# ขอบเขตของงาน (Terms of Reference : TOR)
# จ้างจัดทำต้นแบบการผลิตไฟฟ้าในครัวเรือน พร้อมระบบจัดเก็บพลังงาน และระบบสมาร์ทฟาร์ม และศูนย์การเรียนรู้ ภายใต้ โครงการพัฒนาต้นแบบและศูนย์การเรียนรู้การใช้พลังงานในชุมชนแบบ Prosumer โดยใช้แหล่งพลังงาน แบบกระจายศูนย์ (DERs) เพื่อยกระดับคุณภาพชีวิต ของประชาชนในครัวเรือนและภาคการเกษตร โดยการประกวดราคาอิเล็กทรอนิกส์ (e-bidding)

## 1. ความเป็นมา

ประเทศไทยอยู่ระหว่างการเปลี่ยนผ่านด้านพลังงานจากระบบผลิตไฟฟ้าแบบรวมศูนย์ไปสู่ระบบพลังงานแบบกระจายศูนย์ (Distributed Energy Resources : DERs) ซึ่งประกอบด้วยระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ระบบกักเก็บพลังงาน ระบบบริหารจัดการพลังงานอัจฉริยะ ระบบสื่อสารข้อมูล และแพลตฟอร์มดิจิทัลด้านพลังงาน การพัฒนาองค์ประกอบดังกล่าวสอดคล้องกับยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี แผนอนุรักษ์พลังงาน (EEP2018) แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก (AEDP2018) ตลอดจนเป้าหมาย Carbon Neutrality ภายในปี ค.ศ. 2050 และ Net Zero Emissions ภายในปี ค.ศ. 2065

โครงการพัฒนาต้นแบบและศูนย์การเรียนรู้การใช้พลังงานในชุมชนแบบ Prosumer โดยใช้แหล่งพลังงานแบบกระจายศูนย์ (DERs) เพื่อยกระดับคุณภาพชีวิตของประชาชนในครัวเรือนและภาคการเกษตร เป็นโครงการวิจัยและพัฒนาเชิงทดลองที่มุ่งสร้างต้นแบบระบบพลังงานชุมชน โดยให้ประชาชนและชุมชนสามารถเป็นทั้งผู้ผลิต ผู้ใช้ และผู้แลกเปลี่ยนพลังงานได้ในเวลาเดียวกัน ผ่านระบบ Prosumer Community Microgrid (PCM)

พื้นที่ดำเนินงานประกอบด้วยพื้นที่ adiCET Campus มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ เพื่อพัฒนาเป็นต้นแบบ Full Feeder Microgrid แบบเชื่อมต่อระบบจำหน่าย และพื้นที่ Smart Farm/สวนผักอินทรีย์เพลินจิต จังหวัดเชียงใหม่ เพื่อพัฒนาเป็นต้นแบบ Hybrid-Isolated Microgrid สำหรับภาคการเกษตร โดยเชื่อมโยงระบบผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ ระบบกักเก็บพลังงาน อุปกรณ์ IoT/Smart Meter ระบบสื่อสารและแพลตฟอร์มติดตามและวิเคราะห์ข้อมูลพลังงาน

เพื่อให้การดำเนินโครงการเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน และสามารถส่งมอบผลผลิตเชิงเทคนิค ศูนย์การเรียนรู้ และข้อมูลเชิงนโยบายได้อย่างครบถ้วน จึงมีความจำเป็นต้องจัดจ้างผู้รับจ้างที่มีความเชี่ยวชาญในการออกแบบ ติดตั้ง เชื่อมโยง ทดสอบ และถ่ายทอดองค์ความรู้ด้านระบบไมโครกริด ระบบบริหารจัดการพลังงาน ระบบสื่อสารข้อมูล และแพลตฟอร์มดิจิทัลด้านพลังงาน เพื่อให้ระบบสามารถใช้งานได้จริงและขยายผลได้ในอนาคต

**ผู้กำหนดขอบเขตงาน**

(ผศ.ดร.ไกรสร ลักษณ์ศิริ) (ผศ.ดร.หทัยทิพย์ สินธุยา) (อ.ดร.พันธ์ลพ สินธุยา) (นายโชคชัย คงอุดมทรัพย์)

**2. วัตถุประสงค์**

2.1 เพื่อออกแบบ พัฒนา ติดตั้ง และทดสอบต้นแบบระบบ Prosumer Community Microgrid (PCM) ที่บูรณาการระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ระบบกักเก็บพลังงาน ระบบควบคุมโหลด และระบบบริหารจัดการพลังงาน สำหรับพื้นที่ชุมชนและภาคการเกษตร

2.2 เพื่อพัฒนาระบบสื่อสารและระบบติดตามข้อมูลพลังงานที่เหมาะสมกับพื้นที่ต้นแบบ โดยรองรับการเชื่อมต่ออุปกรณ์ภาคสนามหลายประเภท เช่น Inverter, BESS/BMS, Smart Meter, IoT Sensor และอุปกรณ์ควบคุมโหลด

2.3 เพื่อพัฒนาและปรับใช้แพลตฟอร์ม Energy Management System (EMS), Dashboard, Database, API และ Digital Twin สำหรับติดตาม วิเคราะห์ และบริหารจัดการข้อมูลการผลิต การใช้ การจัดเก็บ และการไหลของพลังงานแบบ Real-time หรือ Near Real-time

2.4 เพื่อสนับสนุนการดำเนินงานศูนย์การเรียนรู้ด้าน Prosumer Community Microgrid และ Smart Farm โดยจัดทำสื่อการเรียนรู้ คู่มือ อบรม และถ่ายทอดองค์ความรู้แก่บุคลากร นักศึกษา ชุมชน และหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

2.5 เพื่อจัดเก็บข้อมูลเชิงเทคนิค เศรษฐศาสตร์ สิ่งแวดล้อม และการยอมรับของผู้ใช้งาน สำหรับจัดทำรายงานประเมินผลและข้อเสนอเชิงนโยบายเพื่อรองรับการขยายผลด้าน P2P Energy Sharing หรือ Regulatory Sandbox ในอนาคต

**3. คุณสมบัติของผู้ยื่นเสนอ**

3.1 มีความสามารถตามกฎหมาย

3.2 ไม่เป็นบุคคลล้มละลาย

3.3 ไม่อยู่ระหว่างเลิกกิจการ

3.4 ไม่เป็นบุคคลซึ่งอยู่ระหว่างถูกระงับการยื่นข้อเสนอหรือทำสัญญากับหน่วยงานของรัฐไว้ชั่วคราว เนื่องจากเป็นผู้ที่ไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินผลการปฏิบัติงานของผู้ประกอบการตามระเบียบที่รัฐมนตรีว่าการกระทรวงการคลังกำหนดตามที่ประกาศเผยแพร่ในระบบเครือข่ายสารสนเทศของกรมบัญชีกลาง

3.5 ไม่เป็นบุคคลซึ่งถูกระบุชื่อไว้ในบัญชีรายชื่อผู้ทิ้งงานและได้แจ้งเวียนชื่อให้เป็นผู้ทิ้งงานของหน่วยงานของรัฐในระบบเครือข่ายสารสนเทศของกรมบัญชีกลาง ซึ่งรวมถึงนิติบุคคลที่ผู้ทิ้งงานเป็นหุ้นส่วนผู้จัดการ กรรมการผู้จัดการ ผู้บริหาร ผู้มีอำนาจในการดำเนินงานในกิจการของนิติบุคคลนั้นด้วย

3.6 มีคุณสมบัติและไม่มีลักษณะต้องห้ามตามที่คณะกรรมการนโยบายการจัดซื้อจัดจ้างและการบริหารพัสดุภาครัฐกำหนดในราชกิจจานุเบกษา

3.7 เป็นนิติบุคคลผู้มีอาชีพ ที่ประกวดราคาอิเล็กทรอนิกส์ดังกล่าว

**ผู้กำหนดขอบเขตงาน**

(ผศ.ดร.ไกรสร ลักษณ์ศิริ) (ผศ.ดร.หทัยทิพย์ สินธุยา) (อ.ดร.พันธ์ลพ สินธุยา) (นายโชคชัย คงอุดมทรัพย์)

3.8 ไม่เป็นผู้มีผลประโยชน์ร่วมกันกับผู้ยื่นข้อเสนอรายอื่นที่เข้ายื่นข้อเสนอให้แก่ มหาวิทยาลัยฯ ณ วันประกาศประกวดราคาอิเล็กทรอนิกส์ หรือไม่เป็นผู้กระทำการอันเป็นการขัดขวาง การแข่งขันอย่างเป็นธรรมในการประกวดราคาอิเล็กทรอนิกส์ครั้งนี้

3.9 ไม่เป็นผู้ได้รับเอกสิทธิ์หรือความคุ้มกัน ซึ่งอาจปฏิเสธไม่ยอมขึ้นศาลไทย เว้นแต่รัฐบาล ของผู้ยื่นข้อเสนอได้มีคำสั่งให้สละเอกสิทธิ์และความคุ้มกันเช่นว่านั้น

3.10 ยื่นข้อเสนอที่ยื่นข้อเสนอในรูปแบบของ "กิจการร่วมค้า" ต้องมีคุณสมบัติดังนี้

(1) การกำหนดสัดส่วนในการเข้าร่วมค้าของคู่สัญญา

กรณีที่ข้อตกลงฯ กำหนดให้ผู้เข้าร่วมค้ารายใดรายหนึ่งเป็นผู้เข้าร่วมค้าหลัก ข้อตกลงฯ จะต้องมีการกำหนดสัดส่วนหน้าที่และความรับผิดชอบในปริมาณงาน สิ่งของหรือมูลค่าตามสัญญาของผู้เข้าร่วมค้าหลักมากกว่าผู้เข้าร่วมค้ารายอื่นทุกราย

(2) กรณีที่ข้อตกลงฯ กำหนดให้ผู้เข้าร่วมค้ารายใดรายหนึ่งเป็นผู้เข้าร่วมค้าหลัก

กิจการร่วมค้านั้นต้องใช้ผลงานของผู้เข้าร่วมค้าหลักรายเดียวเป็นผลงานของกิจการร่วมค้าที่ยื่นข้อเสนอ สำหรับข้อตกลงฯ ที่ไม่ได้กำหนดให้ผู้เข้าร่วมค้ารายใดเป็นผู้เข้าร่วมค้าหลัก ผู้เข้าร่วมค้าทุกรายจะต้องมีคุณสมบัติครบถ้วนตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ในเอกสารเชิญชวน

(3) การยื่นข้อเสนอของกิจการร่วมค้า

(3.1) กรณีที่ข้อตกลงฯ กำหนดให้มีการมอบหมายผู้เข้าร่วมค้ารายใดรายหนึ่งเป็นผู้ยื่นข้อเสนอ ในนามกิจการร่วมค้า การยื่นข้อเสนอดังกล่าวไม่ต้องมีหนังสือมอบอำนาจ สำหรับข้อตกลงฯ ที่ไม่ได้กำหนดให้ผู้เข้าร่วมค้ารายใดเป็นผู้ยื่นข้อเสนอ ผู้เข้าร่วมค้าทุกรายจะต้องลงลายมือชื่อในหนังสือมอบอำนาจให้ผู้เข้าร่วมค้ารายใดรายหนึ่งเป็นผู้ยื่นข้อเสนอในนามกิจการร่วมค้า

(3.2) การยื่นข้อเสนอด้วยวิธีประกวดราคาอิเล็กทรอนิกส์ (e - bidding) ให้ผู้เข้าร่วมค้าที่ได้รับมอบหมายหรือมอบอำนาจตามข้อ (3.1) ดำเนินการซื้อเอกสารประกวดราคาอิเล็กทรอนิกส์ กรณีที่มีการจำหน่ายเอกสารซื้อหรือจ้าง

3.11 ผู้ยื่นข้อเสนอต้องลงทะเบียนที่มีข้อมูลถูกต้องครบถ้วนในระบบจัดซื้อจัดจ้างภาครัฐด้วยอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Government Procurement : e-GP) ของกรมบัญชีกลาง

3.12 ผู้ยื่นข้อเสนอต้องมีมูลค่าสุทธิของกิจการ ดังนี้

(1) กรณีผู้ยื่นข้อเสนอเป็นนิติบุคคลที่จัดตั้งขึ้นตามกฎหมายไทยหรือต่างประเทศ ซึ่งได้จดทะเบียนเกินกว่า 1 ปี ต้องมีมูลค่าสุทธิของกิจการ จากผลต่างระหว่างสินทรัพย์สุทธิหักด้วยหนี้สินสุทธิที่ปรากฏในงบแสดงฐานะการเงินที่มีการตรวจรับรองแล้ว ซึ่งจะต้องแสดงค่าเป็นบวก 1 ปีสุดท้ายก่อนวันยื่นข้อเสนอ งบแสดงฐานะการเงิน 1 ปีสุดท้ายก่อนวันยื่นข้อเสนอ หมายถึง งบแสดงฐานะการเงินย้อนไปก่อนวันที่หน่วยงานของรัฐกำหนดให้เป็นวันยื่นข้อเสนอ 1 ปีปฏิทิน เว้นแต่กรณีนิติบุคคลที่จัดตั้งขึ้นตามกฎหมาย

**ผู้กำหนดขอบเขตงาน**

(ผศ.ดร.ไกรสร ลักษณ์ศิริ) (ผศ.ดร.หทัยทิพย์ สินธุยา) (อ.ดร.พันธ์ลพ สินธุยา) (นายโชคชัย คงอุดมทรัพย์)

ไทย หากวันยื่นข้อเสนอเป็นช่วงระยะเวลาที่กรมพัฒนาธุรกิจการค้ากำหนดให้นิติบุคคลยื่นงบแสดงฐานะการเงินกับกรมพัฒนาธุรกิจการค้า ซึ่งจะอยู่ในช่วงเดือนมกราคม - เดือนพฤษภาคม ของทุกปี โดยนิติบุคคลที่เป็นผู้ยื่นข้อเสนอนั้นยังอยู่ในช่วงของการยื่นงบแสดงฐานะการเงินกับกรมพัฒนาธุรกิจการค้า คือ ช่วงเดือนมกราคม - เดือนพฤษภาคม กรณีนี้ให้สามารถยื่นงบแสดงฐานะการเงินย้อนไปอีก 1 ปี ได้

(2) กรณีผู้ยื่นข้อเสนอเป็นนิติบุคคลที่จัดตั้งขึ้นตามกฎหมายไทย ซึ่งยังไม่มีการรายงานงบแสดงฐานะการเงินกับกรมพัฒนาธุรกิจการค้า หรือกรณีผู้ยื่นข้อเสนอเป็นนิติบุคคลที่จัดตั้งขึ้นตามกฎหมายต่างประเทศซึ่งยังไม่มีการรายงานงบแสดงฐานะการเงิน ให้พิจารณาการกำหนดมูลค่าของทุนจดทะเบียนโดยผู้ยื่นข้อเสนอจะต้องมีทุนจดทะเบียนที่เรียกชำระมูลค่าหุ้นแล้ว ณ วันที่ยื่นข้อเสนอ ไม่ต่ำกว่า 2 ล้านบาท

(3) สำหรับการจัดซื้อจัดจ้างครั้งหนึ่งที่มีวงเงินเกิน 500,000 บาทขึ้นไป กรณีผู้ยื่นข้อเสนอเป็นบุคคลธรรมดา ให้พิจารณาจากหนังสือรับรองบัญชีเงินฝากไม่เกิน 90 วัน ก่อนวันยื่นข้อเสนอ โดยต้องมีเงินฝากคงเหลือในบัญชีธนาคารเป็นมูลค่า 1 ใน 4 ของมูลค่างบประมาณของโครงการหรือรายการที่ยื่นข้อเสนอ ในแต่ละครั้ง และหากเป็นผู้ชนะการจัดซื้อจัดจ้างหรือเป็นผู้ได้รับการคัดเลือกจะต้องแสดงหนังสือรับรองบัญชีเงินฝากที่มีมูลค่าดังกล่าวอีกครั้งหนึ่งในวันลงนามในสัญญา

(4) กรณีที่ผู้ยื่นข้อเสนอไม่มีมูลค่าสุทธิของกิจการหรือทุนจดทะเบียน หรือมีแต่ไม่เพียงพอที่จะเข้ายื่นข้อเสนอ สามารถดำเนินการได้ดังนี้

(4.1) กรณีผู้ยื่นข้อเสนอเป็นนิติบุคคลที่จัดตั้งขึ้นตามกฎหมายไทย หรือบุคคลธรรมดาที่ถือสัญชาติไทย ผู้ยื่นข้อเสนอสามารถขอวงเงินสินเชื่อ โดยต้องมีวงเงินสินเชื่อ 1 ใน 4 ของมูลค่างบประมาณของโครงการหรือรายการที่ยื่นข้อเสนอในแต่ละครั้ง จะเป็นสินเชื่อที่ธนาคารภายในประเทศ หรือบริษัทเงินทุนหรือบริษัทเงินทุนหลักทรัพย์ที่ได้รับอนุญาตให้ประกอบกิจการเงินทุนเพื่อการพาณิชย์และประกอบธุรกิจค้ำประกันตามประกาศของธนาคารแห่งประเทศไทย ตามรายชื่อบริษัทเงินทุนที่ธนาคารแห่งประเทศไทยแจ้งเวียนให้ทราบ โดยพิจารณาจากยอดเงินรวมของวงเงินสินเชื่อที่สำนักงานใหญ่รับรอง หรือที่สำนักงานสาขารับรอง (กรณีได้รับมอบอำนาจจากสำนักงานใหญ่) ซึ่งออกให้แก่ผู้ยื่นข้อเสนอ นับถึงวันยื่นข้อเสนอไม่เกิน 90 วัน

(4.2) กรณีผู้ยื่นข้อเสนอเป็นนิติบุคคลที่จัดตั้งขึ้นตามกฎหมายต่างประเทศ หรือบุคคลธรรมดาที่มิได้ถือสัญชาติไทย ผู้ยื่นข้อเสนอสามารถขอวงเงินสินเชื่อ โดยต้องมีวงเงินสินเชื่อ 1 ใน 4 ของมูลค่างบประมาณของโครงการหรือรายการที่ยื่นข้อเสนอในแต่ละครั้ง จะเป็นสินเชื่อที่ธนาคารภายในประเทศ หรือบริษัทเงินทุนหรือบริษัทเงินทุนหลักทรัพย์ที่ได้รับอนุญาตให้ประกอบกิจการเงินทุนเพื่อการพาณิชย์ และประกอบธุรกิจค้ำประกันตามประกาศของธนาคารแห่งประเทศไทย ตามรายชื่อบริษัทเงินทุนที่ธนาคาร แห่งประเทศไทยแจ้งเวียนให้ทราบ หรือเป็นสินเชื่อที่ธนาคารต่างประเทศหรือบริษัทเงินทุนหลักทรัพย์ที่ได้รับอนุญาตให้ประกอบกิจการเงินทุนเพื่อการพาณิชย์และประกอบธุรกิจค้ำประกันตาม

**ผู้กำหนดขอบเขตงาน**

(ผศ.ดร.ไกรสร ลักษณ์ศิริ) (ผศ.ดร.หทัยทิพย์ สินธุยา) (อ.ดร.พันธ์ลพ สินธุยา) (นายโชคชัย คงอุดมทรัพย์)

ประกาศของธนาคารกลางต่างประเทศนั้น ตามรายชื่อบริษัทที่ธนาคารกลางต่างประเทศนั้นแจ้งเวียนให้ทราบ โดยพิจารณาจากยอดเงินรวมของวงเงินสินเชื่อที่สำนักงานใหญ่รับรอง หรือที่สำนักงานสาขารับรอง (กรณีได้รับมอบอำนาจจากสำนักงานใหญ่) ซึ่งออกให้แก่ผู้ยื่นข้อเสนอ นับถึงวันยื่นข้อเสนอไม่เกิน 90 วัน

(5) กรณีผู้ยื่นข้อเสนอเป็นนิติบุคคลที่จัดตั้งขึ้นตามกฎหมายต่างประเทศ หรือบุคคลธรรมดาที่มิได้ถือสัญชาติไทยตามข้อ 2 ข้อ 3 และข้อ 4 (2) มูลค่าจะต้องเป็นไปตามอัตราแลกเปลี่ยนเงินตรา ตามประกาศที่ธนาคารแห่งประเทศไทยกำหนด ในช่วงระหว่างวันที่เผยแพร่ประกาศและเอกสารประกวดราคาในระบบจัดซื้อจัดจ้างภาครัฐด้วยอิเล็กทรอนิกส์ (e - GP) จนถึงวันเสนอราคา ทั้งนี้ ผู้ยื่นข้อเสนอจะต้องยื่นเอกสารที่แสดงให้เห็นถึงข้อมูลเกี่ยวกับมูลค่าสุทธิของกิจการแล้วแต่กรณี ประกอบกับเอกสารดังกล่าวจะต้องผ่านการรับรองตามระเบียบกระทรวงการต่างประเทศว่าด้วยการรับรองเอกสาร พ.ศ. 2539 และที่แก้ไขเพิ่มเติมกำหนด โดยจะต้องยื่นเอกสารดังกล่าวในวันยื่นข้อเสนอ หากผู้ยื่นข้อเสนอมิได้มีการยื่นเอกสารดังกล่าวมาพร้อมกับการยื่นข้อเสนอให้ถือว่าผู้ยื่นข้อเสนอรายนั้นยื่นเอกสารไม่ครบถ้วนตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ในเอกสารประกวดราคา

(6) กรณีตาม ข้อ (1) - ข้อ (5) ไม่ใช้บังคับกรณีดังต่อไปนี้

(6.1) กรณีที่ผู้ยื่นข้อเสนอเป็นหน่วยงานของรัฐภายในประเทศ

(6.2) นิติบุคคลที่จัดตั้งขึ้นตามกฎหมายไทยที่อยู่ระหว่างการฟื้นฟูกิจการตามพระราชบัญญัติล้มละลาย พ.ศ. 2483 และที่แก้ไขเพิ่มเติม

(6.3) งานจ้างก่อสร้างที่กรมบัญชีกลางได้ขึ้นทะเบียนผู้ประกอบการงานก่อสร้างแล้ว และงานจ้างก่อสร้างที่หน่วยงานของรัฐที่ได้มีการจัดทำบัญชีผู้ประกอบการงานก่อสร้างที่มีคุณสมบัติเบื้องต้นไว้แล้วก่อนวันที่พระราชบัญญัติการจัดซื้อจัดจ้างฯ มีผลใช้บังคับ

(6.4) การจัดซื้อจัดจ้างตามมาตรา 56 วรรคหนึ่ง (2) (ข) และ (ค) แห่งพระราชบัญญัติการจัดซื้อจัดจ้างฯ

(6.5) การซื้ออสังหาริมทรัพย์และการเช่าอสังหาริมทรัพย์

(6.6) กรณีงานจ้างบริการหรืองานจ้างเหมาบริการกับบุคคลธรรมดา เช่น จ้างพนักงานขับรถ ครูชาวต่างชาติ พนักงานเก็บขยะ พนักงานบันทึกข้อมูล เป็นต้น

**4. รายละเอียดคุณลักษณะเฉพาะของงานที่จะจัดจ้าง**

รายละเอียดคุณลักษณะของงานจ้างพัฒนาและติดตั้งต้นแบบระบบบริหารจัดการพลังงานชุมชนแบบ Prosumer Community Microgrid (PCM) สำหรับ Smart Farm และ Household Electrification (ตามรายละเอียดในเอกสารแนบ 1)

**ผู้กำหนดขอบเขตงาน**

(ผศ.ดร.ไกรสร ลักษณ์ศิริ) (ผศ.ดร.ทัทยทิพย์ สินธุยา) (อ.ดร.พันธ์ลพ สินธุยา) (นายโชคชัย คงอุดมทรัพย์)

5. **กำหนดเวลาส่งมอบพัสดุ**

ส่งมอบภายใน 240 วัน นับถัดจากวันลงนามในสัญญาจ้าง

6. **หลักเกณฑ์ในการพิจารณาคัดเลือกข้อเสนอ**

พิจารณาตัดสินโดยใช้ **เกณฑ์ราคาประกอบเกณฑ์อื่น** (ตามรายละเอียดในเอกสารแนบ 2)

7. **วงเงินงบประมาณ/วงเงินที่ได้รับจัดสรร**

วงเงินงบประมาณเงิน 6,060,000.00 บาท (หกล้านหกหมื่นบาทถ้วน) จากงบประมาณสนับสนุนเงินจากกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน ปีงบประมาณ พ.ศ. 2568 (เลขที่สัญญา กทอ.68(3)-03-002) โครงการพัฒนาต้นแบบและศูนย์การเรียนรู้การใช้พลังงานในชุมชนแบบ Prosumer โดยใช้แหล่งพลังงาน แบบกระจายศูนย์ (DERs) เพื่อยกระดับคุณภาพชีวิตของประชาชนในครัวเรือนและภาคการเกษตร

8. **งวดงานและการจ่ายเงิน**

มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่จะจ่ายค่าสิ่งของ ซึ่งได้รวมภาษีมูลค่าเพิ่ม ตลอดจนภาษีอากรอื่น ๆ และค่าใช้จ่ายทั้งปวงแล้ว โดยถือราคาเหมารวมเป็นเกณฑ์ และกำหนดจ่ายเงิน เมื่อผู้รับจ้างได้ส่งมอบงานได้ครบถ้วนตามสัญญา และมหาวิทยาลัยได้ตรวจรับมอบงานไว้เรียบร้อยแล้ว โดยแบ่งออกเป็น 3 งวด ดังนี้

**งวดที่** 1 เป็นจำนวนเงินอัตราร้อยละ 25 ของค่าจ้าง

เมื่อผู้รับจ้างได้ดำเนินการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์และระบบกักเก็บพลังงาน ในพื้นที่มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ศูนย์แม่ริมแล้วเสร็จตามแบบที่ได้รับอนุมัติ โดยต้องส่งมอบดังนี้

(1) รายงาน 1 ฉบับ ประกอบด้วยเนื้อหาอย่างน้อย ดังนี้

- ข้อมูลฐานด้านพลังงานและ Load Profile เบื้องต้น
- System Modeling & Site Planning และ Communication System Architecture Design แบบวิศวกรรม System Architecture ของระบบ Prosumer Community Microgrid และ Safety Plan
- Layout ตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์
- รายการคำนวณระบบ PV และ BESS

**ผู้กำหนดขอบเขตงาน**

(ผศ.ดร.ไกรสร ลักษณ์ศิริ) (ผศ.ดร.หทัยทิพย์ สินธุยา) (อ.ดร.พันธ์ลพ สินธุยา) (นายโชคชัย คงอุดมทรัพย์)

- แผนการเชื่อมโยง EMS และ Dashboard และ Database และ API และ Digital Twin
- System Architecture ของระบบ Prosumer Community Microgrid

(2) ผลผลิต

ติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์และระบบกักเก็บพลังงาน พื้นที่มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ศูนย์แม่ริมแล้วเสร็จ ประกอบด้วย

1. กลุ่มบ้านพักอาศัย จำนวน 5 หลัง ติดตั้งระบบ PV Rooftop กำลังผลิตรวมไม่น้อยกว่า 15 kWp
2. กลุ่มอาคารสำนักงานหรืออาคารใช้งานกลางวัน จำนวน 3 หลัง ติดตั้งระบบ PV Rooftop กำลังผลิตรวมไม่น้อยกว่า 20 kWp
3. ระบบกักเก็บพลังงานหลัก ขนาดรวมไม่น้อยกว่า 100 kWh

- ผลการติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันทางไฟฟ้า ตู้ไฟฟ้า สายไฟ สายสื่อสาร และอุปกรณ์ประกอบ
- รายงานผลการติดตั้ง ภาพถ่าย รายการอุปกรณ์ที่ติดตั้งจริง และ Checklist การตรวจรับงานติดตั้ง ที่เป็นไปตามมาตรฐาน วสท. และ IEC 62548 (รายงานทดสอบความปลอดภัยจากหน่วยงานภายนอก หรือผู้ที่มีความเชี่ยวชาญด้านวิศวกรรมไฟฟ้า หรือสาขาที่เกี่ยวข้อง)

ให้แล้วเสร็จภายใน 90 วัน นับถัดจากวันลงนามในสัญญา

**งวดที่ 2** เป็นจำนวนเงินอัตราร้อยละ 35 ของค่าจ้าง

เมื่อผู้รับจ้างได้ดำเนินการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์และระบบกักเก็บพลังงาน ในพื้นที่ Smart Farm สวนผักอินทรีย์เพลินจิต แล้วเสร็จตามแบบที่ได้รับอนุมัติ โดยต้องส่งมอบดังนี้

(1) รายงาน 1 ฉบับ ประกอบด้วยเนื้อหาอย่างน้อย ดังนี้

- ข้อมูลฐานด้านพลังงานและ Load Profile เบื้องต้น
- System Modeling & Site Planning และ Communication System Architecture Design แบบวิศวกรรม System Architecture ของระบบ Prosumer Community Microgrid และ Safety Plan
- Layout ตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์
- รายการคำนวณระบบ PV และ BESS
- แผนการเชื่อมโยง EMS และ Dashboard และ Database และ API และ Digital Twin
- System Architecture ของระบบ Prosumer Community Microgrid

**ผู้กำหนดขอบเขตงาน**

(ผศ.ดร.ไกรสร ลักษณ์ศิริ) (ผศ.ดร.หทัยทิพย์ สินธุยา) (อ.ดร.พันธ์ลพ สินธุยา) (นายโชคชัย คงอุดมทรัพย์)

- ผลการติดตั้ง Smart Meter และอุปกรณ์ตรวจวัดที่เกี่ยวข้อง
- รายงานผลการติดตั้ง ภาพถ่าย รายการอุปกรณ์ที่ติดตั้งจริง และ Checklist การตรวจรับงานติดตั้ง
- ผลการเชื่อมโยงข้อมูลจากอุปกรณ์ภาคสนามเข้าสู่ระบบ EMS และ Dashboard และ Database ระยะต้น
- ผลการเชื่อมโยงข้อมูลเข้าสู่ EMS หรือระบบข้อมูลกลางของผู้ว่าจ้างระยะต้น
- รายงานผลการติดตั้ง ภาพถ่าย รายการอุปกรณ์ที่ติดตั้งจริง และ Checklist การตรวจรับงานติดตั้ง
- สถานะ EMS / Monitoring Dashboard
- ผลการเชื่อมโยงข้อมูลจาก PV, BESS, Smart Meter, IoT Gateway และอุปกรณ์ภาคสนามเข้าสู่ระบบกลาง

(2) ผลผลิต

ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์และระบบกักเก็บพลังงาน พื้นที่ Smart Farm สวนผักอินทรีย์เพลินจิต ประกอบด้วย

1. กลุ่มบ้านพักเกษตรกร สำหรับบ้านพักเกษตรกรจำนวน 3 หลัง ต้องติดตั้งระบบ PV Rooftop ขนาดรวมไม่น้อยกว่าประมาณ 9 kWp
2. ส่วนอาคาร Outlet ต้องติดตั้งระบบ PV Rooftop ขนาดประมาณ 5 kWp
3. ส่วน Mini Solar Farm / Agrivoltaics ต้องติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดประมาณ 20 kWp
4. ระบบกักเก็บพลังงานสำหรับ Smart Farm ขนาดรวมไม่น้อยกว่า 40 kWh

- ผลการติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันทางไฟฟ้า ตู้ไฟฟ้า สายไฟ สายสื่อสาร และอุปกรณ์ประกอบ
- รายงานผลการติดตั้ง ภาพถ่าย รายการอุปกรณ์ที่ติดตั้งจริง และ Checklist การตรวจรับงานติดตั้ง ที่เป็นไปตามมาตรฐาน วสท. และ IEC 62548 (รายงานทดสอบความปลอดภัยจากหน่วยงานภายนอก หรือผู้ที่มีความเชี่ยวชาญด้านวิศวกรรมไฟฟ้า หรือสาขาที่เกี่ยวข้อง)

ให้แล้วเสร็จภายใน 180 วัน นับถัดจากวันลงนามในสัญญา

**ผู้กำหนดขอบเขตงาน**

(ผศ.ดร.ไกรสร ลักษณ์ศิริ) (ผศ.ดร.หทัยทิพย์ สินธุยา) (อ.ดร.พันธ์ลพ สินธุยา) (นายโชคชัย คงอุดมทรัพย์)

**งวดที่ 3** เป็นจำนวนเงินอัตราร้อยละ 40 ของค่าจ้าง

เมื่อผู้รับจ้างได้ดำเนินการจัดทำ Energy Management System (EMS) และ IoT Monitoring พร้อมระบบสื่อสารชื่อมโยง EMS, Dashboard, API, Database และทดสอบระบบ End-to-End แล้วเสร็จ โดยต้องส่งมอบดังนี้

(1) รายงาน 1 ฉบับ ประกอบด้วยเนื้อหาอย่างน้อย ดังนี้

- ผลการติดตั้ง Smart Meter และอุปกรณ์ตรวจวัดที่เกี่ยวข้อง
- ผลการติดตั้ง IoT Gateway และ Communication Device และ Network Device
- รายงานผลการติดตั้ง ภาพถ่าย รายการอุปกรณ์ที่ติดตั้งจริง และ Checklist การตรวจรับงานติดตั้ง
- รายงานผลการเชื่อมโยงข้อมูลจากอุปกรณ์ภาคสนามเข้าสู่ระบบ EMS และ Dashboard และ Database พร้อมคู่มือ
    - สถานะ EMS / Monitoring Dashboard
    - ผลการแสดงผล Real-time Data หรือ near real-time Historical Data
    - ผลการบันทึกข้อมูลลง Database
    - ผลการทดสอบ API และการเชื่อมโยงข้อมูลกับ Comm-Link
    - ผลการทดสอบ Digital Twin หรือ Scenario เบื้องต้น
    - Functional Test Report และ Communication Test Report
    - Performance Test Report
    - ผลการทดสอบ Alert / Alarm และสิทธิ์ผู้ใช้งาน
    - ผล Commissioning ระบบ
    - ผลการทดลองใช้งานระบบ
    - ผลการประเมินผลระบบด้านเทคนิคและการใช้งาน
- รายงาน Energy Performance Analysis เบื้องต้น
- คู่มือการใช้งานระบบ PV และ BESS และ Smart Meter และ EMS และ Dashboard
- คู่มือการบำรุงรักษาระบบ
- As-built Drawing ฉบับสมบูรณ์
- API Specification, Data Dictionary, Device List, Data Mapping และเอกสารระบบทั้งหมด
- เอกสารรับประกันอุปกรณ์และระบบ
- สรุปผลการดำเนินงานตามสัญญาจ้าง

**ผู้กำหนดขอบเขตงาน**

(ผศ.ดร.ไกรสร ลักษณ์ศิริ) (ผศ.ดร.หทัยทิพย์ สินธุยา) (อ.ดร.พันธ์ลพ สินธุยา) (นายโชคชัย คงอุดมทรัพย์)

ให้แล้วเสร็จภายใน 240 วัน นับถัดจากวันลงนามในสัญญา

ภายหลังการส่งมอบงานหลักงวดสุดท้าย ผู้รับจ้างต้องอยู่ระหว่างระยะเวลาสัญญาที่เหลือจนถึงวันที่ 26 กุมภาพันธ์ 2570 เพื่อดำเนินการแก้ไข ปรับปรุง เพิ่มเติมเอกสาร หรือทดสอบซ้ำตามข้อสังเกตของคณะกรรมการตรวจรับ โดยไม่มีค่าใช้จ่ายเพิ่มเติม เว้นแต่เป็นการเปลี่ยนแปลงขอบเขตงานที่ได้รับอนุมัติเป็นลายลักษณ์อักษรจากผู้ว่าจ้าง

ทั้งนี้ การเบิกจ่ายเงินในแต่ละงวดให้เป็นไปตามผลสำเร็จของงานและเอกสารหลักฐานประกอบการตรวจรับที่ผู้ว่าจ้างกำหนด หากงานงวดใดไม่แล้วเสร็จหรือเอกสารส่งมอบไม่ครบถ้วน ผู้รับจ้างต้องดำเนินการแก้ไข ปรับปรุง หรือจัดส่งเอกสารเพิ่มเติมให้ครบถ้วนก่อนที่ผู้ว่าจ้างจะพิจารณาตรวจรับและอนุมัติการเบิกจ่ายเงินงวดนั้น โดยมหาวิทยาลัยฯ จะชำระค่างานในแต่ละงวดต่อเมื่อได้รับอนุมัติเงินงบประมาณแล้วเท่านั้น

**9. อัตราค่าปรับ**

- คิดค่าปรับในอัตราร้อยละ 0.10 ของราคาค่าจ้างต่อวัน

**10. การกำหนดระยะเวลารับประกันความชำรุดบกพร่อง**

กำหนดรับประกันความชำรุดบกพร่องของอุปกรณ์ ระบบฮาร์ดแวร์ ระบบซอฟต์แวร์ ระบบบริหารจัดการพลังงาน ระบบสื่อสารข้อมูล ระบบฐานข้อมูล ระบบแสดงผล Dashboard ระบบ API ระบบ Digital Twin ตลอดจนโปรแกรมและแพลตฟอร์มที่เกี่ยวข้องทั้งหมด ภายในระยะเวลาไม่น้อยกว่า 1 ปี นับถัดจากวันที่ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ได้รับมอบงาน โดยผู้รับจ้างต้องรีบดำเนินการตรวจสอบ ซ่อมแซม แก้ไข หรือปรับปรุงให้สามารถใช้งานได้ตามปกติภายใน 7 วัน นับถัดจากวันที่ได้รับแจ้งความชำรุดบกพร่อง

ทั้งนี้ หากไม่สามารถดำเนินการแก้ไขให้แล้วเสร็จภายในระยะเวลาที่กำหนด ผู้รับจ้างต้องจัดหาอุปกรณ์หรือระบบทดแทนชั่วคราวเพื่อไม่ให้กระทบต่อการดำเนินงานของผู้ว่าจ้าง โดยไม่คิดค่าใช้จ่ายเพิ่มเติมใด ๆ ทั้งสิ้น

**ผู้กำหนดขอบเขตงาน**

(ผศ.ดร.ไกรสร ลักษณ์ศิริ) (ผศ.ดร.หทัยทิพย์ สินธุยา) (อ.ดร.พันธ์ลพ สินธุยา) (นายโชคชัย คงอุดมทรัพย์)

**11. รายชื่อผู้รับผิดชอบร่างขอบเขตของงานและราคากลาง**

(1) ผศ.ดร.ไกรสร ลักษณ์ศิริ ประธานกรรมการ

(2) ผศ.ดร.หทัยทิพย์ สินธุยา กรรมการ

(3) อ.ดร.พันธ์ลพ สินธุยา กรรมการ

(4) นายโชคชัย คงอุดมทรัพย์ กรรมการ

**ผู้กำหนดขอบเขตงาน**

| | | | |
|---|---|---|---|
| ..... | ..... | ..... | ..... |
| (ผศ.ดร.ไกรสร ลักษณ์ศิริ) | (ผศ.ดร.หทัยทิพย์ สินธุยา) | (อ.ดร.พันธ์ลพ สินธุยา) | (นายโชคชัย คงอุดมทรัพย์) |

# รายละเอียดคุณลักษณะเฉพาะของงาน
# จ้างพัฒนาและติดตั้งต้นแบบระบบบริหารจัดการพลังงานชุมชน แบบ Prosumer Community Microgrid (PCM) สำหรับ Smart Farm และ Household Electrification

การจ้างเหมานี้เป็นการจ้างพัฒนา ออกแบบ จัดหา ติดตั้ง เชื่อมโยง ทดสอบ และส่งมอบต้นแบบระบบบริหารจัดการพลังงานชุมชนแบบ Prosumer Community Microgrid (PCM) สำหรับพื้นที่ Smart Farm และ Household Electrification โดยต้องสามารถใช้งานได้จริงในพื้นที่ต้นแบบ และต้องเชื่อมโยงระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ระบบกักเก็บพลังงาน ระบบตรวจวัด ระบบควบคุมโหลด ระบบสื่อสารข้อมูล และแพลตฟอร์มบริหารจัดการพลังงานเข้าด้วยกันอย่างเป็นระบบ ทั้งนี้ การดำเนินงานต้องสอดคล้องกับขอบเขตงานหลัก 3 กลุ่ม ได้แก่ WP1 การพัฒนาต้นแบบระบบพลังงาน WP2 การพัฒนาระบบสื่อสารและแพลตฟอร์มติดตามวิเคราะห์ข้อมูล และ WP3 การพัฒนาศูนย์การเรียนรู้และกิจกรรมอบรมด้าน Prosumer Community Microgrid

ระบบ Prosumer Community Microgrid (PCM) ที่จัดจ้างตามโครงการนี้ ต้องเป็นระบบต้นแบบที่สามารถบูรณาการแหล่งพลังงานแบบกระจายศูนย์ (Distributed Energy Resources: DERs) ได้แก่ ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ระบบกักเก็บพลังงาน ระบบควบคุมโหลด ระบบตรวจวัดพลังงาน ระบบสื่อสารข้อมูล และระบบบริหารจัดการพลังงานเข้าด้วยกัน เพื่อรองรับการผลิต การใช้ การจัดเก็บ การติดตาม และการบริหารจัดการพลังงานในระดับชุมชนและภาคการเกษตร

## 1. พื้นที่ดำเนินงาน

การพัฒนาและติดตั้งต้นแบบระบบบริหารจัดการพลังงานชุมชน แบบ Prosumer Community Microgrid (PCM) สำหรับ Smart Farm และ Household Electrification ต้องรองรับการใช้งานในพื้นที่ต้นแบบ 2 พื้นที่ ประกอบด้วย

(1) พื้นที่มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ศูนย์แม่ริม

(2) พื้นที่ Smart Farm สวนผักอินทรีย์เพลินจิต จังหวัดเชียงใหม่

โดยระบบทั้งสองพื้นที่ต้องสามารถเชื่อมโยงข้อมูลเข้าสู่ระบบ EMS และ Dashboard และ Database และ Analytics และ Digital Twin และ API เพื่อใช้ในการติดตาม วิเคราะห์ ประเมินผล และถ่ายทอดองค์ความรู้ด้าน Prosumer Community Microgrid

**ผู้กำหนดขอบเขตงาน**

(ผศ.ดร.ไกรสร ลักษณ์ศิริ) (ผศ.ดร.หทัยทิพย์ สินธุยา) (อ.ดร.พันธ์ลพ สินธุยา) (นายโชคชัย คงอุดมทรัพย์)

ระบบโดยรวมต้องสามารถแสดงข้อมูลการผลิตไฟฟ้า การใช้พลังงาน การชาร์จและคายประจุของแบตเตอรี่ การไหลของพลังงาน สถานะอุปกรณ์ และค่าชี้วัดสำคัญของโครงการได้แบบ Real-time หรือ Near Real-time

ผู้รับจ้างต้องจัดทำแบบแนวคิดระบบโดยรวม หรือ System Architecture ที่แสดงการเชื่อมโยงระหว่าง Solar PV, BESS, Smart Meter, IoT Gateway, Communication Network, EMS, Dashboard, Database, Analytics, Digital Twin และ API รวมถึงการเชื่อมโยงข้อมูลกับ EMSหรือระบบข้อมูลกลางของผู้ว่าจ้าง เพื่อให้ผู้ว่าจ้างพิจารณาอนุมัติก่อนดำเนินการติดตั้ง ซึ่งประกอบด้วยรายละเอียด ดังนี้

| พื้นที่ต้นแบบ | ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ | BESS |
|---|---|---|
| มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ศูนย์แม่ริม | • บ้านพักอาศัย จำนวน 5 หลัง (PV Rooftop) กำลังผลิตรวมไม่น้อยกว่า 15 kWp<br>• อาคารสำนักงาน จำนวน 3 หลัง (PV Rooftop) กำลังผลิตรวมไม่น้อยกว่า 20 kWp | • ขนาดรวมไม่น้อยกว่า 100 kWh |
| Smart Farm สวนผักอินทรีย์เพลินจิต | • บ้านพักเกษตรกร จำนวน 3 หลัง (PV Rooftop) ขนาดรวมไม่น้อยกว่าประมาณ 9 kWp<br>• อาคาร Outlet (PV Rooftop) ขนาดประมาณ 5 kWp<br>• Mini Solar Farm / Agrivoltaics ขนาดประมาณ 20 kWp | • ขนาดรวมไม่น้อยกว่า 40 kWh |

## 2. ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ (PV Solar System)

ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่จัดจ้างตามโครงการนี้ ต้องเป็นระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ชนิด Solar Photovoltaic System หรือระบบ Solar PV สำหรับใช้เป็นแหล่งผลิตพลังงานหมุนเวียนของระบบต้นแบบ Prosumer Community Microgrid (PCM) โดยระบบต้องสามารถผลิตไฟฟ้าเพื่อใช้ร่วมกับโหลดไฟฟ้าภายในพื้นที่ ระบบกักเก็บพลังงาน Battery Energy Storage System (BESS) ระบบ Smart Meter ระบบ IoT ระบบสื่อสารข้อมูล และระบบบริหารจัดการพลังงาน Energy Management System (EMS) ได้อย่างสมบูรณ์

ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ต้องติดตั้งในพื้นที่ต้นแบบที่ผู้ว่าจ้างกำหนด ได้แก่ พื้นที่มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ศูนย์แม่ริมและพื้นที่ Smart Farm / สวนผักอินทรีย์เพลินจิต จังหวัดเชียงใหม่ โดยมีกำลังติดตั้งรวมไม่น้อยกว่า 69 kWp หรือเป็นไปตามผลการออกแบบทางวิศวกรรมที่ได้รับความเห็นชอบจากผู้ว่าจ้าง ทั้งนี้ ต้องไม่ทำให้สมรรถนะรวมของระบบต่ำกว่าขนาดที่กำหนดในเอกสารขอบเขตงาน

**ผู้กำหนดขอบเขตงาน**

(ผศ.ดร.ไกรสร ลักษณ์ศิริ) (ผศ.ดร.หทัยทิพย์ สินธุยา) (อ.ดร.พันธ์ลพ สินธุยา) (นายโชคชัย คงอุดมทรัพย์)

ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ต้องสามารถรองรับการทำงานในรูปแบบ Grid-connected Microgrid, Hybrid-Isolated Microgrid หรือ Islanded Mode ตามลักษณะของพื้นที่ติดตั้ง โดยต้องสามารถตรวจวัด บันทึก และส่งข้อมูลการผลิตไฟฟ้า สถานะการทำงานของ Inverter และค่าทางไฟฟ้าที่เกี่ยวข้องเข้าสู่ระบบ EMS และ Dashboard และ Database ได้แบบ Real-time หรือ Near Real-time เพื่อใช้ในการติดตาม วิเคราะห์ และประเมินผลการผลิตและการใช้พลังงานของพื้นที่ต้นแบบ

**2.1 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ มีรายละเอียดดังนี้**

(1) แผงเซลล์แสงอาทิตย์ทุกแผงต้องเป็นชนิด Monocrystalline หรือ Mono-PERC หรือ TOPCon หรือ Back Contact หรือเทคโนโลยีอื่นที่มีคุณสมบัติเทียบเท่าหรือดีกว่า เป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ ไม่เคยผ่านการใช้งานมาก่อน มีเครื่องหมายการค้า รุ่น ขนาด และคุณลักษณะทางเทคนิคที่ชัดเจน พร้อมเอกสาร Datasheet จากผู้ผลิตหรือผู้แทนจำหน่าย

(2) แผงเซลล์แสงอาทิตย์ต้องมีกำลังผลิตต่อแผงไม่น้อยกว่า 540 Wp หรือขนาดอื่นที่เหมาะสมกับพื้นที่ติดตั้ง ทั้งนี้ ต้องทำให้กำลังผลิตรวมของระบบในแต่ละพื้นที่เป็นไปตามขนาดที่ผู้ว่าจ้างกำหนด และต้องได้รับความเห็นชอบจากผู้ว่าจ้างก่อนดำเนินการติดตั้ง

(3) แผงเซลล์แสงอาทิตย์ต้องมีประสิทธิภาพของแผงไม่น้อยกว่าร้อยละ 20 ภายใต้เงื่อนไขการทดสอบมาตรฐาน Standard Test Conditions (STC) หรือเงื่อนไขมาตรฐานที่ผู้ผลิตระบุ

(4) แผงเซลล์แสงอาทิตย์ต้องผ่านมาตรฐาน IEC 61215, IEC 61730 หรือมาตรฐานสากลอื่นที่เทียบเท่าหรือดีกว่า โดยผู้เสนอราคาต้องแนบเอกสารรับรองมาตรฐาน รายงานการทดสอบ หรือเอกสารจากผู้ผลิตเพื่อประกอบการพิจารณา

(5) แผงเซลล์แสงอาทิตย์ต้องมีความเหมาะสมสำหรับการติดตั้งภายนอกอาคาร สามารถทนต่อสภาพภูมิอากาศ แรงลม ความชื้น ฝุ่น และสภาพแวดล้อมของพื้นที่ติดตั้งได้อย่างเหมาะสม

(6) แผงเซลล์แสงอาทิตย์ต้องมีกรอบแผงและวัสดุประกอบที่แข็งแรง ทนต่อการกัดกร่อน และเหมาะสมกับการติดตั้งทั้งบนหลังคา พื้นดิน หรือระบบ Agrivoltaics ตามลักษณะของพื้นที่ติดตั้ง

(7) แผงเซลล์แสงอาทิตย์ต้องมีการรับประกันผลิตภัณฑ์ไม่น้อยกว่า 10 ปี และมีการรับประกันประสิทธิภาพเชิงเส้น หรือ Linear Performance Warranty ไม่น้อยกว่า 25 ปี โดยต้องมีเอกสารรับประกันจากผู้ผลิตหรือผู้แทนจำหน่ายที่ได้รับอนุญาต

(8) จำนวนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ต้องสอดคล้องกับกำลังผลิตรวมของแต่ละพื้นที่ โดยกรณีใช้แผงขนาดไม่น้อยกว่า 540 Wp ต่อแผง กำลังการผลิตรวมไม่น้อยกว่า 69 kWp ทั้งนี้ ผู้รับจ้างต้องแสดงรายการคำนวณกำลังผลิตรวม จำนวนแผง String Configuration และ Layout การติดตั้งให้ผู้ว่าจ้างพิจารณาอนุมัติก่อนติดตั้ง

**ผู้กำหนดขอบเขตงาน**

| | | | |
|---|---|---|---|
| (ผศ.ดร.ไกรสร ลักษณ์ศิริ) | (ผศ.ดร.หทัยทิพย์ สินธุยา) | (อ.ดร.พันธ์ลพ สินธุยา) | (นายโชคชัย คงอุดมทรัพย์) |

**2.2 Inverter / Hybrid Inverter มีรายละเอียดดังนี้**

(1) Inverter หรือ Hybrid Inverter ที่ใช้ในระบบต้องเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ ไม่เคยผ่านการใช้งานมาก่อน มีขนาดกำลังไฟฟ้าเหมาะสมกับขนาดกำลังผลิตของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในแต่ละพื้นที่ และต้องสามารถทำงานร่วมกับระบบ PV, BESS, Smart Meter, EMS และ Dashboard ได้อย่างเหมาะสม

(2) Inverter หรือ Hybrid Inverter ต้องรองรับการเชื่อมต่อกับระบบ EMS ซึ่งสามารถสื่อสารเชื่อมโยงข้อมูลเข้าสู่ระบบกลางได้อย่างมีเสถียรภาพ

(3) Inverter หรือ Hybrid Inverter ต้องมีฟังก์ชัน Maximum Power Point Tracking (MPPT)

(4) Inverter หรือ Hybrid Inverter ต้องมีฟังก์ชัน Monitoring เพื่อให้สามารถติดตามสถานะการผลิตไฟฟ้าและการทำงานของระบบได้แบบ Real-time หรือ Near Real-time ผ่านระบบ EMS และ Dashboard และ Database

(5) Inverter หรือ Hybrid Inverter ต้องมีฟังก์ชัน Anti-Islanding Protection เพื่อป้องกันการจ่ายไฟย้อนกลับเข้าสู่ระบบจำหน่ายในกรณีที่ระบบไฟฟ้าหลักดับหรือเกิดความผิดปกติ โดยต้องสามารถตัดการเชื่อมต่อได้อย่างปลอดภัยตามหลักวิศวกรรมไฟฟ้า

(6) Inverter หรือ Hybrid Inverter ต้องผ่านมาตรฐาน IEC 62109, IEC 61727, IEC 62116 หรือมาตรฐานอื่นที่เทียบเท่า และต้องเป็นอุปกรณ์ที่สามารถใช้งานร่วมกับระบบไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (PEA) การไฟฟ้านครหลวง (MEA) หรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องได้ ในกรณีที่มีการเชื่อมต่อกับระบบจำหน่ายไฟฟ้า

(7) Inverter หรือ Hybrid Inverter ต้องติดตั้งรวมไม่น้อยกว่า 7 ชุด หรือจำนวนที่เหมาะสมตามการออกแบบทางวิศวกรรม โดยต้องครอบคลุมระบบ PV แต่ละพื้นที่ ได้แก่

(7.1) ระบบ PV Rooftop ขนาดประมาณ 15 kWp จำนวนไม่น้อยกว่า 1 ชุด

(7.2) ระบบ PV Rooftop ขนาดประมาณ 20 kWp จำนวนไม่น้อยกว่า 1 ชุด

(7.3) ระบบ PV สำหรับบ้านพักเกษตรกร จำนวนไม่น้อยกว่า 3 ชุด หรือเทียบเท่าตามการออกแบบ

(7.4) ระบบ PV อาคาร Outlet จำนวนไม่น้อยกว่า 1 ชุด

(7.5) ระบบ Mini Solar Farm / Agrivoltaics จำนวนไม่น้อยกว่า 1 ชุด

(7.6) ขนาดและจำนวน Inverter หรือ Hybrid Inverter ต้องสอดคล้องกับระบบของแต่ละพื้นที่ โดยผู้รับจ้างต้องจัดทำรายการคำนวณ ขนาดอุปกรณ์ และแบบเชื่อมต่อระบบให้ผู้ว่าจ้างพิจารณาอนุมัติก่อนดำเนินการติดตั้ง

**ผู้กำหนดขอบเขตงาน**

(ผศ.ดร.ไกรสร ลักษณ์ศิริ) (ผศ.ดร.หทัยทิพย์ สินธุยา) (อ.ดร.พันธ์ลพ สินธุยา) (นายโชคชัย คงอุดมทรัพย์)

**2.3 โครงสร้างติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ มีรายละเอียดดังนี้**

(1) โครงสร้างติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ต้องออกแบบตามสภาพพื้นที่จริง มีความแข็งแรง ปลอดภัย และเหมาะสมกับลักษณะการติดตั้ง ได้แก่ การติดตั้งบนหลังคา การติดตั้งบนพื้นดิน หรือการติดตั้งในรูปแบบ Agrivoltaics

