บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

ในบทที่ 4. จะเป็นขั้นตอนการทดลองและผลของการทดลองของโครงงานชุดนี้ ซึ่งในขั้นตอนการทดลองและผลของการทดลองนั้นผู้จัดทำโครงงานได้ทำการออกแบบขั้นตอนการทดลองและจัดทำรูปแบบผลของการทดลองที่เกิดขึ้น โดยให้ผู้อ่านผลของการทดลองหรือขั้นตอนของการทดลองเองได้เข้าใจในจุดประสงค์ของการทดลองของโครงงานชุดนี้ ซึ่งขั้นตอนการทดลองและผลของการทดลองนั้นผู้จัดทำโครงงานได้ทำการทดลองอยู่ 3 ข้อใหญ่ ซึ่งเป็นขั้นตอนการทดลองในสิ่งที่ผู้จัดทำโครงงานได้จัดทำโครงงานขึ้น คือ 1. การทดลองชุดทดลองสายส่งไฟฟ้ากำลัง 2. การทดลองโปรแกรมคำนวณพารามิเตอร์ของสายส่งไฟฟ้ากำลังและ 3.การทดลองโปรแกรมช่วยสอนเรื่องสายส่งไฟฟ้ากำลัง ซึ่งลายละเอียดทั้งหมดของขั้นตอนการทดลองและผลของการทดลองจะได้กล่าวโดยแบ่งเป็นหัวข้อดังต่อไปนี้

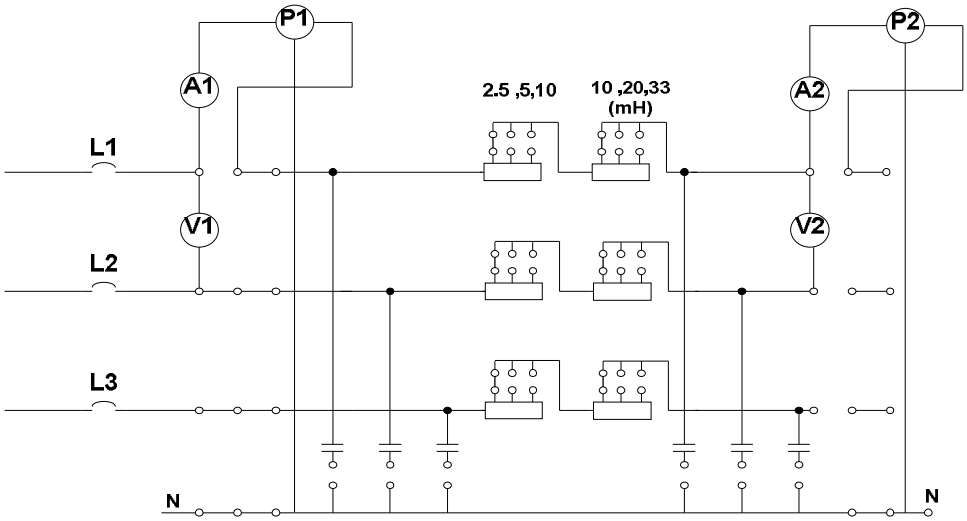
4.1 ขั้นตอนและผลการทดลองชุดปฏิบัติการสายส่งไฟฟ้ากำลัง

การทดลองหรือการชุดทดสอบชุดปฏิบัติการ(ชุดทดลอง)สายส่งไฟฟ้ากำลังนั้นทีผู้จัดทำโครงงานได้จัดทำขึ้นนั้น ผู้จัดทำโครงงานได้ทำการทดลองหรือทดสอบโดยอาศัยไฟแหล่งจ่ายจากห้องปฏิบัติการไฟฟ้ากำลัง ของสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยศรีปทุม คือแหล่งจ่ายแรงดัน 380/220 V อุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ประกอบการทดสอบ เช่น สายต่อวงจร เครื่องมือวัด เป็นต้น เหล่านี้เป็นของห้องปฏิบัติการไฟฟ้ากำลัง สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยศรีปทุม ดังนั้นผู้จัดทำต้องคำนึงถึงความปลอดภัยของผู้ทดลอง รวมไปถึงอุปกรณ์ เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง จะต้องดูแลให้ใช้งานได้อีก เมื่อทำการทดสอบชุดปฏิบัติการชุดนี้เสร็จสิ้นลงแล้ว การทดลองชุดปฏิบัติการหรือชุดทดลองที่ผู้จัดทำโครงงานได้จัดทำขึ้นนั้น จะทำการทดสอบให้สอดคล้องกับการเรียนการสอนในห้องปฏิบัติการไฟฟ้ากำลัง โดยการทดสอบอยู่ 2 การทดลองใหญ่ๆ ซึ่งได้แบ่งออกเป็นการทดลองสายส่งไฟฟ้าลังระยะสั้นและระยะปานกลาง โดยการทดลองได้แบ่งการทดลองในระยะต่างๆออกเป็น 6 หัวข้อดังต่อไปนี้

4.1.1 การทดลองสายส่งระยะสั้นที่ไม่มีโหลด

- ต่อวงจรตามภาพที่ 4.1 ซึ่งเป็นการจำลองสายส่งไฟฟ้าระสั้นแบบไม่มีโหลด โดยกำหนดค่าพารามิเตอร์ให้ดังต่อไปนี้

$$R_{Line} = 2.5\ \Omega,\ L_{Line} = 10\ mH$$



ภาพที่ 4.1 วงจรการทดลองสายส่งระยะสั้นที่ไม่มีโหลด

- ทำการต่อวงจรตามภาพที่ 4.1 โดยใช้ค่าพารามิเตอร์ที่กำหนดให้
- จ่ายไฟ $380V_{L-L}$ 50 Hz ให้กับวงจรแล้วทำการบันทึกผลการทดลองในตารางที่ 4.1

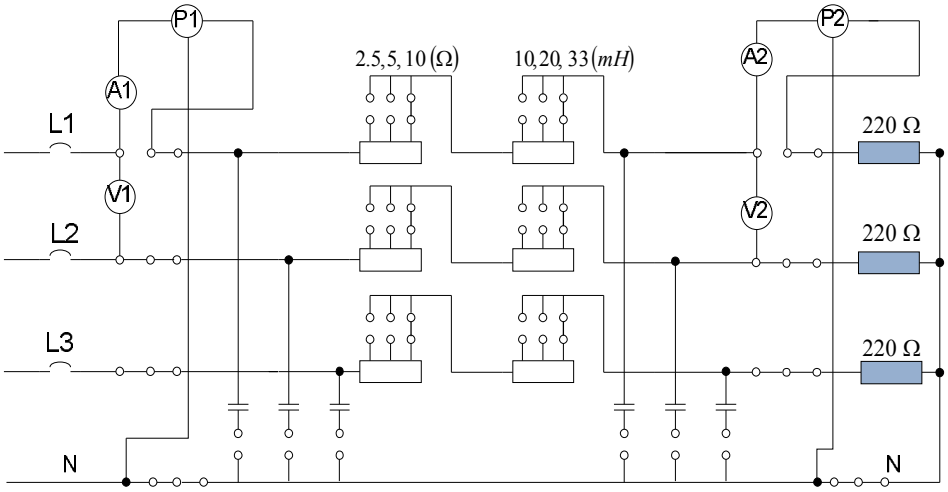
ตารางที่ 4.1 ตารางบันทึกผลการทดลองภาพที่ 4.1

Sending		Receiving	
V_{L-L}	380 V	V_{L-L}	380 V
V_{L-N}	219.4 V.	V_{L-N}	219.4 V
$I_L = I_N$	0	$I_L = I_N$	0
P	0	P	0
Q	0	Q	0
COS θ	0.6	COS θ	0.6

4.1.2 การทดลองสายส่งระยะสั้นแบบมีการต่อ Resistive Load แบบ Y

- ต่อวงจรตามภาพที่ 4.2 ซึ่งเป็นการจำลองสายส่งไฟฟ้าระสั้นที่มีการต่อ Resistive Load แบบ โดย Y กำหนดค่าพารามิเตอร์ให้ดังต่อไปนี้

R_{Line}= 10Ω, L_{Line}= 33 mH, R_{Load}= 220 Ω



ภาพที่ 4.2 วงจรการทดลองสายส่งระยะสั้นที่มีการต่อ Resistive Load แบบ Y

- ทำการต่อวงจรตามภาพที่ 4.2 โดยใช้ค่าพารามิเตอร์ที่กำหนดให้
- ทำการจ่ายไฟ 380V_{L-L} 50 Hz ให้กับวงจรแล้วทำการบันทึกผลการทดลองในตารางที่ 4

