การสร้างฐานข้อมูลด้วยไมโครซอฟท์เอ็กซ์เซลสำหรับการคำนวณแรงดันตกตามมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ. 2556 ด้วยซีพลัสพลัสบิวเดอร์

Database Building with Microsoft Excel for Voltage Drop Calculation according to Thai Electrical Code 2013 with C++ Builder

ชัยณรงค์ วิเศษศักดิ์วิชัย[1*], ประเสริฐ เผ่าชู[2], เอกพล อนุสุเรนทร์[1]

ชูศักยฐ์ กมลขันติธร[1], วินัย เมธาวิทิต[1], วิริยะ ศิริชานนท์[2]

Chainarong Wisassakwichai[1*], Prasert Phaochoo[2], Ekkapol Anusurain[1]

Choosak Kamonkhantithorn[1], Winai Methavithit[1],Wiriya Sirichanon[2]

[1]สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

[2]สาขาวิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

[1]Division of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Krungthep

[2]Division of Mathematics, Faculty of Science and Technology, Rajamangala University of Technology Krungthep

*Corresponding author. Tel.: +668 1343 7693, E-mail: chainarong.w@mail.rmutk.ac.th

บทคัดย่อ

การออกแบบระบบไฟฟ้าให้เป็นไปตามมาตรฐานการติดตั้ง จะมีความเกี่ยวข้องกับตารางข้อมูลตัวเลขจำนวนมากสำหรับใช้ประกอบการคำนวณให้เป็นไปตามข้อกำหนด บทความนี้จึงได้นำเสนอการพัฒนาวิธีการทางคอมพิวเตอร์ช่วยคำนวณแรงดันตกในสายไฟฟ้าของงานออกแบบระบบไฟฟ้า ด้วยการใช้ตารางข้อมูลแรงดันตกของมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ. 2556 ทำการสร้างแบบจำลองตารางเชิงนามธรรม (abstract table model) ให้กับตารางข้อมูลแรงดันตกในรูปของเซตป้ายกำกับ (labeled set) โดยสามารถนำโดเมนป้ายกำกับ (labeled domain) ของแบบจำลองที่สร้างขึ้นไปจัดระบบฐานข้อมูลรูปแบบไฟล์ของไมโครซอฟท์เอ็กซ์เซล เพื่อให้สามารถใช้เทคโนโลยีซีโอเอ็ม (COM; component object model) ของไมโครซอฟท์ สำหรับการประมวลผลระบบฐานข้อมูลในการคำนวณแรงดันตกด้วยภาษาการโปรแกรมซีพลัสพลัส (C++ programming language) ของซอฟต์แวร์ซีพลัสพลัสบิวเดอร์ (C++ Builder) จึงทำให้สามารถใช้เทคนิคการโปรแกรมเชิงวัตถุ (object-oriented programming; OOP) และการโปรแกรมด้วยวีซีแอล (VCL; visual component library) พัฒนาโปรแกรมประยุกต์คำนวณแรงดันตก ให้ทำงานแบบจียูไอ (GUI; graphical user interface) บนระบบปฏิบัติการวินโดวส์

คำสำคัญ: การออกแบบระบบไฟฟ้า แรงดันตก แบบจำลองตารางเชิงนามธรรม เซตป้ายกำกับ โดเมนป้ายกำกับ ระบบฐานข้อมูล ไฟล์ข้อมูลแบบไมโครซอฟท์เอ็กซ์เซล การโปรแกรมเชิงวัตถุ

Received 11-10-2018
Revised 23-11-2018
Accepted 26-11-2018

Abstract

Electrical system design according to installation standard complies with an electrical code which concerns about numeric values of tabular data to use in the design calculations. This paper presents the development of computational methods for voltage drop calculation of circuit conductors in the electrical system design by using the tables of voltage drop of Thai Electrical Code 2013. The tables of voltage drop will be modeled by abstract tables that express as labeled sets. Their labeled domains can be used to crate database system in the file format of Microsoft Excel for the data processing through component object model (COM) technology of Microsoft. This data processing of voltage drop calculation is implemented by C++ programing language of C++ Builder software then the object-oriented programming (OOP) and visual component library (VCL) can be used to develop graphical user interface (GUI) application on Windows operating system.

Keywords: electrical system design, voltage drop, abstract tables, labeled sets, labeled domains, database system, file format of Microsoft Excel, object-oriented programming

1. บทนำ

มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ. 2556 ได้กำหนดค่าแรงดันตกในรูปแบบของตารางตัวเลขของค่าแรงดันตก เพื่อใช้ในการออกแบบระบบไฟฟ้า โดยค่าแรงดันตกของตารางขึ้นอยู่กับระบบไฟฟ้า ลักษณะการติดตั้ง และขนาดของสายไฟฟ้า การนำคอมพิวเตอร์เป็นเครื่องมือช่วยคำนวณแรงดันตกจึงมีอุปสรรคเพราะการอ่านค่าจากตารางแรงดันตก ที่ขึ้นกับหลายปัจจัยดังกล่าวโดยคอมพิวเตอร์ทำได้ยาก แต่โดยแนวคิดของตารางเชิงนามธรรม [1] ทำให้สามารถสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของตารางข้อมูลที่สามารถนำไปสู่การสร้างขั้นตอนวิธีสำหรับใช้คอมพิวเตอร์ ประมวลผลได้โดยอาศัยภาษาการโปรแกรมที่มีประสิทธิภาพเพียงพอ ซอฟต์แวร์ซีพลัสพลัสบิวเดอร์ถูกนำมาใช้พัฒนา โปรแกรมช่วยคำนวณทางวิศวกรรมอย่างต่อเนื่องจนถึงปัจจุบัน เห็นได้จากเป็นเครื่องมือช่วยคำนวณสำหรับแบบจำลองการขับเคลื่อนเชิงคณิตศาสตร์ของมอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟส [2] เพื่อให้ได้ข้อมูลวิเคราะห์สภาพการทำงานทั้งในภาวะชั่วครู่และสถานะอยู่ตัว ศักยภาพด้านงานคำนวณของซอฟต์แวร์ซีพลัสพลัสบิวเดอร์เป็นผลโดยตัวเองของความเป็นภาษาการโปรแกรมซีพลัสพลัส จึงถูกนำไปพัฒนาโปรแกรมจำลองสถานการณ์ทางวิศวกรรมไฟฟ้า [3-4] และไม่เพียงความสามารถในการคำนวณ แต่ยังมีสภาพแวดล้อมของการโปรแกรมเชิงภาพ (visual programming environment) สำหรับพัฒนาโปรแกรมประยุกต์บนระบบปฏิบัติการวินโดวส์ตามแนวคิดแบบอาร์เอดี (rapid application development, RAD) ที่จะสื่อสารกับผู้ใช้ในแบบจียูไอ [5-6] ด้วยคุณลักษณะเด่นข้อนี้ จึงได้มีการนำไปพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ ในส่วนของสถานีเฝ้าติดตามและสถานีควบคุมของระบบวัดแบบกระจายตัวในงานเฝ้าติดตามคุณภาพกำลังไฟฟ้าของระบบส่งจ่าย [7] นอกจากการใช้ซอฟต์แวร์ภาษาการโปรแกรมยังมีการใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเป็นเครื่องมือ

ช่วยคำนวณทางวิศวกรรมไฟฟ้า ซึ่งพบว่าไมโครซอฟท์เอ็กซ์เซลถูกนำไปดำเนินงานในระเบียบวิธีออกแบบวงจรแปลงผัน แบบบัค (buck converter) ที่ใช้ดีเอสพี (DSP; digital signal processor) เป็นฐาน [8] และแม้แต่ในการวิเคราะห์ระบบกำลังไฟฟ้าขนาดใหญ่ของปัญหาการไหลของภาระ (load flow) [9] ก็ไม่ได้ เป็นข้อจำกัด

เป้าหมายของงานในที่นี้คือ วิธีการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์บนระบบปฏิบัติการวินโดวส์ ที่เป็นผลการทำงานของทั้ง ซอฟต์แวร์ภาษาการโปรแกรมซีพลัสพลัสบิวเดอร์ และโปรแกรมสำเร็จรูปไมโครซอฟท์เอ็กซ์เซลร่วมกันด้วยเทคนิคของระบบอัตโนมัติโอแอลอี (object linking and embedding, OLE) ในการนี้สมุดงานของไมโครซอฟท์เอ็กซ์เซล จะถูกใช้จัดฐานข้อมูลสำหรับข้อมูลตาราง ของการคำนวณแรงดันตก ตามมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ. 2556 และใช้วีซีแอลของซีพลัสพลัสบิวเดอร์ เป็นกลไกสร้างความสามารถ ในการติดต่อสื่อสารกับวัตถุเชิงโปรแกรมต่าง ๆ (programmatic objects) กับชุดซอฟต์แวร์ไมโครซอฟท์ออฟฟิศ โดยเทคโนโลยีซีโอเอ็มของไมโครซอฟท์ ด้วยเทคโนโลยีนี้จะทำให้ไมโครซอฟท์เอ็กซ์เซลสามารถทำงานได้ผ่านทางตัวแบบของการโปรแกรม สำหรับการคำนวณแรงดันตกด้วยการโปรแกรมเชิงวัตถุบนซีพลัสพลัสบิวเดอร์

1.1 หลักการที่เกี่ยวข้อง

ภาคผนวก ฐ. ของมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ. 2556 [10] ได้เสนอข้อแนะนำสำหรับการคำนวณแรงดันตก โดยมีตารางข้อมูลที่เกี่ยวข้องทั้งหมด 4 ตาราง ได้แก่ ตารางที่ ฐ.1 ถึง ฐ.4 ลักษณะของตารางแสดงดังภาพที่ ก1. ในภาคผนวก ก. ทั้งหมดสามารถจำลองให้อยู่ในรูปของตารางเชิงนามธรรมดังต่อไปนี้

1.1.1 แบบจำลองของตารางข้อมูล

ตารางข้อมูล สามารถเขียนแสดงออกมาในรูปของเซตป้ายกำกับที่มีลักษณะเป็นคู่อันดับ (ordered pair) ทั้งนี้ป้าย (label) อาจเป็นสายอักขระของตัวอักษรและสัญลักษณ์ หรือเป็นสายอักขระว่างเปล่า (empty string) ก็ได้โดยการใช้คู่อันดับ (l, set) แสดงถึงเซตป้ายกำกับ และถ้าเซตในเซตป้ายกำกับเป็นเซตว่างแล้ว (L, Φ) คือเซตว่างป้ายกำกับ (labeled empty set) โดยจะเรียกใหม่ว่าโดเมนป้ายกำกับ Wang [11] ได้นิยามโดเมนป้ายกำกับในเชิงอุปนัย ดังต่อไปนี้

