 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางของ Runner Discharge ยกกำลังสอง หรือ D_s^2 (เมื่อ D_s คือเส้นผ่าศูนย์กลางของ Runner Discharge) ภายใต้การเดินเครื่องดังนี้

(ก) เครื่องกังหันน้ำจะต้องเดินที่กำลังผลิตต่ำสุด (Minimum Turbine Output) เป็นเวลาจำนวนชั่วโมงไม่เกินกว่า 10 % ของจำนวนชั่วโมงทั้งหมด หรือเดินที่กำลังผลิตสูงสุด (Maximum Turbine Output) เป็นเวลาไม่เกิน 50 ชั่วโมง

(ข) ระดับท้ายน้ำต้องไม่ต่ำกว่าระดับน้ำต่ำสุดขณะที่มีการเดินเครื่อง (ไม่รวมขณะที่มีการเริ่มเดินเครื่อง)

(ค) การสึกของเนื้อเหล็กต้องไม่เกิดจากสารแขวนลอยหรือสารเคมีต่างๆที่ปนในน้ำ

2.1.7 คุณภาพของน้ำ (Quality of Water)

หลังจากเซนต์สัญญา ผู้รับจ้างจะต้องดำเนินการตรวจวัดคุณภาพของน้ำ เพื่อที่จะนำผลในห้องปฏิบัติการไปวิเคราะห์เลือกใช้วัสดุเหล็กสแตนเลสที่จะมาผลิต Runner ให้เหมาะสม

2.1.8 ท่อน้ำเข้า (Inlet Pipe)

ท่อน้ำเข้าต้องผลิตจากการหล่อขึ้นรูปเป็นชิ้นเดียวหรือเป็นการเชื่อมประกอบ การออกแบบต้องคำนึงถึงค่าความสูญเสียหัวน้ำให้น้อยที่สุด เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงรูปหน้าตัดจากท่อทรงกลมเป็นท่อทรง เหลี่ยม และต้องสามารถทนแรงดันน้ำในท่อส่งน้ำที่เกิดขึ้นสูงสุดประมาณ 1.5 เท่าของแรงดันน้ำปกติ เนื่องจาก Load Rejection ในระบบ

2.1.9 โครงสร้างกังหันน้ำ (Casing)

โครงสร้างกังหันน้ำประกอบด้วย 3 ส่วนคือ Turbine Casing, Corner Casing และ Base Plate Frame ที่ผลิตจากการหล่อขึ้นรูปเป็นชิ้นเดียวหรือเป็นการเชื่อมประกอบ โครงสร้างต้องถูกออกแบบให้สามารถทนแรงดันน้ำในท่อส่งน้ำที่เกิดขึ้นสูงสุดประมาณ 1.5 เท่าของแรงดันน้ำปกติ เนื่องจาก Load Rejection ในระบบ ต้องติดตั้ง Suction Valve ที่ Corner Casing เพื่อลดการยุบตัวของโครงสร้าง

2.1.10 Runner

Runner และ Runner Cone จะต้องผลิตจากการหล่อขึ้นรูปเป็นชิ้นเดียวหรือเป็นการเชื่อมประกอบของแต่ละชิ้นส่วน ซึ่งผลิตจากเหล็กแสตนเลสตามมาตราฐาน ASTM 743 Grade CA-6 NM (มีส่วนประกอบของโครเมียม (Chromium) และนิเกิ้ล (Nikel) ไม่น้อยกว่า 13 % และ 4 % ตามลำดับ) หรือตามมาตราฐาน DIN ที่เทียบเท่า การเสนอมาตราฐานอื่นจะไม่เป็นที่ยอมรับ

Runner ประกอบจากใบแผ่นเหล็กยาวที่ทำหน้าที่เป็น Runner Blade โดยมีแผ่นเหล็กรูปวงกลมประกบด้านหัวและท้าย มีเพลาเหล็กเป็นแกนกลาง ตัว Runner Blade ต้องออกแบบมาให้มีโปรไฟล์ที่เกิดแรงรุนของเพลา (Axial Thrust Force) น้อย และยังต้องคำนึงถึงประสิทธิภาพและการเกิด Cavitation หลังจากที่มีการติดตั้ง Runner ต้องมีตรวจสอบ Runner Balancing

2.1.11 ใบปรับปริมาณน้ำและก้านบังคับ (Guide Vane and Regulating Arm)

ใบปรับปริมาณน้ำ (Guide Vane) จำนวน 2 อัน ติดตั้งแยกกันใน Turbine Casing สำหรับการผลิตทั้ง Guide Vane และเพลาต้องผลิตจากเหล็กสแตนเลสหล่อขึ้นรูปหรือเป็นการเชื่อมประกอบเข้าด้วยกัน เหล็กที่ใช้ผลิตต้องเป็นเหล็กแสตนเลสผลิตตามมาตราฐาน ASTM 743 Grade CA-6 NM หรือตามมาตราฐาน DIN ที่เทียบเท่า การเสนอมาตราฐานอื่นจะไม่เป็นที่ยอมรับ Guide Vane ต้องมี Profile ที่เหมือนกันทั้งสองอัน น้ำไหลผ่าน Guide Vane ได้ราบเรียบ เกิดแรงเสียดทานบนผิวสัมผัสต่ำ และไม่เกิดการปั่นป่วน (Turbulance)

Guide Vane ถูกติดตั้งบนร่องเพลาของ Turbine Casing และสามารถปิดการไหลของน้ำที่จะเข้ากังหันน้ำได้แม้ทำงานที่ความสูงหัวน้ำต่ำ Guide Vane ทั้งสองอันสามารถควบคุมปริมาณน้ำที่จะเข้าเครื่องกังหันน้ำแยกออกจากกันได้

ตลับลูกปืนต้องติดตั้งที่ปลายเพลาทั้งสองด้านของ Guide Vane ลูกปืนที่ใช้ต้องมีความทนทานสูงไม่ต้องการการบำรุงรักษาใด ๆ ในกรณีที่ต้องการหยุดเดินเครื่อง Guide Vane สามารถปิดได้โดยแรงโน้มถ่วง โดยที่ปลายก้านบังคับ (Regulation Arm) มีก้อนน้ำหนัก (Counter Weight) ต้องออกแบบให้น้ำที่ไหลผ่านผิวบนและผิวล่างของ Guide Vane ไหลไปกระทบใบพัดของ Runner ในมุมที่ถูกต้องเพื่อเกิดประสิทธิภาพสูงสุด สร้างแรงบิดให้กับ Runner การเปิด-ปิด Guide Vane ทั้งสองนี้จะถูกควบคุมโดยแขนบังคับและกระบอกสูบแรงดัน (Servomotor)

กระบอกสูบแรงดันต้องมีขนาดเพียงพอในการควบคุมการเปิด-ปิด Guide Vane ภายใต้การทำงานที่ความสูงหัวน้ำสูงสุดแม้ว่ามีแรงดันน้ำมันในกระบอกสูบแรงดันน้อยที่สุด กระบอกสูบของกระบอกสูบแรงดันต้องทำมาจากแผ่นเหล็กเชื่อมประกอบ มีการลดความเค้นในขณะทำการเชื่อม รองลื่นเพลาที่จุดหมุนของก้านกระบอกสูบแรงดันต้องเป็นแบบหล่อลื่นในตัว (Self-Lubricated Bushing)

2.1.12 รองลื่นเพลา (Runner Shaft Bearing)

รองลื่นเพลาเป็นแบบทรงกลมมีแรงเสียดทานต่ำ ติดตั้งที่ปลายเพลา (Runner Shaft) รองลื่นเพลาต้องช่วยในการลดแรงเสียดทานและการรั่วไหลที่เกิดขึ้นผ่านแบริ่ง การใช้งานของรองลื่นเพลาต้องยาวนานและต้องการการบำรุงรักษาน้อยที่สุด และจะต้องสามารถทำงานต่อเนื่องได้ไม่น้อยกว่า 100,000 ชั่วโมง

2.1.13 Draft Tube

Draft Tube ประกอบจากการเชื่อมของแผ่นเหล็กที่มีครีบเหล็กรอบๆเพื่อเสริมสร้างความแข็งแรง Draft Tube ผิวของ Draft Tube จะต้องทำการทาสีตาม System 1 และ 4 ในส่วนที่ 1 งานโยธา หมวดที่ 7.6

2.1.14 การประกอบที่โรงงานและการทดสอบ (Shop Assembly And Test)

2.1.14.1 การประกอบที่โรงงาน

ส่วนประกอบต่างของเครื่องกังหันน้ำ เช่น ท่อน้ำเข้า (Inlet Pipe) โครงสร้างกังหันน้ำ (Casing) Runner ใบปรับปริมาณน้ำ (Guide Vane) ก้านบังคับ (Regulation Arm) และ Draft Tube จะต้องถูกดำเนินการประกอบเข้าด้วยกัน เพื่อตรวจสอบโครงสร้าง ขนาด และระยะความคลาดเคลื่อน (Clearance) ในการออกแบบและการผลิต

ขนาดและระยะความคลาดเคลื่อน (Clearance) ของชิ้นส่วนต่างๆที่ประกอบเข้าด้วยกันจะต้องถูกดำเนินการทดสอบและบันทึกผลการวัดลงในแบบฟอร์มใบบันทึกผลการทดสอบ พร้อมทั้งแสดงการเปรียบเทียบระหว่างขนาดที่ออกแบบและขนาดที่วัดได้จริงลงบนแบบ (Drawing) ผู้รับจ้างต้องเสนอแบบฟอร์มการบันทึกค่าให้กับผู้ว่าจ้างก่อนที่จะเริ่มดำเนินการตรวจสอบภายในระยะเวลาที่กำหนดในสัญญา

2.1.14.2 การทดสอบ Hydraulic Static Test

Casing และกระบอกสูบแรงดันน้ำมัน (Hydraulic Servomotor Cylinders) จะต้องถูกดำเนินการทดสอบด้วยวิธี Hydraulic Static Test ที่แรงดัน 1.5 เท่าของแรงดันออกแบบสูงสุดเป็นเวลาไม่น้อยกว่า 10 นาที

2.1.14.3 การร่วมทดสอบที่โรงงาน (Shop Test Witness)

วิศวกรของผู้ว่าจ้างอย่างน้อย 2 ท่านจะร่วมดำเนินการตรวจสอบขนาด และการประกอบที่โรงงาน (Shop Assembly) ของเครื่องกังหันน้ำและชิ้นส่วนต่างๆ โดยผู้รับจ้างจะต้องออกค่าใช้จ่ายทั้งหมด เช่น ค่าตั๋วเครื่องบิน ค่าธรรมเนียมต่างๆ ค่าโรงแรม ค่าใช้จ่ายในการเดินทางทั้งในและต่างประเทศ และอื่นๆ

2.1.15 การทดสอบหลังติดตั้ง (Field Test)

2.1.15.1 ข้อกำหนดทั่วๆไป

ผู้รับจ้างต้องดำเนินการทดสอบอุปกรณ์หลังการติดตั้งแล้วเสร็จ เพื่อตรวจสอบคุณสมบัติของอุปกรณ์ต่างๆตรงกับข้อกำหนดในสัญญาและค่า Guaranteed Characteristics ที่ผู้รับจ้างเสนอมาหรือไม่

2.1.15.2 การทดสอบการเดินเครื่องและการตรวจรับอุปกรณ์ (Commissioning and Acceptance Test)

ผู้รับจ้างต้องดำเนินการทดสอบดังนี้

(ก) First Run

การทดสอบ Bearing Run Out ทั้งของเครื่องกังหันน้ำ (ถ้ามีการใช้งาน) และของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยทำการทดสอบตั้งแต่เริ่มเดินเครื่องจนถึง Full Speed at No Load และ Full Load

(ข) Heat Run Test

การทดสอบอุณหภูมิและการเสถียรภาพการทำงานของ Bearings, Stator ระบบหล่อเย็นและระบบหล่อลื่น cooling and lubrication systems ที่ Full Speed at No Load เป็นเวลาไม่น้อยกว่า 2 ชั่วโมง

หลังจากที่ระบบทำงานมีเสถียรภาพ ต้องมีการทดสอบที่ 25 %, 50 %, 75 % และ Full Load ที่ประสิทธิภาพสูงสุด และที่ Full Load และต้องทดสอบการทำงานของใบปรับปริมาณน้ำ (Guide Vane Operation)

(ค) การทดสอบกำลังการผลิต (Output Test)

การทดสอบกำลังการผลิตของเครื่องกังหันน้ำจริงที่ความสูงหัวน้ำสุทธิ เพื่อเปรียบเทียบกับค่า Guaranteed Characteristics ที่ผู้รับจ้างเสนอมา โดยความสูงหัวน้ำที่ทดสอบต้องใกล้เคียงกับความสูงหัวน้ำออกแบบตาม Prototype Hill Chart

ผู้รับจ้างต้องดำเนินการจัดหาอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ทดสอบหาความสูงหัวน้ำสุทธิจริงตามที่ระบุใน IEC Code Publication 62006 “Hydraulic Machines – Acceptance Tests of Small Hydroelectric Installations" และเมื่อทดสอบแล้วเสร็จ อุปกรณ์และเครื่องมือดังกล่าวเป็นทัพย์สินของผู้รับจ้าง

(ง) การทดสอบกำลังการผลิตสูงสุด (Maximum Output Test)

เครื่องกังหันน้ำจะต้องถูกทดสอบที่กำลังการผลิตสูงสุดเป็นเวลาต่อเนื่อง 8 ชั่วโมง

(จ) Load Rejection

ต้องมีการทดสอบ Load Rejection ที่ 25 %, 50 %, 75 % และ Full Load เพื่อวัดค่า Overspeed ที่แต่ละสภาพการเดินเครื่อง

(ฉ) Performance Test

เพื่อทดสอบสมรรถนะของเครื่องกังหันน้ำจริงกับ Turbine Efficiency Curve วิศวกรของผู้ว่าจ้างและของผู้รับจ้างจะต้องตกลงร่วมกันเมื่อระดับน้ำจริงสามารถเริ่มทำการทดสอบได้ โดยผู้รับจ้างต้องดำเนินการจัดหาอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ทดสอบ และเมื่อทดสอบแล้วเสร็จ อุปกรณ์และเครื่องมือดังกล่าวเป็นทัพย์สินของผู้รับจ้าง

เครื่องมือที่ใช้วัดกำลังการผลิตของเครื่องกังหันน้ำจะต้องผ่านการทดสอบปรับเทียบความแม่นยำ (Calibration) และวิธีการทดสอบให้ปฏิบัติตาม IEC Code Publication 62006 “Hydraulic Machines – Acceptance Tests of Small Hydroelectric Installations"

2.1.16 การสำรองอุปกรณ์ (Spare Parts)

ผู้รับจ้างต้องจัดหาอุปกรณ์ต่างๆอย่างน้อยตามรายการข้างล่าง เพื่อไว้เป็นอุปกรณ์สำรองเปลี่ยนกับอุปกรณ์ที่ชำรุดหรือเพื่อไว้ใช้ในการรื้อถอดและประกอบอุปกรณ์เมื่อมีการบำรุงรักษา

(ก) รองลื่นเพลาของเครื่องกังหันน้ำ (Runner Shaft Bearing)	2	ชุด
(ข) ใบปรับปริมาณน้ำ (Guide Vane)	1	ชุด
(ค) รองลื่นเพลาใบปรับปริมาณน้ำ (Guide Vane Bearing)	2	ชุด
(ง) Seal, Packing, Piston Rings และอื่นๆสำหรับกระบอกสูบแรงดัน	1	ชุด
(จ) รองลื่น (Bush/Bearing) ของก้านกระบอกสูบแรงดัน	1	ชุด

2.2 อุปกรณ์ควบคุมความเร็ว (Speed Governor)

2.2.1 ข้อกำหนดทั่วไป (General)

บทนี้จะกำหนดรายละเอียดคุณสมบัติของอุปกรณ์ควบคุมความเร็ว (Speed Governor) และอุปกรณ์ประกอบ ผู้รับจ้างจะต้องรับผิดชอบในการออกแบบอุปกรณ์ การผลิต การทดสอบที่โรงงาน การขนส่ง การติดตั้ง และการทดสอบเพื่อให้ระบบทำงานถูกต้องและสมบูรณ์

2.2.2 ชนิดและคุณลักษณะ (Type and Description)

อุปกรณ์ควบคุมความเร็วจะต้องเป็น Proportional Integral Derivative Type หรือ PID สามารถควบคุมได้ทั้งกำลังการผลิตและความเร็วรอบการหมุนของเครื่องกังหันน้ำได้อย่างแม่นยำและต่อเนื่อง โดยมีอุปกรณ์ควบคุมการปิด-เปิดใบปรับปริมาณน้ำ (Guide Vanes) ซึ่งได้รับสัญญาณจากความแตกต่างระดับน้ำที่ได้รับจากหน่วยควบคุม (Local Control Unit) มาประมวลผลเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพการผลิตที่ดีที่สุดตามหัวน้ำ (Head) ของเครื่องกังหันน้ำ

อุปกรณ์ควบคุมความเร็วต้องประกอบด้วย Programmable Logic Controller (PLC), Single-Channel Speed Sensing System, Self-Supervision, Main Distributing Valves, Hydraulic Control Valves, Oil Pressure Unit (OPU), Speed Signal Device (SSD), Feed-back Transmitter, Remote Input/Output Circuits, Instrument และ Protective Devices

อุปกรณ์อิเล็คโทรนิคต่างๆต้องถูกติดตั้งในตู้ควบคุมของอุปกรณ์ควบคุมความเร็ว และปุ่มปรับควบคุมและจอแสดงผลดิจิตัลจะถูกติดตั้งบนแผงควบคุมซึ่งเป็นมาตราฐานของโรงไฟฟ้าพลังน้ำ แผงควบคุมเครื่องกังหันน้ำอาจจะรวมเป็นเข้ากับแผงควบคุมของอุปกรณ์ควบคุมความเร็ว

