ห้องสมุดคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การศึกษาและพัฒนาตู้จ่ายไฟฟ้าชั่วคราวสำหรับงานก่อสร้างทั่วไป

STUDY AND DEVELOPMENT TEMPORARY ELECTRICAL DISTRIBUTIN UNIT FOR GENERAL CONSTRUCTION

A032564

ประริน ฤทธิศักดิ์

PRARIN RITTSAK

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....32564
วัน.เดือน.ปี.....28 ต.ค. 2553

.b.....
.i.....

สาระนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2553

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

STUDY AND DEVELOPMENT TEMPORARY ELECTRICAL DISTRIBUTIN UNIT FOR GENERAL CONSTRUCTION

PRARIN RITTSAK

A THEMATIC PAPER SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF

THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

MASTER OF SCIENCE IN INDUSTRIAL EDUCATION

INDUSTRIL DESIGN TECNOLOGY

FACULTY OF TECHNICAL EDUCATION

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2010

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อสาระนิพนธ์	การศึกษาและพัฒนาตู้จ่ายไฟฟ้าชั่วคราวสำหรับงานก่อสร้างทั่วไป
นักศึกษา	นายประริน ฤทธิศักดิ์
รหัสประจำตัว	48063619
ปริญญา	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	เทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
พ.ศ.	2553
อาจารย์ที่ปรึกษาสาระนิพนธ์	รศ.อุดมศักดิ์ สาริบุตร

บทคัดย่อ

การทำวิจัยในครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อการศึกษาและพัฒนาตู้จ่ายไฟฟ้าชั่วคราวสำหรับงานก่อสร้างทั่วไป โดยการวิจัยนี้ได้มีการศึกษาและพัฒนาตู้จ่ายไฟฟ้าสำหรับงานก่อสร้างทั่วไป เพื่อทดสอบหาประสิทธิภาพของตู้จ่ายไฟฟ้าสำหรับงานก่อสร้างทั่วไป และเพื่อศึกษาหาความพึงพอใจในตู้จ่ายไฟฟ้าสำหรับงานก่อสร้างทั่วไป

กลุ่มตัวอย่างคือ วิศวกรและช่างไฟฟ้าที่ปฏิบัติงานในสถานประกอบการ จำนวน 60 คน โดยแบ่งตามสถานที่ก่อสร้าง สถานที่ละ 20 คน บริษัท แสตนดาร์ดเพอร์ฟอร์แม้นซ์ จำกัด บริษัท แสงฟ้าก่อสร้าง จำกัด และบริษัทชิโนไทย (มหาชน) จำกัด ที่เป็นตัวแทนของประชากร โดยใช้แบบสอบถามประเมินความคิดเห็น

ผลการประเมินความพึงพอใจในการใช้งานของตู้จ่ายไฟฟ้าสำหรับงานก่อสร้างทั่วไป ด้านประโยชน์ใช้สอยที่เพียงพอกับการใช้งาน พบว่า ในภาพรวมกลุ่มผู้ใช้บริการมีความพึงพอใจในระดับดีมาก โดยมีค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$ = 4.68) เมื่อพิจารณา เป็นรายข้อพบว่ามีมีความพึงพอใจมากที่สุดในเรื่องความเหมาะสมกับการใช้งาน ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$ = 4.72) และดูแลรักษา ทำความสะอาด ซ่อมแซมได้ง่าย ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$ = 4.67) และ น้ำหนักเบา สะดวกสบายง่ายต่อการเคลื่อนย้าย ค่าเฉลี่ย($\overline{X}$ = 4.65)

ด้านความงามของรูปทรง พบว่าในภาพรวมกลุ่มผู้ใช้งานมีความพึงพอใจในระดับดีมาก ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$ = 4.62) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่ามีความพึงพอใจดีมากในเรื่อง มีความคิดสร้างสรรค์และศิลปะในการออกแบบ ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$ = 4.67) เท่ากับ ความน่าสนใจที่ใช้ตู้จ่ายไฟฟ้าสำหรับงานก่อสร้างทั่วไป ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$ = 4.67), เรื่องความประณีต ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$ = 4.63) ส่วนในรายข้อสวย เรียบง่าย ดึงดูดสายตาแบบ ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$ = 4.52)

ด้านโครงสร้าง พบว่าในภาพรวมกลุ่มผู้ใช้งานงานมีความพึงพอใจในระดับดีมาก ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$ = 4.53) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่ามีความพึงพอใจดีมากในเรื่อง ข้อต่อ จุดยึด จุดหมุนมีความแข็งแรงทนทาน ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$ = 4.65) มีความทนทาน ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$ = 4.63) แข็งแรงและปลอดภัย ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$ = 4.43) มีค่าเท่ากับ รับน้ำหนักได้ดี ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$ = 4.43)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้านการใช้วัสดุ พบว่าในภาพรวมกลุ่มผู้ใช้งานมีความพึงพอใจในระดับดีมาก ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$ = 4.43) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่าความพึงพอใจดีมากในเรื่อง ใช้วัสดุอย่างประหยัดและอย่างมีคุณภาพ ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$ = 4.67) มีค่าเท่ากับ ใช้วัสดุภายในประเทศ ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$ = 4.67) และน้อยที่สุดในเรื่อง ใช้วัสดุที่ไม่กระทบต่อสิ่งแวดล้อม ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$ = 4.43)

ด้านการผลิตในระบบอุตสาหกรรม วัสดุ พบว่าในภาพรวมกลุ่มผู้ใช้งานมีความพึงพอใจในระดับดีมาก ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$ = 4.54) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่ามีความพึงพอใจดีมากในเรื่องต้นทุนในการผลิตไม่สูง ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$ = 4.67) ง่ายต่อการจัดหาวัตถุดิบ และน้อยที่สุดในเรื่องค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$ = 4.52) ง่ายในการผลิต ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$ = 4.43)

จากผลการประเมินความพึงพอใจของกลุ่มกลุ่มตัวอย่าง การใช้งานตู้จ่ายไฟฟ้าสำหรับงานก่อสร้างทั่วไปพบว่ากลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจอยู่ในระดับดีมาก ในส่วนความแข็งแรงทนทาน, ความประหยัด, โครงสร้าง, มีลักษณะเฉพาะ ตามลำดับ ซึ่งตรงตามวัตถุประสงค์ของผู้ใช้งานเป็นอย่างมากอีกทั้งยังสามารถใช้วัสดุที่หาได้ง่าย และมีราคาถูก อีกทั้งยังทำให้เกิดความสะดวกสบายในการทำงาน และยังสามารถนำของเสียกลับมาใช้ใหม่ได้ ทำให้ลดต้นทุนในการซื้อวัสดุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thematic Paper Title	Study and Development Temporary Electrical Distribution Unit for General Construction
Student	Mr. Prarin Rittsak
Student ID.	48063619
Degree	Master of Science in Industrial Education
Program	Industrial Design Technology
Year	2010
Thematic Paper Advisor	Associate Professor Udomsak Saributr

ABSTRACT

Doing researches in this time , there is education objective and develop the cabinet turn on the power the sky temporary for construction general work , by that research has forring studies and develop the cabinet turn on the power the sky for construction general work , for test seek the efficiency of the cabinet turns on the power the sky for construction general work , and for study seek the contentment in the cabinet turns on the power the sky for construction general work , the sample is , an engineer and an electrician who work in the establishment , 60 persons amounts , by divide area the construction site , the place vacates 20 persons , company , enough self is although , , limit , light sky company builds , limit , and a company swells out Thai , (, the people is) , limit

At an agent of the people , by use the questionnaire assesses the opinion , from contentment assessment of sample group , cabinet usability turns on the power the sky for construction general work meets that , the sample has the contentment is in excellent level , in strength durable part , , the saving is , , the structure is , , there is the particularities , respectively , which , straight follow the objective of the user very much moreover , still can use the inventory that get easy , and cheap , moreover , still cause the easiness in the work , and still can lead waste matter has come back to use new , make decrease the capital in inventory buying.

Contentment assessment in the usability of the cabinet turns on the power the sky for construction general work , advantage side buys that enough with the usability , meet that , , in overall group of users image serves to have the contentment in excellent level , by be valuable share , ($\overline{X}$ = 4.68) , when , consider , be lay meet that , there is have the contentment most in about the suitability and the usability , average , ($\overline{X}$ = 4.72) , and look after , clean , can repair

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

easy , average , ($\overline{X}$ = 4.67) , and , the weight is light , comfortably easy build the transportation , the average is (= 4.65) ,

Beauty side of the figure , meet that , in overall group of users work image has the contentment in excellent level , average , ($\overline{X}$ = 4.62) , when , consider be lay meet that , there is excellent contentment in about, think create and the arts in designing , average ,($\overline{X}$ = 4.67) , equal to , the interestedness that use the cabinet turns on the power the sky for construction general work , average , ($\overline{X}$ = 4.67), , about [story] the meticulousness , average , ($\overline{X}$ = 4.63) , the part in lay pretty , unambitiously , attract the sight like [model] , , average , ($\overline{X}$ = 4.52) ,

Structure side , meet that , in overall group of users work work image has the contentment in excellent level , average , ($\overline{X}$ = 4.53) , when , consider be lay meet that , there is excellent contentment in about, joint , the dot (s hold,seize) , the dot turns to have durable strength , average , ($\overline{X}$ = 4.65) , there is the durability , average , ($\overline{X}$ = 4.63) , strong and safe , average , ($\overline{X}$ = 4.43) , be valuable equal to , take the weight well , average , ($\overline{X}$ = 4.43) ,

using inventory side , meet that , in overall group of users work image has the contentment in excellent level , the average is ($\overline{X}$ = 4.43) , when , consider be lay meet that , excellent contentment in about, use the inventory economizely and of good qualitily , average ,($\overline{X}$ = 4.67) , be valuable equal to , use in-house inventory , average , ($\overline{X}$ = 4.67) , and least in about , use the inventory that don't affect to build the environment , average , ($\overline{X}$ = 4.43) , production side in industry system , inventory , meet that , in overall group of users work image has the contentment in excellent level , average , ($\overline{X}$ = 4.54) , when , consider be lay meet that , there is excellent contentment in about, the capital in not tall production , average , ($\overline{X}$ = 4.67) , easy build the arrangement seeks the raw material , and least in about, average , ($\overline{X}$ = 4.52) , easy in the production , average , ($\overline{X}$ = 4.43) , from contentment assessment of sample group , cabinet usability turns on the power the sky for construction general work meets that , the sample has the contentment is in excellent level , in strength durable part , , the saving is , , the structure is , , there is the particularities , respectively , which , straight follow the objective of the user very much moreover , still can use the inventory that get easy , and cheap , moreover , still cause the easiness in the work , and still can lead waste matter has come back to use new , make decrease the capital in inventory buying ,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

สาระนิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความอนุเคราะห์จาก รศ.อุดมศักดิ์ สาริบุตร อาจารย์ที่ปรึกษาสาระนิพนธ์ ซึ่งได้กรุณาให้คำปรึกษาอันเป็นประโยชน์ต่อการวิจัย แนะนำ ตลอดกระบวนการของการดำเนินงานทำสาระนิพนธ์เพื่อให้ได้สาระนิพนธ์นี้สัมฤทธิ์ผลอย่างสมบรูณ์ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาเป็นอย่างยิ่ง และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

พร้อมกันนี้ขอขอบพระคุณ รศ.สถาพร ดีบุญมี ณ ชุมแพ และ ดร.ทรงวุฒิ เอกวุฒิวงศ์ คณะกรรมการสอบสาระนิพนธ์ ที่ให้คำแนะนำแก้ไขข้อบกพร่อง ในงานวิจัยเพื่อให้แก้ไขให้เป็นประโยชน์ต่อผู้สนใจต่อไป อันทำให้สาระนิพนธ์นี้สมบรูณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณบริษัท แสตนดาร์ดเพอร์ฟอร์แม้นซ์จำกัด, บริษัทแสงฟ้าก่อสร้าง จำกัด และบริษัท ชิโนไทย (มหาชน) จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูล และความรู้ในเรื่องของตู้จ่ายไฟฟ้าชั่วคราวสำหรับงานก่อสร้างทั่วไปเพื่อเป็นประโยชน์ในการวิจัยครั้งนี้ได้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีและสมบูรณ์

ที่สำคัญยิ่งต้องขอขอบพระคุณผู้เชี่ยวชาญทางด้านไฟฟ้า ทุก ๆ ท่านที่ตรวจสอบ และประเมินให้คำแนะนำความคิดเห็นติชมผลงานการพัฒนา อันทำให้ผลงานการพัฒนามีความสมบรูณ์และมีคุณภาพมากยิ่งขึ้น

สำคัญที่สุดขอขอบพระคุณ คุณพ่อคุณแม่ ผู้ที่เป็นที่เคารพรักยิ่งที่ได้ให้กำลังใจ สนับสนุนและช่วยเหลือในทุกเรื่องของงานวิจัยครั้งนี้ รวมถึงเพื่อน ๆ และบุคคลที่ผู้วิจัยไม่ได้กล่าวไว้ในที่นี้ที่ได้ให้การสนับสนุนและช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ มาโดยตลอด

ประริน ฤทธิศักดิ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ III

.กิตติกรรมประกาศ V

สารบัญ VI

สารบัญตาราง VIII

สารบัญภาพ IX

บทที่ 1 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2

1.3 กรอบแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย 2

1.4 ขอบเขตของการวิจัย 3

1.5 นิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการวิจัย 3

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 5

2.1 วงจรไฟฟ้าคืออะไร 5

2.2 ความปลอดเกี่ยวกับไฟฟ้า 20

2.3 ลักษณะทั่วไปของสถานประกอบการก่อสร้าง 32

2.4 วัสดุและกรรมวิธีการผลิตในระบบอุตสาหกรรม 38

2.5 โครงสร้างและสัดส่วนในการออกแบบ 55

2.6 สี 68

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 71

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 73

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง 73

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 73

3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล 75

3.4 วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล 75

3.5 สถิติที่ใช้ในงานวิจัย 76

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 78

4.1 ผลการศึกษาและพัฒนาตู้จ่ายไฟฟ้าสำหรับงานก่อสร้างทั่วไป..... 78

4.2 ผลการทดสอบหาประสิทธิภาพของตู้จ่ายไฟฟ้าสำหรับงานก่อสร้างทั่วไป..... 84

4.3 ผลการประเมินความพึงพอใจในการใช้งานของตู้จ่ายไฟฟ้าสำหรับ
งานก่อสร้างทั่วไป..... 85

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 89

5.1 สรุปผลการวิจัย 89

5.2 อภิปรายผลการวิจัย 92

5.3 ข้อเสนอแนะ 93

บรรณานุกรม 94

ภาคผนวก 95

ภาคผนวก ก..... 96

ภาคผนวก ข..... 113

ภาคผนวก ค..... 117

ภาคผนวก ง 120

ภาคผนวก จ 123

ประวัติผู้เขียน 131

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ตารางแสดงชนิดและขนาดของพุกที่ฝังในกำแพง	47
2.2	ตารางแสดงสัดส่วนต่าง ๆ ของน๊อต	47
2.3	ตารางแสดงค่าสีของแก้ว	54
2.4	ตารางแสดงองค์ประกอบทางเคมีของแก้ว	54
2.5	ตารางแสดงส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย	61
2.6	ตารางแสดงส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย	63
2.7	ตารางเปรียบเทียบส่วนเฉพาะจุดที่สำคัญ (ชายไทย)	66
2.8	ตารางเปรียบเทียบส่วนเฉพาะจุดที่สำคัญ (หญิงไทย)	66
2.9	ตารางแสดงตัวเลขอัตราส่วน(Ration)	67
3.1	แผนผังดำเนินการวิจัย	73
4.1.	สรุปผลการวิเคราะห์การประเมินผลด้านการออกแบบ ตู้จ่ายไฟฟ้าสำหรับงานก่อสร้างทั่วไป	81
4.2	ผลการทดสอบหาประสิทธิภาพของตู้จ่ายไฟฟ้าสำหรับงานก่อสร้างทั่วไป	84
4.3	แสดงค่าร้อยละของข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง (n = 60)	85
4.4	แสดงค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ในการใช้งานของ ตู้จ่ายไฟฟ้าสำหรับงานก่อสร้างทั่วไป	86

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	วงจรปิด	6
2.2	วงจรเปิด	6
2.3	วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	7
2.4	วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ	7
2.5	หน่วยวัดค่าแรงดันไฟฟ้า	8
2.6	หน่วยวัดค่าของกระแสไฟฟ้า	8
2.7	หน่วยวัดค่าของความต้านทานไฟฟ้า	9
2.8	แสดงการเปรียบเทียบโครงสร้างในระดับโมเลกุล	50
2.9	แสดงสัดส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย	62
2.10	ภาพการแสดงความสัมพันธ์น้ำหนักของ/ระยะความสูงที่ยก	62
2.11	แสดงสัดส่วนที่เกี่ยวข้องในการออกแบบรัศมีการเอื้อมในระยะต่าง ๆ	63
2.12	แสดงลักษณะการจัดสิ่งของประเภทต่าง ๆ	64
3.1	แผนผังดำเนินการวิจัย	77
4.1	ผลงานการออกแบบตู้จ่ายไฟฟ้าสำหรับงานก่อสร้างทั่วไป แบบที่ 1	79
4.2	ผลงานการออกแบบตู้จ่ายไฟฟ้าสำหรับงานก่อสร้างทั่วไป แบบที่ 2	79
4.3	ผลงานการออกแบบตู้จ่ายไฟฟ้าสำหรับงานก่อสร้างทั่วไป แบบที่ 3	80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันงานก่อสร้างในประเทศได้ก้าวรุดหน้า และเพิ่มปริมาณขึ้นมาก แต่สิ่งที่เกิดขึ้นเป็นเงาตามการปฏิบัติงานในงานก่อสร้าง คือ "อุบัติเหตุ" ซึ่งการเกิดอุบัติเหตุในแต่ละครั้งก่อให้เกิดความสูญเสียทั้งชีวิตและทรัพย์สินอย่างประมาณค่ามิได้ ความสูญเสียจากการก่อสร้างในปัจจุบันในทวีความรุนแรงเพิ่มขึ้นทุกขณะจากการรวบรวมจำนวนการประสบอันตรายทั่วประเทศโดยจำแนกตามประเภทอุตสาหกรรมปี 2552 งานก่อสร้างมีผู้ประสบอันตรายทั้งสิน 15,728 คน ในจำนวนนี้มีผู้เสียชีวิตเป็นจำนวน 109 ราย และมีคนงานจำนวนมากที่ยังเสี่ยงต่อการเกิดอันตราย จากงานก่อสร้าง ที่เกี่ยวข้องกับไฟฟ้า ดังนั้น การป้องกันอุบัติเหตุและการลดการเกิดอุบัติเหตุ จึงเป็นเรื่องที่ต้องรีบเร่งและให้มีการปฏิบัติอย่างจริงจัง ทั้งนี้เพื่อลดความสูญเสียทั้งชีวิตและทรัพย์สินที่อาจจะเกิดขึ้น (กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน. 2552)

ส่งผลให้มีความถี่และความรุนแรงของการเกิดอุบัติเหตุในงานก่อสร้างเพิ่มขึ้น คือการนำเอาเทคโนโลยี อุปกรณ์เครื่องมือ เครื่องจักร อันทันสมัยมาใช้เพื่อทุ่นแรง และประหยัดเวลา ซึ่งเครื่องมือหรือเครื่องจักรที่ทันสมัยเหล่านั้น ส่วนใหญ่แล้วใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งสิ้น ที่ทำให้เครื่องจักรเหล่านั้นทำงานได้ตามวัตถุประสงค์หรือเป้าหมายที่กำหนด มีเพียงแต่ความปลอดภัยในการก่อสร้างไม่ได้มีวิวัฒนาการตามเทคโนโลยีที่ทันสมัยเหล่านั้นแล้ว ความปลอดภัยพื้นฐานในงานก่อสร้างยังถูกละเลย ขาดความสนใจ และเอาใจใส่จากผู้รับเหมาและผู้เกี่ยวข้องต่างๆ อย่างจริงจัง นอกจากนี้ คนงานยังขาดความรู้ ความเข้าใจ และจิตสำนึกความปลอดภัยในการปฏิบัติอย่างถูกต้องเหมาะสม อุบัติเหตุและโศกนาฏกรรมจึงยังคงเกิดซ้ำแล้วซ้ำเล่าอยู่เช่นนี้

พลังงานไฟฟ้า เป็นปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งในการดำเนินชีวิตและการพัฒนาประเทศโดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านการพัฒนาอุตสาหกรรม เมื่อความต้องการพลังงานไฟฟ้าขยายตัวมากขึ้นในขณะที่เกิดความผิดปกติในระบบไฟฟ้า ย่อมเกิดผลเสียหายต่อระบบการผลิตอุตสาหกรรมและอุปกรณ์ไฟฟ้าในอาคารที่พักอาศัยและอุตสาหกรรมนั้นเกิดการเสียหาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งผู้ที่เกี่ยวข้องและปฏิบัติงานในพื้นที่ที่มีการก่อสร้าง และมีการเคลื่อนย้ายวัสดุและอุปกรณ์ในพื้นที่นั้นๆ อยู่เป็นประจำ และมีการปรับพื้นผิวในการทำงานบ่อยครั้งทำให้เกิดปัญหาหรือการเสียเวลาในการรื้อถอนอุปกรณ์นั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากปัญหาดังกล่าวนี้ ผู้วิจัยได้เล็งเห็นถึงความสำคัญและคุณค่าตู้จ่ายไฟฟ้าสำหรับงานก่อสร้างทั่วไป ได้ทำการศึกษาและพัฒนาให้มีความเหมาะกับพื้นที่การใช้งานมากขึ้นตามวัตถุประสงค์ดังต่อไปนี้

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาและพัฒนาตู้จ่ายไฟฟ้าสำหรับงานก่อสร้างทั่วไป

1.2.2 เพื่อทดสอบหาประสิทธิภาพของตู้จ่ายไฟฟ้าสำหรับงานก่อสร้างทั่วไป

1.2.3 เพื่อศึกษาหาความพึงพอใจในตู้จ่ายไฟฟ้าสำหรับงานก่อสร้างทั่วไป

1.3 กรอบแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย

ในการวิจัยเรื่องการศึกษาและพัฒนาตู้จ่ายไฟฟ้าสำหรับงานก่อสร้างทั่วไป ผู้วิจัยได้ใช้กรอบแนวความคิด ทฤษฎีและหลักการต่าง ๆ ดังนี้ คือ

1.3.1 กรอบแนวคิดทางด้านการออกแบบเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (Industrial-Design Technology) (อุดมศักดิ์ สาริบุตร. 2549) มีดังนี้

1. หน้าที่ใช้สอย (Function)
2. ความปลอดภัย (Safety)
3. ความแข็งแรงทนทาน (Durability)
4. โครงสร้าง (Construction)
5. ความสะดวกสบายในการใช้งาน (Ergonomic)
6. การซ่อมบำรุงรักษา (Ease of Maintenance)
7. การขนส่ง (Delivery System)

1.3.2 กรอบแนวคิดทางด้านการออกแบบระบบไฟฟ้า (Electrical System Design) (ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์. 2542) มีดังนี้

1. พัฒนาแบบระบบไฟฟ้าเพื่อให้สามารถจ่ายไฟฟ้าได้เพียงพอ และ มีความปลอดภัยในการใช้งาน
2. ออกแบบระบบไฟฟ้าให้เป็นไปตามข้อกำหนดหรือกฎเกณฑ์ มาตรฐานต่างๆ
3. ทำการออกแบบ ตามความต้องการของเจ้าของกิจกรรม
4. ติดต่อประสานงาน และให้ความร่วมมือกับผู้ออกแบบงาน ระบบอื่นๆ เพื่อให้อาคารสามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์
5. เขียนรายละเอียดข้อกำหนดต่างๆ ของระบบไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3.3 กรอบแนวคิดการทดสอบประสิทธิภาพทางด้านวัสดุ เครื่องเรือนที่ดีต้องมีพื้นฐานจากการเลือกวัสดุที่ดี ประกอบกับฝีมือช่างที่ผลิตติดตั้งแต่ขั้นต้นถึงขั้นตอนสุดท้าย การเลือกซื้อเครื่องเรือนจึงต้องพิจารณาตั้งแต่ชิ้นวัสดุที่ใช้แข็งแรงทนทานหรือไม่ (วัฒนะ จูฑะวิภาค. 2544 : 24)

1.3.4 กรอบแนวคิดทางด้านความพึงพอใจของผู้บริโภค

(Cooper – Hewitt.1990. Design for Daily Life พิไลวรรณ ประกอบผล. 2540. พฤติกรรมผู้บริโภค) มีดังนี้

1. ด้านประโยชน์ใช้สอยที่เพียงพอกับการใช้งาน
2. ด้านความงามของรูปทรง

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

ในการวิจัยเรื่องการศึกษาและพัฒนาตู้จ่ายไฟฟ้าสำหรับงานก่อสร้างทั่วไป ผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตของการวิจัยไว้ดังนี้

1.4.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.4.1.1 ประชากร คือ กลุ่มบริษัทผู้รับเหมาปฏิบัติงานในงานก่อสร้างทั่วไป ที่อยู่ในเขตกรุงเทพมหานคร

1.4.1.2 กลุ่มตัวอย่าง คือ วิศวกรและช่างไฟฟ้าที่ปฏิบัติงานในสถานประกอบการจำนวน 60 คน โดยแบ่งตามสถานที่ก่อสร้าง สถานที่ละ 20 คน บริษัท แสตนดาร์ดเพอร์ฟอร์แม้นซ์ จำกัด ,บริษัทแสงฟ้าก่อสร้าง จำกัด และบริษัทชิโนไทย (มหาชน) จำกัด ที่เป็นตัวแทนของประชากร ผู้วิจัยเลือกกลุ่มตัวอย่างโดยทำการสุ่มแบบอย่างง่าย (Simple Random Sampling) ของ Robert V.Krejcie (อ้างใน นิรัช สุดสังข์ : 2548, 48)

1.5 นิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการวิจัย

การพัฒนา หมายถึง การพัฒนาตู้จ่ายไฟฟ้าสำหรับงานก่อสร้างจากเครื่องเก่าให้มีประสิทธิภาพที่ดียิ่งขึ้นโดยคำนึงถึงหลักการออกแบบผลิตภัณฑ์และด้านวิศวกรรม

ความแข็งแรง (Strength) หมายถึง คุณสมบัติของวัตถุที่ต่อต้านแรงใด ๆ ก็ตามที่จะไม่ทำให้วัตถุนั้นเกิดการแตกหัก หลุดออกจากกัน หรือทำให้โก่ง งอ หรือสั่นคลอนอย่างมาก

ความพึงพอใจการใช้บริการของผู้บริโภค หมายถึง ความยอมรับในความพึงพอใจของผู้ใช้บริการตู้จ่ายไฟฟ้าสำหรับงานก่อสร้าง ด้านประโยชน์ใช้สอยและด้านความงาม

ตู้ หมายถึง สิ่งที่ห่อหุ้มที่ได้ติดตั้งบนพื้นผิวหรือติดผนังโดยมีกรอบรอบด้านและมีฝาปิดเปิดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตู้จ่ายไฟฟ้า หมายถึง แผงจ่ายไฟฟ้าขนาดใหญ่ที่มีสวิตซ์ตัดตอนที่รับไฟจากการไฟฟ้าหรือจากด้านแรงต่ำของหม้อแปลงเพื่อไปจ่ายโหลดต่างๆ (Main Distribution Board)

ประสิทธิภาพ หมายถึง ผลการทดสอบของตู้จ่ายไฟฟ้าสำหรับงานก่อสร้างจากวิศวกรผู้ได้รับใบประกอบวิชาชีพวิศวกร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่อง การศึกษาและพัฒนาตู้จ่ายไฟฟ้าสำหรับงานก่อสร้างทั่วไป ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องมาใช้ในสนับสนุนการทำงานวิจัยครั้งนี้ดังนี้

2.1 วงจรไฟฟ้าคืออะไร

2.2 ความปลอดภัยเกี่ยวกับไฟฟ้า

2.3 ลักษณะทั่วไปของสถานประกอบการก่อสร้าง

2.4 วัสดุและกรรมวิธีการผลิตในระบบอุตสาหกรรม

2.5 ศึกษาขนาดสัดส่วนของร่างกาย

2.6 สี

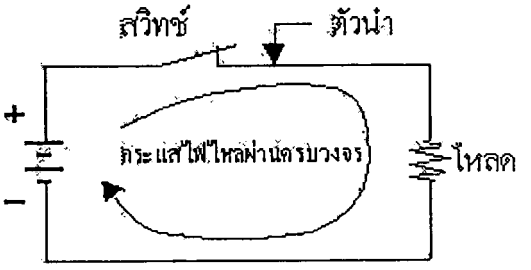
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 วงจรไฟฟ้าคืออะไร

ในวงจรไฟฟ้าทั่ว ๆ ไปจะมีสิ่งที่มาเกี่ยวข้อง 3 อย่าง คือ กระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า และความต้านทานไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าจะไหลไปได้หรือเคลื่อนที่ไปได้จะต้องมีตัวนำหรือสายไฟฟ้า และจะต้องมีกำลังดันหรือแรงเคลื่อนไฟฟ้า(V) ดันให้กระแสไฟฟ้าไหลไป จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ตัวนำ และความต้านทานประกอบกัน วงจรไฟฟ้า คือ ทางเดินของไฟฟ้าเป็นวง ไฟฟ้าจะไหลไปตามตัวนำหรือสายไฟจนกระทั่งไหลกลับตามสายมายัง เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเป็นวงครบรอบ คือ ออกจากเครื่องกำเนิดแล้วกลับมายังเครื่องกำเนิดอีกครั้งหนึ่ง จนครบ 1 เที่ยว เรียกว่า 1 วงจร หรือ 1 Cycle วงจรไฟฟ้า แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

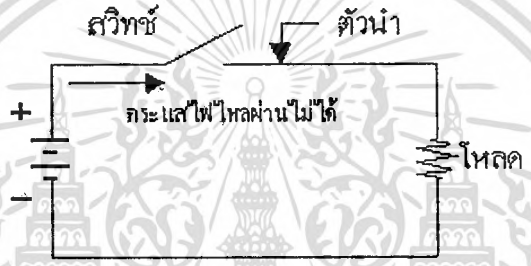
1. วงจรปิด (Closed Circuit) จากรูปจะเห็น กระแสไฟฟ้าไหลออกจากแหล่งกำเนิด ผ่านไปตามสายไฟ แล้วผ่าน สวิทช์ไฟซึ่งแตะกันอยู่ (ภาษาพูดว่าเปิดไฟ) แล้วกระแสไฟฟ้าไหลต่อไปผ่านดวงไฟ แล้วไหลกลับมาที่แหล่งกำเนิดอีกจะ เห็นได้ว่ากระแสไฟฟ้าสามารถไหลผ่านได้ครบวงจร หลอดไฟจึงติด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 วงจรปิด

2. วงจรเปิด (Open Circuit) ถ้าดูตามรูป วงจรเปิด ไฟจะไม่ติดเพราะว่า ไฟออกจากแหล่งกำเนิดก็จะไหลไปตาม สายพอไปถึงสวิทช์ซึ่งเปิดห่างออกจากกัน (ภาษาพูดว่าปิดสวิทช์) ไฟฟ้าก็จะผ่านไปไม่ได้ กระแสไฟฟ้าไม่สามารถจะไหล ผ่านให้ครบวงจรได้



รูปที่ 2.2 วงจรเปิด

วงจรไฟฟ้า เป็นการนำเอาสายไฟฟ้าหรือตัวนำไฟฟ้าที่เป็นเส้นทางเดินให้กระแสไฟฟ้าสามารถไหลผ่านต่อถึงกันได้นั้นเราเรียกว่า วงจรไฟฟ้า การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนที่อยู่ภายในวงจรจะเริ่มจากแหล่งจ่ายไฟไปยังอุปกรณ์ไฟฟ้า

วงจรไฟฟ้าประกอบด้วยส่วนที่สำคัญ 4 ส่วนคือ

แหล่งกำเนิดไฟฟ้า หมายถึง แหล่งจ่ายไฟฟ้าไปยังวงจรไฟฟ้า เช่น แบบเตอร์รี่

ตัวนำไฟฟ้า หมายถึง สายไฟฟ้าหรือสื่อที่จะเป็นตัวนำให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านไปยังเครื่องใช้ไฟฟ้า ซึ่งต่อระหว่างแหล่งกำเนิดกับเครื่องใช้ไฟฟ้า

เครื่องใช้ไฟฟ้า หมายถึง เครื่องใช้ที่สามารถเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานรูปอื่น ซึ่งจะเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า โหลด

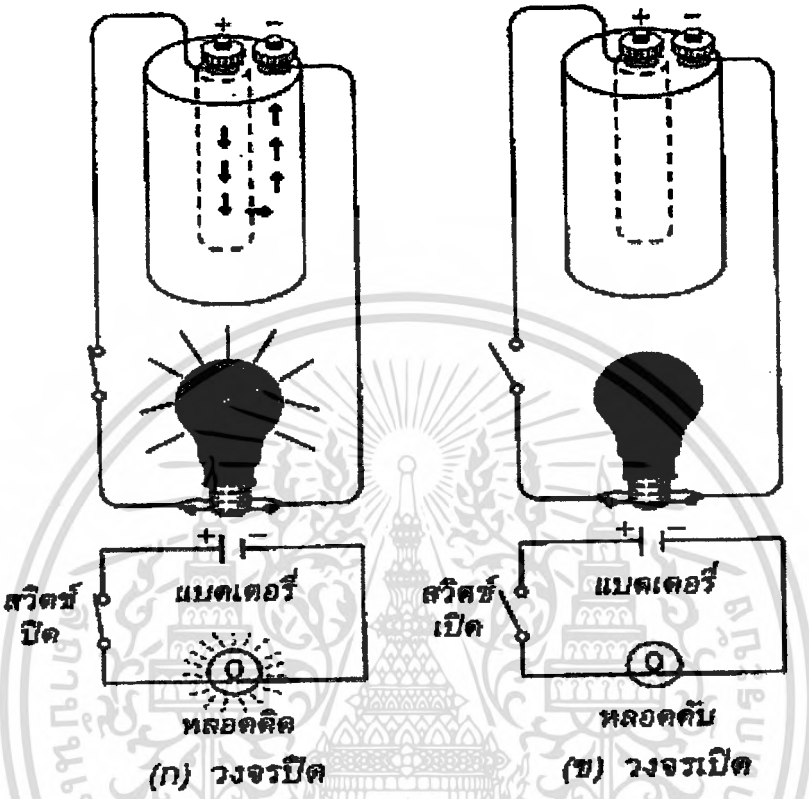
สะพานไฟ (Cut out) หรือสวิทช์ (Switch) เป็นตัวตัดและต่อกระแสไฟฟ้า

1. วงจรไฟฟ้ากระแสตรง

การแสดงการต่อวงจรไฟฟ้าเบื้องต้นโดยการต่อแบตเตอรี่ต่อเข้ากับหลอดไฟ หลอดไฟฟ้าสว่างได้เพราะว่ากระแสไฟฟ้าสามารถไหลได้ตลอดทั้งวงจรไฟฟ้าและเมื่อหลอดไฟฟ้าดับก็เพราะว่ากระแสไฟฟ้าไม่สามารถไหลได้ตลอดทั้งวงจร เนื่องจากสวิตช์เปิดวงจรไฟฟ้าอยู่นั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

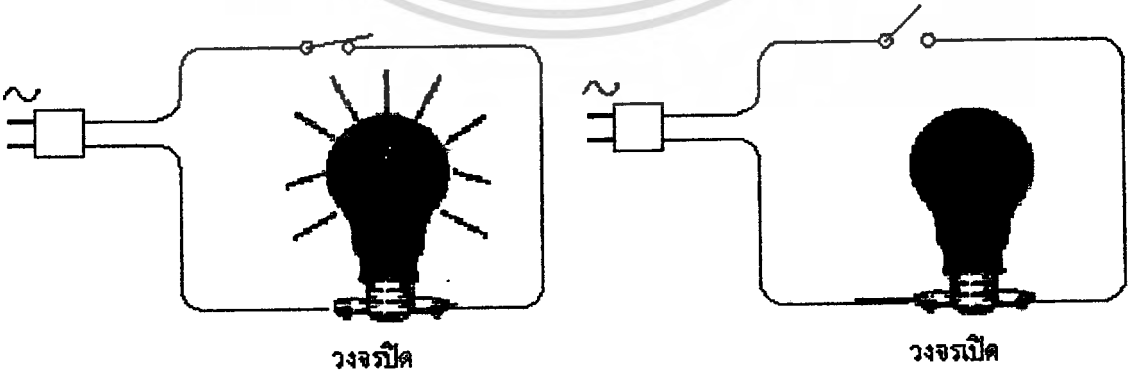
การต่อวงจรไฟฟ้ากระแสตรงต้องต่อขั้วไฟให้ถูกต้องเพราะอุปกรณ์ในวงจรดังกล่าวจะมีขั้วไฟดังแสดงในรูป



รูปที่ 2.3 วงจรไฟฟ้ากระแสตรง

2. วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ

การต่อวงจรไฟฟ้ากระแสสลับจะต้องต่ออุปกรณ์ได้โดยไม่คำนึงถึงขั้วไฟ



รูปที่ 2.4 วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. หน่วยวัดปริมาณทางไฟฟ้า

แรงดันไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้ามีหน่วยเป็นโวลต์ (Volt) ใช้ตัวย่อว่า V แรงดันไฟฟ้า 1 โวลต์ หมายถึง แรงดันที่ทำให้กระแสไฟฟ้า 1 แอมแปร์ไหลผ่านเข้าไปในความต้านทาน 1 โอห์ม

หน่วยวัดค่าของแรงดันไฟฟ้า				
1 ไมโครโวลต์	(μv)	=	1/1,000,000	โวลต์
1 มิลลิโวลต์	(mv)	=	1/1,000	โวลต์
1 กิโลโวลต์	(KV)	=	1,000	โวลต์
1 เมกะโวลต์	(MV)	=	1,000,000	โวลต์

หน่วยวัดค่าแรงดันไฟฟ้า

กระแสไฟฟ้า เราทราบแล้วว่าการไหลของอิเล็กตรอนในตัวนำไฟฟ้านั้นเรียกว่ากระแสไฟฟ้าซึ่งมีหน่วยวัดเป็นแอมแปร์ใช้ตัวย่อ ว่า (A) กระแสไฟฟ้า 1 แอมแปร์คือกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวนำไฟฟ้าสองตัวที่วางขนาดกันมีระยะห่างกัน 1 เมตร แล้ว ทำให้เกิดแรงแต่ละตัวนำเท่ากับ 2×10^{-7} นิวตันต่อเมตร

หน่วยวัดค่าของกระแสไฟฟ้า				
1 ไมโครแอมแปร์	(μA)	=	1/1,000,000	แอมแปร์
1 มิลลิแอมแปร์	(mA)	=	1/1,000	แอมแปร์
1 กิโลแอมแปร์	(KA)	=	1,000	แอมแปร์
1 เมกะแอมแปร์	(MA)	=	1,000,000	แอมแปร์

หน่วยวัดค่าของกระแสไฟฟ้า

ความต้านทานไฟฟ้า ความต้านทานไฟฟ้า หมายถึง การต้านทานการไหลของไฟฟ้าซึ่งมีหน่วยวัดเป็นโอห์ม ใช้ตัวย่อว่า Ω ความต้านทานไฟฟ้า 1 โอห์ม คือ ความต้านทานต่อกระแสไฟฟ้า 1 แอมแปร์ที่ไหล ผ่านอุปกรณ์ไฟฟ้า แล้วทำให้เกิดกำลังไฟฟ้า 1 วัตต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยวัดค่าของความต้านทานไฟฟ้า					
1 กิโลโอห์ม	(KΩ)	=	1,000	โอห์ม (Ω)	
1 เมกะโอห์ม	(MΩ)	=	1,000,000	โอห์ม (Ω)	หรือ
1,000 โอห์ม	(Ω)	=	1	กิโลโอห์ม	(KΩ)
1,000 กิโลโอห์ม	(KΩ)	=	1 เมกะโอห์ม		(MΩ)

หน่วยวัดค่าของความต้านทานไฟฟ้า (Ω)

โครงสร้างของสสาร สสาร ต่างๆที่อยู่บนโลกนี้และอยู่ในอากาศรอบๆโลก สามารถแบ่งออกได้เป็น ของแข็ง ของเหลว และก๊าซ สสารเหล่านี้จะสามารถแบ่งเป็นธาตุต่างๆ ตามธรรมชาติ ซึ่งธาตุนั้นก็หมายถึง สารประกอบที่มีอะตอมหลายๆตัวรวมกันและในธาตุแต่ละชนิดจะมีอะตอมที่แตกต่างกันออกไป

อะตอม หมายถึง หน่วยที่เล็กที่สุดของธาตุเมื่อทำการแบ่งแยกแล้วจะทำให้คุณสมบัติของธาตุนั้นเปลี่ยนไป ในปัจจุบันนี้เรายังไม่สามารถที่จะดูอะตอมของธาตุต่างๆ ได้อย่างชัดเจนนัก โดยเราสามารถใช้กล้องไมโครสโคป ส่องดูอะตอมของธาตุแต่อย่างไรก็ตามนักฟิสิกส์และนักวิจัยต่างๆ ก็คงพยายามที่จะบันทึกภาพของอะตอมที่ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางยาวประมาณ 12 ล้านล้าน ส่วนของนิ้วและได้ตั้งสมมติฐานว่าอะตอมนั้นมีลักษณะเป็นละอองฝอยคล้ายลูกบอลสีขาว ในปี ค.ศ. 1913 นักฟิสิกส์ชื่อ Danish Neils Bohr ได้เสนอทฤษฎีเกี่ยวกับอะตอมว่า อะตอมประกอบด้วยอนุภาคสำคัญ 3 ส่วนคือ โปรตอน มีประจุไฟฟ้าเป็นบวก นิวตรอนมีคุณสมบัติเป็นกลางทางไฟฟ้า และอิเล็กตรอนมีประจุไฟฟ้าเป็นลบ โดยมีส่วนที่เป็นใจกลางของอะตอมเรียกว่านิวเคลียส ซึ่งประกอบด้วย โปรตรอนและนิวตรอน ส่วนอิเล็กตรอนนั้นจะโคจรอยู่รอบๆ นิวเคลียส

โมเลกุล คือ หน่วยที่เล็กที่สุดของธาตุตามธรรมชาติ โดยธาตุต่างๆจะประกอบด้วยอะตอมมากมายหลายล้านอะตอม เมื่อเรานำสารต่างชนิดกันเราเรียกว่าสารประกอบ หน่วยที่เล็กของสารประกอบเรียกว่า โมเลกุล ซึ่งอะตอมที่เป็นประกอบธาตุและโมเลกุลที่ประกอบกันเป็นสารประกอบ เช่น น้ำ ประกอบด้วย ไฮโดรเจน 2 โมเลกุล และ ออกซิเจน 1 โมเลกุล

แหล่งกำเนิดไฟฟ้าแหล่งกำเนิดไฟฟ้าหรือแหล่งจ่ายไฟฟ้า คือ แหล่งที่จ่ายพลังงานศักย์ไฟฟ้า หรืออาจเรียกว่าแรงเคลื่อนไฟฟ้า ออกมาใช้งานกับอุปกรณ์ไฟฟ้าทั่วๆไปสามารถแบ่งออกเป็น 4 ชนิดใหญ่ๆคือ 1. แบตเตอรี่ 2. เซลล์แสงอาทิตย์ 3. เจอเนอเรเตอร์ 4. แหล่งจ่ายไฟฟ้าแบบอิเล็กทรอนิกส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบตเตอรี่ เป็นแหล่งกำเนิดไฟฟ้าที่อาศัยหลักการเปลี่ยนแปลงพลังงานเคมีให้เป็นพลังงานไฟฟ้า แบตเตอรี่ประกอบด้วยเซลล์ไฟฟ้าตั้งแต่ 1 เซลล์ หรือมากกว่า โดยเซลล์นี้จะเชื่อมต่อเข้าด้วยกันทางไฟฟ้าซึ่งจะประกอบด้วยอุปกรณ์พื้นฐาน 4 ส่วน 1. ขั้วบวก (Positive Electrode) 2. ขั้วลบ (Negative Electrode) 3. อิเล็กโทรไลต์ (Electrolyte) 4. ตัวขั้นเซลล์ (Seperator)

ขั้วบวกเป็นส่วนที่สูญเสียอิเล็กตรอนเนื่องจากการทำปฏิกิริยาทางเคมี ส่วนลบจะเป็นตัวรับอิเล็กตรอนภายหลังที่เกิดการทำปฏิกิริยาทางเคมีขึ้น สำหรับอิลีกโตรไลต์จะเป็นตัวกลางให้อิเล็กตรอนไหลผ่านระหว่างขั้วบวกและขั้วลบ ส่วนตัวขั้นเซลล์จะใช้แยกส่วนของขั้วบวกและขั้วลบออกจากกันทางไฟฟ้า สำหรับแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากเซลแบตเตอรี่จะถูกกำหนดโดยวัสดุที่ใช้สร้าง ซึ่งแรงปฏิกิริยาทางเคมีที่เกิดขึ้นแต่ละขั้วอิเล็กโทรดจะให้ค่าศักย์ทางไฟฟ้าค่าหนึ่ง เช่น เซลล์แบตเตอรี่แบบตะกั่ว - กรด ที่ขั้วบวกจะให้ศักย์ไฟฟ้าเท่ากับ - 1.685 โวลต์ ส่วนที่ขั้วลบจะให้ศักย์ไฟฟ้าเท่ากับ + 0.365 โวลต์ จากศักย์ไฟฟ้าที่ได้จากขั้วอิเล็กโทรดทั้งสองทำให้ได้ผลรวมของแรงดันไฟฟ้าเท่ากับ 2.05 โวลต์ ซึ่งค่าแรงดันทางไฟฟ้านี้จะเป็นศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของเซลล์แบตเตอรี่แบบตะกั่ว - กรด

นอกจากศักย์ไฟฟ้าที่ได้จากแต่ละขั้วอิเล็กโทรดแล้ว ความเข้มข้นของกรดภายในแบตเตอรี่ก็จะมีผลต่อค่าแรงดันไฟฟ้าที่จะเพิ่มขึ้นอีกเล็กน้อย ดังนั้น แรงดันไฟฟ้าโดยทั่วไปที่ได้จากแบตเตอรี่แบบตะกั่ว - กรด จะประมาณ 2.15 โวลต์ สำหรับเซลล์นิเกิล - แคดเมียม จะให้แรงดันไฟฟ้าประมาณ 1.2 โวลต์ ส่วนเซลล์ลิเทียม จะให้แรงดันไฟฟ้าออกมาสูงถึง 4 โวลต์

โดยทั่วไปแล้วแบตเตอรี่จะประกอบด้วยเซลล์หลายเซลล์ที่มีการเชื่อมต่อกันทางไฟฟ้าอยู่ภายใน ซึ่งวิธีการต่อของแต่ละเซลล์และชนิดของวัสดุที่นำมาใช้เป็นเซลล์ จะเป็นปัจจัยที่กำหนดขนาดของแรงดันไฟฟ้าและความจุไฟของแบตเตอรี่ โดยการต่อถ้าให้ขั้วบวกของเซลล์หนึ่งต่อกับขั้วลบของเซลล์ถัดไป และต่อกันเช่นนี้ไปเรื่อยๆ จะทำให้แรงดันไฟฟ้าที่ได้เท่ากับผลรวมของแรงดันไฟฟ้าของแต่ละเซลล์รวมกัน เรียกการต่อแบบนี้ว่า การต่อแบบอนุกรมหรือการต่อแบบอันดับ ส่วนวิธีการเพิ่มความจุไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่นั้น จะต้องต่อให้ขั้วบวกของทุกเซลล์เข้าด้วยกันและขั้วลบของทุกเซลล์เข้าด้วยกัน เรียกการต่อแบบนี้ว่า การต่อแบบขนาน

สำหรับการแบ่งกลุ่มของแบตเตอรี่ สามารถแบ่งได้ 2 กลุ่มหลักดังนี้

1. แบตเตอรี่แบบปฐมภูมิ (Primary Battery) หมายถึง แบตเตอรี่ที่ใช้งานได้เพียงครั้งเดียว และเมื่อประจุไฟหมดแล้วจะต้องทิ้งไป ทั้งนี้เนื่องจากไม่สามารถทำให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมีแบบย้อนกลับใหม่ได้

2. แบตเตอรี่แบบทุติยภูมิ (Secondary Battery) สามารถจะทำปฏิกิริยาทางเคมีแบบย้อนกลับได้ ดังนั้น จึงสามารถทำการเก็บประจุไฟใหม่และนำกลับมาใช้งานได้อีก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เซลล์แสงอาทิตย์ เป็นแหล่งกำเนิดพลังงานไฟฟ้าที่อาศัยหลักการเปลี่ยนแปลงพลังงานแสงให้เป็นพลังงานไฟฟ้า โครงสร้างของเซลล์แสงอาทิตย์ประกอบด้วยสารกึ่งตัวนำ 2 ชนิด เชื่อมกันเพื่อให้เกิดรอยต่อ เมื่อผิวของสารกึ่งตัวนำด้านหนึ่งถูกแสงจะทำให้อิเล็กตรอนได้รับพลังงานเพียงพอจะทำให้อะตอมเคลื่อนที่ข้ามรอยต่อทำให้เกิดความต่างศักย์ไฟฟ้า

เจนเนอเรเตอร์ เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานกลให้เป็นพลังงานไฟฟ้า โดยอาศัยหลักการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า หลักการทำงานโดยการทำให้ตัวนำหมุนตัดผ่านสนามแม่เหล็กซึ่งการจัดการทำงานลักษณะเช่นนี้ทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำผ่านตัวนำที่หมุนอยู่ และสามารถต่อแรงดันไฟฟ้านี้ออกไปใช้งานภายนอกได้

