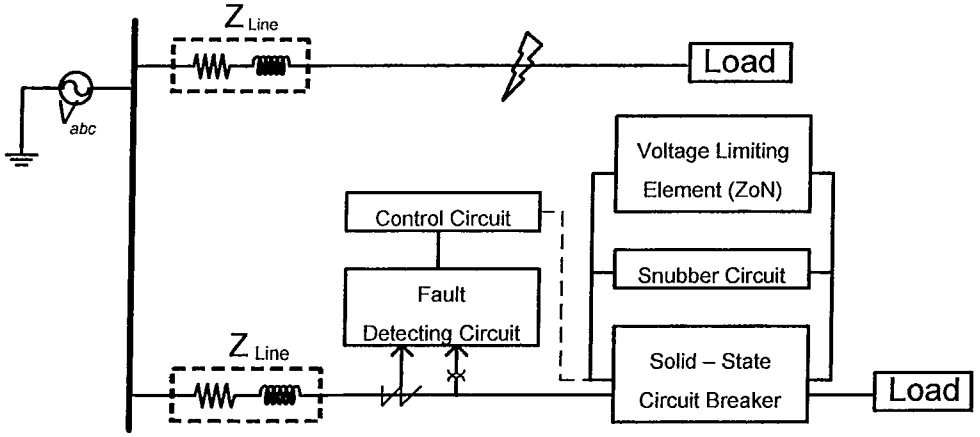
บทที่ 4
ผลการทดลองของเซอร์กิตเบรกเกอร์แบบโซลิดสเตท

จากการออกแบบแบบจำลองด้วยโปรแกรม MATLAB / SIMULINK และทดสอบSSCB เชื่อมต่อเข้ากับระบบไฟฟ้า 3 เฟสจริง เพื่อศึกษาการตัด – ต่อวงจรไฟฟ้า โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ทดสอบการทำงานของส่วนตรวจจับความผิดพร่องของระบบแบบเวลาจริง ด้วยโปรแกรม Lab View ส่วนตัด ต่อระบบไฟฟ้า SSCB ป้องกันในสภาวะแรงดันตก แรงดันเกิน กระแสเกิน ออกแบบ สร้างและติดตั้งระบบตรวจวัด บันทึกและแสดงผล เมื่อโปรแกรมตรวจวัดสามารถตรวจจับความผิดพร่องที่เกิดขึ้นได้ก็จะสั่งให้หน่วงเวลา ไม่เกิน 1 นาที จึงสั่งให้ตัดวงจร ยกเว้นกรณี เกิดกระแสลัดวงจรทำให้กระแสไฟฟ้าพุ่งสูงกว่ากำหนด จะสั่งให้ตัดวงจรทันทีทันใด ผลการทดสอบระบบในบทที่ 4 นี้แบ่งผลการทดลองออกเป็น 2 ส่วน

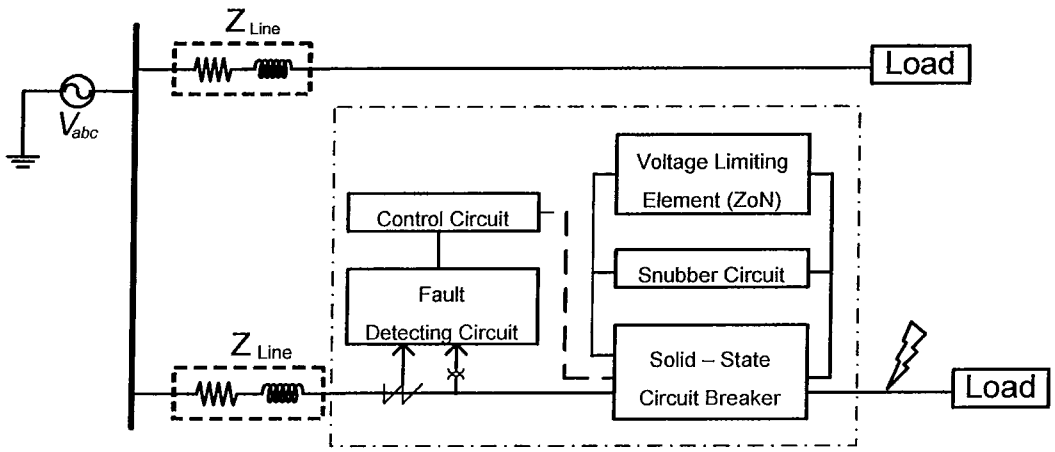
4.1 จำลองการทำงานของเซอร์กิตเบรกเกอร์แบบโซลิดสเตท ในโปรแกรม MATLAB/SIMULINK

การจำลองการทำงานวงจรดังแสดงในรูปที่ 4.1 โดยกำหนดให้การผิดพร่องเกิดขึ้นจากวงจรข้างเคียงที่ส่งผลให้เกิดแรงดันไฟฟ้าตก



รูปที่ 4.1 วงจรจำลองการป้องกันที่อยู่เหนือความผิดพร่อง เมื่อนำSSCBต่อเข้ากับระบบไฟฟ้า

การจำลองการทำงานวงจรดังแสดงในรูปที่ 4.2 โดยกำหนดให้เกิดความผิดพร่องจากโหลด หรือเกิดจากการซ๊อตภายในระบบส่งผลให้เกิดกระแสเกินพิกัด



รูปที่ 4.2 จำลองการป้องกันที่อยู่ใต้ความผิดพร่อง เมื่อนำSSCBต่อเข้ากับระบบไฟฟ้า

ผลจำลองการตรวจจับความผิดพร่องแบบการป้องกันที่อยู่เหนือความผิดพร่อง และการตัดต่อวงจรทดลองการควบคุมการเกิดความผิดพร่องขึ้นในระบบ3เฟสในสภาวะแรงดันตกแบบไม่สมมาตร แบ่งเป็น 3 กรณี คือ ความผิดพร่องเฟสเดียวลงดิน (Line to Ground Fault), ความผิดพร่อง 2 เฟส (Line to Line Fault), ความผิดพร่อง 2 เฟสลงดิน (Double Line to Ground Fault) และความผิดพร่องแบบสมมาตร (Symmetrical Faults) มี 1 กรณี คือ ความผิดพร่อง 3 เฟส (Three Phase Fault) ตามวงจรการจำลองดังแสดงในรูปที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ค่าพารามิเตอร์การจำลองSSCB ใน MATLAB/SIMULINK

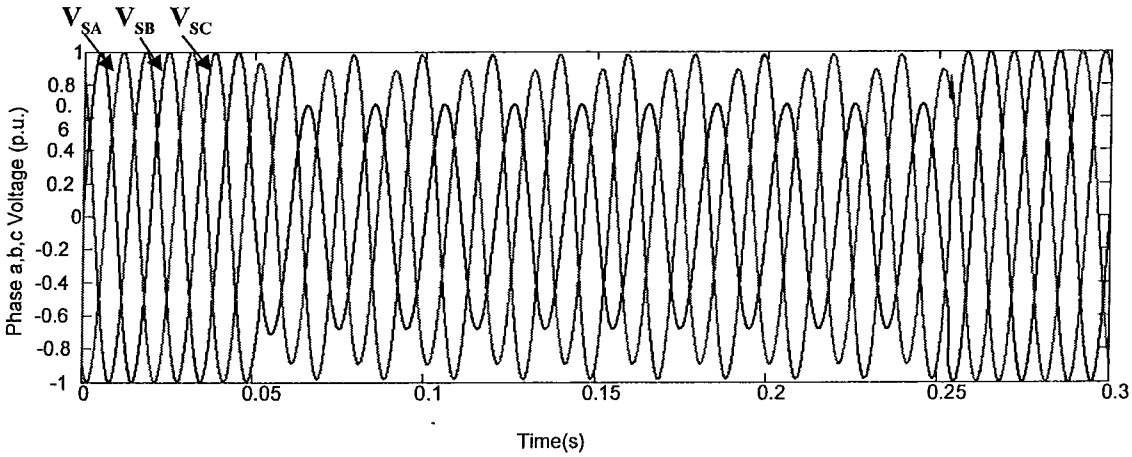
รายการ	ค่าพารามิเตอร์
แหล่งจ่ายไฟฟ้า	
แรงดันต่อเฟส ที่แหล่งจ่าย 3 เฟส $(V_s) = (rms)$	220 V = 1 p.u.
กระแสไฟฟ้า	20 A
ความถี่	50 Hz.
กระแสความผิดพร่องสูงสุดเมื่อเกิดการลัดวงจร	1 kA
เซอร์กิตเบรกเกอร์แบบโซลิดสเตท	
ไอจีบีที	
อัตราการทนแรงดันสูงสุด	1200 V
อัตราการทนกระแสสูงสุด	54 A
เวลาในการนำกระแส	440 ns
เวลาในการหยุดนำกระแส	50 ns
อุณหภูมิสูงสุด	150 °C
จำนวนของ IGBT ต่อเฟส	2 ตัว
ไดโอด	
อัตราการทนแรงดันสูงสุด	200 V
อัตราการทนกระแสสูงสุด	30 A
ขณะไบอัสกลับมีกระแสรั่วไหล	250 μ A
ขณะไบอัสตรงมีแรงดันตกคร่อม	1 V
สนับเบอร์	
คาปาซิเตอร์สนับเบอร์	$0.02\mu F$
รีซิสเตอร์สนับเบอร์	100 kΩ
ความถี่สวิตชิ่ง	5 kHz.
วาริสเตอร์	
แรงดันสูงสุด	1 kV
ค่าพลังงาน	880 J

4.2 ผลจำลองการตรวจจับความผิดพร่องแบบการป้องกันที่อยู่เหนือความผิดพร่อง และการตัด – ต่อวงจร

จากการทดลองการควบคุมการเกิดความผิดพร่องขึ้นในระบบ3เฟสในสภาวะแรงดันตกชั่วขณะ แบบไม่สมมาตร แบ่งเป็น 3 กรณี คือ ความผิดพร่องเฟสเดียวลงดิน (Line to Ground

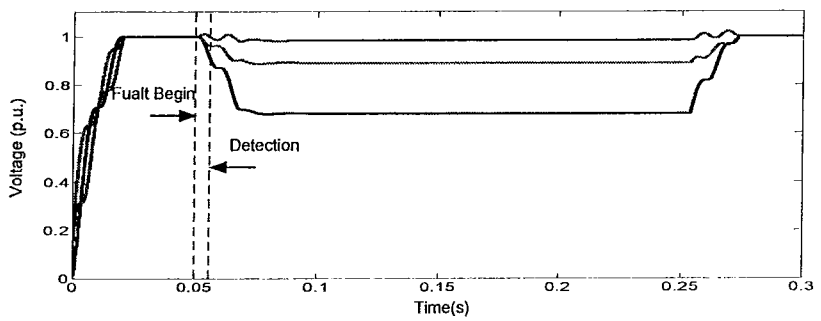
Fault), ความผิดพร่อง 2 เฟส (Line to Line Fault), ความผิดพร่อง 2 เฟสลงดิน (Double Line to Ground Fault) และความผิดพร่องแบบสมมาตร (Symmetrical Faults) มี 1 กรณี คือ ความผิดพร่อง 3 เฟส (Three Phase Fault) ตามวงจรการจำลองดังแสดงในรูปที่ 4.1

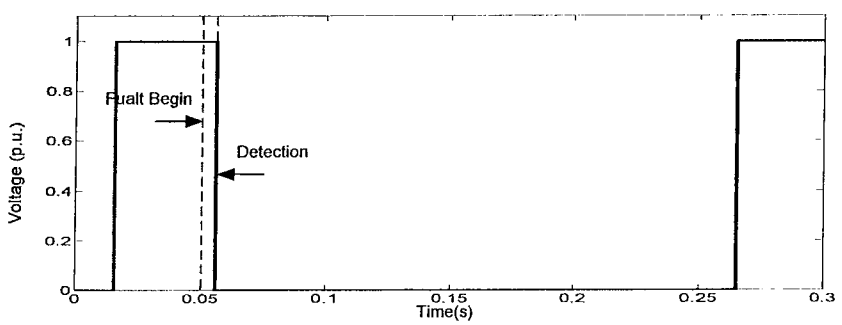
4.2.1 การจำลองแรงดันไฟฟ้ากรณีเกิดความผิดพร่องแบบ 1 เฟส ลงกราวด์



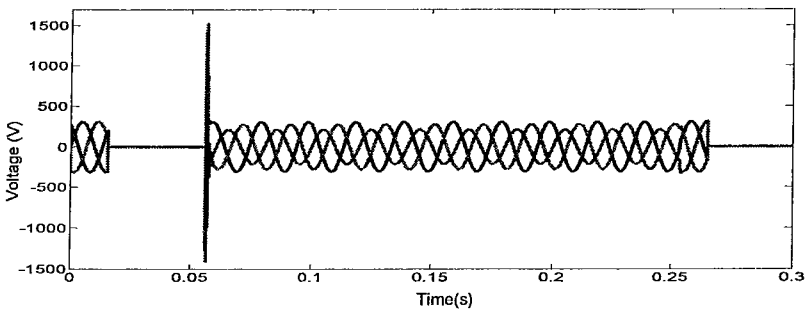
รูปที่ 4.3 ผลจำลอง เมื่อแรงดันในระบบเกิดความผิดพร่องแบบ 1 เฟสลงกราวด์

