

การจัดการคุณภาพของกระแสไฟฟ้าจากระบบจ่ายไฟฟ้าสำรองต่อเนื่อง (ยูพีเอส)

ด้วยการบำรุงรักษาวิธีผลแบบทุกคนมีส่วนร่วม

กรณีศึกษา บริษัท อสมท จำกัด (มหาชน)

พลภัทร ลีพรหมมา

TNI

สารนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต

บัณฑิตวิทยาลัย สาขาวิชาการจัดการวิสาหกิจสำหรับผู้บริหาร

สถาบันเทคโนโลยีไทย - ญี่ปุ่น

ปีการศึกษา 2556

TOTAL PREVENTIVE MAINTENANCE FOR MANAGING POWER QUALITY
OF ELECTRICITY GENERATED BY UNINTERRUPTIBLE POWER SUPPLY SYSTEM
A CASE STUDY ON MCOT

Pholphat Leephromma

TNII

A Term Paper Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Business Administration Program

in Executive Enterprise Management

Graduate School

Thai - Nichi Institute of Technology

Academic Year 2013

หัวข้อสารนิพนธ์

การจัดการคุณภาพของกระแสไฟฟ้าจากระบบ
จ่ายไฟฟ้าสำรองต่อเนื่อง (ยูพีเอส) ด้วยการ
บำรุงรักษาวิธีผลแบบทุกคนมีส่วนร่วม กรณีศึกษา
บริษัท อสมท จำกัด (มหาชน)

โดย

พลภัทร ลีพรหมมา

สาขาวิชา

การจัดการวิสาหกิจสำหรับผู้บริหาร

อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์

ดร. จักร ดิงศภัทัย

บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น อนุมัติให้นับสารนิพนธ์ฉบับนี้เป็น
ส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบริหารธุรกิจ

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร. พิชิต สุขเจริญพงษ์)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

คณะกรรมการสอบสารนิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ดร. พาสณ์ ทีฆทรัพย์)

..... กรรมการ
(ดร. ปาลิรัฐ เลขะวัฒนะ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์
(ดร. จักร ดิงศภัทัย)

พลภัทร ลีพรหมมา : การจัดการคุณภาพของกระแสไฟฟ้าจากระบบจ่ายไฟฟ้าสำรอง
ต่อเนื่อง (ยูพีเอส) ด้วยการบำรุงรักษาทีละส่วนแบบทุกคนมีส่วนร่วม : กรณีศึกษา
บริษัท อสมท จำกัด (มหาชน). อาจารย์ที่ปรึกษา : ดร. จักร ดิงศภักดิ์, 114 หน้า.

สารนิพนธ์เรื่องนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระบบการจ่ายไฟฟ้าของ บริษัท อสมท
จำกัด (มหาชน) ศึกษามาตรฐานของคุณภาพกระแสไฟฟ้าที่จ่ายจากระบบไฟฟ้าสำรองต่อเนื่อง
ศึกษาการจัดการคุณภาพของกระแสไฟฟ้าจากเครื่องจ่ายไฟฟ้าสำรองต่อเนื่อง โดยใช้
การบำรุงรักษาทีละส่วนแบบทุกคนมีส่วนร่วม และเพื่อจัดทำแผนการซ่อมบำรุงเชิงป้องกันให้กับ
ระบบไฟฟ้าสำรองต่อเนื่อง ผู้ศึกษาเลือกตัวอย่างที่ใช้ศึกษาแบบเฉพาะเจาะจง โดยศึกษาระบบ
จ่ายไฟฟ้าสำรองต่อเนื่อง ยี่ห้อ MGE รุ่น Galaxy ขนาด 120 เควีเอ และดำเนินการเก็บรวบรวม
ข้อมูลจากคู่มือแจกแจงคุณลักษณะเฉพาะของระบบ คู่มือมาตรฐานการบำรุงรักษา รายงานจาก
เครื่องวัดบันทึกคุณภาพกำลังไฟฟ้า และเครื่องวัดลักษณะทางกายภาพซึ่งเป็นข้อมูลจากการ
ปฏิบัติงานจริง จากนั้นนำมาวิเคราะห์และสอบทานกับหลักทฤษฎีของการตรวจสอบและ
บำรุงรักษาระบบไฟฟ้าสำรองต่อเนื่อง ผู้ศึกษาได้นำเครื่องมือและเทคนิคการบำรุงรักษาทีละ
ส่วนแบบทุกคนมีส่วนร่วมมาใช้จัดทำแนวทางการแก้ไขปัญหาและแผนการซ่อมบำรุงเชิงป้องกัน
ให้กับระบบไฟฟ้าสำรองต่อเนื่อง ผลลัพธ์ที่ได้จากการศึกษา คือ คู่มือปฏิบัติการมาตรฐานใน
การซ่อมบำรุงเชิงป้องกันของระบบจ่ายไฟฟ้าสำรองต่อเนื่อง ยี่ห้อ MGE รุ่น Galaxy ขนาด 120
เควีเอ ซึ่งทำให้ บริษัท อสมท จำกัด (มหาชน) สามารถยืดอายุการใช้งานระบบได้ และช่วยให้มี
ระยะเวลาการวางแผนลงทุนในระบบจ่ายไฟฟ้าสำรองซึ่งมีมูลค่ามหาศาลได้

คำสำคัญ : ระบบจ่ายไฟฟ้าสำรองต่อเนื่อง การบำรุงรักษาทีละส่วนแบบทุกคนมีส่วนร่วม
คุณภาพของกระแสไฟฟ้า ความเชื่อมั่นของระบบ

บัณฑิตวิทยาลัย

ลายมือชื่อนักศึกษา.....

สาขาวิชาการจัดการวิสาหกิจสำหรับผู้บริหาร ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ปีการศึกษา 2556

PHOLPHAT LEEPHROMMA : TOTAL PREVENTIVE MAINTENANCE FOR
MANAGING POWER QUALITY OF ELECTRICITY GENERATED BY
UNINTERRUPTIBLE POWER SUPPLY SYSTEM : A CASE STUDY ON
MCOT. ADVISOR : CHARK TINGSABHAT, DOCTOR OF MANAGEMENT,
P.E., 114 PP.

The purposes of this study were to review the power distribution system for MCOT Public Company Limited ; to investigate on the quality and reliability of the uninterruptible power supply system (UPS) ; and to apply the principle of total preventive maintenance (TPM) for planning and managing the power quality generated by the UPS. Using a purposive sampling, the authors selected the branded MGE UPS, series Galaxy with capacity of 120 kVA, and collected the data from MGE specification and system standard maintenance manual, data logger including utilizing the expertise deriving from actual practical applications. These data were analyzed, investigated and verified with the maintenance principle and theory for the UPS. The authors applied tools and techniques of TPM in designing the preventive maintenance plan. The results of this study are ; 1) a standard operating procedure for MGE UPS maintenance, and 2) MCOT can prolong the technical life and the major investment on the UPS.

Key word : Uninterruptible Power Supply (UPS), Total Preventive Maintenance (TPM),
and Power Quality

Graduate School

Student's Signature

Field of Study Executive Enterprise Management

Advisor's Signature

Academic Year 2013

กิตติกรรมประกาศ

สารนิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงด้วยดีและเป็นไปตามความมุ่งหมายทุกประการด้วยความกรุณาของท่านอาจารย์ ดร. จักร ดิงศภักดิ์ อาจารย์ที่ปรึกษา ที่แนะนำรวมถึงข้อเสนอแนะข้อคิดเห็นอันเป็นประโยชน์ และตรวจสอบข้อบกพร่อง แนวทางต่างๆ ด้วยความเอาใจใส่เป็นอย่างดี ทำให้สารนิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์ ผู้ศึกษาขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณ ดร. พาสน์ ทิฆมทรัพย์ และ ดร. ปาลีรัฐ เลชะวัฒนะ ที่ช่วยแนะนำการศึกษาสารนิพนธ์ในครั้งนี้ รวมทั้งคณาจารย์หลักสูตรปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการวิสาหกิจสำหรับผู้บริหาร สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น ที่ได้ให้ความรู้และประสบการณ์อันมีคุณค่ายิ่ง และขอบคุณเจ้าหน้าที่ทุกท่านของสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น ที่ได้ให้ความช่วยเหลือเป็นอย่างดีในทุกๆ ด้านตลอดเวลาที่ศึกษา

ขอบคุณผู้บริหารบริษัท เอ็มจีอี ยูพีเอส จำกัด และเพื่อนพนักงาน บริษัท อสมท จำกัด (มหาชน) ทุกท่านที่มีส่วนร่วมสนับสนุน เอื้อเฟื้อข้อมูลต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ในการศึกษาเป็นอย่างดี

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และคุณสมชีพ พงศ์คุณ ผู้ช่วยกรรมการผู้อำนวยการใหญ่ สายงานเทคโนโลยี บริษัท อสมท จำกัด (มหาชน) ที่มีส่วนสำคัญในการให้ความช่วยเหลือแก่ผู้ศึกษาในทุกด้าน และคอยให้กำลังใจมาโดยตลอดจนสำเร็จการศึกษา

ท้ายที่สุด คุณค่า และประโยชน์อันพึงมีจากการศึกษาค้นคว้าสารนิพนธ์ฉบับนี้ ผู้ศึกษาค้นคว้าขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกๆ ท่าน

พลภัทร สีพรหมมา

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญรูป.....	ฎ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	2
ขอบเขตของการศึกษา.....	2
ขั้นตอนการศึกษา.....	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
แผนการดำเนินงาน.....	3
2 หลักการพื้นฐาน เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
หลักการพื้นฐาน.....	4
ปัญหาคุณภาพกำลังไฟฟ้าและผลกระทบต่ออุตสาหกรรม (Power Quality Problems and Effects to Industry).....	5
ความสำคัญและนิยามของคุณภาพกำลังไฟฟ้า.....	5
ปัญหาคุณภาพกำลังไฟฟ้า.....	6
ระบบกำลังไฟฟ้าต่อเนื่อง (Uninterruptible Power Supply).....	21
เครื่องยูพีเอส (Uninterruptible Power Supply : UPS).....	22
เครื่องยูพีเอส โรตารี (Rotary UPS).....	23
การบำรุงรักษาทีพีเอ็มแบบทุกคนมีส่วนร่วม (Total Productive Maintenance : TPM).....	32
แปดเสาหลักของ TPM.....	37
บทบาทและหน้าที่ของฝ่ายต่างๆ.....	38

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
2	สิบสองขั้นตอนของ TPM..... 42 ห้าเสาหลักของ TPM ในส่วนการผลิตและสามเสาหลักของการขยายสู่ TPM ทัวทั้งองค์กร..... 42 การจัดทำระบบไฟฟ้าที่เชื่อถือ (Reliability) ได้สำหรับโหลดวิกฤติ..... 44 ระบบการจ่ายไฟฟ้าในโรงงาน /อาคาร (Power Distribution System in Factory/ Building)..... 45 ความน่าเชื่อถือ (Reliability)..... 47 การปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ (Power Factor)..... 51	
3	วิธีการดำเนินงานสารนิพนธ์..... 53 ผลัดกันที่ทำการศึกษา..... 53 ศึกษาสภาพปัจจุบัน..... 53 สรุปผลที่ได้จากการศึกษา โดยใช้แนวทางในการทำ TPM (5 เสา)..... 68 การทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยที่กลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กัน (T-Test Dependent Samples)..... 73 ผลการวัดคุณภาพไฟฟ้า เครื่องจ่ายไฟฟ้าสำรอง (ยูพีเอส) ขนาด 120 kVA..... 74 การวัดประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร (Overall Equipment Effectiveness : OEE)..... 77 ระบบไฟฟ้าสำรอง กำลังต่อเนื่องสำหรับอุปกรณ์ออกอากาศโทรทัศน์..... 83 ระบบจ่ายไฟฟ้ากำลังต่อเนื่อง (หลังปรับปรุง)..... 84 เครื่องจ่ายไฟฟ้าสำรองต่อเนื่อง (UPS) 160 kVA..... 84 เครื่องจ่ายไฟฟ้าสำรองต่อเนื่อง (UPS) 120 kVA..... 85	
4	บทสรุปและข้อเสนอแนะ..... 86 สรุปผลการศึกษา..... 86 ข้อเสนอแนะและความคิดเห็น..... 87 ประโยชน์ที่ได้จากการทำสารนิพนธ์..... 92	

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
บรรณานุกรม.....	93
ภาคผนวก.....	97
ภาคผนวก ก. ตารางแสดงดัชนีชี้วัดกิจกรรม 8 เสาหลัก TPM.....	98
ภาคผนวก ข. ผลการตรวจวัดค่าเบตเตอร์.....	104
ภาคผนวก ค. การตรวจสอบเครื่องจ่ายไฟฟ้าสำรอง (UPS) และผังแสดง ระบบจ่ายไฟฟ้าบริษัท อสมท จำกัด (มหาชน).....	108
ประวัติผู้เขียนสารนิพนธ์.....	114



สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
1 แผนงานและระยะเวลาการดำเนินงาน.....	3
2 การแบ่งประเภทปัญหาคุณภาพกำลังไฟฟ้าประเภทต่างๆ ตามมาตรฐาน IEEE 1159-1995.....	6
3 ค่าระยะเวลาที่แรงดันเริ่มสูงขึ้นกับช่วงระยะเวลาการเกิดอิมพัลส์.....	9
4 ขนาดแรงดันและช่วงเวลาตามความถี่ออสซิลเลทซ์.....	9
5 ระยะเวลาการเกิดแรงดันตก แรงดันเกิน และไฟดับของการเปลี่ยนแปลงแรงดัน ช่วงเวลาสั้นๆ.....	11
6 บทบาทและหน้าที่ของฝ่ายต่างๆ กับกิจกรรม 8 เสาหลัก TPM.....	38
7 ห้าเสาหลักของ TPM ในส่วนการผลิต และสามเสาหลักของการขยายสู่ TPM ทั้งองค์กร.....	43
8 กรณีที่เครื่องบินสามารถแยกย่อยระบบต่างๆ.....	49
9 ผลการบันทึกค่าทางไฟฟ้าของเครื่องจ่ายไฟฟ้าสำรอง (ยูพีเอส) ขนาด 120 เควีเอ.....	56
10 Specification เครื่องจ่ายไฟฟ้าสำรองต่อเนื่อง (ยูพีเอส) ขนาด 120 เควีเอ.....	58
11 การเปรียบเทียบผลการศึกษา.....	60
12 ผลการตรวจวัดค่าแรงดันและกระแสไฟฟ้า.....	63
13 ค่าคุณภาพกำลังงานไฟฟ้า ของเครื่องสำรองไฟฟ้า (ยูพีเอส) ขนาด 120 เควีเอ..	64
14 เปรียบเทียบข้อมูลค่าทางไฟฟ้าจาก Spec. ผู้ผลิต กับค่าที่วัดได้ (TPM 5 เสา)....	65
15 เปรียบเทียบค่าทางไฟฟ้า ก่อนปรับปรุง และหลังปรับปรุง (TPM 5 เสา).....	66
16 รายการเครื่องมือตรวจวัด.....	69
17 ค่าเฉลี่ยความต้านทานของแบตเตอรี่.....	73
18 ผลค่าความต้านทานที่เพิ่มขึ้นจากครั้งก่อน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ.....	74
19 ผลซึ่งไม่มีค่าแตกต่างกัน.....	74
20 ผลการวัดคุณภาพไฟฟ้า เครื่องจ่ายไฟฟ้าสำรอง (ยูพีเอส) ขนาด 120 kVA (เมื่อวันที่ 28 สิงหาคม 2556).....	75
21 ข้อมูลการผลิตเฉลี่ยต่อเดือน ก่อนการปรับปรุง.....	79
22 ข้อมูลเปรียบเทียบค่าอัตราความพร้อมใช้งานเฉลี่ยต่อเดือนก่อนและหลังปรับปรุง.....	79

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
23 ข้อมูลเปรียบเทียบค่าสมรรถนะของเครื่องจักรเฉลี่ยต่อเดือน ก่อนและหลังปรับปรุง.....	80
24 ข้อมูลเปรียบเทียบประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร ก่อนและหลังปรับปรุง.....	80
25 หลักสูตรอบรมพื้นฐานการบำรุงรักษา.....	91
26 ตัวอย่างดัชนีการปรับปรุงเฉพาะเรื่อง (Kobetsu – Kaizen).....	99
27 ตัวอย่างดัชนีการบำรุงรักษาด้วยตนเอง (Jishu-Hozen).....	99
28 ตัวอย่างดัชนีตัวชี้วัดการบำรุงรักษาเชิงวางแผน.....	100
29 ตัวอย่างดัชนีตัวชี้วัดการบำรุงรักษาเชิงคุณภาพ (Quality Maintenance).....	100
30 ตัวอย่างดัชนีการให้การศึกษาและฝึกอบรม (Education and Training).....	100
31 ตัวอย่างดัชนีด้านความปลอดภัยและสิ่งแวดล้อม (Safety and Environment).....	101
32 ขั้นตอนการเพิ่มผลิตภาพโดยรวม.....	102
33 ผลตรวจวัดแบตเตอรี่ : รุ่น LC-XA12100P ยี่ห้อ Panasonic ครั้งที่ 1 เมื่อวันที่ 22 มีนาคม 2555.....	104
34 ผลตรวจวัดแบตเตอรี่ : รุ่น LC-XA12100P ยี่ห้อ Panasonic ครั้งที่ 2 เมื่อวันที่ 27 พฤศจิกายน 2555.....	105
35 ผลตรวจวัดแบตเตอรี่ : รุ่น LC-XA12100P ยี่ห้อ Panasonic ครั้งที่ 3 เมื่อวันที่ 4 สิงหาคม 2556.....	106
36 การตรวจสอบเครื่องจ่ายไฟฟ้าสำรอง (UPS).....	107

สารบัญรูป

รูป		หน้า
1	คลื่นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส.....	5
2	กระแสที่เกิดขึ้นจากการเกิดอิมพัลส์ชั่วคราวเนื่องจากฟ้าผ่า.....	8
3	ออสซิลเลทชั่วคราวเกิดจากการสวิตชิงคาปาซิเตอร์แบบ Back-to-Back.....	10
4	แรงดันออสซิลเลทความถี่ต่ำชั่วคราวเกิดจากการสวิตชิงคาปาซิเตอร์เข้าระบบ.....	10
5	แรงดันออสซิลเลทความถี่ต่ำชั่วคราวเกิดจากเฟโอโรโรโซแนนซ์สภาวะหม้อแปลงไม่มีโหลด.....	11
6	Voltage Sag สาเหตุเกิดความผิดปกติทางไฟฟ้าลงดิน.....	12
7	Voltage Sag จากผลของการสตาร์ทมอเตอร์ขนาดใหญ่.....	12
8	Voltage Swell สาเหตุเกิดจากความผิดปกติทางไฟฟ้าลงดิน.....	13
9	ไฟฟ้าดับชั่วคราวจากสาเหตุรีโคสเซอร์มีการทำงานเนื่องจากการเกิดความบกพร่องทางไฟฟ้า.....	13
10	รูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าขณะเกิดเหตุการณ์แรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะ.....	14
11	ขั้นตอนการทำงานรีโคสเซอร์ในระบบของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.).....	15
12	รูปคลื่นแรงดันไฟฟ้า ขณะเกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าดับ.....	15
13	แรงดันไม่สมดุลที่สายบ่อนจ่ายไฟให้ที่พักอาศัย.....	16
14	องค์ประกอบไฟตรง.....	17
15	ฮาร์โมนิกส์.....	17
16	คลื่นรบกวนเกิดจากคอนเวอร์เตอร์ ชนิด 3 เฟส.....	18
17	สัญญาณรบกวน (Noise).....	19
18	แรงดันกระเพื่อม.....	19
19	เครื่องยูพีเอสโรตารี ชนิดชุดมอเตอร์ – เครื่องกำเนิดไฟฟ้า.....	24
20	เครื่องยูพีเอสโรตารี ชนิดชุดมอเตอร์ – เครื่องกำเนิดไฟฟ้า ขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้ากระแสตรง.....	25
21	เครื่องยูพีเอสโรตารีชนิดชุดมอเตอร์ – เครื่องกำเนิดไฟฟ้า ขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้ากระแสสลับ โดยใช้พลังงานสำรองจากแบตเตอรี่.....	26
22	เครื่องยูพีเอสโรตารีชนิดยูนิตลอคคอนเวอร์เตอร์.....	26
23	เครื่องยูพีเอสโรตารีชนิดมอเตอร์ – เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบล้อยหมุนตายตัว.....	27
24	เครื่องยูพีเอสโรตารี ชนิดอินเวอร์ชันคัปปลิง โดยใช้พลังงานสำรองจากเครื่องยนต์ดีเซล.....	28

สารบัญรูป

รูป	หน้า
25 เครื่องยูพีเอสสแตติก ชนิดจ่ายกำลังไฟฟ้าแบบสำรอง.....	29
26 เครื่องยูพีเอสสแตติกชนิด เฟอร์โรเรโซแนนซ์.....	29
27 เครื่องยูพีเอสสแตติกชนิดดับเบิลคอนเวอร์ชัน.....	30
28 เครื่องยูพีเอสสแตติก ชนิดดับเบิลคอนเวอร์ชัน.....	30
29 เครื่องยูพีเอสสแตติก ชนิดไลน์อินเตอร์แอคทีฟ.....	31
30 เครื่องยูพีเอสสแตติก ชนิดเดลต้าคอนเวอร์ชัน.....	32
31 แผนผังระบบการจ่ายไฟฟ้าทั่วไป.....	46
32 ระบบจำหน่ายไฟฟ้าเฟสเดียว.....	47
33 ระบบจำหน่ายไฟฟ้าสามเฟส.....	47
34 ไดอะแกรมกำลังไฟฟ้าของโหลดเหนี่ยวนำ.....	52
35 ระบบจ่ายไฟฟ้าของอุปกรณ์ออกอากาศโทรทัศน์และวิทยุ.....	54
36 ค่าพารามิเตอร์ไฟฟ้าของเครื่องจ่ายไฟฟ้าสำรอง (ยูพีเอส) ขนาด 120 เควีเอ.....	55
37 การเปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้าจาก Spec. ผู้ผลิต และค่าที่วัดได้.....	60
38 การเปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้าระหว่าง Spec. ผู้ผลิตกับค่าที่วัดได้ หลังนำระบบ TPM มาใช้.....	66
39 การเปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้า ก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง (TPM 5 เส้า).....	67
40 การเปรียบเทียบ Power Factor (%) ก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง (TPM 5 เส้า).....	67
41 แบตเตอรี่เครื่องจ่ายไฟฟ้าสำรอง (UPS) 120 kVA.....	70
42 ผลการเปรียบเทียบค่าความต้านทานภายในของแบตเตอรี่ (ก่อน – หลัง).....	72
43 ผลการเปรียบเทียบค่าความต้านทานภายในของแบตเตอรี่ (เดือนธันวาคม 2553 และมีนาคม 2554).....	72
44 ผลการเปรียบเทียบค่าความต้านทานภายในของแบตเตอรี่.....	73
45 การเปรียบเทียบผลการดำเนินงาน ก่อน และหลังปรับปรุง.....	81
46 Riser Diagram ระบบการจ่ายไฟฟ้าของอาคารปฏิบัติการด้านโทรทัศน์และวิทยุ... ..	82
47 ระบบจ่ายไฟฟ้าของอุปกรณ์ออกอากาศโทรทัศน์ (ก่อนปรับปรุง).....	83
48 ระบบจ่ายไฟฟ้าของอุปกรณ์ออกอากาศโทรทัศน์ (หลังปรับปรุง).....	84
49 ระบบการสร้างนวัตกรรมใหม่ใน TPM.....	103
50 ผังการเดินสายสัญญาณ RS-485 ของระบบตรวจวัดค่าไฟฟ้า.....	108
51 ผังการเชื่อมต่อ Digital Power Meter.....	109

สารบัญรูป

รูป		หน้า
52	ภาพรวมระบบการจ่ายไฟฟ้าของอาคาร บมจ. อสมท.....	109
53	ผังการจ่ายไฟฟ้าแรงสูงมายังอาคารปฏิบัติการด้านโทรทัศน์และวิทยุ.....	110
54	ผังการจ่ายระบบไฟฟ้าสำรองฉุกเฉิน จาก Generator ขนาด 1000 เควีเอ (kVA)..	110
55	ผังการจ่ายไฟฟ้าแรงต่ำของอาคารปฏิบัติการด้านโทรทัศน์และวิทยุ.....	111
56	ผังการจ่ายไฟฟ้าแรงต่ำของอาคารสถานีโทรทัศน์.....	111



บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

บริษัท อสมท จำกัด (มหาชน) ประกอบธุรกิจหลักด้านกิจการสื่อสารมวลชน ซึ่งประกอบด้วยกิจการวิทยุโทรทัศน์ (สถานีโทรทัศน์ โมเดิร์นไนน์) กิจการวิทยุกระจายเสียง (เครือข่าย สถานีวิทยุฯ อสมท) หน่วยงานที่ให้บริการด้านข่าว (สำนักข่าวไทย) และสื่ออิเล็กทรอนิกส์ รวมทั้งกิจการที่เข้าร่วมดำเนินการกับคู่สัญญาเอกชน ตามสัญญาร่วมดำเนินการกิจการสถานีโทรทัศน์โมเดิร์นไนน์ มีพันธกิจในการให้บริการด้านกิจการสื่อสาร วิทยุโทรทัศน์ วิทยุกระจายเสียงแพร่สัญญาณภาพและเสียงโดยการออกอากาศไปยัง 120 ประเทศ ทั่วโลก โดยให้บริการตลอด 24 ชั่วโมง เครื่องมือและอุปกรณ์การสื่อสารเพื่อส่งสัญญาณภาพและเสียงต้องใช้กระแสไฟฟ้าเป็นหลัก ดังนั้นระบบไฟฟ้าจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อธุรกิจ กิจการมีความเสี่ยงสูงมากในเชิงเทคนิค เนื่องจากกระแสไฟฟ้าที่จ่ายตรงมาจากการไฟฟ้านครหลวง มีความผันผวนสูงและมีการหยุดจ่ายกระแสไฟฟ้าบางช่วงเวลาทำให้ธุรกิจของ MCOT ที่ต้องดำเนินการตลอด 24 ชั่วโมง เกิดความเสียหายอย่างมากได้ MCOT จึงต้องจัดให้มีระบบรองรับความผันผวนดังกล่าว ส่วนไฟฟ้ากำลังถูกจัดตั้งขึ้นเพื่อทำหน้าที่ดูแลและควบคุมระบบไฟฟ้าที่จ่ายให้กับอุปกรณ์สำหรับการออกอากาศ ระบบไฟฟ้างกล่าวประกอบด้วย ระบบจ่ายไฟฟ้ากำลัง (Power System) ระบบจ่ายไฟฟ้าสำรองฉุกเฉิน (Generator) และระบบจ่ายไฟฟ้าสำรองต่อเนื่อง (Uninterruptible Power Supply System : UPS) ในช่วงวิกฤติที่ระบบไฟฟ้ากำลังหยุดจ่ายกระแสไฟฟ้าให้แก่ MCOT ระบบจ่ายไฟฟ้าสำรองฉุกเฉินจะทำการผลิตไฟฟ้าสำรองเพื่อใช้ทดแทน แต่เนื่องจากระบบจ่ายไฟฟ้าสำรองฉุกเฉินไม่สามารถจ่ายไฟฟ้าสำรองได้ทันทีที่กระแสไฟฟ้าดับลง จะต้องใช้เวลาไม่น้อยกว่า 5 นาที เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าก่อนการจ่ายไฟสำรองฉุกเฉินให้กับอุปกรณ์แพร่ภาพ ช่วงเวลาดังกล่าวถือเป็นช่วงเวลาวิกฤติของธุรกิจซึ่งต้องใช้ระบบจ่ายไฟฟ้าสำรองต่อเนื่อง (UPS) เข้ามารองรับก่อนที่ระบบจ่ายไฟฟ้าสำรองฉุกเฉินจะทำงานเต็มที่และสามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าได้ ผู้ศึกษาเล็งเห็นว่าระบบจ่ายไฟฟ้าสำรองต่อเนื่อง (UPS) มีความสำคัญอย่างมากต่อการดำเนินงานของ MCOT โดยเน้นหนักที่คุณภาพของกระแสไฟฟ้าที่จ่ายจากระบบจ่ายไฟฟ้าสำรองต่อเนื่อง (UPS) ในค่าความต่างศักย์ กระแสไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า ความต้านทาน และ ขีดจำกัดความสามารถในการผลิตไฟฟ้า (Threshold) จึงเป็นที่มาของคำถามในการศึกษานี้ ดังนี้

1. มาตรฐานของคุณภาพของกระแสไฟฟ้าที่จ่ายจากระบบจ่ายไฟฟ้าสำรองต่อเนื่อง (UPS) เป็นอย่างไร

2. แนวทางการบำรุงรักษาที่ผลแบบทุกคนมีส่วนร่วมเพื่อจัดการคุณภาพของกระแสไฟฟ้าที่จ่ายจากระบบจ่ายไฟฟ้าสำรองต่อเนื่อง (UPS) เป็นอย่างไร

วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อศึกษามาตรฐานของคุณภาพของกระแสไฟฟ้าที่จ่ายจากระบบจ่ายไฟฟ้าสำรองต่อเนื่อง (ยูพีเอส) เช่น แรงดันไฟฟ้าขาออก (Output Voltage) ความถี่ (Frequency) และตัวประกอบกำลัง (Power Factor) ก่อนและหลังปรับปรุง
2. เพื่อศึกษาการบำรุงรักษาที่ผลแบบทุกคนมีส่วนร่วมในการจัดการคุณภาพของกระแสไฟฟ้าที่จ่ายจากระบบจ่ายไฟฟ้าสำรองต่อเนื่อง (ยูพีเอส)
3. เพื่อวางแผนการซ่อมบำรุงเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance) ของระบบจ่ายไฟฟ้าสำรอง
4. เพื่อวัดประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร (Overall Equipment Effectiveness : OEE) ก่อนและหลังปรับปรุง

ขอบเขตของการศึกษา

ในกรณีศึกษา ผู้ศึกษาได้กำหนดตัวแปรค่าทางไฟฟ้าที่ใช้ในการศึกษา เช่น ค่าความต่างศักย์ (Voltage) กระแสไฟฟ้า (Current) กำลังไฟฟ้า (Load kVA) ความต้านทาน (Resistance) และตัวประกอบกำลัง (Power Factor)

เนื้อหา : ศึกษาระบบการทำงานของเครื่องจ่ายไฟฟ้าสำรองต่อเนื่อง (ยูพีเอส) ขนาด 120 เควีเอ ที่จ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์ด้านออกอากาศโทรทัศน์

ระยะเวลา : ธันวาคม 2553 – สิงหาคม 2556

ขั้นตอนการศึกษา

1. สํารวจ และตรวจสอบระบบไฟฟ้าสำรอง เพื่อเปรียบเทียบกับข้อกำหนดทางเทคนิค รวมถึงวิเคราะห์ปัญหา และข้อผิดพลาดต่างๆ ที่เกิดขึ้น
2. ศึกษาแนวทางปรับปรุงคุณภาพไฟฟ้า จากงานวิจัย บทความ และกรณีศึกษาต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง
3. ศึกษาการปฏิบัติงาน และเก็บรวบรวมข้อมูลปัจจุบัน
4. สรุปประเด็นปัญหา กำหนดวิธีการ และเครื่องมือในการแก้ไขปัญหา
5. ลงมือปฏิบัติตามแผนการที่กำหนดไว้
6. รวบรวมข้อมูลวิเคราะห์ผลหลังการดำเนินการ
7. สรุปผลการศึกษา และข้อเสนอแนะต่างๆ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เรียนรู้เกี่ยวกับมาตรฐานของคุณภาพของกระแสไฟฟ้าที่จ่ายจากระบบจ่ายไฟฟ้า
สำรองต่อเนื่อง (ยูพีเอส) และแนวทางการบำรุงรักษาที่ผลแบบทุกคนมีส่วนร่วม
2. บริหารจัดการด้านการซ่อมบำรุงรักษาระบบไฟฟ้าของ MCOT ได้อย่างมี
ประสิทธิภาพ
3. ระบบไฟฟ้าของ MCOT มีเสถียรภาพทำให้การปฏิบัติการแพร่ภาพเป็นไปอย่าง
ต่อเนื่องและไม่สร้างความเสียหายทางเศรษฐกิจให้แก่ประเทศชาติ

แผนการดำเนินงาน

ตารางที่ 1 แผนงานและระยะเวลาการดำเนินงาน

ขั้นตอนการดำเนินงาน	ระยะเวลาดำเนินงาน											
	พ.ศ. 2553 ส.ค. – ธ.ค.				พ.ศ. 2554-2555 ม.ค. – ธ.ค.				พ.ศ. 2556 ม.ค. – ต.ค.			
1. ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (เลือกหัวข้อ)												
2. ศึกษาสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นในบริษัท												
3. ศึกษาทฤษฎีและการวิจัยที่เกี่ยวข้อง												
4. ศึกษากระบวนการทำงานเก็บรวบรวมข้อมูล												
5. วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อกำหนดแนวทางแก้ปัญหา												
6. รวบรวมข้อมูลวิเคราะห์ผลหลังดำเนินการ												
7. สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ												
8. จัดทำรูปเล่มสารนิพนธ์												

บทที่ 2

หลักการพื้นฐาน เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

หลักการพื้นฐาน

1. คุณภาพกระแสไฟฟ้า มีศัพท์เทคนิคที่ต้องอธิบาย (คือตัวแปรที่ใช้ศึกษา)

คุณภาพกำลังไฟฟ้า (Power Quality) เป็นเรื่องของความมั่นคงการจ่ายไฟฟ้าของระบบจากการไฟฟ้า และกรณีเมื่อเกิดปัญหาอุปกรณ์ไฟฟ้ามีการทำงานผิดพลาด หรือหยุดการทำงานจากผู้ไฟฟ้า เห็นได้ว่าคำนิยามของคำว่าคุณภาพกำลังไฟฟ้าระหว่างการไฟฟ้า และผู้ใช้ไฟฟ้า แต่คำนิยามของคุณภาพไฟฟ้าตามมาตรฐานสากล IEC และ IEEE ให้ความหมายของคุณภาพกำลังไฟฟ้า คือ คุณลักษณะกระแส แรงดัน และความถี่ของแหล่งจ่ายไฟฟ้าในสภาวะปกติที่ไม่ทำให้อุปกรณ์ไฟฟ้ามีการทำงานผิดพลาดหรือเกิดความเสียหาย

1.1 ความต่างศักย์ (Voltage) หมายถึง เป็นแรงที่ทำให้อิเล็กตรอนเกิดการเคลื่อนที่ หรือแรงที่ทำให้เกิดการไหลของไฟฟ้ามีหน่วยเป็นโวลต์ (V) อาจกล่าวว่า ค่าความต่างศักย์ของไฟฟ้าระหว่างสายกับสายหรือสายกับดิน หรือระหว่างจุดหนึ่งกับจุดอื่นๆ อีกแห่งหนึ่ง โดยมีหน่วยวัดค่าความต่างศักย์เป็นโวลต์

1.2 กระแสไฟฟ้า (Current) หมายถึง อัตราการไหลของอิเล็กตรอนในวงจรไฟฟ้า จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งภายในตัวนำไฟฟ้า โดยมีหน่วยเป็นแอมแปร์ (A)

1.3 กำลังไฟฟ้า (Load kVA) หมายถึง กำลังไฟฟ้าปรากฏ (VA) ที่อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าใช้ในการทำงานในสภาพปกติ

1.4 ความต้านทาน (Resistance) หมายถึง เป็นคุณสมบัติของสสารที่ต่อต้านการไหลของกระแสไฟฟ้า สสารที่มีความต้านทานไฟฟ้าน้อยกว่า เรียกว่า ตัวนำไฟฟ้า ส่วนสสารที่มีความต้านทานไฟฟ้ามากกว่า เรียกว่า ฉนวนไฟฟ้า ความต้านทานมีหน่วยเป็นโอห์ม

1.5 ตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (Power Factor) หมายถึง อัตราส่วนระหว่างกำลังไฟฟ้าที่ใช้จริง (วัตต์ : W) กับกำลังไฟฟ้าที่ปรากฏหรือกำลังไฟฟ้าเสมือน (โวลต์-แอมแปร์ : VA) ซึ่งค่าที่ดีที่สุด คือ มีอัตราส่วนที่เท่ากันจะมีค่าเป็นหนึ่งแต่ในทางเป็นจริงไม่สามารถทำได้ ซึ่งค่า Power Factor เปลี่ยนแปลงไปตามการใช้ Load ซึ่งโหลดทางไฟฟ้ามีอยู่ 3 ลักษณะ คือ

- Load ประเภท Resistive หรือความต้านทาน จะมีค่า pf. เป็นหนึ่ง
- Load ประเภท Inductive หรือความเหนี่ยวนำ จะมีค่า pf. ไม่เป็นหนึ่ง
- Load ประเภท Capacitive หรือ Load ที่มีตัวเก็บประจุ (Capacitor) เป็นองค์ประกอบ จะมีค่า pf. ไม่เป็นหนึ่ง

1.6 ฮาร์โมนิกส์ (Harmonic) หมายถึง คลื่นแรงดันหรือกระแสไฟฟ้ากระแสสลับที่มีความถี่ซึ่งเป็นผลคูณของความถี่หลักมูลกับเลขจำนวนเต็ม

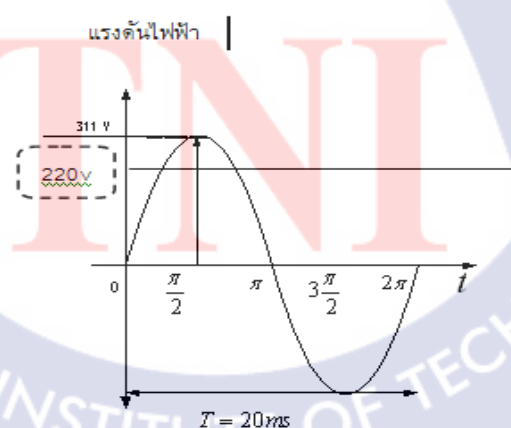
ปัญหาคุณภาพกำลังไฟฟ้าและผลกระทบต่ออุตสาหกรรม (Power Quality Problems and Effects to Industry)

ระบบไฟฟ้าที่มีความมั่นคงและปลอดภัยนั้น มีความสำคัญสำหรับภาคอุตสาหกรรมที่ใช้พลังงานหลักจากพลังงานไฟฟ้า การควบคุมคุณภาพกำลังไฟฟ้าให้ดีขึ้น สามารถป้องกันความเสียหายให้กับอุปกรณ์ใช้งาน ลดการสูญเสียต่อระบบการผลิต และยังลดค่าใช้จ่ายทางพลังงานไฟฟ้าที่ไม่จำเป็นได้อีกด้วย

ความสำคัญและนิยามของคุณภาพกำลังไฟฟ้า

ความไม่สม่ำเสมอในคุณภาพของกำลังไฟฟ้า (Power Quality) ในระบบไฟฟ้านั้น เกิดขึ้นทั้งจากระบบจำหน่ายไฟฟ้าและระบบไฟฟ้าของโรงงานอุตสาหกรรมและทำให้เกิดการทำงานที่ไม่ประสานกันของอุปกรณ์ไฟฟ้า เช่น กระบวนการผลิตของภาคอุตสาหกรรมที่มีอุปกรณ์ไฟฟ้าเทคโนโลยีสูงที่มีความไวในการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของกำลังไฟฟ้า โดยเฉพาะอุปกรณ์ประเภทอิเล็กทรอนิกส์กำลัง การเพิ่มขึ้นของการใช้อุปกรณ์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานในระบบไฟฟ้า เป็นต้น ระบบไฟฟ้าปัจจุบันที่มีการเชื่อมต่อกัน ถ้าส่วนใดเกิดปัญหาคุณภาพกำลังไฟฟ้า ก็จะทำให้ส่วนอื่นๆ ของระบบได้รับผลกระทบด้วย

นิยามของคุณภาพกำลังไฟฟ้า ตามมาตรฐานสากล IEC และ IEEE คือ “คุณลักษณะแรงดัน กระแสและความถี่ของแหล่งจ่ายไฟฟ้าในสภาวะปกติไม่ทำให้อุปกรณ์ไฟฟ้ามีการทำงานผิดพลาดหรือเกิดการเสียหาย” โดยพิจารณาจากแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับที่ได้รับต้องมีรูปคลื่นเป็นไซน์ซอไซด์ มีขนาดและความถี่ตามที่การไฟฟ้าได้กำหนดไว้



รูปที่ 1 คลื่นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส

ตัวอย่างในรูปที่ 1 เป็นรูปคลื่นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส มีแรงดันค่ายอดเท่ากับ 311 โวลต์ หรือแรงดันประสิทธิผล (RMS) และมีค่าความถี่เท่ากับ 50 Hz ตัวอย่างค่าแรงดันไฟฟ้าตามบ้านเรือน ตามมาตรฐานของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค คือ 220 โวลต์ 10% (208-242 โวลต์) โดยมีความถี่เท่ากับ $50 \text{ Hz} \pm 0.5 \text{ Hz}$ (49.5-50.5 Hz) สำหรับลักษณะของกระแสไฟฟ้านั้นก็ต้องมีรูปคลื่นเป็นไซน์ซอไซด์ และความถี่ตามที่การไฟฟ้ากำหนดไว้ โดยมีความถี่และความต่างเฟสที่กำลังของโหลดต้องการ

ปัญหาคุณภาพกำลังไฟฟ้า

ประเภทของปัญหาคุณภาพกำลังไฟฟ้าสามารถแบ่งแยกตามมาตรฐาน IEEE 1159-1995 ได้ดังตารางที่ 2 โดยแบ่งตามลักษณะช่วงเวลาของปัญหาที่เกิดขึ้นได้ 2 ลักษณะใหญ่ คือ การรบกวนชั่วคราว และการรบกวนในสภาวะอยู่ตัว และแบ่งลักษณะย่อยเป็น 3 ลักษณะย่อย คือ องค์กรประกอบเชิงความถี่ ช่วงเวลาที่เกิดปัญหา และขนาดของแรงดันที่เปลี่ยนไป



ตารางที่ 2 การแบ่งประเภทปัญหาคุณภาพกำลังไฟฟ้าประเภทต่างๆ ตามมาตรฐาน IEEE 1159-1995

