ผลของฉนวนต่อขนาดของสายไฟฟ้า ในระบบสายส่งแรงต่ำและขนาดกลาง

A SENSITIVITY APPROACH TO SINING OF INSULATED POWER CABLE IN LOW AND MEDIUM VOLTAGE ELECTRICAL POWER DISTRIBUTION SYSTEM

โดย

นาย ประยุทธ์ รดิสิน

นาย สมเกียรติ อินทร์พงษ์พันธ์

นาย ลุกฤษฎ์ กรกนก

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต

สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2535

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

032711

ปีการศึกษา 2535

ผลของฉนวนต่อขนาดของสายไฟฟ้า ในระบบสายส่งแรงต่ำและขนาดกลาง

โดย

นาย ประยุทธ์ รติสิน

นาย สมเกียรติ อินทร์พงษ์พันธ์

นาย อุกฤษฎ์ กรกนก

รศ.ศุลี บรรจงจิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการ

032711

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2535

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ผลของฉนวนต่อขนาดของสายไฟฟ้าในระบบสายส่งไฟฟ้าแรงต่ำและขนาดกลาง

ผู้จัดทำ

1. นาย ประยุทธ์ รติสิน
2. นาย สมเกียรติ อินทร์พงษ์พันธ์
3. นาย อุกฤษฎ์ กรกนก

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(.....รศ.ศัลุ..บรรจงจติร.....)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลของฉนวนต่อขนาดของสายไฟฟ้าในระบบสายส่งไฟฟ้าแรงต่ำและขนาดกลาง

นาย ประยุทธ์ รติสิน
นาย สมเกียรติ อินทร์พงษ์พันธ์
นาย อุกฤษฎ์ กรกนก
รศ.ศุลี บรรจงจิตร
ปีการศึกษา 2535

บทคัดย่อ

ขนาดของฉนวนสายส่งพลังงานที่ใช้ในระบบสายส่งกระจายพลังงานไฟฟ้าจะขึ้นอยู่กับข้อกำหนดที่เป็นมาตรฐานทางวิศวกรรม

ขนาดของสายไฟฟ้า(Cable) หรือ ตัวนำ (Conductor) ที่เป็นตัวรองรับกระแส คือพื้นที่รูปตัดขวางหรือหมายถึงความสามารถในการยอมรับกระแสของ สายไฟฟ้าซึ่งปริมาณของกระแสในแต่ละขนาดของ สายไฟฟ้ามีแสดงอยู่ใน มอก,ข้อกำหนดของการไฟฟ้านครหลวง.

โดยทั่วไป ขนาดของแรงเคลื่อนไฟฟ้า(Voltage) ที่ใช้ในการส่งกระจายพลังงานไฟฟ้าในรางวางสายไฟฟ้า จะมีค่าเท่ากับ[1]

ก.แรงเคลื่อนไฟฟ้าแรงต่ำ (ขนาดต่ำกว่า 600 โวลท์)

ข.แรงเคลื่อนไฟฟ้าขนาดกลาง(ขนาดสูงกว่า 600 โวลท์)

ในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้พัฒนาให้เห็นถึงการกำหนดขนาดมาตราฐานของ สายไฟฟ้าโดยใช้หลักเทคนิคการตอบสนอง(Sensitivity Techiques.) ตัววัดการตอบเสนอที่สูง(High Sensitivity)มีอิทธิพลต่อขนาดของสายไฟฟ้าที่สามารถตรวจสอบได้ในทุกขนาดของแรงเคลื่อนไฟฟ้า และมีผลต่อการกำหนดมาตราฐานของสายไฟฟ้าที่สามารถตรวจสอบได้ในทุกขนาดของแรงเคลื่อนไฟฟ้า และมีผลต่อการกำหนดมาตราฐานต่อขนาดนำมาใช้ในระบบไฟฟ้ากระแสสลับ และไฟฟ้ากระแสตรง มีการเปรียบเทียบระหว่างการใช้ ตัวนำที่ทำมาจากทองแดงกับอลูมิเนียมร่วมกับฉนวนที่เป็น เทอร์โมเซตติ้งเอ็กซ์แอลพีอี/อีพีอาร์ (Thermosetting XLPE/EPR) หรือ เทอร์โมพลาสติก (Thermoplastic) โดยพิจารณาเน้นเฉพาะลักษณะทางไฟฟ้าเท่านั้น นอกจากนี้ ยังถือว่าเป็นเรื่องสำคัญของการเลือกวัสดุที่จะใช้ทำ ตัวนำ ด้วย มีการตั้งสมมุติฐานว่า เคเบิลที่ใช้พิจารณาอยู่นั้นมีความต้องการทางระบบจักรกลในการติดตั้งดังรูปที่ 1.นี้ ขนาดมาตราฐานของสายไฟฟ้า จะต้องถูกพิจารณาใช้ระบบพลังงาน ในระดับ แรงเคลื่อนไฟฟ้าแรงต่ำ และแรงเคลื่อนไฟฟ้าขนาดกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

II

A SENTIVITY APPORACH TO THE SIZING OF INSULATED POWER CABLES IN LOW AND MEDIUM VOLTAGE ELECTRICAL POWER DISTRITBUTION SYSTEMS

Prayut Ratisin
Somkiat Inpongpant
Ukrit Kornkanok
Associate Professor Sulee Bunjongjit
1993

Abstract

The sizing of insulated power cables for use in electrical power distribution system is based on definite engineering criteria.

Cable or conductor size for a given current loading (ampacity) isthe crossectinalarea or size of the current carrying protion of the cable , namely the conductor expressed in TIS. or MEA.,PEA.

The most commonly used voltage classes for electrical power distribution in race and cable trays[1]:

a). Low Voltage-600 volt and below.

b). Medium Voltage-over 600 volt.

The paper developscable sizing criteria usingsensitivity techniques.High sensitivity parameter that inflence cable size can be determined in each voltage class and design criteria formulated;to apply to both A.C. and D.C. system. Copper and aluminum, conductor with therosetting(EPR/XLPE) or thermoplastic insulations are compared for use in the above systems with regard to their eletrical characteristics only. It must be realized that cost might also play an improtant role in the selection of conductor material.It is assumed that the cable under consideration meet the mechanical requirement for installation.Cable sizing criteria will be considered for a typical power system as shown Fig.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ	I-II
บทที่1. บทนำ	1
บทที่2. ทฤษฎีและหลักการ	3
บทที่3. การคำนวนและผลที่ได้	10
บทที่4. บทวิจารณ์และสรุป	20
ภาคผนวก	21
เอกสารอ้างอิง	33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1.	รูปไดแกรมของระบบไฟฟ้า	1
2.	แสดงแรงเคลื่อนไฟฟ้าตกคร่อมในสาย	6
3.1	กราฟกระแสลัดวงจรของตัวนำทองแดงฉนวนอีพีอาร์/เอ็กซ์แอลพีอี	13
3.2	กราฟกระแสลัดวงจรของตัวนำทองแดงฉนวนพีวีซี	14
3.3	กราฟกระแสลัดวงจรของตัวนำอลูมิเนียมฉนวนอีพีอาร์/เอ็กซ์แอลพีอี	15
3.4	กราฟกระแสลัดวงจรของตัวนำอลูมิเนียมฉนวนพีวีซี	16
4.	กราฟแสดงประสิทธิภาพการตอบสนองของแรงเคลื่อนไฟฟ้าตกคร่อมในสาย	17
5.	กราฟแสดงประสิทธิภาพการตอบสนองของกระแสลัดวงจร	18
6.	กราฟแสดงพื้นที่หน้าตัดต่อกระแสกับสถานะการติดตั้ง	19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

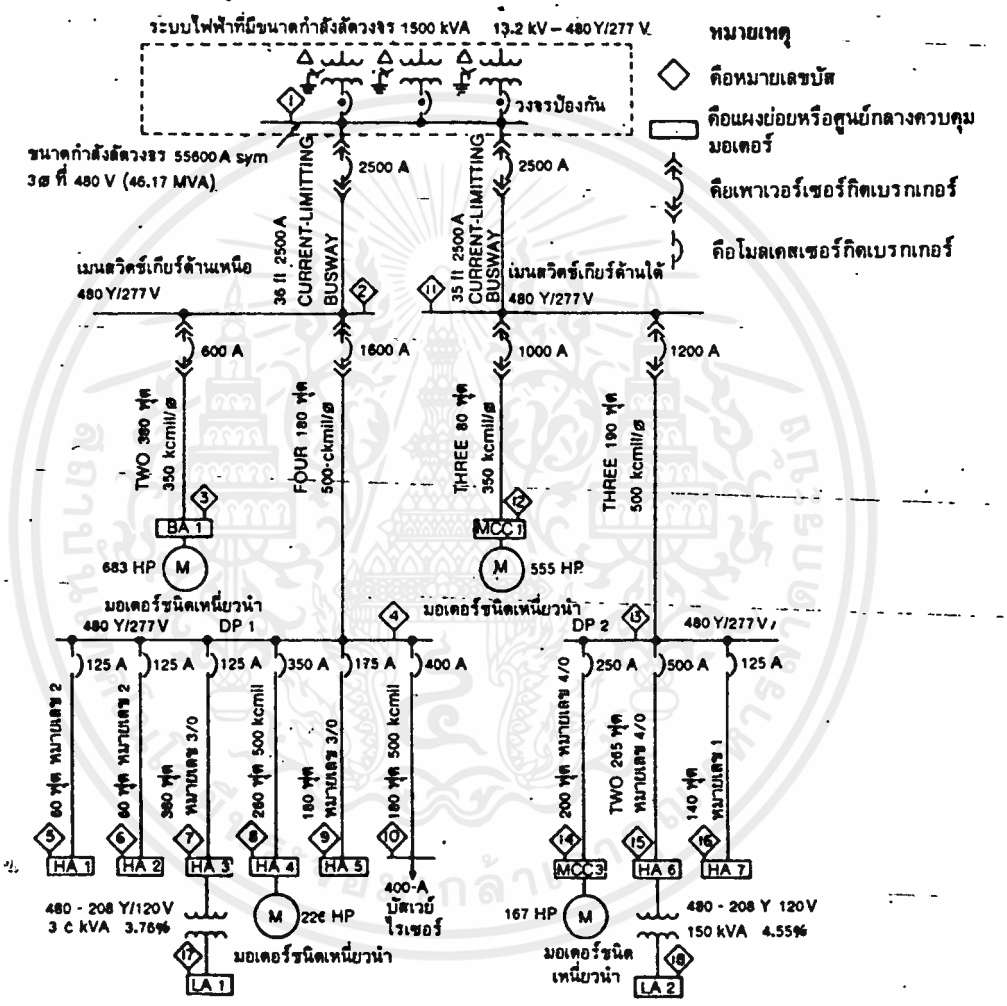
สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1. กระแสลัดวงจรของตัวนำทองแดงฉนวนอีพีอาร์/เอ็กซ์แอลพีอี	11
2. กระแสลัดวงจรของตัวนำทองแดงฉนวนพีวีซี	11
3. กระแสลัดวงจรของตัวนำอลูมิเนียมฉนวนอีพีอาร์/เอ็กซ์แอลพีอี	12
4. กระแสลัดวงจรของตัวนำอลูมิเนียมฉนวนพีวีซี	12
5. ค่ากระแสของตัวนำที่วางในราง	26
6. ค่ากระแสของตัวนำที่วางใต้พื้นผิว	27
7. ค่ากระแสของตัวนำที่อยู่ในท่อร้อยสายไฟ	28
8. แรงเคลื่อนตกในท่อร้อยสายไฟ(3เฟส)	29
9. แรงเคลื่อนตกในท่อร้อยสายไฟ(1เฟส)	30
10.แรงเคลื่อนตกในท่ออโลหะร้อยสายไฟ(3เฟส)	31
11.แรงเคลื่อนตกในท่ออโลหะร้อยสายไฟ(1เฟส)	32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1 บทนำ

การคำนวณหาขนาดกระแสสำหรับสายไฟฟ้า นั้นอาจจะมีหลายวิธี แต่ในที่นี้จะกล่าวถึงการคำนวณโดยการอาศัยหลักการของการของการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ เมื่อมีกระแสไหลผ่าน ซึ่งอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นควรจะมีขีดจำกัด ทั้งนี้เพื่อไม่ให้เป็นอันตรายต่อฉนวนที่หุ้ม พร้อมกันนี้ยังได้แสดงวิธีการคำนวณโดยการใช้สูตรสำเร็จ (Close form fomula) อันจะทำให้สะดวกต่อการใช้งาน และยังแสดงผลเปรียบเทียบกับขนาดกระแสสำหรับสายไฟฟ้า ที่มีใช้อยู่ในปัจจุบันด้วย



รูปที่ 1.

