



ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมไฟฟ้า)

ปริญญา

วิศวกรรมไฟฟ้า

วิศวกรรมไฟฟ้า

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การพัฒนาฐานข้อมูลเพื่อวิเคราะห์คุณภาพกำลังไฟฟ้าในพื้นที่ภาคกลางของ
การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.)

Database Development for Power Quality Analysis in Central Area of
Provincial Electricity Authority (PEA)

نامผู้วิจัย นายพงษ์พัฒน์ วราโกล

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์ตฤณ แสงสุวรรณ, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ดุสิต พิเศษฐ์ ฤกษ์ปรีดาพงศ์, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศิริโรจน์ ศิริสุขประเสริฐ, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา

(รองศาสตราจารย์มงคล รักษาพัชรวงศ์, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญญา วีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การพัฒนาฐานข้อมูลเพื่อวิเคราะห์คุณภาพกำลังไฟฟ้าในพื้นที่ภาคกลาง
ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.)

Database Development for Power Quality Analysis in Central Area of
Provincial Electricity Authority (PEA)

โดย

นายพงษ์พัฒน์ วราโกล

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมไฟฟ้า)

พ.ศ. 2551

พงษ์พัฒน์ วราโภก 2551: การพัฒนาฐานข้อมูลเพื่อวิเคราะห์คุณภาพกำลังไฟฟ้าในพื้นที่ภาคกลางของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) ปรินญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมไฟฟ้า) สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า อาจารย์ที่ปรึกษา วิทยานิพนธ์หลัก: รองศาสตราจารย์ดฤตม์ แสงสุวรรณ, Ph.D. 152 หน้า

ด้วยการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) มีแผนงานจัดทำระบบฐานข้อมูลด้านคุณภาพกำลังไฟฟ้าเพื่อการวิเคราะห์และการประเมินค่าคุณภาพกำลังไฟฟ้าตามมาตรฐาน EN 50160 ในขั้นต้น กฟภ.ได้กำหนดให้ฐานข้อมูลใหม่ต้องรองรับข้อมูลจากเครื่องตรวจวัด 2 ชนิด ที่ใช้งานในโครงการวิจัยของพื้นที่ภาคกลาง ได้แก่ ฐานข้อมูล PQSecure ที่ได้จากเครื่องตรวจวัด Unipower รุ่น U902 และฐานข้อมูล ION_Data ที่ได้จากเครื่องตรวจวัด Power Measurement รุ่น ION7650

ในการดำเนินการได้ศึกษารายละเอียดมาตรฐาน EN 50160 และมาตรฐานด้านคุณภาพกำลังไฟฟ้าต่างๆที่เกี่ยวข้อง ศึกษาโครงสร้างฐานข้อมูลต้นฉบับ PQSecure/ ION_Data ศึกษาโครงสร้างฐานข้อมูลคุณภาพกำลังไฟฟ้า PQView และศึกษาซอฟต์แวร์ที่ใช้ดูแลและจัดทำรายงานเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของระบบเดิมที่มีอยู่ เพื่อใช้ในการออกแบบฐานข้อมูล PQPEA และซอฟต์แวร์ร่วมใช้งาน PEA ASSESSMENT

ฐานข้อมูล PQPEA เป็นฐานข้อมูลที่มีโครงสร้างแบบสัมพันธ์ มีความยืดหยุ่นสูงกว่า PQSecure เพราะสามารถรองรับข้อมูลคุณภาพกำลังไฟฟ้า ได้โดยไม่ต้องแก้ไขโครงสร้างใหม่ และมีชุดคำสั่ง SQL เพื่อเรียกดูข้อมูลที่กระชับกว่า ION_Data

ด้านซอฟต์แวร์ PEA ASSESSMENT ก็สามารถประมวลให้ค่าคำนวณ แสดงกราฟค่าต่อเนื่อง แสดงรูปคลื่นเหตุการณ์ และจัดทำรายงานได้เหมือนกับซอฟต์แวร์ต้นฉบับ นอกจากนั้นยังได้เพิ่มหน้าที่การทำงานแบบอัตโนมัติ เพื่อให้สามารถทำงานได้สะดวกและรวดเร็วยิ่งขึ้น

Phongphat Waraphok 2008: Database Development for Power Quality Analysis in Central Area of Provincial Electricity Authority (PEA). Master of Engineering (Electrical Engineering), Major Field: Electrical Engineering, Department of Electrical Engineering. Thesis Advisor: Associate Professor Trin Saengsuwan, Ph.D. 152 pages.

The PEA has been planning to create a new type of power quality database for analysis and assessment to follow up the EN 50160 standards. Basically, PEA's power quality data to be stored in the new database type are obtained from two types of PQ meter used in the central area of Thailand. Such data include PQSecure database from Unipower meter type U902 and ION_Data database from Power Measurement type ION7650.

In this thesis, the EN 50160 standard and related standards are first reviewed. Two types of data structure of PQSecure and ION_Data database are studied. Also structure of PQView database and original software are surveyed in parts of viewer and creating report. Then comparison of the advantages and disadvantages of each existing database are considered to design PQPEA database structure and develop PEA ASSESSMENT software.

The PQPEA database is a new database structure that are more flexible than the PQSecure database type structure and can support other power quality types without a need of re-design on database.

Finally the PEA ASSESSMENT software is developed to analyse the results, display graphs and creating reports similar to the original software. In addition, automatic functions are added to operate tasks fast and easy.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความกรุณาและความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ
รองศาสตราจารย์ ดร.ตฤณ แสงสุวรรณ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา โดยได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็น
ต่างๆของการทำวิทยานิพนธ์มาด้วยดีตลอด รวมทั้งได้กรุณาตรวจสอบและแก้ไขจนสำเร็จเรียบร้อย

นอกจากนี้ ต้องขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ซึ่งประกอบด้วย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.คุลย์พิเชษฐ์ ฤกษ์ปรีดาพงศ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิริโรจน์ ศิริสุขประเสริฐ
ที่ได้กรุณาตรวจสอบแก้ไขและให้คำแนะนำในการทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ด้วยความดีหรือประโยชน์อันใดเนื่องจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ขอมอบแด่คุณเพิ่มพูล วราโกค
มารดา ขอบคุณญาติพี่น้องทุกคน ขอบคุณเพื่อนร่วมงานทุกท่านและคุณนิศานุช ไตรศรีที่คอยให้
กำลังใจเสมอมา

พงษ์พัฒน์ วราโกค

ตุลาคม 2551

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(3)
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	(7)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	89
อุปกรณ์	89
วิธีการ	89
ผลและวิจารณ์	135
ผล	135
วิจารณ์	136
สรุปและข้อเสนอแนะ	137
สรุป	137
ข้อเสนอแนะ	138
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	139
ภาคผนวก	141
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	152

สารบัญตาราง

ภาพที่	หน้า
1 ประวัติลูกค้าบัญชีเงินกู้ของธนาคาร	25
2 เปรียบเทียบก่อนและหลังการมีภาวะครบหน่วย	26
3 ความสัมพันธ์ของ S	27
4 ความสัมพันธ์ของ P	27
5 โดเมนของความสัมพันธ์ SP	28
6 จุดติดตั้งเครื่องตรวจวัดคุณภาพกำลังไฟฟ้า	31
7 รายชื่อตารางและรายละเอียดที่บันทึกในฐานข้อมูล PQSecure	37
8 รายชื่อตารางและรายละเอียดที่บันทึกในฐานข้อมูล ION_Data	52
9 แสดงผลสรุปการเรียกดูข้อมูลระหว่างฐานข้อมูลทั้งสองชนิด	65
10 ค่ามาตรฐานแรงดัน EN 50160, IEC61000-2-2	76
11 จิตจำกัดแรงดันฮาร์มอนิก 25 อันดับที่แหล่งจ่ายไฟ	78
12 ตัวอย่างการคำนวณความหนาแน่นแรงดันต่ำเกิน	81
13 ตัวอย่างการคำนวณความหนาแน่นแรงดันต่ำเกินแบบสะสม	83
14 แสดงชื่อ สัญลักษณ์ ข้อมูลคุณภาพกำลังไฟฟ้าแบบต่อเนื่องทั้ง 3 ชนิด	95
15 โครงสร้างและรายละเอียดของตาราง MeterTable	98
16 โครงสร้างและรายละเอียดของตาราง EventTable	98
17 โครงสร้างและรายละเอียดของตาราง DataLogTable	99
18 โครงสร้างและรายละเอียดของตาราง WaveformTable	99
19 แสดงรายละเอียดข้อมูล PQPEA ทั้ง 2 ชนิดที่ผ่านการแปลงข้อมูลประมาณ 3 เดือน	132
20 สรุปผลและเปรียบเทียบการคำนวณค่าแบบต่อเนื่องชนิดต่างๆ	133

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1 ตัวอย่างการใช้งานซอฟต์แวร์ TOP	5
2 ตัวอย่างชนิดข้อมูลที่ซอฟต์แวร์ PQView สามารถแปลงได้	7
3 ตัวอย่างการใช้งานซอฟต์แวร์ PQView	7
4 แนวคิดการจัดทำฐานข้อมูล PQPEA ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค	10
5 แสดงโครงสร้างของแฟ้มข้อมูล	12
6 แสดงระดับชั้นของข้อมูล	16
7 แสดงโครงสร้างฐานข้อมูลแบบลำดับชั้น	20
8 แสดงโครงสร้างข้อมูลแบบเครือข่าย	22
9 แสดงโครงสร้างข้อมูลแบบสัมพันธ์	24
10 ตัวอย่างข้อมูลที่ได้จากเครื่องตรวจวัดรุ่น U902	32
11 ตัวอย่างข้อมูลที่ได้จากเครื่องตรวจวัดรุ่น ION7650	32
12 เครื่องตรวจวัดคุณภาพกำลังไฟฟ้าผลิตภัณฑ์ Unipower รุ่น U902	33
13 ฐานข้อมูล PQSecure ของเครื่องตรวจวัดผลิตภัณฑ์ Unipower รุ่น U902	36
14 ตัวอย่างข้อมูลแบบข้อความ (Text) อักษรระ วันที่และตัวเลขทศนิยม	45
15 ตัวอย่างข้อมูลแบบภาพลักษณ์	45
16 แสดงชนิดของข้อมูล (ภาพลักษณ์) U1-4 และ I1-4 ขนาด 16 บิต	46
17 ตัวอย่างรูปคลื่นอาร์เอ็มเอสแรงดันที่ได้จาก PQSecure	47
18 เครื่องมือวัดคุณภาพกำลังไฟฟ้าผลิตภัณฑ์ PML รุ่น ION7650	47
19 ฐานข้อมูล ION_Data ของเครื่องตรวจวัดผลิตภัณฑ์ PML รุ่น ION7650	50
20 ความสัมพันธ์ระหว่างตารางของฐานข้อมูล ION_Data	54
21 ตัวอย่างข้อมูลแบบข้อความ (ข้อความ วันที่ ตัวเลขทศนิยม)	62
22 ตัวอย่างข้อมูลแบบข้อความและภาพลักษณ์	62
23 ตัวอย่างรูปคลื่นสัญญาณไซน์แรงดันที่ได้จากการถอดรหัสของ ION_Data	64
24 แผนผังรายละเอียดกลุ่ม Channel	67
25 แผนผังรายละเอียดกลุ่ม Site และ Source	68

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
26 แผนผังรายละเอียดกลุ่ม Event	70
27 แผนผังรายละเอียดกลุ่ม Steady-State	72
28 กราฟการกระจายแรงดันต่ำเกิน	79
29 กราฟอธิบายภาคส่วนความหนาแน่น	80
30 ตัวอย่างกราฟแท่ง 3 มิติความหนาแน่นของแรงดันต่ำเกิน	82
31 ตัวอย่างกราฟแท่ง 3 มิติความหนาแน่นของแรงดันต่ำเกินแบบสะสม	83
32 กราฟเส้นแผนที่แรงดันต่ำเกิน	84
33 การใช้งานของกราฟเส้นแผนที่แรงดันต่ำเกิน อุปกรณ์ไฟฟ้า A และ B	85
34 การใช้งานของกราฟเส้นแผนที่ กรณีวัดความหนาแน่นได้ไม่เป็นสี่เหลี่ยม	86
35 เส้นกราฟมาตรฐาน CBEMA	86
36 เส้นกราฟมาตรฐาน ITIC	87
37 เส้นกราฟมาตรฐาน SEMI F47	88
38 การกรองข้อมูล PQPEA ด้วย EN 50160 FILTER	90
39 แผนผังขั้นตอนการทำงานซอฟต์แวร์ PEA ASSESSMENT	94
40 ความสัมพันธ์แบบหนึ่งต่อกลุ่มระหว่างตาราง MeterTable และตารางลูก	100
41 โมดูลของซอฟต์แวร์ PEA ASSESSMENT	105
42 หน้าจอหลักของซอฟต์แวร์ PEA ASSESSMENT Version 1.0	106
43 การยืนยันเพื่อปิดซอฟต์แวร์	106
44 แสดงการสร้างและการเชื่อมต่อฐานข้อมูล	107
45 สร้างและเพิ่มข้อมูลมิเตอร์	108
46 จับคู่มิเตอร์ Source และมิเตอร์ Target เพื่อแปลงข้อมูล	109
47 ข้อมูลที่ถูกแปลงแล้วในรูปแบบ Microsoft Access	110
48 ตัวอย่างข้อมูลค่าแบบต่อเนื่อง ในตาราง DatalogTable	111
49 ตัวอย่างข้อมูลมิเตอร์ ในตาราง MeterTable	111
50 ตัวอย่างข้อมูลเหตุการณ์การรบกวน ในตาราง EventTable	112

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
51 ตัวอย่างข้อมูลรูปคลื่นในตาราง WaveformTable	112
52 เมนูย่อยของเมนู View	113
53 เลือก Meter ที่ต้องการดูข้อมูล	113
54 เลือกช่วงวันและเวลา ที่ต้องการเรียกดูข้อมูล	114
55 รูปคลื่น (Waveform) ที่บันทึกได้ทั้งหมด	114
56 รูปคลื่นแรงดันเฟส A (PQSecure) เมื่อเรียกดูด้วย PEA ASSESSMENT	115
57 รูปคลื่นแรงดันเฟส A (ION_Data) เมื่อเรียกดูด้วย PEA ASSESSMENT	116
58 แสดงกราฟแรงดันแบบไซน์และแบบอาร์เอ็มเอส ของข้อมูล ION_Data	116
59 เหตุการณ์ที่บันทึก วันเวลา เฟส แรงดันและระยะเวลา	117
60 แสดงเป็นตารางความหนาแน่นแบบแบ่งช่วง แรงดันและระยะเวลา	118
61 แสดงเป็นตารางความหนาแน่นสะสมแบบแบ่งช่วง แรงดันและระยะเวลา	118
62 เปรียบเทียบเหตุการณ์กับกราฟ CBEMA พร้อมคำนวณเหตุการณ์	119
63 เปรียบเทียบเหตุการณ์กับกราฟ ITIC	119
64 เปรียบเทียบเหตุการณ์กับกราฟ SEMI F47	120
65 การแจกแจงความถี่และความถี่แบบสะสมของเหตุการณ์	120
66 กราฟแจกแจงความหนาแน่นแบบสามมิติ	121
67 กราฟแจกแจงความถี่สามมิติแบบสะสม	121
68 กราฟแผนที่ความหนาแน่นแบบสะสม	122
69 ตัวอย่างเส้นกราฟสำหรับค่าแบบต่อเนื่อง	122
70 การคำนวณค่าทางสถิติ	123
71 การสร้างรายงานคุณภาพกำลังไฟฟ้า	124
72 ตัวอย่างรายงานคุณภาพกำลังไฟฟ้า	125
73 การประมวลผลแบบกลุ่ม	126
74 ค่าแบบต่อเนื่องที่ได้จากการประมวลผลแบบกลุ่ม	127
75 ค่าความถี่ที่ได้จากการประมวลผลแบบกลุ่ม	127

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
75 ค่าความถี่ที่ได้จากการประมวลผลแบบกลุ่ม	128
76 ผลลัพธ์การนำออกของข้อมูลแบบต่อเนื่อง	128
77 ผลลัพธ์การนำออกข้อมูลแบบเหตุการณ์	129
78 หน้าจอแสดงทิมผู้พัฒนา	129
79 ข้อมูลตรวจวัดจากสถานีไฟฟ้าแหลมฉบัง 1 ทั้ง 2 ชนิด	131
80 แสดงฐานข้อมูลที่ติดตั้งใน Microsoft SQL Server	131
ภาพผนวกที่	
1 เปิดซอฟต์แวร์ Microsoft SQL Server เลือก Enterprise Manager	142
2 แสดงรายชื่อฐานข้อมูลก่อนเพิ่มฐานข้อมูล	142
3 เพิ่มฐานข้อมูลโดยเลือกวิธีผูกติด (Attach Database)	143
4 เลือกฐานข้อมูลชนิด ION_Data และตั้งชื่อใหม่ว่า “BGP”	143
5 เลือกฐานข้อมูลชนิด PQSecure และตั้งชื่อใหม่ว่า “PQSecure”	144
6 แสดงผลเมื่อเพิ่มข้อมูลสำเร็จ	144
7 แสดงรายชื่อฐานข้อมูลหลังเพิ่มฐานข้อมูล	145
8 หน้าปกรายงาน	146
9 รายงานสรุปแผ่นที่ 1	147
10 รายงานสรุปแผ่นที่ 2	148
11 รายงานสรุปแผ่นที่ 3	149
12 รายงานสรุปแผ่นที่ 4	150
13 รายงานสรุปแผ่นที่ 5	151

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

ASSESSMENT	=	การประเมิน
ANSI	=	American National Standards Institutes
CBEMA	=	Computer Business Equipment Manufacturers Association
CT	=	หม้อแปลงกระแส
EPRI	=	Electric Power Research Institute
IEC	=	International Electrotechnical Commission
IEEE	=	Institute of Electrical and Electronics Engineers
ITIC	=	Information Technology Industry Council
kV	=	กิโลโวลต์
kW	=	กิโลวัตต์
LV	=	ระบบแรงดันต่ำ
HV	=	ระบบแรงดันสูง
NEC	=	National Electrical Code
NEMA	=	National Electrical Manufacturers Association
PEA	=	การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค
PEA ASSESSMENT	=	ชื่อซอฟต์แวร์วิเคราะห์คุณภาพกำลังไฟฟ้า
PF	=	ตัวประกอบกำลังไฟฟ้า
PLT	=	ครรชนิไฟกะพริบระยะยาว
PQ	=	คุณภาพกำลังไฟฟ้า
PQDIF	=	Power Quality Data Interchange Format
PQPEA	=	ชื่อฐานข้อมูลคุณภาพกำลังไฟฟ้า
PST	=	ครรชนิไฟกะพริบระยะสั้น
PT	=	หม้อแปลงแรงดัน
RMS	=	รากของกำลังสองเฉลี่ย, อาร์เอ็มเอส
SEMI	=	Semiconductor Equipment and Materials International
SQL	=	ภาษาและชุดคำสั่งฐานข้อมูล
THD	=	ผลรวมความเพี้ยนฮาร์มอนิก

การพัฒนาฐานข้อมูลเพื่อวิเคราะห์คุณภาพกำลังไฟฟ้า ในพื้นที่ภาคกลางของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.)

Database Development for Power Quality Analysis in Central Area of Provincial Electricity Authority (PEA)

คำนำ

การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) ได้จัดทำโครงการศึกษาคุณภาพกำลังไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้า
อุตสาหกรรมที่ต้องการคุณภาพกำลังไฟฟ้าสูง (โชนะ, 2548) เพื่อศึกษาคุณภาพกำลังไฟฟ้าของ
ระบบแรงดัน 115 kV และ 22 kV ในส่วนของลูกค้าอุตสาหกรรมในพื้นที่ภาคกลาง ได้แก่จังหวัด
พระนครศรีอยุธยา ชลบุรี และระยอง ในการดำเนินงานได้ใช้เครื่องตรวจวัดคุณภาพกำลังไฟฟ้า
(Power Quality Monitoring) จำนวน 25 ชุด ผลิตภัณฑ์ Unipower รุ่น U902 จากประเทศสวีเดน ซึ่ง
ได้แล้วเสร็จไปเมื่อปี 2548

ต่อมาการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคได้จัดทำโครงการสำรวจระดับคุณภาพกำลังไฟฟ้าของระบบ
ไฟฟ้าระยะที่ 2 (ตฤณ, 2550) เพื่อศึกษาคุณภาพกำลังไฟฟ้าของการจัดทำวงจรปิด (Loop Line) ที่มี
การเชื่อมโยงกับผู้ผลิตไฟฟ้าเอกชนที่ระบบแรงดัน 115 kV ในส่วนของ การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค
ได้แก่ จังหวัด พระนครศรีอยุธยา สระบุรี ชลบุรี ระยอง และนครปฐม โครงการได้ใช้เครื่องตรวจวัด
เดิมและเครื่องตรวจวัดผลิตภัณฑ์ PML รุ่น ION7650 จากประเทศแคนาดา อีกจำนวน 20 ชุด ทำให้
มีเครื่องตรวจวัดที่ใช้งานทั้งหมดจำนวน 45 ชุด

การตั้งค่าตรวจวัดและการประเมินผล การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ได้กำหนดให้ใช้มาตรฐาน
EN 50160 ที่มีค่าบันทึกแบบต่อเนื่อง (Continuous Phenomena) เฉลี่ยทุกๆ 10 นาที และบันทึก
เหตุการณ์การรบกวน (Disturbance Event) เมื่อเกิดแรงดันไฟฟ้าที่มีค่าสูง/ต่ำเกิน $\pm 10\%$ จากปกติ

ข้อมูลที่ได้จากเครื่องตรวจวัดรุ่น U902 จะถูกบันทึกในฐานข้อมูลชื่อ PQSecure และข้อมูล
ที่ได้จากเครื่องตรวจวัด PML จะถูกบันทึกในฐานข้อมูลชื่อ ION_Data และจัดเก็บใน Microsoft
SQL Server ด้วยกันทั้งคู่

ทุกๆเดือน การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคต้องจัดทำรายงานผลการตรวจวัดและวิเคราะห์ให้กับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องและผู้ใช้ไฟฟ้า จำนวน 45 ฉบับ แบ่งเป็นรายงานจากเครื่องตรวจวัดรุ่น U902 จำนวน 25 ฉบับและจากเครื่องตรวจวัดรุ่น ION7650 จำนวน 20 ฉบับ

การอ่านค่า เรียกดูข้อมูล การจัดทำรายงานผลการวิเคราะห์นั้น จำเป็นต้องใช้ซอฟต์แวร์เฉพาะ(ต้นฉบับ)ของแต่ละผลิตภัณฑ์เท่านั้น เพราะรูปแบบโครงสร้างของฐานข้อมูลถูกออกแบบให้มีลักษณะเฉพาะมีความแตกต่างกัน จึงไม่สามารถใช้ซอฟต์แวร์ร่วมกันได้

สิ่งที่เป็นปัญหาก็คือ แม้ว่าซอฟต์แวร์ทั้งสองชนิดจะให้ผลคำนวณที่เหมือนกันก็ตาม แต่ด้วยข้อจำกัดของซอฟต์แวร์ รายงานที่ได้จึงเป็นรูปแบบที่ผู้พัฒนาซอฟต์แวร์ของผลิตภัณฑ์นั้นๆ ออกแบบไว้ ผู้ใช้งานไม่สามารถปรับเปลี่ยนหรือแก้ไขผลคำนวณในรายงานได้ ดังนั้นรายงานที่ได้จากการประมวลของซอฟต์แวร์ จำเป็นต้องปรับให้เป็นรูปแบบของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคอีกครั้งหนึ่ง เกิดความซ้ำซ้อนในการปฏิบัติงาน

ในความเป็นจริงการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคยังมีข้อมูลระบบไฟฟ้าอื่นๆ ที่สามารถใช้วิเคราะห์ร่วมกับปัญหาคุณภาพกำลังไฟฟ้าได้ เช่น ข้อมูลจากสมุดบันทึกไฟฟ้าขัดข้อง (Log Book) ข้อมูลการทำงานของอุปกรณ์ป้องกัน (Relay Protection) ข้อมูลจากระบบควบคุมและประเมินผลแบบศูนย์รวม (Supervisory Control and Data Acquisition: SCADA) ข้อมูลจากระบบอ่านมิเตอร์อัตโนมัติ (Automatic Meter Reader: AMR) แต่ด้วยข้อจำกัดของระบบข้อมูลที่ไม่สามารถเชื่อมโยงถึงกันได้หรือยังไม่เป็นระบบเดียวกัน จึงเป็นปัญหาต่อการวิเคราะห์คุณภาพกำลังไฟฟ้าพอสมควร

ความผิดปกติ (Fault) การลัดวงจร (Short Circuit) หรือการเกิดแรงดันต่ำเกิน (Voltage Dip) เป็นปัญหาที่เกิดขึ้นเสมอในระบบของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค หากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคมีระบบฐานข้อมูลที่สามารถเชื่อมโยงกันได้หรือจัดทำเป็นระบบฐานข้อมูลเดียวกันแล้ว การวิเคราะห์ปัญหาด้านคุณภาพกำลังไฟฟ้าจะมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น เพื่อให้ความต้องการของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคสัมฤทธิ์ผล วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะขอเสนอความเป็นไปได้ในการรวมฐานข้อมูลคุณภาพกำลังไฟฟ้าจำนวน 2 ชนิด เข้าด้วยกัน เพื่อจัดทำเป็นฐานข้อมูลกลางขึ้นตัวอย่าง ใช้ในระบบของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ทั้งนี้จะยังไม่รวมข้อมูลระบบไฟฟ้าอื่นๆที่กล่าวมาข้างต้นเพราะข้อมูลเหล่านี้ไม่ใช่ข้อมูลคุณภาพกำลังไฟฟ้า

วัตถุประสงค์

เพื่อออกแบบฐานข้อมูลคุณภาพกำลังไฟฟ้าที่ชื่อ PQPEA และพัฒนาซอฟต์แวร์ร่วมใช้งานที่ชื่อ PEA ASSESSMENT ให้สามารถแปลงข้อมูล แสดงผล และจัดทำรายงาน ซึ่งมีแผนงานดังต่อไปนี้

1. ศึกษาข้อกำหนดและมาตรฐานต่างๆที่เกี่ยวกับการเก็บข้อมูลด้านคุณภาพกำลังไฟฟ้าทั้งในประเทศและต่างประเทศ
2. ศึกษาระบบฐานข้อมูลคุณภาพกำลังไฟฟ้าที่ กฟภ. มีใช้งานในเขตภาคกลาง ซึ่งมีเพียง 2 ผลิตภัณฑ์ที่จัดเก็บข้อมูลเป็นระบบ Microsoft SQL Server
3. ศึกษาระบบฐานข้อมูลคุณภาพกำลังไฟฟ้า PQView รุ่น 3.46 ที่จัดเก็บข้อมูลเป็นระบบ Microsoft Access
4. เพื่อออกแบบระบบฐานข้อมูล PQPEA เพื่อรองรับการนำเข้าข้อมูลคุณภาพกำลังไฟฟ้า
5. เพื่อพัฒนาซอฟต์แวร์ร่วมใช้งาน PEA ASSESSMENT
6. ประเมินผลและสิ่งที่ได้จากการวิจัย

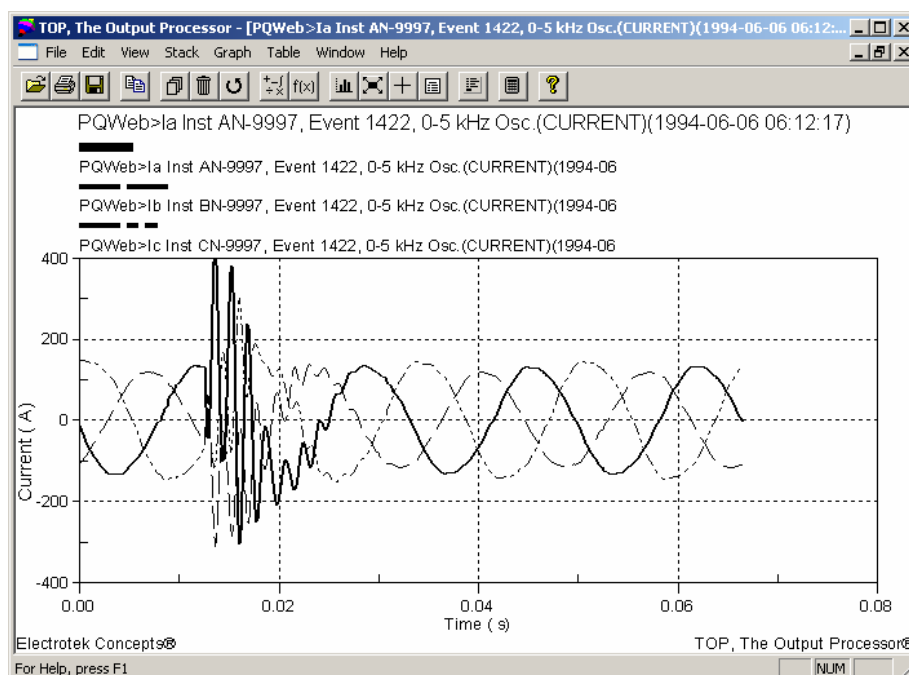
การตรวจเอกสาร

ปัจจุบันชนิดและประเภทข้อมูลคุณภาพกำลังไฟฟ้า ได้มีความหลากหลายมากขึ้น เนื่องจากมีเครื่องตรวจวัดผลิตภัณฑ์รุ่นใหม่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง คณะทำงาน IEEE และส่วนที่เกี่ยวข้อง จึงได้กำหนดและจัดทำมาตรฐานรูปแบบของข้อมูลเพื่อความเป็นกลาง ให้สามารถถ่ายโอนข้อมูลระหว่างกันได้ เช่น รูปแบบ COMTRADE (IEEE C37.111, 1999) และรูปแบบ PQDIF (IEEE 1159.3, 2002) บังคับให้ซอฟต์แวร์ทางด้านคุณภาพกำลังไฟฟ้าต้องสามารถแปลงข้อมูลให้เป็นแฟ้มข้อมูลแบบ COMTRADE (*.HDR, *.CFG, *.DAT, *.INF) และแฟ้มข้อมูลแบบ PQDIF (*.PQD) ได้

Electric Power Research Institute (EPRI) เป็นสถาบันวิชาการของประเทศสหรัฐอเมริกา ได้พัฒนาซอฟต์แวร์ที่ชื่อว่า “The Output Processor” (TOP) เพื่อให้สามารถเปิดอ่านแฟ้มข้อมูลรูปคลื่นสภาวะชั่วครู่ชนิดต่างๆ ได้ อาทิ ASCII Text (*.TXT), ATP/EMTP (*.PL4), COMTRADE (*.HDR, *.CFG, *.DAT, *.INF), Dranetz65x (*.DRZ), EPRI LPDW (*.ELT), FerroView/SuperTran (*.STO), Fluke Curve (*.CUR), FlukeView (*.F41), PASS_CSV (*.CSV), PQDIF (*.PQD), PSCAD (*.PSC), SquareD DADisp (*.DAT), SuperHarm / SuperHarm Macro (*.SHO), V-HARM (*.OUT) เป็นต้น เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถวิเคราะห์รายละเอียดของรูปคลื่นที่เกิดปัญหาหรือความผิดปกติได้ เช่น ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด ค่าเฉลี่ย ค่าปริพันธ์ ค่าอนุพันธ์ ตลอดจนนำรูปคลื่นเข้าสู่ตรรกานวน บวก ลบ คูณหารทางสมการคณิตศาสตร์ได้ ฯลฯ

แม้ว่าซอฟต์แวร์จะถูกออกแบบให้ใช้งานได้ง่าย สะดวก รวดเร็วต่อการเข้าถึงข้อมูลรูปคลื่นชนิดต่างๆ ได้ก็ตาม แต่ซอฟต์แวร์ TOP ก็ยังมีข้อจำกัดคือ ไม่สามารถเปิดอ่านแฟ้มข้อมูลที่มีการตรวจวัดค่าแบบต่อเนื่อง (Continuous Phenomena) หรือแบบมีเหตุการณ์การรบกวน (Disturbance Event) ได้ ดังนั้น TOP จึงไม่สามารถใช้ประเมินผลทางด้านคุณภาพกำลังไฟฟ้าได้ครบถ้วน เช่น ค่าร้อยละที่ 50 (CP50) ค่าร้อยละที่ 95 (CP95) ความถี่หรือความหนาแน่นของแรงดันไฟฟ้าต่ำ (Voltage Dip Density) หรือการจัดทำรายงานผลการวิเคราะห์ในเชิงสถิติได้ ฯลฯ

TOP เป็นซอฟต์แวร์ที่ไม่มีลิขสิทธิ์ (Freeware) ผู้สนใจสามารถดาวน์โหลดได้จากเว็บผู้พัฒนา www.pqsoft.com ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ตัวอย่างการใช้งานซอฟต์แวร์ TOP

ที่มา : TOP (2003)

ด้วยข้อจำกัดดังกล่าว EPRI จึงได้พัฒนาซอฟต์แวร์เพื่อคำนวณค่าคุณภาพกำลังไฟฟ้าที่ชื่อว่า Power Quality Database Management and Analysis Software System (PQDM/PQDA) ภายใต้ชื่อการค้าว่า “PQView” โครงสร้างซอฟต์แวร์ประกอบไปด้วย 2 ส่วนหลัก คือ ส่วน “PQDM” ทำหน้าที่จัดการระบบฐานข้อมูล ได้แก่ การสร้างฐานข้อมูล การแปลงข้อมูล และส่วน “PQDA” ทำหน้าที่แสดงผล ได้แก่ การวาดกราฟ การคำนวณค่าทางสถิติ และการสร้างรายงาน ปัจจุบันซอฟต์แวร์เป็นรุ่น PQView 3.51 และมีฐานข้อมูลรุ่น 3.46 ภายใต้ระบบปฏิบัติการ Window

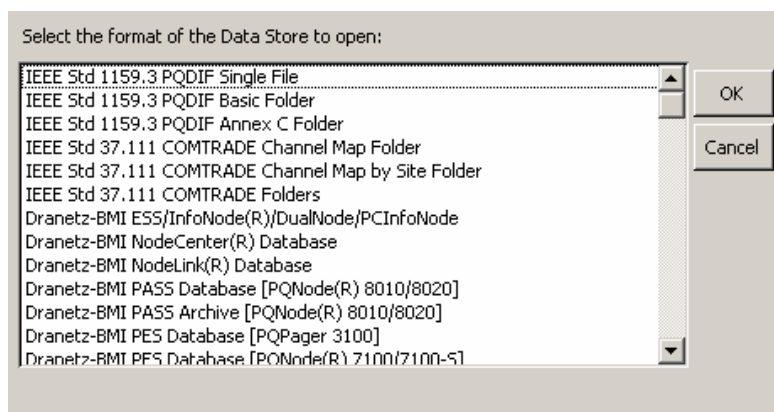
ประเด็นสำคัญของ PQView คือซอฟต์แวร์สามารถนำข้อมูลคุณภาพกำลังไฟฟ้าชนิดต่างๆ ที่ได้จากการตรวจวัดแปลงเข้าสู่ฐานข้อมูล PQView 3.46 ที่เป็นรูปแบบเฉพาะตามที่ EPRI ได้กำหนดไว้ (ซึ่งจะกล่าวรายละเอียดต่อไป) PQView ถูกออกแบบให้ใช้ร่วมกับซอฟต์แวร์ระบบฐานข้อมูล ได้แก่ Microsoft Access หรือ Microsoft SQL Server แต่โดยปกติจะถูกกำหนดให้ซอฟต์แวร์ทำงานร่วมกับ Microsoft Access เพราะเป็นฐานข้อมูลที่ง่ายต่อการติดตั้ง เหมาะกับข้อมูลที่มีขนาดไม่ใหญ่มากนัก ส่วน Microsoft SQL Server จัดเป็นฐานข้อมูลขนาดใหญ่ เหมาะสำหรับเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีหน่วยประมวลผลความเร็วสูง

PQView สามารถรองรับข้อมูลแบบเพิ่มข้อมูลและแบบฐานข้อมูลประเภทต่างๆ ดังนี้

1. IEEE Standards 1159.3 PQDIF | (*.PQD)
2. IEEE Standards 37.111 COMTRADE | (*.HDR, *.CFG, *.DAT, *.INF)
3. Dranetz BMI Electro Industries/Gauge Tech®
4. Dranetz BMI DDB File [Power Xplorer®, Power Guide®] | (*.DDB)
5. Fluke Reliable Power Meter | (*.CUR)
6. Landis+Gyr® Maxsys
7. SATEC PASS
8. Siemens SIMEA®
9. SWRI Leakage Current and Temperature Data
10. SoftSwitching(R) I-Grid(R)
11. SoftSwitching(R) I-Grid(R) I-Sense(R) XLS Text File
12. Ergon Energy SCADA Database
13. SCADA Database for Alabama Power Company
14. SCADA Database for CODENSA
15. American Electric Power(R) RMS Variation Spreadsheet
16. Progress Energy(R) FMS Database
17. Schneider Electric(R)/Power Measurement(R) ION Enterprise(R) 4.x/5.x Database
18. PQSecure Database UP-2210 power quality measure units

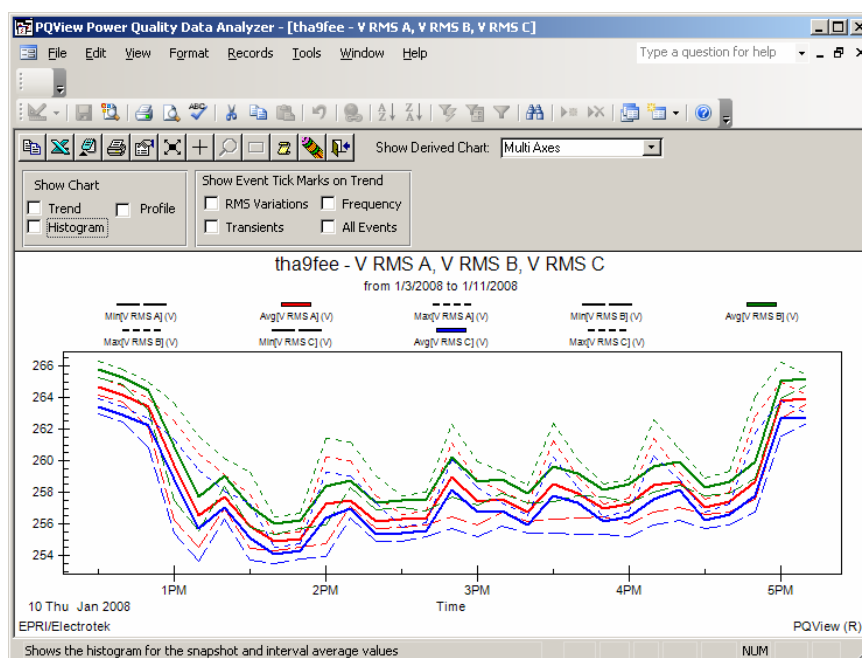
ชนิดข้อมูลที่แสดงข้างต้นนี้เป็นเพียงส่วนหนึ่งของความสามารถ PQView เท่านั้น หากต้องการทราบรายละเอียดเพิ่มเติม ผู้สนใจสามารถเข้าไปในเว็บของผู้พัฒนา PQView ได้ที่ www.pqview.com ปัจจุบันทั้งส่วนของซอฟต์แวร์และฐานข้อมูลทางทีมพัฒนา EPRI ยังคงปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง เพราะเป็นซอฟต์แวร์ทางการค้า

ในภาพที่ 2 จะขอยกตัวอย่าง ชนิดข้อมูลที่ซอฟต์แวร์ PQView สามารถแปลงได้ ซึ่งผู้ใช้งานต้องเลือกให้เหมาะสมกับชนิดของข้อมูลก่อนการแปลงข้อมูล เช่น ข้อมูลรูปแบบ PQDIF ข้อมูลรูปแบบ COMTRADE ข้อมูลที่ได้จากเครื่องตรวจวัด Dranetz-BMI เป็นต้น



ภาพที่ 2 ตัวอย่างชนิดข้อมูลที่ซอฟต์แวร์ PQView สามารถแปลงได้
ที่มา : PQView (2005)

ปัจจุบันในส่วนของการวิจัย การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคได้ใช้ซอฟต์แวร์ PQView (ภาพที่ 3) กับข้อมูล 2 ชนิด ได้แก่ ข้อมูลของ Dranetz-BMI รุ่น PX5/Visa4400 ที่มีนามสกุล *.DDB และฐานข้อมูลของ ION PML ที่ชื่อ “ION_Data” ซอฟต์แวร์สามารถให้ผลเป็นที่น่าพอใจ คือ มีรูปแบบการคำนวณและการประเมิน และจัดทำรายงานได้เป็นแบบอัตโนมัติ แต่เนื่องจากซอฟต์แวร์มีราคาค่อนข้างสูงการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค จึงจัดซื้อเพียง 1 ผู้ใช้งานเท่านั้น



ภาพที่ 3 ตัวอย่างการใช้งานซอฟต์แวร์ PQView
ที่มา : PQView (2005)

อย่างไรก็ตามการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคยังมีข้อมูลคุณภาพกำลังไฟฟ้าสำคัญอีกชนิดหนึ่ง ที่ PQView ไม่สามารถแปลงข้อมูลได้นั้นก็คือ ฐานข้อมูล PQSecure ที่ได้จากเครื่องตรวจวัด Unipower รุ่น U902 ที่มีใช้ในโครงการวิจัยของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

สาเหตุที่ PQView ไม่รองรับการแปลงข้อมูลของเครื่องตรวจวัดรุ่น U902 นั้น อาจเป็นเพราะเครื่องตรวจวัดถูกออกแบบให้ใช้ในงานเฉพาะด้าน รูปแบบการจัดเก็บฐานข้อมูลจึงต่างไปจากปกติ เช่น รูปคลื่นแรงดันต่ำเกินถูกจัดเก็บเป็นแบบอาร์เอ็มเอส หรืออาจเป็นเพราะการผลิตเครื่องตรวจวัดในขณะนั้นยังไม่มีมาตรฐาน COMTRADE หรือ PQDIF มารองรับ (ใช้งานเมื่อปี 2545) เป็นผลให้ฐานข้อมูล PQSecure ของ U902 จะใช้งานร่วมกับซอฟต์แวร์ PQSecureSQL เพียงอย่างเดียว

จากการตรวจสอบ พบว่าทางทีมงาน PQView ยังไม่มีแผนงานพัฒนาโมดูลสำหรับการแปลง PQSecure ของรุ่น U902 เนื่องจากเป็นฐานข้อมูลรุ่นเก่า มีเพียงฐานข้อมูล PQSecure ของรุ่น UP-2210 เท่านั้น ที่สามารถแปลงข้อมูลได้เพราะเป็นเครื่องตรวจวัดรุ่นใหม่ ฐานข้อมูลจึงมีการออกแบบโครงสร้างที่สอดคล้องกับชุดคำสั่งของ PQView (มีการจัดเก็บเป็นรูปคลื่นสัญญาณชาแนล)

ถึงแม้ว่าการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคจะมีซอฟต์แวร์ต้นฉบับอย่าง PQSecureSQL เพื่อช่วยจัดทำรายงานการวิเคราะห์แล้วก็ตาม แต่รูปแบบของรายงานที่ได้จากซอฟต์แวร์ต้นฉบับเป็นลักษณะเฉพาะตามผลิตภัณฑ์นั้นๆ ผู้ใช้งานไม่สามารถเปลี่ยนแปลงแก้ไข รูปแบบรายงาน การนำเสนอให้ตรงตามวัตถุประสงค์การตรวจวัดแต่ละแบบได้ เช่น รายงานการตรวจวัดค่าแบบต่อเนื่อง รายงานการตรวจวัดเหตุการณ์ผิดปกติ รายงานการตรวจวัดฮาร์มอนิก ซึ่งเป็นรูปแบบเฉพาะของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ในทุกๆเดือน พนักงานจะต้องใช้เวลาส่วนหนึ่ง เพื่อแก้ไข จัดทำรายงานการวิเคราะห์ใหม่ จึงถือได้ว่าเป็นการปฏิบัติงานที่ซ้ำซ้อน

ด้านการคำนวณค่าทางคณิตศาสตร์และสถิติเพื่อประกอบในรายงาน ใช้ซอฟต์แวร์ภายนอกอย่าง Microsoft Excel ร่วมคำนวณค่าด้วย เพราะมีฟังก์ชันใช้งานค่อนข้างครบถ้วน แต่ในบางกรณีก็ไม่สะดวกสำหรับกรณีที่ข้อมูลมีปริมาณมาก เช่น หากมีข้อมูลการตรวจวัดระยะเวลา 1 ถึง 3 ปี อาจมีระเบียบข้อมูลมากกว่า 65,536 ระเบียบ (เกินความสามารถของ Microsoft Excel) ดังนั้นการจัดทำรายงานด้วยตนเองอาจไม่สะดวกนักเมื่อเปรียบเทียบกับรายงานแบบอัตโนมัติ

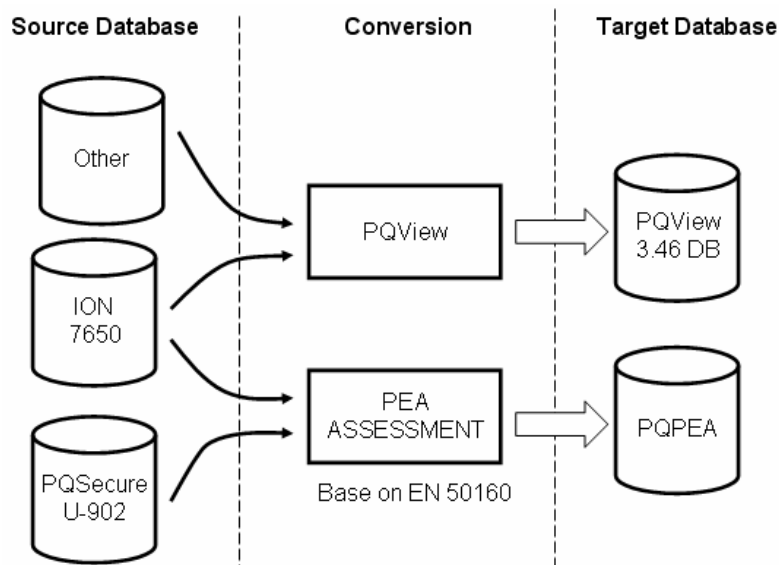
ในปี 2551 – 2553 การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคมีแผนงานจัดทำโครงการบริหารจัดการระบบฐานข้อมูลคุณภาพกำลังไฟฟ้า โดยรวบรวมข้อมูลคุณภาพกำลังไฟฟ้าที่มีทั้งหมด พัฒนาให้อยู่ในฐานข้อมูลเดียวกัน เช่น ข้อมูลจากสมุดบันทึกไฟฟ้าขัดข้อง ข้อมูลการทำงานของอุปกรณ์ป้องกัน ข้อมูลจากระบบควบคุมและประเมินผลแบบศูนย์รวม และข้อมูลจากระบบอ่านมิเตอร์อัตโนมัติ เพื่อประเมินผลคุณภาพกำลังไฟฟ้าตามมาตรฐาน เพื่อช่วยหาสาเหตุปัญหาด้านคุณภาพกำลังไฟฟ้า เพื่อจัดทำระบบแจ้งเตือนพนักงาน การให้บริการข้อมูลกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ผู้ใช้ไฟฟ้า ทั้งรูปแบบรายงาน รูปแบบอินทราเน็ต/อินเทอร์เน็ต ฯลฯ

ที่ผ่านมาการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคเองก็ยังไม่ได้กำหนดรูปแบบฐานข้อมูลคุณภาพกำลังไฟฟ้าว่าจะให้เป็นไปในแนวทางใด มีเพียงข้อกำหนดการตรวจวัดคุณภาพตามมาตรฐาน EN 50160 เท่านั้น ดังนั้นข้อมูลที่ตรวจวัดตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันจึงมีแต่ค่ามาตรฐานดังกล่าว หากมีการออกแบบระบบฐานข้อมูลคุณภาพกำลังไฟฟ้า อย่างน้อยต้องรองรับมาตรฐาน EN 50160 ด้วย

การออกแบบเพื่อจัดการบริหารระบบฐานข้อมูลของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคจึงมีความจำเป็นอย่างมาก เพราะนอกจากจะช่วยให้งานบริหารข้อมูลมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นสืบค้นข้อมูลได้รวดเร็วยังสามารถประมวลผลหรือเปรียบเทียบข้อมูลแม้จะเป็นเครื่องตรวจวัดต่างผลิตภัณฑ์กัน

ด้วยข้อมูลการตรวจวัดที่เพิ่มมากขึ้นทุกปี จากสถิติข้อมูลของโครงการสำรวจระดับคุณภาพกำลังไฟฟ้าของระบบไฟฟ้า ระยะที่ 2 พบว่าการตรวจวัดด้วยระยะเวลา 2 ปี จะมีขนาดฐานข้อมูลประมาณ 5 กิกะไบต์ ในความเป็นจริง ฐานข้อมูลคุณภาพกำลังไฟฟ้านั้นประกอบไปด้วยข้อมูลที่หลากหลายชนิด คือ มีทั้งส่วนที่สำคัญและส่วนที่นอกเหนือความสนใจ ผสมกันอยู่ หากสามารถคัดกรองข้อมูลคัดเลือกเอาเฉพาะส่วนที่สนใจและสำคัญ เช่น EN 50160 จะช่วยให้ระบบฐานข้อมูลใช้พื้นที่หน่วยความจำน้อยลง ถือว่าเป็นการวางแผนจัดสรรทรัพยากรที่เหมาะสมด้วย

ในภาพที่ 4 แสดงแนวคิดการจัดทำระบบฐานข้อมูล PQPEA ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เพื่อทดแทนในส่วนที่ซอฟต์แวร์ PQView ไม่สามารถแปลงในส่วน PQSecure ได้ โดยออกแบบให้ซอฟต์แวร์ PEA ASSESSMENT สามารถแปลงฐานข้อมูลได้เพียง 2 ชนิดก่อน คือ PQSecure และ ION_Data เพราะเป็นข้อมูลคุณภาพกำลังไฟฟ้าที่มีอยู่จริง โดยมีเงื่อนไขให้เป็นไปตามมาตรฐาน EN 50160



ภาพที่ 4 แนวคิดการจัดทำฐานข้อมูล PQPEA ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

เงื่อนไขการออกแบบอีกประการหนึ่งก็คือ โครงสร้างฐานข้อมูลจะต้องอยู่บนพื้นฐานที่เข้าใจได้ง่าย สะดวกต่อการนำไปใช้ประยุกต์งานในด้านต่างๆ ผู้ที่ไม่มีทักษะด้านฐานข้อมูลก็สามารถนำไปใช้งานได้ โดยจะต้องพิจารณาข้อดีและข้อเสียจากฐานข้อมูลคุณภาพกำลังไฟฟ้าที่มีอยู่ทั้งหมด แม้ว่าฐานข้อมูล PQPEA ตัวอย่างที่จัดทำขึ้นนี้ จะยังไม่สมบูรณ์เท่าที่ควรแต่ก็สามารถนำมาใช้ในงานของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคได้ในระดับหนึ่ง ลำดับต่อไปจะขอนำเสนอทฤษฎีทางด้านแฟ้มข้อมูล ฐานข้อมูล ชนิดของเครื่องตรวจวัด โครงสร้างฐานข้อมูล และการนำข้อมูลไปใช้งาน

1. ระบบแฟ้มข้อมูล

ข้อมูล (Data) หมายถึง กลุ่มของสารสนเทศที่สัมพันธ์กัน ความสัมพันธ์ของกลุ่มสารสนเทศหรือข้อมูลนั้นถูกกำหนดโดยผู้ใช้แฟ้มข้อมูล ข้อมูลเป็นส่วนประกอบสำคัญในการทำงานของคอมพิวเตอร์ เพราะข้อมูลเป็นวัตถุดิบในการประมวลผลข้อมูลทั้งหมดที่จัดการโดยคอมพิวเตอร์ประกอบด้วยบิต (Bit) ซึ่งเป็นโครงสร้างที่เล็กที่สุดในแต่ละบิตจะเป็นตัวเลขในระบบเลขฐานสอง ประกอบด้วย 0 และ 1 ซึ่งนำมาใช้แทน ระหว่างสองสถานะ เช่น จริง-เท็จ เปิด-ปิด เป็นต้น เพื่อให้สามารถแสดงสารสนเทศได้มากขึ้น บิตจึงถูกรวมต่อกันเข้าเป็นสายเพื่อแสดงสารสนเทศ โดยนำบิตเหล่านั้นมาทำให้เป็นหน่วยที่ใหญ่ขึ้นเรียกว่าไบต์

ไบต์ (Byte) ประกอบขึ้นมาจากบิตหลาย ๆ บิตมาเรียงต่อกัน แต่เนื่องจากคอมพิวเตอร์เข้าใจเพียงเลข 0 และเลข 1 เท่านั้นถ้าต้องการให้คอมพิวเตอร์รู้จักอักขระตัวอักษร A,B,...,Z จะต้องมีการเอาเลข 0 และเลข 1 มาเรียงต่อกันเป็นรหัสแทนอักขระ โดยปกติ 1 ตัวอักขระจะมีความยาว 8 บิต ซึ่งเท่ากับ 1 ไบต์ จำนวนบิตที่นำมาเรียงต่อกันเป็นไบต์นี้แตกต่างกันไปตามรหัสแทนข้อมูล รหัสแทนข้อมูลที่ใช้กันแพร่หลายมี 2 ระบบคือ รหัสเอ็บซีดิก (EBCDIC) และรหัสแอสกี (ASCII) ใช้ 8 บิต รวมกันเป็น 1 ไบต์ โดย 1 ไบต์ จะใช้แทนอักขระ 1 ตัว เมื่อนำอักขระหลายๆตัวรวมกันโดยมีความหมายอย่างใดอย่างหนึ่งจะเรียกว่า เขตข้อมูล (Field) เช่น การรวมของตัวอักษรและตัวเลขเพื่อใช้แทนรหัสลูกค้า เช่น 'C0100001' เป็นต้น

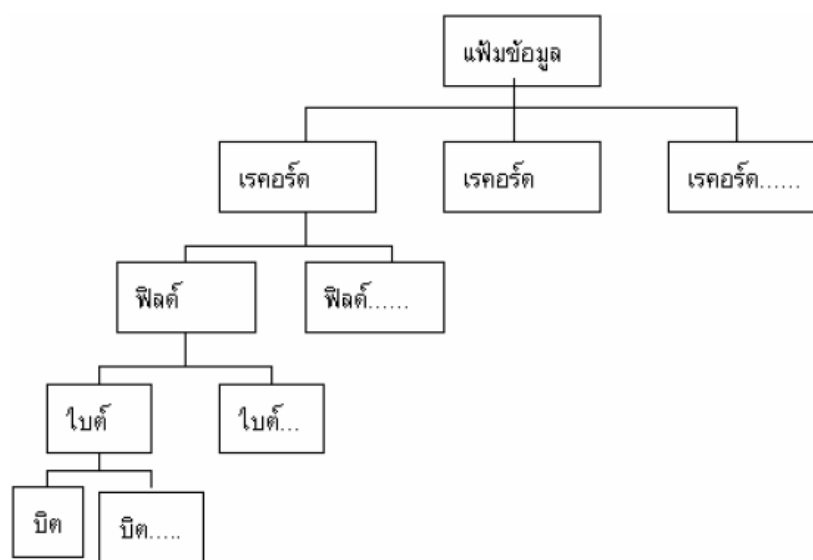
เขตข้อมูล (Field) คือ กลุ่มของอักขระที่สัมพันธ์กัน ตั้งแต่ 1 ตัวขึ้นไปที้นำมารวมกันแล้วแสดงลักษณะหรือความหมายอย่างใดอย่างหนึ่ง เขตข้อมูลแต่ละเขตข้อมูลยังแยกออกเป็นประเภทข้อมูล ซึ่งจะบ่งบอกว่าในเขตข้อมูลนั้นบรรจุข้อมูลประเภทใดไว้ สามารถแยกประเภทของเขตข้อมูลได้เป็น 3 ประเภทคือ