ประเภท	ช่วงการเกิด	ช่วงระยะเวลาการเกิด	ช่วงขนาดแรงดัน
1. สภาวะชั่วคราว			
1.1 อิมพัลส์ชั่วคราว			
1.1.1 นาโนวินาที (ns)	5 ns	< 50 ms	
1.1.2 ไมโครวินาที (μ s)	1 μ s	50 μ s – 1 ms	
1.1.3 มิลลิวินาที (ms)	0.1 ms	> 50 ns	
1.2 ออสซิลเลทชั่วคราว			
1.2.1 ความถี่ต่ำ	< 5 kHz	0.3 – 50 ms	0 – 4 pu.
1.2.2 ความถี่ปานกลาง	5 – 500 kHz	20 μ s	0 – 8 pu.
1.2.3 ความถี่สูง	0.5 – 5 MHz	5 μ s	0 – 4 pu.
2. การแปรเปลี่ยนช่วงสั้น			
2.1 ทันทีทันใด			
2.1.1 แรงดันต่ำเกิน		0.5 – 30 ไซเคิล	0.1 – 0.9 pu.
2.1.2 แรงดันสูงเกิน		0.5 – 30 ไซเคิล	1.1 – 1.8 pu.
2.2 ชั่วขณะ			
2.2.1 ไฟดับ		0.5 ไซเคิล – 3 s	< 0.1
2.2.2 แรงดันต่ำเกิน		30 ไซเคิล – 3 s	0.1 – 0.9 pu.
2.2.3 แรงดันสูงเกิน		30 ไซเคิล – 3 s	1.1 – 1.4 pu.
2.3 ชั่วครู่			
2.3.1 ไฟดับ		3 s – 1 min	< 0.1 pu.
2.3.2 แรงดันต่ำเกิน		3 s – 1 min	0.1 – 0.9 pu.
2.3.3 แรงดันสูงเกิน		3 s – 1 min	1.1 – 1.2 pu.
3.การแปรเปลี่ยนช่วงสั้น			
3.1 ไฟดับ		< 1 min	0.1 pu.
3.2 แรงดันต่ำเกิน		< 1 min	0.8 – 0.9 pu.
3.3 แรงดันสูงเกิน		< 1 min	1.1 – 1.2 pu.
4. แรงดันไม่สมดุล		สถานะคงตัว	0.5 – 2 %
5. รูปคลื่นผิดเพี้ยน			
5.1 ออฟเซตกระแสดร่ง		สถานะคงตัว	0 – 0.1 %
5.2 ฮาร์โมนิกส์	0 – 100 th H	สถานะคงตัว	0 – 20 %
5.3 อินเตอร์ฮาร์โมนิกส์	0 – 6 kHz	สถานะคงตัว	0 – 2 %
5.4 คลื่นรบกวน		สถานะคงตัว	
5.5 สัญญาณรบกวน	ช่วงความกว้าง	สถานะคงตัว	0 – 1 %
6. แรงดันกระเพื่อม	< 25 Hz	ไม่สม่ำเสมอ	0.1 – 7%
7. การแปรเปลี่ยนความถี่กำลังไฟฟ้า		< 10 s	

ที่มาของปัญหาและผลกระทบที่เกิดขึ้น

แหล่งที่มาของปัญหาคุณภาพกำลังไฟฟ้า นั้นมี 2 แหล่ง คือ เกิดขึ้นจากภายในระบบไฟฟ้าของอุตสาหกรรม และจากภายนอก (ในระบบของการไฟฟ้าฯ นั้นเอง) โดยที่ปัญหาส่วนใหญ่่นั้นเกิดจากสาเหตุ 5 ประการ คือ (ศักดิ์ชัย นรสิงห์. 2553)

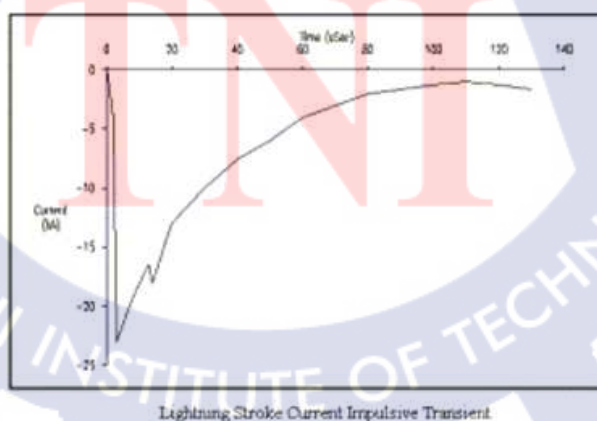
1. จากปรากฏการณ์ธรรมชาติ เช่น พายุ ฟ้าผ่า พายุ
2. จากการทำงานของผลิตผลของอุปกรณ์ไฟฟ้าในระบบสายส่งและระบบจำหน่ายของการไฟฟ้า
3. จากการทำงานของอุปกรณ์สวิตซ์ในระบบไฟฟ้า
4. จากการใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ไม่เป็นเชิงเส้น
5. จากการต่อลงดินที่ไม่ถูกต้อง

ประเภทปัญหาด้านคุณภาพกำลังไฟฟ้า

1. ภาวะชั่วคราว หรือทรานเซียนต์ (Transient)

คือ ปรากฏการณ์เปลี่ยนแปลงของสภาพไฟฟ้า (แรงดัน กระแส) ในเวลาทันทีทันใด จากสภาพปกติแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ Impulsive Transients และ Oscillatory Transients

1.1 อิมพัลส์ชั่วคราว (Impulsive Transients) คือ ขนาดกระแสและแรงดันที่มีค่าความชันสูงมาก เกิดขึ้นในทันทีทันใดไม่มีความถี่เปลี่ยนแปลงกำหนดมีชั่วทิศทางเดียว เรียกว่า เสิร์จ (Surge) ดังรูปที่ 1 มีสาเหตุมาจากฟ้าผ่า ซึ่งอาจเกิดโดยตรงหรือบริเวณใกล้เคียง ผลทำให้อุปกรณ์ในระบบได้รับความเสียหายจากแรงดันไฟฟ้าเกิน



รูปที่ 2 กระแสที่เกิดขึ้นจากการเกิดอิมพัลส์ชั่วคราวเนื่องจากฟ้าผ่า

ตามมาตรฐาน IEEE Std 1159-1995 มีการกำหนดค่าอิมพัลส์ตามช่วงระยะเวลาที่เกิดขึ้นกับค่าระยะเวลาที่แรงดันเริ่มสูงขึ้น (Rise Time) ดังตารางที่ 3

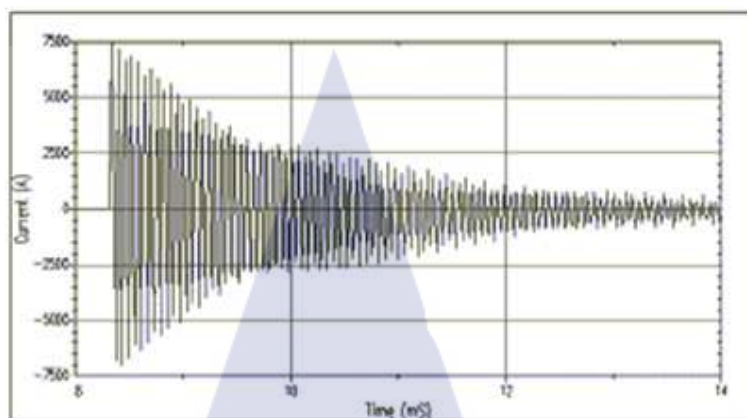
ตารางที่ 3 ค่าระยะเวลาที่แรงดันเริ่มสูงขึ้นกับช่วงระยะเวลาการเกิดอิมพัลส์

อิมพัลส์ภาวะชั่วคราว	ระยะเวลาที่แรงดันเริ่มสูงขึ้น (Rise Time)	ช่วงระยะเวลาการเกิด (Duration)
Nanosecond	5 ns	< 50 ns
Microsecond	1 μ s	50 ns – 1 ms
Millisecond	0.1 ms	> 1ms

1.2 ออสซิลเลทชั่วคราว (Oscillatory Transient) คือ ลักษณะของแรงดัน หรือกระแส มีค่าสูง เกิดขึ้นทันทีทันใด ไม่มีความถี่เปลี่ยนแปลง แต่มีการเปลี่ยนแปลงชั่ว (บวก ลบ) ของรูปคลื่นอย่างรวดเร็ว ดังรูป 2, 3 และ 4 มีสาเหตุเกิดจากสวิตชิงของอุปกรณ์ในระบบ ผลทำให้ อุปกรณ์ไฟฟ้าได้รับความเสียหาย และฉนวนของอุปกรณ์มีการเสื่อมสภาพเร็วขึ้น มาตรฐาน IEEE Std 1159-1995 มีการแบ่งออสซิลเลทชั่วคราวตามขนาดแรงดันและช่วงระยะเวลาการเกิดตามความถี่ ดังตารางที่ 4

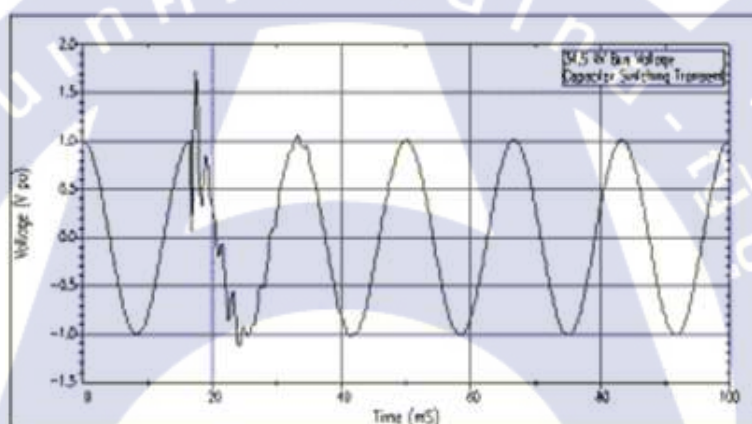
ตารางที่ 4 ขนาดแรงดันและช่วงเวลาตามความถี่ออสซิลเลทชั่วคราว

ออสซิลเลทในภาวะชั่วคราว	ความถี่	ช่วงระยะเวลาการเกิด	ขนาดแรงดัน
Lower Frequency	< 5 kHz	0.3 – 50 ms	0.4 pu.
Medium Frequency	5 – 500 kHz	5 – 20 ms	0 – 8 pu.
High Frequency	0.5 – 5 MHz	0 – 5 ms	0.4 pu.



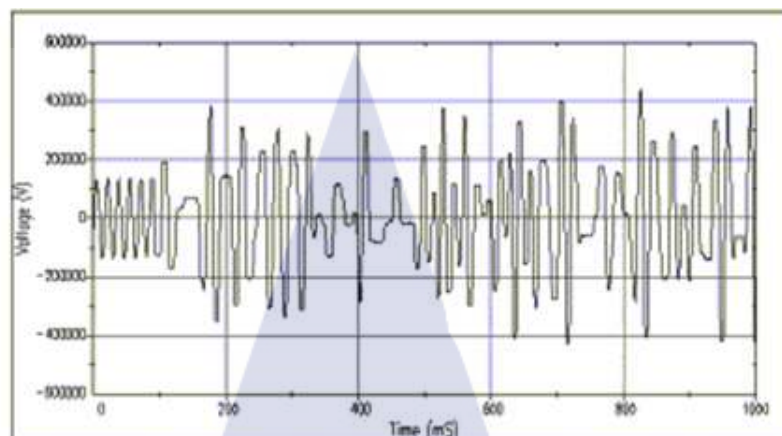
Oscillatory Transient Current Caused by Back-to-Back Capacitor Switching

รูปที่ 3 ออสซิลเลชันชั่วครู่เกิดจากการสวิตช์คาปาซิเตอร์แบบ Back-to-Back



Low Frequency Oscillatory Transient Caused by Capacitor-Bank Energization

รูปที่ 4 แรงดันออสซิลเลชันความถี่ต่ำชั่วครู่เกิดจากการสวิตช์คาปาซิเตอร์เข้าระบบ



Low Frequency Oscillatory Transient Caused by Ferroresonance of an Unloaded Transformer

รูปที่ 5 แรงดันออสซิลเลทความถี่ต่ำชั่วคราวเกิดจากเฟอโรเรโซแนนซ์สภาวะหม้อแปลงไม่มีโหลด

2. แรงดันไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงช่วงเวลาสั้น (Short Duration Voltage Variation)

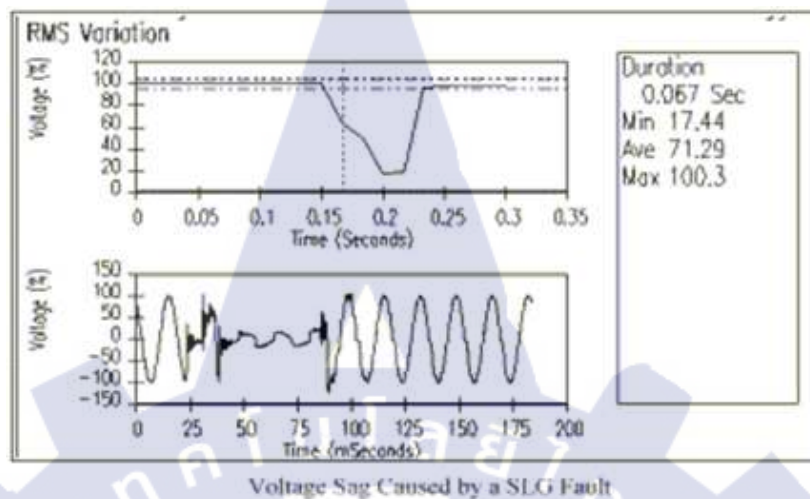
คือ การเปลี่ยนแปลงค่าแรงดัน rms ที่มีระยะเวลาการเปลี่ยนแปลงไม่เกิน 1 นาที สาเหตุส่วนใหญ่เกิดจากสภาวะความผิดปกติ (Fault) ทางไฟฟ้า แล้วทำให้เกิดแรงดันตก (Voltage Sag หรือ Voltage Dip) แรงดันเกิน (Voltage Swell) และไฟดับ (Interruptions) มาตรฐาน IEEE std 1159-1995 เรียกชื่อแรงดันตามระยะเวลาที่เกิดคือเวลาทันทีทันใด (Instantaneous) ชั่วขณะ (Momentary) และชั่วคราว (Temporary) ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ระยะเวลาการเกิดแรงดันตก แรงดันเกิน และไฟดับของการเปลี่ยนแปลงแรงดัน ช่วงเวลาสั้นๆ

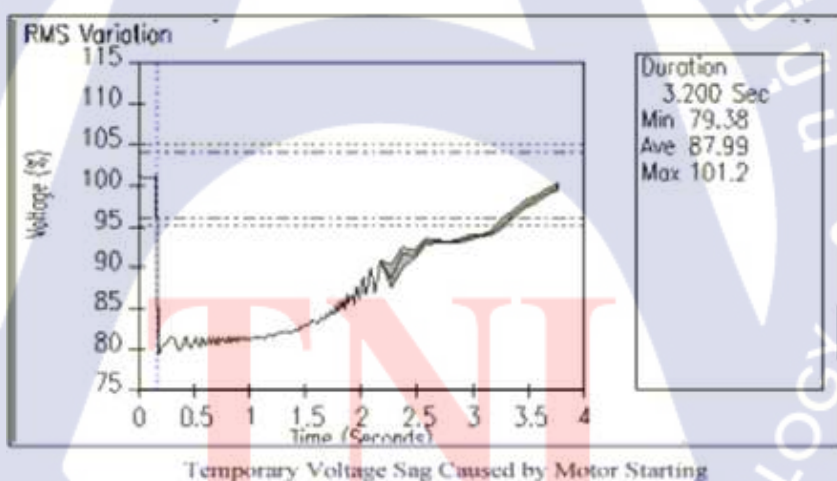
Voltage Sag & Swell		
Instantaneous	Momentary	Temporary
10 ms – 1 sec	1 sec – 3 sec	3 sec – 1 min
Interruption		
Momentary	Temporary	
10 ms – 3 sec	3 sec – 1 min	

2.1 แรงดันตกช่วงสั้น (Voltage Sag) คือ ค่าแรงดัน rms มีขนาดลดลงระหว่าง 0.1-0.9 pu. ในช่วงเวลาระหว่าง 10 ms – 1 min สาเหตุส่วนใหญ่เกิดขึ้นกับเฟสที่ผิดปกติทางไฟฟ้า ดังรูปที่ 5 ทำให้แรงดันมีค่าลดลงเหลือ 0.2 pu. ของแรงดันปกติ (80% Sag) ในช่วงเวลา

3 ไซเคิล และรูปที่ 6 แรงดันมีค่าลดลงจากผลของการสตาร์ทมอเตอร์ขนาดใหญ่ เช่น มอเตอร์ อินดักชัน ขณะสตาร์ทจะมีกระแสสูงถึง 6-10 เท่า ของพิกัดกระแสปกติ

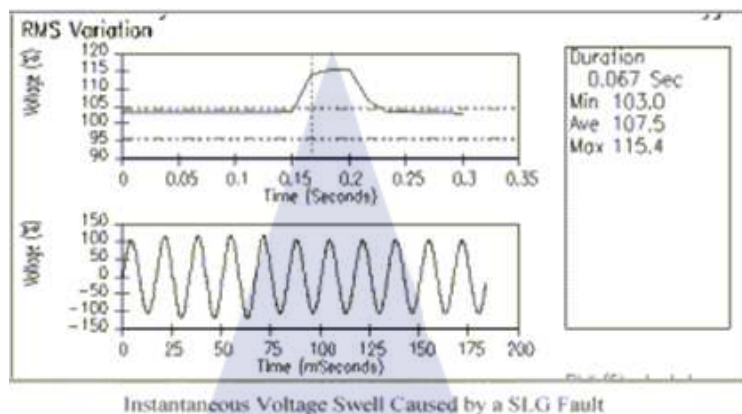


รูปที่ 6 Voltage Sag สาเหตุเกิดความผิดปกติทางไฟฟ้าลงดิน



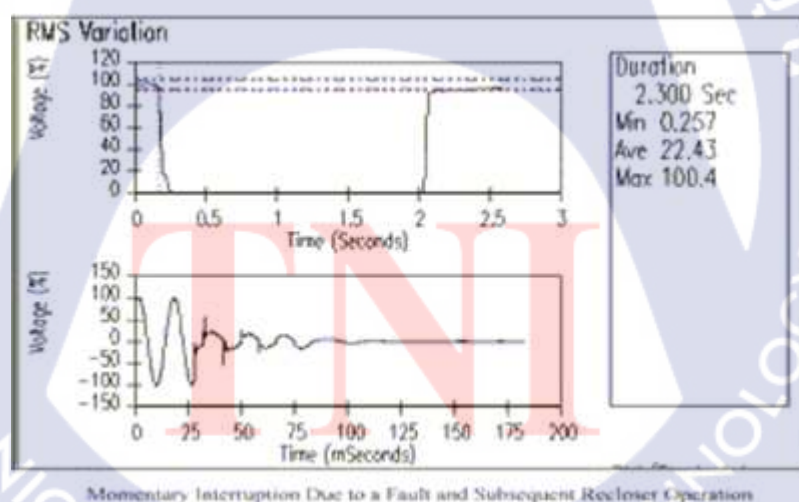
รูปที่ 7 Voltage Sag จากผลของการสตาร์ทมอเตอร์ขนาดใหญ่

2.2 แรงดันเกินช่วงสั้น (Voltage Swell) คือ ค่าแรงดัน rms มีขนาดเพิ่มขึ้นระหว่าง 1.1-1.8 pu. ในช่วงเวลาระหว่าง 10 ms – 1 min ดังรูปที่ 7 สาเหตุส่วนใหญ่เกิดขึ้นกับเฟสที่ไม่ได้เกิดความผิดปกติทางไฟฟ้าโดยตรง หรือเกิดจากการปลดโหลดขนาดใหญ่ออกจากระบบ หรือมีการต่อคาปาซิเตอร์ ขนาดใหญ่เข้าระบบ ผลทำให้อุปกรณ์ได้รับความเสียหายและทำให้อุปกรณ์ที่ไวต่อการเปลี่ยนแปลง ทำงานผิดพลาดหรือหยุดทำงาน



รูปที่ 8 Voltage Swell สาเหตุเกิดจากความผิดปกติทางไฟฟ้าลงดิน

2.3 ไฟดับช่วงสั้น (Voltage Interruption) คือ ค่าแรงดัน rms มีค่าลดลงต่ำกว่า 0.1 pu. ในช่วงระหว่าง 10 ms – 1 min สาเหตุเกิดจากสภาวะความผิดปกติทางไฟฟ้าในระบบ ทำให้อุปกรณ์ป้องกันมีการตัดวงจรแหล่งจ่ายไฟออก ดังรูปที่ 8 แสดงการเกิดไฟดับช่วงระยะเวลาสั้นๆ ประมาณ 1.8 sec จากการดำเนินงานของรีโคสเซอร์ตัดวงจรแหล่งจ่ายออกจากระบบก่อนจะมีการต่อวงจรเข้าปัดเดิมอีกครั้ง ส่งผลให้อุปกรณ์ไฟฟ้าหยุดทำงาน

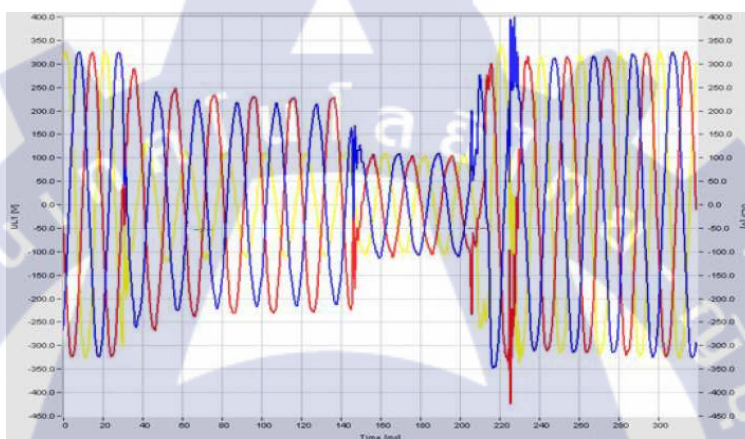


รูปที่ 9 ไฟฟ้าดับช่วงสั้นจากสาเหตุรีโคสเซอร์มีการทำงานเนื่องจากการเกิดความบกพร่องทางไฟฟ้า

3. การเปลี่ยนแปลงแรงดันไฟฟ้าช่วงระยะยาว (Long Duration Voltage Variation)

คือ การเปลี่ยนแปลงค่าแรงดัน rms ที่มีระยะเวลาการเปลี่ยนแปลงค่าเกิน 1 นาที สาเหตุส่วนใหญ่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงการทำงานของโหลดขนาดใหญ่ ทำให้เกิดเหตุการณ์แรงดันตก (Under Voltage) แรงดันเกิน (Overvoltage) และไฟดับ (Sustained Interruptions)

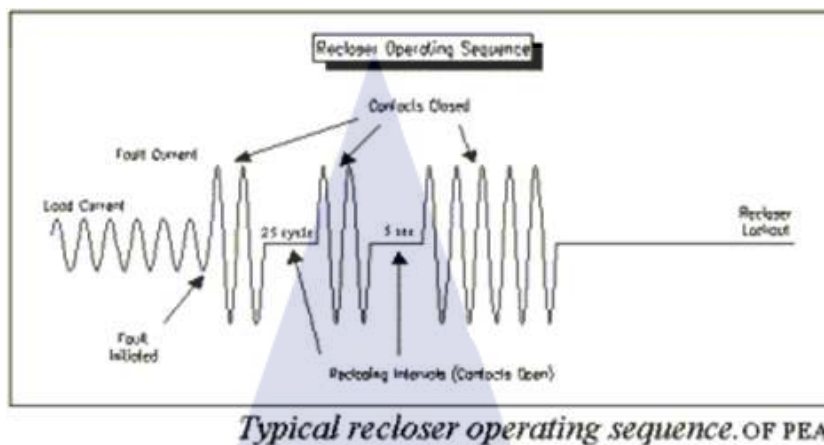
3.1 แรงดันตก (Under Voltage) คือ ค่าแรงดัน rms มีขนาดลดลงระหว่าง 0.8-0.9 pu. ในช่วงเวลานานกว่า 1 min สาเหตุเกิดจากผลของการสวิตช์โหลดขนาดใหญ่เข้าระบบ หรือมีการปลดคาปาซิเตอร์ออกจากระบบ ผลทำให้อุปกรณ์ได้รับความเสียหาย เนื่องจากเกิดการรับภาระเกิน (Overload)



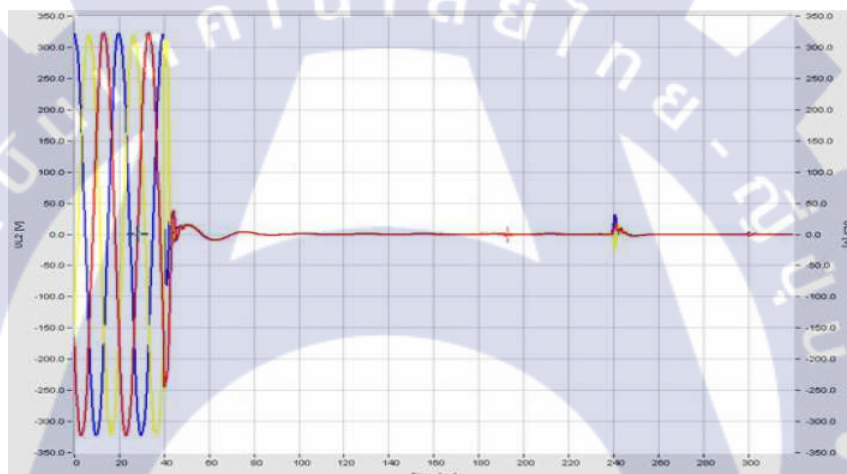
รูปที่ 10 รูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าขณะเกิดเหตุการณ์แรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะ

3.2 แรงดันเกิน (Overvoltage) คือ ค่าแรงดัน rms มีขนาดเพิ่มขึ้นระหว่าง 1.1-1.2 pu. ในช่วงเวลานานกว่า 1 min สาเหตุเกิดจากผลของการปลดโหลดขนาดใหญ่ออกจากระบบ หรือมีการสวิตช์คาปาซิเตอร์เข้าระบบ หรือการปรับแทปหม้อแปลงไม่เหมาะสมกับระบบ ผลทำให้อุปกรณ์ได้รับความเสียหายเนื่องจากแรงดันเกิน

3.3 ไฟฟ้าดับ (Voltage Interruption) คือ ค่าแรงดัน rms มีค่าลดลง 0.0 pu. ในช่วงเวลาเกินกว่า 1 min มีสาเหตุเกิดจากสภาวะความผิดปกติของทางไฟฟ้าในระบบทำให้อุปกรณ์ป้องกันมีการตัดวงจรแหล่งจ่ายไฟออกถาวร ดังรูปที่ 9 แสดงการเกิดไฟดับช่วงระยะยาวจากการทำงานของรีโคสเซอร์ตัดวงจรแหล่งจ่ายออกจากระบบถาวร (Lockout) เมื่อสภาวะความผิดปกติของไฟฟ้ายังอยู่ในระบบเป็นผลทำให้อุปกรณ์ไฟฟ้าหยุดการทำงาน



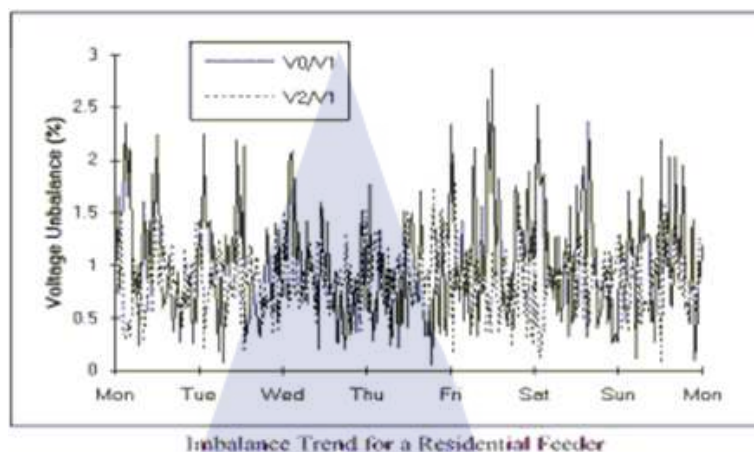
รูปที่ 11 ขั้นตอนการทำงานของรีโคลเซอร์ในระบบของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.)



รูปที่ 12 รูปคลื่นแรงดันไฟฟ้า ขณะเกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าดับ

4. แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุล (Voltage Unbalance)

คือ แรงดันของระบบ 3 เฟส มีขนาดแตกต่างกัน (0.5-2%) หรือมีมุมเปลี่ยนไปจาก 120 องศา เกิดจากความไม่สมดุลขนาดของโหลดแต่ละเฟส สามารถกำหนดได้จากอัตราส่วนขององค์ประกอบลำดับลบ V2 (Negative Sequence) หรือองค์ประกอบลำดับศูนย์ V0 (Zero Sequence) ต่อองค์ประกอบลำดับบวก V1 (Positive Sequence) ดังรูปที่ 10 ส่งผลทำให้อุปกรณ์หม้อแปลงไฟฟ้ามีอายุการใช้งานน้อยลงเนื่องจากผลความร้อนที่เกิดขึ้น



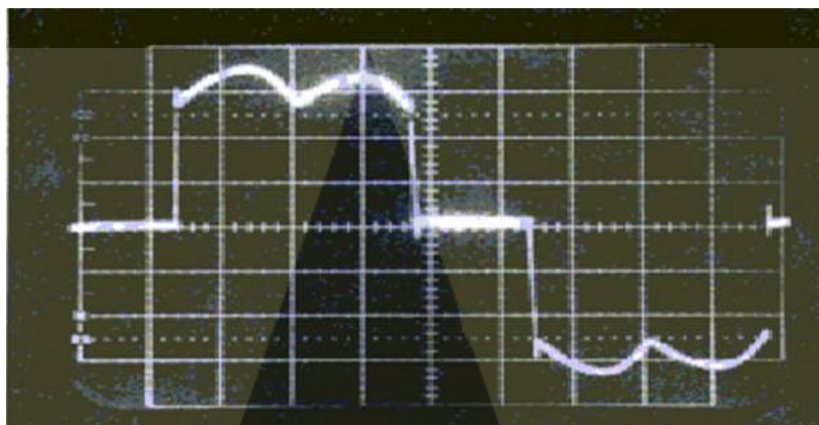
รูปที่ 13 แรงดันไม่สมดุลที่สายป้อนจ่ายไฟให้ที่พักอาศัย

5. ความผิดเพี้ยนของรูปคลื่น (Waveform Distortion)

คือ การเบี่ยงเบนในสภาวะคงตัวของรูปคลื่นไซน์ที่มีความถี่ทางกำลังไฟฟ้า และสามารถอธิบายคุณลักษณะได้โดยแยกองค์ประกอบทางความถี่ออกมาการผิดเพี้ยนของรูปคลื่นแบ่งออกได้ 5 ชนิด

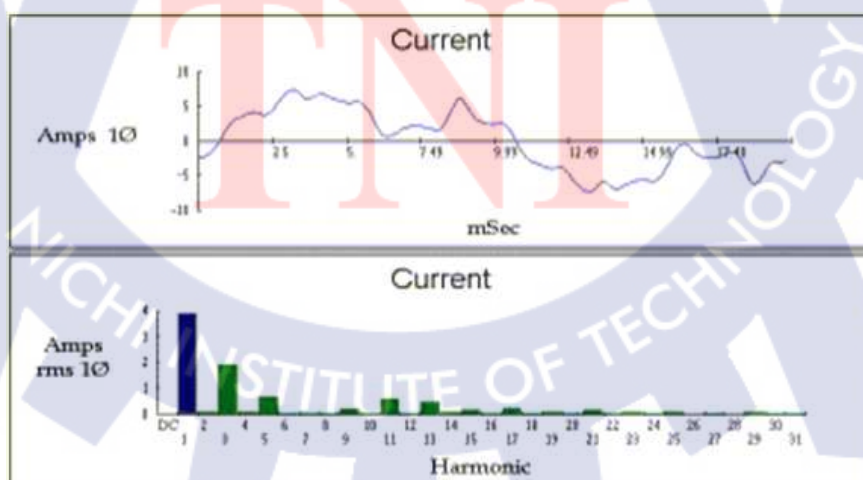
- องค์ประกอบไฟตรง (DC Offset)
- ฮาร์โมนิกส์ (Harmonic)
- อินเตอร์ฮาร์โมนิกส์ (Inter Harmonic)
- คลื่นรอยบาก (Notching)
- สัญญาณรบกวน (Noise)

5.1 องค์ประกอบไฟตรง (DC Offset) คือ การมีกระแส หรือแรงดันไฟตรง ปะปนอยู่ในระบบไฟฟ้ากระแสสลับเป็นผลมาจากการใช้อุปกรณ์เรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น (Half-Wave Rectifier) เป็นผลทำให้เกิดความร้อนและค่ากำลังสูญเสียของหม้อแปลง และอาจทำให้เกิดการผูกครองของแท่งกราวด์ได้



รูปที่ 14 องค์ประกอบไฟตรง

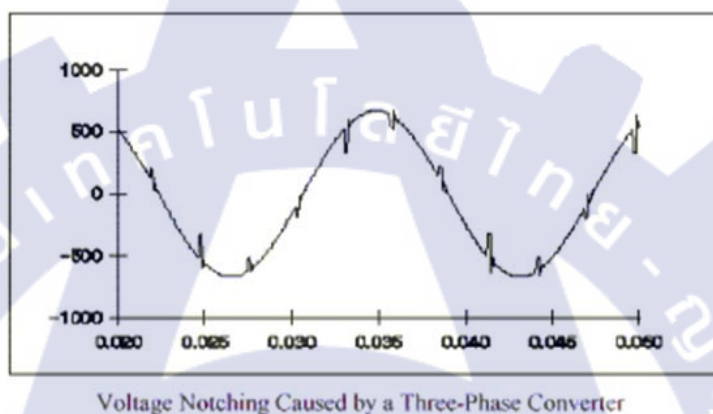
5.2 ฮาร์โมนิกส์ (Harmonic) คือ ส่วนประกอบในสัญญาณในรูปสัญญาณคลื่นไซน์ (Sine Wave) ของสัญญาณหรือปริมาณเป็นคาบใดๆ ซึ่งมีความถี่เป็นจำนวนเต็มเท่าของความถี่หลักมูล (Fundamental Frequency ในระบบไฟฟ้ามีค่า 50 Hz) เช่น ฮาร์โมนิกส์ลำดับที่ 3 มีความถี่เป็น 150 Hz และฮาร์โมนิกส์ที่ 5 มีความถี่เป็น 250 Hz ผลของฮาร์โมนิกส์เมื่อรวมกันกับสัญญาณความถี่หลักมูลด้วยขนาด (Amplitude) และมุมเฟส (Phase Angle) ทำให้สัญญาณที่เกิดขึ้นมีขนาดเปลี่ยนไป และมีรูปสัญญาณเพี้ยน (Distortion) ไปจากสัญญาณคลื่นไซน์ ซึ่งผลที่เกิดจากการใช้อุปกรณ์ประเภทที่ไม่เป็นเชิงเส้น ทำให้อุปกรณ์ในระบบไฟฟ้ามีการทำงานผิดพลาด และถ้ามีการขยายของฮาร์โมนิกส์ที่มีขนาดมากพออาจทำให้อุปกรณ์เกิดการชำรุดขึ้นได้



รูปที่ 15 ฮาร์โมนิกส์

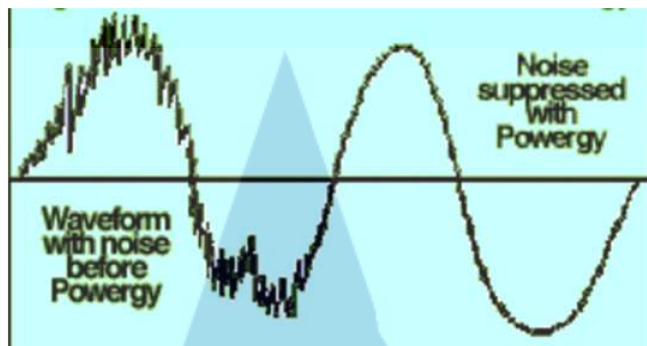
5.3 อินเตอร์ฮาร์โมนิก (Interharmonic) คือ ส่วนประกอบในสัญญาณคลื่นไซน์ (Sine Wave) ของสัญญาณหรือปริมาณเป็นคาบใดๆ ซึ่งมีความถี่ไม่เป็นจำนวนเต็มเท่าของความถี่หลักมูล (Fundamental Frequency) เช่น มีความถี่ที่ 104 Hz, 117 Hz, 134 Hz, 147 Hz ซึ่งลักษณะการเกิดและผลกระทบจะมีลักษณะเช่นเดียวกับฮาร์โมนิกส์

5.4 คลื่นรอยบาก (Notching) คือ สิ่งรบกวนทางแรงดันไฟฟ้าลักษณะคล้ายกับฮาร์โมนิกส์และทรานเซียนท์ที่มีลักษณะต่อเนื่อง เป็นผลเกิดจากใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์กำลังเมื่อกระแสถูกเปลี่ยนจากเฟสหนึ่งไปยังอีกเฟสหนึ่ง ผลทำให้อุปกรณ์ประเภทอิเล็กทรอนิกส์มีการทำงานผิดพลาด



รูปที่ 16 คลื่นรอยบากเกิดจากคอนเวอร์เตอร์ ชนิด 3 เฟส

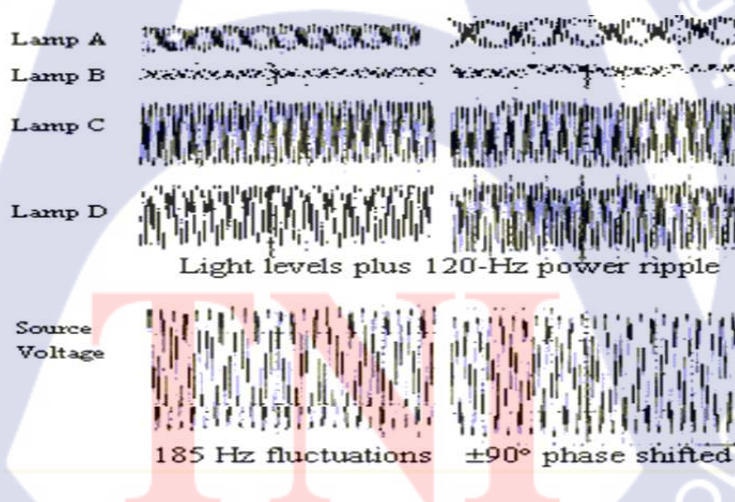
5.5 สัญญาณรบกวน (Noise) คือ สัญญาณทางไฟฟ้าที่ไม่ต้องการจะมีความถี่ต่ำกว่า 200 kHz ปะปนบนสัญญาณแรงดัน หรือกระแสในสายเฟสเป็นผลเกิดจากการต่อลงดินของระบบไฟฟ้าที่ไม่ถูกต้อง มีการใช้ประเภทยานอิเล็กทรอนิกส์ หรืออุปกรณ์ควบคุมในระบบ ผลทำให้อุปกรณ์ดังกล่าวทำงานผิดพลาด หรือไม่สามารถทำงานได้



รูปที่ 17 สัญญาณรบกวน (Noise)

6. แรงดันไฟฟ้ากระเพื่อม (Voltage Fluctuation)

การเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องของค่าแรงดัน rms มีขนาดไม่เกินช่วงแรงดัน 0.95-1.05 pu. เป็นผลเกิดจากการใช้อุปกรณ์ประเภทเตาหลอมแบบอาร์คทำให้เกิดไฟฟ้ากระพริบ (Flicker) ที่หลอดไฟ และอาจส่งผลกระทบต่ออุปกรณ์ในระบบถ้ามีการเปลี่ยนแปลงของแรงดันมาก



รูปที่ 18 แรงดันกระเพื่อม

7. ความถี่ไฟฟ้าเปลี่ยนแปลง (Power Frequency Variation)

คือ ปรากฏการณ์ที่ความถี่ของระบบไฟฟ้ามีค่าเปลี่ยนไปจากค่าความถี่ปกติ 50 Hz เป็นผลเกิดจากการทำงานผิดพลาดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดใหญ่ หรือมีการหลุดออกจากระบบ มีผลกระทบต่อการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีการทำงานสัมพันธ์กับความถี่ระบบไฟฟ้า เช่น เครื่องกลไฟฟ้า

วิธีแก้ไขและป้องกันปัญหาคุณภาพกำลังไฟฟ้า

การแก้ไขปัญหามันที่ถูกต้องที่สุด คือ การแก้ไขปัญหามันที่ต้นเหตุ อย่างไรก็ตามสาเหตุของปัญหาคุณภาพกำลังไฟฟ้าบางประเภท เช่น พายุฝนบนเสาของสายส่งที่พาดในอากาศ เป็นหน้าที่ของการไฟฟ้าฯ ที่จะต้องทำการแก้ไข ซึ่งอาจจะต้องจ่ายเงินเป็นจำนวนมหาศาล เช่น แก้ไขโดยการเปลี่ยนเป็นระบบเคเบิลใต้ดิน เป็นต้น ดังนั้นการแก้ไขของทางอุตสาหกรรมมักจะเป็นการติดตั้งอุปกรณ์แก้ไขปัญหามันที่เกิดขึ้นจากโหลด หรือติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันโหลดที่สำคัญ โดยมีวิธีแก้ไขและการป้องกันต่างๆ (สุเมธ เนติสัตตานนท์. 2553 : 58)

ประเภทปัญหาคุณภาพกำลังไฟฟ้าหลัก ดังนี้

1. แรงดันเกินชั่วคราว

การแก้ไข : ติดตั้งกับดักฟ้าผ่า, ตัวกรองต่ำผ่าน, หม้อแปลงแยกโดด

การป้องกัน : ควบคุมการตัดต่อคาปาซิเตอร์

2. ไฟดับและไฟดับช่วงสั้น

การแก้ไข : ติดตั้งชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า-เครื่องยนต์ดีเซล, UPS, เครื่องโอนย้ายแหล่งจ่ายไฟอัตโนมัติ

การป้องกัน : ทำการตรวจดูแลระบบไฟฟ้าเป็นประจำ

3. แรงดันตกและแรงดันเกินช่วงสั้น

การแก้ไข : ติดตั้งหม้อแปลงเฟอร์โร-เรโซแนนซ์, UPS, เครื่องชดเชยแรงดัน

การป้องกัน : ควบคุมการตัดต่อโหลดขนาดใหญ่

4. แรงดันตกและแรงดันเกิน

การแก้ไข : ติดตั้งหม้อแปลงเฟอร์โร-เรโซแนนซ์, อุปกรณ์ปรับระดับแรงดันไฟฟ้า, เครื่องชดเชยกำลังไฟฟ้รีแอกทีฟแบบสแตติก, ชุดคาปาซิเตอร์

การป้องกัน : ควบคุมการตัดต่อโหลดขนาดใหญ่

5. แรงดันที่มีความผิดเพี้ยนฮาร์โมนิกส์

การแก้ไข : ติดตั้งตัวกรองฮาร์โมนิกส์ (แบบพาสซีฟ/แอกทีฟ), หม้อแปลงแบบชีกแซก, รีแอกเตอร์แบบอนุกรม

การป้องกัน : ใช้โหลดที่มีความผิดเพี้ยนฮาร์โมนิกส์ต่ำ

6. แรงดันกระเพื่อม

การแก้ไข : ติดตั้งเครื่องชดเชยกำลังไฟฟ้รีแอกทีฟแบบสแตติก, เปลี่ยนหลอดไฟฟ้าเป็นหลอด CFL

การป้องกัน : ตรวจผลกระทบจากอุปกรณ์ไม่เชิงเส้นในระบบไฟฟ้าเป็นประจำ

วิธีการแก้ไขบางวิธีสามารถแก้ไขปัญหาได้หลายประเภท ในขณะที่อาจต้องใช้ค่าใช้จ่ายสูงสำหรับการติดตั้ง เช่น UPS ที่สามารถแก้ไขปัญหาไฟดับ, แรงดันตก, แรงดันเกิน แต่จะมีราคาแพงเนื่องจากต้องมีการติดตั้งอุปกรณ์เก็บสะสมพลังงาน เป็นต้น ดังนั้นการแก้ไขปัญหาคุณภาพกำลังไฟฟ้าต้องขึ้นอยู่กับภาวะปัญหาที่มีอยู่ว่ามีประเภทปัญหาอะไรที่เกิดขึ้น มีความรุนแรงและผลกระทบของปัญหาแต่ละชนิดนั้นมากน้อยเพียงใด การแก้ไขปัญหาจะคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์หรือไม่ ต้องคำนึงถึงการสูญเสียในส่วนของระบบการผลิตเป็นหลักโดยที่ความเสียหายของอุปกรณ์ไฟฟ้าและพลังงานสูญเสียจะเป็นปัจจัยที่พิจารณาในลำดับถัดไป

ระบบกำลังไฟฟ้าต่อเนื่อง (Uninterruptible Power Supply)

หลักการพื้นฐานระบบกำลังไฟฟ้าต่อเนื่อง (Uninterruptible Power Supply : UPS) ประวัติเครื่องสำรองไฟฟ้าแบบต่อเนื่อง (UPS) ตั้งแต่ยุคเริ่มต้น-ปัจจุบัน

จากการผลิต AC Inverter ได้นำไปสู่การวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีของเครื่องสำรองไฟฟ้าต่อเนื่อง เพื่อตอบสนองความต้องการด้านคุณภาพกำลังไฟฟ้า ซึ่งมีวิวัฒนาการอย่างต่อเนื่อง จนถึงปัจจุบัน ดังนี้

พ.ศ.

