



ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

เรื่อง การสร้างและทดสอบประสิทธิภาพชุดฝึกอบรม เรื่อง การปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์
โดย นายบุญเย็น อุ่นจิตร

ได้รับอนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาไฟฟ้า

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(อาจารย์ ดร.มงคล หวังสถิตยวงษ์)

27 กุมภาพันธ์ 2550

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

ประธานกรรมการ

(ศาสตราจารย์ ดร.รัตนา ศิริพานิช)

กรรมการ

(อาจารย์ ดร.มานิตย์ สิริรัชช)

กรรมการ

(อาจารย์ ดร.จรัญ แสนราช)

กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พูลศักดิ์ โกษียาภรณ์)

การสร้างและทดสอบประสิทธิภาพชุดฝึกอบรม เรื่อง การปรับปรุงค่าเพนเวอร์แฟคเตอร์

นายบุญเย็น อุ่นจิตร

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาวิชาไฟฟ้า ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า
บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ปีการศึกษา 2549
ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ชื่อ : นายบุญเย็น อุ่นจิตร
ชื่อวิทยานิพนธ์ : การสร้างและทดสอบประสิทธิภาพชุดฝึกอบรม เรื่อง การปรับปรุง
ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์
สาขาวิชา : ไฟฟ้า
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ : ศาสตราจารย์ ดร.รัตนา ศิริพานิช
อาจารย์ ดร.มานิตย์ สิทธิชัย
ปีการศึกษา : 2549

บทคัดย่อ

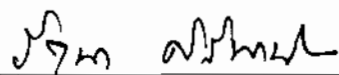
การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างและทดสอบประสิทธิภาพชุดฝึกอบรม เรื่อง การปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ เพื่อแก้ปัญหาค่าการขาดแคลนชุดฝึกอบรม การขาดความรู้และทักษะของช่างเทคนิคที่ปฏิบัติงานในส่วนของการติดตั้งและซ่อมบำรุงระบบไฟฟ้าในสถานประกอบการ

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือชุดฝึกอบรม เรื่อง การปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ มีเนื้อหาแบ่งออกเป็น 6 หัวข้อเรื่อง ซึ่งประกอบด้วย คู่มือวิทยากร ได้แก่ แผนการฝึกอบรม ใบวัดดูประสงค์เชิงพฤติกรรม ใบเนื้อหา แบบทดสอบหลังการฝึกแต่ละหัวข้อพร้อมเฉลย และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์การฝึกอบรมพร้อมเฉลย เอกสารสำหรับผู้เข้ารับการฝึกอบรม ได้แก่ ใบวัดดูประสงค์เชิงพฤติกรรม ใบเนื้อหา แบบทดสอบหลังการฝึกแต่ละหัวข้อ และสื่อการฝึกอบรม ได้แก่ สื่อนำเสนอด้วยคอมพิวเตอร์ (Presentation) และชุดสาธิต โดยนำชุดฝึกอบรมไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 20 คน ซึ่งเป็นช่างเทคนิคที่ปฏิบัติงานในส่วนของการติดตั้งและซ่อมบำรุงระบบไฟฟ้าในสถานประกอบการ โดยก่อนการฝึกอบรมให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมทำแบบทดสอบวัดความรู้ (Pre-test) หลังจากทำการฝึกอบรมในแต่ละหัวข้อเสร็จ ให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมทำแบบทดสอบสำหรับหัวข้อนั้นๆ และเมื่อจบการฝึกอบรมแล้ว จึงทำการทดสอบด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์การฝึกอบรม (Post-test) อีกครั้งหนึ่ง จากนั้นจึงนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์และสรุปผล

ผลการวิจัยปรากฏว่า ชุดฝึกอบรมที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 84.14/82.60 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ 80/80 และผู้เข้ารับการฝึกอบรมมีความรู้ก้าวหน้าเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

(วิทยานิพนธ์มีจำนวนทั้งสิ้น 289 หน้า)

คำสำคัญ : การปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์



อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

Name : Mr.Boonyen Ounjit
Thesis Title : The Construction and Efficiency Validation of Training Package on the
Topic of Power Factor Correction
Major Field : Electrical Technology
King Mongkut's Institute of Technology North Bangkok
Thesis Advisors : Professor Dr.Ratana Siripanich
Dr.Manit Sittichai
Academic Year : 2006

Abstract

The objectives of this research were to construct and validate the efficiency of training package on the topic of power factor correction. The result of the research will solve the problem of shortage of the training package and the lacking of knowledge and skill of technicians from electrical maintenance section and service division of factory.

The training package has been divided into 6 main parts, training plan, behavioral objectives list, information sheet, the test sheet of each topic, and the achievement test which covers all the topics, power point presentation and the demonstration. The sample groups were 20 technicians from electrical maintenance section and service division of factory. The test was conducted after completion of each lesson and the achievement test was used at the end of training program. Finally, the scores from the test and the achievement were used to find the efficiency of the training package.

The result shows that the efficiency of each lesson determined by exercise was 84.14% and the efficiency of achievement test at the end of training program was 82.60%, which was higher than the established criteria at 80/80 of the research hypothesis. The training package brought higher achievement to the trainee with a statistical significance of .01.

(Total 289 pages)

Keywords : Power Factor Correction

R. Siripanich

Advisor

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้เป็นอย่างดี ด้วยความกรุณาของท่านอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ คือ ศาสตราจารย์ ดร.รัตนา ศิริพานิช และ อาจารย์ ดร.มานิตย์ สิริพิชัย ที่ได้ให้ความกรุณาให้คำแนะนำ ข้อคิด แนวทางและวิธีการต่างๆ ในการสร้างชุดฝึกอบรมและวิธีการดำเนินการวิจัย ตลอดจนกรุณาตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหาและภาษาที่ใช้ในการจัดทำวิทยานิพนธ์ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณผู้เชี่ยวชาญทุกท่าน ได้แก่ อาจารย์สมเจตน์ ม่วงเกษม อาจารย์จรรยา ไกรเพชร อาจารย์ไชยชาญ หินเกิด อาจารย์สุชาติ โพธิ์ศรี นายนันทพงศ์ คงอ่อน นายรุ่ง ถวายนิล และนายสนธยา เจริญกรณ์ ที่ได้กรุณาสละเวลาตอบแบบสอบถาม แบบประเมินชุดฝึกอบรม เพื่อหาความเหมาะสมของหัวข้อเรื่องที่นำมาเรียบเรียงเป็นเอกสารประกอบการฝึกอบรม

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ บิดา มารดา ผู้ให้กำเนิด ส่งเสียให้ได้รับการศึกษา ห่วงใย ดูแล อบรม สั่งสอนเสมอมา และญาติพี่น้องทุกคน ผู้คอยให้กำลังใจและให้การสนับสนุนด้วยดีตลอดมา รวมทั้งเพื่อนๆ และผู้ที่มีส่วน เกี่ยวข้องทุกท่านที่ได้กล่าวนามไว้ในนี้ ซึ่งทั้งหมดมีส่วนร่วมและช่วยเหลือเป็นอย่างมากที่ทำให้วิทยานิพนธ์สำเร็จลุล่วงลงด้วยดี

ผู้วิจัยขอขอบคุณ บริษัท มีเดีย จิสเต็ม จำกัด ที่สนับสนุนเรื่อง สถานที่ และชุดสาริตประกอบการฝึกอบรม มาด้วยดี

บุญเย็น อุ่นจิตร

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญตาราง	ช
สารบัญภาพ	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	4
1.3 สมมติฐานของการวิจัย	4
1.4 ขอบเขตของการวิจัย	4
1.5 ข้อตกลงเบื้องต้น	5
1.6 คำจำกัดความใช้ในงานวิจัย	5
1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	6
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	7
2.1 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวกับการฝึกอบรม	7
2.2 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับชุดฝึกอบรม	11
2.3 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการสื่อประกอบการฝึกอบรม	13
2.4 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการวัดและประเมินผลการฝึกอบรม	18
2.5 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์	22
2.6 เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	25
2.7 สรุปเอกสารและงานวิจัยเพื่อเข้าสู่ปัญหาการวิจัย	26
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย	29
3.1 การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	29
3.2 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	30
3.3 การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล	39
3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล	41
3.5 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล	42

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลของการวิจัย	45
4.1 ผลการวิเคราะห์หาคุณภาพแบบทดสอบของชุดฝึกอบรม	46
4.2 ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรม	47
4.3 ผลการวิเคราะห์หาความก้าวหน้าทางการฝึกอบรม	48
4.4 ผลการวิเคราะห์แบบประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อชุดฝึกอบรม	50
4.5 ผลการวิเคราะห์แบบประเมินความคิดเห็นของผู้เข้ารับการฝึกอบรม	51
บทที่ 5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	53
5.1 สรุปผลการวิจัย	53
5.2 อภิปรายผลการวิจัย	54
5.3 ข้อเสนอแนะ	55
บรรณานุกรม	57
ภาคผนวก ก	61
รายนามผู้เชี่ยวชาญ	62
หนังสือขอแต่งตั้งผู้เชี่ยวชาญ	63
ภาคผนวก ข	71
แบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านความเหมาะสมของเนื้อหา	
หัวข้อหลักและหัวข้อย่อย	72
แบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ด้านความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา	
โดยใช้ดัชนีความสอดคล้องระหว่างวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมกับข้อสอบ	82
แบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ด้านความเหมาะสมของชุดฝึกอบรม	142
แบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เข้ารับการฝึกอบรม	152
ภาคผนวก ค	157
การหาคุณภาพของแบบทดสอบจากการทดลองใช้กับกลุ่มทดลองจำนวน 110 คน	173
ภาคผนวก ง	175
ตารางการวิเคราะห์หลักสูตรรายวิชา	176
ภาคผนวก จ	181
การวิเคราะห์หาคุณภาพของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการฝึกอบรม	185

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก ฉ	189
การคำนวณหาประสิทธิภาพชุดฝึกอบรม	193
การวิเคราะห์หาความก้าวหน้าของผู้เข้ารับการฝึกอบรม	195
ภาคผนวก ช	197
ตัวอย่างชุดฝึกอบรม	198
ภาคผนวก ซ	275
ชุดสถิติการปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์	276
ภาคผนวก ฅ	285
ประมวลภาพการฝึกอบรม	286
ประวัติผู้วิจัย	289

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4-1 แสดงผลคะแนนรวมจากการทำแบบทดสอบหลังการฝึกอบรมแต่ละหัวข้อ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์การฝึกอบรมของกลุ่มตัวอย่าง	47
4-2 แสดงผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรม	48
4-3 แสดงผลคะแนนรวมจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์การฝึกอบรม ก่อนและหลังการฝึกอบรมของกลุ่มตัวอย่าง	49
4-4 แสดงผลการวิเคราะห์หาความก้าวหน้าของการฝึกอบรม	50
ข-1 แสดงผลการประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านความเหมาะสม ของเนื้อหาหัวข้อหลัก และหัวข้อย่อยของชุดฝึกอบรม	79
ข-2 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้องของเนื้อหาตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม หัวข้อที่ 1 หลักการเบื้องต้นของเพาเวอร์แฟคเตอร์	134
ข-3 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้องของเนื้อหาตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม หัวข้อที่ 2 การปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ในระบบไฟฟ้า	135
ข-4 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้องของเนื้อหาตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม หัวข้อที่ 3 ตำแหน่งการติดตั้งคาปาซิเตอร์เพื่อการปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์	136
ข-5 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้องของเนื้อหาตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม หัวข้อที่ 4 ระบบการควบคุมการทำงานของคาปาซิเตอร์	137
ข-6 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้องของเนื้อหาตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม หัวข้อที่ 5 ขนาดและพิกัดของอุปกรณ์ประกอบการติดตั้งคาปาซิเตอร์	138
ข-7 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้องของเนื้อหาตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม หัวข้อที่ 6 การตรวจสอบและซ่อมบำรุงรักษา	140
ข-8 แสดงผลการประเมินความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อชุดฝึกอบรม เรื่อง การปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์	149
ข-9 แสดงผลการประเมินความคิดเห็นของผู้เข้ารับการฝึกอบรมด้านการจัดการฝึกอบรม	154
ค-1 แสดงผลคะแนนรวมจากการทดลองใช้แบบทดสอบกับกลุ่มทดลองจำนวน 110 คน หัวข้อที่ 1 หลักการเบื้องต้นของเพาเวอร์แฟคเตอร์	158
ค-2 แสดงผลคะแนนรวมจากการทดลองใช้แบบทดสอบกับกลุ่มทดลองจำนวน 110 คน หัวข้อที่ 2 การปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ในระบบไฟฟ้า	159

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ค-3 แสดงผลคะแนนรวมจากการทดลองใช้แบบทดสอบกับกลุ่มทดลองจำนวน 110 คน หัวข้อที่ 3 ตำแหน่งการติดตั้งคาปาซิเตอร์เพื่อการปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์	160
ค-4 แสดงผลคะแนนรวมจากการทดลองใช้แบบทดสอบกับกลุ่มทดลองจำนวน 110 คน หัวข้อที่ 4 ระบบการควบคุมการทำงานของคาปาซิเตอร์	161
ค-5 แสดงผลคะแนนรวมจากการทดลองใช้แบบทดสอบกับกลุ่มทดลองจำนวน 110 คน หัวข้อที่ 5 ขนาดและพิกัดของอุปกรณ์ประกอบการติดตั้งคาปาซิเตอร์	162
ค-6 แสดงผลคะแนนรวมจากการทดลองใช้แบบทดสอบกับกลุ่มทดลองจำนวน 110 คน หัวข้อที่ 6 การตรวจสอบและซ่อมบำรุงรักษา	163
ค-7 แสดงผลคะแนนรวมจากการทดลองใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์กับกลุ่มทดลอง	164
ค-8 แสดงผลการวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบ หัวข้อที่ 1 หลักการเบื้องต้นของเพาเวอร์แฟคเตอร์	165
ค-9 ผลการวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบ หัวข้อที่ 2 การปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ในระบบไฟฟ้า	165
ค-10 แสดงผลการวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบ หัวข้อที่ 3 ตำแหน่งการติดตั้งคาปาซิเตอร์เพื่อการปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์	166
ค-11 แสดงผลการวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบ หัวข้อที่ 4 ระบบการควบคุมการทำงานของคาปาซิเตอร์	167
ค-12 แสดงผลการวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบ หัวข้อที่ 5 ขนาดและพิกัดของอุปกรณ์ประกอบการติดตั้งคาปาซิเตอร์	168
ค-13 แสดงผลการวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบ หัวข้อที่ 6 การตรวจสอบและซ่อมบำรุงรักษา	169
ค-14 แสดงผลการวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบ วัดผลสัมฤทธิ์ทางการฝึกอบรม	169
ค-15 แสดงผลการวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบของชุดฝึกอบรม เรื่อง การปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์	171
ค-16 แสดงผลการวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ ทางการฝึกอบรม	172

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ง-1 แสดงตารางวิเคราะห์ให้น้ำหนักความสำคัญของพฤติกรรม หัวข้อที่ 1 หลักการเบื้องต้นของเพาเวอร์แฟคเตอร์	176
ง-2 แสดงตารางวิเคราะห์ให้น้ำหนักความสำคัญของพฤติกรรม หัวข้อที่ 2 การปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ในระบบไฟฟ้า	176
ง-3 แสดงตารางวิเคราะห์ให้น้ำหนักความสำคัญของพฤติกรรม หัวข้อที่ 3 ตำแหน่งการติดตั้งคาปาซิเตอร์เพื่อการปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์	177
ง-4 แสดงตารางวิเคราะห์ให้น้ำหนักความสำคัญของพฤติกรรม หัวข้อที่ 4 ระบบการควบคุมการทำงานของคาปาซิเตอร์	177
ง-5 แสดงตารางวิเคราะห์ให้น้ำหนักความสำคัญของพฤติกรรม หัวข้อที่ 5 ขนาดและพิกัดของอุปกรณ์ประกอบการติดตั้งคาปาซิเตอร์	178
ง-6 แสดงตารางวิเคราะห์ให้น้ำหนักความสำคัญของพฤติกรรม หัวข้อที่ 6 การตรวจสอบและซ่อมบำรุงรักษา	178
ง-7 แสดงตารางวิเคราะห์ให้น้ำหนักความสำคัญของพฤติกรรม เรื่อง การปรับปรุง ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์	179
ง-8 แสดงตารางวิเคราะห์ให้น้ำหนักความสำคัญของพฤติกรรม (ตาราง 1000) เรื่อง การปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์	179
ง-9 แสดงจำนวนข้อสอบหลังการฝึกอบรมแต่ละหัวข้อ และแบบทดสอบ วัดผลสัมฤทธิ์การฝึกอบรมเรื่อง การปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์	180
จ-1 แสดงผลคะแนนรวมจากการใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์การฝึกอบรม กับกลุ่มตัวอย่างหลังการฝึกอบรม	182
จ-2 แสดงค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบแบบอิงเกณฑ์ (PPDI)	183
จ-3 แสดงการแปลความหมายระดับความยากง่ายของแบบทดสอบ	185
จ-4 แสดงการแปลความหมายระดับค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบแบบอิงเกณฑ์	186
ฉ-1 แสดงผลคะแนนจากการทำแบบทดสอบหลังการฝึกอบรมแต่ละหัวข้อของกลุ่มตัวอย่าง	190
ฉ-2 แสดงผลคะแนนจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์การฝึกอบรมของกลุ่มตัวอย่าง	191
ฉ-3 แสดงผลคะแนนรวมจากการทำแบบทดสอบหลังการฝึกอบรมแต่ละหัวข้อ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์การฝึกอบรมของกลุ่มตัวอย่าง	193

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ฉ-4 แสดงผลคะแนนรวมจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์การฝึกอบรม ก่อนและหลังการฝึกอบรมของกลุ่มตัวอย่าง	194
ฉ-5 แสดงผลการวิเคราะห์หาความก้าวหน้าทางการอบรมของผู้เข้ารับการฝึกอบรม	195

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1-1 เวกเตอร์แสดงการเกิดกระแสไฟฟ้าเนื่องจากโพลีไดอิเล็กตริก	2
2-1 การปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ของมอเตอร์ไฟฟ้า	24
2-2 ความสัมพันธ์ของกำลังไฟฟ้าส่วนต่างๆ ทั้งก่อนและหลังการปรับปรุง ค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์	25
3-1 ลำดับขั้นตอนในการสร้างชุดฝึกอบรม	31
3-2 ลำดับขั้นตอนในการสร้างแบบทดสอบ	35
3-3 ลำดับขั้นตอนในการสร้างสื่อประกอบการฝึกอบรม	38
3-4 ลำดับขั้นตอนในการทดลองและเก็บข้อมูล	40
4-1 คู่มือวิทยากร เอกสารสำหรับผู้เข้ารับการฝึกอบรม และสื่อนำเสนอ ด้วยคอมพิวเตอร์	45
4-2 ชุดสาริตการปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์	46
ฅ-1 กลุ่มตัวอย่างเข้ารับการฝึกอบรม	286
ฅ-2 วิทยากรกำลังบรรยายให้กับกลุ่มตัวอย่าง	286
ฅ-3 กลุ่มตัวอย่างชมการสาธิตของวิทยากรขณะใช้ชุดสาริตประกอบการฝึกอบรม	287
ฅ-4 กลุ่มตัวอย่างเปรียบเทียบค่าต่างๆ ของระบบไฟฟ้าทั้งก่อนและหลังการปรับปรุง ค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์	287
ฅ-5 สภาวะที่ต้องการปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์เพิ่มขึ้นเมื่อต่อ Step 1 ไปแล้ว ค่ายังไม่เท่าที่กำหนดไว้ (0.85) หลอดต้องการต่อคาปาซิเตอร์เข้าไปในวงจรจะสว่าง (หลอดด้านถูกเสร็จขึ้นจะสว่าง)	288
ฅ-6 สภาวะค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์หลังจากต่อคาปาซิเตอร์เข้าไปในวงจร จำนวน 3 Step ซึ่งมีค่าเพียงพอใกล้เคียงกับค่าที่ต้องการ (0.85)	288

บทที่ 1

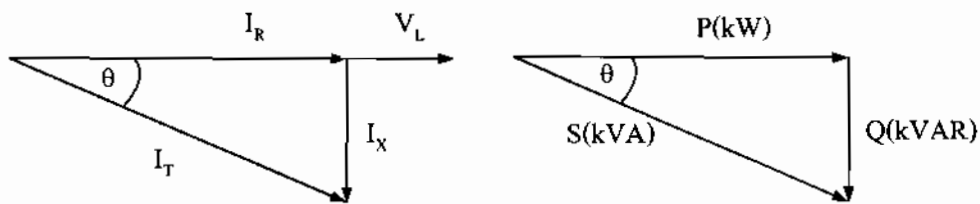
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ไฟฟ้าเป็นพลังงานที่มีบทบาท และมีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์อย่างมาก หลายสิ่งหลายอย่างได้เกิดขึ้น และมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องก็มาจากผลของพลังงานไฟฟ้าทั้งสิ้น ไม่ว่าจะเป็นอุปกรณ์เครื่องใช้อำนวยความสะดวก การสื่อสารโทรคมนาคม ระบบรถไฟฟ้า รวมทั้งเครื่องมือเทคนิคการแพทย์แบบต่างๆ ก็ต้องพึ่งพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานหลักในการปฏิบัติงาน ให้บรรลุเป้าหมาย แต่สิ่งหนึ่งที่ผู้ใช้ไฟฟ้าขาดความรู้และความรับผิดชอบก็คือการใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างคุ้มค่าและประหยัดที่สุด เนื่องจากปัจจุบันแหล่งวัตถุดิบหรือพลังงานเชื้อเพลิงที่จะนำไปใช้ในการผลิตไฟฟ้ามีปริมาณน้อยลง และคาดว่าจะหมดในอนาคต จึงควรเผยแพร่ให้ความรู้ ที่ถูกต้องในการใช้ไฟฟ้า ดังจะเห็นได้จากปัจจุบันมีหลายหน่วยงานทั้งภาครัฐและภาคเอกชน ได้มีการเรียกร้องให้ประหยัดพลังงานไฟฟ้ากันอย่างต่อเนื่อง ไม่ว่าจะเป็นการเลือกใช้เครื่องใช้ไฟฟ้า ที่มีเบอร์ และปิดไฟเมื่อเลิกใช้ และประชาสัมพันธ์มาตรการประหยัดพลังงานไฟฟ้าต่างๆ เป็นต้น

การปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ในระบบไฟฟ้ากำลัง เป็นวิธีหนึ่งของการประหยัด พลังงานไฟฟ้าในส่วนของผู้ใช้ไฟฟ้าในสถานประกอบการ โดยมุ่งเน้นให้เห็นความสำคัญของการใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างคุ้มค่า ซึ่งผลที่ได้รับจะเกิดกับผู้ใช้ไฟฟ้าโดยตรง ที่ไม่ต้องเสียค่าไฟฟ้าในส่วนของ กิโลวาร์-ชั่วโมง ที่มีอัตราค่าไฟฟ้าสูงกว่ากิโลวัตต์-ชั่วโมงมาก (เฉพาะอุตสาหกรรมหรืออาคารขนาดใหญ่) ซึ่งถ้าหากสถานประกอบการทุกแห่ง มีบุคลากรที่มีความรู้ ความเข้าใจ ในเรื่องเหล่านี้ ก็จะสามารถช่วยประเทศชาติทางอ้อม ในการประหยัดพลังงานไฟฟ้า ได้อย่างมหาศาล และ ยังเป็นการลดต้นทุนการผลิตอีกด้วยเนื่องจากเสียค่าไฟฟ้าลดลงกว่าเดิม

ปัญหาค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ต่ำนั้น มักจะเกิดขึ้นเสมอในระบบไฟฟ้ากำลังเนื่องจากโหลด ที่ใช้ภายในสถานประกอบการส่วนใหญ่ จะประกอบไปด้วยโหลดชนิดรีซิสทีฟ (Resistive Load) และโหลดชนิดอินดักทีฟ (Inductive Load) ซึ่งโหลดชนิดอินดักทีฟจะเป็นตัวปัญหาที่ทำให้เกิดสถานะกระแสล้าหลังแรงดัน เนื่องจากระบบไฟฟ้าจะต้องจ่ายกระแส (I_x) ส่วนหนึ่งไปสร้างสนามแม่เหล็กให้โหลดชนิดอินดักทีฟ (Inductive Load) ให้สามารถทำงานได้ ซึ่งกระแสส่วนนี้ จะมีทิศทางตั้งฉาก (ทำมุม 90 องศา) กับกระแสใช้งานจริง (I_r) ซึ่งผลรวมทางเวกเตอร์ของกระแส ทั้งสองส่วนนี้ จะทำให้กระแสโหลดล้าหลังแรงดันไฟฟ้าเป็นมุม θ องศา ดังภาพที่ 1-1



ภาพที่ 1-1 เวกเตอร์แสดงการเกิดสถานะกระแสล้าหลังแรงดันไฟฟ้าของโหลดชนิดอินดักทีฟ

กระแสทั้ง 3 ส่วนนี้จะทำให้ระบบไฟฟ้าต้องจ่ายพลังงานเพื่อให้โหลดทำงานได้เป็น 3 ส่วนด้วยเช่นกัน ได้แก่

1. กำลังไฟฟ้าจริงหรือกำลังไฟฟ้าแอคทีฟ (Active Power : P) กำลังไฟฟ้าส่วนนี้เป็นส่วนที่ผู้ใช้ได้ประโยชน์จากโหลดโดยตรง เช่น การได้ประโยชน์จากมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 30 กิโลวัตต์ เป็นต้น มีหน่วยเป็นวัตต์ (W) หรือกิโลวัตต์ (kW) สามารถหาได้โดยใช้วัตต์มิเตอร์วัดได้ที่โหลดโดยตรง

2. กำลังไฟฟ้าเสมือนหรือกำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟ (Reactive Power : Q) กำลังไฟฟ้าส่วนนี้เป็นส่วนที่ระบบไฟฟ้าต้องจ่ายให้กับโหลดเพื่อสร้างสนามแม่เหล็ก เช่น พลังงานที่ไหลผ่านแกนเหล็กของหม้อแปลงไฟฟ้า หรือผ่านช่องว่างอากาศ (Air Gap) ของอินดักชันมอเตอร์ เป็นต้น เพื่อให้โหลดชนิดอินดักทีฟทำงานได้มีหน่วยเป็นวาร์ (VAR) หรือกิโลวาร์ (kVAR) สามารถวัดค่าได้จากวาร์มิเตอร์

3. กำลังไฟฟ้าปรากฏ (Apparent Power : S)

กำลังไฟฟ้าส่วนนี้เป็นผลรวมทางเวกเตอร์ของกำลังไฟฟ้าจริง และกำลังไฟฟ้าเสมือน ซึ่งเป็น ค่ากำลังไฟฟ้าที่ระบบไฟฟ้าจะต้องสำรองไว้ เพื่อจ่ายให้กับโหลด มีหน่วยเป็นวีเอ (VA) หรือ เควีเอ (kVA) สามารถวัดค่าได้จากโวลต์มิเตอร์และแอมป์มิเตอร์

อัตราส่วนของกำลังไฟฟ้าจริงต่อกำลังไฟฟ้าปรากฏนี้ จะเป็นตัวบอกให้ทราบว่าอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ นั้น จะใช้กำลังไฟฟ้าจริงเป็นสัดส่วนเท่าไรเมื่อเทียบกับกำลังไฟฟ้าปรากฏ โดยเราจะเรียกว่า ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ (Power Factor : PF) ดังนั้นในระบบไฟฟ้าที่มีค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์สูงจะมีประสิทธิภาพในการทำงานดีกว่า ระบบไฟฟ้าที่มีค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ต่ำกว่า

ในสถานประกอบการต่างๆ นั้น โดยเฉพาะในโรงงานอุตสาหกรรมที่มีโหลดประเภทอินดักทีฟ (Inductive Load) อยู่เป็นจำนวนมาก จะส่งผลให้เกิดค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ต่ำทำให้

ผู้ใช้หรือเจ้าของสถานประกอบการต้องเสียค่าใช้จ่ายในด้านต่างๆ เพิ่มขึ้น ซึ่งสามารถสรุปผลเสียของการเกิดค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ต่ำระบบไฟฟ้าได้ดังนี้

1. เสียค่าไฟฟ้าในส่วน of ค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ต่ำกว่าที่กำหนดให้การไฟฟ้า
2. จำนวนหน่วยการใช้ไฟฟ้าต่อเดือนที่อ่านได้จากมิเตอร์เพิ่มขึ้น
(เนื่องจากกำลังงานสูญเสียในสายไฟฟ้าและหม้อแปลงไฟฟ้า แต่อาจมีค่าไม่มากนัก)
3. อาจเกิดปัญหาแรงดันตกในระบบไฟฟ้า
4. ขนาดของสายไฟฟ้า หม้อแปลงไฟฟ้า ตลอดจนอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ จะต้องมีความใหญ่ขึ้น เนื่องจากค่ากระแสไฟฟ้าสูงขึ้น
5. ถ้าใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเอง ในสถานประกอบการที่ค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ต่ำจะทำให้ค่าใช้จ่ายในการเดินเครื่องสูง

สำหรับวิธีการปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ให้มีค่าสูงขึ้นนั้นสามารถทำได้ โดยการต่อโหลดชนิดคาปาซิทีฟ (Capacitive Load) หรือการต่อมอเตอร์ชนิดซิงโครนัส (Synchronous Motor) เพิ่มเข้าไปในระบบไฟฟ้าเพื่อช่วยจ่ายกำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟ (Reactive Power) แทนแหล่งจ่าย แต่เนื่องจากการใช้มอเตอร์ชนิดซิงโครนัส จะมีค่าใช้จ่ายในการลงทุนสูงจึงไม่เป็นที่นิยมใช้ ดังนั้นจึงนิยมนำโหลดชนิดคาปาซิทีฟ (Capacitive Load) มาใช้ในการปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์เป็นส่วนใหญ่ เนื่องจากโหลดประเภทนี้มีคุณสมบัติในการช่วยจ่ายกำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟ (Reactive Power) ให้กับระบบได้ อย่างไรก็ตาม การติดตั้งโหลดชนิดคาปาซิทีฟ (Capacitive Load) เข้าไปในระบบนั้น นอกจากจะมีผลดีแล้วก็อาจเกิดผลเสียถ้าไม่ได้พิจารณาอย่างรอบคอบ อาทิเช่น อาจเกิดปัญหาฮาร์โมนิกส์ขึ้นในระบบไฟฟ้า หรือเกิดแรงดันเกินพิกัด (Over Voltage) เป็นต้น ดังนั้นการติดตั้งโหลดชนิดคาปาซิทีฟ (Capacitive Load) เข้าในระบบไฟฟ้าเพื่อการปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์นั้น จึงต้องพิจารณาคำแนะนำการติดตั้งที่เหมาะสม การเลือกขนาดคาปาซิเตอร์และอุปกรณ์ที่ใช้ การต่อวงจรอุปกรณ์ป้องกันต่างๆ การซ่อมบำรุงรักษาระบบ และปัจจัยอื่นๆ ด้วยจากการสำรวจข้อมูลเบื้องต้น โดยการสัมภาษณ์ช่างเทคนิคที่ปฏิบัติงานในส่วนของการติดตั้งและซ่อมบำรุงระบบไฟฟ้าในสถานประกอบการจำนวน 15 แห่ง ในเขตนิคมอุตสาหกรรมบางกะดี ถึงปัญหาที่เกิดขึ้นกับการปฏิบัติงาน ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ของระบบไฟฟ้า ซึ่งสามารถสรุปประเด็นปัญหาสำคัญๆ ได้ คือ ช่างเทคนิคที่ปฏิบัติงานในส่วนของการติดตั้งและซ่อมบำรุงระบบไฟฟ้าในสถานประกอบการ ยังขาดความรู้ความเข้าใจ ขาดการฝึกอบรม และการเพิ่มพูนความรู้เกี่ยวกับการแก้ปัญหาคุณภาพระบบไฟฟ้าในเรื่องการปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ เหตุผลหลักมาจากช่างเทคนิคที่จบการศึกษามาได้เรียนแต่

ภาคทฤษฎี ซึ่งขาดการปฏิบัติจริง และขาดความรู้ในทางเทคนิคเกี่ยวกับการออกแบบและซ่อมบำรุงรักษาอุปกรณ์ที่ใช้ในการปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ของระบบไฟฟ้า

ผู้วิจัยเล็งเห็นถึงความสำคัญที่จะต้องให้ช่างเทคนิคที่ปฏิบัติงาน ในส่วนของการติดตั้งและซ่อมบำรุงระบบไฟฟ้าในสถานประกอบการ เข้ารับการฝึกอบรมในเรื่องดังกล่าว เพราะมีความจำเป็นที่จะต้องนำความรู้พื้นฐาน หลักการการปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ การซ่อมบำรุงรักษา ไปใช้เป็นแนวทางในการทำงาน และเป็นพื้นฐานในการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับเรื่องนี้ในระดับที่สูงขึ้นต่อไป เพื่อที่จะสามารถนำไปวิเคราะห์ และแก้ปัญหาของคุณภาพระบบไฟฟ้าได้

จากปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยพิจารณาแล้ว เห็นว่าการสร้างและหาประสิทธิภาพชุดฝึกอบรม เรื่อง การปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ให้เป็นมาตรฐาน จะมีผลทำให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรม มีผลสัมฤทธิ์ของการอบรมที่สูงขึ้น และเป็นประโยชน์ในการทำงานได้ต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ในการวิจัย

1.2.1 เพื่อสร้างชุดฝึกอบรม เรื่อง การปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ สำหรับใช้ฝึกอบรมช่างเทคนิคที่ปฏิบัติงาน ในส่วนของการติดตั้งและซ่อมบำรุงระบบไฟฟ้าในสถานประกอบการ

1.2.2 เพื่อทดสอบประสิทธิภาพชุดฝึกอบรมที่สร้างขึ้น

1.3 สมมุติฐานของการวิจัย

1.3.1 ชุดฝึกอบรมที่สร้างขึ้น สามารถที่จะนำไปใช้ในการฝึกอบรมได้อย่างมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ 80/80

1.3.2 หลังจากที่ได้ฝึกอบรมด้วยชุดฝึกอบรมที่สร้างขึ้นแล้ว ผู้เข้ารับการฝึกอบรมจะมีความรู้เพิ่มสูงขึ้น

1.4 ขอบเขตการวิจัย

ชุดฝึกอบรม เรื่อง การปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ ซึ่งผู้วิจัยสร้างขึ้น ประกอบด้วย

1.4.1 คู่มือวิทยากร ได้แก่ เอกสารสำหรับวิทยากร ซึ่งประกอบด้วย แผนการฝึกอบรม ใบวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ใบเนื้อหา แบบทดสอบหลังการฝึกแต่ละหัวข้อพร้อมเฉลย และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการฝึกอบรมพร้อมเฉลย

1.4.2 เอกสารประกอบการฝึกอบรม ได้แก่ เอกสารสำหรับผู้เข้ารับการฝึกอบรม ซึ่งประกอบด้วย ใบวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ใบเนื้อหา แบบทดสอบหลังการฝึกแต่ละหัวข้อ

1.4.3 สื่อประกอบการฝึกอบรม ได้แก่ สื่อนำเสนอด้วยคอมพิวเตอร์ (Presentation) และ ชุดสาธิตการปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์

ระยะเวลาในการฝึกอบรมทั้งสิ้น 2 วัน วันละ 6 ชั่วโมง รวม 12 ชั่วโมง โดยมีเนื้อหาที่นำมาใช้ในการฝึกอบรมประกอบด้วย 6 หัวข้อเรื่อง ดังนี้

1. หลักการเบื้องต้นของเพาเวอร์แฟกเตอร์
2. การปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ของระบบไฟฟ้า
3. ตำแหน่งการติดตั้งคาปาซิเตอร์เพื่อปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์
4. ระบบควบคุมการทำงานของคาปาซิเตอร์
5. ขนาดและพิกัดของอุปกรณ์ประกอบการติดตั้งคาปาซิเตอร์
6. การตรวจสอบและซ่อมบำรุงรักษา

1.5 ข้อตกลงเบื้องต้น

1.5.1 ในการวิจัยครั้งนี้ให้ถือว่า ความแตกต่างระหว่างเพศ อายุ ประสบการณ์การทำงานและ ตำแหน่งงานของกลุ่มตัวอย่างนั้น ไม่นำมาประกอบในการวิเคราะห์ผลการวิจัย

1.5.2 ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญถือว่า ได้กระทำด้วยสุจริตจากความรูสึกอันแท้จริง

1.6 คำจำกัดความในการวิจัย

1.6.1 ชุดฝึกอบรม หมายถึง เครื่องมือที่ใช้สำหรับดำเนินการฝึกอบรม เรื่อง การปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ ซึ่งประกอบด้วย

1.6.1.1 คู่มือวิทยากร หมายถึง เอกสารสำหรับวิทยากร ซึ่งประกอบด้วย แผนการฝึกอบรม ใบวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ใบเนื้อหา แบบทดสอบหลังการฝึกแต่ละหัวข้อ พร้อมเฉลย แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการฝึกอบรมพร้อมเฉลย

1.6.1.2 เอกสารประกอบการฝึกอบรม หมายถึง เอกสารสำหรับผู้เข้ารับการฝึกอบรม ซึ่งประกอบด้วย ใบวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ใบเนื้อหา แบบทดสอบหลังการฝึก แต่ละหัวข้อ

1.6.1.3 สื่อประกอบการฝึกอบรม หมายถึง สื่อสำหรับวิทยากรใช้ในการฝึกอบรม ซึ่งประกอบด้วย สื่อนำเสนอด้วยคอมพิวเตอร์ และชุดสาธิตการปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์

1.6.2 ประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรม หมายถึง คุณภาพของชุดฝึกอบรมที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นแล้วนำไปใช้ในการฝึกอบรมอย่างมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 ที่กำหนดขึ้นในสมมุติฐานในการวิจัย

80 ตัวแรก หมายถึง ประสิทธิภาพของขบวนการฝึกอบรม โดยหาจากค่าเฉลี่ยของผู้เข้ารับการฝึกอบรมทั้งหมด ในการทำแบบทดสอบหลังฝึกอบรมแต่ละหัวข้อ โดยคิดเป็นร้อยละ

80 ตัวหลัง หมายถึง ผลสัมฤทธิ์ของการฝึกอบรม โดยหาค่าคะแนนเฉลี่ยของผู้เข้ารับการฝึกอบรมทั้งหมดในการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการฝึกอบรม ภายหลังการฝึกอบรมเสร็จ โดยคิดเป็นร้อยละ

1.6.3 ผู้เข้ารับการฝึกอบรม หมายถึง ช่างเทคนิคที่ปฏิบัติงานในส่วนของการติดตั้งและซ่อมบำรุงระบบไฟฟ้าในสถานประกอบการ

1.6.4 ผู้เชี่ยวชาญ หมายถึง ผู้ที่มีประสบการณ์ในการสอน การฝึกอบรม หรือปฏิบัติงาน เกี่ยวข้องกับการปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ของระบบไฟฟ้าไม่น้อยกว่า 5 ปี และมีวุฒิการศึกษา ไม่ต่ำกว่าปริญญาตรี

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.7.1 ชุดฝึกอบรมที่สร้างขึ้น สามารถนำไปใช้ฝึกอบรมช่างเทคนิคที่ปฏิบัติงานในส่วนของการติดตั้งและซ่อมบำรุงระบบไฟฟ้า ในสถานประกอบการได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.7.2 สามารถให้ความรู้แก่นักศึกษา และผู้ที่สนใจเกี่ยวกับการแก้ปัญหาคุณภาพระบบไฟฟ้าในเรื่อง การปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ได้เป็นอย่างดี

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาผลงานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการสร้างชุดฝึกอบรม มีรายละเอียดตามหัวข้อดังต่อไปนี้

- 2.1 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการฝึกอบรม
- 2.2 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับชุดฝึกอบรม
- 2.3 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับสื่อประกอบการฝึกอบรม
- 2.4 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการวัดและประเมินผลการฝึกอบรม
- 2.5 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์
- 2.6 เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
- 2.7 สรุปเอกสารและงานวิจัยเพื่อเข้าสู่ปัญหาการวิจัย

2.1 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการฝึกอบรม

การฝึกอบรม (Training) หมายถึง กระบวนการจัดการเรียนรู้อย่างเป็นระบบเพื่อสร้างหรือเพิ่มพูนความรู้ (Knowledge) ทักษะ (Skill) ความสามารถ (Ability) และเจตคติ (Attitude) ของบุคลากร อันจะช่วยปรับปรุงให้การปฏิบัติงานมีประสิทธิภาพสูงขึ้น

โดยทั่วไปแล้วการฝึกอบรมบุคลากรในองค์กรมีจุดประสงค์ 3 ประการ ดังต่อไปนี้ (Wexley & Latham, 1994)

1. เพื่อปรับปรุงระดับความตระหนักรู้ในตนเอง (Self-awareness) ของแต่ละบุคคล คือ การเรียนรู้เกี่ยวกับตนเอง ได้แก่ การทำความเข้าใจเกี่ยวกับบทบาทและความรับผิดชอบของตนเอง ในองค์กร การตระหนักถึงความแตกต่างระหว่างสิ่งที่ตนเองปฏิบัติจริง และปรัชญาที่ยึดถือ การเข้าใจถึงทัศนคติที่ผู้อื่นมีต่อตนเอง และการเรียนรู้ว่าการกระทำของตนเองมีผลกระทบต่อผู้อื่นอย่างไร เป็นต้น
2. เพื่อเพิ่มพูนทักษะการทำงาน (Job Skill) ของแต่ละบุคคล โดยอาจเป็นทักษะด้านใดด้านหนึ่งหรือหลายๆ ด้าน ก็ได้ เช่น การใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ การดูแลความปลอดภัยขณะทำงาน หรือการปกครองบังคับบัญชาลูกน้อง เป็นต้น

การฝึกอบรมบุคลากรมีอยู่หลายประเภท และสามารถจำแนกตามเกณฑ์ต่างๆ ได้ดังต่อไปนี้

ก) การฝึกอบรมภายในองค์กร (In-House Training) การฝึกอบรมแบบนี้
เป็นสิ่งที่องค์กรจัดขึ้นเองภายในสถานที่ทำงาน โดยหน่วยฝึกอบรมขององค์กรจะเป็นผู้ออกแบบ
พัฒนาหลักสูตร กำหนดตารางเวลา และเชิญผู้ทรงวุฒิทั้งจากภายในและภายนอกมาเป็นวิทยากร

ก) การฝึกอบรมในงาน (On-the-Job Training) การฝึกอบรมประเภทนี้จะกระทำโดยการให้ผู้เข้าฝึกอบรมลงมือปฏิบัติงานจริงๆ ในสถานที่ทำงานจริง ภายใต้การดูแลเอาใจใส่ของพนักงาน ซึ่งทำหน้าที่พี่เลี้ยงโดยการแสดงวิธีการปฏิบัติงานพร้อมทั้งอธิบายประกอบ จากนั้นจึงให้ผู้เข้ารับการอบรมปฏิบัติตาม พี่เลี้ยงจะคอยดูแลให้คำแนะนำและช่วยเหลือหากมีปัญหาเกิดขึ้น

ทักษะที่ต้องการฝึก	หมายถึง	สิ่งที่การฝึกอบรมต้องการเพิ่มพูนหรือสร้างขึ้นในตัวผู้รับการฝึกอบรม
การฝึกอบรม		

1. การฝึกอบรมทักษะด้านเทคนิค (Technical Skills Training) มุ่งเน้นพัฒนาทักษะ เกี่ยวข้องกับการปฏิบัติงานด้านเทคนิคเช่นการบำรุงรักษาเครื่องจักร เป็นต้น

2. การฝึกอบรมด้านการจัดการ (Managerial Skill Training) คือ การฝึกอบรมเพื่อเพิ่มพูน ความรู้ และทักษะด้านการจัดการและบริหารงาน โดยส่วนใหญ่แล้ว ผู้รับการฝึกอบรมมักจะมี ตำแหน่งเป็นผู้จัดการหรือหัวหน้างานขององค์กร

3. การฝึกอบรมทักษะด้านการติดต่อสัมพันธ์ (Interpersonal Skills Training) การฝึกอบรม ประเภทนี้มุ่งเน้นให้ผู้รับการฝึกอบรมมีการพัฒนาทักษะ ในด้านการทำงานร่วมกับผู้อื่น รวมทั้ง การมีสัมพันธภาพที่ดีกับเพื่อนร่วมงาน

2.1.2 ประโยชน์ของการฝึกอบรม

การฝึกอบรมเป็นเครื่องมือของการบริหารชนิดหนึ่ง ซึ่งจัดขึ้นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ การดำเนินงานขององค์กร โดยทั่วไปแล้วการฝึกอบรมมีบทบาทในการปรับปรุงประสิทธิภาพ ขององค์กรได้หลายทางดังต่อไปนี้ ช่วยพัฒนาความรู้ ทักษะ ความสามารถและเจตคติของพนักงาน อันจะช่วยปรับปรุงให้พนักงานมีคุณสมบัติที่จำเป็นต่อการทำงานดีขึ้นกว่าเดิม อันจะส่งผลให้ผลผลิต เพิ่มขึ้น ทั้งในด้านปริมาณและคุณภาพ ช่วยลดค่าใช้จ่ายในด้านค่าจ้างแรงงาน โดยการลดปริมาณ เวลาที่ใช้ในการผลิตสินค้าและบริการ แต่ยังคงได้สินค้าหรือบริการที่มีปริมาณและคุณภาพคงเดิม นอกจากนี้ยังลดเวลาที่ใช้ในการพัฒนาพนักงานที่ขาดประสบการณ์ เพื่อให้มีผลต่อการปฏิบัติงาน อยู่ในระดับที่น่าพึงพอใจ ช่วยลดต้นทุนการผลิตโดยการลดปริมาณสินค้าที่ผลิตอย่างไม่ได้มาตรฐาน ช่วยพัฒนาพนักงาน เพื่อใช้เป็นกำลังทดแทนในอนาคตการฝึกอบรมบุคลากรจะช่วยให้องค์กร มีกำลังทดแทนได้ทันทั่วทั้งที่ หากมีพนักงานบางส่วนเกษียณหรือลาออกจากการทำงานช่วยเตรียม พนักงานก่อนการก้าวขึ้นไปสู่ตำแหน่งหน้าที่ที่สูงขึ้น การฝึกอบรมจะช่วยให้พนักงานที่ได้รับการ เลื่อนตำแหน่งใหม่ มีความพร้อมและสามารถปรับตัวให้เข้ากับตำแหน่งที่ใหม่ได้อย่างเหมาะสม ช่วยขจัดความล้าหลังด้านทักษะเทคโนโลยี วิธีการทำงาน และการผลิต การฝึกอบรมจะช่วยให้ พนักงานขององค์กรมีความรู้ ทักษะและความสามารถที่ทันกับ ความเปลี่ยนแปลงของโลกและ ช่วยให้องค์กรสามารถแข่งขันกับผู้อื่น ได้ช่วยให้การประกาศใช้นโยบายหรือข้อบังคับขององค์กร ซึ่งได้รับการแก้ไขหรือร่างขึ้นมาใหม่เป็นไปอย่างราบรื่น ช่วยปรับปรุงและพัฒนาความสัมพันธ์ ระหว่างพนักงานในองค์กร รวมทั้งช่วยเพิ่มพูนขวัญและกำลังใจในการปฏิบัติงานของพนักงานได้

2.1.3 กระบวนการของการจัดการฝึกอบรมอย่างเป็นระบบ (ชูชัย, 2544 : 29-34)

2.1.3.1 วิเคราะห์ความต้องการในการฝึกอบรม (Need Assessment) ในการวิเคราะห์ ดังกล่าวจะช่วยให้ทราบข้อมูลที่สำคัญ สำหรับการออกแบบและพัฒนาโครงการฝึกอบรม เพื่อให้ การฝึกอบรมสอดคล้องกับความต้องการขององค์กรและเกิดประโยชน์สูงสุด ซึ่งจะประกอบด้วย

การวิเคราะห์ 3 ประการ ได้แก่ การวิเคราะห์องค์การ การวิเคราะห์ภารกิจและคุณสมบัติ และการวิเคราะห์บุคคล

2.1.3.2 กำหนดวัตถุประสงค์ของการฝึกอบรม ข้อมูลต่างๆ ที่ได้จากขั้นตอนแรกจะนำมาใช้ในการกำหนดวัตถุประสงค์ของการฝึกอบรม โดยวัตถุประสงค์ที่ดีขึ้นควรเป็นวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม (Behavioral Objectives)

2.1.3.3 คัดเลือกและออกแบบโครงการฝึกอบรม

2.1.3.4 สร้างเกณฑ์ (Criteria) สำหรับการประเมินผล โดยเกณฑ์ที่สร้างขึ้นควรจะต้องอ้างอิงหรือสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการฝึกอบรม

2.1.3.5 จัดการฝึกอบรม คือดำเนินการฝึกอบรมตามแผนที่ได้กำหนดไว้ โดยจะต้องดำเนินการเกี่ยวกับสถานที่ของการฝึกอบรมให้เรียบร้อย นอกจากนั้นยังต้องคอยดูแลและประสานงานกับวิทยาการของการฝึกอบรมด้วย

2.1.3.6 ประเมินผลการฝึกอบรม ประกอบด้วยกระบวนการ 2 ชนิด คือ การสร้างเกณฑ์สำหรับการประเมินผล และการวัดผลโดยใช้วิธีทดลอง (Experimental) หรือวิธีการที่ไม่ใช่การทดลอง (Non-Experimental) เพื่อตรวจสอบว่ามีความเปลี่ยนแปลงใดๆ เกิดขึ้นหรือไม่ ภายหลังการฝึกอบรม

2.1.4 ระบบการฝึกอบรมที่เรียกว่า รูปแบบเหตุการณ์วิกฤติ (The Critical Event Model) ของ ลีโอนาร์ด แนดเลอร์ (Leonard Nadler) ได้กำหนดขั้นตอนในการฝึกอบรม ไว้ 9 ขั้นตอน ดังนี้ คือ (เครือวัลย์, 2531 : 9-10)

2.1.4.1 กำหนดความจำเป็นในการฝึกอบรม

2.1.4.2 กำหนดงานเฉพาะที่ต้องปฏิบัติ

2.1.4.3 กำหนดคุณสมบัติของผู้เข้ารับการฝึกอบรม

2.1.4.4 ตั้งจุดประสงค์ในการฝึกอบรม

2.1.4.5 สร้างหลักสูตร

2.1.4.6 เลือกเทคนิคการฝึกอบรม

2.1.4.7 เลือกอุปกรณ์การฝึกอบรม

2.1.4.8 ดำเนินการฝึกอบรม

2.1.4.9 ประเมินผลและติดตามผล

2.1.5 ขั้นตอนในการฝึกอบรม (สมคิด, 2544 : 19-20)

2.1.5.1 การหาความจำเป็นในการฝึกอบรม (Training Need) ความจำเป็นในการฝึกอบรม หมายถึง การที่องค์กรมีปัญหาและอุปสรรคอย่างใดอย่างหนึ่งแล้วสามารถแก้ไข

ได้ด้วยการฝึกอบรม เช่น ขาดความรู้ในหน้าที่การงานที่ทำ ขาดความสามารถในการปฏิบัติงาน ขาดทักษะในการทำงาน มีทัศนคติไม่ดีต่องาน ต่อเพื่อนร่วมงาน ต่อองค์กร ขาดความสนใจในหน้าที่การงาน

2.1.5.2 การสร้างหลักสูตรการฝึกอบรม (Training curriculum) ส่วนประกอบต่างๆ ของหลักสูตรควรมีส่วน ต่างๆ ดังนี้

- ก) ชื่อหลักสูตร
- ข) วัตถุประสงค์ของหลักสูตร
- ค) ระยะเวลาในการฝึกอบรม
- ง) หัวข้อวิชาพร้อมกำหนดจำนวนชั่วโมง
- จ) คำอธิบายรายวิชาโดยสังเขป

2.5.1.3 การออกแบบโครงการฝึกอบรม (Training Project) การวางแผนว่าจะอบรมอะไร เมื่อไร ที่ไหน ให้ใคร อย่างไรนั้น จะต้องเขียนเป็นโครงการอย่างละเอียดเพื่อใช้เป็นแนวทางในการปฏิบัติปกติควรทำโครงการล่วงหน้า 1-3 ปี โดยใช้หลักสูตรที่เตรียมไว้แล้ว

2.5.1.4 การดำเนินการฝึกอบรม (Training) เป็นการนำโครงการที่ได้รับการอนุมัติแล้วมาดำเนินการฝึกอบรมต้องมีการบริหารโครงการ โดยแบ่งได้ 3 ระยะ คือ

- ก) ระยะเตรียมการ คือ การเตรียมการก่อนการฝึกอบรม
- ข) ระยะฝึกอบรม คือ ตั้งแต่วันแรกที่เปิดการฝึกอบรมไปจนถึงวันสิ้นสุดของการฝึกอบรมหรือวันปิดการฝึกอบรมนั่นเอง
- ค) ระยะหลังการฝึกอบรม

2.5.1.5 การประเมินผลการฝึกอบรม (Training Evaluation) เป็นการวัดและประเมินว่าการฝึกอบรมที่ผ่านมา เป็นไปตามที่กำหนดไว้ และบรรลุ วัตถุประสงค์หรือไม่เพียงใด มีปัญหาอุปสรรคใดบ้าง อาจมีการประเมินครั้งเดียวหลังสิ้นสุดการฝึกอบรม หรือแบ่งการประเมินเป็น 2 ครั้ง คือ ครั้งแรก เมื่อการฝึกอบรมผ่านไปครั้งหนึ่ง และครั้งที่สอง เมื่อการฝึกอบรมสิ้นสุดหรือทำการประเมินผลหลังจากผู้เข้ารับการฝึกอบรม กลับไปปฏิบัติงานแล้ว 6 เดือน 1 ปี หรือตามความเหมาะสม

2.2 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับชุดฝึกอบรม

การสร้างชุดฝึกอบรม สามารถใช้หลักการบางส่วนของการผลิตชุดการสอน ซึ่งมีขั้นตอนสำคัญของการสร้าง 10 ขั้นตอนด้วยกัน คือ (ไชยยศ, 2526: 199)

2.2.1 กำหนดหมวดหมู่เนื้อหาและประสบการณ์

2.2.2 กำหนดหน่วยการสอน โดยแบ่งเนื้อหาวิชาออกเป็นหน่วยการสอน โดยจะต้องประมาณเนื้อหาวิชาที่จะให้ผู้สอน สามารถถ่ายทอดความรู้แก่ผู้เรียนในหนึ่งสัปดาห์ หรือสอนได้หน่วยละครั้ง

2.2.3 กำหนดหัวข้อเรื่อง ผู้สอนจะต้องถามตนเองว่า ในการสอนแต่ละหน่วยควรให้ประสบการณ์อะไรแก่ผู้เรียนบ้าง แล้วกำหนดหัวข้อเรื่องออกมาเป็นหน่วยการสอนย่อย

2.2.4 กำหนดหลักการและมโนคติ ซึ่งหลักการและมโนคติที่กำหนดขึ้นต้องสอดคล้องกับหน่วยและหัวข้อเรื่อง โดยสรุปแนวความคิด สาร และหลักเกณฑ์ที่สำคัญไว้ เพื่อเป็นแนวทางจัดเนื้อหาการสอนให้สอดคล้องกัน

2.2.5 กำหนดวัตถุประสงค์ให้สอดคล้องกับหัวข้อเรื่อง โดยเขียนวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ที่ต้องมีเกณฑ์การเปลี่ยนพฤติกรรมไว้ทุกครั้ง

2.2.6 กำหนดกิจกรรมการเรียนรู้ ให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ซึ่งจะเป็นแนวทางการเลือกและผลิตสื่อประกอบการฝึกอบรม “กิจกรรมการเรียนรู้” หมายถึงกิจกรรมทุกอย่างที่ผู้เรียนปฏิบัติ เช่น การอ่านบัตรคำสั่ง การตอบคำถาม การเขียนภาพ การทดลอง การเล่นเกม และอื่นๆ

2.2.7 กำหนดแบบประเมินผล ต้องประเมินผลให้ตรงกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม โดยใช้แบบทดสอบอิงเกณฑ์ (Criterion Test) เพื่อให้ผู้สอนทราบว่าหลังผ่านกิจกรรมแล้วผู้เรียนได้เปลี่ยนพฤติกรรมการเรียนรู้ ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้หรือไม่

2.2.8 เลือกและผลิตสื่อประกอบการฝึกอบรม วัสดุและอุปกรณ์ที่ครูใช้ ถือเป็นสื่อประกอบการฝึกอบรมทั้งสิ้น เมื่อผลิตสื่อประกอบการฝึกอบรมแต่ละหัวข้อแล้ว ก็จัดสื่อประกอบการฝึกอบรมนั้น ให้เป็นหมวดหมู่ในกล่องที่เตรียมไว้ เพื่อนำไปทดลองหาประสิทธิภาพ ตามเกณฑ์มาตรฐานที่定ไว้ การกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพ 90/90 สำหรับเนื้อหาที่มีความจำเป็น และไม่ต่ำกว่า 80/80 สำหรับวิชาทักษะ เช่น ภาษา เพราะการเปลี่ยนพฤติกรรมคิดตามระยะเวลาไม่สามารถเปลี่ยนและวัดได้ทันทีที่เรียนเสร็จไปแล้ว

2.2.9 หาประสิทธิภาพของชุดการสอน เพื่อเป็นการประกันว่าชุดการสอนที่สร้างขึ้นนั้นมีประสิทธิภาพในการสอน ผู้วิจัยจำเป็นต้องกำหนดเกณฑ์ขึ้น โดยคำนึงถึงหลักเกณฑ์ที่ว่า การเรียนรู้เป็นการบวนการเพื่อช่วยเปลี่ยนพฤติกรรมของผู้เรียนบรรลุผล

2.2.10 การใช้ชุดการสอน จะเป็นขั้นการนำชุดการสอนไปใช้ ซึ่งจะต้องมีการตรวจสอบและปรับปรุงอยู่ตลอดเวลา โดยมีขั้นตอนดังนี้ (สมหญิง, 2529 : 71) ให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียน เข้าสู่บทเรียน ประกอบกิจกรรมการเรียนรู้ สรุป ทำแบบฝึกหัดหลังเรียน

จากข้อมูลที่ได้ศึกษาสรุปได้ว่า การออกแบบชุดฝึกอบรมจะทำให้โดยนำเอาข้อมูลที่ได้จากจุดมุ่งหมายของหลักสูตร และคำอธิบายรายวิชาออกแบบชุดฝึกอบรมได้ ดังนี้

1. วิเคราะห์งานและวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis)
2. วิเคราะห์วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม
3. กำหนดเนื้อหาวิชาที่จะใช้ฝึกอบรมตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม
4. สร้างใบเนื้อหาและแบบฝึกหัด
5. จัดทำแผนการฝึกอบรมเพื่อกำหนดกิจกรรมผู้เรียนช่วงให้เนื้อหาและทำแบบฝึกหัด
6. ออกแบบและสร้างสื่อประกอบการฝึกอบรม ให้สอดคล้องกับแผนการฝึกอบรม
7. สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ ตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

2.3 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับสื่อประกอบการฝึกอบรม

กระบวนการสื่อความหมายในการเรียนการสอน หรือการฝึกอบรม เป็นกระบวนการที่สำคัญ เพราะการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของผู้เข้ารับการฝึกอบรม ให้เกิดการเรียนรู้ เป็นผลมาจากการถ่ายทอดเนื้อหาสาระ จากวิทยากรมายังผู้เข้ารับการฝึกอบรม จะสมบูรณ์ได้ก็ต่อเมื่อมีการตรวจสอบความสมบูรณ์ของการสื่อความหมาย ซึ่งขึ้นอยู่กับวิทยากรว่าจะใช้รูปแบบใดในการบรรยาย และจะใช้สื่อประกอบการฝึกอบรมแบบใด จึงจะเหมาะสมและมีประสิทธิภาพสูงสุด (สุรพันธ์, 2538 : 60)

สื่อ หมายถึง ตัวกลาง ส่วนคำว่า การเรียนการสอน หมายถึง กระบวนการแลกเปลี่ยนความรู้ ความคิดและทัศนคติระหว่างครูกับนักเรียน ดังนั้นสื่อประกอบการเรียนการสอนจึงหมายถึง ตัวกลางที่ใช้ให้ได้ผลดีตรงตามจุดมุ่งหมายของการเรียนการสอน (ลัดดา, 2522 : 60)

สื่อ หมายถึง ตัวกลางที่จะช่วยนำสารไปยังผู้รับ อาจสรุปได้ว่าเป็นช่องทาง (Channel) ในการนำข้อมูลจากผู้ส่งไปยังผู้รับ (สุรพันธ์, 2538 : 61)

สื่อประกอบการฝึกอบรม หมายถึง สื่อที่นำมาใช้เป็นตัวกลาง ช่วยในการส่งข่าวสารจากผู้ส่งไปยังผู้รับ หรือระหว่างผู้ให้การอบรมและผู้เข้ารับการฝึกอบรม ให้สามารถดำเนินการในการฝึกอบรมให้บรรลุวัตถุประสงค์ (น้อย, 2524 : 131)

สื่อทางเทคโนโลยีการศึกษาทั้งหลาย เป็นสื่อที่ช่วยประสานความรู้ ความสนใจ และการกระตุ้นประสาทรับรู้ ตลอดจนถึงความจดจำข้อมูลต่างๆ ให้แก่ผู้เรียน (ประหยัด, 2521 : 181)

2.3.1 คุณค่าของสื่อประกอบการฝึกอบรมตามความเห็นของปรื่องกุ่มท (สมปอง, 2542 : 46)

2.3.1.1 ช่วยให้คุณภาพการเรียนรู้ดีขึ้นเพราะมีความจริงจัง และมีความหมายชัดเจน ต่อผู้เรียน

- 2.3.1.2 ช่วยให้ผู้เรียนเรียนรู้ในปริมาณที่มากขึ้นในเวลาจำกัด
- 2.3.1.3 ช่วยให้ผู้เรียนมีความสนใจ และมีส่วนร่วมในกระบวนการเรียนการสอนมากขึ้น
- 2.3.1.4 ช่วยให้นักเรียนเกิดความประทับใจในเนื้อหาวิชาที่เรียน สามารถทำอะไรได้เร็วและดีขึ้น
- 2.3.1.5 ช่วยส่งเสริมให้เกิดการคิดการแก้ปัญหาในกระบวนการเรียนรู้ของนักเรียน
- 2.3.1.6 ช่วยให้การเรียนรู้ของนักเรียนง่ายขึ้นกล่าว คือ
- ก) ทำสิ่งซับซ้อนให้ดูง่ายขึ้น
 - ข) ทำสิ่งที่เป็นนามธรรมให้เป็นรูปธรรม
 - ค) ทำสิ่งที่เคลื่อนไหวเร็วให้ช้าลง
 - ง) ทำสิ่งที่เคลื่อนไหวช้าให้เคลื่อนไหวเร็วขึ้น
 - จ) ทำสิ่งใหญ่ให้เล็กลงได้
 - ฉ) ทำสิ่งเล็กให้ดูใหญ่ขึ้นได้
 - ช) นำสิ่งที่เกิดขึ้นในอดีตมาสอนในปัจจุบันได้
 - ซ) นำสิ่งที่เกิดไกลกลับมาศึกษาในห้องเรียนได้
 - ณ) ช่วยให้นักเรียน รู้และสอได้มากขึ้น
 - ญ) ช่วยให้นักเรียนเกิดความคิดรวบยอด (Concept) อย่างเดียวกัน

2.3.2 หลักการเลือกสื่อประกอบการฝึกอบรม

นักการศึกษาโดยทั่วไปมีความเห็นว่า ไม่มีสื่อประกอบการฝึกอบรมประเภทใดประเภทหนึ่งที่มีคุณสมบัติที่ดีที่สุดและเหมาะสมที่สุด สำหรับการอบรมทุกประเภทแต่นักการศึกษาได้ให้ข้อคิดในการเลือกสื่อประกอบการฝึกอบรมที่เหมาะสมไว้ โดยพิจารณาที่องค์ประกอบต่างๆ 5 ประเด็นดังนี้

2.3.2.1 จุดมุ่งหมายการฝึกอบรม การเลือกสื่อประกอบการฝึกอบรม จะต้องให้มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการฝึกอบรม ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ วัตถุประสงค์ที่เป็นพุทธิพิสัย (Cognitive Domain) คือ ต้องการให้นักเรียนเกิดความรู้ ความจำ ความเข้าใจ เช่น จำได้ว่าส่วนประกอบของไมโครเมตรมีกี่ส่วน แต่ละส่วนมีชื่อเรียกอะไรบ้าง วัตถุประสงค์ที่เป็นทักษะพิสัย (Psychomotor Domain) คือ ต้องการให้นักเรียนมีพฤติกรรมแสดงออกของร่างกาย หรือกล้ามเนื้อเป็นอย่างไร เช่น สามารถออกเสียงพูดภาษาอังกฤษได้อย่างถูกต้อง วัตถุประสงค์ที่เป็นจิตพิสัย (Affective Domain) คือ วัตถุประสงค์ที่ต้องการให้นักเรียนเกิดความรู้สึกรักใคร่ หรือทัศนคติ เช่น นึกถึงคุณค่าความสะอาด ความปลอดภัยในโรงฝึกงาน

2.3.2.2 ลักษณะของเนื้อหาวิชาที่ฝึกอบรม เนื้อหาวิชาที่ฝึกอบรม ซึ่งมีหลายลักษณะ แต่ละลักษณะของเนื้อหาวิชาที่อาจใช้สื่อประกอบการฝึกอบรม ได้อย่างเหมาะสมหลายอย่าง โดยต้องพิจารณาองค์ประกอบอื่นๆ ด้วย เช่น ทักษะการเคลื่อนไหว แนวคิดตามทฤษฎี สภาพแวดล้อม ลำดับขั้นตอน เรื่องราวในอดีตนำกลับมาศึกษาอีก เวลา สถานที่ ความยืดหยุ่น เป็นต้น

2.3.2.3 วิธีการของครูหรือวิทยากรที่ใช้สอนหรือฝึกอบรมมีหลายรูปแบบ ครูอาจสอนแบบบรรยายคนเดียวหรือให้นักเรียนสอนกันเอง หรือนักเรียนศึกษาด้วยตนเองหรือครูสาธิตแล้วให้นักเรียนปฏิบัติตาม ซึ่งการเลือกใช้สื่อจึงจะต้องให้เหมาะสมสอดคล้องกับวิธีการสอนหรือฝึกอบรมด้วย

2.3.2.4 ประสพการณ์เดิมของนักเรียนหรือผู้เข้ารับการฝึกอบรม ครูจะต้องทราบว่านักเรียนจะทำอะไร ควรใช้กรรมวิธีใดเพื่อจัดประสบการณ์ที่จะนำไปสู่การเรียนรู้ที่เหมาะสม การคิดต้องใช้ตำรา การรายงานใช้หนังสืออ้างอิง การเดินทางใช้แผนภูมิหรือแผนที่ การสังเกตการเผ่าดูใช้ของจริง เป็นต้น

2.3.2.5 วัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือและสิ่งอำนวยความสะดวกที่มีอยู่ ควรพิจารณาจากสิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆ ที่มีอยู่ เช่น มีห้องปฏิบัติการ ห้องสมุด โรงฝึกงาน ศูนย์การเรียนรู้แบบอิเล็กทรอนิกส์

อย่างไรก็ตามสื่อประกอบการฝึกอบรมที่เลือกมาใช้นั้น ควรคำนึงถึงองค์ประกอบอื่นๆ ด้วย เช่น วิทยากรมีความเข้าใจในการใช้อุปกรณ์การสอนนั้นๆ เหมาะสมกับเนื้อหาที่อบรม นักเรียนต้องพิจารณาถึงวัย ระดับชั้น ความสนใจอุปกรณ์นั้นๆ ควรส่งเสริมให้เกิดความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ บทเรียน สื่ออุปกรณ์ ที่เลือกมาควรเหมาะสมกับเนื้อหาและสัมพันธ์กับเรื่องที่สอน ตลอดจนอุปกรณ์ที่ถูกเลือกควรมีราคาถูก ง่าย โดยคำนึงถึงในแง่ของประโยชน์ที่จะได้รับความประหยัดและประสิทธิภาพของอุปกรณ์

2.3.3 ประเภทของสื่อประกอบการฝึกอบรม ในทางเทคโนโลยีทางการศึกษาสามารถแบ่งสื่อประกอบการฝึกอบรมออกเป็น 3 ประเภท คือ (สมปอง, 2542 : 35)

2.3.3.1 สื่อประกอบการฝึกอบรมประเภทวัสดุ (Software) หมายถึง สื่อประกอบการฝึกอบรมที่มีลักษณะเป็นตัวอุ้มหรือเก็บความรู้ แบ่งได้ 2 ลักษณะ คือ

ก) วัสดุประเภทให้หรือถ่ายทอดความรู้ด้วยตัวมันเองได้ เช่น แผนที่ ลูกโลก รูปภาพ แผนภูมิ แผนสถิติ แผ่นภาพ ของจริง ของจำลอง

