

การออกแบบอัลกอริทึมแบบปรับตัวเองได้ สำหรับตรวจวัดค่าองค์ประกอบสมมาตร
โดยประยุกต์ใช้ในโปรแกรม LabVIEW

**ADAPTIVE ALGORITHM DESIGN FOR SYMMETRICAL COMPONENT
DETECTION USING LABVIEW IMPLEMENTATION**

สุรเดช อินทร์ฟุ่ม
SURADACH INPUM

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

พ.ศ. 2553

การออกแบบอัลกอริทึมแบบปรับตัวเองได้ สำหรับตรวจวัดค่าองค์ประกอบสมมาตร
โดยประยุกต์ใช้ในโปรแกรม LabVIEW

สุรเดช อินทร์ฟูม

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

พ.ศ. 2553

**ADAPTIVE ALGORITHM DESIGN FOR SYMMETRICAL COMPONENT
DETECTION USING LABVIEW IMPLEMENTATION**

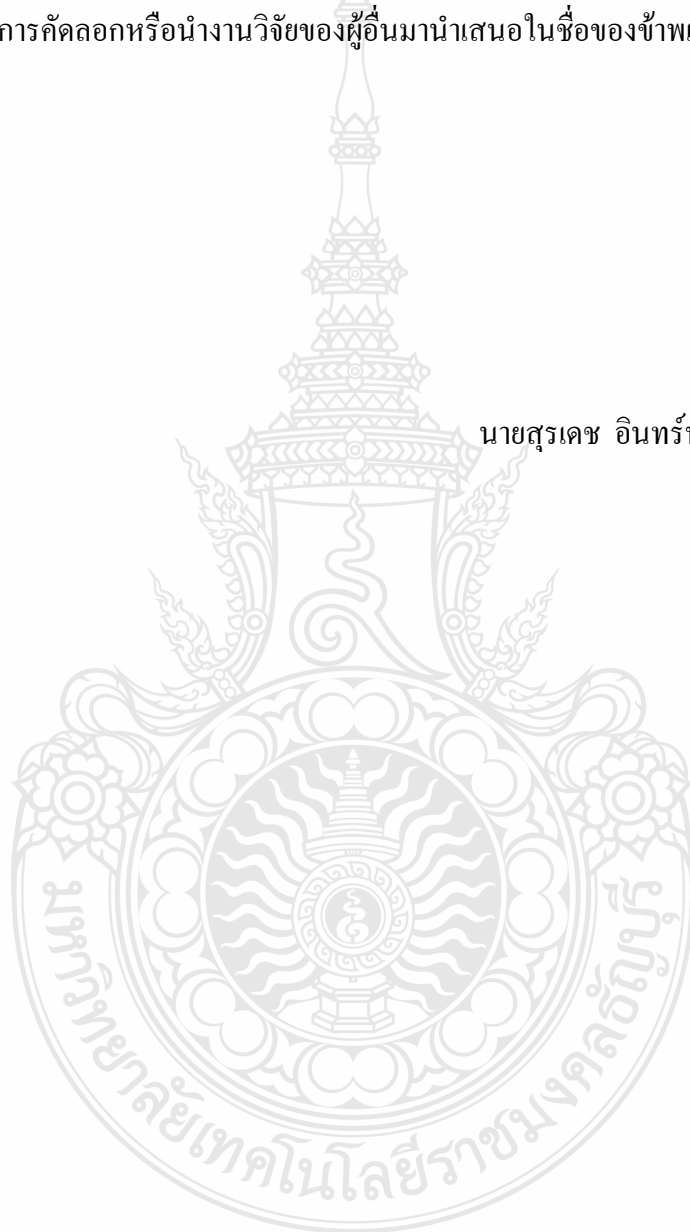
SURADACH INPUM

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS FOR
THE DEGREE OF MASTER OF ENGINEERING
IN ELECTRICAL ENGINEERING DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
RAJAMANGALA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY THANYABURI

2010

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นงานวิจัยที่เกิดจากการค้นคว้าและวิจัย ขณะที่ข้าพเจ้าศึกษาอยู่ในคณะ
วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ดังนั้นงานวิจัยในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ถือเป็น
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี และข้อความต่างๆในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้า
ขอรับรองว่าไม่มีการคัดลอกหรือนำงานวิจัยของผู้อื่นมานำเสนอในชื่อของข้าพเจ้า

นายสุรเดช อินทร์ฟุ่ม





ใบรับรองวิทยานิพนธ์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การออกแบบอัลกอริทึมแบบปรับตัวเองได้ สำหรับตรวจวัดค่าองค์ประกอบสมมาตรโดยประยุกต์ใช้ในโปรแกรม LabVIEW ADAPTIVE ALGORITHM DESIGN FOR SYMMETRICAL COMPONENT DETECTION USING LABVIEW IMPLEMENTATION
ชื่อนักศึกษา	นายสุรเดช อินทร์พุ่ม
รหัสประจำตัว	115170420116-9
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ดร.กฤษณ์ชนม์ ภูมิภิตติพิชญ์
วัน เดือน ปี ที่สอบ	9 ตุลาคม 2553
สถานที่สอบ	ห้องชมพูพันธุ์ทิพย์ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(ดร.ยุทธนา ขำสุวรรณ)

..... กรรมการ

(ดร.วันชัย ทรัพย์สิงห์)

..... กรรมการ

(ดร. สุรินทร์ แห่งงาม)

..... กรรมการและเลขานุการ

(ดร.กฤษณ์ชนม์ ภูมิภิตติพิชญ์)

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมชัย หิรัญวโรดม)

คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การออกแบบอัลกอริทึมแบบปรับตัวเองได้ สำหรับตรวจวัดค่า องค์ประกอบสมมาตร โดยประยุกต์ใช้ในโปรแกรม LabVIEW
ชื่อนักศึกษา	นายสุรเดช อินทร์พุ่ม
รหัสประจำตัว	115170420116-9
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
ปีการศึกษา	2553
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	ดร.กฤษณ์ชนม์ ภูมิภักดีพิชญ์

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้นำเสนอการออกแบบอัลกอริทึมแบบปรับตัวเองได้ สำหรับตรวจวัดค่าองค์ประกอบสมมาตร โดยประยุกต์ใช้ในโปรแกรม LabVIEW องค์ประกอบสมมาตร มีความสำคัญและมีการประยุกต์ใช้ในหลายๆด้านสำหรับงานด้านไฟฟ้ากำลัง ในงานด้านคุณภาพไฟฟ้า ในงานด้านการป้องกันระบบไฟฟ้า

ในวิทยานิพนธ์ได้นำเสนอเทคนิคอัลกอริทึมปรับตัวเองได้ เพื่อในการตรวจวัดค่าองค์ประกอบสมมาตรทั้งในระบบที่มีการเปลี่ยนแปลง และไม่เปลี่ยนแปลง โดยใช้โปรแกรม MATLAB เพื่อทำการทดสอบอัลกอริทึม จากผลการทดสอบ จะเห็นได้ว่า สามารถติดตามระบบที่มีการเปลี่ยนแปลงได้ และใช้เวลาในการเข้าระบบเพียง 0.04 วินาที เมื่อนำเทคนิคนี้เทียบกับเทคนิค Fast Fourier Transform (FFT) จะเห็นได้ว่าเทคนิคอัลกอริทึมปรับตัวเองได้เร็วกว่าเทคนิค FFT ถึง 28.9015 เท่าโดยประมาณ

อัลกอริทึมใหม่ที่ได้จากการทดสอบสามารถนำมาใช้ในการตรวจวัดค่าองค์ประกอบสมมาตร, เป็นเครื่องมือต้นแบบและการประยุกต์ใช้กับโปรแกรม LabVIEW จะสามารถนำไปใช้ในงานจริงได้ ซึ่งจะช่วยลดการนำเข้าเครื่องมือจากต่างประเทศ

คำสำคัญ: องค์ประกอบสมมาตร อัลกอริทึมแบบปรับตัวเองได้

Thesis Title : ADAPTIVE ALGORITHM DESIGN FOR SYMMETRICAL
COMPONENT DETECTION USING LABVIEW
IMPLEMENTATION

Student Name : Mr. Suradach Inpum

Student ID : 115170420116-9

Degree Award : Master of Engineering

Study Program : Electrical Engineering

Academic year : 2010

Thesis Advisor : Dr. Krischonme Bhumkittipich

ABSTRACT

This thesis presents the adaptive algorithm for symmetrical component detection using LabVIEW implementation. The symmetrical component are important and can be applied to aspects of power system application, for example, the power quality, power system protection and so on.

This thesis focuses on the technique of adaptive algorithm for measuring the value of symmetrical component both normal and abnormal system, and carries-out by using MATLAB program. In order to test this algorithm, the examination result found that it could track the abnormal and about only 0.04 seconds. When comparing this with fast fourier transform (FFT), technique it shows that the algorithm technique could adjust itself faster than FFT technique FFT about approximately 28.9015 times.

This algorithm can be ensured by using LabVIEW program. It shows that the symmetrical component can be tracked faster than MATLAB program 16 times.

Keywords: Symmetrical Component, Adaptive algorithm

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีจากแรงสนับสนุน การเอาใจใส่ และความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากบุคคลหลายๆ ท่าน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ดร.กฤษณ์ชนม์ ภูมิภคดิพิชญ์อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ได้ให้คำแนะนำ และข้อคิดต่างๆ อันเป็นประโยชน์ต่อการทำวิจัยครั้งนี้ด้วยดี ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ในที่สุด ผู้เขียนกราบขอบพระคุณท่านอาจารย์เป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณ ดร. ชวงส์ วัฒนศักดิ์ภูบาล ที่สละเวลาให้คำปรึกษา ชี้แนะ ช่วยเหลือทั้งในอดีตและปัจจุบัน และยังผู้ที่สร้างแรงบันดาลใจให้ข้าพเจ้า ในการศึกษา ที่วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ได้เพราะมี ดร. ชวงส์ วัฒนศักดิ์ภูบาล ได้ให้คำแนะนำ และข้อคิดต่างๆ อันเป็นประโยชน์ต่อการทำวิจัยครั้งนี้ด้วยดี ผู้เขียนกราบขอบพระคุณท่านอาจารย์เป็นอย่างสูง

กราบขอบพระคุณ วรชัย แก้ววิจิตร หัวหน้าแผนก งานบำรุงรักษาระบบและงานสอทไลน์ การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เขต3 ภาคกลาง (นครปฐม) ที่ให้คำปรึกษา ตลอดจนชี้แนะข้อบกพร่องต่างๆ จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ประสบความสำเร็จด้วยดี

กราบขอบพระคุณ สมหมาย ชื่นด้วง ผู้ช่วยหัวหน้าแผนก อุปกรณ์ป้องกันและรีเลย์ การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เขต3 ภาคกลาง (นครปฐม) ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลต่างๆของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ในที่สุด

กราบขอบพระคุณ คุณป้อาบ อินทร์พุ่ม และพี่น้องทุกๆ คน ซึ่งให้การสนับสนุนในทุกๆ ด้าน และเป็นกำลังใจที่ดีตลอดมา รวมทั้งเพื่อนๆ ทุกคนที่ไม่สามารถเอ่ยนามได้ครบทั้งหมดที่มีส่วนช่วยกระตุ้น และให้กำลังใจจนสำเร็จการศึกษา

สุรเดช อินทร์พุ่ม

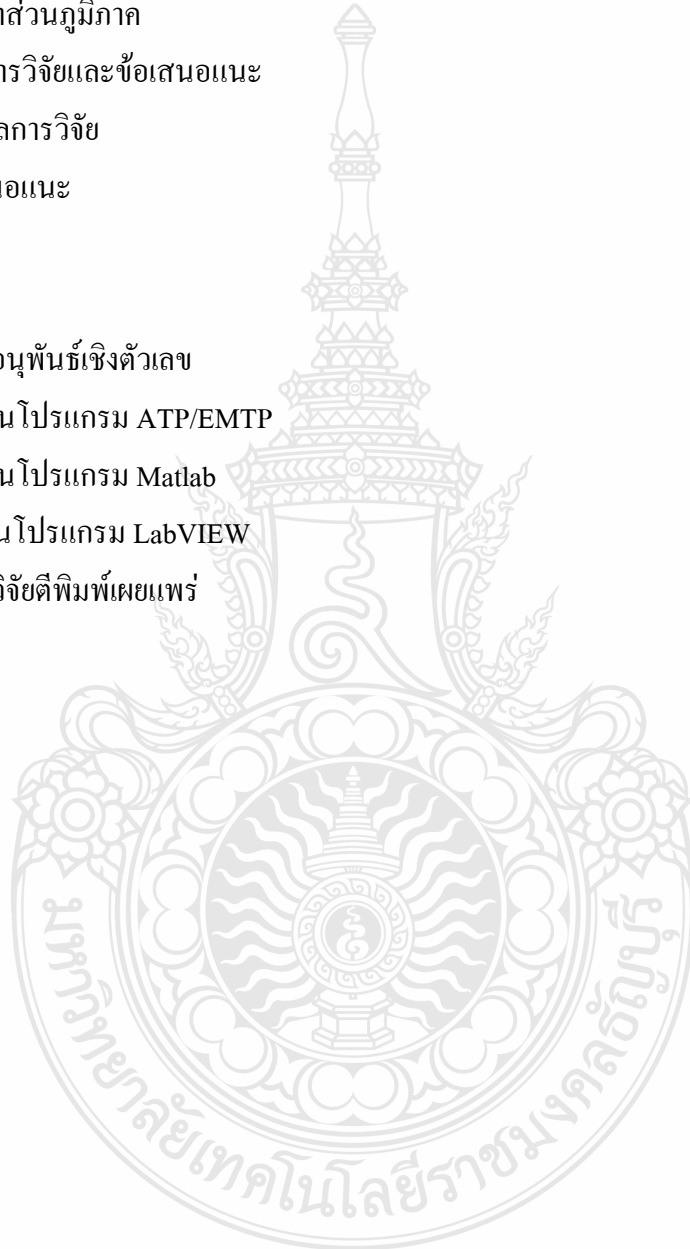
9 ตุลาคม 2553

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์	2
1.3 สมมุติฐานของการศึกษา	3
1.4 แนวคิดในการวิจัย	3
1.5 ขอบเขตของวิทยานิพนธ์	3
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.7 เนื้อหาของวิทยานิพนธ์	3
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย	5
2.1 สาเหตุของการเกิดระบบไฟฟ้าไม่สมดุล	5
2.2 ทฤษฎีองค์ประกอบสมมาตร	6
2.3 ทฤษฎีของความผิดพ้องในระบบไฟฟ้า	9
2.4 ทฤษฎีการวิเคราะห์แบบฟูเรียร์ (Fourier Theory)	18
2.5 ผลกระทบของระบบไฟฟ้าไม่สมดุล	26
2.6 สรุป	28
บทที่ 3 การออกแบบอัลกอริทึมปรับตัวเองได้	29
3.1 การออกแบบสมการอัลกอริทึมปรับตัวเองได้	29
3.2 โครงสร้างอัลกอริทึมปรับตัวเองได้	32
บทที่ 4 การจำลองและการทดสอบ	34
4.1 การจำลองสัญญาณ Input โดยใช้โปรแกรม ATP-EMTP	34
4.2 การติดตาม/ประมาณค่า องค์ประกอบสมมาตร โดยใช้โปรแกรม Matlab	45
4.3 การเปรียบเทียบความสามารถของ อัลกอริทึมปรับตัวเองได้ กับ Fast Fourier Transform (FFT)	55

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
4.4 การติดตาม/ประมาณค่า องค์ประกอบสมมาตร โดยใช้โปรแกรม LabVIEW	65
4.5 การติดตาม/ประมาณค่าองค์ประกอบสมมาตรจากไฟล์ Contard ที่ได้จากรีเลย์ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค	75
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	84
5.1 สรุปผลการวิจัย	84
5.2 ข้อเสนอแนะ	86
เอกสารอ้างอิง	87
ภาคผนวก	
ก. การหาอนุพันธ์เชิงตัวเลข	81
ข. การเขียนโปรแกรม ATP/EMTP	91
ค. การเขียนโปรแกรม Matlab	95
ง. การเขียนโปรแกรม LabVIEW	110
จ. ผลงานวิจัยตีพิมพ์เผยแพร่	132
ประวัติผู้เขียน	155



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4.1 กำหนดระบบเริ่มต้นของระบบใน โปรแกรม ATP-EMTP	36
5.1 เปรียบเทียบการทำงานของอัลกอริทึมปรับตัวเองได้กับ FFT	85
5.2.เปรียบเทียบเวลาระหว่าง อัลกอริทึมปรับตัวเองได้ กับ FFT ของกระแส	85
5.3 เปรียบเทียบเวลาในการติดตาม/ประมาณค่าระหว่าง โปรแกรม Matlab กับโปรแกรม LabVIEW	86



สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 การต่อใช้งาน โหลด 1 เฟส(ขนาดใหญ่)สาเหตุของระบบไฟฟ้าไม่สมดุล	5
2.2 ไดอะแกรมเวกเตอร์แรงดันไฟฟ้าประกอบขึ้นจากแรงดันไฟฟ้าบวก ลบ และศูนย์	7
2.3 ผังแสดงภาวะผิดปกติในระบบไฟฟ้า	9
2.4 การเกิดความผิดปกติแบบ 3 เฟส	10
2.5 วงจรของการเกิดความผิดปกติแบบ 3 เฟส	11
2.6 การเกิดความผิดปกติแบบ เฟส-ดิน	12
2.7 วงจรของการเกิดความผิดปกติแบบ เฟส-ดิน	13
2.8 ความผิดปกติแบบ เฟส-เฟส	14
2.9 วงจรของการเกิดความผิดปกติแบบ เฟส-เฟส	14
2.10 ความผิดปกติแบบ เฟส-เฟส-ดิน	16
2.11 วงจรของการเกิดความผิดปกติแบบ เฟส-เฟส-ดิน	17
2.12 (ก) ฟังก์ชันเริ่มแรก $f(x)$ (ข) ฟังก์ชัน $f(x)$ ที่ยืดออกเป็นฟังก์ชันคู่ที่มีคาบ $2L$ (ค) ฟังก์ชัน $f(x)$ ที่ยืดออกเป็นฟังก์ชันคี่ที่มีคาบ $2L$	20
2.13 ฟังก์ชันที่มีค่าซ้ำกันกลายเป็นฟังก์ชันที่มีค่าไม่ซ้ำกัน เมื่อคาบ $L \rightarrow \infty$	21
2.14 ฟังก์ชัน $f(x)$ ที่มีค่าไม่ต่อเนื่อง	25
2.15 กราฟค่า Derating Factor	27
3.1 โครงสร้างของอัลกอริทึม	32
3.2 การแยกส่วนการทำงานของโครงสร้างของอัลกอริทึม	33
4.1 การตั้งค่าของแหล่งจ่ายแรงดัน	35
4.2 การออกแบบโปรแกรม ATP-EMTP ในสภาวะ ความผิดปกติแบบ 3 เฟส	36
4.3 กระแสของ สภาวะ ความผิดปกติแบบ 3 เฟส	37
4.4 แรงดันของ สภาวะ ความผิดปกติแบบ 3 เฟส	37
4.5 การออกแบบโปรแกรม ATP-EMTP ในสภาวะ ความผิดปกติแบบ 3 เฟส	38
4.6 กระแสของ สภาวะ ความผิดปกติแบบ เฟส-ดิน	38
4.7 แรงดันของ สภาวะ ความผิดปกติแบบ เฟส-ดิน	39
4.8 การออกแบบโปรแกรม ATP-EMTP ในสภาวะ ความผิดปกติแบบ เฟส-เฟส-ดิน	39
4.9 กระแสของ สภาวะ ความผิดปกติแบบ เฟส-เฟส-ดิน	40
4.10 แรงดันของ สภาวะ ความผิดปกติแบบ เฟส-เฟส-ดิน	41
4.11 การออกแบบโปรแกรม ATP-EMTP ในสภาวะ ความผิดปกติแบบ เฟส-ดิน	41

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.12 กระแสของ สภาวะ ความผิดพร่องแบบ เฟส-เฟส	42
4.13 กระแสของ สภาวะ ความผิดพร่องแบบ เฟส-เฟส	43
4.14 การออกแบบโปรแกรม ATP-EMTP ในสภาวะ ความไม่สมดุลของโหลด	43
4.15 กระแสของ สภาวะ ความไม่สมดุลของโหลด	44
4.16 แรงดันของ สภาวะ ความไม่สมดุลของโหลด	45
4.17 โครงสร้างของอัลกอริทึม	46
4.18 องค์ประกอบสมมาตรของกระแส สภาวะการเกิด ความผิดพร่องแบบ 3 เฟส	46
4.19 องค์ประกอบสมมาตรของแรงดัน สภาวะการเกิด ความผิดพร่องแบบ 3 เฟส	47
4.20 องค์ประกอบสมมาตรของกระแส สภาวะการเกิด ความผิดพร่องแบบ เฟส-ดิน	48
4.21 องค์ประกอบสมมาตรของแรงดัน สภาวะการเกิด ความผิดพร่องแบบ เฟส-ดิน	49
4.22 องค์ประกอบสมมาตรของกระแส สภาวะการเกิด ความผิดพร่องแบบ เฟส-เฟส-ดิน	50
4.23 องค์ประกอบสมมาตรของแรงดัน สภาวะการเกิด ความผิดพร่องแบบ เฟส-เฟส-ดิน	51
4.24 องค์ประกอบสมมาตรของกระแส สภาวะการเกิด ความผิดพร่องแบบ เฟส-เฟส	52
4.25 องค์ประกอบสมมาตรของแรงดัน สภาวะการเกิด ความผิดพร่องแบบ เฟส-เฟส	53
4.26 องค์ประกอบสมมาตรของกระแส สภาวะการเกิด ความไม่สมดุลของโหลด	54
4.27 องค์ประกอบสมมาตรของกระแส สภาวะการเกิด ความไม่สมดุลของโหลด	54
4.28 การเปรียบเทียบความสามารถของ อัลกอริทึมปรับตัวเองได้ กับ FFT ในเหตุการณ์ ความผิดพร่องแบบ 3 เฟส ของกระแส	56
4.29 การเปรียบเทียบความสามารถของ อัลกอริทึมปรับตัวเองได้ กับ FFT ในเหตุการณ์ ความผิดพร่องแบบ 3 เฟส ของแรงดัน	57
4.30 การเปรียบเทียบความสามารถของ อัลกอริทึมปรับตัวเองได้ กับ FFT ในเหตุการณ์ ความผิดพร่องแบบ เฟส-ดินของกระแส	58
4.31 การเปรียบเทียบความสามารถของ อัลกอริทึมปรับตัวเองได้ กับ FFT ในเหตุการณ์ ความผิดพร่องแบบเฟส-ดิน ของแรงดัน	59
4.32 การเปรียบเทียบความสามารถของ อัลกอริทึมปรับตัวเองได้ กับ FFT ในเหตุการณ์ ความผิดพร่องแบบ เฟส-เฟส-ดิน ของ กระแส	60
4.33 การเปรียบเทียบความสามารถของ อัลกอริทึมปรับตัวเองได้ กับ FFT ในเหตุการณ์ ความผิดพร่องแบบ เฟส-เฟส-ดิน ของแรงดัน	61

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.34 การเปรียบเทียบความสามารถของ อัลกอริทึมปรับตัวเองได้ กับ FFT ในเหตุการณ์ ความผิดพ้องแบบ เฟส-เฟส ของกระแส	62
4.35 การเปรียบเทียบความสามารถของ อัลกอริทึมปรับตัวเองได้ กับ FFT ในเหตุการณ์ ความผิดพ้องแบบ เฟส-เฟสของแรงดัน	63
4.36 การเปรียบเทียบความสามารถของ อัลกอริทึมปรับตัวเองได้ กับ FFT ในเหตุการณ์ ความไม่สมดุลของโหลด ของกระแส	64
4.37 การเปรียบเทียบความสามารถของ อัลกอริทึมปรับตัวเองได้ กับ FFT ในเหตุการณ์ ความไม่สมดุลของโหลด ของแรงดัน	65
4.38 องค์ประกอบสมมาตรของกระแส สภาวะการเกิด ความผิดพ้องแบบ 3 เฟส โดยโปรแกรม LabVIEW	66
4.39 องค์ประกอบสมมาตรของแรงดัน สภาวะการเกิด ความผิดพ้องแบบ 3 เฟส โดยโปรแกรม LabVIEW	67
4.40 องค์ประกอบสมมาตรของกระแส สภาวะการเกิด ความผิดพ้องแบบ เฟส-ดิน โดยโปรแกรม LabVIEW	68
4.41 องค์ประกอบสมมาตรของแรงดัน สภาวะการเกิด ความผิดพ้องแบบ เฟส-ดิน โดยโปรแกรม LabVIEW	69
4.42 องค์ประกอบสมมาตรของกระแส สภาวะการเกิด ความผิดพ้องแบบ เฟส-เฟส-ดิน โดยโปรแกรม LabVIEW	70
4.43 องค์ประกอบสมมาตรของแรงดัน สภาวะการเกิด ความผิดพ้องแบบ เฟส-เฟส-ดิน โดยโปรแกรม LabVIEW	71
4.44 องค์ประกอบสมมาตรของกระแส สภาวะการเกิด ความผิดพ้องแบบ เฟส-เฟส โดยโปรแกรม LabVIEW	72
4.45 องค์ประกอบสมมาตรของแรงดัน สภาวะการเกิด ความผิดพ้องแบบ เฟส-เฟส-ดิน โดยโปรแกรม LabVIEW	73
4.46 องค์ประกอบสมมาตรของกระแส สภาวะการเกิด ความไม่สมดุลของโหลด โดยโปรแกรม LabVIEW	74
4.47 องค์ประกอบสมมาตรของแรงดัน สภาวะการเกิด ความไม่สมดุลของโหลด โดยโปรแกรม LabVIEW	74
4.48 กระแสช่วงเวลาเกิดความผิดพ้องในระบบ	76

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.49 องค์ประกอบสมมาตรของกระแส	77
4.50 แรงดันช่วงเวลาเกิดความผิดพร่องในระบบ	77
4.51 องค์ประกอบสมมาตรของแรงดัน	78
4.52 กระแสช่วงเวลาเกิดความผิดพร่องในระบบ	79
4.53 องค์ประกอบสมมาตรของกระแส	79
4.54 แรงดันช่วงเวลาเกิดความผิดพร่องในระบบ	80
4.55 องค์ประกอบสมมาตรของแรงดัน	81
4.56 กระแสช่วงเวลาเกิดความผิดพร่องในระบบ	82
4.57 องค์ประกอบสมมาตรของกระแส	82



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัญหาของแรงดันไฟฟ้าเกิดสถานะไม่สมดุลในระบบไฟฟ้า 3 เฟส เป็นปัญหาที่สำคัญอีกปัญหาหนึ่งในการส่งจ่ายพลังงานไฟฟ้า ระดับแรงดันไฟฟ้าเกิดสถานะไม่สมดุลมีผลทำให้กระแสที่จ่ายให้กับโหลด 3 เฟส เกิดสถานะไม่สมดุลไปด้วย สาเหตุที่ทำให้ระบบไฟฟ้าไม่สมดุลอาจเกิดได้จากการไม่สมดุลของโหลด 3 เฟสที่ต่อใช้งานอยู่หรืออาจเนื่องมาจากการใช้งานโหลด 1 เฟส ที่ต่อใช้งานร่วมกับโหลด 3 เฟส อาทิเช่น โหลดแสงสว่าง โหลดระบบปรับอากาศ มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา และอีกสาเหตุหนึ่งเกิดจากระบบส่งจ่ายไฟฟ้าเกิดขัดข้อง เช่นแรงดันแต่ละเฟสหายไป 1 เฟส หรือ 2 เฟส หรือเกิดลัดวงจรหรือการผิดปกติ (Fault) แบบไม่สมดุลขึ้นซึ่งก็จะเกิดสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดสถานะไม่สมดุลทางไฟฟ้าขึ้นได้

การวิเคราะห์ระบบไฟฟ้า 3 เฟส ในสถานะไม่สมดุลสามารถวิเคราะห์ได้เหมือนวงจรหนึ่งเฟส โดยเขียนเป็นวงจรสมมูล 1 เฟส (Single Phase Equivalent Circuit) เพราะขนาดแรงดันและกระแสในแต่ละเฟสเท่ากัน แต่เมื่อระบบไฟฟ้าเกิดไม่สมดุลจะไม่สามารถวิเคราะห์จากวงจรสมมูลหนึ่งเฟสได้ และการวิเคราะห์โดยตรงจากวงจรระบบค่อนข้างยุ่งยากมากในทางคณิตศาสตร์เมื่อระบบมีการเชื่อมโยงกันอย่างซับซ้อน

วิธีองค์ประกอบสมมาตร (Symmetrical Components) นั้น เป็นวิธีที่สามารถจะแยกเฟสเซอร์ของระบบที่ไม่สมดุล N เฟสเซอร์เป็นระบบเฟสเซอร์ที่สมดุล N องค์ประกอบแทน ซึ่งจะทำให้เราสามารถวิเคราะห์ระบบไฟฟ้า 3 เฟสในสถานะไม่สมดุลได้ด้วยการใช้วิธีองค์ประกอบสมมาตรดังกล่าวแยกเป็นระบบเฟสเซอร์ที่สมดุล 3 องค์ประกอบด้วยกัน ได้แก่ องค์ประกอบลำดับบวก, องค์ประกอบลำดับลบ, และ องค์ประกอบลำดับศูนย์

วิธีองค์ประกอบสมมาตรถูกจึงนำมาใช้อย่างแพร่หลายในการวิเคราะห์ระบบไฟฟ้ากำลัง โดยเฉพาะการศึกษาฟอล์แบบไม่สมมาตรในระบบส่งจ่าย รวมถึงการวิเคราะห์ก็เป็นผลทำให้ได้แนวทางในการป้องกันการป้องกันความเสียหายที่เกิดขึ้นจากความผิดปกติของระบบไฟฟ้าที่ไม่สมดุล

จากประโยชน์ของการคำนวณหาค่าองค์ประกอบสมมาตรเพื่อนำมาใช้วิเคราะห์ปรากฏการณ์ต่างๆที่เกิดขึ้นในระบบไฟฟ้ากรณีทีระบบไม่สมดุล แต่การคำนวณก็ยังคงมีความยุ่งยากเนื่องจากระบบไฟฟ้าที่การเชื่อมต่อโหลดอย่างซับซ้อนและมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา จึงได้มีการพัฒนาการวัดค่าองค์ประกอบสมมาตรในระบบใช้งานจริงแทนการคำนวณซึ่งทำให้ลดเวลาและให้ผลจริงในเวลาสั้นๆ

โดยในปี 1933 C.F.WAGNER ,R.D.EVANS ได้เสนอหลักการวัดค่าองค์ประกอบสมมาตร [1-2] ด้วยการประมวลผลสัญญาณกระแสจากวงจรเลื่อนเฟส (Phase Shift) โดยอุปกรณ์ประเภทพาสซีส (R,L,C) หรือเป็นการประมวลผลในรูปแบบของสัญญาณอนาล็อก (Analog) หลังจากนั้นก็ได้มีการพัฒนาวิธีการวัดค่าองค์ประกอบสมมาตรในรูปแบบต่างๆมากมาย [3-4] เพื่อให้สามารถวัดค่าองค์ประกอบสมมาตรในระบบใช้งานจริงได้ถูกต้องและรวดเร็วยิ่งขึ้น ซึ่งต่อมาก็ได้มีการประยุกต์ใช้หลักการวัดค่าองค์ประกอบสมมาตรในงานต่างๆ อาทิเช่นใช้เป็นอุปกรณ์ในการป้องกันเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 3 เฟสในกรณีจ่ายโหลดไม่สมดุลหรือเกิดลัดวงจรแบบไม่สมดุลขึ้นในระบบส่งจ่าย โดยการป้องกันพิจารณาจากค่าองค์ประกอบสมมาตรลำดับลบของกระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซึ่งเรียกว่า Negative-Sequence Overcurrent Relay [5] และในการป้องกันระบบไฟฟ้าก็ยังมีมีการประยุกต์ใช้ Negative-Sequence Overcurrent Relay สำหรับการลัดวงจรแบบไม่สมดุล (Unsymmetrical Fault) [6] โดยในการวัดค่าองค์ประกอบสมมาตรลำดับลบเพื่อใช้ในการควบคุมการทำงานของรีเลย์ยังคงเป็นการวัดในรูปแบบของสัญญาณอนาล็อก (Analog) และยังคงประยุกต์ใช้หลักการวัดในอุปกรณ์การป้องกันมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟสในกรณีที่ทำงานในสภาวะแหล่งจ่ายไม่สมดุล โดยในการป้องกันพิจารณาจากค่าเปอร์เซ็นต์ระดับความไม่สมดุล โดยในการป้องกันพิจารณาจากค่าเปอร์เซ็นต์ระดับความไม่สมดุลของกระแส (%Unbalance Level) ซึ่งค่าเปอร์เซ็นต์ระดับความไม่สมดุลของกระแสนั้นสามารถคำนวณจากอัตราส่วนองค์ประกอบสมมาตรลำดับลบและลำดับบวกของกระแสไฟฟ้า [1] ที่จ่ายให้กับมอเตอร์เหนี่ยวนำ การวัดค่าองค์ประกอบสมมาตรเพื่อหาค่าเปอร์เซ็นต์ระดับความไม่สมดุลใช้วิธีการหาค่าแบบเปรียบเทียบกับกราฟ (Unbalance Contours) [7] ซึ่งใช้ได้เฉพาะในกรณีที่ระบบไฟฟ้า 3 เฟสมีการต่อโหลดแบบ 3 สายโดยปราศจากสายนิวต론 (Without Neutral) จากประโยชน์ที่กล่าวมาข้างต้นของการวัดค่าองค์ประกอบสมมาตร ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ จึงได้นำเสนอการออกแบบอัลกอริทึมและจัดสร้างเครื่องมือที่จะติดตามและประมาณค่าขององค์ประกอบสมมาตรของกระแส ซึ่งประยุกต์อัลกอริทึมแบบปรับตัวเองได้ในการประมวลผลหาค่าองค์ประกอบสมมาตรลำดับต่างๆ จากค่ากระแสไฟฟ้าทั้ง 3 เฟส โดยสามารถแสดงค่าองค์ประกอบสมมาตรทั้ง 3 ลำดับและค่าเปอร์เซ็นต์ระดับความไม่สมดุลของกระแสสำหรับการต่อโหลดแบบต่างๆในระบบใช้งานจริง

1.2 วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์

1.2.1 เพื่อศึกษาและออกแบบอัลกอริทึมที่ง่าย และสะดวกต่อการนำไปสร้างเป็นเครื่องวัดค่าองค์ประกอบสมมาตรของกระแสไฟฟ้าลำดับต่างๆในระบบไฟฟ้ากำลัง

1.2.2 เพื่อศึกษาและออกแบบโปรแกรมการประมวลผล เพื่อหาค่าองค์ประกอบสมมาตรของกระแสไฟฟ้าลำดับต่างๆ

1.2.3 เพื่อสร้างเครื่องมือวัดค่าองค์ประกอบสมมาตรของกระแสไฟฟ้าลำดับต่างๆ ในระบบใช้งานจริงแทนการคำนวณที่ยุ่งยากและลำบากสำหรับระบบไฟฟ้าที่ซับซ้อน

1.3 สมมุติฐานของการศึกษา

องค์ประกอบสมมาตรของกระแสและแรงดันไฟฟ้าลำดับต่างๆ ในระบบที่ซับซ้อนนั้นมีการคำนวณที่ยุ่งยากและลำบาก ในวิทยานิพนธ์นี้จึงได้มีการสมมุติฐาน เพื่อให้ลดเวลาในการคำนวณ และได้เครื่องมือเพื่อใช้ในการคำนวณ

1.4 แนวคิดในการวิจัย

จากสมการในการประมวลผลหาค่าขนาดองค์ประกอบสมมาตรของกระแสทั้ง 3 องค์ประกอบ ในวิทยานิพนธ์เล่มนี้จะทำการออกแบบและจัดสร้างเครื่องมือวัดค่าองค์ประกอบสมมาตรของกระแสไฟฟ้า โดยการประยุกต์ใช้อัลกอริทึมแบบปรับตัวเองได้ (Adaptive Algorithm) เพื่อหาค่าองค์ประกอบสมมาตรจากค่าเฟสเซอร์ของกระแสทั้ง 3 เฟสในระบบใช้งานจริง

1.5 ขอบเขตของวิทยานิพนธ์

1.5.1 ออกแบบและสร้างเครื่องมือวัดค่าองค์ประกอบสมมาตรของกระแสไฟฟ้าสลับ 3 เฟสที่ใช้วัดในระบบใช้งานจริง โดยใช้อัลกอริทึมแบบปรับตัวเองได้ เพื่อติดตามและประมาณค่าขององค์ประกอบสมมาตรของกระแสไฟฟ้า

1.5.2 ทำการทดลองเพื่อทดสอบการใช้งานเครื่องมือวัดค่าองค์ประกอบสมมาตรของกระแสไฟฟ้า โดยหาค่าความผิดพลาดน้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.6.1 ได้เครื่องมือวัดค่าองค์ประกอบสมมาตรต้นแบบไว้ใช้งาน
- 1.6.2 ลดการนำเข้าเครื่องมือวัดค่าองค์ประกอบสมมาตรจากต่างประเทศ
- 1.6.3 ได้อัลกอริทึมใหม่ สำหรับ วิเคราะห์ค่าองค์ประกอบสมมาตรในระบบไฟฟ้ากำลัง

1.7 เนื้อหาของวิทยานิพนธ์

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ประกอบด้วยเนื้อหาทั้งหมด 6 บท
บทที่ 1 กล่าวถึง ที่มาในการทำวิทยานิพนธ์ สมมุติฐานของการศึกษา แนวคิดในการวิจัย จุดประสงค์ของวิทยานิพนธ์และขอบเขตของวิทยานิพนธ์ รายละเอียดโดยรวมของบทต่างๆที่นำเสนอในวิทยานิพนธ์

บทที่ 2 กล่าวถึง ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย โดยเนื้อหาจะประกอบไปด้วย สาเหตุของการเกิดระบบไฟฟ้าไม่สมดุล ทฤษฎีองค์ประกอบสมมาตร (Symmetrical Component Theory) เฟสในกรณีที่ไม่สมดุล 3. ทฤษฎีของความผิดพร่องในระบบไฟฟ้า ทฤษฎีการวิเคราะห์แบบฟูเรียร์ (Fourier Theory) ผลกระทบกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 3 เฟสแบบเชิงโครนัส

บทที่ 3 กล่าวถึง การออกแบบอัลกอริทึมปรับตัวเองได้ โดยเนื้อหาจะประกอบไปด้วย การออกแบบสมการอัลกอริทึมปรับตัวเองได้ การออกแบบอัลกอริทึมปรับตัวเองได้.

บทที่ 4 กล่าวถึง การออกแบบโปรแกรมเพื่อหาสัญญาณของกระแสและแรงดันขณะเกิดความผิดพร่องในระบบโดยใช้โปรแกรม Alternative Transients Program (ATP-EMTP) การออกแบบโปรแกรมอัลกอริทึมปรับตัวเองได้เพื่อแยกสัญญาณของกระแสแรงดันเพื่อให้ได้เป็นองค์ประกอบต่างๆ โดยใช้โปรแกรม Matlab วิเคราะห์สัญญาณจริงจากข้อมูลของการไฟฟ้าโดยใช้โปรแกรม LabVIEW

บทที่ 5 จะกล่าวถึง สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ ที่นำไปพัฒนาต่อ

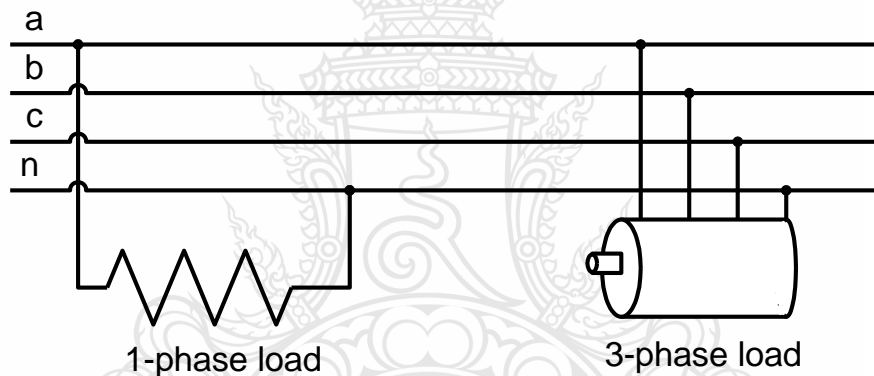


บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

บทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย โดยเนื้อหาจะประกอบไปด้วย 1.สาเหตุของการเกิดระบบไฟฟ้าไม่สมดุล 2.ทฤษฎีองค์ประกอบสมมาตร 3 เฟสในกรณีที่ระบบไม่สมดุล 3.ทฤษฎีของความผิดพลาดในระบบไฟฟ้า 4.ทฤษฎีการวิเคราะห์แบบฟูเรียร์ 5.ผลกระทบกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 3 เฟสแบบซิงโครนัส

2.1 สาเหตุของการเกิดระบบไฟฟ้าไม่สมดุล



รูปที่ 2.1 การต่อใช้งานโหลด 1 เฟส (ขนาดใหญ่) สาเหตุของระบบไฟฟ้าไม่สมดุล

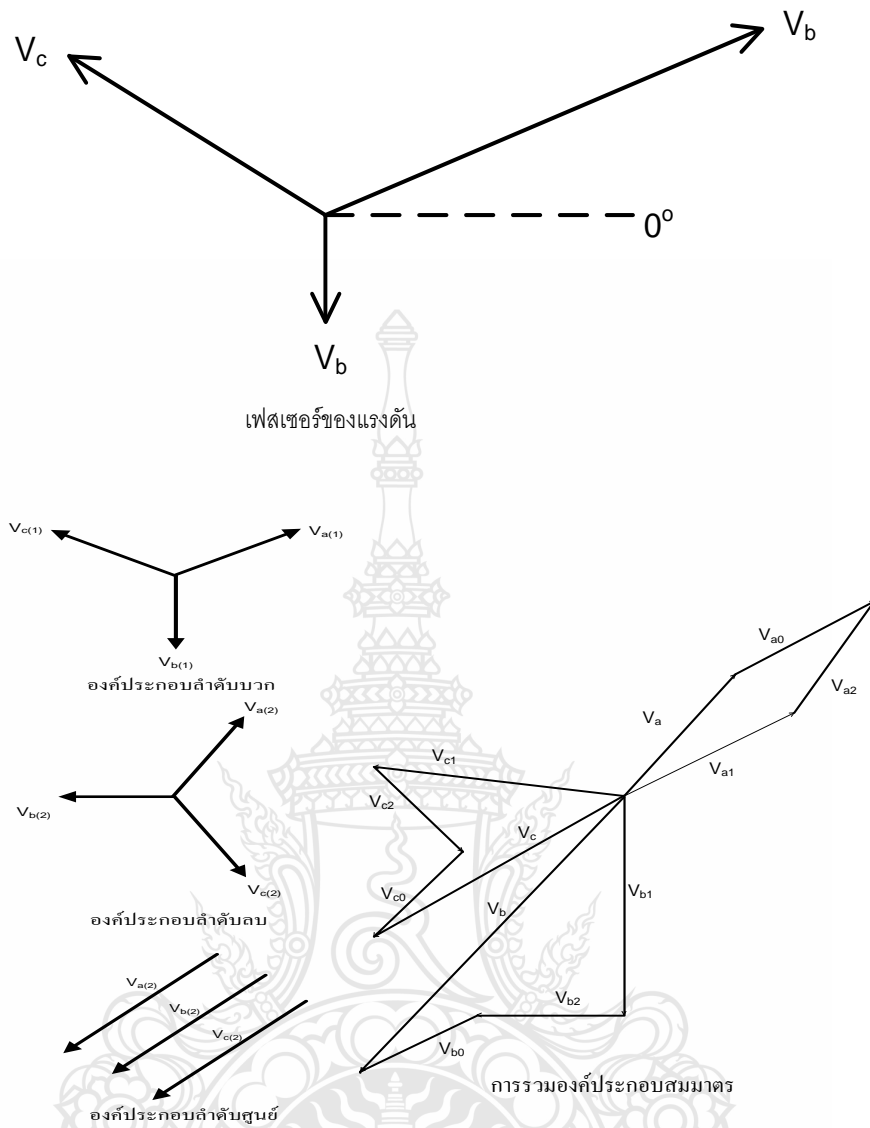
ในระบบไฟฟ้า 3 เฟส ระดับของแรงดัน และกระแสไฟฟ้าของระบบต้องมีขนาดเท่ากันทั้ง 3 เฟส และค่ามุมต่างเฟสของสัญญาณต้องห่างกัน 120 องศาในแต่ละเฟส จึงจะเรียกว่าระบบไฟฟ้าที่สมดุล แต่ถ้าระบบไฟฟ้ามีระดับแรงดันหรือกระแสและค่ามุมต่างเฟสไม่เท่ากันตามที่กล่าวมาข้างต้น เราจะเรียกว่าระบบไฟฟ้านั้นเกิดการไม่สมดุล โดยปกติแล้วระบบไฟฟ้าจะอยู่ในสถานะที่สมดุลแต่อาจมีสาเหตุทำให้ระบบเกิดไม่สมดุลขึ้นได้ อาทิเช่นในระบบส่งจ่ายอาจมีการต่อโหลด 1 เฟสขนาดใหญ่ (โหลดแสงสว่าง, ระบบปรับอากาศ) ซึ่งเป็นโหลดที่มีการเปลี่ยนแปลงการใช้งานอยู่ตลอดเวลา ดังแสดงในรูปที่ 2.1 จึงเป็นสาเหตุให้ระดับแรงดันไฟฟ้า ของแต่ละเฟสมีค่าไม่เท่ากัน ซึ่งระดับแรงดันที่ไม่เท่ากันนี้ขึ้นอยู่กับค่าอินพีแดนซ์ของสายส่งและขนาดของโหลด 1 เฟส [7] ที่ต่อใช้งาน เมื่อค่าแรงดันในแต่ละเฟสของระบบไม่เท่ากันจึงส่งผลทำให้ค่ากระแสที่จ่ายให้กับโหลด 3 เฟสที่ต่ออยู่กับระบบไฟฟ้าเกิดไม่สมดุลขึ้นได้และอีกสาเหตุหนึ่งก็อาจเกิดจากระบบไฟฟ้าเกิดขัดข้องในกรณี

ลัดวงจร ฟอลต์ (Fault) แบบไม่สมดุลเช่น เกิดการผิดพ่วงแบบเฟส-ดิน (Single Line to Ground Fault) หรือผิดพ่วงแบบเฟส-เฟส-ดิน (Line to Line Fault) และแรงดันในแต่ละเฟสหายไป 1 เฟส หรือ 2 เฟส

2.2 ทฤษฎีองค์ประกอบสมมาตร

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเทคนิคการวัดค่าองค์ประกอบสมมาตรสามารถทำได้หลายวิธี วิธีที่ 1 การแปลงฟูเรียอย่างเร็ว (Fast Fourier Transform FFT) [9],[10] วิธีนี้สามารถใช้ได้กับแรงดันที่ผิดเพี้ยน ข้อเสียของวิธีนี้คือไม่มีความแม่นยำในการวัดภายใต้สภาวะของโหลดที่เปลี่ยนแปลง วิธีที่ 2 The Kalman Filter (KF) [11],[12] ข้อดีของวิธีนี้คือใช้ในการประมาณค่าองค์ประกอบสมมาตรของระบบที่มีการเปลี่ยนแปลงตามเวลาได้เป็นอย่างดี วิธีเหมาะสมสำหรับระบบที่มีสัญญาณรบกวน ค่าที่ได้จะเป็นค่าประมาณที่ใกล้เคียงค่าจริงที่สุด ข้อเสียของวิธีนี้คือมีการคำนวณที่มากไม่สามารถประยุกต์ใช้สร้างเป็นเครื่องมือในการติดตามองค์ประกอบสมมาตรได้ ถ้าจะสร้างเครื่องมือเพื่อติดตามองค์ประกอบสมมาตรจะต้องใช้ หน่วยความจำขนาดใหญ่ และ ตัวประมวลผลที่ความไวสูง วิธีที่ 3 เป็นวิธี Dynamic Least Absolute Estimator (DLAVE) [13] วิธีนี้อ้างอิงจากทฤษฎี Stochastic Estimation นำมาใช้ในการประมาณค่าองค์ประกอบสมมาตรอัลกอริทึมนี้จะแบ่งเป็นบล็อกประมวลผล ความแม่นยำในการวัดจะขึ้นอยู่กับตัวอย่างที่นำมาทดสอบ ข้อเสียคือ ยากที่นำมาสร้างเป็นเครื่องมือวัดจริง

ในกรณีที่ระบบไฟฟ้าสมดุล เราสามารถวิเคราะห์ระบบจากวงจรสมมูล 1 เฟสได้เพราะค่าแรงดันและกระแสในแต่ละเฟสมีค่าเท่ากันทุกเฟส แต่จะแตกต่างกันที่มุมต่างเฟส โดยในแต่ละเฟสจะห่างกันไป 120 องศา แต่ระบบไฟฟ้าเกิดไม่สมดุล การวิเคราะห์จากวงจรสมมูล 1 เฟสนั้นทำไม่ได้เพราะว่าค่าแรงดันหรือกระแสและมุมต่างเฟสของสัญญาณมีค่าไม่เท่ากันในแต่ละเฟส หรือจะทำการวิเคราะห์โดยตรงจากวงจรระบบไฟฟ้า 3 เฟสก็ทำได้ยาก ในการคำนวณคณิตศาสตร์ เพราะในระบบใช้งานจริงมีการเชื่อมต่อวงจรกันอย่างซับซ้อน ในปี ค.ศ. 1918 Dr.Charles L.Fortescue เผยแพร่ งานวิจัยเรื่อง “Method of Symmetrical Co-ordinates Applied to the Solution of Polyphase Networks.” [12] ซึ่งเป็นทฤษฎีที่ประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาในระบบ N เฟสที่ไม่สมดุลด้วยการวิเคราะห์จากระบบ N เฟสที่สมดุล ซึ่งระบบ N เฟสที่สมดุลนี้เราจะเรียกว่า องค์ประกอบสมมาตร การใช้ทฤษฎีองค์ประกอบสมมาตรประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาระบบไฟฟ้า 3 เฟสที่ไม่สมดุลด้วยระบบ 3 เฟสที่สมดุลจะประกอบด้วยระบบเฟสเซอร์ที่สมดุล 3 ระบบ รูปที่ 2.2 ดังต่อไปนี้



รูปที่ 2.2 ไดอะแกรมเวกเตอร์แรงดันไฟฟ้าประกอบขึ้นจากแรงดันไฟฟ้าบวก ลบ และศูนย์

1. องค์ประกอบสมมาตรลำดับบวก (Positive-Sequence Component) ประกอบด้วยเฟสเซอร์ 3 เฟส ที่มีขนาดเท่ากันและมุมต่างเฟสห่างกัน 120 องศา และมีลำดับเฟสเหมือนเฟสเซอร์ของระบบเดิม (ระบบที่ไม่สมดุล)
2. องค์ประกอบสมมาตรลำดับลบ (Negative-Sequence Component) ประกอบด้วยเฟสเซอร์ 3 เฟส ที่มีขนาดเท่ากันและมุมต่างเฟสห่างกัน 120 องศา โดยมีลำดับเฟสตรงกันข้ามกับเฟสเซอร์ระบบเดิม (ระบบที่ไม่สมดุล)
3. องค์ประกอบสมมาตรลำดับศูนย์ (Zero-Sequence Component) ประกอบด้วยเฟสเซอร์ 3 เฟส ที่มีขนาดเท่ากันและมีมุมต่างเฟสตรงกัน (Inphase)

$$V_a = V_0 + V_1 + V_2 \quad (2.1)$$

$$V_b = V_0 + a^2V_1 + aV_2 \quad (2.2)$$

$$V_c = V_0 + aV_1 + a^2V_2 \quad (2.3)$$

$$I_a = I_0 + I_1 + I_2 \quad (2.4)$$

$$I_b = I_0 + a^2I_1 + aI_2 \quad (2.5)$$

$$I_c = I_0 + aI_1 + a^2I_2 \quad (2.6)$$

$$\begin{bmatrix} V_a \\ V_b \\ V_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_0 \\ V_1 \\ V_2 \end{bmatrix} \quad (2.7)$$

เมื่อ I_a, I_b, I_c และ V_a, V_b, V_c เป็นค่ากระแสและแรงดันของระบบไฟฟ้าที่ไม่สมดุล

$$\left. \begin{aligned} a(\text{Operator}) &= e^{j120} \\ a &= 1\angle 120 = -0.5 + j0.866 \\ a &= 1\angle 240 = -0.5 - j0.866 \\ 1 + a + a^2 &= 1 \end{aligned} \right\} \quad (2.8)$$

เมื่อ V_0, I_0 เป็นค่าแรงดันและกระแสองค์ประกอบสมมาตรลำดับศูนย์
 V_1, I_1 เป็นค่าแรงดันและกระแสองค์ประกอบสมมาตรลำดับบวก
 V_2, I_2 เป็นค่าแรงดันและกระแสองค์ประกอบสมมาตรลำดับลบ
 และจากสมการที่ (2.1)-(2.6) ก็สามารถทำการหาค่าองค์ประกอบสมมาตรลำดับต่างๆได้จาก
 ค่าแรงดันและค่ากระแสของระบบไฟฟ้าที่ไม่สมดุลได้ดังสมการดังนี้

$$V_0 = \frac{1}{3}(V_a + V_b + V_c) \quad (2.9)$$

$$V_1 = \frac{1}{3}(V_a + aV_b + a^2V_c) \quad (2.10)$$

$$V_2 = \frac{1}{3}(V_a + a^2V_b + aV_c) \quad (2.11)$$

$$I_0 = \frac{1}{3}(I_a + I_b + I_c) \quad (2.12)$$

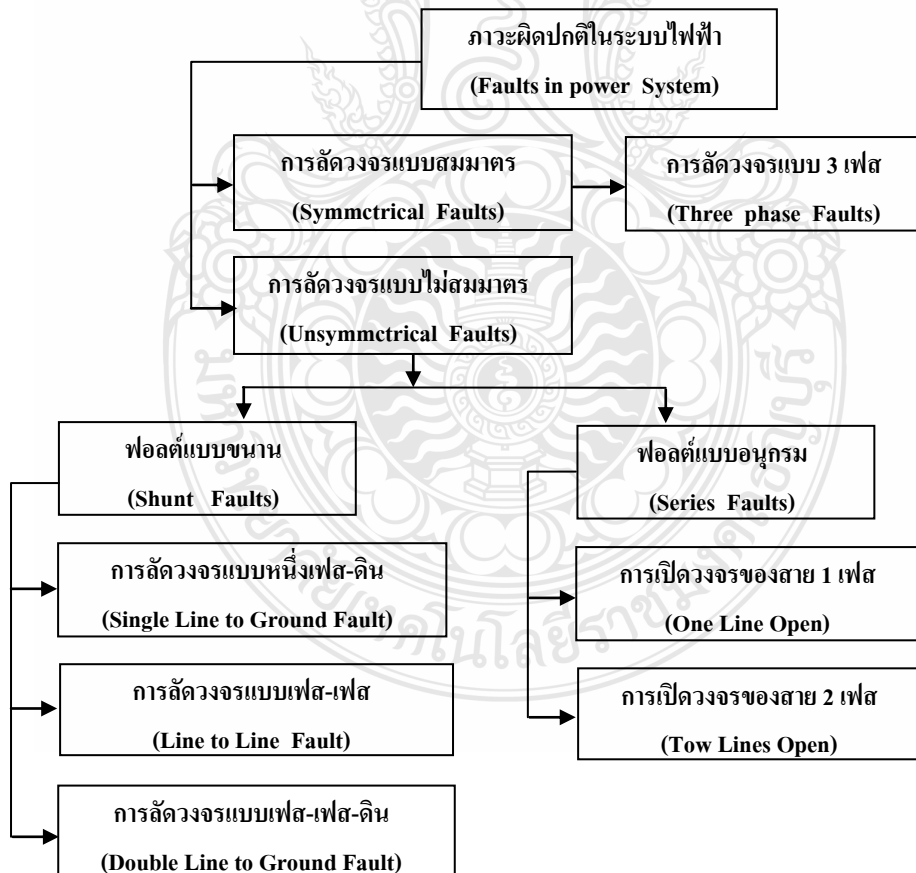
$$I_1 = \frac{1}{3}(I_a + aI_b + a^2I_c) \quad (2.13)$$

$$I_2 = \frac{1}{3}(I_a + a^2I_b + aI_c) \quad (2.14)$$

$$\begin{bmatrix} V_0 \\ V_1 \\ V_2 \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_a \\ V_b \\ V_c \end{bmatrix} \quad (2.15)$$

2.3 ทฤษฎีของความผิดปกติในระบบไฟฟ้า [18]

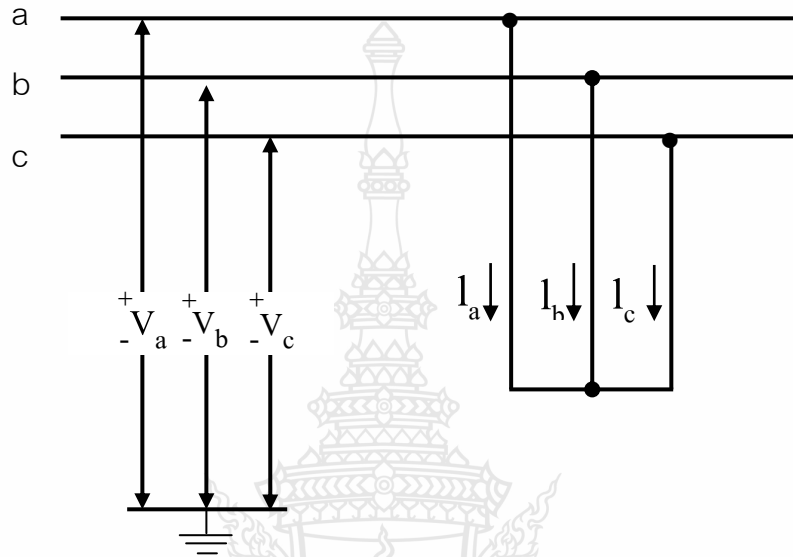
การคำนวณกระแสลัดวงจรในระบบไฟฟ้าจะใช้หลักการของวิธีการองค์ประกอบสมมาตร ซึ่งถูกคิดค้นขึ้นในปี ค.ศ.1918 โดย C.L.Fortescus ได้กล่าวไว้ว่า ในระบบไม่สมดุล n เฟส สามารถที่จะแก้ปัญหาโดยใช้ระบบที่สมดุล n ระบบมีเฟสเซอร์ที่สมดุลอยู่โดยระบบไฟฟ้า 3 เฟส จะประกอบไปด้วย องค์ประกอบลำดับศูนย์ องค์ประกอบลำดับบวกและองค์ประกอบลำดับลบ ซึ่งสามารถคำนวณหากระแสลัดวงจรในแต่ละประเภท [17] ได้ดังนี้



รูปที่ 2.3 แผนภาพภาวะผิดปกติในระบบไฟฟ้า

2.3.1 ความผิดปกติพร้อมแบบ 3 เฟส (Three phase Faults)

ความผิดปกติพร้อมแบบ 3 เฟส ในระบบไฟฟ้ามีโอกาสเกิดขึ้นไม่บ่อยครั้งนัก แต่หากเกิดขึ้นแล้ว มักจะมีขนาดกระแสฟอลต์ไหลรุนแรงมากกว่าฟอลต์ประเภทอื่นๆ แสดงได้ดังรูปที่ 2.4

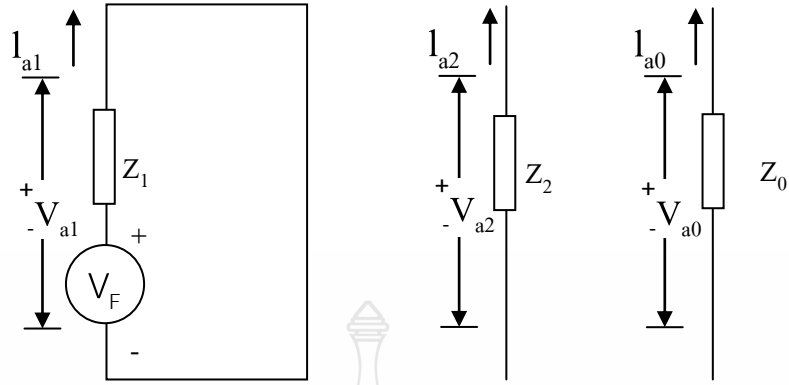


รูปที่ 2.4 การเกิดความผิดปกติพร้อมแบบ 3 เฟส

จากรูปที่ 2.4 $I_a + I_b + I_c = 0$, $V_a = V_b = V_c$ หรือแทนค่า $I_a + a^2 I_a + a I_a = 0$ ในสมการ

$$\begin{bmatrix} I_{a0} \\ I_{a1} \\ I_{a2} \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_a \\ I_b = a^2 I_a \\ I_c = a I_a \end{bmatrix} \quad (2.16)$$

จะได้ $I_{a0} = I_{a1} = I_{a2}$ ซึ่งจะทำให้สามารถเขียนการเชื่อมโยงของวงจรลำดับศูนย์ ลำดับบวก และลำดับลบ ได้ดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 วงจรของการเกิดความผิดปกติแบบ 3 เฟส

