



## การศึกษาคุณภาพไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดเล็ก Study of Power Quality for Very Small PV Power Plant

ธีรวัฒน์ ผูกสมศรี<sup>1</sup>, บุญยัง ปลั่งกลาง<sup>1</sup>

<sup>1</sup>คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ปทุมธานี 12110

โทร 0-2549-3420 โทรสาร 0-2549-3422 E-mail: k6\_wat@hotmail.com, boonyang@mutt.ac.th

### บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการศึกษาและวิเคราะห์คุณภาพไฟฟ้าแหล่งผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดเล็ก (VSPP) ที่กำลังผลิตไม่เกิน 1 MW ที่เชื่อมโยงเข้ากับระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (PEA) ในพื้นที่ของจังหวัดสมุทรสงคราม โดยดำเนินการติดตั้งเครื่องวัดคุณภาพไฟฟ้าที่จุดซื้อขายไฟฟ้า (PCC) ระบบแรงดันไฟฟ้า 22 kV เป็นระยะเวลา 7 วัน เพื่อเก็บข้อมูลและตรวจวัดประเมินผลระดับคุณภาพไฟฟ้าที่จ่ายเข้าระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เนื่องจากก่อนการเชื่อมโยงแหล่งผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดเล็กเข้ากับระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิกานั้น จะต้องมีการตรวจสอบระดับคุณภาพไฟฟ้า ประกอบด้วย แรงดันไฟฟ้า (Voltage RMS), ค่าความถี่ไฟฟ้า (Power Frequency), ค่าความผิดเพี้ยนรวมของแรงดันไฟฟ้า (THD<sub>v</sub>), ค่าแรงดันไฟฟ้ากระเพื่อม (Voltage Fluctuations) เพื่อไม่ให้เกิดผลกระทบต่อผู้ใช้ไฟฟ้าบริเวณใกล้เคียงกับแหล่งผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดเล็ก ซึ่งผลจากการตรวจวัดพบว่าแหล่งผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดเล็ก สามารถผลิตไฟฟ้าได้ตั้งแต่ช่วงเวลา 06.30 – 18.40 น. ปริมาณพลังงานเฉลี่ยสูงสุดอยู่ที่ 778.125 kW ในช่วงเวลา 12.20 น. และเกณฑ์ประเมินระดับคุณภาพไฟฟ้าแหล่งผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดเล็กนั้น ตามเกณฑ์มาตรฐาน EN50160 จะใช้ค่าที่ 95% ของข้อมูลมาพิจารณาซึ่งพบว่า ค่าแรงดันไฟฟ้า CP 95 อยู่ที่ 22.39 kV, ค่าความถี่ไฟฟ้า CP 95 อยู่ที่ 50.03 Hz, ค่าความผิดเพี้ยนรวมของแรงดันไฟฟ้า CP 95 อยู่ที่ 1.82% , ค่าแรงดันไฟฟ้ากระเพื่อม CP 95 อยู่ที่ 0.68 โดยค่าคุณภาพไฟฟ้าทั้งหมดผ่านเกณฑ์มาตรฐานตามระเบียบของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคว่าด้วยข้อกำหนดการเชื่อมต่อระบบโครงข่ายไฟฟ้า

คำสำคัญ : คุณภาพไฟฟ้า; จุดซื้อขายไฟฟ้า; แหล่งผลิตไฟฟ้าขนาดเล็ก

### 1. ที่มาและความสำคัญ

ปัจจุบันพลังงานไฟฟ้านับว่ามีความสำคัญมากต่อการดำรงชีวิตประจำวัน ซึ่งสถานการณ์การใช้พลังงานจะมีแนวโน้มที่เพิ่มสูงขึ้นในขณะที่แหล่งเชื้อเพลิงประเภท น้ำมัน ถ่านหิน หรือก๊าซธรรมชาติ มีแต่จะลดลง พลังงานหมุนเวียนจึงเป็นทางเลือกที่กำลังเป็นที่ให้ความสนใจ เนื่องจากเป็นพลังงานที่สะอาด ไม่ส่งผลกระทบต่อสภาวะสิ่งแวดล้อม อีกทั้งมีนโยบายการสนับสนุนอย่างต่อเนื่องให้มีการใช้พลังงานหมุนเวียนให้มากขึ้นด้วยการให้อัตราส่วนเพิ่มราคารับซื้อไฟฟ้าสำหรับผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กจากพลังงานหมุนเวียน พลังงานแสงอาทิตย์จึงเป็นตัวเลือกที่เป็นที่นิยม อีกทั้งลักษณะภูมิศาสตร์ของประเทศไทยตั้งอยู่คาบสมุทรอินโดจีน ซึ่งอยู่ทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ของทวีปเอเชียโดยมีพิกัดทางภูมิศาสตร์ที่ละติจูด 5 องศา 37 ลิปดาเหนือ ถึง 20 องศา 28 ลิปดาเหนือ อยู่ในบริเวณพื้นที่เขตร้อนจึงทำให้เหมาะสมแก่การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์