ข) วัสดุประเภทที่ให้หรือถ่ายทอดความรู้ด้วยตนเองไม่ได้ ซึ่งจำเป็นที่จะต้องมีเครื่องมือและอุปกรณ์อื่นๆ ช่วย เช่น แผ่นเสียง ฟิล์มภาพยนตร์ แผ่นโปร่งใส ภาพ สไลด์ แผ่นซีดีโปรแกรม สื่อประกอบการฝึกอบรมแบบการนำเสนอด้วยโปรแกรม (Presentation) เป็นต้น

2.3.3.2 สื่อประกอบการฝึกอบรมประเภทอุปกรณ์ (Hardware) หมายถึง สิ่งที่เป็นตัวผ่านหรือตัวช่วยให้ข้อมูลหรือสารหรือความรู้ที่อยู่ภายในวัสดุที่เป็นสื่อ สามารถนำออกมาใช้หรือเรียนรู้ได้ เช่น เครื่องฉายภาพข้ามศีรษะ (Overhead Projector) เครื่องคอมพิวเตอร์ เครื่องฉายสไลด์ เครื่องเล่นวีดิทัศน์ เครื่องขยายเสียง เครื่องรับโทรทัศน์และเครื่องฉายภาพแอลซีดี (LCD Projector) เป็นต้น

2.3.3.3 สื่อประกอบการฝึกอบรมประเภทเทคนิคและวิธีการ (Technique and Method) สื่อประกอบการฝึกอบรมที่มีลักษณะเป็นแนวความคิด หรือรูปแบบขั้นตอน ในการเรียนการสอนซึ่งไม่มีลักษณะเป็นวัสดุหรืออุปกรณ์ แต่ลักษณะเป็นขั้นตอนหรือเทคนิควิธีการสอนที่ยุ่งยากนั้น อาจมีวัสดุหรืออุปกรณ์เข้ามาช่วยให้วิธีการสอนมีประสิทธิภาพและรวดเร็วยิ่งขึ้น เช่น การสอนทางไกล การสอนด้วยบทเรียนสำเร็จรูป การเรียนแบบศูนย์การเรียน การสอนด้วยบทเรียนโปรแกรม การสอนด้วยบทเรียนโมดูล การจัดระบบ การสาธิต เป็นต้น

การจำแนกสื่อตามลักษณะต่างๆ เหล่านี้เป็นการแบ่งหมวดหมู่หรือจัดประเภทเท่านั้น ส่วนสื่อที่ใช้ประกอบการเรียนการสอนโดยทั่วไป เรียงตามลำดับความถี่การใช้ตามชนิดต่างๆ ได้ดังนี้ คือกระดานดำ หนังสือตำรา/ใบเนื้อหาและใบงาน แผ่นภาพ แผ่นใส ของจริง หุ่นจำลอง ภาพสไลด์ ภาพยนตร์/วิดีโอ (กิดานันท์, 2531 : 78-79)

2.3.4 การวางแผนการใช้สื่อประกอบการฝึกอบรม

การใช้สื่อประกอบการฝึกอบรมอย่างถูกต้องเหมาะสม เพื่อให้การเรียนการสอนนั้นๆ เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ประกอบด้วยขั้นตอนการใช้ดังนี้

2.3.4.1 ขั้นตอนการวางแผน หมายถึง การกิจที่ต้องทำก่อน คือ การวิเคราะห์เนื้อหาวิชาการกำหนดวัตถุประสงค์ กำหนดขอบเขตของการเรียนรู้ พิจารณาสื่อว่าจะใช้ในขั้นตอนใด เช่น ได้รับความสนใจ นำเข้าสู่บทเรียน เพื่อดำเนินการสอน เพื่อวิเคราะห์และฝึกปฏิบัติ เพื่อทบทวนหรือสรุปบทเรียน วิเคราะห์นักเรียนด้านความสามารถ สถิติปัญญา ความสามารถในการรับรู้ ประสบการณ์เดิมและทัศนคติ การเลือกสื่อประกอบการฝึกอบรม การศึกษาทดลองก่อนใช้สื่อประกอบการฝึกอบรม การศึกษาวิธีการใช้สื่อ การจัดเตรียมห้องเรียนก่อนการใช้สื่อและการเตรียมสื่อหรืออุปกรณ์เสริมอื่นๆ สำรอง

2.3.4.2 ขั้นตอนการดำเนินการใช้สื่อประกอบการฝึกอบรมของครูผู้สอน ในขณะที่ดำเนินการสอนมีสิ่งควรปฏิบัติดังนี้

ก) ก่อนใช้สื่อประกอบการฝึกอบรมจริงๆ ควรที่จะมีการบรรยายให้ผู้เรียนได้ทราบถึงจุดมุ่งหมายและประเด็นสำคัญที่จะได้จากสื่อประกอบการฝึกอบรมนั้นๆ เสียก่อน

ข) ผู้สอนจะต้องมีความระมัดระวัง เกี่ยวกับขบวนการเสนอเนื้อหาจากสื่อที่ใช้ในการฝึกอบรม ซึ่งไม่ควรจะเร็วหรือช้าเกินไป

ค) ผู้สอนควรใช้สื่อประกอบการฝึกอบรมในเวลาเหมาะสม ถ้ายังไม่ถึงเวลาควรปิดหรือเก็บไว้ก่อน แล้วค่อยนำมาใช้เมื่อถึงขั้นตอนที่จะทำให้ผู้เรียนเกิดความสนใจมากขึ้น

2.3.4.3 ขั้นตอนการประเมินผลการใช้สื่อ มีสิ่งที่ควรประเมิน 3 ขั้นตอน ดังนี้

ก) ประเมินผลการวางแผนการใช้สื่อประกอบการฝึกอบรม เพื่อเก็บข้อมูลไว้ใช้ในการวางแผนครั้งต่อไปว่ามีขั้นตอนใดบ้าง ที่การใช้สื่อไม่สามารถนำมาปฏิบัติจริง หรือไม่ สอดคล้องกับสอดคล้องกับสถานการณ์

ข) ประเมินผลขบวนการใช้สื่อประกอบการฝึกอบรม เพื่อดูว่าสื่อที่ใช้มีปัญหาหรืออุปสรรคข้อขัดข้องอย่างไร มีสาเหตุมาจากอะไร มีการวางแผนการป้องกันไว้ล่วงหน้าหรือไม่ อย่างไร

ค) ประเมินผลที่ได้จากการใช้สื่อประกอบการฝึกอบรม เป็นการประเมินจากผู้เรียนโดยตรงว่า เมื่อใช้สื่อประกอบการฝึกอบรมนั้นๆ แล้ว บรรลุวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่กำหนดไว้มากน้อยเพียงใด อาจใช้วิธีการทดลองให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบ หรือสังเกตจากพฤติกรรมที่แสดงออก

การประเมินสื่ออาจทำได้หลายวิธีแต่นิยมมีอยู่ 5 วิธี คือ

1. การประเมินโดยผู้สอนหรือวิทยากร ผู้สอนที่จะได้รับการคัดเลือกให้เป็นผู้ประเมินสื่อ ควรเป็นผู้มีประสบการณ์ด้านการผลิตและการใช้สื่อ มีประสบการณ์ในการใช้สื่อมาเป็นอย่างดี ผู้สอนที่มีความเชี่ยวชาญเกี่ยวกับสื่อและวิธีการฝึกอบรม อาจจัดเป็นผู้เชี่ยวชาญได้

2. การประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ เช่น อาจารย์สาขาวิชาสื่อและเทคโนโลยีการศึกษาในระดับมหาวิทยาลัย หรืออาจารย์สาขาการวัดและการประเมินผล ซึ่งถือว่าเป็นผู้ชำนาญในด้านสื่อการเรียนการสอน และมีประสบการณ์ในการประเมินด้วย

3. การประเมินโดยคณะกรรมการเฉพาะกิจ เป็นลักษณะของกลุ่มบุคคลที่มีการแต่งตั้งขึ้น เพื่อประเมินคุณลักษณะประสิทธิภาพการใช้ และด้านอื่นๆ ของสื่อการฝึกอบรม

4. การประเมินโดยผู้เรียนหรือผู้เข้ารับการฝึกอบรมซึ่งเป็นผู้รับรู้จากสื่อ ดังนั้นการให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมได้มีโอกาสประเมินสื่อ จึงช่วยให้ได้ข้อคิดในการปรับปรุงสื่ออย่างเหมาะสมกับผู้เข้ารับการฝึกอบรม การประเมินลักษณะนี้ควรทำทันทีเมื่อใช้สื่อแล้ว และให้ประเมินเฉพาะตัวสื่อ ไม่รวมวิธีการสอนของวิทยากรเข้ามาเกี่ยวข้อง แต่อาจจะมีปัญหาอยู่บ้างเนื่องจากผู้เรียน

อาจมีประสบการณ์น้อย วิทยากรควรชี้แจงเกณฑ์หรือหัวข้อการประเมินให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรม เข้าใจก่อนการประเมิน

5. การประเมินประสิทธิภาพสื่อ โดยอาศัยเกณฑ์มาตรฐาน เช่น การประเมินประสิทธิภาพของบทเรียนโปรแกรม จะอาศัยเกณฑ์มาตรฐาน 90/90 โดย 90 ตัวแรกหมายถึงคะแนนรวมร้อยละ 90 ส่วน 90 ตัวหลัง หมายถึงข้อสอบแต่ละข้อ มีผู้เรียนทำถูกไม่ต่ำกว่าร้อยละ 90 ถ้าข้อใดมีผู้เรียนทำได้ต่ำกว่าร้อยละ 90 ต้องแก้ไขบทเรียนโปรแกรมนั้นแล้วทำการทดลองซ้ำ จนกว่าจะได้ตามเกณฑ์มาตรฐานที่ตั้งไว้

อีกกรณีหนึ่ง คือ การประเมินประสิทธิภาพของสื่อที่ไม่ได้ตั้งเกณฑ์ล่วงหน้า แต่ดูจากผล การสอบเปรียบเทียบของคะแนนสอบของผู้เรียนก่อนเรียน (Pre-Test) และคะแนนสอบภายหลัง จากที่ผู้เรียนเรียนจากสื่อนั้นแล้ว (Post-Test) ว่ามีผลคะแนนสอบสูงกว่าคะแนนสอบก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญก็แสดงว่า สื่อมีประสิทธิภาพ

2.4 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการวัดและประเมินผลการฝึกอบรม

คำว่า “การวัด” กับ “ประเมิน” สองคำนี้นั้น มีความสัมพันธ์กันแต่มีความหมายแตกต่างกัน การวัด หมายถึง การกำหนดค่าตัวเลขให้กับสิ่งต่างๆ เพื่อให้เกิดภาพที่เป็นเชิงปริมาณตามมาตรวัด อย่างเป็นระบบ การประเมิน หมายถึง การตัดสินหรือพิจารณาให้คุณค่าของสิ่งที่วัดได้ โดยอาศัย การเปรียบเทียบระหว่างสิ่งที่วัดได้กับเกณฑ์ หรือเป้าหมายหรือวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ การวัด และประเมินผลการฝึกอบรม จึงเป็นกระบวนการในการตัดสินคุณค่าหรือผลสัมฤทธิ์ของ การดำเนินการฝึกอบรม เพื่อจะได้ทราบว่าผู้เข้ารับการฝึกอบรมแต่ละคนมีการเรียนรู้ บรรลุผล ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดหรือไม่เพียงใด จำเป็นต้องได้รับการปรับปรุงแก้ไขในการฝึกอบรม ครั้งต่อไป เพื่อให้เกิดประโยชน์ต่อองค์กร วิธีการวัดผลของการวัดผลของการฝึกอบรมที่นิยมมาก คือการใช้แบบทดสอบแบบทดสอบ หมายถึง ชุดของข้อคำถามที่สร้างขึ้นอย่างมีระบบ เพื่อใช้วัด พฤติกรรมของผู้เรียน อาจจะวัดทางสมอง (Cognitive Domain) ทางด้านอารมณ์ (Affective Domain) และทางด้านความเคลื่อนไหวทางร่างกาย (Psychomotor Domain) ก็ได้ (ลิวน, 2538 : 170)

2.4.1 ประเภทของแบบทดสอบ

แบบทดสอบแบ่งออกได้หลายลักษณะซึ่งขึ้นอยู่กับเกณฑ์ที่ยึดถือ โดยได้แบ่งแบบทดสอบ ออกเป็น 2 ประเภท ตามลักษณะการตรวจ ดังนี้ คือ

2.4.1.1 แบบอัตนัยหรือแบบเรียงความ (Subjective or Essay Test) เป็นแบบทดสอบ ที่ผู้ตอบจะต้องรวบรวมจัดระเบียบความคิดในการตอบ แบบทดสอบประเภทนี้เหมาะในการวัด ด้านความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ การตรวจให้คะแนนขึ้นอยู่กับอารมณ์ของผู้ตรวจ และใช้เวลามาก

2.4.1.2 แบบปรนัย (Objective Test) เป็นแบบทดสอบที่มีการให้คะแนนแน่นอน เชื่อถือได้และไม่ขึ้นอยู่กับอารมณ์ผู้ตรวจซึ่งแบ่งออกเป็น 4 ชนิด คือ แบบตอบสั้น (Short Answer) แบบจับคู่ (Matching) แบบถูกผิด (True-False) และแบบเลือกตอบ (Multiple Choice)

2.4.2 ลักษณะของแบบทดสอบที่ดี จะต้องมียุทธศาสตร์สำคัญดังนี้

2.4.2.1 ความตรง (Validity) คือ ตัวเลขให้ทราบว่าแบบทดสอบนั้นสามารถวัดในสิ่งที่ต้องการวัดหรือไม่เพียงใด เป็นคุณลักษณะของแบบทดสอบที่สามารถวัดในสิ่งที่ต้องการวัดได้อย่างถูกต้อง ตรงความมุ่งหมาย แบ่งได้ดังนี้

ก) ความเที่ยงตรงตามเนื้อหา (Content Validity) หมายถึง ครูสอนนักเรียนเรื่องอะไรก็ออกข้อสอบวัดเรื่องนั้น ถ้าถามแบบทดสอบนั้นต้องสอดคล้องและครอบคลุม เนื้อหาตามที่ระบุไว้ในหลักสูตร

ข) ความเที่ยงตรงตามโครงสร้าง (Construct Validity) หมายถึง แบบทดสอบที่สามารถวัดได้ตามลักษณะหรือตามทฤษฎีต่างๆ นั้น คือ วัดสมรรถภาพทางสมองหรือพฤติกรรมด้านต่างๆ ของผู้เรียนได้ตรงตามที่ระบุไว้ในหลักสูตร

2.4.2.2 ความเชื่อมั่น (Reliability) หมายถึง ความคงเส้นคงวาของการวัดผลการนำแบบไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างไม่ว่าจะทดสอบกี่ครั้งก็ตาม คะแนนที่ได้จากแบบทดสอบต้องมีความคงที่แน่นอน คือได้คะแนนเท่าเดิม ค่าความเชื่อมั่นจะอยู่ระหว่าง -1 ถึง +1 ให้พิจารณาค่าเป็นบวกและควรจะมีมากกว่า 0.7 (ลัวิน, 2538 : 18)

2.4.2.3 ความยากง่ายของข้อสอบ (Difficulty) คือ ตัวเลขที่บ่งชี้ระดับความยากของข้อสอบซึ่งมีค่าเท่ากับสัดส่วน หรือร้อยละของคนที่ตอบถูกเมื่อเปรียบเทียบกับนักศึกษาทั้งหมด ข้อสอบที่ดีต้องไม่ยากหรือง่ายเกินไป ข้อสอบโดยทั่วไปควรมีระดับความยากง่ายตั้งแต่ 0.20 ถึง 0.80

2.4.2.4 อำนาจจำแนก (Discrimination) คือ ตัวเลขที่บ่งชี้ถึงประสิทธิภาพของข้อสอบในการแยกคนเก่ง (ได้คะแนนสูง) ออกจากคนไม่เก่ง (ได้คะแนนต่ำ) คือกลุ่มคนเก่งและกลุ่มคนอ่อนจะต้องมีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง -1 ถึง +1 ข้อสอบที่มีค่าอำนาจจำแนกที่ถือว่าจำแนกคนเก่งและอ่อนได้จะใช้ค่าอยู่ตั้งแต่ 0.2 ขึ้นไป

2.4.2.5 ความเป็นปรนัย (Objectivity) ข้อสอบที่มีความเป็นปรนัยมีคุณสมบัติ 3 อย่าง คือ

ก) มีความเข้มงวดในคำถามผู้สอบอ่านคำถาม แล้วเข้าใจตรงกันไม่ตีความหมาย ไปคนละประเด็น เข้าใจคำถามว่าผู้ถามต้องการอะไร

ข) การตรวจให้คะแนนตรงกัน ไม่ว่าใครเป็นผู้ตรวจย่อมให้คะแนนตรงกัน

ค) แปลความหมายคะแนนตรงกัน

2.4.2.6 ถามลึก (Searching) ลักษณะข้อสอบที่ดีต้องไม่ถามเฉพาะความรู้ลึก ความจำเท่านั้น ควรถามให้นักเรียนได้รู้จักคิดหาเหตุผลในการค้นหาคำตอบ และควรวัดสมรรถภาพที่สูงขึ้นไป เช่น การนำไปใช้ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์ และการประเมินค่า

2.4.2.7 คำถามที่มีลักษณะช่วย (Exemplary) ข้อสอบต้องมีลักษณะท้าทายให้นักเรียนอยากทำ ไม่ง่ายหรือยากเกินไป ไม่ถามซ้ำซากจนน่าเบื่อหน่าย ตลอดจนการเรียงข้อสอบจากง่ายไปยาก เพราะจะช่วยช่วยให้นักเรียนอยากทำข้อสอบมากขึ้น

2.4.2.8 ความยุติธรรม (Fairness) แบบทดสอบที่ดีจะต้องให้ความเสมอภาคกัน ไม่เปิดโอกาสให้ผู้สอบได้เปรียบเสียเปรียบกัน ไม่ลำเอียงเข้ากับกลุ่มใดกลุ่มหนึ่ง เช่น ออกข้อสอบให้ตรงกับกรณีกว่าทำรายงานเฉพาะบางกลุ่ม ทำให้คนอื่นๆ เสียเปรียบ

2.4.2.9 มีลักษณะเฉพาะ (Specificity) ผู้สอบที่สามารถตอบข้อสอบได้ถูกต้อง ต้องเป็นผู้มีความรู้ในเรื่องนั้นๆ มิใช่สามัญสำนึกก็ตอบข้อสอบได้

2.4.2.10 มีประสิทธิภาพ (Efficiency) แบบทดสอบที่มีประสิทธิภาพ จะให้ประโยชน์คุ้มค่าที่สุด โดยใช้เวลาแรงงาน และเงินน้อยที่สุด (กานดา, 2528: 47)

2.4.3 การสร้างแบบทดสอบเพื่อวัดผลทางการเรียนของผู้เรียนในวิชาต่างๆ โดยมีขั้นตอนในการจัดสร้างดังต่อไปนี้ (สุราษฎร์, 2530 : 95-101)

2.4.3.1 วิเคราะห์วัตถุประสงค์การสอนทั้งหมด ของวิชา การวิเคราะห์วัตถุประสงค์การสอนเพื่อตรวจดูว่า วัตถุประสงค์การสอนแต่ละข้อเน้นให้ผู้เรียน มีพฤติกรรมสูงถึงระดับใดและมีความสำคัญต่อการเรียนการสอนเพียงใด

2.4.3.2 สร้างตารางวิเคราะห์การออกข้อสอบ (Test Blueprint) ซึ่งตารางวิเคราะห์การออกข้อสอบเป็นแผนผังสำหรับครูใช้ในการพิจารณาถึงความเหมาะสม ในการออกข้อสอบวัดผลตามวัตถุประสงค์ต่างๆ ของแต่ละหัวข้อเรื่อง ซึ่งมีส่วนประกอบสำคัญดังนี้

ก) เนื้อหาได้แก่หัวข้อเรื่องและวัตถุประสงค์การสอนต่างๆ ที่ระบุเอาไว้แต่ละหัวข้อเรื่อง

ข) รายการความสามารถทางสติปัญญา (Intellectual Skill) ระดับต่างๆ ซึ่งวัตถุประสงค์การสอนแต่ละข้อต้องการ

ค) จำนวนข้อสอบซึ่งวัดพฤติกรรมตามระดับ และจำนวนวัตถุประสงค์การสอนต่างๆ

2.4.3.3 เลือกข้อสอบที่เหมาะสมกับการวัดผล ข้อสอบที่ใช้วัดความสามารถทางสติปัญญาของผู้เรียนอาจแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ ข้อสอบอัตนัยและข้อสอบปรนัย ซึ่งข้อสอบทั้งสองประเภทนี้มีความเหมาะสมในการใช้วัดผลที่แตกต่างกันอยู่บ้างดังต่อไปนี้

ก) ข้อสอบแบบปรนัย ใช้วัดความสามารถทางสติปัญญาระดับ Recalled และ Applied Knowledge ได้คืออาจใช้ข้อสอบถูกผิด จับคู่ หรือเลือกตอบวัดก็ได้ แต่ทั้งนี้จะต้องขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของวิชาที่วัด

ข) ข้อสอบแบบอัตนัย เป็นข้อสอบที่ใช้วัดความสามารถทางสติปัญญาได้ในทุกระดับ โดยเฉพาะอย่างยิ่งระดับ Transferred Knowledge การใช้ข้อสอบแบบอัตนัยจะทำให้ค่อนข้างง่ายต่อการแก้ปัญหาคำถามหรือนักเรียนได้เป็นอย่างดี

หลักการสร้างแบบทดสอบปรนัยแบบเลือกตอบได้แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ตามลักษณะการสร้าง ดังนี้ (สุราษฎร์, 2530 : 70-77) คือ

1. การสร้างปัญหาหรือคำถาม

1.1 เขียนคำถามให้สมบูรณ์ โดยใช้คำที่แสดงลักษณะการถามประกอบ เช่น คำว่า อะไร เพราะเหตุใด เมื่อไร ฯลฯ

1.2 หากเขียนแบบทดสอบเป็นแบบเอาตัวเลือกมาต่อตัวมาแล้ว จะต้องอ่านแล้วเข้าใจง่ายได้ความหมายสมบูรณ์

1.3 ถามให้ตรงจุดที่จะถามให้เด่นชัด คือ อ่านคำถามแล้วตีความได้ว่า ผู้สอนมุ่งถามเรื่องอะไร ไม่ต้องอ่านกลับไปกลับมา

1.4 อย่าใช้คำถามปฏิเสธเพราะคำถามดังกล่าวตีความได้ยาก

1.5 หลีกเลี่ยงการใช้คำที่อาจแนะคำตอบ เป็นต้น ว่าคำหรือข้อความที่เป็นคำตอบรวมอยู่ในคำถามแล้ว ซึ่งจะทำให้ผู้สอบหาคำตอบได้ง่าย หรืออาจถูกตอบโดยไม่ได้ใช้ความรู้ ความคิดจากการเรียนวิชานั้นเลย

1.6 ควรสร้างคำถามให้สั้น กระชับ เอาแต่ใจความที่สำคัญ

2. การสร้างตัวเลือก

2.1 เขียนตัวเลือกให้เป็นพวกเดียวกัน หมายความว่า ตัวเลือกทั้งหลายที่สร้างขึ้นจะต้องมีขอบข่ายอยู่ในประเภทเดียวกัน หรือกลุ่มเดียวกัน หรือมีคุณลักษณะบางอย่างร่วมกัน

2.2 ตัวเลือกควรสั้น ชัดเจน ประหยัดคำ อ่านได้ใจความสมบูรณ์

2.3 ตัวเลือกทุกตัวจะต้องเป็นอิสระแก่กันถูกหรือผิดแยกกันเด็ดขาด โดยไม่คลุมเครือ และจะต้องไม่แตกต่างกันจนเด่นชัดเกินไป

2.4 ตัวเลือกทุกตัวต้องให้ใช้ประโยชน์ได้ คือ มีคุณค่าในการช่วยให้ผู้สอบได้เลือกตอบ

2.5 ควรให้ตัวเลือกทุกตัวยาวเท่ากันหรือใกล้เคียงกัน เพราะตัวเลือกที่ยาวหรือสั้นที่สุดกลับเป็นคำตอบไปด้วย จึงกลายเป็นการแนะคำตอบ

2.6 ตัวเลือกจะต้องถูกหรือผิดตามหลักวิชาการ ไม่ใช่ถูกหรือผิดตามสมัยนิยม หรือเป็นความถูกต้อง ตามความคิดของกลุ่มบุคคล

2.7 อย่าให้คำถามหรือตัวเลือกข้ออื่นๆ ไปมีอิทธิพลกับคำตอบข้อต่อไป เพราะอาจทำให้ข้อสอบเหล่านี้นั้นขาดคุณค่า และไม่สามารถวัดในสิ่งที่ต้องการได้

2.8 ให้ที่อยู่ของตัวเลือกเป็นตัวเลือกอยู่ในลักษณะกลุ่ม คือ ให้กระจายคำตอบ จากข้อ ก. ถึง ง. หรือ จ. อย่าให้คำตอบอยู่ในข้อที่ซ้ำๆ กัน เพราะจะทำให้ผู้สอบเดาคำตอบได้

ข้อจำกัดและความเหมาะสมของการใช้แบบทดสอบแบบเลือกตอบนั้น สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเด็นหลักๆ ดังนี้ คือ

1. ข้อจำกัดของแบบทดสอบแบบเลือกตอบ

1.1 การสร้างตัวเลือกทำได้ลำบาก โดยเฉพาะการสร้างตัวเลือกให้เป็นพวกเดียวกันและถูกหรือผิดเด่นชัด

1.2 วัดความสามารถทางสติปัญญาในระดับสูง ผู้ข้อสอบอัตราน้อยไม่ได้

2. ความเหมาะสมของการใช้แบบทดสอบแบบเลือกตอบ

2.1 วัดความสามารถทางสติปัญญาระดับพื้นฐานความรู้และประยุกต์ความรู้

2.2 วัดผู้เรียนจำนวนมากๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ได้ทุกเพศทุกวัย และสามารถตรวจคำตอบได้ง่าย ประหยัดเวลาและแรงงาน

2.3 ให้โอกาสผู้สอบเท่าเทียมกัน ในการเลือกตอบแบบทดสอบให้ครอบคลุมเนื้อหาได้อย่างทั่วถึง

2.4 ใช้ทดสอบมาตรฐานการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เพราะสามารถวิเคราะห์หาจุดบกพร่องข้อดีข้อเสียและแนวทางแก้ไขข้อสอบ โดยใช้สถิติเข้าช่วยทำให้ได้ข้อสอบที่ดีสำหรับเก็บเอาไว้ใช้ในโอกาสต่อไป (สุราษฎร์, 2530 : 78)

แบบทดสอบโดยทั่วไปนั้นจะวัดพฤติกรรมของผู้เรียนทางด้านพุทธิพิสัยมากกว่าด้านจิตพิสัย และทักษะพิสัย และในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำแบบทดสอบแบบปรนัย (Objective Test) หรือข้อสอบแบบเลือกตอบ (Multiple Choice Test)

2.5 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ในระบบไฟฟ้า

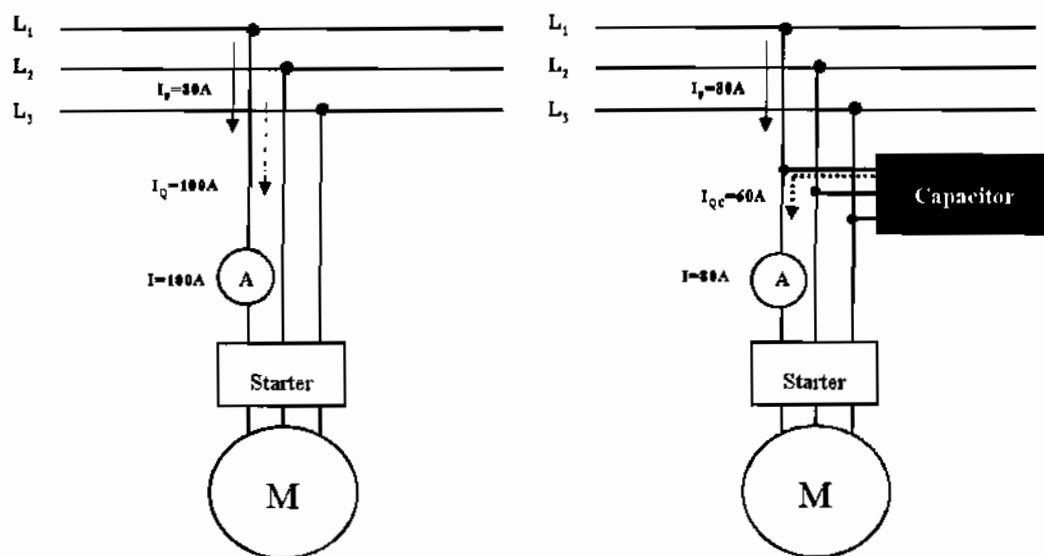
ในสถานประกอบการต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในโรงงานอุตสาหกรรมที่มีโหลดประเภทอินดักทีฟอยู่เป็นจำนวนมาก จะส่งผลให้เกิดค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ต่ำ ซึ่งทำให้ผู้ใช้หรือเจ้าของ

สถานประกอบการต้องเสียค่าใช้จ่ายในด้านต่างๆ เพิ่มขึ้นซึ่งเป็นสิ่งที่ไม่พึงปรารถนา เมื่อมองในมุมของประเทศชาติโดยรวม ถ้าหากว่าทุกสถานประกอบการมีค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ต่ำก็จะต้องทำให้เกิดมีความต้องการกำลังงานไฟฟ้ารีแอกทีฟทั้งประเทศสูงมาก ทางการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยก็ต้องเตรียมพลังงานไฟฟ้าสำรองไว้ให้เพียงพอต่อความต้องการ เพื่อให้ธุรกิจดำเนินไปได้ โดยอาจจะต้องสร้างโรงไฟฟ้าเพิ่มขึ้น ซึ่งก็จะเป็นการทำลายทรัพยากรธรรมชาติ อันเป็นสมบัติของแผ่นดิน และอาจจะมีปัญหาสังคมด้านอื่นๆ ตามมาด้วย ดังนั้นเพื่อเป็นการกระตุ้นให้เจ้าของสถานประกอบการ ควรคำนึงถึงการใช้พลังงานอย่างมีคุณค่า การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคและการไฟฟ้านครหลวง จึงได้กำหนดให้มีการคิดค่าไฟฟ้าในส่วนของการกำลังงานไฟฟ้าประเภทธุรกิจอุตสาหกรรมด้วย (เฉพาะในรายที่มีค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าต่ำกว่าที่มีการไฟฟ้าฯ กำหนดเท่านั้น) ดังนั้นในส่วนของผู้ออกแบบระบบไฟฟ้าเอง ก็จะต้องหาวิธีการในการปรับปรุงให้ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ของสถานประกอบการมีค่าสูงขึ้นด้วย

เมื่อค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ต่ำจะทำให้เกิดผลเสียต่อระบบไฟฟ้ามาก โดยสามารถสรุปปัญหาและผลของการเกิดค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ในระบบไฟฟ้าต่ำได้ดังนี้

1. ปัญหาการ Overload ของหม้อแปลงและระบบไฟฟ้า
2. ปัญหาแรงดันไฟฟ้าตกและไฟกระพริบไฟกระพริบ
3. ปัญหากำลังสูญเสียในระบบเพิ่มขึ้น
4. ขนาดของสายไฟ หม้อแปลงไฟฟ้า ตลอดจนอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ มีขนาดใหญ่ขึ้น
5. เสียปรับค่าไฟฟ้าเนื่องจากค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ต่ำ

โดยปกติแล้ว ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์จะเป็นลักษณะล้าหลัง (Lagging Power Factor) เนื่องจากโหลดส่วนใหญ่เป็นโหลดชนิดอินดักทีฟ หลักการปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ให้มีค่าสูงขึ้นนั้น จะต้องต่ออุปกรณ์ช่วยจ่ายกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟหรือการต่อโหลดชนิดคาปาซิทีฟ (Capacitive Load) เพิ่มเข้าไปในระบบ เพื่อให้โหลดชนิดคาปาซิทีฟช่วยจ่ายกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟแทนแหล่งจ่าย เนื่องจากโหลดประเภทนี้มีคุณสมบัติในการช่วยจ่ายกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟ ให้กับระบบได้ ซึ่งโหลดชนิดคาปาซิทีฟที่สามารถใช้ในการปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ได้ก็คือ ตัวคาปาซิเตอร์กำลัง (Power Capacitor) และมอเตอร์ชนิดซิงโครนัส (Synchronous Motor) แต่เนื่องจากการใช้มอเตอร์ชนิดซิงโครนัสนั้น จะมีค่าใช้จ่ายในการลงทุนที่สูงมาก เพราะฉะนั้นจึงนิยมนำคาปาซิเตอร์กำลังมาใช้ในการปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์เป็นส่วนใหญ่



(ก) ก่อนปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์

(ข) หลังปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์

ภาพที่ 2-1 การปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ของมอเตอร์ไฟฟ้า

จากภาพที่ 2-1 (ก) ระบบไฟฟ้าก่อนปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ จะเห็นว่ามอเตอร์ต้องการกระแส 2 ส่วน คือ กระแสรีแอกทีฟ 80A ไปเปลี่ยนให้เป็นกำลังงานกล และกระแสรีแอกทีฟ 60A ไปสร้างสนามแม่เหล็กรวมเป็นกระแสทั้งหมดเท่ากับ 100A หรือ $(\sqrt{60^2 + 80^2} = 100A)$ ซึ่งกระแสจำนวนนี้แหล่งจ่ายจะต้องจ่ายให้กับมอเตอร์

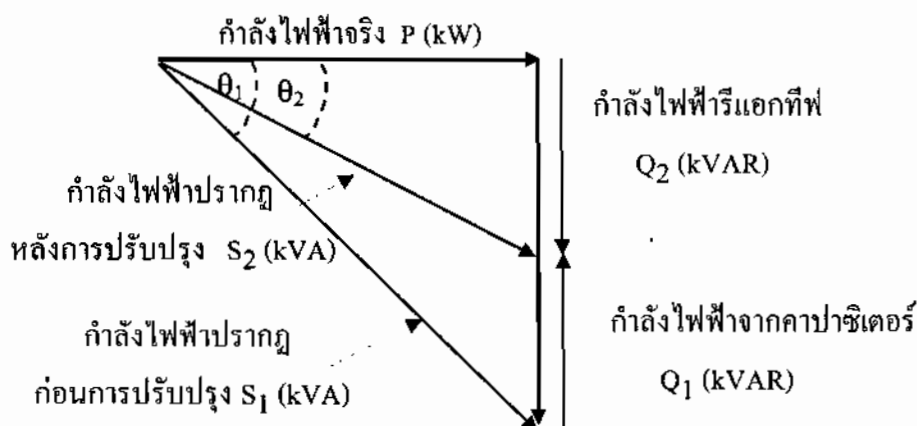
จากภาพที่ 2-1 (ข) ระบบไฟฟ้าหลังการปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์แล้ว โดยการใส่คาปาซิเตอร์เป็นตัวจ่ายกระแสรีแอกทีฟ ให้กับมอเตอร์ทั้งหมดเรียกว่า การปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์เป็น 100% ในกรณีนี้แหล่งจ่ายจะจ่ายเฉพาะกระแสจริง 80A เท่านั้น ทำให้ลดการจ่ายกระแสลงไปถึง 20% กระแสส่วนที่ลดลงไปนี้ แหล่งจ่ายสามารถนำไปจ่ายให้กับโหลดอื่นได้

เมื่อพิจารณาจากภาพที่ 2-2 จะได้ความสัมพันธ์ต่างๆ ดังนี้

$$\cos \theta = \frac{\text{กำลังไฟฟ้าจริง}}{\text{กำลังไฟฟ้าปรากฏ}} = \frac{\text{kW}}{\text{kVA}} \quad (2-1)$$

$$\tan \theta = \frac{\text{กำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟ}}{\text{กำลังไฟฟ้าจริง}} = \frac{\text{kVAR}}{\text{kW}} \quad (2-2)$$

$$\sin \theta = \frac{\text{กำลังไฟฟ้รีแอกทีฟ}}{\text{กำลังไฟฟ้าปรากฏ}} = \frac{\text{kVAR}}{\text{kVA}} \quad (2-3)$$



ภาพที่ 2-2 ความสัมพันธ์ของกำลังไฟฟ้าส่วนต่างๆ ทั้งก่อนและหลังการปรับปรุง
ค่าพาวเวอร์แฟคเตอร์

2.6 เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เสาวนีย์ (2546 : ข) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดฝึกอบรม เรื่องเทคโนโลยีโครงข่ายอุปกรณ์ปลายทางผลการวิจัยปรากฏว่า ชุดฝึกอบรมที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 83.20 /84.53 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 80 / 80 ที่กำหนดไว้

ประสิทธิ์ (2539 : ข) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดฝึกอบรม เรื่องระบบเกียร์อัตโนมัติ ผลการวิจัยปรากฏว่า ชุดฝึกอบรมที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 82.78/85.93 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ 80/80 และทำให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมมีความรู้เพิ่มขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และความคิดเห็นต่อชุดฝึกอบรมของผู้เข้ารับการฝึกอบรม อยู่ในระดับ เห็นด้วยมาก ต่อการฝึกอบรมและชุดฝึกอบรมที่สร้างขึ้น

สมพล (2545 : ข) ได้ทำการวิจัยเรื่อง ชุดฝึกอบรม เรื่อง การออกแบบระบบไฟฟ้าภายใน อาคารด้วย EIB ผลการวิจัยปรากฏว่า ชุดฝึกอบรมที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เมื่อนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างที่ 1 มีประสิทธิภาพ 91.54/89.73 และ ผลการวิเคราะห์ความก้าวหน้าของผู้ผ่านการฝึกอบรมสูงขึ้น

อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ T-Test ระดับความเชื่อมั่น .01 และเมื่อนำชุดฝึกอบรมไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างที่ 2 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพ 90.00/82.40 พร้อมทั้งวิเคราะห์ความก้าวหน้าของผู้ผ่านการฝึกอบรมสูงขึ้นจริงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ t-test ระดับความเชื่อมั่น .01

สุเทพ (2546 : ข) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดฝึกอบรมเรื่องการเขียนแบบแผ่นค้ำที่ระบาย ผลการวิจัยปรากฏว่า ชุดฝึกอบรมที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 73.69/73.27 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ 70/70 แสดงให้เห็นว่า ชุดฝึกอบรมที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด และสามารถนำไปใช้ฝึกอบรมได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

ไกลกังวล (2546 : ข) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดฝึกอบรมเรื่องช่างซ่อมบำรุงหลักสูตรการซ่อมบำรุงเครื่องตรวจวัด ความเป็นกรด-ด่าง และอิเล็กทรอนิกส์ ในเลือดผลการวิจัยปรากฏว่า ชุดฝึกอบรมที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีประสิทธิภาพทางทฤษฎี 81.91/88.41 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ 80/80 ที่กำหนดและประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรมทางปฏิบัติ 70.56/72.87 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด 70 / 70

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับชุดฝึกอบรมพอสรุปได้ว่า ชุดฝึกอบรมมีบทบาทและประโยชน์มากต่อการพัฒนาการเรียนรู้ ดังนั้นการวิจัยครั้งนี้จึงได้นำหลักการศึกษามาเป็นแนวทางในการสร้างชุดฝึกอบรม เรื่อง การปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ ซึ่งจะประโยชน์ต่อการพัฒนาบุคลากรให้มีความรู้ความสามารถในการดูแลและซ่อมบำรุงระบบไฟฟ้าในเรื่องดังกล่าว

2.7 สรุปเอกสารและงานวิจัยเพื่อเข้าสู่ปัญหาการวิจัย

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทำให้ผู้วิจัยพบว่า การการตรวจสอบและบำรุงรักษาอุปกรณ์ต่างๆ ของชุดการปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์นั้น เป็นเรื่องที่สำคัญมาก เพราะอุปกรณ์ดังกล่าวมีอัตราการเสื่อม อายุการใช้งาน หรือปัญหาที่พบส่วนใหญ่มาจากการติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ ที่ไม่ถูกต้องและผิดพลาด มีผลต่อการชำรุดของอุปกรณ์ทางไฟฟ้า ถึงแม้จะเป็นปัญหาพื่นๆ แต่สามารถทำให้เกิดความเสียหายอย่างรุนแรงได้ ในทางปฏิบัตินั้นเราจำเป็นต้องวิเคราะห์ถึงสาเหตุที่ชำรุด เพื่อหาวิธีการแก้ปัญหา โดยการดำเนินงานนั้นจะต้องคำนึงถึงความปลอดภัยเป็นหลัก ซึ่งช่วงเทคนิคที่ปฏิบัติงานเกี่ยวกับการติดตั้งและซ่อมบำรุงระบบไฟฟ้าในสถานประกอบการ ยังขาดความรู้ความเข้าใจ ขาดการฝึกอบรม และการเพิ่มพูนความรู้ เกี่ยวกับการแก้ปัญหาของคุณภาพระบบไฟฟ้าในเรื่อง การปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ เหตุผลหลักมาจากช่วงเทคนิคที่จบการศึกษามาได้เรียนแต่ภาคทฤษฎีซึ่งขาดการปฏิบัติจริง ขาดความรู้ในทางเทคนิคเกี่ยวกับการออกแบบ และซ่อมบำรุงรักษาอุปกรณ์ที่ใช้ในการปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ของระบบไฟฟ้า

ผู้วิจัยเล็งเห็นถึงความสำคัญ ที่จะต้องให้ช่างเทคนิคที่ปฏิบัติงาน ในส่วนของการติดตั้งและซ่อมบำรุงระบบไฟฟ้าในสถานประกอบการเข้ารับการฝึกอบรมในเรื่องดังกล่าว เพราะมีความจำเป็นที่จะต้องนำความรู้พื้นฐาน และหลักการของการปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ไปใช้เป็นแนวทางในการทำงานและเป็นพื้นฐานในการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับเรื่องนี้ในระดับที่สูงขึ้น เพื่อที่จะสามารถวิเคราะห์ และแก้ปัญหของคุณภาพระบบไฟฟ้าได้ต่อไป

โดยชุดฝึกอบรม เรื่อง การปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ที่สร้างขึ้นมีส่วนประกอบ ดังนี้

2.7.1 คู่มือวิทยากร ได้แก่ เอกสารสำหรับวิทยากร ซึ่งประกอบด้วย แผนการฝึกอบรม ใบวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ใบเนื้อหา แบบทดสอบหลังการฝึกอบรมแต่ละหัวข้อพร้อมเฉลย แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการฝึกอบรมพร้อมเฉลย

2.7.2 เอกสารประกอบการฝึกอบรม ได้แก่ เอกสารสำหรับผู้เข้ารับการฝึกอบรม ซึ่งประกอบด้วย ใบวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ใบเนื้อหา แบบทดสอบหลังการฝึกอบรมแต่ละหัวข้อ

2.7.3 สื่อประกอบการฝึกอบรม ได้แก่ สื่อนำเสนอด้วยคอมพิวเตอร์ (Presentation) และชุดสาธิตการปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้ เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) โดยใช้แบบแผนการทดลองแบบกลุ่มตัวอย่างกลุ่มเดียว (One Group Pretest-Posttest Design) มีลักษณะการทดลองดังนี้

T_1	X	T_2
-------	---	-------

- เมื่อ
- X คือ การจัดการกระทำ (Treatment)
 - T_1 คือ การสอบก่อนที่จะจัดการกระทำการทดลอง (Pretest)
 - T_2 คือ การสอบหลังจากที่จะจัดการกระทำการทดลอง (Posttest)

วิธีการนี้คือเลือกกลุ่มตัวอย่างมาหนึ่งกลุ่ม ทำการทดสอบก่อนการทดลอง หาค่าคะแนนเฉลี่ย ($\bar{X}_1$) แล้วจึงเอากลุ่มตัวอย่างมาทำการทดลองกับการกระทำที่ต้องการศึกษา แล้วจึงทำการทดสอบอีกครั้ง หาค่าคะแนนเฉลี่ย ($\bar{X}_2$) จากนั้นนำมาทดสอบสมมติฐานหาค่าความแตกต่างระหว่าง $\bar{X}_1 - \bar{X}_2$ ด้วยค่าทางสถิติ T-Test (ส้วนและอังคณา, 2539 : 249)

โดยผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยและรวบรวมข้อมูลตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

- 3.1 การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
- 3.2 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
- 3.3 การดำเนินการทดลองและเก็บข้อมูล
- 3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล
- 3.5 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร คือ ช่างเทคนิคที่ปฏิบัติงานเกี่ยวกับการติดตั้ง และซ่อมบำรุงระบบไฟฟ้าในสถานประกอบการ และกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ ช่างเทคนิคที่ปฏิบัติงานในส่วนของ การติดตั้งและซ่อมบำรุงระบบไฟฟ้าในสถานประกอบการ ในเขตนิคมอุตสาหกรรมบางกะดี จำนวน 20 คน โดยทำการเลือกสุ่มแบบเจาะจง (Purposive Samplings) โดยผู้วิจัยได้จัดการฝึกอบรม เมื่อวันที่ 29-30 กันยายน 2549 ที่ห้องอบรม บริษัท มีเดีย ซิสเต็ม จำกัด

บริษัทที่เข้ารับการฝึกอบรม

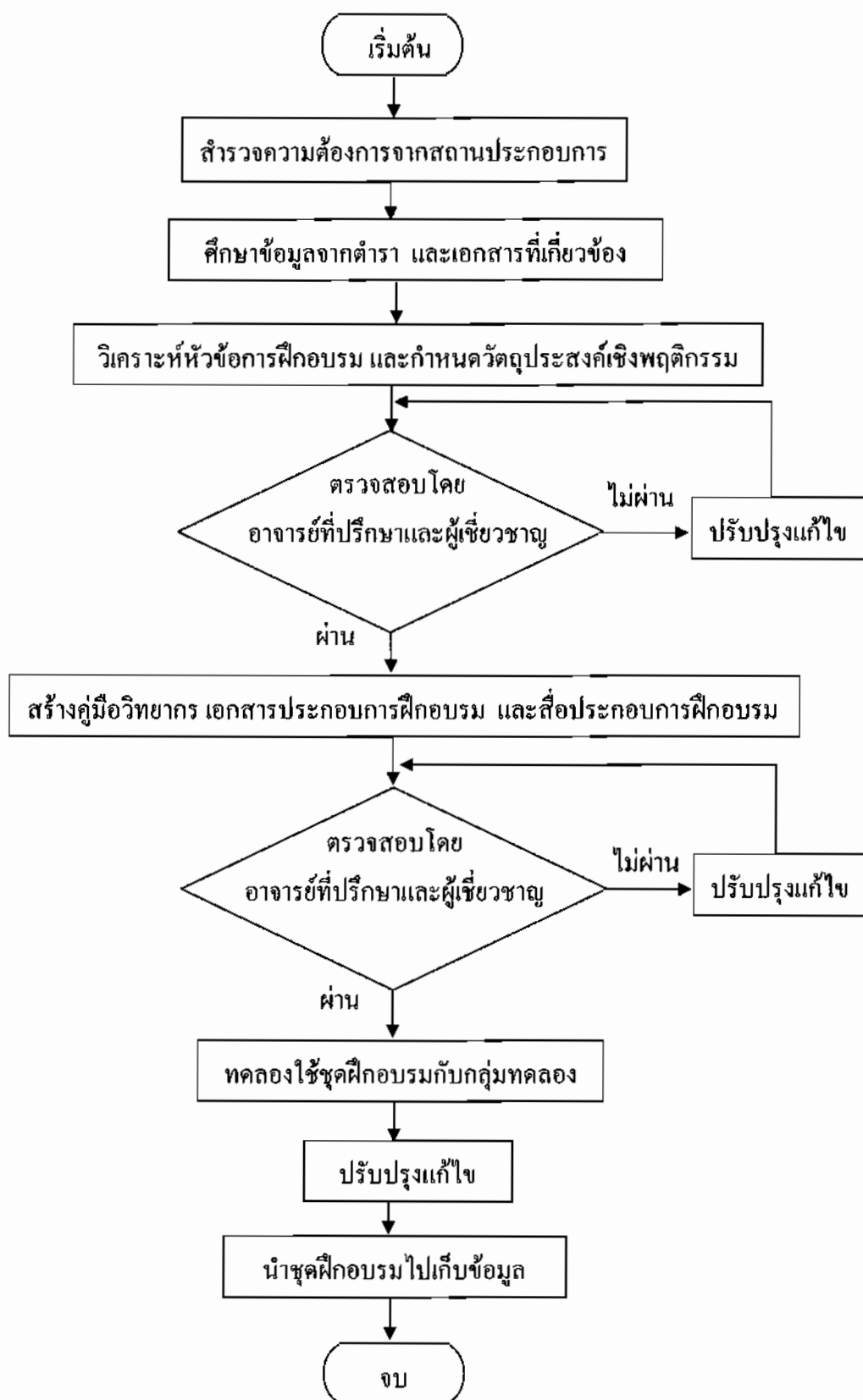
1. บริษัท โอเวอร์ซีส์ เรยอง อินดัสเตรียล จำกัด
2. บริษัท การ์ดิเนีย ฟู้ดส์ (ประเทศไทย) จำกัด
3. บริษัท เมดิโกลฟส์ จำกัด
4. บริษัท นิเคออิเล็กทรอนิกส์ (ประเทศไทย) จำกัด
5. บริษัท โตชิบา แคลเรียร์ (ประเทศไทย) จำกัด
6. บริษัท เออีว่า (ประเทศไทย) จำกัด
7. บริษัท โตชิบา คิสเพล ดีไวส์ (ประเทศไทย) จำกัด
8. บริษัท ทีซีแอล อิเล็กทรอนิกส์ (ประเทศไทย) จำกัด
9. บริษัท บริษัท ไทยโตชิบา โลทติ้ง จำกัด
10. บริษัท เทคโนโลยี สโตร์ จำกัด

3.2 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยที่ผู้วิจัยได้จัดสร้าง ซึ่งประกอบด้วย

1. คู่มือวิทยากร ได้แก่ เอกสารสำหรับวิทยากร ซึ่งประกอบด้วย แผนการฝึกอบรม
ใบวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ใบเนื้อหา แบบทดสอบหลังการฝึกอบรมแต่ละหัวข้อพร้อมเฉลย
แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการฝึกอบรมพร้อมเฉลย
2. เอกสารประกอบการฝึกอบรม ได้แก่ เอกสารสำหรับผู้เข้ารับการฝึกอบรมซึ่งประกอบด้วย
ใบวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ใบเนื้อหาแบบทดสอบหลังการฝึกอบรมแต่ละหัวข้อ แบบทดสอบ
วัดผลสัมฤทธิ์ทางการฝึกอบรม
3. สื่อประกอบการฝึกอบรม ได้แก่ สื่อนำเสนอด้วยคอมพิวเตอร์(Presentation) และชุดสาธิต
การปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์

3.2.1 การสร้างชุดฝึกอบรม ซึ่งจะประกอบด้วย คู่มือวิทยากร เอกสารประกอบการฝึกอบรม
และสื่อประกอบการฝึกอบรม มีขั้นตอนการสร้างดังนี้



ภาพที่ 3-1 ลำดับขั้นตอนในการสร้างชุดฝึกอบรม

ลำดับขั้นตอนในการสร้างชุดการฝึกอบรม อธิบายตามภาพที่ 3-1 ได้ดังนี้

3.2.1.1 สำรวจและรวบรวมข้อมูลความต้องการจากสถานประกอบการ โดยผู้วิจัยได้ทำการสัมภาษณ์และใช้แบบสอบถาม เพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการจัดสร้างชุดฝึกอบรม

3.2.1.2 ศึกษาข้อมูลจากตำรา บทความ เอกสารต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง และกำหนดหัวข้อหลักและหัวข้อย่อยให้ครบถ้วนสมบูรณ์ โดยได้หัวข้อหลัก 6 หัวข้อ ประกอบด้วย 30 หัวข้อย่อย ซึ่งจะครอบคลุมเนื้อหาการฝึกอบรมประกอบด้วย

หัวข้อที่ 1 หลักการเบื้องต้นของเพาเวอร์แฟกเตอร์

หัวข้อที่ 2 การปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ของระบบไฟฟ้า

หัวข้อที่ 3 ตำแหน่งการติดตั้งคาปาซิเตอร์เพื่อการปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์

หัวข้อที่ 4 ระบบควบคุมการทำงานของคาปาซิเตอร์

หัวข้อที่ 5 ขนาดและพิกัดของอุปกรณ์ประกอบการติดตั้งคาปาซิเตอร์

หัวข้อที่ 6 การตรวจสอบและซ่อมบำรุงรักษา

3.2.1.3 ตรวจสอบโดยอาจารย์ที่ปรึกษา เมื่อกำหนดหัวข้อหลักและหัวข้อย่อยแล้ว นำมาให้ผู้เชี่ยวชาญประเมิน โดยผู้วิจัยดำเนินการสร้างแบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านความเหมาะสมของเนื้อหาหัวข้อหลักและหัวข้อย่อยของชุดฝึกอบรม ซึ่งนำไปเก็บข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 7 ท่าน โดยตอนที่ 1 เป็นแบบสอบถามข้อมูลเกี่ยวกับสถานภาพและความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ตอนที่ 2 สอบถามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านความเหมาะสมของเนื้อหาหัวข้อหลัก 6 หัวข้อ และหัวข้อย่อย 30 หัวข้อ และตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะและข้อคิดเห็นเพิ่มเติม ผู้วิจัยได้การกำหนดเกณฑ์การประเมินผล เพื่อวิเคราะห์ความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญด้านความเหมาะสมของเนื้อหาหัวข้อหลักและหัวข้อย่อยของชุดฝึกอบรม โดยใช้รูปแบบการแปลความหมายความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้วยแบบมาตราส่วนการประมาณค่า (Rating scale) 5 ระดับ ซึ่งต้องมีความเหมาะสมเฉลี่ย 2.5 ขึ้นไป หากค่าเฉลี่ยของการประเมินผลต่ำกว่าเกณฑ์จะถูกนำไปปรับปรุงแก้ไขใหม่

เกณฑ์การแปลผลค่าเฉลี่ยความเหมาะสมเนื้อหาหัวข้อหลักและหัวข้อย่อยของชุดฝึกอบรม ได้กำหนดตามแนวทางของเบสท์ (Best, 1970 : 175) ดังนี้

4.50 - 5.00	หมายถึง	เหมาะสมมากที่สุด
3.50 - 4.49	หมายถึง	เหมาะสมมาก
2.50 - 3.49	หมายถึง	เหมาะสมปานกลาง
1.50 - 2.49	หมายถึง	เหมาะสมน้อย
1.00 - 1.49	หมายถึง	เหมาะสมน้อยที่สุด

ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 7 ท่าน มีความคิดเห็นว่า มีความจำเป็นมากในการจัดฝึกอบรม ระยะเวลาในการจัดการฝึกอบรมไม่ควรเกิน 16 ชั่วโมง การจัดการฝึกอบรมสามารถแก้ไข ปัญหาการขาดความรู้ความเข้าใจ และทักษะที่เกี่ยวกับการแก้ปัญหาของคุณภาพระบบไฟฟ้า ในเรื่องการปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ได้บางส่วน ด้านความเหมาะสมของเนื้อหาหัวข้อย่อย มีความเหมาะสมของเนื้อหาอยู่ในระดับมาก 13 หัวข้อ และมีความเหมาะสมของเนื้อหาอยู่ในระดับ มากที่สุด 17 หัวข้อ (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ข)

3.2.1.4 กำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม เมื่อได้หัวเรื่องและหัวข้อย่อยมาแล้ว ก็จะนำมาวิเคราะห์รายการสำคัญ ในตารางวิเคราะห์หลักสูตร เพื่อทำการหาน้ำหนักความสำคัญของ แต่ละหัวเรื่อง จากนั้นนำมากำหนดพฤติกรรมและหาน้ำหนักความสำคัญของแต่ละพฤติกรรมเพื่อ ใช้ในการออกข้อสอบให้ครอบคลุมเนื้อหาและพฤติกรรมที่ต้องการ ตลอดจนยังช่วยในการกำหนด สัดส่วนของจำนวนข้อสอบในแต่ละหัวข้อย่อยแต่ละพฤติกรรม การวิเคราะห์เนื้อหาวิชาและ วัตถุประสงค์ของหลักสูตรนั้น สามารถนำมาจัดทำตารางวิเคราะห์หลักสูตร หรือตารางกำหนด รายละเอียด (Table of Specification) เพื่อนำมาใช้ออกข้อสอบ และสร้างสื่อประกอบการฝึกอบรม สามารถอธิบายขั้นตอนในการวิเคราะห์ได้ดังนี้

ก) พิจารณาวัตถุประสงค์ของหลักสูตรแล้วแยกแยะดูว่า แต่ละข้อนั้น ต้องการให้ผู้เรียนเกิดพฤติกรรมอะไร วัตถุประสงค์ข้อหนึ่งๆ อาจแยกพฤติกรรมได้หลายอย่าง

ข) เมื่อแยกพฤติกรรมจากจุดมุ่งหมายแต่ละข้อได้แล้ว นำมาพิจารณาขบรวม สิ่งที่เกี่ยวข้องให้เป็นลักษณะใดลักษณะหนึ่งของตัวมันเอง

ค) นำพฤติกรรมที่ได้มาตีความหมายตามลักษณะของแต่ละวิชา แล้วเขียน เป็นลักษณะจุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรมนั้นคือ ต้องบอกด้วยว่าแสดงออกอย่างไรจึงเรียกว่าเกิด พฤติกรรมในวิชานั้นจริง

ง) พิจารณาแยกแยะเนื้อหาใช้ในการสอน และการสอบหากมีเนื้อหาใด ที่คลุมเครือ อาจแยกย่อยลงไปอีกหรือเนื้อหาใดที่ซ้ำซ้อนอาจขบรวมกัน

จ) นำพฤติกรรมในข้อ ค) และ ง) มาเขียนลงในตารางให้สัมพันธ์กัน โดยให้พฤติกรรมเป็นช่องแถวตั้ง และเนื้อหาเป็นช่องแถวนอกจากนั้นนำตารางที่สร้างขึ้น ไปลงน้ำหนักคะแนนตามความสำคัญของเนื้อหาและพฤติกรรม

ฉ) ทำการแปลงคะแนนที่ได้จากตารางที่ผ่านมา ให้เป็นตาราง 1000 (เพื่อจะใช้เป็นค่าเปอร์เซ็นต์) โดยวิธีการเทียบบัญญัติไตรยางค์ ในกรณีที่ไม่วัดพอดีก็ต้อง พิจารณาว่าควรเพิ่มหรือลดค่าในช่องตารางใด โดยไม่ทำให้ลำดับความสำคัญในแต่ละหัวข้อย่อย และพฤติกรรมเกิดการเปลี่ยนแปลง ตารางนี้สามารถที่จะนำเอาไปใช้ในการออกข้อสอบได้ตามจำนวน

ที่ต้องการ โดยสามารถกำหนดจำนวนข้อให้ลงตัว แล้วกำหนดอัตราส่วน ซึ่งจะทำให้สัดส่วนของจำนวนข้อสอบแต่ละหัวข้อย่อย ครอบคลุมทั้งเนื้อหาและพฤติกรรมที่ต้องการ (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ง)

3.2.1.5 จัดทำชุดฝึกอบรม ซึ่งประกอบด้วย แผนการฝึกอบรม ใบเนื้อหา แบบทดสอบหลังการฝึกแต่ละหัวข้อพร้อมเฉลย แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์พร้อมเฉลย และสื่อประกอบการอบรม

3.2.1.6 ตรวจสอบร่วมกับอาจารย์ที่ปรึกษาและผู้เชี่ยวชาญ

3.2.1.7 นำแบบทดสอบและสื่อไปทดลองใช้กับกลุ่มทดลองจำนวน 110 คน จากนั้นนำผลมาวิเคราะห์หาคุณภาพแบบทดสอบ และปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องของสื่อ

3.2.1.8 ประเมินชุดการฝึกอบรมโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 7 ท่าน ซึ่งผู้วิจัยได้สร้างแบบประเมินผลความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ด้านความเหมาะสมของชุดฝึกอบรม เรื่องการปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ โดยอาศัยหลักการประเมินผลสื่อการเรียนการสอน เพื่อใช้ในการประเมินผลชุดฝึกอบรม โดยแบ่งออกเป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลเกี่ยวกับสถานภาพของผู้ตอบแบบประเมินผล เป็นแบบเลือกตอบ

ตอนที่ 2 แบบประเมินผลความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อชุดการฝึกอบรม ด้านแผนการฝึกอบรม ด้านใบเนื้อหา ด้านแบบทดสอบ ด้านสื่อประกอบการฝึกอบรม และด้านชุดสาริต โดยใช้วิธีการประเมินค่าของลิเคิร์ต (Likert) ที่กำหนดค่าคะแนนออกเป็น 5 ระดับ ดังนี้

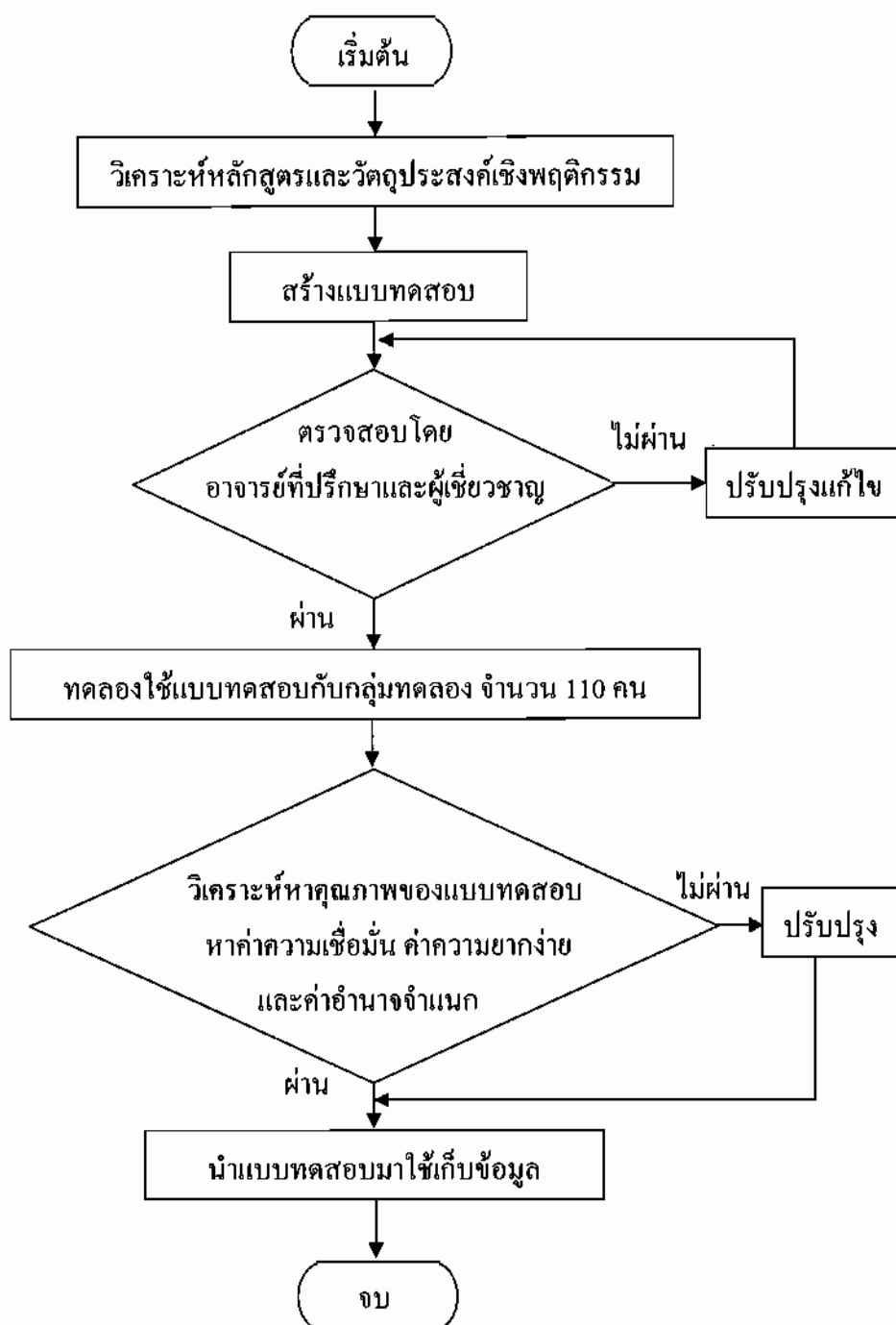
เห็นด้วยในระดับ	มากที่สุด	มีค่าเท่ากับ	4.50-5.00	คะแนน
เห็นด้วยในระดับ	มาก	มีค่าเท่ากับ	3.50-4.49	คะแนน
เห็นด้วยในระดับ	ปานกลาง	มีค่าเท่ากับ	2.50-3.49	คะแนน
เห็นด้วยในระดับ	น้อย	มีค่าเท่ากับ	1.50-2.49	คะแนน
เห็นด้วยในระดับ	น้อยที่สุด	มีค่าเท่ากับ	0.00-1.49	คะแนน

ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมจากผู้เชี่ยวชาญ

ผู้วิจัยทำการสร้างแบบประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ และให้อาจารย์ที่ปรึกษาดำเนินการตรวจสอบและแก้ไขปรับปรุงก่อนนำไปใช้เก็บข้อมูล (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ข)

3.2.1.9 นำชุดฝึกอบรมไปเก็บข้อมูล

3.2.2 การสร้างแบบทดสอบ ซึ่งจะประกอบด้วย แบบทดสอบหลังฝึกอบรมแต่ละหัวข้อและแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ของการฝึกอบรม มีขั้นตอนการสร้างดังนี้



ภาพที่ 3-2 ลำดับขั้นตอนในการสร้างแบบทดสอบ

ลำดับขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบ อธิบายตามภาพที่ 3-2 ได้ดังนี้

3.2.2.1 สร้างตารางวิเคราะห์รายละเอียด (Table of Specification) จากการที่ได้กำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมแล้วนั้น จึงนำมาสร้างเป็นตารางวิเคราะห์หลักสูตรเพื่อให้น้ำหนักคะแนนและนำมาออกข้อสอบ

3.2.2.2 การออกข้อสอบ โดยยึดตามตารางวิเคราะห์รายละเอียด ผู้วิจัยได้ทำการสร้างแบบทดสอบเพื่อใช้วัดผลการฝึกอบรมแต่ละหัวข้อเรื่อง แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์หลังการฝึกอบรมจากเนื้อหาการฝึกอบรมจำนวน 6 หัวข้อ รวมจำนวนแบบทดสอบทั้งสิ้น 145 ข้อ ซึ่งเป็นข้อสอบแบบปรนัยชนิด 4 ตัวเลือก

3.2.2.3 ตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญ โดยส่งแบบทดสอบทั้งหมดให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินในด้านความเที่ยงตรงของเนื้อหา (Content Validity) ของแบบทดสอบ เพื่อให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาว่า ข้อทดสอบในแต่ละข้อนั้น วัดได้ตรงตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมหรือไม่ โดยใช้ค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Consistency) ถ้าสอดคล้องกันคือ IOC มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 แสดงว่า แบบทดสอบที่สร้างขึ้นมีความเที่ยงตรงตามเนื้อหาเชิงเหตุผล (Logical Validity) แต่ถ้าต่ำกว่า 0.5 แสดงว่าข้อทดสอบวัดไม่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมต้องตัดทิ้ง หรือนำไปแก้ไขปรับปรุงใหม่

ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 7 ท่าน ด้านความเที่ยงตรงของเนื้อหา ของแบบทดสอบ มีความคิดเห็นว่า ในจำนวนข้อสอบทั้งหมด 145 ข้อ นั้น ผู้เชี่ยวชาญไม่เห็นด้วย ซึ่งควรที่จะตัดทิ้งมีจำนวน 5 ข้อ และข้อสอบส่วนที่เหลือเป็นจำนวน 140 ข้อ นั้น ผู้วิจัยได้นำไปปรับปรุงในบางส่วนตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ และคัดเลือกมา 120 ข้อ หลังจากนั้นนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบอีกครั้งก่อนที่จะนำไปทดลองใช้กับกลุ่มทดลอง เพื่อหาคุณภาพของแบบทดสอบต่อไป (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ค)

3.2.2.4 นำไปทดลองใช้กับกลุ่มทดลอง จำนวน 110 คน

3.2.2.5 จากนั้นวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก และค่าความเชื่อมั่น

ก) ขอบเขตของค่าความยากง่าย และความหมาย มีดังนี้

0.81 - 1.00	หมายถึง	เป็นแบบทดสอบที่ง่ายมาก
0.61 - 0.80	หมายถึง	เป็นแบบทดสอบที่ค่อนข้างง่าย
0.41 - 0.60	หมายถึง	เป็นแบบทดสอบที่ยากง่ายพอเหมาะ
0.21 - 0.40	หมายถึง	เป็นแบบทดสอบที่ค่อนข้างยาก
0.00 - 0.20	หมายถึง	เป็นแบบทดสอบที่ยากมาก

