

## รายการอ้างอิง

- [1] Depew, A.C., Parsick, J.M., Dempsey, R.W., Benner, C.L., Russell, B.D., and Adamiak, M.G. Field experience with high-impedance fault detection relays. 2006 Protective Relay Engineers, 59<sup>th</sup> annual conference (June 2006): 1-6.
- [2] Ratan, D., Deia, B. System for detection of high impedance fault. 2007 International conference on electricity distribution 21-24 (2007): 1-4.
- [3] High impedance fault detection technology. IEEE Power System Relaying Committee Working Group D15 Report.
- [4] Benner, C.L., and Russell, B.D. Practical high impedance fault detection for distribution feeders. IEEE Transactions on Industry Applications (May-June 1997):B2-1-B2-6.
- [5] Sebastian Tomic. High impedance earth faults on the western power distribution network. Master of Engineering Science, Department of Electrical and Computer Engineering Curtin University of Technology, 2004.
- [6] Tengdin, J., Westfall, R., and Stephan, K. High impedance fault detection technology. Report of PSRC Working Group D15\_1 (March 1996):1-12.
- [7] Russell, B.D., Benner, C.L., Jewell, W., and McCalley, J. Reliability based vegetation management through intelligent system monitoring. Power Systems Engineering Research Center (September 2007): 1-56.
- [8] McGowan, J.J. Validating an HIF downed conductor detection system. 2007 Annual Georgia Tech Protective Relaying Conference Atlanta, GA 61<sup>st</sup> (May 2007): 1-23
- [9] Tom Short. Electric Power Distribution Handbook. CRC PRESS LLC, (2004).
- [10] Robert, E.L., Donald, E.F., Paul, H.S., and Derrill, F.S. Prevention of covered conductor burndown on distribution circuits arcing protection devices. IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems 1 (August 1982): 2434-2438.
- [11] Bjerkan, E., Hoidalén, H.K., and Hernes, J.G. Reliable detection of downed and broken conductors. International Conference on Electricity Distribution 19<sup>th</sup>, CIRED'07 (May 2007): 1-4.

- [12] Mark, C., Raymond, F.H., Tony, D.B., Ratan, D., Steven, A.K., and John, P. Staged – fault testing for high impedance fault data collection. Annual Western Protective Relay Conference 31<sup>st</sup> (October 2004): 1-18.
- [13] Patterson, R., Tyska, W., Russell, B.D., and Aucoin, B.M. A microprocessor – based digital feeder monitor with high – impedance fault detection. Annual Conference for Protective Relay Engineers 47<sup>th</sup> (March 1994): 1-18.
- [14] Hou, D. Detection of high – impedance faults in power distribution systems. Schweitzer Engineering Laboratories, Inc.
- [15] Aucoin, M., Russell, B.D. and Benner, C.L. High impedance fault detection for industrial power system. Industry Applications Society Annual Meeting. Conference Record of the 1989 IEEE:1788-1792
- [16] Aucoin, M., Benner, C.L., Jones, R.E., Lee, J., Cair, R.E., Ready, W.A., Elmore, C.H., Griffin and Volzha, D.R. Detection of downed conductors on utility distribution system. IEEE Tutorial Course 90EH 0310-3-pwr. 2-48
- [17] Huang, S.J. and Hsieh, C.T. High impedance fault detection utilizing a morlet wavelet transform approach, IEEE Transaction on power delivery 14(4):1401-1410.
- [18] Weater, C.C. n.d High impedance fault detection on distribution systems. IEEE member. GE power Management:1-5.
- [19] Emanuel, A.E. and Gulachensh., E.M. High impedance fault arcing on sandy soil in 15 kV distribution feeders:Contributions to the Evolution of the low frequency spectrum. IEEE Transaction on power delivery 5(2):676-686.
- [20] Powertect Labs Inc. 1996. HIF Detection Decive Tester. IEEE Transaction on Power Felivery 11(1): 184-190
- [21] Redfern. M.A., and Li.L, A Review of Techniques to detect downed conductors in overhead distribution systems. Developments in Power System Protection, Confrence Publication No. 479 IEE 200
- [22] B. Don Russell, and Carl L. Benner Arcing Fault Detection for Distribution Feeders. Security Assessment in Long Term Field trials , IEEE Transaction on power Relivery, Vol. 10, No. 2, April 1995