การเปลี่ยนฟังก์ชั่นการควบคุมจากควบคุมด้วยมือเป็นการควบคุมแบบอัตโนมัติจะกำหนดในหัวข้อ Control, Monitoring and Protection System และการเปลี่ยนการทำงานจากควบคุมแบบมือปรับเป็นแบบอัตโนมัติ หรือแบบอัตโนมัติเป็นแบบมือปรับต้องให้เครื่องกังหันน้ำเดินเครื่องได้อย่างราบเรียบที่ระดับหัวน้ำต่างๆ

2.2.3 ขนาดและเงื่อนไขการใช้งาน (Capacity and Operating Condition)

2.2.3.1 ขนาดของอุปกรณ์ (Capacity)

Oil Pressure Unit (OPU) ของอุปกรณ์ควบคุมความเร็วต้องใช้ร่วมกับถังแรงดันไนโตรเจน (Nitrogen Accumulator) เท่านั้น และต้องมีขนาดที่เพียงพอเพื่อทำการเปิดและปิดใบปรับปริมาณน้ำ (Guide Vane) เมื่อเครื่องกังหันน้ำเดินเครื่องที่หัวน้ำสูงสุด แม้ว่าแรงดันในถังแรงดันมีค่าต่ำที่สุด

2.2.3.2 เงื่อนไขและข้อกำหนดในการใช้งาน (Operating Conditions and Requirements)

สำหรับการทำงานปกติ อุปกรณ์ควบคุมความเร็วไม่จำเป็นต้องควบคุมความถี่ แต่จะมีอุปกรณ์ที่คอยกระตุ้นให้อุปกรณ์ควบคุมความเร็วทำงานในช่วงความถี่ระหว่าง 49.5 Hz และ 50.5 Hz

ในกรณีที่ไม่มีโหลดจากระบบสายส่ง อุปกรณ์ควบคุมความเร็วต้องสามารถควบคุมเครื่องกังหันน้ำให้สามารถเดินได้ที่หัวน้ำต่ำๆ เพื่อที่จะเลี้ยงไฟให้กับ Station Service และต้องควบคุมการทำงานของเครื่องกังหันน้ำให้มีเสถียรภาพที่ทุกสภาพการเดินเครื่อง รวมทั้งเมื่อเครื่องกังหันน้ำผลิตไฟสูงสุด

2.2.4 การควบคุม (Governor Control)

อุปกรณ์ควบคุมความเร็วต้องประกอบด้วยอุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีคุณสมบัติดังนี้

(ก) อุปกรณ์ส่งสัญญาณความเร็ว หรือ Speed signal device (SSD) จะติดตั้งบนเพลาของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

(ข) อุปกรณ์ที่สามารถเปรียบเทียบความเร็วที่ตั้งค่าไว้กับค่าสัญญาณความเร็วที่เข้ามาได้

(ค) สามารถผลิตไฟกระแสตรง (DC Output) เพื่อไปสั่งโซลีนอยด์วาวล์ที่จะไปควบคุมแรงดันน้ำมัน (Electro-Hydraulic Solenoid Valve)

(ง) สามารถใช้ร่วมกับแหล่งจ่ายไฟของโรงไฟฟ้าที่เป็น 125 โวลท์ กระแสตรง

(จ) ตัวควบคุมความเร็วเพื่อใช้ในการขนานเข้าระบบ (Synchronizing) และการปลดโหลดออกจากระบบ (Full Load Rejection) เมื่อทำการ Quick Shut Down

(ฉ) Electro-Hydraulic Transducers เพื่อแปลงสัญญาณไฟฟ้าเป็นแรงดันน้ำมันเพื่อไปควบคุมการปิด/เปิดใบปรับปริมาณน้ำ

(ช) การสั่งอุปกรณ์ควบคุมความเร็วเริ่มทำงานต้อง ใช้แหล่งจ่ายไฟจากหน่วยจ่ายไฟกระแสตรง (DC Station Service) โดยจะไปควบคุมเครื่องกังหันน้ำเริ่มเดินเครื่องจาก Standstill

2.2.5 การเดินสายไฟ (Wiring)

สายไฟในแผงควบคุมจะต้องติดตั้งอย่างมิดชิด สายไฟและท่อร้อยสายไฟจะต้องเข้าทางด้านล่างของตู้ มาตราฐานสี (Colour Code) ของสายไฟต้องได้รับการอนุมัติจากวิศวกรของผู้ว่าจ้าง ฉนวนของสายไฟสามารถทนแรงดันน้ำมันที่ 600 โวลท์ได้ การเดินสายไฟอาจเป็นแพหรือมัดเป็นกลุ่มและต้องมีการยึดสายไฟที่ดี

2.2.6 เครื่องมือและอุปกรณ์ควบคุม (Instrument and Control Device)

2.2.6.1 ข้อกำหนดทั่วๆไป (General)

ผู้รับจ้างต้องจัดหาและติดตั้งตู้ควบคุมการเดินเครื่อง โดยมีอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมและแสดงผลติดตั้งอยู่บนหน้าตู้ตามที่ระบุในหัวข้อ 2.2.6.2 ที่จะกล่าวต่อไป

2.2.6.2 แผงหน้าตู้อุปกรณ์ควบคุมความเร็ว (Governor Panel)

ต้องประกอบด้วยอุปกรณ์อย่างน้อยดังต่อไปนี้

(ก) อุปกรณ์แสดงผลความเร็วรอบหรือ Tachometer
(ข) อุปกรณ์แสดงตำแหน่งการเปิดใบปรับปริมาณน้ำ
(ค) สวิตช์ควบคุมหน้าตู้
(ง) อุปกรณ์สั่งหยุดเดินเครื่องอัตโนมัติ ประกอบด้วยสวิตช์ที่ใช้สั่งหยุดปกติ และสวิตช์ที่ใช้สั่งหยุดเครื่องฉุกเฉิน (Emergency Shutdown)

2.2.6.3 แผงหน้าตู้อุปกรณ์ควบคุมเครื่องกังหันน้ำ (Turbine Control Panel)

ต้องประกอบด้วยอุปกรณ์อย่างน้อยดังต่อไปนี้

(ก) เกจวัดแรงดันน้ำมัน

(ข) สวิตช์ควบคุมกรณีที่ไม่มีแรงดันน้ำมัน ประกอบด้วยสวิตช์ที่ใช้ไฟกระแสตรง 125 โวลท์ จำนวน 2 ตัว (ใช้ในการแจ้งเตือนเมื่อแรงดันน้ำมันต่ำ และอีกตัวใช้ในการป้องกันการสตาร์ทเดินเครื่องในกรณีที่ระดับแรงดันน้ำมันต่ำมากๆ)

(ค) ปุ่มพร้อมเดินเครื่อง ปุ่ม Reset และปุ่มทดสอบฟังก์ชั่นการทำงาน

(ง) ปุ่มหยุดเครื่องฉุกเฉินพร้อมฝาครอบ

2.2.7 ระบบแรงดันน้ำมัน (Oil Pressure Unit : OPU)

2.2.7.1 ข้อกำหนดทั่วๆ ไป (General)

ผู้รับจ้างต้องจัดหา ติดตั้งและทดสอบระบบแรงดันน้ำมันสำหรับอุปกรณ์ควบคุมความเร็ว ต้องออกแบบให้ใช้ร่วมกับประตูน้ำด้านเข้า (Inlet Valve) แต่ละชุดต้องประกอบด้วย ปั๊มน้ำมันและมอเตอร์ไฟฟ้า (Oil Pump and Motor) Control Valves วาว์ลควบคุมแรงดันน้ำมัน ถังสะสมน้ำมัน (Oil Sump Tank) ชุดถังไนโตรเจน (N_2 Accumulator Tanks) อุปกรณ์ควบคุม (Control Device) อุปกรณ์วัดและอุปกรณ์ป้องกัน (Measuring and Protection) แผนผังการทำงานเบื้องต้นของระบบแรงดันน้ำมันแสดงใน Drawing no. PL2-EM-02 : Schematic Diagram of Oil Pressure Unit for Turbine ที่แนบ

2.2.7.2 ปั๊มน้ำมัน (Oil Pump)

ปั๊มน้ำมันเป็น Gear Type ปั๊มต้องมีอัตราการสูบไม่น้อยกว่า 1.5 เท่าของปริมาตรน้ำมันที่ใช้ในกระบอกสูบแรงดันของใบปรับปริมาณน้ำ (Guide Vane Servomotor) และต้องทำงานได้อย่างต่อเนื่องโดยไม่ทำให้น้ำมันร้อน

มอเตอร์ต้องติดตั้งเข้ากับปั๊มโดยหน้าแปลนเพลาทั้งสองประกบกัน มอเตอร์ต้องเป็น Drip Proof, 380 โวลต์ 3 เฟส 50 เฮิรตซ์ ใช้กระแสไฟฟ้าในการสตาร์ทต่ำ และเป็นแบบ Induction มีฉนวนกันความชื้นและทนต่อน้ำมันตามมาตราฐานของ IEC Standards IP 54 Class F insulation

การสั่งเริ่มทำงานและการหยุดของปั๊มน้ำมันสามารถทำงานได้โดยอัตโนมัติโดยใช้ชุดควบคุม ซึ่งมี Pressure Relay เป็นตัวควบคุม และสามารถสั่งทำงานได้โดยการปรับสวิตช์ด้วยมือที่ตู้ควบคุม (Control Board)

2.2.7.3 ถังสะสมแรงดันไนโตรเจน (Nitrogen Accumulator)

ผู้รับจ้างต้องออกแบบและคำนวนหาปริมาตรของถังสะสมแรงดันและแรงดันที่ใช้ในระบบให้เพียงพอกับการปิดสุด/เปิดสุดของใบปรับปริมาณน้ำ (Guide Vane) 3 ครั้ง (เริ่มจากการปิด-เปิด-ปิด) โดยไม่การส่งแรงดันจากปั๊มน้ำมันมาเพิ่ม รวมทั้งคำนวนหาปริมาตรและจำนวนถังไนโตรเจนที่ใช้ Back-up

ถังสะสมแรงดันต้องออกแบบตามมาตราฐานของ ASME Code for Pressure Vessel, Section VIII, Division I ฉบับแก้ไขล่าสุด และถังต้องสามารถทนแรงดันไม่ต่ำกว่า 1.5 เท่าของแรงดันที่ใช้ออกแบบ และให้คงแรงดันนี้เป็นระยะเวลาไม่น้อยกว่า 30 นาที

ผู้รับจ้างต้องจัดหาชุดเติมแรงดันไนโตรเจน (ไม่รวมถังไนโตรเจนสำรอง)

2.2.7.4 ถังสะสมน้ำมัน (Oil Sump Tank)

ปริมาตรของน้ำมันในถังสะสมน้ำมันจะต้องไม่น้อยกว่า 1.1 เท่า ของปริมาณน้ำมันทั้งหมดที่ใช้ในระบบแรงดันน้ำมันสำหรับการควบคุมการปิด-เปิดใบปรับปริมาณน้ำ (Guide Vane) และประตูน้ำด้านเข้า (Inlet Valve) ถังสะสมน้ำมันต้องติดตั้งอุปกรณ์วัด อุปกรณ์ควบคุมและป้องกันต่างๆ เช่น อุปกรณ์ตรวจสอบน้ำรั่วปนในน้ำมัน (Oil-Water Contamination Detector) พร้อมส่งสัญญาณไปห้องควบคุม เกจวัดระดับน้ำมัน (พร้อม Check Valve และ Stop Valve) รีเลย์ระดับน้ำมัน (Oil Level Relay) พร้อมสัญญาณเตือนระดับน้ำมันต่างๆ ในถังเพื่อสั่งหยุดเครื่องกังหันน้ำ อุปกรณ์วัดอุณหภูมิน้ำมันแบบปรับได้ (Temperature Detector) และอุปกรณ์อื่นที่จำเป็น อุณหภูมิของน้ำมันในถังต้องไม่เกิน 65 องศาเซลเซียส

2.2.7.5 ระบบท่อและวาล์วน้ำ/น้ำมัน (Piping and Valves)

ผู้รับจ้างต้องจัดหาและติดตั้งระบบท่อและวาล์วน้ำ รวมทั้งหน้าแปลน ซีล น๊อต สกรู และจุดค้ำยึดต่างๆ

2.2.7.6 น้ำมันที่ใช้ (Governor Oil)

ผู้รับจ้างต้องจัดหาน้ำมันที่ใช้ใน OPU ทั้งหมด และต้องเผื่อเกินไว้อีก 10 % ชนิดและเกรดของน้ำมันจะต้องใช้กันในประเทศไทย ซึ่งต้องเสนอมาให้วิศวกรของผู้ว่าจ้างอนุมัติก่อน

2.2.8 เครื่องมือที่ใช้ถอดและประกอบ (Wrench and Tool)

ผู้รับจ้างต้องจัดหาเครื่องมือที่เป็นมาตราฐานและเครื่องมือพิเศษที่ใช้สำหรับถอดและประกอบอุปกรณ์ต่างๆเมื่อต้องการบำรุงรักษาอุปกรณ์ ชุดเครื่องมือดังกล่าวต้องเป็นของใหม่และบรรจุไว้ในกล่อง

2.2.9 การตรวจสอบและการทดสอบ (Inspection and Test)

2.2.9.1 ข้อกำหนดทั่วๆไป (General)

ผู้รับจ้างต้องดำเนินการทดสอบและบันทึกผลการวัดลงในแบบฟอร์มใบบันทึกผลการทดสอบ พร้อมทั้งแสดงการเปรียบเทียบระหว่างขนาดที่ออกแบบและขนาดที่วัดได้จริงลงบนแบบ (Drawing) ผู้รับจ้างต้องเสนอแบบฟอร์มการบันทึกค่าให้กับผู้ว่าจ้างก่อนที่จะเริ่มดำเนินการตรวจสอบภายในระยะเวลาที่กำหนดในสัญญา

2.2.9.2 การทดสอบที่โรงงาน (Shop Test)

ผู้รับจ้างต้องดำเนินการทดสอบที่โรงงานดังนี้

(ก) การทดสอบวัสดุ

การทดสอบวัสดุต้องทดสอบตามที่ระบุในหัวข้อ S1.17 Inspection and Test-Electrical/ Mechanical

(ข) การทดสอบแรงดัน (Hydrostatic Tests)

การทดสอบวัสดุต้องทดสอบตามที่ระบุในหัวข้อ S1.17 Inspection and Test-Electrical/ Mechanical

(ค) การทดสอบที่โรงงาน (Shop Test)

การทดสอบวัสดุต้องทดสอบตามที่ระบุในหัวข้อ S1.17 Inspection and Test-Electrical/ Mechanical

2.2.10 การทดสอบหลังติดตั้ง (Field Test)

ผู้รับจ้างต้องดำเนินการทดสอบอุปกรณ์หลังการติดตั้งแล้วเสร็จ เพื่อตรวจสอบคุณสมบัติของอุปกรณ์ต่างๆตรงกับข้อกำหนดในสัญญาและค่า Guaranteed Characteristics ที่ผู้รับจ้างเสนอมาหรือไม่ การทดสอบต้องดำเนินการโดย Supervisor เพื่อคอยควบคุมวิธีและขั้นตอนการทดสอบ

Full Load Rejection ต้องดำเนินการทดสอบเพื่อตรวจสอบการทำงานของอุปกรณ์ควบคุมความเร็ว เครื่องกังหันน้ำจะต้องไม่หยุดเดินเครื่อง (Trip) ถ้าความเร็วรอบการหมุนมีค่าเกิน (Over Speed) หรือแรงดันไฟฟ้า (Over Voltage) มีค่าเกิน

2.2.11 การสำรองอุปกรณ์ (Spare Parts)

ผู้รับจ้างต้องจัดหาอุปกรณ์ต่างๆอย่างน้อยตามรายการข้างล่าง เพื่อไว้เป็นอุปกรณ์สำรองเปลี่ยนกับอุปกรณ์ที่ชำรุด

(ก)	Speed Signal Device (SSD)	1	ชุด
(ข)	E/H Converter	1	ชุด
(ค)	Sensing Device	1	ชุด
(ง)	Limit Switch	1	ตัว (แต่ละแบบ)
(จ)	Solenoid Valve	2	ตัว (แต่ละแบบ)
(ฉ)	Auxiliary Relay และ Conductor	10% หรืออย่างน้อย 2 ตัว ของแต่ละแบบ	
(ช)	Transducer	10 % หรืออย่างน้อย 2 ตัว ของแต่ละแบบ	
(ซ)	กรองน้ำมัน	1	อัน
(ฌ)	Accumulator Bladder	1	ชุด
(ญ)	Safety valve พร้อมสวิตช์	1	ตัว
(ฎ)	อุปกรณ์วัด อุปกรณ์ป้องกัน รีเลย์ และสวิตช์	1	ตัว (แต่ละแบบ)

2.3 ประตูน้ำด้านเข้า (Inlet Valve)

2.3.1 ข้อกำหนดทั่วไป (General)

บทนี้จะกำหนดรายละเอียดคุณสมบัติของประตูน้ำด้านเข้าและอุปกรณ์ประกอบ ผู้รับจ้างจะต้องรับผิดชอบในการออกแบบอุปกรณ์ การผลิต การทดสอบที่โรงงาน การขนส่ง การติดตั้ง และการทดสอบเพื่อให้ระบบทำงานถูกต้องและสมบูรณ์

2.3.2 ชนิดและคุณลักษณะ (Type and Description)

ประตูน้ำด้านเข้าต้องเป็นแบบลิ้นปีกผีเสื้อ (Butterfly valve) ชนิดแกนนอน มีก้อนถ่วงน้ำหนัก (Counter Weight) เพื่อใช้ในการปิด ขนาดเส้นผ่านสูงกลาง 700 มม ตัวเรือนประตูและลิ้นปิดต้องมีสัดส่วนขนาดที่เหมาะสม มีการไหลของน้ำที่ดีเมื่อเวลาเปิดประตูสุด ตัวเรือนประตูและส่วนที่รับแรงจะต้องถูกออกแบบให้ทนต่อแรงที่จะมากระทำเมื่อมีการปิดประตูน้ำ ท่อต่อขยาย (Expansion Joint) จะต้องติดตั้งระหว่างประตูน้ำและท่อน้ำส่ง (Penstock) ประตูน้ำต้องเป็นผลิตภัณฑ์ของผู้ผลิต ชิ้นส่วนต่างๆของประตูน้ำแต่ละตัวสามารถสลับเปลี่ยนกันได้ ส่วนประกอบของประตูน้ำต้องมีอย่างดังนี้