จากแนวโน้มการเพิ่มขึ้นและความไม่แน่นอนของแหล่งผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์อาจส่งผลกระทบต่อระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ซึ่งปัจจัยต่างๆ เช่น สภาวะภูมิอากาศ, การเคลื่อนที่ของกลุ่มเมฆรวมถึงความเข้มแสงที่มีการเปลี่ยนแปลงแบบทันทีทันใด ซึ่งมีผลโดยตรงต่อค่าของแรงดันไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า ความถี่ไฟฟ้า และค่า % THD [2] โดยการเชื่อมต่อพลังงานแสงอาทิตย์นี้กับระบบโครงข่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคจะพบว่าอาจจะส่งผลกระทบต่อด้านการควบคุมแรงดันของระบบโครงข่ายไฟฟ้าให้เป็นไปตามมาตรฐานหลายประเด็น และยังส่งผลกระทบต่ออุปกรณ์การควบคุมแรงดันที่สถานีไฟฟ้าอีกด้วย การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคจึงได้ออกระเบียบข้อกำหนดการเชื่อมต่อระบบโครงข่ายไฟฟ้า เพื่อไม่ให้ส่งผลกระทบต่อระบบโครงข่ายไฟฟ้าและผู้ใช้ไฟรายอื่น นอกจากผลกระทบทางด้านด้านการควบคุมแรงดันแล้วยังมีผลกระทบต่อคุณภาพไฟฟ้า ทั้งด้านแรงดันกระเพื่อม (Flicker) และฮาร์โมนิกส์ (Harmonics) [6] เมื่อมีการจ่ายพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ตอนเริ่มแรกอาจจะต้องมีการยกระดับของแรงดันไฟฟ้าให้สูงกว่าปกติ เพื่อให้แรงดันไฟฟ้าสามารถไหลเข้าระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าได้ซึ่งจะทำให้แรงดันไฟฟ้าเกินกว่ามาตรฐาน[5] และอาจเป็นสาเหตุของความไม่แน่นอนด้านคุณภาพไฟฟ้าของระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ และส่งผลกระทบต่อกลุ่มผู้ใช้ไฟของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

### 2. รูปแบบการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์

การต่อเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อใช้งานนั้นมีรูปแบบหลากหลายต่างกันไป โดยรูปแบบนั้นขึ้นอยู่กับจุดประสงค์และสถานที่ติดตั้งใช้งาน ซึ่งระบบที่ใช้เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าสามารถแบ่งออกได้ 3 รูปแบบหลักๆ [3] ดังนี้

- 2.1 ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ (PV Stand alone system)
- 2.2 ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อเข้ากับระบบจำหน่าย (PV Grid Connected System)
- 2.3 ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบผสมผสาน (PV Hybrid system)

โดยระบบที่ดำเนินการศึกษาจะเป็นระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อเข้ากับระบบจำหน่ายซึ่งเป็นระบบที่ได้รับความนิยมมากในปัจจุบัน เนื่องจากเป็นระบบที่ไม่ซับซ้อน แต่ต้องติดตั้งในพื้นที่ที่มีระบบสายส่งของการไฟฟ้าอยู่แล้ว ระบบนี้จะไม่มีการเก็บพลังงานลงแบตเตอรี่ผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์แล้วก็จ่ายเข้าระบบได้เลย แต่หากระบบไฟฟ้าหลักขัดข้อง ระบบนี้ระบบนี้ก็จะต้องหยุดจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าระบบด้วยเนื่องจากเป็นมาตรฐานความปลอดภัยสำหรับช่างไฟฟ้าที่จะซ่อมบำรุงรักษาระบบ