จากรูปที่ 2.5 จะได้

$$I_{a1} = \frac{V_F}{Z_1} = I_a \quad (2.17)$$

∴

$$I_a = \frac{V_F}{Z_1} \quad (2.18)$$

หาแรงดันแต่ละเฟสได้จาก

แทนค่า $V_a = V_b = V_c$ ในสมการแรงดันลำดับต่างๆ

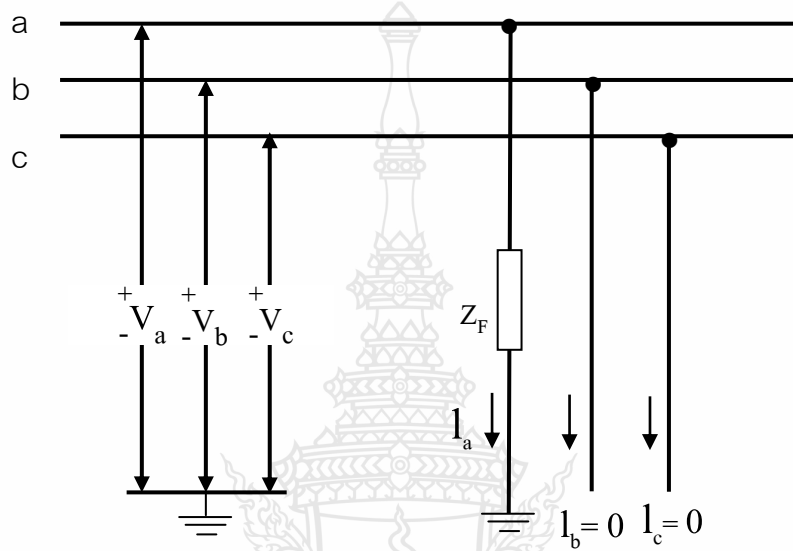
$$\begin{bmatrix} V_{a0} \\ V_{a1} \\ V_{a2} \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_a \\ V_b = V_a \\ V_c = V_a \end{bmatrix} \quad (2.19)$$

จะได้ $V_{a0} = V_a, V_{a1} = V_{a2} = 0$ สำหรับแรงดันเฟส V_b และ V_c หาได้จาก

$$\begin{bmatrix} V_a \\ V_b \\ V_c \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_{a0} \\ V_{a1} \\ V_{a2} \end{bmatrix} \quad (2.20)$$

2.3.2 ความผิดปกติแบบ เฟส-ดิน (Single Line to Ground Fault)

ความผิดปกติแบบ เฟส-ดิน เป็นฟอลต์ที่มีโอกาสเกิดขึ้นง่ายกว่าฟอลต์ประเภทอื่นๆ อาจเกิดจากการแฟลชข้ามลูกถ้วยเนื่องจากฟ้าผ่าหรือเกิดจากสายตัวนำสัมผัสกับโครงสร้างที่อยู่บนพื้นดิน ซึ่งแสดงได้ดังรูปที่ 2.6



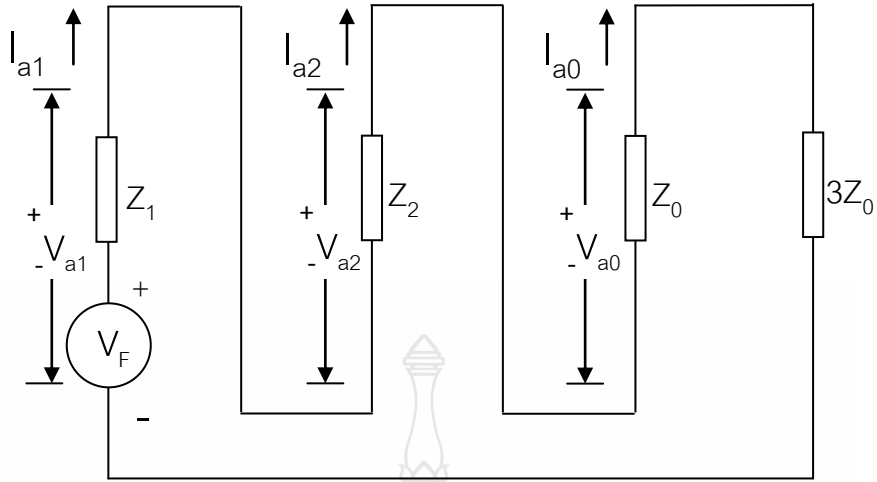
รูปที่ 2.6 การเกิดความผิดปกติแบบ เฟส-ดิน

จากรูปที่ 2.6 $I_b = I_c = 0$, $V_a = Z_F I_a$

แทนค่า $I_b = I_c = 0$ ในสมการกระแสลำดับต่างๆ

$$\begin{bmatrix} I_{a0} \\ I_{a1} \\ I_{a2} \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_a \\ I_b = 0 \\ I_c = 0 \end{bmatrix} \quad (2.21)$$

จะได้ $I_{a0} = I_{a1} = I_{a2} = \frac{I_a}{3}$ ซึ่งทำให้สามารถเขียนการเชื่อมโยงของวงจรลำดับศูนย์ ลำดับบวกและลำดับลบ ได้ดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 วงจรของการเกิดความผิดปกติแบบ เฟส-ดิน

จากรูปที่ 2.7

$$I_{a1} = \frac{V_F}{Z_0 + Z_1 + Z_2 + 3Z_F} \quad (2.22)$$

จาก
$$I_a = 3I_{a0} = 3I_{a1} = 3I_{a2} \quad (2.23)$$

∴
$$I_a = \frac{3V_F}{Z_0 + Z_1 + Z_2 + 3Z_F} \quad (2.24)$$

และ
$$V_{a0} = -Z_0 I_{a0} \quad (2.25)$$

$$V_{a1} = V_F - Z_1 I_{a1} \quad (2.26)$$

$$V_{a2} = -Z_2 I_{a2} \quad (2.27)$$

จาก
$$V_a = V_{a0} + V_{a1} + V_{a2} \quad (2.28)$$

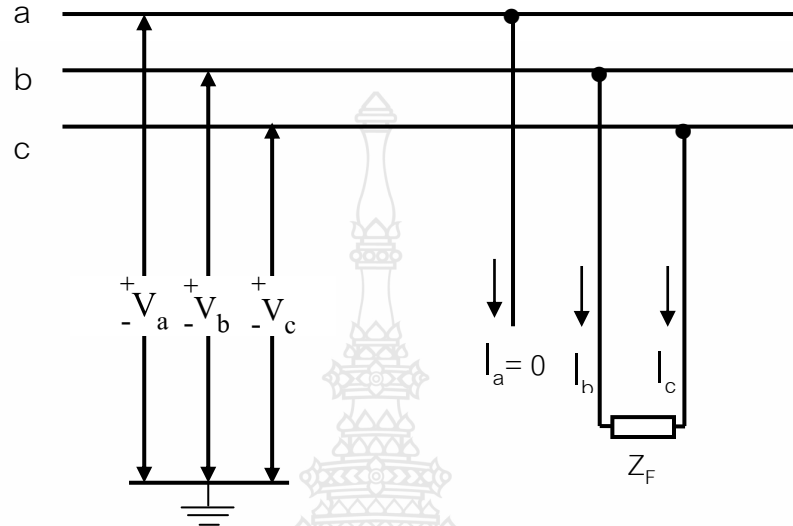
∴
$$V_a = V_F - (Z_0 + Z_1 + Z_2) I_{a0} = 3Z_F I_{a0} \quad (2.29)$$

สำหรับแรงดันเฟส V_b และ V_c หาได้จาก

$$\begin{bmatrix} V_a \\ V_b \\ V_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_{a0} \\ V_{a1} \\ V_{a2} \end{bmatrix} \quad (2.30)$$

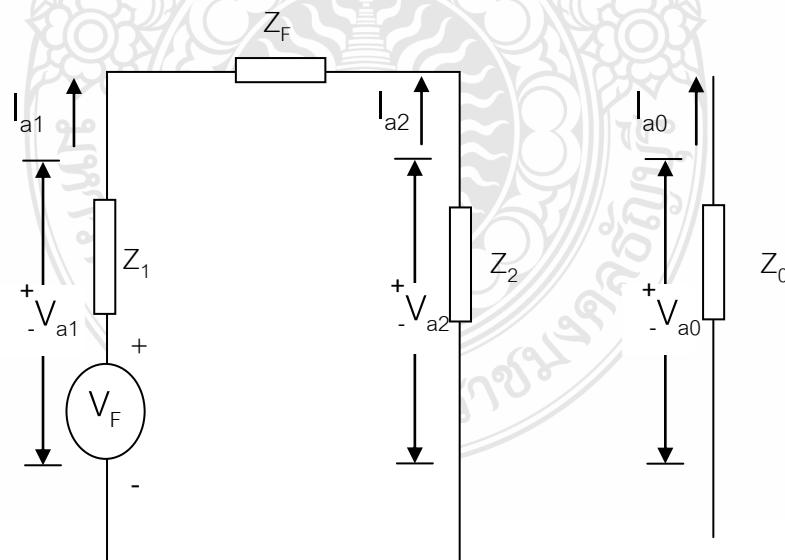
2.3.3 ความผิดปกติรื่องแบบ เฟส-เฟส (Line to Line Fault)

ความผิดปกติรื่องแบบ เฟส-เฟส (Line to Line Fault) ผ่านอิมพีแดนซ์ที่เฟส b และ c ได้ดังแสดง
ในรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 ความผิดปกติรื่องแบบ เฟส-เฟส

จากรูปที่ 2.8 $I_a, I_b = -I_c$, $V_b - V_c = I_b Z_F$ ซึ่งทำให้สามารถเขียนการเชื่อมโยงของวงจร
ลำดับศูนย์ ลำดับบวกและลำดับลบ ได้ดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 วงจรของการเกิดความผิดปกติรื่องแบบ เฟส-เฟส

จากรูปที่ 2.9

$$I_a, I_b = -c, V_b - V_c = I_b Z_F \quad (2.31)$$

และ
$$V_{a0} = 0 \quad (2.32)$$

$$V_{a1} = V_F - Z_1 I_{a1} = V_{a2} + Z_F I_{a1} \quad (2.33)$$

$$V_{a2} = -Z_2 I_{a2} \quad (2.34)$$

แทนค่า $I_{a0} = 0$, $I_{a1} = -I_{a2}$ ในสมการกระแสเฟส

$$\begin{bmatrix} I_a \\ I_b \\ I_c \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_{a0} = 0 \\ I_{a1} \\ I_{a2} = -I_{a1} \end{bmatrix} \quad (2.35)$$

\therefore
$$I_b = -I_c = a^2 I_{a1} - a I_{a1} \quad (2.36)$$

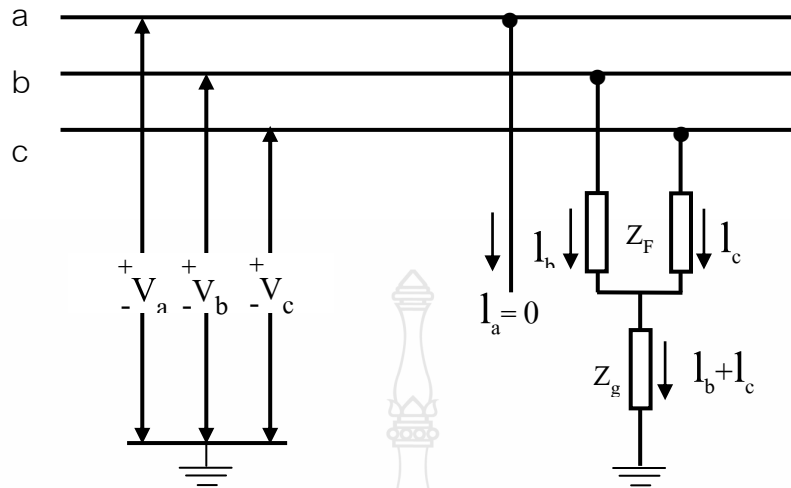
หาแรงดันแต่ละเฟสได้จาก

$$\begin{bmatrix} V_a \\ V_b \\ V_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_{a0} = 0 \\ V_{a1} \\ V_{a2} \end{bmatrix} \quad (2.37)$$

2.3.4 ความผิดปกติแบบ เฟส-เฟส-ดิน (Double Line to Ground Fault)

ความผิดปกติแบบ เฟส-เฟส-ดิน ระหว่างเฟส b และ เฟส c ผ่านอิมพีแดนซ์แสดงได้ดังรูปที่

2.10



รูปที่ 2.10 ความผิดปกติแบบ เฟส-เฟส-ดิน

จากรูปที่ 2.10

$$I_a = 0 = I_{a0} + I_{a1} + I_{a2} \quad (2.38)$$

$$V_b = (Z_F + Z_g)I_b + Z_g I_c \quad (2.39)$$

$$V_c = (Z_F + Z_g)I_b + Z_g I_b \quad (2.40)$$

$$V_b - V_c = Z_F(I_b - I_c) \quad (2.41)$$

$$V_b + V_c = Z_F [2I_{a0} - (I_{a1} + I_{a2})] + Z_g [4I_{a0} - 2(I_{a1} + I_{a2})] \quad (2.42)$$

และจาก

$$V_b = V_{a0} + a^2 V_{a1} + a V_{a2} \quad (2.43)$$

$$V_c = V_{a0} + a V_{a1} + a^2 V_{a2} \quad (2.44)$$

$$V_b - V_c = -j\sqrt{3}(V_{a1} - V_{a2}) \quad (2.45)$$

$$V_b + V_c = [2V_{a0} - (V_{a1} - V_{a2})] \quad (2.46)$$

ดังนั้น

$$Z_F(I_b - I_c) = -j\sqrt{3}(V_{a1} - V_{a2}) \quad (2.47)$$

จะได้

$$V_{a1} - V_{a2} = Z_F(I_{a1} + I_{a2}) \quad (2.48)$$

หรือ
$$V_{a1} - Z_F I_{a1} = V_{a2} - Z_F I_{a2} \quad (2.49)$$

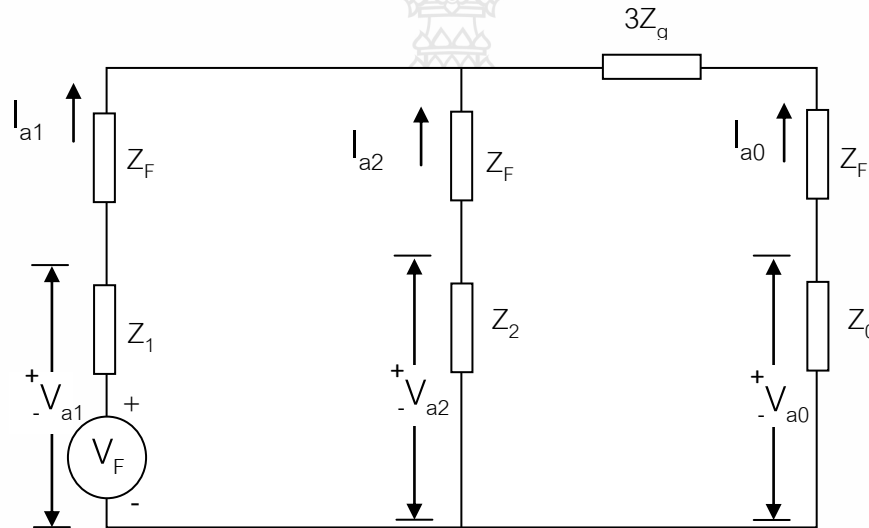
และ
$$Z_F [2I_{a0} - (I_{a1} + I_{a2})] + Z_g [4I_{a0} - 2(I_{a1} + I_{a2})] = [2V_{a0} - (V_{a1} - V_{a2})] \quad (2.50)$$

จะได้
$$2V_{a0} - 2Z_F I_{a0} - 4Z_g I_{a0} = V_{a1} + V_{a2} - Z_F (I_{a1} + I_{a2}) - 2Z_g (I_{a1} + I_{a2}) \quad (2.51)$$

เมื่อ
$$I_{a1} + I_{a2} = -I_{a0} \quad (2.52)$$

∴
$$V_{a1} = Z_F I_{a1} + V_{a0} - Z_F I_{a0} - 3Z_g I_{a0} \quad (2.53)$$

ซึ่งจะทำให้สามารถเขียนการเชื่อมโยงของวงจรลำดับศูนย์ ลำดับบวกและลำดับลบ ได้ดังรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 วงจรของการเกิดความผิดปกติแบบ เฟส-เฟส-ดิน

จากรูปที่ 2.11

$$I_{a1} = \frac{V_F}{Z_1 + Z_F \frac{(Z_2 + Z_F)(Z_0 + Z_F + 3Z_g)}{Z_2 + Z_0 + 2Z_F + 3Z_g}} \quad (2.54)$$

$$I_{a2} = \frac{Z_0 + Z_F + 3Z_g}{Z_2 + Z_0 + 2Z_F + 3Z_g} I_{a1} \quad (2.55)$$

$$I_{a0} = \frac{Z_2 + Z_F}{Z_2 + Z_0 + 2Z_F + 3Z_g} I_{a1} \quad (2.56)$$

และ
$$V_{a0} = -Z_0 I_{a2} \quad (2.57)$$

$$V_{a1} = V_F - Z_1 I_{a1} \quad (2.58)$$

$$V_{a2} = -Z_2 I_{a2} \quad (2.59)$$

หากระแสในแต่ละเฟสได้จาก

$$\begin{bmatrix} I_a \\ I_b \\ I_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_{a0} \\ I_{a1} \\ I_{a2} \end{bmatrix} \quad (2.60)$$

หาแรงดันในแต่ละเฟสได้จาก

$$\begin{bmatrix} V_a \\ V_b \\ V_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_{a0} \\ V_{a1} \\ V_{a2} \end{bmatrix} \quad (2.61)$$

2.4 ทฤษฎีการวิเคราะห์แบบฟูรีเยร์(Fourier Theory) [15]

การวิเคราะห์แบบฟูรีเยร์นี้แบ่งออกเป็น 3 เรื่องใหญ่คือ อนุกรมฟูรีเยร์, ฟูรีเยร์อินทิกรัล และการแปลงฟูรีเยร์

อนุกรมฟูรีเยร์ คือ อนุกรมที่ไม่สิ้นสุด ที่ใช้ประมาณค่าฟังก์ชันที่มีค่าซ้ำเป็นระยะยาวไปจนถึงอนันต์ (Infinite Periodic Function) และประมาณค่าฟังก์ชันที่มีค่าไม่ซ้ำกันแต่ไม่ยาวไปจนถึงอนันต์ (Finite Nonperiodic Function)

ฟูรีเยร์อินทิกรัลใช้ประมาณค่าฟังก์ชันที่มีค่าไม่ซ้ำกันและยาวไปจนถึงอนันต์ (Infinite Nonperiodic Function) ฟูรีเยร์อินทิกรัลนี้พัฒนาต่อมาจากฟูรีเยร์ โดยใช้ความคิดว่า ฟังก์ชันเป็นคาบนั้นหากนำมายืดให้มีคาบ (Period) ยาวไปจนถึงไปจนถึงอนันต์ก็จะกลายเป็นฟังก์ชันที่มีค่าไม่ซ้ำกันได้

การแปลงฟูรีเยร์ คือการ โอนย้าย จากฟังก์ชันของตัวแปรหนึ่ง ไปยังอีกฟังก์ชันของอีกตัวแปรหนึ่ง หลักการของ การแปลงฟูรีเยร์ นี้คล้ายๆกับของ การแปลงลาปลาซ โดยมีประโยชน์คล้ายๆกันคือ นำมา โอนย้ายด้วยวิธีการ ของ สมการอนุพันธ์ จากตัวแปรหนึ่งไปยังอีกตัวแปรหนึ่ง หลังจากที่ แปลงแล้ว สมการเชิงอนุพันธ์ ในตัวแปรเดิม สมการพีชคณิต นี้ใช้หา วิธีการ ของทั้ง สมการอันดับอนุพันธ์ และ สมการอนุพันธ์แบบแยกส่วน

2.4.1 อนุกรมฟูรีเยร์

อนุกรมฟูรีเยร์ ของ ฟังก์ชันที่มีค่าซ้ำเป็นระยะยาวไปจนถึงอนันต์ ที่มีคาบเท่ากับ $2L$ มีรูปดังนี้

$$f(x) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} \left(a_n \cos \frac{n\pi x}{L} + b_n \sin \frac{n\pi x}{L} \right) \quad (2.62)$$

โดย a_0, a_n และ b_n เรียกว่า สัมประสิทธิ์ของฟูรีเยร์ มีค่าดังนี้

$$a_0 = \frac{1}{2L} \int_L^L f(x) dx \quad (2.63)$$

$$a_n = \frac{1}{L} \int_L^L f(x) \cos \frac{n\pi x}{L} dx \quad (2.64)$$

$$b_n = \frac{1}{L} \int_L^L f(x) \sin \frac{n\pi x}{L} dx \quad (2.65)$$

1) อนุกรมฟูรีเยร์โคไซน์ และ อนุกรมฟูรีเยร์ไซน์ เราเห็นได้จากสมการของ สัมประสิทธิ์ของฟูรีเยร์ สมการที่ (2.59)-(2.61) ว่า ในกรณีที่ $f(x)$ เป็นฟังก์ชันคู่ (Even Function) $b_n = 0$ และในกรณีที่ $f(x)$ เป็นฟังก์ชันคี่ (Odd Function) $a_0 = 0$ และ $a_n = 0$

ดังนั้นในกรณีที่ $f(x)$ เป็นฟังก์ชันคู่ อนุกรมฟูรีเยร์ จะมี ช่วง ที่เป็นโคไซน์เราเรียก อนุกรมฟูรีเยร์ แบบนี้ว่า อนุกรมฟูรีเยร์โคไซน์ มีรูปดังนี้

$$f(x) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} \left(a_n \cos \frac{n\pi x}{L} \right) \quad (2.66)$$

$$a_0 = \frac{1}{L} \int_0^L f(x) dx \quad (2.67)$$

$$a_n = \frac{1}{L} \int_0^L f(x) \cos \frac{n\pi x}{L} dx \quad (2.68)$$

$$b_n = 0 \quad (2.69)$$

ในทำนองเดียวกัน ในกรณีที่ $f(x)$ เป็นฟังก์ชันคี่ อนุกรมฟูรีเยร์ จะมีแต่ ช่วง ที่เป็น ไซน์ เราเรียก อนุกรมฟูรีเยร์ แบบนี้ว่า อนุกรมฟูรีเยร์ไซน์ มีรูปดังนี้

$$f(x) = \sum_{n=1}^{\infty} \left(b_n \sin \frac{n\pi x}{L} \right) \quad (2.70)$$

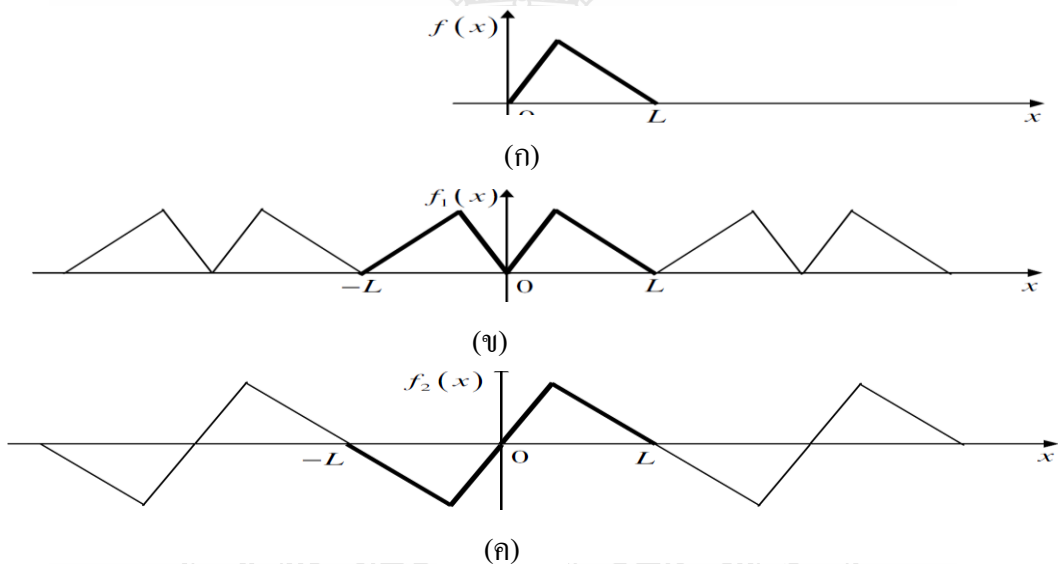
$$a_0 = 0 \quad (2.71)$$

$$a_n = 0 \quad (2.72)$$

$$b_n = \frac{2}{L} \int_0^L f(x) \sin \frac{n\pi x}{L} dx \quad (2.73)$$

2) Half-range Expansion ในกรณีเราต้องการประมาณค่าฟังก์ชันที่ไม่ยาวไปจนถึงอนันต์ เราสามารถใช้อนุกรมฟูเรียร์ได้ โดยนำฟังก์ชันนั้นมาต่อให้เห็น ฟังก์ชันเป็นคาบจากฟังก์ชันที่มีอยู่แล้ว ใช้อนุกรมฟูเรียร์ ประมาณค่าของ ฟังก์ชันเป็นคาบ นั้น ซึ่ง อนุกรมฟูเรียร์ ที่ได้จะมี ช่วง ที่เป็น ไชน์ และ โคไซน์ อยู่ด้วยกัน

หากต้องการ อนุกรมฟูเรียร์ ที่มีความกะทัดรัดมากกว่านั้น เราสามารถต่อฟังก์ชันเป็นฟังก์ชันคู่ หรือฟังก์ชันคี่แทน แล้วใช้ อนุกรมฟูเรียร์ ไชน์ หรือ อนุกรมฟูเรียร์ โคไซน์ ดังแสดงในรูป 2.12



รูปที่ 2.12 (ก) ฟังก์ชันเริ่มแรก $f(x)$ (ข) ฟังก์ชัน $f(x)$ ที่ยืดออกเป็นฟังก์ชันคู่ที่มีคาบ $2L$
 (ค) ฟังก์ชัน $f(x)$ ที่ยืดออกเป็นฟังก์ชันคี่ที่มีคาบ $2L$

3) อนุกรมฟูเรียร์เชิงซ้อน ในบางกรณีการเขียน อนุกรมฟูเรียร์ โคไซน์ ให้อยู่ในรูปจำนวนเชิงซ้อน (Complex Form) จะทำให้การคำนวณง่ายขึ้น การเปลี่ยนรูปของ อนุกรมฟูเรียร์ ไชน์ อนุกรมฟูเรียร์ ไชน์ จากสมการที่ (2.58) ให้เป็นรูปจำนวนเชิงซ้อน เราใช้สูตรของ Euler ดังนี้

$$e^{it} = \cos t + i \sin t, \quad e^{-it} = \cos t - i \sin t \quad (2.74)$$

จากสูตรของ Euler เราจะได้

$$\cos t = \frac{1}{2}(e^{it} + e^{-it}) \quad , \quad \sin t = \frac{1}{2i}(e^{it} - e^{-it}) \quad (2.75)$$

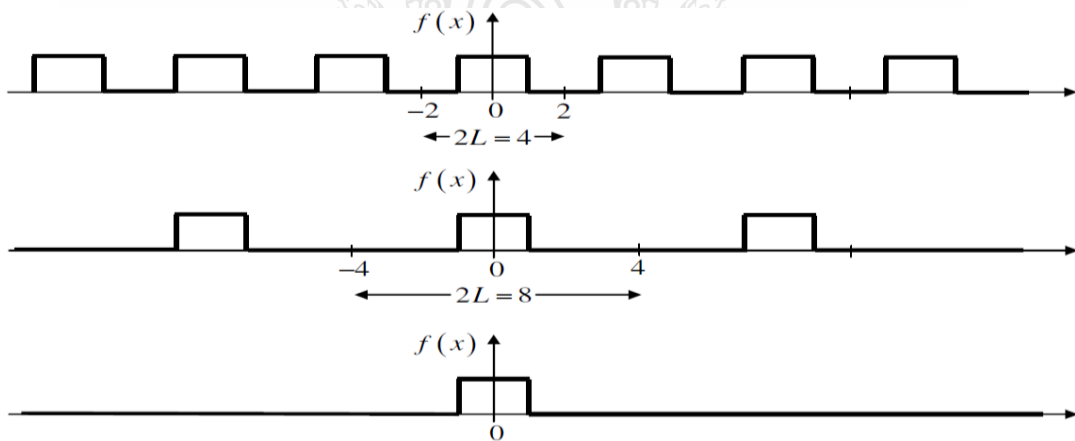
แทนค่า $\cos t$ และ $\sin t$ ลงในสมการที่ (2.58)-(2.61) เราจะได้ ฟูเรียร์ไซน์ ในรูปจำนวนเชิงซ้อนของฟังก์ชัน $f(x)$ ที่มีคาบเท่ากับ $2L$ ดังนี้

$$f(x) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} c_n e^{in\pi x/L} \quad (2.76)$$

$$c_n = \frac{1}{2L} \int_L^L f(x) e^{in\pi x/L} dx \quad (2.77)$$

2.4.2 ฟูเรียร์อินทิกรัล

เนื่องมาจากปัญหาหลายๆชนิดใช้ฟังก์ชันที่มีค่าไม่ซ้ำกันและยาวไปจนถึงอนันต์ (Infinite Nonperiodic Function) ในกรณีนี้เราสามารถคิดเปรียบเสมือนว่าฟังก์ชันนี้ก็คือฟังก์ชันที่มีค่าซ้ำกันยาวไปจนถึงอนันต์ (Infinite Nonperiodic Function) ที่มีคาบยืดยาวไปถึงอนันต์ นั่นคือ $L \rightarrow \infty$



รูปที่ 2.13 ฟังก์ชันที่มีค่าซ้ำกันกลายเป็นฟังก์ชันที่มีค่าไม่ซ้ำกัน เมื่อคาบ $L \rightarrow \infty$

ดังนั้น ฟูเรียร์อินทิกรัล เปลี่ยนรูปมาจาก อนุกรมฟูเรียร์ โดยการหา ขอบเขต นั่นคือ

$$f(x) = \lim_{L \rightarrow \infty} f_L(x) \quad (2.78)$$

โดยมีรูปแบบดังนี้

$$f(x) = \int_0^{\infty} [A(w) \cos wx + B(w) \sin wx] dw \quad (2.79)$$

$$A(w) = \frac{1}{\pi} \int_0^{\infty} f(x) \cos wx dx \quad (2.80)$$

$$B(w) = \frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{\infty} f(x) \sin wx dx \quad (2.81)$$

1) ฟูเรียร์อินทิกรัลโคไซน์ และ ฟูเรียร์อินทิกรัลไซน์ เหมือนในกรณีของ อนุกรมฟูเรียร์ ในกรณีที่ฟังก์ชันที่ต้องการหาค่าประมาณเป็นฟังก์ชันคู่ ฟูเรียร์อินทิกรัล จะมีรูปที่มีแต่พจน์ที่เป็นโคไซน์ ซึ่งเรียกว่า ฟูเรียร์อินทิกรัลโคไซน์ และในกรณีที่ฟังก์ชันเป็นฟังก์ชันคี่ ฟูเรียร์อินทิกรัล จะมีรูปพจน์ที่เป็น ไซน์ เรียกว่า ฟูเรียร์อินทิกรัลไซน์

ฟูเรียร์อินทิกรัลโคไซน์

$$f(x) = \int_0^{\infty} A(w) \cos wx dw \quad (2.82)$$

$$A(w) = \frac{1}{2\pi} \int_0^{\infty} f(x) \cos wx dw \quad (2.83)$$

ฟูเรียร์อินทิกรัลไซน์

$$f(x) = \int_0^{\infty} B(w) \sin wx dw \quad (2.84)$$

$$B(w) = \frac{1}{2\pi} \int_0^{\infty} f(x) \sin wx dw \quad (2.85)$$

2) ฟูเรียร์อินทิกรัลเชิงซ้อน เราสามารถเขียน ฟูเรียร์อินทิกรัล ให้อยู่ในรูปของจำนวนเชิงซ้อนได้เช่นเดียวกับของ อนุกรมฟูเรียร์ โดยใช้สมการของ ฟูเรียร์อินทิกรัลในสมการที่ (2.73)-(2.75) และสูตรของ Euler ในสมการที่ (2.68)

ฟูเรียร์อินทิกรัลเชิงซ้อน มีรูปแบบดังนี้

$$f(x) = \int_{-\infty}^{\infty} C(w) e^{iwx} dw \quad (2.86)$$

$$C(w) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} f(x) e^{iwx} dw \quad (2.87)$$

2.4.3 การแปลงฟูรีเยร์

การแปลงอินทิกรัล คือการ โอนย้าย ในรูปแบบของ อินทิกรัล ที่เปลี่ยนจากฟังก์ชันของตัวแปรหนึ่ง ไปเป็นอีกฟังก์ชันอีกตัวแปรหนึ่ง ยกตัวอย่างเช่น การแปลงลาปลาซ ซึ่งมีรูป

$$F(s) = \int_0^{\infty} e^{-st} f(t) dt \quad (2.88)$$

เปลี่ยนจาก $f(t)$ ไปเป็น $F(s)$

สาเหตุที่ต้องมีการเปลี่ยนเนื่องจาก ในบางกรณี สมการเชิงอนุพันธ์สามัญหรือ สมการเชิงอนุพันธ์ย่อย ที่มีฟังก์ชัน $f(t)$ อยู่ เมื่อทำการเปลี่ยนเป็นฟังก์ชัน $F(s)$ รูปแบบสมการใหม่ที่ได้จะอยู่ในรูปของสมการ Algebraic ซึ่งสะดวกต่อการหาคำตอบ เมื่อได้คำตอบซึ่งคือฟังก์ชัน $F(s)$ แล้วเราจะใช้ Inverse Transform เปลี่ยนจาก $F(s)$ กลับมาเป็น $f(t)$ ซึ่งเป็นคำตอบของ สมการเชิงอนุพันธ์เริ่มต้น

การแปลงฟูรีเยร์ก็คือ การแปลงอินทิกรัล ประเภทหนึ่ง โดยแบ่งออกเป็น การแปลงฟูรีเยร์โคไซน์, การแปลงฟูรีเยร์ไซน์ และ การแปลงฟูรีเยร์เชิงซ้อน

1) การแปลงฟูรีเยร์โคไซน์ และ การแปลงฟูรีเยร์ไซน์ ในกรณีที่ฟังก์ชัน $f(x)$ เป็นฟังก์ชันคู่ เราจะมี ฟูรีเยร์อินทิกรัลโคไซน์ ดังสมการที่ (2.76)-(2.77) หากกำหนดให้

$$A(w) = \sqrt{2/\pi} \hat{f}_c(w) \quad (2.89)$$

เราได้

$$\hat{f}_c(w) = \sqrt{\frac{2}{\pi}} \int_0^{\infty} f(x) \cos wx dx \quad (2.90)$$

$$f(x) = \sqrt{\frac{2}{\pi}} \int_0^{\infty} \hat{f}_c(w) \cos wx dw \quad (2.91)$$

กระบวนการในการเปลี่ยน $f(x)$ เป็น $\hat{f}_c(w)$ เรียกว่า การแปลงฟูรีเยร์โคไซน์ ส่วนกระบวนการที่เปลี่ยน $\hat{f}_c(w)$ กลับมาเป็น $f(x)$ การแปลงฟูรีเยร์โคไซน์ผกผัน

ในกรณีที่ฟังก์ชัน $f(x)$ เป็นฟังก์ชันคู่ เราจะมี ฟูเรียร์อินทิกรัลไซน์ ดังสมการที่ (2.78)-(2.79) หากกำหนดให้

$$B(w) = \sqrt{2/\pi} \hat{f}_c(w) \quad (2.92)$$

เราได้

$$\hat{f}_c(w) = \sqrt{\frac{2}{\pi}} \int_0^{\infty} f(x) \sin wx dx \quad (2.93)$$

$$f(x) = \sqrt{\frac{2}{\pi}} \int_0^{\infty} \hat{f}_c(w) \sin wx dw \quad (2.94)$$

กระบวนการในการเปลี่ยน $f(x)$ เป็น $\hat{f}_c(w)$ เรียกว่า ฟูเรียร์อินทิกรัลไซน์ ส่วนกระบวนการที่เปลี่ยน $\hat{f}_c(w)$ กลับมาเป็น $f(x)$ การแปลงฟูเรียร์ไซน์ผกผัน เราใช้สัญลักษณ์การ โอนย้าย ดังนี้

$$F_c(f) = \hat{f}_c, F_c(\hat{f}_c) = f \quad (2.95)$$

2) การแปลงฟูเรียร์เชิงซ้อน เช่นเดียวกันเราสามารถหา การแปลงฟูเรียร์เชิงซ้อน จาก ฟูเรียร์อินทิกรัลเชิงซ้อน จากสมการที่ (2.80)-(2.81) และ สูตรของ Euler ในสมการที่ (2.68) การแปลงฟูเรียร์เชิงซ้อน มีรูปแบบดังนี้

$$\hat{f}(w) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} f(x) e^{-iwx} dx \quad (2.96)$$

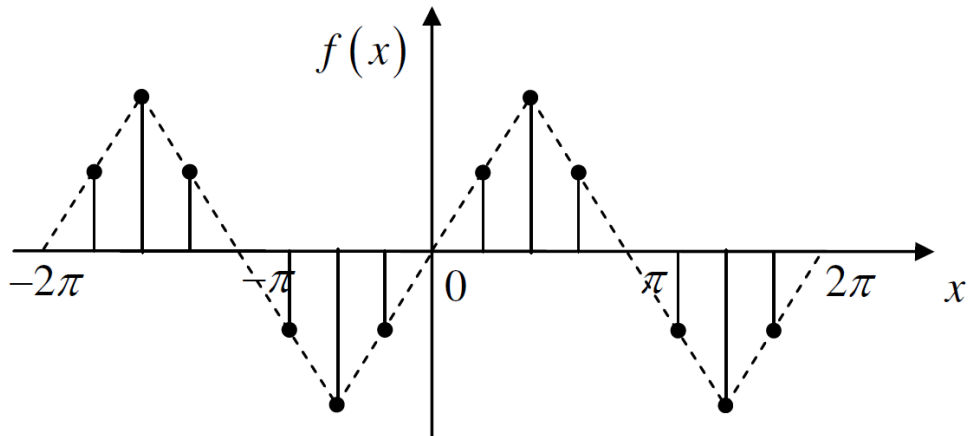
$$f(w) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} \hat{f}(w) e^{iwx} dw \quad (2.97)$$

โดยมีสัญลักษณ์คล้ายกันคือ

$$\hat{f} = F(f), f = F^{-1}(\hat{f}) \quad (2.98)$$

ต่อจากนี้ไปเพื่อความสะดวก เราจะเรียก ฟูรีเยร์เชิงซ้อน ว่า การแปลงฟูรีเยร์

3) การแปลงฟูรีเยร์ไม่ต่อเนื่อง ที่ผ่านมาฟังก์ชัน $f(x)$ เป็นฟังก์ชันแบบต่อเนื่อง (Continuous Function) ในชีวิตจริงส่วนใหญ่สัญญาณมีค่าไม่ต่อเนื่อง (Discrete) คือได้มาจากสัญญาณแบบต่อเนื่อง ยกตัวอย่างรูป 2.14



รูปที่ 2.14 ฟังก์ชัน $f(x)$ ที่มีค่าไม่ต่อเนื่อง

สมมติให้มีการสุ่ม N ตัวอย่างของฟังก์ชัน $f(x)$ จากช่วง $0 \leq x \leq 2\pi$ จะได้ค่า x ที่จุดสุ่มตัวอย่างแต่ละจุดเป็นดังนี้

$$x_k = \frac{2\pi k}{N}, k = 0, 1, \dots, N-1 \quad (2.99)$$

เราต้องการใช้ อนุกรมจำกัดเขต ที่มี N พจน์ ประมาณค่าของ $f(x_k)$ แต่ละจุดเราได้

$$f(x_k) = \sum_{n=0}^{N-1} c_n e^{inx_k}, k = 0, 1, \dots, N-1 \quad (2.100)$$

หลังจากใช้หลักการ Orthogonality เดียวกันที่ใช้หา สัมประสิทธิ์ฟูรีเยร์ จะได้ สัมประสิทธิ์ ของ อนุกรม ดังนี้

$$c_n = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} f_k e^{-inx_k}, f_k = f(x_k), k = 0, 1, \dots, N-1 \quad (2.101)$$

กำหนดให้ การแปลงฟูเรียร์ไม่ต่อเนื่อง ของสัญญาณ $\vec{f} = [f_0, f_1, \dots, f_{N-1}]^T$ คือ $\hat{f} = [f_0, f_1, \dots, f_{N-1}]^T$ โดยในแต่ละหน่วยมีค่าดังนี้

$$\hat{f}_n = Nc_n = \sum_{k=0}^{N-1} f_k e^{inx_k} \cdot f_k = f(x_k), 0, 1, \dots, N-1 \quad (2.102)$$

2.5 ผลกระทบของระบบไฟฟ้าไม่สมดุล

เมื่อระบบไฟฟ้าเกิดไม่สมดุลขึ้น จะมีผลกระทบต่อการทำงานและสมรรถนะของเครื่องจักรกลไฟฟ้า 3 เฟสที่ต่อใช้งานอยู่กับระบบ ซึ่งเครื่องจักรกลไฟฟ้า 3 เฟสที่ใช้งานในระบบส่วนใหญ่ ได้แก่ เครื่องกำเนิดไฟฟ้า 3 เฟสแบบซิงโครนัส (3-phase Synchronous Generator) และมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส (3-phase Induction Motor)

2.5.1 ผลกระทบกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 3 เฟสแบบซิงโครนัส

กรณีที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าจ่ายกระแสให้กับโหลด 3 เฟสในสถานะที่สมดุล กระแสไฟฟ้าในขดลวดอาร์เมเจอร์จะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กขึ้น (Reaction Field) โดยที่สนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นนี้มีความเร็วรอบคงที่และมีทิศทางสนามแม่เหล็กหมุนเช่นเดียวกับกับสนามแม่เหล็กหมุนหลักที่เกิดจากโรเตอร์ (Synchronous Speed) แต่เมื่อเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจ่ายกระแสให้กับโหลด 3 เฟสที่ไม่สมดุล ก็จะเกิดผลกระทบกับการทำงานของเครื่องกำเนิด โดยสามารถวิเคราะห์ผลกระทบที่เกิดขึ้นได้จากทฤษฎีองค์ประกอบสมมาตรของกระแสไฟฟ้า ดังนี้

1. องค์ประกอบสมมาตรของกระแสลำดับบวก ก็สามารถพิจารณาผลของการเกิดสนามแม่เหล็กได้เช่นเดียวกับกรณีโหลดสมดุลปกติ
2. องค์ประกอบสมมาตรของกระแสลำดับศูนย์ ส่วนนี้ไม่ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กขึ้นได้เพราะผลรวมของสนามแม่เหล็กหักล้างกัน
3. องค์ประกอบสมมาตรของกระแสลำดับลบ การเกิดสนามแม่เหล็กก็เช่นเดียวกับ

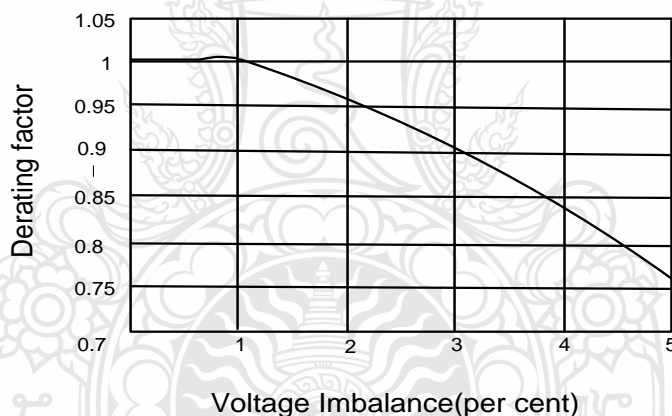
องค์ประกอบสมมาตรลำดับบวก แต่ทิศทางของสนามแม่เหล็กหมุนจะตรงกันข้ามกับสนามแม่เหล็กที่โรเตอร์ ลักษณะเช่นนี้จะทำให้เกิดการเหนี่ยวนำกระแสขึ้นภายในแกนเหล็กของโรเตอร์ โดยค่าความถี่ของกระแสที่โรเตอร์เป็น 2 เท่าของความถี่ปกติ ซึ่งทำให้ค่าการสูญเสียจากกระแสไหลวน (Eddy Current) มีค่าสูงมากขึ้นกว่าในกรณีปกติ และโรเตอร์จะมีความร้อนมากขึ้นจนอาจทำให้เกิดความเสียหายกับเครื่องกำเนิดได้ [5]

ตามมาตรฐานของสำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม (มอก.) ที่มอก.862-2532 เรื่อง “เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ (ไม่รวมตัวต้นกำลัง)” [16] ระบุไว้ว่าถ้าการใช้เครื่องกำเนิดแบบซิงโครนัสจ่ายโหลดในสถานะสมดุลค่าองค์ประกอบสมมาตรของกระแสลำดับลบและองค์ประกอบสมมาตรของ

กระแสลำดับศูนย์ต้องไม่มากกว่าร้อยละ 5 ขององค์ประกอบสมมาตรของกระแสลำดับบวก ($I_2 \text{ or } I_0 / I_1 < 0.05$)

2.5.2 ผลกระทบกับมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส

เมื่อแรงดันไฟฟ้า 3 เฟสที่จ่ายให้กับมอเตอร์เหนี่ยวนำไฟฟ้าเกิดไม่สมดุลขึ้นจะส่งผลกับกระแสไฟฟ้าที่ขดลวดสเตเตอร์ของมอเตอร์เกิดสภาวะไม่สมดุลขึ้นด้วย เปอร์เซ็นต์การไม่สมดุลของกระแสไฟฟ้าในมอเตอร์เหนี่ยวนำไฟฟ้าอาจจะมากกว่า 10 เท่าของเปอร์เซ็นต์การไม่สมดุลของแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับมอเตอร์ การวิเคราะห์ผลกระทบของมอเตอร์เหนี่ยวนำไฟฟ้า 3 เฟสในสภาวะแหล่งจ่ายไม่สมดุลนี้ก็สามารถวิเคราะห์ได้ด้วยวิธีองค์ประกอบสมมาตรเช่นเดียวกันกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบซิงโครนัส โดยการพิจารณาผลกระทบจากกระแสองค์ประกอบสมมาตรของกระแสลำดับลบที่ขดลวดสเตเตอร์ซึ่งจะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กหมุนในลักษณะตรงกันข้ามกับทิศทางการหมุนของโรเตอร์ส่งผลให้เกิดการเหนี่ยวนำกระแสขึ้นที่โรเตอร์ด้วยความถี่สูงเท่ากับ $(2-s)f$ (เมื่อ f คือความถี่ของสัญญาณทางสเตเตอร์และ s คือค่าสลิป) กระแสเหนี่ยวนำในโรเตอร์นี้ส่งผลให้เกิดความร้อนเพิ่มมากขึ้นในโรเตอร์ ความเร็วรอบและแรงบิดของมอเตอร์จะมีค่าน้อยลง [17]



รูปที่ 2.15 กราฟค่า Derating Factor

ตามมาตรฐาน IEC892(1987) [16] ได้กำหนดค่าการลด (Derating Factor) พิกัดกำลังของโหลดมอเตอร์เมื่อมอเตอร์ทำงานในสภาวะแหล่งจ่ายไม่สมดุล โดยพิจารณาจากค่าเปอร์เซ็นต์การไม่สมดุลของแหล่งจ่ายแรงดัน (ดังรูปกราฟที่ 2.15) แต่ถ้าเปอร์เซ็นต์การไม่สมดุลของแรงดันมีค่ามากกว่า 5% การป้องกันมอเตอร์ควรพิจารณาจากค่าองค์ประกอบสมมาตรของกระแสลำดับลบแทน และตามมาตรฐานของสำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม (มอก.) ที่มอก.867-2532 เรื่อง “มอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟส” [16] ได้กำหนดไว้ว่าในการทำงานในสภาวะสมดุลค่าองค์ประกอบสมมาตรของกระแสลำดับลบต้องไม่เกินร้อยละ 2.5 ขององค์ประกอบสมมาตรของกระแสลำดับบวก

จากที่กล่าวมาเห็นได้ว่า เมื่อระบบไฟฟ้าเกิดสถานะที่ไม่สมดุล ทำให้เกิดการสูญเสียในด้านความร้อนของเครื่องจักรกลไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้น ซึ่งจะส่งผลกระทบต่ออายุการใช้งานของเครื่องจักรกลไฟฟ้ามีอายุการใช้งานลดลงกว่าปกติ หรือถ้าระบบไฟฟ้าไม่สมดุลรุนแรงมาก อาทิเช่น เฟสใดเฟสหนึ่งหายไป ก็อาจทำให้เกิดความเสียหายกับเครื่องจักรกลไฟฟ้าได้ในทันที โดยในการวิเคราะห์เพื่อหาแนวทางในการป้องกันเครื่องจักรกลไฟฟ้าเมื่อต้องทำงานในระบบไฟฟ้าที่ไม่สมดุล สามารถที่จะวิเคราะห์จากทฤษฎีองค์ประกอบสมมาตร ทั้งนี้การวัดค่าองค์ประกอบสมมาตรก็จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในอุปกรณ์การป้องกันของเครื่องจักรกลไฟฟ้าที่ทำงานในสถานะที่ระบบไม่สมดุล

2.6 สรุป

จะเห็นได้ว่าองค์ประกอบสมมาตรนั้นมีความจำเป็นในงานระบบไฟฟ้ากำลังมากมาย และยังมีทฤษฎีในการคำนวณหาองค์ประกอบสมมาตรขณะที่ระบบสมดุลและระบบที่ไม่สมดุลแต่การคำนวณด้วยมือนั้นไม่สามารถติดตามได้ทันเวลา จึงได้ใช้การคำนวณทางคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการคำนวณเพื่อจึงได้มีงานวิจัยต่างออกมามากมายมีข้อดีข้อเสียแตกต่างกันไป ในวิทยานิพนธ์นี้ผู้วิจัยได้นำเสนอ เทคนิคอัลกอริทึมปรับตัวเองได้ที่มีจุดเด่นคือเป็นวิธีที่ง่ายและยังนำไปประยุกต์ในการสร้างเป็นเครื่องมือจริงได้ และได้นำไปเปรียบเทียบกับเทคนิค FFT ซึ่งจะกล่าวในบทต่อไป

บทที่ 3

การออกแบบอัลกอริทึมปรับตัวเองได้

องค์ประกอบสมมาตรของกระแส และแรงดันไฟฟ้ามีความสำคัญ และมีการประยุกต์ใช้ในหลายๆด้านสำหรับงานด้านไฟฟ้ากำลัง เช่น งานด้านคุณภาพไฟฟ้า และงานด้านการป้องกันระบบไฟฟ้า ในบทความนี้ต้องการนำเสนอโครงสร้างของอัลกอริทึมแบบปรับตัวเองเชิงเส้นผสม (Adaptive Linear Combiner Structure) [18] สำหรับการประมาณ และติดตามค่าองค์ประกอบสมมาตร โครงสร้างดังกล่าวสามารถให้ผลลัพธ์มากกว่าหนึ่ง (Multi-output) แตกต่างจากโครงสร้างของอัลกอริทึมแบบปรับตัวเองเชิงเส้นผสมทั่วไปที่ให้ผลลัพธ์เพียงหนึ่ง (Single-Output) โครงสร้างใหม่นี้เรียกว่าอัลกอริทึมปรับตัวเองได้ ท้ายสุดในบทความจะแสดงให้เห็นถึงการประมาณและติดตามองค์ประกอบสมมาตรของกระแส และแรงดันไฟฟ้า จุดเด่นของวิธีการที่ได้นำเสนอนี้คือง่ายต่อการนำไปใช้งานจริง (Simple To Implement)

ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎี และ สมการต่างๆที่ใช้ในการออกแบบอัลกอริทึมปรับตัวเองได้ที่ใช้สำหรับการหาค่าองค์ประกอบสมมาตร และ โครงสร้างของอัลกอริทึม และ อธิบายส่วนประกอบต่างๆ ของอัลกอริทึม

3.1 การออกแบบสมการอัลกอริทึมปรับตัวเองได้

ในสร้างสมการสำหรับองค์ประกอบสมมาตรนี้จะอาศัยความสัมพันธ์ของ รูปคลื่นที่ไม่สมมาตรและองค์ประกอบสมมาตรเป็นส่วนที่สำคัญในอัลกอริทึมนี้ แสดงส่วนที่สมมาตรกันของปริมาณทางไฟฟ้า (3เฟส) สามารถแสดงได้ดังนี้

$$i_a = I_0 \sin(\omega t + f_0) + I_1 \sin(\omega t + f_1) + I_2 \sin(\omega t + f_2) \quad (3.1)$$

$$i_b = I_0 \sin(\omega t + f_0) + I_1 \sin(\omega t + f_1 - 120) + I_2 \sin(\omega t + f_2 + 120) \quad (3.2)$$

$$i_c = I_0 \sin(\omega t + f_0) + I_1 \sin(\omega t + f_1 + 120) + I_2 \sin(\omega t + f_2 + 120) \quad (3.3)$$

เมื่อ I_0 และ f_0 คือ ขนาด และมุมเฟสของ องค์ประกอบลำดับศูนย์
 I_1 และ f_1 คือ ขนาด และ มุมเฟสของ องค์ประกอบลำดับบวก
 I_2 และ f_2 คือ ขนาด และ มุมเฟสของ องค์ประกอบลำดับลบ

ถ้าเราใช้สมการ $\sin(a + b) = \sin(a) \cos(b) + \cos(a) \sin(b)$ แทนในสมการที่ (3.1)-(3.3) จะ
ได้

$$i_a = I_0 \cos(f_0) \sin(\omega t) + I_0 \sin(f_0) \cos(\omega t) + I_1 \cos(f_1) \sin(\omega t) + I_1 \sin(f_1) \cos(\omega t) \\ + I_2 \cos(f_2) \sin(\omega t) + I_2 \sin(f_2) \cos(\omega t) \quad (3.4)$$

$$i_b = I_0 \cos(f_0) \sin(\omega t) + I_0 \sin(f_0) \cos(\omega t) + I_1 \cos(f_1) \sin(\omega t - 120) + I_1 \sin(f_1) \cos(\omega t - 120) \\ + I_2 \cos(f_2) \sin(\omega t + 120) + I_2 \sin(f_2) \cos(\omega t + 120) \quad (3.5)$$

$$i_c = I_0 \cos(f_0) \sin(\omega t) + I_0 \sin(f_0) \cos(\omega t) + I_1 \cos(f_1) \sin(\omega t + 120) + I_1 \sin(f_1) \cos(\omega t + 120) \\ + I_2 \cos(f_2) \sin(\omega t + 120) + I_2 \sin(f_2) \cos(\omega t + 120) \quad (3.6)$$

ถ้าเราจัดสมการที่ (3.4)-(3.6) ใหม่ให้อยู่ในรูปแบบเมทริกซ์ จะได้

$$y(t) = F(t)q(t) \quad (3.7)$$

เมื่อ

$y(t)$ แทน การวัด

$q(t)$ แทน การประมาณค่าตัวแปรในอนาคต

$F(t)$ แทน ความสัมพันธ์ ระหว่าง เวลาที่เปลี่ยนแปลงกับเมทริกซ์

$$y(t) = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \end{bmatrix} \quad (3.8)$$

$$q(t) = \begin{bmatrix} \cos(f_0) \\ \sin(f_0) \\ \cos(f_1) \\ \sin(f_1) \\ \cos(f_2) \\ \sin(f_2) \end{bmatrix} \quad (3.9)$$

$$F(t)^T = \begin{bmatrix} \sin \omega t & \cos \omega t & \sin \omega t & \cos \omega t & \sin \omega t & \cos \omega t \\ \sin \omega t & \cos \omega t & \sin(\omega t - 120) & \cos(\omega t - 120) & \sin(\omega t + 120) & \cos(\omega t + 120) \\ \sin \omega t & \cos \omega t & \sin(\omega t + 120) & \cos(\omega t + 120) & \sin(\omega t - 120) & \cos(\omega t - 120) \end{bmatrix} \quad (3.10)$$

งานวิจัยนี้ได้ตั้งสมมุติฐานว่าสัญญาณ กระแส หรือแรงดันใดๆ เป็นฟังก์ชันของโคไซน์ (Cosine) ที่ความเร็วเชิงมุมเท่ากับความเร็วเชิงมุมมูลฐาน (Fundamental Angular Frequency 1^{th}) ของระบบไฟฟ้านั้นๆ โดยมีส่วนประกอบขององค์ประกอบสมมาตรที่ i ถึง 10001 ตามสมการที่ (3.11)

$$y(t) = A_i \cdot \cos(i \cdot \omega \cdot t + \theta_i) \quad (3.11)$$

- เมื่อ i คือ ตำแหน่งของสัญญาณกระแสที่ทำการวัด
 A_i คือ ค่ายอดของสัญญาณกระแสตำแหน่งที่ i
 ω_s คือ ความเร็วเชิงมุมมูลฐานของระบบไฟฟ้า
 t คือ ที่เวลาใดๆ
 θ_i คือ มุมเฟสของสัญญาณกระแสตำแหน่งที่ i
 $y(t)$ คือ สัญญาณขาออกจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

นำสมการที่ (3.11) มาจัดรูปใหม่ ให้อยู่ในรูปของสมการผลต่างของฟังก์ชันโคไซน์ตามสมการที่ (3.12)-(3.16) ตามลำดับ

$$y(t) = A_i \cdot \cos(\omega_s \cdot t) \cdot \cos(\theta_i) - A_i \cdot \sin(\omega_s \cdot t) \cdot \sin(\theta) \quad (3.12)$$

$$[X] = [\Phi] \quad (3.13)$$

$$[W] = [\theta] \quad (3.14)$$

$$y(t) = [W] \cdot [X]^t \quad (3.15)$$

$$e(t) = x(t) - [W] \cdot [X]^t \quad (3.16)$$

เมื่อ $x(t)$ คือ แทนสัญญาณกระแส หรือแรงดันที่ต้องการวัดหาส่วนประกอบองค์ประกอบสมมาตร

$e(t)$ คือ ความแตกต่างระหว่างสัญญาณกระแส หรือแรงดัน ที่ต้องการวัดที่ต้องการวัดหาส่วนประกอบขององค์ประกอบสมมาตรกับสัญญาณด้านออกจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

$[W]$ คือ ค่าสัมประสิทธิ์ Weight vector (การถ่วงน้ำหนักของค่า θ)

จากสมการที่ (3.10) เมื่อแปลงสัญญาณอะนาล็อก (Analog Signal) เป็นสัญญาณเชิงเวลาเต็มหน่วย (Discrete Time Signal) ค่าสัมประสิทธิ์ $[w]$ สามารถปรับตัวเองเพื่อให้มีค่า $|e(t)|^2$ ต่ำสุด ตามกฎของ Widrow-Hoff delta rule [19],[20] จะได้สมการที่ (3.17) คือ

$$W(k+1) = W(k) + \frac{\alpha \times e(k) \times [X(k)]}{[X(k)] \times [X(k)]^t} \quad (3.17)$$

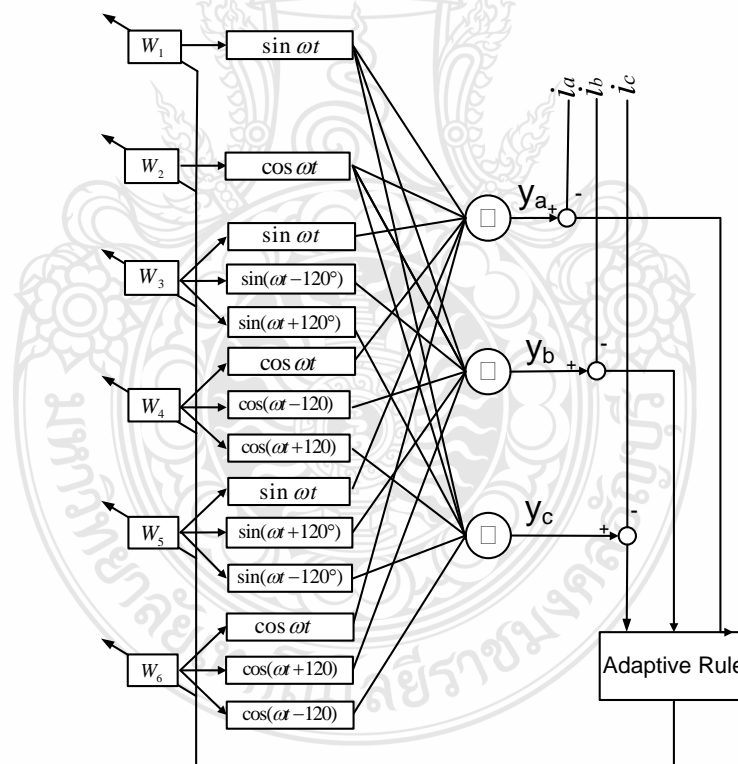
เมื่อ k คือ รอบของการปรับค่าสัมประสิทธิ์ Weight Vector

$W(k)$ คือ ค่าสัมประสิทธิ์ Weight Vector รอบที่ k

$W(k+1)$ คือ ค่าสัมประสิทธิ์ Weight Vector ที่ถูกปรับในรอบต่อไปที่ $k+1$

α คือ ค่าสัมประสิทธิ์การเรียนรู้ (Learning Parameter)

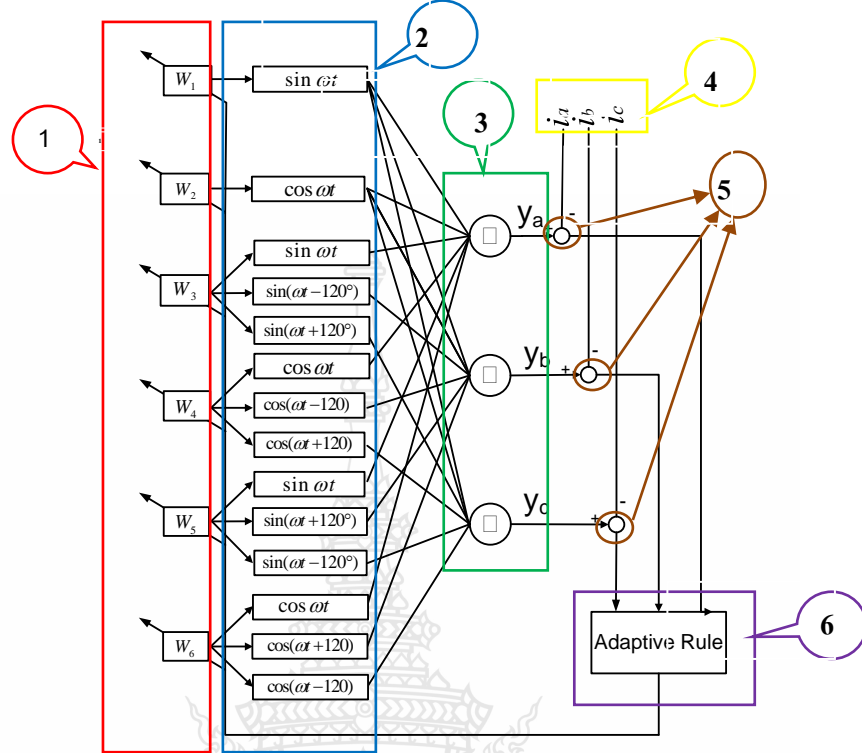
3.2 โครงสร้างอัลกอริทึมปรับตัวเองได้



รูปที่ 3.1 โครงสร้างของอัลกอริทึม

จากรูปที่ 3.1 เป็นการนำสมการที่ (3.1)-(3.17) มาเขียนเป็นโครงสร้างเพื่อที่จะให้เข้าใจง่ายและจะอธิบายโครงสร้างที่ละส่วนในรูปที่ 3.2 ต่อไป

โครงสร้างอัลกอริทึมแบ่งการทำงานออกเป็นดัง.