(2) โครงสร้างติดตั้งต้องคำนึงถึงน้ำหนักบรรทุกของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ น้ำหนักของโครงสร้าง แรงลม มุมเอียงของแผง ทิศทางแสงแดด เงาบัง การระบายน้ำ การกัดกร่อน และความปลอดภัยของผู้ใช้งานในพื้นที่

(3) วัสดุโครงสร้างรองรับแผงต้องเป็นอะลูมิเนียม เหล็กชุบกัลวาไนซ์ เหล็กเคลือบป้องกันสนิม หรือวัสดุอื่นที่มีความแข็งแรงและทนต่อสภาพแวดล้อมได้เทียบเท่าหรือดีกว่า

(4) อุปกรณ์ยึดจับ น็อต สกรู แคลมป์ และอุปกรณ์ประกอบต้องมีความทนทานต่อการกัดกร่อน เหมาะสมกับการติดตั้งภายนอกอาคาร และไม่ก่อให้เกิดความเสียหายต่อหลังคา อาคาร หรือพื้นที่ติดตั้ง

(5) ในกรณีที่ติดตั้งบนหลังคา ผู้รับจ้างต้องตรวจสอบสภาพหลังคา โครงสร้างรองรับความสามารถในการรับน้ำหนัก จุดยึดติด และแนวทางป้องกันน้ำรั่วซึมก่อนติดตั้ง หากจำเป็นต้องเสริมโครงสร้างหรือปรับปรุงพื้นที่ติดตั้ง ต้องได้รับความเห็นชอบจากผู้ว่าจ้างก่อนดำเนินการ

(6) ในกรณีที่ติดตั้งบนพื้นดินหรือในรูปแบบ Mini Solar Farm / Agrivoltaics ผู้รับจ้างต้องออกแบบฐานราก ความสูงของโครงสร้าง ระยะห่างระหว่างแผง ทางเดินเพื่อการบำรุงรักษา การระบายน้ำ และการใช้งานพื้นที่เกษตรร่วมกับระบบผลิตไฟฟ้าให้เหมาะสม

(7) การออกแบบโครงสร้างต้องคำนึงถึงความปลอดภัยในการใช้งานและการบำรุงรักษา โดยต้องมีพื้นที่เข้าถึงอุปกรณ์อย่างเหมาะสม และไม่กีดขวางการใช้งานปกติของอาคารหรือพื้นที่เกษตร

(8) ผู้รับจ้างต้องจัดทำแบบโครงสร้างติดตั้ง รายการวัสดุ และรายละเอียดการยึดจับแผง เพื่อให้ผู้ว่าจ้างพิจารณาอนุมัติก่อนดำเนินการติดตั้ง

**2.4 อุปกรณ์ป้องกันและระบบไฟฟ้าประกอบ มีรายละเอียดดังนี้**

(1) ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ต้องติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันทางไฟฟ้าที่จำเป็นอย่างครบถ้วน ทั้งฝั่งไฟฟ้ากระแสตรง (DC) และไฟฟ้ากระแสสลับ (AC)

(2) อุปกรณ์ป้องกันต้องประกอบด้วย DC Breaker และ AC Breaker และ DC Isolator และ AC Isolator และ Surge Protection Device (SPD) และ Fuse และ Combiner Box และ AC Distribution Board และ Grounding และ Earthing System และอุปกรณ์ป้องกันอื่นที่จำเป็นตามการออกแบบทางวิศวกรรม

**ผู้กำหนดขอบเขตงาน**

(ผศ.ดร.ไกรสร ลักษณ์ศิริ) (ผศ.ดร.หทัยทิพย์ สินธุยา) (อ.ดร.พันธ์ลพ สินธุยา) (นายโชคชัย คงอุดมทรัพย์)

(3) อุปกรณ์ป้องกันต้องสามารถป้องกันความเสียหายจากกระแสเกิน แรงดันเกิน ไฟกระชาก ไฟฟ้าลัดวงจร ความผิดปกติของ Inverter และความผิดปกติของระบบเชื่อมต่อไฟฟ้าได้อย่างเหมาะสม

(4) ระบบ Grounding และ Earthing ต้องครอบคลุมแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โครงสร้างติดตั้ง Inverter ตู้ไฟฟ้า อุปกรณ์ป้องกัน และอุปกรณ์ประกอบอื่นที่เกี่ยวข้อง โดยต้องออกแบบและติดตั้งตามหลักวิศวกรรมไฟฟ้าและมาตรฐานความปลอดภัย

(5) ผู้รับจ้างต้องทดสอบค่าความต้านทานดินของระบบ Grounding และจัดทำรายงานผลการทดสอบประกอบการส่งมอบ

(6) สายไฟฟ้า DC และ AC ต้องมีขนาดเหมาะสมกับกระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า ระยะทางเดินสาย และสภาพแวดล้อมของพื้นที่ติดตั้ง โดยต้องเป็นสายไฟฟ้าที่เหมาะสมกับระบบ Solar PV และติดตั้งในท่อร้อยสาย รางสาย หรือวิธีการเดินสายที่ปลอดภัยและเป็นระเบียบ

(7) ตู้ไฟฟ้า กล่อง Combiner Box และอุปกรณ์ที่ติดตั้งภายนอกอาคารต้องมีระดับการป้องกันฝุ่นและน้ำเหมาะสมกับพื้นที่ติดตั้ง และต้องสามารถใช้งานภายนอกได้อย่างปลอดภัย

(8) ต้องมีป้ายระบุอุปกรณ์ ป้ายวงจร ป้ายเตือนอันตรายจากไฟฟ้ากระแสตรง และป้ายความปลอดภัยในตำแหน่งที่เหมาะสม เพื่อให้ผู้ใช้งานและผู้ดูแลระบบสามารถใช้งานและบำรุงรักษาได้อย่างปลอดภัย

**2.5 ระบบ Anti-Reverse Power มีรายละเอียดดังนี้**

(1) ในระบบผลิตพลังงานต้องดำเนินการติดตั้งระบบป้องกันการจ่ายไฟฟ้าย้อนกลับเข้าสู่ระบบจำหน่าย หรือจำเป็นต้องควบคุมปริมาณการส่งออกไฟฟ้า ผู้รับจ้างต้องติดตั้งระบบ Zero Export หรือ Anti-Reverse Power หรือ Export Limiting Device (EXL) เพื่อป้องกันการจ่ายกระแสไฟฟ้าไหลย้อนเข้าสู่ระบบโครงข่ายไฟฟ้าตามมาตราฐานของการไฟฟ้า

(2) ระบบ Zero Export หรือ Anti-Reverse Power ต้องประกอบด้วย Smart Meter และ Current Transformer (CT) และ Power Meter และ Controller หรืออุปกรณ์เทียบเท่า ที่สามารถตรวจวัดทิศทางและปริมาณการไหลของพลังงานไฟฟ้าได้อย่างเหมาะสม

(3) ผู้รับจ้างต้องทดสอบการทำงานของระบบ Zero Export หรือ Anti-Reverse Power ก่อนส่งมอบ และต้องจัดทำรายงานผลการทดสอบประกอบการตรวจรับ

**2.6 ระบบตรวจวัดและการเชื่อมโยงข้อมูล มีรายละเอียดดังนี้**

(1) ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ต้องสามารถตรวจวัดข้อมูลการผลิตไฟฟ้าและสถานะการทำงานของระบบได้อย่างน้อย ได้แก่ กำลังผลิตไฟฟ้าปัจจุบัน (kW) พลังงานไฟฟ้าสะสม (kWh)

**ผู้กำหนดขอบเขตงาน**

| | | | |
|---|---|---|---|
| (ผศ.ดร.ไกรสร ลักษณ์ศิริ) | (ผศ.ดร.ทยัทิพย์ สินธุยา) | (อ.ดร.พันธ์ลพ สินธุยา) | (นายโชคชัย คงอุดมทรัพย์) |

แรงดันไฟฟ้า (V) กระแสไฟฟ้า (A) ความถี่ (Hz) Power Factor สถานะ Inverter สถานะการสื่อสาร และ Fault / Alarm Status

(2) ระบบต้องสามารถเชื่อมโยงข้อมูลจาก Inverter / Hybrid Inverter, Smart Meter และอุปกรณ์ประกอบเข้าสู่ระบบ EMS และ Dashboard และ Database ได้แบบ Real-time หรือ Near Real-time

(3) ระบบต้องรองรับมาตรฐานการสื่อสารมาตราฐาน หรือ Protocol อื่นที่สามารถเชื่อมต่อกับระบบกลางได้

(4) ข้อมูลที่จัดเก็บต้องสามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์ Load Profile, Supply Pattern, Renewable Energy Share และ Carbon Reduction และ Performance Ratio และสมรรถนะของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ได้

(5) ผู้รับจ้างต้องจัดทำรายการ Device List, Register Map หรือ Data Mapping ของอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อกับระบบกลาง เพื่อใช้เป็นเอกสารประกอบการบำรุงรักษาและการขยายระบบในอนาคต

**2.7 พื้นที่ติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ มีรายละเอียดดังนี้**

(1) พื้นที่ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ศูนย์แม่ริม

- กลุ่มบ้านพักอาศัย จำนวน 5 หลัง ต้องติดตั้งระบบ PV Rooftop กำลังผลิตรวมไม่น้อยกว่า 15 kWp
- กลุ่มอาคารสำนักงานหรืออาคารใช้งานกลางวัน จำนวน 3 หลัง ต้องติดตั้งระบบ PV Rooftop กำลังผลิตรวมไม่น้อยกว่า 20 kWp

(2) พื้นที่ Smart Farm

- กลุ่มบ้านพักเกษตรกร สำหรับบ้านพักเกษตรกรจำนวน 3 หลัง ต้องติดตั้งระบบ PV Rooftop ขนาดรวมไม่น้อยกว่าประมาณ 9 kWp
- ส่วนอาคาร Outlet ต้องติดตั้งระบบ PV Rooftop ขนาดประมาณ 5 kWp
- ส่วน Mini Solar Farm / Agrivoltaics ต้องติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดประมาณ 20 kWp

หมายเหตุ: ลักษณะการติดตั้งจริงในแต่ละพื้นที่สามารถปรับได้ตามผลการสำรวจพื้นที่ ความเหมาะสมของโครงสร้างอาคาร เงาบัง ทิศทางแสงแดด ระยะทางเดินสาย จุดเชื่อมต่อระบบไฟฟ้า และข้อจำกัดทางวิศวกรรม ทั้งนี้ ต้องไม่ทำให้กำลังผลิตรวมของระบบต่ำกว่าที่กำหนด และต้องได้รับความเห็นชอบจากผู้ว่าจ้างก่อนดำเนินการ

**ผู้กำหนดขอบเขตงาน**

(ผศ.ดร.ไกรสร ลักษณ์ศิริ) (ผศ.ดร.หทัยทิพย์ สินธุยา) (อ.ดร.พันธ์ลพ สินธุยา) (นายโชคชัย คงอุดมทรัพย์)

(3) การทดสอบและส่งมอบระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ มีรายละเอียดดังนี้

(3.1) ผู้รับจ้างต้องทดสอบระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ก่อนส่งมอบ เพื่อยืนยันว่าระบบสามารถผลิตไฟฟ้าได้จริงตามเงื่อนไขการออกแบบ และสามารถทำงานร่วมกับระบบอื่นในโครงการได้อย่างถูกต้อง

(3.2) การทดสอบต้องครอบคลุมอย่างน้อย ได้แก่ การทดสอบการผลิตไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ การทดสอบการทำงานของ Inverter / Hybrid Inverter การทดสอบระบบป้องกัน DC / AC การทดสอบระบบ Grounding การทดสอบ Anti-Islanding และการทดสอบ Zero Export / Anti-Reverse Power ในกรณีที่มีการใช้งาน

(3.3) ต้องทดสอบการเชื่อมโยงข้อมูลจาก Inverter / Hybrid Inverter และ Smart Meter เข้าสู่ระบบ EMS และ Dashboard และ Database เพื่อยืนยันว่าข้อมูลสามารถแสดงผลและจัดเก็บได้ครบถ้วน

(3.4) ต้องทดสอบการทำงานร่วมกับระบบ Battery Energy Storage System (BESS) และ Microgrid Controller เพื่อยืนยันว่าระบบสามารถรองรับการชาร์จแบตเตอรี่จากพลังงานส่วนเกิน และรองรับการบริหารจัดการพลังงานตามแนวทางของระบบ PCM ได้

(3.5) ต้องจัดทำรายงาน Commissioning Report, Functional Test Report, Performance Test Report, Communication Test Report และ As-built Drawing เพื่อประกอบการตรวจรับ

(3.6) ต้องจัดส่งคู่มือการใช้งาน คู่มือบำรุงรักษา Datasheet อุปกรณ์หลัก เอกสารรับรองมาตรฐาน เอกสารรับประกันสินค้า และรายการอุปกรณ์จริงที่ติดตั้งทั้งหมดให้แก่ผู้ว่าจ้าง

(3.7) ต้องอบรมการใช้งานและการบำรุงรักษาระบบเบื้องต้นให้แก่บุคลากรของผู้ว่าจ้าง เพื่อให้สามารถติดตามสถานะระบบ ตรวจสอบข้อมูล และแก้ไขปัญหาเบื้องต้นได้อย่างเหมาะสม

## 3. ระบบกักเก็บพลังงาน (Battery Energy Storage System: BESS)

ระบบกักเก็บพลังงานที่จัดจ้างตามโครงการนี้ ต้องเป็นระบบ Battery Energy Storage System (BESS) สำหรับใช้ร่วมกับระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ระบบไมโครกริด ระบบ Smart Meter ระบบ IoT ระบบสื่อสารข้อมูล และระบบบริหารจัดการพลังงาน Energy Management System (EMS) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อกักเก็บพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากระบบ Solar PV ในช่วงที่มีพลังงานส่วนเกิน และจ่ายคืนให้แก่โหลดไฟฟ้าในช่วงที่มีความต้องการใช้พลังงานสูง ช่วงกลางคืน หรือช่วงที่ระบบไฟฟ้าหลักไม่สามารถจ่ายพลังงานได้อย่างเพียงพอ

**ผู้กำหนดขอบเขตงาน**

(ผศ.ดร.ไกรสร ลักษณ์ศิริ) (ผศ.ดร.หทัยทิพย์ สินธุยา) (อ.ดร.พันธ์ลพ สินธุยา) (นายโชคชัย คงอุดมทรัพย์)

ระบบกักเก็บพลังงานต้องรองรับการใช้งานในลักษณะ Prosumer Community Microgrid (PCM) ทั้งในพื้นที่มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ศูนย์แม่ริมและพื้นที่ Smart Farm โดยต้องสามารถรองรับการทดลองและการใช้งานด้าน Load Shifting, Peak Shaving, Energy Scheduling, Backup Power, Hybrid Operation และ Island Mode ตามความเหมาะสมของระบบ ทั้งนี้ ระบบต้องสามารถเชื่อมโยงและควบคุมผ่าน EMS และ Dashboard และ Database ได้แบบ Real-time หรือ Near Real-time เพื่อใช้ในการติดตาม วิเคราะห์ และประเมินผลการใช้พลังงานของพื้นที่ต้นแบบ

**3.1 ชนิดแบตเตอรี่ มีรายละเอียดดังนี้**

(1) แบตเตอรี่ต้องเป็นชนิด Lithium Iron Phosphate ($LiFePO_4$ / LFP) หรือ Lithium-Ion Technology ที่มีความปลอดภัยสูง หรือเทคโนโลยีแบตเตอรี่ชนิดอื่นที่มีคุณสมบัติเทียบเท่าหรือดีกว่า ทั้งนี้ ต้องเป็นเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับการใช้งานในระบบไมโครกริด ระบบพลังงานแสงอาทิตย์ และระบบกักเก็บพลังงานสำหรับชุมชน

(2) แบตเตอรี่ต้องเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ ไม่เคยผ่านการใช้งานมาก่อน เป็นระบบแบบ Modular หรือสามารถถอดเปลี่ยน และบำรุงรักษาเป็นส่วนย่อยได้

**3.2 ความจุของระบบกักเก็บพลังงาน มีรายละเอียดดังนี้**

(1) ระบบกักเก็บพลังงานหลักสำหรับพื้นที่มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ศูนย์แม่ริมต้องมีความจุรวมไม่น้อยกว่า 100 kWh หรือขนาดที่เหมาะสมตามแบบ รายการคำนวณ และผลการออกแบบทางวิศวกรรมที่ได้รับอนุมัติจากผู้ว่าจ้าง โดยเป็นระบบสำหรับรองรับการบริหารจัดการพลังงานในพื้นที่ต้นแบบ Prosumer Community Microgrid และการทดลองรูปแบบการใช้พลังงานของชุมชน

(2) ระบบกักเก็บพลังงานสำหรับพื้นที่ Smart Farm / สวนผักอินทรีย์เพลินจิต ต้องมีความจุรวมไม่น้อยกว่า 40 kWh หรือขนาดที่เหมาะสมตามแบบ รายการคำนวณ และผลการออกแบบทางวิศวกรรมที่ได้รับอนุมัติจากผู้ว่าจ้าง เพื่อรองรับการใช้พลังงานในกิจกรรมเกษตร ระบบโรงเรือน ระบบสูบน้ำ ระบบแสงสว่าง บ้านพักเกษตรกร และโหลดไฟฟ้าที่เกี่ยวข้องกับระบบ Smart Farm

**3.3 ตำแหน่งติดตั้งระบบกักเก็บพลังงาน มีรายละเอียดดังนี้**

(1) ระบบกักเก็บพลังงานหลัก ขนาดรวมไม่น้อยกว่า 100 kWh ให้ติดตั้งในพื้นที่มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ศูนย์แม่ริมหรือพื้นที่ที่ผู้ว่าจ้างกำหนด โดยต้องเป็นตำแหน่งที่เหมาะสมต่อการเชื่อมต่อกับระบบ PV Rooftop, AC BUS, DC BUS, Microgrid Controller, EMS และระบบ Smart Meter ของพื้นที่ต้นแบบ

(2) ระบบกักเก็บพลังงานสำหรับ Smart Farm ขนาดรวมไม่น้อยกว่า 40 kWh ให้ติดตั้งในพื้นที่ Smart Farm / สวนผักอินทรีย์เพลินจิต หรือพื้นที่ที่ผู้ว่าจ้างกำหนด โดยต้องรองรับการเชื่อมต่อกับ

ระบบ PV ของบ้านพักเกษตรกร และ Mini Solar Farm / Agrivoltaics รวมถึงโหลดด้านการเกษตรที่เกี่ยวข้อง

(3) ตำแหน่งติดตั้งต้องเป็นพื้นที่ที่มีความปลอดภัย และสามารถเข้าถึงเพื่อการตรวจสอบ บำรุงรักษา หรือแก้ไขปัญหาได้สะดวก ตามมาตรฐาน

(4) ผู้รับจ้างต้องจัดทำแบบ Layout ตำแหน่งติดตั้งระบบกักเก็บพลังงาน ตำแหน่งตู้แบตเตอรี่ ตำแหน่ง PCS / Battery Inverter ตำแหน่งตู้ไฟฟ้า ตำแหน่งอุปกรณ์ป้องกัน และแนวทางเดินสายไฟฟ้า เพื่อเสนอให้ผู้ว่าจ้างพิจารณาอนุมัติก่อนดำเนินการติดตั้ง

**3.4 ประสิทธิภาพและอายุการใช้งาน มีรายละเอียดดังนี้**

(1) ระบบกักเก็บพลังงานต้องมีค่า Round-trip Efficiency ในระดับระบบไม่น้อยกว่าร้อยละ 90 หรือมีคุณสมบัติเทียบเท่าตามเอกสารรับรองจากผู้ผลิต ภายใต้เงื่อนไขการใช้งานมาตรฐาน

(2) แบตเตอรี่ต้องมี Cycle Life ไม่น้อยกว่า 6,000 รอบ ที่เงื่อนไขการใช้งานมาตรฐาน หรือมีเอกสารรับรองจากผู้ผลิตที่แสดงอายุการใช้งานและเงื่อนไขการรับประกันอย่างชัดเจน

(3) แบตเตอรี่ต้องรองรับการใช้งานในรูปแบบชาร์จ–คายประจุซ้ำเป็นประจำทุกวัน หรือ Daily Cycling ตามรูปแบบการใช้งานของระบบ Solar PV และ Microgrid

(4) ผู้รับจ้างต้องแสดงเอกสารรับรองประสิทธิภาพ อายุการใช้งาน เงื่อนไขการรับประกัน และแนวทางการบำรุงรักษาของแบตเตอรี่ เพื่อใช้ประกอบการตรวจรับ

(5) ระบบต้องสามารถทำงานได้อย่างมีเสถียรภาพภายใต้สภาพแวดล้อมของพื้นที่ติดตั้งจริง และต้องมีการออกแบบระบบระบายความร้อนหรือควบคุมอุณหภูมิให้เหมาะสมกับการใช้งานต่อเนื่อง

**3.5 Battery Management System (BMS) และการสื่อสาร มีรายละเอียดดังนี้**

(1) ระบบแบตเตอรี่ต้องมี Battery Management System (BMS) ครบถ้วนตามจำนวนโมดูลแบตเตอรี่ที่ใช้ในการประกอบเพื่อใช้งานในแต่ละระบบ

(2) BMS ต้องสามารถตรวจวัดและแสดงค่าข้อมูลสำคัญอย่างน้อย ได้แก่ แรงดันไฟฟ้าของเซลล์หรือโมดูล กระแสไฟฟ้า อุณหภูมิ State of Charge (SOC), State of Health (SOH), Charge / Discharge Status, Alarm Status และ Fault Status

(3) BMS ต้องมีระบบ Cell Balancing หรือระบบปรับสมดุลแรงดันไฟฟ้าของเซลล์ เพื่อให้แบตเตอรี่ทำงานได้อย่างปลอดภัยและมีประสิทธิภาพ

(4) BMS ต้องมีระบบ Protection เพื่อป้องกันความผิดปกติอย่างน้อย ได้แก่ Overcharge, Overdischarge, Over-voltage, Under-voltage, Over-current, Short Circuit, Over-

temperature, Communication Fault และ Thermal Runaway ตามความเหมาะสมของเทคโนโลยีแบตเตอรี่ที่เสนอ

(5) BMS ต้องสามารถสื่อสารกับระบบ Monitoring กลางได้

(6) ระบบต้องสามารถแสดงข้อมูลสถานะแบตเตอรี่บน Dashboard ได้อย่างน้อย ดังนี้ SOC, SOH, กำลังชาร์จ, กำลังคายประจุ, พลังงานคงเหลือ, อุณหภูมิ, Alarm, Fault และสถานะการสื่อสาร

(7) ผู้รับจ้างต้องจัดทำ Device List, Communication Diagram, Register Map หรือ Data Mapping ของระบบ BMS เพื่อใช้ในการเชื่อมต่อกับ EMS และใช้ในการบำรุงรักษาระบบในอนาคต

**3.6 ตู้แบตเตอรี่ ระบบติดตั้ง และความปลอดภัย มีรายละเอียดดังนี้**

(1) ระบบแบตเตอรี่ต้องติดตั้งในพื้นที่ที่มีความแข็งแรง ปลอดภัย และแนวทางการป้องกันอัคคีภัยที่เหมาะสมกับชนิดแบตเตอรี่และคำแนะนำของผู้ผลิต และตามมาตรฐานทางวิศวกรรมไฟฟ้า และในกรณีที่ติดตั้งแบตเตอรี่ในพื้นที่ปิด ต้องมีการพิจารณาระบบระบายอากาศ ความร้อนสะสม ระยะห่างปลอดภัย

(2) ต้องมีระบบตัดวงจรและอุปกรณ์ป้องกันไฟฟ้าที่จำเป็น เช่น DC Breaker, Fuse, MCCB, Isolator, Contactor, Emergency Stop, Surge Protection Device, Grounding / Earthing และอุปกรณ์ป้องกันอื่นตามความเหมาะสมของระบบ

**3.7 การทดสอบและการส่งมอบระบบกักเก็บพลังงาน มีรายละเอียดดังนี้**

(1) ผู้รับจ้างต้องดำเนินการทดสอบระบบกักเก็บพลังงานก่อนส่งมอบ เพื่อยืนยันว่าระบบสามารถทำงานได้ถูกต้อง ปลอดภัย และสามารถเชื่อมโยงกับระบบอื่นของโครงการได้ครบถ้วน

(2) การทดสอบต้องครอบคลุมอย่างน้อย ได้แก่ การทดสอบการชาร์จแบตเตอรี่ การคายประจุแบตเตอรี่ การแสดงค่า SOC / SOH การตรวจวัดแรงดัน กระแส อุณหภูมิ การทำงานของ BMS และการทำงานของ PCS / Battery Inverter

(3) ต้องทดสอบระบบ Protection และ Alarm อย่างน้อย ได้แก่ Over-voltage, Under-voltage, Over-current, Over-temperature, Short Circuit, Communication Fault และ Emergency Stop ตามความเหมาะสมของระบบ

(4) ต้องทดสอบการเชื่อมโยงข้อมูลจาก BMS และ PCS / Battery Inverter เข้าสู่ EMS และ Dashboard และ Database เพื่อยืนยันว่าข้อมูลสามารถแสดงผล จัดเก็บ และนำไปวิเคราะห์ได้ครบถ้วน

(5) ต้องทดสอบการทำงานร่วมกับระบบ PV และระบบโหลด เพื่อยืนยันว่าระบบสามารถชาร์จจาก PV และคายประจุรองรับโหลดได้ตามเงื่อนไขที่กำหนด

(6) ต้องทดสอบการทำงานในโหมด Grid-tied, Hybrid, Island Mode หรือ Backup Operation ตามรูปแบบระบบที่ติดตั้งจริงและข้อจำกัดของพื้นที่

**ผู้กำหนดขอบเขตงาน**

(ผศ.ดร.ไกรสร ลักษณ์ศิริ) (ผศ.ดร.ทยัยทิพย์ สินธุยา) (อ.ดร.พันธ์ลพ สินธุยา) (นายโชคชัย คงอุดมทรัพย์)

(7) ต้องจัดทำรายงาน Commissioning Report, Functional Test Report, Performance Test Report, Communication Test Report และ As-built Drawing เพื่อประกอบการตรวจรับ

(8) ต้องจัดส่งคู่มือการใช้งาน คู่มือการบำรุงรักษา Datasheet เอกสารรับรองมาตรฐาน เอกสารรับประกันสินค้า รายการอุปกรณ์จริง และข้อมูลการตั้งค่าระบบให้แก่ผู้ว่าจ้าง

(9) ต้องอบรมการใช้งานและการบำรุงรักษาระบบ BESS ให้แก่บุคลากรของผู้ว่าจ้าง เพื่อให้สามารถตรวจสอบสถานะแบตเตอรี่ อ่านค่าจาก Dashboard รับทราบ Alarm เบื้องต้น และดำเนินการตัดแยกระบบในกรณีฉุกเฉินได้อย่างเหมาะสม

