บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการดำเนินการวิจัยสามารถออกแบบการเฝ้าระวังอัตโนมัติสำหรับระบบจำหน่ายไฟฟ้าไลน์แยก ซึ่งประกอบด้วย Remote Unit ที่มีความสามารถตรวจจับสัญญาณสิ่งผิดปกติมาพิจารณาและตัดสินใจได้ว่า เกิดสิ่งผิดปกติในระบบจำหน่ายไฟฟ้าหรือไม่ สิ่งผิดปกติที่เกิดขึ้นคือสิ่งผิดปกติชนิดใด ตลอดจนสามารถส่งข้อมูลผ่านระบบโทรศัพท์มายัง Station Unit ซึ่งทำหน้าที่รับข้อมูลมาจัดเก็บและแสดงผล โดยการนำระบบงานสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (Geographic Information System: GIS) มาใช้ทำหน้าที่แสดงผล รวมถึงมีการบันทึกข้อมูลและจัดทำรายงานได้อย่างถูกต้อง การเฝ้าระวังอัตโนมัติสำหรับระบบจำหน่ายไฟฟ้าไลน์แยกถูกทดสอบโดยการจำลองเหตุการณ์ของสิ่งผิดปกติชนิดต่างๆ จากข้อมูลเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นจริงที่สถานีไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคได้มีการบันทึกไว้ นอกจากนี้ยังได้จัดทำส่วนการเรียกค้นข้อมูลย้อนหลังและจัดทำรายงาน เพื่ออำนวยความสะดวกแก่ผู้ปฏิบัติงานในการนำข้อมูลไปวิเคราะห์หาสาเหตุการเกิดสิ่งผิดปกติในระบบจำหน่ายไฟฟ้าไลน์แยกนั้นๆ

การนำระบบงานสารสนเทศทางภูมิศาสตร์มาใช้ในการแสดงผล ทำให้สามารถมองเห็นรายละเอียดของระบบจำหน่ายไฟฟ้าไลน์แยกที่เกิดสิ่งผิดปกติในมุมกว้าง ซึ่งประกอบด้วยข้อมูลที่สมบูรณ์ครบถ้วน ยิ่งช่วยให้เสมือนกำลังมองภาพระบบจำหน่ายไฟฟ้าจริง ช่วยให้การวิเคราะห์ถึงสาเหตุการเกิดสิ่งผิดปกติสามารถทำได้รวดเร็วมากขึ้น และเป็นการนำทรัพยากรที่มีอยู่มาใช้ให้เกิดประโยชน์คุ้มค่ากับการลงทุน นอกจากนี้ฐานข้อมูลของเหตุการณ์ของสิ่งผิดปกติที่เกิดขึ้นในระบบจำหน่ายไฟฟ้าไลน์แยก ยังได้รับการปรับปรุงให้เป็นปัจจุบันอยู่เสมอ ทำให้สามารถใช้ประโยชน์ของระบบงานสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ได้มากยิ่งขึ้น

ข้อจำกัดของระบบเฝ้าระวังที่พบในขณะนี้คือ ในการเกิดลัดวงจรบางกรณี ระบบเฝ้าระวังอัตโนมัติ อาจไม่สามารถตรวจจับได้เนื่องจากฟิวส์แรงสูงซึ่งเป็นอุปกรณ์ป้องกันระบบจำหน่ายไฟฟ้าไลน์แยกทำงาน คือตัดวงจร โดยใช้เวลาน้อยกว่า 20 msec หรือ 1 ลูกคลื่น ซึ่งการทำงานของฟิวส์แรงสูงขึ้นอยู่กับขนาดกระแสลัดวงจร ยิ่งกระแสลัดวงจรมีค่าสูงยิ่งใช้เวลาในการทำงานน้อย ดังนั้นทำให้มีผลต่อการตรวจจับสัญญาณของระบบเฝ้าระวังอัตโนมัติ ซึ่งต้องการสัญญาณ 1 ลูกคลื่นในการประมวลผลสัญญาณด้วยวิธีการของ DFT