### 3. การตรวจวัดคุณภาพไฟฟ้า

การตรวจวัดคุณภาพไฟฟ้าจะใช้เครื่องวิเคราะห์คุณภาพไฟฟ้า Disturbance analyzers ผลิตภัณฑ์ Dranetz BMI การแสดงผลข้อมูลที่มีลักษณะเฉพาะที่ต้องการวิเคราะห์ Power Quality Disturbance การวัด บันทึกลง และการแสดงผลจะอยู่ในมาตรฐานข้อกำหนดของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค [1] ซึ่งมีค่าต่างๆดังนี้

3.1 การควบคุมระดับแรงดัน ผู้ผลิตไฟฟ้าจากแหล่งผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กจะต้องควบคุมระดับแรงดันไฟฟ้าให้อยู่ในช่วงมาตรฐานสูงสุดและต่ำสุดตามที่กำหนด ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1: มาตรฐานระดับแรงดันไฟฟ้าสูงสุดและต่ำสุดของ กฟภ.

ระดับแรงดันไฟฟ้า	ภาวะปกติ		ภาวะฉุกเฉิน	
	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด
115 kV	120.7	109.2	126.5	103.5
33 kV	34.7	31.3	36.3	29.7
22 kV	23.1	20.9	24.2	19.8
380 V	418	342	418	342
220 V	240	200	240	200

3.2 การควบคุมความถี่ไฟฟ้า ต้องควบคุมให้อยู่ในเกณฑ์  $50 \pm 0.5$  รอบต่อวินาที ในกรณีเกิดเหตุผิดปกติ ถ้าความถี่ของระบบไม่อยู่ในช่วง 48.00 - 51.00 รอบต่อวินาที ต่อเนื่องเกิน 0.1 วินาที

3.3 การควบคุมแรงดันกระเพื่อม ต้องควบคุมอุปกรณ์ ไม่ทำให้เกิดแรงดันกระเพื่อม (Voltage Fluctuation) ที่จุดต่อรวมเกินข้อกำหนด โดยปกติใช้วัดค่า Pst คือการประเมินความรุนแรงของไฟกระพริบในช่วงเวลาสั้นๆ (10 นาที) และ Plt คือการประเมินความรุนแรงของไฟกระพริบในช่วงระยะยาว (2-3 ชั่วโมง) ตามสมการที่ (1), (2)

$$Pst = \sqrt[m]{(Pst_1)^m + (Pst_2)^m + \dots + (Pst_n)^m} \quad (1)$$

$$Plt = \sqrt[3]{\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (Pst_j)^3} \quad (2)$$

- เมื่อ Pst คือค่าความรุนแรงของไฟกระพริบในช่วงเวลาสั้นๆ
- Plt คือค่าความรุนแรงของไฟกระพริบในช่วงระยะยาว
- m คือค่าลักษณะของแหล่งกำเนิดแรงดันกระเพื่อม
- n คือจำนวนค่า Pst ในช่วงเวลาที่ตรวจวัด

### 3.4 การควบคุมฮาร์มอนิก

ระดับความรุนแรงของฮาร์มอนิกสามารถแสดงในรูปของค่าความผิดเพี้ยนฮาร์มอนิกทั้งหมด (Total Harmonic Distortion: THD %) โดยเทียบจากอัตราส่วนระหว่างค่ารากที่สองของผลบวกกำลังสองของส่วนประกอบฮาร์มอนิกกับค่าของส่วนประกอบความถี่หลักมูลเทียบเป็นร้อยละ ตามสมการที่ (3)

$$THD (\%) = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} V_{h(rms)}^2}}{V_{1(rms)}} * 100 \% \quad (3)$$

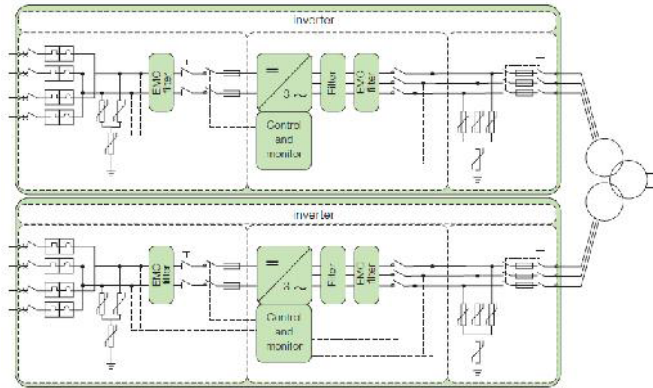
- เมื่อ  $V_{h(rms)}$  คือค่าของแรงดันฮาร์มอนิกลำดับที่ h
- $V_{1(rms)}$  คือค่าของแรงดันที่ความถี่มูลฐาน 50 Hz