- 2505 อินเวอร์เตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับเครื่องแรก
- 2511 ยูพีเอสในเชิงพาณิชย์รุ่นแรกที่มาพร้อมทั้งแบตเตอรี่และอินเวอร์เตอร์เข้าด้วยกัน
- 2515 ยูพีเอสเครื่องแรกที่ควบคุมโดยระบบดิจิทัลทั้งหมด
- 2515 ยูพีเอสแบบต่อขนานและป้องกันการล้นไหลของระบบเครื่องแรก
- 2519 ยูพีเอสเครื่องแรกที่มีไฟส่องสว่าง HID ในกรณีฉุกเฉิน
- 2525 ยูพีเอสเครื่องแรกที่ได้รับการออกแบบโดยเฉพาะเพื่อใช้ในสำนักงาน
- 2525 ยูพีเอสเครื่องแรกสำหรับใช้งานในห้องคอมพิวเตอร์
- 2529 ยูพีเอสเครื่องแรกที่มีขนาดมากกว่า 100 kVA สำหรับห้องคอมพิวเตอร์
- 2529 ระบบจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงในเชิงพาณิชย์ที่มีสวิตช์โหมดแบบความถี่สูงสำหรับการประยุกต์ใช้ในงานโทรคมนาคมเครื่องแรกที่รองรับพลังงานไฟฟ้าสูงถึง 200 W
- 2530 ยูพีเอสเครื่องแรกที่ใช้เทคโนโลยี Pulse-Width Modulated (PWD) และการวินิจฉัยด้วยไมโครโปรเซสเซอร์
- 2532 ยูพีเอสความถี่สูงเครื่องแรกที่ไม่ใช้หม้อแปลง
- 2539 ยูพีเอสเครื่องแรกที่มีการเชื่อมต่อขนานแบบไร้สาย
- 2544 ระบบไฟฟ้ากระแสตรงที่มีระบบควบคุมและตรวจสอบอุปกรณ์เสริมผ่านเครือข่ายได้
- 2545 สวิตช์ฮับ 100 Mbps เต็มรูปแบบตัวแรกที่ติดตั้งบนการ์ดเครือข่าย
- 2545 ระบบไฟฟ้ากระแสตรงระบบแรกที่ส่งสัญญาณเตือน และแจ้งสถานะผ่านข้อความทางโทรศัพท์มือถือ (SMS)

- 2547 ยูพีเอสแบบโมดูลาร์ที่ไม่ต้องใช้หม้อแปลง รองรับได้สูงสุด 160 kVA
- 2548 ยูพีเอสเครื่องแรกที่สามารถประมวลผลการจ่ายไฟฟ้าได้อย่างครบวงจร
- 2549 เครื่องยูพีเอสที่มีคุณสมบัติ การต่อขยายระบบแบบ N+1 Parallel Redundant
- 2550 เครื่องยูพีเอสที่สามารถขยายขนาดกำลังโดยการเชื่อมต่อแบบ redundant เพื่อความมีเสถียรภาพสูงสุด
- 2552 เครื่องยูพีเอสแบบ Double-Conversion เครื่องแรกที่มีประสิทธิภาพสูงสุดถึง 99% ที่ขนาด 1,100 kVA

เนื่องจากระบบไฟฟ้าที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบันมักเกิดปัญหาไฟฟ้าขัดข้อง เช่น ไฟฟ้าดับ แรงดันตก แรงดันเกิน และมีสัญญาณรบกวนในระบบไฟฟ้าจำนวนมาก ทำให้ชุดคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์เครื่องมือสื่อสารขัดข้อง ส่งผลกระทบทำให้ชุดเครื่องคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์สื่อสารเกิดความเสียหาย การรับส่งข้อมูลเพื่อประมวลผลเกิดความผิดพลาด จึงจำเป็นต้องจัดซื้อเครื่องสำรองไฟฟ้าเพื่อนำมาแก้ไขปัญหาระบบไฟฟ้าที่เกิดขึ้น ซึ่งผู้ใช้ไฟฟ้าเองจะต้องพิจารณาหรือตัดสินใจเกี่ยวกับอุปกรณ์ และระดับการป้องกัน หากเป็นระบบไฟฟ้าแรงต่ำแบบ 3 เฟส จะมีพิกัดแรงดันไฟฟ้าเป็น 380 โวลต์ 3 เฟส ความถี่ไฟฟ้า 50 เฮิร์ต และแบบ 1 เฟส จะมีพิกัดแรงดันไฟฟ้าเป็น 220 โวลต์ 1 เฟส ความถี่ไฟฟ้า 50 เฮิร์ต นอกจากนี้ผู้ใช้ไฟฟ้าจะต้องพิจารณาสภาพไฟฟ้าเป็นกรณีพิเศษ แยกเป็นสี่กลุ่มเพื่อให้ง่ายต่อการจัดระบบไฟฟ้า คือ

- กลุ่มโรงพยาบาล เช่น ห้องผ่าตัด ห้องไอซียู (อุปกรณ์ทางการแพทย์)
- กลุ่มบริการสาธารณะ เช่น สถานีตำรวจ รถไฟ สนามบิน โรงแรม (อุปกรณ์รักษาความปลอดภัย และระบบนำทาง)
- กลุ่มบริการธุรกิจ เช่น ธนาคาร เงินทุนหลักทรัพย์ ขนส่ง สื่อสารโทรคมนาคม (ระบบสารสนเทศและศูนย์ข้อมูล)
- กลุ่มโรงงานอุตสาหกรรม เช่น อุปกรณ์ปฏิบัติงานและควบคุมกระบวนการอัตโนมัติ

เครื่องยูพีเอส (Uninterruptible Power Supply : UPS)

เป็นอุปกรณ์ที่นำมาใช้แก้ปัญหาค่าความผิดปกติของระบบไฟฟ้า ทำให้ได้คุณภาพของระบบไฟฟ้าที่ดี คือ มีหน้าที่กรองคลื่นรบกวนทางไฟฟ้า ปรับแรงดันไฟฟ้า ปรับความถี่ไฟฟ้า และจ่ายพลังงานไฟฟ้าได้ต่อเนื่องตลอดเวลา เครื่องยูพีเอส มี 2 ประเภท คือ เครื่องยูพีเอส โรตารี (Rotary UPS) และเครื่องยูพีเอส สเตติก (Static UPS)

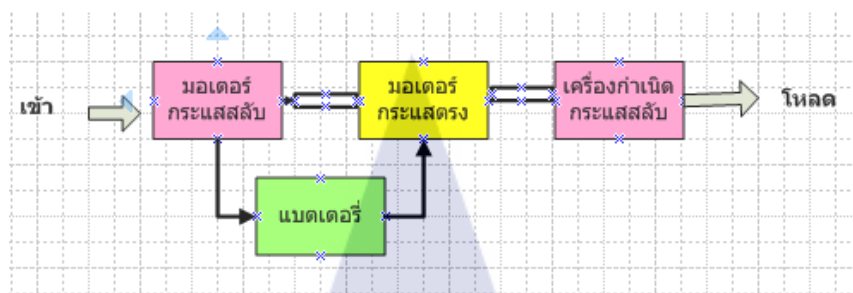
ประเภทที่ 1 เครื่องยูพีเอสชนิดโรตารี (Rotary UPS) มี 6 ชนิด

1. เครื่องยูพีเอสโรตารีชนิดชุดมอเตอร์ - เครื่องกำเนิดไฟฟ้า ขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้า กระแสสลับ และกระแสตรง (M – G Set With AC and DC Drive) โดยใช้พลังงานสำรองจาก แบตเตอรี่
2. เครื่องยูพีเอสโรตารีชนิดชุดมอเตอร์ - เครื่องกำเนิดไฟฟ้า ขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้า กระแสตรง (M – G Set With DC Drive) โดยใช้พลังงานสำรองจากแบตเตอรี่
3. เครื่องยูพีเอสโรตารีชนิดชุดมอเตอร์ - เครื่องกำเนิดไฟฟ้า ขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้า กระแสสลับ (M – G Set With AC Drive) โดยใช้พลังงานสำรองจากแบตเตอรี่
4. เครื่องยูพีเอสโรตารีชนิดยูนิบล็อกคอนเวอร์เตอร์ (Uniblock Convertor) โดยใช้ พลังงานสำรองจากแบตเตอรี่
5. เครื่องยูพีเอสโรตารีชนิดชนิดมอเตอร์ – เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบล้อหมุนตายตัว (M – G Set, Fixed Flywheel) โดยใช้พลังงานสำรองจากเครื่องยนต์ดีเซล
6. เครื่องยูพีเอสโรตารีชนิดชนิดอินดักชันคัปปลิง (Induction Coupling) โดยใช้ พลังงานสำรองจากเครื่องยนต์ดีเซล

เครื่องยูพีเอส โรตารี (Rotary UPS)

1. เครื่องยูพีเอสโรตารีชนิดชุดมอเตอร์ – เครื่องกำเนิดไฟฟ้าขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้า กระแสสลับ และกระแสตรง

เครื่องยูพีเอสโรตารีชนิดชุดมอเตอร์ – เครื่องกำเนิดไฟฟ้า ขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้า กระแสสลับและกระแสตรง (M-G Set With AC and DC Drive) โดยใช้พลังงานสำรองจาก แบตเตอรี่ จะมีชุดขับเคลื่อนอยู่ 3 ชุด ที่ต่อเพลาร่วมกันและพร้อมกัน คือ มอเตอร์ กระแสสลับ มอเตอร์กระแสตรง พร้อมชุดอัดไฟให้แบตเตอรี่ และเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ ทั้งนี้สามารถแสดงเป็นวงจรได้ง่ายๆ ตามรูปที่ 19



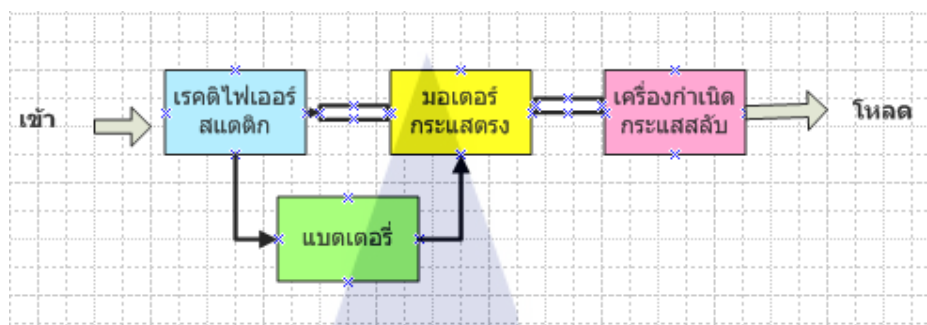
รูปที่ 19 เครื่องยูพีเอสโรตารี ชนิดชุดมอเตอร์ – เครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ที่มา : ถาวร อมตกิตติ. (2543). ระบบกำลังไฟฟ้าต่อเนื่อง (ยูพีเอส). หน้า 41.

การทำงานของอุปกรณ์ชุดนี้จะรับพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับเข้าที่มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ ซึ่งต่อเฟลาตรงไปขับเคลื่อนมอเตอร์กระแสตรง และเฟลาตรงไปขับเคลื่อนเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ เพื่อจ่ายกำลังไฟฟ้ากระแสสลับไปยังเครื่องใช้ไฟฟ้าต่อไป กรณีไฟฟ้ากระแสสลับด้านเข้าเกิดขัดข้อง ยังมีแบตเตอรี่ที่ถูกอัดไฟสำรองไว้ เพื่อช่วยจ่ายพลังงานสำรองให้แก่มอเตอร์กระแสตรง และยังมีชุดบายพาส (Bypass) พร้อมชุดควบคุมและตรวจจับอีกด้วย

2. เครื่องยูพีเอสโรตารีชนิดชุดมอเตอร์ – เครื่องกำเนิดไฟฟ้า ขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้ากระแสตรง (M – G Set With DC Drive)

เครื่องยูพีเอสโรตารีชนิดชุดมอเตอร์ – เครื่องกำเนิดไฟฟ้า ขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้ากระแสตรง (M – G Set With DC Drive) โดยใช้พลังงานสำรองจากแบตเตอรี่ มีลักษณะเหมือนกับเครื่องยูพีเอสโรตารีชนิดชุดมอเตอร์ – เครื่องกำเนิดไฟฟ้า และมีชุดเรกติไฟเออร์ / ชาร์จเจอร์ชนิดสแตติก (Static Rectifier / Charger)



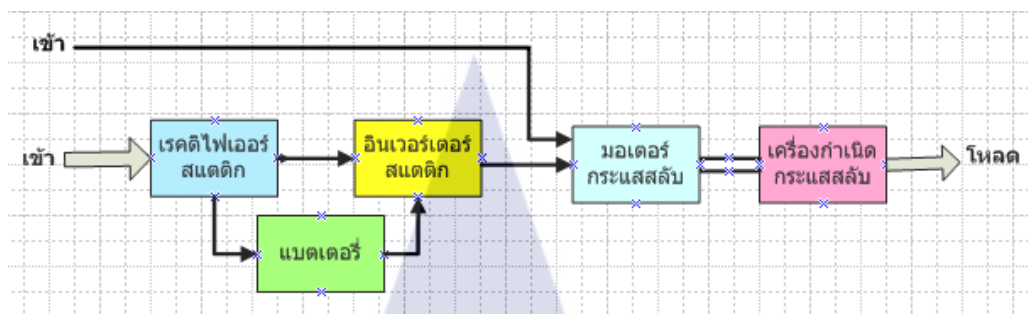
รูปที่ 20 เครื่องยูพีเอสโรตารี ชนิดชุดมอเตอร์ – เครื่องกำเนิดไฟฟ้า ขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้า กระแสตรง

ที่มา : ถาวร อมตกิตติ. (2543). ระบบกำลังไฟฟ้าต่อเนื่อง (ยูพีเอส). หน้า 42.

การทำงานของอุปกรณ์ชุดนี้ จะรับพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับ เข้าที่ชุดเรกติไฟเออร์ ชนิดสแตตติก เปลี่ยนไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรง ไปขับเคลื่อนมอเตอร์กระแสตรงที่ต่อเพลาตรงกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับเพื่อจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับไปยังเครื่องใช้ไฟฟ้า และยังมีชุดบายพาส (Bypass) พร้อมชุดควบคุมและตรวจจับอีกด้วย

3. เครื่องยูพีเอสโรตารีชนิดชุดมอเตอร์ – เครื่องกำเนิดไฟฟ้า ขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้า (M – G Set With AC Drive)

เครื่องยูพีเอสโรตารีชนิดชุดมอเตอร์ – เครื่องกำเนิดไฟฟ้า ขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้า กระแสสลับ (M – G Set With AC Drive) โดยใช้พลังงานสำรองจากแบตเตอรี่ และนำชุดอินเวอร์เตอร์ชนิดสแตตติก มาต่อหลังชุดเรกติไฟเออร์ / ชาร์จเจอร์ชนิดสแตตติก เครื่องยูพีเอสโรตารีชนิดนี้ บางครั้งถูกเรียกว่า “ยูพีเอสโรตารีแบบไฮบริด” (Hybrid UPS)



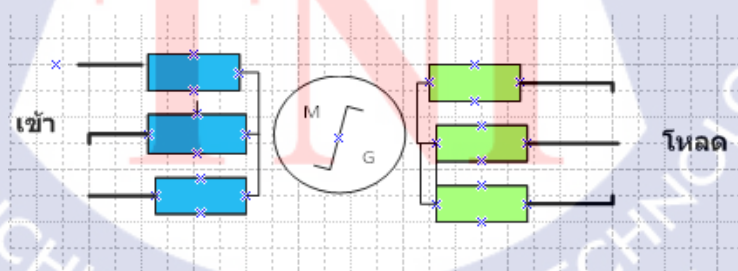
รูปที่ 21 เครื่องยูฟี่เอสโรตารีชนิดชุดมอเตอร์ – เครื่องกำเนิดไฟฟ้า ขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้ากระแสสลับ โดยใช้พลังงานสำรองจากแบตเตอรี่

ที่มา : ถาวร อมตกิตติ. (2543). ระบบกำลังไฟฟ้าต่อเนื่อง (ยูฟี่เอส). หน้า 43.

การทำงานของเครื่องยูฟี่เอสจะรับพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับ เข้าที่ชุดเรกติไฟเออร์ชนิดสแตติก เปลี่ยนจากไฟฟ้ากระแสสลับเป็นกระแสดตรง เพื่ออัดให้กับแบตเตอรี่ แล้วจึงใช้ชุดอินเวอร์เตอร์ชนิดสแตติก เปลี่ยนไฟฟ้ากระแสดตรงเป็นกระแสสลับ โดยชุดอินเวอร์เตอร์จะขับเคลื่อนมอเตอร์กระแสสลับที่ต่อเพลาตรงไปขับเคลื่อนเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับเพื่อจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับไปยังโหลด

4. เครื่องยูฟี่เอสโรตารีชนิดยูนิตบล็อกคอนเวอร์เตอร์ (Uniblock Convertor)

เครื่องยูฟี่เอสโรตารีชนิดยูนิตบล็อกคอนเวอร์เตอร์ (Uniblock Convertor) โดยใช้พลังงานสำรองจากแบตเตอรี่ได้ถูกพัฒนาขึ้นมาใหม่ โดยพยายามลดความสูญเสียกำลังไฟฟ้าลงจากเดิม

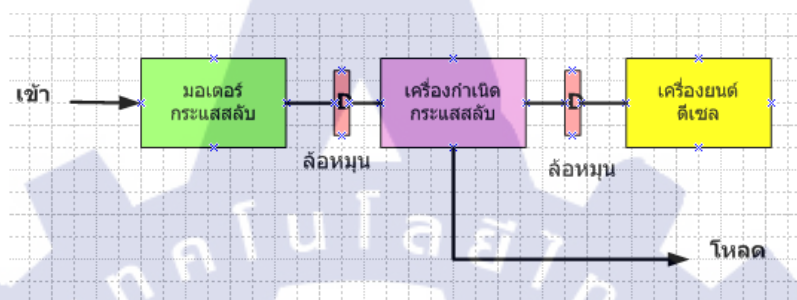


รูปที่ 22 เครื่องยูฟี่เอสโรตารีชนิดยูนิตบล็อกคอนเวอร์เตอร์

ที่มา : ถาวร อมตกิตติ. (2543). ระบบกำลังไฟฟ้าต่อเนื่อง (ยูฟี่เอส). หน้า 45.

5. เครื่องยูพีเอสโรตารีชนิดมอเตอร์ – เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบล้อยหมุนตายตัว (M – G Set, Fixed Flywheel) โดยใช้พลังงานสำรองจากเครื่องยนต์ดีเซล

เครื่องยูพีเอสโรตารีชนิดมอเตอร์ – เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบล้อยหมุนตายตัว (M – G Set, Fixed Flywheel) โดยใช้พลังงานสำรองจากเครื่องยนต์ดีเซล มีชุดขับเคลื่อนหลักอยู่ 2 ชุด ที่ถูกต่อเพลาชับเคลื่อนร่วมกัน คือ มอเตอร์และเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ โดยต่อเข้ากับล้อยหมุนอีก ตามรูปที่ 23



รูปที่ 23 เครื่องยูพีเอสโรตารีชนิดมอเตอร์ – เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบล้อยหมุนตายตัว

ที่มา : ถาวร อมตกิตติ. (2543). ระบบกำลังไฟฟ้าต่อเนื่อง (ยูพีเอส). หน้า 46.

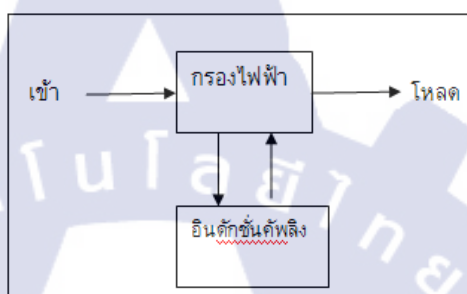
การทำงานของอุปกรณ์ คือ รับไฟฟ้ากระแสสลับเข้าที่มอเตอร์กระแสสลับ ซึ่งต่อเพลาดตรงไปขับเคลื่อนเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ ทำการผลิตกำลังไฟฟ้าขึ้นมาใหม่เพื่อจ่ายไปยังโหลดต่อไป นอกจากนั้นยังมีเครื่องยนต์ดีเซลที่ต่อเพลาดผ่านล้อยหมุนไปเข้ากับชุดมอเตอร์ – เครื่องกำเนิดไฟฟ้าข้างต้น โดยทำหน้าที่จ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับระบบในกรณีที่ไฟฟ้าเกิดขัดข้องได้ต่อเนื่องไม่ขาดตอน ทั้งนี้เนื่องจากในระหว่างที่ไฟฟ้าด้านเข้าขัดข้องก่อนที่เครื่องยนต์ดีเซล จะทำงานเต็มทีนั้น ล้อยหมุนยังคงมีพลังงานจลน์ (Kinetic Energy) ที่ยังหลงเหลืออยู่ในชุดล้อยหมุนจากการหมุนปกติ ซึ่งยูพีเอสจะใช้พลังงานสำรองจากเครื่องยนต์ดีเซล นอกจากกรองไฟฟ้า และรักษาระดับแรงดันไฟฟ้าแล้ว ยังมีความสามารถอื่นๆ ได้อีก คือ

- การเปลี่ยนความถี่ไฟฟ้า ชุดเกียร์ที่อยู่ระหว่างมอเตอร์ และเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ ทำให้สามารถเปลี่ยนความถี่ไฟฟ้าด้านเข้า 50 เฮิร์ต ไปเป็นความถี่ด้านออกตามต้องการได้ เช่น 60 เฮิร์ต หรือ 400 เฮิร์ต

- การทำงานต่อเนื่อง เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับสามารถจ่ายไฟฟ้าได้ไม่ขาดตอน แม้จะเกิดไฟฟ้าขัดข้อง เนื่องจากความเฉื่อยจากการหมุนดังกล่าว และมอเตอร์ซึ่งโครนัสจะทำงานเหมือนกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ ตามเวลาที่ตั้งไว้ 0.2-10 วินาที

6. ยูพีเอสโรตารีชนิดอินดักชันคัปปลิง (Induction Coupling) โดยใช้พลังงานสำรองจากเครื่องยนต์ดีเซล

การออกแบบยูพีเอสโรตารีชนิดอินดักชันคัปปลิง (Induction Coupling) โดยใช้พลังงานสำรองจากเครื่องยนต์ดีเซล เป็นการพัฒนาระบบขับเคลื่อนขึ้นมาให้มีลักษณะการทำงานแบบขนานคู่ไปกับระบบไฟฟ้าตามปกติ คือ ทำการขนานระบบไฟฟ้าปกติเข้ากับระบบพลังงานสำรองฉุกเฉิน ซึ่งเป็นเครื่องยนต์ดีเซลให้ทำงานได้ในกรณีที่ไฟฟ้าขัดข้อง และในภาวะปกติ ถือได้ว่าจะมีการกรองไฟฟ้าให้ได้คุณภาพที่ดี ตามรูปที่ 24



รูปที่ 24 เครื่องยูพีเอสโรตารี ชนิดอินดักชันคัปปลิง โดยใช้พลังงานสำรองจากเครื่องยนต์ดีเซล

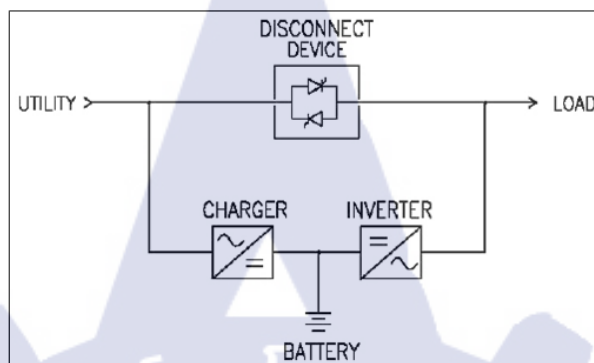
ที่มา : ถาวร อมตกิจติ. (2543). ระบบกำลังไฟฟ้าต่อเนื่อง (ยูพีเอส). หน้า 48.

ประเภทที่ 2 ยูพีเอสชนิดสแตติก มี 5 ชนิด

1. ยูพีเอสสแตติกชนิดจ่ายกำลังไฟฟ้าแบบสำรอง (Standby Power Supply : SPS)
2. ยูพีเอสสแตติกชนิดเฟอร์โรเรโซแนนซ์ (Ferroresonant : UPS)
3. ยูพีเอสสแตติกชนิดดับเบิลคอนเวอร์ชัน (Double Conversion : UPS)
4. ยูพีเอสสแตติกชนิดไลน์อินเตอร์แอคทีฟ (Line Interactive UPS or Single Conversion UPS)
5. ยูพีเอสสแตติกชนิดเดลต้าคอนเวอร์ชัน (Delta Conversion UPS)

1. ยูพีเอส สแตติกชนิดจ่ายกำลังไฟฟ้าแบบสำรอง (Standby Power Supply : SPS)
เครื่องยูพีเอสสแตติก ชนิดจ่ายกำลังไฟฟ้าแบบสำรอง บางครั้งถูกเรียกว่าเป็นชนิด “ย้ายโหลดไปข้างหน้า” (Forward Transfer Type) หรือบางครั้งเรียกเป็น “ยูพีเอสสถานะออฟไลน์” (OFF – Line UPS)

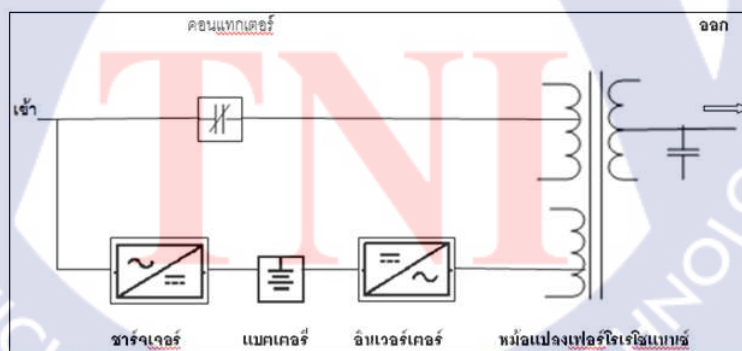
การทำงาน คือ ในสภาวะปกติ เครื่องยูพีเอสจะทำการจ่ายกำลังไฟฟ้าจากแหล่งกำเนิดไฟฟ้าปกติ ไปยังโหลดโดยตรง แต่เมื่อกรณีที่แหล่งกำเนิดไฟฟ้าปกติเกิดขัดข้องหรือผิดปกติขึ้น จึงจะจ่ายไฟจากชุดแบตเตอรี่ไปยังโหลดแทน ตามรูปที่ 25



รูปที่ 25 เครื่องยูพีเอสแบบสแตติก ชนิดจ่ายกำลังไฟฟ้าแบบสำรอง

2. ยูพีเอสแบบสแตติกชนิดเฟอร์โรเรโซแนนซ์ (Ferroresonant UPS)

เครื่องยูพีเอสแบบสแตติกชนิดเฟอร์โรเรโซแนนซ์ (Ferro Resonant) จะจ่ายไฟฟ้าตรงไปยังโหลด โดยผ่านหม้อแปลงไฟฟ้า ชนิดเฟอร์โรเรโซแนนซ์ และเมื่อกรณีระบบไฟฟ้าผิดปกติหรือขัดข้อง จึงจะจ่ายไฟจากชุดแบตเตอรี่ ไปยังโหลดโดยผ่านหม้อแปลงไฟฟ้าเฟอร์โรเรโซแนนซ์ ดังรูปที่ 26

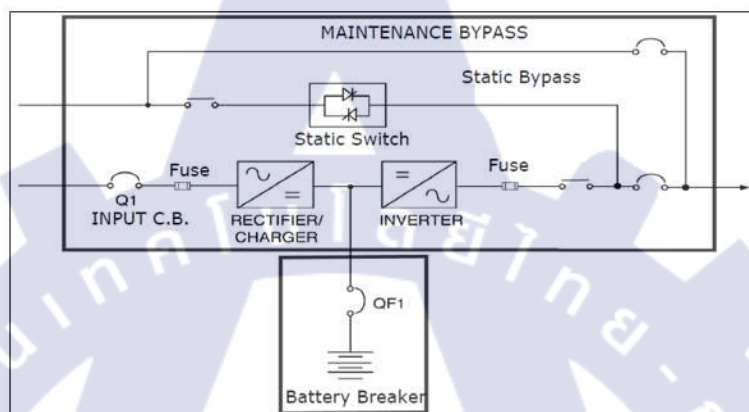


รูปที่ 26 เครื่องยูพีเอสแบบสแตติกชนิด เฟอร์โรเรโซแนนซ์

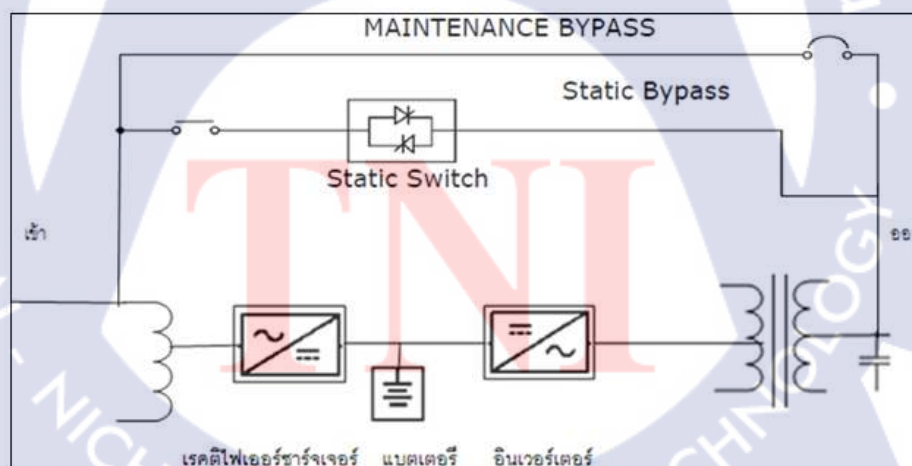
ที่มา : ถาวร อมตกิตติ. (2543). ระบบกำลังไฟฟ้าต่อเนื่อง (ยูพีเอส). หน้า 108.

3. ยูพีเอสแบบตัดกชชนิดดับเบิลคอนเวอร์ชัน (Double Conversion UPS)

เครื่องยูพีเอสแบบตัดกชชนิดดับเบิลคอนเวอร์ชัน (Double Conversion UPS) หรือเรียกว่าเป็น “ยูพีเอสสถานะออนไลน์แท้จริง” (True On – Line UPS) ยูพีเอสชนิดนี้ใช้หลักการคือ ภาวะปกติแหล่งกำเนิดไฟฟ้าจะจ่ายผ่านชุดเรกติไฟเออร์ / ชาร์จเจอร์ ไปยังชุดอินเวอร์เตอร์ และจ่ายไปยังโหลด พร้อมกับอัดไฟแบตเตอรี่ด้วย ส่วนภาวะไฟฟ้าผิดปกติ จึงจะจ่ายโหลดโดยชุดแบตเตอรี่ ตามรูปที่ 27



รูปที่ 27 เครื่องยูพีเอสแบบตัดกชชนิดดับเบิลคอนเวอร์ชัน (Double Conversion UPS)



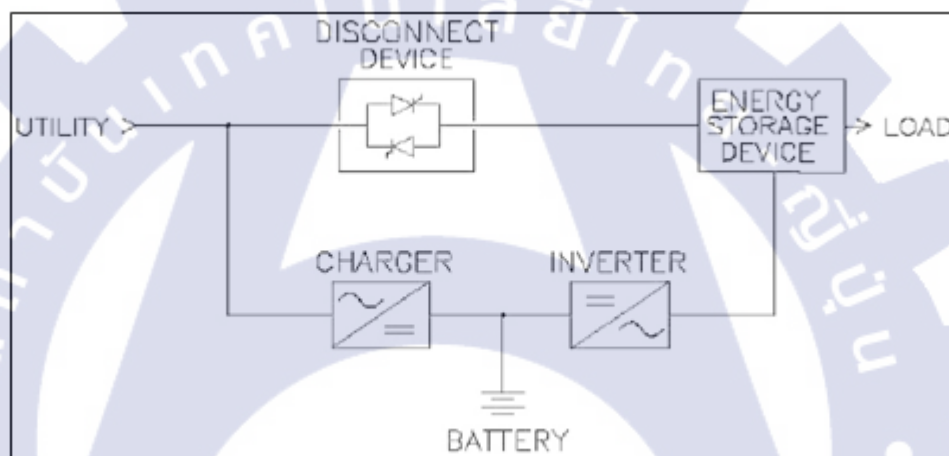
รูปที่ 28 เครื่องยูพีเอสแบบตัดกชชนิดดับเบิลคอนเวอร์ชัน

ที่มา : ถาวร อมตกิจติ. (2543). ระบบกำลังไฟฟ้าต่อเนื่อง (ยูพีเอส). หน้า 109.

4. ยูพีเอสเสตติคชนิดไลน์อินเตอร์แอคทีฟ (Line Interactive UPS or Single Conversion UPS)

เครื่องยูพีเอสเสตติคชนิดไลน์อินเตอร์แอคทีฟ (Line Interactive UPS or Single Conversion UPS) ได้ถูกพัฒนาขึ้นมาโดยอาศัยหลักการของการหน่วงเวลาของสนามแม่เหล็กที่ยังเหลืออยู่ในหม้อแปลงไฟฟ้า มาช่วยจ่ายไฟฟ้าได้อย่างต่อเนื่อง และยังใช้เทคนิคของการประหยัดพลังงาน และการใช้อุปกรณ์ร่วมมาช่วยในการใช้งาน

การทำงานในภาวะปกติ ระบบไฟฟ้าจะถูกจ่ายตรงเข้าเครื่องปรับปรุงคุณภาพไฟฟ้า (Power Conditioner) แล้วจึงจ่ายผ่านต่อไปยังหม้อแปลงไฟฟ้าแยกขดลวด (Isolation Transformer) หรือชุด Energy Storage Device และต่อไปยังโหลด ทั้งนี้ยังมีกำลังไฟฟ้าบางส่วนส่งไปให้ชุดอินเวอร์เตอร์ / ชาร์จเจอร์ ทำการอัดไฟให้กับแบตเตอรี่ ตามรูปที่ 29

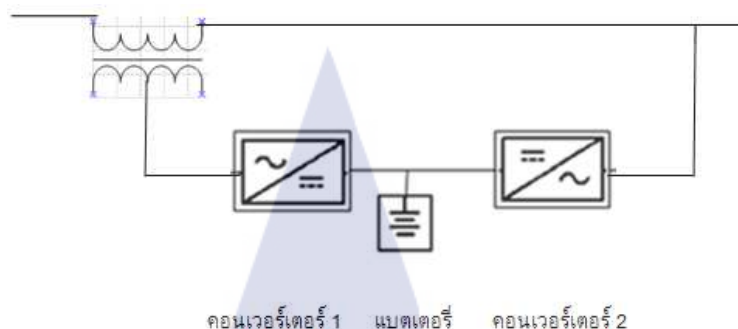


รูปที่ 29 เครื่องยูพีเอสเสตติค ชนิดไลน์อินเตอร์แอคทีฟ

5. เครื่องยูพีเอสเสตติคชนิดเดลต้าคอนเวอร์ชัน (Delta Conversion UPS)

เครื่องยูพีเอสเสตติคชนิดเดลต้าคอนเวอร์ชัน (Delta Conversion UPS) เป็นยูพีเอสที่พัฒนามาจากยูพีเอสเสตติคชนิดดับเบิลคอนเวอร์ชัน และชนิดไลน์อินเตอร์แอคทีฟ หรือ ซิงเกิลคอนเวอร์ชัน

การทำงานยูพีเอสชนิดนี้ ในภาวะปกติ จะจ่ายกำลังไฟฟ้าไปยังโหลดโดยตรง และหากกรณีแรงดันไฟฟ้าด้านเข้าสูงหรือต่ำเกินไป จะมีคอนเวอร์เตอร์ทำการลดแรงดันไฟฟ้าหรือเสริมแรงดันไฟฟ้า ให้แรงดันไฟฟ้าด้านออกอยู่ในสภาพที่ถูกต้องและเหมาะสม ส่วนในสภาวะที่ไฟฟ้าขัดข้อง จึงจะใช้พลังงานสำรองจากแบตเตอรี่จ่ายพลังงานทดแทนเข้าที่คอนเวอร์เตอร์



รูปที่ 30 เครื่องยูพีเอสแตติก ชนิดเตลต้าคอนเวอร์ชัน

ที่มา : ถาวร อมตกิตติ์. (2543). ระบบกำลังไฟฟ้าต่อเนื่อง (ยูพีเอส). หน้า 110.