แหล่งจ่ายไฟฟ้าแบบอิเล็กทรอนิกส์ เป็นแหล่งจ่ายที่ไม่ได้เกิดจากการเปลี่ยนแปลงพลังงานในรูปแบบใดให้เป็นพลังงานไฟฟ้า แต่เป็นการเปลี่ยนแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับจากระบบไฟฟ้าที่ใช้กันตามบ้านเรือนทั่วไปให้เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่มีค่าความคงที่ การต่อออกไปใช้งานเพียงต่อออกจากขั้วไฟที่เตรียมไว้

หน่วยวัดทางไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า Electrical Current เกิดจากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งภายในตัวนำไฟฟ้าการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนเกิดจากการนำวัตถุที่มีประจุไฟฟ้าต่างกันนำมาวางไว้ใกล้กันโดยจะใช้ตัวนำทางไฟฟ้าคือ ทองแดง การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนจะเคลื่อนที่จากวัตถุที่มีประจุไฟฟ้าบวกไปยังวัตถุ ที่มีประจุไฟฟ้าลบมีหน่วยเป็น Ampere อักษรย่อคือ " A "

กระแสไฟฟ้าสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด

1. ไฟฟ้ากระแสตรง Direct Current เป็นกระแสไฟฟ้าที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนจากแหล่งจ่ายไฟฟ้าไปยังอุปกรณ์ไฟฟ้าใดๆได้เพียงทิศทางเดียว สำหรับแหล่งจ่ายไฟฟ้านั้น มาจากเซลล์ปฐมภูมิคือถ่านไฟฉาย หรือเซลล์ทุติยภูมิคือ แบตเตอรี่ หรือเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง

2. ไฟฟ้ากระแสสลับ Alternating Current เป็นกระแสไฟฟ้าที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนจากแหล่งจ่ายไฟไปยังอุปกรณ์ไฟฟ้าใดๆโดยมีการเคลื่อนที่กลับไปกลับมาตลอดเวลา สำหรับแหล่งจ่ายไฟนั้นมาจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับชนิดหนึ่งเฟสหรือเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับชนิดสามเฟส

แรงดันไฟฟ้า Voltage เป็นแรงที่ทำให้อิเล็กตรอนเกิดการเคลื่อนที่ หรือแรงที่ทำให้เกิดการไหลของไฟฟ้าโดยแรงดันไฟฟ้าที่มีระดับต่างกันจะมีปริมาณไฟฟ้าสูงเนื่องจากปริมาณประจุไฟฟ้าทั้งสองด้านมีความแตกต่างกัน ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน โดยทั่วๆไปแล้วแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมอุปกรณ์ไฟฟ้าแต่ละตัวภายในวงจรไฟฟ้าหรือแรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่ายไฟฟ้า จะใช้หน่วยของแรงดันไฟฟ้าจะใช้ตัวอักษร V ตัวใหญ่ธรรมดา จะแทนคำว่า Volt ซึ่งเป็นหน่วยวัดของแรงดันไฟฟ้า

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความต้านทานไฟฟ้า ความต้านทานไฟฟ้า Resistance เป็นการต่อต้านการไหลของกระแสไฟฟ้าของวัตถุซึ่งจะมีค่ามากหรือค่าน้อยจะขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุนั้นๆ ความต้านทานจะมีหน่วยวัดเป็น โอห์ม และจะใช้สัญลักษณ์เป็น (Ohms)

ตัวนำไฟฟ้า ตัวนำไฟฟ้า Conductors วัตถุที่กระแสไฟฟ้าสามารถไหลผ่านได้โดยง่าย หรือวัตถุที่มีความต้านทานต่ำ เช่นทองแดง อลูมิเนียม ทอง และเงิน ซึ่งเป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดีที่สุด ค่าความนำไฟฟ้าจะมีสัญลักษณ์เป็น G และมีหน่วยเป็น ซีเมนส์ (S) โดยมีสูตรการคำนวนดังนี้

$G = 1/R$

ตัวอย่าง

วัตถุชนิดหนึ่งมีค่าความต้านทานไฟฟ้า 25 โอห์ม จงคำนวณหาค่าความนำไฟฟ้าของวัตถุชนิดนี้มีค่าเป็นเท่าไร

จากสูตร

$G = 1/R$

แทนค่า

$G = 1/25$

คำตอบ

$G = 40$ mS

ฉนวนไฟฟ้า ฉนวนไฟฟ้า Insulators วัตถุที่ซึ่งไม่ยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านไปได้ หรือวัตถุที่มีความต้านทานไฟฟ้าสูง ซึ่งสามารถต้านทานการไหลของกระแสได้ เช่น ไมก้า แก้ว และพลาสติก

การเปลี่ยนหน่วยทางไฟฟ้า หน่วยวัดพื้นฐานทางไฟฟ้า ได้แก่ แอมแปร์ A โวลต์ V และโอห์ม W ซึ่งจะใช้ในการแสดงปริมาณกระแสไฟฟ้า ขนาดของแรงดัน และค่าความต้านทาน เพื่อให้เกิดความสะดวกจึงมีการใช้ตัวคูณมาใช้ในการแสดงค่า

เปลี่ยนหน่วยทางไฟฟ้า หน่วยวัดพื้นฐานทางไฟฟ้า ได้แก่ แอมแปร์ A โวลต์ V และโอห์ม W ซึ่งจะใช้ในการแสดงปริมาณกระแสไฟฟ้า ขนาดของแรงดัน และค่าความต้านทาน เพื่อให้เกิดความสะดวกจึงมีการใช้ตัวคูณมาใช้ในการแสดงค่า

กฎของโอห์ม กระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจรไฟฟ้าได้นั้น เกิดจากแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับวงจรและปริมาณกระแสไฟฟ้าภายในวงจรจะถูกจำกัดโดยความต้านทานไฟฟ้าภายในวงจรไฟฟ้านั้นๆ ดังนั้นปริมาณกระแสไฟฟ้าภายในวงจรจะขึ้นอยู่กับแรงดันไฟฟ้าและค่าความต้านทานของวงจร ซึ่งวงจรนี้ถูกค้นพบด้วย George Simon Ohm เป็นนักฟิสิกส์ชาวเยอรมันและนำออกมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวัดกำลังไฟฟ้า วัตต์มิเตอร์ Wattmeter เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดกำลังไฟฟ้าของอุปกรณ์ไฟฟ้าหรือเครื่องใช้ไฟฟ้า โดยการวัดจะต้องต่อขั้วไฟให้ถูกต้อง ซึ่งเราจะอ่านค่าของกำลังไฟฟ้าได้โดยตรงจากวัตต์มิเตอร์

การวัดกำลังไฟฟ้าของเครื่องรับวิทยุ ต่อโดยให้ขั้วเสียบของช่องกระแสไฟฟ้าของเครื่องวัดวัตต์มิเตอร์ต่อในลักษณะที่ให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านเครื่องวัดวัตต์มิเตอร์ก่อนที่จะไหลไปยังเครื่องรับวิทยุ ในขณะที่ขั้วเสียบของเสียบของช่องแรงดันไฟฟ้าให้ต่อคร่อมแหล่งจ่ายที่จ่ายแรงดันไฟฟ้าให้แก่เครื่องรับวิทยุ ดังนั้น วัตต์มิเตอร์จึงเป็นทั้งแอมมิเตอร์ และโวลต์มิเตอร์ในตัวเดียวกันและทำการแสดงผลคูณของ P = I x V ซึ่งเราสามารถอ่านค่ากำลังไฟฟ้าของเครื่องรับวิทยุได้โดยตรงจากมิเตอร์

วงจรไฟฟ้าแสงสว่าง

การที่จะทำให้เกิดแสงสว่างในวงจรไฟฟ้าได้นั้น ในวงจรจะต้องประกอบด้วยแหล่งจ่ายไฟฟ้าสำหรับป้อนแรงดันและกระแสให้กับหลอดโดยผ่านสายไฟ โดยที่แหล่งจ่ายไฟฟ้าจะเป็นแบบไฟฟ้ากระแสตรงหรือระแสสลับขึ้นอยู่กับชนิดของหลอดที่ต้องการใช้กับไฟฟ้าประเภทใด

แสดงส่วนประกอบของวงจรไฟแสงสว่าง

ถ้าเป็นไฟฟ้าที่ใช้ตามอาคารบ้านเรือน ต้องป้อนไฟฟ้ากระแสสลับให้กับหลอดไฟ โดยที่แหล่งจ่ายไฟคือโรงไฟฟ้าบริเวณเขื่อนต่าง ๆ ที่ผลิตกระแสไฟฟ้าแล้วส่งมาตามสายไฟฟ้าแรงสูงผ่านหม้อแปลงที่การไฟฟ้าสถานีย่อย เพื่อแปลงแรงดันให้ลดลงเหลือประมาณ 12,000 โวลต์ แล้วส่งต่อมายังสายไฟตามถนนสายต่าง ๆ ก่อนที่จะตอเข้าอาคารบ้านเรือน จะมีหม้อแปลงที่ใช้ในการแปลงไฟจาก 12,000 โวลต์ เป็น 220 โวลต์ 1 เฟส โดยที่สายไฟจะมี 2 เส้น คือ ไลน์ (Line) และนิวตรอน (Neutral) ไลน์ เป็นสายไฟที่มีไฟ ส่วนนิวตรอน เป็นสายดินไม่มีไฟ สามารถทดสอบได้โดยใช้ไขควงเช็คไฟ ถ้าไฟติดที่เส้นใดแสดงว่าเป็นเส้นไลน์ นอกจากนี้ยังมีระบบไฟฟ้าที่จ่ายให้กับโรงงานอุตสาหกรรมประเภท 3 เฟส ซึ่งแรงเคลื่อนที่จ่ายอาจจะเป็น 220 โวลต์ หรือ 380 โวลต์ ขึ้นอยู่กับความต้องการใช้งาน โดยทั่วไปโรงงานอุตสาหกรรมจะต้องใช้ไฟมาก จึงจำเป็นที่จะต้องใช้ไฟแบบ 3 เฟส อาจจะมี 3 สาย หรือ 4 สาย ก็แล้วแต่ความต้องการใช้งาน

การควบคุมมอเตอร์เบื้องต้น

การพิจารณาการติดตั้งวงจรควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเบื้องต้น

ในการติดตั้งวงจรควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้านั้นมีหลักเกณฑ์หรือสิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆที่จะต้องพิจารณาก่อนการติดตั้ง เพื่อที่จะสามารถใช้ประโยชน์จากมอเตอร์ได้อย่างเต็มที่ และเกิดความปลอดภัยแก่ผู้ที่ใช้งานอย่างสูงสุด โดยมีสิ่งที่จะต้องพิจารณาก่อนการติดตั้งวงจรควบคุมไฟฟ้าดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การบริการทางไฟฟ้า คือ ข้อจำกัดหรือคุณลักษณะของการบริการทางไฟฟ้า เช่น เป็นไฟฟ้ากระแสตรง หรือไฟฟ้ากระแสสลับ จำนวนความถี่ เป็นต้น

2. มอเตอร์ คือ พิจารณาว่ามอเตอร์นั้นมีความเหมาะสมกับการบริการทางไฟฟ้าอยู่หรือไม่ เช่นขนาดของมอเตอร์มีขนาดเหมาะสมพอดีกับการบริการทางไฟฟ้าที่มีอยู่

3. วิธีการควบคุมมอเตอร์ คือ วิธีการควบคุมมอเตอร์ขั้นพื้นฐานนั้นก็คือ วงจรการควบคุมการปิดเปิดมอเตอร์ และวงจรป้องกันมอเตอร์จากความเสียหายที่อาจจะเกิดขึ้นได้จากอุบัติเหตุ ซึ่งทั้งสองวงจรจะมีการติดตังอยู่เสมอภายในวงจรควบคุมมอเตอร์ แต่บางครั้งการใช้งานยังมีวิธีการที่จะต้องพิจารณาเพิ่มขึ้นอีก เช่น การควบคุมมอเตอร์ให้สามารถหมุนกลับทิศทางไปมาได้ หรือการควบคุมมอเตอร์ให้สามารถทำงานได้ความเร็วรอบในระดับต่างๆกัน

4. สิ่งแวดล้อม ในปัจจุบันนี้การพิจารณาเรื่องสิ่งแวดล้อมเป็นเรื่องที่มีความสำคัญมาก ดังที่จะเห็นได้จากมีการตั้งกฎและข้อบังคับต่างๆ ขึ้นมา เพื่อเป็นข้อบังคับหรือข้อปฏิบัติสำหรับผู้ประกอบการเพื่อให้เกิดความเสียหายต่อสิ่งแวดล้อมให้น้อยที่สุด ดังนั้น ในการติดตั้งมอเตอร์จะต้องมีการพิจารณาเรื่องของสิ่งแวดล้อมด้วย เช่น เรื่องของเสียงหรือสภาพแวดล้อมภายในโรงงาน

5. สัญลักษณ์และมาตรฐานทางไฟฟ้า การใช้อุปกรณ์ต่างๆในการติดตั้ง หรือการใช้สัญลักษณ์นั้นก็เพื่อเป็นการบอกขั้นตอนในการควบคุมมอเตอร์ ซึ่งอุปกรณ์และสัญลักษณ์ที่ใช้จะต้องเป็นมาตรฐานสากลและเป็นที่ยอมรับของหน่วยงานที่ควบคุมภายในท้องถิ่นนั้นด้วย

จุดมุ่งหมายในการควบคุมมอเตอร์

1. การเริ่มเดินและหยุดเดินมอเตอร์ เป็นจุดมุ่งหมายเบื้องต้นในการควบคุมมอเตอร์ การเริ่มเดินและการหยุดเดินมอเตอร์นั้นอาจจะดูเป็นเรื่องง่าย แต่ที่แท้จริงแล้วมีความยุ่งยากกอยู่ไม่น้อย เนื่องจากลักษณะของงานที่มีความแตกต่างกันออกไป ดังนั้น การเริ่มเดินและการหยุดเดินมอเตอร์จึงมีหลายลักษณะเพื่อตอบสนองให้ตรงกับงานที่ทำ เช่น การเริ่มเดินแบบเร็วหรือแบบแบบช้า การเริ่มเดินแบบโหลดน้อยหรือเริ่มเดินแบบโหลดมาก การหยุดเดินแบบทันทีหรือหยุดเดินแบบช้าๆ

2. การหมุนกลับทิศทาง การควบคุมมอเตอร์ที่สำคัญอีกอย่างหนึ่ง คือ การทำให้มอเตอร์หมุนกลับทิศทางได้อาจจะโดยอัตโนมัติ หรือใช้ผู้ควบคุมได้

3. การหมุนของมอเตอร์ การควบคุมให้มอเตอร์หมุนให้ปกติตลอดเวลาการทำงานมีจุดมุ่งหมายเพื่อให้เกิดความปลอดภัยแก่มอเตอร์ เครื่องจักรกล โรงงาน และที่สำคัญที่สุดคือผู้ใช้งาน

4. การควบคุมความเร็วรอบ การควบคุมความเร็วรอบเป็นอีกเหตุผลหนึ่งในการควบคุมมอเตอร์ โดยการควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์นั้นสามารถทำได้หลายแบบด้วยกัน เช่น การ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ควบคุมความเร็วรอบให้คงที่ การควบคุมความเร็วรอบที่ต่างกัน หรือการควบคุมความเร็วรอบที่สามารถปรับได้ตามต้องการ

5. การป้องกันอันตรายที่จะเกิดแก่ผู้ใช้งาน ในการติดตั้งวงจรความคุมมอเตอร์นั้นก็จะต้องมีการวางแผนป้องกันอันตรายที่จะเกิดแก่ผู้ใช้งาน หรือผู้ที่อยู่ในบริเวณใกล้เคียงด้วย โดยการป้องกันอันตรายที่ดีที่สุดก็คือการอบรมแก่พนักงานที่ปฏิบัติหน้าที่ให้คำนึงถึงความปลอดภัยเป็นอันดับแรกในการทำงานอยู่เสมอ

6. การป้องกันความเสียหายจากอุบัติเหตุ การออกแบบวงจรการควบคุมมอเตอร์ที่ดีควรจะมีการป้องกนความเสียหายให้กับมอเตอร์ เครื่องจักรที่มอเตอร์ติดตั้งอยู่ในโรงงาน หรือความเสียหายต่อชิ้นส่วนที่กำลังอยู่ในสายการผลิตในขณะนั้นไว้ด้วย การป้องกันมอเตอร์จากความเสียหายนั้นมีด้วยกันหลายลักษณะด้วยกัน เช่น การป้องกันโหลดเกินขนาด การป้องกันการกลับเฟส หรือการป้องกันความเร็วมอเตอร์เกินขีดจำกัด

อุปกรณ์สำหรับใช้ในการควบคุมมอเตอร์เบื้องต้น

สวิตซ์ที่ใช้ในการควบคุม เป็นสิ่งที่สำคัญที่สุดแต่มักจะถูกมองข้ามไปในวงจรควบคุม ซึ่งสวิตซ์จะมีอยู่หลายลักษณะในการควบคุมแบบต่างๆด้วยกันคือ

1. สวิตซ์ปิดเปิดแบบขึ้นลง เป็นสวิตซ์ที่ใช้ในการควบคุมมอเตอร์เบื้องต้นที่ง่ายที่สุด สวิตซ์ที่ปิดเปิดแบบขึ้นลงใช้ควบคุมการปิดเปิดมอเตอร์ โดยจะใช้ในมอเตอร์ขนาดเล็กที่มีกำลังแรงม้าต่ำ เช่นมอเตอร์ที่หมุนด้วยใบพัดของพัดลม และมอเตอร์ที่ใช้หมุนเป่าลมขนาดเล็ก ซึ่งการปิดเปิดของมอเตอร์ก็สามารถทำได้โดยตรงจากสวิตซ์ปิดเปิดแบบขึ้นลงนี้ โดยไม่จำเป็นต้องมีสวิตซ์แม่เหล็กหรืออุปกรณ์ช่วยอย่างอื่น ดังนั้น มอเตอร์อาจจะถูกป้องกันอุบัติเหตุที่อาจจะเกิดเกิดจากฟิวส์ หรือเซอร์กิตเบรกเกอร์ ในวงจรย่อยเท่านั้น ดังนั้น ควรที่จะต้องทำความเข้าใจ รู้จักสัญลักษณ์และการทำงานของสวิตซ์แบบนี้

2. สวิตซ์แบบกด เป็นสวิตซ์อีกแบบหนึ่งที่นิยมนำมาใช้ในวงจรการควบคุมมอเตอร์ โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อควบคุมให้มอเตอร์เริ่มเดิน หยุดเดิน หรือเพื่อกลับทางการหมุนของมอเตอร์ สวิตซ์แบบกดจะใช้ในวงจรควบคุมมอเตอร์แบบใช้มือ

3. สวิตซ์แบบหมุน เป็นสวิตซ์แบบหมุนที่มีแกนสำหรับหมุนเพื่อเปลี่ยนตำแหน่งของหน้าสัมผัส ภายในสวิตซ์ให้เปลี่ยนไป โดยใช้การหมุนด้วยมือในลักษณะตามเข็มหรือทวนเข็มนาฬิกา เพื่อทำการควบคุมหน้าสัมผัสของสวิตซ์

4. ลิมิตสวิตซ์ เป็นสวิตซ์ขนาดเล็กทีทำงานโดยการปิดเปิดวงจรควบคุม โดยการเปลี่ยนแปลงในทางกล มาทำให้สวิตซ์ทำงานเพื่อเปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้าที่เข้ามาควบคุมมอเตอร์

5. สวิตซ์อุณหภูมิ สวิตซ์อุณหภูมิถูกนำมาใช้ในวงจรควบคุมมอเตอร์ต่างๆมากมาย โดยมีหลักการทำงาน คือ ให้ของเหลวที่บรรจุในกระเปาะควบคุมอุณหภูมิเกิดการขยายตัวเมื่ออุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูงขึ้นแล้วทำให้เกิดการเปลี่ยนตำแหน่งของหน้าสัมผัสของสวิตซ์ สวิตซ์อุณหภูมิสามารถปรับตั้งอุณหภูมิตามที่เราต้องการได้

6. สวิตซ์ลูกลอย เป็นสวิตซ์ที่ใช้ในการวัดการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของเหลวต่างๆ โดยจะใช้ในวงจรการควบคุมมอเตอร์แบบอัตโนมัติเพื่อทำการเปิดปิดวงจรควบคุม เมื่อของเหลวอยู่ในระดับที่ต้องการ การทำงานของสวิตซ์จะใช้ลูกลอยเป็นตัวควบคุมการปิดเปิดของสวิตซ์

7. สวิตซ์แรงดัน เป็นสวิตซ์ที่ใช้เพื่อการควบคุมความดันของเหลวหรือก๊าซให้อยู่ในระดับที่ต้องการ โดยในการควบคุมต้องใช้ความดันที่วัดได้ไปควบคุมการเปิดปิดหน้าสัมผัสของสวิตซ์ เช่น ในการให้มอเตอร์ทำงานต้องเพิ่มแรงดันเข้าไปในถังลม เมื่อความดันภายในถังลดลงและจะเปิดวงจรให้มอเตอร์หยุดทำงานเมื่อความดันภายในถังได้ตามที่กำหนดไว้

8. สวิตซ์ที่ใช้เท้าเหยียบ ในการควบคุมมอเตอร์อีกแบบหนึ่ง คือ การใช้สวิตซ์ที่ใช้เท้าเหยียบ โดยจะมีกระเดื่องสำหรับเหยียบเพื่อใช้ในการควบคุม โดยในสวิตซ์แบบนี้จะใช้ในกรณีที่ผู้ควบคุมทำงานทั้งมือและเท้าในเวลาเดียวกัน

9. Drum - Controller Switcher เป็นสวิตซ์ควบคุมที่จะใช้ในจุดประสงค์ที่พิเศษ โดยปกติจะนิยมใช้ในมอเตอร์ขนาดใหญ่ทั้งในมอเตอร์เฟสเดียว และสามเฟส จะใช้ในการควบคุมการเริ่มเดินหรือการหยุดเดิน หรือควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์ การควบคุมจะทำได้โดยการเปลี่ยนตำแหน่งของแกนหมุนด้ายบนของมอเตอร์ด้านบนของสวิตซ์

รีเลย์ (Relay)

เป็นอุปกรณ์ควบคุมวงจรไฟฟ้าที่มีการทำงานในลักษณะเป็น เครื่องกลไฟฟ้า ที่นิยมใช้ในวงจรควบคุมแบบต่างๆ กันอย่างแพร่หลาย โดยโครงสร้างพื้นฐานและการทำงานของรีเลย์จะประกอบไปด้วยขดลวดตัวนำและแกนโลหะที่สามารถเคลื่อนที่ขึ้นลงได้ เรียกว่า อาร์มาเจอร์ โดยอาร์มาเจอร์จะมีหน้าที่เปิดปิดหน้าสัมผัสของรีเลย์ การทำงานของรีเลย์จะเริ่มทำงานได้เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านไปที่ขดลวดตัวนำ ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กไปดึงดูดแกนของอาร์มาเจอร์ ถ้าแรงดึงดูดที่เกิดจากสนามแม่เหล็กสามารถชนะแรงดึงของสปริงได้ ก็จะดึงแกนของอาร์มาเจอร์ให้หน้าสัมผัสของรีเลย์มาอยู่ในตำแหน่งอีกทางหนึ่ง แต่ถ้าแรงดึงดูดที่เกิดจากสนามแม่เหล็กไม่สามารถชนะแรงดึงของสปริงได้หน้าสัมผัสของรีเลย์ก็จะอยู่ในตำแหน่งเดิม รีเลย์จะมีหน้าสัมผัสอยู่สองแบบ คือ แบบปกติเปิดและแบบปกติปิด รีเลย์แบบปกติเปิดหน้าสัมผัสของรีเลย์จะเปิดเมื่อไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านไปยังขดลวดของรีเลย์และหน้าสัมผัสจะปิดเมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านไปที่ขดลวดของรีเลย์ ซึ่งการทำงานก็จะตรงกันข้ามกันในรีเลย์แบบปกติปิด รีเลย์มีหลายชนิดด้วยกัน โดยมากรีเลย์จะถูกนำมาใช้ในวงจรการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าในลักษณะของการหน่วงเวลาเพื่อทำให้เกิดการทำงานของวงจรควบคุมเป็นไปตามลำดับหรือใช้เพื่อป้องกันอันตรายที่จะเกิดขึ้นภายในวงจรควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แมกเนติกคอนแทคเตอร์ (Magnetic Contactors)

เป็นสวิตซ์ที่ใช้สำหรับการควบคุมการเริ่มและหยุดเดินของมอเตอร์ โดยจะทำหน้าที่เปิดปิดแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้าสำหรับมอเตอร์ โดยเฉพาะมอเตอร์ขนาดใหญ่ที่มีขนาดเกิน 10 แรงม้าขึ้นไป แมกเนติกคอนแทคเตอร์จะทำหน้าที่ควบคุมการเริ่มและหยุดเดินของมอเตอร์แทนการใช้คนควบคุมโดยตรง ทั้งนี้เพื่อเป็นการป้องกันอันตรายแก่ผู้ควบคุม เพราะกระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจรจะมีปริมาณสูง เนื่องจากมอเตอร์มีขนาดใหญ่ และยังมีจุดประสงค์อีกอย่างหนึ่ง คือ เพื่อให้สามารถทำงานร่วมกับอุปกรณ์อื่นได้อีกในวงจรควบคุมทำให้เกิดความสะดวกและความปลอดภัยมากขึ้น การทำงานจะอาศัยอำนาจแม่เหล็กดึงดูดหน้าสัมผัสให้เชื่อมติดกันทำให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านไปสู่มอเตอร์ได้ และในแมกเนติกคอนแทคเตอร์ทั่วไปจะมีการติดตั้งรีเลย์ป้องกันกระแสไฟฟ้าเกินไว้ด้วยเสมอ

วิธีการควบคุมมอเตอร์ ซึ่งจะมีวิธีการควบคุมอยู่ 2 แบบ ได้แก่

1. การควบคุมด้วยมือ (Manual Control) เป็นการควบคุมมอเตอร์ด้วยมือจะเป็นการควบคุมโดยตรงจากผู้ใช้งาน โดยมากจะใช้ในวงจรควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าขนาดเล็ก การควบคุมแบบนี้จะอาศัยคนทำการควบคุมการเริ่มเดิน และการหยุดเดินมอเตอร์ไฟฟ้าขนาดเล็กเฟสเดียวที่ใช้การควบคุมด้วยมือ โดยจะให้คนควบคุมการปิดเปิดหน้าสัมผัสเพื่อควบคุมกระแสไฟฟ้าที่ไหลไปสู่มอเตอร์

2. การควบคุมด้วยเครื่องควบคุมจากระยะไกลและแบบอัตโนมัติ (Remote and Automatic Control) การควบคุมด้วยเครื่องควบคุมจากระยะไกล หรืออาจจะเรียกเป็นการควบคุมแบบกึ่งอัตโนมัติ จะเป็นการควบคุมโดยการใช้การควบคุมปุ่มสวิตซ์เปิดปิดที่แผงควบคุมที่อยู่ภายในห้องควบคุมหรือตู้ควบคุม เพื่อที่จะควบคุมการเริ่มเดินและหยุดเดินของมอเตอร์โดยจะต้องมีอุปกรณ์พิเศษที่จะต้องทำงานร่วมกับสวิตซ์หลัก เช่น ใช้สวิตซ์แม่เหล็กไฟฟ้าทำงานร่วมกับในวงจรเพื่อที่จะให้สวิตซ์แม่เหล็กเป็นตัวควบคุมการจ่ายกระแสไฟฟ้าไปยังมอเตอร์ไฟฟ้าแทนการใช้มือ

การควบคุมมอเตอร์แบบอัตโนมัติ

จะมีวงจรควบคุมการทำงานคล้ายกับแบบใช้เครื่องควบคุมจากระยะไกลแต่จะมีวงจรควบคุมที่สามารถให้มอเตอร์ทำการเริ่มเดินและหยุดเดินได้อัตโนมัติ สามารถที่จะควบคุมด้วยมือหรือเป็นแบบอัตโนมัติโดยการใช้สวิตซ์ลูกลอยควบคุมการเริ่มเดินและหยุดเดินของมอเตอร์

ตัวเก็บประจุ

ตัวเก็บประจุ เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่รู้จักทั่วไปว่าสามารถเก็บประจุได้ บางทีเรียกว่าคาปาซิเตอร์ ใช้สัญลักษณ์ย่อว่า C มีหน่วยเป็น ฟารัด (F)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ชนิดของตัวเก็บประจุ

1. ตัวเก็บประจุชนิดค่าคงที่ จะไม่สามารถเปลี่ยนแปลงค่าการเก็บประจุได้ แบ่งได้ 5 ชนิด ตัวเก็บประจุชนิดกระดาษ เป็นตัวเก็บประจุที่ใช้กระดาษชุบไข หรือน้ำมัน (Oil) เป็นฉนวนไดอิเล็กตริก โครงสร้างของตัวเก็บประจุชนิดนี้จะประกอบด้วยแผ่นเพลต 2 แผ่น ที่เป็นแผ่นดีบุกรีดจนบางคั่นกลางด้วยกระดาษชุบไขแล้วนำมาม้วนเข้าเป็นท่อนกลม จากแผ่นเพลตทั้งสอง แต่ละข้างจะถูกต่อขาที่เป็นลวดตัวนำออกมาใช้งาน ตัวเก็บประจุจะถูกหุ้มห่อด้วยฉนวนไฟฟ้าชนิดต่างๆ แล้วแต่บริษัทผู้ผลิต อย่างเช่น ปลอกกระดาษแข็ง กระเบื้องเคลือบ กระดาษอาบน้ำผึ้ง เป็นต้น เพื่อป้องกันความชื้นและฝุ่นละออง

ตัวเก็บประจุชนิดกระดาษจะมีค่าความจะไม่สูงมากนัก ซึ่งจะเขียนบอกไว้ที่ข้างๆ ตัวเก็บประจุ คืออยู่ในพิสัยจาก 10 pF ถึง 10mF อัตราทนไฟสูงประมาณ 150 โวลต์ จนถึงหลายพันโวลต์ โดยมากนิยมใช้ในวงจรจ่ายกำลังไฟสูง

ตัวเก็บประจุชนิดไมก้า เป็นตัวเก็บประจุที่ใช้แผ่นไมก้าเป็นฉนวนไดอิเล็กตริก ส่วนมากตัวเก็บประจุชนิดนี้จะถูกทำเป็นรูปสี่เหลี่ยมเพราะแผ่นไมก้าจะมีคุณสมบัติที่แข็งกรอบ โครงสร้างของมันจะประกอบด้วยแผ่นเพลตโลหะบางๆ อาจใช้หลายๆ แผ่นวางสลับซ้อนกัน แต่จะต้องคั่นด้วยฉนวนไมก้า ดังแสดงในรูป ซึ่งตัวเก็บประจุจะถูกหุ้มห่อด้วยฉนวนจำนวนเมกาไลท์ เพื่อป้องกันการชำรุดสึกหรอ

ตัวเก็บประจุชนิดไมก้าจะมีค่าความจุอยู่ในพิสัยจาก 1.5 pF ถึง 0.1 mF มีอัตราทนแรงไฟได้สูงมากประมาณ 350 โวลต์ จนถึงหลายพันโวลต์ โดยบริษัทผู้ผลิตจะพิมพ์บอกค่าความจุอัตราทนแรงไฟและค่าความคลาดเคลื่อนไว้บนตัวของมัน หรือบางทีก็ใช้สีแต้มบอกเป็นโค้ดที่ตัวเก็บประจุนี้ ซึ่งจะได้กล่าวถึงต่อไป ส่วนการใช้งานของตัวเก็บประจุชนิดไมก้า นิยมใช้งานในวงจรความถี่วิทยุ (RF) และวงจรที่มีแรงดันไฟสูงมากๆ

ตัวเก็บประจุชนิดเซรามิค เป็นตัวเก็บประจุที่ใช้ไดอิเล็กตริกที่ทำมาจากฉนวนจำพวกกระเบื้อง หรือที่เรียกว่า "เซรามิค" ซึ่งมีโครงสร้างของตัวเก็บประจุ ตัวเก็บประจุชนิดเซรามิคจะมีรูปร่างแบบแผ่นกลม (Disc) และแบบรูปทรงกระบอก (Tubular) ซึ่งจะมีค่าความจุอยู่ในพิสัยจาก 1.5 pF ถึง 0.1 mF อัตราทนแรงไฟประมาณ 500 โวลต์

ตัวเก็บประจุชนิดพลาสติก แต่จะใช้ไดอิเล็กตริกที่เป็นแผ่นฟิล์มที่ทำมาจากโพลีเอสเตอร (Polyester) ไมลาร์ (Mylar) โพลีสไตรีน (Polystyrene) และอื่นๆ โดยนำมาคั่นระหว่างแผ่นเพลตทั้งสองแผ่นแล้วม้วนพับให้มีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอก

ตัวเก็บประจุชนิดพลาสติกจะมีค่าความจุอยู่ในพิสัยตั้งแต่ 2 mF ขึ้นไปและอัตราทนกำลังไฟตั้งแต่ 200 ถึง 600 โวลต์ ตัวเก็บประจุชนิดอิเล็กโทรลิติก เป็นตัวเก็บประจุที่ใช้น้ำยาอิเล็กโทรไลท์เป็นแผ่นข้างหนึ่งแทนโลหะ และอีกแผ่นหนึ่งเป็นแผ่นโลหะมีเยื่อบางๆ ที่เรียกว่า "ฟิล์ม" (Film) หุ้มอยู่ เยื่อบางๆ นี้คือ ไดอิเล็กตริก หรือแผ่นกั้นจะแสดงลักษณะรูปร่างของตัวเก็บประจุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดอิเล็กโทรลิติก ซึ่งส่วนมากจะบรรจุในกระป๋องอะลูมิเนียมทรงกลมยาว และจะมีขั้วบอกไว้อย่างชัดเจน ว่าขั้วใดเป็นขั้วบวกและขั้วลบ สัญลักษณ์ของตัวเก็บประจุชนิดอิเล็กโทรลิติก การต่อขั้วของตัวเก็บประจุชนิดอิเล็กโทรลิติกในการใช้งานเราจะต้องมีความระมัดระวังให้มากที่สุด ถ้าหากว่าเราต่อขั้วผิดจะมีผลทำให้กระแสไฟเข้าไปทำลายเยื่อที่เป็นไดอิเล็กตริกชำรุดเสียหายได้ตัวเก็บประจุชนิดอิเล็กโทรลิติกจะสามารถทำให้มีค่าความจุได้สูงนับเป็นร้อยๆ ไมโครฟารัด โดยที่

ตัวเก็บประจุจะมีขนาดเล็ก ค่าความจุที่ใช้งานจะอยู่ในพิสัยสองสามไมโครฟารัดจนถึงมากกว่า 100 mF และอัตราทนกำลังไฟตั้งแต่ 5 โวลต์จนถึง 700 โวลต์ ซึ่งนิยมนำไปใช้ในวงจรดี.ซี. ตัวเก็บประจุชนิดอิเล็กโทรลิติกจะมีข้อเสียอันเนื่องมาจากค่าสูญเสียจากสารไดอิเล็กตริกที่มีค่ามาก แต่จะมีตัวเก็บประจุอีกชนิดหนึ่งที่ใช้หลักการเดียวกับตัวเก็บประจุชนิดอิเล็กโทรลิติก คือตัวเก็บประจุแบบแทนทาลัม (Tantalum Electrolytic Capacitor)

2. ตัวเก็บประจุชนิดปรับค่าได้ เป็นตัวเก็บประจุซึ่งการเก็บประจุจะเปลี่ยนแปลงไปตามการเคลื่อนที่ของแกนหมุน ตัวเก็บประจุชนิดนี้ปกติแล้วจะประกอบด้วยอุปกรณ์ภายใน 2 ส่วน ได้แก่ แผ่นเพลตที่เคลื่อนที่ได้และแผ่นเพลตที่ติดตั้งอยู่กับที่โดยแผ่นเพลตทั้งสองจะเชื่อมต่อกันทางไฟฟ้ากับวงจรภายนอก การแบ่งประเภทของตัวเก็บประจุชนิดปรับค่าได้นี้ จะแบ่งตามไดอิเล็กตริกที่ใช้โดยแบ่งออกเป็น 4 ชนิด ได้แก่ อากาศ ไมก้า เซรามิค และพลาสติก

หน่วยของการเก็บประจุ

ค่าการเก็บประจุ แสดงถึงความสามารถในการเก็บประจุไฟฟ้าของตัวเก็บประจุ โดยมีหน่วยเป็น ฟารัด (Farad, F) ตัวเก็บประจุที่มีค่าการเก็บประจุ 1 ฟารัด (F) หมายถึง ความสามารถที่จะเก็บประจุไฟฟ้าจำนวน 1 คูลอมบ์ (6.24 ด 1018 อิเล็กตรอน) โดยให้แรงดันไฟฟ้า 1 โวลต์ระหว่างแผ่นเพลตทั้งสอง

ค่าการเก็บประจุ 1 ฟารัด (F) เป็นค่าที่มีปริมาณมาก และไม่ค่อยพบในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ทั่วไป แต่ที่ใช้กันมากจะมีค่าระหว่างไมโครฟารัด และพิโกฟารัด จากความสัมพันธ์ของค่าการเก็บประจุ ประจุไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้า

ปัจจัยที่มีผลต่อค่าการเก็บประจุ ค่าการเก็บประจุจะมีปริมาณมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัย 3 ประการ ดังนี้ 1. พื้นที่ของแผ่นเพลต 2. ระยะห่างระหว่างแผ่นเพลต 3. ชนิดของไดอิเล็กตริก

ชนิดของไดอิเล็กตริก (K)

สารไดอิเล็กตริกมีคุณสมบัติเป็นฉนวน และมีผลต่อเส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดขึ้นระหว่างแผ่นเพลต ดังนั้น ชนิดของวัสดุที่นำมาใช้เป็นไดอิเล็กตริกจึงมีผลต่อค่าการเก็บประจุ ค่าคงที่ไดอิเล็กตริก (Dielectic Constant, K) เป็นค่าที่ใช้แสดงถึงความสามารถในการที่จะทำให้เกิดเส้นแรงแม่เหล็กขึ้นเมื่อนำวัสดุต่างชนิดกันมาทำเป็นฉนวนคั่นระหว่างแผ่นเพลต สุญญากาศเป็นไดอิเล็กตริกที่มีประสิทธิภาพน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับวัสดุชนิดอื่น นั่นคือ มีค่าคงที่ไดอิเล็กตริกเท่ากับ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับไดอิเล็กตริก ชนิดอื่นนั้นจะใช้สุญญากาศเป็นตัวอ้างอิงในการแสดงค่า ตัวอย่างเช่น ไมก้า มีค่าคงที่ไดอิเล็กตริกเท่ากับ 50 หมายความว่า ไมก้าสามารถทำให้เส้นแรงแม่เหล็ก สามารถก่อตัวได้ง่ายกว่าสุญญากาศถึง 5 เท่า และด้วยค่าการเก็บประจุเป็นสัดส่วนโดยตรงกับค่าคงที่ไดอิเล็กตริก (C ต K) ดังนั้น ตัวเก็บประจุแบบไมก้าจึงมีค่าการเก็บประจุมากกว่าตัวเก็บประจุที่ใช้สุญญากาศเป็นไดอิเล็กตริกถึง 5 เท่า ส่วนไดอิเล็กตริกของวัสดุชนิดอื่นๆ

2.2 ความปลอดเกี่ยวกับไฟฟ้า

เพื่อควบคุมอันตรายจากไฟฟ้าตั้งแต่อุปกรณ์ไฟฟ้า สายไฟฟ้า ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ การเดินสาย การป้องกันกระแสไฟฟ้าเกินขนาด สายดิน สายล่อฟ้าตลอดจนอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลที่ใช้ในการทำงานเกี่ยวกับไฟฟ้า

ขอบเขตของกฎหมายและการบังคับใช้

ใช้บังคับกับสถานประกอบการที่มีลูกจ้างตั้งแต่ 1 คนขึ้นไปทุกประเภท

สาระสำคัญของกฎหมาย

1. สายไฟฟ้าและอุปกรณ์ไฟฟ้าต้องไม่ชำรุด
2. การปฏิบัติงานใกล้สิ่งที่มีไฟฟ้าต้องรักษาระยะห่างตามที่กำหนดเว้นแต่
   - ใส่เครื่องป้องกัน
   - มีฉนวนหุ้ม
   - มีเทคนิคการปฏิบัติงาน
3. ชนิดของสายไฟฟ้าที่ใช้ต้องเหมาะสมกับการใช้งานและเป็นไปตามมาตรฐาน
4. มีเครื่องตัดกระแสติดตั้งไว้ ณ จุดที่มีการเปลี่ยนขนาดสายและระหว่างเครื่องวัดไฟฟ้ากับสายภายในอาคาร
5. อุปกรณ์ไฟฟ้าชนิดเคลื่อนที่ได้ที่ใช้สายเคเบิ้ลอ่อนและสายอ่อนต้องไม่มีรอยต่อหรือต่อแยก
6. มีการติดตั้งเต้าเสียบเพียงพอต่อการใช้งาน
7. การติดตั้งหม้อแปลงไฟฟ้าที่มีแรงดัน 600 โวลต์ ขึ้นไป ต้องเป็นไปตามที่กฎหมายกำหนด
8. สวิตซ์ทุกตัวบนแผงสวิตซ์ต้องเข้าถึงได้ง่าย เพื่อสะดวกในการปลด และสับ แผงสวิตซ์มีความแข็งแรงเพียงพอที่จะทนแรงปลดและสับได้
9. อุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีเปลือกเป็นโลหะ ต้องต่อสายดิน
10. มีการป้องกันฟ้าผ่าของปล่องควัน
11. การจัดอุปกรณ์ป้องกันอันตรายจากไฟฟ้าที่มีแรงดันมากกว่า 50 โวลต์ ขึ้นไปให้ลูกจ้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แนวการตรวจของผู้ตรวจประเมิน

1. ตรวจสอบสภาพของสายไฟและอุปกรณ์ไฟฟ้า ตรวจสอบสายไฟฟ้าที่เดินอยู่ว่าสภาพของสายไฟฟ้ายังเรียบร้อยดีอยู่หรือไม่ เช่น ฉนวนฉีกขาด สายมีรอยไหม้ สายหลุดจากที่ยึดโยง

1.1 การเดินสายที่ถูกต้อง จะต้องเดินหรือติดตั้งอยู่บนลูกถ้วย อยู่ในราง เดินในท่อ หรือใช้เข็มขัดรัดสาย จะต้องไม่เดินสายฟ้าโดยการพาดไปตามส่วนต่างๆ ของตัวอาคาร ชั้นวางของ หรือใช้เชือกผูกห้อยสายไฟฟ้าไปตาม ขื่อแป หรือลูกกรงเหล็ก

1.2 การเดินสายเข้าตัวเครื่องจักร ควรเดินในท่อ โดยอาจจะเดินจากที่สูงลงมาหรือฝังดิน ทั้งนี้เพื่อป้องกันวัสดุต่างๆ ไปกระแทกกับสายไฟฟ้าซึ่งจะก่อให้เกิดการชำรุดได้ แต่ในบางกรณีอาจใช้สายเคเบิ้ลเดินเข้าเครื่องจักรได้โดยตรงโดยไม่ต้องใช้ท่อ

1.3 ในส่วนของอุปกรณ์ไฟฟ้า เช่น กล่องควบคุม ตู้สวิตซ์บอร์ดต่างๆ มอเตอร์ ถ้าชำรุดแตกหัก ควรแนะนำให้แก้ไข เช่น

1.3.1 เครื่องตัดกระแสไฟฟ้า ได้แก่ สวิตซ์เบรกเกอร์ (ตัวสีดำ) สวิตซ์ตัดไฟอัตโนมัติ (ทั่วไปเรียกว่า ทิชิโน) ถ้าฝาครอบแตกร้าว น็อตยึดสายไม่แน่น ต้องแก้ไขหรือเปลี่ยนใหม่

1.3.2 คัดเอาท์ใบมีด สำหรับใช้ตัดไฟฟ้า จะต้องมีฝาครอบภายในใส่ฟิวส์ ห้ามใช้ลวดทองแดงแทนฟิวส์ การต่อสายไปใช้งานควรยึดกับตัวน็อต สำหรับต่อสาย ห้ามนำสายไฟมาเกี่ยวกับฟิลส์ หรือหัวตัวน็อต เพราะการยึดสายไม่แน่นกับตัวน็อตจะทำให้เกิดความร้อนที่ขั้วต่อสาย ไฟอาจจะไหม้ได้

1.3.3 อุปกรณ์เต้ารับและเต้าเสียบ หรือที่เรียกว่าปลั๊กไฟซึ่งติดอยู่กับผนัง ปกติเต้ารับเรียกปลั๊กตัวเมียและเต้าเสียบเรียกปลั๊กตัวผู้ ฝาครอบต้องไม่แตก ควรใช้ปลั๊กตัวผู้เป็นตัวเสียบใช้งานไม่ให้ใช้ปลายของสายไฟเสียบปลั๊กตัวเมีย และไม่ให้เสียบใช้งานหลายๆ จุดพร้อมกัน เพราะปลั๊กตัวเมียแต่ละชนิดจะมีอัตราการทนกระแสไฟฟ้าที่จำกัด ถ้าใช้หลายๆ จุดพร้อมกันจะทำให้เกิดความร้อนภายในตัวปลั๊กไฟ และอาจจะไหม้ไฟได้

1.3.4 สวิตซ์ตัดไฟควบคุมการปิด-เปิดเครื่องจักรต่างๆ ฝาครอบต้องไม่ชำรุด เพราะอาจจะเป็นอันตรายเวลาจะปิด-เปิดเครื่องจักร โดยมืออาจจะพลาดไปถูกข้อต่อสายไฟถูกไฟช็อตได้

2. การป้องกันในกรณีให้ลูกจ้างทำงานใกล้สิ่งที่มีไฟฟ้าแรงสูงน้อยกว่าระยะห่าง ที่กฎหมายกำหนด กรณีลูกจ้างต้องทำงานใกล้ๆ สิ่งที่มีการใช้ไฟฟ้า เช่น มอเตอร์หม้อแปลงลูกเล็กๆ ที่ใช้กับเครื่องจักร แผนควบคุมสวิตซ์บอร์ดขนาดใหญ่ ต้องมีการป้องกันโดยการให้ตัดกระแสไฟฟ้าก่อน หากต้องเปิดให้กระแสไฟฟ้าอยู่ตลอดเวลาในขณะที่ลูกจ้างทำงาน ก็ควรจะหาสิ่งที่เป็นฉนวน เช่น แผงไม้อัด พลาสติก รั้วมากั้นระหว่างผู้ปฏิบัติงานกับอุปกรณ์ไฟฟ้าเหล่านั้น กรณีที่เป็นไฟฟ้าแรงสูงต้องมีระยะห่างตามตารางที่กฎหมายกำหนดไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ชนิดของสายไฟฟ้าที่เหมาะสมกับการใช้งาน การตรวจเช็คชนิดของสายไฟในทางปฏิบัติทำได้ยาก เพราะจะต้องมีการตัดสายเพื่อตรวจสอบ ดังนั้นการตรวจจึงทำได้โดยเพียงตรวจการใช้งานให้ใช้ได้และปลอดภัย เช่น

3.1 สายที่ใช้เป็นสายเมน ให้เดินบนลูกถ้วย เดินในราง เดินในท่อสายเมนควรใช้เป็นสายเดี่ยว มีฉนวนหุ้ม

3.2 สายที่เดินด้วยเข็มขัดรัดสาย ต้องเป็นสายพีวีซีคู่ มีฉนวนหุ้มสายไฟอีก 1ชั้น

3.3 สายที่ใช้เดินใต้ดิน ต้องใช้สายฉนวน 2 ชั้น

4. มีเครื่องตัดกระแสติดตั้งไว้ ณ จุดที่กฎหมายกำหนด ได้แก่

4.1 จากสายเมนนอกโรงงานจะเข้าภายในโรงงาน จะต้องมีเครื่องตัดกระแสไฟฟ้าเพื่อตัดกระแสไฟทั้งหมดภายในโรงงาน

4.2 จากสายเมนภายในโรงงานเข้าเครื่องจักรต่างๆ จะต้องมีเครื่องตัดกระแสไฟฟ้าแต่ละจุด เพื่อใช้ปิด-เปิดเฉพาะเครื่องจักรตัวนั้นเครื่องตัดกระแสที่ติดตั้งเพื่อตัดกระแสไฟเวลาปิด-เปิดใช้งาน ตามปกติจะตัดไฟได้เองโดยอัตโนมัติ ถ้าเกิดกรณีใช้กระแสไฟฟ้าเกิดหรือเกิดไฟฟ้าช๊อต (แต่จะไม่ตัดเมื่อกระแสไฟฟ้ารั่ว)

5. สายเคเบิ้ลอ่อนและสายอ่อน ต้องไม่มีรอยต่อหรือต่อแยกสายเคเบิ้ลอ่อนหรือสายอ่อนใช้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าแบบเคลื่อนที่ได้ เช่น สว่านมือไฟฟ้า พัดลมระบายอากาศ เครื่องสูบน้ำแบบจุ่มแช่ ปั๊มลมเล็กๆ เป็นต้น เครื่องมือเหล่านี้มีการใช้งานเคลื่อนย้ายอยู่ตลอดเวลา ถ้ามีรอยต่อหรือต่อแยก อาจเกิดอันตรายจากกระแสไฟฟ้ารั่วได้