(ก) ตัวเรือนประตูน้ำครบชุด จำนวน 1 ตัว
(ข) กระบอกสูบแรงดันน้ำมันเพื่อใช้ในการปิดอย่างเดียว จำนวน 2 ตัว
(ค) กลไกปิดด้วยมือพร้อมด้วยก้อนถ่วงน้ำหนักและระบบล็อค จำนวน 1 ชุด
(ง) ชุดการเติมน้ำ จำนวน 1 ชุด
(จ) ท่อต่อ (Connection Pipe) ระหว่างประตูน้ำและท่อส่งน้ำ (Penstock) จำนวน 1 ท่อ
(ฉ) ท่อต่อขยาย (Expansion Joint) ระหว่างประตูน้ำและ Spiral Case จำนวน 1 ท่อ
(ช) วาล์วระบายน้ำทิ้ง จำนวน 2 ตัว
(ซ) อุปกรณ์อื่นๆที่ใช้ติดตั้ง การยก และการติดตั้ง

2.3.3 หลักการการออกแบบ (Design Criteria)

ประตูน้ำปกติต้องปิดและเปิดที่ระดับน้ำทั้งสองด้านมีค่าใกล้เคียงกัน โดยมีสวิตช์แรงดันเป็นตัววัดความแตกต่างของระดับน้ำ และจะป้องกันไม่ให้ประตูเปิดเมื่อระดับน้ำต่างกันเกิน 2 ม. ประตูน้ำต้องออกแบบให้สามารถทำการปิดได้เมื่อเกิดเหตุการณ์ผิดปกติในท่อส่งน้ำ (Penstock)

ประตูน้ำต้องออกแบบให้สามารถทำงานภายใต้เงื่อนไขดังนี้

- ที่ระดับน้ำสูงสุดในอ่างเก็บน้ำ	+71.50 ม.รทก.
- แรงดันสูงสุดที่ใช้ออกแบบ	ไม่น้อยกว่า 1.1 เท่าของแรงดันสูงสุด
- แรงดันน้ำสูงสุดที่เกิดขึ้นในท่อส่งน้ำ (Penstock)	ต้องสอดคล้องกับหัวข้อ 2.4

เวลาที่ใช้ในการปิด/เปิดประตูน้ำและประตูเติมน้ำ

-	เปิดประตูน้ำโดยกระบอกสูบแรงดัน	60	วินาที
-	ปิดประตูน้ำโดยก้อนถ่วงน้ำหนัก	60	วินาที
-	เปิดประตูเติมน้ำโดยกระบอกสูบแรงดัน	10	วินาที
-	ปิดประตูเติมน้ำโดยกระบอกสูบแรงดัน	10	วินาที

ทุกชิ้นส่วนที่รับแรงดันต้องเป็นไปตามมตราฐาน ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Section VIII, Division I

2.3.4 รายละเอียดของอุปกรณ์ (Description of Components)

2.3.4.1 ตัวเรือน (Valve Body)

ตัวเรือน (Valve Body) ทำด้วยเหล็กหล่อ ธรณีประตูที่จะสัมผัสกับลิ้นประตูต้องทนทานต่อการเกิดสนิมและการกัดกร่อน หน้าแปลนที่ปลายตัวเรือนทั้งสองด้านต้องเจาะรูน๊อตจากโรงงาน รูต้องให้ตรงกับหน้แปลนอื่นที่จะมาประกบ แหวนรองลิ้นในตัวเรือน (Body Seat Ring) ทำด้วยเหล็กกล้าไร้สนิมตามมาตรฐาน ASTM A 276 Type 304 และประกบเข้ากับตัวเรือนด้วยสลักยึดเหล็กล้าไร้สนิมขาตั้ง (Body Foot) และหูหิ้ว (Lifting Lugs) ต้องหล่อติดกับตัวเรือน

2.3.4.2 ลิ้นประตู เพลาและซีลเพลา (Valve Disc, Shaft and Seal)

ลิ้นประตู (Valve Disc) ต้องทำด้วยเหล็กหล่อขึ้นรูป การออกแบบต้องคำนึงถึงการสูญเสียหัวน้ำให้น้อยที่สุด ให้น้ำไหลผ่านลิ้นประตูได้อย่างราบเรียบไม่มีสันขวางการไหลของน้ำ ลิ้นประตูและเพลาต้องออกแบบมาให้ทนต่อแรงที่มากระทำ ไม่มีการเสียรูปขณะที่มีการปิดประตู ส่วนซีลประตูต้องเป็นวัสดุประเภทยางหรือยางสังเคราะห์ (Synthetic Polymer) สามารถทนต่อการอัดแรงขันด้วยน๊อต ปรับตำแหน่งง่าย มีการบำรุงรักษาน้อย และสามารถเปลี่ยนได้ง่าย ตัวปะกับซีลและน๊อตยึดต้องทนทานต่อการเกิดสนิม

2.3.4.3 รองลื่นเพลา (Valve Bearing)

รองลื่นเพลาต้องผลิตจากวัสดุที่มีคุณสมบัติการหล่อลื่นในตัวเองโดยไม่ใช้จารบี (Greaseless Self Lubricating Type) แลต้องออกแบบเป็นอย่างดีป้องกันน้ำรั่วผ่านเพลา

2.3.4.4 ชุดวาล์วเติมน้ำ (Bypass Assembly)

ชุดวาล์วเติมน้ำประกอบด้วยวาล์วน้ำแบบทำงานด้วยมอเตอร์หรือแรงดันน้ำมัน กลไกล็อคด้วยมือ วาล์วน้ำท่อ และส่วนประกอบย่อยอื่นๆ วาล์วน้ำต้องติดตั้งทางด้านน้ำก่อนเข้าชุดวาล์วเติมน้ำ

2.3.4.5 ท่อต่อขยาย (Expansion Joint)

ท่อต่อขยายระหว่างประตูน้ำและท่อน้ำส่ง (Expansion Joint) ติดตั้งเพื่อความสะดวกในการติดตั้งและถอดประตูน้ำในกรณีที่ต้องการบำรุงรักษาประตูน้ำ ท่อต่อต้องเป็นแบบ Gasketed Sleeve Type ชุดท่อประกอบด้วยแหวนกลาง จำนวน 1 วง แหวนนอก จำนวน 2 วง ประเก็นยาง ท่อต่อขยาย แหวนกลาง และแหวนนอก ต้องทำจากแผ่นเหล็กเหนียว ส่วนประกอบของข้อต่อที่เป็นวัสดุยางต้องทำด้วย Synthetic Rubber

2.3.4.6 ท่อระบายน้ำทิ้ง (Drain Valve)

วาล์วระบายน้ำพร้อมวงล้อหมุนต้องติดตั้งเพื่อระบายน้ำในท่อน้ำก่อนเข้าและน้ำออกจากประตูน้ำ

2.3.4.7 ชุดขับเคลื่อนมอเตอร์ (Electrical Motor Actuator)

ชุดขับเคลื่อนมอเตอร์ประกอบด้วยมอเตอร์ 3 เฟส เกียร์ทด บูชรองลื่นแบบถอดได้ แบริ่งกันรุน ล้อหมุนด้วยมือ ตัวบอกตำแหน่ง สวิตช์ ตัวแปลงสัญญาณ 4-20 mA และอื่นๆ ชุดขับเคลื่อนต้องสามารถกันฝุ่นตามามตราฐาน IEC : IP54 ได้

ชุดเกียร์ที่ใช้ในการขับเคลื่อนจะต้องมีการหล่อลื่นในอ่างน้ำมัน บูชเกียร์สามารถถอดออกได้โดยไม่ต้องถอดชิ้นส่วนของฝาครอบห้องเกียร์ การออกแบบต้องคำนึงถึงความปลอดภัยของผู้ปฏิบัติงาน มีการป้องกันอันตรายที่เกิดจากการดีดของชิ้นส่วนต่างๆ เช่น สปริง กรณีที่มีการถอดฝาครอบห้องเกียร์ออกเพื่อตรวจสอบ

มอเตอร์ต้องมีคุณสมบัติทางเทคนิคตามข้อกำหนดที่ระบุในข้อกำหนดทั่วไปของเอกสารชุดนี้ มอเตอร์ต้องมีชุดอุปกรณ์ป้องกันความเสียหายที่เกิดจากกระแสไฟฟ้าเกิน

Hand Wheel ต้องทำงานร่วมกับวาล์วที่ถูกควบคุมด้วยมอเตอร์ ซึ่งสามารถเปิด/ปิดประตูน้ำได้กรณีที่ไฟฟ้ามีปัญหา ชุดขับเคลื่อนมอเตอร์ต้องมีแรงบิด 1.5 เท่าของแรงบิดที่ใช้ในการปิดลิ้นประตูที่แรงดันไฟฟ้าตามที่กำหนด ส่วนความเร็วรอบของมอเตอร์ต้องทำงานที่ +/-10%

ส่วนประกอบทางไฟฟ้าทั้งหมดต้องติดตั้งในฝาครอบที่มียางโอริงซีลที่สามารถกันน้ำได้ดี สายไฟที่ใช้ต้องเป็นแบบที่ใช้ในพื้นที่ที่มีอากาศร้อน หุ้มฉนวนด้วย PVC สามารถทนกระแสไฟฟ้าได้ไม่ต่ำกว่า 6 แอมแปร์ มีขนาดใช้งานเหมาะสมกับมอเตอร์ และที่ปลายสายไฟทั้งหมดต้องมีหมายเลขกำกับ

สวิตช์ที่ใช้ควบคุมแรงบิดและตำแหน่งต้องมีความเหมาะสมกับการทำงานของประตูน้ำ สวิตช์ต้องมีโครงสร้างที่แข็งแรง ทนต่อการสั่นสะเทือนและแรงกระแทกที่เกิดจากชุดขับเคลื่อน สามารถปรับตำแหน่งติดตั้งได้เพื่อให้เกิดความถูกต้องในการใช้งาน และง่ายต่อการถอดใส่เมื่อมีการบำรุงรักษา

2.3.4.8 แผงควบคุม (Control Panel)

(ก) ข้อกำหนดทั่วไป

แผงควบคุมต้องติดตั้งใกล้กับประตูน้ำ อุปกรณ์ภายในตู้ต้องประกอบด้วยอุปกรณ์ต่างที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของกระบอกสูบแรงดัน ควบคุมชุดเติมน้ำ (Bypass Valve) และอุปกรณ์อื่นๆ เช่น มาตราวัด และสวิตช์ควบคุม เป็นต้น

(ข) โครงสร้างตู้

แผงควบคุมต้องเป็นตู้เหล็กแบบติดผนัง มีโครงสร้างเป็นเหล็ก มีแผ่นเหล็กปิดมิดชิด ป้องกันฝุ่นได้ ตู้ต้องมีโครงสร้างที่แข็งแรงโดยเฉพาะตำแหน่งที่มีดารติดตั้งอุปกรณ์ ประตูตู้ต้องเปิดได้โดยไม่ไปขวางการเข้าออกของอุปกรณ์ภายใน

(ค) อุปกรณ์

อุปกรณ์ที่เกี่ยวน้ำมันต้องไม่มีการเชื่อมต่อกันภายในตู้ และต้องอยู่แยกออกจากอุปกรณ์ไฟฟ้า เช่น สวิตช์ วาล์วควบคุม และสายไฟ เพื่อป้องกันอุปกรณ์เสียหายถ้าเกิดการรั่วของน้ำมัน ภายในตู้ต้องติดตั้งฮีทเตอร์ เพื่อความคุมสภาพการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าให้เหมาะสม

(ง) การควบคุมและการบอกสถานะการทำงาน

ภายในตู้ต้องประกอบด้วยอุปกรณ์ดังนี้

- ไฟกระพริบบอกสถานะกำลังเปิดประตูน้ำ และไฟติดค้างที่สถานะ “ON” เมื่อวาล์วเปิดสุด
- ไฟกระพริบบอกสถานะกำลังปิดประตูน้ำ และไฟติดค้างที่สถานะ “OFF” เมื่อวาล์วปิดสุด
- ไฟบอกสถานะว่าวาล์วเติมน้ำยังไม่ได้ปิด
- ไฟบอกสถานะว่าระดับน้ำทั้งสองด้านของลิ้นประตูน้ำยังต่างกันเกินกว่าค่าที่กำหนด เพื่อป้องกันการเปิดประตูน้ำ
- สัญญาณเตือนระดับน้ำมัน Low/High ในถังสะสมแรงดัน
- สัญญาณเตือนแรงดันน้ำมัน Low/High ในถังสะสมแรงดัน

(จ) สายไฟ

สายไฟต้องมาพร้อมกับอุปกรณ์ไฟฟ้ายกเว้นแต่ถ้ามาพร้อมกับอุปกรณ์แล้วไม่สามารถขนส่งได้ ส่วนสายไฟที่อยู่นอกอุปกรณ์ต้องเดินในท่อร้อยสายไฟ

(ฉ) อุปกรณ์ที่ควบคุม

อุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของประตูน้ำจะต้องติดตั้งเพื่อให้ประตูน้ำทำงานได้ตามฟังก์ชั่นปกติและปลอดภัย เช่น ในโซลีนอย์ดวาล์วต้องมีคอนแท็คเตอร์เป็นตัวป้องกันกระแสไฟฟ้าสูงกว่าปกติ

Limit Switches ควบคุมการเคลื่อนที่ของตัวก้านหมุนประตูน้ำ และทำหน้าที่ส่งสัญญาณเพื่อ ตรวจสอบการทำงาน/ตำแหน่งของลิ้นประตูน้ำ

(ช) ตัวบอกตำแหน่ง

ตัวบอกตำแหน่งการเปิดของลิ้นประตูต้องติดตั้งอยู่ข้างๆประตูน้ำ

2.3.5 วัสดุ (Material)

2.3.5.1 ข้อกำหนดทั่วไป (General)

วัสดุที่ใช้ผลิตอุปกรณ์ทั้งหมดต้องมีคุณภาพดี ไม่มีสิ่งบกพร่องและไม่สมบูรณ์ของการผลิต การจำแนกประเภทและเกรดของวัสดุที่ให้สอดคล้องกับความต้องการของข้อกำหนด/มาตราฐานฉบับล่าสุด การผลิต

อุปกรณ์ที่ไม่ได้ผลิตจากโรงงานจะต้องเป็นผลิตภัณฑ์ของผู้ผลิตที่มีชื่อเสียงที่ได้รับการยอมรับ

2.3.5.2 Iron Casting

Iron Casting ต้องผลิตตามมาตราฐานของ ASTM A 48, Gray Iron Castings, Class 30

2.3.5.3 Steel Casting

Steel Casting ต้องผลิตตามมาตราฐานของ ASTM A 27, Grade 65-35 หรือสูงกว่า

2.3.5.4 Steel Forging

Steel Forging ต้องมีคุณสมบัติทางกายภาพเทียบเท่ามาตราฐาน ASTM A 668, Steel Forgings, Carbon and Alloy for General and Industrial Use, Class D หรือสูงกว่า

2.3.5.5 Steel Plate

เหล็กที่ใช้ผลิตตัวเรือนประตู ลิ้นประตู และส่วนอื่นๆ ต้องเป็นไปตามมาตราฐานดังนี้

- แผ่นเหล็กหนาไม่เกิน 50 มม ต้องผลิตตามมาตราฐานของ ASTM A 285 Grade B

- แผ่นเหล็กหนาเกิน 50 มม ต้องผลิตตามมาตราฐานของ ASTM A 516 Grade 55 or 60 หรือ ASTM A 537 Class 1

2.3.5.6 การทนต่อการกัดกร่อน (Corrosion Resisting Steel)

(ก) สลักและก้านบังคับ

ต้องผลิตตามมาตราฐานของ ASTM A 276 Type 410 or 302

(ข) น๊อตและสกรู

ต้องผลิตตามมาตราฐานของ ASTM A 193 Grade B8 (AISI Type 304)

(ค) แผ่นเหล็ก

ต้องผลิตตามมาตราฐานของ ASTM A 240 Type 405 or 410

2.3.5.7 ขอยึดในการติดตั้ง (Anchor)

ขอยึดรวมทั้งน๊อตและสกรูที่ฝังในคอนกรีต ต้องผลิตตามมาตราฐานของ ASTM A 325 ส่วนแผ่นเหล็กที่ฝังในคอนกรีต ต้องผลิตตามมาตราฐานของASTM A 36

2.3.5.8 ซีล (Seal)

(ก) ซีลยาง (Rubber Seal)

ซีลยางต้องเป็นยางสังเคราะห์ที่มีคุณสมบัติทางกายภาพดังนี้

การทดสอบ	ค่าการทดสอบ (กก./ตร.ซม.)	มาตราฐานการทดสอบ
Tensile strength	210	ASTM D 412
Durometer hardness (Shore Type A)	60 to 70	ASTM D 2240

(ข) ซีลแรงดัน (Hydraulic Seal)

ซีลประเก็นต้องเป็น Chevon รูปร่าง V และเป็นวัสดุที่สามารถใช้งานได้ทั้งกับน้ำและน้ำมัน ที่

2.3.6 การเชื่อม (Welding)

งานเชื่อมต้องปฏิบัติตามข้อกำหนดที่ระบุในส่วนที่ 1 หัวข้อ 6.4.2

2.3.7 การทำสี (Painting)

ผิวของประตูน้ำทั้งหมดต้องทำสีจากโรงงาน มีขั้นตอนการทำสีตามข้อกำหนดที่ระบุในหัวข้อ 1.26 งานทำสี

2.3.8 การตรวจสอบและการทดสอบ (Inspection and Test)

2.3.8.1 การทดสอบที่โรงงาน (Shop Test)

(ก) การตรวจสอบขนาด

ขนาด แนวศูนย์กลางและความราบของแต่ละส่วนประกอบของตัวประตูน้ำจะต้องทำการวัดและบันทึกค่าที่วัดได้ลงในแบบฟอร์ม