1. เซตว่างป้ายกำกับ (L, Φ) คือโดเมนป้ายกำกับ

2. เซตป้ายกำกับของโดเมนป้ายกำกับในลักษณะที่ป้ายต่าง ๆ ของโดเมนป้ายกำกับมีความแตกต่างกันทุกคู่ (pairwise distinct) จะเป็นโดเมนป้ายกำกับด้วย

3. เฉพาะโดเมนป้ายกำกับที่สร้างขึ้นจากกฎเกณฑ์ในข้อ 1. และ 2. เท่านั้น จึงถูกต้องตามหลักการ

ด้วยเหตุนี้โดเมนป้ายกำกับ D ใด ๆ จึงเขียนออกมาได้ในลักษณะ

$$D = (l, s)$$

ทำการพิจารณาภาพลักษณะของตาราง ฐ.1. ในภาคผนวก ก. จะสามารถกำหนดโดเมนป้ายกำกับได้ดังต่อไปนี้

$$D_1 = (l_1, s_1)$$

เมื่อ l_1 คือ “ขนาดสาย(mm^2)” โดยที่

$$s_1 = \{("1.0", \Phi), \mathrm{K}, ("500", \Phi)\}$$

และ

$$D_2 = (l_2, s_2)$$

เมื่อ l_2 คือ “1 เฟส AC(mV/A/m)” โดยที่

$$s_2 = (l_3, s_3)$$

เมื่อ l_3 คือ “รูปแบบการติดตั้ง” โดยที่

$$s_3 = \{(l_4, \Phi), (l_5, s_5)\}$$

เมื่อ l_4 คือ “กลุ่มที่ 1,2” และ l_5 คือ “กลุ่มที่ 3,7” โดยที่

$$s_5 = \{(l_6, \Phi), (l_7, \Phi)\}$$

เมื่อ l_6 คือ “Touching” และ l_7 คือ “Spaced” ทำให้ได้ว่า

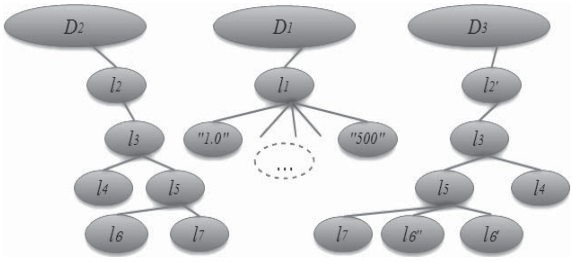
$$D_1 = (l_1, (\text{"1.0"}, \Phi), \text{K}, (\text{"500"}, \Phi))$$

$$D_2 = (l_2, \{(l_3, \{(l_4, \Phi), (l_5, \{(l_6, \Phi), (l_7, \Phi)\})\})\})$$

ในทำนองเดียวกันหากกำหนดให้ l_2' คือ “3 เฟส AC(mV/A/m)” $l_{6'}$ คือ “Trefoil” และ $l_{6''}$ คือ “Flat” ก็จะสามารถกำหนดโดเมนป้ายกำกับให้ส่วนที่เหลือของภาพลักษณะของตาราง ฐ.1 คือ

$$D_3 = (l_{2'}, \{(l_3, \{(l_4, \Phi), (l_5, \{(l_{6'}, \Phi), (l_{6''}, \Phi), (l_7, \Phi)\})\})\})$$

โดเมนป้ายกำกับทั้งหมด สามารถเขียนอธิบายด้วยด้วยแผนภาพต้นไม้ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แผนภาพต้นไม้ของโดเมนป้ายกำกับของภาพลักษณะตาราง ฐ.1

การระบุเอกลักษณ์ให้กับโดเมนย่อยป้ายกำกับต่าง ๆ (labeled subdomains) ภายในโดเมนป้ายกำกับจะใช้สิ่งที่เรียกว่า ลำดับของป้าย (label sequences) ดังนี้ โดยการกำหนดว่า l เป็นลำดับของป้าย ระบุเอกลัษณ์ให้กับโดเมนป้ายกำกับ $D = (l, s)$ ดังนั้นหากขยายแนวคิดนี้ออกไปถึงโดเมนป้ายกำกับที่ประกอบด้วยโดเมนป้ายกำกับที่บรรจุเซตของโดเมนป้ายกำกับต่าง ๆ

$$s = \{(l_1, s_1), \text{K}, (l_r, s_r)\}$$

และทำการใช้สัญกรณ์ดิวอี้ (Dewey notation) จะได้ $l.l_i$ คือ ลำดับของป้ายระบุเอกลักษณ์ให้กับโดเมนย่อยป้ายกำกับ (l_i, s_i) ทำการพิจารณา โดเมนป้ายกำกับ D_2 เป็นกรณีตัวอย่างจะได้ว่า $l_2.l_3.l_5$ คือ ลำดับของป้ายใช้ระบุเอกลักษณ์ให้กับโดเมนย่อยป้ายกำกับ $(l_5, \{(l_6, \Phi), (l_7, \Phi)\})$ ในการนิยามแบบจำลองตารางข้อมูลเชิงนามธรรมจะนิยามโดยใช้ลำดับของป้ายสุดขอบเขต (frontier label sequences) ซึ่งก็คือลำดับของป้ายที่ระบุเอกลักษณ์ให้กับเซตว่างโดเมนป้ายกำกับ ทั้งนี้ขอบเขต (frontier) ของโดเมนป้ายกำกับ D คือเซตของทุก ๆ ลำดับของป้ายสุดขอบเขตของ D และเขียนแสดงด้วย $f_r(D)$ โดยการขยายแนวคิดออกไปสำหรับโดเมนป้ายกำกับ C ใด ๆ จะได้ว่า

$$f_r(C) = \{ f_r(D) \mid D \in C \}$$

และจะใช้ $\otimes f_r(D)$ แสดงถึงผลคูณคาร์ทีเซียนไม่จัดอันดับ (unordered Cartesian product) $\otimes f_r(C) = f_r(D_1) \otimes f_r(D_2) \otimes \text{K} \otimes f_r(D_n)$ เมื่อ $C = \{D_1, D_2, \text{K}, D_n\}$ ทั้งหมดนี้นำไปสู่การนิยามตารางเชิงนามธรรม [11] ด้วยคู่อันดับ (C, δ) ในที่ซึ่ง

1. C คือเซตจำกัด (finite set) ของโดเมนป้ายกำกับ

2. δ คือการส่ง (map) จาก $\otimes f_r(C)$ ไปยังเอกภพของค่าที่เป็นไปได้

ดังนั้นตารางที่ ฐ 1. จะสามารถเขียนแสดงแทนด้วยตารางเชิงนามธรรมดังนี้

$$T_1 = \{(C_1, \delta^1), (C_2, \delta^2)\}$$

เมื่อ $C_1=\{D_1,D_2\}$ และ $C_2=\{D_1,D_3\}$ โดยที่

$$\delta^1(\otimes f_r(C_1))=\delta^1\left(f_r(D_1)\otimes f_r(D_2)\right)$$

$$\delta^1(\otimes f_r(C_1))=\begin{bmatrix}44 & 44 & 44\\ & \mathrm{M} & \\ 0.23 & 0.17 & 0.21\end{bmatrix}_{19\times 3}$$

และ

$$\delta^2(\otimes f_r(C_2))=\delta^2\left(f_r(D_1)\otimes f_r(D_3)\right)$$

$$\delta^2(\otimes f_r(C_2))=\begin{bmatrix}38 & 38 & 38 & 38\\ & & \mathrm{M} & \\ 0.20 & 0.15 & 0.18 & 0.22\end{bmatrix}_{19\times 4}$$

จากที่ $\delta^1(\otimes f_r(C_1))$ มีทั้งหมด 19×3 รายการ (items) ดังนั้นที่รายการหนึ่งใด จะเขียนแสดงแทนด้วย

$$\left\langle \delta^1(\otimes f_r(C_1))\right\rangle_{i,j}$$

ด้วยเหตุนี้เมื่อ $i=1$ และ $j=1$ จะได้ว่า

$$\left\langle \delta^1(\otimes f_r(C_1))\right\rangle_{1,1}=(l_1."1.0",l_2.l_3.l_4)=44$$

แต่ถ้าพิจารณาที่ $i=19$ และ $j=3$ จะได้

$$\left\langle \delta^1(\otimes f_r(C_1))\right\rangle_{19,3}=(l_1."500",l_2.l_3.l_5.l_7)=0.21$$

ในทำนองเดียวกัน

$$\left\langle \delta^2(\otimes f_r(C_2))\right\rangle_{1,1}=(l_1."1.0",l_2'.l_3.l_4)=38$$

$$\left\langle \delta^2(\otimes f_r(C_2))\right\rangle_{19,4}=(l_1."500",l_2'.l_3.l_5.l_7)=0.22$$

เช่นเดียวกับ T_1 ที่เป็นตัวแบบจำลองเชิงนามธรรม สำหรับตารางที่ ฐ.1 ตัวแบบจำลอง T_2, T_3 และ T_4 สำหรับตารางที่ ฐ.2 ถึงตารางที่ ฐ.4 คือ

$$T_2=\{(C_3,\delta^3),(C_4,\delta^4)\}$$

เมื่อ $C_3=\{D_4,D_5\}$ และ $C_4=\{D_4,D_6\}$ โดยที่

$$D_4=(l_1,("1.0",\Phi),\mathrm{K},("400",\Phi))$$

$$D_5=(l_2,(l_3',\Phi))$$

$$D_6=(l_2',(l_3',\Phi))$$

เมื่อ l_3' คือ “ทุกกลุ่มการติดตั้ง” ทั้งนี้ l_1, l_2 และ l_2' กำหนดไว้แล้วดังก่อนหน้า

$$\delta^3(\otimes f_r(C_3))=\left([44\ \ \mathrm{L}\ \ 0.17]_{1\times 18}\right)^T$$

$$\delta^4(\otimes f_r(C_4))=\left([38\ \ \mathrm{L}\ \ 0.15]_{1\times 18}\right)^T$$

$$T_3=\{(C_1,\delta^5),(C_2,\delta^6)\}$$

เมื่อ C_1 และ C_2 กำหนดไว้แล้วดังก่อนหน้า และ

$$\delta^5(\otimes f_r(C_1))=\begin{bmatrix}48 & 44 & 46\\ & \mathrm{M} & \\ 0.23 & 0.17 & 0.21\end{bmatrix}_{19\times 3}$$

$$\delta^6(\otimes f_r(C_2))=\begin{bmatrix}40 & 40 & 40 & 40\\ & & \mathrm{M} & \\ 0.20 & 0.15 & 0.16 & 0.20\end{bmatrix}_{19\times 4}$$

$$T_4=\{(C_3,\delta^7),(C_4,\delta^8)\}$$

เมื่อ

$$\delta^7(\otimes f_r(C_3))=\left([46\ \ \mathrm{L}\ \ 0.19]_{1\times 18}\right)^T$$

$$\delta^8(\otimes f_r(C_4))=\left([40\ \ \mathrm{L}\ \ 0.16]_{1\times 18}\right)^T$$