ปัจจัยสำคัญทางด้านเทคนิค ในปริญญานิพนธ์นี้เราสามารถกล่าวเป็นข้อ ๆ ที่มีอิทธิพลต่อขนาดของสายได้ดังนี้

ก. ระบบสายส่งไฟฟ้าในปัจจุบัน และ อนาคต กล่าวคือ

1. ชนิด และความหนาของฉนวนสายไฟฟ้า

2. พื้นที่หน้าตัดขวางของ ตัวนำ ที่ใช้ขึ้นอยู่กับการกำหนดค่า แรงเคลื่อนไฟฟ้า ที่ใช้

ข. การรับกระแส (Ampacity) ของสายไฟฟ้า จากหน้าที่พื้นฐานของ สายไฟฟ้าคือการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รองรับกระแส ฉะนั้นค่า กระแส จึงถูกพิจารณาถึง เป็นเรื่องแรกสำหรับการกำหนดขนาดของสายไฟฟ้า

ค.เงื่อนไขของ อุณหภูมิ สาเหตุสำคัญที่ทำให้อุณหภูมิของ สายไฟฟ้า เพิ่มสูงขึ้นคือความร้อนจากสิ่งต่าง ๆภายนอกอันได้แก่

1.อุณหภูมิของโลกอันได่แก่อุณหภูมิของพื้นดินและอากาศ

2.สภาพการระบายอุณหภูมิปัจจุบันของ สายไฟฟ้า

3.สำหรับ สายไฟฟ้า ที่อยู่ในท่อต่อจำนวนของ สายไฟฟ้าที่อยู่ใกล้ชิ่งกันและกันความร้อนอันเกิดจากกระแสไหล และความลึกของ สายไฟฟ้า(ถ้าถูกฝัง)

ง.อัตราการเปลี่ยนแปลงของระดับแรงเคลื่อนไฟฟ้าสามารถกำหนดได้โดยค่าต่ำสุดของแรงเคลื่อนไฟฟ้า

จ.กระแสลัดวงจรของสายไฟฟ้า(Short circuit withstand of cable) จะเห็นค่านี้ได้จาก โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ซึ่งจะกล่าวต่อไป

ฉ.ชนิดของฉนวน การติดตั้ง เคเบิล โดยทั่วไปมีหลายลักษณะ เช่น

1.รางเดินสายไฟฟ้า (Cable tray)

2.ท่อร้อยสายไฟฟ้า (Conduit)

3.ท่อร้อยสายไฟฟ้าใต้ดิน (Undergroud Duct)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ

2.1มาตราฐาน ของขนาดสายไฟฟ้า

สายไฟฟ้าควรมีขนาดใกล้เคียงกับค่าต่ำสุดที่ได้รับจากการกำหนดของ สายตัวนำด้านพื้นที่ของด้านตัดขวาง เพื่อเป็นมาตราฐานที่ใช้พิจารณากับระดับของแรงเคลื่อนไฟฟ้า ในการพิจารณามีการกำหนดสายไฟฟ้า ที่จะใช้กำหนดอุณหภูมิ ในหลาย ๆระดับในรางเดินสายไฟฟ้า โดยหลักเกณฑ์ที่จะเป็นตัวกำหนดขนาดของสายไฟฟ้า คือ

2.1.1) การรับภาระกระแสไฟฟ้า(AMPACITY)

2.1.2) อัตราการเปลี่ยนแปลงของแรงเคลื่อนไฟฟ้า (PEMISSIBLE VOLTAGE REGULATION)

2.1.3) การทนต่อกระแสลัดวงจรของสายฉนวนเคเบิล (SHORT CIRCUIT WITH STAND OF INSULATED POWER CABLE)

2.1.1)การรับภาระกระแส

ในมาตราฐานของ เอ็นอีซี[2] (The National Electric Code,NEC) และมาตราฐานของ ไอซีอีเอ[3,4] (Insulated Cable Engineers Association Standards, ICEA) ได้กำหนดค่าตารางการรับภาระกระแส สำหรับมาตราฐานของสายไฟฟ้าที่แปรผันไปกับอุณหภูมิที่ระดับต่าง ๆกัน(60และ90องศาเซลเซียส) และ ตัวนำที่ใช้เป็นทองแดงหรืออลูมิเนียม ในปริญญานิพนธ์นี้ใช้มาตราฐานของ มอก.,ไอซีอีเอ.โดยการแปลงค่ามาเพื่อเทียบมาตราฐานกับของการไฟฟ้านครหลวง

โดยพื้นฐานแล้วค่าการรับภาระกระแสของสายไฟฟ้า ถูกกำหนดจาก เงื่อนไขของอุณหภูมิของสายไฟฟ้า จะมีค่ามากตามอุณหภูมิของสายไฟฟ้า จะเกิดจากความสามารถในการกระจายความร้อนของตัวนำดังนี้ สายไฟฟ้าจะมีค่าการรับภาระกระแสได้เท่าไรนั้นเกิดจาก

2.1.1.1) อุณหภูมิที่อยู่โดยรอบ

2.1.1.2) เงื่อนไขการติดตั้ง

การมีสายไฟฟ้าเส้นอื่น ๆ อยู่ใกล้ ๆจะทำให้อุณหภูมิโดยรอบสูงขึ้น และทำให้ความสามารถในการกระจายความร้อนของสายไฟฟ้าลดลง ในบางเงื่อนไขการรับภาระกระแสเกิน ก็มีผลต่อขนาดของสายไฟฟ้าด้วย และเมื่อสายไฟฟ้าขวางกันมากกว่า 1 (รางเดินสายไฟฟ้า) กระแสของระบบจะมีค่าต่ำสุดของค่ากระแสที่ควรจะมีได้ในแต่ละรางเดินสายไฟฟ้า

2.1.2)อัตราการเปลี่ยนแปลงของแรงเคลื่อนไฟฟ้า

รูปที่2. แสดงให้เห็นถึงความสำพันธ์ของ เฟสเซอร์ระหว่างปลายจุดส่ง E_s, แรงเคลื่อนไฟฟ้าของภาระ E_R, และแรงเคลื่อนตกระหว่างทาง VD [5]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูตรของ E_R คือ

$$E_R = E_S + IR.\cos\phi + IX.\sin\phi - \sqrt{E_S^2 - (IX.\cos\phi - IR.\sin\phi)^2} \qquad (1ก)$$

และสูตรโดยประมาณคือ

$$VD = IR.\cos\phi + IX.\sin\phi \qquad (1ข)$$

เมื่อ

VD = แรงเคลื่อนตกของสายไฟ-สายนิวตรอน
I = กระแสที่ไหลในสายไฟฟ้า แอมป์
R = ความต้านทานของสายต่อหนึ่งตัวนำ ในหน่วยโอหม์
X = ความต้านทานเหนี่ยวนำของสายต่อหนึ่งตัวนำ ในหน่วยโอหม์
cos ϕ= load power factor.
sin ϕ= load reactive factor.

เราแบ่งการคำนวณออกได้คือ

single phase = 2
three phase = $\sqrt{3}$ หรือ 1.732

ในการใช้สูตรนี้ กระแสในสายถูกกำหนดโดยค่าสูงสุด ของกระแสของตัวนำ

ความต้านทาน(R) คือความต้านทานในกระแสสลับของตัวนำนั้น ๆ ในเงื่อนไขของการติดตั้ง ความต้านทานกระแสสลับจะมีค่าใกล้เคียงกับความต้านทานกระแสตรง จะแปรผันตามขนาดของตัวนำ โดยอุณหภูมิเงื่อนไข = 70 องศา และการติดตั้งในท่อโลหะและรางเดินสายไฟฟ้า

ความต้านทานเหนี่ยวนำ(X) คือเงื่อนไขในการติดตั้งและมันจะขึ้นอยู่กับขนาดตัวนำ, ท่อร้อยสายไฟฟ้า, รางเดินสายไฟฟ้า และ ระยะห่างระหว่างสายตัวนำ แต่จะมากกับสายตัวนำเดียว แต่เราจะเฉลี่ยค่าของมันและนำมาใช้งาน

$$VD = I\ (R\cos\phi + X\sin\phi)$$

หรือ $$VD = I\ (rL\cos\phi + xL\sin\phi)$$

$$VD = IL\ (r\cos\phi + x\sin\phi)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$VD = \frac{Il}{1000}(r\cos\phi + x\sin\phi)$$

$$VD(3\phi) = \sqrt{3}\frac{Il}{1000}(r\cos\phi + x\sin\phi) = \frac{Il}{1000}\sqrt{3}(r\cos\phi + x\sin\phi)$$

$$VD(1\phi) = 2\frac{Il}{1000}(r\cos\phi + x\sin\phi) = \frac{Il}{1000}2(r\cos\phi + x\sin\phi)$$

เมื่อ

L = ความยาวของสายไฟฟ้า(กิโลเมตร)

$$L = \frac{l}{1000}$$

l = ความยาวของสาย(เมตร)

r = ความต้านทานโอหม์ต่อกิโลเมตร

x = ความต้านทานเหนี่ยวนำโอหม์ต่อกิโลเมตร

$$X = 2.\pi.f(0.1404 \log s/r + 0.0153).10^{-3} \quad (1ค)$$

เมื่อ

f = ความถี่ของกระแสไฟฟ้า ในหน่วย เฮิทซ์

r = มุมเรเดียนของตัวนำ มิลลิเมตร

s = equivalent spacting of conductors between centers in m.m. for a three conductor triangution configguration

$$s = \sqrt[3]{ABC} \quad (2ก)$$

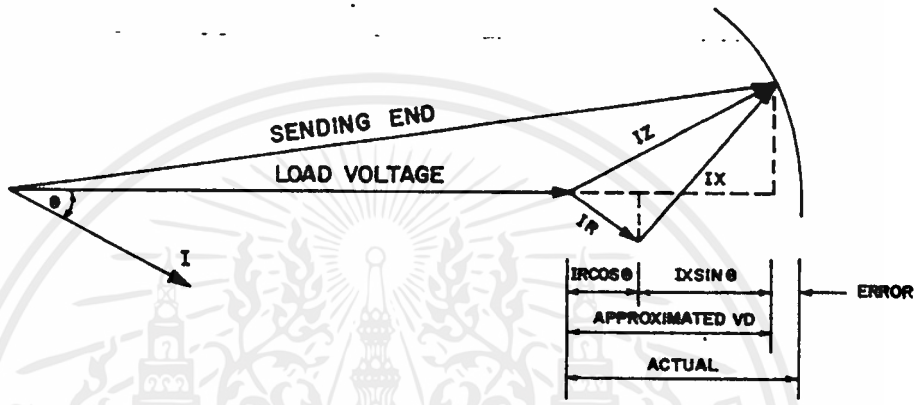
s = A for equilateral triangle (2ข)

s = 1.123A for right triangle (2ค)

s = 1.26A for symmetrical flat (2ง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ A,B,C = การแตกต่างระหว่างมุมของตัวนำ มิลลิเมตร ใน มุมของเฟส (triagular configuration.)