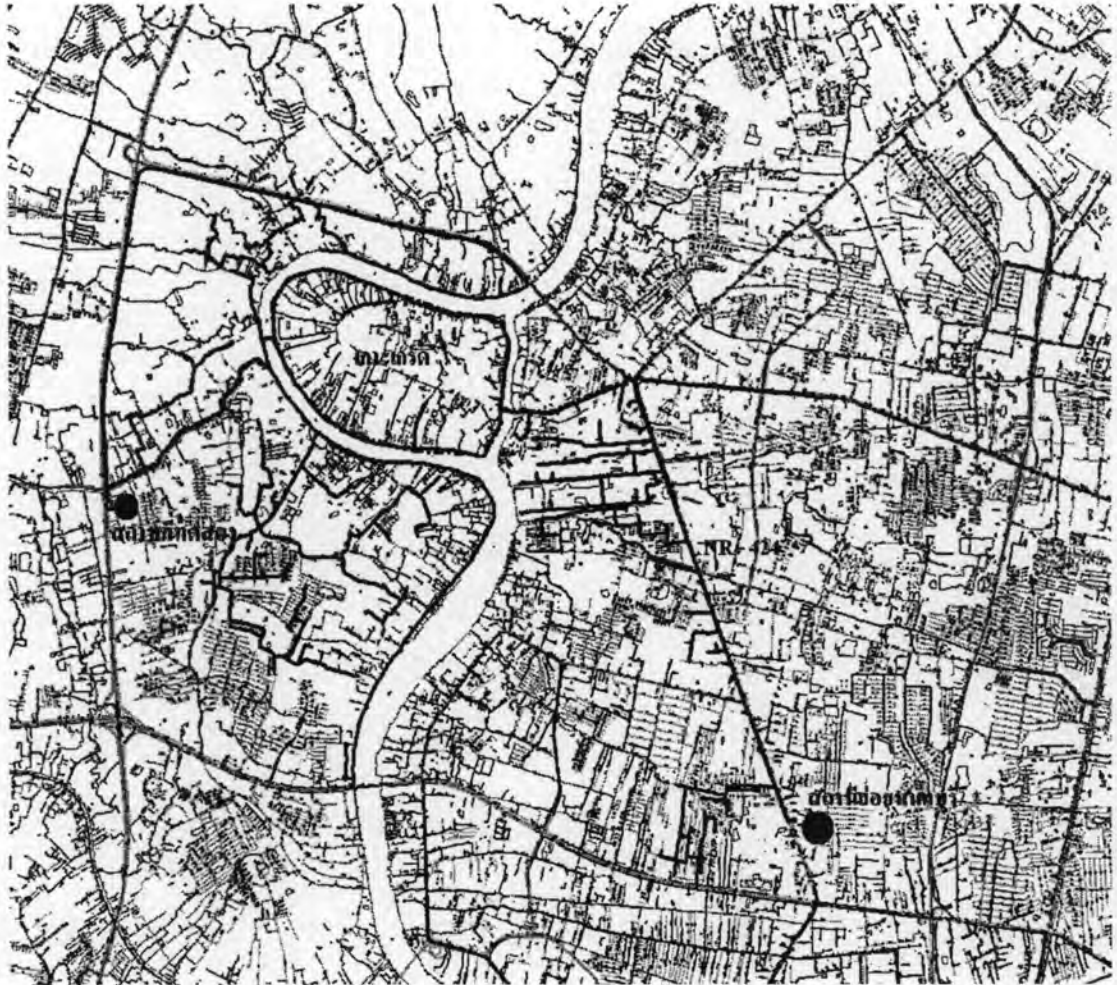
- [23] A.Lazhano , J.Ruiz, E.Aramendi,L.A.Leturiondo, J.A. Gonzalez.Study of high impedance fault detection in levante area in Spain. IEEE Harmonics and Quality of Power, Proceedings.Ninth International Conference on,Vol.3 1011-1012000
- [24] IEC 61000 – 2 -12. Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 2-12. Environment – compatibility levels for low frequency conducted disturbances and signaling in public medium voltage power supply system.