5.2 ปัญหาและอุปสรรคในการวิจัย

5.2.1 ในการทดสอบการทำงานของระบบเฝ้าระวังอัตโนมัติ เพื่อทดสอบความสามารถในการตรวจจับสัญญาณสิ่งผิดปกติ จำนวนสัญญาณอินพุทที่ต้องการใช้ คือ 6 สัญญาณ แต่อุปกรณ์ที่มีอยู่ คือ Lab-PC-1200 Multifunction I/O device ซึ่งมีความสามารถในการสร้างสัญญาณอนาลอกได้เพียง 2 ช่องสัญญาณเท่านั้น

5.2.2 การเขียนโปรแกรมในการแสดงผลของระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ มีความยุ่งยากเนื่องจากคู่มือการใช้โปรแกรม Arcview ไม่เป็นที่แพร่หลาย ทำให้การแสดงผลยังไม่สามารถแสดงผลที่ซับซ้อนได้ เช่น การกระพริบของเส้น (PolyLine) ที่แทนไลน์แยกที่เกิดสิ่งผิดปกติ

5.2.3 จำนวนเหตุการณ์ผิดปกติแต่ละชนิดที่นำมาทดสอบ ยังมีจำนวนค่อนข้างน้อย เนื่องจากต้องใช้เวลาในการเก็บ

5.2.4 สิ่งผิดปกติแบบลัดวงจร ชนิด Line to line fault ไม่มีข้อมูลการเกิดเหตุการณ์ในช่วงเวลาที่เก็บข้อมูล จึงต้องใช้ข้อมูลตัวอย่างจากหนังสือ “Element of Power System Analysis” ของ William D. Stevenson, Jr มาใช้ทดสอบซึ่งมีเพียง 1 ตัวอย่างเท่านั้น

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 จากขอบเขตการวิจัย ได้กำหนดไว้ว่าจะนำไมโครคอลโทรลเลอร์มาทำหน้าที่ตรวจสอบและประมวลผลในส่วนของ Remote Unit แต่เนื่องจากการประมวลผลต้องมีการคำนวณค่าเป็นทศนิยมหลายตำแหน่ง เพื่อความแม่นยำในการพิจารณาเหตุการณ์สิ่งผิดปกติที่เกิดขึ้น ซึ่งความสามารถของไมโครคอลโทรลเลอร์ในการคำนวณแบบทศนิยมมีจำกัด จึงได้นำ PC มาใช้แทน ถึงแม้ว่าค่าใช้จ่ายในการนำ PC ใช้แทนไมโครคอลโทรลเลอร์จะต้องใช้ค่าใช้จ่ายที่สูงกว่า แต่เมื่อคำนึงถึงความสามารถและประสิทธิภาพในการนำไปพัฒนาให้มีความสามารถตอบสนองความต้องการใช้งานในอนาคต จะพบว่า PC มีความเหมาะสมกว่า

5.3.2 การทดสอบการทำงานของการเฝ้าระวังอัตโนมัติ ด้วยการจำลองสัญญาณสิ่งผิดปกติจากข้อมูลที่บันทึกไว้ของสถานีไฟฟ้าจากข้อมูลที่เกิดขึ้นจริง เป็นข้อมูลที่ผ่านกระบวนการกำจัดสัญญาณรบกวน เช่น ฮาร์โมนิก และส่วนประกอบไฟฟ้ากระแสตรงเรียบร้อยแล้ว ดังนั้นในการนำงานวิจัยนี้ไปพัฒนาเพื่อให้สามารถใช้งานได้จริง จะต้องมีการมีการศึกษาและออกแบบในส่วนของ Signal conditioner ให้มีความสามารถในการกำจัดสัญญาณรบกวนโดยเฉพาะการกำจัดส่วนประกอบไฟฟ้ากระแสตรง ซึ่งมีผลกระทบต่อการประมวลสัญญาณของ วิธีการ DFT