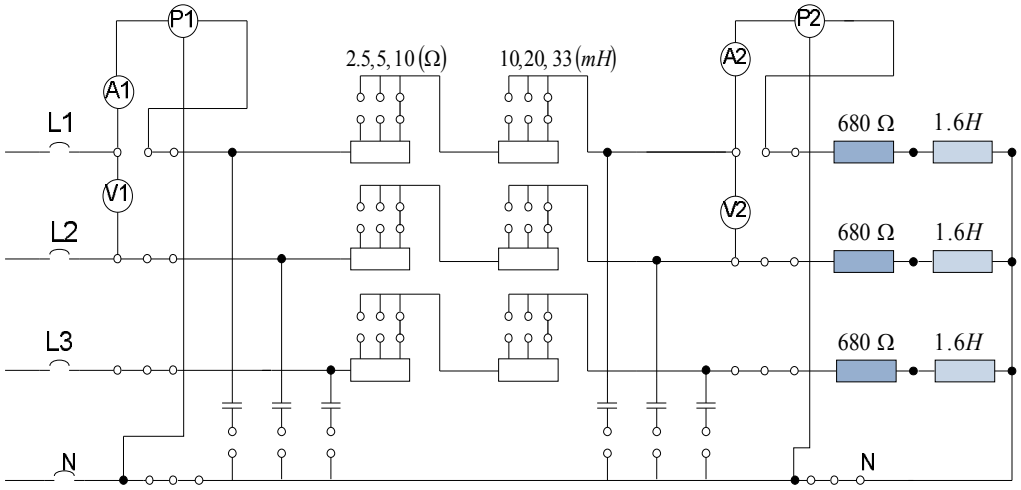
ตารางที่ 4.2 ตารางบันทึกผลการทดลองภาพที่ 4.2

Sending		Receiving	
V_{L-L}	380 V.	V_{L-L}	363.5 V.
V_{L-N}	219.4 V.	V_{L-N}	209.7 V.
$I_L = I_N$	0.9535 A	$I_L = I_N$	0.9535 A
P	209.1 W.	P	200.03 W.
Q	27.37 Var	Q	26.18 Var
COS θ	0.9	COS θ	0.9

4.1.3 การทดลองสายส่งระยะสั้นแบบมีการต่อ **Resistive and Inductive Load แบบ Y**

- ต่อวงจรตามภาพที่ 4.3 ซึ่งเป็นการจำลองสายส่งไฟฟ้าระสั้นที่มีการต่อ Resistive and Inductive แบบ Y โดยกำหนดค่าพารามิเตอร์ให้ดังต่อไปนี้

R_{Line}= 10Ω, L_{Line}= 33 mH, R_{Load}= 680Ω, L_{Load}= 1.6 H



ภาพที่ 4.3 วงจรการทดลองสายส่งระยะสั้นที่มีการต่อ Resistive and Inductive Load แบบ Y

- ทำการต่อวงจรตามภาพที่ 4.3 โดยใช้ค่าพารามิเตอร์ที่กำหนดให้
- จ่ายไฟ 380V_{L-L} 50 Hz ให้กับวงจรแล้วทำการบันทึกผลการทดลองในตารางที่ 4.3

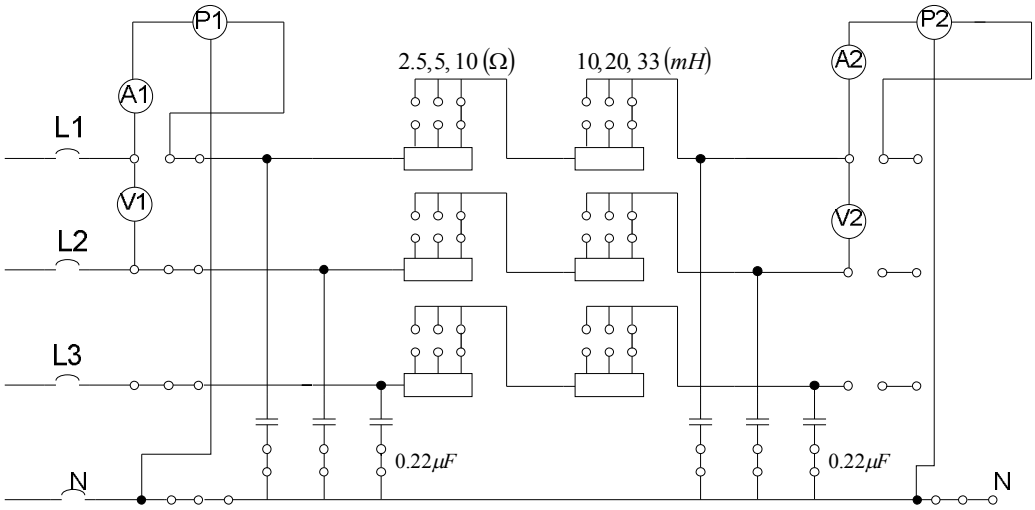
ตารางที่ 4.3 ตารางบันทึกผลการทดลองภาพที่ 4.3

Sending		Receiving	
V_{L-L}	380 V	V_{L-L}	373.8 V
V_{L-N}	219.4 V	V_{L-N}	215.8V
$I_L = I_N$	0.2552 A	$I_L = I_N$	0.2552 A
P	168 W	P	165.2 W.
Q	81 Var	Q	79.7 Var
COS θ	0.8	COS θ	0.8

4.1.4 การทดลองสายส่งระยะปานกลางที่ไม่มีโหลด

- ต่อวงจรตามภาพที่ 4.4 ซึ่งเป็นการจำลองสายส่งไฟฟ้าระสั้นแบบไม่มีโหลด โดยกำหนดค่าพารามิเตอร์ให้ดังต่อไปนี้

$$R_{Line}= 10\Omega,\ L_{Line}= 33\ mH,\ C_{LN}= 0.22\ \mu F$$



ภาพที่ 4.4 วงจรการทดลองสายส่งระยะปานกลางที่ไม่มีโหลด

- ทำการต่อวงจรตามภาพที่ 4.4 โดยใช้ค่าพารามิเตอร์ที่กำหนดให้
- จ่ายไฟ $380V_{L-L}$ 50 Hz ให้กับวงจรแล้วทำการบันทึกผลการทดลองในตารางที่ 4.4

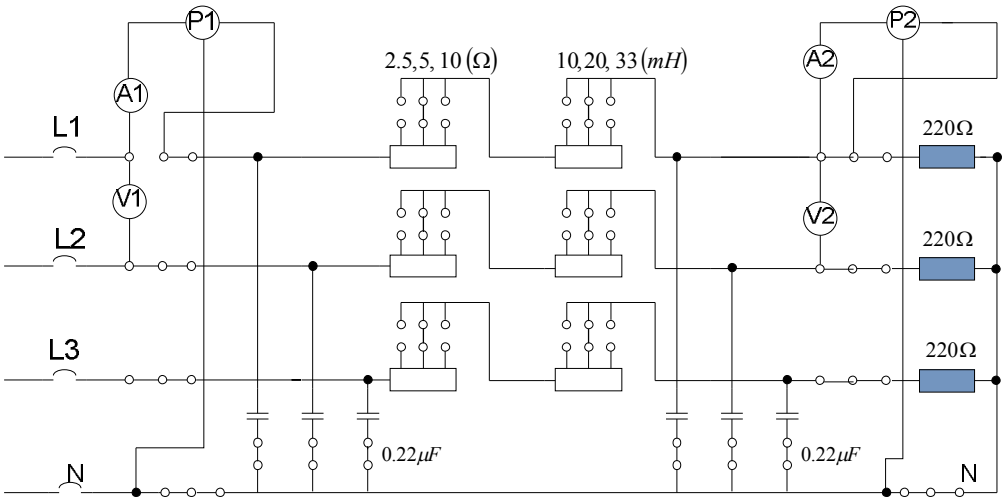
ตารางที่ 4.4 ตารางบันทึกผลการทดลองภาพที่ 4.4

Sending		Receiving	
V_{L-L}	380 V	V_{L-L}	380 V
V_{L-N}	219.4 V	V_{L-N}	219.6 V
$I_L = I_N$	0.03447 A	$I_L = I_N$	0
P	22.96 W	P	0
Q	0	Q	0
COS θ	1	COSθ	1