รูปที่ 3.2 การแยกส่วนการทำงานของ โครงสร้างของอัลกอริทึม

จากรูปที่ 3.2 เป็นการแยกส่วนของ โครงสร้างของอัลกอริทึม เพื่อที่อธิบาย จากรูปเทียบกับ สมการต่อไปในหัวข้อที่ 3.2.1 เพื่อให้เข้าใจง่ายขึ้น

3.2.1 การอธิบายการทำงานของโครงสร้างอัลกอริทึม

- 1) ในส่วนที่ 1 จะกำหนดค่า $w_{(1-6)}$ ในรอบแรกเป็น $\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}$ และในรอบต่อไปจะมีค่าตามที่

คำนวณได้จาก Adaptive Rule

- 2) ในส่วนที่ 2 จะนำค่า w มาคูณกับสมการที่ (3.10) ตามรูป
- 3) นำค่าในส่วนที่ 2 มารวมกัน จะได้ค่า y_a, y_b, y_c ในส่วนที่ 3
- 4) ในส่วนที่ 4 คือค่าสัญญาณจริงที่ได้จากการวัด
- 5) นำส่วนที่ 3 มาลบในส่วนที่ 4 จะได้ค่า Error ในส่วนที่ 5
- 6) ในส่วนที่ 6 จะนำค่า Error มาคำนวณใน Adaptive Rule จะได้ค่า w ในรอบต่อไป

บทที่ 4

การจำลองและการทดสอบ

ในบทนี้จะกล่าวถึงการออกแบบโปรแกรมเพื่อหาสัญญาณของกระแสและแรงดันขณะเกิดความผิดปกติในระบบโดยใช้โปรแกรม Alternative Transients Program (ATP-EMTP) การออกแบบโปรแกรมอัลกอริทึมปรับตัวเองได้เพื่อแยกสัญญาณของกระแสแรงดันเพื่อให้ได้เป็นองค์ประกอบต่างๆ โดยใช้โปรแกรม Matlab วิเคราะห์สัญญาณจริงจากข้อมูลของการไฟฟ้าโดยใช้โปรแกรม LabVIEW

4.1 การจำลองสัญญาณ Input โดยใช้โปรแกรม ATP-EMTP

ในช่วงต้น ค.ศ. 1960 ได้มีการนำคอมพิวเตอร์มาใช้งานอย่างกว้างขวางทั่วโลก การวิเคราะห์ระบบไฟฟ้าจึงเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงจากระบบอะนาล็อกมาใช้คอมพิวเตอร์ในการคำนวณ Dr.Dommel แห่งมหาวิทยาลัย Munich ประเทศเยอรมัน ได้เริ่มพัฒนาโปรแกรมสำหรับการคำนวณ transient ในระบบไฟฟ้าแบบดิจิทัลขึ้น โดยอาศัยการของ Schnyder-Bergeron เป็นวิทยานิพนธ์ระดับปริญญาเอกทาง Benneville Power Administration (BPA) ซึ่งจัดตั้งโดยกระทรวงพลังงานของสหรัฐ มีความสนใจวิทยานิพนธ์นี้จึงเชิญ Dr.Dommel มาเป็นนักวิจัยเพื่อทำการพัฒนาโปรแกรมหดกล่าว จนในปี ค.ศ. 1968 Transient Program Model ซึ่งมีประมาณ 4,000 บรรทัด ก็เสร็จสมบูรณ์ออกนำมาเผยแพร่


ในปี ค.ศ. Dr.Dommel ลาออกจาก BPA โดยมี Dr.W.Scott-Meyer เป็นผู้รับผิดชอบช่วงต่อในการพัฒนาโปรแกรม จนในปี ค.ศ. 1976 ก็มีนักวิจัยอีกหลายคนเข้ามาช่วยในการพัฒนาโปรแกรม เช่น Dr.Tse-Huei Liu และ Dr.Akihiro Ametani นอกจากนี้ Mr.L.Dube ผู้พัฒนา TACS/MODEL Dr.V.Brandwain ผู้พัฒนาโครงสร้างเครื่องจักรกลไฟฟ้า Prof.A.Semlyen ผู้พัฒนาโมเดลของสายส่งเข้าร่วมทำให้โปรแกรม EMTP ให้มีความสามารถมากยิ่งขึ้น จนในช่วงต้นทศวรรษ 1980 โปรแกรม EMTP M 31 ซึ่งมีประมาณ 100,000 บรรทัด ก็เสร็จสมบูรณ์ และมีการนำไปใช้งานในการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ทั่วโลก

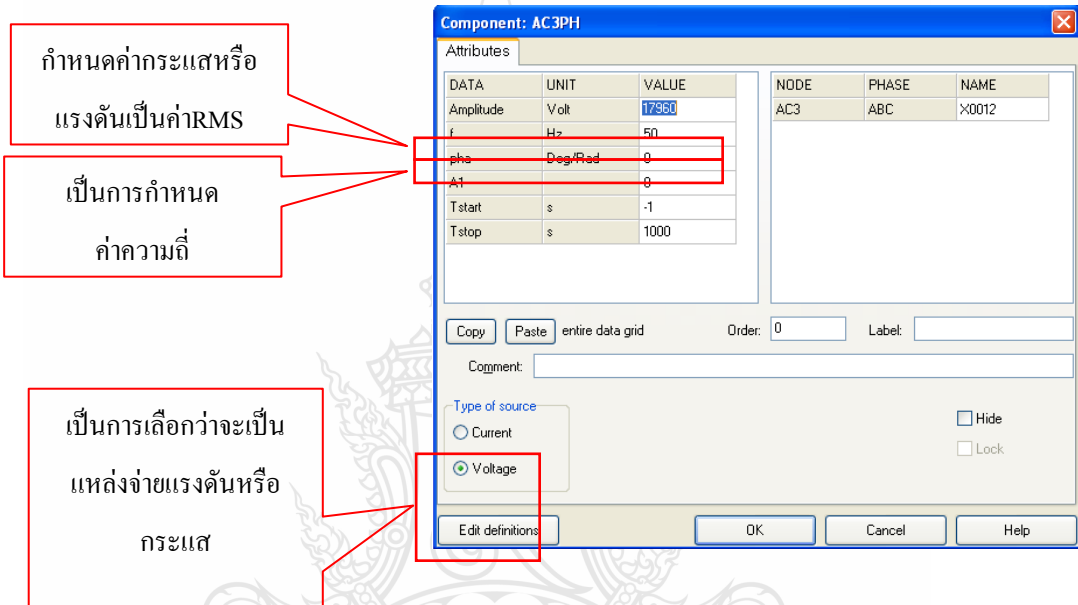
การพัฒนาโปรแกรมดำเนินเรื่อยมา จนปัจจุบันโปรแกรม EMTP [21] แยกออกเป็น 3 ชนิดใหญ่ๆด้วยกัน คือ EMTP ของ BPA DCG/EPRI และ ATP-EMTP ของ Dr.Scott-Meyer ซึ่งในวิทยานิพนธ์นี้ได้ใช้ ATP-EMTP เป็นเครื่องมือ เพื่อใช้วิเคราะห์ความผิดปกติรูปแบบต่างๆของกระแส และ แรงดัน

การใช้โปรแกรม EMTP วิเคราะห์สภาวะทรานเซียนต์ในระบบไฟฟ้าให้มีความถูกต้องและเชื่อถือได้นั้นจำเป็นต้องอาศัยการสร้างแบบจำลองคุณสมบัติของอุปกรณ์ และปรากฏการณ์ต่างๆ ใน

ระบบให้ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด ในบางครั้งจึงมีความยุ่งยากและซับซ้อนทั้งนี้ขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ของการวิเคราะห์ด้วย

โปรแกรม ATP-EMTP ในงานวิจัยจะเป็นตัวที่จำลองสัญญาณ ของ กระแสและแรงดัน ทางด้าน Input หรือ I_a, I_b, I_c ในรูปที่ 3.1 ในโปรแกรมนี้จะใช้เครื่องมือ 7 ชนิด คือ

- 1) แหล่งจ่าย  เราจะกำหนดค่าต่างได้ดังรูปที่ 3.3



กำหนดค่ากระแสหรือแรงดันเป็นค่าRMS

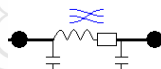

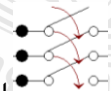


เป็นการกำหนดค่าความถี่

เป็นการเลือกว่าจะเป็นแหล่งจ่ายแรงดันหรือกระแส

DATA	UNIT	VALUE	NODE	PHASE	NAME
Amplitude	Volt	17960	AC3	ABC	X0012
f	Hz	50			
pha	Deg/Rad	0			
A1		0			
Tstart	s	-1			
Tstop	s	1000			

Type of source:
 Current
 Voltage
 Hide
 Lock

รูปที่ 4.1 การตั้งค่าของแหล่งจ่ายแรงดัน

- 2) แบบจำลองสายส่ง  1 ตัวแปร มีค่าเท่ากับ สายส่ง 1 กิโลเมตร
- 3) โหลด RLC 3 เฟส  แทนค่าโหลดในระบบ
- 4) สวิตช์ที่ตั้งเวลาการทำงาน  ในโปรแกรมจะตั้งเวลาไว้ที่ 0.5 วินาที แล้วเกิดความผิดปกติในระบบ
- 5) กราวด์  เป็นตัวที่ทำให้เกิดความผิดปกติในระบบ
- 6) เครื่องมือวัดกระแส  จะใช้วัดกระแสติดตั้งไว้หน้าโหลด
- 7) เครื่องมือวัดแรงดัน  จะใช้วัดแรงดันติดตั้งไว้จุดที่เกิดการผิดปกติในระบบ

ในงานวิจัยนี้จะจำลองการเกิดความผิดปกติออกเป็น 5 เหตุการณ์ ดังนี้

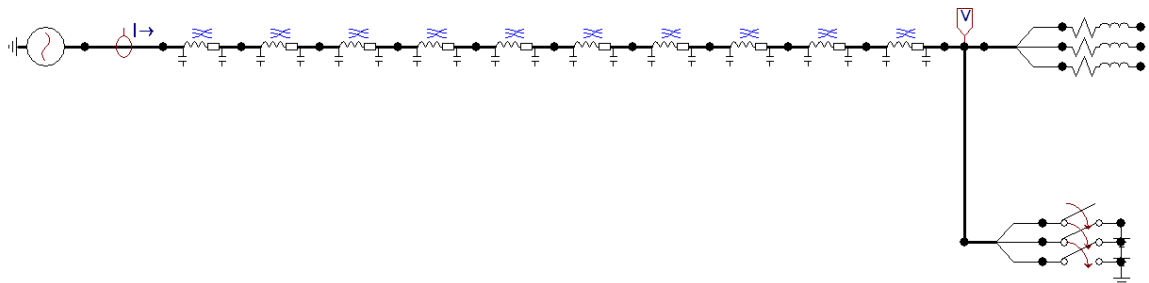
- 1) ความผิดปกติแบบ 3 เฟส
- 2) ความผิดปกติแบบ เฟส-ดิน
- 3) ความผิดปกติแบบ เฟส-เฟส-ดิน
- 4) ความผิดปกติแบบ เฟส-เฟส
- 5) ความไม่สมดุลของโหลด

กรณีศึกษานี้จะกำหนดระบบเริ่มต้นเป็น ดังนี้

ตาราง 4.1 กำหนดระบบเริ่มต้นของระบบในโปรแกรม ATP-EMTP

ระบบ	ขนาด
แหล่งจ่ายแรงดัน 3 เฟส	22kV
ความถี่	50Hz
สายส่ง	10 ก.ม.
โหลด	$2000 + 0.0025i$
เกิดการผิดปกติที่เวลา	0.5 วินาที

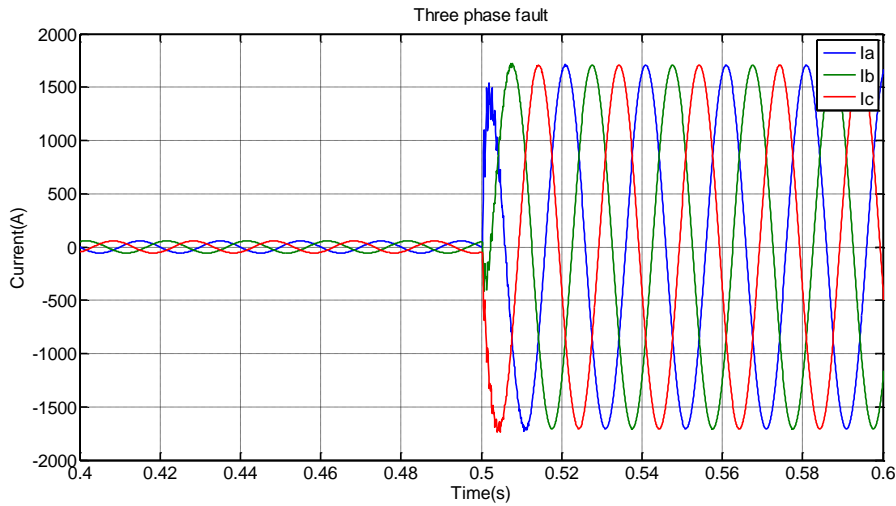
4.1.1 การจำลองสัญญาณ ความผิดปกติแบบ 3 เฟส ในโปรแกรม ATP-EMTP



รูปที่ 4.2 การออกแบบโปรแกรม ATP-EMTP ในสถานะ ความผิดปกติแบบ 3 เฟส

จากรูป 4.2 เป็นการเขียนโปรแกรมจำลอง ในระบบแรงดัน 22kV มีความยาวของสายส่ง 10 กม. จ่ายให้กับโหลดขนาด $2000 + j0.0025$ ที่เวลา 0-1 วินาที และจะเกิดความผิดปกติแบบ 3 เฟส ในระบบที่เวลา 0.5 วินาที

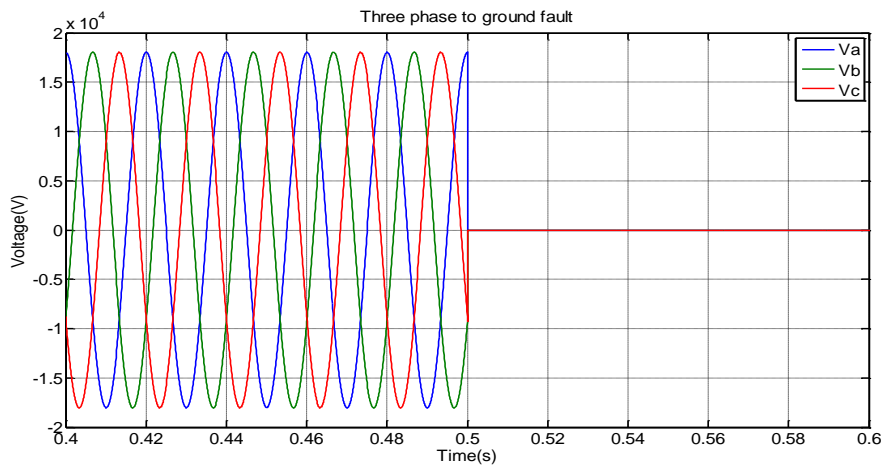
จะได้ กระแส ตามรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 กระแสของ สภาวะ ความผิดปกติแบบ 3 เฟส

จากรูปที่ 4.3 ในช่วงเวลาที่ 0-0.5 วินาที กระแสจะอยู่ในสภาวะปกติ หลังจาก ช่วงเวลา 0.5-1 วินาที จะเป็นสภาวะการเกิดความผิดปกติในระบบ จะเห็นได้ว่าช่วงเวลา 0.5-1 วินาที กระแสพุ่งสูงขึ้นเท่ากันทั้งสามเฟสลักษณะนี้คือ สภาวะ ความผิดปกติแบบ 3 เฟส

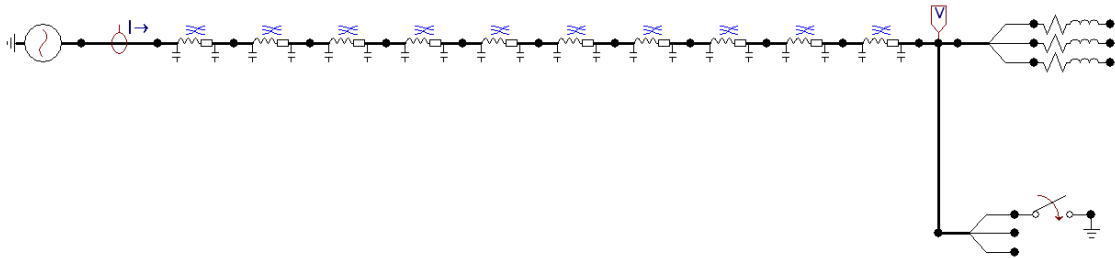
จะได้ แรงดัน ตามรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 แรงดันของ สภาวะ ความผิดปกติแบบ 3 เฟส

จากรูปที่ 4.4 ในช่วงเวลาที่ 0-0.5 วินาที แรงดันจะอยู่ในสภาวะปกติ หลังจาก ช่วงเวลา 0.5-1 วินาที จะเป็นสภาวะการเกิดความผิดปกติในระบบ จะเห็นได้ว่าช่วงเวลา 0.5-1 วินาที แรงดันจะหายไปเหมือนกันทั้งสามเฟส ลักษณะนี้คือ สภาวะ ความผิดปกติแบบ 3 เฟส

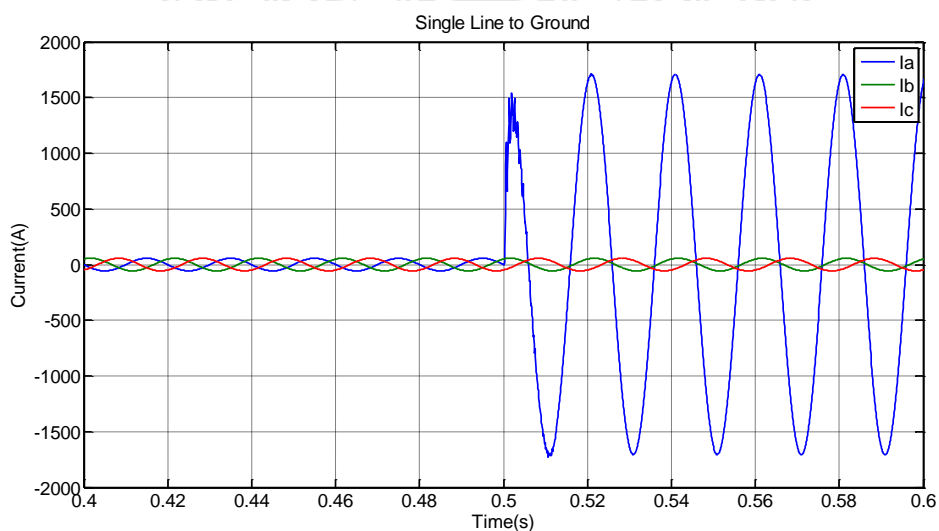
4.1.2 การจำลองสัญญาณ ความผิดปกติแบบ เฟส-ดิน ในโปรแกรม ATP-EMTP



รูปที่ 4.5 การออกแบบโปรแกรม ATP-EMTP ในสภาวะ ความผิดปกติแบบ 3 เฟส

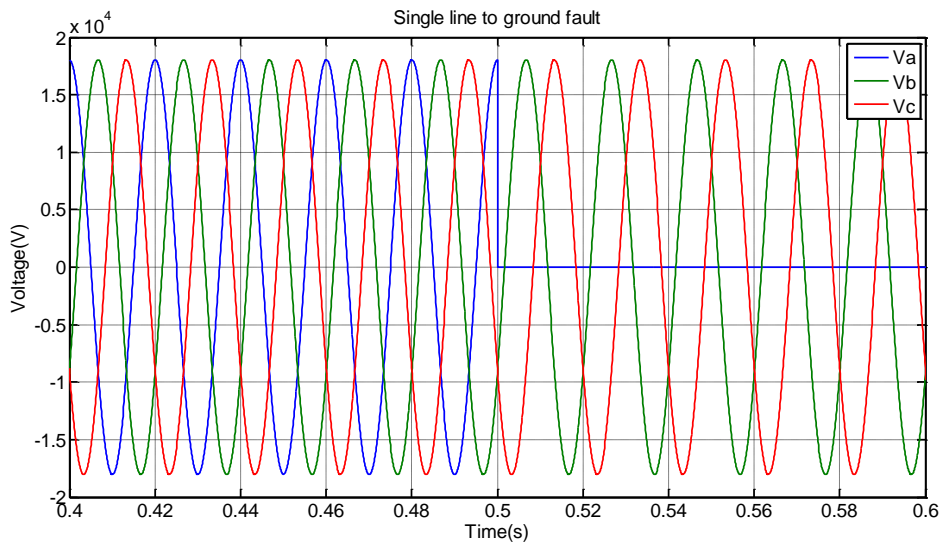
จากรูป 4.5 เป็นการเขียนโปรแกรมจำลอง ในระบบแรงดัน 22kV มีความยาวของสายส่ง 10 กม. จ่ายให้กับโหลดขนาด $2000 + j0.0025$ ที่เวลา 0-1 วินาที และจะเกิดความผิดปกติแบบ เฟส-ดิน ในระบบที่เวลา 0.5 วินาที

จะได้ กระแส ตามรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 กระแสของ สภาวะ ความผิดปกติแบบ เฟส-ดิน

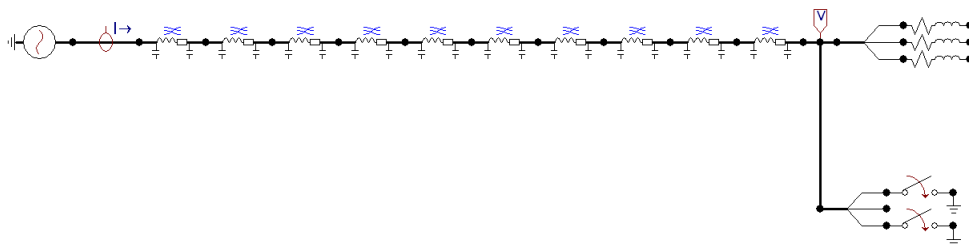
จากรูปที่ 4.6 ในช่วงเวลาที่ 0-0.5 วินาที กระแสจะอยู่ในสภาวะปกติ หลังจาก ช่วงเวลา 0.5-1 วินาที จะเป็นสภาวะการเกิดความผิดปกติในระบบ จะเห็นได้ว่าช่วงเวลา 0.5-1 วินาที กระแสพุ่งสูงขึ้นเพียง 1 เฟสเท่านั้น ในที่นี้คือเฟส A ลักษณะนี้คือ สภาวะ ความผิดปกติแบบ เฟส-ดิน จะได้ แรงดัน ตามรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 แรงดันของ สภาวะ ความผิดปกติแบบ เฟส-ดิน

จากรูปที่ 4.7 ในช่วงเวลาที่ 0-0.5 วินาที แรงดันจะอยู่ในสภาวะปกติ หลังจากช่วงเวลา 0.5-1 วินาที จะเป็นสภาวะการเกิดความผิดปกติในระบบ จะเห็นได้ว่าช่วงเวลา 0.5-1 วินาที แรงดันจะหายไปเพียง 1 เฟส ในที่นี้คือเฟส A ลักษณะนี้คือ สภาวะ ความผิดปกติแบบ เฟส-ดิน

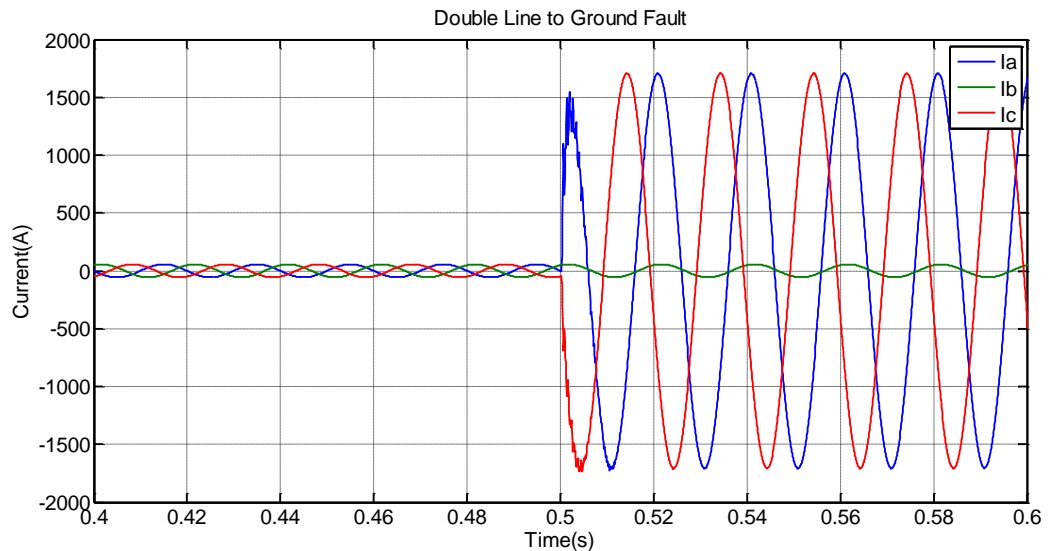
4.1.3 การจำลองสัญญาณ ความผิดปกติแบบ เฟส-เฟส-ดิน ในโปรแกรม ATP-EMTP



รูปที่ 4.8 การออกแบบโปรแกรม ATP-EMTP ในสภาวะ ความผิดปกติแบบ เฟส-เฟส-ดิน

จากรูปที่ 4.8 เป็นการเขียนโปรแกรมจำลอง ในระบบแรงดัน 22kV มีความยาวของสายส่ง 10 กม. จ่ายให้กับโหลดขนาด $2000 + j0.0025$ ที่เวลา 0-1 วินาที และจะเกิดความผิดปกติแบบ ความผิดปกติแบบ เฟส-เฟส-ดิน ในระบบที่เวลา 0.5 วินาที

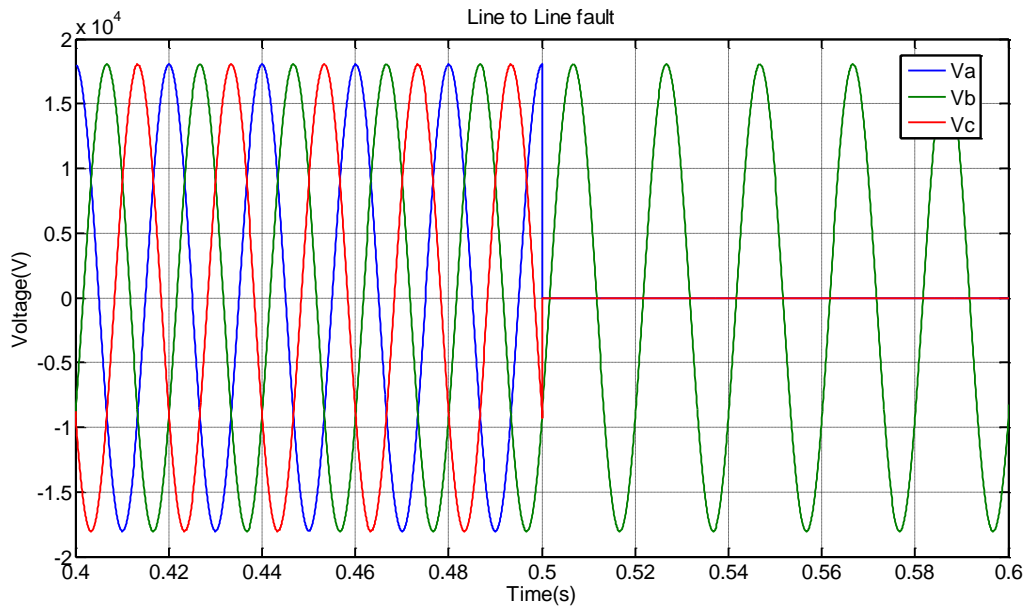
จะได้ กระแส ตามรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 กระแสของ สภาวะ ความผิดปกติแบบ เฟส-เฟส-ดิน

จากรูปที่ 4.9 ในช่วงเวลาที่ 0-0.5 วินาที กระแสจะอยู่ในสภาวะปกติ หลังจากช่วงเวลา 0.5-1 วินาที จะเป็นสภาวะการเกิดความผิดปกติในระบบ จะเห็นได้ว่าช่วงเวลา 0.5-1 วินาที กระแสพุ่งสูงขึ้นเพียง 2 เฟสเท่านั้น ในที่นี้คือเฟส A และ C ลักษณะนี้คือ สภาวะ ความผิดปกติแบบ เฟส-เฟส-ดิน

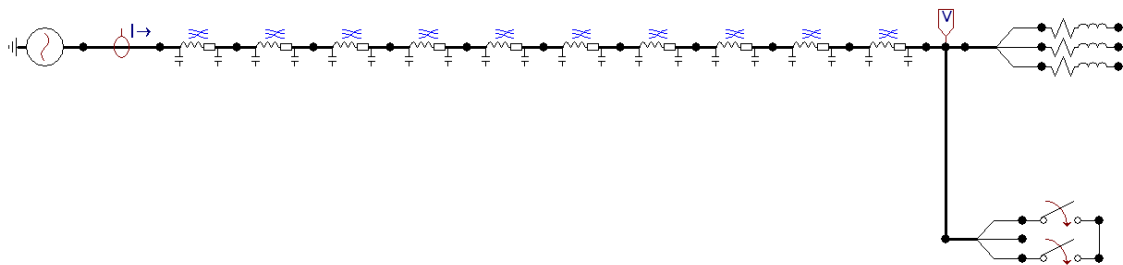
จะได้แรงดันตามรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10 แรงดันของ สภาวะ ความผิดปกติแบบ เฟส-เฟส-ดิน

จากรูปที่ 4.10 ในช่วงเวลาที่ 0-0.5 วินาที แรงดันจะอยู่ในสภาวะปกติ หลังจากช่วงเวลา 0.5-1 วินาที จะเป็นสภาวะการเกิดความผิดปกติในระบบ จะเห็นได้ว่าช่วงเวลา 0.5-1 วินาที แรงดันจะหายไปเพียง 2 เฟส ในที่นี้คือเฟส A และ C ลักษณะนี้คือ สภาวะ ความผิดปกติแบบ เฟส-เฟส-ดิน

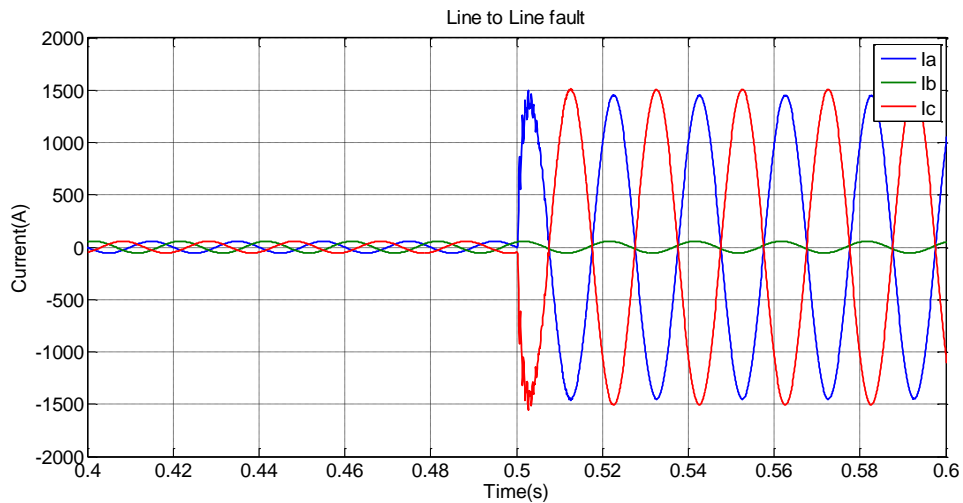
4.1.4 การจำลองสัญญาณ ความผิดปกติแบบ เฟส-เฟส ในโปรแกรม ATP-EMTP



รูปที่ 4.11 การออกแบบโปรแกรม ATP-EMTP ในสภาวะ ความผิดปกติแบบ เฟส-ดิน

จากรูปที่ 4.11 เป็นการเขียนโปรแกรมจำลอง ในระบบแรงดัน 22kV มีความยาวของสายส่ง 10 กม. จ่ายให้กับโหลดขนาด $2000 + j0.0025$ ที่เวลา 0-1 วินาที และจะเกิดความผิดปกติแบบ ความผิดปกติแบบ เฟส-เฟส ในระบบที่เวลา 0.5 วินาที

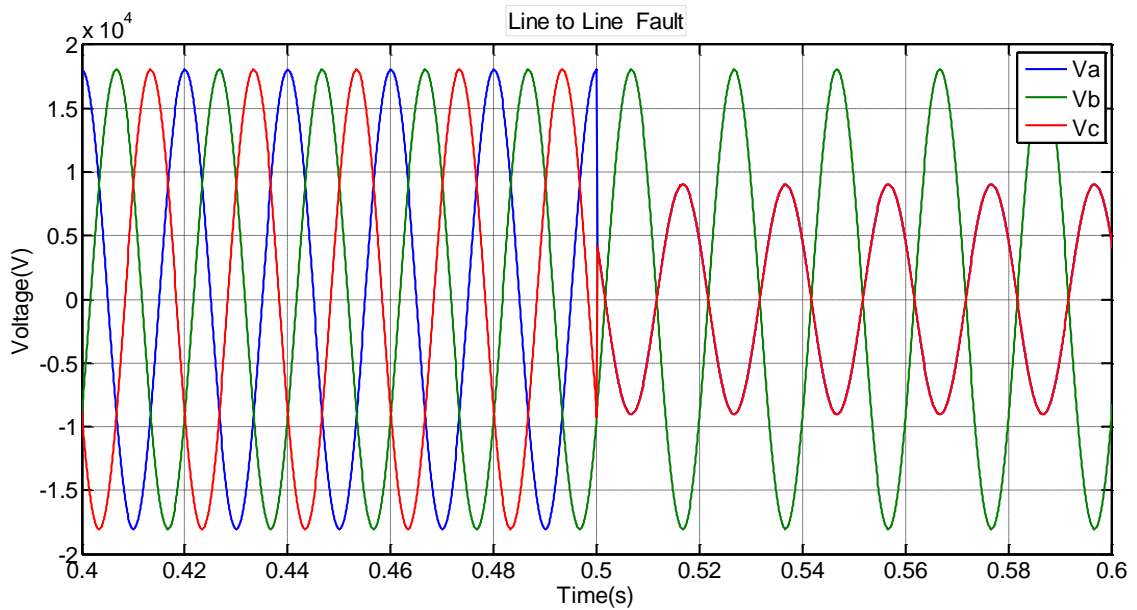
จะได้ กระแส ตามรูปที่ 4.12



รูปที่ 4.12 กระแสของ สภาวะ ความผิดปกติแบบ เฟส-เฟส

จากรูปที่ 4.12 ในช่วงเวลาที่ 0-0.5 วินาที กระแสจะอยู่ในสภาวะปกติ หลังจากช่วงเวลา 0.5-1 วินาที จะเป็นสภาวะการเกิดความผิดปกติในระบบ จะเห็นได้ว่าช่วงเวลา 0.5-1 วินาที กระแสพุ่งสูงขึ้นเพียง 2 เฟสเท่านั้น ในที่นี้คือเฟส A และ C ลักษณะนี้คือ สภาวะ ความผิดปกติแบบ เฟส-เฟส

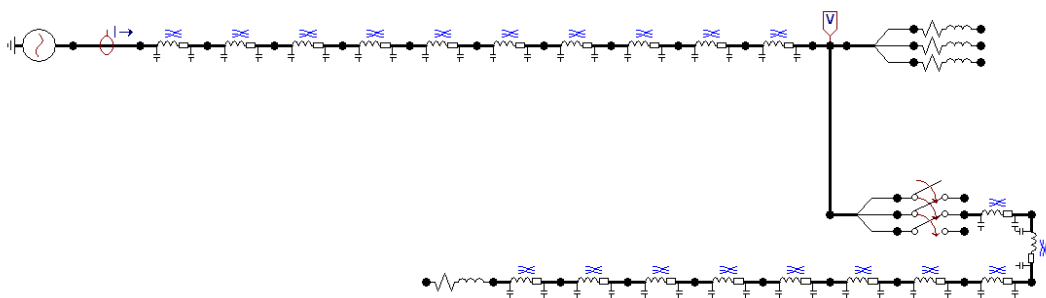
จะได้ แรงดัน ตามรูปที่ 4.13



รูปที่ 4.13 กระแสของ สภาวะ ความผิดปกติแบบ เฟส-เฟส

จากรูปที่ 4.13 ในช่วงเวลาที่ 0-0.5 วินาที แรงดันจะอยู่ในสภาวะปกติ หลังจากช่วงเวลา 0.5-1 วินาที จะเป็นสภาวะการเกิดความผิดปกติในระบบ จะเห็นได้ว่าช่วงเวลา 0.5-1 วินาที แรงดันจะหายไปบางส่วนเพียง 2 เฟส ในที่นี้คือเฟส A และ C ลักษณะนี้คือ สภาวะ ความผิดปกติแบบ เฟส-เฟส

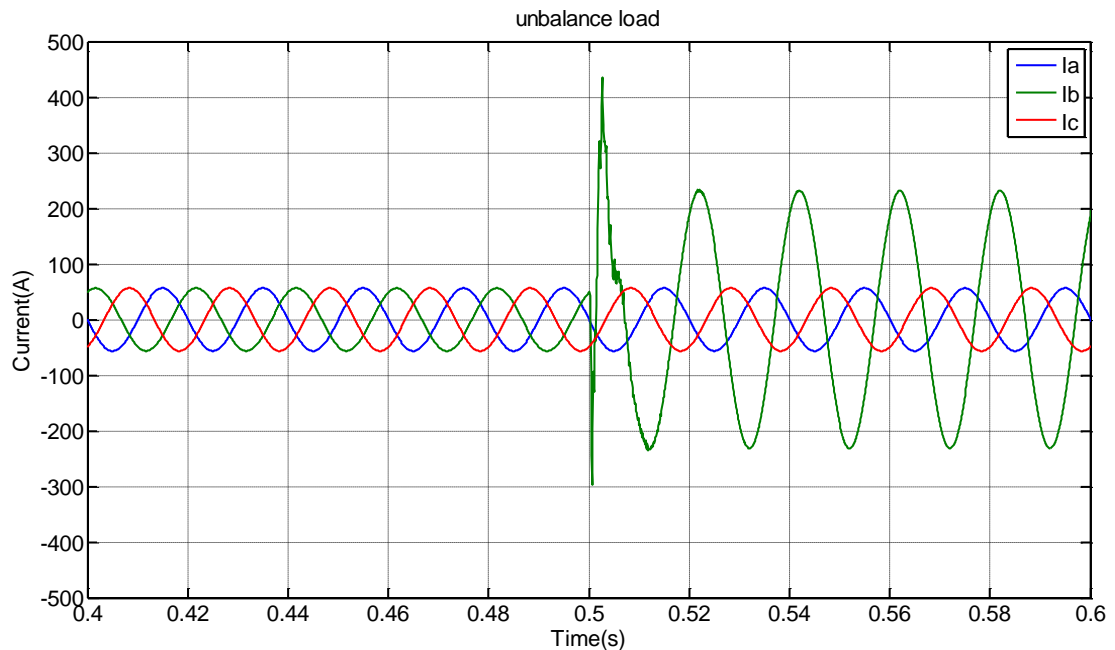
4.1.5 การจำลองสัญญาณ ความไม่สมดุลของโหลด ในโปรแกรม ATP-EMTP



รูปที่ 4.14 การออกแบบโปรแกรม ATP-EMTP ในสภาวะ ความไม่สมดุลของโหลด

จากรูปที่ 4.14 เป็นการเขียนโปรแกรมจำลอง ในระบบแรงดัน 22kV มีความยาวของสายส่ง 10 กม. จ่ายให้กับโหลดขนาด $2000 + j0.0025$ ที่เวลา 0-1 วินาที และจะจ่ายโหลดเพิ่มที่เฟส B ที่เวลา 0.5 วินาที ซึ่งจะทำให้เกิดสภาวะ ความไม่สมดุลของโหลด ในระบบขึ้น

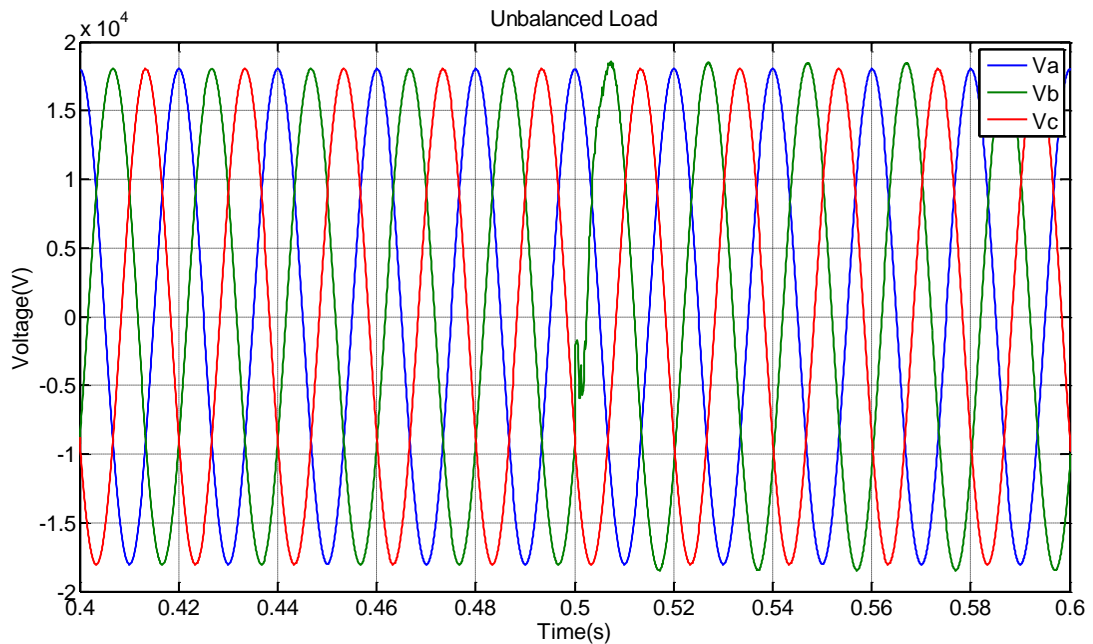
จะได้ กระแส ตามรูปที่ 4.15



รูปที่ 4.15 กระแสของ สภาวะ ความไม่สมดุลของโหลด

จากรูปที่ 4.15 ในช่วงเวลาที่ 0-0.5 วินาที กระแสจะอยู่ในสภาวะปกติ หลังจากช่วงเวลา 0.5-1 วินาที จะเป็นสภาวะการเกิดความผิดปกติในระบบ จะเห็นได้ว่าช่วงเวลา 0.5-1 วินาที กระแสพุ่งสูงขึ้นเพียง 1 เฟสเท่านั้น ในที่นี้คือเฟส B ลักษณะนี้คือ สภาวะ ความไม่สมดุลของโหลด

จะได้ แรงดัน ตามรูปที่ 4.16



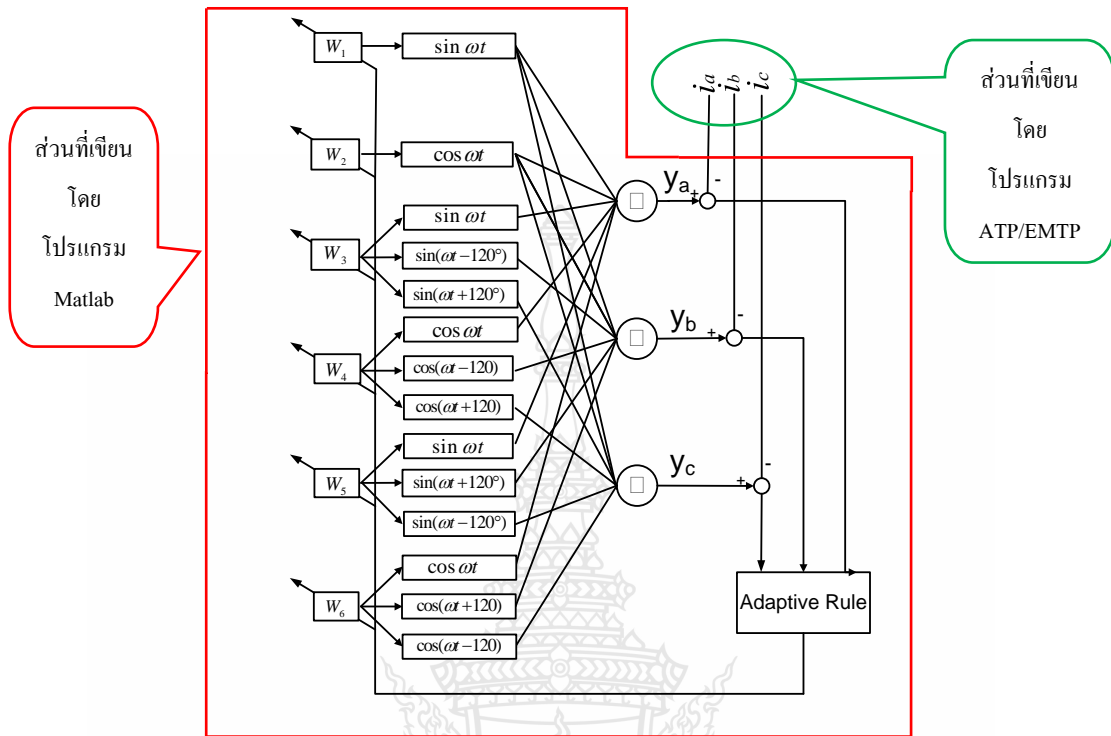
รูปที่ 4.16 แรงดันของ สภาวะ ความไม่สมดุลของ โหลด

จากรูปที่ 4.16 ในช่วงเวลาที่ 0-0.5 วินาที แรงดันจะอยู่ในสภาวะปกติ หลังจากช่วงเวลา 0.5-1 วินาที จะเป็นสภาวะการเกิดความผิดปกติในระบบ จะเห็นได้ว่าช่วงเวลา 0.5-1 วินาที แรงดันจะผิดเพี้ยนไปเล็กน้อย สภาวะนี้คือ ความไม่สมดุลของ โหลด

4.2 การติดตาม/ประมาณค่า องค์ประกอบสมมาตร โดยใช้โปรแกรม Matlab

ในงานวิจัยนี้จะใช้โปรแกรม Matlab เพื่อทำการทดสอบอัลกอริทึมว่าถูกต้องหรือไม่ โดยเราจะเขียนโปรแกรมโดยใช้สมการที่ (3.1)-(3.17) แล้วนำมาเปรียบเทียบกับ I_a, I_b, I_c หรือ V_a, V_b, V_c จากโปรแกรม ATP-EMTP เพื่อหาค่า Error โดยโปรแกรมจะอยู่ที่ภาคผนวก ค

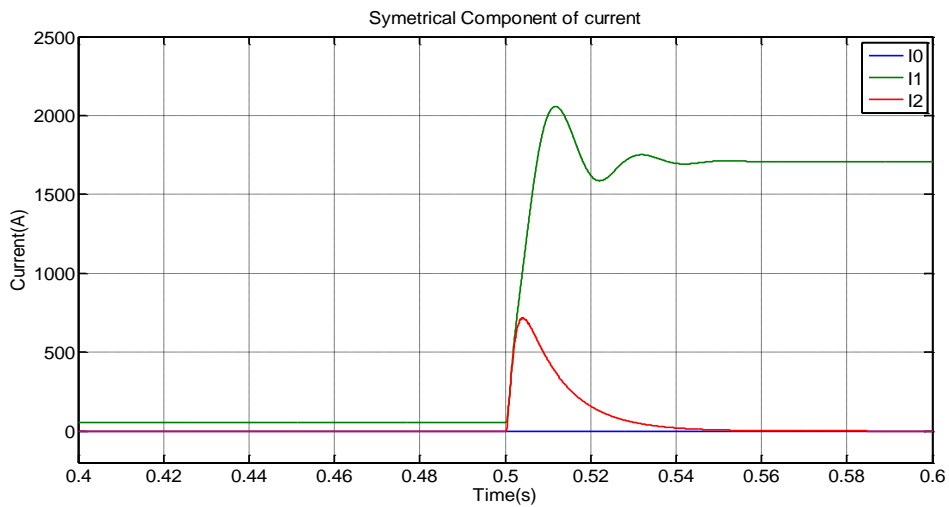
โดยโปรแกรมที่เขียนจะอยู่ใน โครงสร้างอัลกอริทึม ตามรูปที่ 4.17



รูปที่ 4.17 โครงสร้างของอัลกอริทึม

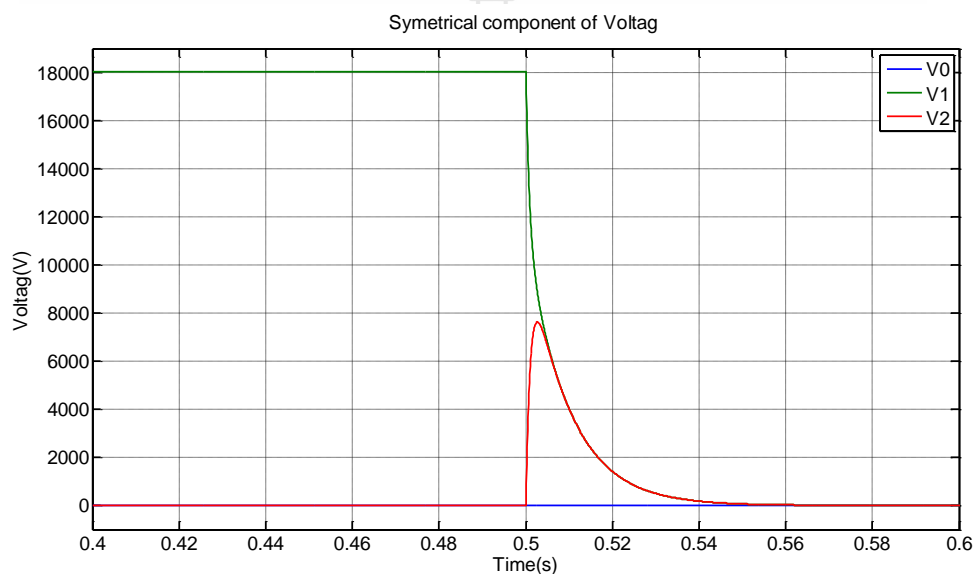
จะสามารถติดตาม/ประมาณค่า องค์ประกอบสมมาตรได้ตามเหตุการณ์ดังนี้

4.2.1 การติดตาม/ประมาณค่า องค์ประกอบสมมาตรของสัญญาณ ความผิดปกติแบบ 3 เฟส ในโปรแกรม Matlab



รูปที่ 4.18 องค์ประกอบสมมาตรของกระแส สภาวะการเกิด ความผิดปกติแบบ 3 เฟส

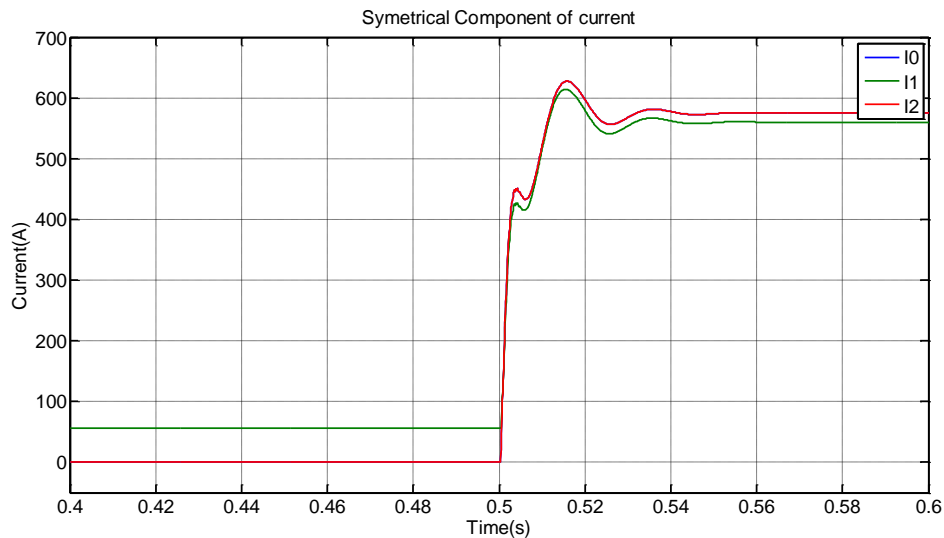
จากรูปที่ 4.18 เป็นการติดตาม/ประมาณค่า องค์ประกอบสมมาตรของกระแสซึ่งจะใช้ค่าของตัวแปรต่างๆ ในการคำนวณจะได้จากกราฟในรูปที่ 4.3 ในช่วงเวลา 0-0.5 วินาที ระบบจะอยู่ในสภาวะปกติ องค์ประกอบสมมาตรจะต้องมีเพียงแค่ลำดับบวก จากนั้นในช่วงเวลา 0.5-1 วินาที จะเกิดความผิดปกติแบบ 3 เฟส ซึ่งเป็นความผิดปกติแบบสมมาตร จะต้องมีเพียงแค่ลำดับบวกเช่นกัน จากรูปที่ 4.18 จะสรุปได้ว่าการติดตาม/ประมาณค่า องค์ประกอบสมมาตรนี้ เป็นไปตามทฤษฎี และในช่วงเวลา 0.5-0.54 วินาที จะเป็นการปรับตัวเข้าระบบเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลง ค่าจะมีค่าอย่างไรขึ้นอยู่กับ ค่า α (Learning Parameter) ในสมการที่ (3.17)



รูปที่ 4.19 องค์ประกอบสมมาตรของแรงดัน สภาวะการเกิด ความผิดปกติแบบ 3 เฟส

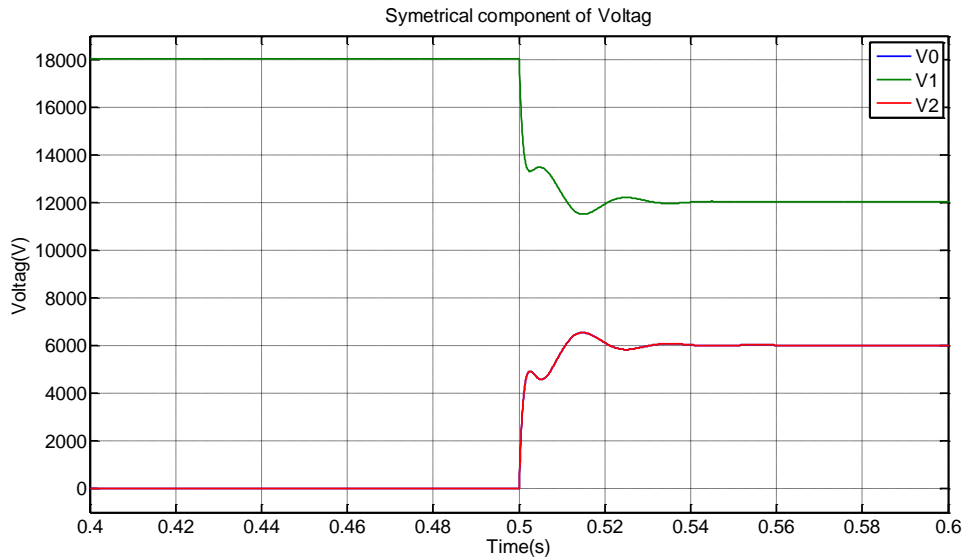
จากรูปที่ 4.19 เป็นการติดตาม/ประมาณค่า องค์ประกอบสมมาตรของแรงดันซึ่งจะใช้ค่าของตัวแปรต่างๆ ในการคำนวณจะได้ จากกราฟในรูปที่ 4.4 ในช่วงเวลา 0-0.5 วินาที ระบบจะอยู่ในสภาวะปกติ องค์ประกอบสมมาตรจะต้องมีเพียงแค่ลำดับบวก จากนั้นในช่วงเวลา 0.5-1 วินาที จะเกิดความผิดปกติแบบ 3 เฟส ซึ่งเป็นความผิดปกติแบบสมมาตร ลำดับต่างๆจะต้องไม่มีค่าเนื่องจากแรงดันทั้งสามเฟสมีค่าเท่ากับศูนย์ จากรูปที่ 4.19 จะสรุปได้ว่าการติดตาม/ประมาณค่า องค์ประกอบสมมาตรนี้ เป็นไปตามทฤษฎี และในช่วงเวลา 0.5-0.54 วินาที จะเป็นการปรับตัวเข้าระบบเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลง ค่าจะมีค่าอย่างไรขึ้นอยู่กับ ค่า α (Learning Parameter) ในสมการที่ (3.17)

4.2.2 การติดตาม/ประมาณค่า องค์ประกอบสมมาตรของสัญญาณ ความผิดปกติแบบ เฟส-ดิน ในโปรแกรม Matlab



รูปที่ 4.20 องค์ประกอบสมมาตรของกระแส สภาวะการเกิด ความผิดปกติแบบ เฟส-ดิน

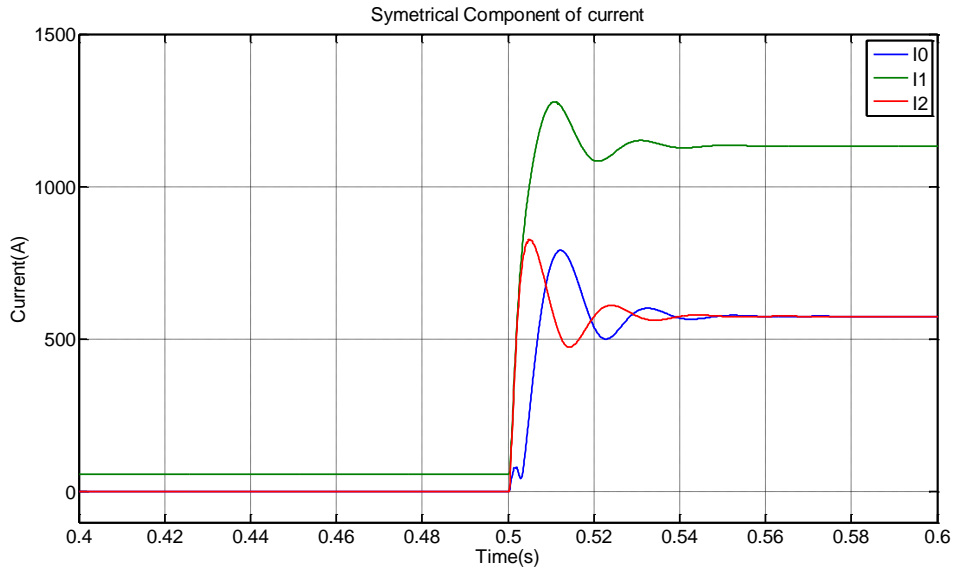
จากรูปที่ 4.20 เป็นการติดตาม/ประมาณค่า องค์ประกอบสมมาตรของกระแสซึ่งจะใช้ค่าของตัวแปรต่างๆ ในการคำนวณจะได้จากกราฟในรูปที่ 4.5 ในช่วงเวลา 0-0.5 วินาที ระบบจะอยู่ในสภาวะปกติ องค์ประกอบสมมาตรจะต้องมีเพียงแค่ลำดับบวก จากนั้นในช่วงเวลา 0.5-1 วินาที จะเกิดความผิดปกติของ ความผิดปกติแบบ เฟส-ดิน ซึ่งเป็นความผิดปกติแบบไม่สมมาตร ติดตาม/ประมาณค่า องค์ประกอบสมมาตร ของ ความผิดปกติแบบ เฟส-ดิน นี้ลำดับบวกลำดับลบและลำดับศูนย์จะต้องมีค่าเท่ากัน แต่ในรูปมีความแตกต่างกันเล็กน้อยเนื่องมาจากผลของโหลด จากรูปที่ 4.18 จะสรุปได้ว่าการติดตาม/ประมาณค่า องค์ประกอบสมมาตรนี้ เป็นไปตามทฤษฎี และในช่วงเวลา 0.5-0.54 วินาที จะเป็นการปรับตัวเข้าระบบเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลง ค่าจะมีค่าอย่างไรขึ้นอยู่กับ ค่า α (Learning Parameter) ในสมการที่ (3.17)