ภาคผนวก

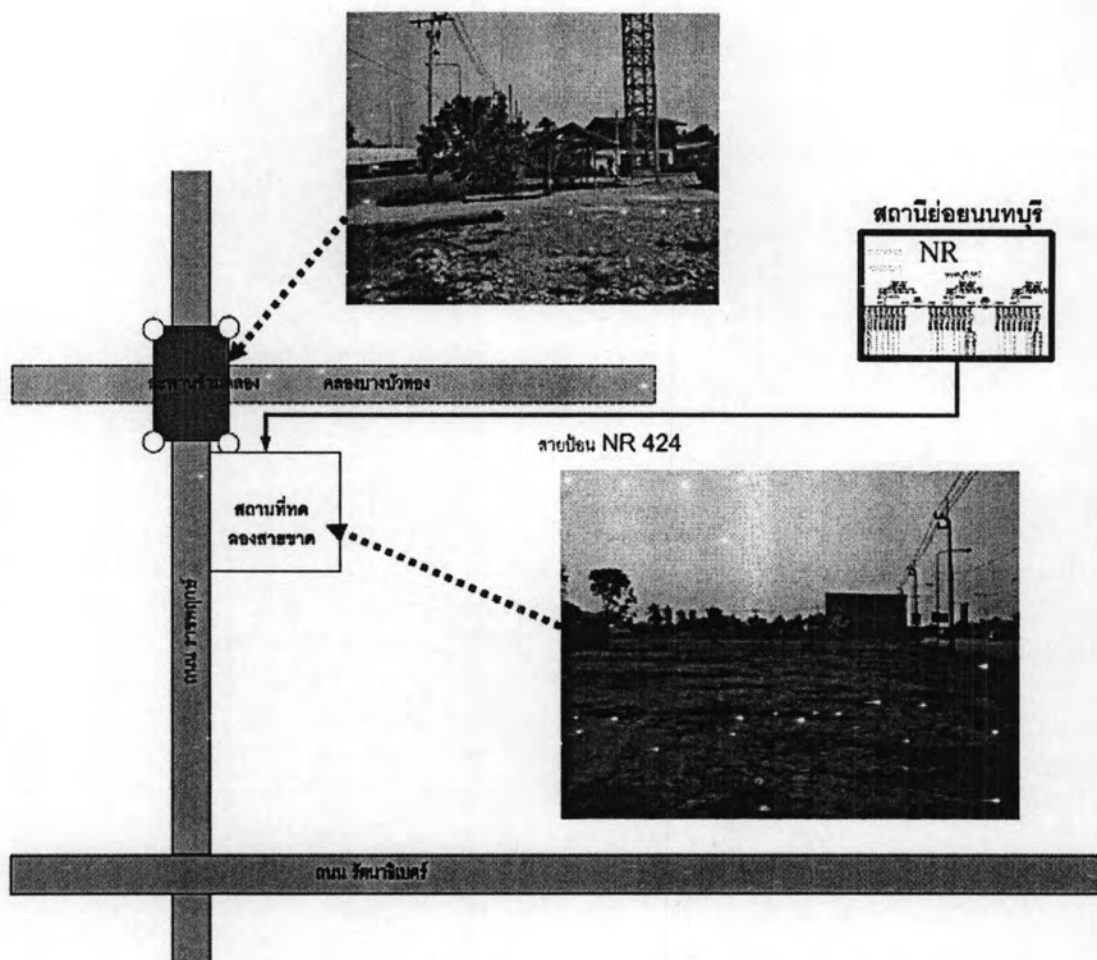
## ภาคผนวก ก

ขั้นตอนทดลองการเกิดเหตุการณ์ลัดวงจรในระบบจำหน่ายไฟฟ้า การไฟฟ้านครหลวง

สถานที่ทดลองมีพื้นที่กว้าง 50 เมตร ยาว 50 เมตร ใกล้สะพานข้ามคลองบางบัวทอง ถนนราชพฤกษ์ โดยบริเวณดังกล่าวเป็นพื้นที่จำหน่ายของสายป้อน NR-424 จากสถานีย่อยนนทบุรี



