



O-ST 001

การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 6
The 6th STOU National Research Conference

การพัฒนาโปรแกรมช่วยคำนวณหาค่ากระแสและแรงดันตก

ในระบบไฟฟ้าแรงดันต่ำ

Development of Current and Voltage Drop Calculation Program
in Low - Voltage Systems

บุญเลิศ สื่อน้อย (Boonlert Suechoey)¹ ศุภชัย พงษาชัย (Supachai Pongsachai)²

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้เป็นการศึกษาและออกแบบโปรแกรมคำนวณหาค่ากระแสและแรงดันตกในระบบไฟฟ้าแรงดันต่ำสำหรับงานออกแบบระบบไฟฟ้าของอาคารและนำผลการคำนวณที่ได้ไปตรวจสอบกับมาตรฐานโดยที่การคำนวณค่าแรงดันตกในงานวิจัยจะเป็นไปตามมาตรฐาน NEC คือ แรงดันตกจากสายประธานจนถึงเครื่องใช้ไฟฟ้าไม่เกิน 5% โดยที่แรงดันตกในสายป้อนไม่เกิน 2% และแรงดันตกในสายวงจรย่อยไม่เกิน 3% ส่วนการคำนวณหาอิมพีแดนซ์ของสายไฟฟ้าจะอ้างอิงขนาดพื้นที่หน้าตัดตามมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ. 2556 โดยรูปแบบของโปรแกรมคำนวณจะใช้โปรแกรมเอ็กเซลพัฒนาขึ้นมาเพื่อติดต่อกับผู้ใช้งาน โดยการกรอกค่าพารามิเตอร์หลักที่ใช้คำนวณลงบนหน้าต่างของโปรแกรมเพื่อนำไปคำนวณหาค่ากระแสและแรงดันตกดังนี้ 1) ที่แผงประธานไฟฟ้าของอาคาร 2) ที่แผงกระจายไฟฟ้าของอาคาร 3) ที่แผงจ่ายวงจรย่อยของอาคาร 4) ที่โหลดไฟฟ้า จากการวิจัยพบว่าผลการคำนวณของโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมานี้มีความถูกต้องตรงตามการคำนวณทางทฤษฎีและสามารถนำไปใช้งานได้เป็นอย่างดี

คำสำคัญ: แรงดันตก ระบบไฟฟ้าแรงดันต่ำ โปรแกรมเอ็กเซล

¹ อาจารย์ สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์

² นักศึกษา สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์



การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 6

The 6th STOU National Research Conference

Abstract

This research article is the study and design of calculation program of current and Voltage drop in Low Voltage Systems for Electrical Systems Design of the building. The values from the calculation will be used to determine with standard. Voltage Drop calculation of research in accordance with National Electrical Code (NEC) standard. The allowable voltage drop shall be no more than 5% between service line and load. The allowable voltage drop shall be no more than 2% drop in a feeder line and the allowable voltage drop shall be no more than 3% in a branch circuit. The calculation for the impedances of cables will refer to the cross - sectional areas specified in Thai Electrical Code 2013. The format of the calculation program will apply an Excel Program develop to communicate with the users by filling the parameters in the windows of the program. Then calculate values current and voltage drop the following values 1) The Main Distribution Board of building 2) The Distribution Board of building 3) The Load Panel of building 4) The Electrical Load. From the results of this research it found that the developed program can accurately calculate to conform to the theoretical method, and can be used well in practical



Keywords: Voltage drop, Low voltage system, Excel Program



การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 6

The 6th STOU National Research Conference

1. บทนำ

ในงานออกแบบระบบไฟฟ้าสำหรับอาคารพักอาศัยหรือสถานประกอบการต่างๆ นั้น วิศวกรไฟฟ้าจำเป็นต้องทำการคำนวณหาค่าแรงดันตกในระบบ เพื่อนำค่าที่คำนวณได้ไปตรวจสอบและวิเคราะห์ว่าเป็นไปตามที่มาตรฐานกำหนดหรือไม่ โดยเฉพาะเมื่อมีการจ่ายโหลดที่มีระยะไกลมากๆ หากเลือกสายไฟฟ้าที่มีขนาดเล็กหรือไม่เหมาะสมทำให้ค่าแรงดันที่ปลายทางหรือโหลดมีค่าลดลงเกินกว่ามาตรฐานกำหนดจะทำให้เกิดปัญหากับบริภัณฑ์ไฟฟ้าต่างๆ ได้ เช่น ค่าความสว่างของหลอดไฟฟาลดลงเพราะความสว่างของหลอดไฟฟ้าจะแปรตามแรงดันยกกำลังสองเมื่อค่าแรงดันตกกลงไปจะทำให้ความสว่างลดลงเป็นอันมากถ้าเป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์การที่แรงดันตกจะทำให้การสตาร์ทยากบัลลาสต์ร้อนเกินไปหรือถ้ามีการใช้งานมอเตอร์ในสภาวะแรงดันไฟฟ้าต่ำกว่าปกติจะมีผลทำให้กระแสไฟฟ้าที่ป้อนให้มอเตอร์เพิ่มขึ้นซึ่งจะทำให้เกิดความสูญเสียด้านความร้อนเพิ่มขึ้นในขดลวดสเตเตอร์และโรเตอร์เป็นต้น ดังนั้นจึงต้องมีการคำนวณหาค่ากระแสไฟฟ้าและแรงดันตกเพื่อลดปัญหาต่างๆ ดังที่กล่าวมา ซึ่งโปรแกรมเอ็กเซลที่ใช้ในสำนักงานทั่วไปสามารถแก้ปัญหาและลดค่าใช้จ่ายในการซื้อโปรแกรมสำเร็จรูปได้