รูปที่ 4.21 องค์ประกอบสมมาตรของแรงดัน สถานะการเกิด ความผิดปกติแบบ เฟส-ดิน

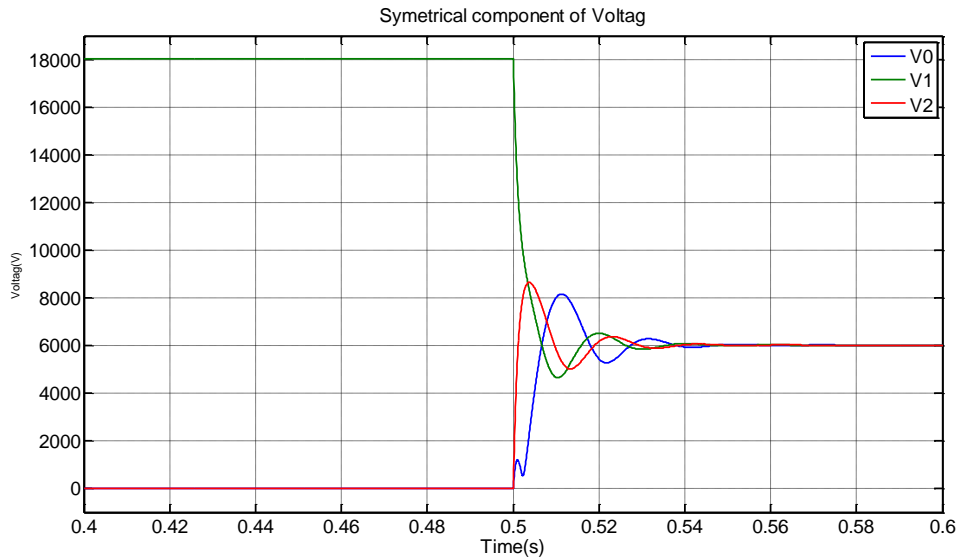
จากรูปที่ 4.21 เป็นการติดตาม/ประมาณค่า องค์ประกอบสมมาตรของแรงดันซึ่งจะใช้ค่าของตัวแปรต่างๆ ในการคำนวณจะได้ จากกราฟในรูปที่ 4.6 ในช่วงเวลา 0-0.5 วินาที ระบบจะอยู่ในสภาวะปกติ องค์ประกอบสมมาตรจะต้องมีเพียงแต่ลำดับบวก จากนั้นในช่วงเวลา 0.5-1 วินาที จะเกิดความผิดปกติแบบ เฟส-ดิน ซึ่งเป็นความผิดปกติแบบไม่สมมาตร ลำดับศูนย์และลำดับลบจะเท่ากัน ลำดับลบมีค่าสูงกว่าสองลำดับแรก เนื่องจากแรงดันในระบบหายไป 1 เฟส จากรูปที่ 4.21 จะสรุปได้ว่าการติดตาม/ประมาณค่า องค์ประกอบสมมาตรนี้ เป็นไปตามทฤษฎี และในช่วงเวลา 0.5-0.54 วินาที จะเป็นการปรับตัวเข้าระบบเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลง ค่าจะมีค่าอย่างไรขึ้นอยู่กับ ค่า α (Learning Parameter) ในสมการที่ (3.17)

4.2.3 การติดตาม/ประมาณค่า องค์ประกอบสมมาตรของสัญญาณ ความผิดปกติแบบ เฟส-เฟส-ดิน ในโปรแกรม Matlab



รูปที่ 4.22 องค์ประกอบสมมาตรของกระแส สถานะการเกิด ความผิดปกติแบบ เฟส-เฟส-ดิน

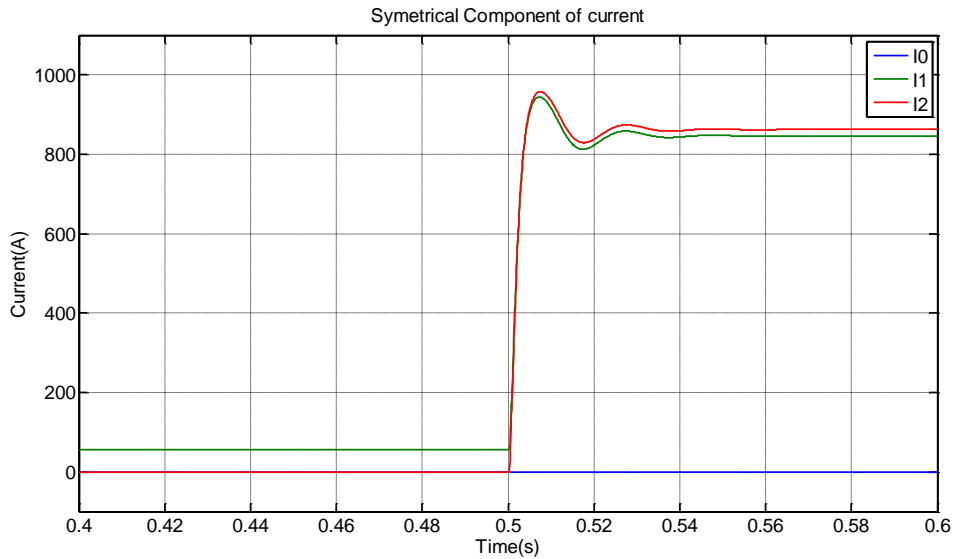
จากรูปที่ 4.22 เป็นการติดตาม/ประมาณค่า องค์ประกอบสมมาตรของกระแสซึ่งจะใช้ค่าของตัวแปรต่างๆ ในการคำนวณจะได้จากกราฟในรูปที่ 4.7 ในช่วงเวลา 0-0.5 วินาที ระบบจะอยู่ในสภาวะปกติ องค์ประกอบสมมาตรจะต้องมีเพียงแค่ลำดับบวก จากนั้นในช่วงเวลา 0.5-1 วินาที จะเกิดความผิดปกติแบบ เฟส-เฟส-ดิน ซึ่งเป็นความผิดปกติแบบไม่สมมาตร ติดตาม/ประมาณค่า องค์ประกอบสมมาตร ของ ความผิดปกติแบบ เฟส-เฟส-ดิน นี้ ลำดับลบ, ลำดับศูนย์จะต้องมีค่าเท่ากันและมีลำดับบวกมีค่ามากกว่า จากรูปที่ 4.22 จะสรุปได้ว่าการติดตาม/ประมาณค่า องค์ประกอบสมมาตรนี้ เป็นไปตามทฤษฎี และในช่วงเวลา 0.5-0.54 วินาที จะเป็นการปรับตัวเข้าระบบเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลง ค่าจะมีค่าอย่างไรขึ้นอยู่กับ ค่า α (Learning Parameter) ในสมการที่ (3.17)



รูปที่ 4.23 องค์ประกอบสมมาตรของแรงดัน สภาวะการเกิด ความผิดปกติแบบ เฟส-เฟส-ดิน

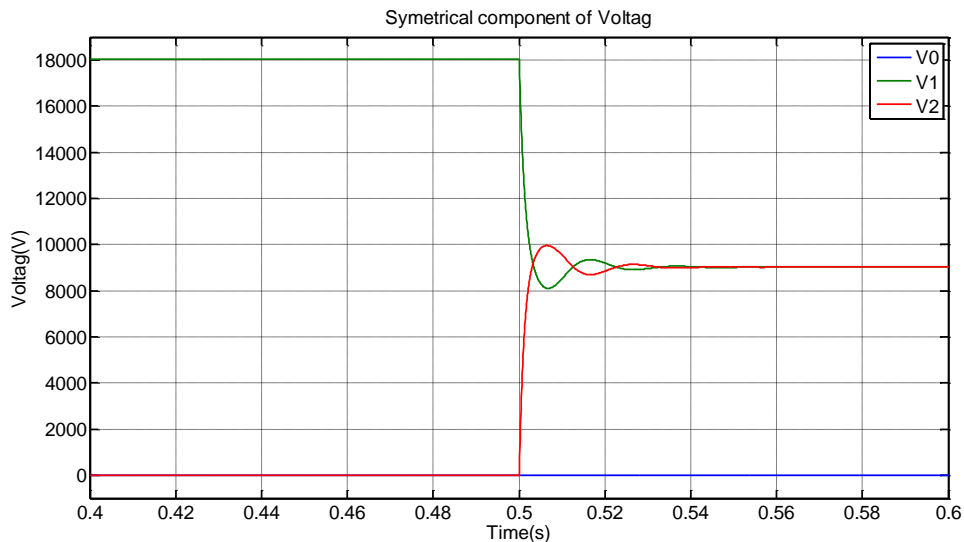
จากรูปที่ 4.23 เป็นการติดตาม/ประมาณค่า องค์ประกอบสมมาตรของแรงดันซึ่งจะใช้ค่าของตัวแปรต่างๆ ในการคำนวณจะได้ จากกราฟในรูปที่ 4.8 ในช่วงเวลา 0-0.5 วินาที ระบบจะอยู่ในสภาวะปกติ องค์ประกอบสมมาตรจะต้องมีเพียงแค่ลำดับบวก จากนั้นในช่วงเวลา 0.5-1 วินาที จะเกิดความผิดปกติแบบ ความผิดปกติแบบ เฟส-เฟส-ดิน ซึ่งเป็นความผิดปกติแบบไม่สมมาตร ลำดับบวก, ลำดับลบ, ลำดับศูนย์จะต้องมีค่าเท่ากัน เนื่องจากแรงดันในระบบจะเพิ่มขึ้น 2 เฟสและอีก 1 เฟสจะเป็นปกติ จากรูปที่ 4.23 จะสรุปได้ว่าการติดตาม/ประมาณค่า องค์ประกอบสมมาตรนี้ เป็นไปตามทฤษฎี และในช่วงเวลา 0.5-0.54 วินาที จะเป็นการปรับตัวเข้าระบบเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลง ค่าจะมีค่าอย่างไรขึ้นอยู่กับ ค่า α (Learning Parameter) ในสมการที่ (3.17)

4.2.4 การติดตาม/ประมาณค่า องค์ประกอบสมมาตรของสัญญาณ ความผิดปกติแบบ เฟส-เฟส ในโปรแกรม Matlab



รูปที่ 4.24 องค์ประกอบสมมาตรของกระแส สถานะการเกิด ความผิดปกติแบบ เฟส-เฟส

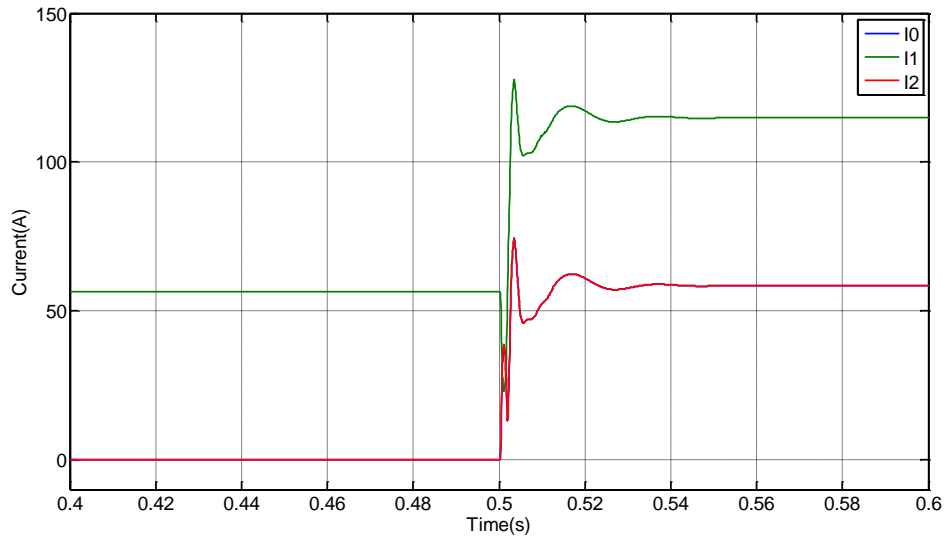
จากรูปที่ 4.24 เป็นการติดตาม/ประมาณค่า องค์ประกอบสมมาตรของกระแสซึ่งจะใช้ค่าของตัวแปรต่างๆ ในการคำนวณจะได้จากกราฟในรูปที่ 4.9 ในช่วงเวลา 0-0.5 วินาที ระบบจะอยู่ในสภาวะปกติ องค์ประกอบสมมาตรจะต้องมีเพียงแค่ลำดับบวก จากนั้นในช่วงเวลา 0.5-1 วินาที จะเกิดความผิดปกติแบบ เฟส-เฟส ซึ่งเป็นความผิดปกติแบบไม่สมมาตร ติดตาม/ประมาณค่า องค์ประกอบสมมาตร ของ ความผิดปกติแบบ เฟส-เฟส-ดิน นี้ ลำดับบวก, ลำดับลบจะต้องมีค่าเท่ากันและมีลำดับศูนย์จะไม่มีค่า จากรูปที่ 4.24 จะสรุปได้ว่าการติดตาม/ประมาณค่า องค์ประกอบสมมาตรนี้ เป็นไปตามทฤษฎี และในช่วงเวลา 0.5-0.54 วินาที จะเป็นการปรับตัวเข้าระบบเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลง ค่าจะมีค่าอย่างไรขึ้นอยู่กับ ค่า α (Learning Parameter) ในสมการที่ (3.17)



รูปที่ 4.25 องค์ประกอบสมมาตรของแรงดัน สภาวะการเกิด ความผิดปกติแบบ เฟส-เฟส

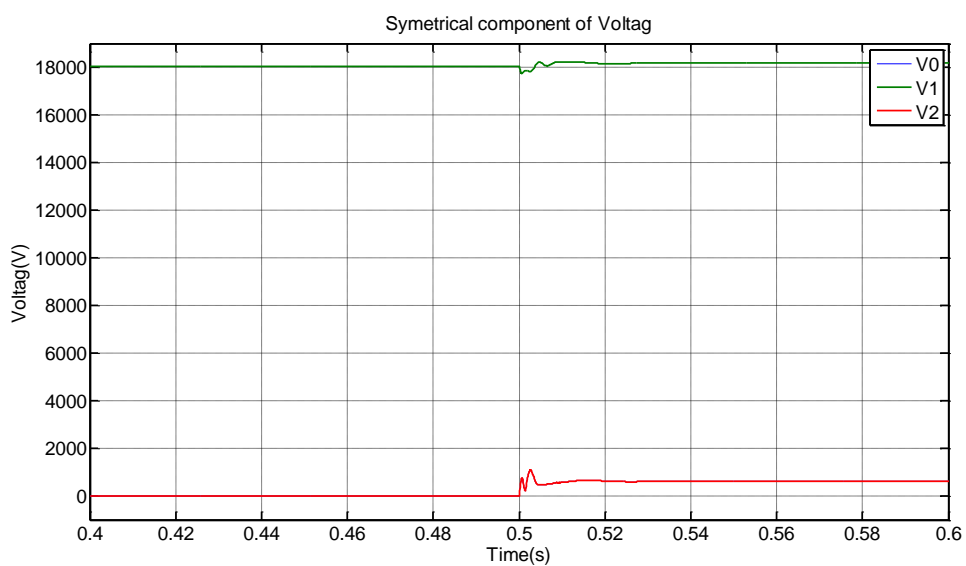
จากรูปที่ 4.25 เป็นการติดตาม/ประมาณค่า องค์ประกอบสมมาตรของแรงดันซึ่งจะใช้ค่าของตัวแปรต่างๆ ในการคำนวณจะได้ จากกราฟในรูปที่ 4.10 ในช่วงเวลา 0-0.5 วินาที ระบบจะอยู่ในสภาวะปกติ องค์ประกอบสมมาตรจะต้องมีเพียงแค่ลำดับบวก จากนั้นในช่วงเวลา 0.5-1 วินาที จะเกิดความผิดปกติแบบ ความผิดปกติแบบ เฟส-เฟส ซึ่งเป็นความผิดปกติแบบไม่สมมาตร ลำดับบวก, ลำดับลบจะมีค่าเท่ากันและลำดับศูนย์จะต้องไม่มีค่า เนื่องจากแรงดันในระบบจะลดลงไป 2 เฟสและอีก 1 เฟส จะเป็นปกติ จากรูปที่ 4.25 จะสรุปได้ว่าการติดตาม/ประมาณค่า องค์ประกอบสมมาตรนี้เป็นไปตามทฤษฎี และในช่วงเวลา 0.5-0.54 วินาที จะเป็นการปรับตัวเข้าระบบเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลง ค่าจะมีค่าอย่างไรขึ้นอยู่กับ ค่า α (Learning Parameter) ในสมการที่ (3.17)

4.2.4 การติดตาม/ประมาณค่า องค์ประกอบสมมาตรของสัญญาณ ความไม่สมดุลของโหลด ในโปรแกรม Matlab



รูปที่ 4.26 องค์ประกอบสมมาตรของกระแส สถานะการเกิด ความไม่สมดุลของโหลด

จากรูปที่ 4.26 เป็นการติดตาม/ประมาณค่า องค์ประกอบสมมาตรของกระแส เพื่อที่จะแสดงให้เห็นว่า อัลกอริทึมนี้ ติดตาม/ประมาณค่า องค์ประกอบสมมาตรของกระแสได้ แต่จะมีค่าเท่าใดนั้นจะขึ้นอยู่กับความแตกต่างของกระแส



รูปที่ 4.27 องค์ประกอบสมมาตรของกระแส สถานะการเกิด ความไม่สมดุลของโหลด

จากรูปที่ 4.27 เป็นการติดตาม/ประมาณค่า องค์ประกอบสมมาตรของแรงดัน เพื่อที่จะแสดงให้เห็นว่า อัลกอริทึมนี้ ติดตาม/ประมาณค่า องค์ประกอบสมมาตรของแรงดันได้ แต่จะมีค่าเท่าใดนั้นจะขึ้นอยู่กับความแตกต่างของแรงดัน

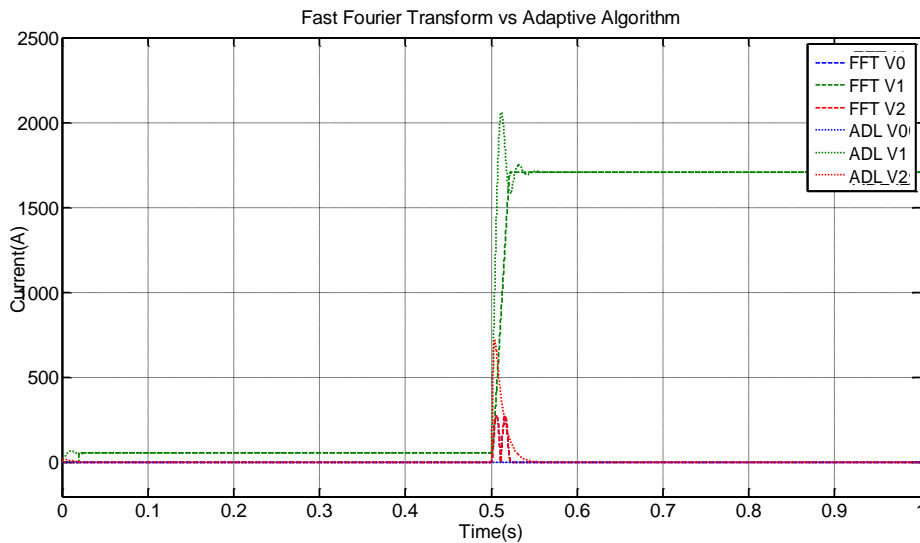
4.3 การเปรียบเทียบความสามารถของ อัลกอริทึมปรับตัวเองได้ กับ Fast Fourier Transform (FFT)

การประมวลผลเพื่อติดตามค่าองค์ประกอบแบบสมมาตรของกระแส หรือ/ และองค์ประกอบสมมาตรของแรงดันอยู่ตลอดเวลาตัวเอง โดยทั่วไปแล้วนิยมใช้วิธีการแปลง FFT ร่วมกับตัวคูณเมทริกซ์ (Matrix Transform) โดยเริ่มต้นจาก สัญญาณของกระแส และแรงดัน ไฟฟ้าซึ่งเป็นสัญญาณอนาล็อก (Analog Signal) มีความต่อเนื่องทางเวลา ถูกเปลี่ยนให้เป็นสัญญาณดิจิทัล (Digital Signal) โดยใช้ตัวแปลงสัญญาณ (A/D) ส่งไปประมวลผลยังไมโครโพรเซสเซอร์เพื่อหาค่าเฟสเซอร์ (Phasor) ของกระแส และแรงดันไฟฟ้าที่เวลาใดๆ โดยอาศัย FFT เมื่อได้ผลลัพธ์ในรูปของค่าเฟสเซอร์ของกระแส และแรงดันไฟฟ้าที่เวลาใดๆ ในขั้นต่อไปจึงใช้ ตัวคูณเมทริกซ์ แปลงค่าจากเฟสเซอร์ของกระแส และแรงดันไฟฟ้าที่เวลาใดๆ เป็นองค์ประกอบสมมาตรของกระแส และแรงดันไฟฟ้าที่เวลาใดๆต่อไป โดยกระบวนการทั้งหมดที่ได้กล่าวมาจะต้องประมวลผลให้เสร็จก่อนที่จะสัญญาณดิจิทัลของกระแส และแรงดันค่าใหม่จะถูกสุ่มเพื่อคำนวณในรอบของการคำนวณถัดไป

เพื่อลดความซับซ้อนในการประมวลผลเพื่อติดตามค่าองค์ประกอบแบบสมมาตรลง อีกทั้งยังเป็นหน่วยประมวลผลเพื่อติดตามค่าองค์ประกอบแบบสมมาตรโดยตรง ในวิทยานิพนธ์นี้จึงได้ออกแบบอัลกอริทึมแบบปรับตัวเอง มีโครงสร้างเชิงเส้นผสมเพื่อให้ผลลัพธ์เป็น 3 ผลลัพธ์ที่เวลาเดียวกัน คือ 1.) องค์ประกอบสมมาตรลำดับศูนย์ 2.) องค์ประกอบสมมาตรลำดับลบ 3.) องค์ประกอบสมมาตรลำดับบวก ซึ่งจะช่วยให้ง่ายต่อการนำไปใช้ประมวลผลเพื่อติดตามค่าองค์ประกอบแบบสมมาตรแบบเวลาจริง (Real Time)

ในวิทยานิพนธ์นี้จึงได้ทำการเปรียบเทียบความสามารถของ อัลกอริทึมปรับตัวเองได้ FFT เพื่อให้ทราบข้อดีและข้อเสียของทั้ง 2 วิธีการ

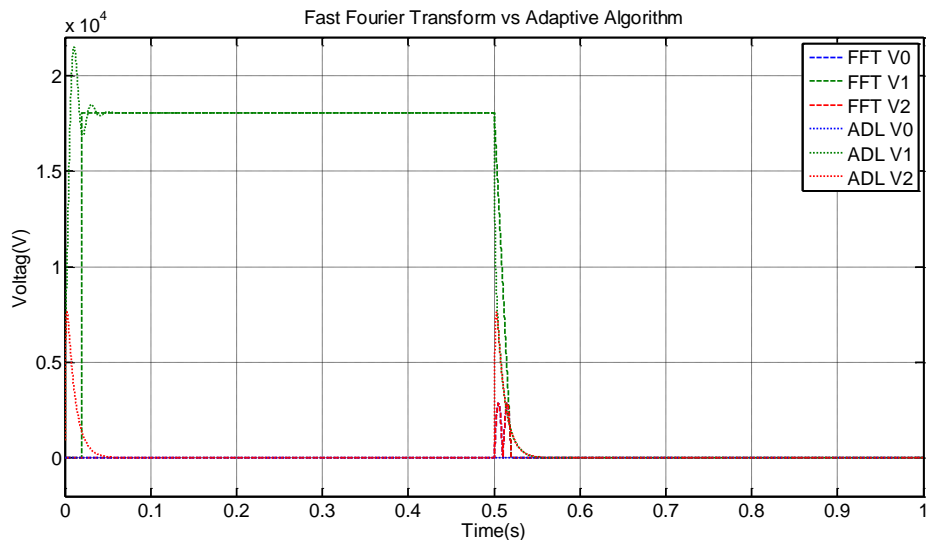
4.3.1 การเปรียบเทียบความสามารถของ อัลกอริธึมปรับตัวเองได้ กับ FFT ในเหตุการณ์ ความผิดปกติแบบ 3 เฟส



รูปที่ 4.28 การเปรียบเทียบความสามารถของ อัลกอริธึมปรับตัวเองได้ กับ FFT ในเหตุการณ์ ความผิดปกติแบบ 3 เฟส ของกระแส

จากรูปที่ 4.28 การวิเคราะห์แบบ FFT นั้นในช่วงเริ่มต้นที่เวลา 0-0.0199 วินาที จะต้องเก็บค่าพารามิเตอร์เพื่อนำค่าพารามิเตอร์ทำการวิเคราะห์ต่อไป จะเห็นได้ว่าหลังจากนั้นที่เวลา 0.0200-0.5 วินาที การติดตาม/ประมาณค่า ค่าองค์ประกอบสมมาตร นั้นมีค่าเท่ากับอัลกอริธึมปรับตัวเองได้ เนื่องจากระบบอยู่ในสภาวะปกติ ต่อจากนั้นช่วงเวลา 0.5 วินาที เกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้น การวิเคราะห์แบบ FFT จะประมาณ/ติดตามค่า ได้เท่ากับ อัลกอริธึมปรับตัวเองได้

จึงสรุปได้ว่า การวิเคราะห์แบบ FFT สามารถติดตาม/ประมาณค่าในระบบที่มีการเปลี่ยนแปลงได้ แต่ใช้เวลามากกว่าการวิเคราะห์แบบ อัลกอริธึมปรับตัวเองได้ ถึง 24.391053 เท่า

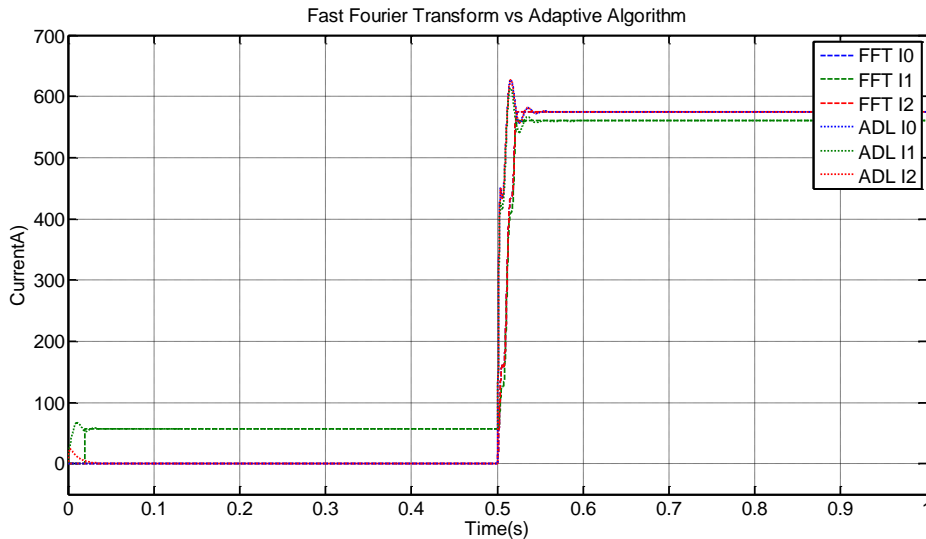


รูปที่ 4.29 การเปรียบเทียบความสามารถของ อัลกอริทึมปรับตัวเองได้ กับ FFT ในเหตุการณ์ ความผิดปกติแบบ 3 เฟส ของแรงดัน

จากรูปที่ 4.29 การวิเคราะห์แบบ FFT นั้นในช่วงเริ่มต้นที่เวลา 0-0.0199 วินาที จะต้องเก็บค่าพารามิเตอร์เพื่อนำค่าพารามิเตอร์ทำการวิเคราะห์ต่อไป จะเห็นได้ว่าหลังจากนั้นที่เวลา 0.0200-0.5 วินาที การติดตาม/ประมาณค่า ค่าองค์ประกอบสมมาตร นั้นมีค่าเท่ากับอัลกอริทึมปรับตัวเองได้ เนื่องจากระบบอยู่ในสภาวะปกติ ต่อจากนั้นช่วงเวลา 0.5 วินาที ที่เกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้น การวิเคราะห์แบบ FFT จะประมาณ/ติดตามค่า ได้เท่ากับ อัลกอริทึมปรับตัวเองได้

จึงสรุปได้ว่า การวิเคราะห์แบบ FFT สามารถติดตาม/ประมาณค่าในระบบที่มีการเปลี่ยนแปลงได้ แต่ใช้เวลามากกว่าการวิเคราะห์แบบ อัลกอริทึมปรับตัวเองได้ ถึง 30.0234795 เท่า

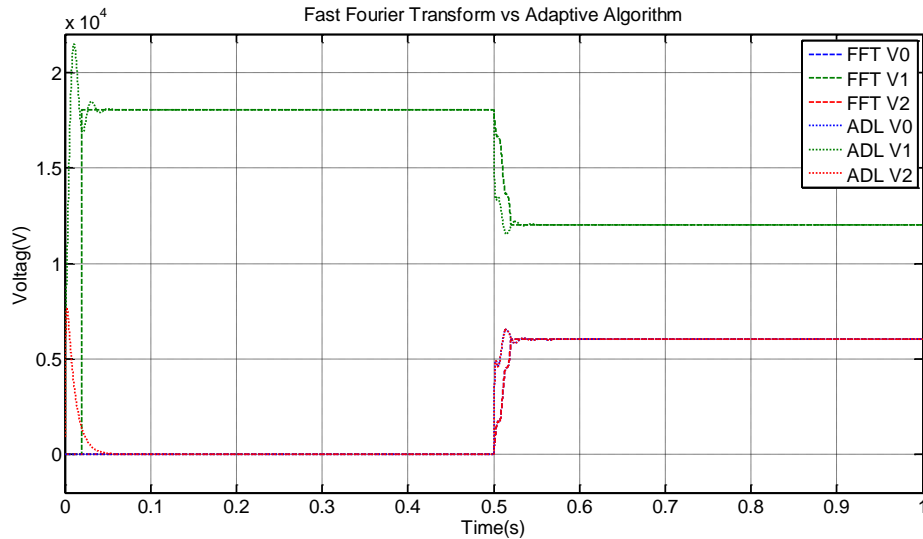
4.3.2 การเปรียบเทียบความสามารถของ อัลกอริธึมปรับตัวเองได้ กับ FFT ในเหตุการณ์ ความผิดปกติของแบบ เฟส-คิน



รูปที่ 4.30 การเปรียบเทียบความสามารถของ อัลกอริธึมปรับตัวเองได้ กับ FFT ในเหตุการณ์
ความผิดปกติของแบบ เฟส-คินของกระแส

จากรูปที่ 4.30 การวิเคราะห์แบบ FFT นั้นในช่วงเริ่มต้นที่เวลา 0-0.0199 วินาที จะต้องเก็บค่าพารามิเตอร์เพื่อนำค่าพารามิเตอร์ทำการวิเคราะห์ต่อไป จะเห็นได้ว่าหลังจากนั้นที่เวลา 0.0200-0.5 วินาที การติดตาม/ประมาณค่า ค่าองค์ประกอบสมมาตร นั้นมีค่าเท่ากับอัลกอริธึมปรับตัวเองได้ เนื่องจากระบบอยู่ในสภาวะปกติ ต่อจากนั้นช่วงเวลา 0.5 วินาที เกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้น การวิเคราะห์แบบ FFT จะประมาณ/ติดตามค่า ได้เท่ากับ อัลกอริธึมปรับตัวเองได้

จึงสรุปได้ว่า การวิเคราะห์แบบ FFT สามารถติดตาม/ประมาณค่าในระบบที่มีการเปลี่ยนแปลงได้ แต่ใช้เวลามากกว่าการวิเคราะห์แบบ อัลกอริธึมปรับตัวเองได้ ถึง 30.164006 เท่า

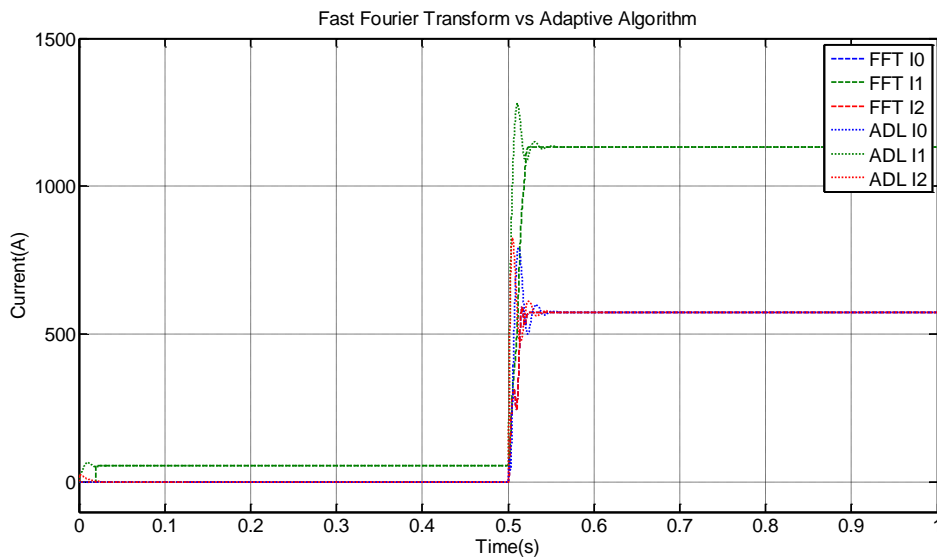


รูปที่ 4.31 การเปรียบเทียบความสามารถของ อัลกอริทึมปรับตัวเองได้ กับ FFT ในเหตุการณ์ ความผิดปกติของระบบเฟส-ดิน ของแรงดัน

จากรูปที่ 4.31 การวิเคราะห์แบบ FFT นั้นในช่วงเริ่มต้นที่เวลา 0-0.0199 วินาที จะต้องเก็บค่าพารามิเตอร์เพื่อนำค่าพารามิเตอร์ทำการวิเคราะห์ต่อไป จะเห็นได้ว่าหลังจากนั้นที่เวลา 0.0200-0.5 วินาที การติดตาม/ประมาณค่า ค่าองค์ประกอบสมมาตร นั้นมีค่าเท่ากับอัลกอริทึมปรับตัวเองได้ เนื่องจากระบบอยู่ในสภาวะปกติ ต่อจากนั้นช่วงเวลา 0.5 วินาที เกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้น การวิเคราะห์แบบ FFT จะประมาณ/ติดตามค่า ได้เท่ากับ อัลกอริทึมปรับตัวเองได้

จึงสรุปได้ว่า การวิเคราะห์แบบ FFT สามารถติดตาม/ประมาณค่าในระบบที่มีการเปลี่ยนแปลงได้ แต่ใช้เวลามากกว่าการวิเคราะห์แบบ อัลกอริทึมปรับตัวเองได้ ถึง 20,93032034 เท่า

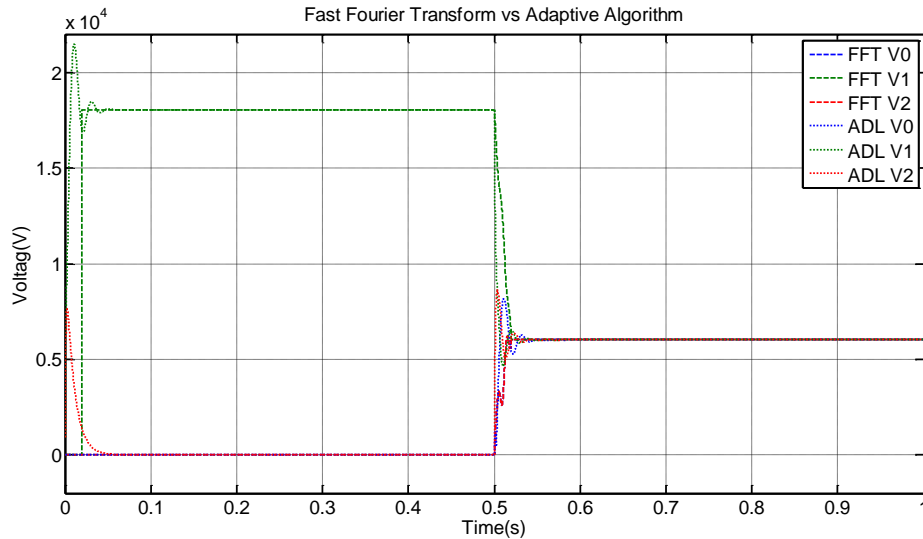
4.3.3 การเปรียบเทียบความสามารถของ อัลกอริทึมปรับตัวเองได้ กับ FFT ในเหตุการณ์ ความผิดปกติของแบบ เฟส-เฟส-ดิน



รูปที่ 4.32 การเปรียบเทียบความสามารถของ อัลกอริทึมปรับตัวเองได้ กับ FFT ในเหตุการณ์ ความผิดปกติของแบบ เฟส-เฟส-ดิน ของ กระแส

จากรูปที่ 4.32 การวิเคราะห์แบบ FFT นั้นในช่วงเริ่มต้นที่เวลา 0-0.0199 วินาที จะต้องเก็บค่าพารามิเตอร์เพื่อนำค่าพารามิเตอร์ทำการวิเคราะห์ต่อไป จะเห็นได้ว่าหลังจากนั้นที่เวลา 0.0200-0.5 วินาที การติดตาม/ประมาณค่า ค่าองค์ประกอบสมมาตร นั้นมีค่าเท่ากับอัลกอริทึมปรับตัวเองได้ เนื่องจากระบบอยู่ในสภาวะปกติ ต่อจากนั้นช่วงเวลา 0.5 วินาที เกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้น การวิเคราะห์แบบ FFT จะประมาณ/ติดตามค่า ได้เท่ากับ อัลกอริทึมปรับตัวเองได้

จึงสรุปได้ว่า การวิเคราะห์แบบ FFT สามารถติดตาม/ประมาณค่าในระบบที่มีการเปลี่ยนแปลงได้ แต่ใช้เวลามากกว่าการวิเคราะห์แบบ อัลกอริทึมปรับตัวเองได้ ถึง 24.21656922 เท่า

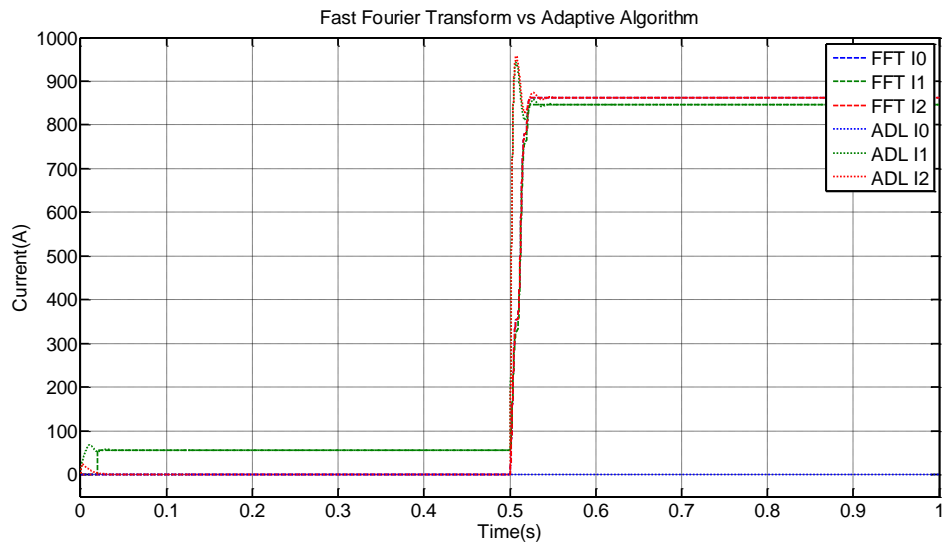


รูปที่ 4.33 การเปรียบเทียบความสามารถของ อัลกอริทึมปรับตัวเองได้ กับ FFT ในเหตุการณ์ ความผิดปกติของแบบ เฟส-เฟส-ดิน ของแรงดัน

จากรูปที่ 4.33 การวิเคราะห์แบบ FFT นั้นในช่วงเริ่มต้นที่เวลา 0-0.0199 วินาที จะต้องเก็บค่าพารามิเตอร์เพื่อนำค่าพารามิเตอร์ทำการวิเคราะห์ต่อไป จะเห็นได้ว่าหลังจากนั้นที่เวลา 0.0200-0.5 วินาที การติดตาม/ประมาณค่า ค่าองค์ประกอบสมมาตร นั้นมีค่าเท่ากับอัลกอริทึมปรับตัวเองได้ เนื่องจากระบบอยู่ในสภาวะปกติ ต่อจากนั้นช่วงเวลา 0.5 วินาที เกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้น การวิเคราะห์แบบ FFT จะประมาณ/ติดตามค่า ได้เท่ากับ อัลกอริทึมปรับตัวเองได้

จึงสรุปได้ว่า การวิเคราะห์แบบ FFT สามารถติดตาม/ประมาณค่าในระบบที่มีการเปลี่ยนแปลงได้ แต่ใช้เวลามากกว่าการวิเคราะห์แบบ อัลกอริทึมปรับตัวเองได้ ถึง 25.19118339 เท่า

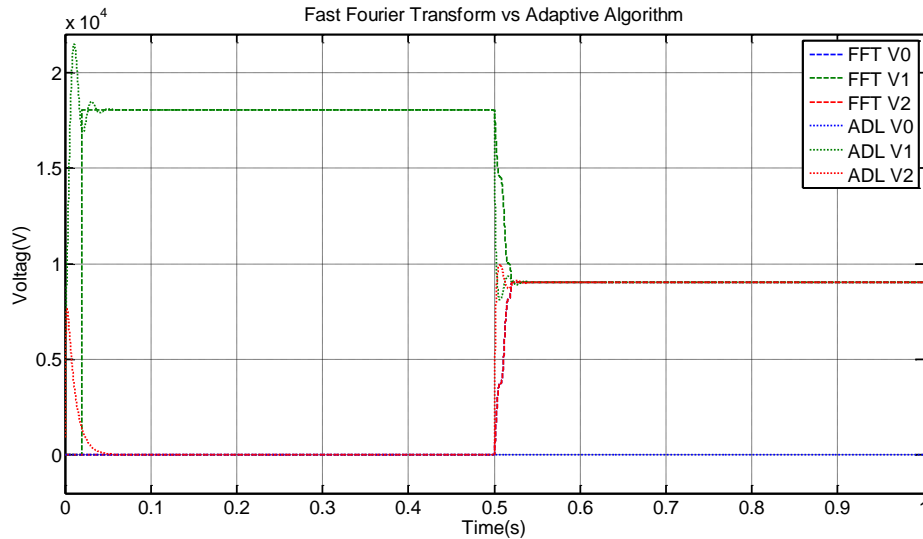
4.3.4 การเปรียบเทียบความสามารถของ อัลกอริธึมปรับตัวเองได้ กับ FFT ในเหตุการณ์ ความผิดปกติของแบบ เฟส-เฟส



รูปที่ 4.34 การเปรียบเทียบความสามารถของ อัลกอริธึมปรับตัวเองได้ กับ FFT ในเหตุการณ์ ความผิดปกติของแบบ เฟส-เฟส ของกระแส

จากรูปที่ 4.34 การวิเคราะห์แบบ FFT นั้นในช่วงเริ่มต้นที่เวลา 0-0.0199 วินาที จะต้องเก็บค่าพารามิเตอร์เพื่อนำค่าพารามิเตอร์ทำการวิเคราะห์ต่อไป จะเห็นได้ว่าหลังจากนั้นที่เวลา 0.0200-0.5 วินาที การติดตาม/ประมาณค่า ค่าองค์ประกอบสมมาตร นั้นมีค่าเท่ากับอัลกอริธึมปรับตัวเองได้ เนื่องจากระบบอยู่ในสภาวะปกติ ต่อจากนั้นช่วงเวลา 0.5 วินาที ที่เกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้น การวิเคราะห์แบบ FFT จะประมาณ/ติดตามค่า ได้เท่ากับ อัลกอริธึมปรับตัวเองได้

จึงสรุปได้ว่า การวิเคราะห์แบบ FFT สามารถติดตาม/ประมาณค่าในระบบที่มีการเปลี่ยนแปลงได้ แต่ใช้เวลามากกว่าการวิเคราะห์แบบ อัลกอริธึมปรับตัวเองได้ ถึง 17.63038588 เท่า

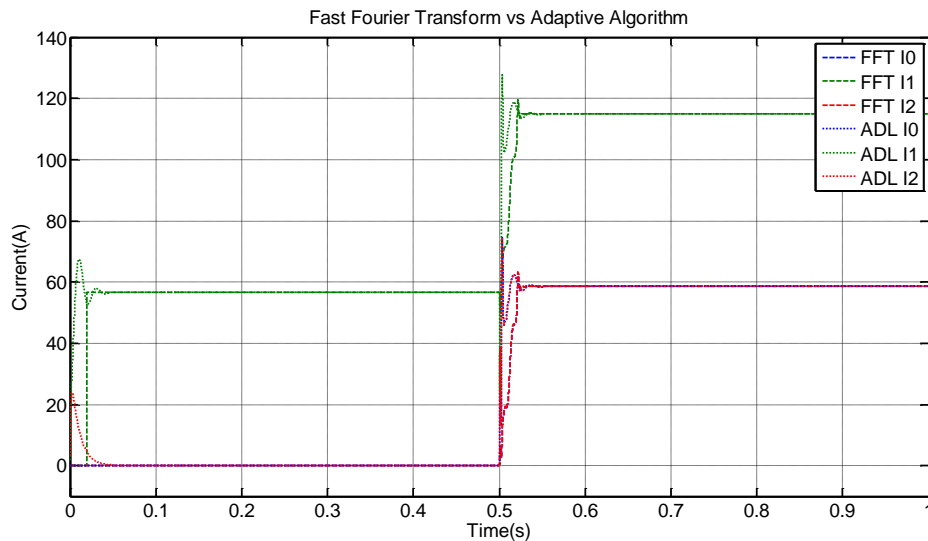


รูปที่ 4.35 การเปรียบเทียบความสามารถของ อัลกอริทึมปรับตัวเองได้ กับ FFT ในเหตุการณ์ ความผิดปกติของแบบ เฟส-เฟสของแรงดัน

จากรูปที่ 4.35 การวิเคราะห์แบบ FFT นั้นในช่วงเริ่มต้นที่เวลา 0-0.0199 วินาที จะต้องเก็บค่าพารามิเตอร์เพื่อนำค่าพารามิเตอร์ทำการวิเคราะห์ต่อไป จะเห็นได้ว่าหลังจากนั้นที่เวลา 0.0200-0.5 วินาที การติดตาม/ประมาณค่า ค่าองค์ประกอบสมมาตร นั้นมีค่าเท่ากับอัลกอริทึมปรับตัวเองได้ เนื่องจากระบบอยู่ในสภาวะปกติ ต่อจากนั้นช่วงเวลา 0.5 วินาที เกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้น การวิเคราะห์แบบ FFT จะประมาณ/ติดตามค่า ได้เท่ากับ อัลกอริทึมปรับตัวเองได้

จึงสรุปได้ว่า การวิเคราะห์แบบ FFT สามารถติดตาม/ประมาณค่าในระบบที่มีการเปลี่ยนแปลงได้ แต่ใช้เวลามากกว่าการวิเคราะห์แบบ อัลกอริทึมปรับตัวเองได้ ถึง 20.96371069 เท่า

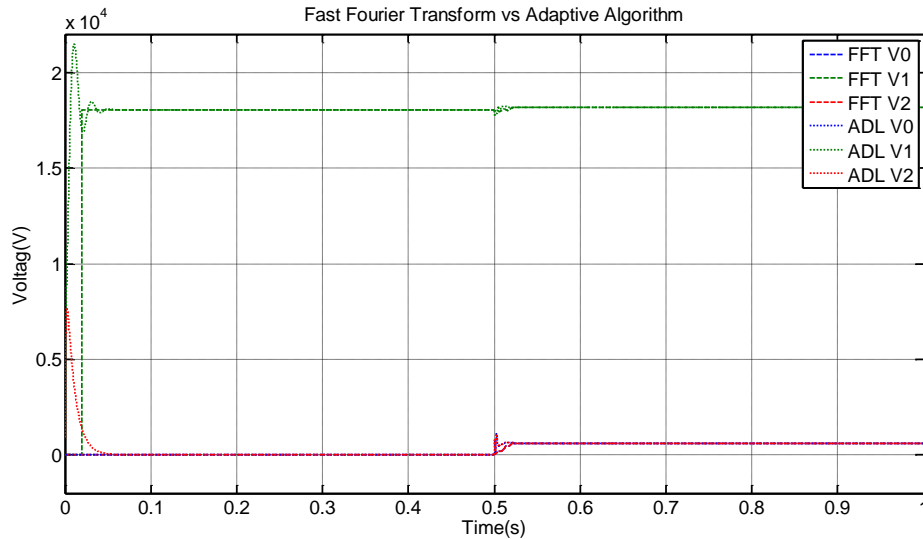
4.3.5 การเปรียบเทียบความสามารถของ อัลกอริธึมปรับตัวเองได้ กับ FFT ในเหตุการณ์ความไม่สมดุลของโหลด



รูปที่ 4.36 การเปรียบเทียบความสามารถของ อัลกอริธึมปรับตัวเองได้ กับ FFT ในเหตุการณ์ความไม่สมดุลของโหลด ของกระแส

จากรูปที่ 4.36 การวิเคราะห์แบบ FFT นั้นในช่วงเริ่มต้นที่เวลา 0-0.0199 วินาที จะต้องเก็บค่าพารามิเตอร์เพื่อนำค่าพารามิเตอร์ทำการวิเคราะห์ต่อไป จะเห็นได้ว่าหลังจากนั้นที่เวลา 0.0200-0.5 วินาที การติดตาม/ประมาณค่า ค่าองค์ประกอบสมมาตร นั้นมีค่าเท่ากับอัลกอริธึมปรับตัวเองได้ เนื่องจากระบบอยู่ในสภาวะปกติ ต่อจากนั้นช่วงเวลา 0.5 วินาที เกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้น การวิเคราะห์แบบ FFT จะประมาณ/ติดตามค่า ได้เท่ากับ อัลกอริธึมปรับตัวเองได้

จึงสรุปได้ว่า การวิเคราะห์แบบ FFT สามารถติดตาม/ประมาณค่าในระบบที่มีการเปลี่ยนแปลงได้ แต่ใช้เวลามากกว่าการวิเคราะห์แบบ อัลกอริธึมปรับตัวเองได้ ถึง 30.1228955 เท่า



รูปที่ 4.37 การเปรียบเทียบความสามารถของ อัลกอริทึมปรับตัวเองได้ กับ FFT ในเหตุการณ์ ความไม่สมดุลของโหลด ของแรงดัน

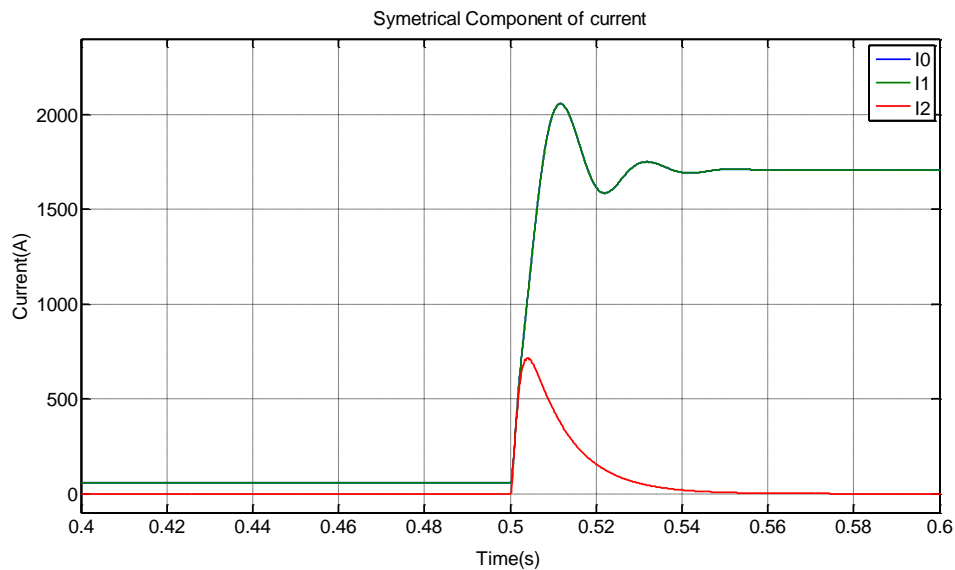
จากรูปที่ 4.34 การวิเคราะห์แบบ FFT นั้นในช่วงเริ่มต้นที่เวลา 0-0.0199 วินาที จะต้องเก็บค่าพารามิเตอร์เพื่อนำค่าพารามิเตอร์ทำการวิเคราะห์ต่อไป จะเห็นได้ว่าหลังจากนั้นที่เวลา 0.0200-0.5 วินาที การติดตาม/ประมาณค่า ค่าองค์ประกอบสมมาตร นั้นมีค่าเท่ากับอัลกอริทึมปรับตัวเองได้ เนื่องจากระบบอยู่ในสภาวะปกติ ต่อจากนั้นช่วงเวลา 0.5 วินาที เกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้น การวิเคราะห์แบบ FFT จะประมาณ/ติดตามค่า ได้เท่ากับ อัลกอริทึมปรับตัวเองได้

จึงสรุปได้ว่า การวิเคราะห์แบบ FFT สามารถติดตาม/ประมาณค่าในระบบที่มีการเปลี่ยนแปลงได้ แต่ใช้เวลามากกว่าการวิเคราะห์แบบ อัลกอริทึมปรับตัวเองได้ ถึง 22.54196676 เท่า

4.4 การติดตาม/ประมาณค่า องค์ประกอบสมมาตร โดยใช้โปรแกรม LabVIEW

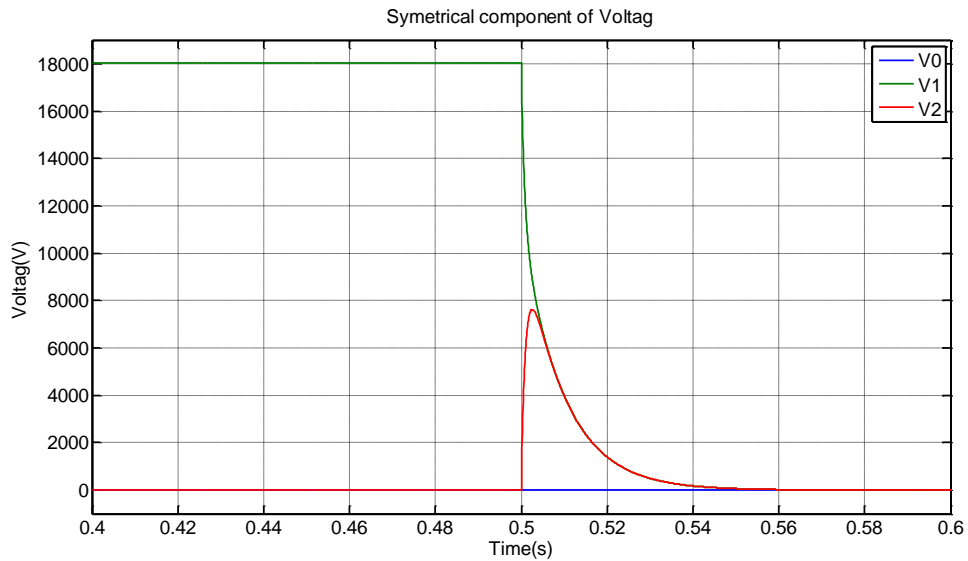
การเขียนโปรแกรม LabVIEW[22],[23],[24] เพื่อทำการประมาณ/ติดตามค่าองค์ประกอบสมมาตรจากเหตุการณ์ที่ต่างนี้เพื่อทำการทดสอบว่าอัลกอริทึมนี้สามารถเขียนในโปรแกรม LabVIEW ได้หรือไม่ ก่อนที่จะทำการติดตามประมาณค่างานจริง โครใช้ไฟล์ Contard ที่เก็บจาก รีเลย์ ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค การเก็บไฟล์จะมีความแตกต่างกันแล้วแต่รุ่นและยี่ห้อซึ่งการเขียนโปรแกรมจะมีความยุ่งยากกว่า จึงต้องทำการเขียนโปรแกรมในการทดสอบอัลกอริทึมที่ถูกต้องก่อนที่ใช้ในงานจริง

4.4.1 การติดตาม/ประมาณค่า องค์ประกอบสมมาตรของสัญญาณ ความผิดปกติแบบ 3 เฟส ในโปรแกรม LabVIEW



รูปที่ 4.38 องค์ประกอบสมมาตรของกระแส สภาวะการเกิด ความผิดปกติแบบ 3 เฟส
โดยโปรแกรม LabVIEW

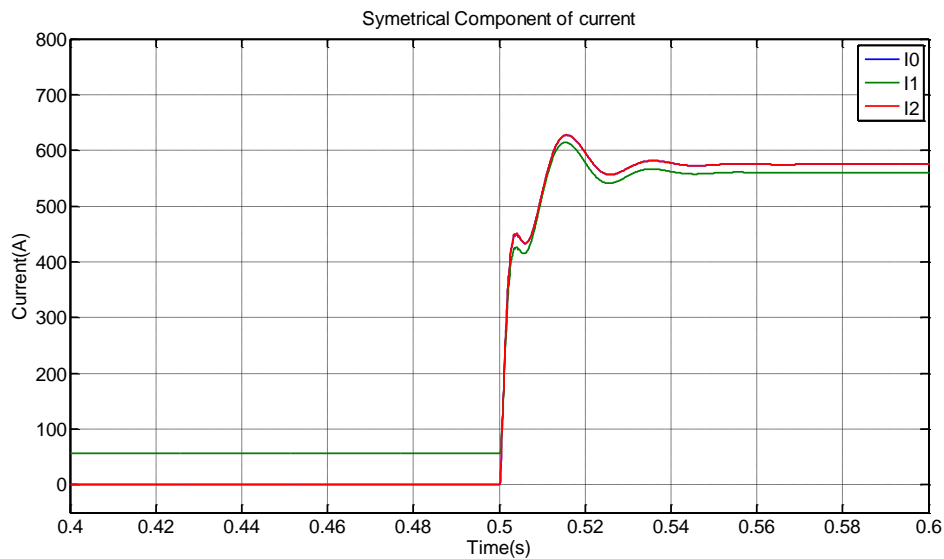
จากรูปที่ 4.38 เป็นการติดตาม/ประมาณค่า องค์ประกอบสมมาตรของกระแสซึ่งจะใช้ค่าของตัวแปรต่างๆ ในการคำนวณจะได้จากกราฟในรูปที่ 4.3 ในช่วงเวลา 0-0.5 วินาที ระบบจะอยู่ในสภาวะปกติ องค์ประกอบสมมาตรจะต้องมีเพียงแค่ลำดับบวก จากนั้นในช่วงเวลา 0.5-1 วินาที จะเกิดความผิดปกติแบบ 3 เฟส ซึ่งเป็นความผิดปกติแบบสมมาตร จะต้องมีเพียงแค่ลำดับบวกเช่นกัน จากรูปที่ 4.38 จะสรุปได้ว่าการติดตาม/ประมาณค่า องค์ประกอบสมมาตรนี้ เป็นไปตามทฤษฎี และในช่วงเวลา 0.5-0.54 วินาที จะเป็นการปรับตัวเข้าระบบเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลง ค่าจะมีค่าอย่างไรขึ้นอยู่กับ ค่า α (Learning Parameter) ในสมการที่ (3.17)



รูปที่ 4.39 องค์ประกอบสมมาตรของแรงดัน สภาวะการเกิด ความผิดปกติแบบ 3 เฟส โดยโปรแกรม LabVIEW