ซึ่งค่าความยากง่ายของแบบทดสอบนั้นควรอยู่ประมาณ 0.20-0.80

ข) ขอบเขตของค่าอำนาจจำแนก และความหมาย มีดังนี้

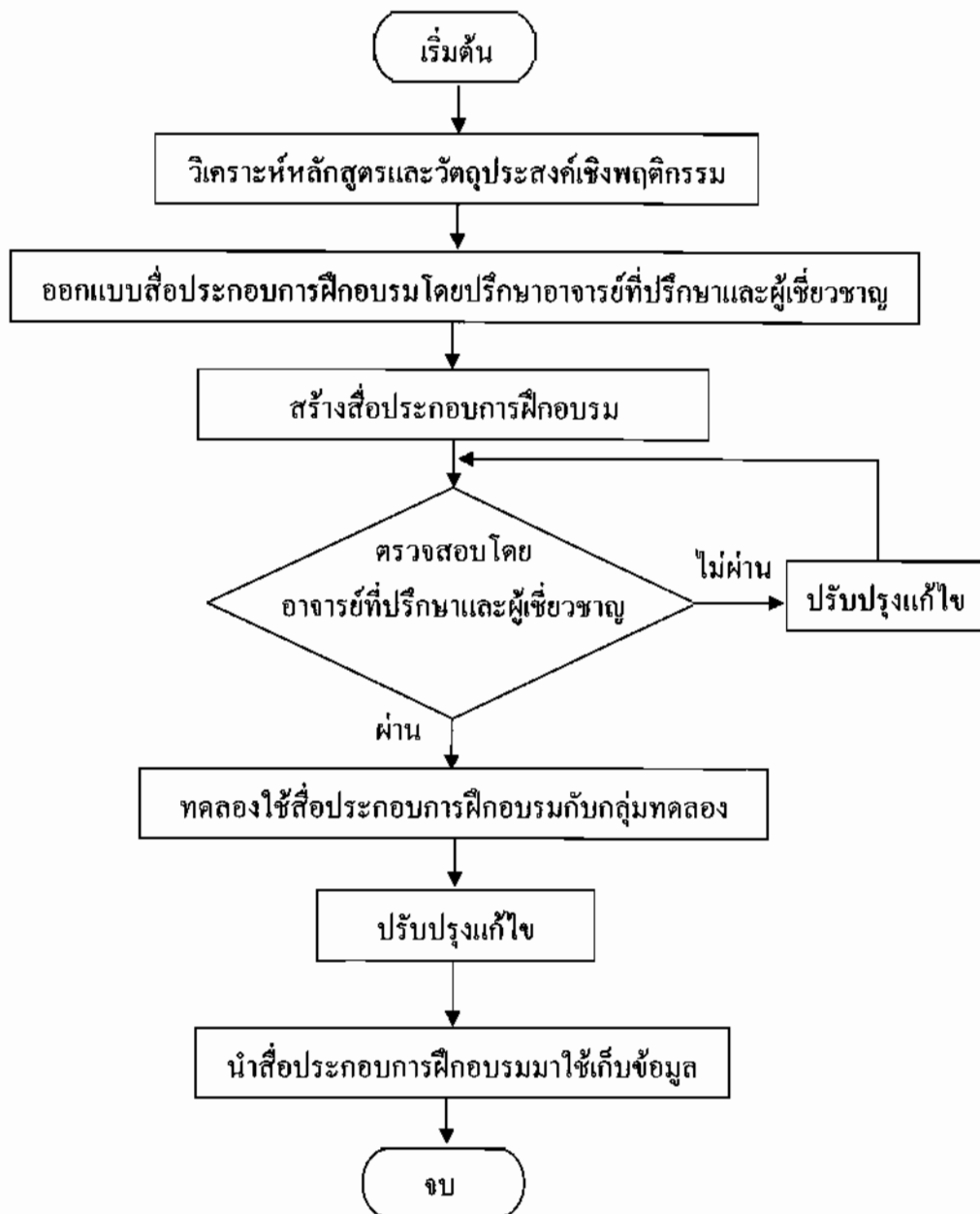
0.40 ขึ้นไป	หมายถึง	มีอำนาจจำแนกสูง
0.30-0.39	หมายถึง	มีอำนาจจำแนกปานกลาง
0.20-0.29	หมายถึง	มีอำนาจจำแนกค่อนข้างต่ำ
0.00-0.19	หมายถึง	มีอำนาจจำแนกต่ำ

ซึ่งค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบที่ยอมรับได้นั้นคือ ตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป

3.2.2.6 นำมาปรับปรุงแบบทดสอบ และจะได้แบบทดสอบที่จะใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ แบบทดสอบท้ายแบบทดสอบหลังการฝึกแต่ละหัวข้อจำนวน 70 ข้อ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการฝึกอบรมจำนวน 50 ข้อ (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ค)

3.2.2.7 นำแบบทดสอบไปใช้เก็บข้อมูล

3.2.3 การสร้างสื่อประกอบการฝึกอบรม ซึ่งจะประกอบด้วย สื่อนำเสนอด้วยคอมพิวเตอร์ และชุดสาริตการปรับปรุงค่าเพาเวอร์เพลเตอร์ ซึ่งมีขั้นตอนการสร้างดังนี้



ภาพที่ 3-3 ลำดับขั้นตอนในการสร้างสื่อประกอบการฝึกอบรม

ลำดับขั้นตอนในการสร้างสื่อการสอนอธิบายตามภาพที่ 3-3 ได้ดังนี้

3.2.3.1 ออกแบบและสร้างสื่อประกอบการฝึกอบรม โดยยึดถือจากเนื้อหาและวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมเป็นหลัก ซึ่งผู้วิจัยได้ออกแบบและสร้างสื่อประกอบการฝึกอบรม โดยปรึกษาอาจารย์ที่ปรึกษาและผู้เชี่ยวชาญ

3.2.3.2 สื่อนำเสนอบนคอมพิวเตอร์ (Power Point Presentation) ผู้วิจัยได้จัดทำครบทุกหัวข้อเรื่อง โดยจะเน้นภาพและเนื้อหาสาระที่สำคัญ (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ข)

3.2.3.3 ชุดสาธิตการปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ จะแสดงให้เห็นถึงผลค่ากระแสไฟฟ้าและค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ก่อนและหลังการปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ในระบบไฟฟ้าด้วยคาปาซิเตอร์ ซึ่งส่วนประกอบของชุดสาธิตนี้ จะมีอุปกรณ์ในการปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์เหมือนที่ใช้งานจริงในภาคอุตสาหกรรม จึงทำให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมสามารถเข้าใจหลักการทำงานของระบบได้อย่างรวดเร็ว ผู้วิจัยได้ศึกษาเนื้อหา และขั้นตอนการเรียนรู้ต่างๆ จนเข้าใจดีแล้ว จึงเริ่มออกแบบและสร้างชุดสาธิต พร้อมกำหนดวัสดุอุปกรณ์ที่จะต้องใช้ในการสร้างชุดสาธิตอย่างละเอียด สิ่งที่สำคัญในการเลือกวัสดุอุปกรณ์มาใช้งานควรมีคุณภาพดี หาง่ายในท้องตลาดและมีใช้งานอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรม จากนั้นนำวัสดุอุปกรณ์ที่จัดหาไว้มาต่อทดลองตามวงจรต่างๆ ที่จะสาธิตในเนื้อหาว่าค่าที่ได้จากการทดลองเท่ากับหรือใกล้เคียงกับค่าที่คำนวณได้ทางทฤษฎีมากที่สุด ขั้นตอนไปร่างแบบสัญลักษณ์และไดอะแกรมของอุปกรณ์การสาธิตที่จะทำให้อาจารย์ที่ปรึกษาและผู้เชี่ยวชาญพิจารณาเพื่อเสนอแนะแล้วนำมาปรับปรุงแก้ไข เพื่อทำเพื่อดำเนินการจัดสร้าง ดัดแปลงอุปกรณ์ตามที่ออกแบบไว้ ต่อวงจรภายใน และประกอบให้เสร็จสมบูรณ์ แล้วทำการทดลองตามวงจรต่างๆ อีกครั้ง เพื่อทดสอบความถูกต้องของชุดสาธิต เมื่อทุกอย่างถูกต้องตามเนื้อหาที่กำหนดไว้ (รายละเอียดดังแสดงในภาคผนวก ข)

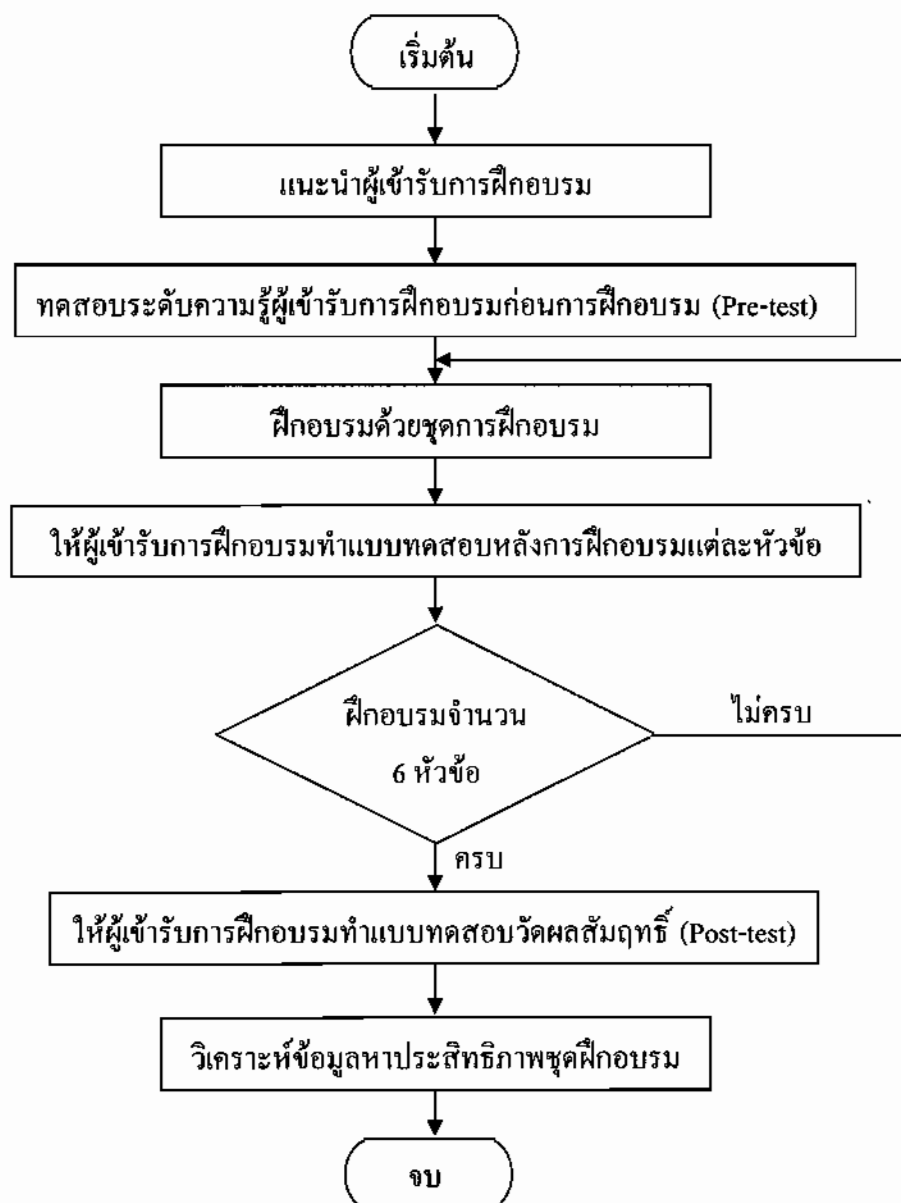
3.2.3.4 นำไปทดลองใช้กับกลุ่มทดลอง โดยการสาธิตให้กับนักศึกษาจำนวน 110 คน ซึ่งผลที่ออกมาสำหรับชุดสาธิตนี้ สามารถแสดงการทำงานของวงจรได้ตามที่กำหนดไว้ในวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม และเนื้อหาวิชา

3.2.3.5 นำสื่อประกอบการฝึกอบรมไปให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบอีกครั้ง และให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินผลแล้วปรับปรุงตามข้อเสนอแนะ

3.2.3.6 นำสื่อประกอบการฝึกอบรมไปใช้เก็บข้อมูล

3.3 การดำเนินการทดลองและเก็บข้อมูล

ผู้วิจัยได้นำชุดฝึกอบรมไปดำเนินการทดลองและเก็บข้อมูล โดยใช้วิทยากรที่มีประสบการณ์และความชำนาญด้านการปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ของระบบไฟฟ้า โดยทำการฝึกอบรมในระยะเวลา 2 วัน โดยมีขั้นตอนดังแสดงในภาพที่ 3-4



ภาพที่ 3-4 ลำดับขั้นตอนในการทดลองและเก็บข้อมูล

ลำดับขั้นตอนในการทดลองและเก็บข้อมูล อธิบายตามภาพที่ 3-4 ได้ ดังนี้

- 3.3.1 แนะนำผู้เข้ารับการฝึกอบรม เพื่อชี้แจงวัตถุประสงค์และวิธีการที่จะฝึกอบรม
- 3.3.2 ทดสอบระดับความรู้ของผู้เข้ารับการฝึกอบรม ด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ เพื่อวัดความรู้พื้นฐานก่อนการฝึกอบรม (Pre-Test)
- 3.3.3 ฝึกอบรมกลุ่มตัวอย่างด้วยชุดฝึกอบรมที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยใช้วิทยากรที่มีประสบการณ์ และมีความชำนาญด้านการปรับปรุงเพาเวอร์แฟกเตอร์ในระบบไฟฟ้า เป็นผู้ฝึกอบรมจำนวน 2 วัน

ตามตารางเวลาการฝึกอบรม ระหว่างการฝึกอบรม ให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมทำแบบทดสอบ หลังการฝึกอบรมแต่ละหัวข้อ

3.3.4 ภายหลังจากผู้เข้ารับการฝึกอบรมผ่านการฝึกอบรมจนครบ 6 หัวข้อเรื่องแล้ว จึงทำการทดสอบเพื่อวัดผลสัมฤทธิ์ทางการฝึกอบรม โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์การ ฝึกอบรม (Post-Test)

3.3.5 นำผลที่ได้จากการทำแบบทดสอบหลังการฝึกอบรมทุกหัวข้อเรื่อง และแบบทดสอบ เพื่อวัดผลสัมฤทธิ์การฝึกอบรมไปวิเคราะห์เพื่อหาประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรม และนำผลที่ได้จาก การทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ก่อนและหลังการฝึกอบรมไปวิเคราะห์ เพื่อหาความก้าวหน้า ทางด้านทฤษฎีของผู้เข้ารับการฝึกอบรม

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

การศึกษาวิจัยเพื่อสร้างและทดสอบประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรม เรื่อง การปรับปรุง ค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้ คือ

3.4.1 การวิเคราะห์เพื่อหาค่าความเที่ยงตรงตามเนื้อหา (Content Validity) ของแบบทดสอบ รายข้อ โดยใช้ค่าดัชนีความสอดคล้อง ระหว่างวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมกับแบบทดสอบจาก การนำแบบทดสอบของชุดฝึกอบรม เรื่อง การปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ จากการประเมินของ ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 7 ท่าน (รายละเอียดดังแสดงในภาคผนวก ข)

3.4.2 การวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ จากการนำแบบทดสอบไปทดลองใช้กับกลุ่มทดลอง (รายละเอียดดังแสดงในภาคผนวก ค)

3.4.3 การวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ แบบอิงเกณฑ์ จากการนำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์การฝึกอบรม ไปเก็บข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 20 คน (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก จ)

3.4.4 การวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรม 80/80 หลังจากนำชุดฝึกอบรม ไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 20 คน (รายละเอียดดังแสดงในภาคผนวก ฉ)

3.4.5 การวิเคราะห์ความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ย ของการทำแบบทดสอบก่อน (Pre-Test) และหลังการฝึกอบรม (Post-Test) (รายละเอียดดังแสดงในภาคผนวก ฉ)

3.5 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติดังนี้ คือ

3.5.1 การวิเคราะห์เพื่อหาค่าความเที่ยงตรงตามเนื้อหา (Content Validity) ของแบบทดสอบรายข้อ โดยใช้ค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Consistency) ระหว่างวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมกับแบบทดสอบ (ล้วนและอังคณา, 2539 : 249)

$$\text{สูตร} \quad \text{IOC} = \frac{\sum R}{N} \quad (3-1)$$

เมื่อ	IOC	คือ	ดัชนีความสอดคล้องระหว่างวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมกับแบบทดสอบ มีค่าอยู่ระหว่าง -1 ถึง +1
	$\sum R$	คือ	ผลรวมคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ
	N	คือ	จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

3.5.2 การวิเคราะห์หาค่าความยากง่ายของแบบทดสอบเป็นรายข้อ (ล้วน, 2538 : 210)

$$\text{สูตร} \quad P = \frac{R_{pre}}{N} \quad (3-2)$$

เมื่อ	P	คือ	ความยากง่ายของแบบทดสอบ
	R_{pre}	คือ	จำนวนผู้เข้ารับการฝึกอบรมที่ทำแบบทดสอบข้อนั้นถูก
	N	คือ	จำนวนผู้เข้ารับการฝึกอบรมที่ทำแบบทดสอบข้อนั้นทั้งหมด

3.5.3 การวิเคราะห์หาค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบแบบอิงเกณฑ์ (ล้วน, 2538 : 211)

$$\text{สูตร} \quad \text{PPDI} = \frac{R_{pos} - R_{pre}}{N} \quad (3-3)$$

เมื่อ	PPDI	คือ	ความยากง่ายของแบบทดสอบ
	R_{pos}	คือ	จำนวนผู้เข้ารับการฝึกอบรมที่ทำแบบทดสอบข้อนั้นถูกหลังได้รับการฝึกอบรม
	R_{pre}	คือ	จำนวนผู้เข้ารับการฝึกอบรมที่ทำแบบทดสอบข้อนั้นถูกก่อนได้รับการฝึกอบรม
	N	คือ	จำนวนผู้เข้ารับการฝึกอบรมที่ทำแบบทดสอบข้อนั้นทั้งหมด

3.5.4 การวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบแบบอิงเกณฑ์ (รัตนา, 2539 : 135)

$$\text{สูตร} \quad r_{cc} = \frac{\sigma^2 (K.R. \#20) + [\mu - (KC)]}{\sigma^2 + [\mu - (KC)]^2} \quad (3-4)$$

เมื่อ	r_{cc}	คือ	ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบแบบอิงเกณฑ์
	σ^2	คือ	ความแปรปรวนของแบบทดสอบแบบอิงเกณฑ์
	K	คือ	จำนวนข้อสอบของแบบทดสอบ
	C	คือ	สัดส่วนของเกณฑ์ที่ผ่าน (ในที่นี้ใช้ 0.80)
	μ	คือ	คะแนนเฉลี่ยของแบบทดสอบแบบอิงเกณฑ์
	K.R. #20	คือ	ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบที่มาจากสูตร K.R. #20

ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ (r_u) จากสูตรของ Kuder – Richardson K.R. #20

$$\text{สูตร} \quad r_u = \frac{n}{n-1} \left[1 - \frac{\sum pq}{S_t^2} \right] \quad (3-5)$$

เมื่อ	r_u	คือ	ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ
	n	คือ	จำนวนข้อสอบของแบบทดสอบ
	p	คือ	สัดส่วนของผู้ที่ทำข้อสอบถูก
	q	คือ	สัดส่วนของผู้ที่ทำข้อสอบผิด
	S_t^2	คือ	คะแนนความแปรปรวนของแบบทดสอบ

3.5.5 การหาประสิทธิภาพชุดฝึกอบรม (เสาวนีย์, 2528 : 294-295)

$$\text{สูตร} \quad E_1 = \frac{(\sum X / N)}{A} \times 100 \quad (3-6)$$

$$E_2 = \frac{(\sum Y / N)}{B} \times 100 \quad (3-7)$$

เมื่อ	E_1	คือ	ประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรมคิดเป็นร้อยละจากการทำแบบทดสอบหลังการฝึกอบรมแต่ละหัวข้อ
-------	-------	-----	--

E_2	คือ	ประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรมคิดเป็นร้อยละจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์การฝึกอบรม
ΣX	คือ	คะแนนรวมของผู้เข้ารับการฝึกอบรมจากการทำแบบทดสอบหลังการฝึกอบรมแต่ละหัวข้อ
ΣY	คือ	คะแนนรวมของผู้เข้ารับการฝึกอบรมจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์การฝึกอบรม
N	คือ	จำนวนผู้เข้ารับการฝึกอบรมทั้งหมด
A	คือ	คะแนนเต็มของแบบทดสอบหลังการฝึกอบรม
B	คือ	คะแนนเต็มของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์การฝึกอบรม

3.5.6 การทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยของการทำแบบทดสอบก่อน (Pre-Test) และหลังการฝึกอบรม (Post-Test) (ล้วน และอังคณา, 2538 : 104)

$$t = \frac{\Sigma D}{\sqrt{\frac{N\Sigma D^2 - (\Sigma D)^2}{N-1}}} \quad (3-8)$$

เมื่อ	t	คือ	ค่าการแจกแจงที
	D	คือ	ค่าความแตกต่างของคะแนนแต่ละคู่
	N	คือ	จำนวนคู่ของกลุ่มตัวอย่าง

บทที่ 4

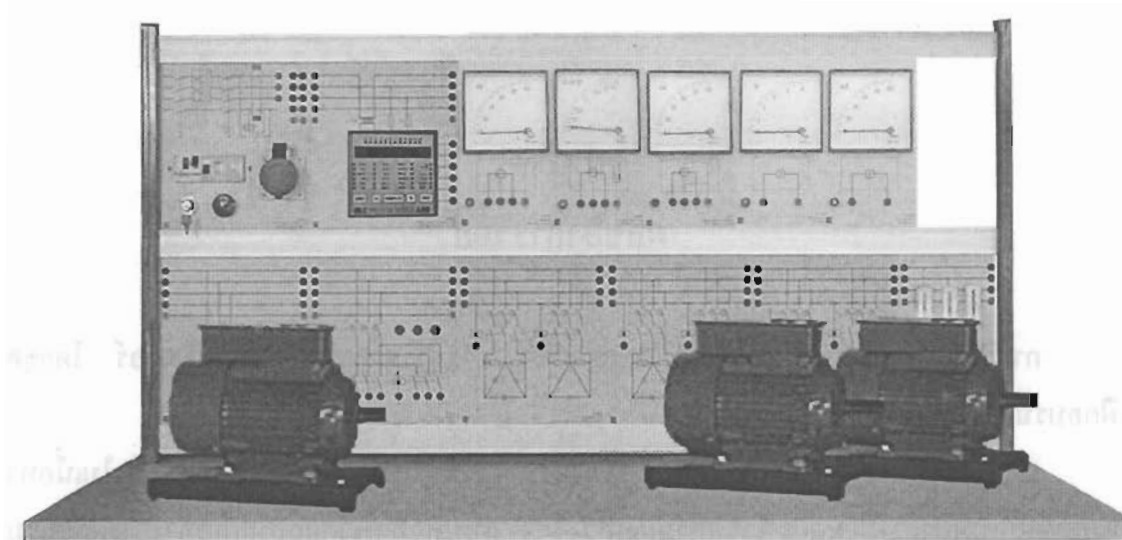
ผลของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้สร้างชุดฝึกอบรมเรื่อง การปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ โดยชุดฝึกอบรมแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ

1. คู่มือวิทยากร ได้แก่ แผนการฝึกอบรม ใบวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ใบเนื้อหาแบบทดสอบหลังการฝึกแต่ละหัวข้อพร้อมเฉลย แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการฝึกอบรมพร้อมเฉลย
2. เอกสารสำหรับผู้เข้ารับการฝึกอบรม ได้แก่ ใบวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ใบเนื้อหาแบบทดสอบหลังการฝึกแต่ละหัวข้อ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการฝึกอบรม
3. สื่อประกอบการฝึกอบรม ได้แก่ สื่อนำเสนอด้วยคอมพิวเตอร์ (Presentation) และชุดสาธิตการปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ แสดงได้ดังภาพที่ 4-1 และภาพที่ 4-2



ภาพที่ 4-1 คู่มือวิทยากร เอกสารสำหรับผู้เข้ารับการฝึกอบรม และสื่อนำเสนอด้วยคอมพิวเตอร์



ภาพที่ 4-2 ชุดสาธิตการปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์

หลังจากผู้วิจัยสร้างชุดฝึกอบรมเรื่อง การปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์เสร็จ ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อหาประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรม โดยได้นำชุดฝึกอบรมไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างซึ่งได้แก่ ช่างเทคนิคที่ปฏิบัติงานในส่วนของติดตั้งและซ่อมบำรุงระบบไฟฟ้าในสถานประกอบการในเขตนิคมอุตสาหกรรมบางกะดี จำนวน 20 คน โดยทำการเลือกสุ่มแบบเจาะจง โดยจะเสนอผลการวิจัย ดังนี้

1. ผลการวิเคราะห์หาคุณภาพแบบทดสอบของชุดฝึกอบรม
2. ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรม
3. ผลการวิเคราะห์หาความก้าวหน้าทางการฝึกอบรม
4. ผลการวิเคราะห์แบบประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อชุดฝึกอบรม
5. ผลการวิเคราะห์แบบประเมินความคิดเห็นของผู้เข้ารับการฝึกอบรม

4.1 ผลการวิเคราะห์หาคุณภาพแบบทดสอบของชุดฝึกอบรม

ผู้วิจัยนำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์การฝึกอบรมไปเก็บข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 20 คน พบว่า

- | | |
|--|-----------|
| 1. ข้อสอบมีความยากง่ายระหว่าง | 0.31-0.83 |
| 2. แบบทดสอบมีความยากง่ายเฉลี่ย | 0.57 |
| 3. ข้อสอบมีค่าอำนาจการจำแนกแบบอิงเกณฑ์ระหว่าง | 0.30-0.70 |
| 4. แบบทดสอบมีค่าอำนาจการจำแนกแบบอิงเกณฑ์เฉลี่ย | 0.51 |

5. แบบทดสอบมีค่าความเชื่อมั่นแบบอิงเกณฑ์ 0.80
(รายละเอียดแสดงในภาคผนวก จ)

4.2 ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรม

การวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรม ใช้เกณฑ์กำหนด 80/80

80 ตัวแรก หมายถึง ประสิทธิภาพของขบวนการฝึกอบรม โดยหาจากค่าคะแนนเฉลี่ยของผู้เข้ารับการฝึกอบรมทั้งหมดในการทำแบบทดสอบหลังฝึกอบรมแต่ละหัวข้อ โดยคิดเป็นร้อยละ

80 ตัวหลัง หมายถึง ผลสัมฤทธิ์ของการฝึกอบรม โดยหาจากค่าคะแนนเฉลี่ยของผู้เข้ารับการฝึกอบรมทั้งหมด ในการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการฝึกอบรม ภายหลังเข้ารับการฝึกอบรมเสร็จ โดยคิดเป็นร้อยละ

หลังจากนำชุดฝึกอบรมเรื่อง การปรับปรุงค่าพารามิเตอร์ไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 20 คน ผู้วิจัยได้ทำการหาประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรม ปรากฏผลดังนี้

ตารางที่ 4-1 แสดงผลคะแนนรวมจากการทำแบบทดสอบหลังการฝึกอบรมแต่ละหัวข้อ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์การฝึกอบรมของกลุ่มตัวอย่าง

คนที่	แบบทดสอบหลังการฝึกอบรมแต่ละหัวข้อ		แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์การฝึกอบรม	
	คะแนนเต็ม (70)	ร้อยละ	คะแนนเต็ม (50)	ร้อยละ
1	59	84.29	41	82.00
2	56	80.00	44	88.00
3	65	92.86	46	92.00
4	59	84.29	38	76.00
5	60	85.71	37	74.00
6	61	87.14	33	66.00
7	66	94.29	48	96.00
8	64	91.43	47	94.00
9	53	75.71	47	94.00
10	65	92.86	41	82.00
11	55	78.57	46	92.00
12	64	91.43	34	68.00
13	54	77.14	29	58.00

ตารางที่ 4-1 (ต่อ)

คนที่	แบบทดสอบหลังการฝึกอบรมแต่ละหัวข้อ		แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์การฝึกอบรม	
	คะแนนเต็ม (70)	ร้อยละ	คะแนนเต็ม (50)	ร้อยละ
14	49	70.00	30	60.00
15	62	88.57	43	86.00
16	58	82.86	47	94.00
17	52	74.29	42	84.00
18	50	71.43	45	90.00
19	65	92.86	42	84.00
20	61	87.14	46	92.00
รวม	1178	1682.86	826	1652
เฉลี่ย	58.9	84.14	41.3	82.60

ตารางที่ 4-2 แสดงผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรม

รายการ	N	ΣX	$\bar{X}$	ร้อยละ
คะแนนการทำแบบทดสอบหลังฝึกอบรมแต่ละหัวข้อ	20	1178	58.90	84.14
คะแนนการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์	20	826	41.30	82.60

จากตารางที่ 4-2 แสดงให้เห็นว่า ผู้เข้ารับการฝึกอบรมที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 20 คน สามารถทำแบบทดสอบหลังฝึกอบรมแต่ละหัวข้อระหว่างการฝึกอบรมได้ถูกต้อง คิดเฉลี่ยเป็นร้อยละ 84.14 ของคะแนนรวมทั้งหมดของแบบทดสอบหลังฝึกอบรมทุกข้อ ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 80 ตัวแรก ที่กำหนดไว้ และกลุ่มตัวอย่างสามารถทำข้อสอบในแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการฝึกอบรม หลังจากจบการอบรมได้ถูกต้องคิดเป็นร้อยละ 82.60 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ตัวหลังที่กำหนดไว้ ดังนั้นแสดงว่าชุดฝึกอบรมเรื่อง การปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ ที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 ที่กำหนดไว้ (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก)

4.3 ผลการวิเคราะห์หาความก้าวหน้าของการฝึกอบรม

ผลจากการทำแบบทดสอบก่อนรับการฝึกอบรมและหลังการฝึกอบรม ผู้วิจัยได้วิเคราะห์หาความแตกต่างระหว่างคะแนนของแบบทดสอบก่อนเข้ารับการฝึกอบรม และหลังการฝึกอบรม ปรากฏว่าความแตกต่างของคะแนนเพิ่มขึ้น 512 คะแนน หรือมีคะแนนเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 25.6 คะแนน

เมื่อทดสอบความมีนัยสำคัญของการฝึกอบรม ว่าการเข้ารับการฝึกอบรมทำให้มีความรู้เพิ่มขึ้นกว่าเดิมหรือไม่ โดยใช้ T-Test โดยพิจารณาที่ระดับ $\alpha = .01$ ซึ่งปรากฏผล ดังนี้

ตารางที่ 4-3 แสดงผลคะแนนรวมจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์การฝึกอบรมก่อนและหลังการฝึกอบรมของกลุ่มตัวอย่าง

คนที่	ก่อนการฝึกอบรม (Pretest) (X_1)	หลังการฝึกอบรม (Posttest) (X_2)	ผลต่าง ($D = X_2 - X_1$)	ผลต่าง ² (D^2)
1	16	41	25	625
2	16	44	28	784
3	19	46	27	729
4	12	38	26	676
5	14	37	23	529
6	15	33	18	324
7	20	48	28	784
8	19	47	28	784
9	23	47	24	576
10	13	41	28	784
11	13	46	33	1089
12	13	34	21	441
13	11	29	18	324
14	12	30	18	324
15	16	43	27	729
16	18	47	29	841
17	15	42	27	729
18	16	45	29	841
19	15	42	27	729
20	18	46	28	784
รวม	314	826	512	13426
เฉลี่ย	15.7	41.3	25.6	671.3

ตารางที่ 4-4 แสดงผลการวิเคราะห์ความก้าวหน้าของการฝึกอบรม

รายการ	N	ΣX	ΣD	ΣD^2	t
ก่อนการฝึกอบรม	20	314	512	13426	35.57**
หลังการฝึกอบรม	20	826			

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 (df = 19, α = .01 เท่ากับ 2.861)

จากตารางที่ 4-4 แสดงให้เห็นว่า ค่าเฉลี่ยจากการทดสอบหลังการฝึกอบรมสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบก่อนการฝึกอบรมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 หมายความว่า การฝึกอบรมทำให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมมีความรู้มากขึ้นกว่าเดิม (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก)

4.4 ผลการวิเคราะห์แบบประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อชุดฝึกอบรม

จากแบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 7 ท่าน โดยผู้วิจัยได้กำหนดเกณฑ์การประเมินผล เพื่อวิเคราะห์ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านความเหมาะสมของชุดฝึกอบรม โดยใช้รูปการแปลความหมายความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญแบบมาตราส่วนการประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ โดยกำหนดตามแนวทางการประเมินค่าของลิเกิร์ต (Likert) ดังนี้

4.50 - 5.00	หมายถึง	มากที่สุด
3.50 - 4.49	หมายถึง	มาก
2.50 - 3.49	หมายถึง	ปานกลาง
1.50 - 2.49	หมายถึง	น้อย
0.00 - 1.49	หมายถึง	น้อยที่สุด

ผลการประเมินความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญ ด้านความเหมาะสมของชุดฝึกอบรม เรื่องการปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ นั้น สามารถสรุปได้ ดังนี้

1. ด้านแผนการฝึกอบรม มีระดับความคิดเห็นเฉลี่ย 4.46 ซึ่งหมายถึง ผู้เชี่ยวชาญประเมินการฝึกอบรม ในระดับความคิดเห็นที่เห็นด้วยมากกับแผนการฝึกอบรมที่จัดทำขึ้น
2. ด้านใบเนื้อหา มีระดับความคิดเห็นเฉลี่ย 4.53 ซึ่งหมายถึง ผู้เชี่ยวชาญประเมินชุดการฝึกอบรม ในระดับความคิดเห็นที่เห็นด้วยมากที่สุดกับใบเนื้อหาที่จัดทำขึ้น
3. ด้านด้านแบบทดสอบ มีระดับความคิดเห็นเฉลี่ย 4.32 ซึ่งหมายถึง ผู้เชี่ยวชาญประเมินชุดการฝึกอบรม ในระดับความคิดเห็นที่เห็นด้วยมากกับแบบทดสอบที่จัดทำขึ้น

4. ด้านสื่อประกอบการอบรม มีระดับความคิดเห็นเฉลี่ย 4.64 ซึ่งหมายถึง ผู้เชี่ยวชาญประเมินชุดการฝึกอบรม ในระดับความคิดเห็นที่เห็นด้วยมากที่สุด กับสื่อประกอบการอบรมที่จัดทำขึ้น

5. ด้านชุดสาธิต มีระดับความคิดเห็นเฉลี่ย 4.51 ซึ่งหมายถึง ผู้เชี่ยวชาญประเมินชุดการฝึกอบรม ในระดับความคิดเห็นที่เห็นด้วยมากที่สุด กับชุดสาธิตประกอบการฝึกอบรมที่จัดทำขึ้น

6. ค่าเฉลี่ยรวมของชุดฝึกอบรมทั้งหมด มีระดับความคิดเห็นเฉลี่ย 4.49 ซึ่งหมายถึง ผู้เชี่ยวชาญประเมินชุดการฝึกอบรม ในระดับความคิดเห็นที่เห็นด้วยมากกับชุดการฝึกอบรมที่จัดทำขึ้น

ผลการแสดงความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อชุดฝึกอบรมที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น อยู่ในเกณฑ์มาก แสดงว่าผู้เชี่ยวชาญเห็นด้วยและยอมรับชุดฝึกอบรมที่สร้างขึ้น (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ข)

4.5 ผลการวิเคราะห์แบบประเมินการฝึกอบรมจากความคิดเห็นของผู้เข้ารับการฝึกอบรม

จากแบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เข้ารับการฝึกอบรมจำนวน 20 คน โดยผู้วิจัยได้กำหนดเกณฑ์การประเมินผล เพื่อวิเคราะห์ความคิดเห็นจากผู้เข้ารับการฝึกอบรมด้านความเหมาะสมของการฝึกอบรมหลังจากได้เข้ารับการฝึกอบรมเสร็จ โดยใช้รูปแบบการแปลความหมายความคิดเห็นของผู้เข้ารับการฝึกอบรมด้วยแบบมาตราส่วนการประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ โดยกำหนดตามแนวทางการประเมินค่าของลิเกิร์ต (Likert) ดังนี้

4.50 - 5.00	หมายถึง	มากที่สุด
3.50 - 4.49	หมายถึง	มาก
2.50 - 3.49	หมายถึง	ปานกลาง
1.50 - 2.49	หมายถึง	น้อย
0.00 - 1.49	หมายถึง	น้อยที่สุด

ผลการประเมินความคิดเห็นจากผู้เข้ารับการฝึกอบรม ด้านความเหมาะสมของการฝึกอบรม เรื่อง การปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ นั้น สามารถสรุปได้ ดังนี้

1. หัวข้อการฝึกอบรมมีความน่าสนใจ มีระดับความคิดเห็นเฉลี่ย 5.00 ซึ่งหมายถึง ผู้เข้ารับการฝึกอบรมประเมินชุดการฝึกอบรม ในระดับความคิดเห็นที่เห็นด้วยมากที่สุด กับหัวข้อการฝึกอบรมที่จัดทำขึ้น

2. เอกสารใบเนื้อหาประกอบการฝึกอบรมอ่านเข้าใจง่าย มีระดับความคิดเห็นเฉลี่ย 4.35 ซึ่งหมายถึง ผู้เข้ารับการฝึกอบรมประเมินชุดการฝึกอบรม ในระดับความคิดเห็นที่เห็นด้วยมาก กับเอกสารใบเนื้อหาประกอบการฝึกอบรมที่จัดทำขึ้น

3. สื่อที่ใช้ประกอบการฝึกอบรมช่วยให้เข้าใจยิ่งขึ้น มีระดับความคิดเห็นเฉลี่ย 4.75 ซึ่งหมายถึง ผู้เข้ารับการฝึกอบรมประเมินชุดการฝึกอบรม ในระดับความคิดเห็นที่เห็นด้วยมากที่สุด กับสื่อที่ใช้ประกอบการฝึกอบรมที่จัดทำขึ้น

4. การลำดับเนื้อหาการฝึกอบรมมีความเหมาะสม มีระดับความคิดเห็นเฉลี่ย 4.20 ซึ่งหมายถึง ผู้เข้ารับการฝึกอบรมประเมินชุดการฝึกอบรมในระดับความคิดเห็น ที่เห็นด้วยมาก กับการลำดับเนื้อหาการฝึกอบรมที่จัดทำขึ้น

5. แบบทดสอบมีความยากง่ายพอเหมาะ มีระดับความคิดเห็นเฉลี่ย 4.05 ซึ่งหมายถึง ผู้เข้ารับการฝึกอบรมประเมินชุดการฝึกอบรม ในระดับความคิดเห็นที่เห็นด้วยมาก กับแบบทดสอบ ที่จัดทำขึ้น

6. สถานที่ฝึกอบรมเหมาะสมมีระดับความคิดเห็นเฉลี่ย 4.80 ซึ่งหมายถึง ผู้เข้ารับการฝึกอบรม ประเมินชุดการฝึกอบรม ในระดับความคิดเห็นที่เห็นด้วยมากที่สุด กับสถานที่ฝึกอบรม ที่จัดทำขึ้น

7. วิทยากรมีความรู้ความสามารถ มีระดับความคิดเห็นเฉลี่ย 4.90 ซึ่งหมายถึง ผู้เข้ารับการฝึกอบรมประเมินชุดการฝึกอบรมในระดับความคิดเห็น ที่เห็นด้วยมากที่สุดกับวิทยากร

8. ระยะเวลาการฝึกอบรมมีความเหมาะสม มีระดับความคิดเห็นเฉลี่ย 4.00 ซึ่งหมายถึง ผู้เข้ารับการฝึกอบรมประเมินชุดการฝึกอบรม ในระดับความคิดเห็นที่เห็นด้วยมาก กับระยะเวลา การจัดการฝึกอบรม

9. มีความมั่นใจในความรู้ที่ได้รับว่าสามารถนำไปใช้งานได้จริง มีระดับความคิดเห็นเฉลี่ย 4.60 ซึ่งหมายถึง ผู้เข้ารับการฝึกอบรมประเมินชุดการฝึกอบรมในระดับความคิดเห็นที่เห็นด้วย มากที่สุด กับความรู้ที่ได้รับว่าสามารถนำไปใช้ในงานได้จริง

10. ค่าเฉลี่ยรวมของการฝึกอบรมทั้งหมด มีระดับความคิดเห็นเฉลี่ย 4.51 ซึ่งหมายถึง ผู้เข้ารับการฝึกอบรมประเมินการฝึกอบรม ในระดับความคิดเห็นที่เห็นด้วยมากที่สุด กับชุด การฝึกอบรมที่จัดทำขึ้น

ผลการประเมินจากความคิดเห็นของผู้เข้ารับการฝึกอบรม เมื่อผ่านการฝึกอบรมด้วยชุด ฝึกอบรมที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีความเห็นในทางบวกอยู่ในเกณฑ์เห็นด้วยมากที่สุด แสดงว่าผู้เข้ารับการ ฝึกอบรมยอมรับ และพึงพอใจในการฝึกอบรมด้วยชุดฝึกอบรมที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้น โดยเฉพาะ ด้านสื่อ เนื้อหา และความมั่นใจในความรู้ที่ได้รับว่าสามารถนำไปใช้ในงานได้จริง (รายละเอียด แสดงในภาคผนวก ข)

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างและทดสอบประสิทธิภาพชุดฝึกอบรมเรื่อง การปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ สำหรับใช้ฝึกอบรมช่างเทคนิคที่ปฏิบัติงานในส่วนของการติดตั้ง และซ่อมบำรุงระบบไฟฟ้าในสถานประกอบการ

กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้ได้แก่ ช่างเทคนิคที่ปฏิบัติงานในส่วนของการติดตั้งและซ่อมบำรุงระบบไฟฟ้าในสถานประกอบการในเขตนิคมอุตสาหกรรมบางกะดี โดยทำการเลือกสุ่มแบบเจาะจง (Purposive Samplings) จำนวน 20 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยที่ผู้วิจัยได้จัดสร้างขึ้นคือ ชุดฝึกอบรมเรื่อง การปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ ซึ่งประกอบด้วย คู่มือวิทยากร ได้แก่ แผนการฝึกอบรม ใบวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ใบเนื้อหา แบบทดสอบหลังการฝึกอบรมแต่ละหัวข้อพร้อมเฉลย แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการฝึกอบรมพร้อมเฉลยเอกสารสำหรับผู้เข้ารับการฝึกอบรม ได้แก่ ใบวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ใบเนื้อหา แบบทดสอบหลังการฝึกแต่ละหัวข้อ และสื่อการฝึกอบรม ได้แก่ สื่อนำเสนอด้วยคอมพิวเตอร์ (Presentation) และชุดสาริตการปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์

วิธีการดำเนินการวิจัย ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลองใช้เครื่องมือวิจัยที่สร้างขึ้น กับช่างเทคนิคที่ปฏิบัติงานในส่วนของการติดตั้ง และซ่อมบำรุงระบบไฟฟ้าในสถานประกอบการในเขตนิคมอุตสาหกรรมบางกะดี จำนวน 20 คน เข้ารับการฝึกอบรมในระหว่างวันที่ 29-30 กันยายน 2549 รวมทั้งสิ้น 2 วัน โดยก่อนเริ่มการฝึกอบรมให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมทดสอบความรู้ (Pretest) หลังจากทำการฝึกอบรมในแต่ละหัวข้อเสร็จ ให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมทำแบบทดสอบสำหรับหัวข้อนั้นๆ และเมื่อจบการฝึกอบรมแล้ว ให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ของการฝึกอบรม (Posttest) อีกครั้งหนึ่ง หลังจากนั้นนำคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบหลังการฝึกอบรมแต่ละหัวข้อและแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ ของการฝึกอบรมมาคำนวณหาประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรม และทดสอบหาความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของคะแนนที่ได้จากการทดสอบก่อนฝึกอบรมและหลังการฝึกอบรมด้วยวิธีการทางสถิติ T-Test

ผลการวิจัยที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลปรากฏว่า

1. ชุดฝึกอบรมเรื่อง การปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์มีประสิทธิภาพ 84.14/82.60 ซึ่งถือว่าประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 ที่กำหนดไว้ในสมมติฐานการวิจัย
2. ผลการทดสอบหาความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบก่อนการฝึกอบรมและหลังฝึกอบรม มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ .01 โดยคะแนนเฉลี่ยหลังฝึกอบรมสูงกว่าก่อนฝึกอบรม แสดงว่าการฝึกอบรมด้วยชุดฝึกอบรมนี้ทำให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมมีความรู้สูงขึ้น

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าชุดการฝึกอบรม เรื่อง การปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นเป็นไปตามสมมติฐานของการวิจัย โดยค่าประสิทธิภาพตัวแรกที่ได้จากคะแนนการทำแบบทดสอบหลังการฝึกอบรมแต่ละหัวข้อ มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 84.14 และค่าประสิทธิภาพตัวหลัง ซึ่งเป็นคะแนนจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการฝึกอบรม มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 82.60 ซึ่งสอดคล้องกับการกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพของชุดการสอนที่นิยามตั้งไว้ไม่ต่ำกว่า 80/80 (ซูเกียรติ, 2535 : 12-17) ซึ่งจะเห็นว่าประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรมที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีเกณฑ์ที่สูงกว่า ดังนั้นประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรมที่ได้จากการวิจัยในครั้งนี้ จึงถือว่าเป็นค่าที่ยอมรับได้

จากการสังเกตของผู้วิจัยพบว่า การที่ค่าประสิทธิภาพตัวแรกที่ได้จากคะแนนการทำแบบทดสอบหลังการฝึกอบรมแต่ละหัวข้อของผู้เข้ารับการฝึกอบรม ในระหว่างการฝึกอบรมสูงกว่าเกณฑ์ตัวแรกที่กำหนดไว้นั้นอาจเป็นเพราะว่า

1. เรื่องที่นำมาใช้ในการฝึกอบรมเป็นเรื่องที่ผู้อบรมต้องนำไปใช้งานจริง ซึ่งผู้วิจัยได้หัวข้อเรื่องมาจากการสัมภาษณ์และใช้แบบสอบถาม จึงทำให้ได้ข้อมูลที่ตรงกับความต้องการของผู้เข้ารับการฝึกอบรม จึงมีความตั้งใจและมีความพอใจกับสภาพในการฝึกอบรม มีผลทำให้ได้รับความรู้เพิ่มมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ วิจิตร (2537: 65) ที่ได้กล่าวถึงวิธีการหาข้อมูลความต้องการฝึกอบรมเพื่อนำมาวิเคราะห์ในการสร้างหลักสูตรฝึกอบรมว่าอาจใช้ การสังเกต การสัมภาษณ์ การใช้แบบสอบถาม การสำรวจ การทดสอบ และการศึกษาจากเอกสารรายงานหรือการบันทึกก็ได้

2. ในการสร้างชุดฝึกอบรม ผู้วิจัยได้นำหลักเกณฑ์ในการเลือกสื่อมาใช้ในการจัดทำสื่อให้น่าสนใจ โดยจัดทำเป็นรูปภาพ และมีใบเนื้อหาที่ชัดเจน อ่านเข้าใจง่าย สีสันเด่นชัด มองเห็นชัดเจน จึงช่วยทำให้ผู้เข้ารับการอบรมเข้าใจเนื้อหาได้ดี ซึ่งสอดคล้องกับ สุชาติ (2526 : 51) ที่กล่าวถึงหลักเกณฑ์ในการเลือกสื่อประกอบการฝึกอบรมไว้ว่า ควรมีความเหมาะสมกับวัตถุประสงค์เหมาะสมกับระดับการแสดงออกของผู้เรียน และเหมาะสมกับเนื้อหาความรู้

3. เทคนิคที่ใช้ในการฝึกอบรม ผู้ฝึกอบรมได้ใช้เทคนิคหลายวิธี เช่น บรรยาย สาธิต บทบาทสมมติ สถานการณ์จำลอง จึงทำให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมมีพฤติกรรมที่เปลี่ยนแปลงไป ทำให้เกิดความรู้ ความเข้าใจ จนเกิดการเปลี่ยนแปลง พฤติกรรมที่ค่อนข้างถาวรเป็นไปตามวัตถุประสงค์ ซึ่งสอดคล้องกับ วิจิตร (2537 : 136) ที่ได้กล่าวถึงเทคนิคที่ใช้ในการฝึกอบรมไว้ว่า เทคนิคการสอนแต่ละอย่างย่อมจะเหมาะกับบางวิชา บางกลุ่ม บางระดับอายุ การศึกษาช่วงระยะเวลา ฯลฯ ฉะนั้นผู้สอนจึงต้องเลือกใช้เทคนิคการสอนเพื่อให้เกิดผลมากที่สุดเท่าที่จะทำได้ เทคนิคการฝึกอบรมจึงมีความสำคัญต่อการถ่ายทอดความรู้ของวิทยากร และยังมีผลไปถึงการจูงใจให้เกิดการเรียนรู้ อย่างมีประสิทธิภาพตรงตามวัตถุประสงค์ของการฝึกอบรม

สำหรับประสิทธิภาพตัวหลังที่ได้จากคะแนนการทดสอบ หลังการฝึกอบรมสูงกว่าเกณฑ์น้อยกว่า เมื่อเทียบกับค่าประสิทธิภาพตัวแรกที่ได้นั้น อาจเป็นเพราะว่าการสอบหลังการฝึกอบรมเป็นการสอบเนื้อหาทั้งหมด ซึ่งมีข้อสอบปริมาณที่ค่อนข้างมาก เมื่อเทียบกับการทำแบบทดสอบหลังการฝึกอบรมแต่ละหัวข้อ ข้อสอบมีตัวลวงที่ดี จึงมีผลต่อคะแนนที่ผู้เข้ารับการฝึกอบรมทำได้ ซึ่งในเรื่องนี้ผู้ฝึกอบรมควรจะหาเทคนิค วิธีการ ที่จะใช้ช่วยแก้ไขปัญหานี้ ซึ่งจะส่งผลให้ประสิทธิภาพตัวหลังที่ได้จากคะแนนทดสอบหลังเรียนสูงขึ้นมากขึ้นต่อไป

ส่วนในเรื่องแบบสำรวจความคิดเห็นของผู้เข้ารับการฝึกอบรมที่มีต่อชุดฝึกอบรม พบว่าส่วนใหญ่มีความเห็นด้วยอย่างยิ่ง คือหัวข้อการฝึกอบรมมีความน่าสนใจ สื่อที่ใช้ประกอบช่วยให้เข้าใจและสื่อความหมายได้ดี และเนื้อหามีความเหมาะสม แบบฝึกหัด และใบงาน สถานที่อบรมเหมาะสม ตลอดจนวิทยากรมีความรู้ ทำให้สามารถนำความรู้ที่ได้จากการฝึกอบรมไปพัฒนางานได้ ทั้งนี้เพราะการสร้างชุดฝึกอบรมนั้นได้จัดทำขึ้นอย่างมีขั้นตอน และได้รับคำแนะนำจากอาจารย์ที่ปรึกษาเป็นอย่างดี และผู้เชี่ยวชาญช่วยในการตรวจสอบความถูกต้อง แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขจึงทำให้ได้ชุดฝึกอบรมที่สมบูรณ์ สำหรับใช้ในการฝึกอบรม จึงทำให้ผู้เข้ารับการอบรมแสดงความคิดในทางบวก และส่งผลให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมประสบผล ตามวัตถุประสงค์ในการฝึกอบรมด้วย

5.3 ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาวิจัยเพื่อสร้างและทดสอบประสิทธิภาพชุดฝึกอบรม เรื่อง การปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะในด้านต่างๆ ดังนี้ คือ

5.3.1 ข้อเสนอแนะการนำผลการวิจัยไปใช้

5.3.1.1 วิทยากรที่จะใช้ชุดการฝึกอบรมนี้ ก่อนการฝึกอบรมควรศึกษารายละเอียดของเนื้อหา และข้อแนะนำการใช้งานของสื่อประกอบการอบรม เพื่อใช้เวลาในการฝึกอบรมเป็นไปตามแผนการอบรม และจะทำให้การฝึกอบรมมีประสิทธิภาพสูงขึ้น

5.3.1.2 ควรนำชุดฝึกอบรม เรื่อง การปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ ไปใช้ประกอบการฝึกอบรมเรื่อง การประหยัดพลังงานไฟฟ้า เพื่อให้มีการถ่ายทอดความรู้ และเป็นการสนับสนุนกิจกรรมการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าให้กับสถานประกอบการ หน่วยงาน องค์กร นักเรียน หรือผู้ที่สนใจเพื่อให้เกิดประโยชน์มากยิ่งขึ้น

5.3.2 ข้อเสนอแนะสำหรับผู้จะทำงานวิจัยต่อไป

5.3.2.1 ควรมีการติดตามผล การนำความรู้ ทักษะ ที่ได้รับจากการฝึกอบรมของผู้เข้ารับการฝึกอบรมไปใช้ในงานจริงว่าได้ผลแค่ไหน เพียงใด เป็นการวิจัยเชิงสำรวจ ติดตามประเมินผล เพื่อปรับปรุงงานที่ทำไปแล้ว

5.3.2.2 ควรมีการจัดสร้างชุดฝึกอบรมในเรื่องอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาคุณภาพของระบบไฟฟ้า เพื่อนำไปใช้ในการฝึกอบรม

ภาคผนวก ก

- รายนามผู้เชี่ยวชาญ
- หนังสือแต่งตั้งผู้เชี่ยวชาญ

รายนามผู้เชี่ยวชาญ

ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 1

อาจารย์สมเจตน์ ม่วงเกษม

อาจารย์ประจำแผนกช่างไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยเทคนิคปทุมธานี

ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 2

อาจารย์จรวบ ไกรเพชร

อาจารย์ประจำแผนกช่างไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยเทคนิคปทุมธานี

ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 3

อาจารย์สุชาติ โพธิ์ศรี

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 4

อาจารย์ไชยชาญ หินเกิด

อาจารย์ประจำแผนกช่างไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยเทคนิคลพบุรี

ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 5

นายรุ่ง ถวายนิล

วิศวกร ระดับ 5 บริษัท กฟผ. จำกัด (มหาชน)

ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 6

นายันทพงศ์ ทองอ่อน

วิศวกร ระดับ 4 บริษัท กฟผ. จำกัด (มหาชน)

ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 7

นายสนธยา เจริญกรณ์

วิศวกร ระดับ 4 บริษัท กฟผ. จำกัด (มหาชน)

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

กานดา พูนลาภทวี. สถิติเพื่อการวิจัย. กรุงเทพมหานคร: ฟิสิกส์เซ็นเตอร์, 2539.

กิดานันท์ มลิทอง. เทคโนโลยีการศึกษาร่วมสมัย. กรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2531.

ไกลกังวล ปันนาค. การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดฝึกอบรมเรื่อง ช่างซ่อมบำรุงหลักสูตร การซ่อมบำรุงเครื่องตรวจวัด ความเป็นกรด - ด่าง และอิเล็กทรอนิกส์ในเลือด.

วิทยานิพนธ์ครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาไฟฟ้า ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2546.

เครือวัลย์ ลีมอภิชาติ. หลักและเทคนิคการจัดการฝึกอบรมและพัฒนา. กรุงเทพมหานคร: สยามศิลป์การพิมพ์, 2531.

ชลชัย ธรรมวิวัฒนกุล. การออกแบบและติดตั้งระบบไฟฟ้า. กรุงเทพมหานคร: เอ็มแอนด์อี, 2546.

ชูเกียรติ โพธิ์มัน. ชุดการสอนวิชาช่าง. ลพบุรี: โครงการพัฒนาและฝึกอบรมครูผู้สอนในสังกัด กรมสามัญศึกษา สถาบันราชภัฏเทพสตรี, 2535.

ชูชัย สมितिไกร. การฝึกอบรมบุคลากรในองค์กร. กรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2544.

ไชยยศ เรืองสุวรรณ. เทคโนโลยีการศึกษา. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ไทยวัฒนาพานิชย์, 2526.

ไชยะ แซ่มซ้อย. คู่มือการลดค่าไฟฟ้า. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: เอ็มแอนด์อี, 2544.

ทวีป อภิสิทธิ์. เทคนิคการเป็นวิทยากร และนักฝึกอบรม. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ พับลิคิสนสพรีน, 2536.

ทัศนัย เจริญวิโรจน์. การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดฝึกอบรมเรื่อง ภาระการทำความเย็นของ เครื่องปรับอากาศ. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเครื่องกล ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า พระนครเหนือ, 2544.

ธนบูรณ์ ศศิภานุเดช. การออกแบบระบบไฟฟ้า. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2539.

น้อย สิริโชติ. เทคนิคการฝึกอบรม. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์โอเดียนสโตร์, 2524.

ประสิทธิ์ เจริญวิโรจน์. การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดฝึกอบรมเรื่อง ระบบเกียร์อัตโนมัติ.

วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเครื่องกล ภาควิชาครุศาสตร์
เครื่องกล บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2539.

ประสิทธิ์ ทิพย์พัฒน์. การออกแบบระบบไฟฟ้า. กรุงเทพมหานคร: ทิชีจิ พรินต์ติ้ง, 2545.

ประหยัด จิระวรพงษ์. เทคนิคการฝึกอบรมเทคโนโลยีทางการศึกษา. กรุงเทพมหานคร:
โรงพิมพ์บูรพาศาสตร์, 2529.

รัตนา ศิริพานิช. การวัดและประเมินผลทางการศึกษา. เอกสารประกอบการสอน.
กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 2536.

ล้วน สายยศและ อังคณา สายยศ. เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา. พิมพ์ครั้งที่ 5.
กรุงเทพมหานคร: สุวีริยาสาส์น, 2538.

ลัดดา สุขปรีดี. เทคโนโลยีทางการเรียนการสอน. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์พิมพ์เนศ, 2522.

ลือชัย ทองนิล. การออกแบบและติดตั้งระบบไฟฟ้าตามมาตรฐานของการไฟฟ้าสำหรับบ้าน
ที่อยู่อาศัย อุตสาหกรรม และอาคารชุด. กรุงเทพมหานคร: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี
(ไทย-ญี่ปุ่น), 2540.

วิจิตร อาวะกุล. การฝึกอบรม. กรุงเทพมหานคร: ศูนย์หนังสือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2537.

ศิริชัย สมนึก. การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดฝึกอบรมเรื่อง การหาภาระการทำความเย็นของ
ระบบปรับอากาศสำหรับอาคารสูง. วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาวิชาไฟฟ้า ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยี
พระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2544.

สมคิด บางโม. เทคนิคการฝึกอบรมและการประชุม. กรุงเทพมหานคร: วิทย์พัฒน์, 2544.

สมชาติ กิจยรรยง. สูตรสำเร็จการจัดฝึกอบรม. กรุงเทพมหานคร: เอ็มไอที คอนซัลติ้ง, 2546.

สมปอง มากแจ้ง. สื่อการสอน การออกแบบ การผลิต การใช้. กรุงเทพมหานคร: สถาบัน
เทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2542.

สมพล บุญญสุวรรณโณ. ชุดฝึกอบรมเรื่อง การออกแบบระบบไฟฟ้าภายในอาคารด้วย EIB.

วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาไฟฟ้า ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า
บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2545.

สมหญิง เจริญจิตรกรรม. เทคโนโลยีทางการศึกษาเบื้องต้น. นครปฐม : โรงพิมพ์มหาวิทยาลัย
ศิลปากร, 2529.

สุชาติ ศิริสุขไพบูรณ์. การสอนทักษะภาคปฏิบัติ. กรุงเทพมหานคร: สถาบันเทคโนโลยี
พระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2526.

สุเทพ หงษ์ช้างอยู่. การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดฝึกอบรมเรื่อง การเขียนแบบแผ่นคัลล์
 ท่อระบาย. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรบัณฑิตสาขาสหกรรมมหาวิทยาลัย สาขาวิชาเครื่องกล
 ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
 พระนครเหนือ, 2546.

สุรพันธ์ ดันศรีวงษ์. วิธีการสอน. กรุงเทพมหานคร: สกายบุ๊ก, 2538.

สุรศักดิ์ นานานุกูล. การบริหารบุคคล. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ทวีการพิมพ์, 2529.

สุราษฎร์ พรหมจันทร์. การวัดผลการศึกษา. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์สถาบันเทคโนโลยี
 พระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2530.

เสาวนีย์ จัตุรงค์กฤตยา. การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดฝึกอบรมวิศวกร เรื่อง เทคโนโลยี
 โครงข่ายอุปกรณ์ปลายทาง. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรบัณฑิตสาขาสหกรรมมหาวิทยาลัย
 สาขาวิชาไฟฟ้า ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยี
 พระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2546.

เสาวนีย์ สิกขาบัณฑิต. เทคโนโลยีทางการศึกษา. กรุงเทพมหานคร: สถาบันเทคโนโลยี
 พระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2528.

โอภาส รักษาบุญ. การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดฝึกอบรมเรื่อง การควบคุมระบบอัตโนมัติ
 สำหรับพนักงานการประปาส่วนภูมิภาค. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรบัณฑิตสาขาสหกรรม
 มหาวิทยาลัย สาขาวิชาไฟฟ้า ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยี
 พระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2542.

ภาษาอังกฤษ

Best, John W. **Research in Education**. 4th ed. Englewood Cliffs, New Jersey: Practice Hall
 Inc., 1983.

Gunter G. Seip. **Electric Installation Handbook**. 3rd ed. Chi Chester: John Wiley & Sons.,
 2000.

ภาคผนวก ก

- รายนามผู้เชี่ยวชาญ
- หนังสือแต่งตั้งผู้เชี่ยวชาญ

รายนามผู้เชี่ยวชาญ

ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 1

อาจารย์สมเจตน์ ม่วงเกษม

อาจารย์ประจำแผนกช่างไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยเทคนิคปทุมธานี

ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 2

อาจารย์จรรวย ไกรเพชร

อาจารย์ประจำแผนกช่างไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยเทคนิคปทุมธานี

ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 3

อาจารย์สุชาติ โพธิ์ศรี

คณะกรรมการอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 4

อาจารย์ไชยชาญ หินเกิด

อาจารย์ประจำแผนกช่างไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยเทคนิคคลองปทุม

ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 5

นายรุ่ง ถวายนิล

วิศวกร ระดับ 5 บริษัท กฟผ. จำกัด (มหาชน)

ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 6

นายันทพงษ์ คงอ่อน

วิศวกร ระดับ 4 บริษัท กฟผ. จำกัด (มหาชน)

ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 7

นายสนธิยา เจริญกรณ

วิศวกร ระดับ 4 บริษัท กฟผ. จำกัด (มหาชน)

ที่ ศธ 0525.3(2)/166



ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถ.พิบูลสงคราม บางซื่อ กทม. 10800

13 กันยายน 2549

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญประเมินแบบสอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับชุดฝึกอบรม

เรียน อาจารย์สมเจตน์ ม่วงเกษม

ด้วยนายบุญเย็น อุ่นจิตร นักศึกษาหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดฝึกอบรม เรื่อง การปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ โดยมีคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ คือ ศ.ดร.รัตนา ศิริพานิช เป็นประธานกรรมการ และ อาจารย์ ดร.มานิตย์ สิริชัย กรรมการ

ในการนี้ นักศึกษามีความประสงค์ใคร่จะขอความอนุเคราะห์ท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญประเมินแบบสอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับชุดฝึกอบรม เพื่อประกอบการทำวิทยานิพนธ์เรื่องดังกล่าว ทั้งนี้เพื่อประโยชน์สูงสุดทางการศึกษาต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ด้วย จะเป็นพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(อาจารย์ขจร อินวงษ์)

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
โทร/โทรสาร 0-2587-8255

ที่ สท 0525.3(2)/166



ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถ.เทิบลสงคราม บางซื่อ กทม. 10800

13 กันยายน 2549

เรื่อง ขอลาเป็นผู้เชี่ยวชาญประเมินแบบสอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับชุดฝึกอบรม

เรียน อาจารย์จรรยา ไกรเพชร

ด้วยนายบุญเย็น อุ่นจิตร นักศึกษาหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาไฟฟ้า
ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การสร้างและหา
ประสิทธิภาพชุดฝึกอบรม เรื่อง การปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ โดยมีคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
คือ ศ.ดร.วัฒนา สิริพานิช เป็นประธานกรรมการ และ อาจารย์ ดร.มานิตย์ สิริชัย กรรมการ

ในการนี้ นักศึกษามีความประสงค์ใคร่จะขอความอนุเคราะห์ท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญประเมินแบบสอบถาม
ความคิดเห็นเกี่ยวกับชุดฝึกอบรม เพื่อประกอบการทำวิทยานิพนธ์เรื่องดังกล่าว ทั้งนี้เพื่อประโยชน์สูงสุดทางการศึกษา
ต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา ให้ความอนุเคราะห์ด้วย จะเป็นพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(อาจารย์จอร์ อินวงษ์)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า

ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า

โทร/โทรสาร 0-2587-8255

ที่ ศธ 0525.3(2)/166



ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถ.พิบูลสงคราม บางเขน กทม. 10800

13 กันยายน 2549

เรื่อง ขอลาเป็นผู้เชี่ยวชาญประเมินแบบสอบถามความถนัดเกี่ยวกับชุดฝึกอบรม

เรียน อาจารย์สุชาติ โพธิ์ศรี

ด้วยนายบุญเย็น อุ่นจิตร นักศึกษาหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาไฟฟ้า
ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การสร้างและห
ประสิทธิภาพชุดฝึกอบรม เรื่อง การปรับปรุงค่าเทวนอร์มัลเตอร์ โดยมีคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
คือ ศ.ดร.วัฒนา ศิริพานิช เป็นประธานกรรมการ และอาจารย์ ดร.มานิตย์ สีเงินชัย กรรมการ

ในการนี้ นักศึกษามีความประสงค์ใคร่จะขอความอนุเคราะห์ท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญประเมินแบบสอบถาม
ความคิดเห็นเกี่ยวกับชุดฝึกอบรม เพื่อประกอบการทำวิทยานิพนธ์เรื่องดังกล่าว ทั้งนี้เพื่อประโยชน์สูงสุดทางการศึกษา
ต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ด้วย จะเป็นพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(อาจารย์ขจร อินวong)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า

ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า
โทร/โทรสาร 0-2687-8255

ที่ ศร 0525.3(2)/166



ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถนนสุขุมวิท บางซื่อ กทม. 10800

13 กันยายน 2549

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญประเมินแบบสอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับชุดฝึกอบรม

เรียน อาจารย์ไชยชาญ หินเกิด

ด้วยนายบุญเย็น ชุ่มจิตร นักศึกษาหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาไฟฟ้า
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การสร้างและหา
ประสิทธิภาพชุดฝึกอบรม เรื่อง การปรับปรุงค่าเทวอร์เพ็คเตอร์ โดยมีคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
คือ ศ.ดร.รัตนา ศิริพานิช เป็นประธานกรรมการ และ อาจารย์ ดร.มานิตย์ สาทิชัย กรรมการ

ในการนี้ นักศึกษามีความประสงค์ที่จะขอความอนุเคราะห์ท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญประเมินแบบสอบถาม
ความคิดเห็นเกี่ยวกับชุดฝึกอบรม เพื่อประกอบการทำวิทยานิพนธ์เรื่องดังกล่าว ทั้งนี้ขอประโยชน์สูงสุดทางการศึกษา
ต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ด้วย จะเป็นพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(อาจารย์ขจร อินวong)
หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
โทร/โทรสาร 0-2587-8255

ที่ สท 0525.3(2)/166



ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถ.พิบูลสงคราม บางซื่อ กทม. 10800

13 กันยายน 2549

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญประเมินแบบสอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับชุดฝึกอบรม

เรียน นายรุ่ง ถวายนิล

ด้วยนายบุญเย็น ชุ่มจิตร์ นักศึกษาหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาไฟฟ้า ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดฝึกอบรม เรื่อง การปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ โดยมีคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ คือ ศ.ดร.รัตนา ศิริพานิช เป็นประธานกรรมการ และ อาจารย์ ดร.มานิตย์ สิริพิชัย กรรมการ

ในการนี้ นักศึกษามีความประสงค์ใคร่จะขอความอนุเคราะห์ท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญประเมินแบบสอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับชุดฝึกอบรม เพื่อประกอบการทำวิทยานิพนธ์เรื่องดังกล่าว ทั้งนี้เพื่อประโยชน์สูงสุดทางการศึกษาต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ด้วย จะเป็นพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(อ.เจษฎ์ขจร อีwang)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า

ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า
โทร/โทรสาร 0-2587-8255

ที่ ศษ 0525.3(2)/166



ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถนนพิบูลสงคราม บางซื่อ กทม. 10800

13 กันยายน 2549

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญประเมินแบบสอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับชุดฝึกอบรม

เรียน นายันทพงศ์ คงอ่อน

ด้วยนายบุญเย็น อุ้นจิตร นักศึกษาหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาไฟฟ้า ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดฝึกอบรม เรื่อง การปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ โดยมีคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ คือ ศ.ดร.รัตนา สิริพานิช เป็นประธานกรรมการ และ อาจารย์ ดร.มานิตย์ สีหะชัย กรรมการ

ในการนี้ นักศึกษามีความประสงค์ใคร่จะขอความอนุเคราะห์ท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญประเมินแบบสอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับชุดฝึกอบรม เพื่อประกอบการทำวิทยานิพนธ์เรื่องดังกล่าว ทั้งนี้เพื่อประโยชน์สูงสุดทางการศึกษาต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ด้วย จะเป็นพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(อาจารย์ขจร อินางห์)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า

ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า

โทร/โทรสาร 0-2597-9255

ที่ ศธ 0525.3(2)/166



ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถ.พิบูลสงคราม บางซื่อ กทม. 10800

13 กันยายน 2549

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญประเมินแบบสอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับชุดฝึกอบรม

เรียน นายสนธยา เจริญกรรม

ด้วยนายบุญเย็น อุ้นจิตร นักศึกษาหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดฝึกอบรม เรื่อง การปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ โดยมีคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ คือ ศ.ดร.รัตนศิริพานิช เป็นประธานกรรมการ และ อาจารย์ ดร.มนต์ชัย สิทธิชัย กรรมการ

ในการนี้ นักศึกษามีความประสงค์ใคร่จะขอความอนุเคราะห์ท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญประเมินแบบสอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับชุดฝึกอบรม เพื่อประกอบการทำวิทยานิพนธ์เรื่องดังกล่าว ทั้งนี้เพื่อประโยชน์สูงสุดทางการศึกษาต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ด้วย จะเป็นพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(อาจารย์ขจร อินวong)

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
โทร/โทรสาร 0-2587-8255

ภาคผนวก ข

แบบสอบถามและผลการประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ



แบบสอบถามความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ
 ด้านความเหมาะสมของเนื้อหาหัวข้อหลักและหัวข้อย่อย

เพื่อประกอบการวิจัย
 เรื่อง การสร้างและทดสอบประสิทธิภาพชุดฝึกอบรม เรื่อง การปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์

**The Construction and Efficiency Validation of Training Package on the Topic
 of Power Factor Correction**

แบบสอบถามผู้เชี่ยวชาญ
ชุดการฝึกอบรมเรื่อง การปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์

แบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ แบ่งออกเป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 แบบสอบถามข้อมูลเกี่ยวกับสถานภาพและความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

ตอนที่ 2 แบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านความเหมาะสมของเนื้อหาหัวข้อหลักและหัวข้อย่อย ของชุดการฝึกอบรมเรื่อง การปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์

ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะและข้อคิดเห็นเพิ่มเติม

ตอนที่ 1 แบบสอบถามข้อมูลเกี่ยวกับสถานภาพและความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย ☒ ลงใน () หน้าข้อความที่ตรงกับท่าน

1. ปัจจุบันท่านเป็นอาจารย์หรือผู้ปฏิบัติงานเกี่ยวข้องกับการติดตั้งและซ่อมบำรุงระบบไฟฟ้าในเรื่อง การปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ ใช่หรือไม่
 () ใช่ () ไม่ใช่
2. ประสบการณ์ในการสอนหรือปฏิบัติงานเกี่ยวข้องกับการติดตั้งและซ่อมบำรุงระบบไฟฟ้าในเรื่อง การปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์
 () 1-3 ปี () 4-6 ปี
 () 7-10 ปี () 10 ปี ขึ้นไป
3. ท่านสำเร็จการศึกษาในระดับ
 () ต่ำกว่าปริญญาตรี () ปริญญาตรี
 () ปริญญาโท () ปริญญาเอก
4. ท่านคิดว่า การจัดฝึกอบรมช่างเทคนิคที่ปฏิบัติงานเกี่ยวข้องกับการติดตั้งและซ่อมบำรุงระบบไฟฟ้าในสถานประกอบการในเรื่อง การปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ มีความจำเป็นมากน้อยเพียงใด
 () จำเป็นมาก () จำเป็น
 () ไม่จำเป็น
5. ท่านคิดว่า การจัดฝึกอบรมช่างเทคนิคที่ปฏิบัติงานเกี่ยวข้องกับการติดตั้งและซ่อมบำรุงระบบไฟฟ้าในสถานประกอบการ จะช่วยแก้ปัญหาการขาดความรู้ความเข้าใจ และทักษะที่เกี่ยวกับการแก้ปัญหาของคุณภาพระบบไฟฟ้าในเรื่อง การปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ นั้นได้หรือไม่
 () แก้ปัญหาได้ทั้งหมด () แก้ปัญหาได้บางส่วน
 () ไม่สามารถแก้ปัญหาได้
6. ระยะเวลาที่ใช้ในการฝึกอบรมเรื่อง การปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ ที่เหมาะสม คือ
 () ไม่เกิน 8 ชั่วโมง () ไม่เกิน 12 ชั่วโมง
 () ไม่เกิน 16 ชั่วโมง
7. ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม.....