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

- 1) เพื่อศึกษาทฤษฎีและวิธีการคำนวณหาค่ากระแสและแรงดันตกในระบบไฟฟ้าแรงดันต่ำสำหรับงานออกแบบระบบไฟฟ้าประกอบอาคาร
- 2) เพื่อนำโปรแกรมเอ็กเซลมาประยุกต์ใช้ในงานออกแบบระบบไฟฟ้าประกอบอาคารและช่วยลดระยะเวลาในการทำงาน
- 3) เพื่อเขียนโปรแกรม Visual Basic for Applications ที่มีอยู่ในโปรแกรมเอ็กเซลและนำไปใช้สร้างโปรแกรมช่วยในการคำนวณ
- 4) เพื่อเป็นแนวทางในการนำโปรแกรมเอ็กเซลไปคำนวณเรื่องอื่นๆ ในงานออกแบบวิศวกรรมไฟฟ้าประกอบอาคารหรือการใช้งานด้านอื่นๆ ภายในสำนักงาน

3. กรอบแนวคิดในการวิจัย

ทำการวิจัยโดยออกแบบโปรแกรมเพื่อช่วยคำนวณหาค่ากระแสไฟฟ้าและแรงดันตกในสายป้อนจากแผงประธานไฟฟ้าถึงวงจรย่อยแบบ 3 เฟส 4 สาย สำหรับกรณีรับไฟแรงสูงจากการไฟฟ้าเท่านั้น โดยจะทำการสร้างฟังก์ชันสำหรับเก็บค่าโวลต์และแอมป์ของสายไฟฟ้าโดยใช้ภาษา Visual Basic for Applications ที่มีอยู่ในโปรแกรมเอ็กเซลมาช่วยในการเขียนโปรแกรมและให้โปรแกรมแสดงผลพร้อมออกมาทางแผนภาพไดอะแกรม

4. ระเบียบวิธีวิจัย

4.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

แรงดันตก (Voltage drop) คือความแตกต่างระหว่างขนาดแรงดันไฟฟ้าที่จุดแหล่งจ่ายต้นทางและจุดรับไฟฟ้าโดยคำนวณตามมาตรฐาน NEC กำหนดแรงดันตกจากสายประธานจนถึงเครื่องใช้ไฟฟ้า (Load) ไม่เกิน 5% โดยแบ่งเป็นดังนี้



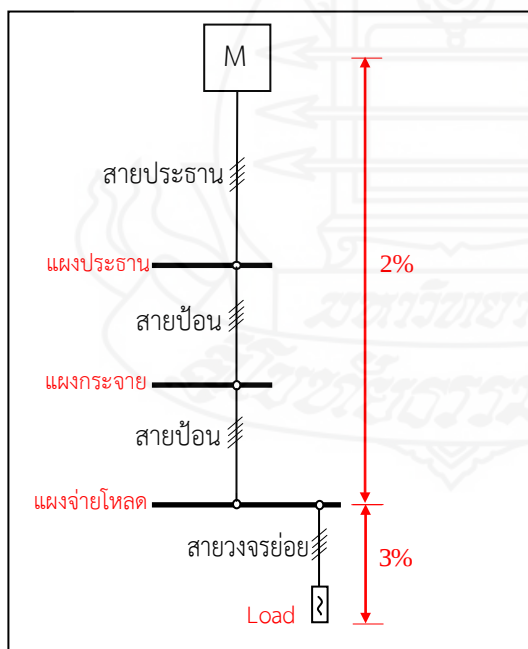
การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 6
The 6th STOU National Research Conference

1) กรณีรับไฟแรงดันต่ำจากการไฟฟ้า แรงดันตกคิดจากเครื่องวัดไฟฟ้าจนถึงจุดใช้ไฟจุดสุดท้าย รวมกันต้องไม่เกิน 5% จากแรงดันที่ระบุ

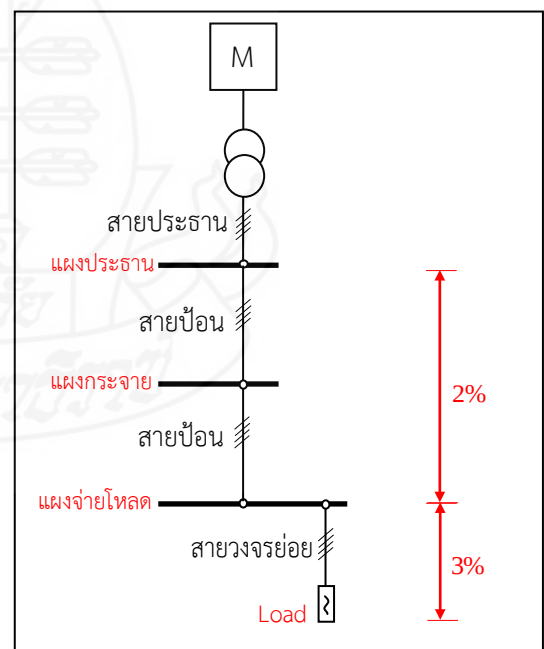
2) กรณีรับไฟแรงสูงจากการไฟฟ้า แรงดันตกคิดจากบริษัทประธานแรงต่ำจนถึงจุดใช้ไฟจุดสุดท้ายรวมกันต้องไม่เกิน 5% จากแรงดันที่ระบุ