ตารางที่ 2: มาตรฐานกำหนดเกณฑ์ฮาร์มอนิกเกี่ยวกับไฟฟ้าประเภทธุรกิจและอุตสาหกรรม

ระดับแรงดันไฟฟ้าที่จุดต่อรวม (kV)	ค่าความผิดเพี้ยนฮาร์มอนิกรวมของแรงดัน (%)	ค่าความผิดเพี้ยนฮาร์มอนิกของแรงดันแต่ละอันดับ (%)	
		อันดับที่	อันดับคู่
0.400	5	4	2
11,12,22,24	4	3	1.75
33	3	2	1
115 หรือมากกว่า	1.5	1	0.5

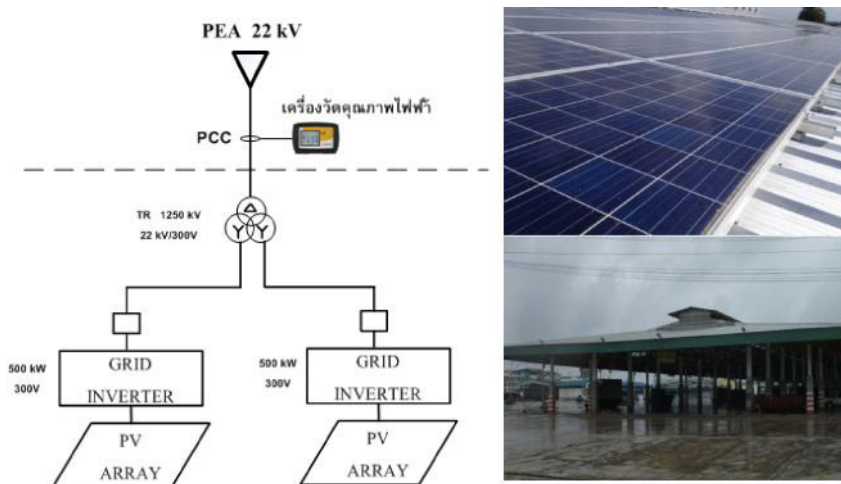
#### 4. ขั้นตอนการศึกษา

แหล่งผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์นี้ตั้งอยู่ที่พิกัดละติจูด 13 องศา 22 ลิปดาเหนือ และ 99 องศา 58 ลิปดาตะวันออก การออกแบบใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด Poly Crystalline Module ขนาด 245 W<sub>p</sub> จำนวน 4,032 แผง อินเวอร์เตอร์เป็นแบบ Central inverter ขนาด 500 kW จำนวน 2 ชุด มีการควบคุมค่าแรงดันไฟฟ้ากระพ้อ และค่า Harmonic distortion อยู่ที่ค่าน้อยกว่า 3% โดยมีวงจรการต่ออินเวอร์เตอร์ชนิด grid connected ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1: วงจรการต่ออินเวอร์เตอร์ชนิด grid connected

ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ของแหล่งผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดเล็ก (VSPP) ที่เชื่อมโยงเข้ากับระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ต้องมีการควบคุมไม่ให้เกินมาตรฐานข้อกำหนด ซึ่งจะมีการติดตั้งเครื่องวัดคุณภาพไฟฟ้าโดยตั้งค่าให้สามารถเก็บข้อมูลทุกๆ 10 นาที เพื่อนำมาวิเคราะห์ตามมาตรฐาน EN 50160[4] ซึ่งขั้นตอนการศึกษานี้จะดำเนินการติดตั้งเครื่องวัดคุณภาพไฟฟ้าเพื่อเก็บข้อมูลคุณภาพไฟฟ้าที่จุดซื้อขายไฟฟ้า (Point Common Coupling: PCC) เป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์ เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาประเมินค่าคุณภาพไฟฟ้า ดังรูปที่ 2