4.1.5 การทดลองสายส่งระยะปานกลางที่มีการต่อ Resistive Load แบบ Y

- ต่อวงจรตามภาพที่ 4.5 ซึ่งเป็นการจำลองสายส่งไฟฟ้าระยะปานกลางที่มีการต่อ Resistive Load แบบ Y โดยกำหนดค่าพารามิเตอร์ให้ดังต่อไปนี้

R_{Line}= 5 Ω, L_{Line}= 20 mH, C_{LN}= 0.22 μF, R_{Load}= 220 Ω



ภาพที่ 4.5 วงสายส่งระยะปานกลางที่มีการต่อ Resistive Load แบบ Y

- ทำการต่อวงจรตามภาพที่ 4.5 โดยใช้ค่าพารามิเตอร์ที่กำหนดให้
- จ่ายไฟ 380V_{L-L} 50 Hz ให้กับวงจรแล้วทำการบันทึกผลการทดลองในตารางที่ 4.5

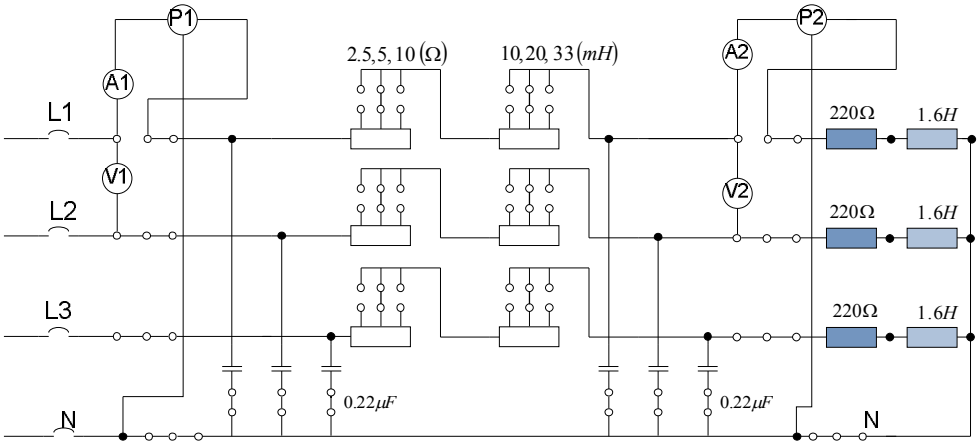
ตารางที่ 4.5 ตารางบันทึกผลการทดลองภาพที่ 4.5

Sending		Receiving	
V_{L-L}	380 V	V_{L-L}	370 V
V_{L-N}	219.5 V	V_{L-N}	214.7 V
$I_L = I_N$	0.9759 A	$I_L = I_N$	0.9759 A
P	214.2 W.	P	209.1 W.
Q	192.8 Var	Q	91.19 Var
COSθ	0.9	COSθ	0.9

4.1.6 การทดลองสายส่งระยะปานกลางที่มีการต่อ Resistive and Inductive Load Y

- ต่อวงจรตามภาพที่ 4.6 ซึ่งเป็นการจำลองสายส่งไฟฟ้าระยะปานกลางที่มีการต่อ Resistive and Inductive Load แบบ Y โดยกำหนดค่าพารามิเตอร์ให้ดังต่อไปนี้

R_{Line}= 5 Ω, L_{Line}= 20 mH, C_{LN}= 0.22 uF, R_{Load}= 220 Ω, L_{Load}= 1.6 H



ภาพที่ 4.6 วงจรสายส่งระยะปานกลางที่มีการต่อ Resistive and Inductive Load แบบ Y

- ทำการต่อวงจรตามภาพที่ 4.6 โดยใช้ค่าพารามิเตอร์ที่กำหนดให้
- จ่ายไฟ 380V_{L-L} 50 Hz ให้กับวงจรแล้วทำการบันทึกผลการทดลองในตารางที่ 4.6

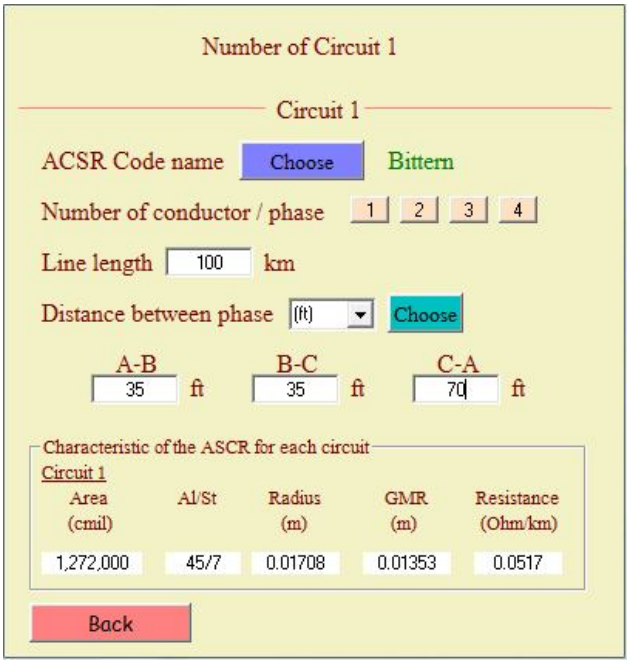
ตารางที่ 4.6 ตารางบันทึกผลการทดลองภาพที่ 4.6

Sending		Receiving	
V_{L-L}	380 V	V_{L-L}	370 V
V_{L-N}	219.46 V	V_{L-N}	214.4 V
$I_L = I_N$	0.3631 A	$I_L = I_N$	0.3909 A
P	239.1 W	P	251.5 W
Q	104 Var	Q	109 Var
COSθ	0.9	COSθ	0.9

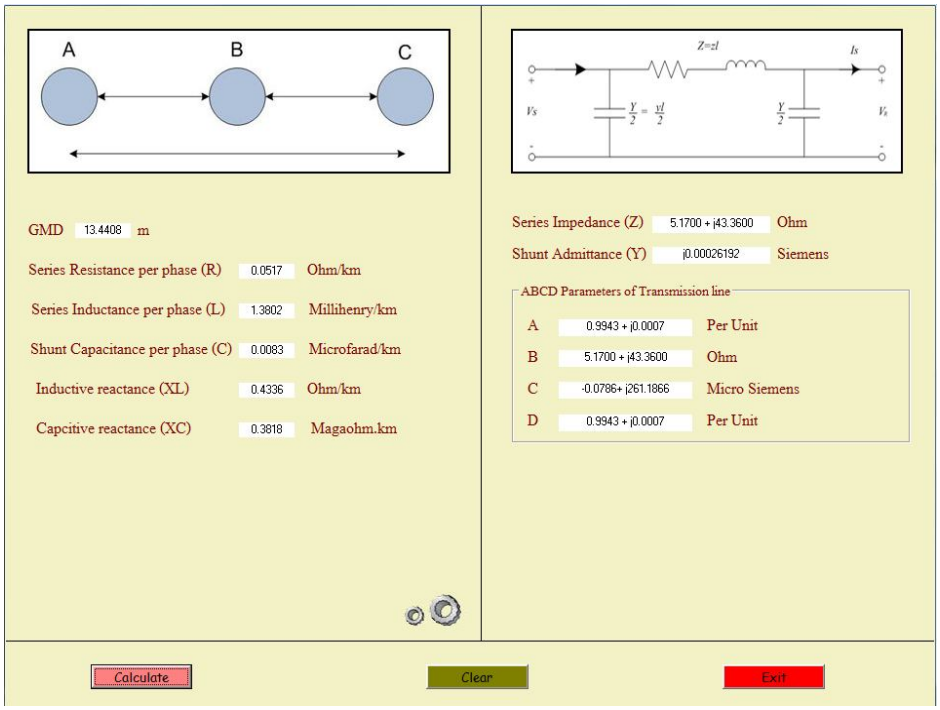
4.2 ขั้นตอนและผลการทดลองโปรแกรมคำนวณพารามิเตอร์ของสายส่งไฟฟ้ากำลัง