(ข) การประกอบที่โรงงาน

ประตูน้ำจะต้องทำการประกอบสำเร็จจากโรงงานผู้ผลิต หลังจากประกอบแล้วเสร็จ ต้องทำ Hydraulic Pressure Withstand Test ทดสอบการซีลของ Sealing Ring รวมทั้งการเคลื่อนตัวของกระบอกสูบแรงดัน ก่อนที่จะแยกชิ้นส่วนเพื่อทำการขนส่ง ต้องทำการ Match Mark

(ค) การทดสอบการทนแรงดันน้ำ (Hydraulic Pressure Withstand Test)

ประตูน้ำจะต้องทำการทดสอบดังนี้

- ทดสอบที่แรงดัน 1.5 เท่าของแรงดันออกแบบสูงสุดเป็นเวลา 10 นาที
- ทดสอบที่แรงดัน 1.5 เท่าของแรงดันออกแบบสูงสุดและบวกแรงดันอีก 0.3 Mpa เป็นเวลา 1 นาที

2.3.8.2 การทดสอบหลังการติดตั้ง (Field Test)

ผู้รับจ้างต้องดำเนินการทดสอบอุปกรณ์หลังการติดตั้งแล้วเสร็จ เพื่อตรวจสอบคุณสมบัติของอุปกรณ์ต่างๆตรงกับข้อกำหนดในสัญญาหรือไม่ การทดสอบมีดังนี้

- ตรวจสอบการติดตั้งและการต่อกับท่อต่อขยาย (Expansion Joint)
- การทำงานของประตูน้ำทั้งก่อนเติมน้ำ (Dry Test) และหลังเติมน้ำ (Wet Test)
- การรั่วของน้ำผ่านซีล อัตราการรั่วต้องไม่เกิน 0.1 ลิตรต่อนาที
- การทำงานร่วมกันระหว่างชิ้นส่วน และการชี้วัด/ตำแหน่ง
- การทดสอบอื่นๆตามความเห็นของวิศวกรของผู้ว่าจ้าง

2.3.9 การสำรองอุปกรณ์ (Spare Parts)

ผู้รับจ้างต้องจัดหาอุปกรณ์ต่างๆอย่างน้อยตามรายการข้างล่าง เพื่อไว้เป็นอุปกรณ์สำรองเปลี่ยนกับอุปกรณ์ที่ชำรุด

(ก) ยาง และซีลประเก็น	1	ชุด
(ข) สวิตช์	1	ตัว (แต่ละแบบ)

2.4 เกียร์ทดรอบ (Gearbox)

2.4.1 ข้อกำหนดทั่วไป (General)

บทนี้จะกำหนดรายละเอียดคุณสมบัติที่ใช้ในการออกแบบ การผลิต และการทดสอบของเกียร์ทดรอบ

2.4.2 ชนิดและคุณลักษณะ (Type and Description)

เกียร์ทดรอบต้องเป็นแบบ Single Stage Gear และต้องออกแบบและคำนวนตามมาตราฐานของ AFNOR NFE 23015 or DIN 3990/3991 โดยใช้ค่าแฟกเตอร์ KB เท่ากับ 2 ซึ่งสามารถรองรับแรงบิดสูงสุดได้ประมาณ 2 เท่าของแรงบิดใช้งานปกติ และทนแรงบิดที่เกิดขึ้นฉับพลันได้ประมาณ 3 เท่าของแรงบิดใช้งานปกติ และต้องออกแบบมาให้สามารถถอดรื้อออกเพื่อทำการซ่อมบำรุงรักษาได้ง่าย

เฟืองเกียร์จัดวางตัวขนานอยู่ในห้องเกียร์ที่มีความแข็งแรง โดยเฟืองเกียร์หมุนบนเพลาที่มีลูกปืน (Anti Friction Bearing) รองรับ เฟืองเพลาความเร็วต่ำจะต่อเข้ากับเพลาของเครื่องกังหันน้ำ ส่วนทางด้านความเร็วสูงจะต่อเข้ากับเพลาของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าโดยใช้ข้อต่อแบบ Flexible

ประสิทธิภาพของเกียร์ทดรอบจะต้องไม่ต่ำกว่า 97 %

2.4.3 คุณลักษณะของส่วนประกอบ (Description Of Components)

2.4.3.1 ความละเอียดของเกียร์ (Gear Accuracy)

เฟืองเกียร์และเฟืองตัวหนอนจะต้องถูกกัดเฟืองดดยผ่านขบวนการเพิ่มคุณสมบัติที่ดีที่ผิวและความเรียบของฟันเฟืองตามมาตราฐานของ DIN Quality level 6 หรือ AGMA Quality 11/12

2.4.3.2 เรือนเกียร์

ตัวเรือนเกียร์จะต้องได้รับการออกแบบและสร้างจากเหล็กเชื่อมประกอบ ผ่านการลดความเค้นหลังจากการเชื่อม มีเสริมโครงสร้างให้แข็งแรงเพื่อให้สามารถรับแรงได้ตามปกติในระหว่างการใช้งาน ตัวเรือนต้องมีความแข็งแรงโดยเฉพาะที่ยึดเฟืองเกียร์ แรงบิดที่เกิดขึ้นต้องถ่ายไปให้กับฐานติดตั้ง

2.4.3.3 ลูกปืน (Bearing)

ลูกปืนที่ใช้ต้องมีแรงเสียดทานน้อยมีระบบหล่อลื่นน้ำมัน และผลิตโดยผู้ผลิตที่มีชื่อเสียง เช่น FAG หรือ SKF เป็นต้น

การจัดเรียงลูกปืนจะต้องรับแรงผลักที่เกิดจากเครื่องกังหันน้ำ ซึ่งสามารถทนต่อแรงผลักได้ทั้ง

สองทิศทางอย่างต่อเนื่องภายใต้ทุกสภาพการใช้งาน เช่น กรณีที่เกิดโหลดสูงสุด กรณีที่เกิด Runaway Speed โดยไม่จำกัดจำนวนครั้งที่เกิด อายุการใช้งานของลูกปืนต้องไม่ต่ำกว่า 100,000 ชั่วโมงการเดินเครื่อง

2.4.3.4 การใช้งาน (Servicing)

การออกแบบต้องคำนึงถึงการซ่อมบำรุงรักษา ชิ้นส่วนในห้องเกียร์สามารถถอดรื้อและประกอบได้โดยไม่ต้องถอดเพลาที่ต่อเข้ากับเครื่องกังหันน้ำเพลาที่ต่อเข้ากับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

2.4.3.5 ระบบหล่อลื่น (Lubrication System)

ผู้รับจ้างต้องออกแบบและผลิตระบบหล่อลื่นในห้องเกียร์ให้เหมาะสมกับทุกสภาพการใช้งาน มีชุดเฟืองเกียร์แช่อยู่ในอ่างน้ำมัน มีไส้กรองน้ำมัน มีอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน

ถ้ามีการใช้งาน ปั๊มน้ำมันจะทำหน้าที่จะถูกขับด้วยเพลาความเร็วสูง (เพลาที่ต่อกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า) เพื่อรองรับความต้องการน้ำมันในระหว่างการทำงาน และมีปั๊มน้ำที่ขับด้วยไฟฟ้าใช้ระหว่างเริ่มและหยุดเดินเครื่อง

2.4.3.6 การหล่อลื่น (Lube Oil Routing)

อุปกรณ์ทั้งหมดรวมทั้งอ่างน้ำมันยกเว้นอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนต้องถูกติดตั้งบนเรือนเกียร์ ในการทำงานน้ำมันที่แรงดันต่ำจะถูกดึงออกจากอ่างน้ำมันผ่านวาล์วก่อนเข้าปั๊มน้ำมัน น้ำมันเมื่อออกจากปั๊มน้ำมันก็จะมีแรงดันสูง แล้วถูกป้อนผ่านไส้กรองน้ำมันและเข้าสู่อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน ผู้รับจ้างต้องจัดหาน้ำมันที่เติมเข้าไปในเกียร์

2.4.3.7 เครื่องมือและอุปกรณ์อื่น (Instrument and other Equipment)

ระบบหล่อลื่นน้ำมันแรงดันต้องประกอบด้วยปั๊มน้ำมันและอุปกรณ์ช่วย ระบบหล่อลื่นทั้งหมดจะต้องถูกการออกแบบทนต่อสภาพอุณหภูมิสูงสุด 40 ° C ระบบหล่อลื่นประกอบด้วยอุปกรณ์ต่างๆดังนี้

(ก) ปั๊มน้ำมันขับโดยเพลาทางด้านความเร็วรอบสูง จำนวน 1 ตัว
(ข) ปั๊มน้ำมันไฟฟ้า (ถ้าใช้งาน)
(ค) อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (ระบบปิด) จำนวน 1 ตัว
(ง) ไส้กรองน้ำมันพร้อมตัวตรวจจับสิ้งปนเปื้อน จำนวน 2 ตัว
(จ) วาว์ลวัดอัตราการไหล จำนวน 1 ตัว
(ฉ) สวิตช์แรงดัน จำนวน 1 ตัว
(ช) เกจวัดแรงดัน จำนวน 1 ตัว

(ซ) เกจวัดระดับน้ำมันพร้อมตัวส่งสัญญาณกรณีน้ำมันในอ่างอยู่ในระดับจ่ำและสูง จำนวน 1 ตัว
(ฌ) RTD (PT 100) ติดตั้งที่ลูกปืน เพื่อส่งสัญญาณเตือนและทริป จำนวน 1 ตัว
(ญ) ตัวตัวจับแรงสั่นสะเทือน เพื่อส่งสัญญาณเตือนและทริป จำนวน 1 ตัว
(ฎ) ระบบท่อน้ำมัน

2.4.4 เครื่องมือและเครื่องมือพิเศษ (Wrench And Special Tool)

ผู้รับจ้างต้องจัดหาเครื่องมือที่เป็นมาตราฐานและเครื่องมือพิเศษที่ใช้สำหรับถอดและประกอบอุปกรณ์ต่างๆเมื่อต้องการบำรุงรักษาอุปกรณ์ ชุดเครื่องมือดังกล่าวต้องเป็นของใหม่และบรรจุไว้ในกล่อง

2.4.5 การทดสอบที่โรงงาน (Shop Test)

เกียร์ทดรอบต้องผ่านการทดสอบฟังก์ชั่นการทำงานที่สมบูรณ์โดยที่ไม่มีโหลด รวมทั้งการทดสอบอื่นๆตามมาตราฐานที่เกี่ยวข้อง ประสิทธิภาพของเกียร์ต้องมีการพิสูจน์ด้วยการคำนวณตามมาตรฐานของ AFNOR หรือ DIN

2.4.6 การทดสอบหลังติดตั้ง (Field Test)

ผู้รับจ้างต้องดำเนินการทดสอบอุปกรณ์หลังการติดตั้งแล้วเสร็จ เพื่อตรวจสอบคุณสมบัติของอุปกรณ์ต่างๆตรงกับข้อกำหนดในสัญญาและค่า Guaranteed Characteristics ที่ผู้รับจ้างเสนอมาหรือไม่

2.4.7 การสำรองอุปกรณ์ (Spare Parts)

ผู้รับจ้างต้องจัดหาอุปกรณ์สำรองดังนี้

(ก) ลูกปืนสำหรับด้านความเร็วรอบสูง	1	ชุด
(ข) ลูกปืนสำหรับด้านความเร็วรอบต่ำ	1	ชุด
(ค) ซีลเพลา	1	ชุด
(ง) ซีลหน้าแปลนเพลา	1	ชุด
(จ) ไส้กรอง	1	ชุด
(ฉ) RTD (PT100)	2	ชุด
(ช) ตัวตรวจจับแรงสั่นสะเทือน	1	ชุด
(ซ) เกจวัดอัตราการไหลของน้ำมัน	1	ชุด

2.5 อุปกรณ์ประกอบเครื่องกล (Mechanical Auxiliary Equipment)

2.5.1 ข้อกำหนดทั่วไป (General)

บทนี้จะกำหนดรายละเอียดคุณสมบัติที่ต้องการเพื่อใช้ในการออกแบบอุปกรณ์ประกอบ ผู้รับจ้างจะต้องรับผิดชอบในการจัดหาอุปกรณ์ วัสดุ แรงงาน รวมทั้งอุปกรณ์ประกอบอื่นๆที่ไม่ได้กล่าวในบทนี้หรือไม่ได้ระบุลงในแบบที่แนบในสัญญา เพื่อให้การติดตั้งและทดสอบดำเนินการได้ และทำให้ระบบทำงานถูกต้องและสมบูรณ์

2.5.2 งานจัดหาประกอบด้วย (Work Included)

- อุปกรณ์ดับเพลิง (Fire Extinquisher Equipment)
- อุปกรณ์ระบายอากาศและปรับอากาศ (Ventilation and Air Conditioning Equipment)

2.5.3 มาตราฐาน (Codes and Standards)

วัสดุ การออกแบบอุปกรณ์ วิธีการติดตั้งและทดสอบจะต้องปฏิบัติตามมาตราฐานฉบับล่าสุดดังต่อไปนี้

- American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE)
- Factory Mutual Engineering Corporation (FM)
- National Fire Protection Association (NFPA)
- Underwriters’ Laboratories Inc. (UL)

2.5.4 อุปกรณ์ดับเพลิง (Fire Extinguisher Equipment)

2.5.4.1 ข้อกำหนดทั่วไป (General)

ผู้รับจ้างต้องจัดหาถังดับเพลิงแบบพกพาชนิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จำนวน 1 ถัง และแบบผงเคมีแห้งพร้อมชุดแขวนผนัง จำนวน 1 ถัง ที่ Power Box

2.5.4.2 ชนิดและคุณลักษณะ (Type and Construction)

ถังดับเพลิงแบบผงเคมีเอนกประสงค์ (Multi-purpose Type) เหมาะสำหรับไฟประเภทท ก (Class A) ไฟประเภท ข (Class B) และไฟประเภท ค (Class C) แต่ถังดับเพลิงแบบพกพาชนิดคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เหมาะสำหรับไฟประเภท ข (Class B) และไฟประเภท ค (Class C) ซึ่งแต่ละถังต้องมีน้ำหนักของสารเคมีไม่ต่ำกว่า 6.8 กก. หรือ 15 ปอนด์

2.5.5 อุปกรณ์ระบายอากาศและปรับอากาศ (Ventilation and Air Conditioning Equipment)

2.5.5.1 ข้อกำหนดทั่วไป (General)

อุปกรณ์ระบายอากาศและปรับอากาศจะต้องถูกติดตั้งตามแบบและข้อกำหนด ผู้รับจ้างจะต้องส่งแบบแปลนการติดตั้งที่แสดงรายละเอียดทั้งหมดมาให้วิศวกรของผู้ว่าจ้าง เพื่อทำการอนุมัติก่อนที่จะลงมือปฏิบัติงาน

2.5.5.2 อุปกรณ์ระบายอากาศ (Ventilation Equipment)

ใน Power Box ต้องติดตั้งพัดลมจำนวน 1 ตัว เพื่อระบายอากาศ พัดลมต้องมีเสียงไม่ดังและไม่สั่นสะเทือนเมื่อมีการใช้งาน รายการคำนวนหาอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศ (Air Change) ต้องเสนอมาให้วิศวกรของผู้ว่าจ้างอนุมัติระหว่างช่วงดำเนินงานก่อสร้าง

2.5.5.3 อุปกรณ์ปรับอากาศ (Air Conditioning Equipment)

ผู้รับจ้างจะต้องจัดหาอุปกรณ์ปรับอากาศและตั้งใน Power Box อุปกรณ์ต้องมีเสียงไม่ดังและไม่สั่นสะเทือนเมื่อมีการใช้งาน รายการคำนวนหาภาระความร้อน (Heat Load) ต้องเสนอมาให้วิศวกรของผู้ว่าจ้างอนุมัติระหว่างช่วงดำเนินงานก่อสร้าง

คอมเพรสเซอร์ต้องออกแบบมาสำหรับสารทำความเย็น R-134a มีอุปกรณ์ป้องกันกรณีที่กระแสไฟฟ้าหรือมีโหลดเกินพร้อมสวิชต์แรงดัน ส่วนคอยล์ของ Condensor ต้องทำมาจากทองแดง มีครีบระบายความร้อนที่ทำมาจากอลูมเนียมและมีแผงป้องกันครีบเสียหาย

2.5.6 การควบคุมและแหล่งจ่ายไฟฟ้าเสริม (Control and Auxiliary Power Supplies)

อุปกรณ์ทั้งหมดที่จัดหาให้สำหรับระบบกลไกเสริมจะต้องเหมาะสมสำหรับการทำงานกับอุปกรณ์ควบคุมและแหล่งจ่ายไฟฟ้าเสริมที่ระบุในหัวข้อ S1.05 Control and Auxiliary Power Supplies

2.5.7 อุปกรณ์ไฟฟ้า (Electrical Equipment)

อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ร่วมกับระบบงานเครื่องกลต้องมีคุณสมบัติตามที่กำหนดในหัวข้อ S1.09 Electrical Equipment

2.5.8 การทำสี (Painting)

พื้นผิวที่ทาสีทั้งหมดของอุปกรณ์ที่จัดหาโดยผู้รับจ้างจะต้องเป็นไปตามทางปฏิบัติตามข้อกำหนดที่ระบุในหัวข้อ 1.26 งานทำสี

2.5.9 การตรวจสอบและทดสอบ (Inspection and Test)

2.5.9.1 ข้อกำหนดทั่วไป (General)

อุปกรณ์เครื่องกลประกอบทั้งหมดต้องผ่านการตรวจสอบและทดสอบตามที่ระบุหัวข้อ 1.17 Inspection and Tests-Electrical/Mechanical ผู้รับจ้างต้องจัดหาเครื่องมือ/อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ การทดสอบอุปกรณ์เครื่องกลประกอบทั้งหมดต้องถูกทดสอบจากโรงงานก่อนที่จะทำการขนส่ง และผู้รับจ้างต้องส่งรายงานผลการทดสอบของแต่ละอุปกรณ์

2.5.9.2 Type Test

ผู้รับจ้างต้องแสดงเอกสารว่าได้มีการทำ Type Test ของอุปกรณ์ที่เหมือนกับอุปกรณ์ที่จัดหา