## 4. ระบบ Smart Meter, IoT Gateway และระบบเครือข่ายสื่อสาร

ระบบ Smart Meter, IoT Gateway และ Communication ที่จัดจ้างตามโครงการนี้ ต้องเป็นระบบสำหรับตรวจวัด รวบรวม ส่งผ่าน และจัดเก็บข้อมูลพลังงานจากอุปกรณ์ภาคสนามเข้าสู่แพลตฟอร์มกลางของโครงการ เพื่อสนับสนุนการบริหารจัดการพลังงานในระบบ Prosumer Community Microgrid (PCM) ทั้งในพื้นที่มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ศูนย์แม่ริมและพื้นที่ Smart Farm โดยระบบต้องสามารถทำงานร่วมกับระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ระบบกักเก็บพลังงาน ระบบ EMS และ Dashboard และ Database และอุปกรณ์ควบคุมที่เกี่ยวข้องได้อย่างเหมาะสม

ระบบต้องสามารถตรวจวัดข้อมูลการผลิตไฟฟ้า การใช้ไฟฟ้า การไหลของพลังงาน สถานะอุปกรณ์ และข้อมูลที่จำเป็นต่อการวิเคราะห์พลังงานได้แบบ Real-time หรือ Near Real-time เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ Load Profile, Power Flow, Renewable Energy Share, Battery Operation, Energy Saving, Carbon Reduction และการประเมินสมรรถนะของระบบไมโครกริดในพื้นที่ต้นแบบ ทั้งนี้ เนื้อหาดังกล่าวสอดคล้องกับ WP2 ของข้อเสนอโครงการ ซึ่งมุ่งเน้นการออกแบบระบบสื่อสาร การติดตั้งอุปกรณ์ IoT และการพัฒนาแพลตฟอร์มติดตามและวิเคราะห์ข้อมูลพลังงาน

### 4.1 Smart Meter มีรายละเอียดดังนี้

(1) Smart Meter ที่ติดตั้งต้องเป็นอุปกรณ์ตรวจวัดค่าทางไฟฟ้าที่เหมาะสมกับระบบไฟฟ้าของแต่ละพื้นที่ ทั้งระบบไฟฟ้า 1 เฟส หรือ 3 เฟส ตามลักษณะของจุดติดตั้งจริง และต้องสามารถใช้งานร่วมกับระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ระบบกักเก็บพลังงาน และระบบไมโครกริดได้

(2) Smart Meter ต้องสามารถตรวจวัดค่าทางไฟฟ้าได้ ประกอบด้วย แรงดันไฟฟ้า (Voltage) กระแสไฟฟ้า (Current) กำลังไฟฟ้า (Power) พลังงานไฟฟ้าสะสม (Energy) ตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (Power Factor) ความถี่ไฟฟ้า (Frequency) และทิศทางการไหลของพลังงานไฟฟ้า ทั้งในลักษณะรับพลังงานจากระบบจำหน่ายและส่งออกพลังงานจากระบบผลิตไฟฟ้าภายในพื้นที่

**ผู้กำหนดขอบเขตงาน**

(ผศ.ดร.ไกรสร ลักษณ์ศิริ) (ผศ.ดร.หทัยทิพย์ สินธุยา) (อ.ดร.พันธ์ลพ สินธุยา) (นายโชคชัย คงอุดมทรัพย์)

(3) Smart Meter ต้องมีค่าความแม่นยำเหมาะสมกับการวิเคราะห์พลังงาน โดยควรมีระดับความแม่นยำไม่ต่ำกว่า Class 1.0 หรือตามระเบียบข้อกำหนดของการไฟฟ้าฯ

(4) Smart Meter ต้องรองรับการสื่อสารผ่านแพลตฟอร์มกลางได้อย่างต่อเนื่อง และต้องสามารถแสดงสถานะการสื่อสาร สถานะอุปกรณ์ และความผิดปกติของข้อมูลได้

(5) ผู้รับจ้างต้องกำหนดตำแหน่งติดตั้ง Smart Meter ให้ครอบคลุมจุดสำคัญของระบบ ได้แก่ จุดผลิตไฟฟ้าจาก Solar PV จุดเชื่อมต่อระบบกักเก็บพลังงาน จุดโหลดสำคัญ จุดเชื่อมต่อกับระบบจำหน่าย และจุดที่จำเป็นต่อการวิเคราะห์ Power Flow ของระบบไมโครกริด

(6) ในพื้นที่มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ศูนย์แม่ริมต้องติดตั้ง Smart Meter ในจุดที่สามารถใช้เก็บข้อมูลโหลดรายวัน วิเคราะห์ Supply–Trading Pattern และประเมินศักยภาพการบริหารจัดการพลังงานของระบบ Full Feeder Microgrid ได้

(7) ในพื้นที่ Smart Farm ต้องติดตั้ง Smart Meter ในจุดที่สามารถใช้สำรวจโหลดเฉลี่ยพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้า และการวางระบบควบคุมพลังงานแบบ Real-time สำหรับระบบ Hybrid-Isolated Microgrid ได้

**4.2 IoT Gateway มีรายละเอียดดังนี้**

(1) IoT Gateway ต้องเป็นอุปกรณ์รวบรวมข้อมูลจากอุปกรณ์ในระบบ ประกอบด้วย Smart Meter, Inverter, Battery Management System (BMS), Sensor และ Load Controller เป็นอย่างน้อย

(2) IoT Gateway ต้องรองรับการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ได้หลายชนิดและหลายโปรโตคอลมาตรฐานอื่นที่เหมาะสมกับอุปกรณ์ภาคสนาม (เพิ่มมาตรฐานความเชื่อมต่อ และความปลอดภัย)

(3) IoT Gateway ต้องสามารถรวบรวมข้อมูลจากหลายอุปกรณ์พร้อมกันได้ และต้องสามารถกำหนดรอบเวลาการอ่านข้อมูลหรือ Sampling Interval ได้ที่ระดับวินาที นาที หรือช่วงเวลาที่ผู้ว่าจ้างกำหนด

(4) IoT Gateway ต้องมีระบบ Local Buffer หรือระบบจัดเก็บข้อมูลชั่วคราวภายในอุปกรณ์ ในกรณีที่เครือข่ายสื่อสารขัดข้อง เพื่อป้องกันข้อมูลสูญหาย และต้องสามารถส่งข้อมูลย้อนหลังกลับเข้าสู่แพลตฟอร์มกลางได้โดยอัตโนมัติเมื่อระบบเครือข่ายกลับมาใช้งานได้ตามปกติ

(5) IoT Gateway ต้องสามารถตรวจสอบสถานะการเชื่อมต่อของอุปกรณ์ภาคสนาม เช่น Online, Offline, Last Update, Communication Error และ Data Quality ได้ เพื่อให้สามารถติดตามความสมบูรณ์ของข้อมูลภายในระบบได้อย่างต่อเนื่อง

**ผู้กำหนดขอบเขตงาน**

(ผศ.ดร.ไกรสร ลักษณ์ศิริ) (ผศ.ดร.หทัยทิพย์ สินธุยา) (อ.ดร.พันธ์ลพ สินธุยา) (นายโชคชัย คงอุดมทรัพย์)

(6) IoT Gateway ต้องสามารถกำหนด Device ID, Tag Name, Register Map, Data Mapping และหน่วยของข้อมูลได้อย่างชัดเจน เพื่อให้ข้อมูลที่ส่งเข้าสู่ EMS และ Dashboard และ Database มีความถูกต้องและสามารถนำไปวิเคราะห์ต่อได้

(7) IoT Gateway ต้องสามารถติดตั้งในตู้หรือพื้นที่ที่เหมาะสม มีการป้องกันฝุ่น ความชื้น ความร้อน และสภาพแวดล้อมภายนอกตามความเหมาะสมของพื้นที่ติดตั้ง

(8) IoT Gateway ต้องสามารถเชื่อมโยงข้อมูลจาก PV Inverter, Battery BMS, Load Data และข้อมูลจากอุปกรณ์ภาคสนามอื่นเข้าสู่ระบบกลาง เพื่อรองรับการวิเคราะห์ด้วยระบบ Monitoring, Analytics, Dashboard และ Digital Twin ตามขอบเขตของโครงการ

(9) ผู้รับจ้างต้องจัดทำเอกสารการตั้งค่า IoT Gateway, รายการอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อ, Data Mapping, Communication Diagram และคู่มือการใช้งาน เพื่อใช้ประกอบการตรวจรับและการบำรุงรักษาระบบ

**4.3 ตำแหน่งติดตั้ง Smart Meter, IoT Gateway และ Communication มีรายละเอียดดังนี้**

ผู้รับจ้างต้องจัดทำ Layout ตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ Smart Meter, IoT Gateway, Sensor, Network Device และ Communication Equipment พร้อมแสดงแนวทางเดินสายไฟและสายสื่อสาร เพื่อให้ผู้ว่าจ้างพิจารณาอนุมัติก่อนดำเนินการติดตั้ง

**4.4 การเชื่อมโยงข้อมูลกับ EMS และ Dashboard และ Database มีรายละเอียดดังนี้**

(1) ข้อมูลที่ส่งเข้าสู่ระบบกลางต้องมีโครงสร้างข้อมูลที่ชัดเจน โดยระบุรหัสอุปกรณ์ ชื่อจุดวัด ประเภทข้อมูล หน่วยของข้อมูล เวลาในการบันทึกข้อมูล และสถานะความถูกต้องของข้อมูล

(2) ระบบต้องสามารถแสดงผลข้อมูลบน Dashboard ได้อย่างน้อย ได้แก่ ค่าไฟฟ้าปัจจุบัน พลังงานสะสม ทิศทางการไหลของพลังงาน สถานะอุปกรณ์ สถานะการสื่อสาร และ Alarm / Fault ที่เกี่ยวข้อง

(3) ระบบต้องสามารถจัดเก็บข้อมูลย้อนหลังในฐานข้อมูลกลาง เพื่อใช้ในการวิเคราะห์รายวัน รายเดือน รายปี และการประเมินผลโครงการ

(4) ระบบต้องสามารถส่งออกข้อมูลเป็น CSV, Excel หรือรูปแบบอื่นที่ผู้ว่าจ้างสามารถนำไปวิเคราะห์ต่อได้

(5) ระบบต้องรองรับการเชื่อมโยงข้อมูลกับ EMS หรือแพลตฟอร์มกลางของผู้ว่าจ้างได้

(6) ผู้รับจ้างต้องจัดทำ Data Mapping, Device List, Communication Diagram, Register Map หรือเอกสารการเชื่อมโยงข้อมูลของอุปกรณ์ภาคสนามกับ EMS และ Dashboard และ Database เพื่อใช้เป็นเอกสารประกอบการบำรุงรักษาและการขยายระบบในอนาคต

**ผู้กำหนดขอบเขตงาน**

| | | | |
|---|---|---|---|
| (ผศ.ดร.ไกรสร ลักษณ์ศิริ) | (ผศ.ดร.หทัยทิพย์ สินธุยา) | (อ.ดร.พันธ์ลพ สินธุยา) | (นายโชคชัย คงอุดมทรัพย์) |

**5. ระบบ EMS และ Dashboard และ Database และ Analytics และ Digital Twin และ API**

ระบบ EMS และ Dashboard และ Database และ Analytics และ Digital Twin และ API ที่จัดจ้างตามโครงการนี้ ต้องเป็นระบบแพลตฟอร์มกลางสำหรับบริหารจัดการ ติดตาม วิเคราะห์ จัดเก็บ แสดงผล และเชื่อมโยงข้อมูลพลังงานของระบบต้นแบบ Prosumer Community Microgrid (PCM) ทั้งในพื้นที่มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ศูนย์แม่ริมและพื้นที่ Smart Farm โดยต้องสามารถรับข้อมูลจากระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ระบบกักเก็บพลังงาน Smart Meter, IoT Gateway, Communication Network, Battery Management System (BMS), PCS / Battery Inverter, Microgrid Controller และอุปกรณ์ภาคสนามอื่นที่เกี่ยวข้องเข้าสู่ระบบกลางได้อย่างเป็นระบบ

ระบบต้องสามารถแสดงผลข้อมูลแบบ Real-time หรือ Near Real-time และสามารถเรียกดูข้อมูลย้อนหลัง Historical Data ได้ เพื่อใช้ในการติดตามสถานะการผลิตไฟฟ้า การใช้พลังงาน สถานะแบตเตอรี่ การไหลของพลังงาน การแจ้งเตือน ความผิดปกติของระบบ การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และตัวชี้วัดสำคัญของโครงการ รวมถึงต้องสามารถใช้ข้อมูลเพื่อสนับสนุนการวิจัย การวิเคราะห์เชิงนโยบาย การจัดทำรายงานผลการดำเนินงาน และการถ่ายทอดองค์ความรู้ผ่านศูนย์การเรียนรู้ด้าน Prosumer Community Microgrid

**5.1 ระบบ Energy Management System (EMS) และ Dashboard มีรายละเอียดดังนี้**

(1) ระบบ EMS ต้องเป็นระบบบริหารจัดการพลังงานกลางของโครงการ สามารถรวบรวมข้อมูลจากอุปกรณ์ภาคสนามและระบบย่อยต่าง ๆ ได้แก่ Solar PV, BESS, Smart Meter, IoT Gateway, Load, Sensor, PCS / Battery Inverter และ Microgrid Controller เป็นอย่างน้อย

(2) ระบบ EMS ต้องสามารถติดตามและแสดงข้อมูลการผลิตไฟฟ้า การใช้ไฟฟ้า การชาร์จและคายประจุของแบตเตอรี่ สถานะโหลด สถานะอุปกรณ์ และการไหลของพลังงานในระบบไมโครกริดได้แบบ Real-time หรือ Near Real-time

(3) ระบบ EMS ต้องมี Dashboard ที่สามารถแสดงผลแบบ Web-based สามารถเข้าใช้งานผ่าน Web Browser ได้ และต้องรองรับการแสดงผลบนคอมพิวเตอร์ แท็บเล็ต หรืออุปกรณ์เคลื่อนที่ตามความเหมาะสม

(4) ระบบ EMS ต้องรองรับการบริหารจัดการพลังงานในลักษณะ Grid-connected Microgrid, Hybrid Microgrid, Hybrid-Isolated Microgrid และ Island Mode ตามรูปแบบการติดตั้งจริงของแต่ละพื้นที่

**ผู้กำหนดขอบเขตงาน**

(ผศ.ดร.ไกรสร ลักษณ์ศิริ) (ผศ.ดร.หทัยทิพย์ สินธุยา) (อ.ดร.พันธ์ลพ สินธุยา) (นายโชคชัย คงอุดมทรัพย์)

(5) ระบบ EMS ต้องสามารถรองรับการจัดการพลังงานเพื่อการทดลองและประเมินผล เช่น Load Shifting, Peak Shaving, Energy Scheduling, Backup Power, Island Operation และการเพิ่มสัดส่วนการใช้พลังงานหมุนเวียนภายในพื้นที่

(6) ระบบ EMS ต้องสามารถใช้ข้อมูลจาก Smart Meter และ BESS เพื่อวิเคราะห์พฤติกรรมการใช้พลังงาน Load Profile, Supply Pattern, Battery Operation, Renewable Energy Share, Power Flow และ Carbon Reduction ได้

(7) ระบบ EMS ต้องรองรับการกำหนดกลยุทธ์การควบคุมหรือเงื่อนไขการบริหารพลังงาน เช่น การชาร์จแบตเตอรี่เมื่อมีพลังงานส่วนเกินจากระบบ PV การคายประจุแบตเตอรี่ในช่วง Peak Load หรือช่วงกลางคืน และการลดการนำเข้าพลังงานจากระบบจำหน่ายไฟฟ้า

(8) ระบบ EMS ต้องสามารถแสดงสถานะการทำงานของอุปกรณ์หลัก และแจ้งเตือนเมื่อเกิดเหตุผิดปกติ เช่น ระบบสื่อสารขัดข้อง ค่าไฟฟ้าผิดปกติ Inverter Fault, Battery Alarm, BMS Fault, PCS Fault หรือข้อมูลขาดหายจากอุปกรณ์ภาคสนาม

(9) ระบบ EMS ต้องรองรับการจัดเก็บข้อมูล การประมวลผลข้อมูล และการส่งต่อข้อมูลไปยัง Dashboard, Database, Analytics Module, Digital Twin และ API ได้อย่างต่อเนื่อง

(10) ระบบ EMS ต้องมีระบบบริหารสิทธิ์ผู้ใช้งานอย่างน้อย 3 ระดับ ได้แก่ Admin, Operator และ Viewer หรือระดับสิทธิ์อื่นตามที่ผู้ว่าจ้างกำหนด เพื่อควบคุมการเข้าถึงข้อมูลและฟังก์ชันของระบบอย่างเหมาะสม

(11) Dashboard ต้องเป็นระบบแสดงผลแบบ Web-based สามารถเข้าใช้งานผ่าน Web Browser ได้ และต้องรองรับการแสดงผลบนคอมพิวเตอร์ แท็บเล็ต หรืออุปกรณ์เคลื่อนที่ตามความเหมาะสม

(12) Dashboard ต้องแสดงข้อมูลการผลิตไฟฟ้าจากระบบ PV ได้อย่างน้อย ได้แก่ กำลังผลิตไฟฟ้าปัจจุบัน พลังงานผลิตสะสมรายวัน รายเดือน รายปี สถานะ Inverter และประสิทธิภาพการผลิตของระบบ

(13) Dashboard ต้องแสดงข้อมูลการใช้พลังงานของโหลดได้อย่างน้อย ได้แก่ กำลังไฟฟ้าที่ใช้ปัจจุบัน พลังงานใช้สะสม Load Profile รายวัน รายเดือน รายปี และข้อมูลเปรียบเทียบการใช้พลังงานในแต่ละช่วงเวลา

(14) Dashboard ต้องแสดงข้อมูลสถานะระบบกักเก็บพลังงานได้อย่างน้อย ได้แก่ State of Charge (SOC), State of Health (SOH) หากระบบรองรับ กำลังชาร์จ กำลังคายประจุ พลังงานคงเหลือ อุณหภูมิ Alarm และ Fault Status

**ผู้กำหนดขอบเขตงาน**

(ผศ.ดร.ไกรสร ลักษณ์ศิริ) (ผศ.ดร.หทัยทิพย์ สินธุยา) (อ.ดร.พันธ์ลพ สินธุยา) (นายโชคชัย คงอุดมทรัพย์)

(15) Dashboard ต้องแสดง Power Flow Diagram หรือ Energy Flow Diagram เพื่อแสดงทิศทางการไหลของพลังงานระหว่าง Solar PV, Load, BESS, Grid และระบบอื่นที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถเข้าใจการทำงานของระบบไมโครกริดได้อย่างชัดเจน

(16) Dashboard ต้องแสดงข้อมูล Alert / Alarm ของระบบ เช่น การสื่อสารขัดข้อง อุปกรณ์ Offline ค่าไฟฟ้าผิดปกติ Inverter Fault, Battery Fault, BMS Alarm, PCS Fault หรือเหตุการณ์ผิดปกติอื่นที่เกี่ยวข้อง

(17) Dashboard ต้องแสดงข้อมูลด้านสิ่งแวดล้อมและผลกระทบของโครงการ เช่น ปริมาณการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์โดยประมาณ Carbon Reduction ปริมาณพลังงานหมุนเวียนที่ผลิตได้ และสัดส่วนการใช้พลังงานหมุนเวียน Renewable Energy Share

(18) Dashboard ต้องแสดงตัวชี้วัดสำคัญของโครงการ หรือ Project KPI ได้ เช่น พลังงานผลิตได้รวม พลังงานใช้เอง พลังงานที่กักเก็บ พลังงานที่จ่ายจากแบตเตอรี่ สัดส่วนพลังงานหมุนเวียน การลดพลังงานจากระบบจำหน่าย การลด $CO_2$ และสถานะความพร้อมของระบบ

(19) Dashboard ต้องมีหน้าจอหรือโหมดสำหรับศูนย์การเรียนรู้ ซึ่งออกแบบให้เข้าใจง่าย เหมาะสำหรับการอบรม การศึกษาดูงาน และการถ่ายทอดองค์ความรู้ด้าน Prosumer Community Microgrid, DERs, Smart Farm และ Energy Management

(20) Dashboard ต้องสามารถ Export ข้อมูลหรือรายงานได้ เช่น CSV, Excel, PDF หรือรูปแบบอื่นที่ผู้ว่าจ้างสามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์ รายงานผล หรือจัดทำเอกสารประกอบโครงการได้

**5.2 Database มีรายละเอียดดังนี้**

(1) ระบบ Database ต้องสามารถจัดเก็บข้อมูลจากอุปกรณ์ภาคสนาม ระบบ EMS, Dashboard, Smart Meter, Inverter, BESS, BMS, PCS, IoT Gateway และ Sensor ที่เกี่ยวข้องได้อย่างเป็นระบบ

(2) Database ต้องรองรับการจัดเก็บข้อมูลแบบ Time-series หรือรูปแบบอื่นที่เหมาะสมกับข้อมูลพลังงาน ซึ่งมีลักษณะเป็นข้อมูลตามช่วงเวลา เช่น กำลังไฟฟ้า พลังงานสะสม SOC สถานะอุปกรณ์ Alarm และข้อมูลสภาพแวดล้อม

(3) Database ต้องสามารถจัดเก็บข้อมูลย้อนหลังได้ไม่น้อยกว่า 1 ปี หรือระยะเวลาที่เหมาะสมตามทรัพยากรของระบบและเงื่อนไขที่ผู้ว่าจ้างกำหนด เพื่อใช้ในการวิเคราะห์แนวโน้ม การประเมินผล และการจัดทำรายงานโครงการ

(4) โครงสร้างข้อมูลต้องสามารถแยกข้อมูลตามพื้นที่ ระบบ อุปกรณ์ จุดวัด ประเภทข้อมูล หน่วยของข้อมูล และช่วงเวลาได้ เพื่อให้สามารถสืบค้น วิเคราะห์ และนำไปใช้ต่อยอดได้อย่างถูกต้อง

**ผู้กำหนดขอบเขตงาน**

(ผศ.ดร.ไกรสร ลักษณ์ศิริ) (ผศ.ดร.ทยัทิพย์ สินธุยา) (อ.ดร.พันธ์ลพ สินธุยา) (นายโชคชัย คงอุดมทรัพย์)

(5) Database ต้องรองรับข้อมูล Real-time Data และ Historical Data โดยต้องสามารถเรียกดูข้อมูลย้อนหลังตามช่วงเวลา เช่น รายชั่วโมง รายวัน รายเดือน รายปี หรือช่วงเวลาที่ผู้ใช้งานกำหนด

(6) Database ต้องมีระบบสำรองข้อมูล Backup ตามความเหมาะสม เพื่อป้องกันข้อมูลสูญหาย และต้องมีแนวทางการกู้คืนข้อมูลในกรณีระบบขัดข้อง

(7) Database ต้องมีมาตรการรักษาความปลอดภัยของข้อมูล เช่น การควบคุมสิทธิ์การเข้าถึง การกำหนดบัญชีผู้ใช้งาน การเข้ารหัสการเชื่อมต่อ หรือมาตรการอื่นที่เหมาะสมกับระบบ

(8) Database ต้องสามารถรองรับการส่งออกข้อมูลเพื่อใช้ในงานวิจัย การวิเคราะห์เชิงเทคนิค การวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์ การคำนวณผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม และการจัดทำข้อเสนอเชิงนโยบาย

(9) ผู้รับจ้างต้องจัดทำ Data Dictionary หรือเอกสารอธิบายโครงสร้างข้อมูล โดยระบุชื่อตารางหรือกลุ่มข้อมูล ชื่อฟิลด์ ประเภทข้อมูล หน่วยของข้อมูล ความถี่ในการบันทึก และความหมายของข้อมูลแต่ละรายการ

**5.3 ระบบ Analytics มีรายละเอียดดังนี้**

(1) ระบบ Analytics ต้องสามารถประมวลผลและคำนวณข้อมูลจาก Database เพื่อใช้ในการวิเคราะห์สมรรถนะของระบบพลังงาน การใช้พลังงาน และตามความต้องการของโครงการ

(2) ระบบต้องรองรับการคำนวณพลังงานผลิตได้จากระบบ Solar PV ทั้งรายวัน รายเดือน รายปี และช่วงเวลาที่ผู้ใช้งานกำหนด

(3) ระบบต้องรองรับการคำนวณพลังงานที่ใช้เองภายในพื้นที่ หรือ Self-consumption เพื่อประเมินสัดส่วนการใช้พลังงานหมุนเวียนที่ผลิตได้ภายในพื้นที่ต้นแบบ

(4) ระบบต้องรองรับการคำนวณพลังงานแบบกระจายศูนย์ที่มีการนำเข้าจากระบบจำหน่าย พลังงานที่ส่งออกหรือแลกเปลี่ยน พลังงานที่ชาร์จเข้าแบตเตอรี่ และพลังงานที่คายประจุจากแบตเตอรี่

(5) ระบบต้องรองรับการวิเคราะห์ Load Profile และ Supply Pattern เพื่อใช้ประเมินความสัมพันธ์ระหว่างการผลิตไฟฟ้าจาก PV การใช้พลังงานของโหลด และการทำงานของระบบกักเก็บพลังงาน

(6) ระบบต้องรองรับการคำนวณค่าประสิทธิภาพของระบบ เช่น Renewable Energy Share, Self-consumption Ratio, Self-sufficiency Ratio, Battery Utilization, System Availability และ Performance Indicator อื่นที่เหมาะสมกับโครงการ

(7) ระบบต้องรองรับการคำนวณการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ หรือ CO2 Reduction โดยอ้างอิงค่าพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากพลังงานหมุนเวียนและค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ผู้ว่าจ้างกำหนดหรือค่ามาตรฐานที่เกี่ยวข้อง

**ผู้กำหนดขอบเขตงาน**

(ผศ.ดร.ไกรสร ลักษณ์ศิริ) (ผศ.ดร.หทัยทิพย์ สินธุยา) (อ.ดร.พันธ์ลพ สินธุยา) (นายโชคชัย คงอุดมทรัพย์)

(8) ระบบต้องสามารถจัดทำรายงานสรุปตามช่วงเวลา เช่น รายวัน รายเดือน รายปี หรือรายช่วงเวลาที่กำหนด เพื่อใช้ประกอบการติดตามผล การตรวจรับ การนำเสนอผลการดำเนินงาน และการจัดทำรายงาน

(9) ระบบ Analytics ต้องสามารถสนับสนุนการวิเคราะห์เพื่อการตัดสินใจเชิงนโยบาย เช่น ความเหมาะสมของการเพิ่ม PV/BESS การลด Peak Load การเพิ่มสัดส่วนพลังงานหมุนเวียน การลดต้นทุนพลังงาน และศักยภาพการขยายผลไปยังชุมชนอื่น

**5.4 Digital Twin มีรายละเอียดดังนี้**

(1) ระบบ Digital Twin ต้องเป็นระบบจำลองหรือแบบจำลองดิจิทัลของระบบพลังงานในพื้นที่ต้นแบบ เพื่อใช้แสดงโครงสร้างระบบ วิเคราะห์สถานะ และจำลองสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงของระบบพลังงาน

(2) Digital Twin ต้องสามารถแสดงองค์ประกอบหลักของระบบได้ เช่น Solar PV, BESS, Load, Smart Meter, Inverter, PCS, Grid Connection, Microgrid Controller และจุดเชื่อมต่อข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

(3) Digital Twin ต้องสามารถรับข้อมูลจากระบบจริง หรือข้อมูลที่ประมวลผลจาก EMS / Database เพื่อแสดงสถานะของระบบพลังงานแบบ Real-time, Near Real-time หรือ Historical Simulation ตามความเหมาะสมของระบบ

(4) Digital Twin ต้องรองรับการจำลอง Scenario ของระบบพลังงานในพื้นที่ต้นแบบ เช่น การเปลี่ยนแปลงโหลด การเพิ่มขนาด PV การเพิ่มขนาด BESS การเปลี่ยนรูปแบบการชาร์จ–คายประจุแบตเตอรี่ หรือการจำลองการทำงานในโหมด Island Mode