1.1.2 การคำนวณแรงดันตกของมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ. 2556

ภาคผนวก ฐ. ของมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ. 2556 ได้กำหนดค่าแรงดันตกในพจน์ของระบบไฟฟ้าเฟสเดียวและสามเฟสดังนี้

$$V_{D1\phi}=2IL(R\cos(\theta)+X_L\sin(\theta))$$

$$V_{D3\phi}=\sqrt{3}IL(R\cos(\theta)+X_L\sin(\theta))$$

เมื่อ I คือกระแสในสายไฟฟ้า L คือความยาว R คือความต้านทานและ X_L คือรีแอกแตนซ์เหนี่ยวนำของสายไฟฟ้า โดยที่ θ คือตัวประกอบกำลัง แต่เนื่องจากความยุ่งยากในการกำหนดค่าอิมพิแดนซ์ของสายจึงทำการคำนวณแรงดันตกโดยใช้ตารางแทนการใช้สูตร

ข้างต้น โดยจะแปรค่าตามชนิดของสายไฟฟ้า ขนาด และลักษณะการติดตั้งของสายไฟฟ้า ในส่วนชนิดของสายไฟฟ้าได้ทำการสร้างแบบจำลองข้อมูลเชิงนามธรรมไว้แล้วคือ T_1, T_2, T_3 และ T_4 ขณะที่ขนาดของสายไฟฟ้าจะใช้โดเมนป้ายกำกับ D_1 และ D_4 และสุดท้ายคือลักษณะการติดตั้ง มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ.2556 ได้กำหนดไว้ดังภาพที่ ก2. ในภาคผนวก ก.

1.1.3 วัตถุของภาษาการโปรแกรม

ภาษาการโปรแกรมซีพลัสพลัส ได้อำนวยให้สามารถจำลองการประมวลผลข้อมูลบนคอมพิวเตอร์ด้วยตัวแบบข้อมูลเชิงนามธรรม (abstract data) รู้จักในนามคลาส (class) ที่จะผูกทั้งข้อมูลและฟังก์ชันเข้าไว้ด้วยกัน ดังนั้นสมาชิกของคลาสจึงประกอบด้วย สมาชิกข้อมูล(data members) และระเบียบวิธี (methods) มีรูปทั่วไปดังภาพดังภาพที่ ก3. ของภาคผนวก ก. ในส่วนของคลาสที่อยู่ด้านบนของภาพจะเป็นส่วนของการประกาศ (declarations) สำหรับตัวแปรหน่วยความจำและฟังก์ชันต่าง ๆ ที่เป็นสมาชิกของคลาสมี 2 ประเภทคือ แบบเฉพาะตัว (private) และแบบสาธารณะ (public) ฟังก์ชันที่ประกาศไว้ภายในคลาสคือระเบียบวิธีของคลาสโดยตัวฟังก์ชันที่แท้จริงมีรูปทั่วไปแสดงไว้ในส่วนล่างของภาพข้างต้น และสามารถสร้างขึ้นได้ภายหลังจากการสร้างคลาส ทั้งนี้ตัวแปรหน่วยความจำที่สร้างขึ้นจากคลาส (ตัวแบบข้อมูลเชิงนามธรรม) โดยการใช้ชื่อของคลาสเป็นชื่อชนิดของตัวแปรหน่วยความจำก็คือวัตถุเชิงโปรแกรมของภาษาการโปรแกรมซีพลัสพลัส

1.1.4 สายอักขระแอนซี และฟังก์ชันของไมโครซอฟท์เอ็กซ์เซล

ซีพลัสพลัสบิวเดอร์จัดวีซีแอล เพื่อเข้าถึงซีโอเอ็มบนระบบปฏิบัติการวินโดวส์ ไว้ในนามวัตถุอัตโนมัติออฟฟิศ 2000 (Office 2000 automation objects) ประกอบด้วยวัตถุการโปรแกรมเชิงภาพต่าง ๆ ดังภาพที่ ก 4. ของภาคผนวก ก. ด้วยวัตถุเชิงโปรแกรมเหล่านี้ทำให้สามารถใช้ไมโครซอฟท์เอ็กซ์เซลได้ในลักษณะวัตถุของภาษาการโปรแกรมซีพลัสพลัสบนซอฟต์แวร์ซีพลัสพลัสบิวเดอร์ และด้วยการดำเนินงานบนไมโครซอฟท์เอ็กซ์เซลเป็นการดำเนินงานบนเอกสารอิเล็กทรอนิกส์ รูปแบบสเปรดชีตมีลักษณะเป็นการกำหนดค่าสายอักขระลงในเซลล์สี่เหลี่ยมแผ่ขยายไปตามแนวนอนและแนวตั้ง สามารถกำหนดค่าได้โดยตรง โดยฟังก์ชัน หรือโดยนิพจน์คณิตศาสตร์ จึงนับว่าสอดคล้องกับไลบรารีมาตรฐานของภาษาการโปรแกรมซีพลัสพลัสที่ได้จัดสายอักขระอยู่ในรูปวัตถุเชิงโปรแกรมแทนการเป็นแถวลำดับของตัวอักขระปิดท้ายด้วยอักขระเปล่า (null character; '\0') สายอักขระในรูปวัตถุเชิงโปรแกรมนี้คือ แอนซีสตริง (ANSI string; American national standards institution) คลาสของสายอักขระแอนซีจึงประกอบด้วยสมาชิกข้อมูล และระเบียบวิธีที่เกี่ยวข้องจำนวนมากทำให้สามารถใช้สายอักขระแอนซีดำเนินงานบนสเปรดชีตของไมโครซอฟท์เอ็กซ์เซลได้ลงตัว การสร้างหน่วยวัตถุ (instance) ของสายอักขระแอนซีจะต้องระบุชี้การประมวลผลเบื้องต้น สำหรับกระบวนการแปลโปรแกรมด้วย

```
#include<string>
```

แล้วจึงทำการสร้างหน่วยวัตถุด้วยข้อความสั่งภายในโปรแกรมมีลักษณะคือ

```
String InstanceName ;
```

เมื่อ `String` คือคำหลัก (keyword) ของภาษาการโปรแกรม *`InstanceName`* คือตำแหน่งระบุชื่อหน่วยวัตถุสายอักขระแอนซีที่ต้องการสร้าง กรณีที่ใช้วีซีแอลของซีพลัสพลัสบิวเดอร์พัฒนาโปรแกรมหน่วยวัตถุของสายอักขระแอนซีสามารถทำได้โดยตรง ด้วยข้อความสั่งเดียวคือ

```
AnsiString InstanceName ;
```

เนื่องเพราะวีซีแอลของซีพลัสพลัสบิวเดอร์ได้บรรจุคลาสสายอักขระแอนซีไว้แล้ว [12] และจากที่ตาราง ฐ .1 สำหรับการคำนวณแรงดันตกมีแบบจำลองเชิงนามธรรมคือ $T_1 = \{(C_1, \delta^1), (C_2, \delta^2)\}$ ดังนั้นด้วยการใช้พิสัยนามกร (name ranges) ของไมโครซอฟท์เอ็กซ์เซลที่อาจใช้นามว่า Delta1 เพื่อบรรจุสมาชิกของ δ^1 จำนวน 19×3 รายการการอ้างถึงสมาชิกใด ๆ ของ Delta1 ก็จะสามารถทำได้ด้วยฟังก์ชันเอ็กซ์เซล (Excel function) ตามไวยากรณ์ต่อไปนี้

```
INDEX(array, row_num,
      [column_num])
```

เมื่อพิจารณาต่อไปถึงค่า $\langle \otimes f_r(C_1) \rangle_{i,j}$ ของ δ^1 จะสอดคล้องกับนิพจน์เอ็กซ์เซลดังนี้

```
INDEX(DELTA1 , i, j)
```

เมื่อ $1 \leq i \leq 19$ และ $1 \leq j \leq 3$ นำไปสู่วิธีการเข้าถึงวัตถุเชิงโปรแกรมเอ็กซ์เซล โดยซีพลัสพลัสบิวเดอร์ผ่านสายอักขระแอนซี ด้วยการจัดตั้งหน่วยวัตถุที่สอดคล้องได้แก่

```
AnsiString Cell;
 Cell = "INDEX(DELTA1," +
        (AnsiString)i + "," +
        (AnsiString)j + ")";
```

2. วิธีการดำเนินงาน

ค่าแรงดันตก กำหนดตามตารางข้อมูลที่เกี่ยวข้องในภาคผนวก ก. ฐ.1 ถึง ฐ.4 ของมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ. 2556 มีหน่วยเป็น mV/A/m จึงทำการใช้ตารางเชิงนามธรรมที่สร้างขึ้น กำหนดสูตรการคำนวณแรงดันตก VD ที่แท้จริงดังนี้

$$VD = \left\langle \delta^m (\otimes f_r(C_n)) \right\rangle_{i,j} \times 10^{-3} \times I \times L$$

เมื่อ I คือกระแสไฟฟ้าในตัวนำและ L คือความยาวของสายไฟฟ้าโดยที่ $1 \leq m \leq 8$ และ $1 \leq n \leq 4$ ในระบบแรงดัน 230/400 เปอร์เซ็นต์แรงดันตกตามข้อแนะนำของภาคผนวก ฐ. ของวงจรสามเฟสกำหนดด้วยสูตร