รูปที่ 2. เฟสเซอร์ไดแกรมของระดับของแรงเคลื่อนไฟฟ้า

2.1.3 การลัดวงจร

ภายใต้เงื่อนไขการลัดวงจร, อุณหภูมิของตัวนำขึ้นอยู่กับองค์ประกอบในสายตัวนำ

2.1.3.1) ค่าสูงสุดของกระแสลัดวงจร

2.1.3.2) ชนิดและพื้นที่หน้าตัดของตัวนำ

2.1.3.3) ช่างเวลาของการลัดวงจร

2.1.3.4) อุณหภูมิก่อนการลัดวงจร

สมการถูกสร้างขึ้นมาสำหรับการหาขนาดของกระแสลัดวงจร ที่ตัวนำทำมาจาก ทองแดง และ อลูมิเนียม ซึ่งแสดงสมการพร้อมกราฟในรูปที่ 3.1-3.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมการการหากระแสลัดวงจร

ก.)ตัวนำชนิดทองแดงฉนวนเอ็กแอลพีอี/อีพีอาร์(COPPER CONDUCTOR WITH THEROSETTING(XLPE/EPR) INSULATION รูปที่3.1

$$(I/A)^2 t = 0.0125 \times 10^{-3} \log((T_2+234)/(T_1+234)) \quad (3ก)$$

เมื่อ I = กระแสลัดวงจร [แอมป์]

A = พื้นที่หน้าตัด [มิลลิเมตร]

T_1 = อุณหภูมิใช้งานสูงสุด = 90 องศาเซลเซียล

T_2 = อุณหภูมิกระแสลัดวงจรสูงสุด = 250 องศาเซลเซียล

t = เวลาของกระแสลัดวงจร [วินาที]

ข.)ตัวนำชนิดทองแดงฉนวนพีวีซี(COPPER CONDUCTOR WITH THERMOPLASTIC INSULATION รูปที่3.2

$$(I/A)^2 t = 0.0125 \times 10^{-3} \log((T_2+234)/(T_1+234)) \quad (3ข)$$

เมื่อ T_1 = อุณหภูมิใช้งานสูงสุด = 75 องศาเซลเซียล

T_2 = อุณหภูมิกระแสลัดวงจรสูงสุด = 150 องศาเซลเซียล

ค.)ตัวนำชนิดอลูมิเนียมฉนวนเอ็กแอลพีอี/อีพีอาร์(ALUMINUM CONDUCTOR WITH THERMOSETTING(XLPE/EPR) INSULATION รูปที่3.3

$$(I/A)^2 t = 0.00527 \times 10^{-3} \log((T_2+228)/(T_1+228)) \quad (3ค)$$

เมื่อ T_1 = อุณหภูมิใช้งานสูงสุด = 90 องศาเซลเซียล

T_2 = อุณหภูมิกระแสลัดวงจรสูงสุด = 250 องศาเซลเซียล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ง.)ตัวนำชนิดอลูมิเนียมฉนวนพีวีซี(ALUMINUM CONDUCTOR WITH THERMOPLASTIC INSULATION รูปที่3.4

$$(I/A)^2 t = 0.00527 \times 10^{-3} \log((T_2+228)/(T_1+228)) \quad (3ง)$$

เมื่อ T_1= อุณหภูมิใช้งานสูงสุด = 75°องศาเซลเซียล

T_2= อุณหภูมิกระแสลัดวงจรสูงสุด = 150°องศาเซลเซียล

2.2 การคำนวณหาความไว(SENSITIVITY CALCULATION)

เทคนิคการวิเคราะห์ ความไว มีประโยชน์ในการกำหนดมาตราฐาน การหาค่าการตอบสนองสูง หาได้จากการคำนวณ ในการพิจารณาสายไฟฟ้าที่จ่าย แรงเคลื่อนไฟฟ้า,กระแสไฟฟ้า และ พาวเวอร์แฟกเตอร์ อยู่ภายใต้เงื่อนไขปกติ สายตัวนำนี้ควรมีขนาดที่สามารถต้านกระแสสูงสุดชั่วขณะ จนกระทั่งทำให้อยู่ในสภาพปกติด้วยการใส่ตัวป้องกันเข้าไปด้วย ดังนั้นประสิทธิภาพการตอบสนองนี้มี สองค่าคือ S_1,S_2 สามารถหาค่าได้

2.2.1.) S_1 : เป็นความไวของเคลื่อนไฟฟ้าตก ซึ่งมีความสัมพันธ์กับแรงเคลื่อนไฟฟ้าจุดส่ง

2.2.2.) S_2 : เป็นความไวของพื้นที่หน้าตัดตัวนำซึ่งมีความสัมพันธ์กับกระแสลัดวงจร

2.2.1.) ความไวของแรงเคลื่อนไฟฟ้าตก โดยมีสมการความสัมพันธ์จากแรงเคลื่อนไฟฟ้าจุดส่ง ถึง จุดที่มีภาระอยู่ ที่ให้เพาวเวอร์แฟกเตอร์(P.F = cos ϕ)

$$VD = [E_s - E_R] \quad (4ก)$$

$$S_1 = \frac{@VD}{@E_s} = \frac{E_s}{\sqrt{E_s^2-(IX\cos\phi-IR\sin\phi)^2}} \quad (4ข)$$

2.2.2.) ความไวของพื้นที่หน้าตัดต่อกระแสลัดวงจร โดยมีความสัมพันธ์ระหว่างกระแสลัดวงจรกับพื้นที่หน้าตัดตัวนำ สามารถกำหนดได้จากสมการการหากระแสลัดวงจรจะแปรผันไปกับตัวนำ และวัตถุที่ทำเป็นฉนวน และแสดงเป็นรูปสมการได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2.1.)ตัวนำทองแดงฉนวนเอ็กแอลพีอี จากสมการ 3ก

$$S_e = \frac{\Phi A}{\Phi I} = 13.9\sqrt{T} \qquad (5ก)$$

2.2.2.2.)ตัวนำทองแดงฉนวนพีวีซี จากสมการ 3ข

$$S_e = \frac{\Phi A}{\Phi I} = 18.89\sqrt{T} \qquad (5ข)$$

2.2.2.3.)ตัวนำอลูมิเนียมฉนวนเอ็กแอลพีอี จากสมการ 3ค

$$S_e = \frac{\Phi A}{\Phi I} = 21.3\sqrt{T} \qquad (5ค)$$

2.2.2.4.)ตัวนำอลูมิเนียมฉนวนพีวีซี จากสมการ 3ง

$$S_e = \frac{\Phi A}{\Phi I} = 28.86\sqrt{T} \qquad (5ง)$$

จะเห็นได้ว่ากระแสลัดวงจร มีผลต่อขนาดตัวนำ เมื่อเวลามากขึ้น เช่นเมื่อสวิทช์ตัดตอนแบบสุญญากาศ (AIR VACCUM CIRCUIT BREAKER) ถูกใช้ในเวลาที่มากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
032711

บทที่ 3 การคำนวณและผลที่ได้

จากการที่เราได้นำคอมพิวเตอร์มาช่วยในการคำนวณตามสมการที่ 3ก และสมการที่ 3ข จะเป็นของ ทองแดงเราจะได้ตารางออกมาซึ่งถ้าเรามองที่เวลาจะเห็นว่าที่เวลาน้อยจะมีค่ากระแสลัดวงจรมากกว่า และที่ขนาดของพื้นที่หน้าตัดมากขึ้นกระแสลัดวงจรจะแปรผันตามด้วย จะเห็นได้ว่า ฉนวนเอ็กซ์แอลพีอี/อีพีอาร์ จะมีค่ากระแสลัดวงจรสูงกว่า ฉนวนพีวีซี ส่วนสมการที่ 3คและสมการ3งจะเป็นของ อลูมิเนียม ซึ่งจะคล้ายกับทองแดง แต่ค่าที่ได้จะมีค่าน้อยกว่า ตามตารางที่ 1-4 ต่อระยะทาง300เมตรซึ่งจะเป็นการง่ายขึ้นจึงได้เขียนเป็นกราฟขึ้นเพื่อง่ายต่อการอ่าน ดังกราฟ ที่ 1-4 ตามลำดับ

การหาความไวเราคำนวณสองแบบคือ

1.ความไวต่อแรงเคลื่อนตกในสาย ขึ้นอยู่กับ เพาเวอร์แฟกเตอร์(pf.= cosϕ).เราจะได้กราฟที่ 5

2.ความไวของพื้นที่หน้าตัดต่อกระแสลัดวงจรเราจะได้กราฟที่ 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPPER CONDUCTOR WITH THERMOSETTING(EPR/XLPE) INSULATION
MAXIMUM OPERATING TEMPERATURE = 90C.
MAXIMUM SHORT CIRCUIT TEMPERATURE= 250C.

cycle(Hz)	1	2	4	8	16	25	50	100
10 SQRT-M.M.¶	4.852	3.431	2.426	1.716	1.213	0.970	0.686	0.485
16 SQRT-M.M.¶	7.764	5.490	3.882	2.745	1.941	1.553	1.098	0.776
25 SQRT-M.M.¶	12.131	8.578	6.066	4.289	3.033	2.426	1.716	1.213
35 SQRT-M.M.¶	16.984	12.009	8.492	6.005	4.246	3.397	2.402	1.698
50 SQRT-M.M.¶	24.262	17.156	12.131	8.578	6.066	4.852	3.431	2.426
70 SQRT-M.M.¶	33.967	24.018	16.984	12.009	8.492	6.793	4.804	3.397
95 SQRT-M.M.¶	46.098	32.596	23.049	16.298	11.525	9.220	6.519	4.610
120 SQRT-M.M.¶	58.229	41.174	29.115	20.587	14.557	11.646	8.235	5.823
150 SQRT-M.M.¶	72.787	51.468	36.393	25.734	18.197	14.557	10.294	7.279
185 SQRT-M.M.¶	89.770	63.477	44.885	31.739	22.443	17.954	12.695	8.977
240 SQRT-M.M.¶	116.459	82.349	58.229	41.174	29.115	23.292	16.470	11.646
300 SQRT-M.M.¶	145.573	102.936	72.787	51.468	36.393	29.115	20.587	14.557
400 SQRT-M.M.¶	194.098	137.248	97.049	68.624	48.524	38.820	27.450	19.410
500 SQRT-M.M.¶	242.622	171.560	121.311	85.780	60.656	48.524	34.312	24.262

SHORT CIRCUIT CURRENT - THOUSAND OF AMPERS

HOW DO YOUR SEE GRAPH !
:PRESS ANY KEY:

ตารางที่ 1

COPPER CONDUCTOR WITH THERMOPLASTIC INSULATION
MAXIMUM OPERATING TEMPERATURE = 75C.
MAXIMUM SHORT CIRCUIT TEMPERATURE= 150C.

