การประเมินคุณภาพไฟฟ้าในระบบจำหน่ายที่จ่ายไฟให้พื้นที่นิคมอุตสาหกรรม
Power Quality Assessment of Distribution System in the Industry Area

เอกวัฒน์ ทองเปลว[1] และ นัฐโชติ รักไทยเจริญชีพ[2*]

[1]นักศึกษา [2]ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร กรุงเทพฯ 10300

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้นำเสนอการประเมินคุณภาพไฟฟ้าในระบบสายส่งและระบบจำหน่ายที่จ่ายไฟให้พื้นที่นิคมอุตสาหกรรม โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์คุณภาพไฟฟ้าซึ่งผู้ใช้ไฟในพื้นที่นิคมอุตสาหกรรมต้องการคุณภาพไฟฟ้า ในระดับสูง โดยการวิเคราะห์คุณภาพไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ในระบบสายส่ง 115 kV ระบบจำหน่าย 22 kV และ 400/230 โวลต์ พื้นที่นิคมอุตสาหกรรมโรจนะที่ได้จากเครื่องตรวจวัดคุณภาพไฟฟ้า จากผลการวิเคราะห์สรุปได้ว่าปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นแบบต่อเนื่องประกอบด้วย แรงดันรากที่สองของค่าเฉลี่ยกำลังสอง (RMS Voltage) ความถี่ (Power Frequency) แรงดันไม่สมดุล (Voltage Unbalance) ดรรชนีไฟกระพริบระยะสั้น (Short Term Flicker) ดรรชนีไฟกระพริบระยะยาว (Long Term Flicker) และฮาร์มอนิก (Harmonic) ทั้ง 3 ระดับแรงดัน ผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่นำมาใช้อ้างอิงทั้งหมด ส่วนปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นเป็นครั้ง ๆ ประกอบด้วย สภาวะชั่วครู่ (Transient) แรงดันตกชั่วขณะ (Voltage Dip) แรงดันเกินชั่วขณะ (Voltage Swell) และไฟดับ (Interruption) จากผลการประเมินคุณภาพไฟฟ้าสรุปได้ว่าปัญหาคุณภาพไฟฟ้าเกิดจากแรงดันตกชั่วขณะมากที่สุด ซึ่งแรงดันตกชั่วขณะจะมีผลกระทบต่อภาคอุตสาหกรรม โดยเฉพาะกับโหลดที่มีความอ่อนไหวต่อแรงดัน จากช่วงเวลาที่ตรวจวัด พบว่า มีเหตุการณ์แรงดันตกชั่วขณะในระบบสายส่ง 115 kV มากที่สุด จำนวน 19 ครั้ง โดยแรงดันตกชั่วขณะที่เกิดขึ้นรวมทั้ง 3 ระดับแรงดันทั้งสิ้นจำนวน 30 ครั้ง มีเหตุการณ์ที่ไม่ผ่านมาตรฐาน SEMI F47 จำนวน 12 ครั้ง หรือคิดเป็นร้อยละ 40

Abstract

This paper presents an assessment of the quality of electricity transmission and distribution system to supply power to the industrial area. The objective is to analyze the power quality that customer in the industrial area need high level. By analyzing the power quality of Provincial Electricity Authority (PEA) in transmission system 115 kV distribution system 22 kV and 400/230 volt in Rojana industrial park from power quality meters. The study concluded that the phenomenon occurs continuously consist of RMS voltage power frequency voltage unbalance short term flicker long term flicker Harmonic meet the standards applied to all. The phenomenon occurs temporary consist of transient voltage dip voltage swell interruption in the conclusion the power quality problems caused by voltage dip most, especially with loads which are sensitive to voltage. From the moment the measurement showed that the voltage dip on transmission system 115 kV maximum of 19 times. The voltage dip that occur including three voltage level of 30 times there are events that do not pass SEMI F47 standard 12 times or 40%.

คำสำคัญ : คุณภาพไฟฟ้า ไฟดับ แรงดันตกชั่วขณะ
Keywords : Power Quality; Interruption; Voltage Dip

** ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ nattachote.r@rmutp.ac.th โทร. 08 9607 1641*

1. บทนำ

ปัญหาคุณภาพไฟฟ้าได้เข้ามามีบทบาทที่สำคัญในการกำหนดความต่อเนื่องของกระบวนการผลิตสินค้าในภาคธุรกิจอุตสาหกรรม เนื่องจากมักเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้อุปกรณ์ไฟฟ้าชนิดต่าง ๆ ที่ใช้เทคโนโลยีระดับสูงต้องปลดตัวเองออกจากระบบไฟฟ้าอยู่เสมอ [R. Dugan, M. McGranaghan and H. Beaty] อย่างไรก็ตาม ปัญหาคุณภาพไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในแต่ละภาคอุตสาหกรรมมักมีสาเหตุ และเงื่อนไขทางด้านเทคนิคที่ทำให้ผลกระทบของปัญหาคุณภาพไฟฟ้านั้นมีระดับความรุนแรงที่แตกต่างกัน บทความนี้จะนำเสนอการวิเคราะห์คุณภาพไฟฟ้าในระบบสายส่ง และระบบจำหน่ายระดับแรงดัน 115 kV 22 kV และ 400/230 โวลต์ ของ การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ที่จ่ายไฟในพื้นที่นิคมอุตสาหกรรมซึ่งต้องการคุณภาพไฟฟ้าในระดับสูง เนื่องจากการเกิดแรงดันตกชั่วขณะ ก่อให้เกิดปัญหาอย่างมากต่อภาคอุตสาหกรรม โดยเฉพาะกับโหลดที่มีความอ่อนไหวต่อแรงดัน [Y. Sillapawicharn] เช่น โหลดที่เป็นอินเวอร์เตอร์ หรือคอนเวอร์เตอร์สำหรับจ่ายกำลังให้กับมอเตอร์ในงานอุตสาหกรรม คอมพิวเตอร์ในสำนักงาน เป็นต้น โดยสถานที่ที่สำคัญได้แก่ โรงงานผลิตรถยนต์ อุตสาหกรรมสารกึ่งตัวนำ อุปกรณ์ถ่ายทอดสัญญาณ อาคารสำนักงาน และโรงพยาบาล หรือศูนย์การแพทย์ เป็นต้น จากการสำรวจในสหรัฐอเมริกาพบว่าแรงดันตกชั่วขณะคิดเป็นร้อยละ 92 ของปัญหาคุณภาพไฟฟ้า [Y.H. Chen, C.Y. Lin, J.M. Chen, and P.T. Cheng] โดยการตรวจวัดคุณภาพไฟฟ้าจะใช้มาตรฐานที่เกี่ยวข้องในการอ้างอิง ซึ่งจะวิเคราะห์ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นแบบต่อเนื่อง ประกอบด้วย แรงดันรากที่สองของค่าเฉลี่ยกำลังสอง (RMS Voltage) ความถี่ (Power Frequency) แรงดันไม่สมดุล (Voltage Unbalance) ดรรชนีไฟกระพริบระยะสั้น (Short Term Flicker) ดรรชนีไฟกระพริบระยะยาว (Long Term Flicker) ฮาร์มอนิก (Harmonic) และปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นเป็นครั้ง ๆ ประกอบด้วย สภาวะชั่วครู่ (Transient) แรงดันตกชั่วขณะ (Voltage Dip) แรงดันเกินชั่วขณะ (Voltage Swell) และ ไฟดับ (Interruption)

จากผลการวิเคราะห์พบว่าปัญหาคุณภาพไฟฟ้าเกิดจากแรงดันตกชั่วขณะมากที่สุด ซึ่งสาเหตุส่วนใหญ่มาจากกระแสไฟฟ้าลัดวงจรหรือความผิดพร่อง (Fault) ที่เกิดขึ้นในระบบสายส่งหรือระบบจำหน่าย แล้วส่งผลให้ผู้ใช้ไฟในวงจรข้างเคียงประสบกับปัญหา โดยความรุนแรงที่เกิดขึ้นจะแปรผันโดยตรงกับขนาดของ กระแสลัดวงจร ชนิดของการลัดวงจร และระยะเวลาในการกำจัดความผิดพร่องของอุปกรณ์ป้องกันที่ต้นทาง [Math H.J. Bollen] จะเห็นว่ามีปัจจัยหลายอย่างที่เป็นองค์ประกอบสำคัญในการบ่งชี้ระดับความรุนแรง ซึ่งจะสะท้อนให้เห็นถึงผลกระทบที่จะเกิดขึ้นกับผู้ใช้ไฟด้วย

2. วิธีการศึกษา

การประเมินคุณภาพไฟฟ้าจะวิเคราะห์ตามข้อแนะนำในการตรวจวัดคุณภาพไฟฟ้าตามมาตรฐาน IEEE 1159/2009 [IEEE Standard 1159-2009, Revision of IEEE Standard 1159-1995] โดยการติดตั้งเครื่องตรวจวัดคุณภาพไฟฟ้า ใช้ของผลิตภัณฑ์ Dranetz-BMI รุ่น Power Xplorer PX5 ตรวจวัดไม่ต่ำกว่า 1 สัปดาห์ โดยในระบบสายส่ง 115 kV ติดตั้งที่สถานีไฟฟ้าวังน้อย 1 ระบบจำหน่าย 22 kV และ 400/230 โวลต์ ติดตั้งที่สถานี

ไฟฟ้าโรจนะ 3 และรวบรวมข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดมาประเมินตามมาตรฐาน IEEE 1159/2009, EN50160/2000 [Voltage Characteristics of Electricity Supplied by Public Distribution Systems], PRC-PQG-01/1998 [ข้อกำหนดกฎเกณฑ์ฮาร์มอนิก เกี่ยวกับไฟฟ้าประเภทธุรกิจอุสาหกรรม] และ PRC-PQG-02/1998 [ข้อกำหนดกฎเกณฑ์แรงดันกระเพื่อมเกี่ยวกับไฟฟ้าประเภทธุรกิจอุตสาหกรรม] เปรียบเทียบกับการจ่ายไฟของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ซึ่งสามารถแยกการวิเคราะห์ตามกลุ่มข้อมูลได้ 2 กลุ่ม ได้แก่

2.1 ปรากฏการณ์ทางด้านคุณภาพไฟฟ้าที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง

ประกอบด้วย แรงดันรากที่สองของค่าเฉลี่ยกำลังสอง ความถี่ แรงดันไม่สมดุล ดรรชนีไฟกระพริบระยะสั้น ดรรชนีไฟกระพริบระยะยาว และฮาร์มอนิก ซึ่งจะใช้หลักการเชิงสถิติ กล่าวคือ ใช้ค่า CP95 Percentile ของข้อมูลในการเปรียบเทียบกับเกณฑ์ตามมาตรฐานเพื่อตรวจสอบระดับคุณภาพไฟฟ้าว่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานหรือตกเกณฑ์มาตรฐาน โดยบันทึกคุณภาพไฟฟ้าเฉลี่ยทุก ๆ 10 นาที สำหรับแรงดันรากที่สองของค่าเฉลี่ยกำลังสอง ความถี่ แรงดันไม่สมดุล ดรรชนีไฟกระพริบระยะสั้น ฮาร์มอนิก และบันทึกทุก ๆ 2 ชั่วโมง สำหรับ ดรรชนีไฟกระพริบระยะยาวโดยใช้ระยะเวลาการตรวจวัดไม่ต่ำกว่า 1 สัปดาห์แล้วนำข้อมูลมาเรียงจากน้อยไปมาก แล้วใช้ค่าที่ร้อยละ 95 มาเป็นตัวแทนของข้อมูลทั้งหมด และประเมินข้อมูลว่าอยู่ในมาตรฐานที่ใช้อ้างอิงหรือไม่

2.2 ปรากฏการณ์ทางด้านคุณภาพไฟฟ้าที่เกิดขึ้นเป็นครั้ง ๆ

ประกอบด้วย สภาวะชั่วครู่ แรงดันตกชั่วขณะ แรงดันเกินชั่วขณะ และไฟดับ จะดำเนินการวิเคราะห์แยกเป็นกรณี ๆ แล้วแต่การตรวจพบในช่วงนั้น ๆ โดยจะพิจารณาตามมาตรฐาน IEEE 1159/2009 และ SEMI F47 คือ ความสามารถในการทนทานแรงดันตกชั่วขณะของอุปกรณ์ผลิตสารกึ่งตัวนำ โดยแสดงเป็นเส้นโค้งความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของแรงดันและช่วงเวลาที่อุปกรณ์ต้องทำงานได้อย่างปกติ [Math H.J. Bollen]

3. ผลการศึกษาและอภิปรายผล

3.1 ผลการตรวจวัดคุณภาพไฟฟ้าในระบบสายส่ง115 kV

ดำเนินการติดตั้งเครื่องตรวจวัดคุณภาพไฟฟ้าผลิตภัณฑ์ Dranetz-BMI รุ่น Power Xplorer PX5 ที่สถานีไฟฟ้าวังน้อย 1 เป็นเวลาประมาณ 29 วัน

3.1.1 ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นแบบต่อเนื่อง

ตารางที่ 1 แรงดันรากที่สองของค่าเฉลี่ยกำลังสอง (ผ่านมาตรฐาน IEEE 1159/2009 EN 50160/2000)

Name PQ		Sampling	Min	Aver	Max	95%	Limitation	Standard
Voltage	V_{A-B}	4187	114,034	115,718	117,404	116,003	± 5%	IEEE 1159 EN 50160
	V_{B-C}	4187	114,622	116,250	117,881	116,480		
	V_{C-A}	4187	114,006	115,656	117,311	115,916		

ตารางที่ 2 แรงดันไม่สมดุล (ผ่านมาตรฐาน EN 50160/2000)

Name PQ		Sampling	Min	Aver	Max	95%	Limitation	Standard
Unbalance	V_U	4187	0.517	0.769	10.823	0.875	< 2%	EN 50160

ตารางที่ 3 ความถี่ (ผ่านมาตรฐาน IEEE 1159/2009)

Name PQ		Sampling	Min	Aver	Max	95%	Limitation	Standard
Frequency	f	4187	49.92	50.02	50.12	50.04	$\pm$ 0.1 Hz	IEEE 1159

ตารางที่ 4 ดรรชนีไฟกระพริบระยะสั้น (ผ่านมาตรฐาน PRC-PQG-02/1998)

Name PQ		Sampling	Min	Aver	Max	95%	Limitation	Standard
Short Flick	V_A Pst	4186	0.044	0.118	13.949	0.158	< 1 pu	PRC-PQG–02
	V_B Pst	4186	0.042	0.117	14.458	0.168		
	V_C Pst	4186	0.042	0.110	13.780	0.157		

ตารางที่ 5 ดรรชนีไฟกระพริบระยะยาว (ผ่านมาตรฐาน PRC-PQG-02/1998)

Name PQ		Sampling	Min	Aver	Max	95%	Limitation	Standard
Long Flick	V_A Plt	348	0.055	0.186	7.962	0.506	< 0.8 pu	PRC-PQG–02
	V_B Plt	348	0.052	0.179	8.358	0.579		
	V_C Plt	348	0.052	0.155	7.852	0.364		

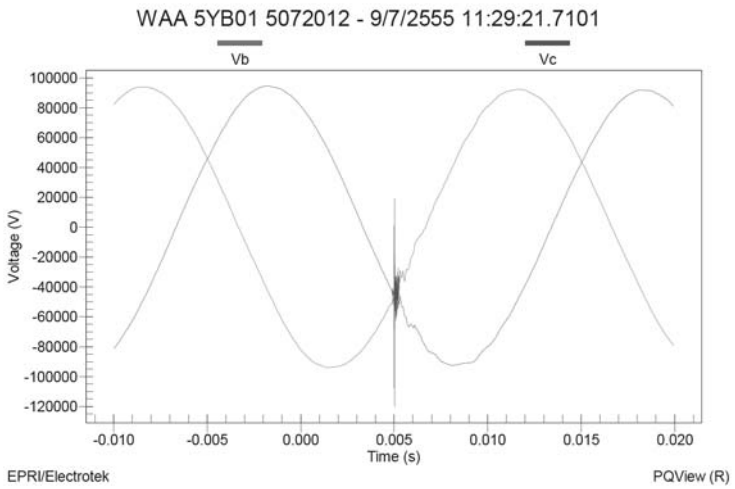
ตารางที่ 6 ฮาร์มอนิก (ผ่านมาตรฐาน PRC-PQG-01/1998)