จากรูปที่ 4.3 แสดงแรงดันไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายด้านทุติยภูมิของหม้อแปลง ซึ่งเกิดความผิดพร่องแบบ 1 เฟสลงกราวด์ ที่เฟส A จะเห็นว่ามีแรงดันไฟฟ้า 2 เฟสที่มีการเปลี่ยนแปลง คือ เฟส A และ B ส่วนเฟส Cไม่มีการเปลี่ยนแปลง

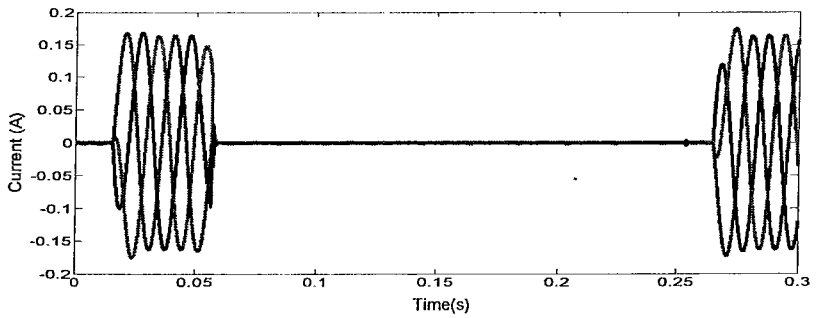




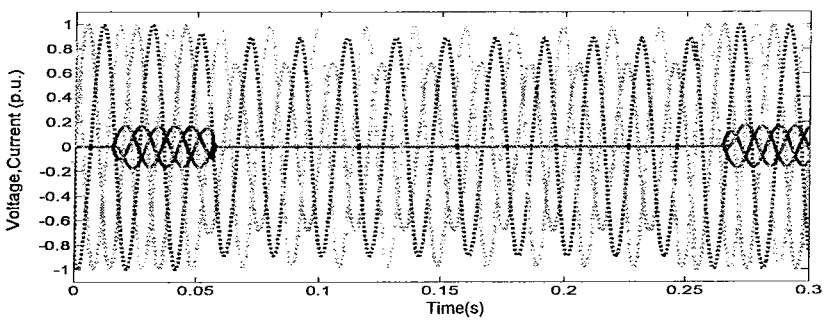
รูปที่ 4.4 ผลการจำลองการตรวจจับแรงดันแบบ RMS เมื่อค่าของแรงดันไฟฟ้าต่ำกว่า 0.9 p.u.



(ก) ผลการจำลองแรงดันไฟฟ้าเมื่อSSCB ตัด-ต่อวงจร



(ข) ผลการจำลองกระแสไฟฟ้าเมื่อSSCBตัด-ต่อวงจร



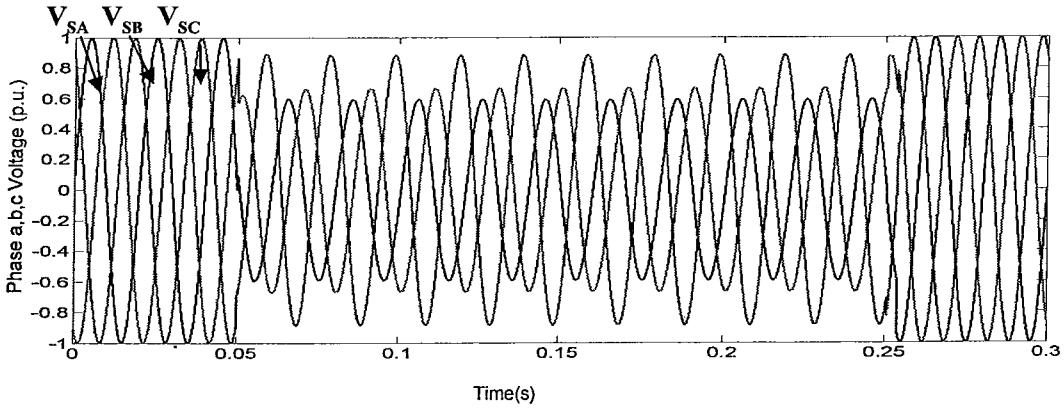
(ค) ผลการจำลองแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่โหลด
เมื่อSSCBตัด-ต่อวงจร

รูปที่ 4.5 ผลการจำลองการตัด - ต่อวงจรไฟฟ้าของSSCB
เมื่อในระบบเกิดความผิดพร่องแบบ 1 เฟสลงกราวด์

ผลการจำลองการตรวจจับแรงดันไฟฟ้าแบบ RMS ด้วยวิธีทางคณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม MATLAB/SIMULINK โดยสร้างสถานะการเกิดความผิดพร่องแบบ 1 เฟสลงกราวด์ จากรูปที่ 4.4 ค่าแรงดัน RMS ได้มาจากการคำนวณสมการแบบไม่ต่อเนื่องพิจารณาที่วงรอบเดียว

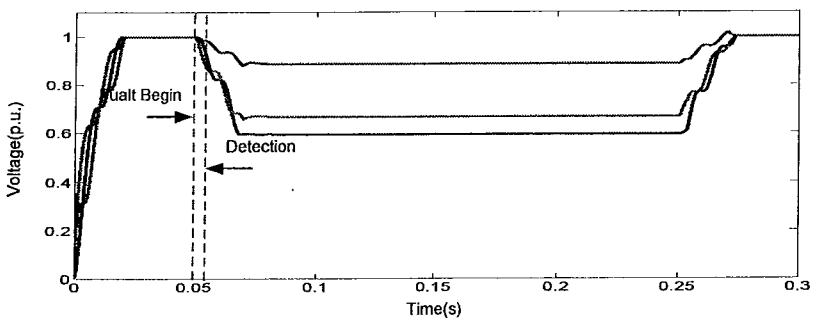
แสดงค่าสัญญาณที่ออกมาในเทอมของ p.u. ทั้ง 3 เฟส จะเห็นได้ว่าเวลาของการตรวจจับ เมื่อวัดค่า RMS ต่ำกว่า 0.9 p.u. ของความผิดพร่องแบบ 1 เฟสลงกราวด์มีค่าเท่ากับ 0.0563 วินาที เมื่อเกิดความผิดพร่องที่ 0.05 วินาที และเมื่อทำการตรวจจับได้ก็จะส่งสัญญาณเพื่อไปจุดชนวนที่ชุดSSCB จากรูปที่ 4.5 (ก) เป็นผลการจำลองแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมชุดSSCB เมื่อตัดวงจรไฟฟ้าออกจากระบบ และรูปที่ 4.5 (ข) เป็นผลการจำลองกระแสไฟฟ้าของระบบเมื่อSSCB ตัดวงจรไฟฟ้า ที่เวลา 0.06 วินาที

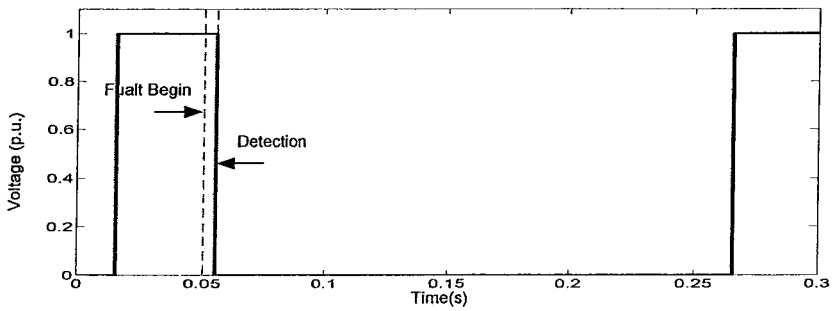
4.2.2 การจำลองแรงดันไฟฟ้ากรณีเกิดความผิดพร่องแบบ 2 เฟส ลงกราวด์



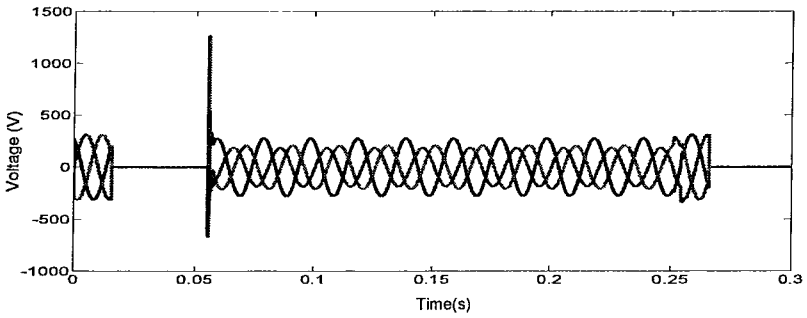
รูปที่ 4.6 ผลการจำลองแรงดันเมื่อในระบบเกิดความผิดพร่องแบบ 2 เฟสลงกราวด์

รูปที่ 4.6 แสดงแรงดันไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายด้านทุติยภูมิของหม้อแปลง ซึ่งเกิดจากความผิดพร่องแบบ 2 เฟส A และ B ลงกราวด์ จะเห็นว่ามีแรงดันเปลี่ยนแปลงทั้ง 3 เฟสโดยเฟส B และ C จะมีการเปลี่ยนแปลงทั้งขนาดและมุมเฟส ส่วนเฟส A จะมีการเปลี่ยนแปลงเพียงขนาดเท่านั้น

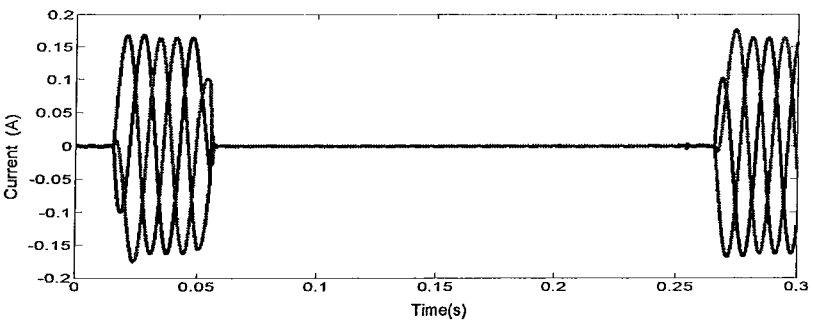




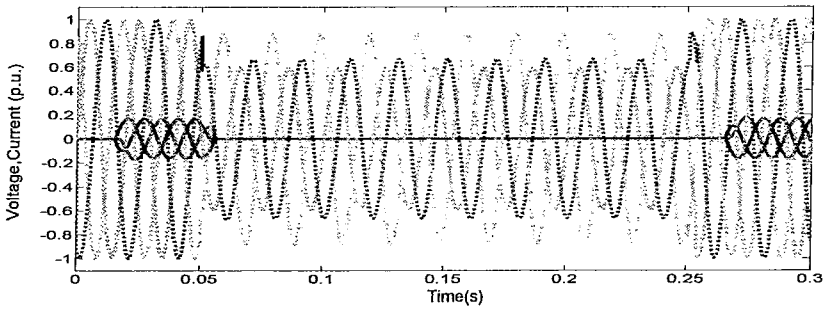
รูปที่ 4.7 ผลการจำลองการตรวจจับแรงดันแบบ RMS เมื่อค่าของแรงดันไฟฟ้าต่ำกว่า 0.9 p.u.