(5) Digital Twin ต้องรองรับการจำลองแนวคิดการแบ่งปันพลังงานหรือการแลกเปลี่ยนพลังงานภายในชุมชน เช่น การวิเคราะห์พลังงานส่วนเกินจากบ้านหรือพื้นที่หนึ่งไปยังโหลดอีกพื้นที่หนึ่ง หรือการจำลองแนวทาง P2P Energy Sharing ในอนาคต

(6) Digital Twin ต้องสามารถใช้เป็นเครื่องมือสนับสนุนการเรียนรู้และการสาธิตในศูนย์การเรียนรู้ด้าน Prosumer Community Microgrid โดยต้องแสดงผลในรูปแบบที่เข้าใจง่ายและเชื่อมโยงกับข้อมูลจริงของพื้นที่ต้นแบบ

(7) Digital Twin ต้องสามารถใช้ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบสถานการณ์ก่อนและหลังการปรับเปลี่ยนระบบ เช่น การเพิ่มแผง PV การเพิ่มแบตเตอรี่ การเปลี่ยนพฤติกรรมการใช้พลังงาน หรือการปรับเงื่อนไขการบริหารพลังงานผ่าน EMS

**ผู้กำหนดขอบเขตงาน**

(ผศ.ดร.ไกรสร ลักษณ์ศิริ) (ผศ.ดร.หทัยทิพย์ สินธุยา) (อ.ดร.พันธ์ลพ สินธุยา) (นายโชคชัย คงอุดมทรัพย์)

(8) ผู้รับจ้างต้องจัดทำเอกสารอธิบายขอบเขตของ Digital Twin วิธีการเชื่อมโยงข้อมูล สมมติฐานการจำลอง Scenario ข้อจำกัดของแบบจำลอง และแนวทางการใช้งานระบบ เพื่อส่งมอบให้แก่ผู้ว่าจ้าง

**5.5 API และการเชื่อมโยงข้อมูลกับ EMSมีรายละเอียดดังนี้**

(1) ผู้รับจ้างต้องจัดทำระบบ API หรือช่องทางการเชื่อมโยงข้อมูล เพื่อให้ผู้ว่าจ้างสามารถเข้าถึง แลกเปลี่ยน และนำข้อมูลจากระบบ EMS และ Dashboard และ Database ไปใช้ต่อยอดในงานวิจัย งานพัฒนาแพลตฟอร์ม งานวิเคราะห์เชิงนโยบาย และการเชื่อมโยงกับระบบข้อมูลอื่นในอนาคต

(2) API ต้องสามารถรองรับการเชื่อมต่อกับ EMS ซึ่งเป็นระบบกลางสำหรับเชื่อมโยงข้อมูลด้านพลังงาน น้ำ สิ่งแวดล้อม และข้อมูลชุมชน โดยต้องออกแบบให้ข้อมูลจากระบบ PCM สามารถส่งต่อหรือเรียกใช้งานร่วมกับ EMSได้ตามโครงสร้างข้อมูลที่ผู้ว่าจ้างกำหนด

(3) API ต้องรองรับการดึงข้อมูลหลักของระบบพลังงาน เช่น ข้อมูลอุปกรณ์ ข้อมูล Telemetry รายอุปกรณ์ ข้อมูลการผลิตไฟฟ้าจาก PV ข้อมูลการใช้พลังงานของโหลด ข้อมูลสถานะแบตเตอรี่ ข้อมูล Power Flow ข้อมูล Alert / Alarm และข้อมูล KPI ของโครงการ

(4) API ต้องรองรับการดึงข้อมูลแบบ Real-time หรือ Near Real-time และข้อมูลย้อนหลัง Historical Data ตามช่วงเวลาที่กำหนด เพื่อให้สามารถนำไปแสดงผล วิเคราะห์ หรือเชื่อมต่อกับแพลตฟอร์ม EMSได้

(5) API ต้องมีเอกสาร API Specification ที่ชัดเจน เช่น OpenAPI 3.0, Swagger UI หรือเอกสารเทียบเท่า โดยต้องระบุ Endpoint, Method, Parameter, Request Format, Response Format, Error Code และตัวอย่างการเรียกใช้งาน ทั้งนี้ รายละเอียดด้านการยืนยันตัวตน การควบคุมสิทธิ์ และการรักษาความปลอดภัยของ API ให้เป็นไปตามข้อ 4.6 ระบบ Cybersecurity และสิทธิ์การเข้าถึง

(6) API ควรรองรับ Endpoint พื้นฐานอย่างน้อย ได้แก่ การเรียกดูรายการอุปกรณ์ การเรียกดูข้อมูล Telemetry การเรียกดูข้อมูลสรุปพลังงาน การเรียกดูข้อมูล Power Flow การเรียกดูข้อมูล Alert การเรียกดูข้อมูล KPI โครงการ และการเรียกดูข้อมูลสำหรับ Digital Twin Scenario

(7) API ต้องรองรับการเชื่อมโยงข้อมูลในรูปแบบที่เหมาะสม เช่น REST API, MQTT, Webhook หรือรูปแบบอื่นที่สามารถเชื่อมต่อกับ Comm-Link, Dashboard ภายนอก, ระบบวิจัย หรือระบบวิเคราะห์ข้อมูลของผู้ว่าจ้างได้

(8) ข้อมูลที่ส่งผ่าน API ต้องมีโครงสร้างมาตรฐาน โดยระบุรหัสอุปกรณ์ รหัสพื้นที่ ประเภทข้อมูล หน่วยของข้อมูล เวลาในการบันทึกข้อมูล สถานะข้อมูล และแหล่งที่มาของข้อมูล เพื่อให้สามารถนำไปใช้วิเคราะห์และเชื่อมโยงกับระบบอื่นได้อย่างถูกต้อง

**ผู้กำหนดขอบเขตงาน**

(ผศ.ดร.ไกรสร ลักษณ์ศิริ) (ผศ.ดร.หทัยทิพย์ สินธุยา) (อ.ดร.พันธ์ลพ สินธุยา) (นายโชคชัย คงอุดมทรัพย์)

(9) ผู้รับจ้างต้องจัดเตรียม Data Schema, Data Dictionary และตัวอย่างการเรียกใช้งาน API เพื่อให้ผู้ว่าจ้างสามารถนำข้อมูลไปต่อยอดกับ EMSหรืองานวิจัยอื่นได้ภายหลัง

**5.6 การใช้งานระบบในพื้นที่ต้นแบบ มีรายละเอียดดังนี้**

(1) ระบบ EMS และ Dashboard และ Database และ Analytics และ Digital Twin และ API ต้องสามารถใช้งานร่วมกับอุปกรณ์ภาคสนามในพื้นที่มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ศูนย์แม่ริมโดยรองรับข้อมูลจากระบบ PV Rooftop, BESS, Smart Meter, Load, Grid Connection และอุปกรณ์อื่นที่เกี่ยวข้องกับระบบ Full Feeder Microgrid

(2) ระบบต้องสามารถใช้งานร่วมกับอุปกรณ์ภาคสนามในพื้นที่ Smart Farm โดยรองรับข้อมูลจากระบบ PV ของบ้านพักเกษตรกร อาคาร Outlet, Mini Solar Farm / Agrivoltaics, BESS, ระบบสูบน้ำ ระบบโรงเรือน โหลดภาคการเกษตร และ Sensor ที่เกี่ยวข้อง

(3) ระบบต้องสามารถแยกการแสดงผลตามพื้นที่และตามระบบย่อย เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถตรวจสอบข้อมูลเฉพาะพื้นที่ได้อย่างชัดเจน

(4) ระบบต้องสามารถรองรับการใช้งานของผู้บริหาร ผู้ดูแลระบบ นักวิจัย เจ้าหน้าที่เทคนิค และผู้เข้าศึกษาดูงาน โดยต้องมีรูปแบบการแสดงผลที่เหมาะสมกับผู้ใช้งานแต่ละกลุ่ม

**6. ระบบ Cybersecurity และสิทธิ์การเข้าถึง**

ระบบ Smart Meter, IoT Gateway, Communication Network, EMS, Dashboard, Database, Analytics, Digital Twin, API และแพลตฟอร์มที่เกี่ยวข้องกับระบบ Prosumer Community Microgrid (PCM) ต้องมีมาตรการด้าน Cybersecurity และการควบคุมสิทธิ์การเข้าถึงที่เหมาะสม เพื่อป้องกันการเข้าถึงระบบโดยไม่ได้รับอนุญาต การแก้ไขข้อมูลโดยไม่เหมาะสม การรั่วไหลของข้อมูล และความเสี่ยงด้านความปลอดภัยของข้อมูลพลังงาน ทั้งในระดับอุปกรณ์ภาคสนาม ระบบสื่อสาร ระบบฐานข้อมูล ระบบแสดงผล และระบบเชื่อมโยงข้อมูลกับแพลตฟอร์มอื่น

ระบบต้องได้รับการออกแบบให้มีความปลอดภัยเหมาะสมกับบริบทการใช้งานจริงของพื้นที่ต้นแบบ ได้แก่ พื้นที่มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ศูนย์แม่ริมและพื้นที่ Smart Farm โดยต้องคำนึงถึงการใช้งานของผู้บริหาร ผู้ดูแลระบบ เจ้าหน้าที่เทคนิค นักวิจัย ผู้เข้าศึกษาดูงาน และผู้ใช้งานทั่วไปที่ได้รับสิทธิ์ตามบทบาทที่ผู้ว่าจ้างกำหนด

**6.1 การบริหารบัญชีผู้ใช้งานและสิทธิ์การเข้าถึง มีรายละเอียดดังนี้**

(1) ระบบต้องมีการกำหนดบัญชีผู้ใช้งานและรหัสผ่านสำหรับการเข้าถึงระบบ EMS, Dashboard, Database, API, IoT Gateway, อุปกรณ์สื่อสาร และระบบบริหารจัดการที่เกี่ยวข้อง โดยต้องไม่ใช้รหัสผ่านเริ่มต้นจากโรงงานในการส่งมอบระบบ

**ผู้กำหนดขอบเขตงาน**

(ผศ.ดร.ไกรสร ลักษณ์ศิริ) (ผศ.ดร.หทัยทิพย์ สินธุยา) (อ.ดร.พันธ์ลพ สินธุยา) (นายโชคชัย คงอุดมทรัพย์)

(2) ระบบต้องรองรับการกำหนดสิทธิ์การเข้าถึงตามบทบาทของผู้ใช้งาน หรือ Role-based Access Control (RBAC) อย่างน้อย 3 ระดับ ได้แก่ Admin, Operator และ Viewer หรือระดับสิทธิ์อื่นที่ผู้ว่าจ้างกำหนด เพื่อให้ผู้ใช้งานแต่ละประเภทสามารถเข้าถึงข้อมูลและฟังก์ชันได้ตามหน้าที่ที่เกี่ยวข้อง

(3) ผู้ใช้งานระดับ Admin ต้องสามารถบริหารจัดการบัญชีผู้ใช้งาน กำหนดสิทธิ์การเข้าถึง ตรวจสอบสถานะระบบ และตั้งค่าระบบในส่วนที่ได้รับอนุญาตได้

(4) ผู้ใช้งานระดับ Operator ต้องสามารถติดตามสถานะระบบ ตรวจสอบข้อมูลพลังงาน ตรวจสอบ Alarm / Fault และดำเนินการในส่วนปฏิบัติการที่เกี่ยวข้องได้ตามสิทธิ์ที่กำหนด

(5) ผู้ใช้งานระดับ Viewer ต้องสามารถเข้าดูข้อมูล Dashboard รายงาน หรือข้อมูลสำหรับการเรียนรู้และการติดตามผลได้ โดยไม่สามารถเปลี่ยนแปลงการตั้งค่าระบบหรือข้อมูลสำคัญได้

(6) ระบบต้องสามารถจำกัดสิทธิ์การเข้าถึงข้อมูลตามพื้นที่ ระบบย่อย อุปกรณ์ หรือระดับความสำคัญของข้อมูลได้ตามความเหมาะสม เช่น ข้อมูลของพื้นที่ adiCET Campus ข้อมูลของพื้นที่ Smart Farm ข้อมูลระบบ PV ข้อมูล BESS ข้อมูล Smart Meter และข้อมูล API

(7) ในกรณีที่มีบัญชีผู้ใช้งานสำหรับการศึกษาดูงานหรือการอบรม ต้องเป็นบัญชีที่มีสิทธิ์จำกัดเฉพาะการดูข้อมูลหรือการสาธิตเท่านั้น และต้องไม่สามารถเข้าถึงการตั้งค่าระบบ อุปกรณ์ภาคสนาม หรือข้อมูลที่มีความสำคัญต่อการควบคุมระบบได้

**6.2 การรักษาความปลอดภัยของรหัสผ่านและข้อมูลยืนยันตัวตน มีรายละเอียดดังนี้**

(1) ระบบต้องมีแนวทางการตั้งรหัสผ่านที่เหมาะสม เช่น ความยาวขั้นต่ำของรหัสผ่าน การใช้ตัวอักษร ตัวเลข หรืออักขระพิเศษตามความเหมาะสม และต้องไม่ส่งมอบระบบโดยใช้รหัสผ่านเริ่มต้นจากผู้ผลิต

(2) รหัสผ่าน บัญชีผู้ใช้งาน Token, API Key, Secret Key หรือ Credential อื่นที่เกี่ยวข้อง ต้องได้รับการจัดเก็บและส่งมอบอย่างปลอดภัย โดยต้องไม่เปิดเผยต่อบุคคลที่ไม่มีสิทธิ์เกี่ยวข้อง

(3) ระบบต้องสามารถเปลี่ยนรหัสผ่านของผู้ใช้งานและบัญชีผู้ดูแลระบบได้ และควรมีแนวทางให้ผู้ว่าจ้างสามารถบริหารจัดการบัญชีผู้ใช้งานได้ภายหลังการส่งมอบ

(4) ในกรณีที่ระบบมีการเชื่อมโยง API หรือเชื่อมต่อกับ EMS ต้องมีการกำหนด Token, API Key หรือวิธีการยืนยันตัวตนที่เหมาะสม เพื่อควบคุมการเข้าถึงข้อมูลและป้องกันการเรียกใช้งานโดยไม่ได้รับอนุญาต

(5) ผู้รับจ้างต้องส่งมอบบัญชีผู้ดูแลระบบหลัก หรือข้อมูลการตั้งค่าที่จำเป็นให้แก่ผู้ว่าจ้างภายหลังการตรวจรับ โดยต้องจัดส่งในรูปแบบที่ปลอดภัยและสามารถนำไปใช้งานต่อได้จริง

**ผู้กำหนดขอบเขตงาน**

(ผศ.ดร.ไกรสร ลักษณ์ศิริ) (ผศ.ดร.หทัยทิพย์ สินธุยา) (อ.ดร.พันธ์ลพ สินธุยา) (นายโชคชัย คงอุดมทรัพย์)

**6.3 การเข้ารหัสและความปลอดภัยของการสื่อสารข้อมูล มีรายละเอียดดังนี้**

(1) การสื่อสารข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ภาคสนาม IoT Gateway, Server, EMS, Dashboard, Database, API และแพลตฟอร์มกลาง ต้องมีมาตรการรักษาความปลอดภัยที่เหมาะสมกับบริบทของระบบ

(2) การเข้าถึงระบบ Dashboard, EMS, API หรือ Web-based Platform ควรใช้การเข้ารหัสข้อมูลผ่าน HTTPS, TLS หรือวิธีการอื่นที่มีความปลอดภัยและเหมาะสมกับระบบที่ติดตั้งจริง

(3) ในกรณีที่มีการเชื่อมต่อจากภายนอกพื้นที่หรือผ่านเครือข่ายสาธารณะ ควรมีมาตรการควบคุมการเข้าถึง เช่น VPN, Firewall, Access Control List, IP Whitelist หรือแนวทางอื่นที่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมของระบบ

(4) การเชื่อมต่อข้อมูลจาก IoT Gateway หรืออุปกรณ์ภาคสนามไปยังระบบกลาง ต้องมีการกำหนดช่องทางการสื่อสารที่ปลอดภัย และต้องลดความเสี่ยงจากการดักจับข้อมูล การแก้ไขข้อมูลระหว่างทาง หรือการเข้าถึงระบบโดยไม่ได้รับอนุญาต

(5) ในกรณีที่มีการใช้งาน MQTT, REST API, Webhook หรือโปรโตคอลอื่นในการรับ–ส่งข้อมูล ต้องมีการกำหนดสิทธิ์การเชื่อมต่อและการยืนยันตัวตนของอุปกรณ์หรือระบบที่เชื่อมโยงอย่างเหมาะสม

**6.4 การตั้งค่าความปลอดภัยของอุปกรณ์และระบบภาคสนาม มีรายละเอียดดังนี้**

(1) อุปกรณ์ที่เชื่อมต่อเครือข่าย เช่น IoT Gateway, Network Device, Smart Meter, Controller, Inverter Interface, BMS Interface และอุปกรณ์สื่อสารอื่น ต้องได้รับการตั้งค่าความปลอดภัยพื้นฐานก่อนส่งมอบระบบ

(2) ต้องเปลี่ยนรหัสผ่านเริ่มต้นจากโรงงานของอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องทั้งหมดก่อนการส่งมอบ และต้องกำหนดรหัสผ่านใหม่ให้เหมาะสมต่อการใช้งานจริง

(3) ต้องปิดบริการหรือพอร์ตการสื่อสารที่ไม่จำเป็นต่อการใช้งานของระบบ เพื่อลดความเสี่ยงจากการเข้าถึงระบบโดยไม่ได้รับอนุญาต

(4) ต้องกำหนด IP Address, Device ID, Network Configuration และสิทธิ์การเข้าถึงอุปกรณ์เครือข่ายอย่างชัดเจน เพื่อให้สามารถตรวจสอบ ดูแลรักษา และควบคุมระบบได้อย่างเป็นระเบียบ

(5) อุปกรณ์ที่ติดตั้งภายนอกอาคารหรือในพื้นที่ภาคสนามต้องติดตั้งในตู้ กล่อง หรือพื้นที่ที่มีความปลอดภัย มีการป้องกันฝุ่น ความชื้น ความร้อน และการเข้าถึงโดยบุคคลที่ไม่ได้รับอนุญาตตามความเหมาะสม

**ผู้กำหนดขอบเขตงาน**

(ผศ.ดร.ไกรสร ลักษณ์ศิริ) (ผศ.ดร.หทัยทิพย์ สินธุยา) (อ.ดร.พันธ์ลพ สินธุยา) (นายโชคชัย คงอุดมทรัพย์)

(6) ในกรณีที่อุปกรณ์ภาคสนามรองรับการบันทึก Log หรือสถานะการทำงาน ต้องตั้งค่าให้สามารถตรวจสอบสถานะการเชื่อมต่อ การเปลี่ยนแปลงค่าการตั้งค่า และเหตุการณ์ผิดปกติที่เกี่ยวข้องได้

**6.5 การรักษาความปลอดภัยของ API และการเชื่อมโยงข้อมูล มีรายละเอียดดังนี้**

(1) API ที่ใช้ในการเชื่อมโยงข้อมูลระหว่าง EMS และ Dashboard และ Database กับ Comm-Link, Community-Link หรือระบบข้อมูลอื่นของผู้ว่าจ้าง ต้องมีระบบยืนยันตัวตนและควบคุมสิทธิ์การเข้าถึงที่เหมาะสม

(2) API ต้องรองรับการกำหนดสิทธิ์การเรียกใช้งานตามประเภทข้อมูล เช่น ข้อมูลอุปกรณ์ ข้อมูล Telemetry ข้อมูลพลังงาน ข้อมูล Power Flow ข้อมูล Alert / Alarm ข้อมูล KPI และข้อมูลสำหรับ Digital Twin Scenario

(3) การเรียกใช้งาน API ต้องมีการกำหนด API Key, Token-based Authentication, OAuth2 หรือวิธีการอื่นที่เหมาะสมกับระบบที่ติดตั้งจริง และต้องสามารถควบคุมการเข้าถึงข้อมูลตามสิทธิ์ของผู้ใช้งานหรือระบบที่เชื่อมโยง

(4) ข้อมูลที่ส่งผ่าน API ต้องมีโครงสร้างที่ชัดเจน และต้องไม่เปิดเผยข้อมูลที่ไม่จำเป็นต่อการใช้งานหรือข้อมูลที่อาจก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อความปลอดภัยของระบบ

(5) ระบบ API ควรมีการกำหนดข้อจำกัดหรือแนวทางควบคุมการเรียกใช้งานตามความเหมาะสม เช่น การจำกัดสิทธิ์ตาม Token การจำกัดช่วงเวลาการเรียกดูข้อมูล หรือการกำหนด Endpoint ที่สามารถเข้าถึงได้ตามบทบาทของผู้ใช้งาน

(6) ผู้รับจ้างต้องจัดเตรียมข้อมูลที่จำเป็นต่อการใช้งาน API ให้แก่ผู้ว่าจ้าง เช่น Endpoint, Method, Parameter, Response Format, Error Code และตัวอย่างการเรียกใช้งาน โดยรายละเอียดเชิงเอกสารให้เป็นไปตามข้อ 4.8 เอกสารส่งมอบ การอบรม และการรับประกัน

**6.6 การบันทึก Log และการตรวจสอบย้อนหลัง มีรายละเอียดดังนี้**

(1) ระบบต้องมีการบันทึก Log การเข้าใช้งานระบบ การเรียกดูข้อมูล การเรียกใช้ API การเปลี่ยนแปลงการตั้งค่า การเชื่อมต่ออุปกรณ์ และเหตุการณ์สำคัญที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัยของระบบ

(2) Log ที่บันทึกควรระบุข้อมูลที่จำเป็นต่อการตรวจสอบย้อนหลัง เช่น วันและเวลา ผู้ใช้งานหรืออุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง ประเภทเหตุการณ์ รายละเอียดกิจกรรม และสถานะของการดำเนินการ

(3) ระบบควรสามารถบันทึกเหตุการณ์ผิดปกติ เช่น การเข้าสู่ระบบล้มเหลวหลายครั้ง การเชื่อมต่ออุปกรณ์ขัดข้อง การเรียกใช้ API ผิดพลาด การเปลี่ยนแปลงค่าการตั้งค่าที่สำคัญ หรือเหตุการณ์ที่อาจกระทบต่อความปลอดภัยของระบบ

**ผู้กำหนดขอบเขตงาน**

| | | | |
|---|---|---|---|
| (ผศ.ดร.ไกรสร ลักษณ์ศิริ) | (ผศ.ดร.หทัยทิพย์ สินธุยา) | (อ.ดร.พันธ์ลพ สินธุยา) | (นายโชคชัย คงอุดมทรัพย์) |

(4) ผู้ดูแลระบบต้องสามารถตรวจสอบ Log เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ปัญหา การแก้ไขข้อขัดข้อง การตรวจสอบการใช้งานย้อนหลัง และการจัดทำรายงานด้านความปลอดภัยของระบบได้

(5) การจัดเก็บ Log ต้องคำนึงถึงความเหมาะสมของพื้นที่จัดเก็บ ระยะเวลาการจัดเก็บ และความปลอดภัยของข้อมูล โดยต้องไม่กระทบต่อการทำงานหลักของระบบ

**6.7 การสำรองข้อมูลและความต่อเนื่องของระบบ มีรายละเอียดดังนี้**

(1) ระบบ Database, EMS, Dashboard และข้อมูลการตั้งค่าที่สำคัญ ต้องมีแนวทางการสำรองข้อมูลตามความเหมาะสม เพื่อป้องกันข้อมูลสูญหายจากความผิดพลาดของระบบ อุปกรณ์ขัดข้อง หรือเหตุการณ์ไม่คาดคิด

(2) ระบบควรมีแนวทางการกู้คืนข้อมูลหรือการฟื้นฟูระบบในกรณีเกิดความขัดข้อง เพื่อให้สามารถรักษาความต่อเนื่องในการใช้งานและลดผลกระทบต่อการติดตามข้อมูลพลังงาน

(3) ข้อมูลสำรองควรครอบคลุมข้อมูลสำคัญ เช่น ข้อมูล Time-series, ข้อมูลอุปกรณ์, Data Mapping, User Configuration, System Configuration, API Configuration และข้อมูลที่จำเป็นต่อการฟื้นฟูระบบ

(4) ผู้รับจ้างต้องจัดทำแนวทางการสำรองข้อมูลและการกู้คืนข้อมูลในระดับที่เหมาะสมกับระบบที่ติดตั้งจริง เพื่อให้ผู้ว่าจ้างสามารถดูแลรักษาระบบภายหลังการส่งมอบได้

(5) ในกรณีที่ระบบมีการจัดเก็บข้อมูลบน Cloud Server, Local Server หรือ Hybrid Server ต้องระบุแนวทางการสำรองข้อมูล สถานที่จัดเก็บข้อมูล และวิธีการกู้คืนข้อมูลที่เหมาะสมกับรูปแบบการติดตั้งจริง

**6.8 เอกสารการตั้งค่าความปลอดภัยและการส่งมอบสิทธิ์ มีรายละเอียดดังนี้**

(1) ผู้รับจ้างต้องจัดทำเอกสารสรุปการตั้งค่าความปลอดภัยของระบบ เพื่อให้ผู้ว่าจ้างสามารถตรวจสอบ ดูแลรักษา และบริหารจัดการระบบภายหลังการส่งมอบได้

(2) เอกสารดังกล่าวควรประกอบด้วยอย่างน้อย ได้แก่ รายการบัญชีผู้ใช้งาน ระดับสิทธิ์ของผู้ใช้งาน รายการอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อเครือข่าย IP Address List, API Credential หรือแนวทางการจัดการ API Key, รายการพอร์ตหรือบริการที่ใช้งาน และแนวทางการเปลี่ยนรหัสผ่าน

(3) ผู้รับจ้างต้องส่งมอบสิทธิ์การดูแลระบบที่จำเป็นให้แก่ผู้ว่าจ้าง เช่น บัญชี Admin, สิทธิ์เข้าถึง Dashboard, สิทธิ์เข้าถึง EMS, สิทธิ์เข้าถึง API, สิทธิ์เข้าถึงข้อมูล Database หรือสิทธิ์อื่นที่จำเป็นต่อการดูแลระบบตามขอบเขตงาน

(4) การส่งมอบบัญชีผู้ใช้งาน รหัสผ่าน API Key หรือ Credential อื่น ต้องดำเนินการในรูปแบบที่ปลอดภัย และต้องไม่เปิดเผยต่อบุคคลที่ไม่มีหน้าที่เกี่ยวข้อง

**ผู้กำหนดขอบเขตงาน**

(ผศ.ดร.ไกรสร ลักษณ์ศิริ) (ผศ.ดร.หทัยทิพย์ สินธุยา) (อ.ดร.พันธ์ลพ สินธุยา) (นายโชคชัย คงอุดมทรัพย์)

(5) ผู้รับจ้างต้องให้คำแนะนำแก่ผู้ว่าจ้างเกี่ยวกับแนวทางการดูแลรักษาความปลอดภัยของระบบหลังการส่งมอบ เช่น การเปลี่ยนรหัสผ่าน การจำกัดสิทธิ์ผู้ใช้งาน การตรวจสอบ Log การสำรองข้อมูล และการจัดการบัญชีผู้ใช้งานที่ไม่ได้ใช้งานแล้ว