1. เขตข้อมูลตัวเลข (Numeric Field) ประกอบด้วย อักขระที่เป็นตัวเลข ซึ่งอาจเป็นเลขจำนวนเต็มหรือทศนิยมและอาจมีเครื่องหมายลบหรือบวก เช่น ยอดคงเหลือในบัญชีเป็นกลุ่มของตัวเลข
2. เขตข้อมูลตัวอักษร (Alphabetic Field) ประกอบด้วย อักขระที่เป็นตัวอักษรหรือช่องว่าง (Blank) เช่น ชื่อลูกค้าเป็นกลุ่มของตัวอักษร
3. เขตข้อมูลอักขระ (Character Field หรือ Alphanumeric Field) ประกอบด้วย อักขระซึ่งอาจจะเป็นตัวเลขหรือตัวอักษรก็ได้ เช่น ที่อยู่ของลูกค้า

ระเบียน (Record) คือ กลุ่มของเขตข้อมูลที่สัมพันธ์กัน ประกอบขึ้นมาจากข้อมูลพื้นฐานต่างประเภทกันรวมขึ้นมาเป็น 1 ระเบียน ระเบียนจะประกอบด้วย เขตข้อมูล ต่างประเภทกันอยู่รวมกันเป็นชุด เช่น ระเบียนของเช็คแต่ละระเบียน จะประกอบด้วยเขตข้อมูล ชื่อธนาคาร เช็คเลขที่ วันที่ สั่งจ่าย จำนวนเงิน สาขาเลขที่ เลขที่บัญชี ข้อมูลเช็คธนาคารประกอบด้วยเขตข้อมูลต่าง ๆ

ระเบียนแต่ละระเบียนจะมีเขตข้อมูลที่ใช้อ้างอิงถึงข้อมูลในระเบียนนั้น ๆ อย่างน้อย 1 เขตข้อมูลเสมอ เขตข้อมูลที่ใช้อ้างอิงนี้เรียกว่ากุญแจเขตข้อมูล (Key Field) ในทุกระเบียนจะมีเขตข้อมูลหนึ่งที่ถูกใช้เป็นกุญแจเขตข้อมูล เขตข้อมูลที่ถูกใช้เป็นกุญแจจะเป็นเขตข้อมูลที่มีค่าไม่ซ้ำกัน

ในแต่ละระเบียน เพื่อสะดวกในการจัดเรียงระเบียนในแฟ้มข้อมูลและการจัดโครงสร้างของแฟ้มข้อมูล เช่น ระเบียนของเจ้าหน้าที่ จะใช้เลขที่บัญชีเป็นกุญแจเขตข้อมูล ระเบียนแฟ้มข้อมูลพนักงานใช้เลขประจำตัวพนักงานเป็นกุญแจเขตข้อมูล สามารถสรุปโครงสร้างของแฟ้มข้อมูลได้ดังนี้



ภาพที่ 5 แสดงโครงสร้างของแฟ้มข้อมูล

ที่มา : ศิริनुช (2540)

1.1 ชนิดของข้อมูล

ข้อมูลที่ต้องการจัดเก็บนั้นอาจจะมีรูปแบบได้หลายอย่าง รูปแบบสำคัญ ๆ ได้แก่ ข้อมูลแบบรูปแบบ (Formatted Data) เป็นข้อมูลที่รวมอักขระซึ่งอาจหมายถึงตัวอักษร ตัวเลขซึ่งเป็นรูปแบบที่แน่นอน ในแต่ละระเบียน ทุกะเบียนที่อยู่ในแฟ้มข้อมูลจะมีรูปแบบที่เหมือนกันหมด ข้อมูลที่เก็บนั้นอาจเก็บในรูปของรหัสโดยเมื่ออ่านข้อมูลออกมาจะต้องนำรหัสนั้นมาตีความหมายอีกครั้ง เช่น แฟ้มข้อมูลประวัตินักศึกษา

1. ข้อมูลแบบข้อความ (Text) เป็นข้อมูลที่เป็นอักขระในแบบข้อความ ซึ่งอาจหมายถึงตัวอักษร ตัวเลข สมการฯ แต่ไม่รวมภาพต่าง ๆ นำมารวมกันโดยไม่มีรูปแบบที่แน่นอนในแต่ละระเบียน เช่น ระบบการจัดเก็บข้อความต่าง ๆ ลักษณะการจัดเก็บแบบนี้จะไม่ต้องนำข้อมูลที่เก็บมาตีความหมายอีก ความหมายจะถูกกำหนดแล้วในข้อความ

2. ข้อมูลแบบภาพลักษณ์ (Images) เป็นข้อมูลที่เป็นภาพ ซึ่งอาจเป็นภาพกราฟที่ถูกสร้างขึ้นจากข้อมูลแบบรูปภาพ หรือภาพวาด คอมพิวเตอร์สามารถเก็บภาพและจัดส่งภาพเหล่านี้ไปยังคอมพิวเตอร์อื่นได้ เหมือนกับการส่งข้อความ โดยคอมพิวเตอร์จะทำการแปลงภาพเหล่านี้ ซึ่งจะทำให้คอมพิวเตอร์สามารถที่จะปรับขยายภาพและเคลื่อนย้ายภาพเหล่านั้น ได้เหมือนกับข้อมูลแบบข้อความ

3. ข้อมูลแบบเสียง (Audio) เป็นข้อมูลที่เป็นเสียง ลักษณะของการจัดเก็บก็จะเหมือนกับการจัดเก็บข้อมูลแบบภาพ คือ คอมพิวเตอร์จะทำการแปลงเสียงเหล่านี้ให้คอมพิวเตอร์สามารถนำไปเก็บได้ ตัวอย่างได้แก่ การตรวจคลื่นหัวใจ จะเก็บเสียงเต้นของหัวใจ

4. ข้อมูลแบบภาพและเสียง (Video) เป็นข้อมูลที่เป็นเสียงและรูปภาพ ที่ถูกจัดเก็บไว้ด้วยกัน เป็นการผสมผสานรูปภาพและเสียงเข้าด้วยกัน ลักษณะของการจัดเก็บข้อมูล คอมพิวเตอร์จะทำการแปลงเสียงและรูปภาพนี้ เช่นเดียวกับข้อมูลแบบเสียงและข้อมูลแบบภาพลักษณ์ซึ่งจะนำมารวมเก็บไว้ในแฟ้มข้อมูลเดียวกัน

1.2 ลักษณะของระบบแฟ้มข้อมูล

การจัดการแฟ้มข้อมูลอย่างถูกต้องมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อความมั่นคงปลอดภัย (Security) ของข้อมูลที่อยู่ในแฟ้มข้อมูลเอง แนวคิดในการจัดการแฟ้มข้อมูลเริ่มจากการออกแบบแฟ้มข้อมูลให้เหมาะสมกับการเรียกค้นระเบียบข้อมูลมาใช้ ไปจนถึงการสำรองแฟ้มข้อมูลและการกู้แฟ้มข้อมูล แฟ้มข้อมูลอาจจะมีได้สองลักษณะ คือ

1. ระเบียบขนาดคงที่ (Fixed Length Record) โดยปกติแล้วภายในแฟ้มข้อมูลจะจัดเก็บระเบียบอยู่ในรูปแบบใดแบบหนึ่งโดยเฉพาะ ทุกระเบียบจะประกอบด้วยหน่วยข้อมูลย่อยที่เหมือนกัน นั่นคือ โครงสร้างของทุกระเบียบในแฟ้มข้อมูลจะเป็นแบบเดียวกันหมด ถ้าขนาดของระเบียบมี จำนวนตัวอักขระเท่ากันหมดในทุก ๆ ระเบียบของแฟ้มข้อมูล ระเบียบนั้นจะถูกเรียกว่า ระเบียบขนาดคงที่

2. ระเบียบที่มีความยาวแปรได้ (Variable Length Record) คือทุกระเบียบอาจจะมีจำนวนเขตข้อมูลต่างกัน และแต่ละเขตข้อมูลก็อาจมีความยาวต่างกันได้ แฟ้มข้อมูลประเภทนี้มีลักษณะโครงสร้างแบบพิเศษที่ช่วยให้คอมพิวเตอร์สามารถบอกได้ว่าแต่ละระเบียบมีความยาวเท่าใด และแต่ละเขตข้อมูลเริ่มต้นตรงไหนและจบตรงไหนตัวอย่างของแฟ้มประเภทนี้ได้แก่ แฟ้ม

บันทึกการขายใบสั่งซื้อสินค้า แต่ละระเบียบจะแทนใบสั่งสินค้าหนึ่งใบและใบสั่งสินค้าแต่ละใบ อาจจะมีรายการสินค้าที่สั่งซื้อไม่เท่ากัน

2. ระบบฐานข้อมูล

ปัจจุบันการจัดโครงสร้างข้อมูลให้เป็นแบบฐานข้อมูลกำลังเป็นที่นิยม เกือบทุกหน่วยงาน ที่มีการใช้ระบบสารสนเทศจะจัดทำข้อมูลให้เป็นแบบฐานข้อมูล เนื่องจากปริมาณข้อมูลมีมากถ้า จัดข้อมูลเป็นแบบแฟ้มข้อมูลจะทำให้มีแฟ้มข้อมูลเป็นจำนวนมาก ซึ่งจะทำให้เกิดข้อมูลที่ซ้ำซ้อน กันได้ ข้อมูลที่ซ้ำซ้อนนี้จะก่อให้เกิดปัญหามากมาย

2.1 ความหมายของระบบฐานข้อมูล

ฐานข้อมูล (Database) หมายถึง กลุ่มของข้อมูลที่ถูกเก็บรวบรวมไว้ โดยมี ความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน โดยไม่ได้บังคับว่าข้อมูลทั้งหมดนี้จะต้องเก็บไว้ในแฟ้มข้อมูลเดียวกัน หรือแยกเก็บหลาย ๆ แฟ้มข้อมูลนั่นก็คือการเก็บข้อมูลในฐานข้อมูลนั้นอาจจะเก็บทั้งฐานข้อมูล โดยใช้แฟ้มข้อมูลเพียงแฟ้มข้อมูลเดียวกันได้ หรือจะเก็บไว้ในหลาย ๆ แฟ้มข้อมูล ที่สำคัญคือ จะต้องสร้างความสัมพันธ์ระหว่างระเบียบและเรียกใช้ความสัมพันธ์นั้นได้ มีการกำจัดความ ซ้ำซ้อนของข้อมูลออกและเก็บแฟ้มข้อมูลเหล่านี้ไว้ที่ศูนย์กลาง เพื่อที่จะนำข้อมูลเหล่านี้มาใช้ ร่วมกัน ควบคุมดูแลรักษาเมื่อผู้ต้องการใช้งานและผู้มีสิทธิ์จะใช้ข้อมูลนั้นสามารถดึงข้อมูลที่ ต้องการออกไปใช้ได้ ข้อมูลบางส่วนอาจใช้ร่วมกับผู้อื่นได้ แต่บางส่วนผู้มีสิทธิ์เท่านั้นจึงจะ สามารถใช้ได้โดยทั่วไปองค์กรต่าง ๆ จะสร้างฐานข้อมูลไว้เพื่อเก็บข้อมูลต่าง ๆ ของตัวองค์กร โดยเฉพาะอย่างยิ่งข้อมูลในเชิงธุรกิจ เช่น ข้อมูลของลูกค้า ข้อมูลของสินค้า ข้อมูลของลูกค้า และ การจ้างงาน เป็นต้น

การควบคุมดูแลการใช้ฐานข้อมูลนั้น เป็นเรื่องที่ยากกว่าการใช้แฟ้มข้อมูลมาก เพราะจะต้องตัดสินใจว่าโครงสร้างในการจัดเก็บข้อมูลควรจะเป็นเช่นไร การเขียนซอฟต์แวร์เพื่อ สร้างและเรียกใช้ข้อมูลจากโครงสร้างเหล่านี้ ถ้าซอฟต์แวร์เหล่านี้เกิดทำงานผิดพลาดขึ้นมา ก็จะทำให้ ความเสียหายต่อโครงสร้างของข้อมูลทั้งหมดได้ เพื่อเป็นการลดภาวะการทำงานของผู้นำ จึง ได้มี ส่วนของฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ต่าง ๆ ที่สามารถเข้าถึงและจัดการข้อมูลในฐานข้อมูลนั้น เรียกว่า ระบบจัดการฐานข้อมูล หรือ DBMS (Data Base Management System) ระบบจัดการฐานข้อมูล คือ

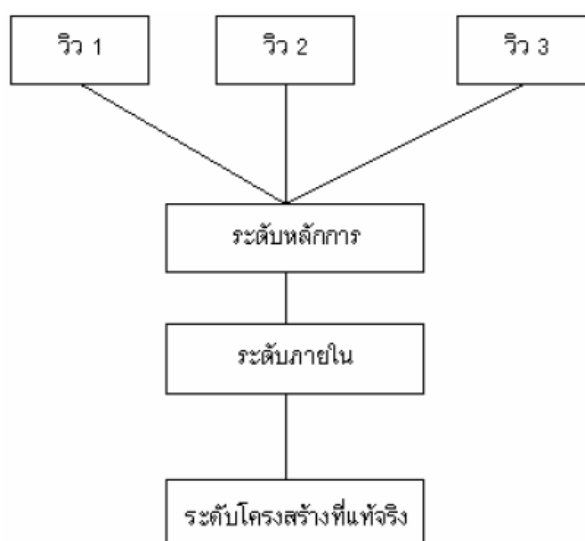
ซอฟต์แวร์ที่เปรียบเสมือนสื่อกลางระหว่างผู้ใช้และซอฟต์แวร์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการใช้ฐานข้อมูล ซึ่งมีหน้าที่ช่วยให้ผู้ใช้เข้าถึงข้อมูลได้ง่ายสะดวกและมีประสิทธิภาพ การเข้าถึงข้อมูลของผู้ใช้อาจเป็นการสร้างฐานข้อมูล การแก้ไขฐานข้อมูล หรือการตั้งคำถามเพื่อให้ข้อมูลมา โดยผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องรับรู้เกี่ยวกับรายละเอียดภายในโครงสร้างของฐานข้อมูล เปรียบเสมือนเป็นสื่อกลางระหว่างผู้ใช้และซอฟต์แวร์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการใช้ฐานข้อมูล

2.2 ระดับชั้นของระบบจัดการฐานข้อมูล

ระบบฐานข้อมูล เป็นการนำข้อมูลในองค์การที่มีความเกี่ยวข้องกันมารวมไว้อย่างเป็นระบบในที่เดียวกัน โดยที่ผู้ใช้ฐานข้อมูลจะมองข้อมูลนี้ในแง่มุมหรือวิธีที่แตกต่างกันไปตามจุดประสงค์ของการประยุกต์ใช้งาน โดยผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องสนใจว่าลักษณะการจัดเก็บข้อมูลโดยแท้จริงแล้วเป็นเช่นไร โดยระบบฐานข้อมูลจะทำการซ่อนรายละเอียดไว้ โดยจัดแบ่งระดับของข้อมูลออกเป็นระดับชั้น

ระดับชั้นของข้อมูลถูกพัฒนาขึ้น โดย The Standards Planning and Requirement Committee (SPARC) ของ American National Standards institute (ANSI) จะถูกแบ่งออกเป็น 4 ระดับ

1. ระดับภายนอก (External Level) เป็นระดับที่อยู่สูงสุดโดยผู้ใช้สามารถมองเห็นงานของผู้ใช้แต่ละคน และสามารถเรียกใช้ฐานข้อมูลได้ในระดับนี้
2. ระดับหลักการ (Conceptual Level) เป็นระดับที่อยู่ถัดขึ้นมาได้แก่ ระดับของการมองแฟ้มข้อมูลของระบบฐานข้อมูลรวมทั้งกฎเกณฑ์ต่าง ๆ เกี่ยวกับข้อมูลและผู้ที่มิสิทธิจะใช้ข้อมูลในระดับนี้จะถูกใช้โดยผู้เขียนซอฟต์แวร์
3. ระดับภายใน (Internal Level) เป็นระดับของการจัดความสัมพันธ์ระหว่างแฟ้มข้อมูลของระบบฐานข้อมูลและการเชื่อมโยงแต่ละแฟ้มข้อมูล ข้อมูลในระดับนี้จะถูกใช้โดยผู้จัดการฐานข้อมูลและผู้เขียนซอฟต์แวร์ระบบ (System Programmer)
4. ระดับโครงสร้างแท้จริง (Physical Organization Level) เป็นระดับที่ต่ำที่สุดอันได้แก่ กลุ่มของแฟ้มข้อมูลที่จัดเก็บไว้เป็นแฟ้มข้อมูลจริงและโครงสร้างของแฟ้มข้อมูล



ภาพที่ 6 แสดงระดับชั้นของข้อมูล

ที่มา : ศิริनुช (2540)

2.3 แนวคิดเชิงกายภาพและตรรกะ

เนื่องจากฐานข้อมูลมีลักษณะเด่นที่เหนือกว่าระบบแฟ้มข้อมูล คือความเป็นอิสระของข้อมูล การที่ผู้ใช้ไม่ต้องแก้ไขซอฟต์แวร์ที่ใช้งานเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงข้อมูลระดับแนวคิดหรือระดับภายใน โดยเป็นหน้าที่ของระบบจัดการฐานข้อมูลในการเชื่อมข้อมูลระดับภายนอกและระดับแนวคิด และเชื่อมข้อมูลระดับแนวคิดกับระดับภายใน ซึ่งการเชื่อมนี้เกี่ยวข้องกับความเป็นอิสระของข้อมูล ทำให้ผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องรับทราบเกี่ยวกับข้อมูลส่วนอื่นๆ ที่ตนไม่ได้ใช้ ผู้ใช้มองเห็นโครงสร้างข้อมูลระดับภายนอกเหมือนเดิมและสามารถใช้งานได้ตามปกติ กล่าวคือข้อมูลภายในฐานข้อมูลเป็นอิสระจากซอฟต์แวร์ที่เรียกใช้ เพื่อที่สามารถแก้ไขโครงสร้างทางกายภาพของข้อมูลได้ โดยไม่กระทบต่อซอฟต์แวร์ที่เรียกใช้ฐานข้อมูลนั้น ความเป็นอิสระของข้อมูลแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือ

ความเป็นอิสระของข้อมูลเชิงตรรกะ (Logical Data Independence) - ตรรกะ (Logical) ในความหมายที่ใช้กับระบบฐานข้อมูลจะหมายถึงมุมมองของผู้ใช้ต่อข้อมูลนั้น โดยขึ้นอยู่กับผู้ใช้งานทำงานเกี่ยวข้องกับข้อมูลลักษณะใด ตัวอย่าง ถ้ามีคำถามว่าเพิ่มข้อมูลคืออะไร ถ้าถามบุคคลในวงการคอมพิวเตอร์ คำตอบที่ได้คือที่เก็บรวบรวมระเบียบ เพราะส่วนบุคคลเหล่านั้นส่วนใหญ่คือผู้เขียนซอฟต์แวร์ (Programmer) ซึ่งในมุมมองของผู้เขียนซอฟต์แวร์นั้นจะมองเพิ่มข้อมูลเป็นระเบียบ นั่น

คือขณะที่ผู้เขียนซอฟต์แวร์ใช้คำสั่งอ่านข้อมูล (Read) 1 คำสั่งจะได้ข้อมูล 1 ระเบียบ และเมื่อใช้คำสั่งเขียน (Write) 1 คำสั่งจะบันทึกข้อมูล 1 ระเบียบ นั่นคือในมุมมองของผู้เขียนซอฟต์แวร์จะเห็นเพิ่มข้อมูลเป็นระเบียบ แต่ถ้าถามเจ้าหน้าที่สารบรรณว่าเพิ่มข้อมูลคืออะไร เจ้าหน้าที่สารบรรณจะตอบว่าคือที่เก็บรวบรวมตัวอักษรหรือข้อความ เพราะว่าเจ้าหน้าที่ดังกล่าวมองเพิ่มข้อมูลเป็นที่เก็บตัวอักษร เนื่องจากใช้ซอฟต์แวร์ Microsoft Word จัดการกับข้อมูลและเก็บข้อมูลซึ่งเป็นตัวอักษร และข้อความต่างๆ เป็นเพิ่มข้อมูลนั่นเอง นั่นคือบุคคลเหล่านั้นทั้งผู้เขียนซอฟต์แวร์และเจ้าหน้าที่สารบรรณมีมุมมองต่อเพิ่มข้อมูลต่างกันขึ้นอยู่กับลักษณะงานที่เกี่ยวข้องด้วย ซึ่งเพิ่มข้อมูลที่ใช้เห็นนี้เรียกว่า เพิ่มข้อมูลเชิงตรรกะ (Logical File)

ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่า ความเป็นอิสระของข้อมูลเชิงตรรกะหมายถึง เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงแก้ไขโครงสร้างข้อมูลในระดับแนวคิด จะไม่มีผลกระทบต่อโครงสร้างข้อมูลในระดับภายนอกที่ผู้ใช้ใช้งานอยู่ เช่น เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงขนาดของคุณลักษณะในตารางฐานข้อมูลในระดับแนวคิด ก็ไม่จำเป็นต้องไปแก้ไขซอฟต์แวร์ประยุกต์ที่ผู้ใช้เขียนขึ้นในระดับภายนอกที่มีการเรียกใช้คุณลักษณะนั้นในการทำงานกับฐานข้อมูลต้องรู้ว่าสิ่งที่ทำงานอยู่ด้วยนั้นเกี่ยวข้องกับระดับกายภาพหรือระดับตรรกะ

ความเป็นอิสระของข้อมูลเชิงกายภาพ (Physical Data Independence) - กายภาพ (Physical) ในความหมายของระบบผู้ใช้จะหมายถึงมุมมองของระบบปฏิบัติการ (Operating System; OS) ต่อข้อมูลนั้นจากคำถามข้างต้นถามว่าเพิ่มข้อมูลคืออะไร คำตอบที่ได้ในที่นี้คือที่เก็บรวบรวมบิตโดยนารูปแบบของบิต (Bit Pattern) มาเรียงต่อกันเป็นสาย ซึ่งเป็นคำตอบในมุมมองของระบบปฏิบัติการ จะเห็นว่าไม่เกี่ยวข้องกับระเบียบหรือตัวอักษร ซึ่งเพิ่มข้อมูลในมุมมองของระบบปฏิบัติการนี้เรียกว่า เพิ่มข้อมูลเชิงกายภาพ (Physical File) ความเป็นอิสระของข้อมูลเชิงกายภาพ (Physical Data Independence) หมายถึง เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงแก้ไขโครงสร้างข้อมูลในระดับภายใน จะไม่มีผลกระทบต่อโครงสร้างข้อมูลในระดับแนวคิด หรือระดับภายนอก เช่น เมื่อมีการเปลี่ยนวิธีการจัดเก็บข้อมูลจากแบบเรียงลำดับ (Sequential) ไปเป็นแบบดัชนี (Indexed) ในระดับภายใน ในระดับแนวคิดนั้นจะไม่มีผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว หรือซอฟต์แวร์ประยุกต์ที่เขียนในระดับภายนอกก็ไม่จำเป็นต้องแก้ไขซอฟต์แวร์ตามวิธีการจัดเก็บที่เปลี่ยนแปลงไป

2.4 การออกแบบฐานข้อมูล

การสร้างฐานข้อมูลขึ้นใช้งานในองค์กรหรือหน่วยงานต่างๆ ก็จำเป็นจะต้องดำเนินการตามขั้นตอนที่เหมาะสม และต้องมีวิธีการจัดการข้อมูล โดยปกติการสร้างฐานข้อมูลจำเป็นจะต้องออกแบบฐานข้อมูลเป็นสองระยะหรือสองขั้นตอนด้วยกัน ขั้นแรกก็คือการออกแบบเชิงแนวคิด (Conceptual Design) หรือเชิงตรรกะ (Logical Design) และขั้นที่สองก็คือการออกแบบเชิงกายภาพ (Physical Design)

การออกแบบเชิงตรรกะ - เน้นในด้านการจัดกลุ่มข้อมูลในฐานข้อมูลให้เป็นหมวดหมู่หรือเป็นตารางที่เหมาะสม การออกแบบเริ่มต้นด้วยการพิจารณาว่าหน่วยงานจะต้องใช้ข้อมูลอะไรบ้าง ข้อมูลเหล่านั้นมีความสัมพันธ์กันอย่างไรบ้าง จะจัดกลุ่มข้อมูลอย่างไรจึงจะเหมาะสมและไม่เกิดความซ้ำซ้อน การพิจารณาการจัดกลุ่มนี้จะต้องคำนึงถึงลักษณะของประเภทฐานข้อมูลที่จะจัดทำขึ้นด้วย

การออกแบบเชิงกายภาพ - เน้นในด้านการกำหนดว่าข้อมูลแต่ละรายการหรือตารางข้อมูลต่างๆ จะจัดเก็บลงในสื่อข้อมูลเช่นจานแม่เหล็กได้อย่างไร มีการกำหนดว่าข้อมูลแต่ละรายการเป็นข้อมูลประเภทอักขระ จำนวน หรือประเภทอื่นๆ และต้องใช้เนื้อที่ในการเก็บมากน้อยเท่าใด การออกแบบฐานข้อมูลในส่วนนี้จำเป็นจะต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญที่ศึกษาด้านฐานข้อมูลมาโดยตรง

2.5 คุณสมบัติหลักของฐานข้อมูล

คุณสมบัติหลักของฐานข้อมูลไม่ว่าจะเป็นฐานข้อมูลใดๆ จะต้องมียุทธศาสตร์หลักดังต่อไปนี้

1. โครงสร้างข้อมูล คือโครงสร้างข้อมูลระดับตรรกะที่ซอฟต์แวร์ประยุกต์เห็นเป็นการบอกว่าฐานข้อมูลนั้นๆ มีโครงสร้างข้อมูลเป็นอย่างไร
2. กฎควบคุมความถูกต้อง เป็นการบอกว่าโครงสร้างข้อมูลนั้นมีกฎบังคับความถูกต้องอย่างไร
3. ภาษาจัดการข้อมูล เป็นการบอกว่ามีภาษาจัดการข้อมูลบนโครงสร้างข้อมูลเป็นอย่างไร

2.6 ประเภทของฐานข้อมูล

ฐานข้อมูลที่รู้จักกันในปัจจุบันมีด้วยกัน 4 ประเภท คือ ฐานข้อมูลแบบลำดับชั้น (Hierarchical Data Model) ฐานข้อมูลแบบเครือข่าย (Network Data Model) ฐานข้อมูลแบบสัมพันธ์ (Relational Data Model) และฐานข้อมูลแบบจำลองเชิงวัตถุ (Object Oriented Data Model)

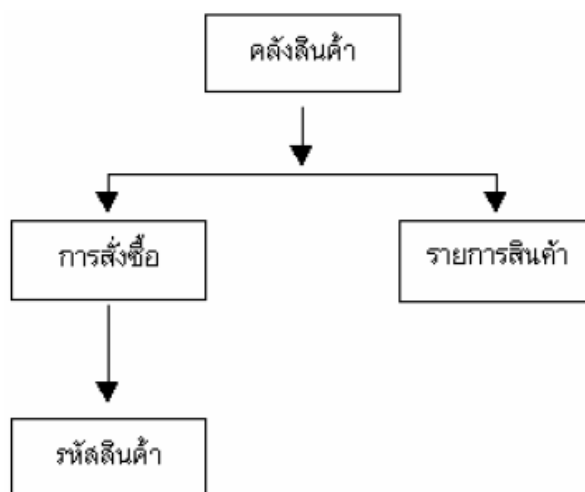
ฐานข้อมูลที่ประสบความสำเร็จและมีผู้ใช้ในการธุรกิจเริ่มจากฐานข้อมูลแบบแรก คือ ฐานข้อมูลแบบลำดับชั้นหรือไฮราคี ถัดมาคือฐานข้อมูลแบบเครือข่าย และฐานข้อมูลที่มีการใช้กันมากที่สุดในปัจจุบัน คือ ฐานข้อมูลแบบสัมพันธ์ และปัจจุบันนี้มีฐานข้อมูลสมัยใหม่เกิดขึ้นคือ ฐานข้อมูลแบบออบเจกต์ นั่นคือฐานข้อมูลนั้นมีการนำเสนอข้อมูลและความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลที่แตกต่างกันไป ซึ่งการนำเสนอในฐานข้อมูลแบบสัมพันธ์หรือรูปแบบตารางเป็นที่นิยมใช้กันแพร่หลายมากที่สุด

2.6.1 ฐานข้อมูลแบบลำดับชั้น

คิดขึ้นโดยบริษัทไอบีเอ็ม (1994) เป็นฐานข้อมูลที่นำเสนอข้อมูลและความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลในรูปแบบของ โครงสร้างต้นไม้ (Tree Structure) เป็นโครงสร้างลักษณะคล้ายต้นไม้เป็นลำดับชั้น ซึ่งแตกออกเป็นกิ่งก้านสาขา ผู้ที่คิดค้นฐานข้อมูลแบบนี้คือ “North American Rockwell” เพื่อต้องการให้เป็นฐานข้อมูลที่สามารถกำจัดความซ้ำซ้อน (Data Redundancy) โดยใช้แนวความคิดของซอฟต์แวร์ที่ชื่อว่า Generalized Update Access Method (GUAM) คือ เป็นการนำเอาข้อมูลในแต่ละส่วนมาเก็บเป็นกลุ่ม และต่อมาได้ถูกพัฒนาให้มีการใช้ตัวชี้ (Pointer) เพื่ออ้างถึงข้อมูลในปัจจุบันที่เก็บอยู่ในหน่วยความจำสำรอง

ลักษณะโครงสร้างระบบฐานข้อมูลที่ใช้รูปแบบนี้จะมีโครงสร้างของข้อมูลเป็นลักษณะความสัมพันธ์แบบพ่อลูก คือ พ่อ (Parent) 1 คนมีลูก (Child) ได้หลายคน แต่ลูกมีพ่อได้คนเดียว (นั่นคือเป็นความสัมพันธ์แบบ 1 ต่อ n) หรือแบบพ่อคนเดียวมีลูก 1 คน (นั่นคือเป็นความสัมพันธ์แบบ 1 ต่อ 1) ซึ่งจัดแยกออกเป็นลำดับชั้น โดยในระดับชั้นที่ 1 จะมีเพียงแฟ้มข้อมูลเดียวนั่นคือมีพ่อคนเดียว ในระดับที่ 2 จะมีก็แฟ้มข้อมูลก็ได้ ในทำนองเดียวกันระดับ 2 ก็จะมี

ความสัมพันธ์กับระดับ 3 เหมือนกับ ระดับ 1 กับระดับ 2 โดยในโครงสร้างข้อมูลแบบลำดับชั้นแต่
ละกรอบจะมีตัวชี้ (Pointers) หรือ หัวลูกศรวิ่งเข้าหาได้ไม่เกิน 1 หัว จากตัวอย่างดังนี้



ภาพที่ 7 แสดงโครงสร้างฐานข้อมูลแบบลำดับชั้น

ที่มา : ศิรินุช (2540)

จากฐานข้อมูลแบบลำดับชั้นจะมีปัญหาถ้าความสัมพันธ์ของข้อมูลเป็นแบบลูก
มีพ่อได้หลายคนจะใช้โครงสร้างฐานข้อมูลแบบลำดับชั้นไม่ได้ เช่น ความสัมพันธ์ระหว่างลูกจ้าง
กับงานที่ทำ งานชิ้นหนึ่งอาจทำโดยลูกจ้างหลายคนได้ โครงสร้างฐานข้อมูลแบบลำดับชั้นจะ
ไม่สามารถออกแบบลักษณะข้อมูลแบบนี้ได้ ปัญหาเช่นนี้ทำให้ไม่ค่อยมีผู้นิยมใช้ ฐานข้อมูลแบบ
ลำดับชั้น เนื่องจากความสัมพันธ์ของข้อมูลที่จะเก็บไว้ในฐานข้อมูลเป็นแบบพ่อ-ลูกเท่านั้น

กฎควบคุมความถูกต้อง คือ ระเบียบพ่อสามารถมีระเบียบลูกได้หลายระเบียบ
แต่ระเบียบลูกแต่ละระเบียบจะมีระเบียบพ่อได้เพียงระเบียบเดียวเท่านั้น จากรูปแบบฐานข้อมูล
แบบลำดับชั้น จะมีปัญหา ถ้าความสัมพันธ์ของข้อมูลเป็นแบบระเบียบลูก 1 ระเบียบมีพ่อได้หลาย
ระเบียบ จะใช้โครงสร้างฐานข้อมูลแบบลำดับชั้นไม่ได้ เช่นความสัมพันธ์ระหว่างลูกจ้างกับงานที่
ทำงานชิ้นหนึ่งอาจทำโดยลูกจ้างหลายคนได้ โครงสร้างฐานข้อมูลแบบลำดับชั้น จะไม่สามารถ
ออกแบบลักษณะข้อมูลแบบนี้ได้ ปัญหาเช่นนี้ทำให้ไม่มีผู้นิยมใช้

การจัดการรูปของโครงสร้างต้นไม้ใช้ภาษาปฏิบัติการที่ละเอียดขึ้น ตัวอย่างของภาษาปฏิบัติการของฐานข้อมูลนี้ ได้แก่ ภาษา Information Management System (IMS/VS)

ลักษณะเด่นและข้อจำกัดของการจัดการฐานข้อมูลแบบลำดับชั้น

ลักษณะเด่น

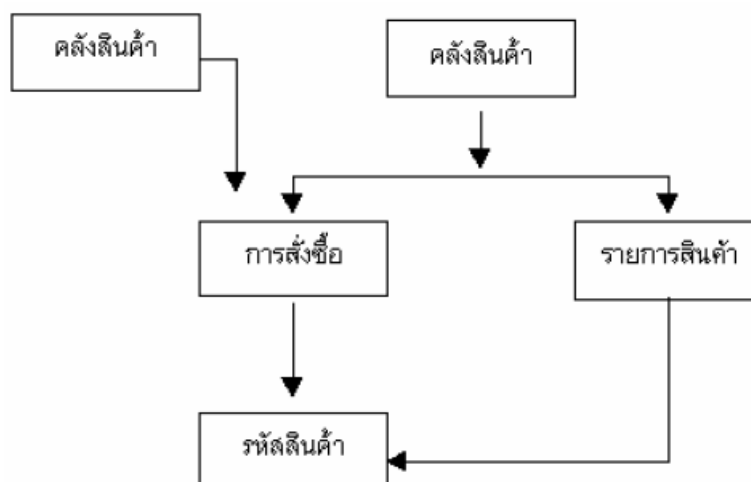
1. เป็นระบบฐานข้อมูลที่มีระบบโครงสร้างซับซ้อนน้อยที่สุด
2. มีค่าใช้จ่ายในการจัดสร้างฐานข้อมูลน้อย
3. ลักษณะโครงสร้างเข้าใจง่าย
4. เหมาะสำหรับงานที่ต้องการค้นหาข้อมูลแบบมีเงื่อนไขเป็นระดับและออกงานแบบเรียงลำดับต่อเนื่อง
5. ป้องกันระบบความลับของข้อมูลได้ดี เนื่องจากต้องอ่านเพิ่มข้อมูลที่เป็นต้นกำเนิดก่อน

ข้อจำกัด

1. มีโอกาสเกิดความซ้ำซ้อนมากที่สุดเมื่อเทียบกับระบบฐานข้อมูลแบบโครงสร้างอื่น
2. ขาดความสัมพันธ์ระหว่างเพิ่มข้อมูลในรูปเครือข่าย
3. มีความคล่องตัวน้อยกว่าโครงสร้างแบบอื่น ๆ เพราะการเรียกใช้ข้อมูลต้องผ่านทางต้นกำเนิด (Root) เสมอ ถ้าต้องการค้นหาข้อมูลซึ่งปรากฏในระดับล่าง ๆ แล้วจะต้องค้นหาทั้งเพิ่ม

2.6.2 ฐานข้อมูลแบบเครือข่าย

ลักษณะโครงสร้างระบบฐานข้อมูลแบบเครือข่ายจะมีโครงสร้างของข้อมูลแต่ละเพิ่มข้อมูลมีความสัมพันธ์คล้ายร่างแห โดยมีลักษณะโครงสร้างคล้ายกับโครงสร้างแบบลำดับชั้น มีข้อแตกต่างที่ว่าโครงสร้างแบบเครือข่ายสามารถยินยอมให้ระดับชั้นที่อยู่เหนือกว่าจะมีได้หลายเพิ่มข้อมูลถึงแม้ว่าระดับชั้นถัดลงมาจะมีเพียงเพิ่มข้อมูลเดียว เปรียบเสมือนมีความสัมพันธ์แบบลูกจ้างกับงานที่ทำ โดยงานชิ้นหนึ่งอาจทำโดยลูกจ้างหลายคน (m ต่อ n) ดังนี้



ภาพที่ 8 แสดงโครงสร้างข้อมูลแบบเครือข่าย

ที่มา : ศิริनुช (2540)

แฟ้มข้อมูลการสั่งซื้อจะถูกเชื่อมโยงกับแฟ้มข้อมูลลูกค้าเพิ่มขึ้นอีก 1 แฟ้มข้อมูล ทำให้แฟ้มข้อมูลการสั่งซื้อเปรียบเสมือนงาน 1 ชิ้น จะถูกทำโดยลูกจ้าง มากกว่า 1 คน หรือในแฟ้มข้อมูลรหัสสินค้าจะมีแฟ้มข้อมูลการสั่งซื้อและแฟ้มข้อมูลรายการสินค้าเป็นพ่อ ซึ่งการออกแบบลักษณะของฐานข้อมูลแบบเครือข่ายจะทำให้สะดวกในการค้นหามากกว่าลักษณะฐานข้อมูลแบบลำดับชั้น เพราะไม่ต้องไปเริ่มค้นหาตั้งแต่ข้อมูลต้นกำเนิดโดยทางเดียว ข้อมูลแต่ละกลุ่มจะเชื่อมโยงกันโดยตัวชี้ ลักษณะฐานข้อมูลนี้จะคล้ายกับลักษณะฐานข้อมูลแบบลำดับชั้นจะมีข้อแตกต่างกันตรงที่ในลักษณะฐานข้อมูลแบบเครือข่ายนี้สามารถมีต้นกำเนิดของข้อมูลได้มากกว่าหนึ่ง

กฎการควบคุม คือ โครงสร้างแบบเครือข่ายสามารถยินยอมให้ระดับชั้นที่อยู่เหนือกว่าจะมีได้หลายแฟ้มข้อมูลถึงแม้ว่าระดับชั้นถัดลงมาจะมีเพียงแฟ้มข้อมูลเดียว โดยระเบียบที่อยู่เหนือกว่ามีความสัมพันธ์กับระเบียบที่อยู่ระดับล่างได้มากกว่า 1 ระเบียบ โดยแต่ละระเบียบสัมพันธ์กันด้วยตัวเชื่อมโยง (Links) ฐานข้อมูลแบบเครือข่ายจะทำให้สะดวกในการค้นหามากกว่าฐานข้อมูลแบบลำดับชั้น เพราะไม่ต้องไปเริ่มค้นหาตั้งแต่ข้อมูลต้นกำเนิดโดยทางเดียว ข้อมูลแต่ละกลุ่มจะเชื่อมโยงกันโดยตัวชี้

การจัดการ ใช้ภาษาปฏิบัติการที่ละระเบียบจัดการกับฐานข้อมูล ตัวอย่างระบบปฏิบัติการรูปแบบภาษาของระบบจัดการฐานข้อมูลแบบเครือข่าย ได้แก่ Integrated Database Management System (IDMS)

ลักษณะเด่นและข้อจำกัดระบบโครงสร้างแบบเครือข่าย

ลักษณะเด่น

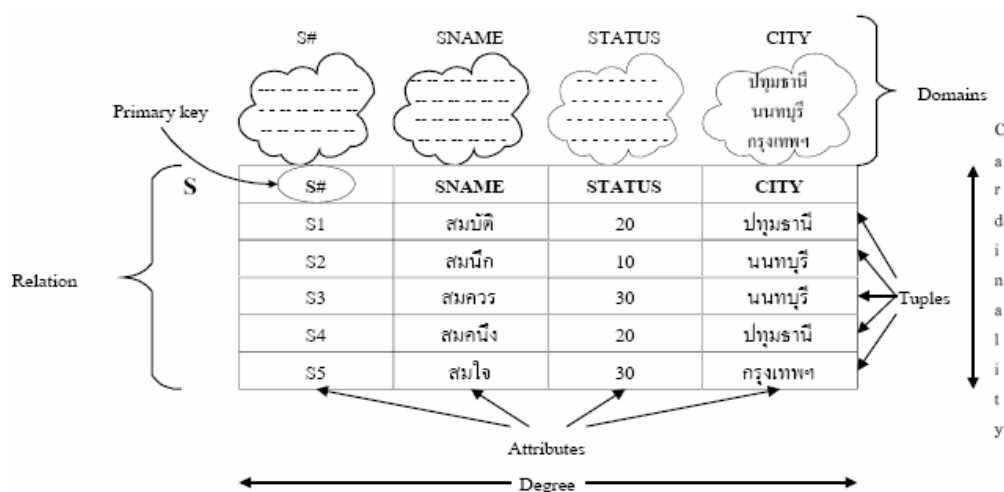
1. เหมาะสำหรับงานที่แฟ้มข้อมูลมีความสัมพันธ์แบบเครือข่าย
2. มีโอกาสเกิดความซ้ำซ้อนของข้อมูลน้อยกว่าโครงสร้างแบบลำดับชั้น
3. การค้นหาข้อมูลมีเงื่อนไขได้มากและกว้างกว่าโครงสร้างแบบลำดับชั้น

ข้อจำกัด

1. โครงสร้างแบบเครือข่ายเป็นโครงสร้างที่ง่ายไม่ซับซ้อน จึงทำให้ป้องกันความลับของข้อมูลได้ยาก
2. มีค่าใช้จ่ายและสิ้นเปลืองพื้นที่ในหน่วยความจำเพราะจะเสียพื้นที่ในอุปกรณ์เก็บข้อมูลสำหรับตัวบ่งชี้มาก
3. ถ้าความสัมพันธ์ของระเบียบประเภทต่าง ๆ เกิน 3 ประเภท จะทำให้การออกแบบโครงสร้างแบบเครือข่ายยุ่งยากซับซ้อน

2.6.3 ฐานข้อมูลแบบสัมพันธ์

ฐานข้อมูลแบบสัมพันธ์แบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ โครงสร้างข้อมูล การควบคุมความถูกต้องให้กับข้อมูล และการจัดการกับข้อมูล



ภาพที่ 9 แสดงโครงสร้างข้อมูลแบบสัมพันธ์

ที่มา : ศิริनुช (2540)

โครงสร้างของฐานข้อมูลแบบสัมพันธ์เป็นการนำเสนอข้อมูลและความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล ที่เรียกว่าตาราง โครงสร้างประกอบด้วย

แถว (Row) - คือ ข้อมูล 1 รายการ ซึ่งแต่ละแถวของความสัมพันธ์ (Tuple) ประกอบไปด้วยหลายคุณลักษณะ (Attribute) โดยจำนวนแถวทั้งหมดในตารางเรียกว่า คาร์ดินอลิตี (Cardinality) และจำนวน Attributes ทั้งหมดในตารางเรียกว่าดีกรี (Degree)

หลัก (Column) คือ Attributes ในแต่ละแถว เช่น ตัวอย่างความสัมพันธ์ S ที่เก็บรายละเอียดของตัวแทนจำหน่าย ประกอบด้วย รหัส (S#) ชื่อ (SNAME) สถานะ (STATUS) และ เมือง (CITY) ซึ่งความสัมพันธ์ ดังกล่าวจะประกอบไปด้วย 5 ส่วน (Tuples) โดยแต่ละส่วนประกอบไปด้วย 4 Attributes โดยภายในคอลัมน์จะประกอบด้วย

1. โดเมน (Domain) - เป็นการกำหนดขอบเขตค่าข้อมูลและชนิดข้อมูลของแต่ละ Attributes ที่เป็นไปได้ทั้งหมด เช่นจากรูปโดเมนของ S# คือกลุ่มของรหัสตัวแทนจำหน่ายทั้งหมด ได้แก่ S1, S2, S3, S4 และ S5 และ กำหนดว่า STATUS ของตาราง S จะต้องมามีค่าเป็น 10, 20 และ 30 เท่านั้น หรือ S# จะต้องมามีค่าเป็น S1, S2, S3, S4 และ S5 เท่านั้น และเมือง ของตัวแทนจำหน่าย ทั้งหมดจะต้องเป็น ปทุมธานี นนทบุรี และกรุงเทพฯเท่านั้น เป็นต้น

2. กุญแจหลัก (Primary Key) – เป็น Attributes หรือกลุ่มของ Attributes ที่บ่งบอกว่าข้อมูลจะต้องไม่ซ้ำกันในแต่ละแถวข้อมูลของตาราง

แถวข้อมูลในตาราง ต้องมีข้อมูลไม่ซ้ำกัน เนื่องจากความสัมพันธ์ ในโครงสร้างข้อมูลแบบสัมพันธ์อยู่ในรูปแบบของเซตทางคณิตศาสตร์ โดยภายในเซตจะต้องประกอบไปด้วยสมาชิกที่ไม่ซ้ำกัน ดังนั้น ความสัมพันธ์ R ใดๆ ต้องมีคุณลักษณะใดคุณลักษณะหนึ่งที่ทำให้แต่ละแถวข้อมูลในตาราง มีข้อมูลไม่ซ้ำกัน เช่น ความสัมพันธ์ของลูกค้าในตาราง CUSTOMER เป็นที่เก็บประวัติของลูกค้าบัญชีเงินกู้ของธนาคารประกอบไปด้วย เลขที่บัตรประชาชน (CITIZEN_ID) ชื่อ (FIRST_NAME) นามสกุล (SURNAME) และ ที่อยู่ของลูกค้า (ADDRESS) ซึ่งจะเห็นว่าข้อมูลลูกค้ามีชื่อและนามสกุลซ้ำกัน คือปรากฏลูกค้าชื่อ สมบัติ นามสกุล มีมาพันธ์ จำนวน 2 แถวข้อมูลในตาราง แต่มี Attributes เลขที่บัตรประชาชน (CITIZEN_ID) เป็นสิ่งที่บ่งบอกให้รู้ว่าลูกค้าทั้งสองคนเป็นคนละคนกัน ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ประวัติลูกค้าบัญชีเงินกู้ของธนาคาร

CITIZEN_ID	FIRST_NAME	SURNAME	ADDRESS
100002541	สมบัติ	มีมาพันธ์	99/765 คลองหลวง ปทุมธานี
100002654	สมนึก	สงบ	11 ปากเกร็ด นนทบุรี
100002658	สมบัติ	มีมาพันธ์	999 ปากเกร็ด นนทบุรี
100099991	สมคณิง	คิดรอบครอบ	987 เมือง ปทุมธานี
100052652	สมใจ	ฉลาด	85/97 สะพาน กรุงเทพฯ

ที่มา : ศิริनुช (2540)

แถวข้อมูลในตารางที่ 2 ไม่มีลำดับจากบนลงล่าง เนื่องจากโครงสร้างข้อมูลแบบสัมพันธ์อยู่ในรูปแบบของเซตทางคณิตศาสตร์ โดยภายในเซตจะต้องประกอบไปด้วยสมาชิกที่ไม่มีลำดับ Attributes จะไม่เรียงลำดับจากซ้ายไปขวา เนื่องจากหัวเรื่อง (Heading) ในโครงสร้างข้อมูลแบบสัมพันธ์อยู่ในรูปแบบของเซตทางคณิตศาสตร์ โดยภายในเซตจะต้องประกอบไปด้วยสมาชิกที่ไม่มีลำดับ ค่าของ Attributes ทุกค่าจะต้องเป็นภาวะครบหน่วย (Atomicity) เนื่องจากโดเมนมีเฉพาะค่าที่เป็น Atomicity ดังนั้นทุก Attributes ในแต่ละตำแหน่งของแถวข้อมูลในตาราง

จะมีค่าเพียงค่าเดียว จะไม่มีรายการของข้อมูล (Repeating Group) เพราะต้องผ่านขั้นตอนการเพิ่มประสิทธิภาพของข้อมูล (Normalization)

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบก่อนและหลังการมีภาวะครบหน่วย

ก่อน			หลัง		
S#	P#	QTY	S#	P#	QTY
S1	P1	900	S1	P1	900
	P2	3100	S1	P2	3100
	P3	100	S1	P3	100
	P4	200	S1	P4	200
	P5	500	S1	P5	500
	P6	600	S1	P6	600
S2	P1	100	S2	P1	100
	P2	300	S2	P2	300
S3	P2	200	S3	P2	200
S4	P2	800	S4	P2	800
	P4	1000	S4	P4	1000
	P4	700	S4	P4	700

ที่มา : ศิริनुช (2540)

กำหนดโดเมน ให้กับข้อมูล จะมีข้อกำหนดว่าค่าที่กำหนดให้กับข้อมูลจะต้องเป็นค่าสเกลาร์ (Scalar) นั่นคือจะต้องเป็นค่าข้อมูลที่มีความหมายและเป็นหน่วยเล็กที่สุด ไม่สามารถแบ่งแยกออกไปได้อีก เช่น เลขที่เงินกู้ 014100001 สามารถแบ่งออกเป็น รหัสสาขา รหัสปี ยื่นกู้ และลำดับบัญชีเงินกู้เป็นต้น หรือที่อยู่สามารถแบ่งย่อยออกไปเป็น เลขที่บ้าน ตำบล อำเภอ จังหวัด ฯลฯ ดังนั้น เลขที่เงินกู้ และที่อยู่ ไม่มีค่าเป็นสเกลาร์ เพราะยังสามารถแบ่งย่อยออกไปได้อีก แต่รหัสตัวแทนจำหน่าย (S#) มีค่าเป็น S1 ซึ่งแบ่งย่อยอีกไม่ได้เพราะฉะนั้น S1 มีค่าเป็นสเกลาร์ ค่าข้อมูลที่เก็บในฐานข้อมูลที่มีค่าเป็น สเกลาร์นี้จะเรียกว่ามีคุณลักษณะของ Atomicity ข้อมูลที่สามารถนำมากำหนดโดเมนได้ จะต้องเป็นข้อมูลที่เป็นอิสระจากข้อมูลอื่นเช่นความสัมพันธ์ S

(ตารางที่ 3), ความสัมพันธ์ P (ตารางที่ 4) และโดเมนความสัมพันธ์ SP (ตารางที่ 5) ดังรูปข้างล่างนี้
 รหัส (S#) ชื่อ (SNAME) สถานะ (STATUS) และเมือง (CITY) ของตัวแทนจำหน่าย เป็นข้อมูลที่เป็นอิสระจากข้อมูลอื่น ในทำนองเดียวกับ รหัส (P#) ชื่อ (PNAME) สี (COLOR) น้ำหนัก (WEIGHT) และเมือง (CITY) ของวัสดุ เป็นข้อมูลที่เป็นอิสระจากข้อมูลอื่น แต่ความสัมพันธ์ SP รหัสตัวแทนจำหน่าย (S#) ค่าที่กำหนดขึ้นมาเป็นไปตามรหัสตัวแทนจำหน่าย (S#) ของความสัมพันธ์ S และรหัสวัสดุค่าที่กำหนดขึ้นมาเป็นไปตามรหัสวัสดุ (P#) ของความสัมพันธ์ P ดังนั้นทั้งสองคุณลักษณะ จึงไม่สามารถนำมากำหนดโดเมนของความสัมพันธ์ SP ได้

ตารางที่ 3 ความสัมพันธ์ของ S

S#	SNAME	STATUS	CITY
S1	สมบัติ	20	ปทุมธานี
S2	สมนึก	10	นนทบุรี
S3	สมควร	30	นนทบุรี
S4	สมคณิง	20	ปทุมธานี
S5	สมใจ	30	กรุงเทพฯ

ที่มา : ศิริनुช (2540)

ตารางที่ 4 ความสัมพันธ์ของ P

P#	PNAME	COLOR	WEIGHT	CITY
P1	กระเบื้องมุงหลังคา	ฟ้าน้ำทะเล	12	ปทุมธานี
P2	กระเบื้องปูพื้น	ฟ้าอ่อน	17	นนทบุรี
P3	เหล็กเส้น	น้ำตาล	17	อยุธยา
P4	ปูน	เทา	14	ปทุมธานี
P5	อิฐ-ทราย	น้ำตาล	12	นนทบุรี
P6	ไม้	น้ำตาล	19	ปทุมธานี

ที่มา : ศิริनुช (2540)

ตารางที่ 5 โดเมนของความสัมพันธ์ SP

S#	P#	QTY
S1	P1	900
S2	P3	3100
S2	P5	100
S3	P3	200
S3	P4	500
S4	P6	600
S5	P1	100
S5	P2	300
S5	P3	200
S5	P4	800
S5	P5	1000
S5	P6	700

ที่มา : ศิริनुช (2540)

ข้อมูลจะต้องเป็นชนิดเดียวกัน เช่น ถ้าค่าข้อมูลของสี ความสัมพันธ์ P มีค่าที่เป็นไปได้คือ “สีฟ้าน้ำทะเล” “สีฟ้าอ่อน” หรือ “น้ำตาล” แต่ถ้ากำหนดให้ค่าของสี สามารถเป็น 1 สำหรับสีฟ้าน้ำทะเล หรือ 2 สำหรับสีฟ้าอ่อน และ 3 สำหรับสีน้ำตาล โดยค่าข้อมูลของคุณลักษณะของสี สามารถบันทึกค่าข้อมูลได้ทั้งสองแบบแล้ว ไม่สามารถกำหนดโดเมนได้เพราะค่าข้อมูลมีชนิดเป็นได้ทั้งตัวอักษร (String) และเลขจำนวนเต็ม (Integer) ในเวลาเดียวกันไม่ได้

การจัดการข้อมูล ภาษารฐานข้อมูล (Structured Query Language, SQL) เป็นภาษาที่ใช้กันอย่างแพร่หลายมีลักษณะคล้ายกับภาษาอังกฤษ ใช้ในการปฏิบัติงานและควบคุมฐานข้อมูล ในภาษารฐานข้อมูลจะมีคำสั่งดังนี้การสร้างตาราง สามารถทำได้ด้วยคำสั่ง CREATE TABLE คำสั่งสอบถามข้อมูลพื้นฐานเป็นการสอบถามข้อมูล (Query) คำสั่งการป้อนข้อมูลเพิ่มลงสู่ตารางสามารถปรับปรุงเปลี่ยนแปลงแก้ไขข้อมูลที่มีอยู่แล้วในตารางได้ด้วยคำสั่ง UPDATE นอกจากการแก้ไขข้อมูลด้วยคำสั่ง DELETE สามารถสอบถามข้อมูลครั้งหนึ่งจากตารางได้มากกว่าหนึ่งตาราง โดยใช้โครงสร้างของ SQL ที่เรียกว่าการเชื่อมกัน (Joining) คำสั่งใน SQL สามารถ