cycle(Hz)	1	2	4	8	16	25	50	100
10 SQRT-M.M.¶	3.571	2.525	1.785	1.262	0.893	0.714	0.505	0.357
16 SQRT-M.M.¶	5.713	4.040	2.856	2.020	1.428	1.143	0.808	0.571
25 SQRT-M.M.¶	8.926	6.312	4.463	3.156	2.232	1.785	1.262	0.893
35 SQRT-M.M.¶	12.497	8.837	6.248	4.418	3.124	2.499	1.767	1.250
50 SQRT-M.M.¶	17.853	12.624	8.926	6.312	4.463	3.571	2.525	1.785
70 SQRT-M.M.¶	24.994	17.673	12.497	8.837	6.248	4.999	3.535	2.499
95 SQRT-M.M.¶	33.920	23.985	16.960	11.993	8.480	6.784	4.797	3.392
120 SQRT-M.M.¶	42.847	30.297	21.423	15.149	10.712	8.569	6.059	4.285
150 SQRT-M.M.¶	53.558	37.871	26.779	18.936	13.390	10.712	7.574	5.356
185 SQRT-M.M.¶	66.055	46.708	33.028	23.354	16.514	13.211	9.342	6.606
240 SQRT-M.M.¶	85.693	60.594	42.847	30.297	21.423	17.139	12.119	8.569
300 SQRT-M.M.¶	107.116	75.743	53.558	37.871	26.779	21.423	15.149	10.712
400 SQRT-M.M.¶	142.822	100.990	71.411	50.495	35.705	28.564	20.198	14.282
500 SQRT-M.M.¶	178.527	126.238	89.264	63.119	44.632	35.705	25.248	17.853

SHORT CIRCUIT CURRENT - THOUSAND OF AMPERS

HOW DO YOUR SEE GRAPH !
:PRESS ANY KEY:

ตารางที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ALUMINUM CONDUCTOR WITH THERMOSETTING(XPR/XLPE) INSULATION
MAXIMUM OPERATING TEMPERATURE = 90C.
MAXIMUM SHORT CIRCUIT TEMPERATURE= 250C.

cycle(Hz)	1	2	4	8	16	25	50	100
10 SQRT-M.M.¶	3.172	2.243	1.586	1.122	0.793	0.634	0.449	0.317
16 SQRT-M.M.¶	5.076	3.589	2.538	1.795	1.269	1.015	0.718	0.508
25 SQRT-M.M.¶	7.931	5.608	3.965	2.804	1.983	1.586	1.122	0.793
35 SQRT-M.M.¶	11.103	7.851	5.552	3.926	2.776	2.221	1.570	1.110
50 SQRT-M.M.¶	15.861	11.216	7.931	5.608	3.965	3.172	2.243	1.586
70 SQRT-M.M.¶	22.206	15.702	11.103	7.851	5.552	4.441	3.140	2.221
95 SQRT-M.M.¶	30.137	21.310	15.068	10.655	7.534	6.027	4.262	3.014
120 SQRT-M.M.¶	38.068	26.918	19.034	13.459	9.517	7.614	5.384	3.807
150 SQRT-M.M.¶	47.584	33.647	23.792	16.824	11.896	9.517	6.729	4.758
185 SQRT-M.M.¶	58.688	41.498	29.344	20.749	14.672	11.738	8.300	5.869
240 SQRT-M.M.¶	76.135	53.836	38.068	26.918	19.034	15.227	10.767	7.614
300 SQRT-M.M.¶	95.169	67.295	47.584	33.647	23.792	19.034	13.459	9.517
400 SQRT-M.M.¶	126.892	89.726	63.446	44.863	31.723	25.378	17.945	12.689
500 SQRT-M.M.¶	158.615	112.158	79.307	56.079	39.654	31.723	22.432	15.861

SHORT CIRCUIT CURRENT - THOUSAND OF AMPERS

HOW DO YOUR SEE GRAPH !
:PRESS ANY KEY:

ตารางที่ 3

ALUMINUM CONDUCTOR WITH THERMOPLASTIC INSULATION
MAXIMUM OPERATING TEMPERATURE = 75C.
MAXIMUM SHORT CIRCUIT TEMPERATURE= 150C.

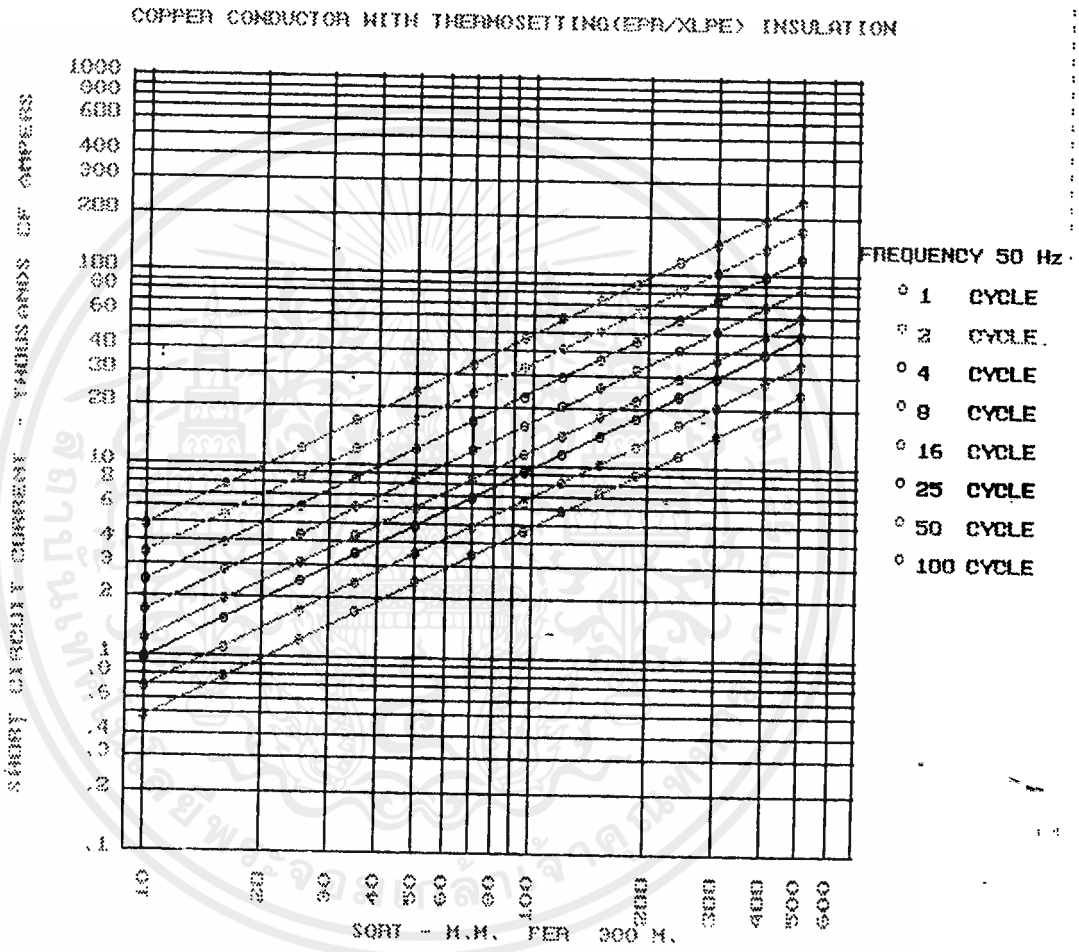
cycle(Hz)	1	2	4	8	16	25	50	100
10 SQRT-M.M.¶	2.337	1.652	1.168	0.826	0.584	0.467	0.330	0.234
16 SQRT-M.M.¶	3.739	2.644	1.869	1.322	0.935	0.748	0.529	0.374
25 SQRT-M.M.¶	5.842	4.131	2.921	2.066	1.461	1.168	0.826	0.584
35 SQRT-M.M.¶	8.179	5.783	4.090	2.892	2.045	1.636	1.157	0.818
50 SQRT-M.M.¶	11.684	8.262	5.842	4.131	2.921	2.337	1.652	1.168
70 SQRT-M.M.¶	16.358	11.567	8.179	5.783	4.090	3.272	2.313	1.636
95 SQRT-M.M.¶	22.200	15.698	11.100	7.849	5.550	4.440	3.140	2.220
120 SQRT-M.M.¶	28.042	19.829	14.021	9.914	7.011	5.608	3.966	2.804
150 SQRT-M.M.¶	35.053	24.786	17.526	12.393	8.763	7.011	4.957	3.505
185 SQRT-M.M.¶	43.232	30.570	21.616	15.285	10.808	8.646	6.114	4.323
240 SQRT-M.M.¶	56.085	39.658	28.042	19.829	14.021	11.217	7.932	5.608
300 SQRT-M.M.¶	70.106	49.572	35.053	24.786	17.526	14.021	9.914	7.011
400 SQRT-M.M.¶	93.475	66.096	46.737	33.048	23.369	18.695	13.219	9.347
500 SQRT-M.M.¶	116.843	82.621	58.422	41.310	29.211	23.369	16.524	11.684

SHORT CIRCUIT CURRENT - THOUSAND OF AMPERS

HOW DO YOUR SEE GRAPH !
:PRESS ANY KEY:

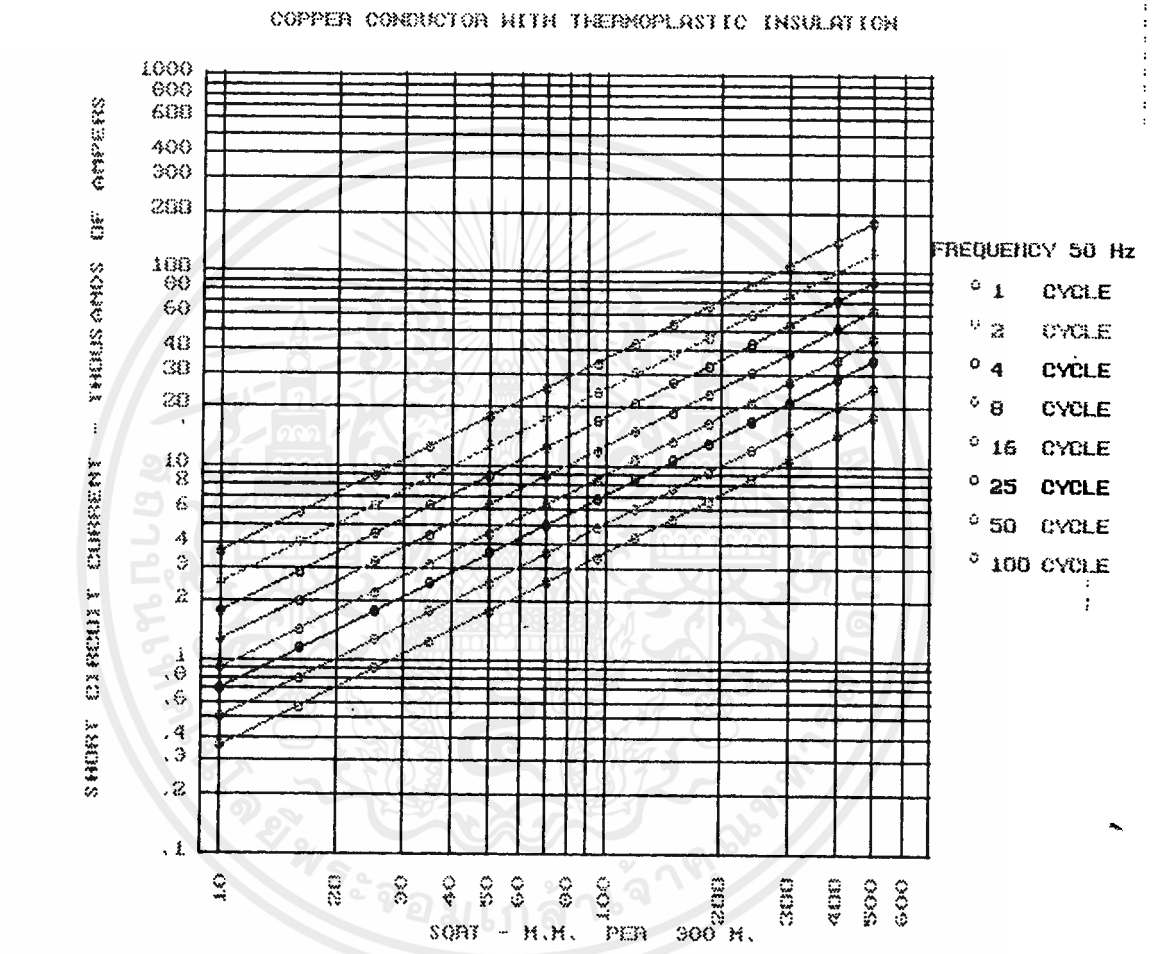
ตารางที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