6. มีการติดตั้งเต้าเสียบเพียงพอต่อการใช้ไฟฟ้าได้อย่างปลอดภัย

7. การติดตั้งหม้อแปลงไฟฟ้าที่มีแรงดัน 600 โวลต์ ขึ้นไปให้เป็นไปตามที่กฎหมายกำหนดดังนี้

7.1 หม้อแปลงไฟฟ้าที่ติดตั้งภายในอาคาร จะต้องห่างจากฝาผนังด้านละ 1 เมตร และมีการต่อสายดินจากตัวหม้อแปลงลงดินเพื่อป้องกันกระแสไฟฟ้ารั่ว

7.2 หม้อแปลงไฟฟ้าที่ติดตั้งบนเสานอกอาคาร ต้องสูงจากพื้นดินไม่น้อยกว่า 3.4 เมตร กรณีมียานพาหนะวิ่งผ่านต้องสูงไม่น้อยกว่า 4 เมตร

7.3 ในกรณีติดตั้งอยู่บนพื้น ต้องทำรั้วล้อมรอบห่างจากตัวหม้อแปลงไฟฟ้าด้านละ 1 เมตร และทำสายดินที่รั่วโลหะ

8. สวิตซ์ทุกตัวบนแผนสวิตซ์ต้องเข้าถึงได้ง่าย เพื่อสะดวกในการปลดและสับ

9. แผงสวิตซ์มีความแข็งแรงเพียงพอที่จะทนแรงปลด และสับได้

10 เครื่องมือเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ ที่มีเปลือกหุ้มภายนอกเป็นโลหะต้องต่อสายดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การต่อสายดินประกอบดิน

หลักดิน ใช้เหล็กอาบทองแดงกันการผุกร่อน ยาวไม่น้อยกว่า 2.40 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 16 มิลลิเมตร ตอกลึกลงไปในดิน 2.40 เมตร

สายดิน ใช้สายไฟขนาด 4-6 มิลลิเมตร ต่อกับหลักดินให้แน่น โดยการใช้น๊อตยึดหรือการเชื่อมสายกับหลักดิน และนำไปต่อกับโครงอุปกรณ์ไฟฟ้าที่เป็นโลหะ เช่น มอเตอร์ เครื่องกลึง เครื่องไส ฯลฯ

11. สายล่อฟ้า หากตรวจพบในสถานประกอบการมีการใช้ปล่องควัน

11.1 ปล่องควันที่เป็นโลหะ ไม่ต้องมีสายล่อฟ้า ส่วนโคนปล่องควันจะต้องมีสายต่อลงดิน ลวดโลหะยึดโยงทุกเส้นต้องต่อลงดินเช่นกัน

11.2 ปล่องควันที่เป็นอิฐก่อหรือคอนกรีต เช่น ปล่องโรงสีข้าวต้องมีสายล่อฟ้า

12. อุปกรณ์ป้องกันอันตรายจากไฟฟ้า

12.1 เครื่องมือที่ใช้ปฏิบัติงานเกี่ยวกับไฟฟ้า เช่น คีม ไขควง จะต้องมีฉนวนหุ้ม

12.2 ขณะปฏิบัติงานเกี่ยวกับการซ่อมไฟฟ้า ควรใส่ถุงมือยาง ถุงมือหนัง รองเท้าพื้นยางหุ้มส้น เส้นผ้าจะต้องไม่เปียกชื้น

12.3 ขณะปฏิบัติงานตรวจสอบ ซ่อมแซม ติดตั้งไฟฟ้า ให้แขวนป้าย " ห้ามใช้" " กำลังซ่อม" " อันตราย" ขณะเดียวกัน ให้ใส่กุญแจล๊อคไว้ที่สวิตซ์ใบมีด เพื่อป้องกันการสับสวิตซ

สายไฟฟ้า การเลือกใช้สายไฟฟ้า

1. ใช้เฉพาะสายไฟฟ้าที่ได้มาตรฐานจากสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.) เท่านั้น

2. สายไฟฟ้าชนิดที่ใช้เดินภายในอาคารห้ามนำไปใช้เดินนอกอาคาร เพราะแสงแดดจะทำให้ฉนวนแตกกรอบชำรุด สายไฟชนิดที่ใช้เดินนอกอาคารมักจะเติมสารป้องกันแสงแดดไว้ในเปลือกหรือฉนวนของสาย สารป้องกันแสงแดด ที่ใช้กันมากนั้นจะเป็นสีดำแต่อาจเป็นสีอื่นก็ได้ การเดินร้อยในท่อก็มีส่วนช่วยป้องกันฉนวนของสายจากแสงแดดได้ระดับหนึ่ง

เลือกใช้ชนิดของสายไฟให้เหมาะสมกับสภาพการติดตั้งใช้งาน เช่นสายไฟชนิดอ่อน ห้ามนำไปใช้เดินยึดติดกับผนัง หรือลากผ่านบริเวณที่มีการกดทับสายเนื่องจากฉนวนของสายไม่สามารถรับแรงกระแทกจากอุปกรณ์จับยึดสายได้การเดินสายใต้ดินก็ต้องใช้ชนิดที่เป็นสายที่ไม่สามารถรับแรงกระแทกจากอุปกรณ์จับยึดสายได้ การเดินสายใต้ดินก็ต้องใช้ชนิดที่เป็นสายใต้ดิน พร้อมทั้งมีการเดินร้อยในท่อเพื่อป้องกันสายใต้ดินไม่ให้เสียหาย

ขนาดของสายไฟฟ้าต้องเลือกให้เหมาะสมกับแรงดันไฟฟ้าละปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ใช้งาน และสอดคล้องกับขนาดของฟิวส์หรือสวิตช์อัตโนมัติ (เบรกเกอร์) ที่ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเดินสายไฟฟ้า

1. เลือกว่าจ้างช่างเดินสายไฟฟ้าที่มีประสบการณ์สูงหรือช่างที่เคยผ่านการอบรมจากการไฟฟ้า

2. หลีกเหลี่ยงการมีจุดต่อสายไฟฟ้าเกินความจำเป็น หากมีการต่อสายก็ต้องเลือกใช้อุปกรณ์การต่อสายที่ถูกต้อง มั่นคงแข็งแรง

3.สายไฟฟ้าที่ทะลุผ่านผนังหรือออกมาจากอุปกรณ์ไฟฟ้าต้องมีฉนวนรองรับ เพื่อป้องกันฉนวนของสายไฟฟ้าถูกบาดจนชำรุด

4.สายไฟฉนวนสีดำ ใช้สำหรับสายไฟที่มีไฟ ส่วนสีเทาอ่อนหรือสีขาว ใช้สำหรับสายเส้นที่ไม่มีไฟ (สายศูนย์) สำหรับสีเขียวหรือสีเขียวสลับเหลือง ใช้สำหรับสายดิน

5.อุปกรณ์ป้องกันกระแสไฟฟ้าเกิน เช่น ฟิวส์ หรือเบรกเกอร์ รวมทั้งสวิตช์ปิด-เปิด ให้ต่อกับสายไฟฟ้าที่มีฉนวนสีดำ (เส้นที่มีไฟ) เท่านั้น และห้ามต่อฟิวส์ในสายเส้นที่ไม่มีไฟ (เส้นศูนย์) ในกรณีที่ใช้เบรกเกอร์หรือสวิตช์ ในเส้นศูนย์ด้วยต้องเป็นชนิดที่ตัดไฟหรือปลดสายไฟทุกเส้นออกพร้อมกัน (2 ขั้วพร้อมกัน)

6. กรณีที่มีการต่อเติมเดินสายไฟบางส่วนแล้วพบว่า การเดินสายไฟเดิมทั้งบ้านใช้สีของสายๆฟสลับกันกับมาตราฐานเหมือนกัน ทั้งหมด (เส้นที่มีไฟใช้สีขาว เส้นศูนย์ใช้สีดำ) หากไม่สามารถแก้ไขใหม่ได้ขอให้ใช้สายไฟระบบเดียวกันทั้งบ้าน แต่ต้องมีเครื่องหมายหรือเอกสารกำกับไว้ที่แผงสวิตช์หรือเมนสวิตช์สำหรับช่างไฟ และเจ้าของบ้านทราบทุกครั้งที่มีการตรวจสอบด้วย

7. กรณีของสายดิน ถ้าใช้สายดินเป็นเส้นเดี่ยวต้องมีฉนวนเป็นสีขาวและถ้าสายวงจรเดินในท่อโลหะต้องเดินสายดิน ในท่อเดียวกับสายวงจรด้วยห้ามเดินนอกท่อโลหะ

8. สายไฟสายเดี่ยวที่เป็นฉนวนชั้นเดียวเช่น สาย THW. ไม่อนุญาตให้เดินสายโดยใช้เข็มขัดรัดสาย

9.สายเมนที่มีขนาดต่ำกว่า 50 ตร.มม. ไม่ควรนำมาควบสาย

การตรวจสอบสายไฟฟ้า

1.ตรวจสอบการเดินสายไฟ ว่าใช้สีถูกต้องตามมาตรฐานหรือไม่ (ใช้ไขควงล่อไฟ) หากไม่ถูกต้องเพียงบางจุดให้แก้ไข สลับสายใหม่ หากไม่ถูกต้องตลอดทั้งอาคารเหมือนกันหมดให้มีเครื่องหมายหรือเอกสารกำกับไว้ที่แผงสวิตช์หรือตู้เมนสวิตช์ด้วย เพื่อป้องกันการเข้าใจผิดภายหลัง

2. ตรวจสอบจุดต่อสาย การเข้าสาย ต้องขันให้แน่อย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง

3. สังเกตอุณหภูมิของสาย โดยสัมผัสที่ผิวฉนวนของสาย ถ้ารู้สึกอุ่นหรือร้อนแสดงว่าผิดปกติ อาจเนื่องจากใช้ไฟเกินขนาดของสาย หรือมีจุดต่อสายต่างๆไม่แน่น เช่น ปลั๊กไฟ เต้ารับ สวิตช์ เป็นต้น

4. สังเกตสีของของเปลือกสาย ถ้าสายไฟบางเส้นมีสีเปลี่ยนไป เช่น สีขาวเปลี่ยนเป็นสีคล้ำหรือฝุ่นจับมาก แสดงว่ามีอุณหภูมิสูงกว่าปกติอาจมีไฟใช้เกินขนาดสายหรือมีการต่อสายไม่แน่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ฉนวนของสายไฟฟ้าต้องไม่มีการแตกกรอบ ไม่มีรอยไหม้ ชำรุด ถ้าพบควรหาสาเหตุและแก้ไขสาเหตุแล้วแก้ไขสาเหตุ พร้อมเปลี่ยนสายใหม่

6. หมั่นตรวจสอบสภาพของสายไฟฟ้าปีละ 1 ครั้งเป็นอย่างน้อยโดยให้มีการบันทึกข้อมูลการตรวจสอบสภาพไว้ทุกครั้ง

7. กรณีที่มีการใช้ไฟฟ้ามากขึ้น ควรตรวจสอบขนาดของสายไฟฟ้าที่ใช้อยู่ว่าเหมาะสมหรือไม่ ถ้าขนาดของสายไฟไม่เพียงพอต้องเปลี่ยนใหม่

8. ตรวจสอบสายไฟบริเวณที่ทะลุผ่านฝ้าเพดานหรือผนัง อาจมีรอยหนูแทะเปลือกของสายทำให้เกิดลัดวงจรและเกิดไฟไหม้ได้

เมนสวิตซ์

เมนสวิตช์ หมายถึง อุปกรณ์บนแผงควบคุมการจ่ายไฟฟ้าที่ทำหน้าที่ควบคุมการใช้ๆฟฟ้าให้เกิดความปลอดภัยสามารถสับหรือปลด ออกได้ทันที เมนสวิตช์มักจะหมายถึง อุปกรณ์สับปลดวงจรไฟฟ้าตัวแรกถัดจากเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้า(มิเตอร์) ของการไฟฟ้าเข้ามา ในบ้าน ซึ่งจะรวมถึงอุปกรณ์ป้องกันกระแสไฟฟ้าเกินและลัดวงจรด้วย

1. ขนาดปรับตั้งของอุปกรณ์ป้องกันกระแสเกินหรือลัดวงจร เช่น ฟิวส์หรือเบรกเกอร์ต้องเลือกขนาดให้สามารถตัดวงจรไฟฟ้าในขณะที่เกิดลัดวงจร หรือมีกระแสไฟฟ้าเกินก่อนที่สายไฟฟ้าและอุปกรณ์อื่นๆจะเสียหาย

2.ความสามารถหรือพิกัดในการตัดกระแสไฟฟ้าลัดวงจร ของฟิวส์หรือเบรกเกอร์ต้องสูงกว่าค่ากระแสลัดวงจรของระบบไฟฟ้าที่ตำแหน่งติดตั้ง ปกติมีหน่วยเป็น kA หรือกิโลแอมแปร์ ค่าพิกัดกระแสลัดวงจร (IC) สอดคล้องกับแรงดันไฟฟ้าที่ใช้งานด้วย

3. ตำแหน่งของเมนสวิตช์ต้องอยู่ห่างจากวัตถุที่เป็นเชื้อเพลิง เช่น ผ้า กระดาษ หรือ สารไวไฟ เช่น ทินเนอร์ผสมสี

4. ตู้เมนสวิตช์ หากทำด้วยโลหะต้องต่อลงดิน หากไม่ใช่โลหะต้องทำด้วยสารที่ไม่ติดไฟได้ง่าย หรือทำด้วยวัตถุที่ไม่ไหม้ลุกลาม (Flame-retarded)

5.ตำแหน่งของเมนสวิตช์ต้องเข้าถึงได้สะดวก และมีการระบายอากาศบ้างอย่างเพียงพอ

6. ตำแหน่งของเมนสวิตช์ควรอยู่สูงพ้นระดับที่น้ำอาจท่วมถึง และไม่อยู่ใกล้กับแนวท่อน้ำหรือท่อระบายน้ำเพื่อป้องกันอันตรายในกรณีที่ท่อน้ำชำรุด

7. ในกรณีที่เมนสวิตช์ ประกอบด้วย คัตเอาท์ (สวิตช์ใบมีด) และคาร์ทริดจ์ฟิวส์ (ฟิวส์กระปุก) ให้ต่อตรงที่ตำแหน่งฟิวส์ภายในคัตเอาท์ด้วยสายทองแดงที่มีขนาดเพียงพอ (ไม่เล็กกว่าสายเมน)เพื่อให้ทำหน้าที่เป็นสะพานไฟสับ-ปลดวงจรอย่างเดียว โดยให้คาร์ทริดจ์ ฟิวส์ทำหน้าที่ป้องกันกระแสเกินและกระแสลัดวงจรแทน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. ในขณะที่ปลดเมนสวิตช์ เพื่อการซ่อมแซมหรือบำรุงรักษานั้น ให้เขียนป้ายเตือนไว้ว่า " ห้ามสับไฟ ! ช่างไฟฟ้ากำลังทำงาน " แขวนไว้ที่เมนสวิตช์ทุกครั้ง

9. เครื่องตัดไฟรั่ว ควรมีปุ่มทดสอบการทำงาน และมีการกดปุ่มทดสอบการทำงาน และมีการกดปุ่มทดสอบเป็นประจำเครื่องตัดไฟรั่วที่ใช้ ป้องกันไฟดูด ควรมีความเร็วสูงโดยต้องมีขนาดกระแสไฟฟ้ารั่วไม่เกิน 30mAและหากใช้ตัวเดียวป้องกันทั้งบ้านอาจมีปัญหาเครื่องตัดบ่อยจึงควรใช้เฉพาะวงจรย่อยหรือเต้ารับพิเศษหรือใช้แยกวงจรที่มีกระแสไฟรั่วโดยธรรมชาติออก เช่น เครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วนวงจรที่มีลักษณะเป็นตัวเก็บประจุ หรือเครื่องป้องกันฟ้าผ่าที่มีการต่อลงดิน เป็นต้น

10. ขั้วต่อสาย การเข้าสายและจุดสัมผัสต่างๆต้องหมั่นตรวจสอบขันให้แน่นอย่างน้อยปีละ 1 ครั้งเพื่อไม่ให้เกิดความร้อน วิธีตรวจสอบอุณหภูมิของสายอย่างง่ายๆอาจใช้นิ้วสัมผัสฉนวนสายบริเวณใกล้กับจุดต่อต่างๆ ก็ได้

11. เมื่อมีการทำงานต่างๆของเบรกเกอร์ (สวิตช์อัตโนมัติ) หรือเครื่องตัดไฟรั่วจะต้องตรวจสอบสาเหตุทุกครั้งว่าเกิดจากอะไร เพื่อทำการแก้ไขก่อนที่จะมีการสับไฟใหม่ สาเหตุที่เป็นไปได้ คือ เครื่องใช้ไฟฟ้าชำรุด ไฟฟ้ารั่ว ไฟฟ้าลัดวงจร มีการใช้ไฟเกินกำลังขนาดของสายไฟฟ้าหรือขนาดของเบรกเกอร์บางครั้งอาจเกิดจากไฟตกหรืออาจเกิดจากเบรกเกอร์ชำรุดเอง กรณีที่เครื่องตัดไฟรั่วที่มักจะทำงานเมื่อมีฟ้าผ่านั้นเป็นเหตุการณ์ปกติในกรณีที่มีคลื่นเหนี่ยวนำจากระแสฟ้าผ่าเล็ดลอดเข้ามาในบ้านที่มีเครื่องตัดไฟรั่วที่ไวเกินไปหรือระบบสายไฟที่เก่าเกินไป

12. หลักดินและตำแหน่งต่อลงดินภายในอาคารหลังเดียวกัน ควรมีอยู่แห่งเดียวคือบริเวณตู้เมนสวิตช์ทางด้านไฟเข้าเท่านั้น

13. ควรแยกวงจรสำหรับระบบไฟฟ้าชั้นล่างของอาคารออกต่างหากและให้สามารถปลดวงจรออกได้โดยสะดวกในกรณีที่มีน้ำท่วมขัง

อุปกรณ์ป้องกันกระแสเกินและลัดวงจร ที่ทำหน้าที่เป็นเมนสวิตช์ ควรมีจำนวนคู่ดังนี้

ระบบไฟที่ไม่มีสายดิน เบรกเกอร์ต้องเป็นชนิดที่ตัดพร้อมกันทั้ง 2 ขั้ว หากใช้ฟิวส์อาจใช้ขั้วเดียวได้แต่ต้องอยู่ในสายไฟที่มีไฟ และต้องมีสะพานไฟหรือคัตเอาท์ 2 ขั้ว ที่สามารถปลดไฟพร้อมกันทั้ง 2 ขั้ว ระบบไฟที่มีสายดิน เบรกเกอร์และฟิวส์สามารถใช้ชนิดที่ตัดขั้วเดียวในสายเส้นที่มีไฟได้ ยกเว้น กรณีห้องชุดของอาคารชุด

สวิตช์ปิด-ปิด

สวิตช์ปิด-เปิดในที่นี้ หมายถึง สวิตช์สำหรับปิด-เปิดหลอดไฟหรือโคมไฟสำหรับแสงสว่างหรือเครื่องใช้ไฟฟ้าชนิดอื่นๆที่มีการติดตั้งสวิตช์เอง มีข้อแนะนำดังนี้

1. เลือกใช้สินค้าที่มีมาตรฐาน มอก. หรือมาตรฐานสากลอื่นๆ ที่มีการรับรอง เช่น UL, VDE, KEMA, DIN เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. แรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่กำหนดของสวิตช์ต้องไม่ต่ำกว่าค่าที่ใช้งานจริง

3.การเข้าสาย/ต่อสายต้องแน่น และมั่นคงแข็งแรง

4. สปริงต้องแข็งแรง ตัดต่อวงจรได้ฉับไว

5. ฝาครอบไม่ร้าวหรือแตกง่าย

6.ถ้าใช้งานภายนอกต้องทนแดด ทนฝนได้ด้วย

7. ถ้าสัมผัสที่สวิตช์แล้วรู้สึกว่าอุ่นหรือร้อนแสดงว่า มีการต่อสายไม่แน่นหรือสวิตช์เสื่อมคุณภาพ

8. หลีกเหลี่ยงการติดตั้งสวิตช์ในที่ชื้นแฉะ และห้ามสัมผัส หรือใช้สวิตช์ในขณะที่ร่างกายเปียกชื้น

9. ติดตั้งสวิตช์ตัดวงจรเฉพาะกับสายเส้นที่มีไฟ (ฉนวนสีดำ) เท่านั้น

เต้าเสียบและเต้ารับ

หลักในการเลือกซื้อเต้าเสียบและเต้ารับ เต้าเสียบและเต้ารับที่ดีต้องปลอดภัย ควรมีลักษณะดังนี้ คือ

- มีการป้องกันนิ้วมือไม่ให้สัมผัสขาปลั๊กในขณะเสียบหรือถอดปลั๊ก เช่น การทำให้เต้ารับเป็นหลุมลึกหรือการหุ้มฉนวนที่โคนขาปลั๊กหรือทำเต้าเสียบ (ปลั๊ก) ให้มีขนาดใหญ่เมื่อมีการกุมมือจับเต้าเสียบแล้วไม่มีโอกาสจับขาปลั๊กส่วนที่มีไฟ

- มีการป้องกันเด็กใช้นิ้วหรือวัสดุแหย่รูเต้ารับ เช่น มีฝาครอบหรือบานพับเปิด-ปิดรูของเต้ารับ ซึ่งบานพับจะเปิดตอนใช้ปลั๊กเสียบเท่านั้น

- มีมาตรฐานสากลรับรอง ละผ่านการทดสอบตามมาตรฐานนั้นๆ เช่น UL, VDE, DIN, KEMA เป็นต้น - ขนาดของกระแสและแรงดันไฟฟ้าสอดคล้องกับการใช้งานจริง เช่นทดลองเสียบปลั๊กแล้วดึงออก 5-10 ครั้ง ถ้ายังคงฝืดและแน่นแสดงว่าใช้งานได้

อันตรายของการใช้ปลั๊กแบบคู่ขนาน (2-3 ขา)

- ปลั๊กขาแบนนั้นมาตรฐานทั่วโลกกำหนดให้ใช้ไฟไม่เกิน 125 โวลต์จึงไม่เหมาะกับประเทศไทยที่ใช้ระบบไฟ 220 โวลต์ และใช้แรงดันทดสอบที่สูงกว่า

- ปลั๊กขาแบนที่จับที่เล็ก มักเกิดอุบัติเหตุนิ้วมือสัมผัสขาปลั๊ก ซึ่งเป็นอุบัติเหตุส่วนใหญ่ที่เกิดขึ้นในประเทศไทย - เต้าเสียบและเต้ารับไม่มีการป้องกันนิ้วมือสัมผัส ขาปลั๊กในขณะที่เสียบหรือถอดปลั๊ก ซึ่งอันตรายในขณะที่สัมผัสไฟ 220 โวลต์ จะรุนแรงกว่าสัมผัสแรงดัน 110 โวลต์เกือบเท่าตัว

- เต้ารับสำหรับปลั๊กขาแบนเมื่อใช้เต้ารับมาใช้กับเต้าเสียบ 220 โวลต์ที่เป็นขากลมจำเป็นต้องดัดแปลงให้เต้ารับเสียบขากลมได้ด้วย ทำให้รูของเต้ารับกว้างขึ้น เนื่องจากระยะห่างของขาทั้ง 2 ชนิดไม่เท่ากัน มักจะมีปัญหาไม่ปลอดภัยเสียบไม่แน่นและอาจเกิดอัคคีภัยได้ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อแนะนำหากจะต่อปลั๊กที่เครื่องใช้ไฟฟ้าประเภท 1 ให้มีสายดินด้วยตัวเอง

- ก่อนอื่นจะต้องตรวจสอบก่อนว่า ตัวถังโลหะต้องไม่ต่อกับสายศูนย์ของเครื่องใช้ไฟฟ้า มิฉะนั้นจะทำไม่ได้ ยกเว้นจะปลดให้แยกจากกันและมีระดับฉนวนที่ทดสอบแล้วว่าเพียงพอ

- สำหรับเครื่องไฟฟ้าที่มีสายดินมาจากผู้ผลิต ไม่ปลอดภัยที่จะทำเองควรปรึกษาผู้ผลิตหรือช่างที่ชำนาญที่มีเครื่องมือทดสอบเป็นการเฉพาะ เช่นเครื่องมือทดสอบฉนวนของสายไฟและเส้นศูนย์เมื่อเทียบกับตัวถังโลหะ (เส้นศูนย์ห้ามต่อกับสายดินที่เครื่องใช้ไฟฟ้า) ทดสอบความต่อเนื่องและคงทนของการต่อสายดินที่เครื่องใช้ไฟฟ้าเมื่อมีกระแสไฟฟ้าลัดวงจรไหลในสายดิน เป็นต้น

ข้อแนะนำการติดตั้งและใช้งานเต้าเสียบเต้ารับ (เพิ่มเติม)

ตำแหน่งของการติดตั้งเต้ารับควรอยู่สูงให้พ้นมือเด็กหรือระดับน้ำที่อาจท่วมถึง

- เวลาถอดปลั๊กให้ใช้มือจับที่ตัวปลั๊ก อย่าดึงที่สายไฟ และอย่าใช้มือแตะถูกขาปลั๊ก

- ให้หลีกเลี่ยงและระมัดระวังการใช้เต้ารับที่เสียบปลั๊กได้หลายตัวเพราะอาจทำให้มีการใช้ไฟฟ้าเกินขนาดของเต้ารับและสายไฟฟ้าทำให้เกิดไฟไหม้ได้

- ก่อนซื้อเต้ารับควรตรวจสอบโดยการใช้ปลั๊ก (ตัวผู้) ขากลมเสียบเข้าและดึงออกหลายๆ ครั้ง เต้ารับที่มีคุณภาพดีจะแน่นและดึงออกยาก

– หมั่นตรวจสอบจุดเชื่อมต่อการเข้าสายให้แน่นอยู่เสมอ - เต้ารับที่ใช้งานภายนอกอาคารควรทนแดด ป้องกันน้ำฝนได้ และหากเป็นสายไฟ/เต้ารับที่ลากไปใช้งานไกลๆ ต้องผ่านวงจรของเครื่องตัดไฟรั่วด้วย

- ตลับต่อสายที่ประกอบไปด้วยสายพร้อมปลั๊กและมีเต้ารับหลายตัว พร้อมทั้งมีลักษณะของ มอก. เลขที่ 11-2531 นั้นมิได้หมายความว่าเต้ารับได้มาตรฐาน เนื่องจากมาตรฐาน มอก.11 เป็นมาตรฐานเฉพาะสายไฟเท่านั้น มิใช้มาตรฐานของ เต้ารับแต่อย่างใด สำหรับขนาดของสายไฟที่ใช้นี้ต้องไม่ต่ำกว่า 10 ตร.มม

- ไม่ควรซื้อตลับสายไฟที่ใช้เต้ารับ 3 รู แต่ใช้สายไฟ 2 สายและเต้าเสียบที่ไม่มีสายดิน เพราะไม่มีประโยชน์ใดๆ ด้านความปลอดภัยเนื่องจากไม่มีสายดิน

ความปลอดภัยกับไฟฟ้า

กระแสไฟฟ้าที่ใช้ทั้งในโรงงานอุตสาหกรรม สำนักงานหรือตามบ้านเรือนมีอันตรายสูงมาก และรวดเร็วที่สุดเมื่อเข้าไปสัมผัส ผู้ที่ใช้งานหรือมีส่วนเกี่ยวข้องจึงควรมีความรู้ความเข้าใจในวิธีการทำงานเกี่ยวกับไฟฟ้า ทั้งชนิดกระแสไฟฟ้าที่ใช้แรงเคลื่อน 220 โวลต์ และ 380 โวลต์ โดยทั่วไป เรานำไฟฟ้ามาใช้ประโยชน์ในรูปแบบต่างๆ นี้

1. เป็นต้นกำลังพลังงานกล เช่น การเดินเครื่องจักร

2. เป็นแหล่งให้แสงสว่าง เช่น หลอดไฟ โคมไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เป็นแหล่งให้ความร้อน โดยต่อเข้ากับขดลวดชุดความร้อน เช่น กระติกต้มน้ำร้อน

4. เป็นแหล่งหรือสื่อกลางของการสื่อสาร เช่น แบตเตอรี่โทรศัพท์

5. เป็นแหล่งให้พลังงานกับอุปกรณ์

6. เป็นแหล่งให้อำนาจแม่เหล็กกับอุปกรณ์

7. เป็นแหล่งให้เกิดปฏิกิริยาเคมี

อันตรายจากไฟฟ้า

การแบ่งลักษณะของอันตรายที่อาจจะเกิดขึ้น มี 2 ลักษณะ

1. ไฟฟ้าดูด เนื่องจากร่างกายไปแตะต้อง หรือต่อเข้ากับวงจรไฟฟ้า ทำให้มีกระแสไฟไหลผ่านเข้าในร่างกาย และถ้าไฟฟ้าไหลผ่านอวัยวะที่สำคัญก็อาจทำให้เสียชีวิตได้หากกระแสไฟมีปริมาณมากพอ ความสัมพันธ์ของกระแสไฟฟ้าและปฏิกิริยาการตอบสนองของร่างกายต่อกระแสไฟฟ้ามีดังนี้

2. เพลิงไหม้ อัคคีภัยที่เกิดจากไฟฟ้ามีสาเหตุ 2 ประการ คือ ประกายไฟและความร้อนที่สูงผิดปกติ ซึ่งตามทฤษฎีการเกิดเพลิงไหม้นั้น จะต้องมีองค์ประกอบครบ 3 อย่าง คือ เชื้อเพลิง แหล่งความร้อน และออกซิเจน ดังนั้น การป้องกันไฟไหม้ที่เกิดจากกระแสไฟฟ้า จึงต้องขจัดองค์ประกอบอย่างใดอย่างหนึ่งหรือทั้งสามอย่างดังกล่าวออก โดยเฉพาะการขจัดแหล่งความร้อน เช่น

ก. ประกายไฟที่เกิดจากไฟฟ้าลัดวงจร

ข. หัวต่อหรือหัวขั้วสายไฟหลวมจึงเกิดการเดินของกระแสไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอ

ค. การเกิดประกายไฟ (spark) จากการเดินไม่เรียบของกระแสไฟ

ง. การใช้ฟิวส์ไม่ถูกต้อง ขนาดไม่เหมาะสม หรือใช้สวิทซ์ตัดไฟอัตโนมัติไม่เหมาะสม

จ. กระแสไฟฟ้าไหลผ่านเครื่องใช้ไฟฟ้ามากเกินไป

ฉ. มอเตอร์ทำงานเกินกำลัง

ช. ต่ออุปกรณ์ไฟฟ้ามากเกินไปในเต้าเสียบเดียวกัน

ซ. แรงดันไฟฟ้าที่ขั้วมอเตอร์ไฟฟ้าต่ำเกินไป ซึ่งโดยสรุปสาเหตุเหล่านี้ล้วนเป็นสาเหตุหลักของการเกิดเพลิงไหม้ที่เกิดจากไฟฟ้าทั้งสิ้น

ซึ่งอันตรายที่เกิดขึ้นจากกระแสไฟฟ้านั้น มีสาเหตุหลักๆ มาจาก

1. ระบบการบริหาร

ก. ขาดระบบการประสานงานที่ดีระหว่างฝ่ายผลิตกับซ่อมบำรุง ซึ่งอาจทำให้เกิดอันตรายได้ เช่น ไม่มีระบบการล็อคกุญแจและแขวนป้าย (Lock-out and Tag-out) ข. ไม่มีแบบแปลนไฟฟ้า ข้อมูลและตัวเลขทางเทคนิคต่างๆ ของระบบ ไฟฟ้าที่ถูกต้องประจำหน่วยงาน เช่น เมื่อมีการต่อเติม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบไฟฟ้าแล้วไม่ได้นำข้อมูลไปเพิ่มเติมในแบบแปลน ค. ขาดช่างเทคนิคที่มีความรู้ความสามารถ เป็นต้น

2. การใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีคุณภาพต่ำกว่ามาตรฐาน ทำให้ระบบไฟฟ้าในโรงงานไม่มีมาตรฐานเพียงพอ

3. การทำงานในสภาพแวดล้อมที่ไม่ปลอดภัย เช่น บริเวณพื้นที่ปฏิบัติงานมีความเปียกชื้น ซึ่งจะทำให้ร่างกายเป็นสื่อนำไฟฟ้าได้ดี

4. ผู้ที่ปฏิบัติงานเกี่ยวกับไฟฟ้า หรือใช้อุปกรณ์ไฟฟ้า ขาดความรู้เรื่องความปลอดภัยเกี่ยวกับการติดตั้ง และ/หรือการใช้งานอย่างถูกวิธี

การป้องกันและควบคุม

1. ออกแบบและติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าให้เกิดความปลอดภัยต่อผู้ใช้ไฟฟ้า และผู้ปฏิบัติงาน เช่น ติดตั้งเครื่องตัดวงจรอัตโนมัติ ใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ทำด้วยวัสดุไม่นำไฟฟ้า

2. กำหนดมาตรฐานอุปกรณ์ที่ได้มาตรฐาน เพื่อให้การจัดซื้ออุปกรณ์ทางด้านไฟฟ้าของหน่วยงานได้มาตรฐาน

3. อบรมให้ความรู้กับผู้ปฏิบัติงาน หรือผู้รับผิดชอบเกี่ยวกับไฟฟ้าในเรื่องวิธีการทำงานให้ปลอดภัยจากไฟฟ้า การช่วยเหลือผู้ป่วยที่ได้รับบาดเจ็บจากกระแสไฟฟ้า ข้อควรระมัดระวังเกี่ยวกับการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้า เป็นต้น

ทั้งนี้เพื่อหลีกเลี่ยงอันตรายที่เกิดจากการทำงาน หรือสัมผัสกระแสไฟฟ้าที่เป็นสาเหตุให้เกิดอาการช็อคเนื่องจากกระแสไฟฟ้า เป็นต้น นอกจากนี้ ทางผู้เขียนขอฝากเกร็ดเล็กๆ น้อยๆ เกี่ยวกับการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ไฟฟ้าอย่างปลอดภัยไว้ เพื่อจะได้เป็นข้อพึงระวังสำหรับการใช้งานด้วย

การใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ไฟฟ้า

1.ตรวจสอบสายไฟฟ้า และตรวจจุดต่อสายก่อนใช้งาน โดยเฉพาะอุปกรณ์ที่เคลื่อนที่ได้ ควรตรวจสอบบริเวณจุดข้อต่อ ขั้วที่ติดอุปกรณ์ ถ้าชำรุดควรเปลี่ยนให้อยู่ในสภาพดีพร้อมใช้งานเสมอ

2. ควงโคมไฟฟ้าต้องมีที่ครอบป้องกันหลอดไฟ

3.การเปลี่ยนหรือซ่อมแซมอุปกรณ์ ควรให้ช่างทางเครื่องมือหรือไฟฟ้าเป็นผู้ดำเนินการ ไม่ควรดำเนินการเองโดยเด็ดขาดหากไม่มีความรู้

4. ห้ามจับสายไฟขณะที่มีกระแสไฟฟ้าไหลอยู่

5.ห้ามใช้อุปกรณ์ขณะมือเปียก

6. ไม่ควรเดินเหยียบสายไฟ

7. อย่าแขวนสายไฟบนของมีคม เพราะของมีคมอาจบาดสายไฟชำรุดและก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้ใช้งานได้ 8. การใช้เครื่องมือทางไฟฟ้า ควรต่อเปลือกหุ้มที่เป็นโลหะลงสู่ดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. การใช้มอเตอร์ หม้อแปลง ควรมีผู้รับผิดชอบควบคุมในการเปิดปิดใช้งาน

10.ในส่วนที่อาจก่อให้เกิดอันตรายควรมีป้ายติดแสดงอย่างชัดเจน

11. ถ้าเกิดเหตุการณ์ผิดปกติกับอุปกรณ์ควรแจ้งให้ผู้รับผิดชอบทราบทันที และห้ามใช้งานต่อ 12. ห้ามปลดอุปกรณ์ป้องกันอันตรายทางไฟฟ้าออก ยกเว้นได้รับอนุญาตจากผู้เชี่ยวชาญ

13. เมื่อใช้งานเสร็จแล้วควรปิดสวิทช์ และต้องแน่ใจว่าสวิทช์ได้ปิดลงแล้ว

14. อุปกรณ์ทางไฟฟ้าต่างๆ ควรหมั่นทำความสะอาดให้ปราศจากฝุ่นละออง

15. ห้ามห่อหุ้มโคมไฟด้วยกระดาษ ผ้าหรือวัสดุที่ติดไฟได้

16. ห้ามนำสารไวไฟ หรือสารลุกติดไฟง่ายเข้าใกล้สวิทช์ไฟฟ้า

17. หมั่นตรวจสอบฉนวนหุ้มอุปกรณ์อยู่เสมอ ในบริเวณที่อาจสัมผัส หรือทำงาน

18. เมื่อมีผู้ได้รับอันตราย ควรสับสวิทช์ให้วงจรเปิด (ตัดกระแสไฟฟ้า)

19. เมื่อไฟฟ้าดับ หรือเกิดไฟฟ้าช๊อต ควรสับสวิทช์วงจรไฟฟ้าให้เปิด

การติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้า

1. การติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าต้องปฏิบัติตามข้อกำหนดของกฎหมาย และมาตรฐานทางไฟฟ้า

2. การติดตั้งต้องดูแลโดยผู้ชำนาญ โดยเฉพาะการสื่อสารเมื่อมีการทำงานในขณะกระแสไฟฟ้าไหลอยู่

3. การติดตั้งอุปกรณ์ต้องใช้อุปกรณ์ป้องกันโดยเฉพาะ

4. ไม่ควรทำงาน หรือเปิดชิ้นส่วนอุปกรณ์ไฟฟ้าในขณะกระแสไฟฟ้าไหล

5. อุปกรณ์หรือสายไฟฟ้าที่ติดตั้งในที่สูง ต้องมีฉนวนหุ้มอย่างดี และตรวจสอบความเรียบร้อยอยู่เสมอ

6. เมื่อมีอุปกรณ์ไฟฟ้าบนพื้นถนน ควรมีระบบป้องกันอันตรายเฉพาะทาง เช่น รั้วป้องกันรถชน ป้ายเตือนสะท้อนแสง เป็นต้น

7. เครื่องจักรทุกชนิดควรมีสายดินที่ดี

8. ควรสับสวิทช์เครื่องจักรและล๊อคกุญแจ (Lock-out) เพื่อไม่ให้ผู้ที่ไม่เกี่ยวข้องที่อาจเข้าใจผิดสามารถเปิดสวิทช์ได้ และ ควรมีป้ายบอกให้ชัดเจน (Tag-out)

9. ต้องมีการเทประจุไฟฟ้าเมื่อเครื่องมือนั้นมีประจุค้างอยู่

การทำงานขณะมีกระแสไฟฟ้าไหลอยู่ไฟฟ้าแรงสูง

1. ต้องใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลที่เหมาะสมกับงาน

2. ถ้าต้องทำงานใกล้ไฟฟ้าแรงสูงเกิน 60 เซนติเมตร ต้องใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายที่เป็นฉนวนอย่างดีและ ในกรณีที่อยู่ห่างมากกว่า 60 เซนติเมตรให้ใช้อุปกรณ์รองลงมา

3. ในการทำงานต้องปรึกษาผู้ชำนาญการทางไฟฟ้าก่อน และต้องมีผู้ชำนาญการควบคุมดูแลตลอดเวลาที่ปฏิบัติงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. พนักงานงานไม่ควรพักใกล้สายไฟแรงสูง

5. การใช้อุปกรณ์เครื่องมือ ต้องใช้ให้ถูกต้องเหมาะสมกับงาน

6. ใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลทุกครั้ง

2.3 ลักษณะทั่วไปของสถานประกอบการก่อสร้าง

2.3.1 จำนวนสถานประกอบการก่อสร้าง ผลการสำรวจสภาวะการก่อสร้าง พ.ศ. 2542 พบว่า ในปี 2541 ทั่วประเทศ มีสถานประกอบการก่อสร้างที่เปิดดำเนินกิจการ จำนวนทั้งสิ้น 17,512 แห่ง ในจำนวนนี้เป็นสถานประกอบการที่ตั้งอยู่ในเขตกรุงเทพมหานคร จำนวน 4,260 แห่ง ตั้งอยู่ในเขตเทศบาล และนอกเขตเทศบาลในจังหวัดต่าง ๆ จำนวน 7,767 และ 5,485 แห่ง ตามลำดับ (ไม่รวมสถานประกอบการก่อสร้างที่เป็น ส่วนบุคคลและไม่ได้ขึ้นทะเบียนประกันสังคม ที่ตั้งอยู่นอกเขตเทศบาล)

เมื่อพิจารณาจำนวนสถานประกอบการก่อสร้าง จำแนกตามรูปแบบการจัดตั้งตามกฎหมาย พบว่า สถานประกอบการก่อสร้างที่ตั้งอยู่ในเขตกรุงเทพมหานคร ส่วนใหญ่มีรูปแบบการจัดตั้งตาม กฎหมายเป็นนิติบุคคล จำนวน 4,201 แห่ง ในจำนวนนี้เป็นบริษัทจำกัด บริษัทจำกัด (มหาชน) จำนวน 3,461 แห่ง และเป็นห้างหุ้นส่วนสามัญนิติบุคคล หรือห้างหุ้นส่วนจำกัด จำนวน 740 แห่ง สำหรับสถานประกอบการที่เป็นส่วนบุคคล มีจำนวน 59 แห่ง สถานประกอบการก่อสร้างที่ตั้งอยู่ ในเขตเทศบาลทั่วประเทศ พบว่า ส่วนใหญ่มีรูปแบบการ จัดตั้งตามกฎหมายเป็นนิติบุคคล จำนวน ทั้งสิ้น 7,064 แห่ง โดยจัดตั้งในรูปห้างหุ้นส่วนสามัญนิติ บุคคล หรือห้างหุ้นส่วนจำกัด จำนวน 5,499 แห่ง และเป็นบริษัทจำกัด บริษัทจำกัด (มหาชน) จำนวน 1,565 แห่ง สำหรับสถาน ประกอบการก่อสร้างที่เป็นส่วนบุคคล มีจำนวน 703 แห่ง สำหรับนอกเขตเทศบาล มีจำนวนสถาน ประกอบการก่อสร้างทั้งสิ้น จำนวน 5,485 แห่ง นั้น ในจำนวนนี้เป็นสถานประกอบการที่เป็นนิติ บุคคล จำนวน 5,131 แห่ง ซึ่งส่วนใหญ่จัดตั้งในรูปห้างหุ้น-ส่วนสามัญนิติบุคคล หรือห้างหุ้นส่วน จำกัด จำนวน 4,415 แห่ง และบริษัทจำกัด บริษัทจำกัด (มหาชน) จำนวน 716 แห่ง สำหรับสถาน ประกอบการก่อสร้างที่เป็นส่วนบุคคล มีจำนวน 354 แห่ง (ไม่รวมสถานประกอบการส่วนหนึ่ง ซึ่ง ไม่ได้ขึ้นทะเบียนประกันสังคม

1. รูปแบบการจัดตั้งทางเศรษฐกิจ รูปแบบการจัดตั้งทางเศรษฐกิจของสถานประกอบการ ก่อสร้าง (ตาราง 2) นั้น พบว่า ส่วนใหญ่หรือร้อยละ 96.6 ของสถานประกอบการก่อสร้างทั่ว ประเทศเป็นสำนักงานแห่งเดียว สถาน ประกอบการก่อสร้างที่เป็นนิติบุคคลมีรูปแบบการจัดตั้งทาง เศรษฐกิจเช่นเดียวกัน ส่วนใหญ่หรือร้อยละ 96.4 เป็นสำนักงานแห่งเดียว โดยเฉพาะสถาน ประกอบการก่อสร้างที่เป็นส่วนบุคคลนั้น มีรูปแบบการ จัดตั้งทางเศรษฐกิจเป็นสำนักงานแห่งเดียว เท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ระยะเวลาในการดำเนินกิจการ เมื่อพิจารณาระยะเวลาในการดำเนินกิจการ พบว่า สถานประกอบการก่อสร้าง ทั่วประเทศ มีจำนวนสถานประกอบการแปรผกผันกับระยะเวลาในการดำเนินกิจการ กล่าวคือสถานประกอบการที่มีระยะเวลาการดำเนินกิจการน้อยที่สุด (น้อยกว่า 5 ปี) มีสัดส่วนของจำนวนสถาน ประกอบการสูงที่สุด (ร้อยละ 42.8) และสถานประกอบการที่มีระยะเวลาการดำเนินกิจการมากที่สุด (ตั้งแต่ 30 ปีขึ้นไป) มีสัดส่วนของจำนวนสถานประกอบการน้อยที่สุด (ร้อยละ 1.7) หรืออาจกล่าว อีกนัยหนึ่งว่าสถานประกอบการก่อสร้างมากกว่า 3 ใน 4 มีระยะเวลาการดำเนินกิจการน้อยกว่า 10 ปี เมื่อพิจารณาระยะเวลาการดำเนินกิจการตามรูปแบบการจัดตั้งตามกฎหมาย พบว่า สถานประกอบการก่อสร้างที่เป็นนิติบุคคลและส่วนบุคคล มีลักษณะการกระจายของจำนวนสถาน ประกอบการตามระยะเวลาในการดำเนินกิจการเช่นเดียวกับที่กล่าวแล้วข้างต้น

3. ประเภทอุตสาหกรรมก่อสร้าง เมื่อพิจารณาประเภทของอุตสาหกรรมการก่อสร้างในตาราง 3 พบว่า สถานประกอบการก่อสร้างส่วนใหญ่ หรือร้อยละ 75.1 ดำเนินกิจการเกี่ยวกับการก่อสร้างอาคาร ; งานวิศวกรรมโยธา รองลงมาเป็นการดำเนินกิจการเกี่ยวกับการติดตั้งภายในอาคาร ร้อยละ 9.3 ของจำนวนสถานประกอบการก่อสร้างทั้งสิ้น สถานประกอบการที่ดำเนินกิจการการให้เช่าเครื่องอุปกรณ์ที่ใช้ในงานก่อสร้างหรือการรื้อถอน โดยมีผู้ควบคุม มีสัดส่วนต่ำที่สุดเพียงร้อยละ 0.5สถานประกอบการก่อสร้างที่มีรูปแบบเป็นนิติบุคคล มีการกระจายของสัดส่วนของสถานประกอบการเช่นเดียวกับที่กล่าวข้างต้น ส่วนสถานประกอบการที่เป็นส่วนบุคคลนั้น ส่วนใหญ่หรือร้อยละ 66.8 ดำเนินการเกี่ยวกับการก่อสร้างอาคาร ; งานวิศวกรรมโยธา เช่นเดียวกับสถานประกอบการก่อสร้างที่เป็นนิติบุคคล และมีสถานประกอบการก่อสร้างที่ดำเนินการเกี่ยวกับการสร้างอาคารให้สมบูรณ์สูงในลำดับรองลงมา

4. ขนาดของสถานประกอบการเมื่อพิจารณาขนาดของสถานประกอบการก่อสร้าง ซึ่งวัดขนาดด้วยจำนวนคนทำงานนั้น พบว่า สถานประกอบการก่อสร้างทั่วประเทศ ส่วนใหญ่ (ประมาณร้อยละ 43.8) เป็นสถานประกอบการขนาดเล็กที่มีคนทำงานน้อยกว่า 10 คน สถานประกอบการขนาดใหญ่ที่มีคนทำงานตั้งแต่ 100 คนขึ้นไปมีเพียงเล็กน้อย ประมาณร้อยละ 4.7 สำหรับสถานประกอบการที่มีรูปแบบการจัดตั้งตามกฎหมายเป็นนิติบุคคล มีลักษณะเช่นเดียวกับที่กล่าวข้างต้น ส่วนสถานประกอบการก่อสร้างที่เป็นส่วนบุคคล โดยทั่วไปมีขนาดเล็กยิ่งกว่าสถานประกอบการที่เป็นนิติบุคคล คือ มากกว่าร้อยละ 70.0 เป็นสถานประกอบการก่อสร้างที่มีคนทำงานน้อยกว่า 10 คน ในขณะที่สถานประกอบการก่อสร้างขนาดใหญ่ที่มีคนทำงานตั้งแต่ 100 คนขึ้นไปมีเพียงเล็กน้อย ประมาณร้อยละ 0.3 เท่านั้น