2.5.9.3 การทดสอบที่โรงงาน (Shop Test)

ผู้รับจ้างต้องดำเนินการทดสอบที่โรงงานดังนี้

(ก) การทดสอบวัสดุ

การทดสอบวัสดุต้องทดสอบตามที่ระบุในหัวข้อ 1.17 Inspection and Test-Electrical/ Mechanical

(ข) การทดสอบที่โรงงาน (Shop Test)

การทดสอบวัสดุต้องทดสอบตามที่ระบุในหัวข้อ 1.17 Inspection and Test-Electrical/ Mechanical

2.5.10 การสำรองอุปกรณ์ (Spare Parts)

ผู้รับจ้างต้องเสนอรายการสำรองอุปกรณ์ที่จำเป็นพร้อมราคา และกำหนดการส่งมอบที่คาดไว้แต่ละชิ้น ซึ่งราคาต้องไม่รวมอยู่ในราคาของการยื่นประมูลเพื่อเป็นทางเลือกของผู้ว่าจ้าง

2.6 เครนเคลื่อนที่เหนือศีรษะ (Overhead Traveling Crane)

2.6.1 ข้อกำหนดทั่วไป (General)

ผู้รับจ้างจะต้องจัดหาเครนเคลื่อนที่เหนือศีรษะเพื่อใช้ในการประกอบชิ้นส่วนของแต่ละอุปกรณ์ การติดตั้งอุปกรณ์ช่วงระหว่างการก่อสร้าง และการบำรุงรักษาอุปกรณ์ในอนาคต

เครนเคลื่อนที่เหนือศีรษะต้องมีคุณสมบัติทางเทคนิคดังต่อไปนี้

-	ขนาด	ไม่น้อยกว่า 1.25 เท่าของน้ำหนักอุปรณ์ที่หนักที่สุด	
-	ความเร็วในการยกขึ้นลง (Lifting speed)		
	● ปกติ	8	เมตร/นาที
	● ยกช้าๆ	0.30	เมตร/นาที
-	ความเร็วในการเคลื่อนตัวตามแนวยาวโรงไฟฟ้า (Crane running speed)		
	● ปกติ	20	เมตร/นาที
	● ยกช้าๆ	5	เมตร/นาที
-	ความเร็วในการเคลื่อนตัวตามแนวขวางโรงไฟฟ้า (Hoist running speed)		
	● ปกติ	20	เมตร/นาที
	● ยกช้าๆ	5	เมตร/นาที
-	ระดับรางเครน (โดยประมาณ)	+19.75	ม. รทก.
-	ระดับต่ำสุดของตะขอยก (โดยประมาณ)	+17.00	ม. รทก
-	ความกว้างของสะพานเครน (โดยประมาณ)	4.40	เมตร
-	ความยาวของราง (โดยประมาณ)	5.40	เมตร
-	แหล่งจ่ายไฟฟ้า	380 โวลต์ 3 เฟส 50 เฮิรตซ์	

ผู้รับจ้างต้องทำการออกแบบเครนและโครงสร้างอื่นๆ ที่เกี่ยวกับระบบการทำงานของเครนโดยต้องเสนอให้วิศวกรของผู้ว่าจ้างอนุมัติ ตัวโครงสร้างหลักของเครนต้องประกอบแล้วเสร็จจากโรงงาน เป็นชิ้นเดียวไม่มีการเชื่อมต่อกัน เครนต้องเคลื่อนที่วิ่งไปตามราง และวิ่งบนคานหลักด้วยการขับของมอเตอร์ เครนต้องมีสวิชต์ปุ่มควบคุมการทำงานของเครนแบบมีสายไฟ (Wire Push-Button Pendant) ซึ่งสามารถบังคับได้ที่ระดับ +17.00 ม.รทก.

2.6.2 ชนิดและโครงสร้าง (Type and Construction)

ผู้รับจ้างต้องจัดหาเครนไฟฟ้าแบบใช้งานเหนือศีรษะ สะพานเครน (Bridge หรือ Girder) ใช้มอเตอร์ไฟฟ้าในการควบคุมรอกชุดขับเคลื่อน ควบคุมการเคลื่อนที่โดยใช้ปุ่มกดควบคุม

ขนาดความสามารถในการยกต้องไม่น้อยกว่า 1.25 เท่าของน้ำหนักอุปรณ์ที่หนักที่สุด และต้องสามารถยกค้างได้ขณะที่ทำการติดตั้งอุปกรณ์หรือระหว่างการบำรุงรักษาเครื่องกังหันน้ำและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ผู้รับจ้างต้องออกแบบหาขนาดของเครนให้เหมาะสมตามมาตราฐานของ DIN 15018 หรือมาตราฐานอื่นที่เทียบเท่า ความสูงของการยกและการเคลื่อนที่ของตะขอยกจะต้องออกแบบให้เหมาะสมกับการใช้งาน

2.6.2.1 รางเครน (Crane Runway)

(ก) ความกว้างของสะพานเครน

ผู้รับจ้างต้องออกแบบหาระยะห่างจุดกึ่งกลางของรางและต้องเสนอให้วิศวกรของผู้ว่าจ้างอนุมัติ

(ข) รางเครน

รางเครนต้องประกอบต่อกันมีความแตกต่างของระดับตลอดแนวความยาวเครนทั้งหมดไม่เกิน ± 2 มม. และแต่ละท่อนของรางต้องมีการต่อสายดิน

(ค) ยางรองกันกระแทก

ยางกันกระแทกต้องถูกติดตั้งที่ปลายทั้ง 4 ด้านของราง

(ง) สวิชต์จำกัดการวิ่งของเครนบนราง

สวิชต์ 2 ตัวต้องติดตั้งเพื่อจำกัดการวิ่งของเครนบนราง กรณีที่ระบบไฟฟ้าของเครนถูกตัด เครนต้องเคลื่อนที่ต่อไปอีกไม่เกิน 150 มม.

2.6.2.2 โครงสร้างที่ต้องการ (Construction Requirements)

(ก) เครน

- สะพานเครน (Bridge Crane) ผลิตขึ้นมาเป็นรูปร่างตามกำหนดในแบบการออกแบบต้องได้ตามมาตรฐาน DIN 15018 ซึ่งระยะการโก่งตัว (Deflection) ของคานตัวหลักในแนวดิ่ง

ซึ่งเกิดขึ้นจากน้ำหนักของชิ้นงาน รวมทั้งชุดเคลื่อนที่ตามแนวสะพานเครน ต้องน้อยว่า L/750 ของหน้ากว้างของคานหลัก

- ที่ปลายทั้ง 2 ด้านของสะพานเครนจะต้องมีล้อเลื่อน การออกแบบต้องคำนึงถึงการตรวจสอบ สามารถถอดล้อได้ง่าย ในกรณีที่ล้อแตก ตัวสะพานเครนต้องไม่ยุบตัวเกิน 35 มม. การประกอบชุดล้อเลื่อนซึ่งอยู่ที่ปลายทั้งสองด้านของสะพานเครนจะต้องใช้สลักเกลียวและแป้นเกลียวทนแรงดึงได้สูง

(ข) ชุดระบบขับเคลื่อนตามยาว

โครงสร้างเหล็กของชุดขับเคลื่อนตามยาวต้องเป็นแบบต้านการบิดตัว โดยมีแผ่นเหล็กเตรียมไว้สำหรับเป็นตัวยึดกับตัวสะพานกลางชุดขับเคลื่อน ต้องถูกออกแบบมาให้สามารถกระจายโหลดไปยังแต่ละล้อเท่าๆกัน วัสดุที่ใช้ทำล้อจะต้องเป็นเหล็กหล่อ ชุดขับเคลื่อนต้องออกแบบและผลิตโดยผู้ผลิตรายเดียวกับตัวรอกไฟฟ้า

(ค) การขับเคลื่อนตามแนวขวาง

การขับเคลื่อนตามแนวขวางต้องออกแบบให้การเคลื่อนที่ของตัวรอกเป็นไปอย่างสม่ำเสมอไม่มีการสั่นสะเทือน มีการหยุดการเคลื่อนที่ของรอกโดยใช้ทางเบรคไฟฟ้า เมื่อมีการลื่นของเฟืองขับ

(ง) รอก

มอเตอร์ที่ขับรอกต้องอยู่ตรงกลางของรอก ระบบเกียร์ทั้งหมดของเครนต้องหล่อลื่นโดยใช้น้ำมันและขึ้นรูปด้วยวิธี heat treated and ground เพื่อความทนทาน รอกทำมาจากเหล็กหรือเหล็กหล่อ มีร่องกลึงขึ้นรูปเพื่อคล้องสลิง มีชุดเรียงสลิง (Rope guide) ทำจากเหล็กหล่อชนิด Self Lubricated ระบบเบรคของรอกไฟฟ้าต้องเป็นแบบ DC Disc Brake ซึ่งจะต้องปรับแต่งโดยอัตโนมัติ (Self Adjusting DC Disc Brake) และจะตัดการทำงานของรอกขณะที่ผ้าเบรกหมด ลวดสลิงทำจากเหล็กชุบ Galvanize สามารถรับโหลดได้ตามน้ำหนักที่กำหนดเพื่อความปลอดภัย

ตะขอทำจากเหล็ก Low Carbon Steel ซึ่งสามารถหมุนได้ 360 องศา มี Safety Latch และเป็นชนิด Lifetime Lubricated ต้องมีใบรับประกันจากผู้ผลิต

(จ) เฟืองเกียร์

ห้องเกียร์ประกอบด้วยชุดเฟืองเกียร์ มีน้ำมันเป็นตัวหล่อลื่น มีรองลื่นเพลาแบบลูกปืนทรงกลมหรือทรงกระบอก ภายในห้องเกียร์ต้องทาสีเพื่อทนต่อการกัดกร่อนน้ำมัน ห้องเกียร์ มอเตอร์ รองลื่นเพลาและส่วนประกอบอื่นๆ จะต้องถูกยึดหลังจากการตรวจสอบ Alignment แล้ว

(ฉ) อุปกรณ์ไฟฟ้า

อุปกรณ์ไฟฟ้าต้องใช้กับกระแสไฟฟ้า 380 โวลต์ 3 เฟส 50 เฮิรตซ์ สามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่อง โดยมีปุ่ม “Power On/Off” แสดงสถานะการทำงาน การควบคุมเครนโดยผู้ใช้งานที่อยู่บนพื้นควบคุมทิศทางการเคลื่อนเป็นแบบเคลื่อนที่อิสระจากตัวเครน และมีสายเชื่อมต่อจากระบบจ่ายไฟหลักของตัวเครน ปุ่มกดมีเปลือกหุ้มซึ่งมีระดับการป้องกันฝุ่นและน้ำ IP 65

รอกไฟฟ้าต้องมีอุปกรณ์ป้องกันการยกน้ำหนักเกินพิกัดเป็นแบบ Electrical Mechanical Overload Protection เพื่อป้องกันการใช้รอกไฟฟ้ายกของน้ำหนักเกินพิกัดที่กำหนดไว้ Limit Switch จะต้องทำงานเมื่อตะขออยู่ในตำแหน่งที่สูงสุดหรือต่ำสุด โดยใช้การทำงานจากชุดเกียร์ตัดการทำงาน (Gear Limit Switch)

2.6.3 การตรวจสอบและทดสอบ (Inspection and Test)

การตรวจสอบและทดสอบต้องเป็นไปตามมาตราฐานที่ใช้

ผู้รับจ้างต้องมีใบรับรองผลการทดสอบเครนที่ 125 % ของน้ำหนักสูงสุดที่ใช้ยก วิศวกรของผู้ว่าจ้างอาจขอให้ผู้รับจ้างทำการทดสอบจริงในการยกน้ำหนัก ผู้รับจ้างต้องรับผิดชอบค่าใช้จ่ายทั้งหมดในการจัดหาแรงงานและวัสดุที่จะทำการยก

2.7 อุปกรณ์ระบบไฟฟ้าและระบบควบคุม

2.7.1 ความต้องการทั่วไป

หัวข้อนี้ระบุถึงรายละเอียดของอุปกรณ์ระบบไฟฟ้าและอุปกรณ์ระบบควบคุมที่ใช้งานสำหรับโครงการโรงไฟฟ้าพลังน้ำพลวง 1 การออกแบบ การผลิต การติดตั้ง และการทดสอบอุปกรณ์ทั้งหมดจะอยู่ในขอบเขตของงานและอยู่ใต้ความรับผิดชอบของผู้รับจ้าง หากมีคุณสมบัติทางเทคนิคอื่นๆ ของวัสดุและอุปกรณ์ที่ไม่ได้ระบุไว้ในข้อกำหนดนี้ จะต้องได้รับอนุมัติจากวิศวกรของผู้ว่าจ้างก่อนเริ่มงาน ออกแบบ จัดหา ติดตั้งและทดสอบ

2.7.2 ขอบเขตของงาน

ขอบเขตของงานจะต้องประกอบไปด้วยงานออกแบบทางวิศกรรม งานจัดหา และงานติดตั้งอุปกรณ์ระบบไฟฟ้าและอุปกรณ์ระบบควบคุมที่ใช้งานสำหรับโครงการโรงไฟฟ้าพลังน้ำพลวง 1 ขอบเขตของงานจะต้องรวมถึงการทดสอบที่โรงงาน การขนส่งมายังสถานที่ก่อสร้าง การทดสอบสมรรถนะของอุปกรณ์และของระบบโดยรวม การทดลองเดินเครื่อง การอบรมเจ้าหน้าที่ การควบคุมคุณภาพและการบริหารจัดการของงานติดตั้ง ขอบเขตของงานมีดังนี้

2.7.2.1 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแรงต่ำจำนวน 1 ชุด รวมถึงอุปกรณ์สนับสนุนต่างๆ เช่น ระบบกระตุ้นสนามแม่เหล็ก ตู้ควบคุม รีเลย์ป้องกัน กับดักเสิร์จสำหรับเครื่องกำเนิดและอุปกรณ์ต่อลงดินที่จุดนิวทรอลของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

2.7.2.2 เซอร์กิตเบรกเกอร์ชนิดอากาศจำนวน 1 ตู้ พร้อมด้วยรีเลย์ป้องกันเครื่องกำเนิดไฟฟ้า มิเตอร์วัดค่าพลังงานและอุปกรณ์ขนานเครื่องกำเนิดไฟฟ้าติดตั้งใน Power Box

2.7.2.3 เซอร์กิตเบรกเกอร์ชนิดโมเดดเคสจำนวน 1 ตู้ พร้อมด้วยรีเลย์ป้องกันมิเตอร์วัดค่าพลังงานและอุปกรณ์ชั้นทริปรับสัญญาณปลดวงจรจากรีเลย์ป้องกันกำลังไฟฟ้าไหลย้อนกลับติดตั้งในห้องไฟฟ้าที่มีอยู่เดิม

2.7.2.4 รีเลย์ป้องกันกำลังไฟฟ้าไหลย้อนกลับติดตั้งในตู้เซอร์กิตเบรกเกอร์ชนิดโมเดดเคส

2.7.2.5 แผงหรือตู้ควบคุมไฟฟ้าย่อยพร้อมทั้งรีเลย์ป้องกันและมิเตอร์วัดค่าพลังงานไฟฟ้าสำหรับอุปกรณ์ไฟฟ้าแรงต่ำที่ใช้ภายใน Power Box

2.7.2.6 แผงควบคุมไฟฟ้ากระแสตรง สำหรับอุปกรณ์สนับสนุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า รีเลย์ป้องกัน โหลดฉุกเฉินและอุปกรณ์ไฟฟ้าแรงต่ำที่ใช้ภายใน Power Box

2.7.2.7 รีเลย์ป้องกันทางไฟฟ้าและระบบมิเตอร์วัดค่าพลังงานไฟฟ้าสำหรับ เครื่องกำเนิดไฟฟ้า ตู้ควบคุมไฟฟ้าแรงต่ำทั้งหมด และอุปกรณ์ไฟฟ้าอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องภายใน Power Box

2.7.2.8 ชุดแบตเตอรี่และเครื่องชาร์จแบตเตอรี่จำนวน 1 ชุด

2.7.2.9 สายเคเบิ้ลต่างๆ สำหรับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ตู้ควบคุมไฟฟ้าแรงต่ำทั้งหมด และอุปกรณ์ไฟฟ้าอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องภายใน Power Box

2.7.2.10 ระบบท่อและรางเดินสายไฟ

2.7.2.11 ระบบต่อลงดินและระบบป้องกันฟ้าผ่า

2.7.2.12 ระบบตรวจจัดและแจ้งเตือนไฟไหม้

2.7.2.13 ระบบแสงสว่างและเต้ารับ

2.7.2.14 สายเคเบิ้ล 400 โวลต์ พร้อมฉนวนลูกถ้วยและอุปกรณ์หัวเสาต่างๆ ที่จะต้องติดตั้งจาก Power Box ไปยังตู้เซอร์กิตเบรกเกอร์ชนิดโมเดดเคส และไปยังจุดเชื่อมต่อ โดยจะต้องติดตั้งเสาไฟแรงต่ำใหม่เพิ่มเติมบางส่วน และเดินสายเคเบิ้ล 400 โวลต์ ไปบนเสาไฟแรงต่ำเดิมที่ติดตั้งอยู่แล้วไปจนถึงห้องไฟฟ้า

2.7.2.15 สายเคเบิ้ล 400 โวลต์ ที่จะต้องติดตั้งจากตู้เซอร์กิตเบรกเกอร์ชนิดโมเดดเคส ไปยังขั้วต่อสายด้านแรงต่ำของหม้อแปลง 1500 กิโลโวลต์แอมป์, 22/0.4 กิโลโวลต์ รวมถึงงานปรับปรุงแก้ไขและจัดหาอุปกรณ์อื่นๆที่จำเป็นในการเชื่อมต่อ เพื่อจ่ายกำลังไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าไปยังขั้วต่อสายด้านแรงต่ำของหม้อแปลง

2.7.2.16 แผงหรือตู้ควบคุมไฟฟ้าแรงต่ำภายใน Power Box จะต้องรับไฟจากอาคารประตูน้ำล้นที่อยู่ใกล้กับ Power Box เพื่อใช้ไฟในการเริ่มต้นเดินเครื่องกังหันน้ำและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