.....

.....

ตอนที่ 2 แบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านความเหมาะสมของเนื้อหาหัวข้อหลัก และหัวข้อย่อย ของชุดการฝึกอบรมเรื่อง การปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่าที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน ตามลำดับความเหมาะสมมากน้อยเพียงช่องเดียวเท่านั้น

5 เหมาะสมมากที่สุด เมื่อท่านเห็นว่าเป็นหัวข้อที่มีความสำคัญ ความจำเป็นและความเหมาะสมที่จะนำมาเป็นหัวข้อในการฝึกอบรม **มากที่สุด** ตามความรู้ความคิดเห็นของท่าน

4 เหมาะสมมาก เมื่อท่านเห็นว่าเป็นหัวข้อที่มีความสำคัญ ความจำเป็นและความเหมาะสมที่จะนำมาเป็นหัวข้อในการฝึกอบรม **มาก** ตามความรู้ความคิดเห็นของท่าน

3 เหมาะสมปานกลาง เมื่อท่านเห็นว่าเป็นหัวข้อที่มีความสำคัญ ความจำเป็นและความเหมาะสมที่จะนำมาเป็นหัวข้อในการฝึกอบรม **ปานกลาง** ตามความรู้ความคิดเห็นของท่าน

2 เหมาะสมน้อย เมื่อท่านเห็นว่าเป็นหัวข้อที่มีความสำคัญ ความจำเป็นและความเหมาะสมที่จะนำมาเป็นหัวข้อในการฝึกอบรม **น้อย** ตามความรู้ความคิดเห็นของท่าน

1 เหมาะสมน้อยที่สุด เมื่อท่านเห็นว่าเป็นหัวข้อที่ **ไม่มีความสำคัญ ไม่จำเป็น** ที่จะนำมาเป็นหัวข้อในการฝึกอบรม ตามความรู้ความคิดเห็นของท่าน

แบบสอบถามผู้เชี่ยวชาญด้านความเหมาะสมของเนื้อหาหัวข้อหลัก และหัวข้อย่อย

ลำดับ ที่	หัวข้อหลัก / หัวข้อย่อย	ความเหมาะสม				
		5	4	3	2	1
1.	หลักการเบื้องต้นของเพาเวอร์แฟกเตอร์ 1.1 กำลังไฟฟ้า 1.2 ประเภทของโหลดทางไฟฟ้า 1.3 นิยามของเพาเวอร์แฟกเตอร์ 1.4 ผลของค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ในระบบไฟฟ้าค่า 1.5 การหาค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ของการไฟฟ้า					
2.	การปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ของระบบไฟฟ้า 2.1 ค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ในโรงงานอุตสาหกรรม 2.2 การเพิ่มค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ 2.3 การหาค่ากำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟด้วยวิธีการคำนวณ 2.4 การหาค่ากำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟด้วยวิธีใช้ตารางคำนวณสำเร็จ 2.5 การหาค่ากำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟด้วยวิธีใช้โนโมแกรม 2.6 การหาค่ากำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟด้วยวิธีใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ 2.7 ประโยชน์ของการปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์					
3.	ตำแหน่งการติดตั้งคาปาซิเตอร์เพื่อการปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ 3.1 ปรับปรุงที่ตัวอุปกรณ์ (Individual Compensation) 3.2 การปรับปรุงเป็นกลุ่ม (Group Compensation) 3.3 การปรับปรุงรวม (Central Compensation) 3.4 การปรับปรุงแบบผสม (Mixed Compensation) 3.5 การปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่สำคัญ					

แบบสอบถามผู้เชี่ยวชาญด้านความเหมาะสมของเนื้อหาหัวข้อหลัก และหัวข้อย่อย (ต่อ)

ลำดับ ที่	หัวข้อหลัก / หัวข้อย่อย	ความเหมาะสม				
		5	4	3	2	1
4.	ระบบการควบคุมการทำงานของคาปาซิเตอร์ 4.1 การควบคุมคาปาซิเตอร์ที่ติดตั้งถาวร (Fixed) 4.2 การควบคุมคาปาซิเตอร์แบบอัตโนมัติ (Automatic Capacitor Bank)					
5.	ขนาดและพิกัดของอุปกรณ์ประกอบการติดตั้งคาปาซิเตอร์ 5.1 คาปาซิเตอร์ (Capacitor) 5.2 อุปกรณ์ป้องกัน (Protection) 5.3. อุปกรณ์ตัดต่ออาศัยอำนาจแม่เหล็ก (Magnetic Contactor) 5.4 รีแอกเตอร์ (Reactor) 5.5 ขนาดสายไฟฟ้า (Wire) 5.6 การออกแบบการติดตั้งคาปาซิเตอร์ ในระบบไฟฟ้า					
6.	การตรวจสอบและซ่อมบำรุงรักษา 6.1 การตรวจสอบคาปาซิเตอร์ 6.2 การตรวจสอบสายไฟและการเข้าสายไฟ 6.3 การตรวจสอบแมกเนติก คอนแทกเตอร์ 6.4 การตรวจสอบฟิวส์ป้องกัน 6.5 สรุปปัญหาเนื่องมาจากการติดตั้งคาปาซิเตอร์					

ตอนที่ 3 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ (.....)

(.....)

ผู้ประเมิน

*****ขอขอบพระคุณที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ในการตอบแบบสอบถาม*****

ตารางที่ ข-1 แสดงผลการประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านความเหมาะสมของเนื้อหา
หัวข้อหลัก และหัวข้อย่อยของชุดฝึกอบรม

หัวข้อที่	คะแนนความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญท่านที่							ค่าเฉลี่ย	ความหมาย
	1	2	3	4	5	6	7		
1.1	5	5	5	5	5	5	5	5.00	เหมาะสมมากที่สุด
1.2	5	4	5	5	4	4	4	4.43	เหมาะสมมาก
1.3	5	4	4	5	5	5	5	4.71	เหมาะสมมากที่สุด
1.4	5	5	5	5	5	5	5	5.00	เหมาะสมมากที่สุด
1.5	4	4	4	5	5	4	4	4.29	เหมาะสมมาก
2.1	4	4	4	5	5	5	5	4.57	เหมาะสมมากที่สุด
2.2	5	4	5	4	5	5	5	4.71	เหมาะสมมากที่สุด
2.3	4	4	4	5	5	5	5	4.57	เหมาะสมมากที่สุด
2.4	5	4	5	4	5	5	5	4.71	เหมาะสมมากที่สุด
2.5	4	4	3	4	4	5	4	4.00	เหมาะสมมาก
2.6	4	4	3	4	4	5	4	4.00	เหมาะสมมาก
2.7	5	5	5	5	5	5	5	5.00	เหมาะสมมากที่สุด
3.1	5	4	5	4	5	5	5	4.71	เหมาะสมมากที่สุด
3.2	4	4	4	4	4	5	5	4.29	เหมาะสมมาก
3.3	4	4	4	5	5	5	5	4.57	เหมาะสมมากที่สุด
3.4	4	4	3	4	4	5	4	4.00	เหมาะสมมาก
3.5	5	5	5	5	5	5	5	5.00	เหมาะสมมากที่สุด
4.1	4	4	4	5	5	5	4	4.43	เหมาะสมมาก
4.2	4	4	4	5	5	5	5	4.57	เหมาะสมมากที่สุด
5.1	4	4	5	5	5	4	5	4.57	เหมาะสมมากที่สุด
5.2	4	4	5	5	5	5	5	4.71	เหมาะสมมากที่สุด
5.3	4	3	3	4	5	4	5	4.00	เหมาะสมมาก
5.4	3	4	4	3	5	4	5	4.00	เหมาะสมมาก
5.5	4	3	3	4	5	5	4	4.00	เหมาะสมมาก
5.6	4	5	4	5	5	4	5	4.57	เหมาะสมมากที่สุด

ตารางที่ ข-1 (ต่อ)

หัวข้อที่	คะแนนความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญท่านที่							ค่าเฉลี่ย	ความหมาย
	1	2	3	4	5	6	7		
6.1	4	4	5	5	5	5	5	4.71	เหมาะสมมากที่สุด
6.2	5	4	5	5	4	5	5	4.71	เหมาะสมมากที่สุด
6.3	4	3	4	3	4	5	5	4.00	เหมาะสมมาก
6.4	4	4	4	4	5	4	5	4.29	เหมาะสมมาก
6.5	4	3	4	4	4	5	5	4.14	เหมาะสมมาก
ค่าเฉลี่ยรวมทั้งหมด								4.48	เหมาะสมมาก

การกำหนดเกณฑ์การประเมินผล

โดยผู้วิจัยได้การกำหนดเกณฑ์การประเมินผล เพื่อวิเคราะห์ความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญ ด้านความเหมาะสมของเนื้อหาหัวข้อหลักและหัวข้อย่อยของชุดฝึกอบรม โดยใช้รูปแบบการแปลความหมายความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้วยแบบมาตราส่วนการประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ ซึ่งต้องมีความเหมาะสมเฉลี่ย 2.5 ขึ้นไป หากค่าเฉลี่ยของการประเมินผลต่ำกว่าเกณฑ์จะถูกนำไปปรับปรุงแก้ไขใหม่

เกณฑ์การแปลผลค่าเฉลี่ยความเหมาะสมของเนื้อหาหัวข้อหลักและหัวข้อย่อยของชุดฝึกอบรม ได้กำหนดตามแนวทางของเบสท์ (Best, 1970: 175) ดังนี้

4.50 - 5.00	หมายถึง	เหมาะสมมากที่สุด
3.50 - 4.49	หมายถึง	เหมาะสมมาก
2.50 - 3.49	หมายถึง	เหมาะสมปานกลาง
1.50 - 2.49	หมายถึง	เหมาะสมน้อย
1.00 - 1.49	หมายถึง	เหมาะสมน้อยที่สุด

ผลวิเคราะห์การประเมินความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญ

ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 7 ท่าน มีความคิดเห็นว่า มีความจำเป็นมากในการจัดฝึกอบรม ระยะเวลาในการจัดการฝึกอบรมไม่ควรเกิน 16 ชั่วโมง การจัดการฝึกอบรมสามารถแก้ไขปัญหาคาดความรู้ความเข้าใจ และทักษะที่เกี่ยวกับการแก้ปัญหาของคุณภาพระบบไฟฟ้าในเรื่อง การปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ได้บางส่วน

จากตารางที่ ข-1 จะเห็นได้ว่า การประเมินความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญด้านความเหมาะสมของเนื้อหาหัวข้อหลักและหัวข้อย่อย ของการฝึกอบรมเรื่อง การปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ นั้นสามารถสรุปได้ ดังนี้

1. จำนวนของหัวข้อย่อยทั้งหมดนั้นมี 30 หัวข้อ
2. มีความเหมาะสมของเนื้อหาอยู่ในระดับมาก 13 หัวข้อ และมีความเหมาะสมของเนื้อหาอยู่ในระดับมากที่สุด 17 หัวข้อ
3. มีระดับความคิดเห็นเฉลี่ยรวมของเนื้อหาทั้งหมด 4.48 ซึ่งก็หมายความว่า ขอบเขตของเนื้อหานั้นมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก



แบบสอบถามความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ

ด้านความเที่ยงตรงของเนื้อหา สอดคล้องตรงตามวัตถุประสงค์ของแบบทดสอบ

เพื่อประกอบการวิจัย

เรื่อง การสร้างและทดสอบประสิทธิภาพชุดฝึกอบรม เรื่อง การปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์

**The Construction and Efficiency Validation of Training Package on the Topic
of Power Factor Correction**

แบบสอบถามผู้เชี่ยวชาญ
ชุดการฝึกอบรมเรื่อง การปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์

แบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ แบ่งออกเป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 แบบสอบถามข้อมูลเกี่ยวกับสถานภาพของผู้เชี่ยวชาญ

ตอนที่ 2 แบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านความเที่ยงตรงของเนื้อหา สอดคล้องตรงตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของแบบทดสอบ ที่จะใช้วัดผลการฝึกอบรมเรื่อง การปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์

ตอนที่ 3 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

ตอนที่ 1 แบบสอบถามข้อมูลเกี่ยวกับสถานภาพของผู้เชี่ยวชาญ

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย ☒ ลงใน () หน้าข้อความที่ตรงกับท่าน

6. ปัจจุบันท่านเป็นอาจารย์หรือผู้ปฏิบัติงานเกี่ยวข้องกับการติดตั้งและซ่อมบำรุงระบบไฟฟ้าในเรื่อง การปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ ใช่หรือไม่
 () ใช่ () ไม่ใช่
7. ประสบการณ์ในการสอนหรือปฏิบัติงานเกี่ยวข้องกับการติดตั้งและซ่อมบำรุงระบบไฟฟ้าในเรื่อง การปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์
 () 1-3 ปี () 4-6 ปี
 () 7-10 ปี () 10 ปี ขึ้นไป
8. ท่านสำเร็จการศึกษาในระดับ
 () ต่ำกว่าปริญญาตรี () ปริญญาตรี
 () ปริญญาโท () ปริญญาเอก

ตอนที่ 2 แบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านความเที่ยงตรงของเนื้อหา สอดคล้องตรงตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของแบบทดสอบ ที่จะใช้วัดผลการฝึกอบรม เรื่อง การปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย ☒ ลงในช่องว่างที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน ตามลำดับความเหมาะสมมากน้อยเพียงช่องเดียวเท่านั้น

+1 เห็นด้วย เมื่อท่านเห็นว่าเป็นข้อสอบที่มีความเที่ยงตรงตามวัตถุประสงค์ สามารถที่จะนำมาเป็นข้อทดสอบได้ ตามความรู้ความคิดเห็นของท่าน

0 ไม่เห็นด้วย เมื่อท่านเห็นว่าเป็นข้อสอบที่ไม่มีความเที่ยงตรงตามวัตถุประสงค์ ไม่สามารถที่จะนำมาเป็นข้อทดสอบได้ ตามความรู้ความคิดเห็นของท่าน

-1 ควรปรับปรุง เมื่อท่านเห็นว่าเป็นข้อสอบที่มีความเที่ยงตรง มีความสัมพันธ์กับเนื้อหา และวัตถุประสงค์มีความบกพร่องบางจุด หากทำการแก้ไขก็สามารถที่จะนำมาเป็นข้อทดสอบได้ ตามความรู้ความคิดเห็นของท่าน

ชุดฝึกอบรบ เรื่อง การปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ หัวข้อที่ 1 : หลักการเบื้องต้นของเพาเวอร์แฟคเตอร์			
วัตถุประสงค์การฝึกอบรม / ข้อสอบ	ความคิดเห็น		
	+1	0	-1
คำสั่ง ทำเครื่องหมายกากบาททับหน้าข้อที่ถูกที่สุดเพียงข้อเดียว ลงใน กระดาษคำตอบ วัตถุประสงค์การฝึกอบรม 1.1 บอกความหมายของค่ากำลังไฟฟ้าชนิดต่าง ๆ ในระบบไฟฟ้าได้			
1. กำลังไฟฟ้าในระบบไฟฟ้า สามารถแบ่งออกได้กี่ชนิด อะไรบ้าง ก. 3 ชนิด คือ กำลังไฟฟ้าจริง กำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟ กำลังไฟฟ้าปรากฏ ข. 3 ชนิด คือ กำลังไฟฟ้าจริง กำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟ กำลังไฟฟ้าข้อย ค. 2 ชนิด คือ กำลังไฟฟ้าจริง กำลังไฟฟ้าแม่เหล็ก ง. 1 ชนิด คือ กำลังไฟฟ้าจริง			
2. กำลังไฟฟ้าจริง (Active Power) มีความหมายตรงกับข้อใดต่อไปนี้ ก. กำลังไฟฟ้าที่ถูกเปลี่ยนให้เป็นพลังงานรูปอื่นชั่วคราว ข. กำลังไฟฟ้าที่ถูกเก็บรักษาไว้ในตัวอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ ค. กำลังไฟฟ้าที่ถูกเปลี่ยนให้เป็นกำลังงานรูปต่าง ๆ ที่โหลด ง. กำลังไฟฟ้าที่ถูกเปลี่ยนให้เป็นกำลังงานเพื่อจ่ายให้กับโหลดตัวอื่น			
3. ข้อใดกล่าวถูกต้องมากที่สุดเกี่ยวกับค่ากำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟ (Reactive Power) ก. กำลังไฟฟ้าที่ใช้งานจริง ข. กำลังไฟฟ้าที่ใช้สำหรับการสร้างสนามแม่เหล็ก ค. กำลังไฟฟ้าที่ถูกเปลี่ยนให้เป็นกำลังงานความร้อน ง. กำลังไฟฟ้าที่สะสมในรูปของพลังงานจล			

วัตถุประสงค์การฝึกอบรม / ข้อสอบ	ความคิดเห็น		
	+1	0	-1
4. กำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟ (Reactive Power) จะเกิดขึ้นกับโหลดทางไฟฟ้าชนิดใด ก. โหลดไฟฟ้าชนิดหลอดไส้ ข. ขดลวดความต้านทาน ค. เคารีดไฟฟ้า ง. ตัวเหนี่ยวนำ และตัวเก็บประจุ			
วัตถุประสงค์การฝึกอบรม 1.2 บอกชนิดของโหลดในระบบไฟฟ้าได้			
5. โหลดทางไฟฟ้า สามารถแบ่งออกได้กี่ชนิด ก. 2 ชนิด ข. 3 ชนิด ค. 4 ชนิด ง. 5 ชนิด			
6. อุปกรณ์ไฟฟ้าในข้อใดต่อไปนี้ จัดอยู่ในโหลดชนิดเหนี่ยวนำ ก. ขดลวดความร้อน ข. คาปาซิเตอร์ ค. มอเตอร์ชนิดเหนี่ยวนำ ง. หลอดไฟฟ้าชนิดไส้			
7. ข้อใดต่อไปนี้ จัดอยู่ในโหลดทางไฟฟ้าชนิดความจุไฟฟ้า ก. เคาหอลอมโลหะ ข. ชิงโครนัสมอเตอร์ ค. มอเตอร์คอมเพรสเซอร์ ง. เคาอบไฟฟ้า			
วัตถุประสงค์การฝึกอบรม 1.3 อธิบายผลของกำลังไฟฟ้าในวงจรที่ประกอบด้วยโหลดชนิดความต้านทานได้			
8. ข้อใดแสดงถึงคุณลักษณะของวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ เมื่อมีภาระเป็นตัวต้านทาน ก. กระแส (I) และแรงดัน (V) ร่วมเฟสกัน ข. กระแส (I) ล้าหลังแรงดัน (V) เป็นมุม θ ค. กระแส (I) นำหน้าแรงดัน (V) เป็นมุม θ ง. กระแส (I) และแรงดัน (V) ต่างเฟสกันเป็นมุม $-\theta$			

วัตถุประสงค์การฝึกอบรม / ข้อสอบ	ความคิดเห็น		
	+1	0	-1
26. ข้อเสียของการปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ของระบบไฟฟ้าด้วยมอเตอร์ชนิดซิงโครนัสคือ ข้อใด ก. มีอายุการใช้งานที่ยาวนานโดยไม่ต้องบำรุงรักษา ข. มีอุปกรณ์ประกอบน้อย ค. มีผลต่อการใช้งานต่ออุปกรณ์ไฟฟ้าชนิดอื่น ง. มีต้นทุนในการติดตั้งสูง			
<u>วัตถุประสงค์การฝึกอบรม 2.3 เปรียบเทียบผลของกระแสก่อนและหลังการปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ในระบบไฟฟ้าได้</u>			
27. ข้อใดต่อไปนี้ถูกต้อง เมื่อค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ของระบบเป็นแบบล่าหลัง (lagging) ก. ระบบจ่ายค่ากระแสให้โหลดลดลง ข. ระบบต้องจ่ายค่าแรงดันให้โหลดเพิ่มขึ้น ค. ระบบจ่ายค่ากระแสให้โหลดเท่าเดิม ง. ระบบต้องจ่ายค่ากระแสให้โหลดมากขึ้น			
28. ข้อใดแสดงถึงผลของวงจร เมื่อมีการปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ให้มีความสูงขึ้น ก. ค่าของกระแสไฟฟ้าของระบบมีค่าสูงขึ้นตามด้วย ข. ค่าของแรงดันไฟฟ้าของระบบมีค่าสูงขึ้นตามด้วย ค. ค่าของกระแสไฟฟ้าของระบบมีค่าลดลง ง. ค่าความถี่ของระบบมีค่าสูงขึ้น			

วัตถุประสงค์การฝึกอบรม / ข้อสอบ	ความคิดเห็น		
	+1	0	-1
29. ข้อใดกล่าวถูกต้องที่สุดเกี่ยวกับผลที่ได้หลังทำการปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ให้มีค่าสูงขึ้น ก. โหลดยังคงได้รับกำลังไฟฟ้าจริงและกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟเหมือนเดิม ข. ค่าของแรงดันไฟฟ้าของระบบมีค่าสูงขึ้นตามด้วย ค. ค่าความถี่ของระบบมีค่าสูงขึ้น ง. ค่ากระแสไฟฟ้าของระบบมีค่าสูงขึ้น			
<u>วัตถุประสงค์การฝึกอบรม 2.4 อธิบายผลของระบบไฟฟ้า เมื่อติดตั้งคาปาซิเตอร์มากเกินไปได้</u>			
30. ข้อใดแสดงถึงผลที่เกิดขึ้นกับระบบไฟฟ้า เมื่อติดตั้งคาปาซิเตอร์เข้าในระบบมากเกินไป ก. ค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์หลังปรับปรุงมีค่าสูง ข. ค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์จะเริ่มต่ำลงอีก ค. ระบบไฟฟ้ากลับมารับภาระมากขึ้น ง. ระบบไฟฟ้าจะจ่ายโหลดได้เพิ่มสูงขึ้น			
31. เมื่อติดตั้งคาปาซิเตอร์เข้าในระบบมากเกินไป จะส่งผลต่อค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ของระบบไฟฟ้าอย่างไร ก. ค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์หลังปรับปรุงมีค่าสูงมากยิ่งขึ้น ข. ค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์จะเริ่มต่ำลงอีก ค. ค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ของระบบจะเป็นแบบนำหน้า (Leading) ง. ค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ของระบบจะเป็นแบบล้าหลัง (Lagging)			
<u>วัตถุประสงค์การฝึกอบรม 2.5 คำนวณหาค่ากำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟ เพื่อการปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ในระบบไฟฟ้าได้</u>			

วัตถุประสงค์การฝึกอบรม / ข้อสอบ	ความคิดเห็น		
	+1	0	-1
37. เมื่อค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์สูงขึ้น ส่งผลต่อหม้อแปลงไฟฟ้าอย่างไร ก. ลดการสูญเสียในขดลวดของหม้อแปลง ข. เพิ่มอายุการใช้งานของหม้อแปลงไฟฟ้า ค. สามารถระบายความร้อนของตัวหม้อแปลงไฟฟ้าได้ดี ง. ยืดอายุอุปกรณ์ป้องกันภายในหม้อแปลงไฟฟ้า			
38. ผู้ใช้ไฟฟ้าจะได้รับผลดีอย่างไร เมื่อค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ของระบบไฟฟ้าสูงขึ้น ก. แรงดันไฟฟ้ามีค่าสูงขึ้น ข. มีพลังงานสำรองเพิ่มขึ้น ค. ประหยัดค่าไฟฟ้า ง. สามารถใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าประเภทขดลวดความร้อนได้มากขึ้น			

ชุดฝึกอบรม เรื่อง การปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ หัวข้อที่ 3 : ตำแหน่งการติดตั้งคาปาซิเตอร์เพื่อการปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์			
วัตถุประสงค์การฝึกอบรม / ข้อสอบ	ความคิดเห็น		
	+1	0	-1
คำสั่ง ทำเครื่องหมายกากบาททับหน้าข้อที่ถูกที่สุดเพียงข้อเดียว ลงใน กระดาษคำตอบ วัตถุประสงค์การฝึกอบรม 3.1 อธิบายลักษณะการติดตั้งคาปาซิเตอร์ที่ตัวอุปกรณ์ได้ 39. ข้อใดแสดงถึงลักษณะการติดตั้งคาปาซิเตอร์ที่ตัวอุปกรณ์ ก. จะติดตั้งคาปาซิเตอร์ก่อนหม้อแปลงไฟฟ้า ข. ต่อคาปาซิเตอร์เข้ากับอุปกรณ์นั้น ทำให้อุปกรณ์นั้นมีประสิทธิภาพสูง ค. ต่อคาปาซิเตอร์ขนาดใหญ่เพียงตัวเดียวเข้าไปพร้อมกับกลุ่มโหลด ง. ใช้คาปาซิเตอร์หลายๆ ตัวต่อเข้ากับแผงสวิตช์จ่ายไฟใหญ่ 40. กรณีที่อุปกรณ์ไฟฟ้ามีความต้องการกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟค่อนข้างสูง ซึ่งมีขนาดคงที่ และมีชั่วโมงการทำงานสูงๆ ควรออกแบบการติดตั้งคาปาซิเตอร์แบบใดเหมาะสมที่สุด ก. ติดตั้งคาปาซิเตอร์แบบเป็นกลุ่ม ข. ติดตั้งคาปาซิเตอร์แบบรวม ค. ติดตั้งคาปาซิเตอร์ที่ตัวอุปกรณ์ ง. ติดตั้งคาปาซิเตอร์แบบผสม			
วัตถุประสงค์การฝึกอบรม 3.2 บอกข้อดีและข้อเสียของการติดตั้งคาปาซิเตอร์ที่ตัวอุปกรณ์ได้			

วัตถุประสงค์การฝึกอบรม / ข้อสอบ	ความคิดเห็น		
	+1	0	-1
41. การติดตั้งคาปาซิเตอร์ที่ตัวอุปกรณ์ มีข้อดีอย่างไร ก. ทำให้แรงดันไฟฟ้าตกได้ ข. เหมาะสำหรับโรงงานใหญ่ๆ ค. ทำให้ค่าความถี่ที่อุปกรณ์เพิ่มขึ้นได้ ง. สามารถลดแรงดันไฟฟ้าตกที่อุปกรณ์ได้			
42. ข้อใดเป็นข้อเสียของการติดตั้งคาปาซิเตอร์ที่ตัวอุปกรณ์ ก. ต้องใช้คาปาซิเตอร์ขนาดเล็กจำนวนมาก เสียค่าใช้จ่ายในการติดตั้งสูง ข. ไม่ได้ลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียในวงจรย่อยของโหลดแต่ละตัว ค. ไม่ได้ลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียในวงจรย่อย และวงจรสายป้อน ง. คาปาซิเตอร์จะถูกใช้งานตลอดเวลาทั้งที่อุปกรณ์ทำงานและหยุดทำงาน			
<u>วัตถุประสงค์การฝึกอบรม 3.3 อธิบายลักษณะการติดตั้งคาปาซิเตอร์แบบเป็นกลุ่มได้</u>			
43. ข้อใดแสดงถึงลักษณะการติดตั้งคาปาซิเตอร์แบบเป็นกลุ่ม ก. จะติดตั้งคาปาซิเตอร์ก่อนหม้อแปลงไฟฟ้า ข. ต่อคาปาซิเตอร์เข้ากับอุปกรณ์นั้น ทำให้อุปกรณ์นั้นมีประสิทธิภาพสูง ค. ต่อคาปาซิเตอร์ขนาดใหญ่เพียงตัวเดียวเข้าไปพร้อมกับกลุ่มโหลด ง. ใช้คาปาซิเตอร์หลายๆ ตัวต่อเข้ากับแผงสวิทช์จ่ายไฟใหญ่			

วัตถุประสงค์การฝึกอบรม / ข้อสอบ	ความคิดเห็น		
	+1	0	-1
44. กลุ่มของมอเตอร์ขนาดเล็ก ที่ทำงานพร้อมกันหลายตัว ควรทำการติดตั้ง คาปาซิเตอร์แบบใดจึงเหมาะสมที่สุด ก. ติดตั้งคาปาซิเตอร์แบบเป็นกลุ่ม ข. ติดตั้งคาปาซิเตอร์แบบรวม ค. ติดตั้งคาปาซิเตอร์ที่ตัวอุปกรณ์ ง. ติดตั้งคาปาซิเตอร์แบบผสม			
<u>วัตถุประสงค์การฝึกอบรม 3.4</u> บอกข้อดีและข้อเสียของการติดตั้ง คาปาซิเตอร์แบบเป็นกลุ่มได้			
45. ข้อใดเป็นข้อดีของการติดตั้งคาปาซิเตอร์แบบเป็นกลุ่ม ก. แรงดันไฟฟ้าตกที่อุปกรณ์ตัวนั้นลดลง ข. ลดกำลังไฟฟ้าที่สูญเสียในสายไฟฟ้าของอุปกรณ์ตัวนั้น ค. สามารถใช้คาปาซิเตอร์ได้เต็มที่ตามความต้องการของโหลด ง. ค่าใช้จ่ายของคาปาซิเตอร์และการติดตั้งจะลดลงเนื่องจากใช้ คาปาซิเตอร์ขนาดใหญ่			
46. ข้อใดเป็นข้อเสียของการติดตั้งคาปาซิเตอร์แบบเป็นกลุ่ม ก. ต้องใช้คาปาซิเตอร์ขนาดเล็กจำนวนมาก เสียค่าใช้จ่ายในการ ติดตั้งสูง ข. ไม่ได้ลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียในวงจรย่อยของโหลดแต่ละตัว ค. ไม่ได้ลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียในวงจรย่อย และวงจรสายป้อน ง. คาปาซิเตอร์จะถูกใช้งานตลอดเวลาทั้งที่อุปกรณ์ทำงานและหยุด ทำงาน			
<u>วัตถุประสงค์การฝึกอบรม 3.5</u> อธิบายลักษณะการติดตั้งคาปาซิเตอร์แบบ รวมได้			

วัตถุประสงค์การฝึกอบรม / ข้อสอบ	ความคิดเห็น		
	+1	0	-1
47. ข้อใดแสดงถึงลักษณะการติดตั้งคาปาซิเตอร์แบบรวม ก. จะติดตั้งคาปาซิเตอร์ก่อนหม้อแปลงไฟฟ้า ข. ต่อคาปาซิเตอร์เข้ากับอุปกรณ์ทุกตัวในระบบ ค. ต่อคาปาซิเตอร์ขนาดใหญ่เพียงตัวเดียวเข้าไปพร้อมกับกลุ่มโหลด ง. ใช้คาปาซิเตอร์หลายๆ ตัวต่อเข้ากับแผงสวิตช์จ่ายไฟใหญ่ และควบคุมแบบใช้มือกดหรือแบบอัตโนมัติ			
48. ข้อใดกล่าวถูกต้องมากที่สุดเกี่ยวกับการติดตั้งคาปาซิเตอร์แบบรวม ก. การติดตั้งคาปาซิเตอร์แบบรวมเป็นการทำให้แรงดันไฟฟ้าที่อุปกรณ์ตกได้ ข. การติดตั้งคาปาซิเตอร์แบบรวม เหมาะสำหรับโรงงานขนาดใหญ่ที่มีโหลดจำนวนมากและทำงานไม่พร้อมกัน ค. การติดตั้งคาปาซิเตอร์แบบรวม เป็นการทำให้ค่าความถี่ที่อุปกรณ์เพิ่มขึ้นได้ ง. การติดตั้งคาปาซิเตอร์แบบรวม สามารถลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียและแรงดันตกในสายป้อนได้			
<u>วัตถุประสงค์การฝึกอบรม 3.6 บอกข้อดีและข้อเสียของการติดตั้งคาปาซิเตอร์แบบรวมได้</u>			
49. ข้อใดเป็นข้อดีของการติดตั้งคาปาซิเตอร์แบบรวม ก. สามารถใช้คาปาซิเตอร์ได้เต็มที่ตามความต้องการของโหลด ข. ลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียในวงจรย่อยของโหลดแต่ละตัว ค. ลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียในวงจรสายป้อน ง. คาปาซิเตอร์จะถูกใช้งานตลอดเวลาที่อุปกรณ์ทำงานและหยุดทำงาน			

วัตถุประสงค์การฝึกอบรม / ข้อสอบ	ความคิดเห็น		
	+1	0	-1
50. ข้อใดเป็นข้อเสียของการติดตั้งคาปาซิเตอร์แบบรวม ก. ต้องใช้คาปาซิเตอร์ขนาดเล็กจำนวนมาก เสียค่าใช้จ่ายในการติดตั้งสูง ข. ไม่สามารถลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียในวงจรย่อยของโหลดแต่ละตัว ค. ไม่สามารถลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียในวงจรย่อย และวงจรสายป้อน ง. คาปาซิเตอร์จะถูกใช้งานตลอดเวลาทั้งที่อุปกรณ์ทำงานและหยุดทำงาน <u>วัตถุประสงค์การฝึกอบรม 3.7 คำนวณหาขนาดคาปาซิเตอร์ในการปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่สำคัญได้</u> 51. ข้อใดกล่าวถูกต้องที่สุด ในการติดตั้งคาปาซิเตอร์เพื่อการปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ ก. ตำแหน่งที่ติดตั้ง คาปาซิเตอร์ควรมีอากาศถ่ายเทได้ดี ข. การใช้งานคาปาซิเตอร์ที่อุณหภูมิใช้งานสูงๆ ตลอดเวลา จะมีประสิทธิภาพสูง ค. การปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ที่เหมาะสมควรติดตั้งคาปาซิเตอร์ขนาดใหญ่ ง. ตำแหน่งที่ติดตั้ง คาปาซิเตอร์ที่เหมาะสมควรติดตั้งคาปาซิเตอร์ในห้องปรับอากาศเท่านั้น 52. ขนาดของตัวคาปาซิเตอร์ที่เหมาะสมที่จะใช้ในการปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ของกลุ่มอุปกรณ์ไฟฟ้าทั่วไป สามารถหาได้จาก ก. $kVAR_C = 0.9 \times \sqrt{3 \times V_L \times I_o \times 10^{-3}}$ ข. $kVAR_C = kW \times (\tan \theta_1 - \tan \theta_2)$ ค. $kVAR_C = kW \times (\sin \theta_1 - \sin \theta_2)$ ง. $VAR_C = P \times (\tan \theta_2 - \tan \theta_1)$			
			

วัตถุประสงค์การฝึกอบรม / ข้อสอบ	ความคิดเห็น		
	+1	0	-1
56. ข้อใดไม่ใช่ผลเสียที่อาจเกิดขึ้น ในการติดตั้งคาปาซิเตอร์เข้ากับหม้อแปลงไฟฟ้า ก. แรงดันไฟฟ้าสูงเกินพิกัด ข. เกิดรีโซแนนซ์ระหว่างคาปาซิเตอร์กับหม้อแปลงขึ้นที่ความถี่ต่ำ ค. แกนเหล็กของหม้อแปลงอาจเกิดการอิ่มตัว ทำให้มีฮาร์โมนิกส์ออกมาสู่ระบบ ง. หม้อแปลงไฟฟ้ามีเสียงคราง และมีอุณหภูมิสูง			
57. การติดตั้งคาปาซิเตอร์เข้ากับหม้อแปลงโดยไม่ให้เกิดปัญหา สามารถทำได้หลายวิธีต่อไปนี้ ยกเว้น ข้อใด ก. เลือกคาปาซิเตอร์ขนาดไม่ใหญ่จนเกินไปคือ $kVARC < 0.1kVATr$ ข. การต่อวงจรควบคุมให้คาปาซิเตอร์ต่อเข้าและปลดออกพร้อมกับโหลด ตัวใหญ่ที่ทำงานนานกว่าโหลดตัวอื่น ค. ใช้การควบคุมคาปาซิเตอร์แบบอัตโนมัติ ซึ่งเป็นวิธีที่ดีที่สุด ง. ถูกทุกข้อ			
58. การติดตั้งคาปาซิเตอร์สำหรับหม้อแปลงไฟฟ้านั้น ข้อใดแสดงถึง การใช้คาปาซิเตอร์ที่มีขนาดเหมาะสมและประหยัดค่าใช้จ่ายมากที่สุด ก. อาจเลือกใช้คาปาซิเตอร์ขนาดเล็กหลาย ๆ ชุดนำมาต่อขนานกัน ข. ขนาดคาปาซิเตอร์ควรมีกระแสไม่เกิน 60% ของกระแสขณะจ่ายโหลดเต็มพิกัด ค. ควรใช้ขนาดไม่เกิน 10% ของขนาดพิกัดหม้อแปลงไฟฟ้า ง. เลือกคาปาซิเตอร์ขนาดที่ใหญ่เพียงชุดเดียว			

วัตถุประสงค์การฝึกอบรม / ข้อสอบ	ความคิดเห็น		
	+1	0	-1
59. การต่อตัวคาปาซิเตอร์เข้ากับระบบไฟฟ้า อาจก่อให้เกิดปัญหาในข้อใด ก. ทำให้เกิดการขยายของกระแสฮาร์โมนิกส์ที่ความถี่ค่าใดค่าหนึ่งได้ ข. ก่อให้เกิดแรง โชนแนซ์ขนานระหว่างตัวคาปาซิเตอร์กับรีแอคแตนซ์ของระบบ ค. จะก่อให้เกิดผลเสียต่ออุปกรณ์ไฟฟ้าและระบบไฟฟ้าได้ ง. ถูกทุกข้อ			
60. ข้อใดเป็นข้อควรระวังในการติดตั้งคาปาซิเตอร์ให้กับมอเตอร์เพื่อปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ ก. อาจเกิดแรงดันเกินจากการเริ่มเดินมอเตอร์แบบสตาร์ท-เคลด้า ข. ขนาดคาปาซิเตอร์ที่มีกระแสไม่เกิน 90% ของกระแสมอเตอร์ขณะเดินตัวเปล่า ค. ต้องต่อคาปาซิเตอร์ก่อนการเริ่มเดินมอเตอร์เสมอ ง. ถูกทั้งข้อ ก และ ข			
61. การติดตั้งคาปาซิเตอร์ขนาดใหญ่เกินไปให้กับมอเตอร์สำหรับปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์นั้น จะส่งผลอย่างไรต่อวงจร ก. มอเตอร์ไม่สามารถเดินเครื่องใหม่อีกครั้งหลังหยุดทำงาน ข. เกิดแรงดันเกินเพราะเกิดการกระตุ้นตัวเองเกิน (<i>Over Self Excitation</i>) ค. ทำให้มีการคายประจุและอัดประจุใหม่ทันทีในช่วงเวลาสั้น ๆ ง. มอเตอร์ไม่สามารถหยุดทำงานได้			

วัตถุประสงค์การฝึกอบรม / ข้อสอบ	ความคิดเห็น		
	+1	0	-1
62. ข้อใดเป็นข้อควรระวังในการติดตั้งคาปาซิเตอร์ให้กับเครื่องเชื่อมไฟฟ้า เพื่อปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ ก. ต้องปลดเครื่องเชื่อมออกจากระบบไฟฟ้าเมื่อเลิกใช้งาน ข. ขนาดคาปาซิเตอร์ที่มีกระแสไม่เกิน 90% ของกระแสขณะไม่มีโหลด ค. ขนาดคาปาซิเตอร์ที่ใช้ควรมีขนาด 10% ของขนาดพิกัดเครื่องเชื่อม ง. ต้องใช้งานเครื่องเชื่อมก่อน ต่อคาปาซิเตอร์เข้าวงจรเสมอ			
63. ข้อใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับการติดตั้งคาปาซิเตอร์ให้กับหลอดฟลูออเรสเซนต์ เพื่อปรับปรุงค่า เพาเวอร์แฟกเตอร์ ก. ต้องใช้ตัวคาปาซิเตอร์จำนวนที่มากกว่าจำนวนหลอดเสมอ ข. ขนาดคาปาซิเตอร์ที่ใช้ควรกระแสไม่เกิน 10% ของกระแสทำงานปกติของหลอด ค. การต่อคาปาซิเตอร์สามารถต่อทั้งแบบขนานและแบบอนุกรม ง. คาปาซิเตอร์ทำงานที่แรงดันที่มากกว่าค่าแรงดันของระบบไฟฟ้าเสมอ			

วัตถุประสงค์การฝึกอบรม / ข้อสอบ	ความคิดเห็น		
	+1	0	-1
73. เมื่อค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ต่ำกว่าค่าที่ตั้งไว้ เครื่องควบคุมเพาเวอร์แฟกเตอร์อัตโนมัติจะทำงานอย่างไร ก. เครื่องก็จะสั่งปลดคาปาซิเตอร์เข้าในวงจร ข. เครื่องก็จะสั่งต่อคาปาซิเตอร์เข้าในวงจร ค. เครื่องก็จะสั่งสับ-ปลดคาปาซิเตอร์อยู่ตลอดเวลา ง. เครื่องก็จะสั่งต่อคาปาซิเตอร์ 1 ครั้ง และสั่งปลดคาปาซิเตอร์ทันที			
74. การตั้งค่าระบบการทำงานของเครื่องควบคุมเพาเวอร์แฟกเตอร์อัตโนมัติ ส่วนใหญ่สามารถตั้งค่าแบบใดได้บ้าง ก. แบบแมนนวล (Manual) ข. แบบอัตโนมัติ (Automatic) ค. แบบกึ่งอัตโนมัติ (Semiautomatic) ง. ถูกทั้งข้อ ก และ ข			
<u>วัตถุประสงค์การฝึกอบรม</u> 4.5 อธิบายการตั้งค่าความไวในการทำงานของเครื่องควบคุมเพาเวอร์แฟกเตอร์อัตโนมัติได้			
75. การตั้งค่าความไวของเครื่องควบคุมเพาเวอร์แฟกเตอร์อัตโนมัติมากเกินไป ส่งผลเสียอย่างไรต่อการทำงานของวงจร ก. ตัดต่อคาปาซิเตอร์เข้า-ออกระบบไฟฟ้าบ่อยครั้ง ในช่วงเวลาสั้นๆ ข. เกิดการลัดวงจรของระบบไฟฟ้าได้ ค. อุปกรณ์ป้องกันของวงจรตัดวงจร ง. เกิดแรงดันไฟฟ้าตกในระบบได้			

วัตถุประสงค์การฝึกอบรม / ข้อสอบ	ความคิดเห็น		
	+1	0	-1
76. ข้อใดแสดงถึงลักษณะการเกิดปรากฏการณ์ "HUNTING" ก. ตัดต่อคาปาซิเตอร์เข้า-ออกระบบไฟฟ้าบ่อยครั้ง ในช่วงเวลาสั้นๆ ข. แรงดันไฟฟ้าในตัวคาปาซิเตอร์สะสมสูงเพิ่มขึ้น ค. แรงดันที่ค้างอยู่ในคาปาซิเตอร์ยังคายประจุไม่หมด ง. ถูกทุกข้อ			
77. ข้อใดกล่าวถูกต้อง เกี่ยวกับการป้องกันการเกิดปรากฏการณ์ "HUNTING" ก. การตั้งค่าความไวในการทำงานของเครื่องควบคุมเพาเวอร์แฟกเตอร์อัตโนมัติ ข. การลดขนาดของคาปาซิเตอร์ในแต่ละขั้นลง ค. เพิ่มขนาดพิกัดอุปกรณ์ป้องกันให้สูงขึ้น ง. ถูกทั้งข้อ ก และข้อ ข			
78. การตั้งค่าความไวของเครื่องควบคุมเพาเวอร์แฟกเตอร์อัตโนมัติขึ้นอยู่กับสิ่งใด ก. จำนวนของคาปาซิเตอร์ ข. กำลังไฟฟ้าสูญเสียในวงจร ค. อัตราส่วนของหม้อแปลงกระแส ง. อุปกรณ์ประกอบการทำงาน			
<u>วัตถุประสงค์การฝึกอบรม</u> 4.6 บอกข้อควรระวังของการติดตั้งเครื่องควบคุมเพาเวอร์แฟกเตอร์อัตโนมัติได้			

วัตถุประสงค์การฝึกอบรม / ข้อสอบ	ความคิดเห็น		
	+1	0	-1
79. ข้อใดกล่าวถูกต้องที่สุด ในการติดตั้งเครื่องควบคุมเพาเวอร์แฟกเตอร์อัตโนมัติ ก. ตำแหน่งที่ติดตั้ง ควรมีอากาศถ่ายเทได้ดี ข. จะต้องติดตั้งหม้อแปลงกระแส (CT) ก่อนโหลด ค. จะต้องติดตั้งหม้อแปลงกระแส (CT) หลังโหลด ง. สามารถติดตั้งหม้อแปลงกระแส (CT) ตำแหน่งใดก็ได้			
80. ข้อใดกล่าวผลที่จะเกิดขึ้นกับเครื่องควบคุมเพาเวอร์แฟกเตอร์อัตโนมัติ ถ้าติดตั้งหม้อแปลง กระแส (CT) หลังโหลด ก. เครื่องควบคุมเพาเวอร์แฟกเตอร์อัตโนมัติจะจลจลวนทันที ข. เครื่องควบคุมเพาเวอร์แฟกเตอร์อัตโนมัติจะไม่ทำงาน ค. จะทำให้ค่ากระแสที่หม้อแปลงกระแส (CT) นั้นมีค่าต่ำมาก ง. จะทำให้เครื่องควบคุมเพาเวอร์แฟกเตอร์อัตโนมัติ ทำงานผิดพลาดได้			
81. การติดตั้งเครื่องควบคุมเพาเวอร์แฟกเตอร์อัตโนมัติ นั้น หากต่อขั้วของหม้อแปลงกระแส (CT) สลับขั้วกัน จะส่งผลกระทบต่อวงจรอย่างไร ก. ค่าที่เครื่องควบคุมเพาเวอร์แฟกเตอร์อัตโนมัติวัดได้จะผิดพลาด ข. เครื่องควบคุมเพาเวอร์แฟกเตอร์อัตโนมัติไม่ทำงาน ค. เครื่องควบคุมเพาเวอร์แฟกเตอร์อัตโนมัติจะกลับขั้วเองโดยอัตโนมัติ ง. เครื่องควบคุมเพาเวอร์แฟกเตอร์อัตโนมัติจะเสียหาย			

วัตถุประสงค์การฝึกอบรม / ข้อสอบ	ความคิดเห็น		
	+1	0	-1
<u>วัตถุประสงค์การฝึกอบรม</u> 4.7 อธิบายการตั้งค่าลำดับการทำงานของเครื่องควบคุมเพาเวอร์แฟกเตอร์อัตโนมัติได้ 82. การตั้งค่าลำดับทำงาน (Sequence) ในการตัดต่อคาปาซิเตอร์ของเครื่องควบคุมเพาเวอร์แฟกเตอร์อัตโนมัติ แบ่งออกได้ เป็นกี่ประเภทหลัก อะไรบ้าง ก. 2 ประเภท คือ แบบแมนนวล (Manual) และอัตโนมัติ (Auto) ข. 2 ประเภท คือ แบบวนรอบ (Circular) และแบบเชิงเส้น (Linear) ค. 2 ประเภท คือ แบบไม่เป็นเชิงเส้น (Non-Linear) และแบบเชิงเส้น (Linear) ง. 2 ประเภท คือ แบบโดยตรง (Direct) และแบบทางอ้อม (In-Direct) 83. เครื่องควบคุมเพาเวอร์แฟกเตอร์อัตโนมัติจะเริ่มสั่งงานให้ต่อคาปาซิเตอร์ตำแหน่งที่ 1 ก่อนเสมอ ถ้าค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ยังไม่พอจะสั่งต่อตำแหน่งที่ 2, 3, 4 ไปเรื่อยๆ เป็นการตั้งค่าลำดับทำงานในแบบใด ก. แบบไม่เป็นเชิงเส้น (Non-Linear) ข. แบบแมนนวล (Manual) ค. แบบเชิงเส้น (Linear) ง. แบบอัตโนมัติ (Auto) 84. ชุดควบคุมคาปาซิเตอร์หรือเครื่องควบคุมเพาเวอร์แฟกเตอร์อัตโนมัติ ไม่จำเป็นต้องเริ่มสั่งงานในตำแหน่งที่ 1 เสมอไป อาจเริ่มทำงานจากตำแหน่งที่ 5 ก่อน ถ้าค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ยังไม่พอที่สั่งต่อดำเนินถัดมาคือตำแหน่งที่ 6, 1, 2 ไปเรื่อยๆ จนมีค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์พอดีกับค่าที่ตั้งไว้ เป็นการตั้งค่าลำดับทำงานในแบบใด ก. แบบไม่เป็นเชิงเส้น (Non-Linear) ข. แบบวนรอบ (Circular) ค. แบบเชิงเส้น (Linear) ง. แบบอัตโนมัติ (Auto)			
			
			

วัตถุประสงค์การฝึกอบรม / ข้อสอบ	ความคิดเห็น		
	+1	0	-1
<u>วัตถุประสงค์การฝึกอบรม 4.8 เปรียบเทียบข้อดีของการตั้งค่าเครื่องควบคุมเพาเวอร์แฟกเตอร์อัตโนมัติแบบวนรอบและแบบเชิงเส้นได้</u> 85. ข้อใดแสดงถึงข้อดีของการตั้งค่าลำดับการทำงานแบบวนรอบ (Circular) ของเครื่องควบคุมเพาเวอร์แฟกเตอร์อัตโนมัติ ก. เครื่องจะสั่งปลดคาปาซิเตอร์ตำแหน่งที่เริ่มทำงานก่อน ข. เครื่องจะเริ่มสั่งงานให้ต่อคาปาซิเตอร์ตำแหน่งที่ 1 ก่อนเสมอ ค. เครื่องจะสั่งปลดคาปาซิเตอร์ตำแหน่งสุดท้ายออกก่อนเสมอ ง. ถูกทุกข้อ			
86. การตั้งค่าลำดับการทำงานของเครื่องควบคุมเพาเวอร์แฟกเตอร์อัตโนมัติในแบบเชิงเส้น (Linear) มีข้อดีอย่างไร ก. อายุการใช้งานเฉลี่ยของอุปกรณ์ทุกๆ ตัวสูงขึ้น ข. ช่วยลดเวลาในการตัดต่อคาปาซิเตอร์ ค. อุปกรณ์ทุกๆ ตัวมีความดีในการทำงานเท่ากัน ง. การออกแบบจะประหยัดขนาดอุปกรณ์ตัดต่อคาปาซิเตอร์ในตำแหน่งแรกๆ ลงได้			
87. เพราะเหตุใดการตั้งค่าลำดับการทำงานแบบวนรอบ (Circular) จึงสามารถแก้ปัญหาการเกิดปรากฏการณ์ HUNTING ได้ ก. การใช้งานเฉลี่ยของอุปกรณ์ทุกๆ ตัวเท่ากัน ข. เวลาในการตัดต่อคาปาซิเตอร์สั้นลง ค. คาปาซิเตอร์ตัวที่เพิ่งถูกปลดออกจะไม่สามารถต่อเข้ามาได้ทันที ง. คาปาซิเตอร์ตัวทำงานแล้วจะทำงานซ้ำอีกหนึ่งรอบ			

ชุดฝึกอบรม เรื่อง การปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์

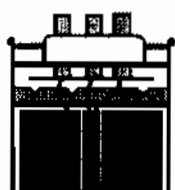
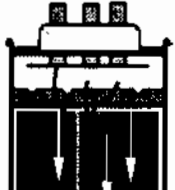
หัวข้อที่ 5 : ขนาดและพิกัดของอุปกรณ์ประกอบการติดตั้งคาปาซิเตอร์

วัตถุประสงค์การฝึกอบรม / ข้อสอบ	ความคิดเห็น		
	+1	0	-1
<u>คำสั่ง</u> ทำเครื่องหมายกากบาททับหน้าข้อที่ถูกที่สุดเพียงข้อเดียว ลงในกระดาษคำตอบ <u>วัตถุประสงค์การฝึกอบรม</u> 5.1 บอกชนิดของคาปาซิเตอร์ที่ใช้สำหรับปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ได้ 88. ข้อใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับคาปาซิเตอร์ ก. คาปาซิเตอร์เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการปรับปรุงเพาเวอร์แฟคเตอร์ที่มีขนาดใหญ่ ข. คาปาซิเตอร์จะแบ่งตามชนิดของแผ่นฉนวนหรือไดอิเล็กตริก (Dielectric) ที่ใช้ ค. ต้องใช้คาปาซิเตอร์ชนิด Metallized Polypropylene Film สำหรับปรับปรุงเพาเวอร์แฟคเตอร์เท่านั้น ง. ถูกทุกข้อ			
89. คาปาซิเตอร์ชนิดใดที่นิยมที่ใช้ในการปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ ก. คาปาซิเตอร์ชนิด Metallized Paper ข. คาปาซิเตอร์ชนิด Metallized Paper and Film ค. คาปาซิเตอร์ชนิด Metallized Polypropylene Film ง. ถูกทุกข้อ			

วัตถุประสงค์การฝึกอบรม / ข้อสอบ	ความคิดเห็น		
	+1	0	-1
90. ข้อใดเป็นคุณลักษณะพิเศษของเนื้อฟิล์ม (Film) ที่เป็นแผ่นไดอิเล็กตริกของคาปาซิเตอร์ ก. มีค่าความนำไฟฟ้าที่สูงมาก ข. ไม่มีความร้อนเกิดภายใน แม้คาปาซิเตอร์ทำงานอยู่ ค. หากเกิดปรากฏการณ์ Self-Heating ขึ้นคาปาซิเตอร์ก็ยังคงสามารถทำงานต่อไปได้ ง. มีน้ำหนักเบาและสามารถยึดตัวได้ดี			
<u>วัตถุประสงค์การฝึกอบรม</u> 5.2 อธิบายลักษณะพิกัดของคาปาซิเตอร์แบบต่าง ๆ ได้			
91. เหตุใดจึงมีความจำเป็นที่ต้องระบุพิกัดแรงดันกำกับไว้ที่เนมเพลทของคาปาซิเตอร์ ก. เป็นการกำหนดระดับความปลอดภัยในการใช้งาน ข. เป็นมาตรฐานสินค้าอุตสาหกรรม ค. เพื่อป้องกันความสับสนเรื่องขนาดและพิกัดแรงดันในการใช้งาน ง. เป็นเกณฑ์ในการกำหนดราคา			
92. ขนาดพิกัดของคาปาซิเตอร์ (kVAR) ที่ใช้ในระบบไฟฟ้า 3 เฟส สามารถหาได้จากสมการในข้อใด ก. $I_c = (kVAR \times 10^3) / \sqrt{3} \times V$ ข. $I_c = (kVAR \times 10^3) / V$ ค. $I_c = (kVAR \times 10^3) / \sqrt{3} \times I^2$ ง. $I_c = kVAR \times \sqrt{3}$			

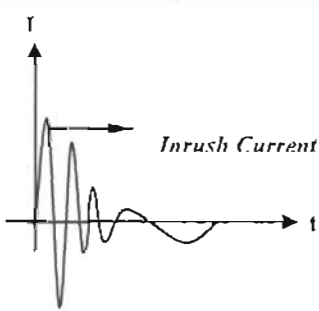
วัตถุประสงค์การฝึกอบรม / ข้อสอบ	ความคิดเห็น		
	+1	0	-1
96. หน่วยงานใดต่อไปมีหน้าที่เป็นผู้ตั้งข้อกำหนดสำหรับคาปาซิเตอร์ที่ใช้สำหรับการปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ ก. ตามมาตรฐานของกรมอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน ข. ตามมาตรฐานของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ค. ตามมาตรฐานของการผลิตหรือผู้รับติดตั้ง ง. ตามมาตรฐานของผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม			
<u>วัตถุประสงค์การฝึกอบรม 5.4 อธิบายลักษณะอุปกรณ์ป้องกันภายในของคาปาซิเตอร์ได้</u>			
97. อุปกรณ์ป้องกันภายในคาปาซิเตอร์ มีความสำคัญอย่างไร ก. ป้องกันฮาร์โมนิกส์ของระบบไฟฟ้า ข. ป้องกันการเกิดการระเบิด ค. ป้องกันค่าความถี่ของระบบไฟฟ้าต่ำลงอย่างรวดเร็วจนทำให้เกิดการลัดวงจรได้ ง. ป้องกันความเสียหายเนื่องจากเกิดเบรกดาวน์ที่ไดโอดเล็กทริกจนทำให้เกิดการลัดวงจรได้			
98. เวอร์มิคิวไลต์ (Vermiculite) ที่เติมลงไประหว่างช่องในถังที่บรรจุคาปาซิเตอร์ มีประโยชน์อย่างไร ก. เป็นสารที่ละลายได้เพื่อปลดคาปาซิเตอร์ออกจากวงจร ข. เป็นสารที่เชื่อมต่อคาปาซิเตอร์เข้าในวงจร ค. จะเป็นสารที่เป็นฉนวน ป้องกันไฟและการระเบิด ง. จะเป็นสารที่ป้องกันการสั่นและลดเสียงดังขณะที่คาปาซิเตอร์ทำงาน			

วัตถุประสงค์การฝึกอบรม / ข้อสอบ	ความคิดเห็น		
	+1	0	-1
99. การคายประจุในวงจรคาปาซิเตอร์ จะใช้อุปกรณ์ในข้อใด ก. ตัวต้านทาน (Resistor) ข. ตัวเหนี่ยวนำ (Inductor) ค. หลอดไฟ (Lamp) ง. ไดโอดกำลัง (Power Diode)			
100. ตาม IEC-1976 คาปาซิเตอร์จะต้องมีอุปกรณ์สำหรับคายประจุ เพื่อให้สามารถลดแรงดันลงใน ช่วงเวลาหลังจากการตัดคาปาซิเตอร์ออกจากระบบไฟฟ้า ตรงกับข้อใด ก. คาปาซิเตอร์พิกัดแรงดันไฟฟ้าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 660V ภายใน 1 นาที ข. คาปาซิเตอร์พิกัดแรงดันไฟฟ้ามากกว่าหรือเท่ากับ 660V ภายใน 5 นาที ค. คาปาซิเตอร์พิกัดแรงดันไฟฟ้ามากกว่าหรือเท่ากับ 660V ภายใน 10 นาที ง. ถูกทั้งข้อ ก และข้อ ข			
101. ก่อนที่คาปาซิเตอร์จะต่อเข้าระบบไฟฟ้าอีกครั้งหลังปลดออกจากวงจรแรงดันไฟฟ้าที่ขั้ว คาปาซิเตอร์จะต้องมีค่าไม่เกินเท่าไร จึงจะไม่ส่งผลเสียกับระบบ ก. 5 % ของแรงดันพิกัด ข. 8 % ของแรงดันพิกัด ค. 10 % ของแรงดันพิกัด ง. 25 % ของแรงดันพิกัด			

วัตถุประสงค์การฝึกอบรม / ข้อสอบ	ความคิดเห็น		
	+1	0	-1
102. จากภาพที่ 2 อุปกรณ์ป้องกันภายในของคปาซีเตอร์ในลักษณะนี้มีหลักการทำงานอย่างไร   ภาพที่ 2 ก. ตัดต่อทางไฟฟ้า เมื่อความดันเกิน ข. ตัดต่อทางไฟฟ้า เมื่ออุณหภูมิภายในสูง ค. กระแสเกินค่าหนึ่ง ฟิวส์จะขาด ง. ตัดต่อทางไฟฟ้า เมื่อแรงดันต่ำลง <u>วัตถุประสงค์การฝึกอบรม</u> 5.5 กำหนดหาขนาดและเลือกอุปกรณ์ป้องกันการลัดวงจรของคปาซีเตอร์ได้			
103. ฟิวส์ที่ใช้การป้องกันการลัดวงจรของคปาซีเตอร์จะต้องมีขนาดเท่าใด ก. 175% ของพิกัดกระแสของคปาซีเตอร์ ข. 165% ของพิกัดกระแสของคปาซีเตอร์ ค. 150% ของพิกัดกระแสของคปาซีเตอร์ ง. 125% ของพิกัดกระแสของคปาซีเตอร์			
104. ฟิวส์ที่นิยมใช้ในการป้องกันการลัดวงจรของคปาซีเตอร์ คือ ก. HRC Fuse ข. High Voltage Fuse ค. Low Voltage Fuse ง. Thermal Fuse			

วัตถุประสงค์การฝึกอบรม / ข้อสอบ	ความคิดเห็น		
	+1	0	-1
105. ข้อใดที่แสดงถึงลักษณะการทำงานของฟิวส์สำหรับป้องกันวงจรคาปาซิเตอร์ ก. ฟิวส์ต้องขาดหลังอุปกรณ์ป้องกันภายในเสมอ ข. ฟิวส์ต้องขาดก่อนที่จะลัดวงจรคาปาซิเตอร์จะระเบิดหรือมีกลิ่นออกเพราะแรงอัดอย่างรุนแรง ค. ฟิวส์ต้องขาดก่อนที่จะลัดวงจรของคาปาซิเตอร์ จะสูงกว่า 3 เท่า ง. ฟิวส์ต้องขาดก่อนที่จะลัดวงจรของคาปาซิเตอร์ จะสูงกว่า 2 เท่า			
106. เซอร์กิตเบรกเกอร์ที่ใช้การป้องกันการลัดวงจรของคาปาซิเตอร์จะต้องมีขนาดเท่าใด ก. พิกัดกระแสไม่ต่ำกว่า 1.2 เท่าของพิกัดกระแสของคาปาซิเตอร์ ข. พิกัดกระแสไม่ต่ำกว่า 1.35 เท่าของพิกัดกระแสของคาปาซิเตอร์ ค. พิกัดกระแสไม่ต่ำกว่า 1.5 เท่าของพิกัดกระแสของคาปาซิเตอร์ ง. พิกัดกระแสไม่ต่ำกว่า 1.65 เท่าของพิกัดกระแสของคาปาซิเตอร์			
107. จงหาขนาดของเซอร์กิตเบรกเกอร์ที่ใช้ในการป้องกันการลัดวงจร เมื่อคาปาซิเตอร์มีพิกัดกระแสเท่ากับ 40 แอมแปร์ ก. 45A ข. 60A ค. 90A ง. 100A			

วัตถุประสงค์การฝึกอบรม / ข้อสอบ	ความคิดเห็น		
	+1	0	-1
105. ข้อใดที่แสดงถึงลักษณะการทำงานของฟิวส์สำหรับป้องกันวงจรคาปาซิเตอร์ ก. ฟิวส์ต้องขาดหลังอุปกรณ์ป้องกันภายในเสมอ ข. ฟิวส์ต้องขาดก่อนที่จะล่องคาปาซิเตอร์จะระเบิดหรือลืกออกเพราะแรงอัดอย่างรุนแรง ค. ฟิวส์ต้องขาดก่อนที่จะล่องคาปาซิเตอร์ จะสูงกว่า 3 เท่า ง. ฟิวส์ต้องขาดก่อนที่จะล่องคาปาซิเตอร์ จะสูงกว่า 2 เท่า			
106. เซอร์กิตเบรกเกอร์ที่ใช้การป้องกันการลัดวงจรของคาปาซิเตอร์จะต้องมีขนาดเท่าใด ก. พิกัดกระแสไม่ต่ำกว่า 1.2 เท่าของพิกัดกระแสของคาปาซิเตอร์ ข. พิกัดกระแสไม่ต่ำกว่า 1.35 เท่าของพิกัดกระแสของคาปาซิเตอร์ ค. พิกัดกระแสไม่ต่ำกว่า 1.5 เท่าของพิกัดกระแสของคาปาซิเตอร์ ง. พิกัดกระแสไม่ต่ำกว่า 1.65 เท่าของพิกัดกระแสของคาปาซิเตอร์			
107. จงหาขนาดของเซอร์กิตเบรกเกอร์ที่ใช้ในการป้องกันการลัดวงจร เมื่อคาปาซิเตอร์มีพิกัดกระแสเท่ากับ 40 แอมแปร์ ก. 45A ข. 60A ค. 90A ง. 100A			

วัตถุประสงค์การฝึกอบรม / ข้อสอบ	ความคิดเห็น		
	+1	0	-1
108. จากภาพที่ 3 แสดงลักษณะของรีแอกเตอร์ (reactor) ซึ่งทำหน้าที่อะไร  ภาพที่ 3 ก. แปลงแรงดันให้ต่ำลงเพื่อจ่ายให้กับคาปาซิเตอร์ ข. ด้านทานกระแสฮาร์โมนิกส์ในระบบไฟฟ้า ค. เพิ่มแรงดันไฟฟ้าให้กับคาปาซิเตอร์ ง. ป้องกันการเกิดปัญหาเรโซแนนซ์แบบขนาน (Parallel resonance)			
109. ข้อใดแสดงถึงการทำงานของรีแอกเตอร์ (Reactor) ก. ควบคุมกำลังไฟฟ้รีแอกทีฟให้มีค่าเหมาะสม ข. จำกัดกระแสของคาปาซิเตอร์ ค. การย้ายตำแหน่งของความถี่ที่จะเกิดเรโซแนนซ์ให้ไปอยู่ในตำแหน่งที่ไม่ทำให้เกิดอันตรายต่อระบบไฟฟ้า ง. ขยายความถี่ให้มีค่าสูงพอที่จะไม่ทำให้เกิดอันตรายต่อระบบไฟฟ้า			
<u>วัตถุประสงค์การฝึกอบรม</u> 5.6 คำนวณหาขนาดและเลือกอุปกรณ์ตัดต่อวงจรคาปาซิเตอร์ได้			
110. จากภาพที่ 4 กระแสพุ่งเข้า (Inrush Current) จะเกิดขึ้นเมื่อใด  ภาพที่ 4			