5. ทุนจดทะเบียน แสดงข้อมูลเกี่ยวกับทุนจดทะเบียนของสถานประกอบการก่อสร้างที่เป็นนิติบุคคลทั่วประเทศ พบว่า สถานประกอบการก่อสร้างส่วนใหญ่หรือร้อยละ 71.5 มีทุนจดทะเบียน 1 – 9 ล้านบาท ร้อยละ 17.0 มีทุนจดทะเบียนต่ำกว่า 1 ล้านบาท สถานประกอบการก่อสร้างที่มีทุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จดทะเบียนตั้งแต่ 100 ล้านบาทขึ้นไป มีสัดส่วนเพียงเล็กน้อย กล่าวคือ ที่มีทุนจดทะเบียน 100 – 199 ล้านบาท และตั้งแต่ 200 ล้านบาทขึ้นไป มีเพียงร้อยละ 0.6 และ 0.5 ตามลำดับ สถานประกอบการก่อสร้างประมาณร้อยละ 1.1 ไม่รายงานว่ามีทุนจดทะเบียน เนื่องจากเป็นสำนักงานสาขาเมื่อพิจารณามูลค่าทุนจดทะเบียนตามประเภทอุตสาหกรรมก่อสร้าง พบว่า ทุกประเภทส่วนใหญ่มีทุนจดทะเบียน 1 – 9 ล้านบาท สำหรับสถานประกอบการก่อสร้างที่มีทุนจดทะเบียนค่อนข้างสูง คือตั้งแต่ 200 ล้านบาทขึ้นไป ได้แก่ สถานประกอบการที่ดำเนินกิจการเกี่ยวกับการก่อสร้างอาคาร ; งานวิศวกรรมโยธา และดำเนินกิจการเกี่ยวการติดตั้งภายในอาคาร มีประมาณร้อยละ 0.6 และ 0.3 ของจำนวนสถานประกอบการในแต่ละประเภท ตามลำดับ**2.3.7 การรับงานจากภาครัฐ** สถานประกอบการที่สามารถรับงานก่อสร้างทุกประเภทจากภาครัฐได้จะต้องเป็นสถานประกอบการที่มีรูปแบบการจัดตั้งตามกฎหมายเป็นนิติบุคคล จาก ภาครัฐ แสดงให้เห็นว่าร้อยละ 55.0 ของสถานประกอบการ ดำเนินกิจการก่อสร้างโดยรับงาน จาก ภาครัฐ ในขณะที่ร้อยละ 45.0 ไม่มีการรับงานจากภาครัฐ และพบว่า สถานประกอบการก่อสร้าง ที่มีการรับงานจากภาครัฐนั้นส่วนใหญ่ (ร้อยละ 53.4) รับงานก่อสร้างจากภาครัฐทั้งหมด ส่วนที่มีการ รับงานจากภาครัฐมากกว่า 50%, น้อยกว่า 50% และ 50% มีประมาณร้อยละ 23.1, 14.4 และ 9.1 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาการรับงานจากภาครัฐตามประเภทอุตสาหกรรมก่อสร้าง พบว่า สถานประกอบการที่ดำเนินกิจการเกี่ยวกับการเตรียมสถานที่ก่อสร้าง รับงานจากภาครัฐมากที่สุดถึงร้อยละ 63.4 รองลงมาเป็นสถานประกอบการที่ดำเนินกิจการเกี่ยวกับการก่อสร้างอาคาร ; งานวิศวกรรมโยธา ร้อยละ 57.8 ของจำนวนสถานประกอบการแต่ละประเภท สำหรับสถานประกอบการก่อสร้างที่มีการรับงานจากภาครัฐน้อยที่สุด ได้แก่ สถานประกอบการที่ดำเนินการเกี่ยวกับการให้เช่าเครื่องอุปกรณ์ที่ใช้ในงานก่อสร้างหรือการรื้อถอน โดยมีผู้ควบคุม ประมาณร้อยละ 29.2 ของจำนวนสถานประกอบการในประเภทนี้

2.3.2 ข้อมูลการดำเนินกิจการ จำแนกตามประเภทอุตสาหกรรมก่อสร้าง

ผลจากการสำรวจการดำเนินกิจการของสถานประกอบการก่อสร้างทั่วประเทศ ที่เปิดดำเนินกิจการโดยมีการรับงานในรอบปี 2541 สรุปได้ดังนี้

คนทำงานในสถานประกอบการก่อสร้างทั่วประเทศ มีจำนวนทั้งสิ้น 531,200 คน ในจำนวนนี้ประมาณร้อยละ 83.0 ปฏิบัติงานอยู่ในสถานประกอบการที่ดำเนินกิจการเกี่ยวกับการก่อสร้างอาคาร ;งานวิศวกรรมโยธา รองลงมาปฏิบัติงานอยู่ในสถานประกอบการที่ดำเนินการเกี่ยวกับการติดตั้งภายในอาคาร ร้อยละ 8.8 และการให้เช่าเครื่องอุปกรณ์ที่ใช้ในงานก่อสร้างหรือการรื้อถอนโดยมีผู้ควบคุม มีคนทำงานอยู่เพียงร้อยละ 0.3สำหรับ**มูลค่าเพิ่ม**ของสถานประกอบการก่อสร้างทั่วประเทศ พบว่า มีมูลค่ารวมทั้งสิ้นประมาณ 65,885.2 ล้านบาท ร้อยละ 84.2 เป็นมูลค่าเพิ่มจากสถานประกอบการที่ดำเนินการเกี่ยวกับการก่อสร้างอาคาร ; งานวิศวกรรมโยธา ซึ่งมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำนวนสถานประกอบการมากที่สุด รองลงมา (ร้อยละ8.8) มาจากสถานประกอบการก่อสร้างที่ดำเนินกิจการเกี่ยวกับการติดตั้งภายในอาคาร สถานประกอบการที่ดำเนินกิจการเกี่ยวกับการให้เช่าเครื่องอุปกรณ์ที่ใช้ในงานก่อสร้างหรือการรื้อถอน โดยมีผู้ควบคุม มีมูลค่าเพิ่มน้อยที่สุด (ร้อยละ 0.3) เมื่อเปรียบเทียบ **มูลค่าเพิ่มต่อมูลค่าการก่อสร้าง** ของสถานประกอบการก่อสร้างทั่วประเทศ พบว่า สถานประกอบการก่อสร้างที่ดำเนินการเกี่ยวกับการให้เช่าเครื่องอุปกรณ์ที่ใช้ในงานก่อสร้างหรือการรื้อถอน โดยมีผู้ควบคุม มีสัดส่วนของมูลค่าเพิ่มต่อมูลค่าการก่อสร้างสูงที่สุด คือ ร้อยละ 30.9สำหรับสถานประกอบการที่ดำเนินกิจการเกี่ยวกับการเตรียมสถานที่ก่อสร้าง และการสร้างอาคารให้สมบูรณ์ มีสัดส่วนดังกล่าวไม่แตกต่างกันนัก คือ ร้อยละ 26.3 และ 25.4 ตามลำดับ สำหรับสถานประกอบการการก่อสร้างอาคาร ; งานวิศวกรรมโยธา มีสัดส่วนของมูลค่าเพิ่มต่อมูลค่าการก่อสร้างต่ำที่สุดประมาณร้อยละ 20.6

2.3.3 ข้อมูลการดำเนินกิจการ จำแนกตามขนาดของสถานประกอบการ

ข้อมูลการดำเนินกิจการของสถานประกอบการก่อสร้างทั่วประเทศ ตามขนาดของสถานประกอบการซึ่งวัดด้วยจำนวนคนทำงานนั้น พบว่า สถานประกอบการก่อสร้างส่วนใหญ่ (ร้อยละ 34.1) เป็นสถานประกอบการที่มีคนทำงาน 1 – 9 คน รองลงมาเป็นสถานประกอบการที่มีคนทำงาน 10 – 19 คน และ 20 – 49 คน ประมาณร้อยละ 28.0 และ 24.5 ตามลำดับสถานประกอบการที่มีคนทำงานตั้งแต่ 100 คนขึ้นไปมีเพียงเล็กน้อย ประมาณร้อยละ 5.6 ของสถานประกอบการทั้งสิ้น เมื่อพิจารณา**มูลค่าเพิ่ม**ตามขนาดของสถานประกอบการก่อสร้าง พบว่า สถานประกอบการที่มีคนทำงาน 20 – 49 คน ให้มูลค่าเพิ่มสูงที่สุด คือ ร้อยละ 17.1 ของมูลค่าเพิ่มรวมทั้งสิ้น รองลงมาเป็นสถานประกอบการที่มีคนทำงานตั้งแต่ 1,000 คนขึ้นไป ประมาณร้อยละ 16.1 สำหรับสถานประกอบการที่มีมูลค่าเพิ่มน้อยที่สุด ประมาณร้อยละ 1.6 ได้แก่ สถานประกอบการขนาดเล็กที่มีคนทำงาน 1 – 4 คนเมื่อพิจารณา**มูลค่าเพิ่ม**เปรียบเทียบกับ**มูลค่าการก่อสร้าง** พบว่า สถานประกอบการที่มีคนทำงาน 1 – 4 คน มีสัดส่วนของมูลค่าเพิ่มต่อมูลค่าการก่อสร้างสูงที่สุด คือ ร้อยละ 31.5 รองลงมาเป็นสถานประกอบการที่มีคนทำงาน 10 – 19 คน ประมาณร้อยละ 29.5 และสถานประกอบการที่มีคนทำงานตั้งแต่ 1,000 คนขึ้นไป มีสัดส่วนของมูลค่าเพิ่มต่อมูลค่าการก่อสร้างต่ำที่สุด ประมาณร้อยละ15.7

2.3.4 การเปรียบเทียบข้อมูลระหว่างภาค

1. ข้อมูลทั่วไปของสถานประกอบการก่อสร้าง

ภาพรวมโครงสร้างของสถานประกอบการก่อสร้างทั่วประเทศ จำนวน17,512 แห่ง พบว่า สถานประกอบการก่อสร้างส่วนใหญ่ตั้งอยู่ในกรุงเทพมหานคร และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ในสัดส่วนที่ใกล้เคียงกัน คือ ร้อยละ 24.3 และ 24.0 ตามลำดับ สำหรับสถานประกอบการในภาคเหนือและภาคกลาง มีสัดส่วนของสถานประกอบการดังกล่าวร้อยละ 17.2 และ 15.5 ตามลำดับ ส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ในเชิงพาณิชย์ ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถานประกอบการในภาคใต้และปริมณฑล มีสัดส่วนของสถานประกอบการก่อสร้างค่อนข้างต่ำ คือ ร้อยละ 10.0 และ 9.0 ตามลำดับ

รูปแบบการจัดตั้งตามกฎหมาย พบว่า สถานประกอบการก่อสร้างทั่วประเทศส่วนใหญ่ ประมาณร้อยละ 93.6 เป็นสถานประกอบการก่อสร้างที่มีรูปแบบเป็นนิติบุคคล ในจำนวนนี้มีรูปแบบการจัดตั้งตามกฎเป็นห้างหุ้นส่วนสามัญนิติบุคคล หรือห้างหุ้นส่วนจำกัด ร้อยละ 60.8และมีรูปแบบเป็นบริษัทจำกัด บริษัทจำกัด (มหาชน) ร้อยละ 32.8 ส่วนที่มีรูปแบบเป็นส่วนบุคคลมีเพียงเล็กน้อย ประมาณร้อยละ 6.4 เมื่อพิจารณาเป็นรายภาค พบว่า สถานประกอบการทุกภาคมีสัดส่วนของรูปแบบการจัดตั้งตามกฎหมายเช่นเดียวกับที่กล่าวข้างต้น ยกเว้น สถานประกอบการในกรุงเทพมหานคร และปริมณฑล มีสัดส่วนของรูปแบบการจัดตั้งตามกฎหมายที่เป็นบริษัทจำกัด บริษัทจำกัด (มหาชน) สูงกว่ารูปแบบการจัดตั้งเป็นห้างหุ้นส่วนสามัญนิติบุคคล หรือห้างหุ้นส่วนจำกัด

รูปแบบการจัดตั้งทางเศรษฐกิจ พบว่า สถานประกอบการก่อสร้างทั่วประเทศส่วนใหญ่ (ประมาณร้อยละ 96.6) เป็นสำนักงานแห่งเดียว เมื่อพิจารณาเป็นรายภาค พบว่า ทุกภาคมีสัดส่วนของสถานประกอบการก่อสร้างที่เป็นสำนักงานแห่งเดียวสูงที่สุดเช่นเดียวกัน รองลงมาได้แก่ สำนักงานใหญ่ ยกเว้น สถานประกอบการในภาคใต้มีสัดส่วนของสำนักงานสาขาสูงในลำดับรองลงมา

ประเภทอุตสาหกรรมก่อสร้าง พบว่า สถานประกอบการก่อสร้างทั่วประเทศส่วนใหญ่หรือร้อยละ 75.1 ดำเนินกิจการเกี่ยวกับการก่อสร้างอาคาร ; งานวิศวกรรมโยธา รองลงมาเป็นการดำเนินกิจการเกี่ยวกับการติดตั้งภายในอาคาร การเตรียมสถานที่ก่อสร้าง และการสร้างอาคารให้สมบูรณ์ในสัดส่วนร้อยละ 9.3, 8.0 และ 7.1 ตามลำดับ สำหรับสถานประกอบการก่อสร้างที่ดำเนินการเกี่ยวกับการให้เช่าเครื่องอุปกรณ์ที่ใช้ในงานก่อสร้างหรือการรื้อถอน โดยมีผู้ควบคุม มีสัดส่วนต่ำที่สุด คือ ร้อยละ 0.5เมื่อพิจารณาเป็นรายภาค พบว่า สถานประกอบการทุกภาค มีการกระจายของประเภทอุตสาหกรรมก่อสร้างเช่นเดียวกับที่กล่าวข้างต้น ยกเว้น สถานประกอบการในกรุงเทพมหานครและปริมณฑล มีสัดส่วนของสถานประกอบการก่อสร้างที่ดำเนินกิจการเกี่ยวกับการติดตั้งภายในอาคารสูงกว่าการเตรียมสถานที่ก่อสร้าง ส่วนสถานประกอบการในภาคกลาง ภาคเหนือภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคใต้ มีสัดส่วนของสถานประกอบการก่อสร้างที่ดำเนินกิจการเกี่ยวกับการเตรียมสถานที่ก่อสร้างสูงกว่าการติดตั้งภายในอาคาร

2. ข้อมูลการดำเนินกิจการของสถานประกอบการก่อสร้างคนทำงาน พบว่า ในปี 2541 คนทำงานซึ่งปฏิบัติงานอยู่ในสถานประกอบการก่อสร้างทั่วประเทศ มีจำนวนทั้งสิ้น 531,200 คน ส่วนใหญ่ (ร้อยละ 40.3 หรือ 214,340คน) เป็นคนทำงานในสถานประกอบการที่ตั้งอยู่ในกรุงเทพมหานคร ส่วนสถานประกอบการในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคกลาง และภาคเหนือ มีสัดส่วนของคนทำงานประมาณร้อยละ 17.2, 15.1และ 12.2 ตามลำดับ สำหรับสถานประกอบการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในเขตปริมณฑล และภาคใต้ มีสัดส่วนของคนทำงานค่อนข้างต่ำ คือ ประมาณร้อยละ 8.1 และ 7.1 ตามลำดับเมื่อพิจารณา

ค่าตอบแทนแรงงาน ที่สถานประกอบการก่อสร้างจ่ายให้แก่ลูกจ้างในปี2541 นั้น พบว่า สถานประกอบการก่อสร้างทั่วประเทศโดยเฉลี่ยจ่ายค่าตอบแทนแรงงานให้แก่ลูกจ้างประมาณ 61,654 บาทต่อปี หรือประมาณ 5,138 บาทต่อเดือน เมื่อพิจารณาเป็นรายภาค พบว่า สถานประกอบการก่อสร้างในกรุงเทพมหานครจ่ายค่าตอบแทนแรงงานเฉลี่ยให้แก่ลูกจ้างสูงที่สุด คือ ประมาณ 80,152 บาทต่อปี หรือประมาณ 6,679 บาทต่อเดือน สถานประกอบการที่จ่ายค่าตอบแทนแรงงานเฉลี่ยให้แก่ลูกจ้างต่ำที่สุด ได้แก่ สถานประกอบการในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ประมาณ 39,400 บาทต่อปี หรือประมาณ 3,283 บาทต่อเดือน

มูลค่าเพิ่ม ของสถานประกอบการก่อสร้างทั่วประเทศ มีมูลค่าเพิ่มทั้งสิ้นประมาณ65,885.2 ล้านบาท เมื่อพิจารณาเป็นรายภาค พบว่า สถานประกอบการในกรุงเทพมหานครมีมูลค่าเพิ่มสูงที่สุด คือร้อยละ 50.9 หรือประมาณ 33,532.8 ล้านบาท รองลงมาได้แก่สถานประกอบการ ก่อสร้างในภาคกลาง ประมาณร้อยละ 14.8 หรือ 9,745.9 ล้านบาท สำหรับสถานประกอบการใน ภาคเหนือ ปริมณฑล และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีสัดส่วนมูลค่าเพิ่มไม่แตกต่างกันมากนัก คือ ประมาณร้อยละ 9.6, 9.2 และ 8.9 ตามลำดับ ส่วนสถานประกอบการในภาคใต้ มีสัดส่วนของมูลค่าเพิ่มต่ำที่สุดคือประมาณร้อยละ 6.6 ของจำนวนมูลค่าเพิ่มทั้งสิ้น เมื่อพิจารณามูลค่าเพิ่มเฉลี่ยต่อสถานประกอบการ และมูลค่าเพิ่มเฉลี่ยต่อคนทำงานของสถานประกอบการก่อสร้างทั่วประเทศ พบว่า โดยเฉลี่ยแต่ละสถานประกอบการให้มูลค่าเพิ่มประมาณ 4.5 ล้านบาท และประมาณ124,000 บาทต่อคนทำงาน สถานประกอบการก่อสร้างในกรุงเทพมหานครมีมูลค่าเพิ่มเฉลี่ยสูงที่สุดคือประมาณ 8.3 ล้านบาทต่อสถานประกอบการ และ 156,400 บาทต่อคนทำงาน ส่วนสถานประกอบการที่มีมูลค่าเพิ่มเฉลี่ยต่อสถานประกอบการ และมูลค่าเพิ่มเฉลี่ยต่อคนทำงานต่ำที่สุด ได้แก่ สถานประกอบการในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ประมาณ 2.0 ล้านบาท และประมาณ 64,500 บาทตามลำดับ

เมื่อพิจารณา**มูลค่าเพิ่ม**เปรียบเทียบกับ**มูลค่าการก่อสร้าง** พบว่า สถานประกอบการก่อสร้างทั่วประเทศ มีสัดส่วนดังกล่าวประมาณร้อยละ 21.1 เมื่อพิจารณาเป็นรายภาคพบว่า สถานประกอบการในภาคกลางมีสัดส่วนของมูลค่าเพิ่มต่อมูลค่าการก่อสร้างสูงที่สุด คือ ร้อยละ27.4 รองลงมาได้แก่สถานประกอบการในภาคเหนือ ประมาณร้อยละ 25.9 สำหรับสถานประกอบการในภาคใต้ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และปริมณฑล มีสัดส่วนประมาณร้อยละ 24.9, 21.9 และ 21.7 ตามลำดับ สถานประกอบการที่มีสัดส่วนของมูลค่าเพิ่มต่อมูลค่าการก่อสร้างต่ำที่สุด ได้แก่ สถานประกอบการในกรุงเทพมหานคร ประมาณร้อยละ7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 วัสดุและกรรมวิธีการผลิตในระบบอุตสาหกรรม

ในการนำวัสดุต่าง ๆ มาใช้กับงานทางด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนั้น มีหลายชนิดที่ขึ้นอยู่กับการที่มีการเลือกใช้ที่ถูกต้องและมีความเหมาะสม กล่าวคือ การนำวัสดุมาแปรรูปหรือการสร้างชิ้นส่วนหรืออุปกรณ์ต่าง ๆ นั้น จำเป็นที่จะต้องมีการพิจารณา ถึงคุณสมบัติและจุดอ่อนต่าง ๆ ของวัสดุแต่ละชนิด เพื่อที่จะได้เลือกใช้ให้เหมาะสมกับการใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเพื่อที่จะสามารถเลือกวิธีการยึดและการต่อประสานได้อย่างเหมาะสมและการตกแต่งผิวสามารถทำ ได้ง่ายและมีความสะดวก มีความสวยงามและราคาที่มีความพอเหมาะพอดีกับเครื่องเรือนนั้น ๆ สามารถที่จะผลิตขึ้นเพื่อจำหน่ายในท้องตลาดได้

นักออกแบบเครื่องเรือนควรจะเรียนรู้เกี่ยวกับชนิดและรูปร่าง และขนาดต่าง ๆ ของวัสดุที่ขายในท้องตลาดด้วยว่า หาได้ยากง่ายหรือไม่ มีปริมาณมากน้อยเพียงไหน คุณสมบัติและโครงสร้างของวัสดุแต่ละชนิดนั้นเป็นอย่างไร ทำให้สามารถที่จะเลือกใช้วัสดุได้อย่างถูกต้องและมีความเหมาะสมกับชนิดของงาน สามารถที่จะกำหนดหรือซื้อวัสดุได้ถูกต้องตามแบบที่ต้องการ (สาคร คันธโชติ. 2528 : 27)

2.4.1 คุณสมบัติของวัสดุที่นำมาใช้ ควรพิจารณาได้ดังต่อไปนี้

2.4.1.1 ความแข็งแรง คือ ความสามารถในการรับแรงได้โดยที่ไม่ทำให้วัสดุแตกหักหรือเกิดการเสียหาย ความแข็งแรงนั้นสามารถแข็งแรงนั้นสามารถที่จะแยกออกเป็น

1. ความแข็งแรงในการรับแรงดึง คือ สามารถของวัสดุที่จะต้านทานการแตกหักเมื่อได้รับแรงดึงทั้งสองด้านออกจากกัน คุณลักษณะนี้สำคัญสำหรับวัสดุโครงสร้างเครื่องเรือน

2. ความแข็งแรงในการรับแรงอัด คือ ความสามารถของวัสดุที่จะต้องมีความต้านทานต่อการปริแตก เมื่อถูกแรงอัด

3. ความแข็งแรงในการรับแรงเฉือน คือ โลหะที่ถูกกรรไกรตัดไม่ฉีดขาดเมื่อถูกแรงเฉือน

2.4.1.2 ความแข็งของผิว คือ คุณสมบัติของวัสดุที่มีความต้านทานต่อการสึกหรอหรือการขีดข่วนหรือแรงกด วัสดุที่มีความแข็งแรงนั้นต้องสามารถกดวัสดุที่มีความอ่อนกว่าให้เป็นรอยได้

1. ความเปราะ คือ เป็นลักษณะที่ไม่พึงประสงค์ ในงานออกแบบเครื่องเรือน เมื่อนำมาใช้หรือมางอหรือนำมาทำให้กระแทก วัสดุนั้นจะแตกหักเป็นเสี่ยง ๆ ได้ง่ายแทนที่จะโค้งงอ เรียกว่าเป็นวัสดุที่มีความเปราะ

2. ความสามารถในการยืดตัว คือ คุณสมบัติของวัสดุที่สามารถ ที่จะดึงหรืออัด ให้การยืดตัวออกได้ง่ายโดยไม่แตกหักหรือ มีการขาดออกจากกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ความสามารถในการบิดงอหรือการอัดรีดขึ้นรูปได้ คือคุณสมบัติของวัสดุที่สามารถบิดงอ และ อัดรีดขึ้นรูปได้โดยไม่แตกหัก คล้ายกับความสามารถในการยืดตัว

4. ความสามารถในการยืดหยุ่นตัว คือ คุณสมบัติในการคืนตัวสู่ที่เก่าภายหลังจากถูกแรงดึงหรือว่าแรงอัด

5. ความสามารถในการนำหรือเป็นฉนวนไฟฟ้า คือ วัสดุที่ยอมให้วัสดุไฟฟ้าไหลผ่านได้ดี

6. ความสามารถในการนำความร้อน คือ วัสดุบางอย่างทำให้ความร้อนไหลผ่านได้ดี

2.4.1.3 กฎในการเลือกใช้วัสดุ

- ความสามารถที่จะทำให้วัสดุนั้น เป็นงานสำเร็จรูปได้ง่าย
- ความสามารถที่จะทำให้วัสดุนั้นสำเร็จรูปได้ต้องอาศัยเครื่องจักรกลได้ง่าย
- คุณสมบัติทางกลในขณะที่ใช้งานไม่เกิดความเปลี่ยนแปลง
- คุณสมบัติทางไฟฟ้าต้องเหมาะสมกับงาน
- ราคาที่พอสมควร

2.4.2 วัสดุที่ใช้ในวงการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

เราสามารถที่จะแยะแยกออกเป็น 2 หมู่ใหญ่ ๆ (อุดมศักดิ์ สาริบุตร: 2540 : 110)

2.4.2.1 โลหะ แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

- โลหะประเภทเหล็ก คือ โลหะที่มีเหล็กผสมอยู่หรือเป็นส่วนประกอบ เช่น เหล็กหล่อเหล็กกล้า เหล็กไร้สนิม เหล็กเหนียว เป็นต้น
- โลหะประเภทไม่ใช่เหล็ก คือ อลูมิเนียม ทองแดง บรอนซ์ ทองเหลือง สังกะสี เป็นต้น

2.4.2.2 อโลหะ คือ วัสดุที่ไม่ใช่โลหะ ซึ่งสามารถแยกประเภทออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

- สารธรรมชาติ คือวัสดุที่มีการเกิดขึ้นมาจากธรรมชาติ เช่น ไม้ ยาง หิน หนังสัตว์ เป็นต้น
- สารสังเคราะห์ คือ วัสดุที่ผลิตหรือสังเคราะห์ ด้วยฝีมือของมนุษย์ เช่น พลาสติก ยางเทียม ปูนซีเมนต์ แก้ว กระดาษ เป็นต้น

2.4.3 โลหะแผ่น (ไพพรรณ สันติสุข .2539)

โลหะแผ่น หมายถึง โลหะแผ่นทุกชนิดที่มีความหนาไม่เกิน 3/16 นิ้ว โลหะแผ่นที่ใช้ในงานอุตสาหกรรมมีอยู่หลายชนิด แต่ละชนิดก็มีลักษณะพิเศษเฉพาะตัวที่มีความแตกต่างกันออกไป ดังนั้นในการทำงานแต่ละประเภทจำเป็นที่ต้องศึกษา และการเลือกใช้วัสดุหรือโลหะ เหมาะสมกับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สภาพของงานและเหมาะสมกับคุณสมบัติของโลหะด้วย จึงทำให้ผลของงานที่ได้เป็นที่น่าพอใจและมีคุณค่ามากยิ่งขึ้น

โลหะที่นำมาใช้งานส่วนใหญ่เป็นโลหะแผ่นประเภทโลหะเหล็ก ซึ่งรีดออกมาเป็นแผ่น ๆ มีขนาดของความหนาหลายขนาด แตกต่างกันออกไป และยังมีการเคลือบผิวของโลหะชนิดต่าง ๆ อาทิ เช่น เคลือบผิวด้วยตะกั่ว สังกะสี หรือดีบุก เป็นต้น นอกจากนี้แล้วยังมีการเอาโลหะมาผสมกันใช้งานอีกหลายชนิด เช่น ทองแดง อลูมิเนียมเป็นต้น

โลหะแผ่นเยทั่วไปแบ่งออกเป็น 2 ประเภทดังนี้

1. โลหะแผ่นเปลือย ส่วนมากจะเป็นดลหะที่ไม่ใช่เหล็ก เช่น แผ่นทองแดง แผ่นทองเหลือง แผ่นอลูมิเนียม เป็นต้น

2. โลหะเคลือบผิวจะเป็นโลหะประเภทเหล็ก แล้วจึงนำมาเคลือบผิวด้วยดลหะที่เราต้องการ เช่น เหล็กชุบสังกะสี หรือชุบด้วยดีบุก เป็นต้น วัตถุประสงค์ของการเคลือบผิว เพื่อไม่ให้เกิดการกัดกร่อน เพื่อการใช้งานของโลหะนั้นมีอายุการใช้งานที่ยาวนานขึ้นดังนั้นการใช้งานของโลหะแผ่นเคลือบกับแผ่นเปลือยจึงมีความแตกต่างกันมาก การที่จะนำเอาแผ่นโลหะแบบเปลือยไปใช้งานอื่น ๆ การนำไปเชื่อม การนำไปตะไบหรือกระบวนการอื่น ๆ ที่ต้องเสียผิวหน้าของโลหะประเภทนี้ไป ก็จะทำให้ไม่เกิดผลเสียต่อการกัดกร่อนแต่อย่างไรโลหะที่ผสมการเคลือบผิวหลุดออกไปจะเป็นเหตุให้โลหะนั้น เสียคุณสมบัติในด้านของความคงทนต่อการกัดกร่อนได้ง่ายขึ้น

2.4.4 เหล็ก

อรอุมา กอสนาน (2540) เหล็กบริสุทธิ์มีความเหนียว และอ่อนตัวสูง มีความแน่นที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส 7.6กรัม/ลบ.ซม ไอหลอมเหลว1539 องศาเซลเซียส และจุดเดือดเป็นไอที่2450องศาเซลเซียสความร้อนแฝงของการหลอมละลาย 65 แคลอรี่/กรัมถ้าอุณหภูมิเหล็กสูง768 องศาเซลเซียสแม่เหล็กจะดูดไม่ติด

2.4.4.1 ชนิดของเหล็กที่ผลิตออกสู่ตลาด

1. เหล็กหล่อ ได้แก่ เหล็กดิบมีหลายชนิดด้วยกัน เช่น เหล็กหล่อสีขาวสีเทาคุณสมบัติทั่วไปของเหล็กหล่อคือมีความแข็งแรงสูงจนเปราะได้ง่ายและมีความเหนียวมาก เหล็กหล่อพิเศษจะมีความเหนียวสามารถรับแรงกดได้สูง สวนมากใช้กับเครื่องกลของอุตสาหกรรมหนัก

2. เหล็กอ่อนเป็นเหล็กที่มีขายอยู่ในตลาดทั่วไปสามารถดีขึ้นรูปง่ายเช่น เหล็กแผ่นแต่จะมีความหนาบางแตกต่างกัน

3. เหล็กกล้า แบ่งออกเป็น3ชนิด ได้แก่

- เหล็กกล้าชนิดอ่อนได้แก่เหล็กเส้นก่อสร้าง ตะปู วายเมส ตัวถังรถยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เหล็กกล้าปกติ ได้แก่ เหล็กที่ใช้ในการผลิตเครื่องมือช่างมีความแข็งแรกกว่าเหล็กกล้าชนิดอ่อนอยู่มากพอสมควร

- เหล็กกล้าแข็ง ส่วนใหญ่นิยมนำมาผลิตเป็นตะไบเหล็ก เหล็กสกัด เนื่องจากมีความแข็งตัวสูง

- เหล็กคาร์บอนและเหล็กผสมมีเนื้อที่แข็งมากน้อยแล้วแต่สวนผสมในเนื้อเหล็กเช่นคาร์บอนทำให้แข็งแรง. นิเกิล ทำให้เหนียว แข็ง ทนทาน ต่อความร้อน, โครเมียม ช่วยในการป้องกันสนิม, แมงกานีน ช่วยทำให้แข็งแรงทนทานต่อแรงกระแทก, ทังสแตน ช่วยให้แข็งในอุณหภูมิที่ต่ำส่วนมากแล้วเหล็กคาร์บอนและเหล็กผสมจะเป็นเหล็กที่ผลิตตามความต้องการของลูกค้าจึงเป็นเหล็กที่ตรงต่อความต้องการในการใช้งานแต่มีราคาที่แพง

2.4.4.2 รูปแบบของเหล็กที่ใช้กันอยู่ทั่วไปตามท้องตลาด

- เหล็กเส้นกรมตันเส้นผ่านศูนย์กลาง3/16-9 นิ้ว ยาว8 เมตร
- เหล็กแผ่นหนา1/32-4 นิ้วยาว1.2-2.4 เมตร
- เหล็กกลวงรูปสี่เหลี่ยมกว้าง1/45-4.5 นิ้วยาว6เมตร
- ท่อเหล็กกลมกลวงเส้นผ่านศูนย์กลาง1/2-6 นิ้ว กว้าง 6 เมตร
- เหล็กหนา1/2-1/4 นิ้วกว้าง0.75-4 นิ้วยาว 6 เมตร
- เหล็กรูปตัวยูและตัวซี

2.4.4.3 ประเภทของเหล็กชนิดต่าง ๆ

- เหล็กท่อกลม
- เหล็กท่อกลมรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส
- เหล็กท่อกลวงรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า
- เหล็กฉาก
- เหล็กรูปตัวซีและตัวยู
- เหล็กพืด
- เหล็กรางย่องกง
- เหล็กรูปตัวไอ
- เหล็กเส้นกลมตัว
- เหล็กรูปสี่เหลี่ยมตัน

จากรูปแบบของเหล็กหลายชนิดสามารถแบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ

ก) เหล็กเส้นตันเป็นลักษณะท่อกลางมีทั้งท่อกลมและท่อเหลี่ยมเหล็กที่เป็นท่อกลวงจะรับแรงอัดได้ดีกว่าเพราะเหล็กตันเกิดการคุงได้ง่ายกว่าเหล็กที่เป็นท่อกลวงมีข้อเสีย คือ ถ้าอากาศเข้าไปข้างในจะมีสนิมได้ง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข) เหล็กฉากเหล็กรางต่างๆเหล็กประเภทนี้จะมีความหนาแน่นมากกว่าเหล็กหล่อเนื่องจากรูปทรงในการรับแรงน้อยกว่าเหล็กท่อกลวงเนื่องจากเหล็กชิดนี้มีความหนาแน่นมากกว่าแบบแรกจึงทำให้มีน้ำหนักมากกว่าเหล็กท่อกลวง

ค) เหล็กเส้นตันเหมาะสำหรับแรงดึงมากกว่าแรงอัดเหล็กประเภทนี้เหมาะสำหรับงานโครงสร้าง ค.ส.ล. มากกว่าเป็นงานโครงสร้างเหล็กเส้นตันมีน้ำหนักมากกว่าเหล็ก 2

2.4.4.4 โลหะแผ่น Sheet Metal หมายถึงโลหะแผ่นทุกชนิดที่มีความหนาไม่เกิน 3/16 นิ้วโลหะแผ่นที่ใช้ในงานอุตสาหกรรมมีอยู่หลายชนิดแต่ละชนิดมีลักษณะพิเศษเฉพาะตัวแตกต่างกันไปดังนั้นการทำงานแต่ละประเภทจำเป็นจะต้องศึกษาจะเลือกใช้วัสดุหรืออโลหะให้เหมาะสมกับคุณภาพของงานและคุณสมบัติของโลหะจึงทำให้ผลของงานที่ได้พอใจและมีคุณค่ามากยิ่งขึ้น

โลหะแผ่นที่นำมาใช้งานส่วนได้แก่เหล็กซึ่งรีดออกมาเป็นแผ่นๆมีขนาดความหนาหลายขนาดต่างๆกันและยังมีการเคลือบผิวด้วยโลหะต่างๆ อาทิ เช่น เคลือบผิวด้วยตะกั่ว สังกะสี หรือดีบุก เป็นต้นนอกจากนี้แล้วยังมีการเอาโลหะผสมมาใช้อีกหลายชนิด เช่น ทองแดง อลูมิเนียม เป็นต้น

โลหะแผ่นโดยทั่วไปแบ่งเป็น 2 ประเภท ดังนี้คือ

- โลหะแผ่นเปลือยส่วนมากจะเป็นโลหะไม่ใช่เหล็ก เช่น แผ่นทองแดง แผ่นอลูมิเนียม แผ่นทองเหลือง เป็นต้น
- โลหะเคลือบผิวจัดเป็นโลหะประเภทเหล็กแล้วจึงนำไปเคลือบผิวด้วยโลหะตามที่ต้องการ เช่น เหล็กอาบสังกะสี หรือดีบุก เป็นต้น วัตถุประสงค์ของการเคลือบผิวเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการกัดกร่อนซึ่งทำให้โลหะนั้นมีอายุการใช้งานนานขึ้น

ดังนั้นการใช้งานโลหะแผ่นเคลือบกับโลหะเปลือยจึงแตกต่างกันการนำโลหะแผ่นเปลือยไปใช้งานอื่นๆเช่น นำไปเชื่อม ขัดผิว ตะไบหรือกระบวนการอื่นๆ ที่ต้องเสียผืนหน้าของงานก็จะไม่ทำให้เกิดผลเสียหายในการกัดกร่อนแต่อย่างใดแต่สำหรับโลหะที่เคลือบผิวหลุดออกไปจะเป็นเหตุให้โลหะนั้นเสียคุณสมบัติ ในด้านการคงทนต่อการกัดกร่อนได้ง่ายขึ้น

2.4.4.5 กรรมวิธีการผลิต

กรรมวิธีการผลิตผลิตภัณฑ์โลหะ แบ่งเป็น

1) การตัด เป็นการตัดโลหะออกเป็นชิ้นส่วนตามที่ต้องการ มี อยู่ 8 วิธี คือ

- การเลื่อย คือ การตัดที่มีเครื่องมือฟันตามขอบ
- ตัด คือ การตัดโดยใช้เครื่องมือที่มีของแข็งและคมเฉือนชิ้นงาน
- เจาะรู คือ การตัดทะลุเป็นรู โดยใช้ดอกสว่าน
- การขัด คือ การทำให้ส่วนที่ไม่ต้องการหลุดออกไปด้วยการใช้วัสดุที่แข็งกว่าถูออกไป
- ตัดด้วยความร้อน คือ การตัดด้วยความร้อนเป็นตัวหลอมดลหะให้ขาดจากกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การไส คือ การเอาเครื่องตัดชิ้นงานให้เรียบ
- กรกัด คือ การตัด โดยเครื่องจักรที่มีลักษณะคล้ายใบมีด ใช้กับดลหะบาง
- การกลึง คือ การแยกส่วนที่ไม่ต้องการออก โดยขณะที่โลหะชิ้นงานหมุนอยู่บนเครื่องกลึง

2) การขึ้นรูป เป็นการนำเอาวัสดุไปเปลี่ยนรูปร่าง โดยไม่มีการนำวัสดุมาเพิ่มเข้าหรือตัดออกไป การขึ้นรูปที่นิยมใช้ในระบบอุตสาหกรรม แบ่งออกเป็น 7 วิธี คือ

- การหล่อ
- การพับ
- การใช้แรงอัด
- การใช้แรงดัน
- การดึงโลหะ โดยใช้ความร้อน
- การรีด
- การปั้มขึ้นรูป

3) การยึดโลหะ กรรมวิการยึดติดโลหะ 2 ชิ้นเข้าด้วยกัน จำเป็นที่จะต้องทราบถึงคุณสมบัติของโลหะก่อนว่าวิธีใดเหมาะสมจะใช้กับวัสดุใด โดยสามารถแบ่งกรรมวิธีได้ 6 วิธี คือ

- Riveting เป็นวิธี Machanical โดยที่มีด้านหนึ่งเป็นหัวส่วนอีกด้านหนึ่งเป็นขาแหลมเพื่อสอดเข้าไปในรูปเครื่องมือจะมีอัดด้านข้างจะติดกับโลหะ
- Threading คล้ายวิธี Riveting แต่กลับใช้น๊อตและวงแหวนแทน จึงเป็นแบบกึ่งถาวร เพราะถอดออกได้ก่อนจะทำงานเจาะรูที่ชิ้นงานก่อนเหมือนกับแบบแรก
- Seaming เป็นการพับตะเข็บ เป็นวิธีใช้ตัวของมันยึดอยู่ด้วยกัน บางครั้งใช้เชื่อมพับรอยตะเข็บอีกด้านหนึ่ง เพื่อให้แข็งแรงยิ่งขึ้น
- Cermeting เป็นการเชื่อมโดยทางเคมีเข้าช่วย คล้ายกับงานไม้ที่ใช้กาวยาง แต่งานพวกนี้ต้องใช้แรงจับเป็นพิเศษ ตัวอย่างเป็น Expert ซึ่งใช้กับโลหะแผ่น
- Soldering เป็นการเชื่อมอย่างวิธีWelding โดยการใส่โลหะอื่นเข้าไปขณะเชื่อมเรียกว่า บัดกรี
- Welding เป็นการเชื่อมโลหะแบบที่นิยมใช้กันทั่วไป โดยการหลอมละลายโลหะให้ติดกันโดยวิธี Meiten metal ซึ่งละลายโลหะ เช่น ลวดเชื่อม หรือเชื่อมโดยใช้แรงกด เช่น การเชื่อมแบบ Spot Welding

4) กรรมวิธีการตกแต่งผิววัสดุชิ้นงาน

กรรมวิธีในขั้นนี้เพื่อต้องการทำให้ผิวชิ้นงานเรียบ มีขนาดที่แน่นอน มีความเที่ยงตรง และให้เกิดความสวยงาม รวมทั้งให้ทนต่อการกัดกร่อน กรรมวิในขั้นนี้แยกประเภทออกได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การขัดผิวชิ้นงานทั่วไป
2. การขัดด้วยเครื่องขัดสายพาน
3. การขัดโดยใส่ในถังหมุน
4. การชุบเคลือบผิวด้วยไฟฟ้า
5. การขัดด้วยลิ้นไอดี ไอเสีย
6. การใช้ชิ้นงานสองชิ้นขัดด้วยกัน
7. การขัดแบบพิเศษ
8. การพ่นเม็ดโลหะ
9. การเคลือบด้วยสารอินทรีย์
10. การเคลือบด้วยวิธีทางเคมี
11. การเคลือบผิวงานประเภทอลูมิเนียม

5) กรรมวิธีการประกอบชิ้นงาน การต่อหรือประสานวัสดุชิ้นงานเข้าด้วยกัน

1. การเชื่อม (Welding) เป็นกรรมวิธีการต่อชิ้นงานให้ติดกัน โดยการให้ความร้อนแก่วัสดุชิ้นงานจนหลอมละลายติดกันหรือเติมขดลวดเชื่อม นอกจากนี้อาจใช้แรงดันเข้าช่วยได้

2. การบัดกรีอ่อน (Soldering) เป็นกรรมวิธีการต่อชิ้นงานให้ติดกัน โดยให้ความร้อนแก่วัสดุชิ้นงานที่ต่ำกว่า 700 องศาฟาเรนไฮต์ และวัสดุที่เติมจะจะมีจุดหลอมต่ำกว่าวัสดุชิ้นงาน เช่น การบัดกรีตะกั่ว การบัดกรีเงิน เป็นต้น

3. การบัดกรีแข็ง (Brazing) เป็นกรรมวิธีการต่อชิ้นงานให้ติดกันโดยให้ความร้อนแก่วัสดุ ชิ้นงานสูงกว่า 800 องศาฟาเรนไฮต์ แต่ไม่ถึงกับวัสดุชิ้นงานนั้นหลอมละลาย แล้วเติมลวดเชื่อมลงไป วัสดุที่เติมลงไปนี้ วัสดุที่เติมลงไปนี้จะไหลเข้าช่องของรอยต่อ เพื่อยึดชิ้นงานให้ติดกัน บางครั้งเราเรียกวิธีนี้ว่า การเป่าแล่น

4. การใช้แรงอัดผงยึดติดกัน (Sinteringป เป็นกรรมวิธีการยึดติดต่อกันทำให้วัสดุเป็นผงก่อนแล้วนำมาอัดยึดติดกัน อาจใช้ความร้อนหรือไม่ใช้ก็ได้ หากใช้ความร้อนอุณหภูมิจะต้องต่ำกว่าจุดหลอมของวัสดุนั้นๆ

5. การอัดยึด (Pressing) เป็นกรรมวิธีการอัดชิ้นงานให้ยึดติดกัน เช่น การอัดสวมเพลาแกน เป็นต้น การอัดนี้สามารถอัดให้ติดกันอย่างถาวรหรืออัดแล้วสามารถถอดออกจากกันได้

6. การย้ำหมุด (Riveting) เป็นกรรมวิธีในการทำให้วัสดุชิ้นงานติดกัน โดยการใช้หมุดยึดติดระหว่างกัน

7. การใช้สลักเกลียวยึด (Screw Fastening) เป็นกรรมวิธีในการทำให้วัสดุชิ้นงานติดกันโดยการใช้สลักเกลียวยึดระหว่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. การใช้กาวยึดเหนี่ยว (Adhesive joining) เป็นกรรมวิธีดารยึดหรือต่อวัสดุชิ้นงานให้ติดกันโดยการใช้กาว เช่น การสังเคราะห์ที่ใช้ภายในและภายนอก การต่อลักษณะนี้จะไม่นิยมใช้กับจุดที่ต้องรับน้ำหนักหรือมีการเสียดสีกันอย่างรุนแรง

2.4.2.6 กรรมวิธีการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติวัสดุชิ้นงานทางกายภาพ

ในกรรมวิธีขั้นตอนนี้เป็นการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุชิ้นงาน โดยการใช้ความร้อนที่สูงหรือการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างรวดเร็วกะทันหัน หรือการกระทำซ้ำ ๆ ให้เกิดความเค้นในเนื้อวัสดุชิ้นงาน กรรมวิธีการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติ มีดังนี้

1. การชุบ (Heat treatment) เช่น การชุบแป้ง, ชุบโครเมียม, การอบเหนียว เป็นต้น

2. การแปรรูปขึ้นรูป (Hot working) เช่น การตีเหล็ก , หล่อเหล็ก

3. การพ่น หรือการยิงผิววัสดุชิ้นงาน (Shot peening) เพื่อเพิ่มความเค้นบริเวณผิวหน้าวัสดุให้สูงขึ้น ทำให้แข็งสามารถต้านทานการสึกหลอได้ดี

2.4.5 สลักเกลียวและน๊อต

ลักษณะของสลักเกลียวและน๊อตที่มีจำหน่ายตามท้องตลาดทั่วไป

สลักเกลียวและน๊อตที่มีใช้งานและผลิตเพื่อจำหน่ายทั่วไปมีหลายลักษณะแตกต่างกันตามประโยชน์การใช้งาน ลักษณะของหัวเกลียว, น๊อต และลักษณะของเกลียวชนิดนั้นๆ

1. สลักเกลียวสำหรับสอดร้อยยึดรูทะลุของชิ้นงาน ประกอบด้วยตัวสลักเกลียวและน๊อตใช้สำหรับยึดชิ้นงานที่เจาะรูทะลุ เหมาะสำหรับชิ้นงานที่ต้องถอดเข้า-ออกบ่อยๆ

2. สลักเกลียวสำหรับยึดรูตัน สลักเกลียวชนิดนี้จะมีหัวหกเหลี่ยม สี่เหลี่ยม ทรงกระบอกผ่าและทรงกระบอกหกกระบอกหกเหลี่ยมในเกลียวใน ซึ่งทำหน้าที่แทนน๊อตจะเป็นรูทำเกลียวตันไม่จำเป็นต้องเจาะทะลุชิ้นงาน เหมาะสำหรับที่ต้องการประหยัดเนื้อที่ ประหยัดวัสดุไม่ต้องถอดเข้า-ออกบ่อย ส่วนมากจะใช้กับชิ้นงานที่มีขนาดเล็ก

3. สลักเกลียวฝังเป็นเกลียวชนิดไม่มีหัว มีลักษณะเป็นเกลียว2 ข้าง ใช้เป็นสลักเกลียวยึดติดโดยใช้การขันปลายเกลียวข้างหนึ่งติดกับเรือนสูบหรือตัวเครื่องใช้ฝาสูบครอบปิดและขันยึดตัวน๊อตเมื่อต้องการแต่งเรื่อนสูงก็สามารถถอดสลักออกได้

4. สลักล็อค มีลักษณะเป็นสลักเกลียวไม่มีหัว มีแต่เกลียวตลอดความยาวใช้สำหรับล็อคตำแหน่งชิ้นงานให้อยู่กับตำแหน่งที่ต้องการ เช่น พู่เลย์ แบริ่ง และชิ้นส่วนอื่นๆของเครื่องอัดฐานแท่ง

5. สลักเกลียวอุด ใช้สำหรับอุดรูของเครื่องของบริเวณที่ต้องการถ่ายหรือเติมน้ำมันล่อลื่น เช่น บริเวณกล่องเกียร์ของเครื่องอัดฐานแท่ง

นอกจากสลักเกลียวมีลักษณะลำตัว หัว เกลียวและปลายที่แตกต่างกัน เพื่อวัตถุประสงค์การใช้งานที่แตกต่างกัน ฉะนั้นในการผลิตจำเป็นต้องผลิตให้มีคุณภาพแตกต่างกันด้วย นอกจอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สลักเกลียวที่มีได้กล่าวไปนั้นแล้ว ยังมีสลักเกลียวชนิดทนแรงดึงสูงเป็นสลักที่มีอัตรายึดตัวที่ดีที่สุด และสลักเกลียวหัวฝังทรงกระบอกหัวหกเหลี่ยมใน เป็นสลักเกลียวที่มีความแข็งแรงคุณภาพเกรด10 หัวสลักเกลียวสำหรับดึงชิ้นงานวัสดุโลหะเบาที่หัวทรงกระบอกหกเหลี่ยมในมีแบบภายนอกมีผิวลื่น และไม่มีกันลื่น

น็อตหรือแป้วเกลียวที่ใช้ขันยึดมีหลายลักษณะเช่นเดียวกับตัวสลักเกลียว ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ในการใช้งาน มีทั้งน็อตหกเหลี่ยมและลักษณ์อื่นๆสามารถขันเข้า-ออกได้ด้วยมือน็อตนิรภัยใช้ขันป้องกันอุบัติเหตุ บางชนิดหลังจากยึดแล้วให้หมุนย้ำยึดติดไว้ป้องกันการคลายออก เช่น น็อตในงานโลหะแผ่น น็อตชนิดนี้มีบ่าด้วยยึดให้แนวแรงยึดมีกำลังดีขึ้น น็อตทุกชนิดทุกขนาดมีมาตรฐานกำหนดเช่นเดียวกันกลับสลักเกลียว เครื่องจักรใหญ่ๆ ที่ต้องการจะใช้น็อตขนาดและชนิดพิเศษ รวมถึงน็อตที่ผลิตใช้งานโดยทั่วไปจะผลิตขึ้นมามีวัตถุประสงค์ดังนี้

ก. ผลิตได้ง่ายจากโลหะ กลม หกเหลี่ยม สี่เหลี่ยม ผลิตด้วยเครื่องจักรอัตโนมัติ

ข. มีน้ำหนักเบา เพื่อใช้งานโครงเบา ๆ ได้

ค. หมุนเข้า-ออกด้วยมือได้

ง. ป้องกันอุบัติเหตุได้ เช่น เป็นน็อตนิรภัยกันการคลายออก มีความปลอดภัยเพียงพอ

2.4.5.1 น็อตเกลียวปล่อย

น็อตเกลียว (LAG BOLTS) ลักษณะคล้ายตะปูควงแต่ขนาดใหญ่กว่าและหัวหกเหลี่ยม ไม่มีผ่าหัวหกเหลี่ยมใช้กุญแจเลื่อนหรือกุญแจปากตายไขเข้าไปในเนื้อไม้ น็อตเกลียวปล่อยใช้ในกรณีที่ต้องการความยึดเหนี่ยวสูงกว่าที่ใช้ตะปูควง และบางครั้งในไม้เนื้อแข็ง ถ้าใช้ตะปูควงขนาดใหญ่จะไขด้วยไขควงเข้าไปได้โดยยาก หากใช้น็อตเกลียวปล่อยและขันด้วยกุญแจปากตายจะง่ายกว่า