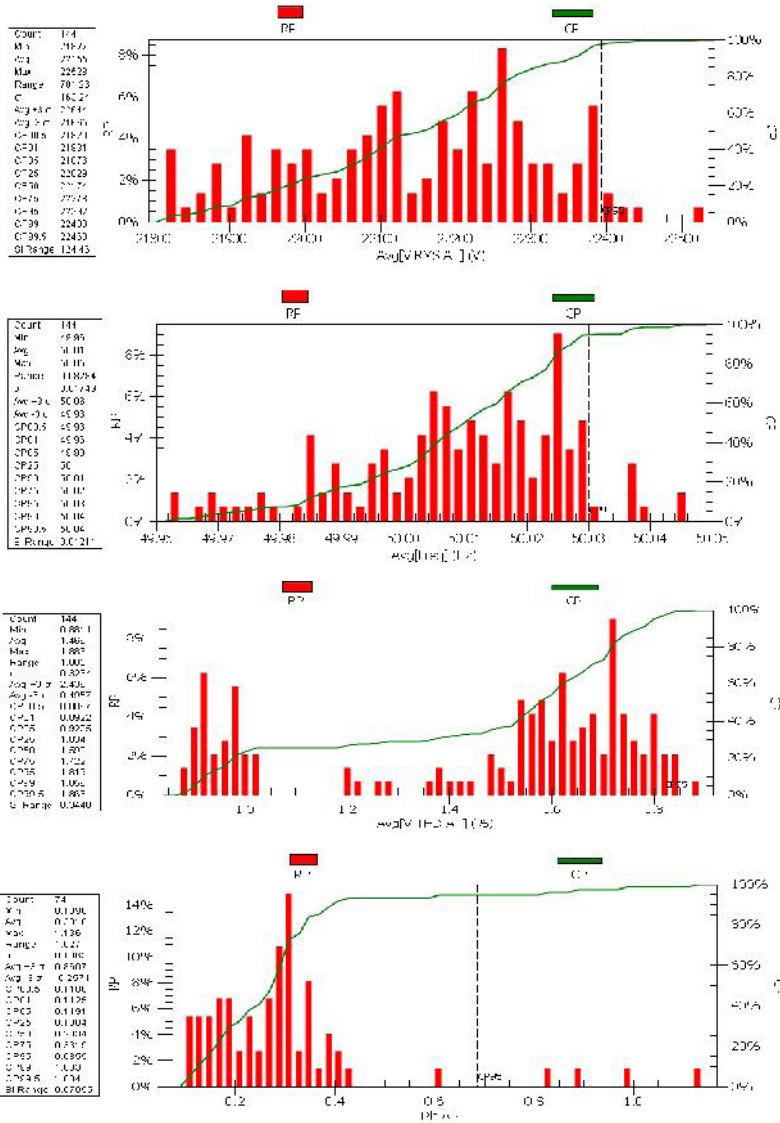


รูปที่ 2: สถานที่และผังวงจรแสดงจุดติดตั้งเครื่องวัดคุณภาพไฟฟ้า

#### 5. ผลการศึกษาคุณภาพไฟฟ้า

##### 5.1 ผลการประเมินตรวจวัดคุณภาพไฟฟ้า

จากผลการประเมินคุณภาพไฟฟ้าของแหล่งผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดเล็ก โดยการนำข้อมูลจากผลการตรวจวัดมาประเมินตามมาตรฐาน EN50160 ซึ่งเกณฑ์การประเมินจะใช้ค่าที่ CP 95 ซึ่ง CP95 (Cumulative Percentile 95) คือ ค่าการกระจายความน่าจะเป็นของข้อมูล โดยใช้ค่าที่ 95 ของข้อมูลเป็นตัวแทนในการพิจารณา และ RP (Relative Percentile) คือร้อยละความสัมพันธ์ของข้อมูลในแต่ละช่วงเวลา โดยมีผลจากการตรวจวัดและประเมินค่าคุณภาพไฟฟ้าแสดงดังรูปที่ 3