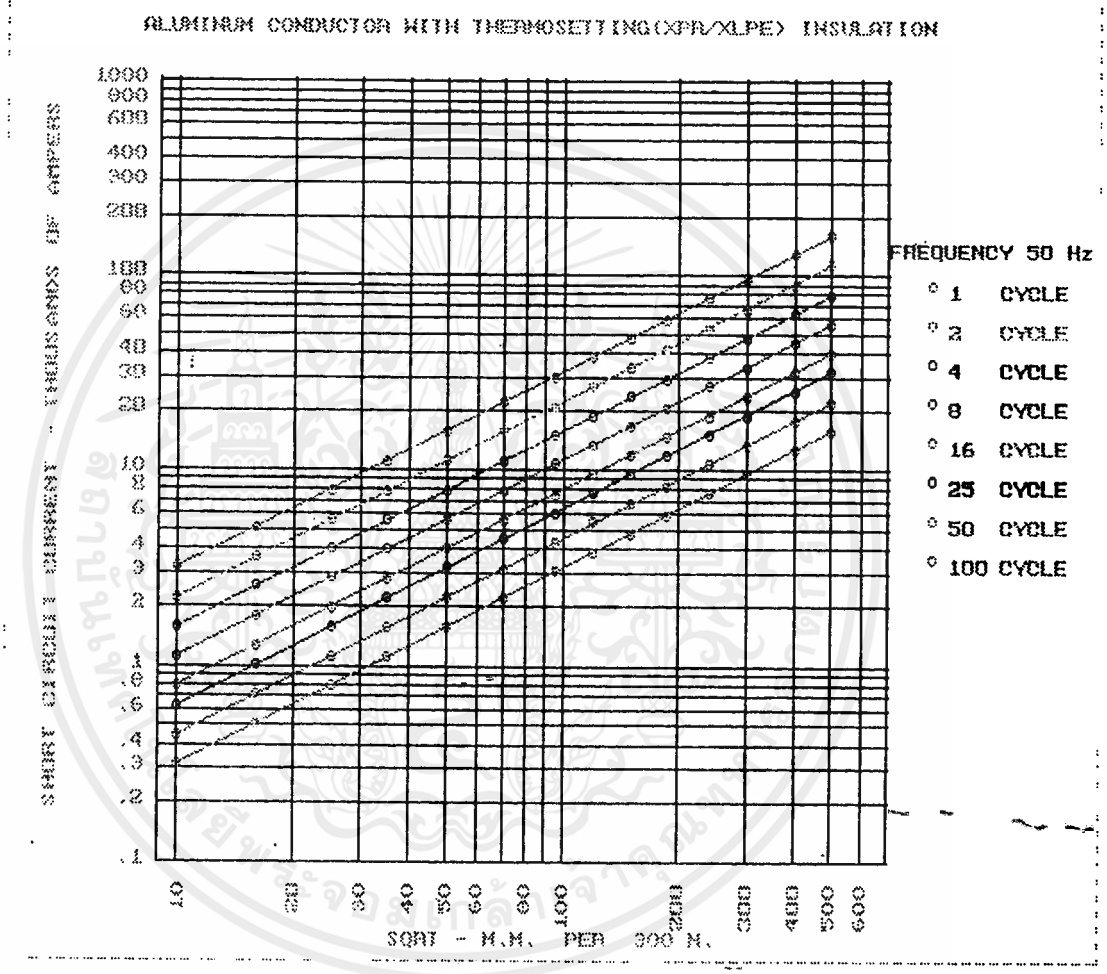
รูปที่ 3.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



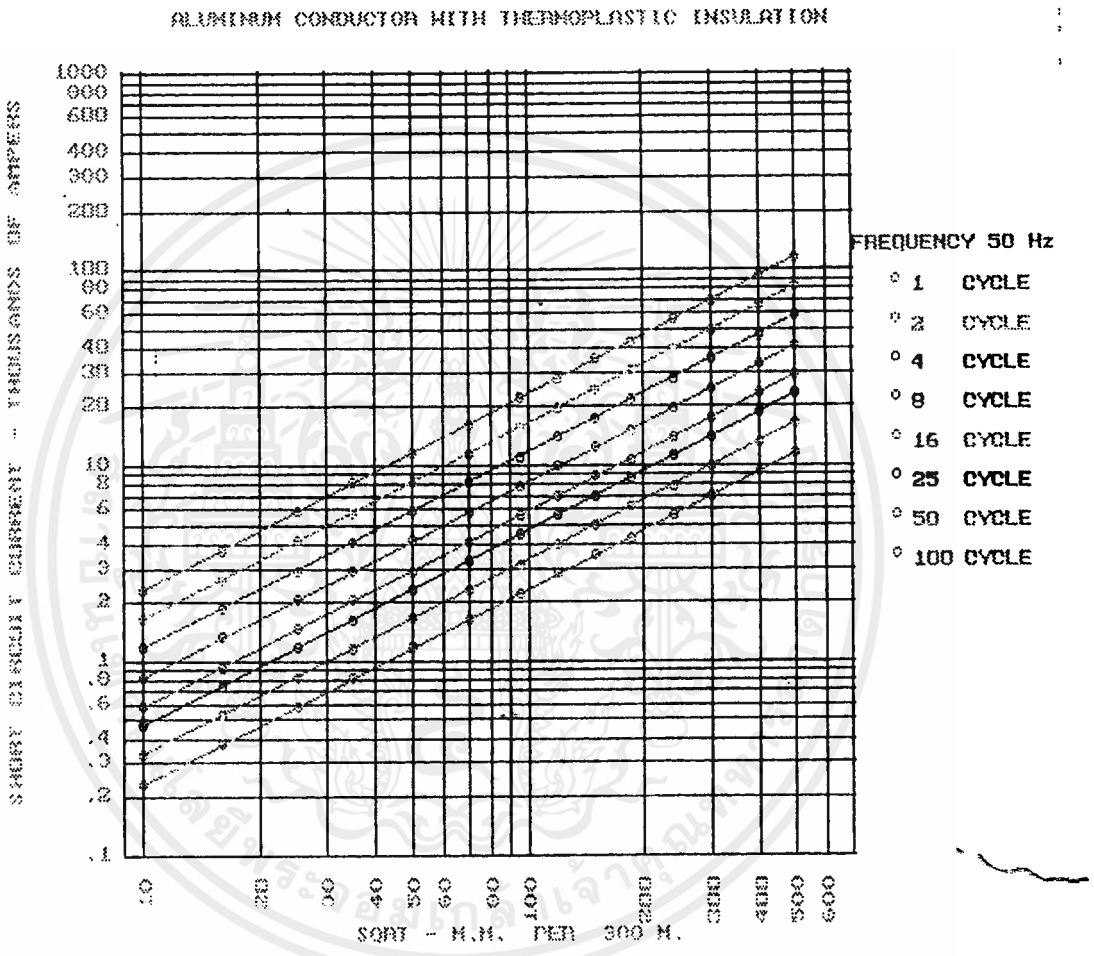
รูปที่ 3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



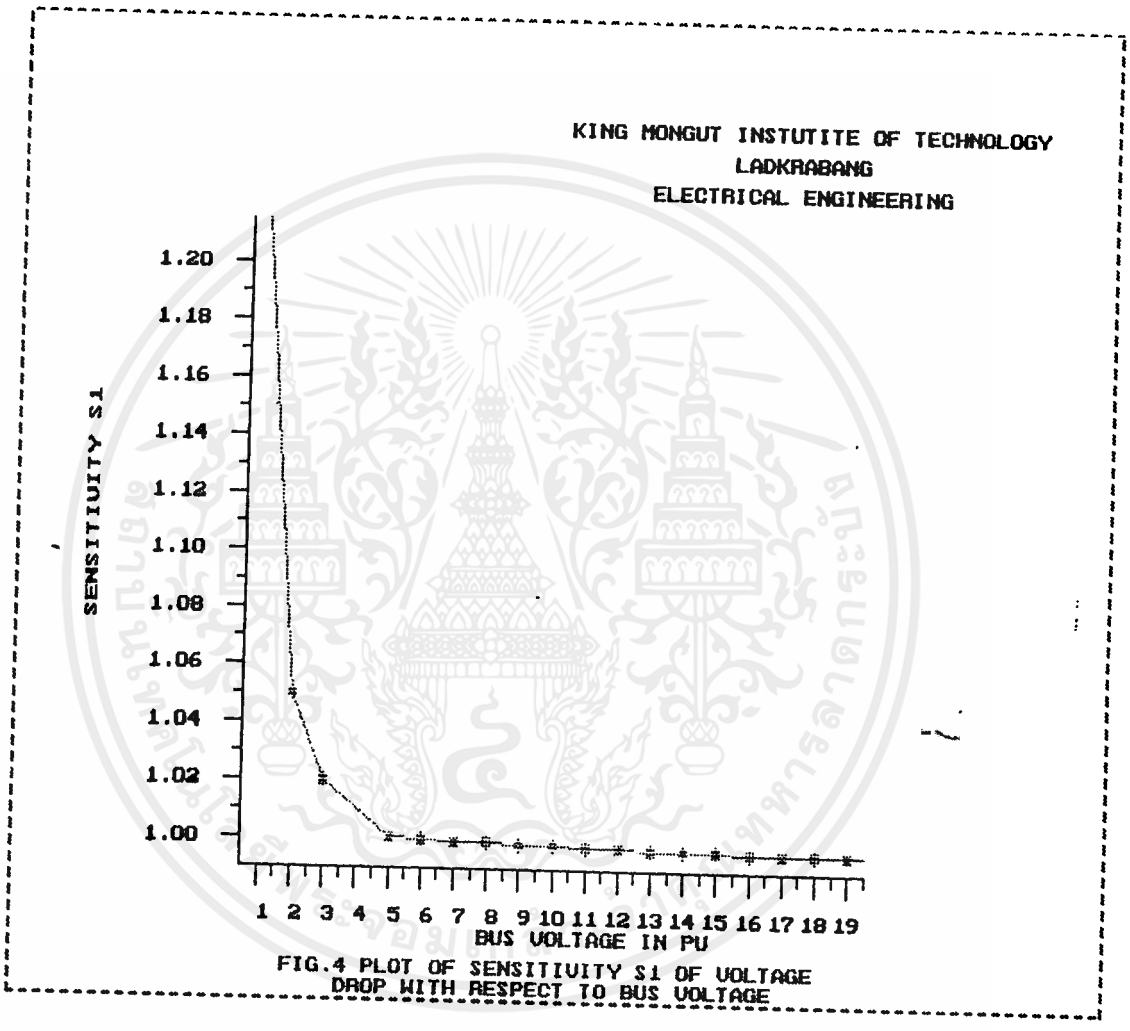
รูปที่ 3.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