กำหนดความปลอดภัยในการควบคุมการเข้าถึงข้อมูลในฐานข้อมูลได้ โดยคำสั่ง GRANT เป็นการกำหนดสิทธิมอบอำนาจให้สามารถเข้าถึงข้อมูล REVOKE เป็นการเรียกสิทธิอำนาจคืนจากการกำหนดมอบสิทธิด้วยคำสั่ง GRANT ฐานข้อมูลแบบความสัมพันธ์นี้เป็นรูปแบบที่ถูกพัฒนาขึ้นมาภายหลัง และเป็นที่ยอมรับใช้กันสำหรับการออกแบบฐานข้อมูลในปัจจุบัน ซอฟต์แวร์สำเร็จทางด้านฐานข้อมูลก็ใช้รูปแบบนี้เช่นกัน

ลักษณะเด่นและข้อจำกัดของการจัดการฐานข้อมูลแบบสัมพันธ์

ลักษณะเด่น

1. เหมาะกับงานที่เลือกดูข้อมูลแบบมีเงื่อนไขหลายเงื่อนไข
2. ป้องกันข้อมูลถูกทำลายหรือแก้ไขได้ดี เนื่องจากโครงสร้างแบบสัมพันธ์นี้ ผู้ใช้จะไม่ทราบว่าการเก็บข้อมูลในฐานข้อมูลอย่างไร จึงสามารถป้องกันข้อมูลถูกทำลายหรือถูกแก้ไขได้ดี
3. การเลือกดูข้อมูลทำได้ง่าย มีความซับซ้อนของข้อมูลระหว่างแฟ้มต่าง ๆ น้อยมาก อาจมีการฝึกฝนเพียงเล็กน้อยก็สมารถใช้ทำงานได้

ข้อจำกัด

1. มีการแก้ไขปรับปรุงแฟ้มข้อมูลได้ยากเพราะผู้ใช้จะไม่ทราบการเก็บข้อมูลในฐานข้อมูลอย่างไร
2. มีค่าใช้จ่ายของระบบสูงมากเพราะเมื่อมีการประมวลผลคือ การอ่านเพิ่มเติม ปรับปรุงหรือยกเลิกระบบจะต้องทำการสร้างตารางขึ้นมาใหม่ ทั้งที่ในแฟ้มข้อมูลที่แท้จริงอาจมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย แต่ต้องมาปรับแต่งตารางใหม่ให้ผู้ใช้แฟ้มข้อมูลนั้นถูกใช้ในรูปแบบของตารางที่ง่ายสำหรับผู้ใช้นี้

สรุปได้ว่าฐานข้อมูลอาจมีการใช้ฐานข้อมูลต่างกัน แต่ในองค์กรส่วนใหญ่นิยมใช้ฐานข้อมูลแบบสัมพันธ์มากที่สุด ส่วนฐานข้อมูลแบบลำดับชั้นและฐานข้อมูลแบบเครือข่าย ปัจจุบันนี้ไม่ได้รับความนิยมแล้วแต่ยังมีใช้อยู่ในองค์กรขนาดใหญ่ที่มีเครื่องคอมพิวเตอร์เมนเฟรม เช่น ธนาคารยังมีการใช้แบบจำลองข้อมูลแบบลำดับชั้น

3. ระบบฐานข้อมูลของเครื่องตรวจวัด

เครื่องตรวจวัดที่ใช้เป็นต้นแบบสำหรับการจัดทำฐานข้อมูลคุณภาพกำลังไฟฟ้าคือ เครื่องตรวจวัดผลิตภัณฑ์ PML รุ่น ION7650 และผลิตภัณฑ์ Unipower รุ่น U902 แต่ก่อนที่จะกล่าวถึงโครงสร้างระบบฐานข้อมูลนั้น จะขอแนะนำขั้นตอนการได้มาของข้อมูล วิธีดำเนินการ ข้อปัญหาที่เกิดขึ้น และเหตุผลที่ต้องจัดทำระบบฐานข้อมูลกลาง ดังนี้

การวิเคราะห์ปัญหาคุณภาพกำลังไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพนั้น จำเป็นต้องมีเครื่องตรวจวัดคุณภาพกำลังไฟฟ้าและระบบการสื่อสารที่เป็นระบบเครือข่าย มีการรับ-ส่งข้อมูลจากเครื่องตรวจวัดไปยังเครื่องศูนย์กลางคอมพิวเตอร์หลัก (Main Computer Server) โดยอัตโนมัติ แต่สำหรับโครงการวิจัยของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคไม่สามารถจัดทำเป็นระบบเครือข่ายได้ เนื่องจากติดข้อจำกัดด้านการสื่อสาร การแก้ไขปัญหาจึงได้กำหนดให้แต่ละสถานีไฟฟ้ามีคอมพิวเตอร์ย่อย (Computer Client) เพื่อให้เครื่องตรวจวัดสามารถ บันทึกข้อมูลได้ ซึ่งจะตรงตามฟังก์ชันการทำงาน

ดังนั้นในทุกๆเดือนจะมีพนักงานเดินทางไปเก็บข้อมูลที่เครื่องคอมพิวเตอร์ย่อย พร้อมจดบันทึกเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องประจำสถานีไฟฟ้านั้นๆ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการวิเคราะห์และการประเมินผล เช่น การวิเคราะห์หาสาเหตุความผิดปกติ การลัดวงจร การเกิดแรงดันต่ำเกิน หรือการประเมินค่าฮาร์มอนิก ค่าเหล่านี้ จะถูกจัดทำเป็นรายงานและจัดส่งรายงานไปยังการไฟฟ้าที่รับผิดชอบ หรือผู้ใช้ไฟฟ้า

ปกติแล้วพนักงานต้องจัดทำรายงานทั้งหมด จำนวน 45 ฉบับ โดยแบ่งเป็นรายงานจากข้อมูล U902 จำนวน 25 ฉบับ และจากข้อมูล ION7650 จำนวน 20 ฉบับ (1 จุดการติดตั้งต่อ 1 รายงาน) รายละเอียดติดตั้งตามตารางที่ 6

ตารางที่ 6 จุดติดตั้งเครื่องตรวจวัดคุณภาพกำลังไฟฟ้า

การไฟฟ้า	สถานที่ติดตั้ง(ระยะเวลาติดตั้ง)	แผนติดตั้ง (ชุด)	
		ION7650	U902
กฟภ.1	สฟ.บ้านเลน	-	3
	สฟ.โรจนะ	-	3
กฟภ.2	สฟ.ปลวกแดง2	-	3
กฟภ.1	สฟ.บางปะอิน2, วงรอบปิด	-	16
	สฟ.ตาลเดี่ยว	2	-
	สฟ.หนองปลิง	3	-
กฟภ.2	สฟ.บางปะกง	3	-
	สฟ.อ่าวไผ่2	6	-
	สฟ.แหลมฉบัง1	3	-
	สฟ.แหลมฉบัง2	2	-
กฟภ.3	สฟ.กระทุ่มแบน1	1	-
	สฟ.อ้อมใหญ่1	-	-
สรุป จำนวนเครื่องตรวจวัด (ชุด)		20	25

ที่มา : ตถุณ (2550)

ในตารางที่ 6 จากพื้นที่ 3 การไฟฟ้าเขต กฟภ.1 กฟภ.2 และ กฟภ.3 ประกอบไปด้วย 5 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา สระบุรี ชลบุรี ระยอง และนครปฐม โดยปกติจะใช้เวลาเดินทางเพื่อจัดเก็บข้อมูลประมาณ 5 วันหรือ 0.25 ต่อเดือน และมีเวลาจัดทำรายงาน 0.75 ต่อเดือน

ข้อมูลที่ได้จากการดาวน์โหลดที่สถานีไฟฟ้า สำหรับข้อมูลของ U902 จะบันทึกเป็นแฟ้มข้อมูลมีนามสกุลชื่อ *.PF4 และข้อมูลของ ION7650 จะตัดแบ่งเป็นฐานข้อมูลมีนามสกุล *.MDF มีตัวอย่างข้อมูลดังภาพที่ 10 และภาพที่ 11

 BIB_INC1_031106.pf4	6,882 KB	PF4 File	3/11/2549 13:07
 BIB_INC1_060526.pf4	8,592 KB	PF4 File	26/5/2549 9:54
 BIB_INC1_060628.pf4	7,834 KB	PF4 File	28/6/2549 10:19
 BIB_INC1_060726.pf4	6,668 KB	PF4 File	26/7/2549 11:18
 BIB_INC1_060824.pf4	6,882 KB	PF4 File	24/8/2549 11:20
 BIB_INC1_061005.pf4	8,737 KB	PF4 File	5/10/2549 12:32
 BIB_INC1_271206.pf4	6,110 KB	PF4 File	27/12/2549 14:29

ภาพที่ 10 ตัวอย่างข้อมูลที่ได้จากเครื่องตรวจวัดรุ่น U902

ที่มา : ตฤณ (2550)

แฟ้มข้อมูลที่ได้จากการจัดเก็บของข้อมูล U902 ในภาพที่ 10 จะมีข้อกำหนดในการบันทึกชื่อตามสถานที่ ตำแหน่ง วันที่บันทึก เช่น “BIB_INC1_031106.pf4” อธิบายได้ว่าเป็นข้อมูลจากสถานีไฟฟ้าบางปะอิน2 (BIB) บันทึกวันที่ 3 พฤศจิกายน พ.ศ. 2549 (ค.ศ.2006) มีขนาดข้อมูลประมาณ 6.8 เมกะไบต์ สำหรับระยะเวลา 1 เดือน (เครื่องตรวจวัดจำนวน 1 ชุด)

 ION_Data_Archive_APB_05_12_02_12_50.mdf	92,864 KB	Database File	27/6/2549 17:58
 ION_Data_Archive_APB_05_12_02_12_50_log.ldf	1,024 KB	Database File	27/6/2549 17:58
 ION_Data_Archive_APB_05_12_16_16_12.mdf	149,696 KB	Database File	2/3/2549 15:58
 ION_Data_Archive_APB_05_12_16_16_12_log.ldf	1,536 KB	Database File	2/3/2549 15:58
 ION_Data_Archive_APB_06_02_20_12_37.mdf	265,344 KB	Database File	2/3/2549 15:58
 ION_Data_Archive_APB_06_02_20_12_37_log.ldf	2,816 KB	Database File	2/3/2549 15:58
 ION_Data_Archive_APB_06_03_02_16_15.mdf	321,088 KB	Database File	2/3/2549 16:25
 ION_Data_Archive_APB_06_03_02_16_15_log.ldf	2,816 KB	Database File	2/3/2549 16:25

ภาพที่ 11 ตัวอย่างข้อมูลที่ได้จากเครื่องตรวจวัดรุ่น ION7650

ที่มา : ตฤณ (2550)

ฐานข้อมูลที่ได้จากการจัดเก็บของข้อมูล ION7650 ในภาพที่ 11 จะมีข้อกำหนดในการบันทึกชื่อตามสถานที่ วัน/เวลาที่บันทึก เช่น “ION_Data_Archive_APB_05_12_02_12_50.mdf” อธิบายได้ว่าเป็นข้อมูลจากสถานีไฟฟ้าอ่าวไผ่2 (APB) ที่บันทึก วันที่ 2 ธันวาคม พ.ศ. 2548 (ค.ศ. 2005) เวลา 12 นาฬิกา 50 นาที มีขนาดข้อมูลประมาณ 93.864 เมกะไบต์ สำหรับระยะเวลา 1 เดือน (เครื่องตรวจวัดจำนวน 3 ชุด)

การนำข้อมูล *.PF4 เข้าสู่ฐานข้อมูลจะต้องใช้วิธีการแปลงข้อมูลด้วยซอฟต์แวร์ PQSchedule และการนำข้อมูล .MDF เข้าสู่ฐานข้อมูลจะใช้วิธีผูกติด (Attachment) ในลำดับต่อไป จะอธิบายถึงคุณลักษณะ ความสามารถของเครื่องตรวจวัด รูปแบบโครงสร้างการจัดเก็บข้อมูล ประเภทของข้อมูล ชุดคำสั่ง SQL ที่ใช้เรียกดูข้อมูล

3.1 เครื่องตรวจวัดคุณภาพกำลังไฟฟ้าผลิตภัณฑ์ Unipower รุ่น U902



ภาพที่ 12 เครื่องตรวจวัดคุณภาพกำลังไฟฟ้าผลิตภัณฑ์ Unipower รุ่น U902

ข้อกำหนดรายละเอียดทั่วไป

1. เป็นแบบเคลื่อนย้ายได้
2. สามารถวัดข้อมูลในระบบไฟฟ้ากระแสสลับได้ทั้งแบบ 1 เฟส (ทั้งระบบ 2 สายและ 3 สาย) และ 3 เฟส (ทั้งระบบ 3 สายและ 4 สาย)
3. มีช่อง (Channel) วัดสัญญาณแรงดัน 4 ช่อง และวัดสัญญาณกระแส 4 ช่อง โดยแต่ละช่องเป็นอิสระซึ่งกันและกันอย่างสมบูรณ์
4. มีหน่วยความจำในการเก็บข้อมูล 8 เมกะไบต์ รักษาข้อมูลขณะที่ไฟฟ้าดับได้
5. การสื่อสารมีพอร์ตอนุกรม (Serial Port), พอร์ตอีเทอร์เน็ต (Ethernet Port) และ โมเด็ม (Modem)
6. ใช้กับแหล่งจ่ายไฟ (Power Supply) 1 เฟส 230 VAC , 50 เฮิร์ตซ์
7. ใช้งานได้ดีในสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูงถึง 45 ° C
8. ใช้งานได้ดีในสภาพแวดล้อมที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูงถึง 90 %

ข้อกำหนดรายละเอียดเฉพาะทาง

ทำการตรวจวัดแรงดัน กระแส และความถี่ เพื่อวิเคราะห์คุณลักษณะคุณภาพกำลังไฟฟ้า

1. แรงดัน → การเปลี่ยนแปลงระดับแรงดัน (Voltage Regulation)
 - แรงดันต่ำ (Undervoltage)
 - แรงดันเกิน (Overvoltage)
 - แรงดันไม่สมดุล (Voltage Unbalance)
 - แรงดันฮาร์มอนิก (Harmonic Voltage)
 - แรงดันรอยบาก (Voltage Notching)
 - แรงดันกระเพื่อม (Voltage Fluctuation)
2. กระแส → กระแสฮาร์มอนิก (Harmonic Current)
3. ความถี่ → การเปลี่ยนแปลงความถี่ (Frequency Variation)
4. แรงดันและกระแส → กำลังและพลังงานไฟฟ้า (Power and Energy Flow)
5. วัดแรงดันได้สูงถึง 600 โวลต์
6. วัดกระแสได้สูงถึง 1,000 แอมแปร์ โดยใช้หม้อแปลงกระแส (Current Transformer)
7. วัดความถี่ได้ในช่วง 50 เฮิร์ตซ์ $\pm$ 5 เฮิร์ตซ์
8. อัตราการสุ่มสัญญาณ (Sampling Rate) 128 Samples / Cycle / Channel
9. ความคมชัด (Resolution) : 14 บิต A/D Converter (128 Samples / Cycle)
10. ความถูกต้อง (Accuracy) : $\pm$ (1.0 % of Reading + 0.5 % of Full Scale)
11. หม้อแปลงกระแสที่ใช้วัดกระแสเป็นชนิดค่าความถูกต้องคลาส 1
12. ช่วงเวลาในการตรวจวัดข้อมูลเพื่อหาค่าเฉลี่ย 1 ครั้ง รายการเวลาที่ใช้
 - a) การเปลี่ยนแปลงระดับแรงดัน 10 นาที
 - b) แรงดันต่ำ 10 นาที
 - c) แรงดันเกิน 10 นาที
 - d) แรงดันไม่สมดุล 10 นาที
 - e) แรงดันฮาร์มอนิก 10 นาที
 - f) แรงดันรอยบาก NA
 - g) แรงดันกระเพื่อม PSt = 10 นาที และ PLt = 2 ชั่วโมง
 - h) กระแสฮาร์มอนิก 10 นาที
 - i) ความถี่แปรปรวน 10 วินาที

13. การวัดแรงดันไม่สมดุลให้ใช้ อัตราส่วนระหว่างส่วนประกอบด้านลบต่อ ส่วนประกอบด้านบวก (Negative to Positive Component Ratio)

14. การวัดแรงดันฮาร์โมนิกและกระแสฮาร์โมนิก ถึงอันดับที่ 50 ที่ความถี่มูลฐาน 50 เฮิร์ตซ์ โดยสามารถตรวจจับและบันทึกรูปคลื่นในจังหวะที่ต้องการได้ เพื่อวิเคราะห์หาสเปกตรัมของฮาร์โมนิก (Harmonic Spectrum) ทั้งขนาดและมุมเฟสได้ สามารถแยกขนาดของฮาร์โมนิกแต่ละอันดับออกมาเพื่อทำการเปลี่ยนแปลงทางเวลาได้ สามารถหาค่าความผิดเพี้ยนฮาร์โมนิก (Total Harmonic Distortion, THD) ได้

15. การวัดแรงดันกระแสเฟือง ให้วัดตามวิธีการที่ระบุในมาตรฐาน IEC 61000-4-15 และ IEC 868 สามารถตรวจวัดข้อมูลเกี่ยวกับกำลังและพลังงานไฟฟ้าได้ ดังต่อไปนี้

- a) กำลังไฟฟ้าจริง (Active Power)
- b) กำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟ (Reactive Power)
- c) กำลังไฟฟ้าปรากฏ (Apparent Power)
- d) แฟกเตอร์กำลังจริง (True Power Factor, PF)
- e) แฟกเตอร์กำลัง (Displacement Power Factor, DPF)
- f) พลังงานจริง (Active Energy)
- g) พลังงานในหน่วย kVARh
- h) พลังงานในหน่วย kVAh
- i) อื่น ๆ

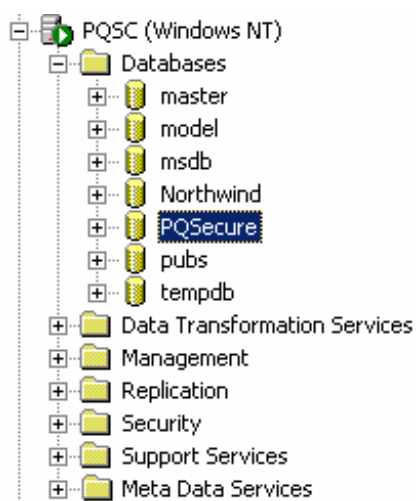
16. แสดงความสัมพันธ์ของแรงดันและกระแสในรูปของแผนภาพเฟสเซอร์ (Phasor Diagram) ได้

รายละเอียดฐานข้อมูล

ระบบฐานข้อมูลของเครื่องตรวจวัด Unipower รุ่น U902 มีชื่อว่า “PQSecure” ปัจจุบันอยู่ที่รุ่น 4.2 ใช้งานร่วมกับ Microsoft SQL Server (ภาพที่ 13) ขั้นตอนการกระทำกับข้อมูลแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลักๆ คือ ส่วนแรกการนำเข้าข้อมูล *.PF4 เข้าสู่ระบบฐานข้อมูล PQSecure โดยใช้ซอฟต์แวร์สำหรับการแปลง “PQSchedule” ที่สามารถแปลงข้อมูลได้ครั้งละ 1 แฟ้มข้อมูล (การแปลงข้อมูลจะทำได้สำเร็จก็ต่อเมื่อผู้ใช้งานป้อนรหัสสิทธิการใช้งาน (Key License) กับฐานข้อมูล PQSecure ครบถ้วน ซึ่งข้อมูลในส่วนนี้ถือเป็นความลับ) โดยปกติข้อมูลขนาด 5 เมกะไบต์จะใช้เวลาประมาณ 10 นาที ส่วนที่สอง การเรียกอ่านข้อมูลของ PQSecure ด้วยซอฟต์แวร์ “PQSecureSQL”

สำหรับการแสดงผลที่สามารถเรียกดูสรุปเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้อง รูปคลื่นขณะเกิดแรงดันต่ำ/สูงเกิน
แบบอาร์เอ็มเอส ค่าคำนวณหรือประมวลผลทางสถิติ ค่าพรรณนิตัวชี้วัดต่างๆ รวมถึงการจัดทำ
รายงานตามมาตรฐาน EN 50160 ในรูปแบบ Microsoft Word

แต่เนื่องจาก PQSecureSQL เป็นซอฟต์แวร์ที่มีระบบความปลอดภัยสูง ฐานข้อมูล
PQSecure ที่ถูกสร้างจากเครื่องคอมพิวเตอร์หนึ่งจะไม่สามารถคัดลอกไปใช้กับเครื่องคอมพิวเตอร์
อื่นได้ แม้ว่าเครื่องคอมพิวเตอร์นั้นจะกำหนดตัวแปรให้เหมือนกันแล้วก็ตาม (ซอฟต์แวร์ถูก
กำหนดให้เชื่อมโยงแบบ 1 ฐานข้อมูล ต่อ 1 คอมพิวเตอร์) ด้วยข้อจำกัดนี้ทำให้ PQSecureSQL ไม่
สามารถสำรองข้อมูลได้ ขาดความน่าเชื่อถือ เช่น หากเกิดกรณีที่ระบบปฏิบัติการมีปัญหาจนต้อง
ติดตั้งระบบปฏิบัติการใหม่นั้น การนำข้อมูล PQSecure ที่สำรองไว้มาใช้งานก็ไม่สามารถทำได้
จำเป็นต้องเริ่มต้นแปลง PQSecure ใหม่ทุกครั้ง



ภาพที่ 13 ฐานข้อมูล PQSecure ของเครื่องตรวจวัดผลิตภัณฑ์ Unipower รุ่น U902
ที่มา : ตฤณ (2550)

สรุปรายชื่อซอฟต์แวร์ที่ใช้งานกับฐานข้อมูล PQSecure คือ

1. PQOnline สำหรับการบันทึกและจัดเก็บข้อมูลจากเครื่องตรวจวัด
2. PQSchedule สำหรับการแปลงข้อมูลลงสู่ฐานข้อมูล PQSecure
3. PQSecureSQL สำหรับการเรียกอ่านข้อมูล จัดทำรายงาน

ด้านสถาปัตยกรรมฐานข้อมูล PQSecure ประกอบไปด้วย 47 ตาราง มีโครงสร้างฐานข้อมูลเป็นแบบลำดับชั้น คือ มีตารางพ่อทำหน้าที่กำกับข้อมูลคือ ตาราง MeasureTable ที่บันทึกรายละเอียดของเครื่องตรวจวัดและจุดติดตั้ง ส่วนอีก 46 ตารางที่เหลือเป็นตารางลูก ที่บันทึกค่าคุณภาพกำลังไฟฟ้าต่างๆ รายละเอียดในตารางที่ 5 ซึ่งข้อมูลเหล่านี้ประกอบไปด้วยข้อมูล 2 แบบ คือ ข้อมูลแบบข้อความ (บันทึกอักษร/ตัวเลข/ทศนิยม) และข้อมูลแบบภาพลักษณ์ (บันทึกรูปคลื่นแรงดันและกระแส)

จากโครงสร้างการจัดเก็บเป็นแบบลำดับชั้น ข้อมูลมีการแยกหรือแบ่งเป็นสัดส่วนอย่างชัดเจน ผู้ไม่มีความรู้ด้านระบบฐานข้อมูล สามารถนำข้อมูลไปใช้งานได้ เช่น หากต้องการข้อมูลแรงดันและกระแสก็สามารถเข้าไปดูข้อมูลที่ตาราง CVTable ได้หรือหากต้องการดูข้อมูลฮาร์มอนิกก็สามารถเข้าไปดูข้อมูลที่ตาราง Harmonics ได้ เป็นต้น ข้อมูลเหล่านี้จัดเป็นข้อมูลแบบข้อความ แต่ในกรณีที่ต้องการเรียกดูรูปคลื่นแรงดันและกระแส (Voltage and Current Waveform) ที่ถูกบันทึกเมื่อเกิดแรงดันต่ำเกิน (Voltage Dip) หรือสภาวะชั่วคราว (Transient) ผู้ใช้งานจะไม่สามารถกระทำได้ทันที เพราะรูปคลื่นในตาราง SagSwellTable และ TransientTable มีการเข้ารหัสให้เป็นไบนารี (Binary) หรือเลขฐาน 16 (Heximal) ดังนั้นหากถอดรหัสข้อมูลให้ถูกต้องก็สามารถอ่านค่าได้ นำมาวาดกราฟได้ ซึ่งข้อมูลในส่วนนี้จัดเป็นข้อมูลแบบภาพลักษณ์ การถอดรหัสข้อมูลรูปคลื่นถือว่าเป็นส่วนที่ยากที่สุด เพราะเป็นขั้นตอนความลับและไม่ได้ระบุในคู่มือการใช้งาน

ตารางที่ 7 รายชื่อตารางและรายละเอียดที่บันทึกในฐานข้อมูล PQSecure

ลำดับ	ชื่อตาราง	คำอธิบาย
1	CVTable	ค่าแรงดันและกระแสไฟฟ้า
2	EN 50160_HarmonicsTable	ค่ามาตรฐานของฮาร์มอนิกตาม EN 50160
3	EN 50160_ValueTable	ค่ามาตรฐานของแรงดันตาม EN 50160
4	EventTable	เหตุการณ์ผิดปกติรวม
5	FrequencyTable	ความถี่
6	HarmonicsPhaseI1	มุมของกระแสฮาร์มอนิกเฟส1 อันดับ 1-50
7	HarmonicsPhaseI2	มุมของกระแสฮาร์มอนิกเฟส2 อันดับ 1-50
8	HarmonicsPhaseI3	มุมของกระแสฮาร์มอนิกเฟส3 อันดับ 1-50
9	HarmonicsPhaseI4	มุมของกระแสฮาร์มอนิกเฟส4 อันดับ 1-50

ตารางที่ 7 (ต่อ)

ลำดับ	ชื่อตาราง	คำอธิบาย
10	HarmonicsPhaseU1	มุมของแรงดันฮาร์โมนิกเฟส1 อันดับ 1-50
11	HarmonicsPhaseU2	มุมของแรงดันฮาร์โมนิกเฟส2 อันดับ 1-50
12	HarmonicsPhaseU3	มุมของแรงดันฮาร์โมนิกเฟส3 อันดับ 1-50
13	HarmonicsPhaseU4	มุมของแรงดันฮาร์โมนิกเฟส4 อันดับ 1-50
14	HarmonicsTHD	ผลรวมความผิดเพี้ยนฮาร์โมนิก
15	HarmonicsUI1	ขนาดแรงดันและกระแสฮาร์โมนิกเฟส1 อันดับ 1-50
16	HarmonicsUI2	ขนาดแรงดันและกระแสฮาร์โมนิกเฟส2 อันดับ 1-50
17	HarmonicsUI3	ขนาดแรงดันและกระแสฮาร์โมนิกเฟส3 อันดับ 1-50
18	HarmonicsUI4	ขนาดแรงดันและกระแสฮาร์โมนิกเฟส4 อันดับ 1-50
19	LanguageTable	ภาษาที่ใช้แสดงผล
20	LanguageTextTable	ตัวอักษรของภาษาที่ใช้แสดงผล
21	License	สิทธิการอนุญาตใช้งานของเครื่องตรวจวัด
22	MeasureTable	รายละเอียดเครื่องตรวจวัดและจุดติดตั้ง
23	PLTTable	ครรชนีแรงดันกระแสเพื่อมช่วงยาว
24	PortTable	ช่องทางการเชื่อมต่อ
25	PowerHarmonics1	กำลังฮาร์โมนิกเฟส1 อันดับ 1-50
26	PowerHarmonics2	กำลังฮาร์โมนิกเฟส2 อันดับ 1-50
27	PowerHarmonics3	กำลังฮาร์โมนิกเฟส3 อันดับ 1-50
28	PowerHarmonicsTotal	ผลรวมกำลังฮาร์โมนิกเฟสทั้ง 3 เฟส อันดับ 1-50
29	PowerTable	กำลังไฟฟ้า
30	PSTTable	ครรชนีแรงดันกระแสเพื่อมช่วงสั้น
31	RecTable	ค่าบันทึก
32	Registry	ทะเบียน
33	ReportLimits	ค่าขีดจำกัดในส่วน of รายงาน
34	Reports	รายละเอียดรายงาน
35	ReportTypes	ประเภทของรายงาน

ตารางที่ 7 (ต่อ)

ลำดับ	ชื่อตาราง	คำอธิบาย
36	ReportValues	ค่าของรายงาน
37	ReportValuesHarmonics	รายละเอียดรายงานที่เป็นฮาร์มอนิก
38	SagSwellTable	แรงดันต่ำ/สูงเกินชั่วขณะ (รูปคลื่น)
39	ScheduleTable	ตารางรายการ
40	SettingsTable	ค่าปรับตั้ง
41	SignallingTable	สัญญาณความผิดปกติ
42	TransientTable	แรงดันเกินชั่วครู่ (รูปคลื่น)
43	UserTable	ผู้มีสิทธิใช้งานฐานข้อมูล
44	Vlicense	สิทธิการอนุญาต
45	Weboptions	รายละเอียดสำหรับเว็บ
46	WindowMeterTable	ฟังก์ชันการแสดงผล
47	WindowTable	รายชื่อผู้ใช้งาน

ที่มา : ตฤณ (2550)

จากตารางที่ 7 หากพิจารณาเฉพาะข้อมูลคุณภาพกำลังไฟฟ้าตามมาตรฐาน EN 50160 พบว่า มีเพียง 14 ตารางเท่านั้น ที่สามารถนำไปรวมกับฐานข้อมูล PQPEA ซึ่งได้แก่ ตาราง “CVTable” ตาราง “EventTable” ตาราง “FrequencyTable” ตาราง “HarmonicsPhaseI” ตาราง “HarmonicsPhaseU” ตาราง “HarmonicTHD” ตาราง “HarmonicUI” ตาราง “MeasureTable” ตาราง “PowerTable” ตาราง “PLTTable” ตาราง “PSTTable” ตาราง “PowerHarmonics” ตาราง “SagSwellTable” และตาราง “TransientTable” ส่วนอีก 33 ตารางที่เหลือเป็นข้อมูลเสริมสำหรับการปฏิบัติงานภายในสำหรับซอฟต์แวร์ PQSecureSQL เมื่อทราบชนิดของข้อมูลที่บันทึกในแต่ละตารางแล้ว สามารถกำหนดชุดคำสั่ง SQL เพื่อการเรียกดูข้อมูล ประกอบด้วย 76 ชุดคำสั่งดังนี้

1) ความถี่สูงสุด :

```
SELECT StartTime, FMax FROM FrequencyTable
```

2) ความถี่ต่ำสุด :

SELECT StartTime, FMin FROM FrequencyTable

3) ความถี่เฉลี่ย :

SELECT StartTime, FAvg FROM FrequencyTable

4) กระแสเป็นกลางสูงสุด :

SELECT StartTime, INMax FROM CVTable

5) กระแสเป็นกลางต่ำสุด :

SELECT StartTime, INMin FROM CVTable

6) กระแสเป็นกลางเฉลี่ย :

SELECT StartTime, INAvg FROM CVTable

7) กระแสเฟส 1 สูงสุด :

SELECT StartTime, I1Max FROM CVTable

8) กระแสเฟส 1 ต่ำสุด :

SELECT StartTime, I1Min FROM CVTable

9) กระแสเฟส 1 เฉลี่ย :

SELECT StartTime, I1Avg FROM CVTable

10) กระแสเฟส 2 สูงสุด :

SELECT StartTime, I2Max FROM CVTable

11) กระแสเฟส 2 ต่ำสุด :

SELECT StartTime, I2Min FROM CVTable

12) กระแสเฟส 2 เฉลี่ย :

SELECT StartTime, I2Avg FROM CVTable

13) กระแสเฟส 3 สูงสุด :

SELECT StartTime, I3Max FROM CVTable

14) กระแสเฟส 3 ต่ำสุด :

SELECT StartTime, I3Min FROM CVTable

15) กระแสเฟส 3 เฉลี่ย :

SELECT StartTime, I3Avg FROM CVTable

16) ค่าตัวประกอบกระแสเฟส 1 :

SELECT StartTime, K_I1 FROM HarmonicsTHD

17) ผลรวมความเพี้ยนกระแสฮาร์โมนิกเฟส 1 :

SELECT StartTime, THDF_I1 FROM HarmonicsTHD

18) ค่าตัวประกอบกระแสเฟส 2 :

SELECT StartTime, K_I2 FROM HarmonicsTHD

19) ผลรวมความเพี้ยนกระแสฮาร์มอนิกเฟส 2 :

SELECT StartTime, THDF_I2 FROM HarmonicsTHD

20) ค่าตัวประกอบกระแสเฟส 3 :

SELECT StartTime, K_I3 FROM HarmonicsTHD

21) ผลรวมความเพี้ยนกระแสฮาร์มอนิกเฟส 3 :

SELECT StartTime, THDF_I3 FROM HarmonicsTHD

22) ผลรวมกำลังไฟฟ้าปรากฏ :

SELECT StartTime, STotAvg FROM PowerTable

23) ผลรวมกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟ :

SELECT StartTime, QTotAvg FROM PowerTable

24) ผลรวมกำลังไฟฟ้าจริง :

SELECT StartTime, PTotAvg FROM PowerTable

25) แฟกเตอร์กำลัง :

SELECT StartTime, PFTotAvg FROM PowerTable

26) แรงดันเฟส 1 สูงสุด :

SELECT StartTime, U1Max FROM CVTable

27) แรงดันเฟส 1 ต่ำสุด :

SELECT StartTime, U1Min FROM CVTable

28) แรงดันเฟส 1 เฉลี่ย :

SELECT StartTime, U1Avg FROM CVTable

29) แรงดันฮาร์มอนิกอันดับคู่เฟส 1 :

SELECT StartTime, THDEVEN_U1 FROM HarmonicsTHD

30) ผลรวมความเพี้ยนแรงดันฮาร์มอนิกเฟส 1 :

SELECT StartTime, THDF_U1 FROM HarmonicsTHD

31) แรงดันฮาร์มอนิกอันดับคี่เฟส 1 :

SELECT StartTime, THDODD_U1 FROM HarmonicsTHD

32) แรงดันเฟส 2 สูงสุด :

SELECT StartTime, U2Max FROM CVTable

33) แรงดันเฟส 2 ต่ำสุด :

SELECT StartTime, U2Min FROM CVTable

34) แรงดันเฟส 2 เฉลี่ย :

SELECT StartTime, U2Avg FROM CVTable

35) แรงดันฮาร์โมนิกอันดับคู่เฟส 2 :

SELECT StartTime, THDEVEN_U2 FROM HarmonicsTHD

36) ผลรวมความเพี้ยนแรงดันฮาร์โมนิกเฟส 2 :

SELECT StartTime, THDF_U2 FROM HarmonicsTHD

37) แรงดันฮาร์โมนิกอันดับคี่เฟส 2 :

SELECT StartTime, THDODD_U2 FROM HarmonicsTHD

38) แรงดันเฟส 3 สูงสุด :

SELECT StartTime, U3Max FROM CVTable

39) แรงดันเฟส 3 ต่ำสุด :

SELECT StartTime, U3Min FROM CVTable

40) แรงดันเฟส 3 เฉลี่ย :

SELECT StartTime, U3Avg FROM CVTable

41) แรงดันฮาร์โมนิกอันดับคู่เฟส 3 :

SELECT StartTime, THDEVEN_U3 FROM HarmonicsTHD

42) ผลรวมความเพี้ยนแรงดันฮาร์โมนิกเฟส 3 :

SELECT StartTime, THDF_U3 FROM HarmonicsTHD

43) แรงดันฮาร์โมนิกอันดับคี่เฟส 3 :

SELECT StartTime, THDODD_U3 FROM HarmonicsTHD

44) แรงดันไม่สมดุล :

SELECT StartTime, UB FROM CVTable

45) ครรชนีไฟกระพริบช่วงยาวเฟส 1 :

SELECT StartTime, PLT1 FROM PLTTable

46) ครรชนีไฟกระพริบช่วงสั้นเฟส 1 :

SELECT StartTime, PST1 FROM PSTTable

47) ครรชนีไฟกระพริบช่วงยาวเฟส 2 :

SELECT StartTime, PLT2 FROM PLTTable

48) ตรวจจับไฟกระพริบช่วงสั้นเฟส 2 :

SELECT StartTime, PST2 FROM PSTTable

49) ตรวจจับไฟกระพริบช่วงยาวเฟส 3 :

SELECT StartTime, PLT3 FROM PLTTable

50) ตรวจจับไฟกระพริบช่วงสั้นเฟส 3 :

SELECT StartTime, PST3 FROM PSTTable

51) แรงดันเฟส 12 สูงสุด :

SELECT StartTime, U12Max FROM CVTable

52) แรงดันเฟส 12 ต่ำสุด :

SELECT StartTime, U12Min FROM CVTable

53) แรงดันเฟส 12 เฉลี่ย :

SELECT StartTime, U12Avg FROM CVTable

54) แรงดันเฟส 23 สูงสุด :

SELECT StartTime, U23Max FROM CVTable

55) แรงดันเฟส 23 ต่ำสุด :

SELECT StartTime, U23Min FROM CVTable

56) แรงดันเฟส 23 เฉลี่ย :

SELECT StartTime, U23Avg FROM CVTable

57) แรงดันเฟส 31 สูงสุด :

SELECT StartTime, U31Max FROM CVTable

58) แรงดันเฟส 31 ต่ำสุด :

SELECT StartTime, U31Min FROM CVTable

59) แรงดันเฟส 31 เฉลี่ย :

SELECT StartTime, U31Avg FROM CVTable

60) เหตุการณ์แรงดันแปรปรวน :

SELECT Time, EventData1 AS Phase, EventData3 * 100 / EventData4 AS Voltage,
EventData2 AS Duration FROM EventTable

61) รูปคลื่นแรงดันเฟส 1 จากตาราง SagSwellTable :

SELECT StartTime, TrigPhase, UW2R, U1 FROM SagSwellTable

62) รูปคลื่นแรงดันเฟส 2 จากตาราง SagSwellTable :

```
SELECT StartTime, TrigPhase , UW2R , U2 FROM SagSwellTable
```

63) รูปคลื่นแรงดันเฟส 3 จากตาราง SagSwellTable :

```
SELECT StartTime, TrigPhase , UW2R , U3 FROM SagSwellTable
```

64) รูปคลื่นแรงดันเฟส 4 จากตาราง SagSwellTable :

```
SELECT StartTime, TrigPhase , UW2R , U4 FROM SagSwellTable
```

65) รูปคลื่นกระแสเฟส 1 จากตาราง SagSwellTable :

```
SELECT StartTime, TrigPhase , IW2R , I1 FROM SagSwellTable
```

66) รูปคลื่นกระแสเฟส 2 จากตาราง SagSwellTable :

```
SELECT StartTime, TrigPhase , IW2R , I2 FROM SagSwellTable
```

67) รูปคลื่นกระแสเฟส 3 จากตาราง SagSwellTable :

```
SELECT StartTime, TrigPhase , IW2R , I3 FROM SagSwellTable
```

68) รูปคลื่นกระแสเฟส 4 จากตาราง SagSwellTable:

```
SELECT StartTime, TrigPhase , IW2R , I4 FROM SagSwellTable
```

69) รูปคลื่นแรงดันเฟส 1 จากตาราง TransientTable :

```
SELECT StartTime, TrigPhase , UW2R , U1 FROM TransientTable
```

70) รูปคลื่นแรงดันเฟส 2 จากตาราง TransientTable :

```
SELECT StartTime, TrigPhase , UW2R , U2 FROM TransientTable
```

71) รูปคลื่นแรงดันเฟส 3 จากตาราง TransientTable :

```
SELECT StartTime, TrigPhase , UW2R , U3 FROM TransientTable
```

72) รูปคลื่นแรงดันเฟส 4 จากตาราง TransientTable :

```
SELECT StartTime, TrigPhase , UW2R , U4 FROM TransientTable
```

73) รูปคลื่นกระแสเฟส 1 จากตาราง TransientTable :

```
SELECT StartTime, TrigPhase , IW2R , I1 FROM TransientTable
```

74) รูปคลื่นกระแสเฟส 2 จากตาราง TransientTable :

```
SELECT StartTime, TrigPhase , IW2R , I2 FROM TransientTable
```

75) รูปคลื่นกระแสเฟส 3 จากตาราง TransientTable :

```
SELECT StartTime, TrigPhase , IW2R , I3 FROM TransientTable
```

76) รูปคลื่นกระแสเฟส 4 จากตาราง TransientTable:

```
SELECT StartTime, TrigPhase , IW2R , I4 FROM TransientTable
```


เมื่อนำไปประมวลผลด้วย “Microsoft Query Analyzer” สามารถให้ผลลัพธ์ในรูปแบบตาราง และผลลัพธ์ของชุดคำสั่งที่ 1 ถึง 60 เป็นข้อมูลแบบข้อความ ตัวอย่างภาพที่ 14 ส่วนผลลัพธ์ของชุดคำสั่งที่ 61 ถึง 76 เป็นข้อมูลแบบภาพลักษณ์ ตัวอย่างภาพที่ 15

StartTime	FAvg	FMin	FMax
01/15/2008 6:50:00 AM	50.004998	49.91999888	50.06499888
01/15/2008 7:00:00 AM	50.034998	49.98999888	50.06499888
01/15/2008 7:10:00 AM	50.024998	49.98499888	50.06499888
01/15/2008 7:20:00 AM	50.014998	49.91999888	50.07999888
01/15/2008 7:30:00 AM	50.009998	49.92999888	50.13499887
01/15/2008 7:40:00 AM	49.999998	49.94499888	50.06499888
01/15/2008 7:50:00 AM	50.034998	49.95999888	50.06999888
01/15/2008 8:00:00 AM	50.044998	49.95999888	50.10999887
01/15/2008 8:10:00 AM	49.984998	49.89999888	50.10999887

ภาพที่ 14 ตัวอย่างข้อมูลแบบข้อความ (Text) อักขระ วันที่และตัวเลขทศนิยม

	U1	U2	U3	U4
1	0x0508050805080408060...	0x0D080A080A080B080808...	0x0608050805080708...	0x0B000B000B
2	0x1108130812081208120...	0x13081408140813081408...	0x1008120812081108...	0x0A000A000B
3	0xF607F507F407F307F40...	0xF707F707F807F707F707...	0xFA07F907FA07FA07...	0x0C000C000C
4	0xEE07EE07EE07EE07EE0...	0xF107F407F407F107F107...	0xF107F407F507F107...	0x0A000A000B
5	0xD307D407D707D507D50...	0xD607D507D507D707D607...	0xD807D807D807D807...	0x0B000B000B
6	0x0308030802080308040...	0x09080708080808080708...	0x0908060805080608...	0x0B000B000C

ภาพที่ 15 ตัวอย่างข้อมูลแบบภาพลักษณ์

ข้อมูลที่เป็นแบบข้อความ (ภาพที่ 14) นั้นผู้ใช้งานสามารถเข้าใจได้โดยไม่ต้องแปลความหมายเพราะเป็นตัวหนังสือปกติ เช่น วันที่ 15 มกราคม 2551 เวลา 6:50 น. จะมีค่าความถี่สูงสุด ต่ำสุด และเฉลี่ย เท่ากับ 50.00, 49.92 และ 50.06 เสิร์ช ตามลำดับ ส่วนข้อมูลที่เป็นแบบภาพลักษณ์ (ภาพที่ 15) นั้นผู้ใช้งานไม่สามารถเข้าใจได้ทันที เนื่องจากเป็นตัวเลขฐาน 16 ต้องผ่านการแปลงรหัสข้อมูล ข้อมูลประเภทนี้จะขึ้นต้นด้วยสัญลักษณ์ “0x” มีความยาว 1,000 อักขระเท่ากันทุกๆระเบียน ใช้เป็นตัวแทนข้อมูล 250 ชุด (4 อักขระแทนข้อมูล 1 ชุด) ทั้งแรงดันและกระแสมีรูปแบบเดียวกัน ในภาพที่ 16 แสดงประเภทข้อมูล (Data Type) ของ U1-U4 และ I1-U4 ที่เป็นรูปแบบภาพลักษณ์ (Image) ใช้หน่วยความจำขนาด 16 ไบต์ สำหรับเขตข้อมูล เมื่อถอดรหัสแล้วจะสามารถอ่านค่าได้ ตามตัวอย่างที่ 1

Columns:						
Key	ID	Name	Data Type	Size[...]	Nulls	Default
	U1		image	16	☒	
	U2		image	16	☒	
	U3		image	16	☒	
	U4		image	16	☒	
	I1		image	16	☒	
	I2		image	16	☒	
	I3		image	16	☒	

ภาพที่ 16 แสดงชนิดของข้อมูล (ภาพลักษณ์) U1-U4 และ I1-I4 ขนาด 16 ไบต์

ตัวอย่างที่ 1 การอ่านค่าแรงดันเฟส 1 ของฐานข้อมูล PQSecure

กำหนดให้ ตัวคูณ (Scale) แรงดัน $UW2R = 32.99831008$ และข้อมูล

U1=

0x**0508050805080408**0608070805080708F9074507730665065906570665066506B0066407D00
 7D307E307E807EB07EC07F507F907FA07FE07030806080508070809080C080C080F0810080
 F0813081608150816081608170816081508160816081408130811080D080E080F080E080E080
 D080A080D080E080F0811080**F08**....

ข้อมูลมีความยาว 1,000 อักขระ สามารถแบ่งได้ 250 ชุด (4 อักขระแทนข้อมูล 1 ชุด)

ชุดที่ 1 : 0508 = $(05 + 256 \times 08) \times UW2R = 2053 \times 32.99831008 = 67745.53 \text{ V}$

ชุดที่ 2 : 0508 = $(05 + 256 \times 08) \times UW2R = 2053 \times 32.99831008 = 67745.53 \text{ V}$

ชุดที่ 3 : 0508 = $(05 + 256 \times 08) \times UW2R = 2053 \times 32.99831008 = 67745.53 \text{ V}$

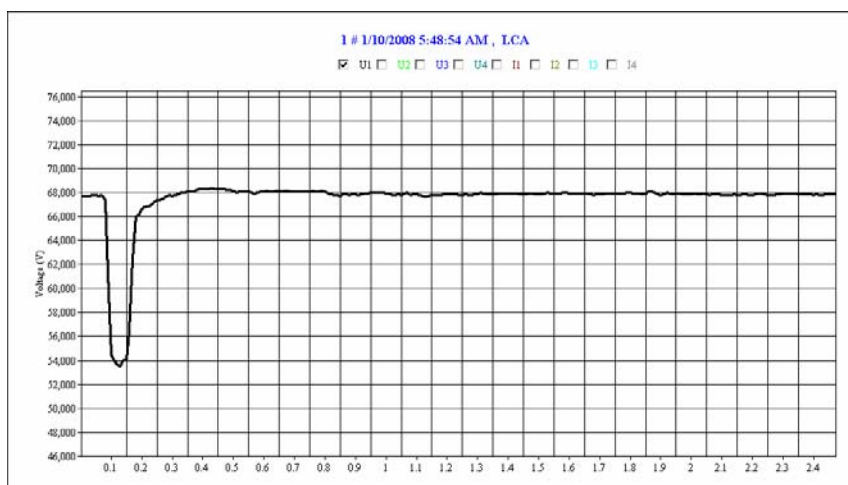
ชุดที่ 4 : 0408 = $(04 + 256 \times 08) \times UW2R = 2052 \times 32.99831008 = 67712.53 \text{ V}$

....

ชุดที่ 200 : F080 = $(240 + 256 \times 08) \times UW2R = 20720 \times 32.99831008 = 68042.52 \text{ V}$

....