การบำรุงรักษาทีผลแบบทุกคนมีส่วนร่วม (Total Productive Maintenance : TPM)

ทำไมต้องทำ TPM

เนื่องจากการบำรุงรักษาแบบดั้งเดิม ไม่ประสบความสำเร็จ ซึ่งมีสาเหตุจากการบำรุงรักษาไม่มีการวัดผลและการวางแผน รวมถึงทัศนคติของคนที่มีต่อการบำรุงรักษา ดังนั้นการทำ TPM ก็เพื่อพัฒนาเครื่องจักรอุปกรณ์ พัฒนาคน และพัฒนาองค์กร (ธานี อ่วมอ้อ. 2547)

การพัฒนาเครื่องจักรอุปกรณ์

การพัฒนาเครื่องจักรอุปกรณ์ ก็คือ การระดมให้ทุกคนมีส่วนร่วมเพื่อก่อให้เกิด

1. ประสิทธิภาพสูงสุดของเครื่องจักรอุปกรณ์ (Equipment Effectiveness)
2. ความไว้วางใจได้ในตัวเครื่องจักร (Reliability)
3. คุณภาพของชิ้นงาน (Product Quality)
4. การเพิ่มผลผลิตของเครื่องจักร (Machine Productivity)
5. ความสามารถในการใช้เครื่องจักรให้ได้ตลอดอายุการใช้งาน (Total Service Life)

การพัฒนาคน

การพัฒนาคน คือ การให้ฝ่ายต่างๆ สามารถรับผิดชอบงานของตนเองใน TPM ได้ดังต่อไปนี้

1. ผู้ใช้เครื่องสามารถบำรุงรักษาเครื่องจักรด้วยตนเอง (Autonomous Maintenance)
2. ฝ่ายผลิตสามารถลดความสูญเสียที่เกิดจากเครื่องจักรได้ (Individual Machine Improvement)
3. ฝ่ายซ่อมบำรุงสามารถบำรุงรักษาเครื่องจักรตามแผนได้ (Planned Maintenance)

4. ฝ่ายออกแบบวิจัยและพัฒนา มีการออกแบบวิจัย และพัฒนาสิ่งต่างๆ โดยคำนึงถึง การบำรุงรักษาตั้งแต่แรก (Initial Phase Management)

5. ทุกคนสามารถทำงานร่วมกันได้อย่างมีประสิทธิภาพในลักษณะของกิจกรรมกลุ่มย่อย (Small Group Activity)

การพัฒนาองค์การ

การพัฒนาเครื่องจักรอุปกรณ์และการพัฒนาคนดังกล่าว ทำให้เกิดการพัฒนางานองค์การ ในรูปของ

1. การปรับปรุงการเพิ่มผลผลิต (Productivity Improvement)
2. การปรับปรุงคุณภาพ (Quality Improvement)
3. การลดต้นทุน (Cost Reduction)
4. การส่งมอบที่ตรงเวลา (Delivery)
5. ความปลอดภัย (Safety)
- 6.ขวัญกำลังใจของพนักงาน (Morale)
7. การรักษาสิ่งแวดล้อม (Environment)

ความหมายและเป้าหมายของ TPM

การบำรุงรักษาวิธผลแบบทุกคนมีส่วนร่วม (Total Productive Maintenance : TPM) เป็นรูปแบบการบำรุงรักษาที่เป็นระบบ ประกอบด้วย การวัดผล การวางแผน การปฏิบัติการ การปรับปรุง และการป้องกัน รวมถึงการจัดฐานข้อมูลในงานบำรุงรักษา ซึ่งทุกฝ่ายจะร่วมมือกัน ปฏิบัติตามหน้าที่ที่มีการแบ่งกันไว้อย่างชัดเจน

สุรพล ราษฎร์นุ้ย (2545) การมีเป้าหมายในการจัดการสูญเสียทุกประการ หรือการสูญเสียเป็นศูนย์ หรือการทำให้ค่า OEE มีค่าสูงสุด และเป้าหมายของ TPM คือ ต้องการสร้าง บริษัทหรือองค์กรอุตสาหกรรมที่มีความแข็งแกร่ง โดยต้องทำให้บุคลากร และเครื่องจักรมีความ แข็งแกร่งขึ้นมาก่อน และ TPM จะหมายถึงการบำรุงรักษาโดย

1. ตั้งเป้าหมายเพื่อให้มีค่า OEE สูงสุด
2. จัดตั้งระบบ PM โดยรวม ซึ่งต้องมุ่งเน้นไปที่วงจรชีวิตของเครื่องจักรทั้งหมด
3. การสร้างความร่วมมือจากทุกๆ แผนก ซึ่งรวมไปถึงผู้ดำเนินการออกแบบ วิศวกรรมบำรุงรักษา และผู้ใช้เครื่องจักร
4. การที่ทุกๆ คนมีส่วนร่วม จากผู้บริหารระดับสูงสุดจนถึงพนักงานระดับปฏิบัติการ
5. ทำการจัดการ การดำเนินกิจกรรม โดยการทำงานเป็นกลุ่ม โดยมุ่งเน้นเป้าหมาย ไปที่การสูญเสียเป็นศูนย์ทั่วทั้งโรงงาน

โกศล ดีศีลธรรม (2547) การบำรุงรักษาวิธผลแบบทุกคนมีส่วนร่วม (Total Productive Maintenance) หรือ TPM เป็นการบำรุงรักษาวิธผลที่พนักงานทุกคนมีส่วนร่วม สามารถดำเนินการบำรุงรักษาด้วยตนเอง (Autonomous Maintenance) โดยมุ่งแนวคิดให้

พนักงานประจำเครื่องได้ดูแลเครื่องจักรที่ปฏิบัติงานประจำวันด้วยตนเอง โดยมีฝ่ายบำรุงรักษาเป็นผู้สนับสนุน และให้คำแนะนำ โดยคำว่า Total ใน TPM หมายถึง ความมีส่วนร่วมของพนักงานทุกคน (Total Employee Involvement) ประสิทธิภาพเครื่องจักรโดยรวม (Total Equipment Effectiveness) และระบบการบำรุงรักษาโดยรวม (Total Maintenance System)

ธานี อ่วมอ้อ (2556) ได้ให้ความหมายของ TPM ดังนี้

ความหมายของ TPM ในส่วนการผลิต

1. TPM คือ ระบบการบำรุงรักษาที่จะทำให้เครื่องจักรอุปกรณ์เกิดประสิทธิภาพสูงสุด (Overall Efficiency)
2. TPM คือ การประยุกต์ใช้ PM เพื่อให้สามารถใช้เครื่องจักรได้ตลอดอายุการใช้งาน
3. TPM คือ ระบบการบำรุงรักษาของทุกคนที่มีส่วนได้ส่วนเสียกับเครื่องจักรอุปกรณ์ ได้แก่ ผู้วางแผนการผลิต ผู้ใช้เครื่อง และฝ่ายซ่อมบำรุง
4. TPM คือ ระบบการบำรุงรักษาที่อยู่บนพื้นฐานของการมีส่วนร่วมตั้งแต่ผู้บริหารระดับสูงจนถึงผู้ใช้เครื่อง
5. TPM คือ การทำให้ทุกคนเข้ามามีส่วนร่วมในการทำ PM ในลักษณะเป็นกลุ่มย่อยหลายกลุ่ม

ความหมายของ TPM ทั้งองค์กร

1. TPM คือ ระบบการบำรุงรักษาที่ส่งเสริมให้เกิดความร่วมมือของทุกฝ่าย โดยมีความมุ่งมั่นว่าประสิทธิภาพโดยรวมของระบบการผลิตต้องสูงสุด
2. TPM คือ การทำให้เกิดระบบป้องกันเพื่อไม่ให้เกิดความสูญเสีย (Losses) เกิดขึ้นกับเครื่องจักรและผลิตภัณฑ์ ทั้งนี้ต้องทำให้เกิด “อุบัติเหตุเป็นศูนย์” “ของเสียเป็นศูนย์” และ “เครื่องเสียเป็นศูนย์”
3. TPM คือ การให้ฝ่ายผลิต ฝ่ายพัฒนา ฝ่ายบริหาร ฝ่ายขาย มาร่วมกันในการพัฒนาประสิทธิภาพโดยรวมของระบบการผลิต
4. TPM คือ ระบบการบำรุงรักษาที่อยู่บนพื้นฐานของการมีส่วนร่วมตั้งแต่ผู้บริหารระดับสูงจนถึงผู้ใช้เครื่อง
5. TPM คือ การทำให้ความสูญเสียเป็นศูนย์โดยผ่านกิจกรรมกลุ่มย่อยที่ทุกกลุ่มมีภาระงานที่คาบเกี่ยวกัน (Overlapping)

การวัดประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักร (Overall Equipment Effectiveness : OEE)

ชาญชัย พรศิริรุ่ง (2552) กล่าวว่า บริษัทที่ใช้เครื่องจักรมีมูลค่าสูงเป็นปัจจัยหลักในการผลิต ผู้บริหารมักมีคำถามว่าเครื่องจักรมีประสิทธิภาพการทำงานเป็นอย่างไร และเราใช้เครื่องจักรที่มีราคาแพงคุ้มค่ามากน้อยแค่ไหน ซึ่งในปัจจุบันมีตัวชี้วัดที่เกี่ยวข้องกับเครื่องจักร

คือการวัดประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร (Overall Equipment Effectiveness – OEE) ซึ่งเป็นตัวชี้วัดที่ครอบคลุมถึงการวัดประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักรที่เป็นการวัดในเชิงปริมาณของผลผลิตที่ควรจะได้ รวมถึงการวัดประสิทธิผลการทำงานของเครื่องจักรที่เป็นการวัดในเชิงคุณภาพของผลผลิตที่ควรจะได้ ค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรประกอบด้วยตัวแปรหลัก 3 ค่า คือ

1. อัตราการเดินเครื่อง (Availability Rate : A)
2. ประสิทธิภาพการเดินเครื่อง (Performance Efficiency : P)
3. อัตราคุณภาพ (Quality Rate : Q)

หลักการคำนวณค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร

ก่อนที่จะคำนวณหาตัวแปรดังกล่าว เราต้องทำความเข้าใจความหมายของคำนิยามที่เกี่ยวกับเวลาต่างๆ ที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต ดังนี้

- เวลาทั้งหมด (Total Available Time) : ช่วงเวลาทำงานทั้งหมดในการทำงาน เช่น 1 กะ , 1 วัน หรือ 1 สัปดาห์ เป็นต้น

เวลาทั้งหมด (Total Available Time)

- เวลาบริการงาน (Loading Time) : เวลาที่ต้องการให้เครื่องจักรทำงานได้ ซึ่งเป็นเวลาทั้งหมดหักด้วยเวลาหยุดตามแผน

เวลาบริการงาน (Loading Time)

หยุดตามแผน

- เวลาเดินเครื่อง (Operating Time) : เวลาที่เครื่องจักรทำงานได้ ซึ่งเป็นเวลาภาระงานหักด้วยเวลาที่สูญเสียจากเครื่องจักรหยุด เช่นการขัดข้องของเครื่องจักร การสูญเสียในการปรับตั้ง ปรับแต่ง

เวลาเดินเครื่อง (Operating Time)

เครื่องจักรหยุด

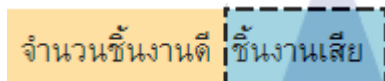
- เวลาเดินเครื่องสุทธิ (Net Operating Time) : เวลาที่ต้องใช้เดินเครื่องจักรตามทฤษฎีเมื่อต้องการผลิตชิ้นงานตามจำนวนที่กำหนด

เวลาเดินเครื่องสุทธิ

สูญเสียความเร็ว

(Net Operating Time)

- จำนวนชิ้นงานทั้งหมด (Output) : จำนวนชิ้นงานที่ผลิตได้ทั้งหมด รวมทั้งของดี และของเสีย



เมื่อทำความเข้าใจกับคำนิยามเวลาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตแล้ว เราจะสามารถคำนวณค่าตัวแปรหลัก 3 ค่า และค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรได้ตามสูตรคำนวณดังนี้

- อัตราการเดินเครื่อง (Availability Rate : A) คือ ความพร้อมของเครื่องจักรในการทำงาน เป็นการเปรียบเทียบระหว่างเวลาเดินเครื่อง (Operating Time) กับเวลาให้บริการงาน (Loading Time)

$$\begin{aligned}\text{อัตราการเดินเครื่อง} &= \frac{\text{เวลารับภาระงาน} - \text{เวลาที่เครื่องจักรหยุด}}{\text{เวลารับภาระงาน}} \\ &= \frac{\text{เวลาเดินเครื่อง}}{\text{เวลารับภาระงาน}}\end{aligned}$$

การสูญเสียเวลาที่เครื่องจักรหยุด (Downtime Loss) มีสาเหตุมาจากความสูญเสียเนื่องจากเครื่องจักรขัดข้อง (Machine Breakdowns) และความสูญเสียจากการปรับตั้งปรับแต่ง (Setup and Adjustments)

- ประสิทธิภาพการเดินเครื่อง (Performance Efficiency : P) คือ สมรรถนะการทำงานของเครื่องจักร โดยเปรียบเทียบระหว่างเวลาเดินเครื่องสุทธิ (Net Operating Time) กับเวลาเดินเครื่อง (Operating Time)

$$\begin{aligned}\text{ประสิทธิภาพการเดินเครื่อง} &= \frac{\text{เวลามาตรฐาน} \times \text{จำนวนชิ้นงานที่ผลิตได้}}{\text{เวลาเดินเครื่อง}} \\ &= \frac{\text{เวลาเดินเครื่องสุทธิ}}{\text{เวลาเดินเครื่อง}}\end{aligned}$$

การสูญเสียด้านประสิทธิภาพ (Performance Loss) มีสาเหตุมาจากความสูญเสียเนื่องจากการหยุดเล็กๆ น้อยๆ การเดินเครื่องตัวเปล่า (Minor Stoppage and Idling Losses) และความสูญเสียความเร็วของเครื่องจักร (Speed Losses)

- อัตราคุณภาพ (Quality Rate : Q) คือ ความสามารถในการผลิตของดีให้ตรงตามข้อกำหนดของเครื่องจักร และตามข้อกำหนดของลูกค้าต่อจำนวนของที่ผลิตได้ทั้งหมด

$$\begin{aligned}
 \text{อัตราคุณภาพ} &= \frac{\text{จำนวนชิ้นงานทั้งหมด} - \text{จำนวนชิ้นงานเสีย}}{\text{จำนวนชิ้นงานทั้งหมด}} \\
 &= \frac{\text{จำนวนชิ้นงานดี}}{\text{จำนวนชิ้นงานทั้งหมด}}
 \end{aligned}$$

การสูญเสียด้านคุณภาพ (Quality Loss) มีสาเหตุมาจากความสูญเสีย เนื่องจากงานเสีย (Defects) งานซ่อม (Rework) และความสูญเสียช่วงเริ่มต้นการผลิต (Start Up Loss)

■ ค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร (Overall Equipment Effectiveness : OEE) คือค่าที่ได้จากผลคูณระหว่างอัตราการเดินเครื่อง ประสิทธิภาพการเดินเครื่อง และอัตราคุณภาพ ซึ่งแสดงถึงความพร้อมของเครื่องจักรในการใช้งานว่าเป็นอย่างไร การเดินเครื่องจักรเต็มความสามารถหรือไม่ มีการผลิตชิ้นงานเสียมากน้อยเท่าไร ดังนั้นค่าประสิทธิผลโดยรวมจะเท่ากับ

$$\begin{array}{ccc}
 \text{อัตราการเดินเครื่อง} & \times & \text{ประสิทธิภาพการเดินเครื่อง} & \times & \text{อัตราคุณภาพ} \\
 (\text{Availability Rate}) & & (\text{Performance Efficiency}) & & (\text{Quality Rate})
 \end{array}$$

แปดเสาหลักของ TPM

1. การปรับปรุงเฉพาะเรื่อง (Individual Improvement)
2. การบำรุงรักษาด้วยตนเอง (Autonomous Maintenance)
3. การบำรุงรักษาตามแผน (Planned Maintenance)
4. การศึกษาและฝึกอบรมเพื่อเพิ่มทักษะการทำงานและการบำรุงรักษา (Operation and Maintenance Development)
5. การคำนึงถึงการบำรุงรักษาตั้งแต่ขั้นการออกแบบ (Initial Phase Management)
6. ระบบการบำรุงรักษาเพื่อคุณภาพ (Quality Maintenance)
7. ระบบการทำงานของฝ่ายบริหารที่ตระหนักถึงประสิทธิภาพการผลิตหรือเรียกว่า TPM ในสำนักงาน (TPM in Office)
8. ระบบชีวอนามัย ความปลอดภัย และสิ่งแวดล้อมภายในโรงงาน (Safety, Hygiene and Working Environment) (ธานี อ่วมอ้อ. 2556)

ในเสาหลักที่ 1, 2 และ 3 เป็นเสาหลักที่ต้องดำเนินการให้เกิด TPM ในส่วนผลิต โดยก่อนเริ่มดำเนินการและขณะดำเนินการต้องมีการฝึกอบรมและพัฒนาทักษะอยู่ตลอดเวลา ซึ่งถือเป็นหน้าที่ในเสาหลักที่ 4 ส่วนเสาหลักที่ 5 ถือเป็นขั้นสูงของ TPM ในส่วนผลิต เนื่องจากเป็น การปลูกฝังการบำรุงรักษาให้ติดไปกับเครื่องจักรอุปกรณ์ วัตถุดิบ กรรมวิธีการผลิต วิธีการ

ทำงาน รวมถึงการออกแบบและวางแผนผังโรงงานหรือกระบวนการ สำหรับในเสาหลักที่ 6, 7 และ 8 เป็นเสาหลักที่ดำเนินการเพื่อย้าย TPM จากส่วนผลิตไปสู่ TPM ทั่วทั้งองค์กร

บทบาทและหน้าที่ของฝ่ายต่าง ๆ

แม้ว่ากิจกรรมส่วนใหญ่ของ TPM จะต้องปฏิบัติโดยฝ่ายผลิต และฝ่ายซ่อมบำรุง แต่ก็มีความคิดที่ผิดถ้าจะให้ทั้งสองฝ่ายดังกล่าวทำกิจกรรมทั้งหมด เสาหลักของ TPM ควรจะมีการดำเนินการในลักษณะของกิจกรรมกลุ่มย่อยที่มีสมาชิกมาจากทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้องตามลักษณะของเสาหลักนั้นๆ (ธานี อ่วมอ้อ. 2547)

1. การปรับปรุงเฉพาะเรื่อง (Individual Improvement)

ตารางที่ 6 บทบาทและหน้าที่ของฝ่ายต่างๆ กับกิจกรรม 8 เสาหลัก TPM

ผู้รับผิดชอบ	เป้าหมาย	บทบาทและหน้าที่
ผู้จัดการและหัวหน้างานในสายการผลิต	- ปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตให้อยู่ในระดับสูงสุดอยู่เสมอ - เครื่องจักรเสียเป็นศูนย์และของเสียเป็นศูนย์	- กำจัดความสูญเสีย - คำนวณค่า OEE ของแต่ละสายการผลิตหรือของแต่ละผลิตภัณฑ์ พร้อมทั้งทำการตั้งเป้าหมาย - วิเคราะห์ปัจจัยต่างๆ ที่ทำให้ OEE ต่ำ - ทำการวิเคราะห์ด้วยหลัก P-M เพื่อกำจัดความเสียหายแบบเรื้อรัง - เฝ้าติดตามว่า แต่ละช่วงเวลาเครื่องจักรควรได้รับการปรับปรุงอย่างไร

2. การบำรุงรักษาด้วยตนเอง (Autonomous Maintenance)

ตารางที่ 6 บทบาทและหน้าที่ของฝ่ายต่างๆ กับกิจกรรม 8 เสาหลัก TPM (ต่อ)

ผู้รับผิดชอบ	เป้าหมาย	บทบาทและหน้าที่
ผู้ใช้เครื่องและหัวหน้างานในสายการผลิต	• ผู้ใช้เครื่องมีความรู้และความเข้าใจในกลไกของเครื่อง • ผู้ใช้เครื่องสามารถบำรุงรักษาเครื่องจักรได้ด้วยตนเอง	ปฏิบัติตาม 7 ขั้นตอนของการบำรุงรักษาด้วยตนเอง 1. การทำความสะอาดแบบตรวจสอบ 2. กำจัดจุดยากลำบากและแหล่งกำเนิดปัญหา 3. การเตรียมมาตรฐานการบำรุงรักษาด้วยตนเอง 4. การตรวจสอบโดยรวม 5. การตรวจสอบด้วยตนเอง 6. การจัดทำเป็นมาตรฐาน 7. การปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง

3. การบำรุงรักษาตามแผน (Planned Maintenance)

ตารางที่ 6 บทบาทและหน้าที่ของฝ่ายต่างๆ กับกิจกรรม 8 เสาหลัก TPM (ต่อ)

ผู้รับผิดชอบ	เป้าหมาย	บทบาทและหน้าที่
ผู้จัดการและหัวหน้างานในฝ่ายซ่อมบำรุง	• เพิ่มประสิทธิภาพของงานซ่อมบำรุง เพื่อไม่ให้เกิดความสูญเสียในกระบวนการผลิต	• จัดทำแผนการบำรุงรักษาประจำวัน • จัดทำแผนการบำรุงรักษาตามระยะเวลา • จัดทำแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน • ยึดอายุการใช้งานของเครื่องจักร • ควบคุมการเปลี่ยนชิ้นส่วนตามคาบเวลาที่กำหนด • วิเคราะห์ความเสียหายที่เกิดขึ้นและหาทางป้องกัน • ควบคุมการหล่อลื่น

4. การศึกษาและฝึกอบรมเพื่อเพิ่มทักษะการทำงานและการบำรุงรักษา (Operation and Maintenance Skill Development)

ตารางที่ 6 บทบาทและหน้าที่ของฝ่ายต่างๆ กับกิจกรรม 8 เสาหลัก TPM (ต่อ)

ผู้รับผิดชอบ	เป้าหมาย	บทบาทและหน้าที่
ผู้ใช้เครื่อง และพนักงานซ่อมบำรุง	ยกระดับความสามารถในทางเทคนิคของทั้งผู้ใช้เครื่องและช่างซ่อมบำรุง	ฝึกอบรมในหัวข้อต่อไปนี้ - การบำรุงรักษาเบื้องต้น - การขันแน่นและการปรับแต่ง - การใช้งานของเครื่อง - การบำรุงรักษาเบรค - การบำรุงรักษาระบบส่งกำลัง - การบำรุงรักษาระบบไฮดรอลิกส์และระบบนิวเมติกส์ - การบำรุงรักษาระบบควบคุมด้วยไฟฟ้า

5. การคำนึงถึงการบำรุงรักษาตั้งแต่ขั้นการออกแบบ (Initial Phase Management)

ตารางที่ 6 บทบาทและหน้าที่ของฝ่ายต่างๆ กับกิจกรรม 8 เสาหลัก TPM (ต่อ)

ผู้รับผิดชอบ	เป้าหมาย	บทบาทและหน้าที่
- ผู้จัดการฝ่ายวิจัยและพัฒนา - วิศวกรการผลิต - วิศวกรซ่อมบำรุง	- พัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ให้ดีขึ้น - ออกแบบอุปกรณ์เครื่องมือให้ใช้งานได้เร็วขึ้น - ผลิตภัณฑ์ใหม่ และเครื่องจักรใหม่ ต้องบำรุงรักษาได้ง่าย	- ตั้งเป้าหมายของการออกแบบและพัฒนา - ออกแบบโดยการคำนึงถึงเครื่องจักรที่ต้อง -ทำการผลิตได้ง่าย -คุณภาพคงที่ -ใช้ง่าย -บำรุงรักษาได้ง่าย -มีความน่าเชื่อถือ - ศึกษาค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานของเครื่อง - ทบทวนแบบของผลิตภัณฑ์และเครื่องจักรอยู่เสมอ

6. ระบบการบำรุงรักษาเพื่อคุณภาพ (Quality Maintenance)

ตารางที่ 6 บทบาทและหน้าที่ของฝ่ายต่างๆ กับกิจกรรม 8 เสาหลัก TPM (ต่อ)

ผู้รับผิดชอบ	เป้าหมาย	บทบาทและหน้าที่
- ผู้จัดการฝ่ายประกันคุณภาพ - วิศวกรการผลิต - หัวหน้าสายการผลิต	เครื่องจักรต้องไม่ใช่สาเหตุที่ทำให้เกิดของเสีย หรือ “การผลิตของเสียเป็นศูนย์”	- ทบทวนมาตรฐานคุณภาพและข้อกำหนดทางเทคนิคที่ทำได้กับลูกค้า - ประกันคุณภาพทุกขั้นตอนไม่ว่าจะเป็นกระบวนการ วัตถุดิบ พลังงาน อุปกรณ์ หรือวิธีการ - หาสาเหตุที่ทำให้คุณภาพเกิดความผิดปกติ - จัดทำมาตรฐานการตรวจสอบในจุดต่างๆ เครื่องที่มีผลต่อคุณภาพ

7. ระบบการทำงานของฝ่ายบริหารที่ตระหนักถึงประสิทธิภาพการผลิต หรือเรียกว่า TPM ในสำนักงาน (TPM in Office)

ตารางที่ 6 บทบาทและหน้าที่ของฝ่ายต่างๆ กับกิจกรรม 8 เสาหลัก TPM (ต่อ)

ผู้รับผิดชอบ	เป้าหมาย	บทบาทและหน้าที่
ผู้จัดการ และพนักงานในฝ่ายขาย และฝ่ายบริหาร	- กำจัดความสูญเสียที่เกิดจากการประสานงานระหว่างฝ่าย - จัดทำงานบริการด้านธุรการให้มีประสิทธิภาพสูงสุด - สนับสนุนและอำนวยความสะดวกให้กับฝ่ายผลิต	การบำรุงรักษาด้วยตนเองในสำนักงาน 1.ทำความสะอาดอุปกรณ์เครื่องใช้สำนักงาน 2.พัฒนากระบวนการทำงานให้มีประสิทธิภาพ 3.จัดทำเป็นมาตรฐาน 4.ปรับทัศนคติว่า “ต้องทำทุกอย่างที่ฝ่ายผลิตต้องการ” การปรับปรุงเฉพาะเรื่อง 1.ลดเวลางานด้านบัญชี 2.ปรับปรุงระบบการจัดส่ง 3.ปรับปรุงระบบจัดซื้อและจัดจ้าง

8. ระบบชีวอนามัยความปลอดภัย และสิ่งแวดล้อมภายในโรงงาน (Safety, Hygiene and Working Environment)

ตารางที่ 6 บทบาทและหน้าที่ของฝ่ายต่างๆ กับกิจกรรม 8 เสาหลัก TPM (ต่อ)

ผู้รับผิดชอบ	เป้าหมาย	บทบาทและหน้าที่
- คณะกรรมการมาตรฐานแรงงานของโรงงาน - เจ้าหน้าที่ความปลอดภัย	- อุบัติเหตุเป็นศูนย์ - พัฒนาคุณภาพชีวิตในการทำงานและความปลอดภัยในโรงงาน	- เก็บข้อมูลและจัดทำสถิติการเกิดอุบัติเหตุ - การวิเคราะห์การปฏิบัติงานเพื่อหาขั้นตอนที่อาจเกิดอันตราย - จัดมลภาวะในสถานที่ทำงาน - วัดอัตราการอนุรักษ์พลังงาน - ส่งเสริมให้พนักงานมีสุขภาพที่ดีด้วยกิจกรรมต่างๆ - สร้างบรรยากาศที่น่าทำงาน

สิบสองขั้นตอนของ TPM

สิบสองขั้นตอนของ TPM ที่จะกล่าวถึงในส่วนนี้ คือ ขั้นตอนของการนำ TPM ไปใช้ทั่วทั้งองค์กร หรือที่เรียกว่า Company-wide TPM แบ่งการดำเนินการออกเป็นขั้นหลักๆ ดังต่อไปนี้

- ขั้นเตรียมการ ได้แก่ ขั้นตอนที่ 1 ถึงขั้นตอนที่ 6
- ขั้นปฏิบัติการ ได้แก่ ขั้นตอนที่ 7 และขั้นตอนที่ 8
- ขั้นการปรับปรุงและยกระดับ ได้แก่ ขั้นตอนที่ 9 ถึงขั้นตอนที่ 12

ห้าเสาหลักของ TPM ในส่วนการผลิตและสามเสาหลักของการขยายสู่ TPM ทั่วทั้งองค์กร

ในขั้นการปฏิบัติ ก็คือ การทำ TPM เฉพาะในส่วนการผลิตตาม 5 เสาหลักต่อไปนี้

1. การปรับปรุงเฉพาะเรื่อง
2. การบำรุงรักษาด้วยตนเอง
3. การบำรุงรักษาตามแผน
4. การพัฒนาทักษะการปฏิบัติงานและการบำรุงรักษา

5. การคำนึงถึงการบำรุงรักษาตั้งแต่ขั้นของการออกแบบ และเมื่อดำเนินการจนสามารถเพิ่มประสิทธิภาพของการผลิตได้ TPM ในส่วนของการผลิตก็จะขยายไปสู่ TPM ทั่วทั้งองค์กร จำนวนของเสาหลักก็จะเพิ่มขึ้นมาเป็น 8 เสาหลักอันประกอบไปด้วย

6. ระบบการบำรุงรักษาเพื่อคุณภาพ
7. ระบบการทำงานของฝ่ายบริหารที่ตระหนักถึงประสิทธิภาพการผลิต (TPM ในสำนักงาน)
8. ระบบชีวอนามัย ความปลอดภัย และสิ่งแวดล้อมภายในโรงงาน

ตารางที่ 7 หัวเสาหลักของ TPM ในส่วนการผลิต และสามเสาหลักของการขยายสู่ TPM ทั่วทั้งองค์กร

ขั้นเตรียมการ
ขั้นตอนที่ 1 : ประกาศการตัดสินใจของผู้บริหารสูงสุดในการนำ TPM มาใช้ การประกาศการตัดสินใจของผู้บริหารสามารถทำได้โดยผ่านการสื่อสารรูปแบบต่างๆ ที่มีการใช้กันภายในบริษัท เช่น การประชุม การจัดบอร์ดเผยแพร่หนังสือ และนิตยสารภายใน
ขั้นตอนที่ 2 : ฝึกอบรมให้ความรู้และการเชิญชวน จัดฝึกอบรมหลักสูตร TPM ให้กับพนักงานในระดับต่างๆ รวมถึงการศึกษาดูงานนอกสถานที่ หรือการส่งพนักงานเข้าร่วมฝึกอบรมที่หน่วยงานอื่นเป็นผู้จัด
ขั้นตอนที่ 3 : จัดตั้งคณะกรรมการรณรงค์ส่งเสริม TPM และฝังการบริหาร TPM จัดตั้งคณะทำงานในระดับต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นระดับองค์กร ระดับโรงงาน ระดับแผนก หรือระดับกลุ่มย่อย โดยทั้งหมดต้องนำมาจัดทำเป็นผังบริหารกิจกรรม TPM
ขั้นตอนที่ 4 : กำหนดปรัชญา นโยบาย และเป้าหมาย TPM การกำหนดปรัชญา นโยบาย และเป้าหมายของ TPM สามารถทำได้โดยเทียบเคียงกับอุตสาหกรรมใกล้เคียงหรือกำหนดขึ้นเอง โดยพิจารณาจากสภาพแวดล้อมในปัจจุบัน
ขั้นตอนที่ 5 : จัดทำแผนแม่บท TPM คือ การจัดความสมดุลของเป้าหมายทางด้านระยะเวลาดำเนินการให้เข้ากับเสาหลักทั้งแปดของ TPM
ขั้นตอนที่ 6 : จัดพิธีเปิด TPM อย่างเป็นทางการ จัดพิธีเปิดโดยการเชิญลูกค้า บริษัทในเครือ หรือบริษัทพันธมิตรเข้าร่วมพิธีด้วย

ตารางที่ 7 หัวเสาหลักของ TPM ในส่วนการผลิต และสามเสาหลักของการขยายสู่ TPM ทั้งหมด
องค์กร (ต่อ)

ขั้นการปฏิบัติ	
ขั้นตอนที่ 7: การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต	
	ขั้นตอนที่ 7.1 : การปรับปรุงเฉพาะเรื่อง (เสาหลักที่ 1) โดยทีมเฉพาะกิจและทีมกิจกรรมกลุ่มบำรุงรักษา ขั้นตอนที่ 7.2 : การบำรุงรักษาด้วยตนเอง (เสาหลักที่ 2) ดำเนินการ 7 ขั้นตอนของการบำรุงรักษาด้วยตนเอง และการประกวดกิจกรรมกลุ่มบำรุงรักษาด้วยตนเอง ขั้นตอนที่ 7.3 : การบำรุงรักษาตามแผน (เสาหลักที่ 3) การเตรียมพร้อมรับความเสียหาย การป้องกันความเสียหาย การพัฒนาและปรับปรุงเครื่องจักร ขั้นตอนที่ 7.4 : การพัฒนาทักษะการทำงานและการบำรุงรักษา (เสาหลักที่ 4) จัดให้มีการพัฒนาทักษะการทำงาน และการบำรุงรักษาทักษะต่างๆ เช่น ทักษะด้านการบำรุงรักษาเบื้องต้น การปรับแต่ง และตรวจเช็คหลังการทำงานของเครื่องจักรอุปกรณ์ต่าง ๆ เป็นต้น
ขั้นตอนที่ 8: การคำนึงถึงการบำรุงรักษาตั้งแต่ขั้นการออกแบบ (เสาหลักที่ 5)	
ขั้นปรับปรุงและยกระดับ TPM	
ขั้นตอนที่ 9 : จัดทำระบบการบำรุงรักษาเพื่อคุณภาพ (เสาหลักที่ 6) สร้างเงื่อนไขการผลิตที่จะไม่ทำให้เกิดของเสีย และการบำรุงรักษาเพื่อรักษาสภาพเงื่อนไขดังกล่าวไว้	
ขั้นตอนที่ 10 : จัดทำ TPM ในสำนักงาน (เสาหลักที่ 7) สนับสนุนกิจกรรมของฝ่ายผลิต และปรับปรุงประสิทธิภาพของงานธุรการในส่วนที่เกี่ยวข้องกับเครื่องจักรอุปกรณ์	
ขั้นตอนที่ 11 : จัดทำระบบชีวอนามัย ความปลอดภัย และสิ่งแวดล้อมภายในโรงงาน (เสาหลักที่ 8) รณรงค์ให้เกิด “อุบัติเหตุเป็นศูนย์” และ “มลพิษเป็นศูนย์”	
ขั้นตอนที่ 12 : ทำทุกอย่างให้สมบูรณ์และยกระดับ TPM การขอรับรองผลจากสถาบันต่างๆ และการตั้งเป้าหมายให้สูงขึ้น	

การจัดทำระบบไฟฟ้าที่เชื่อถือ (Reliability) ได้สำหรับโหนดวิกฤติ

หลักการออกแบบระบบการจ่ายพลังงานไฟฟ้า (Power Distribution System) ที่ดีที่สุดสำหรับอาคารหลังหนึ่งๆ คือ ระบบจ่ายพลังงานไฟฟ้าอย่างปลอดภัย และเพียงพอสำหรับโหนดในปัจจุบันและอนาคต ดังนั้นผู้ออกแบบจะต้องวิเคราะห์ความต้องการอย่างรอบคอบ แล้วนำข้อสรุปมาออกแบบระบบไฟฟ้านั้นๆ ปัจจัยพื้นฐานสำหรับการออกแบบระบบไฟฟ้า คือ

1. ความปลอดภัย (Safety) ความปลอดภัยช่วยทำให้อายุของอุปกรณ์ไฟฟ้ายืนยาวขึ้นและเป็นสิ่งสำคัญสำหรับการออกแบบระบบไฟฟ้า จะต้องไม่ทำให้เกิดอันตรายต่อบุคคล สิ่งที่ต้องพิจารณาคือ การเลือกชนิดของวัสดุตามมาตรฐานและอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้

2. ความเชื่อถือได้ (Reliability) ในบางครั้งระบบไฟฟ้าอาจจะตัดกระแสไฟฟ้าใน ขณะที่เราต้องการใช้พลังงานอย่างต่อเนื่อง ดังนั้นการออกแบบระบบไฟฟ้าจะต้องทำให้ จุดบกพร่องเหล่านี้เกิดขึ้นน้อยที่สุด เพื่อให้วางใจในระบบได้สูงสุดและมีราคาพอสมควร

3. ความง่ายในการใช้งาน (Simplicity of Operation) ความง่ายในการใช้งานนับเป็น สิ่งสำคัญมากเพื่อความปลอดภัยและสามารถทำงานเชื่อถือได้ ข้อสำคัญ คือ การทำงานของ ระบบจะต้องพยายามทำให้เป็นแบบง่ายที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้และให้ตรงความต้องการของ การผลิต

4. ความสม่ำเสมอของแรงดัน (Voltage Regulation) แรงดันที่ไม่สม่ำเสมอจะทำให้ อายุของอุปกรณ์ไฟฟ้าสั้นลง แรงดันที่เป็นประโยชน์ต่ออุปกรณ์ไฟฟ้าจะต้องรักษาไม่ให้เกิน ขีดจำกัดภายใต้สภาวะโหลดปกติ

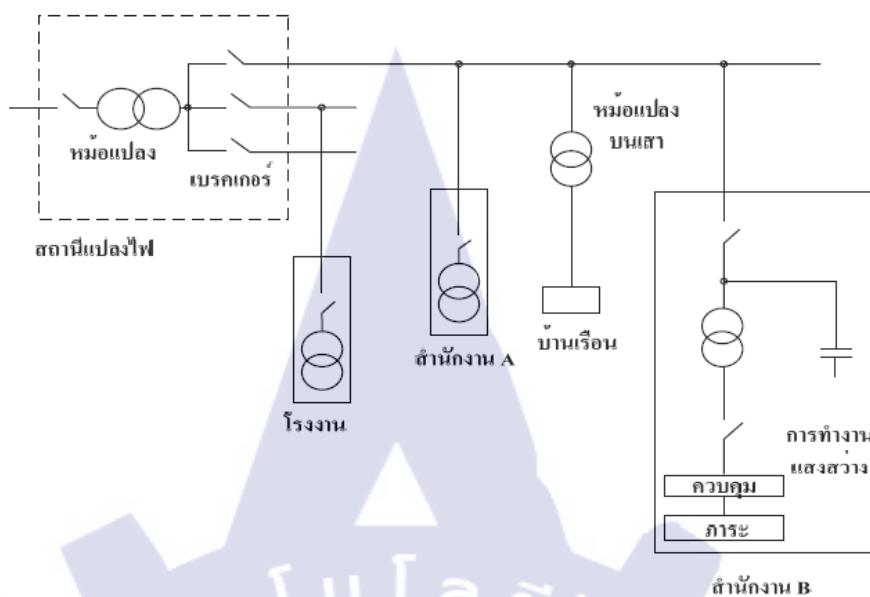
5. การดูแลรักษา (Maintenance) ในการออกแบบระบบไฟฟ้า จะต้องให้ระบบจ่าย ไฟฟ้าสามารถดูแลรักษา ตรวจสอบ ซ่อมแซม และทำความสะอาดได้ง่าย

6. ความคล่องตัว (Flexibility) ระบบไฟฟ้าจะต้องสามารถดัดแปลง ปรับปรุง และ ขยายได้ในอนาคต ข้อที่จำเป็นต้องพิจารณาคือ แรงดันไฟฟ้า และเผื่อที่ว่างสำหรับอุปกรณ์ ไฟฟ้าให้เหมาะสมกับโหลดที่จะเพิ่มขึ้น

7. ค่าใช้จ่ายเริ่มต้น (First Cost) นับเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับความปลอดภัย ความ เชื่อถือได้ ความสม่ำเสมอของแรงดัน การดูแลรักษา และเพื่อการขยายในอนาคต ดังนั้นจะต้อง พิจารณาเลือกแบบที่ดีที่สุดเพื่อลดต้นทุน

ระบบการจ่ายไฟฟ้าในโรงงาน /อาคาร (Power Distribution System in Factory/ Building)

1. ระบบจ่ายไฟฟ้า แผนผังระบบจ่ายไฟฟ้าแสดงไว้ในรูปที่ 31



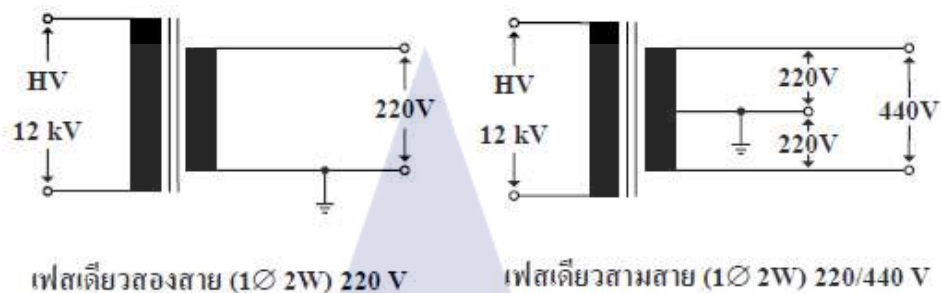
รูปที่ 31 แผนผังระบบการจ่ายไฟฟ้าทั่วไป

ระบบจ่ายไฟฟ้าเริ่มจากสถานีย่อยซึ่งมีสายไฟฟ้าหลายเส้นต่อผ่านเซอร์กิตเบรกเกอร์ออกมาสู่ลูกค้าที่บริเวณต่างๆ สายจ่ายไฟฟ้าจะต่อเข้ากับอุปกรณ์รับไฟฟ้าของโรงงานหรืออาคารสำนักงาน อุปกรณ์รับไฟฟ้าแต่ละตัวจะมีอุปกรณ์ป้องกันต่ออยู่ เมื่อเกิดอุบัติเหตุหรือเกิดลัดวงจรขึ้น เบรกเกอร์จะทำการตัดไฟฟ้าเพื่อแยกอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นและจำกัดความเสียหายไว้เฉพาะอุปกรณ์ที่เกิดอุบัติเหตุเท่านั้น

2. ระบบจำหน่ายแรงต่ำ

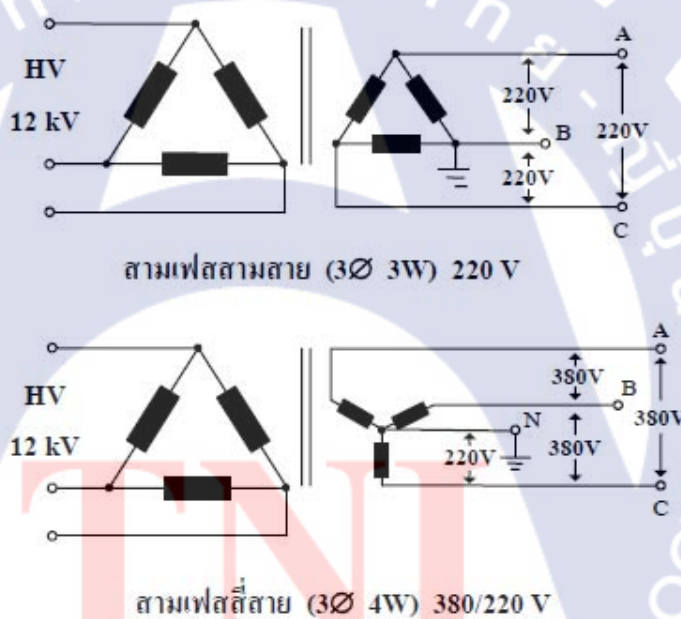
ระดับแรงดันมาตรฐานของระบบจำหน่ายแรงต่ำในประเทศไทยแบ่งออกเป็นระบบจำหน่ายเฟสเดียว (Single Phase) และระบบจำหน่ายสามเฟส (Three Phase)

(1) ระบบจำหน่ายเฟสเดียว จะจำหน่ายเป็นชนิดเฟสเดียวสองสาย (1Φ 2W) 220 V และชนิดเฟสเดียวสามสาย (1Φ 3W) 220/440 V ดังรูปที่ 32



รูปที่ 32 ระบบจำหน่ายไฟฟ้าเฟสเดียว

(2) ระบบจำหน่ายสามเฟส จะจำหน่ายเป็นชนิดสามเฟสสามสาย (3Φ 3W) 220 V และชนิดสามเฟสสามสาย (3Φ 4W) 380/220 V ดังรูปที่ 33



รูปที่ 33 ระบบจำหน่ายไฟฟ้าสามเฟส

ความน่าเชื่อถือ (Reliability)

จากการศึกษาว่าระบบและอุปกรณ์จะสามารถทำงานได้โดยมีความต่อเนื่องไม่ชำรุดในช่วงเวลาที่กำหนดคือการศึกษารื่องของความน่าเชื่อถือ (Reliability) และในระบบที่มีความยุ่งยากสลับซับซ้อนใดๆ ก็ตามก็จะสามารถแบ่งการประกอบและต่อเข้ากันเป็นระบบได้ คือ (สุรพล ราษฎร์นุ้ย. 2545)

1. การต่อแบบอนุกรม (Series)
2. การต่อแบบขนาน (Parallel)
3. การมีระบบสำรอง (Stand-By)
4. การผสมผสานของวิธีการทั้งสามวิธีข้างต้น (Combinations of the Above)

แนวคิดเบื้องต้น 4 ประการ ในการวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือของระบบ คือ

1. ระบบย่อยจะมีส่วนย่อยที่ประกอบขึ้นเป็นระบบเพื่อทำงานตามวัตถุประสงค์นั้น ค่าของความน่าเชื่อถือของชิ้นส่วนย่อยๆ (Individual Reliability) สามารถจะถูกคาดคะเนและคำนวณได้ ในแต่ละชุดอุปกรณ์

2. รูปแบบการต่อเข้ากันของอุปกรณ์ย่อย สามารถเขียนแทนได้ด้วยแผนผังแบบกล่อง (Block Diagram) หรือแผนผังวงจร (Circuit Diagram)

3. สภาวะที่ระบบจะทำงานได้หรือไม่ได้ สามารถวิเคราะห์ออกมาได้ เช่น ต้องให้ทุกๆ ระบบย่อยทำงานทั้งหมดหรือมีเพียงบางชุดของระบบย่อยทำงานได้

4. กฎเกณฑ์ของความน่าจะเป็นทางสถิติหรือที่เรียกว่า ผลคูณรวมของความน่าจะเป็น (Product Combination Rules) สามารถนำมาค้นคว้าหาค่าความน่าเชื่อถือโดยรวม (Overall Reliability) ของระบบได้

1. การต่อกันแบบอนุกรม (กรณีค่าความน่าเชื่อถือมีค่าคงที่)