Name PQ		Sampling	Min	Aver	Max	95%	Limitation	Standard
Harmonic	V_A THD	4186	0.635	1.004	17.547	1.376	< 1.5%	PRC-PQG-01
	V_B THD	4186	0.940	1.121	19.200	1.264		
	V_C THD	4186	0.727	0.999	16.670	1.360		

3.1.2 ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นเป็นครั้ง ๆ

3.1.2.1 สภาวะชั่วครู่

ในช่วงเวลาที่ตรวจวัดเกิดสภาวะชั่วครู่ขึ้น 1 เหตุการณ์ ตามรูปที่ 1



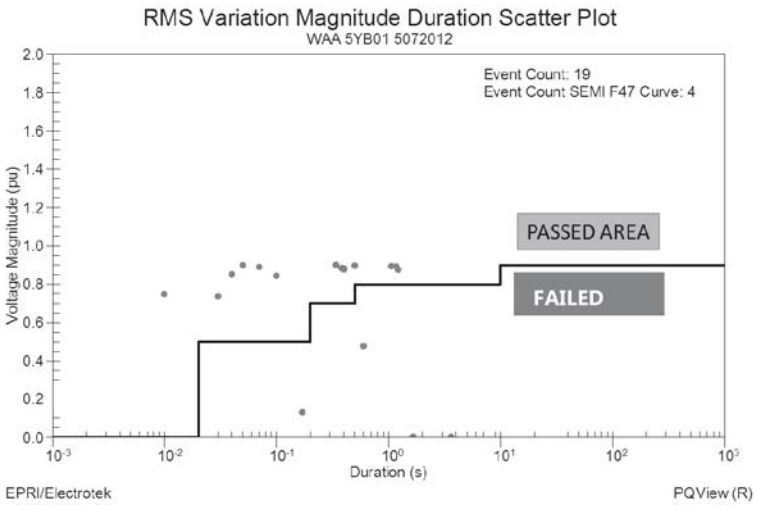
รูปที่ 1 คลื่นแรงดันเหตุการณ์สภาวะชั่วครู่

3.1.2.2 แรงดันตกชั่วขณะ แรงดันเกินชั่วขณะ และไฟดับ

ในช่วงเวลาที่ตรวจวัดเกิดแรงดันตกชั่วขณะขึ้นรวมจำนวน 19 ครั้ง ซึ่งต่ำกว่ามาตรฐาน SEMI F47 จำนวน 4 ครั้ง ตามตารางที่ 7 และ รูปที่ 2

ตารางที่ 7 เหตุการณ์แรงดันตกชั่วขณะในระบบสายส่ง 115 kV

No.	Time	Magnitude (pu)	Duration (s)	SEMI F47	สาเหตุ
1	5/7/2555 15:20	0.893	1.060	PASSED	ไม่พบสาเหตุ
2	9/7/2555 14:58	0.899	0.340	PASSED	ความผิดพร่องในระบบ 22 kV
3	11/7/2555 10:51	0.130	0.170	FAILED	ไม่พบสาเหตุ
4	14/7/2555 18:38	0.874	0.400	PASSED	ความผิดพร่องในระบบ 22 kV
5	15/7/2555 10:58	0.883	0.390	PASSED	ความผิดพร่องในระบบ 22 kV
6	16/7/2555 6:13	0.882	0.380	PASSED	ความผิดพร่องในระบบ 22 kV
7	16/7/2555 11:48	0.889	0.070	PASSED	ไม่พบสาเหตุ
8	20/7/2555 19:44	0.850	0.040	PASSED	ไม่พบสาเหตุ
9	22/7/2555 13:49	0.882	0.400	PASSED	ความผิดพร่องในระบบ 22 kV
10	24/7/2555 14:46	0.890	1.180	PASSED	ไม่พบสาเหตุ
11	25/7/2555 10:38	0.895	0.500	PASSED	ความผิดพร่องในระบบ 22 kV
12	28/7/2555 15:12	0.873	1.220	PASSED	ไม่พบสาเหตุ
13	31/7/2555 13:02	0.842	0.100	PASSED	ไม่พบสาเหตุ
14	2/8/2555 10:58	0.897	0.050	PASSED	ไม่พบสาเหตุ
15	3/8/2555 11:20	0.004	3.660	FAILED	ไม่พบสาเหตุ
16	3/8/2555 12:12	0.004	1.670	FAILED	ความผิดพร่องในระบบ 115 kV
17	3/8/2555 12:26	0.736	0.030	PASSED	ความผิดพร่องในระบบ 115 kV
18	3/8/2555 12:44	0.475	0.600	FAILED	ความผิดพร่องในระบบ 115 kV
19	3/8/2555 12:50	0.747	0.010	PASSED	ความผิดพร่องในระบบ 115 kV



รูปที่ 2 ขนาดของแรงดัน (pu) เทียบกับมาตรฐาน SEMI F47

3.2 ผลการตรวจวัดคุณภาพไฟฟ้าในระบบจำหน่าย 22 kV

ดำเนินการติดตั้งเครื่องตรวจวัดคุณภาพไฟฟ้าผลิตภัณฑ์ Dranetz-BMI รุ่น Power Xplorer PX5 ที่สถานีไฟฟ้า โรจนะ 3 เป็นเวลาประมาณ 24 วัน