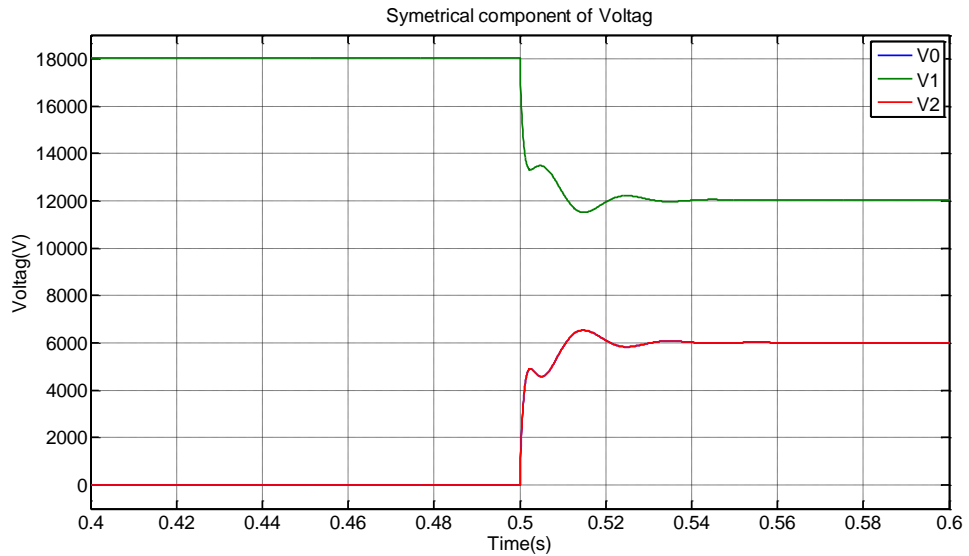
จากรูปที่ 4.39 เป็นการติดตาม/ประมาณค่า องค์ประกอบสมมาตรของแรงดันซึ่งจะใช้ค่าของตัวแปรต่างๆ ในการคำนวณจะได้ จากกราฟในรูปที่ 4.4 ในช่วงเวลา 0-0.5 วินาที ระบบจะอยู่ในสภาวะปกติ องค์ประกอบสมมาตรจะต้องมีเพียงแค่ลำดับบวก จากนั้นในช่วงเวลา 0.5-1 วินาที จะเกิดความผิดปกติแบบ 3 เฟส ซึ่งเป็นความผิดปกติแบบสมมาตร ลำดับต่างๆจะต้องไม่มีค่า เนื่องจาก แรงดันทั้งสามเฟสมีค่าเท่ากับศูนย์ จากรูปที่ 4.39 จะสรุปได้ว่าการติดตาม/ประมาณค่า องค์ประกอบสมมาตรนี้เป็นไปตามทฤษฎี และในช่วงเวลา 0.5-0.54 วินาที จะเป็นการปรับตัวเข้าระบบเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลง ค่าจะมีค่าอย่างไรขึ้นอยู่กับ ค่า α (Learning Parameter) ในสมการที่ (3.17)

4.4.2 การติดตาม/ประมาณค่า องค์ประกอบสมมาตรของสัญญาณ ความผิดปกติแบบ เฟส-ดิน ในโปรแกรม LabVIEW



รูปที่ 4.40 องค์ประกอบสมมาตรของกระแส สถานะการเกิด ความผิดปกติแบบ เฟส-ดิน โดยโปรแกรม LabVIEW

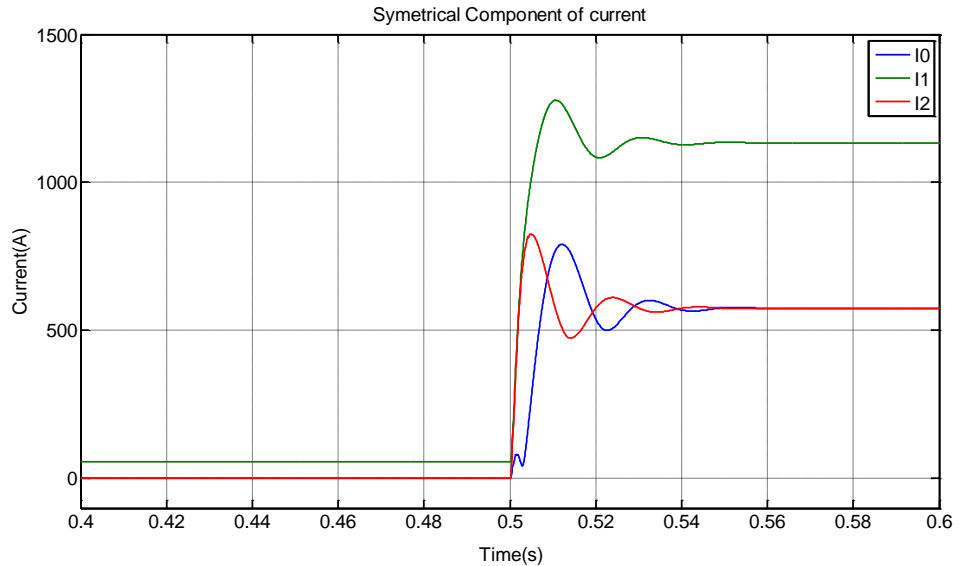
จากรูปที่ 4.40 เป็นการติดตาม/ประมาณค่า องค์ประกอบสมมาตรของกระแสซึ่งจะใช้ค่าของตัวแปรต่างๆ ในการคำนวณจะได้จากกราฟในรูปที่ 4.5 ในช่วงเวลา 0-0.5 วินาที ระบบจะอยู่ในสภาวะปกติ องค์ประกอบสมมาตรจะต้องมีเพียงแค่ลำดับบวก จากนั้นในช่วงเวลา 0.5-1 วินาที จะเกิดความผิดปกติของ ความผิดปกติแบบ เฟส-ดิน ซึ่งเป็นความผิดปกติแบบไม่สมมาตร ติดตาม/ประมาณค่า องค์ประกอบสมมาตร ของ ความผิดปกติแบบ เฟส-ดิน นี้ลำดับบวก,ลำดับลบและลำดับศูนย์จะต้องมีค่าเท่ากัน แต่ในรูปมีความแตกต่างกันเล็กน้อยเนื่องมาจากผลของโหลด จากรูปที่ 4.40 จะสรุปได้ว่าการติดตาม/ประมาณค่า องค์ประกอบสมมาตรนี้ เป็นไปตามทฤษฎี และในช่วงเวลา 0.5-0.54 วินาที จะเป็นการปรับตัวเข้าระบบเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลง ค่าจะมีค่าอย่างไรขึ้นอยู่กับ ค่า α (Learning Parameter) ในสมการที่ (3.17)



รูปที่ 4.41 องค์ประกอบสมมาตรของแรงดัน สถานะการเกิด ความผิดปกติแบบ เฟส-ดิน โดยโปรแกรม LabVIEW

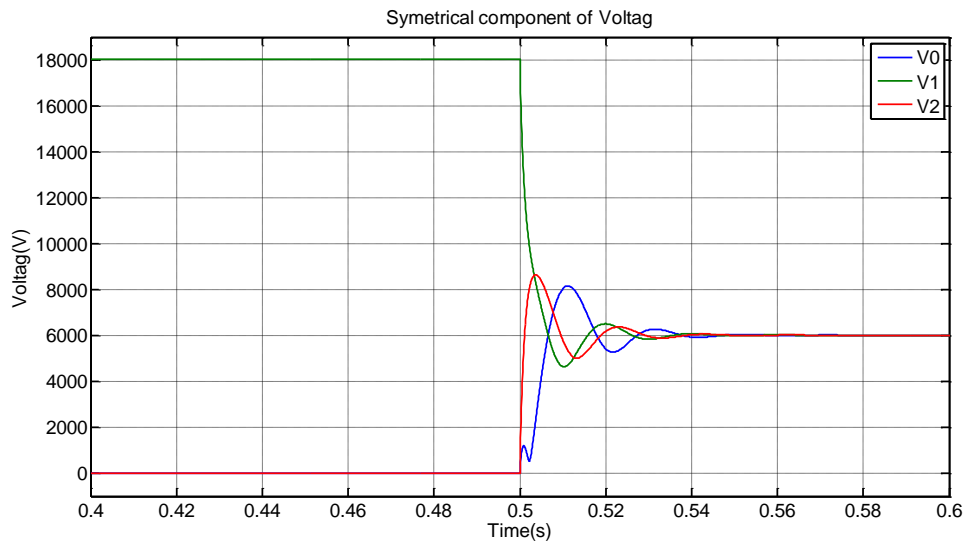
จากรูปที่ 4.41 เป็นการติดตาม/ประมาณค่า องค์ประกอบสมมาตรของแรงดันซึ่งจะใช้ค่าของตัวแปรต่างๆ ในการคำนวณจะได้ จากกราฟในรูปที่ 4.6 ในช่วงเวลา 0-0.5 วินาที ระบบจะอยู่ในสภาวะปกติ องค์ประกอบสมมาตรจะต้องมีเพียงแต่ลำดับบวก จากนั้นในช่วงเวลา 0.5-1 วินาที จะเกิดความผิดปกติแบบ เฟส-ดิน ซึ่งเป็นความผิดปกติแบบไม่สมมาตร ลำดับศูนย์และลำดับลบจะเท่ากัน ลำดับลบมีค่าสูงกว่าสองลำดับแรก เนื่องจากแรงดันในระบบหายไป 1 เฟส จากรูปที่ 4.41 จะสรุปได้ว่าการติดตาม/ประมาณค่า องค์ประกอบสมมาตรนี้ เป็นไปตามทฤษฎี และในช่วงเวลา 0.5-0.54 วินาที จะเป็นการปรับตัวเข้าระบบเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลง ค่าจะมีค่าอย่างไรขึ้นอยู่กับ ค่า α (Learning Parameter) ในสมการที่ (3.17)

4.4.3 การติดตาม/ประมาณค่า องค์ประกอบสมมาตรของสัญญาณ ความผิดพลาดแบบ เฟส-เฟส-ดินในโปรแกรม LabVIEW



รูปที่ 4.42 องค์ประกอบสมมาตรของกระแส สภาวะการเกิด ความผิดพลาดแบบ เฟส-เฟส-ดิน โดยโปรแกรม LabVIEW

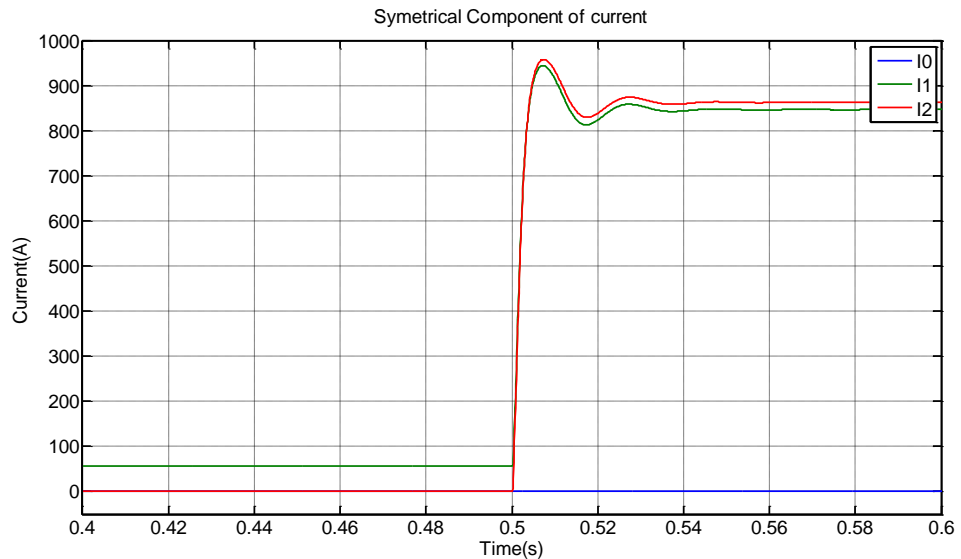
จากรูปที่ 4.42 เป็นการติดตาม/ประมาณค่า องค์ประกอบสมมาตรของกระแสซึ่งจะใช้ค่าของตัวแปรต่างๆ ในการคำนวณจะได้จากกราฟในรูปที่ 4.7 ในช่วงเวลา 0-0.5 วินาที ระบบจะอยู่ในสภาวะปกติ องค์ประกอบสมมาตรจะต้องมีเพียงแค่ลำดับบวก จากนั้นในช่วงเวลา 0.5-1 วินาที จะเกิดความผิดพลาดแบบ เฟส-เฟส-ดิน ซึ่งเป็นความผิดพลาดแบบไม่สมมาตร ติดตาม/ประมาณค่า องค์ประกอบสมมาตร ของ ความผิดพลาดแบบ เฟส-เฟส-ดิน นี้ ลำดับลบ, ลำดับศูนย์จะต้องมีค่าเท่ากันและมีลำดับบวกมีค่ามากกว่า จากรูปที่ 4.42 จะสรุปได้ว่าการติดตาม/ประมาณค่า องค์ประกอบสมมาตรนี้ เป็นไปตามทฤษฎี และในช่วงเวลา 0.5-0.54 วินาที จะเป็นการปรับตัวเข้าระบบเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลง ค่าจะมีค่าอย่างไรขึ้นอยู่กับ ค่า α (Learning Parameter) ในสมการที่ (3.17)



รูปที่ 4.43 องค์กรประกอบสมมาตรของแรงดัน สภาวะการเกิด ความผิดปกติแบบ เฟส-เฟส-ดิน โดยโปรแกรม LabVIEW

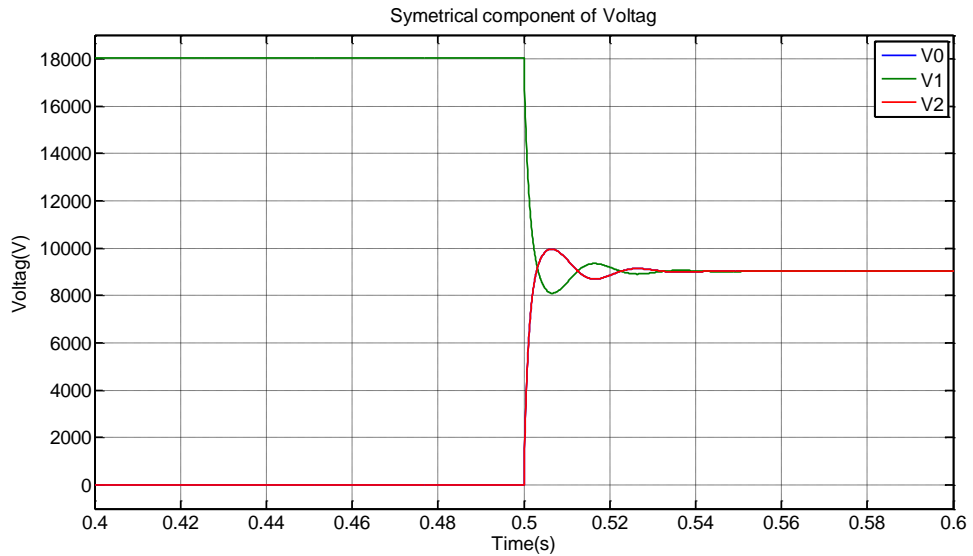
จากรูปที่ 4.43 เป็นการติดตาม/ประมาณค่า องค์กรประกอบสมมาตรของแรงดันซึ่งจะใช้ค่าของตัวแปรต่างๆ ในการคำนวณจะได้ จากกราฟในรูปที่ 4.8 ในช่วงเวลา 0-0.5 วินาที ระบบจะอยู่ในสภาวะปกติ องค์กรประกอบสมมาตรจะต้องมีเพียงแค่ลำดับบวก จากนั้นในช่วงเวลา 0.5-1 วินาที จะเกิดความผิดปกติแบบ ความผิดปกติแบบ เฟส-เฟส-ดิน ซึ่งเป็นความผิดปกติแบบไม่สมมาตร ลำดับบวก, ลำดับลบ, ลำดับศูนย์จะต้องมีค่าเท่ากัน เนื่องจากแรงดันในระบบจะเพิ่มขึ้น 2 เฟสและอีก 1 เฟสจะเป็นปกติ จากรูปที่ 4.43 จะสรุปได้ว่าการติดตาม/ประมาณค่า องค์กรประกอบสมมาตรนี้ เป็นไปตามทฤษฎี และในช่วงเวลา 0.5-0.54 วินาที จะเป็นการปรับตัวเข้าระบบเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลง ค่าจะมีค่าอย่างไรขึ้นอยู่กับ ค่า α (Learning Parameter) ในสมการที่ (3.17)

4.4.4 การติดตาม/ประมาณค่า องค์ประกอบสมมาตรของสัญญาณ ความผิดปกติแบบ เฟส-เฟส ในโปรแกรม LabVIEW



รูปที่ 4.44 องค์ประกอบสมมาตรของกระแส สถานะการเกิด ความผิดปกติแบบ เฟส-เฟส โดยโปรแกรม LabVIEW

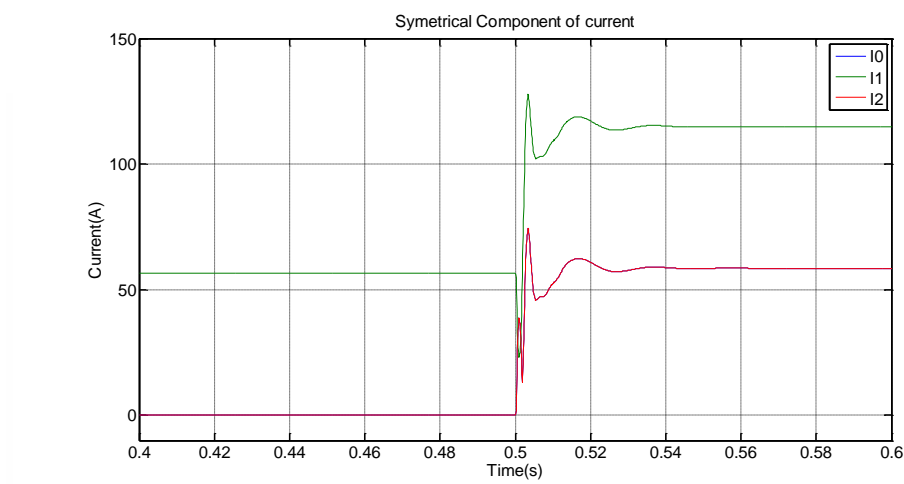
จากรูปที่ 4.44 เป็นการติดตาม/ประมาณค่า องค์ประกอบสมมาตรของแรงดันซึ่งจะใช้ค่าของตัวแปรต่างๆ ในการคำนวณจะได้ จากกราฟในรูปที่ 4.10 ในช่วงเวลา 0-0.5 วินาที ระบบจะอยู่ในสภาวะปกติ องค์ประกอบสมมาตรจะต้องมีเพียงแค่ลำดับบวก จากนั้นในช่วงเวลา 0.5-1 วินาที จะเกิดความผิดปกติแบบ ความผิดปกติแบบ เฟส-เฟส ซึ่งเป็นความผิดปกติแบบไม่สมมาตร ลำดับบวก, ลำดับลบจะมีค่าเท่ากันและลำดับศูนย์จะต้องไม่มีค่า เนื่องจากแรงดันในระบบจะลดลงไป 2 เฟสและอีก 1 เฟส จะเป็นปกติ จากรูปที่ 4.44 จะสรุปได้ว่าการติดตาม/ประมาณค่า องค์ประกอบสมมาตรนี้เป็นไปตามทฤษฎี และในช่วงเวลา 0.5-0.54 วินาที จะเป็นการปรับตัวเข้าระบบเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลง ค่าจะมีค่าอย่างไรขึ้นอยู่กับ ค่า α (Learning Parameter) ในสมการที่ (3.17)



รูปที่ 4.45 องค์ประกอบสมมาตรของแรงดัน สภาวะการเกิด ความผิดปกติแบบ เฟส-เฟส-ดิน โดยโปรแกรม LabVIEW

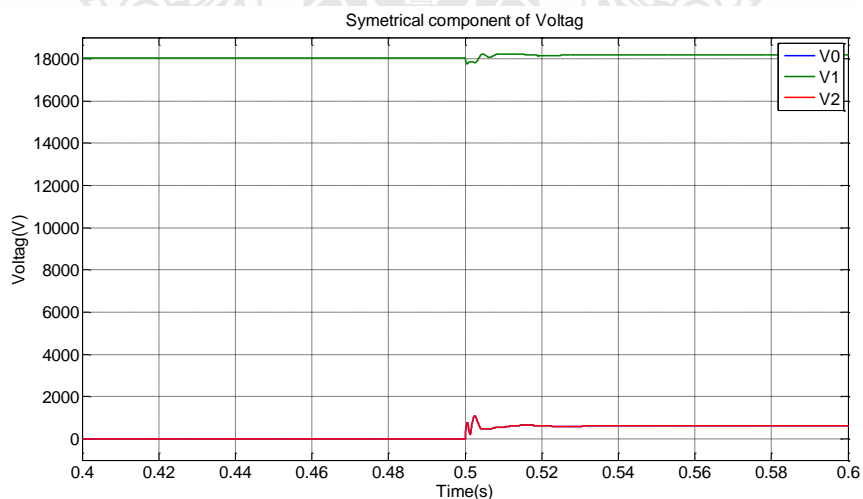
จากรูปที่ 4.45 เป็นการติดตาม/ประมาณค่า องค์ประกอบสมมาตรของกระแสซึ่งจะใช้ค่าของตัวแปรต่างๆ ในการคำนวณจะได้จากกราฟในรูปที่ 4.9 ในช่วงเวลา 0-0.5 วินาที ระบบจะอยู่ในสภาวะปกติ องค์ประกอบสมมาตรจะต้องมีเพียงแค่ลำดับบวก จากนั้นในช่วงเวลา 0.5-1 วินาที จะเกิดความผิดปกติแบบ เฟส-เฟส ซึ่งเป็นความผิดปกติแบบไม่สมมาตร ติดตาม/ประมาณค่า องค์ประกอบสมมาตร ของ ความผิดปกติแบบ เฟส-เฟส-ดิน นี้ ลำดับบวก,ลำดับลบจะต้องมีค่าเท่ากันและมีลำดับศูนย์จะไม่มีค่า จากรูปที่ 4.45 จะสรุปได้ว่าการติดตาม/ประมาณค่า องค์ประกอบสมมาตรนี้ เป็นไปตามทฤษฎี และในช่วงเวลา 0.5-0.54 วินาที จะเป็นการปรับตัวเข้าระบบเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลง ค่าจะมีค่าอย่างไรขึ้นอยู่กับ ค่า α (Learning Parameter) ในสมการที่ (3.17)

4.4.5 การติดตาม/ประมาณค่า องค์ประกอบสมมาตรของสัญญาณ ความไม่สมดุลของโหลด ในโปรแกรม LabVIEW



รูปที่ 4.46 องค์ประกอบสมมาตรของกระแส สภาวะการเกิด ความไม่สมดุลของโหลด
โดยโปรแกรม LabVIEW

จากรูปที่ 4.46 เป็นการติดตาม/ประมาณค่า องค์ประกอบสมมาตรของกระแส เพื่อที่จะแสดงให้เห็นว่า อัลกอริทึมนี้ ติดตาม/ประมาณค่า องค์ประกอบสมมาตรของกระแสได้ แต่จะมีค่าเท่าใดนั้นจะขึ้นอยู่กับความแตกต่างของกระแส



รูปที่ 4.47 องค์ประกอบสมมาตรของแรงดัน สภาวะการเกิด ความไม่สมดุลของโหลด
โดยโปรแกรม LabVIEW

จากรูปที่ 4.47 เป็นการติดตาม/ประมาณค่า องค์กรประกอบสมมาตรของแรงดัน เพื่อที่จะแสดงให้เห็นว่า อัลกอริทึมนี้ ติดตาม/ประมาณค่า องค์กรประกอบสมมาตรของแรงดันได้ แต่จะมีค่าเท่าใดนั้นจะขึ้นอยู่กับความแตกต่างของแรงดัน

4.5 การติดตาม/ประมาณค่าองค์กรประกอบสมมาตรจากไฟล์ Contard ที่ได้จากรีเลย์ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

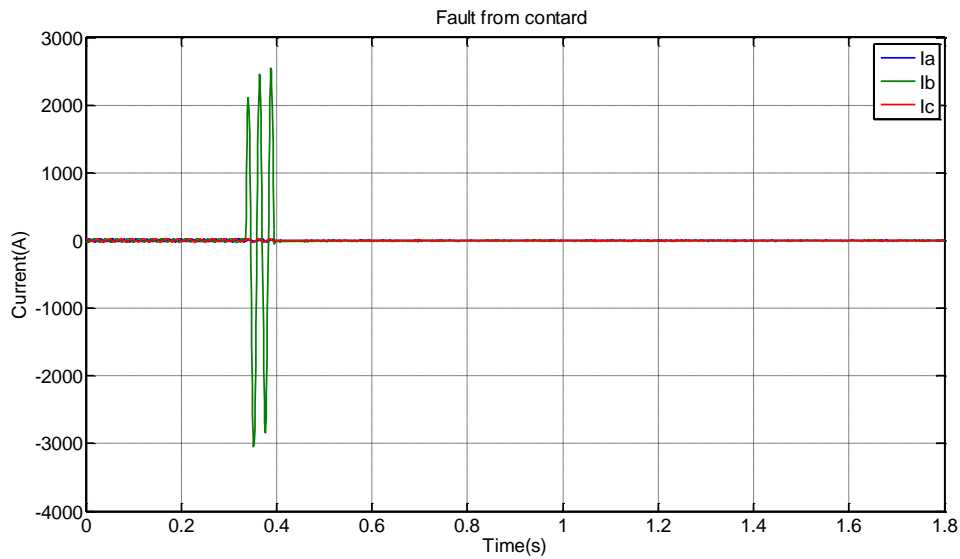
ในปัจจุบันรีเลย์ของการไฟฟ้าส่วนภูมิกษานั้นมีความสามารถมากขึ้นเรื่อยๆ จนในปัจจุบันสามารถพัฒนาจนเก็บข้อมูลเพื่อนำมาวิเคราะห์บนคอมพิวเตอร์ได้ ข้อมูลนี้มีชื่อว่าไฟล์ Contard ข้อมูลนี้จะถูกเก็บไว้ที่ตัวบันทึกในตู้ควบคุมรีเลย์ การนำไฟล์ Contard จะต้องนำคอมพิวเตอร์ที่มีโปรแกรมดึงข้อมูลไปทำการดึงข้อมูลออกมา เพื่อนำไปข้อมูลนั้นไปวิเคราะห์ต่อไป

ระบบสายส่งไฟฟ้าและระบบจำหน่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค มีขอบเขตการจ่ายไฟครอบคลุมพื้นที่ส่วนใหญ่ของประเทศ ซึ่งส่วนใหญ่จ่ายไฟในระบบเหนือพื้นที่ส่วนใหญ่ของประเทศด้วยสายอลูมิเนียมเปลือย จึงทำให้เกิดภาวะผิดปกติในระบบไฟฟ้าโดยมีหลายสาเหตุด้วยกัน เช่น เกิดจากอุปกรณ์ชำรุด วัสดุปลิวถูก สาย คน สัตว์ ต้นไม้ ยานพาหนะรถยนต์หรือภัยธรรมชาติ ซึ่งอุปกรณ์ป้องกันจะต้องทำงานถูกต้องที่สุด

ดังนั้นการติดตาม/ประมาณค่าองค์กรประกอบสมมาตรของกระแสและแรงดันมีความสำคัญ เพราะเป็นพารามิเตอร์หนึ่งที่สำคัญในการคำนวณ เพื่อตัดสินใจเลือกขนาดพิกัด (Interrupting Capacity) ของเซอร์กิตเบรกเกอร์และตั้งค่ารีเลย์ในระบบป้องกันไฟฟ้าให้เกิดความเหมาะสม สำหรับ Distance Relay องค์กรประกอบสมมาตรเป็นพารามิเตอร์หนึ่งที่ใช้คำนวณหาค่าระยะทางของการผิดปกติในสายส่ง และองค์กรประกอบสมมาตรยังเป็นตัวบ่งชี้ความไม่สมดุลของโหลด

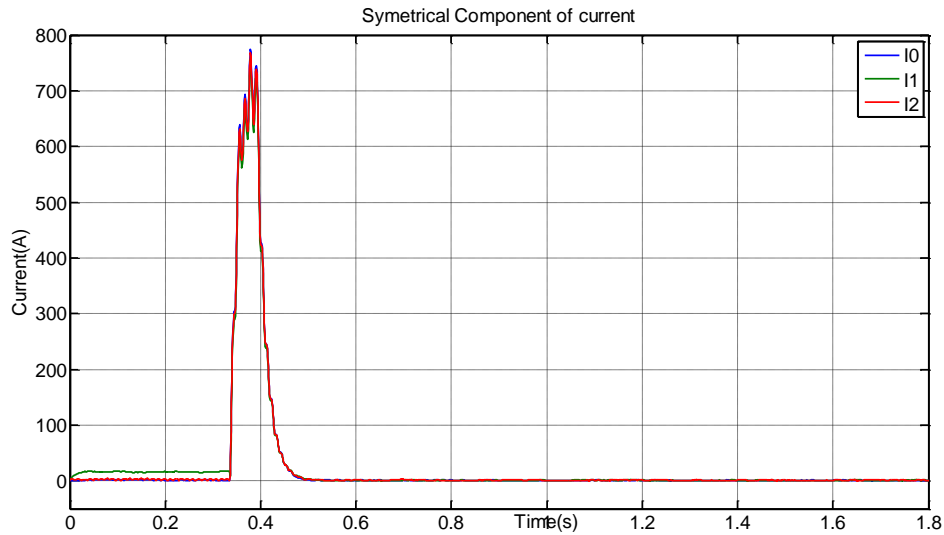
กรณีศึกษาที่จะกล่าวต่อไปนี้จะใช้ ไฟล์ Contard จากรีเลย์ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคเป็น Input แล้วใช้อัลกอริทึมปรับตัวเองได้เป็นตัวแยกองค์กรประกอบสมมาตร

กรณีศึกษาที่ 1 : เป็นการนำไฟล์ Contard จากรีเลย์ของการไฟฟ้ามาทำการติดตาม/ประมาณค่าองค์ประกอบสมมาตร จะได้



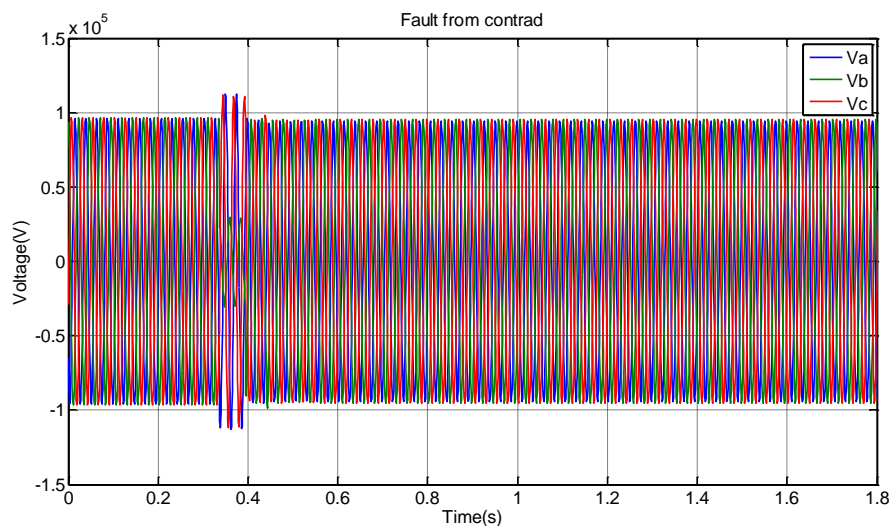
รูปที่ 4.48 กระแสช่วงเวลาเกิดความผิดปกติในระบบ

จากรูปที่ 4.48 ที่เวลา 0-0.35 วินาที กระแสจะอยู่ในสภาวะปกติเพราะการเก็บค่าของไฟล์ Contard จะเก็บก่อนเกิดความผิดปกติ 5 ลูกคลื่น และหลังจากนั้นที่เวลา 0.35-0.4 วินาที จะค่าของความผิดปกติในระบบ จะเห็นได้ว่ากระแสที่เฟส B พุ่งสูงขึ้น หลังจากเวลา 0.4 วินาที มากระแสก็ลดลงอย่างมากจนมีค่าเกือบเท่ากับศูนย์ เพราะ โหลดกำลังปรับตัวเข้าสู่สภาวะปกติอยู่จำเป็นต้องใช้เวลา



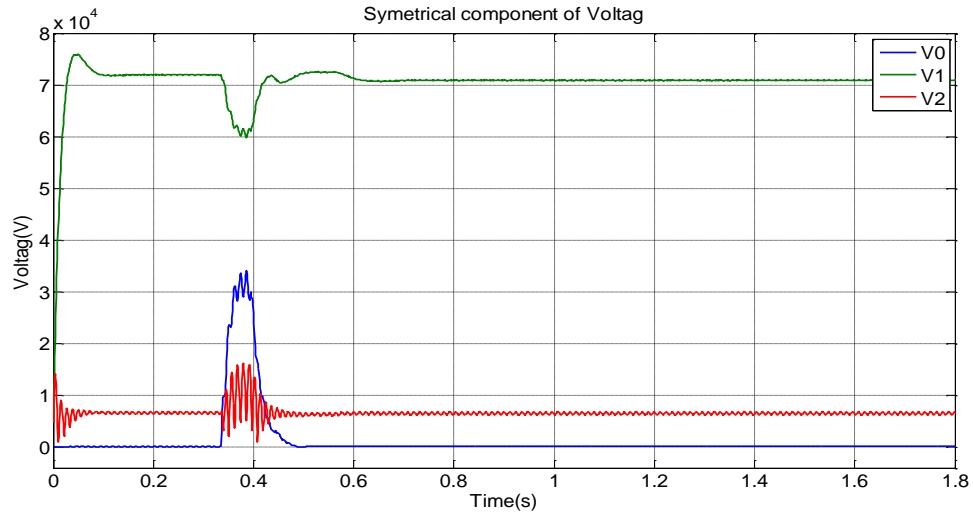
รูปที่ 4.49 องค์ประกอบสมมาตรของกระแส

จากรูปที่ 4.49 จะเห็นได้ว่าในช่วงแรกที่เวลา 0-0.35 วินาที กระแสจะปกติ ลำดับบวกของกระแสจะมีค่า และ ลำดับศูนย์และลำดับลบ จะมีค่าเท่ากับศูนย์ในทางทฤษฎี และหลังจากนั้นในช่วงเวลา 0.35-0.4 วินาที เกิดการผิดปกติในระบบขึ้น จะเห็นว่า ลำดับบวก, ลำดับลบและลำดับศูนย์ มีค่าเท่ากัน จึงสรุปได้ว่าเป็นไปตามทฤษฎี ความผิดปกติแบบ เฟส-ดิน และหลังจากเวลา 0.4 วินาที ระบบอยู่ในสภาวะปรับตัว



รูปที่ 4.50 แรงดันช่วงเวลาเกิดความผิดปกติในระบบ

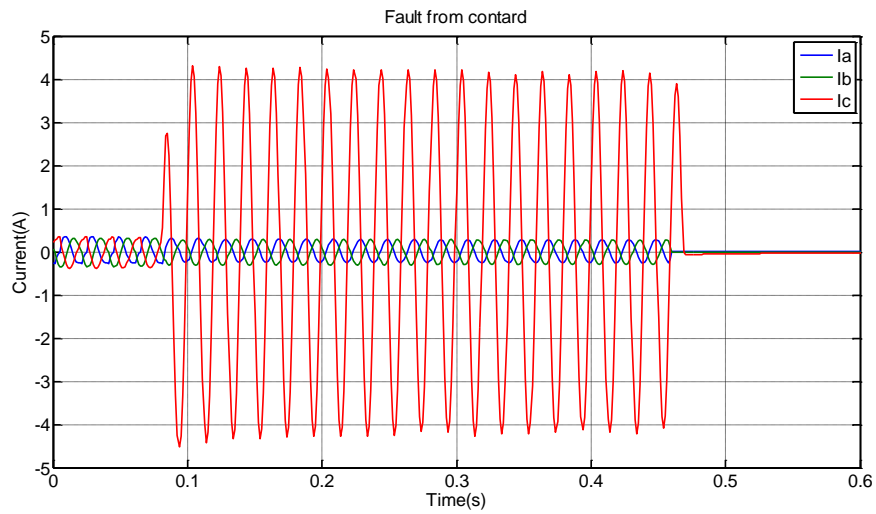
จากรูปที่ 4.50 ที่เวลา 0-0.4 วินาที แรงดันจะอยู่ในสภาวะปกติเพราะการเก็บค่าของไฟล์ Contrad จะเก็บก่อนเกิดความผิดปกติ และหลังจากนั้นที่เวลา 0-0.4 วินาที จะค่าของความผิดปกติในระบบ จะเห็นได้ว่ากระแสที่เฟส A และ C พุ่งสูงขึ้น หลังจากเวลา 0.4 วินาที มาแรงดันกลับมาอยู่ในสภาวะปกติ



รูปที่ 4.51 องค์ประกอบสมมาตรของแรงดัน

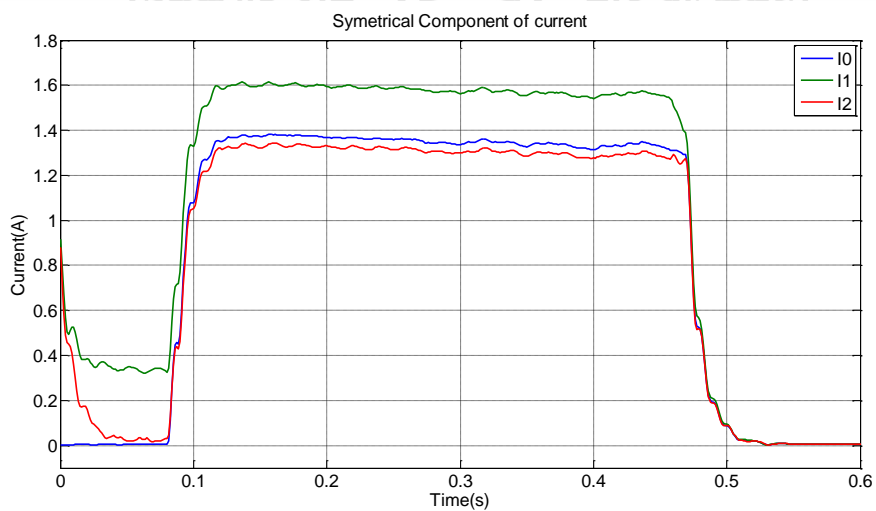
จากรูปที่ 4.51 จะเห็นได้ว่าในช่วงแรกที่เวลา 0-0.35 วินาที แรงดันจะปกติ ลำดับบวกของกระแสจะมีค่า และ ลำดับศูนย์และลำดับลบ จะมีค่าเท่ากับศูนย์ในทางทฤษฎี และหลังจากนั้นในช่วงเวลา 0.35-0.4 วินาที เกิดการผิดปกติในระบบขึ้น ถ้าเป็นไปตามทฤษฎี ลำดับบวก มีค่ามากกว่าลำดับลบและลำดับศูนย์ที่มีค่าเท่ากัน แต่จากรูป จะเห็นว่า ลำดับศูนย์มีค่าต่างกันเพราะรูปคลื่นขณะเกิดความผิดปกติ ในรูปที่ 4.48 มีค่าแตกต่างกัน แต่ก็ยังสรุปได้ว่ายังอยู่ในทฤษฎี ความผิดปกติแบบเฟส-ดิน และหลังจากนั้นที่เวลา 0.4 วินาที ระบบปรับตัวเข้าสู่สภาวะปกติ

กรณีศึกษาที่ 2 : เป็นการนำไฟล์ Contard จากกริเลย์ของการไฟฟ้ามาทำการติดตาม/ประมาณค่าองค์ประกอบสมมาตร จะได้



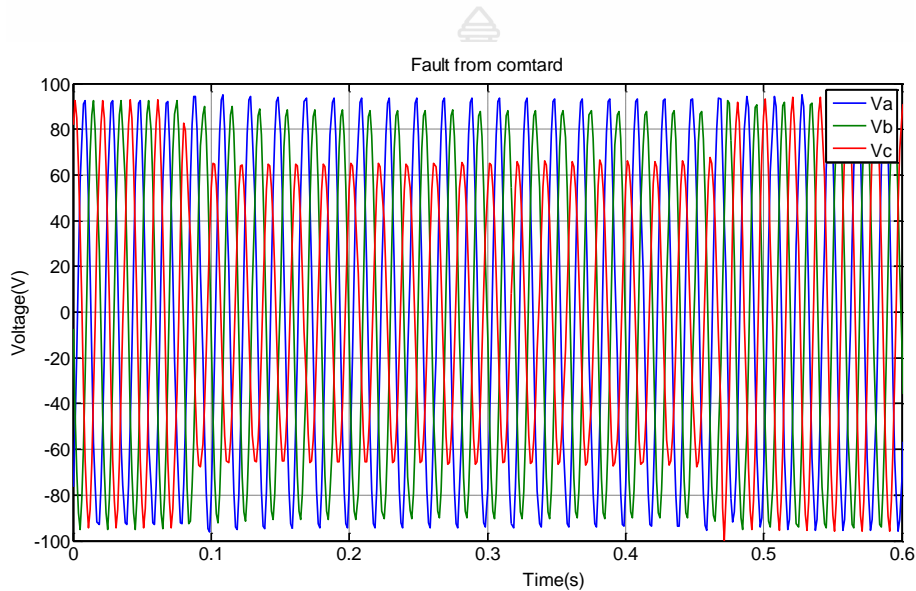
รูปที่ 4.52 กระแสช่วงเวลาเกิดความผิดปกติในระบบ

จากรูปที่ 4.49 ที่เวลา 0-0.08 วินาที กระแสจะอยู่ในสภาวะปกติเพราะการเก็บค่าของไฟล์ Contard จะเก็บก่อนเกิดความผิดปกติ และหลังจากนั้นที่เวลา 0.08-0.45 วินาที จะค่าของความผิดปกติในระบบ จะเห็นได้ว่ากระแสที่เฟส C พุ่งสูงขึ้น หลังจากเวลา 0.4 วินาที กระแสก็จะหายไป เนื่องจากระบบกำลังปรับตัวให้อยู่ในสภาวะปกติ



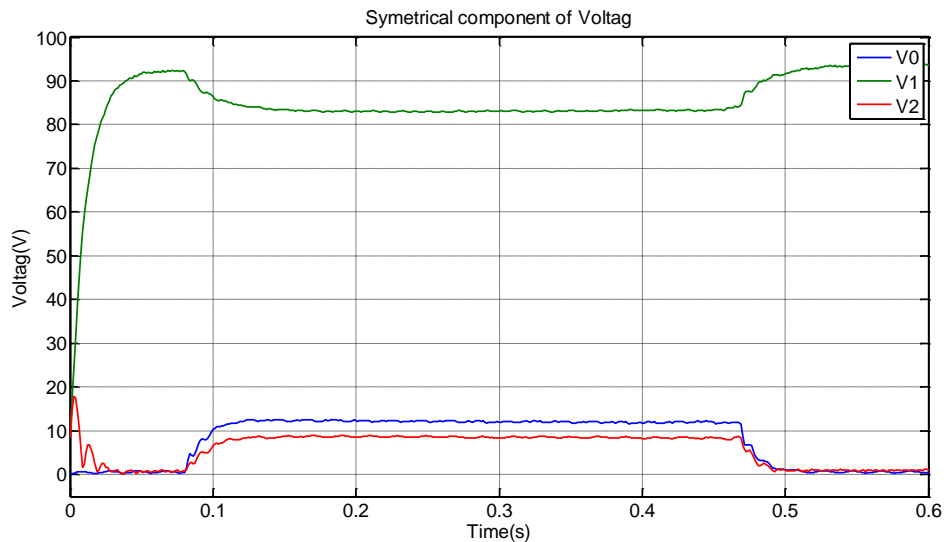
รูปที่ 4.53 องค์ประกอบสมมาตรของกระแส

จากรูปที่ 4.53 จะมีค่า และ ลำดับศูนย์และลำดับลบ จะมีค่าเท่ากับศูนย์ในทางทฤษฎี และ หลังจากนั้นในช่วงเวลา 0.08-0.45 วินาที เกิดการผิดปกติในระบบขึ้น จะเห็นว่า ลำดับบวก,ลำดับลบ และลำดับศูนย์ มีค่าแตกต่างกันเล็กน้อยเป็นผลมาจากโหลด จึงสรุปได้ว่าเป็นไปตามทฤษฎี ความผิดปกติแบบ เฟส-ดิน และหลังจากเวลา 0.45 วินาที ระบบกำลังปรับตัวให้อยู่ในสภาวะปกติจากรูปที่ 4.50 จะเห็นได้ว่าในช่วงแรกที่เวลา 0-0.08 วินาที กระแสจะปกติ ลำดับบวกของกระแส



รูปที่ 4.54 แรงดันช่วงเวลาที่เกิดความผิดปกติในระบบ

จากรูปที่ 4.54 ที่เวลา 0-0.08 วินาที แรงดันจะอยู่ในสภาวะปกติเพราะการเก็บค่าของไฟล์ Contrad จะเก็บก่อนเกิดความผิดปกติ และหลังจากนั้นที่เวลา 0.08-0.45 วินาที จะค่าของความผิดปกติในระบบ จะเห็นได้ว่าแรงดันที่เฟส C พุ่งสูงขึ้น หลังจากเวลา 0.45 วินาที มาแรงดันกลับมาอยู่ในสภาวะปกติ

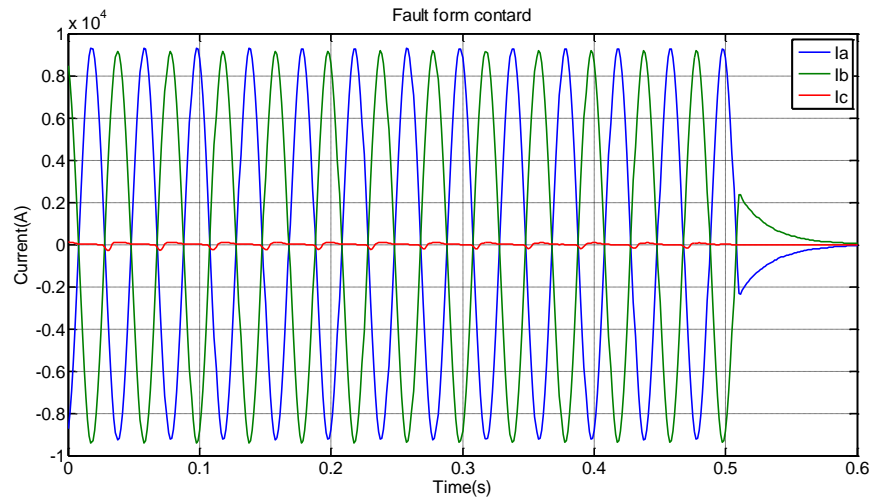


รูปที่ 4.55 องค์ประกอบสมมาตรของแรงดัน

จากรูปที่ 4.55 จะเห็นได้ว่าในช่วงแรกที่เวลา 0-0.08 วินาที แรงดันจะปกติ ลำดับบวกของกระแสจะมีค่า และ ลำดับศูนย์และลำดับลบ จะมีค่าเท่ากับศูนย์ในทางทฤษฎี และหลังจากนั้นในช่วงเวลา 0.08-0.45 วินาที เกิดการผิดพ้องในระบบขึ้น ถ้าเป็นไปตามทฤษฎี ลำดับบวก มีค่ามากกว่าลำดับลบและลำดับศูนย์ที่มีค่าเท่ากัน แต่จากรูปจะเห็นว่า ลำดับศูนย์มีค่าต่างกันเพราะรูปคลื่นขณะเกิดความผิดพ้อง ในรูปที่ 4.52 มีค่าแตกต่างกัน แต่ก็ยังสรุปได้ว่ายังอยู่ในทฤษฎี ความผิดพ้องแบบเฟส-ดิน และหลังจากนั้นที่เวลา 0.45 วินาที ระบบปรับตัวเข้าสู่สภาวะปกติ

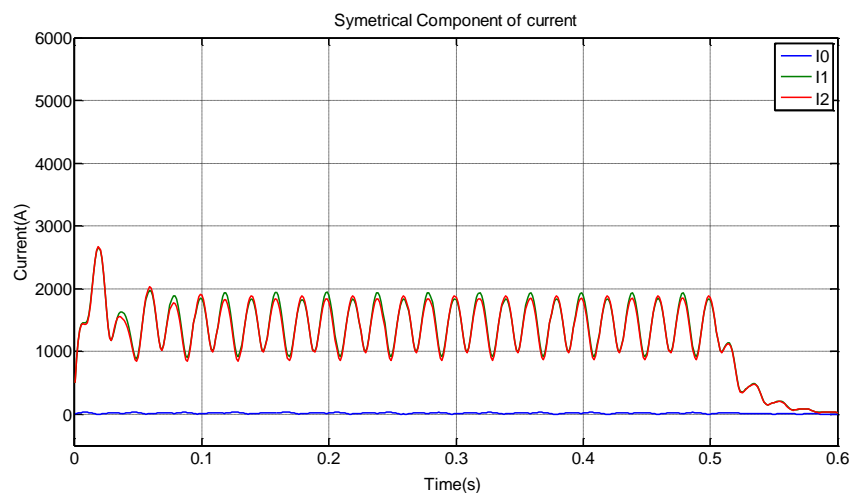
กรณีศึกษาที่ 3 : เป็นการนำไฟล์ Contard จากรีเลย์ของการไฟฟ้ามาทำการติดตาม/ประมาณค่าองค์ประกอบสมมาตร จะได้

รีเลย์ตัวนี้จะแตกต่างจากที่ผ่านมาเพราะจะค่าแค่กระแสและเก็บค่าตอนเกิดความผิดปกติเลย ไม่มีการเก็บค่าเริ่มต้น



รูปที่ 4.56 กระแสช่วงเวลาที่เกิดความผิดปกติในระบบ

จากรูปที่ 4.56 ที่เวลา 0-0.5 วินาทีกระแสเฟส C มีค่าปกติ และเฟส A,B พุ่งสูงขึ้นเท่ากัน และที่เวลาที่ 0.5 วินาทีจะค่อยปรับตัวลดลง



รูปที่ 4.57 องค์ประกอบสมมาตรของกระแส

จากรูปที่ 4.54 ที่เวลา 0-0.5 วินาทีมีค่า ลำดับศูนย์ มีค่าประมาณศูนย์ ลำดับบวกและลำดับลบมีค่าเท่ากัน จึงสรุปได้เกิดการผิดร่องแบบ ความผิดร่องแบบ เฟส-เฟส แต่ที่รูปไม่ราบเรียบเพราะการเก็บค่าของรีเลย์ไม่ละเอียด หลังจากเวลาที่เวลา 0.5 กระแสจะหายไป



บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาถึงองค์ประกอบสมมาตร ของกระแส และแรงดัน ในสภาวะเกิดความผิดพลาดขึ้นในระบบทั้งแบบสมมาตรและไม่สมมาตร และ เกิด ความไม่สมดุลของโหลด แล้ว จึงได้นำโครงสร้างของอัลกอริทึมแบบปรับตัวเองเชิงเส้นผสม สำหรับการประมาณ และติดตามค่าองค์ประกอบสมมาตร โครงสร้างดังกล่าวสามารถให้ผลลัพธ์มากกว่าหนึ่ง (Multi-Output) แตกต่างจากโครงสร้างของอัลกอริทึมแบบปรับตัวเองเชิงเส้นผสมทั่วไปที่ให้ผลลัพธ์เพียงหนึ่ง (Single-Output) โครงสร้างใหม่นี้เรียกว่า อัลกอริทึมปรับตัวเองได้

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 ผลของการศึกษาการติดตาม/ประมาณค่าองค์ประกอบสมมาตร

จากการศึกษาถึงทฤษฎีขององค์ประกอบสมมาตรของการเกิดความผิดพลาดในระบบจากหัวข้อที่ 2.2 ทฤษฎีองค์ประกอบสมมาตร และ 2.3 ทฤษฎีของความผิดพลาดในระบบไฟฟ้า เมื่อพิจารณา กับการ ติดตาม/ประมาณค่าองค์ประกอบสมมาตรโดยใช้อัลกอริทึมปรับตัวเองได้ จากหัวข้อที่ 4.2 การติดตาม/ประมาณค่า องค์ประกอบสมมาตร โดยใช้โปรแกรม Matlab นั้น จะเห็นได้ว่าเป็นไปตามทฤษฎีทุกประการยกตัวอย่างเช่น การติดตาม/ประมาณค่า องค์ประกอบสมมาตรของ การผิดพลาดแบบ 3 เฟส ถ้าเราจะหาองค์ประกอบสมมาตรของกระแสจะต้องใช้สมการที่ (2.14) และ สมการที่ (2.15) และจากรูปที่ 2.5 จะเห็นได้ว่า I_1 จะต้องมีค่า $\frac{V_F}{Z_1}$ และ I_0, I_2 จะต้องมีค่าเท่ากับศูนย์

จากการศึกษาเมื่อเปรียบเทียบทั้งสองโปรแกรมจะมีข้อดีข้อเสียดังนี้ โปรแกรม Matlab ข้อดีง่ายต่อการนำข้อมูลภายนอกเข้ามาในโปรแกรม Matlab, แก้ไขง่าย ข้อเสีย ส่งข้อมูลสู่ภายนอก, ใช้งานยากกว่า ในส่วนของโปรแกรม LabVIEW ข้อดี ใช้งานง่ายเมื่อเขียนโปรแกรมเสร็จสมบูรณ์แล้ว ,ส่งข้อมูลสู่ภายนอกง่าย ข้อเสีย การเขียนโปรแกรมยากกว่า แก้ไขยากเพราะหาจุดที่ผิดไม่พบ ด้วยเหตุผลดังกล่าวข้างต้น จึงเลือก โปรแกรม Matlab เป็นโปรแกรมทดสอบอัลกอริทึม เมื่ออัลกอริทึมถูกต้องแล้ว จึงใช้โปรแกรม LabVIEW เขียนเพื่อใช้ในงานจริง

5.1.2 เปรียบเทียบการทำงานต่างของการประมาณ/ติดตามค่าขององค์ประกอบสมมาตร

1) เปรียบเทียบการทำงานของอัลกอริทึมปรับตัวเองได้กับ FFT

ตารางที่ 5.1 เปรียบเทียบการทำงานของอัลกอริทึมปรับตัวเองได้กับ FFT

การเปรียบเทียบ	อัลกอริทึมปรับตัวเองได้	FFT
ความแม่นยำ	ติดตามได้ทั้งระบบเริ่มต้นและระบบที่มีการเปลี่ยนแปลง	ติดตามได้ทั้งระบบเริ่มต้นและระบบที่มีการเปลี่ยนแปลง
ความเร็วในการเข้าระบบ	ต้องใช้เวลาประมาณ 0.04 วินาที เพื่อการเข้าระบบ	เมื่อเก็บค่าเริ่มต้นเสร็จสามารถติดตามได้เลย
ความเร็วในการวิเคราะห์	เร็วกว่า	ช้ากว่า

2) เปรียบเทียบเวลาในการติดตามประมาณค่าในโปรแกรม Matlab

ตารางที่ 5.2 เปรียบเทียบเวลาระหว่าง อัลกอริทึมปรับตัวเองได้ กับ FFT ของกระแส

การผิดพ่วง	อัลกอริทึมปรับตัวเองได้ (วินาที)	FFT (วินาที)
Three phase Faults	3.058676	74.604329
Single Line to Ground Fault	2.483633	74.91632
Double Line to Ground Fault	3.290306	79.679923
Line to Line Fault	4.422047	77.962395
Unbalance Load	2.479985	74.704329
ค่าเฉลี่ย	3.1469294	76.3734592

4) เปรียบเทียบเวลาในการติดตาม/ประมาณค่าระหว่างโปรแกรม Matlab กับ โปรแกรม LabVIEW

ตารางที่ 5.3 เปรียบเทียบเวลาในการติดตาม/ประมาณค่าระหว่างโปรแกรม Matlab กับ โปรแกรม LabVIEW

การผิดปกติ	Matlab (วินาที)	LabVIEW (วินาที)
Three phase Faults	5.517417	0.394
Single Line to Ground Fault	6.180637	0.394
Double Line to Ground Fault	6.405969	0.386
Line to Line Fault	8.148571	0.387
Unbalance Load	5.976895	0.393
ค่าเฉลี่ย	6.4458978	0.3908

5.1.3 ผลการศึกษาการติดตาม/ประมาณค่าองค์ประกอบสมมาตรจากไฟล์ Contard จากกรีเลย์ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

ไฟล์ Contard นี้ค่าต่างๆจะบันทึกโดยรีเลย์ โดยมาตรฐานแล้ว จะต้องบันทึกค่าของกระแสและแรงดัน ก่อนและช่วงเวลาการเกิดความผิดปกติ เทียบกับเวลา แต่จะมีบางรุ่นจะบันทึกแตกต่างจากนี้ ในการบันทึกจะบันทึกเพียง 1 ครั้ง เมื่อเกิดการผิดปกติครั้งต่อไปจะทำการบันทึกค่าใหม่และลบค่าเก่าทิ้ง การจะนำไฟล์ดังกล่าวออกมาใช้จะต้องใช้โปรแกรมลิขสิทธิ์ไปดึงเอาค่าออกมาจากกรีเลย์ และการนำค่านี้มาใช้งานในการไฟฟ้าส่วนภูมิกภาคนั้น มีคนเอาข้อมูลมูลนี้มาใช้งานน้อยมาก จึงได้ข้อมูลนี้มาวิเคราะห์ไม่ครบกับเหตุการณ์ และการเก็บข้อมูลต่อเวลาแต่ละรุ่นไม่เท่ากัน ในโปรแกรม Matlab จะทำการแก้ไขก่อน จึงทำการติดตาม/ประมาณค่าได้ ส่วนโปรแกรม LabVIEW ไม่จำเป็นต้องแก้ไข เพราะสามารถอ่านได้ทั้งหมดข้อมูล

5.2 ข้อเสนอแนะ

ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นการติดตาม/ประมาณค่าองค์ประกอบสมมาตร โดยที่ความถี่คงที่ 50 Hz เนื่องจากผู้วิจัยเพิ่งเริ่มต้นศึกษาหลักการอัลกอริทึมนี้ จึงไม่สามารถติดตาม/ประมาณค่า ในระบบที่มีการเปลี่ยนแปลงความถี่ได้ แต่โดยหลักการแล้ว ผู้วิจัยคิดว่าจะต้องใช้อัลกอริทึมปรับตัวเองได้ ประมาณค่าความถี่ ที่เปลี่ยนแปลงแล้วมาปรับค่า dt ให้เปลี่ยนไปตามความถี่ที่เปลี่ยนแปลงตามระบบ

จากแนวคิดของผู้วิจัยเชื่อว่าการคำนวณนั้นจะต้องใช้อัลกอริทึมปรับตัวเองได้ติดตาม/ประมาณค่าค่าที่ในระบบเมื่อได้ค่าความถี่ที่เปลี่ยนแปลงเทียบกับเวลาแล้วแล้วนำมาคำนวณหาค่า dt เพราะฉะนั้นค่าของ dt นั้นจะไม่ใช่ค่าเดียว ค่า dt จะต้องเปลี่ยนแปลงตามความถี่นั่นเอง แล้วนำค่า dt ที่ได้มาใส่ในลูปคำนวณค่าองค์ประกอบสมมาตร แต่ในโปรแกรม Matlab ไม่สามารถคำนวณ 2 ลูปพร้อมกันได้ แต่ โปรแกรม LabVIEW ทำได้ จึงคำนวณแบบขนานกันไปได้เลย ถ้าจะให้การทำงานเร็วควรใช้โปรแกรม LabVIEW แต่ โปรแกรม Matlab สามารถทดสอบอัลกอริทึมได้เหมือนกัน

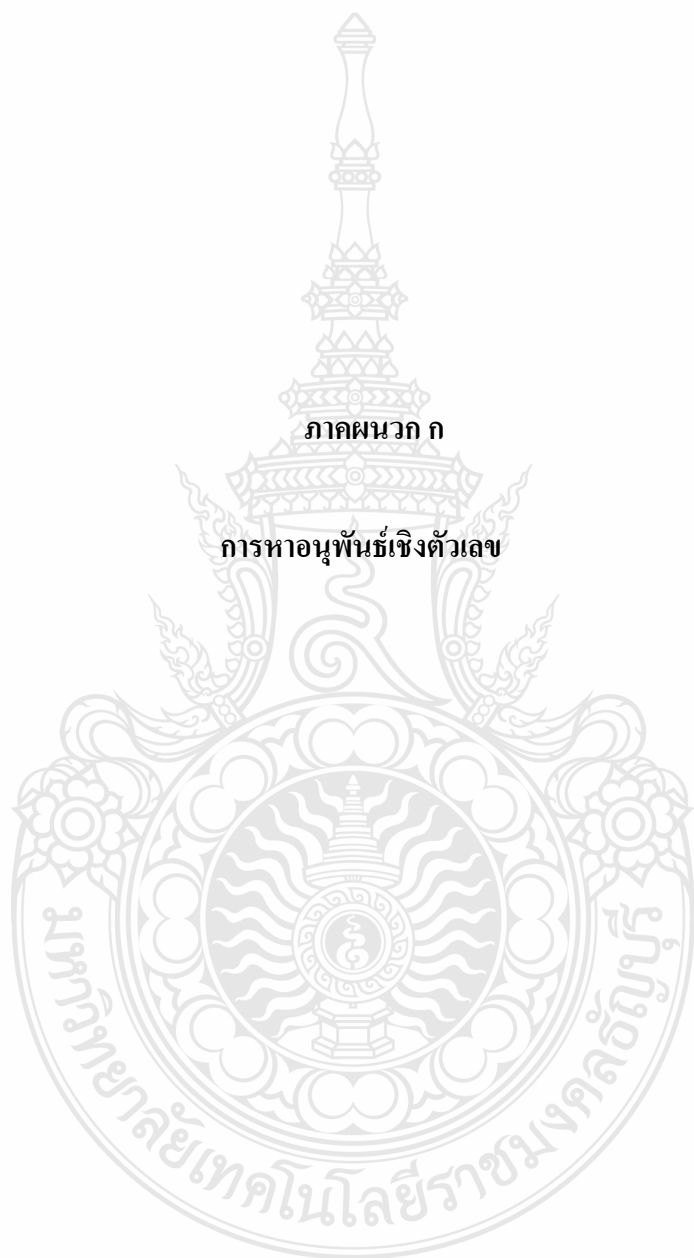
อีกตัวแปรที่สำคัญคือ α จะเป็นตัวแปรที่กำหนดความเร็วในการเข้าระบบ แต่จะมีผลของต่อ Overshoot ถ้ามีการทำให้โปรแกรมนี้เลือกค่าที่เหมาะสมเองได้จะเพิ่มความสามารถของเครื่องมือ



เอกสารอ้างอิง

- [1] Wagner, C.F. and Evans, R.D. 1993. **Symmetrical Components**. New York :McGraw-Hill
- [2] M. S. Sachdev and M. Nagpal, "A recursive least error squares algorithm for power system relaying and measurement applications," *IEEE Trans. Power Delivery*, vol. 6, pp. 1008–1015, July 1991.
- [3] Campos, A. et. al. 1993 . "A DSP-Based Real-Time Digital Filter for Symmetrical components"75-79.in international Power conference ATP'93 Proceeding. Athens.
- [4] Bradolino, J "Practical Measurement of Symmetrical component Current" M.Eng thesis of McMaster University.1993.
- [5] GEC Measurements. **Protective Relays Application Guide**. :Stafford England
- [6] Elenewehi, A.F. et. al. 1993. "Negative-Sequence Overcurrent Element Application and Coordination in Distribution Protection" **IEEE Transaction on Power Delivery**. 8(3):915-922
- [7] Brandolino, J. and Findlay, R.D. 1994. "Practical Measurement of Symmetrical Component Current in Induction Motors" 16-29. in **Canadian Conference on Electrical and computer Engineering**. Halifax
- [8] Akneschjke, T.A. 1985. "Control of Utility System Unbalance Caused By Single-Phase Electric Traction" **IEEE Transaction on Industrial Application**.
- [9] A. Campos, G. Joos, P. D. Ziogas, and J. F. Lindsay, "A dsp-based real-time digital filter for symmetrical components," in *Proc. Athens Power Tech. Joint Int. Power Conf.*, vol. 1, 1993, APT 93, pp. 75–79.
- [10] T. Lobos, "Fast estimation of symmetrical components in real time," in *Proc. Inst. Elect. Eng. C*, vol. 139, Jan. 1992, pp. 27–30.
- [11] S. A. Soliman and M. E. El-Hawary, "Application of Kalman filtering for online estimation of symmetrical components for power system protection," *Elect. Power Syst. Res.*, vol. 38, pp. 113–123, 1997.
- [12] A. A. Girgis, W. Chang, and E. B. Makram, "Analysis of high-impedance fault generated signals using a Kalman filtering approach," *IEEE Trans. Power Delivery*, vol. 5, pp. 1714–1724, Oct. 1990.
- [13] K. M. El-Naggar, "A fast method for identification of symmetrical components for power system protection," *Int. J. Elect. Power Energy Syst.*, vol. 23, pp. 813–817, 2001.