รูปที่ 3: ผลการตรวจวัดและประเมินค่าคุณภาพไฟฟ้า

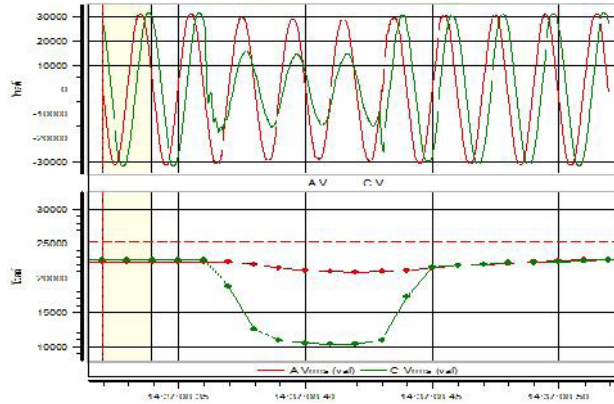
เมื่อนำข้อมูลที่ได้จากการติดตั้งเครื่องวัดคุณภาพไฟฟ้า มาวิเคราะห์โดยค่า RP คือค่าร้อยละของข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดในแต่ละค่าของช่วงเวลา เมื่อนำข้อมูลทั้งหมดมาเรียงจากข้อมูลจากน้อยไปมากก็จะได้ตามเส้น CP ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐาน EN50160 โดยจะนำค่าของข้อมูลที่ 95% มาเป็นเกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินค่าคุณภาพไฟฟ้า จากรูปที่ 3 พบว่า ค่าแรงดันไฟฟ้าเฟส A ค่า CP 95 อยู่ที่ 22.392 kV, ค่าความถี่ไฟฟ้า ค่า CP 95 อยู่ที่ 50.04 Hz, ค่าความผิดเพี้ยนรวมแรงดันไฟฟ้า THD<sub>v</sub> เฟส A ค่า CP 95 อยู่ที่ 1.819, ค่าแรงดันไฟฟ้ากระเพื่อม Plt เฟส A ค่า CP 95 อยู่ที่ 0.685 โดยผลการประเมินคุณภาพไฟฟ้าดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3: ผลการประเมินคุณภาพไฟฟ้าแหล่งผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดเล็ก

พารามิเตอร์ไฟฟ้า	Phase	เกณฑ์มาตรฐาน	CP 95 (%)	ผลการประเมิน
ค่าแรงดันไฟฟ้า	A	22 ± 5% (21.9-23.1 kV)	22.392	ผ่าน
	B		-	-
	C		22.603	ผ่าน
ค่าความถี่ไฟฟ้า		50 ± 1% (49.9-50.1 Hz)	50.04	ผ่าน
ค่าความผิดเพี้ยนรวมของแรงดันไฟฟ้า THD <sub>v</sub>	A	THD <sub>v</sub> < 4 %	1.819	ผ่าน
	B		-	-
	C		1.776	ผ่าน
ค่าแรงดันไฟฟ้ากระเพื่อม Plt	A	Plt < 0.8	0.685	ผ่าน
	B		-	-
	C		0.655	ผ่าน

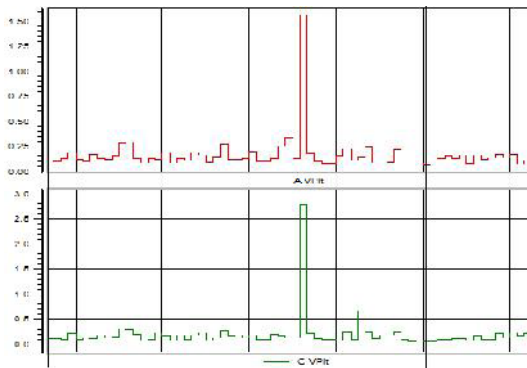
หมายเหตุ เนื่องจากเป็นการวัดแบบ Two Element (3 Phase: 2PT 2CT) ซึ่งวัดได้เฉพาะเฟส A และ เฟส C

จากข้อมูลดังกล่าวเมื่อพิจารณาผลการประเมินค่าคุณภาพไฟฟ้าในช่วงเวลาเดียวกันของแต่ละวัน พบว่าผลการประเมินในแต่ละวันมีค่าสอดคล้องกับค่าผลการประเมินรวมทั้ง 7 วัน จะมีเพียงวันที่ 6 ที่มีค่ามากกว่าค่าของผลรวมทั้ง 7 วันซึ่งมีสาเหตุมาจากการเกิดแรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะในระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ตามรูปที่ 4 แต่ไม่เกินค่ามาตรฐานตามระเบียบของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคด้วยข้อกำหนดการเชื่อมต่อระบบโครงข่ายไฟฟ้า



รูปที่ 4: Wave form การเกิดแรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะของวันที่ 6