เมื่อนำไปวาดกราฟคู่อันดับจะได้ดังภาพที่ 17



ภาพที่ 17 ตัวอย่างรูปคลื่นอาร์เอ็มเอสแรงดันที่ได้จาก PQSecure

สำหรับรูปคลื่นกระแสก็ใช้วิธีเดียวกัน สรุปได้ว่าโครงสร้างการจัดเก็บข้อมูลของ PQSecure เป็นแบบลำดับชั้น ข้อมูลคุณภาพกำลังไฟฟ้ามีการแยกประเภทกันอย่างชัดเจน (แยกตาราง) ข้อดีคือ ผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงข้อมูลได้ง่าย เหมาะสำหรับผู้ที่มีความรู้ด้านภาษา SQL ขั้นพื้นฐาน แต่ข้อเสียก็คือ มีตารางลูกเป็นจำนวนมาก จึงยากต่อการบริหารจัดการ เพราะต้องใช้ชุดคำสั่งซ้อนกันหลายชั้น เช่น หากต้องการเรียกดูข้อมูลคุณภาพกำลังไฟฟ้าทุกประเภท ภายใต้งานเวลาเดียวกันนั้น จะต้องใช้ชุดคำสั่ง INNER JOIN ถึง 14 ชั้น เพื่อเชื่อมโยงข้อมูลทั้ง 14 ตาราง เป็นอุปสรรคต่อการประยุกต์ขั้นสูง ความเร็วในการประมวลผลมีค่าต่ำ

3.2 เครื่องมือวัดคุณภาพกำลังไฟฟ้าผลิตภัณฑ์ PML รุ่น ION7650



ภาพที่ 18 เครื่องมือวัดคุณภาพกำลังไฟฟ้าผลิตภัณฑ์ PML รุ่น ION7650

ข้อกำหนดรายละเอียดทั่วไป

1. เป็นแบบติดตั้งกับที่
2. สามารถวัดข้อมูลในระบบไฟฟ้ากระแสสลับได้ทั้งแบบ 1 เฟส (ทั้งระบบ 2 สายและ 3 สาย) และ 3 เฟส (ทั้งระบบ 3 สายและ 4 สาย)
3. มีช่อง (Channel) วัดสัญญาณแรงดัน 4 ช่อง และวัดสัญญาณกระแส 5 ช่อง โดยแต่ละช่องเป็นอิสระซึ่งกันและกันอย่างสมบูรณ์
4. มีหน่วยความจำในการเก็บข้อมูล 10 เมกะไบต์ รักษาข้อมูลขณะที่ไฟฟ้าดับได้
5. การสื่อสารมีโมเด็มภายใน (Modem), พอร์ตใยแก้วนำแสง (ANSI Optical Port), โพรโตคอล Modbus Master, โพรโตคอล Modbus RTU, โพรโตคอล Modbus TCP, โพรโตคอล DNP 3.00, โพรโตคอล ModemGate (modern to RS-485 gateway), โพรโตคอล EtherGate (Ethernet to RS-485 gateway)
6. ใช้กับแหล่งจ่ายไฟ (Power Supply) 1 เฟส 85-240 VAC , 47-63 เฮิร์ตซ์ หรือ 110 – 330 VDC
7. ใช้งานได้ดีในสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิ -20°C ถึง 70°C
8. ใช้งานได้ดีในสภาพแวดล้อมที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูงถึง 90 %

ข้อกำหนดรายละเอียดเฉพาะทาง

ทำการตรวจวัดแรงดัน กระแส และความถี่ เพื่อวิเคราะห์คุณลักษณะคุณภาพกำลังไฟฟ้า

1. แรงดัน → การเปลี่ยนแปลงระดับแรงดัน (Voltage Regulation)
 - แรงดันต่ำ (Undervoltage)
 - แรงดันเกิน (Overvoltage)
 - แรงดันไม่สมดุล (Voltage Unbalance)
 - แรงดันฮาร์โมนิก (Harmonic Voltage)
 - แรงดันรอยบาก (Voltage Notching)
 - แรงดันกระเพื่อม (Voltage Fluctuation)
2. กระแส → กระแสฮาร์โมนิก (Harmonic Current)
3. ความถี่ → การเปลี่ยนแปลงความถี่ (Frequency Variation)
4. แรงดันและกระแส → กำลังและพลังงานไฟฟ้า (Power and Energy Flow)

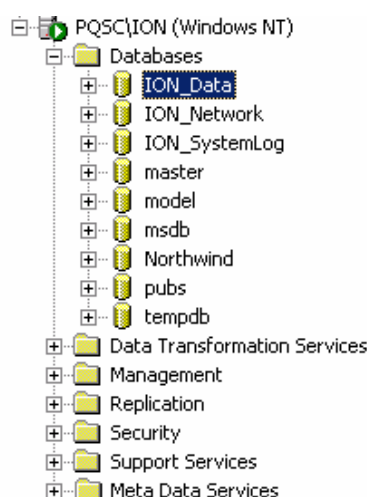
5. วัดแรงดันได้สูงถึง 347 โวลต์
6. วัดกระแสได้สูงถึง 1,000 แอมแปร์ โดยใช้หม้อแปลงกระแส (Current Transformer)
7. วัดความถี่ได้ในช่วง 50 เฮิร์ตซ์ $\pm$ 5 เฮิร์ตซ์
8. อัตราการสุ่มสัญญาณ (Sampling Rate) 512 Samples / Cycle / Channel
9. ความคมชัด (Resolution) : 16 บิต A/D Converter (512 Samples / Cycle)
10. ความถูกต้อง (Accuracy) : $\pm$ (1.0 % of Reading + 0.5 % of Full Scale)
11. หม้อแปลงกระแสที่ใช้วัดกระแสเป็นชนิดค่าความถูกต้องคลาส 1
12. ช่วงเวลาในการตรวจวัดข้อมูลเพื่อหาค่าเฉลี่ย 1 ครั้ง รายการเวลาที่ใช้
 - a) การเปลี่ยนแปลงระดับแรงดัน 10 นาที
 - b) แรงดันต่ำ 10 นาที
 - c) แรงดันเกิน 10 นาที
 - d) แรงดันไม่สมดุล 10 นาที
 - e) แรงดันฮาร์มอนิก 10 นาที
 - f) แรงดันรบกวน NA
 - g) แรงดันกระเพื่อม PSt = 10 นาที และ PLt = 2 ชั่วโมง
 - h) กระแสฮาร์มอนิก 10 นาที
 - i) ความถี่แปรปรวน 10 วินาที
13. การวัดแรงดันไม่สมดุลให้ใช้ อัตราส่วนระหว่างส่วนประกอบด้านลบต่อส่วนประกอบด้านบวก (Negative to Positive Component Ratio)
14. การวัดแรงดันฮาร์มอนิกและกระแสฮาร์มอนิก ถึงอันดับที่ 63 ที่ความถี่มูลฐาน 50 เฮิร์ตซ์ โดยสามารถตรวจจับและบันทึกรูปคลื่นในจังหวะที่ต้องการได้ เพื่อวิเคราะห์หาสเปกตรัมของฮาร์มอนิก (Harmonic Spectrum) ทั้งขนาดและมุมเฟสได้ สามารถแยกขนาดของฮาร์มอนิกแต่ละอันดับออกมาเพื่อการเปลี่ยนแปลงทางเวลาได้ สามารถหาค่าความผิดเพี้ยน (Total Harmonic Distortion, THD) เทียบกับเวลาได้
15. การวัดแรงดันกระเพื่อม ให้วัดตามวิธีการที่ระบุในมาตรฐาน IEC 61000-4-15 และ IEC 868 สามารถตรวจวัดข้อมูลเกี่ยวกับกำลังและพลังงานไฟฟ้าได้ ดังต่อไปนี้
 - a) กำลังไฟฟ้าจริง (Active Power)
 - b) กำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟ (Reactive Power)
 - c) กำลังไฟฟ้าปรากฏ (Apparent Power)
 - d) แฟกเตอร์กำลังจริง (True Power Factor, PF)

- e) แฟกเตอร์กำลัง (Displacement Power Factor,DPF)
- f) พลังงานจริง (Active Energy)
- g) พลังงานในหน่วย kVARh
- h) พลังงานในหน่วย kVAh
- i) อื่น ๆ

16. แสดงความสัมพันธ์ของแรงดันและกระแสในรูปของแผนภาพเฟสเซอร์ (Phasor Diagram) ได้

รายละเอียดฐานข้อมูล

ระบบฐานข้อมูลของเครื่องตรวจวัด PML รุ่น ION7650 มีชื่อว่า “ION_Data” ปัจจุบันอยู่ที่รุ่น 5.0 ปฏิบัติร่วมกับ Microsoft SQL Server (ภาพที่ 19) เครื่องตรวจวัดชนิดนี้มีความแตกต่างไปจาก U902 เพราะเครื่องตรวจวัดของ PML ได้จัดทำการสื่อสารเป็นระบบเครือข่ายครบวงจร ข้อมูลจากเครื่องตรวจวัดจะถูกส่งไปบันทึกที่ ION_Data แบบอัตโนมัติ ข้อดีของวิธีนี้ก็คือ จะไม่เกิดการเขียนข้อมูลทับในกรณีที่หน่วยความจำเต็ม และสามารถตรวจวัดได้เป็นเวลานาน (ตามขนาดพื้นที่หน่วยความจำของเครื่องคอมพิวเตอร์)



ภาพที่ 19 ฐานข้อมูล ION_Data ของเครื่องตรวจวัดผลิตภัณฑ์ PML รุ่น ION7650
ที่มา : ตฤณ (2550)

ขั้นตอนการกระทำกับข้อมูลแบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลักๆ ส่วนแรกคือ การสำรองข้อมูล (Archive) ION_Data จากเครื่องคอมพิวเตอร์ย่อย เพื่อนำไปใช้กับเครื่องคอมพิวเตอร์อื่น ด้วยซอฟต์แวร์ “ION Database Manager” ผลลัพธ์ที่ได้คือฐานข้อมูลย่อยๆรายเดือน ส่วนที่สองคือ การนำข้อมูลเข้าสู่คอมพิวเตอร์หลัก (Main Server) ใน Microsoft SQL Server เรียกว่าวิธีผูกติด (Attachment) ด้วยซอฟต์แวร์ “ION Database Manager” เช่นเดียวกัน และส่วนที่สามคือ การแสดงผล ด้วย ION_Data ด้วยซอฟต์แวร์ “ION Vista” ที่สามารถแสดงภาพรวมเหตุการณ์ไฟฟ้า ชัดข้อ รูปคลื่นขณะเกิดแรงดันต่ำเกินแบบสัญญาณชาชน ค่าคำนวณทางสถิติ ค่าครรชนี รวมถึงการจัดทำรายงานในรูปแบบ Microsoft Excel ด้านความปลอดภัยซอฟต์แวร์ ION Database Manager จัดได้ว่ามีความปลอดภัยขั้นปานกลาง คือ ยินยอมให้ผู้ใช้งานสามารถคัดลอกหรือสำรองข้อมูลได้ ในขณะที่ PQSecure มีความปลอดภัยขั้นสูง

สรุปรายชื่อซอฟต์แวร์ที่ใช้งานกับ ION_Data

1. ION Designer สำหรับการออกแบบและปรับตั้งค่าการตรวจวัด
2. ION Database Manager สำหรับการสำรองหรือนำเข้าข้อมูล
3. ION Vista สำหรับการแสดงผล
4. ION Reporter สำหรับการจัดทำรายงานทั้งแบบปกติและแบบอัตโนมัติ

ด้านสถาปัตยกรรมฐานข้อมูล ION_Data ประกอบไปด้วย 19 ตาราง มีโครงสร้างฐานข้อมูลเป็นแบบสัมพันธ์ จากการศึกษพบว่าตารางที่อยู่ชั้นบนสุด คือ ตาราง Source ที่จัดเก็บรายละเอียดเครื่องตรวจวัดและจุดติดตั้ง และตารางที่อยู่ชั้นล่างสุดที่สำคัญ ได้แก่ ตาราง DataLog

ข้อมูลที่ปรากฏใน ION_Data ประกอบไปด้วยข้อมูลเพียง 2 แบบ คือ ข้อมูลแบบข้อความ (บันทึกอักษร/ตัวเลข) และข้อมูลแบบภาพลักษณ์ (บันทึกรูปคลื่นแรงดันและกระแส) เช่นเดียวกับ PQSecure

ด้วยโครงสร้างการจัดเก็บที่กะทัดรัด ข้อมูลคุณภาพกำลังไฟฟ้าที่เป็นตัวเลขทั้งหมด ได้ถูกออกแบบให้จัดเก็บไว้ในตาราง DataLog และข้อมูลรูปคลื่นทั้งหมดได้ถูกออกแบบให้จัดเก็บไว้ในตาราง WaveformLog

การจัดเก็บด้วยวิธีนี้ พบว่ามีตารางข้อมูลสำคัญเพียง 2 ตาราง คือ ตาราง DataLog และ ตาราง WaveformLog การจัดการข้อมูลจึงทำได้ง่ายกว่าการมีหลายๆตาราง (PQSecure มีตารางสำคัญ 14 ตาราง) อย่างไรก็ตาม ผู้ที่จะนำข้อมูลออกมาใช้งาน ก็จำเป็นต้องมีความรู้ด้านระบบฐานข้อมูลด้วย เพราะฐานข้อมูลไม่ได้แยกกันอย่างชัดเจน อาจเป็นปัญหา เมื่อต้องการนำข้อมูลออกด้วยวิธีจัดการด้วยตนเอง (Manual)

รูปคลื่นแรงดันและกระแสสำหรับฐานข้อมูล ION_Data ก็มีวิธีการจัดเก็บเช่นเดียวกับฐานข้อมูล PQSecure คือ มีการเข้ารหัสให้เป็นไบนารีหรือเลขฐาน 16 และใช้วิธีการถอดรหัสเหมือนกัน คือ 4 อักขระแทนข้อมูล 1 ชุด (ข้อสังเกต รูปคลื่นของ ION_Data มีลักษณะเป็นสัญญาณชายน์ คือ มีค่าส่วนบวกและค่าส่วนลบ ซึ่งจะแตกต่างจาก PQSecure ที่มีเฉพาะข้อมูลด้านบวก)

จากการศึกษาพบว่า ข้อมูลรูปคลื่นทั้งหมดจะถูกแทนด้วยค่า 00(Hex) ถึง FF(Hex) รวม 255 ค่า จุดแบ่งกึ่งกลางของข้อมูล คือค่าที่ 7F(Hex) หรือ 127(Dec) โดยค่าส่วนบวกจะอยู่ระหว่าง 0 ถึง 7F(Hex) และค่าส่วนลบจะอยู่ระหว่าง 80(Hex) ถึง FF(Hex)

เมื่อถอดรหัสข้อมูลในส่วนบวกแล้วจะได้ค่าที่ถูกต้อง เพราะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 127 แต่สำหรับข้อมูลในส่วนลบจำเป็นต้องปรับค่าใหม่ด้วยการลบด้วยตัวเลข 255 จึงจะได้ค่าสัญญาณชายน์ที่ถูกต้อง

จะเห็นได้ว่ารูปคลื่นของ PQSecure และ ION_Data มีทั้งส่วนที่เหมือนกันคือ 4 อักขระแทนข้อมูล 1 ชุด และส่วนที่ต่างกันคือ การแบ่งค่าส่วนบวกและค่าส่วนลบ ดังนั้นการนำไปใช้งานจึงต้องตีความหมายและถอดรหัสให้ถูกต้องด้วย

ตารางที่ 8 รายชื่อตารางและรายละเอียดที่บันทึกในฐานข้อมูล ION_Data

ลำดับ	ชื่อตาราง	คำอธิบาย
1	Channel	ข้อความหรือสัญลักษณ์
2	DataLog	ค่าขนาดคุณภาพกำลังไฟฟ้าทุกชนิด
3	DataLogStamp	เวลา : วัน/เดือน/ปี
4	DefaultLabelQuantity	ข้อความขยายคุณลักษณะ

ตารางที่ 8 (ต่อ)

ลำดับ	ชื่อตาราง	คำอธิบาย
5	Device	อุปกรณ์
6	EventAcknowledgement	เหตุการณ์ส่วนขยาย
7	EventLog	เหตุการณ์แรงดันแปรปรวน
8	EventString	ข้อความของตาราง EventLog
9	Namespace	ชื่อของคอมพิวเตอร์
10	PhaseLabelType	ประเภทการจัดเรียง
11	Quantity	ข้อความของตาราง DataLog
12	Recorder	ข้อความของเหตุการณ์
13	RecorderState	เวลาที่มีการเกิดเหตุการณ์
14	Registry	ทะเบียน
15	Source	รายละเอียดเครื่องตรวจวัดและจุดติดตั้ง
16	SourceState	ส่วนขยายของ Source
17	SourceType	ส่วนขยายของ Source
18	TimeZone	เวลาตามหน่วย UTC
19	WaveformLog	รูปคลื่นแรงดันและกระแส

ที่มา : ตฤณ (2550)

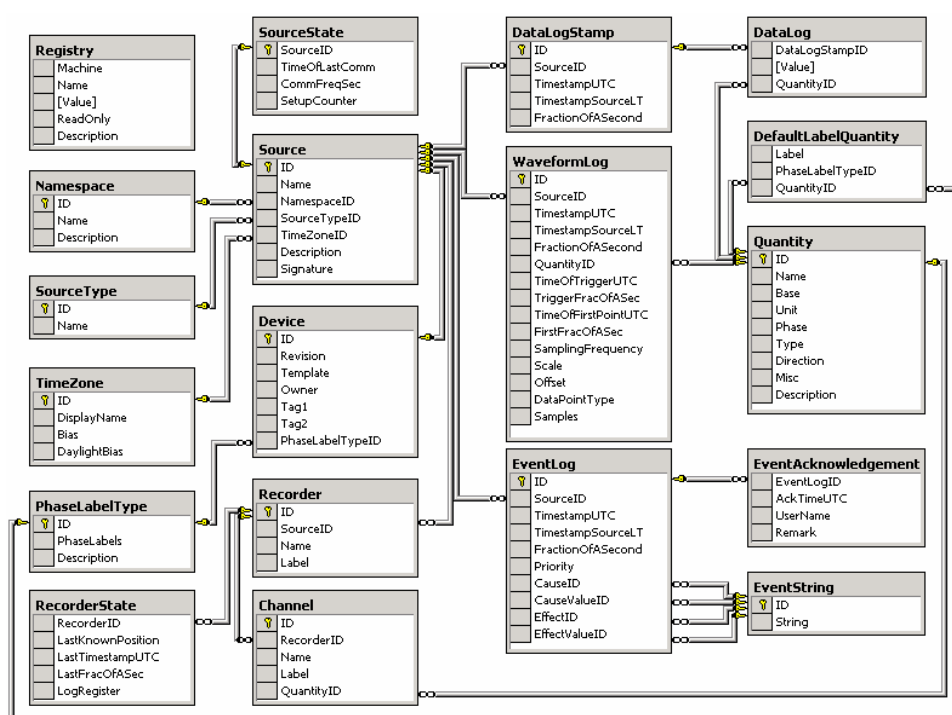
จากตารางที่ 8 หากพิจารณาโครงสร้างของ ION_Data พบว่าประกอบไปด้วย 19 ตาราง แต่ข้อมูลที่บันทึกค่าคุณภาพกำลังไฟฟ้าจริง ๆ มีเพียง 3 ตารางเท่านั้น คือตาราง “DataLog” ตาราง “EventLog” และ ตาราง “WaveformLog” ความยุ่งยากสำหรับโครงสร้างฐานข้อมูลที่เป็นแบบสัมพันธ์ก็คือ การเรียกอ่านข้อมูลจะต้องใช้ชุดคำสั่งที่ซับซ้อน เพราะต้องผสานการเชื่อมโยงจากหลายๆตาราง ตัวอย่างเช่น

1. หากต้องการเรียกอ่านข้อมูลแรงดัน จะต้องเชื่อมโยงข้อมูลจาก ตาราง Source กับ ตาราง DataLogStamp กับ ตาราง DataLog กับ ตาราง Quantity (ใช้ทั้งหมด 4 ตาราง)

2. หากต้องการเรียกอ่านรูปคลื่นแรงดัน จะต้องเชื่อมโยงข้อมูลจาก ตาราง Source กับ ตาราง WaveformLog กับ ตาราง Quantity (ใช้ทั้งหมด 3 ตาราง)

3. หากต้องการเรียกอ่านผลรวมเหตุการณ์แรงดัน จะต้องเชื่อมโยงข้อมูล ตาราง Source กับ ตาราง EventLog กับ ตาราง EventAcknowledgement กับ ตาราง EventString (ใช้ทั้งหมด 4 ตาราง)

ดูความสัมพันธ์ระหว่างตารางได้ดังภาพที่ 20



ภาพที่ 20 ความสัมพันธ์ระหว่างตารางของฐานข้อมูล ION_Data

จากความสัมพันธ์ในภาพที่ 20 จะเห็นว่า ตาราง “Source” จะเป็นลำดับชั้นที่สูงสุด มีตารางลูกทางซ้ายมือเป็นส่วนขยายรายละเอียดต่างๆ ได้แก่ ตาราง “SourceState” ตาราง “Device” ตาราง “Recorder” ตาราง “Channel” ตาราง “Registry” ตาราง “NameSpace” ตาราง “SourceType” ตาราง “TimeZone” ตาราง “PhaseLabelType” และตาราง “RecorderState” ส่วนตารางลูกทางด้านขวามือเป็นข้อมูลคุณภาพกำลังไฟฟ้า ได้แก่ ตาราง “DataLogStamp” ตาราง “WaveformLog” ตาราง “EventLog” และตาราง “DataLog” ส่วนคำขยาย ความหมาย สัญลักษณ์ต่างๆ จะอยู่ใน ตาราง

“DefaultLabelQuality” ตาราง “Quantity” ตาราง “EventAcknowledgement. และตาราง “EventString”

เมื่อทราบชนิดของข้อมูลที่บันทึกในแต่ละตารางแล้ว สามารถกำหนดชุดคำสั่ง SQL เพื่อเรียกดูข้อมูลจาก ION_Data ประกอบไปด้วยข้อมูลแบบต่อเนื่อง 59 ชุดคำสั่ง ข้อมูลแบบเหตุการณ์ 1 ชุดคำสั่ง และข้อมูลรูปคลื่น 8 ชุด รวมเป็น 68 ชุดคำสั่ง

ชุดคำสั่งที่ 1 ถึง 59

เนื่องจากข้อมูลเกือบทั้งหมดถูกจัดเก็บอยู่ในกลุ่มตารางเดียวกัน ชุดคำสั่งที่ใช้กับ ION_Data จึงมีโครงสร้างที่ซ้ำกันในส่วนต้น แต่จะต่างกันในส่วนเงื่อนไข (Where q.ID) ตัวอย่าง เช่น หากต้องการค่าความถี่สูงสุด จะต้องใช้ชุดคำสั่ง

```
SELECT ls.TimestampUTC, dl.[Value] AS Value FROM Source(1) s INNER JOIN
Namespace(2) ns on s.NamespaceID = ns.ID INNER JOIN DataLogStamp(3) ls ON s.ID =
ls.SourceID INNER JOIN DataLog(4) dl ON ls.ID = dl.DataLogStampID INNER JOIN
Quantity(5) q ON dl.QuantityID = q.ID Where q.ID = '1' เมื่อ '1' คือความถี่สูงสุด
(อ้างอิงจากตาราง Quantity)
```

จากชุดคำสั่งจะเห็นว่า ต้องเชื่อมโยงทั้งหมด 5 ตาราง ตามความสัมพันธ์ในภาพที่ 20 (ใช้ INNER JOIN 4 ครั้ง) ได้แก่ ตาราง “Source” ตาราง “NameSpace” ตาราง “DataLogStamp” ตาราง “DataLog” และตาราง “Quantity” ชุดคำสั่งที่ใช้สำหรับการเชื่อมโยงตารางข้างต้นจะเหมือนกันเกือบทั้งหมด แต่จะต่างกันที่เงื่อนไข เช่น Where q.ID เท่ากับ “1” เป็นส่วนที่กำกับประเภทของข้อมูล ชุดคำสั่งนี้จะครอบคลุมตั้งแต่ลำดับ 1 ถึง 59

ชุดคำสั่งที่ 60

ลำดับที่ 60 เป็นชุดคำสั่งแสดงเหตุการณ์ทั้งหมดในรูปแบบตาราง ผลลัพธ์ของชุดคำสั่งนี้ก็คือ วัน/เวลา เฟส ขนาดแรงดันที่เหลือ ระยะเวลาที่เกิดเหตุการณ์ ภายได้เงื่อนไขแรงดันต่ำ/สูงเกิน จะกำหนดให้ q.ID เท่ากับ “285”(V1), “349”(V2), “414”(V3), “332”(T1), “397”(T2), “462”(T3)

และภายใต้เงื่อนไขสถานะชั่วคราวจะกำหนดให้ q.ID เท่ากับ “286”(V1), “350”(V2), “415”(V3), “333”(T1), “398”(T2), “463”(T3) เมื่อ V เป็นตัวแทนแรงดัน และ T เป็นตัวแทนเวลา

ชุดคำสั่งที่ 61 ถึง 68

สำหรับชุดคำสั่งรูปคลื่นก็มีลักษณะคล้ายกับค่าต่อเนื่อง คือมีการเชื่อมกับหลายๆตารางตามความสัมพันธ์ในภาพที่ 20 ตัวอย่างเช่น หากต้องการรูปคลื่นแรงดันเฟส A จะต้องใช้ชุดคำสั่ง

```
SELECT wf.TimestampSourceLT, wf.FractionofASecond, q.Name, wf.Scale,
wf.Samples FROM Quantity(1) q INNER JOIN WaveformLog(2) wf ON q.ID = wf.QuantityID
INNER JOIN Source(3) s INNER JOIN Namespace(4) ns ON s.NamespaceID = ns.ID ON
wf.SourceID = s.ID Where q.Name = 'V1 Waveform'
```

จากชุดคำสั่งเรียกดูรูปคลื่นจะเห็นว่า ต้องเชื่อมโยงทั้งหมด 4 ตาราง ได้แก่ ตาราง “Source” ตาราง “WaveformLog” ตาราง “Quantity” และตาราง “Namespace” ในส่วนการเชื่อมโยงตารางของชุดคำสั่งข้างต้นจะมีส่วนที่เหมือนกันเกือบทั้งหมด แต่จะต่างกันมีเงื่อนไข เช่น Where q.Name เท่ากับ ‘V1 Waveform’ เป็นส่วนที่กำกับประเภทของข้อมูล ชุดคำสั่งนี้จะครอบคลุมตั้งแต่ลำดับ 61 ถึง 68

การแสดงชุดคำสั่ง SQL เพื่อเรียกดูข้อมูลของ ION_Data ทั้งหมดอาจมีความยาว แต่เพื่อความกระชับของชุดคำสั่ง จึงขอตัดในส่วนที่ซ้ำกันออก คงเหลือไว้แต่เพียงเงื่อนไข มีดังนี้

1) ความถี่สูงสุด :

Where q.ID = ‘1’

2) ความถี่ต่ำสุด :

Where q.ID = ‘2’

3) ความถี่เฉลี่ย :

Where q.ID = ‘3’

4) กระแสเป็นกลางสูงสุด :

Where q.ID = ‘4’

- 5) กระแสเป็นกลางต่ำสุด :
Where q.ID = '5'
- 6) กระแสเป็นกลางเฉลี่ย :
Where q.ID = '6'
- 7) กระแสเฟส 1 สูงสุด :
Where q.ID = '7'
- 8) กระแสเฟส 1 ต่ำสุด :
Where q.ID = '8'
- 9) กระแสเฟส 1 เฉลี่ย :
Where q.ID = '9'
- 10) กระแสเฟส 2 สูงสุด :
Where q.ID = '14'
- 11) กระแสเฟส 2 ต่ำสุด :
Where q.ID = '15'
- 12) กระแสเฟส 2 เฉลี่ย :
Where q.ID = '16'
- 13) กระแสเฟส 3 สูงสุด :
Where q.ID = '17'
- 14) กระแสเฟส 3 ต่ำสุด :
Where q.ID = '18'
- 15) กระแสเฟส 3 สูงสุด :
Where q.ID = '19'
- 16) ค่าตัวประกอบกระแสเฟส 1 :
Where q.ID = '23'
- 17) ผลรวมความเพี้ยนกระแสฮาร์มอนิกเฟส 1 :
Where q.ID = '25'
- 18) ค่าตัวประกอบกระแสเฟส 2 :
Where q.ID = '28'
- 19) ผลรวมความเพี้ยนกระแสฮาร์มอนิกเฟส 2 :
Where q.ID = '30'

20) ค่าตัวประกอบกระแสเฟส 3 :

Where q.ID = '33'

21) ผลรวมความเพี้ยนกระแสฮาร์มอนิกเฟส 3 :

Where q.ID = '35'

22) ผลรวมกำลังไฟฟ้าปรากฏ :

Where q.ID = '58'

23) ผลรวมกำลังไฟฟ้รีแอกทีฟ :

Where q.ID = '90'

24) ผลรวมกำลังไฟฟ้าจริง :

Where q.ID = '128'

25) แฟกเตอร์กำลัง :

Where q.ID = '147'

26) แรงดันเฟส 1 สูงสุด :

Where q.ID = '218'

27) แรงดันเฟส 1 ต่ำสุด :

Where q.ID = '219'

28) แรงดันเฟส 1 เฉลี่ย :

Where q.ID = '220'

29) แรงดันฮาร์มอนิกอันดับคู่เฟส 1 :

Where q.ID = '221'

30) ผลรวมความเพี้ยนแรงดันฮาร์มอนิกเฟส 1 :

Where q.ID = '224'

31) แรงดันฮาร์มอนิกอันดับคี่เฟส 1 :

Where q.ID = '227'

32) แรงดันเฟส 2 สูงสุด :

Where q.ID = '230'

33) แรงดันเฟส 2 ต่ำสุด :

Where q.ID = '231'

34) แรงดันเฟส 2 เฉลี่ย :

Where q.ID = '232'

35) แรงดันฮาร์โมนิกอันดับคู่เฟส 2 :

Where q.ID = '233'

36) ผลรวมความเพี้ยนแรงดันฮาร์โมนิกเฟส 2 :

Where q.ID = '236'

37) แรงดันฮาร์โมนิกอันดับคี่เฟส 2 :

Where q.ID = '239'

38) แรงดันเฟส 3 สูงสุด :

Where q.ID = '242'

39) แรงดันเฟส 3 ต่ำสุด :

Where q.ID = '243'

40) แรงดันเฟส 3 เฉลี่ย :

Where q.ID = '244'

41) แรงดันฮาร์โมนิกอันดับคู่เฟส 3 :

Where q.ID = '245'

42) ผลรวมความเพี้ยนแรงดันฮาร์โมนิกเฟส 3 :

Where q.ID = '248'

43) แรงดันฮาร์โมนิกอันดับคี่เฟส 3 :

Where q.ID = '251'

44) แรงดันไม่สมดุล :

Where q.ID = '154'

45) ครรชนีไฟกระพริบช่วงยาวเฟส 1 :

Where q.ID = '314'

46) ครรชนีไฟกระพริบช่วงสั้นเฟส 1 :

Where q.ID = '480'

47) ครรชนีไฟกระพริบช่วงยาวเฟส 2 :

Where q.ID = '378'

48) ครรชนีไฟกระพริบช่วงสั้นเฟส 2 :

Where q.ID = '379'

49) ครรชนีไฟกระพริบช่วงยาวเฟส 3 :

Where q.ID = '443'

50) ตรวจนิไฟกระพริบช่วงสั้นเฟส 3 :

Where q.ID = '444'

51) แรงดันเฟส 12 สูงสุด :

Where q.ID = '165'

52) แรงดันเฟส 12 ต่ำสุด :

Where q.ID = '166'

53) แรงดันเฟส 12 เฉลี่ย :

Where q.ID = '167'

54) แรงดันเฟส 23 สูงสุด :

Where q.ID = '171'

55) แรงดันเฟส 23 ต่ำสุด :

Where q.ID = '172'

56) แรงดันเฟส 23 เฉลี่ย :

Where q.ID = '173'

57) แรงดันเฟส 31 สูงสุด :

Where q.ID = '174'

58) แรงดันเฟส 31 ต่ำสุด :

Where q.ID = '175'

59) แรงดันเฟส 31 เฉลี่ย :

Where q.ID = '176'

60) เหตุการณ์แรงดันแปรปรวน :

```
SELECT DISTINCT S1.TimestampSourceLT, S2.Fractionofasecond, S2.Quantity,
S1.Volt, S2.Duration, S2.ID FROM (SELECT DISTINCT ls.TimestampSourceLT,
Min(dl.[Value]) AS Volt FROM dbo.Source s INNER JOIN dbo.Namespace ns ON
s.NamespaceID = ns.ID INNER JOIN dbo.DataLogStamp ls ON s.ID = ls.SourceID INNER
JOIN dbo.DataLog dl ON ls.ID = dl.DataLogStampID INNER JOIN dbo.Quantity q ON
dl.QuantityID = q.ID WHERE q.ID = Quote39('285') OR q.ID = Quote39('349') OR q.ID =
Quote39('414') OR q.ID = Quote39('332') OR q.ID = Quote39('397') OR q.ID = Quote39('462')
Group by ls.TimestampSourceLT Having Min(dl.[Value]) > 0 ) S1 INNER JOIN(SELECT
DISTINCT s.name, s.ID,ls.TimestampSourceLT, ls.Fractionofasecond, q.Name AS Quantity,
```


dl.[Value] AS FROM dbo.Source s INNER JOIN dbo.Namespace ns ON s.NamespaceID = ns.ID
 INNER JOIN dbo.DataLogStamp ls ON s.ID = ls.SourceID INNER JOIN dbo.DataLog dl ON
 ls.ID = dl.DataLogStampID INNER JOIN dbo.Quantity q ON dl.QuantityID = q.ID WHERE (q.ID =
 Quote39('286') OR q.ID = Quote39('350') OR q.ID = Quote39('415') OR q.ID = Quote39('333')
 OR q.ID = Quote39('398') OR q.ID = Quote39('463')) S2 ON S1.TimestampSourceLT =
 S2.TimestampSourceLT WHERE S1.Volt > Quote39('0') AND (S2.Duration > Quote39('0'))

61) รูปคลื่นแรงดันเฟส 1 :

Where q.Name = 'V1 Waveform'

62) รูปคลื่นแรงดันเฟส 2 :

Where q.Name = 'V2 Waveform'

63) รูปคลื่นแรงดันเฟส 3 :

Where q.Name = 'V3 Waveform'

64) รูปคลื่นแรงดันเฟส 4 :

Where q.Name = 'V4 Waveform'

65) รูปคลื่นกระแสเฟส 1 :

Where q.Name = 'I1 Waveform'

66) รูปคลื่นกระแสเฟส 2 :

Where q.Name = 'I2 Waveform'

67) รูปคลื่นกระแสเฟส 3 :

Where q.Name = 'I3 Waveform'

68) รูปคลื่นกระแสเฟส 4 :

Where q.Name = 'I4 Waveform'

ชุดคำสั่งที่แสดงข้างต้นนี้ เมื่อนำไปประมวลผลด้วย “Microsoft SQL Query Analyzer”
 สามารถให้ผลในรูปแบบตาราง ผลลัพธ์ของชุดคำสั่งที่ 1 ถึง 59 เป็นข้อมูลแบบข้อความ เช่นภาพที่
 21 ส่วนผลลัพธ์ของชุดคำสั่งที่ 61 ถึง 68 เป็นข้อมูลแบบข้อความและภาพลักษณ์ เช่นภาพที่ 22

SourceName	SourceNamespace	TimestampUTC	FractionOfASecond	Value	Quantity
IC2.LCA02	IONEnterprise	12/31/2007 5:00:0 0		49.979377746582	Frequency Mean
IC2.LCA04	IONEnterprise	12/31/2007 5:00:0 0		49.9789505004883	Frequency Mean
IC2.LCA03	IONEnterprise	12/31/2007 6:30:0 0		50.005069732666	Frequency Mean
IC2.LCA02	IONEnterprise	12/31/2007 6:30:0 0		50.0050926208496	Frequency Mean
IC2.LCA02	IONEnterprise	12/31/2007 6:45:0 0		50.0102577209473	Frequency Mean
IC2.LCA01	IONEnterprise	12/31/2007 6:45:0 0		50.0101776123047	Frequency Mean
IC2.LCA03	IONEnterprise	12/31/2007 6:45:0 0		50.0102615356445	Frequency Mean
IC2.LCA04	IONEnterprise	12/31/2007 6:45:0 0		50.0098037719727	Frequency Mean
IC2.LCA04	IONEnterprise	12/31/2007 7:00:0 0		50.0381469726563	Frequency Mean
IC2.LCA02	IONEnterprise	12/31/2007 7:00:0 0		50.0385704040527	Frequency Mean
IC2.LCA01	IONEnterprise	12/31/2007 7:00:0 0		50.0385475158691	Frequency Mean
IC2.LCA03	IONEnterprise	12/31/2007 7:00:0 0		50.0386276245117	Frequency Mean
IC2.LCA02	IONEnterprise	12/31/2007 7:15:0 0		50.0173377990723	Frequency Mean
IC2.LCA01	IONEnterprise	12/31/2007 7:15:0 0	↓	50.0172233581543	Frequency Mean
IC2.LCA04	IONEnterprise	12/31/2007 7:15:0 0		50.016788482666	Frequency Mean

ภาพที่ 21 ตัวอย่างข้อมูลแบบข้อความ (ข้อความ วันที่ ตัวเลขทศนิยม)

Quantity	TimestampSourceLT	Scale	Samples
V2 Waveform	2008-01-02 08:43:32	-38.148124694824219	0xF2000F012A014B0165017F
V1 Waveform	2008-01-02 08:43:32	-38.136707305908203	0xFB07EB07DB07CF07C307BC
V4 Waveform	2008-01-02 08:43:32	-3.8186781108379364E-2	0xFDFFFDFFFDFFFDFF0100FF
V3 Waveform	2008-01-02 08:43:32	-38.189922332763672	0xF2F6E4F6D5F6C7F6BCF6AA
I2 Waveform	2008-01-02 08:43:32	-3.0583614483475685E-2	0xEAF6D0F6AFF68DF677F65F
I1 Waveform	2008-01-02 08:43:32	-3.0477564781904221E-2	0xAA02F50240038D03D90316
I4 Waveform	2008-01-02 08:43:32	-1.8951263336930424E-4	0x2DF92BF92DF92BF92DF929
I3 Waveform	2008-01-02 08:43:32	-0.03074156865477562	0x9918721837181218ED17BI

ภาพที่ 22 ตัวอย่างข้อมูลแบบข้อความและภาพลักษณ์

ข้อมูลที่เป็นแบบข้อความ (ภาพที่ 21) นั้นผู้ใช้งานจะสามารถเข้าใจได้โดยไม่ต้องแปลความหมายเพราะเป็นตัวหนังสือปกติ แต่ผลแสดงจะต่างไป PQSecure คือ ข้อมูลมีลักษณะเป็นแบบระเบียบเดียว เรียงจากบนลงล่าง หรือล่างขึ้นบน ตามเงื่อนไขของชุดคำสั่ง ทั้งนี้เป็นเพราะโครงสร้างของฐานข้อมูลที่ต่างกัน ส่วนข้อมูลที่เป็นแบบภาพลักษณ์ (ภาพที่ 22) ผู้ใช้งานจะไม่สามารถเข้าใจได้ทันที เนื่องจากเป็นตัวเลขฐาน 16 ต้องผ่านการแปลงรหัสข้อมูล ข้อมูลประเภทนี้จะขึ้นต้นด้วยสัญลักษณ์ “0x” สำหรับข้อมูลรูปคลื่นแรงดันต่ำ/สูงเกินชั่วขณะ มีความยาว 1,792 อักขระ วาดกราฟได้ 28 ไซเคิล (ตามการปรับตั้งรูปคลื่นของเครื่องวัด 64x28) และข้อมูลรูปคลื่นสภาวะชั่วครู่ มีความยาว 2,048 อักขระ วาดกราฟได้ 4 ไซเคิล (ตามการปรับตั้งรูปคลื่นของเครื่องวัด 512x4)

การถอดรหัสรูปคลื่นจะสมบูรณ์และถูกต้องได้ ต้องพิจารณาค่าผลคูณของสเกล “Scale” ด้วยโดยปกติเมื่อถอดรหัสจากไบนารีแล้วจะมีค่าสูงสุดคือ $(127) + 127 * 255 = 32,512$ และค่าต่ำสุด

คือ $(-128) + (-128)*255 = -32,768$ ซึ่งไม่เพียงพอต่อการบันทึกค่าแรงดันขนาด 115,000 โวลต์ ดังนั้น ก่อนการจัดเก็บลงฐานข้อมูลรูปคลื่นจะถูกหารด้วยค่า “Scale” และเมื่อต้องการอ่านค่าก็จะนำค่า “Scale” มาคูณกลับนั่นเอง

การอ่านข้อมูลจะใช้ 4 อักขระแทนข้อมูล 1 ชุด ทั้งแรงดันและกระแสมีรูปแบบเดียวกัน ใน ตัวอย่างที่ 2 จะแสดงวิธีการคำนวณหาขนาดรูปคลื่นของ V1 Waveform ที่เป็นรูปแบบภาพลักษณ์ แบบ “VarBinary” ใช้หน่วยความจำขนาด 7,900 ไบต์ เมื่อถอดรหัสจะสามารถอ่านค่าได้ ภาพที่ 24

ตัวอย่างที่ 2 การอ่านค่าแรงดันเฟส 1 ของฐานข้อมูล ION_Data

กำหนดให้ ตัวคูณ Scale = -38.136707 และข้อมูล

U1=

0x**FB07EB07DB07CF07**C307B007A407930788077707640755073E072F071D070A07F606E00
6CB06B506A0068806720657063F0623060A06F405D705BB059B05860567054B052A050E05
F204D504B40494047604560435041504F203D503B20390036D03530330031003EC02D002AB
0289026A024D022B020702EA01CA01AA018701...

ข้อมูลมีความยาว 1,792 และ 2,048 อักขระ ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดรูปคลื่น ข้อมูลสามารถแบ่งได้ 448 ชุด และ 512 ชุด (4 อักขระแทนข้อมูล 1 ชุด) มีตัวอย่างคำนวณ ดังนี้

กรณีที่ข้อมูลมีค่าเกิน 79(Hex) หรือ 127(Dec) จะต้องแปลงข้อมูลให้เป็นค่าลบ เช่น อ่านค่า FB จะหมายถึงข้อมูล -4 นั่นเอง ($251 - 255 = -4$, เมื่อ $FB(Hex) = 251(Dec)$)

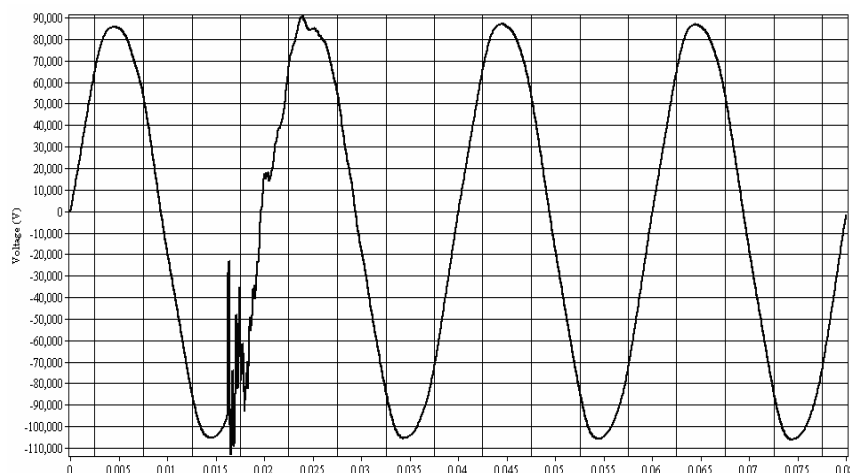
จุดที่ 1 : $FB07 = ((251-255) + 07*255) * Scale = 1781*(-38.136707) = -67921.48 \text{ V}$

จุดที่ 2 : $EB07 = ((235-255) + 07*255) * Scale = 1765*(-38.136707) = -67311.29 \text{ V}$

จุดที่ 3 : $DB07 = ((219-255) + 07*255) * Scale = 1749*(-38.136707) = -66701.10 \text{ V}$

....

เมื่อนำไปวาดกราฟคู่อันดับจะได้ดังภาพที่ 23



ภาพที่ 23 ตัวอย่างรูปคลื่นสัญญาณชาแนลแรงดันที่ได้จากการถอดรหัสของ ION_Data

สำหรับรูปคลื่นกระแสก็ใช้วิธีเดียวกัน สรุปได้ว่าโครงสร้างการจัดเก็บข้อมูลของ ION_Data เป็นแบบสัมพันธ์ ข้อมูลคุณภาพกำลังไฟฟ้าทุกประเภทถูกรวมให้อยู่ในกลุ่มตารางเดียวกัน ข้อเสียคือ ผู้ที่ไม่มีความรู้ด้านฐานข้อมูลจะไม่สามารถนำข้อมูลออกมาได้ เพราะต้องใช้การเชื่อมโยงมากกว่า 1 ตาราง ส่วนข้อดีคือ โครงสร้างฐานข้อมูลมีความยืดหยุ่น ตารางมีการขยายตัวแนวนิ่ง สามารถรองรับข้อมูลใหม่ๆ ได้ (PQSecure ไม่สามารถเพิ่มประเภทของข้อมูลใหม่ได้)

ปัจจุบันเครื่องตรวจวัดรุ่น ION7650 ถูกกำหนดให้ตรวจวัดตามมาตรฐาน EN 50160 ตามความต้องการของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคซึ่งสนใจเฉพาะค่าคุณภาพของแรงดันเป็นหลัก ซึ่งการตรวจวัดด้วย EN 50160 นี้เองทำให้รีจิสเตอร์ภายในถูกใช้ไปแล้ว 362 ช่องสัญญาณ (ตรวจสอบจากตาราง DataLog) จากที่มีทั้งหมด 512 ช่องสัญญาณ ปัจจุบันเหลือค่ารีจิสเตอร์ให้ใช้งานได้เพียง 150 ช่องสัญญาณเท่านั้น ซึ่งไม่เพียงพอต่อค่าตรวจวัดฮาร์มอนิกแบบแยกอันดับของแรงดันและกระแสที่ต้องใช้อย่างน้อย 300 ช่องสัญญาณ (กระแสและแรงดัน x 50 อันดับ x 3 เฟส) ดังนั้นการพิจารณาออกแบบโครงสร้างฐานข้อมูลสำหรับประเภทข้อมูลที่ไม่คงที่ซึ่งอาจเพิ่มหรือลดในภายหลัง เช่น โครงสร้าง ION_Data จะช่วยให้การบริหารจัดการข้อมูลมีประสิทธิภาพ

พอสรุปได้ว่าฐานข้อมูล ION_Data จึงมีโครงสร้างที่ยืดหยุ่นและค่อนข้างครอบคลุมกับข้อมูลทุกประเภท เพราะสามารถเพิ่มประเภทของข้อมูลในลักษณะแนวนิ่งไม่มีการขยายในแนวนอน และในอนาคตหากโครงสร้างฐานข้อมูล ION_Data มีการปรับปรุงให้ดียิ่งขึ้น จึงเชื่อได้ว่า จะไม่มีผลกระทบต่อโครงสร้างฐานข้อมูลหลัก โครงสร้างแบบนี้จึงเหมาะกับโครงการวิจัยระยะยาวของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

อีกประการหนึ่ง ด้วยโครงสร้างแบบนี้จะมีชุดคำสั่ง SQL ที่ขึ้นต้นเหมือนกัน และต่างกันเพียงในส่วนเงื่อนไขเท่านั้น จึงง่ายต่อการพัฒนาซอฟต์แวร์ประยุกต์ใช้งาน เรียกดูข้อมูลหรือแสดงผลอื่นๆ ที่สำคัญซอฟต์แวร์ PQView ก็ได้ใช้หลักการโครงสร้างลักษณะนี้เช่นกัน ซึ่งจะได้กล่าวในลำดับถัดไป

ในตารางที่ 9 แสดงผลสรุปการเรียกดูข้อมูลทั้งสองชนิด (PQSecure และ ION_Data) ส่วนที่สามารถเรียกข้อมูลได้จะใช้เครื่องหมายถูก (✓) และส่วนที่ไม่มีข้อมูลจะใช้เครื่องหมายขีด (-) ตารางดังกล่าวนี้แสดงให้เห็นว่านอกเหนือจากค่าตามมาตรฐาน EN 50160 ที่กำหนดไว้ในตอนต้นแล้ว ก็ยังมีข้อมูลประเภทอื่นๆที่สามารถนำมารวมเข้ากับ PQPEA ได้อีก

ตารางที่ 9 แสดงผลสรุปการเรียกดูข้อมูลระหว่างฐานข้อมูลทั้งสองชนิด

ลำดับ	ประเภทของข้อมูล	PQSecure	ION_Data	Remark
1	Frequency	✓	✓	EN 50160
2	Voltage	✓	✓	EN 50160
3	Voltage Unbalance	✓	✓	EN 50160
4	THD voltage	✓	✓	EN 50160
5	Flicker PST, PLT	✓	✓	EN 50160
6	Signaling voltage	✓	✓	EN 50160
7	Harmonic voltages (order)	✓	✓	EN 50160
8	Current	✓	✓	-
9	Harmonic Current (order)	✓	✓	-
10	THD current, TDD current	✓	✓	-
11	Power	✓	✓	-
12	THD power	✓	✓	-
13	Harmonic power	✓	✓	-
14	Event-Sag/Swell	✓	✓	-
15	Voltage Dip or Sag	✓	✓	-
16	Short & Long interruption	-	✓	-
17	Temporary over voltage	✓	✓	-

ตารางที่ 9 (ต่อ)

ลำดับ	ประเภทของข้อมูล	PQSecure	ION_Data	Remark
18	RMS Event	✓	-	-
19	Waveform Event	-	✓	-

4. โครงสร้างฐานข้อมูล PQView

ในช่วงต้นได้กล่าวไปแล้วว่าซอฟต์แวร์ PQView มีความสามารถในการแปลงข้อมูลหลายๆ ชนิด ให้อยู่ในรูปแบบ PQView ซึ่งปัจจุบันฐานข้อมูลเป็นรุ่น 3.46 ด้วยซอฟต์แวร์ Power Quality Database Management (PQDM) และความสามารถในการประมวลผล คำนวณค่าทางสถิติ แสดงกราฟ แสดงเหตุการณ์ และจัดทำรายงานด้วยซอฟต์แวร์ Power Quality Database Analysis (PQDA)

ด้วยวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้มุ่งเน้น การออกแบบระบบฐานข้อมูลคุณภาพกำลังไฟฟ้าให้กับ การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคโดยเฉพาะ ดังนั้นประเด็นที่จะกล่าวถึงซอฟต์แวร์ PQView ในลำดับต่อไป จึงเป็นมุมมองเฉพาะ โครงสร้างระบบฐานข้อมูลเท่านั้น ในส่วนแสดงผลจะไม่กล่าวถึง

4.1 ลักษณะข้อมูล

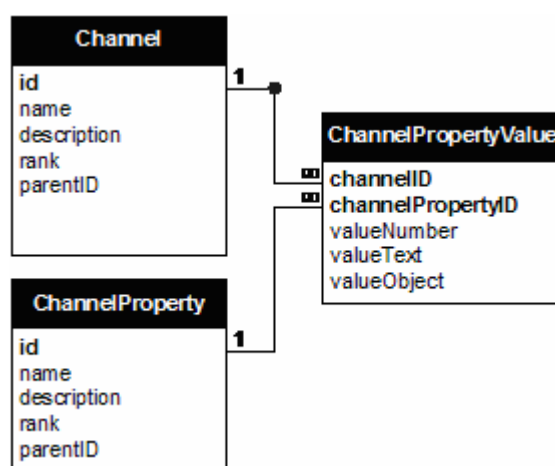
ข้อมูล PQView ได้ถูกออกแบบมาให้ มีโครงสร้างเป็นแบบสัมพันธ์ (Relational Database Structure) ตารางถูกออกแบบให้สัมพันธ์กันขนาดคงที่ และยอมให้เพิ่ม/ขยายข้อมูลทางด้านแนวดิ่ง เพียงอย่างเดียว แต่ละตารางถูกออกแบบให้จัดเก็บข้อมูลที่ต่างประเภทกัน เช่น ตารางสถานที่ “Site” จะจัดเก็บคุณลักษณะของการตรวจวัด ตารางเหตุการณ์ “Event” จะจัดเก็บเหตุการณ์คุณภาพ กำลังไฟฟ้า เป็นต้น

การเรียกอ่านข้อมูลเกือบทุกครั้งต้องใช้กุญแจนอก (Foreign Keys) เพื่ออ้างอิง ความสัมพันธ์ระหว่างตารางเข้าด้วยกัน เช่น หากต้องการเรียกอ่านข้อมูลที่เชื่อมโยงกันระหว่าง ตาราง “Channel” กับตาราง “ChannelPropertyValue” ต้องใช้กุญแจนอก สดมภ์ “ID” ของตาราง “Channel” กับสดมภ์ “channelID” ของตาราง “ChannelPropertyValue” ที่มีค่าเดียวกัน ซึ่ง

ความสัมพันธ์นี้เป็นแบบหนึ่งต่อหนึ่ง (One to One Relationship) หรือเป็นแบบหนึ่งต่อกลุ่ม (One to Many Relationship) เช่น ข้อมูลของ ION_Data ภาพที่ 20 ที่เป็นการสัมพันธ์แบบหนึ่งต่อกลุ่ม

จากการศึกษาโครงสร้าง PQView ทั้งหมด พอสรุปได้ว่า PQView มีความคล้ายกับโครงสร้าง ION_Data เพียงแต่ PQView จะมีรายละเอียดที่ซับซ้อนมากกว่า เพราะถูกออกแบบให้รองรับข้อมูลด้านอื่นๆ เช่น บันทึกเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องจากภายนอกด้วย เช่น สามารถป้อนสาเหตุของเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องจริงเข้าไปเพื่อให้ข้อมูลเกิดความสมบูรณ์

4.2 กลุ่มตาราง Channel



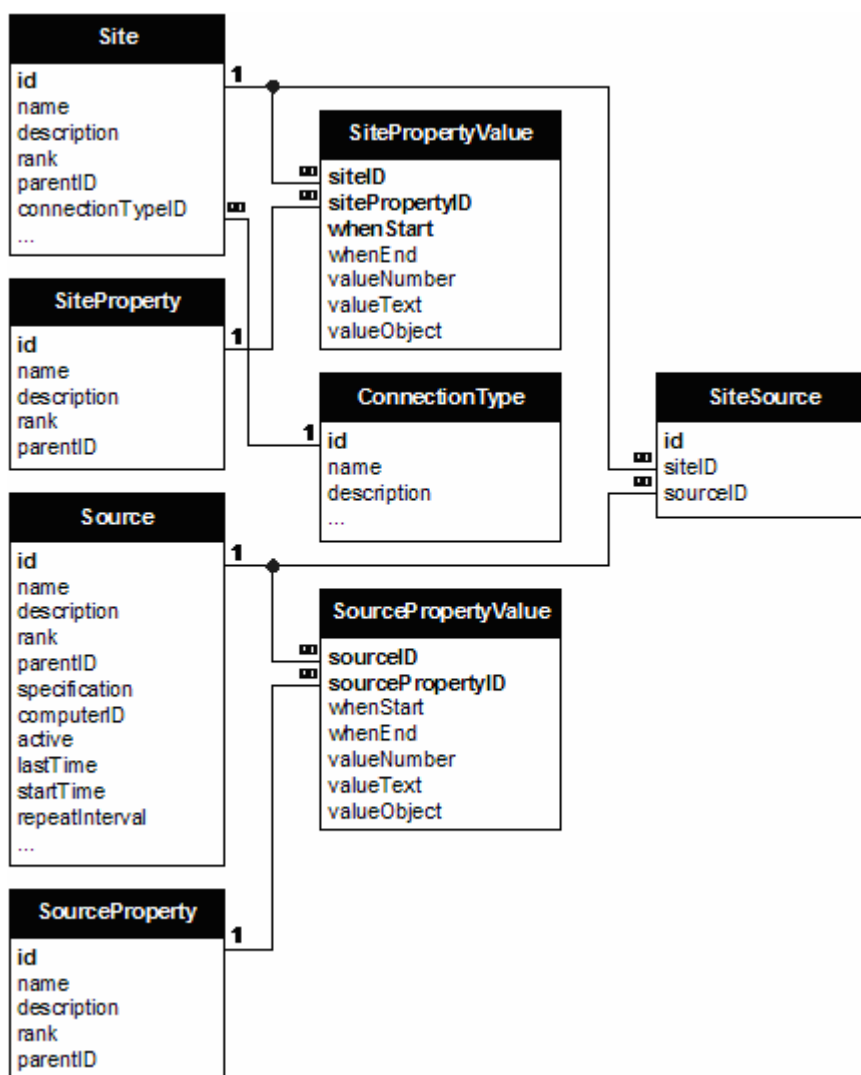
ภาพที่ 24 แผนผังรายละเอียดกลุ่ม Channel

ที่มา : PQView (2005)

กลุ่มตาราง Channel เป็นกลุ่มข้อมูลที่แสดงรายละเอียดข้อมูลการตรวจวัด ประกอบด้วย ปริมาณ (Quantity) คุณลักษณะ (Characteristic) และข้อมูลเฟส (Phase Information) ให้อยู่ในรูปแบบเฉพาะ เพื่อระบุชนิดของข้อมูลการตรวจวัด ตัวอย่างเช่น ข้อมูลแรงดันแบบอาร์เอ็มเอสเฟส A “Phase A RMS Voltage” จะแตกต่างจาก ข้อมูลกระแสแบบทันทีทันใดเฟส B “Phase B Instantaneous Current” ซึ่งในตาราง “Channel” จะใช้สมมติ “ID” (ตัวเลข) เป็นตัวระบุแทนเพื่อเชื่อมสมมติ “ChannelID” ของตาราง “ChannelPropertyID” เข้าด้วยกันนั่นเอง

จึงถือได้ว่าตาราง Channel เป็นตารางที่สำคัญที่สุด เพราะเป็นตารางที่จัดเก็บข้อมูลรายละเอียด ชนิดการตรวจวัด เพื่อระบุว่าเป็นข้อมูลประเภทใด

4.3 กลุ่มตาราง Site และตาราง Source



ภาพที่ 25 แผนผังรายละเอียดกลุ่ม Site และ Source

ที่มา : PQView (2005)

กลุ่มตาราง Site และตาราง Source เป็นกลุ่มที่ระบุรายละเอียดการตรวจวัด ได้แก่ กลุ่มตาราง Site กำหนดให้จัดเก็บสถานี/สถานที่ และกลุ่มตาราง Source กำหนดให้จัดเก็บรายละเอียด

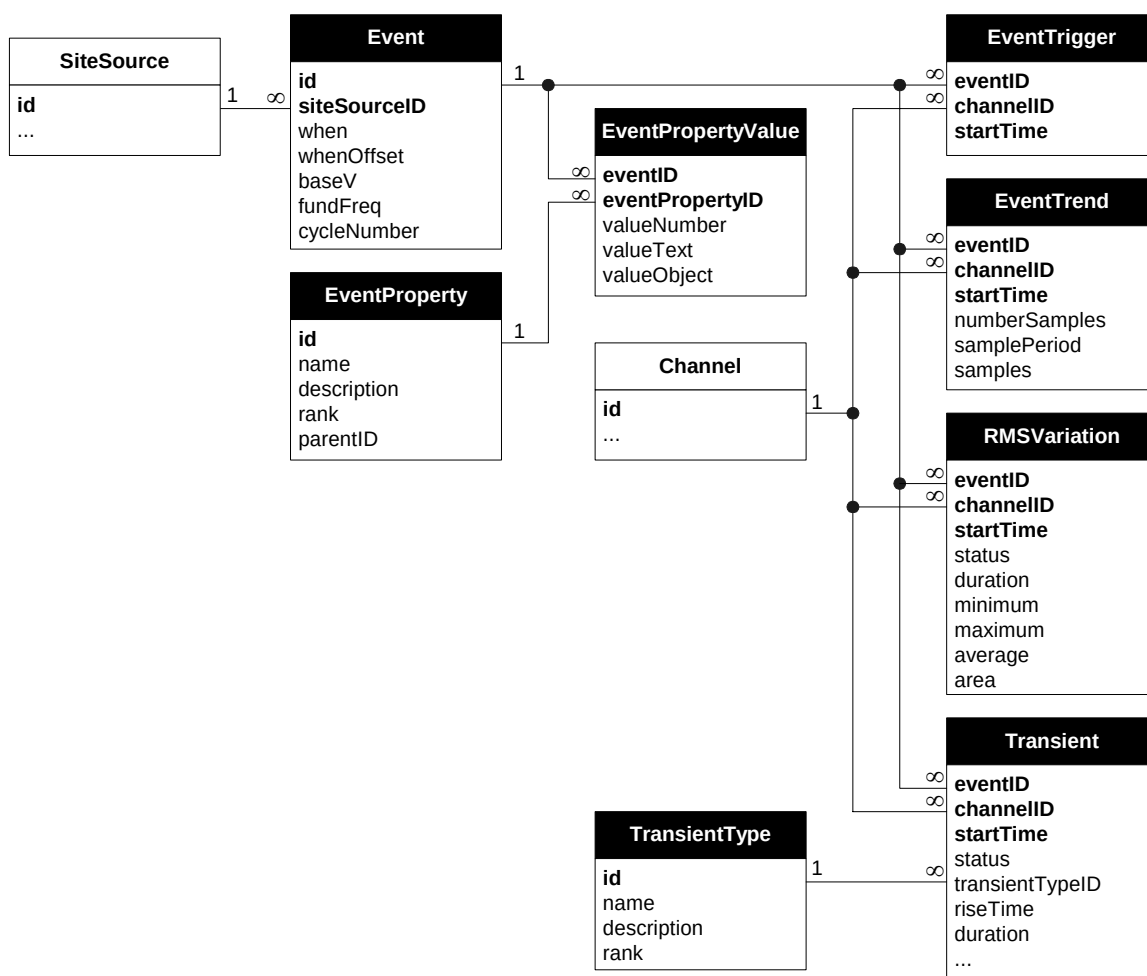
ของเครื่องตรวจวัด เช่น ผลิตภัณฑ์ รุ่น วิธีการตรวจวัด รูปแบบการต่อวงจร สถานที่ ฯลฯ ทั้ง 2 กลุ่ม ตารางยังเชื่อมโยงกันด้วยสคีม “SiteID” และ “SourceID” ของ ตาราง “SiteSource” ดู ความสัมพันธ์ในภาพที่ 25

ตาราง Site กำหนดให้ 1 สถานี/สถานที่ (1 ระเบียบ) สามารถเชื่อมโยงเครื่องตรวจวัดได้ หลายๆชุด ภายใต้เงื่อนไขเครื่องตรวจวัด 1 ชุดสามารถบันทึกค่าความแปรปรวนแบบอาร์เอ็มเอส และค่าพลังงานได้เป็นจำนวนมาก

ตาราง Source กำหนดให้เครื่องตรวจวัด 1 ชุด (1 ระเบียบ) สามารถให้ข้อมูลได้หลายๆ สถานี/สถานที่ หมายถึง ผู้ใช้งานสามารถสร้างแผ่นแบบ (Template) เพื่อการเรียกดูข้อมูลจากเครื่อง ตรวจวัดชุดเดียวกันได้หลายๆแบบ เช่น แสดงแผ่นแบบทั้งจังหวัด หรือแสดงแผ่นแบบเฉพาะพื้นที่ นั้นๆก็ได้ ดังนั้นสถานี (Site) ก็คือแผ่นแบบ (Template) นั่นเอง