ระบบโดยทั่วๆ ไปจะประกอบไปด้วยอุปกรณ์ระบบย่อยต่อกันใช้ในลักษณะเป็นอนุกรม ซึ่งหมายความว่าถ้าส่วนหนึ่งในระบบย่อยชำรุด ระบบก็จะไม่ทำงาน หรืออีกความหมายก็คือ ระบบจะทำงานก็ต่อเมื่อแต่ละระบบย่อยที่ต่อเข้ากันด้วยต้องทำงานได้ทุกๆ ระบบ ดังนั้นในแง่ของการอยู่รอดของระบบที่ต่อกันแบบอนุกรม (Series) แล้วมุ่งสนใจไปที่ระบบย่อยที่มีความน่าเชื่อถือต่ำที่สุด (The Least Reliability) รูปแบบที่พบบ่อยที่สุดในอดีต คือ ไฟประดับบ้านในช่วงเทศกาลต่างๆ ที่เมื่อหลอดใดหลอดหนึ่งขาด ทั้งระบบจะไม่ทำงานอีกเลย

ถ้าระบบมี n ระบบย่อย



ดังนั้นเมื่อมี n ระบบย่อยต่อกันแบบอนุกรม จะมีความน่าเชื่อถือของระบบ (Series)

คือ

$$R_s = R_1 * R_2 * R_3 * \dots * R_n$$

และถ้า $R_1 = R_2 = R_3 = \dots = R_n = \check{R}$ (ค่าของความน่าเชื่อถือของแต่ละ

ชิ้นส่วนมีค่าเท่ากัน) ดังนั้น

$$R_s = (\check{R}) \text{ ยกกำลัง } n$$

ตัวอย่าง 1 ในระบบอิเล็กทรอนิกส์ของเครื่องบินมีระบบย่อยต่อกันอยู่เป็นอนุกรม คือ ระบบเซ็นเซอร์ (Rse)

ระบบนำวิถี (RG)

ระบบคอมพิวเตอร์ (Rc)

ระบบควบคุมการยิง (RF)

ต่อกันเป็นแบบอนุกรม โดยกำหนด Rse , RG , Rc , RF เป็น 0.80, 0.90 ,0.95 และ 0.65 จงคำนวณค่าความน่าเชื่อถือของระบบอิเล็กทรอนิกส์

$$\begin{aligned} R_s &= (R_{se}) (RG) (R_c) (RF) \\ &= (0.8) (0.9) (0.95) (0.65) \\ &= 0.445 \end{aligned}$$

ดังนั้น ต้องปรับปรุงค่า RF (0.65) เพื่อจะทำให้ RS มีค่าสูงขึ้น

2. การต่อกันแบบอนุกรมเมื่อค่าความน่าเชื่อถือขึ้นอยู่กับเวลาการใช้งาน

ในกรณีที่ระบบย่อยมีรูปแบบการกระจายของอัตราการชำรุดเป็นแบบเอ็กโปเนนเชียล (โดยที่อัตราการชำรุดของระบบต่อหน่วยเวลา) ถ้านำอุปกรณ์เหล่านี้มาต่อกันเป็นอนุกรมแล้วค่าความน่าเชื่อถือที่เวลา t ใดๆ ซึ่งมีค่าแตกต่างกัน

ตัวอย่าง 2 กรณีที่เครื่องบินสามารถแยกย่อยระบบต่างๆ ดังตารางข้างล่างนี้ (Series Connection)

ตารางที่ 8 กรณีที่เครื่องบินสามารถแยกย่อยระบบต่างๆ

ระบบย่อย	ความน่าเชื่อถือ (Reliability)
โครงเครื่องบิน (Air Frame)	0.998
เครื่องยนต์ (Engine)	0.994
ระบบสตาร์ทเครื่องยนต์ (Engine Starting)	0.993
ระบบนำร่องการบิน (Navigation System)	0.990
ระบบยิงอาวุธ (Weapon System)	0.994
ระบบสื่อสาร (Communications)	0.982
ระบบควบคุมการบิน (Control)	0.998

$$\begin{aligned} \text{ความน่าจะเป็นโดยรวมของระบบ } R_s &= R_1 * R_2 * \dots * R_n \\ &= 0.95 \end{aligned}$$

ถ้าเราจะเพิ่มความน่าเชื่อถือของระบบสื่อสารจาก 0.982 เป็น 1

จะได้ $R = 0.967$

ถ้าเราจะเพิ่มความน่าเชื่อถือของระบบควบคุมการบินจาก 0.998 เป็น 1

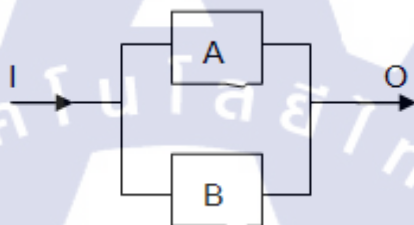
จะได้ $R = 0.952$

ดังนั้น ควรดูที่ระบบสื่อสารเพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือ

3. การต่อกันแบบขนาน

Parallel หรือการต่อแบบขนานบางที่เรียกว่าระบบสำรองชิ้นส่วน หรือระบบสำรองเครื่องจักร (Redundancy Technique) เพื่อให้ได้ระบบที่มีความน่าเชื่อถือสูงขึ้น

ระบบสำรองเครื่องจักรบางที่ถูกเรียกว่า “Hot Redundancy” ที่ต่อกัน ตัวอย่าง คือ



การมีระบบสำรองเครื่องจักรค่าใช้จ่ายมักสูงมาก แต่บางระบบก็จำเป็นต้องทำเพื่อความน่าเชื่อถือของระบบ เช่น เครื่องยนต์ของเครื่องบิน เครื่องปั่นไฟฟ้าสำรอง เป็นต้น จะเห็นว่ามี 2 ทางคือ IAO และ IBO ระบบจะไม่สามารถใช้งานได้ก็ต่อเมื่อทั้งสองระบบย่อย A, B ใช้งานไม่ได้

$$\begin{aligned}
 \text{Reliability} &= 1 - (F_A * F_B) \\
 \text{และ} \\
 F_A &= 1 - R_A \\
 F_B &= 1 - R_B \\
 R_S &= 1 - (1 - R_A)(1 - R_B) \\
 &= 1 - (1 + R_A R_B - R_A - R_B) \\
 &= R_A * R_B - R_A - R_B
 \end{aligned}$$

ถ้าระบบมี n Components และ มีค่า $F_A, \dots, F_n$;

จาก $(F_n = 1 - R_A)$ และ $(F_n = 1 - R_n)$

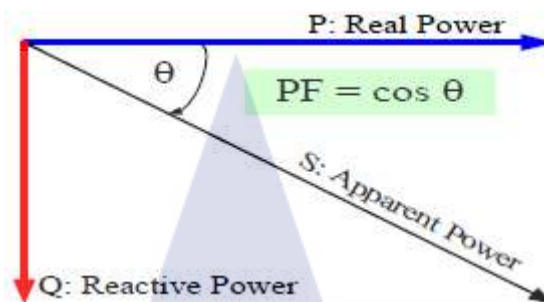
การที่จะใช้การสำรองระบบมีข้อพิจารณา คือ

1. เมื่อระบบย่อยใดๆ ไม่มีความน่าเชื่อถือเพียงพอที่จะปฏิบัติงานภายใต้ระยะเวลาที่กำหนด (อาจจะเกิดจากวัสดุ กระบวนการผลิต หรือ จุดบกพร่องในการออกแบบ เป็นต้น)
2. เพื่อลดโอกาสที่จะเกิดการชำรุดในช่วงใช้งานปกติให้น้อยที่สุด
3. เมื่อไม่สามารถจะตรวจพบจุดบกพร่อง ทราบก่อนล่วงหน้าได้เลย
4. การถอดและการประกอบนั้นทำไม่ได้เลยเมื่อเกิดการชำรุด
5. ระบบย่อยนี้มีความสำคัญยิ่งต่อระบบใหญ่
6. การชำรุดอาจเป็นสิ่งที่ยอมรับไม่ได้ในการปฏิบัติงาน เช่น อุบัติเหตุ พลังงานไฟฟ้าของประเทศ เป็นต้น

การปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ (Power Factor)

การเพิ่มค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ ซึ่งในภาคอุตสาหกรรมและธุรกิจขนาดใหญ่ จะประกอบไปด้วยอุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีความสำคัญ ได้แก่ หม้อแปลงไฟฟ้า มอเตอร์ เครื่องเชื่อม คอมเพรสเซอร์เครื่องปรับอากาศ บัลลัสต์ และอุปกรณ์อื่นๆ ที่มีลักษณะการทำงานจากการเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็กเป็นจำนวนมาก โดยอุปกรณ์ไฟฟ้างกล่าวเป็นอุปกรณ์ประเภทเหนี่ยวนำซึ่งต้องการกำลังไฟฟ้า ทั้งที่เป็นกำลังงานจริง ๆ สำหรับสร้างงาน และกำลังรีแอคทีฟ สำหรับสร้างสนามแม่เหล็กไฟฟ้าซึ่งกำลังส่วนนี้จะไม่มีผลต่อกำลังงานจริง แต่จะมีผลต่อการสูญเสียในระบบจ่ายไฟฟ้ารวม ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังงานจริงกับกำลังรีแอคทีฟนั้นจะแสดงออกมาในรูปของเพาเวอร์แฟคเตอร์ ดังรูปที่ 34

ดังนั้นหากค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์สูง กำลังงานส่วนใหญ่ก็จะถูกนำไปใช้อย่างเต็มที่ แต่ถ้าค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ต่ำ แสดงว่ามีกำลังไฟฟ้าส่วนที่ไม่ได้ใช้ประโยชน์แอบแฝงมาด้วยเป็นจำนวนมากทำให้เกิดการสูญเสียในระบบสูง ซึ่งระบบการจ่ายไฟฟ้าที่ดีควรมีค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์เท่ากับ 1



$$\text{เพาเวอร์แฟคเตอร์ (Power Factor)} = \cos \Theta = \frac{P \text{ (kW)}}{Q \text{ (kVA)}}$$

รูปที่ 34 ไดอะแกรมกำลังไฟฟ้าของโหลดหนึ่งยูนิต

ผลดีของค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ที่เพิ่มสูงขึ้น

- 1) ประหยัดค่าปรับ จากเพาเวอร์แฟคเตอร์ต่ำ
- 2) ลดกระแสไฟฟ้าที่ไหลในระบบไฟฟ้า
- 3) ลดกำลังสูญเสียในระบบไฟฟ้า
- 4) ลดค่ากำลังสูญเสียในหม้อแปลง
- 5) เพิ่มความสามารถในการจ่ายโหลดได้มากขึ้น
- 6) เพิ่มระดับแรงดันระบบไฟฟ้าให้ดีขึ้น (Voltage Drop ลดลง)
- 7) ลดค่าใช้จ่ายจากบิลค่าไฟฟ้า

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานสารนิพนธ์

ในการศึกษาสารนิพนธ์ครั้งนี้ ผู้ศึกษาเลือกระบบจ่ายไฟฟ้าของสถานีโทรทัศน์โมเดิร์นไนน์ เนื่องจากระบบจ่ายไฟฟ้ากำลังมีขนาดใหญ่ ประกอบกับระยะเวลาที่ใช้ศึกษามีจำกัด จึงเลือกศึกษาเฉพาะระบบจ่ายไฟฟ้าสำรองต่อเนื่อง (ยูพีเอส) ยี่ห้อ MGE รุ่น Galaxy ขนาด 120 เควีเอ (kVA) ซึ่งติดตั้งที่ชั้น 2 อาคารปฏิบัติการด้านโทรทัศน์และวิทยุกระจายเสียง ผู้ศึกษาได้ดำเนินการตามขั้นตอนที่สำคัญ ดังต่อไปนี้

1. คัดเลือกกลุ่มระบบไฟฟ้าสำรอง (ยูพีเอส) ขนาด 120 เควีเอ (kVA)
2. สืบค้น และตรวจสอบระบบเครื่องจ่ายไฟฟ้าสำรองต่อเนื่อง (ยูพีเอส) โดยการวัดคุณลักษณะเฉพาะ (Spec) ได้แก่ ค่าพารามิเตอร์ (Parameter) ประสิทธิภาพ (Out / In) และคุณภาพไฟฟ้า
3. ตรวจสอบคุณลักษณะเฉพาะ (Spec) ยูพีเอส รุ่น Galaxy 120 kVA จากผู้ผลิต
4. นำผลมาเปรียบเทียบ (สรุปประเมินก่อนการนำ TPM มาใช้)
5. นำระบบ TPM มาประยุกต์ใช้ (5 เส้า) พร้อมอบรม AM / PM
6. สืบค้น และตรวจสอบระบบไฟฟ้า
7. ตรวจสอบคุณลักษณะเฉพาะ (Spec) เครื่องยูพีเอส
8. นำผลข้อมูลมาเปรียบเทียบหลังการดำเนินการ กิจกรรม
9. สรุปผลที่ได้จากการศึกษาเปรียบเทียบ ก่อน – หลัง

ผลิตภัณฑ์ที่ทำการศึกษา

เนื่องจากบริษัท อสมท จำกัด (มหาชน) ได้ติดตั้งระบบระบบจ่ายไฟฟ้าสำรองต่อเนื่อง (ยูพีเอส) ยี่ห้อ MGE รุ่น Galaxy ขนาด 120 เควีเอ (kVA) สำหรับจ่ายระบบไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์ด้านออกอากาศโทรทัศน์และวิทยุ ซึ่งมีความสำคัญมากที่สุด จึงทำการศึกษาด้านคุณภาพของกระแสไฟฟ้าจากระบบจ่ายไฟฟ้าสำรองต่อเนื่อง ด้วยการบำรุงรักษาแบบทุกคนมีส่วนร่วม

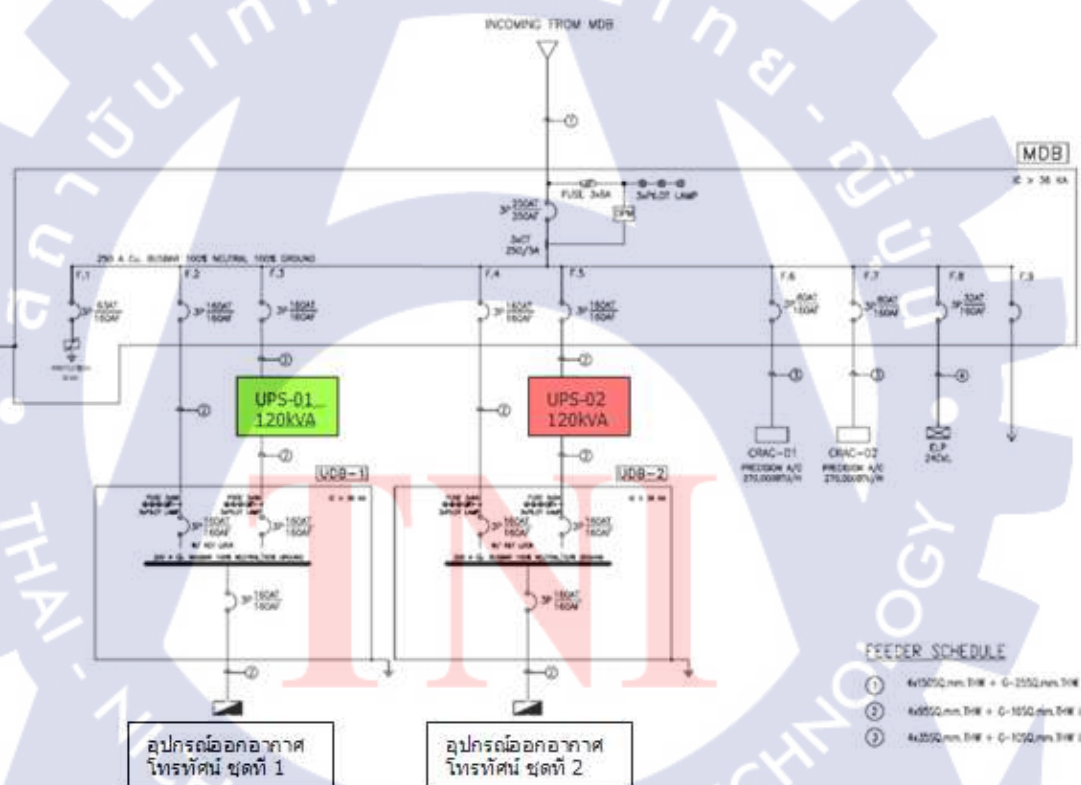
ศึกษาสภาพปัจจุบัน

เนื่องจากปัจจุบันเครื่องจ่ายไฟฟ้าสำรอง UPS-1 ขนาด 120 kVA มีเพียงชุดเดียว (ชุดที่ 1) เพื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์ของห้องต่างๆ ได้แก่

1. ห้อง NEWS SERVER ชั้น 1
2. ห้องควบคุม STD-6 ชั้น 1
3. ห้องตัดต่อข่าว ชั้น 1

4. ห้อง ASEAN TV ชั้น 1
5. ห้อง MASTER CONTROL ชั้น 2
6. ห้อง PRESENTATION ชั้น 2
7. ห้อง NETWORK ชั้น 2
8. ห้องควบคุม STD-5 ชั้น 2
9. ห้อง F.M. 100.5 MHz
10. ห้อง MCOT 1,2

เนื่องจากปัจจุบันได้นำอุปกรณ์ด้านออกอากาศ มาติดตั้งเพิ่มจำนวนมาก ทำให้เครื่องจ่ายไฟฟ้าสำรองต่อเนื่อง (UPS) ขนาด 120 kVA จ่ายไฟฟ้าภาระสูงเกิน (Overload) ทำให้เกิดความเสี่ยงสูงด้านการจ่ายไฟฟ้า และเครื่องทำงานหนัก ส่งผลให้อุปกรณ์ภาค Inverter, Rectifier ชำรุดเสียหายเร็วขึ้น และติดตั้งใช้งานตั้งแต่ ปีพ.ศ. 2547



รูปที่ 35 ระบบจ่ายไฟฟ้าของอุปกรณ์ออกอากาศโทรทัศน์และวิทยุ

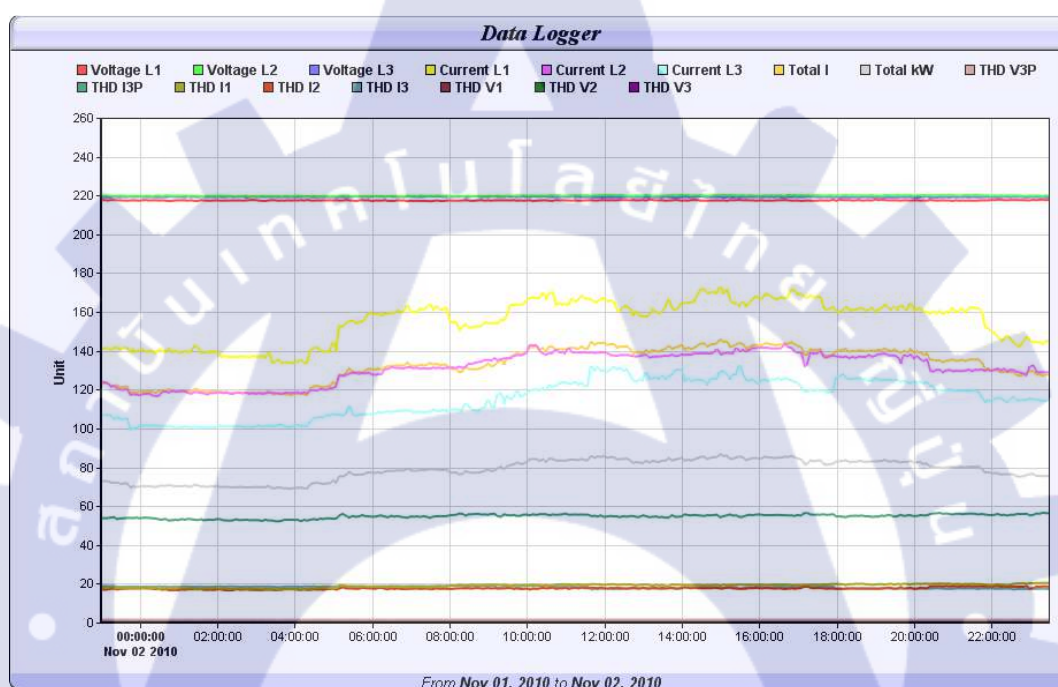
ขั้นตอนการศึกษา

ระบบจ่ายไฟฟ้าสำรองต่อเนื่อง (ยูพีเอส) ขนาด 120 kVA

ขั้นตอนที่ 1 : การเลือกเครื่องจ่ายไฟฟ้าสำรอง UPS-1 ขนาด 120 kVA (ชุดที่ 1)

ขั้นตอนที่ 2 : สำรวจ และตรวจสอบระบบไฟฟ้าสำรอง

ผลการบันทึกข้อมูลการจ่ายกระแสไฟฟ้าของเครื่องจ่ายไฟฟ้าสำรอง (UPS) 120 kVA เมื่อวันที่ 27 ตุลาคม 2553 ใช้เครื่องมือวัดพลังงานไฟฟ้า (Power Recorder) ยี่ห้อ Janitza รุ่น UMG 503



รูปที่ 36 ค่าพารามิเตอร์ไฟฟ้าของเครื่องจ่ายไฟฟ้าสำรอง (ยูพีเอส) ขนาด 120 เครือเอ

ตารางที่ 9 ผลการบันทึกค่าทางไฟฟ้าของเครื่องจ่ายไฟฟ้าสำรอง (ยูพีเอส) ขนาด 120 เควีเอ

Date/Time	Voltage L1	Voltage L2	Voltage L3	Current L1	Current L2	Current L3	Total I	Total kW	THD V3P
27/10/2010 00:5...	217.4	219.7	219.2	133.35	116.6	104.85	118	69.55	1.35
27/10/2010 01:0...	217.6	219.6	219.1	131.6	116.55	105.05	117.35	69.1	1.4
27/10/2010 01:0...	217.3	219.5	219.2	129.7	116.4	105.05	116.8	68.75	1.4
27/10/2010 01:0...	217.4	219.6	219.2	129	116.45	104.4	116.3	68.4	1.45
27/10/2010 01:1...	217.5	219.6	219.1	129.05	116.55	104.35	116.35	68.5	1.3
27/10/2010 01:1...	217.5	219.6	219.2	129.3	117.45	104.5	116.8	68.7	1.45
27/10/2010 01:2...	217.3	219.9	219	131.35	117.05	104.45	117.4	69.05	1.3
27/10/2010 01:2...	217.4	219.7	219.2	128.9	117.2	104.75	116.6	68.65	1.45
27/10/2010 01:3...	217.3	219.7	219.3	130.75	117.15	104.35	117.1	68.95	1.4
27/10/2010 01:3...	217.4	219.7	219.1	128.55	116.35	104.2	116.2	68.4	1.4
27/10/2010 01:4...	217.6	219.5	219.2	129.05	116.9	103.95	116.35	68.45	1.35
27/10/2010 01:4...	217.5	219.6	219.3	128.55	116.45	104.1	116.15	68.4	1.3
27/10/2010 01:5...	217.5	219.6	219.3	128.5	117	102.35	115.65	68.05	1.35
27/10/2010 01:5...	217.3	219.6	219.3	128.65	116.3	102.2	115.5	68	1.25
27/10/2010 02:0...	217.3	219.7	219.4	130.35	116.65	101.95	116.15	68.35	1.45
27/10/2010 02:0...	217.3	219.7	219.1	128.6	116.7	103.5	116	68.25	1.35
27/10/2010 02:1...	217.6	219.5	219.2	128.75	116.65	102.9	115.9	68.15	1.3
27/10/2010 02:1...	217.5	219.5	219.2	128.15	116.85	101.9	115.4	67.85	1.35
27/10/2010 02:2...	217.5	219.6	219.2	128.6	116.5	101.85	115.5	67.95	1.35
27/10/2010 02:2...	217.2	219.6	219.4	128.6	117.5	101.4	115.6	67.95	1.3
27/10/2010 02:3...	217.3	219.7	219.4	128.25	117.75	101.65	115.75	68.1	1.35
27/10/2010 02:3...	217.6	219.7	219.2	128.6	117.8	101.7	115.8	68.1	1.15
27/10/2010 02:4...	217.5	219.5	219.3	128.8	117.7	102.4	116.1	68.3	1.35
27/10/2010 02:4...	217.5	219.7	219.1	128.95	117.65	102.15	116.05	68.25	1.2
27/10/2010 02:5...	217.4	219.7	219.2	130.15	117.7	102.25	116.6	68.7	1.3

ตารางที่ 9 ผลการบันทึกค่าทางไฟฟ้าของเครื่องจ่ายไฟฟ้าสำรอง (ยูพีเอส) ขนาด 120 เควีเอ (ต่อ)

THD I3P	THD I1	THD I2	THD I3	THD V1	THD V2	THD V3	PF L1	PF L2	PF L3
52.45	18.15	16.55	17.75	0.5	0.5	0.35	-0.9	-0.9	-0.9
52.75	18.4	16.55	17.8	0.5	0.5	0.4	-0.893	-0.9	-0.9
52.4	18.2	16.7	17.5	0.5	0.5	0.4	-0.894	-0.893	-0.9
52.55	18.1	16.7	17.75	0.5	0.5	0.45	-0.893	-0.892	-0.9
52.55	18.05	16.6	17.9	0.45	0.45	0.4	-0.893	-0.9	-0.9
52.55	18.05	16.6	17.9	0.5	0.5	0.45	-0.893	-0.892	-0.9
52.35	17.7	16.75	17.9	0.45	0.5	0.35	-0.9	-0.891	-0.9
52.6	18.1	16.7	17.8	0.5	0.5	0.45	-0.894	-0.891	-0.9
52.65	18.3	16.55	17.8	0.5	0.5	0.4	-0.893	-0.894	-0.9
51.9	17.8	16.35	17.75	0.5	0.5	0.4	-0.9	-0.9	-0.9
52.55	17.85	16.75	17.95	0.5	0.5	0.35	-0.9	-0.893	-0.9
52.2	17.95	16.45	17.8	0.45	0.45	0.4	-0.894	-0.9	-0.9
52.55	17.8	16.65	18.1	0.5	0.5	0.35	-0.9	-0.892	-0.894
52.35	17.9	16.5	17.95	0.5	0.5	0.25	-0.894	-0.9	-0.9
52	17.75	16.3	17.95	0.5	0.5	0.45	-0.9	-0.894	-0.894
52.3	18	16.35	17.95	0.5	0.5	0.35	-0.894	-0.893	-0.9
52.2	17.9	16.4	17.9	0.5	0.5	0.3	-0.894	-0.893	-0.894
52.6	17.8	16.8	18	0.5	0.45	0.4	-0.9	-0.892	-0.894
52.05	17.85	16.3	17.9	0.5	0.45	0.4	-0.9	-0.894	-0.9
52.2	17.85	16.45	17.9	0.45	0.45	0.4	-0.894	-0.9	-0.892
52.2	18	16.35	17.85	0.5	0.5	0.35	-0.893	-0.9	-0.9
52.1	17.9	16.35	17.85	0.45	0.45	0.25	-0.894	-0.894	-0.893
52.45	17.8	16.8	17.85	0.45	0.45	0.45	-0.9	-0.893	-0.9
52.25	18.05	16.35	17.85	0.45	0.45	0.3	-0.894	-0.894	-0.894
51.9	17.45	16.55	17.9	0.5	0.45	0.35	-0.9	-0.9	-0.9

ตารางที่ 9 ผลการบันทึกค่าทางไฟฟ้าของเครื่องจ่ายไฟฟ้าสำรอง (ยูพีเอส) ขนาด 120 เครือเอ
(ต่อ)

PF L3	COS L1	COS L2	COS L3	Voltage L12	Voltage L23	Voltage L31	Voltage LN	Voltage LL	Hz
-0.9	-0.95	-0.94	-0.952	378.6	380.8	377.2	218.7	378.8	50.1
-0.9	-0.95	-0.94	-0.95	378.6	380.5	377.4	218.7	378.8	50.1
-0.9	-0.95	-0.94	-0.95	378.3	380.5	377.3	218.6	378.7	50
-0.9	-0.95	-0.94	-0.95	378.5	380.7	377.2	218.7	378.8	50
-0.9	-0.95	-0.94	-0.95	378.5	380.7	377.3	218.7	378.8	50
-0.9	-0.95	-0.94	-0.95	378.5	380.7	377.5	218.7	378.9	50
-0.9	-0.95	-0.94	-0.95	378.6	380.7	377	218.7	378.7	50
-0.9	-0.95	-0.94	-0.952	378.5	380.7	377.3	218.7	378.8	50
-0.9	-0.95	-0.94	-0.95	378.3	380.9	377.3	218.7	378.8	50
-0.9	-0.95	-0.94	-0.952	378.3	380.7	377.4	218.7	378.8	50
-0.9	-0.95	-0.94	-0.95	378.6	380.6	377.5	218.7	378.9	50
-0.9	-0.95	-0.94	-0.951	378.5	380.8	377.4	218.8	378.9	50
-0.894	-0.95	-0.94	-0.95	378.5	380.8	377.4	218.8	378.9	50
-0.9	-0.95	-0.94	-0.95	378.3	380.8	377.2	218.7	378.7	50
-0.894	-0.95	-0.94	-0.95	378.3	380.9	377.4	218.8	378.8	50
-0.9	-0.95	-0.94	-0.951	378.3	380.7	377.1	218.7	378.7	50
-0.894	-0.95	-0.94	-0.95	378.5	380.5	377.4	218.7	378.8	50.1
-0.894	-0.95	-0.94	-0.95	378.4	380.7	377.4	218.7	378.8	50
-0.9	-0.95	-0.94	-0.95	378.3	380.7	377.4	218.7	378.8	50
-0.892	-0.95	-0.94	-0.95	378.2	380.9	377.4	218.7	378.8	50.1
-0.9	-0.95	-0.94	-0.95	378.3	381	377.3	218.8	378.8	49.9
-0.893	-0.95	-0.94	-0.95	378.6	380.8	377.5	218.8	378.9	50
-0.9	-0.95	-0.94	-0.95	378.3	380.7	377.7	218.7	378.9	50.1
-0.894	-0.95	-0.94	-0.95	378.6	380.6	377.4	218.7	378.8	50
-0.9	-0.95	-0.941	-0.95	378.4	380.8	377.3	218.7	378.8	50

ขั้นตอนที่ 3 : ตรวจสอบ Spec. จากผู้ผลิต

ตารางที่ 10 Specification เครื่องจ่ายไฟฟ้าสำรองต่อเนื่อง (ยูพีเอส) ขนาด 120 เควีเอ

General characteristics of Galaxy PW UPSs

เลือกรุ่น

UPS power rating in kVA		20	30	40	50	60	80	100	120	160	200	
Normal AC input												
number of conductors		3 phases										
rated voltage and tolerances		380 V or 400 V or 415 V $\pm 10\%$ (adjustable to $\pm 15\%$)										
rated frequency and tolerances		50 Hz or 60 Hz $\pm 10\%$										
THDI with THM filter		$< 4\%$										
power factor with THM filter		up to 0,96										
Bypass AC input												
number of conductors		3 phases + neutral										
rated voltage and tolerances		380 V or 400 V or 415 V $\pm 10\%$										
rated frequency and tolerances		50 Hz or 60 Hz $\pm 10\%$										
Load												
number of conductors		3 phases + neutral										
Ph/Ph voltages		380 V or 400 V or 415 V (according to setting)										
Ph/N voltages		220 V or 230 V or 240 V (according to setting)										
voltage fluctuations		$\pm 0,5\%$										
adjustable frequency and tolerances (on battery power)		50 Hz or 60 Hz $\pm 0,05$ Hz										
synchronisation with bypass		$\pm 0,5$ Hz (adjustable from $\pm 0,25$ Hz to ± 2 Hz)										
voltage variation for 0 to 100% load step change		$\pm 2\%$ ((with battery)										
permissible overloads		150% for 1 minute, 125% for 10 minutes										
Isc Ph/Ph (% of I rated)		4.2	2.8	2.1	2.5	2.1	3.1	2.5	2.1	2.6	2.1	
Isc Ph/N (% of I rated)		6.6	4.4	3.3	4	3.3	5	4	3.3	4	3.3	
THDU Ph/Ph and Ph/N for linear load		$< 1,5\%$ Ph/Ph, $< 2\%$ Ph/N										
THDU Ph/Ph and Ph/N for non-linear load (at 80% of Pn) (1)		$< 2\%$ Ph/Ph, $< 3\%$ Ph/N										
Battery												
standard battery type		gas-recombination sealed lead-acid battery										
UPS characteristics												
active power (kW)		16	24	32	40	48	64	80	96	128	160	
efficiency at 50% load (%) (values $\pm 1\%$)		87.5	90.5	91.5	92.5	93	91	91.5	92	93	93.2	
efficiency at 100% load (%) (values $\pm 1\%$)		91.5	92	91.5	93	92	92.5	92	91.5	92.8	92.5	
heat losses (2)												
		in KW	1.5	2.1	3.4	3.6	4.7	6.2	8.1	10.1	12.2	14.8
		in cal./s	360	504	816	864	984	1488	1950	2420	2930	3550
storage temperature range		-25°C to $+70^{\circ}\text{C}$										
operating temperature range		0°C to 35°C (40°C for 8 hours)										
relative humidity		95% maximum										
maximum operating altitude without derating		< 1000 meters										
noise level (dBA)		58	58	58	60	60	62	64	65	67	68	
dimensions (mm)												
		width	715						1015		1215	
		depth	825									
		height	1400 or 1900 ± 10						1900 ± 10			
weight (kg) (3)		450	450	450	490	490	800	800	800	1200	1200	
recommended upstream earth-fault protection		1 A										
standards												
design		IEC 146										
product		ENV 50091										
safety		IEC 950, ENV 50091										
protection		IEC 521 (cubicles 1400 mm high = IP 21, cubicles 1900 mm high = IP 20)										
electromagnetic compatibility		IEC 62040, ENV 50091										

(1): As per standards ENV 50091-3 / IEC 62040-3.

(2): The losses indicated are those produced at full rated load with the battery float charging. They must be taken into account when sizing the ventilation system.

(3): Not including any built-in options, such as harmonic filters or a bypass AC-source isolation transformer.

ตารางที่ 10 Specification เครื่องจ่ายไฟฟ้าสำรองต่อเนื่อง (ยูพีเอส) ขนาด 120 เควีเอ (ต่อ)

Galaxy PW

technical characteristics

Rated power (kVA for pf = 0.8)	20	30	40	50	60	80	100	120	160	200
Active power (kW)	16	24	32	40	48	64	80	96	128	160
Normal AC input										
Rated voltage	380/400/415 V $\pm$ 10 % three-phase (adjustable $\pm$ 15%)									
Frequency	50/60 Hz $\pm$ 10 %									
Current distortion	THDI < 4 % with THM filter									
Power factor	Up to 0,96 with THM filter									
Bypass AC input										
Voltage	380/400/415 V $\pm$ 10 % three-phase + neutral									
Frequency	50/60 Hz / $\pm$ 10 %									
Output										
Phase-to-phase voltages	380/400/415 V $\pm$ 1 % three-phase + neutral									
Frequency	50/60 Hz $\pm$ 0,05 % adjustable									
Permissible overloads	150 % for 1 minute and 125 % for 10 minutes									
Voltage distortion	THDU < 1,5 % Ph/Ph, < 2 % ph/n for linear loads ⁽¹⁾ THDU < 2 % Ph/Ph, < 3 % ph/n sur for no-linear loads ⁽¹⁾									
Crest factor	3:1									
Battery										
Backup time	8-10-15-20-30-60 mn, other values available on request									
Type	Sealed, lead-acid (service life 10/12 years)									
Overall efficiency										
Double-conversion mode	Up to 92,5 %									
ECO mode	Up to 97 %									
Environment										
Heat losses ⁽²⁾ in kW	1,5	2,2	3	3,2	4,1	5,4	7,1	8,9	10,7	14,3
Storage temperature range	- 25 °C à + 45 °C (with batteries)									
Operating temperature range	0 °C à 35 °C (40 °C for 8 hours)									
Noise level (dBA)	58	58	58	60	60	65	65	65	68	68
Standards										
Construction and safety	IEC 62040-1, IEC 60950, EN 50091-1									
Performance and topology	IEC 62040-3, EN 50091-3									
Design and manufacture	ISO 14001, ISO 9001, IEC 60146									
EMC	IEC 62040-2, EN 50091-2 level B									
Certifications and marking	TÜV, CE									

(1) As per standards EN 50091-3 and IEC 62040-3.

(2) The losses indicated are for the cabinets operating at full rated load with the battery float charging.

(3) Not including any built-in options, such as a harmonic filter or a bypass isolation transformer.

Dimensions and weight of Galaxy PW UPS cabinets (depth 825 mm)

Rated power (kVA to FP = 0.8)	20	30	40	50	60	80	100	120	160	200
Width (mm)	715	715	715	715	715	1015	1015	1015	1215	1215
Height (mm)	1400 ou 1900									
Weight (kg)	490	490	490	540	540	800	800	800	1200	1200

Galaxy PW battery cabinet (depth 825 mm and height 1400 mm)

10-minute backup time	Width (mm)	715	715	715	715	1015	-	-	-	-
	Weight (kg)	480	500	640	670	820	-	-	-	-
30-minute backup time	Width (mm) ⁽³⁾	715 [*]	1015 [*]	1730 [*]	1730 [*]	2445 [*]	-	-	-	-
	Weight (kg)	660	945	1340	1650	2030	-	-	-	-

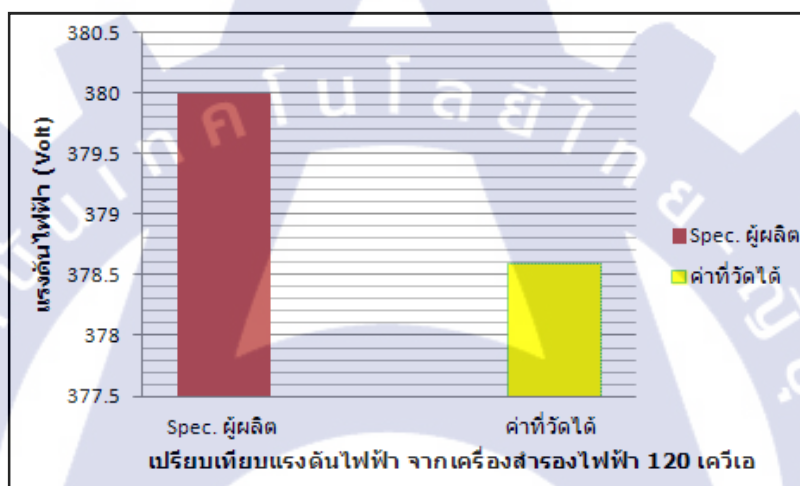
Galaxy PW battery cabinet (depth 825 mm and height 1900 mm)

10-minute backup time	Width (mm)	715	715	715	715	1015	1015	1430	1430	2030
	Weight (kg)	500	530	675	690	845	1100	1370	1730	2110
30-minute backup time	Width (mm) ⁽³⁾	715 [*]	715 [*]	1430 [*]	1430 [*]	1730 [*]	2030 [*]	2745 [*]	3045 [*]	4060 [*]
	Weight (kg)	695	945	1390	1685	1930	2475	2765	3820	4295

ขั้นตอนที่ 4 : นำผลมาเปรียบเทียบ (สรุปประเมินก่อนการนำ TPM มาใช้)

ตารางที่ 11 การเปรียบเทียบผลการศึกษา

รายละเอียดการตรวจวัด	ข้อกำหนดทางเทคนิค (Spec. ผู้ผลิต)	ค่าที่วัดได้ (ก่อน)	คิดเป็น เปอร์เซ็นต์
1. Output Voltage (L-L) Volt	380	378.6	99.63
2. Output Voltage (L-N) Volt	220	218.7	99.41
3. Frequency (Hz)	50	50.1	+0.2
4. Power Factor (%)	0.96	0.94	97.92



รูปที่ 37 การเปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้าจาก Spec. ผู้ผลิต และค่าที่วัดได้

ขั้นตอนที่ 5 : นำระบบ TPM มาประยุกต์ใช้ (5 เส้า) อบรม AM / PM

1. การปรับปรุงเพื่อลดความสูญเสีย (Focused Improvement)

จะดำเนินการแก้ไขใน 7 ขั้นตอน

ขั้นตอน 1 : ทำความเข้าใจสภาพปัญหาในปัจจุบัน

ขั้นตอน 2 : ทำจัดสิ่งผิดปกติดอกไปก่อน

ขั้นตอน 3 : ค้นหาสาเหตุของปัญหาใช้การวิเคราะห์ Why Why Analysis

ขั้นตอน 4 : วางแผนการปรับปรุง

ขั้นตอน 5 : ดำเนินการปรับปรุง

ขั้นตอน 6 : ตรวจสอบผลการปฏิบัติ

ขั้นตอน 7 : ตั้งมาตรฐานการทำงาน

2. การบำรุงรักษาด้วยตนเอง (Autonomous Maintenance)

จะดำเนินการแก้ไขใน 7 ขั้นตอน

ขั้นตอน 1 : ทำความสะอาดขั้นพื้นฐาน

ขั้นตอน 2 : ค้นหาแหล่งกำเนิดความสกปรกและปรับปรุงบริเวณเข้าถึงได้ลำบาก

ขั้นตอน 3 : สร้างมาตรฐานการทำความสะอาดและการตรวจเช็ค

ขั้นตอน 4 : การตรวจสอบเครื่องจักร

ขั้นตอน 5 : การตรวจสอบขบวนการผลิต

ขั้นตอน 6 : บำรุงรักษาด้วยตนเองอย่างเป็นระบบ

ขั้นตอน 7 : บริหารการบำรุงรักษาด้วยตนเอง

3. การบำรุงรักษาตามแผน (Planned Maintenance)

6 ขั้นตอนในการบำรุงรักษาตามแผน

ขั้นตอน 1 : ศึกษาสภาพเครื่องจักรที่มีอยู่ทั้งหมด

ขั้นตอน 2 : ฟื้นฟูสภาพเสื่อมและแก้ไขจุดบกพร่องของเครื่องจักร

ขั้นตอน 3 : สร้างระบบบริหารข้อมูลบำรุงรักษา

ขั้นตอน 4 : สร้างระบบการบำรุงรักษาตามระยะเวลา (Periodic Maintenance)

ขั้นตอน 5 : สร้างระบบการบำรุงรักษาเชิงพยากรณ์

ขั้นตอน 6 : ประเมินผลการบำรุงรักษาตามแผนงาน

4. การฝึกอบรมเพื่อเพิ่มทักษะการเดินเครื่องและบำรุงรักษา (Operation and Maintenance Skills Training) 6 ขั้นตอน

ขั้นตอน 1 : ตรวจสอบการฝึกอบรมในปัจจุบันแล้วกำหนดนโยบายและกลยุทธ์ตามลำดับความสำคัญ

ขั้นตอน 2 : ออกแบบหลักสูตรการฝึกอบรมเพื่อปรับปรุงทักษะการเดินเครื่องและบำรุงรักษา