(ก) ผลการจำลองแรงดันไฟฟ้าเมื่อSSCBตัด-ต่อวงจร



(ข) ผลการจำลองกระแสไฟฟ้าเมื่อSSCBตัด-ต่อวงจร

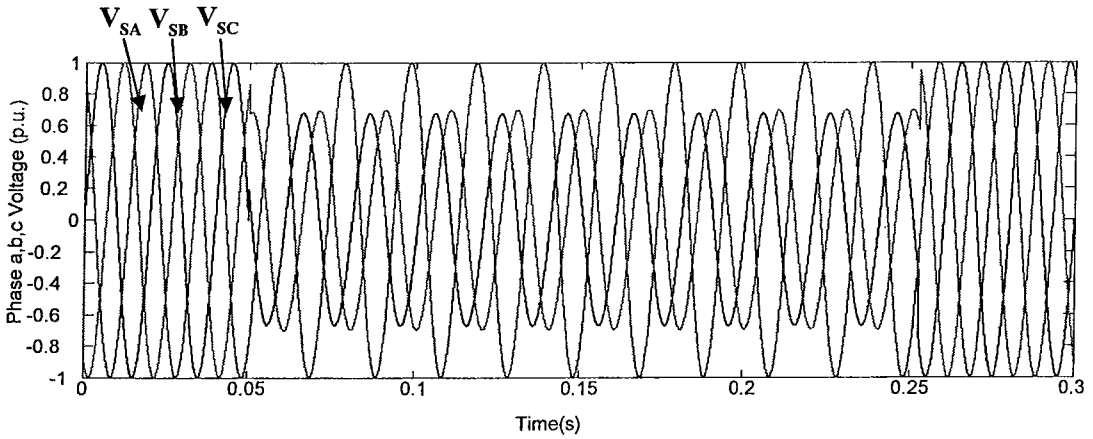


(ค) ผลการจำลองแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่โหลด เมื่อSSCB ตัด ต่อวงจร

รูปที่ 4.8 ผลการจำลองการตัด ต่อวงจรไฟฟ้าของSSCB เมื่อในระบบเกิดความผิดพร่องแบบ 2 เฟสลงกราวด์

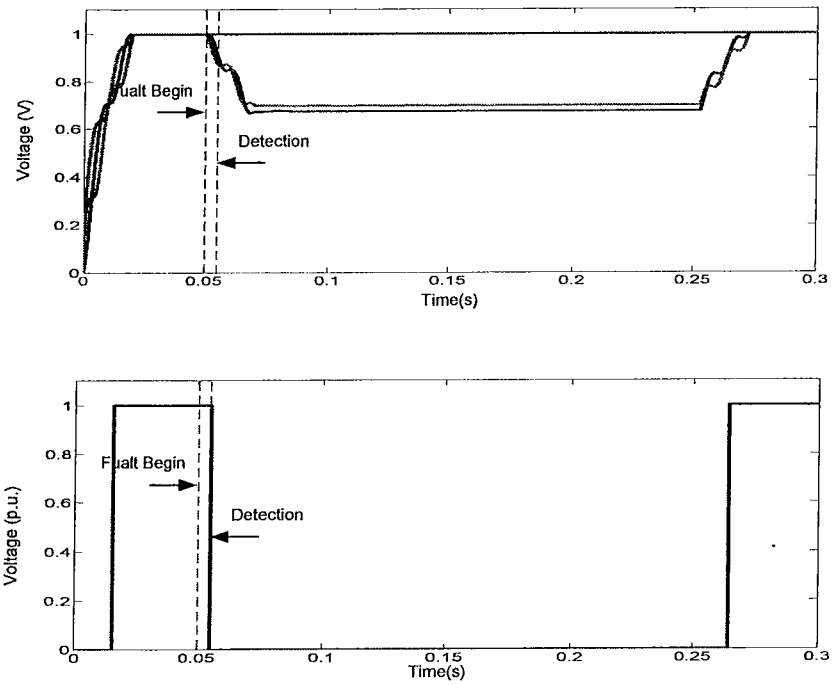
ผลจำลองการตรวจจับแรงดันไฟฟ้าแบบ RMS ด้วยวิธีทางคณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม MATLAB/SIMULINK โดยสร้างสถานะการเกิดความผิดพร่องแบบ 2 เฟสลงกราวด์ จากรูปที่ 4.7 ค่าแรงดัน RMS ได้มาจากการคำนวณสมการแบบไม่ต่อเนื่องพิจารณาที่วงรอบเดียว แสดงค่าสัญญาณที่ออกมาในเทอมของ p.u. ทั้ง 3 เฟส จะเห็นได้ว่าเวลาของการตรวจจับ เมื่อวัดค่า RMS ต่ำกว่า 0.9 p.u. ของความผิดพร่องแบบ 2 เฟสลงกราวด์มีค่าเท่ากับ 0.0551 วินาที เมื่อเกิดความผิดพร่องที่ 0.05 วินาที และเมื่อทำการตรวจจับได้ก็จะส่งสัญญาณเพื่อไปจุดชนวนที่ชุดSSCBจากรูปที่ 4.8 (ก) เป็นผลการจำลองแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมชุดSSCB เมื่อตัดวงจรไฟฟ้าออกจากระบบ และรูปที่ 4.8 (ข) เป็นผลการจำลองกระแสไฟฟ้าของระบบเมื่อSSCBตัดวงจรไฟฟ้า 0.0558 วินาที

4.2.3 การจำลองแรงดันไฟฟ้ากรณีเกิดความผิดพร่องแบบ 2 เฟส

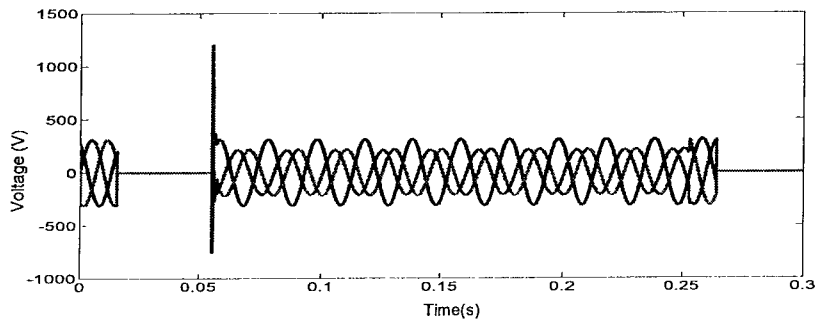


รูปที่ 4.9 ผลการจำลองแรงดันในระบบเมื่อเกิดความผิดพร่องแบบ 2 เฟส

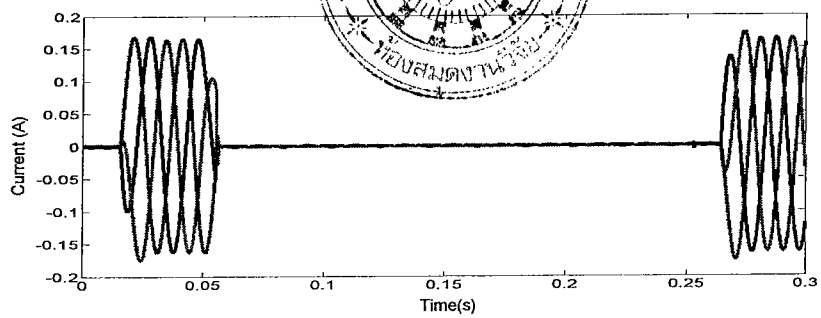
จากรูป 4.9 แสดงแรงดันไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายด้านทุติยภูมิของหม้อแปลงซึ่งเกิดจากความผิดพร่องแบบ 2 เฟส จะเห็นว่ามีแรงดัน 2 เฟสที่มีการเปลี่ยนแปลงคือ เฟส A และ B ส่วนเฟส Cไม่มีการเปลี่ยนแปลง



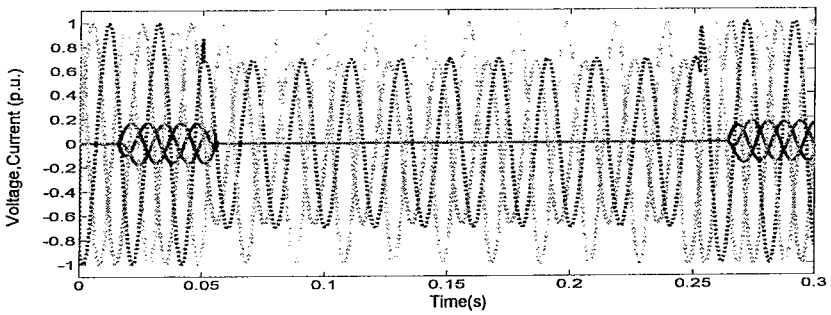
รูปที่ 4.10 ผลการจำลองการตรวจจับแรงดันแบบ RMS เมื่อค่าของแรงดันไฟฟ้าต่ำกว่า 0.9 p.u.



(ก) ผลการจำลองแรงดันไฟฟ้าเมื่อSSCBตัด-ต่อวงจร



(ข) ผลการจำลองกระแสไฟฟ้าเมื่อSSCBตัด-ต่อวงจร

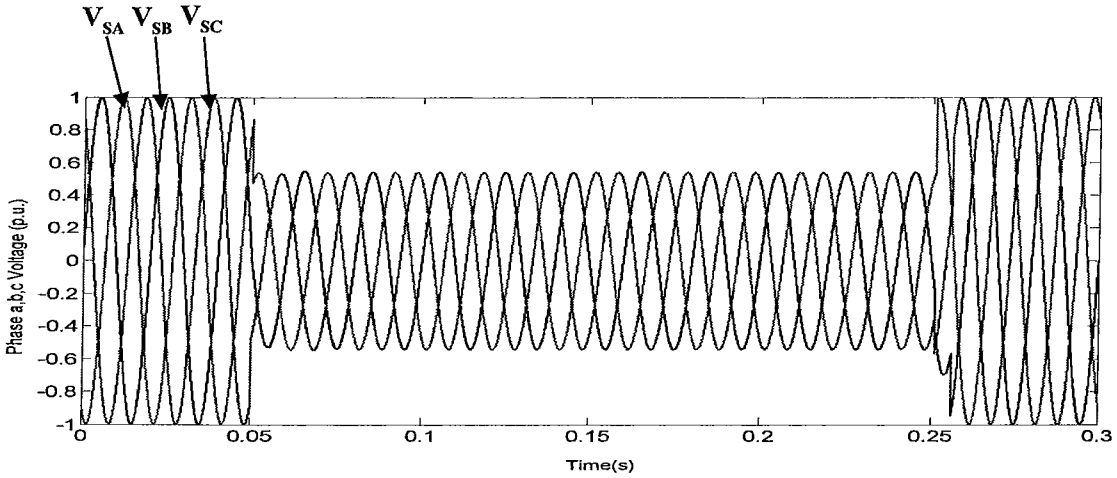


(ค) ผลการจำลองแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่โหลด เมื่อSSCBตัด-ต่อวงจร

รูปที่ 4.11 ผลการจำลองการตัด – ต่อวงจรไฟฟ้าของSSCB
เมื่อในระบบเกิดความผิดพร่องแบบ 2 เฟส

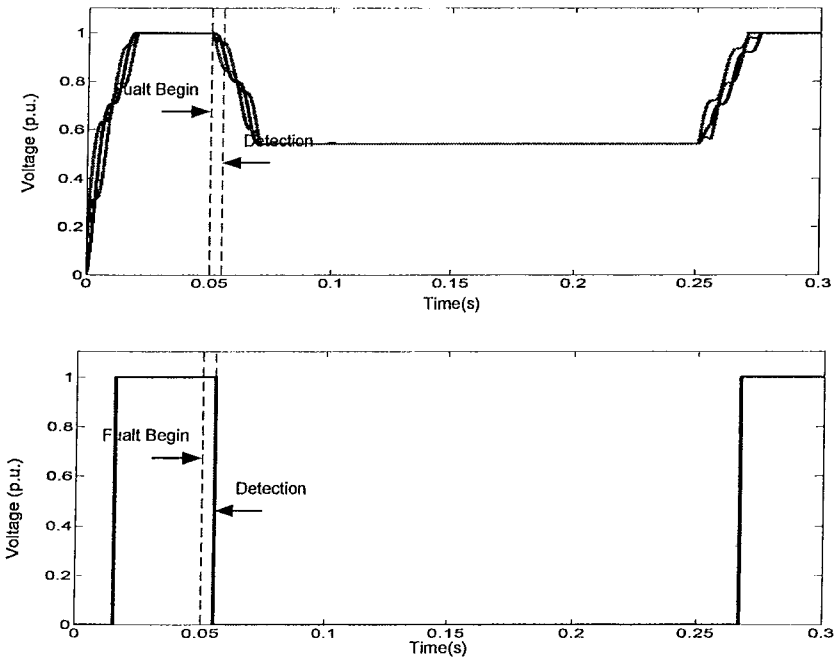
ผลจำลองการตรวจจับแรงดันไฟฟ้าแบบ RMS ด้วยวิธีทางคณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม MATLAB/SIMULINK โดยสร้างสถานะการเกิดความผิดพร่องแบบ 2 เฟส จากรูปที่ 4.10 ค่าแรงดัน RMS ได้มาจากการคำนวณสมการแบบไม่ต่อเนื่องพิจารณาที่วงรอบเดียว แสดงค่าสัญญาณที่ออกมาในเทอมของ p.u. ทั้ง 3 เฟส จะเห็นได้ว่าเวลาของการตรวจจับ เมื่อวัดค่า RMS ต่ำกว่า 0.9 p.u. ของความผิดพร่องแบบ 2 เฟส มีค่าเท่ากับ 0.0552 วินาที เมื่อเกิดความผิดพร่องที่ 0.05 วินาที และเมื่อทำการตรวจจับได้จะส่งสัญญาณเพื่อไปจุดชนวนที่ชุดSSCB จากรูปที่ 4.11 (ก) เป็นผลการจำลองแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมชุดSSCB เมื่อตัดวงจรไฟฟ้าออกจากระบบ และรูปที่ 4.11 (ข) เป็นผลการจำลองกระแสไฟฟ้าของระบบเมื่อSSCBตัดวงจรไฟฟ้า 0.0558 วินาที