2.7.2.17 อุปกรณ์สำรองที่จำเป็น

2.7.2.18 การอบรมเจ้าหน้าที่สำหรับการเดินเครื่องและการซ่อมบำรุงอุปกรณ์

2.7.2.19 การควบคุมงานก่อสร้างรวมถึงระบบบริหารจัดการต่างๆ

2.7.2.20 จัดทำเอกสารและแบบสำหรับก่อสร้างพร้อมวิศวกรเซ็นรับรองสำหรับใช้ก่อสร้างโครงการ

2.7.2.21 เครื่องมือสำหรับการทดสอบอุปกรณ์ทั้งหมด

2.7.2.22 การทดสอบระบบร่วมและอุปกรณ์สำรองสำหรับทดลองเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและกังหันน้ำ

2.7.2.23 ค่าใช้จ่ายต่างๆสำหรับการก่อสร้าง การทดสอบและทดลองเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเช่น ค่าไฟฟ้า ค่าน้ำ ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง

2.7.2.24 งานขออนุญาตการเชื่อมต่อกับการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

2.7.2.25 จัดเตรียมเอกสารและแบบพร้อมวิศวกรเซ็นรับรองสำหรับการขออนุญาตเชื่อมต่อระบบ 22 กิโลโวลต์ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

ผู้รับจ้างจะต้องเสนออุปกรณ์สำรองที่แนะนำจากผู้ผลิตอุปกรณ์หลักสำหรับอุปกรณ์ระบบไฟฟ้าและอุปกรณ์ระบบควบคุม โดยเสนอรายการอุปกรณ์ดังกล่าวเป็นทางเลือกให้เจ้าของงานพิจารณา

2.7.3 จุดเชื่อมต่อ

จุดเชื่อมต่อของระบบไฟฟ้า 400 โวลต์ และ 22 กิโลโวลต์ มีดังนี้

2.7.3.1 TP-E-1: ที่ขั้วต่อสายด้านแรงต่ำของหม้อแปลง 1500 กิโลโวลต์แอมป์, 22/0.4 กิโลโวลต์

2.7.3.2 TP-E-2: ที่เสาไฟฟ้าคอนกรีตเดิมเพื่อติดตั้งหม้อแปลงกระแสและหม้อแปลงแรงดันสำหรับรีเลย์ป้อง กันกำลังไฟฟ้าไหลย้อนกลับที่ติดตั้งในตู้เซอร์กิตเบรกเกอร์ชนิดโมเดดเคส

2.7.4 มาตรฐานอ้างอิง กฎหมายและกฎกระทรวงของไทย

การออกแบบ การผลิต การประกอบ การติดตั้ง และการทดสอบอุปกรณ์ระบบไฟฟ้าและอุปกรณ์ระบบควบคุมจะต้องปฏิบัติตามข้อกำหนดของมาตรฐานอ้างอิงของต่างประเทศรวมถึงกฎหมายและกฎกระทรวงของไทย ดังต่อไปนี้

- American National Standards Institute (ANSI)
- Engineering Institute of Thailand (E.I.T)
- International Electrotechnical Commission (IEC)
- Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)
- Illuminating Engineering Society (IES)
- Japanese Industrial Standard (JIS)
- National Electrical Code (NEC)
- National Electrical Manufacturers Association (NEMA)
- Thai Industrial Standards (TIS)
- Underwriters’ Laboratories (UL)

มาตรฐานอ้างอิงของต่างประเทศรวมถึงกฎหมายและกฎกระทรวงของไทยจะต้องเป็นฉบับล่าสุดที่ประกาศใช้ก่อนวันออกจดหมายแสดงเจตจำนงในการจ้างงาน

2.7.5 แบบและเอกสารประกอบ

แบบและเอกสารสำหรับระบบไฟฟ้าและระบบควบคุมจะต้องมีดังต่อไปนี้เป็นอย่างน้อย

- แผนภาพเส้นเดียวภาพรวมระบบไฟฟ้า
- แผนภาพเส้นเดียว
- แผนภาพวงจร
- แผนภาพการเดินสาย
- ตารางสายเคเบิ้ล
- คู่มือการใช้งานของอุปกรณ์
- แคตาล็อกอุปกรณ์
- แบบแปลนไฟฟ้า
- แบบโครงร่างและการประกอบชิ้นส่วน

- แบบแสดงอุปกรณ์และแสดงตำแหน่งติดตั้งในห้องอุปกรณ์ไฟฟ้า
- รายละเอียดการคำนวณขนาดพิกัด
- การคำนวณการตั้งค่ารีเลย์ป้องกัน และเส้นโค้งความสัมพันธ์ของรีเลย์
- แบบการติดตั้งตัวอย่าง
- แบบการติดตั้งเครื่องมือวัด
- เอกสารประกอบการฝึกอบรม
- เอกสารรายการอุปกรณ์สำรอง

การคำนวณจะต้องรวมถึงการศึกษาการลัดวงจร สภาวะแรงดันตก และการหาขนาดอุปกรณ์

2.7.6 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าและอุปกรณ์สนับสนุนอื่นๆ

ความต้องการทั่วไป

หัวข้อนี้ระบุความต้องการในการออกแบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดซิงโครนัสและอุปกรณ์สนับสนุนอื่นๆ สำหรับโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก เครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีพิกัดแรงดัน 400 โวลต์

พิกัดและคุณสมบัติทางเทคนิค

ก. จำนวนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า: 1
ข. พิกัดกำลังต้องไม่น้อยกว่า: 425 กิโลโวลต์แอมป์
ค. ความถี่: 50 เฮิรตซ์
ง. ค่าประสิทธิภาพ: ไม่น้อยกว่า 92% ค่าตัวประกอบกำลัง 0.8
จ. จำนวนเฟส: 3
ฉ. ย่านแรงดัน: ± 5%
ช. พิกัดความเร็วรอบ: กำหนดโดยผู้รับจ้าง
ซ. ขดลวดสเตเตอร์: ทองแดง
ฌ. การต่อขดลวดสเตเตอร์: สตาร์
ญ. ระดับฉนวนหุ้มขดลวดสเตเตอร์และขดลวดโรเตอร์: คลาส F
ฎ. ค่าอุณหภูมิเพิ่ม: คลาส B
ฏ. ระบบกระตุ้นสนามแม่เหล็กจะต้องเป็นชนิดแม่เหล็กถาวร ไม่ใช้แปรงถ่าน
ฐ. อุปกรณ์ควบคุมแรงดันอัตโนมัติจะต้องเป็นชนิดไมโครโปรเซสเซอร์สำหรับควบคุมแรงดันของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเท่านั้น
ฑ. ระบบกระตุ้นสนามแม่เหล็กจะต้องมีอุปกรณ์อื่นๆ เช่น ระบบป้องกันทางไฟฟ้า ระบบควบคุม ระบบแจ้งเตือน

2.7.7 ตู้ควบคุมไฟฟ้าแรงต่ำและตู้เซอร์กิตเบรกเกอร์

ความต้องการทั่วไป

ตู้ควบคุมไฟฟ้าแรงต่ำหรือตู้ควบคุมไฟฟ้าย่อยจะต้องออกแบบให้สามารถรับกำลังไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและจ่ายไปยัง อุปกรณ์ไฟฟ้าแรงต่ำทั้งหมด รวมถึงสวิตช์สับเปลี่ยนแหล่งจ่ายไฟ

ตู้ควบคุมไฟฟ้าย่อยกระแสตรงและกระแสสลับ

ก. มาตรฐานที่ใช้: IEC
ข. ชนิดของโครงสร้างตู้: ตู้โลหะหุ้มฉนวน
ค. พิกัดแรงดัน: 660 โวลต์
ง. แรงดันที่ใช้งาน: 400/230 โวลต์, 3 เฟส, 4 สาย
จ. ความถี่: 50 เฮิรตซ์
ฉ. พิกัดทนกระแสลัดวงจรที่ 1 วินาที: จะต้องไม่น้อยกว่าค่าที่คำนวณได้
ช. พิกัดทนกระแสลัดวงจรยอดคลื่น: ไม่น้อยกว่า 2.3 เท่าของพิกัดทนกระแสลัดวงจร
ซ. พิกัดทนแรงดันเกินที่ความถี่กำลัง: เป็นไปตามมาตรฐาน IEC
ก. โมเดตเคสเบรกเกอร์: มีฟังก์ชั่นการป้องกันกระแสเกิน ป้องกันการลัดวงจร
ฌ. เบรกเกอร์สำรอง: 20%
ญ. ระบบต่อลงดิน: TN-S

ตู้เซอร์กิตเบรกเกอร์ชนิดอากาศสำหรับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ก. มาตรฐานที่ใช้: IEC
ข. ชนิดของโครงสร้างตู้: ตู้โลหะหุ้มฉนวน
ค. มาตรฐานที่ใช้: IEC
ง. พิกัดแรงดัน: 690 โวลต์
จ. พิกัดกระแส: 800 A
ฉ. พิกัดทนกระแสลัดวงจรที่ 1 วินาที: 25 กิโลแอมป์
ช. แรงดันที่ใช้งาน: 400/230 โวลต์, 3 เฟส, 4 สาย
ซ. ความถี่: 50 เฮิรตซ์
ฌ. เซอร์กิตเบรกเกอร์ชนิดอากาศจะต้องสามารถควบคุมได้ที่หน้าตู้

ตู้เซอร์กิตเบรกเกอร์ชนิดโมเดดเคส

ก. มาตรฐานที่ใช้: IEC
ข. ชนิดของโครงสร้างตู้: ตู้โลหะหุ้มฉนวน
ค. มาตรฐานที่ใช้: IEC
ง. พิกัดแรงดัน: 690 โวลต์
จ. พิกัดกระแส: 800 A
ฉ. พิกัดทนกระแสลัดวงจรที่ 1 วินาที: กำหนดโดยผู้รับจ้างและไม่น้อยกว่าค่าที่คำนวณได้
ช. แรงดันที่ใช้งาน: 400/230 โวลต์, 3 เฟส, 4 สาย
ซ. ความถี่: 50 เฮิรตซ์

ฌ. เซอร์กิตเบรกเกอร์จะต้องสามารถควบคุมได้ที่หน้าตู้

2.7.8 ชุดแบตเตอรี่และเครื่องชาร์จแบตเตอรี่

ความต้องการทั่วไป

ชุดแบตเตอรี่และเครื่องชาร์จแบตเตอรี่จะต้องถูกออกแบบสำหรับอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสตรงที่สำคัญ ชุดแบตเตอรี่จะต้องสามารถจ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับโหลดกระแสตรงทั้งหมดได้ต่อเนื่องเป็นระยะเวลาไม่น้อยกว่า 2 ชั่วโมงในกรณีที่เกิดไฟฟ้าดับในโรงไฟฟ้า

ความต้องการด้านเทคนิค

ก. มาตรฐานที่ใช้: IEC หรือ IEEE
ข. ระบบแรงดันกระแสตรง: 125 โวลต์ดีซี, 2 สาย
ค. พิกัดกำลังของเครื่องชาร์จแบตเตอรี่: สามารถจ่ายโหลดได้ 100% และชาร์จแบตเตอรี่ในเวลาเดียวกัน
ง. ชนิดของเครื่องชาร์จแบตเตอรี่: เกรดโรงงานอุตสาหกรรมและใช้กับโรงไฟฟ้าพลังน้ำ
จ. แรงดันเอ้าพุตท์ของเครื่องชาร์จแบตเตอรี่: 125 โวลต์ดีซี
ฉ. ย่านแรงดันอินพุตท์ของเครื่องชาร์จแบตเตอรี่: ±10%
ช. การควบคุมแรงดันเอ้าพุตท์ของเครื่องชาร์จแบตเตอรี่: ±0.5%
ซ. ฟังก์ชั่นการแจ้งเตือน: เป็นไปตามมาตรฐานผู้ผลิต
ฌ. ระดับเสียงรบกวน: ไม่เกิน 65 dBA
ญ. อุปกรณ์ป้องกันของเครื่องชาร์จแบตเตอรี่: การป้องกันการลัดวงจรลงดิน
ฎ. ชนิดของแบตเตอรี่: ชนิดแห้ง
ฏ. ความจุของแบตเตอรี่: สามารถจ่ายโหลดกระแสตรงได้ 100% และจ่ายโหลดระบบไฟฟ้าสำรองต่อเนื่องได้ 100% ในกรณีที่เกิดไฟดับในโรงไฟฟ้า

2.7.9 สายเคเบิ้ลและรางสายไฟ

ความต้องการทั่วไป

ผู้รับจ้างจะต้องออกแบบสายเคเบิ้ล ท่อร้อยสาย รางเดินสาย ไดอะแกรมการต่อวงจร และออกแบบการแนวการวางสายเคเบิ้ล และงานเดินสายเคเบิ้ลทั้งหมด

ความต้องการทางเทคนิคของสายเคเบิ้ล

ก. สายเคเบิ้ลแรงต่ำจะต้องเป็นสายชนิด 0.6/1 กิโลโวลต์, ฉนวนชนิด XLPE, ฉนวนชั้นนอกเป็น FR-PVC, ทนอุณหภูมิได้ 90 องศา หรือเป็นไปตามมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้า
ข. สารเคเบิ้ลสำหรับระบบควบคุมจะต้องเป็นสายชนิด 600/1000 โวลต์, สายทองแดงตีเกลียว, ฉนวนชนิด XLPE หรือ PVC, ฉนวนชั้นนอกเป็น FR-PVC
ค. สารเคเบิ้ลสำหรับระบบเครื่องมือวัดจะต้องเป็นสายชนิด 600 โวลต์, ฉนวนชนิด PVC, ฉนวนชั้นนอกเป็น FR-PVC

ง. สารเคเบิ้ลสำหรับระบบแจ้งเตือนและหม้อแปลงเครื่องวัดจะต้องเป็นสายชนิด 600/1000 โวลต์, ฉนวนชั้นนอกเป็น FR-PVC, ทนอุณหภูมิได้ 75 องศา

จ. สารเคเบิ้ลสำหรับระบบตัวตรวจจับเพลิงไหม้จะต้องเป็นสายชนิดทนไฟ, ฉนวนชนิด PVC

ความต้องการทางเทคนิคของระบบรางห่อหุ้มสายไฟ

ก. รางเดินสายไฟจะต้องทำจากเหล็กชุดสังกะสี รางเดินสายไฟที่ติดตั้งนอกอาคาร จะต้องมีฝาปิดรางเดินสายไฟชั้นบนสุด อุปกรณ์ประกอบต่างๆจะต้องเป็นเหล็กชุดสังกะสี

ข. ตัวรองรับรางสายไฟและอุปกรณ์ยึดต่างๆจะต้องเป็นเหล็กชุดสังกะสี

ค. ท่อร้อยสายจะต้องเป็นท่อโลหะแข็งและชุดสังกะสีใช้ในพื้นที่ๆอาจเกิดความเสียหายทางกล เช่น จากการขุด หรือการกระแทก สำหรับท่อที่ไม่ได้ทำจากโลหะจะใช้ในพื้นที่ๆไม่เกิดความเสียหายทางกล ท่อโลหะอ่อนสามารถใช้ได้ในพื้นที่ๆท่อโลหะแข็งไม่เหมาะสมต่อการติดตั้งและต้องได้รับการอนุมัติจากวิศวกรเจ้าของงานก่อนออกแบบและติดตั้ง

2.7.10 ระบบต่อลงดิน

ความต้องการทั่วไป

ระบบต่อลงดินจะต่อกับอุปกรณ์ไฟฟ้าและโครงสร้างโลหะ รั้ว ท่อโลหะ เพื่อความปลอดภัยของอุปกรณ์และเจ้าหน้าที่

ความต้องการทางเทคนิค

ก. ระบบกราวนด์กริดใต้ดินจะต้องออกแบบให้รองรับกระแสลัดวงจรสูงสุดได้นานถึง 1 วินาที ค่าความต้านทานดินจะต้องทำการวัดโดยผู้รับจ้างที่พื้นที่บริเวณก่อสร้างโรงไฟฟ้าและนำไปคำนวณระบบกราวนด์กริดใต้ดิน
ข. ระบบกราวนด์กริดใต้ดินจะต้องมีความต้านทานรวมไม่เกิน 5 โอห์ม และค่าแรงดันที่เพิ่มขึ้นของกริดต้องไม่เกิน 5 กิโลโวลต์ การคำนวณค่าแรงดันสัมผัสและแรงดันระหว่างก้าวเท้าต้องไม่เกินค่าที่มาตรฐานกำหนด
ค. สายตัวนำที่ฝังใต้ดินสำหรับระบบกราวนด์กริดจะต้องเป็นสายทองแดงเปลือยตีเกลียว จะต้องมีการคำนวณตามมาตรฐานสากลและขนาดสายตัวนำต้องไม่น้อยกว่า 95 ตารางมิลลิเมตร
ง. วัสดุที่ทำจากโลหะ เช่น โครงสร้างเหล็ก ตัวโครงสร้างกังหัน และอุปกรณ์ไฟฟ้าทั้งหมดจะต้องต่อลงดินไปที่กราวนด์กริดใต้ดิน

2.7.11 ระบบป้องกันฟ้าผ่า

ความต้องการทั่วไป

ระบบป้องกันฟ้าผ่าจะต้องติดตั้งให้กับโครงสร้างทั่วไป อาคารโรงไฟฟ้า อาคารประกอบทั้งหมดตามมาตรฐาน NFPA780 สำหรับอุปกรณ์ที่ใช้ในระบบป้องกันฟ้าผ่าจะต้องออกแบบตามมาตรฐาน IEEE 998