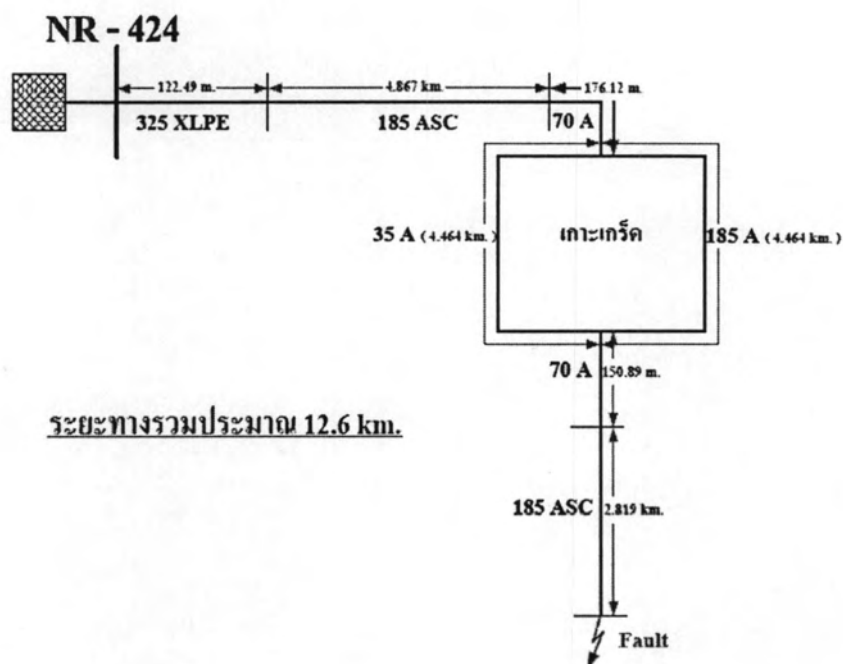
รูปที่ ก.1 แผนภาพภูมิศาสตร์แสดงตำแหน่งการทดลองและสถานีย่อยนนทบุรี



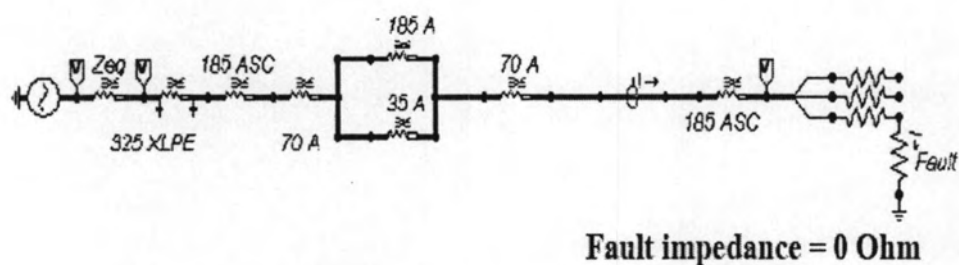
รูปที่ ก.2 แสดงสถานที่ที่ทดลองสายไฟฟ้าขาด

คำนวณหาปริมาณกระแสไฟฟ้าลัดวงจรชนิด 1 เฟส จากสถานีย่อยนนทบุรีถึงตำแหน่งการทดลองการเกิดลัดวงจรแบบอิมพีแดนซ์ค่าสูงโดยใช้โปรแกรม ATP