4.2.4 การจำลองแรงดันไฟฟ้ากรณีเกิดความผิดพร่องแบบ 3 เฟส

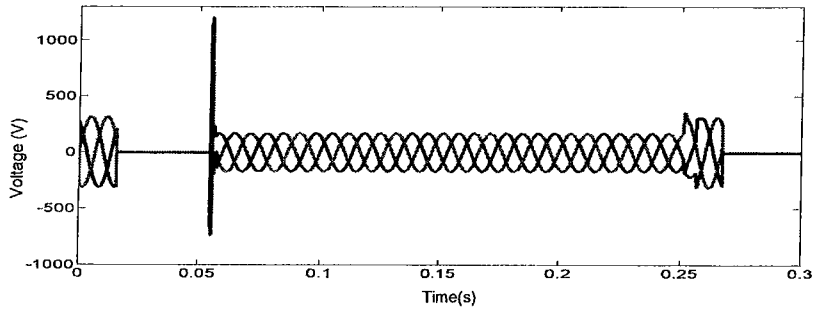


รูปที่ 4.12 ผลการจำลองแรงดันในระบบเมื่อเกิดความผิดพร่องแบบ 3 เฟส

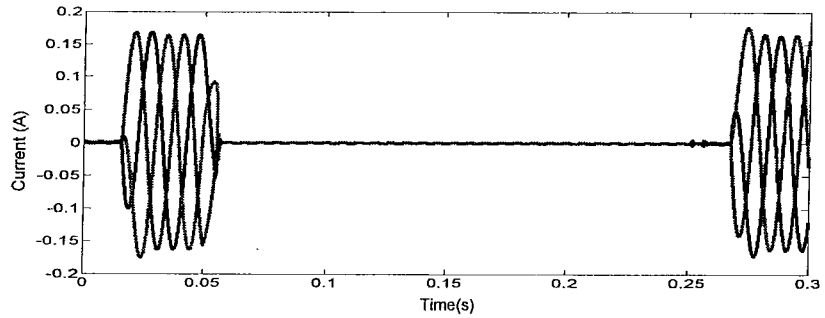
จากรูป 4.12 แสดงแรงดันไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายด้านทุติยภูมิของหม้อแปลง ซึ่งเกิดจากความผิดพร่องแบบ 3 เฟสสมมาตร การเกิดความผิดพร่องแบบนี้มีโอกาสเกิดขึ้นได้น้อยมาก แต่หากเกิดขึ้นจะส่งผลเสียอย่างรุนแรงในระบบไฟฟ้า โดยจะเห็นได้ว่าแรงดันทั้ง 3 เฟสที่มีการเปลี่ยนแปลงคือ เฟส A เฟส B และเฟส C



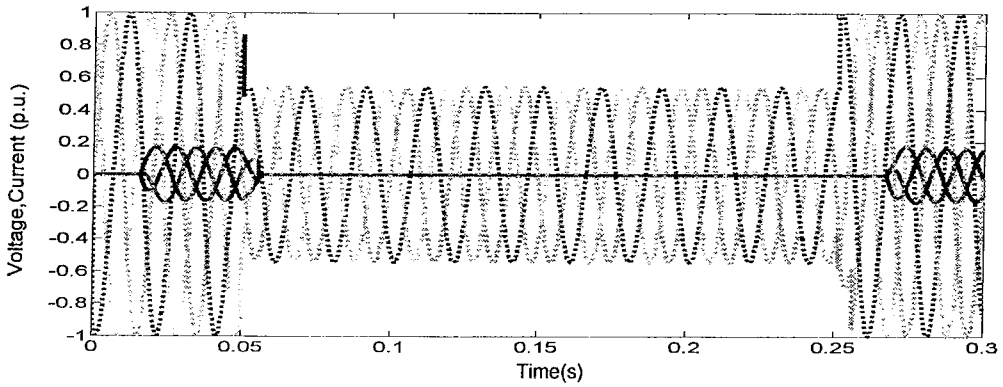
รูปที่ 4.13 ผลการจำลองการตรวจจับแรงดันแบบ RMS เมื่อค่าของแรงดันไฟฟ้าต่ำกว่า 0.9 p.u.



(ก) ผลการจำลองแรงดันไฟฟ้าเมื่อSSCBตัด-ต่อวงจร



(ข) ผลการจำลองกระแสไฟฟ้าเมื่อSSCBตัด-ต่อวงจร



(ค) ผลการจำลองแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่โหลด SSCBตัด-ต่อวงจร

รูปที่ 4.14 ผลการจำลองการตัด ต่อวงจรไฟฟ้าของSSCBเมื่อระบบเกิดความผิดพร่องแบบ 3 เฟส

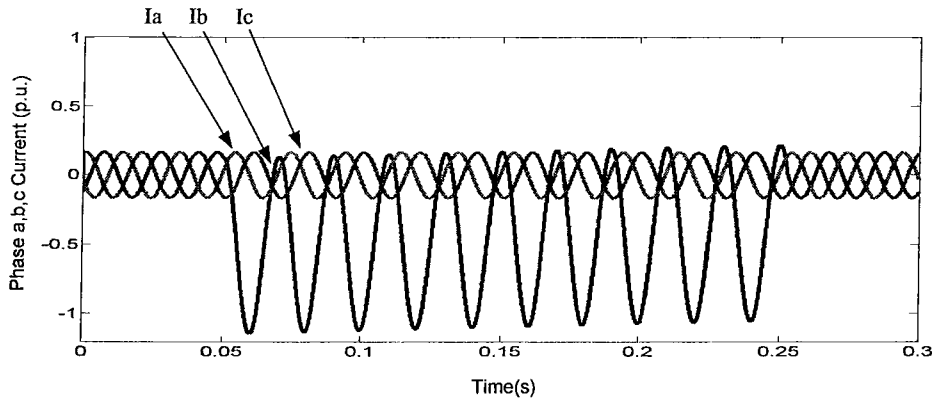
ผลจำลองการตรวจจับแรงดันไฟฟ้าแบบ RMS ด้วยวิธีทางคณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม MATLAB/SIMULINK โดยสร้างสถานะการเกิดความผิดพร่องแบบ 2 เฟส จากรูปที่ 4.13 ค่าแรงดัน RMS ได้มาจากการคำนวณสมการแบบไม่ต่อเนื่องพิจารณาที่วงรอบเดียว แสดงค่าสัญญาณที่ออกมาในเทอมของ p.u. ทั้ง 3 เฟส จะเห็นได้ว่าเวลาของการตรวจจับ เมื่อวัดค่า RMS ต่ำกว่า 0.9

p.u. ของความผิดพร่องแบบ 3 เฟส มีค่าเท่ากับ 0.0550 วินาที เมื่อเกิดความผิดพร่องที่ 0.05 วินาที และเมื่อทำการตรวจจับได้จะส่งสัญญาณเพื่อไปจุดชนวนที่ชุดSSCBจากรูปที่ 4.14 (ก) เป็นผลการจำลองแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมชุดSSCBเมื่อตัดวงจรไฟฟ้าออกจากระบบ และรูปที่ 4.14 (ข) เป็นผลการจำลองกระแสไฟฟ้าของระบบเมื่อSSCBตัดวงจรไฟฟ้า 0.0558 วินาที

4.3 ผลจำลองการตรวจจับความผิดพร่องแบบการป้องกันที่อยู่ใต้ความผิดพร่อง และการตัด ต่อวงจร

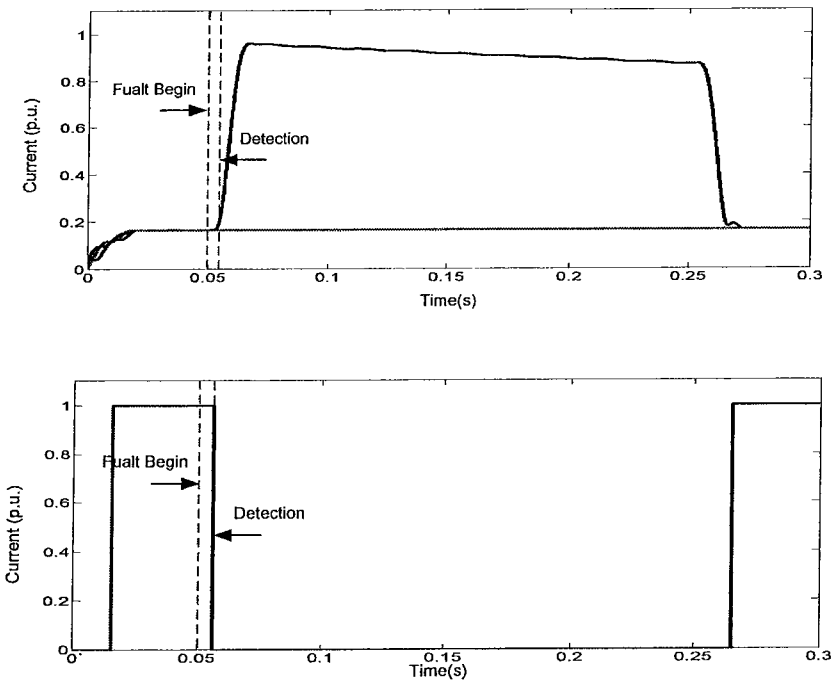
การทดลองการควบคุมการเกิดความผิดพร่องขึ้นในระบบ3เฟสในสภาวะกระแสลัดวงจรแบบไม่สมมาตร แบ่งเป็น 3 กรณี คือ ความผิดพร่องเฟสเดียวลงดิน (Line to Ground Fault), ความผิดพร่อง 2 เฟส (Line to Line Fault), ความผิดพร่อง 2 เฟสลงดิน (Double Line to Ground Fault) และความผิดพร่องแบบสมมาตร (Symmetrical Faults) มี 1 กรณี คือ ความผิดพร่อง 3 เฟส (Three Phase Fault) ตามวงจรการจำลองดังแสดงในรูปที่ 4.2

4.3.1 การจำลองกระแสไฟฟ้ากรณีเกิดความผิดพร่องแบบ 1 เฟส ลงกราวด์

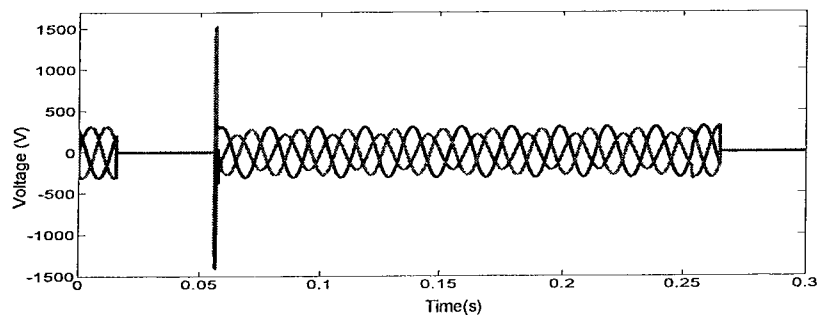


รูปที่ 4.15 ผลจำลอง เมื่อกระแสไฟฟ้าในระบบเกิดความผิดพร่องแบบ 1 เฟสลงกราวด์

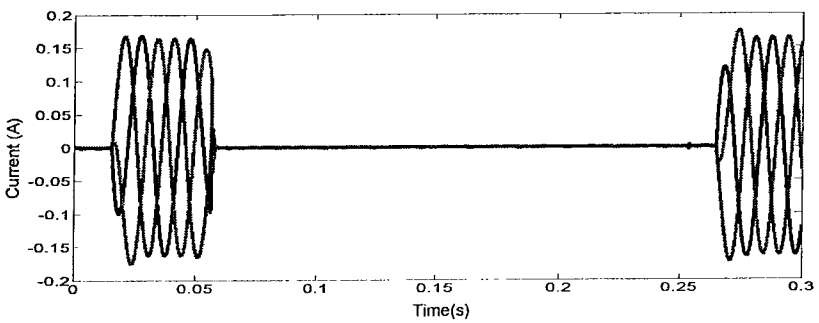
จากรูปที่ 4.15 แสดงกระแสไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายด้านทุติยภูมิของหม้อแปลง ซึ่งเกิดความผิดพร่องแบบ 1 เฟสลงกราวด์ ที่เฟส A จะเห็นว่ามีกระแสไฟฟ้า 1 เฟสที่มีการเปลี่ยนแปลง คือ เฟส A ส่วนเฟสB และเฟส C ไม่มีการเปลี่ยนแปลง



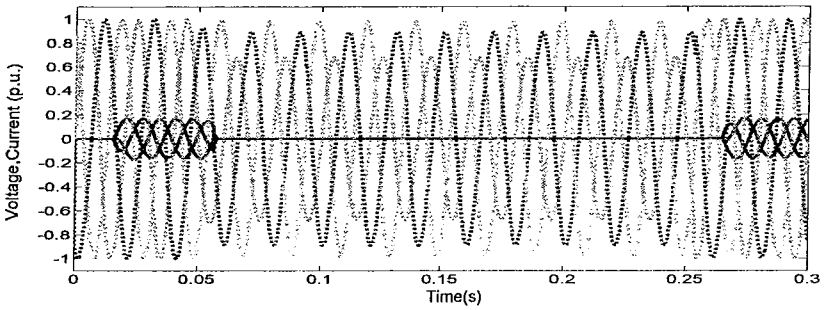
รูปที่ 4.16 ผลการจำลองการตรวจจับแรงดันแบบ RMS เมื่อค่าของกระแสลัดวงจรไม่เกิน 0.2 p.u.