3.2.1 ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นแบบต่อเนื่อง

ตารางที่ 8 แรงดันรากที่สองของค่าเฉลี่ยกำลังสอง (ผ่านมาตรฐาน IEEE 1159/2009 EN 50160/2000)

Name PQ		Sampling	Min	Aver	Max	95%	Limitation	Standard
Voltage	V_{A-B}	3467	21,853	22,074	22,268	22,210	± 5%	IEEE 1159 EN 50160
	V_{B-C}	3467	21,841	22,103	22,328	22,259		
	V_{C-A}	3467	21,996	22,234	22,410	22,369		

ตารางที่ 9 แรงดันไม่สมดุล (ผ่านมาตรฐาน EN 50160/2000)

Name PQ		Sampling	Min	Aver	Max	95%	Limitation	Standard
Unbalance	VU	3467	0.121	0.694	148.960	0.512	< 2%	EN 50160

ตารางที่ 10 ความถี่ (ผ่านมาตรฐาน IEEE 1159/2009)

Name PQ		Sampling	Min	Aver	Max	95%	Limitation	Standard
Frequency	f	3467	49.90	50.02	50.08	50.04	± 0.1 Hz	IEEE 1159

ตารางที่ 11 ดรรชนีไฟกระพริบระยะสั้น (ผ่านมาตรฐาน PRC-PQG-02/1998)

Name PQ		Sampling	Min	Aver	Max	95%	Limitation	Standard
Short Flick	V_A Pst	3464	0.044	0.310	5.666	0.502	< 1 pu	PRC-PQG–02
	V_B Pst	3464	0.044	0.354	6.724	0.529		
	V_C Pst	3464	0.044	0.405	5.717	0.592		

ตารางที่ 12 ดรรชนีไฟกระพริบระยะยาว (ผ่านมาตรฐาน PRC-PQG-02/1998)

Name PQ		Sampling	Min	Aver	Max	95%	Limitation	Standard
Long Flick	V_A Plt	501	0.081	0.224	12.23	0.423	< 0.8 pu	PRC-PQG–02
	V_B Plt	501	0.083	0.282	12.23	0.477		
	V_C Plt	501	0.014	0.222	12.23	0.405		

ตารางที่ 13 ฮาร์มอนิก (ผ่านมาตรฐาน PRC-PQG-01/1998)

Name PQ		Sampling	Min	Aver	Max	95%	Limitation	Standard
Harmonic	V_A THD	3464	0.878	5.818	2872	1.761	< 4%	PRC-PQG-01
	V_B THD	3464	0.539	4.709	2568	1.387		
	V_C THD	3464	0.803	5.635	2680	1.693		

3.2.2 ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นเป็นครั้ง ๆ

3.2.2.1 สภาวะชั่วครู่

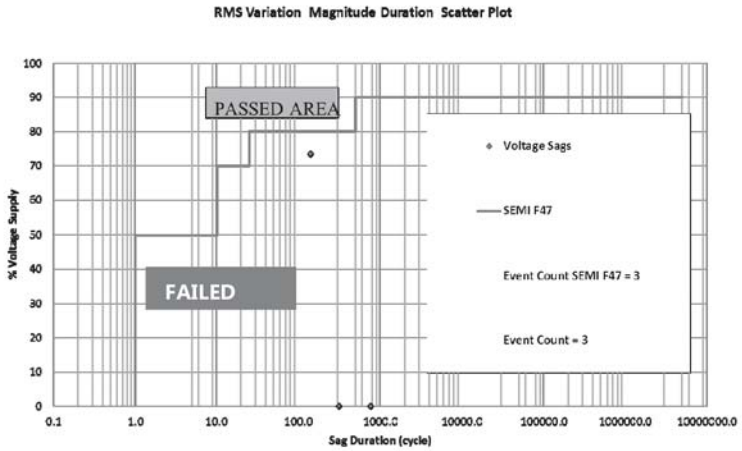
ในช่วงเวลาที่ตรวจวัดไม่พบสภาวะชั่วครู่ระหว่างการตรวจวัดคุณภาพไฟฟ้า

3.2.2.2 แรงดันตกชั่วขณะ แรงดันเกินชั่วขณะ และไฟดับ

ในช่วงเวลาที่ตรวจวัดเกิดแรงดันตกชั่วขณะขึ้นรวมจำนวน 3 ครั้ง ซึ่งต่ำกว่ามาตรฐาน SEMI F47 จำนวน 3 ครั้ง ตามตารางที่ 14 และ รูปที่ 3

ตารางที่ 14 เหตุการณ์แรงดันตกชั่วขณะในระบบจำหน่าย 22 kV

No.	Time	Magnitude (pu)	Duration (s)	SEMI F47	สาเหตุ
1	24/6/2555 5:39	0.000	15.360	FAILED	ไม่พบสาเหตุ
2	12/7/2555 18:14	0.733	2.860	FAILED	ไม่พบสาเหตุ
3	15/7/2555 9:42	0.000	6.290	FAILED	ความผิดพร่องในระบบ 22 kV



รูปที่ 3 ขนาดของแรงดัน (pu) เทียบกับมาตรฐาน SEMI F47

3.3 ผลการตรวจวัดคุณภาพไฟฟ้าในระบบจำหน่าย 400/230 โวลต์

ดำเนินการติดตั้งเครื่องตรวจวัดคุณภาพไฟฟ้าผลิตภัณฑ์ Dranetz-BMI รุ่น Power Xplorer PX5 ที่สถานีไฟฟ้า โรจนะ 3 เป็นเวลาประมาณ 22 วัน