5.3.3 การกำหนดค่ากระแสเริ่มต้นสำหรับการตรวจจับการเกิดลัดวงจร ควรมีการพิจารณาปรับลดค่ากระแสเริ่มต้น เนื่องจากโดยทั่วไปการลัดวงจรของระบบจำหน่ายไฟฟ้าที่เป็นชนิดเหนือ

ดิน มักจะเกิดลัดวงจรแบบผ่านความต้านทาน ซึ่งทำให้ค่ากระแสลัดวงจรลดลง ในการพัฒนาต่อไปควรมีการพิจารณาค่ากระแสเริ่มต้น เพื่อให้ระบบเฝ้าระวังอัตโนมัติสามารถตรวจจับการลัดวงจรได้ทุกกรณี

5.3.4 ควรมีการพัฒนา ให้ระบบเฝ้าระวังอัตโนมัติสามารถตรวจจับการเกิดลัดวงจรได้ทุกกรณี

5.4 การนำงานวิจัยไปพัฒนา

5.4.1 สามารถนำงานวิจัยไปพัฒนา สำหรับการประมาณตำแหน่งการเกิดลัดวงจร (Fault location) เพื่อช่วยลดระยะเวลาดำเนินการเกิดไฟฟ้าขัดข้องในระบบจำหน่ายไฟฟ้า

5.4.2 สามารถนำงานวิจัยนี้ไปพัฒนาใช้งานกับระบบไฟฟ้า ภายในโรงงานอุตสาหกรรม ได้ทั้งระบบไฟฟ้าแรงต่ำ และระบบไฟฟ้าแรงสูง

บรรณานุกรม

แผนกวางแผน การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เขต 3 ภาคใต้ 2542, โครงการจัดทำระบบแผนผังและข้อมูลระบบ จำหน่ายด้วยคอมพิวเตอร์

ภาควิชาเทคโนโลยีชนบท คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ 2542, คู่มือการฝึกอบรมระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ ด้วยโปรแกรม Arcview 3.1

ศักดิ์ชัย นรสิงห์ 2546, "Power Quality", http://www.9engineer.com/9ee_main/9ee_4PQ.html

ART Bell 1998, "Use of GIS Information in A Utility Distribution Management System", http://www.gis.esri.com/library/userconf/europroc98/proc/idp99.html

Bogdan Kasztenny, Bruce Campbell and Jeff Mazereeuw, "Phase Selection for Single-Pole Tripping Weak In feed Conditions and Cross-Country Faults " 27 th Annual Western Protection Relay Conference 2000.

C.-S. Chen, C.-W. Lui, J.-Z. Yang 2002 ,"A dc offset removal scheme with a variable data window for digital relaying",http://www.Cris- nst.com/publications/beijing_2000/ sessions/ Full%20papers/sessionXVI/crispprXVI5.pdf

E.O. III. Schweitzer and D. Hou, "Filtering for protective relays", Proceedings of IEEE Conference'Communications, Computers and Power in the Modern Environment' (WESCANEX 93), 17-18 May 1993, pp. 15-23

F. wang, "Power Quality Disturbances and Protective Relays component switching and frequency deviation", Department of Electric Power Engineering Chalmers University of Technology, Sweden,2003, pp. 90-99

Gerald A. Hatcher Jr., Norman M. Maher and Daniel L. Orange 1997, "The Customization of Arcview as a Real-Time Tool for Oceanographic Research" http://www.gis.seri.com/library/ userconf/proc97/proc97/to700/pap676/p676.htm

IEEE Std 1159-1995, "IEEE Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality", IEEE Press, 1995

J. Roberts, Stanley E. Zocholl, G. Benmouyal, 2002 "Selecting CTs to optimize relay performance" http://www.selin.com/techpprs/6027.pdf