ทั้งตาราง Site และตาราง Source ได้กำหนดรายละเอียดและคุณสมบัติไว้ต่างหาก ซึ่งได้แก่ ตาราง SiteProperty และตาราง SourceProperty ที่จะคอยบันทึกวันเวลาที่แก้ไข หรือวันเวลาที่ติดตั้ง เครื่องตรวจวัด เป็นต้น

4.4 กลุ่มตาราง Event



ภาพที่ 26 แผนผังรายละเอียดกลุ่ม Event

ที่มา : PQView (2005)

ตาราง Event เป็นตารางหลักที่บันทึกเหตุการณ์การรบกวน (Disturbance) ในแต่ละระยะเบียน จะบันทึกวันเวลาที่เกิดเหตุการณ์ มีความสัมพันธ์กับตาราง SiteSource แบบหนึ่งต่อกลุ่ม (One to Many Relationship) เพื่อระบุว่าเหตุการณ์ที่บันทึกนี้เป็นของมิเตอร์ใด และในแต่ละระยะเบียนของ ตาราง Event จะมีความสัมพันธ์แบบหนึ่งต่อกลุ่มกับตารางลูกเพื่อระบุชนิดของเหตุการณ์ย่อย

ในความเป็นจริงแล้วหนึ่งระยะเบียนของตาราง Event อาจมีความสัมพันธ์ได้มากกว่าหนึ่ง ตารางลูก เช่น ข้อมูลในตาราง EventTrigger และในตาราง RMS Variation อาจจะบันทึกเหตุการณ์ (เวลา) เดียวกันได้ จะเกิดขึ้นในกรณีที่เครื่องตรวจวัด ไม่สามารถแยกแยะเหตุการณ์ได้ชัดเจน

เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นจึงเข้าทั้งเงื่อนไขของ “Trigger” และ “Variation” จึงบันทึกข้อมูลในตาราง EventTrigger และตาราง RMSVariation ด้วยกันทั้งคู่

ตาราง Event จะใช้สคัมภ์ ID เป็นกุญแจนอกสัมพันธ์กับตารางอื่นๆ ด้วยสคัมภ์ EventID ดังภาพที่ 26 ซึ่งค่า ID จะมีลักษณะเฉพาะ คือ หนึ่งระเบียบขึ้นต่อหนึ่งเหตุการณ์

ตาราง EventTrigger จะบันทึกรายละเอียดของตาราง Channel เมื่อเกิดการบันทึกเหตุการณ์ ข้อมูลหนึ่งระเบียบที่ถูกสร้างขึ้นคือหนึ่งเหตุการณ์ เมื่อเครื่องตรวจวัดบันทึกเหตุการณ์ได้

ตาราง EventTrend เป็นตารางที่สร้างขึ้นเพื่อบันทึกชุดข้อมูลอนุกรมหลายๆชนิดที่บันทึกตามรอบเวลาอย่างสม่ำเสมอ (Regulation Time Interval) เช่น อนุกรมสัญญาณชาชน์และอนุกรมอาร์เอ็มเอส (ค่าสูงสุด ต่ำสุด และเฉลี่ย) ที่วัดรอบซ้ำทุกๆ 10 นาที

สคัมภ์ “Samples” ประกอบไปด้วยค่าการตรวจวัดแบบไม่ต่อเนื่อง 2 ชนิด คือ รูปคลื่นสัญญาณชาชน์ และรูปคลื่นอาร์เอ็มเอส ซึ่งค่าอัตราการสุ่ม (Samples Rate) ขึ้นกับสมรรถนะของเครื่องมือตรวจวัด มีโครงสร้างจัดเก็บเป็นไบนารีแยกการจัดเก็บเป็นชุดอนุกรมได้แก่ อนุกรมรูปคลื่นสัญญาณชาชน์ อนุกรมค่าเฉลี่ย อนุกรมค่าต่ำสุด และอนุกรมค่าสูงสุด ซึ่งอนุกรมเหล่านี้จะบันทึกอยู่ในสคัมภ์ “Sample Data” รูปแบบการจัดเก็บคือ สคัมภ์ Sample Data จะบันทึกอนุกรมใดเพียงอนุกรมหนึ่งเท่านั้น ตัวอย่างเช่น ถ้าให้บันทึกอนุกรมรูปคลื่นสัญญาณชาชน์แล้วจะไม่สามารถบันทึกอนุกรมอาร์เอ็มเอส (ค่าต่ำสุด สูงสุด และค่าเฉลี่ย) แต่หากบันทึกอนุกรมอาร์เอ็มเอส จะไม่สามารถบันทึกอนุกรมรูปคลื่นสัญญาณชาชน์

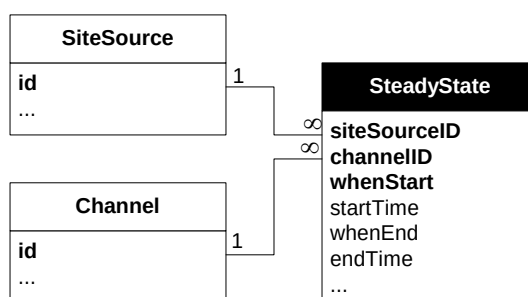
ข้อมูลอนุกรมที่จัดเก็บในแต่ละระเบียนนั้น จะต้องมีส่วนช่วงห่างของเวลาที่เท่ากัน (Time Interval) ระบุค่าอยู่ที่สคัมภ์ “SamplePeriod” และค่าบันทึกการวัดซ้ำ (วันและเวลา) ระบุที่สคัมภ์ “StartTime” เมื่อหลายๆระเบียบรวมกันจะเป็นตัวแทนรอบของเวลาแบบต่อเนื่อง เช่น การตรวจวัดแรงดันเฟส A ทุกๆ 10 นาที เป็นเวลา 1 สัปดาห์ เป็นต้น

ตาราง RMSVariation เป็นตารางที่บันทึกค่าการเปลี่ยนแปลงขนาดแบบอาร์เอ็มเอส โดยได้แยกระเบียบให้จัดเก็บเป็นแต่ละช่องสัญญาณ (Channel) ตารางนี้มีความสัมพันธ์กับตาราง “Event” ด้วยสคัมภ์ “EventID”

ระเบียบเพิ่มเติม (Additional Record) สำหรับช่องสัญญาณ (Channel) จะถูกสร้างขึ้นเมื่อเกิดการแปรปรวนของขนาดอาร์เอ็มเอสที่อาจเกิดติดต่อกันเป็นเวลานาน ปัญหานี้มีความน่าสนใจอยู่ที่ระยะเวลาที่เกิดขึ้นจะเกินกว่าช่วงที่กำหนด ตัวอย่างเช่น การพิจารณาการรบกวนที่สถานะแรกเกิดแรงดันสูงเกินชั่วขณะ ต่อมาเกิดสถานะแรงดันตกลดเหลือ 80 เปอร์เซ็นต์ และสถานะสุดท้ายลดเหลือ 10 เปอร์เซ็นต์ ด้านการจัดเก็บ เหตุการณ์นี้จะถูกแยกออกเป็น 3 ระเบียบ ตามระดับแรงดันที่เกิดขึ้น แต่จะถูกกำกับด้วยค่า “StartTime” เพื่อระบุว่าเป็นเหตุการณ์เดียวกัน

ตาราง Transient เป็นตารางบันทึกเหตุการณ์แบบชั่วคราว เช่น การเกิดลัดวงจร สถานะชั่วคราว โดยได้แยกระเบียบให้จัดเก็บเป็นแต่ละช่องสัญญาณ (Channel) ตารางนี้มีความสัมพันธ์กับตาราง “Event” ด้วยสมบัติ EventID เช่นเดียวกับตารางอื่นๆ

4.5 กลุ่มตาราง Steady-State



ภาพที่ 27 แผนผังรายละเอียดกลุ่ม Steady-State

ที่มา : PQView (2005)

กลุ่มของ Steady-State เป็นส่วนที่บันทึกข้อมูลแบบข้อความ (ตัวเลข) มีความสัมพันธ์กับตาราง SiteSource และตาราง Channel แบบหนึ่งต่อกลุ่ม ภายในมีสมบัติเวลาเริ่มต้น (StartTime) เวลาสิ้นสุด (EndTime) และสมบัติ “...” (Blank) ที่บันทึกคู่อันดับสำหรับการวาดกราฟ

รูปแบบโครงสร้างของฐานข้อมูล PQView ถือได้ว่าการออกแบบที่รัดกุม สามารถจัดเก็บข้อมูลได้ครบถ้วน เช่น ชนิดของข้อมูล รูปคลื่นสัญญาณขาขึ้น รูปคลื่นอาร์เอ็มเอส และผ่านการแก้ไขมาแล้วอีกหลายครั้ง นอกจากนั้นยังมีตารางคู่ขนานเพิ่มรายละเอียดให้ข้อมูลสมบูรณ์ครบถ้วน ลดพื้นที่การจัดเก็บ ได้แก่ ตาราง Property และตาราง Channel

นอกจากนี้ยังได้จัดทำ ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด ค่าเฉลี่ย รูปคลื่นอาร์เอ็มเอส ที่ผ่านการปริพันธ์ (Integration) ให้พร้อมใช้งาน เกิดความรวดเร็วไม่ต้องเสียเวลาคำนวณใหม่ทุกครั้ง

แต่ถึงอย่างไรก็ตาม ยังมีข้อจำกัดที่โครงสร้าง PQView ยังไม่เหมาะกับการนำมาใช้กับ โครงการวิจัยของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคได้ เช่น

1. PQDM ไม่สามารถใช้ร่วมกับ PQSecure U902 ได้
2. PQDM ต้องการข้อมูลที่เป็นรูปคลื่นสัญญาณชาวนั้นในขณะที่ PQSecure จัดเก็บเป็นอนุกรมอาร์เอ็มเอส
3. ไม่สามารถพัฒนาซอฟต์แวร์ PQDM ได้ เพราะต้องได้รับการอนุญาตอย่างถูกต้องลิขสิทธิ์
4. ด้วยโครงสร้างข้อมูล PQPEA ที่การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคสนใจ อาจมีรายละเอียดไม่ตรงจุดประสงค์หรือไม่มากเท่าที่ PQView จัดเก็บ บางข้อมูลของ PQView จึงเกิดความจำเป็น
5. ปัญหาลิขสิทธิ์การใช้งาน

5. การประเมินผลตามมาตรฐาน EN 50160

มาตรฐาน EN 50160 (EN 50160, 1999) เป็นมาตรฐานที่สำคัญที่ใช้ประเมินค่าคุณภาพ กำลังไฟฟ้าของแรงดันไฟฟ้าที่ใช้วิธีการตรวจวัดจากมาตรฐาน IEEE 1159 (IEEE 1159, 1995) เหมาะกับผู้ให้บริการไฟฟ้า การไฟฟ้าต่างๆ ผู้ผลิตไฟฟ้า ฯลฯ มาตรฐานนี้ได้รับการปรับปรุงมาจากมาตรฐาน IEEE 519 (IEEE 519, 1992) และ IEC 61000-2-2 (IEC 61000-2-2, 1997) เนื้อหาจึงมีความกระชับมากยิ่งขึ้น ปัจจุบันสามารถใช้ประเมินค่าคุณภาพกำลังไฟฟ้าระบบแรงดันต่ำ (Low Voltage : LV) และแรงดันปานกลาง (Medium Voltage : MV) จุดประสงค์ของมาตรฐานก็คือ เพื่อให้ทราบถึงสมรรถนะด้านแรงดันของระบบไฟฟ้า ให้ผู้ใช้งานสามารถเลือกใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าได้อย่างเหมาะสม

หลายๆโครงการวิจัยที่ผ่านมาของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคเอง ก็ได้นำมาตรฐานนี้มาใช้ ประเมินค่าคุณภาพกำลังไฟฟ้าด้วยเช่นกัน เนื่องจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคเป็นผู้ให้บริการ จำเป็นต้องควบคุมระดับคุณภาพของแรงดันเป็นหลัก อีกประการหนึ่งระบบแรงดันต่ำของยุโรป และประเทศไทยเป็นระบบ 230 โวลต์เท่ากัน

คำนิยามที่สำคัญของมาตรฐานมีดังต่อไปนี้

Supply Voltage คือ ค่าแรงดันอาร์เอ็มเอส ณ จุดจ่ายไฟ ที่มีการวัดซ้ำตามรอบเวลา (Time Interval)

Nominal Voltage of the System (U_n) คือ ค่าแรงดันระบุ ของระบบที่ถูกออกแบบและต้องทำงานได้ตามลักษณะดังกล่าว

Declared Supply Voltage (U_c) คือ ค่าแรงดันปกติ U_n ของระบบที่เห็นพ้องต้องกันระหว่างผู้ให้บริการและผู้ใช้ไฟฟ้า ส่วนต่างขนาดแรงดัน ณ จุดรับไฟ จะประกาศให้เป็นแรงดัน U_c

Normal Operating Condition คือ สภาวะที่ตัดจ่ายไฟได้ตามปกติ และความผิดปกติของอุปกรณ์ป้องกันอัตโนมัติกำจัดได้โดยไม่เกิดผลกระทบ

Voltage Variation คือ การเพิ่มหรือลดขนาดแรงดัน จนทำให้ผลรวมโหลดของระบบจำหน่ายอาจเปลี่ยนแปลง

Flicker คือ การเปลี่ยนแปลงหรือการกระเพื่อมของแรงดันที่มีผลต่อระบบแสงสว่าง ทำให้ระคายเคืองต่อสายตา เกิดขึ้นหลายๆครั้งในช่วงเวลาหนึ่ง

Flicker Severity คือ การเข้มงวดต่อไฟกระพริบโดยกำหนดให้ใช้เครื่องตรวจวัดด้วยวิธีของ UIE-IEC flicker และมีการประเมินค่าตามปริมาณดังนี้

1. Short term severity (Pst) คือ ค่าที่ใช้เวลาตรวจวัดทุกๆ 10 นาที
2. Long term severity (Plt) คือ ค่าณวนที่ได้จาก Pst จำนวน 12 ค่าใช้เวลาตรวจวัดทุกๆ 120 นาที หรือ 2 ชั่วโมง

Supply Voltage Dip คือ การเปลี่ยนแปลงขนาดแรงดัน ณ จุดจ่ายไฟฟ้าแบบทันทีทันใดลงเหลือ 90% ถึง 1% ของแรงดัน U_c และกลับคืนมาในช่วงเวลาอันสั้น โดยทั่วไปแล้วจะเกิดนาน 10 มิลลิวินาที ถึง 1 นาที ความลึกของแรงดันจะคิดที่แรงดันอาร์เอ็มเอสต่ำสุด

Supply Interruption คือ สภาวะที่แรงดัน ณ จุดจ่ายไฟมีค่าต่ำกว่า 1% สามารถจำแนกได้ดังนี้ เกิดจากการยินยอมให้ดับไฟอย่างถาวรเนื่องจากการทำงานในระบบจำหน่าย และแจ้งให้ผู้ใช้ไฟฟ้าทราบ หรือเกิดจากความผิดปกติ ส่วนมากแล้วจะเกิดจากเหตุการณ์ภายนอก หรืออุปกรณ์ชำรุดเสียหาย

Temporary Power Frequency Overvoltages คือ เป็นความสัมพันธ์แบบช่วงยาว (Long Duration) โดยทั่วไปแล้วจะเกิดแบบช่วงสั้น เช่น กรณีปลด-สับตัวเก็บประจุ การลดโหลดแบบทันทีทันใด หรือการปลดวงจรเมื่อเกิดลัดวงจร

Transient OverVoltages คือ การสั่นแบบเป็นคาบและไม่เป็นคาบ การแกว่งสูง แรงดันสูงเกินช่วงสั้น 2-3 วินาที หรือน้อยกว่า อาจเกิดจากฟ้าผ่า การทำงานของอุปกรณ์ปลด-สับจนเกิดกระแสเหนี่ยวนำ

Harmonic Voltage คือ รูปคลื่นสัญญาณชาขนั้แรงดันจำนวนเท่าของความถี่มูลฐานของแรงดัน ซึ่งฮาร์โมนิกประกอบไปด้วย ขนาดฮาร์โมนิกแรงดันแบบแยกอันดับ U_h เมื่อ h คือ อันดับต่างๆ โดยทั่วไปแล้วผลรวมความเพี้ยนของแรงดัน คือ THDU ที่สามารถคำนวณได้จาก รากที่สองของผลรวมแรงดันยกกำลังสอง

Interharmonic Voltage คือ รูปคลื่นสัญญาณชาขนั้แรงดันกับความถี่ระหว่างฮาร์โมนิก ซึ่งจำนวนเท่าของความถี่จะไม่เป็นเลขลงตัวกับความถี่มูลฐาน

Voltage Unbalance คือ แรงดันไม่สมดุลเกิดจากสภาวะที่แรงดัน 3 เฟสไม่เท่ากัน

แม้ว่ามาตรฐาน EN 50160 จะมีต้นแบบมาจากมาตรฐาน IEC 61000-2-2 ก็ตาม ในบางหัวข้อมาตรฐาน EN 50160 ได้ปรับปรุงแก้ไขให้มีความทันสมัยมากยิ่งขึ้น ในตารางที่ 10 แสดงการเปรียบเทียบคุณลักษณะค่ามาตรฐานแรงดันทั้ง 11 ชนิด ระหว่างมาตรฐาน EN 50160 กับ มาตรฐาน IEC 61000-2-2

ตารางที่ 10 ค่ามาตรฐานแรงดัน EN 50160, IEC61000-2-2

Parameter	Supply voltage characteristics according to EN 50160	Low voltage characteristics according to EMC standard EN 50160	
		IEC 61000-2-2	Other parts
Power frequency	LV, MV: mean value of fundamental measured over 10 s $\pm 1\%$ (49.5 - 50.5 Hz) for 99.5% of week $-6\%/+4\%$ (47- 52 Hz) for 100% of week	2%	
VoltageMagnitude variations	LV, MV: $\pm 10\%$ for 95% of week, mean 10 minutes rms values		$\pm 10\%$ applied for 15 minutes
Rapid voltage changes	LV: 5% normal 10% infrequently $Plt \leq 1$ for 95% of week MV: 4% normal 6% infrequently $Plt \leq 1$ for 95% of week	3% normal 8% infrequently $Pst < 1.0$ $Plt < 0.8$	3% normal 4% maximum $Pst < 1.0$ $Plt < 0.65$ (EN 61000-3-3) 3% (IEC 61000-2-12)
Supply voltage dips	Majority: duration $< 1s$, depth $< 60\%$. Locally limited dips caused by load switching on: LV: 10 - 50%, MV: 10 - 15%	urban: 1 - 4 months	up to 30% for 10 ms up to 60% for 100 ms (EN 61000-6-1, 6-2) up to 60% for 1 s (EN 61000-6-2)
Short interruption Of supply voltage	LV, MV: (up to 3 minutes) few tens - few hundreds/year Duration 70% of them $< 1 s$		95% reduction for 5 s (EN 61000-6-1, 6-2)

ตารางที่ 10 (ต่อ)

Parameter	Supply voltage characteristics according to EN 50160	Low voltage characteristics according to EMC standard EN 50160	
		IEC 61000-2-2	Other parts
Long interruption Of supply voltage Temporary, power frequency overvoltages	LV, MV: (longer than 3 minutes) <10 - 50/year LV: <1.5 kV rms MV: 1.7 U_c (solid or impedance earth) 2.0 U_c (unearthed or resonant earth)		
Transient overvoltages	LV: generally < 6kV, Occasionally higher; rise time: ms - μ s. MV: not defined		± 2 kV, line-to-earth ± 1 kV, line-to-line 1.2/50(8/20) Tr/Th μ s (EN 61000-6-1, 6-2)
Supply voltage unbalance	LV, MV: up to 2% for 95% of week, mean 10 minutes rms values, up to 3% in some locations	2%	2% (IEC 61000-2-12)
Harmonic voltage	LV, MV: see Table 2	6%-5th, 5%-7th, 3.5%-11th, 3%-13th, THD <8%	5% 3rd, 6% 5th, 5% 7th, 1.5% 9th, 3.5% 11th, 3% 13th, 0.3% 15th, 2% 17th (EN 61000-3-2)
Interharmonic voltage	LV, MV: under consideration	0.2%	

ที่มา : EN 50160 (1999)

ความเพี้ยนฮาร์มอนิกแรงดันแบบแยกอันดับ ได้กำหนดไว้ 25 อันดับ แบ่งออกเป็นสามกลุ่ม คือ ฮาร์มอนิกอันดับคู่ (Even Harmonics) ฮาร์มอนิกอันดับคี่ที่หารด้วยสามลงตัว (Odd Harmonics: Multiples of 3) และที่หารด้วยสามไม่ลงตัว (Odd Harmonics: Not Multiples of 3)

ตารางที่ 11 แสดงขีดจำกัดแรงดันฮาร์มอนิก 25 อันดับที่แหล่งจ่ายไฟ

Odd harmonic				Even harmonics	
Not multiples of 3		Multiples of 3			
Order h	Relative voltage (%)	Order h	Relative voltage (%)	Order h	Relative voltage (%)
5	6	3	5	2	2
7	5	9	1.5	4	1
11	3.5	15	0.5	6...24	0.5
13	3	21	0.5		
17	2				
19	1.5				
23	1.5				
25	1.5				

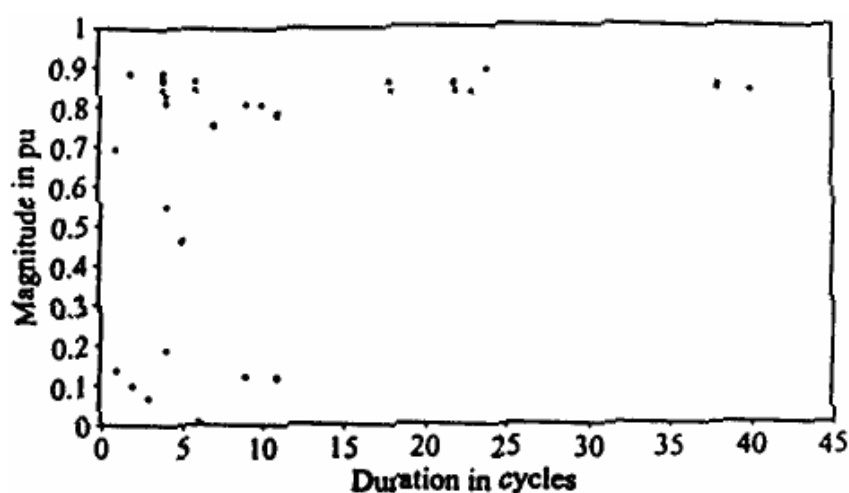
ที่มา : EN 50160 (1999)

ค่าขีดจำกัดตามมาตรฐาน EN 50160 ในตารางที่ 10 และตารางที่ 11 นั้น จะใช้สำหรับประเมินค่าแบบต่อเนื่อง (Steady-State Continuous Phenomena) สำหรับทุกๆการวัดซ้ำในรอบเวลาหนึ่ง แต่ยังมีการประเมินสำหรับแบบไม่ต่อเนื่อง (Non-Steady State Continuous Phenomena) นั่นก็คือการประเมินแบบมีเหตุการณ์การรบกวน (Disturbance Event) ในมุมมองการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคเอง ก็ได้ให้ความสนใจต่อการประเมินชนิดนี้เป็นอันดับต้นๆ เพราะปัญหาที่ผู้ใช้ไฟฟ้าร้องเรียนบ่อยครั้งก็คือ การเกิดแรงดันต่ำเกิน (Voltage Sag) สำหรับวิธีการประเมิน ได้คัดลอกมาจากหนังสือ “Under Standing Power Quality Problems Voltage Sags and Interruption” ของ Math H.J. Bollen บทที่ 6 “Voltage Sag Stochastic Assessment” (Bollen, 2000) ซึ่งจะได้กล่าวต่อไป

6. การประเมินแรงดันต่ำเกิน

6.1 แผนภาพการกระจาย

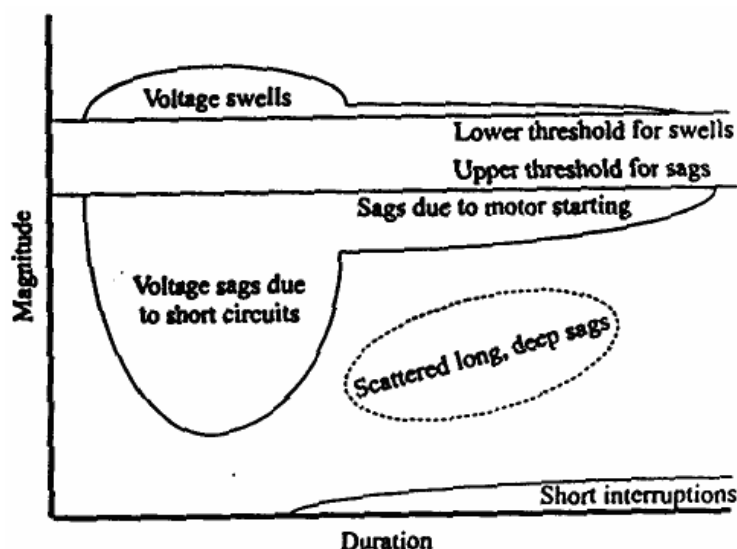
ปกติเครื่องตรวจวัดคุณภาพกำลังไฟฟ้าเกือบจะทุกรุ่น สามารถบันทึกขนาดของแรงดัน (Magnitude Voltage) และระยะเวลา (Duration) เมื่อเกิดเหตุการณ์แรงดันสูง/ต่ำเกิน ข้อมูลดังกล่าวสามารถนำมาวิเคราะห์ได้หลายแบบ การแสดงเป็นแผนภาพการกระจาย ก็เป็นตัวชี้วัดหนึ่งที่ได้รับ ความนิยม ภาพที่ 28 กำหนดให้แกนนอนเป็นแกนของเวลา และแกนตั้งเป็นแกนของขนาดแรงดันที่คงเหลือ ขณะเกิดเหตุการณ์แรงดันต่ำเกิน โดยมีแนวคิดที่ว่าเมื่อเกิดเหตุการณ์ขึ้น 1 ครั้ง ก็จะแทนจุดบนกราฟ 1 จุด ข้อดีของรูปกราฟแบบนี้ก็คือ ผู้วิเคราะห์จะสามารถเข้าใจได้ง่าย ว่าปัญหาแรงดันต่ำเกินของระบบไฟฟ้านั้น จะพบในส่วนใดมากที่สุด เป็นข้อมูลสำคัญในการนำไปปรับปรุงระบบไฟฟ้าต่อไป



ภาพที่ 28 กราฟการกระจายแรงดันต่ำเกิน

ที่มา : Bollen (2000)

ในทางทฤษฎีแล้วแผนภาพการกระจายสามารถนำไปจำแนก หาสาเหตุของปัญหาแรงดันสูง/ต่ำเกินได้ แต่แต่ละภาคส่วนมีความหมายพิจารณาได้ตามภาพที่ 29



ภาพที่ 29 กราฟอธิบายภาคส่วนความหนาแน่น

ที่มา : Bollen (2000)

โดยปกติขนาดแรงดันควรอยู่ในช่วงขอบเขตแรงดันสูงเกิน (Lower Threshold for Swells) และแรงดันต่ำเกิน (Upper Threshold for Sags) หากแรงดันมีขนาดสูงกว่าปกติจะถูกเรียกว่าเกิดสถานะแรงดันสูงเกิน (Voltage Swells) หากแรงดันมีขนาดต่ำกว่าปกติจะถูกเรียกว่าเกิดสถานะแรงดันต่ำเกิน (Voltage Sags) หากเกิดแรงดันต่ำมากๆจะถูกเรียกว่าเกิดสถานะไฟดับช่วงสั้น (Short Interruption)

ส่วนที่เป็นปัญหามากที่สุดในระบบของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ก็คือ แรงดันต่ำเกิน เพราะอาจเกิดได้หลายสาเหตุ เช่น เกิดจากการลัดวงจร (Short Circuit) หรือเกิดจากการเดินมอเตอร์ (Motor Starting) ดังนั้นการวิเคราะห์ปัญหาคุณภาพกำลังไฟฟ้าที่ดี จึงต้องมีเครื่องตรวจวัดที่แม่นยำ และข้อมูลที่เพียงพอด้วย

6.2 ตารางความหนาแน่นของแรงดันต่ำเกิน

นอกเหนือจากแผนภาพการกระจายแล้วการแสดงผลทางสถิติของแรงดันต่ำเกินก็นิยมใช้ตารางความหนาแน่นแรงดันต่ำเกินเป็นตัวชี้วัด เพราะในความเป็นจริงการตรวจวัดคุณภาพกำลังไฟฟ้าเป็นระยะเวลานานข้อมูลเหตุการณ์เหล่านี้จะปรากฏจำนวนมากการพิจารณาแบบแยก

เหตุการณ์อาจเป็นปัญหาค้างขึ้นการใช้ตารางความหนาแน่น จะช่วยให้ผู้วิเคราะห์สรุปภาพรวมได้รวดเร็วยิ่งขึ้น

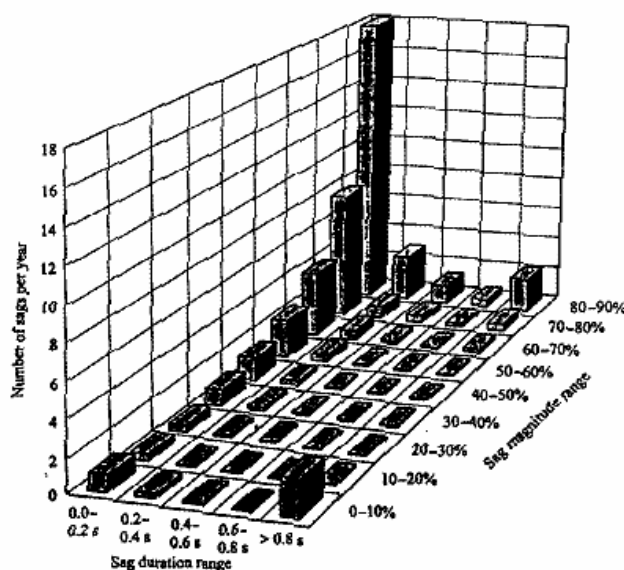
ลักษณะการแบ่งช่วงของตารางตามวิธีการประเมินของ Math H.J. Bollen แรงดันจะแบ่งช่วงละ 10 เปอร์เซนต์ เริ่มตั้งแต่ 0 จนถึง 90 เปอร์เซนต์ ส่วนด้านระยะเวลาจะแบ่งช่วงละ 200 มิลลิวินาที และมีผลลัพธ์ ดังตารางที่ 12 ระยะเวลาการตรวจวัดประมาณ 30 วัน

ตารางที่ 12 ตัวอย่างการคำนวณความหนาแน่นแรงดันต่ำเกิน

Magnitude	0-200 ms	200-400 ms	400-600 ms	600-800 ms	> 800 ms
80-90%	18.0	2.8	1.2	0.5	2.1
70-80%	7.7	0.7	0.4	0.2	0.5
60-70%	3.9	0.6	0.2	0.1	0.2
50-60%	2.3	0.4	0.1	0.1	0.1
40-50%	1.4	0.2	0.1	0.1	0.1
30-40%	1.0	0.2	0.1	0.0	0.1
20-30%	0.4	0.1	0.1	0.0	0.1
10-20%	0.4	0.1	0.1	0.0	0.1
0-10%	1.0	0.3	0.1	0.0	2.1

ที่มา : Bollen (2000)

เมื่อนำตารางที่ 12 มาวาดเป็นกราฟแท่งแบบสามมิติ จะได้ดังภาพที่ 30



ภาพที่ 30 ตัวอย่างกราฟแท่ง 3 มิติความหนาแน่นของแรงดันต่ำเกิน

ที่มา : Bollen (2000)

6.3 ตารางความหนาแน่นของแรงดันต่ำเกินสะสม

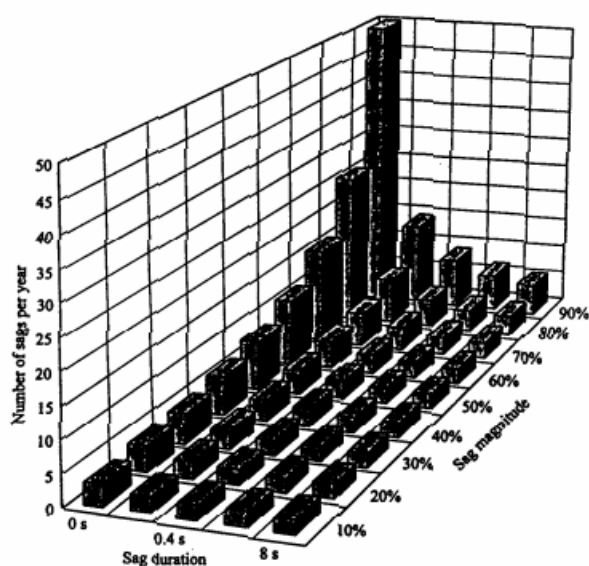
บางครั้งผู้ใช้ไฟฟ้า (Ended User) จะไม่สนใจจำนวนครั้งของการเกิดแรงดันต่ำเกินแต่ละช่วง แต่จะสนใจจำนวนครั้งที่ทำให้อุปกรณ์ไฟฟ้าปลดวงจร เพราะเป็นผลกระทบ ความเสียหายที่เกิดขึ้นจริง ตัวอย่างเช่น หากเกิดแรงดันต่ำเกินขนาดแรงดัน 80 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 2 ครั้ง 75 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 1 ครั้ง และ 70 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 1 ครั้ง อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ติดตั้งของผู้ใช้ไฟฟ้าทนได้ 65 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นอุปกรณ์ไฟฟ้าชิ้นนั้นจะปลดวงจร 4 ครั้ง การแสดงผลด้วยตารางความหนาแน่นของแรงดันต่ำเกินแบบสะสม จะแสดงจำนวนครั้งได้ชัดเจนกว่า ซึ่งวิธีการคำนวณจะคล้ายกับตารางข้างต้น แต่ใช้ผลรวมทางด้านซ้ายไปขวาและล่างขึ้นบน ตามตารางที่ 13

ตารางที่ 13 ตัวอย่างการคำนวณความหนาแน่นแรงดันต่ำเกินแบบสะสม

Magnitude	0-200 ms	200-400 ms	400-600 ms	600-800 ms	> 800 ms
90%	49.9	13.9	8.4	6.1	5.2
80%	25.4	7.4	4.7	3.6	3.1
70%	15.8	5.5	3.6	2.9	2.6
60%	10.9	4.5	3.1	2.6	2.4
50%	8.0	3.8	2.9	2.5	2.3
40%	6.2	3.4	2.7	2.3	2.3
30%	4.9	3.1	2.6	2.3	2.2
20%	4.2	2.8	2.4	2.2	2.2
10%	3.5	2.5	2.2	2.1	2.1

ที่มา : Bollen (2000)

เมื่อนำตารางที่ 13 มาวาดเป็นกราฟแท่งแบบสามมิติ จะได้ดังภาพที่ 31

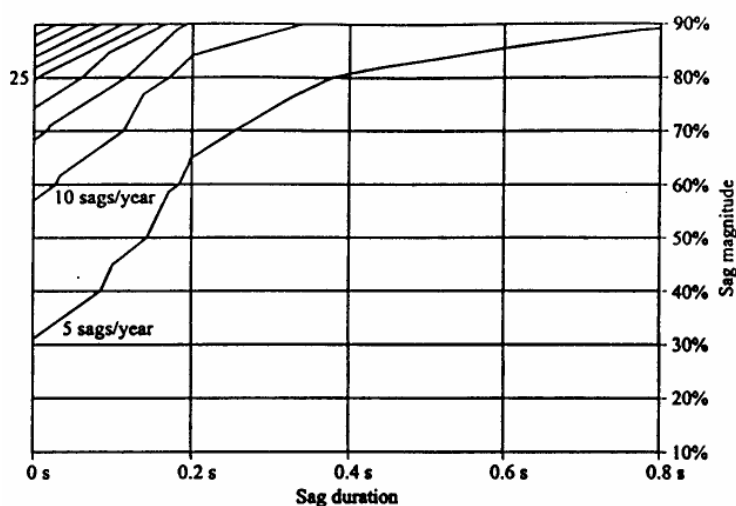


ภาพที่ 31 ตัวอย่างกราฟแท่ง 3 มิติความหนาแน่นของแรงดันต่ำเกินแบบสะสม

ที่มา : Bollen (2000)

6.4 กราฟแผนที่ความสัมพันธ์แรงดันต่ำเกิน

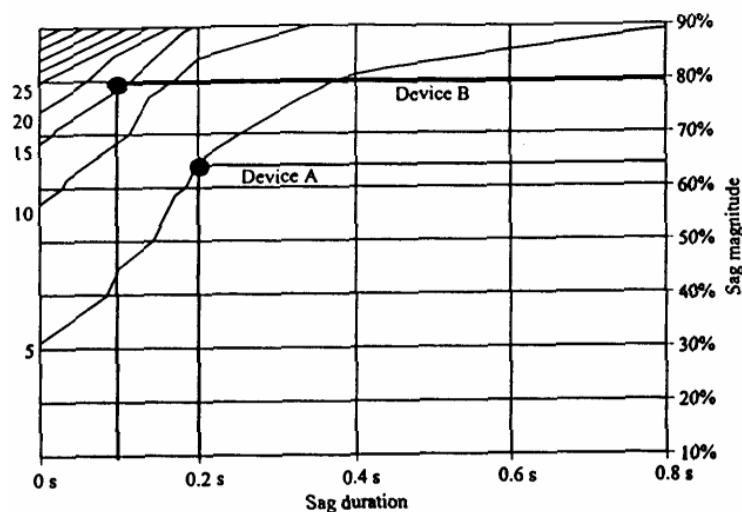
บางครั้งการดูข้อมูลลักษณะกราฟแท่งสองมิติก็เป็นปัญหา เพราะความยุ่งยากการมองแท่งกราฟเทียบกับเส้นขอบ กรณีที่แท่งกราฟนั้นอยู่ห่างจากแกน ดังนั้นจึงได้พัฒนาจากแท่งกราฟสามมิติมาเป็นเส้นแผนที่แสดงความสูง-ลึกของข้อมูล เส้นกราฟที่อยู่ภายในจะมีด้วยกันหลายเส้น ขึ้นอยู่กับจำนวนความหนาแน่นของเหตุการณ์แรงดันต่ำเกิน ความหมายของกราฟก็คือ ยิ่งเส้นกราฟอยู่ติดกันมากก็หมายความว่าเมื่ออัตราการเปลี่ยนแปลงข้อมูลสูง ภาพที่ 32



ภาพที่ 32 กราฟเส้นแผนที่แรงดันต่ำเกิน

ที่มา : Bollen (2000)

จะขอยกตัวอย่างการนำกราฟแผนที่ไปใช้งานร่วมกับอุปกรณ์ไฟฟ้า เพื่อทำนายจำนวนครั้งการปลดวงจร โดยกำหนดให้อุปกรณ์ไฟฟ้า A มีขีดจำกัดการทนได้อยู่ที่ตำแหน่ง 65 เปอร์เซ็นต์ ที่เวลา 200 มิลลิวินาที และอุปกรณ์ไฟฟ้า B มีขีดจำกัดการทนได้อยู่ที่ตำแหน่ง 80 เปอร์เซ็นต์ ที่เวลา 100 มิลลิวินาที ทั้งคู่มีขีดจำกัดการทนได้ต่อแรงดันต่ำเกินเป็นแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้า (Rectangular)



ภาพที่ 33 การใช้งานของกราฟเส้นแผนที่แรงดันต่ำเกิน อุปกรณ์ไฟฟ้า A และ B
ที่มา : Bollen (2000)

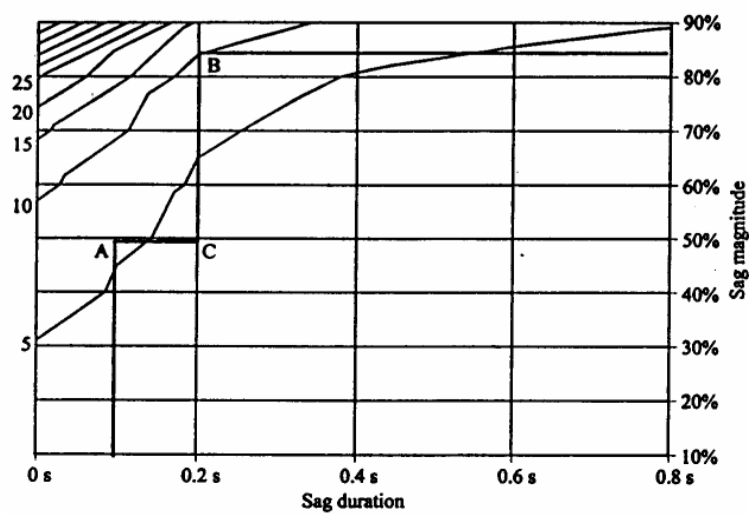
เมื่อนำอุปกรณ์ทั้งสองชนิดไปใช้งาน ณ ระบบไฟฟ้าที่มีกราฟแผนที่ดังภาพที่ 33 แล้ว อุปกรณ์ A จะมีจำนวนการปลดวงจรประมาณ 5 ครั้งต่อปี และอุปกรณ์ B จะปลดวงจรประมาณ 15 ครั้งต่อปี

กรณีที่อุปกรณ์ชิ้นหนึ่งที่มีขีดความทนได้ต่อแรงดันที่ไม่เป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า (Non-Rectangular) ดังภาพที่ 34 คือ

- ที่ตำแหน่ง A อุปกรณ์ไฟฟ้าจะปลดวงจรประมาณ 6 ครั้งต่อปี ที่แรงดันต่ำกว่า 50% นานตั้งแต่ 100 มิลลิวินาทีขึ้นไป
- ที่ตำแหน่ง B อุปกรณ์ไฟฟ้าจะปลดวงจรประมาณ 12 ครั้งต่อปีที่แรงดันต่ำกว่า 85% นานตั้งแต่ 200 มิลลิวินาทีขึ้นไป

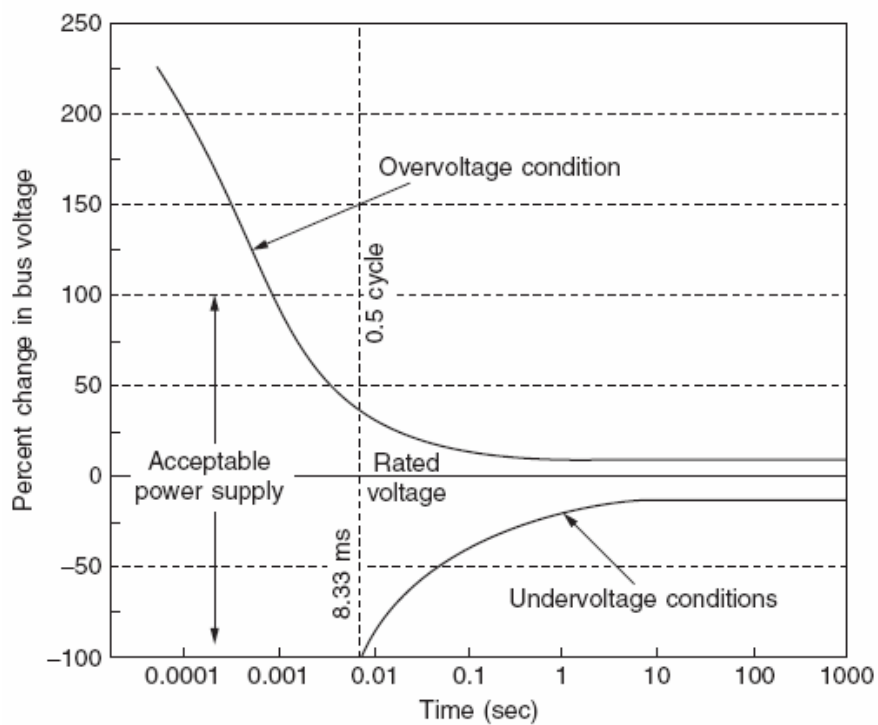
การทำนายเหตุการณ์จะไม่สามารถใช้วิธีบวกโดยตรงได้ เช่น $6 + 12 = 18$ แต่จะใช้วิธีหาจุดตัด เช่นจุดตัดของตำแหน่ง A และ B ก็คือจุด C ในที่นี้จะได้ที่ 50% ที่เวลา 200 มิลลิวินาที อุปกรณ์ไฟฟ้าจะปลดวงจรประมาณ 4 ครั้งต่อปี ดังนั้นจำนวนครั้งการเกิดเหตุการณ์ คือ

$$F_A + F_B - F_C = 6 + 12 - 4 = 14$$



ภาพที่ 34 การใช้งานของกราฟเส้นแผนที่ กรณีสักความทนได้ไม่เป็นสิ่งหลัยม
ที่มา : Bollen (2000)

6.5 กราฟมาตรฐาน CBEMA

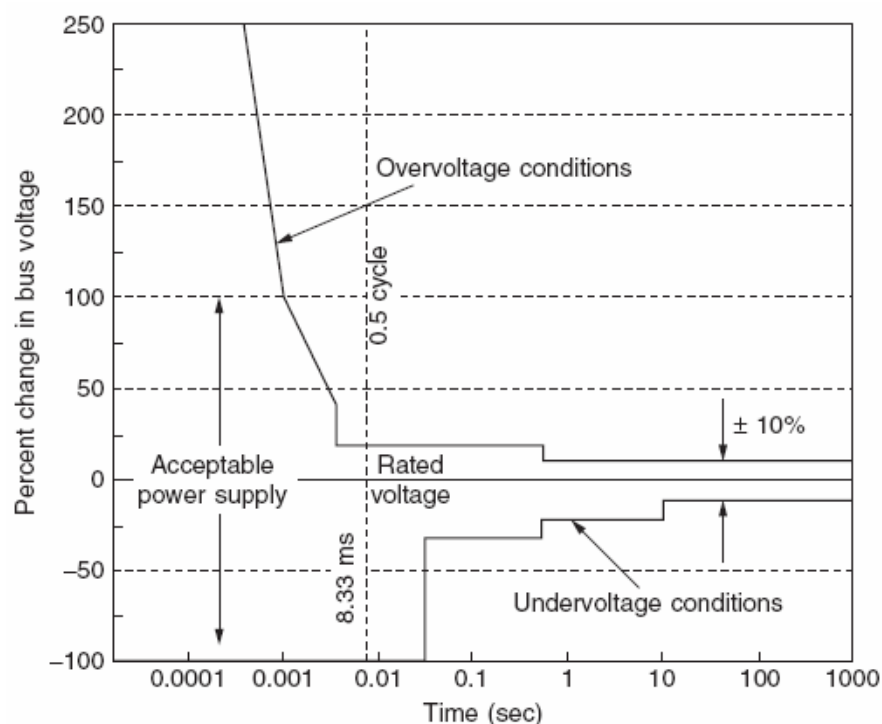


ภาพที่ 35 เส้นกราฟมาตรฐาน CBEMA

ที่มา : Kusko (2007)

เส้นกราฟมาตรฐาน CBEMA (Kusko, 2007) เป็นการรวมกลุ่มกันของผู้ประกอบการคอมพิวเตอร์ (The Computer Business Equipment Manufacturers Association) เพื่อกำหนดขีดความสามารถของอุปกรณ์ประเภทอิเล็กทรอนิกส์และอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ในการทนต่อรูปคลื่นแรงดันที่เปลี่ยนแปลง เกณฑ์มาตรฐานนี้ได้มีการนำเสนออย่างเป็นทางการในมาตรฐาน IEEE Standards. 446-1987 หลังจากนั้นได้มีการนำมาใช้งานกันอย่างกว้างขวาง อุปกรณ์ที่ผลิตขึ้นโดยอ้างอิงมาตรฐานนี้จะต้องทนต่อการเปลี่ยนแปลงของแรงดันภายในระยะเวลาที่กำหนดเมื่อเหตุการณ์ผิดปกติที่เกิดขึ้นอยู่ภายในกราฟ ภาพที่ 35

6.6 กราฟมาตรฐาน ITIC



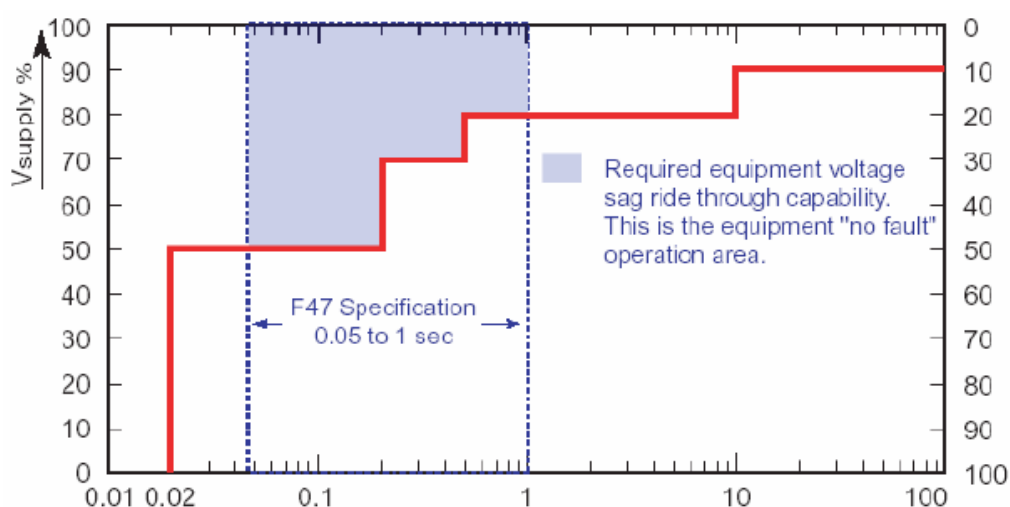
ภาพที่ 36 เส้นกราฟมาตรฐาน ITIC

ที่มา : Kusko (2007)

เส้นกราฟมาตรฐาน ITI (Kusko, 2007) นั้นได้รับการพัฒนาจากองค์กรทางด้านเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Information Technology Industry Council) เพื่อกำหนดขีดจำกัดความทนได้ของอุปกรณ์ในลักษณะเดียวกับเส้นกราฟ CBEMA แต่จะมีความสอดคล้องกับเทคโนโลยีสมัยใหม่

มากขึ้น รวมทั้งสามารถประเมินขีดจำกัดของอุปกรณ์ได้ทั้งกรณีแรงดันสูงเกินชั่วขณะ (Voltage Swell) และแรงดันต่ำเกิน (Voltage Sag) หรือแม้กระทั่งแรงดันเกินในสถานะชั่วคราว (Transient) ดังภาพที่ 36

6.7 กราฟมาตรฐาน SEMI F47



ภาพที่ 37 เส้นกราฟมาตรฐาน SEMI F47

ที่มา : Dugan (1996)

เส้นกราฟมาตรฐาน SEMI (Dugan, 1996) นั้น ได้รับการพัฒนาจากกลุ่มผู้ผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ (The Semiconductor Equipment and Materials International Group) เพื่อใช้ประเมินผลกระทบเฉพาะปัญหาแรงดันต่ำเกินต่อส่วนประกอบของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เท่านั้น โดยได้กำหนดเป็นมาตรฐานที่เป็นทางการภายใต้ชื่อเส้นกราฟ SEMI Standard F-47 ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ที่ผลิตตามมาตรฐานนี้จะต้องทนต่อขนาดแรงดันต่ำเกินที่ลดลงเหลือ 50 เปอร์เซ็นต์ได้นาน 200 มิลลิวินาที ทนต่อขนาดแรงดันต่ำเกินที่ลดลงเหลือ 70 เปอร์เซ็นต์ได้นาน 0.5 มิลลิวินาที และทนต่อขนาดแรงดันต่ำเกินที่ลดลงเหลือ 80 เปอร์เซ็นต์ ได้นาน 1 มิลลิวินาที นอกจากนั้นกลุ่มผู้ผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ยังได้กำหนดมาตรฐานเพื่อใช้สำหรับการทดสอบทั้งในส่วนของการขึ้นตอนการทดสอบ ความปลอดภัย และการนำเสนอผลการทดสอบภายใต้ชื่อ SEMI Standard F-42 ซึ่งจะสัมพันธ์กับ SEMI Standard F-47 ดังภาพที่ 37

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล
2. ระบบปฏิบัติการ Microsoft Windows XP
3. ซอฟต์แวร์จัดการฐานข้อมูล Microsoft SQL Server สำหรับข้อมูลต้นทาง
4. ซอฟต์แวร์จัดการฐานข้อมูล Microsoft Access สำหรับข้อมูลปลายทาง
5. ชุดซอฟต์แวร์ที่เกี่ยวข้องกับฐานข้อมูลคุณภาพกำลังไฟฟ้า
6. ซอฟต์แวร์สำหรับการพัฒนา Borland Delphi 7.0

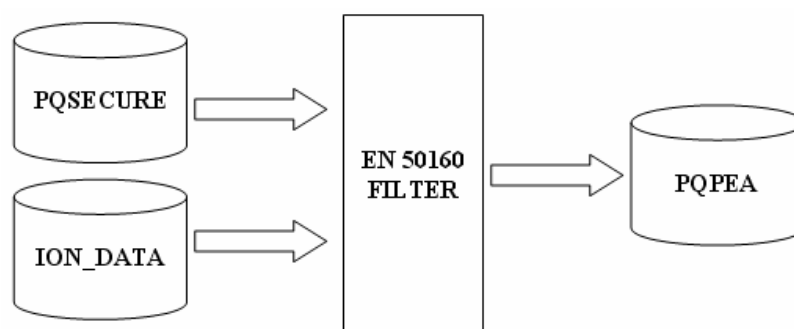
วิธีการ

หากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคใช้เครื่องตรวจวัดคุณภาพกำลังไฟฟ้าที่เป็นผลิตภัณฑ์เดียวกันทั้งประเทศแล้ว การวิเคราะห์และประเมินผลจะสามารถทำได้ง่ายและสะดวก ด้วยรูปแบบข้อมูลเหมือนกัน ซอฟต์แวร์ชนิดเดียวกัน และไม่เป็นปัญหาในกรณีที่ต้องการส่ง-รับข้อมูลข้ามพื้นที่ แต่ในความเป็นจริงแล้ว ด้วยข้อจำกัดของระเบียบการจัดซื้อ/จัดหา ทำให้การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคไม่สามารถระบุผลิตภัณฑ์เครื่องตรวจวัดคุณภาพกำลังไฟฟ้าได้ ที่ผ่านมาการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคต้องสูญเสียเวลาส่วนหนึ่งในการวิเคราะห์และประเมินผลข้อมูล ต้องปรับข้อมูลให้เป็นรูปแบบเดียวกัน เกิดความยุ่งยากและซ้ำซ้อน และเป็นปัญหาอย่างมากในกรณีที่ต้องวิเคราะห์ข้อมูลที่มีปริมาณมาก ภายใต้ระยะเวลาที่จำกัด

เพื่อแก้ข้อปัญหาที่เกิดขึ้น วิทยานิพนธ์นี้จึงได้พยายามศึกษาระบบข้อมูลของเครื่องตรวจวัดทุกผลิตภัณฑ์ที่การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคมีใช้งาน พอสรุปได้ว่าข้อมูลคุณภาพกำลังไฟฟ้าที่มีการจัดเก็บในรูปแบบแฟ้มข้อมูลจะไม่สามารถอ่านข้อมูลที่บรรจุภายในได้ เพราะมีการเข้ารหัสในรูปแบบไบนารี แต่หากเป็นข้อมูลที่จัดเก็บในรูปแบบฐานข้อมูลนั้น สามารถอ่านค่าได้เพราะมีรูปแบบที่เป็นสากล คือ มีการจัดเก็บเป็นแบบข้อความและภาพลักษณ์

ปัจจุบันการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคได้พยายามกำหนดคุณลักษณะการจัดซื้อของเครื่องตรวจวัดให้มีลักษณะการบันทึกเป็นระบบเครือข่าย เพราะสามารถบันทึกได้เป็นระยะยาว ดังนั้นแนวโน้มการใช้เครื่องตรวจวัดที่จัดเก็บเป็นระบบฐานข้อมูลจะมีจำนวนมากขึ้น ส่วนการจัดเก็บเป็นแบบแฟ้มข้อมูลจะมีจำนวนลดลงเหลือใช้งานการตรวจวัดบางประเภทเท่านั้น

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการศึกษาโครงสร้าง ออกแบบระบบข้อมูลคุณภาพกำลังไฟฟ้า สำหรับข้อมูลที่เป็นระบบฐานข้อมูลเท่านั้น เนื่องจากเป็นข้อมูลตรวจวัด ที่ได้จากใช้ในโครงการสำรวจระดับคุณภาพกำลังไฟฟ้าของระบบไฟฟ้าระยะที่ 2 (ตฤณ, 2550) การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคที่ตรวจวัดตามมาตรฐาน EN 50160 (EN 50160, 1999) และเพื่อให้โครงสร้างฐานข้อมูลใหม่สอดคล้องกับมาตรฐานดังกล่าว ก่อนที่จะนำข้อมูล PQSecure และข้อมูล ION_Data เข้าสู่ฐานข้อมูล PQPEA ผ่านการกรองด้วย “EN 50160 FILTER” ดังภาพที่ 38



ภาพที่ 38 การกรองข้อมูล PQPEA ด้วย EN 50160 FILTER

ผู้วิจัยได้ศึกษามาตรฐานคุณภาพกำลังไฟฟ้าของ กฟผ. กฟน. และ กฟภ. รวมถึงมาตรฐานสากลที่เกี่ยวข้อง ของรูปแบบระบบฐานข้อมูลด้านคุณภาพกำลังไฟฟ้าประเภทต่างๆ วิธีการจัดเก็บข้อมูลแบบอักขระที่เป็นตัวเลข แบบฐานสิบหกที่เป็นรูปคลื่น พร้อมเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสีย แต่ละประเภท เพื่อนำไปออกแบบฐานข้อมูลใหม่

นอกจากนั้นได้ศึกษาวิธีการใช้งานซอฟต์แวร์เดลไฟ (Delphi) เพื่อพัฒนาซอฟต์แวร์ให้สามารถเรียกดูข้อมูล แปลงข้อมูล แสดงผล และจัดทำรายงาน ให้สามารถใช้งานได้ง่ายเช่นเดียวกับซอฟต์แวร์ต้นฉบับเป็นอย่างน้อย มีผลการคำนวณที่เชื่อถือได้

ขั้นตอนการศึกษาและวิธีการดำเนินงาน

1. ศึกษามาตรฐานและบทความที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์คุณภาพกำลังไฟฟ้า
2. ศึกษากระบวนการข้อมูลและซอฟต์แวร์ที่เกี่ยวข้องกับฐานข้อมูลคุณภาพกำลังไฟฟ้า
3. ออกแบบและจัดทำฐานข้อมูลให้ตรงตามมาตรฐาน EN 50160
4. พัฒนาซอฟต์แวร์และจัดทำหน่วยแสดงผล
5. สรุปผลและเขียนวิทยานิพนธ์

1. ส่วนประกอบของซอฟต์แวร์

ซอฟต์แวร์ PEA-ASSESSMENT แบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนป้อนข้อมูล ส่วนประมวลผล และส่วนแสดงผลการคำนวณ

ส่วนป้อนข้อมูล เป็นส่วนที่ผู้ใช้งานสามารถกำหนดประเภทหรือชนิดของฐานข้อมูล (PQSecure หรือ ION_Data) ที่ต้องการแปลงข้อมูล กำหนดชื่อสร้างฐานข้อมูลและกำหนดมิติเตอร์ที่บันทึกอยู่ในฐานข้อมูลนั้นๆ

ส่วนประมวลผล เมื่อผู้ใช้งานป้อนข้อมูลในส่วนที่ครบถ้วนสมบูรณ์แล้ว ซอฟต์แวร์จะสร้างแฟ้มข้อมูลในรูปแบบ *.MDB (Microsoft Access) เพื่อรองรับขั้นตอนการแปลงข้อมูล และแปลงข้อมูลให้เป็นรูปแบบ PQPEA

ส่วนแสดงผล หลังจากที่ได้ข้อมูลครบถ้วนแล้ว ผู้ใช้งานสามารถกำหนด เลือกฟังก์ชันที่ต้องการแสดงผลในรูปแบบต่างๆ เช่น การแสดงกราฟ การแสดงตาราง การแสดงรูปคลื่นเหตุการณ์ และการออกรายงาน

1.1 เงื่อนไขเริ่มต้น

- 1.1.1 ต้องมีข้อมูลการตรวจวัด PQSecure หรือ ION_Data ในรูปแบบฐานข้อมูล
- 1.1.2 เครื่องคอมพิวเตอร์ต้องติดตั้งซอฟต์แวร์ Microsoft Access 1997 ถึง 2003
- 1.1.3 เครื่องคอมพิวเตอร์ต้องติดตั้งซอฟต์แวร์ Microsoft SQL Server 2000
- 1.1.4 กำหนดรูปแบบเวลาคอมพิวเตอร์ให้เป็น “MM-DD-YYYY”
- 1.1.5 นำฐานข้อมูลการตรวจวัดเข้าสู่ซอฟต์แวร์ Microsoft SQL Server

1.2 โครงสร้างการทำงานของซอฟต์แวร์

1.2.1 เลือกฐานข้อมูล PQSecure หรือ ION_Data เพื่อเป็น Source Database

1.2.2 สร้างฐานข้อมูล Microsoft Access เพื่อเป็น Target Database

1.2.3 สร้างมีเตอร์เป้าหมายใน Microsoft Access

1.2.4 ทำการเชื่อมต่อฐานข้อมูล Source และ Target Database

1.2.5 จับคู่มีเตอร์ที่ต้องการแปลงระหว่าง Source และ Target Database

1.2.6 แปลงข้อมูล

1.2.7 แสดงผลการคำนวณ

1.2.8 รายงานสรุปค่าคุณภาพกำลังไฟฟ้า

1.2.1 เลือกฐานข้อมูล PQSecure หรือ ION_Data เพื่อเป็น Source Database

กำหนดชื่อเซิร์ฟเวอร์ (Server) และชื่อฐานข้อมูลต้นทาง (Target Database) ที่มีข้อมูล PQSecure หรือ ION_Data เพื่อเป็น Source Database และกำหนดให้ซอฟต์แวร์สามารถค้นหาเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ติดตั้ง Microsoft SQL Server บนระบบเครือข่าย (Local Area Network: LAN) ได้

1.2.2 สร้างฐานข้อมูล Microsoft Access เพื่อเป็น Target Database

ในขั้นตอนนี้ผู้ใช้งานเพียงแต่ป้อนชื่อ ซอฟต์แวร์ก็จะสร้างฐานข้อมูลฐานเป้าหมาย (Target Database) ในรูปแบบ Microsoft Access ให้โดยอัตโนมัติ

1.2.3 สร้างมีเตอร์เป้าหมายใน Microsoft Access

เมื่อสร้างฐานข้อมูลเป้าหมายแล้ว ให้สร้างมีเตอร์และกำหนดรายละเอียดที่สำคัญ โดยเฉพาะ แรงดันมูลฐาน ความถี่มูลฐานและชนิดของฐานข้อมูลต้นทาง

1.2.4 ทำการเชื่อมต่อฐานข้อมูล Source และ Target Database

เมื่อกำหนดรายละเอียดขั้นต้นแล้ว ให้เชื่อมต่อฐานข้อมูลทั้งสอง

1.2.5 จับคู่มีเตอร์ที่ต้องการแปลงระหว่าง Source และ Target Database

เมื่อเชื่อมกับฐานข้อมูลทั้งสองแล้วซอฟต์แวร์จะแสดงมีเตอร์ต้นทางและเป้าหมาย ให้ผู้ใช้งานจับคู่ระหว่างมีเตอร์ เพื่อเข้าสู่การแปลงข้อมูล

1.2.6 แปลงข้อมูล

ในขั้นตอนนี้ ซอฟต์แวร์จะทำงานโดยอัตโนมัติ ซึ่งระยะเวลาการแปลงข้อมูลขึ้นแปรผันตรงกับขนาดของฐานข้อมูล และผลลัพธ์ที่ได้ก็คือ ข้อมูลที่บรรจุในตารางทั้ง 4 ได้แก่ MeterTable DataLogTable WaveformTable และ EventTable

1.2.7 แสดงผลการคำนวณ

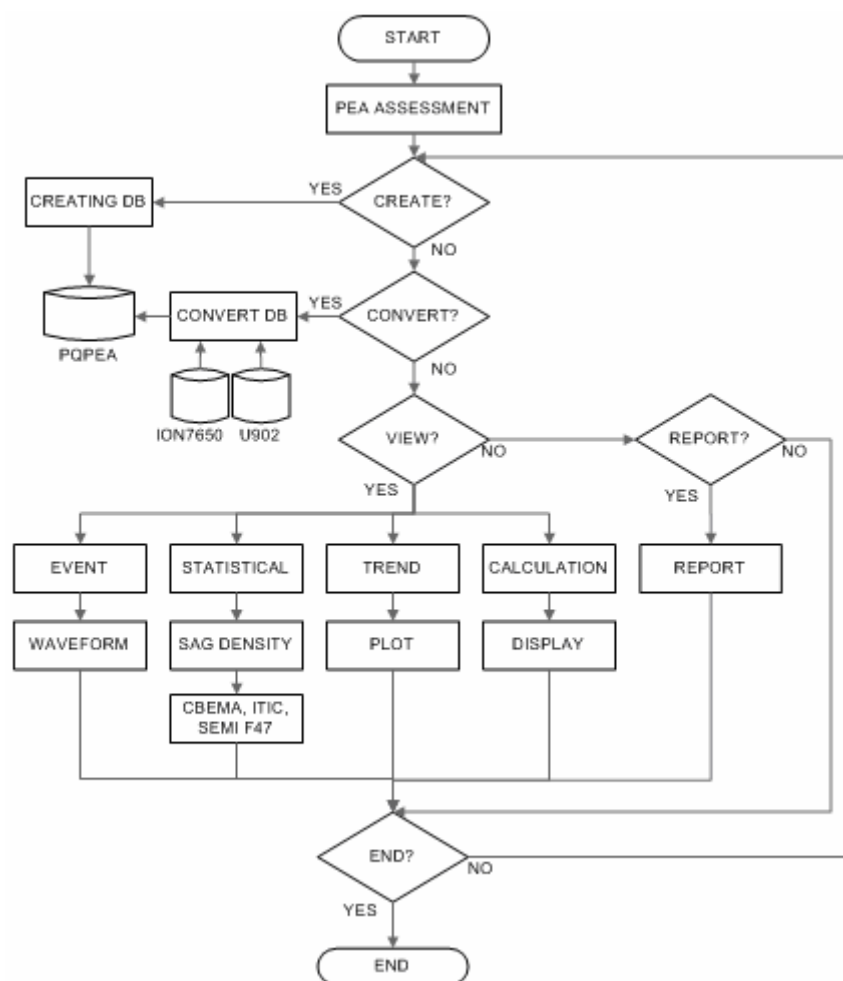
ซอฟต์แวร์สามารถคำนวณค่าคุณภาพกำลังไฟฟ้าเบื้องต้นได้ เช่น ค่าสูงสุด ต่ำสุด ค่าเฉลี่ย จำนวนแรงดันไฟฟ้าผิดปกติ เป็นต้น

1.2.8 รายงานสรุปค่าคุณภาพกำลังไฟฟ้า

ซอฟต์แวร์สามารถออกรายงานคุณภาพกำลังไฟฟ้าตามมาตรฐาน EN 50160

ลำดับต่อไป ภาพที่ 39 จะอธิบายแผนผังการทำงานของซอฟต์แวร์ PEA ASSESSMENT มีขั้นตอนการทำงานดังนี้

1. คำสั่ง Start เริ่มต้นเปิดซอฟต์แวร์
2. คำสั่ง Create เพื่อต้องการสร้างฐานข้อมูล PQPEA ใหม่
3. คำสั่ง View เพื่อต้องการเรียกดูข้อมูล
4. คำสั่ง Report เพื่อต้องการสร้างรายงาน/แสดงผลในรูปแบบรายงาน
5. คำสั่ง Event เพื่อแสดงผลรูปแบบ waveform ที่บันทึกได้
6. คำสั่ง Statistical เพื่อแสดงผลคำนวณทางสถิติ ที่เกิดจากแรงดันผิดปกติ
7. คำสั่ง Trend เพื่อแสดงผลรูปแบบต่อเนื่อง ในรูปแบบ Microsoft Excel
8. คำสั่ง Calculation เพื่อคำนวณผลทางคณิตศาสตร์ เช่น CP50 และ CP95



ภาพที่ 39 แผนผังขั้นตอนการทำงานซอฟต์แวร์ PEA ASSESSMENT

2. ฐานข้อมูลคุณภาพกำลังไฟฟ้า

ด้วยแต่ละฐานข้อมูลจะใช้คำนิยาม สัญลักษณ์ ที่แตกต่างกัน เพื่อให้เกิดความเข้าใจในโครงสร้างฐานข้อมูลแต่ละชนิด ในตารางที่ 14 จะแสดงชื่อเรียก คำสำคัญ ของข้อมูลแบบต่อเนื่องจำนวน 60 ชนิด เพื่อใช้อ้างอิงข้อมูลแต่ละประเภท ตลอดจนนำไปสร้างชุดกรอง “EN 50160 FILTER” (หมายเหตุ ชุดกรอง EN 50160 FILTER ได้รวมค่ากระแสเข้าไปด้วย)

ตารางที่ 14 แสดงชื่อ สัญลักษณ์ ข้อมูลคุณภาพกำลังไฟฟ้าแบบต่อเนื่องทั้ง 3 ชนิด

No	PQView	ION_Data		PQSecure	
		Label	QuantityID	Label	Table
1	V Freq Maximum	Freq high	1	Fmax	FrequencyTable
2	V Freq Minimum	Freq low	2	Fmin	FrequencyTable
3	V Freq Average	Freq mean	3	FAvg	FrequencyTable
4	I RMS N Maximum	I 4 high	4	INMax	CVTable
5	I RMS N Minimum	I 4 low	5	INMin	CVTable
6	I RMS N Average	I 4 mean	6	INAvg	CVTable
7	I RMS A Maximum	I a high	7	I1Max	CVTable
8	I RMS A Minimum	I a low	8	I1Min	CVTable
9	I RMS A Average	I a mean	9	I1Avg	CVTable
10	I RMS B Maximum	I b high	14	I2Max	CVTable
11	I RMS B Minimum	I b low	15	I2Min	CVTable
12	I RMS B Average	I b mean	16	I2Avg	CVTable
13	I RMS C Maximum	I c high	17	I3Max	CVTable
14	I RMS C Minimum	I c low	18	I3Min	CVTable
15	I RMS C Average	I c mean	19	I3Avg	CVTable
16	K Factor A Average	I1 K Fac mean	23	K_I1	HarmonicsTHD
17	I THD A Average	I1 THD mean	25	THDF_I1	HarmonicsTHD
18	K Factor B Average	I2 K Fac mean	28	K_I2	HarmonicsTHD
19	I THD B Average	I2 THD mean	30	THDF_I2	HarmonicsTHD
20	K Factor A Average	I3 K Fac mean	33	K_I3	HarmonicsTHD
21	I THD C Average	I3 THD mean	35	THDF_I3	HarmonicsTHD
22	S All Average	kVA tot mean	58	STotAvg	PowerTable
23	Q All Average	kVAR tot mean	90	QTotAvg	PowerTable
24	P All Average	kW tot mean	128	PTotAvg	PowerTable
25	PF Lag All Average	PF lag mean	147	PFTotAvg	PowerTable
26	PF Lead All Average	PF lead mean	150	PFTotAvg	PowerTable
27	V RMS A Maximum	V1 high	218	U1Max	CVTable
28	V RMS A Minimum	V1 low	219	U1Min	CVTable
29	V RMS A Average	V1 mean	220	U1Avg	CVTable

ตารางที่ 14 (ต่อ)

No	PQView	ION_Data		PQSecure	
		Label	QuantityID	Label	Table
30	V TEHD A Average	V1 TEHD mean	221	THDEVEN_U1	HarmonicsTHD
31	V THD A Average	V1 THD mean	224	THDF_U1	HarmonicsTHD
32	V TOHD A Average	V1 TOHD mean	227	THDODD_U1	HarmonicsTHD
33	V RMS B Maximum	V2 high	230	U2Max	CVTable
34	V RMS B Minimum	V2 low	231	U2Min	CVTable
35	V RMS B Average	V2 mean	232	U2Avg	CVTable
36	V TEHD B Average	V2 TEHD mean	233	THDEVEN_U2	HarmonicsTHD
37	V THD B Average	V2 THD mean	236	THDF_U2	HarmonicsTHD
38	V TOHD B Average	V2 TOHD mean	239	THDODD_U2	HarmonicsTHD
39	V RMS C Maximum	V3 high	242	U3Max	CVTable
40	V RMS C Minimum	V3 low	243	U3Min	CVTable
41	V RMS C Average	V3 mean	244	U3Avg	CVTable
42	V TEHD C Average	V3 TEHD mean	245	THDEVEN_U3	HarmonicsTHD
43	V THD C Average	V3 THD mean	248	THDF_U3	HarmonicsTHD
44	V TOHD C Average	V3 TOHD mean	251	THDODD_U3	HarmonicsTHD
45	V Imbalance Average	V unbal mean	154	UB	CVTable
46	V Flicker Plt A	V1-Flick Plt	314	PLT1	PLTTable
47	V Flicker Pst A	V1-Flick Pst	480	PST1	PSTTable
48	V Flicker Plt B	V2-Flick Plt	378	PLT2	PLTTable
49	V Flicker Pst B	V2-Flick Pst	379	PST2	PSTTable
50	V Flicker Plt C	V3-Flick Plt	443	PLT3	PLTTable
51	V Flicker Pst C	V3-Flick Pst	444	PST3	PSTTable
52	V RMS AB Maximum	Vll ab high	165	U12Max	CVTable
53	V RMS AB Minimum	Vll ab low	166	U12Min	CVTable
54	V RMS AB Average	Vll ab mean	167	U12Avg	CVTable
55	V RMS BC Maximum	Vll bc high	171	U23Max	CVTable
56	V RMS BC Minimum	Vll bc low	172	U23Min	CVTable
57	V RMS BC Average	Vll bc mean	173	U23Avg	CVTable
58	V RMS CA Maximum	Vll ca high	174	U31Max	CVTable

ตารางที่ 14 (ต่อ)

No	PQView	ION_Data		PQSecure	
		Label	QuantityID	Label	Table
59	V RMS CA Minimum	Vll ca low	175	U31Min	CVTable
60	V RMS CA Average	Vll ca mean	176	U31Avg	CVTable

สำหรับ ION_Data การอ้างอิงถึงข้อมูลแต่ละชนิดจะใช้ค่า QuantityID เป็นตัวกำหนดเพียงอย่างเดียว (พิจารณาได้จากชุดคำสั่ง ION_Data) ส่วน PQSecure การอ้างอิงถึงข้อมูลแต่ละชนิดจะใช้ค่า “Label” และ “Table” เป็นตัวกำหนด (พิจารณาได้จากชุดคำสั่ง PQSecure)

จากตารางที่ 14 เป็นข้อมูลแบบต่อเนื่อง ซึ่งเป็นข้อมูลแบบข้อความ (Text) ที่จัดเก็บตัวเลขเลขจำนวนเต็ม เลขทศนิยม กำหนดให้จัดเก็บในตาราง DataLogTable ของฐานข้อมูล PQPEA

ข้อมูลรูปคลื่นจะมี 2 ประเภท คือรูปคลื่นสัญญาณชาแนลและอาร์เอ็มเอส รูปคลื่นสัญญาณชาแนลมีความยาว 1,792 อักขระแทน 448 จุด (28 ไชเคิล: อัตราการสุ่ม 128) และ 2,048 อักขระแทน 512 จุด (4 ไชเคิล: อัตราการสุ่ม 512) ส่วนรูปคลื่นอาร์เอ็มเอสมีความยาว 1,000 อักขระแทน 250 จุด (2.5 วินาที) อนุกรมรูปคลื่นจัดเป็นแบบภาพลักษณ์ กำหนดให้จัดเก็บในตาราง “WaveformTable” (4 อักขระแทน 1 จุด)

ข้อมูลการรบกวน เช่น แรงดันต่ำเกิน แรงดันสูงเกิน ประกอบไปด้วย วัน เวลา เฟส ขนาดแรงดันที่เหลือ ระยะเวลาที่เกิดขึ้น ฯลฯ กำหนดให้จัดเก็บในตาราง “EventTable”

ข้อมูลชื่อ ผลิตภัณฑ์ ตำแหน่งที่ติดตั้ง วิธีการติดตั้ง หม้อแปลงแรงดัน หม้อแปลงกระแส ข้อมูลทั่วไป ฯลฯ กำหนดให้จัดเก็บในตาราง “MeterTable”

ดังนั้นฐานข้อมูล PQPEA จะประกอบไปด้วยตารางอ้างอิงจำนวน 1 ตาราง และตารางข้อมูลจำนวน 3 ตาราง รวมเป็น 4 ตาราง (ตารางที่ 15 ถึง 18) โดยกำหนดให้ตาราง “MeterTable” เป็นตารางพ่อและตาราง “DataLogTable” ตาราง “WaveformTable” ตาราง “EventTable” ซึ่งเป็นตารางลูก และมีโครงสร้างฐานข้อมูลเป็นแบบสัมพันธ์

ตารางที่ 15 โครงสร้างและรายละเอียดของตาราง MeterTable

ลำดับ	ชื่อเขตข้อมูล	ประเภทข้อมูล	ขนาด	รายละเอียด
1	ID	AutoNumber	8	ID number for Meter
2	MeterName	Text	15	Property name
3	MeterSerialNo	Text	30	Serial number
4	NominalFrequency	Number	8	Nominal frequency
5	NominalVoltage	Number	8	Nominal voltage
6	VoltageLevel	Number	8	Voltage level
7	Postion	Text	30	Position measuring
8	MeterType	Text	30	U902 or ION7650
9	TypeofConnection	Text	50	Type of connection
10	Information	Text	15	Information
11	PTratio	Number	8	PT ratio
12	CTratio	Number	8	CT ratio

ตารางที่ 16 โครงสร้างและรายละเอียดของตาราง EventTable

ลำดับ	ชื่อเขตข้อมูล	ประเภทข้อมูล	ขนาด	รายละเอียด
1	ID	AutoNumber	8	ID number of Event
2	MeterID	Number	8	ID number of Meter
3	StampTime	DateTime	8	Date and Time
4	FractionOfASecond	Double	8	Fraction of a section
5	Phase	Number	8	Phase trigger
6	Voltage	Number	8	Magnitude voltage
7	Duration	Number	8	Time duration

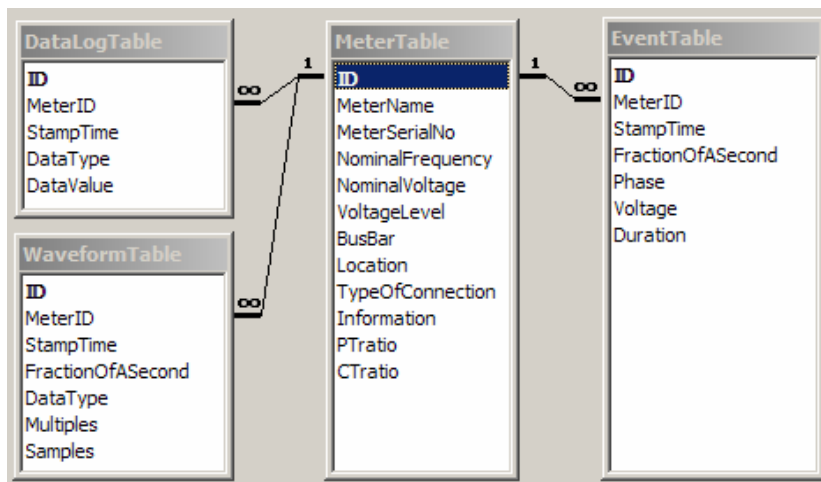
ตารางที่ 17 โครงสร้างและรายละเอียดของตาราง DataLogTable

ลำดับ	ชื่อเขตข้อมูล	ประเภทข้อมูล	ขนาด	รายละเอียด
1	ID	AutoNumber	8	ID number of Datalog
2	MeterID	Number	8	ID number of Meter
3	StampTime	DateTime	8	Date and Time
4	DataType	Text	12	Data type
5	DataValue	Double	8	Data Value

ตารางที่ 18 โครงสร้างและรายละเอียดของตาราง WaveformTable

ลำดับ	ชื่อเขตข้อมูล	ประเภทข้อมูล	ขนาด	รายละเอียด
1	ID	AutoNumber	8	ID number of W/F
2	MeterID	Number	8	ID number of Meter
3	StampTime	DateTime	8	Date and Time
4	FractionOfASecond	Text	12	Fraction of a section
5	DataType	DataType	3	Data type
6	Multiples	Number	8	Multiples Value
7	Samples	OLE Object	0	Binary Waveform

การเชื่อมโยงข้อมูลของตารางทั้ง 4 จะใช้เขตข้อมูล “ID” ของตารางพ่อ “MeterTable” เชื่อมกับเขตข้อมูล “MeterID” ของตารางลูกที่ผ่านตัวเชื่อมที่เรียกว่ากุญแจนอกมีความสัมพันธ์ระหว่างตารางเป็นแบบหนึ่งต่อกลุ่ม (One to Many Relationship) ภาพที่ 40



ภาพที่ 40 ความสัมพันธ์แบบหนึ่งต่อกลุ่มระหว่างตาราง MeterTable และตารางลูก

สำหรับวิธีการเรียกข้อมูลแรงดันเฉลี่ยเฟส A จะมีตัวอย่างชุดคำสั่งดังนี้

```
Select U1AVG from MeterTable M INNER JOIN DataLogTable D on M.ID =
D.MeterID Where M.MeterName = 'LCA1'
```

(LCA1 : มิเตอร์ตัวที่1 ของสถานีไฟฟ้าแหลมฉบัง)

เปรียบเทียบ PQPEA กับ ION_Data

จากชุดคำสั่งการเรียกดูข้อมูล PQPEA แรงดันเฉลี่ยเฟส A จะมีขนาดสั้นกว่าเมื่อเทียบกับชุดคำสั่งของ ION_Data การประมวลผลจึงทำได้เร็วกว่า เพราะใช้คำสั่งเชื่อม INNER JOIN เพียง 1 คำสั่ง ในขณะที่ ION_Data ใช้คำสั่งเชื่อม INNER JOIN ถึง 4 คำสั่ง (ดูตัวอย่างได้จากการเรียกข้อมูลของ ION_Data) ดังนั้นแง่ของตรรกศาสตร์แล้ว PQPEA จะประมวลผลได้รวดเร็วกว่า

เปรียบเทียบ PQPEA กับ PQSecure

เมื่อเปรียบเทียบกับ PQSecure แล้ว ชุดคำสั่ง PQPEA จะมีขนาดที่กะทัดรัดกว่า เพราะใช้ชุดคำสั่งเรียกข้อมูลจากตาราง DataLogTable ในขณะที่การเรียกดูข้อมูลของ PQSecure นั้น ค่าแรงดันเฉลี่ยเฟส A จะต้องใช้ตาราง CVTTable และเมื่อต้องการเรียกดูค่าฮาร์มอนิกเฉลี่ยเฟส A จะต้องใช้ตาราง THDHarmonics การอ้างอิงตารางต่างกัน ตัวอย่าง เช่น

ชุดคำสั่ง SQL สำหรับการเรียกข้อมูลฮาร์โมนิกจากราง PQSecure

Select U1AVG From CVTable Where ...

Select THDF_U1 From THDHarmonics Where ...

ชุดคำสั่ง SQL สำหรับการเรียกข้อมูลฮาร์โมนิกจากราง PQPEA

Select U1AVG From DataLogTable Where ...

Select THDF_U1 From DataLogTable Where ...

จะเห็นได้ว่าการอ้างถึงข้อมูลแรงดันเฉลี่ยเฟส A และแรงดันฮาร์โมนิกเฟส A ของฐานข้อมูลทั้ง 2 แบบ จะต่างกันที่ตารางอ้างอิง ระหว่างคำว่า “From” กับ “Where” ซึ่งการเขียนซอฟต์แวร์เรียกข้อมูลเพียง 2 ชนิด อาจจะไม่เห็นความแตกต่างมากนัก แต่หากต้องการเรียกข้อมูล 1,000 ชนิด จะพบว่าชุดคำสั่ง PQPEA จะสามารถเขียนได้กะทัดรัดกว่า (ใช้เป็นลักษณะวนรอบ) จึงง่ายต่อการนำไปใช้งานจริง

3. รายละเอียดข้อมูล

การออกแบบฐานข้อมูล PQPEA มีจุดเริ่มต้นมาจากการต้องการของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคที่สนใจระดับแรงดันของระบบไฟฟ้า จึงได้เลือกใช้มาตรฐาน EN 50160 เป็นตัวกำหนดในการตรวจวัด แต่เนื่องจากมาตรฐานจะกล่าวถึงค่าของแรงดันเท่านั้น ไม่ได้กล่าวถึงค่าของกระแส เพื่อให้ข้อมูลมีความครบถ้วนในระดับหนึ่ง ฐานข้อมูล PQPEA จึงได้เพิ่มค่าอื่นๆรวมเข้าไปด้วยรวมทั้งสิ้น 66 ค่า สามารถแบ่งตามกลุ่มได้ดังนี้

3.1 ความถี่ (Frequency) จำนวน 3 ค่า

3.1.1 'FAvg' : ความถี่ที่เป็นค่าเฉลี่ย

3.1.2 'FMax' : ความถี่ที่เป็นค่าสูงสุด

3.1.3 'FMin' : ความถี่ที่เป็นค่าต่ำสุด

3.2 แรงดันไฟฟ้า (Voltage) จำนวน 18 ค่า

3.2.1 'U1Avg' : แรงดันไฟฟ้าเฟส A ที่เป็นค่าเฉลี่ย

3.2.2 'U1Max' : แรงดันไฟฟ้าเฟส A ที่เป็นค่าสูงสุด

3.2.3 'U1Min' : แรงดันไฟฟ้าเฟส A ที่เป็นค่าต่ำสุด

- 3.2.4 'U2Avg' : แรงดันไฟฟ้าเฟส B ที่เป็นค่าเฉลี่ย
- 3.2.5 'U2Max' : แรงดันไฟฟ้าเฟส B ที่เป็นค่าสูงสุด
- 3.2.6 'U2Min' : แรงดันไฟฟ้าเฟส B ที่เป็นค่าต่ำสุด
- 3.2.7 'U3Avg' : แรงดันไฟฟ้าเฟส C ที่เป็นค่าเฉลี่ย
- 3.2.8 'U3Max' : แรงดันไฟฟ้าเฟส C ที่เป็นค่าสูงสุด
- 3.2.9 'U3Min' : แรงดันไฟฟ้าเฟส C ที่เป็นค่าต่ำสุด
- 3.2.10 'U12Avg' : แรงดันไฟฟ้าเฟส AB ที่เป็นค่าเฉลี่ย
- 3.2.11 'U12Max' : แรงดันไฟฟ้าเฟส AB ที่เป็นค่าสูงสุด
- 3.2.12 'U12Min' : แรงดันไฟฟ้าเฟส AB ที่เป็นค่าต่ำสุด
- 3.2.13 'U23Avg' : แรงดันไฟฟ้าเฟส BC ที่เป็นค่าเฉลี่ย
- 3.2.14 'U23Max' : แรงดันไฟฟ้าเฟส BC ที่เป็นค่าสูงสุด
- 3.2.15 'U23Min' : แรงดันไฟฟ้าเฟส BC ที่เป็นค่าต่ำสุด
- 3.2.16 'U31Avg' : แรงดันไฟฟ้าเฟส CA ที่เป็นค่าเฉลี่ย
- 3.2.17 'U31Max' : แรงดันไฟฟ้าเฟส CA ที่เป็นค่าสูงสุด
- 3.2.18 'U31Min' : แรงดันไฟฟ้าเฟส CA ที่เป็นค่าต่ำสุด

3.3 กระแสไฟฟ้า (Current) จำนวน 12 ค่า

- 3.3.1 'I1Avg' : กระแสไฟฟ้าเฟส A ที่เป็นค่าเฉลี่ย
- 3.3.2 'I1Max' : กระแสไฟฟ้าเฟส A ที่เป็นค่าสูงสุด
- 3.3.3 'I1Min' : กระแสไฟฟ้าเฟส A ที่เป็นค่าต่ำสุด
- 3.3.4 'I2Avg' : กระแสไฟฟ้าเฟส B ที่เป็นค่าเฉลี่ย
- 3.3.5 'I2Max' : กระแสไฟฟ้าเฟส B ที่เป็นค่าสูงสุด
- 3.3.6 'I2Min' : กระแสไฟฟ้าเฟส B ที่เป็นค่าต่ำสุด
- 3.3.7 'I3Avg' : กระแสไฟฟ้าเฟส C ที่เป็นค่าเฉลี่ย
- 3.3.8 'I3Max' : กระแสไฟฟ้าเฟส C ที่เป็นค่าสูงสุด
- 3.3.9 'I3Min' : กระแสไฟฟ้าเฟส C ที่เป็นค่าต่ำสุด
- 3.3.10 'INAvg' : กระแสไฟฟ้าเฟส N ที่เป็นค่าเฉลี่ย
- 3.3.11 'INMax' : กระแสไฟฟ้าเฟส N ที่เป็นค่าสูงสุด
- 3.3.12 'INMin' : กระแสไฟฟ้าเฟส N ที่เป็นค่าต่ำสุด

3.4 ความเพี้ยนฮาร์มอนิก (Harmonic Distortion) จำนวน 12 ค่า

- 3.4.1 'THDF_U1' : ฮาร์มอนิกแรงดันไฟฟ้าเฟส A ที่เป็นค่าเฉลี่ย
- 3.4.2 'THDF_U2' : ฮาร์มอนิกแรงดันไฟฟ้าเฟส B ที่เป็นค่าเฉลี่ย
- 3.4.3 'THDF_U3' : ฮาร์มอนิกแรงดันไฟฟ้าเฟส C ที่เป็นค่าเฉลี่ย
- 3.4.4 'THDF_I1' : ฮาร์มอนิกกระแสไฟฟ้าเฟส A ที่เป็นค่าเฉลี่ย
- 3.4.5 'THDF_I2' : ฮาร์มอนิกกระแสไฟฟ้าเฟส B ที่เป็นค่าเฉลี่ย
- 3.4.6 'THDF_I3' : ฮาร์มอนิกกระแสไฟฟ้าเฟส C ที่เป็นค่าเฉลี่ย
- 3.4.7 'THDEVEN_U1' : ฮาร์มอนิกแรงดันไฟฟ้าอันดับคู่เฟส A ที่เป็นค่าเฉลี่ย
- 3.4.8 'THDEVEN_U2' : ฮาร์มอนิกแรงดันไฟฟ้าอันดับคู่เฟส B ที่เป็นค่าเฉลี่ย
- 3.4.9 'THDEVEN_U3' : ฮาร์มอนิกแรงดันไฟฟ้าอันดับคู่เฟส C ที่เป็นค่าเฉลี่ย
- 3.4.10 'THDODD_U1' : ฮาร์มอนิกแรงดันไฟฟ้าอันดับคี่เฟส A ที่เป็นค่าเฉลี่ย
- 3.4.11 'THDODD_U2' : ฮาร์มอนิกแรงดันไฟฟ้าอันดับคี่เฟส B ที่เป็นค่าเฉลี่ย
- 3.4.12 'THDODD_U3' : ฮาร์มอนิกแรงดันไฟฟ้าอันดับคี่เฟส C ที่เป็นค่าเฉลี่ย

3.5 กำลังไฟฟ้า (Power) จำนวน 3 ค่า

- 3.5.1 'PTotAvg' : กำลังไฟฟ้าที่เป็น Active power เฉลี่ยทั้ง 3 เฟส
- 3.5.2 'QTotAvg' : กำลังไฟฟ้าที่เป็น Reactive power เฉลี่ยทั้ง 3 เฟส
- 3.5.3 'STotAvg' : กำลังไฟฟ้าที่เป็น Apparent power เฉลี่ยทั้ง 3 เฟส

3.6 ตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (Power factor) จำนวน 1 ค่า

- 3.6.1 'PFTotAvg' : ตัวประกอบกำลังไฟฟ้า เฉลี่ยทั้ง 3 เฟส

3.7 ตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (Power factor) จำนวน 6 ค่า

- 3.7.1 'PST1' : ครรชนีไฟกระพริบระยะสั้นเฟส A ที่เป็นค่าเฉลี่ย
- 3.7.2 'PST2' : ครรชนีไฟกระพริบระยะสั้นเฟส B ที่เป็นค่าเฉลี่ย
- 3.7.3 'PST3' : ครรชนีไฟกระพริบระยะสั้นเฟส C ที่เป็นค่าเฉลี่ย
- 3.7.4 'PLT1' : ครรชนีไฟกระพริบระยะสั้นเฟส A ที่เป็นค่าเฉลี่ย
- 3.7.5 'PLT2' : ครรชนีไฟกระพริบระยะสั้นเฟส B ที่เป็นค่าเฉลี่ย
- 3.7.6 'PLT3' : ครรชนีไฟกระพริบระยะสั้นเฟส C ที่เป็นค่าเฉลี่ย

3.8 ตัวประกอบ K (K factor) จำนวน 3 ค่า

3.8.1 'K_I1': ตัวประกอบ K เฟส A ที่เป็นค่าเฉลี่ย

3.8.2 'K_I2': ตัวประกอบ K เฟส B ที่เป็นค่าเฉลี่ย

3.8.3 'K_I3': ตัวประกอบ K เฟส C ที่เป็นค่าเฉลี่ย

3.9 รูปคลื่น (Waveform) จำนวน 8 ค่า

3.9.1 'U1': รูปคลื่นแรงดันเฟส A

3.9.2 'U2': รูปคลื่นแรงดันเฟส B

3.9.3 'U3': รูปคลื่นแรงดันเฟส C

3.9.4 'U4': รูปคลื่นแรงดันเฟส N

3.9.5 'I1': รูปคลื่นกระแสเฟส A

3.9.6 'I2': รูปคลื่นกระแสเฟส B

3.9.7 'I3': รูปคลื่นกระแสเฟส C

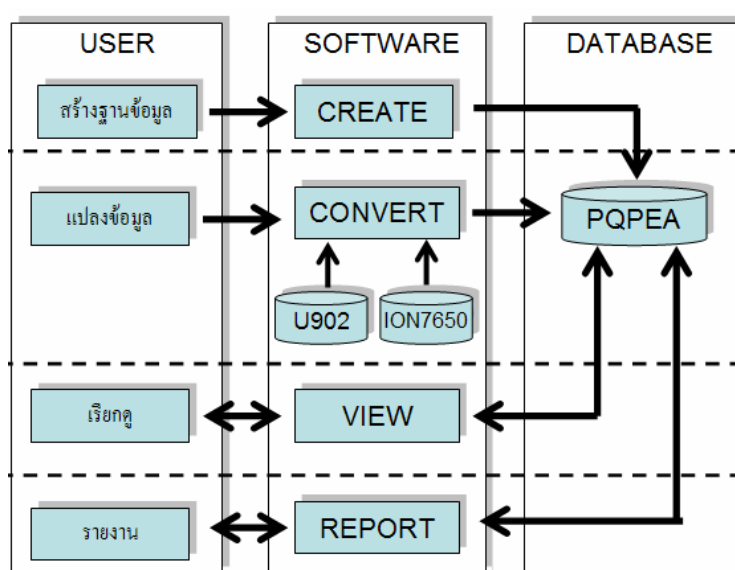
3.9.8 'I4': รูปคลื่นกระแสเฟส N

สำหรับค่าแรงดันและกระแสฮาร์มอนิกแบบแยกอันดับ ตั้งแต่อันดับ 2 ถึง 50 ที่วัดซ้ำต่อเนื่องทุกๆ 10 นาติ จะไม่ถูกรวมในฐานข้อมูล PQPEA เนื่องจากเครื่องตรวจวัดรุ่น ION7650 ไม่ได้กำหนดให้ตรวจวัดค่าดังกล่าว เมื่อได้สอบถามไปยังตัวแทนจำหน่ายแจ้งว่าเป็นข้อจำกัดของเครื่องตรวจวัดรุ่น ION7650 ที่ถูกจำกัดด้วยรีจิสเตอร์ของช่องสัญญาณการตรวจวัด

ปัจจุบัน ION7650 ได้กำหนดการตรวจวัดแบบแบบ EN 50160 ทำให้ใช้รีจิสเตอร์ 362 ช่องสัญญาณ เหลือให้ใช้งานเพียง 150 ช่องสัญญาณ (มีรีจิสเตอร์ทั้งหมด 512 ช่องสัญญาณ) ไม่เพียงพอสำหรับการตรวจวัดค่าแรงดันและกระแสฮาร์มอนิกส์ อีก 300 ช่องสัญญาณ (แรงดันและกระแส x 50 อันดับ x 3 เฟส) ดังนั้นการออกแบบตัวกรอง EN 50160 FILTER สำหรับฐานข้อมูล PQPEA จึงไม่ได้นำค่าแรงดันและกระแสฮาร์มอนิกแบบแยกอันดับมาพิจารณาด้วย แต่อย่างไรก็ตามหากต้องการเพิ่มค่าดังกล่าวเข้าไปด้วยก็สามารถทำได้ และจะไม่มีผลกระทบต่อโครงสร้างฐานข้อมูลแต่อย่างใด

4. รายละเอียดซอฟต์แวร์

เมื่อทราบถึงโครงสร้างฐานข้อมูล PQPEA แล้ว วิทยานิพนธ์นี้จะสมบูรณ์ได้ก็ต่อเมื่อสามารถนำผลการศึกษาไปใช้งานได้จริง นั่นก็คือสามารถแปลงข้อมูล ION_Data และ PQSecure ไปสู่รูปแบบ PQPEA ได้เป็นผลสำเร็จและสามารถนำข้อมูลจาก PQPEA ไปแสดงผล จัดทำรายงานด้านคุณภาพกำลังไฟฟ้าได้ ซึ่งทั้งหมดนี้จะอยู่ในซอฟต์แวร์ PEA ASSESSMENT ที่พัฒนาขึ้นโดยภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ปัจจุบันเป็นรุ่นที่ 1.0

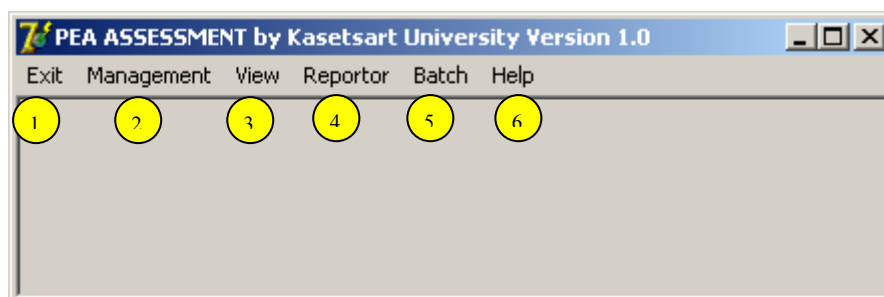


ภาพที่ 41 โมดูลของซอฟต์แวร์ PEA ASSESSMENT

ซอฟต์แวร์ PEA ASSESSMENT สามารถแบ่งส่วนการทำงานได้เป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มผู้ใช้งาน (User) กลุ่มซอฟต์แวร์ (Software) และกลุ่มฐานข้อมูล (Database) ดังภาพที่ 41

กลุ่มผู้ใช้งานจะมีหน้าจอแสดงผลสำหรับผู้ใช้งาน (Graphic User Interface: GUI) 4 ส่วน คือ การสร้างฐานข้อมูล (Create Module) การแปลงฐานข้อมูล (Convert Module) การแสดงผล (View Module) และการแสดงรายงาน (Report Module) ด้านกลุ่มซอฟต์แวร์และกลุ่มฐานข้อมูลจะเป็นการทำงานระดับภายใน ผู้ใช้งานจะทราบผลลัพธ์ได้ก็ต่อเมื่อ เพิ่มฐานข้อมูล PQPEA ถูกสร้างขึ้นแล้วหรือมีการแสดงผล รายงานบนหน้าจอคอมพิวเตอร์

จากการสำรวจพบว่า เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลจะนิยมติดตั้งซอฟต์แวร์ “Microsoft Access” มากกว่า “Microsoft SQL Server” ดังนั้นจึงกำหนดให้ PEA ASSESSMENT ทำงานร่วมกับ Microsoft Access เพราะสามารถใช้งานได้ทันที ไม่ต้องติดตั้งซอฟต์แวร์อื่นๆเพิ่มเติม



ภาพที่ 42 หน้าจอหลักของซอฟต์แวร์ PEA ASSESSMENT Version 1.0

จุดที่ 1 : ออกจากซอฟต์แวร์

จุดที่ 2 : การจัดการกับข้อมูล ได้แก่ การสร้างฐานข้อมูล การแปลงข้อมูล

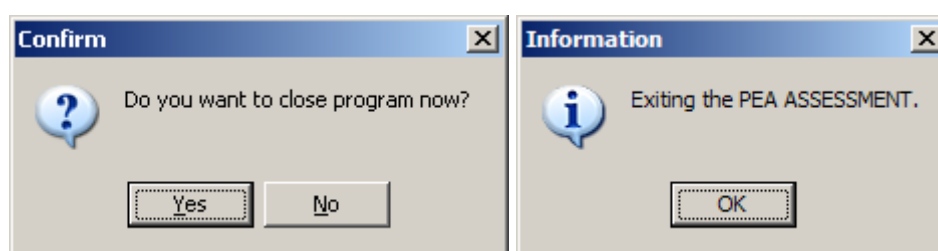
จุดที่ 3 : การเรียกดูข้อมูล

จุดที่ 4 : การออกรายงาน

จุดที่ 5 : การประมวลผลแบบครั้งเดียว

จุดที่ 6 : รายละเอียดผู้พัฒนาและลิขสิทธิ์

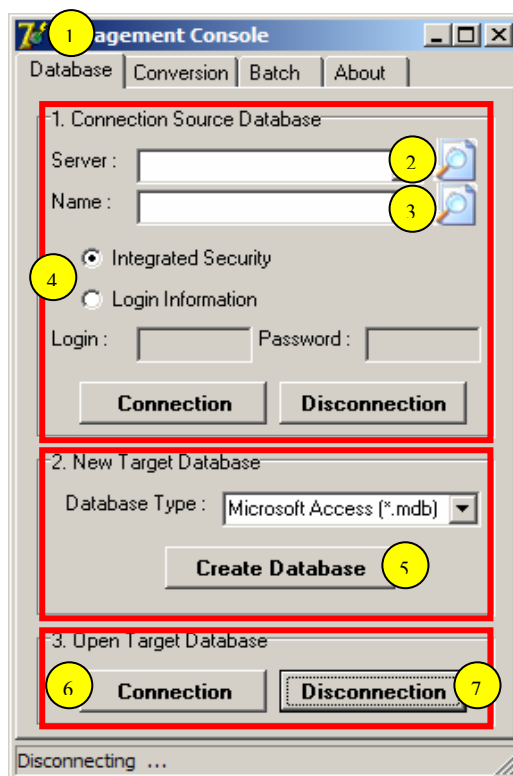
4.1 เมนู Exit



ภาพที่ 43 การยืนยันเพื่อปิดซอฟต์แวร์

เมื่อต้องการปิดซอฟต์แวร์ ให้กดปุ่ม

4.2 เมนู Management



ภาพที่ 44 แสดงการสร้างและการเชื่อมต่อฐานข้อมูล

การจัดการจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ การสร้างฐานข้อมูล และการแปลงข้อมูล

จุดที่ 1 : เลือกช่อง Database

จุดที่ 2 : กำหนด Server

จุดที่ 3 : กำหนด Name

จุดที่ 4 : กำหนดวิธีการเชื่อมต่อ

จุดที่ 5 : สร้างฐานข้อมูล PQPEA เปล่า

จุดที่ 6 : เชื่อมต่อกับฐานข้อมูล

จุดที่ 7 : ยกเลิกการต่อกับฐานข้อมูล

4.3 เมนู Conversion และ Meter

ภาพที่ 45 สร้างและเพิ่มข้อมูลมิเตอร์

จุดที่ 1 : เลือกช่อง Conversion

จุดที่ 2 : เลือกช่อง Meter

จุดที่ 3 : เพิ่มข้อมูลต่างๆ

1. Meter Name คือ ชื่อมิเตอร์ที่ต้องการสร้างของ Target Database
2. Serial No คือ รหัสประจำมิเตอร์ (ไม่บังคับ)
3. Norm Freq คือ ความถี่ระบบไฟฟ้า 50/60 เฮิรตซ์
4. Norm Volt คือ แรงดันไฟฟ้า อาทิ เช่น 230 โวลต์
5. Volt Level คือ แรงดันไฟฟ้าที่ปรากฏจริง
6. Busbar คือ ตำแหน่งที่ตรวจวัด
7. Meter Type คือ ประเภทของเครื่องตรวจวัดรุ่น ION7650 หรือ U902
8. Connection คือ วิธีการต่อกับระบบไฟฟ้า 1P2W/3P3W/3P4W
9. PT ratio คือ อัตราส่วนหม้อแปลงแรงดัน

10. CT ratio คือ อัตราส่วนหม้อแปลงกระแส

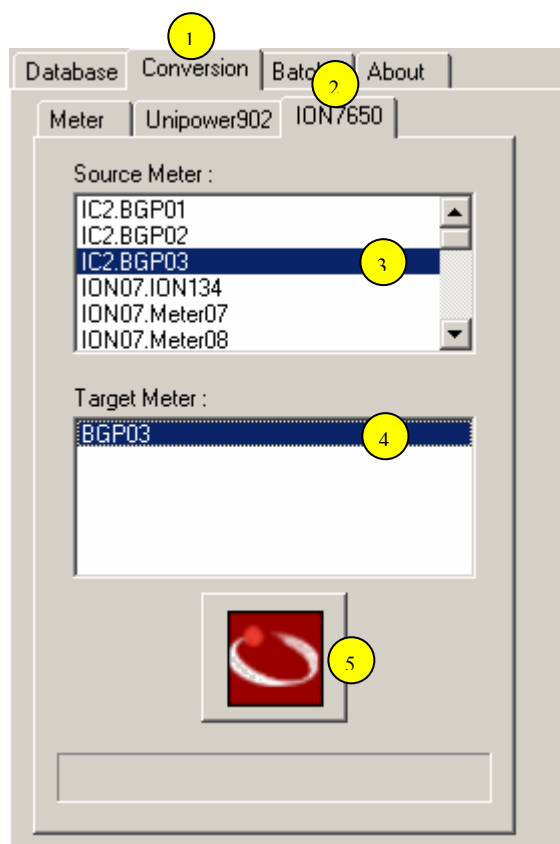
11. Company คือ รายละเอียดอื่นๆ

12. ปุ่ม Refresh คือ การเรียกดูข้อมูลล่าสุด

จุดที่ 4 : การเพิ่ม การลบ การแก้ไข

จุดที่ 5 : การเรียกดูข้อมูลซ้ำ

4.4 เมนู Conversion และ Unipower902/ION7650



ภาพที่ 46 จับคู่มิเตอร์ Source และมิเตอร์ Target เพื่อแปลงข้อมูล

จุดที่ 1 : เลือกช่อง Conversion

จุดที่ 2 : เลือกช่อง Unipower902/ION7650

จุดที่ 3 : เลือก Source Meter

จุดที่ 4 : เลือก Target Meter

จุดที่ 5 : ปุ่มสำหรับการแปลงข้อมูล Unipower/ION7650

ผลลัพธ์ที่ได้จากการแปลงข้อมูลนั้นก็คือฐานข้อมูล PQPEA ที่เป็นรูปแบบ Microsoft Access ประกอบไปด้วย 4 ตาราง ซึ่งได้แก่ ตาราง DataLogTable ที่จัดเก็บข้อมูลในรูปแบบต่อเนื่อง ที่ประกอบไปด้วยข้อมูล 66 ชนิด ตาราง EventTable ที่จัดเก็บข้อมูลเหตุการณ์การรบกวน ตาราง MeterTable ที่จัดเก็บรายละเอียดของมิเตอร์ และตาราง WaveformTable ที่บันทึกรูปคลื่น ภาพที่ 48



ภาพที่ 47 ข้อมูลที่ถูกแปลงแล้วในรูปแบบ Microsoft Access

เมื่อตรวจสอบข้อมูลในตาราง DataLogTable โดยใช้ซอฟต์แวร์ Microsoft Access จะมีรายละเอียด ดังภาพที่ 48

MeterID	StampTime	DataType	DataValue
1	4/1/2008 11:00:00 AM	U1Min	77014
1	4/1/2008 11:10:00 AM	U1Min	76748
1	4/1/2008 11:20:00 AM	U1Min	78099
1	4/1/2008 11:30:00 AM	U1Min	77930
1	4/1/2008 11:40:00 AM	U1Min	77936
1	4/1/2008 11:50:00 AM	U1Min	77973
1	2/29/2008 5:00:00 PM	U1Avg	77746.8671875
1	2/29/2008 5:10:00 PM	U1Avg	76725.4453125
1	2/29/2008 5:20:00 PM	U1Avg	78611.40625
1	2/29/2008 5:30:00 PM	U1Avg	78690.203125
1	2/29/2008 5:40:00 PM	U1Avg	78505.234375
1	2/29/2008 5:50:00 PM	U1Avg	78421.84375
1	2/29/2008 6:00:00 PM	U1Avg	78160.6328125

ภาพที่ 48 ตัวอย่างข้อมูลค่าแบบต่อเนื่อง ในตาราง DatalogTable

เมื่อตรวจสอบข้อมูลในตาราง MeterTable โดยใช้ซอฟต์แวร์ Microsoft Access จะมีรายละเอียด ดังภาพที่ 49

MeterN	MeterSi	NominalF	NominalV	VoltageL	BusBar	Location	TypeOfConnecti
BGP	1	50	115000	115000	Inc	ION7650	3 Phase 4 Wire
BGP2	2	50	115000	115000	Inc2	ION7650	3 Phase 4 Wire
BGP3	3	50	115000	115000	Inc3	ION7650	3 Phase 4 Wire
BGP4	4	50	115000	115000	Inc4	ION7650	3 Phase 4 Wire
BGP5	5	50	115000	115000	Inc5	ION7650	3 Phase 4 Wire
BGP6	6	50	115000	115000	Inc6	ION7650	3 Phase 4 Wire

ภาพที่ 49 ตัวอย่างข้อมูลมิเตอร์ ในตาราง MeterTable

เมื่อตรวจสอบข้อมูลในตาราง EventTable โดยใช้ซอฟต์แวร์ Microsoft Access จะมีรายละเอียด ดังภาพที่ 50