ความต้องการทางเทคนิค

ก. ผู้รับจ้างจะต้องออกแบบระบบป้องกันฟ้าผ่าให้ครอบคลุมโครงสร้างทั้งหมดภายในพื้นที่โรงไฟฟ้า
ข. โครงสร้างต่างๆจะต้องต่อเข้ากับระบบป้องกันฟ้าผ่าจะต้องเพื่อลดอันตราย
ค. ระบบป้องกันฟ้าผ่าจะต้องประกอบด้วย ตัวล่อฟ้า สายตัวนำล่อฟ้า และต่อลงดินกับระบบกรานด์กริด
ง. ตัวล่อฟ้าจะต้องมีแท่งทองแดงเรียวขนาด 0.16 เมตร และติดตั้งห่างกันไม่เกิน 7.6 เมตร ความสูงต่ำสุดของตัวล่อฟ้าวัดจากปลายยอดถึงพื้นที่ๆจะป้องกัน จะต้องไม่สูงไม่น้อยกว่า 0.254 เมตร และติดตั้งห่างกันไม่เกิน 7.6 เมตร
จ. สายตัวนำหลักจะต้องเป็นสายทองแดง 98% และมีขนาดไม่น้อยกว่า 50 ตารางมิลลิเมตร
ฉ. สายตัวนำย่อยที่ใช้สำหรับเชื่อมติดกับอุปกรณ์จะต้องเป็นสายทองแดงและมีขนาดไม่น้อยกว่า 50 ตารางมิลลิเมตร

2.7.12 ระบบแสงสว่างและเต้ารับ

ความต้องการทั่วไป

ผู้รับจ้างจะต้องออกแบบ จัดหาและติดตั้งโคมไฟทั้งหมดมาพร้อมกับหลอดไฟ ชุดความคุม และอุปกรณ์ประกอบอื่นๆที่จำเป็น รวมถึงอุปกรณ์รองรับและยึดจับโคมไฟที่จำเป็นต้องใช้ในการติดตั้ง ชุดไฟแสงสว่างฉุกเฉินจะประกอบด้วยแบตเตอรี่และหลอดไฟ LED และทำงานในกรณีที่ระบบไฟฟ้าหลักดับ หรือเกิดสภาวะไฟดับ ระดับความเข็มแสงจะต้องเป็นไปตามมาตรฐานอ้างอิงของไทยหรือต่างประเทศ ป้ายไฟทางออกฉุกเฉินจะต้องติดตั้งในตำแหน่งที่เหมาะสมและรับไฟจากระบบไฟฟ้าสำรองต่อเนื่อง

เต้ารับทั่วไปจะติดตั้งสูงจากพื้น 300 มิลลิเมตร ในพื้นที่ๆมีผ้าเพดานและติดตั้งสูงจากพื้น 900 มิลลิเมตรในพื้นที่ๆไม่มีฝ้าเพดาน สำหรับสวิตช์สำหรับเปิด-ปิดไฟแสงสว่างจะต้องติดตั้งสูงจากพื้น 1,300 มิลลิเมตร

ความต้องการทางเทคนิคของเต้ารับ

ก. เต้ารับ 1 เฟส; ใช้สำหรับอุปกรณ์ทั่วไปและเป็นชนิด 250 โวลต์/10 แอมป์, 3 รู, (1 เฟส, 1 นิวตรอล และ 1 กราวนด์)
ข. เต้ารับ 3 เฟส; ใช้สำหรับอุปกรณ์และเครื่องมือ เป็นชนิด 400 โวลต์/30 แอมป์, 5 รู, (3 เฟส, 1 นิวตรอล และ 1 กราวนด์) เต้ารับ 3 เฟสทุกตัวจะต้องเป็นแบบฝังในผนัง ผิวด้านหน้าทำด้วยโลหะและเรียบกับผนัง

2.7.13 ระบบตรวจจับและแจ้งเหตุเพลิงไหม้

ความต้องการทั่วไป

ผู้รับจ้างจะต้องออกแบบ จัดหา ติดตั้งและทดสอบระบบระบบตรวจจับและแจ้งเหตุเพลิงไหม้ อุปกรณ์ทั้งหมดจะต้องได้มาตรฐาน มอก. หรือ มาตรฐานสากล ผู้รับจ้างจะต้องออกแบบ จัดหาตู้ควบคุมสัญญาณเพลิงไหม้หลัก ตัวตรวจจับเพลิงไหม้ กล่องปุ่มเริ่มสัญญาณเพลิงไหม้ กริ่งสัญญาณ และอุปกรณ์สนับสนุนอื่นๆ

ความต้องการทางเทคนิค

ก. ตัวตรวจจับควัน: จะต้องเป็นชนิดโฟโตอิเล็คทริค การออกแบบจะต้องพิจารณาการหมุนเวียนของอากาศ ความสูงของเพดาน โดยการออกแบบและติดตั้ง จะต้องเป็นไปตามมาตรฐาน NFPA 72 และตามคำแนะนำของผู้ผลิต
ข. กล่องปุ่มเริ่มสัญญาณเพลิงไหม้: จะต้องติดตั้งรอบอาคารโรงไฟฟ้าและทำหน้าที่เริ่มสัญญาณแจ้งเตือนไปยังแผงควบคุม โดยการออกแบบและติดตั้ง จะต้องเป็นไปตามมาตรฐาน NFPA 72
ค. แผงควบคุม: จะต้องแสดงการตรวจตราตัวตรวจจับเพลิงไหม้อย่างต่อเนื่องและทำงานร่วมกับระบบดับเพลิง
ง. คุณลักษณะของแผงควบคุม: จะต้องผ่านการรับรองของ FM และออกแบบให้ทำงานด้วยแรงดัน 230 โวลต์ 50 เฮิรตซ์ และรับไฟจากระบบไฟฟ้าสำรองต่อเนื่อง
จ. กริ่งสัญญาณแจ้งเตือนจะต้องเป็นไปตามมาตรฐาน NEMA 12 และจะต้องติดตั้งที่แผงควบ กริ่งสัญญาณแจ้งเตือนจะต้องดังเมื่อเกิดเหตุหรือมีการกดปุ่มเริ่มสัญญาณ ระดับเสียงจะต้องดังที่ 85 dB ที่ 3 เมตรจากอุปกรณ์ ปุ่มกดรับทราบสัญญาณเพื่อปิดเสียงกริ่งจะต้องมีที่แผงควบคุม และหากมีสัญญาณดังเพิ่มเติมระบบจะต้องอนุญาติให้เกิดเสียงกริ่งดังขึ้นอีกครั้ง นอกจากนี้แผงควบคุมจะต้องมีวงจรทดสอบหลอดไฟบนแผงพร้อมปุ่มรีเซ็ต

ส่วนที่ 3 งานสายส่งไฟฟ้าแรงสูง

หมวดที่ 1 ระบบไฟฟ้าแรงสูง

หมวดที่ 1
งานระบบไฟฟ้าแรงสูง

1.1 งานติดตั้งระบบไฟฟ้าแรงสูง

1.1.1 ขอบเขตงานและความต้องการ

ในที่นี้จะรวมถึงการออกแบบ การจัดทำ ผลิตภัณฑ์ การทดสอบ การจัดส่งเครื่องต่างๆ มาที่สถานที่ทำงาน การจัดเก็บในบริเวณที่ทำงาน การก่อสร้าง และการจัดเตรียมเครื่องมือ และอุปกรณ์ที่จำเป็นในการติดตั้งโดยผู้รับจ้าง

(1) ระบบสายส่งแรงสูง 22 kV จะต้องต่อเชื่อมโยงกับระบบจำหน่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) จากเสาไฟฟ้าเดิมที่ทางเข้าหลักของโครงการหรือตำแหน่งที่กำหนดในแบบมายังที่จุดติดตั้งหม้อแปลงตรงที่ระบุไว้ในแบบ

(2) ตู้ควบคุมระบบไฟฟ้าย่อย (โหลดเซ็นเตอร์) 400 โวลต์ 3 เฟส 4 สาย 1 ชุด พร้อมเบรคเกอร์หลักและเบรคเกอร์ย่อย โดยจัดหาสายไฟฟ้าชนิดและขนาดตามมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทยเพื่อต่อรับไฟฟ้าจากตู้ควบคุมระบบไฟฟ้าหลัก (MDB) ณ ห้องควบคุม ซึ่งประกอบด้วย อุปกรณ์ป้องกันการเดินสาย และอุปกรณ์ต่างๆ ที่จำเป็น

(3) ระบบป้องกันฟ้าผ่าและระบบต่อลงดิน

ผู้รับจ้างจะต้องดำเนินงานติดตั้งระบบไฟฟ้าทั้งหมด ระบบควบคุม และวัสดุต่างๆ เครื่องมือและการทดสอบอุปกรณ์จะต้องสัมพันธ์กับงานที่ได้อ้างถึง ซึ่งทุกส่วนจะต้องเป็นไปตามกฎเกณฑ์ แบบ และตารางปริมาณงาน

ผู้รับจ้างจะต้องทำความเข้าใจในโครงการและรายละเอียดของงานให้ชัดเจน และต้องดำเนินงานให้สอดคล้องกับเงื่อนไขและแบบโครงสร้างต่างๆ ที่กำหนด

แรงดันตกคร่อมรวมของสายไฟฟ้าจากตู้ควบคุมระบบไฟฟ้าหลัก (MDB) ไปยังอุปกรณ์ไฟฟ้าเครื่องสุดท้าย เต้ารับและไฟฟ้าแสงสว่างจะต้องไม่เกิน 3%

ในการติดตั้งระบบไฟฟ้า จะต้องติดตั้งตามมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย

1.1.2 กฎเกณฑ์และระเบียบต่าง ๆ

อุปกรณ์และการดำเนินงานทั้งหมดของผู้รับจ้างจะต้องเป็นไปตามมาตรฐานการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (PEA), National Electrical Code (NEC), IEC ฯลฯ ผู้รับจ้างจะต้องคำนึงถึงระเบียบการขออนุญาต และค่าธรรมเนียมในการเข้าทำงานในแต่ละหน่วยงาน

1.1.3 การส่งจ่ายกำลังไฟฟ้า

ระบบไฟฟ้ากำลังจะต้องมีพิกัดดังนี้

(1) ระบบแรงดันสูง 22 kV, 3 เฟส 3 สาย 50 เฮิรตซ์

(2) ระบบแรงดันต่ำ 400/230 V, 3 เฟส 4 สาย 50 เฮิรตซ์

1.1.4 ระบบต่อลงดิน

อุปกรณ์ไฟฟ้าและวัสดุที่เกี่ยวข้องจะต้องต่อลงดินกับระบบต่อลงดิน ที่มีอยู่ในสัญญานี้ ขนาดของตัวนำและฉนวนจะต้องรับการเกิด Fault Grounding ได้มากที่สุดเท่าที่วงจรนั้นๆ จะเกิดได้ แต่ขนาดของตัวนำจะต้องไม่ต่ำกว่า 2.5 ตร.มม.

1.1.5 แบบและข้อมูลที่ต้องจัดทำโดยผู้รับจ้าง

ข้อมูลการคำนวณแบบ ขนาดในแบบ และแผนภาพ จะต้องแสดงรายละเอียดต่างๆ ในส่วนประกอบและวัสดุ โดยผู้รับจ้างจะต้องเสนอให้ผู้ควบคุมงานของผู้ว่าจ้างพิจารณาเห็นชอบก่อนการจัดซื้ออย่างน้อย 3 เดือน และจะต้องเสนอรายละเอียดของแบบให้ผู้ควบคุมงานของผู้ว่าจ้างพิจารณาเห็นชอบก่อนการติดตั้งอย่างน้อย 6 เดือน

(1) จำนวนของแบบในการเสนอให้ผู้ควบคุมงานของผู้ว่าจ้างพิจารณา มีจำนวนดังนี้

รายการ	จำนวนสำเนา (ชุด)
1. ตารางงานโครงสร้าง (Master construction schedule for approval)	2
2. แบบ รายการคำนวณ ข้อกำหนด และ รายการวัสดุที่ใช้	2
3. การตรวจสอบจากโรงงานและในโครงการ และ ขั้นตอนดำเนินการ (Rest Procedure)	2
4. รายงานผลในแต่ละเดือน (Monthly Progress Schedule Report)	2
5. รายงานการตรวจสอบและการทดสอบ	2
6. แบบในการจัดทำและตารางงานสำหรับโครงการ	
ก) ใช้สำหรับการทำงานจริง (Actual Size)	3
ข) ขนาด A3	2

(2) แบบก่อสร้างจริง (As-built Drawings) และข้อมูลจะต้องนำเสนอในเวลา 2 เดือน หลังจากได้รับเอกสารการรับมอบงาน

รายการ	จำนวนสำเนา (ชุด)
1. การถอดแบบของแบบอุปกรณ์ (Reproducible of Drawings)	2
2. แบบ (ขนาด A3)	3
3. แบบขั้นสุดท้ายของข้อกำหนด รายการคำนวณ และรายการวัสดุ	2
4. ฟิล์มของรูปถ่ายในการทำงาน 1 อัลบั้ม (Original films of photographic record of the works with solid printings, complied into a film, 1 album)	1
5. บันทึกรูปภาพ (Photographs) ของการทำงาน รวมเป็นอัลบั้ม	2

ถ้าผู้ควบคุมงานของผู้ว่าจ้างต้องการแบบเพิ่มเติม ผู้รับจ้างจะต้องรับผิดชอบในการจัดหาและค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องทั้งหมด

1.1.6 คู่มือการปฏิบัติงานและการบำรุงรักษา

ผู้รับจ้างจะต้องนำเสนอคู่มือการปฏิบัติงานและบำรุงรักษาให้ผู้ควบคุมงานของผู้ว่าจ้าง ก่อนที่จะมีการจัดส่งและติดตั้งอุปกรณ์ คู่มือจะต้องครอบคลุมถึงวิธีการติดตั้งที่ถูกต้อง การปฏิบัติงาน การบำรุงรักษา เครื่องมือ และอุปกรณ์ หลังจากได้รับความเห็นชอบจากผู้ควบคุมงานของผู้ว่าจ้างในขั้นสุดท้ายแล้ว ผู้รับจ้างจะต้องจัดทำสำเนาคู่มือจำนวน 5 ชุด และจัดส่งให้ผู้ควบคุมงานของผู้ว่าจ้าง โดยผู้รับจ้างจะต้องมีคู่มือประจำไว้ที่โครงการด้วย

1.1.7 การอบรมให้เจ้าหน้าที่ประจำ

หลังจากการติดตั้งและตรวจรับงานเป็นเวลา 2 สัปดาห์ ทางผู้รับจ้างจะต้องทำการฝึกอบรมเจ้าหน้าที่ประจำของผู้ว่าจ้างเกี่ยวกับการบำรุงรักษา การปฏิบัติงาน และการซ่อมแซมอุปกรณ์ทั้งหมด ภายใต้สัญญานี้ การวางแผนการฝึกอบรมโดยละเอียด จะต้องนำเสนอต่อผู้ควบคุมงานของผู้ว่าจ้างเพื่อพิจารณาและการฝึกอบรมที่จัดขึ้นจะต้องขึ้นอยู่กับความเห็นชอบของผู้ว่าจ้างด้วย
ค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่เกิดขึ้นให้รวมอยู่ในสัญญาว่าจ้าง

1.1.8 มาตรฐาน

ในการออกแบบวัสดุ การผลิตอุปกรณ์ การตรวจสอบ การทดสอบ และคุณสมบัติในการใช้งานของอุปกรณ์ นอกจากจะมีการกำหนดคุณสมบัติหรือมาตรฐานอื่นไว้ ให้ยึดตามมาตรฐานดังนี้

(1) Provincial Electricity Authority’s code (PEA)
(2) Engineering Institute of Thailand (EIT)
(3) The National Electric Codes (NEC)
(4) International Electro technical commission (IEC)
(5) British Standard Specification (BS)
(6) National Electrical Manufacture’s Association (NEMA)
(7) Underwriter’s Laboratory Inc (UL)
(8) Deutsche Industrie normen (DIN)
(9) Verband Deutscher Electrotechniker (VDE)
(10) Japanese Industrial Standards (JIS)
(11) มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย

1.1.9 การจัดเรียงและรหัสสี

(1) การจัดเฟส

มาตรฐานในการกำหนดเฟส จะเป็น A-B-C จากซ้ายไปขวา บนลงล่าง และจากหน้าไปหลัง เมื่อหันหน้าเข้าหาหน้าตู้ควบคุม รีเลย์ ชุดมิเตอร์ต่าง ๆ ส่วนประกอบอื่น ๆ และอุปกรณ์เครื่องมือที่เป็นระบบ 3 เฟส จะต้องติดตั้งตามมาตรฐานที่กำหนดไว้

(2) เฟสและแถบสีในการเดินสาย แถบสีของแต่ละเฟส และการเดินสายจะแสดงไว้ดังนี้

เฟส	แถบสี
เฟส A	น้ำตาล
เฟส B	ดำ
เฟส C	เทา
นิวตรอล	ฟ้า
วงจรหลังสวิตช์ไฟ	ดำ
ระบบสายดิน	เขียว หรือ เขียวแถบเหลือง

1.1.10 คุณภาพของงาน (Workmanship)

วัสดุอุปกรณ์จะต้องเป็นของใหม่ และจะต้องมีความเหมาะสมกับชนิดของงาน คุณภาพของงานทั้งหมดจะต้องมีคุณภาพที่ดีที่สุด เพื่อให้มีความพร้อมในทุกสภาวะของการทำงานภายใต้เงื่อนไขที่มีโอกาสจะเกิดขึ้นได้ ชิ้นส่วนวัสดุจะต้องสอดคล้องกับแบบ จุดยึด พื้นที่หน้าสัมผัส และส่วนประกอบของอุปกรณ์ จะต้องมีความเหมาะสมกับตู้ (Casting) จะต้องยึดด้วยน็อต (Nuts) และต้องแสดงรูปการติดตั้งที่สมบูรณ์ไว้ในแบบด้วย สำหรับนอตตัวผู้ น็อตตัวเมีย สลักเกลียว ฯลฯ สำหรับท่อ จะต้องอยู่ในมาตรฐาน International Organization for Standardization โดยใช้มาตรฐานหน่วยการวัดเป็นระบบเมตริก ผู้รับจ้างจะต้องใช้มาตรฐานดังกล่าวในการยื่นข้อเสนอตามสัญญานี้