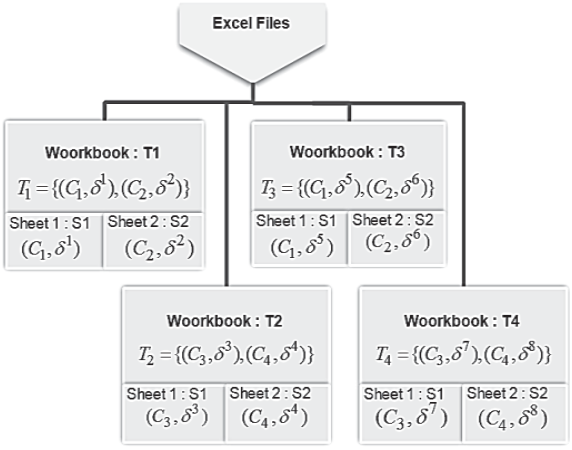
$$\%VD = \frac{VD}{400} \times 100$$

ขณะที่เปอร์เซ็นต์แรงดันตกของวงจรหนึ่งเฟสคือ

$$\%VD = \frac{VD}{230} \times 100$$

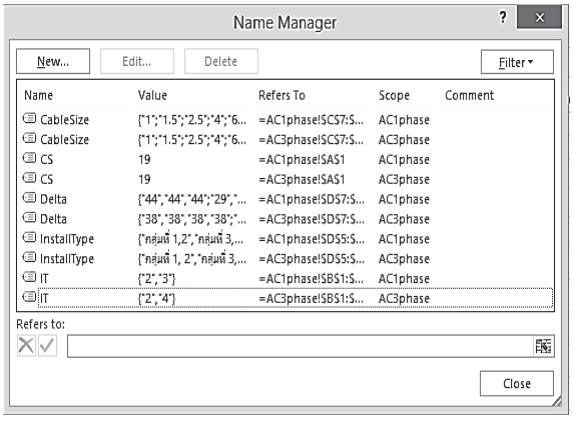
2.1 การจัดระบบฐานข้อมูลสำหรับการคำนวณแรงดันตก

การคำนวณแรงดันตก VD จากสมการข้างต้นจะต้องใช้ค่าจากตารางที่เขียนแสดงแทนด้วย $\delta^m(\otimes f_r(C_n))$ ทำให้มีความจำเป็นในการจัดระบบฐานข้อมูล สำหรับการดำเนินงานด้วยคอมพิวเตอร์จากที่ระบบไฟล์ข้อมูลของไมโครซอฟท์เอ็กซ์เซลประกอบด้วยไฟล์ สมุดงาน และแผ่นเอกสาร ดังนั้นการจัดระบบฐานข้อมูลตาราง สำหรับการคำนวณแรงดันตกเข้าสู่ระบบไฟล์จะดำเนินงานดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 การจัดฐานข้อมูลสำหรับการคำนวณแรงดันตกลงระบบไฟล์ของไมโครซอฟท์เอ็กซ์เซล

การจัดระบบฐานข้อมูลจะดำเนินการบนตัวแบบจำลองเชิงนามธรรมของตาราง T_1 ถึง T_4 ที่ดำเนินการไว้ และจากที่แต่ละสมุดงานถูกบันทึกในรูปของไฟล์เอ็กซ์เซล (Excel files) ดังนั้นจะใช้ T_1^*, T_2^*, T_3^* และ T_4^* แสดงถึงไฟล์ของสมุดงานของตัวแบบจำลองเชิงนามธรรม T_1 ถึง T_4 ตามลำดับ



ภาพที่ 3 พิสัยนามกรจัดตั้งขึ้นแต่ละไฟล์เอ็กซ์เซลของระบบฐานข้อมูลการคำนวณแรงดันตก

นอกจากนี้การใช้ไฟล์เอ็กซ์เซลจัดระบบฐานข้อมูลตารางได้กำหนดพิสัยนามกรในแต่ละไฟล์แสดงดังภาพที่ 3

2.2 ระบบประมวลผลข้อมูลตาราง

การประมวลผลระบบข้อมูลตารางในภาพที่ 2 ทำเพื่อนำข้อมูล $\left\langle \delta^m(\otimes f_r(C_n)) \right\rangle_{i,j}$ เข้าสำหรับสมการแรงดันตก VD ข้างต้น จากที่ค่า $\delta^m(\cdot)$ เป็นตัวบ่งชี้สมุดงาน ดังนั้นการเข้าถึงจะทำโดยการเลือก T_k^* เมื่อ $1 \le k \le 4$ ซึ่งสามารถดำเนินการได้โดยใช้วีซีแอลของซีพลัสพลัสบิวเดอร์เป็นกลไกดำเนินงาน และเพื่อให้การเลือกมีความหมายในการดำเนินงานมากเพิ่มขึ้น จะกำหนดให้

T_1^* := “แรงดันตกสำหรับสายไฟฟ้า ตัวนำฉนวน PVC แกนเดียวที่ 70 °C”

T_2^* := “แรงดันตกสำหรับสายไฟฟ้า ตัวนำฉนวน PVC หลายแกนที่ 70 °C”

T_3^* := “แรงดันตกสำหรับสายไฟฟ้า ตัวนำฉนวน XLPE แกนเดียวที่ 90 °C”

T_4^* := “แรงดันตกสำหรับสายไฟฟ้า ตัวนำฉนวน XLPE หลายแกนที่ 90 °C”

การจัดให้เกิดการเลือกสามารถใช้หน่วยวัตถุเชิงโปรแกรมกล่องคอมโบ (combo box) ของคลาสชื่อ `TComboBox` ซึ่งเป็นวัตถุการโปรแกรมเชิงภาพส่วนหนึ่งในวีซีแอลของซีพลัสพลัสบิวเดอร์มีลักษณะดังข้อความสั่งต่อไปนี้

`TComboBox *ComboBox`$n_{\%}$;

เมื่อ $n_{\%}$ ท้ายชื่อหน่วยวัตถุคือตัวเลขกำกับลำดับที่ของวัตถุเชิงโปรแกรมกล่องคอมโบที่สร้างขึ้น ดังนั้น การเข้าถึงข้อมูลตารางของแต่ละการส่ง

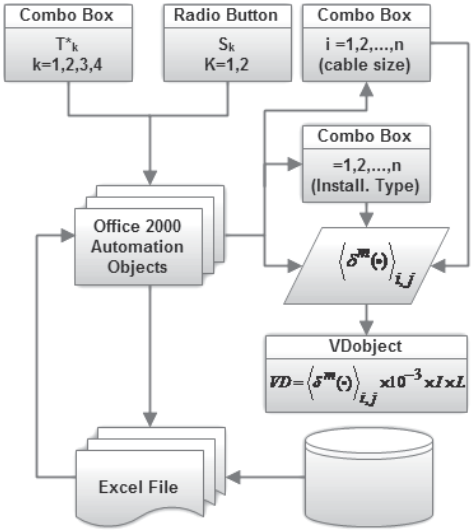
$\delta^m(\cdot)$ จะบ่งชี้ได้โดยวัตถุเชิงโปรแกรมกล่องคอมโบลงบนไฟล์เอ็กซ์เซล T_k^* ยิ่งไปกว่านั้น แต่ละการส่ง $\delta^m(\cdot)$ จะมีผลคูณคาร์ทีเซียนไม่จัดอันดับ $\otimes f_r(C_n)$ เป็นอาร์กิวเมนต์ $\delta^m(\otimes f_r(C_n)$ นิยามค่าอยู่บนระบบฐานข้อมูลดังภาพที่ 2 เห็นได้ชัดว่าประกอบด้วย 8 ชุดข้อมูลขึ้นกับค่า m และ n จากที่ T_k^* บ่งชี้ค่า m จึงเหลือเพียงการบ่งชี้ค่า n สำหรับการเข้าถึงค่าของ $\delta^m(\otimes f_r(C_n)$ และเนื่องจากว่าแต่ละ T_k^* ประกอบด้วย $S1$(Sheet1) และ $S2$ (Sheet2) การบ่งชี้ค่า n ของแต่ละ T_k^* จึงเหลือเพียง 2 ทางเลือก ทำให้สามารถใช้วัตถุเชิงโปรแกรมกลุ่มของปุ่มวิทยุ (radio button) เพื่อบ่งชี้ค่า n โดยที่หน่วยวัตถุเชิงโปรแกรมปุ่มวิทยุสร้างจากคลาสชื่อ `TRadioButton` มีลักษณะดังนี้

`TRadioButton *RadioButton`$n_{\%}$;

ดังนั้นเมื่อบ่งชี้ T_k^* กับ $S1$ หรือ $S2$ ได้ จึงทำให้สามารถใช้วัตถุอัตโนมัติออฟฟิศ 2000 อ่านข้อมูลจากระบบฐานข้อมูลไฟล์เอ็กซ์เซล ลงในวัตถุเชิงโปรแกรมคอมโบบอกซ์ที่สอง เพื่อจัดให้เกิดการเลือกค่า i และ j สำหรับ $\left\langle \delta^m(\otimes f_r(C_n)) \right\rangle_{i,j}$ ดังแผนภาพที่ 4

2.3 หน่วยวัตถุเชิงโปรแกรมคำนวณค่าแรงดันตก

ถึงแม้การคำนวณแรงดันตก VD จะใช้เพียงสูตรเดียวดังแสดงไว้ก่อนหน้า แต่ค่าของตัวแปรสำหรับการแทนค่าลงในสมการส่วนหนึ่งได้มาจากกลไกการอ่านชุดข้อมูล จากระบบฐานข้อมูลไฟล์เอ็กซ์เซลที่สร้างขึ้นและอีกส่วนเป็นการรับชุดข้อมูล