การคำนวณหาค่าแรงดันตกให้อยู่ในเกณฑ์ที่มาตรฐานกำหนดจะทำให้มั่นใจได้ว่าจะสามารถใช้งาน อุปกรณ์และสายไฟฟ้าได้อย่าง ถูกต้อง,ปลอดภัยและมีประสิทธิภาพ โดยที่การคำนวณนั้นจำเป็นที่จะต้องรู้ค่าทาง ไฟฟ้าที่จำเป็นหลายอย่าง เช่น กำลังไฟฟ้า ใช้งานสูงสุดของโหลดไฟฟ้าที่สายป้อนหรือสายวงจรย่อยจ่าย กระแสไฟฟ้าให้,ค่ากระแสไฟฟ้าสูงสุด,ค่าความต้านทานและค่ารีแอคแตนซ์ของสายไฟฟ้าเป็นต้น ดังนั้นจึงต้องมีการ กำหนดขั้นตอนและวิธีการคำนวณอย่างเป็นลำดับเพื่อลดความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้น โดยที่งานวิจัยนี้จะแสดง รูปแบบและแสดงผลการคำนวณออกมาให้เห็นเป็นแบบแผนภาพไดอะแกรมเพื่อให้ง่ายต่อการเข้าใจ โดยแผนภาพ ไดอะแกรมที่ทำการสร้างขึ้นจะแสดงให้เห็นถึงค่ากระแสไฟฟ้าของแผงจ่ายไฟและค่าของแรงดันตกที่เกิดขึ้นดังนี้

- 1) แรงดันตกในสายป้อนจากแผงประธาน (Main distribution board) ถึงแผงกระจายไฟฟ้า (Distribution board)
- 2) แรงดันตกในสายป้อนจากแผงกระจายไฟฟ้าถึงแผงจ่ายโหลดวงจรย่อย (Load panel)
- 3) แรงดันตกในสายวงจรย่อยจากแผงจ่ายโหลดวงจรย่อยถึงอุปกรณ์ไฟฟ้า (Load)



ภาพที่ 1 กรณีรับไฟแรงดันต่ำจากการไฟฟ้า



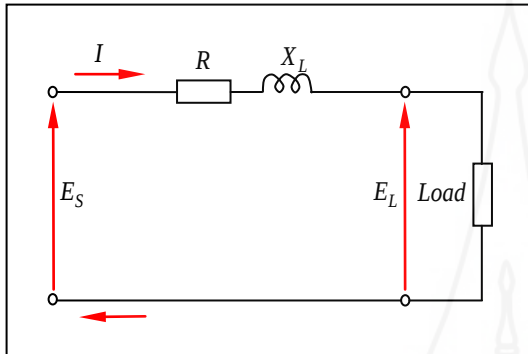
ภาพที่ 2 กรณีรับไฟแรงดันสูงจากการไฟฟ้า



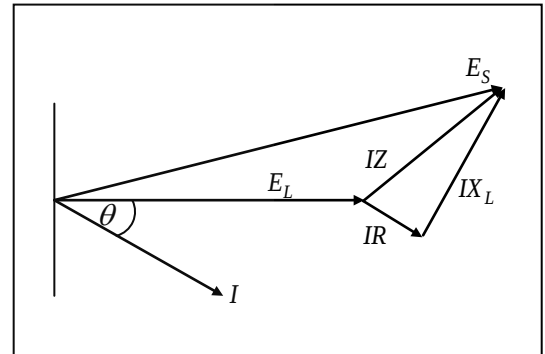
การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 6
The 6th STOU National Research Conference

4.2 ขั้นตอนการคำนวณหาค่าแรงดันตก (Voltage Drop)

การหาค่าแรงดันตกเป็นการหาค่าแรงดันไฟฟ้าที่ปลายทางเทียบกับต้นทางโดยสามารถเขียนเป็น
วงจรสมมูลและเฟสเซอร์ไดอะแกรมได้ดังนี้



ภาพที่ 3 วงจรสมมูล



ภาพที่ 4 เฟสเซอร์ไดอะแกรม

จากภาพที่ 4 สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$E_S = E_L + (IR \cos \theta + I X_L \sin \theta) \quad (1)$$

$$E_S = E_L + I \times (R \cos \theta + X_L \sin \theta) \quad (2)$$

โดยที่แรงดันตก $= E_S - E_L$

$$E_S - E_L = I \times (R \cos \theta + X_L \sin \theta) \quad (3)$$

$$V_D = I \times (R \cos \theta + X_L \sin \theta) \quad (4)$$

โดยการคิดค่าแรงดันตกจะพิจารณาออกเป็น 2 แบบ ดังนี้

1) แรงดันตกในวงจร 3 เฟส ความยาวสาย (L) คิดจากต้นทางจนถึงปลายทางเพียงเที่ยวเดียวโดย
ตั้งสมมติฐานว่าวงจรสมมูลกระแสไหลกลับเป็นศูนย์สำหรับกระแสศูนย์ด้วย $\sqrt{3}$ เพื่อเปลี่ยนเป็น Line current จะได้
ดังนี้

$$V_D = \sqrt{3} \times I (R \cos \theta + X_L \sin \theta) \times L \quad (5)$$

ทำเป็นเปอร์เซ็นต์โดยหารด้วยระบบแรงดันและสำหรับระบบแรงดัน 400/230 V จะได้

$$\%V_D = \frac{V_D}{400} \times 100 \quad (6)$$



การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 6
The 6th STOU National Research Conference

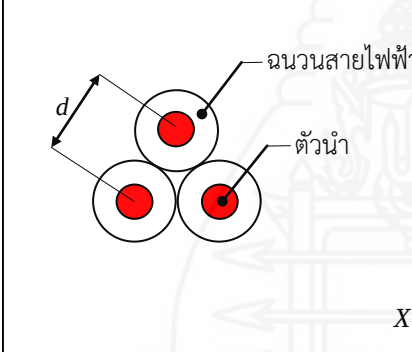
2) แรงดันตกในวงจร 1 เฟส โดยปกติแรงดันตกจะเกิดทั้งขาไปและกลับเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$V_D = 2 \times I (R \cos \theta + X_L \sin \theta) \times L \quad (7)$$