1.1.11 การป้องกัน การทำความสะอาด และการทาสี

อุปกรณ์ทุกชิ้นจะต้องทำความสะอาด และเคลือบผิวในชั้นต้น 1 ชั้น และอีก 2 ชั้น ก่อนออกจากสถานที่ผลิตและสถานที่ติดตั้ง ด้วยวัสดุเคลือบที่มีคุณภาพดีที่สุด ยกเว้นตู้ควบคุมและเครื่องมือที่ได้ดำเนินการมาเรียบร้อยแล้ว

การทาสีในชั้นสุดท้ายของอุปกรณ์จะต้องได้รับคำยืนยัน และความเห็นชอบจากผู้ควบคุมงานของผู้ว่าจ้าง ซึ่งผู้รับจ้างจะต้องนำเสนอสีที่จะมาใช้งานในรูปของตัวอย่างสี โดยตัวอย่างสีจะต้องประกอบกับตารางสีแต่ละชนิด เพื่อที่จะนำมาใช้ในสถานที่ทำงาน

1.1.12 งานฝังภายนอกและอื่นๆ

นอกเหนือจากการระบุในโครงสร้าง ผนังและหลังคาเปิดโล่ง การเทพื้น Sleeves ในโครงสร้าง ร่องเดินสายกับฝาปิด ผู้รับจ้างจะต้องเป็นผู้ดำเนินการ โดยการเจาะและเว้นที่สำหรับขนาดของโคมไฟ โครงสร้างคอนกรีต และท่อพีวีซี

1.1.13 การทดสอบ

เครื่องมือตรวจวัด วัสดุ แรงงาน และอุปกรณ์ ที่มีความจำเป็นสำหรับการตรวจสอบ ผู้รับจ้างจะต้องเป็นผู้ดำเนินการ โดยค่าใช้จ่ายในการดำเนินการทดสอบจะต้องแสดงไว้ในใบแจ้งปริมาณงานและราคา (Bill of Quantity)

เมื่อทำการติดตั้งอุปกรณ์เรียบร้อยแล้ว และพร้อมที่จะทำการทดสอบการทำงาน ผู้รับจ้างจะต้องทำการทดสอบครั้งสุดท้าย เพื่อนำเสนอต่อผู้ควบคุมงานของผู้ว่าจ้างพิจารณาว่าเป็นไปตามความต้องการและข้อกำหนดหรือไม่ สัญญาจะสิ้นสุดเมื่อไม่มีข้อคัดค้านใดๆ วิธีการทดสอบและช่วงระยะเวลาในการปฏิบัติจะต้องให้ผู้ควบคุมงานของผู้ว่าจ้างพิจารณาเห็นชอบ เพื่อพิจารณาถึงการดำเนินการและหน้าที่การทำงานของอุปกรณ์แต่ละชนิด

ถ้าในการทดสอบเกี่ยวกับการดำเนินการหรือหน้าที่การทำงานของอุปกรณ์ต่ำกว่าข้อกำหนดที่มีไว้ในสัญญา ผู้รับจ้างจะต้องทำการปรับปรุงให้ดีขึ้น หรือเปลี่ยนเครื่องใหม่ โดยผู้รับจ้างจะต้องรับผิดชอบค่าใช้จ่ายทั้งหมด และทำการทดสอบอีกครั้ง

1.1.14 อุปกรณ์อะไหล่

จะต้องมีการจัดเก็บอุปกรณ์อะไหล่อย่างเหมาะสม ในแต่ละอุปกรณ์จะต้องระบุประเภท และการใช้งานไว้ที่ภาชนะบรรจุ และอุปกรณ์อะไหล่ที่ต้องจัดหานั้น จะต้องได้รับความเห็นชอบจากผู้ควบคุมงานของผู้ว่าจ้าง

1.2 ระบบสายส่ง 22 kV

1.2.1 ทั่วไป

งานในส่วนนี้จะประกอบด้วย อุปกรณ์ และการติดตั้งระบบแรงสูง 22 kV โดยจะกำหนดการต่อในส่วนไฟฟ้ากับส่วนประกอบอื่น ให้เสร็จสมบูรณ์ตามที่ได้กำหนดไว้

ระบบสายส่ง 22 kV พร้อมติดตั้ง Overhead ตามมาตรฐานของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคจะมี 3 เฟส 3 สาย และสายดิน 1 สาย โดยการติดตั้งสายจะต้องติดตั้งกับเสาไฟฟ้าคอนกรีตสูง 12 เมตร ระยะห่างระหว่างเสาไฟฟ้าประมาณ 40 เมตร หรือเป็นไปตามมาตรฐานของการไฟฟ้าภูมิภาค การติดตั้งสายจะต้องมีส่วนรองรับบนฉนวน ซึ่งจะอยู่บนคานคอนกรีต (Cross Arm) โดยคานคอนกรีตจะติดตั้งอยู่บนส่วนบนสุดของเสาไฟฟ้า

1.2.2 มาตรฐานและอุปกรณ์

(1) มาตรฐาน

อุปกรณ์ในระบบแรงสูง 22 kV จะต้องได้ตามมาตรฐานของ ANSI หรือ IEC หรือ NEMA หรือ UL หรือ TIS หรือมาตรฐานที่เป็นที่ยอมรับ

(2) ตัวล่อฟ้า (Lightning Arrestor)

ตัวล่อฟ้าจะต้องป้องกันความเสียหายที่อุปกรณ์ทางด้านแรงสูง จากการเหนี่ยวนำของฟ้าผ่าที่มาตามสาย โดยจะต้องได้มาตรฐานตาม IEC99 หรือ ANSI C62.1 หรือใกล้เคียง
ล่อฟ้าจะต้องมีพิกัดดังนี้

- ชนิด : 1 ขั้ว, ติดตั้งภายนอก
- พิกัดแรงดัน : 20-21 kV
- พิกัดความถี่ : 50 Hz
- สัญญาณอิมพัลส์ : 150 kV
- กระแส Interrupting : 10 kA

(3) เพาเวอร์ฟิวส์ (Power Fuse)

เพาเวอร์ฟิวส์จะต้องสามารถป้องกันการลัดวงจรของระบบ เพื่อป้องกันอุปกรณ์ของระบบจากความเสียหาย และจะต้องได้ตามมาตรฐาน IEC 222 หรือ ANSI C37.41 หรือเทียบเท่า

คุณสมบัติของเพาเวอร์ฟิวส์

- ชนิด : 1 ขั้ว, ติดตั้งภายนอกในแนวดิ่ง
- พิกัดแรงดัน : 24 kV

- พิกัดความถี่ : 50 Hz
- พิกัดความทนต่อสัญญาณแรงดัน : 125 kV
- พิกัดกระแสปกติ : 100 A (cont.)
- กระแส Interrupting : 10 kA (Asym rms)

(4) หม้อแปลงมิเตอร์และ Revenue มิเตอร์

อุปกรณ์ทั้งหมดจะต้องประกอบด้วย หม้อแปลงแรงดัน หม้อแปลงกระแส และ Revenue มิเตอร์ โดยเป็นไปตามมาตรฐานของ การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

(5) สายส่งแรงสูง 22 kV

สายส่งเป็นแบบ หุ้มฉนวนเต็มพิกัด (SAC) โดยต้องเป็นไปตามมาตรฐานการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค หรือเทียบเท่า

(6) เสาไฟฟ้าคอนกรีตสูง 12 เมตร และวัสดุ

เสาไฟฟ้าสูง 12 เมตร และวัสดุต่าง ๆ จะต้องสามารถรองรับโครงสร้างของระบบสายส่งได้ และต้องเป็นไปตามมาตรฐานของ การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค หรือที่กำหนดไว้ดังนี้

(ก) เสาไฟฟ้าคอนกรีตสูง 12 เมตร

เสาคอนกรีตต้องเป็นแบบคอนกรีตอัดแรง ผิวของเสาจะต้องมีไม่โพรงอากาศซีเมนต์ จะต้องเป็นแบบ Portland Cement ตามมาตรฐาน ASTM C-150 หรือเทียบเท่า คอนกรีตหรือเสาไฟฟ้าคอนกรีตอัดแรงจะต้องมีคุณสมบัติตามที่การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคกำหนด

(ข) คานคอนกรีต (Cross Arm)

คานคอนกรีตจะติดตั้งบนยอดของเสาคอนกรีตสูง 12 เมตร ขนาดของคานคอนกรีตเป็นไปตามข้อกำหนดของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

(ค) สายดินและเหล็กตีเกลียวสำหรับยึดสายส่ง พร้อมอุปกรณ์จับยึด

สายดินจะติดตั้งบนเสาคอนกรีตสูง 12 เมตร โดยมีเหล็กยึด (Bayonet) เป็นตัวรองรับ ซึ่งเหล็กยึดจะต้องทำมาจากกัลวาไนซ์ ขนาดและรูปร่างเป็นไปตามข้อกำหนดของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

(ง) ลวดยึด (Guys)

ประกอบด้วย ลวด Anchor Rod Anchor Block และอุปกรณ์ที่ใช้ในการติดตั้ง ลวดจะต้องเป็นแบบ Double Galvanized Stranded Steel พื้นที่หน้าตัดของลวด ชนิดและขนาดของ Anchor Rod Block และการติดตั้งของเสาคอนกรีต ต้องเป็นไปตามความต้องการและข้อกำหนดของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

(จ) วัสดุอื่น

วัสดุอื่น หรือการติดตั้งอุปกรณ์ซึ่งเป็น Galvanized Steel Flat Brace สำหรับยึดคานคอนกรีตตัวเชื่อม ตัวจับยึด หลอดพีวีซี ชนิดของฉนวนของพีวีซี ในการติดตั้งและ Concrete Backfill และอื่นๆ โดยทั้งหมดจะต้องเป็นไปตามข้อกำหนดของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

1.2.3 วิธีการติดตั้ง

ในการติดตั้งเสาไฟฟ้าแรงสูง 22 kV จะต้องเป็นไปตามความต้องการและข้อกำหนดของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ตามข้อกำหนดดังนี้

(1) เสาไฟฟ้าแรงสูง 12 เมตร

เสาไฟฟ้าจะต้องติดตั้งในแนวดิ่งกับพื้นทุกระยะประมาณ 40 เมตร และฝังลึกลงใต้ดินประมาณ 2 เมตร ซึ่งขึ้นอยู่กับสภาพพื้นที่นั้น

(2) ตัวล่อฟ้า

จะติดตั้งที่สถานที่ติดตั้งหม้อแปลง 3 เฟส ซึ่งจะอยู่บนคานคอนกรีตอัดแรงขนาด 100 x 1,000 x 3,200 มม. หรือติดตั้งที่บริเวณคานคอนกรีต (Cross Arm) ขนาด 100 x 100 x 2,500 มม.

(3) เพาเวอร์ฟิวส์

เพาเวอร์ฟิวส์ หรือดรอปเอาท์ฟิวส์แรงสูง และอุปกรณ์ตัดตอน (Cutout) จะติดตั้งบริเวณสถานีติดตั้งหม้อแปลงบนคานคอนกรีตอัดแรงขนาด 100 x 100 x 3,200 มม. หรือแบบแขวนเสาจะติดตั้งดรอปเอาท์ฟิวส์และอุปกรณ์ตัดตอน (Cutout) ที่คานคอนกรีต ขนาด 100 x 100 x 2,500 มม.

(4) หม้อแปลงมิเตอร์และ Revenue

หม้อแปลงมิเตอร์ และ Revenue ใน Anodized Aluminum Cabinet การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคเป็นผู้จัดเตรียม

(5) สายส่ง 22 kV

สายส่งเป็นแบบ หุ้มฉนวนเต็มพิกัด (SAC) ติดตั้งบนฉนวนบน คานคอนกรีต (Cross Arm) ความตึงของสายไฟ และระยะตกท้องช้างจะต้องสอดคล้องกับการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

(6) สายดินและเหล็กยึด (Overhead Grounded Wire and Bayonet)

สายดินจะติดตั้งกับเหล็กยึดบนยอดของเสาไฟฟ้าแรงสูงด้วยเหล็กจับ (Clamp) เหล็กยึดจะต่อกับลวดที่อยู่ภายในเสาไฟฟ้าด้วย U-Bolt Clamp หรือ Wire Rope Clip ลวดภายในเสาไฟฟ้าจะต่อระหว่างสายดินกับพื้นดิน เหล็กยึดบนเสาไฟฟ้าเป็นแบบ L Shape Galvanized Steel ขนาดยาว 2,500 มม. และที่เสาไฟฟ้าแบบ Dead End หรือ Angle Structures จะต้องมีความยาวเท่ากับตำแหน่งที่ติดตั้งและวิธีการติดตั้งจะต้องเป็นไปตามข้อกำหนดการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

(7) ลวดยึด (Guys)

ลวดยึดจะติดตั้งที่เสาไฟฟ้าแบบ Dead End Angle Structure หรือ เสาคอนกรีตสูง 12 เมตร หรือเสารองรับในการยึดข้ามถนน วิธีการติดตั้งลวดยึดจะต้องเป็นไปตามข้อกำหนดของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

(8) การติดตั้งระบบสายดิน

สายดินและแท่งลงดินของระบบสายส่ง 22 kV จะต้องเป็นไปตามข้อกำหนดดังนี้

(ก) หม้อแปลงมิเตอร์ และ Revenue มิเตอร์

หม้อแปลงกระแส หม้อแปลงแรงดัน Revenue มิเตอร์ และกับดักฟ้าผ่าจะต้องต่อกับสายดินและแท่งลงดิน สายดินของหม้อแปลงและกับดักฟ้าผ่าจะติดกับฝั่งตรงข้ามของเสาไฟ และหุ้มด้วยท่อ PVC ขนาด 2.5 เมตร แท่งลงดินจะต้องฝังดินลึก 0.05 เมตร

(ข) ความต้านทานของสายดินและแท่งลงดินจะต้องเป็นไปตามข้อกำหนดที่กำหนดไว้

(9) การติดตั้งสายส่งแรงสูงข้ามแม่น้ำหรือคลองส่งน้ำ

ลักษณะการติดตั้ง รวมถึงวัสดุในการติดตั้ง เช่น เสาคอนกรีต ฉนวนรองรับสายส่ง คานคอนกรีต ลวดยึด และระยะตกท้องช้างระหว่างสายส่งกับพื้นน้ำ จะต้องสอดคล้องกับมาตรฐานของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

1.3 ตู้ควบคุมระบบไฟฟ้าย่อย

1.3.1 ทั่วไป

ตู้ไฟฟ้าย่อยจะมีชื่อวงจรตามส่วนวงจรย่อย เช่น วงจร LP1 หรือ LP2 ซึ่งมีคุณสมบัติ มีรายละเอียดของโครงสร้าง ลักษณะการทำงาน และอุปกรณ์ช่วยดังนี้

(1) ตู้จะต้องมีแรงดันพิกัดที่ 400/230 โวลต์ 3 เฟส 4 สาย หรือแรงดัน 220 โวลต์ 1 เฟส 2 สาย ดังแสดงไว้ในแบบ

(2) ตู้จะต้องเป็นแบบปิด (Enclosed Type) ในตู้เหล็กซึ่งต้องได้มาตรฐาน บานพับซ่อนไว้ด้านใน (Concealed Hinged Doors) และมีพื้นที่ที่เหมาะสมในการติดตั้ง นอกจากจะมีการระบุไว้เป็นอย่างอื่น

(3) ทองแดงเป็นแบบ Hard Drawn และต้องทนกระแสได้ถึง 1,000 แอมป์ต่อตารางนิ้ว (พื้นที่หน้าตัด) โดยจะต้องเตรียมบัสบาร์ไว้สำหรับแต่ละเฟส

(4) ตู้จะต้องติดตั้งสวิตช์ตัดตอนอัตโนมัติชนิด Molded Case Circuit Breaker ขนาดแรงดัน จำนวนขั้วจะต้องเป็นไปตามแบบ และจะต้องจัดเตรียมบัสบาร์สำหรับนิวตรอลไว้ด้วย

(5) ตู้จะต้องจัดเตรียมช่องด้านข้างสำหรับท่อร้อยสายอย่างน้อย 6 นิ้ว และ 8 นิ้ว สำหรับตู้ไฟฟ้ากำลัง (Power Panel Board)

(6) จะต้องจัดทำป้ายชื่อของแต่ละรายวงจร โดยจะต้องติดตั้งไว้ภายในบริเวณฝาตู้ของแต่ละตู้ไฟฟ้าย่อย

(7) ตู้หลายๆ ตู้อาจใช้สายป้อนร่วมกัน จุดต่อจะต้องใช้แบบ Double Lugs หรือ Tapped Connectors ดังนั้นจะต้องมีการจัดเตรียมชนิดของ Lugs หรือจุดต่อสำหรับการต่อกับแหล่งจ่ายให้เหมาะสม

(8) ตู้จะต้องผลิตภัณฑ์ของ Square “D”, General Electric, Wasting House หรือเทียบเท่า

(9) อุปกรณ์ป้องกันฟ้ากระแสผ่าจะต้องจัดไว้สำหรับลดแรงดันเกินจากระลอกกระแสฟ้าผ่า และการสับปลดเปิดปิดสวิตช์ของอุปกรณ์ ขนาดของอุปกรณ์ป้องกันกระแสฟ้าผ่าจะต้องมีความเหมาะสมที่จะใช้ในการป้องกันอุปกรณ์ทั้งหมดได้

1.3.2 การติดตั้ง

(1) จะต้องมีช่องว่างระหว่างตู้กับผนังอย่างน้อย 50 มม.

(2) ตู้ชนิดติดบนผนังจะต้องยึดด้วยหมุดและนอต อย่างน้อย 4 ชุด

(3) ตู้ชนิดติดฝังในผนังจะต้องจัดเตรียมให้ฝาตู้ล้ำออกนอกผนัง

(4) วงจรสำรองของตู้จะต้องมีไม่น้อยกว่า 20% ของวงจรทั้งหมดที่มีในตู้ ยกเว้นแต่จะมีการกำหนดไว้แล้ว

(5) แผงควบคุม 3 เฟส จะถูกควบคุมโดย Isolating Switch Integral ในตู้

(6) บัสบาร์ทองแดงจะต้องเคลือบด้วยดีบุก ก่อนที่จะนำไปติดภายในตู้