(ก) ผลการจำลองแรงดันไฟฟ้าเมื่อSSCBตัด-ต่อวงจร



(ข) ผลการจำลองกระแสไฟฟ้าเมื่อSSCBตัด-ต่อวงจร

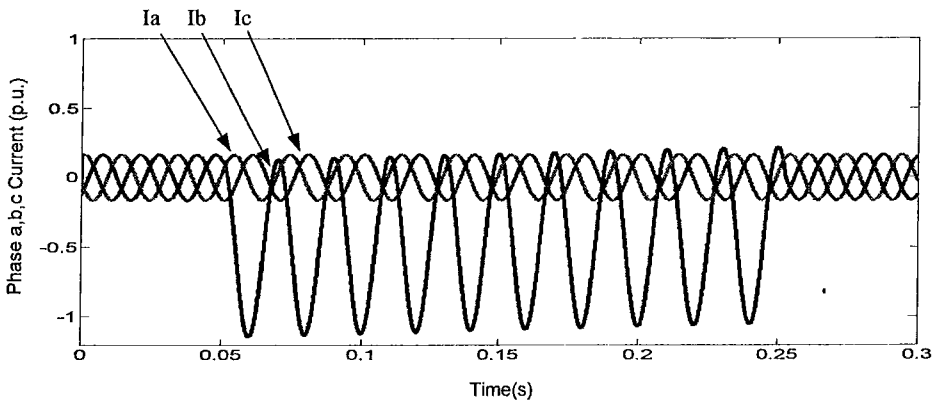


(ค) ผลการจำลองแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่โหลด SSCBตัด-ต่อวงจร

รูปที่ 4.17 ผลการจำลองการตัด ต่อวงจรไฟฟ้าของSSCBเมื่อระบบเกิดความผิดพร่องแบบ 1 เฟสลงกราวด์

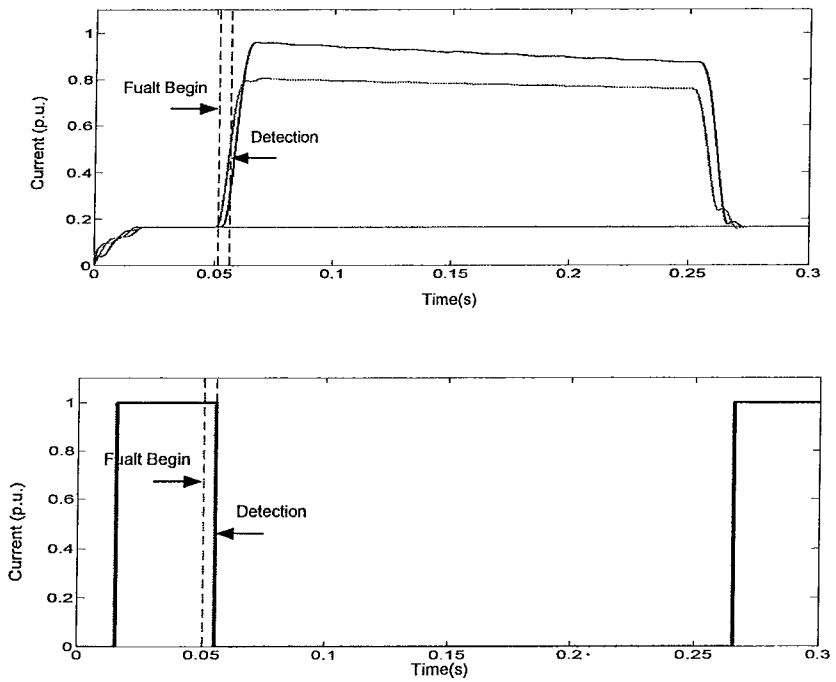
ผลการจำลองการตรวจจับกระแสไฟฟ้าแบบ RMS ด้วยวิธีทางคณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม MATLAB/SIMULINK โดยสร้างสถานะการเกิดความผิดพร่องแบบ 1 เฟสลงกราวน์ จากรูปที่ 4.16 การเกิดความผิดพร่องในลักษณะนี้ส่งผลให้กระแสไฟฟ้าลัดวงจรมีค่าสูงขึ้น ดังนั้น การตรวจจับค่ากระแส RMS แสดงค่าสัญญาณที่ออกมาในเทอมของ p.u. ทั้ง 3 เฟส จะเห็นได้ว่าเวลาของการตรวจจับ เมื่อวัดค่า RMS ที่มากกว่า 0.2 p.u. ของความผิดพร่องแบบ 1 เฟสลงกราวด์มีค่าเท่ากับ 0.0545 วินาที เมื่อเกิดความผิดพร่องที่ 0.05 วินาทีและเมื่อตรวจจับได้จะส่งสัญญาณเพื่อไปจุดชนวนที่ชุดSSCB

4.3.2 การจำลองกระแสไฟฟ้ากรณีเกิดความผิดพร่องแบบ 2 เฟส ลงกราวด์

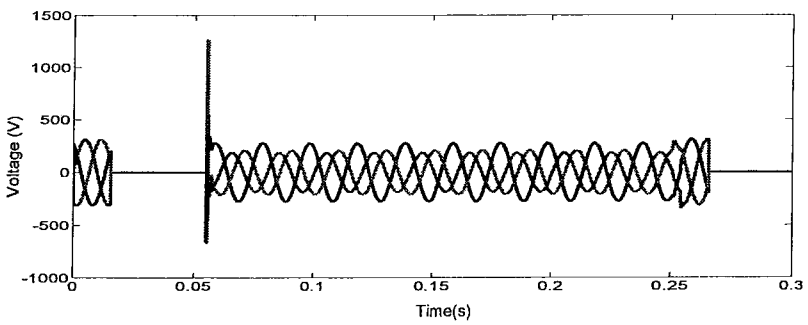


รูปที่ 4.18 ผลการจำลองกระแสไฟฟ้าเมื่อในระบบเกิดความผิดพร่องแบบ 2 เฟสลงกราวด์

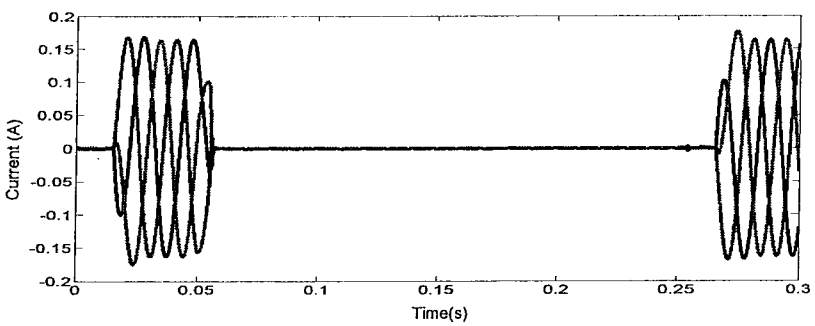
รูปที่ 4.18 แสดงกระแสไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายด้านทุติยภูมิของหม้อแปลง ซึ่งเกิดจากความผิดพร่องแบบ 2 เฟส A และ B ลงกราวด์ จะเห็นว่ามีกระแสไฟฟ้าเปลี่ยนแปลง 2 เฟส คือเฟส A และเฟส B มีการเปลี่ยนแปลงทั้งขนาดและมุมเฟส ส่วนเฟส A และเฟส B



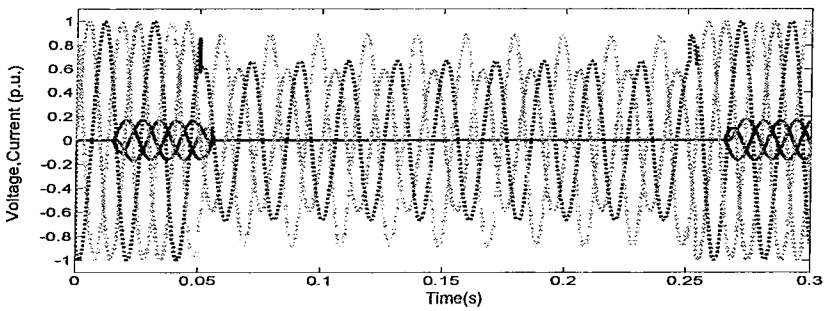
รูปที่ 4.19 ผลการจำลองการตรวจจับแรงดันแบบ RMS เมื่อค่าของกระแสลัดวงจรไม่เกิน 0.2 p.u.



(ก) ผลการจำลองแรงดันไฟฟ้าเมื่อSSCB ตัด-ต่อวงจร



(ข) ผลการจำลองกระแสไฟฟ้าเมื่อSSCBตัด-ต่อวงจร

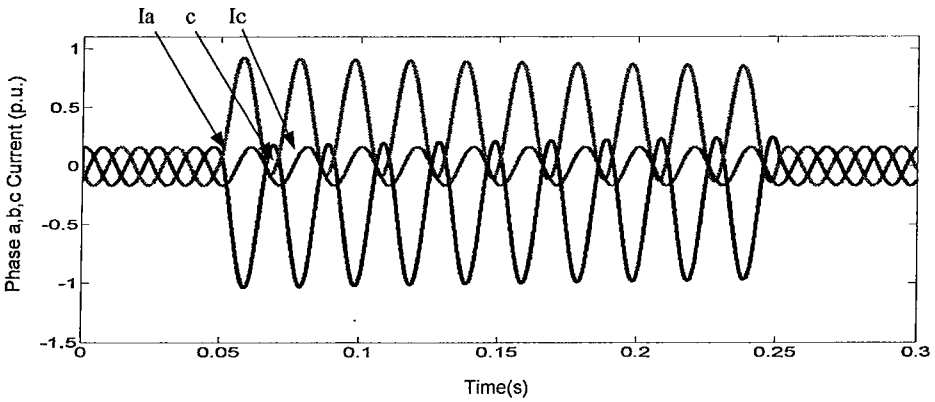


(ค) ผลการจำลองแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่โหลด SSCBตัดต่อวงจร

รูปที่ 4.20 ผลการจำลองการตัด – ต่อวงจรไฟฟ้าของSSCBเมื่อระบบเกิดความผิดพร่องแบบ 2 เฟสลงกราวด์

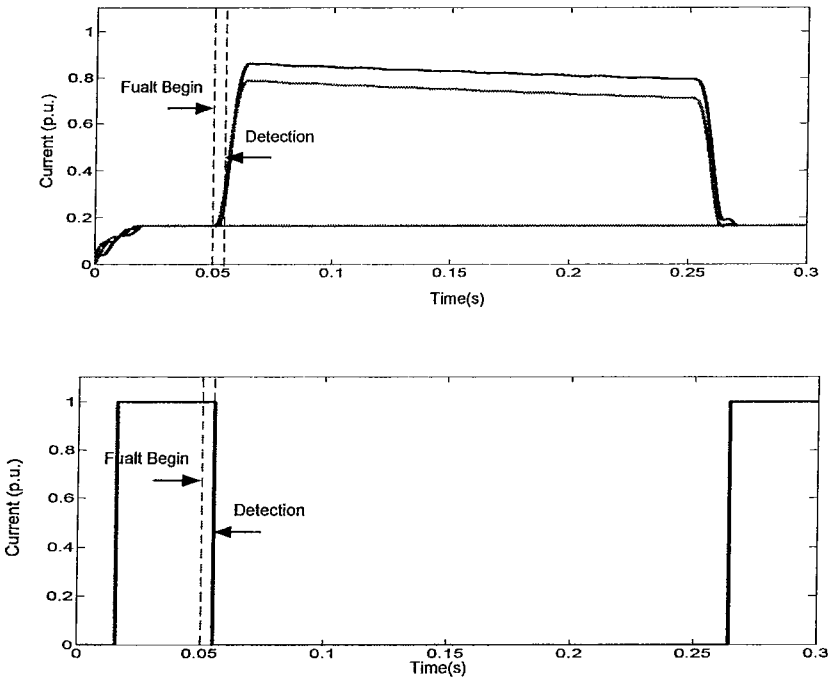
ผลจำลองการตรวจจับกระแสไฟฟ้าแบบ RMS ด้วยวิธีทางคณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม MATLAB/SIMULINK โดยสร้างสถานะการการเกิดความผิดพร่องแบบ 2 เฟสลงกราวน์ จากรูปที่ 4.19 การเกิดความผิดพร่องในลักษณะนี้ส่งผลให้กระแสไฟฟ้าลัดวงจรมีค่าสูงขึ้น ดังนั้นการตรวจจับค่ากระแส RMS แสดงค่าสัญญาณที่ออกมาในเทอมของ p.u. ทั้ง 3 เฟส จะเห็นได้ว่าเวลาของการตรวจจับ เมื่อวัดค่า RMS ที่มากกว่า 0.2 p.u. ของความผิดพร่องแบบ 2 เฟสลงกราวด์มีค่าเท่ากับ 0.0545 วินาที เมื่อเกิดความผิดพร่องที่ 0.05 วินาทีและเมื่อตรวจจับได้จะส่งสัญญาณเพื่อไปจุดชนวนที่ชุดSSCB