3.3.1 ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นแบบต่อเนื่อง

ตารางที่ 15 แรงดันรากที่สองของค่าเฉลี่ยกำลังลอง (ผ่านมาตรฐานIEEE 1159/2009 EN 50160/2000)

Name PQ		Sampling	Min	Aver	Max	95%	Limitation	Standard
Voltage	V_{A-B}	3176	213	230	234	233	± 10%	IEEE 1159 EN 50160
	V_{B-C}	3176	212	230	235	232		
	V_{C-A}	3176	212	231	234	233		

ตารางที่ 16 แรงดันไม่สมดุล (ผ่านมาตรฐาน EN 50160/2000)

Name PQ		Sampling	Min	Aver	Max	95%	Limitation	Standard
Unbalance	VU	3176	-	-	-	0.286	< 2%	EN 50160

ตารางที่ 17 ความถี่ (ผ่านมาตรฐาน IEEE 1159/2009)

Name PQ		Sampling	Min	Aver	Max	95%	Limitation	Standard
Frequency	f	3176	49.90	50.02	50.09	50.04	± 0.5 Hz	IEEE 1159

ตารางที่ 18 ดรรชนีไฟกระพริบระยะสั้น (ผ่านมาตรฐาน PRC-PQG-02/1998)

Name PQ		Sampling	Min	Aver	Max	95%	Limitation	Standard
Short Flick	V_A Pst	3174	0.046	0.323	5.509	0.487	< 1 pu	PRC-PQG–02
	V_B Pst	3174	0.048	0.368	5.677	0.516		
	V_C Pst	3174	0.049	0.438	5.531	0.591		

ตารางที่ 19 ดรรชนีไฟกระพริบระยะยาว (ผ่านมาตรฐาน PRC-PQG-02/1998)

Name PQ		Sampling	Min	Aver	Max	95%	Limitation	Standard
Long Flick	V_A Plt	262	0.086	0.372	2.410	0.609	< 0.8 pu	PRC-PQG–02
	V_B Plt	262	0.082	0.410	2.481	0.623		
	V_C Plt	262	0.081	0.474	2.423	0.647		

ตารางที่ 20 ฮาร์มอนิก (ผ่านมาตรฐาน PRC-PQG-01/1998)

Name PQ		Sampling	Min	Aver	Max	95%	Limitation	Standard
Harmonic	V_A THD	3174	0.8788	2.407	3.651	3.077	< 5%	PRC-PQG-01
	V_B THD	3174	0.7135	2.512	3.846	3.352		
	V_C THD	3174	0.9870	2.245	3.519	2.910		

3.3.2 ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นเป็นครั้ง ๆ

3.3.2.1 สภาวะชั่วครู่

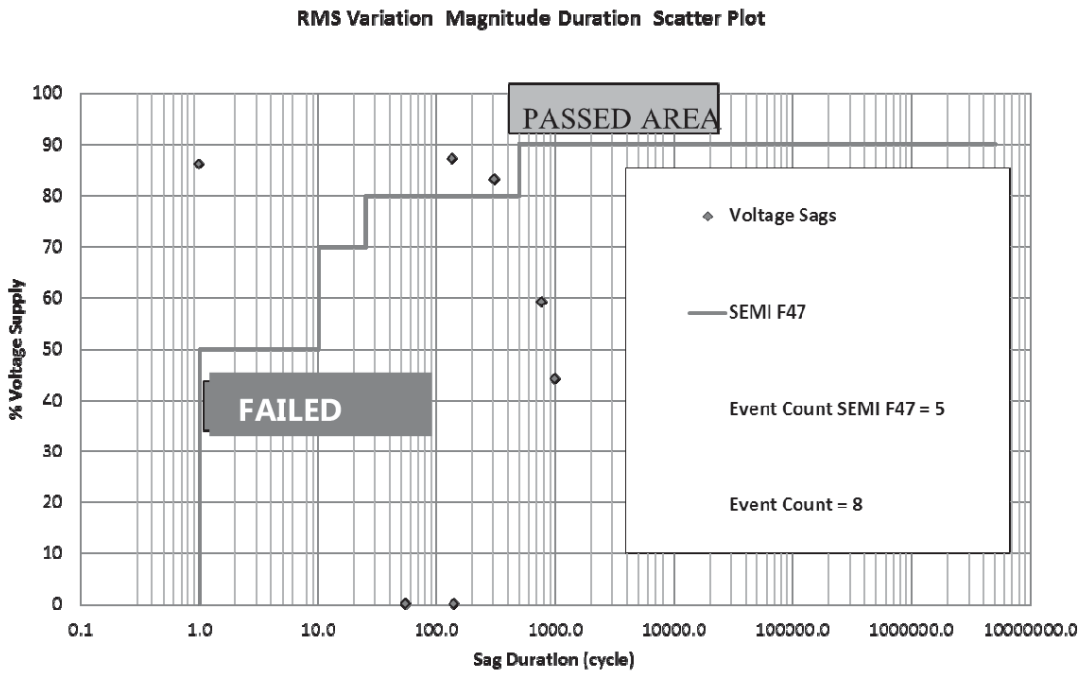
ในช่วงเวลาที่ตรวจวัดไม่พบสภาวะชั่วครู่ระหว่างการตรวจวัดคุณภาพไฟฟ้า