1) การใช้น็อตเกลียวปล่อย บางครั้งต้องใช้วงแหวนรองที่หัวตะปูเพื่อความเรียบร้อย และเพื่อป้องกันไม่ถูกหัวตะปูขูดเป็นรอย วงแหวนที่ใช้มีลักษณะต่าง ๆ กัน เช่น วงแหวนเรียบปกติ วงแหวนที่มีส่วนนูนรับตัวน็อต วงแหวนที่ตัดขาดจากกัน (เรียกว่า วงแหวนสปริง) วงแหวนที่เป็นรูปหยัก ๆ ที่ส่วนรอบนอกของวงแหวนเพื่อขันให้แน่นเป็นพิเศษ

นอกจากตะปูและน็อตชนิดต่าง ๆ ดังกล่าวแล้วยังมีพุก (PLUG) ซึ่งอาจทำด้วยทองเหลืองหรือพลาสติกหรืออลูมิเนียม ซึ่งทำให้ส่วนที่รับเกลียว (NUT) ขยายตัวได้เพื่อให้ฝังแน่น เรียกว่า พุกขยายตัว (EXPANSION PLUG) ใช้สำหรับฝังในกำแพงคนกรีต หรือกำแพงอิฐ เพื่อติดตั้งเครื่องสุขภัณฑ์ให้แน่น เช่น การติดอ่างล้างหน้าในห้องน้ำหรือการติดตั้งหิ้งกระจกก็ตาม พุกชนิดนี้มีขนาดต่าง ๆ กัน เรียกตามความยาว ชนิดที่เป็นทองเหลืองกำลังในการยึดเหนี่ยวแข็งแรงดี

การเรียกขนาดนั้นเรียกตามความโตและความยาวของส่วนที่ทำด้วยเหล็ก เช่น ตะปูขนาด 2 นิ้ว และ หัวโต 3 / 16 นิ้ว ประเทศที่ผลิตออกมาจำหน่าย คือ สวิตเซอร์แลนด์ กล่องบรรจุ 3 โหล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการฝังวัสดุติดกำแพงซึ่งต้องการแรงยึดเหนี่ยวมาก ๆ เช่น การติดเสากำแพงในงานที่ต่อเติม หรือการติดตู้ในห้องครัวที่กำแพงนั้นมีพุกขยายตัวชนิดที่ทำด้วยตะกั่ว หรือเหล็ก ขนาดโตกว่าพุกขยายตัวทองเหลืองดังได้กล่าวมาแล้ว พุกขยายตัวอย่างใหญ่นี้มีจำหน่ายตามร้านขายเครื่องอุปกรณ์ก่อสร้าง เช่น ขายบานพับ ตะปู นอกจากนั้น อุปกรณ์ที่ใช้ร่วมที่สำคัญ คือ เกลียวและแป้นเกลียว

ตารางที่ 2.1 ตารางแสดงชนิดและขนาดของพุกที่ฝังในกำแพง

ขนาด		**1 / 8”**	**5 / 32”**	**3 / 16”**	**1 / 4”**	**5 / 16”**	**3 / 8”**	**1 / 2”**
ขนาดเป็นทศนิยม		0.138	0.164	0.190	0.250	0.313	0.375	0.500
แบบปีกสปริง	A	1.438	1.875	1.875	2.063	2.750	2.875	4.625
	B	0.375	0.500	0.500	0.688	0.875	1.000	1.250
	L	2” - 4”	2.5” -4”	2” - 6”	2.5”-6”	3” -6”	3”- 6”	3” - 6”
แบบทัมเบิล	A	1.250	2.000	2.000	2.250	2.750	2.750	-
	B	0.750	0.500	0.500	0.688	0.875	0.875	-
	L	2” - 4”	2.5” -4”	3” - 6”	3” - 6”	3” – 6”	3” – 6”	-
แบบหมุดทัมเบิล	A	-	2.000	2.000	2.250	2.750	2.750	3.375
	B	-	0.375	0.375	0.500	0.625	6.683	0.873

ตารางที่ 2.2 ตารางแสดงสัดส่วนต่าง ๆ ของน็อต

หัวและแป้น		**มาตรฐานอเมริกันชนิดธรรมดา**	**มาตรฐานอเมริกันใช้งานหนัก**
หัว	ความสูง , H	2 / 3D	3 / 4D + 1 / 16”
	เส้นผ่าศูนย์กลางสั้น , F	1 1 / 2D	1 1 / 2D + 1 / 8”
แป้น	ความสูง , H	7 / 8D	
	เส้นผ่าศูนย์กลางสั้น , F	1 1 / 2D (D มากกว่า 5 8”)	11 / 2D + 1 / 8”

2.4.6 พลาสติก

(พิชิต เลี่ยมพิพัฒน์.2540) พลาสติกที่ประกอบด้วยสารหายชนิด มีน้ำหนักโลเลกุลที่สูง คงรูปเมื่อกรรมวิธีการผลิตมีลักษณะอ่อนตัวขณะที่ทำการผลิต พลาสติกมีคุณสมบัติที่พิเศษเด่นวัสดุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อื่น ๆ ที่ได้จากธรรมชาติหรือการสังเคราะห์ขึ้นมา เช่น แก้ว โลหะ กระดาษ ที่นิยมใช้กันครั้งนี้ เพราะพลาสติกมีคุณสมบัติหลาย ๆ อย่างรวมกัน ในตัวของพลาสติก และสามารถที่จะใช้แทนวัสดุอื่น ๆ ได้เท่าเทียมและดีกว่าวัสดุเดิม ชนิดพลาสติกสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท

2.4.6.1 เทอร์โมพลาสติก คือ พลาสติกที่สามารถหลอมตัวเข้าด้วยความร้อนและแข็งตัวเมื่อทำให้เย็นลง จะทำได้หลายครั้งโดยที่โครงสร้างไม่เปลี่ยนแปลง เทอร์โมพลาสติกที่มีใช้กันอยู่ทั่วไป สามารถแบ่งออกเป็น 8 ชนิดดังนี้

1. อะคริลิก มีคุณสมบัติ เป็นพลาสติก กึ่งใสที่สุดชนิดหนึ่งแข็งแรงพอสมควรเป็นรอยขูดขีดได้ง่าย ทนต่อแสงอุลตร้าไวโอเลตได้ดี เป็นฉนวนกันไฟฟ้าได้ดีมาก ทนต่อสารเคมีได้ดีพอสมควร และสามารถที่จะทำสีต่าง ๆ ได้มีทั้งชนิดแบบใส ฝ้า และทึบแสงใช้ทำโคมไฟ ป้ายโฆษณา โดมหลังคา เฟอร์นิเจอร์ และถ้วยบรรจุของเหลวชนิดใส

2. โพลิเอมีน หรือไนล่อน มีคุณสมบัติ เป็นพลาสติกที่มีน้ำหนักเบาราคาแพง ทนทานต่อแรงเสียดทานรับแรงดึงแรงอัดได้ดีและสามารถที่จะทนต่อแรงขีดข่วน ทนต่อกรดชนิดอ่อน ทนด่าง ดูดซึมน้ำได้บ้าง นิยมใช้ทำถ้วยกาแฟ ไม่เหมาะสมกับงานภายนอก

3. โพลิเอทิลีน มีคุณสมบัติ มีน้ำหนักเบามากมีความถ่วงจำเพาะ 0.92 เท่านั้น ในรูปแผ่นบางสามารถที่จะบิดงอพับได้เป็นอย่างดี รับแรงดึงแรงอัดได้น้อย มีความยืดตัวสูงถึง 5 เท่า ไม่เกาะติดน้ำเป็นฉนวนกันไฟฟ้าได้ดีมาก แต่ทนความร้อนได้น้อย เหมาะสำหรับใช้บรรจุอาหารสด เช่น ผักผลไม้ และเนื้อได้เป็นอย่างดี ใช้ทำตุ๊กตาเด็กเล่น ถาดน้ำแข็งใส ตู้เย็น ขวดเครื่องใช้ในครัว พลาสติกคุมโรงเพาะชำ เป็นต้น

4. โพลิโพพิลีน มีคุณสมบัติที่คล้ายกับโพลิเอทิลีน แต่มีคุณภาพที่ดีกว่าทดสอบโดยการใช้เล็บขูดดูหากว่าเป็นลิเอทิลีน จะขุดออก หากว่าเป็นโพลิโพพิลีนจะขูดไม่ออกจะมีความแข็งกว่าใช้ประโยชน์ในการทำถุงบรรจุอาหารร้อน พลาสติกหุ้มซอมบุหรี่ ริบบิ้น สายไฟฟ้า กล่องแบตเตอร์รี่ ผลิตภัณฑ์ประเภทหมวกกันน็อค ของใช้ภายในบ้าน

5. โพลิไตรีน มีคุณสมบัติ ที่มีน้ำหนักที่เบาที่สุดในประเภทพลาสติกชนิดแข็งที่มีความคงรูปที่ดีแต่มีความเปราะสามารถที่จะทำเป็นสีต่าง ๆ ได้ มีทั้งแบบใสผ้า แบบทึบมีทั้งผิวเรียบและขรุขระ สามารถที่เป็นฉนวนกันไฟได้เป็นอย่างดี ดูดซึมน้ำต่ำ ไม่เหมาะกับการใช้ภายนอก ทนความร้อนและสารเคมีอย่างอ่อนภายในบ้านได้ใช้ทำกล่องบรรจุของ เช่น แปรงสีฟัน บรรจุเครื่องดื่ม ของเล่นเด็ก โทรทัศน์ วิทยุ ไฟท้ายรถ และแผงฉนวนกันความร้อน

6. เอบีเอส มีคุณสมบัติ รับแรงกระแทกได้ดีมากทนต่อความร้อนได้ดีถึง 212 ฟ. ทนต่อกรดและด่างได้ดีพอสมควร มีคุณสมบัติที่พิเศษสามารถนำไปชุบเคลือบผิวด้วยไฟฟ้าได้ดี เช่น การนำไปชุบโครเมี่ยม นิยมใช้เครื่องทำโทรทัศน์ แผงเครื่องปรับอากาศ ชิ้นส่วนของพัดลม อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า เฟอร์นิเจอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. ไวนิล มีคุณสมบัติ ใช้ในการเคลือบผิวกระป๋อง มีความเหนียว ทนทาน มีทั้งชนิดอ่อน ชนิดแข็ง และโฟม สามารถที่จะทำเป็นสีต่าง ๆ ได้ เป็นฉนวนที่ทนไฟฟ้า ที่มีความถี่สูง ไม่เหมาะกับงานที่ใช้ภายนอก

8. โพลิเอสเทอร์ มีคุณสมบัติคือ ใช้ทำพลาสติกหล่อและงานไฟเบอร์กล๊าสใช้ทำขวดของน้ำมันพืช และนิยมใช้ทำชิ้นส่วนของเครื่องจักร และเครื่องใช้ไฟฟ้า ชิ้นส่วนของรถยนต์ ฟิล์มรถยนต์ ฟิล์มถ่ายรูป

2.4.6.2 เทอร์โมเซตติ้ง คือพลาสติกที่สามารถหลอมตัวได้ในระยะแรกเท่านั้น และเมื่อหลอมตัวแล้วเป็นผลให้พลาสติกนั้นมีโครงสร้างแบบเชื่อมโยงหรือแบบร่างแห โครงสร้างของพลาสติกจะคงตัวหรือไม่สามารถที่จะเปลี่ยนแปลงได้อีก ถ้าให้ความร้อนมาก ๆ เทอร์โมเซตติ้งมีอยู่ 5 ชนิด

1. อะมิโน สามารถแบ่งได้ 2 ชนิดคือ

1.1 ยูเรีย มีคุณสมบัติ ที่มีน้ำหนักที่มากกว่าพลาสติกโดยทั่วไปเล็กน้อย รับแรงบิดงอได้ดี ทนต่อความร้อนได้สูง ทนต่อการขีดข่วน แต่เมื่อถูกแดดนาน ๆ จะซีด นิยมใช้ทำกาวกาวไม้อัด และวิบบอร์ด น้ำยาเคลือบผิวผลิตภัณฑ์ ปุ่มจับมือ และ ด้ามจับเครื่องมือเครื่องใช้ต่างๆ

1.2 เมลามีน มีคุณสมบัติ ใช้ทำถ้วยชามมากที่สุดและยังใช้ทำวัสดุปิดผิวจักกันในชื่อเฟอร์ไมก้า

2. อีฟอกซี่ มีคุณสมบัติ มีที่มีน้ำหนักปานกลางมีความถ่วงจำเพาะ 1.11-1.8 รับแรงดึงได้ดีมาก และแรงอัดได้เป็นอย่างดี คุณสมบัติพิเศษคือ สามารถติดแน่นได้ดีกับวัสดุอื่น ๆ เช่น โลหะ แก้วพลาสติก เซรามิก และยางเป็นต้น และเหมาะสำหรับใช้ทำเป็นกาได้เป็นอย่างดี

3. ฟินอลิก มีคุณสมบัติรุจักกันดีในชื่อ เบกเกลไลท์ มีความแข็งแรงรับแรงดึงได้พอเหมาะติดไฟได้แต่ช้า และสามารถดับได้เอง นิยมใช้ทำด้ามจับ หูหม้อ ถาด อุปกรณ์ไฟฟ้า

4. ซิลิโคน มีคุณสมบัติ มีทั้งแบบที่เป็นของเหลวและคงรูปรับแรงดึง บิดงอได้ปานกลาง สามารถทำสีได้ ส่วนมากนิยมใช้ทำแม่แบบ ชนิดที่ทนความร้อน ยางขอบบานปิด - เปิดในยานอวกาศ ขอบสระน้ำเพื่อกันลื่น

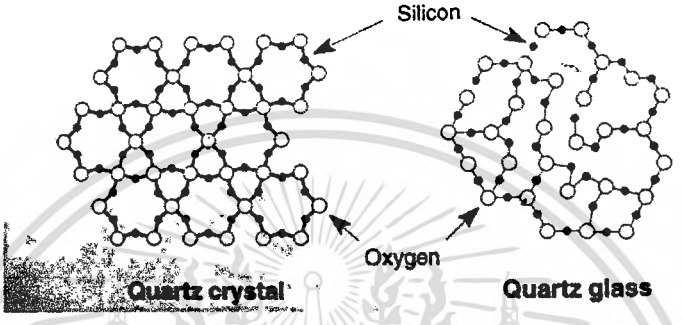
5. ยูรีเทน มีคุณสมบัติมีทั้งแบบที่เป็นของเหลว ของแข็ง และฟองน้ำมีน้ำหนักเบาในรูปของโฟมมีน้ำหนักเพียง 1.5 ปอนด์/ลบ.ฟุต นิยมนำมาใช้ทำโฟม และฟองน้ำ นิยมฉีดใต้ปีกเครื่องบิน ท้องเรือ ผนังห้องเย็น

2.4.7 สมบัติและโครงสร้างของแก้ว (structure and properties of glass)

เนรัญชรา กำไลทอง และคณะ (2542) คำจำกัดความที่เป็นมาตรฐานของแก้วเมื่อปี ค.ศ. 1985 คือ "ของแข็งที่ไม่เป็นผลึก" ("noncrystalline solid") ส่วน ASTM (Americal Society for

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Testing Material) ให้คำจำกัดความว่า "เป็นสารอนินทรีย์ที่เกิดจากการหลอมและเย็นตัวลงจนได้สถานะที่มีความคงตัวโดยไม่เกิดเป็นผลึก" แต่หลังจากปีค.ศ. 1985 มีการคิดค้นแก้วที่เกิดจากวัสดุที่เป็นสารอินทรีย์ และโลหะขึ้นมา ทำให้เกิดคำจำกัดความที่มีความถูกต้องมากกว่าคือ " วัสดุใด ๆ ที่มีการเย็นตัวลงเร็วเพียงพอที่ทำให้ไม่เกิดโครงสร้างที่เป็นผลึก"ทำไมแก้วจึงมีคุณสมบัติแตกต่างกัน พิจารณาได้จากโครงสร้างของผลึกควอทซ์ (quartz crytal) และแก้วควอทซ์(quartz glass) โดยการเปรียบเทียบโครงสร้างในระดับโมเลกุล



รูปที่ 2.8 แสดงการเปรียบเทียบโครงสร้างในระดับโมเลกุล

ธาตุที่เป็นองค์ประกอบของผลึกควอทซ์ คือ ซิลิคอน (Si) และ ออกซิเจน (O) โดยมีสูตรเคมีเป็น SiO_2 ไม่มีธาตุอื่นปนอยู่ ซึ่ง SiO2 จะเป็นส่วนประกอบหลักของแก้วทั่ว ๆ ไป โครงสร้างของผลึกควอทซ์จะมีการจัดเรียงเป็นรูปทรงแบบเตตระฮีดรอน(tetrahedral)ที่เกิดจากอะตอมออกซิเจน และมีอะตอมของซิลิคอนอยู่ในช่องว่างแบบเตตระฮีดรอน(tetrahedral hole) ซึ่งอะตอมออกซิเจน 2 อะตอมจะเชื่อมต่อกับออกซิเจนอะตอมอื่นในลักษณะ 3 มิติ (ดังภาพซ้าย) และมีความเป็นระเบียบของโครงสร้าง(เป็นผลึก) เมื่อเราหลอมผลึกควอทซ์ และทำให้เย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว การเชื่อมต่อแบบผลึกจะเปลี่ยนเป็นการเชื่อมต่อแบบไม่เป็นระเบียบ (ภาพด้านขวา) เรียกชื่อใหม่ว่า "fused quartz" "fused silica" หรือ "quartz glass" จะเห็นได้ว่าโครงสร้างมีการเปลี่ยนแปลงไป ทำให้คุณสมบัติทางกายภาพเปลี่ยนไป นอกจากนั้นเรายังสามารถเติมสารเคมีอื่นๆ ลงไปเพื่อปรับเปลี่ยนโครงสร้างและคุณสมบัติทางเคมี เช่นเติมโลหะสีมีสีลงไปเพื่อให้มีสีสันต่างๆ ตามความต้องการในการใช้งาน

1 แก้วพิเศษ (special glasses)

เป็นแก้วที่ผลิตขึ้นเป็นพิเศษ เพื่อให้มีคุณสมบัติจำเพาะตามความต้องการใช้งาน แก้วจำพวกนี้จึงมีสมบัติเด่นเฉพาะตัว มีหลายชนิดด้วยกัน โดยแก้วพิเศษแต่ละชนิดระบุส่วนผสมหรือสารอนินทรีย์ที่มีเนื้อแก้วนั้น ๆ ด้วย ตัวอย่างของแก้วจำพวกนี้ได้แก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.1. แก้วปลอดซิลิคอน (silicon free glass) ใช้ผลิตหลอดแสงโซเดียม (sodium vapor discharge lamp) โดยมีส่วนประกอบของ โบรอนออกไซด์ (B2O3) 36%, อลูมิเนียมออกไซด์ (Al2O3) 27%, แบเรียมออกไซด์ (BaO) 27% และ แมกนิเซียมออกไซด์ (MgO) 10%

1.2. แก้วฟอตเฟต(phosphate glass) เป็นแก้วที่มีความทนทานต่อกรดที่กัดแก้วได้ (กรดไฮโดรฟลูออริก, HF) โดยมี่ส่วนประกอบของ ฟอสฟอรัสออกไซด์ (P2O5) 72%, อลูมิเนียมออกไซด์ (Al2O3) 18% และซิงค์ออกไซด์ (ZnO) 10%

1.3. แก้วที่มีส่วนผสมของตะกั่วในปริมาณสูง (high lead content glass) ใช้ในงานทางด้านรังสี

2. แก้วควอทซ์ (Fused quartz)

แก้วทนอุณหภูมิสูงและแก้วที่แสงอัลตร้าไวโอเลตส่องผ่านได้ (the high temperature and UV-transmission glasses) เป็นแก้วชนิดสุดท้ายที่พบในห้องปฏิบัติการ หรือเรียกกันทั่วไปว่าแก้วควอทซ์ หรือ ซิลิก้าบริสุทธิ์ (pure SiO2) แต่ยังคงมีโลหะอัลคาไลน์ (Na Mg) ไฮดรอกซิล (OH-) และออกไซด์ (Oxide) เจือปนอยู่เล็กน้อย (น้อยกว่า1%)

ในกระบวนการผลิตแก้วควอทซ์ทางอุตสาหกรรม จะใช้ซิลิกอนเตตระคลอไรด์ (silicon tetrachloride, SiCl4) หรือผลึกควอทซ์บริสุทธิ์ (pure quartz crystal, sand) เป็นสารตั้งต้น

สมบัติของแก้วชนิดนี้ได้แก่ มีสัมประสิทธิ์การขยายตัวเชิงเส้นต่ำ มีความแข็งแกร่ง มีความต้านทานต่อสารเคมีและไฟฟ้าแม้ในขณะร้อน ไม่ดูดกลืนแสงในช่วงอัลตร้าไวโอเลตและวิสิเบิ้ล (Ultraviolet-Visible)

แก้วควอทซ์นี้ใช้ประโยชน์ในการทำเครื่องแก้ววิทยาศาสตร์พิเศษที่ทนทานต่อสารเคมีและใช้ในการทดลองที่มีอุณหภูมิสูงๆ ใช้เป็นวัสดุสะท้อนแสงเลเซอร์ ใช้ทำครูซิเบิ้ล (crucible) สำหรับผลิตผลึกเดี่ยวของซิลิก้าบริสุทธิ์เพื่อใช้ในงานทางอิเล็กทรอนิก นอกจากนี้ยังใช้ทำกระจกสำหรับกล้องโทรทัศน์และดาวเทียมอีกด้วย

3. แก้วบอโรซิลิเกต (borosilicate glass)

แก้วบอโรซิลิเกต (borosilicate glass) หรือ แก้วแข็ง (the hard glasses) เป็นแก้วอีกชนิดหนึ่งที่พบได้ทั่วไปในห้องปฏิบัติการ เหตุผล 2 ประการที่เรียกว่าแก้วแข็งเนื่องจาก 1. มีความแข็งทนต่อการกระแทก มากกว่า 3 เท่า เมื่อเทียบกับแก้วอ่อน และ 2. ทนความร้อน นอกจากนั้นแก้วแข็งมีค่าสัมประสิทธ์การขยายตัวต่ำเมื่อเทียบกับแก้วอ่อน เมื่อใช้งานที่อุณหภูมิสูงแล้วรูปร่างของแก้วจะไม่เปลี่ยนแปลง และยังทนต่อการกัดกร่อนของสารเคมีต่างๆ ได้หลายชนิด รวมทั้งสารละลายเบสด้วย เช่น โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ในทางการค้าจะพบแก้วบอโรซิลิเกตที่ถูกนำมาใช้ในงานหลายๆ ด้าน เช่น ใช้ทำเป็นกระจกของเตาอบ ฝาหม้อสุกี้ เป็นต้น เนื่องจากว่าทนความร้อนได้นั่นเอง หรือมีการใช้ทำกระจกครอบไฟรถยนต์ และกระจกครอบไฟส่องสว่างที่ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภายในและภายนอกอาคาร ส่วนภายในห้องปฏิบัติการก็ใช้ทำ บีกเกอร์ ขวดรูปชมพู่ บิวเรตต์ และขวดก้นกลม เป็นต้น โดยผู้ผลิตมี 3 ยี่ห้อ ด้วยกันคือ Pyrex, Kimax และ Duran

แม้ว่าแก้วบอโรซิลิเกตจะทนทานต่อการกัดกร่อนของสารเคมีหลายชนิดก็ตาม แต่มีสารเคมีบางชนิดที่สามารถละลายแก้วบอโรซิลิเกตได้ เช่น

4. แก้วอ่อน (the soft glasses)

แก้วอ่อน (the soft glasses) เรียกชื่อตามคุณสมบัติทางกายภาพของแก้วเลย กล่าวคือเนื้อแก้วมีความอ่อนตัวได้ง่ายเมื่อเทียบกับแก้วชนิดอื่น ในทางการค้าจะเห็นวัสดุที่ทำด้วยแก้วอ่อน เช่น แผ่นกระจก ขวดแก้ว เหยือกแก้ว และแก้วน้ำ โดยแก้วอ่อนนี้สามารถเปลี่ยนสีได้ง่ายเพื่อความสวยงาน เช่นแก้วที่บรรจุเครื่องดื่มโดยทั่วไปจะเป็นสีน้ำตาล หรือสีเขียว หรือในห้องปฏิบัติการก็ใช้เป็นขวดใส่สารรีเอเจนต์ใส หรือสีชา เป็นต้น

แก้วอ่อนที่พบในห้องปฏิบัติการจะเป็นชนิดแก้วโซดาไลม์ (soda lime glass) ซึ่งโซดา (soda) หมายถึง โซเดียมออกไซด์ (Na2O) และ ไลม์ (lime) คือ แคลเซียมออกไซด์(CaO)หรือแมกนีเซียมออกไซด์(MgO) ส่วนแก้ว(glass) คือ มีส่วนประกอบของซิลิก้าSiO2 เป็นส่วนประกอบหลัก วัสดุที่ใช้ผลิตแก้วชนิดนี้จะมีราคาถูก เนื่องจากอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการผลิตไม่สูงมากนัก อายุการใช้งานก็นาน(ยกเว้นทำตกแตก) นอกจากนั้นสามารถนำกลับมาใช้ได้ใหม่ผ่านกระบวนการรีไซเคิล(recycle) ได้ง่ายอีกด้วย

ส่วนคุณภาพของแก้วชนิดนี้ขึ้นอยู่กับส่วนผสมทางเคมี โดยทั่วไปจะพบ CaO อยู่ในปริมาณ 8-12% และ Na2O 12-17% นอกนั้นเป็น SiO2 หากแก้วมีส่วนผสมของ CaO มาก ระหว่างกระบวนการผลิตโครงสร้างแก้วจะมีบางส่วนเกิดเป็นผลึก หากมีส่วนผสมของ

2.4.7.2 ชนิดแก้ว (glass type)

ประเภทแก้วหรือชนิดแก้วที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ (Type of glasses used in the Lab) แก้ว (glass) มีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน เนื่องจากส่วนประกอบ หรือองค์ประกอบทางเคมีมีความแตกต่างกัน ทำได้โดยการเติมออกไซด์ของโลหะลงไปในแก้ว การผลิตแก้วในทางการค้ามีการแบ่งประเภทของแก้วได้ประมาณ 1000 ชนิด แต่แก้วที่ใช้ในห้องปฏิบัติการมี 3 ประเภทใหญ่ๆ ด้วยกันคือ แก้วอ่อน (the soft glasses) แก้วแข็ง (the hard glasses) และแก้วที่มีคุณสมบัติส่องผ่านแสงอุลตร้าไวโอเลต(UV-transmission glasses) และทนความร้อนสูง (High-temperature)

คุณสมบัติของแก้วที่นักวิทยาศาสตร์สนใจคือ การขยายตัวได้ของแก้วที่อุณหภูมิสูง ค่าดัชนีหักเหของแสงเมื่อส่องผ่านแก้วและค่าความต้านทานไฟฟ้าของแก้ว ซึ่งจะเปลี่ยนแปลงได้ที่อุณหภูมิต่างๆ ดังนั้นการออกแบบแก้วหรือผลิตแก้วให้ได้ตามวัตถุประสงค์ในการใช้งานจะต้องคำนึงถึงส่วนประกอบและอุณหภูมิในการใช้งาน เช่น แก้วที่ทำให้ร้อนจะมีความต้านทานไฟฟ้าลดลงหรือนำไฟฟ้าได้ดีขึ้น ในขณะเดียวกันโครงสร้างแก้วจะขยายตัว ขนาดช่องว่างในโครงสร้างใหญ่ขึ้น ทำให้แสงหรืออะตอมอื่นๆ ทะลุผ่านได้ง่ายขึ้น หรือในกรณีที่เราเติมออกไซด์ของตะกั่ว (PbO2) ลงไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในแก้วซิลิเกต (silicate glass) จะได้แก้วที่มีความหนืดเพิ่มแต่การนำไฟฟ้าจะลดลง จะเห็นได้ว่าเราได้คุณสมบัติอย่างหนึ่งตามต้องการแต่จะเสียสมบัติอีกอย่างหนึ่งไปด้วย

2.4.7.3 แก้ววิทยาศาสตร์ (science glassware)

แก้ววิทยาศาสตร์ (science glassware) โครงสร้างแก้ว (structure of glass) และสมบัติแก้ว (properties of glass) เมื่อนึกภาพถึงการทดลองทางวิทยาศาสตร์ คนส่วนมากจะนึกถึงนักวิทยาศาสตร์ผมยุ่ง ทำการทดลองวิทยาศาสตร์อะไรสักอย่างที่มีอุปกรณ์เครื่องมือที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ(laboratory equipment) และเครื่องแก้วทางวิทยาศาสตร์(laboratory glassware)ใส่สารเคมีวางเรียงรายอยู่เต็มไปหมดและยังมีควันสีขาวลอยออกมาจากการทดลองนั้น เครื่องแก้วที่พบเห็นหรือที่สังเกตได้ คือ หลอดทดลอง(test tube) บีกเกอร์(beaker) ขวดก้นกลม(round bottom flask) เป็นต้น ซึ่งเครื่องแก้วจะไม่รวมอยู่ในกลุ่มของสารเคมี(chemicals) และกลุ่มของเครื่องมือ แต่จะแยกออกมาเป็นกลุ่มของเครื่องแก้วต่างหาก แน่นอนว่าเครื่องแก้วมีสำคัญอย่างมากในการทำปฏิบัติการเพราะมีความจำเป็น 3 ประการดังนี้

1. แก้วมีความใส ทำให้สังเกตเห็นปฏิกิริยาภายในได้อย่างชัดเจน
2. เป็นวัสดุที่มีความเสถียรมาก ไม่ทำปฏิกิริยากับสารเคมีอื่นได้ง่าย
3. ง่ายต่อการออกแบบเป็นรูปทรงต่างๆ เพื่อใช้สร้างอุปกรณ์ที่มีรูปร่างเหมาะสมกับการทดลอง นอกจากนี้ยังสามารถซ่อมแซมได้หากชำรุดสมบัติและโครงสร้างของแก้ว (structure and properties of glass) คำจำกัดความที่เป็นมาตรฐานของแก้วเมื่อปี ค.ศ. 1985 คือ "ของแข็งที่ไม่เป็นผลึก" ("noncrystalline solid") ส่วน ASTM

2.4.7.4 วัตถุดิบในการหลอมแก้ว

องค์ประกอบทางเคมีของแก้วจะมีผลต่อคุณสมบัติของแก้ว ดังต่อไปนี้

1. SiO_2 แก้วที่มีปริมาณของ SiO_2 สูง จะทำให้แก้วนั้นมีโครงสร้างที่แข็งแรง ทนต่อความร้อนและสารเคมี แต่ทำการผลิตได้ยากเนื่องจากต้องใช้การหลอมเหลวที่อุณหภูมิสูงขึ้น และขึ้นรูปได้ยากเนื่องจากมีความหนืดสูง
2. Na_2O แก้วที่มีปริมาณ Na_2O สูงจะหลอมเหลวที่อุณหภูมิต่ำ เปราะแตกง่าย และไม่ทนต่อสารเคมี ถ้ามีปริมาณ Na_2O สูงมากๆ จะสามารถละลายน้ำได้
3. K_2O ช่วยให้การตกผลึกเป็นไปอย่างช้าๆ ทำให้การเรียงตัวของผลึกออกมาสวยงาม
4. CaO, MgO หรือ BaO จะช่วยในการขึ้นรูป ทำให้แก้วคงตัว (set) เร็วขึ้นเมื่อเย็นลง และเพิ่มความทนต่อสารเคมี แก้วที่มีปริมาณ MgO มากกว่า CaO จะทำให้ให้การตกผลึกเป็นไปอย่างช้าๆ ทำให้การเรียงตัวของผลึกออกมาสวยงาม
5. Al_2O_3 แก้วที่มีปริมาณ Al_2O_3 สูง จะทำให้แก้วนั้นมีความทนทานต่อการสึกกร่อนและสารเคมีได้ดีขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. B_2O_3 แก้วที่มีสารประกอบพวก Boron เป็นองค์ประกอบ (Borosilicate) จะมีความคงทนต่อกรด-ด่าง และทนต่อความร้อน เนื่องจากจะทำให้สัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนลดลง แก้วประเภทนี้เป็นแก้วที่ใช้ในอุปกรณ์วิทยาศาสตร์และเป็นแก้วประเภทที่สามารถใช้ในเตาไมโครเวฟได้
7. PbO แก้วที่มีตะกั่วเป็นองค์ประกอบ (Lead glass) เนื้อแก้วใสวาวเนื่องจากมีค่าดัชนีหักเหสูงมีความอ่อน (soft) ไม่แข็งกระด้าง ง่ายต่อการเจียระไน เวลาเคาะมีเสียงกังวาน
8. Fe_2O_3 ช่วยประหยัดเชื้อเพลิงในขณะหลอม แต่จะทำให้เนื้อกระจกใส มีสีค่อนไปทางเขียว
9. ออกไซด์ อื่นๆ หากต้องการให้แก้ว หรือกระจกมีสีสันต่างๆ สามารถเติมสารนอกเหนือจากส่วนผสมข้างต้นที่กล่าวมาแล้ว ดังนี้

ตารางที่ 2.3 ตารางแสดงค่าสีของแก้ว

Chromium oxide (Cr2O3)	สีเขียว
Cobalt oxide (CoO)	สีน้ำเงิน
Urenium (U)	สีเหลือง
Nickle (Ni)	สีน้ำตาล
Carbon-Sulfur-Iron (C-S-Fe)	สีอำพัน
Manganese (Mn)	สีชมพู

โดยปกติแล้วองค์ประกอบทางเคมีของแก้ว จะมาจากแหล่งวัตถุดิบ ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2.4 ตารางแสดงองค์ประกอบทางเคมีของแก้ว

องค์ประกอบทางเคมี	วัตถุดิบซึ่งเป็นที่มา
SiO_2	Silica sand
Na_2O	Soda ash (Na_2CO_3), Salt cake (Na_2SO_4)
K_2O	Feldspar (เป็นแร่พวก Alumino silicate ที่มี Na, K เจือปน)
CaO	Dolomite (เป็นแร่พวก carbonate ของ Mg, Ca) , Lime stone
MgO	Dolomite
Al_2O_3	Feldspar
Fe_2O_3	Impurities

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับใยแก้วนำแสงใช้ SiCl4 และ GeCl4 เป็นวัตถุดิบ

2.4.7.5 การใช้ประโยชน์จากแก้วและกระจก

แก้วเป็นวัสดุที่มนุษย์รู้จักและนำมาใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวางมาตั้งแต่สมัยโบราณ เพราะแก้วเป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติพิเศษ คือ มีความแข็งและความโปร่งใส แสงสามารถส่องผ่านได้ มีความทนทานต่อสารเคมีสามารถทำเป็นรูปร่างต่าง ๆ ได้แทบทุกชนิด ซึ่งมนุษย์นำแก้วมาใช้ประโยชน์ดังนี้

1. ทำภาชนะต่าง ๆเนื่องจากแก้วมีคุณสมบัติโปร่งใสและทนทานต่อสารเคมีต่าง ๆ ได้ดี จึงนิยมนำมาทำภาชนะต่าง ๆ เช่น แก้วน้ำ ขวดบรรจุเครื่องดื่มและอาหารต่าง ๆ จาน ชาม ถ้วย ฯลฯ

2. ก่อสร้างตกแต่งอาคารและเฟอร์นิเจอร์นำมาทำเป็นแผ่นเรียกว่ากระจก นำไปใช้ทำประตู หน้าต่าง ผนังกั้นห้อง ทำเป็นอิฐแก้วก่อผนัง หลังคากระจกใส รวมทั้งประกอบทำเฟอร์นิเจอร์ต่าง ๆ เช่น โต๊ะ ตู้ ชั้นวางของและกระจกส่องหน้า ฯลฯ

3. ทำเครื่องประดับและของที่ระลึกแก้วทำเป็นรูปร่างต่าง ๆ ได้มากมายจึงสามารถนำมาทำเป็นเครื่องประดับตกแต่ง เช่น รูปปั้นสัตว์ต่าง ๆ ทำเป็นโคมระย้า พวงกุญแจ และทำเป็นของที่ระลึกต่าง ๆ ฯลฯ

4. ทำเป็นเส้นใยแก้วสามารถนำมาทำเป็นเส้นใยเส้นเล็ก ๆ ได้โดยนำไปใช้ในงานทำผลิตภัณฑ์ไฟเบอร์กลาส ทำไมโครไฟเบอร์สำหรับเป็นฉนวนกันความร้อนทั้งในบ้านและโรงงานอุตสาหกรรม และที่กำลังจะมีการใช้อย่างกว้างขวางในอนาคต คือ ทำเป็นไฟเบอร์ออพติกใช้ในการสื่อสาร เป็นต้น

5. ประกอบกับวัสดุอื่นทำเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆเช่น ใช้ประกอบทำเครื่องใช้ไฟฟ้า หลอดไฟฟ้า หลอดโทรทัศน์ วิทยุ เครื่องเสียง เลนส์กล้องถ่ายรูปกระจกรถยนต์ อุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ นาฬิกา แว่นตา ฯลฯ

2.5 โครงสร้างและสัดส่วนในการออกแบบ

โครงสร้าง คือ สิ่งที่จัดสร้างขึ้น โดยการต่อรวมหน่วยต่าง ๆ เข้าด้วยกัน ให้ทำอย่างใดอย่างหนึ่ง ซึ่งตองการมาตรฐานความมั่งคงบางประการ หน้าที่ของโครงสร้างอาคารที่ก่อสร้างขึ้นมาจะมีโครงสร้างเปรียบเสมือนกระดูดโครงหลัก และมีส่วนประกอบอื่น ๆ ซึ่งทำหน้าที่ต่าง ๆ กันมา เช่น ปิดหุ้นทับตกแต่ง เพื่อให้การใช้เนื้อที่ภายในอาคารนั้นสะดวก และเหมาะสมกับประเภทของอาคาร โครงสร้างอาจแยกเป็นหลายส่วนหลายตอนประกอบร่วมกันจนสำเร็จเป็นตัวอาคารขึ้นมา โครงสร้างย่อยนี้อาจแยกออกเป็นหลายชุด หลายตอน เช่น ตัวอย่างโครงสร้างรับเครื่องมุงหลังคา โครงสร้างพื้น โครงสร้างบันได โครงสร้างคานต่อ โครงสร้างฐานราก ดังนี้เป็นโครงสร้างย่อยต่าง ๆ ดังกล่าว เมื่อประกอบเข้ากนทั้งหมดก็เป็นตัวอาคารในที่สุดจะเห็นได้ว่ารูปร่างโครงสร้างแต่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ละชนิดมีลักษณะเฉพาะ เนื่องจากมีแรงหรือน้ำหนักบรรทุกเป็นตัวการจัดระเบียบหรือบังคับให้เกิดเป็นรูปต่าง ๆ กันไป เมื่อแรงที่ถ่ายทอดถูกตามกฎเกณฑ์แล้ว โครงสร้างนี้จะตั้งอยู่อย่างมั่นคงและก่อให้เกิดความรู้สึกที่พึงพอใจเมื่อมองดู ฉะนั้นเมื่อต้องใช้วัสดุต่าง ๆ ก็ต้องใช้ให้เหมาะสมกับความสามารถของการรับแรงนั้น ๆ ด้วยอย่างดี

2.5.1 แรงต้านภายในเนื้อวัสดุประกอบเป็นโครงสร้าง

แรงต้านภายใน (Resistance force) ที่ได้กล่าวนี้อาจแยกเป็น 2 ชนิดด้วยกัน ซึ่งได้มีความแตกต่างกันดังนี้

2.5.1.1 แรงอัด (Compression or Push or Pressure) ต้านความพยายามที่จะทำให้วัสดุนั้นสั้นเข้า บีบเข้า หรือแตก

2.5.1.2 แรงเฉือน (Shear) กระทำกับวัสดุในแนวสัมผัส Tangential กับพื้นผิวที่ต้องรับแรงนี้ วัสดุไม่จำเป็นต้องติดต่อกันเป็นเนื้อเดียวทางกายภาพ เพื่อต้านแรงเฉือนนี้ได้ แต่ต้องมีแรงอัดไว้ในพื้นผิวดังกล่าวชนกันแน่นอยู่ เมื่อแรงฝืดมีขนาดเพียงพอต้านแรงเฉือนดังกล่าวมิให้วัสดุเลื่อนจากกันก็ใช้ได้

2.5.2 รูปทรงเบื้องต้นของโครงสร้าง

2.5.2.1 กล่องตัน (Flock) คือ ก้อนซึ่งมีขนาดโตมากในทางปฏิบัติอาจไม่มีการสร้างให้ได้รูปทรงตามต้องการ เพราะต้องการประหยัดวัสดุ แต่ต้องการให้คงได้ความแข็งแรงและความแข็งแกร่งให้พอเท่านั้นจึงทำให้กล่องกลวงเปิดภายใน หรือประกอบรูปทรงพอให้ได้คุณสมบัติกล่องตันและแผ่นพาด Bearmand Planks พวกคานใช้ผิวของด้านแคบรับน้ำหนักบรรทุกคานรับแรงดันในแนวดิ่งกับระนาบคานได้ดี ที่ผิวแรงอัดนั้นอาจเสริมเนื้อให้แข็งตัว Stffener ให้มีหน้าตัดมากขึ้นได้ และอาจเสริมปล่องตัวเป็นระยะ เพื่อช่วยรับแรงอัดแนวทะแยงซึ่งเกิดจากแรงเฉือน หรือทำการสริมที่ผิวล่างให้หนาขึ้นเพื่อรับแรงดึงด้วย เมื่อทำการเปรียบเทียบความสามารถในการรับแรงอัดของรูปหน้าตัดเท่า ๆ กัน เมื่อ พิจารณาแกนที่ 2 ในระนาบที่ตั้งฉากกับแรงที่อัดแล้ว

รูปจัตุรัส รับแรงโก่งเดาะได้ดีเท่ากันทั้ง 2 แกน

รูปผืนผ้า จะเกิดแรงโก่งเดาะ ในแนวทิศตั้งฉากกับแกนยาว

รูปฉาก ตรงมุมไม่โก่งเดาะ ตรงปลายฉากกำลังด้อย

รูปกลวงต่าง ๆ เช่น สี่เหลี่ยกลวง รูปสามเหลี่ยมกลวง รูปกลมกลวงรับแรงอัดได้ดีมาก ทำให้เพิ่มความยาวของท่อนรับแรงอัดได้ โดยยังไม่เกิดโก่งเดาะเสียหาย ดังนั้นมุมมีส่วนช่วยให้ไม่โก่งเดาะง่าย

เม็ด Particle ไม่มีคุณสมบัติในการรับแรง

เส้นเอ็น Tendon มีคุณสมบัติในการรับแรงได้ดี

- รับแรงดึงตามแนวเส้นได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- รับแรงโก่งเดาะ Bucking เมื่อรับแรงอัด
- รับแรงอัดเฉือนไม่ได้

2.5.2.2 ผืน (Sheet) สามารถรับแรงดึงได้ดีในแนวขนานกับระนาบของผืน หรือเมื่อยึดการอบพื้นที่ผิว หรือเมื่อยึดปลายทั้งสองผืน หรือยึดปลายหนึ่งของผืนไว้ ผืนควรมีคุณสมบัติทางเคมีกำลังดี มีความเหนียว ผืนทำโค้งตามแนวเดียวได้ แต่ทำโค้ง 2 ทิศไม่ได้ถ้าไม่ตัดประกอบใหม่ ผืนมีโครงกรอบ Trame Sheet จะรับแรงดึงแรงเฉือน และแรงอัดทแยงได้ จะเสียหายเมื่อแรงอัดทแยงไปทำให้เกิดการโก่งเดาะตัวกรอบ

2.5.2.3 ก้อน (Brick) มีคุณสมบัติต่างกันไปแล้วแต่คุณสมบัติวัสดุที่นำมาใช้ประกอบเป็นก้อนรับแรงประเภทต่าง ๆ ได้ดี พวกกล่องตันหรือก้อนขนาดโตขึ้น มีกำลังและความแข็งแกร่งมาก

2.5.2.4 ท่อน (Rod) คือ เส้นเอ็นขนาดใหญ่ขึ้น รับแรงดึง อัด ตัด และรับแรงบิดได้ดีมาก ถ้าใช้เป็นสาสั้นรับแรงดัดได้ดีมาก ถ้ายาวมากขึ้นอาจโก่งเดาะได้ต้องแก้ให้มีความแข็งตัวมากขึ้น เช่น ใช้ตัวดึงมันเป็นเกลียวรอบความยาว เมื่อใช้วัสดุรับแรงดึงดีมาก เป็นท่อนจะรับแรงได้ทุกประเภท เมื่อใช้วัสดุที่มีความแข้งแกร่งจะรับแรงเฉือนกับแรงบิดได้

2.5.3 ข้อมูลสัดส่วนของแบบมนุษย์กับการออกแบบ

สถาพร ดีบุญมี ณ ชุมแพ (2540 : 33-39) กล่าวว่า ข้อมูลสัดส่วนของมนุษย์ คือ ข้อมูลเกี่ยวกับมิติที่ได้จากการวัดขนาดของที่เว้นว่าง (Space) และมิติเว้นว่าง (Clearance) ที่พอเหมาะซึ่งเกิดจากขนาดร่างกายของมนุษย์ต่อการประกอบกิจกรรมใดกิจกรรมหนึ่ง

ข้อมูลสัดส่วนของมนุษย์ คือ ข้อมูลเกี่ยวกับมิติที่ได้จากการวัดขนาดของที่เว้นว่าง (Space) และมิติเว้นว่าง (Clearance) ที่พอเหมาะซึ่งเกิดจากขนาดร่างกายของมนุษย์ต่อการประกอบกิจกรรมใดกิจกรรมหนึ่ง ขนาดสัดส่วนของมนุษย์นั้นถือว่ามีความสำคัญและสัมพันธ์โดยตรงต่องานออกแบบทางสถาปัตยกรรม โดยมีมนุษย์มีส่วนเข้าไปเกี่ยวข้องกับสิ่งก่อสร้างหรือผลิตภัณฑ์นั้น ในฐานะของผู้ใช้ดังจะเห็นได้จากตัวอย่างต่อไปนี้

ออกแบบเครื่องเรือน โต๊ะ ม้านั่ง เตียงนอน ชั้นวางของ เป็นต้น ที่จะให้ความสะดวกสบายแก่ผู้ใช้ จะต้องมีขนาดหรือสัดส่วนที่สัมพันธ์กันอย่างเหมาะสมกับส่วนสัดของผู้ใช้

การออกแบบสถาปัตยกรรม เช่นเดียวกับการออกแบบเครื่องเรือน ส่วนสัดและขนาดของผู้ใช้อาคาร มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการพิจารณากำหนดมิติทั้งในแนวตั้งและทางแนวนอนรวมทั้งการกำหนดขนาดของที่ว่างเว้นที่ใช้งานที่พอเหมาะ (Adequate Space) และมิติเว้นว่างที่พอเหมาะสำหรับกิจกรรมนั้น ๆ ทั้งนี้รวมไปถึงการติดตั้ง เครื่องอำนวยความสะดวกต่าง ๆ ในอาคาร ซึ่งได้แก่ เครื่องสุขภัณฑ์ หรืออุปกรณ์ไฟฟ้า เป็นต้นว่า อ่างล้าง ราวตากผ้า สวิทซ์ และปลั๊กไฟ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมหนัก เช่น ในการออกแบบเครื่องจักรหรือเครื่องกล การกำหนดตำแหน่งของปุ่มบังคับคันโยกและสวิทซ์แผงหน้าปัดจะต้องยกอยู่ในตำแหน่งที่ผู้ใช้สามารถจะใช้ได้สะดวกที่สุดและเคลื่อนไหวส่วนของร่างกายน้อยที่สุด

การออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเบา เช่น อุตสาหกรรมผลิตเสื้อผ้าสำเร็จรูป การศึกษาวิจัยในเรื่องสัดส่วนของผู้ใช้ จะช่วยในการตัดสินใจว่า ควรจะออกแบบผลิตเสื้อผ้าขนาดได้ออกจำหน่ายบ้าง จึงจะสนองความต้องการของผู้ใช้ทุกขนาด หรือเกือบทุกขนาด

จากตัวอย่างข้างต้น จะเห็นได้ว่า ข้อมูลสัดส่วนของมนุษย์จะเป็นเครื่องมือช่วยในการงานออกแบบเป็นไปอย่างถูกต้อง และได้ผลงานที่มีประสิทธิภาพสูง

2.5.3.1 คำนิยามและความหมายของการวัดขนาดสัดส่วนร่างกายมนุษย์ในเชิงวิศวกรรม (Engineering Anthropomtry)

ก่อนอื่นเราต้องทำความรู้จักคำว่า "การวัดขนาดสัดส่วนร่างกายมนุษย์" (Anthropomtry) ซึ่งคำว่าแอนโธรโปเมตรีมาจากการประสมคำในภาษากรีกสองคำคือคำว่า Anthropo (human) กับคำว่า Metricos (measurement) วิชานี้เป็นวิชาที่เกี่ยวกับการวัดรูปร่าง ขนาด และสัดส่วนร่างกายของมนุษย์ในแง่มุมต่าง ๆ (เช่น ขนาดของรูปร่าง ทรวดทรง ความกว้าง ความสูง ส่วนวงรอบพิสัยของการเคลื่อนไหวร่างกาย น้ำหนัก ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ฯลฯ) เพื่อพัฒนามาเป็นข้อมูลมาตรฐานหรือเก็บเอาไว้ใช้เพื่อการเปรียบเทียบ อนึ่งในการกล่าวถึงการวัดขนาดสัดส่วนร่างกายมนุษย์ในครั้งต่อ ๆ ไปในหนังสือเล่มนี้จะขอเรียกทับศัพท์ว่า "แอนโธรโปเมตรี" เพื่อความสะดวกและความเข้าใจง่าย