4.3.3 การจำลองกระแสไฟฟ้ากรณีเกิดความผิดพร่องแบบ 2 เฟส

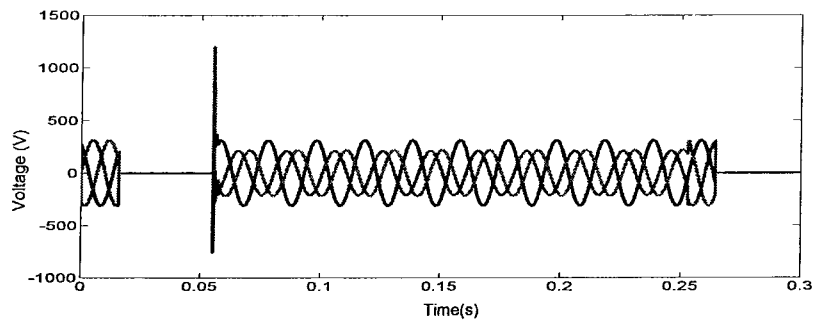


รูปที่ 4.21 ผลการจำลองกระแสไฟฟ้าในระบบเมื่อเกิดความผิดพร่องแบบ 2 เฟส

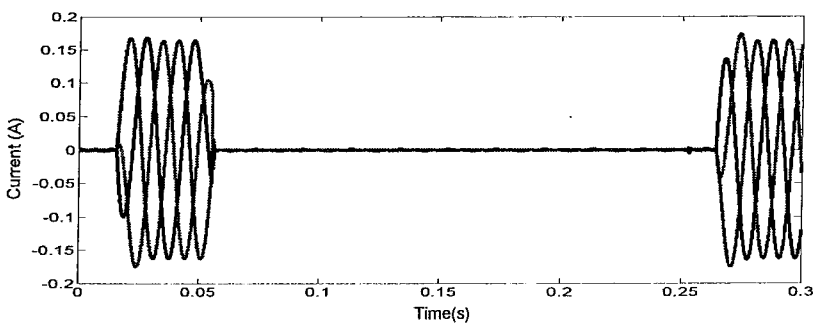
จากรูป 4.21 แสดงกระแสไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายด้านทุติยภูมิของหม้อแปลง ซึ่งเกิดจากความผิดพร่องแบบ 2 เฟส จะเห็นว่ามีกระแสไฟฟ้า 2 เฟส ที่มีการเปลี่ยนแปลงคือ เฟส A และ B ที่เปลี่ยนแปลงขนาดแต่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของมุม ส่วนเฟส Cไม่มีการเปลี่ยนแปลง



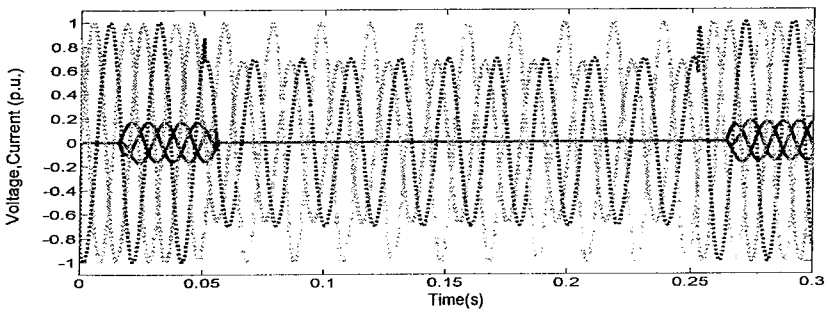
รูปที่ 4.22 ผลการจำลองการตรวจจับแรงดันแบบ RMS เมื่อค่าของกระแสลัดวงจรไม่เกิน 0.2 p.u.



(ก) ผลการจำลองแรงดันไฟฟ้าเมื่อSSCBตัด-ต่อวงจร



(ข) ผลการจำลองกระแสไฟฟ้าเมื่อSSCBตัด-ต่อวงจร

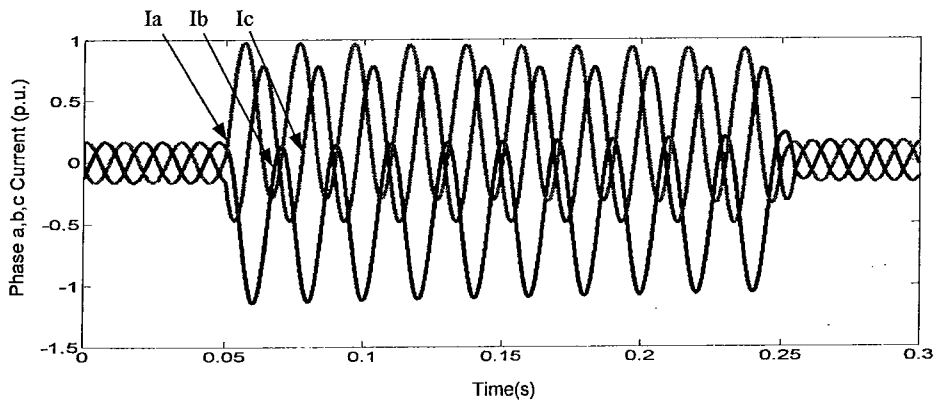


(ค) ผลการจำลองแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่โหลด SSCBตัด-ต่อวงจร

รูปที่ 4.23 ผลการจำลองการตัด - ต่อวงจรไฟฟ้าของSSCB
เมื่อระบบเกิดความผิดพร่องแบบ 2 เฟส

ผลจำลองการตรวจจับกระแสไฟฟ้าแบบ RMS ด้วยวิธีทางคณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม MATLAB/SIMULINK โดยสร้างสถานะการการเกิดความผิดพร่องแบบ 2 เฟส จากรูปที่ 4.22 การเกิดความผิดพร่องในลักษณะนี้ส่งผลให้กระแสไฟฟ้าลัดวงจรมีค่าสูงขึ้น ดังนั้นการตรวจจับค่ากระแส RMS แสดงค่าสัญญาณที่ออกมาในเทอมของ p.u. ทั้ง 3 เฟส จะเห็นได้ว่าเวลาของการตรวจจับ เมื่อวัดค่า RMS ที่มากกว่า 0.2 p.u. ของความผิดพร่องแบบ 2 เฟส มีค่าเท่ากับ 0.0536 วินาที เมื่อเกิดความผิดพร่องที่ 0.05 วินาทีและเมื่อตรวจจับได้จะส่งสัญญาณเพื่อไปจุดชนวนที่ชุด SSCB

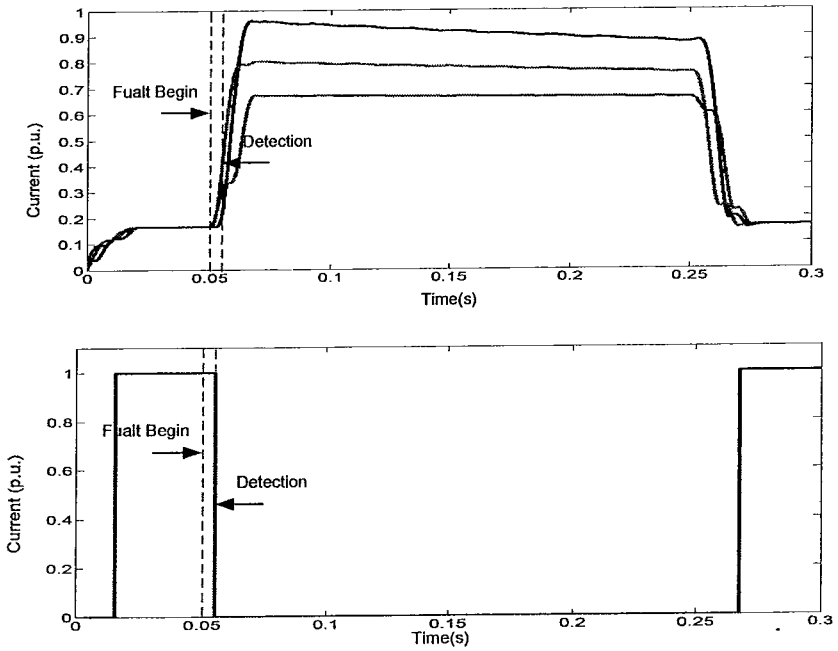
4.3.4 การจำลองแรงดันไฟฟ้ากรณีเกิดความผิดพร่องแบบ 3 เฟส



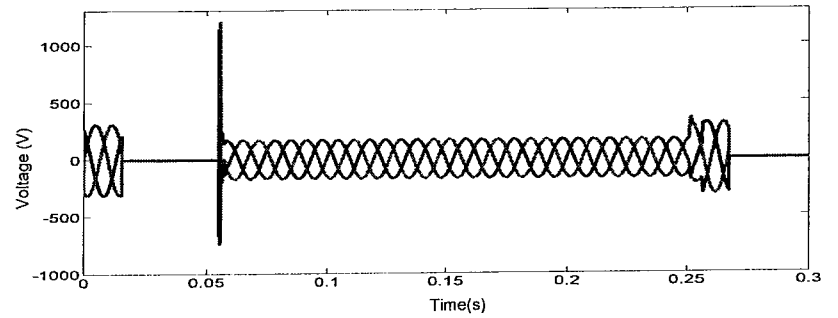
รูปที่ 4.24 ผลการจำลองกระแสไฟฟ้าในระบบเมื่อเกิดความผิดพร่องแบบ 3 เฟส

จากรูป 4.12 แสดงกระแสไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายด้านทุติยภูมิของหม้อแปลง ซึ่งเกิดจากความผิดพร่องแบบ 3 เฟส สมมาตร การเกิดความผิดพร่องแบบนี้มีโอกาสเกิดขึ้นได้น้อยมาก แต่

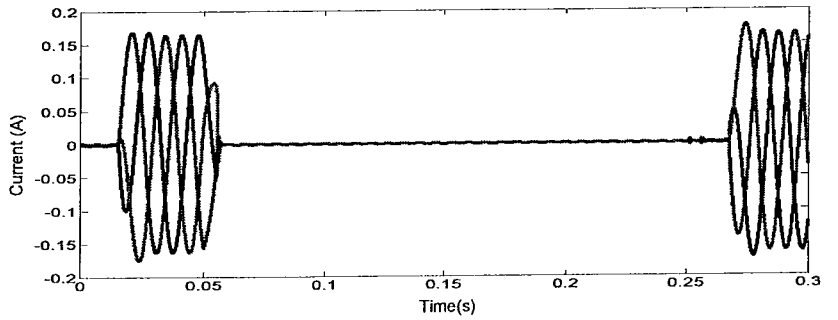
หากเกิดขึ้นจะส่งผลเสียอย่างรุนแรงในระบบไฟฟ้า โดยจะเห็นได้ว่ากระแสไฟฟ้าของทั้ง 3 เฟสที่มีการเปลี่ยนแปลงคือ เฟส A เฟส B และเฟส C



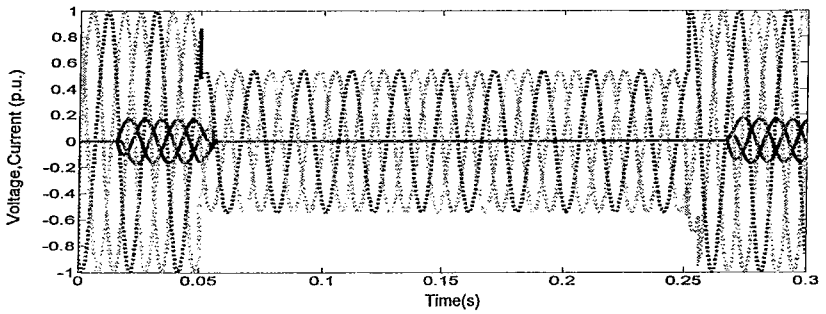
รูปที่ 4.25 ผลการจำลองการตรวจจับแรงดันแบบ RMS เมื่อค่าของกระแสลัดวงจรไม่เกิน 0.2 p.u.