ภาพที่ 4 การประมวลผลระบบฐานข้อมูลไฟล์เอ็กซ์เซลสำหรับการคำนวณแรงดันตก

เข้าจากผู้คำนวณ ด้วยเหตุนี้วัตถุเชิงโปรแกรมสำหรับการคำนวณแรงดันตกจึงมีสมาชิกส่วนใหญ่เป็นสมาชิกข้อมูลสำหรับการประมวลผลระบบฐานข้อมูลไฟล์เอ็กซ์เซล เพื่อใช้ในงานคำนวณของระเบียบวิธีของวัตถุเชิงโปรแกรมที่จะสร้างด้วยคลาส ตามภาพที่ 5 เป็นคลาสที่มีเพียงระเบียบวิธีเดียวแต่มีสมาชิกข้อมูลจำนวนมากหลายประเภท ได้แก่ จำนวนเต็มจำนวนทศนิยมสายอักขระแอนซีและประเภทที่จัดตั้งขึ้นแบบโครงสร้างซึ่งได้ใช้ชื่อว่า `ExcelTabular` ดังภาพที่ 6 การใช้งานคลาส `VoltageDrop` ร่วมกับวีซีแอลต่าง ๆ ของซีพลัสพลัส

```
class VoltageDrop
  {  public:
       ExcelTabular T[4];
       int TableIndex, InstGroupIndex;
       double I_current, Length, delta;
       double VoltDrop, PercentVD;
       AnsiString TypeSystemAC, SizeOfCable,
                  InstType, CableType;
       VoltageDrop(void) {};
       double VdropCompute(void);
     private:
  };
```

ภาพที่ 5 คลาส `VoltageDrop` สำหรับใช้สร้างวัตถุเชิงโปรแกรมในการคำนวณแรงดันตก

```
struct ExcelSheet
  {   AnsiString CableSize[20];
      AnsiString InstallType[2][4];
      double Delta[20][4];
      AnsiString Frontier[5];
      int CS ,int IT[2];
      int FrontierNo;
  };
struct ExcelTabular
   {   ExcelSheet TabAC1P;;
       ExcelSheet TabAC3P;;
   };
```

ภาพที่ 6 ชนิดข้อมูลแบบโครงสร้าง (structure) ที่สร้างขึ้นสำหรับสมาชิกข้อมูลของคลาส VoltageDrop

บิวเดอร์ในการประมวลผลระบบฐานข้อมูลไฟล์เอ็กซ์เซลสำหรับคำนวณ แรงดันตกได้อธิบายไว้แล้วด้วยแผนภาพการประมวลผลตามภาพที่ 4 ในนามของวัตถุเชิงโปรแกรมชื่อ VDobject โดยภาพที่ 7 แสดงระเบียบวิธี `VdropCompute` ของคลาสนี้ เห็นได้ชัดว่าข้อมูลทั้งหมดในสมาชิกข้อมูลของคลาสในภาพที่ 5 แผ่ขยายออกไปในภาพที่ 6 จะได้รับการประมวลผล ผ่านกลไกของวัตถุเชิงโปรแกรมวีซีแอลของซีพลัสพลัสบิวเดอร์ในการเติมเต็มข้อมูลให้กับระเบียบวิธี `VdropCompute` ทั้งนี้การจัดตั้งหน่วยวัตถุจะใช้ข้อความสั่ง

```
VoltageDrop  VDobject;
```

```
double VoltageDrop::VdropCompute(void)
{ VoltDrop = delta*I_current*Length*1e-3;
    if(TypeSystemAC == "AC1Phase")
      PercentVD =  VoltDrop/230.0*100.0;
    else
      PercentVD =  VoltDrop/400.0*100.0;
  return  VoltDrop;
}
```

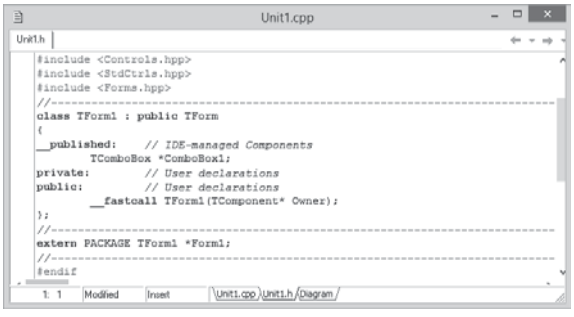
ภาพที่ 7 ระเบียบวิธีของคลาส VoltageDrop

2.4 การโปรแกรมบนสภาพแวดล้อมของการโปรแกรมเชิงภาพซีพลัสพลัสบิวเดอร์

การพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ แบบจียูไอบนระบบปฏิบัติการวินโดวส์ ด้วยซีพลัสพลัสบิวเดอร์จะอยู่บนรากฐานของการใช้วัตถุโปรแกรมเชิงภาพที่ถูกเรียกว่าฟอร์ม (Form) ซึ่งเป็นวัตถุเชิงโปรแกรมโดยตัวเอง ที่ซีพลัสพลัสบิวเดอร์เริ่มต้นให้ ในการตั้งค่าเริ่มต้นสำหรับโปรแกรมประยุกต์ ที่จะพัฒนาผลการทำงานของวัตถุโปรแกรมเชิงภาพชนิดนี้จะมีลักษณะเป็นหน้าต่างสี่เหลี่ยมบนระบบปฏิบัติการวินโดวส์ทำหน้าที่เป็นเจ้าของกิจกรรม (host) แบบจียูไอที่จะเกิดขึ้นจากวัตถุโปรแกรมเชิงภาพอื่น ๆ ของวีซีแอล เมื่อถูกวางลงบนฟอร์ม รวมถึงวัตถุเชิงโปรแกรมอื่นที่จัดตั้งภายใต้ขอบเขตคลาสของฟอร์ม มีลักษณะดังภาพภาพที่ 8 โดยจะเห็นได้ชัดที่นั้นว่ามีการสร้างหน่วยวัตถุ

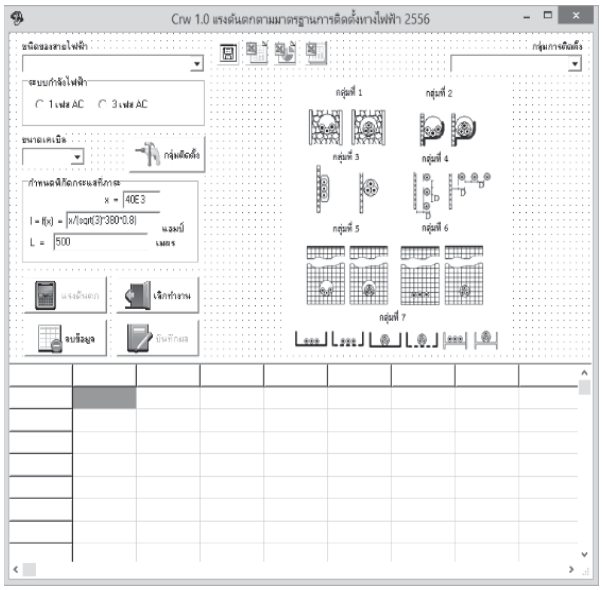
```
TComboBox *ComboBox1;
```

ลงบนวัตถุเชิงโปรแกรมฟอร์ม เพื่อจัดกิจกรรมจียูไอให้กับฟอร์ม ทั้งนี้ทุกวัตถุโปรแกรมเชิงภาพในวีซีแอลของซีพลัสพลัสบิวเดอร์สามารถตรวจดูรายละเอียดได้ด้วยตัวพินิจวัตถุ (object inspectors) ที่ถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนสมบัติ (properties) และส่วนเหตุการณ์ (events) ของวัตถุเชิงโปรแกรม



ภาพที่ 8 คลาสของวัตถุเชิงโปรแกรมฟอร์มในการโปรแกรมด้วยซีพลัสพลัสบิวเดอร์

ดังนั้นการจัดกิจกรรมแบบจียูไอ จึงทำโดยการโปรแกรมด้วยภาษาการโปรแกรมซีพลัสพลัสควบคุมการทำงานให้กับเหตุการณ์ของวัตถุเชิงโปรแกรม รู้จักในนามของการโปรแกรมเชิงเหตุการณ์ (event-driven programming) และเมื่อพิจารณาแผนภาพการประมวลผลดังภาพที่ 4 จึงใช้วัตถุเชิงโปรแกรมฟอร์ม เป็นฐานรองรับวัตถุเชิงโปรแกรมของวีซีแอลอื่น ๆ เพื่อทำการโปรแกรมเชิงเหตุการณ์ในการจัดกิจกรรมจียูไอให้กับฟอร์มดังภาพที่ 9 โดยมี



ภาพที่ 9 วัตถุเชิงโปรแกรมฟอร์มและวัตถุเชิงโปรแกรมอื่น ๆ ของวีซีแอลที่ใช้ในการพัฒนาโปรแกรมด้วยซีพลัสพลัสบิวเดอร์คำนวณแรงดันตก

วัตถุเชิงโปรแกรมหลักสำคัญ ใช้จัดกิจกรรมการประมวลผลระบบฐานข้อมูลที่มีโครงสร้างไฟล์เอ็กซ์เซลของการคำนวณแรงดันตกแสดงไว้ในตารางที่ 1 ถึงตารางที่ 2

ตารางที่ 1 วัตถุเชิงโปรแกรมของวีซีแอลหลักสำคัญคำนวณแรงดันตกบนระบบฐานข้อมูลไฟล์เอ็กซ์เซล

ที่	ชื่อวัตถุวีซีแอล	ภาพลักษณะวัตถุ
Obj1	Form1	
Obj2	ComboBox1	
Obj3	RadioButton1	
Obj4	RadioButton2	
Obj5	ComboBox2	
Obj6	ComboBox3	
Obj7	Excel Application1	
Obj8	Excel Workbook1	
Obj9	Excel Worksheet1	
Obj10	Button1	

2.5 การโปรแกรมเชิงเหตุการณ์

เพื่อให้ผู้ใช้ดำเนินกิจกรรมบนฟอร์มของโปรแกรมประยุกต์ที่สร้างขึ้น เป็นไปตามลำดับขั้นตอนของการคำนวณค่าแรงดันตก จึงควบคุมการทำงานของวัตถุเชิงโปรแกรม ให้สนองตอบต่อการสื่อสารของผู้ใช้ที่เป็นแบบจียูไอ โดยซีพลัสพลัสบิวเดอร์ได้จัดสิ่งที่เรียกว่า ระเบียบวิธีจัดการเหตุการณ์ (event handler) เพื่อจัดการเหตุการณ์ต่าง ๆ ของแต่ละวัตถุเชิงโปรแกรมรวบรวมไว้ในส่วนเหตุการณ์ของตัวพินิจวัตถุ ตารางที่ 3 แสดงระเบียบวิธีจัดการเหตุการณ์ ของวัตถุเชิงโปรแกรมเฉพาะการจัดกิจกรรมที่เกี่ยวข้องสำคัญ ในการคำนวณแรงดันตก ลักษณะการโปรแกรมของระเบียบวิธีจัดการเหตุการณ์แสดงดังภาพที่ 10