ในขั้นตอนและผลการทดลองนั้น ผู้จัดทำโครงงานได้ออกแบบการทดสอบโดยนำโจทย์ปัญหาในหัวข้อที่เกี่ยวกับการคำนวณค่าพารามิเตอร์ RLC และค่าตัวแปลคงที่ ABCD จากหนังสือของคนไทยและหนังสือของต่างประเทศ มาทำการคำนวณโดยใช้โปรแกรมคำนวณที่ได้ทำการเขียนขึ้น ในการคำนวณหาค่าพารามิเตอร์ RLC และค่าตัวแปลคงที่ ABCD นั้น จากทฤษฎีที่ผู้จัดทำโครงงานได้ศึกษามามีการคำนวณได้หลายกรณีมากๆ ไม่ว่าจะเป็นการคำนวณแบบ 1 วงจร (Single Circuit) และ 2 วงจร (Double Circuit) โดยแต่ละวงจรยังได้มีการแบ่งจำนวนตัวนำต่อเฟสออกเป็นจำนวน 1-4 ตัวนำ ดังนั้นผู้จัดทำโครงงานจึงได้ทดสอบการคำนวณค่าพารามิเตอร์ RLC และค่าตัวแปลคงที่ ABCD โดยอาศัยตารางคุณลักษณะของสายส่งไฟฟ้ากำลังตามมาตรฐานสากล [ภาคผนวก ก] และตัวอย่างโจทย์การคำนวณค่าพารามิเตอร์ RLC และตัวแปลคงที่ ABCD [ภาคผนวก ค] มาประกอบการทดสอบโปรแกรม โดยทำการทดสอบเป็นข้อๆ ดังต่อไปนี้