วัตถุประสงค์การฝึกอบรม / ข้อสอบ	ความคิดเห็น		
	+1	0	-1
ก. ช่วงการต่อคาปาซิเตอร์เข้าระบบไฟฟ้า ข. ช่วงการปลดคาปาซิเตอร์ออกจากระบบ ค. ช่วงการนำกระแสต่อเนื่อง ง. ช่วงเกิดสถานะโหลดเกินกับคาปาซิเตอร์			
111. อุปกรณ์ไฟฟ้าในข้อใดที่เหมาะสมสำหรับการตัดต่อคาปาซิเตอร์ที่ใช้สำหรับการปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ ก. รีเลย์ (Relay) ข. สวิตช์ล็อกตำแหน่ง (Toggle Switch) ค. สวิตช์เดดิก (Static Switch) ง. แมกเนติก คอนแทกเตอร์ (Magnetic Contactor)			
112. อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้สำหรับการตัดต่อคาปาซิเตอร์ จะต้องมีความเหมาะสม ก. พิกัดกระแสไม่ต่ำกว่า 1.2 เท่าของพิกัดกระแสของคาปาซิเตอร์ ข. พิกัดกระแสไม่ต่ำกว่า 1.35 เท่าของพิกัดกระแสของคาปาซิเตอร์ ค. พิกัดกระแสไม่ต่ำกว่า 1.5 เท่าของพิกัดกระแสของคาปาซิเตอร์ ง. พิกัดกระแสไม่ต่ำกว่า 1.65 เท่าของพิกัดกระแสของคาปาซิเตอร์			
113. คาปาซิเตอร์มีพิกัดกระแสเท่ากับ 40 แอมแปร์ จะต้องใช้อุปกรณ์สำหรับการตัดต่อวงจรขนาดเท่าใด ก. 54A; 20kW ข. 54A; 20kW ค. 54A; 20kW ง. 54A; 20kW			

วัตถุประสงค์การฝึกอบรม / ข้อสอบ	ความคิดเห็น		
	+1	0	-1
126. การตรวจสอบสภาพทั่วไปของคาปาซิเตอร์ สามารถทำได้อย่างไรบ้าง			
ก. การตรวจสอบตัวถัง			
ข. การตรวจสอบขั้วต่อสาย			
ค. การตรวจสอบความร้อนของโครงสร้างตัวถัง			
ง. ถูกทั้งข้อ ก และ ข			
127. การตรวจสอบคุณสมบัติทางไฟฟ้าของคาปาซิเตอร์ ทำได้หลายวิธี ยกเว้นข้อใด			
ก. การตรวจสอบค่าการนำไฟฟ้า			
ข. การตรวจสอบค่ากระแสคาปาซิเตอร์			
ค. การตรวจสอบค่าคาปาซิแตนซ์			
ง. การตรวจสอบค่าความเป็นฉนวน			
128. การวัดค่ากระแสของคาปาซิเตอร์ในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับนั้น ควรปฏิบัติอย่างไร			
ก. จะต้องทำการวัดค่ากระแสของคาปาซิเตอร์เมื่อปลดออกจากวงจรที่จ่ายไฟ			
ข. จะต้องทำการวัดค่ากระแสของคาปาซิเตอร์ที่ต่อใช้งานอยู่			
ค. ควรทำการวัดในขณะที่มีแรงดันค้างในตัวคาปาซิเตอร์			
ง. ปลดโหลดในระบบออกทั้งหมดก่อนทำการวัด			

วัตถุประสงค์การฝึกอบรม / ข้อสอบ	ความคิดเห็น		
	+1	0	-1
129. เมื่อตรวจสอบค่าปาริแดนซ์ของคาปาซิเตอร์แล้วพบว่ามีค่าต่ำลงมาก จะส่งผลอย่างไร หากต่อใช้งานต่อไป ก. ทำให้ค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ของระบบต่ำกว่าที่ต้องการ ข. เกิดแรงดันไฟฟ้าตกในระบบได้ ค. เกิดการลัดวงจรของระบบไฟฟ้าได้ ง. เกิดความร้อนที่ตัวถัง และขั้วต่อสาย			
130. จากสาเหตุความผิดปกติของคาปาซิเตอร์ที่ระบุในข้อที่ 129 นั้น ควรปฏิบัติอย่างไรถูกต้อง ก. ควรเพิ่มจำนวนของคาปาซิเตอร์ ข. ควรซ่อมคาปาซิเตอร์ให้มีค่าปาริแดนซ์เท่าเดิม ค. ควรเปลี่ยนคาปาซิเตอร์ตัวใหม่ ง. ควรติดตั้ง Inrush Reactor เพิ่ม			
131. อัตราการเสื่อมของคาปาซิเตอร์นั้นขึ้นอยู่กับอะไร ก. ติดตั้งคาปาซิเตอร์แบบเป็นกลุ่ม ข. มีแรงดันไฟฟ้าตกค้างอยู่ในคาปาซิเตอร์ ค. การใช้งานและคุณภาพของตัวคาปาซิเตอร์เอง ง. ค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ของระบบต่ำมาก			
132. คาปาซิเตอร์เสื่อมสภาพการใช้งานเร็วกว่าปกติ อาจมีสาเหตุมาจากข้อใด ก. แรงดันระบบสูงเกินไป ข. มีฮาร์โมนิกส์ในระบบไฟฟ้า ค. เนื่องจากอุณหภูมิใช้งานสูงเกินไป ง. ถูกทุกข้อ			

วัตถุประสงค์การฝึกอบรม / ข้อสอบ	ความคิดเห็น		
	+1	0	-1
136. วิธีการใดสามารถแก้ปัญหาความร้อนที่เกิดขึ้นในขณะที่คาปาซิเตอร์ทำงานได้เหมาะสมที่สุด ก. การติดเครื่องปรับอากาศ ข. การใช้พัดลมที่มีความแรงของลมสูง ค. การจัดวางคาปาซิเตอร์ให้มีระยะห่างช่องว่าง ง. กาลติดตั้งแบบโล่งไม่มีการปกปิดหรือตู้บรรจุ			
<u>วัตถุประสงค์การฝึกอบรม 6.4 บอกวิธีการตรวจสอบสายไฟและการเข้าสายไฟได้</u>			
137. การตรวจสอบสายไฟและการเข้าสายไฟ ควรปฏิบัติอย่างไร ก. การตรวจสอบความแน่นของจุดต่อสายไฟทุกจุด เพื่อป้องกันการอาร์ค ข. การตรวจสอบความร้อนที่สายไฟ ค. การตรวจสอบระยะห่างของสายไฟทุกจุด ง. มัดรวมสายไฟกันหลายเส้น			
138. ในกรณีที่จุดต่อสายหลวม จะส่งผลเสียต่อวงจรคาปาซิเตอร์อย่างไร ก. เกิดการลัดวงจรอย่างรุนแรง ข. ฉนวนของสายไฟจะเริ่มเสื่อม ค. เกิดความร้อนสูงและฟิวส์อาจขาดได้ ง. เกิดแรงดันไฟฟ้าในระบบตก			
<u>วัตถุประสงค์การฝึกอบรม 6.5 บอกวิธีการตรวจสอบและบำรุงรักษาแมกเนติก คอนแทกเตอร์ได้</u>			

วัตถุประสงค์การฝึกอบรม / ข้อสอบ	ความคิดเห็น		
	+1	0	-1
139. สาเหตุการชำรุดส่วนใหญ่ของแมกเนติก คอนแทกเตอร์ นั้น เกิดจากสาเหตุในข้อใด ก. แรงดันไฟฟ้าตกซึ่งทำให้คอยล์ (Coil) ของคอนแทกเตอร์ไม่มีแรงพอที่จะดึงดูดหน้าสัมผัส ข. คาปาซิเตอร์มีขนาดใหญ่ ค. ปัญหาฮาร์โมนิกส์ ง. การคายประจุของคาปาซิเตอร์			
140. เมื่อแมกเนติก คอนแทกเตอร์ชำรุดก็ไม่สามารถใช้ปิด-เปิดวงจรคาปาซิเตอร์ได้ อาจเกิดปัญหาใดตามมา ก. ปัญหา Flash Over ระหว่างเฟส ข. ปัญหา Over Load ระหว่างเฟส ค. ปัญหา Over Voltage ง. ปัญหาฮาร์โมนิกส์			
141. ปัญหาที่มักจะพบบ่อยของแมกเนติก คอนแทกเตอร์ในชุดคาปาซิเตอร์ คือ ก. คอยล์ (Coil) ของคอนแทกเตอร์ มีเสียงครางดังมาก ข. เกิดการลัดวงจรภายในตัวมันเอง ค. หน้าสัมผัสหรือ Contactor ที่ติดไม่สนิท ง. หน้าสัมผัสหรือ Contactor ที่ติดไม่ยอมจาก			

วัตถุประสงค์การฝึกอบรม / ข้อสอบ	ความคิดเห็น		
	+1	0	-1
<u>วัตถุประสงค์การฝึกอบรม 6.6 บอกวิธีการตรวจสอบอุปกรณ์ป้องกันได้</u> 142. ปัญหาฟิวส์ของชุดคาปาซิเตอร์ขาดบ่อย มักมีสาเหตุมาจากอะไร ก. การเปลี่ยนคาปาซิเตอร์ใหม่ ข. ฟิวส์ มีขนาดไม่เหมาะสม ค. การคายประจุของคาปาซิเตอร์ ง. การเพิ่มโหลดในระบบมากเกินไป			
143. การตรวจสอบฟิวส์ที่ใช้ป้องกันวงจรชุดคาปาซิเตอร์ที่ถูกต้อง ตรงกับข้อใด ก. เปลี่ยนเป็นฟิวส์ แรงดันสูงแทนของเดิม ข. การใช้ฟิวส์ที่มีขนาดใหญ่ขึ้นเป็น 2 เท่า จะลดปัญหาฟิวส์ขาดบ่อย ค. ฟิวส์ขาดแล้วสามารถดัดแปลงปรับปรุง เพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ ง. ฟิวส์เป็นอุปกรณ์ที่เมื่อชำรุดแล้วจะต้องทำการเปลี่ยนใหม่			
<u>วัตถุประสงค์การฝึกอบรม 6.7 ตรวจสอบและซ่อมบำรุงรักษาระบบที่ติดตั้งอุปกรณ์เพื่อการปรับปรุงค่าพาวเวอร์แฟคเตอร์ได้</u> 144. ข้อใดแสดงถึง การบำรุงรักษาชุดคาปาซิเตอร์ ก. ทำความสะอาดฝุ่นและคราบสกปรกทุกๆชิ้นส่วน และสภาพการใช้งานของอุปกรณ์ ข. ตรวจสอบความแน่นของจุดต่อสายไฟทุกจุด ค. ตรวจสอบสภาพของตัวคายประจุและตรวจอุณหภูมิโดยรอบ ง. ถูกทุกข้อ			

วัตถุประสงค์การฝึกอบรม / ข้อสอบ	ความคิดเห็น		
	+1	0	-1
145. ข้อใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับแนวทางแก้ไขเบื้องต้นเมื่อชุดคาปาซิเตอร์มีการทำงานที่ผิดปกติ ก. ตรวจสอบการทำงานของเครื่องควบคุมอัตโนมัติในโหมด Manual ข. ตรวจสอบค่าทางไฟฟ้าต่างๆ ที่อ่านได้จากเครื่องควบคุมอัตโนมัติกับเครื่องวัดในระบบว่ามีค่าใกล้เคียงและสัมพันธ์กันหรือไม่ ค. ตรวจสอบการทำงานของเครื่องควบคุมอัตโนมัติในโหมด Auto โดยสามารถทำได้ทั้ง มีในสถานะมีโหลดและไม่มีโหลด ง. ถูกทุกข้อ			

ตอนที่ 3 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ (.....)

(.....)

ผู้ประเมิน

ขอขอบพระคุณที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ในการตอบแบบสอบถาม

ตารางที่ ข-2 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้องของเนื้อหาตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

หัวข้อที่ 1 หลักการเบื้องต้นของเพาเวอร์แฟคเตอร์

วัตถุประสงค์ ข้อที่	แบบทดสอบ ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ							ΣR	IOC	ความคิดเห็น
		1	2	3	4	5	6	7			
1.1	1	0	+1	+1	+1	+1	+1	+1	6	0.86	เห็นด้วย
	2	+1	+1	+1	+1	+1	0	+1	6	0.86	เห็นด้วย
	3	+1	+1	0	+1	0	+1	+1	5	0.71	เห็นด้วย
	4	+1	0	+1	0	+1	0	0	3	0.42	ไม่เห็นด้วย
1.2	5	+1	+1	+1	+1	0	+1	+1	6	0.86	เห็นด้วย
	6	+1	+1	0	+1	+1	0	+1	5	0.71	เห็นด้วย
	7	+1	0	+1	+1	+1	+1	+1	6	0.86	เห็นด้วย
1.3	8	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	7	1.00	เห็นด้วย
	9	+1	+1	+1	+1	+1	0	+1	6	0.86	เห็นด้วย
1.4	10	+1	0	+1	+1	0	+1	0	4	0.57	เห็นด้วย
	11	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	7	1.00	เห็นด้วย
1.5	12	0	+1	+1	+1	+1	+1	+1	6	0.86	เห็นด้วย
	13	+1	0	+1	+1	+1	+1	+1	6	0.86	เห็นด้วย
1.6	14	+1	0	+1	+1	0	+1	0	4	0.57	เห็นด้วย
	15	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	7	1.00	เห็นด้วย
1.7	16	0	+1	+1	+1	0	+1	+1	5	0.71	เห็นด้วย
	17	+1	+1	+1	0	+1	+1	+1	6	0.86	เห็นด้วย
	18	0	+1	+1	+1	+1	+1	+1	6	0.86	เห็นด้วย
	19	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	3	0.43	ไม่เห็นด้วย

ตารางที่ ข-3 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้องของเนื้อหาตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

หัวข้อที่ 2 การปรับปรุงค่าเพนเวอร์แฟคเตอร์ในระบบไฟฟ้า

วัตถุประสงค์ ข้อที่	แบบทดสอบ ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ							ΣR	IOC	ความคิดเห็น
		1	2	3	4	5	6	7			
2.1	20	+1	+1	0	+1	+1	0	+1	5	0.71	เห็นด้วย
	21	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	7	1.00	เห็นด้วย
	22	+1	+1	+1	+1	+1	0	+1	6	0.86	เห็นด้วย
2.2	23	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	7	1.00	เห็นด้วย
	24	+1	+1	+1	+1	0	+1	+1	6	0.86	เห็นด้วย
	25	+1	+1	0	+1	+1	0	+1	5	0.71	เห็นด้วย
	26	+1	0	+1	+1	+1	+1	+1	6	0.86	เห็นด้วย
2.3	27	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	7	1.00	เห็นด้วย
	28	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	7	1.00	เห็นด้วย
	29	+1	+1	+1	+1	0	+1	+1	6	0.86	เห็นด้วย
2.4	30	+1	+1	0	+1	+1	0	+1	5	0.71	เห็นด้วย
	31	+1	0	+1	+1	+1	+1	+1	6	0.86	เห็นด้วย
2.5	32	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	7	1.00	เห็นด้วย
	33	+1	+1	+1	+1	+1	0	+1	6	0.86	เห็นด้วย
	34	+1	0	+1	+1	0	+1	0	4	0.57	เห็นด้วย
2.6	35	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	7	1.00	เห็นด้วย
	36	+1	+1	0	+1	+1	0	+1	5	0.71	เห็นด้วย
	37	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	7	1.00	เห็นด้วย
	38	+1	+1	0	+1	+1	0	+1	5	0.71	เห็นด้วย

ตารางที่ ข-4 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้องของเนื้อหาตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

หัวข้อที่ 3 ตำแหน่งการติดตั้งคาปาซิเตอร์เพื่อการปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์

วัตถุประสงค์ ข้อที่	แบบทดสอบ ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ							ΣR	IOC	ความคิดเห็น
		1	2	3	4	5	6	7			
3.1	39	0	+1	+1	+1	+1	+1	+1	6	0.86	เห็นด้วย
	40	+1	+1	+1	+1	+1	0	+1	6	0.86	เห็นด้วย
3.2	41	+1	+1	0	+1	0	+1	+1	5	0.71	เห็นด้วย
	42	+1	0	+1	+1	+1	+1	+1	6	0.86	เห็นด้วย
3.3	43	+1	+1	+1	+1	0	+1	+1	6	0.86	เห็นด้วย
	44	+1	+1	0	+1	+1	0	+1	5	0.71	เห็นด้วย
3.4	45	+1	0	+1	+1	+1	+1	+1	6	0.86	เห็นด้วย
	46	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	7	1.00	เห็นด้วย
3.5	47	+1	+1	+1	+1	+1	0	+1	6	0.86	เห็นด้วย
	48	+1	0	+1	+1	0	+1	0	4	0.57	เห็นด้วย
3.6	49	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	7	1.00	เห็นด้วย
	50	0	+1	+1	+1	+1	+1	+1	6	0.86	เห็นด้วย
3.7	51	+1	0	+1	+1	+1	+1	+1	6	0.86	เห็นด้วย
	52	+1	0	+1	+1	0	+1	0	4	0.57	เห็นด้วย
	53	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	7	1.00	เห็นด้วย
	54	0	+1	+1	+1	0	+1	+1	5	0.71	เห็นด้วย
	55	+1	+1	+1	0	+1	+1	+1	6	0.86	เห็นด้วย
3.8	56	0	+1	+1	+1	+1	+1	+1	6	0.86	เห็นด้วย
	57	0	+1	+1	+1	+1	+1	+1	6	0.86	เห็นด้วย
	58	+1	+1	+1	+1	0	+1	+1	6	0.86	เห็นด้วย
	59	+1	+1	0	+1	+1	0	+1	5	0.71	เห็นด้วย
	60	+1	0	+1	+1	+1	+1	+1	6	0.86	เห็นด้วย
	61	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	7	1.00	เห็นด้วย
	62	+1	+1	+1	+1	+1	0	+1	6	0.86	เห็นด้วย
	63	0	+1	+1	+1	+1	+1	+1	6	0.86	เห็นด้วย

ตารางที่ ข-5 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้องของเนื้อหาตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

หัวข้อที่ 4 ระบบการควบคุมการทำงานของคาปาซิเตอร์

วัตถุประสงค์ ข้อที่	แบบทดสอบ ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ							ΣR	IOC	ความคิดเห็น
		1	2	3	4	5	6	7			
4.1	64	0	+1	+1	+1	+1	+1	+1	6	0.86	เห็นด้วย
	65	+1	+1	+1	+1	+1	0	+1	6	0.86	เห็นด้วย
	66	+1	+1	0	+1	0	+1	+1	5	0.71	เห็นด้วย
4.2	67	+1	0	+1	+1	+1	+1	+1	6	0.86	เห็นด้วย
	68	+1	+1	+1	+1	0	+1	+1	6	0.86	เห็นด้วย
4.3	69	+1	+1	0	+1	+1	0	+1	5	0.71	เห็นด้วย
	70	+1	0	+1	+1	+1	+1	+1	6	0.86	เห็นด้วย
	71	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	7	1.00	เห็นด้วย
4.4	72	+1	0	+1	+1	+1	+1	+1	6	0.86	เห็นด้วย
	73	+1	+1	+1	+1	0	+1	+1	6	0.86	เห็นด้วย
	74	+1	+1	0	+1	+1	0	+1	5	0.71	เห็นด้วย
4.5	75	+1	0	+1	+1	+1	+1	+1	6	0.86	เห็นด้วย
	76	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	7	1.00	เห็นด้วย
	77	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	7	1.00	เห็นด้วย
	78	+1	+1	+1	+1	0	+1	+1	6	0.86	เห็นด้วย
4.6	79	+1	+1	0	+1	+1	0	+1	5	0.71	เห็นด้วย
	80	+1	0	+1	+1	+1	+1	+1	6	0.86	เห็นด้วย
	81	+1	0	+1	0	+1	0	0	3	0.43	ไม่เห็นด้วย
4.7	82	+1	+1	+1	+1	+1	0	+1	6	0.86	เห็นด้วย
	83	+1	0	+1	+1	0	+1	0	4	0.57	เห็นด้วย
	84	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	7	1.00	เห็นด้วย
4.8	85	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	7	1.00	เห็นด้วย
	86	+1	+1	+1	+1	0	+1	+1	6	0.86	เห็นด้วย
	87	+1	0	+1	+1	+1	+1	+1	6	0.86	เห็นด้วย

ตารางที่ ข-6 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้องของเนื้อหาตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

หัวข้อที่ 5 ขนาดและฟังก์ชันของอุปกรณ์ประกอบการติดตั้งคาปาซิเตอร์

วัตถุประสงค์ ข้อที่	แบบทดสอบ ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ							ΣR	IOC	ความคิดเห็น
		1	2	3	4	5	6	7			
5.1	88	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	7	1.00	เห็นด้วย
	89	+1	0	+1	+1	+1	+1	+1	6	0.86	เห็นด้วย
	90	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	7	1.00	เห็นด้วย
5.2	91	+1	+1	+1	+1	+1	0	+1	6	0.86	เห็นด้วย
	92	+1	0	+1	+1	0	+1	0	4	0.57	เห็นด้วย
	93	+1	+1	+1	+1	0	+1	+1	6	0.86	เห็นด้วย
5.3	94	+1	+1	0	+1	+1	0	+1	5	0.71	เห็นด้วย
	95	+1	0	+1	+1	+1	+1	+1	6	0.86	เห็นด้วย
	96	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	7	1.00	เห็นด้วย
5.4	97	+1	0	+1	+1	+1	+1	+1	6	0.86	เห็นด้วย
	98	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	7	1.00	เห็นด้วย
	99	+1	+1	+1	+1	+1	0	+1	6	0.86	เห็นด้วย
	100	+1	0	+1	+1	0	+1	0	4	0.57	เห็นด้วย
	101	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	7	1.00	เห็นด้วย
	102	+1	0	+1	+1	+1	+1	+1	6	0.86	เห็นด้วย
5.5	103	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	7	1.00	เห็นด้วย
	104	+1	0	+1	+1	+1	+1	+1	6	0.86	เห็นด้วย
	105	+1	+1	+1	+1	0	+1	+1	6	0.86	เห็นด้วย
	106	+1	+1	0	+1	+1	0	+1	5	0.71	เห็นด้วย
	107	+1	0	+1	+1	+1	+1	+1	6	0.86	เห็นด้วย
	108	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	7	1.00	เห็นด้วย
	109	+1	+1	+1	+1	+1	0	+1	6	0.86	เห็นด้วย
5.6	110	+1	0	+1	+1	0	+1	0	4	0.57	เห็นด้วย
	111	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	7	1.00	เห็นด้วย

ตารางที่ ข-6 (ต่อ)

วัตถุประสงค์ ข้อที่	แบบทดสอบ ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ							ΣR	IOC	ความคิดเห็น
		1	2	3	4	5	6	7			
	112	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	7	1.00	เห็นด้วย
	113	+1	0	+1	+1	+1	+1	+1	6	0.86	เห็นด้วย
	114	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	7	1.00	เห็นด้วย
5.7	115	+1	+1	+1	+1	+1	0	+1	6	0.86	เห็นด้วย
	116	+1	0	+1	+1	0	+1	0	4	0.57	เห็นด้วย
	117	+1	+1	+1	+1	0	+1	+1	6	0.86	เห็นด้วย
5.8	118	+1	+1	0	+1	+1	0	+1	5	0.71	เห็นด้วย
	119	+1	0	+1	+1	+1	+1	+1	6	0.86	เห็นด้วย
	120	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	7	1.00	เห็นด้วย
	121	+1	0	+1	+1	+1	+1	+1	6	0.86	เห็นด้วย
	122	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	7	1.00	เห็นด้วย
	123	+1	+1	+1	+1	+1	0	+1	6	0.86	เห็นด้วย

ตารางที่ ข-7 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้องของเนื้อหาตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

หัวข้อที่ 6 การตรวจสอบและซ่อมบำรุงรักษา

วัตถุประสงค์ ข้อที่	แบบทดสอบ ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ							ΣR	IOC	ความคิดเห็น
		1	2	3	4	5	6	7			
6.1	124	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	7	1.00	เห็นด้วย
	125	+1	0	+1	+1	+1	+1	+1	6	0.86	เห็นด้วย
6.2	126	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	7	1.00	เห็นด้วย
	127	+1	0	+1	0	+1	0	0	3	0.43	ไม่เห็นด้วย
	128	+1	0	+1	+1	+1	+1	+1	6	0.86	เห็นด้วย
	129	+1	0	+1	+1	+1	+1	+1	6	0.86	เห็นด้วย
	130	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	7	1.00	เห็นด้วย
	131	+1	0	+1	+1	+1	+1	+1	6	0.86	เห็นด้วย
	132	+1	0	+1	+1	0	+1	0	4	0.57	เห็นด้วย
6.3	133	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	7	1.00	เห็นด้วย
	134	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	7	1.00	เห็นด้วย
	135	+1	0	+1	+1	+1	+1	+1	6	0.86	เห็นด้วย
	136	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	7	1.00	เห็นด้วย
6.4	137	+1	+1	+1	+1	+1	0	+1	6	0.86	เห็นด้วย
	138	+1	0	+1	+1	0	+1	0	4	0.57	เห็นด้วย
6.5	139	+1	0	+1	+1	+1	+1	+1	6	0.86	เห็นด้วย
	140	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	7	1.00	เห็นด้วย
	141	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	7	1.00	เห็นด้วย
6.6	142	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	7	1.00	เห็นด้วย
	143	+1	0	+1	0	+1	0	0	3	0.42	ไม่เห็นด้วย
6.7	144	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	7	1.00	เห็นด้วย
	145	+1	+1	+1	+1	+1	0	+1	6	0.86	เห็นด้วย

การกำหนดเกณฑ์การประเมินผล

โดยผู้วิจัยได้ทำการกำหนดเกณฑ์การประเมินผลแบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ด้านความเที่ยงตรงของเนื้อหา สอดคล้องตรงตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของแบบทดสอบ ที่จะใช้วัดผลการฝึกอบรมเรื่อง การปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ ดังนี้

การวิเคราะห์เพื่อหาค่าความเที่ยงตรงตามเนื้อหา (Content Validity) ของแบบทดสอบรายข้อ โดยใช้ค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Consistency) ระหว่างวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมกับ แบบทดสอบ (Hambelton, 1978: 227-290)

$$IOC = \frac{\Sigma R}{N}$$

เมื่อ	IOC	คือ	ดัชนีความสอดคล้องระหว่างวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม กับแบบทดสอบ มีค่าอยู่ระหว่าง -1 ถึง +1
	ΣR	คือ	ผลรวมคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ
	N	คือ	จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

เกณฑ์การแปลผลค่าเฉลี่ยดัชนีความสอดคล้อง

0.50	ถึง	1.00	หมายถึง สอดคล้อง
-0.50	ถึง	0.49	หมายถึง ไม่แน่ใจ
-1.00	ถึง	-0.49	หมายถึง ไม่สอดคล้อง

ถ้าสอดคล้องกัน คือ IOC มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 แสดงว่าแบบทดสอบที่สร้างขึ้น มีความเที่ยงตรงตามเนื้อหาเชิงเหตุผล (Logical Validity) แต่ถ้ามีค่าต่ำกว่า 0.5 แสดงว่าแบบทดสอบ ข้อนั้น ไม่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ต้องตัดทิ้งหรือนำไปแก้ไขปรับปรุงใหม่

ผลวิเคราะห์การประเมินความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญ

จากตารางที่ ข-2 ถึง ตารางที่ ข-7 จะเห็นได้ว่า การประเมินความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญ ด้านความเที่ยงตรงตามเนื้อหาในการฝึกอบรม เรื่อง การปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์นั้น สามารถสรุปได้ ดังนี้

1. จำนวนของข้อสอบทั้งหมดนั้นมี 145 หัวข้อ
2. จำนวนข้อสอบที่ผู้เชี่ยวชาญไม่เห็นด้วย ควรที่จะตัดทิ้งมีจำนวน 5 ข้อ
3. ข้อสอบส่วนที่เหลือเป็นจำนวน 140 ข้อนั้น ผู้วิจัยได้นำไปปรับปรุงในบางส่วน ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญและคัดเลือกมา 120 ข้อ จากนั้นนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบอีกครั้ง ก่อนที่จะนำไปทดลองใช้กับกลุ่มทดลองเพื่อหาคุณภาพของแบบทดสอบต่อไป



แบบสอบถามความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ
ด้านความเหมาะสมของชุดฝึกอบรม

เพื่อประกอบการวิจัย

เรื่อง การสร้างและทดสอบประสิทธิภาพชุดฝึกอบรม เรื่อง การปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์

The Construction and Efficiency Validation of Training Package on the Topic
of Power Factor Correction

แบบประเมินชุดการฝึกอบรม
ชุดการฝึกอบรมเรื่อง การปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์

แบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ แบ่งออกเป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 แบบสอบถามข้อมูลเกี่ยวกับสถานภาพของผู้เชี่ยวชาญ

ตอนที่ 2 แบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อชุดฝึกอบรมเรื่อง การปรับปรุง
ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์

ตอนที่ 3 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

แบบประเมินชุดการฝึกอบรมนี้ ใช้สำหรับหาข้อมูลเพื่อทำการศึกษาวิจัยเท่านั้นคำตอบ
ของท่าน จะเป็นประโยชน์ในการปรับปรุงชุดการฝึกอบรมให้เหมาะสมยิ่งขึ้นต่อไป

ตอนที่ 1 แบบสอบถามข้อมูลเกี่ยวกับสถานภาพของผู้เชี่ยวชาญ

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย ☒ ลงใน () หน้าข้อความที่ตรงกับท่าน

9. ปัจจุบันท่านเป็นอาจารย์หรือผู้ปฏิบัติงานเกี่ยวข้องกับการติดตั้งและซ่อมบำรุงระบบไฟฟ้า
ในเรื่อง การปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ ใช่หรือไม่
 () ใช่ () ไม่ใช่
10. ประสบการณ์ในการสอนหรือปฏิบัติงานเกี่ยวข้องกับการติดตั้งและซ่อมบำรุงระบบไฟฟ้า
ในเรื่อง การปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์
 () 1-3 ปี () 4-6 ปี
 () 7-10 ปี () 10 ปี ขึ้นไป
11. ท่านสำเร็จการศึกษาในระดับ
 () ต่ำกว่าปริญญาตรี () ปริญญาตรี
 () ปริญญาโท () ปริญญาเอก

ตอนที่ 2 แบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อชุดฝึกอบรมเรื่อง การปรับปรุงค่า
เพาเวอร์แฟกเตอร์

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่าตรงกับความคิดเห็นของท่าน ตามลำดับ
ความเหมาะสมมากน้อยเพียงช่องเดียวท่าน ดังนี้

5	หมายถึง	เห็นด้วยอย่างยิ่ง
4	หมายถึง	เห็นด้วย
3	หมายถึง	ไม่แน่ใจ หรือปานกลาง
2	หมายถึง	ไม่เห็นด้วย
1	หมายถึง	ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง

ตัวอย่างการตอบแบบประเมิน

ข้อที่	ข้อคำถามความคิดเห็น	ระดับความคิดเห็น				
		5	4	3	2	1
0	ด้านแผนการสอน					
0.1	วัตถุประสงค์มีความถูกต้องชัดเจน	✓				
0.2	เนื้อหาอ่านเข้าใจได้ง่าย		✓			

คำอธิบาย

คำตอบข้อ 0.1 หมายความว่า ผู้ตอบประเมินวัตถุประสงค์มีความถูกต้องชัดเจนในระดับที่
“เห็นด้วยอย่างยิ่ง”

คำตอบข้อ 0.2 หมายความว่า ผู้ตอบประเมินเนื้อหาอ่านเข้าใจได้ง่ายในระดับที่
“เห็นด้วย”

ข้อมูลความคิดเห็น

ข้อที่	ข้อคำถามความคิดเห็น	ระดับความคิดเห็น				
		5	4	3	2	1
1	ด้านแผนการอบรม					
1.1	วัตถุประสงค์ครอบคลุมหัวข้อเรื่อง	.....	.....	.....	.....	.....
1.2	รูปแบบที่ใช้อ่านเข้าใจได้ง่าย	.....	.....	.....	.....	.....
1.3	ข้อความที่ใช้อ่านเข้าใจได้ง่าย	.....	.....	.....	.....	.....
1.4	เนื้อหาเกี่ยวกับวัตถุประสงค์มีความสอดคล้องกัน	.....	.....	.....	.....	.....
2	ด้านใบเนื้อหา					
2.1	เนื้อหาครอบคลุมวัตถุประสงค์	.....	.....	.....	.....	.....
2.2	เนื้อหามีความถูกต้อง	.....	.....	.....	.....	.....
2.3	มีรายละเอียดของเนื้อหาเพียงพอ	.....	.....	.....	.....	.....
2.4	เนื้อหาเรียงลำดับได้อย่างเหมาะสม	.....	.....	.....	.....	.....
2.5	ภาพประกอบสัมพันธ์กับคำอธิบาย	.....	.....	.....	.....	.....
2.6	คำอธิบายละเอียดและชัดเจน	.....	.....	.....	.....	.....
2.7	ภาษาที่ใช้มีความถูกต้อง	.....	.....	.....	.....	.....
3	ด้านแบบทดสอบ					
3.1	แบบทดสอบหลังบทเรียนกับเนื้อหาในแต่ละหัวข้อ สอดคล้องกัน	.....	.....	.....	.....	.....
3.2	ตรวจคำตอบได้ง่าย	.....	.....	.....	.....	.....
3.3	คำถามและคำตอบมีเป้าหมายที่ชัดเจน	.....	.....	.....	.....	.....
3.4	แบบทดสอบครอบคลุมวัตถุประสงค์ในการฝึกอบรม	.....	.....	.....	.....	.....

ข้อมูลความคิดเห็น (ต่อ)

ข้อที่	ข้อคำถามความคิดเห็น	ระดับความคิดเห็น				
		5	4	3	2	1
4	ด้านสื่อการสอน (Power point)					
4.1	ภาพมีขนาดมองเห็นได้ชัดเจน	.....	.....	.....	.....	.....
4.2	ตัวหนังสือมีขนาดมองเห็นได้ชัดเจน	.....	.....	.....	.....	.....
4.3	การใช้สีมีความเหมาะสม	.....	.....	.....	.....	.....
4.4	นำไปใช้สอนได้สะดวก	.....	.....	.....	.....	.....
4.5	มีความสอดคล้องกับเนื้อหาและวัตถุประสงค์	.....	.....	.....	.....	.....
4.6	สามารถส่งเสริมให้ผู้เข้ารับการอบรมเกิดการเรียนรู้ได้	.....	.....	.....	.....	.....
5	ด้านชุดสาธิต					
5.1	ขนาดของชุดสาธิตมองเห็นได้ชัดเจน	.....	.....	.....	.....	.....
5.2	การใช้งาน สะดวกและปลอดภัย	.....	.....	.....	.....	.....
5.3	วัสดุที่ใช้ผลิตอุปกรณ์ ประกอบในชุดสาธิตมีความเหมาะสม	.....	.....	.....	.....	.....
5.4	วงจรและสัญลักษณ์ที่ใช้ถูกต้อง	.....	.....	.....	.....	.....
5.5	มีความสอดคล้องกับเนื้อหาและวัตถุประสงค์การอบรม					

ตอนที่ 3 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

ด้านแผนการอบรม

.....

.....

.....

.....

.....

ด้านเนื้อหา

.....

.....

.....

.....

ด้านแบบทดสอบ

.....

.....

.....

.....

ด้านสื่อการสอน (Power point)

.....

.....

.....

.....

ด้านชุดสาริต

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ (.....)

(.....)

ผู้ประเมิน

ขอขอบพระคุณที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ในการตอบแบบประเมิน

ตารางที่ ข-8 แสดงผลการประเมินความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อชุดฝึกอบรม
เรื่อง การปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์

ข้อที่	ข้อคำถามความคิดเห็น	ระดับความคิดเห็น					เฉลี่ย	ความหมาย (เห็นด้วย)
		5	4	3	2	1		
1	ด้านแผนการฝึกอบรม	ระดับความคิดเห็นเฉลี่ย					4.46	มาก
1.1	วัตถุประสงค์ครอบคลุมหัวข้อเรื่อง	7	-	-	-	-	5.00	มากที่สุด
1.2	รูปแบบที่ใช้อ่านเข้าใจได้ง่าย	3	4	-	-	-	4.43	มาก
1.3	ข้อความที่ใช้อ่านเข้าใจได้ง่าย	2	4	1	-	-	4.14	มาก
1.4	เนื้อหาเกี่ยวกับวัตถุประสงค์สอดคล้องกัน	2	5	-	-	-	4.29	มาก
2	ด้านใบเนื้อหา	ระดับความคิดเห็นเฉลี่ย					4.53	มากที่สุด
2.1	เนื้อหาครอบคลุมวัตถุประสงค์	6	1	-	-	-	4.86	มากที่สุด
2.2	เนื้อหามีความถูกต้อง	5	2	-	-	-	4.71	มากที่สุด
2.3	มีรายละเอียดของเนื้อหาเพียงพอ	6	1	-	-	-	4.86	มากที่สุด
2.4	เนื้อหาเรียงลำดับได้อย่างเหมาะสม	1	5	1	-	-	4.00	มาก
2.5	ภาพประกอบสัมพันธ์กับคำอธิบาย	3	4	-	-	-	4.43	มาก
2.6	คำอธิบายละเอียดและชัดเจน	3	4	-	-	-	4.43	มาก
2.7	ภาษาที่ใช้มีความถูกต้อง	3	4	-	-	-	4.43	มาก
3	ด้านแบบทดสอบ	ระดับความคิดเห็นเฉลี่ย					4.32	มาก
3.1	แบบทดสอบหลังบทเรียนกับเนื้อหาใน	4	3	-	-	-	4.43	มากที่สุด
	แต่ละหัวข้อสอดคล้องกัน							
3.2	ตรวจคำตอบได้ง่าย	4	3	-	-	-	4.43	มากที่สุด
3.3	คำถามและคำตอบมีเป้าหมายที่ชัดเจน	2	4	1	-	-	4.14	มาก
3.4	แบบทดสอบครอบคลุมวัตถุประสงค์	2	5	-	-	-	4.29	มาก
	ในการฝึกอบรม							

ตารางที่ ข-8 (ต่อ)

ข้อที่	ข้อคำถามความคิดเห็น	ระดับความคิดเห็น					เฉลี่ย	ความหมาย (เห็นด้วย)
		5	4	3	2	1		
4	ด้านสื่อประกอบการอบรม	ระดับความคิดเห็นเฉลี่ย					4.64	มากที่สุด
4.1	ภาพมีขนาดมองเห็นได้ชัดเจน	7	-	-	-	-	5.00	มากที่สุด
4.2	ตัวหนังสือมีขนาดมองเห็นได้ชัดเจน	6	1	-	-	-	4.86	มากที่สุด
4.3	การใช้สีมีความเหมาะสม	5	2	-	-	-	4.71	มากที่สุด
4.4	นำไปใช้สอนได้สะดวก	6	1	-	-	-	4.86	มากที่สุด
4.5	มีความสอดคล้องกับเนื้อหาและ	1	5	1	-	-	4.00	มาก
	วัตถุประสงค์							
4.6	สามารถส่งเสริมให้ผู้เข้ารับการอบรม	3	4	-	-	-	4.43	มาก
	เกิดการเรียนรู้ได้							
5	ด้านชุดสาธิต	ระดับความคิดเห็นเฉลี่ย					4.51	มาก
5.1	ขนาดของชุดสาธิตมองเห็นได้ชัดเจน	7	-	-	-	-	5.00	มากที่สุด
5.2	การใช้งาน สะดวกและปลอดภัย	5	2	-	-	-	4.71	มากที่สุด
5.3	วัสดุที่ใช้ผลิตอุปกรณ์ ประกอบในชุด	2	5	-	-	-	4.29	มาก
	สาธิตมีความเหมาะสม							
5.4	วงจรและสัญลักษณ์ที่ใช้ถูกต้อง	2	5	-	-	-	4.29	มาก
5.5	มีความสอดคล้องกับเนื้อหาและ	2	5	-	-	-	4.29	มาก
	วัตถุประสงค์การอบรม							
ค่าเฉลี่ยรวมทั้งหมด							4.49	มาก

การกำหนดเกณฑ์การประเมินผล

โดยผู้วิจัยได้การกำหนดเกณฑ์การประเมินผล เพื่อวิเคราะห์ความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญ ด้านความเหมาะสมของชุดฝึกอบรมโดยใช้รูปแบบการแปลความหมายความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ด้วยแบบมาตราส่วนการประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ ซึ่งต้องมีความเหมาะสมเฉลี่ย 2.5 ขึ้นไป หากค่าเฉลี่ยของการประเมินผลต่ำกว่าเกณฑ์จะถูกนำไปปรับปรุงแก้ไขใหม่

เกณฑ์การแปลผลค่าเฉลี่ยความเหมาะสมของชุดฝึกอบรม โดยกำหนดตามแนวทางการประเมินค่าของลิเกิร์ต (Likert) ดังนี้

4.50 - 5.00	หมายถึง	มากที่สุด
3.50 - 4.49	หมายถึง	มาก
2.50 - 3.49	หมายถึง	ปานกลาง
1.50 - 2.49	หมายถึง	น้อย
0.00 - 1.49	หมายถึง	น้อยที่สุด

ผลวิเคราะห์การประเมินความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญ

จากตารางที่ ข-8 จะเห็นได้ว่า การประเมินความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญด้านความเหมาะสมของชุดฝึกอบรมเรื่อง การปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ นั้น สามารถสรุปได้ ดังนี้

1. ด้านแผนการฝึกอบรม มีระดับความคิดเห็นเฉลี่ย 4.46 ซึ่งหมายถึง ผู้เชี่ยวชาญประเมินชุดการฝึกอบรม ในระดับความคิดเห็นที่เห็นด้วยมากกับแผนการฝึกอบรมที่จัดทำขึ้น
2. ด้านใบเนื้อหา มีระดับความคิดเห็นเฉลี่ย 4.53 ซึ่งหมายถึง ผู้เชี่ยวชาญประเมินชุดการฝึกอบรม ในระดับความคิดเห็นที่เห็นด้วยมากที่สุดกับใบเนื้อหาที่จัดทำขึ้น
3. ด้านด้านแบบทดสอบ มีระดับความคิดเห็นเฉลี่ย 4.32 ซึ่งหมายถึง ผู้เชี่ยวชาญประเมินชุดการฝึกอบรม ในระดับความคิดเห็นที่เห็นด้วยมากกับแบบทดสอบที่จัดทำขึ้น
4. ด้านสื่อประกอบการอบรม มีระดับความคิดเห็นเฉลี่ย 4.64 ซึ่งหมายถึง ผู้เชี่ยวชาญประเมินชุดการฝึกอบรม ในระดับความคิดเห็นที่เห็นด้วยมากที่สุดกับสื่อประกอบการอบรมที่จัดทำขึ้น
5. ด้านชุดสาริต มีระดับความคิดเห็นเฉลี่ย 4.51 ซึ่งหมายถึง ผู้เชี่ยวชาญประเมินชุดการฝึกอบรม ในระดับความคิดเห็นที่เห็นด้วยมากที่สุดกับชุดสาริตประกอบการฝึกอบรมที่จัดทำขึ้น
6. ค่าเฉลี่ยรวมของชุดฝึกอบรมทั้งหมด มีระดับความคิดเห็นเฉลี่ย 4.49 ซึ่งหมายถึง ผู้เชี่ยวชาญประเมินชุดการฝึกอบรม ในระดับความคิดเห็นที่เห็นด้วยมากกับชุดการฝึกอบรมที่จัดทำขึ้น

แบบสอบถามความคิดเห็นผู้เข้ารับการฝึกอบรม

ด้านความเหมาะสมของการฝึกอบรม

เรื่อง การปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์

Power Factor Correction

แบบสอบถามความคิดเห็นผู้เข้ารับการฝึกอบรม
เรื่อง การปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์

คำชี้แจง ให้ท่านแสดงความคิดเห็นที่มีต่อการฝึกอบรม โดยพิจารณาตามสภาพความเป็นจริง แล้วโปรดทำเครื่องหมาย **✓** ลงในช่องระดับความคิดเห็น

5	หมายถึง	เหมาะสมมากที่สุด
4	หมายถึง	เหมาะสมมาก
3	หมายถึง	เหมาะสมปานกลาง
2	หมายถึง	เหมาะสมน้อย
1	หมายถึง	เหมาะสมน้อยที่สุด

แบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เข้ารับการฝึกอบรมเกี่ยวกับการฝึกอบรม

ลำดับที่	รายการความคิดเห็น	ระดับความคิดเห็น				
		5	4	3	2	1
1	หัวข้อการฝึกอบรมมีความน่าสนใจ					
2	เอกสารใบเนื้อหาประกอบการฝึกอบรมอ่านเข้าใจง่าย					
3	สื่อที่ใช้ประกอบการฝึกอบรมช่วยให้เข้าใจเนื้อหาดียิ่งขึ้น					
4	การลำดับเนื้อหาการฝึกอบรมมีความเหมาะสม					
5	แบบทดสอบมีความยากง่ายพอเหมาะ					
6	สถานที่ฝึกอบรมเหมาะสม					
7	วิทยากรมีความรู้ความสามารถ					
8	ระยะเวลาการฝึกอบรมมีความเหมาะสม					
9	มีความมั่นใจในความรู้ที่ได้รับว่าสามารถนำไปใช้งานได้จริง					

ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

ตารางที่ ข-9 แสดงผลการประเมินความคิดเห็นของผู้เข้ารับการฝึกอบรม

เรื่อง การปรับปรุงค่า เพาเวอร์แฟคเตอร์

ข้อที่	ข้อความความคิดเห็น	ระดับความคิดเห็น					เฉลี่ย	ความหมาย (เห็นด้วย)
		5	4	3	2	1		
1	หัวข้อการฝึกอบรมมีความน่าสนใจ	20	-	-	-	-	5.00	มากที่สุด
2	เอกสารใบเนื้อหาประกอบการฝึกอบรม	9	9	2	-	-	4.35	มาก
	อ่านเข้าใจง่าย							
3	สื่อที่ใช้ประกอบการฝึกอบรมช่วยให้	15	5	-	-	-	4.75	มากที่สุด
	เข้าใจเนื้อหาดียิ่งขึ้น							
4	การลำดับเนื้อหาการฝึกอบรมมีความ	4	16	-	-	-	4.20	มาก
	เหมาะสม							
5	แบบทดสอบมีความยากง่ายพอเหมาะ	5	11	4	-	-	4.05	มาก
6	สถานที่ฝึกอบรมเหมาะสม	16	4	-	-	-	4.80	มากที่สุด
7	วิทยากรมีความรู้ความสามารถ	18	2	-	-	-	4.90	มากที่สุด
8	ระยะเวลาการฝึกอบรมมีความเหมาะสม	2	16	2	-	-	4.00	มาก
9	มีความมั่นใจในความรู้ที่ได้รับว่า	12	8				4.60	มากที่สุด
	สามารถนำไปใช้งานได้จริง							
ค่าเฉลี่ยรวมทั้งหมด							4.51	มากที่สุด

ผลวิเคราะห์การประเมินความคิดเห็นจากผู้เข้ารับการฝึกอบรม

จากแบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เข้ารับการฝึกอบรมจำนวน 20 คน โดยผู้วิจัยได้กำหนดเกณฑ์การประเมินผล เพื่อวิเคราะห์ความคิดเห็นจากผู้เข้ารับการฝึกอบรมด้านความเหมาะสมของการฝึกอบรมหลังจากได้เข้ารับการฝึกอบรมเสร็จ โดยใช้รูปแบบการแปลความหมายความคิดเห็นของผู้เข้ารับการฝึกอบรมด้วยแบบมาตราส่วนการประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ โดยกำหนดตามแนวทางการประเมินค่าของลิเคิร์ต (Likert) ดังนี้

4.50 - 5.00	หมายถึง	มากที่สุด
3.50 - 4.49	หมายถึง	มาก
2.50 - 3.49	หมายถึง	ปานกลาง
1.50 - 2.49	หมายถึง	น้อย
0.00 - 1.49	หมายถึง	น้อยที่สุด

ผลวิเคราะห์การประเมินความคิดเห็นจากผู้เข้ารับการฝึกอบรม

จากตารางที่ ข-9 จะเห็นได้ว่า ผลการประเมินความคิดเห็นจากผู้เข้ารับการฝึกอบรมด้านความเหมาะสมของการฝึกอบรมเรื่อง การปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ นั้น สามารถสรุปได้ ดังนี้

1. หัวข้อการฝึกอบรมมีความน่าสนใจ มีระดับความคิดเห็นเฉลี่ย 5.00 ซึ่งหมายถึง ผู้เข้ารับการฝึกอบรมประเมินชุดการฝึกอบรม ในระดับความคิดเห็นที่เห็นด้วยมากที่สุด กับหัวข้อการฝึกอบรมที่จัดทำขึ้น

2. เอกสารใบเนื้อหาประกอบการฝึกอบรมอ่านเข้าใจง่าย มีระดับความคิดเห็นเฉลี่ย 4.35 ซึ่งหมายถึง ผู้เข้ารับการฝึกอบรมประเมินชุดการฝึกอบรม ในระดับความคิดเห็นที่เห็นด้วยมาก กับเอกสารใบเนื้อหาประกอบการฝึกอบรมที่จัดทำขึ้น

3. สื่อที่ใช้ประกอบการฝึกอบรมช่วยให้เข้าใจยิ่งขึ้น มีระดับความคิดเห็นเฉลี่ย 4.75 ซึ่งหมายถึง ผู้เข้ารับการฝึกอบรมประเมินชุดการฝึกอบรม ในระดับความคิดเห็นที่เห็นด้วยมากที่สุด กับสื่อที่ใช้ประกอบการฝึกอบรมที่จัดทำขึ้น

4. การลำดับเนื้อหาการฝึกอบรมมีความเหมาะสม มีระดับความคิดเห็นเฉลี่ย 4.20 ซึ่งหมายถึง ผู้เข้ารับการฝึกอบรมประเมินชุดการฝึกอบรม ในระดับความคิดเห็นที่เห็นด้วยมาก กับการลำดับเนื้อหาการฝึกอบรมที่จัดทำขึ้น

5. แบบทดสอบมีความยากง่ายพอเหมาะ มีระดับความคิดเห็นเฉลี่ย 4.05 ซึ่งหมายถึง ผู้เข้ารับการฝึกอบรมประเมินชุดการฝึกอบรม ในระดับความคิดเห็นที่เห็นด้วยมาก กับแบบทดสอบที่จัดทำขึ้น

6. สถานที่ฝึกอบรมเหมาะสม มีระดับความคิดเห็นเฉลี่ย 4.80 ซึ่งหมายถึง ผู้เข้ารับการฝึกอบรมประเมินชุดการฝึกอบรม ในระดับความคิดเห็นที่เห็นด้วยมากที่สุด กับสถานที่ฝึกอบรมที่จัดทำขึ้น

7. วิทยากรมีความรู้ความสามารถ มีระดับความคิดเห็นเฉลี่ย 4.90 ซึ่งหมายถึง ผู้เข้ารับการฝึกอบรมประเมินชุดการฝึกอบรม ในระดับความคิดเห็นที่เห็นด้วยมากที่สุด กับวิทยากร

8. ระยะเวลาการฝึกอบรมมีความเหมาะสม มีระดับความคิดเห็นเฉลี่ย 4.00 ซึ่งหมายถึง ผู้เข้ารับการฝึกอบรมประเมินชุดการฝึกอบรม ในระดับความคิดเห็นที่เห็นด้วยมาก กับระยะเวลาการจัดการฝึกอบรม

9. มีความมั่นใจในความรู้ที่ได้รับว่าสามารถนำไปใช้งานได้จริง มีระดับความคิดเห็นเฉลี่ย 4.60 ซึ่งหมายถึง ผู้เข้ารับการฝึกอบรมประเมินชุดการฝึกอบรม ในระดับความคิดเห็นที่เห็นด้วยมากที่สุดกับความรู้ที่ได้รับว่าสามารถนำไปใช้ในงานได้จริง

10. ค่าเฉลี่ยรวมของการฝึกอบรมทั้งหมด มีระดับความคิดเห็นเฉลี่ย 4.51 ซึ่งหมายถึง ผู้เข้ารับการฝึกอบรมประเมินการฝึกอบรมในระดับความคิดเห็นที่เห็นด้วยมากกับชุดการฝึกอบรมที่จัดทำขึ้น

ผลการประเมินจากความคิดเห็นของผู้เข้ารับการฝึกอบรม เมื่อผ่านการฝึกอบรมด้วยชุดฝึกอบรมที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีความเห็นในทางบวกอยู่ในเกณฑ์เห็นด้วยมากที่สุด แสดงว่าผู้เข้ารับการฝึกอบรมยอมรับและพึงพอใจในการฝึกอบรมด้วยชุดฝึกอบรมที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้น โดยเฉพาะด้าน สื่อและเนื้อหาและความมั่นใจในความรู้ที่ได้รับว่าสามารถนำไปใช้ในงานได้จริง

ภาคผนวก ก

การหาคุณภาพของแบบทดสอบจากการทดลองใช้แบบทดสอบกับกลุ่มทดลองจำนวน 110 คน
เพื่อหาค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก และค่าความเชื่อมั่น

ตารางที่ ก-8 แสดงผลการวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบ

หัวข้อที่ 1 หลักการเบื้องต้นของเพาเวอร์แฟกเตอร์

ลำดับที่	วัตถุประสงค์ ข้อที่	แบบทดสอบ ข้อที่	R_U (55 คน)	R_L (55 คน)	P	D	q	pq
1	1.1	1	55	31	0.78	0.44	0.22	0.17
2	1.2	6	55	25	0.73	0.55	0.27	0.20
3	1.3	9	51	33	0.76	0.33	0.24	0.18
4	1.4	10	53	22	0.68	0.56	0.32	0.22
5	1.5	13	48	19	0.61	0.53	0.39	0.24
6	1.6	15	50	18	0.62	0.58	0.38	0.24
7	1.7	18	53	27	0.73	0.47	0.27	0.20
รวม			365	175	4.91	3.45	2.09	1.44
เฉลี่ย			52.14	25.00	0.70	0.49	0.30	0.21

ตารางที่ ก-9 แสดงผลการวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบ

หัวข้อที่ 2 การปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ในระบบไฟฟ้า

ลำดับ ที่	วัตถุประสงค์ ข้อที่	แบบทดสอบ ข้อที่	R _U (55 คน)	R _L (55 คน)	P	D	q	pq
1	2.1	20	51	28	0.72	0.42	0.28	0.20
2		22	50	24	0.67	0.47	0.33	0.22
3	2.2	25	40	16	0.51	0.44	0.49	0.25
4		26	44	21	0.59	0.42	0.41	0.24
5	2.3	27	48	20	0.62	0.51	0.38	0.24
6		29	43	19	0.56	0.44	0.44	0.25
7	2.4	31	40	23	0.57	0.31	0.43	0.24
8	2.5	32	47	25	0.65	0.40	0.35	0.23
9		33	45	24	0.63	0.38	0.37	0.23
10	2.6	36	46	17	0.57	0.53	0.43	0.24
11		37	44	26	0.64	0.33	0.36	0.23
รวม			498	243	6.74	4.64	4.26	2.58
เฉลี่ย			45.27	22.09	0.61	0.42	0.39	0.23

ตารางที่ ก-10 แสดงผลการวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบ
หัวข้อที่ 3 ตำแหน่งการติดตั้งคาปาซิเตอร์เพื่อปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์

ลำดับที่	วัตถุประสงค์ ข้อที่	แบบทดสอบ ข้อที่	R _U (55 คน)	R _L (55 คน)	P	D	q	pq
1	3.1	39	55	14	0.63	0.75	0.37	0.23
2	3.2	41	49	35	0.76	0.25	0.24	0.18
3	3.3	43	52	24	0.69	0.51	0.31	0.21
4	3.4	46	44	24	0.62	0.36	0.38	0.24
5	3.5	47	43	31	0.67	0.22	0.33	0.22
6	3.6	50	45	33	0.71	0.22	0.29	0.21
7	3.7	51	53	24	0.70	0.53	0.30	0.21
8		52	48	21	0.63	0.49	0.37	0.23
9		55	46	21	0.61	0.45	0.39	0.24
10	3.8	56	44	27	0.65	0.31	0.35	0.23
11		57	47	25	0.65	0.40	0.35	0.23
12		58	43	28	0.65	0.27	0.35	0.23
13		61	47	21	0.62	0.47	0.38	0.24
14		63	49	20	0.63	0.53	0.37	0.23
รวม			665	348	9.21	5.76	4.79	3.13
เฉลี่ย			47.50	24.86	0.66	0.41	0.34	0.22

ตารางที่ ค-11 แสดงผลการวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบ

หัวข้อที่ 4 ระบบการควบคุมการทำงานของคาปาซิเตอร์

ลำดับที่	วัตถุประสงค์ ข้อที่	แบบทดสอบ ข้อที่	R_U (55 คน)	R_L (55 คน)	P	D	q	pq
1	4.1	64	55	26	0.74	0.53	0.26	0.19
2	4.2	68	51	30	0.74	0.38	0.26	0.19
3	4.3	70	47	22	0.63	0.45	0.37	0.23
4	4.4	72	47	19	0.60	0.51	0.40	0.24
5	4.5	75	49	27	0.69	0.40	0.31	0.21
6		76	46	24	0.64	0.40	0.36	0.23
7	4.6	80	47	25	0.65	0.40	0.35	0.23
8	4.7	82	50	25	0.68	0.45	0.32	0.22
9		84	48	23	0.65	0.45	0.35	0.23
10	4.8	85	47	21	0.62	0.47	0.38	0.24
รวม			487	242	6.63	4.45	3.37	2.21
เฉลี่ย			44.27	22	0.60	0.40	0.31	0.20

ตารางที่ ก-12 แสดงผลการวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบ

หัวข้อที่ 5 ขนาดและฟังก์ชันของอุปกรณ์ประกอบการติดตั้งคาปาซิเตอร์

ลำดับที่	วัตถุประสงค์ ข้อที่	แบบทดสอบ ข้อที่	R _U (55 คน)	R _L (55 คน)	P	D	q	pq
1	5.1	89	42	25	0.61	0.31	0.39	0.24
2		90	41	25	0.60	0.29	0.40	0.24
3	5.2	92	42	29	0.65	0.24	0.35	0.23
4		93	44	26	0.64	0.33	0.36	0.23
5	5.3	95	42	18	0.55	0.44	0.45	0.25
6		96	39	28	0.61	0.20	0.39	0.24
7	5.4	97	43	19	0.56	0.44	0.44	0.25
8		98	45	28	0.66	0.31	0.34	0.22
9		100	45	17	0.56	0.51	0.44	0.25
10	5.5	104	45	24	0.63	0.38	0.37	0.23
11		105	44	22	0.60	0.40	0.40	0.24
12		107	43	23	0.60	0.36	0.40	0.24
13		109	40	29	0.63	0.20	0.37	0.23
14	5.6	110	47	24	0.65	0.42	0.35	0.23
15		113	48	27	0.68	0.38	0.32	0.22
16		114	40	25	0.59	0.27	0.41	0.24
17	5.7	116	40	18	0.53	0.40	0.47	0.25
18		117	44	24	0.62	0.36	0.38	0.24
19	5.8	118	45	28	0.66	0.31	0.34	0.22
20		120	53	24	0.70	0.53	0.30	0.21
21		122	41	20	0.55	0.38	0.45	0.25
รวม			913	503	12.8	7.45	8.13	4.94
เฉลี่ย			43.48	23.95	0.61	0.35	0.39	0.24

ตารางที่ ค-13 แสดงผลการวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบ

หัวข้อที่ 6 การตรวจสอบและซ่อมบำรุงรักษา

ลำดับที่	วัตถุประสงค์ ข้อที่	แบบทดสอบ ข้อที่	R_U (55 คน)	R_L (55 คน)	P	D	q	pq
1	6.1	125	55	31	0.78	0.44	0.22	0.17
2	6.2	129	55	25	0.73	0.55	0.27	0.20
3	6.3	135	51	33	0.76	0.33	0.24	0.18
4	6.4	138	54	23	0.70	0.56	0.30	0.21
5	6.5	139	50	19	0.63	0.56	0.37	0.23
6	6.6	142	50	18	0.62	0.58	0.38	0.24
7	6.7	145	55	26	0.74	0.53	0.26	0.19
รวม			370	175	4.95	3.55	2.05	1.42
เฉลี่ย			52.86	25.00	0.71	0.51	0.29	0.20

ตารางที่ ค-14 แสดงผลการวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบ

วัดผลสัมฤทธิ์ทางการฝึกอบรม

ลำดับที่	วัตถุประสงค์ ข้อที่	แบบทดสอบ ข้อที่	R_U (55 คน)	R_L (55 คน)	P	D	q	pq
1	1.1	3	42	25	0.61	0.31	0.39	0.24
2	1.3	8	41	25	0.60	0.29	0.40	0.24
3	1.5	12	42	29	0.65	0.24	0.35	0.23
4	1.6	14	44	26	0.64	0.33	0.36	0.23
5	1.7	16	42	18	0.55	0.44	0.45	0.25
6	2.1	21	39	28	0.61	0.20	0.39	0.24
7	2.2	23	43	19	0.56	0.44	0.44	0.25
8		24	45	28	0.66	0.31	0.34	0.22
9	2.3	28	45	17	0.56	0.51	0.44	0.25
10	2.4	30	45	24	0.63	0.38	0.37	0.23
11	2.5	34	44	22	0.60	0.40	0.40	0.24

ตารางที่ ก-14 (ต่อ)

ลำดับที่	วัสดุประสงค์ ข้อที่	แบบทดสอบ ข้อที่	R_U (55 คน)	R_L (55 คน)	P	D	q	pq
12	2.6	35	43	23	0.60	0.36	0.40	0.24
13		38	40	29	0.63	0.20	0.37	0.23
14	3.1	40	47	24	0.65	0.42	0.35	0.23
15	3.2	42	48	27	0.68	0.38	0.32	0.22
16	3.3	44	40	25	0.59	0.27	0.41	0.24
17	3.4	45	40	18	0.53	0.40	0.47	0.25
18	3.5	48	44	24	0.62	0.36	0.38	0.24
19	3.6	49	45	28	0.66	0.31	0.34	0.22
20	3.7	53	53	24	0.70	0.53	0.30	0.21
21		54	41	20	0.55	0.38	0.45	0.25
22	3.8	60	44	24	0.62	0.36	0.38	0.24
23		62	45	28	0.66	0.31	0.34	0.22
24	4.1	65	42	25	0.61	0.31	0.39	0.24
25	4.3	71	41	25	0.60	0.29	0.40	0.24
26	4.4	73	42	29	0.65	0.24	0.35	0.23
27	4.5	78	44	26	0.64	0.33	0.36	0.23
28	4.6	79	42	18	0.55	0.44	0.45	0.25
29	4.7	83	39	28	0.61	0.20	0.39	0.24
30	4.8	86	43	19	0.56	0.44	0.44	0.25
31	5.1	88	45	28	0.66	0.31	0.34	0.22
32	5.2	91	45	17	0.56	0.51	0.44	0.25
33	5.3	94	45	24	0.63	0.38	0.37	0.23
34	5.4	99	44	22	0.60	0.40	0.40	0.24
35		101	43	23	0.60	0.36	0.40	0.24
36		102	40	29	0.63	0.20	0.37	0.23

ตารางที่ ค-14 (ต่อ)

ลำดับที่	วัตถุประสงค์ ข้อที่	แบบทดสอบ ข้อที่	R_U (55 คน)	R_L (55 คน)	P	D	q	pq
37	5.5	103	47	24	0.65	0.42	0.35	0.23
38		106	48	27	0.68	0.38	0.32	0.22
39		108	40	25	0.59	0.27	0.41	0.24
40	5.6	111	40	18	0.53	0.40	0.47	0.25
41		112	44	24	0.62	0.36	0.38	0.24
42	5.7	115	45	28	0.66	0.31	0.34	0.22
43	5.8	119	53	24	0.70	0.53	0.30	0.21
44		121	41	20	0.55	0.38	0.45	0.25
45		123	44	24	0.62	0.36	0.38	0.24
46	6.1	124	45	28	0.66	0.31	0.34	0.22
47	6.2	132	53	24	0.70	0.53	0.30	0.21
48	6.4	137	42	25	0.61	0.31	0.39	0.24
49	6.5	141	41	25	0.60	0.29	0.40	0.24
50	6.7	144	42	29	0.65	0.24	0.35	0.23
รวม			370	175	4.95	3.55	2.05	1.42
เฉลี่ย			52.86	25	0.71	0.51	0.29	0.20

ตารางที่ ค-15 แสดงผลการวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบหลังการฝึกอบรมแต่ละหัวข้อ

แบบทดสอบ	ΣX	ΣX^2	Σpq	r_{tt}
หัวข้อเรื่องที่ 1	540	3058	1.44	0.713
หัวข้อเรื่องที่ 2	741	5783	2.58	0.706
หัวข้อเรื่องที่ 3	1013	10505	3.13	0.762
หัวข้อเรื่องที่ 4	729	5527	2.21	0.722
หัวข้อเรื่องที่ 5	1416	20266	4.94	0.770
หัวข้อเรื่องที่ 6	545	3107	1.42	0.718
รวม	4984	48246	15.72	4.39
เฉลี่ย	830.67	8041	2.62	0.73

ตารางที่ ค-16 แสดงผลการวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการฝึกอบรม

แบบทดสอบ	ΣX	ΣX^2	Σpq	r_u
วัดผลสัมฤทธิ์	3374	114374	11.73	0.899

ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ (r_u) จากสูตรของ Kuder – Richardson K.R. # 20

$$\text{สูตร} \quad r_u = \frac{n}{n-1} \left[1 - \frac{\Sigma pq}{St^2} \right] \quad (\text{ค-1})$$

เมื่อ r_u คือ ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ

n คือ จำนวนข้อสอบของแบบทดสอบ

p คือ สัดส่วนของผู้ที่ทำข้อสอบถูก

q คือ สัดส่วนของผู้ที่ทำข้อสอบผิด

St^2 คือ คะแนนความแปรปรวนของแบบทดสอบ

หาค่าความแปรปรวนของแบบทดสอบ

$$\text{สูตร} \quad St^2 = \frac{n \Sigma X^2 - (\Sigma X)^2}{n^2} \quad (\text{ค-2})$$

เมื่อ n คือ จำนวนคนที่ทำแบบทดสอบ

X คือ คะแนนของผู้ทำข้อสอบ

จากตารางที่ ค-15 หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบหลังการฝึกอบรมหัวข้อเรื่องที่ 1

$$\begin{aligned} \text{จะได้} \quad n &= 110 \\ \Sigma X &= 540 \\ \Sigma X^2 &= 3058 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{แทนค่า} \quad St^2 &= \frac{110 \times 3058 - (540)^2}{110^2} \\ &= 3.70 \end{aligned} \quad (\text{ค-3})$$

$$\begin{aligned} \text{แทนค่า} \quad r_u &= \frac{110}{110 - 1} \left[1 - \frac{1.44}{3.70} \right] \\ &= 0.713 \end{aligned} \quad (\text{ก-4})$$

เพราะฉะนั้น ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบหลังการฝึกอบรมหัวข้อเรื่องที่ 1 เท่ากับ 71.3%

ผลการหาคุณภาพของแบบทดสอบ

1. ข้อสอบทั้งหมด 120 ข้อ
2. ข้อสอบที่สามารถนำมาวิจัยในครั้งนี้ ประกอบด้วย
 - 2.1 แบบทดสอบท้ายแบบทดสอบหลังการฝึกแต่ละหัวข้อ จำนวน 70 ข้อ
 - 2.1.1 แบบทดสอบหลังการฝึกหัวข้อที่ 1 จำนวน 7 ข้อ เวลา 10 นาที
 - 2.1.2 แบบทดสอบหลังการฝึกหัวข้อที่ 2 จำนวน 11 ข้อ เวลา 15 นาที
 - 2.1.3 แบบทดสอบหลังการฝึกหัวข้อที่ 3 จำนวน 14 ข้อ เวลา 15 นาที
 - 2.1.4 แบบทดสอบหลังการฝึกหัวข้อที่ 4 จำนวน 10 ข้อ เวลา 10 นาที
 - 2.1.5 แบบทดสอบหลังการฝึกหัวข้อที่ 5 จำนวน 21 ข้อ เวลา 25 นาที
 - 2.1.6 แบบทดสอบหลังการฝึกหัวข้อที่ 6 จำนวน 7 ข้อ เวลา 10 นาที
 - 2.2 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการฝึกอบรม จำนวน 50 ข้อ เวลา 50 นาที