- [14] Blackburn, J.L. 1993. **Symmetrical Components for Power Systems Engineering**. New York : Marcel Dekker Inc.
- [15] ดร.วิฑิต นัตรีรัตนกุลชัย, “เอกสารประกอบการสอน วิชา Engineering Analysis for Mechanical Engineers” . ปี 2550.
- [16] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม.2539. มอก.867-2532 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ(ไม่รวมตัวต้นกำลัง).กรุงเทพฯ
- [17] Ching-Yin Lee. et. al. 1997. “Effects of Various Unbalanced Voltages on the Operation Performance of an Induction Motor under the Same Voltage Unbalance Factor Condition”. In Industrial and Commercial Power Systems Technical Conference. Singapore
- [18] P. K. Dash, D. P. Swain, A. C. Liew, and S. Rahman, “An adaptive linear combiner for on-line tracking of power system harmonics,” *IEEE Trans. Power Syst.*, vol. 11, pp. 1730–1735, Nov. 1996.
- [19] B. Window and M.A. Lehr, “30 Years of Adaptive Neutral networks: Perception, madaline and backpropagation”, *Proc. IEEE*.Vol.78, pp.1415-1442, Sept. 1990.
- [20] E. Elmitwally, S. Abdelkader, and M. El-Kateb, “Neural network controlled three-phase four-wire shunt active power filter,” in *Proc. Inst. Elect. Eng., Gen., Transm., Dist.*, vol. 47, Mar. 2000, pp. 87–92.
- [21] W. Dommel, Hermann. EMTP Theory Book. 2nd ed. British Columbia : Microtran Power System Analysis Corporation, 1996.
- [22] National Instruments, *Instrument I/O VI Reference Manual*, January, 1996.
- [23] National Instruments, *LabVIEW Users Manual*, January, 1996.
- [24] R.S. Pressman, *Software Engineering*, **3rd** ed., McGraw-Hill, New York, 1992.
- [25] Paul M. Anderson, “Analysis of Faulted Power Systems” NY : USA., 1995.
- [26] สุรเดช อินทร์พุ่ม,กฤษณ์ชนม์ ภูมิภิตติพิชญ์ และชวงศ์ วัฒนศักดิ์ภูบาล, “การออกแบบอัลกอริทึมสำหรับติดตามค่าองค์ประกอบสมมาตรโดยใช้อัลกอริทึมแบบปรับตัวเองได้” ,EENET-2010 , กุมภาพันธ์ 2553
- [27] Suradach Inpum and Krischonme Bhukkittipich, “Design of an Algorithm for Tracking Symmetrical Component Based on Adaptive Algorithm” ,GREEN TECHNOLOGY AND PRODUCTIVITY-2010 , JUNE 2010



ภาคผนวก ก

การหาอนุพันธ์เชิงตัวเลข

การหาอนุพันธ์เชิงตัวเลขมีที่มาจากกระจายของอนุกรมเทย์เลอร์ ซึ่งสามารถอธิบายได้โดยสมการดังต่อไปนี้ [21]

การกระจายแบบไปข้างหน้าของอนุกรมเทย์เลอร์

$$x(n+1) = x(n) + x'(n)\Delta t + \frac{x''(n)}{2!} \Delta t^2 + \frac{x'''(n)}{3!} \Delta t^3 + \dots \quad (ก.1)$$

การกระจายแบบไปข้างหลังของอนุกรมเทย์เลอร์

$$x(n-1) = x(n) - x'(n)\Delta t + \frac{x''(n)}{2!} \Delta t^2 - \frac{x'''(n)}{3!} \Delta t^3 + \dots \quad (ก.2)$$

1. การประมาณค่าเพื่อหาอนุพันธ์อันดับหนึ่งโดยใช้ผลต่างทางด้านหน้า

จากสมการ (ก.1) เขียนได้ใหม่ดังนี้

$$x'(n) = \frac{x(n+1) - x(n)}{\Delta t} - \frac{x''(n)}{2!} \Delta t - \frac{x'''(n)}{3!} \Delta t^2 - \dots \quad (ก.3)$$

$$x'(n) \cong \frac{x(n+1) - x(n)}{\Delta t} \quad (ก.4)$$

2. การประมาณค่าเพื่อหาอนุพันธ์อันดับหนึ่งโดยใช้ผลต่างทางด้านหลัง

จากสมการ (ก.2) เขียนได้ใหม่ดังนี้

$$x'(n) = \frac{x(n) - x(n-1)}{\Delta t} + \frac{x''(n)}{2!} \Delta t - \frac{x'''(n)}{3!} \Delta t^2 + \dots \quad (ก.5)$$

$$x'(n) \cong \frac{x(n) - x(n-1)}{\Delta t} \quad (ก.6)$$

3. การประมาณค่าเพื่อหาอนุพันธ์อันดับหนึ่งโดยใช้ผลต่างระหว่างจุดกึ่งกลาง

จากสมการ (ก.2) เขียนได้ใหม่ดังนี้

$$x(n) = x(n-1) + x'(n)\Delta t - \frac{x''(n)}{2!} \Delta t^2 + \frac{x'''(n)}{3!} \Delta t^3 - \dots \quad (ก.7)$$

นำ $x(n)$ จากสมการ (ก.7) แทนใน (ก.1) จะได้

$$x(n+1) = x(n) + 2x'(n)\Delta t + \frac{2x''(n)}{3!} \Delta t^3 + \frac{2x^{(5)}(n)}{5!} \Delta t^5 + \dots \quad (ก.8)$$

$$x'(n) = \frac{x(n+1) - x(n-1)}{2\Delta t} - \frac{x'''(n)}{3!} \Delta t^2 - \frac{x^{(5)}(n)}{5!} \Delta t^4 - \dots \quad (ก.9)$$

$$x'(n) \cong \frac{x(n+1) - x(n-1)}{2\Delta t} \quad (\text{ก.10})$$

4. การประมาณค่าเพื่อหาอนุพันธ์อันดับสองโดยใช้ผลต่างทางด้านหน้า

กระจายความสัมพัทธ์ของ $x(n+2)$ โดยใช้สมการ (ก.1) ได้ดังนี้

$$x(n+2) = x(n) + x'(n)2\Delta t + \frac{x''(n)}{2!}(2\Delta t)^2 + \frac{x'''(n)}{3!}(2\Delta t)^3 + \dots \quad (\text{ก.11})$$

นำ $x'(n)$ จากสมการ (ก.3) แทนใน (ก.11) จะได้

$$x''(n) = \frac{x(n+2) - 2x(n+1) + x(n)}{\Delta t^2} - x'''(n)\Delta t - \dots \quad (\text{ก.12})$$

$$x''(n) \cong \frac{x(n+2) - 2x(n+1) + x(n)}{\Delta t^2} \quad (\text{ก.13})$$

5. การประมาณค่าเพื่อหาอนุพันธ์อันดับสองโดยใช้ผลต่างทางด้านหลัง

กระจายความสัมพัทธ์ของ $x(n-2)$ โดยใช้สมการ (ก.2) ได้ดังนี้

$$x(n-2) = x(n) - x'(n)2\Delta t + \frac{x''(n)}{2!}(2\Delta t)^2 - \frac{x'''(n)}{3!}(2\Delta t)^3 + \dots \quad (\text{ก.14})$$

นำ $x'(n)$ จากสมการ (ก.5) แทนใน (ก.14) จะได้

$$x''(n) = \frac{x(n) - 2x(n-1) + x(n-2)}{\Delta t^2} + x'''(n)\Delta t - \dots \quad (\text{ก.15})$$

$$x''(n) \cong \frac{x(n) - 2x(n-1) + x(n-2)}{\Delta t^2} \quad (\text{ก.16})$$

6. การประมาณค่าเพื่อหาอนุพันธ์อันดับสองโดยใช้ผลต่างระหว่างจุดกึ่งกลาง

จากสมการ (ก.2) เขียนได้ใหม่ดังนี้

$$x'(n)\Delta t = x(n) - x(n-1) + \frac{x''(n)}{2!}\Delta t^2 - \frac{x'''(n)}{3!}\Delta t^3 + \dots \quad (\text{ก.17})$$

$x'(n)\Delta t$ จากสมการ (ก.17) แทนใน (ก.1) จะได้

$$x(n+1) = 2x(n) - x(n-1) + \frac{x''(n)}{2!}2\Delta t^2 + \frac{x^{(4)}(n)}{4!}2\Delta t^4 + \dots \quad (\text{ก.18})$$

$$x''(n) = \frac{x(n+1) - 2x(n) + x(n-1)}{\Delta t^2} - \frac{x^{(4)}(n)}{12}\Delta t^2 - \dots \quad (\text{ก.19})$$

$$x''(n) \cong \frac{x(n+1) - 2x(n) + x(n-1)}{\Delta t^2} \quad (\text{ก.20})$$

7. การประมาณค่าเพื่อหาอนุพันธ์อันดับสามโดยใช้ผลต่างทางด้านหน้า

กระจายความสัมพัทธ์ของ $x(n+3)$ โดยใช้สมการ (ก.1) ได้ดังนี้

$$x(n+3) = x(n) + x'(n)3\Delta t + \frac{x''(n)}{2!}(3\Delta t)^2 + \frac{x'''(n)}{3!}(3\Delta t)^3 + \frac{x^{(4)}(n)}{4!}(3\Delta t)^4 + \dots \quad (\text{ก.21})$$

นำ $x'(n)$ จากสมการ (ก.3) และ $x''(n)$ จากสมการ (ก.13) แทนใน (ก.21) จะได้

$$x'''(n) = \frac{x(n+3) - 3x(n+2) + 3x(n+1) - x(n)}{\Delta t^3} - x^{(4)}(n) \frac{3}{2} \Delta t - \dots \quad (\text{ก.22})$$

$$x'''(n) \cong \frac{x(n+3) - 3x(n+2) + 3x(n+1) - x(n)}{\Delta t^3} \quad (\text{ก.23})$$

8. การประมาณค่าเพื่อหาอนุพันธ์อันดับสามโดยใช้ผลต่างทางด้านหลัง

กระจายความสัมพัทธ์ของ $x(n-3)$ โดยใช้สมการ (ก.2) ได้ดังนี้

$$x(n+3) = x(n) - x'(n)3\Delta t + \frac{x''(n)}{2!}(3\Delta t)^2 - \frac{x'''(n)}{3!}(3\Delta t)^3 + \frac{x^{(4)}(n)}{4!}(3\Delta t)^4 - \dots \quad (\text{ก.24})$$

นำ $x'(n)$ จากสมการ (ก.5) และ $x''(n)$ จากสมการ (ก.15) แทนใน (ก.24) จะได้

$$x'''(n) = \frac{x(n) - 3x(n-1) + 3x(n-2) - x(n-3)}{\Delta t^3} + x^{(4)}(n) \frac{3}{2} \Delta t - \dots \quad (\text{ก.22})$$

$$x'''(n) \cong \frac{x(n+3) - 3x(n+2) + 3x(n+1) - x(n)}{\Delta t^3} \quad (\text{ก.23})$$

9. การประมาณค่าเพื่อหาอนุพันธ์อันดับสามโดยใช้ผลต่างระหว่างจุดกึ่งกลาง

จากสมการ (ก.14) เขียนได้ใหม่ดังนี้

$$\frac{x''(n)}{2!}(2\Delta t)^2 = -x(n) + x(n-2) + x'(n)2\Delta t + \frac{x'''(n)}{3!}(2\Delta t)^3 - \frac{x^{(4)}(n)}{4!}(2\Delta t)^4 + \dots \quad (\text{ก.24})$$

นำ $\frac{x''(n)}{2!}(2\Delta t)^2$ จากสมการ (ก.24) แทนใน (ก.11) จะได้

$$x(n+2) - x(n-2) = x'(n)4\Delta t + \frac{x'''(n)}{3}8\Delta t^3 + \frac{x^{(5)}(n)}{15}8\Delta t^5 + \dots \quad (\text{ก.25})$$

นำ $x'(n)$ จากสมการ (ก.9) แทนใน (ก.25) จะได้

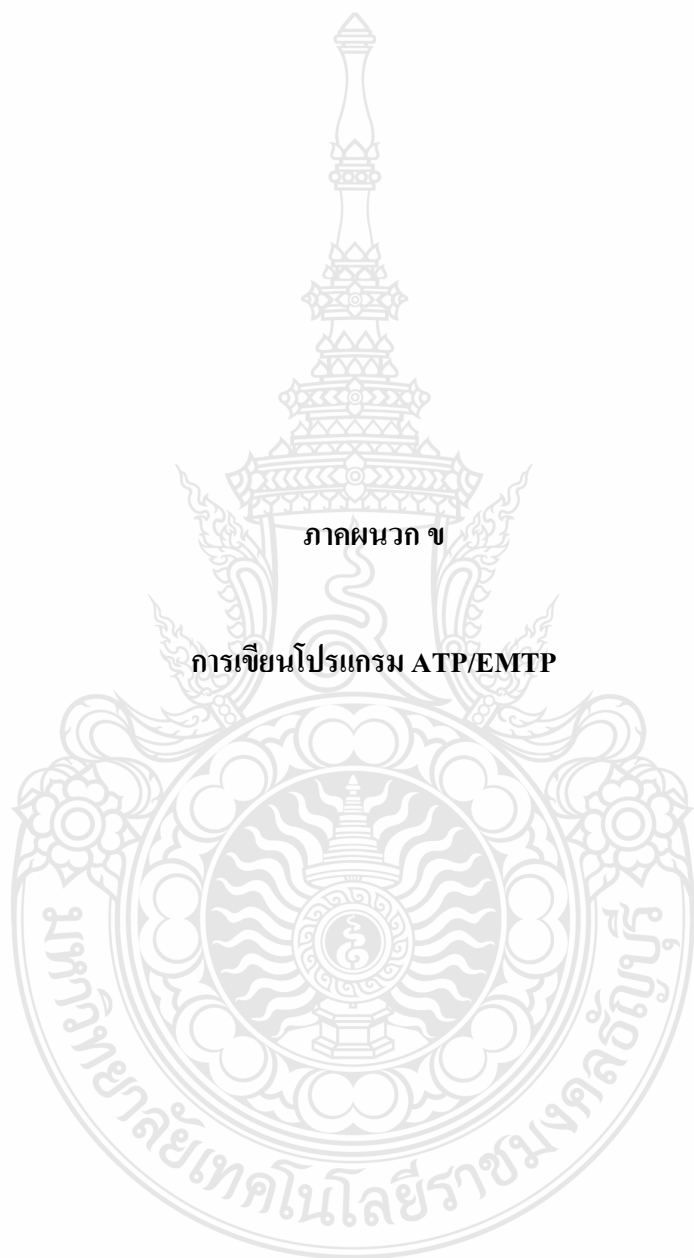
$$x(n+2) - x(n-2) = 2x(n+1) - 2x(n-1) + x'''(n)2\Delta t^3 + \frac{x^{(5)}(n)}{2}\Delta t^5 + \dots \quad (\text{ก.26})$$

$$x'''(n) = \frac{x(n+2) - 2x(n+1) + 2x(n-1) - x(n-2)}{2\Delta t^3} - \frac{x^{(5)}}{4} \Delta t^2 - \dots \quad (\text{ก.27})$$

$$x'''(n) \cong \frac{x(n+2) - 2x(n+1) + 2x(n-1) - x(n-2)}{2\Delta t^3} \quad (\text{ก.28})$$

การประมาณค่าเพื่อหาอนุพันธ์ที่มีอันดับสูงขึ้นไป สามารถทำได้โดยใช้ขั้นตอนเหมือนกับวิธีการหาอนุพันธ์ที่ได้กล่าวมา แต่จะเพิ่มจำนวนของข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณมากขึ้นไปเรื่อยๆ



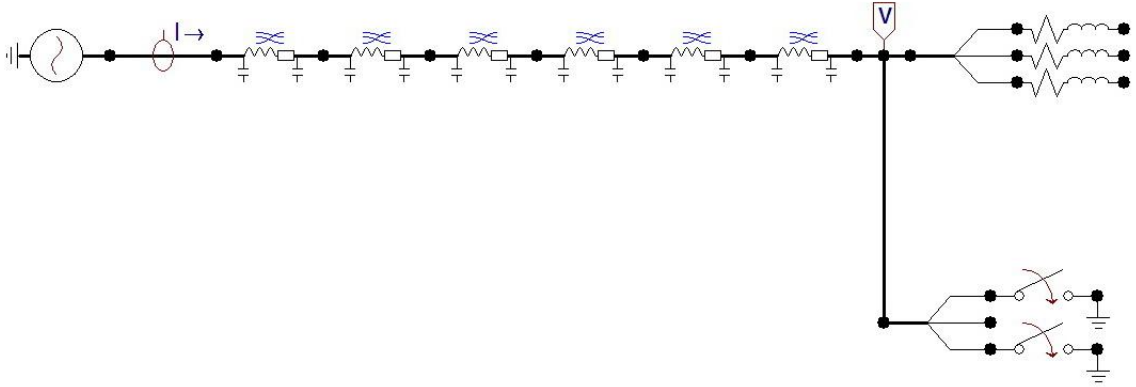


ภาคผนวก ข

การเขียนโปรแกรม ATP/EMTP

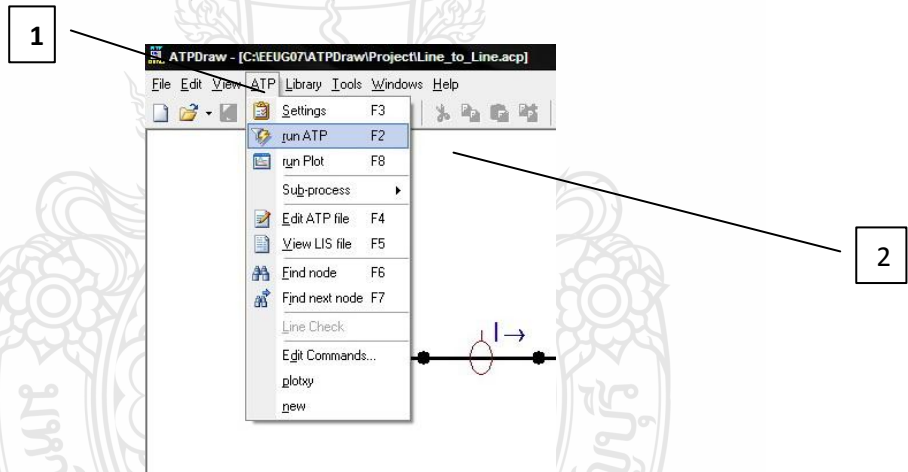
การเขียนโปรแกรม ATP/EMTP

1 เขียนโปรแกรม ATP/EMTP ตามเหตุการณ์ที่จะวิเคราะห์

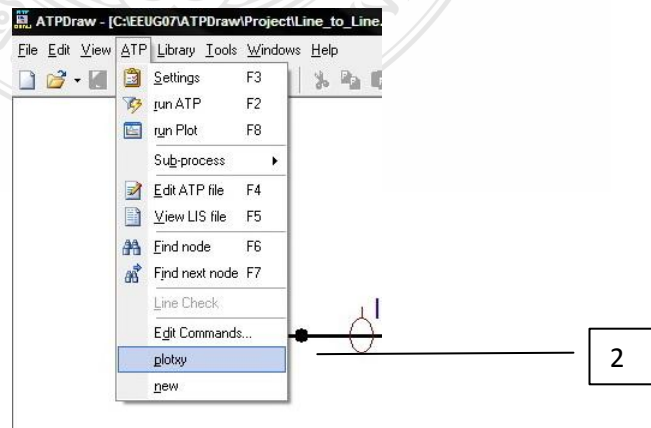


เฟส A,B เกิดฟอลต์ลงกราวด์ที่เวลา 0.5 วินาที

2 RUN โปรแกรม กด F2 หรือ ➡ 1.ATP ➡ 2.RUN



3. PLOTโปรแกรม โดย ➡ 1.ATP ➡ 2.plot xy



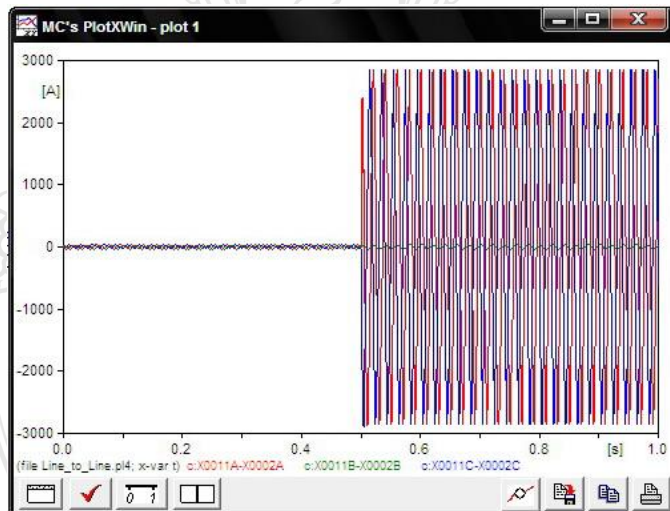
4 จะ ได้MC's Plotwin-Data selection

ค่าที่ได้จากprobesที่เรา
ใส่ไว้ในATPDROW
สามารถเลือกไปplotได้

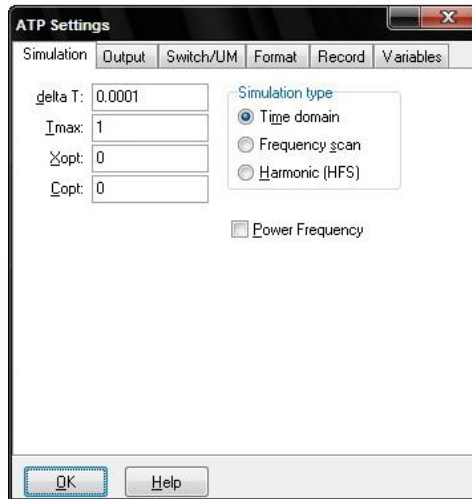
ค่าที่เราเลือก
จะไปplot

คลิกที่Plot

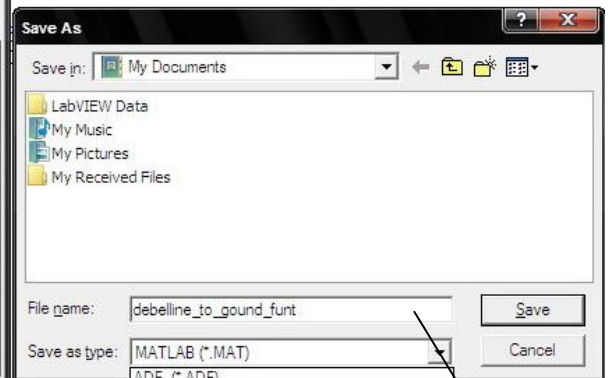
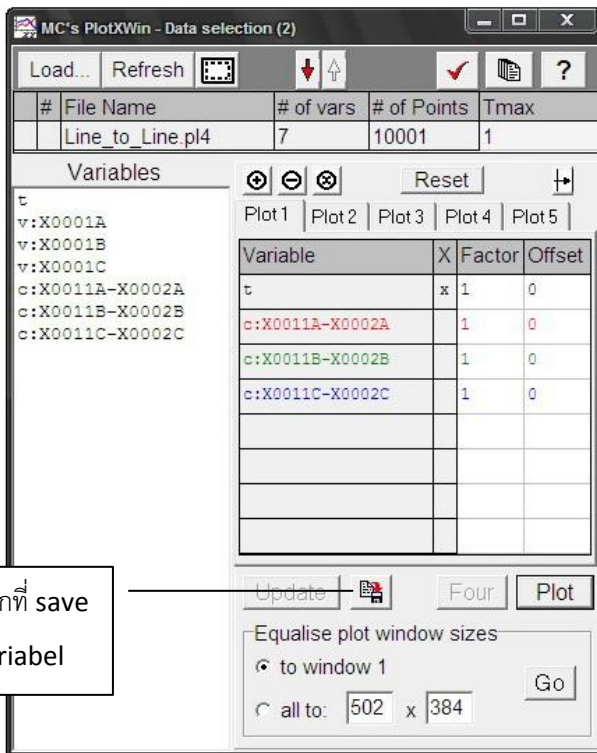
5 จะ ได้MC's Plotwin-Data selection-plot1 ดังรูป



6 ระยะเวลาที่ได้มาจากการSettingที่ค่า



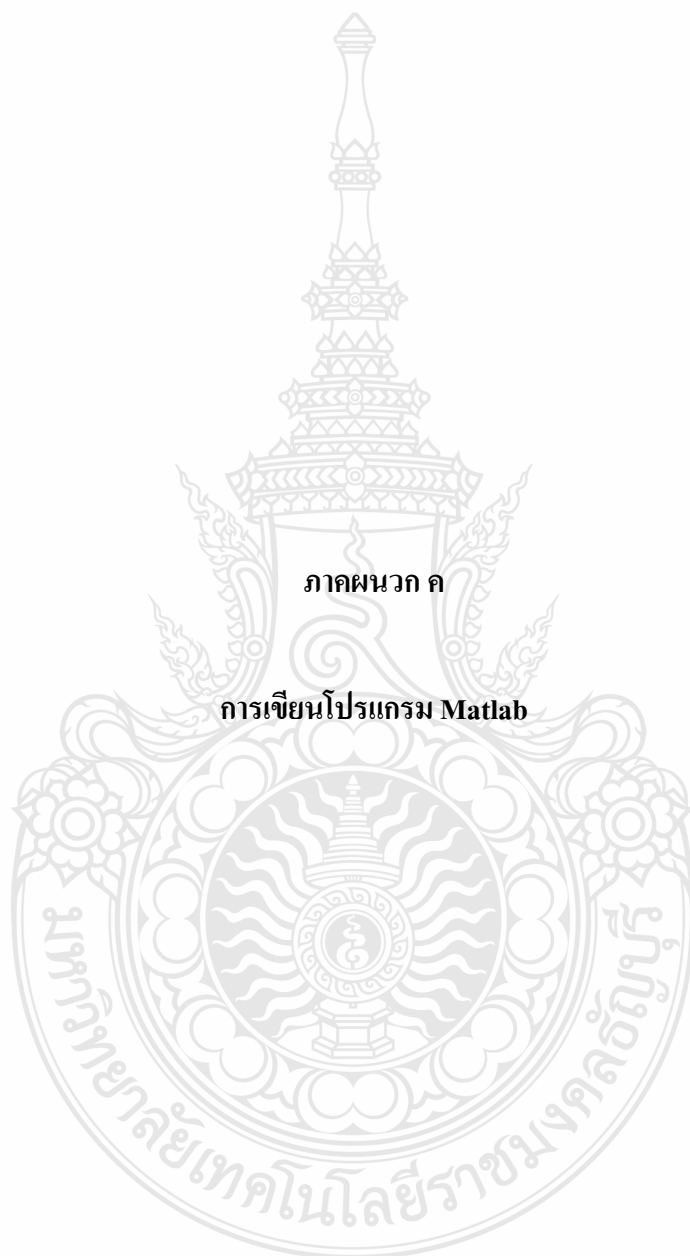
7 ทำการเก็บค่าเป็น .m



1.คลิกที่ save variabel

3.เลือกที่ MATLAB(*.MAT)

2.ใส่ชื่อที่จะ save



ภาคผนวก ค

การเขียนโปรแกรม Matlab

การเขียนโปรแกรม Matlab

1 การประมาณ/ติดตามค่า องค์ประกอบสมมาตรของกระแส

```
clear;
clc;

load('C:\Documents and Settings\Administrator\My Documents\flie_atp\program_ATP\three_phat_fault');

la=iX0012aX0002a;
lb=iX0012bX0002b;
lc=iX0012cX0002c;
plot(t,la)

plot(t,la,t,lb,t,lc);

w=2*pi*50;
dt=1e-4;

zata=[0;0;1;0;0;1];
al=0.1;

for i=1:10001
    t(i)=(i-1)*1e-4;
    y=[la(i);lb(i);lc(i)];
    deta=[sin(w*t(i)) cos(w*t(i)),sin(w*t(i)),cos(w*t(i)),sin(w*t(i)),cos(w*t(i));
        sin(w*t(i)) cos(w*t(i)),sin(w*t(i)-(2*pi/3)),cos(w*t(i)-(2*pi/3)),sin(w*t(i)+(2*pi/3)),cos(w*t(i)+(2*pi/3));
        sin(w*t(i)) cos(w*t(i)),sin(w*t(i)+(2*pi/3)),cos(w*t(i)+(2*pi/3)),sin(w*t(i)-(2*pi/3)),cos(w*t(i)-(2*pi/3))];
    error=y-(deta*zata);
```



```

zata=zata+ al*deta*inv(deta*deta)*(error);
real_I0(i)=zata(1,1);
imag_I0(i)=zata(2,1);
real_I1(i)=zata(3,1);
imag_I1(i)=zata(4,1);
real_I2(i)=zata(5,1);
imag_I2(i)=zata(6,1);
I0(i)=abs(real_I0(i) +j*imag_I0(i));
I1(i)=abs(real_I1(i) +j*imag_I1(i));
I2(i)=abs(real_I2(i) +j*imag_I2(i));
    end
figure(1)
plot(t, Ia, t, Ib, t, Ic);
axis([0.4,0.6,-2000,2000]);
xlabel('Time(s)');
ylabel('Current(A)');
title('Three phase fault')
legend('Ia', 'Ib', 'Ic');

figure(2)
plot(t, I0, t, I1, t, I2);
axis([0.4,0.6,-200,2500]);
xlabel('Time(s)');
ylabel('Current(A)');
title('Symetrical Component of current');
legend('I0', 'I1', 'I2');

figure(3)
plot(t, I0);
axis([0.4,0.6,-200,2500]);
xlabel('Time(s)');
ylabel('Current(A)');
title('Zero Sequence Component');
legend('I0');

figure(4)

```

```

plot(t,I1);
axis([0.4,0.6,-200,2500]);
xlabel('Time(s)');
ylabel('Current(A)');
title('Positive Sequence Component');
legend('I1');

```

```

figure(5)
plot(t,I2);
axis([0.4,0.6,-200,2500]);
xlabel('Time(s)');
ylabel('Current(A)');
title('Negative Sequence Component');
legend('I2');

```

```

figure(6)
subplot(2,2,1)
plot(t,I0,t,I1,t,I2);
axis([0.4,0.6,-200,2500]);
xlabel('Time(t)');
ylabel('Current(A)');
title('Symetrical Component of three phase fault');
legend('I0','I1','I2');

```

```

subplot(2,2,2)
plot(t,I0);
axis([0.4,0.6,-200,2500]);
xlabel('Time(t)');
ylabel('Current(A)');
title('Zero sequence component');
legend('I0');

```

```

subplot(2,2,3)
plot(t,I1,'k');
axis([0.4,0.6,-200,2500]);
xlabel('Time(t)');

```

```

ylabel('current(A)');
title('positive sequence component');
legend('I1');

```

```

subplot(2,2,4)
plot(t,I2,'r');
axis([0.4,0.6,-200,2500]);
xlabel('Time(t)');
ylabel('Current(A)');
title('negative sequence component');
legend('I2');

```

2 การประมาณ/ติดตามค่า องค์ประกอบสมมาตรของแรงดัน

```

clear;
clc;

```

```

load('C:\Documents and Settings\Administrator\My
Documents\flie_atp\program_ATP\three_phat_fault.mat');

```

```

Va=vX0001a;
Vb=vX0001b;
Vc=vX0001c;
plot(t,Va)

```

```

plot(t,Va,t,Vb,t,Vc);

```

```

w=2*pi*50;
dt=1e-4;

```

```

zata=[0;0;1;0;0;1];
al=0.1;

```

```

for i=1:10001
    t(i)=(i-1)*1e-4;
    y=[Va(i);Vb(i);Vc(i)];
    deta=[sin(w*t(i))
cos(w*t(i)),sin(w*t(i)),cos(w*t(i)),sin(w*t(i)),cos(w*t(i));
        sin(w*t(i)) cos(w*t(i)),sin(w*t(i)-(2*pi/3)),cos(w*t(i)-
(2*pi/3)),sin(w*t(i)+(2*pi/3)),cos(w*t(i)+(2*pi/3));
        sin(w*t(i))
cos(w*t(i)),sin(w*t(i)+(2*pi/3)),cos(w*t(i)+(2*pi/3)),sin(w*t(i)-
(2*pi/3)),cos(w*t(i)-(2*pi/3))]';
    error=y-(deta'*zata);

```

```

zata=zata+ al*deta*inv(deta'*deta)*(error);

```

```

    real_V0(i)=zata(1,1);
    imag_V0(i)=zata(2,1);
    real_V1(i)=zata(3,1);
    imag_V1(i)=zata(4,1);
    real_V2(i)=zata(5,1);
    imag_V2(i)=zata(6,1);
    V0(i)=abs(real_V0(i) +j*imag_V0(i));
    V1(i)=abs(real_V1(i) +j*imag_V1(i));
    V2(i)=abs(real_V2(i) +j*imag_V2(i));

end

figure(1)
plot(t,Va,t,Vb,t,Vc);
xlabel('Time(s)');
axis([0.4,0.6,-20000,20000]);
ylabel('Voltage(V)');
title('Three phase fault');
legend('Va','Vb','Vc');

figure(2)
plot(t,V0,t,V1,t,V2);
axis([0.4,0.6,-1000,19000]);
xlabel('Time(s)');
ylabel('Voltage(V)');
title('Symetrical component of Voltag');
legend('V0','V1','V2');

figure(3)
plot(t,V0);
axis([0.4,0.6,-1000,19000]);
xlabel('Time(s)');
ylabel('Voltage(V)');
title('Symetrical Component of Voltag');
legend('V0');

figure(4)
plot(t,V1);
axis([0.4,0.6,-1000,19000]);
xlabel('Time(s)');
ylabel('Voltage(V)');
title('Symetrical Component of Voltag');
legend('V1');

figure(5)
plot(t,V2);
xlabel('Time(s)');
axis([0.4,0.6,-1000,19000]);
ylabel('Voltage(V)');

```

```

title('Symetrical Component of Voltag');
legend('V2');

figure(6)
subplot(2,2,1)
plot(t,V0,t,V1,t,V2);
axis([0,1,0,2500]);
xlabel('Time(s)');
ylabel('Voltag(V)');
title('symetrical Component of three_phase_fault');
legend('V0','V1','V2');

subplot(2,2,2)
plot(t,V0);
axis([0,1,0,2500]);
xlabel('Time(s)');
ylabel('Voltag(V)');
title('zero sequence component');
legend('V0');

subplot(2,2,3)
plot(t,V1,'k');
axis([0,1,0,2500]);
xlabel('Time(s)');
ylabel('Voltag(V)');
title('positive sequence component');
legend('V1');

subplot(2,2,4)
plot(t,V2,'r');
axis([0,1,0,2500]);
xlabel('Time(s)');
ylabel('Voltag(V)');
title('negative sequence component');
legend('V2');

```

3 การประมาณ/ติดตามค่า องค์ประกอบสมมาตร โดยใช้วิธี Fast Fourier Transform(FFT)

เทียบกับ อัลกอริทึมปรับตัวเองได้

```

clear;
clc;

load('C:\therrphase_fault_vi.mat');
Ia=iX0011aX0002a;
Ib=iX0011bX0002b;
Ic=iX0011cX0002c;
plot(t,Ia)

plot(t,Ia,t,Ib,t,Ic);

Va=vX0001a;
Vb=vX0001b;
Vc=vX0001c;

```

```

plot(t,Va)

w=2*pi*50;
dt=1e-4;

plot(t,Va,t,Vb,t,Vc);

zata=[0;0;1;0;0;1];
al=0.1;

for i=1:10001
    t(i)=(i-1)*1e-4;
    y=[Ia(i);Ib(i);Ic(i)];
    deta=[sin(w*t(i))
cos(w*t(i)),sin(w*t(i)),cos(w*t(i)),sin(w*t(i)),cos(w*t(i));
        sin(w*t(i)) cos(w*t(i)),sin(w*t(i)-(2*pi/3)),cos(w*t(i)-
(2*pi/3)),sin(w*t(i)+(2*pi/3)),cos(w*t(i)+(2*pi/3));
        sin(w*t(i))
cos(w*t(i)),sin(w*t(i)+(2*pi/3)),cos(w*t(i)+(2*pi/3)),sin(w*t(i)-
(2*pi/3)),cos(w*t(i)-(2*pi/3))]';
    error=y-(deta'*zata);
    zata=zata+ al*deta*inv(deta'*deta)*(error);
    real_I0(i)=zata(1,1);
    imag_I0(i)=zata(2,1);
    real_I1(i)=zata(3,1);
    imag_I1(i)=zata(4,1);
    real_I2(i)=zata(5,1);
    imag_I2(i)=zata(6,1);
    I0(i)=abs(real_I0(i) +j*imag_I0(i));
    I1(i)=abs(real_I1(i) +j*imag_I1(i));
    I2(i)=abs(real_I2(i) +j*imag_I2(i));

% end

error=y-(deta'*zata);
zata=zata+ al*deta*inv(deta'*deta)*(error);
real_V0(i)=zata(1,1);
imag_V0(i)=zata(2,1);
real_V1(i)=zata(3,1);
imag_V1(i)=zata(4,1);
real_V2(i)=zata(5,1);
imag_V2(i)=zata(6,1);
V0(i)=abs(real_V0(i) +j*imag_V0(i));
V1(i)=abs(real_V1(i) +j*imag_V1(i));
V2(i)=abs(real_V2(i) +j*imag_V2(i));

end

```

```

figure(1)
plot(t, Ia, t, Ib, t, Ic);
xlabel('Time(s)');
ylabel('Current(A)');
title('Three phase fault');
legend('Ia', 'Ib', 'Ic');

```

```

figure(2)
plot(t, I0, t, I1, t, I2);
xlabel('Time(s)');
ylabel('Current(A)');
title('Symetrical component of current');
legend('I0', 'I1', 'I2');

```

```

figure(3)
subplot(2,2,1)
plot(t, I0, t, I1, t, I2);
axis([0,1,0,2500]);
xlabel('Time(t)');
ylabel('current(t)');
title('symetrical component of three_phase_fault');
legend('I0', 'I1', 'I2');

```

```

subplot(2,2,2)
plot(t, I0);
axis([0,1,0,2500]);
xlabel('Time(t)');
ylabel('current(t)');
title('zero sequence component');
legend('I0');

```

```

subplot(2,2,3)
plot(t, I1, 'k');
axis([0,1,0,2500]);
xlabel('Time(t)');
ylabel('current(t)');
title('positive sequence component');
legend('I1');

```

```

subplot(2,2,4)
plot(t, I2, 'r');
axis([0,1,0,2500]);
xlabel('Time(t)');
ylabel('current(t)');
title('negative sequence component');
legend('I2');

```

```

figure(4)
plot(t, Va, t, Vb, t, Vc);
xlabel('Time(s)');
ylabel('Voltage(V)');
title('Three phase fault');
legend('Ia', 'Ib', 'Ic');

```

```

figure(5)
plot(t,V0,t,V1,t,V2);
xlabel('Time(s)');
ylabel('Voltag(V)');
title('Symetrical component of Voltag');
legend('V0','V1','V2');

figure(6)
subplot(2,2,1)
plot(t,V0,t,V1,t,V2);
axis([0,1,0,2500]);
xlabel('Time(s)');
ylabel('Voltag(V)');
title('symetrical component of three_phase_fault');
legend('V0','V1','V2');

subplot(2,2,2)
plot(t,V0);
axis([0,1,0,2500]);
xlabel('Time(s)');
ylabel('Voltag(V)');
title('zero sequent component');
legend('V0');

subplot(2,2,3)
plot(t,V1,'k');
axis([0,1,0,2500]);
xlabel('Time(s)');
ylabel('Voltag(V)');
title('positive sequence component');
legend('V1');

subplot(2,2,4)
plot(t,V2,'r');
axis([0,1,0,2500]);
xlabel('Time(s)');
ylabel('Voltag(V)');
title('negative sequence component');
legend('V2');

for i=200:10000
    for k=1:199

        I_signal_a(k)=Ia(i-k);
        I_signal_b(k)=Ib(i-k);
        I_signal_c(k)=Ic(i-k);

        V_signal_a(k)=Va(i-k);
        V_signal_b(k)=Va(i-k);
        V_signal_c(k)=Va(i-k);

    end

    I_A=fft(I_signal_a,200);

```



```

I_B=fft(I_signal_b,200);
I_C=fft(I_signal_c,200);

V_A=fft(V_signal_a,200);
V_B=fft(V_signal_b,200);
V_C=fft(V_signal_c,200);

Phasor_Ia(i)=I_A(2);
Phasor_Ib(i)=I_B(2);
Phasor_Ic(i)=I_C(2);

Phasor_Va(i)=V_A(2);
Phasor_Vb(i)=V_B(2);
Phasor_Vc(i)=V_C(2);

end

for i=200:10000
    for k=1:199

        I_signal_a(k)=Ia(i-k);
        I_signal_b(k)=Ib(i-k);
        I_signal_c(k)=Ic(i-k);

        V_signal_a(k)=Va(i-k);
        V_signal_b(k)=Vb(i-k);
        V_signal_c(k)=Vc(i-k);

    end
    I_A=fft(I_signal_a,200);
    I_B=fft(I_signal_b,200);
    I_C=fft(I_signal_c,200);

    V_A=fft(V_signal_a,200);
    V_B=fft(V_signal_b,200);
    V_C=fft(V_signal_c,200);

    Phasor_Ia(i)=I_A(2);
    Phasor_Ib(i)=I_B(2);
    Phasor_Ic(i)=I_C(2);

    Phasor_Va(i)=V_A(2);
    Phasor_Vb(i)=V_B(2);
    Phasor_Vc(i)=V_C(2);

end

```

```

for i=200:10000
    for k=1:199

        I_signal_a(k)=Ia(i-k);
        I_signal_b(k)=Ib(i-k);
        I_signal_c(k)=Ic(i-k);

        V_signal_a(k)=Va(i-k);
        V_signal_b(k)=Vb(i-k);
        V_signal_c(k)=Vc(i-k);

    end

    I_A=fft(I_signal_a,200);
    I_B=fft(I_signal_b,200);
    I_C=fft(I_signal_c,200);

    V_A=fft(V_signal_a,200);
    V_B=fft(V_signal_b,200);
    V_C=fft(V_signal_c,200);

    Phasor_Ia(i)=I_A(2);
    Phasor_Ib(i)=I_B(2);
    Phasor_Ic(i)=I_C(2);

    Phasor_Va(i)= V_A(2);
    Phasor_Vb(i)= V_B(2);
    Phasor_Vc(i)= V_C(2);

end

figure(7)
plot(abs(Phasor_Ia)/100)
hold on
plot(Ia);

figure(8)
plot(abs(Phasor_Ib)/100)
hold on
plot(Ib);

figure(9)
plot(abs(Phasor_Ic)/100)
hold on
plot(Ic);

```

```

A=[1 1 1
  1 0.814+0.58i 0.814-0.58i
  1 0.814-0.58i 0.814+0.58i];

for i=201:10000
  for k=1:200

    I_signal_a(k)=Ia(i-k);
    I_signal_b(k)=Ib(i-k);
    I_signal_c(k)=Ic(i-k);

    V_signal_a(k)=Va(i-k);
    V_signal_b(k)=Vb(i-k);
    V_signal_c(k)=Vc(i-k);

  end

  I_A=fft(I_signal_a,200);
  I_B=fft(I_signal_b,200);
  I_C=fft(I_signal_c,200);
  V_A=fft(V_signal_a,200);
  V_B=fft(V_signal_b,200);
  V_C=fft(V_signal_c,200);

  Phasor_Ia(i)=I_A(2);
  Phasor_Ib(i)=I_B(2);
  Phasor_Ic(i)=I_C(2);
  I_a_b_c=[Phasor_Ia(i);Phasor_Ib(i);Phasor_Ic(i)];

  I_0_1_2=(1/3)*A*[I_a_b_c];
  Phasor_I0(i)= I_0_1_2(1,1);
  Phasor_I1(i)= I_0_1_2(2,1);
  Phasor_I2(i)= I_0_1_2(3,1);

  Phasor_Va(i)= V_A(2);
  Phasor_Vb(i)= V_B(2);
  Phasor_Vc(i)= V_C(2);
  V_a_b_c=[Phasor_Va(i);Phasor_Vb(i);Phasor_Vc(i)];

  V_0_1_2=(1/3)*A*[V_a_b_c];
  Phasor_V0(i)= V_0_1_2(1,1);
  Phasor_V1(i)= V_0_1_2(2,1);
  Phasor_V2(i)= V_0_1_2(3,1);

end

for i=1:10000
  t2(i)=(i-1)*dt;
end

```

```

figure(10)
plot(t2, (abs(Phasor_I0)/100), 'r')
axis([0,1,0,1000]);
hold on
plot(t,I0);
axis([0,1,0,1000]);

figure(11)
plot(t2, (abs(Phasor_I1)/100), 'r')
axis([0,1,0,2500]);
hold on
plot(t,I1)
axis([0,1,0,2500]);

figure(12)
plot(t2, (abs(Phasor_I2)/100), 'r')
axis([0,1,0,2500]);
hold on
plot(t,I2)
axis([0,1,0,2500]);

figure(13)
plot(t2, (abs(Phasor_I2)/100), t2, (abs(Phasor_I1)/100), t2, (abs(Pha
sor_I2)/100))
axis([0,1,0,2500]);
hold on
plot(t,I0, '.', t,I1, '.', t,I2, '.')
axis([0,1,0,2500]);

figure(14)
plot(t2, (abs(Phasor_V0)/100), 'r')
axis([0,1,0,2500]);
hold on
plot(t,V0)
axis([0,1,0,2500]);

figure(15)
plot(t2, (abs(Phasor_V1)/100), 'r')
axis([0,1,0,2500]);
hold on
plot(t,V1)
axis([0,1,0,2500]);

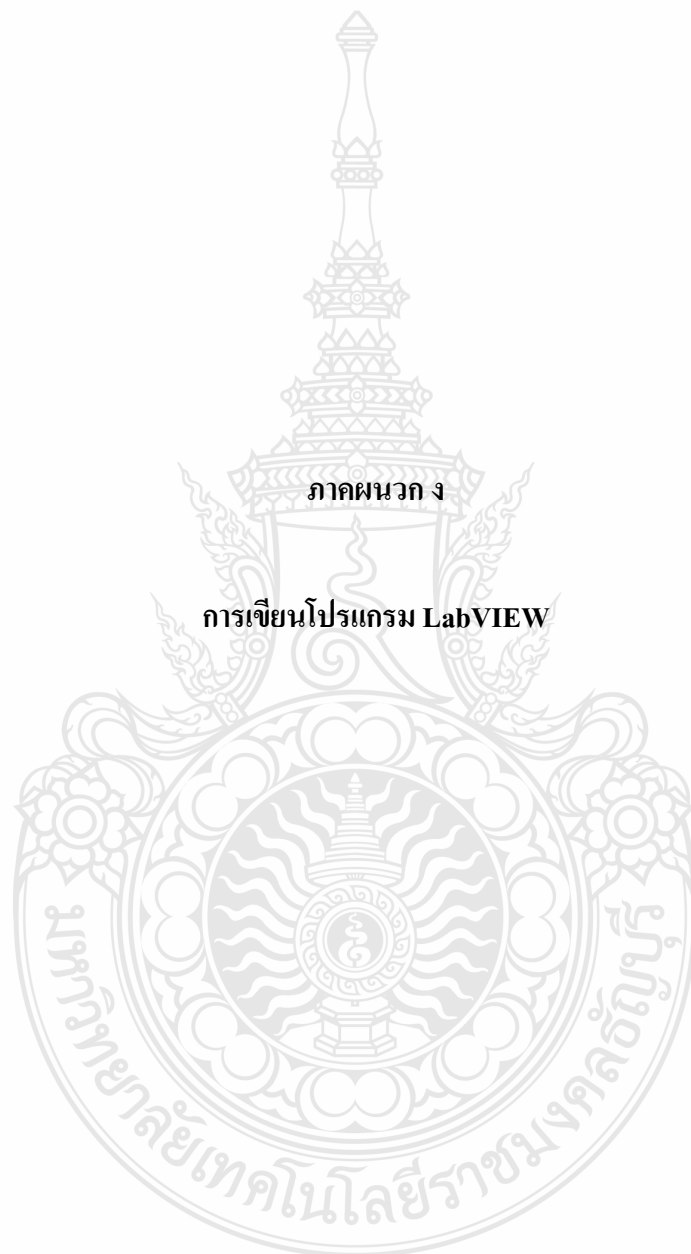
figure(16)
plot(t2, (abs(Phasor_V2)/100), 'r')
axis([0,1,0,2500]);
hold on
plot(t,V2)
axis([0,1,0,2500]);

figure(14)
plot(t2, (abs(Phasor_V0)/100), t2, (abs(Phasor_V1)/100), t2, (abs(Pha
sor_V2)/100))

```

```
axis([0,1,0,2500]);  
hold on  
plot(t,v0,t,v1,t,v2)  
axis([0,1,0,2500]);
```

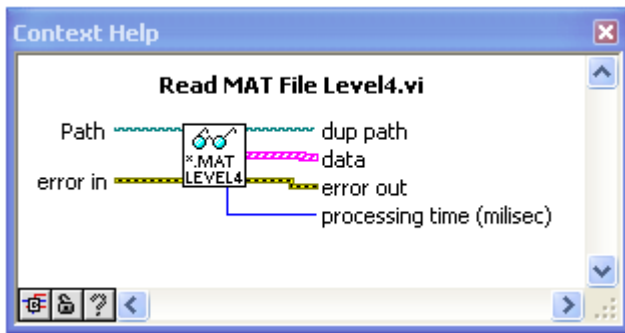




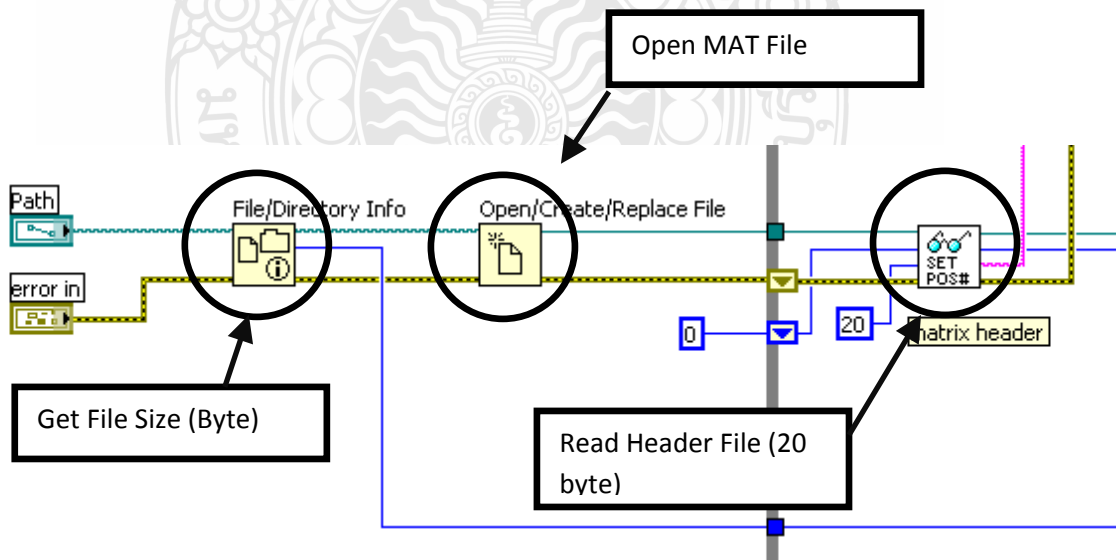
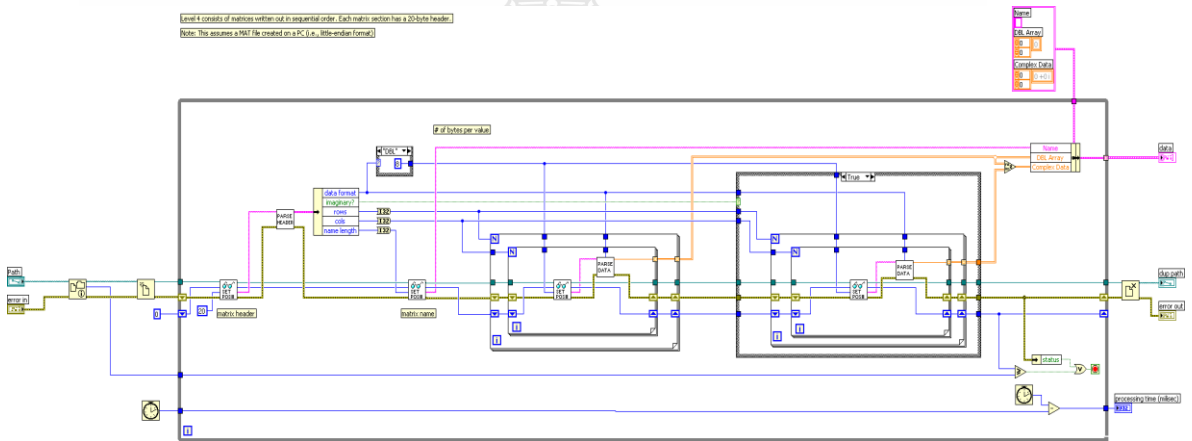
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

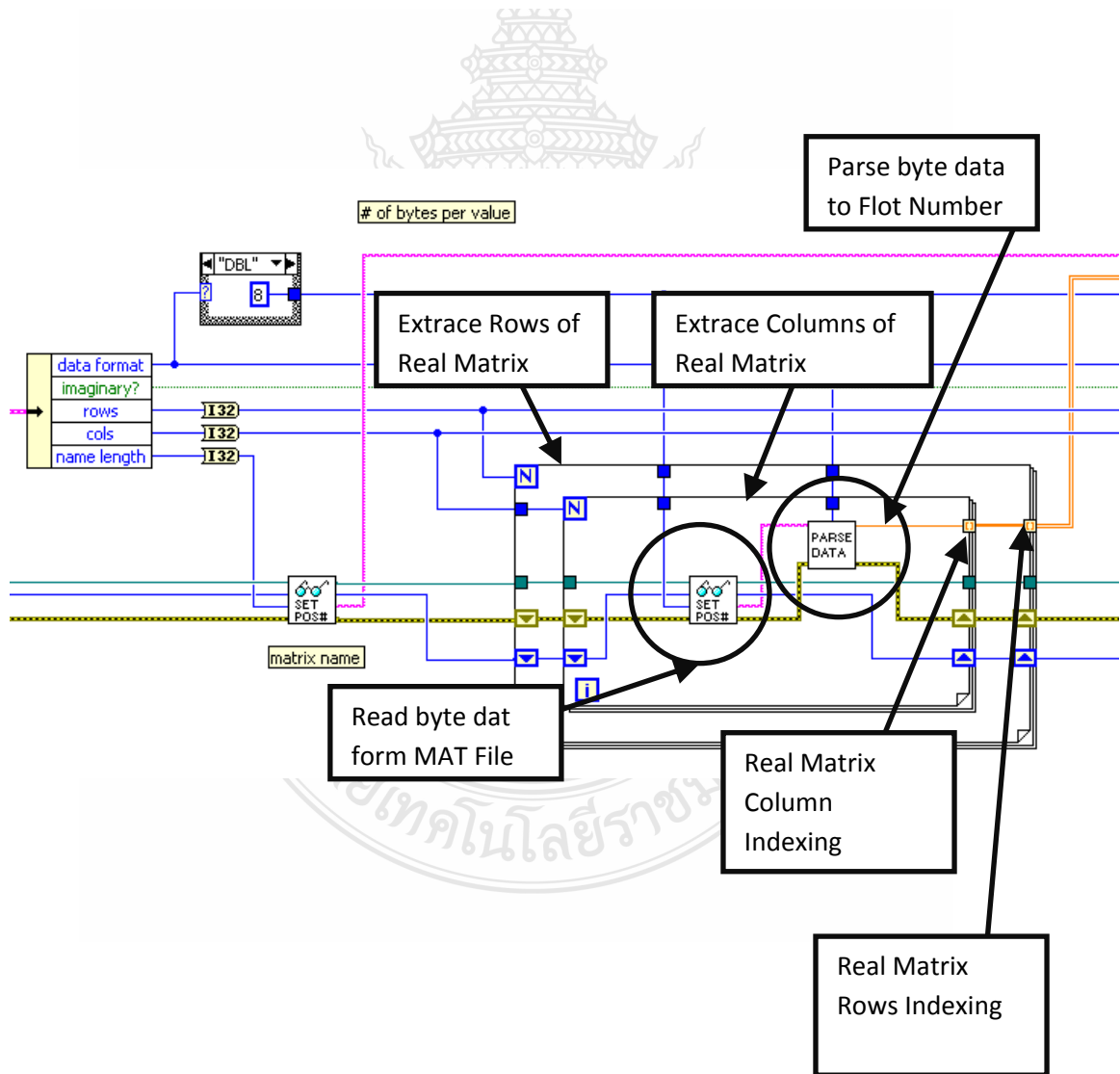
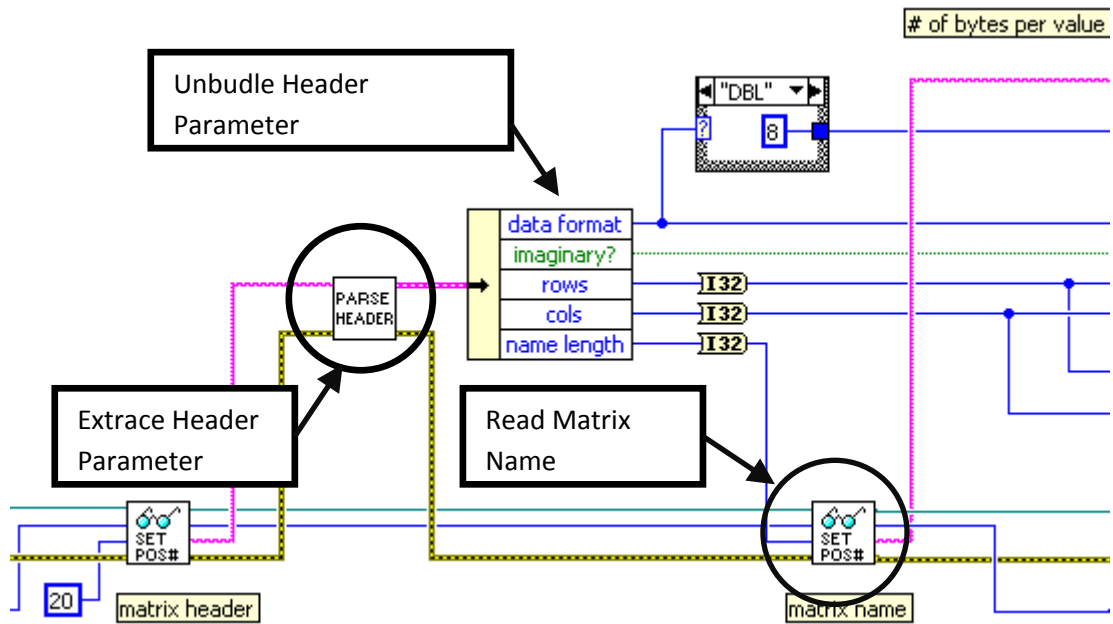
การเขียนโปรแกรม LabVIEW