ทำเป็นเปอร์เซ็นต์โดยหารด้วยระบบแรงดันและสำหรับระบบแรงดัน 400/230 V จะได้

$$\%V_D = \frac{V_D}{230} \times 100 \quad (8)$$

การคำนวณหาแรงดันตกนั้นจะเป็นการหาค่าสูงสุด ดังนั้นในการคำนวณจึงใช้ค่าความต้านทานกระแสลับที่อุณหภูมิปกติใช้งานของสายไฟฟ้าคือ 70°C สำหรับสายฉนวนพีวีซี ส่วนค่ารีแอกแตนซ์หรือค่า X_L ของสายไฟฟ้าจะเปลี่ยนแปลงตามวิธีการวางสายไฟฟ้าโดยค่าอิมพีแดนซ์ของสายไฟฟ้าแรงดันต่ำในงานวิจัยจะพิจารณาใช้ดังนี้



$$Z_L = \sqrt{R^2 + X_L^2} \quad (9)$$

$$R = \frac{\rho}{A} \quad (10)$$

$$X_L = f \mu_0 \left(\frac{0.25}{n} + \ln \frac{d}{r} \right) \quad (11)$$

ภาพที่ 5 การวางสายไฟฟ้าแบบ Trefoil Formation

โดยที่

R คือ ความต้านทานประสิทธิผลต่อหน่วยความยาวของสายไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 20°C ($m\Omega/m$)

ρ คือ ค่าความต้านทานจำเพาะของตัวนำมีค่าดังนี้

$$\text{* สำหรับทองแดง} = \frac{1}{54} \quad \Omega \text{mm}^2/\text{m}$$

$$\text{* สำหรับอลูมิเนียม} = \frac{1}{34} \quad \Omega \text{mm}^2/\text{m}$$

A คือ พื้นที่หน้าตัดของตัวนำ (mm^2)

X_L คือ รีแอกแตนซ์ของสายไฟฟ้า ($m\Omega/m$)

μ_0 คือ ค่าความซึมได้ของสุญญากาศมีค่า $4\pi \times 10^{-4} \text{H/km}$



การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 6
The 6th STOU National Research Conference

n คือ จำนวนตัวนำบนเดือ

d คือ ระยะเฉลี่ยเรขาคณิตระหว่างตัวนำ (mm)

r คือ รัศมีตัวนำเดี่ยว (mm)

สามารถหาค่าความต้านทานของตัวนำไฟฟ้าที่อุณหภูมิอื่นๆ ได้ โดยใช้สมการการปรับแก้ค่าอุณหภูมิไปที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียสที่มีความยาว 1 กิโลเมตร ตามมาตรฐาน มอก. 2427-2552 ตามสมการดังนี้

$$R_{20} = R_t \times K_t \times \frac{1000}{L} \quad (12)$$

$$R_t = \frac{R_{20} \times L}{K_t \times 1000} \quad (13)$$

โดยที่

K_t คือ ตัวประกอบการปรับแก้อุณหภูมิ

R_{20} คือ ความต้านทานตัวนำไฟฟ้าที่ 20 องศาเซลเซียส มีหน่วยเป็นโอห์มต่อกิโลเมตร

R_t คือ ความต้านทานตัวนำไฟฟ้าที่ได้จากการวัด มีหน่วยเป็นโอห์ม

L คือ ความยาวสายไฟฟ้า มีหน่วยเป็นเมตร

สมการสำหรับตัวประกอบการปรับแก้ของอุณหภูมิตัวนำไฟฟ้าทองแดงบออ่อนไม่เคลือบโลหะหรือเคลือบโลหะตามมาตรฐาน มอก. 2427-2552 เป็นดังนี้

$$K_{t,Cu} = \frac{254.5}{234.5 + t} \quad (14)$$

ตารางที่ 1 แสดงค่าความต้านทานและค่ารีแอ็กแตนซ์ของสายไฟฟ้า (มิลลิโอห์ม / เมตร)

ขนาดสาย (mm ²)	R (mΩ/m) 70°C IEC01 and NYY Cable	X _L (mΩ/m) IEC01 Cable	X _L (mΩ/m) NYY Cable
1.5	14.7712	0.1139	0.1783
2.5	8.8627	0.1099	0.1662
4	5.5392	0.1040	0.1558
6	3.6928	0.0989	0.1460
10	2.2157	0.0988	0.1354
16	1.3848	0.0936	0.1257
25	0.8863	0.0933	0.1185
35	0.6330	0.0900	0.1141
50	0.4431	0.0889	0.1067