ภาคผนวก ง

ตารางวิเคราะห์รายละเอียดของหลักสูตรรายวิชา

ตารางที่ ง-1 แสดงตารางวิเคราะห์การให้น้ำหนักความสำคัญของพฤติกรรม

หัวข้อที่ 1 หลักการเบื้องต้นของเพาเวอร์แฟกเตอร์

ตารางกำหนดรายละเอียด					
เนื้อหา \ พฤติกรรม	ความจำ	ความเข้าใจ	การนำไปใช้	เหตุผล	รวม
1. หลักการเบื้องต้นของเพาเวอร์แฟกเตอร์					
1.1 กำลังไฟฟ้า	4	0	0	0	4
1.2 ประเภทของโหลดทางไฟฟ้า	3	0	0	0	3
1.3 นิยามของเพาเวอร์แฟกเตอร์	0	3	0	0	3
1.4 ผลของค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ในระบบไฟฟ้าต่ำ	2	0	0	0	2
1.5 การคิดค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ของการไฟฟ้า	5	0	0	0	5
รวม	14	3	0	0	17

ตารางที่ ง-2 แสดงตารางวิเคราะห์การให้น้ำหนักความสำคัญของพฤติกรรม

หัวข้อที่ 2 การปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ของระบบไฟฟ้า

ตารางกำหนดรายละเอียด					
เนื้อหา \ พฤติกรรม	ความจำ	ความเข้าใจ	การนำไปใช้	เหตุผล	รวม
2. การปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ของระบบไฟฟ้า					
2.1 ค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ในโรงงานอุตสาหกรรม	3	0	0	0	3
2.2 การเพิ่มค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์	0	3	0	2	5
2.3 การหาค่ากำลังไฟฟ้านอกที่ฟด้วยการคำนวณ	0	0	1	0	1
2.4 การหาค่ากำลังไฟฟ้านอกที่ฟด้วยโมโนแกรม	0	0	1	0	1
2.5 การหาค่ากำลังไฟฟ้านอกที่ฟด้วยตารางสำเร็จ	0	0	1	0	1
2.6 การหาค่ากำลังไฟฟ้านอกที่ฟด้วยคอมพิวเตอร์	0	0	1	0	1
2.7 ประโยชน์ของการปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์	4	0	0	0	4
รวม	7	3	4	2	18

ตารางที่ ง-3 แสดงตารางวิเคราะห์การให้น้ำหนักความสำคัญของพฤติกรรม

หัวข้อที่ 3 ตำแหน่งการติดตั้งคาปาซิเตอร์เพื่อการปรับปรุงค่าพาวเวอร์แฟกเตอร์

ตารางกำหนดรายละเอียด					
เนื้อหา \ พฤติกรรม	ความจำ	ความเข้าใจ	การนำไปใช้	เหตุผล	รวม
3. ตำแหน่งการติดตั้งคาปาซิเตอร์เพื่อการปรับปรุง					
ค่าพาวเวอร์แฟกเตอร์					
3.1 ปรับปรุงที่ตัวอุปกรณ์ (Individual Compensation)	0	2	0	2	4
3.2 การปรับปรุงเป็นกลุ่ม (Group Compensation)	0	2	0	2	4
3.3 การปรับปรุงรวม (Central Compensation)	0	2	0	2	4
3.4 การปรับปรุงแบบผสม (Mixed Compensation)	0	0	0	2	2
3.5 การปรับปรุงค่าพาวเวอร์แฟกเตอร์ของอุปกรณ์	3	0	5	0	8
ไฟฟ้าที่สำคัญ					
รวม	3	6	5	6	20

ตารางที่ ง-4 แสดงตารางวิเคราะห์การให้น้ำหนักความสำคัญของพฤติกรรม

หัวข้อที่ 4 ระบบการควบคุมการทำงานของคาปาซิเตอร์

ตารางกำหนดรายละเอียด					
เนื้อหา \ พฤติกรรม	ความจำ	ความเข้าใจ	การนำไปใช้	เหตุผล	รวม
4. ระบบการควบคุมการทำงานของคาปาซิเตอร์					
4.1 การควบคุมคาปาซิเตอร์ที่ติดตั้งถาวร (Fixed)	2	4	0	0	6
4.2 การควบคุมคาปาซิเตอร์แบบอัตโนมัติ	1	8	0	2	11
(Automatic Capacitor Bank)					
รวม	3	12	0	2	17

ตารางที่ ง-5 แสดงตารางวิเคราะห์การให้น้ำหนักความสำคัญของพฤติกรรม
หัวข้อที่ 5 การปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ของระบบไฟฟ้า

ตารางกำหนดรายละเอียด					
เนื้อหา \ พฤติกรรม	ความจำ	ความเข้าใจ	การนำไปใช้	เหตุผล	รวม
5. ขนาดและพิกัดของอุปกรณ์ประกอบการติดตั้ง					
คาปาซิเตอร์					
5.1 คาปาซิเตอร์	3	7	0	0	10
5.2 อุปกรณ์ป้องกัน	0	0	4	0	4
5.3 อุปกรณ์ตัดต่ออาศัยอำนาจแม่เหล็ก	0	0	2	0	2
5.4 รีแอกเตอร์	0	0	1	0	1
5.5 ขนาดสายไฟฟ้า	0	0	1	0	1
5.6 การออกแบบติดตั้งคาปาซิเตอร์ในระบบไฟฟ้า	0	0	6	0	6
รวม	3	7	14	0	24

ตารางที่ ง-6 แสดงตารางวิเคราะห์การให้น้ำหนักความสำคัญของพฤติกรรม
หัวข้อที่ 6 การตรวจสอบและซ่อมบำรุงรักษา

ตารางกำหนดรายละเอียด					
เนื้อหา \ พฤติกรรม	ความจำ	ความเข้าใจ	การนำไปใช้	เหตุผล	รวม
6. การตรวจสอบและซ่อมบำรุงรักษา					
6.1 การตรวจสอบคาปาซิเตอร์	2	0	2	1	5
6.2 การตรวจสอบสายไฟและการเข้าสายไฟ	1	1	0	0	2
6.3 การตรวจสอบแมกเนติก คอนแทกเตอร์	2	0	1	0	3
6.4 การตรวจสอบฟิวส์ป้องกัน	1	0	0	0	1
6.5 สรุปปัญหาเนื่องจากการติดตั้งคาปาซิเตอร์	1	3	0	1	5
รวม	7	4	3	2	16

ตารางที่ ๗-7 แสดงตารางวิเคราะห์การให้น้ำหนักความสำคัญของพฤติกรรม
เรื่อง การปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์

ตารางกำหนดรายละเอียด					
เนื้อหา \ พฤติกรรม	ความจำ	ความเข้าใจ	การนำไปใช้	เหตุผล	รวม
1. หลักการเบื้องต้นของเพาเวอร์แฟคเตอร์	14	3	0	0	17
2. การปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ของระบบไฟฟ้า	17	0	1	0	18
3. ตำแหน่งการติดตั้งคาปาซิเตอร์เพื่อการปรับปรุง ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์	3	6	5	6	20
4. ระบบการควบคุมการทำงานของคาปาซิเตอร์	3	12	0	2	17
5. ขนาดและพิกัดของอุปกรณ์ประกอบการติดตั้ง คาปาซิเตอร์	3	7	14	0	24
6. การตรวจสอบและซ่อมบำรุงรักษา	7	4	3	2	16
รวม	47	32	23	10	112

ตารางที่ ๗-8 แสดงตารางวิเคราะห์การให้น้ำหนักความสำคัญของพฤติกรรม (ตาราง1000)
เรื่อง การปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์

ตารางกำหนดรายละเอียด					
เนื้อหา \ พฤติกรรม	ความจำ	ความเข้าใจ	การนำไปใช้	เหตุผล	รวม
1. หลักการเบื้องต้นของเพาเวอร์แฟคเตอร์	125	27	0	0	152
2. การปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ของระบบไฟฟ้า	152	0	9	0	161
3. ตำแหน่งการติดตั้งคาปาซิเตอร์เพื่อการปรับปรุง ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์	27	53	44	53	176
4. ระบบการควบคุมการทำงานของคาปาซิเตอร์	27	107	0	18	152
5. ขนาดและพิกัดของอุปกรณ์ประกอบการติดตั้ง คาปาซิเตอร์	27	63	125	0	215
6. การตรวจสอบและซ่อมบำรุงรักษา	63	36	26	18	144
รวม	421	286	204	89	1000

ตารางที่ ง-๑ แสดงจำนวนข้อสอบหลังการฝึกอบรมแต่ละหัวข้อ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์
การฝึกอบรมเรื่อง การปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์

หัวข้อเรื่อง	หลังการฝึก	ผลสัมฤทธิ์
	จำนวน(ข้อ)	จำนวน(ข้อ)
1. หลักการเบื้องต้นของเพาเวอร์แฟคเตอร์	7	5
2. การปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ของระบบไฟฟ้า	11	8
3. ตำแหน่งการติดตั้งคาปาซิเตอร์เพื่อการปรับปรุง ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์	14	10
4. ระบบการควบคุมการทำงานของคาปาซิเตอร์	10	7
5. ขนาดและพิกัดของอุปกรณ์ประกอบการติดตั้งคาปาซิเตอร์	21	15
6. การตรวจสอบและซ่อมบำรุงรักษา	7	6
รวม	70	50

ภาคผนวก จ

การวิเคราะห์แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์การฝึกอบรม

ตารางที่ จ-1 แสดงผลคะแนนรวมจากการใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์การฝึกอบรมกับกลุ่ม

ตัวอย่างหลังการฝึกอบรม

คนที่	X	X^2
1	48	2304
2	47	2209
3	47	2209
4	47	2209
5	46	2116
6	46	2116
7	46	2116
8	45	2025
9	44	1936
10	43	1849
11	42	1764
12	42	1764
13	41	1681
14	41	1681
15	38	1444
16	37	1369
17	34	1156
18	33	1089
19	30	900
20	29	841
รวม	826	34778
เฉลี่ย	41.30	1738.90

ตารางที่ จ-2 แสดงค่าความยากง่าย(P) และค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบแบบอิงเกณฑ์ (PPDI)

แบบทดสอบข้อที่	Rpre	Ppre	Rpos	Ppos	PPDI	q	pq
1	9	0.65	17	0.85	0.40	0.15	0.13
2	7	0.35	17	0.85	0.50	0.15	0.13
3	5	0.25	17	0.85	0.60	0.15	0.13
4	9	0.45	17	0.85	0.40	0.15	0.13
5	5	0.25	15	0.75	0.50	0.25	0.19
6	7	0.35	16	0.80	0.45	0.20	0.16
7	4	0.20	15	0.75	0.55	0.25	0.19
8	8	0.40	16	0.80	0.40	0.20	0.16
9	3	0.15	16	0.80	0.65	0.20	0.16
10	5	0.25	16	0.80	0.55	0.20	0.16
11	9	0.45	17	0.85	0.40	0.15	0.13
12	8	0.40	16	0.80	0.40	0.20	0.16
13	7	0.35	16	0.80	0.45	0.20	0.16
14	7	0.35	15	0.75	0.40	0.25	0.19
15	6	0.30	17	0.85	0.55	0.15	0.13
16	8	0.40	16	0.80	0.40	0.20	0.16
17	6	0.30	17	0.85	0.55	0.15	0.13
18	5	0.25	16	0.80	0.55	0.20	0.16
19	3	0.15	16	0.80	0.65	0.20	0.16
20	9	0.45	19	0.95	0.50	0.05	0.05
21	8	0.40	16	0.80	0.40	0.20	0.16
22	6	0.30	18	0.90	0.60	0.10	0.09
23	11	0.55	18	0.90	0.35	0.10	0.09
24	9	0.45	17	0.85	0.40	0.15	0.13
25	9	0.45	16	0.80	0.35	0.20	0.16
26	5	0.25	17	0.85	0.60	0.15	0.13
27	8	0.40	17	0.85	0.45	0.15	0.13

ตารางที่ จ-2 (ต่อ)

แบบทดสอบข้อที่	Rpre	Ppre	Rpos	Ppos	PPDI	q	pq
28	4	0.20	18	0.90	0.70	0.10	0.09
29	3	0.15	17	0.85	0.70	0.15	0.13
30	9	0.45	17	0.85	0.40	0.15	0.13
31	4	0.20	17	0.85	0.65	0.15	0.13
32	7	0.35	18	0.90	0.55	0.10	0.09
33	3	0.15	16	0.80	0.65	0.20	0.16
34	6	0.30	17	0.85	0.55	0.15	0.13
35	5	0.25	17	0.85	0.60	0.15	0.13
36	5	0.25	16	0.80	0.55	0.20	0.16
37	7	0.35	18	0.90	0.55	0.10	0.09
38	4	0.20	16	0.80	0.60	0.20	0.16
39	5	0.25	15	0.75	0.50	0.25	0.19
40	7	0.35	17	0.85	0.50	0.15	0.13
41	5	0.25	15	0.75	0.50	0.25	0.19
42	7	0.35	16	0.80	0.45	0.20	0.16
43	4	0.20	16	0.80	0.60	0.20	0.16
44	5	0.25	16	0.80	0.55	0.20	0.16
45	5	0.25	17	0.85	0.60	0.15	0.13
46	6	0.30	17	0.85	0.55	0.15	0.13
47	6	0.30	15	0.75	0.45	0.25	0.19
48	5	0.25	17	0.85	0.60	0.15	0.13
49	5	0.25	16	0.80	0.55	0.20	0.16
50	7	0.35	16	0.80	0.45	0.20	0.16
รวม	314	15.7	826	41.3	25.6	8.70	7.09
เฉลี่ย	6.28	0.31	16.52	0.83	0.51	0.17	0.14

การวิเคราะห์คุณภาพของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์

ผู้วิจัยได้นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ที่จัดสร้างขึ้นไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นช่างเทคนิคที่ปฏิบัติงาน ในส่วนของการติดตั้งและซ่อมบำรุงระบบไฟฟ้าในสถานประกอบการในเขตนิคมอุตสาหกรรมบางกะดี จำนวน 20 คน เพื่อวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบแบบอิงเกณฑ์ ปรากฏผลดังนี้

1. การวิเคราะห์หาค่าความยากง่ายของแบบทดสอบเป็นรายข้อ

$$\text{สูตร} \quad P = \frac{R_{pre}}{N} \quad (\text{จ-1})$$

เมื่อ P คือ ความยากง่ายของแบบทดสอบ

R_{pre} คือ จำนวนผู้เข้ารับการฝึกอบรมที่ทำแบบทดสอบข้อนั้นถูก

N คือ จำนวนผู้เข้ารับการฝึกอบรมที่ทำแบบทดสอบข้อนั้นทั้งหมด

ตารางที่ จ-3 แสดงการแปลความหมายระดับความยากง่ายของแบบทดสอบ

ระดับความยาก	ความหมาย
0.81-1.00	ง่ายมาก
0.61-0.80	ง่าย
0.51-0.60	ค่อนข้างง่าย
0.50	ยากง่ายพอเหมาะ
0.40-0.49	ค่อนข้างยาก
0.20-0.39	ยาก
0.00-0.19	ยากมาก

ตัวอย่างการวิเคราะห์หาค่าความยากง่ายของแบบทดสอบข้อที่ 1 ก่อนการฝึกอบรม

$$\text{แทนค่า} \quad P = \frac{9}{20} \quad (\text{จ-2})$$

$$P = 0.45$$

เพราะฉะนั้น ค่าความยากง่ายของแบบทดสอบข้อที่ 1 ก่อนการฝึกอบรมอยู่ในระดับค่อนข้างยาก

2. การวิเคราะห์หาค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบแบบอิงเกณฑ์

$$\text{สูตร} \quad \text{PPDI} = \frac{R_{\text{pos}} - R_{\text{pre}}}{N} \quad (\text{จ-3})$$

เมื่อ PPDI คือ ความยากง่ายของแบบทดสอบ

R_{pos} คือ จำนวนผู้เข้ารับการฝึกอบรมที่ทำแบบทดสอบข้อนั้นถูกหลังได้รับการฝึกอบรม

R_{pre} คือ จำนวนผู้เข้ารับการฝึกอบรมที่ทำแบบทดสอบข้อนั้นถูกก่อนได้รับการฝึกอบรม

N คือ จำนวนผู้เข้ารับการฝึกอบรมที่ทำแบบทดสอบข้อนั้นทั้งหมด

ตารางที่ จ-4 แสดงการแปลความหมายระดับค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบแบบอิงเกณฑ์

ระดับค่าอำนาจจำแนก	ความหมาย
1.00	จำแนกได้ดีเลิศ
0.80-0.99	จำแนกได้ดีมาก
0.60-0.79	จำแนกได้ดี
0.40-0.59	จำแนกได้ปานกลาง
0.20-0.39	จำแนกได้เล็กน้อย
0.00-0.19	จำแนกไม่ได้เลย

ตัวอย่างการวิเคราะห์หาค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบข้อที่ 1

$$\begin{aligned} \text{แทนค่า} \quad \text{PPDI} &= \frac{17 - 9}{20} & (\text{จ-4}) \\ &= 0.40 \end{aligned}$$

เพราะฉะนั้น ค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบข้อที่ 1 อยู่ในระดับจำแนกได้ปานกลาง

3. การวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบแบบอิงเกณฑ์

$$\text{สูตร} \quad r_{cc} = \frac{\sigma^2 (K.R. \# 20) + [\mu - (KC)]}{\sigma^2 + [\mu - (KC)]^2} \quad (\text{จ-5})$$

เมื่อ r_{cc} คือ ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบแบบอิงเกณฑ์

σ^2 คือ ความแปรปรวนของแบบทดสอบแบบอิงเกณฑ์

K คือ จำนวนข้อสอบของแบบทดสอบ

C คือ สัดส่วนของเกณฑ์ที่ผ่าน(ในที่นี้ใช้ 0.80)

μ คือ คะแนนเฉลี่ยของแบบทดสอบแบบอิงเกณฑ์

K. R. #20 คือ ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบที่มาจากสูตร K. R. #20

ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ (r_{tt}) จากสูตรของ Kuder – Richardson K. R. #20

$$\text{สูตร} \quad r_{tt} = \frac{n}{n-1} \left[1 - \frac{\sum pq}{S_t^2} \right] \quad (\text{จ-6})$$

เมื่อ r_{tt} คือ ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ

n คือ จำนวนข้อสอบของแบบทดสอบ

p คือ สัดส่วนของผู้ที่ทำข้อสอบถูก

q คือ สัดส่วนของผู้ที่ทำข้อสอบผิด

S_t^2 คือ คะแนนความแปรปรวนของแบบทดสอบ

หาค่าความแปรปรวนของแบบทดสอบ

$$\text{สูตร} \quad S_t^2 = \frac{n \sum X^2 - (\sum X)^2}{n^2} \quad (\text{จ-7})$$

เมื่อ n คือ จำนวนคนที่ทำแบบทดสอบ

X คือ คะแนนของผู้ทำข้อสอบ

การวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบแบบอิงเกณฑ์

จากตารางที่ จ-1 หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ (r_{tt})

จะได้ $n = 20$

$\sum X = 826$

$\sum X^2 = 34778$

$$\text{แทนค่า} \quad S_1^2 = \frac{20 \times 34778 - (826)^2}{20^2} \quad (\text{จ-8})$$

$$= 33.21$$

จากตารางที่ จ-2

$$\text{แทนค่า} \quad r_{tt} = \frac{20}{20 - 1} \left[1 - \frac{7.09}{33.21} \right] \quad (\text{จ-9})$$

$$= 0.803$$

$$\text{แทนค่า} \quad r_{cc} = \frac{(33.21 \times 0.803) + [41.3 - (50 \times 0.8)]^2}{33.21 + [41.3 - (50 \times 0.8)]^2} \quad (\text{จ-10})$$

$$= 0.803$$

เพราะฉะนั้น ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบแบบอิงเกณฑ์ มีค่า 0.803

ภาคผนวก จ

การคำนวณหาประสิทธิภาพชุดฝึกอบรม
การวิเคราะห์หาความก้าวหน้าทางการอบรมของผู้เข้ารับการฝึกอบรม

ตารางที่ ฅ-1 แสดงผลคะแนนจากการทำแบบทดสอบหลังการฝึกอบรมแต่ละหัวข้อของกลุ่มตัวอย่าง

คนที่	แบบทดสอบหลังการฝึกอบรมหัวข้อที่ (คะแนน)						คะแนนรวม	ร้อยละ
	1(7)	2 (11)	3 (14)	4 (10)	5(21)	6(7)		
1	6	11	10	8	18	6	59	84.29
2	6	10	12	7	16	5	56	80.00
3	7	9	13	9	20	7	65	92.86
4	6	11	12	8	16	6	59	84.29
5	6	8	9	10	21	6	60	85.71
6	6	11	8	10	20	6	61	87.14
7	7	10	13	10	20	6	66	94.29
8	6	10	14	9	19	6	64	91.43
9	4	9	13	6	15	6	53	75.71
10	6	11	11	10	21	6	65	92.86
11	6	9	10	7	16	7	55	78.57
12	6	10	12	10	20	6	64	91.43
13	4	10	13	6	16	5	54	77.14
14	4	9	7	8	16	5	49	70.00
15	6	11	13	10	16	6	62	88.57
16	5	9	14	9	15	6	58	82.86
17	5	7	13	7	14	6	52	74.29
18	6	6	8	6	18	6	50	71.43
19	7	10	13	10	20	5	65	92.86
20	5	9	14	9	18	6	61	87.14
รวม	114	190	232	169	355	118	1178	1682.86
เฉลี่ย	5.7	9.5	11.6	8.45	17.75	5.9	58.9	84.14
ร้อยละ	81.43	86.36	82.86	84.50	84.52	84.29	84.14	-

ตารางที่ ๓-2 แสดงผลคะแนนจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์การฝึกอบรมของกลุ่มตัวอย่าง

คนที่	แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์การฝึกอบรม จำนวน 50 ข้อ	
	คะแนนเต็ม (50)	ร้อยละ
1	41	82.00
2	44	88.00
3	46	92.00
4	38	76.00
5	37	74.00
6	33	66.00
7	48	96.00
8	47	94.00
9	47	94.00
10	41	82.00
11	46	92.00
12	34	68.00
13	29	58.00
14	30	60.00
15	43	86.00
16	47	94.00
17	42	84.00
18	45	90.00
19	42	84.00
20	46	92.00
รวม	826	1652
เฉลี่ย	41.3	82.6

ตารางที่ ฅ-3 แสดงผลคะแนนรวมจากการทำแบบทดสอบหลังการฝึกอบรมแต่ละหัวข้อ

และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์การฝึกอบรมของกลุ่มตัวอย่าง

คนที่	แบบทดสอบหลังการฝึกอบรมแต่ละหัวข้อ		แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์การฝึกอบรม	
	คะแนนเต็ม (70)	ร้อยละ	คะแนนเต็ม (50)	ร้อยละ
1	59	84.29	41	82.00
2	56	80.00	44	88.00
3	65	92.86	46	92.00
4	59	84.29	38	76.00
5	60	85.71	37	74.00
6	61	87.14	33	66.00
7	66	94.29	48	96.00
8	64	91.43	47	94.00
9	53	75.71	47	94.00
10	65	92.86	41	82.00
11	55	78.57	46	92.00
12	64	91.43	34	68.00
13	54	77.14	29	58.00
14	49	70.00	30	60.00
15	62	88.57	43	86.00
16	58	82.86	47	94.00
17	52	74.29	42	84.00
18	50	71.43	45	90.00
19	65	92.86	42	84.00
20	61	87.14	46	92.00
รวม	1178	1682.86	826	1652
เฉลี่ย	58.9	84.14	41.3	82.6

การวิเคราะห์หาประสิทธิภาพชุดฝึกอบรม

ผู้วิจัยได้นำคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบหลังการฝึกอบรมแต่ละหัวข้อ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์การฝึกอบรมของกลุ่มตัวอย่างมาทำการวิเคราะห์ ดังนี้

1. การหาประสิทธิภาพชุดฝึกอบรม

$$E_1 = \frac{(\Sigma X / N)}{A} \times 100 \quad (\text{ฉ-1})$$

$$E_2 = \frac{(\Sigma Y / N)}{B} \times 100 \quad (\text{ฉ-2})$$

เมื่อ E_1 คือ ประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรมคิดเป็นร้อยละจากการทำแบบทดสอบหลังการฝึกอบรมแต่ละหัวข้อ

E_2 คือ ประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรมคิดเป็นร้อยละจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์การฝึกอบรม

ΣX คือ คะแนนรวมของผู้เข้ารับการฝึกอบรมจากการทำแบบทดสอบหลังการฝึกอบรมแต่ละหัวข้อ

ΣY คือ คะแนนรวมของผู้เข้ารับการฝึกอบรมจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์การฝึกอบรม

N คือ จำนวนผู้เข้ารับการฝึกอบรมทั้งหมด

A คือ คะแนนเต็มของแบบทดสอบหลังการฝึกอบรม

B คือ คะแนนเต็มของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์การฝึกอบรม

จากตารางที่ ฉ-3

$$\Sigma X = 1178, \quad A = 70$$

$$\Sigma Y = 826, \quad B = 50$$

$$N = 20$$

แทนค่า

$$E_1 = \frac{(1178 / 20)}{70} \times 100 \quad (\text{ฉ-3})$$

ประสิทธิภาพตัวแรก

$$E_1 = 84.14\%$$

$$E_2 = \frac{(826 / 20)}{50} \times 100 \quad (\text{ฉ-4})$$

ประสิทธิภาพตัวหลัง

$$E_2 = 82.60\%$$

ตารางที่ ๓-4 แสดงผลคะแนนรวมจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์การฝึกอบรมก่อนและหลัง
การฝึกอบรมของกลุ่มตัวอย่าง

คนที่	ก่อนการฝึกอบรม (Pre-test) (X_1)	หลังการฝึกอบรม (Post-test) (X_2)	ผลต่าง ($D = X_2 - X_1$)	ผลต่าง ² (D^2)
1	16	41	25	625
2	16	44	28	784
3	19	46	27	729
4	12	38	26	676
5	14	37	23	529
6	15	33	18	324
7	20	48	28	784
8	19	47	28	784
9	23	47	24	576
10	13	41	28	784
11	13	46	33	1089
12	13	34	21	441
13	11	29	18	324
14	12	30	18	324
15	16	43	27	729
16	18	47	29	841
17	15	42	27	729
18	16	45	29	841
19	15	42	27	729
20	18	46	28	784
รวม	314	826	512	13426
เฉลี่ย	15.7	41.3	25.6	671.3

การวิเคราะห์หาความก้าวหน้าทางการอบรมของผู้เข้ารับการฝึกอบรม

ความก้าวหน้าทางการอบรมของผู้เข้ารับการฝึกอบรมในการวิจัยครั้งนี้ สามารถหาได้จากการทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยของการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์การฝึกอบรม ก่อนและหลังการฝึกอบรมของกลุ่มตัวอย่าง โดยผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ ดังนี้

1. การหาค่าความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยของการทำแบบทดสอบก่อน และหลังการฝึกอบรม

$$t = \frac{\Sigma D}{\sqrt{\frac{N \Sigma D^2 - (\Sigma D)^2}{N-1}}} \quad (\text{ณ-5})$$

เมื่อ t คือ ค่าการแจกแจงที
 D คือ ค่าความแตกต่างของคะแนนแต่ละคู่
 N คือ จำนวนคู่ของกลุ่มตัวอย่าง

จากตารางที่ ณ-4 $\Sigma D = 512$, $D^2 = 13426$, $N = 20$
 สมมุติฐานการวิจัย

H_0 : คะแนนเฉลี่ยของการทำแบบทดสอบก่อนและหลังการฝึกอบรมมีค่าไม่แตกต่างกัน

H_1 : คะแนนเฉลี่ยของการทำแบบทดสอบหลังการฝึกอบรมมีค่าสูงกว่าก่อนการฝึกอบรม

ตารางที่ ณ-5 แสดงผลการวิเคราะห์หาความก้าวหน้าทางการอบรมของผู้เข้ารับการฝึกอบรม

รายการ	N	ΣX	ΣD	ΣD^2	t
ก่อนการฝึกอบรม	20	314	512	13426	35.57**
หลังการฝึกอบรม	20	826			

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

แทนค่า $t = \frac{512}{\sqrt{\frac{20 \times 13426 - (512)^2}{20 - 1}}} \quad (\text{ณ-6})$

$$t = 35.57$$

จากการเปิดตาราง t ที่ $df = 19$, $\alpha = .01$ เท่ากับ 2.861 แต่ค่า t ที่คำนวณได้มีค่าเท่ากับ 35.57 ซึ่งมากกว่าค่า t จากตาราง ($35.57 > 2.861$) ดังนั้นจึงปฏิเสธ H_0 ยอมรับ H_1 นั่นคือ ค่าคะแนนเฉลี่ยของการทำแบบทดสอบหลังการฝึกอบรม มีค่าสูงกว่าค่าคะแนนเฉลี่ยของการทำแบบทดสอบก่อนการฝึกอบรมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 แสดงว่าการฝึกอบรมด้วยชุดฝึกอบรมนี้ทำให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมมีความรู้เพิ่มสูงขึ้น

ภาคผนวก ข

ตัวอย่างแผนการฝึกอบรม

แผนการฝึกอบรมหัวข้อที่ 5

เรื่อง ขนาดและพิกัดของอุปกรณ์ประกอบการติดตั้งคาปาซิเตอร์

PF Correction

แผนการฝึกอบรม

เรื่อง การปรับปรุงค่าพาวเวอร์แฟกเตอร์

หัวข้อที่ 5 ขนาดและทิศของอุปกรณ์ประกอบการติดตั้งคาปาซิเตอร์

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

ผู้เข้ารับการฝึกอบรมสามารถ

การประเมินผล

(ระบุในแบบทดสอบข้อที่)

- | | |
|--|----------------|
| 1. บอกชนิดของคาปาซิเตอร์ที่ใช้สำหรับปรับปรุงค่าพาวเวอร์แฟกเตอร์ได้ | 1, 2 |
| 2. อธิบายลักษณะพิกัดของคาปาซิเตอร์แบบต่าง ๆ ได้ | 3, 4 |
| 3. บอกข้อกำหนดต่าง ๆ สำหรับคาปาซิเตอร์ตามมาตรฐานของการไฟฟ้าได้ | 5, 6 |
| 4. อธิบายลักษณะอุปกรณ์ป้องกันภายในของคาปาซิเตอร์ได้ | 7, 8, 9 |
| 5. กำหนดหาขนาดและเลือกอุปกรณ์ป้องกันการลัดวงจรของคาปาซิเตอร์ได้ | 10, 11, 12, 13 |
| 6. กำหนดหาขนาดและเลือกอุปกรณ์ตัดต่อวงจรคาปาซิเตอร์ได้ | 14, 15, 16 |
| 7. กำหนดหาขนาดสายไฟที่ใช้ที่ต่อเข้ากับวงจรคาปาซิเตอร์ได้ | 17, 18 |
| 8. ออกแบบการติดตั้งชุดคาปาซิเตอร์ ในระบบไฟฟ้าได้ | 19, 20, 21 |

ความรู้พื้นฐาน

- วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ การออกแบบติดตั้งไฟฟ้า

คุณสมบัติผู้เข้ารับการอบรม

- ช่างเทคนิค สาขาช่างไฟฟ้ากำลังที่ปฏิบัติงานในส่วนของการซ่อมบำรุงรักษาระบบ ไฟฟ้า ใน โรงงานอุตสาหกรรม

ระยะเวลาในการอบรม

- 2 ชั่วโมง

จำนวนผู้เข้ารับการอบรม

- 20 คน

ตารางปฏิบัติการฝึกอบรม

เวลาที่ฝึกอบรม / นาที		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
หมายเลขวัตถุประสงค์			1-2	3	4	5-7	8		1-8		
ขั้นสนใจปัญหา(M)											
ขั้นบอกกล่าว(I)	บรรยาย										
	สาธิต										
	ถาม-ตอบ										
	สรุป										
ขั้นพยายาม(A)	แบบลอกเรียน										
	แบบทดสอบ										
	แบบแก้ปัญหา										
ขั้นสำเร็จผล(P)											
ระดับกิจกรรม ของผู้รับการ อบรม	สูง										
	ปานกลาง										
	ต่ำ										
สิ่งสนับสนุน การฝึกอบรม	กระดาน										
	สไลด์คอมพิวเตอร์										
	ใบเนื้อหา										
	ใบงาน/ใบทดสอบ										
	ของจริง										
	แบบจำลอง										
	อุปกรณ์ชุดสาธิต										

สิ่งที่แนบมาด้วย

- | | | |
|---------------------------------|----|------|
| 1. ใบวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม | 1 | แผ่น |
| 2. ใบเนื้อหา | 29 | แผ่น |
| 3. ใบแบบทดสอบหลังการฝึกอบรม | 4 | แผ่น |
| 4. ใบเฉลยแบบทดสอบหลังการฝึกอบรม | 1 | แผ่น |
| 5. ใบแสดงการสาธิต/ทดลอง | - | แผ่น |
| 6. สไลด์คอมพิวเตอร์ | 28 | แผ่น |

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

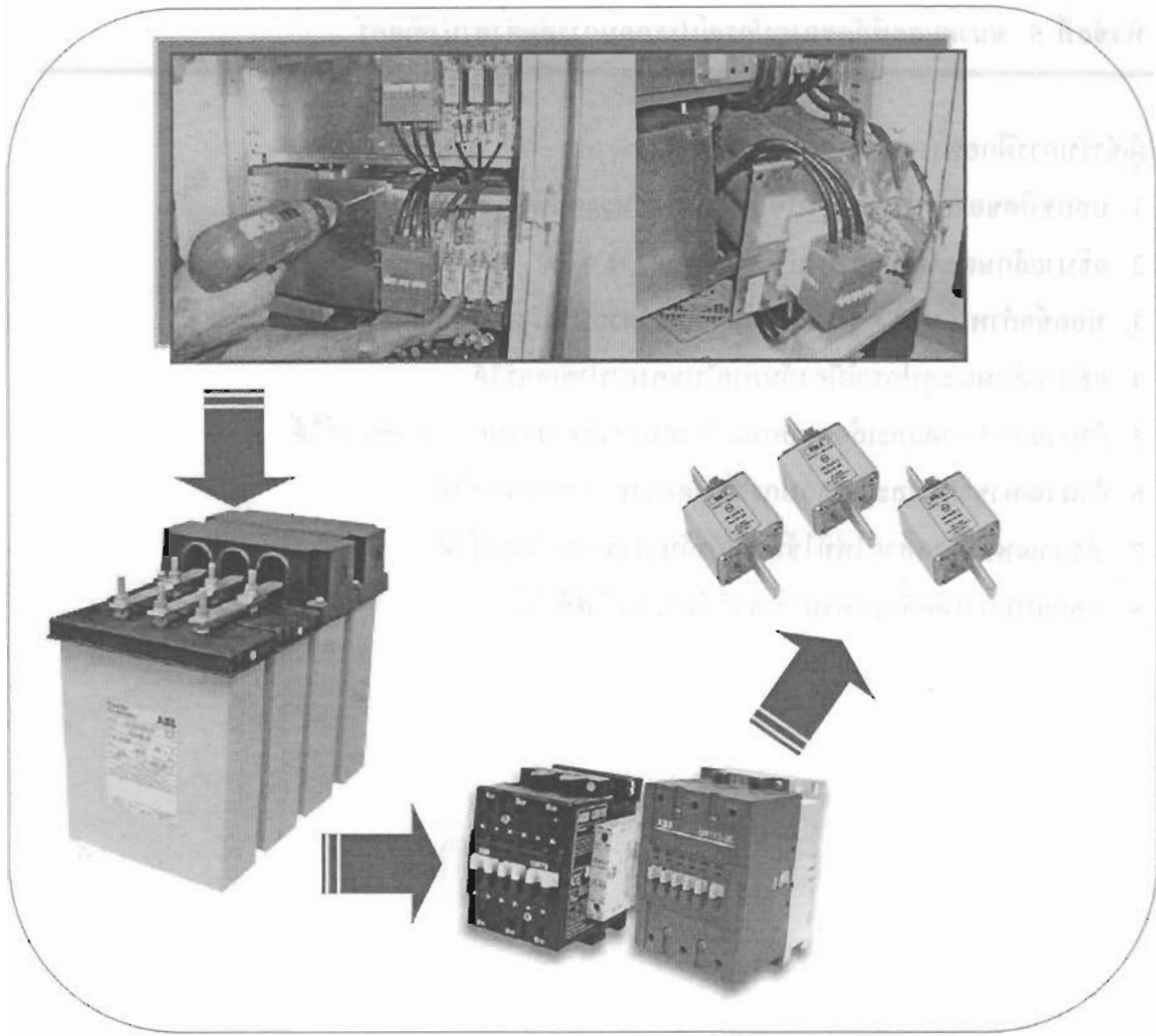
ชุดฝึกอบรมเรื่อง การปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์

หัวข้อที่ 5 ขนาดและฟังก์ชันของอุปกรณ์ประกอบการติดตั้งคาปาซิเตอร์

ผู้เข้ารับการฝึกอบรมสามารถ

1. บอกชนิดของคาปาซิเตอร์ที่ใช้สำหรับปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ได้
2. อธิบายลักษณะฟังก์ชันของคาปาซิเตอร์แบบต่าง ๆ ได้
3. บอกข้อกำหนดต่าง ๆ สำหรับคาปาซิเตอร์ตามมาตรฐานของการไฟฟ้าได้
4. อธิบายลักษณะอุปกรณ์ป้องกันภายในของคาปาซิเตอร์ได้
5. คำนวณหาขนาดและเลือกอุปกรณ์ป้องกันการลัดวงจรของคาปาซิเตอร์ได้
6. คำนวณหาขนาดและเลือกอุปกรณ์ตัดต่อวงจรคาปาซิเตอร์ได้
7. คำนวณหาขนาดสายไฟที่ใช้ที่ต่อเข้ากับวงจรคาปาซิเตอร์ได้
8. ออกแบบการติดตั้งชุดคาปาซิเตอร์ ในระบบไฟฟ้าได้

การนำเข้าสู่บทเรียน



สไลด์คอมพิวเตอร์

คำถาม ท่านคิดว่า อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ในการติดตั้งคาปาซิเตอร์เพื่อการปรับปรุง
ค่าพาวเวอร์แฟกเตอร์ของระบบไฟฟ้า มีอะไรบ้าง

คำตอบ คาปาซิเตอร์, แมกเนติก คอนแทกเตอร์, ฟิวส์

คำถาม เรามีวิธีการหาขนาดและพิกัดของอุปกรณ์ประกอบการติดตั้งคาปาซิเตอร์ได้อย่างไร
ถ้ายังไม่ทราบ เราจะมาเรียนรู้กัน.....

5

เรื่อง

ขนาดและพิกัดของอุปกรณ์ประกอบการติดตั้งคาปาซิเตอร์

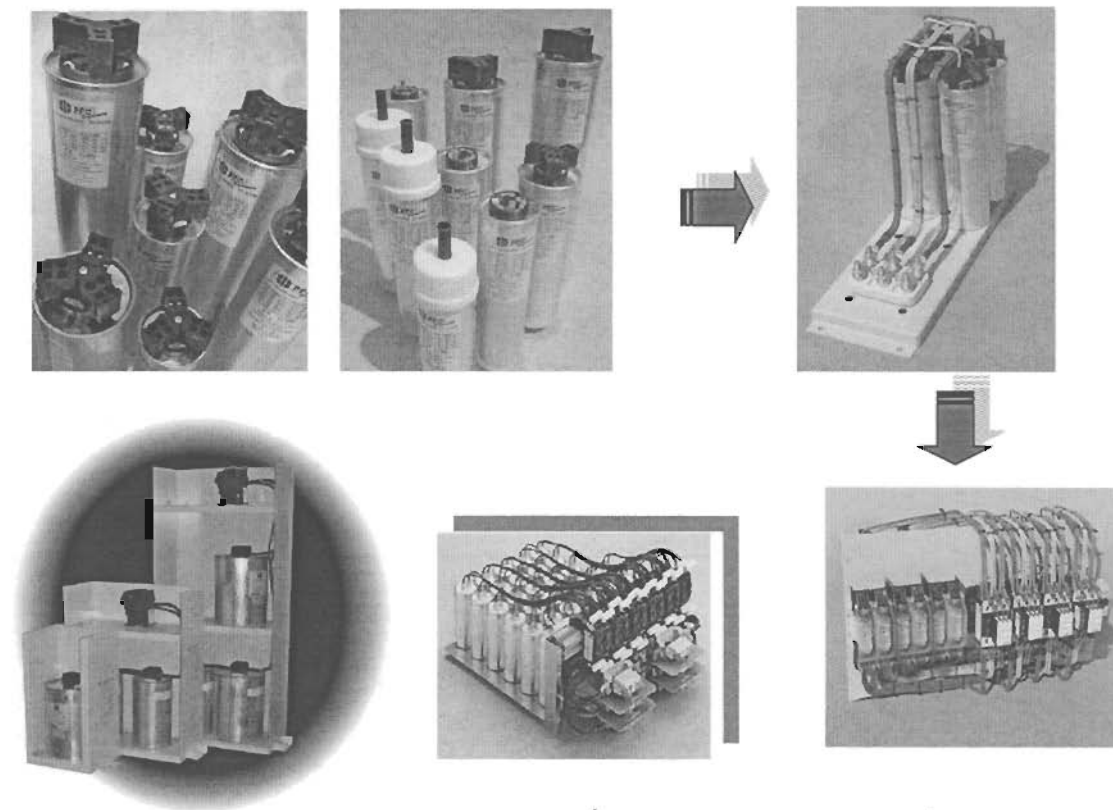
- คาปาซิเตอร์ (Capacitor)
- อุปกรณ์ป้องกัน (Protection)
- อุปกรณ์ตัดต่ออาศัยอำนาจแม่เหล็ก (Magnetic Contactor)
- รีแอกเตอร์ (Reactor)
- ขนาดสายไฟฟ้า (Wire)
- การออกแบบการติดตั้งคาปาซิเตอร์ในระบบไฟฟ้า

หัวข้อที่ 5 ขนาดและพิกัดของอุปกรณ์ประกอบการติดตั้งคาปาซิเตอร์

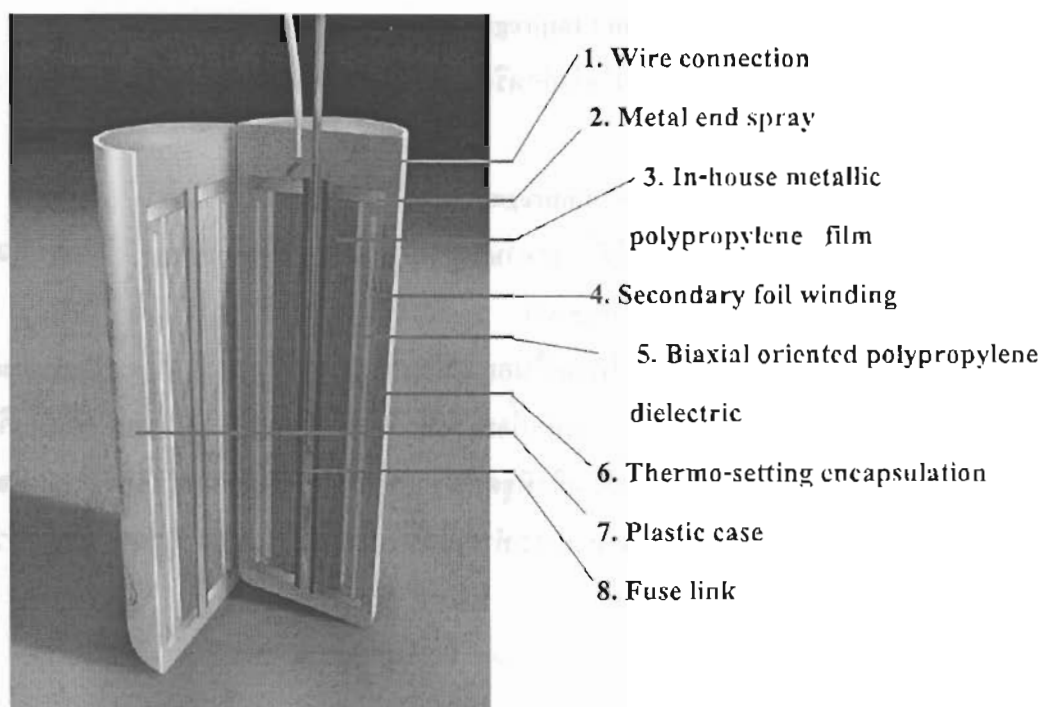
การติดตั้งโหลดชนิดคาปาซิทีฟ (Capacitive Load) เข้าไปในระบบนั้นนอกจากจะมีผลดีแล้วก็อาจเกิดผลเสียถ้าไม่ได้พิจารณาอย่างรอบคอบ อาทิ เช่น อาจเกิดการขยายกระแสฮาร์โมนิกส์ขึ้นในระบบไฟฟ้าเกิดแรงดันเกินพิกัด(Over Voltage) เป็นต้นดังนั้นการติดตั้งโหลดชนิดคาปาซิทีฟ (Capacitive Load) เข้าในระบบไฟฟ้า เพื่อการการปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์นั้นจึงต้องพิจารณาดำเนินการติดตั้ง การเลือกขนาดคาปาซิเตอร์และอุปกรณ์ที่ใช้ การคำนวณจรรยาบรรณป้องกันต่างๆ การซ่อมบำรุงรักษาระบบ และปัจจัยอื่นๆ ด้วย

5.1 คาปาซิเตอร์ (Capacitor)

คาปาซิเตอร์ คือ อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ชนิดล้าหลังให้มีค่าสูงขึ้น โดยตัวของมันเองมีคุณสมบัติเป็นตัวประกอบกำลังชนิดนำหน้า คาปาซิเตอร์มีหลายชนิดส่วนใหญ่จะเรียกชื่อตามชนิดของไดอิเล็กตริกที่ใช้เป็นฉนวน



ภาพที่ 5-1 ลักษณะของคาปาซิเตอร์กำลัง



ภาพที่ 5-2 ลักษณะของคาปาซิเตอร์กำลังชนิด Metallized Polypropylene Film

5.1.1 ชนิดของคาปาซิเตอร์

คาปาซิเตอร์ที่ใช้สำหรับปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ อาจแบ่งตามชนิดของแผ่นฉนวนหรือไดอิเล็กตริก (Dielectric) ที่ใช้ คือ

● Metallized Paper ; Impregnated

ใช้กระดาษ (เช่น Kraft) เป็นไดอิเล็กตริก ซึ่ง (Impregnated) ด้วยน้ำมัน (mineral Oil)

● Metallized Polypropylene Film ; Dry Type

ตัวเก็บประจุชนิดพลาสติก แต่จะใช้ไดอิเล็กตริกที่เป็นแผ่นฟิล์มที่ทำมาจากโพลีเอสเตอร์ (Polyester) ไมลาร์ (Mylar) โพลีสไตรีน (Polystyrene) และอื่นๆ โดยนำมาคั่นระหว่างแผ่นเพลททั้งสองแผ่นแล้วม้วนพับให้มีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอก



ภาพที่ 5-3 ลักษณะของเพลท (Plate) และแผ่นฉนวนหรือไดอิเล็กตริก (Dielectric)

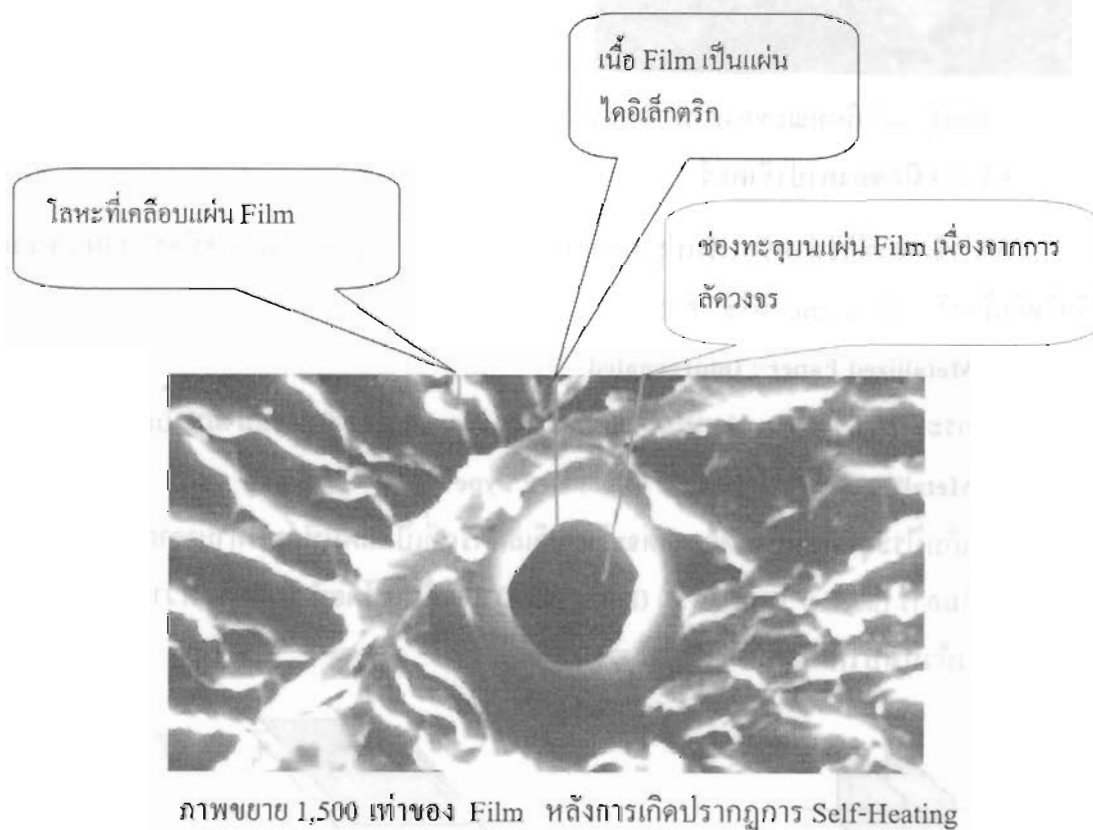
● **Metallized Polypropylene Film ; Impregnated**

ใช้พลาสติก polypropylene เป็นไดอิเล็กตริกชุบด้วยของเหลว Non-PCB (Poly chlorinated Biphenyl)

● **Metallized Paper and Film ; Impregnated**

เป็นแบบ Mixed Type คือใช้ทั้งกระดาษและพลาสติก Polypropylene โดยชุบด้วยของเหลว Non-PCB (Poly chlorinated Biphenyl)

Metallized Capacitor จะมีอิเล็กโทรดเป็นอลูมิเนียมหรือสังกะสี ทำให้ Vapor Deposited ลงบนกระดาษ หรือพลาสติกไดอิเล็กตริก โลหะนี้จะบางมาก ขนาด 0.1-0.2m ตามปกติเมื่อเกิด Breakdown เนื่องจากแรงดันเกินของไดอิเล็กตริกที่จุดหนึ่งและเกิดกระแสลัดวงจรขึ้น กระแสนี้จะทำให้โลหะหลอมติดกัน ทำให้คาปาซิเตอร์สามารถทำงานต่อไปได้ ปรากฏการณ์นี้เรียกว่า Self-Heating

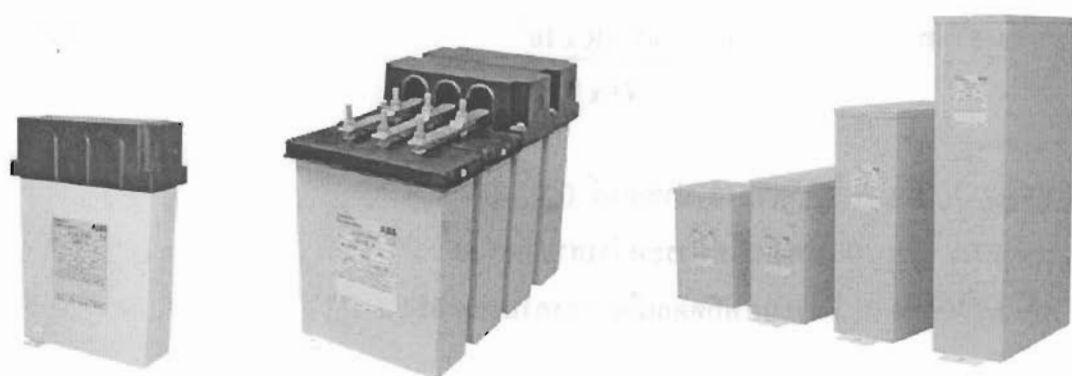


ภาพขยาย 1,500 เท่าของ Film หลังการเกิดปรากฏการ Self-Heating

ภาพที่ 5-4 ลักษณะ Film ของคาปาซิเตอร์กำลัง หลังการเกิดปรากฏการ Self-Heating

5.1.2 ขนาดพิกัดของคาปาซิเตอร์

คาปาซิเตอร์มีหลายขนาด ถ้าเป็นขนาดเล็กจะบอกพิกัดเป็นไมโครฟารัด (μF) แต่ถ้าเป็นขนาดใหญ่จะบอกพิกัดเป็นกิโลวาร์ (kVAR) และกำกับด้วยขนาดแรงดันใช้งานตามปกติผู้ผลิตนิยมผลิตเพื่อใช้กับแรงดัน 400 โวลต์ มีขนาดตั้งแต่ 10 , 15 , 20 , 25 , 30 , 35 , 40 , 50 , 60 , 75 , 100 , 150 , 200 จนถึง 300 กิโลวาร์



ภาพที่ 5-5 ลักษณะของคาปาซิเตอร์แบบต่าง ๆ

ในกรณีที่ต้องการขนาดสูงกว่าพิกัดที่ผลิตได้ จะใช้วิธีนำเอาคาปาซิเตอร์หลาย ๆ ตัว ต่อขนานกันและบรรจุอยู่ในภาชนะเดียวกัน โดยเรียกคาปาซิเตอร์ชนิดนี้ว่า “กลุ่มตัวคาปาซิเตอร์ แบงก์ (Capacitor bank)” นอกจากนี้เมื่อต้องการต่อใช้งานที่แรงดันสูง จะต่ออันดับกัน หลายๆ ตัวจนสามารถทนแรงดันนั้นได้ เหตุที่ไม่นิยมผลิตคาปาซิเตอร์ขนาดใหญ่มากๆ และทนแรงดันได้สูงๆ เป็นเหตุผลทางด้านเศรษฐศาสตร์และวิศวกรรมประกอบกัน

สาเหตุที่ต้องบอกพิกัดแรงดันกำกับไว้ที่เนมเพลทของคาปาซิเตอร์นั้น ก็เพื่อป้องกันความสับสนในเรื่องขนาด เพราะค่ากิโลวาร์ (KVAR) ที่ใช้งานจริงของคาปาซิเตอร์มีขนาดแปรผันตรงตามกำลังสองของแรงดันไฟฟ้า (Voltage) ที่ป้อนเข้าไป เช่น คาปาซิเตอร์ขนาด 50 กิโลวาร์ /400 โวลต์ เมื่อนำไปต่อเข้ากับแรงดัน 380 โวลต์ จะได้ค่าที่ใช้งานจริงเท่ากับ 45 กิโลวาร์หรือเมื่อนำไปต่อเข้ากับแรงดัน 500 โวลต์ จะได้ค่าที่ใช้งานจริงเท่ากับ 78 กิโลวาร์ แต่การนำคาปาซิเตอร์ไปใช้งานที่แรงดันเกินพิกัดมาก ๆ เช่นนี้อายุการใช้งานจะสั้นมาก

สำหรับคาปาซิเตอร์ที่ทราบค่า kVAR และแรงดัน แล้วสามารถคำนวณหาค่าต่างๆ โดยใช้สูตรดังต่อไปนี้

ระบบไฟฟ้า 1 เฟส

$$I_c = \frac{kVAR \times 10^3}{V} \dots\dots\dots(5.1)$$

ระบบไฟฟ้า 3 เฟส

$$I_c = \frac{kVAR \times 10^3}{\sqrt{3} \times V} \dots\dots\dots(5.2)$$

เมื่อ kVAR	คือ	พิกัดของคาปาซิเตอร์ (kVAR)
V	คือ	แรงดันไฟฟ้าระหว่างสาย (V)
I _c	คือ	กระแสพิกัดต่อเนื่องของคาปาซิเตอร์

5.1.3 ข้อกำหนดสำหรับคาปาซิเตอร์

ข้อกำหนดต่อไปนี้ ใช้กับคาปาซิเตอร์สำหรับปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลัง (Power Factor) คาปาซิเตอร์ติดตั้งบนโครงสร้างภายนอกอาคาร ให้เป็นไปตามมาตรฐานของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ในส่วนที่เกี่ยวข้อง ส่วนคาปาซิเตอร์ติดตั้งในอาคาร ให้เป็นไปตามข้อกำหนดต่อไปนี้

1. สถานที่

1.1 คาปาซิเตอร์แต่ละตัวที่บรรจุด้วยของเหลวที่ติดไฟได้ มีปริมาณมากกว่า 11 ลิตร ให้ติดตั้งภายนอกอาคาร หากติดตั้งในอาคาร ต้องติดตั้งภายในห้องที่ออกแบบไว้เฉพาะ

1.2 คาปาซิเตอร์ต้องมีเครื่องห่อหุ้ม หรือติดตั้งโดยมีการกันรั่วหรือโดยวิธีอื่น เพื่อป้องกันบุคคลมาสัมผัสกับส่วนที่มีไฟฟ้าโดยบังเอิญ

ยกเว้น คาปาซิเตอร์นั้นเข้าถึงได้เฉพาะบุคคลที่มีหน้าที่เกี่ยวข้อง

2. คาปาซิเตอร์แรงต่ำ

2.1 คาปาซิเตอร์ต้องจัดให้มีวงจรคายประจุ ต่ออย่างถาวรหรือต่ออัตโนมัติกับขั้วของคาปาซิเตอร์ เมื่อปลดวงจรคาปาซิเตอร์ออกจากระบบ

2.2 คาปาซิเตอร์ต้องสามารถคายประจุ ให้แรงดันลดลงเหลือไม่เกิน 50 โวลต์ ภายในเวลา 1 นาที นับจากเวลาที่ปลด

2.3 ตัวนำที่ต่อเข้ากับวงจรคาปาซิเตอร์ ต้องมีขนาดกระแสไม่น้อยกว่าร้อยละ 135 ของพิกัดกระแสของคาปาซิเตอร์ หากคาปาซิเตอร์ต่อกับวงจรมอเตอร์ ตัวนำของวงจรคาปาซิเตอร์ ต้องมีขนาดกระแสไม่น้อยกว่า 1 ใน 3 ของขนาดกระแสของสายวงจรมอเตอร์ และต้องมีขนาดกระแสไม่น้อยกว่าร้อยละ 135 ของพิกัดกระแสของคาปาซิเตอร์ด้วย

2.4 ตัวนำทุกสายเส้นไฟที่ต่อเข้าสู่คาปาซิเตอร์ ต้องมีเครื่องป้องกันกระแสเกิน พิกัดหรือขนาดปรับตั้งของเครื่องป้องกันกระแสเกิน ควรมีค่าต่ำสุดที่จะทำให้ชุดคาปาซิเตอร์นั้น ต่อใช้งานได้

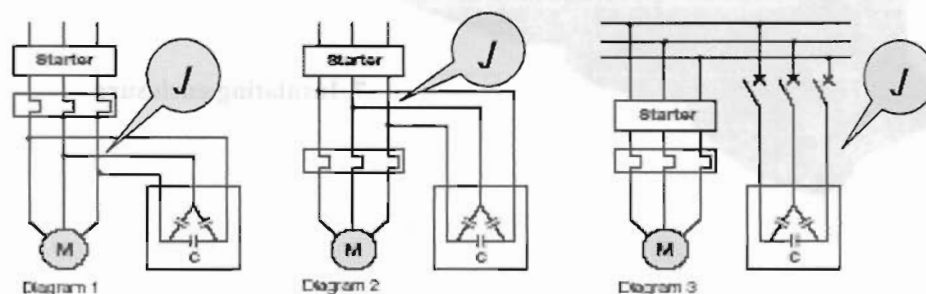
2.5 คาปาซิเตอร์ต้องมีเครื่องปลดวงจร ที่สามารถปลดทุกสายเส้นไฟได้พร้อมกัน และในสภาพการทำงานปกติ เครื่องปลดวงจรต้องทำงานได้โดยไม่ชำรุด พิกัดกระแสของเครื่องปลดวงจร ต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 135 ของพิกัดกระแสของคาปาซิเตอร์

2.6 เปลือกโลหะของคาปาซิเตอร์ต้องต่อลงดิน

ยกเว้น คาปาซิเตอร์ที่ติดตั้งบนโครงสร้างชนิดที่ได้ออกแบบไว้ให้สัมผัสไม่เท่ากับดิน

2.7 คาปาซิเตอร์แต่ละตัวต้องมีแผ่นป้ายระบุผู้ผลิต พิกัดแรงดัน กิโลวัตต์ กระแสและปริมาณของเหลวที่บรรจุอยู่ (ถ้ามี)

2.8 คาปาซิเตอร์ที่ติดตั้ง เพื่อปรับปรุงเพาเวอร์แฟกเตอร์ของมอเตอร์ ควรติดตั้งด้านไฟเข้าของเครื่องป้องกันการใช้งานเกินกำลังมอเตอร์ (ตามภาพที่ 5-6)



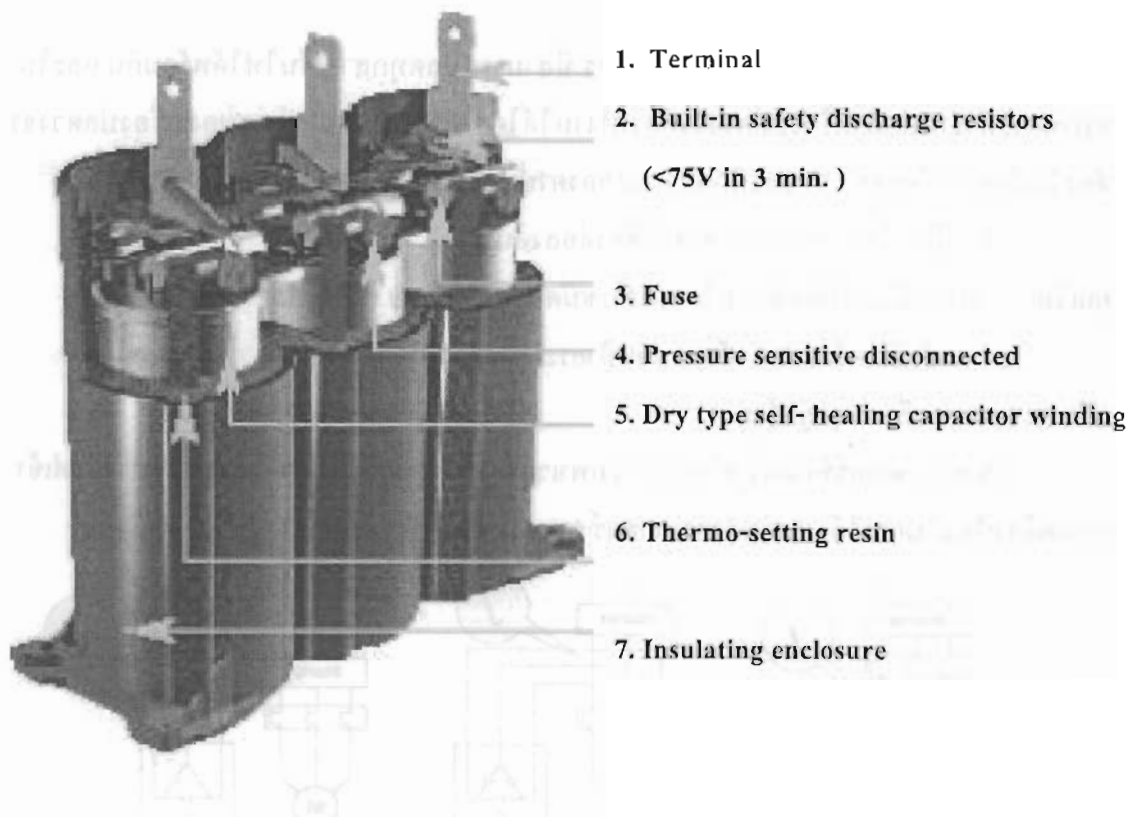
ภาพที่ 5-6 ลักษณะติดตั้งคาปาซิเตอร์ตำแหน่งต่าง ๆ ของวงจรการควบคุมมอเตอร์

5.1.4 อุปกรณ์ป้องกันภายในคาปาซิเตอร์

ตามปกติคาปาซิเตอร์เป็นโหลดที่คงที่สำหรับระบบไฟฟ้า แต่ถ้ระบบไฟฟ้ามีส่วนสำคัญที่เปลี่ยนไป คือ ค่าแรงดันไฟฟ้า ค่าความถี่ และฮาร์โมนิกส์ของระบบไฟฟ้า ก็อาจทำให้เกิดสภาวะโหลดเกินในตัวคาปาซิเตอร์ นอกจากนี้ถ้าส่วนย่อยๆ ภายในของคาปาซิเตอร์ (Capacitor Element) เกิดความเสียหายเนื่องจากเกิดเบรกควานที่ไดอิเล็กตริกจนทำให้เกิดการลัดวงจรได้ เราจึงต้องมีอุปกรณ์ป้องกันที่เหมาะสม

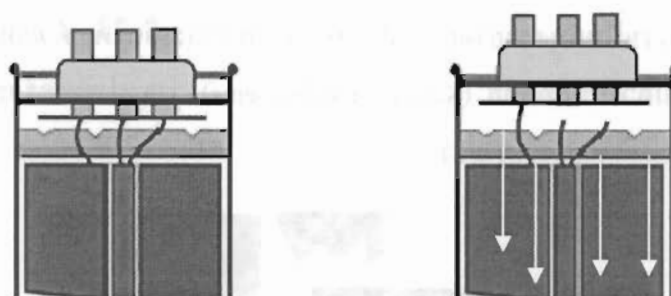
โดยการป้องกันของคาปาซิเตอร์แบ่งออกเป็นหลายแบบ ซึ่งจะใช้อุปกรณ์ต่อไปนี้

ฟิวส์ไฟฟ้า(Electrical Fuse) คือ กระแสเกินค่าหนึ่ง ฟิวส์จะขาด เรียกได้ว่าเป็นฟิวส์ภายใน (Internal Fuse)



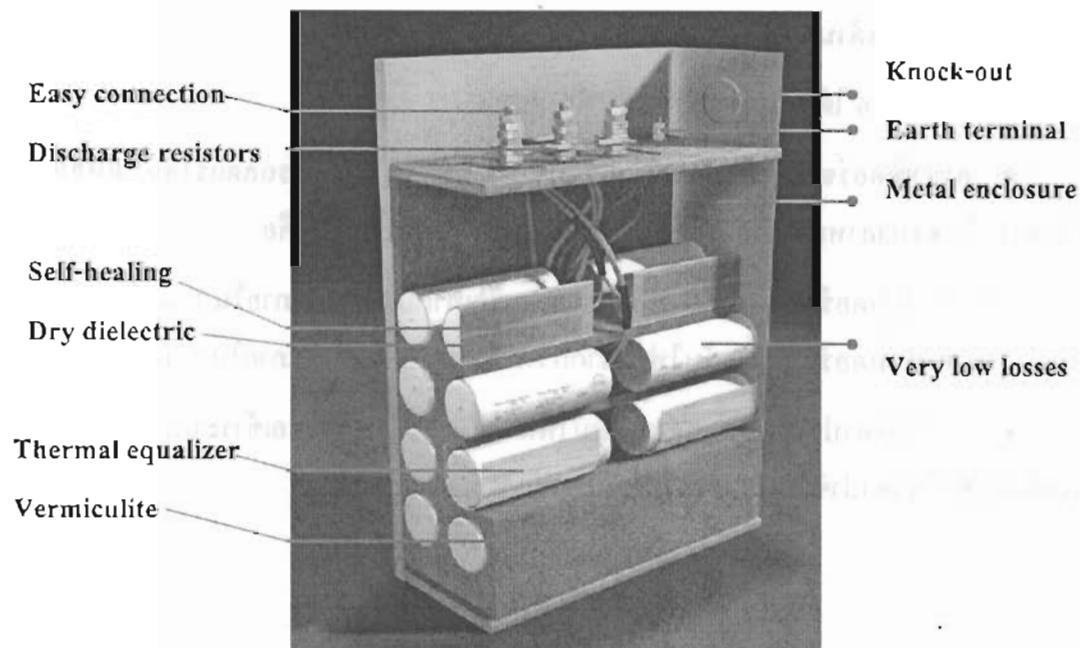
ภาพที่ 5-7 การป้องกันภายในคาปาซิเตอร์

การตัดต่อเมื่อความดันเกิน (Overpressure Disconnection) ส่วนของคาปาซิเตอร์จะบรรจุอยู่ในตัวถังซึ่งขีดยึดได้ เมื่อเกิดผิดปกติในถัง จะเกิด Gas ขึ้น และ Gas จะดันให้ตัวถังโป่งออก ทำให้ส่วนต่อทางไฟฟ้าขาด ดังแสดงในภาพที่ 5-8



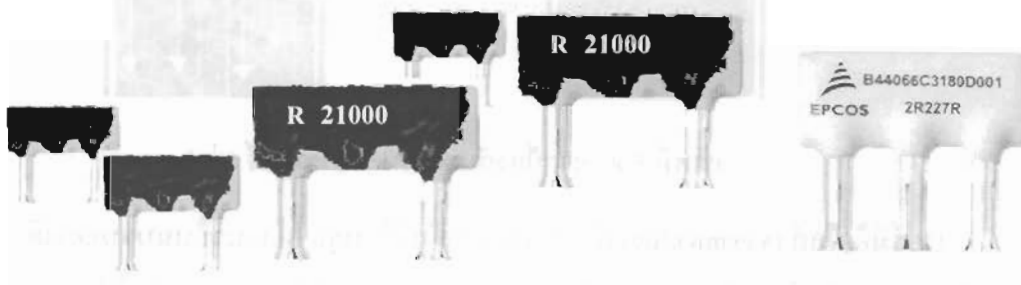
ภาพที่ 5-8 การป้องกันภายในคาปาซิเตอร์ (ต่อ)