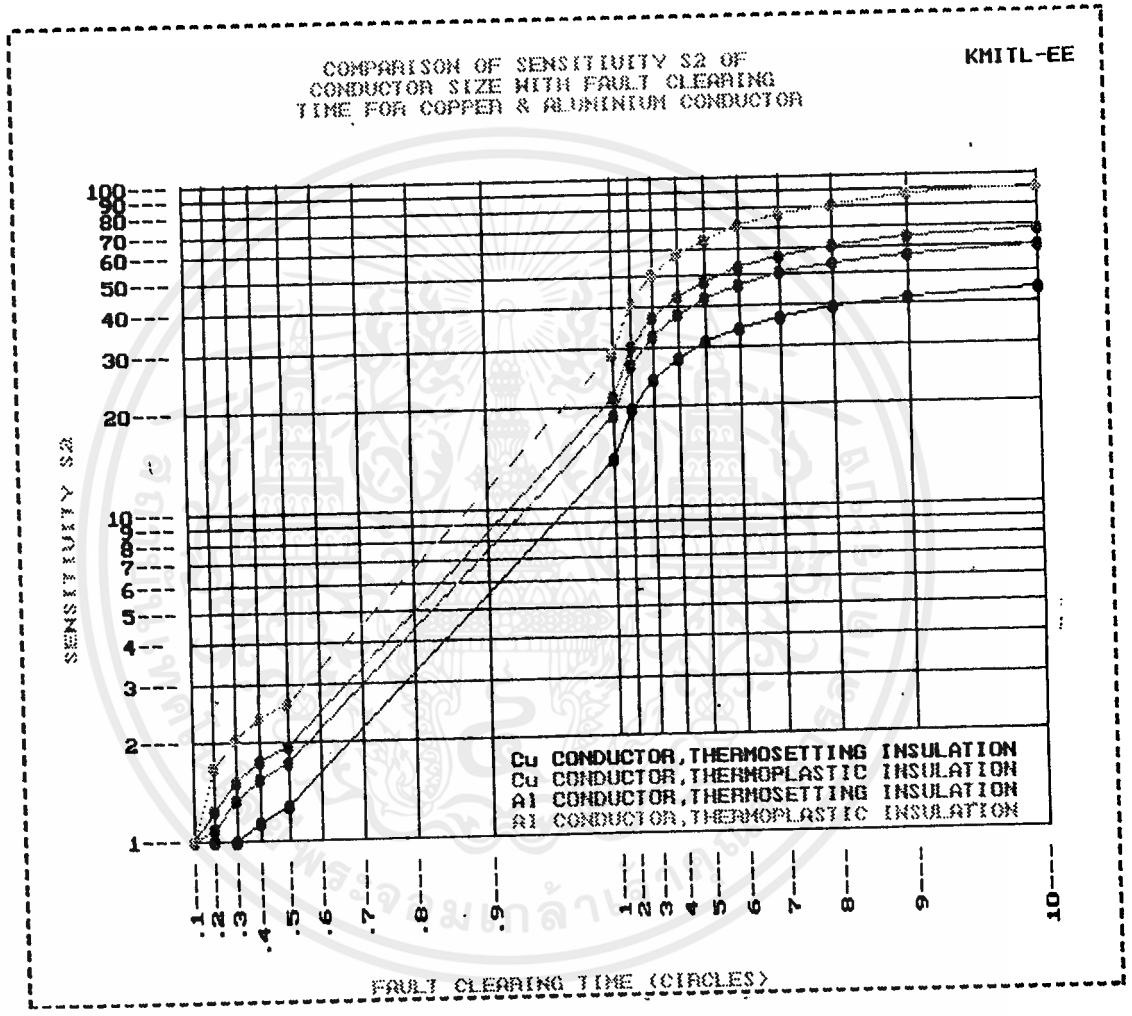
รูปที่ 3.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



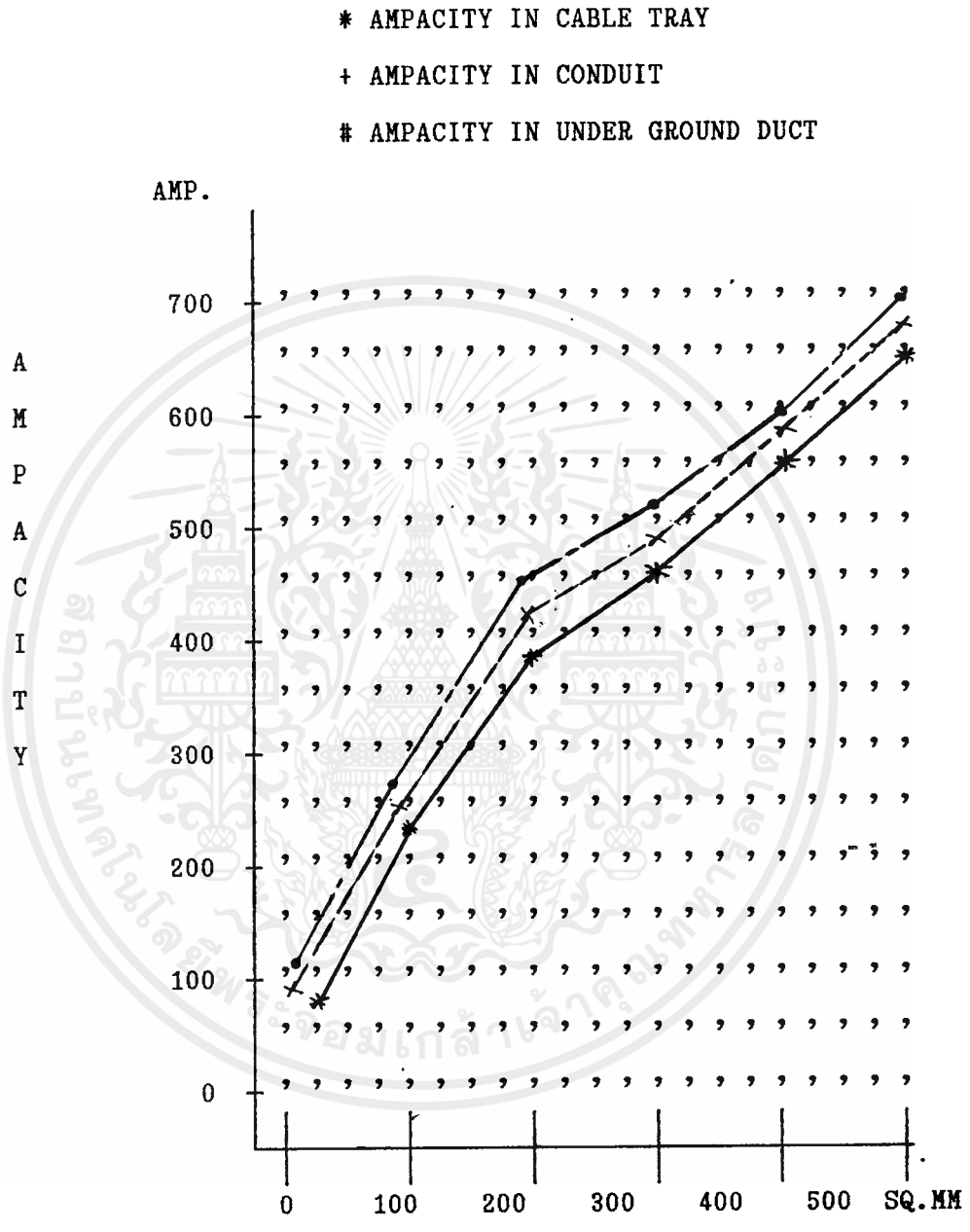
รูปที่ 4.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่.6

กราฟแสดงพื้นที่หน้าตัดต่อกระแสกับสถานะการติดตั้ง[จากตาราง5-7]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4.บทวิจารณ์และสรุป

การคำนวณค่าต่าง ๆของการออกแบบทางไฟฟ้า มีหลักสำคัญในการออกแบบสำหรับระบบไฟฟ้าแรงต่ำและระบบไฟฟ้าขนาดกลางคือ

การรับภาระกระแส

ระดับของแรงเคลื่อนไฟฟ้า

การลัดวงจรไฟฟ้า

สำหรับ สายไฟฟ้าที่เป็นตัวรองรับกระแส ขนาดของมัน สามารถหาได้จากความไว(S_1, S_2)

การคำนวณเราได้เปรียบเทียบตัวนำที่ทำมาจาก ทองแดง และ อลูมิเนียม เราสามารถรู้ว่า ทองแดง เหมาะสมกับการนำไปใช้เป็นสายส่งพลังงานทั้งนี้เพราะให้ค่า รับกระแสสูงสุด ที่สูงกว่า และให้ค่าโวลท์เตจเรกกูเรชั่นที่ดีกว่า

การเลือกใช้ ทองแดง เป็นตัวนำไฟฟ้า สำหรับการส่งจ่ายพลังงานที่เหมาะสมคือ

3.1)ขนาดของตัวนำสำหรับแรงเคลื่อนที่ต่ำกว่า 600 โวลท์

3.1.1.)ทองแดงให้ค่า แอมแปร์ได้สูงกว่า

3.1.2.)ทองแดงให้ค่า โวลท์เตจเรกกูเรชั่น ดีกว่า

3.2)ขนาดของตัวนำสำหรับแรงเคลื่อนที่สูงกว่า 600 โวลท์

3.2.1.)ทองแดงให้ค่า แอมแปร์ได้สูงกว่า

3.2.2.)ทองแดงต้องการขนาด พื้นที่ตัดขวางของตัวนำที่เล็กกว่าสำหรับการกำหนดกระแสลัดวงจร

สำหรับ ตัวนำอลูมิเนียม มักจะใช้มากในงานสายส่งกำลังในอากาศจะให้ประโยชน์เมื่อ

ก.)น้ำหนักเบา คือปัจจัยสำคัญ

ข.)ขนาดของพื้นที่หน้าตัดมีความสำคัญน้อยมาก

ค.)ขนาดใหญ่ของตัวนำ นำมาซึ่งประโยชน์เรื่อง ราคา แต่เป็นการยาก และต้องพิจารณาให้ดีตรงรอยต่อ และตรงจุดสิ้นสุดของสายอลูมิเนียม

การพันเป็นเกลียวหรือช้อนกันของตัวนำ ทำขึ้นเพื่อให้ช่วงต่อกันให้มีเส้นผ่านศูนย์กลางมีขนาดเล็กลง และทำให้ผิวเรียบ แต่อย่างไรก็ตาม ต้นทุนยังเป็นปัจจัยทาง เศรษฐกิจที่สำคัญ ในการเลือกระหว่างทองแดงและอลูมิเนียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

รายการคำนวณระบบไฟฟ้า
โครงการอาคารพักอาศัย 11 ชั้น
ซอยวัฒนศิลป์ ถนนราชปรารภ กทม.