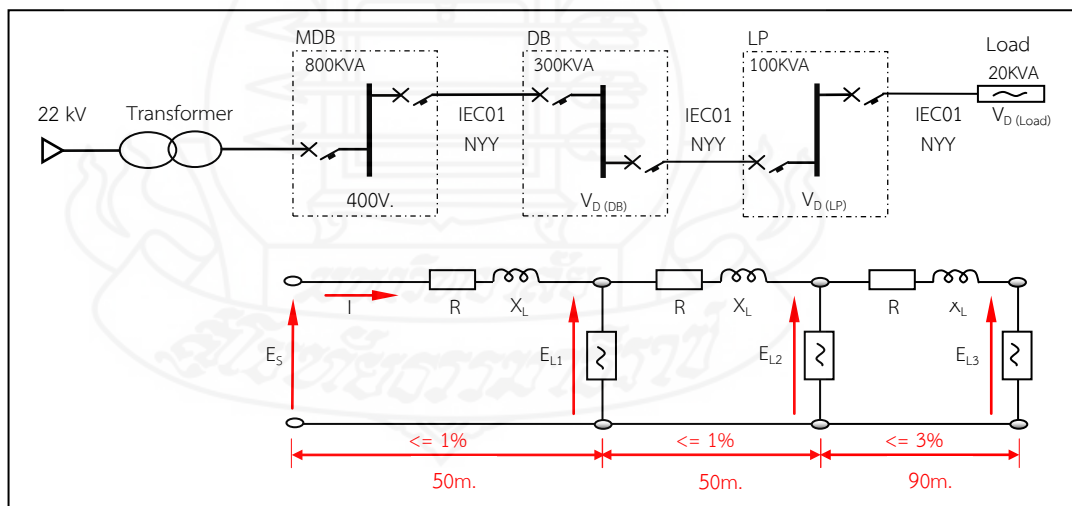
การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 6
The 6th STOU National Research Conference

70	0.3165	0.0866	0.1032
95	0.2332	0.0869	0.1013
120	0.1846	0.0856	0.0982
150	0.1477	0.0852	0.0989
185	0.1198	0.0854	0.0970
240	0.0923	0.0856	0.0962
300	0.0739	0.0853	0.0958

4.3 วิธีดำเนินการวิจัย

ทำการออกแบบแผนภาพไดอะแกรมจากจากจุดรับไฟฟ้าของอาคารไปยังโหลดและกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ เพื่อนำไปสร้างหน้าจอและเขียนโปรแกรมเพื่อคำนวณค่ากระแส แรงดันตก และ ค่าอิมพีแดนซ์ของสายไฟฟ้างดังนี้

- 1) ที่แผงประธานไฟฟ้าของอาคาร (Main distribution board : MDB)
- 2) ที่แผงกระจายไฟฟ้าของอาคาร (Distribution board : DB)
- 3) ที่แผงจ่ายวงจรย่อยของอาคาร (Load Panel : LP)
- 4) ที่อุปกรณ์ไฟฟ้าของอาคาร (Load)

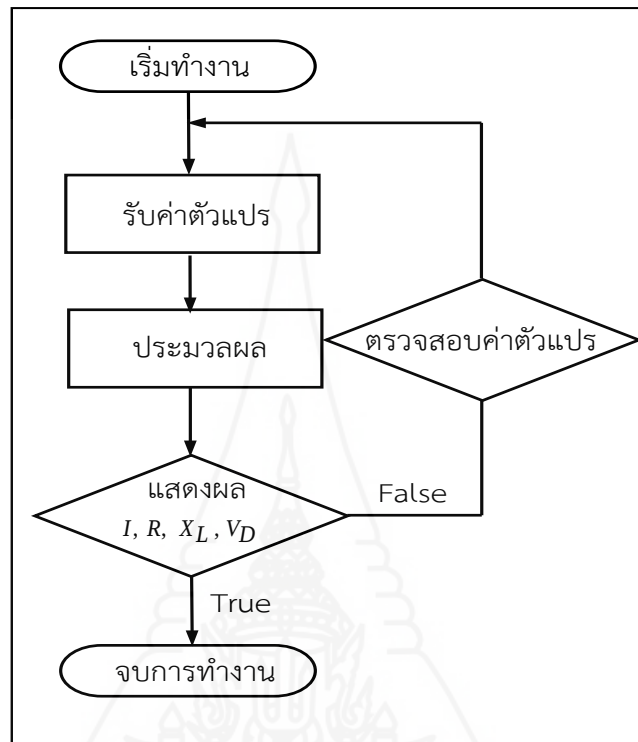


ภาพที่ 6 แผนภาพไดอะแกรมสำหรับออกแบบโปรแกรม

ทำการสร้างโปรแกรมเพื่อติดต่อกับผู้ใช้งานผ่านทางกรอกค่าพารามิเตอร์หลักที่ใช้ในการคำนวณลงไปในหน้าต่างของโปรแกรมเพื่อแสดงผลการคำนวณออกมาตามแผนภาพไดอะแกรมที่สร้างไว้บนหน้าต่างของโปรแกรม



การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 6
The 6th STOU National Research Conference



ภาพที่ 8 โฟลชาร์ตการทำงานของโปรแกรม



การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 6
The 6th STOU National Research Conference