M. Kezunovic, S. Kreso, J. TCain and B. Perunicic, "Digital protective relaying a; algorithm sensitivity study and evaluation", IEEE Transaction on Power Delivery, Vol.3 Issue:3, July1988, pp. 912-922

PowerCon 2000 Perth 7th December 2000 , "Developments in Power Quality", http://www.ee.ewa.edu.au/~aips/powercom/wellcom.html

Roger Langsdon 2000, "DMS-The integration solution for GIS/SCADA/OMS", http://www.gisdevelopment. net/ processdings/gita/2000/os/os003c.shtml

R. shamar, 2002 "Instrument transformer and their selection" http://www.bihartelecom.com/ electricals/administrator/upload/Uploads/Instrument%20Transformers.pdf

T. Segui, P. Bertrand, M. Guiloot, P. Hanchin and P. Bastard, "Fundamental basis for distance relaying with parametrical estimation", IEEE Transaction on Power Delivery, Vol. 15, No.2,April 2000,pp. 659-664

Vijay Kumar, Anjuli Chandra 2002, "Role of Geographical Information System in distribution management",http://www.gisdevelopment.net/application/utility/power/utilityp0013.html

V. Gosbell, S. Perera, V. Smith, “Voltage Unbalance”, Integral Energy Power Quality Center Wollongong University, October 2002

William D. Stevenson,Jr, “Elements of Power System Analysis”, McGRAW-HILL KOGAKUSHA, LTD.

ภาคผนวก

ภาคผนวก

ตัวอย่างข้อมูลเหตุการณ์ผิดปกติที่ใช้ทดสอบการทำงาน

ชนิดสิ่งผิดปกติ **Single line to ground**	กระแส/ แรงดัน	สมการ
1. ag	$i_a(t)$	1244.176 sin (ωt)
	$i_b(t)$	65.061 sin (ωt+4.516)
	$i_c(t)$	48.526 sin (ωt+2.5604)
	$v_a(t)$	26.266 sin (ωt+0.2278)
	$v_b(t)$	26.424 sin (ωt+4.516)
	$v_c(t)$	27.443 sin (ωt+2.4583)
2.bg	$i_a(t)$	175.889 sin (ωt-4.005)
	$i_b(t)$	1545.32 sin (ωt)
	$i_c(t)$	213.44 sin (ωt-1.2959)
	$v_a(t)$	26.73sin (ωt-3.5028)
	$v_b(t)$	24.52 sin (ωt-5.6548)
	$v_c(t)$	26.13 sin (ωt-1.4216)
3. cg	$i_a(t)$	132.57 sin (ωt-0.7147)
	$i_b(t)$	76.94 sin (ωt-3.2039)
	$i_c(t)$	4092.43 sin (ωt)
	$v_a(t)$	23.08 sin (ωt-0.9268)
	$v_b(t)$	25.26 sin (ωt-3.27508)
	$v_c(t)$	16.38 sin (ωt+0.8404)

ชนิดสิ่งผิดปกติ **Double line to ground**	กระแส/ แรงดัน	สมการ
1. abg(1)	$i_a(t)$	3601.86 sin (ωt)
	$i_b(t)$	3161.23 sin (ωt+3.777)
	$i_c(t)$	103.84 sin (ωt+3.3061)
	$v_a(t)$	17.565 sin (ωt+0.5341)
	$v_b(t)$	14.796 sin (ωt-0.9817)
	$v_c(t)$	23.757 sin (ωt+3.118)
2. abg(2)	$i_a(t)$	5004.11 sin (ωt)
	$i_b(t)$	4066.87 sin (ωt+3.8484)
	$i_c(t)$	0.086 sin (ωt+3.7699)
	$v_a(t)$	14.459 sin (ωt+0.3848)
	$v_b(t)$	10.994 sin (ωt-0.7226)
	$v_c(t)$	23.373 sin (ωt+3.1022)
3. bcg	$i_a(t)$	179.78 sin (ωt+2.7096)
	$i_b(t)$	3344.77 sin (ωt)
	$i_c(t)$	2857.29 sin (ωt+4.0822)
	$v_a(t)$	23.64 sin (ωt+2.9845)
	$v_b(t)$	17.37 sin (ωt+0.5891)
	$v_c(t)$	15.738 sin (ωt-1.0248)