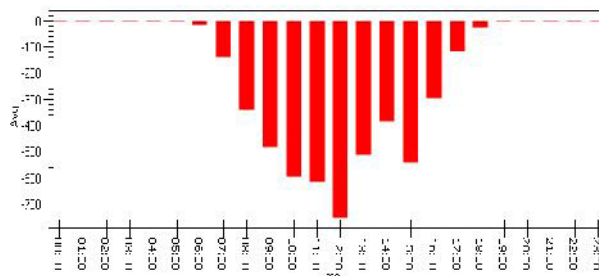
จากรูปที่ 4 จะเห็นได้ว่าเกิดแรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะที่เฟส C ประมาณ 0.08 วินาที แล้วกลับคืนสภาวะปกติ ซึ่งเกิดจากการลัดวงจรในสายส่ง แล้วส่งผลให้เกิดแรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะในระบบจำหน่ายของการไฟฟ้า โดยเหตุการณ์นี้จะทำให้ค่าแรงดันไฟฟ้ากระเพื่อมเกิดขึ้นตามรูปที่ 5 ซึ่งส่งผลกระทบต่อการประเมินผลค่าคุณภาพไฟฟ้าของการเชื่อมต่อแหล่งผลิตไฟฟ้าเข้าระบบโครงข่ายไฟฟ้า



รูปที่ 5: กราฟแรงดันไฟฟ้ากระเพื่อมในช่วงเวลาแรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะ

## 5.2 ผลการประเมินระดับพลังงาน

การตรวจวัดปริมาณพลังงานไฟฟ้าจากแหล่งผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดเล็กรายการ 1 MW มีค่าปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่จ่ายเข้าระบบเฉลี่ยสูงสุดอยู่ที่ 778 kW ในช่วงเวลา 12.20 น. ตามรูปที่ 6



รูปที่ 6: ปริมาณกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยจากแหล่งผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดเล็ก



## 6. สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาและวิเคราะห์คุณภาพไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดเล็ก ในพื้นที่จังหวัดสมุทรสงคราม โดยดำเนินการติดตั้งเครื่องวัดคุณภาพไฟฟ้าผลิตภัณฑ์ Dranetz BMI ที่จุดซื้อขายระดับแรงดันไฟฟ้า 22 kV เพื่อเก็บข้อมูลคุณภาพไฟฟ้าซึ่งประกอบด้วย ค่าแรงดันไฟฟ้า, ค่าความถี่ไฟฟ้า, ค่าความผิดเพี้ยนรวมของแรงดันไฟฟ้า THD<sub>v</sub>, ค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสเพิ่ม Plt เป็นระยะเวลา 7 วันหรือ 1 สัปดาห์ พบว่าแหล่งผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์สามารถจ่ายพลังงานไฟฟ้าเข้าระบบของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคได้เฉลี่ยระหว่างเวลา 06.30 – 18.40 น. ปริมาณพลังงานเฉลี่ยสูงสุดอยู่ที่ 778.125 kW และผลการประเมินคุณภาพไฟฟ้าทั้งหมดผ่านเกณฑ์มาตรฐานตามระเบียบของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคว่าด้วยข้อกำหนดการเชื่อมต่อระบบโครงข่ายไฟฟ้า

## 7. เอกสารอ้างอิง

- [1] การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค “ระเบียบข้อกำหนดการเชื่อมต่อระบบโครงข่ายไฟฟ้า” กรุงเทพฯ การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค, 2551
- [2] ศุภชัย ทัศนะ และคณะ “การศึกษาผลกระทบความเข้มแสงจากกระบวนการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ต่อคุณภาพไฟฟ้าในระบบจำหน่ายของ กฟภ.” การประชุมทางวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 35 (EECON-35), 2555, 331-334
- [3] ศูนย์สารสนเทศข้อมูลพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, <http://www.dedp.go.th> [25 มิถุนายน 2557]
- [4] EN 50160 “Voltage characteristics of electricity supplied by public distribution networks” 2008.
- [5] Harsha Ravindra, M. Omar Faruque, Karl Schoder, “Dynamic Interactions Between Distribution Network Voltage Regulators for Large and Distributed PV Plants” IEEE Student Conference on Research and Development, 2012
- [6] N.Srisaen and A.Sangswang, “Effects of PV Grid-Connected System Location on a Distribution System” IEEE Asia Pacific Conference on Circuits and Systems, 2006