" Development of Current and Voltage Drop Calculation Program in Low - Voltage Systems "		
Project : Date : 00/00/00	Diagram For Balanced Three - Phase short Circuit A.C. system	
Connected To : 22,000 V Transformer : 1,000 KVA Voltage Secondary Transformer : 230/400 V Cos Φ : 0.8 SIN Φ : 0.6 Voltage : for 3 Phase : 400 V Voltage : for 1 Phase : 230 V Calculation Voltage drop from : MDB		
Calculation voltage drop AT : MDB Maximum demand load : 800,000 VA Voltage systems : 3 Phase Voltage at MDB : 400 Vac Main Circuit Breaker : 250AT/1250AF Installation Type : Group 2 Cable Type : IEC01-1/C Cable from 22000V. to MDB : 10 m. I _{max} at 400 : 1154.73 Amp Conductor / Phase : 4 Set Phase Cable Size : 300 Sq.mm. Neutral Cable Size : 300 Sq.mm. Metallic Conduit Size : 125 mm. Calculation For Voltage Drop at : MDB Voltage Drop : 0.000 Volt Voltage Drop : 0.000% Voltage At Point : 400.000 Volt	10m. MDB : 400 Vac 1250AT/1250AF 550AT/630AF 0.000% $R_L = 0.1846 \text{ m}\Omega$ $X_L = 0.2132 \text{ m}\Omega$	
Calculation voltage drop AT : DB Maximum Demand Load : 300,000 VA Voltage systems : 3 Phase Voltage from MDB : 400.000 Vac Main Circuit Breaker : 550AT/630AF Installation Type : Group 2 Cable Type : IEC01-1/C Cable from Transformer To MDB : 50 m. I _{max} . DB at 400 V : 433.025 Amp Conductor / Phase : 2 Set Phase Cable Size : 240 Sq.mm. Neutral Cable Size : 240 Sq.mm. Metallic Conduit Size : 100 mm. Calculation For Voltage Drop at : DB Voltage Drop DB : 2.348 Volt Voltage Drop DB : 0.587% Voltage At DB : 397.652 Volt	50m. DB : 397.652 Vac 550AT/630AF 200AT/250AF 0.587% $R_L = 2.3080 \text{ m}\Omega$ $X_L = 2.1398 \text{ m}\Omega$	
Calculation voltage drop AT : LP Connected Load : 100,000 VA Voltage systems : 3 Phase Voltage from DB : 397.652 Vac Main Circuit Breaker : 200AT/250AF Installation Type : Group 2 Cable Type : IEC01-1/C Cable from Transformer To MDB : 50 m. I _{max} . LP at 400 V : 144.342 Amp Conductor / Phase : 1 Set Phase Cable Size : 120 Sq.mm. Neutral Cable Size : 120 Sq.mm. Metallic Conduit Size : 80 mm. Calculation For Voltage Drop : LP Voltage Drop : 2.488 Volt Voltage Drop : 0.626% Voltage At Point : 395.164 Volt	50m. Calculation voltage drop AT : LP LP : 395.164 Vac 200AT/250AF 40AT/100AF 0.626% $R_L = 9.2320 \text{ m}\Omega$ $X_L = 4.2782 \text{ m}\Omega$	
Calculation voltage drop AT : Load Connected Load : 20,000 VA Voltage systems : 3 Phase Voltage at LP : 395.164 Vac Main Circuit Breaker : 40AT/100AF Installation Type : Group 2 Cable Type : IEC01-1/C Cable from Transformer To MDB : 90 m. I _{max} at 400 : 28.868 Amp Conductor / Phase : 1 Set Phase Cable Size : 10 Sq.mm. Neutral Cable Size : 10 Sq.mm. Metallic Conduit Size : 25 mm. Calculation For Voltage Drop : Load Voltage Drop : 8.243 Volt Voltage Drop : 2.086% Voltage At Point : 386.921 Volt	90m. 386.921 Vac 2.086% Load $R_L = 199.4106 \text{ m}\Omega$ $X_L = 8.8916 \text{ m}\Omega$	



การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 6
The 6th STOU National Research Conference

โปรแกรมจะรับค่าตัวแปรจากการป้อนข้อมูลของผู้ใช้งาน โดยนำค่าตัวแปรไปตรวจสอบประมวลผลและแสดงผลการคำนวณออกมาทางหน้าต่างของโปรแกรม โดยมีลำดับดังนี้

- 1) กรอกข้อมูล ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดของแผงประธาน (VA)
- 2) กรอกข้อมูล ระบบแรงดันไฟฟ้า (1 Phase or 3 Phase)
- 3) กรอกข้อมูล ขนาดแรงดันไฟฟ้าใช้งาน (230 V or 400 V)
- 4) กรอกข้อมูล ชนิดของสายไฟฟ้า (IEC01 or NYY)
- 5) กรอกข้อมูล ความยาวของสายไฟฟ้า (เมตร)
- 6) โปรแกรมคำนวณ ค่ากระแสไฟฟ้าจากกำลังไฟฟ้าใช้งานสูงสุด ($I_{max} = VA / (1.732 \times 400)$)
- 7) โปรแกรมคำนวณ ค่าความต้านทานและค่ารีแอคแตนซ์ของตัวนำไฟฟ้า (สมการที่ 10 และ 11)
- 8) โปรแกรมคำนวณ ค่าแรงดันตกและแสดงผลลัพธ์ออกมาทางแผนภาพไดอะแกรม (สมการที่ 5)

5. ผลการวิจัย

จากการทดลองเปรียบเทียบระหว่างผลการคำนวณของโปรแกรม (Program) และ ผลการคำนวณทางทฤษฎี (Theory) โดยใช้เครื่องคิดเลขนั้น ได้ผลการคำนวณเท่ากันเมื่อใช้ทศนิยม 3 ตำแหน่ง โดยทำการทดลองคำนวณหาค่าแรงดันตกและค่าอิมพีแดนซ์ของสายไฟฟ้า 2 ชนิด คือ สาย IEC01 และสาย NYY ดังนี้

- 1) แรงดันตกในสายป้อนจากแผงประธาน (MDB) ที่จ่ายโหลดไปยังแผงกระจายไฟฟ้า (DB) ขนาดกำลังไฟฟ้าสูงสุด 300 kVA
- 2) แรงดันตกในสายป้อนจากแผงกระจายไฟฟ้า (DB) ที่จ่ายโหลดไปยังแผงจ่ายวงจรย่อย (LP) ขนาดกำลังไฟฟ้าสูงสุด 100 kVA
- 3) แรงดันตกในสายวงจรย่อยที่จ่ายไปยังอุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีขนาดโหลด 20 kVA
- 4) อิมพีแดนซ์ของสายไฟฟ้าจากแผงประธานถึงแผงกระจายไฟฟ้า
- 5) อิมพีแดนซ์ของสายไฟฟ้าจากแผงกระจายไฟฟ้าถึงแผงจ่ายวงจรย่อย
- 6) อิมพีแดนซ์ของสายไฟฟ้าจากแผงจ่ายวงจรย่อยถึงอุปกรณ์ไฟฟ้าหรือโหลด