ตารางที่ 2 คลาสและกิจกรรมของวัตถุเชิงโปรแกรมของวีซีแอลหลักสำคัญ

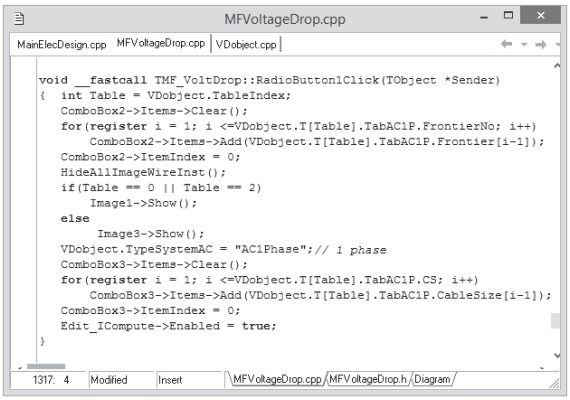
ที่	ชื่อวัตถุวีซีแอล	ชื่อคลาส	กิจกรรม/จียูไอ
Obj1	Form1	TForm1	ควบคุมจียูไอ
Obj2	ComboBox1	TComboBox	เลือก T_1-T_4
Obj3	RadioButton1	TRadioButton	จัดค่า l_2 ใน D_2
Obj4	RadioButton2	TRadioButton	จัดค่า l'_2 ใน D_3
Obj5	ComboBox2	TComboBox	จัดค่า D_5 , D_6 และ s_2 ใน D_2 และ D_3 ,
Obj6	ComboBox3	TComboBox	จัดค่า D_1 และ D_4
Obj7	ExcelApplication1	TExcelApplication	ติดต่อ EOM (Excel object Model)
Obj8	ExcelWorksheet1	TExcelWorksheet	จัดกระทำเอกสารแผ่นงานเอ็กซ์เซล
Obj9	ExcelWorkbook1	TExcelWorkbook	จัดกระทำสมุดงานเอ็กซ์เซล
Obj10	Button1	TButton	เรียกใช้ VDobject

ตารางที่ 3 ระเบียบวิธีจัดการเหตุการณ์ของวัตถุเชิงโปรแกรมเฉพาะส่วนสำคัญเกี่ยวกับการคำนวณแรงดันตก

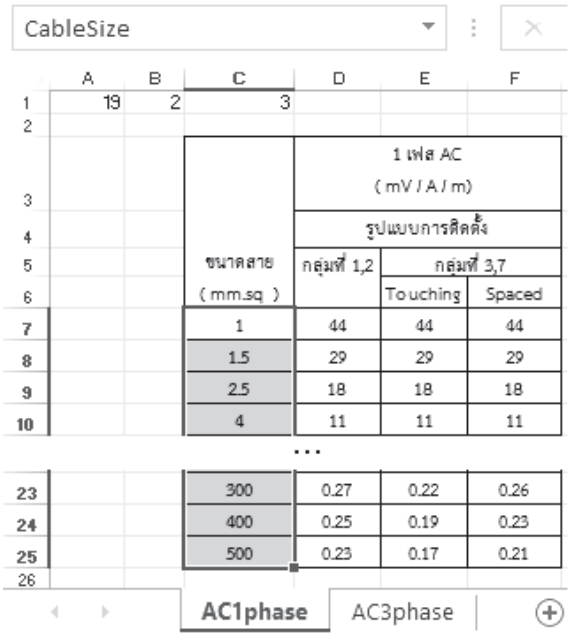
ที่	ชื่อวัตถุวีซีแอล	ชื่อระเบียบวิธีจัดการเหตุการณ์	กิจกรรม/จียูไอ
1	ComboBox1	OnSelect	ควบคุม Obj3, Obj4, Obj5, Obj6,VDobj
2	RadioButton1	OnClick	ควบคุม Obj5, Obj6, VDobject
3	RadioButton2	OnClick	ควบคุม Obj5, Obj6, VDobject
4	ComboBox2	OnSelect	ควบคุม VDobject
5	Button1	OnClick	ควบคุม VDobject

3. ผลการวิจัย

ตารางที่ ฐ.1 ถึง ฐ.4 ในภาคผนวก ก. ของมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้า สำหรับประเทศไทย พ.ศ. 2556 ได้ถูกบันทึกลงในไฟล์เอ็กซ์เซลแสดงดังภาพที่ 11 โดยการพิมพ์ข้อมูลปกติด้วยไมโครซอฟท์เอ็กซ์เซลจัดตั้งโดเมนป้ายกำกับ D_1 ถึง D_6

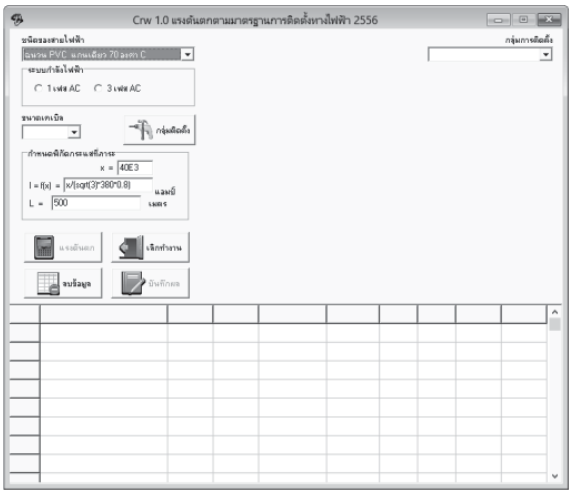


ภาพที่ 10 ลักษณะโปรแกรมของระเบียบวิธีจัดการเหตุการณ์

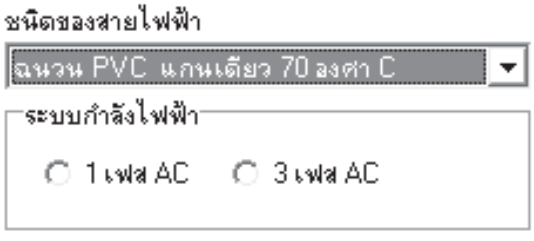


ภาพที่ 11 ลักษณะระบบฐานข้อมูลในโครงสร้างไฟล์เอ็กซ์เซลสำหรับการคำนวณแรงดันตก

ไฟล์เอ็กซ์เซลทั้ง 4 ไฟล์ตามโครงสร้างระบบฐานข้อมูลในภาพที่ 2 จะถูกประมวลผลโดยโปรแกรมประยุกต์บนระบบปฏิบัติการวินโดวส์ซึ่งเป็นผลของการใช้วิธีการโปรแกรมเชิงเหตุการณ์ บนวัตถุเชิงโปรแกรมต่าง ๆ ตามภาพที่ 10 ผลการทำงานของโปรแกรมประยุกต์ที่สร้างขึ้นของบทความนี้มีลักษณะดังภาพที่ 12 การประมวลผลระบบฐานข้อมูลไฟล์เอ็กซ์เซลสำหรับการคำนวณแรงดันตก เริ่มต้นที่การกำหนดเหตุการณ์ให้กล่องคอมโบ และปุ่มวิทยุมีลักษณะดังภาพที่ 13 เพื่อเป็นการขับเคลื่อนระเบียบวิธีจัดการเหตุการณ์สำหรับอ่านป้ายของโดเมนป้ายกำกับ D_2, D_3, D_5 และ D_6

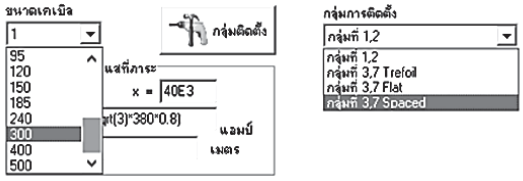


ภาพที่ 12 โปรแกรมประยุกต์คำนวณแรงดันตกตามมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้า 2556



ภาพที่ 13 การสื่อสารกับผู้ใช้แบบจียูไอเพื่อรับข้อมูลสำหรับการคำนวณแรงดันตก

ผลของการขับเคลื่อนระเบียบวิธีจัดการเหตุการณ์กล่องคอมโบและปุ่มวิทยุนี้ จะส่งผลให้ข้อมูลโดเมนป้ายกำกับ D_1 ถึง D_6 ถูกอ่านอย่างสมบูรณ์จากระบบฐานข้อมูลไฟล์เอ็กซ์เซล และนำเอาข้อมูลของโดเมนป้ายกำกับ D_1 หรือ D_4 และอีกหนึ่งในกลุ่มของ D_2, D_3, D_5 และ D_6 ขึ้นอยู่กับการดำเนินงานก่อนหน้า ใส่ลงในอีก 2 กล่องคอมโบสำหรับใช้ในการคำนวณค่าผลคูณคาร์ทีเซียนไม่จัดอันดับ $\otimes f_r(C_n)$ เมื่อ $1 \leq n \leq 4$ ด้วยการกำหนดเหตุการณ์ให้กล่องคอมโบดังภาพที่ 14 ใน การขับเคลื่อนการคำนวณค่า $\delta^m(\otimes f_r(C_n))$ และแรงดันตก VD จากสูตรที่สร้างไว้ในขั้นของวิธีการดำเนินงาน



ภาพที่ 14 ข้อมูลจากระบบฐานข้อมูลไฟล์เอ็กซ์เซลบางส่วนนำเสนอให้ผู้ใช้เลือกดำเนินการต่อไป

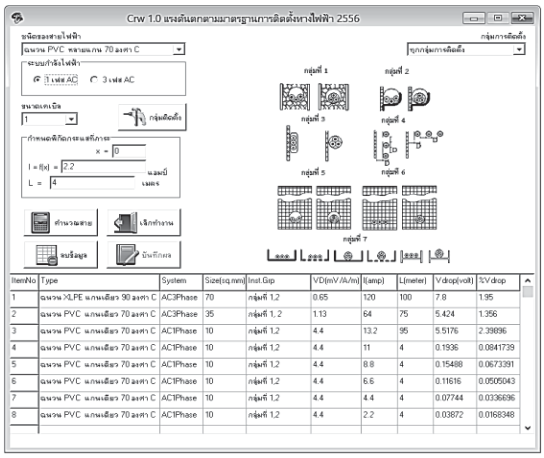
ตารางที่ 4 ตัวอย่างรายการวงจรสายป้อนและวงจรย่อยของระบบไฟฟ้า