4.2.1 การทดสอบและผลการทดสอบโปรแกรมการคำนวณแบบ 1 วงจร 1 ตัวนำต่อเฟส

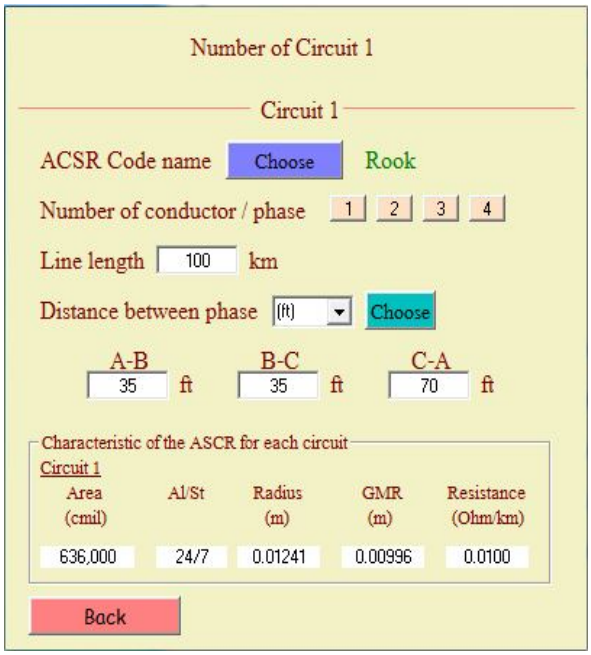


ภาพที่ 4.7 หน้าต่างโปรแกรมที่แสดงข้อมูลของสายส่งในการคำนวณ

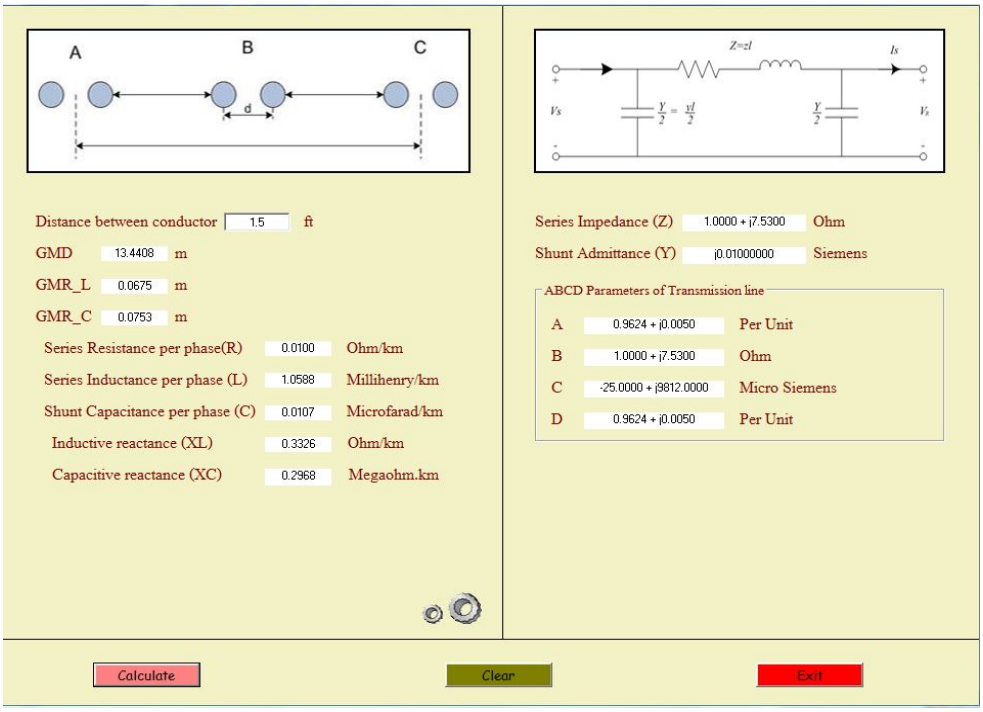


ภาพที่ 4.8 หน้าต่างโปรแกรมแสดงผลกาคำนวณตามภาพที่ 4.7

4.2.2 การทดสอบและผลการทดสอบโปรแกรมการคำนวณแบบ 1 วงจร 2 ตัวนำต่อเฟส

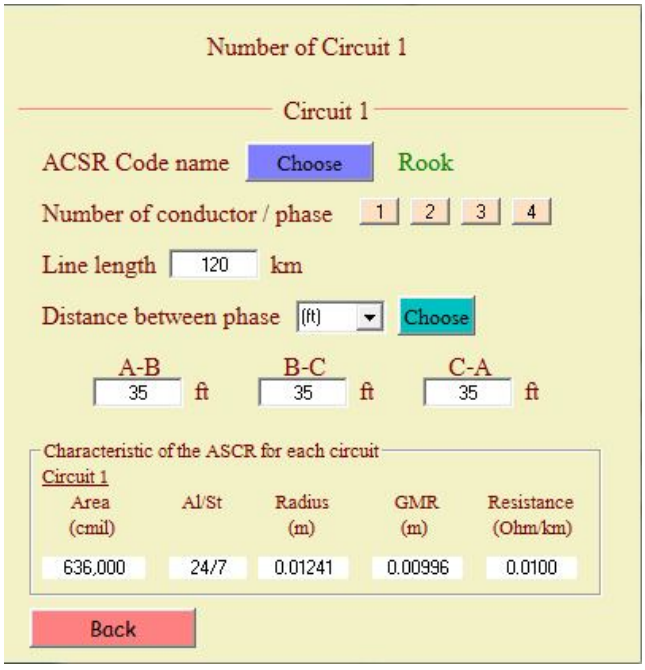


ภาพที่ 4.9 หน้าต่างโปรแกรมที่แสดงข้อมูลของสายส่งในการคำนวณ

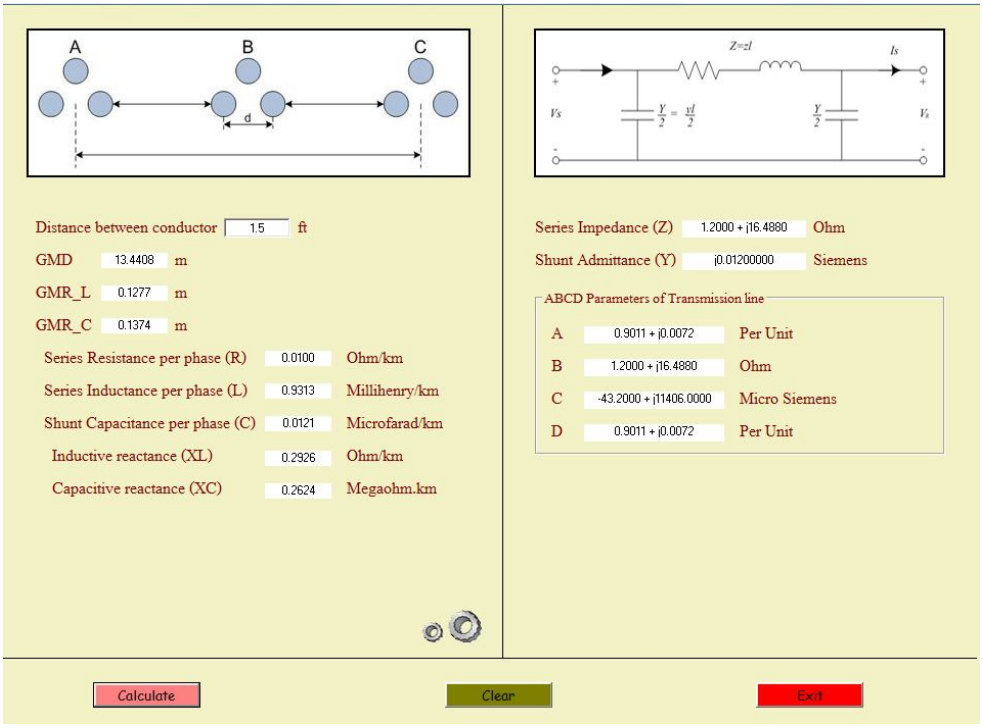


ภาพที่ 4.10 หน้าต่างโปรแกรมที่แสดงผลการคำนวณตามภาพที่ 4.9

4.2.3 การทดสอบและผลการทดสอบโปรแกรมการคำนวณแบบ 1 วงจร 3 ตัวนำต่อเฟส

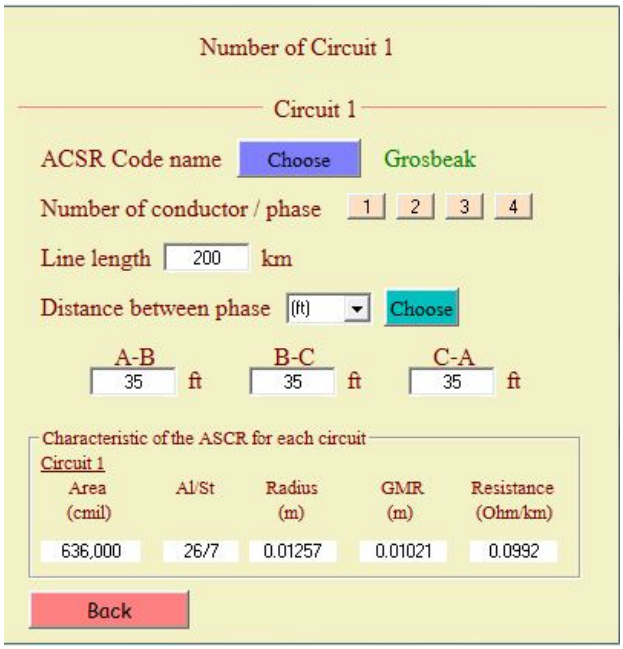


ภาพที่ 4.11 หน้าต่างโปรแกรมที่แสดงข้อมูลของสายส่งในการคำนวณ

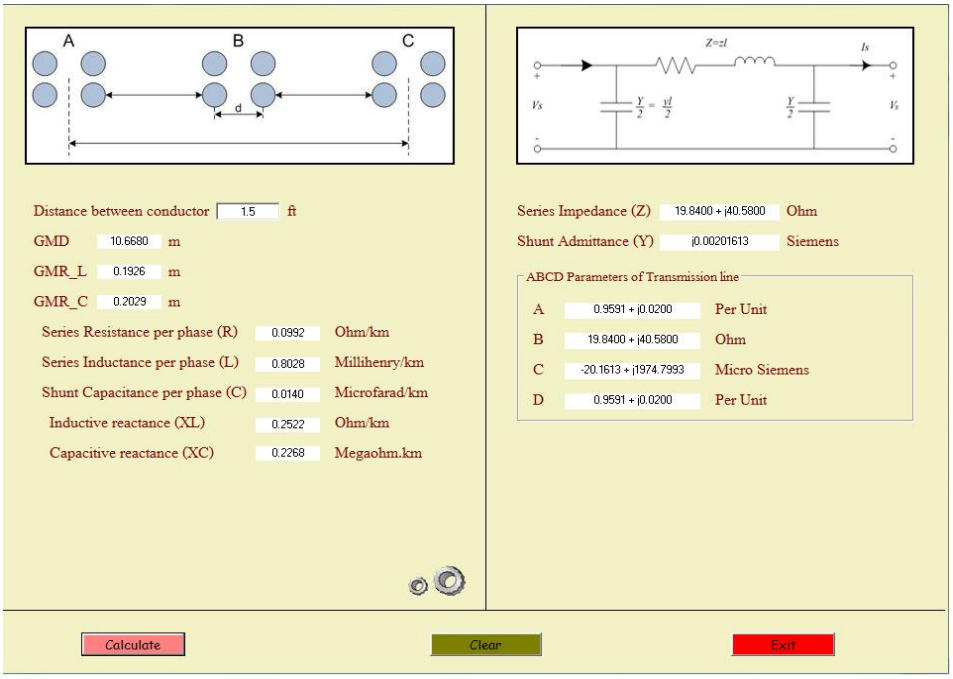


ภาพที่ 4.12 หน้าต่างโปรแกรมที่แสดงผลการคำนวณตามภาพที่ 4.11

4.2.4 การทดสอบและผลการทดสอบโปรแกรมการคำนวณแบบ 1 วงจร 4 ตัวนำต่อเฟส

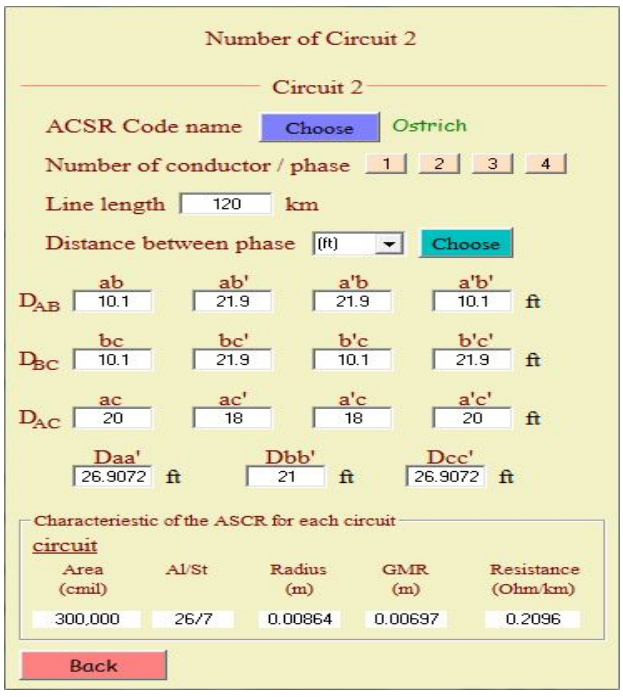


ภาพที่ 4.13 หน้าต่างโปรแกรมที่แสดงข้อมูลของสายส่งในการคำนวณ

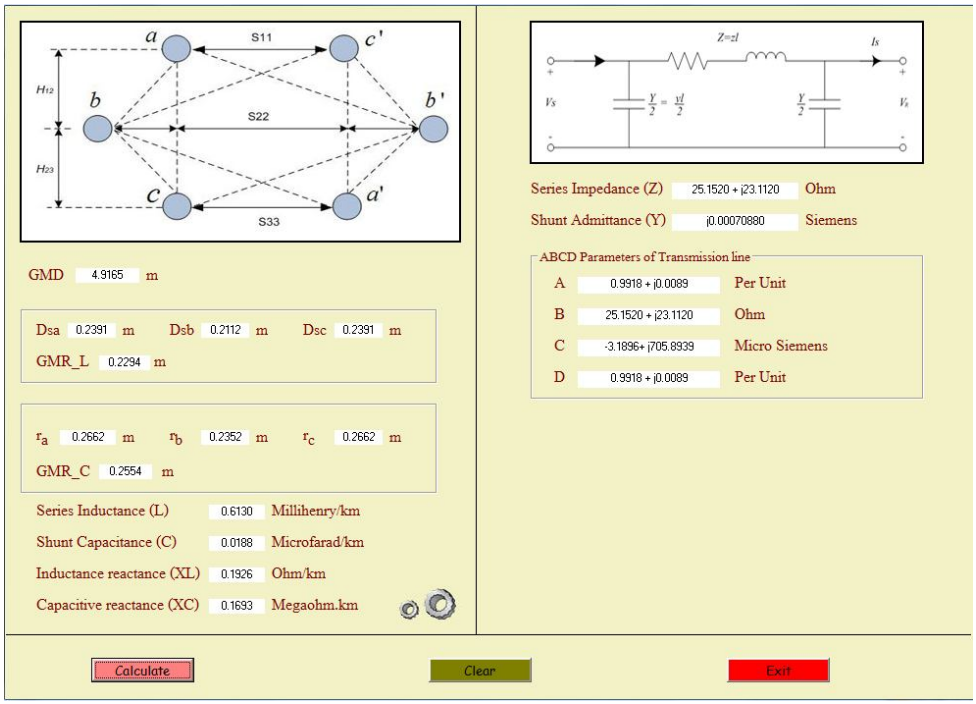


ภาพที่ 4.14 หน้าต่างโปรแกรมที่แสดงผลการคำนวณตามภาพที่ 4.13