MeterID	StampTime	FractionOfA	Phase	Voltage	Duration
1	1/1/2008 10:27:12 AM	0.46495721	1	9.2	0.09000000
1	1/1/2008 10:27:12 AM	0.46495721	2	9.2	0.01
1	1/1/2008 10:27:12 AM	0.46495721	3	9.2	0.02
1	1/31/2008 9:57:38 PM	0.12501881	3	88	0.329
1	1/31/2008 9:57:38 PM	0.13500459	1	88	0.34900001
1	1/31/2008 9:57:38 PM	0.13500459	2	88	0.29899999
1	1/31/2008 9:57:38 PM	0.13500459	3	88	0.329
1	2/18/2008 2:32:10 AM	0.0876034	1	22.10000	0.029
1	2/18/2008 2:32:10 AM	0.0876034	2	22.10000	0.05000000
1	2/18/2008 2:32:10 AM	0.097568	1	22.10000	0.029

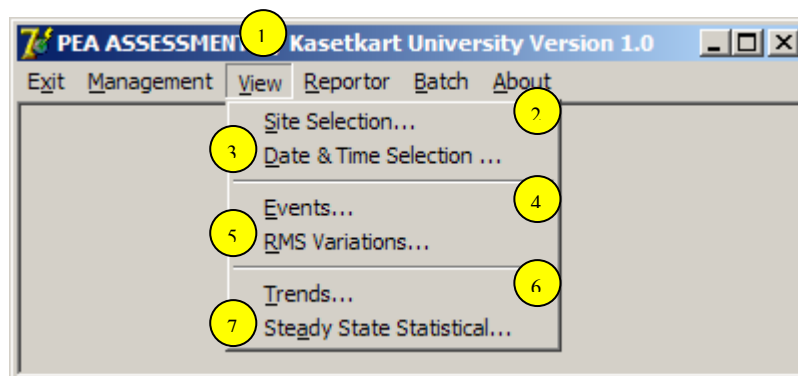
ภาพที่ 50 ตัวอย่างข้อมูลเหตุการณ์การรบกวน ในตาราง EventTable

เมื่อตรวจสอบข้อมูลในตาราง WaveformTable โดยใช้ซอฟต์แวร์ Microsoft Access จะมีรายละเอียด ดังภาพที่ 51

StampTime	FractionOfASecond	Data Type	Multiples	Samples
4/27/2008 1:35:44 PM	0	UU1	32.9983101	Long binary data
4/27/2008 1:42:50 PM	0	UU1	32.9983101	Long binary data
5/12/2008 3:02:16 PM	0	UU1	32.9983101	Long binary data
5/13/2008 6:43:16 PM	0	UU1	32.9983101	Long binary data
1/10/2008 5:48:54 AM	0	UU2	32.9983101	Long binary data
1/11/2008 5:06:30 AM	0	UU2	32.9983101	Long binary data
1/16/2008 5:54:18 PM	0	UU2	32.9983101	Long binary data
1/22/2008 1:51:32 PM	0	UU2	32.9983101	Long binary data
2/3/2008 1:20:11 PM	0	UU2	32.9983101	Long binary data
2/9/2008 6:03:12 AM	0	UU2	32.9983101	Long binary data

ภาพที่ 51 ตัวอย่างข้อมูลรูปคลื่นในตาราง WaveformTable

4.5 เมนู View



ภาพที่ 52 เมนูย่อยของเมนู View

จุดที่ 1 : เมนูเรียกดูข้อมูล

จุดที่ 2 : กำหนดมิเตอร์

จุดที่ 3 : กำหนดวันที่เริ่มต้นและสิ้นสุด

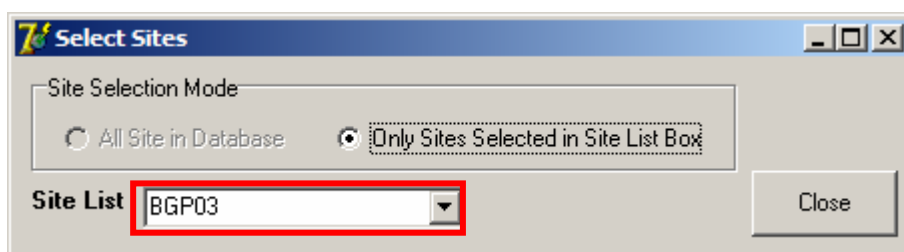
จุดที่ 4 : เรียกดูเหตุการณ์การรบกวนและรูปคลื่น

จุดที่ 5 : เรียกดูค่าแรงดันสูง/ต่ำเกิน

จุดที่ 6 : เรียกดูข้อมูลแบบต่อเนื่อง

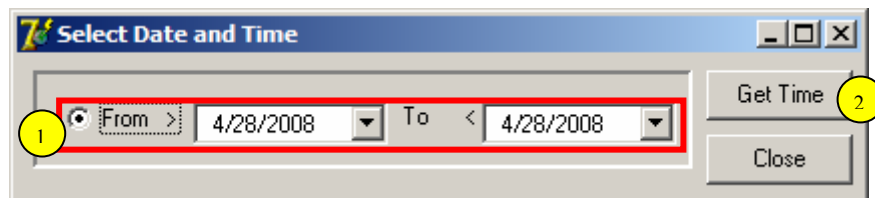
จุดที่ 7 : คำนวณค่าสถิติ

4.6 เมนู Site Selection



ภาพที่ 53 เลือก Meter ที่ต้องการดูข้อมูล

4.7 เมนู Date & Time Selection

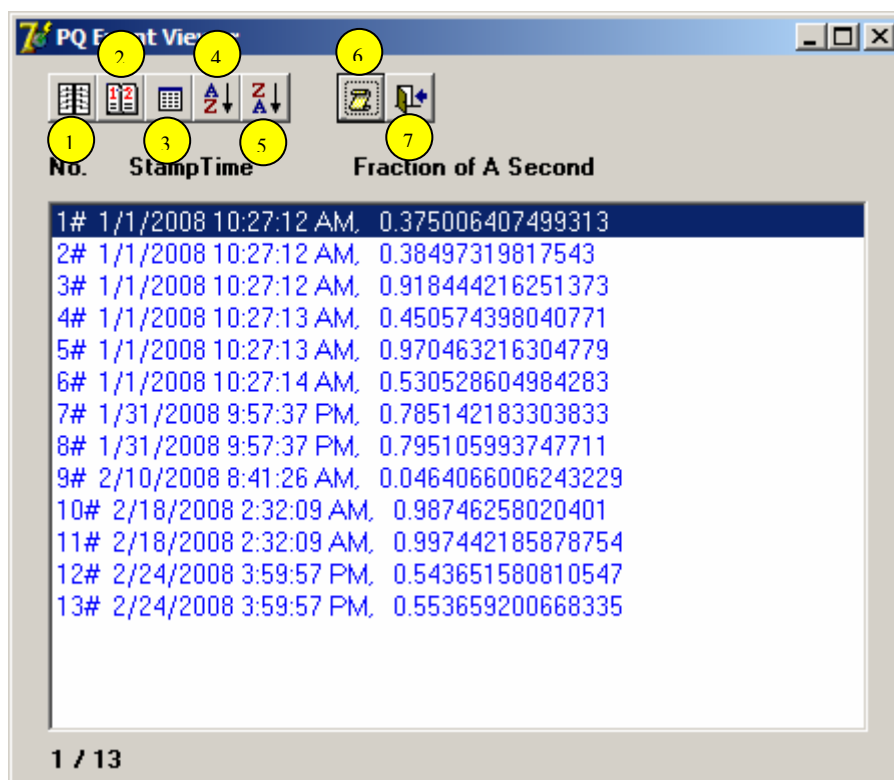


ภาพที่ 54 เลือกช่วงวันและเวลา ที่ต้องการเรียกดูข้อมูล

จุดที่ 1 : กำหนดวันที่เริ่มต้นและสิ้นสุด

จุดที่ 2 : คำนวณวันเริ่มต้นและสิ้นสุดตามข้อมูลที่มีอยู่ ผลจะไปปรากฏ จุดที่ 1

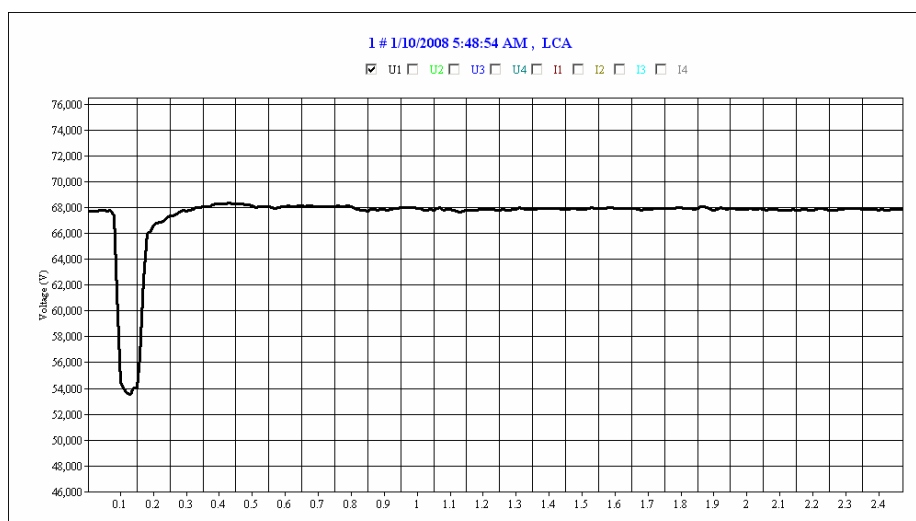
4.8 เมนู Events



ภาพที่ 55 รูปคลื่น (Waveform) ที่บันทึกได้ทั้งหมด

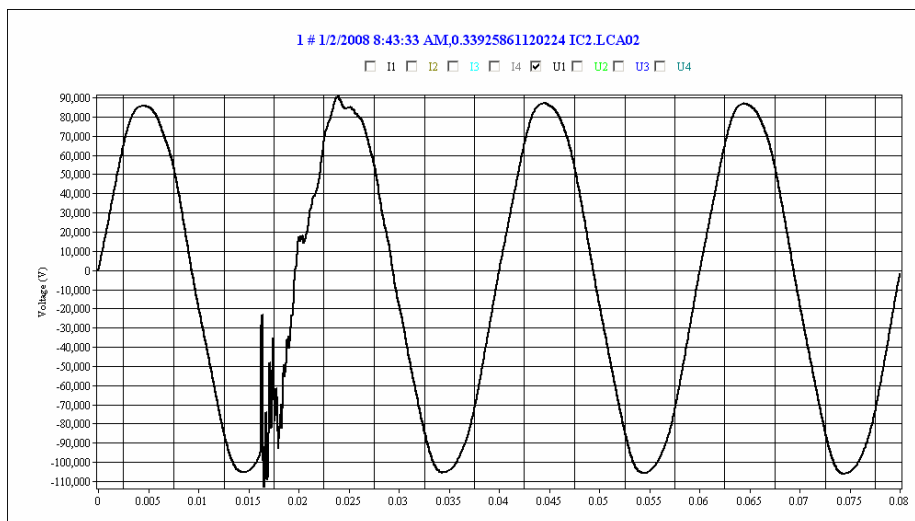
- จุดที่ 1 : แสดงหน้าจอให้เลือกมิเตอร์
- จุดที่ 2 : แสดงหน้าจอให้เลือกวันและเวลา
- จุดที่ 3 : แสดงเหตุการณ์การรบกวนทั้งหมด
- จุดที่ 4 : กำหนดให้เรียงวันที่ จากน้อยไปมาก
- จุดที่ 5 : กำหนดให้เรียงวันที่ จากมากไปน้อย
- จุดที่ 6 : วาดกราฟแรงดันและกระแส
- จุดที่ 7 : ปิดหน้าจอ

5. รูปคลื่นแรงดันอาร์เอ็มเอสจาก PQSecure



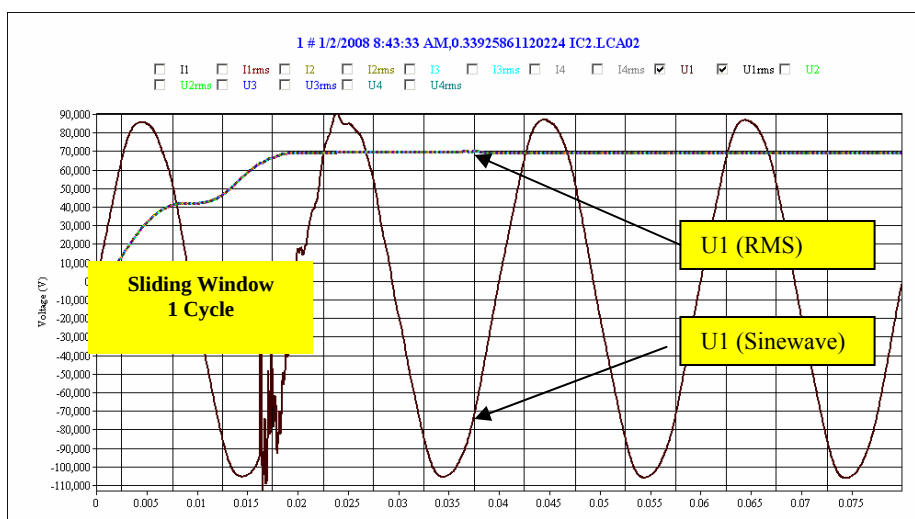
ภาพที่ 56 รูปคลื่นแรงดันเฟส A (PQSecure) เมื่อเรียกดูด้วย PEA ASSESSMENT

6. รูปคลื่นแรงดันสัญญาณชาน์จาก ION_Data



ภาพที่ 57 รูปคลื่นแรงดันเฟส A (ION_Data) เมื่อเรียกดูด้วย PEA ASSESSMENT

ในความเป็นจริงการวิเคราะห์ปัญหาแรงดันต่ำเกินจะพิจารณาจากค่าอาร์เอ็มเอส สำหรับข้อมูล PQSecure นั้นได้จัดเก็บเป็นค่าอาร์เอ็มเอสอยู่แล้ว แต่สำหรับข้อมูลจาก ION_Data ได้จัดเก็บเป็นค่ารูปคลื่นสัญญาณชาน์ ซอฟต์แวร์ PEA ASSESSMENT ได้กำหนดให้มีหน้าที่การแปลงเป็นค่าอาร์เอ็มเอสด้วย ภาพที่ 58

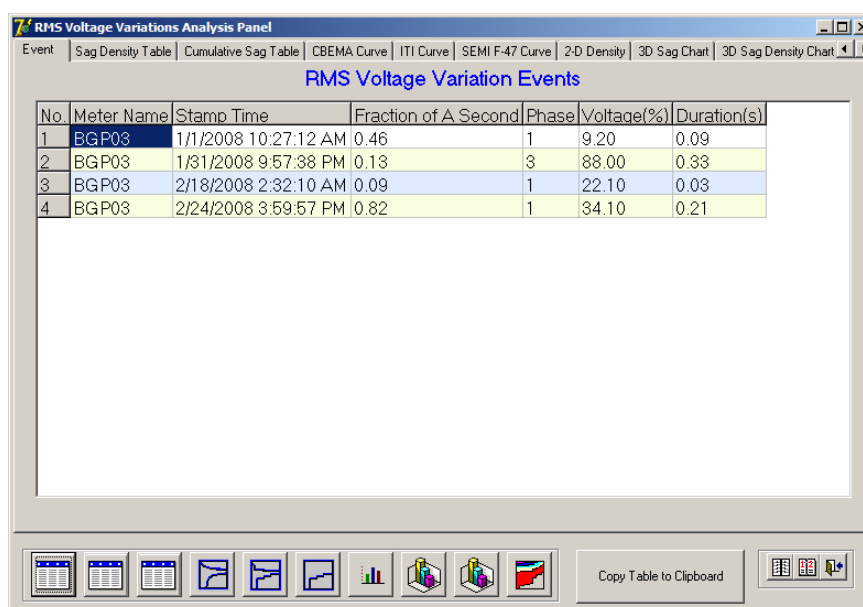


ภาพที่ 58 แสดงกราฟแรงดันแบบชาน์และแบบอาร์เอ็มเอส ของข้อมูล ION_Data

คู่อันดับข้อมูลที่ใช้วาดกราฟ ในภาพที่ 58 มีจำนวน 2,048 จุด ทั้งหมด 4 ไชเคิล การแปลงค่าอาร์เอ็มเอสจะใช้วิธีเลื่อนหน้าต่างต่าง (Sliding Window) แบบ 1 ไชเคิล ข้อมูลเฉลี่ยในช่วงแรกของ U1 (RMS) มีลักษณะค่อยๆเพิ่มขึ้น จนเมื่อเลื่อนหน้าต่างต่างเกิน 1 ไชเคิลไปแล้ว ข้อมูลจึงจะถูกตัด

6.1 เมนู RMS Variations

แบบที่ 1 ตารางสรุปภาพรวม ภาพที่ 59 ที่ระบุวันและเวลา เฟสที่เกิดปัญหา ขนาดแรงดันที่เหลือ และระยะเวลาที่เกิดขึ้น ผลที่แสดงนี้จะเหมาะกับการนำไปเปรียบเทียบกับเหตุการณ์จริง



No.	Meter Name	Stamp Time	Fraction of A Second	Phase	Voltage(%)	Duration(s)
1	BGP03	1/1/2008 10:27:12 AM	0.46	1	9.20	0.09
2	BGP03	1/31/2008 9:57:38 PM	0.13	3	88.00	0.33
3	BGP03	2/18/2008 2:32:10 AM	0.09	1	22.10	0.03
4	BGP03	2/24/2008 3:59:57 PM	0.82	1	34.10	0.21

ภาพที่ 59 เหตุการณ์ที่บันทึก วันเวลา เฟส แรงดันและระยะเวลา

แบบที่ 2 ตารางความหนาแน่น ภาพที่ 60 ที่แสดงช่วงขนาดแรงดันที่เหลือกับช่วงระยะเวลา ผลที่แสดงนี้จะเหมาะสำหรับการมองภาพรวมว่าปัญหาส่วนใหญ่ที่เกิดขึ้นจะพบมากในช่วงไหน (หมายเหตุ การแสดงในแบบนี้จะไม่ได้แยกชนิดของเฟส ตั้งแต่ภาพที่ 60- 68)

RMS Voltage Variations Analysis Panel

Event | Sag Density Table | Cumulative Sag Table | CBEMA Curve | ITI Curve | SEMI F-47 Curve | 2-D Density | 3D Sag Chart | 3D Sag Density Chart

SAG DENSITY TABLE

	< 1 c	1 to 2 c	2 to 3 c	3 to 4 c	4 to 5 c	5 to 10 c	10 c to 1/4 s	1/4 to 1/2 s	1/2 to 1 s	1 to 2 s	2 to 5 s
	< 0.02s	0.02-0.04s	0.04-0.06s	0.06-0.08s	0.08-0.10s	0.10-0.20s	0.20-0.25s	0.25-0.50s	0.50-1.0s	1.0-2.0s	2.0-5s
85 - 90%	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
80 - 85%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
75 - 80%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
70 - 75%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
65 - 70%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
60 - 65%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
55 - 60%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
50 - 55%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
45 - 50%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
40 - 45%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
35 - 40%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30 - 35%	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
25 - 30%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20 - 25%	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Copy Table to Clipboard

ภาพที่ 60 แสดงเป็นตารางความหนาแน่นแบบแบ่งช่วง แรงดันและระยะเวลา

แบบที่ 3 ตารางความหนาแน่นแบบสะสม ภาพที่ 61 เป็นตารางที่สืบเนื่องจากตารางความหนาแน่น เป็นผลรวมจากด้านขวาไปซ้ายและจากล่างขึ้นบน ผลที่แสดงนี้จะเหมาะสำหรับการมองภาพรวมว่าจะเกิดการปลดวงจรของอุปกรณ์ไฟฟ้าจำนวนกี่ครั้ง

RMS Voltage Variations Analysis Panel

Event | Sag Density Table | Cumulative Sag Table | CBEMA Curve | ITI Curve | SEMI F-47 Curve | 2-D Density | 3D Sag Chart | 3D Sag Density Chart

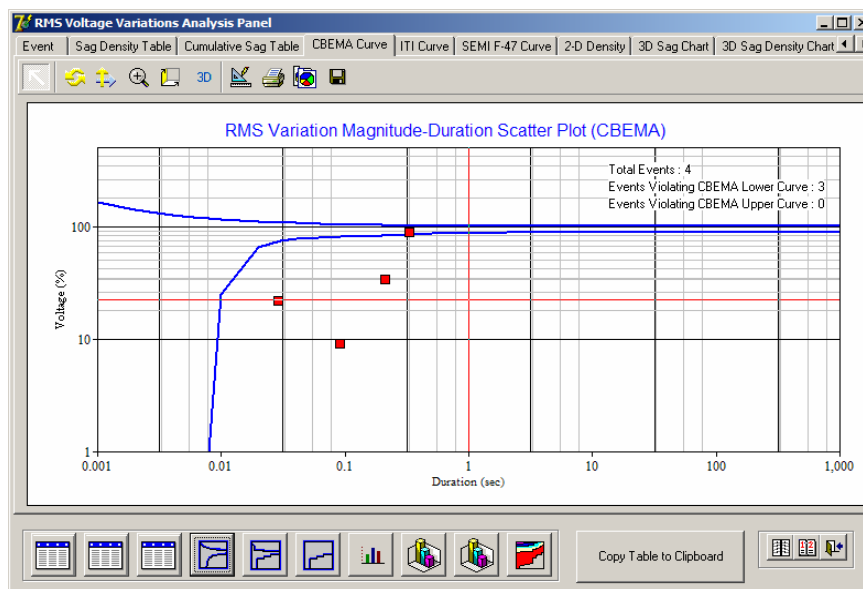
CUMULATIVE SAG TABLE

	< 1 c	1 to 2 c	2 to 3 c	3 to 4 c	4 to 5 c	5 to 10 c	10 c to 1/4 s	1/4 to 1/2 s	1/2 to 1 s	1 to 2 s	2 to 5 s
	< 0.02s	0.02-0.04s	0.04-0.06s	0.06-0.08s	0.08-0.10s	0.10-0.20s	0.20-0.25s	0.25-0.50s	0.50-1.0s	1.0-2.0s	2.0-5s
85 - 90%	4	3	3	3	2	2	1	0	0	0	0
80 - 85%	3	2	2	2	1	1	0	0	0	0	0
75 - 80%	3	2	2	2	1	1	0	0	0	0	0
70 - 75%	3	2	2	2	1	1	0	0	0	0	0
65 - 70%	3	2	2	2	1	1	0	0	0	0	0
60 - 65%	3	2	2	2	1	1	0	0	0	0	0
55 - 60%	3	2	2	2	1	1	0	0	0	0	0
50 - 55%	3	2	2	2	1	1	0	0	0	0	0
45 - 50%	3	2	2	2	1	1	0	0	0	0	0
40 - 45%	3	2	2	2	1	1	0	0	0	0	0
35 - 40%	3	2	2	2	1	1	0	0	0	0	0
30 - 35%	3	2	2	2	1	1	0	0	0	0	0
25 - 30%	2	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
20 - 25%	2	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0

Copy Table to Clipboard

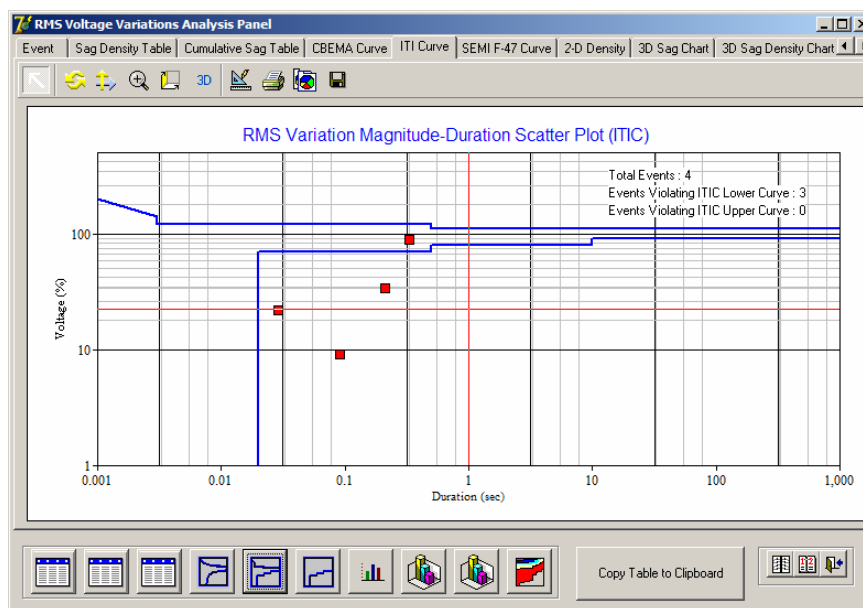
ภาพที่ 61 แสดงเป็นตารางความหนาแน่นสะสมแบบแบ่งช่วง แรงดันและระยะเวลา

แบบที่ 4 เส้นกราฟ CBEMA ภาพที่ 62 เป็นการแสดงผลเหตุการณ์การรบกวนเทียบกับ
เส้นกราฟ เพื่อใช้อธิบายว่าเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นมีความรุนแรงมากกว่ามาตรฐานที่กำหนดไว้หรือไม่



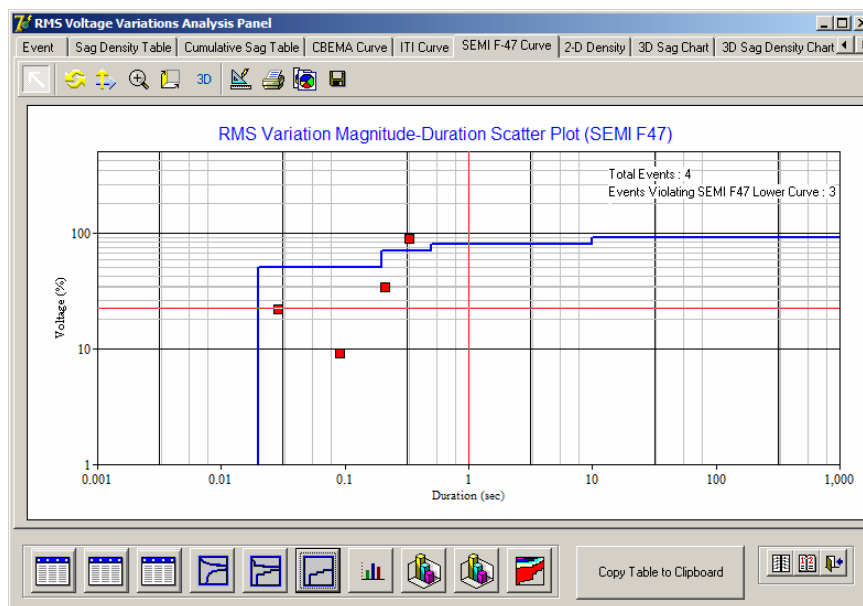
ภาพที่ 62 เปรียบเทียบเหตุการณ์กับกราฟ CBEMA พร้อมคำนวณเหตุการณ์

แบบที่ 5 เส้นกราฟ ITIC ภาพที่ 63 เป็นการแสดงผลเหตุการณ์การรบกวนเทียบกับ
เส้นกราฟ เพื่อใช้อธิบายว่าเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นมีความรุนแรงมากกว่ามาตรฐานที่กำหนดไว้หรือไม่



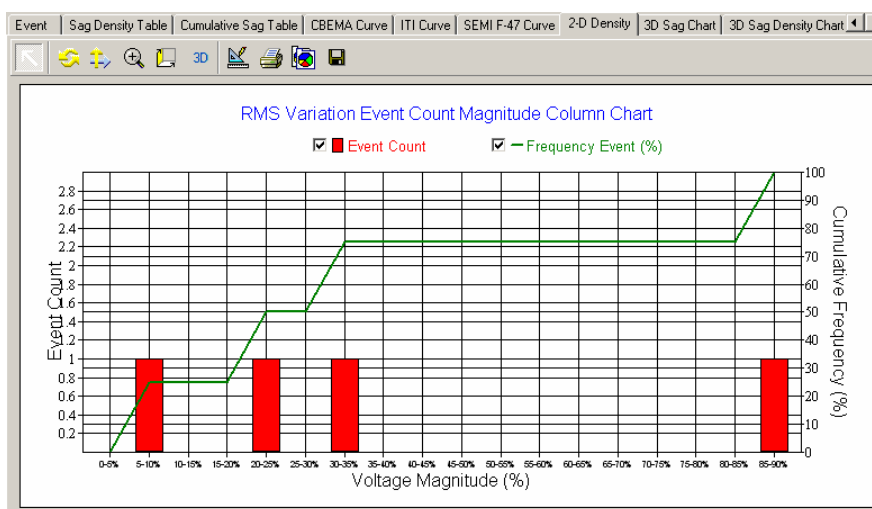
ภาพที่ 63 เปรียบเทียบเหตุการณ์กับกราฟ ITIC

แบบที่ 6 เส้นกราฟ SEMI F47 ภาพที่ 64 เป็นการแสดงผลเหตุการณ์การรบกวนเทียบกับเส้นกราฟ เพื่อใช้อธิบายว่าเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นมีความรุนแรงมากกว่ามาตรฐานที่กำหนดไว้หรือไม่



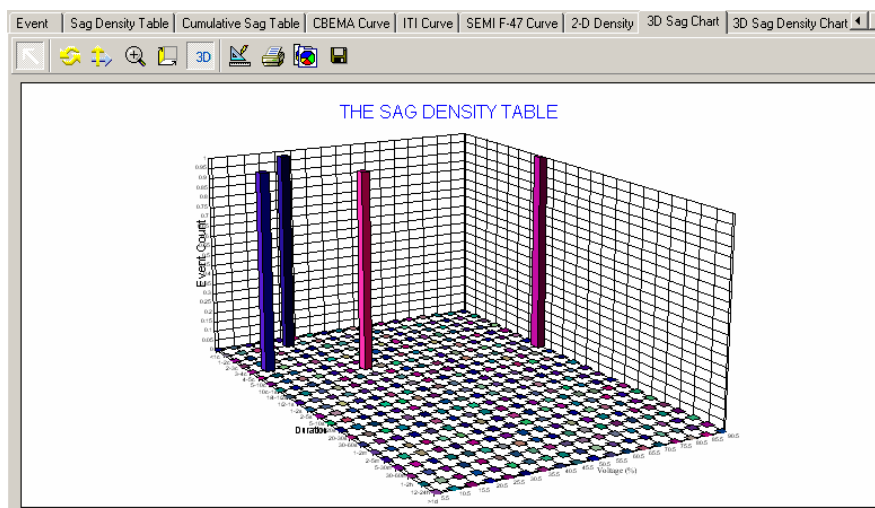
ภาพที่ 64 เปรียบเทียบเหตุการณ์กับกราฟ SEMI F47

แบบที่ 7 การแจกแจงความถี่และความถี่สะสมของเหตุการณ์ ภาพที่ 65 เป็นการแสดงกราฟเหตุการณ์การรบกวนความถี่แบบสองมิติ เพื่อใช้อธิบายว่าปัญหาส่วนใหญ่ที่เกิดขึ้นจะพบมากในช่วงไหน



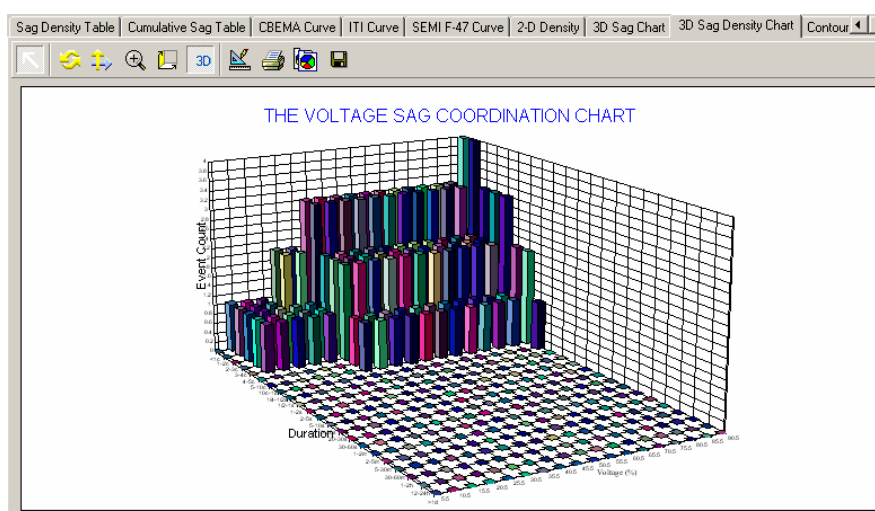
ภาพที่ 65 การแจกแจงความถี่และความถี่แบบสะสมของเหตุการณ์

แบบที่ 8 กราฟความหนาแน่นแบบสามมิติ ภาพที่ 66 เป็นกราฟที่สืบเนื่องจากตารางความหนาแน่น ผลที่แสดงนี้จะเหมาะสำหรับการแจกแจงจำนวนครั้งความถี่ของช่วงแรงดันที่เหลื่อมและระยะเวลา



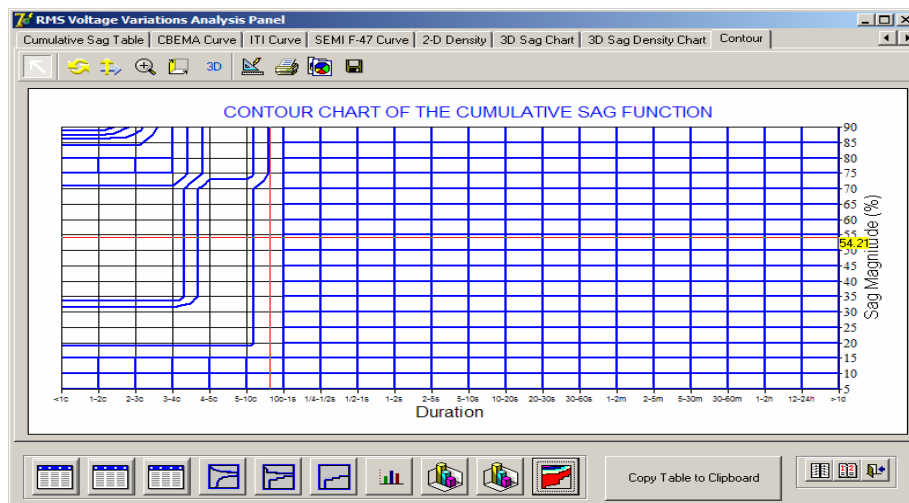
ภาพที่ 66 กราฟแจกแจงความหนาแน่นแบบสามมิติ

แบบที่ 9 กราฟความหนาแน่นสะสมแบบสามมิติ ภาพที่ 67 เป็นกราฟที่สืบเนื่องจากตารางความหนาแน่นสะสม ผลที่แสดงนี้จะเหมาะสำหรับการแจกแจงจำนวนครั้งความถี่การปลดวงจรของอุปกรณ์ไฟฟ้าของช่วงแรงดันที่เหลื่อมและระยะเวลา



ภาพที่ 67 กราฟแจกแจงความถี่สามมิติแบบสะสม

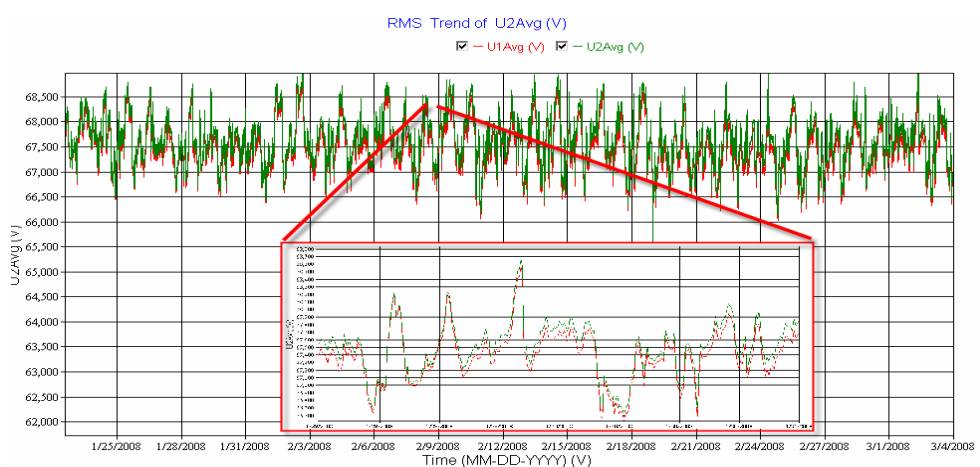
แบบที่ 10 กราฟความหนาแน่นแบบแผนที่ ภาพที่ 68 เป็นกราฟที่สืบเนื่องจากตารางความหนาแน่นสะสมแต่แสดงผลแบบเส้นแผนที่ (Contour) ผลที่แสดงนี้จะให้ทราบโอกาสการเกิดจำนวนครั้งความถี่การปลดวงจรของอุปกรณ์ไฟฟ้าของช่วงแรงดันที่เหลือและระยะเวลา



ภาพที่ 68 กราฟแผนที่ความหนาแน่นแบบสะสม

6.2 เมนู Trends

ใช้สำหรับวาดกราฟเส้น เพื่อแสดงค่าแบบต่อเนื่องมีด้วยกัน จำนวน 59 ชนิด ในส่วนนี้สามารถขยายเพื่อดูรายละเอียดได้ โดย PEA ASSESSMENT กำหนดแยกให้เป็นหมวดหมู่ เช่น กลุ่มของแรงดัน กลุ่มของกระแส กลุ่มของกำลัง กลุ่มครรชนไฟกะพริบ ในภาพที่ 69



ภาพที่ 69 ตัวอย่างเส้นกราฟสำหรับค่าแบบต่อเนื่อง

6.3 เมนู Steady State Statistical

Field	Value
Minimum:	64063.23
Average:	66433.11
Maximum:	69458.59
Stand. Dev.:	1050.66
Sum:	275431676.63
Count:	4146
CP: 5	64744.68
CP: 50	66486.46
CP: 95	68102.32
#> 60000	4146
#> 65000	3691
#> 70000	0

ภาพที่ 70 การคำนวณค่าทางสถิติ

การคำนวณค่าทางสถิติ จะใช้ในกรณีที่ผู้วิเคราะห์ต้องการทราบค่าเชิงสถิติ เพราะการดูภาพกราฟแบบต่อเนื่องเพียงอย่างเดียว อาจให้ข้อมูลได้ไม่ครบถ้วน

เริ่มต้นให้ผู้ใช้งานเลือกชนิดของข้อมูลที่ Datatype เพื่อกำหนดประเภทค่าแบบต่อเนื่องต่างๆ มีทั้งหมด จำนวน 59 ค่า (ตามประเภทข้อมูลที่ผ่านการแปลง) เมื่อเลือกประเภทของข้อมูลแล้ว ให้กดปุ่ม Compute ซอฟต์แวร์จะคำนวณ ค่าต่ำสุด (Minimum) ค่าเฉลี่ย (Average) ค่าสูงสุด (Maximum) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ค่าผลรวม (Summary) จำนวนนับข้อมูล (Count) นอกจากนั้นยังสามารถคำนวณค่าร้อยละหรือเปอร์เซ็นต์ไทล์ (CP) ในระดับต่างๆ ได้ ในตัวอย่างให้เลือกได้ทั้งหมด 3 ค่า ขึ้นอยู่กับผู้ใช้งาน และในกรณีที่ต้องการทราบว่าค่าของข้อมูลนั้นมีจำนวนที่เกินกว่าค่าเป้าหมายเท่าใด ผู้ใช้งานก็สามารถตั้งค่าได้ทั้งหมด มีให้กำหนดได้ 3 ค่า (#>)

6.4 เมนู Report

ภาพที่ 71 การสร้างรายงานคุณภาพกำลังไฟฟ้า

การสร้างรายงาน ให้ป้อนข้อมูลต่างๆในช่องว่างให้ครบถ้วน เช่น ชื่อบริษัท (Compamy) กระบวนการผลิต (Production) ชนิดมิเตอร์ (Meter Type) ตำแหน่ง (Location) จากนั้นให้กดปุ่มสร้าง (Generate) ซอฟต์แวร์จะสร้างรายงานโดยอัตโนมัติ

เนื่องจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคยังไม่ได้กำหนดรูปแบบรายงานที่เป็นรูปแบบมาตรฐานเดียวกัน รายงานของ PEA ASSESSMENT ในรุ่น 1.0 นี้จึงใช้เลือกใช้รูปแบบตัวอย่างรายงานของซอฟต์แวร์ PQSecureSQL ที่ใช้สำหรับฐานข้อมูล PQSecure ซึ่งการใช้รูปแบบรายงานเดียวกันก็สามารถเปรียบเทียบความถูกต้องของข้อมูลได้ง่ายขึ้น ตัวอย่างรายงาน ภาพที่ 72 และรายงานฉบับเต็มสามารถดูได้ที่ภาคผนวก 2



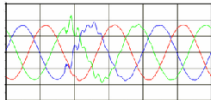
POWER QUALITY REPORT

Site Name : Example1

Production : Electronics & Control Part

Location : ION7650

Between Date : 12/31/2007 to 3/4/2008



By

Electrical Engineering Department
Faculty of Engineering
KASETSART UNIVERSITY


KASETSART UNIVERSITY
Example1

Page 2

ANALYSIS ACCORDING TO IEC61000 STANDARD

Company: Example1
Production : Electronics & Control Part
Meter Type : ION7650
Location : Incoming
Type of Connection : 3 Phase 4 Wire
Analysis : RGP03
Nominal Voltage : 115000 [V]
Nominal Frequency : 50 [Hz]
Start Date : 12/31/2007
End Date : 3/4/2008

SUMMARY :

Results :

Power Frequency: PASSED
Voltage Variations: PASSED
Flicker Severity: PASSED
Harmonics Voltage: PASSED
Unbalance: PASSED


KASETSART UNIVERSITY
Example1

Page 3

Power frequency

Under normal operating conditions, during each period of one week, 95% of the 10 minute mean rms values of the fundamental frequency measured over 10 s shall be in the range of 50Hz +/- 1% during 99.9% of a year and 50 Hz +/- 0.5% during 100% of the time.

Measured and calculated values

	Norm.(50Hz)	Value(50Hz)	Value(50Hz)	Norm.(50Hz)	Result
F(99.9%)	49.5	50.06	50.18	50.5	PASSED
F(100%)	47.0	50.06	50.18	52.0	PASSED

Measured values are within limits during 100.0% of time.

Voltage Unbalance

Under normal operating conditions, during each period of one week, 95% of the 10 minute mean rms values of the negative phase sequence component of the supply voltage shall be within the range of 0 to 2% of the positive phase sequence component. In some areas with partly single phase or two phase connected customer installations, unbalance up to about 3% at three phase supply terminals occur.

Measured and calculated values

	Value(50Hz)	Norm.(50Hz)	Result
UB(95%)	0.66	2.0%	PASSED
UB(100%)	1.08	-	-

Measured values are within limits during 100.0% of time.


KASETSART UNIVERSITY
Example1

Page 4

Voltage variation analysis

Under normal operating conditions excluding situations arising from faults or voltage interruptions, during each period of one week, 95% of the 10 minutes mean rms values of the supply voltage shall be within the range of 15 +/- 10% +/- 5%.

Measured and calculated values

U1:	Norm.(50Hz)	Value(50Hz)	Value(50Hz)	Norm.(50Hz)	Result
U1(Avg(95%))	2647.64	68102.32	68102.32	73036.95	PASSED
U1(Avg(100%))	2647.64	69438.59	69438.59	73036.95	PASSED

Measured values are within limits during 100.0% of time.

U2:	Norm.(50Hz)	Value(50Hz)	Value(50Hz)	Norm.(50Hz)	Result
U2(Avg(95%))	2647.64	68210.43	68210.43	73036.95	PASSED
U2(Avg(100%))	2647.64	69295.88	69295.88	73036.95	PASSED

Measured values are within limits during 100.0% of time.

U3:	Norm.(50Hz)	Value(50Hz)	Value(50Hz)	Norm.(50Hz)	Result
U3(Avg(95%))	2647.64	67925.18	67925.18	73036.95	PASSED
U3(Avg(100%))	2647.64	69119.58	69119.58	73036.95	PASSED

Measured values are within limits during 100.0% of time.


KASETSART UNIVERSITY
Example1

Page 5

Flicker Severity analysis

Under normal operating conditions, in any period of one week the long term flicker severity caused by voltage fluctuations should be PLT <= 1 for 95% of the time.

Measured and calculated values

PLT:	Value	Norm.(50Hz)	Result
PLT(95%)	0.17	1.0	PASSED
PLT(100%)	10.98	1.0	-

Measured values are within limits during 100.0% of time.

PLT:	Value	Norm.(50Hz)	Result
PLT(95%)	0.16	1.0	PASSED
PLT(100%)	7.00	1.0	-

Measured values are within limits during 100.0% of time.

PLT:	Value	Norm.(50Hz)	Result
PLT(95%)	0.13	1.0	PASSED
PLT(100%)	6.81	1.0	-

Measured values are within limits during 100.0% of time.


KASETSART UNIVERSITY
ION7650 Report

Page 6

Harmonics analysis

Under normal operating conditions, during each period of one week, 95% of the 10 minute mean rms values of each individual harmonic voltage shall be less than or equal to the value given in the table. Resonances may cause higher voltages for an individual harmonic. Moreover, the THD of the supply voltage (including all harmonics up to the order 40) shall be less than or equal to 5%.

Harmonic No	Limit in % Unbalanced
2: 2.0%	6.0%
3: 2.0%	7.5%
4: 1.0%	8.0%
5: 6.0%	8.1%
6: 0.5%	10.0%
7: 0.5%	11.3%
8: 0.5%	12.0%
9: 0.5%	12.5%
10: 0.5%	13.0%
11: 0.5%	13.5%
12: 0.5%	14.0%
13: 0.5%	14.5%
14: 0.5%	15.0%
15: 0.5%	15.5%
16: 0.5%	16.0%
17: 0.5%	16.5%
18: 0.5%	17.0%
19: 0.5%	17.5%
20: 0.5%	18.0%
21: 0.5%	18.5%
22: 0.5%	19.0%
23: 0.5%	19.5%
24: 0.5%	20.0%
25: 0.5%	20.5%
26: 0.5%	21.0%
27: 0.5%	21.5%
28: 0.5%	22.0%
29: 0.5%	22.5%
30: 0.5%	23.0%
31: 0.5%	23.5%
32: 0.5%	24.0%
33: 0.5%	24.5%
34: 0.5%	25.0%
35: 0.5%	25.5%
36: 0.5%	26.0%
37: 0.5%	26.5%
38: 0.5%	27.0%
39: 0.5%	27.5%
40: 0.5%	28.0%

Measured and calculated values

U1:	Value	Norm.(50Hz)	Result
THD(95%)	5.73	8.0%	PASSED
THD(100%)	5.94	-	-

Measured values are within limits during 100.0% of time.

U2:	Value	Norm.(50Hz)	Result
THD(95%)	1.38	8.0%	PASSED
THD(100%)	1.59	-	-

Measured values are within limits during 100.0% of time.

U3:	Value	Norm.(50Hz)	Result
THD(95%)	1.98	8.0%	PASSED
THD(100%)	2.18	-	-

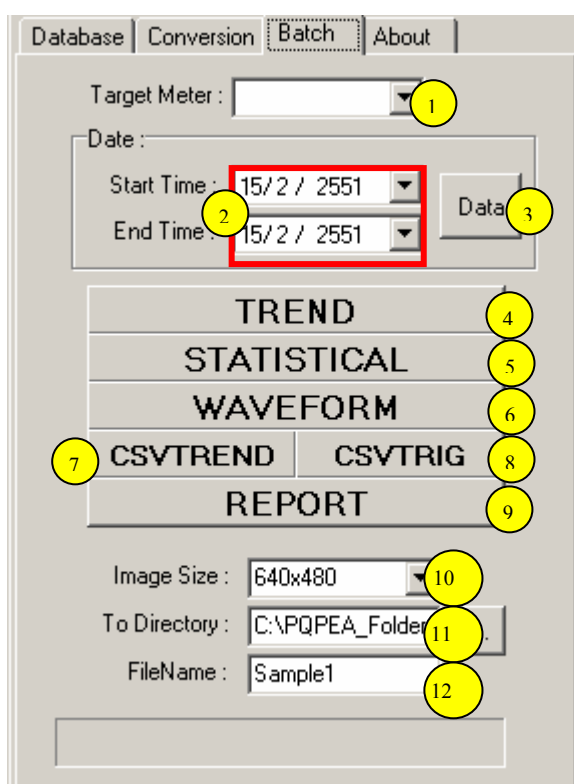
Measured values are within limits during 100.0% of time.