วิชาการวัดขนาดสัดส่วนร่างกายมนุษย์ในเชิงวิศวกรรมมีคำนิยามว่า "การประยุกต์ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์กายภาพในการวัดและเก็บข้อมูลขนาดสัดส่วนร่างกายมนุษย์และนำข้อมูลเหล่านี้ไปใช้เพื่อวัตถุประสงค์ของการพัฒนา การแก้ไข การปรับปรุง และการออกแบบทางวิศวกรรม หรือการกำหนดเป็นมาตรฐานต่าง ๆ ในงานวิศวกรรม" ตัวอย่างอันหนึ่งของการใช้ประโยชน์ของข้อมูลขนาดร่างกายของมนุษย์ในเชิงวิศวกรรมมนุษย์ปัจจัยก็ได้แก่การนำไปเป็นข้อมูลประกอบการศึกษาวิชากลศาสตร์ชีวภาพ (Biomechanics) ทั้งในด้านที่มวลร่างกายอยู่ในสภาวะหยุดนิ่ง หรืออยู่ในสภาวะที่เคลื่อนไหว ซึ่งบรรดาข้อมูลของร่างกายจำพวกศูนย์กลางมวล จุดศูนย์ถ่วง จุดเชื่อมของข้อต่อในร่างกาย (Body inks) ความกว้าง ความยาว และความหนาของส่วนร่างกายที่ใช้ในการเคลื่อนไหว น้ำหนัก ส่วนสูง ส่วนวงรอบต่าง ๆ (Cirumfenences) และอื่น ๆ นั้นเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งต่อการศึกษาเรื่องกลศาสตร์ของร่างกายมนุษย์ต่อไป

2.5.3.2 วัตถุประสงค์ของการวัดขนาดสัดส่วนร่างกายมนุษย์ในเชิงวิศวกรรม (วริทธิ์ อึ้งภากรณ์ และชาญ ถนัดงาน. 2540 : 58-62)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เราพอสรุปวัตถุประสงค์หลัก ๆ ของวิชาการวัดขนาดสัดส่วนร่างกายมนุษย์ (มนุษย์-มิติ) ดังนี้

1. เพื่อเพิ่มความสะดวกและความปลอดภัยในการทำงาน และมีความพึงพอใจในงาน (Job Satisfation) อันจะส่งผลทำให้ประสิทธิภาพของการทำงานนั้นสูงขึ้น
2. เพื่อช่วยป้องกันข้อผิดพลาดจากการทำงาน และป้องกันความปวดเมื่อยและการบาดเจ็บจากการทำงานกับอุปกรณ์ สถานที่ทำงาน และสิ่งแวดล้อมที่ไม่ได้ขนาดที่เหมาะสมกับขนาดร่างกายของผู้ปฏิบัติงาน
3. เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพ ตำแหน่งและทิศทางต่าง ๆ ของร่างกายมนุษย์ ซึ่งจะต้องเกี่ยวข้องกับการใช้พื้นที่ว่าง (Space) การออกแรงกระทำต่อวัตถุและความสัมพันธ์ระหว่างขนาดร่างกายกับขนาดรูปทรงของเครื่องจักร เครื่องมือ สถานีงาน กระบวนการทำงาน และสิ่งแวดล้อมในการทำงาน
4. เพื่อช่วยเป็นฐานข้อมูล (Database) ในการออกแบบและการปรับปรุงงาน อุปกรณ์และสิ่งแวดล้อมในการทำงานเพื่อส่งเสริมให้ผู้ปฏิบัติงานมีสุขภาพอนามัยสมบูรณ์ทั้งร่างกายและจิตใจ รวมทั้งเสริมสร้างคุณภาพชีวิตในการทำงาน (Quality Of Work Lite) ต่อไป

2.5.3.3 การออกแบบตามสัดส่วนร่างกายของมนุษย์ (Ergonomic design)

การออกแบบที่ดีจะต้องมีข้อมูลที่สัมพันธ์กับมนุษย์และความเป็นอยู่ของมนุษย์ โดยเกี่ยวข้องกับพื้นฐานทางร่างกายมนุษย์และสังคมสำหรับนำไปสู่ขั้นตอนการออกแบบอย่างมีหลักเกณฑ์

2.5.3.4 จุดเริ่มต้นของการออกแบบจะต้องศึกษาวิชาการที่เกี่ยวข้องดังนี้

มนุษยวิทยา (Anthropometry) คือ การศึกษาขนาดสัดส่วนต่างๆ ของมนุษย์

สรีรศาสตร์ (Physiology) คือ วิชาว่าด้วยความสามารถในการทำงานของอวัยวะต่างๆ ของร่างกาย

จิตวิทยา (Phychology) เกี่ยวข้องกับความคิด ความรู้สึก (Mental) และอารมณ์ (Emotional area) ซึ่งรวมเรียกว่า พฤติกรรมของมนุษย์ (Human behaviour) พัฒนาการ (Development) และการแสดงออก (Pergormance) เกี่ยวข้องกับการตอบสนองต่อสิ่งแวดล้อม

สังคมวิทยา (Sociology) ข้อมูลที่เกี่ยวข้องสังคมของมนุษย์ การออกแบบตามสัดส่วนร่างกายมนุษย์ (Ergonomics) เริ่มใช้ในอังกฤษเป็นครั้งแรกเมื่อปี ค.ศ.1949 โดยจัดตั้งสมาคม The Ergonomic Research Society

2.5.3.5 การทรงตัวของมนุษย์

โลกที่เราอยู่อาศัยอยู่นี้มีปรากฏการณ์ตามธรรมชาติอย่างหนึ่ง คือ มีแรงดึงดูดพิเศษชนิดหนึ่งซึ่งจะดึงดูดเอาวัตถุทั้งหลายบนผิวโลกเข้าสู่แกนกลางของโลก ซึ่งแรงดึงดูดนี้ทำให้วัตถุทั้งหลายบนโลกมีน้ำหนักซึ่งจุดกึ่งกลางของน้ำหนักของวัตถุนั้นเราเรียกว่า “จุดศูนย์ถ่วง” และจุดศูนย์ถ่วงนี้เป็นจุดสมมติที่ใช้แทนจุดกึ่งกลางของวัตถุนั้นๆ โดยถือว่าน้ำหนักของวัตถุนั้นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทั้งหมดจะไปสะสมอยู่เป็นจุดที่ทำให้วัตถุนั้นสมดุล เช่น วัตถุวงกลม จุดศูนย์ถ่วงอยู่ที่จุดศูนย์กลาง เป็นต้น ส่วนเส้นตรงที่ลากผ่านจุดศูนย์ถ่วงของวัตถุในแนวดิ่งสู่พื้นฐานเรียกว่า "เส้นศูนย์ถ่วง" ดังนั้น เส้นตรงนี้จะอยู่ตรงไหนแล้วแต่ตำแหน่งจุดศูนย์ถ่วง ซึ่งเส้นนี้ทำให้ทราบว่าจุดศูนย์ถ่วงอยู่ในฐานหรือไม่

จุดศูนย์ถ่วงของร่างการคนจะขึ้นอยู่กับโครงสร้างในท่ายืน หรือจะกล่าวได้ว่า "จุดใดจุดหนึ่งในร่างกายที่ทำให้ส่วนอื่นๆ ทุกส่วนของร่างกายอยู่ในลักษณะสมดุลกันพอดี" สำหรับคนที่มีโครงสร้างปกติยืนในท่าปกติ จุดศูนย์ถ่วงอยู่ภายในอุ้งเชิงกรานบริเวณด้านหน้าต่อกระดูกก้นกบที่สองหรือกระดูกสะโพก สำหรับผู้หญิงจุดดังกล่าวจะยังต่ำกว่าชายเล็กน้อย เนื่องจากผู้หญิงมีสะโพกผายโคนขาใหญ่และขาสั้นกว่าชาย

จุดศูนย์ถ่วงของชายและหญิงสามารถเปลี่ยนตำแหน่งได้แล้วแต่ขนาด รูปร่าง ทรวดทรง อิริยาบถ และการทรงตัว น้ำหนักส่วนใหญ่ของร่างกายคนเราขณะยืนในท่าธรรมดาจะตกลงที่ฐานของฝ่าเท้าทั้งหมด เราจึงสมมติเส้นตรงเส้นหนึ่งทิ้งดิ่งลงจากศีรษะถึงฝ่าเท้าเป็นเส้นที่สมมติตำแหน่งของน้ำหนักรวมตกลงทางด้านล่างโดยผ่านจุดศูนย์ถ่วงของร่างกาย โดยปลายล่างสมมติให้เป็นจุดที่น้ำหนักถ่ายลงพื้นล่าง ลักษณะเช่นนี้ปลายเส้นจะตกลงที่กึ่งกลางของฝ่าเท้าพอดี แสดงว่าน้ำหนักทั้งหมดของร่างกายจะตกลงบนกึ่งกลางฝ่าเท้าในท่ายืนปกติ

กล้ามเนื้อเป็นส่วนให้เกิดพลังงานในการเคลื่อนไหวของร่างกาย และการเคลื่อนไหวที่ดีนั้นย่อมอยู่ภายใต้อิทธิพลของการทรงตัวไปพร้อมๆ กัน อวัยวะส่วนต่างๆ มีส่วนในการช่วยในการทรงตัวนั้นด้วย เช่น เวลาเดิน หรือวิ่ง จะแกว่งแขนให้สัมพันธ์กันเท้าที่ก้าวเดินหรือวิ่งด้วย ส่วนทรวงอกและสะโพกก็จะบิดไปในทางตรงกันข้ามเช่นกัน

2.5.6 การวัดสัดส่วนมูลฐานและที่มาของข้อมูล

ขนาดร่างกายของมนุษย์ที่จะมิติเว้นว่างนั้นจะต้องเป็นขนาดที่สามารถจะนำมาอ้างแทน (Repreentative) คนกลุ่มนั้นได้ ขนาดดังกล่าวนี้จะหามาได้โดยการสำรวจด้วยวิธีวัดขนาดจากกลุ่มคนที่มีจำนวนมากพอ แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย (Mean) โดยแบ่งแยกเป็นกลุ่มเพศและระดับอายุ

2.5.6.1 ความสูงยืน

ความสูงยืน คือ ความสูงที่ได้จากการวัดความสูงของตัวอย่างในท่ายืนตรงลำตัวอยู่ในแนวดิ่ง ส้นเท้าชิดกัน ตามองตรงไปในแนวระดับ และไม่สวมรองเท้า ดังนั้นเพื่อที่จะให้เกิดความถูกต้องในการกำหนดขนาดที่จะกล่าวอ้างแทนขนาดของคนไทย (Adult Thai Male And Female) จึงจะพิจารณาและถือเอาตัวเลขที่เป็นส่วนเฉลี่ยของความสูงที่อยู่ในช่วงอายุ 20 ถึง 40 ปี ซึ่งเป็นช่วงที่มีการเปลี่ยนแปลงในทางพัฒนาของสรีระน้อยมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับผู้ที่อายุสูงกว่า 40 ปีขึ้นไปจะพบว่า แนวโน้มของส่วนสัดโดยเฉพาะความสูงจะเริ่มเปลี่ยนแปลงในทางเสื่อม ทั้งนี้เนื่องมาจากการเสียรูปของโครงกระดูกซึ่งเป็นผลทำให้ความสูงค่อย ๆ ลดลง ดังนั้นการออกแบบใด ๆ สำหรับผู้สูงอายุ ควรจะได้รับการทดสอบจากผู้ใช้ว่าได้รับความสะดวกสบายเพียงใด

ในการวัดหาตัวเลขความสูงยืนในทุกระดับอายุ พบว่าตัวเลขที่น่าสนในอยู่ 3 ค่าคือ

- ค่าความสูงยืนสูงสุด
- ค่าความสูงยืนต่ำสุด
- ค่าความสูงเฉลี่ย

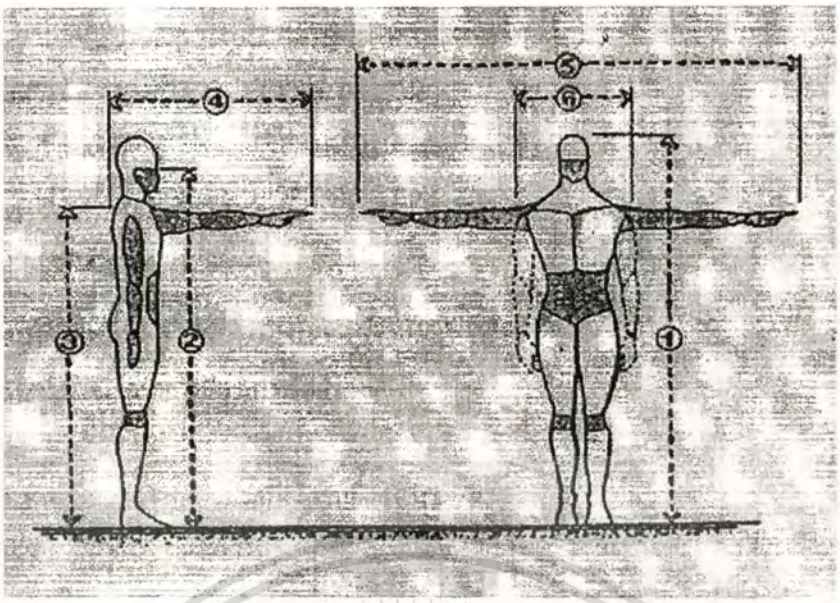
ยกตัวอย่างเช่น ในการวัดความสูงยืนของผู้ชายไทยที่ระดับอายุ 20 ปี จำนวน 1,422 คน พบว่าความสูงยืนต่ำสุดที่วัดได้มีค่าเท่ากับ 146 เซนติเมตร ความสูงยืนสูงสุดที่วัดได้เท่ากับ 185 เซนติเมตร และค่าความสูงเฉลี่ยที่คำนวณได้คือ 166.95 เซนติเมตร

ดังนั้น อาจกล่าวสรุปได้ว่า ในจำนวน 100% ของผู้ชายไทยที่มีอายุ 20 ปี จะมีความสูงยืนอยู่ในช่วง 146 ถึง 185 เซนติเมตร หรืออาจกล่าวได้อีกนัยหนึ่งได้ว่า Percentange Range นี้จะเป็นประโยชน์มากต่อการออกแบบแนวความคิดใหม่ที่ถือเอา Wide Range Of Body Dimention เป็นหลักพิจารณา

ตารางที่ 2.5 การแสดงส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย

หมายเลข	มิติส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย	ต่ำสุด	เฉลี่ย	สูงสุด
1	ความสูง	148.30	160.60	173.27
2	ความสูงระดับสายตา	138.36	149.63	166.61
3	ความสูงระดับไหล่	122.64	132.81	143.29
4	ความสูงระดับมือ	64.80	70.18	75.71
5	ระยะเอื้อมแขนไปข้างหน้า	72.81	78.85	85.07
6	ความกว้างกางแขน	151.56	164.13	177.08
7	ระยะกว้างระหว่างข้อศอก	38.85	42.07	45.37
8	ความกว้างของไหล่	37.51	41.63	43.83

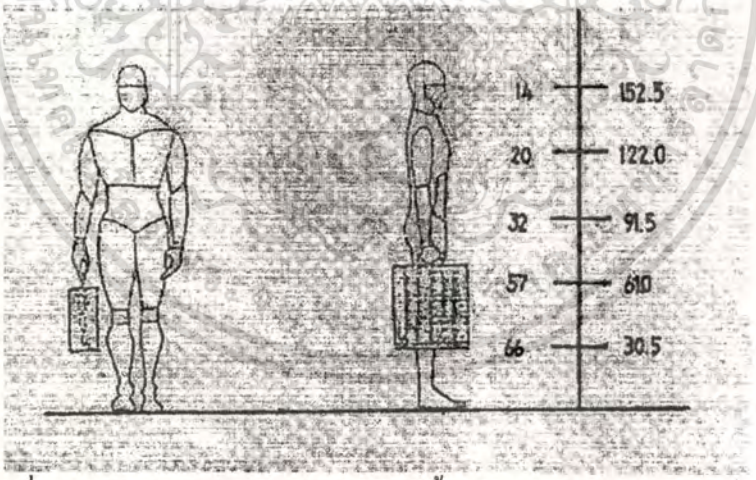
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 แสดงสัดส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย

2.5.6.2 ความสามารถในการออกแรงยก (Lifting)

สภาพการออกแรงของคนที่เกี่ยวข้องในการออกแบบนี้ การออกแรงยกด้วยมือในลักษณะที่อยู่ในแนวดิ่งและอยู่ใกล้กับตัว ซึ่งทั้งน้ำหนักของสิ่งที่จะสามารถออกแรงยกได้จะต้องมีความสัมพันธ์กันในระยะความสูงในการยกนั้น



รูปที่ 2.10 ภาพการแสดงความสัมพันธ์น้ำหนักของ/ระยะความสูงที่ยก

การทำงานของมือ (Functional Anatomy Of Wide)

กางนิ้วออก

กระชับ กำหรือจับสิ่งของต่าง ๆ

ปล่อยนิ้วให้กางออก

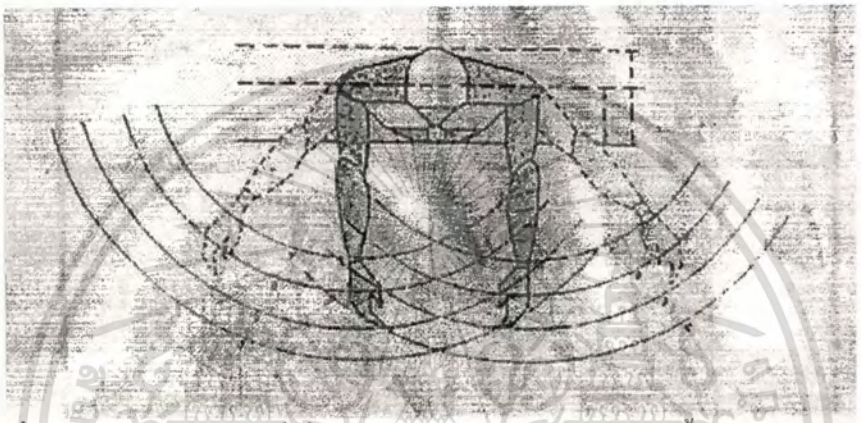
การเคลื่อนที่ของมือในการทำงานสัมพันธ์กับการเคลื่อนที่ของแขน

การปล่อยนิ้วจากการถือ จับ หรือกำสิ่งของต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.6 การแสดงตัวเลขขนาดรัศมีการเอื้อมในระยะต่าง ๆ

รัศมีเอื้อม		ระยะกว้าง		ระยะไกล		ระยะห่าง	ระยะเอื้อมห่างตา	
ชาย	หญิง	ชาย	หญิง	ชาย	หญิง	จากตัวรถ	ชาย	หญิง
600	565	1530	1450	650	500	20	630	480
650	615	1530	1450	651	615	20	630	480
600	565	1530	1450	850	705	20	781	685
650	615	1530	1450	1000	815	20	800	795



รูปที่ 2.11 แสดงสัดส่วนที่เกี่ยวข้องในการออกแบบรัศมีการเอื้อมในระยะต่าง ๆ

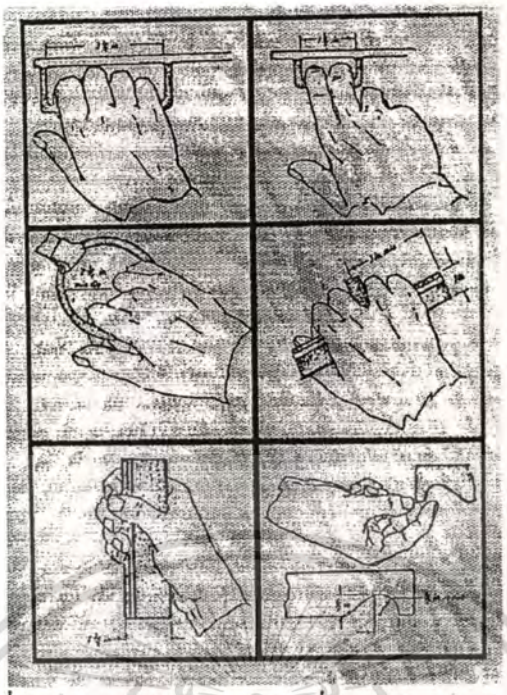
ลักษณะของการจับถือสิ่งของ

แบ่งการจับสิ่งของในลักษณะที่มีใช้อุ้งมือเข้าช่วยในการจับสิ่งของต่าง ๆ

1. Power Grip เป็นการจับสิ่งของในลักษณะที่มือ ใช้อุ้งมือเข้าช่วยในการจับถือสิ่งของต่าง ๆ

2. Precision Grip เป็นการจับสิ่งของที่ใช้เฉพาะปลายนิ้วเท่านั้นอุ้งมือไม่เกี่ยวข้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.12 แสดงลักษณะการจังสิ่งของประเภทต่าง ๆ

2.5.7 การแบ่งประเภทของการศึกษาการวัดขนาดสัดส่วนร่างกายในเชิงวิศวกรรม

การแบ่งประเภทหรือชนิดของการศึกษาการวัดขนาดสัดส่วนร่างกายหรือแอนโธรโปเมตรี (Anthropometry) สามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

1. การวัดขนดสัดส่วนร่างกายในสภาวะที่ร่างกายนิ่งอยู่กับที่ หรือ Staic (Physical) Anthropometry

2. การวัดขนาดสัดส่วนร่างกายในสภาวะที่ร่างกายเคลื่อนไหวทำงาน หรือ (Dynamic Functional Anthro) นอกจากนี้ยังมีตำแหน่งมาตรฐานในการวัดขนาดสัดส่วนร่างกายของ Pheasan (36 ตำแหน่ง) และตำแหน่งมาตรฐานในการวัดสัดส่วนร่างกายของ Kroemer (29 ตำแหน่ง) สำหรับตารางข้อมูลขนาดสัดส่วนร่างกายคนไทย (ฐานข้อมูล) นั้นค่อนข้างจะมีจำกัด ไม่มีแพร่หลายเหมือนกังในประเทศแถบทางยุโรปตะวันตกและอเมริกาที่วิทยาการด้านวิศวกรรมมนุษย์ปัจจัยนี้ได้รับการยอมรับและพัฒนาเจริญรุดหน้าไปเป็นอันมาก ในสหรัฐอเมริกานั้นจะมีการปรับปรุงข้อมูลขนดสัดส่วนร่างกายของประชากรทุก ๆ 10 ปี เหมือนกับการสำรวจสำมะโนประชากรเล่นทีเดียว แต่ในวงการอุตสาหกรรมของไทยเรานั้น ข้อมูลหรือความตื่นตัวทางด้านนี้ยังมีค่อนข้างน้อยอยู่ จึงน่าที่จะมีการพัฒนาข้อมูลสัดส่วนขนาดร่างกายของประชากรไทยให้มีมากขึ้น แพร่หลายมากขึ้น ทั้งนี้เพื่อการพัฒนาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ การเพิ่มประสิทธิภาพของการทำงาน การเพิ่มผลผลิต ฯลฯ เพื่อทำให้อุตสาหกรรมของไทยสามารถแข่งขันกับต่างชาติได้ใสยุคโลกาภิวัฒน์ (Globalization) หรือยุคโลกไร้พรมแดน เช่นทุกวันนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลสัดส่วนร่างกายที่มีปรากฏอยู่ในเมืองไทยนั้นก็เป็นแบบเฉพาะบางจุด ตำแหน่งเท่าที่ต้องการนำเอาข้อมูลเหล่านั้นไปใช้ประโยชน์ในงานเฉพาะด้านเท่านั้น เท่าที่สามารถรวบรวมมาได้ดังนี้ (จากเอกสารการสอนของมหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ชุดวิชาเออร์กอนอมิกส์และจิตวิทยาในการทำงาน หน่วยที่ 1 – 5)

ก. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สนง. มอก.) โดยรัตนาภรณ์ จึงสงวนสิทธิ์ ที่ทำการเก็บข้อมูลในช่วงปี พ.ศ.2524 – 2528 สุ่มวัดร่างกายคนไทยทั่วประเทศจำนวนรวม 16,367 คน ทำการวัดตามมาตรฐาน ISO No. 3635 – 1981 ซึ่งได้มีการนำเสนอข้อมูลจากการวัดครั้งนี้ไว้

ข. สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย โดยสมชัย จึงรักเสรีชัยได้เสนอข้อมูลจากการวัดสัดส่วนร่างกายคนไทยไว้ ซึ่งเป็นตารางแสดงตัวเลขมิติของส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย และมิติวิกฤต (Criteal Body Ndimension) จากตารางนั้นเมื่อกล่าวถึงเฉพาะมิติความสูงผู้ชายไทยจะมีความสูงเฉลี่ย 165 เซนติเมตร โดยประมาณ ส่วนผู้หญิงไทยมีความสูงเฉลี่ย 155 เซนติเมตร โดยประมาณ ดังนั้นความสูงเฉลี่ยโดยประมาณของคนไทย (ทั้งชายและหญิงรวมกัน) คือ 160 เซนติเมตร

การวัดขนาดสัดส่วนมนุษย์

ข้อมูลจากการวัดขนาดร่างกายในท่านิ่งนั้น จะช่วยให้วิศวกรมนุษย์ปัจจัยหรือนักออกแบบผลิตภัณฑ์สามารถหาคนที่มีขนดสัดส่วนร่างกายที่เหมาะสมกับงาน เครื่องจักรกล สถานที่ทำงานหรือกับอุปกรณ์ที่ใช้ประจำการ (เช่น หมวกนิรภัย หูฟังชนิดกรอบทั้งหู หรือถุงมือ ฯลฯ) ได้ถูกต้องและลดปัญหาเรื่องปฏิสัมพันธ์ระหว่างคนกับงานได้เป็นอย่างดี

ขนาดสัดส่วนมิติต่างๆ ของเพศชาย

พัฒนาการทางด้านร่างกายวัยรุ่นเพศชาย เพศชายพัฒนาเข้าสู่วันนี้ช้ากว่าเพศหญิงประมาณ 2 ปี ร่างกายภายนอกมีการเปลี่ยนแปลงให้เห็นหลายอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.7 ตารางเปรียบเทียบส่วนเฉพาะจุดที่สำคัญ (ชายไทย)

จุดสำคัญต่าง ๆ	อายุ 17 – 19 ปี				อายุ 20 – 29 ปี				อายุ 30 – 39 ปี			
	C	N	NE	S	C	N	NE	S	C	N	NE	S
ความสูง(cm)	165.6	1630	162.7	163.8	164.9	162.0	162.8	163.6	164.7	161.5	162.0	161.8
รอบอกบน (cm)	83.3	83.0	82.6	82.2	86.1	85.0	85.4	85.4	89.1	89.1	87.4	88.1
รอบเอว (cm)												
รอบหน้าท้อง	66.3	65.8	65.8	65.3	69.9	68.5	68.8	68.2	75.8	72.8	73.3	73.1
(cm)	70.0	69.1	69.1	69.3	73.2	71.2	71.6	71.0	79.1	75.3	76.3	76.0
รอบสะโพก												
น้ำหนัก (kg)	84.0	83.5	83.3	83.0	85.0	83.3	84.5	84.2	87.6	85.3	85.8	85.5
	53.6	52.6	52.6	51.3	55.9	52.6	55.1	53.9	60.0	56.6	57.3	56.2

ที่มา : เอกสารการสอน มสธ. ชุดวิชาเออร์กอนอมิกส์และจิตวิทยาในการทำงาน หน่วยที่ 1 – 5 พ.ศ.2534 หน้า 130

หมายเหตุ : C หมายถึง ภาคกลาง, N หมายถึง ภาคเหนือ, NE หมายถึง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ, S หมายถึง ภาคใต้

ตารางที่ 2.8 ตารางเปรียบเทียบส่วนเฉพาะจุดที่สำคัญ (หญิงไทย)

จุดสำคัญต่าง ๆ	อายุ 17 – 19 ปี				อายุ 20 – 29 ปี				อายุ 30 – 39 ปี			
(cm)	C	N	NE	S	C	N	NE	S	C	N	NE	S
ความสูง	154.0	154.5	153.3	153.7	153.7	153.0	153.4	153.1	153.1	152.3	152.8	152.0
รอบอก	80.4	79.0	79.9	80.0	80.8	80.5	80.3	80.2	84.6	82.8	83.8	84.3
รอบเอว	63.5	62.2	64.2	64.0	64.3	64.0	64.4	64.5	69.2	67.0	69.0	69.9
รอบสะโพก	86.9	87.1	87.5	87.6	87.9	89.0	87.9	88.1	91.2	89.0	90.4	91.8
ความสูงอก	109.5	110.2	109.4	109.5	108.8	108.5	109.0	108.6	107.5	107.3	107.7	107.4
สะโพก	77.4	77.5	77.4	77.9	77.3	76.8	77.1	76.5	71.1	76.3	77.0	75.7
ความสูงใต้เป้า	71.1	70.9	71.0	70.6	70.6	69.8	70.2	69.0	69.1	69.6	68.6	69.8

ที่มา : เอกสารการสอน มสธ. ชุดวิชาเออร์กอนอมิกส์และจิตวิทยาในการทำงาน หน่วยที่ 1 – 5 พ.ศ.2534 หน้า 130

หมายเหตุ : C หมายถึง ภาคกลาง, N หมายถึง ภาคเหนือ, NE หมายถึง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ, S หมายถึง ภาคใต้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.9 แสดงตัวเลขอัตราส่วน(Ration)ระหว่างมิติของสัดส่วนต่างๆ ของร่างกายต่อความสูงยืนและมิติกฤต (Critical Body Dimension)

หมายเลข	มิติของส่วนสัดต่าง ๆ ของร่างกาย	อัตราส่วนระหว่างมิติอื่นกับความสูงยืน	ความสูงต่ำสุด (cm.)	ความสูงเฉลี่ย (cm.)	ความสูงสูงสุด (cm.)
1	ความสูงยืน (SH)	1.000	148.30	160.60	173.27
2	ความสูงระดับสายตา	0.933	138.36	149.83	161.66
3	ความสูงระดับไหล่	0.827	122.64	132.81	143.29
4	ความสูงระดับนิ้วมือ	0.437	64.80	70.18	75.71
5	ความสูงเอื้อมมือขึ้น	1.255	186.11	210.55	217.45
6	ความสูงนั่ง	0.523	77.56	83.99	90.62
7	ความสูงระดับสายตา	0.460	68.21	73.87	79.70
8	ความสูงระดับที่นั่งถึงระดับไหล่	0.345	52.49	56.85	61.33
9	ความสูงจากที่นั่งถึงข้อศอก	0.143	21.20	21.06	24.77
10	ความสูงจากพื้นถึงตอนบนของขาอ่อน	0.082	12.16	13.16	14.20
11	ความสูงจากพื้นถึงตอนบนของเข่า	0.303	44.93	48.66	52.50
12	ความสูงจากพื้นถึงขาอ่อนตอนล่าง	0.218	32.32	99.01	37.77
13	ระยะจากหน้าท้องถึงเข่า	0.223	34.07	35.81	38.63
14	ระยะจากก้นถึงระดับน่องตอนบน	0.254	37.66	40.79	44.01
15	ระยะจากก้นถึงเข่า	0.329	48.79	52.83	57.00
16	ความยาวของขาเหยียดตรง	0.626	92.83	100.53	108.46
17	ความกว้างของที่นั่ง	0.226	33.51	36.29	39.15
18	ระยะเอื้อมแขนไปข้างหน้า	0.491	72.81	78.85	85.07
19	ความกว้างกางแขน	1.022	151.56	164.13	177.08
20	ความกว้างระยะศอก	0.262	38.85	42.07	45.37
21	ความกว้างของไหล่	0.253	37.51	40.63	43.53

ที่มา : กิติ สินธุเสก (2544 : 26) การออกแบบภายในขั้นพื้นฐาน : หลักการพิจารณาเบื้องต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 สี

2.6.1 ทฤษฎีสี (Theory of Color)

สีเป็นปัจจัยสำคัญต่อการออกแบบ นักออกแบบจึงจำเป็นต้องเรียนรู้เกี่ยวกับทฤษฎีการใช้สี เพื่อให้สามารถนำไปใช้ในการออกแบบได้เป็นอย่างดี จนสามารถผลิตงานออกมาได้อย่างน่าชม และเกิดความประทับใจแก่ผู้พบเห็น การใช้สีที่นักออกแบบควรศึกษาเป็นพื้นฐานมีดังต่อไปนี้

1. การใช้สี 3 กลุ่ม (Triad Colors Scheme) การใช้สีวิธีนี้ คือ การใช้สีที่อยู่ตรงมุมของรูปสามเหลี่ยม อันได้แก่ กลุ่มแม่สี กลุ่มสีชั้นที่ 2 และกลุ่มสีชั้นที่ 3

2. การใช้สีตรงกันข้าม หรือสีคู่ประกอบ (Complementary Colors Scheme) คือ การใช้สีที่อยู่ตรงกันข้ามในวงสี ซึ่งให้ความรู้สึกตัดกันอย่างแท้จริง

3. การใช้สีข้างเคียง (Analohous Colors Scheme) คือ การใช้สีที่อยู่ข้างเคียงในวงสีและสัมพันธ์กับสีที่ต้องการใช้

4. การใช้สีแยกคู่ประกอบ (Split Complementary Colors Scheme) คือ การใช้สีที่อยู่ข้างเคียงของสีตรงกันข้ามในลำดับวงสี เมื่อใช้สีหนึ่งเป็นสีสดเข้ม แล้วใช้สีข้าง เคียงของสีที่อยู่ตรงกันข้าม และอาจรวมทั้งสีตรงกันข้าม

5. การใช้สีร้อนหรือสีเย็น (Warm & Cool Colors Scheme) โดยปกติสีเหลืองเป็นสีที่มีค่า (Value) อ่อนที่สุดและอยู่ในกลุ่มสีร้อน (Warm Colors) ส่วนสี ม่วงเป็นสีที่มีค่า (Value) แก่ที่สุดและอยู่ในกลุ่มสีเย็น (Cool Colors) แต่ถ้าถูกผสมด้วยสีอื่นจะ เปลี่ยนกลุ่มได้ทันที เช่น เหลืองผสมเขียวเพียงเล็กน้อยจะอยู่ในกลุ่มสีเย็น และม่วงผสมกับแดงเพียงเล็กน้อยจะอยู่ในกลุ่มสีร้อน เป็นต้น

6. การใช้สีเอกรงค์ (Monochromatic Colors Scheme) ใช้สีใดสีหนึ่งเป็นสีสดเข้ม จะผสมขาวหรือดำอีกกี่ค่า (Value) ก็ได้ และจะมีสีอื่นก็ได้แต่จะต้อง ทำให้หม่น (Neutralizing) หรือผสมสีเทาเพื่อที่จะให้มีความรู้สึกไปในทางเดียว

7. การใช้ค่าของสี (Value Scale) สีแท้ (Hue) เป็นสีสดใสเข้ม ดังนั้นจึงมีวิธีจะทำให้เกิดค่า (Value) ได้แตกต่างกันในสีหนึ่งๆ โดยการทำให้อ่อนหรือจางลง ลดความสดใสด้วยการผสมกับสีขาว หรือผสมน้ำเมื่อต้องการให้คุณค่าเข้มหรือแก่ขึ้นใช้ผสมด้วยสีดำจนเข้มและดำ และการผสมด้วยสีขาวหรือสีดำจะทำให้ได้คุณค่าของสีนั้นๆ แตกต่างกัน

8. ความเข้มของสี (Chrome หรือ Intensity หรือ Saturation) ความเข้มของสี คือ คุณสมบัติของสีเกี่ยวกับความสด (Brightness) เช่น สีแดงเป็นสีที่สดที่สุดเป็นต้น หรือความหม่น (Dullness) ที่เกิดขึ้นเพราะมีการผสมกับสีตรงข้ามทำให้ความสดใสลดน้อยลง เช่น สีม่วงเจือลงในสีเหลือง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. คุณค่าของสี (Tonal Value) คุณค่าของสี คือ คุณสมบัติที่เกี่ยวเนื่องกับน้ำหนักอ่อนแก่ (lightness darkness) เพื่อใช้เปรียบเทียบค่าของสีที่แตกต่างกันของสีทุกสี เช่น สีชมพูคือน้ำหนักอ่อนของสีแดง สีน้ำตาลคือน้ำหนักแก่ของสีส้ม ฯลฯ โดยมีสีขาวเป็นสีอ่อนที่สุด สีดำเป็นสีที่แก่ที่สุด ระหว่างสีขาวถึงสีดำจะมีสีเทาอีก 7 น้ำหนัก มีน้ำหนักที่ 5 เป็นน้ำหนักกลาง (middle value) ดังนั้นถ้าต้องการให้สีใดสีหนึ่งเป็นสีอ่อนก็ผสมสีขาว สีอ่อนที่เกิดขึ้นจะมีน้ำหนักอ่อนกว่าน้ำหนักกลาง ถ้าต้องการให้สีใดสีหนึ่งแก่ยิ่งขึ้นก็ผสมสีดำ สีเข้มที่เกิดขึ้นจะมีน้ำหนักแก่กว่าน้ำหนักกลาง เรียกว่าระดับคล้ำสี (shade)

2.6.2 จิตวิทยาการใช้สี

สีเหลือง (Yellow) ในจำนวนสีทั้งหมด สีเหลืองเป็นสีที่สว่างที่สุด แต่ก็นิยมใช้กันน้อยที่สุด สีเหลืองสดใสเป็นสัญลักษณ์ หรือเครื่องหมายของพระอาทิตย์ ทำให้เกิดความรู้สึกในด้านสดชื่นและแจ่มใสมีชีวิตชีวา (Pleasant) เป็นสีศักดิ์สิทธิ์

สีแดง (Red) สีแดงเป็นสีที่มี Chroma แรงที่สุดในบรรดาสีทั้งหมด และดึงดูดความสนใจได้มากที่สุด สีแดงมีลักษณะกระตุ้นเร่งเร้า (แสงสีแดงจะเร่งอัตราการเน้น และเพิ่มความดันโลหิต ขณะที่แสงสีน้ำเงินให้ผลตรงกันข้าม) สีแดงเป็นสีที่นิยมใช้กันมากที่สุดโดยเฉพาะในพวกผู้หญิง สีแดงนั้นพบว่าใช้กันมาตั้งแต่สมัย Primitive หรือ Classical สีแดงโดยทั่วไปเป็นเครื่องหมายของอารมณ์และความรู้สึก เกี่ยวข้องกับโทสะ การต่อสู้ อันตราย ความกล้าหาญ การแพร่พันธุ์ และเรื่องเพศ

สีน้ำเงิน (Blue) เป็นสีเย็น สงบ ในโบสถ์ สีน้ำเงินหมายถึงความจริงใจ ความหวัง และความสูงส่ง ในศตวรรษที่ 17 พวกผู้ดีชาวสเปน และเวนิสชอบสีฟ้าและสีดำมาก เพราะรู้สึกถึงลักษณะของความสันโดษในสีเหล่านั้น

สีเขียว (Green) ให้ความรู้สึกเช่นเดียวกับสีน้ำเงิน เมื่อเปรียบเทียบกับสีอื่นๆ สีเขียวเป็นสีที่เป็นกลางมากกว่า ในแง่ของการให้ผลทางอารมณ์มีแนวโน้มไปในทางเฉยนิ่ง (Passive) มากกว่าทางเคลื่อนไหวตอบโต้ (Acteve) เพราะเหตุนี้จึงจัดเป็นสีที่ให้การพักผ่อน (Restful) ได้มากที่สุด

สีม่วง (Violet) เป็นสีเย็น สงบ สันโดษ เหมือนสีน้ำเงิน แต่สงบสง่างามมากกว่า มีลักษณะเงียบเหงา โรยรา แสดงถึงความมีโรคภัย สีม่วงเป็นสีของสตรีที่ไม่สามารถมีบุตรได้ และนักบวชผู้ถือเพศพรหมจรรย์

สีขาว (White) เป็นสีสว่าง เบา และเร่งเร้ามากกว่าสีเทา และสีดำ แสดงถึงความบริสุทธิ์ เดียงสา พรหมจารี ความจริงใจซื่อสัตย์

สีเทา (Middle Gray) เป็นสีที่นิยมใช้มากกว่าสีขาวหรือสีดำ มีลักษณะของสีขาวและสีดำรวมกัน ซึ่งแสดงความสมบูรณ์ (Richness) ที่ไม่มีในสีขาว และไม่หนักทึบเช่นที่มีในสีดำ สี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เทาเป็นฉากหลัง (Backgroune) ที่ดีสำหรับสีอื่นๆ เป็นสัญลักษณ์ของความสงบ ความเป็นผู้มีอายุสูง ความสันโดษ และความนอบน้อมถ่อมตัว

สีดำ (Black) กษณะทึบ หนักแน่น ขึงขังและสงบ ในประเทศตะวันตก สีดำมักเป็นเครื่องหมายของความเศร้าโศก ความตาย นอกจากนี้ยังแสดงถึง ความลับ ความมืด ความน่ากลัว ความชั่วช้า สีดำเป็นสีที่ช่วยให้เห็นสีอื่นๆ เด่นชัดขึ้น

2.6.3 สีกับการออกแบบผลิตภัณฑ์

สีนับเป็นปัจจัยสำคัญต่อการออกแบบผลิตภัณฑ์อย่างมากสีมีอิทธิพลในสินค้าเกือบทุกชนิด นักออกแบบควรจะให้ความสนใจเกี่ยวกับสีในทางจิตวิทยา (Colors Psychology) โดยปกติคนทั่วๆ ไปมักจะชอบสีเป็นพิเศษอยู่สีหนึ่งหรือมากกว่า ทั้งนี้เนื่องมาจากความเคยชินกับสภาพแวดล้อม อันเป็นความรู้สึกที่เปลี่ยนแปลงยาก

นักออกแบบจำเป็นต้องเรียนรู้เกี่ยวกับทฤษฎีสี เพื่อสามารถนำไปใช้กับการออกแบบได้เป็นอย่างดี คือ สามารถทำให้เกิดความประทับใจ สะอาด สง่า ฯลฯ และแม้กระทั่งทำให้ผลิตภัณฑ์ดูเล็กหรือใหญ่ เป็นต้น

สีที่ทำให้เกิดความรู้สึกต่างๆ พอสรุปได้ดังนี้

1. ให้ความรู้สึกเรื่องขนาด (Size) รมองสีสันตามลักษณะและความรู้สึกอ่อนแก่ของสีนั้นอยู่ที่การให้สีของภาชนะบรรจุหีบ
ห่อเป็นอันมาก เช่น สีอ่อน จะทำให้มองเห็นวัตถุมีขนาดใหญ่ สีเข้ม ตรงกันข้ามทำให้วัตถุดูเล็กลง ในกรณีเดียวกันสีอ่อนจะทำให้วัตถุดูอยู่ใกล้และสีเข้มจะมองดูวัตถุไกล และสีกลุ่มร้อนมีอิทธิพลในเรื่องระยะ คือ สีร้อนดูใกล้ และสีเย็นดูไกล

2. ความรู้สึกในเรื่องที่เกี่ยวกับน้ำหนัก (Weight) อน (Light Value) จะมองดูเบาและสีแก่ (Dark Value) จะมองดูหนักและสีเย็น (Cool Colors) เช่น สีน้ำเงินอ่อน สีเขียวอมฟ้า สีฟ้าอมม่วง และสีเหลืองจะทำให้ดูเบาในเรื่องน้ำหนัก สีร้อน (Warm Colors) สีส้ม สีแดง สีแสด ทำให้ดูหนัก ความเข้าใจเรื่องสีและน้ำหนัก เป็นสิ่งที่ต้องทดลองและมีผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมด้วย เพราะการใช้สีและน้ำหนักอย่างกลมกลืนกันทางด้านความรู้สึกที่ให้กับวัตถุนั้นควรจะมีคุณค่ามากขึ้น

3. ความรู้สึกเกี่ยวกับความแข็งแรง (Strength) นักและความแข็งแรง จะต้องมีความเกี่ยวข้องกัน และใช้หลักเดียวกัน คือ สีร้อน (Warm Colors) ที่มี Chroma รุนแรง เช่น สีแดง สีแสด สีเหลืองเข้ม มักจะแสดงให้เห็นความรู้สึกถึงความแข็งแรงมากกว่าสีที่เข้มกว่าหรือสีเทากว่า แต่สีปนบรอนซ์ สีน้ำเงินเข้มอมเทา จะทำให้ดูมีความรู้สึกเหมือนเหล็กจึงเหมาะสำหรับแสดงถึงความแข็งแรง แข็งแกร่ง (Strength)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ความรู้สึกเกี่ยวกับอุณหภูมิ (Temperature) รดาสีที่อยู่ในกลุ่มสีร้อน (Warm Colors) ได้แก่ สีแดง สีแสด สีเหลือง จะมีความรุนแรง ให้ความรู้สึกร้อน ไม่สบายใจ สีน้ำเงิน สีเขียวอมฟ้า ฟ้าอมม่วงและสีขาว ให้ความรู้สึกถึงความเย็น

5. ความรู้สึกที่เกี่ยวกับความสะอาด (Cleanliness) ขาว เป็นสีที่เหมาะสมที่สุด แต่ถ้าสีขาวถูกผสมไปในทางสีน้ำเงินจะทำให้มองดูรู้สึกสกปรกไม่บริสุทธิ์ จนกระทั่งสีน้ำเงินมีปริมาณมากพอจนเห็นเป็นสีฟ้า ในทางอุตสาหกรรมส่วนมากจะใช้สีขาวผสมกับสีเหลืองแดง (สีงาช้าง) สีเหลืองอ่อน สีเขียวอ่อน จัดว่าเป็นสีที่แสดงถึงความสะอาดและสุขลักษณะได้ และนิยมใช้กับผลิตภัณฑ์อนามัย ผลิตภัณฑ์ในครัว ผลิตภัณฑ์สุขภัณฑ์ เพราะทำให้รู้สึกสะอาดน่าใช้

6. ความรู้สึกที่เกี่ยวกับความสง่างาม (Dignity)สีเทา เป็นสีที่แสดงความสง่างามได้ดีที่สุด สีที่ควรเลือกใช้ คือ สีเทาอมน้ำเงิน สีเทาอมม่วง
สีเทาอมเขียว และสีแดงคล้ำ อาจใช้สีร้อนเน้นบ้างเล็กน้อย

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จีราวรรณ บุญเพิ่ม (2542) การสำรวจสภาวะการก่อสร้าง พ.ศ. 2542 ทั่วราชอาณาจักรโดยมีวัตถุประสงค์โครงการสำรวจสภาวะการก่อสร้าง เพื่อรวบรวมข้อมูลพื้นฐานของอุตสาหกรรมก่อสร้าง ได้แก่ จำนวนและประเภทของสถานประกอบการก่อสร้าง จำนวนคนทำงานและค่าตอบแทนแรงงาน ต้นทุนและค่าใช้จ่าย การก่อสร้าง รวมทั้งสินทรัพย์ถาวรของสถานประกอบการเพื่อนำข้อมูลไปใช้ประกอบในการคำนวณบัญชีประชาชาติด้านการสะสมทุน การสร้างตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิตของประเทศ ตลอดจนการคำนวณมูลค่าผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ สาขาการก่อสร้างเพื่อสร้างระบบข้อมูลที่ดีเพื่อใช้เป็น สัญญาณเตือนภัยล่วงหน้าทางเศรษฐกิจและ สังคมให้เป็นเอกภาพและทันการเพื่อพัฒนาระบบข้อมูลพื้นฐานและเครื่องชี้วัดให้ได้มาตรฐานสากล เพื่อการ วางแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมอย่างมีคุณภาพ

นิพนธ์ เกตุจ้อย (2547) ขนาด : ระบบไฟฟ้าเล็กจากพลังงานหมุนเวียนสำหรับหมู่บ้านที่ไม่มีไฟฟ้าใช้ในประเทศไทยโดยมีวัตถุประสงค์ นำเสนอแนวคิดในการจัดหาไฟฟ้าให้กับหมู่บ้านที่ยังไม่มีไฟฟ้าในประเทศไทยโดยใช้พลังงานหมุนเวียน ระบบไฟฟ้าที่ใช้ในพื้นที่เหล่านี้จะเป็นระบบไฟฟ้าขนาดเล็ก (มินิกริด) ซึ่งเป็นระบบไฟฟ้าสายส่งแรงดันต่ำ จ่ายไฟฟ้าให้กับหมู่บ้านหรือกลุ่มผู้ใช้ขนาดเล็ก ที่อยู่ห่างไกลจากระบบสายส่งไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคหรือการไฟฟ้านครหลวง ระบบมินิกริด ประกอบไปด้วยระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานจากพลังงานหมุนเวียน (Hybrid power plant) ระบบจำหน่ายไฟฟ้าแรงดันต่ำ (Grid line) ภาระทางไฟฟ้า (Loads) และระบบการจัดการพลังงาน (Energy Management System, EMS) ขนาดของระบบมินิกริดที่กล่าวถึงนี้จะแบ่งเป็นระบบ 1-phase มีขนาดไม่เกิน 10 กิโลวัตต์ และระบบ 3-phase มีขนาดไม่เกิน 30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิโลวัตต์ ผู้ใช้ไฟฟ้าของระบบมินิกริด แบ่งได้เป็นสองกลุ่มใหญ่คือ ผู้ใช้ไฟฟ้าแบบโดดเดียว (Single user) และผู้ใช้ไฟฟ้าแบบหลากหลาย (Multi user) รูปแบบและลักษณะ การทำงานของส่วนประกอบหลักในระบบ ข้อดีและข้อเสียของเทคโนโลยีแบบต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีดำเนินงานวิจัย

การศึกษาและพัฒนาตู้จ่ายไฟฟ้าสำหรับงานก่อสร้างทั่วไป ผู้วิจัยได้กำหนดขั้นตอนในการดำเนินการศึกษาดังต่อไปนี้

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

3.4 วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

3.5 สถิติที่ใช้ในการวิจัย

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.1.1 ประชากร

กลุ่มบริษัทผู้รับเหมาปฏิบัติงานในงานก่อสร้างทั่วไป

3.1.2 กลุ่มตัวอย่าง

วิศวกรและช่างไฟฟ้าที่ปฏิบัติงานในสถานประกอบการ จำนวน 60 คน โดยแบ่งตามสถานที่ก่อสร้าง สถานที่ละ 20 คน บริษัท แสตนดาร์ดเพอร์ฟอร์แม้นซ์จำกัด บริษัทแสงฟ้าก่อสร้าง จำกัด และบริษัทชิโนไทย (มหาชน) จำกัด ที่เป็นตัวแทนของประชากร ผู้วิจัยเลือกกลุ่มตัวอย่างโดยทำการสุ่มแบบอย่างง่าย (Sample Random Sampling) ของ Robert V.Krejcie (อ้างใน นิรัช สุดสังข์ : 2548, 48)

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อประกอบการศึกษาการวิจัย ผู้วิจัยได้สร้างเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยมีขั้นตอนในการสร้างเครื่องมือดังต่อไปนี้

3.2.1 การสร้างเครื่องมือ

การสร้างเครื่องมือผู้วิจัยได้ดำเนินตามขั้นตอนดังนี้เครื่องมือที่ใช้ประเมินความคิดเห็นของกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ โดยใช้แบบประเมินเป็นแบบมาตรส่วนประมาณค่า (Rating scale) ที่ผู้วิจัยได้กำหนดเกณฑ์การใช้คะแนนระดับความคิดเห็นตัวเลือก 5 ระดับ ตั้งแต่ 1-5 คะแนน ซึ่งมีดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5 หมายถึง ดีมาก

4 หมายถึง ดี

3 หมายถึง ปานกลาง

2 หมายถึง น้อย

1 หมายถึง น้อยมาก

3.2.2 การตรวจสอบเครื่องมือ

3.2.2.1 ผู้วิจัยนำแบบประเมิน ที่สร้างเสร็จนำเสนอต่ออาจารย์ผู้ควบคุมสารนิพนธ์ทำการตรวจสอบและแก้ไขความถูกต้องของเนื้อหาและความเหมาะสมของถ้อยคำ และสำนวนภาษา และความชัดเจนในข้อคำถามในแบบประเมิน

3.2.2.2 ดำเนินการแก้ไขแบบประเมินการทดลองอีกครั้ง แล้วจึงขอความอนุเคราะห์ ผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาตรวจสอบความถูกต้อง ได้ข้อมูลครบถ้วนสอดคล้องกับวัตถุประสงค์หรือไม่ และตรวจสำนวนภาษาที่ใช้โดยมีผู้ทรงคุณวุฒิดังรายชื่อต่อไปนี้

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ธเนศ ภิรมย์การ อาจารย์ประจำสาขาวิชาศิลปะอุตสาหกรรม
   คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
   สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
2. อาจารย์ ดร.ทรงวุฒิ เอกวุฒิวงศ์ อาจารย์ประจำสาขาวิชาศิลปะอุตสาหกรรม
   คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
   สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
3. อาจารย์วุฒิชัย วิถาทานัง อาจารย์ ประจำหลักสูตรออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
   คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
   มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

3.2.2.3 หลังจากนั้นผู้วิจัยได้รวบรวมคำแนะนำจากผู้ทรงคุณวุฒิมาพิจารณาดำเนินการแก้ไขแบบประเมินความคิดเห็น โดยพิจารณาหาความเที่ยงตรงของแบบประเมินที่วัดแต่ละจุดประสงค์โดยใช้เทคนิคการตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับสิ่งที่ต้องการวัด (Index item of congruent : IOC) ก่อนนำแบบประเมินความคิดเห็นไปใช้เก็บรวบรวมข้อมูล

การหาค่าความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) ของแบบประเมินโดยให้ผู้ทรงคุณวุฒิเป็นผู้ตรวจแบบประเมินพิจารณาความสอดคล้องของข้อคำถาม โดยมีเกณฑ์ในการให้คะแนน ดังนี้

+1 คะแนน สำหรับคำถามที่สอดคล้องกับเนื้อหา

0 คะแนน สำหรับข้อคำถามที่ไม่แน่ใจว่าสอดคล้องกับเนื้อหา

-1 คะแนน สำหรับข้อคำถามที่ไม่สอดคล้องกับเนื้อหา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้ทำการสำรวจและเก็บข้อมูลในการศึกษาโครงการ ดังต่อไปนี้

3.3.1 เก็บรวบรวมข้อมูลจากการศึกษาจากทฤษฎี เอกสารที่เกี่ยวข้อง

3.3.2 ขอหนังสือขอความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูล จากงานบัณฑิตศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เพื่อขออนุญาตในการเก็บข้อมูล

3.3.3 ขอหนังสือขอความอนุเคราะห์จากงานบัณฑิตศึกษาคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ถึงผู้เชี่ยวชาญ เพื่อประเมินงานวิจัย

3.3.4 ผู้วิจัยดำเนินการพัฒนา ตู้จ่ายไฟฟ้าสำหรับงานก่อสร้างทั่วไป 3 รูปแบบ เพื่อประเมินตามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

3.3.5 ผู้วิจัยนำตู้จ่ายไฟฟ้าสำหรับงานก่อสร้างทั่วไป ที่ผ่านการประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ มาประเมินคุณภาพตามความคิดเห็น

3.3.6 ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลที่ได้มาประมวลผล และสรุปผล

3.4 วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้ทำการตรวจสอบความสมบูรณ์ของแบบสอบถามแสดงความคิดเห็น ตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ และนำคะแนนที่ได้ไปวิเคราะห์

3.4.1 ผลการแสดงความคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่าง อภิปรายผล โดยใช้ค่าสถิติ ค่าร้อยละ ในการวิเคราะห์ข้อมูล โดยการหาค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยวิเคราะห์เป็นรายข้อเฉพาะด้าน แล้วรวบรวมทุกด้านโดยนำเสนอในรูปแบบตารางพร้อมคำบรรยายประกอบผลการวิเคราะห์ โดยใช้เกณฑ์ในการวิเคราะห์พิจารณาประเมินจากช่วงค่าเฉลี่ยเลขคณิตมีระดับความคิดเห็นดังนี้

4.50 – 5.00	หมายถึง	ความเหมาะสมมากที่สุด
3.50 – 4.49	หมายถึง	ความเหมาะสมมาก
2.50 – 3.49	หมายถึง	ความเหมาะสมปานกลาง
1.50 – 2.49	หมายถึง	ความเหมาะสมน้อย
1.00 – 1.49	หมายถึง	ความเหมาะสมน้อยมาก

3.4.2 การพัฒนาตู้จ่ายไฟฟ้า ผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษาตู้จ่ายไฟฟ้าเพื่อการใช้ผลิตภัณฑ์

1. นำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาค้นคว้า จากการสังเกต มาใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานการออกแบบ

2. ทำการพัฒนาตู้จ่ายไฟฟ้า ตามแนวทางจำนวน 3 แบบ นำไปให้ผู้เชี่ยวชาญทางด้านออกแบบจำนวน 3 ท่านเพื่อประเมิน และขอคำแนะนำเกี่ยวกับการออกแบบ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผู้เชี่ยวชาญทางด้านการพัฒนา จำนวน 3 ท่าน ได้แก่

1. คุณวัชระ สมจิตต์ หัวหน้าแผนก แผนกธุรกิจ และการตลาด
การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เขต 2 (ภาคกลาง) จังหวัดชลบุรี

2. คุณกรี แทนแคน Managing Director & Electrical Engineering
บริษัท ที – ออน เอ็นจิเนียริ่ง จำกัด

3. คุณอาสิญจ์ พุ่มโรย ผู้จัดการวิศวกรโครงการ
บริษัท แสตนดาร์ด เพอร์ฟอร์แม้นซ์ จำกัด

3. ทำการปรับแบบตามที่ผู้เชี่ยวชาญแนะนำ

4. ทำการเขียนแบบตู้ไฟฟ้าเพิ่มเติมจากผู้เชี่ยวชาญอีกครั้ง และนำไปสอบถามผู้เชี่ยวตามแบบสอบถาม

5. นำแบบตู้ไฟฟ้า ที่ผ่านการประเมินที่ได้รับค่าเฉลี่ยสูงสุดมาทำการปรับปรุงตามข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ เพื่อหาข้อแก้ไขก่อนนำไปผลิต

3.5 สถิติที่ใช้ในการวิจัย

ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งผู้วิจัยได้ใช้สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

3.5.1 ค่าร้อยละ (Percentage)

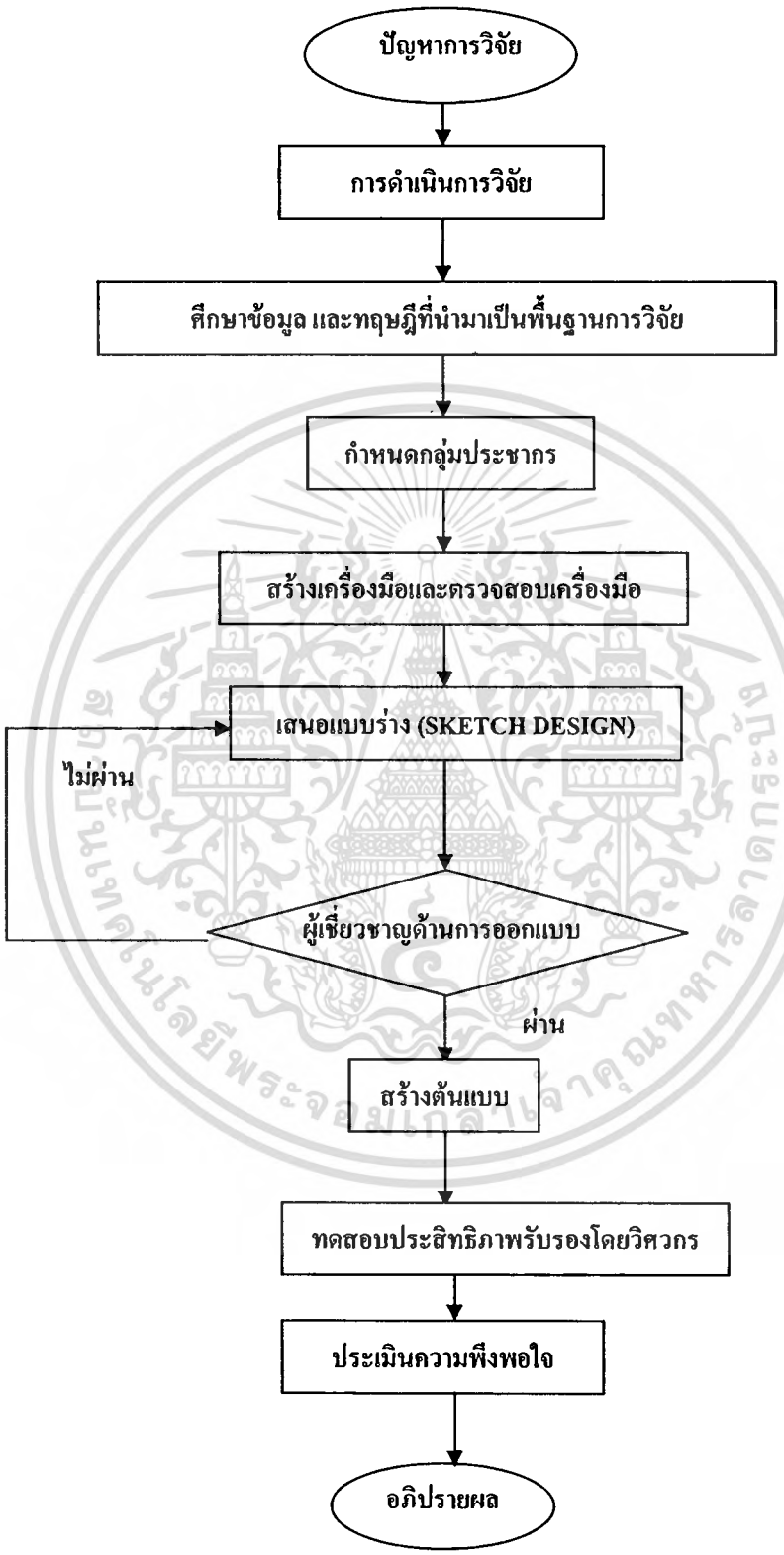
3.5.2 ค่าเฉลี่ย (Arithmetic Mean)

3.5.3 ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แผนผังดำเนินการวิจัย

(RESEARCH AND DEVELOPMENT DIAGRAM



รูปที่ 3.1 แผนผังดำเนินการวิจัย (RESEARCH AND DEVELOPMENT DIAGRAM)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การศึกษาและพัฒนาตู้จ่ายไฟฟ้าสำหรับงานก่อสร้างทั่วไป ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล ให้มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ ประกอบด้วย

ขั้นตอนที่ 1 ผลการศึกษาและพัฒนาตู้จ่ายไฟฟ้าสำหรับงานก่อสร้างทั่วไป

ขั้นตอนที่ 2 ผลการทดสอบหาประสิทธิภาพของตู้จ่ายไฟฟ้าสำหรับงานก่อสร้างทั่วไป

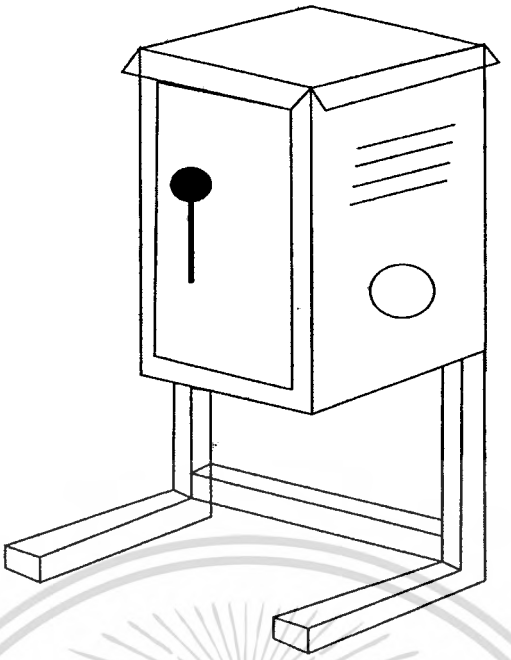
ขั้นตอนที่ 3 ผลการประเมินความพึงพอใจในการใช้งานของตู้จ่ายไฟฟ้าสำหรับงานก่อสร้างทั่วไป

ผู้วิจัยได้นำข้อมูลจากเอกสาร การศึกษาและพัฒนาตู้จ่ายไฟฟ้าสำหรับงานก่อสร้างทั่วไป การทดสอบหาประสิทธิภาพของตู้จ่ายไฟฟ้าสำหรับงานก่อสร้างทั่วไป และผลการประเมินความพึงพอใจในการใช้งานของตู้จ่ายไฟฟ้าสำหรับงานก่อสร้างทั่วไป ที่ได้ทำการแยกมาวิเคราะห์ตามวัตถุประสงค์ดังนี้

4.1 ผลการศึกษาและพัฒนาตู้จ่ายไฟฟ้าสำหรับงานก่อสร้างทั่วไป

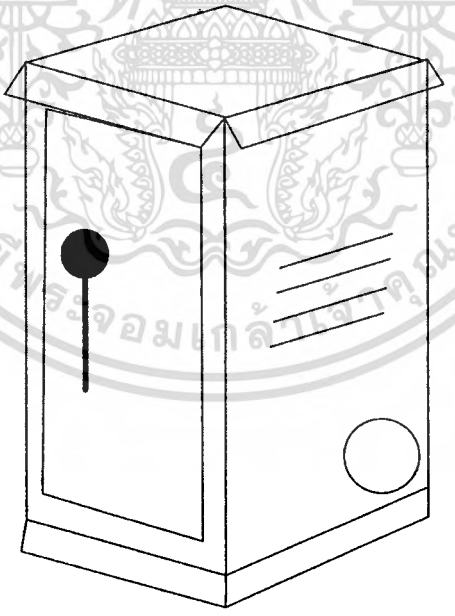
ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบตู้จ่ายไฟฟ้าสำหรับงานก่อสร้างทั่วไปจำนวน 3 รูปแบบ ให้เป็นทางเลือกเพื่อใช้ในการประเมินผลความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบ จำนวน 3 ท่าน ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 ผลงานการออกแบบตู้จ่ายไฟฟ้าสำหรับงานก่อสร้างทั่วไป แบบที่ 1

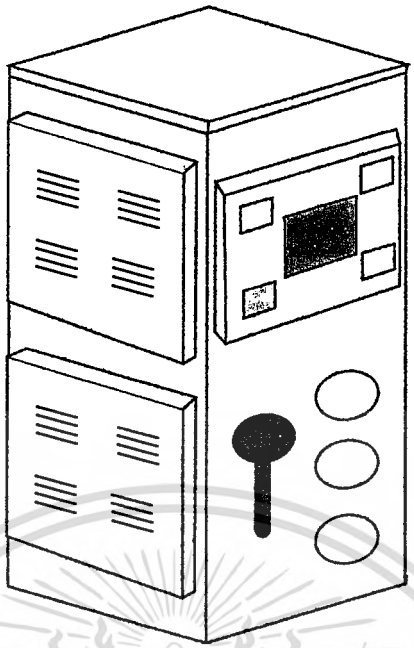
แบบที่ 1 เป็นการออกแบบเพื่อให้สะดวกในการใช้งาน และสามารถเคลื่อนย้ายและนำไปวางตามที่ต่าง ๆ ได้สะดวก วัสดุที่ใช้มีน้ำหนักเบา ขนาดเหมาะสมกับสัดส่วน



รูปที่ 4.2 ผลงานการออกแบบตู้จ่ายไฟฟ้าสำหรับงานก่อสร้างทั่วไป แบบที่ 2

แบบที่ 2 เป็นการออกแบบที่เล็กกะทัดรัด เพื่อให้สะดวกในการขนย้าย มีรายละเอียดไม่ซับซ้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 ผลงานการออกแบบตู้จ่ายไฟฟ้าสำหรับงานก่อสร้างทั่วไป แบบที่ 3

แบบที่ 3 เป็นการออกแบบ เพื่อให้สะดวกในการขนย้าย มีพื้นที่ในการใช้งานมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 สรุปผลการวิเคราะห์การประเมินผลด้านการออกแบบตู้จ่ายไฟฟ้าสำหรับงานก่อสร้างทั่วไป โดยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน

รายการ	แบบที่ 1		แบบที่ 2		แบบที่ 3	
	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1. หน้าที่ใช้สอย						
1.1 เหมาะสมกับการใช้งาน	5.00	0.00	4.25	0.87	4.25	0.87
1.2 น้ำหนักเบา สะดวกสบายง่ายต่อการเคลื่อนย้าย	4.75	0.43	4.75	0.43	4.25	0.87
1.3 ดูแลรักษา ทำความสะอาด ซ่อมแซมได้ง่าย	4.75	0.43	4.75	0.43	4.75	0.43
รวม	**4.83**	**0.27**	**4.58**	**0.57**	**4.41**	**0.72**
2. ความปลอดภัย						
2.1 มีความปลอดภัยต่อผู้ใช้งาน	4.50	0.50	4.00	0.00	4.25	0.87
2.2 มีความปลอดภัยหลังการใช้งาน	4.50	0.50	4.25	0.87	4.00	0.00
รวม	**4.50**	**0.50**	**4.12**	**0.43**	**4.12**	**0.43**
3. ความแข็งแรงทนทาน						
3.1 ผลิตภัณฑ์มีความแข็งแรง	5.00	0.00	4.25	0.87	4.25	0.87
3.2 วัสดุและอุปกรณ์มีความแข็งแรง	4.75	0.43	4.75	0.43	4.75	0.43
3.3 รับน้ำหนักได้ดี	4.75	0.43	4.00	0.00	4.25	0.87
รวม	**4.83**	**0.28**	**4.33**	**0.43**	**4.41**	**0.72**
4. ความประหยัด						
4.1 การใช้วัสดุอย่างประหยัด	5.00	0.00	4.50	0.50	4.50	0.50
4.2 มีของเสียในการผลิตมีน้อย	4.75	0.43	4.00	0.00	4.75	0.43
รวม	**4.87**	**0.21**	**4.25**	**0.25**	**4.62**	**0.46**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

รายการ	Model 1		Model 2		Model 3	
	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
5. วัสดุ						
5.1 วัสดุมีความเหมาะสมกับตัวผลิตภัณฑ์	5.00	0.00	4.75	0.43	4.25	0.87
5.2 ใช้วัสดุภายในประเทศ	4.75	0.43	4.25	0.87	4.50	0.50
5.3 ใช้วัสดุที่ไม่กระทบต่อสิ่งแวดล้อม	4.75	0.43	4.50	0.50	4.25	0.87
5.4 ใช้วัสดุที่มีคุณภาพ	4.50	0.50	4.25	0.87	4.50	0.50
5.5 สามารถจัดหาวัสดุได้ง่าย	5.00	0.00	4.50	0.50	4.75	0.43
รวม	**4.80**	**0.27**	**4.45**	**0.63**	**4.45**	**0.63**
6. โครงสร้าง						
6.1 โครงสร้างแข็งแรง	5.00	0.00	4.50	0.50	4.75	0.43
6.2 โครงสร้างของเครื่องฯ มีความเหมาะสมกับการใช้งาน	4.75	0.43	4.50	0.50	4.75	0.43
รวม	**4.87**	**0.21**	**4.5**	**0.50**	**4.75**	**0.43**
7. ความสะดวกสบายในการใช้งาน						
7.1 มีขนาดสัดส่วนเหมาะสมกับการใช้งาน	4.75	0.43	4.00	0.00	4.50	0.50
7.2 สัดส่วนมีขนาดเหมาะสม	4.50	0.50	4.00	0.00	4.50	0.50
รวม	**4.62**	**0.46**	**4.00**	**0.00**	**4.50**	**0.50**
8. กรรมวิธีการผลิต						
8.1 สะดวกต่อการผลิต	4.75	0.43	4.00	0.00	4.00	0.00
รวม	**4.75**	**0.43**	**4.00**	**0.00**	**4.00**	**0.00**
9. การซ่อมบำรุงรักษา						
9.1 ง่ายต่อการบำรุงรักษา	4.75	0.43	4.25	0.87	4.50	0.50
9.2 สามารถทำการบำรุงรักษาได้ด้วยตนเอง	4.75	0.43	4.50	0.50	4.25	0.87
รวม	**4.75**	**0.43**	**4.37**	**0.68**	**4.37**	**0.68**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1. (ต่อ)

รายการ	Model 1		Model 2		Model 3	
	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
10. การขนส่ง						
10.1 สะดวกต่อการขนส่ง	4.75	0.43	4.00	0.00	4.75	0.43
10.2 ใช้พื้นที่ในการขนส่งน้อย	4.25	0.87	4.75	0.43	4.00	0.00
รวม	**4.50**	**0.65**	**4.37**	**0.21**	**4.37**	**0.21**
สรุปความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ	**4.73**	**0.37**	**4.29**	**0.37**	**4.40**	**0.47**

จากตารางที่ 4.1 พบว่าความเห็นโดยรวมของผู้เชียวชาญ ด้านการออกแบบ มีความเห็นต่อตู้จ่ายไฟฟ้าสำหรับงานก่อสร้างทั่วไป แบบที่ 1 ว่ามีความเหมาะสมอยู่ในระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$ = 4.71) ตู้จ่ายไฟฟ้าสำหรับงานก่อสร้างทั่วไป แบบที่ 2 มีความเหมาะสมอยู่ในระดับดี มีค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$ = 4.24) และ ตู้จ่ายไฟฟ้าสำหรับงานก่อสร้างทั่วไป แบบที่ 3 มีความเหมาะสมอยู่ในระดับดี มีค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$ = 4.35) ซึ่งตู้จ่ายไฟฟ้าสำหรับงานก่อสร้างทั่วไป แบบที่ 1 นั้น ผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นในทุกด้านว่ามีความเหมาะสมอยู่ในระดับดีมาก ตามลำดับดังต่อไปนี้

1. หน้าที่ใช้สอย มีค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$ = 4.83)
2. ความปลอดภัย มีค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$ = 4.50)
3. ความแข็งแรงทนทาน มีค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$ = 4.83)
4. โครงสร้าง มีค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$ = 4.87)
5. ความสะดวกสบายในการใช้งาน มีค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$ = 4.62)
6. การซ่อมบำรุงรักษา มีค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$ = 4.75)
7. การขนส่ง มีค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$ = 4.50)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลการทดสอบหาประสิทธิภาพของตู้จ่ายไฟฟ้าสำหรับงานก่อสร้างทั่วไป

MAIN DISTRIBUTION BOARD

BUSBAR

VISUAL AND MECHANICAL INSPECTION

1	Busbar installed according to design and manufacturer's instructions
2	Check of busbar undamaged and cleaned
3	Check of busbar connected properly and check by torque-wrench

1. INSULATION RESISTANCE MEASUREMENT

Instrument : Insulation resistance 5000 V dc Megger model BM11D

Note : 1.Insulation resistance test voltage at 1000 V DC 1 minute

2.Insulation resistance should not less than 100 Megohms (NETA Table100.1)

PHASE	APPLIED DC (V)	INSULATION RESISTANCE (MΩ)	REMARK
A - B	1000	6700	
B - C	1000	6580	
C - A	1000	7460	
A -B+C+ G	1000	6850	
C -A+B+ G	1000	7240	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลการประเมินความพึงพอใจในการใช้งานของตู้จ่ายไฟฟ้าสำหรับงานก่อสร้างทั่วไป

ผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ วิศวกรและช่างไฟฟ้า จำนวน 60 โดยใช้แบบสอบถามเพื่อประเมินคุณภาพของตู้จ่ายไฟฟ้าสำหรับงานก่อสร้างทั่วไป ได้ผลการวิเคราะห์ค่าของผู้ใช้ ดังนี้

4.3.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถามของกอย่าง

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าร้อยละของข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง (n=60)

ข้อมูลทั่วไป		กลุ่มตัวอย่าง	
		จำนวน	ค่าร้อยละ
1. เพศ	ชาย	50	83.33
	หญิง	10	16.66
2. อายุ	25-30 ปี	46	76.66
	31-40 ปี	10	16.66
	40 ปีขึ้นไป	4	6.66
3. การศึกษา	ต่ำกว่าปริญญาตรี	20	33.33
	ปริญญาตรี	35	58.33
	สูงกว่าปริญญาตรี	5	8.33
4. อาชีพ	คนงาน	25	41.66
	วิศวกร	22	36.66
	หัวหน้าคนงาน	13	21.66
5. รายได้ของครอบครัว/เดือน	ต่ำกว่า 7,000 บาท	5	8.33
	7,000-8,000 บาท	10	16.66
	8,001-9,000 บาท	8	13.33
	9,001-10,000 บาท	12	20
	10,001-11,000 บาท	5	8.33
	11,001 บาทขึ้นไป	20	33.33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 (ต่อ)

ข้อมูลทั่วไป		กลุ่มตัวอย่าง	
		จำนวน	ค่าร้อยละ
4. การออกแบบ	รูปทรงที่สวยงาม	5	8.33
	ประโยชน์ใช้สอย	40	66.66
	ความแข็งแรงทนทาน	8	13.33
	ราคา	2	3.33
	วัสดุใช้ผลิต	2	3.33
	อื่น ๆ	1	1.66

จากตารางที่ 4.5 พบว่ากลุ่มตัวอย่างที่เป็นกลุ่มวิศวกรและช่างไฟฟ้า จำนวน 60 คน เพศชาย 50 คน คิดเป็นร้อยละ 8.33 เพศหญิง 10 คน คิดเป็นร้อยละ 16.66 เป็นกลุ่มช่วง อายุ 25-30 ปี มากที่สุด คือ 46 คน คิดเป็นร้อยละ 76.66 กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีการศึกษาในระดับปริญญาตรีมากที่สุด คือ 35 คน คิดเป็นร้อยละ 58.33 และในส่วนของการออกแบบ สิ่งที่คำนึงถึงมากที่สุดในการออกแบบกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เลือกประโยชน์ใช้สอย มากที่สุด คือ 40 คน คิดเป็นร้อยละ 66.66

4.3.2 ผลการวิเคราะห์ความคิดเห็นด้านคุณภาพของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อตู้จ่ายไฟฟ้าสำหรับงานก่อสร้างทั่วไป

ตารางที่ 4.4 แสดงค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ในการใช้งานของตู้จ่ายไฟฟ้าสำหรับงานก่อสร้างทั่วไป จำนวน 60 คน

รายการ	N=60		ระดับความพึงพอใจ
	Mean	S.D.	
<u>ด้านประโยชน์ใช้สอยที่เพียงพอกับการใช้งาน</u>			
1.1 เหมาะสมกับการใช้งาน	4.72	0.45	ดีมาก
1.2 น้ำหนักเบา สะดวกสบายง่ายต่อการเคลื่อนย้าย	4.65	0.61	ดีมาก
1.3 ดูแลรักษา ทำความสะอาด ซ่อมแซมได้ง่าย	4.67	0.54	ดีมาก
รวม	**4.68**	**0.53**	**ดีมาก**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 (ต่อ)

รายการ	N=60		ระดับความพึงพอใจ
	Mean	S.D.	
<u>ด้านความงามของรูปทรง</u>			
2.1 สวย เรียบง่าย ดึงดูดสายตา	4.52	0.65	ดีมาก
2.2 มีความคิดสร้างสรรค์และศิลปะในการออกแบบ	4.67	0.54	ดีมาก
2.3 ความน่าสนใจที่ใช้ตู้จ่ายไฟฟ้าสำหรับงานก่อสร้างทั่วไป	4.67	0.54	ดีมาก
2.4 มีความประณีต	4.63	0.55	ดีมาก
รวม	**4.62**	**2.28**	**ดีมาก**
<u>ด้านโครงสร้าง</u>			
3.1 แข็งแรงและปลอดภัย	4.43	0.74	ดี
3.2 มีความทนทาน	4.63	0.55	ดีมาก
3.3 รับน้ำหนักได้ดี	4.43	0.74	ดี
3.4 ข้อต่อ จุดยึด จุดหมุนมีความแข็งแรงทนทาน	4.65	0.61	ดีมาก
รวม	4.53	0.66	ดี
<u>ด้านการใช้วัสดุ</u>			
4.1 ใช้วัสดุที่มีคุณภาพ	4.52	0.65	ดีมาก
4.2 ใช้วัสดุอย่างประหยัดและอย่างมีคุณภาพ	4.67	0.54	ดีมาก
4.3 ใช้วัสดุภายในประเทศ	4.67	0.54	ดีมาก
4.4 ใช้วัสดุที่ไม่กระทบต่อสิ่งแวดล้อม	4.43	0.74	ดี
รวม	**4.57**	**0.61**	ดีมาก
<u>ด้านการผลิตในระบบอุตสาหกรรม</u>			
5.1 ง่ายในการผลิต	4.43	0.74	**ดี**
5.2 ง่ายต่อการจัดหาวัตถุดิบ	4.52	0.65	ดีมาก
5.3 ต้นทุนในการผลิตไม่สูง	4.67	0.54	ดีมาก
รวม	**4.54**	**0.64**	ดีมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.4 วิเคราะห์ผลความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างเป็นรายข้อ ได้ดังนี้

1. ด้านประโยชน์ใช้สอยที่เพียงพอกับการใช้งาน พบว่าในภาพรวมกลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจในระดับดีมาก โดยมีค่าเฉลี่ยรวม ($\overline{X}$=4.68) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่ามีความพึงพอใจมากที่สุดในเรื่องความเหมาะสมกับการใช้งานโดยมีค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$ = 4.72) เนื่องจากกลุ่มผู้ใช้งานสามารถนำตู้จ่ายไฟฟ้าสำหรับงานก่อสร้างทั่วไปมาใช้งาน เรื่องดูแลรักษา ทำความสะอาด ซ่อมแซมได้ง่าย มีค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$ = 4.67) และน้อยที่สุดของกลุ่มผู้ใช้งาน และเรื่องน้ำหนักเบาสะดวกสบายง่ายต่อการเคลื่อนย้ายมี จึงทำให้กลุ่มผู้ใช้งานเกิดความพึงพอใจต่อเครื่อง มีค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$ = 4.65)

2. ด้านความงามของรูปทรง พบว่าในภาพรวมกลุ่มตัวอย่างอย่างมีความพึงพอใจในระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ย($\overline{X}$ = 4.62) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่ามีความพึงพอใจ มากที่สุดในเรื่องมีความคิดสร้างสรรค์และศิลปะในการออกแบบ มีค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$ = 4.67) เท่ากันกับ ความน่าสนใจที่ใช้ตู้จ่ายไฟฟ้าสำหรับงานก่อสร้างทั่วไป มีค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$ = 4.67) มีความปราณีต มีค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$ = 4.63)

เมื่อนำเครื่องที่ได้ทำการพัฒนามาใช้งานแล้วผู้ใช้เกิดความพึงพอใจในรูปร่างของเครื่องที่ได้ทำการพัฒนาเป็นอย่างมากเนื่องจากมีความประณีต ซึ่งตรงตามจุดประสงค์ของกลุ่มผู้ใช้งานเป็นอย่างมาก ส่วนในรายข้อมีสวย เรียบง่าย ดึงดูดสายตา มีค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$ = 4.52) มีความพึงพอใจรองลงมาตามลำดับ

3. ด้านโครงสร้างพบว่าในภาพรวมกลุ่มตัวอย่างอย่างมีความพึงพอใจในระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$ = 4.53) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่ามีความพึงพอใจ มากที่สุดในเรื่องข้อต่อ จุดยึด จุดหมุนมีความแข็งแรงทนทาน มีค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$ = 4.65) มีความทนทาน มีค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$ = 4.63) และน้อยที่สุดในเรื่องความ แข็งแรงและปลอดภัย มีค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$ = 4.43) มีค่าเท่ากับ การรับน้ำหนักได้ดี มีค่าเฉลี่ย($\overline{X}$ = 4.43)

4. ด้านการใช้วัสดุ พบว่าในภาพรวมกลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจในระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$ = 4.57) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่ามีความพึงพอใจ มากที่สุดในเรื่องใช้วัสดุอย่างประหยัดและอย่างมีคุณภาพ มีค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$ = 4.67) มีค่าเท่ากับ ใช้วัสดุภายในประเทศ มีค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$ = 4.67) ใช้วัสดุที่มีคุณภาพ มีค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$ = 4.52) และ ใช้วัสดุที่ไม่กระทบต่อสิ่งแวดล้อม มีค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$ = 4.43)

5. ด้านการผลิตในระบบอุตสาหกรรม พบว่าในภาพรวมกลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจในระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$ = 4.54) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่ามีความพึงพอใจ มากที่สุดในเรื่องต้นทุนในการผลิตไม่สูง มีค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$ = 4.67) ง่ายต่อการจัดหาวัตถุดิบ มีค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$ = 4.52) และน้อยที่สุดในเรื่องง่ายในการผลิต มีค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$ = 4.43)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

ในการศึกษาและพัฒนาศึกษาและพัฒนาตู้จ่ายไฟฟ้าสำหรับงานก่อสร้างทั่วไป ผู้วิจัยได้สรุปผลการวิจัยตามลำดับ ดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 ผลสรุปการวิจัย

จากการศึกษา สามารถสรุปผลการศึกษาตามขั้นตอนในการดำเนินการวิจัยที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย ดังนี้

5.1.1.1 ผลสรุปการศึกษาและพัฒนาตู้จ่ายไฟฟ้าสำหรับงานก่อสร้างทั่วไป

จากความความเห็นโดยรวมของผู้ทรงเชี่ยวชาญด้านการออกแบบ ต่อตู้จ่ายไฟฟ้าสำหรับงานก่อสร้างทั่วไป เลือกแบบที่ 1 โดยภาพรวมมีความเหมาะสมอยู่ในระดับดีมาก โดยมีความเห็นทุกด้านมีความเหมาะสมอยู่ในระดับดีมาก โดยมีค่าเฉลี่ยเรียงตามลำดับ ดังนี้คือ

1. ด้านหน้าที่ใช้สอย พบว่า ในรูปแบบที่ 1 มีความเหมาะสมในด้านการใช้งานดีมาก รองลงมาคือด้านน้ำหนักเบา สะดวกสบายง่ายต่อการเคลื่อนย้าย และดูแลรักษาทำความสะอาดซ่อมแซมได้ง่าย เนื่องจากเมื่อกลุ่มผู้ใช้งานได้ทดลองใช้งานแล้วพบว่าเครื่องสามารถใช้ตู้จ่ายไฟฟ้าสำหรับงานก่อสร้างทั่วไปได้เป็นอย่างดีและมีความสะดวกในการเคลื่อนย้ายและทำความสะอาดได้ง่าย

2. ด้านความปลอดภัย ในภาพรวมมีความเหมาะสมอยู่ในระดับดีมาก เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า มีค่าเฉลี่ยเรียงลำดับดังนี้ ในด้านมีความปลอดภัยต่อผู้ใช้งาน, ด้านมีความปลอดภัยหลังการใช้งาน เนื่องจากตู้จ่ายไฟฟ้าสำหรับงานก่อสร้างทั่วไปมีการเลือกใช้วัสดุที่ทนจึงไม่เป็นอันตรายต่อผู้ใช้งานทำให้ผู้ใช้เกิดความปลอดภัยในการทำงาน

3. ด้านความแข็งแรงทนทาน ในภาพรวมมีความเหมาะสมในระดับดีมาก พบว่ามีค่าเฉลี่ยเรียงลำดับดังนี้ ด้านการเลือกใช้วัสดุที่นำมาผลิตโครงสร้างมีความแข็งแรง, และรองลงมาคือด้านวัสดุที่เลือกนำมาใช้ประกอบตัวเครื่องฯ มีความแข็งแรง มีความคงทน และไม่เป็นสนิมมีน้ำหนักเบาและมีโครงสร้างที่เหมาะแก่การนำไปใช้งานเป็นอย่างมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ด้านความประหยัด มีความเหมาะสมอยู่ในระดับที่ดีมาก พบว่ามีค่าเฉลี่ยเรียงลำดับดังนี้มีใช้วัสดุอย่างประหยัด และของเสียในการผลิตน้อย เนื่องจากตู้จ่ายไฟฟ้าสำหรับงานก่อสร้างทั่วไปใช้วัสดุที่สามารถซื้อหาได้ตามท้องตลาดทำให้ง่ายในการซื้ออุปกรณ์ที่จะนำมาผลิตเครื่องและวัสดุส่วนมากที่นำมาใช้มีราคาถูก

5. ด้านวัสดุ ในภาพรวมมีความเหมาะสมอยู่ในระดับดีมาก พบว่ามีค่าเฉลี่ยเรียงลำดับ ดังนี้ การเลือกใช้วัสดุที่นำมาผลิตโครงสร้างมีความเหมาะสม, สามารถจัดหาวัสดุได้ง่าย, ใช้วัสดุภายในประเทศ, ใช้วัสดุไม่กระทบต่อสิ่งแวดล้อม เนื่องจากวัสดุที่ได้นำมาผลิตนั้นเป็นวัสดุที่หาง่าย มีราคาถูก และเป็นวัสดุที่ได้มาตรฐานเหมาะกับการใช้งานเป็นอย่างดี

6. ด้านโครงสร้าง ในภาพรวมมีความเหมาะสมอยู่ในระดับดีมาก โครงสร้างแข็งแรงและโครงสร้างของเครื่องฯ มีความเหมาะสมกับการใช้งาน

7. ด้านความสะดวกสบายในการใช้งาน ในด้านนี้ถือว่ามีความเหมาะสมที่จะเลือกรูปแบบนี้มาทำการทดลองอยู่ในระดับที่ดีมาก

8. ด้านกรรมวิธีการผลิต พบว่าในภาพรวมด้านนี้มีความเหมาะสมอยู่ในระดับดี พบว่ามีค่าเฉลี่ย เรียงลำดับดังนี้ สะดวกต่อการผลิต สามารถบำรุงรักษาได้ด้วยตัวเอง

9. ด้านการซ่อมบำรุงรักษา สามารถแบ่งตามรายข้อเรียงลำดับค่าเฉลี่ยได้ดังนี้ สามารถทำการบำรุงรักษาได้ด้วยตนเอง ง่ายต่อการบำรุงรักษา เนื่องจากการทำงานในส่วนของตู้ไฟฟ้านั้นต้องมีการทำความสะอาดอย่างสม่ำเสมอจึงต้องออกแบบให้ง่ายในการทำความสะอาด

10. การขนส่ง มีความเหมาะสม อยู่ในระดับดีมาก คือ สะดวกต่อการขนส่งและใช้พื้นที่ในการขนส่งน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.1.2 ผลการประเมินการทดสอบประสิทธิภาพคุณภาพตู้จ่ายไฟฟ้าสำหรับงานก่อสร้างทั่วไป

VISUAL AND MECHANICAL INSPECTION — **Check**

1 Busbar installed according to design and manufacturer's instructions ☑
2 Check of busbar undamaged and cleaned ☑
3 Check of busbar connected properly and check by torque-wrench ☑

1. INSULATION RESISTANCE MEASUREMENT

Instrument : Insulation resistance 5000 V dc Megger model BM11D

Note : 1.Insulation resistance test voltage at 1000 V DC 1 minute

2.Insulation resistance should not less than 100 Megohms (NETA Table100.1)

PHASE	APPLIED DC (V)	INSULATION RESISTANCE (MΩ)	REMARK
A - B	1000	6700	
B - C	1000	6580	
C - A	1000	7460	
A -B+C+ G	1000	6850	
B -A+C+ G	1000	7500	
C -A+B+ G	1000	7240	

5.1.1.3 ผลการประเมินความพึงพอใจในการใช้งานของตู้จ่ายไฟฟ้าสำหรับงานก่อสร้างทั่วไป ด้านประโยชน์ใช้สอยที่เพียงพอกับการใช้งาน พบว่า ในภาพรวมกลุ่มผู้ใช้บริการมีความพึงพอใจในระดับดีมาก โดยมีค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$ = 4.68) เมื่อพิจารณา เป็นรายข้อ พบว่ามีมีความพึงพอใจมากที่สุดในเรื่องความเหมาะสมกับการใช้งาน ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$ = 4.72) และดูแลรักษา ทำความสะอาด ซ่อมแซมได้ง่าย ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$ = 4.67) และ น้ำหนักเบา สะดวกสบายง่ายต่อการเคลื่อนย้าย ค่าเฉลี่ย($\overline{X}$ = 4.65)

ด้านความงามของรูปทรง พบว่าในภาพรวมกลุ่มผู้ใช้งานมีความพึงพอใจในระดับดีมาก ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$ = 4.62) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่ามีความพึงพอใจดีมากในเรื่อง มีความคิดสร้างสรรค์และศิลปะในการออกแบบ ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$ = 4.67) เท่ากับ ความน่าสนใจที่ใช้ตู้จ่ายไฟฟ้าสำหรับงานก่อสร้างทั่วไป ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$ = 4.67), เรื่องความประณีต ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$ = 4.63) ส่วนในรายข้อสวย เรียบง่าย ดึงดูดสายตาแบบ ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$ = 4.52)

ด้านโครงสร้าง พบว่าในภาพรวมกลุ่มผู้ใช้งานงานมีความพึงพอใจในระดับดีมาก ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$ = 4.53) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่ามีความพึงพอใจดีมากในเรื่อง ข้อต่อ จุดยึด จุดหมุนมีความแข็งแรงทนทาน ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$ = 4.65) มีความทนทาน ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$ = 4.63) แข็งแรงและปลอดภัย ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$ = 4.43) มีค่าเท่ากับ รับน้ำหนักได้ดี ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$ = 4.43)

ด้านการใช้วัสดุ พบว่าในภาพรวมกลุ่มผู้ใช้งานมีความพึงพอใจในระดับดีมาก ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$ = 4.43) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่าความพึงพอใจดีมากในเรื่อง ใช้วัสดุอย่างประหยัดและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อย่างมีคุณภาพ ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$ = 4.67) มีค่าเท่ากับ ใช้วัสดุภายในประเทศ ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$ = 4.67) และน้อยที่สุดในเรื่อง ใช้วัสดุที่ไม่กระทบต่อสิ่งแวดล้อม ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$ = 4.43)

ด้านการผลิตในระบบอุตสาหกรรม วัสดุ พบว่าในภาพรวมกลุ่มผู้ใช้งานมีความพึงพอใจในระดับดีมาก ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$ = 4.54) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่ามีความพึงพอใจดีมากในเรื่อง ต้นทุนในการผลิตไม่สูง ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$ = 4.67) ง่ายต่อการจัดหาวัตถุดิบ และน้อยที่สุดในเรื่อง ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$ = 4.52) ง่ายในการผลิต ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$ = 4.43)

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

จากผลสรุปในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้หลักการพัฒนาด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมของอุดมศักดิ์ สาริบุตร (2549) ใช้หลักการดังนี้ หน้าที่ใช้สอย ความปลอดภัย ความแข็งแรงทนทาน ความปลอดภัย วัสดุ โครงสร้าง ความสะดวกสบายในการใช้งาน ความสวยงาม มีลักษณะเฉพาะ กรรมวิธีการผลิต การซ่อมบำรุงรักษา โดยภาพรวมอยู่ในระดับที่ดีมาก

ซึ่งทั้งนี้ เป็นเพราะผลิตภัณฑ์ที่ดีควรต้องมีหน้าที่ใช้สอยที่ดี ต้องออกแบบผลิตภัณฑ์ให้มีรูปแบบตรงตามเป้าหมายที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของผู้ใช้งาน โดยมีการใช้งานที่ง่าย สะดวกสบาย ดูแลรักษาทำความสะอาดง่าย ปลอดภัยในการใช้เครื่อง เมื่อใช้ผลิตภัณฑ์แล้วไม่เกิดอันตรายจากเครื่องจักร รวมทั้งการเลือกใช้วัสดุ ความแข็งแรงทนทานของผลิตภัณฑ์ การคำนึงถึงสัดส่วนที่เหมาะสมของผู้ใช้งานเคลื่อนย้ายสะดวก และการจัดตำแหน่งกลไกได้เหมาะสม

ส่วนทางด้านวิศวกรรม ในการออกแบบเครื่องจักรกลอุปกรณ์ และภาชนะที่ใช้ในกระบวนการทำงานนั้นต้องมีการศึกษารายละเอียดทางด้านความแข็งแรง คุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ในการผลิตระบบต่าง ๆ ของเครื่องจักร เพื่อให้การออกแบบเครื่องจักรกล มีความเหมาะสมกับการใช้งาน และเกิดความปลอดภัย ซึ่งสอดคล้องกับ วริทธิ์ อึ๊งภากรณ์ และชาญ ถนัดงาน (2540)

จากผลการประเมินความพึงพอใจของกลุ่มการใช้งานตู้จ่ายไฟฟ้าสำหรับงานก่อสร้างทั่วไป พบว่ากลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจอยู่ในระดับดีมาก ในส่วนความแข็งแรงทนทาน, ความประหยัด, โครงสร้าง, มีลักษณะเฉพาะ ตามลำดับ ซึ่งตรงตามวัตถุประสงค์ของผู้ใช้งานเป็นอย่างมากอีกทั้งยังสามารถใช้วัสดุที่หาได้ง่าย และมีราคาถูก อีกทั้งยังทำให้เกิดความสะดวกสบายในการทำงาน และยังสามารถนำของเสียกลับมาใช้ใหม่ได้ ทำให้ลดต้นทุนในการซื้อวัสดุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ข้อเสนอแนะเพื่อนำผลการวิจัยไปใช้

จากการศึกษาและพัฒนาตู้จ่ายไฟฟ้าสำหรับงานก่อสร้างทั่วไป ผู้วิจัยขอเสนอแนะเพื่อการนำผลการวิจัยไปใช้ดังนี้

ลักษณะของตู้จ่ายไฟฟ้าสำหรับงานก่อสร้างทั่วไป มีขนาดเล็กสามารถนำมาเป็นต้นแบบในการผลิตขนาดใหญ่ให้เหมาะสมกับโรงงาน

การศึกษาทฤษฎีและแนวคิดใหม่ๆ มีความสำคัญต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์ เป็นอย่างยิ่ง รวมถึงการศึกษาข้อมูลด้านรูปแบบ วัสดุ เทคโนโลยีการผลิต ข้อมูลใหม่ที่มีความเป็นสากลอยู่ตลอดเวลา จะทำให้ตู้จ่ายไฟฟ้าสำหรับงานก่อสร้างทั่วไปที่พัฒนาขึ้นมีคุณภาพ เหมาะสมกับการใช้งาน

5.3.2 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยในครั้งต่อไป

รูปทรงที่สร้างขึ้นใหม่ ควรมีการเพิ่มฟังก์ชันในการทำงานให้มีประสิทธิภาพเพื่อให้เหมาะสมและสอดคล้องกับเทคโนโลยีในปัจจุบัน

งานวิจัยนี้เป็นเพียงตัวอย่างหนึ่งของงานวิจัยประเภท การวิจัยและพัฒนา ซึ่งสามารถนำวิธีการ หลักการและกระบวนการของงานวิจัยชิ้นนี้ เป็นแนวทางในการศึกษา การทำวิจัยประเภทเดียวกันหรือประเภทที่ใกล้เคียงกัน เพื่อการพัฒนาการศึกษาและผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมให้ดียิ่งขึ้นต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กรมอาชีวศึกษา. 2532. **วัสดุช่าง.** กรุงเทพฯ : อักษรเจริญทัศน์.

กิติ สินธุเสก .2544.**การออกแบบภายในขั้นพื้นฐาน.** กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เนรัญชรา กำไลทอง และคณะ.2542.**วัสดุช่างอุตสาหกรรม.** กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แม็ค.