4.2.5 การทดสอบและผลการทดสอบโปรแกรมการคำนวณแบบ 2 วงจร 1 ตัวนำต่อเฟส

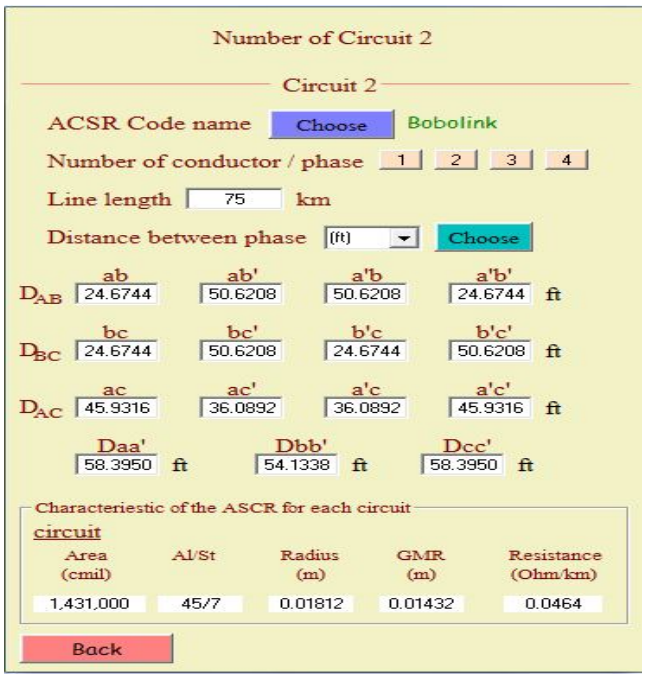


ภาพที่ 4.15 หน้าต่างโปรแกรมที่แสดงข้อมูลของสายส่งในการคำนวณ

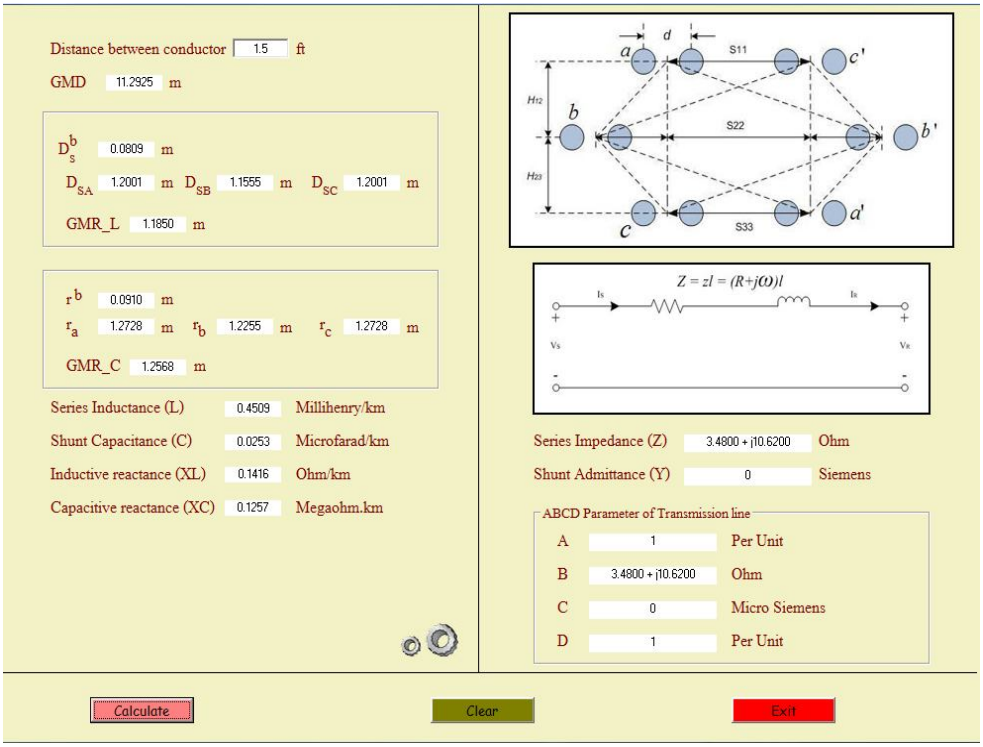


ภาพที่ 4.16 หน้าต่างโปรแกรมที่แสดงผลการคำนวณตามภาพที่ 4.15

4.2.6 การทดสอบและผลการทดสอบโปรแกรมการคำนวณแบบ 2 วงจร 2 ตัวนำต่อเฟส

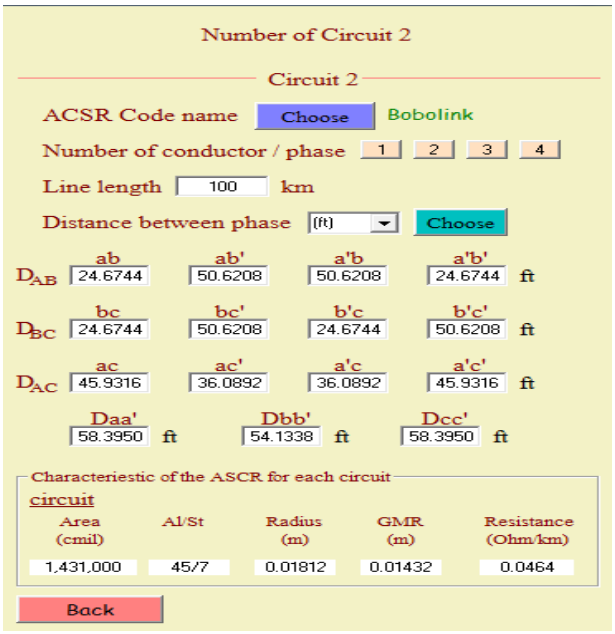


ภาพที่ 4.17 หน้าต่างโปรแกรมที่แสดงข้อมูลของสายส่งในการคำนวณ

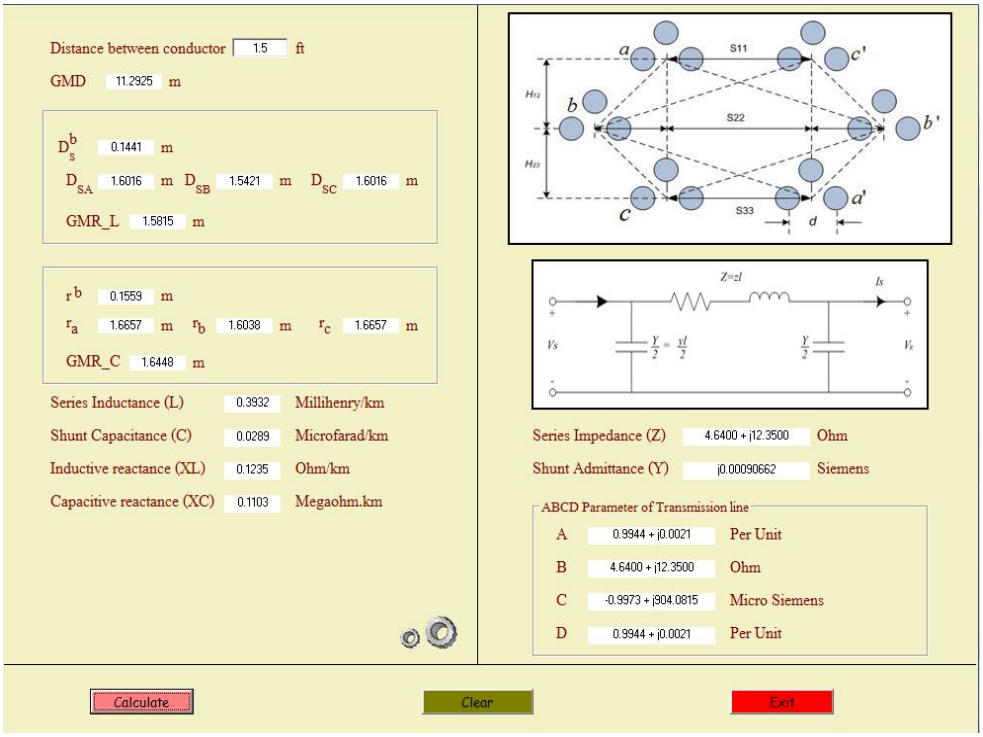


ภาพที่ 4.18 หน้าต่างโปรแกรมที่แสดงผลการคำนวณตามภาพที่ 4.17

4.2.7 การทดสอบและผลการทดสอบโปรแกรมการคำนวณแบบ 2 วงจร 3 ตัวนำต่อเฟส

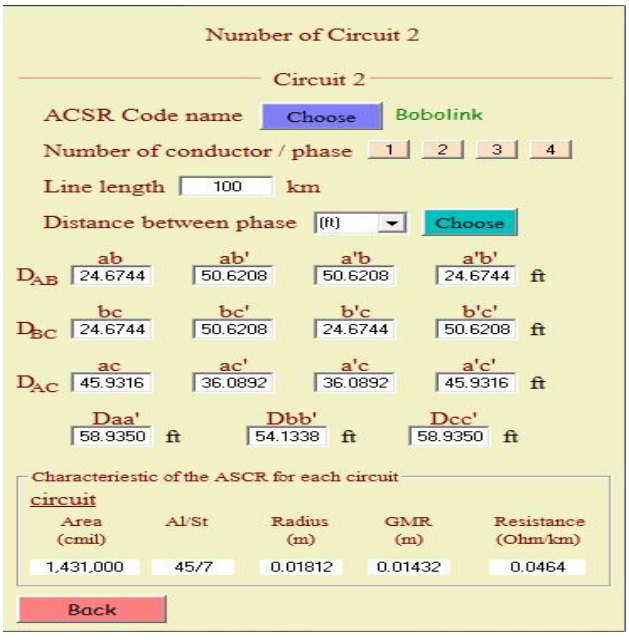


ภาพที่ 4.19 หน้าต่างโปรแกรมที่แสดงข้อมูลของสายส่งในการคำนวณ

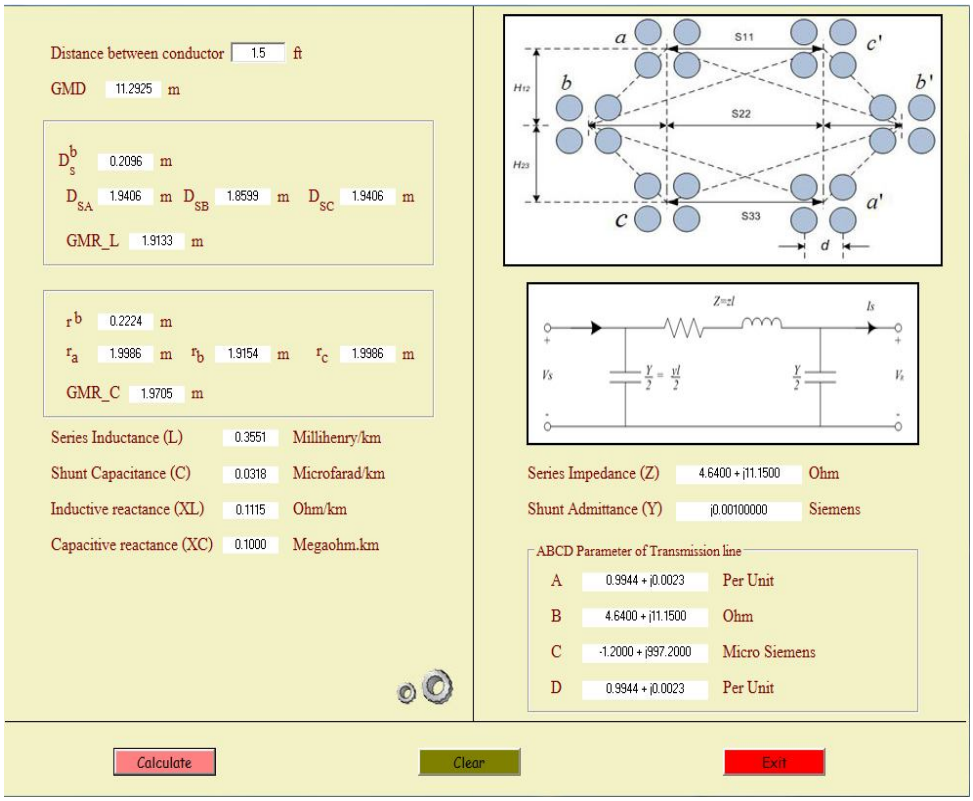


ภาพที่ 4.20 หน้าต่างโปรแกรมที่แสดงผลการคำนวณตามภาพที่ 4.19

4.2.8 การทดสอบและผลการทดสอบโปรแกรมการคำนวณแบบ 2 วงจร 4 ตัวนำต่อเฟส



ภาพที่ 4.21 หน้าต่างโปรแกรมที่แสดงข้อมูลของสายส่งในการคำนวณ



ภาพที่ 4.22 หน้าต่างโปรแกรมที่แสดงผลการคำนวณตมภาพที่ 4.21

4.3 ผลการทดลองโปรแกรมช่วยสอนเรื่องคุณลักษณะของสายส่งไฟฟ้ากำลัง