ชนิดสิ่งผิดปกติ **Line to Line**	กระแส/ แรงดัน	สมการ
1. bc	$i_a(t)$	0
	$i_b(t)$	1757.58 sin (ωt)
	$i_c(t)$	1757.58 sin (ωt-3.1416)
	$v_a(t)$	22.25 sin (ωt-3.1416)
	$v_b(t)$	15.735 sin (ωt)
	$v_c(t)$	15.735 sin (ωt)
ชนิดสิ่งผิดปกติ **Three Phase**	**กระแส/** **แรงดัน**	**สมการ**
1. abc(1)	$i_a(t)$	3641.75 sin (ωt)
	$i_b(t)$	3569.21 sin (ωt-2.1205)
	$i_c(t)$	3413.41 sin (ωt-4.2254)
	$v_a(t)$	12.31 sin (ωt-5.317)
	$v_b(t)$	11.71 sin (ωt-0.7068)
	$v_c(t)$	12.747 sin (ωt-3.1572)
2. abc(2)	$i_a(t)$	6098.44 sin (ωt-4.084)
	$i_b(t)$	5880.85 sin (ωt)
	$i_c(t)$	5718.01 sin (ωt-2.0106)
	$v_a(t)$	2.255 sin (ωt-4.1625)
	$v_b(t)$	1.673 sin (ωt-5.4584)
	$v_c(t)$	3.198 sin (ωt-1.5708)

ชนิดสิ่งผิดปกติ **Interruption**	กระแส/ แรงดัน	สมการ
1. ab	$i_a(t)$	20.5 sin(ωt-0.7848)
	$i_b(t)$	21.8 sin (ωt+3.1887)
	$i_c(t)$	19.9 sin (ωt+0.1571)
	$v_a(t)$	26.94 sin(ωt)
	$v_b(t)$	27.03 sin (ωt-2.094)
	$v_c(t)$	20.12 sin (ωt+2.077)
2. ac	$i_a(t)$	53.4 sin (ωt-0.275)
	$i_b(t)$	51.4 sin(ωt+3.7306)
	$i_c(t)$	54.8 sin (ωt+2.6311)
	$v_a(t)$	26.79 sin (ωt)
	$v_b(t)$	27.51 sin(ωt-2.094)
	$v_c(t)$	23.373 sin (ωt+2.077)
3. abc	$i_a(t)$	51.8 sin (ωt+0.2121)
	$i_b(t)$	55.9 sin(ωt-2.2771)
	$i_c(t)$	60.8 sin(ωt+0.9268)
	$v_a(t)$	0.48 sin(ωt)
	$v_b(t)$	0.93 sin(ωt-2.3483)
	$v_c(t)$	0.17 sin(ωt+1.7672)

ชนิดสิ่งผิดปกติ **Sag/Undervoltage**	กระแส/ แรงดัน	สมการ
1. a	$i_a(t)$	40.5 sin (ωt-0.2749)
	$i_b(t)$	43.12 sin (ωt-2.9845)
	$i_c(t)$	42.25 sin (ωt+1.0977)
	$v_a(t)$	19.09 sin(ωt)
	$v_b(t)$	27.57 sin (ωt-2.3954)
	$v_c(t)$	27.05 sin (ωt-4.0093)
2. bc	$i_a(t)$	20.57 sin (ωt+0.9818)
	$i_b(t)$	24.95 sin (ωt+4.7595)
	$i_c(t)$	23.89 sin (ωt+4.2879)
	$v_a(t)$	27.72 sin (ωt+1.5159)
	$v_b(t)$	14.84 sin(ωt)
	$v_c(t)$	21.54 sin (ωt+4.0998)
1. ac	$i_a(t)$	106.2 sin (ωt+0.2121)
	$i_b(t)$	112.7 sin (ωt-2.2791)
	$i_c(t)$	100.6 sin (ωt+0.9268)
	$v_a(t)$	14.28 sin(ωt)
	$v_b(t)$	27.57 sin(ωt-2.3483)
	$v_c(t)$	11.03 sin(ωt+1.7672)