โดยที่ค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดจากการคำนวณของโปรแกรมและทางทฤษฎีจะคำนวณเปรียบเทียบจากสมการดังนี้

$$error(\%) = \frac{value_{theory} - value_{program}}{value_{theory}} \quad (15)$$



การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 6

The 6th STOU National Research Conference

ตารางที่ 2 แสดงผลการคำนวณเปรียบเทียบเมื่อใช้สาย IEC01

Description	Program	Theory	error (%)
1.) MDB to DB 300 kVA.			
1.1) Voltage at MDB	400 V	400 V	0
1.2) I_{MAX} : DB at 400V	433.025 Amp	433.025 Amp	0
1.3) IEC01 2x240 mm ²	R: 2.308m Ω X_L : 2.139m Ω	R: 2.308m Ω X_L : 2.139m Ω	0
1.4) Voltage drop : DB	2.348 V ; 0.587 %	2.348 V ; 0.587 %	0
1.5) Voltage at DB	397.652 V	397.652 V	0
2.) DB to LP 100 kVA.			
2.1) Voltage at DB	397.652 V	397.652 V	0
2.2) I_{MAX} : LP at 400V	144.342 Amp	144.342 Amp	0
2.3) IEC01 1x120 mm ²	R: 9.232m Ω X_L : 4.278m Ω	R: 9.232m Ω X_L : 4.278m Ω	0
2.4) Voltage drop : LP	2.488 V ; 0.626 %	2.488 V ; 0.626 %	0
2.5) Voltage at LP	395.164 V	395.164 V	0
3.) LP to Load 20 kVA.			
3.1) Voltage at LP	395.164 V	395.164 V	0
3.2) I_{MAX} : Load at 400V	28.868 Amp	28.868 Amp	0
3.3) IEC01 1x10 mm ²	R:199.410m Ω X_L :8.891m Ω	R:199.410m Ω X_L :8.891m Ω	0
3.4) Voltage drop : Load	8.243 V ; 2.086 %	8.243 V ; 2.086 %	0
3.5) Voltage at Load	386.921 V	386.921 V	0

ตารางที่ 3 แสดงผลการคำนวณเปรียบเทียบเมื่อใช้สาย NYY

Description	Program	Theory	error (%)
1.) MDB to DB 300 kVA.			
1.1) Voltage at MDB	400 V	400 V	0
1.2) I_{MAX} : DB at 400V	433.025 Amp	433.025 Amp	0
1.3) NYY 2x240 mm ²	R: 2.308m Ω X_L : 2.405m Ω	R: 2.308m Ω X_L : 2.405m Ω	0
1.4) Voltage drop : DB	2.467 V ; 0.617 %	2.467 V ; 0.617 %	0
1.5) Voltage at DB	397.533 V	397.533 V	0



การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 6

The 6th STOU National Research Conference

2.) DB to LP 100 kVA.			
2.1) Voltage at DB	397.533 V	397.533 V	0
2.2) I_{MAX} : LP at 400V	144.342 Amp	144.342 Amp	0
2.3) NYY 1x120 mm ²	R: 9.232mΩ X_L : 4.911mΩ	R: 9.232mΩ X_L : 4.911mΩ	0
2.4) Voltage drop : LP	2.583 V ; 0.650 %	2.583 V ; 0.650 %	0
2.5) Voltage at LP	394.950 V	394.950 V	0
3.) LP to Load 20 kVA.			
3.1) Voltage at LP	394.950 V	394.950 V	0
3.2) I_{MAX} : Load at 400V	28.868 Amp	28.868 Amp	0
3.3) NYY 1x10 mm ²	R:199.410mΩ X_L :12.185mΩ	R:199.410mΩ X_L :12.185mΩ	0
3.4) Voltage drop : Load	8.342 V ; 2.112 %	8.342 V ; 2.112 %	0
3.5) Voltage at Load	386.608 V	386.608 V	0

จากตารางแสดงผลการคำนวณเปรียบเทียบเมื่อใช้สาย IEC01 และสาย NYY นั้น สรุปได้ว่าค่าแรงดันตกเป็นไปตามที่มาตรฐานยอมรับได้คือไม่เกิน 5 % ดังนี้

- 1) แรงดันตกในสายป้อนจากแผงประธาน (MDB) ถึงโหลด เมื่อใช้สายไฟฟ้าชนิด IEC01 มีค่า 3.299 %
- 2) แรงดันตกในสายป้อนจากแผงประธาน (MDB) ถึงโหลด เมื่อใช้สายไฟฟ้าชนิด NYY มีค่า 3.379 %

6. อภิปรายผล

โปรแกรมช่วยคำนวณหาแรงดันตกที่พัฒนาขึ้นมาโดยโปรแกรมเอ็กเซลนั้นสามารถคำนวณหาแรงดันตกในสายป้อนแรงดันต่ำได้อย่างถูกต้องเมื่อเปรียบเทียบกับผลการคำนวณทางทฤษฎี โดยตัวโปรแกรมมีขั้นตอนการคำนวณอย่างเป็นระบบตรงตามหลักการคำนวณทางทฤษฎี จึงสรุปได้ว่าการนำโปรแกรมเอ็กเซลมาพัฒนาช่วยคำนวณในงานออกแบบระบบไฟฟ้าแรงดันต่ำภายในอาคารนั้นช่วยลดเวลาในการออกแบบ และยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานกับการคำนวณเรื่องอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับงานออกแบบระบบไฟฟ้าแรงดันต่ำในอาคารได้เป็นอย่างดี