ขั้นตอน 3 : ดำเนินการฝึกอบรมตามแผนงาน

ขั้นตอน 4 : ออกแบบและพัฒนาระบบการพัฒนาทักษะการทำงาน

ขั้นตอน 5 : เสริมสร้างบรรยากาศให้เกิดการพัฒนาตนเองตลอดเวลา

ขั้นตอน 6 : ตรวจสอบผลการฝึกอบรมและวางแผนงานสำหรับอนาคต

5. การจัดการเครื่องจักรใหม่ (Initial – Phase Management) 3 ขั้นตอน

1) การออกแบบเพื่อป้องกันการบำรุงรักษา (MP * Design)

- เพื่อให้การบำรุงรักษาด้วยตนเองสะดวกยิ่งขึ้น
- การใช้งานเครื่องจักรง่ายยิ่งขึ้น
- คุณภาพดีขึ้น
- การดูแลรักษาง่าย ซ่อมแซมได้รวดเร็ว
- มีความปลอดภัยในการใช้งาน

2) การพิจารณาต้นทุนตลอดอายุการใช้งาน (LCC – Life Cycle Cost)

3) การจัดการเครื่องจักรก่อนการติดตั้ง (Initial – Phase Equipment Management)

- การวางแผน (Planning)
- การออกแบบ (Design)
- การประกอบเครื่องจักร (Fabrication)
- การติดตั้งและทดสอบเดินเครื่อง (Installation and Test Run)
- การเดินเครื่องจักรก่อนส่งมอบ (Commissioning)

ขั้นตอนที่ 6 : สํารวจ และตรวจสอบระบบไฟฟ้าจากเครื่องจ่ายไฟฟ้าสํารอง (ยูพีเอส) ขนาด 120 เควีเอ ตามตารางที่ 12-13 (ตรวจวัดเมื่อวันที่ 28 สิงหาคม 2556)

TNI

ตารางที่ 12 ผลการตรวจวัดค่าแรงดันและกระแสไฟฟ้า

Date/Time	Voltage L1	Voltage L2	Voltage L3	Current L1	Current L2	Current L3	Total I
28/08/1470 23.5...	219.2	218.5	217.5	47.3	63.55	77.45	62.6
28/08/1470 23.5...	219.2	218.5	217.6	47.2	63.85	77.8	62.95
28/08/1470 23.4...	219.3 ←	218.4	217.5	47.05	63.75	78.25	62.9
28/08/1470 23.4...	219.1	218.6	217.6	46.15	63.6	78.25	62.55
28/08/1470 23.3...	219.3 ←	218.6	217.5	46.75	63.55	78.2	63
28/08/1470 23.3...	219.1	218.6	217.5	47	64.05	80.05	63.45
28/08/1470 23.2...	219.2	218.7	217.5	46.65	63.8	80	63.55
28/08/1470 23.2...	219	218.7	217.4	46.75	63.5	77.95	62.7
28/08/1470 23.1...	219.1	218.7	217.5	45.95	63.45	77.95	62.45
28/08/1470 23.1...	219.3 ←	218.5	217.5	46.65	63.35	78	62.7
28/08/1470 23.0...	219.2	218.6	217.5	46.9	63.4	78.55	63.3
28/08/1470 23.0...	219.1	218.5	217.6	46.5	63.15	78.1	62.5
28/08/1470 22.5...	219.2	218.7	217.4	46.5	62.55	78.7	62.6
28/08/1470 22.5...	219.2	218.6	217.5	46.9	62.7	77.95	63.1
28/08/1470 22.4...	219.2	218.6	217.5	46.8	62.35	78.05	62.5
28/08/1470 22.4...	219.2	218.6	217.6	46.8	61.85	77.85	62.15
28/08/1470 22.3...	219.2	218.6	217.4	46.7	61.9	78.1	62.3
28/08/1470 22.3...	219.3 ←	218.6	217.6	46.55	61.85	78.15	62.25
28/08/1470 22.2...	219	218.7	217.7	46.9	62	78.25	62.4
28/08/1470 22.2...	219.1	218.6	217.6	46.75	62.05	77.95	62.25
28/08/1470 22.1...	219.3 ←	218.6	217.4	46.7	62.1	77.9	62.3
28/08/1470 22.1...	219.1	218.5	217.6	46.5	62.1	78	62.35
28/08/1470 22.0...	219.3 ←	218.4	217.5	46.6	63.75	78.15	63.15

Voltage L12	Voltage L23	Voltage L31	Voltage LN	Voltage LL	Hz
379.5	376.9	378.3	218.4	378.2	50 ←
379.6	376.9	378.5	218.4	378.3	50
379.6	376.6	378.5	218.4	378.2	50.1
379.6	377	378.3	218.4	378.3	50
379.8 ←	376.8	378.5	218.4	378.3	49.9
379.6	376.8	378.4	218.4	378.2	50
379.6	376.7	378.4	218.4	378.2	50
379.5	376.9	378.1	218.3	378.1	50 ←
379.5	377	378.1	218.4	378.2	50
379.7 ←	376.7	378.3	218.4	378.2	50
379.7 ←	376.9	378.3	218.4	378.3	50
379.5	376.8	378.4	218.4	378.2	50
379.8 ←	376.9	378.2	218.4	378.3	50
379.5	376.8	378.3	218.4	378.2	50
379.7 ←	376.9	378.2	218.4	378.2	50 ←

ตารางที่ 12 ผลการตรวจวัดค่าแรงดันและกระแสไฟฟ้า (ต่อ)

COS L1	COS L2	COS L3
-0.95 ←	-0.949	-0.952
-0.95	-0.947	-0.952
-0.95 ←	-0.949	-0.959
-0.95	-0.943	-0.958
-0.95 ←	-0.941	-0.954
-0.95	-0.949	-0.951
-0.95	-0.948	-0.955
-0.95	-0.95	-0.958
-0.95	-0.944	-0.953
-0.95	-0.949	-0.954
-0.95	-0.95	-0.957
-0.95	-0.945	-0.96 ←
-0.953	-0.95	-0.96
-0.95	-0.949	-0.959
-0.95	-0.949	-0.96 ←
-0.95	-0.947	-0.96
-0.95	-0.945	-0.96
-0.95 ←	-0.95 ←	-0.96 ←

TNI

THAI - NICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY

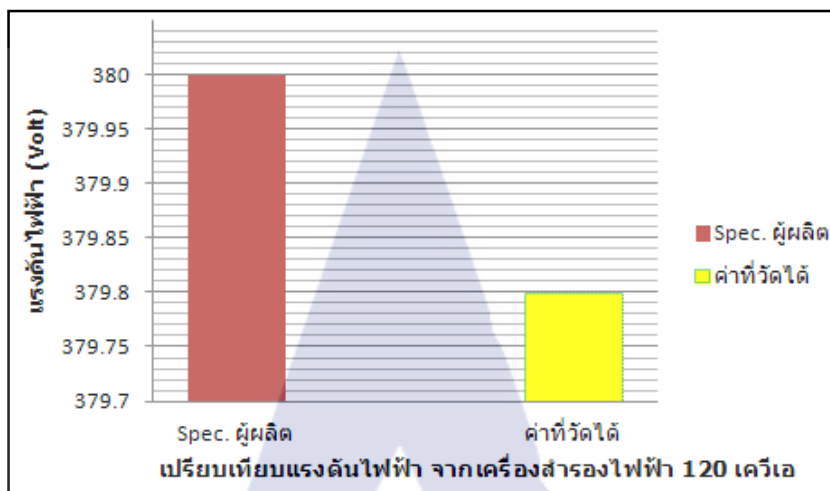
ตารางที่ 13 ค่าคุณภาพกำลังงานไฟฟ้า ของเครื่องสำรองไฟฟ้า (ยูพีเอส) ขนาด 120 เควีเอ

Total kW	THD V3P	THD I3P	THD I1	THD I2	THD I3
8.15	0.15	51.55	16.45	19.55	15.55
8.2	0.25	51.1	16.35	19.4	15.35
8.15	0.4	51.2	16.35	19.55	15.3
8.1	0.25	51.45	16.55	19.55	15.35
8.15	0.1	51.25	16.5	19.45	15.3
8.4	0.2	50.8	16.5	19.45	14.85
8.35	0.35	50.5	16.2	19.45	14.85
8.15	0.15	50.75	16.1	19.35	15.3
8.05	0.1	51.1	16.45	19.4	15.25
8.1	0.35	50.95	16.25	19.45	15.25
8.15	0.15	51	16.15	19.55	15.3
8.05	0.1	50.9	16.35	19.3	15.25
8.05	0.1	50.8	16.3	19.25	15.25
8.1	0.2	50.6	16.05	19.25	15.3
8.05	0.2	50.65	16.15	19.15	15.35
7.95	0.15	50.4	16.2	18.9	15.3
8	0.25	50.15	16	18.95	15.2
8	0.25	50.15	15.9	19	15.25
8.05	0.05	50.15	15.85	19	15.3
7.95	0.1	50.15	15.95	19	15.2
7.95	0.3	50.3	16	19.1	15.2
7.95	0.15	50.3	15.95	19.15	15.2
8.15	0.15	49.7	16.05	18.5	15.15

ขั้นตอนที่ 7 : ตรวจสอบ Spec

ตารางที่ 14 เปรียบเทียบข้อมูลค่าทางไฟฟ้าจาก Spec. ผู้ผลิต กับค่าที่วัดได้ (TPM 5 เส้า)

รายละเอียดการตรวจวัด	ข้อกำหนดทางเทคนิค (Spec. ผู้ผลิต)	ค่าที่วัดได้ (หลัง)	คิดเป็น เปอร์เซ็นต์
1. Output Voltage (L-L) Volt	380	379.8	99.95
2. Output Voltage (L-N) Volt	220	219.3	99.68
3. Frequency (Hz)	50	50	100
4. Power Factor (%)	0.96	0.96	100



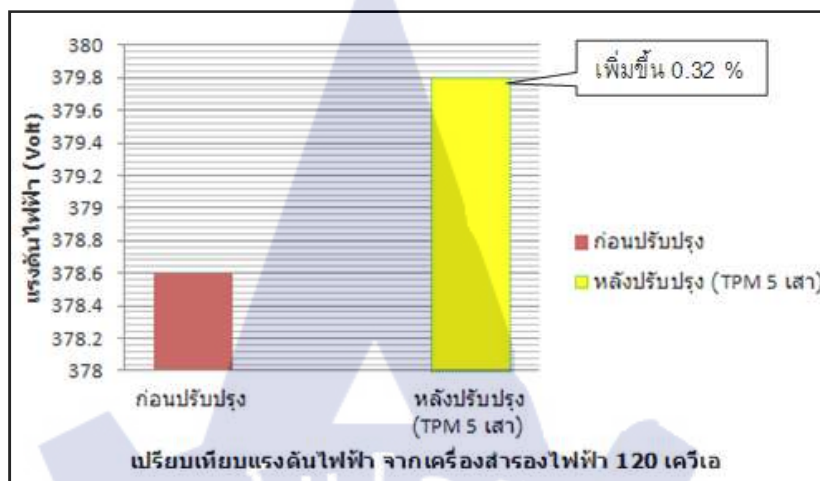
รูปที่ 38 การเปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้าระหว่าง Spec. ผู้ผลิตกับค่าที่วัดได้ หลังนำระบบ TPM มาใช้

ขั้นตอนที่ 8 : นำผลมาเปรียบเทียบ

ตารางที่ 15 เปรียบเทียบค่าทางไฟฟ้า ก่อนปรับปรุง และหลังปรับปรุง (TPM 5 เส้า)

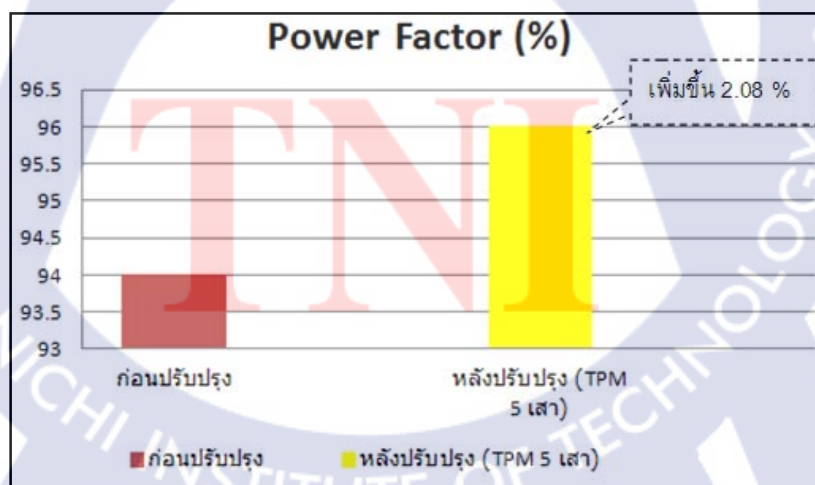
รายละเอียดการตรวจวัด	ค่าที่วัดได้ (ก่อนปรับปรุง)	ค่าที่วัดได้ (หลังปรับปรุง)	คิดเป็น เปอร์เซ็นต์
1. Output Voltage (L-L) Volt	378.6	379.8	0.32
2. Output Voltage (L-N) Volt	218.7	219.3	0.27
3. Frequency (Hz)	50.1	50	0.2
4. Power Factor (%)	0.94	0.96	เพิ่มขึ้น 2.08

ขั้นตอนที่ 9 : เปรียบเทียบ ก่อน – หลัง



รูปที่ 39 การเปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้า ก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง (TPM 5 เส้า)

จากรูปที่ 39 การนำระบบการบำรุงรักษาทีผลแบบทุกคนมีส่วนร่วม (TPM) มาใช้บริหารจัดการคุณภาพกระแสไฟฟ้าที่จ่ายจากเครื่องสำรองไฟฟ้า (ยูพีเอส) 120 เครือเอ ก่อนการปรับปรุงแรงดันไฟฟ้าที่ได้มีค่าเท่ากับ 378.6 โวลต์ (Volt) และหลังปรับปรุง เท่ากับ 379.8 โวลต์ (Volt) ซึ่งคุณภาพไฟฟ้าที่ผลิตได้เพิ่มขึ้นคิดเป็น 0.32% (หรือ 1.2 โวลต์)



รูปที่ 40 การเปรียบเทียบ Power Factor (%) ก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง (TPM 5 เส้า)

จากรูปที่ 40 การนำระบบการบำรุงรักษาวิผลแบบทุกคนมีส่วนร่วม (TPM) มาใช้บริหารจัดการคุณภาพกระแสไฟฟ้าที่จ่ายจากเครื่องสำรองไฟฟ้า (ยูพีเอส) 120 เควีเอ ก่อนการปรับปรุง Power Factor มีค่าเท่ากับ 94% และหลังปรับปรุง เท่ากับ 96% ซึ่งจะทำให้เครื่องสำรองไฟฟ้า (ยูพีเอส) มีความสามารถจ่ายโหลดเพิ่มขึ้นอีก คิดเป็น 2.08%

สรุปผลที่ได้จากการศึกษา โดยใช้แนวทางในการทำ TPM (5 เส้า)

ผลที่ได้จากการศึกษา โดยใช้แนวทางในการทำ TPM (5 เส้า)

1. การให้การศึกษาและการฝึกอบรม (Education and Training) ด้านบุคลากร ทำให้พนักงานช่าง วิศวกร ผู้จัดการ มีองค์ความรู้สามารถเข้าใจขั้นตอนการทำงาน ซึ่งกำหนดเป็นคู่มือมาตรฐานปฏิบัติงานได้อย่างถูกต้องรวดเร็ว

2. การดูแลรักษาด้วยตนเอง (Autonomous Maintenance) พนักงานช่าง วิศวกรสามารถตรวจสอบ และแก้ไข สาเหตุของอุปกรณ์เบื้องต้นได้ถูกต้องรวดเร็ว เช่น ตรวจสอบสภาพด้วยสายตา, ตรวจสอบตราความแน่นหนาในการต่อเชื่อม, วัดแรงดันไฟฟ้า rms จริง, วัดกระแสไฟฟ้า

3. การบำรุงรักษาเชิงแผนงาน (Planned Maintenance) สามารถกำหนดวางแผนการบำรุงรักษา และนำไปสู่การปฏิบัติงานตรวจสอบบำรุงรักษาเป็นไปตามที่กำหนดไว้ตามรายละเอียดคู่มือการบำรุงรักษาเครื่อง การเปลี่ยนอะไหล่ตามอายุการใช้งาน รวมถึงตรวจสอบภาพรวมเบื้องต้น และการวัดคุณภาพทางไฟฟ้า เพื่อหาค่าฮาร์โมนิกส์ และทรานเซียนต์ รวมถึงสัญญาณคลื่นรบกวนทางไฟฟ้า เช่น RFI , EMI , etc พร้อมบันทึกประวัติเครื่องจักรมีระบบข้อมูลกลาง สามารถนำมาวิเคราะห์สาเหตุในการแก้ไขปัญหาได้อย่างถูกต้องรวดเร็วมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

4. ความปลอดภัยและสิ่งแวดล้อม (Safety and Environment) ห้องยูพีเอสต้องมีระบบระบายอากาศ อุณหภูมิมีความชื้น แสงสว่าง ความดังของเสียง ความสะอาดตามมาตรฐานผู้ผลิต และกฎหมายมาตรฐานด้านความปลอดภัย (จป.) เช่น การต่อลงดินของอุปกรณ์ ตามข้อกำหนดของมาตรฐาน NEC และ IEEE

5. การควบคุมขั้นต้น (Initial Control) ตั้งแต่การเลือกเครื่องยูพีเอส โดยตรวจสอบข้อมูลของ Harmonic Order และ Harmonic Content และข้อมูลด้านคุณภาพระบบไฟฟ้า ก่อนตัดสินใจซื้อ ให้มีความเหมาะสมกับการใช้งานเริ่มตั้งแต่การออกแบบ การติดตั้งตามมาตรฐาน การควบคุมการจ่ายกระแสไฟฟ้า และการนำอุปกรณ์ไฟฟ้ามาใช้ให้ถูกประเภทลักษณะงาน

ตารางที่ 16 รายการเครื่องมือตรวจวัด

ลำดับ	รายชื่อ	รูปภาพ	จำนวน (เครื่อง)	รายละเอียด การใช้งาน
1	Infrared Thermometer Brann : ZY. Temp Rang : -60 to 1000°C		1	ใช้สำหรับวัดอุณหภูมิผิวของวัตถุโดยไม่ต้องสัมผัส ปรับค่า Emissivity ได้ ในช่วง 0.1 – 1.0 และสามารถต่อกับหัว วัด Thermocouple เพื่อตรวจวัดอุณหภูมิแบบสัมผัสได้
2	Digital Power Meter Model : TM-1017 Rang : L-L 0.1-599V : 0.1 – 400A : 0.1-1,999Ohm		1	ใช้สำหรับวัดค่าพลังงานไฟฟ้าแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าค่าตัวประกอบ กำลังไฟฟ้า
3	Power Recorder Brand : Janitza Model : UMG 503 Rang : 0.06-15A : L-N50-500V : L-L80-870V		1	ใช้สำหรับบันทึกค่าพลังงานไฟฟ้าแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าตัวประกอบ กำลังไฟฟ้าและค่าฮาร์มอนิกส์
4	LUX Meter Brand : DIGICON Model : LX-50 Range: 0-50,000 LUX		1	ใช้สำหรับวัดความเข้มของแสง
5	Battery Tester Brand : HIOKI		1	ใช้สำหรับตรวจวัดค่าความต้านทานภายในและแรงดันของแบตเตอรี่
6	Air Volecity Meter		1	ใช้วัดความเร็วอากาศ

BSB

VRLA Battery

DB 12-180

12V180AH

Duration Series SLA Battery

DB Series

DB (Duration) Series batteries utilizes thick grids of modern technology are adopted so as to guarantee the design life up to 12 years. Advanced micro porous absorbed glass matt separator - minimizes diffusion of oxygen into the separator, reducing float charge current which suppressed the corrosion rate of the positive grid and extends the life of the battery.

Application

- Cable Television
- Communication Equipment
- Security System
- UPS
- Control Equipment
- Medical Equipment
- Emergency Power System
- Power Plant

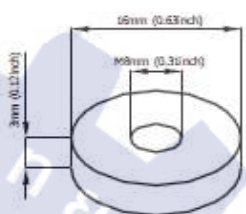
General Features

- Sealed and maintenance free operation.
- Non-Spillable construction design.
- ABS containers and covers(UL94HB, UL94V-0) optional.
- Safety valve installation for explosion proof.
- High quality and high reliability.
- Exceptional deep discharge recovery performance.
- Low self discharge characteristic.
- Flexibility design for multiple install positions.

Construction

• ComponentRaw material • PositiveLead dioxide • NegativeLead • ContainerABS • CoverABS	• SealantEpoxy Resin • Safety valveEPDR • TerminalPb Alloy • SeparatorFiber glass • ElectrolyteSulfuric acid
---	--



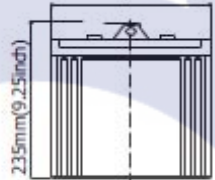


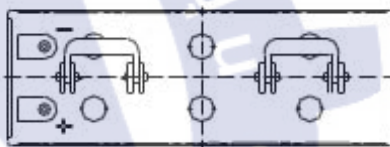
Terminal Dimensions

494mm(19.4inch)



206mm(8.11inch)





Battery Model	DB12-180			
Designed Floating Life	12 Years			
Capacity(20°C)	20HR(9.44A,1.80V)	10HR(18A,1.80V)	5HR(31.1A,1.75V)	1HR(113A,1.60V)
	189AH	180AH	156AH	113AH
Dimensions	Length	Width	Height	Total Height
	494mm(19.4inch)	206mm(8.11inch)	209mm(8.23inch)	235mm(9.25inch)
Approx. Weight	54Kg (119 lbs)			
Internal Resistance	Full charged at 20°C: 0.0035 Ohm			
Self Discharge	3% of capacity declined per month at (20°C)			
Capacity Affected by Temp.(20HR)	40°C	20°C	0°C	-15°C
	102%	100%	85%	65%
Charge Voltage(20°C)	Cycle use		Float use	
	14.4-14.8V(-30mV/ °C), max. Current: 45A		13.6-13.8V(-20mV/ °C)	

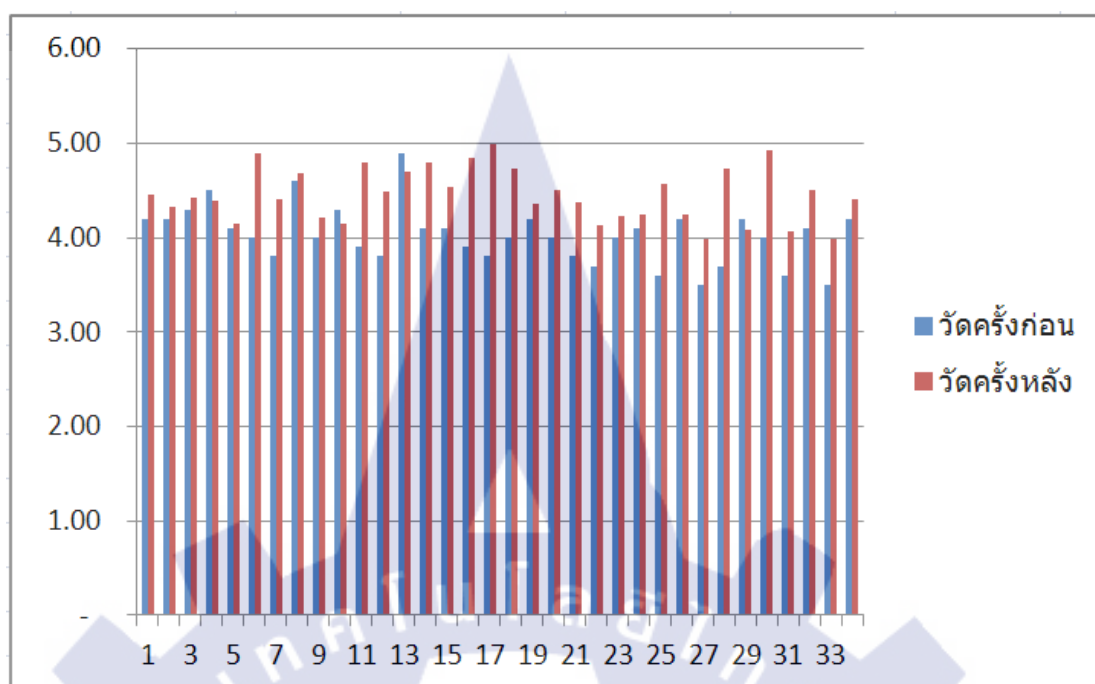
รูปที่ 41 แบตเตอรี่เครื่องจ่ายไฟฟ้าสำรอง (UPS) 120 kVA

ผลการตรวจวัดค่าความต้านทานภายในแบตเตอรี่ จำนวน 34 ลูก (แบตเตอรี่รุ่น DB12-180 ออกแบบใช้งาน 12 ปี) ดังตารางที่ 17

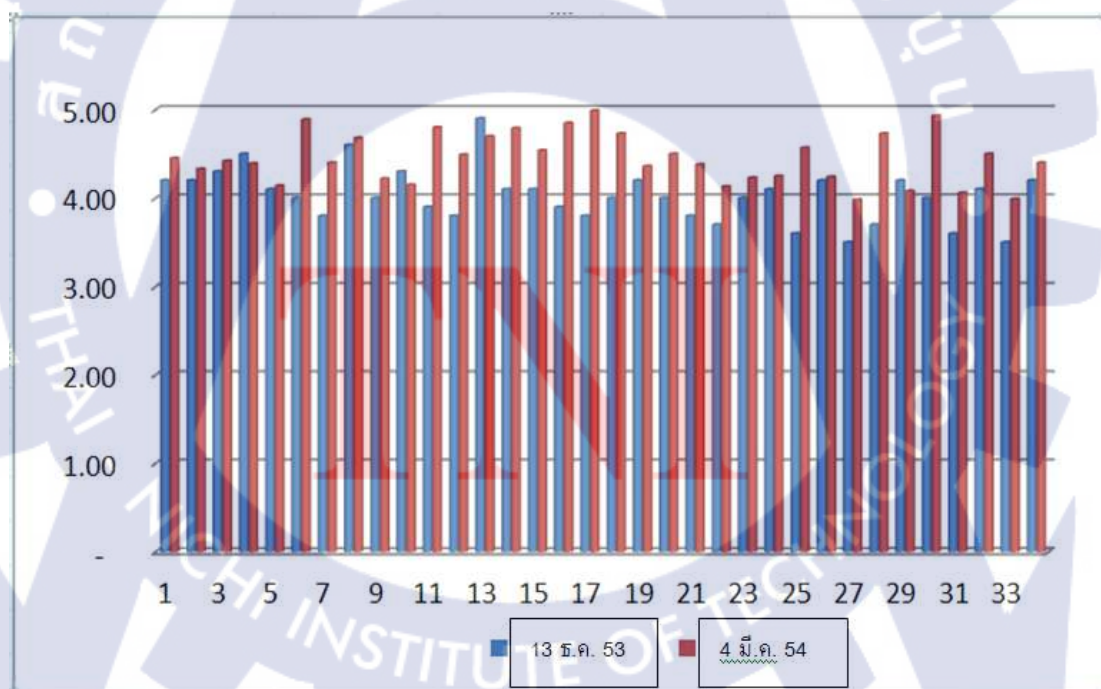
ตารางที่ 17 ผลการตรวจวัดค่าความต้านทานภายในแบตเตอรี่ ของเครื่องฯ (ยูพีเอส)

แสดงค่าความต้านทานภายในแบตเตอรี่ (มΩ)												
วัดเมื่อ 13 ธันวาคม 2553 และวันที่ 4 มีนาคม 2554 (81 วัน)												
ลูกที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
วัดครั้งแรก	4.20	4.20	4.30	4.50	4.10	4.00	3.80	4.60	4.00	4.30	3.90	3.80
วัดครั้งหลัง	4.45	4.33	4.42	4.39	4.14	4.89	4.40	4.68	4.22	4.15	4.80	4.49
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
4.90	4.10	4.10	3.90	3.80	4.00	4.20	4.00	3.80	3.70	4.00	4.10	
4.70	4.79	4.54	4.85	4.99	4.73	4.36	4.5	4.38	4.13	4.23	4.25	
25	26	27	28	29	30	31	32	33	34			
3.60	4.20	3.50	3.70	4.20	4.00	3.60	4.10	3.50	4.20			
4.57	4.24	3.98	4.73	4.08	4.93	4.06	4.50	3.99	4.40			

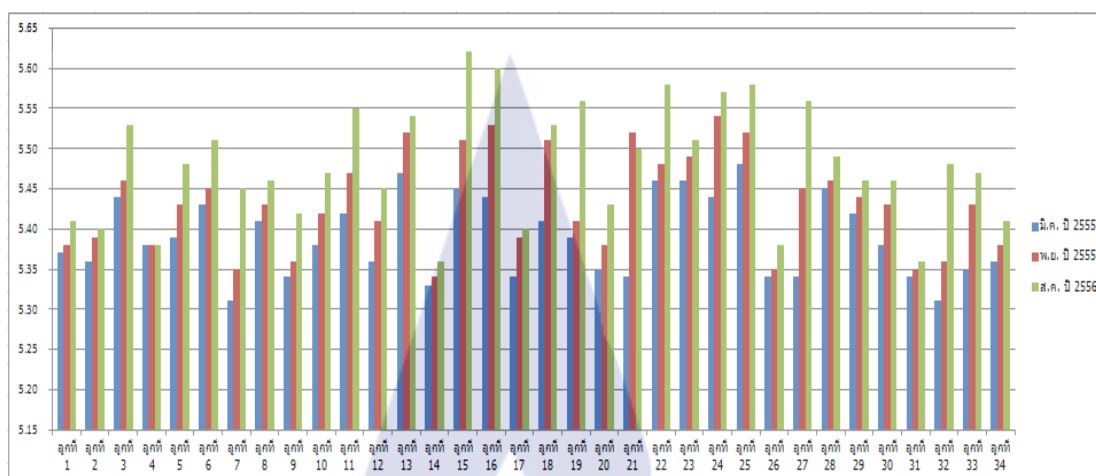
ข้อมูลจากตารางสามารถนำมาพล็อต ลงบนแผนภูมิเพื่อแสดงการเปลี่ยนแปลงของค่าความต้านทานภายในแบตเตอรี่ เมื่อระยะเวลาผ่านไป 81 วัน (วัดเมื่อ 13 ธันวาคม 2553 และวันที่ 4 มีนาคม 2554) เปรียบเทียบจะเห็นว่าค่าความต้านทานจะสูงขึ้นเรื่อยๆ นั้นหมายถึงระยะเวลาการใช้งาน การตั้งค่าชุด Charger และอุณหภูมิแวดล้อม ทำให้มีผลโดยตรงกับอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ ดังรูปที่ 42



รูปที่ 42 ผลการเปรียบเทียบค่าความต้านทานภายในของแบตเตอรี่ (ก่อน – หลัง)



รูปที่ 43 ผลการเปรียบเทียบค่าความต้านทานภายในของแบตเตอรี่ (เดือนธันวาคม 2553 และ มีนาคม 2554)



รูปที่ 44 ผลการเปรียบเทียบค่าความต้านทานภายในของแบตเตอรี่

ตรวจวัดผล จำนวน 3 ครั้ง ดังนี้

ครั้งที่ 1 : เดือนมีนาคม 2555

ครั้งที่ 2 : เดือนพฤษภาคม 2555

ครั้งที่ 3 : เดือนสิงหาคม 2556

การทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยที่กลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กัน (T-Test Dependent Samples)

ซึ่งแสดงค่าเฉลี่ยความต้านทานของแบตเตอรี่ จำนวน 34 ลูก

ตารางที่ 17 ค่าเฉลี่ยความต้านทานของแบตเตอรี่

	N	Mean	SD
ครั้งที่ 3	34	5.481	0.072
ครั้งที่ 2	34	5.433	0.060
ครั้งที่ 1	34	5.389	0.050

ตารางที่ 18 ผลค่าความต้านทานที่เพิ่มขึ้นจากครั้งก่อน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Dependent t-test		Paired Differences				
		Mean	SD	t	df	Sig. (2-tailed)
คู่ที่ 1	ครั้งที่2-ครั้งที่1	0.044	0.037	6.800	33	.000
คู่ที่ 2	ครั้งที่3-ครั้งที่2	0.048	0.038	7.322	33	.000
ผล : ค่าความต้านทานครั้งที่2 เพิ่มขึ้นจากครั้งที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ						
ค่าความต้านทานครั้งที่3 เพิ่มขึ้นจากครั้งที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ						

ตารางที่ 19 ผลซึ่งไม่มีค่าแตกต่างกัน

Dependent t-test		Paired Differences				
		Mean	SD	t	df	Sig. (2-tailed)
เทียบผลต่าง	dif_t3t2 - dif_t2t1	0.005	0.055	0.500	33	.620
ผล : difระหว่าง3กับ2 และdifระหว่าง2กับ1 ไม่แตกต่างกัน ความหมายคือ ค่าที่เพิ่มขึ้น 2 ครั้งไม่ต่างกัน						

ผลการวัดคุณภาพไฟฟ้า เครื่องจ่ายไฟฟ้าสำรอง (ยูพีเอส) ขนาด 120 kVA

เมื่อวันที่ 28 สิงหาคม 2556 ดังตารางที่ 20

TNI

THAI - NICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY

ตารางที่ 20 ผลการวัดคุณภาพไฟฟ้า เครื่องจ่ายไฟฟ้าสำรอง (ยูพีเอส) ขนาด 120 kVA (เมื่อ วันที่ 28 สิงหาคม 2556)

Date/Time	Voltage L1	Voltage L2	Voltage L3	Current L1	Current L2	Current L3	Total I
28/08/1470 23:5...	219.2	218.5	217.5	47.3	63.55	77.45	62.6
28/08/1470 23:5...	219.2	218.5	217.6	47.2	63.85	77.8	62.95
28/08/1470 23:4...	219.3	218.4	217.5	47.05	63.75	78.25	62.9
28/08/1470 23:4...	219.1	218.6	217.6	46.15	63.6	78.25	62.55
28/08/1470 23:3...	219.3	218.6	217.5	46.75	63.55	78.2	63
28/08/1470 23:3...	219.1	218.6	217.5	47	64.05	80.05	63.45
28/08/1470 23:2...	219.2	218.7	217.5	46.65	63.8	80	63.55
28/08/1470 23:2...	219	218.7	217.4	46.75	63.5	77.95	62.7
28/08/1470 23:1...	219.1	218.7	217.5	45.95	63.45	77.95	62.45
28/08/1470 23:1...	219.3	218.5	217.5	46.65	63.35	78	62.7
28/08/1470 23:0...	219.2	218.6	217.5	46.9	63.4	78.55	63.3
28/08/1470 23:0...	219.1	218.5	217.6	46.5	63.15	78.1	62.5
28/08/1470 22:5...	219.2	218.7	217.4	46.5	62.55	78.7	62.6
28/08/1470 22:5...	219.2	218.6	217.5	46.9	62.7	77.95	63.1
28/08/1470 22:4...	219.2	218.6	217.5	46.8	62.35	78.05	62.5
28/08/1470 22:4...	219.2	218.6	217.6	46.8	61.85	77.85	62.15
28/08/1470 22:3...	219.2	218.6	217.4	46.7	61.9	78.1	62.3
28/08/1470 22:3...	219.3	218.6	217.6	46.55	61.85	78.15	62.25
28/08/1470 22:2...	219	218.7	217.7	46.9	62	78.25	62.4
28/08/1470 22:2...	219.1	218.6	217.6	46.75	62.05	77.95	62.25
28/08/1470 22:1...	219.3	218.6	217.4	46.7	62.1	77.9	62.3
28/08/1470 22:1...	219.1	218.5	217.6	46.5	62.1	78	62.35
28/08/1470 22:0...	219.3	218.4	217.5	46.6	63.75	78.15	63.15

ตารางที่ 20 ผลการวัดคุณภาพไฟฟ้า เครื่องจ่ายไฟฟ้าสำรอง (ยูพีเอส) ขนาด 120 kVA (เมื่อ วันที่ 28 สิงหาคม 2556) (ต่อ)

Total kW	THD V3P	THD I3P	THD I1	THD I2	THD I3
8.15	0.15	51.55	16.45	19.55	15.55
8.2	0.25	51.1	16.35	19.4	15.35
8.15	0.4	51.2	16.35	19.55	15.3
8.1	0.25	51.45	16.55	19.55	15.35
8.15	0.1	51.25	16.5	19.45	15.3
8.4	0.2	50.8	16.5	19.45	14.85
8.35	0.35	50.5	16.2	19.45	14.85
8.15	0.15	50.75	16.1	19.35	15.3
8.05	0.1	51.1	16.45	19.4	15.25
8.1	0.35	50.95	16.25	19.45	15.25
8.15	0.15	51	16.15	19.55	15.3
8.05	0.1	50.9	16.35	19.3	15.25
8.05	0.1	50.8	16.3	19.25	15.25
8.1	0.2	50.6	16.05	19.25	15.3
8.05	0.2	50.65	16.15	19.15	15.35
7.95	0.15	50.4	16.2	18.9	15.3
8	0.25	50.15	16	18.95	15.2
8	0.25	50.15	15.9	19	15.25
8.05	0.05	50.15	15.85	19	15.3
7.95	0.1	50.15	15.95	19	15.2
7.95	0.3	50.3	16	19.1	15.2
7.95	0.15	50.3	15.95	19.15	15.2
8.15	0.15	49.7	16.05	18.5	15.15

ตารางที่ 20 ผลการวัดคุณภาพไฟฟ้า เครื่องจ่ายไฟฟ้าสำรอง (ยูพีเอส) ขนาด 120 kVA (เมื่อ วันที่ 28 สิงหาคม 2556) (ต่อ)

Voltage L12	Voltage L23	Voltage L31	Voltage LN	Voltage LL	Hz
379.5	376.9	378.3	218.4	378.2	50
379.6	376.9	378.5	218.4	378.3	50
379.6	376.6	378.5	218.4	378.2	50.1
379.6	377	378.3	218.4	378.3	50
379.8	376.8	378.5	218.4	378.3	49.9
379.6	376.8	378.4	218.4	378.2	50
379.6	376.7	378.4	218.4	378.2	50
379.5	376.9	378.1	218.3	378.1	50
379.5	377	378.1	218.4	378.2	50
379.7	376.7	378.3	218.4	378.2	50
379.7	376.9	378.3	218.4	378.3	50
379.5	376.8	378.4	218.4	378.2	50
379.8	376.9	378.2	218.4	378.3	50
379.5	376.8	378.3	218.4	378.2	50
379.7	376.9	378.2	218.4	378.2	50
379.4	377.1	378.4	218.4	378.3	50.1
379.6	376.6	378.4	218.4	378.2	50.1
379.7	377	378.5	218.5	378.4	50
379.5	377.2	378.3	218.4	378.3	50.1
379.6	377	378.2	218.4	378.2	50.1
379.8	376.6	378.5	218.4	378.3	50.1
379.5	376.9	378.3	218.4	378.2	50
379.4	376.7	378.5	218.4	378.2	50.1

การวัดประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักร (Overall Equipment Effectiveness : OEE)

วิธีการคำนวณหาค่า OEE ของเครื่องสำรองไฟฟ้าต่อเนื่อง (ยูพีเอส) ขนาด 120 kVA ซึ่งทำงานวันละ 24 ชั่วโมง โดยมีข้อมูลการผลิตจ่ายกระแสไฟฟ้าและการหยุดของเครื่องจักรจากการจดบันทึกลงประจำวัน เมื่อ วันที่ 9 สิงหาคม 2554 มีรายละเอียด ดังนี้

- เครื่องจักรเสีย 120 นาที
(สาเหตุ : บอร์ดควบคุม)
- เปลี่ยน บอร์ดควบคุม 15 นาที
- ปรับแต่งเซตค่า 5 นาที

- รอบเวลามาตรฐาน (สมมติ) 0.5 นาที / ชิ้นงาน
- จำนวนที่ผลิตได้ทั้งหมด 2000 ชิ้น

เวลาทั้งหมดในการทำงาน 1 วัน เท่ากับ 1440 นาที (24 ชั่วโมง x 60 นาที)

$$\begin{aligned}\text{เวลารับภาระงาน} &= \text{เวลาทั้งหมด} - \text{เวลาหยุดตามแผน} \\ &= 1440 \text{ นาที}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{เวลาที่เครื่องจักรหยุด (Downtime Loss)} &= \text{เครื่องจักรเสีย} 120 \text{ นาที} + \text{เปลี่ยนบอร์ดควบคุม} 15 \text{ นาที} \\ &\quad + \text{ปรับแต่งเซตค่า} 5 \text{ นาที}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{เวลาเดินเครื่อง} &= \text{เวลารับภาระงาน} - \text{เวลาที่เครื่องจักรหยุด} \\ &= 1440 \text{ นาที} - 140 \text{ นาที} = 1300 \text{ นาที}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{อัตราการเดินเครื่อง} &= \frac{\text{เวลาเดินเครื่อง}}{\text{เวลารับภาระงาน}} = \frac{1300}{1440} \times 100 = 90.28 \%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{เวลาเดินเครื่องสุทธิ} &= \text{เวลามาตรฐาน} \times \text{จำนวนชิ้นงานที่ผลิตได้} \\ &= 0.5 \text{ นาที / ชิ้น} \times 2000 \text{ ชิ้น} = 1000 \text{ นาที}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{ประสิทธิภาพการเดินเครื่อง} &= \frac{\text{เวลาเดินเครื่องสุทธิ}}{\text{เวลาเดินเครื่อง}} \times 100 = \frac{1000}{1300} \times 100 \\ &= 76.92\%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{อัตราคุณภาพ} &= \frac{\text{จำนวนชิ้นงานดี}}{\text{จำนวนชิ้นงานทั้งหมด}} = \frac{1440}{2000} \times 100 = 72 \%\end{aligned}$$

$$\text{ค่าประสิทธิผลโดยรวม (OEE)} = 0.9028 \times 0.7692 \times 0.72 \times 100 = 50 \%$$

ข้อมูลด้านอัตราความพร้อมของการผลิต เครื่องจ่ายไฟฟ้าสำรองต่อเนื่อง (ยูพีเอส) 120 kVA หลังจากได้เก็บรวบรวมข้อมูลเวลาที่สูญเสียของเครื่องจ่ายไฟฟ้าสำรอง ในการผลิตแรงดันไฟฟ้า ทำการหาอัตราความพร้อมใช้งาน เพื่อเปรียบเทียบผลระหว่างก่อน และหลัง ทำการศึกษา ซึ่งจากตารางที่ 21 จะเป็นข้อมูลก่อนทำการปรับปรุง