3.3.2.2 แรงดันตกชั่วขณะ แรงดันเกินชั่วขณะ และไฟดับ

ในช่วงเวลาที่ตรวจวัดเกิดแรงดันตกชั่วขณะขึ้นรวมจำนวน 8 ครั้ง ซึ่งต่ำกว่ามาตรฐาน SEMI F47 จำนวน 5 ครั้ง ตามตารางที่ 21 และ รูปที่ 4

ตารางที่ 21 เหตุการณ์แรงดันตกชั่วขณะในระบบจำหน่าย 400/230 โวลต์

No.	Time Stamp	Magnitude (pu)	Duration (s)	SEMI F47	สาเหตุ
1	25/6/2555 6:28	0.870	2.750	PASSED	ไม่พบสาเหตุ
2	28/6/2555 7:08	0.000	2.810	FAILED	ไม่พบสาเหตุ
3	4/7/2555 21:38	0.830	6.200	PASSED	ความผิดพร่องในระบบ 22 kV
4	5/7/2555 15:25	0.000	1.100	FAILED	ไม่พบสาเหตุ
5	5/7/2555 15:27	0.000	1.100	FAILED	ไม่พบสาเหตุ
6	12/7/2555 18:24	0.867	0.020	PASSED	ความผิดพร่องในระบบ 22 kV
7	15/7/2555 9:52	0.590	15.490	FAILED	ความผิดพร่องในระบบ 22 kV
8	15/7/2555 11:05	0.440	20.060	FAILED	ความผิดพร่องในระบบ 22 kV



รูปที่ 4 ขนาดของแรงดัน (pu) เทียบกับมาตรฐาน SEMI F47

ตารางที่ 22 สรุปจำนวนเหตุการณ์แรงดันตกชั่วขณะเทียบกับมาตรฐาน SEMI F47

ระดับแรงดัน (kV)	เหตุการณ์ (ครั้ง)	ต่ำกว่ามาตรฐาน SEMI F47 (ครั้ง)	สาเหตุ (ครั้ง)
115	19	4	ความผิดพร่องในระบบ 22 kV (6 ครั้ง) ความผิดพร่องในระบบ 115 kV (4 ครั้ง) ไม่พบสาเหตุ (9 ครั้ง)
22	3	3	ความผิดพร่องในระบบ 22 kV (1 ครั้ง) ไม่พบสาเหตุ (2 ครั้ง)
0.4/0.23	8	5	ความผิดพร่องในระบบ 22 kV (4 ครั้ง) ไม่พบสาเหตุ (4 ครั้ง)
รวม	30	12	

3.4 อภิปรายผล

จากผลการตรวจวัดคุณภาพไฟฟ้าสามารถอภิปรายผลได้ดังนี้

3.4.1 ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง

แรงดันรากที่สองของค่าเฉลี่ยกำลังสองความถี่ แรงดันไม่สมดุล ดรรชนีไฟกระพริบระยะสั้น ดรรชนีไฟกระพริบระยะยาว และฮาร์มอนิกทั้งระดับแรงดัน 115 kV 22 kV และ 400/230 โวลต์ ผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่อ้างอิงทั้งหมด โดยระบบสายส่ง 115 kV มีรายละเอียดตามตารางที่ 1 ถึง 6 ระบบจำหน่าย 22 kV มีรายละเอียดตามตารางที่ 8 ถึง 13 และระบบจำหน่าย400/230 โวลต์ มีรายละเอียดตามตารางที่ 15 ถึง 20

3.4.2 ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นเป็นครั้ง ๆ

ประกอบด้วย สภาวะชั่วครู่ แรงดันตกชั่วขณะ แรงดันเกินชั่วขณะ และไฟดับ พบว่า แรงดันตกชั่วขณะเป็นปัญหาหลัก โดยมีรายละเอียดตามตารางที่ 22

จากข้อมูลในตารางที่ 22 มีเหตุการณ์แรงดันตกชั่วขณะเกิดขึ้นรวมจำนวน 30 ครั้ง เกิดขึ้นในระบบ สายส่ง 115 kV จำนวน 19 ครั้ง ระบบจำหน่าย 22 kV จำนวน 3 ครั้ง และระบบจำหน่าย 400/230 โวลต์ จำนวน 8 ครั้ง ในจำนวนเหตุการณ์แรงดันตกชั่วขณะที่เกิดขึ้นทั้งหมด พบว่า ต่ำกว่ามาตรฐาน SEMI F47 จำนวน 12 ครั้ง จากการตรวจสอบหาสาเหตุทั้งหมดพบว่าเกิดจากความผิดพร่องในระบบจำหน่าย 22 kV จำนวน 11 ครั้ง ความผิดพร่องในระบบสายส่ง 115 kV จำนวน 4 ครั้ง และไม่พบสาเหตุ จำนวน 15 ครั้ง

จากข้อมูลคุณภาพไฟฟ้าที่ตรวจวัดได้พบว่าปัญหาแรงดันตกชั่วขณะที่ผู้ใช้ไฟอาจได้รับผลกระทบนั้นส่วนใหญ่มีสาเหตุเกิดจากความผิดพร่องที่เกิดขึ้นภายนอกพื้นที่นิคมอุตสาหกรรม อาจจะเกิดขึ้นในระบบสายส่ง 115 kV ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคที่อยู่ห่างไกลออกไป หรืออาจเกิดจากระบบสายส่งของ การไฟฟ้าฝ่ายผลิต หรือเกิดขึ้นในระบบจำหน่าย 22 kV ของสถานีไฟฟ้าในบริเวณใกล้เคียงที่รับไฟจากแหล่งจ่ายไฟหรือสถานีไฟฟ้าด้านต้นทาง