Individual failing harmonics

U1: No failing Harmonics U2: No failing Harmonics U3: No failing Harmonics

ภาพที่ 72 ตัวอย่างรายงานคุณภาพกำลังไฟฟ้า

6.5 เมนู Batch



ภาพที่ 73 การประมวลผลแบบกลุ่ม

จุดที่ 1 : กำหนดมิเตอร์

จุดที่ 2 : กำหนดวันที่เริ่มต้นและสิ้นสุด

จุดที่ 3 : คำนวณวันเริ่มต้นและสิ้นสุดตามข้อมูลที่มีอยู่จริงผลจะไปปรากฏจุดที่ 2

จุดที่ 4 : วาดกราฟแบบต่อเนื่อง

จุดที่ 5 : วาดกราฟเหตุการณ์

จุดที่ 6 : วาดกราฟรูปคลื่นสัญญาณชาชนหรืออาร์เอ็มเอส ขึ้นอยู่กับชนิดข้อมูล

จุดที่ 7 : บันทึกข้อมูลแบบต่อเนื่องเป็นรูปแบบ CSV

จุดที่ 8 : บันทึกข้อมูลแบบเหตุการณ์เป็นรูปแบบ CSV

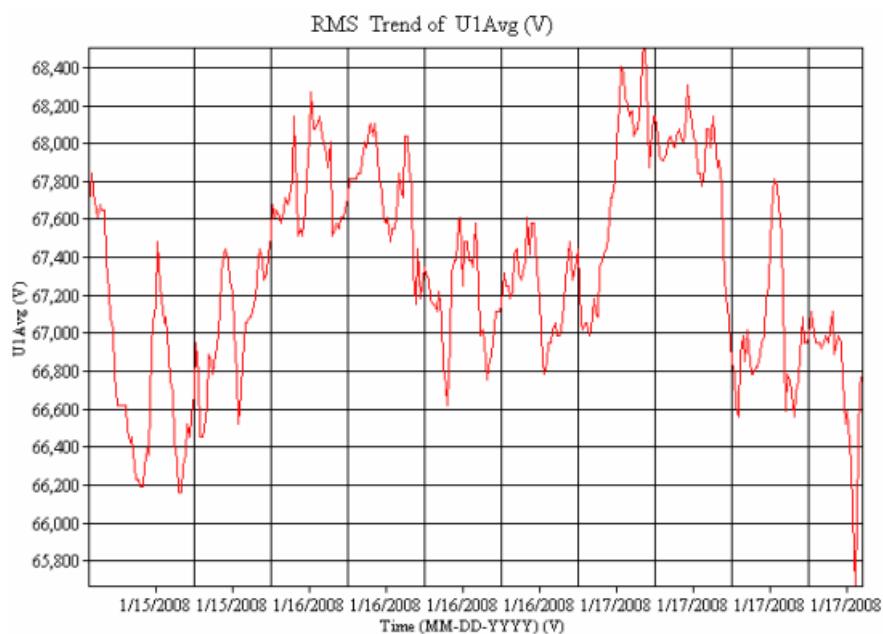
จุดที่ 9 : จัดทำรายงาน

จุดที่ 10 : กำหนดอัตราส่วน ความละเอียดของกราฟ

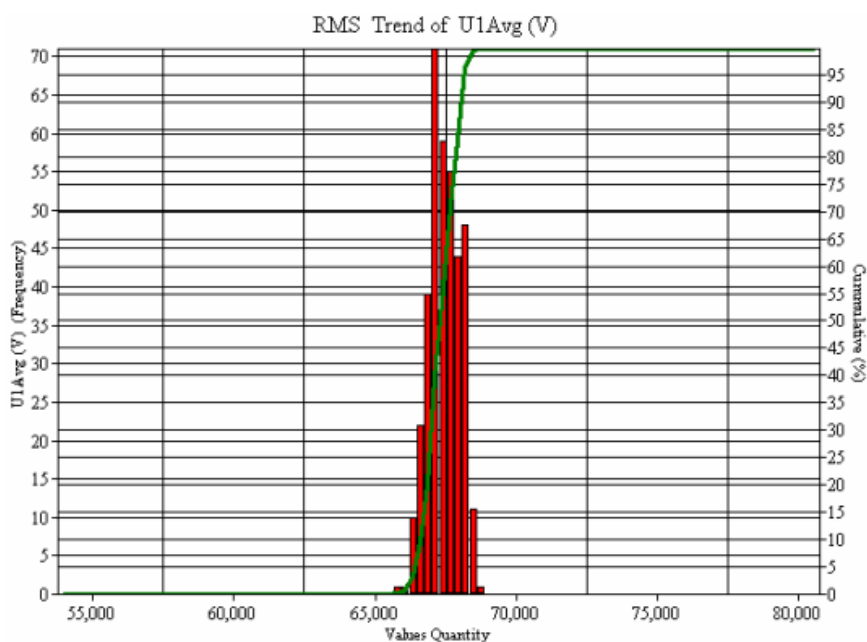
จุดที่ 11 : กำหนดเพิ่มปลายทาง

จุดที่ 12 : กำหนดชื่อ

เมื่อกดปุ่ม TREND (ปุ่มที่ 4) ซอฟต์แวร์จะสร้างกราฟจำนวน 66 ชนิด คือ กราฟแบบต่อเนื่องภาพที่ 74 และกราฟความถี่ ภาพที่ 75 ทั้งนี้ผู้ใช้งานต้องระบุช่วงวันเวลาด้วย

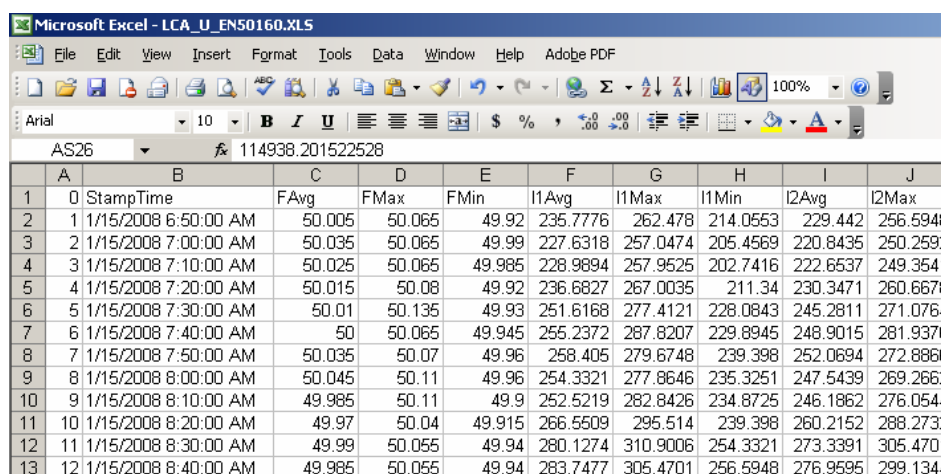


ภาพที่ 74 ค่าแบบต่อเนื่องที่ได้จากการประมวลผลแบบกลุ่ม



ภาพที่ 75 ค่าความถี่ที่ได้จากการประมวลผลแบบกลุ่ม

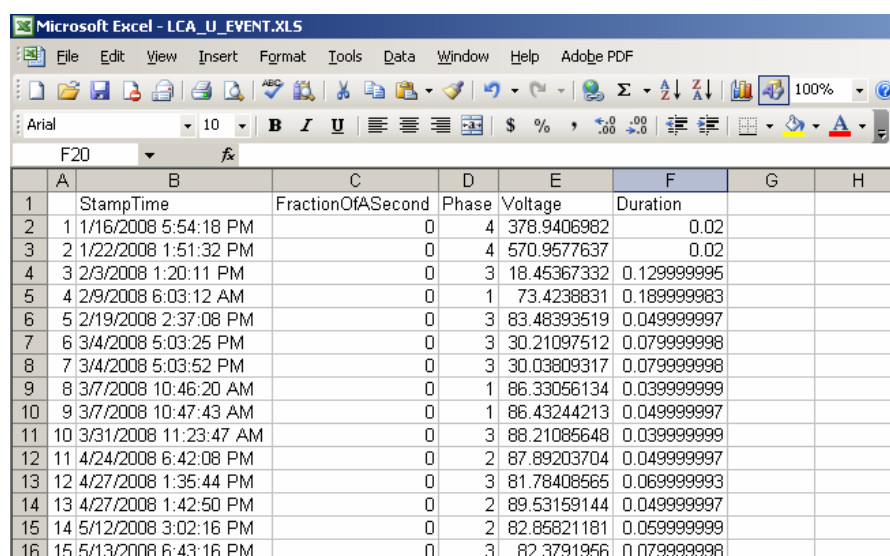
ฟังก์ชันของ Statistical (ปุ่มที่ 5) และ Waveform (ปุ่มที่ 6) จะให้ผลเช่นเดียวกันกับเมนู Steady State และ Events ของเมนู View ตามลำดับ ซึ่งจะไม่ต้องกล่าวถึง การนำออกข้อมูล แบบต่อเนื่องรูปแบบ Microsoft Excel สามารถกดปุ่มที่ 7 “CSVTREND” จะได้ผลลัพธ์ดังภาพที่ 76 ให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานในด้านอื่นได้ต่อไป



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	0	StampTime	FAvg	FMax	FMin	I1Avg	I1Max	I1Min	I2Avg	I2Max
2	1	1/15/2008 6:50:00 AM	50.005	50.065	49.92	235.7776	262.478	214.0553	229.442	256.5948
3	2	1/15/2008 7:00:00 AM	50.035	50.065	49.99	227.6318	257.0474	205.4569	220.8435	250.2592
4	3	1/15/2008 7:10:00 AM	50.025	50.065	49.985	228.9894	257.9525	202.7416	222.6537	249.3541
5	4	1/15/2008 7:20:00 AM	50.015	50.08	49.92	236.6827	267.0035	211.34	230.3471	260.6678
6	5	1/15/2008 7:30:00 AM	50.01	50.135	49.93	251.6168	277.4121	228.0843	245.2811	271.0764
7	6	1/15/2008 7:40:00 AM	50	50.065	49.945	255.2372	287.8207	229.8945	248.9015	281.9376
8	7	1/15/2008 7:50:00 AM	50.035	50.07	49.96	258.405	279.6748	239.398	252.0694	272.8866
9	8	1/15/2008 8:00:00 AM	50.045	50.11	49.96	254.3321	277.8646	235.3251	247.5439	269.2662
10	9	1/15/2008 8:10:00 AM	49.985	50.11	49.9	252.5219	282.8426	234.8725	246.1862	276.0544
11	10	1/15/2008 8:20:00 AM	49.97	50.04	49.915	266.5509	295.514	239.398	260.2152	288.2732
12	11	1/15/2008 8:30:00 AM	49.99	50.055	49.94	280.1274	310.9006	254.3321	273.3391	305.4701
13	12	1/15/2008 8:40:00 AM	49.985	50.055	49.94	283.7477	305.4701	256.5948	276.9595	299.1344

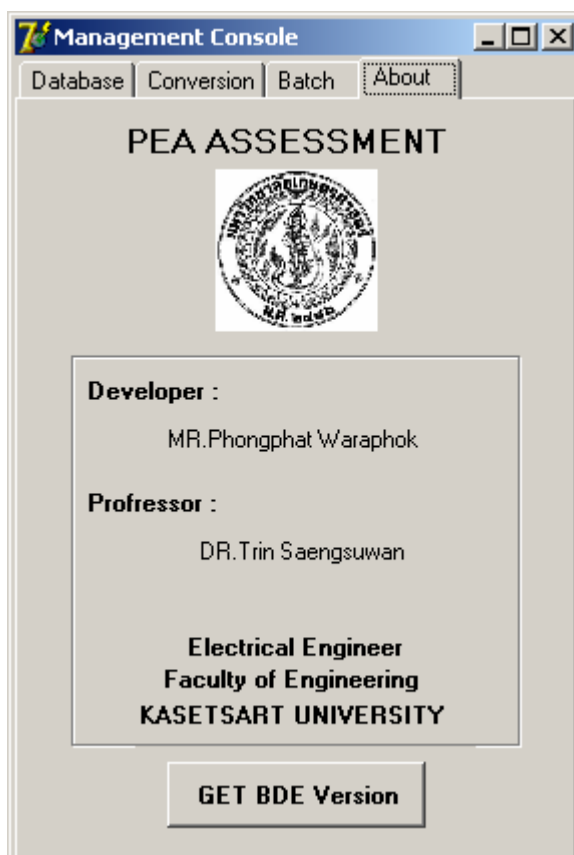
ภาพที่ 76 ผลลัพธ์การนำออกของข้อมูลแบบต่อเนื่อง

การนำออกข้อมูลแบบเหตุการณ์รูปแบบ Microsoft Excel สามารถกดปุ่มที่ 8 “CSVTRIG” จะได้ผลลัพธ์ดังภาพที่ 77 ให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานในด้านอื่นได้ต่อไป



	A	B	C	D	E	F	G	H
1		StampTime	FractionOfASecond	Phase	Voltage	Duration		
2	1	1/16/2008 5:54:18 PM	0	4	378.9406982	0.02		
3	2	1/22/2008 1:51:32 PM	0	4	570.9577637	0.02		
4	3	2/3/2008 1:20:11 PM	0	3	18.45367332	0.129999995		
5	4	2/9/2008 6:03:12 AM	0	1	73.4238831	0.189999983		
6	5	2/19/2008 2:37:08 PM	0	3	83.48393519	0.049999997		
7	6	3/4/2008 5:03:25 PM	0	3	30.21097512	0.079999998		
8	7	3/4/2008 5:03:52 PM	0	3	30.03809317	0.079999998		
9	8	3/7/2008 10:46:20 AM	0	1	86.33056134	0.039999999		
10	9	3/7/2008 10:47:43 AM	0	1	86.43244213	0.049999997		
11	10	3/31/2008 11:23:47 AM	0	3	88.21085648	0.039999999		
12	11	4/24/2008 6:42:08 PM	0	2	87.89203704	0.049999997		
13	12	4/27/2008 1:35:44 PM	0	3	81.78408565	0.069999993		
14	13	4/27/2008 1:42:50 PM	0	2	89.53159144	0.049999997		
15	14	5/12/2008 3:02:16 PM	0	2	82.85821181	0.059999999		
16	15	5/13/2008 6:43:16 PM	0	3	82.3791956	0.079999998		

ภาพที่ 77 ผลลัพธ์การนำออกข้อมูลแบบเหตุการณ์



ภาพที่ 78 หน้าจอแสดงทีมผู้พัฒนา

7. การทดลองใช้งานซอฟต์แวร์

เพื่อให้การออกแบบฐานข้อมูลและพัฒนาซอฟต์แวร์มีความสมบูรณ์ ในลำดับต่อไปเป็น ทดลองใช้งานซอฟต์แวร์ PEA ASSESSMENT ของฐานข้อมูลทั้งสองผลิตภัณฑ์ แต่เนื่องจากข้อมูล ในโครงการวิจัยของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคมีด้วยกันทั้งหมด 12 พื้นที่ จำนวน 45 มิเตอร์ เครื่อง ตรวจจับมีการกระจายตัวไม่ซ้ำพื้นที่กัน มีเพียงการตรวจวัดที่สถานีไฟฟ้าแหลมฉบัง 1 จ.ชลบุรี เท่านั้นที่ติดตั้งเครื่องตรวจวัดทั้ง 2 ผลิตภัณฑ์ ที่ตำแหน่งเดียวกัน คือ ด้านขาเข้าของระบบแรงดัน 115 kV

ดังนั้น การทดลองใช้งานจึงขอเลือกข้อมูลของสถานีไฟฟ้าแหลมฉบัง 1 เพื่อเป็นข้อมูล ตัวอย่าง แต่เนื่องจากเครื่องตรวจวัดทั้งสองผลิตภัณฑ์ ไม่ได้อยู่บนโครงสร้างและพื้นฐานเดียวกัน ค่าที่บันทึกได้ของแต่ละมิเตอร์จึงอาจมีความคลาดเคลื่อนที่ต่างกัน ดังนั้น การแปลงข้อมูลในครั้ง นี้ จึงไม่รับรองความถูกต้องของข้อมูล เป็นเพียงการนำข้อมูลมาแสดงผลเท่านั้น ซึ่งพอสรุปเป็น เงื่อนไขดังนี้

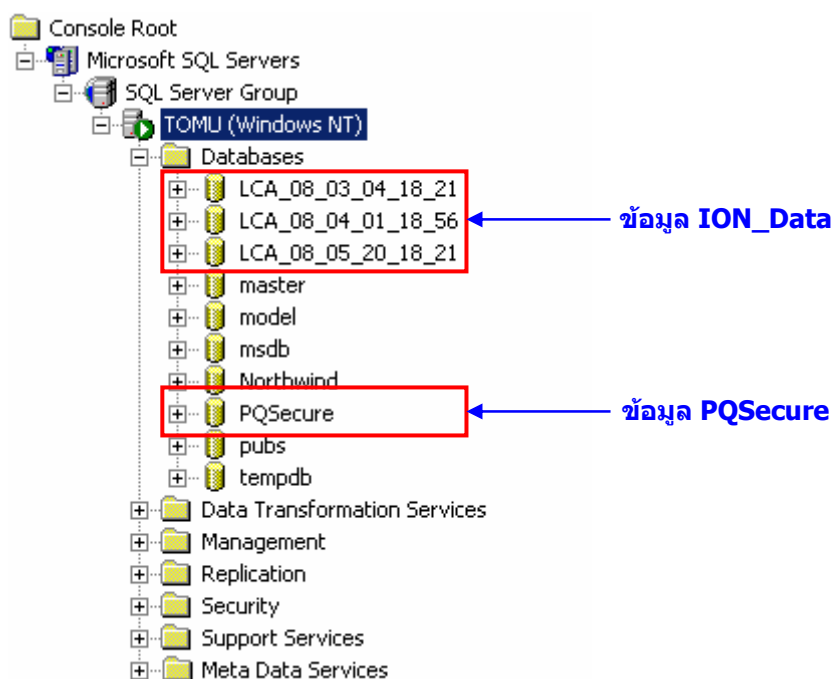
- 1 ตัววัดแรงดัน (Voltage Probe) และตัววัดกระแส (Current Probe) ของเครื่องตรวจวัดทั้งสองผลิตภัณฑ์ ไม่ได้ปรับเทียบความเที่ยงตรง เพราะเป็นเครื่องที่อยู่ในระหว่างดำเนินการตรวจวัด
- 2 เครื่องตรวจวัดทั้งสองชนิดมีการติดตั้งมาเป็นเวลามากกว่า 2 ปี อาจมีความคลาดเคลื่อนในเรื่องของเวลา (Asynchronous Time)
- 3 เครื่องตรวจวัดรุ่น U902 ไม่ได้ปรับตั้งให้บันทึกเหตุการณ์สถานะชั่วครู่ (Transient) จึงอาจมีจำนวนเหตุการณ์การรบกวนไม่ตรงกัน
- 4 ข้อมูลที่ใช้ทดสอบอยู่ระหว่างเดือน มีนาคม - พฤษภาคม 2551 (3 เดือน)
- 5 ติดตั้งเครื่องตรวจวัดด้านขาเข้าระบบแรงดัน 115 kV สถานีไฟฟ้าแหลมฉบัง 1
- 6 เครื่องตรวจวัดทั้งสองชนิดตรวจวัดแบบ 3 เฟส 4 สาย (Wye) แรงดันไฟฟ้า 66,400 โวลต์ และกระแสไฟฟ้า 3 เฟส

ข้อมูลตรวจวัดที่ได้จากสถานีไฟฟ้าแหลมฉบัง 1 ทั้ง 2 ชนิดแสดงในภาพที่ 79 ได้จากการดาวน์โหลดข้อมูลจากเครื่องคอมพิวเตอร์ย่อย โดยข้อมูล ION_Data จะขึ้นต้นด้วยตัวอักษร “ION_Data_xxx” และข้อมูล PQSecure จะขึ้นต้นด้วยตัวอักษร “LCAY-22-xxx”

Name	Size
ION_Data_Archive_LCA_08_03_04_18_21.mdf	123,648 KB
ION_Data_Archive_LCA_08_03_04_18_21_log.ldf	1,536 KB
ION_Data_Archive_LCA_08_04_01_18_56.mdf	92,864 KB
ION_Data_Archive_LCA_08_04_01_18_56_log.ldf	1,536 KB
ION_Data_Archive_LCA_08_05_20_18_21.mdf	84,416 KB
ION_Data_Archive_LCA_08_05_20_18_21_log.ldf	1,536 KB
LCAY-22-010408.pf4	8,656 KB
LCAY-22-040308.pf4	6,472 KB
LCAY-22-120208.pf4	8,763 KB
LCAY-22-200508.pf4	8,747 KB

ภาพที่ 79 ข้อมูลตรวจวัดจากสถานีไฟฟ้าแหลมฉบัง 1 ทั้ง 2 ชนิด

การนำข้อมูลของ ION_Data เข้าสู่ Microsoft SQL Server จะใช้วิธีการผูกติด (Attachment Database) แต่สำหรับข้อมูลของ PQSecure ต้องแปลงข้อมูลจาก *.PF4 ให้อยู่ในรูปแบบข้อมูล ด้วยซอฟต์แวร์ “PQSchedule” ก่อน จึงจะได้ข้อมูล PQSecure ตามภาพที่ 80 (เมื่อเปิดดูด้วย “Microsoft SQL Enterprise Manager”)



ภาพที่ 80 แสดงฐานข้อมูลที่ติดตั้งใน Microsoft SQL Server

ข้อมูล ION_Data มี 3 ส่วน คือ “LCA_08_03_04_18_21” “LCA_08_04_01_18_56” “LCA_08_05_20_18_21” มีระยะเวลาตรวจวัด ส่วนละ 1 เดือน ในขณะที่ PQSecure มีเพียง 1 ส่วน คือ PQSecure มีระยะเวลาตรวจวัดประมาณ 3 เดือน รวมแล้วทั้ง 2 ชนิด มีข้อมูลใกล้เคียงกันคือ 3 เดือน ปกติการนำเข้าข้อมูล ION_Data ที่ใช้วิธีผูกติดนั้นจะไม่ใช่ปัญหาเรื่องชื่อซ้ำกัน เพราะถูกกำหนดชื่อตั้งแต่การบันทึก แต่สำหรับข้อมูล PQSecure ชื่อจะถูกกำหนดให้เป็นแบบเดียวกันทั้งหมด ในกรณีดังนั้นผู้ใช้งานย้ายข้อมูลมาจากเครื่องคอมพิวเตอร์อื่น ผู้ใช้งานต้องเปลี่ยนชื่อเพื่อป้องกันการซ้ำกัน จึงจะสามารถนำฐานข้อมูล PQSecure เข้าสู่ระบบฐานข้อมูลได้

ผลลัพธ์ที่ได้จากการใช้ซอฟต์แวร์ PEA ASSESSMENT เพื่อตรวจสอบฟังก์ชันการแปลงข้อมูลสรุปในตารางที่ 19

ตารางที่ 19 แสดงรายละเอียดข้อมูล PQPEA ทั้ง 2 ชนิดที่ผ่านการแปลงข้อมูลประมาณ 3 เดือน

ลำดับ	รายละเอียด	ข้อมูลสำคัญ		หมายเหตุ
		PML	Unipower	
1	เครื่องตรวจวัด	ION7650	U902	ประเภท
2	ฐานข้อมูลต้นฉบับ	ION_Data	PQSecure	ชื่อไฟล์
3	ฐานข้อมูล PQPEA	LCA_I	LCA_U	ชื่อไฟล์
4	จุดติดตั้ง	LCA INC 115kV	LCA INC 115kV	ตำแหน่ง
5	ขนาดไฟล์	33,042	41,534	เมกะไบต์
6	เริ่มต้น	12/31/2007 17:00:00	1/15/2008 06:40:00	วัน เดือน ปี
7	สิ้นสุด	5/11/2008 20:30:00	5/20/2008 19:10:00	วัน เดือน ปี
8	ระยะเวลา	132.15	126.52	วัน
9	ชนิดของข้อมูล	59	59	ประเภท
10	แรงดันไฟฟ้า	15,238	11,414	ระเบียน
11	กระแสไฟฟ้า	15,238	11,414	ระเบียน
12	ความถี่	15,238	11,414	ระเบียน
13	กำลังไฟฟ้า	15,238	11,414	ระเบียน
14	ครรชนีไฟกระพริบ	15,238	11,414	ระเบียน
15	เหตุการณ์รบกวน	17	713	เหตุการณ์

ฐานข้อมูล PQPEA ที่ผ่านการแปลงในตารางที่ 19 มีระยะเวลาตรวจวัดประมาณ 3 เดือน
สังเกตได้ว่า หากเปรียบเทียบกับข้อมูล ION_Data ดัชนีฉบับแล้ว ฐานข้อมูล PQPEA จะมีขนาดลดลง
จาก 299 MB ลดเหลือ 40 MB คิดเป็น 13.38% ของข้อมูลทั้งหมด ช่วยประหยัดพื้นที่ในการจัดเก็บ

ด้านการคำนวณค่าแบบต่อเนื่อง ซอฟต์แวร์สามารถให้ผลคำนวณได้เท่ากับซอฟต์แวร์
ต้นฉบับ โดยมีเงื่อนไขข้อมูลอยู่ระหว่างวันที่ 01/03/2551 และ 31/03/2551 ดังตารางที่ 20

ตารางที่ 20 สรุปผลและเปรียบเทียบการคำนวณค่าแบบต่อเนื่องชนิดต่างๆ

ลำดับ	รายละเอียด	PQSecureSQL	PEA ASSESSMENT		คลาดเคลื่อน (%)
		PQSecure	LCA_U	LCA_I	
1	StartTime	01/03/2551	01/03/2551	01/03/2551	-
2	EndTime	31/03/2551	31/03/2551	31/03/2551	-
3	Norm. V	66,400 V	66,400 V	66,400 V	-
4	Norm. F	50 เฮิร์ตซ์	50 เฮิร์ตซ์	50 เฮิร์ตซ์	-
5	Interval	10 นาที	10 นาที	10 นาที	-
6	F(100%) Min	49.69 เฮิร์ตซ์	49.69 เฮิร์ตซ์	49.70 เฮิร์ตซ์	-
7	F(100%) Max	50.17 เฮิร์ตซ์	50.17 เฮิร์ตซ์	50.18 เฮิร์ตซ์	-
8	UB(95%)	0.16%	0.16%	11.75%	7243.75%
9	UB(100%)	0.39%	0.39%	15.77%	3943.59%
10	U1(95%) Min	64577.49 V	64577.49 V	67701.37 V	4.84%
11	U1(95%) Max	68273.50 V	68273.50 V	79945.67 V	17.10%
12	U1(100%) Min	61706.84 V	61706.84 V	62079.15 V	0.60%
13	U1(100%) Max	69098.46 V	69098.46 V	81082.71 V	17.34%
14	U2(95%) Min	64940.67 V	64940.67 V	64687.08 V	0.39%
15	U2(95%) Max	68438.50 V	68438.50 V	68383.48 V	0.08%
16	U2(100%) Min	62234.81 V	62234.81 V	62206.31 V	0.05%
17	U2(100%) Max	69263.45 V	69263.45 V	69247.93 V	0.02%
18	U3(95%) Min	64973.67 V	64973.67 V	64609.81 V	0.56%
19	U3(95%) Max	68339.50 V	68339.50 V	68190.80 V	0.22%

ตารางที่ 20 (ต่อ)

ลำดับ	รายละเอียด	PQSecureSQL	PEA ASSESSMENT		คลาดเคลื่อน (%)
		PQSecure	LCA_U	LCA_I	
20	U3(100%) Min	62399.8 V	62399.8 V	62200.92 V	0.32%
21	U3(100%) Max	69164.46 V	69164.46 V	69043.38 V	0.18%
22	PLT1(95%)	0.5	0.5	0.67	34.00%
23	PLT1(100%)	0.7	0.7	3.86	451.43%
24	PLT2(95%)	0.48	0.48	0.49	2.08%
25	PLT2(100%)	0.67	0.67	1.48	120.90%
26	PLT3(95%)	0.45	0.46	0.45	2.22%
27	PLT3(100%)	0.68	0.68	8.92	1211.76%
28	THDU1(95%)	2.08%	2.08%	5.73%	175.48%
29	THDU1(100%)	2.34%	2.34%	5.94%	153.85%
30	THDU2(95%)	1.34%	1.34%	1.38%	3.73%
31	THDU2(100%)	1.55%	1.55%	1.59%	2.58%
32	THDU3(95%)	1.96%	1.96%	1.98%	1.02%
33	THDU3(100%)	2.16%	2.16%	2.18%	0.93%

ผลคำนวณในตารางที่ 20 ข้อมูลส่วนแรกเป็นผลคำนวณของซอฟต์แวร์ PQSecureSQL และส่วนที่สองเป็นของ LCA_U ของซอฟต์แวร์ PEA ASSESSMENT มีค่าเท่ากันเพราะเป็นข้อมูลชุดเดียวกัน จึงสรุปได้ว่า สมการคำนวณของซอฟต์แวร์ PEA ASSESSMENT มีค่าเท่ากับสมการคำนวณต้นแบบ ซอฟต์แวร์จึงมีความเชื่อถือได้ ส่วนผลคำนวณในส่วนที่สาม มีค่าต่างจากสองส่วนแรก เพราะเป็นข้อมูลต่างชุดกัน (ION_Data)

ค่าความคลาดเคลื่อนที่แสดงในส่วนสุดท้าย คือผลต่างที่มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ระหว่างข้อมูล 2 ชนิด สำหรับในส่วนที่ข้อมูลเดียวกันจะมีค่าเท่ากัน มีความคลาดเคลื่อนมีค่าเท่ากับศูนย์ แต่สำหรับข้อมูลต่างชนิดกันนั้น ค่าความคลาดเคลื่อนอาจมีค่าไม่เท่ากันได้ มีทั้งค่าสูงและค่าต่ำ เนื่องจากคุณลักษณะของเครื่องตรวจวัดต่างกัน จึงไม่สามารถใช้เป็นข้อมูลนัยสำคัญได้

ผลและวิจารณ์

ผล

ด้านการใช้งาน ซอฟต์แวร์ PEA ASSESSMENT ถูกออกแบบให้หน้าจอผู้ใช้งาน (Graphic User Interface: GUI) ใกล้เคียงกับซอฟต์แวร์ต้นฉบับ (ในส่วนของ PQSecureSQL) เพื่อความเข้าใจ สะดวก รวดเร็วในการเรียนรู้และง่ายต่อการใช้งาน ซอฟต์แวร์พัฒนาจาก Delphi 7.0 ซึ่งเป็น ภาษาคอมไพเลอร์ ซึ่งข้อดีก็คือสามารถนำไปใช้กับเครื่องคอมพิวเตอร์อื่นๆ ได้โดยไม่ต้องติดตั้ง เกิดความสะดวกและซอฟต์แวร์พัฒนาภายใต้โครงสร้างเชิงวัตถุ Object Orient Program: (OOP) ให้ สามารถพัฒนาต่อได้

ด้านระบบฐานข้อมูล พบว่าซอฟต์แวร์สามารถแปลงข้อมูล PQSecure และ ION_Data เข้าสู่ ฐานข้อมูล PQPEA ได้ตามที่กำหนด ทั้งข้อมูลที่เป็นแบบข้อความ (เลขจำนวนเต็ม ทศนิยม) และที่เป็นแบบภาพลักษณ์ (รูปคลื่น) ขนาดฐานข้อมูลที่ผ่านการแปลงแล้วมีขนาดลดลงเหลือ 13 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับขนาดฐานข้อมูลเดิม เพราะกรองเฉพาะข้อมูลที่สำคัญ ซึ่งช่วยประหยัดพื้นที่ หน่วยความจำ

ด้านการแสดงผล ซอฟต์แวร์ PEA ASSESSMENT สามารถแสดงกราฟ จำนวนค่าทาง สถิติ ออกรายงานได้ตรงตามความต้องการ มีความถูกต้องเมื่อเทียบกับซอฟต์แวร์ต้นฉบับ นอกจากนั้นยังได้เพิ่มความสามารถให้มากกว่าซอฟต์แวร์ต้นฉบับ เช่น การเปลี่ยนรูปคลื่นสัญญาณ ชาญให้เป็นอาร์เอ็มเอส (ข้อมูล ION7650) และการประมวลผลแบบกลุ่ม (Batch) ฯลฯ

สิ่งที่เป็นปัญหาก็คือ หากแปลงข้อมูลเข้าสู่ Microsoft Access จะมีจำนวนระเบียบมากกว่า 1 ล้านระเบียบขึ้นไปแล้ว ความเร็วในการประมวลผลของซอฟต์แวร์จะช้าลง ดังนั้นขนาดของ PQPEA ในรูปแบบ Microsoft Access ที่มีขนาดใหญ่ขึ้นจะแปรผกผันกับความเร็วในการทำงาน และเมื่อคำนวณย้อนกลับ จากจำนวนข้อมูล 66 ชนิดที่ทำการวัดซ้ำทุกๆ 10 นาที $(1,000,000 / (10 \times 24 \times 30 \times 66)) = 3.51$ เดือน พบว่า 1 ฐานข้อมูลสามารถรองรับข้อมูลได้ 3.5 เดือน

วิจารณ์

จุดประสงค์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เพื่อศึกษาโครงสร้าง รูปแบบการจัดเก็บของฐานข้อมูล ซึ่งโครงสร้างที่เหมาะสมที่สุดสำหรับข้อมูลคุณภาพกำลังไฟฟ้าก็คือ โครงสร้างแบบสัมพันธ์ (Relational Database Structure) เนื่องจากมีความยืดหยุ่น เหมาะกับข้อมูลที่มีปริมาณมากสามารถเพิ่มชนิดข้อมูลได้ไม่จำกัด (กรณีนี้มี 66 ค่า)

เมื่อเปรียบเทียบ PQPEA กับฐานข้อมูลต้นฉบับ พบว่าข้อเสียของฐานข้อมูล PQSecure คือ มีจำนวนตารางที่มากถึง 47 ตาราง พบความยุ่งยากในการจัดการบริหารข้อมูล และข้อเสียของฐานข้อมูล ION_Data คือมีความซับซ้อนสูง ชุดคำสั่ง SQL ที่ใช้เรียกข้อมูลจึงมีความซับซ้อนตามไปด้วย ผู้ใช้งานไม่สามารถเรียกดูข้อมูลได้ ต้องมีทักษะด้านภาษา SQL พอสมควร ดังนั้นฐานข้อมูล PQPEA ที่ออกแบบในวิทยานิพนธ์นี้จึงเน้นความกระชับรัดกุมให้มีจำนวนตารางที่น้อยและความสะดวกต่อการใช้ชุดคำสั่ง SQL และมีโครงสร้างเป็นแบบสัมพันธ์

PQPEA ได้ออกแบบให้มีเพียง 4 ตารางเท่านั้น คือ ตารางที่จัดเก็บรายละเอียดมิเตอร์ คือ “MeterTable” ตารางที่จัดเก็บค่าตัวเลข คือ “DataLogTable” ตารางที่จัดเก็บรูปคลื่น คือ “WaveformTable” และตารางที่จัดเก็บเหตุการณ์ คือ “EventTable” โดยมีตาราง MeterTable เป็นตารางพ่อทำหน้าที่เชื่อมกับตารางลูกทั้ง 3 ผ่านสคัมภ์ “ID” ที่อ้างถึงตัวมิเตอร์ผ่านกุญแจนอก

ผลลัพธ์ด้านการแปลงข้อมูลถือว่าได้ผลเป็นที่น่าพอใจ เพราะซอฟต์แวร์ PEA ASSESSMENT สามารถแปลงข้อมูลทั้ง 2 ชนิด ได้เป็นผลสำเร็จเมื่อร่วมทดสอบกับข้อมูลที่ตรวจวัดที่มีระยะเวลาประมาณ 3 เดือน และด้านการแสดงผลก็สามารถทำได้เท่ากับหรือมากกว่าซอฟต์แวร์ต้นฉบับตรงตามความต้องการของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ดังนั้นโครงสร้างของ PQPEA จึงถือได้ว่ามีความเหมาะสมแล้วสำหรับปริมาณข้อมูลระดับหนึ่ง ส่วนกรณีที่ต้องการแปลงข้อมูลทั้งปี เช่นข้อมูลโครงการวิจัยที่มีระยะเวลา 2 ปี การใช้ Microsoft Access เป็นระบบฐานข้อมูลอาจไม่เหมาะสม เพราะติดปัญหาทางด้านเทคนิค เห็นควรเปลี่ยนเป็นระบบที่มีเสถียรภาพสูงขึ้น เช่น “Microsoft SQL Server” หรือ “Oracle” เป็นต้น

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

วิทยานิพนธ์นี้มีวัตถุประสงค์เพื่อรองรับแผนงานของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคในอนาคตคือโครงการการจัดทำระบบฐานข้อมูลคุณภาพกำลังไฟฟ้า โดยเริ่มจากข้อมูลตรวจวัดคุณภาพกำลังไฟฟ้าที่มีในโครงการวิจัย จำนวน 2 ชนิด เนื่องจากการวิเคราะห์คุณภาพที่ดีและให้ได้ประสิทธิภาพสูงนั้น จำเป็นต้องมีข้อมูลที่ครบถ้วนและหลากหลายประเภท อีกทั้งเป็นแนวทางให้การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคได้ใช้ออกข้อกำหนดต่างๆที่เกี่ยวข้องได้อีกด้วย จากการทดลองใช้งานซอฟต์แวร์แล้วพบว่า สามารถแปลงข้อมูลได้ตามที่กำหนดไว้ มีการแสดงผลค่าคุณภาพกำลังไฟฟ้าที่ใกล้เคียงซอฟต์แวร์ต้นฉบับ และซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้นเองสามารถปรับแต่ง แก้ไขให้ตรงตามความต้องการได้ สามารถสรุปข้อดีและข้อจำกัดได้ดังต่อไปนี้

ข้อดี

- 1 การออกแบบฐานข้อมูล PQPEA อ้างอิงตามมาตรฐาน EN 50160 ซึ่งเป็นมาตรฐานสากล ข้อมูลจึงมีความเชื่อถือได้
- 2 ฐานข้อมูล PQPEA สามารถรองรับข้อมูลคุณภาพกำลังไฟฟ้าชนิดอื่นได้ทุกชนิด โดยไม่ต้องแก้ไขฐานข้อมูลใหม่
- 3 ฐานข้อมูล PQPEA ถูกออกแบบให้เข้าใจได้ง่าย สะดวกต่อการนำไปประยุกต์ใช้งาน
- 4 ซอฟต์แวร์ PEA ASSESSMENT สามารถวิเคราะห์ ประเมินผล คุณภาพกำลังไฟฟ้าได้มีประสิทธิภาพเทียบเท่าหรือมากกว่าซอฟต์แวร์ต้นฉบับ และตรงตามความต้องการของ กฟภ.
- 5 ลดต้นทุนการจัดซื้อซอฟต์แวร์จากต่างประเทศ

ข้อจำกัด

- 1 สามารถแปลงข้อมูลได้เฉพาะที่เป็นระบบฐานข้อมูล 2 ชนิดเท่านั้น
- 2 การใช้งานซอฟต์แวร์ร่วมกับฐานข้อมูลที่จัดทำด้วย Microsoft Access ในกรณีที่มียปริมาณข้อมูลมาก ซอฟต์แวร์จะทำงานได้ช้า เพราะข้อจำกัดของฐานข้อมูล

ข้อเสนอแนะ

- 1 ในการนำไปใช้กับฐานข้อมูลที่มีปริมาณมาก ซอฟต์แวร์ PEA ASSESSMENT ควรใช้กับระบบฐานข้อมูลที่มีเสถียรภาพ
- 2 เครื่องตรวจวัดที่ไม่มีระบบ GPS เมื่อตรวจวัดไปได้ระยะเวลาหนึ่ง อาจมีความเพี้ยนในเรื่องของเวลา เห็นควรปรับเทียบตามวาระ เพราะซอฟต์แวร์ยังไม่สามารถแก้ไขเวลาให้ได้
- 3 ปัจจุบันการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ยังมีข้อมูลอื่นๆที่เกี่ยวข้องกับกระแสไฟฟ้าขัดข้อง เช่น ข้อมูล SCADA และ AMR หากนำข้อมูลเหล่านี้ไปพิจารณาประกอบรวม จะช่วยทำให้การวิเคราะห์ระบบไฟฟ้ามีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น
- 4 สามารถนำไปปรับใช้กับโครงการ “PQ Data Center” ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคได้

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

ไชยะ แซ่มซ้อย. 2548. โครงการศึกษาคุณภาพกำลังไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคที่จ่ายไฟให้กับ
ผู้ใช้ไฟอุตสาหกรรมที่ต้องการคุณภาพกำลังไฟฟ้าสูง, การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคและจุฬาลงกรณ์
มหาวิทยาลัย.

ตฤณ แสงสุวรรณ. 2550. โครงการสำรวจระดับคุณภาพกำลังไฟฟ้าของระบบไฟฟ้า ระยะที่ 2,
การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคและมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,

ศิรินุช เทียนรุ่งโรจน์. 2540. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับระบบฐานข้อมูล. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

Bollen., H.J. 2000. **Understanding Power Quality Problems: Voltage Sags and Interruptions.**
New York: IEEE Press. ISBN 0-7803-4713-7.

Dugan., R.C. 1996. **Electrical Power Systems Quality**, 2nd Edition. Scottsdale AZ: Stars in a
Circle Publication.

EN 50160. **Voltage characteristics of electricity supplied by public distribution systems**, 1999.

IEC 61000-2-2. **Electromagnetic Compatibility (EMC) Part 2-2: Environment - Compatibility
Levels for Low-Frequency Conducted Disturbances and Signalling in Public Low-
Voltage Power Supply Systems**. 1997.

IEEE Std C37.111-1999. **IEEE Standard Common Format for Transient Data Exchange
(COMTRADE) for Power Systems**, 1999.

IEEE Std 519-1992. **IEEE Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in
Electrical Power Systems**, 1992.

IEEE Std 1159-1995. **IEEE Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality**, 1995.

IEEE Std 1159.3-2002. **IEEE Recommended Practice for the Transfer of Power Quality Data (PQDIF)**, 2002

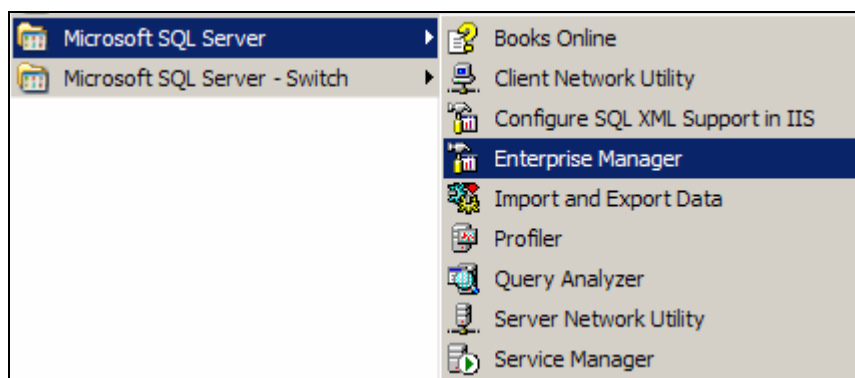
Kusko., A. 2007. **Power Quality in Electrical System**, 2nd Edition. McGraw-Hill, Newyork.

PQView. **User Guide PQView Power Quality Database Management and Analysis Software**.

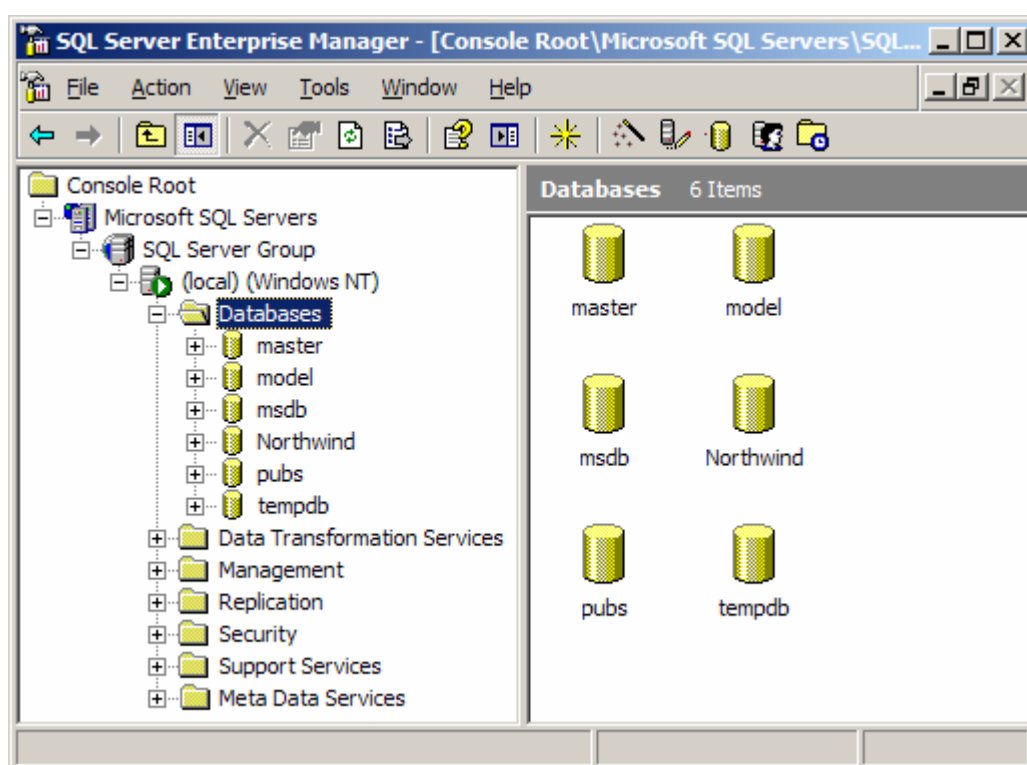
TOP. **User Guide The Output Processor Analysis Software**, Software for Visualizing Monitoring Data and Simulation Results.

ภาคผนวก

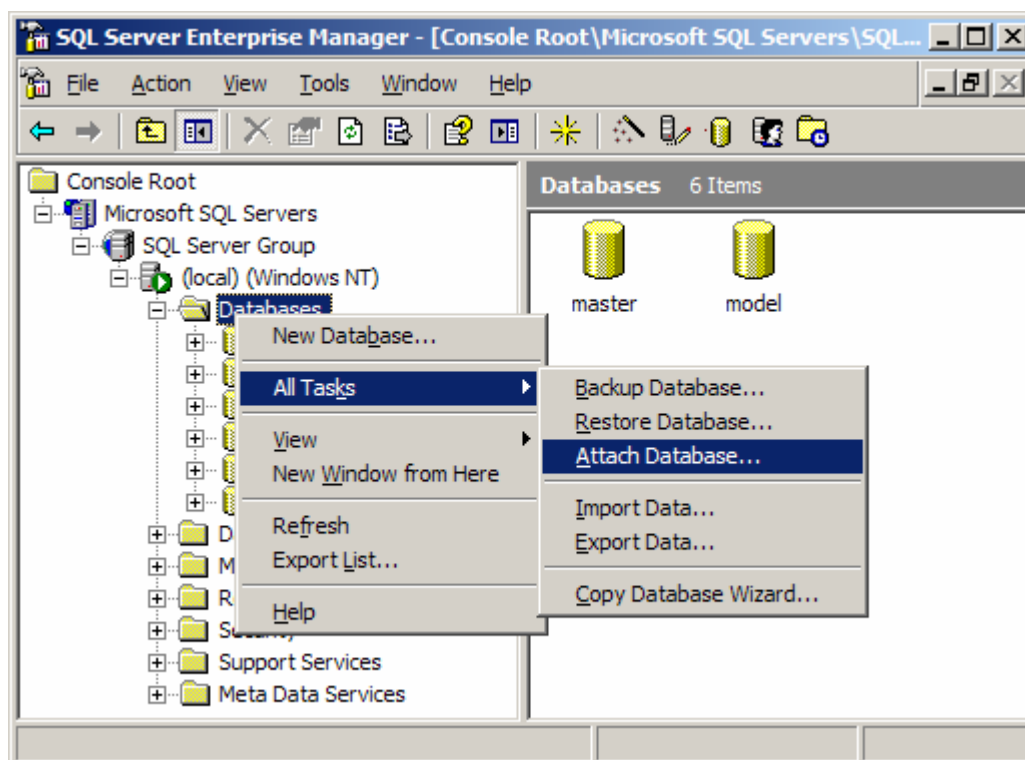
การนำข้อมูล ION7650 และ PQSecure เข้าสู่ Microsoft SQL Server



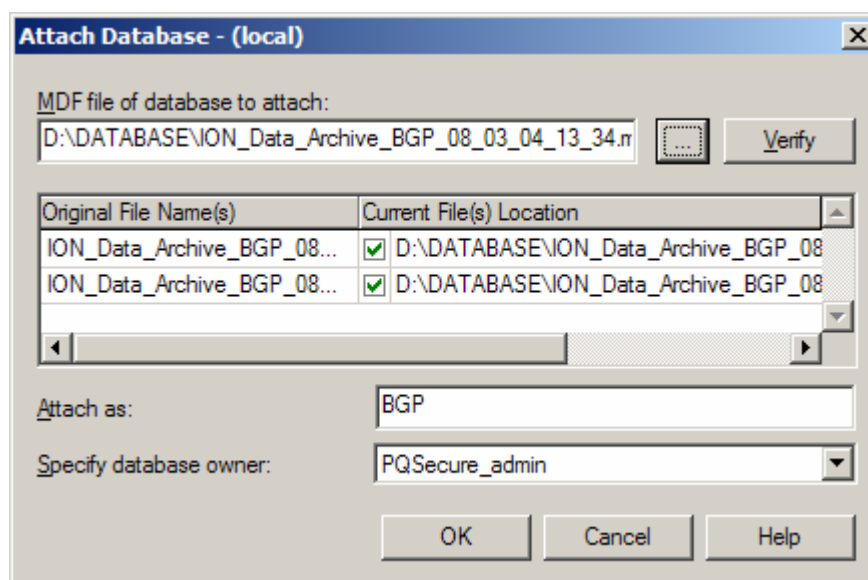
ภาพผนวกที่ 1 เปิดซอฟต์แวร์ Microsoft SQL Server เลือก Enterprise Manager



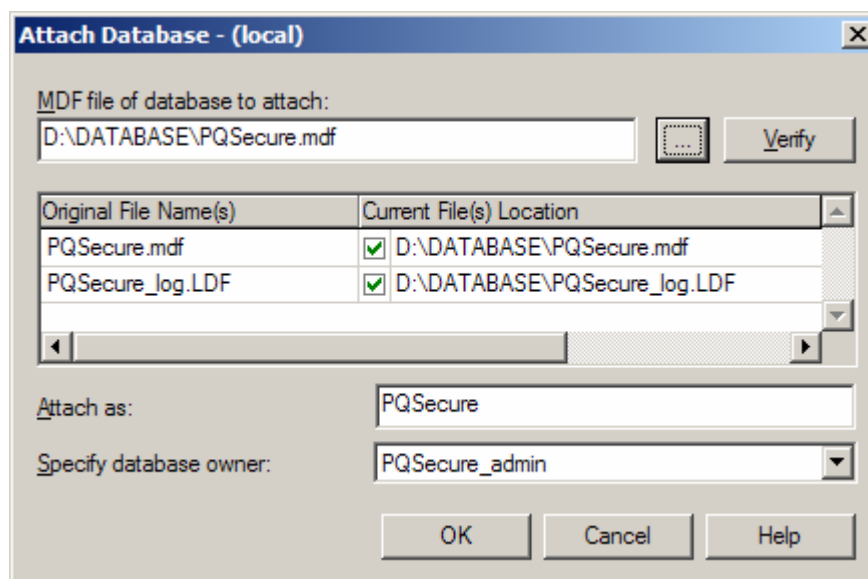
ภาพผนวกที่ 2 เลือก Database เพื่อแสดงรายชื่อฐานข้อมูล (ก่อนเพิ่มฐานข้อมูล)



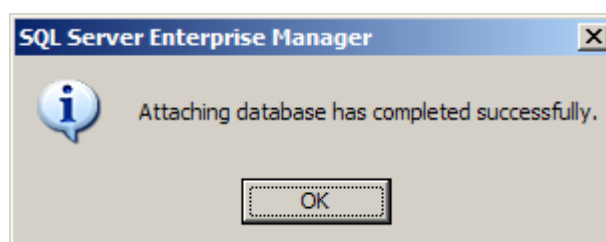
ภาพผนวกที่ 3 เพิ่มฐานข้อมูลโดยเลือกวิธีผูกติด (Attach Database)



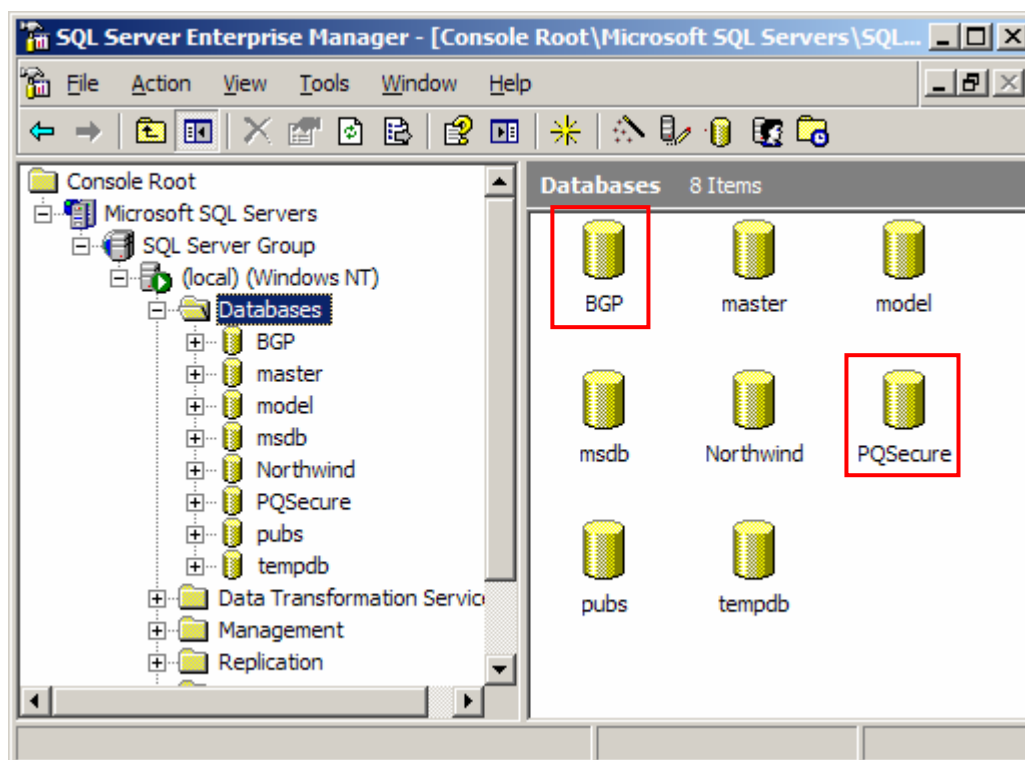
ภาพผนวกที่ 4 เลือกฐานข้อมูลชนิด ION_Data และตั้งชื่อใหม่ว่า “BGP”



ภาพผนวกที่ 5 เลือกฐานข้อมูลชนิด PQSecure.mdf และตั้งชื่อใหม่ว่า “PQSecure”



ภาพผนวกที่ 6 แสดงผลเมื่อเพิ่มข้อมูลสำเร็จ



ภาพผนวกที่ 7 แสดงรายชื่อฐานข้อมูลหลังเพิ่มฐานข้อมูล BGP และ PQSecure



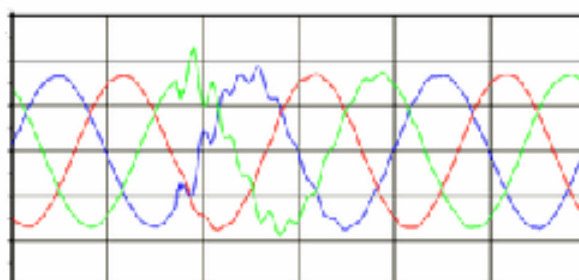
POWER QUALITY REPORT

Site Name : Example1

Production : Electronics & Control Part

Location : ION7650

Between Date : 12/31/2007 to 3/4/2008



By

Electrical Engineering Department

Faculty of Engineering

KASETSART UNIVERSITY

 KASETSART UNIVERSITY Example1		Page 2
ANALYSIS ACCRODING TO EN50160 STANDARD		
Company:	Example1	
Production :	Electronics & Control Part	
Meter Type :	ION7650	
Location :	Incoming	
Type of Connection :	3 Phase 4 Wire	
Analysis :	BGP03	
Nominal Voltage :	115000 [V]	
Nominal Frequency:	50 [Hz]	
Start Date :	12/31/2007	
End Date :	3/4/2008	
 SUMMARY :		
<u>Results</u>		
Power Frequency:	PASSED	
Voltage Variations :	PASSED	
Flicker Serverity :	PASSED	
Harmonics Voltage :	PASSED	
Unbalance :	PASSED	

ภาพผนวกที่ 9 รายงานสรุปแผ่นที่ 1



Power frequency

The nominal frequency of the supply voltage shall be 50 Hz. Under normal operating conditions the mean value of the fundamental frequency measured over 10 s shall be in the range of 50Hz +/- 1% during 99.5% of a year and 50 Hz +4%/-6% during 100% of the time.

Measured and calculated values

	<i>Norm(Min)</i>	<i>Value(Min)</i>	<i>Value(Max)</i>	<i>Norm(Max)</i>	<i>Result</i>
F(99.5%)	49.5	50.06	50.18	50.5	PASSED
F(100%)	47.0	50.06	50.18	52.0	PASSED

Measured values are within limits during 100.0% of time.

Voltage Unbalance

Under normal operating conditions, during each period of one week, 95% of the 10 minute mean rms values of the negative phase sequence component of the supply voltage shall be within the range of 0 to 2% of the positive phase sequence component. In some areas with partly single phase or two phase connected customers installations, unbalances up to about 3% at three-phase supply terminals occur.

Measured and calculated values

	<i>Value(Max)</i>	<i>Norm(Max)</i>	<i>Result</i>
UB(95%)	0.46	2.0%	PASSED
UB(100%)	1.08	-	-

Measured values are within limits during 100.0% of time.



Voltage variation analysis

Under normal operating conditions excluding situations arising from faults or voltage interruptions, during each period of one week, 95% of the 10 minutes mean rms values of the supply voltage shall be within the range of $U_n \pm 10\%$. All 10 minutes mean rms values shall be within the range $U_n + 10\% / -15\%$

Measured and calculated values

U1:	Norm(Min)	Value(Min)	Value(Max)	Norm(Max)	Result
U1Avg(95%)	56437.64	68102.32	68102.32	73036.95	PASSED
U1Avg(100%)	56437.64	69458.59	69458.59	73036.95	PASSED

Measured values are within limits during 100.0% of time.

U2:	Norm(Min)	Value(Min)	Value(Max)	Norm(Max)	Result
U2Avg(95%)	56437.64	68210.43	68210.43	73036.95	PASSED
U2Avg(100%)	56437.64	69299.88	69299.88	73036.95	PASSED

Measured values are within limits during 100.0% of time.

U3:	Norm(Min)	Value(Min)	Value(Max)	Norm(Max)	Result
U3Avg(95%)	56437.64	67925.18	67925.18	73036.95	PASSED
U3Avg(100%)	56437.64	69119.58	69119.58	73036.95	PASSED

Measured values are within limits during 100.0% of time.



Flicker Severity analysis

Under normal operating conditions, in any period of one week the long term flicker severity caused by voltage fluctuation should be $PLT \leq 1$ for 95% of the time.

Measured and calculated values

PLT1:	<i>Value</i>	<i>Norm(Max)</i>	<i>Result</i>
PLT(95%)	0.17	1.0	PASSED
PLT(100%)	10.96	1.0	-

Measured values are within limits during 100.0% of time.

PLT2:	<i>Value</i>	<i>Norm(Max)</i>	<i>Result</i>
PLT(95%)	0.16	1.0	PASSED
PLT(100%)	7.09	1.0	-

Measured values are within limits during 100.0% of time.

PLT3:	<i>Value</i>	<i>Norm(Max)</i>	<i>Result</i>
PLT(95%)	0.13	1.0	PASSED
PLT(100%)	6.81	1.0	-

Measured values are within limits during 100.0% of time.

ภาพผนวกที่ 12 รายงานสรุปแผ่นที่ 4



Harmonics analysis

Under normal operating conditions, during each period of one week, 95% of the 10 minute mean rms values of each individual harmonic voltage shall be less than or equal to the value given in the table. Resonances may cause higher voltages for an individual harmonic. Moreover, the THD of the supply voltage (including all harmonics up to the order 40) shall be less than or equal to 8%

Harmonic No limit in % Unominal

2: 2.0 %	6: 0.5 %	10: 0.5 %	14: 0.5 %	18: 0.5 %	22: 0.5 %
3: 5.0 %	7: 5.0 %	11: 3.5 %	15: 0.5 %	19: 1.5 %	21: 1.5 %
4: 1.0 %	8: 0.5 %	12: 0.5 %	16: 0.5 %	20: 0.5 %	22: 0.5 %
5: 6.0 %	9: 1.5 %	13: 3.0 %	17: 2.0 %	21: 0.5 %	25: 1.5 %

Measured and calculated values

U1:	Value	Norm(Max)	Result
THD(95%)	5.73	8.0%	PASSED
THD(100%)	5.94	-	-

Measured values are within limits during 100.0% of time.

U2:	Value	Norm(Max)	Result
THD(95%)	1.38	8.0%	PASSED
THD(100%)	1.59	-	-

Measured values are within limits during 100.0% of time.

U3:	Value	Norm(Max)	Result
THD(95%)	1.98	8.0%	PASSED
THD(100%)	2.18	-	-

Measured values are within limits during 100.0% of time.

Individual failing harmonics

U1:

No failing Harmonics

U2:

No failing Harmonics

U3:

No failing Harmonics

ภาพผนวกที่ 13 รายงานสรุปแผ่นที่ 5

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นายพงษ์พัฒน์ วราโศค
วัน เดือน ปี ที่เกิด	วันที่ 30 มกราคม 2521
สถานที่เกิด	จ.กำแพงเพชร
ประวัติการศึกษา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	วิศวกร ระดับ 5
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค กองวิจัย สำนักงานใหญ่
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	งานสัมมนาวิชาการ EPQU ครั้งที่ 9 ปี 2550 ประเทศสเปน งานสัมมนาวิชาการ EECON ครั้งที่ 30 ปี 2550 จ.กาญจนบุรี
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	ส่วนตัว