เวอร์มิคิวไลต์ (Vermiculite) เป็นสารที่ไม่ติดไฟ ขีดยึดได้ และเป็นฉนวนอย่างดี ใช้เติมลงไประหว่างช่องในถังที่บรรจุคาปาซิเตอร์ สารนี้จะป้องกันไฟและการระเบิดได้



ภาพที่ 5-9 โครงสร้างและระบบป้องกันภายในคาปาซิเตอร์

อุปกรณ์คายประจุ (Discharge) ซึ่งเมื่อคาปาซิเตอร์ต่ออยู่กับระบบไฟฟ้า จะมีประจุไฟฟ้าเก็บไว้ในตัวคาปาซิเตอร์ และเมื่อคาปาซิเตอร์ถูกตัดออกจากระบบประจุไฟฟ้าเหล่านั้นก็ยังคงค้างอยู่ หากคาปาซิเตอร์ต่อเข้าระบบไฟฟ้าอีกครั้งก็จะทำให้ตัวคาปาซิเตอร์ถูกชาร์จแรงดันไฟฟ้าเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งถือว่าเป็นอันตรายโดยอาจทำให้คาปาซิเตอร์ระเบิดได้ ด้วยเหตุนี้ IEC 70-1967 จึงมีข้อบังคับทางด้านความปลอดภัย (Safety requirements) ว่าคาปาซิเตอร์จะต้องมีความสามารถในการคายประจุไฟฟ้าได้อย่างเหมาะสม



ภาพที่ 5-10 ลักษณะตัวต้านทานสำหรับคายประจุของคาปาซิเตอร์

ความต้องการด้านความปลอดภัยของ IEC

ตาม IEC-1976 ได้กล่าวโดยสรุปว่า

๑ คาปาซิเตอร์จะต้องมีอุปกรณ์สำหรับคายประจุ เพื่อให้สามารถลดแรงดันลงเหลือไม่เกิน 50V ในช่วงเวลาหลังจากการตัดคาปาซิเตอร์ออกจากระบบไฟฟ้า คือ

1. คาปาซิเตอร์พิกัดแรงดันไฟฟ้าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 660V ภายใน 1 นาที
2. คาปาซิเตอร์พิกัดแรงดันไฟฟ้ามากกว่าหรือเท่ากับ 660V ภายใน 5 นาที

๑ เมื่อตัดคาปาซิเตอร์ออกจากระบบไฟฟ้า ก่อนที่จะต่อเข้าระบบไฟฟ้าอีกครั้ง แรงดันไฟฟ้าที่ตัวคาปาซิเตอร์จะต้องไม่มากกว่า 10 % ของแรงดันพิกัด

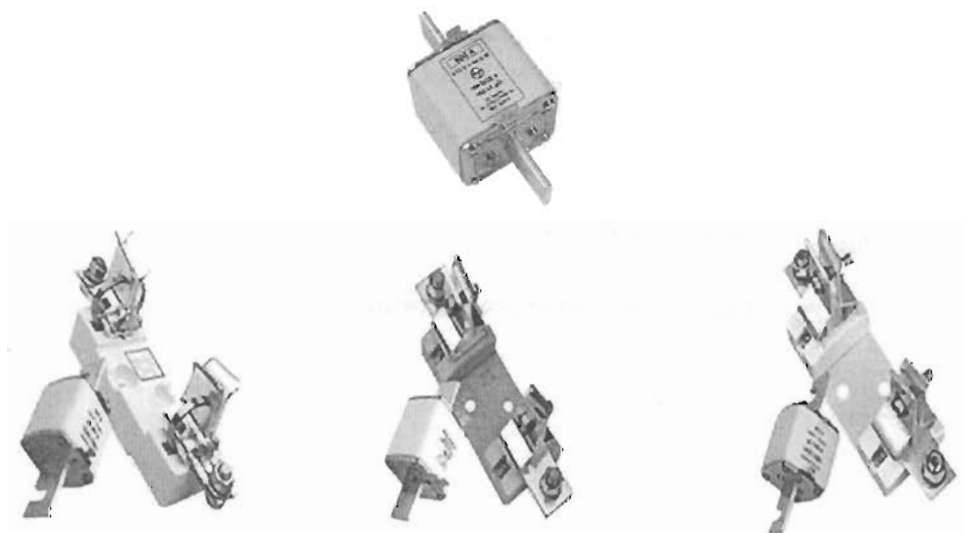
5.2 อุปกรณ์ป้องกัน (Protection)

การป้องกันการลัดวงจรของคาปาซิเตอร์หรือของระบบไฟฟ้านั้น อุปกรณ์ที่ใช้ ได้แก่

5.2.1 ฟิวส์ HRC (HRC Fuse)

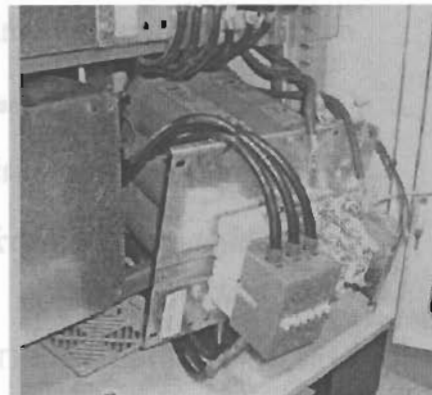
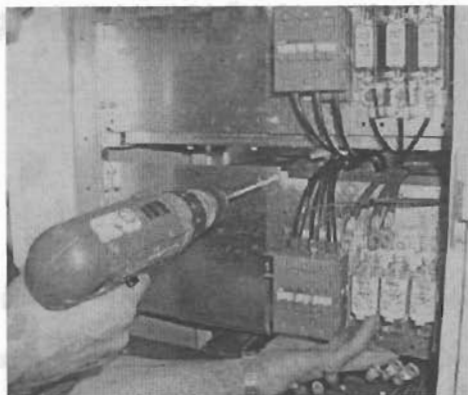
ฟิวส์ที่ใช้กับคาปาซิเตอร์จะต้องมีคุณสมบัติดังนี้

1. ต้องมีพิกัดแรงดันไม่น้อยกว่า 110% ของพิกัดแรงดันคาปาซิเตอร์
2. ต้องมีพิกัดกระแสประมาณ 165% ของพิกัดกระแสของคาปาซิเตอร์ที่ต้องพิจารณาจากแรงดันเกินที่อาจเกิดขึ้นเป็นครั้งคราว (Temporary Over-voltage), กระแสฮาร์โมนิก (Harmonic Current), ความคลาดเคลื่อนในการกำหนดขนาดพิกัดของคาปาซิเตอร์ (Capacitance Tolerance), กระแสพุ่งเข้า (Inrush Current)
3. ฟิวส์ต้องมีพิกัดกระแสลัดวงจรสูงพอสำหรับใช้งานในจุดที่ทำการติดตั้ง
4. ฟิวส์ต้องทนต่อพลังงานที่คาปาซิเตอร์ตัวข้างเคียง ซึ่งถ่ายเทมาให้แก่คาปาซิเตอร์ตัวที่เกิดลัดวงจรได้



ภาพที่ 5-11 ลักษณะฟิวส์สำหรับการป้องกันวงจรคาปาซิเตอร์

5. ฟิวส์ต้องขาดก่อนที่กล่องคาปาซิเตอร์ จะระเบิดหรือฉีกออกเพราะแรงอัดอย่างรุนแรงเนื่อง จากการลัดวงจรภายในกล่อง (Co-ordination with case rupture curve)



ภาพที่ 5-12 การติดตั้ง HRC Fuse เพื่อป้องกันการลัดวงจรของคาปาซิเตอร์

สำหรับขนาดของ HRC Fuse ที่ใช้เพื่อป้องกันการลัดวงจรของคาปาซิเตอร์นั้น สามารถ
คำนวณค่า โดยใช้สูตรดังต่อไปนี้

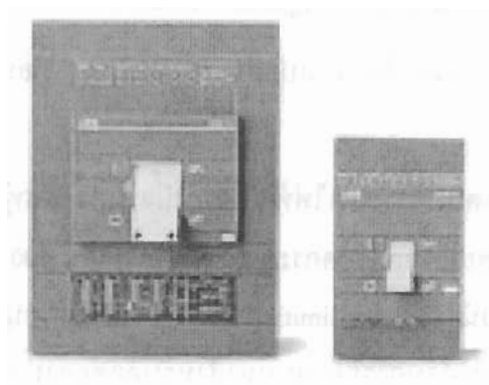
$$I_{\text{Fuse}} = 1.65 \times I_C \quad \dots\dots\dots(5.3)$$

เมื่อ I_{fuse} = ขนาดของ HRC Fuse

I_C = กระแสพิกัดต่อเนื่องของคาปาซิเตอร์

5.2.2 เซอร์กิตเบรกเกอร์ (Circuit Breaker)

ต้องมีพิสัยกระแสลัดวงจรเพียงพอสำหรับจุดติดตั้ง และต้องมีพิสัยกระแสไม่ต่ำกว่า 1.5 เท่าของพิสัยกระแสของคาปาซิเตอร์ เพื่อให้ไม่ให้เกิดเซอร์กิตเบรกเกอร์ทริปในขณะที่ต่อ คาปาซิเตอร์ ซึ่งมีค่ากระแสพุ่งเข้าสูง (Inrush Current) และให้เซอร์กิตเบรกเกอร์ทริปเมื่อเกิดการลัดวงจร



ภาพที่ 5-13 ลักษณะของเซอร์กิตเบรกเกอร์

สำหรับขนาดของ เซอร์กิตเบรกเกอร์ที่ใช้เพื่อป้องกันการลัดวงจรของคาปาซิเตอร์นั้น สามารถคำนวณหาค่า โดยใช้สูตรดังต่อไปนี้

$$I_{CB} = 1.5 \times I_C$$

.....(5.4)

เมื่อ I_{CB} = ขนาดของเซอร์กิตเบรกเกอร์

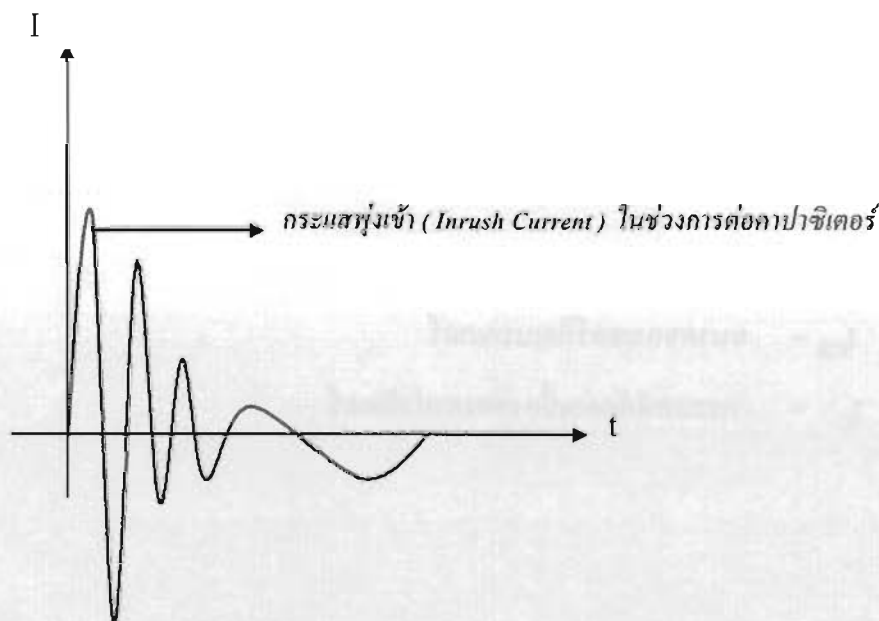
I_C = กระแสพิสัยต่อเนื่องของคาปาซิเตอร์

คาปาซิเตอร์ที่ใช้สำหรับการปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์นั้น จะต้องต่อเข้าหรือตัดออกจากระบบไฟฟ้าตามความต้องการของโหลด การต่อเข้าหรือตัดออกจากระบบไฟฟ้า สามารถทำได้โดยใช้อุปกรณ์ตัดต่อ ซึ่งอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้นั้นจะต้องมีคุณสมบัติที่เหมาะสมสำหรับการตัดต่อคาปาซิเตอร์ (Capacitive Switching)

5.3 อุปกรณ์ตัดต่ออาศัยอำนาจแม่เหล็ก (Magnetic Contactor)

การตัดต่อคาปาซิเตอร์แรงดันต่ำ ตามปกติจะใช้แมกเนติก คอนแทกเตอร์ซึ่งต้องทำงานได้ใน 2 ช่วง คือ

- ๑ ช่วงการต่อคาปาซิเตอร์เข้าระบบไฟฟ้า ในช่วงนี้จะมีกระแสพุ่งเข้า (Inrush Current) มีค่าสูงมาก จึงต้องพยายามลดยอดกระแสพุ่งเข้าไม่ให้เกิน 100 เท่าของกระแสพิกัดของคาปาซิเตอร์โดยใช้ตัวเหนี่ยวนำ (Current limiting reactor; CLR) ต่ออนุกรมเข้าไปในระบบหรือใช้แมกเนติก คอนแทกเตอร์ที่ได้รับการออกแบบมาสำหรับตัดต่อคาปาซิเตอร์โดยเฉพาะ



ภาพที่ 5-14 การเกิดกระแสพุ่งเข้า(Inrush Current) ในช่วงการต่อคาปาซิเตอร์เข้าระบบไฟฟ้า

๑ ช่วงการนำกระแสต่อเนื่อง (Continuous Current) คอนแทกเตอร์ที่จะนำมาตัดต่อคาปาซิเตอร์จะต้องมีพิกัดกระแสความร้อน (Thermal Rating Current) ไม่น้อยกว่า 1.43 เท่าของพิกัดกระแสของคาปาซิเตอร์ ตามปกติบริษัทผู้ผลิตแมกเนติก คอนแทกเตอร์จะกำหนดไว้ว่าแมกเนติก คอนแทกเตอร์ขนาดใด ใช้กับคาปาซิเตอร์ขนาดเท่าไร เราจึงควรใช้ขนาดตามที่บริษัทผู้ผลิตกำหนด

ในขณะที่คาปาซิเตอร์ทำงานปกติ อาจเกิดสภาวะโหลดเกินกับคาปาซิเตอร์ เนื่องจากกระแสฮาร์มอนิกที่ปราศจากการควบคุม หรือเกิดการลัดวงจรภายในคาปาซิเตอร์ จึงจำเป็นต้องมีอุปกรณ์ไฟฟ้าสำหรับการป้องกันคาปาซิเตอร์และระบบไฟฟ้าเสมอ



ภาพที่ 5-15 ลักษณะของแมกเนติก คอนแทกเตอร์ อุปกรณ์ตัดต่อคาปาซิเตอร์จากระบบ

สำหรับขนาดของแมกเนติก คอนแทกเตอร์ ที่ใช้เพื่อตัดต่อวงจรของคาปาซิเตอร์นั้น สามารถคำนวณหาค่า โดยใช้สูตรดังต่อไปนี้

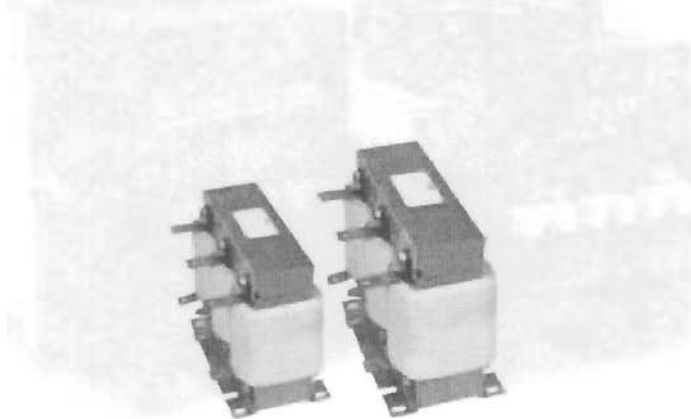
$$I_{\text{Contactor}} = 1.35 \times I_C \quad \dots\dots\dots(5.5)$$

เมื่อ $I_{\text{Contactor}}$ คือ ขนาดของ แมกเนติก คอนแทกเตอร์
 I_C คือ กระแสพิกัดต่อเนื่องของคาปาซิเตอร์

5.4 รีแอกเตอร์ (reactor)

การปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ในระบบไฟฟ้าที่มีฮาร์โมนิกส์ปะปนอยู่ โดยการติดตั้งคาปาซิเตอร์ (Shunt capacitor) เพียงอย่างเดียวนั้น อาจทำให้ระบบเกิดปัญหาเรโซแนนซ์แบบขนาน (parallel resonance) จนแรงดันและกระแสฮาร์โมนิกส์เพิ่มขึ้นอย่างมากในระบบไฟฟ้า การป้องกันปัญหาทำได้โดยเพิ่มรีแอกเตอร์ (reactor) ต่ออนุกรมกับคาปาซิเตอร์ เพื่อเป็นการย้ายตำแหน่งของความถี่ที่จะเกิดเรโซแนนซ์ให้ไปอยู่ใน ตำแหน่งที่ไม่ทำให้เกิดอันตรายต่อระบบไฟฟ้า รีแอกเตอร์ที่ใช้นี้จึงมีชื่อเรียกว่า anti-resonance reactor หรือ detuning reactor

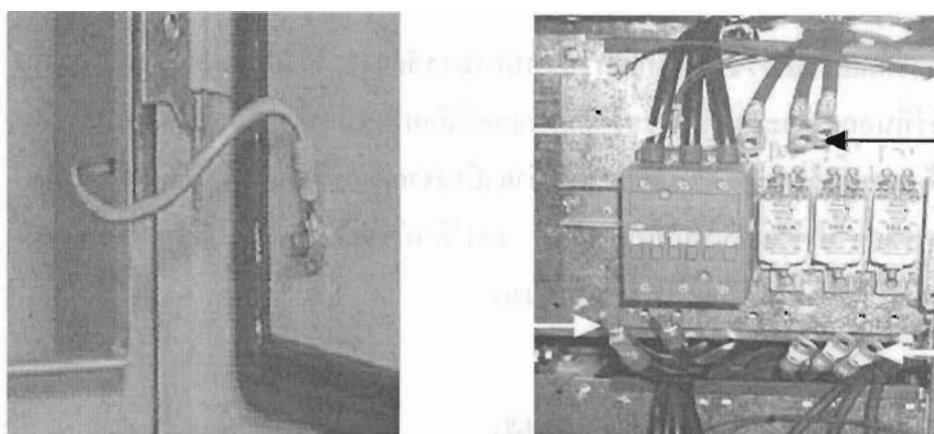
โดยทั่วไปรีแอกเตอร์ที่ใช้จะระบุค่าเป็นเปอร์เซ็นต์ต่างๆ กันไปขึ้นกับประเภทของการนำไปใช้ เช่น 6%, 7%, 8%, 13% และ 14% เป็นต้น รีแอกเตอร์ชนิด 6% และ 7% จะเป็นที่ยอมรับใช้กันมากที่สุด



ภาพที่ 5-16 ลักษณะของรีแอกเตอร์ (Reactor)

5.5 ขนาดสายไฟฟ้า

สายไฟที่ใช้ที่ต่อเข้ากับวงจรคาปาซิเตอร์ ต้องมีขนาดกระแสไม่น้อยกว่าร้อยละ 135 ของพิสัยกระแสของคาปาซิเตอร์ หากคาปาซิเตอร์ต่อกับวงจรมอเตอร์ ตัวนำของวงจรคาปาซิเตอร์ ต้องมีขนาดกระแสไม่น้อยกว่า 1 ใน 3 ของขนาดกระแสของสายวงจรมอเตอร์ และต้องมีขนาดกระแสไม่น้อยกว่าร้อยละ 135 ของพิสัยกระแสของคาปาซิเตอร์ด้วย



ภาพที่ 5-17 ลักษณะของสายไฟที่ใช้ที่ต่อเข้ากับวงจรคาปาซิเตอร์

สำหรับสายไฟที่ใช้ที่ต่อเข้ากับวงจรคาปาซิเตอร์นั้น สามารถคำนวณหาได้โดยใช้สูตรดังต่อไปนี้

$$I_{\text{Conductor}} = 1.35 \times I_C \quad \dots\dots\dots(5.6)$$

เมื่อ $I_{\text{Conductor}}$ คือ ขนาดของสายไฟ

I_C คือ กระแสพิสัยต่อเนื่องของคาปาซิเตอร์

ข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นบ่อยในการเลือกอุปกรณ์ตัดต่อและป้องกันวงจรคาปาซิเตอร์

1. ไม่ได้ใช้แมกเนติก คอนแทกเตอร์ที่ออกแบบมาสำหรับการตัดต่อคาปาซิเตอร์ โดยเฉพาะจะทำให้เกิดปัญหาน้ำคอนแทกเตอร์หลอมละลายติดกันได้ง่าย อาจเกิดการอาร์ครุนแรง ส่งผลให้คาปาซิเตอร์เสียหายอย่างรวดเร็ว ทั้งนี้เพราะแมกเนติก คอนแทกเตอร์ทั่วไปได้รับการออกแบบมาสำหรับใช้งานกับมอเตอร์เป็นหลัก จึงไม่สามารถทนต่อกระแสพุ่งเข้า (Inrush Current) ที่เกิดจากการต่อวงจรคาปาซิเตอร์ได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งคาปาซิเตอร์แบบหลาย Step

2. ใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์ขนาดเล็กเกินไป (ทนกระแสลัดวงจรได้ไม่สูงพอ) ในการป้องกันวงจรคาปาซิเตอร์ที่นอกจากจะทำให้ตัวเซอร์กิตเบรกเกอร์เสียหาย เนื่องจากไม่สามารถทนกระแสลัดวงจรสูงๆ ได้ บางครั้งก็อาจเกิดความเสียหายได้ง่าย เนื่องจากค่ากระแสพุ่งเข้า (Inrush Current) สูงๆ ที่เกิดจากการต่อคาปาซิเตอร์แบบหลาย Step การเลือกใช้ HRC Fuses ที่มีขนาดเหมาะสมสามารถป้องกันการลัดวงจรได้ดี และประหยัดกว่ามาก

5.6 การออกแบบการติดตั้งคาปาซิเตอร์ในระบบไฟฟ้า

เนื่องจากโรงงานผลิตพลาสติก ซึ่งมีค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ก่อนการปรับปรุงค่อนข้างต่ำ (ประมาณ 55-70% จากตารางที่) ซึ่งทำให้โรงงานต้องเสียค่าปรับให้กับการไฟฟ้าฯ และเกิดค่าความสูญเสียในระบบไฟฟ้าสูงเมื่อโรงงานเริ่มเปิดดำเนินการ ผู้ออกแบบจึงจำเป็นต้องทำการออกแบบการติดตั้งคาปาซิเตอร์เพื่อการปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ของโรงงานให้มีค่าสูงขึ้น ในที่นี้อาจประมาณค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์อยู่ที่ 0.7 และต้องการปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ให้เป็น 0.90

ตัวอย่างที่ 5.1 จงออกแบบการติดตั้งคาปาซิเตอร์เพื่อการปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ในระบบไฟฟ้า 3 เฟส ของโรงงานพลาสติก ถ้าต้องการปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ให้เป็น 0.90 ซึ่งจากเดิมมีค่า 0.70 โดยที่เลือกใช้คาปาซิเตอร์ขนาด 305 กิโลวาร์ ร่วมกันกับเครื่องควบคุมค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์อัตโนมัติแบบ 6 Steps ค่าแรงดันไฟฟ้าที่วัดได้มีค่าแตกต่างกันหรือไม่

วิธีการคำนวณ

ฉะนั้น สามารถเลือกใช้คาปาซิเตอร์ขนาด 6x50 กิโลวาร์ ร่วมกันกับเครื่องควบคุมค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์อัตโนมัติแบบ 6 Steps

- หาค่าพิสัยกระแสต่อเนื่องของคาปาซิเตอร์

$$I_C = Q / (\sqrt{3} \times V)$$

แทนค่า $I_C = 50 \times 1000 / (\sqrt{3} \times 380)$

เพราะฉะนั้น $I_C = 75.97A$

- หาค่าขนาดสายไฟ

$$I_{\text{Conductor}} = 1.35 \times I_C$$

แทนค่า $I_{\text{Conductor}} = 1.35 \times 75.97$

เพราะฉะนั้น $I_{\text{Conductor}} = 102.6A$

ดังนั้นเลือกขนาดสายไฟฟ้าตาม มอก 11-2531 ตารางที่ 4 ขนาด 25 ตร.มม. (111A) เดินลอยในอากาศภายในตู้ MDB

- หาค่าขนาดฟิวส์

$$I_{\text{Fuse}} = 1.65 \times I_C$$

แทนค่า $I_{\text{Fuse}} = 1.65 \times 75.97$

เพราะฉะนั้น $I_{\text{Conductor}} = 125.35A$

ดังนั้นเลือกฟิวส์ (HRC-Fuse) ขนาด 125A

- หาค่าขนาดเมนเซอร์กิตเบรกเกอร์

$$I_{CB} = 1.5 \times I_C$$

แทนค่า $I_{CB} = 1.5 \times 75.97$

เพราะฉะนั้น $I_{CB} = 113.96A$

ดังนั้นขนาดเมนเซอร์กิตเบรกเกอร์ 125A

- หาค่าขนาดแมกเนติก คอนแทกเตอร์

$$I_{Contactor} = 1.5 \times I_C$$

แทนค่า $I_{Contactor} = 1.5 \times 75.97$

เพราะฉะนั้น $I_{Contactor} = 113.96A$

$$Rate_{Contactor} = V \times I_{Contactor}$$

แทนค่า $Rate_{Contactor} = 380 \times 113.96$

$$Rate_{Contactor} = 43,168 \text{ W}$$

เพราะฉะนั้น $Rate_{Contactor} = 43.2 \text{ kW}$

ดังนั้นขนาดแมกเนติก คอนแทกเตอร์ 113.96A , 50kW

ถึงแม้การออกแบบตู้คาปาซิเตอร์แรงต่ำจะไม่ซับซ้อนและมีเครื่องมือช่วยในการออกแบบ และเลือกอุปกรณ์อยู่มาก ควรปรึกษาผู้เชี่ยวชาญในการออกแบบเสมอ ก่อนทำการติดตั้งเพื่อใช้งานจริง เพื่อป้องกันการผิดพลาดในการออกแบบหรือป้องกันอันตรายจากการติดตั้งในสภาวะ แวดล้อมหรือระบบไฟฟ้า

บรรณานุกรม

- ชลชัย ธรรมวิวัฒนกุล. การออกแบบและติดตั้งระบบไฟฟ้า. กรุงเทพฯ : เอ็มเอนด์อี, 2546.
- ชาวลิต คำรงรัตน์. การส่งและจ่ายไฟฟ้า. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดดูเคชั่น, 2539
- ไชยะ แหม่มชัย. คู่มือการลดค่าไฟฟ้า. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : เอ็มเอนด์อี, 2544.
- ธนบูรณ์ ศศิภาณุเดช. การออกแบบระบบไฟฟ้า. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดดูเคชั่น, 2539.
- ศิวะ หงษ์นภา. ระบบขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย-ญี่ปุ่น), 2543.

แบบทดสอบหลังการฝึกอบรม

เรื่อง การปรับปรุงค่าพาวเวอร์แฟคเตอร์

หัวข้อที่ 5 : ขนาดและพิกัดของอุปกรณ์ประกอบการติดตั้งคาปาซิเตอร์

แบบทดสอบหลังการฝึกอบรม

หัวข้อที่ 5 ขนาดและพิกัดของอุปกรณ์ประกอบการติดตั้งคาปาซิเตอร์

ชุดฝึกอบรมเรื่อง การปรับปรุงค่าพาวเวอร์แฟคเตอร์

เวลา 25 นาที

ชื่อ.....สถานประกอบการ.....

- คำสั่ง**
1. แบบทดสอบมีทั้งหมด 21 ข้อ ให้ทำทุกข้อ
 2. ทำเครื่องหมายกากบาทหน้าข้อที่ถูกที่สุดเพียงข้อเดียว ลงในกระดาษคำตอบ
 3. อนุญาตให้ใช้เครื่องคำนวณ

1. คาปาซิเตอร์ชนิดใดที่นิยมที่ใช้ในการปรับปรุงค่าพาวเวอร์แฟคเตอร์
 - ก. คาปาซิเตอร์ชนิด Metallized Paper
 - ข. คาปาซิเตอร์ชนิด Metallized Paper and Film
 - ค. คาปาซิเตอร์ชนิด Metallized Polypropylene Film
 - ง. ถูกทุกข้อ
2. ข้อใดเป็นคุณลักษณะพิเศษของเนื้อฟิล์ม (Film) ที่เป็นแผ่นไดอิเล็กตริกของคาปาซิเตอร์
 - ก. มีค่าความนำไฟฟ้าที่สูงมาก
 - ข. ไม่มีความร้อนเกิดภายใน แม้คาปาซิเตอร์ทำงานอยู่
 - ค. หากเกิดปรากฏการณ์ Self-Heating ขึ้นคาปาซิเตอร์ก็ยังคงสามารถทำงานต่อไปได้
 - ง. มีน้ำหนักเบาและสามารถยึดตัวได้ดี
3. ขนาดพิกัดของคาปาซิเตอร์ (kVAR) ที่ใช้ในระบบไฟฟ้า 3 เฟส สามารถหาได้จากสมการในข้อใด
 - ก. $I_c = (kVAR \times 10^3) / \sqrt{3} \times V$
 - ข. $I_c = (kVAR \times 10^3) / V$
 - ค. $I_c = (kVAR \times 10^3) / \sqrt{3} \times I^2$
 - ง. $I_c = kVAR \times \sqrt{3}$

หัวข้อที่ 5 ขนาดและพิกัดของอุปกรณ์ประกอบการติดตั้งคาปาซิเตอร์ ชุดฝึกอบรมเรื่อง การปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์

4. วิธีใดสามารถแก้ปัญหาค่าความต้องการขนาดคาปาซิเตอร์สูงกว่าพิกัดที่ผลิตได้
 - ก. นำเอาคาปาซิเตอร์ขนาดใหญ่สองตัวต่ออนุกรมกัน
 - ข. นำเอาคาปาซิเตอร์หลาย ๆ ตัวต่อขนานกันและบรรจุอยู่ในภาชนะเดียวกัน
 - ค. นำเอาคาปาซิเตอร์หลาย ๆ ตัวต่ออนุกรมกันและบรรจุอยู่ในภาชนะเดียวกัน
 - ง. นำเอาตัวเหนี่ยวนำต่ออนุกรมกับคาปาซิเตอร์จนได้ขนาดที่ต้องการ

5. ข้อใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับคาปาซิเตอร์ที่ใช้สำหรับการปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์
 - ก. คาปาซิเตอร์จะต้องสามารถคายประจุ ให้แรงดันลดลงเหลือไม่เกิน 50 โวลต์ ภายในเวลา 1 นาที นับจากเวลาที่ปลด
 - ข. สายตัวนำต้องมีขนาดกระแสไม่น้อยกว่าร้อยละ 150 ของพิกัดกระแสของคาปาซิเตอร์
 - ค. คาปาซิเตอร์ต้องสามารถเก็บประจุ ให้แรงดันสูงมากกว่า 250 โวลต์ได้
 - ง. ต้องติดตั้งคาปาซิเตอร์ภายในห้องที่ปรับอากาศเท่านั้น

6. หน่วยงานใดต่อไปมีหน้าที่เป็นผู้ตั้งข้อกำหนดสำหรับคาปาซิเตอร์ที่ใช้สำหรับการปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์
 - ก. ตามมาตรฐานของกรมอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน
 - ข. ตามมาตรฐานของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค
 - ค. ตามมาตรฐานของการผลิตหรือผู้รับติดตั้ง
 - ง. ตามมาตรฐานของผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

7. อุปกรณ์ป้องกันภายในคาปาซิเตอร์ มีความสำคัญอย่างไร
 - ก. ป้องกันฮาร์โมนิกส์ของระบบไฟฟ้า
 - ข. ป้องกันการเกิดการระเบิด
 - ค. ป้องกันค่าความถี่ของระบบไฟฟ้าต่ำลงอย่างรวดเร็วจนทำให้เกิดการลัดวงจรได้
 - ง. ป้องกันความเสียหายเนื่องจากเกิดเบรกควาน์ที่ไดอิเล็กทริกจนทำให้เกิดการลัดวงจรได้

หัวข้อที่ 5 ขนาดและฟังก์ชันของอุปกรณ์ประกอบการติดตั้งคาปาซิเตอร์

ชุดฝึกอบรมเรื่อง การปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์

8. เวอร์มิคิวไลต์ (Vermiculite) ที่เติมลงไประหว่างช่องในถังที่บรรจุคาปาซิเตอร์ มีประโยชน์อย่างไร
 - ก. เป็นสารที่ละลายได้เพื่อปลดคาปาซิเตอร์ออกจากวงจร
 - ข. เป็นสารที่เชื่อมต่อคาปาซิเตอร์เข้าในวงจร
 - ค. จะเป็นสารที่เป็นฉนวน ป้องกันไฟและการระเบิด
 - ง. จะเป็นสารที่ป้องกันการสั่นและลดเสียงดังขณะที่คาปาซิเตอร์ทำงาน

9. ตาม IEC-1976 คาปาซิเตอร์จะต้องมีอุปกรณ์สำหรับคายประจุ เพื่อให้สามารถลดแรงดันลงในช่วงเวลาหลังจากการตัดคาปาซิเตอร์ออกจากระบบไฟฟ้า ตรงกับข้อใด
 - ก. คาปาซิเตอร์พิกัดแรงดันไฟฟ้าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 660V ภายใน 1 นาที
 - ข. คาปาซิเตอร์พิกัดแรงดันไฟฟ้ามากกว่าหรือเท่ากับ 660V ภายใน 5 นาที
 - ค. คาปาซิเตอร์พิกัดแรงดันไฟฟ้ามากกว่าหรือเท่ากับ 660V ภายใน 10 นาที
 - ง. ถูกทั้งข้อ ก และข้อ ข

10. ฟิวส์ที่นิยมใช้ในการป้องกันการลัดวงจรของคาปาซิเตอร์ คือ

ก. HRC Fuse	ข. High Voltage Fuse
ค. Low Voltage Fuse	ง. Thermal Fuse

11. ข้อใดที่แสดงถึงลักษณะการทำงานของฟิวส์สำหรับป้องกันวงจรคาปาซิเตอร์
 - ก. ฟิวส์ต้องขาดหลังอุปกรณ์ป้องกันภายในเสมอ
 - ข. ฟิวส์ต้องขาดก่อนที่จะล่องคาปาซิเตอร์ จะระเบิดหรือฉีกออกเพราะแรงอัดอย่างรุนแรง
 - ค. ฟิวส์ต้องขาดก่อนที่จะค่ากระแสของคาปาซิเตอร์ จะสูงกว่า 3 เท่า
 - ง. ฟิวส์ต้องขาดก่อนที่จะค่ากระแสของคาปาซิเตอร์ จะสูงกว่า 2 เท่า

หัวข้อที่ 5 ขนาดและพิกัดของอุปกรณ์ประกอบการติดตั้งคาปาซิเตอร์

ชุดฝึกอบรมเรื่อง การปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์

12. จงหาขนาดของเซอร์กิตเบรกเกอร์ที่ใช้ในการป้องกันการลัดวงจร เมื่อคาปาซิเตอร์มีพิกัดกระแสเท่ากับ 40 แอมแปร์

ဂ. 45A

¶. 60A

ค. 90A

9. 100A

- ### 13. ข้อใดแสดงถึงการทำงานของรีแอกเตอร์ (Reactor)

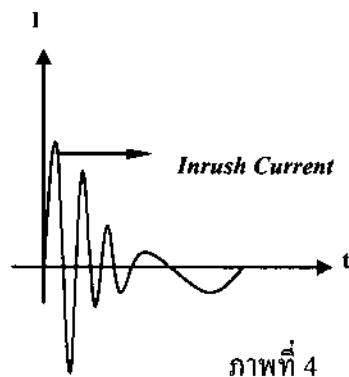
ก. ควบคุมกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟให้มีค่าเหมาะสม

๖. จำกัดระยะเวลาของคาปาซิเตอร์

ค. การย้ายตำแหน่งของความถี่ที่จะเกิดเรโซแนนซ์ให้ไปอยู่ใน ตำแหน่งที่ไม่ทำให้เกิดอันตรายต่อระบบไฟฟ้า

ง. ขยายความถี่ให้มีค่าสูงพอที่จะไม่ทำให้เกิดอันตรายต่อระบบไฟฟ้า

14. จากภาพที่ 4 กระแสพุ่งเข้า (Inrush Current) จะเกิดขึ้นเมื่อใด



ภาพที่ 4

ก. ช่วงการต่อคาปาซิเตอร์เข้าระบบไฟฟ้า

ข. ช่วงการปลดคาปาซิเตอร์ออกจากระบบ

ค. ช่วงการนำกระแสต่อเนื่อง

ง. ช่วงเกิดสภาวะโหดเกินกับคาปาซิเตอร์

หัวข้อที่ 5 ขนาดและพิกัดของอุปกรณ์ประกอบการติดตั้งคาปาซิเตอร์

ชุดฝึกอบรมเรื่อง การปรับปรุงค่าพาวเวอร์แฟคเตอร์

15. คาปาซิเตอร์มีพิกัดกระแสเท่ากับ 40 แอมแปร์ จะต้องใช้อุปกรณ์สำหรับการตัดต่อวงจรขนาดเท่าใด
- | | |
|--------------|--------------|
| ก. 54A; 20kW | ข. 54A; 20kW |
| ค. 54A; 20kW | ง. 54A; 20kW |
16. ข้อใดที่แสดงถึงลักษณะการทำงานของอุปกรณ์สำหรับการตัดต่อวงจรวงจรคาปาซิเตอร์
- มีความไวสูงมากในการตัดต่อ
 - หน้าสัมผัสมีความแข็งแรงทนกระแสสูง
 - ตัดวงจรทันทีที่มีการลัดวงจร
 - จะสามารถทำงานได้ใน 2 ช่วง คือ ช่วงการต่อคาปาซิเตอร์เข้าระบบและช่วงการนำกระแสต่อเนื่อง
17. ในวงจรไฟฟ้าใช้คาปาซิเตอร์ขนาดชุดละ 25 กิโลวาร์ จงคำนวณหาขนาดกระแสของสายไฟฟ้าที่ใช้
- | | |
|----------------------------------|----------------------------------|
| ก. $I_{\text{Conductor}} = 50A$ | ข. $I_{\text{Conductor}} = 52 A$ |
| ค. $I_{\text{Conductor}} = 54 A$ | ง. $I_{\text{Conductor}} = 56 A$ |
18. ข้อใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับการเดินสายไฟฟ้าในวงจรชุดคาปาซิเตอร์
- ย้ายทางปลาที่ปลายสายที่มีการต่อร่วมกับอุปกรณ์ต่าง ๆ
 - ต่อสายดินจากโครงโลหะของคาปาซิเตอร์ลงดินให้มีสัณฐานไม่เท่ากับดิน
 - เดินสายไฟฟ้าในวงจรชุดคาปาซิเตอร์ให้มีระยะที่สั้นที่สุดเพื่อความปลอดภัย
 - ถูกทั้งข้อ ก และ ข

หัวข้อที่ 5 ขนาดและพิกัดของอุปกรณ์ประกอบการติดตั้งคาปาซิเตอร์

ชุดฝึกอบรมเรื่อง การปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์

ใช้ตอบคำถามข้อ 19-21

จงออกแบบการติดตั้งคาปาซิเตอร์เพื่อทำการปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ในระบบไฟฟ้า 3 เฟส ของโรงงานทอผ้า ถ้าต้องการปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ให้เป็น 0.90 ซึ่งจากเดิมมีค่า 0.70 โดยที่เลือกใช้คาปาซิเตอร์ขนาด 305 กิโลวาร์ ร่วมกันกับเครื่องควบคุมค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์อัตโนมัติแบบ 6 ชั้น

19. ควรเลือกใช้คาปาซิเตอร์ขนาดเท่าใด ร่วมกันกับเครื่องควบคุมค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์แบบอัตโนมัติแบบ 6 ชั้น

ก. 6x50 kVAR

ข. 6x45 kVAR

ค. 6x40 kVAR

ง. 6x35 kVAR

20. สายไฟที่ใช้ที่ต่อเข้ากับวงจรคาปาซิเตอร์จะต้องมีขนาดเท่าใด

ก. $I_{\text{Conductor}} = 80.6 \text{ A}; \# 16 \text{ mm}^2$

ข. $I_{\text{Conductor}} = 102.6 \text{ A}; \# 25 \text{ mm}^2$

ค. $I_{\text{Conductor}} = 135.6 \text{ A}; \# 35 \text{ mm}^2$

ง. $I_{\text{Conductor}} = 170.6 \text{ A}; \# 50 \text{ mm}^2$

21. หากต้องการใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์ (Circuit Breaker) สำหรับป้องกันวงจรคาปาซิเตอร์จะต้องมีขนาดเท่าใด

ก. 125A

ข. 110A

ค. 100A

ง. 90A

เฉลยแบบทดสอบหลังการฝึกอบรม

หัวข้อที่ 5 ขนาดและพิกัดของอุปกรณ์ประกอบการติดตั้งคาปาซิเตอร์
ชุดฝึกอบรมเรื่อง การปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์

ข้อ	1.	ง
	2.	ก
	3.	ก
	4.	ข
	5.	ก
	6.	ข
	7.	ง
	8.	ก
	9.	ง
	10.	ก
	11.	ข
	12.	ข
	13.	ก
	14.	ก
	15.	ก
	16.	ง
	17.	ก
	18.	ง
	19.	ก
	20.	ข
	21.	ก

กระดาษคำตอบ

สังกัด.....

ชื่อ-นามสกุล เลขที่.....

หัวข้อที่ 5 ขนาดและทิศของอุปกรณ์ประกอบการติดตั้งคาปาซิเตอร์

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.

ให้ทำเครื่องหมายตามคำสั่งของข้อสอบ ลงในช่องที่เลือกตอบ

ข้อ	ก	ข	ค	ง	ข้อ	ก	ข	ค	ง	ข้อ	ก	ข	ค	ง	ข้อ	ก	ข	ค	ง
1					26					51					76				
2					27					52					77				
3					28					53					78				
4					29					54					79				
5					30					55					80				
6					31					56					81				
7					32					57					82				
8					33					58					83				
9					34					59					84				
10					35					60					85				
11					36					61					86				
12					37					62					87				
13					38					63					88				
14					39					64					89				
15					40					65					90				
16					41					66					91				
17					42					67					92				
18					43					68					93				
19					44					69					94				
20					45					70					95				
21					46					71					96				
22					47					72					97				
23					48					73					98				
24					49					74					99				
25					50					75					100				

			คะแนนรวม
--	--	--	----------

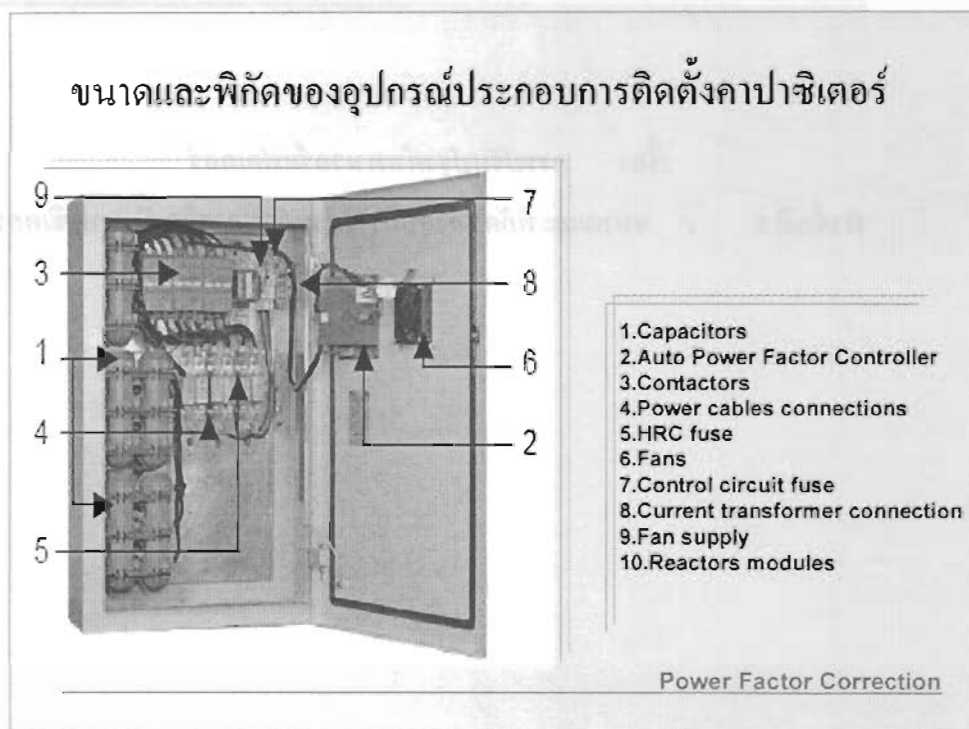
สื่อประกอบการฝึกอบรม

เรื่อง การปรับปรุงค่าพาวเวอร์แฟคเตอร์

หัวข้อที่ 5 : ขนาดและพิกัดของอุปกรณ์ประกอบการติดตั้งคาปาซิเตอร์

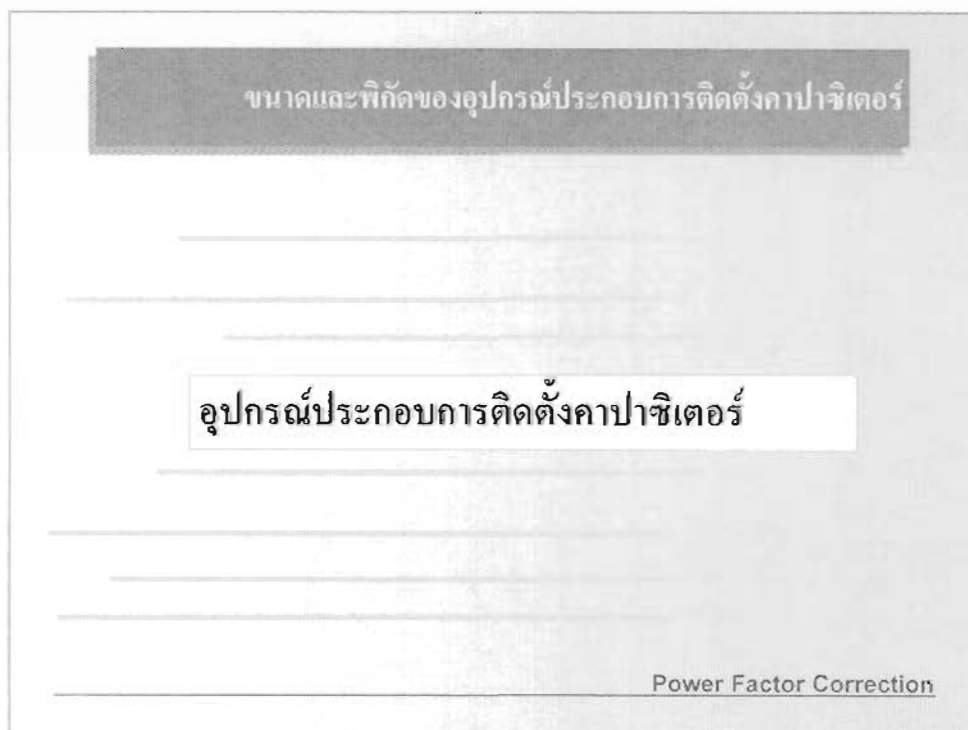


สไลด์คอมพิวเตอร์



แผ่นที่ 1

สไลด์คอมพิวเตอร์



แผ่นที่ 2

สไลด์คอมพิวเตอร์

ขนาดและพิกัดของอุปกรณ์ประกอบการติดตั้งคาปาซิเตอร์

- คาปาซิเตอร์ (Capacitor)
- อุปกรณ์ป้องกัน (Protection)
- อุปกรณ์ตัดต่ออาศัยอำนาจแม่เหล็ก (Magnetic Contactor)
- รีแอกเตอร์ (Reactor)
- ขนาดสายไฟฟ้า (Wire)

Power Factor Correction

แผ่นที่ 3

สไลด์คอมพิวเตอร์

ขนาดและพิกัดของอุปกรณ์ประกอบการติดตั้งคาปาซิเตอร์

คาปาซิเตอร์ ; Capacitor

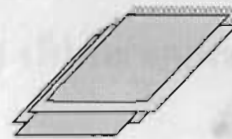
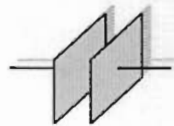
Power Factor Correction

แผ่นที่ 4

ขนาดและทึกัฒของอุปกรณ์ประกอบการติดตั้งคาปาซิทอร์

คาปาซิทอร์ ; Capacitor

คือ อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ชนิดต่ำ
หลังให้มืค่าสูงขึ้น โดยตัวของมันเองมีคุณสมบัติเป็นตัวประกอบ
กำลังชนิดนำหน้า คาปาซิทอร์มีหลายชนิด ส่วนใหญ่จะเรียกชื่อตาม
ชนิดของไดอิเล็กตริกที่ใช้เป็นฉนวน



Power Factor Correction

แผ่นที่ 5

ขนาดและทึกัฒของอุปกรณ์ประกอบการติดตั้งคาปาซิทอร์

ชนิดของคาปาซิทอร์

- ๑ Metallized Paper ; Impregnated
- ๑ Metallized Polypropylene Film ; Dry Type
- ๑ Metallized Polypropylene Film ; Impregnated
- ๑ Metallized Paper and Film ; Impregnated

Power Factor Correction

แผ่นที่ 6

ขนาดและพิกัดของอุปกรณ์ประกอบการติดตั้งคาปาซิเตอร์

ขนาดพิกัดของคาปาซิเตอร์

- ▶ คาปาซิเตอร์ขนาดเล็กจะบอกพิกัดเป็นไมโครฟารัด (?F)
- ▶ คาปาซิเตอร์ขนาดใหญ่จะบอกพิกัดเป็นกิโลวาร์ (kVAR)
- ▶ ถ้ากับด้วยขนาดแรงดันใช้งานตามปกติผู้ผลิตนิยมผลิตเพื่อใช้กับแรงดัน 400 โวลต์
- ▶ มีขนาดตั้งแต่ 10 , 15 , 20 , 25 , 30 , 35 , 40 , 50 , 60 , 75 , 100 , 150 , 200 จนถึง 300 kVAR

Power Factor Correction

แผ่นที่ 7

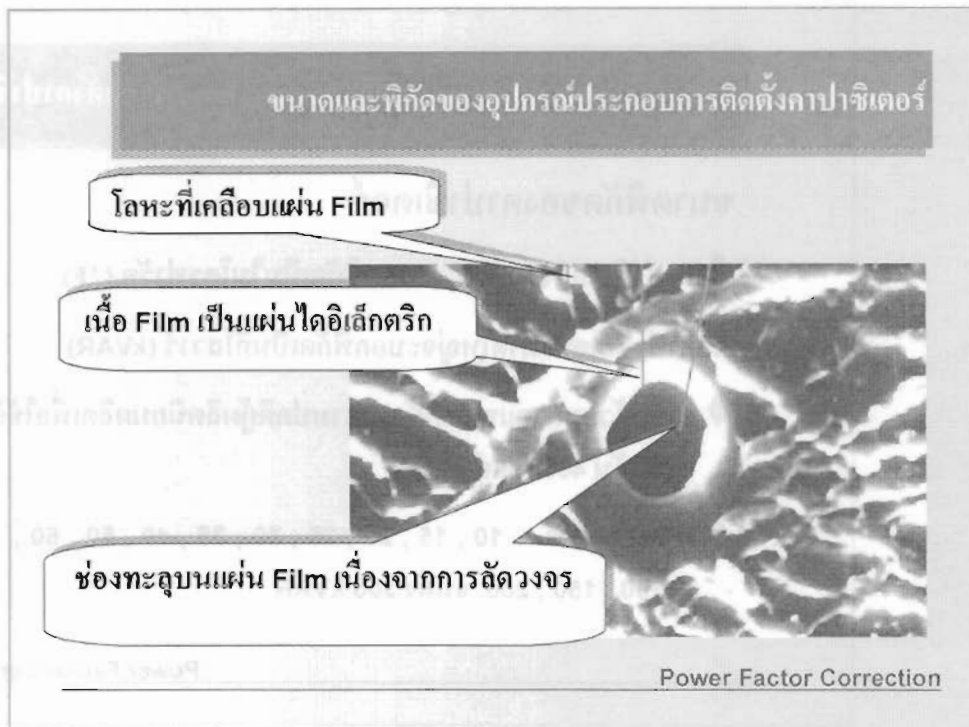
ขนาดและพิกัดของอุปกรณ์ประกอบการติดตั้งคาปาซิเตอร์



คาปาซิเตอร์แบบต่างๆ

Power Factor Correction

แผ่นที่ 8



แผ่นที่ 9

ขนาดและพิกัดของอุปกรณ์ประกอบการติดตั้งคาปาซิเตอร์

ระบบไฟฟ้า 1 เฟส

$$I_c = \frac{kVAR \times 10^3}{V}$$

เมื่อ	kVAR	คือ	พิกัดของคาปาซิเตอร์ (kVAR)
	V	คือ	แรงดันไฟฟ้าระหว่างสาย (V)
	I_c	คือ	กระแสพิกัดต่อเนื่องของคาปาซิเตอร์

Power Factor Correction

แผ่นที่ 10

สไลด์คอมพิวเตอรื

ขนาดและพิกัดของอุปกรณ์ประกอบการติดตั้งคาปาซิเตอร์

ระบบไฟฟ้า 3 เฟส

$$I_c = \frac{kVAR \times 10^3}{\sqrt{3} \times V}$$

เมื่อ $kVAR$ คือ พิกัดของคาปาซิเตอร์ ($kVAR$)
 V คือ แรงดันไฟฟ้าระหว่างสาย (V)
 I_c คือ กระแสพิกัดต่อเนื่องของคาปาซิเตอร์

Power Factor Correction

แผ่นที่ 11

สไลด์คอมพิวเตอรื

ขนาดและพิกัดของอุปกรณ์ประกอบการติดตั้งคาปาซิเตอร์

• ข้อกำหนดสำหรับคาปาซิเตอร์

1. คาปาซิเตอร์แต่ละตัวที่บรรจุด้วยของเหลวที่ติดไฟได้ มีปริมาณมากกว่า 11 ลิตร ให้ติดตั้งภายนอกอาคาร หากติดตั้งในอาคาร ต้องติดตั้งภายในห้องที่ออกแบบไว้เฉพาะ

2. คาปาซิเตอร์ต้องมีเครื่องหล่อหุ้ม หรือติดตั้งโดยมีการกันรั่วหรือโดยวิธีอื่น เพื่อป้องกันบุคคลมาสัมผัสกับส่วนที่มีไฟฟ้าโดยบังเอิญ

! ยกเว้น คาปาซิเตอร์นั้นเข้าถึงได้เฉพาะบุคคลที่มีหน้าที่เกี่ยวข้อง

Power Factor Correction

แผ่นที่ 12

ขนาดและพิกัดของอุปกรณ์ประกอบการติดตั้งคาปาซิเตอร์

3. คาปาซิเตอร์ต้องจัดให้มีวงจรคายประจุ ต่ออย่างถาวรหรือต่ออัตโนมัติกับขั้วของคาปาซิเตอร์ เมื่อปลดวงจรคาปาซิเตอร์ออกจากระบบ

4. คาปาซิเตอร์ต้องสามารถคายประจุ ให้แรงดันลดลงเหลือไม่เกิน 50 โวลต์ ภายในเวลา 1 นาที นับจากเวลาที่ปลด

Power Factor Correction

แผ่นที่ 13

ขนาดและพิกัดของอุปกรณ์ประกอบการติดตั้งคาปาซิเตอร์

4. ตัวนำที่ต่อเข้ากับวงจรคาปาซิเตอร์ ต้องมีขนาดกระแสไม่น้อยกว่าร้อยละ 135 ของพิกัดกระแสของคาปาซิเตอร์ หากคาปาซิเตอร์ต่อกับวงจรมอเตอร์ ตัวนำของวงจรคาปาซิเตอร์ ต้องมีขนาดกระแสไม่น้อยกว่า 1 ใน 3 ของขนาดกระแสของสายวงจรมอเตอร์ และต้องมีขนาดกระแสไม่น้อยกว่าร้อยละ 135 ของพิกัดกระแสของคาปาซิเตอร์ด้วย

5. ตัวนำทุกสายเส้นไฟที่ต่อเข้าสู่ชุดคาปาซิเตอร์ ต้องมีเครื่องป้องกันกระแสเกิน พิกัดหรือขนาดปรับตั้งของเครื่องป้องกันกระแสเกิน ควรมีค่าต่ำสุดที่จะทำให้ชุดคาปาซิเตอร์นั้น ต่อใช้งานได้

Power Factor Correction

แผ่นที่ 14

ขนาดและพิกัดของอุปกรณ์ประกอบการติดตั้งคาปาซิเตอร์

6. คาปาซิเตอร์ต้องมีเครื่องปลดวงจร ที่สามารถปลดทุกสายเส้นไฟได้พร้อมกัน และในสภาพการทำงานปกติ เครื่องปลดวงจรต้องทำงานได้โดยไม่ชำรุด พิกัดกระแสของเครื่องปลดวงจร ต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 135 ของพิกัดกระแสของคาปาซิเตอร์

7. เปลือกโลหะของคาปาซิเตอร์ต้องต่อลงดิน

! ยกเว้น คาปาซิเตอร์ที่ติดตั้งบนโครงสร้างชนิดที่ได้ออกแบบไว้ให้มีศักยภาพไม่เท่ากับดิน

Power Factor Correction

แผ่นที่ 15

ขนาดและพิกัดของอุปกรณ์ประกอบการติดตั้งคาปาซิเตอร์

8. คาปาซิเตอร์แต่ละตัวต้องมีแผ่นป้ายระบุผู้ผลิต พิกัดแรงดัน กิโลวาร์ กระแส และปริมาณของเหลวที่บรรจุอยู่(ถ้ามี)

9. คาปาซิเตอร์ที่ติดตั้ง เพื่อปรับปรุงเพาเวอร์แฟกเตอร์ของมอเตอร์ ควรติดตั้งด้านไฟเข้าของเครื่องป้องกันการใช้งานเกินกำลังมอเตอร์



ที่มา : ตามมาตรฐานของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

Power Factor Correction

แผ่นที่ 16

ขนาดและฟังก์ชันของอุปกรณ์ประกอบการติดตั้งคาปาซิเตอร์

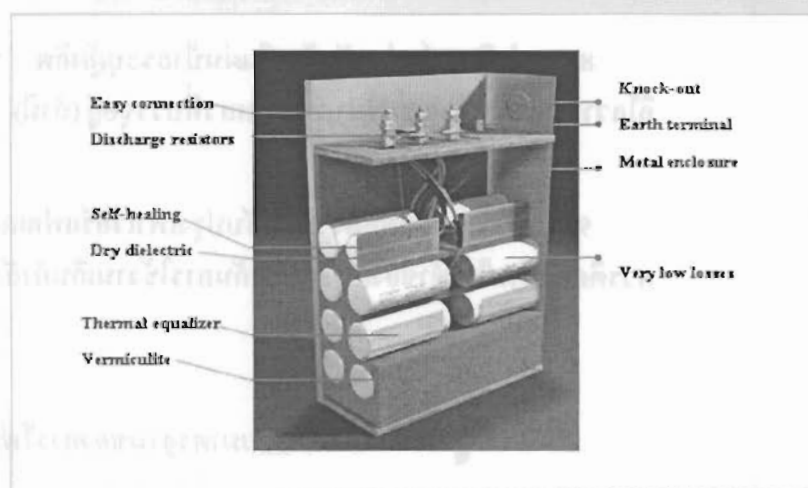
อุปกรณ์ป้องกันภายในตู้คาปาซิเตอร์

- ๑ ฟิวส์ไฟฟ้า (Electrical Fuse)
- ๑ ตัวตัดต่อเมื่อความดันเกิน (Overpressure Disconnection)
- ๑ เวอร์มิคิวไลต์ (Vermiculite)
- ๑ อุปกรณ์คายประจุ (Discharge)

Power Factor Correction

แผ่นที่ 17

ขนาดและฟังก์ชันของอุปกรณ์ประกอบการติดตั้งคาปาซิเตอร์



Power Factor Correction

แผ่นที่ 18

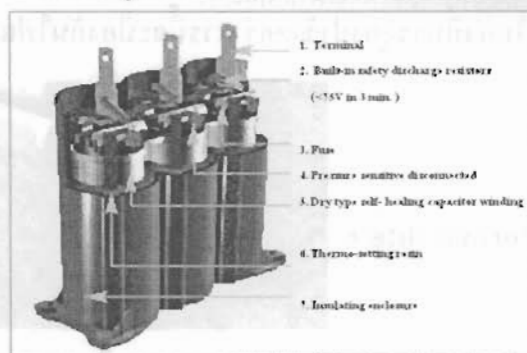
สไลด์คอมพิวเตอรื

ขนาดและพิคัดของอุปกรณ์ประกอบการติดตั้งคาปาซิเตอร์

๑ ฟิวส์ไฟฟ้า (Electrical Fuse)

ฟิวส์จะขาดทันที เมื่อค่ากระแสเกินขนาดของฟิวส์ โดยฟิวส์นี้จะติดตั้งอยู่ภายในตัวคาปาซิเตอร์ เรียกว่า ฟิวส์ภายใน (Internal Fuse)

ซึ่งมีอยู่หลายรูปแบบ



Power Factor Correction

แผ่นที่ 19

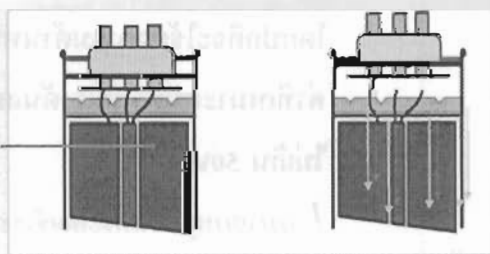
สไลด์คอมพิวเตอรื

ขนาดและพิคัดของอุปกรณ์ประกอบการติดตั้งคาปาซิเตอร์

๑ ตัวตัดต่อเมื่อความดันเกิน (Overpressure Disconnection)

ตัวตัดต่อนี้จะบรรจุอยู่ในตัวถังของคาปาซิเตอร์ ซึ่งยึดทวดได้ เมื่อเกิดผิดปกติในถัง จะเกิด Gas ขึ้นและ Gas จะดันให้ตัวถังโป่งออก ทำให้ส่วนต่อทางไฟฟ้าขาด

Overpressure Disconnection



Power Factor Correction

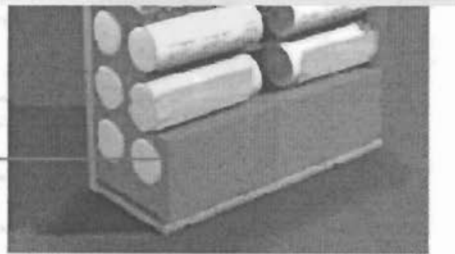
แผ่นที่ 20

ขนาดและพิกัดของอุปกรณ์ประกอบการติดตั้งคาปาซิเตอร์

๑ เเวอร์มิคิวไลต์ (Vermiculite)

เป็นสารที่ไม่ติดไฟ ยึดหยุ่นได้ และเป็นฉนวนอย่างดี ใช้เติมลงไประหว่างช่องในถังที่บรรจุคาปาซิเตอร์ สารนี้จะป้องกันไฟและการระเบิดได้

Vermiculite



Power Factor Correction

แผ่นที่ 21

ขนาดและพิกัดของอุปกรณ์ประกอบการติดตั้งคาปาซิเตอร์

๑ อุปกรณ์คายประจุ (Discharge)

เป็นอุปกรณ์สำหรับคายประจุสำหรับตัวคาปาซิเตอร์ ในช่วงเวลาหลังจากการตัดคาปาซิเตอร์ออกจากระบบไฟฟ้า

โดยปกติจะใช้ตัวความต้านทาน (Resistor)

ค่าที่เหมาะสมทำให้แรงดันลดลงเหลือ

ไม่เกิน 50V



! หมายเหตุ ก่อนที่จะต่อเข้าระบบไฟฟ้าอีกครั้ง แรงดันไฟฟ้าที่ตัวคาปาซิเตอร์จะต้องไม่มากกว่า 10 % ของแรงดันพิกัด

Power Factor Correction

แผ่นที่ 22

ขนาดและพิกัดของอุปกรณ์ประกอบการติดตั้งคาปาซิเตอร์

อุปกรณ์ป้องกัน ; Protection

Power Factor Correction

แผ่นที่ 23

ขนาดและพิกัดของอุปกรณ์ประกอบการติดตั้งคาปาซิเตอร์

อุปกรณ์ป้องกัน ; Protection

คือ อุปกรณ์ที่ใช้ในการป้องกันการลัดวงจรของคาปาซิเตอร์หรือของระบบไฟฟ้า ประกอบด้วย

- ⊗ ฟิวส์ HRC (HRC Fuse)
- ⊗ เซอร์กิตเบรกเกอร์ (Circuit Breaker)

Power Factor Correction

แผ่นที่ 24

ขนาดและฟลักซ์ของอุปกรณ์ประกอบการติดตั้งคาปาซิเตอร์

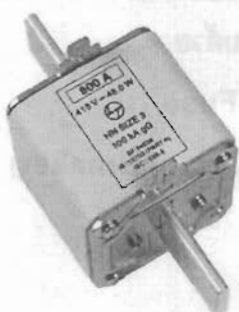
ฟิวส์ ; Fuse

Power Factor Correction

แผ่นที่ 25

ขนาดและฟลักซ์ของอุปกรณ์ประกอบการติดตั้งคาปาซิเตอร์

⊗ ฟิวส์ HRC (HRC Fuse)



1. ต้องมีฟลักซ์แรงดันไม่น้อยกว่า 110% ของฟลักซ์แรงดันคาปาซิเตอร์
2. ต้องมีฟลักซ์กระแสประมาณ 165% ของฟลักซ์กระแสของคาปาซิเตอร์
3. ฟิวส์ต้องมีฟลักซ์กระแสตัดวงจรสูงพอสำหรับใช้งาน ณ จุดที่ทำการติดตั้ง

Power Factor Correction

แผ่นที่ 26

ขนาดและพิกัดของอุปกรณ์ประกอบการติดตั้งคาปาซิเตอร์

4. พิวส์ต้องทนต่อพลังงานที่คาปาซิเตอร์ตัวข้างเคียง ซึ่งถ่ายเทมา
ให้แก่คาปาซิเตอร์ตัวที่เกิดลัดวงจรได้

5. พิวส์ต้องขาดก่อนที่กล่องคาปาซิเตอร์ จะระเบิดหรือฉีกออกเพราะ
แรงอัดอย่างรุนแรงเนื่อง จากการลัดวงจรภายในกล่อง



Power Factor Correction

แผ่นที่ 27

ขนาดและพิกัดของอุปกรณ์ประกอบการติดตั้งคาปาซิเตอร์

เซอร์กิตเบรกเกอร์ ; Circuit Breaker

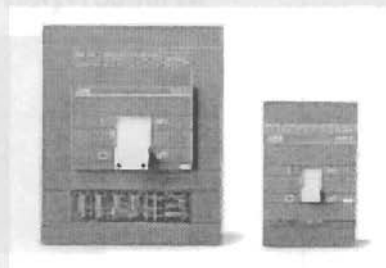
Power Factor Correction

แผ่นที่ 28

ขนาดและพิกัดของอุปกรณ์ประกอบติดตั้งคาปาซิเตอร์

๑ เซอร์กิตเบรกเกอร์ (Circuit Breaker)

ต้องมีพิกัดกระแสลัดวงจรเพียงพอสำหรับจุดที่ติดตั้ง และต้องมีพิกัดกระแสไม่ต่ำกว่า 1.5 เท่าของพิกัดกระแสของคาปาซิเตอร์ เพื่อไม่ให้เซอร์กิตเบรกเกอร์ทริป ในขณะที่ต่อคาปาซิเตอร์ซึ่งมีค่ากระแสพุ่งเข้าสูง (Inrush Current) และให้เซอร์กิตเบรกเกอร์ทริปเมื่อเกิดการลัดวงจร



Power Factor Correction

แผ่นที่ 29

ขนาดและพิกัดของอุปกรณ์ประกอบติดตั้งคาปาซิเตอร์

สำหรับขนาดของ Circuit Breaker ที่ใช้เพื่อป้องกันการลัดวงจรของคาปาซิเตอร์นั้น สามารถกำหนดค่า โดยใช้สูตรดังต่อไปนี้

$$I_{CB} = 1.5 \times I_C$$

เมื่อ I_{CB} คือ ขนาดของเซอร์กิตเบรกเกอร์
 I_C คือ กระแสพิกัดต่อเนื่องของคาปาซิเตอร์