ในการเขียนโปรแกรมช่วยสอนนั้น ผู้จัดทำโครงงานได้เขียนขึ้นเพื่อใช้ในการช่วยสอนที่เกี่ยวข้องกับทฤษฎีของสายส่งไฟฟ้ากำลังและขั้นตอนการทำงานของชุดปฏิบัติการสายส่งไฟฟ้ากำลัง ในตัวโปรแกรมช่วยสอนจะมีเนื้อหา แบบทดสอบ โปรแกรมช่วยคำนวณพารามิเตอร์ รูปภาพขั้นตอนการทำงาน เอกสารอ้างอิง และรูปผู้จัดทำโครงงานชุดนี้ ขั้นตอนการทดลองและผลการทดลองนั้นผู้จัดทำโครงงานได้แบ่งเป็นข้อๆดังต่อไปนี้

4.3.1 หน้าหลักของโปรแกรม

ในส่วนนี้จะเป็นหน้าหลักประกอบด้วย เนื้อหา แบบทดสอบ โปรแกรมคำนวณพารามิเตอร์ รูปภาพทำงาน เอกสารอ้างอิง และสมาชิกภายในกลุ่ม เมื่อกดปุ่มสีเหลืองโปรแกรมก็จะลิงค์ไปยังเมนูที่เราเลือก โดยลายละเอียดเมนูต่างๆที่อยู่ในหน้าหลักจะอธิบายในหัวข้อต่อไป

ภาพที่ 4.23 หน้าหลักของโปรแกรมช่วยสอน

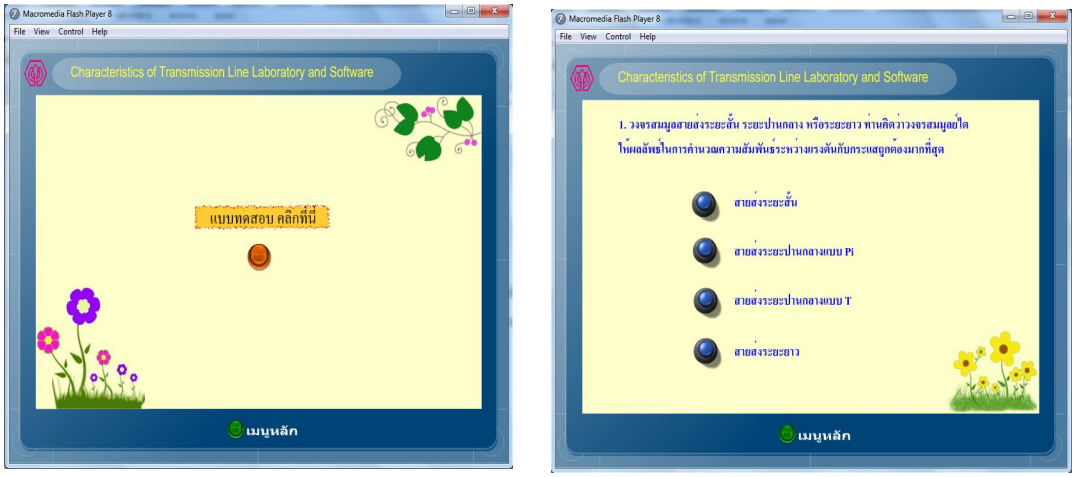
4.3.2 หน้าต่างโปรแกรมของเนื้อหา

หน้าโปรแกรมหน้านี้คือ ส่วนของเนื้อหาหรือทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการทำโครงงานทั้งหมด เช่น ทฤษฎีของสายส่ง, พารามิเตอร์ RLC, สมรรถนะของสายส่งไฟฟ้ากำลัง, ทฤษฎีของโปรแกรม Macromedia Flash, ทฤษฎีของโปรแกรม Visual basic, การออกแบบและการจำลองโครงงาน และตัวอย่างการใช้โปรแกรม