## 7. การทดสอบระบบรวมและการ Commissioning

ผู้รับจ้างต้องดำเนินการทดสอบระบบรวมและ Commissioning ก่อนส่งมอบงาน เพื่อยืนยันว่าระบบ Prosumer Community Microgrid (PCM) ที่ติดตั้งในพื้นที่ต้นแบบสามารถทำงานได้ถูกต้อง ปลอดภัย มีเสถียรภาพ และสามารถเชื่อมโยงข้อมูลระหว่างระบบย่อยทั้งหมดได้ครบถ้วนตามวัตถุประสงค์ของโครงการ ทั้งในพื้นที่มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ศูนย์แม่ริมและพื้นที่ Smart Farm / สวนผักอินทรีย์เพลินจิต จังหวัดเชียงใหม่

การทดสอบระบบต้องครอบคลุมทั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ระบบกักเก็บพลังงาน ระบบ Smart Meter, IoT Gateway และ Communication ระบบ EMS และ Dashboard และ Database และ Analytics และ Digital Twin และ API รวมถึงการทำงานร่วมกันของระบบย่อยทั้งหมดในรูปแบบ Grid-connected Microgrid, Hybrid-Isolated Microgrid หรือ Islanded Mode ตามลักษณะของพื้นที่ติดตั้งจริง

### 7.1 แผนการทดสอบระบบ มีรายละเอียดดังนี้

(1) ผู้รับจ้างต้องจัดทำแผนการทดสอบระบบ หรือ Test Plan ก่อนดำเนินการทดสอบ โดยต้องระบุรายการทดสอบ วิธีการทดสอบ เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ เกณฑ์การยอมรับผลการทดสอบ ผู้รับผิดชอบ และช่วงเวลาการดำเนินการอย่างชัดเจน

(2) แผนการทดสอบต้องครอบคลุมการทดสอบรายระบบ การทดสอบการเชื่อมโยงข้อมูล การทดสอบการทำงานร่วมกันของระบบย่อย และการทดสอบการทำงานของระบบรวมภายใต้เงื่อนไขการใช้งานจริง

(3) ผู้รับจ้างต้องเสนอแผนการทดสอบให้ผู้ว่าจ้างหรือคณะกรรมการตรวจรับพิจารณาก่อนดำเนินการทดสอบจริง เพื่อให้การตรวจรับเป็นไปอย่างเป็นระบบและสามารถตรวจสอบย้อนกลับได้

(4) ในกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงรายการทดสอบ วิธีทดสอบ หรือเกณฑ์การยอมรับผลการทดสอบ ผู้รับจ้างต้องแจ้งให้ผู้ว่าจ้างพิจารณาเห็นชอบก่อนดำเนินการ

### 7.2 การทดสอบระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ มีรายละเอียดดังนี้

(1) ผู้รับจ้างต้องทดสอบระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อยืนยันว่าระบบสามารถผลิตไฟฟ้าได้จริงตามเงื่อนไขการออกแบบ และสามารถทำงานร่วมกับระบบอื่นในโครงการได้อย่างถูกต้อง

**ผู้กำหนดขอบเขตงาน**

(ผศ.ดร.ไกรสร ลักษณ์ศิริ) (ผศ.ดร.หทัยทิพย์ สินธุยา) (อ.ดร.พันธ์ลพ สินธุยา) (นายโชคชัย คงอุดมทรัพย์)

(2) การทดสอบต้องครอบคลุมอย่างน้อย ได้แก่ การตรวจสอบความสมบูรณ์ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ การตรวจสอบ String Configuration การตรวจสอบการเดินสาย DC / AC การตรวจสอบอุปกรณ์ป้องกัน และการตรวจสอบการติดตั้งตามแบบที่ได้รับอนุมัติ

(3) ต้องทดสอบการทำงานของ Inverter / Hybrid Inverter ได้แก่ การเริ่มทำงานของระบบ การแปลงพลังงาน การติดตามจุดกำลังไฟฟ้าสูงสุด หรือ Maximum Power Point Tracking (MPPT) การแสดงสถานะการทำงาน และการแจ้งเตือน Fault / Alarm

(4) ต้องทดสอบระบบป้องกันทางไฟฟ้า ได้แก่ DC Breaker, AC Breaker, Isolator, Surge Protection Device (SPD), Fuse, Combiner Box, AC Distribution Board และอุปกรณ์ป้องกันอื่นตามแบบที่ติดตั้งจริง

(5) ต้องทดสอบระบบ Grounding / Earthing และจัดทำผลการทดสอบค่าความต้านทานดิน เพื่อยืนยันว่าระบบมีความปลอดภัยตามหลักวิศวกรรมไฟฟ้า

(6) ต้องทดสอบการทำงานของระบบ Anti-Islanding Protection เพื่อยืนยันว่าระบบสามารถตัดการเชื่อมต่อจากระบบจำหน่ายได้อย่างปลอดภัยเมื่อเกิดความผิดปกติของระบบไฟฟ้าหลัก

(7) ในกรณีที่มีการติดตั้งระบบ Zero Export หรือ Anti-Reverse Power ต้องทดสอบการตรวจวัดทิศทางการไหลของพลังงาน การควบคุมการผลิตไฟฟ้า และการป้องกันการจ่ายไฟย้อนกลับเข้าสู่ระบบจำหน่ายตามเงื่อนไขที่กำหนด

(8) ต้องทดสอบการเชื่อมโยงข้อมูลจาก Inverter / Hybrid Inverter และอุปกรณ์ตรวจวัดเข้าสู่ระบบ EMS และ Dashboard และ Database เพื่อยืนยันว่าข้อมูลการผลิตไฟฟ้า สถานะอุปกรณ์ และ Fault / Alarm สามารถแสดงผลและจัดเก็บได้ครบถ้วน

**7.3 การทดสอบระบบกักเก็บพลังงาน มีรายละเอียดดังนี้**

(1) ผู้รับจ้างต้องทดสอบระบบ Battery Energy Storage System (BESS) เพื่อยืนยันว่าระบบสามารถชาร์จ คายประจุ ควบคุม ป้องกัน และเชื่อมโยงข้อมูลกับระบบอื่นได้อย่างถูกต้องและปลอดภัย

(2) การทดสอบต้องครอบคลุมอย่างน้อย ได้แก่ การทดสอบการชาร์จแบตเตอรี่ การคายประจุแบตเตอรี่ การตรวจวัดแรงดัน กระแส อุณหภูมิ State of Charge (SOC), State of Health (SOH) และสถานะการทำงานของระบบ

(3) ต้องทดสอบการทำงานของ Battery Management System (BMS) ได้แก่ การอ่านค่าข้อมูลแบตเตอรี่ การปรับสมดุลเซลล์ หรือ Cell Balancing การแจ้งเตือน Alarm และการแสดง Fault Status

**ผู้กำหนดขอบเขตงาน**

(ผศ.ดร.ไกรสร ลักษณ์ศิริ) (ผศ.ดร.หทัยทิพย์ สินธุยา) (อ.ดร.พันธ์ลพ สินธุยา) (นายโชคชัย คงอุดมทรัพย์)

(4) ต้องทดสอบระบบ Protection ของ BMS และระบบแบตเตอรี่ ตามความเหมาะสมของเทคโนโลยีที่ติดตั้ง ได้แก่ Over-voltage, Under-voltage, Over-current, Over-temperature, Short Circuit, Communication Fault, Emergency Stop และการป้องกันความเสี่ยงด้าน Thermal Runaway

(5) ต้องทดสอบการทำงานของ PCS / Battery Inverter ได้แก่ การรับพลังงานเพื่อชาร์จแบตเตอรี่ การจ่ายพลังงานกลับสู่โหลดหรือระบบไมโครกริด การทำงานแบบ Bi-directional และการตอบสนองต่อคำสั่งควบคุมจาก EMS หรือ Microgrid Controller

(6) ต้องทดสอบการทำงานร่วมกับระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อยืนยันว่าระบบสามารถชาร์จพลังงานจาก PV ส่วนเกิน และคายประจุเพื่อรองรับโหลดได้ตามเงื่อนไขที่กำหนด

(7) ต้องทดสอบการทำงานในโหมด Grid-tied, Hybrid, Island Mode หรือ Backup Operation ตามรูปแบบระบบที่ติดตั้งจริงและข้อจำกัดของพื้นที่

(8) ต้องทดสอบการเชื่อมโยงข้อมูลจาก BMS และ PCS / Battery Inverter เข้าสู่ EMS และ Dashboard และ Database เพื่อยืนยันว่าข้อมูลสถานะแบตเตอรี่ การชาร์จ การคายประจุ พลังงานคงเหลือ Alarm และ Fault สามารถแสดงผล จัดเก็บ และนำไปวิเคราะห์ได้ครบถ้วน

**7.4 การทดสอบระบบ Smart Meter และ IoT Gateway และ Communication มีรายละเอียดดังนี้**

(1) ผู้รับจ้างต้องทดสอบระบบ Smart Meter, IoT Gateway และ Communication เพื่อยืนยันว่าระบบสามารถตรวจวัด รวบรวม ส่งผ่าน และเชื่อมโยงข้อมูลจากอุปกรณ์ภาคสนามเข้าสู่แพลตฟอร์มกลางได้อย่างถูกต้อง

(2) ต้องทดสอบการอ่านค่าจาก Smart Meter ในแต่ละจุดวัด โดยครอบคลุมค่าทางไฟฟ้าที่จำเป็น เช่น Voltage, Current, Power, Energy, Power Factor, Frequency, Import Energy, Export Energy และทิศทางการไหลของพลังงาน

(3) ต้องทดสอบความถูกต้องของข้อมูลที่ส่งจากอุปกรณ์ภาคสนามเข้าสู่ EMS และ Dashboard และ Database โดยเปรียบเทียบค่าจากอุปกรณ์จริงกับค่าที่แสดงผลในระบบกลาง

(4) ต้องทดสอบการทำงานของ IoT Gateway ได้แก่ การอ่านข้อมูลจากหลายอุปกรณ์พร้อมกัน การกำหนด Device ID, Tag Name, Register Map, Data Mapping และ Sampling Interval ตามที่กำหนด

(5) ต้องทดสอบระบบ Local Buffer หรือระบบจัดเก็บข้อมูลชั่วคราว ในกรณีที่เครือข่ายสื่อสารขัดข้อง และทดสอบการส่งข้อมูลย้อนหลังกลับเข้าสู่แพลตฟอร์มกลางเมื่อระบบเครือข่ายกลับมาใช้งานได้ตามปกติ

**ผู้กำหนดขอบเขตงาน**

(ผศ.ดร.ไกรสร ลักษณ์ศิริ) (ผศ.ดร.หทัยทิพย์ สินธุยา) (อ.ดร.พันธ์ลพ สินธุยา) (นายโชคชัย คงอุดมทรัพย์)

(6) ต้องทดสอบระบบเครือข่ายสื่อสาร เช่น Ethernet, Wi-Fi, LoRa, NB-IoT, 4G/5G หรือ Hybrid Network ตามรูปแบบที่ติดตั้งจริง เพื่อยืนยันว่าระบบสามารถส่งข้อมูลได้อย่างต่อเนื่องและมีเสถียรภาพ

(7) ต้องทดสอบสถานะการเชื่อมต่อของอุปกรณ์ เช่น Online, Offline, Last Update, Communication Error, Data Quality และสถานะ Alarm / Fault ที่เกี่ยวข้องกับระบบสื่อสาร

(8) ในกรณีที่ใช้ระบบสื่อสารไร้สาย ผู้รับจ้างต้องทดสอบคุณภาพสัญญาณ ระยะครอบคลุม ความเสถียรของสัญญาณ และผลกระทบจากสิ่งกีดขวางหรือสภาพพื้นที่จริง

**7.5 การทดสอบระบบ EMS และ Dashboard และ Database และ Analytics และ Digital Twin และ API มีรายละเอียดดังนี้**

(1) ผู้รับจ้างต้องทดสอบระบบ EMS และ Dashboard และ Database และ Analytics และ Digital Twin และ API เพื่อยืนยันว่าระบบสามารถรับข้อมูล แสดงผล จัดเก็บ วิเคราะห์ จำลองสถานการณ์ และเชื่อมโยงข้อมูลได้ครบถ้วนตามวัตถุประสงค์ของโครงการ

(2) ต้องทดสอบการรับข้อมูลจากอุปกรณ์ภาคสนาม ได้แก่ Solar PV, BESS, Smart Meter, IoT Gateway, Load, Sensor, PCS / Battery Inverter, BMS และอุปกรณ์อื่นที่เกี่ยวข้อง

(3) ต้องทดสอบการแสดงผลบน Dashboard ทั้งข้อมูล Real-time หรือ Near Real-time และข้อมูลย้อนหลัง Historical Data โดยครอบคลุมข้อมูลการผลิตไฟฟ้า การใช้ไฟฟ้า สถานะแบตเตอรี่ Power Flow Diagram หรือ Energy Flow Diagram, Alert / Alarm และ Project KPI

(4) ต้องทดสอบการบันทึกข้อมูลลง Database และการเรียกดูข้อมูลย้อนหลังตามช่วงเวลา เช่น รายชั่วโมง รายวัน รายเดือน รายปี หรือช่วงเวลาที่ผู้ใช้งานกำหนด

(5) ต้องทดสอบการ Export ข้อมูลหรือรายงานในรูปแบบ CSV, Excel, PDF หรือรูปแบบอื่นที่ผู้ว่าจ้างสามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์หรือจัดทำรายงานได้

(6) ต้องทดสอบการคำนวณตัวชี้วัดด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม เช่น PV Generation, Load Consumption, Battery SOC, Battery Operation, Power Flow, Renewable Energy Share, Self-consumption, Self-sufficiency, Energy Saving และ Carbon Reduction

(7) ต้องทดสอบระบบ Analytics เพื่อยืนยันว่าระบบสามารถวิเคราะห์ Load Profile, Supply Pattern, Battery Utilization, System Availability และ Performance Indicator อื่นที่เหมาะสมกับโครงการได้

**ผู้กำหนดขอบเขตงาน**

(ผศ.ดร.ไกรสร ลักษณ์ศิริ) (ผศ.ดร.หทัยทิพย์ สินธุยา) (อ.ดร.พันธ์ลพ สินธุยา) (นายโชคชัย คงอุดมทรัพย์)

(8) ต้องทดสอบระบบ Digital Twin โดยครอบคลุมการแสดงโครงสร้างระบบ การรับข้อมูลจากระบบจริง การแสดงสถานะระบบพลังงาน และการจำลอง Scenario ขั้นพื้นฐาน เช่น การเปลี่ยนแปลงโหลด การเพิ่มขนาด PV การเพิ่มขนาด BESS หรือการทำงานในโหมด Island Mode

(9) ต้องทดสอบระบบ API โดยครอบคลุมการเรียกดูข้อมูลหลัก การเรียกดูข้อมูล Telemetry การเรียกดูข้อมูลสรุปพลังงาน การเรียกดูข้อมูล Power Flow การเรียกดูข้อมูล Alert / Alarm การเรียกดูข้อมูล KPI และการเตรียมข้อมูลสำหรับเชื่อมโยงกับ EMSหรือระบบข้อมูลกลางของผู้ว่าจ้าง

**7.6 การทดสอบการทำงานร่วมกันของระบบรวม มีรายละเอียดดังนี้**

(1) ผู้รับจ้างต้องทดสอบการทำงานร่วมกันของระบบย่อยทั้งหมด เพื่อยืนยันว่าระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ระบบกักเก็บพลังงาน ระบบ Smart Meter, IoT Gateway, Communication, EMS, Dashboard, Database, Analytics, Digital Twin และ API สามารถทำงานร่วมกันได้อย่างถูกต้อง

(2) ต้องทดสอบการไหลของพลังงานระหว่าง Solar PV, Load, BESS, AC BUS, DC BUS, Grid Connection และ Microgrid Controller ตามรูปแบบระบบที่ติดตั้งจริง

(3) ต้องทดสอบการชาร์จแบตเตอรี่จากพลังงานส่วนเกินของระบบ PV และการคายประจุแบตเตอรี่เพื่อรองรับโหลดในช่วงเวลาที่กำหนด หรือช่วงเวลาที่ EMS กำหนดตามเงื่อนไขการบริหารจัดการพลังงาน

(4) ต้องทดสอบการทำงานด้าน Load Shifting, Peak Shaving, Energy Scheduling, Backup Power และ Island Operation ตามขอบเขตที่ระบบรองรับและตามรูปแบบการติดตั้งจริง

(5) ต้องทดสอบการแจ้งเตือนความผิดปกติของระบบ เช่น Inverter Fault, Battery Alarm, BMS Fault, PCS Fault, Communication Error, Data Missing และอุปกรณ์ Offline เพื่อยืนยันว่าระบบสามารถแจ้งเตือนและแสดงสถานะได้ถูกต้อง

(6) ต้องทดสอบการทำงานในพื้นที่มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ศูนย์แม่ริมเพื่อยืนยันว่าระบบสามารถรองรับการติดตามและบริหารจัดการพลังงานในบริบท Full Feeder Microgrid ได้

(7) ต้องทดสอบการทำงานในพื้นที่ Smart Farm เพื่อยืนยันว่าระบบสามารถรองรับการติดตามและบริหารจัดการพลังงานในบริบท Hybrid-Isolated Microgrid และโหลดภาคการเกษตรได้

**7.7 เกณฑ์การยอมรับผลการทดสอบ มีรายละเอียดดังนี้**

(1) ระบบต้องสามารถทำงานได้ครบถ้วนตามขอบเขตงาน แบบที่ได้รับอนุมัติ และข้อกำหนดทางเทคนิคที่ระบุในเอกสารนี้

(2) ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ต้องสามารถผลิตไฟฟ้า ตรวจวัดสถานะ และส่งข้อมูลเข้าสู่ระบบกลางได้ตามเงื่อนไขการออกแบบ

**ผู้กำหนดขอบเขตงาน**

(ผศ.ดร.ไกรสร ลักษณ์ศิริ) (ผศ.ดร.หทัยทิพย์ สินธุยา) (อ.ดร.พันธ์ลพ สินธุยา) (นายโชคชัย คงอุดมทรัพย์)

(3) ระบบกักเก็บพลังงานต้องสามารถชาร์จ คายประจุ แสดงสถานะแบตเตอรี่ และทำงานร่วมกับ EMS หรือ Microgrid Controller ได้อย่างถูกต้อง

(4) ระบบ Smart Meter, IoT Gateway และ Communication ต้องสามารถตรวจวัด ส่งข้อมูล และเชื่อมโยงข้อมูลเข้าสู่ EMS และ Dashboard และ Database ได้อย่างต่อเนื่องและถูกต้อง

(5) ระบบ EMS และ Dashboard และ Database และ Analytics และ Digital Twin และ API ต้องสามารถรับข้อมูล แสดงผล จัดเก็บ วิเคราะห์ เรียกดูย้อนหลัง Export ข้อมูล และเชื่อมโยงข้อมูลกับระบบอื่นได้ตามขอบเขตที่กำหนด

(6) ระบบต้องมีผลการทดสอบด้านความปลอดภัยทางไฟฟ้า การสื่อสารข้อมูล และการควบคุมระบบในระดับที่เหมาะสมต่อการใช้งานจริง

(7) ในกรณีที่พบข้อบกพร่อง ข้อมูลไม่ครบถ้วน หรือระบบไม่สามารถทำงานได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด ผู้รับจ้างต้องดำเนินการแก้ไข ปรับปรุง และทดสอบซ้ำจนกว่าระบบจะเป็นไปตามข้อกำหนด โดยไม่มีค่าใช้จ่ายเพิ่มเติมแก่ผู้ว่าจ้าง เว้นแต่เป็นการเปลี่ยนแปลงขอบเขตงานที่ได้รับอนุมัติเป็นลายลักษณ์อักษร

**7.8 รายงานผลการทดสอบและ Commissioning มีรายละเอียดดังนี้**

(1) ผู้รับจ้างต้องจัดทำรายงานผลการทดสอบและ Commissioning เพื่อใช้เป็นหลักฐานประกอบการตรวจรับระบบ โดยรายงานต้องมีรายละเอียดผลการทดสอบ วิธีการทดสอบ วันที่ทดสอบ ผู้ทดสอบ ผลการตรวจวัด ปัญหาที่พบ แนวทางแก้ไข และผลการทดสอบซ้ำในกรณีที่มีการแก้ไขระบบ

(2) รายงานที่ต้องจัดทำควรประกอบด้วยอย่างน้อย ได้แก่ Commissioning Report, Functional Test Report, Performance Test Report, Communication Test Report, Data Accuracy Test Report, Dashboard Test Report, Database Test Report, Analytics Test Report, Digital Twin Test Report, API Test Report และ Integrated System Test Report

(3) รายงานผลการทดสอบระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ต้องแสดงผลการทดสอบ PV, Inverter, ระบบป้องกัน, Grounding, Anti-Islanding, Zero Export / Anti-Reverse Power และการเชื่อมโยงข้อมูลเข้าสู่ระบบกลาง

(4) รายงานผลการทดสอบระบบกักเก็บพลังงานต้องแสดงผลการทดสอบ BESS, BMS, PCS / Battery Inverter, Protection, Alarm, การชาร์จ–คายประจุ และการเชื่อมโยงข้อมูลเข้าสู่ระบบกลาง

(5) รายงานผลการทดสอบระบบ Smart Meter, IoT Gateway และ Communication ต้องแสดงผลการทดสอบการอ่านค่าข้อมูล การส่งข้อมูล การเชื่อมโยงข้อมูล สถานะการสื่อสาร Local Buffer และความถูกต้องของข้อมูล

**ผู้กำหนดขอบเขตงาน**

(ผศ.ดร.ไกรสร ลักษณ์ศิริ) (ผศ.ดร.หทัยทิพย์ สินธุยา) (อ.ดร.พันธ์ลพ สินธุยา) (นายโชคชัย คงอุดมทรัพย์)

(6) รายงานผลการทดสอบระบบ EMS และ Dashboard และ Database และ Analytics และ Digital Twin และ API ต้องแสดงผลการรับข้อมูล การแสดงผล การจัดเก็บข้อมูล การวิเคราะห์ การจำลองสถานการณ์ การ Export ข้อมูล และการเชื่อมโยง API

(7) ผู้รับจ้างต้องจัดส่งรายงานผลการทดสอบให้ผู้ว่าจ้างพิจารณาประกอบการตรวจรับ และต้องปรับปรุงรายงานให้ครบถ้วนตามข้อสังเกตของผู้ว่าจ้างหรือคณะกรรมการตรวจรับก่อนการส่งมอบงานงวดสุดท้าย

## 8. ข้อกำหนดทั่วไปในการดำเนินงาน การติดตั้ง และการส่งมอบ

### 8.1 การส่งแบบ Shop Drawing และเอกสารก่อนดำเนินการ

ผู้รับจ้างต้องจัดทำและส่งแบบรายละเอียดก่อนดำเนินการติดตั้ง หรือ Shop Drawing ให้ผู้ว่าจ้างตรวจสอบและให้ความเห็นชอบก่อนดำเนินการ โดยแบบดังกล่าวต้องครอบคลุมการจัดผังบริเวณ ตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ แนวเดินสายไฟฟ้า แนวเดินสายสื่อสาร ตำแหน่งตู้ควบคุม ตำแหน่งอุปกรณ์ป้องกัน ตำแหน่ง Smart Meter, IoT Gateway, BESS, Inverter, EMS Server หรืออุปกรณ์อื่นที่เกี่ยวข้องทั้งหมด โดนแนบแบบ Shop Drawing ต้องแสดงรายละเอียดอย่างน้อย ได้แก่

(1) Layout ตำแหน่งติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ และระบบกักเก็บพลังงาน BESS

(2) Layout ตำแหน่งติดตั้ง Smart Meter, IoT Gateway และ Communication Device

(3) Single Line Diagram (SLD) ของระบบไฟฟ้า

(4) Communication Diagram ของระบบสื่อสารข้อมูล

(5) System Architecture ของระบบ EMS และ Dashboard และ Database และ API และ Digital Twin

(6) รายละเอียดการเชื่อมโยงข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ภาคสนามกับแพลตฟอร์มกลาง

(7) รายละเอียดอุปกรณ์ป้องกันไฟฟ้า ระบบกราวด์ และอุปกรณ์ความปลอดภัย

(8) รายละเอียดตำแหน่งติดตั้งในแต่ละพื้นที่ ได้แก่มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ศูนย์แม่ริมและ Smart Farm หรือพื้นที่ที่ผู้ว่าจ้างกำหนด

ผู้รับจ้างจะเริ่มดำเนินการติดตั้งได้ต่อเมื่อแบบ Shop Drawing และเอกสารที่เกี่ยวข้องได้รับความเห็นชอบจากผู้ว่าจ้างแล้วเท่านั้น เว้นแต่ได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจากผู้ว่าจ้าง

### 8.2 การส่งรายละเอียดวัสดุ อุปกรณ์ และซอฟต์แวร์ก่อนติดตั้ง

ผู้รับจ้างต้องจัดส่งรายละเอียดวัสดุ อุปกรณ์ และซอฟต์แวร์ทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับโครงการให้ผู้ว่าจ้างตรวจสอบก่อนดำเนินการติดตั้ง โดยต้องมีเอกสารประกอบอย่างน้อย ได้แก่ Catalog, Datasheet,

**ผู้กำหนดขอบเขตงาน**

(ผศ.ดร.ไกรสร ลักษณ์ศิริ) (ผศ.ดร.หทัยทิพย์ สินธุยา) (อ.ดร.พันธ์ลพ สินธุยา) (นายโชคชัย คงอุดมทรัพย์)

Technical Specification, Certificate, Manual, Warranty Document และเอกสารรับรองมาตรฐานของอุปกรณ์หลัก โดยอุปกรณ์และระบบที่ต้องส่งรายละเอียดให้ตรวจสอบก่อนติดตั้ง ประกอบด้วยอย่างน้อย

(1) แผงเซลล์แสงอาทิตย์
(2) Inverter / Hybrid Inverter
(3) Battery Module / Battery Cabinet / Battery Rack
(4) Battery Management System (BMS)
(5) PCS / Battery Inverter
(6) Smart Meter และ Current Transformer (CT)
(7) IoT Gateway และ Communication Device
(8) Network Device, Router, Switch, LoRa Gateway, 4G/5G Router หรืออุปกรณ์สื่อสารอื่น
(9) EMS และ Dashboard และ Database และ Analytics และ Digital Twin และ API
(10) อุปกรณ์ป้องกันไฟฟ้า ตู้ไฟฟ้า สายไฟ สายสื่อสาร อุปกรณ์กราวด์ และอุปกรณ์ประกอบอื่น

วัสดุ อุปกรณ์ และซอฟต์แวร์ที่นำมาติดตั้งจริงต้องเป็นไปตามรายการที่ได้รับความเห็นชอบจากผู้ว่าจ้าง หากผู้รับจ้างมีความจำเป็นต้องเปลี่ยนแปลงยี่ห้อ รุ่น ขนาด หรือคุณสมบัติของอุปกรณ์ ต้องเสนอรายละเอียดเปรียบเทียบและได้รับความเห็นชอบจากผู้ว่าจ้างก่อนดำเนินการเปลี่ยนแปลง

**8.3 การติดตั้งและการทดสอบระบบ**

ผู้รับจ้างต้องดำเนินการติดตั้งระบบทั้งหมดให้ครบถ้วนตามแบบ รายการอุปกรณ์ และข้อกำหนดทางเทคนิคที่ได้รับความเห็นชอบจากผู้ว่าจ้าง โดยต้องติดตั้งให้ถูกต้องตามหลักวิศวกรรม มาตรฐานความปลอดภัย และข้อกำหนดของหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ระบบที่ต้องติดตั้งและทดสอบให้สามารถใช้งานได้จริง ประกอบด้วยอย่างน้อย