(ก) ผลการจำลองแรงดันไฟฟ้าเมื่อSSCB ตัด-ต่อวงจร



(ข) ผลการจำลองกระแสไฟฟ้าเมื่อSSCBตัด-ต่อวงจร



(ค) ผลการจำลองแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่โหลด SSCB ตัด-ต่อวงจร

รูปที่ 4.26 ผลการจำลองการตัด ต่อวงจรไฟฟ้าของSSCB
เมื่อระบบเกิดความผิดพร่องแบบ 3 เฟส

ผลจำลองการตรวจจับกระแสไฟฟ้ RMS ด้วยวิธีทางคณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม MATLAB/SIMULINK โดยสร้างสถานะการเกิดความผิดพร่องแบบ 3 เฟส จากรูปที่ 4.25 การเกิดความผิดพร่องในลักษณะนี้ส่งผลให้กระแสไฟฟ้าลัดวงจรมีค่าสูงขึ้น ดังนั้นการตรวจจับค่ากระแส RMS แสดงค่าสัญญาณที่ออกมาในเทอมของ p.u. ทั้ง 3 เฟส จะเห็นได้ว่าเวลาของการตรวจจับ เมื่อวัดค่า RMS ที่มากกว่า 0.2 p.u. ของความผิดพร่องแบบ 3 เฟส มีค่าเท่ากับ 0.0544 วินาที เมื่อเกิดความผิดพร่องที่ 0.05 วินาทีและเมื่อตรวจจับได้จะส่งสัญญาณเพื่อไปจุดชนวนที่ชุดSSCB

4.4 ผลการทดลองการเคลียร์ความผิดพร่องของ SSCB เปรียบเทียบกับเซอร์กิตเบรกเกอร์

การจำลองโมเดลการทำงานโดยกำหนดให้เกิดความผิดพร่องในระบบไฟฟ้าเกิดที่ 0.05 วินาที ถึงระยะเวลา 0.25 วินาที เป็นระยะเวลา 0.20 วินาที

ตารางที่ 4.2 ระยะเวลาการตรวจจับความผิดพร่องแบบ RMS

ชนิดของความผิดพร่อง	ตรวจจับแบบ RMS (วินาที)	
	Upstream	Downstream
Line to Ground Fault	0.0563	0.0545
Line to Line Fault	0.0552	0.0536
Double Line to Ground Fault	0.0551	0.0545
Three Phase Fault	0.0550	0.0544

ตารางที่ 4.3 เปรียบเทียบเวลาเคลียร์ความผิดพร่อง

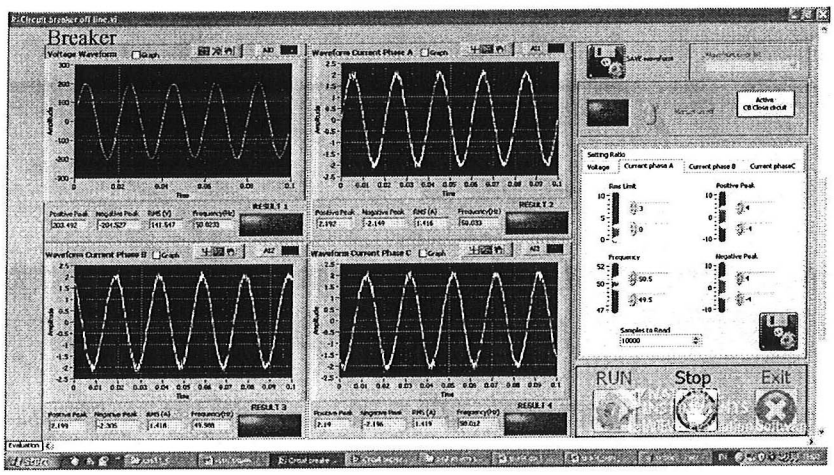
ชนิดของความผิดพร่อง	เซอร์กิตเบรกเกอร์ แบบโซลิดสเตท (วินาที)		เซอร์กิตเบรกเกอร์ (วินาที)	
	Upstream	Downstream	Upstream	Downstream
Line to Ground Fault	0.06	0.058	0.065	0.0632
Line to Line Fault	0.058	0.056	0.063	0.0695
Double Line to Ground Fault	0.058	0.057	0.063	0.0626
Three Phase Fault	0.058	0.056	0.062	0.0615

4.5 โปรแกรมควบคุมระบบตรวจวัด บันทึกและแสดงผล

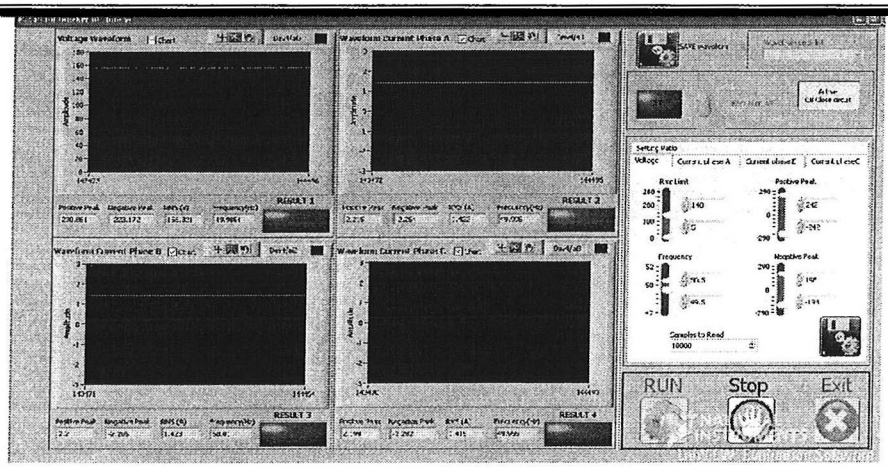
การควบคุมการทำงานโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ LabVIEW

1. Data acquire
2. Setting parameter
3. Status Checking
4. Report
5. Accidents Alarm

มีหน้าจอการทำงานที่แสดงบนเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนที่เป็นหน้าปัดควบคุม (Control Panel) และส่วนที่เป็นไดอะแกรมควบคุม (Control Block)



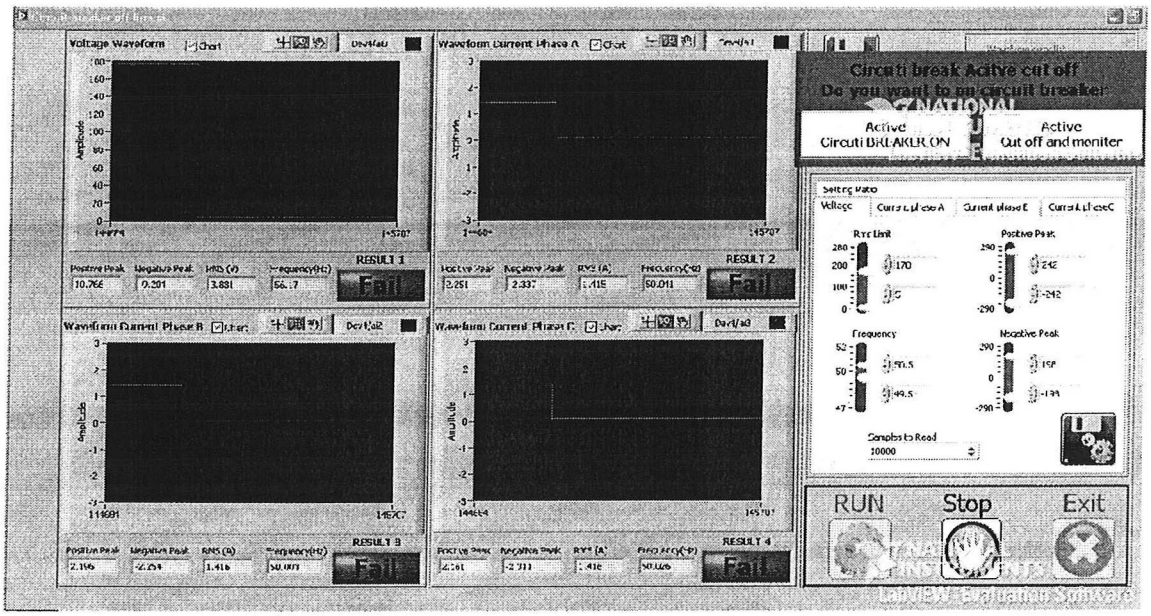
รูปที่ 4.27 ออกแบบหน้าจอแสดงผลรูปคลื่นการตรวจจับของ SSCB สภาวะต่อวงจรปกติ



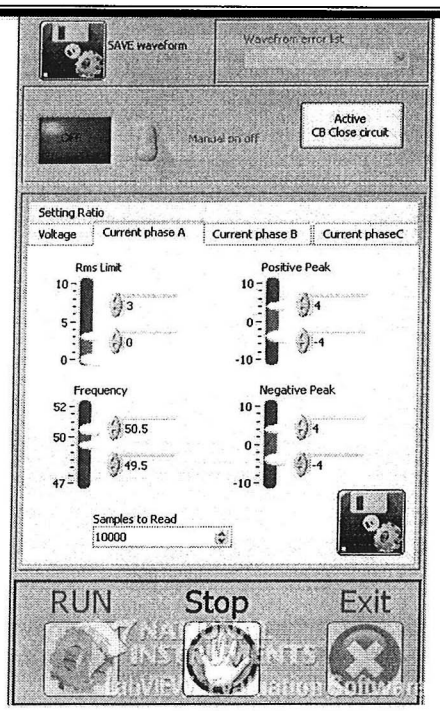
รูปที่ 4.28 ออกแบบหน้าจอแสดงผลการตรวจจับของ SSCB แบบ RMS สภาวะต่อวงจรปกติ

หน้าจอแสดงผลการทำงานของ SSCB ประกอบด้วย

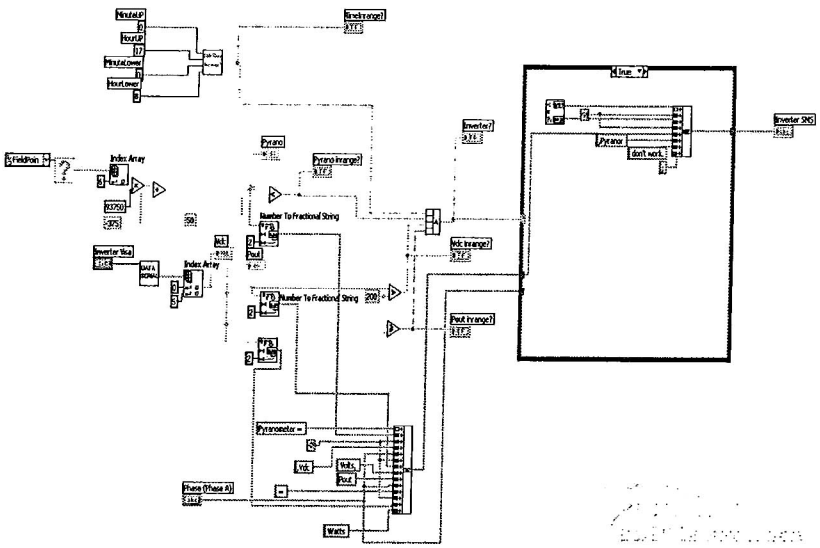
- แสดงผลแรงดันไฟฟ้าวัด 1 เฟส ประกอบด้วย ตรวจวัดค่า Positive peak , Negative peak , RMS (V) , Frequency (Hz) , Result
- แสดงผลกระแสไฟฟ้าวัด 3 เฟส ตรวจวัดค่า Positive peak, Negative peak, RMS (A) , Frequency (Hz) , Result



รูปที่ 4.29 หน้าจอแสดงผลการวัดค่าตัวแปรของโปรแกรม เมื่อเกิดความผิดพร่องขึ้นในระบบ

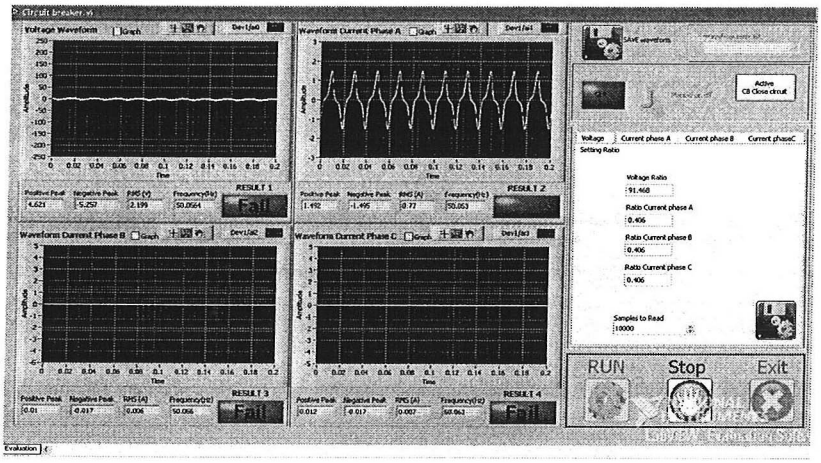


รูปที่ 4.30 หน้าจอ Control Panel ของโปรแกรมกำหนดค่าของแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า