ตารางที่ 21 ข้อมูลการผลิตเฉลี่ยต่อเดือน ก่อนการปรับปรุง

เดือน / ปี	ต.ค. 2554	พ.ย. 2554	ธ.ค. 2554	ผลรวมเฉลี่ย
เวลาเดินเครื่องทั้งหมด (นาทีก)	44,640	43,200	44,640	44,160
เวลาใช้เครื่องจักร (นาทีก)	44,610	43,155	44,605	44,123
เวลาเครื่องจักรเสีย (นาทีก)	30	45	35	37
จำนวนเครื่องจักรหยุด (ครั้ง)	3	6	8	6
กำลังการผลิต (ชิ้น/เดือน)	696,600	648,000	662,160	668,920
ของเสีย (ชิ้น / เดือน)	1,450	1,890	1,080	1,473
(A) อัตราความพร้อม (%)	99.93	99.89	99.92	99.91
(P) สมรรถนะ (%)	87.44	84.00	83.13	84.98
(Q) อัตราคุณภาพ (%)	99.79	99.70	99.83	99.78
(OEE) ค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพโดยรวม (%)	87.19	83.65	82.92	84.71

ที่มาข้อมูล : เก็บข้อมูลจากบริษัท ตั้งแต่เดือน ตุลาคม ปี 2554 ถึงเดือนธันวาคม 2554

ตารางที่ 22 ข้อมูลเปรียบเทียบค่าอัตราความพร้อมใช้งานเฉลี่ยต่อเดือนก่อนและหลังปรับปรุง

ข้อมูลการผลิต	เวลาเฉลี่ยก่อนปรับปรุง (ต.ค. – ธ.ค. 2554)	เวลาเฉลี่ยหลังปรับปรุง (ม.ค. – ธ.ค. 2555)
เวลาเดินเครื่องทั้งหมด (นาทีก)	44,160	44,150
เวลาใช้เครื่องจักร (นาทีก)	44,123	44,130
เวลาเครื่องจักรเสีย (นาทีก)	37	10
จำนวนเครื่องจักรหยุด (ครั้ง)	6	2
(A) อัตราความพร้อม (%)	99.91	99.95

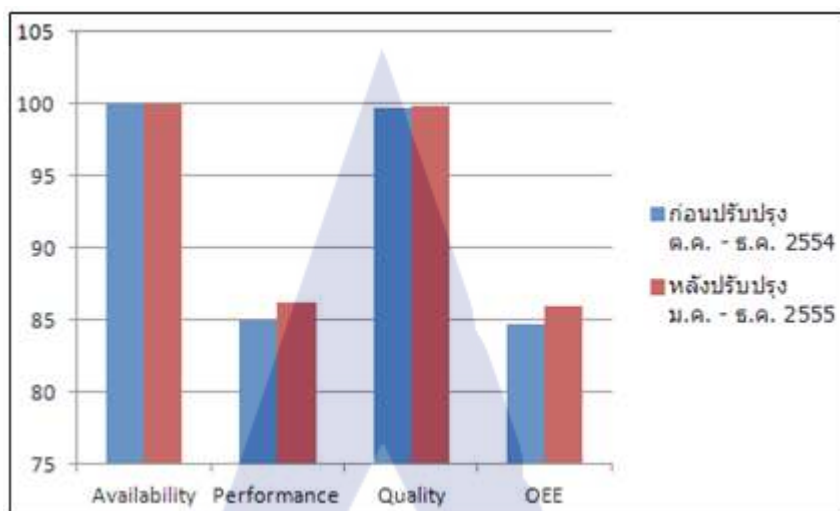
จากตารางที่ 22 เป็นข้อมูลเปรียบเทียบหลังได้มีการปรับปรุงความพร้อมในการใช้งานเครื่องจักร พบว่า เวลาสูญเสียเนื่องจากเครื่องจักรหยุดมีค่าลดลงจากเดิม ก่อนปรับปรุงมีค่า 37 นาที ลดเวลาสูญเสียเฉลี่ยลงไป 27 นาที คิดเป็น 27% ซึ่งเวลาที่ลดลงนี้จะส่งผลให้อัตราความพร้อมเฉลี่ยสูงขึ้นจากเดิม 99.91% เพิ่มขึ้นเป็น 99.95%

ตารางที่ 23 ข้อมูลเปรียบเทียบค่าสมรรถนะของเครื่องจักรเฉลี่ยต่อเดือน ก่อนและหลังปรับปรุง

ข้อมูลการผลิต	เวลาเฉลี่ยก่อนปรับปรุง (ต.ค. – ธ.ค. 2554)	เวลาเฉลี่ยหลังปรับปรุง (ม.ค. – ธ.ค. 2555)
เวลาเดินเครื่องทั้งหมด (นาทีก)	44,160	44,150
เวลาใช้เครื่องจักร (นาทีก)	44,123	44,130
กำลังการผลิต (ชิ้น / เดือน)	668,920	679,123
(P) สมรรถนะ (%)	84.98	86.18

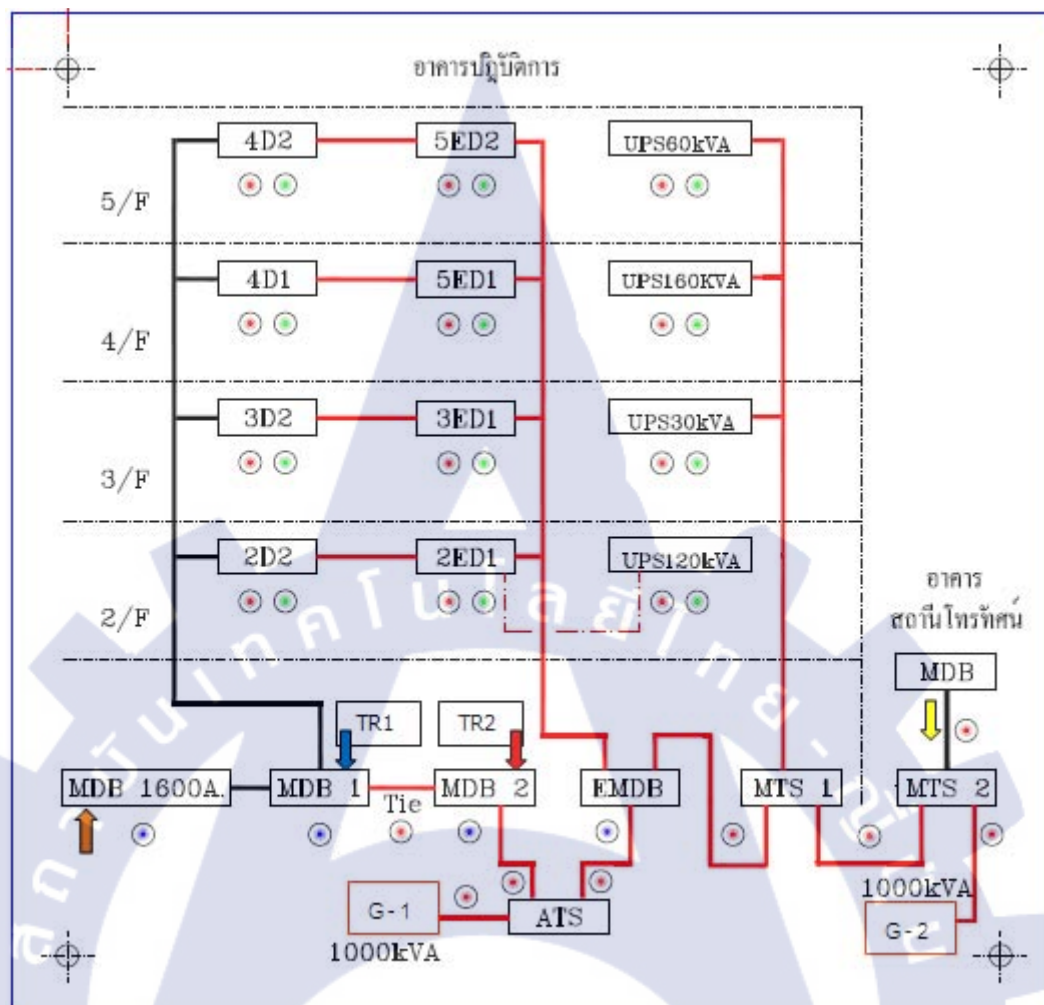
ตารางที่ 24 ข้อมูลเปรียบเทียบประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักร ก่อนและหลังปรับปรุง

ข้อมูลการผลิต	เวลาเฉลี่ยก่อนปรับปรุง (ต.ค. – ธ.ค. 2554)	เวลาเฉลี่ยหลังปรับปรุง (ม.ค. – ธ.ค. 2555)
เวลาเดินเครื่องทั้งหมด (นาทีก)	44,160	44,150
เวลาใช้เครื่องจักร (นาทีก)	44,123	44,130
เวลาเครื่องจักรเสีย (นาทีก)	37	10
จำนวนเครื่องจักรหยุด (ครั้ง)	6	2
กำลังการผลิต (ชิ้น / เดือน)	668,920	679,123
ของเสีย (ชิ้น / เดือน)	1,473	1,320
(A) อัตราความพร้อม (%)	99.91	99.95
(P) สมรรถนะ (%)	84.98	86.18
(Q) อัตราคุณภาพ (%)	99.78	99.80
(OEE) ค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพโดยรวม (%)	84.71	85.96



รูปที่ 44 การเปรียบเทียบผลการดำเนินงาน ก่อน และหลังปรับปรุง

จากตารางที่ 24 พบว่า ค่าประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักร ภายหลังการดำเนินกิจกรรมมีค่าเพิ่มสูงขึ้น ดังรูปที่ 45 จะเห็นได้ว่าค่าอัตราความพร้อมจากเดิม 99.91% เพิ่มขึ้นเป็น 99.95% ค่าสมรรถนะของเครื่องจักร จากเดิม 84.98% เพิ่มขึ้นเป็น 86.18% ส่วนอัตราคุณภาพจากเดิมมีค่า 99.78% เพิ่มเป็น 99.80% เมื่อทุกค่าเพิ่มขึ้นก็จะส่งผลให้ค่าประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักรสูงขึ้น เดิมก่อนปรับปรุงจะมีค่า 84.71% หลังจากปรับปรุงเพิ่มขึ้นเป็น 85.96% หรือเพิ่มขึ้น 1.25%



รูปที่ 46 Riser Diagram ระบบการจ่ายไฟฟ้าของอาคารปฏิบัติการด้านโทรทัศนและวิทยุ

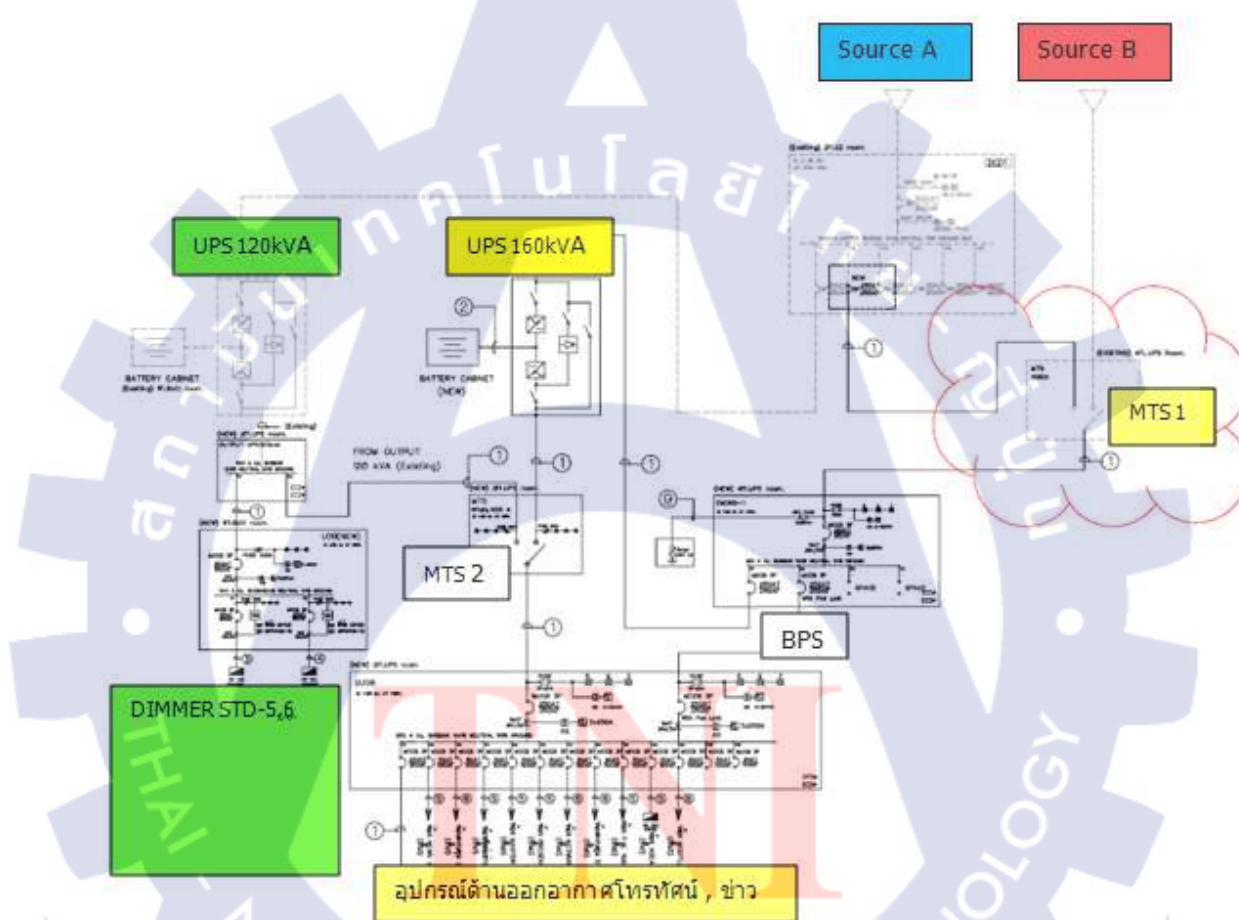
แหล่งจ่ายไฟฟ้ามีด้วยกัน 6 แหล่ง

1. หม้อแปลงไฟฟ้า TR-1 ขนาด 2,000 kVA จ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับ MDB-1
2. หม้อแปลงไฟฟ้า TR-1 ขนาด 2,000 kVA จ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับ MDB-2
3. ตู้ MDB 1,600 A รับไฟฟ้าจากภายนอกสำหรับจ่ายให้เครื่องจ่ายไฟฟ้าสำรอง (UPS)
4. ตู้ MDB จ่ายไฟฟ้าจากอาคารสถานีโทรทัศน์สำหรับจ่ายให้เครื่องจ่ายไฟฟ้าสำรอง (UPS)
5. เครื่องกำเนิดไฟฟ้า G-1 ขนาด 1,000 kVA จ่ายให้เครื่องจ่ายไฟฟ้าสำรอง (UPS)
6. เครื่องกำเนิดไฟฟ้า G-2 ขนาด 1,000 kVA จ่ายให้เครื่องจ่ายไฟฟ้าสำรอง (UPS)

อยู่ระหว่างดำเนินการร่าง TOR

เนื่องจากอุปกรณ์ด้านออกอากาศโทรทัศน์เพิ่มจำนวนมากขึ้น การต่อขยายโหลดต่างๆ ทำให้เครื่องจ่ายไฟฟ้าสำรองต่อเนื่อง (UPS) ขนาด 120 kVA จ่ายไฟฟ้าให้กับโหลดประมาณ 100% และมีบางช่วงเวลาที่จ่ายไฟฟ้ากับโหลดประมาณ 110% (Overload) ทำให้เกิดความเสียด้านการจ่ายไฟฟ้า และเครื่องทำงานหนัก ส่งผลให้อุปกรณ์ภาค Inverter, Rectifier ชำรุดเสียหายเร็วขึ้น และติดตั้งใช้งานตั้งแต่ ปีพ.ศ. 2547

ระบบจ่ายไฟฟ้ากำลังต่อเนื่อง (หลังปรับปรุง)



รูปที่ 48 ระบบจ่ายไฟฟ้าของอุปกรณ์ออกอากาศโทรทัศน์ (หลังปรับปรุง)

เครื่องจ่ายไฟฟ้าสำรองต่อเนื่อง (UPS) 160 kVA

จ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์ด้านออกอากาศโทรทัศน์และอุปกรณ์ตัดต่อข่าว ได้แก่

- ชั้น 1 ห้อง NEWS SERVER, ห้องควบคุม STD-6, ห้องตัดต่อข่าว, ห้อง ASEAN TV, ห้อง MASTER CONTROL

- ชั้น 2 ห้อง PRESENTATION, ห้อง NETWORK, ห้องควบคุม STD-5, ห้อง F.M. 100.5 MHz ห้อง MCOT 1,2

เครื่องจ่ายไฟฟ้าสำรองต่อเนื่อง (UPS) 120 kVA

จ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์ด้านแสงสว่าง (Dimmer) ห้องส่ง STD-5 และ STD-6 (สำรอง)



บทที่ 4

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาระบบจ่ายไฟฟ้าของบริษัท อสมท จำกัด (มหาชน) โดยศึกษามาตรฐานของคุณภาพกระแสไฟฟ้าที่จ่ายจากระบบไฟฟ้าสำรองต่อเนื่อง ศึกษาการจัดการคุณภาพของกระแสไฟฟ้าจากระบบจ่ายไฟฟ้าสำรองต่อเนื่องโดยใช้การบำรุงรักษาวิธีผลแบบทุกคนมีส่วนร่วม และเพื่อจัดทำแผนการซ่อมบำรุงเชิงป้องกันให้กับระบบไฟฟ้าสำรองต่อเนื่อง ศึกษาเลือกตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจง โดยศึกษาระบบจ่ายไฟฟ้าสำรองต่อเนื่อง (ยูพีเอส) ยี่ห้อ MGE รุ่น Galaxy ขนาด 120 เควีเอ และดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลจากคู่มือแจกแจงคุณลักษณะเฉพาะของระบบ คู่มือมาตรฐานการบำรุงรักษา รายงานจากเครื่องวัดคุณภาพกำลังไฟฟ้า และเครื่องวัดลักษณะทางกายภาพซึ่งเป็นข้อมูลจากการปฏิบัติงานจริง จากนั้นนำมาวิเคราะห์และสอบทานกับหลักทฤษฎีของการตรวจสอบและบำรุงรักษาระบบไฟฟ้าสำรองต่อเนื่อง ผู้ศึกษาได้นำเครื่องมือและเทคนิคการบำรุงรักษาวิธีผลแบบทุกคนมีส่วนร่วมมาใช้จัดทำแนวทางการแก้ไขปัญหาและแผนการซ่อมบำรุงเชิงป้องกันให้ระบบไฟฟ้าสำรองต่อเนื่อง (ยูพีเอส) ยี่ห้อ MGE รุ่น Galaxy ขนาด 120 เควีเอ ซึ่งทำให้บริษัท อสมท จำกัด (มหาชน) สามารถยืดอายุการใช้งานระบบได้และช่วยให้มีระยะเวลาการวางแผนลงทุนในระบบจ่ายไฟฟ้าสำรองซึ่งมีมูลค่ามหาศาลได้

ค่าอัตราความพร้อม (Availability) เฉลี่ยก่อนปรับปรุง 99.91% หลังการปรับปรุง 99.95% เพิ่มขึ้น 0.04% อัตราการผลิต (Process Rate) เฉลี่ยก่อนปรับปรุง 84.98% หลังปรับปรุง 86.18% เพิ่มขึ้น 1.2% อัตราคุณภาพ (Quality Rate) เฉลี่ยก่อนปรับปรุง 99.78% หลังปรับปรุง 99.80% เพิ่มขึ้น 0.02% และประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักร (Overall Equipment Effectiveness : OEE) เฉลี่ยก่อนปรับปรุง 84.71% หลังปรับปรุง 85.96% เพิ่มขึ้น 1.25%

ดัชนีความน่าเชื่อถือและความสะดวกในการบำรุงรักษา ดัชนีที่ใช้วัดคือ ค่า MTBF = MEAN TIME BETWEEN FAILURE (ช่วงเวลาที่เฉลี่ยก่อนเกิดการขัดข้อง) และค่า MTTR = MEAN TIME TO REPAIR (ช่วงเวลาที่ใช้ในการซ่อมแซม) จากข้อมูลตารางที่ 24 ก่อนปรับปรุง เวลาเครื่องจักรเสีย 37 นาที รวมจำนวน 6 ครั้ง ค่า MTTR คิดเป็น 6.16 นาที/ครั้ง หลังจากทำการปรับปรุง ค่า MTTR ลดลงเหลือ 5 นาที/ครั้ง จะเห็นว่าเวลาที่ลดลงไป 1.16 นาที คิดเป็นมูลค่าหลายแสนบาท (อัตราค่าขายโฆษณาทีวี คิดนาทีละ 300,000 – 500,000 บาท) ทำให้บริษัท อสมท จำกัด (มหาชน) ได้ประโยชน์ทางด้านการประกอบธุรกิจ

คุณภาพไฟฟ้าที่ผลิตจากเครื่องสำรองไฟฟ้าต่อเนื่อง (ยูพีเอส) ขนาด 120 เควีเอ เมื่อนำระบบบำรุงรักษาทีผลแบบทุกคนมีส่วนร่วม (TPM) มาใช้บริหารจัดการคุณภาพไฟฟ้าก่อนการปรับปรุงแรงดันไฟฟ้ามีค่าเท่ากับ 378.6 โวลต์ (Volt) และหลังปรับปรุง เท่ากับ 379.8 โวลต์ (Volt) คุณภาพไฟฟ้าที่ผลิตได้เพิ่มขึ้น คิดเป็น 0.32% (หรือ 1.2 โวลต์) ซึ่งถือว่ามียค่าเท่ากับขนาดแรงดันไฟฟ้ามาตรฐานคือ 380 โวลต์ ซึ่งทำให้อุปกรณ์ไฟฟ้าทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ยืดอายุการใช้งานยาวนานขึ้นอีก ส่วนค่า Power Factor ก่อนปรับปรุงมีค่าเท่ากับ 94% และหลังปรับปรุงมีค่า เท่ากับ 96% เพิ่มขึ้น 2% ทำให้เครื่องสำรองไฟฟ้า (ยูพีเอส) มีความสามารถจ่ายโหลดได้เพิ่มขึ้น ประหยัดค่าไฟฟ้า (Energy Saving) สำหรับความถี่ไฟฟ้า (Frequency) เดิมมีค่าประมาณ 50 – 50.1 Hz มีความกว้าง ผันผวนบ่อยๆ หลังจากปรับปรุงแล้วมีค่าเท่ากับ 50 Hz คงที่ สัญญานรูปคลื่นไฟฟ้า (Sine Wave) เท่ากับความถี่หลักมูล ทำให้อุปกรณ์ไฟฟ้าด้านออกอากาศโทรทัศน์ อุปกรณ์สื่อสาร ทำงานได้อย่างแม่นยำและมีประสิทธิภาพ มีอายุการใช้งานยาวนานขึ้น

ข้อเสนอแนะและความคิดเห็น

1. ทำไมทำ TPM เพียง 5 เสา และอีก 3 เสายังไม่ทำ

แปดเสาหลักของ TPM

1) การคำนึงถึงการบำรุงรักษาตั้งแต่ขั้นการออกแบบ (Initial Phase Management)

2) การพัฒนาทักษะการปฏิบัติงานและการบำรุงรักษา (Operation and Maintenance Skill Development)

3) การบำรุงรักษาด้วยตนเอง (Autonomous Maintenance)

4) การบำรุงรักษาตามแผน (Planned Maintenance)

5) การปรับปรุงเฉพาะเรื่อง (Individual Improvement)

6) การบำรุงรักษาเชิงคุณภาพ (Quality Maintenance)

7) ระบบการทำงานของฝ่ายบริหารที่ตระหนักถึงประสิทธิภาพการผลิต หรือเรียกว่า TPM ในสำนักงาน (TPM In Office)

8) ระบบอาชีวอนามัย ความปลอดภัย และสิ่งแวดล้อมภายในโรงงาน (Safety, Hygiene and Working Environment)

การศึกษาครั้งนี้ ได้นำ 5 เสาหลัก TPM ในส่วนการผลิตมาดำเนินการก่อน คือ เสาที่ 1 , 2, 3 , 4 และ 5 ซึ่งอยู่ในส่วนฝ่ายผลิต และฝ่ายซ่อมบำรุง รวมถึงฝ่ายวิจัยและพัฒนา สามารถวางแผน ออกแบบ ปรับปรุงวิธีการ หรือกระบวนการ เป็นงานอยู่ในความรับผิดชอบ การสื่อสาร ทำความเข้าใจ นำไปสู่การปฏิบัติทำได้ทันทีโดยกิจกรรมกลุ่มย่อย สำหรับเสาที่ 6, 7

และ 8 จะเป็นส่วนที่ขยายผล TPM ไปสู่ทั่วองค์กร เช่น ฝ่ายขาย ฝ่ายบริหาร เป็นส่วนสนับสนุน ต้องมีผู้บริหารระดับสูงประกาศเป็นนโยบาย คอยกำกับดูแล จึงสำเร็จ

2. การนำระบบ TPM 5 เสามาใช้

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ นำ TPM 5 เสามาใช้ คือ เสาที่ 1 การบำรุงรักษาตั้งแต่ขั้นการออกแบบ เสาที่ 2 การพัฒนาทักษะการปฏิบัติงานและการบำรุงรักษา เสาที่ 3 การบำรุงรักษาด้วยตนเอง เสาที่ 4 การบำรุงรักษาตามแผน และเสาที่ 5 การปรับปรุงเฉพาะเรื่อง จะเห็นว่าเมื่อเราบริหารจัดการครบทุกเสา ทำให้เครื่องจักรทำงานมีประสิทธิภาพสูงขึ้น พนักงานมีทักษะเพิ่มขึ้น การบำรุงรักษาตามแผน เครื่องจักรมีอายุการใช้งานยาวนานขึ้น ทำให้การบริหารจัดการเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

3. ขั้นตอนการทำเสาที่ 1

เสาที่ 1 การบำรุงรักษาตั้งแต่ขั้นการออกแบบ (Initial Phase Management) การควบคุมขั้นต้น มีจุดมุ่งหมายเพื่อให้เครื่องจักรที่ติดตั้งใหม่ สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยใช้ข้อมูลต่างๆ จากการใช้ และดูแลเครื่องจักรก่อนหน้านี้มาประกอบ ซึ่งมีหลักพิจารณา 3 ประเด็น หลัก ดังนี้

1) การออกแบบเพื่อป้องกันการบำรุงรักษา (MP Design)

- เพื่อให้การบำรุงรักษาด้วยตนเองสะดวกยิ่งขึ้น
- การใช้งานเครื่องจักรง่ายขึ้น
- คุณภาพดีขึ้น
- การดูแลรักษาง่าย ซ่อมแซมได้รวดเร็ว
- มีความปลอดภัยในการใช้งาน

2) การพิจารณาต้นทุนตลอดอายุการใช้งาน (LCC – Life Cycle Cost)

3) การจัดการเครื่องจักรก่อนการติดตั้ง (Early Equipment Management)

- การวางแผนงาน (Planning)
- การออกแบบ (Design)
- การประกอบเครื่องจักร (Fabrication)
- การติดตั้งและทดสอบเดินเครื่อง (Installation and Test Run)
- การเดินเครื่องจักรก่อนการส่งมอบ (Commissioning)

4. ขั้นตอนการทำเสาที่ 2 (ก่อน – หลัง)

เสาที่ 2 การพัฒนาทักษะการปฏิบัติงานและการบำรุงรักษา (Operation and Maintenance Skill Development) การฝึกอบรมใน TPM จะมุ่งเน้นในการพัฒนาทักษะของพนักงานเดินเครื่องให้มีความชำนาญในการเดินเครื่องจักร และดูแลรักษาอย่างถูกวิธี รวมถึงพนักงานซ่อมบำรุงให้มีทักษะในการบำรุงรักษาเครื่องจักรที่สูงขึ้น โดยอบรมเน้นให้พนักงานพัฒนาขีดความสามารถขึ้นไปเรื่อยๆ จากไม่รู้ → รู้ทฤษฎีแต่ทำไม่ได้ → ทำได้แต่สอนไม่ได้ → ทำได้และสอนได้ แบ่งออกเป็น

1. การพัฒนาทักษะ
2. การพัฒนาทักษะของ Operator และ Maintenance
3. เรื่องที่ Multi Skilled Operators จะต้องเรียนรู้
 - 1) ความรู้ด้านการผลิต และคุณภาพ
 - 2) ความปลอดภัย
 - 3) วิศวกรรมเครื่องกล
 - 4) วิศวกรรมไฟฟ้า และการควบคุม
 - 5) วิธีการค้นหาข้อบกพร่อง
 - 6) เทคนิคพิเศษ (ที่สัมพันธ์กับการผลิต)
 - 7) การดูแลรักษาทางปฏิบัติ
 - 8) การทำงานเป็นทีม และการเข้าร่วมสังคม
 - 9) การดูแลรักษาที่ทำงาน และสุขอนามัย
4. หกโมดูลสำหรับความรู้พื้นฐานที่ Operator ที่จะเรียนรู้
 - 1) Bolt and Nut
 - 2) การหล่อลื่น
 - 3) ระบบการส่งกำลัง
 - 4) พื้นฐานไฮดรอลิกส์
 - 5) พื้นฐานนิวแมติกส์
 - 6) พื้นฐานไฟฟ้า
5. ระดับของการพัฒนาทักษะ

ระดับที่ 0 = ยังไม่ผ่านการฝึกอบรม

ระดับที่ 1 = ผ่านการฝึกอบรม แต่ยังไม่ผ่านการฝึกปฏิบัติ

ระดับที่ 2 = สามารถทำงานได้แต่ต้องการ Minor Guidance

ระดับที่ 3 = สามารถทำงานได้ดี แต่ยังไม่มีความรู้ในการสอนงาน

ระดับที่ 4 = สามารถทำงานได้ดี และสามารถสอนงานผู้อื่นได้

6. การพัฒนาระบบการฝึกอบรมโดยการสร้างวิทยากร

ขั้นตอน (ในการทำ เสาที่ 2)

ขั้นที่ 1 ตรวจสอบการฝึกอบรมในปัจจุบัน แล้วกำหนดนโยบายและกลยุทธ์ตามลำดับความสำคัญ

ขั้นที่ 2 ออกแบบหลักสูตรการฝึกอบรม เพื่อปรับปรุงทักษะการใช้เครื่องจักรและบำรุงรักษา

ขั้นที่ 3 ดำเนินการฝึกอบรมตามแผนงาน

ขั้นที่ 4 ออกแบบและพัฒนาระบบการพัฒนาทักษะการทำงาน

ขั้นที่ 5 เสริมสร้างบรรยากาศให้เกิดการพัฒนาตนเองตลอดเวลา

ขั้นที่ 6 ตรวจสอบผลการฝึกอบรม และวางแผนงานสำหรับอนาคต

ก่อนการฝึกอบรม

1. ออกแบบหลักสูตรที่ต้องการพัฒนาทักษะของพนักงาน หรืองานที่เกี่ยวข้อง

2. คัดเลือกหรือทำการประเมินพนักงานที่จะต้องเข้ารับการฝึกอบรม

โดยใช้เกณฑ์ 4 ระดับ (The Four Skill Levels)

ระดับที่ 1 ไม่มีความรู้ทั้งภาคทฤษฎีและปฏิบัติ (ต้องได้รับการสอน)

ระดับที่ 2 รู้ทฤษฎีแต่ยังปฏิบัติไม่ได้ (ต้องได้รับการฝึกฝน)

ระดับที่ 3 ปฏิบัติได้ดี แต่ไม่รู้ทฤษฎี (ไม่สามารถสอนผู้อื่นได้)

ระดับที่ 4 มีความรู้ทั้งภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติ (สามารถสอนผู้อื่นได้)

3. ดำเนินการฝึกอบรมตามหลักสูตร

4. ประเมินผลการฝึกอบรม ทดสอบการปฏิบัติงานเฉพาะวิชาชีพ (ใช้เกณฑ์มาตรฐาน) เช่น สถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ (TPQI)

หลังการฝึกอบรม

1. ส่งเสริมให้พนักงานนำองค์ความรู้ที่ได้จากการฝึกอบรม ไปสู่การปฏิบัติงานได้ตามเต็มที่

2. ให้พนักงานถ่ายทอดองค์ความรู้ แบ่งปันภายในองค์กร

3. สร้างวิทยากรภายในองค์กร ให้พนักงานรู้สึกทำงานแล้วมีความเติบโต

4. เพิ่มเงินเดือน หรือรายได้ค่าตอบแทนให้ผ่านเกณฑ์ ตามความเหมาะสม

ตารางที่ 25 หลักสูตรอบรมพื้นฐานการบำรุงรักษา

หัวข้อวิชา	รายละเอียด	จำนวน (วัน)
1. โบลท์ และ นัต (Bolts and Nuts)	1. พื้นฐานการตบยึดโบลท์และนัต 2. วิธีหลีกเลี่ยงการหลวม 3. การใช้เครื่องมือและอุปกรณ์	3
2. ลิ้ม (Key Matching)	1. ประเภทและการใช้ลิ้ม 2. การปรับและการใส่ลิ้มอย่างเหมาะสม 3. เทคนิคการถอดลิ้ม	3
3. การบำรุงรักษาเพลลา และลูกปืน (Shaft and Bearing Maintenance)	1. การติดตั้งเพลลากับปลอกสวมเพลลา 2. การใส่ลูกปืน และทดสอบเดินเครื่อง 3. การหล่อลื่นเพลลา และปัญหาที่เกี่ยวข้อง	3
4. อุปกรณ์ส่งกำลัง (Transport Equipment)	1. การขับเคลื่อนด้วยเฟือง (Gear Driven) 2. การขับเคลื่อนด้วยโซ่ (Chain Driven) 3. ระบบสายพาน และเบรก (Belt & Brake)	3
5. การซีล (Sealing Methods)	1. ความสำคัญ และเทคนิคขั้นพื้นฐานของการซีล 2. ชนิดของประเก็น (Gaskets) 3. การประกอบโอริง (O-Ring) ประกอบเกลียว ท่อและการทดสอบด้วยแรงดัน (Pressure Test)	3
6. ด้านไฟฟ้า	1. ระบบไฟฟ้าเบื้องต้น 2. ระบบไฟฟ้าประยุกต์ 3. ระบบไฟฟ้ากำลัง	3

5. คุณภาพของคน ดีขึ้นอย่างไร

เมื่อนำระบบ TPM เข้ามาใช้งาน โดยเริ่มต้นจาก 5 เสาหลัก ทำให้พนักงานได้รับการเพิ่มทักษะการทำงาน และทำกิจกรรมกลุ่มย่อย แลกเปลี่ยนความคิดเห็นกัน ทำให้เกิดความสัมพันธ์อันดีระหว่างกัน เกิดการยอมรับ ในมุมมองของการทำงานด้านงานซ่อมบำรุงรักษา มีการบำรุงรักษาตามแผนที่วางไว้ มีการรวบรวมเก็บข้อมูล นำโปรแกรมคอมพิวเตอร์มาใช้ในการจัดการบำรุงรักษา เรียกว่า Computerized Maintenance Management System : CCMS ทำให้พนักงานทำงานได้สะดวก รวดเร็ว ปลอดภัย (Safety) มีสิ่งแวดล้อมและบรรยากาศที่ดี มีความรู้สึกสดชื่น กระตือรือร้นในการทำงาน

6. ช่วงเวลาทำ TPM มาใช้ตั้งแต่เมื่อไหร่

การศึกษา นำระบบการบำรุงรักษาทีละแบบทุกคนมีส่วนร่วม (TPM) มาใช้ตั้งแต่เดือนธันวาคม 2553 – สิงหาคม 2556 และจะขยายผลไปสู่เครื่องจักรที่สำคัญต่อไป พร้อมกับยกระดับมาตรฐานให้สูงขึ้น

ประโยชน์ที่ได้จากการทำสารนิพนธ์

1. การทำสารนิพนธ์ พิสูจน์ให้เห็นว่าสามารถนำเครื่องมือการจัดการอุตสาหกรรมมาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์กับระบบเครื่องจ่ายไฟฟ้าสำรองอัตโนมัติ (UPS) เช่น คุณภาพไฟฟ้าที่ผลิตได้ การบริหารจัดการเครื่องจักรให้มีประสิทธิภาพ
2. สามารถมองภาพรวมการสำรวจข้อมูล การวิเคราะห์ การคาดการณ์แนวโน้มการใช้พลังงานไฟฟ้าในอนาคต
3. สามารถปรับปรุง แก้ไขปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้นในอนาคต สร้างความมั่นคง และความน่าเชื่อถือระบบจ่ายไฟฟ้าสำรองอัตโนมัติ (UPS) เป็นการบริหารจัดการความเสี่ยง





บรรณานุกรม

- กระทรวงอุตสาหกรรม. (2545). ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 3049 (พ.ศ. 2545) เรื่อง มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมระบบกำลังไฟฟ้าต่อเนื่อง.
- โกศล ดีศีลธรรม. (2547). การจัดการบำรุงรักษาสำหรับงานอุตสาหกรรม. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : เอ็มแอนด์อี จำกัด.
- ไกรวิทย์ เศรษฐวนิช. (2549). การจัดการวิศวกรรมซ่อมบำรุงเชิงปฏิบัติ. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดดูเคชั่น.
- ขวัญชัย กุลสันติธำรงค์. (2553). การบำรุงรักษาเชิงป้องกันของ UPS เพื่อยืดอายุการใช้งานของ UPS. สืบค้นเมื่อวันที่ 24 เมษายน 2556, จาก <http://www.thailandindustry.com/guru/default.php>
- (2554). แบตเตอรี่ของ UPS หัวใจของระบบไฟฟ้าสำรองที่ไม่อาจมองข้าม. สืบค้นเมื่อวันที่ 24 เมษายน 2556, จาก <http://www.thailandindustry.com>
- คณะกรรมการปรับปรุงความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้า. (2541ก). ข้อกำหนดกฎเกณฑ์ฮาร์โมนิกส์ เกี่ยวกับไฟฟ้าประเภทธุรกิจและอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ : การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย การไฟฟ้านครหลวง การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค.
- (2541ข). ข้อกำหนดกฎเกณฑ์แรงดันกระเพื่อม เกี่ยวกับไฟฟ้าประเภทธุรกิจและอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ : การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย การไฟฟ้านครหลวง การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค.
- คณิต เจริญรยา. (2543). การบำรุงรักษาที่ทุกคนมีส่วนร่วม (Total Productive Maintenance). (เอกสารประกอบการบรรยาย). กรุงเทพฯ : สำนักพัฒนาเทคโนโลยีเพื่ออุตสาหกรรม.
- ชาญชัย พรศิริรุ่ง. (2552). คู่มือปรับปรุงประสิทธิภาพเครื่องจักร (Practical OEE : Overall Equipment Effectiveness). พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : สถาบันเพิ่มผลผลิตแห่งชาติ.
- ชายชาญ โพธิสาร. (2553). การประมาณราคาระบบไฟฟ้า-สื่อสารสำหรับอาคาร. กรุงเทพฯ : สมาคมวิศวกรออกแบบและปรึกษาเครื่องกลและไฟฟ้าไทย.
- ไชยะ แซ่มซ้อย. (2554). การประยุกต์ใช้อินเวอร์เตอร์เพื่อการประหยัดพลังงาน. (เอกสารประกอบการสัมมนา). กรุงเทพฯ : เอ็มแอนด์อี.
- เชคิเนะ, เคนอิจิ. (2553). TPM สำหรับโรงงานแบบสลิ. แปลโดย ธานี อ่วมอ้อ. กรุงเทพฯ : อี.ไอ.สแควร์.

เชอิจิ, นากาชิมา. (2536). **แนะนำสู่ TPM การบำรุงรักษาที่ทุกคนมีส่วนร่วม.**

กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

ถาวร อมตกิตติ์. (2543). **ระบบกำลังไฟฟ้าต่อเนื่อง (ยูพีเอส).** พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : เอ็มแอนด์อี.

----- (2554). **ระบบผลิตและจัดการไฟฟ้า ชุดที่ 1.** กรุงเทพฯ : เอ็มแอนด์อี.

----- (ม.ป.ป.). **ยุทธวิธีอุปกรณ์ควบคุมคุณภาพไฟฟ้า.** (เอกสารประกอบการสัมมนา). กรุงเทพฯ : เอ็มแอนด์อี.

ธานี อ่วมอ้อ. (2547). **การบำรุงรักษาด้วยตนเอง (Autonomous Maintenance : AM).** กรุงเทพฯ : สถาบันเพิ่มผลผลิตแห่งชาติ.

----- (2556). **การบำรุงรักษาที่ทุกคนมีส่วนร่วม (Total Productive Maintenance : TPM).** พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : พีค บูลส์.

บัณฑิต ประดิษฐ์ฐานวงศ์. (2541). **คู่มือศัพท์ TPM (Total Productive Maintenance).** กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

ยุทธชัย ศิลปวิจารณ์. (2552). **แรงดันตกชั่วขณะกับปัญหาคุณภาพไฟฟ้า (Voltage Sags and Power Quality Problems).** สืบค้นเมื่อวันที่ 24 เมษายน 2556, จาก <http://www.thailandindustry.com>

ลือชัย ทองนิล. (2555). **การตรวจสอบและบำรุงรักษาระบบไฟฟ้าอย่างมืออาชีพ.** (เอกสารประกอบการสัมมนา). กรุงเทพฯ : เอ็มแอนด์อี.

วัฒนา แก้วดุก. (2550). **ปัญหาทางด้านคุณภาพกำลังไฟฟ้า.** สืบค้นเมื่อวันที่ 24 เมษายน 2556, จาก <http://www.thailandindustry.com>

วัฒนา เชียงกุล ; เกรียงไกร ดำรงรัตน์ ; และ ดลดิษฐ์ เมืองแมน. (2553). **การจัดการงานบำรุงรักษาด้วย Reliability.** กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดดูเคชั่น.

ว่าที่ ร.ต. วสันต์ เสถียรคมไกรสร. (ม.ป.ป.). **ระบบกำลังไฟฟ้าต่อเนื่อง (Uninterruptible Power Supply and Generator).** (เอกสารการฝึกอบรม). กรุงเทพฯ : ฝ่ายฝึกอบรม การไฟฟ้านครหลวง.

วินัย เวชวิทยาลัง ; และ สมพงษ์ เทพคุ้มกัน. (ม.ป.ป.ก.). **การจัดการบริหารงานซ่อมบำรุงรักษาสายใหม่.** (เอกสารประกอบการสัมมนา). กรุงเทพฯ : เอ็มแอนด์อี.

----- (ม.ป.ป.ข). **การบำรุงรักษาอย่างมืออาชีพเน้น การปฏิบัติการจริง.** (เอกสารประกอบการสัมมนา). กรุงเทพฯ : เอ็มแอนด์อี.

วินัย เวชวิทยาลัง. (2550). **ระบบบำรุงรักษาเครื่องจักรเชิงปฏิบัติ.** กรุงเทพฯ : เอ็ม แอนด์อี จำกัด.