Circuit Schedule
Type of Circuit : Feeder(F) and Branch(B) Load : L1 – L6

Circuit type	Location From	Location To	System voltage	Cable / Number of core	Load (A) / mm²	Install. group No.	Length (m)
F1	MDB	LP1	230/400	XLPE/1	120/70	2	100
F2	MDB	LP2	230/400	PVC/1	64/35	2	75
B1	LP2	L1	230	PVC/1	13.2/10	2	95
	L1	L2	230	PVC/1	11/10	2	4
	L2	L3	230	PVC/1	8.8/10	2	4
	L3	L4	230	PVC/1	6.6/10	2	4
	L4	L5	230	PVC/1	4.4/10	2	4
	L5	L6	230	PVC/1	2.2/10	2	4

ในที่นี้ จะใช้รายการวงจรสายป้อนและวงจรย่อยตามตารางที่ 4 แสดงการคำนวณแรงดันตกจากระบบฐานข้อมูลไฟล์เอ็กซ์เซล ซึ่งมีสภาพเงื่อนไขของสายไฟฟ้า และสภาพปัจจัย การติดตั้งที่แตกต่างกัน 3 กรณี ได้ผลการดำเนินงานดังภาพที่ 15 เห็นได้ชัดว่า ผลการคำนวณแรงดันตกบนวงจรของสายป้อนและวงจรย่อยถูกจัดให้อยู่ในรูปของตาราง และขยายรายละเอียดดังภาพ 16 โดยจะสามารถตรวจสอบผล

การคำนวณด้วยการแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ สายป้อน 3 เฟส XLPE ดังรายการที่ 1 สายป้อน 3 เฟส PVC ดังรายการที่ 2 และสายวงจรย่อย 1 เฟส PVC ดังรายการที่ 4-8 ดังนี้



ItemNo	Type	System	Size(sq.mm)	Inst.Grp	VD(mV/A/m)	I(amp)	L(meter)	Vdrop(volt)	%Vdrop
1	ฉนวน XLPE แกนเดี่ยว 90 องศา C	AC3Phase	70	กลุ่มที่ 1,2	0.65	120	100	7.8	1.95
2	ฉนวน PVC แกนเดี่ยว 70 องศา C	AC3Phase	35	กลุ่มที่ 1,2	1.13	64	75	5.424	1.356
3	ฉนวน PVC แกนเดี่ยว 70 องศา C	AC1Phase	10	กลุ่มที่ 1,2	4.4	13.2	95	5.5176	2.39896
4	ฉนวน PVC แกนเดี่ยว 70 องศา C	AC1Phase	10	กลุ่มที่ 1,2	4.4	11	4	0.1936	0.0841739
5	ฉนวน PVC แกนเดี่ยว 70 องศา C	AC1Phase	10	กลุ่มที่ 1,2	4.4	8.8	4	0.15488	0.0673391
6	ฉนวน PVC แกนเดี่ยว 70 องศา C	AC1Phase	10	กลุ่มที่ 1,2	4.4	6.6	4	0.11616	0.0505043
7	ฉนวน PVC แกนเดี่ยว 70 องศา C	AC1Phase	10	กลุ่มที่ 1,2	4.4	4.4	4	0.07744	0.0336696
8	ฉนวน PVC แกนเดี่ยว 70 องศา C	AC1Phase	10	กลุ่มที่ 1,2	4.4	2.2	4	0.03872	0.0168348

ภาพที่ 15 ผลการทำงานของโปรแกรมประยุกต์ที่พัฒนาขึ้นสำหรับการคำนวณแรงดันตกตามมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ. 2556

Item	System	Size(	Inst.Grp	VD(mV/A/m)	I(amp)	L(me	Vdrop(volt)	%Vdrop
1	AC3Pha:	70	กลุ่มที่ 1,2	0.65	120	100	7.8	1.95
2	AC3Pha:	35	กลุ่มที่ 1,2	1.13	64	75	5.424	1.356
3	AC1Pha:	10	กลุ่มที่ 1,2	4.4	13.2	95	5.5176	2.39896
4	AC1Pha:	10	กลุ่มที่ 1,2	4.4	11	4	0.1936	0.0841739
5	AC1Pha:	10	กลุ่มที่ 1,2	4.4	8.8	4	0.15488	0.0673391
6	AC1Pha:	10	กลุ่มที่ 1,2	4.4	6.6	4	0.11616	0.0505043
7	AC1Pha:	10	กลุ่มที่ 1,2	4.4	4.4	4	0.07744	0.0336696
8	AC1Pha:	10	กลุ่มที่ 1,2	4.4	2.2	4	0.03872	0.0168348

ภาพที่ 16 ขยายรายละเอียดตารางผลการคำนวณแรงดันตกของรายการวงจรในตารางที่ 4

1.สายป้อน 230/400 โวลต์ XLPE แกนเดี่ยว ขนาด 70 mm^2 สำหรับกระแสภาระ 120 แอมป์ยาว 100 m จะมีแรงดันตกตามมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้า พ.ศ. 2556 [10] ดังภาพที่ ก6. ของภาคผนวก ก. มีค่าเท่ากับ 0.65 mV/A/m จึงทำให้แรงดันตกทั้งหมดของสายป้อนนี้มีค่าเท่ากับ

$$VD = 0.65 \times 120 \times 10^{-3} \times 100 = 7.8$$

และ

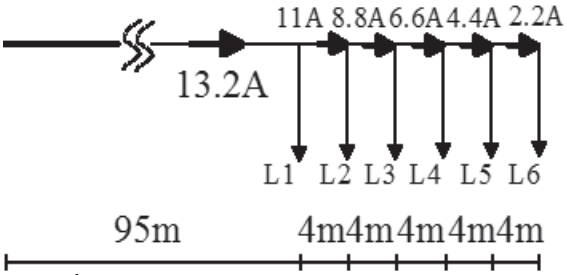
$$\%VD = \frac{7.8}{400} \times 100 = 1.95$$

2. สายป้อน 230/400 โวลต์ PVC แกนเดี่ยว ขนาด 35 mm^2 สำหรับกระแสภาระ 64 แอมป์ยาว 75 m จะมีแรงดันตกดังภาพที่ ก5. ของภาคผนวก ก.คำนวณได้เท่ากับ

$$VD = 1.13 \times 64 \times 10^{-3} \times 75 = 5.424 \text{ และ}$$

$$\%VD = \frac{5.424}{400} \times 100 = 1.356$$

3. สายวงจรย่อย 230 โวลต์ PVC แกนเดี่ยว ขนาด 10 mm^2 ต่อจาก LP2 $\rightarrow$ L1 $\rightarrow$ L2$\rightarrow$ L3$\rightarrow$ L4$\rightarrow$ L5$\rightarrow$ L6 โดยมีกระแสในแต่ละช่วงความยาวอธิบายด้วยแผนภาพของวงจรย่อยตามภาพที่ 17 ทำให้คำนวณ VD ได้เป็น



ภาพที่ 17 วงจรย่อย 230 โวลต์ 13.2 แอมป์จ่ายภาระ L1 ถึง L6

$$VD = 4.4 \times 10^{-3}(13.2 \times 95 + (11 + 8.8 + 6.6 + 4.4 + 2.2) \times 4)$$

$$= 5.5176 + 0.1936 + 0.1549 + 0.1162 + 0.0774 + 0.0387$$

$$= 6.0984$$

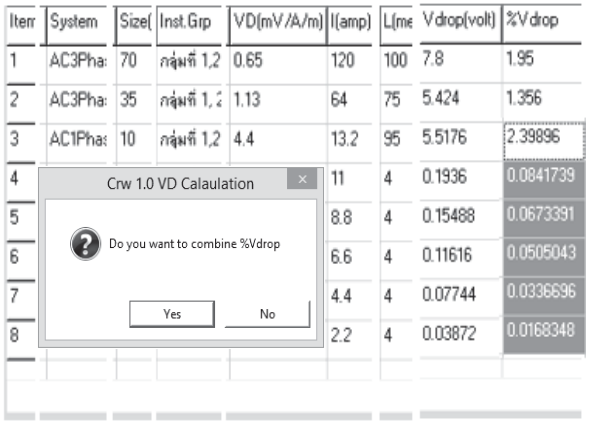
$$\%VD = (\frac{0.5176}{230} + \frac{0.1936}{230} + \frac{0.1549}{230} + \frac{0.1162}{230} + \frac{0.0774}{230} + \frac{0.0387}{230}) \times 100$$

$$= 2.399 + 0.0842 + 0.0673 + 0.0505 + 0.0337 + 0.0168$$

$$= 2.6515$$

จากผลการคำนวณ VD และ $\%VD$ ของสายป้อนและสายวงจรย่อยตามตารางที่ 4 ทั้ง 3 ข้อข้างต้น ได้ผลตรงตามผลการทำงานของโปรแกรมประยุกต์ที่สร้างขึ้น

เพียงแต่ในส่วนของวงจรย่อยของการคำนวณข้อที่ 3 ได้คำนวณผลรวม *VD* และ %*VD* ทั้งวงจรย่อยคือ 6.0984 โวลต์ และร้อยละ 2.6515 ตามลำดับ แต่ในส่วนของโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น การคำนวณผลรวม *VD* และ %*VD* ทั้งหมดของวงจรย่อย จะมีผลการดำเนินงานใน 2 ขั้นตอนดังภาพที่ 18 – 19



Item	System	Size(	Inst.Grp	VD(mV/A/m)	I(amp)	L(me	Vdrop(volt)	%Vdrop
1	AC3Pha:	70	กลุ่มที่ 1,2	0.65	120	100	7.8	1.95
2	AC3Pha:	35	กลุ่มที่ 1, 2	1.13	64	75	5.424	1.356
3	AC1Pha:	10	กลุ่มที่ 1,2	4.4	13.2	95	5.5176	2.39896
4					11	4	0.1936	0.0841739
5					8.8	4	0.15488	0.0673391
6					6.6	4	0.11616	0.0505043
7					4.4	4	0.07744	0.0336696
8					2.2	4	0.03872	0.0168348