ภาพที่ 4.24 หน้าต่างโปรแกรมของเนื้อหา

4.3.3 หน้าต่างโปรแกรมของแบบทดสอบ

หน้าต่างโปรแกรมส่วนนี้จะเป็นแบบทดสอบที่ใช้สำหรับทดสอบทฤษฎีเกี่ยวกับสายส่งไฟฟ้ากำลัง เมื่อกดปุ่มสีเหลืองในภาพที่ 4.25ก จะปรากฏหน้าต่างโปรแกรมภาพที่ 4.25ข ซึ่งรวมเอาแบบทดสอบจากข้อสอบสภาวิศวกรมาไว้ในการทดสอบ ซึ่งมีจำนวน 10 ข้อ ถ้ากดข้อที่คำตอบผิดโปรแกรมก็จะให้เลือกใหม่ แต่ถ้าเลือกคำตอบที่ถูกต้องโปรแกรมจะข้ามไปข้อใหม่โดยอัตโนมัติ



(ก) หน้าต่างโปรแกรมสำหรับกดเข้าไปหาหน้าต่างแบบทดสอบ

(ข) หน้าต่างโปรแกรมแบบทดสอบ

ภาพที่ 4.25 ตัวอย่างหน้าต่างโปรแกรมในส่วนของแบบทดสอบ

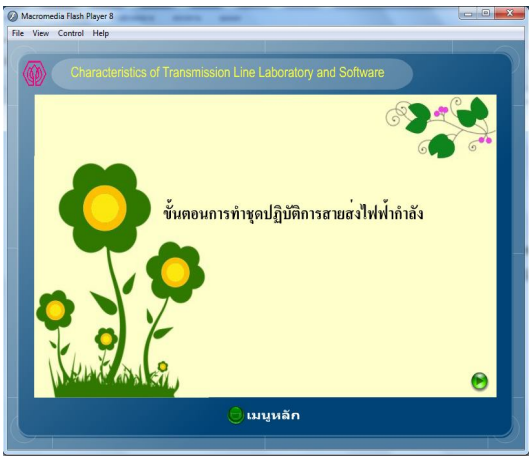
4.3.4 โปรแกรมการคำนวณพารามิเตอร์ RLC และค่าตัวแปรคงที่ ABCD

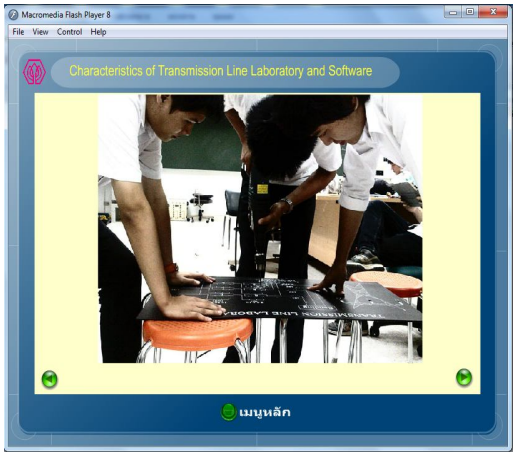
หน้าต่างโปรแกรมส่วนนี้ จะเป็นหน้าต่างที่จะเปิดลิงค์ไปยังโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์ RLC และค่าตัวแปรคงที่ ABCD ดังภาพที่ 4.26 ในการจะเข้าสู่โปรแกรมคำนวณจะต้องทำการดาวน์โหลดมาติดตั้งที่คอมพิวเตอร์ก่อน ถึงจะสามารถเข้าสู่โปรแกรมคำนวณได้

ภาพที่ 4.26 หน้าต่างสำหรับดาวน์โหลดโปรแกรมคำนวณพารามิเตอร์ของสายส่งไฟฟ้ากำลัง

4.3.5 หน้าต่างขั้นตอนการทำชุดปฏิบัติการ (ชุดทดลอง) สายส่งไฟฟ้ากำลัง

หน้าต่างโปรแกรมส่วนนี้จะเป็นหน้าต่างที่ลำดับขั้นตอนการทำชุดปฏิบัติการ (ชุดทดลอง) สายส่งไฟฟ้ากำลังโดยที่จะมีปุ่มกดอยู่ทางด้านขวาล่างของหน้าต่างโปรแกรมดังภาพที่ 4.27ก เมื่อกดปุ่มเลื่อนก็จะเลื่อนไปยังหน้าต่อไปดังภาพที่ 4.27 ข



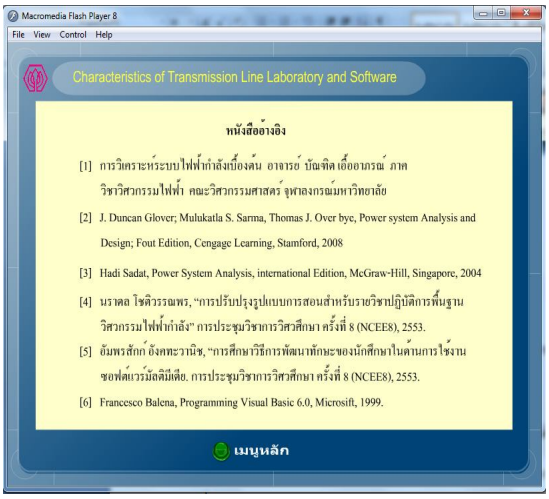


(ก) หน้าต่างโปรแกรมขั้นตอนการทำงาน (ข) หน้าต่างโปรแกรมรูปภาพขั้นตอนการทำงาน

ภาพที่ 4.27 ตัวอย่างหน้าต่างโปรแกรมช่วยสอนในส่วนของการทำชุดปฏิบัติการ

4.3.6 หน้าต่างโปรแกรมส่วนหนังสืออ้างอิง

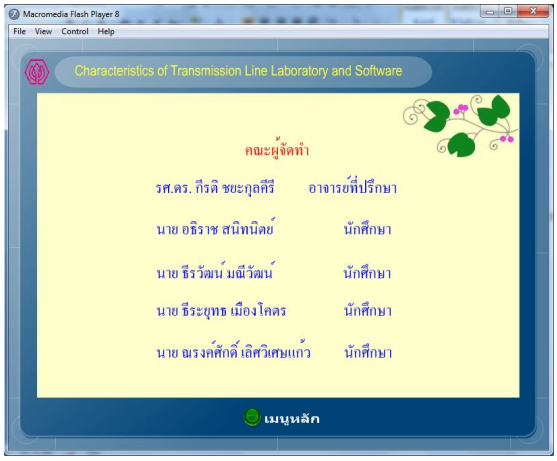
หน้าต่างโปรแกรมส่วนนี้จะเป็นหนังสืออ้างอิงทั้งหมดที่ใช้สำหรับการจัดทำโครงงาน ส่วนประกอบของหน้าต่างโปรแกรมดังภาพที่ 4.28



ภาพที่ 4.28 หน้าต่างโปรแกรมส่วนของหนังสืออ้างอิง

4.3.7 หน้าต่างโปรแกรมส่วนของรายชื่อผู้จัดทำโครงงานและอาจารย์ที่ปรึกษา

หน้าต่างโปรแกรมส่วนนี้จะเป็นในส่วนรายชื่อผู้จัดทำโครงงานและอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานดังภาพที่ 4.29



ภาพที่ 4.29 หน้าต่างโปรแกรมรายชื่อผู้จัดทำโครงงานและอาจารย์ที่ปรึกษา