เดียวกัน โดยมีเหตุการณ์ที่ไม่ผ่านมาตรฐาน SEMI F47 จำนวน 12 ครั้ง จากเหตุการณ์ทั้งหมด 30 ครั้ง หรือคิดเป็นร้อยละ 40

การแก้ปัญหาแรงดันตกชั่วขณะกระทำได้โดยการลดจำนวนครั้งการเกิดความผิดพร่องในระบบจำหน่าย ลดความรุนแรงของแรงดันตกชั่วขณะ และลดจำนวนผู้ได้รับผลกระทบแรงดันตกชั่วขณะ ซึ่งทำได้โดยเน้นการบำรุงรักษาและการเพิ่มสมรรถนะระบบ การติดตั้งอุปกรณ์ เช่น Current Limiting Fuse และ Neutral Ground Resistor (NGR) เพื่อลดขนาดกระแสลัดวงจร และการแนะนำให้ผู้ใช้ไฟเลือกใช้อุปกรณ์ที่มีคุณสมบัติทนต่อแรงดันตกชั่วขณะ

4. สรุป

บทความนี้ได้แสดงให้เห็นว่าผลการประเมินคุณภาพไฟฟ้าในระบบสายส่ง 115 kV ระบบจำหน่าย 22 kV และ 400/230 โวลต์ ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ที่สถานีไฟฟ้าวังน้อย 1 และสถานีไฟฟ้าโรจนะ 3 ซึ่งจ่ายไฟให้นิคมอุตสาหกรรมโรจนะ สรุปได้ว่าปัญหาคุณภาพไฟฟ้าเกิดจากแรงดันตกชั่วขณะมากที่สุด โดยเหตุการณ์แรงดันตกชั่วขณะรวมกันทั้ง 3 ระดับแรงดัน เกิดขึ้นจำนวน 30 ครั้ง ซึ่งเกิดที่ระดับแรงดัน 115 kV มากที่สุด จำนวน 19 ครั้ง

ปัญหาแรงดันตกชั่วขณะในระบบจำหน่ายไม่สามารถที่จะระบุขั้นตอนหรือวิธีการป้องกันที่ตายตัวได้ เป็นผลมาจากสภาวะการใช้งานและความต้องการของผู้ใช้ไฟฟ้าที่ต่างกัน ในเบื้องต้นพบว่า หากเหตุการณ์แรงดันตกชั่วขณะกระจายตัวอยู่นอกขอบเขตของ SEMI F47 มักมีโอกาสสูงที่จะเกิดผลกระทบต่อผู้ใช้ไฟฟ้า โดยเฉพาะผู้ใช้ไฟฟ้าในภาคอุตสาหกรรม ในส่วนของผู้ใช้ไฟฟ้าที่ได้รับผลกระทบสามารถลดปัญหานี้ได้โดยการปรับปรุงหรือเลือกใช้อุปกรณ์ที่มีความทนทานต่อแรงดันตกชั่วขณะได้สูงขึ้นซึ่งรายละเอียดจะขึ้นอยู่กับชนิดของอุปกรณ์ ทั้งนี้ผู้ใช้ไฟฟ้าควรพิจารณาความสอดคล้องของกระบวนการผลิต และการทำงานของเครื่องจักรที่มีความสัมพันธ์เกี่ยวเนื่องหรือผลกระทบอื่น ๆ ประกอบด้วยหากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคและผู้ใช้ไฟฟ้ามีแนวทางการป้องกันที่เหมาะสมจะทำให้ลดผลกระทบจากปัญหาแรงดันตกชั่วขณะได้อย่างเป็นรูปธรรม

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ให้การสนับสนุนผลงานวิจัย และคุณณรงค์ ศรียาภัย ผู้ช่วยผู้อำนวยการกองวิศวกรรมและวางแผน การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เขต 1 (ภาคกลาง) จ.พระนครศรีอยุธยา ที่ให้การสนับสนุนข้อมูลที่เป็นประโยชน์และได้ให้ความช่วยเหลือต่อการวิเคราะห์ของบทความนี้ซึ่งได้ช่วยให้บทความนี้สำเร็จลุล่วงอย่างสมบูรณ์

6. เอกสารอ้างอิง

R. Dugan, M. McGranaghan and H. Beaty, Electrical Power Systems Quality; McGraw-Hill, Knoxville, USA, 1996.

Y. Sillapawicharn, A Fast Voltage Sag Detector Based on Peak Detection, ECTI-CON, 2015.

Y.H. Chen, C.Y. Lin, J.M. Chen, and P.T. Cheng, An Inrush Mitigation Technique of Load Transformers for the Series

Voltage Sag Compensator, IEEE Trans., 2010.

Math H.J. Bollen, Understanding Power Quality Problems Voltage Sags and Interruptions, IEEE Press, 2000.

IEEE, IEEE Standard 1159-2009, Revision of IEEE Standard 1159-1995.

EN 50160-2000, Voltage Characteristics of Electricity Supplied by Public Distribution Systems.

PRC-PQG-01/1998 ข้อกำหนดกฎเกณฑ์ฮาร์มอนิก เกี่ยวกับไฟฟ้าประเภทธุรกิจอุสาหกรรม.

PRC-PQG-02/1998 ข้อกำหนดกฎเกณฑ์แรงดันกระเพื่อม เกี่ยวกับไฟฟ้าประเภทธุรกิจอุตสาหกรรม.