1. การคำนวณภาระไฟฟ้า

1.1ส่วนห้องชุด

1.1.1 แผง PP2

-แผง PP2 จ่ายห้องชุดชนิด A จำนวน 12 ห้อง และห้องชุดชนิด B จำนวน 4 ห้อง

-ห้องชุดชนิด A พท. 20 ตร.ม. 1 ห้องน้ำ Demand Load 3300 VA

-ห้องชุดชนิด B พท. 27.7 ตร.ม. 1 ห้องน้ำ Demand Load 3993 VA

-คิดค่า Co-Incident Factor ตามกฎ กฟน. จะได้ Co-Incident Load = 48,034.8 VA Feeder 4-50,1-10, 2" CB 100AT/100AF 3P

1.1.2 แผง PP4, PP6 เหมือน 1.1.1

1.1.3 แผง PP8

-แผง PP8 จ่ายห้องชุดชนิด A จำนวน 6 ห้อง ห้องชุดชนิด B จำนวน 2 ห้อง, ห้องชุดชนิด C จำนวน 2 ชุด และห้องชุดชนิด D จำนวน 2 ชุด

-ห้องชุดชนิด A พท. 20 ตร.ม. 1 ห้องน้ำ Demand Load 3300 VA

-ห้องชุดชนิด B พท. 27.7 ตร.ม. 1 ห้องน้ำ Demand Load 3993 VA

-ห้องชุดชนิด C พท. 40 ตร.ม. 1 ห้องน้ำ Demand Load 5100 VA

-ห้องชุดชนิด D พท. 47.7 ตร.ม. 1 ห้องน้ำ Demand Load 5793 VA

-คิด Co-Incident Factor ตามกฎ กฟน. จะได้ Co-Incident Load = 43954.8 VS Feeder 4-50, 1-10, 2" CB 100AT/100AF 3P

1.1.4 แผง PP10

-แผง PP10 จ่ายห้องชุดชนิด C จำนวน 4 ห้อง ห้องชุดชนิด D จำนวน 4 ห้อง

-ห้องชุดชนิด C พท. 40 ตร.ม. 1 ห้องน้ำ Demand Load 5100 VA

-ห้องชุดชนิด D พท. 47.7 ตร.ม. 1 ห้องน้ำ Demand Load 5793 VA

-คิดค่า Co-Incident Factor ตามกฎ กฟน. จะได้ Co-Incident Load = 39214.8 VA Feeder 4-50, 1-10, 2" CB 100AT/100AF 3P

1.1.5 รวมส่วนของห้องชุด

-ส่วนของห้องชุดทั้งหมด ประกอบด้วยห้องชุดชนิด A จำนวน 42 ห้อง, ห้องชุดชนิด B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำนวน 14 ชุด, ห้องชุดชนิด C จำนวน 6 ชุด และห้องชุดชนิด D จำนวน 6 ชุด

คิด Co-Incident Load

-ห้องชุดที่ 1-10 x 0.9 ; (6D + 4C) x 0.9

= 55,158 x 0.9 = 49,642.2 VA

-ห้องชุดที่ 11-20 x 0.8 ; (2C + 8B) x 0.8

= 42,144 x 0.8 = 33,715.2 VA

-ห้องชุดที่ 21-30 x 0.7 ; (6B + 4A) x 0.7

= 37,158 x 0.7 = 26,010.6 VA

-ห้องชุดที่ 31-40 x 0.6 ; (10A) x 0.6

= 33,000 x 0.6 = 19,800 VA

-ห้องชุดที่ 41 ขึ้นไป x 0.5 ; (28A) x 0.5

= 46,200 x 0.5 = 23,100 VA

-รวม Co-Incident Load = 152,268 VA

1.2 ส่วนกลาง

1.2.1 แสงสว่างส่วนกลาง	8,280	VA
1.2.2 สำรองสำหรับห้องเอนกประสงค์	20,160	VA
1.2.3 แผง SMCC จ่ายปั๊มน้ำประปา,บ่อบำบัด	31,290	VA
1.2.4 ลิฟท์	50,000	VA
รวมภาระไฟฟ้าส่วนกลาง	109,730	VA

1.3 ภาระไฟฟ้าทั้งหมด

-รวมความต้องการภาระไฟฟ้าส่วนห้องชุดและส่วนกลางทั้งหมด = 261,998 VA

-ขนาดหม้อแปรง = 1.25x261,998 VA

= 327,497.50 VA

เลือกขนาดหม้อแปรง 500 KVA

2. การคำนวณค่ากระแสลัดวงจร

สูตรการคำนวณลัดวงจร

2.1 กรณีกำหนดขนาดและ IMPEDANCE VOLTAGE หม้อแปลง

TOTZ - IMPEDANCE VOLTAGE (เปอร์ยูนิต)

ISCAMP - กระแสลัดวงจร (แอมแปร์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ISCPU - กระแสลัดวงจร (เปอร์ยูนิต)

BASEA - กระแสฐาน (แอมแปร์)

กระแสลัดวงจรเป็นเปอร์ยูนิต

ISCPU = 1/TOTZ

กระแสลัดวงจรเป็นแอมแปร์

ISCAMP = BASEA x ISCPU

2.2 กรณีกำหนดขนาดกระแสลัดวงจรต้นทางสาย และหา IC ที่ปลายสาย

ZSTART - อิมพีแดนซ์ต้นทาง (เปอร์ยูนิต)

IC - ขนาดกระแสลัดวงจรต้นทาง (KA)

R - ความต้านทานสาย

X - รีแอคแตนซ์ของสาย

TOTZ - อิมพีแดนซ์รวม

BASEZ - อิมพีแดนซ์ฐาน

กระแสลัดวงจรที่ปลายสาย

ZSTART = 1./((ICx1000)/BASE A)

TOTZ = $\sqrt{((R/BASE\ Z)^2 + ((X/BASE\ Z)+ZSTART)^2)}$

ISCAMP = BASE A x (1/TOTZ)

ตัวอย่างการคำนวณกระแสลัดวงจร

คำนวณกระแสลัดวงจรหลังหม้อแปรง

หม้อแปรง 500 KVA 12/24 KV PRI. 416/240 V SEC. 4% IMP. VOLT

กระแสฐาน = 500/(1.732x0.380) = 759.69 A

กระแสลัดวงจร = 759.69/0.04 = 18,992 A

คำนวณกระแสลัดวงจรที่แผงเมน MDB

ระยะทางจากหม้อแปรงถึงแผง MDB = 31 ม.

กระแสลัดวงจรต้นทาง = 18,992 A.

ขนาดสาย = 185 มม.^{2} 2 ชุด

อิมพีแดนซ์สาย = (0.0012 + j0.000134)/2 โอห์ม/ม.

อิมพีแดนซ์สาย 2 ชุด 31 ม. = 0.00186 + j0.002077

อิมพีแดนซ์ฐาน = $KV^2/MVA = (0.38)^2/0.5 = 0.2888$

อิมพีแดนซ์รวม = $\sqrt{((R/BASEZ)^2 + ((X/BASEZ)+1/((ICX1000)/กระแสฐาน))^2}$

$= \sqrt{((0.00186/0.288)^2 + ((0.002077/0.288)+1/((18.992x1000)/759.69))^2}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ในเชิงพาณิชย์ ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

24

$$= \sqrt{(4.148\times10^{-5} + 2.227\times10^{-3})}$$

$$= 0.047628$$

กระแสลัดวงจร $= 759.69\times(1/0.047628)$

$$= 15950 \text{ A}$$

จากสูตร,ค่าอิมพีแดนซ์ และตัวอย่างการคำนวณข้างต้น จะได้ค่าผลลัพธ์ของจุดต่าง ๆโดยการใช้ Computor คำนวณตามข้อมูลต่าง ๆดังต่อไปนี้

ต้นทาง	IC ต้นทาง (KA)	ปลายทาง	ขนาดตัวนำ ($mm.^2$)	ระยะทาง (m.)	IC ปลายทาง (KA)
MDB-F1	15.95	PP2	50	3.5	15.26
MDB-F2	15.95	PP4	50	10	13.74
MDB-F3	15.95	PP6	50	17	12.08
MDB-F4	15.95	PP8	50	23	10.79
MDB-F5	15.95	PP10	50	30	9.50
MDB-F6	15.95	DB FOR LIFT	50	40	8.04
MDB-F7	15.95	LC1	25	2	15.45
MDB-F8	15.95	LC7	25	20	8.92
MDB-F9	15.95	CB	25	25	5.72

3.การคำนวณค่าศักดาไฟฟ้าตก

จากสูตรที่ได้กล่าวมาคำนวณศักดาไฟฟ้าตกในสายขนาด 50 มม^2 ไปจ่ายแผง PP10 ที่ชั้น 10ชั้น มีระยะทางจาก MDB ทั้งหมด 30 ม.

ศักดาไฟฟ้าตก $= 30x|R+jX|xI$

$= 30x|0.000471 + j0.000150| \times 100$

$= 1.4818$ โวลท์

$= (1.4818x100)/220 = 0.6735$ %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากสูตร,ค่าอิมพีแดนซ์ และตัวอย่างการคำนวณข้างต้น จะได้ผลลัพธ์ของจุดต่าง ๆ โดยการใช้ Computor คำนวณตามข้อมูลต่าง ๆดังต่อไปนี้

3.1 Feeder MDB-F1 ขนาดสาย 50 มม.^{2} จ่าย PP2 ระยะทาง = 3.5 ม.

ค่าศักดาไฟฟ้าตก = 0.17 โวลท์

= 0.08 %

3.2 Feeder MDB-F5 ขนาดสาย 50 มม.^{2} จ่าย PP10 ระยะทาง 30 ม.

ค่าศักดาไฟฟ้าตก = 1.48 โวลท์

= 0.67 %

3.3 Feeder MDB-F7 ขนาดสาย 50 มม.^{2} จ่าย DB FOR LIFT ระยะทาง 40 ม.

ค่าศักดาไฟฟ้าตก = 1.50 โวลท์

= 0.68 %

3.4 Feeder MDB-F8 ขนาดสาย 25 มม.^{2} จ่าย CB ชั้นหลังคาระยะทาง 37 ม.

ค่าศักดาไฟฟ้าตก = 1.66 โวลท์

= 0.76 %

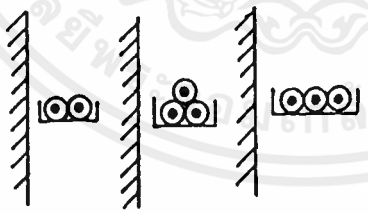
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Ampacity for conductor/cable installed in tray or ladder.

Note 1. This Table is applicable for conductor/cable types PD-IV, PD-THW and PD-NYY and PD-NYY (1/C). Conditions of installation are as listed.

Note 2. - 40 °C ambient, 70 °C conductor.
- 100% Load factor.

Conductor Size Sq.mm.	2 single Conductors touching	3 single Conductors trefoil	3 single Conductors touching
6	46	37	39
10	64	52	55
16	86	71	74
25	114	96	99
35	141	119	124
50	171	145	151
70	218	188	196
95	264	230	239
120	306	267	278
150	353	310	323
185	403	354	371
240	475	419	438
300	547	484	506
400	656	578	607
500	755	659	693



Condition of Installation.

- Single core cables installed touching in tray or ladder in free air.
- Tray can be perforated or unperforated. Perforated tray shall have a regular pattern of holes occupying not less than 30% of the surface area. For ladder, the metal work under the cables must occupy less than 10% of the plan area.
- Clearance to wall not less than 20 mm.
- Vertical space between trays not less than 300 mm.

TEMPERATURE CORRECTION FACTOR

Degree C.	Multiplying Factor
20	1.291
25	1.225
30	1.155
35	1.080
45	0.913
50	0.816
55	0.707
60	0.577

ตารางที่5 ค่ากระแสของตัวนำที่วางในราง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Ampacity for conductor/cable installed in ground, 30 °C ambient, 70 °C conductor

Note 1. This Table is applicable for conductor/cable types PD-IV, PD-THW, PD-VAF and PD-NYY where installed in duct in ground and for PD-NYY for direct burial.

Note 2. Soil thermal resistivity = 1.0 K.M/W., 100% Load factor (LF).

CAPACITY FOR MEA'S INSTALLATION REGULATION

IEC NO. 364-5-523

Ampacity for 70 cm. depth.

- Multicore Cable in ducts in ground.
- Single Core Cable in ducts in ground.
- Single and multicore cables direct in ground.