ภาพที่ 18 ผลการใช้โปรแกรมประยุกต์ที่พัฒนาขึ้นหาผลรวมแรงดันตกของวงจรย่อย

Item	System	Size(	Inst.Grp	VD(mV/A/m)	I(amp)	L(met	Vdrop(volt)	%Vdrop
1	AC3Pha	70	กลุ่มที่ 1,2	0.65	120	100	7.8	1.95
2	AC3Pha	35	กลุ่มที่ 1, 2	1.13	64	75	5.424	1.356
3	AC1Pha	10	กลุ่มที่ 1,2	4.4	13.2	115	6.0984	2.6514817

ภาพที่ 19 ผลการทำงานของโปรแกรมคำนวณแรงดันตกเมื่อมีการยุบรวมวงจรย่อย

4. สรุปผลการทดลอง

วิธีการทางคอมพิวเตอร์ที่ใช้สร้างฐานข้อมูลด้วยไมโครซอฟท์เอ็กซ์เซล เพื่อการคำนวณแรงดันตกดังที่ผ่านมา ประสบผลสำเร็จเพราะสามารถสร้างแบบจำลองตารางเชิงนามธรรมให้มีโดเมนป้ายกำกับเข้ารูปกับระบบไฟล์เอ็กซ์เซล ด้วยเหตุนี้ตารางแรงดันตกทั้งหมดของมาตรฐานการติดตั้ง จึงถูกบันทึกลงในไฟล์เอ็กซ์เซลและสามารถเข้าถึงค่าเป็นไปได้ทั้งหมดของตาราง โดยการส่งจากลำดับป้ายสุดขอบเขตของโดเมนป้ายกำกับที่ดำเนินงานออกมาได้จริงด้วยวีซีแอลของซอฟต์แวร์ซีพลัสพลัสบิวเดอร์ส่งผลต่อให้สามารถใช้การโปรแกรมเชิงวัตถุของภาษาการโปรแกรมซีพลัสพลัสสร้างวัตถุเชิงโปรแกรมในรูปคลาส VoltageDrop เพื่อพัฒนาโปรแกรมประยุกต์บนระบบปฏิบัติการวินโดวส์ได้ในที่สุด สำหรับการใช้คอมพิวเตอร์คำนวณแรงดันตกให้เป็นไปตามภาคผนวก ฐ. ของมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ. 2556 ได้ผลถูกต้องตรงตามมาตรฐาน

5. เอกสารอ้างอิง

[1] Wang X., Wood D. An abstract model for tables. Department of Computer Science, University of Western Ontario, 1993.

[2] Ibrahim A., Alzubaydy J. Mathematical Driving Model Based Evaluation of Losses Components in the Control Systems with Induction Motor Drive. IJET 2017;9(4):2990-3001

[3] Sönmez Y., Dursun M., Güvenç U., et al. Start Up Current Control of Buck-Boost Convertor - Fed Serial DC Motor. Pamukkale University Journal of Engineering Sciences 2009; 15(2): 278-83.

[4] Bouktir T., Slimani L. Object - Oriented Economic Power Dispatch of Electrical Power System with Minimum Pollution using a Genetic Algorithm. J. Electrical Systems 2005; 1(2):19-34

[5] Kober F., Manzoni A., Lemos FAB. An Objected - Oriented Approach to Development and Integration of Graphical User Interface and Power System Framework. In Power Tech Conference Proceedings; 23-26 June 2003; Bologna: IEEE; 2003. p. 7 pp.

[6] Nor KM., Gani TA., Mokhlis H. The application of component - based methodology in developing visual power system analysis tool. In Power Industry Computer Applications; 20-24 May 2001; Sydney: IEEE; 2001. p. 38 - 43.

[7] Daponte P., Di Penta M., Mercurio G. TransientMeter: A distributed measurement system for power quality monitoring. IEEE Transactions on Power Delivery 2004; 19(2):456-63

[8] Lee JM., Hyun SW., Won CY. A simple method for DSP based buck – converter design using MS Excel. In Transportation Electrification Asia-Pacific (ITEC Asia-Pacific); 1–4 June 2016; Busan: IEEE; 2016. p. 38-43.

[9] Sastry MKS., Roopchand R., Chhetri R. Power Distribution System Load Flow Using Microsoft Excel. In Communica tion Systems and Network Techno logies (CSNT); 7-9 April 2014; Bhopal: IEEE; 2014. p. 954 - 959.

[10] สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์. มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ. 2556. พิมพ์ครั้งที่ 2. วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์; 2557.

[11] Wang X. Tabular Abstraction, Editing, and Formatting[PhD Thesis]. Water loo, Ontario, Canada: University of Waterloo; 1996.

[12] Kolachina SS. C++Builder™ 6 Developer's Guide. Texas: Wordware Publishing; 2003.

6. ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.

ตารางที่ ฐ.1 แรงดันตกสำหรับสายไฟฟ้า ฉนวน PVC แกนเดียว ที่ 70°C

ขนาดสาย (mm²)	1 เฟส AC(mV/A/m)			3 เฟส AC(mV/A/m)			
	รูปแบบการติดตั้ง						
	กลุ่มที่ 1,2	กลุ่มที่ 3,7		กลุ่มที่ 1,2	กลุ่มที่ 3,7		
		Touching	Spaced		Trefoil	Flat	Spaced
1.0	44	44	44	38	38	38	38
19 Item	⋮						
500	0.23	0.17	0.21	0.20	0.15	0.18	0.22

ตารางที่ ฐ.2 แรงดันตกสำหรับสายไฟฟ้า ฉนวน PVC หลายแกน ที่ 70°C

ขนาดสาย (mm²)	1 เฟส AC(mV/A/m)	3 เฟส AC(mV/A/m)
	ทุกกลุ่มการติดตั้ง	
1.0	44	38
18 Item	⋮	
400	0.17	0.15

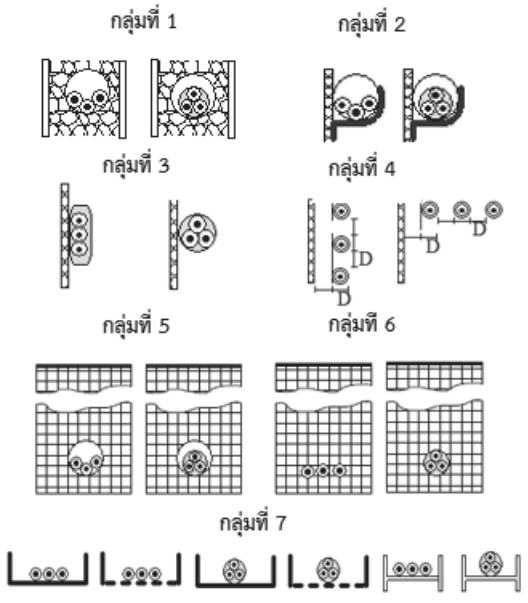
ตารางที่ ฐ.3 แรงดันตกสำหรับสายไฟฟ้า ฉนวน XLPE แกนเดียว ที่ 90°

ขนาดสาย (mm²)	1 เฟส AC(mV/A/m)			3 เฟส AC(mV/A/m)			
	รูปแบบการติดตั้ง						
	กลุ่มที่ 1,2	กลุ่มที่ 3,7		กลุ่มที่ 1,2	กลุ่มที่ 3,7		
		Touching	Spaced		Trefoil	Flat	Spaced
1.0	48	46	46	40	40	40	40
19 Item	⋮						
500	0.23	0.17	0.21	0.20	0.15	0.16	0.20

ตารางที่ ฐ.4 แรงดันตกสำหรับสายไฟฟ้า ฉนวน XLPE หลายแกน ที่ 90°C

ขนาดสาย (mm²)	1 เฟส AC(mV/A/m)	3 เฟส AC(mV/A/m)
	ทุกกลุ่มการติดตั้ง	
1.0	46	40
18 Item	⋮	
400	0.19	0.16

ภาพที่ ก1. ลักษณะตารางที่ ฐ.1 ถึง ฐ.4 ของมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ. 2556 [10]



ภาพที่ ก2. ลักษณะการติดตั้งในตารางที่ ฐ.1 ถึง ฐ.4

```
class  ClassName
 {     public:
         //public member

       private:
         //private member

 }
```

```
TypeDefinition ClassName::FunctionName(arg1, ... )
 {
    Declarations
    Statements
    return Value ;
 }
```

ภาพที่ ก3. รูปทั่วไปของคลาสและระเบียบวิธีของภาษาการโปรแกรมซีพลัสพลัส

ภาพที่ ก4. ไอคอน (icon) ของวีซีแอลต่าง ๆ ใช้สร้างวัตถุเชิงโปรแกรมเอ็กซ์เซลบนแถบเครื่องมือ การโปรแกรมของซีพลัสพลัสบิวแดอร์

ตารางที่ ฐ.1 แรงดันตกสำหรับสายไฟฟ้า ฉนวน PVC แกนเดียว ที่ 70℃

ขนาดสาย (mm²)	1 เฟส AC (mV / A / m)			3 เฟส AC (mV / A / m)			
	รูปแบบการติดตั้ง						
	กลุ่มที่ 1, 2	กลุ่มที่ 3 , 7		กลุ่มที่ 1 , 2	กลุ่มที่ 3 , 7		
		Touching	Spaced		Trefoil	Flat	Spaced
1.0	44	44	44	38	38	38	38
6	7.3	7.3	7.3	6.4	6.4	6.4	6.4
10	4.4	4.4	4.4	3.8	3.8	3.8	3.8
35	1.33	1.25	1.27	1.13	1.11	1.12	1.15
50	1.00	0.94	0.97	0.85	0.81	0.84	0.86

ภาพที่ ก5. ค่าแรงดันตกตามมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ. 2556 (ฐ.1) [10]

ตารางที่ ฐ.3 แรงดันตกสำหรับสายไฟฟ้า ฉนวน XLPE แกนเดียว ที่ 90℃

ขนาดสาย (mm²)	1 เฟส AC (mV / A / m)			3 เฟส AC (mV / A / m)			
	รูปแบบการติดตั้ง						
	กลุ่มที่ 1, 2	กลุ่มที่ 3 , 7		กลุ่มที่ 1 , 2	กลุ่มที่ 3 , 7		
		Touching	Spaced		Trefoil	Flat	Spaced
1.0	46	46	46	40	40	40	40
70	0.75	0.70	0.73	0.65	0.61	0.62	0.64
95	0.58	0.52	0.56	0.50	0.45	0.46	0.50

ภาพที่ ก6. ค่าแรงดันตกตามมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ. 2556 (ฐ.3) [10]