(1) ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์
(2) ระบบกักเก็บพลังงาน BESS
(3) ระบบ Smart Meter, IoT และ Communication
(4) ระบบ EMS และ Dashboard และ Database
(5) ระบบ Analytics, Digital Twin และ API
(6) ระบบเชื่อมโยงข้อมูลกับ EMSหรือระบบข้อมูลกลางของผู้ว่าจ้าง
(7) ระบบป้องกันไฟฟ้า ระบบ Grounding และระบบความปลอดภัย

**ผู้กำหนดขอบเขตงาน**

(ผศ.ดร.ไกรสร ลักษณ์ศิริ) (ผศ.ดร.หทัยทิพย์ สินธุยา) (อ.ดร.พันธ์ลพ สินธุยา) (นายโชคชัย คงอุดมทรัพย์)

(8) ระบบแจ้งเตือนและระบบตรวจสอบสถานะอุปกรณ์

ผู้รับจ้างต้องทดสอบระบบแบบแยกรายระบบและทดสอบระบบรวมแบบ End-to-End เพื่อยืนยันว่าระบบสามารถผลิต กักเก็บ ตรวจวัด ส่งข้อมูล แสดงผล วิเคราะห์ และจัดเก็บข้อมูลได้ครบถ้วนตามวัตถุประสงค์ของโครงการ และการทดสอบต้องครอบคลุมอย่างน้อย

(1) การทดสอบระบบ PV, BESS และ BMS

(2) การทดสอบ PCS / Battery Inverter

(3) การทดสอบ Smart Meter, IoT Gateway และระบบ Communication Network

(4) การทดสอบ EMS และ Dashboard และ Database

(5) การทดสอบ API และการเชื่อมโยง Comm-Link

(6) การทดสอบ Alert / Alarm

(7) การทดสอบการแสดงผล Real-time และ Historical Data

(8) การทดสอบการ Export ข้อมูล

(9) การทดสอบระบบความปลอดภัยและสิทธิ์ผู้ใช้งาน

(10) การทดสอบการทำงานในโหมด Grid-connected, Hybrid, Island Mode หรือรูปแบบอื่นตามแบบที่ติดตั้งจริง

**8.4 การอบรมบุคลากรก่อนส่งมอบงาน**

ผู้รับจ้างต้องจัดอบรมการใช้งานระบบให้แก่บุคลากรของผู้ว่าจ้างก่อนส่งมอบงาน โดยต้องครอบคลุมทั้งภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติ เพื่อให้บุคลากรสามารถใช้งาน ตรวจสอบ บำรุงรักษา และแก้ไขปัญหาเบื้องต้นของระบบได้ โดยหัวข้ออบรมต้องครอบคลุมอย่างน้อย ดังนี้

(1) หลักการทำงานของระบบ Prosumer Community Microgrid

(2) การใช้งานระบบ PV และการตรวจสอบสถานะ Inverter

(3) การใช้งานและการตรวจสอบสถานะระบบ BESS

(4) การอ่านค่า Smart Meter และสถานะอุปกรณ์ IoT

(5) การใช้งาน Dashboard และการเรียกดูข้อมูลย้อนหลัง

(6) การตรวจสอบ Alert / Alarm

(7) การ Export ข้อมูลเพื่อใช้ในการวิเคราะห์หรือรายงาน

(8) การใช้งานระบบ API หรือข้อมูลสำหรับเชื่อมโยงกับ Comm-Link

(9) การดูแลรักษาอุปกรณ์เบื้องต้น

(10) แนวทางปฏิบัติด้านความปลอดภัยและการตัดแยกระบบกรณีฉุกเฉิน

**ผู้กำหนดขอบเขตงาน**

(ผศ.ดร.ไกรสร ลักษณ์ศิริ) (ผศ.ดร.หทัยทิพย์ สินธุยา) (อ.ดร.พันธ์ลพ สินธุยา) (นายโชคชัย คงอุดมทรัพย์)

ผู้รับจ้างต้องจัดทำเอกสารประกอบการอบรม คู่มือการใช้งาน และรายงานสรุปผลการอบรม พร้อมรายชื่อผู้เข้าร่วมอบรม เพื่อประกอบการส่งมอบงาน

### 8.5 การส่งมอบ As-built Drawing และเอกสารประกอบระบบ

ผู้รับจ้างต้องจัดส่ง As-built Drawing และเอกสารประกอบระบบทั้งหมดให้แก่ผู้ว่าจ้างในวันส่งมอบงานงวดสุดท้าย หรือภายในระยะเวลาที่ผู้ว่าจ้างกำหนด โดยต้องส่งมอบเป็นเอกสารฉบับพิมพ์จำนวนไม่น้อยกว่า 3 ชุด และไฟล์ดิจิทัลในรูปแบบที่สามารถแก้ไขและใช้งานต่อได้ เช่น PDF, DWG, XLSX, DOCX หรือรูปแบบอื่นที่เหมาะสม และเอกสารส่งมอบต้องประกอบด้วยอย่างน้อย ดังนี้

(1) As-built Drawing ของระบบ PV และ BESS

(2) Single Line Diagram ฉบับติดตั้งจริง

(3) Communication Diagram ฉบับติดตั้งจริง

(4) Layout ตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ทั้งหมด

(5) Device List และ Serial Number ของอุปกรณ์หลัก

(6) IP Address List, Device ID, Register Map และ Data Mapping

(7) Database Schema หรือ Data Dictionary

(8) API Specification และตัวอย่างการเรียกใช้งาน API

(9) คู่มือการใช้งาน EMS และ Dashboard และ Database

(10) คู่มือการใช้งานและบำรุงรักษาระบบ PV และ BESS

(11) คู่มือการใช้งาน Smart Meter, IoT Gateway และ Communication

(12) เอกสารรับประกันอุปกรณ์และซอฟต์แวร์

(13) รายงาน Commissioning Report

(14) รายงาน Functional Test Report

(15) รายงาน Performance Test Report

(16) รายงาน Communication Test Report

(17) รายงาน API Test Report

(18) รายงาน Security Configuration Report

(19) รายงานการอบรมผู้ใช้งาน

(20) บัญชีผู้ใช้งานและสิทธิ์ผู้ดูแลระบบที่จำเป็นต่อการบริหารจัดการระบบ

**ผู้กำหนดขอบเขตงาน**

(ผศ.ดร.ไกรสร ลักษณ์ศิริ) (ผศ.ดร.หทัยทิพย์ สินธุยา) (อ.ดร.พันธ์ลพ สินธุยา) (นายโชคชัย คงอุดมทรัพย์)

**8.6 การรับประกันและการแก้ไขข้อบกพร่อง**

ผู้รับจ้างต้องรับประกันการติดตั้งและการทำงานของระบบรวมภายหลังการส่งมอบงาน ตามระยะเวลาที่กำหนดในสัญญา นับถัดจากวันที่ผู้ว่าจ้างตรวจรับงานงวดสุดท้ายเรียบร้อยแล้ว เว้นแต่เอกสารประกวดราคาหรือสัญญาจะกำหนดไว้เป็นอย่างอื่น

ในระยะเวลารับประกัน หากระบบเกิดความขัดข้องจากความบกพร่องของอุปกรณ์ การติดตั้ง การเชื่อมโยงระบบ การตั้งค่าซอฟต์แวร์ หรือการดำเนินงานของผู้รับจ้าง ผู้รับจ้างต้องดำเนินการแก้ไขให้ระบบกลับมาใช้งานได้ตามปกติโดยไม่คิดค่าใช้จ่ายเพิ่มเติมจากผู้ว่าจ้าง

ผู้รับจ้างต้องจัดให้มีช่องทางการแจ้งปัญหา ผู้ประสานงาน และแผนการให้บริการหลังการขาย เพื่อให้ผู้ว่าจ้างสามารถติดต่อและขอรับการสนับสนุนทางเทคนิคได้ตลอดระยะเวลารับประกัน

**8.7 การเปลี่ยนแปลงแบบ วัสดุ อุปกรณ์ หรือซอฟต์แวร์**

ในกรณีที่ผู้รับจ้างมีความจำเป็นต้องเปลี่ยนแปลงแบบ วัสดุ อุปกรณ์ ซอฟต์แวร์ หรือวิธีการติดตั้งจากที่ได้รับอนุมัติไว้ ผู้รับจ้างต้องเสนอรายละเอียดการเปลี่ยนแปลง เหตุผลความจำเป็น รายละเอียดเปรียบเทียบคุณสมบัติ และผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นต่อระบบ ให้ผู้ว่าจ้างพิจารณาอนุมัติเป็นลายลักษณ์อักษรก่อนดำเนินการ

วัสดุ อุปกรณ์ หรือซอฟต์แวร์ที่เปลี่ยนแปลงต้องมีคุณสมบัติไม่ต่ำกว่าข้อกำหนดเดิม และต้องไม่ทำให้สมรรถนะ ความปลอดภัย ความสามารถในการเชื่อมโยงข้อมูล หรือการใช้งานของระบบลดลง

**8.8 ความปลอดภัยระหว่างดำเนินงาน**

ผู้รับจ้างต้องรับผิดชอบด้านความปลอดภัยของบุคลากร เครื่องมือ อุปกรณ์ และพื้นที่ปฏิบัติงานตลอดระยะเวลาดำเนินงาน โดยต้องจัดให้มีมาตรการความปลอดภัยที่เหมาะสมกับงานไฟฟ้า งานติดตั้งบนที่สูง งานติดตั้งแบตเตอรี่ งานเดินสายสื่อสาร และงานเชื่อมโยงระบบกับอุปกรณ์เดิม

ผู้รับจ้างต้องไม่ดำเนินการใด ๆ ที่อาจก่อให้เกิดความเสียหายต่ออาคาร ระบบไฟฟ้าเดิม ระบบสื่อสารเดิม ทรัพย์สินของผู้ว่าจ้าง หรือความปลอดภัยของผู้ใช้งานในพื้นที่ หากเกิดความเสียหายอันเนื่องมาจากการดำเนินงานของผู้รับจ้าง ผู้รับจ้างต้องรับผิดชอบแก้ไขหรือชดใช้ความเสียหายตามที่เกิดขึ้นจริง

**8.9 การส่งมอบสิทธิ์การใช้งานและข้อมูลระบบ**

ผู้รับจ้างต้องส่งมอบสิทธิ์การใช้งานระบบ ซอฟต์แวร์ บัญชีผู้ดูแลระบบ รหัสผ่าน เอกสารการตั้งค่าและข้อมูลที่จำเป็นต่อการดูแลระบบให้แก่ผู้ว่าจ้างอย่างครบถ้วน โดยต้องไม่จำกัดการเข้าถึงข้อมูลของผู้ว่าจ้าง เว้นแต่เป็นข้อจำกัดด้านลิขสิทธิ์หรือความปลอดภัยที่ได้แจ้งและได้รับความเห็นชอบจากผู้ว่าจ้างไว้ล่วงหน้า

**ผู้กำหนดขอบเขตงาน**

(ผศ.ดร.ไกรสร ลักษณ์ศิริ) (ผศ.ดร.หทัยทิพย์ สินธุยา) (อ.ดร.พันธ์ลพ สินธุยา) (นายโชคชัย คงอุดมทรัพย์)

ข้อมูลที่เกิดขึ้นจากการดำเนินโครงการ เช่น ข้อมูลการผลิตไฟฟ้า ข้อมูลการใช้พลังงาน ข้อมูลสถานะแบตเตอรี่ ข้อมูล Smart Meter ข้อมูล IoT ข้อมูล Dashboard ข้อมูล Database และข้อมูลที่เชื่อมโยงกับ EMSให้ถือเป็นข้อมูลของผู้ว่าจ้าง และผู้รับจ้างต้องไม่เปิดเผย นำไปใช้ หรือส่งต่อให้บุคคลภายนอกโดยไม่ได้รับอนุญาตจากผู้ว่าจ้าง

## 9. เอกสารข้อเสนอทางเทคนิคที่ต้องยื่นพร้อมการเสนอราคา

### 9.1 เอกสารรายละเอียดแบบและการคำนวณทางวิศวกรรม

ผู้เสนอราคาต้องจัดทำและยื่นเอกสารรายละเอียดแบบเบื้องต้น พร้อมรายการคำนวณทางวิศวกรรม เพื่อแสดงความเข้าใจต่อขอบเขตงานและความสามารถในการดำเนินงานให้สอดคล้องกับพื้นที่จริง โดยต้องมีเอกสารประกอบอย่างน้อย ดังนี้

(1) แบบแนวคิดระบบโดยรวมแนวทางการบูรณาการ PCM หรือ System Architecture ของระบบ Prosumer Community Microgrid (PCM) แสดงการเชื่อมโยงระหว่างระบบ

(2) รายละเอียดระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ (PV Solar System) ซึ่งประกอบด้วย คุณสมบัติ กำลังผลิตรวมและการออกแบบระบบ รวมถึง Inverter และโครงสร้างติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ พร้อมอุปกรณ์ป้องกันทางไฟฟ้าและระบบ Grounding และ ระบบ Anti-Reverse Power, Monitoring และการเชื่อมโยงข้อมูล

(3) รายละเอียดระบบกักเก็บพลังงาน (Battery Energy Storage System: BESS) ประกอบด้วย ชนิดและคุณภาพของแบตเตอรี่ ความจุ ประสิทธิภาพและอายุการใช้งาน Battery Management System (BMS) และระบบ Protection ลักษณะการเชื่อมโยงระหว่าง BESS กับระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ EMS และ Dashboard และลักษณะการติดตั้ง และความปลอดภัย

(4) รายละเอียดของระบบ Smart Meter และ IoT Gateway รวมถึงระบบเครือข่ายสื่อสาร ซึ่งประกอบด้วย คุณสมบัติและความแม่นยำของ Smart Meter ความครอบคลุมของจุดติดตั้งและจุดวัด คุณสมบัติของ IoT Gateway รวมถึงมาตรฐานการสื่อสารและความเสถียรของเครือข่าย และระบบ Local Buffer และ Data Mapping และเอกสารการเชื่อมโยงข้อมูล

(5) รายละเอียดของระบบ EMS, Dashboard, Database, Analytics, Digital Twin และ API ซึ่งประกอบด้วย ความสามารถของระบบ EMS ลักษณะ Dashboard และการแสดงผล ระบบฐานข้อมูลและโครงสร้างข้อมูล ระบบ Data Analytics และการคำนวณตัวชี้วัด ระบบ Digital Twin และ API และการเชื่อมโยงข้อมูล รวมถึงการแยกการใช้งานตามพื้นที่ ระบบย่อย และผู้ใช้งาน และการวิธีการ Export ข้อมูลและรายงาน

**ผู้กำหนดขอบเขตงาน**

(ผศ.ดร.ไกรสร ลักษณ์ศิริ) (ผศ.ดร.หทัยทิพย์ สินธุยา) (อ.ดร.พันธ์ลพ สินธุยา) (นายโชคชัย คงอุดมทรัพย์)

(6) รายละเอียดระบบ Cybersecurity และสิทธิ์การเข้าถึง ซึ่งประกอบด้วย Role-based Access Control (RBAC) ความปลอดภัยของรหัสผ่าน Token และ Credential การเข้ารหัสและความปลอดภัยของการสื่อสาร ความปลอดภัยของอุปกรณ์ภาคสนามและเครือข่าย และการเก็บข้อมูล Log การ Backup และการ Recovery รวมถึงเอกสาร Security Configuration และการส่งมอบสิทธิ์

**9.2 บุคลากรหลักของผู้เสนอราคา**

ผู้เสนอราคาต้องมีบุคลากรหลักที่มีความรู้ ความสามารถ และประสบการณ์เหมาะสมกับลักษณะงาน โดยต้องมีบุคลากรที่เกี่ยวข้องกับงานวิศวกรรม ระบบไฟฟ้า ระบบพลังงาน ระบบสื่อสารข้อมูล และระบบดิจิทัล เพื่อให้สามารถดำเนินงานได้ครบถ้วนตามวัตถุประสงค์ของโครงการ

ผู้เสนอราคาต้องมีวิศวกรที่มีใบอนุญาตประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม ไม่ต่ำกว่าระดับภาคีวิศวกร หรือระดับอื่นตามที่กฎหมายกำหนด อย่างน้อยดังนี้

(1) วิศวกรไฟฟ้า สาขาไฟฟ้ากำลัง จำนวนไม่น้อยกว่า 1 คน เพื่อรับผิดชอบงานออกแบบติดตั้ง ตรวจสอบ และรับรองระบบไฟฟ้า ระบบ PV, BESS, PCS, Protection, Grounding และการเชื่อมต่อระบบไฟฟ้า

(2) วิศวกรโยธาหรือวิศวกรโครงสร้าง จำนวนไม่น้อยกว่า 1 คน ในกรณีที่มีงานออกแบบหรือติดตั้งโครงสร้างรองรับแผง PV บนหลังคา พื้นดิน หรือระบบ Agrivoltaics ที่ต้องพิจารณาความมั่นคงแข็งแรงของโครงสร้าง

(3) ผู้เชี่ยวชาญหรือวิศวกรด้านระบบควบคุม ระบบสื่อสารข้อมูล IoT หรือระบบดิจิทัล จำนวนไม่น้อยกว่า 1 คน เพื่อรับผิดชอบการเชื่อมโยง Smart Meter, IoT Gateway, Communication Network, EMS, Dashboard, Database และ API

(4) ผู้จัดการโครงการ จำนวนไม่น้อยกว่า 1 คน ซึ่งมีประสบการณ์บริหารจัดการโครงการด้านพลังงาน ระบบไฟฟ้า ระบบ IoT หรือระบบดิจิทัลที่เกี่ยวข้อง

ผู้เสนอราคาต้องแนบสำเนาใบอนุญาตประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม สำเนาหลักฐานทางการศึกษา ประวัติการทำงาน หนังสือรับรองการเป็นพนักงานประจำหรือหนังสือแสดงการมีส่วนร่วมในโครงการ และหลักฐานอื่นที่เกี่ยวข้องของบุคลากรหลัก พร้อมลงนามรับรองสำเนาถูกต้อง เพื่อยื่นพร้อมเอกสารเสนอราคาและใช้ประกอบการพิจารณาของผู้ว่าจ้าง

**ผู้กำหนดขอบเขตงาน**

(ผศ.ดร.ไกรสร ลักษณ์ศิริ) (ผศ.ดร.หทัยทิพย์ สินธุยา) (อ.ดร.พันธ์ลพ สินธุยา) (นายโชคชัย คงอุดมทรัพย์)

# หลักเกณฑ์ในการพิจารณาคัดเลือกข้อเสนอ

การพิจารณาคัดเลือกข้อเสนอสำหรับงานจ้างพัฒนาและติดตั้งต้นแบบระบบบริหารจัดการพลังงานชุมชนแบบ Prosumer Community Microgrid (PCM) สำหรับ Smart Farm และ Household Electrification ให้ดำเนินการโดยใช้เกณฑ์ราคาประกอบเกณฑ์อื่น โดยแบ่งการให้คะแนนกำหนดน้ำหนักคะแนน 100 คะแนน แบ่งเป็น

| | | |
|---|---|---|
| 1. เกณฑ์ราคา | กำหนดนำหนักร้อยละ | 20 คะแนน |
| 2. เกณฑ์คุณภาพ | กำหนดนำหนักร้อยละ | 80 คะแนน |

ผู้ยื่นข้อเสนอต้องผ่านการตรวจสอบคุณสมบัติ เอกสารหลักฐาน และข้อเสนอทางเทคนิคขั้นต้นให้ถูกต้องครบถ้วนตามเงื่อนไขในเอกสารประกวดราคาและขอบเขตของงานก่อน จึงจะได้รับการพิจารณาให้คะแนนตามเกณฑ์ราคาและเกณฑ์คุณภาพ ทั้งนี้ ข้อเสนอที่ไม่เป็นไปตามสาระสำคัญของขอบเขตงาน หรือไม่สามารถแสดงเอกสารหลักฐานที่จำเป็นต่อการประเมินได้ ให้คณะกรรมการพิจารณาผลพิจารณาตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ในเอกสารประกวดราคา

วิธีคิดคะแนนคุณภาพในแต่ละหัวข้อย่อย ให้นำคะแนนระดับความสามารถที่ได้จากตาราง เช่น 25, 50, 75 หรือ 100 คะแนน มาคำนวณตามน้ำหนักของหัวข้อย่อย ดังนี้

**คะแนนที่ได้รับ = (คะแนนระดับความสามารถ ÷ 100) × น้ำหนักคะแนนของหัวข้อย่อย**

ทั้งนี้ หากผู้ยื่นข้อเสนอไม่เสนอรายละเอียดหรือไม่แนบเอกสารหลักฐานประกอบ ให้ได้ 0 คะแนน ในหัวข้อย่อยนั้น และหากไม่เป็นไปตามข้อกำหนดขั้นต่ำอันเป็นสาระสำคัญของ TOR ให้คณะกรรมการพิจารณาตามเงื่อนไขของเอกสารประกวดราคา

| หมวดคุณลักษณะเฉพาะของงาน | คะแนน |
|---|---|
| 1) สถาปัตยกรรมระบบรวมและแนวทางบูรณาการระบบ PCM | 15 |
| 2) ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ (PV Solar System) | 15 |
| 3) ระบบกักเก็บพลังงาน (Battery Energy Storage System: BESS) | 15 |
| 4) ระบบ Smart Meter, IoT Gateway และระบบเครือข่ายสื่อสาร | 15 |
| 5) ระบบ EMS, Dashboard, Database, Analytics, Digital Twin และ API | 20 |
| 6) ระบบ Cybersecurity และสิทธิ์การเข้าถึง | 10 |
| 7) ข้อกำหนดทั่วไป การติดตั้ง การส่งมอบ การอบรม การรับประกัน และสิทธิ์ข้อมูลระบบ | 10 |
| **รวมคะแนนคุณภาพ** | **100** |

## 1. สถาปัตยกรรมระบบรวมและแนวทางบูรณาการระบบ PCM (15 คะแนน)

### 1.1 System Architecture ของระบบ PCM (10 คะแนน)

| ความสามารถ | คะแนนระดับ |
|---|---|
| 1) เสนอ System Architecture ไม่ครบองค์ประกอบหลักของระบบ PCM | 0 |
| 2) เสนอ System Architecture ครอบคลุม PV, BESS และ EMS แต่ยังไม่แสดงการเชื่อมโยงข้อมูลครบทุกระบบ | 25 |
| 3) เสนอ System Architecture ครอบคลุม PV, BESS, Smart Meter, IoT Gateway, Communication, EMS, Dashboard, Database และ API | 50 |
| 4) เสนอ System Architecture ครบถ้วนถึงระดับ Analytics, Digital Twin, API, Data Flow, Power Flow | 75 |
| 5) เสนอ System Architecture ครบถ้วน รวมฐานข้อมูลของผู้รับจ้าง | 100 |

### 1.2 ความสามารถในการรองรับการขยายผลและศูนย์การเรียนรู้ (5 คะแนน)

| ความสามารถ | คะแนนระดับ |
|---|---|
| 1) ไม่แสดงแนวทางรองรับการขยายผลหรือการใช้เป็นศูนย์การเรียนรู้ | 0 |
| 2) มีแนวทางขยายผลเบื้องต้น แต่ยังไม่แสดงการเพิ่มอุปกรณ์หรือจุดวัดในอนาคต | 25 |
| 3) มีแนวทางรองรับการเพิ่มอุปกรณ์ จุดวัด และการแสดงผลสำหรับการเรียนรู้ | 50 |
| 4) มีแนวทางออกแบบระบบแบบ Modular รองรับการขยายตัวของระบบประกอบด้วย PV, BESS, IoT, Dashboard, Digital Twin และกิจกรรมถ่ายทอดองค์ความรู้ได้ชัดเจนในระดับประเทศ | 75 |
| 5) มีแนวทางออกแบบระบบแบบ Modular รองรับการขยายของระบบที่ชัดเจน และกิจกรรมถ่ายทอดองค์ความรู้ได้ชัดเจนในระดับต่างประเทศ | 100 |

## 2. ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ (PV Solar System) (15 คะแนน)

### 2.1 คุณสมบัติของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (2 คะแนน)

| ความสามารถ | คะแนนระดับ |
|---|---|
| 1) เสนอแผง PV ที่มีข้อมูลทางเทคนิคไม่ครบ หรือไม่มีเอกสาร Datasheet และ Certificate ครบถ้วน | 0 |
| 2) เสนอแผง PV ที่เป็นไปตามข้อกำหนดขั้นต่ำบางส่วน เช่น ชนิดแผงหรือกำลังผลิต แต่เอกสารประกอบยังไม่ครบ | 25 |

| ความสามารถ | คะแนนระดับ |
|---|---|
| 3) เสนอแผง PV ชนิด Monocrystalline หรือ Mono-PERC หรือ TOPCon หรือ Back Contact หรือเทียบเท่า มีกำลังผลิตต่อแผงเท่ากับ 540 Wp และประสิทธิภาพไม่น้อยกว่า 20% พร้อมเอกสารประกอบครบถ้วน | 50 |
| 4) เสนอแผง PV ที่มีคุณสมบัติดีกว่าข้อกำหนดขั้นต่ำ และมีกำลังผลิตต่อแผงมากกว่า 540 Wp และประสิทธิภาพไม่น้อยกว่า 20% มีมาตรฐาน IEC 61215, IEC 61730 หรือเทียบเท่า พร้อมเอกสารรับรองและเงื่อนไขรับประกันชัดเจน | 75 |
| 5) 4) เสนอแผง PV ที่มีคุณสมบัติดีกว่าข้อกำหนดขั้นต่ำ และมีกำลังผลิตต่อแผงมากกว่า 540 Wp และประสิทธิภาพไม่น้อยกว่า 30% มีมาตรฐาน IEC 61215, IEC 61730 หรือเทียบเท่า พร้อมเอกสารรับรองและเงื่อนไขรับประกันชัดเจน | 100 |

### 2.2 กำลังผลิตรวมและการออกแบบระบบ PV (3 คะแนน)

| ความสามารถ | คะแนนระดับ |
|---|---|
| 1) ไม่แสดงรายการคำนวณกำลังผลิตรวมน้อยกว่า 69 kWp หรือแสดงไม่ครบตามพื้นที่ | 0 |
| 2) แสดงกำลังผลิตรวมไม่น้อยกว่า 69 kWp แต่ยังไม่แสดงลักษณะการติดตั้งที่ชัดเจน | 25 |
| 3) แสดงกำลังผลิตรวมไม่น้อยกว่า 69 kWp และแยกกำลังผลิตตามพื้นที่ตาม TOR ได้ครบถ้วน | 50 |
| 4) แสดงกำลังผลิตรวม แผนผังการติดตั้ง String Configuration และ Layout และทิศทางแผง เงาบัง และข้อจำกัดพื้นที่ครบถ้วน พร้อมเหตุผลทางวิศวกรรม | 75 |
| 5) แสดงกำลังผลิตรวม มากกว่า 69 kWp แผนผังการติดตั้ง String Configuration และ Layout และ ทิศทางแผง เงาบัง และข้อจำกัดพื้นที่ครบถ้วน พร้อมเหตุผลทางวิศวกรรม | 100 |