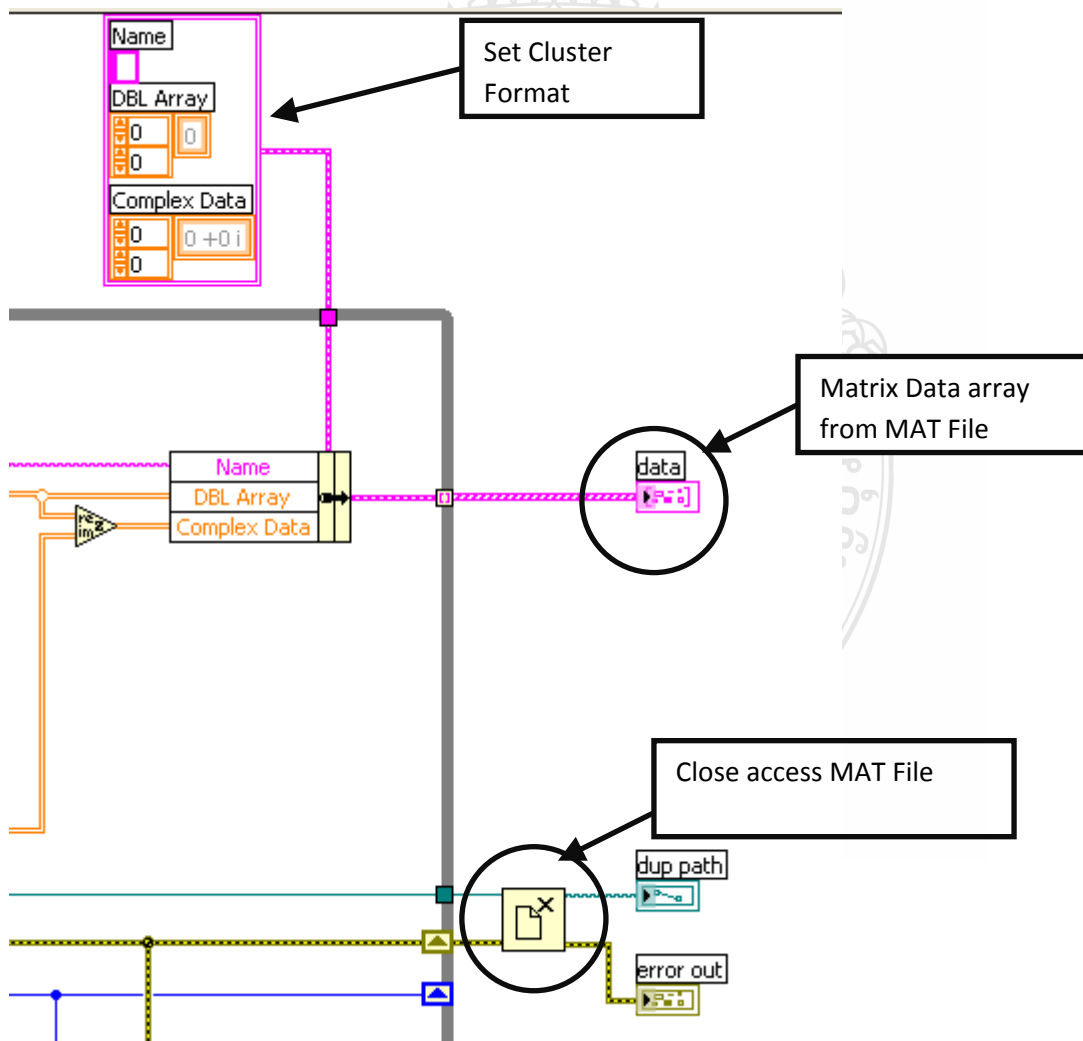
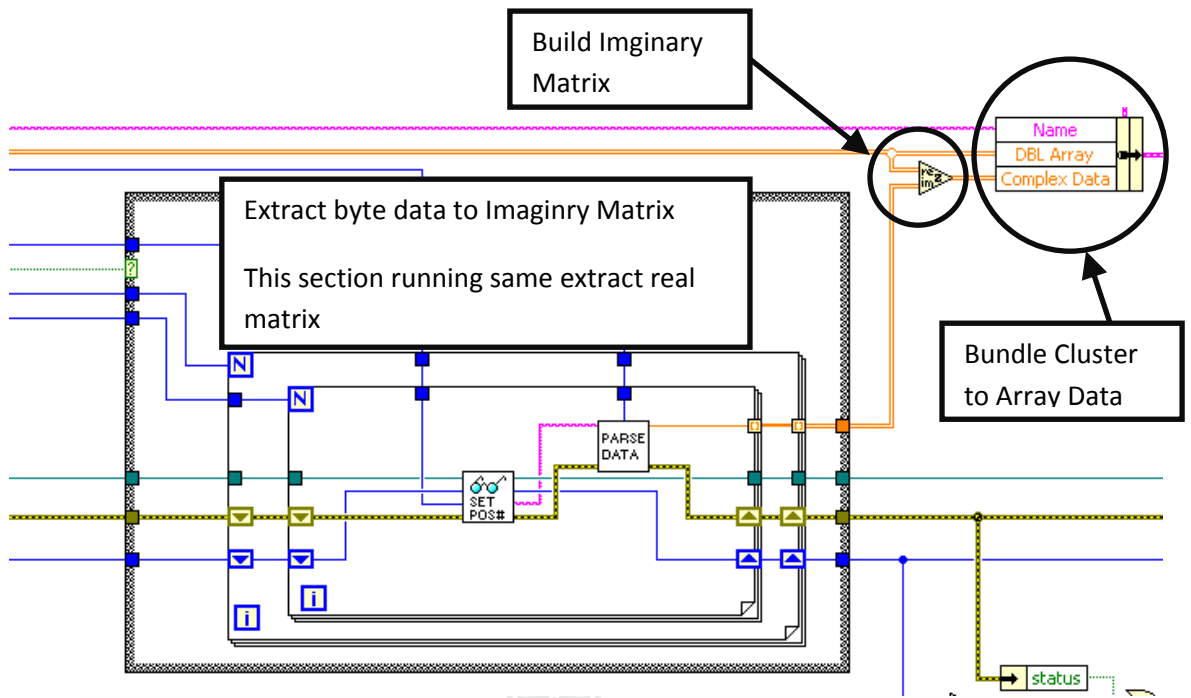
อธิบาย Function Read MAT File Level4

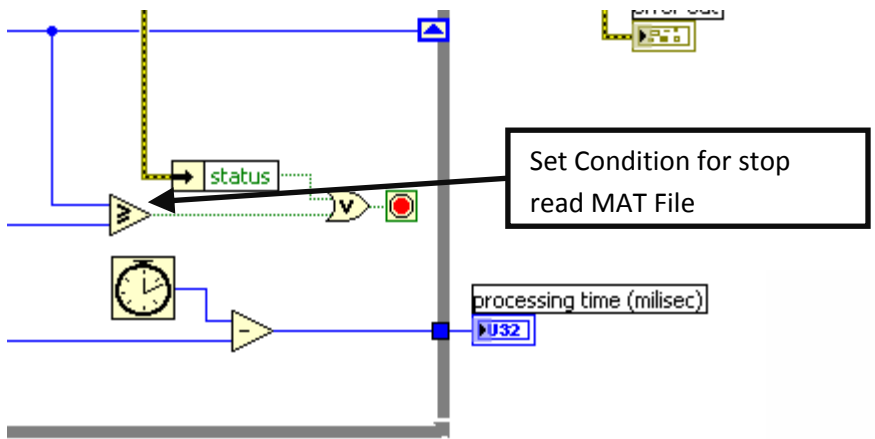


Level 4 consists of matrices written out in sequential order. Each matrix section has a 20-byte header.
 Note: This assumes a MAT file created on a PC (i.e., little-endian format).









data

0

name

Variable Name

dbl array

0 0 0

0 0 0

0 0

0 0

0 0

0 0

0 0

complex array

0 0 +0 i 0 +0 i

0 0 +0 i 0 +0 i

0 0 +0 i 0 +0 i

0 0 +0 i 0 +0 i

0 0 +0 i 0 +0 i

0 0 +0 i 0 +0 i

0 0 +0 i 0 +0 i

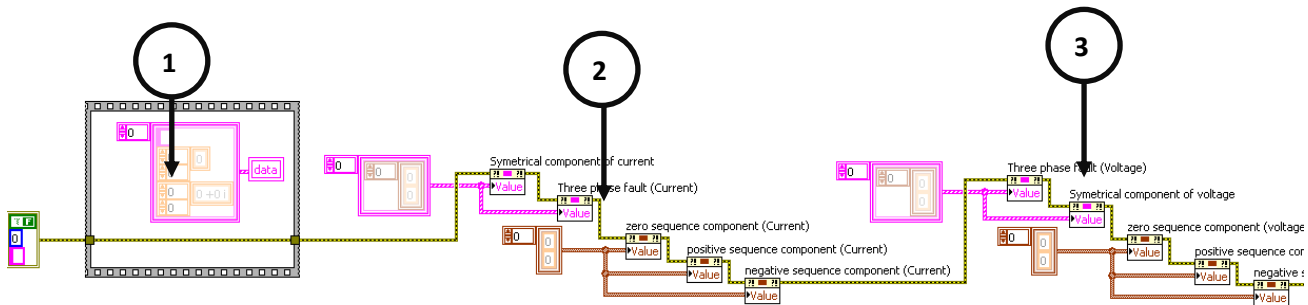
Real Number Matrix

Complex Number Matrix

The image shows a MATLAB data editor window. At the top, there is a 'data' variable with a value of 0. Below this, there is a 'name' field with a callout box labeled 'Variable Name'. The main area of the window is divided into two sections: 'dbl array' and 'complex array'. The 'dbl array' section contains a 6x3 grid of zeros. The 'complex array' section contains a 6x2 grid of '0 +0 i' values. Below the 'dbl array' section is a callout box labeled 'Real Number Matrix', and below the 'complex array' section is a callout box labeled 'Complex Number Matrix'.

Initial Programming

ส่วนที่ใช้ Clear Graph สำหรับเริ่ม Run Program

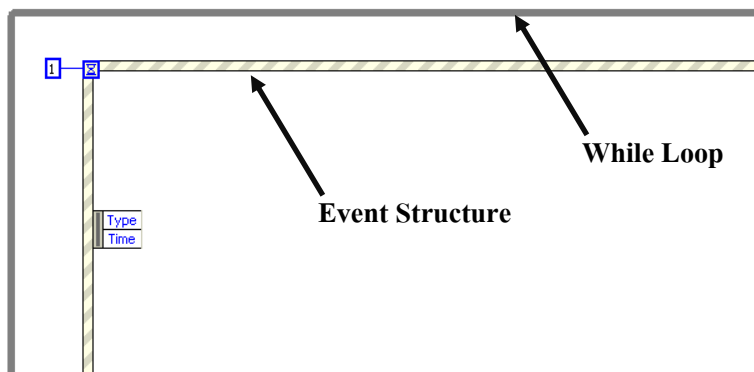


1. Set Mat File Data Empty.
2. Set empty data to all graph in current tab.
3. Set empty data to all graph in voltage tab

Programming Structure

ใช้ Event Structure ร่วมกับ While Loop

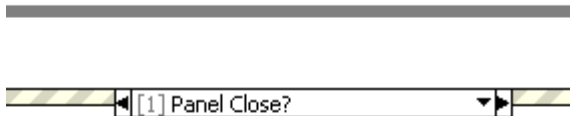
* Sample Code: Event Structure with While Loop Pattern.vi



Assign Programming Event

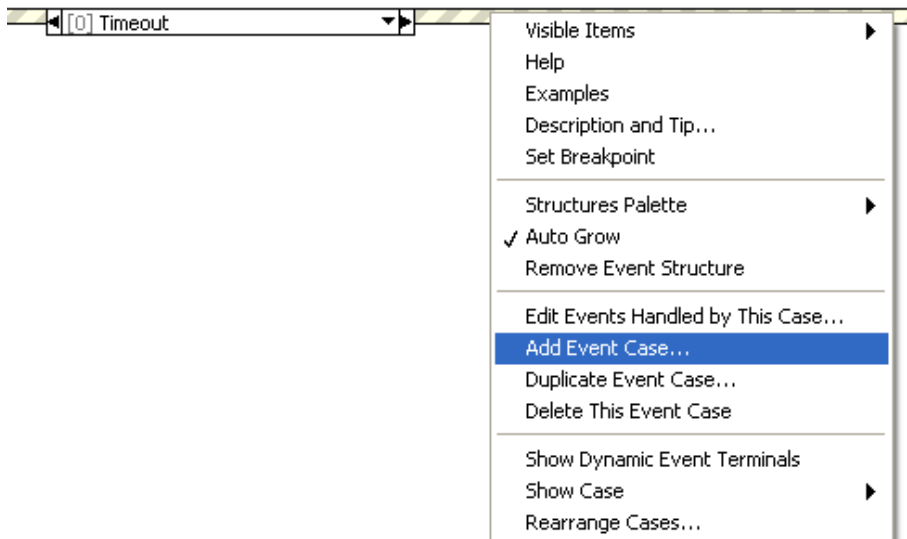
1. Panel Close Event

ใช้สำหรับหยุดการทำงานของโปรแกรม เมื่อทำการกดปิดโปรแกรม

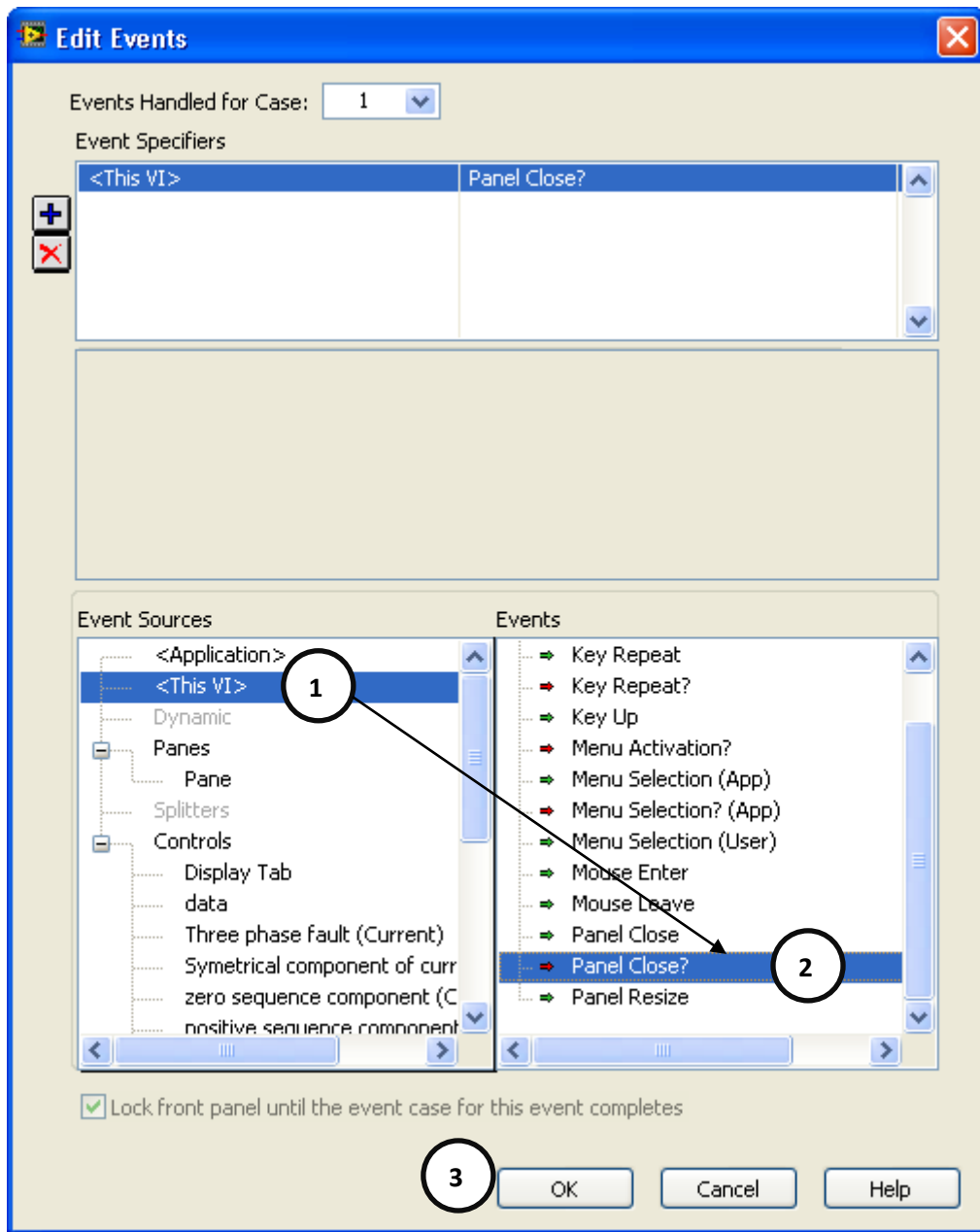


วิธีการสร้าง Panel Close Event

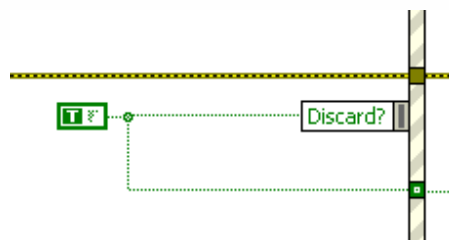
1.1 คลิกขวา ที่ Event Structure เลือกที่ Add Event Case...



1.2 กำหนด ค่าดังนี้ เลือกที่ < This VI > >>Panel Close? >> OK



1.3 กำหนด การหยุด โปรแกรม ดังนี้

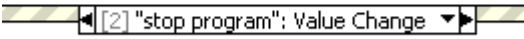


2. Stop Program Event

ใช้สำหรับหยุดการทำงานของโปรแกรม เมื่อทำการกดปุ่ม



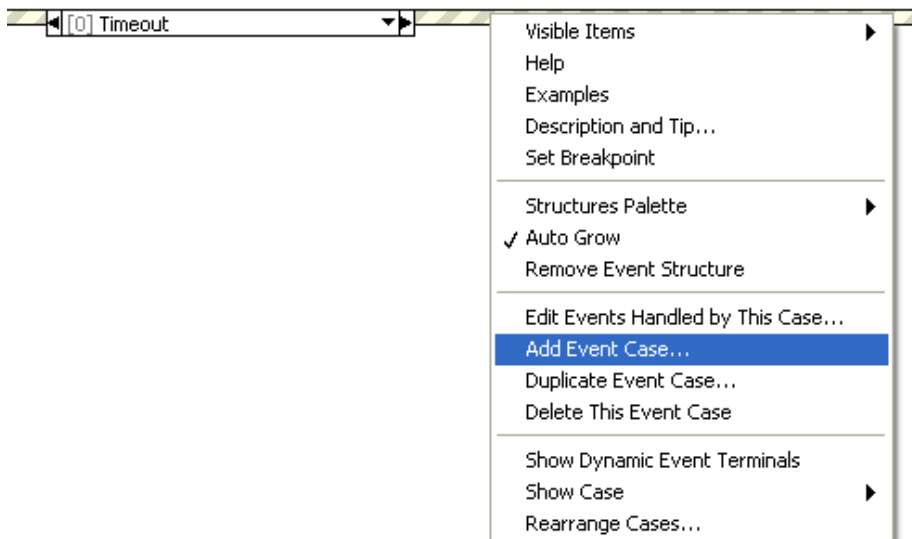
Exit Program



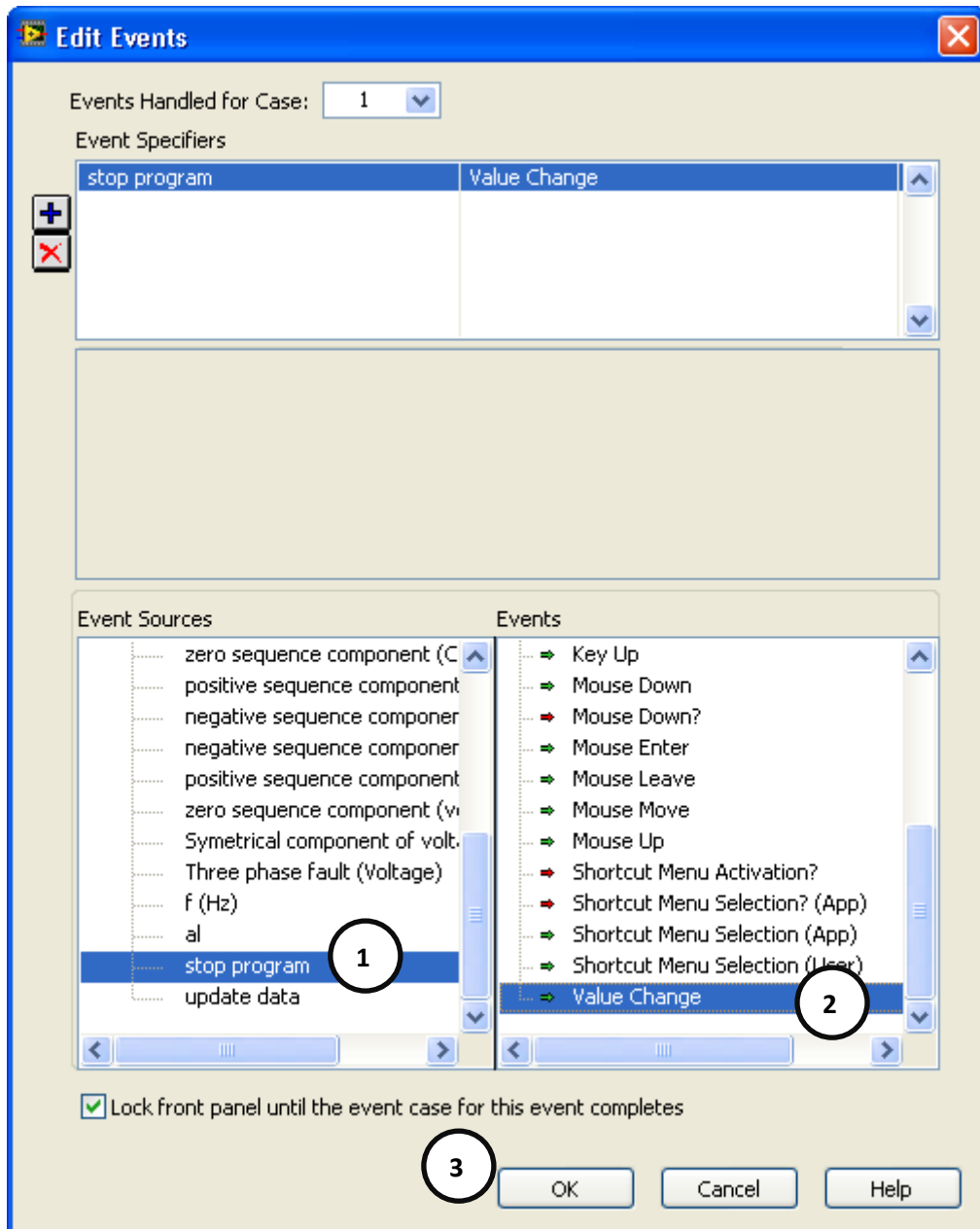
[2] "stop program": Value Change

วิธีการสร้าง stop program Event

2.1 คลิกขวา ที่ Event Structure เลือกที่ Add Event Case...



2.2 กำหนด ค่าดังนี้ เลือกที่ stop program >>Value Change >> OK

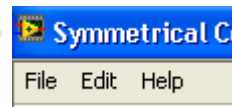


2.3 กำหนด การหยุด โปรแกรม ดังนี้



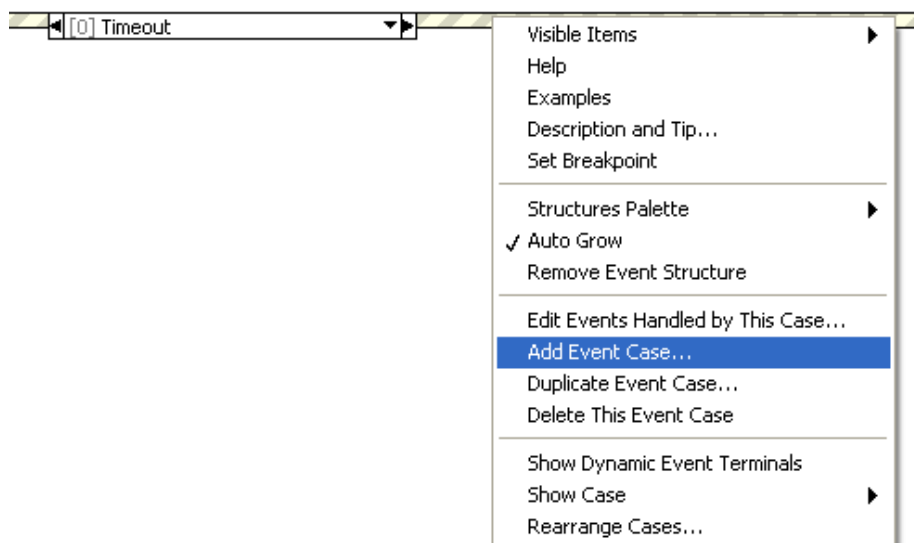
3. Menu Selection (User) Event

ใช้สำหรับรองรับการเลือก Menu ต่างๆ

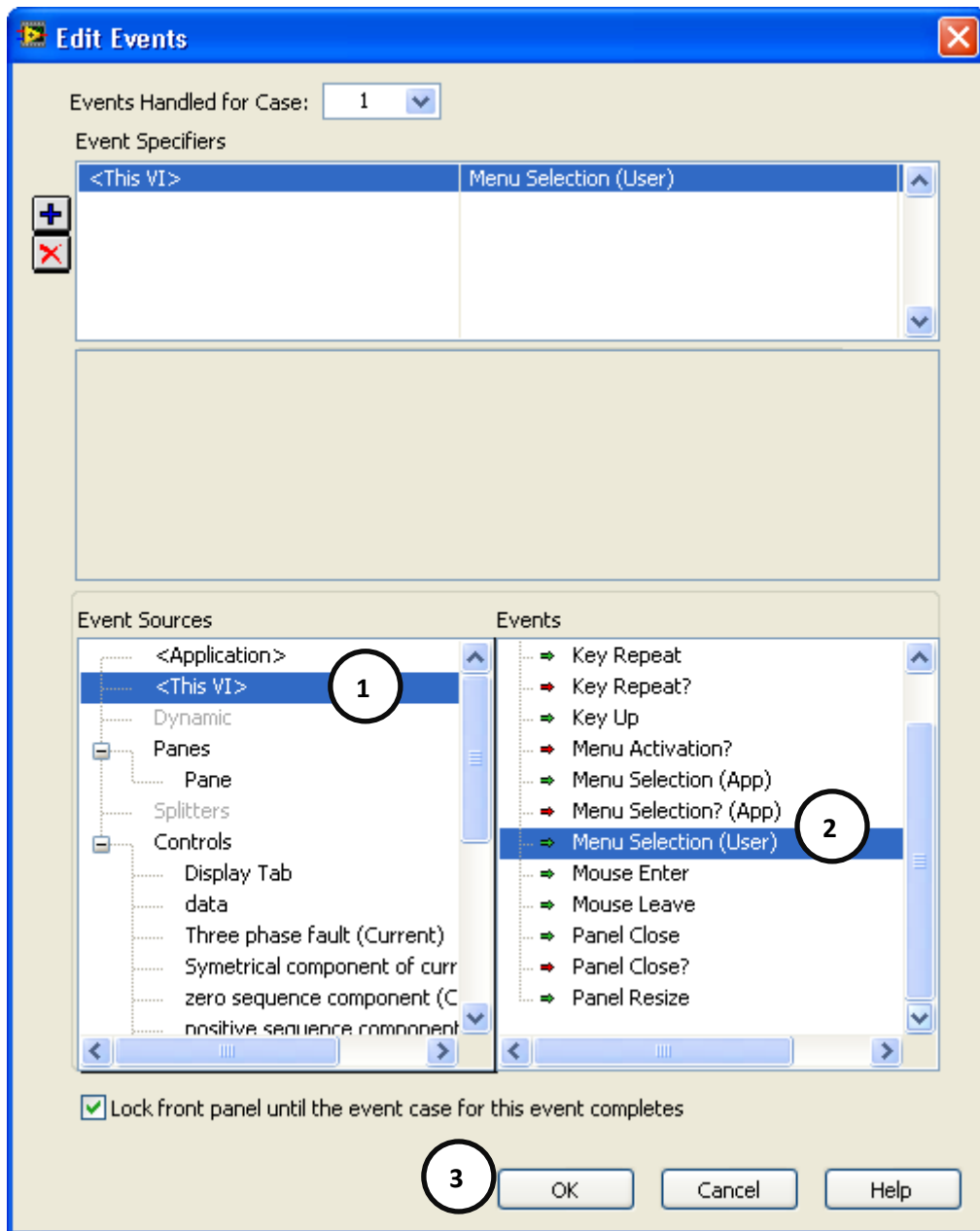


วิธีการสร้าง Menu Selection (User) Event

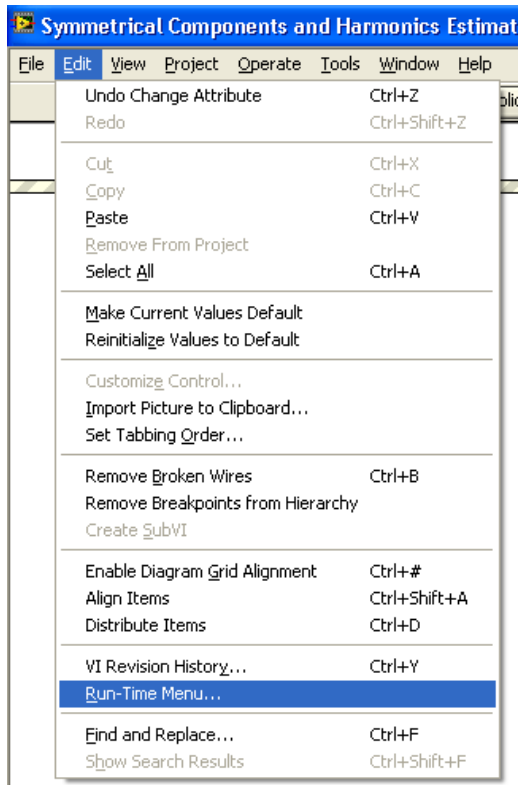
3.1 คลิกขวา ที่ Event Structure เลือกที่ Add Event Case...



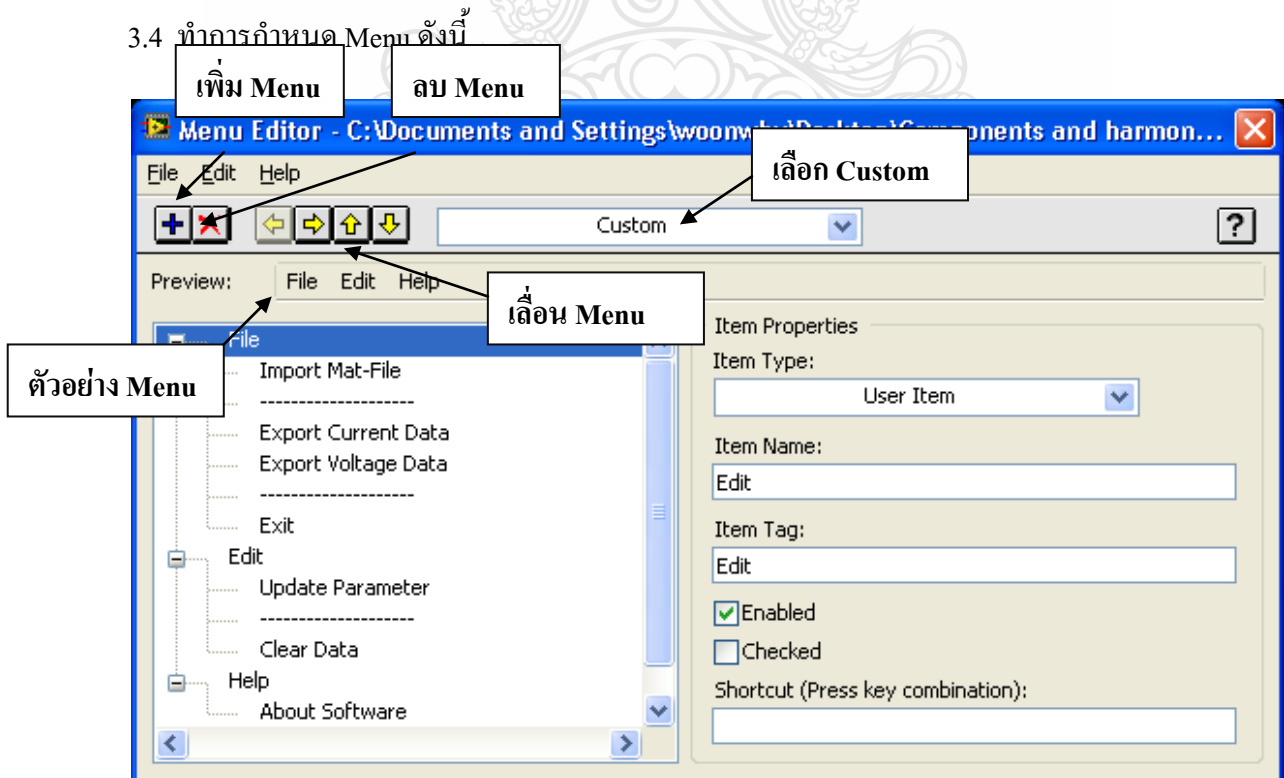
3.2 กำหนดค่าดังนี้ เลือกที่ This VI >> Menu Selection (User) >> OK



การสร้าง Menu เพื่อนำมาใช้งาน เลือกที่ Edit >> Run-Time Menu...

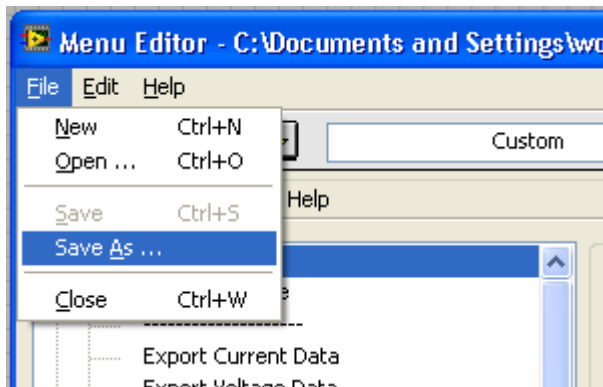


3.4 ทำการกำหนด Menu ดังนี้

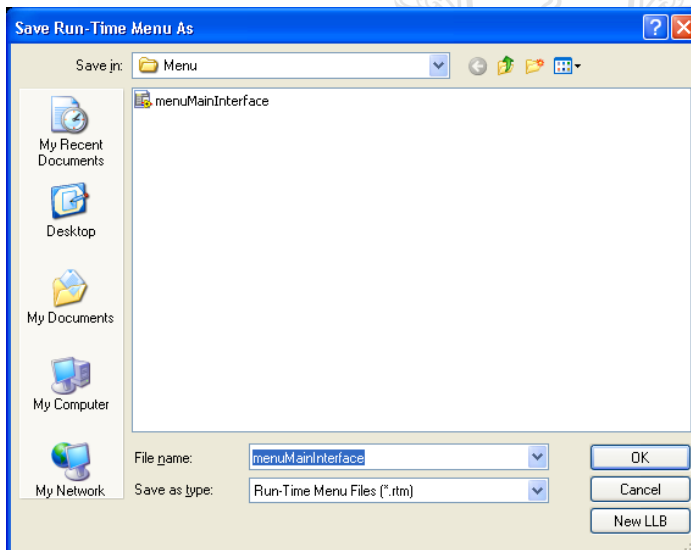


เมื่อกำหนด Menu เสร็จสิ้นแล้ว ให้ทำการ Save Menu ดังนี้

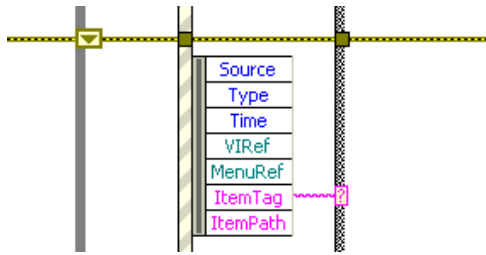
File >> Save As...



ตั้งชื่อ Menu >>OK

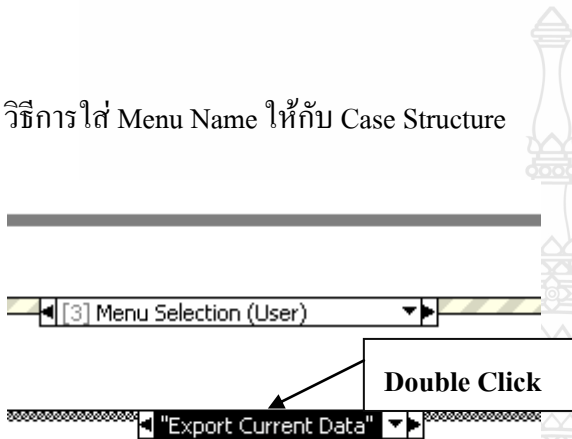


3.5 การกำหนด การทำงานของ Menu ด้วย Case Structure



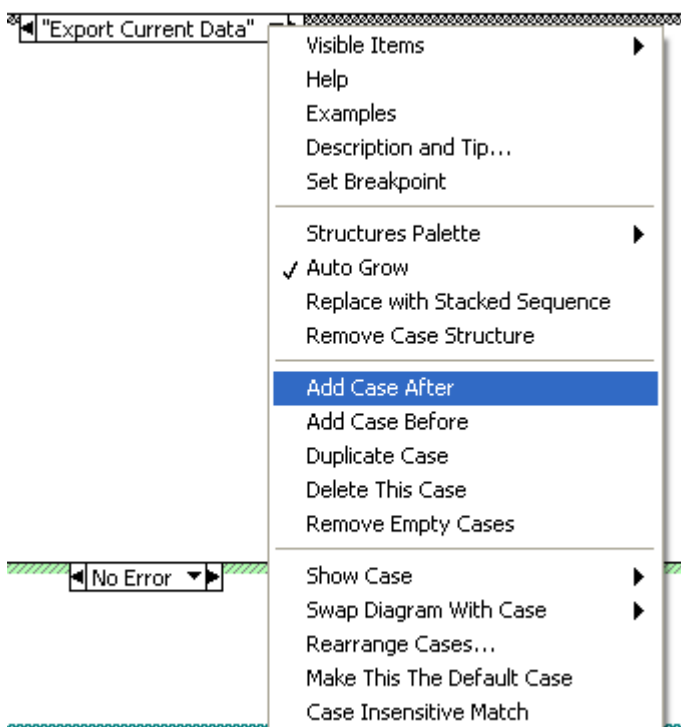
ต่อสาย Item Tag เข้า ผู้ Case Structure

วิธีการใส่ Menu Name ให้กับ Case Structure

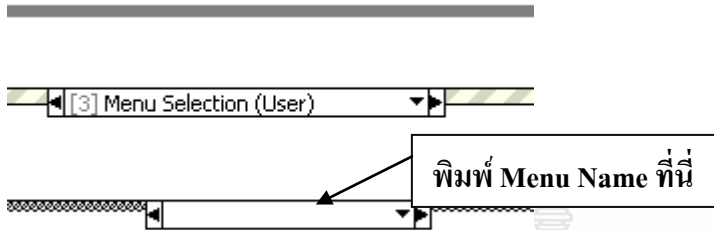


สำหรับ Case ต่อไปให้ทำการ Add Case ดังนี้

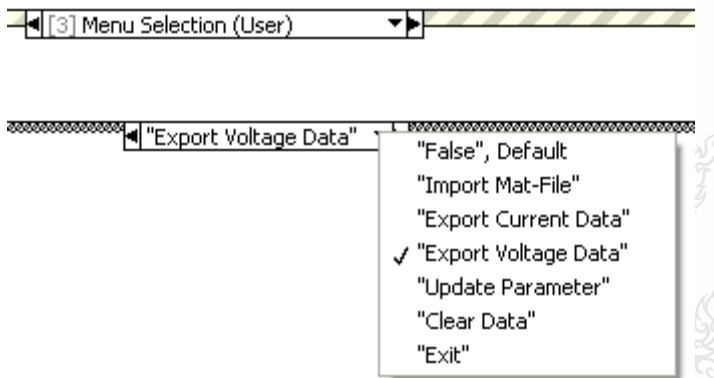
คลิกขวาที่ Case Structure จากนั้น เลือกที่ “Add Case After”



กำหนด Menu Name

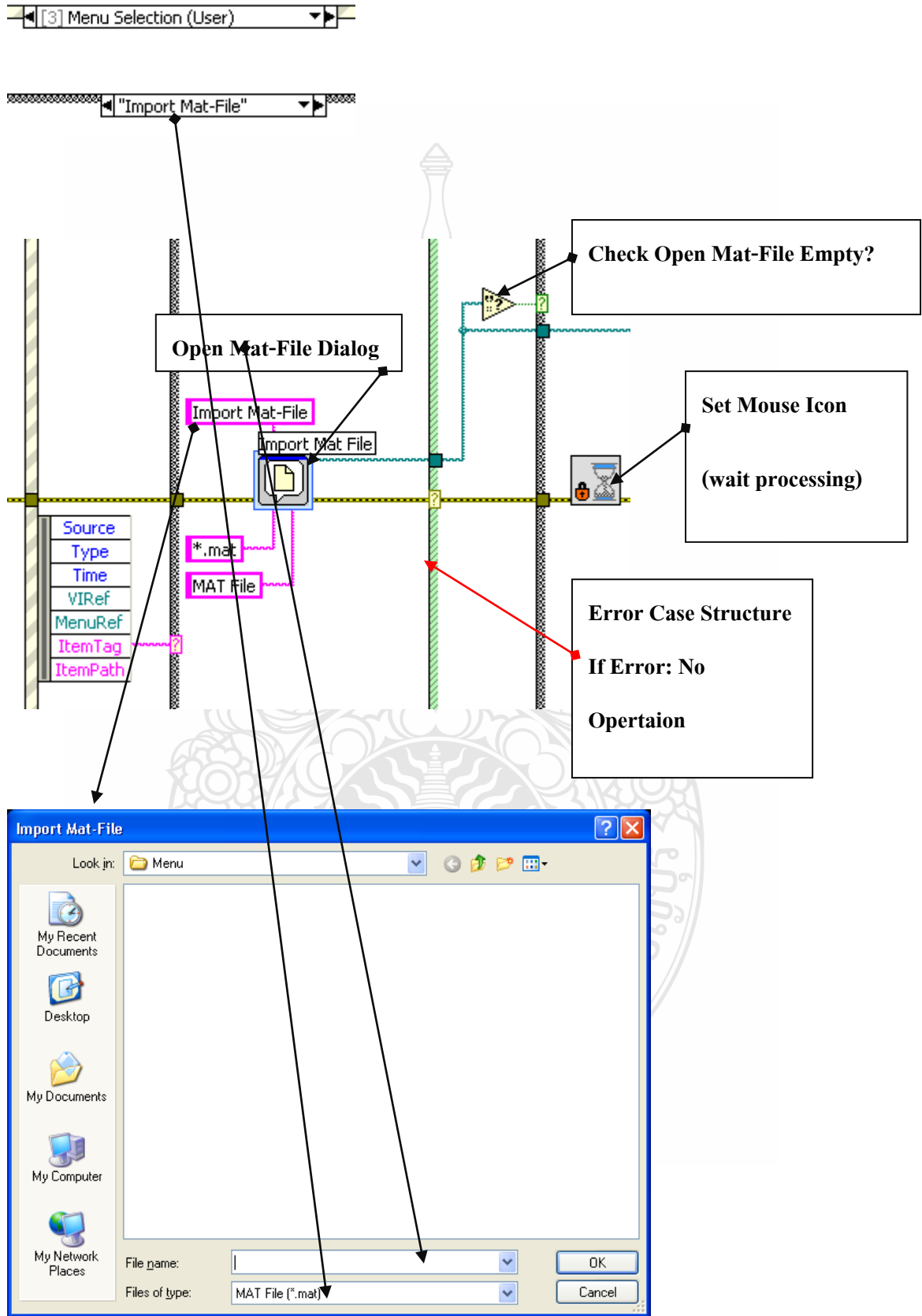


พิมพ์จันทร Menu ตามนี้

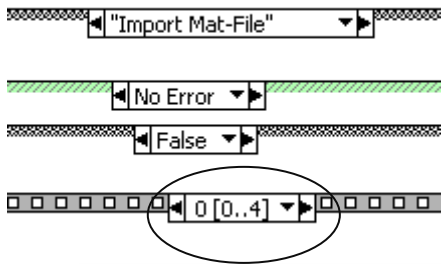


- Import Mat-File: Menu ทำหน้าที่นำเข้า MAT File มาประมวลผล
- Export Current Data: Menu ทำหน้าที่ส่งออก Current Data ไปเป็น CSV File (สามารถเปิดใน Excel ได้)
- Export Voltage Data: Menu ทำหน้าที่ส่งออก Voltage Data ไปเป็น CSV File (สามารถเปิดใน Excel ได้)
- Update data: Menu ทำหน้าที่ Update Current และ Voltage Graph ไปตามการเปลี่ยนแปลงค่า a_l และ $f(\text{Hz})$
- Clear Data: Menu ทำหน้าที่ Clear Current และ Voltage Graph
- Exit: Menu ทำหน้าที่ออกจากการทำงานของโปรแกรม

Import Mat-File

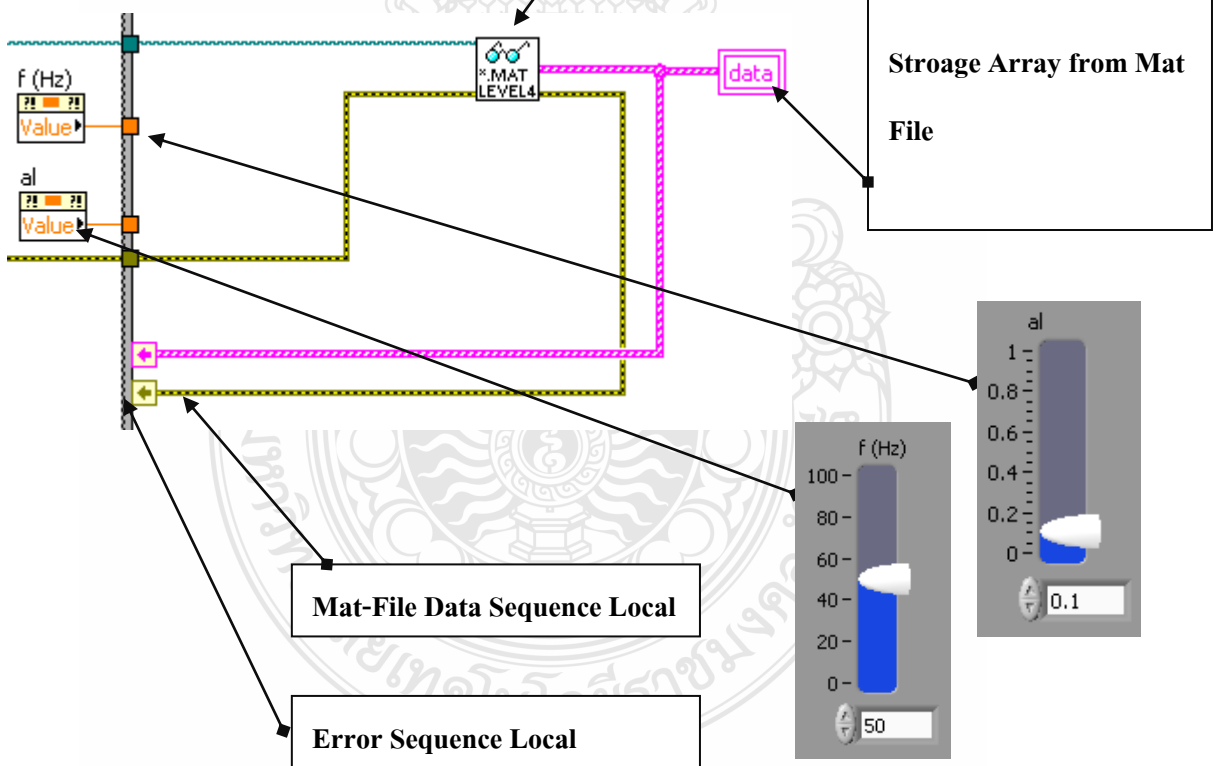


Import Mat File Sequence 0

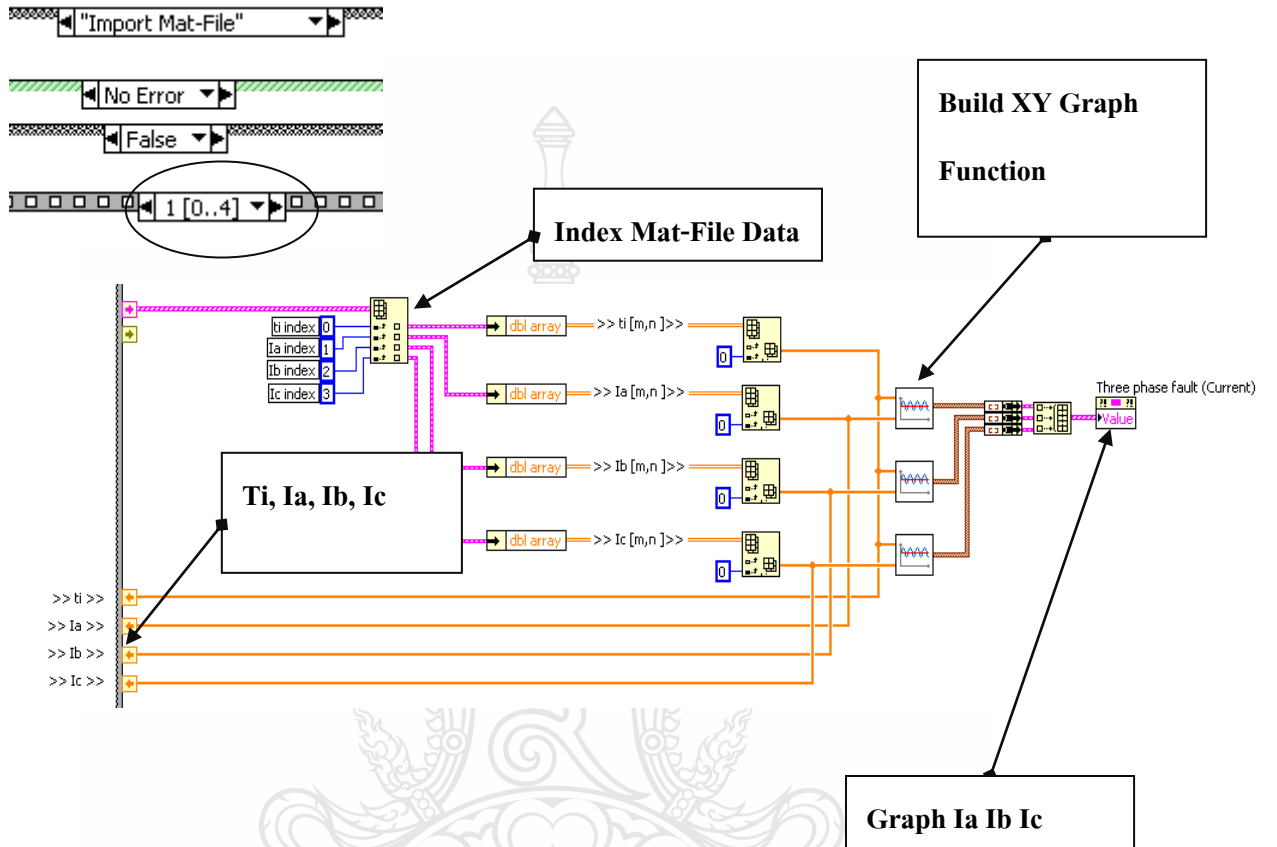


Read Mat-File Data to LabVIEW

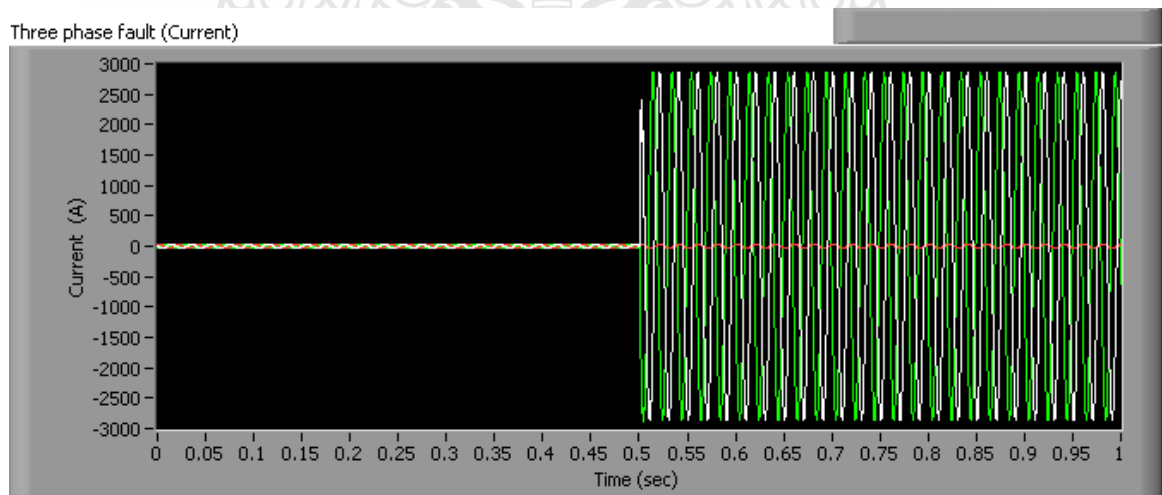
Programming in sequence 0



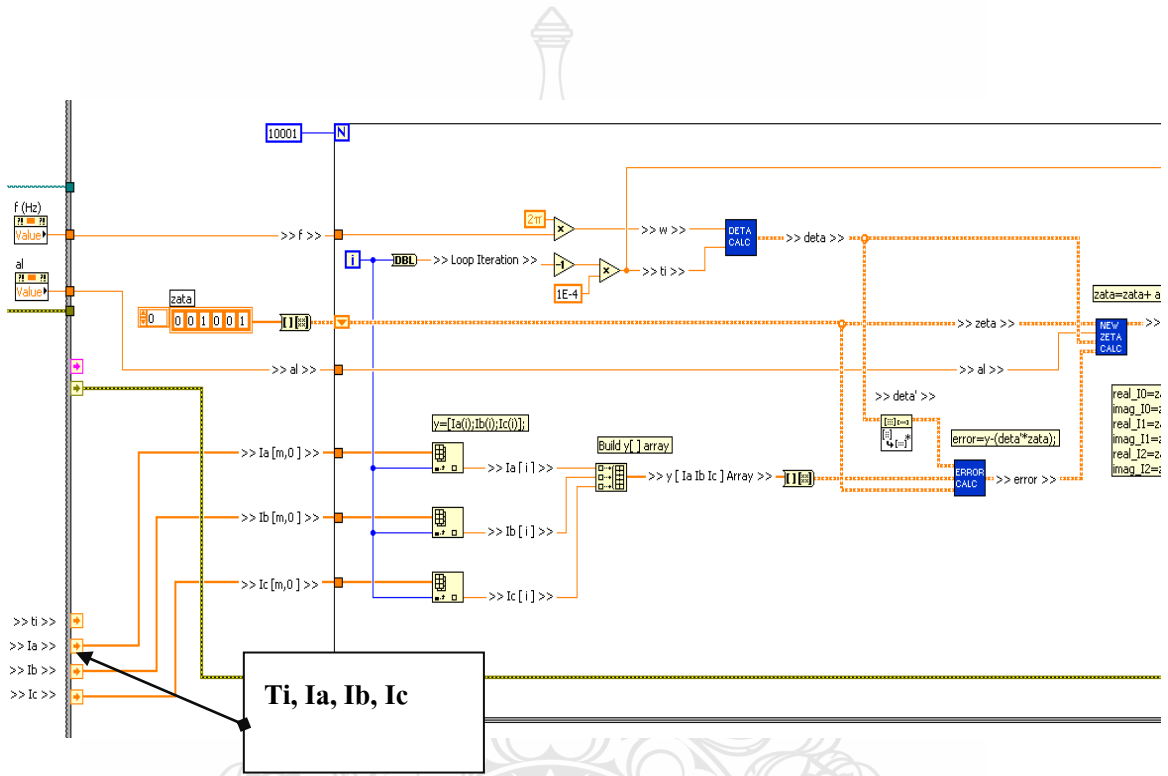
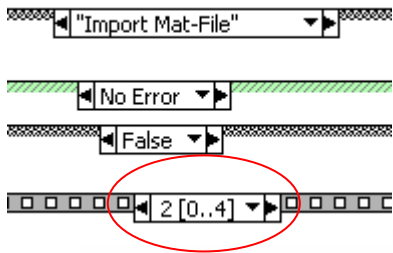
Import Mat File Sequence 1



Graph Ia Ib Ic



Import Mat File Sequence 2



*สำหรับ Sequence 3,4 จะเหมือนกับ Sequence 1,2 แต่จะเปลี่ยนเป็นการแสดงผล Voltage

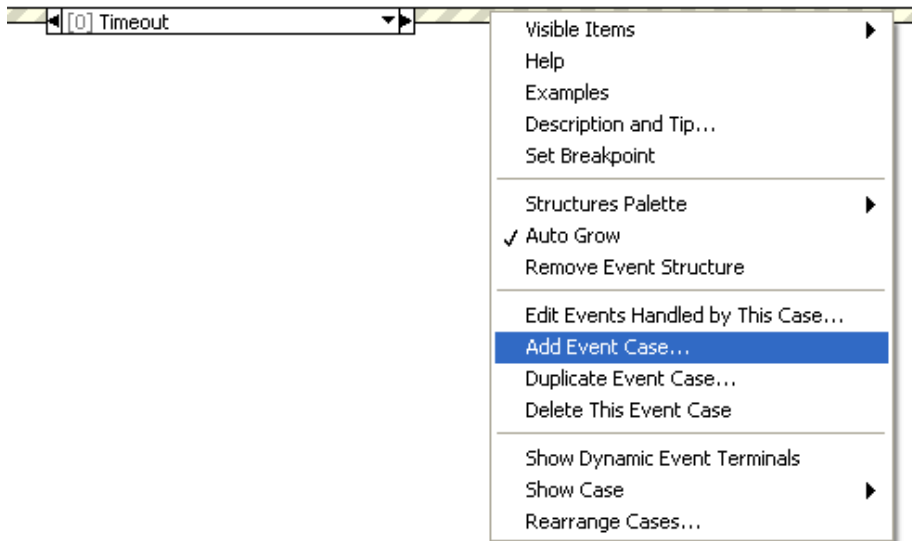
4. update data Event

ใช้สำหรับ Update ค่า al และ f (Hz)

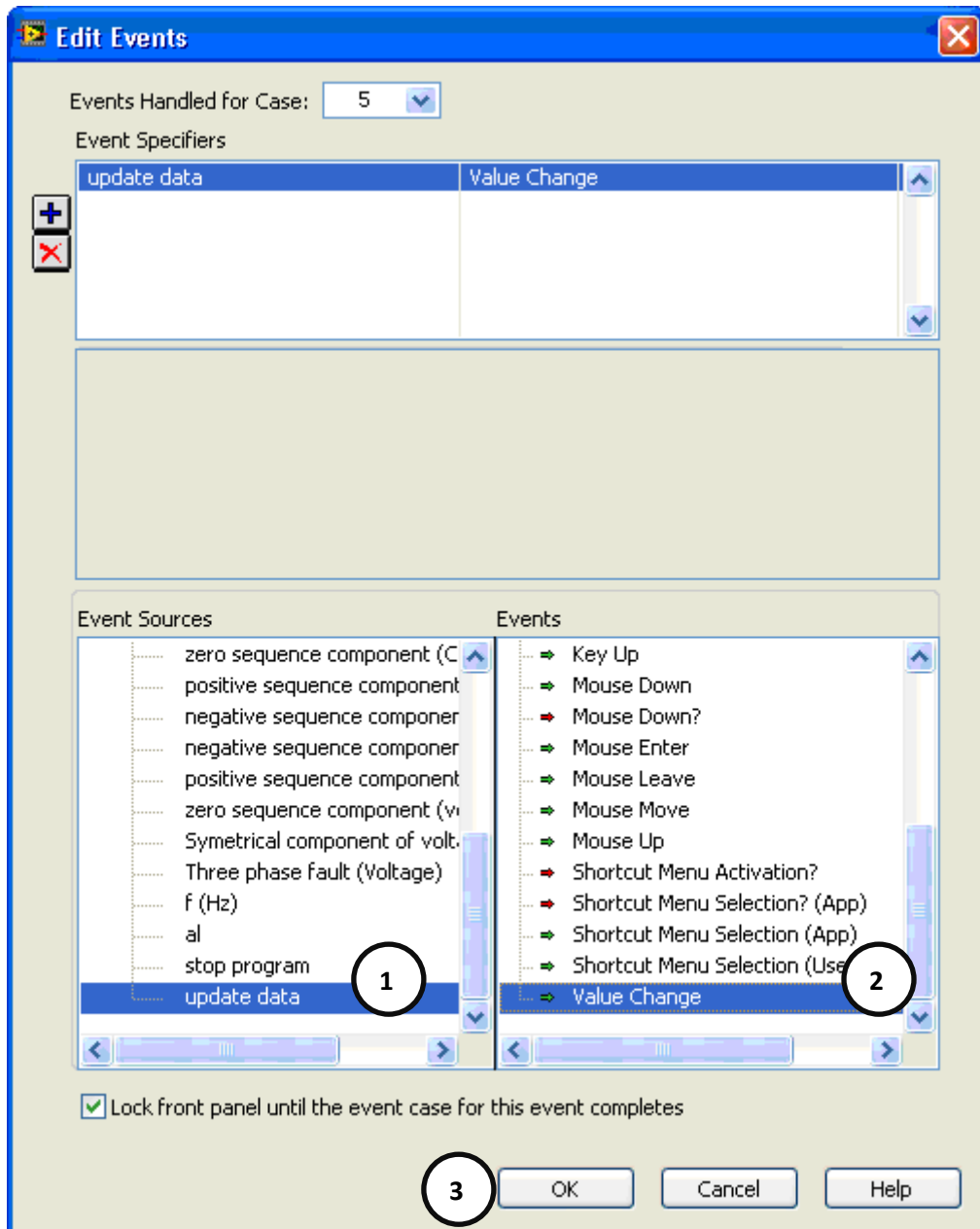


วิธีการสร้าง update data Event

4.1 คลิกขวา ที่ Event Structure เลือกที่ Add Event Case...