ชนิดสิ่งผิดปกติ Swell/Overvoltage	กระแส/แรงดัน	สมการ
1. a	$i_a(t)$	40.5 sin (ωt-0.2749)
	$i_b(t)$	43.12sin (ωt-2.9845)
	$i_c(t)$	42.25sin (ωt+1.0977)
	$v_a(t)$	33.23sin(ωt)
	$v_b(t)$	27.58 sin (ωt-2.3954)
	$v_c(t)$	27.04 sin (ωt-4.0093)
2. bc	$i_a(t)$	20.57 sin (ωt+0.9818)
	$i_b(t)$	24.95 sin (ωt+4.7595)
	$i_c(t)$	23.89 sin (ωt+4.2879)
	$v_a(t)$	28.16sin (ωt+1.5159)
	$v_b(t)$	35.9sin(ωt)
	$v_c(t)$	32.06 sin (ωt+4.0998)
3. ac	$i_a(t)$	106.2 sin (ωt+0.2121)
	$i_b(t)$	112.7 sin (ωt-2.2791)
	$i_c(t)$	100.6 sin (ωt+0.9268)
	$v_a(t)$	30.54sin(ωt)
	$v_b(t)$	27.57sin(ωt-2.3483)
	$v_c(t)$	35.07sin(ωt+1.7672)
ชนิดสิ่งผิดปกติ **Voltage unbalance**	**กระแส/แรงดัน**	**สมการ**
1.	$i_a(t)$	135.157 sin (ωt-0.5244)
	$i_b(t)$	175.253 sin (ωt-2.8518)
	$i_c(t)$	140.734 sin (ωt+1.5014)
	$v_a(t)$	26.286 sin (ωt)
	$v_b(t)$	27.267 sin (ωt-2.1603)
	$v_c(t)$	26.558 sin (ωt+1.9551)

ชนิดสิ่งผิดปกติ **Voltage Unbalance**	กระแส/แรงดัน	สมการ
2.	$i_a(t)$	297.187 sin (ωt+1.03)
	$i_b(t)$	269.381 sin (ωt+3.7088)
	$i_c(t)$	267.768 sin (ωt+4.5814)
	$v_a(t)$	26.683 sin(ωt+2.0699)
	$v_b(t)$	27.22 sin (ωt)
	$v_c(t)$	27.532 sin (wt+4.2556)
3.	$i_a(t)$	257.117 sin (ωt+3.2834)
	$i_b(t)$	213.334 sin (ωt+4.3188)
	$i_c(t)$	264.238 sin (ωt+5.366)
	$v_a(t)$	27.08 sin (ωt)
	$v_b(t)$	26.985 sin(ωt+4.4043)
	$v_c(t)$	26.248 sin (ωt+2.2331)
4.	$i_a(t)$	207.117 sin (ωt-1.7972)
	$i_b(t)$	249.334 sin (ωt-4.5632)
	$i_c(t)$	211.238 sin (ωt-1.1859)
	$v_a(t)$	27.857 sin(ωt)
	$v_b(t)$	26.69 sin(ωt-1.9015)
	$v_c(t)$	27.24 sin(ωt-4.0518)
5.	$i_a(t)$	163.231 sin (ωt-0.544)
	$i_b(t)$	211.874 sin (ωt+4.1244)
	$i_c(t)$	178.078 sin (ωt+1.1434)
	$v_a(t)$	27.15 sin(ωt+2.0239)
	$v_b(t)$	25.987 sin(ωt)
	$v_c(t)$	27.24 sin(ωt+4.0319)