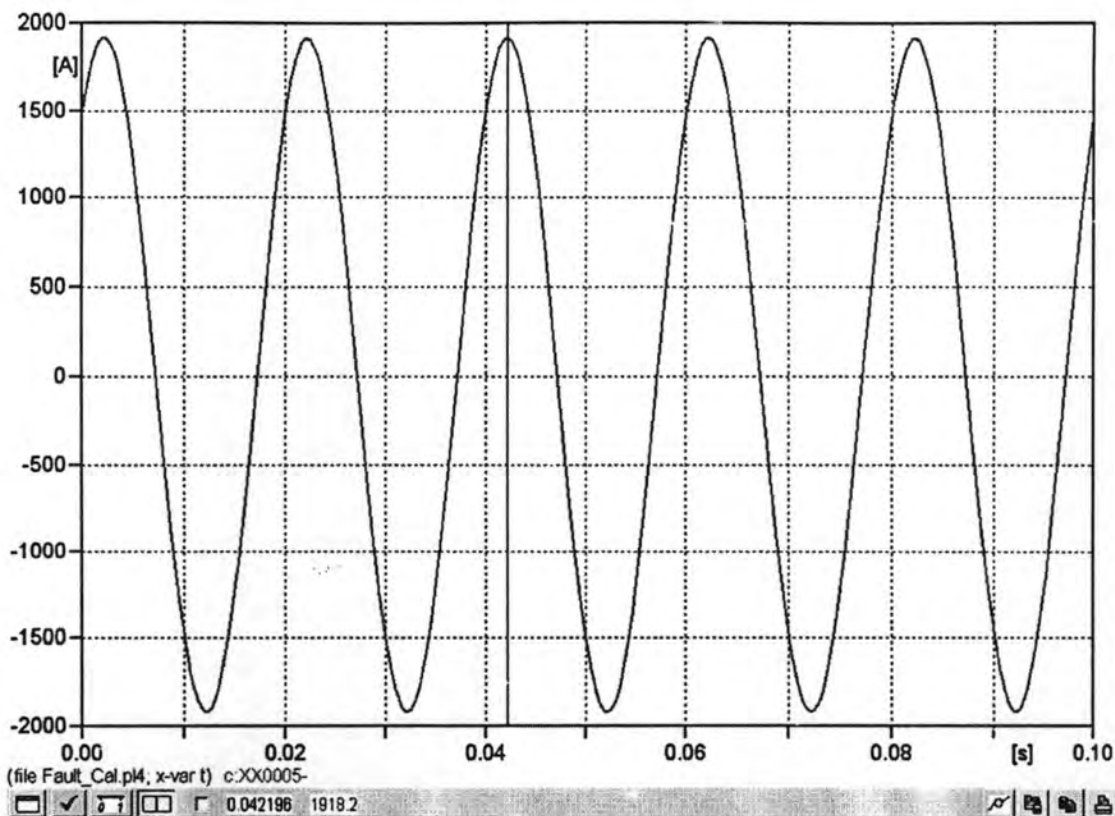




รูปที่ ก.3 ระยะทางจากสถานีข่อยนนทบุรีสายป้อม NR - 424 ถึงตำแหน่งทดลอง

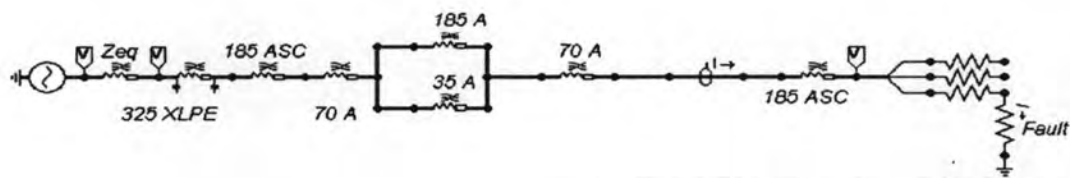


รูปที่ ก.4 การจำลองระบบไฟฟ้าเพื่อคำนวณหาปริมาณกระแสไฟฟ้าลัดวงจรชนิด 1 เฟส



รูปที่ ก.5 สัญญาณกระแสไฟฟ้าลัดวงจร

กรณีเกิดการลัดวงจรชนิด 1 เฟส โดยไม่มีค่าความต้านทานจุดลัดวงจรจะมีปริมาณกระแสไฟฟ้าลัดวงจรค่าอาร์เอ็มเอสเท่ากับ 1356 แอมแปร์ ส่วนกรณีที่จุดลัดวงจรมีค่าความต้านทานประมาณ 450 โอห์ม จะมีปริมาณกระแสไฟฟ้าลัดวงจรค่าอาร์เอ็มเอสเท่ากับ 30.5 แอมแปร์ ดังแสดงในรูปที่ ก.6