บุญธรรม ภัทราจารุกุล. 2546. **วัสดุช่าง.** กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น.

พงศักดิ์ ศิวภัทรกำพล และคณะ. 2543. **ไฟฟ้าเบื้องต้น.** กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น.

พิไลวรรณ ประกอบผล. 2540. **พฤติกรรมผู้บริโภค.** กรุงเทพฯ:โอเดียนสโตร์.

ไพพรรณ สันติสุข. 2539. **วัสดุอุตสาหกรรม.** กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นิรัช สุดสังข์. 2547. **การวิจัยการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม.** งานตำราและเอกสารงานพิมพ์คณะคุรุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์.2545.**การออกแบบระบบไฟฟ้า.** กรุงเทพฯ : ทีซีจี พริ้นติ้ง.

มนตรี ยอดบางเตย. 2538. **ออกแบบผลิตภัณฑ์.** กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.

มานพ ตันตระบัณฑิตย์ และ สำลี แสงแห้ว. 2542. **วัสดุช่างอุตสาหกรรม** กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ส.ส.ท.สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

รายงานฉบับสมบูรณ์ .2544. **การสำรวจภาวะการก่อสร้าง พ.ศ. 2542 ทั่วราชอาณาจักร.** กรุงเทพฯ: กองคลังข้อมูลและสนเทศสถิติ .

วริทธิ์ อึ้งภากรณ์ และชาญ ถนัดงาน. 2546. **การออกแบบเครื่องจักรกล.** กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น.

สถาพร ดีบุญมี ณ.ชุมแพ. 2540 .**ออกแบบอุตสาหกรรม.** กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง .

สาคร คันธโชติ. 2528. **การออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์.** กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.

อุดมศักดิ์ สาริบุตร. 2549. **เทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม.** กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย และผลการวิเคราะห์การหาค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา IOC
ภาคผนวก ข หนังสือราชการ
ภาคผนวก ค ผลการออกแบบ เขียนแบบตู้จ่ายไฟฟ้าสำหรับงานก่อสร้างทั่วไป
ภาคผนวก ง ภาพถ่าย
ภาคผนวก จ การทดสอบประสิทธิภาพตู้จ่ายไฟฟ้าสำหรับงานก่อสร้างทั่วไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

- แบบประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบ
- แบบสอบถามเกี่ยวกับความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อตู้จ่ายไฟฟ้าสำหรับงานก่อสร้างทั่วไป
- ผลการวิเคราะห์การหาค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา IOC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(สำหรับผู้เชี่ยวชาญ)

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ภาควิชาครุศาสตร์สถาปัตยกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สาขาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

แบบสอบถามในงานวิจัย

หัวข้อการศึกษา เรื่อง การศึกษาและพัฒนาตู้จ่ายไฟฟ้าสำหรับงานก่อสร้างทั่วไป

หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต

สาขาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

ระดับปริญญาโท คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

โดย นายประริน ฤทธิศักดิ์

วัตถุประสงค์ในการวิจัย ดังนี้ คือ

1.2.1 เพื่อศึกษาและพัฒนาตู้จ่ายไฟฟ้าสำหรับงานก่อสร้างทั่วไป

1.2.2 เพื่อศึกษาหาความพึงพอใจในตู้จ่ายไฟฟ้าสำหรับงานก่อสร้างทั่วไป

1.2.3 เพื่อทดสอบหาประสิทธิภาพของตู้จ่ายไฟฟ้าสำหรับงานก่อสร้างทั่วไป

คำชี้แจง : ลักษณะแบบสอบถาม มี 2 ลักษณะที่ต้องใช้ประกอบร่วมกันมีดังต่อไปนี้ คือ

1.แบบร่าง (Sketch Design) ตู้จ่ายไฟฟ้าสำหรับงานก่อสร้างทั่วไป 3 รูปแบบได้แก่ แบบA แบบB และ แบบC

2.แบบสอบถามในด้านความคิดที่มีต่อการศึกษาและพัฒนาตู้จ่ายไฟฟ้าสำหรับงานก่อสร้างทั่วไป ในแต่ละแบบโดยขอความกรุณาให้ท่านพิจารณา และโปรดทำเครื่องหมาย (✓) ในตารางของระดับค่าความคิดเห็นว่าเหมาะสมที่สุดในแต่ละข้อของคำถาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5 หมายถึง ดีมาก

4 หมายถึง ดี

3 หมายถึง พอใช้

2 หมายถึง ควรปรับปรุง

1 หมายถึง สมควรปรับปรุง

พร้อมข้อเสนอแนะจากท่านนี้สามารถตอบได้อย่างอิสระ (Open end) ในตอนท้ายของแบบสอบถามเพื่อเป็นประโยชน์ต่อการศึกษาและการวิจัยในครั้งนี้

หมายเหตุ

ข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามนี้จะเก็บความลับ เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้นจึงขอขอบคุณผู้เชี่ยวชาญทุกท่านที่ได้กรุณาช่วยประเมินตอบแบบสอบถามในการวิจัยครั้งนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(สำหรับผู้เชี่ยวชาญ)

แบบสอบถามในงานวิจัย

คำชี้แจง : ให้ท่านใช้คำตอบโดยลงเครื่องหมาย (✓)ในช่อง ที่ท่านเห็นว่าเหมาะสม

หัวข้อที่	เกณฑ์และรายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น														
		รูปแบบ A					รูปแบบ B					รูปแบบ C				
1																
	1.1 เหมาะสมกับการใช้งาน	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
	1.2 น้ำหนักเบา สะดวกสบายง่ายต่อการเคลื่อนย้าย	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
	1.3 ดูแลรักษา ทำความสะอาดซ่อมแซมได้ง่าย	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
2																
	2.2 มีความปลอดภัยต่อผู้ใช้งาน	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
	2.3 มีความปลอดภัยหลังการใช้งาน	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
3																
	3.1 ผลิตภัณฑ์มีความแข็งแรง	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
	3.2 วัสดุและอุปกรณ์มีความแข็งแรง	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
	3.3 รับน้ำหนักได้ดี	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
4																
	4.1 การใช้วัสดุอย่างประหยัด	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
	4.2 มีของเสียในการผลิตมีน้อย	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
5																
	5.1 วัสดุมีความเหมาะกับตัวผลิตภัณฑ์	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
	5.2 ใช้วัสดุภายในประเทศ	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
	5.3 ใช้วัสดุที่ไม่กระทบต่อสิ่งแวดล้อม	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
	5.4 ใช้วัสดุที่มีคุณภาพ	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
	5.5 สามารถจัดหาวัสดุได้ง่าย	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาของท่านเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6																
	6.1 โครงสร้างแข็งแรง	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
	6.2 โครงสร้างผลิตภัณฑ์มีความเหมาะสมกับการใช้งาน	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
7																
	7.1 มีขนาดสัดส่วนเหมาะสมกับการใช้งาน	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
	7.2 สัดส่วนมีขนาดเหมาะสม	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
8																
	8.1 สะดวกต่อการผลิต	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
9																
	9.1 ง่ายต่อการบำรุงรักษา	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
	9.2 สามารถทำการบำรุงรักษาได้ด้วยตนเอง	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
10																
	10.1 สะดวกต่อการขนส่ง	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
	10.2 ใช้พื้นในการขนส่งน้อย	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5

ข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

ผู้ประเมิน

.....

(.....)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(สำหรับกลุ่มตัวอย่าง)

แบบสอบถามในงานวิจัย

หัวข้อการศึกษา เรื่อง การศึกษาและพัฒนาตู้จ่ายไฟฟ้าสำหรับงานก่อสร้างทั่วไป
หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
ระดับปริญญาโท คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
โดย นายประริน ฤทธิศักดิ์

คำชี้แจง : ลักษณะแบบสอบถามแบ่งออกเป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 แบบสอบถามเกี่ยวกับข้อมูลส่วนตัวของผู้ตอบแบบสอบถาม

ตอนที่ 2 แบบสอบถามเกี่ยวกับความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อการศึกษาและพัฒนาตู้จ่ายไฟฟ้าสำหรับงานก่อสร้างทั่วไปในด้านต่าง ๆ ได้แก่ ด้านความสวยงามของรูปทรง ด้านประโยชน์ใช้สอย ด้านการใช้วัสดุที่มีคุณภาพ ด้านราคาและด้านที่สร้างภาพพจน์ที่ดีต่อผู้ใช้ โดยให้ค่าระดับความพึงพอใจในแต่ละข้อดังต่อไปนี้

5 หมายถึง พอใจมากอย่างยิ่ง
4 หมายถึง พอใจมาก
3 หมายถึง พอใจ
2 หมายถึง ไม่พอใจ
1 หมายถึง ไม่พอใจอย่างยิ่ง

โดยการทำเครื่องหมาย (✓) ในตารางของค่าระดับความพึงพอใจ

ตอนที่ 3 เป็นข้อเสนอของผู้ที่ใช้สามารถตอบได้อย่างอิสระ (Open End) คำถามเพื่อเป็นประโยชน์ต่อการวิจัย ที่สามารถนำไปการศึกษาและพัฒนาการศึกษาและพัฒนาตู้จ่ายไฟฟ้าสำหรับงานก่อสร้างทั่วไปให้มีความสมบูรณ์เพื่อตอบรับความพึงพอใจของผู้ใช้มากที่สุด

<u>หมายเหตุ</u> ข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามจะเก็บไว้เป็นความลับ เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้นจึงขอขอบคุณ ทุกท่านที่ให้ความร่วมมือในการให้คำตอบการวิจัยครั้งนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(สำหรับกลุ่มตัวอย่าง)

แบบสอบถามในงานวิจัย

ตอนที่ 1 : ข้อมูลทั่วไป

คำชี้แจง : ให้ท่านใช้คำตอบโดยลงเครื่องหมาย (✓)ในช่อง ที่ท่านเห็นว่าเหมาะสม

---

1. เพศ

☐ ชาย ☐ หญิง

2.อายุ

☐ 25-30 ปี ☐ 31-40 ปี

☐ 40 ปีขึ้นไป

3.การศึกษาระดับ

☐ ต่ำกว่าปริญญาตรี ☐ ปริญญาตรี

☐ สูงกว่าปริญญาตรี

4.อาชีพ

☐ คนงาน ☐ วิศวกร

☐ หัวหน้าคนงาน

5.รายได้ของครอบครัว/เดือน

☐ ต่ำกว่า 7,000 บาท ☐ 7,000-8,000บาท

☐ 8,001-9,000บาท ☐ 9,001-10,000บาท

☐ 10,001-11,000บาท ☐ 11,001บาทขึ้นไป

6.ท่านคิดว่าพัฒนาตู้จ่ายไฟฟ้าสำหรับงานก่อสร้างทั่วไป เป็นการออกแบบที่คำนึงถึงส่วนใดมากที่สุด (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

☐ รูปทรงที่สวยงาม ☐ ราคา

☐ ประโยชน์ใช้สอย ☐ วัสดุที่ใช้ผลิต

☐ ความแข็งแรงทนทาน ☐ อื่นๆ โปรดระบุ.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(สำหรับกลุ่มตัวอย่าง)

แบบสอบถามในงานวิจัย

ตอนที่ 2 : ข้อมูลทั่วไป

คำชี้แจง : ให้ท่านใช้คำตอบโดยลงเครื่องหมาย (✓)ในช่อง ที่ท่านเห็นว่าเหมาะสม

หัวข้อที่	การประเมินผล	ระดับความพึงพอใจ				
		5	4	3	2	1
1	**ด้านประโยชน์ใช้สอยที่เพียงพอกับการใช้งาน**					
	1.1 ความสะดวกในการใช้งาน	5	4	3	2	1
	1.2 น้ำหนักเบา สะดวกสบายง่ายต่อการเคลื่อนย้าย	5	4	3	2	1
	1.3 ดูแลรักษา ทำความสะอาด ซ่อมแซมได้ง่าย	5	4	3	2	1
2	**ด้านความงามของรูปทรง**					
	2.1 สวย เรียบง่าย ดึงดูดสายตา	5	4	3	2	1
	2.2 มีความคิดสร้างสรรค์และศิลปะในการออกแบบ	5	4	3	2	1
	2.3 ความน่าสนใจที่ใช้สำหรับวางหนังสือ	5	4	3	2	1
	2.4 มีความปราณีต	5	4	3	2	1
3	**ด้านโครงสร้าง**					
	3.1 แข็งแรงและปลอดภัย	5	4	3	2	1
	3.2 มีความทนทาน	5	4	3	2	1
	3.3 รับน้ำหนักได้ดี	5	4	3	2	1
	3.4 ข้อต่อ จุดยึด จุดหมุนมีความแข็งแรงทนทาน	5	4	3	2	1
4	**ด้านการใช้วัสดุ**					
	4.1 ใช้วัสดุที่มีคุณภาพ	5	4	3	2	1
	4.2 ใช้วัสดุอย่างประหยัดและอย่างมีคุณภาพ	5	4	3	2	1
	4.3 ใช้วัสดุภายในประเทศ	5	4	3	2	1
	4.4 ใช้วัสดุที่ไม่กระทบต่อสิ่งแวดล้อม	5	4	3	2	1
5	**ด้านการผลิตในระบบอุตสาหกรรม**					
	5.1 ง่ายในการผลิต	5	4	3	2	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	5.2 ง่ายต่อการจัดหาวัตถุดิบ	5	4	3	2	1
	5.3 ต้นทุนในการผลิตไม่สูง	5	4	3	2	1

ตอนที่ 3 : ข้อเสนอแนะ

คำชี้แจง : ให้ท่านลงความคิดเห็นหากมีข้อเสนอแนะที่เกี่ยวข้องต่องานวิจัย

ข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การหาคุณภาพของแบบสอบถามเพื่อประเมินความพึงพอใจที่มีต่อตู้จ่ายไฟฟ้าสำหรับงานก่อสร้างทั่วไป

****

เป็นการนำแบบสอบถาม แบบประเมินด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม แบบประเมินด้านวัสดุและการผลิต และแบบประเมินความพึงพอใจทางด้านการใช้งาน มาทำการวิเคราะห์หาค่าความตรงเชิงเนื้อหา ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามแต่ละข้อให้ตรงกับจุดประสงค์ (IOC) จากผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 ท่าน ดังนี้

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ธเนศ ภิรมย์การ
   อาจารย์ประจำสาขาวิชาครุศาสตร์สถาปัตยกรรมและการออกแบบ
   คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
   สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
2. อาจารย์ ดร.ทรงวุฒิ เอกวุฒิวงศ์
   อาจารย์ประจำสาขาวิชาครุศาสตร์สถาปัตยกรรมและการออกแบบ
   คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
   สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
3. อาจารย์วุฒิชัย วิถาทานัง อาจารย์ ประจำหลักสูตรออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
   คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
   มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การหาคุณภาพของแบบสอบถาม

<u>คำชี้แจง</u>

โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ในช่อง+ 1 ถ้าแน่ใจว่าข้อคำถามนั้นเป็นตัวแทนลักษณะเฉพาะของการประเมิน

โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ในช่อง 0 ถ้าไม่แน่ใจว่าข้อคำถามนั้นเป็นตัวแทนลักษณะเฉพาะของการประเมิน

โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ในช่อง - 1 ถ้าแน่ใจว่าข้อคำถามนั้นไม่เป็นตัวแทนลักษณะเฉพาะของการประเมิน

แบบตรวจสอบความสอดคล้องของแบบประเมินด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

หัวข้อที่	เกณฑ์และรายการประเมิน	ผลการพิจารณา		
		-1	0	1
1				
	1.1 เหมาะสมกับการใช้งาน			
	1.2 น้ำหนักเบา สะดวกสบายง่ายต่อการเคลื่อนย้าย			
	1.3 ดูแลรักษา ทำความสะอาด ซ่อมแซมได้ง่าย			
2				
	2.2 มีความปลอดภัยต่อผู้ใช้งาน			
	2.3 มีความปลอดภัยหลังการใช้งาน			
3				
	3.1 ผลิตภัณฑ์มีความแข็งแรง			
	3.2 วัสดุและอุปกรณ์มีความ			
	3.3 รับน้ำหนักได้ดี			
4				
	4.1 การใช้วัสดุอย่างประหยัด			
	4.2 มีของเสียในการผลิตมีน้อย			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อที่	เกณฑ์และรายการประเมิน	ผลการพิจารณา		
		-1	0	1
5				
	5.1 วัสดุมีความเหมาะกับตัวผลิตภัณฑ์			
	5.2 ใช้วัสดุภายในประเทศ			
	5.3 ใช้วัสดุที่ไม่กระทบต่อสิ่งแวดล้อม			
	5.4 ใช้วัสดุที่มีคุณภาพ			
	5.5 สามารถจัดหาวัสดุได้ง่าย			
6				
	6.1 โครงสร้างแข็งแรง			
	6.2 โครงสร้างผลิตภัณฑ์มีความเหมาะสมกับการใช้งาน			
7				
	7.1 มีขนาดสัดส่วนเหมาะสมกับการใช้งาน			
	7.2 สัดส่วนมีขนาดเหมาะสม			
8				
	10.1 สะดวกต่อการผลิต			
9				
	11.1 ง่ายต่อการบำรุงรักษา			
	11.2 สามารถทำการบำรุงรักษาได้ด้วยตนเอง			
10				
	12.1 สะดวกต่อการขนส่ง			
	12.2 ใช้พื้นในการขนส่งน้อย			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำชี้แจง

โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ในช่อง+ 1 ถ้าแน่ใจว่าข้อคำถามนั้นเป็นตัวแทนลักษณะเฉพาะของการประเมิน

โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ในช่อง 0 ถ้าไม่แน่ใจว่าข้อคำถามนั้นเป็นตัวแทนลักษณะเฉพาะของการประเมิน

โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ในช่อง - 1 ถ้าแน่ใจว่าข้อคำถามนั้นไม่เป็นตัวแทนลักษณะเฉพาะของการประเมิน

แบบตรวจสอบความสอดคล้องของแบบประเมินด้านความพึงพอใจ

หัวข้อที่	การประเมินผล	ผลการพิจารณา		
		-1	0	1
1	**ด้านประโยชน์ใช้สอยที่เพียงพอกับการใช้งาน**			
	1.1 ความสะดวกในการใช้งาน			
	1.2 น้ำหนักเบา สะดวกสบายง่ายต่อการเคลื่อนย้าย			
	1.3 ดูแลรักษา ทำความสะอาด ซ่อมแซมได้ง่าย			
2	**ด้านความงามของรูปทรง**			
	2.1 สวย เรียบง่าย ดึงดูดสายตา			
	2.2 มีความคิดสร้างสรรค์และศิลปะในการออกแบบ			
	2.3 ความน่าสนใจที่ใช้สำหรับวางหนังสือ			
	2.4 มีความปราณีต			
3	**ด้านโครงสร้าง**			
	3.1 แข็งแรงและปลอดภัย			
	3.2 มีความทนทาน			
	3.3 รับน้ำหนักได้ดี			
	3.4 ข้อต่อ จุดยึด จุดหมุนมีความแข็งแรงทนทาน			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อที่	การประเมินผล	ผลการพิจารณา		
		-1	0	1
4	**ด้านการใช้วัสดุ**			
	4.1 ใช้วัสดุที่มีคุณภาพ			
	4.2 ใช้วัสดุอย่างประหยัดและอย่างมีคุณภาพ			
	4.3 ใช้วัสดุภายในประเทศ			
	4.4 ใช้วัสดุที่ไม่กระทบต่อสิ่งแวดล้อม			
5	**ด้านการผลิตในระบบอุตสาหกรรม**			
	5.1 ง่ายในการผลิต			
	5.2 ง่ายต่อการจัดหาวัตถุดิบ			
	5.3 ต้นทุนในการผลิตไม่สูง			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 แสดงผลการหาคุณภาพความสอดคล้องของแบบสอบด้านการออกแบบ โดยสอบถามจากผู้ทรงคุณวุฒิ

ข้อคำถาม (ข้อที่)	ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ			รวมคะแนน	IOC	ผลการประเมิน
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
1. หน้าที่ใช้สอย						
1.1	1	1	1	3	1	มีความเที่ยงตรง
1.2	1	1	1	3	1	มีความเที่ยงตรง
1.3	1	1	1	3	1	มีความเที่ยงตรง
2. ความปลอดภัย						
2.1	1	1	1	3	1	มีความเที่ยงตรง
2.2	1	1	0	3	1	มีความเที่ยงตรง
3. ความแข็งแรงทนทาน						
3.1	1	1	1	3	1	มีความเที่ยงตรง
3.2	1	0	1	2	0.67	มีความเที่ยงตรง
3.3	1	1	1	3	1	มีความเที่ยงตรง
4. ความประหยัด						
4.1	1	1	1	3	1	มีความเที่ยงตรง
4.2	1	1	1	3	1	มีความเที่ยงตรง
5. วัสดุ						
5.1	1	0	1	2	0.67	มีความเที่ยงตรง
5.2	1	1	0	2	0.67	มีความเที่ยงตรง
5.3	1	1	0	2	0.67	มีความเที่ยงตรง
5.4	1	1	1	3	1	มีความเที่ยงตรง
5.5	1	1	1	3	1	มีความเที่ยงตรง
6. โครงสร้าง						
6.1	1	0	1	2	0.67	มีความเที่ยงตรง
6.2	1	1	0	2	0.67	มีความเที่ยงตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 (ต่อ)

ข้อคำถาม (ข้อที่)	ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ			รวม คะแนน	IOC	ผลการประเมิน
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
7. ความสะดวกสบายในการใช้งาน						
7.1	1	1	1	3	1	มีความเที่ยงตรง
7.2	1	1	1	3	1	มีความเที่ยงตรง
8. กรรมวิธีการผลิต						
8.1	1	1	1	3	1	มีความเที่ยงตรง
9. การซ่อมบำรุงรักษา						
9.1	1	0	1	2	0.67	มีความเที่ยงตรง
9.2	0	1	1	2	0.67	มีความเที่ยงตรง
10. การขนส่ง						
10.1	1	1	1	3	1	มีความเที่ยงตรง
10.2	0	1	1	2	0.67	มีความเที่ยงตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.2 แสดงผลการหาคุณภาพความสอดคล้องของแบบสอบความพึงพอใจ โดยสอบถามจากผู้ทรงคุณวุฒิ

ข้อคำถาม (ข้อที่)	ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ			รวมคะแนน	IOC	ผลการประเมิน
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
1. ด้านประโยชน์ใช้สอยที่เพียงพอกับการใช้งาน						
1.1	1	1	1	3	1	มีความเที่ยงตรง
1.2	0	1	1	2	0.67	มีความเที่ยงตรง
1.3	1	0	1	2	0.67	มีความเที่ยงตรง
2. ด้านความงามของรูปทรง						
2.1	1	1	0	2	0.67	มีความเที่ยงตรง
2.2	1	1	1	3	1	มีความเที่ยงตรง
2.3	1	1	1	3	1	มีความเที่ยงตรง
2.4	1	0	1	2	0.67	มีความเที่ยงตรง
3. ด้านโครงสร้าง						
3.1	1	1	0	2	0.67	มีความเที่ยงตรง
3.2	1	1	0	2	0.67	มีความเที่ยงตรง
3.3	1	1	1	3	1	มีความเที่ยงตรง
3.4	1	1	1	3	1	มีความเที่ยงตรง
4. ด้านการใช้วัสดุ						
4.1	1	1	1	3	1	มีความเที่ยงตรง
4.2	1	0	1	2	0.67	มีความเที่ยงตรง
4.3	1	1	1	3	1	มีความเที่ยงตรง
4.4	1	1	1	3	1	มีความเที่ยงตรง
5. ด้านการผลิตในระบบอุตสาหกรรม						
5.1	1	1	1	3	1	มีความเที่ยงตรง
5.2	1	1	1	3	1	มีความเที่ยงตรง
5.3	1	1	1	3	1	มีความเที่ยงตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

หนังสือราชการ

- หนังสือเรียนเชิญผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบสอบถาม
- หนังสือเรียนเชิญผู้เชี่ยวชาญทางด้านการออกแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ ศธ 0524.04/ 1377

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้า
คุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

14 พฤษภาคม 2553

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญทางด้านการพัฒนาฯ เพื่อการวิจัย

เรียน คุณกรี แทนเดน

ด้วย นายประริน ฤทธิศักดิ์ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำสาระนิพนธ์ เรื่อง "การศึกษาและพัฒนาตู้จ่ายไฟฟ้าชั่วคราว สำหรับงานก่อสร้างทั่วไป"

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถในเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญทางด้านการพัฒนาฯ เพื่อการวิจัยของ นายประริน ฤทธิศักดิ์

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ อำพล ทองระอา)
รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านวิชาการและสารสนเทศ
รักษาการแทนคณบดี

ส่วนบริหารงานทั่วไป
โทร. 02-737-3000 ต่อ 3692
โทรสาร. 02- 326-4325
ติดต่อนักศึกษา โทร.083-695-0159

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ ศธ 0524.04/ 1377

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้า
คุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

14 พฤษภาคม 2553

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญทางด้านการพัฒนาฯ เพื่อการวิจัย

เรียน คุณอาสิญย์ พุ่มโรย

ด้วย นายประริน ฤทธิศักดิ์ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำสาระนิพนธ์ เรื่อง "การศึกษาและพัฒนาตู้จ่ายไฟฟ้าชั่วคราว สำหรับงานก่อสร้างทั่วไป"

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถในเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญทางด้านการพัฒนาฯ เพื่อการวิจัยของ นายประริน ฤทธิศักดิ์

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ อำพล ทองระอา)
รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านวิชาการและสารสนเทศ
รักษาการแทนคณบดี

ส่วนบริหารงานทั่วไป
โทร. 02-737-3000 ต่อ 3692
โทรสาร. 02- 326-4325
ติดต่อนักศึกษา โทร.083-695-0159

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บันทึกข้อความ

หน่วยงาน คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล. ส่วนบริหารงานทั่วไป โทร.3692

ที่ ศธ 0524.04 / 1377 วันที่ 14 พฤษภาคม 2553

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบสอบถามเพื่อการวิจัย

เรียน ดร.ทรงวุฒิ เอกวุฒิวงศา

ด้วย นายประริน ฤทธิศักดิ์ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำสาระนิพนธ์ เรื่อง "การศึกษาและพัฒนาตู้จ่ายไฟฟ้าชั่วคราว สำหรับงานก่อสร้างทั่วไป" คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบสอบถามดังที่แนบมาพร้อมนี้ว่ามีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจของท่านจะช่วยให้งานวิจัยของนายประริน ฤทธิศักดิ์ มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น พร้อมกันนี้ได้แนบแบบสอบถามเพื่อการวิจัย

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

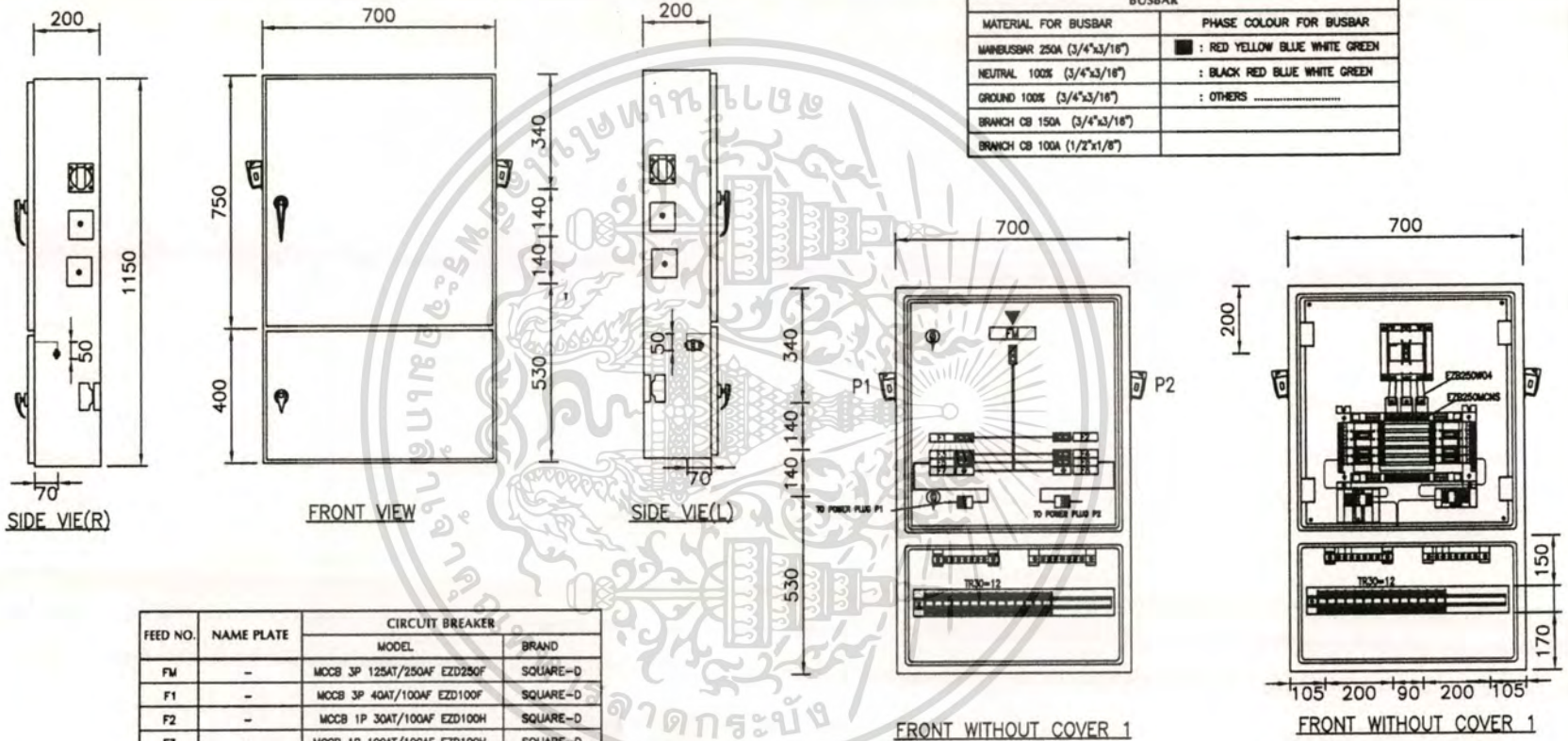
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ อำพล ทองระอา)
รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านวิชาการและสารสนเทศ
รักษาการแทนคณบดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

ผลการออกแบบ เขียนแบบตู้จ่ายไฟฟ้าสำหรับงานก่อสร้างทั่วไป

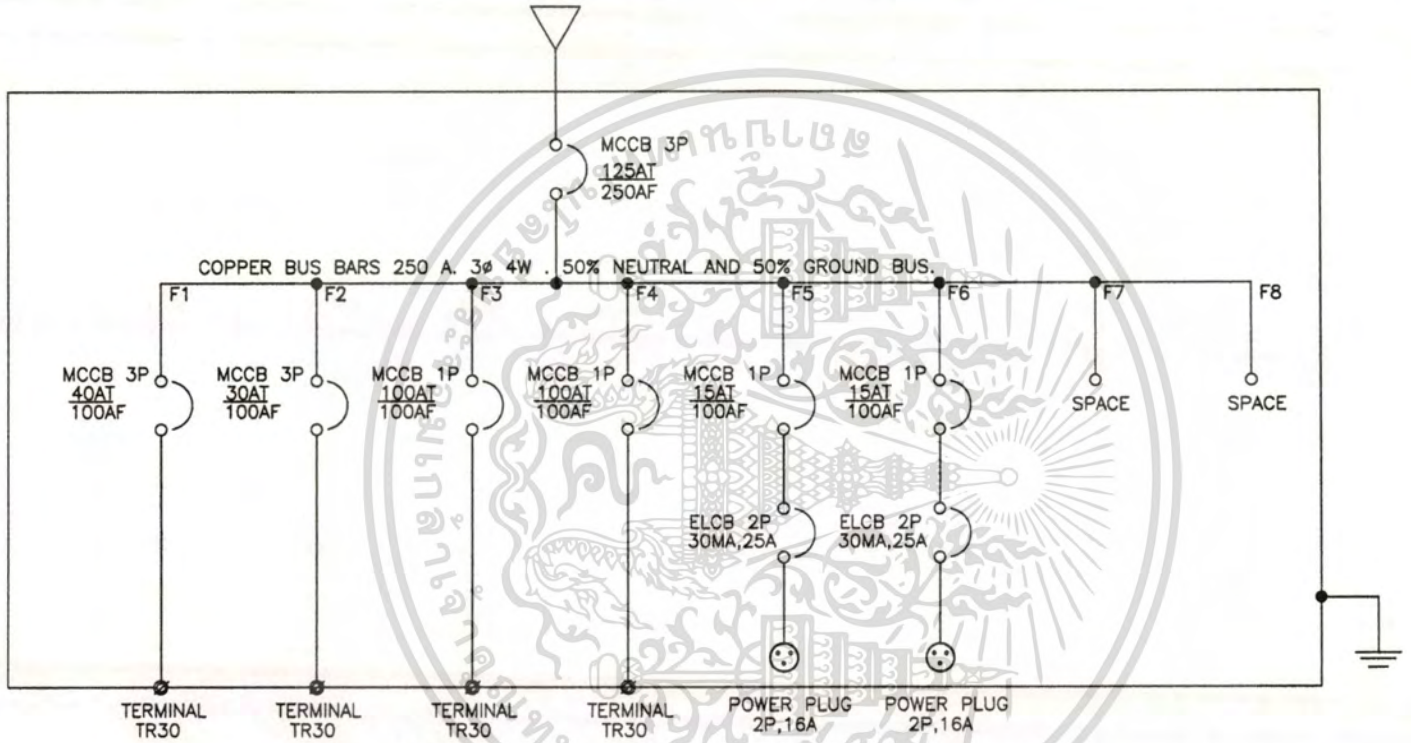
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



BUSBAR	
MATERIAL FOR BUSBAR	PHASE COLOUR FOR BUSBAR
MAINBUSBAR 250A (3/4"x3/16")	: RED YELLOW BLUE WHITE GREEN
NEUTRAL 100% (3/4"x3/16")	: BLACK RED BLUE WHITE GREEN
GROUND 100% (3/4"x3/16")	: OTHERS .....
BRANCH CB 150A (3/4"x3/16")	
BRANCH CB 100A (1/2"x1/8")	

FEED NO.	NAME PLATE	CIRCUIT BREAKER	
		MODEL	BRAND
FM	-	MCCB 3P 125AT/250AF EZD250F	SQUARE-D
F1	-	MCCB 3P 40AT/100AF EZD100F	SQUARE-D
F2	-	MCCB 1P 30AT/100AF EZD100H	SQUARE-D
F3	-	MCCB 1P 100AT/100AF EZD100H	SQUARE-D
F4	-	MCCB 1P 100AT/100AF EZD100H	SQUARE-D
F5	-	MCCB 1P 15AT/100AF EZD100H	SQUARE-D
F6	-	MCCB 1P 15AT/100AF EZD100H	SQUARE-D
F7-F8	SPACE	FOR CB 1P 100AF	SQUARE-D

ชื่อโครงการ การศึกษาและพัฒนาตู้จ่ายไฟฟ้าชั่วคราวสำหรับงานก่อสร้างทั่วไป	แผ่นที่
ชื่อ นาย ประริน ฤทธิศักดิ์ รหัส 48063619	1
อาจารย์ควบคุมวิทยานิพนธ์ รศ.ดุดมศักดิ์ สารีบุตร	
วันที่ 5 พฤษภาคม 2553	

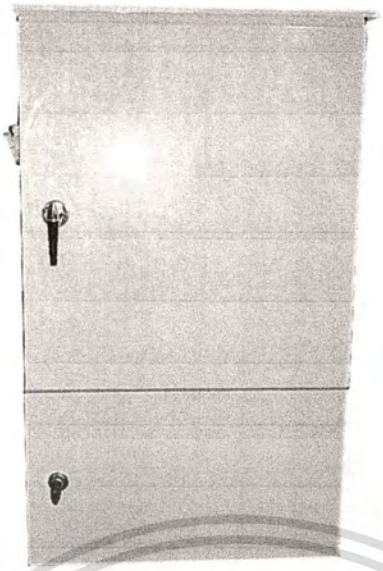


สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ วิทยาเขตกรุงเทพมหานคร	
การศึกษาและพัฒนาตู้จ่ายไฟฟ้าชั่วคราวสำหรับงานก่อสร้างทั่วไป	แผ่นที่
ชื่อ นาย ประริน ฤทธิศักดิ์ รหัส 48063619	2
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รศ.ดุลยศักดิ์ สารีบุตร	
วันที่ 5 พฤษภาคม 2553	

ภาคผนวก ง

ภาพถ่าย

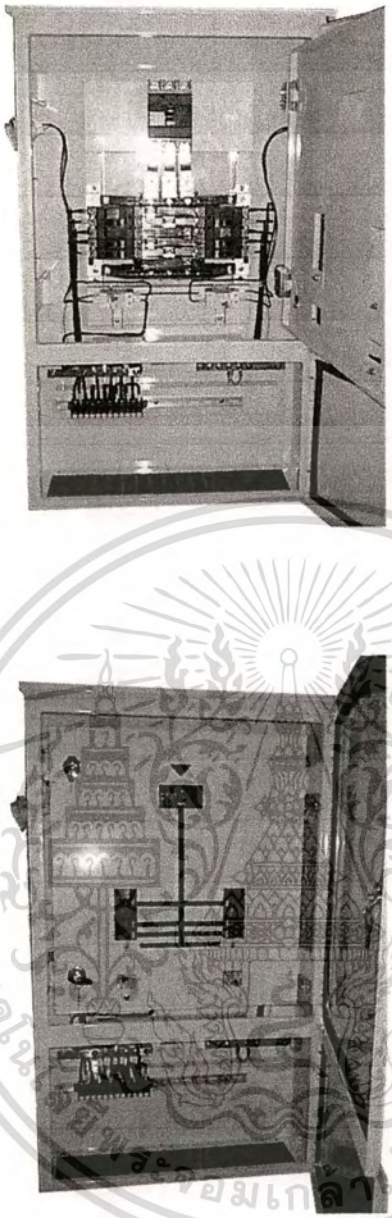
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปด้านหน้าตู้จ่ายไฟฟ้าชั่วคราวสำหรับงานก่อสร้างทั่วไป

รูปด้านหลังตู้จ่ายไฟฟ้าชั่วคราวสำหรับงานก่อสร้างทั่วไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปภายในตู้จ่ายไฟฟ้าชั่วคราวสำหรับงานก่อสร้างทั่วไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

การทดสอบประสิทธิภาพตู้จ่ายไฟฟ้าสำหรับงานก่อสร้างทั่วไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FOR LOW VOLTAGE SWITCHBOARD

PROJECT: การศึกษาและพัฒนาตู้จ่ายไฟฟ้าชั่วคราวสำหรับงานก่อสร้าง . DATE : .

PANEL : MDB . JOB No. .

2. TEST PROCEDURE / FINAL TEST

SUMMARY OF CUBICLE

	PASS	NOT PASS
1. Control cuicuit test		
1.1 Manual operated	☐	☐
1.2 Auto operated (manual mode)	☐	☐
1.3 Auto operated (auto mode)	☐	☐
2. Screw tightening		
2.1 Tighten of screw for CB, HRC fuse, Contactor terminal	☐	☐
2.2 Tighten of screw for control equipment terminal	☐	☐
2.3 Tighten torque of copper busbar screwed joint	☐	☐
2.4 Tighten torque of capacitor terminal	☐	☐
2.5 Capacitor Terminal (screw Type)	☐	☐
3. Copper busbar		
3.1 Size	☐	☐
3.2 Phase colour	☐	☐
4. Support insulator		
4.1 Busbar holder	☐	☐
4.2 Insulator	☐	☐
5. Power cable		
5.1 Size	☐	☐
5.2 Cable arrangement	☐	☐
5.3 Cable connection	☐	☐
5.4 Cable sleeve colour	☐	☐
6. Control cable		
6.1 Size	☐	☐
6.2 Colour (black or yellow etc.)	☐	☐
6.3 Cable arrangement	☐	☐
6.4 Cable connection	☐	☐
6.5 Cable trunking for control part	☐	☐
7. Ground cable		
7.1 Ground cable (door joint with frame)	☐	☐
8. Visiual check / Identity check		
8.1 Dimension of cubicle	☐	☐
8.2 Colour	☐	☐
8.3 Cleanliness	☐	☐
8.4 Key lock	☐	☐
8.5 Door level	☐	☐
8.6 Hinge (removable pin hinged)	☐	☐
8.7 Door edge rubber (use for normal or water proof)	☐	☐
8.8 Assembly of enclosure (screw joint with frame)	☐	☐
8.9 Nameplate	☐	☐
8.10 Mimic diagram	☐	☐

Checked by : ..... Approved by : ..... (กฤษ. 37642)

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Project : การศึกษาและพัฒนาตู้จ่ายไฟฟ้าชั่วคราวสำหรับงานก่อสร้างทั่วไป

MAIN DISTRIBUTION BOARD

BUSBAR

VISUAL AND MECHANICAL INSPECTION — **Check**

1 Busbar installed according to design and manufacturer's instructions ☑
2 Check of busbar undamaged and cleaned ☑
3 Check of busbar connected properly and check by torque-wrench ☑

1. INSULATION RESISTANCE MEASUREMENT

Instrument : Insulation resistance 5000 V dc Megger model BM11D

Note : 1.Insulation resistance test voltage at 1000 V DC 1 minute
2.Insulation resistance should not less than 100 Megohms (NETA Table100.1)

PHASE	APPLIED DC (V)	INSULATION RESISTANCE (MΩ)	REMARK
A - B	1000	6700	
B - C	1000	6580	
C - A	1000	7460	
A -B+C+ G	1000	6850	
B -A+C+ G	1000	7500	
C -A+B+ G	1000	7240	

Remarks : _____

	Tested By	Date	Witnessed By	Date
Sign				
Name			Mr. Thongpoon Nakapun (ถนน.37642)	

FT-ITS-004

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบอนุญาตเป็นผู้ประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม

ก 276765

ลายมือชื่อผู้ถือใบอนุญาต

(นายจำรูญ มาลัยกรอง)
เลขาธิการสภาวิศวกร

สภาวิศวกร
ตามพระราชบัญญัติวิศวกร พ.ศ. 2542

อนุญาตให้ นายทองพูล นาคพันธ์
ประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม ระดับ ภาคีวิศวกร
สาขาวิศวกรรม ไฟฟ้าแขนงไฟฟ้ากำลัง
ตั้งแต่วันที่ 15 มิถุนายน 2552
ถึงวันที่ 14 มิถุนายน 2557
เลขทะเบียน ภฟก.37642

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FOR LOW VOLTAGE SWITCHBOARD

PROJECT: การศึกษาและพัฒนาตู้จ่ายไฟฟ้าชั่วคราวสำหรับงานก่อสร้าง . DATE : .

PANEL : MDB . JOB No. .

2. TEST PROCEDURE / FINAL TEST

SUMMARY OF CUBICLE

	PASS	NOT PASS
1. Control cuicuit test		
1.1 Manual operated	☐	☐
1.2 Auto operated (manual mode)	☐	☐
1.3 Auto operated (auto mode)	☐	☐
2. Screw tightening		
2.1 Tighten of screw for CB, HRC fuse, Contactor terminal	☐	☐
2.2 Tighten of screw for control equipment terminal	☐	☐
2.3 Tighten torque of copper busbar screwed joint	☐	☐
2.4 Tighten torque of capacitor terminal	☐	☐
2.5 Capacitor Terminal (screw Type)	☐	☐
3. Copper busbar		
3.1 Size	☐	☐
3.2 Phase colour	☐	☐
4. Support insulator		
4.1 Busbar holder	☐	☐
4.2 Insulator	☐	☐
5. Power cable		
5.1 Size	☐	☐
5.2 Cable arrangement	☐	☐
5.3 Cable connection	☐	☐
5.4 Cable sleeve colour	☐	☐
6. Control cable		
6.1 Size	☐	☐
6.2 Colour (black or yellow etc.)	☐	☐
6.3 Cable arrangement	☐	☐
6.4 Cable connection	☐	☐
6.5 Cable trunking for control part	☐	☐
7. Ground cable		
7.1 Ground cable (door joint with frame)	☐	☐
8. Visiual check / Identity check		
8.1 Dimension of cubicle	☐	☐
8.2 Colour	☐	☐
8.3 Cleanliness	☐	☐
8.4 Key lock	☐	☐
8.5 Door level	☐	☐
8.6 Hinge (removable pin hinged)	☐	☐
8.7 Door edge rubber (use for normal or water proof)	☐	☐
8.8 Assembly of enclosure (screw joint with frame)	☐	☐
8.9 Nameplate	☐	☐
8.10 Mimic diagram	☐	☐

Checked by :..... **Approved by :**.....

19 พ.ค. 53.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FOR LOW VOLTAGE SWITCHBOARD

PROJECT: การศึกษาและพัฒนาตู้จ่ายไฟฟ้าชั่วคราวสำหรับงานก่อสร้าง , DATE : _____,

PANEL : MDB , JOB No._____,

2. TEST PROCEDURE / FINAL TEST

SUMMARY OF CUBICLE

	PASS	NOT PASS
1. Control cuicuit test		
1.1 Manual operated	☑	☐
1.2 Auto operated (manual mode)	☑	☐
1.3 Auto operated (auto mode)	☑	☐
2. Screw tightening		
2.1 Tighten of screw for CB, HRC fuse, Contactor terminal	☑	☐
2.2 Tighten of screw for control equipment terminal	☑	☐
2.3 Tighten torque of copper busbar screwed joint	☑	☐
2.4 Tighten torque of capacitor terminal	☑	☐
2.5 Capacitor Terminal (screw Type)	☑	☐
3. Copper busbar		
3.1 Size	☑	☐
3.2 Phase colour	☑	☐
4. Support insulator		
4.1 Busbar holder	☑	☐
4.2 Insulator	☑	☐
5. Power cable		
5.1 Size	☑	☐
5.2 Cable arrangement	☑	☐
5.3 Cable connection	☑	☐
5.4 Cable sleeve colour	☑	☐
6. Control cable		
6.1 Size	☑	☐
6.2 Colour (black or yellow etc.)	☑	☐
6.3 Cable arrangement	☑	☐
6.4 Cable connection	☑	☐
6.5 Cable trunking for control part	☑	☐
7. Ground cable		
7.1 Ground cable (door joint with frame)	☑	☐
8. Visiual check / Identity check		
8.1 Dimension of cubicle	☑	☐
8.2 Colour	☑	☐
8.3 Cleanliness	☑	☐
8.4 Key lock	☑	☐
8.5 Door level	☑	☐
8.6 Hinge (removable pin hinged)	☑	☐
8.7 Door edge rubber (use for normal or water proof)	☑	☐
8.8 Assembly of enclosure (screw joint with frame)	☑	☐
8.9 Nameplate	☑	☐
8.10 Mimic diagram	☑	☐

Checked by :..... Approved by :.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Project : การศึกษาและพัฒนาตู้จ่ายไฟฟ้าชั่วคราวสำหรับงานก่อสร้างทั่วไป

MAIN DISTRIBUTION BOARD

BUSBAR

VISUAL AND MECHANICAL INSPECTION

		Check
1	Busbar installed according to design and manufacturer's instructions	☑
2	Check of busbar undamaged and cleaned	☑
3	Check of busbar connected properly and check by torque-wrench	☑

1. INSULATION RESISTANCE MEASUREMENT

Instrument : Insulation resistance 5000 V dc Megger model BM11D

Note : 1.Insulation resistance test voltage at 1000 V DC 1 minute

2.Insulation resistance should not less than 100 Megohms (NETA Table100.1)

PHASE	APPLIED DC (V)	INSULATION RESISTANCE (MΩ)	REMARK
A - B	1000	6700	
B - C	1000	6580	
C - A	1000	7460	
A -B+C+ G	1000	6850	
B -A+C+ G	1000	7500	
C -A+B+ G	1000	7240	

Remarks :

	Tested By	Date	Witnessed By	Date
Sign				
Name				

FT-ITS-004

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Project : การศึกษาและพัฒนาตู้จ่ายไฟฟ้าชั่วคราวสำหรับงานก่อสร้างทั่วไป

MAIN DISTRIBUTION BOARD

BUSBAR

VISUAL AND MECHANICAL INSPECTION — **Check**

1 Busbar installed according to design and manufacturer's instructions ☑
2 Check of busbar undamaged and cleaned ☑
3 Check of busbar connected properly and check by torque-wrench ☑

1. INSULATION RESISTANCE MEASUREMENT

Instrument : Insulation resistance 5000 V dc Megger model BM11D

Note : 1.Insulation resistance test voltage at 1000 V DC 1 minute
2.Insulation resistance should not less than 100 Megohms (NETA Table100.1)

PHASE	APPLIED DC (V)	INSULATION RESISTANCE (MΩ)	REMARK
A - B	1000	6700	
B - C	1000	6580	
C - A	1000	7460	
A -B+C+ G	1000	6850	
B -A+C+ G	1000	7500	
C -A+B+ G	1000	7240	

Remarks :

	Tested By	Date	Witnessed By	Date
Sign				18 พ.ค. 53.
Name			18 พ.ค. 53.	

FT-ITS-004

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นายประริน ฤทธิศักดิ์
วัน-เดือน-ปีเกิด	08 กรกฎาคม 2515
สถานที่เกิด	จังหวัดเลย
ที่อยู่ปัจจุบัน	2018 / 28 หมู่ที่ 7 ตำบลเทพารักษ์ อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรปราการ รหัสไปรษณีย์ 10270
ประวัติการศึกษา	
ปีการศึกษา 2544	ระดับปริญญาตรี สาขาวิชาออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์ฉะเชิงเทรา
ปีการศึกษา 2552	สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้