Conductor Size Sq.mm.	Diameter of Conductor (mm)	3-1C in RSC 15 cm Depth.	3C in HDPE 15 cm Depth.	3C in HDPE pipe 45 cm Depth.	3 C Direct buried 60 cm. Depth.	2 cores	3 cores
1	1.13	17	15	14	20	19	16
1	1.20	17	15	14	21	19	16
1.5	1.38	22	19	17	25	24	20
1.5	1.50	22	19	17	26	24	20
2.5	1.78	28	25	22	33	33	26
2.5	2.01	29	25	23	34	33	26
4	2.25	37	33	29	43	43	35
4	2.55	38	34	30	44	43	35
6	3.12	47	42	37	56	53	44
10	4.05	63	58	50	74	70	57
16	5.10	83	76	67	95	90	75
25	6.42	108	102	88	124	116	96
35	7.65	133	125	107	150	139	115
50	8.90	158	150	129	176	165	136
70	10.70	197	190	161	218	204	167
95	12.60	244	235	197	261	240	199
120	14.21	284	270	228	296	274	226
150	15.75	325	307	258	333	309	256
185	17.64	370	353	297	375	348	286
240	20.25	440	420	347	436	400	330
300	22.68	510	487	396	489	453	374
400	25.65	599					
500	28.80	683					
		TIS 11-2531 Table 6	TIS 11-2531 Table 7	TIS 11-2531 Table 7	TIS 11-2531 Table 7	Applied for LF = 1.0	Applied for LF = 1.0

ตารางที่6 ค่ากระแสของตัวนำที่วางใต้พื้นผิว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Ampacity for conductor/cable in conduit.

Note 1. This Table is applicable for conductor/cable types XHHW (Copper conductor, XLPE insulation) installed in conduit or other closed raceway in wall or on wall in air

Note 2. - Conditions of installation are as listed.
- 40 °C ambient, 90 °C conductor.
- 100% Load factor.

Conductor Size Sq.mm.	Condition A		Condition B	
	2 loaded conductors	3 loaded conductors	2 loaded conductors	3 loaded conductors
2.5	24	21	28	25
4	32	28	38	34
6	41	36	49	44
10	56	49	67	60
16	74	66	91	81
25	96	86	121	106
35	119	106	149	131
50	144	128	180	159
70	182	163	231	202
95	219	197	278	245
120	253	227	322	284
150	289	259	370	326
185	329	295	422	371
240	386	346	497	438
300	442	396	571	504
400	529	468	684	603
500	607	537	786	692

ตารางที่7 ค่าของตัวนำที่อยู่ในท่อร้อยสายไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

VOLTAGE DROP

CONDUCTOR TYPE PD-IV AND PD-THW RUN IN METALLIC CONDUIT

CONDUCTOR CROSS SECTION SQMM.	AC(r) RESISTANCE AT 70° C IN METALLIC CONDUIT Ω/KM	INDUCTIVE REACTANCE X IN METALLIC CONDUIT Ω/KM	Three phase effective resistance per unit length $\sqrt{3}$ (rcosθ + Xsinθ) at 70° c various power factor Ω/KM				
			1.00 Ω/KM	0.95 Ω/KM	0.90 Ω/KM	0.85 Ω/KM	0.80 Ω/KM
2.5	8.8658	0.1949	15.3560	14.6936	13.9676	13.2304	12.4874
4	5.5157	0.1811	9.5535	9.1737	8.7349	8.2857	7.8310
6	3.6851	0.1735	6.3828	6.1575	5.8755	5.5837	5.2865
10	2.1895	0.1768	3.7923	3.6983	3.5466	3.3848	3.2176
16	1.3759	0.1712	2.3831	2.3566	2.2741	2.1819	2.0844
25	0.8698	0.1621	1.5065	1.5189	1.4783	1.4285	1.3737
35	0.6332	0.1558	1.0967	1.1262	1.1047	1.0744	1.0393
50	0.4723	0.1533	0.8180	0.8601	0.8520	0.8352	0.8138
70	0.3303	0.1468	0.5721	0.6229	0.6257	0.6202	0.6102
95	0.2425	0.1409	0.4200	0.4751	0.4842	0.4854	0.4822
120	0.1940	0.1412	0.3360	0.3956	0.4090	0.4144	0.4156
150	0.1587	0.1397	0.2749	0.3367	0.3529	0.3611	0.3651
185	0.1281	0.1359	0.2219	0.2843	0.3023	0.3126	0.3187
240	0.1019	0.1319	0.1765	0.2390	0.2584	0.2704	0.2783
300	0.0834	0.1312	0.1445	0.2082	0.2291	0.2425	0.2519

ตารางที่8 แรงเคลื่อนตกในท่อร้อยสายไฟ(3เฟส)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

VOLTAGE DROP

CONDUCTOR TYPE PD-IV AND PD-THW RUN IN METALLIC CONDUIT

CONDUCTOR CROSS SECTION SQ.MM.	AC(r) RESISTANCE AT 70° C IN METALLIC CONDUIT Ω/KM	INDUCTIVE REACTANCE X IN METALLIC CONDUIT Ω/KM	Single phase effective resistance per unit length 2 (rcosΘ + Xsinθ) at 70° c various power factor - - - Ω/KM				
			1.00 Ω/KM	0.95 Ω/KM	0.90 Ω/KM	0.85 Ω/KM	0.80 Ω/KM
2.5	8.8658	0.1949	17.7316	16.9667	16.1283	15.2772	14.4192
4	5.5157	0,1811	11.0314	10.5929	10.0861	9.5675	9.0424
6	3.6851	0.1735	7.3702	7.1100	6.7844	6.4475	6.1044
10	2.1895	0.1768	4.3790	4.2705	4.0952	3.9084	3.7154
16	1.3759	0.1712	2.7518	2.7211	2.6259	2.5194	2.4069
25	0.8698	0.1621	1.7398	1.7539	1.7070	1.6494	1.5862
35	0.6332	0.1558	1.2664	1.3004	1.2757	1.2406	1.2001
50	0.4723	0.1533	0.9446	0.9931	0.9838	0.9644	0.9396
70	0.3303	0.1468	0.6606	0.7192	0.7225	0.7162	0.7046
95	0.2425	0.1409	0.4850	0.5486	0.5592	0.5605	0.5568
120	0.1940	0.1412	0.3880	0.4568	0.4723	0.4786	0.4798
150	0.1587	0.1397	0.3174	0.3888	0.4074	0.4170	0.4216
185	0.1281	0.1359	0.2562	0.3283	0.3491	0.3609	0.3680
240	0.1019	0.1319	0.2038	0.2760	0.2984	0.3122	0.3213
300	0.0834	0.1312	0.1668	0.2404	0.2645	0.2800	0.2909

ตารางที่9 แรงเคลื่อนตกในท่อร้อยสายไฟ(1เฟส)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

VOLTAGE DROP
CONDUCTOR TYPE PD-THW RUN IN NON-METALLIC CONDUIT
TYPE PD-NYY RUN IN AIR OR DIRECT BURYING IN GROUND

CONDUCTOR CROSS SECTION	AC(r) RESISTANCE AT 75° C	INDUCTIVE REACTANCE X	Three phase effective resistance per unit length $\sqrt{3}$ (rcosΘ + XsinΘ) at 70° c various power factor Ω/KM				
SQ.MM.	Ω/KM	Ω/KM	1.00 Ω/KM	0.95 Ω/KM	0.90 Ω/KM	0.85 Ω/KM	0.80 Ω/KM
2.5	8.8658	0.1548	15.3560	14.6719	13.9373	13.1939	12.4457
4	5.5157	0.1438	9.5535	9.1536	8.7067	8.2517	7.7922
6	3.6851	0.1380	6.3828	6.1383	5.8487	5.5513	5.2496
10	2.1895	0.1413	3.7923	3.6791	3.5198	3.3524	3.1807
16	1.3759	0.1366	2.3831	2.3379	2.2479	2.1503	2.0485
25	0.8698	0.1293	1.5065	1.5011	1.4535	1.3985	1.3396
35	0.6269	0.1235	1.0858	1.0963	1.0705	1.0356	0.9970
50	0.4630	0.1233	0.8019	0.8285	0.8148	0.7941	0.7697
70	0.3207	0.1172	0.5555	0.5911	0.5884	0.5791	0.5662
95	0.2309	0.1136	0.3999	0.4414	0.4457	0.4436	0.4380
120	0.1840	0.1121	0.3187	0.3634	0.3715	0.3732	0.3715
150	0.1493	0.1121	0.2586	0.3063	0.3174	0.3221	0.3234
185	0.1196	0.1094	0.2072	0.2560	0.2690	0.2759	0.2794
240	0.0918	0.1073	0.1590	0.2091	0.2241	0.2331	0.2387
300	0.0737	0.1066	0.1277	0.1789	0.1954	0.2058	0.2129

ตารางที่10 แรงเคลื่อนตกในท่อPVC(3เฟส)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

VOLTAGE DROP
CONDUCTOR TYPE PD-THW RUN IN NON-METALLIC CONDUIT
TYPE PD-NYY RUN IN AIR OR DIRECT BURYING IN GROUND

CONDUCTOR CROSS SECTION	AC(r) RESISTANCE AT 70° C	INDUCTIVE REACTANCE X	Single phase effective resistance per unit length 2 (rcosΘ+XsinΘ) at 70° c various power factor Ω/KM				
			1.00	0.95	0.90	0.85	0.80
SQ.MM.	Ω/KM	Ω/KM	Ω/KM	Ω/KM	Ω/KM	Ω/KM	Ω/KM
2.5	8.8658	0.1548	17.7316	16.9417	16.0934	15.2350	14.3710
4	5.5157	0.1438	11.0314	10.5696	10.0536	9.5282	8.9977
6	3.6851	0.1380	7.3702	7.0879	6.7535	6.4101	6.0618
10	2.1895	0.1413	4.3790	4.2483	4.0643	3.8710	3.6728
16	1.3759	0.1366	2.7518	2.6995	2.5957	2.4829	2.3653
25	0.8698	0.1293	1.7396	1.7334	1.6784	1.6149	1.5468
35	0.6269	0.1235	1.2538	1.2682	1.2361	1.1958	1.1512
50	0.4630	0.1233	0.9260	0.9567	0.9409	0.9170	0.8888
70	0.3207	0.1172	0.6414	0.6825	0.6794	0.6687	0.6538
95	0.2309	0.1136	0.4618	0.5097	0.5147	0.5122	0.5058
120	0.1840	0.1121	0.3680	0.4196	0.4289	0.4309	0.4289
150	0.1493	0.1121	0.2986	0.3537	0.3665	0.3719	0.3734
185	0.1196	0.1094	0.2392	0.2956	0.3107	0.3186	0.3226
240	0.0918	0.1073	0.1836	0.2414	0.2588	0.2691	0.2756
300	0.0737	0.1066	0.1474	0.2066	0.2256	0.2376	0.2458

ตารางที่11 แรงเคลื่อนตกในท่อPVC(1เฟส)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. การไฟฟ้านครหลวง,"กฎการเดินสายและติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้า"กฟน.,2532
2. N.F.P.A.,National Electric Code Handbook,Fourth Edition,1987.
3. IPCEA-NEMA Standards Pulbication-Ampacities of Cable in Open Top Cable Trays-IPCEA Publication No.P-54-440-May 12,1975.
4. IEEE-IPCEA Power Cable Ampacities, IEEE S1-135, IPCEA p46-426-Second Edition.
5. Phelpsdodge Thailand Limited,"DESIGN MANUAL ON ELECTRICAL CONDUCTOR FOR INTERIOR WIRING"p99-p102- First Edition December 15,1992
6. Ajit K.Hiranandani P.E.; IEEE Transaction on Power Delivery, p1521-p1526 Vol 4,No. 3,july 1989

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้