### 2.3 Inverter หรือ Hybrid Inverter (2 คะแนน)

| ความสามารถ | คะแนนระดับ |
|---|---|
| 1) เสนอ Inverter โดยไม่มีข้อมูลมาตรฐาน ฟังก์ชัน หรือความสามารถในการเชื่อมโยงระบบ | 0 |
| 2) เสนอ Inverter ที่รองรับการผลิตไฟฟ้าได้ แต่ยังไม่ไม่สามารถแสดงการเชื่อมโยง EMS และ Dashboard ได้ | 25 |
| 3) เสนอ Inverter หรือ Hybrid Inverter ที่รองรับ MPPT และ Monitoring พร้อม Anti-Islanding และการเชื่อมโยงข้อมูลกับระบบกลาง | 50 |

| ความสามารถ | คะแนนระดับ |
|---|---|
| 4) เสนอ Inverter หรือ Hybrid Inverter ที่ผ่าน IEC 62109, IEC 61727, IEC 62116 หรือเทียบเท่า รองรับ PV และ BESS และ EMS และ Dashboard และมีรายละเอียดการออกแบบครบถ้วน | 75 |
| 5) เสนอ Inverter หรือ Hybrid Inverter ที่ผ่าน IEC 62109, IEC 61727, IEC 62116 หรือเทียบเท่า รองรับ PV และ BESS และ EMS และ Dashboard และมีรายละเอียดการออกแบบครบถ้วน และมีขนาดสูงกว่าที่ TOR ระบุ | 100 |

### 2.4 โครงสร้างติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (3 คะแนน)

| ความสามารถ | คะแนนระดับ |
|---|---|
| 1) เสนอรายละเอียดโครงสร้างติดตั้งไม่ชัดเจน หรือไม่แยกประเภทหลังคา พื้นดิน และ Agrivoltaics | 0 |
| 2) เสนอวัสดุและรูปแบบติดตั้งเบื้องต้น แต่ยังไม่แสดงการคำนึงถึงแรงลม น้ำหนัก เงาบัง หรือการบำรุงรักษา | 25 |
| 3) เสนอรูปแบบโครงสร้างติดตั้งที่เหมาะสมกับพื้นที่ มีวัสดุทนทานต่อสภาพแวดล้อม และมีแนวทางป้องกันความเสียหายต่ออาคาร/พื้นที่ | 50 |
| 4) เสนอแบบโครงสร้าง รายการวัสดุ จุดยึด ฐานราก ความสูง ระยะห่าง ทางเดินบำรุงรักษา และการใช้พื้นที่เกษตรร่วมกับ Agrivoltaics อย่างครบถ้วน | 75 |
| 5) เสนอแบบโครงสร้าง รายการวัสดุ จุดยึด ฐานราก ความสูง ระยะห่าง ทางเดินบำรุงรักษา และการใช้พื้นที่เกษตรร่วมกับ Agrivoltaics อย่างครบถ้วน และระบบโครงสร้างสามารถรองรับการขยายตัวของระบบได้ | 100 |

### 2.5 อุปกรณ์ป้องกันทางไฟฟ้าและระบบ Grounding (2 คะแนน)

| ความสามารถ | คะแนนระดับ |
|---|---|
| 1) ระบุอุปกรณ์ป้องกันไม่ครบ หรือไม่แยกฝั่ง DC/AC | 0 |
| 2) ระบุอุปกรณ์ป้องกันหลัก เช่น Breaker และ SPD แต่ยังไม่ครบทั้งระบบ | 25 |
| 3) ระบุ DC/AC Breaker, Isolator, SPD, Fuse, Combiner Box, AC Distribution Board และ Grounding ครบถ้วน | 50 |
| 4) ระบุอุปกรณ์ป้องกันครบ พร้อม SLD พร้อมรายการคำนวณขนาดสายและอุปกรณ์, รายละเอียด Grounding, ป้ายเตือน และแผนทดสอบค่าความต้านทานดิน | 75 |

| ความสามารถ | คะแนนระดับ |
|---|---|
| 5) ระบุอุปกรณ์ป้องกันสูงกว่ามาตรฐาน พร้อม SLD พร้อมรายการคำนวณขนาดสายและอุปกรณ์, รายละเอียด Grounding, ป้ายเตือน และแผนทดสอบค่าความต้านทานดิน | 100 |

### 2.6 Anti-Reverse Power, Monitoring และการเชื่อมโยงข้อมูล (3 คะแนน)

| ความสามารถ | คะแนนระดับ |
|---|---|
| 1) ไม่แสดงแนวทางป้องกันไฟย้อนกลับหรือการเชื่อมโยงข้อมูลจากระบบ PV | 0 |
| 2) แสดงแนวทาง Monitoring เบื้องต้น แต่ยังไม่ระบุข้อมูลที่จัดเก็บหรือ Protocol ที่ใช้ | 25 |
| 3) มีระบบ Zero Export หรือ Anti-Reverse Power หรือ Export Limiting พร้อมการตรวจวัดและส่งข้อมูลเข้าสู่ EMS และ Dashboard และ Database | 50 |
| 4) มีระบบป้องกันไฟย้อนกลับ ตรวจวัด Power Flow แบบ Real-time หรือ Near Real-time รองรับ Modbus และ MQTT และ API พร้อม Device List และ Register Map และ Data Mapping | 75 |
| 5) มีระบบป้องกันไฟย้อนกลับ 2 ชั้น และตรวจวัด Power Flow แบบ Real-time รองรับทุก protocol พร้อม Device List และ Register Map และ Data Mapping | 100 |

## 3. ระบบกักเก็บพลังงาน (Battery Energy Storage System: BESS) (15 คะแนน)

### 3.1 ชนิดและคุณภาพของแบตเตอรี่ (3 คะแนน)

| ความสามารถ | คะแนนระดับ |
|---|---|
| 1) เสนอชนิดแบตเตอรี่ไม่ชัดเจน หรือไม่มีเอกสารยืนยันคุณสมบัติ | 0 |
| 2) เสนอแบตเตอรี่ Lithium-Ion หรือเทียบเท่า แต่ยังไม่แสดงความเหมาะสมด้านความปลอดภัย | 25 |
| 3) เสนอแบตเตอรี่ $LiFePO_4$/LFP หรือ Lithium-Ion ที่มีความปลอดภัยสูง เป็นของใหม่และเหมาะกับระบบไมโครกริด | 50 |
| 4) เสนอแบตเตอรี่ LiFePO4/LFP หรือ Lithium-Ion หรือชนิดปลอดภัยสูง แบบ Modular มีเอกสารรับรองจากผู้ผลิต และแสดงความเหมาะสมต่อ Daily Cycling และระบบ Solar PV/BESS/EMS ชัดเจน | 75 |
| 5) เสนอแบตเตอรี่ชนิดปลอดภัยสูง แบบ Modular มีเอกสารรับรองจากผู้ผลิต และแสดงความเหมาะสมต่อ Daily Cycling และระบบ Solar PV/BESS/EMS ชัดเจน และขนาดสูงกว่า TOR ระบุ | 100 |

### 3.2 ความจุของระบบ BESS (3 คะแนน)

| ความสามารถ | คะแนนระดับ |
|---|---|
| 1) แสดงความจุ BESS ไม่ครบตามพื้นที่ หรือไม่มีรายการคำนวณ | 0 |
| 2) แสดงความจุรวมแต่ยังไม่แยกพื้นที่ adiCET Campus และ Smart Farm ชัดเจน | 25 |
| 3) แสดงความจุไม่น้อยกว่า 100 kWh สำหรับ adiCET Campus และไม่น้อยกว่า 40 kWh สำหรับ Smart Farm | 50 |
| 4) แสดงความจุครบตาม TOR พร้อมรายการคำนวณ Load Shifting และ Peak Shavin และ Energy Scheduling และ Backup Operation และเหตุผลการเลือกขนาดระบบ | 75 |
| 5) แสดงความจุมากกว่า TOR พร้อมรายการคำนวณ Load Shifting และ Peak Shaving และ Energy Scheduling และ Backup Operation และเหตุผลการเลือกขนาดระบบ | 100 |

### 3.3 ประสิทธิภาพและอายุการใช้งาน (3 คะแนน)

| ความสามารถ | คะแนนระดับ |
|---|---|
| 1) ไม่มีเอกสารระบุ Round-trip Efficiency หรือ Cycle Life | 0 |
| 2) มีข้อมูลประสิทธิภาพหรืออายุการใช้งานบางส่วน แต่ยังไม่ชัดเจนตามเงื่อนไขผู้ผลิต | 25 |
| 3) มี Round-trip Efficiency ไม่ถึงร้อยละ 90 และ Cycle Life น้อยกว่า 6,000 รอบ หรือเทียบเท่า | 50 |
| 4) มี Round-trip Efficiency ไม่น้อยกว่าร้อยละ 90 และ Cycle Life ไม่น้อยกว่า 6,000 รอบ หรือเทียบเท่า | 75 |
| 5) มีประสิทธิภาพและอายุการใช้งานดีกว่าข้อกำหนดขั้นต่ำ พร้อมเอกสารรับรองเงื่อนไขการรับประกัน และแนวทางบำรุงรักษาชัดเจน | 100 |

### 3.4 Battery Management System (BMS) และระบบ Protection (3 คะแนน)

| ความสามารถ | คะแนนระดับ |
|---|---|
| 1) ระบุ BMS ไม่ชัดเจน หรือไม่แสดงฟังก์ชัน Protection | 0 |
| 2) BMS แสดงข้อมูลพื้นฐานได้บางรายการ เช่น SOC หรือแรงดัน แต่ระบบ Protection ยังไม่ครบ | 25 |
| 3) BMS แสดง SOC, SOH, Voltage, Current, Temperature, Alarm/Fault และมี Cell Balancing กับ Protection หลักครบถ้วน | 50 |

| ความสามารถ | คะแนนระดับ |
|---|---|
| 4) BMS มีระบบ Protection ครบ เช่น Overcharge, Overdischarge, Over/Under-voltage, Over-current, Short Circuit, Over-temperature, Communication Fault และ Thermal Runaway แต่ไม่สามารถเชื่อม EMS ได้ | 75 |
| 5) BMS มีระบบ Protection ครบ เช่น Overcharge, Overdischarge, Over/Under-voltage, Over-current, Short Circuit, Over-temperature, Communication Fault และ Thermal Runaway พร้อมเชื่อม EMS ได้ | 100 |

### 3.5 การติดตั้ง และความปลอดภัย (3 คะแนน)

| ความสามารถ | คะแนนระดับ |
|---|---|
| 1) ไม่แสดงรายละเอียดตู้แบตเตอรี่ ตำแหน่งติดตั้ง หรือมาตรการความปลอดภัย | 0 |
| 2) แสดงตำแหน่งติดตั้งเบื้องต้น แต่ยังไม่ระบุอุปกรณ์ตัดวงจรหรือระบบความปลอดภัยครบถ้วน | 25 |
| 3) แสดงลักษณะการติดตั้ง ระบบระบายความร้อน อุปกรณ์ตัดวงจร และระบบ Grounding ตามความเหมาะสม | 50 |
| 4) มี Layout อุปกรณ์ป้องกัน, Emergency Stop, SPD, Grounding, ระยะปลอดภัย, แนวทางป้องกันอัคคีภัย และการเข้าถึงเพื่อบำรุงรักษาครบถ้วน | 75 |
| 5) มี Layout อุปกรณ์ป้องกัน, Emergency Stop, SPD, Grounding, ระยะปลอดภัย, แนวทางป้องกันอัคคีภัย และการเข้าถึงเพื่อบำรุงรักษาครบถ้วน พร้อมระบบควบคุมอุณหภูมิ | 100 |

## 4. ระบบ Smart Meter, IoT Gateway และระบบเครือข่ายสื่อสาร (15 คะแนน)

### 4.1 คุณสมบัติและความแม่นยำของ Smart Meter (4 คะแนน)

| ความสามารถ | คะแนนระดับ |
|---|---|
| 1) ระบุ Smart Meter ไม่ครบค่าทางไฟฟ้าที่ต้องวัด หรือไม่มีเอกสารทางเทคนิค | 0 |
| 2) Smart Meter วัดค่าพื้นฐานได้ แต่ไม่แสดง Import/Export Energy หรือทิศทางการไหลของพลังงาน | 25 |
| 3) Smart Meter วัด Voltage และ Current และ Power และ Energy และ Power Factor และ Frequency และทิศทางพลังงานได้ครบถ้วน | 50 |

| ความสามารถ | คะแนนระดับ |
|---|---|
| 4) Smart Meter มีความแม่นยำไม่ต่ำกว่า Class 1.0 หรือตามมาตรฐานที่การไฟฟ้ารองรับ และสามารถ Import และ Export Energy และ Power Flow และเชื่อมโยงข้อมูลกับระบบกลางได้ครบถ้วน โดยมีความถี่ของข้อมูลน้อยกว่า 5 นาที | 75 |
| 5) Smart Meter มีความแม่นยำไม่ต่ำกว่า Class 1.0 หรือตามมาตรฐานที่การไฟฟ้ารองรับ และสามารถ Import และ Export Energy และ Power Flow และเชื่อมโยงข้อมูลกับระบบกลางได้ครบถ้วน โดยมีความถี่ของข้อมูลน้อยกว่า 1 นาที | 100 |

### 4.2 ความครอบคลุมของจุดติดตั้งและจุดวัด (3 คะแนน)

| ความสามารถ | คะแนนระดับ |
|---|---|
| 1) ระบุจุดติดตั้ง Smart Meter ไม่ครบหรือไม่สัมพันธ์กับการวิเคราะห์ระบบ | 0 |
| 2) ระบุจุดติดตั้งเฉพาะจุดหลัก แต่ยังไม่ครอบคลุม PV และ BESS และ Grid และ Load สำคัญ | 25 |
| 3) ระบุจุดติดตั้งครอบคลุม PV และ BESS และ Load สำคัญ รวมถึง Grid Connection | 50 |
| 4) ระบุจุดติดตั้งครอบคลุมทั้งระบบ PV และ BESS และ Load และ Grid Connection และจุดวิเคราะห์ Power Flow | 75 |
| 5) ระบุจุดติดตั้งครบทั้งสองพื้นที่ พร้อมเหตุผลการวัด Load Profile, Supply Pattern, Power Flow และการประเมินสมรรถนะระบบ PCM | 100 |

### 4.3 คุณสมบัติของ IoT Gateway (4 คะแนน)

| ความสามารถ | คะแนนระดับ |
|---|---|
| 1) IoT Gateway รองรับอุปกรณ์จำกัดหรือไม่แสดงความสามารถเชื่อมต่อหลายอุปกรณ์ | 0 |
| 2) IoT Gateway เชื่อมต่อ Smart Meter หรือ Inverter ได้บางส่วน แต่ไม่แสดงการกำหนด Sampling Interval หรือ Data Mapping | 25 |
| 3) IoT Gateway รองรับ Smart Meter และ Inverter และ BMS และ Sensor และ Load Controller และกำหนด Sampling Interval ได้ | 50 |
| 4) IoT Gateway รองรับอุปกรณ์หลาย Protocol มี Device ID และ Tag Name และ Register Map และ Data Mapping และ Local Buffer และสถานะ Online และ Offline ของอุปกรณ์ในระบบได้ครบถ้วน | 75 |

| ความสามารถ | คะแนนระดับ |
|---|---|
| 5) IoT Gateway รองรับอุปกรณ์หลาย Protocol มี Device ID และ Tag Name และ Register Map และ Data Mapping และ Local Buffer และสถานะ Online และ Offline และสามารถของรับการเพิ่มจำนวนอุปกรณ์ตรวจวัดได้ | 100 |

### 4.4 Local Buffer และการป้องกันข้อมูลสูญหาย (4 คะแนน)

| ความสามารถ | คะแนนระดับ |
|---|---|
| 1) ไม่มีระบบ Local Buffer หรือแนวทางป้องกันข้อมูลสูญหาย | 0 |
| 2) มีระบบจัดเก็บข้อมูลชั่วคราว แต่ยังไม่แสดงวิธีส่งข้อมูลย้อนหลัง | 25 |
| 3) มี Local Buffer และสามารถส่งข้อมูลย้อนหลังเมื่อเครือข่ายกลับมาใช้งานได้ | 50 |
| 4) มี Local Buffer และ Data Quality Status และ Last Update และ Communication Error ได้ไม่น้อยกว่า 3 เดือน และแนวทางตรวจสอบข้อมูลสูญหาย หรือข้อมูลผิดปกติครบถ้วน ไม่ต่ำกว่า | 75 |
| 5) มี Local Buffer และ Data Quality Status และ Last Update และ Communication Error ได้ไม่น้อยกว่า 12 เดือน และแนวทางตรวจสอบข้อมูลสูญหาย หรือข้อมูลผิดปกติครบถ้วน | 100 |

## 5. ระบบ EMS และ Dashboard และ Database และ Analytics และ Digital Twin และ API (20 คะแนน)

### 5.1 ความสามารถของระบบ EMS (3 คะแนน)

| ความสามารถ | คะแนนระดับ |
|---|---|
| 1) EMS รับข้อมูลจากอุปกรณ์ได้จำกัด หรือไม่ครอบคลุมระบบหลัก | 0 |
| 2) EMS รับข้อมูลจาก PV และ Smart Meter ได้ แต่ยังไม่ครอบคลุม BESS/BMS/PCS หรือ Microgrid Controller | 25 |
| 3) EMS รับข้อมูลจาก PV, BESS, Smart Meter, IoT Gateway, Load, Sensor, BMS และ PCS ได้ครบถ้วน | 50 |
| 4) EMS รองรับการติดตาม ควบคุม วิเคราะห์ และจัดการพลังงานแบบ Grid-connected และ Hybrid และ Hybrid-Isolated และ Island Mode พร้อมเงื่อนไข Load Shifting และ Peak Shaving และ Energy Scheduling | 75 |
| 5) EMS สามารถติดตาม ควบคุม วิเคราะห์ และจัดการพลังงาน พร้อมระบบ Load Shifting และ Peak Shaving และ Energy Scheduling แบบอัตโนมัติตามเงื่อนไขที่กำหนด | 100 |

### 5.2 Dashboard และการแสดงผล (3 คะแนน)

| ความสามารถ | คะแนนระดับ |
|---|---|
| 1) Dashboard แสดงข้อมูลได้จำกัด และไม่รองรับข้อมูล Real-time/Near Real-time | 0 |
| 2) Dashboard แสดงข้อมูล PV หรือ Load ได้บางส่วน แต่ยังไม่แสดง Power Flow หรือ Alarm ครบถ้วน | 25 |
| 3) Dashboard แสดง PV และ Load และ BESS และ SOC และ Alarm และ Historical Data และ Power Flow Diagram ได้ | 50 |
| 4) Dashboard เป็น Web-based รองรับคอมพิวเตอร์/แท็บเล็ต/มือถือ รองรับการแสดง Project KPI และ Carbon Reduction และ Renewable Energy Share และ Power Flow และ Alarm | 75 |
| 5) Dashboard เป็น Web-based รองรับคอมพิวเตอร์/แท็บเล็ต/มือถือ และแสดง Project KPI และ Carbon Reduction และ Renewable Energy Share แล Power Flow และ Alarm และโหมดศูนย์การเรียนรู้ครบถ้วน และสามารถปรับ UI ได้ตามความต้องการของผู้ใช้ | 100 |

### 5.3 Database และโครงสร้างข้อมูล (3 คะแนน)

| ความสามารถ | คะแนนระดับ |
|---|---|
| 1) ไม่ระบุโครงสร้าง Database หรือแนวทางจัดเก็บข้อมูล | 0 |
| 2) ระบุการจัดเก็บข้อมูลเบื้องต้น แต่ไม่แสดง Time-series Structure หรือ Data Dictionary | 25 |
| 3) Database รองรับ Time-series Data และ Historical Data การแยกข้อมูลตามพื้นที่ อุปกรณ์ เวลา และจัดเก็บย้อนหลังไม่น้อยกว่า 1 ปี | 50 |
| 4) Database มีโครงสร้างชัดเจน รองรับ Backup และ Recovery และ Security และ Data Dictionary และ Data Export และจัดเก็บย้อนหลังไม่น้อยกว่า 3 ปี | 75 |
| 5) Database มีโครงสร้างชัดเจน รองรับ Backup และ Recovery และ Security และ Data Dictionary และ Data Export และจัดเก็บย้อนหลังไม่น้อยกว่า 5 ปี | 100 |

### 5.4 Digital Twin (4 คะแนน)

| ความสามารถ | คะแนนระดับ |
|---|---|
| 1) เสนอ Digital Twin ในเชิงแนวคิดทั่วไป แต่ไม่แสดงขอบเขตหรือองค์ประกอบระบบ | 0 |
| 2) Digital Twin แสดงโครงสร้างระบบได้บางส่วน แต่ยังไม่เชื่อมโยงข้อมูลจริง | 25 |

| ความสามารถ | คะแนนระดับ |
|---|---|
| 3) Digital Twin แสดง Solar PV และ BESS และ Load และ Smart Meter และ Inverter และ Grid Connection และรับข้อมูลจาก EMS และ Database ได้ | 50 |
| 4) Digital Twin รองรับ Real-time หรือ Near Real-time หรือ Historical Simulation จำลอง Scenario เช่น เพิ่ม PV และ BESS และการเปลี่ยน Load และ Island Mode | 75 |
| 5) Digital Twin รองรับ Real-time หรือ Near Real-time หรือ Historical Simulation จำลอง Scenario เช่น เพิ่ม PV และ BESS และการเปลี่ยน Load และ Island Mode และสามารถประเมินข้อมูลทางเศรษฐศาสตร์ได้ | 100 |

### 5.5 การแยกการใช้งานตามพื้นที่ ระบบย่อย และผู้ใช้งาน (3 คะแนน)

| ความสามารถ | คะแนนระดับ |
|---|---|
| 1) ไม่สามารถแยกข้อมูลตามพื้นที่หรือผู้ใช้งานได้ชัดเจน | 0 |
| 2) แยกข้อมูลตามพื้นที่ได้บางส่วน แต่ยังไม่แยกตามระบบย่อยหรือบทบาทผู้ใช้งาน | 25 |
| 3) แยกข้อมูลตามพื้นที่ ระบบย่อย และกลุ่มผู้ใช้งาน เช่น Admin และ Operator และ Viewer ได้ | 50 |
| 4) แยกข้อมูลและสิทธิ์ใช้งานตามพื้นที่ ระบบย่อย ประเภทอุปกรณ์ บทบาทผู้ใช้งาน | 75 |
| 5) แยกข้อมูลและสิทธิ์ใช้งานตามพื้นที่ ระบบย่อย ประเภทอุปกรณ์ บทบาทผู้ใช้งาน และโหมดศูนย์การเรียนรู้ได้ครบถ้วน พร้อมระบบ Personalization | 100 |

### 5.6 การ Export ข้อมูลและรายงาน (4 คะแนน)

| ความสามารถ | คะแนนระดับ |
|---|---|
| 1) ไม่รองรับการ Export ข้อมูล | 0 |
| 2) Export ข้อมูลได้บางส่วน แต่รูปแบบจำกัด | 25 |
| 3) Export ข้อมูลได้ในรูปแบบ CSV หรือ Excel สำหรับการวิเคราะห์ต่อ | 50 |
| 4) Export ข้อมูลและรายงานได้หลายรูปแบบ เช่น CSV หรือ Excel หรือ PDF พร้อมกำหนดช่วงเวลา พื้นที่ อุปกรณ์ และตัวชี้วัดได้ | 75 |
| 5) Export ข้อมูลและรายงานได้หลายรูปแบบ เช่น CSV หรือ Excel หรือ PDF พร้อมกำหนดช่วงเวลา พื้นที่ อุปกรณ์ และตัวชี้วัดได้ และในรูปแบบที่พร้อมนำเสนอภาพรวม (One page) | 100 |

## 6. ระบบ Cybersecurity และสิทธิ์การเข้าถึง (10 คะแนน)

### 6.1 ความปลอดภัยของรหัสผ่าน Token และ Credential (10 คะแนน)

| ความสามารถ | คะแนนระดับ |
|---|---|
| 1) ไม่มีแนวทางจัดการรหัสผ่านหรือ API Credential | 0 |
| 2) มีแนวทางเปลี่ยนรหัสผ่าน แต่ยังไม่ครอบคลุม Token และ API Key | 25 |
| 3) มีแนวทางจัดการรหัสผ่าน Token, API Key และบัญชีผู้ดูแลระบบอย่างเหมาะสม | 50 |
| 4) มีแนวทาง Credential Management ครบถ้วน รวมถึงการส่งมอบ การเปลี่ยน การจำกัดสิทธิ์ และการป้องกันการเปิดเผยข้อมูลสำคัญ | 75 |
| 5) มีแนวทาง Credential Management ครบถ้วน รวมถึงการส่งมอบ การเปลี่ยน การจำกัดสิทธิ์ และการป้องกันการเปิดเผยข้อมูลสำคัญ และการเข้ารหัสแบบ 2 ขั้นตอน | 100 |

## 7. ข้อกำหนดทั่วไป การติดตั้ง การส่งมอบ การอบรม การรับประกัน และสิทธิ์ข้อมูลระบบ (10 คะแนน)

### 7.1 Method Statement และ Safety Plan (5 คะแนน)

| ความสามารถ | คะแนนระดับ |
|---|---|
| 1) ไม่เสนอ Method Statement หรือ Safety Plan | 0 |
| 2) เสนอแผนความปลอดภัยทั่วไป แต่ยังไม่ครอบคลุมงานไฟฟ้า งานบนที่สูง หรือ BESS | 25 |
| 3) มี Method Statement และ Safety Plan ครอบคลุมงานไฟฟ้า งานติดตั้งบนที่สูง งานแบตเตอรี่ และงานเดินสายสื่อสาร | 50 |
| 4) มีแผนความปลอดภัยครบถ้วน รวมถึงการควบคุมความเสี่ยง การตัดแยกระบบ การป้องกันอัคคีภัย การป้องกันความเสียหายต่อพื้นที่ และผู้รับผิดชอบความปลอดภัย | 75 |
| 5) มีแผนความปลอดภัยครบถ้วน รวมถึงการควบคุมความเสี่ยง การตัดแยกระบบ การป้องกันอัคคีภัย การป้องกันความเสียหายต่อพื้นที่ และผู้รับผิดชอบความปลอดภัย และจัดอบรมด้วยเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยวิชาชีพ | 100 |

### 7.2 การรับประกันและบริการหลังการขาย (5 คะแนน)

| ความสามารถ | คะแนนระดับ |
|---|---|
| 1) เสนอการรับประกันไม่ชัดเจนหรือไม่ครอบคลุมระบบรวม | 0 |
| 2) เสนอรับประกันเฉพาะอุปกรณ์ แต่ยังไม่ครอบคลุมซอฟต์แวร์หรือการเชื่อมโยงระบบ | 25 |
| 3) รับประกันอุปกรณ์ การติดตั้ง ระบบซอฟต์แวร์ และการทำงานของระบบรวมตาม TOR พร้อมช่องทางแจ้งปัญหา | 50 |

| ความสามารถ | คะแนนระดับ |
|---|---|
| 4) มีแผนบริการหลังการขายครบถ้วน ระบุระยะเวลาตอบสนอง ผู้ประสานงาน การเข้าตรวจสอบ อะไหล่สำรอง ระบบทดแทนชั่วคราว และการสนับสนุนทางเทคนิคตลอดระยะเวลารับประกัน ตาม TOR | 75 |
| 5) มีแผนบริการหลังการขายครบถ้วน ระบุระยะเวลาตอบสนอง ผู้ประสานงาน การเข้าตรวจสอบ อะไหล่สำรอง ระบบทดแทนชั่วคราว และการสนับสนุนทางเทคนิคตลอดระยะเวลารับประกัน มากกว่า TOR | 100 |