If fault impedance = 450 Ohm

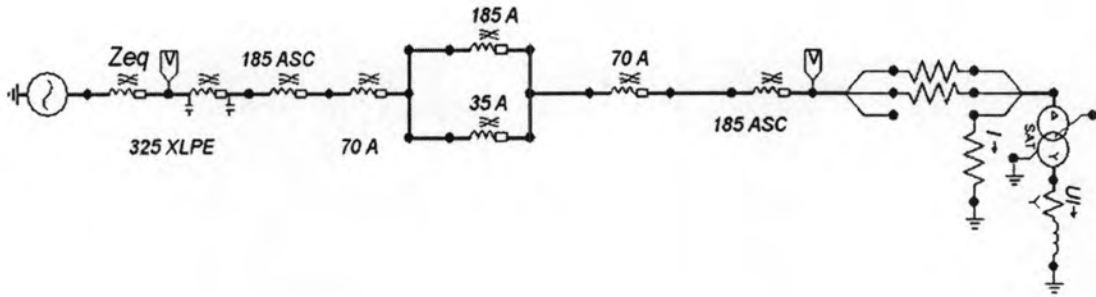
$$I_{\text{fault}} = 43.191 \text{ A (Peak)}$$

$$30.541 \text{ A (RMS)}$$

รูปที่ ก.6 กรณีการเกิดลัดวงจรชนิด 1 เฟส โดยมีค่าความต้านทานที่จุดลัดวงจร

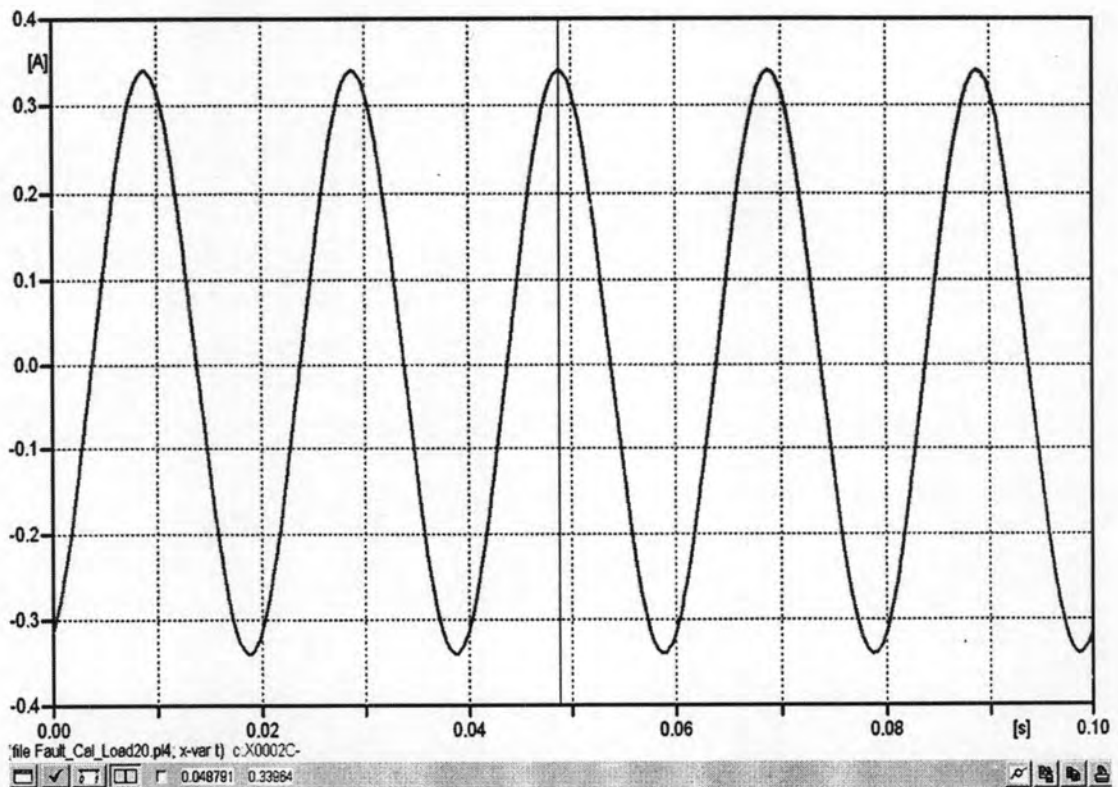


คำนวณหาปริมาณกระแสไฟฟ้าลัดวงจรกรณีเกิดลัดวงจรแบบอิมพีแดนซ์ค่าสูงด้านโหลด