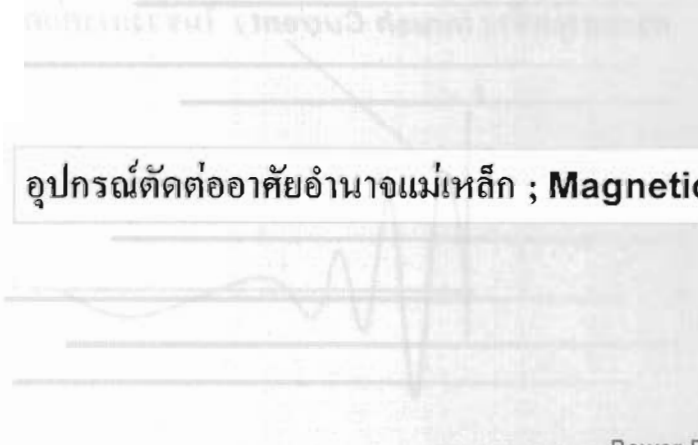
Power Factor Correction

แผ่นที่ 30

สไลด์คอมพิวเตอร์

ขนาดและพิกัดของอุปกรณ์ประกอบการติดตั้งคาปาซิเตอร์

อุปกรณ์ตัดต่ออาศัยอำนาจแม่เหล็ก ; **Magnetic Contactor**



Power Factor Correction

แผ่นที่ 31

สไลด์คอมพิวเตอร์

ขนาดและพิกัดของอุปกรณ์ประกอบการติดตั้งคาปาซิเตอร์

อุปกรณ์ตัดต่ออาศัยอำนาจแม่เหล็ก ; **Magnetic Contactor**

เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ตัดต่อชุดคาปาซิเตอร์เข้าและออกจากระบบไฟฟ้า โดยอาศัยหลักการทำงานของอำนาจแม่เหล็กการนำไปใช้งานจะต้องคำนึงถึง กระแสของชุดคาปาซิเตอร์

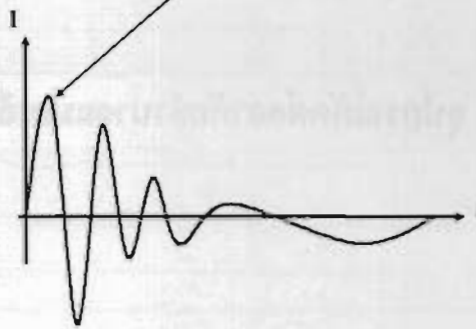


Power Factor Correction

แผ่นที่ 32

ขนาดและพิกัดของอุปกรณ์ประกอบการติดตั้งคาปาซิเตอร์

กระแสพุ่งเข้า (Inrush Current) ในช่วงการต่อคาปาซิเตอร์



Power Factor Correction

แผ่นที่ 33

ขนาดและพิกัดของอุปกรณ์ประกอบการติดตั้งคาปาซิเตอร์

สำหรับขนาดของ Magnetic Contactor ที่ใช้ในการตัดต่อวงจรคาปาซิเตอร์นั้น สามารถคำนวณหาขนาด โดยใช้สูตรดังต่อไปนี้

$$I_{\text{Contactor}} = 1.35 \times I_C$$

เมื่อ $I_{\text{Contactor}}$ คือ ขนาดของแมกเนติก คอนแทกเตอร์
 I_C คือ กระแสพิกัดต่อเนื่องของคาปาซิเตอร์

Power Factor Correction

แผ่นที่ 34

สไลด์คอมพิวเตอร์

ขนาดและพิกัดของอุปกรณ์ประกอบการติดตั้งคาปาซิเตอร์

รีแอคเตอร์ ; Reactor



Power Factor Correction

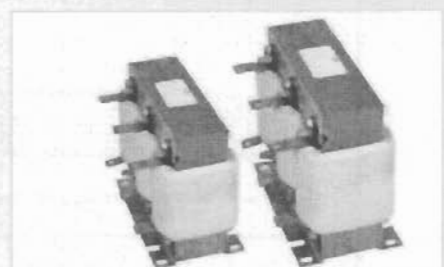
แผ่นที่ 35

สไลด์คอมพิวเตอร์

ขนาดและพิกัดของอุปกรณ์ประกอบการติดตั้งคาปาซิเตอร์

รีแอคเตอร์ ; Reactor

เป็นอุปกรณ์สำคัญที่ใช้ขจัดปัญหาเรโซแนนซ์แบบขนาน (parallel resonance) ที่มีผลให้แรงดันไฟฟ้าและกระแสฮาร์โมนิกส์เพิ่มขึ้นอย่างมากในระบบไฟฟ้า



Power Factor Correction

แผ่นที่ 36

ขนาดและพิสัยของอุปกรณ์ประกอบติดตั้งคาปาซิเตอร์

โดยทั่วไปรีแอคเตอร์ที่ใช้จะระบุค่าเป็นเปอร์เซ็นต์ต่างๆ กัน
ไปขึ้นกับประเภทของการนำไปใช้ เช่น 6%, 7%, 8%, 13% และ 14%
เป็นต้น รีแอคเตอร์ชนิด 6% และ 7% จะเป็นที่ยอมรับกันมากที่สุด



Power Factor Correction

แผ่นที่ 37

ขนาดและพิสัยของอุปกรณ์ประกอบติดตั้งคาปาซิเตอร์

สายไฟฟ้า ; Wire

Power Factor Correction

แผ่นที่ 38

ขนาดและพิกัดของอุปกรณ์ประกอบการติดตั้งคาปาซิเตอร์

ขนาดสายไฟฟ้า ; Wire

สายไฟที่ใช้ที่ต่อเข้ากับวงจรคาปาซิเตอร์ ต้องมีขนาดกระแสไม่น้อยกว่าร้อยละ 135 ของพิกัดกระแสของคาปาซิเตอร์ หากคาปาซิเตอร์ต่อกับวงจรมอเตอร์ ตัวนำของวงจรคาปาซิเตอร์ ต้องมีขนาดกระแสไม่น้อยกว่า 1 ใน 3

Power Factor Correction

แผ่นที่ 39

ขนาดและพิกัดของอุปกรณ์ประกอบการติดตั้งคาปาซิเตอร์

สำหรับขนาดของสายไฟฟ้าที่ใช้ในวงจรของคาปาซิเตอร์นั้น สามารถคำนวณหาขนาด โดยใช้สูตรดังต่อไปนี้

$$I_{\text{Conductor}} = 1.35 \times I_C$$

เมื่อ $I_{\text{Conductor}}$ คือ ขนาดของสายไฟ

I_C คือ กระแสพิกัดต่อเนื่องของคาปาซิเตอร์

Power Factor Correction

แผ่นที่ 40

ขนาดและพิกัดของอุปกรณ์ประกอบการติดตั้งคาปาซิเตอร์

การออกแบบการติดตั้งคาปาซิเตอร์ในระบบไฟฟ้า

Power Factor Correction

ขนาดและพิกัดของอุปกรณ์ประกอบการติดตั้งคาปาซิเตอร์

ตัวอย่างที่ 5.1

จงออกแบบการติดตั้งคาปาซิเตอร์เพื่อปรับปรุงค่าพาวเวอร์แฟคเตอร์ในระบบไฟฟ้า 3 เฟส ของโรงงานพลาสติก ถ้าต้องการปรับปรุงค่าพาวเวอร์แฟคเตอร์ให้เป็น 0.90 ซึ่งจากเดิมมีค่า 0.70 โดยที่เลือกใช้คาปาซิเตอร์ขนาด 305 kVAR ร่วมกับเครื่องควบคุมค่าพาวเวอร์แฟคเตอร์อัตโนมัติแบบ 6 Steps ค่าแรงดันไฟฟ้าที่วัดได้มีค่าแตกต่างกันหรือไม่

Power Factor Correction

ขนาดและพิสัยของอุปกรณ์ประกอบการติดตั้งคาปาซิเตอร์

วิธีการคำนวณ

ฉะนั้น สามารถเลือกใช้คาปาซิเตอร์ขนาด 6x50 กิโลวาร์
รวมกันกับเครื่องควบคุมค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์อัตโนมัติแบบ 6 Steps

- หาค่าพิสัยกระแสต่อเนื่องของคาปาซิเตอร์

$$I_C = Q / (V \times V)$$

แทนค่า $I_C = 50 \times 1000 / (V \times 380)$

เพราะฉะนั้น $I_C = 75.97A$

Power Factor Correction

แผ่นที่ 43

ขนาดและพิสัยของอุปกรณ์ประกอบการติดตั้งคาปาซิเตอร์

- หาค่าขนาดสายไฟ

$$I_{\text{Conductor}} = 1.35 \times I_C$$

แทนค่า $I_{\text{Conductor}} = 1.35 \times 75.97$

เพราะฉะนั้น $I_{\text{Conductor}} = 102.6A$

ดังนั้นเลือกขนาดสายไฟฟ้าตาม มอก 11-2531

ตารางที่ 4 ขนาด 25 ตร.มม. (111A) เดินลอยในอากาศภายในตู้

MDB

Power Factor Correction

แผ่นที่ 44

ขนาดและพิคัดของอุปกรณ์ประกอบการติดตั้งคาปาซิเตอร์

- หาค่าขนาดฟิวส์

$$I_{\text{Fuse}} = 1.65 \times IC$$

$$\text{แทนค่า} \quad I_{\text{Fuse}} = 1.65 \times 75.97$$

$$\text{เพราะฉะนั้น} \quad I_{\text{Fuse}} = 125.35A$$

ดังนั้นเลือกฟิวส์ (HRC-Fuse) ขนาด 125A

Power Factor Correction

แผ่นที่ 45

ขนาดและพิคัดของอุปกรณ์ประกอบการติดตั้งคาปาซิเตอร์

- หาค่าขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์

$$I_{\text{CB}} = 1.65 \times IC$$

$$\text{แทนค่า} \quad I_{\text{CB}} = 1.65 \times 75.97$$

$$\text{เพราะฉะนั้น} \quad I_{\text{CB}} = 125.35A$$

ดังนั้นเลือกขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์ขนาด 125A

Power Factor Correction

แผ่นที่ 46

ขนาดและพิกัดของอุปกรณ์ประกอบการติดตั้งคาปาซิเตอร์

- หาค่าขนาดแมกเนติก คอนแทกเตอร์

$$I_{\text{Contactor}} = 1.5 \times I_C$$

แทนค่า $I_{\text{Contactor}} = 1.5 \times 75.97$

เพราะฉะนั้น $I_{\text{Contactor}} = 113.96\text{A}$

$$\text{Rate Contactor} = V \times I_{\text{Contactor}}$$

แทนค่า $\text{Rate Contactor} = 380 \times 113.96$

$$\text{Rate Contactor} = 43,168 \text{ W}$$

ดังนั้นขนาดแมกเนติก คอนแทกเตอร์ 113.96A , 50kW

Power Factor Correction

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์

เรื่อง

การปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์
Power Factor Correction

จำนวน 50 ข้อ

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์

ชุดฝึกอบรมเรื่อง การปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์

เวลา 50 นาที

ชื่อ..... สถานประกอบการ.....

- คำสั่ง**
1. แบบทดสอบมีทั้งหมด 50 ข้อ ให้ทำทุกข้อ
 2. ทำเครื่องหมายกากบาททับหน้าข้อที่ถูกที่สุดเพียงข้อเดียว ลงในกระดาษคำตอบ
 3. อนุญาตให้ใช้เครื่องคำนวณ

1. ข้อใดกล่าวถูกต้องมากที่สุดเกี่ยวกับค่ากำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟ (Reactive Power)
 - ก. กำลังไฟฟ้าที่ใช้งานจริง
 - ข. กำลังไฟฟ้าที่ใช้สำหรับการสร้างสนามแม่เหล็ก
 - ค. กำลังไฟฟ้าที่ถูกเปลี่ยนให้เป็นกำลังงานความร้อน
 - ง. กำลังไฟฟ้าที่สะสมในรูปของพลังงานจล
2. ข้อใดแสดงถึงคุณลักษณะของวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ เมื่อมีภาระเป็นตัวต้านทาน
 - ก. กระแส (I) และแรงดัน (V) ร่วมเฟสกัน
 - ข. กระแส (I) ล้าหลังแรงดัน (V) เป็นมุม θ
 - ค. กระแส (I) นำหน้าแรงดัน (V) เป็นมุม θ
 - ง. กระแส (I) และแรงดัน (V) ต่างเฟสกันเป็นมุม $-\theta$
3. ข้อใดแสดงถึงคุณลักษณะของวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ เมื่อมีภาระเป็นตัวเก็บประจุไฟฟ้า
 - ก. กระแส (I) ล้าหลังแรงดัน (V) เป็นมุม θ
 - ข. กระแส (I) และแรงดัน (V) ต่างเฟสกันเป็นมุม $-\theta$
 - ค. กระแส (I) นำหน้าแรงดัน (V) เป็นมุม θ
 - ง. กระแส (I) และแรงดัน (V) ร่วมเฟสกัน
4. ค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์(Power factor) ในระบบไฟฟ้าหมายถึงข้อใด

ก. $VI \cos \theta$	ข. $\cos \theta$
ค. $VI \sin \theta$	ง. $\sin \theta$

ชุดฝึกอบรมเรื่อง การปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์

5. ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ในระบบไฟฟ้าต่ำ ส่งผลเสียต่อระบบไฟฟ้าอย่างไร
 - ก. ผู้ใช้ไฟฟ้าเสียค่าไฟในส่วนของค่า Ft เพิ่มขึ้น
 - ข. หม้อแปลงไฟฟ้าจะจ่ายโหลดลดลงประมาณ 5 %
 - ค. กระแสที่ไหลในวงจรของโหลดมีค่าสูง
 - ง. มีโอกาสที่ระบบไฟฟ้าเกิดการลัดวงจรได้ง่าย
6. สาเหตุหลักที่โรงงานอุตสาหกรรมส่วนใหญ่ จะมีค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ในระบบต่ำ คือ ข้อใด
 - ก. ใช้พลังงานไฟฟ้าสูงมากในการผลิต
 - ข. มีพลังงานสำรองต่ำมาก
 - ค. มีการทำงานของเครื่องจักรกลตลอดเวลา
 - ง. มีโหลดชนิดเหนี่ยวนำอยู่เป็นจำนวนมาก
7. การปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ของระบบไฟฟ้าให้มีค่าสูงขึ้น ทำได้โดยใช้หลักการใด

ก. เพิ่มกำลังไฟฟ้าจริงให้กับระบบ	ข. ลดค่าความถี่ของระบบลง 10%
ค. เพิ่มกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟให้กับระบบ	ง. ขนานหม้อแปลงไฟฟ้า
8. การปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ของระบบไฟฟ้าให้มีค่าสูงขึ้น สามารถทำได้อย่างไร
 - ก. ลดโหลดชนิดเหนี่ยวนำบางส่วนลง
 - ข. ติดตั้งคาปาซิเตอร์กำลัง
 - ค. เปลี่ยนหม้อแปลงไฟฟ้าให้มีขนาดใหญ่ขึ้น
 - ง. ติดตั้งอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เพิ่มเข้าในระบบ
9. ข้อใดแสดงถึงผลของวงจร เมื่อมีการปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ให้มีค่าสูงขึ้น
 - ก. ค่าของกระแสไฟฟ้าของระบบมีค่าสูงขึ้นตามด้วย
 - ข. ค่าของแรงดันไฟฟ้าของระบบมีค่าสูงขึ้นตามด้วย
 - ค. ค่าของกระแสไฟฟ้าของระบบมีค่าลดลง
 - ง. ค่าความถี่ของระบบมีค่าสูงขึ้น

ชุดฝึกอบรมเรื่อง การปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์

10. ข้อใดแสดงถึงผลที่เกิดขึ้นกับระบบไฟฟ้า เมื่อติดตั้งคาปาซิเตอร์เข้าในระบบมากเกินไป
- ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์หลังปรับปรุงมีค่าสูง
 - ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์จะเริ่มต่ำลงอีก
 - ระบบไฟฟ้ากลับมารับภาระมากขึ้น
 - ระบบไฟฟ้าจะจ่ายโหลดได้เพิ่มสูงขึ้น

ใช้ตารางที่ 1-1 ตอบคำถามข้อที่ 11

ตารางที่ 1-1 การหาขนาดกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟของคาปาซิเตอร์

Cos θ_1	เพาเวอร์แฟคเตอร์ cos θ_2										
	0.80	0.82	0.85	0.87	0.90	0.92	0.94	0.95	0.96	0.98	1.00
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
0.70	0.27	0.32	0.40	0.45	0.53	0.59	0.66	0.69	0.73	0.81	1.02
0.72	0.21	0.27	0.34	0.40	0.48	0.54	0.60	0.63	0.67	0.76	0.96
0.74	0.16	0.21	0.29	0.35	0.42	0.48	0.55	0.58	0.62	0.70	0.90
0.76	0.10	0.16	0.24	0.29	0.37	0.43	0.49	0.52	0.56	0.65	0.85
0.78	0.05	0.10	0.18	0.24	0.31	0.38	0.44	0.47	0.51	0.59	0.80
0.80		0.05	0.13	0.18	0.26	0.32	0.39	0.42	0.46	0.54	0.75
				...	...	...	...	...	...	...	...

11. ถ้าต้องการปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ให้เป็น 0.70 ซึ่งจากเดิมมีค่า 0.90 จะต้องใช้กำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟจากคาปาซิเตอร์ขนาดเท่าใด โดยที่ความต้องการการใช้กำลังไฟฟ้าจริงมีค่า 5,000 กิโลวัตต์
- 2560 kVAR
 - 2650 kVAR
 - 2540 kVAR
 - 2450 kVAR

ชุดฝึกอบรมเรื่อง การปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์

12. ประโยชน์ของการปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ในระบบไฟฟ้า ตรงกับข้อใด
 - ก. อุปกรณ์ไฟฟ้าในระบบมีประสิทธิภาพการทำงานที่เท่ากัน
 - ข. หม้อแปลงไฟฟ้าจะทำงานหนักขึ้น ซึ่งจะมีประสิทธิภาพสูง
 - ค. หลังปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ให้สูงขึ้น จะลดปัญหาการเกิดแรงดันไฟฟ้าเกิน
 - ง. หลังปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ให้สูงขึ้น ค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลในระบบจะลดลง

13. ผู้ใช้ไฟฟ้าจะได้รับผลคืออะไร เมื่อค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ของระบบไฟฟ้าสูงขึ้น
 - ก. แรงดันไฟฟ้ามีค่าสูงขึ้น
 - ข. มีพลังงานสำรองเพิ่มขึ้น
 - ค. ประหยัดค่าไฟฟ้า
 - ง. สามารถใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าประเภทขดลวดความร้อนได้มากขึ้น

14. กรณีที่อุปกรณ์ไฟฟ้ามีความต้องการกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟค่อนข้างสูง ซึ่งมีขนาดคงที่ และมีชั่วโมงการทำงานสูงๆ ควรออกแบบการติดตั้งคาปาซิเตอร์แบบใดเหมาะสมที่สุด
 - ก. ติดตั้งคาปาซิเตอร์แบบเป็นกลุ่ม
 - ข. ติดตั้งคาปาซิเตอร์แบบรวม
 - ค. ติดตั้งคาปาซิเตอร์ที่ตัวอุปกรณ์
 - ง. ติดตั้งคาปาซิเตอร์แบบผสม

15. ข้อใดเป็นข้อเสียของการติดตั้งคาปาซิเตอร์ที่ตัวอุปกรณ์
 - ก. ต้องใช้คาปาซิเตอร์ขนาดเล็กจำนวนมาก เสียค่าใช้จ่ายในการติดตั้งสูง
 - ข. ไม่ได้ลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียในวงจรย่อยของโหลดแต่ละตัว
 - ค. ไม่ได้ลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียในวงจรย่อย และวงจรสายป้อน
 - ง. คาปาซิเตอร์จะถูกใช้งานตลอดเวลาทั้งที่อุปกรณ์ทำงานและหยุดทำงาน

ชุดฝึกอบรมเรื่อง การปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์

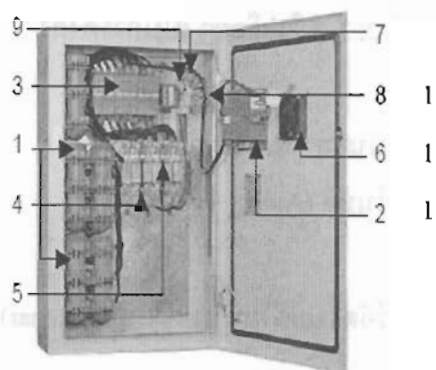
16. กลุ่มของมอเตอร์ขนาดเล็ก ที่ทำงานพร้อมกันหลายตัว ควรทำการติดตั้งคาปาซิเตอร์แบบใดจึงเหมาะสมที่สุด
- ติดตั้งคาปาซิเตอร์แบบเป็นกลุ่ม
 - ติดตั้งคาปาซิเตอร์แบบรวม
 - ติดตั้งคาปาซิเตอร์ที่ตัวอุปกรณ์
 - ติดตั้งคาปาซิเตอร์แบบผสม
17. ข้อใดเป็นข้อดีของการติดตั้งคาปาซิเตอร์แบบเป็นกลุ่ม
- แรงดันไฟฟ้าตกที่อุปกรณ์ตัวนั้นลดลง
 - ลดกำลังไฟฟ้าที่สูญเสียในสายไฟฟ้าของอุปกรณ์ตัวนั้น
 - สามารถใช้คาปาซิเตอร์ได้เต็มที่ตามความต้องการของโหลด
 - ค่าใช้จ่ายของคาปาซิเตอร์และการติดตั้งจะลดลงเนื่องจากใช้คาปาซิเตอร์ขนาดใหญ่
18. ข้อใดกล่าวถูกต้องมากที่สุดเกี่ยวกับการติดตั้งคาปาซิเตอร์แบบรวม
- การติดตั้งคาปาซิเตอร์แบบรวมเป็นการทำให้แรงดันไฟฟ้าที่อุปกรณ์ตกได้
 - การติดตั้งคาปาซิเตอร์แบบรวม เหมาะสำหรับโรงงานขนาดใหญ่ ที่มีโหลดจำนวนมาก และทำงานไม่พร้อมกัน
 - การติดตั้งคาปาซิเตอร์แบบรวม เป็นการทำให้ค่าความถี่ที่อุปกรณ์เพิ่มขึ้นได้
 - การติดตั้งคาปาซิเตอร์แบบรวม สามารถลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียและแรงดันตกในสายป้อนได้
19. ข้อใดเป็นข้อดีของการติดตั้งคาปาซิเตอร์แบบรวม
- สามารถใช้คาปาซิเตอร์ได้เต็มที่ตามความต้องการของโหลด
 - ลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียในวงจรย่อยของโหลดแต่ละตัว
 - ลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียในวงจรสายป้อน
 - คาปาซิเตอร์จะถูกใช้งานตลอดเวลาทั้งที่อุปกรณ์ทำงานและหยุดทำงาน

ชุดฝึกอบรวมเรื่อง การปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์

24. การควบคุมคาปาซิเตอร์ที่ติดตั้งถาวร จะเหมาะสมกับลักษณะโหลดในข้อใด

- ก. สำหรับโหลดมีการทำงานน้อยครั้ง
- ข. สำหรับโหลดที่ค่อนข้างคงที่
- ค. สำหรับโหลดมีการเปลี่ยนแปลง
- ง. สำหรับโหลดที่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา

25. จากภาพที่ 1 อุปกรณ์ไฟฟ้าหมายเลข 3 หมายถึง



- ก. รีแอคเตอร์
- ข. ฟิวส์ HRC
- ค. หม้อแปลงกระแส
- ง. แมกเนติก คอนแทกเตอร์

ภาพที่ 1

26. เมื่อค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ต่ำกว่าค่าที่ตั้งไว้ เครื่องควบคุมเพาเวอร์แฟคเตอร์อัตโนมัติจะมีการทำงานอย่างไร

- ก. เครื่องก็จะสั่งปลดคาปาซิเตอร์เข้าในวงจร
- ข. เครื่องก็จะสั่งต่อคาปาซิเตอร์เข้าในวงจร
- ค. เครื่องก็จะสั่งสับ-ปลดคาปาซิเตอร์อยู่ตลอดเวลา
- ง. เครื่องก็จะสั่งต่อคาปาซิเตอร์ 1 ครั้ง และสั่งปลดคาปาซิเตอร์ทันที

27. การตั้งค่าความไวของเครื่องควบคุมเพาเวอร์แฟคเตอร์อัตโนมัติขึ้นอยู่กับสิ่งใด

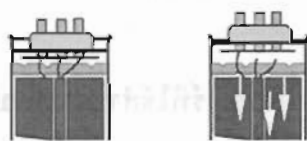
- ก. จำนวนของคาปาซิเตอร์
- ข. กำลังไฟฟ้าสูญเสียในวงจร
- ค. อัตราส่วนของหม้อแปลงกระแส
- ง. อุปกรณ์ประกอบการทำงาน

ชุดฝึกอบรมเรื่อง การปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์

28. ข้อใดกล่าวถูกต้องที่สุด ในการติดตั้งเครื่องควบคุมเพาเวอร์แฟคเตอร์อัตโนมัติ
 - ก. ตำแหน่งที่ติดตั้ง ควรมีอากาศถ่ายเทได้ดี
 - ข. จะต้องติดตั้งหม้อแปลงกระแส (CT) ก่อนโหลด
 - ค. จะต้องติดตั้งหม้อแปลงกระแส (CT) หลังโหลด
 - ง. สามารถติดตั้งหม้อแปลงกระแส (CT) ตำแหน่งใดก็ได้
29. เครื่องควบคุมเพาเวอร์แฟคเตอร์อัตโนมัติจะเริ่มสั่งงานให้ต่อคาปาซิเตอร์ตำแหน่งที่ 1 ก่อนเสมอ ถ้าค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ยังไม่พอจะสั่งต่อตำแหน่งที่ 2, 3, 4 ไปเรื่อยๆ เป็นการตั้งค่าลำดับทำงานในแบบใด
 - ก. แบบไม่เป็นเชิงเส้น (Non-Linear)
 - ข. แบบแมนนวล (Manual)
 - ค. แบบเชิงเส้น (Linear)
 - ง. แบบอัตโนมัติ (Auto)
30. การตั้งลำดับการทำงานของเครื่องควบคุมเพาเวอร์แฟคเตอร์อัตโนมัติในแบบเชิงเส้น (Linear) มีข้อดีอย่างไร
 - ก. อายุการใช้งานเฉลี่ยของอุปกรณ์ทุกๆ ตัวสูงขึ้น
 - ข. ช่วยลดเวลาในการตัดต่อคาปาซิเตอร์
 - ค. อุปกรณ์ทุกๆ ตัวมีความถี่ในการทำงานเท่ากัน
 - ง. การออกแบบจะประหยัดขนาดอุปกรณ์ตัดต่อคาปาซิเตอร์ในตำแหน่งแรกๆ ลงได้
31. ข้อใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับคาปาซิเตอร์
 - ก. คาปาซิเตอร์เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการปรับปรุงเพาเวอร์แฟคเตอร์ที่มีขนาดใหญ่
 - ข. คาปาซิเตอร์จะแบ่งตามชนิดของแผ่นฉนวนหรือไดอิเล็กตริก (Dielectric) ที่ใช้
 - ค. ต้องใช้คาปาซิเตอร์ชนิด Metallized Polypropylene Film สำหรับปรับปรุงเพาเวอร์แฟคเตอร์เท่านั้น
 - ง. คาปาซิเตอร์เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับแก้ปัญหาแรงดันไฟฟ้าตกเท่านั้น

ชุดฝึกอบรมเรื่อง การปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์

32. เหตุใดจึงมีความจำเป็นที่ต้องระบุพิกัดแรงดันกำลังกับไว้ที่เนมเพลทของคาปาซิเตอร์
- ก. เป็นการกำหนดระดับความปลอดภัยในการใช้งาน
 - ข. เป็นมาตรฐานสินค้าอุตสาหกรรม
 - ค. เพื่อป้องกันความสับสนเรื่องขนาดและพิกัดแรงดันในการใช้งาน
 - ง. เป็นเกณฑ์ในการกำหนดราคา
33. ข้อใดเป็นข้อกำหนดของการไฟฟ้าในการติดตั้งคาปาซิเตอร์เข้ากับระบบไฟฟ้า
- ก. คาปาซิเตอร์ต้องจัดให้มีวงจรบายประจุ
 - ข. คาปาซิเตอร์ต้องมีเครื่องปลดวงจร
 - ค. เปลือกโลหะของคาปาซิเตอร์ต้องต่อลงดิน
 - ง. ถูกทุกข้อ
34. การบายประจุในวงจรคาปาซิเตอร์ จะใช้อุปกรณ์ในข้อใด
- ก. ตัวต้านทาน (Resistor)
 - ข. ตัวเหนี่ยวนำ (Inductor)
 - ค. หลอดไฟ (Lamp)
 - ง. ไดโอดกำลัง (Power Diode)
35. ก่อนที่คาปาซิเตอร์จะต่อเข้าระบบไฟฟ้าอีกครั้งหลังปลดออกจากวงจร แรงดันไฟฟ้าที่ขั้วคาปาซิเตอร์จะต้องมีค่าไม่เกินเท่าไร จึงจะไม่ส่งผลเสียกับระบบ
- ก. 5 % ของแรงดันพิกัด
 - ข. 8 % ของแรงดันพิกัด
 - ค. 10 % ของแรงดันพิกัด
 - ง. 25 % ของแรงดันพิกัด
36. จากภาพที่ 2 อุปกรณ์ป้องกันภายในของคาปาซิเตอร์ในลักษณะนี้ มีหลักการทำงานอย่างไร

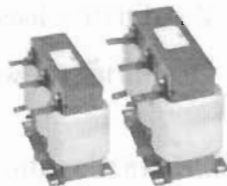


ภาพที่ 2

- ก. ตัดต่อทางไฟฟ้า เมื่อความดันเกิน
- ข. ตัดต่อทางไฟฟ้า เมื่ออุณหภูมิภายในสูง
- ค. กระแสเกินค่าหนึ่ง ฟิวส์จะขาด
- ง. ตัดต่อทางไฟฟ้า เมื่อแรงดันไฟฟ้าตก

ชุดฝึกอบบรมเรื่อง การปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์

37. ฟิวส์ที่ใช้การป้องกันการลัดวงจรของคาปาซิเตอร์จะต้องมีขนาดเท่าใด
- 175% ของพิกัดกระแสของคาปาซิเตอร์
 - 165% ของพิกัดกระแสของคาปาซิเตอร์
 - 150% ของพิกัดกระแสของคาปาซิเตอร์
 - 125% ของพิกัดกระแสของคาปาซิเตอร์
38. เซอร์กิตเบรกเกอร์ที่ใช้การป้องกันการลัดวงจรของคาปาซิเตอร์จะต้องมีขนาดเท่าใด
- พิกัดกระแสไม่ต่ำกว่า 1.2 เท่าของพิกัดกระแสของคาปาซิเตอร์
 - พิกัดกระแสไม่ต่ำกว่า 1.35 เท่าของพิกัดกระแสของคาปาซิเตอร์
 - พิกัดกระแสไม่ต่ำกว่า 1.5 เท่าของพิกัดกระแสของคาปาซิเตอร์
 - พิกัดกระแสไม่ต่ำกว่า 1.65 เท่าของพิกัดกระแสของคาปาซิเตอร์
39. จากภาพที่ 3 แสดงลักษณะของรีแอคเตอร์ (reactor) ซึ่งทำหน้าที่อะไร



ภาพที่ 3

- แปลงแรงดันให้ต่ำลงเพื่อจ่ายให้กับคาปาซิเตอร์
 - ต้านทานกระแสฮาร์โมนิกส์ในระบบไฟฟ้า
 - เพิ่มแรงดันไฟฟ้าให้กับคาปาซิเตอร์
 - ป้องกันการเกิดปัญหาเรโซแนนซ์แบบขนาน (Parallel resonance)
40. อุปกรณ์ไฟฟ้าในข้อใดที่เหมาะสมสำหรับการตัดต่อคาปาซิเตอร์ที่ใช้สำหรับการปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์
- รีเลย์ (Relay)
 - สวิตช์ลือกตำแหน่ง (Toggle Switch)
 - สวิตช์สเตติก (Static Switch)
 - แมกเนติก คอนแทกเตอร์ (Magnetic Contactor)

ชุดฝึกอบรมเรื่อง การปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์

41. อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้สำหรับการตัดต่อคาปาซิเตอร์ จะต้องมีความเท่าใด
- ก. พิกัดกระแสไม่ต่ำกว่า 1.2 เท่าของพิกัดกระแสของคาปาซิเตอร์
 - ข. พิกัดกระแสไม่ต่ำกว่า 1.35 เท่าของพิกัดกระแสของคาปาซิเตอร์
 - ค. พิกัดกระแสไม่ต่ำกว่า 1.5 เท่าของพิกัดกระแสของคาปาซิเตอร์
 - ง. พิกัดกระแสไม่ต่ำกว่า 1.65 เท่าของพิกัดกระแสของคาปาซิเตอร์
42. สายไฟที่ใช้ที่ต่อเข้ากับวงจรคาปาซิเตอร์จะต้องมีความเท่าใด
- ก. พิกัดกระแสไม่ต่ำกว่า 1.35 เท่าของพิกัดกระแสของคาปาซิเตอร์
 - ข. พิกัดกระแสไม่ต่ำกว่า 1.4 เท่าของพิกัดกระแสของคาปาซิเตอร์
 - ค. พิกัดกระแสไม่ต่ำกว่า 1.5 เท่าของพิกัดกระแสของคาปาซิเตอร์
 - ง. พิกัดกระแสไม่ต่ำกว่า 1.65 เท่าของพิกัดกระแสของคาปาซิเตอร์

ใช้ตอบคำถามข้อ 43-45

จงออกแบบการติดตั้งคาปาซิเตอร์เพื่อทำการปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ในระบบไฟฟ้า 3 เฟส ของโรงงานทอผ้า ถ้าต้องการปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ให้เป็น 0.90 ซึ่งจากเดิมมีค่า 0.70 โดยที่เลือกใช้คาปาซิเตอร์ขนาด 305 กิโลวาร์ ร่วมกันกับเครื่องควบคุมค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์อัตโนมัติแบบ 6 ชั้น

43. พิกัดกระแสต่อเนื่องของคาปาซิเตอร์ (I_C) มีค่าเท่าใด
- | | |
|----------------------------|----------------------------|
| ก. $I_C = 75.97 \text{ A}$ | ข. $I_C = 75.97 \text{ A}$ |
| ค. $I_C = 75.97 \text{ A}$ | ง. $I_C = 75.97 \text{ A}$ |
44. ฟิวส์ (HRC-Fuse) สำหรับป้องกันวงจรคาปาซิเตอร์จะต้องมีความเท่าใด
- | | |
|---------|---------|
| ก. 90A | ข. 100A |
| ค. 110A | ง. 125A |

ชุดฝึกอบรมเรื่อง การปรับปรุงค่าพาวเวอร์แฟคเตอร์

45. ขนาดแมกเนติก คอนแทกเตอร์ (Magnetic Contactor) สำหรับวงจรคาปาซิเตอร์ จะต้องมีความเหมาะสมเท่าใด

- | | |
|------------------|------------------|
| ก. 113.96A; 50kW | ข. 113.96A; 50kW |
| ค. 113.96A; 50kW | ง. 113.96A; 50kW |

46. ข้อใดต่อไปนี้เป็นหลักความปลอดภัยที่ต้องคำนึงถึงในการตรวจสอบคาปาซิเตอร์

- ก. ปลดวงจรที่จ่ายไฟให้กับคาปาซิเตอร์
- ข. จะต้องรอสายอย่างน้อย 5 นาที เพื่อให้คาปาซิเตอร์คายประจุไฟฟ้า
- ค. ควรทำการลัดวงจรในขณะที่มีแรงดันค้างอยู่ในคาปาซิเตอร์
- ง. ทำการลัดวงจรที่ขั้วทุกขั้วของคาปาซิเตอร์ด้วยสายไฟที่มีฉนวน

47. คาปาซิเตอร์เสื่อมสภาพการใช้งานเร็วกว่าปกติ อาจมีสาเหตุมาจากข้อใด

- | | |
|-------------------------------------|-----------------------------|
| ก. แรงดันระบบสูงเกินไป | ข. มีฮาร์โมนิกส์ในระบบไฟฟ้า |
| ค. เนื่องจากอุณหภูมิใช้งานสูงเกินไป | ง. ถูกทุกข้อ |

48. การตรวจสอบสายไฟและการเข้าสายไฟ ควรปฏิบัติอย่างไร

- ก. การตรวจสอบความแน่นของจุดต่อสายไฟทุกจุด เพื่อป้องกันการอาร์ค
- ข. การตรวจสอบความร้อนที่สายไฟ
- ค. การตรวจสอบระยะห่างของสายไฟทุกจุด
- ง. มัดรวมสายไฟกันหลายเส้น

49. ปัญหาที่มักพบบ่อยของแมกเนติก คอนแทกเตอร์ในชุดคาปาซิเตอร์ คือ

- ก. คอยล์ (Coil) ของคอนแทกเตอร์ มีเสียงรบกวนดังมาก
- ข. เกิดการลัดวงจรภายในตัวมันเอง
- ค. หน้าสัมผัสหรือ Contactor ที่ติดไม่สนิท
- ง. หน้าสัมผัสหรือ Contactor ที่ติด ไม่ยอมจาก

ชุดฝึกอบรมเรื่อง การปรับปรุงค่าพาวเวอร์แฟกเตอร์

50. ข้อใดแสดงถึง การบำรุงรักษาชุดคาปาซิเตอร์

- ก. ทำความสะอาดฝุ่นและคราบสกปรกทุกๆชิ้นส่วน และสภาพการใช้งานของอุปกรณ์
- ข. ตรวจสอบความแน่นของจุดต่อสายไฟทุกจุด
- ค. ตรวจสอบสภาพของตัวคายประจุและตรวจอุณหภูมิโดยรอบ
- ง. ถูกทุกข้อ

เฉลยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์

ชุดฝึกอบรมเรื่อง การปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์

ข้อ	1.	ข	26.	ข
	2.	ก	27.	ค
	3.	ค	28.	ข
	4.	ข	29.	ค
	5.	ค	30.	ง
	6.	ง	31.	ข
	7.	ค	32.	ค
	8.	ข	33.	ง
	9.	ค	34.	ก
	10.	ค	35.	ค
	11.	ก	36.	ก
	12.	ง	37.	ข
	13.	ค	38.	ค
	14.	ค	39.	ง
	15.	ก	40.	ง
	16.	ก	41.	ข
	17.	ง	42.	ก
	18.	ข	43.	ข
	19.	ก	44.	ง
	20.	ง	45.	ค
	21.	ก	46.	ค
	22.	ง	47.	ง
	23.	ก	48.	ก
	24.	ข	49.	ค
	25.	ง	50.	ง

กระดาษคำตอบ

สังกัด.....

ชื่อ- นามสกุล เลขที่.....

ชุดฝึกอบรมเรื่อง การปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.

ให้ทำเครื่องหมายตามคำสั่งของข้อสอบ ลงในช่องที่เลือกตอบ

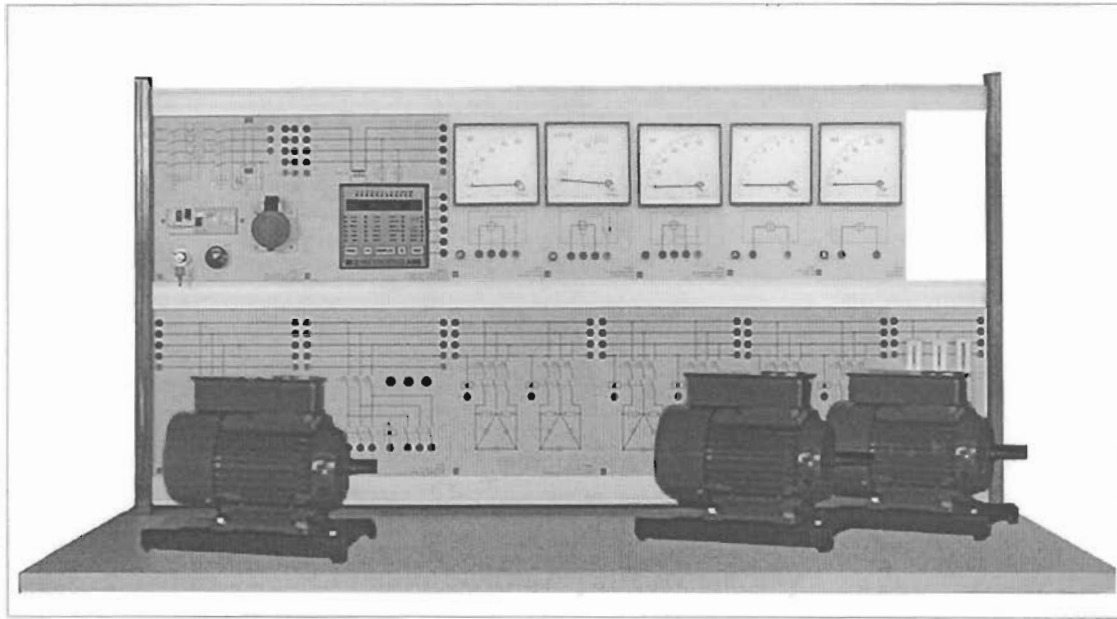
ข้อ	ก	ข	ค	ง	ข้อ	ก	ข	ค	ง	ข้อ	ก	ข	ค	ง	ข้อ	ก	ข	ค	ง
1					26					51					76				
2					27					52					77				
3					28					53					78				
4					29					54					79				
5					30					55					80				
6					31					56					81				
7					32					57					82				
8					33					58					83				
9					34					59					84				
10					35					60					85				
11					36					61					86				
12					37					62					87				
13					38					63					88				
14					39					64					89				
15					40					65					90				
16					41					66					91				
17					42					67					92				
18					43					68					93				
19					44					69					94				
20					45					70					95				
21					46					71					96				
22					47					72					97				
23					48					73					98				
24					49					74					99				
25					50					75					100				

			คะแนนรวม
--	--	--	----------

ภาคนวค ซ

ชุดสาคการปรบปรุ้ค่าพาวอร์แฟคเตอร์

ชุดสาธิตการปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ : Power Factor Correction Training Technology



ชุดสาธิตการปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์นี้เป็นชุดที่สร้างขึ้นเพื่อการศึกษาโดยเฉพาะมีลักษณะเป็นแผง Panel จุดต่อสายทดลองเป็นชนิด Safety มีสัญลักษณ์ของอุปกรณ์แสดงไว้อย่างชัดเจน พร้อมกับอุปกรณ์ป้องกันอันตรายจากกระแสไฟฟ้า โดยมุ่งเน้นเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ของโหลดประเภทต่างๆ ในระบบไฟฟ้า, การคำนวณหาค่ากำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟ (Q_c) , การปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ของระบบไฟฟ้า ซึ่งจะสามารถนำเสนอให้ผลที่เกิดขึ้นก่อน และหลังการปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ของระบบไฟฟ้าให้เห็นอย่างชัดเจน โดยการใช้เครื่องควบคุมค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์อัตโนมัติ (APFC) ซึ่งสามารถตั้งค่าการทำงานได้ทั้งแบบ Manual และแบบ Auto

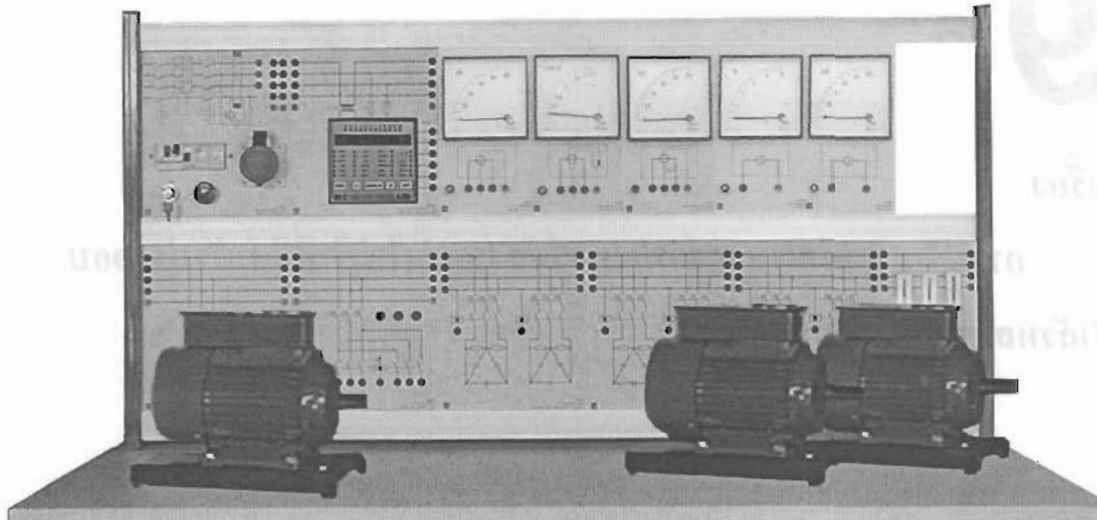
9

เรื่อง

การปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ของระบบไฟฟ้าที่มีค่าตัวประกอบ
กำลังหลายชนิด แบบ *Auto*

การสาธิตที่ 9 เรื่อง การปรับปรุงค่าเพาเวอร์ของระบบไฟฟ้าที่มีตัว ประกอบกำลังหลายชนิด แบบ Auto

แผนอุปกรณ์ประกอบชุดสาธิตการปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์



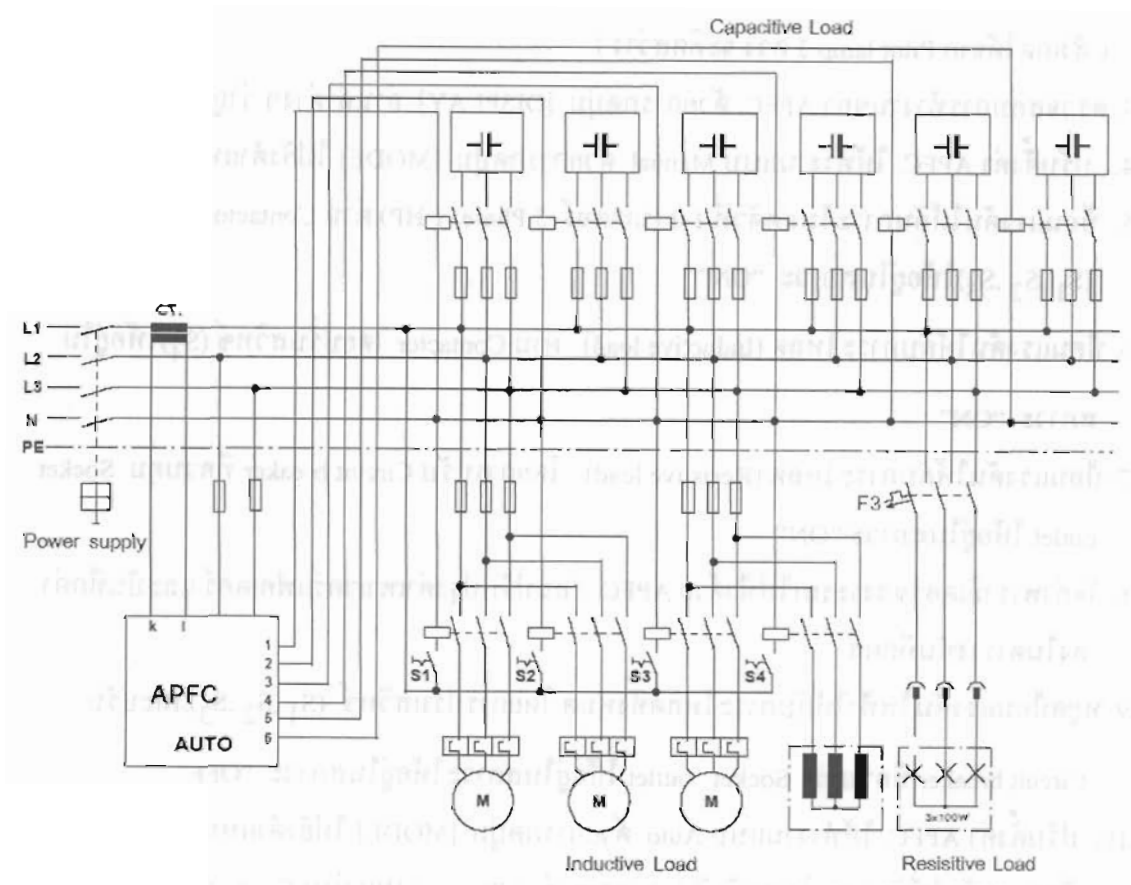
อุปกรณ์ประกอบการสาธิต

1. ชุด Power Supply 3 phase 380V	จำนวน 1 ชุด
2. ชุด Automatic Power Factor Controller (APFC)	จำนวน 1 ชุด
3. ชุด Ammeter ;0-10A max.	จำนวน 1 ชุด
4. ชุด Voltmeter ;0-500V	จำนวน 1 ชุด
5. ชุด Wattmeter	จำนวน 1 ชุด
6. ชุด Varmeter	จำนวน 1 ชุด
7. ชุด Socket Outlet	จำนวน 1 ชุด
8. ชุด Magnetic Contactor (2x1)	จำนวน 2 ชุด
9. ชุด Resistive Load (1x100W)	จำนวน 3 ชุด
10. ชุด Inductive Load	จำนวน 1 ชุด
11. ชุด Capacitive Load (2x1)	จำนวน 3 ชุด
12. ชุด Induction Motor 3 phase ; 380V 1 HP	จำนวน 3 ตัว
13. สายต่อวงจร	จำนวน 1 ชุด

**PF
Correction**

**การสาธิตที่ 9 เรื่อง การปรับปรุงค่าพาวเวอร์ของระบบไฟฟ้าที่มีตัว
ประกอบกำลังหลายชนิด แบบ Auto**

วงจรการสาธิตที่ 9



การสาธิตที่ 9 เรื่อง การปรับปรุงค่าเพาเวอร์ของระบบไฟฟ้าที่มีตัว ประกอบกำลังหลายชนิด แบบ Auto

ลำดับขั้นตอนการสาธิต

1. ต่อวงจรการสาธิตที่ 9 และตรวจสอบความถูกต้อง
2. จ่ายแรงดันไฟฟ้าจากแผงแหล่งจ่ายไฟด้วยการ “ON” ตัว Circuit breaker และ Key Switch
(สังเกตได้จาก Pilot lamp 3 ดวง จะติดสว่าง)
3. ตรวจสอบการทำงานของ APFC. ด้วยการกดปุ่ม [DISPLAY] อ่านค่าต่างๆ ว่าถูกต้อง
4. ปรับตั้งค่า APFC. ให้ทำงานแบบ Manual ด้วยการกดปุ่ม [MODE] ไปยังตำแหน่ง [MAN]
5. ป้อนแรงดันให้กับภาระโหลดตัวที่ 1-3 (มอเตอร์ 3 Phase; 1 HP) ผ่าน Contactor โดยปรับสวิตช์ (S_1, S_2, S_3)ให้อยู่ในสถานะ “ON”
6. ป้อนแรงดันให้กับภาระโหลด (Inductive load) ผ่าน Contactor โดยปรับสวิตช์ (S_4)ให้อยู่ในสถานะ “ON”
7. ป้อนแรงดันให้กับภาระโหลด (Resistive load) โดยการปรับ Circuit breaker ที่ควบคุม Socket outlet ให้อยู่ในสถานะ “ON”
8. วัดค่าพารามิเตอร์ของระบบไฟฟ้าด้วย APFC. ก่อนปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ และบันทึกค่าลงในตารางบันทึกผล
9. หยุดป้อนแรงดันไฟฟ้าให้กับภาระโหลดทั้งหมด โดยการปรับสวิตช์ (S_1, S_2, S_3)และปรับ Circuit breaker ที่ควบคุม Socket outlet ให้อยู่ในสถานะให้อยู่ในสถานะ “OFF”
10. ปรับตั้งค่า APFC. ให้ทำงานแบบ Auto ด้วยการกดปุ่ม [MODE] ไปยังตำแหน่ง [AUTO]
11. ป้อนแรงดันให้กับภาระโหลดตัวที่ 1-3 (มอเตอร์ 3 Phase; 1 HP) ผ่าน Contactor โดยปรับสวิตช์ (S_1, S_2, S_3)ให้อยู่ในสถานะ “ON”
12. ป้อนแรงดันให้กับภาระโหลด (Resistive load) ผ่าน Contactor โดยปรับสวิตช์ (S_4)ให้อยู่ในสถานะ “ON”
13. ป้อนแรงดันให้กับภาระโหลด (Inductive load) โดยการปรับ Circuit breaker ที่ควบคุม Socket outlet ให้อยู่ในสถานะ “ON”
14. APFC ตั้งค่า Cap Bank เข้าระบบทีละ Steps จนได้ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ที่ต้องการ

**PF
Correction**
**การสาธิตที่ 9 เรื่อง การปรับปรุงค่าเพาเวอร์ของระบบไฟฟ้าที่มีตัว
ประกอบกำลังหลายชนิด แบบ Auto**

15. วัดค่าพารามิเตอร์ของระบบไฟฟ้าด้วย APFC. หลังปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ และบันทึกค่าลงในตารางบันทึกผล
16. หยุดป้อนแรงดันไฟฟ้าให้กับภาระโหลด (Resistive load) โดยการปรับ Circuit breaker ที่ควบคุม Socket outlet ให้อยู่ในสถานะ "OFF"
17. รอ APFC. ทำการปลดค่า Capacitive load ออกจากระบบจนได้ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ที่ต้องการ
18. หยุดป้อนแรงดันไฟฟ้าให้กับภาระโหลด (Inductive load) ผ่าน Contactor โดยปรับสวิตช์ (S_4) ให้อยู่ในสถานะ "OFF"
19. รอ APFC. ทำการปลดค่า Capacitive load ออกจากระบบจนได้ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ที่ต้องการ
20. หยุดป้อนแรงดันไฟฟ้าให้กับภาระโหลดตัวที่ 3 (มอเตอร์ 3 Phase; 1 HP) โดยปรับสวิตช์ (S_3) ให้อยู่ในสถานะ "OFF"
21. รอ APFC. ทำการปลดค่า Capacitive load ออกจากระบบ
22. หยุดป้อนแรงดันไฟฟ้าให้กับภาระโหลดตัวที่ 2 (มอเตอร์ 3 Phase; 1 HP) โดยปรับสวิตช์ (S_2) ให้อยู่ในสถานะ "OFF"
23. รอ APFC. ทำการปลดค่า Capacitive load ออกจากระบบ
24. หยุดป้อนแรงดันไฟฟ้าให้กับภาระโหลดตัวที่ 1 (มอเตอร์ 3 Phase; 1 HP) โดยปรับสวิตช์ (S_1) ให้อยู่ในสถานะ "OFF"
25. รอ APFC. ทำการปลดค่า Capacitive load ทั้งหมดออกจากระบบ
26. หยุดจ่ายแรงดันของแหล่งจ่ายให้กับวงจรด้วยการ "OFF" ตัว Circuit breaker และ Key Switch
27. นำผลที่ได้มาเขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรมของกำลังไฟฟ้าของการปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ ตารางบันทึกผล

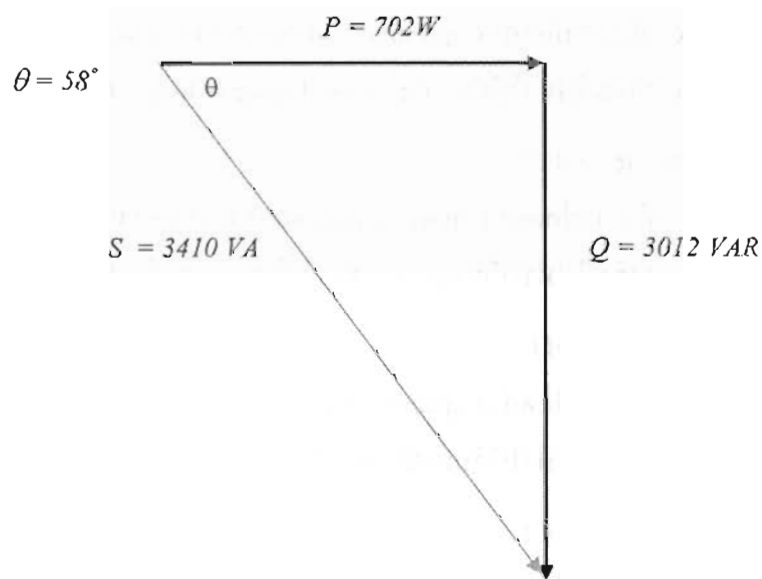
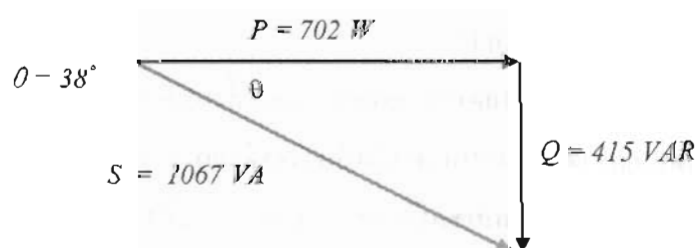
สถานะ Full Load	ค่าพารามิเตอร์ที่อ่านได้จาก APFC					
	V_{rms}	A_{rms}	kVA	kW	kVAR	$\cos \theta$
1.ก่อนการปรับปรุง PF	396 V	4.88 A	3410 VA	702 W	3012 VAR	0.21
2.หลังการปรับปรุง PF	396 V	1.5 A	1067 VA	702 W	415 VAR	0.78

**PF
Correction**

การสาธิตที่ 9 เรื่อง การปรับปรุงค่าเพาเวอร์ของระบบไฟฟ้าที่มีตัวประกอบกำลังหลายชนิด แบบ Auto

เฟสเซอร์ไดอะแกรมของกำลังไฟฟ้า

(สเกล 100W / 1cm ; 100VAR / 1cm ; 100VA / 1cm)

• ก่อนการปรับปรุง

• หลังการปรับปรุง


**PF
Correction**

การสาธิตที่ 9 เรื่อง การปรับปรุงค่าเพาเวอร์ของระบบไฟฟ้าที่มีตัวประกอบกำลังหลายชนิด แบบ Auto

คำนวณค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของระบบไฟฟ้า

1. คำนวณค่ากำลังไฟฟ้าของโหลดทั้งหมด (Full Load)

$$\text{จากสมการ} \quad kW = \frac{\sqrt{3} \times I_L \times V \times \cos \theta}{1000}$$

$$kW = \frac{\sqrt{3} \times 4.88 \times 396 \times 0.21}{1000}$$

$$= 0.702 \text{ kW}$$

2. คำนวณหาค่า Capacitive ; QC (KVAR) เพื่อปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ของระบบ

$$\text{จากสมการ} \quad kVAR = \frac{0.9 \times \sqrt{3} \times I_L \times V}{1000}$$

$$kVAR = \frac{0.9 \times \sqrt{3} \times 4.88 \times 396}{1000}$$

$$= 3.012 \text{ kVAR}$$

$$= 3012 \text{ VAR}$$

ใช้การปรับปรุงแบบ 6 Step ๆ ละ 525 VAR

ผลที่ได้รับ

การต่อคาปาซิเตอร์เข้าไปในระบบไฟฟ้า จะสามารถทำการปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ให้สูงขึ้นได้ และจะส่งผลให้ค่ากระแสไฟฟ้าของระบบลดลง วิธีการที่ดีที่สุดสำหรับการปรับปรุง คือ การควบคุมคาปาซิเตอร์แบบอัตโนมัติ

ภาคผนวก ฅ

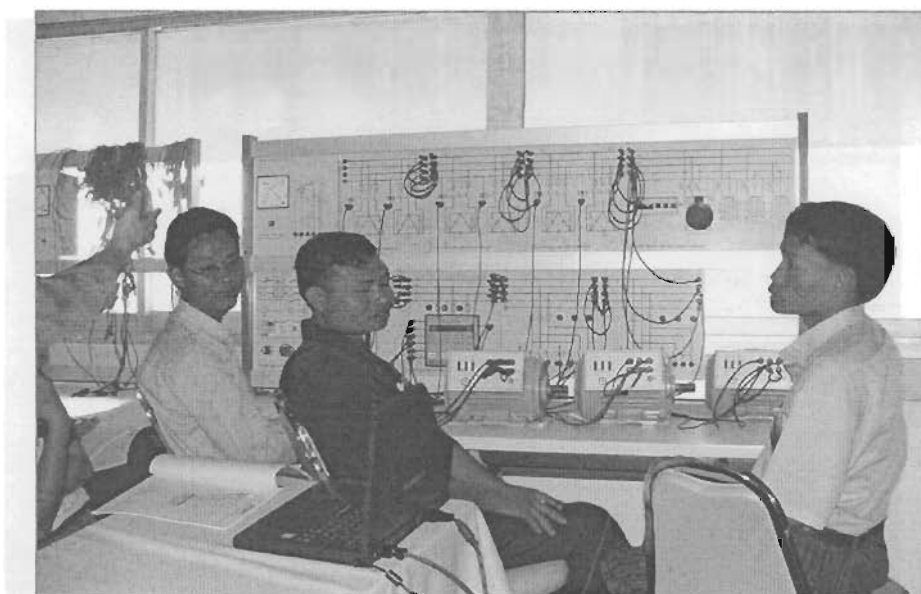
ประมวลภาพบรรยากาศการฝึกอบรม



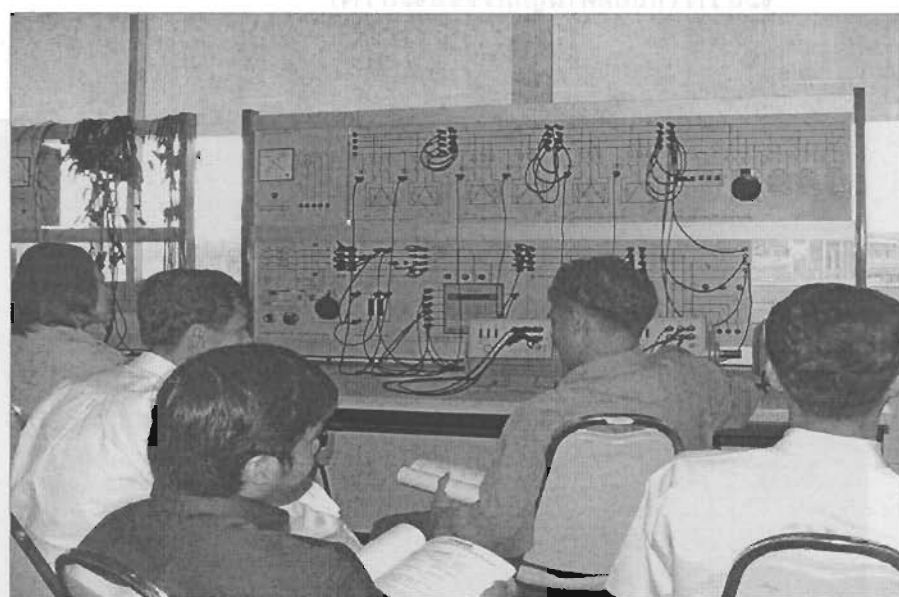
ภาพที่ ๓-1 กลุ่มตัวอย่างเข้ารับการฝึกอบรม



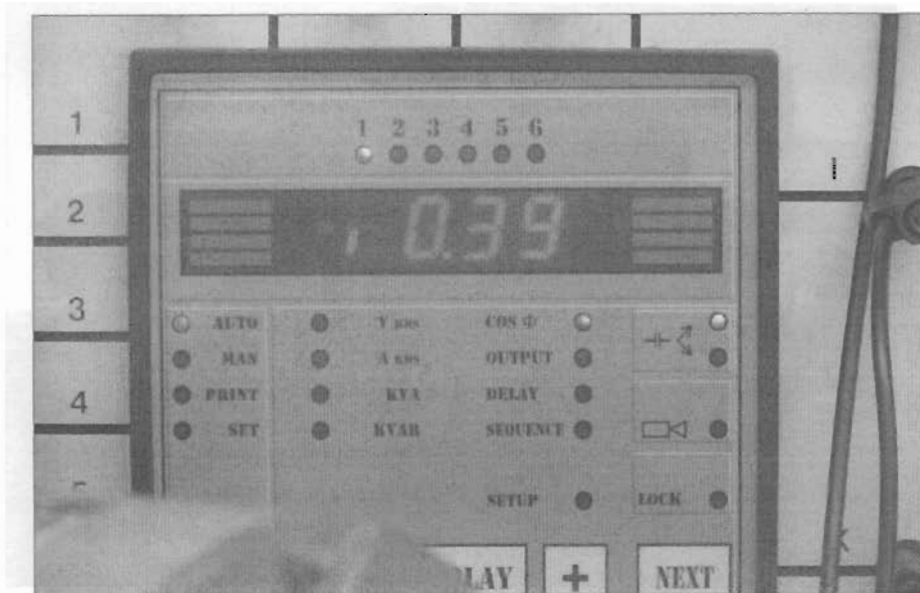
ภาพที่ ๓-2 วิทยากรกำลังบรรยายให้กับกลุ่มตัวอย่าง



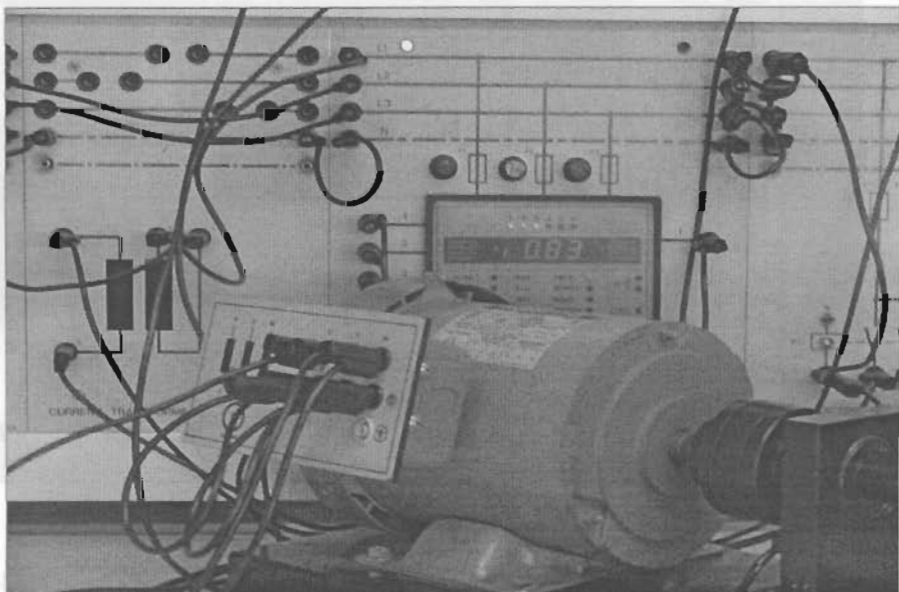
ภาพที่ ณ-3 กลุ่มตัวอย่างชมการสาธิตของวิทยากระณะใช้ชุดสาธิตประกอบการฝึกอบรม



ภาพที่ ณ-4 กลุ่มตัวอย่างเปรียบเทียบค่าต่างๆ ของระบบ ไฟฟ้าทั้งก่อนและหลังการปรับปรุง
ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์



ภาพที่ ๕-5 สถานะที่ต้องการปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์เพิ่มขึ้นเมื่อต่อ Step 1 ไปแล้ว
ค่ายังไม่เท่าที่กำหนดไว้ (0.85) หลอดต้องการต่อคาปาซิเตอร์เข้าในวงจร
จะสว่าง (หลอดด้านลูกศรชี้ขึ้นจะสว่าง)



ภาพที่ ๕-6 สถานะค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์หลังจากต่อคาปาซิเตอร์เข้าไปในวงจรจำนวน 3 Steps
ซึ่งมีค่าเพียงพอใกล้เคียงกับค่าที่ต้องการ (0.85)

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ : นายบุญเย็น อุ่นจิตร
 ชื่อวิทยานิพนธ์ : การสร้างและทดสอบประสิทธิภาพชุดฝึกอบรม เรื่อง การปรับปรุง
 ค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์
 สาขาวิชา : ไฟฟ้า

ประวัติ

ประวัติส่วนตัว เกิดวันที่ 12 พฤศจิกายน 2518 ณ ตำบลลำไทร อำเภอลำลูกกา จังหวัดปทุมธานี เป็นบุตรคนที่ 3 ในจำนวน 5 คน บิดาชื่อ นายเสริม อุ่นจิตร มารดาชื่อ นางอำไพ อุ่นจิตร
 ที่อยู่ปัจจุบัน บ้านเลขที่ 32 หมู่ 8 ตำบลลำไทร อำเภอลำลูกกา จังหวัดปทุมธานี 12150

ประวัติการศึกษา สำเร็จการศึกษาระดับประถมศึกษา และระดับมัธยมศึกษาตอนต้น จากโรงเรียนวัดพระวิสุทธิวงส์ สำเร็จการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาช่างไฟฟ้า และอิเล็กทรอนิกส์ จากวิทยาลัยเทคนิคปทุมธานี เมื่อ ปี พ.ศ. 2537 สำเร็จการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาช่างไฟฟ้ากำลัง จากวิทยาลัยเทคนิคปทุมธานี เมื่อ ปี พ.ศ. 2539 และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน เมื่อ ปี พ.ศ. 2546

ประวัติการทำงาน ปี พ.ศ. 2540 ถึงปัจจุบัน ดำรงตำแหน่งวิศวกรฝ่ายอบรม บริษัท มีเดียซิสเต็ม จำกัด