4.2 กำหนด ค่าดังนี้ เลือกที่ update data >> Value Change >> OK



update data



=

Update Parameter



ภาคผนวก จ

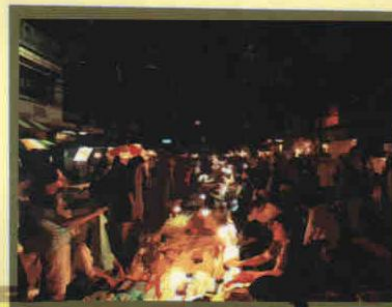
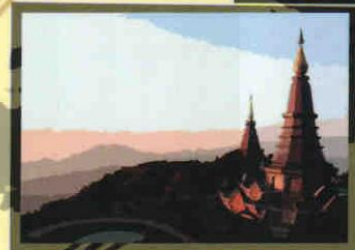
ผลงานวิจัยตีพิมพ์เผยแพร่

EENET 2010

- Chiangmai Thailand



การประชุมเครือข่ายวิชาการวิศวกรรมไฟฟ้า
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 2



EENET
2010

CHIANGMAI

5 - 6 กุมภาพันธ์ 2553 ณ อาคารหอสมุด

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ภาคพายัพเชียงใหม่

กลุ่มที่ PE 2: อิเล็กทรอนิกส์กำลัง 02

วันเสาร์ที่ 6 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2553, เวลา 09.00-10.00 น. ห้อง: เรียนทางไกล อาคารหอสมุด

ประธานควบคุมการบรรยาย ดร.วันชัย ทรัพย์สิงห์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

รองประธานควบคุมการบรรยาย ดร.ยุทธนา จำสุวรรณ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

- PE2-1** 09.00น. เรื่อง การควบคุมระดับแรงดันไฟฟ้าอัตโนมัติด้วยพีซีซีลอจิกสำหรับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 3 เฟส
ผู้แต่ง สัญญา ผาสุข¹ คนโท ปานทองคำ¹ และ สุภชัย อรุณพันธ์¹
หน้า 87 ¹สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
- PE2-2** 09.20น. เรื่อง การใช้โครงข่ายประสาทเทียมในการออกแบบระบบไฟฟ้าสำหรับอาคารชุด(ห้องชุดประเภทอยู่อาศัย)
ผู้แต่ง บัณฑิต ฤทธิทอง¹ และ จักรชัย สุขพิทักษ์สกุล¹
หน้า 92 ¹ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
- PE2-3** 09.40น. เรื่อง ระบบปรับความสมดุลพลังงานในแบตเตอรี่แบบอนุกรมประสิทธิภาพการถ่ายเทพลังงานสูงโดยใช้การ
ควบคุมแบบพีซีซีลอจิก
หน้า 97 ผู้แต่ง ชาญยุทธ์ กาญจนพิบูลย์¹
¹สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เขตพื้นที่น่าน
- PE2-4** 10.00น. เรื่อง การออกแบบอัลกอริทึมสำหรับติดตามค่าองค์ประกอบสมมาตรโดยใช้อัลกอริทึมแบบปรับตัวเองได้
ผู้แต่ง สุรเดช อินทร์ฟูม¹ กฤษณ์ชนม์ ภูมิภคพิชญ์¹ และ ชวงค์ วัฒนศักดิ์ภูบาล
หน้า 101 ¹ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
- PE2-5** 10.20น. เรื่อง ฟลายแบคสวิตชิงเพนอร์ซัพพลาย
ผู้แต่ง ณัฐพงศ์ เพชรนอก¹ พิเชษฐ์ ยินศิริมัย² สายชล ชูคเจ็จจิน³ วิเชียร หทัยรัตน์ศิริ⁴
หน้า 105 ¹สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ



รายชื่อผู้พิจารณาบทความ
 วิศวกรรมไฟฟ้ามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 2



ชื่อ	นามสกุล	มหาวิทยาลัย/สถาบัน
เกษม	ศรีภาค	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เขตพื้นที่เชียงราย
เกษม	เนื้อแก้ว	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
กิตติพงษ์	กิมะพงศ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
กฤษณ์ชนม์	ภูมิกิตติพิชญ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
กฤษดา	ยิ่งขันธ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ภาควิชาชีพ
กิตติวงศ์	สุธรรมโน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
ก่อเกียรติ	ออดทรัพย์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เขตพื้นที่ตาก
โกศล	โอฬารไพโรจน์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ภาควิชาชีพ
ขอบคุณ	ไชยวงศ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร
เจษฎา	พรมเกษ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร
เต็มศักดิ์	แสนเพียง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร
ไพศาล	บุญเจียม	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
พินิจ	จิตจริง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
จงเจริญ	คุ้มบุญ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร
จตุรงค์	จตุรเชิดชัยสกุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนครศูนย์พระนครเหนือ
จักรี	ศรีนนท์ฉัตร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
จัดตุฤทธิ์	ทองปรอน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ภาควิชาชีพ
ฉัตรชัย	ศุภพิทักษ์สกุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ชัยณรงค์	วิเศษศักดิ์วิชัย	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
ชาญชัย	คชาธรรมรงค์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ภาควิชาชีพ
ชาญฤทธิ์	ธาราสันติสุข	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
ชลากร	สุวรรณสิทธิ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ภาควิชาชีพ
ชวัญชัย	เอื้อวิริยานุกูล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ภาควิชาชีพ
มานะ	ทะนะอัน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เขตพื้นที่ตาก
ชูศักดิ์	กมลขันดิธร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
ณรงค์	นันทกุศล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ภาควิชาชีพ



รายชื่อผู้พิจารณาบทความ
 วิศวกรรมไฟฟ้ามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 2



ชื่อ	นามสกุล	มหาวิทยาลัย/สถาบัน
ณรงค์ฤทธิ์	พิมพ์คำวงศ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เขตพื้นที่ตาก
ณัฐวุฒิ	โสมะเกษศรีรินทร์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ณัฐวุฒิ	พานิชเจริญ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เขตพื้นที่ตาก
คุณิต	อุทิศสุนทร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
ทอง	ลานธารทอง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนครศูนย์พระนครเหนือ
ทัศนะ	ถมทอง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เขตพื้นที่ตาก
ธงชัย	คล้ายคลึง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
ธนพงศ์	คุ้มญาติ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เขตพื้นที่ตาก
ธนวัฒน์	ฉลาดสกุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนครศูนย์พระนครเหนือ
ธนวัฒน์	พันธ์คู่ย	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เขตพื้นที่เชียงราย
ธวัช	เกิดขึ้น	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
ธีระศักดิ์	สมศักดิ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ธวัชชัย	สิมมา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
ธีระพล	เหมือนขาว	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
นคร	ทองเล็ก	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ภาควิชาชีพ
นครินทร์	ศรีปัญญา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร
นราวิทย์	กิจเจริญ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร
นรินทร์	หลักทอง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร
นิติพงษ์	ปานกลาง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
นิธิโรจน์	พรสุวรรณเจริญ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร
นิพนธ์	สุนทรหุด	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
นิพนธ์	เรืองวิริยะนันท์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เขตพื้นที่ตาก
นิพนธ์	วงศ์ท่า	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ภาควิชาชีพ
บุญช่วย	เจริญผล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
บัลลังก์	นิยมมณี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ



รายชื่อผู้พิจารณาบทความ
 วิศวกรรมไฟฟ้ามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 2



ชื่อ	นามสกุล	มหาวิทยาลัย/สถาบัน
บุญยัง	ปลั่งกลาง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ปรีชา	มหาไม้	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เขตพื้นที่ตาก
ประเสริฐ	ผ่องหมื่นไว	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
ประเสริฐ	หาชานนท์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ประทีป	แสงด้วง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ภาคพายัพ
ประมุข	อุณหเลขกะ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์นนทบุรี
ประวิช	เปรียบเหมือน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
ปราโมทย์	อนันต์วราพงษ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
พงษ์ศักดิ์	อำภา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
พิเชษฐ	กันทะวัง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เขตพื้นที่เชียงราย
พิสิษฐ์	ลิ่วธนกุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
พันธ์	พิริยะวรรณ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
พิชัย	อยู่เปล่า	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร
พินิจ	จิตจริง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
พิสิทธิ	สุทธิเมธีกร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
พูนศรี	วรรณการ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนครศูนย์พระนครเหนือ
ภาณุมาศ	แสนพวง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร
มนตรี	เงาเดช	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ภาคพายัพ
มังกร	ศิริจันทร์ชื่น	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ภาคพายัพ
มาณพ	ธนะคำดี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร
มัชฌ	แจ่มใส	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร
ยุทธนา	ขำสุวรรณ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เขตพื้นที่ตาก
ยุทธนา	กันทะพะเยา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์นนทบุรี
ยงยุทธ	นารายณ์	มหาวิทยาลัยสยาม



รายชื่อผู้พิจารณาบทความ
 วิศวกรรมไฟฟ้ามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 2



ชื่อ	นามสกุล	มหาวิทยาลัย/สถาบัน
รัก	สกุลพงศ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร
เวทิน	ปิยรัตน์	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (องครักษ์)
วัฒนา	แก้วมณี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
วันชัย	ทรัพย์สิงห์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
วิเชียร	หทัยรัตน์ศิริ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
วิโรจน์	เพชรพันธุ์ศรี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
วิชัย	ผดุงศิลป์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
วิจิต	สุทธิพร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
วินัย	จันทร์เพ็ญ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
วินัย	เมธาวิทิต	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
วิรัตน์	นักรองดี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ภาคพายัพ
วิฑูรย์	พรมมี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เขตพื้นที่เชียงราย
วิวัฒน์	เจริญสุข	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
วีระ	ธัญยาภิรักษ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร
วิรัช	กองสิน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เขตพื้นที่ตาก
วิวัฒน์	ทิพจร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เขตพื้นที่เชียงราย
วีระชัย	จรบุรมย์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร
วารุณี	ศรีสงคราม	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์นนทบุรี
ศรีศักดิ์	น้อยไร่ภูมิ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนครศูนย์พระนครเหนือ
ศักดิ์ระวี	ระวีกุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
ศิริชัย	แดงอม	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ศิริชัย	ลาภาสระน้อย	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
ศุภาวุฒิ	เนตร โพธิ์แก้ว	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนครศูนย์พระนครเหนือ
สถาพร	ศิริดี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เขตพื้นที่ตาก
สมเกียรติ	ทองแก้ว	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนครศูนย์พระนครเหนือ
สมบัติ	สันกว้าน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เขตพื้นที่ตาก



รายชื่อผู้พิจารณาบทความ
วิศวกรรมไฟฟ้ามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 2



ชื่อ	นามสกุล	มหาวิทยาลัย/สถาบัน
สมชัย	หิรัญวโรดม	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
สมชาย	เปียนสูงเนิน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
สมนึก	เครือสอน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เขตพื้นที่ตาก
สยาม	ประจุกะศรี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร
สรรรพผล	คุ้มทรัพย์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
สันติภาพ	โคตรทะเล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เขตพื้นที่ตาก
ศาคกร	ปิ่นดา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ภาคพายัพ
สามารถ	ยะเชียงคำ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ภาคพายัพ
สรพงษ์	ภาสุปรีย์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
สายชล	ชูดเจือจิ้น	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
สุวรรณณี	พิทักษ์วินัย	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เขตพื้นที่ตาก
สุขุม	จุฬาทศศิริรัตน์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร
สุชาติ	จันทร์จรมานิตย์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ภาคพายัพ
สุทธินันท์	คันโพธิ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
สุรศักดิ์	อยู่สวัสดิ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ภาคพายัพ
สุรสิทธิ์	แสนทอง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เขตพื้นที่ตาก
สุรินทร์	แหงมงาม	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
สุจิตรา	จันะวงศ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เขตพื้นที่เชียงใหม่
สุริยา	แก้วอาษา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร
สุวัลยา	ศิริศิลป์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร
เอกลักษณ์	สมุนพันธ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เขตพื้นที่ตาก
อโนชา	รุ่งโรจน์วัฒนศิริ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ภาคพายัพ
องอาจ	แสคใหม่	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
อนันต์	โสภิน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
เอกพล	อนุสุเรนทร์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
เอกวิทย์	หายักวงษ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร

การออกแบบอัลกอริทึมสำหรับติดตามค่าองค์ประกอบสมมาตรโดยใช้อัลกอริทึมแบบปรับตัวเองได้ Design of an Algorithm for Tracking Symmetrical Component Based on Adaptive Algorithm

สุรเดช อินทร์ฟูม¹ กฤษณ์ชนม์ ภูมิภักดีพิชญ์ และ ชวงส์ วัฒนศักดิ์ภูบาล

¹ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ถนนรังสิต-นครนายก ตำบลคลองหก อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี 12110 โทรศัพท์ : 0-2549-3571 โทรสาร : 0-2549-3571

บทคัดย่อ

การติดตามประมาณค่าองค์ประกอบสมมาตรมีความสำคัญในงานด้านคุณภาพไฟฟ้า และการป้องกัน บทความนี้นำเสนอเกี่ยวกับอัลกอริทึมแบบปรับตัวได้สำหรับประมาณค่าองค์ประกอบสมมาตร จุดเด่นของอัลกอริทึมนี้คือ เป็นอัลกอริทึมที่ง่ายในการออกแบบ และในทางปฏิบัติ เหมาะสำหรั้นำไปสร้างเป็นเครื่องมือสำหรับวัดค่าองค์ประกอบสมมาตรในระบบที่มีการเปลี่ยนแปลง

คำสำคัญ: องค์ประกอบสมมาตร อัลกอริทึมแบบปรับตัวเองได้

Abstract

Estimation symmetrical component have importance in power quality and protection. This paper presents adaptive algorithm for estimate symmetrical component. The advantage of algorithm is simple to design and perform. This algorithm can properly use in the application of equipment for measurement symmetrical component in transform system.

Keyword: Symmetrical Component, Adaptive algorithm

1. บทนำ

องค์ประกอบสมมาตรของกระแส และแรงดันไฟฟ้ามีความสำคัญ และมีการประยุกต์ใช้ในหลายๆด้านสำหรับงานด้านไฟฟ้ากำลัง เช่น งานด้านคุณภาพไฟฟ้า และงานด้านการป้องกันระบบไฟฟ้า ในบทความนี้ต้องการนำเสนอ โครงสร้างของอัลกอริทึมแบบปรับตัวเองเชิงเส้นผสม (Adaptive linear combiner structure) สำหรับประมาณและติดตามค่าองค์ประกอบสมมาตร โครงสร้างดังกล่าวสามารถให้ผลลัพธ์มากกว่าหนึ่ง (Multi-output) แตกต่างจาก โครงสร้างของอัลกอริทึมแบบปรับตัวเองเชิงเส้นผสมทั่วไปที่ให้ผลลัพธ์เพียงหนึ่ง (Single-output) โครงสร้างใหม่นี้เรียกว่ามัลติเอาต์พุต (Multi-Output) หรือ MO-ADALINE

จากการศึกษางานวิจัยในอดีตเทคนิคการวัดค่าองค์ประกอบสมมาตรสามารถทำได้หลายวิธี วิธีที่ 1 การแปลงฟูเรียร์อย่างรวดเร็ว [1], [2] วิธีนี้สามารถใช้ได้กับแรงดันที่ผิดเพี้ยน ข้อเสียของวิธีนี้คือไม่มีความ

แม่นยำในการวัดภายใต้สภาวะของโหลดที่เปลี่ยนแปลง วิธีที่ 2 The Kalman Filter (KF) [3], [4] ข้อดีของวิธีนี้คือใช้ในการประมาณค่าองค์ประกอบสมมาตรของระบบที่มีการเปลี่ยนแปลงตามเวลาได้เป็นอย่างดี วิธีที่เหมาะสมสำหรับระบบที่มีสัญญาณรบกวน ค่าที่ได้จะเป็นค่าประมาณที่ใกล้เคียงค่าจริงที่สุด ข้อเสียของวิธีนี้คือมีการคำนวณที่มากไม่สามารถประยุกต์ใช้สร้างเป็นเครื่องมือในการติดตามองค์ประกอบสมมาตรได้ ถ้าจะสร้างเครื่องมือเพื่อติดตามองค์ประกอบสมมาตรจะต้องใช้ หน่วยความจำขนาดใหญ่ และ คำนวณที่ความไวสูง

ในบทความนี้ผู้วิจัยได้นำเสนอวิธีการใหม่โดยการออกแบบอัลกอริทึมแบบปรับตัวได้ เพื่อใช้เป็นเครื่องมือประมาณติดตามค่าขององค์ประกอบสมมาตรเพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในงานด้านต่างๆต่อไป

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

องค์ประกอบสมมาตรของกระแส และแรงดันไฟฟ้ามีความสำคัญ และมีการประยุกต์ใช้ในหลายๆด้านสำหรับงานด้านไฟฟ้ากำลัง ในงานด้านคุณภาพไฟฟ้า (Power Quality) ขนาดขององค์ประกอบสมมาตรของกระแสลำดับศูนย์ (Zero Sequence Current) และองค์ประกอบสมมาตรของกระแสลำดับลบ (Negative Sequence Current) เป็นตัวบ่งชี้ถึงความไม่สมดุลของโหลดในระบบไฟฟ้า ในงานด้านการป้องกันระบบไฟฟ้า (Power System Protection) องค์ประกอบองค์ประกอบสมมาตรของกระแส และแรงดันไฟฟ้า ถูกใช้เพื่อกำหนดการทำงานให้รีเลย์วัดระยะทาง (Distance Relay) หรือนำมาใช้เพื่อคำนวณหาตำแหน่งผิดพลาด (Fault Locator) นอกจากนี้ ยังมีรีเลย์อีกหลายชนิดที่จำเป็นต้องตรวจจับขนาดขององค์ประกอบสมมาตรของกระแสลำดับต่างๆ เพื่อนำมาตัดสินใจและป้องกันระบบไฟฟ้า เช่น รีเลย์กระแสเกิน (Ground Over Current Relay) ใช้องค์ประกอบสมมาตรของกระแสลำดับศูนย์เพื่อนำมาตัดสินใจสั่งให้เซอร์กิตเบรกเกอร์ (Circuit Breaker) ปลดวงจรออกเมื่อเกิดความผิดปกติลงดินขึ้นในระบบไฟฟ้ากำลัง เป็นต้น

ทั้งหมดที่ได้กล่าวมานี้ จะเห็นได้ว่ารีเลย์ และเครื่องวัดคุณภาพไฟฟ้าจะต้องมีการประมวลผลเพื่อติดตามค่าองค์ประกอบแบบ

3. การออกแบบอัลกอริทึม

ในสร้างสมการสำหรับองค์ประกอบสมมาตรนี้จะอาศัย
 ความสัมพันธ์ของ รูปคลื่นที่ไม่สมมาตรและองค์ประกอบสมมาตรเป็น
 ส่วนที่สำคัญในอัลกอริทึมนี้ การแสดงส่วนที่สมมาตรกันของปริมาณ
 ทางไฟฟ้า(3เฟส) สามารถแสดงได้ดังนี้

$$i_a = I_0 \sin(\omega t + \phi_0) + I_1 \sin(\omega t + \phi_1) + I_2 \sin(\omega t + \phi_2) \quad (1)$$

$$i_b = I_0 \sin(\omega t + \phi_0) + I_1 \sin(\omega t + \phi_1 - 120) + I_2 \sin(\omega t + \phi_2 + 120) \quad (2)$$

$$i_c = I_0 \sin(\omega t + \phi_0) + I_1 \sin(\omega t + \phi_1 + 120) + I_2 \sin(\omega t + \phi_2 + 120) \quad (3)$$

เมื่อ I_0 และ ϕ_0 คือ ขนาด และมุมเฟสของ องค์ประกอบ
 ลำดับศูนย์, I_1 และ ϕ_1 คือ ขนาด และ มุมเฟสของ องค์ประกอบลำดับ
 บวก และ I_2 และ ϕ_2 คือ ขนาด และ มุมเฟสของ องค์ประกอบลำดับ
 ลบ ถ้าเราใช้สมการ $\sin(a+b) = \sin(a)\cos(b) + \cos(a)\sin(b)$
 แทนในสมการที่ (1)-(3) จะได้

$$i_a = I_0 \cos(\phi_0) \sin(\omega t) + I_0 \sin(\phi_0) \cos(\omega t) + I_1 \cos(\phi_1) \sin(\omega t) + I_1 \sin(\phi_1) \cos(\omega t) + I_2 \cos(\phi_2) \sin(\omega t) + I_2 \sin(\phi_2) \cos(\omega t) \quad (4)$$

$$i_b = I_0 \cos(\phi_0) \sin(\omega t) + I_0 \sin(\phi_0) \cos(\omega t) + I_1 \cos(\phi_1) \sin(\omega t - 120) + I_1 \sin(\phi_1) \cos(\omega t - 120) + I_2 \cos(\phi_2) \sin(\omega t + 120) + I_2 \sin(\phi_2) \cos(\omega t + 120) \quad (5)$$

$$i_c = I_0 \cos(\phi_0) \sin(\omega t) + I_0 \sin(\phi_0) \cos(\omega t) + I_1 \cos(\phi_1) \sin(\omega t + 120) + I_1 \sin(\phi_1) \cos(\omega t + 120) + I_2 \cos(\phi_2) \sin(\omega t + 120) + I_2 \sin(\phi_2) \cos(\omega t + 120) \quad (6)$$

ถ้าเราจัดสมการ (4)-(6) ใหม่ให้อยู่ในรูปแบบเมทริกซ์ จะได้

$$y(t) = \Phi(t)\theta(t) \quad (7)$$

เมื่อ $y(t)$ แทน การวัด, $\theta(t)$ แทน การประมาณค่า ตัวแปร
 ในอนาคต, $\Phi(t)$ แทน ความสัมพันธ์ ระหว่าง เวลาที่เปลี่ยนแปลงกับ
 matrix และตัวแปรเหล่านี้แสดงในสมการ(4)-(6) ที่แสดงไว้ด้านล่าง
 งานวิจัยนี้ได้ตั้งสมมุติฐานว่าสัญญาณ กระแส หรือแรงดันใดๆ เป็น
 ฟังก์ชันของโคไซน์ (Cosine) ที่ความเร็วเชิงมุมเท่ากับความเร็วเชิงมุมมูล
 ฐาน (fundamental angular frequency 1^{th}) ของระบบไฟฟ้า นั่นๆ โดยมี
 ส่วนประกอบขององค์ประกอบสมมาตรที่ถึง 10001 ตามสมการที่ (8)

$$y(t) = A_i \cdot \cos(i \cdot \omega \cdot t + \theta_i) \quad (8)$$

เมื่อ i คือ ตำแหน่งของสัญญาณกระแสที่ทำการวัด, A_i คือ
 ค่ายอดของสัญญาณกระแสตำแหน่งที่ i , ω คือ ความเร็วเชิงมุมมูล
 ฐานของระบบไฟฟ้า, t คือ ที่เวลาใดๆ, θ_i คือ มุมเฟสของสัญญาณ

$$y(t) = A_i \cos(\omega_s t) \cdot \cos(\theta_i) - A_i \cdot \sin(\omega t) \sin(\theta) \quad (9)$$

$$[X] = [\Phi] \quad (10)$$

$$[W] = [\theta] \quad (11)$$

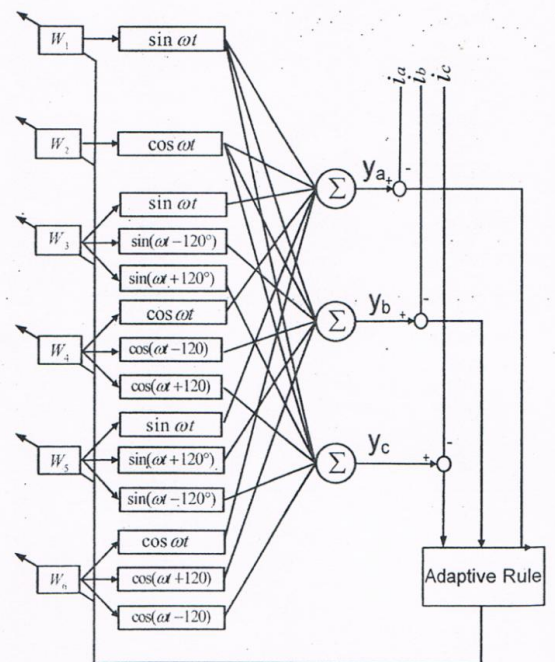
$$y(t) = [W] \cdot [X]^T \quad (12)$$

$$e(t) = x(t) - [W] \cdot [X]^T \quad (13)$$

เมื่อ $x(t)$ คือ แทนสัญญาณกระแส หรือแรงดันที่ต้องการ
 วัตถุประสงค์ขององค์ประกอบสมมาตร, $e(t)$ คือ ความแตกต่าง
 ระหว่างสัญญาณกระแส หรือแรงดัน ที่ต้องการวัดที่ต้องการวัดหา
 ส่วนประกอบขององค์ประกอบสมมาตรกับสัญญาณด้านออกจาก
 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์, และ $[W]$ คือ ค่าสัมประสิทธิ์ Weight
 vector จากสมการที่ 6 เมื่อแปลงสัญญาณอะนาล็อก (analog signal)
 เป็นสัญญาณเชิงเวลาเต็มหน่วย (discrete time signal) ค่าสัมประสิทธิ์
 $[W]$ สามารถปรับตัวเองเพื่อให้มีค่า $|e(t)|^2$ ต่ำสุด ตามกฎของ
 Widrow-Hoff delta rule [1] จะได้สมการที่ 14 คือ

$$W(k+1) = W(k) + \frac{\alpha \cdot e(k) \cdot [X(k)]}{[X(k)] \cdot [X(k)]^T} \quad (14)$$

เมื่อ k คือ รอบของการปรับค่าสัมประสิทธิ์ Weight vector,
 $W(k)$ คือ ค่าสัมประสิทธิ์ Weight vector รอบที่ k , $W(k+1)$ คือ ค่า
 สัมประสิทธิ์ Weight vector ที่ถูกปรับในรอบต่อไปที่ $k+1$ และ α คือ
 ค่าสัมประสิทธิ์การเรียนรู้ (Learning Parameter)

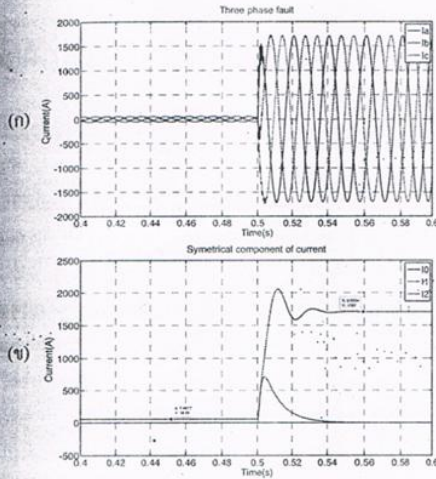


รูปที่ 1 โครงสร้างของอัลกอริทึม

4. ผลการทดสอบอัลกอริทึม

กรณีศึกษาจะกำหนดระบบเริ่มต้นเป็น ดังนี้ แหล่งจ่ายเป็น แหล่งจ่ายแรงดัน 3 เฟส 22kV ที่ความถี่ 50Hz ต่อกับสายส่งยาว 10 กม. จ่ายให้กับโหลดขนาด $1796+0.000032i$ เท่ากันทั้ง 3 เฟส

กรณีศึกษาที่ 1 จำลองการเกิดความผิดปกติในระบบแบบสามเฟสในระบบเริ่มต้นที่เวลา 0 วินาทีที่เกิดความผิดปกติที่เวลา 0.5 วินาทีโดย แสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 (ก) สัญญาณกระแสการเมื่อเกิดการผิดปกติในระบบแบบ 3 เฟส
(ข) องค์ประกอบสมมาตรของสัญญาณกระแส

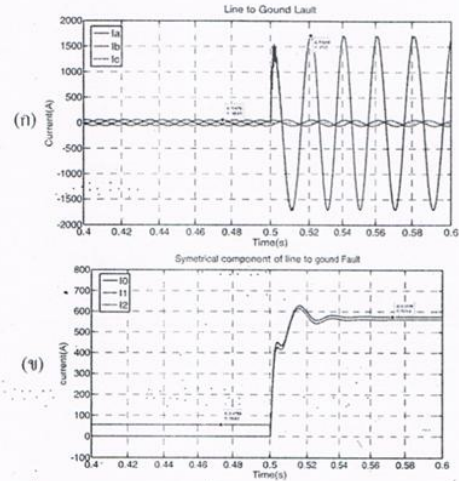
จากรูปที่ 2 อธิบายการแยกองค์ประกอบสมมาตรของสัญญาณกระแสในรูปที่ 2(ก) ออกเป็น ลำดับศูนย์ (I_0), ลำดับบวก (I_1), ลำดับลบ (I_2) โดยใช้อัลกอริทึมแบบปรับตัวเองได้ด้วยโปรแกรม Matlab ที่เวลา 0 วินาที ถึง 0.49 วินาที ระบบเป็นปกติจะวัดได้แต่ลำดับบวกมีค่าประมาณ 56.6A เท่ากับค่าของกระแสในรูปที่ 2 ที่เวลา 0.5s เกิดการผิดปกติแบบสามเฟสในระบบในช่วงเวลา 1-2 cycle แรก อัลกอริทึมจะพยายามปรับตัวจากสภาวะปกติเป็นเป็นสภาวะเกิดการผิดปกติหลังจากนั้นอัลริทึมจะเข้าสู่สภาวะคงที่จะเห็นได้ว่ามีแต่ลำดับบวกที่เท่ากับ 1708A เท่ากับค่าของกระแสในรูปที่ 2 และลำดับศูนย์, ลำดับลบมีค่าเท่ากับศูนย์ เป็นไปตามทฤษฎีของการเกิดความผิดปกติในระบบแบบสมมาตร

$$y(t) = \begin{bmatrix} i_a \\ i_b \\ i_c \end{bmatrix}$$

$$\theta(t) = \begin{bmatrix} I_0 \cos(\phi_0) \\ I_0 \sin(\phi_0) \\ I_1 \cos(\phi_1) \\ I_1 \sin(\phi_1) \\ I_2 \cos(\phi_2) \\ I_2 \sin(\phi_2) \end{bmatrix} \tag{5}$$

$$\Phi(t)^T = \begin{bmatrix} \sin \omega t & \cos \omega t & \sin \omega t & \cos \omega t & \sin \omega t & \cos \omega t \\ \sin \omega t & \cos \omega t & \sin(\omega t - 120) & \cos(\omega t - 120) & \sin(\omega t + 120) & \cos(\omega t + 120) \\ \sin \omega t & \cos \omega t & \sin(\omega t + 120) & \cos(\omega t + 120) & \sin(\omega t - 120) & \cos(\omega t - 120) \end{bmatrix} \tag{6}$$

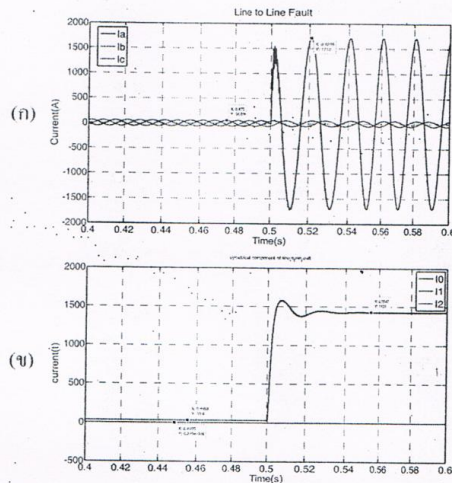
103กรณีศึกษาที่ 2 จำลองการเกิดความผิดปกติในระบบแบบสายเส้นใดเส้นหนึ่งซึ่งต้องลดค่าให้เกิดความผิดปกติที่เฟส A ในระบบเริ่มต้นที่เวลา 0 วินาทีที่เกิดความผิดปกติที่เวลา 0.5 วินาทีโดย แสดงในรูปที่ 3 (ก)



รูปที่ 3 (ก) สัญญาณกระแสเมื่อเกิดการผิดปกติในระบบแบบสายเส้นใดเส้นหนึ่งซึ่งต้องลด
(ข) องค์ประกอบสมมาตรของสัญญาณกระแส

จากรูปที่ 3 อธิบายการแยกองค์ประกอบสมมาตรของสัญญาณกระแสในรูปที่ 3 ออกเป็น ลำดับศูนย์ (I_0), ลำดับบวก (I_1), ลำดับลบ (I_2) โดยใช้อัลกอริทึมแบบปรับตัวเองได้ด้วยโปรแกรม Matlab ที่เวลา 0 วินาที ถึง 0.49 วินาที ระบบเป็นปกติจะวัดได้แต่ลำดับบวกมีค่าประมาณ 56.6A เท่ากับค่าของกระแสในรูปที่ 4 ที่เวลา 0.5 วินาที เกิดการผิดปกติแบบสามเฟสในระบบในช่วงเวลา 1-2 cycle แรก อัลกอริทึมจะพยายามปรับตัวจากสภาวะปกติเป็นเป็นสภาวะเกิดการผิดปกติหลังจากนั้นอัลริทึมจะเข้าสู่สภาวะคงที่จะเห็นได้ว่ามีแต่ลำดับบวกที่เท่ากับ 1708A เท่ากับค่าของกระแสในรูปที่ 4 และลำดับศูนย์, ลำดับลบมีค่าใกล้เคียงกับลำดับบวก เป็นไปตามทฤษฎีของการเกิดความผิดปกติในระบบแบบสายเส้นใดเส้นหนึ่งซึ่งต้องลด

กรณีศึกษาที่จำลองการเกิดความผิดปกติในระบบแบบสายสองเส้นต่อกัน กำหนดให้เกิดความผิดปกติที่เฟส A และเฟส C ต่อถึงกัน ในระบบเริ่มต้นที่เวลา 0 วินาที ที่เกิดความผิดปกติที่เวลา 0.5 วินาที แสดงในรูปที่ 3 (ก)



รูปที่ 4 (ก) สัญญาณกระแสการเมื่อเกิดการผิดปกติในระบบแบบสายสองเส้นต่อกัน

(ข) องค์ประกอบสมมาตรของสัญญาณกระแส

จากรูปที่ 4 (ข) อธิบายการแยกองค์ประกอบสมมาตรของสัญญาณกระแส ออกเป็น ลำดับศูนย์ (I_0), ลำดับบวก (I_1), ลำดับลบ (I_2) โดยใช้อัลกอริทึมแบบปรับตัวเองได้ด้วยโปรแกรม Matlab ตามทฤษฎีแล้วองค์ประกอบสมมาตรของเหตุการณ์ศึกษาจะต้องมีค่าทั้งสามลำดับเท่ากันจากการทดลองจะได้ผลตามรูปที่ 4 (ข) จะเห็นได้ว่าเป็นไปตามทฤษฎีอัลกอริทึมนี้สามารถติดตามประมาณค่าได้

5. สรุป

อัลกอริทึมใหม่แสดงให้เห็นว่ามีความถูกต้องในการประมาณค่าองค์ประกอบสมมาตรและยังสามารถติดตามค่านี้ในระบบที่เปลี่ยนแปลงได้ ข้อได้เปรียบของอัลกอริทึมนี้เมื่อเทียบกับวิธีอื่น คือ เป็นวิธีที่ง่ายเหมาะสำหรับนำไปประยุกต์ใช้เป็นเครื่องมือ โดยทางผู้วิจัยจะนำเสนอในโอกาสต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- [1] A. Campos, G. Joos, P. D. Ziogas, and J. F. Lindsay, "A dsp-based real-time digital filter for symmetrical components," in *Proc. Athens Power Tech. Joint Int. Power Conf.*, vol. 1, 1993, APT 93, pp. 75-79.
- [2] T. Lobos, "Fast estimation of symmetrical components in real time," in *Proc. Inst. Elect. Eng. C*, vol. 139, Jan. 1992, pp. 27-30.

- [3] S. A. Soliman and M. E. El-Hawary, "Application of Kalman filtering for online estimation of symmetrical components for power system protection," *Elect. Power Syst. Res.*, vol. 38, pp. 113-123, 1997.
- [4] A. A. Girgis, W. Chang, and E. B. Makram, "Analysis of high-impedance fault generated signals using a Kalman filtering approach," *IEEE Trans. Power Delivery*, vol. 5, pp. 1714-1724, Oct. 1990.
- [5] B. Window and M.A. Lehr, "30 Years of Adaptive Neural networks: Perception, madaline and backpropagation", *Proc. IEEE*, Vol.78, pp.1415-1442, Sept. 1990.
- [6] ชวงศ์ วิวัฒน์ศักดิ์ภูบาล และธีรธรรม บุญยะกุล, "การประมาณและติดตามค่าเฟสเซอร์ของสัญญาณกระแส สัญญาณแรงดัน อิมพีแดนซ์ และความถี่ของระบบไฟฟ้าโดยใช้อัลกอริทึมแบบปรับตัวเองได้", *ECON-28*, ตุลาคม 25

THE 2nd RMUTP INTERNATIONAL CONFERENCE

2010



GREEN TECHNOLOGY AND PRODUCTIVITY



PROCEEDINGS

29-30 JUNE 2010
PATHUMWAN PRINCESS HOTEL
BANGKOK, THAILAND

RMUTP

E - 013 (O)	The Design of a Forecasting Support Models on Demand of Durian for Domestic Markets and Export Markets by Time Series and ANNs Udomsri Nonthachoti, Kengpol Athakorn, Kazuyoshi Ishii, and Youishi Shimada	108
E - 014 (O)	Development of Civil Engineering Laboratory Professional Program (CivilLabPro) Chusak Kererat, Ekarut Ruayruay, and Suthon Rungruang	116
E - 015 (O)	Applying Genetic Algorithms for Inventory Lot-Sizing Problem with Supplier Selection under Storage Capacity Chirawat Woarawichai, Tarathorn Kullpattaranirun and Vichai Rungreunganun	122
E - 016 (O)	An Application of GA Algorithm on Vehicle Routing Problem in a Case Study of a Bakery Company in Thailand Bell Tunjongsirigul and Pisut Pongchairerks	128
E - 017 (O)	Mechanical Properties of Silica-Based Geopolymer Composites Cured at Ambient Conditions in Accordance with Size-Independent Method D.H. Tran, P. Louda, D. Kroisová, O. Bortnovsky ,and P.Bezucha	134
E - 018 (O)	Design of an Algorithm for Tracking Symmetrical Component Based on Adaptive Algorithm Suradach Inpum and Krischonme Bhumkittipich	142
E - 019 (O)	A Smart Mobile PV-Wind Hybrid System Prototype for Isolated Electrification Krisada Phrompinit, Boonyang Plangklang, Krischonme Bhumkittipich, and Somchai Hiranvarodom	148
E - 020 (O)	Main Causes and Prevention of Occupational Slipping Tripping and Falling in Thailand Chalermkiet Srisila and Yuthachai Bunternngchit	155
E - 021 (P)	Design and Construction of High Voltage Diode 100 kV Supawud Nedphograw, Thong Lantharthong, Aroon Charlangsud, Pana Dusitakron and Thanarat Tanmaneeprasert	160

List of Reviewers

Prof. Dr. Sumalee Sungsi	Sukhothai Thammathirat Open University, Thailand
Assoc. Prof. Kosol Oranpiroj	Rajamangala University of Technology Lanna, Thailand
Assoc. Prof. Noppakun Nisamanee	King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Thailand
Assoc. Prof. Prit Supasetsiri	Srinakharinwirot University, Thailand
Assoc. Prof. Dr. Athikom Roeksabutr	Mahanakorn University of Technology, Thailand
Assoc. Prof. Dr. Kwunkamol Donkwa	Suranaree University of Technology, Thailand
Assoc. Prof. Dr. Paisan Kongkachuichay	Kasetsart University, Thailand
Assoc. Prof. Dr. Thada Sutthitham	Ubon Ratchathani University, Thailand
Asst. Prof. Dr. Amara Amornkaew	Rajamangala University of Technology Phra Nakhon, Thailand
Asst. Prof. Dr. Duangchan Diowvilai	Lampang Rajabhat University
Asst. Prof. Dr. Varataya Thammakittipob	Kasetsart University, Thailand
Dr. Boonyang Plangklang	Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Thailand
Dr. Duongruitai Nicomrat	Rajamangala University of Technology Phra Nakhon, Thailand
Dr. Krischonme Bhumkittipich	Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Thailand
Dr. Nataporn Chindaprasert	Rajamangala University of Technology Phra Nakhon, Thailand
Dr. Paisan Kanthang	Rajamangala University of Technology Phra Nakhon, Thailand
Dr. Phairat Punyacharoennon	Rajamangala University of Technology Phra Nakhon, Thailand
Dr. Sompop Suwannarat	Kasetsart University, Thailand
Dr. Sudaporn Sawmong	Eastern Asia University, Thailand
Dr. Surachet Dechphung	Rajamangala University of Technology Phra Nakhon, Thailand
Dr. Vuttipon Tarateeraseth	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Thailand
Dr. Wanchai Subsingha	Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Thailand

Design of an Algorithm for Tracking Symmetrical Component Based on Adaptive Algorithm

Suradach Inpum and Krischonme Bhumkittipich
Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering
Rajamangala University of Technology Thanyaburi
Klong 6, Thanyaburi, Pathumthani, Thailand 12110
Tel: 0-2549-3571 Fax : 0-2549-3571 E-mail: krischonme.b@en.rmUTT.ac.th

Abstract

Symmetrical components of current and voltage are great importance in many applications in power systems such as power quality and power system protection. This paper presents the new adaptive linear combiner (ADALINE) structure for symmetrical components traction and estimation. This structure is deal with multi-output systems for parameter traction/estimation rather than the existing ADALINE, which deals only with single output system. The new topology, it is called MO-ADALINE is also presented. Finally, the paper presents a new processing unit, which can estimate symmetrical components from the measured current signals. The advantage of this proposed unit is simple to implement. Simulation results are given to validate the proposed algorithms.

Key words: Symmetrical Component, Adaptive algorithm

1. Introduction

Symmetric component of current and voltage is important applied in many applications for the power system. In power system quality, the zero sequence and negative sequence currents are indicative unbalance of load in power system. In the power protection system, symmetrical component of current and voltage is as follows:

- 1) Zero sequence current (I_0)
- 2) Positive sequence current (I_1)
- 3) Negative sequence current (I_2)
- 4) Zero sequence voltage (V_0)
- 5) Positive sequence voltage (V_1) and
- 6) Negative sequence voltage (V_2).

By using the computing function for measuring the distance relays or calculating fault location. Furthermore, various types relay necessary detect the size of component of miscellaneous sequence current. To bring decision-making and power protection systems, such as ground over current relay uses symmetrical component of zero sequent current for command the circuit breaker unload when faulted to ground in power system etc. Total mentioned this showed relays and power quality measuring instrument must be processed to track the value symmetrical component of current and /or symmetrical component of voltage on real-time

Generally used methods of fast fourier transform with the multiplier matrix (Matrix Transform), starting from signal analog of current and voltage has continued time been transformed into a digital signal by using a codec (A/D) process is also sent to microprocessor of current and voltage at any time based on fast fourier transform. When it results phase of current value and voltage at any time. The next step is to use multiplier

matrix convert from phasor of current and voltage at any time is symmetrical component of current and voltage at any time. The entire process has to be the process done before the digital signal current and new voltage values are calculated in random order to the next round of calculations.

To simplify the process to follow up design symmetrical component. It is also a processing unit to track symmetrical components directly. In this research is designed adaptive Algorithm structured linear mixed to results three results at the same time is 1.)Symmetrical component zero sequent 2.)Symmetrical component negative sequent 3.)Symmetrical component positive sequent. This will help ease the adoption process to follow up design symmetrical component a real time

Future researchers believe new Adaptive Algorithm is another option to bring the application in power quality and protect power system.

2. Design an Algorithm

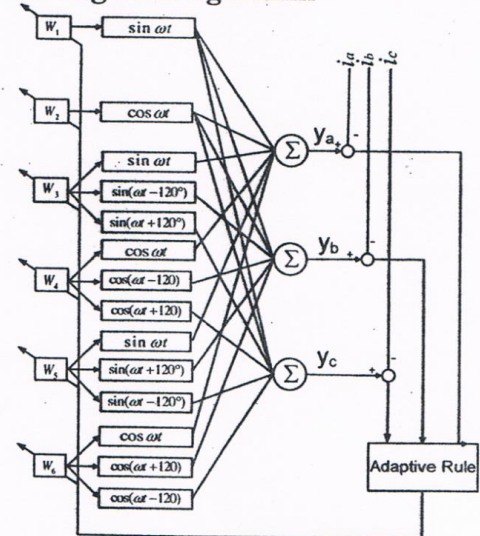


Fig.1. Structure of Algorithm

To create equations for symmetrical component use relationship is based waveform of unsymmetrical and symme-

trical components is important in this algorithm. Quantity of electrical (3 phase) symmetrical can show thus.

$$\begin{aligned}
 i_a &= I_0 \sin(\omega t + f_0) + I_1 \sin(\omega t + f_1) \\
 &\quad + I_2 \sin(\omega t + f_2) \\
 i_b &= I_0 \sin(\omega t + f_0) + I_1 \sin(\omega t + f_1 - 120) \\
 &\quad + I_2 \sin(\omega t + f_2 + 120) \quad (1) \\
 i_c &= I_0 \sin(\omega t + f_0) + I_1 \sin(\omega t + f_1 + 120) \\
 &\quad + I_2 \sin(\omega t + f_2 + 120)
 \end{aligned}$$

where I_0 and f_0 is size and phase angle of zero sequent components.

I_1 and f_1 size and phase angle of positive sequent components.

I_2 and f_2 is size and phase angle of negative sequent components

If use the equation

$$\sin(a + b) = \sin(a) \cos(b) + \cos(a) \sin(b)$$

Instead of equations (1) is given by

$$\begin{aligned}
 i_a &= I_0 \cos(f_0) \sin(\omega t) + I_0 \sin(f_0) \cos(\omega t) \\
 &\quad + I_1 \cos(f_1) \sin(\omega t) + I_1 \sin(f_1) \cos(\omega t) \\
 &\quad + I_2 \cos(f_2) \sin(\omega t) + I_2 \sin(f_2) \cos(\omega t) \\
 i_b &= I_0 \cos(f_0) \sin(\omega t) + I_0 \sin(f_0) \cos(\omega t)
 \end{aligned} \quad (2)$$

$$F(t)^T = \begin{bmatrix} \sin \omega t & \cos \omega t & \sin \omega t & \cos \omega t & \sin \omega t & \cos \omega t \\ \sin \omega t & \cos \omega t & \sin(\omega t - 120) & \cos(\omega t - 120) & \sin(\omega t + 120) & \cos(\omega t + 120) \\ \sin \omega t & \cos \omega t & \sin(\omega t + 120) & \cos(\omega t + 120) & \sin(\omega t - 120) & \cos(\omega t - 120) \end{bmatrix} \quad (6)$$

This research hypothesis that the current signal or any voltage is function of cosine to velocity angular equal fundamental angular frequency of that power system. The components of the symmetrical component i to 10001 according equation 7.

$$\begin{aligned}
 &+ I_1 \cos(f_1) \sin(\omega t - 120) + I_1 \sin(f_1) \cos(\omega t - 120) \\
 &+ I_2 \cos(f_2) \sin(\omega t + 120) + I_2 \sin(f_2) \cos(\omega t + 120) \\
 i_c &= I_0 \cos(f_0) \sin(\omega t) + I_0 \sin(f_0) \cos(\omega t) \\
 &+ I_1 \cos(f_1) \sin(\omega t + 120) + I_1 \sin(f_1) \cos(\omega t + 120) \\
 &+ I_2 \cos(f_2) \sin(\omega t - 120) + I_2 \sin(f_2) \cos(\omega t - 120)
 \end{aligned}$$

If prepare new equation (2) in the matrix

$$y(t) = F(t)q(t) \quad (3)$$

where $y(t)$ = measurement

$q(t)$ = estimates of future variables.

$F(t)$ = the relationship between time to change with the matrix. These variables shown in equation (4) - (6) listed below.

$$y(t) = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \\ y_4 \\ y_5 \\ y_6 \end{bmatrix} \quad (4)$$

$$q(t) = \begin{bmatrix} \cos(f_0) \\ \sin(f_0) \\ \cos(f_1) \\ \sin(f_1) \\ \cos(f_2) \\ \sin(f_2) \end{bmatrix} \quad (5)$$

$$y(t) = A_i \cdot \cos(i \cdot \omega \cdot t + \theta_i) \quad (7)$$

where i is the locator of current signal measurement.

A_i is the peak value of current signal locator i .

ω_s is fundamental angular frequency of the power system.

t is at any time
 θ_i is the phase angle of current signal locator i
 $y(t)$ is signal outgoing from mathematical model.

Take equation 1, the new in the form of difference equation of the cosine equation follow 8 to 12 respectively.

$$y(t) = A_i \cdot \cos(\omega_s \cdot t) \cdot \cos(\theta_i) - A_i \cdot \sin(\omega \cdot t) \cdot \sin(\theta) \quad (8)$$

$$[x] = [\Phi] \quad (9)$$

$$[w] = [\theta] \quad (10)$$

$$y(t) = [w] \cdot [x]^T \quad (11)$$

$$e(t) = x(t) - [w] \cdot [x]^T \quad (12)$$

where $x(t)$ is the current signal or voltage to measure a component of symmetrical component.

$e(t)$ is the difference between the current signal or voltage require for measuring components of symmetrical component with signal out from the mathematical model.

$[w]$ is coefficient weight vector

From equation 6, when analog signal convert to discrete time signal. Coefficients $[w]$ can adaptive to have value $|e(t)|^2$ mini-mum following by Widrow-Hoff delta rule [1] obtain equation 7.

$$W(k+1) = W(k) + \frac{\alpha \cdot e(k) \cdot [X(k)]}{[X(k)] \cdot [X(k)]^T}$$

Where k is round of the adjustment coefficient weight vector.

$W(k)$ is coefficient weight vector round at k

$W(k+1)$ is coefficient weight vector that is adjusted in the next round at $k+1$.
 α is coefficient learning parameter

3. Results test of an algorithm

This case study will be determined initial system as follows supply voltage 3-phase 22kV at frequency 50Hz joined to transmission line long 10 km to distributed load size 1796 +j0.000032 i same as 3 phase.

First case study: simulation of fault occur in three-phase system. In system start at 0 seconds fault occur at 0.5 seconds shown in figure 2.

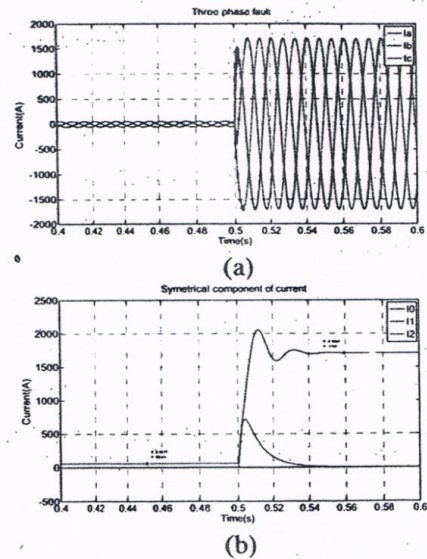


Fig. 2 (a) current signal when fault occur in the system three-phase, (b) symmetrical components of current signal.

From figure 3 describes the separate symmetrical components current signal in figure 2 (a) zero sequent (I_0), positive sequent (I_1), negative sequent (I_2) based on Adaptive Algorithm with Matlab program at 0 seconds to 0.49 seconds. System is normal measured only positive value approximately 56.6A equal to peak value of

current in figure 2. At 0.5s of the three-phase fault occur in the first period 1-2 cycle. Algorithm tried adapt from ordinary state become fault state. Afterward algorithm reach steady state appear that only positive values mean 1708A equal to peak value of current in figure 2 and zero sequent, negative sequent equal to zero. To the theory of fault occur in symmetrical component system.

Second case study: simulation of fault in line to ground system required to fault occur of phase A. In system the start at 0 seconds fault occur at 0.5 seconds shown in Figure 3 (a).

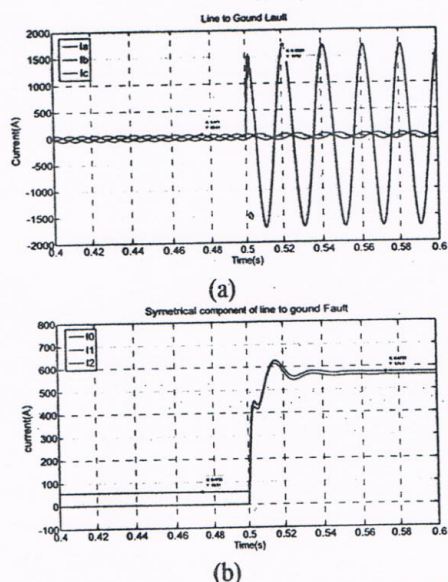


Figure 3 (a) current signal when fault occur in line to ground system.(b) symmetrical components of current signal.

From Figure 3 describes the separate symmetrical component of current signal in figure 4 divide zero sequent (I_0), positive sequent (I_1), negative sequent (I_2) based on Adaptive

Algorithm with Matlab program at 0 seconds to 0.49 seconds System is normal measured only positive value approximately 56.6 A equal to peak value of current in figure 4. At 0.5 seconds, three-phase fault occur in the first period 1-2 cycle Algorithm tried adapt from ordinary state become fault state. Afterward algorithm reach steady state appear that only positive values mean 1708-A equal to peak value of current in figure 4 and zero sequent, negative sequent equal to zero. To the theory of fault occur in symmetrical component system. To the theory of fault occur in line to ground system.

Third case study: simulation of fault occur in line to line system a diminution in the line between the two. Make An Episode of the decrement phase a and phase c to the system in time from 0 seconds to pin the depletion at the time 0.5 seconds. Shown in Figure 3 (a).

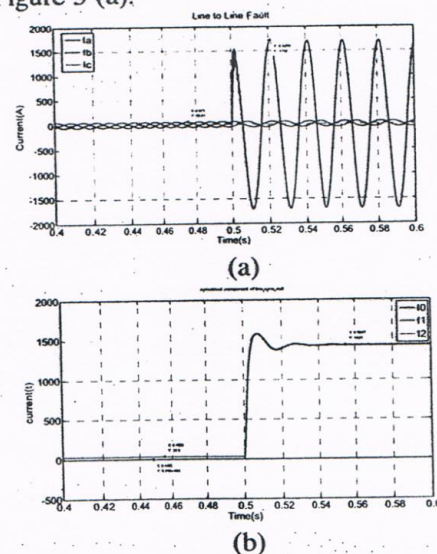


Figure 4 (a) current signal when fault occur in line to line system, (b) Symmetrical component of current signal.

From Figure 4(b) describes the separate symmetrical component of current signal in figure 4 divide zero sequent (I_0),

positive sequent (i_+), negative sequent (i_-) based on Adaptive Algorithm with Matlab program. By theory symmetrical component of the case study will be valuable three sequent the same as from experimental effective results in Figure 4(b) with to that theory algorithm can tracking estimate.

4. Conclusions

New algorithm show that accurate estimates of symmetrical component and can tracking in transform system. Advantages of this algorithm compared with other algorithm is easy algorithm. This algorithm properly for applied as. The research will present next the occasion.

5. References

- [1] B. Window and M.A. Lehr, "30 Years of Adaptive Neural networks: Perception, madaline and backpropagation", *Proc. IEEE*, Vol.78, pp.1415-1442, Sept. 1990.
- [2] Wattanasakpubal, C and Bunyagul, T., "Estimation and Tracking Current Phasor, Voltage Phasor, Impedance and Local Frequency in Power Systems by Adaptive Algorithm", *EECON-28*, oct. 254
- [3] A. Campos, G. Joos, P. D. Ziogas, and J. F. Lindsay, "A dsp-based real-time digital filter for symmetrical components," in *Proc. Athens Power Tech. Joint Int. Power Conf.*, vol. 1, 1993, APT 93, pp. 75-79.
- [4] T. Lobos, "Fast estimation of symmetrical components in real time," in *Proc. Inst. Elect. Eng. C*, vol. 139, Jan. 1992, pp. 27-30.
- [5] S. A. Soliman and M. E. El-Hawary, "Application of Kalman filtering for online estimation of symmetrical components for power system protection," *Elect. Power Syst. Res.*, vol. 38, pp. 113-123, 1997.
- [6] A. A. Girgis, W. Chang, and E. B. Malar, "Analysis of high-impedance fault generated signals using a Kalman filtering approach," *IEEE Trans. Power Delivery*, vol. 5, pp. 1714-1724, Oct. 1990.

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ – นามสกุล นาย สุรเดช อินทร์พุ่ม
วัน เดือน ปี 18 เมษายน 2523
ที่อยู่ 1/10 หมู่3 ตำบลหลุมดิน อำเภอเมือง จังหวัดราชบุรี รหัสไปรษณีย์70000
ประวัติการศึกษา สำเร็จการศึกษาระดับวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า
จากสถาบันมหาวิทยาลัยปทุมธานี เมื่อ พ.ศ.2550

ประวัติการทำงาน

พ.ศ. 2542 – 2542 ตำแหน่งพนักงานช่างระดับ 2 (สอทไลน์) การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค(ส่วนกลาง)
พ.ศ. 2542 - 2545 ตำแหน่งพนักงานช่างระดับ 2 (สอทไลน์) การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคจังหวัดราชบุรี
พ.ศ. 2545 - 2547 ตำแหน่งพนักงานช่างระดับ 3 (สอทไลน์) การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคจังหวัดราชบุรี
พ.ศ. 2547 - 2550 ตำแหน่งพนักงานช่างระดับ 4 (สอทไลน์) การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคจังหวัดราชบุรี
พ.ศ. 2550 – ปัจจุบัน ตำแหน่งพนักงานช่างระดับ 4 (สอทไลน์) การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคเขต 3 ภาคกลาง
(นครปฐม)

ผลงานวิจัย

สุรเดช อินทร์พุ่ม ,กฤษณ์ชนม์ ภูมิภิตติพิชญ์ และชวงค์ วัฒนศักดิ์ภูบาล, การออกแบบอัลกอริธึม
สำหรับติดตามค่าองค์ประกอบสมมาตรโดยใช้อัลกอริธึมแบบปรับตัวเองได้ , การประชุมเครือข่ายวิชาการ
วิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 2 วันที่ 5-6 กุมภาพันธ์ 2553 มหาวิทยาลัย
เทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

Suradach Inpum and Krischonme Bhumkittipich, “Design of an Algorithm for Tracking
Symmetrical Component Based on Adaptive Algorithm” ,GREEN TECHNOLOGY AND
PRODUCTIVITY-2010 ,29-30 JUNE 2010 PATHUMWAN PRINCESS HOTEL BANGKOK
,THAILAND