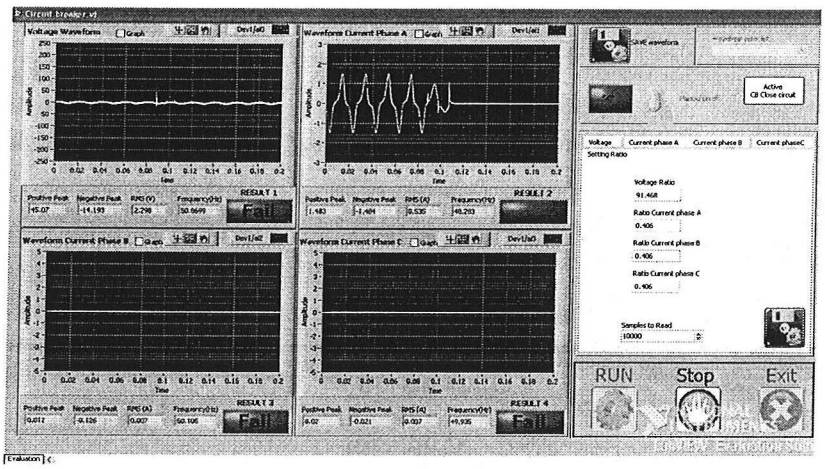


รูปที่ 4.31 ตัวอย่าง Control Block ของโปรแกรม Accidents

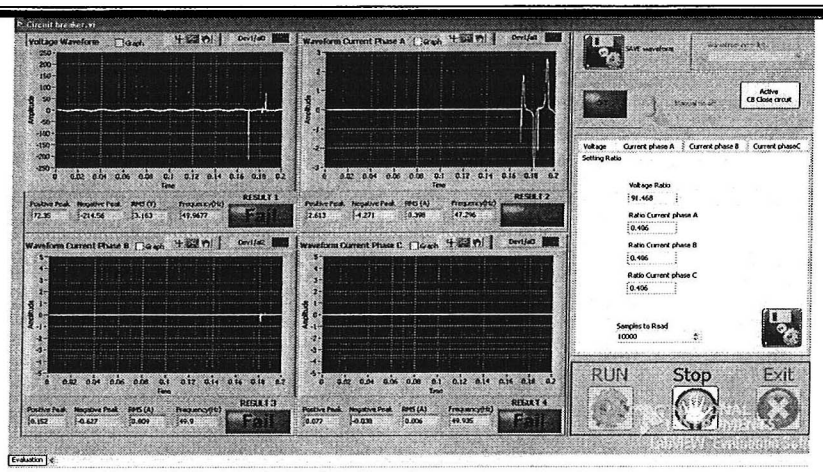
ทดสอบSSCB ทีละเฟส ทำการต่อระบบที่เฟส A ต่อเข้ากับโหลดหลอดไฟฟ้า ขนาด 60 วัตต์ ขนาน 3 หลอด



รูปที่ 4.32 สภาวะวงจรปกติของ SSCB ที่เฟส A

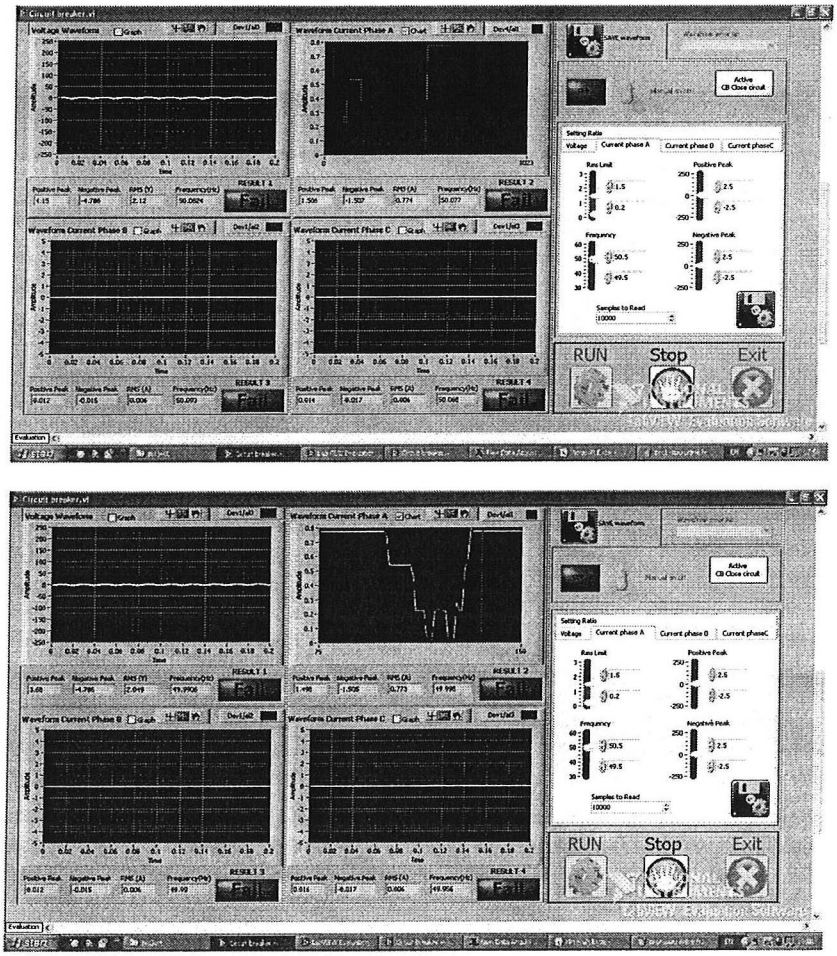


รูปที่ 4.33 สภาวะตัดวงจรของ SSCB ที่เฟส A



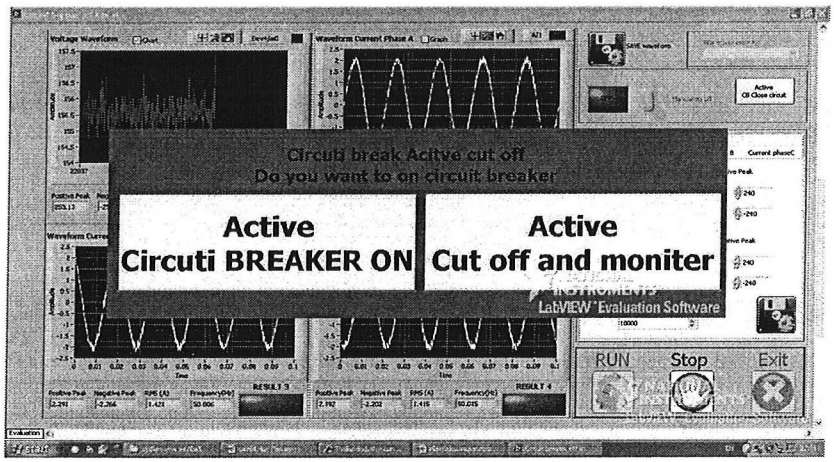
รูปที่ 4.34 สภาวะต่อวงจรของ SSCB ที่เฟส A

- ทดสอบการแสดงผลแบบ Prot wave from สภาวะเมื่อโหลดเพิ่มขึ้น และโหลดลดลง



รูปที่ 4.35 แสดงผลแบบ Prot wave from

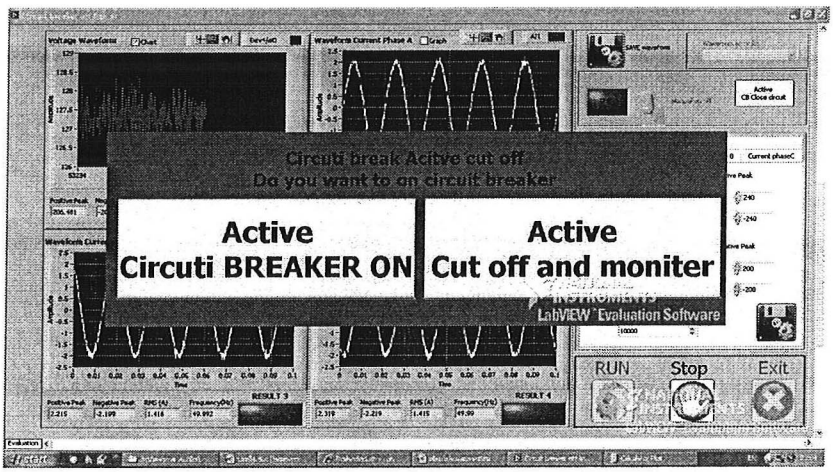
- ทดสอบการตรวจจับแรงดันไฟฟ้าสภาวะแรงดันเกินพิกัด



รูปที่ 4.36 เมื่อเกิดสภาวะแรงดันเกินพิกัด

ตรวจวัดแรงดันไฟฟ้าต่อเฟส L-N ตั้งค่าพิกัดแรงดัน RMS สูงสุดที่ 170 และพิกัดแรงดันด้าน Positive peak ที่ 240 โวลต์ และด้าน Negative peak ที่ -200 โวลต์ พิกัดความถี่อยู่ในช่วงระหว่าง Frequency 50.5 – 49.5 Hz. เมื่อเกิดแรงดันเกินพิกัดที่กำหนด โปรแกรมจะส่งสัญญาณไปจุดฉนวนขาเกตของ SSCB เพื่อสั่งให้ตัดวงจร และแสดงสภาวะการทำงานของ SSCB ที่หน้าจอโปรแกรม เพื่อให้ผู้ใช้งานเลือกที่จะให้ต่อวงจรของ SSCB เลย หรือตรวจสอบความผิดพร่องของระบบก่อน จะสั่งให้ระบบต่อวงจร

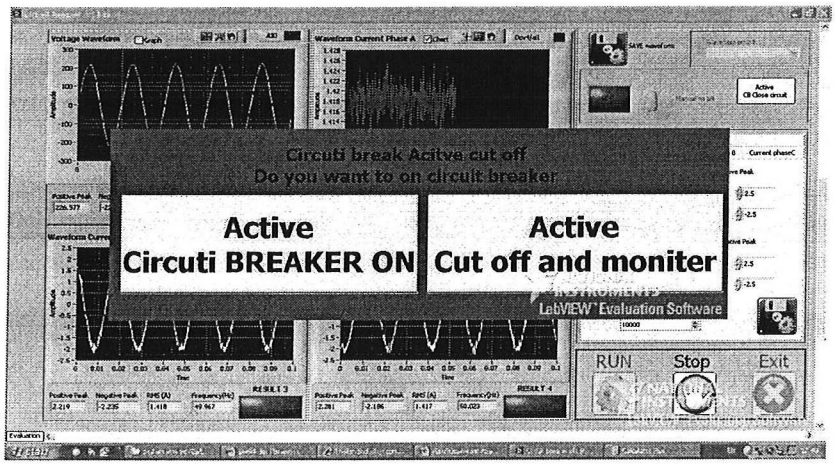
- ทดสอบการตรวจจับแรงดันไฟฟ้าสภาวะแรงดันตก



รูปที่ 4.37 เมื่อเกิดสภาวะแรงดันตก

ตรวจวัดแรงดันไฟฟ้าต่อเฟส L-N ตั้งค่าพิกัดแรงดัน RMS สูงสุดที่ 145 และพิกัดแรงดันด้าน Positive peak ที่ 240 โวลต์ และด้าน Negative peak ที่ -200 โวลต์ พิกัดความถี่อยู่ในช่วงระหว่าง Frequency 50.5 – 49.5 Hz. เมื่อเกิดแรงดันต่ำกว่าที่กำหนด โปรแกรมจะส่งสัญญาณไปจุดฉนวนขาเกตของ SSCB เพื่อสั่งให้ตัดวงจร และแสดงสภาวะการทำงานของ SSCB ที่หน้าจอโปรแกรม เพื่อให้ผู้ใช้งานเลือกที่จะให้ต่อวงจรของ SSCB เลย หรือตรวจสอบความผิดพร่องของระบบก่อน จะสั่งให้

- ทดสอบการตรวจจับสภาวะโหลดเกิน



รูปที่ 4.38 เมื่อเกิดสภาวะกระแสเกิน

เมื่อเฟสใดเฟสหนึ่งเกิดความผิดพร่องโปรแกรม สั่งให้ตัดวงจรออกจากระบบทั้ง 3 เฟส

4.6 สรุปท้ายบท

ในบทนี้แสดงให้เห็นถึงวิธีการออกแบบสร้างชุดควบคุมระบบตรวจจับสัญญาณ และสร้าง SSCB เมื่อเกิดความผิดพร่องของแรงดันและกระแสไฟฟ้าในระบบไฟฟ้าทั้งแบบสมมาตรและไม่สมมาตร ผลการทดลองเมื่อระบบเกิดความผิดพร่องขึ้นในระบบ ได้จำลองการตรวจจับแรงดันและกระแสความผิดพร่องด้วยวิธี RMS โดยนำสัญญาณที่ได้ไปสั่งตัดวงจรของSSCB สั่งตัดวงจรพร้อมกันทั้ง 3 เฟส จากการจำลองการเกิดฟอลต์ ทั้ง 4 แบบ เซอร์กิตเบรกเกอร์แบบโซลิดสเตทสามารถตัดวงจรไฟฟ้าออกจากระบบได้ ทำการจำลองการเกิดฟอลต์ในระบบไฟฟ้า 2 วิธี คือ การป้องกันที่อยู่เหนือฟอลต์ (Upstream) เพื่อศึกษาพฤติกรรมการเปลี่ยนแปลงรูปคลื่นของแรงดันไฟฟ้า และการป้องกันที่อยู่ใต้ฟอลต์ (Downstream) เพื่อศึกษาพฤติกรรมการทำงานของระบบที่ได้ออกแบบเทียบกับระบบที่สร้างขึ้น