7. ข้อเสนอแนะ

7.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

จากการนำโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นนี้ไปทดลองให้ผู้ใช้งานที่ทำงานด้านออกแบบระบบไฟฟ้าประกอบอาคารนั้นเบื้องต้นผู้ใช้งานสามารถใช้งานได้ดีในระดับหนึ่ง โดยผู้วิจัยได้แนะนำการใช้งาโปรแกรมและตอบข้อสงสัยต่างๆ เกี่ยวกับตัวโปรแกรมและทฤษฎีการคำนวณและได้นำข้อสงสัยและคำถามจากผู้ใช้งานมาปรับแก้โปรแกรมเพื่อให้ใช้งานได้ดียิ่งขึ้นและเป็นข้อมูลในการพัฒนาต่อไป

7.2 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยครั้งต่อไป



การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 6

The 6th STOU National Research Conference

งานวิจัยนี้ได้แสดงถึงขั้นตอนการคำนวณหาค่ากระแสและแรงดันตกในสายไฟฟ้าและได้อธิบายถึงการ
ทำงานของโปรแกรมเพื่อแสดงให้เห็นถึงทฤษฎีและที่มาของการคำนวณสำหรับนำไปใช้ในงานออกแบบระบบไฟฟ้า
ประกอบอาคารและเพื่อให้เป็นแนวทางในการศึกษาการคำนวณเรื่องอื่นๆ ต่อไปสำหรับแนวทางในการพัฒนาขั้น
ต่อไปนั้นสามารถทำได้โดยการศึกษาและวิเคราะห์การคำนวณค่าทางไฟฟ้าอื่นๆ ได้ เช่น การคำนวณหาขนาดของ
สายไฟฟ้าสำหรับมอเตอร์ไฟฟ้า การคำนวณหาขนาด Capacitor bank สำหรับหม้อแปลงไฟฟ้า เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

- ธนบูรณ์ ศศิภานุเดช. (2530). *การออกแบบระบบไฟฟ้า*. กรุงเทพฯ: หจก. เม็ดทรายพรินติ้ง.
- บุญเลิศ สือเฉย และ ศุภชัย พงษาชัย. (2559). *การพัฒนาโปรแกรมช่วยคำนวณหาค่ากระแสลัดวงจร สำหรับงาน
ออกแบบระบบไฟฟ้าแรงดันต่ำภายในอาคาร*. มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์ การประชุมวิชาการระดับชาติ
สหวิทยาการเอเชียอาคเนย์ 2559 ครั้งที่ 3. สืบค้นเมื่อ 13 กันยายน 2559,
จาก <https://drive.google.com/file/d/0Bw2D3DUodq7vUG1ncmdaRzhnS00/view>
- ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์. (2558). *การออกแบบระบบไฟฟ้า*. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ: ห้างหุ้นส่วนจำกัด โชติอนันต์ ศรีเอชเอ็น.
- ลือชัย ทองนิล. (2556). *การออกแบบและติดตั้งระบบไฟฟ้าตามมาตรฐานของการไฟฟ้า ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 3*.
พิมพ์ครั้งที่ 31. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ ส.ส.ท..
- วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์. (2556). *มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย
พ.ศ. 2556*. กรุงเทพฯ: บริษัท โกลบอล กราฟฟิค จำกัด.
- สุลี บรรจงจิตร. (2547). *หลักการและเทคนิคการออกแบบระบบไฟฟ้า*. กรุงเทพฯ: บริษัท เอช. เอ็น. กรุ๊ป จำกัด.
- สามารถ ขำเกลี้ยง และ ไพศาล คงเรือง. (2557). *การออกแบบระบบไฟฟ้าที่มีโหลดเป็นมอเตอร์ไฟฟ้าตามมาตรฐาน
การติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ. 2556 โดยใช้ข้อมูลของแมทแลป. คณะครุศาสตร์
อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ การประชุมวิชาการครุศาสตร์
อุตสาหกรรม ระดับ ชาติ ครั้งที่ 7*. สืบค้นเมื่อ 13 กันยายน 2559, จาก
<http://nctechd.org/NCTechEd07/NCTechEd07TEE06.pdf>
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.). (2553). *มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมสายไฟฟ้าหุ้มฉนวนพอลิ
ไวนิลคลอไรด์แรงดันไฟฟ้าที่กำหนดไม่เกิน 450/750 โวลต์ เล่ม 3 สายไฟฟ้าไม่มีเปลือกสำหรับงานติดตั้ง
ยึดกับที่*. เมื่อ 13 กันยายน 2559, จาก <http://app.tisi.go.th/standard/fulltext/TIS-11-3-2553m.pdf>
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.). (2553). *มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมสายไฟฟ้าหุ้มฉนวนพอลิ
ไวนิลคลอไรด์แรงดันไฟฟ้าที่กำหนดไม่เกิน 450/750 โวลต์ เล่ม 101 สายไฟฟ้ามีเปลือกสำหรับงาน
ทั่วไป*. สืบค้นเมื่อ 13 กันยายน 2559, จาก <http://app.tisi.go.th/standard/fulltext/TIS-11-101-2553m.pdf>
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.). (2553). *ตัวนำไฟฟ้าของสายไฟฟ้าหุ้มฉนวน มอก. 2427-2552*.
สืบค้นเมื่อ 13 กันยายน 2559, อำนาจ นุตะมาน. (2556). *พัฒนาแอปพลิเคชันด้วย VBA บน Excel ฉบับ
โปรแกรมเมอร์*. กรุงเทพฯ: บริษัท วี.พริ้นท์ (1991) จำกัด