ศักดิ์ชัย นรสิงห์. (2553). **คุณภาพกำลังไฟฟ้า (Power Quality)**. สืบค้นเมื่อวันที่ 28

เมษายน 2556, จาก http://www.9engineer.com/ee_main/Article/PQ.htm

สุชาติ ปรีชาธร. (2550). **แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าสำรองต่อเนื่อง**. สืบค้นเมื่อวันที่ 24

เมษายน 2556, จาก <http://www.thailandindustry.com>

สุพร อัครวินนิมิต ; และ ชีรพร พัดภู. (2548). **วิศวกรรมการบำรุงรักษา**. กรุงเทพฯ :

สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุพัฒน์ เขียวศิริวัฒนา ; วัฒนา เขียวกุล ; และ เกรียงไกร ดำรงรัตน์. (2549). **สัมฤทธิ์ผลของ**

งานบำรุงรักษา : Efficacy of Maintenance. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดดูเคชั่น.

สุเมธ เนติลัดตานนท์. (2553). **ปัญหาคุณภาพกำลังไฟฟ้าและผลกระทบต่ออุตสาหกรรม**

(Power Quality Problems and Effects to Industry). **วารสารในโอกาสครบรอบ**

50 ปี ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี

พระจอมเกล้าธนบุรี. 1 : 58-63.

สุรพล ราษฎร์นุ้ย. (2545). **วิศวกรรมการบำรุงรักษา (Maintenance-Engineering)**.

กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดดูเคชั่น.

เอ็มแอนดีอี. (2553ก). **คุณภาพไฟฟ้าชุดที่ 1**. กรุงเทพฯ : เอ็มแอนดีอี.

----- . (2553ข). **คุณภาพไฟฟ้าชุดที่ 2**. กรุงเทพฯ : เอ็มแอนดีอี.

EATON. (ม.ป.ป.). **ความเป็นผู้นำทางด้านเทคโนโลยี**. สืบค้นเมื่อวันที่ 1 สิงหาคม 2556,

จาก <http://pulsar.eaton.com/Thailand/Technology-Applications/Technology-Leadership/default.asp>



ภาคผนวก

TNI

ภาคผนวก ก.

ตารางแสดงดัชนีชี้วัดกิจกรรม 8 เสาหลัก TPM



ตารางที่ 26 ตัวอย่างดัชนีการปรับปรุงเฉพาะเรื่อง (Kobetsu – Kaizen)

ดัชนีการจัดการ	ดัชนีผลลัพธ์กิจกรรม	ดัชนีกิจกรรม
1. การเพิ่มผลผลิตภาพ 2. การลดต้นทุน 3. การลดคำร้องเรียนจากลูกค้า 4. อุบัติเหตุเป็นศูนย์	1. ประสิทธิภาพเครื่องจักรโดยรวม (OEE) 2. ประสิทธิภาพสายการผลิตโดยรวม (Overall Line Effectiveness) 3. ประสิทธิภาพโรงงานโดยรวม (Overall Plant Effectiveness) 4. งานระหว่างกระบวนการ (Work in Process) 5. เวลารวมของการหยุดเครื่อง (Total Down – Time)	1. จำนวนหัวข้อการปรับปรุง (Kaizens) โดยทีมงานโครงการ 2. จำนวนหัวข้อปรับปรุงสำหรับความสูญเสียทั้ง 16 ประการ 3. จำนวนหัวข้อปรับปรุงในแต่ละความสูญเสีย 4. การประสานงานและการกระจายข่าวสารอย่างทั่วถึงในแนวนราบ (Horizontal Deployment)

ตารางที่ 27 ตัวอย่างดัชนีการบำรุงรักษาด้วยตนเอง (Jishu-Hozen)

ดัชนีการจัดการ	ดัชนีผลลัพธ์กิจกรรม	ดัชนีกิจกรรม
1. การเพิ่มผลผลิตภาพ 2. การลดต้นทุน 3. การลดคำร้องเรียนลูกค้า 4. อุบัติเหตุเป็นศูนย์	1. เวลาดำเนินกิจกรรมที่ลดลง เช่น การตรวจสอบ และการทำความสะอาด การหล่อลื่น 2. การลดปัญหาเครื่องจักรขัดข้องเนื่องจากขาดการบำรุงรักษาอย่างต่อเนื่อง 3. การลดปัญหาข้อบกพร่อง 4. การลดเวลาการหยุดเครื่องจักร 5. การประหยัดค่าใช้จ่าย จากการลดปัญหาการรั่วของน้ำมันหรือคุณภาพวัสดุ	1. จำนวนของ One-Point Lesson 2. จำนวนกิจกรรมปรับปรุงด้วยตนเอง 3. ปริมาณงานแก้ไขความบกพร่องโดยผู้ปฏิบัติการ 4. คะแนนการดำเนินกิจกรรม 5 ส 5. ปริมาณของการควบคุมด้วยสายตา (Visual Control) 6. จำนวนข้อเสนอแนะ

ตารางที่ 28 ตัวอย่างดัชนีตัวชี้วัดการบำรุงรักษาเชิงวางแผน

ดัชนีการจัดการ	ดัชนีผลลัพธ์กิจกรรม	ดัชนีกิจกรรม
1. การเพิ่มผลผลิตภาพการผลิต 2. การลดลงของต้นทุน 3. ลดข้อร้องเรียนจากลูกค้า 4. ลดอุบัติเหตุเป็นศูนย์	1. การลดเวลาหยุดเครื่อง เนื่องจากการเกิดขัดข้อง 2. การปรับปรุงค่า MTBF และ MTRR 3. ลดปริมาณค่าใช้จ่ายอะไหล่ สำรอง 4. ลดเวลาการหยุดของเครื่อง 5. ลดค่าใช้จ่ายการซ่อมแซม 6. งานซ่อมบำรุงส่วนใหญ่ดูแลโดย ฝ่ายบำรุงรักษาภายในองค์กร	1. อัตราการดำเนินกิจกรรม PM 2. ปริมาณกิจกรรมบำรุงรักษาเชิง แก้ไข 3. ปริมาณปัญหาการขัดข้องที่เกิด ช้า 4. การพัฒนาทักษะช่าง บำรุงรักษา 5. ทักษะที่หลากหลาย (Multi- Skilled) ของบุคลากรฝ่ายซ่อม บำรุงรักษา

ตารางที่ 29 ตัวอย่างดัชนีตัวชี้วัดการบำรุงรักษาเชิงคุณภาพ (Quality Maintenance)

ดัชนีการจัดการ	ดัชนีผลลัพธ์กิจกรรม	ดัชนีกิจกรรม
1. การเพิ่มผลผลิตภาพ 2. การลดต้นทุน 3. การลดคำร้องเรียนลูกค้า 4. อุบัติเหตุเป็นศูนย์	1. การลดปัญหาความบกพร่อง ทางคุณภาพ 2. ปริมาณค่าใช้จ่ายที่ลดลง 3. เวลาการตรวจสอบที่ลดลง 4. การลดลงของคำร้องเรียนจาก ลูกค้า	1. จำนวนกิจกรรมการปรับปรุง 2. การเกิดความบกพร่องเป็นศูนย์ สำหรับ : -ผลิตภัณฑ์ -เครื่องจักร -สายการผลิต 3. จำนวนมาตรฐานสำหรับการ แก้ไข

ตารางที่ 30 ตัวอย่างดัชนีการให้การศึกษาและฝึกอบรม (Education and Training)

ดัชนีการจัดการ	ดัชนีผลลัพธ์กิจกรรม	ดัชนีกิจกรรม
1. การเพิ่มผลผลิตภาพ 2. การลดต้นทุน 3. การลดคำร้องเรียนลูกค้า 4. อุบัติเหตุเป็นศูนย์	1. เวลาการหยุดเครื่องเนื่องจาก การเกิดปัญหาขัดข้องลดลง 2. ความบกพร่องทางคุณภาพและ งานที่ทำซ้ำลดลงหลังจากที่ได้รับ การฝึกอบรมเพิ่มทักษะ 3. งานที่จ้างผู้รับเหมาภายนอก (Sub-Contractor) ลดลง หลังจาก ได้รับการพัฒนาทักษะ	1. เวลาของการให้การศึกษาและ ฝึกอบรมสำหรับบุคลากร 2. จำนวนหัวข้อการฝึกอบรม 3. จำนวนของ One-Point Lesson 4. การประเมินความรู้และทักษะ 5. จำนวนการนำเสนอหัวข้อเพื่อ ทำการปรับปรุง

ตารางที่ 31 ตัวอย่างดัชนีด้านความปลอดภัยและสิ่งแวดล้อม (Safety and Environment)

ดัชนีการจัดการ	ดัชนีผลลัพธ์กิจกรรม	ดัชนีกิจกรรม
1. การเพิ่มผลผลิตภาพ 2. การลดต้นทุน 3. การลดคำร้องเรียนลูกค้า 4. อุบัติเหตุเป็นศูนย์	1. จำนวนการเกิดอุบัติเหตุที่ลดลง 2. การลดระดับของเสียงรบกวน 3. เวลาการหยุดเครื่องลดลง เนื่องจากการเกิดอุบัติเหตุที่ลดลง 4. เกิดค่าใช้จ่ายที่ลดลงเนื่องจากการ ประหยัดการใช้พลังงาน 5. การลดความสูญเสียจากของ เสียที่เกิดขึ้น	1. จำนวนหัวข้อการปรับปรุง (Kaizen) สำหรับสภาพการ ทำงานที่ไม่ปลอดภัย 2. จำนวนข้อเสนอด้านความ ปลอดภัย (Safety Proposals) 3. ปริมาณการป้องกันความ ผิดพลาด (Fool Proof) 4. คะแนนจากการประเมินกิจกรรม 5 ส

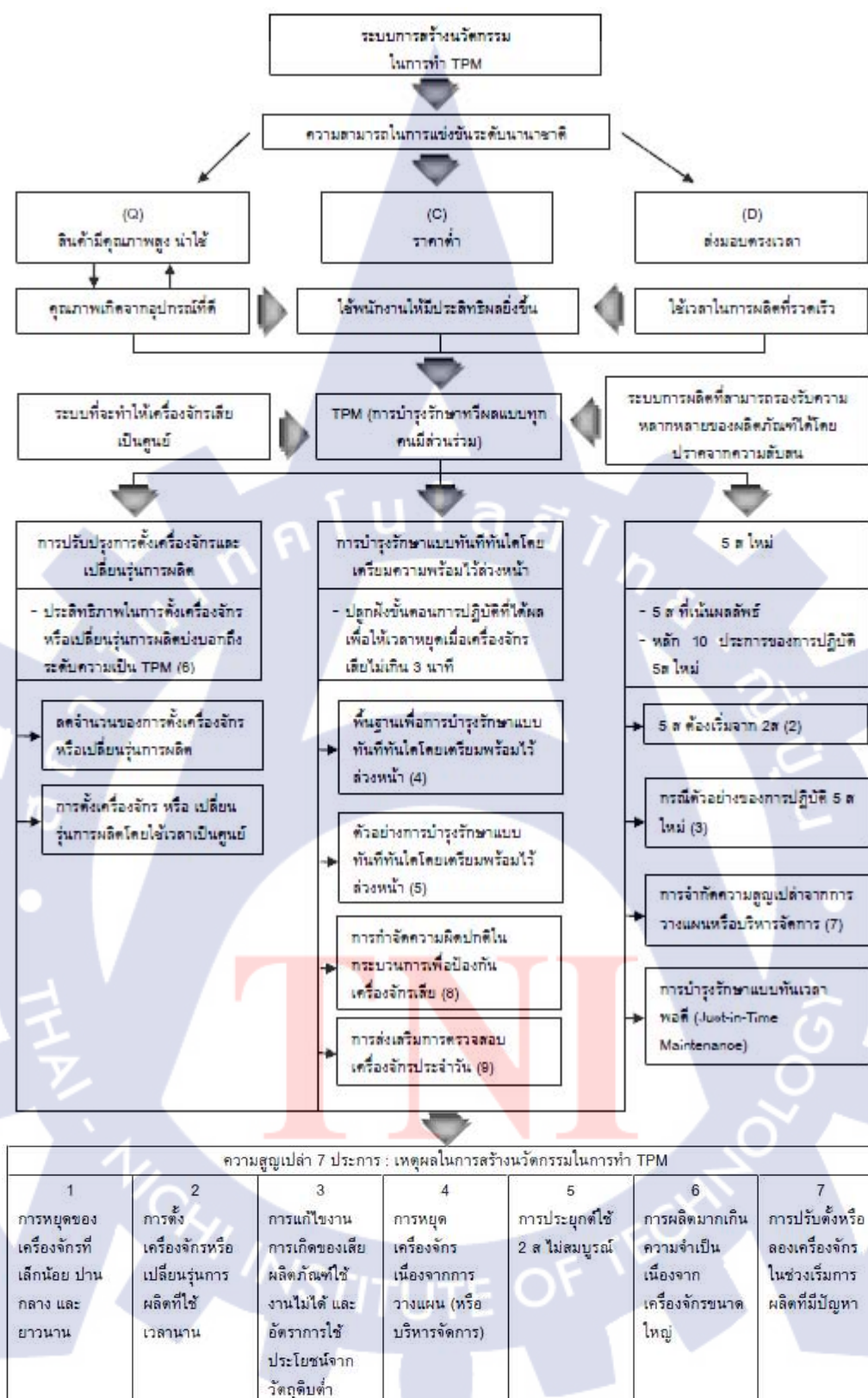
ที่มา : โกศล ดีศีลธรรม. (2547). การจัดการบำรุงรักษาสำหรับงาน
อุตสาหกรรม. หน้า 226.

ตารางที่ 32 ขั้นตอนการเพิ่มผลิตภาพโดยรวม

ขั้นตอนการเพิ่มผลิตภาพโดยรวม

ขั้นตอน	ประเด็นสำคัญ
การตัดสินใจของผู้บริหารสูงสุด การวางแผนและให้ความรู้เบื้องต้น เกี่ยวกับการเพิ่มผลิตภาพโดยรวม การเพิ่มผลิตภาพเบื้องต้น - การเพิ่มผลิตภาพระดับบุคคล - การเพิ่มผลิตภาพระดับกลุ่มภายในหน่วยงาน	- ประกาศนโยบายการเพิ่มผลิตภาพโดยรวมขององค์กร - ผู้บริหาร สัมภาษณ์ร่วมกันโดยแบ่งแยกตามระดับ - จัดตั้งคณะกรรมการรับผิดชอบโครงการเพิ่มผลิตภาพโดยรวม - ผู้บริหารดำเนินกิจกรรมเพิ่มผลิตภาพกับสายการผลิตต้นแบบ - อบรมและฝึกการปรับปรุงการผลิตตามหลักการของวิศวกรรมศาสตร์ (IE) - อบรมเรื่องระบบการผลิตที่ปราศจากความสูญเสีย - ฝึกการทำ Kaizen เกี่ยวกับการทำงานในสายการผลิตและตามมาตรฐานการทำงาน - เลือกปัญหาในปัจจุบันขึ้นมา แล้วให้หาทางแก้ไขในรูป A3*
ตั้งเป้าหมายในการเพิ่มผลิตภาพโดยรวม การเพิ่มผลิตภาพระดับกลุ่ม CFM	- การประเมินความสามารถของกระบวนการโดยรวม - ออกแบบระบบการผลิตที่คิดว่าจะให้ประสิทธิภาพสูงสุด - จัดทำ Master Plan และ Kaizen Plan
การดำเนินการเพิ่มผลิตภาพโดยรวมในทางผลิต เช่น - Focus Improvement (FI) - Cross – Functional Management (CFM) - Continuous Flow (CF) - Pull System - Autonomous Maintenance (AM) - Daily Management (DM) 5s and Visual Control (5S&VC) - Standardization Work (SW) - ฯลฯ	- มุ่งเพิ่มผลิตภาพการผลิตให้สูงสุด - เน้นการลดและป้องกันการเกิดข้อผิดพลาด - เน้นกิจกรรม Project Team และกิจกรรม Small Group - ต้องมีการตรวจสอบประเมินการเพิ่มผลิตภาพโดยรวม - สร้างความรู้ให้กับหัวหน้างาน ด้วยการฝึกอบรมหัวหน้าและถ่ายทอดไปยังลูกน้อง - เน้นการทำให้เป็นมาตรฐานด้วยตนเอง ด้วยการตั้งพนักงานเข้ามามีส่วนร่วม
ขยายผลการเพิ่มผลิตภาพไปทั่วทั้งองค์กร - Early Management (EM) - Quality Maintenance (QM) - Quality Control (QC) - Jidoka (Autonomation) - Office Improvement - Safety and Environmental Management - Policy Management (PM) - ฯลฯ	- มุ่งเพิ่มผลิตภาพของหน่วยงานสนับสนุนและสำนักงาน - เน้นการป้องกันการเกิดขึ้นของข้อผิดพลาด - เป้าหมาย Zero X เช่น Zero Wastes, Zero defect, Zero Accident, Zero time, Zero Cost เป็นต้น
ปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง	- แสวงหาความสมบูรณ์แบบ - ไม่หยุดนิ่งอยู่กับที่ - ขยายขอบเขตการเพิ่มผลิตภาพตลอด Supply Chain

ที่มา : เซกิเนะ, เคนอิจิ. (2553). TPM สำหรับโรงงานแบบสลิ. ไม่ปรากฏเลขหน้า.



รูปที่ 48 ระบบการสร้างนวัตกรรมใหม่ใน TPM

ภาคผนวก ข.
ผลการตรวจวัดค่าแบตเตอรี่



ตารางที่ 33 ผลตรวจวัดแบตเตอรี่ : รุ่น LC-XA12100P ยี่ห้อ Panasonic ครั้งที่ 1 เมื่อวันที่ 22 มีนาคม 2555

Model	3554 BATTERY HITESTER					
Serial	90407481					
Date	22/3/2012		V1.02			
Battery UPS 120 kVA						
	R-Range	Resistance[mohm]				
No			V-Range	Voltage[volt]	Date	Time
1	30m	5.37	60V	13.42	22/3/2012	14:33
2	30m	5.36	60V	13.39	22/3/2012	14:34
3	30m	5.44	60V	13.58	22/3/2012	14:35
4	30m	5.38	60V	13.4	22/3/2012	14:35
5	300m	5.39	60V	13.42	22/3/2012	14:36
6	30m	5.43	60V	13.46	22/3/2012	14:36
7	30m	5.31	60V	13.44	22/3/2012	14:37
8	30m	5.41	60V	13.53	22/3/2012	14:37
9	30m	5.34	60V	13.55	22/3/2012	14:37
10	30m	5.38	60V	13.41	22/3/2012	14:38
11	30m	5.42	60V	13.47	22/3/2012	14:38
12	30m	5.36	60V	13.4	22/3/2012	14:38
13	30m	5.47	60V	13.47	22/3/2012	14:38
14	30m	5.33	60V	13.38	22/3/2012	14:38
15	30m	5.45	60V	13.45	22/3/2012	14:39
16	30m	5.44	60V	13.46	22/3/2012	14:39
17	30m	5.34	60V	13.46	22/3/2012	14:40
18	30m	5.41	60V	13.44	22/3/2012	14:40
19	30m	5.39	60V	13.41	22/3/2012	14:41
20	30m	5.35	60V	13.53	22/3/2012	14:42
21	30m	5.34	60V	13.4	22/3/2012	14:42
22	30m	5.46	60V	13.43	22/3/2012	14:42
23	30m	5.46	60V	13.58	22/3/2012	14:43
24	30m	5.44	60V	13.49	22/3/2012	14:43
25	30m	5.48	60V	13.48	22/3/2012	14:43
26	30m	5.34	60V	13.5	22/3/2012	14:44
27	30m	5.34	60V	13.49	22/3/2012	14:44
28	30m	5.45	60V	13.46	22/3/2012	14:44
29	30m	5.42	60V	13.45	22/3/2012	14:45
30	30m	5.38	60V	13.4	22/3/2012	14:45
31	30m	5.34	60V	13.46	22/3/2012	14:46
32	30m	5.31	60V	13.55	22/3/2012	14:46
33	30m	5.35	60V	13.55	22/3/2012	14:46
34	30m	5.36	60V	13.55	22/3/2012	14:47

ตารางที่ 34 ผลตรวจวัดแบตเตอรี่ : รุ่น LC-XA12100P ยี่ห้อ Panasonic ครั้งที่ 2 เมื่อวันที่ 27 พฤศจิกายน 2555

Model	3554 BATTERY HITESTER								
Serial	90407481								
Date	27/11/2012		V1.02						
Battery UPS 120 kVA									
No	R-Range	Resistance	R-Lim1[m]	R-L	V-Range	Voltage[V]	V-Lim[V]	Date	Time
1	30m	5.38			60V	13.45		27/11/2012	10:27
2	30m	5.39			60V	13.47		27/11/2012	10:27
3	30m	5.46			60V	13.67		27/11/2012	10:27
4	30m	5.38			60V	13.53		27/11/2012	10:27
5	30m	5.43			60V	13.52		27/11/2012	10:27
6	30m	5.45			60V	13.55		27/11/2012	10:28
7	30m	5.35			60V	13.5		27/11/2012	10:28
8	30m	5.43			60V	13.58		27/11/2012	10:28
9	30m	5.36			60V	13.64		27/11/2012	10:28
10	30m	5.42			60V	13.54		27/11/2012	10:29
11	30m	5.47			60V	13.66		27/11/2012	10:29
12	30m	5.41			60V	13.53		27/11/2012	10:29
13	30m	5.52			60V	13.62		27/11/2012	10:29
14	30m	5.34			60V	13.54		27/11/2012	10:30
15	30m	5.51			60V	13.63		27/11/2012	10:30
16	30m	5.53			60V	13.57		27/11/2012	10:30
17	30m	5.39			60V	13.48		27/11/2012	10:30
18	30m	5.51			60V	13.53		27/11/2012	10:31
19	30m	5.41			60V	13.51		27/11/2012	10:31
20	30m	5.38			60V	13.62		27/11/2012	10:31
21	30m	5.52			60V	13.53		27/11/2012	10:31
22	30m	5.48			60V	13.57		27/11/2012	10:32
23	30m	5.49			60V	13.64		27/11/2012	10:32
24	30m	5.54			60V	13.64		27/11/2012	10:32
25	30m	5.52			60V	13.63		27/11/2012	10:32
26	30m	5.35			60V	13.6		27/11/2012	10:32
27	30m	5.45			60V	13.6		27/11/2012	10:33
28	30m	5.46			60V	13.53		27/11/2012	10:33
29	30m	5.44			60V	13.56		27/11/2012	10:33
30	30m	5.43			60V	13.53		27/11/2012	10:33
31	30m	5.35			60V	13.59		27/11/2012	10:33
32	30m	5.36			60V	13.64		27/11/2012	10:33
33	30m	5.43			60V	13.59		27/11/2012	10:34
34	30m	5.38			60V	13.49		27/11/2012	10:34

ตารางที่ 35 ผลตรวจวัดแบตเตอรี่ : รุ่น LC-XA12100P ยี่ห้อ Panasonic ครั้งที่ 3 เมื่อวันที่ 4 สิงหาคม 2556

Model	3554 BATTERY HITESTER										
Serial	9E+07										
Date	4/8/2013 V1.02										
Battry	UPS 120 kVA										
No	R-Range	Resistance	R-Lim1[m]	R-Lim2[m]	V-Range	Voltage[v]	V-Lim[v]	Temperat	Result	Date	Time
1	30m	5.41			60V	13.43				4/8/2013	10:09
2	30m	5.4			60V	13.46				4/8/2013	10:09
3	30m	5.53			60V	13.66				4/8/2013	10:09
4	30m	5.38			60V	13.51				4/8/2013	10:09
5	30m	5.48			60V	13.51				4/8/2013	10:09
6	30m	5.51			60V	13.56				4/8/2013	10:10
7	30m	5.45			60V	13.55				4/8/2013	10:10
8	30m	5.46			60V	13.59				4/8/2013	10:10
9	30m	5.42			60V	13.65				4/8/2013	10:10
10	30m	5.47			60V	13.51				4/8/2013	10:10
11	30m	5.55			60V	13.61				4/8/2013	10:10
12	30m	5.45			60V	13.52				4/8/2013	10:11
13	30m	5.54			60V	13.61				4/8/2013	10:11
14	30m	5.36			60V	13.49				4/8/2013	10:11
15	30m	5.62			60V	13.59				4/8/2013	10:11
16	30m	5.6			60V	13.58				4/8/2013	10:12
17	30m	5.4			60V	13.52				4/8/2013	10:12
18	30m	5.53			60V	13.56				4/8/2013	10:13
19	30m	5.56			60V	13.5				4/8/2013	10:13
20	30m	5.43			60V	13.59				4/8/2013	10:13
21	30m	5.5			60V	13.49				4/8/2013	10:13
22	30m	5.58			60V	13.56				4/8/2013	10:13
23	30m	5.51			60V	13.62				4/8/2013	10:14
24	30m	5.57			60V	13.59				4/8/2013	10:14
25	30m	5.58			60V	13.6				4/8/2013	10:14
26	30m	5.38			60V	13.6				4/8/2013	10:14
27	30m	5.56			60V	13.59				4/8/2013	10:14
28	30m	5.49			60V	13.52				4/8/2013	10:15
29	30m	5.46			60V	13.54				4/8/2013	10:15
30	30m	5.46			60V	13.52				4/8/2013	10:15
31	30m	5.36			60V	13.59				4/8/2013	10:15
32	30m	5.48			60V	13.64				4/8/2013	10:15
33	30m	5.47			60V	13.63				4/8/2013	10:15
34	30m	5.41			60V	13.58				4/8/2013	10:16

ภาคผนวก ค.

การตรวจสอบเครื่องจ่ายไฟฟ้าสำรอง (UPS) และผังแสดงระบบจ่ายไฟฟ้า
บริษัท อสมท จำกัด (มหาชน)

TNI

ตารางที่ 36 การตรวจสอบเครื่องจ่ายไฟฟ้าสำรอง (UPS)



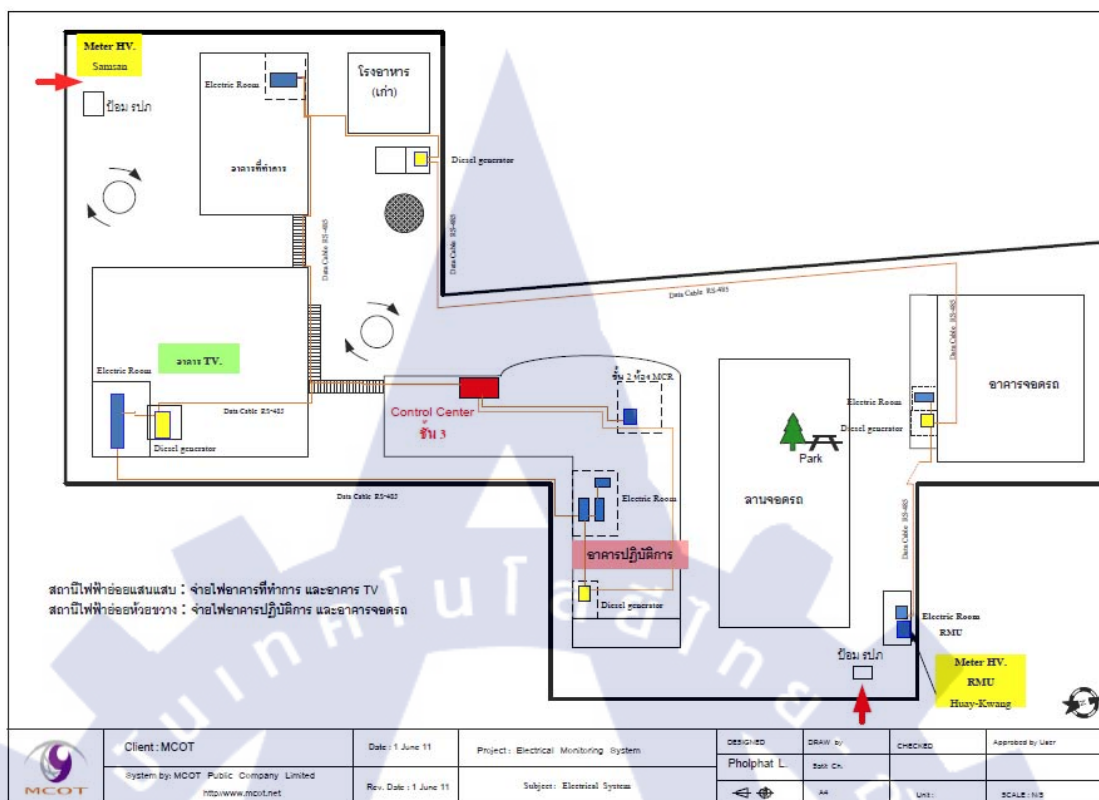
รายงานการตรวจสอบเครื่องจ่ายไฟฟ้าสำรอง (UPS)

วันที่..... เดือน..... พ.ศ. 2554

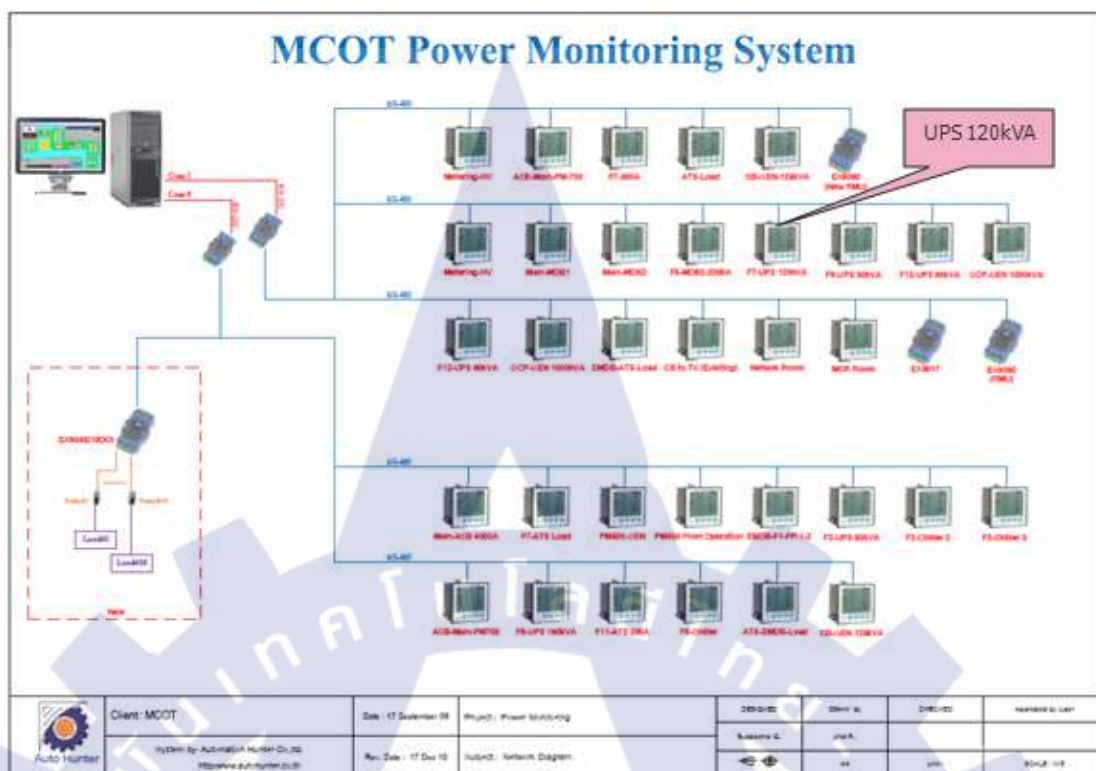
- | | | |
|---|---------------------------------------|---------------------------|
| ☐ อาคารที่ทำการ | ขนาด 160 kVA | ยี่ห้อ Cloride |
| ☐ สถานีเครื่องส่งโมดิรันในน้ำวิ อาคารโบสถ์ 2 | ขนาด 2(120 kVA) | ยี่ห้อ MGE รุ่น Galaxy PW |
| ☐ สถานีเครื่องส่งโทรทัศน์ หนองแขม | ขนาด 2(120 kVA) | ยี่ห้อ EMERSON |
| ☐ สถานีเครื่องส่งวิทยุ F.M. ลาดพร้าว | ขนาด 2(120 kVA) | ยี่ห้อ MGE รุ่น Galaxy PW |
| ☐ อาคารห้องส่งสถานีโทรทัศน์ | ขนาด 80 kVA | ยี่ห้อ EMERSON |
| ☐ อาคารปฏิบัติการด้านโทรทัศน์และวิทยุกระจายเสียง | ☐ ขนาด 30 kVA | ยี่ห้อ MGE รุ่น Galaxy PW |
| | ☐ ขนาด 60 kVA | ยี่ห้อ MGE รุ่น Galaxy PW |
| | ☐ ขนาด 120 kVA | ยี่ห้อ MGE รุ่น Galaxy PW |

ผู้ตรวจสอบ 1..... 2..... เวลา.....

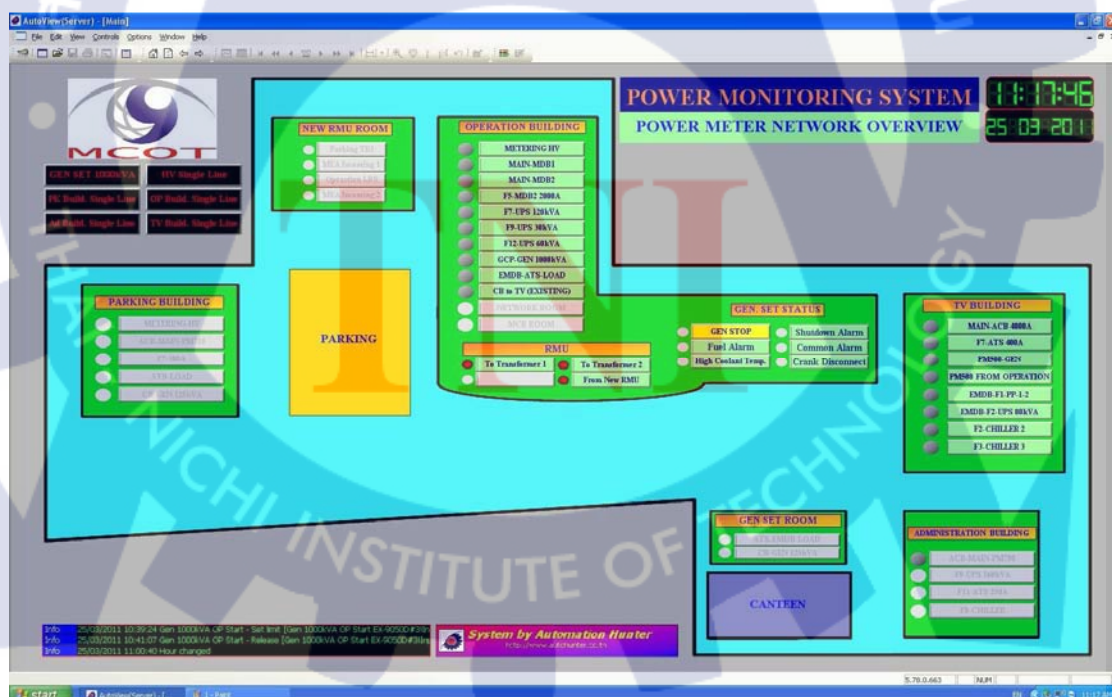
รายการตรวจสอบ	ปกติ	ไม่ปกติ	หมายเหตุ
1. ตรวจสอบเบื้องต้น			
1.1 ตรวจสอบการทำงานของชุดหลัก			
1.2 ตรวจสอบสภาพภายนอกและความแน่นหนาของสายไฟฟ้า			
1.3 ตรวจสอบสภาพทีวี			
1.4 ระบบไฟฟ้าทั่วไป			
2. ตรวจสอบคุณสมบัติทางไฟฟ้า			
	ความถี่ (Hz)	แรงดัน (V)	กระแส (A)
		V12 V23 V31 V1n V2n V3n	I1 I2 I3
-Main 1			
-Main 2 (By Pass)			
-Load (Inverter)			
-Load (%)			
3. ตรวจสอบการอัดประจุของแบตเตอรี่ (Battery Charge)	DC :V	Backup Time	
4. ตรวจสอบการคายประจุของแบตเตอรี่ประมาณ 2-5 นาที (Battery Discharge)	DC :V	 นาที	
5. ตรวจสอบทั้งกัมมันการโอนย้ายโหลด (ทุก 3 เดือน)			
-เงื่อนไข Main2	☐ ปกติ	☐ ผิดปกติ	
-การโอนย้ายจาก MAIN สู่ชุด INVERTER	☐ ปกติ	☐ ผิดปกติ	
-การโอนย้ายชุด INVERTER สู่ MAIN	☐ ปกติ	☐ ผิดปกติ	
6. ตรวจสอบสภาพแวดล้อมของระบบ			
-อุณหภูมิห้อง UPS และแบตเตอรี่	☐ ปกติ ($\leq 25^{\circ}\text{C}$)	☐ ผิดปกติ ($> 25^{\circ}\text{C}$)	
-ระบบระบายอากาศและความสะอาดของห้อง	☐ ปกติ และสะอาด	☐ ผิดปกติ :	
7. สภาพทั่วไป :			
ลงชื่อ.....วิศวกร / ผู้ควบคุม	ลงชื่อ.....ผู้จัดการส่วนไฟฟ้ากำลัง		
(นาย.....)			
วันที่.....เดือน..... พ.ศ. 2554	วันที่.....เดือน..... พ.ศ. 2554		



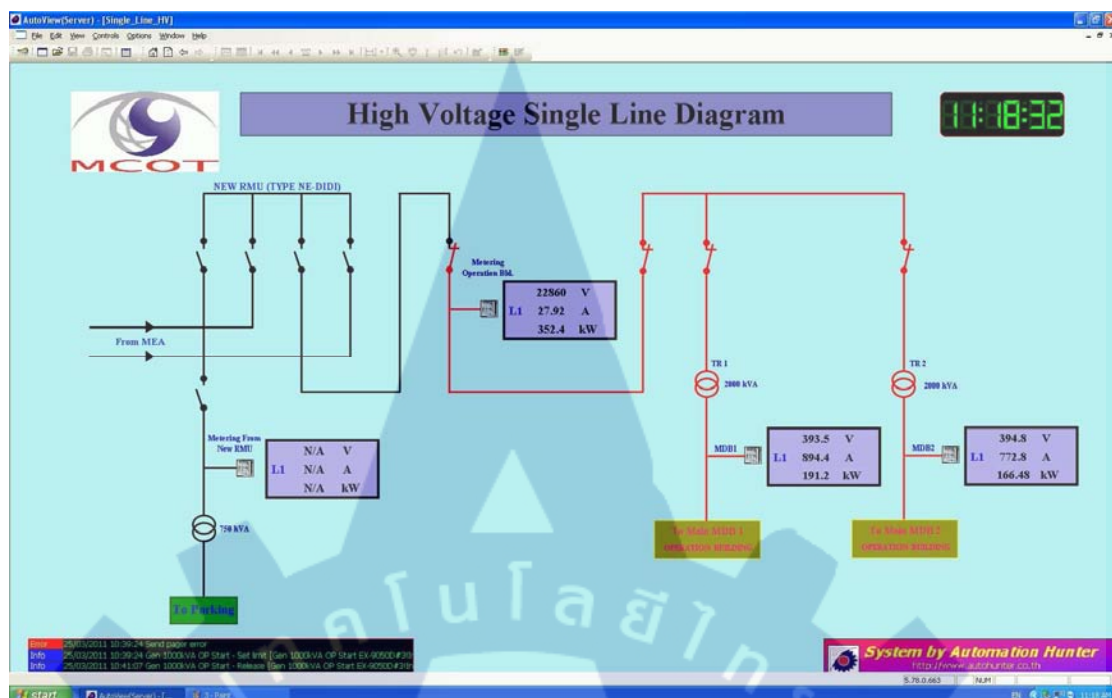
รูปที่ 50 แผนผังเดินสายสัญญาณ RS-485 ของระบบตรวจวัดค่าไฟฟ้า



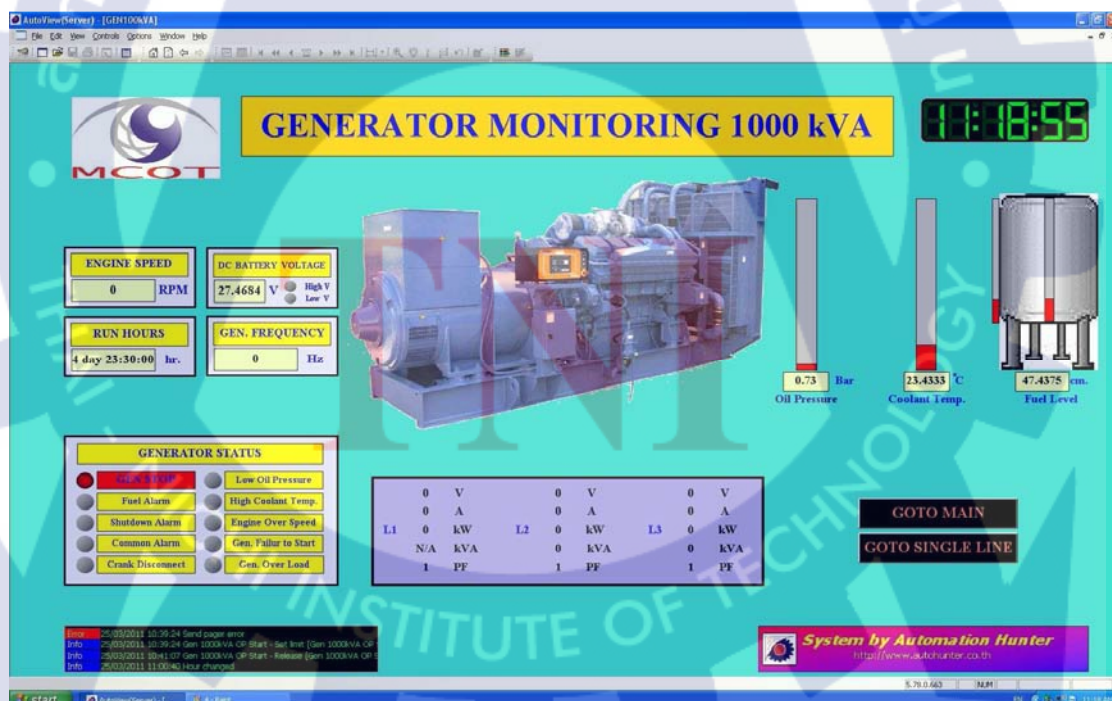
รูปที่ 51 ผังการเชื่อมต่อ Digital Power Meter



รูปที่ 52 ภาพรวมระบบการจ่ายไฟฟ้าของอาคาร บมจ. อสมท



รูปที่ 53 แผงการจ่ายไฟฟ้าแรงสูงมายังอาคารปฏิบัติการด้านโทรทัศน์และวิทยุ



รูปที่ 54 แผงการจ่ายระบบไฟฟ้าสำรองฉุกเฉิน จาก Generator ขนาด 1000 กิโลวัตต์ (kVA)