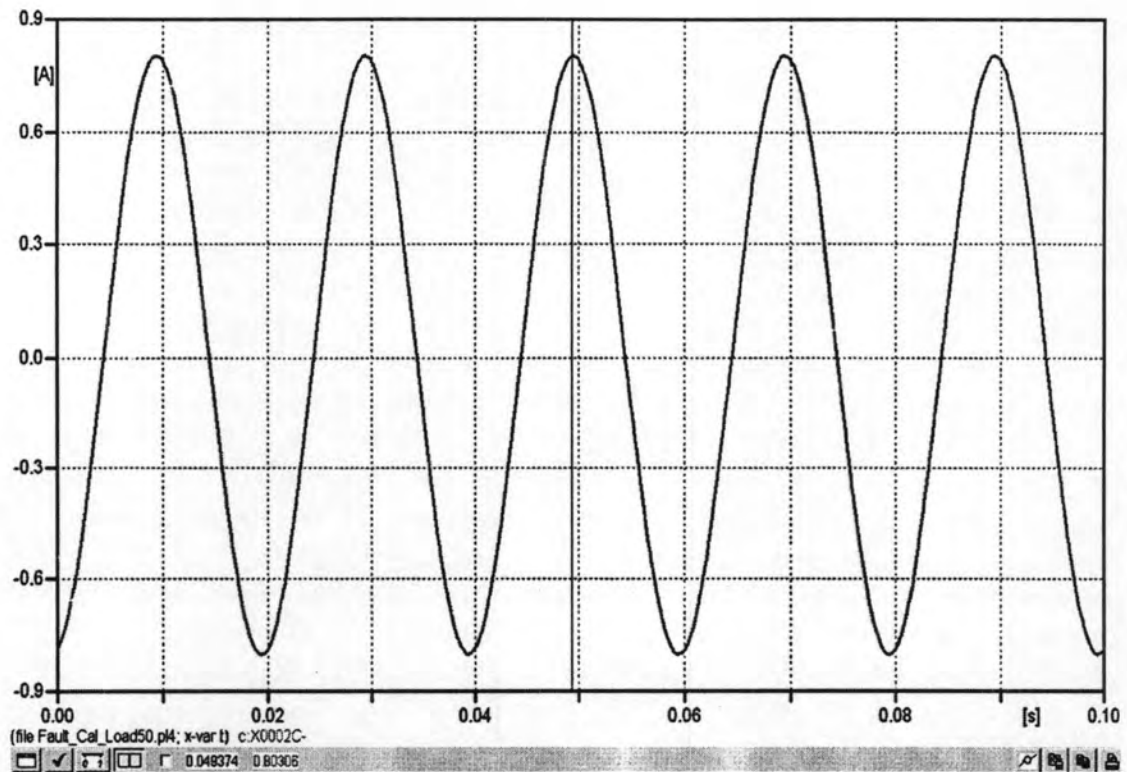
รูปที่ ก.7 การจำลองระบบไฟฟ้าเพื่อคำนวณหาปริมาณกระแสไฟฟ้าลัดวงจรด้านโหลด

ทำการปรับเปลี่ยนปริมาณโหลดทางด้านแรงดันไฟฟ้าต่ำของหม้อแปลงจำหน่ายเพื่อดูผลกระทบต่อปริมาณกระแสไฟฟ้าลัดวงจรด้านโหลด กรณีโหลดหม้อแปลงจำหน่าย 20%



รูปที่ ก.8 รูปคลื่นกระแสไฟฟ้าลัดวงจรกรณีโหลดหม้อแปลงจำหน่าย 20%

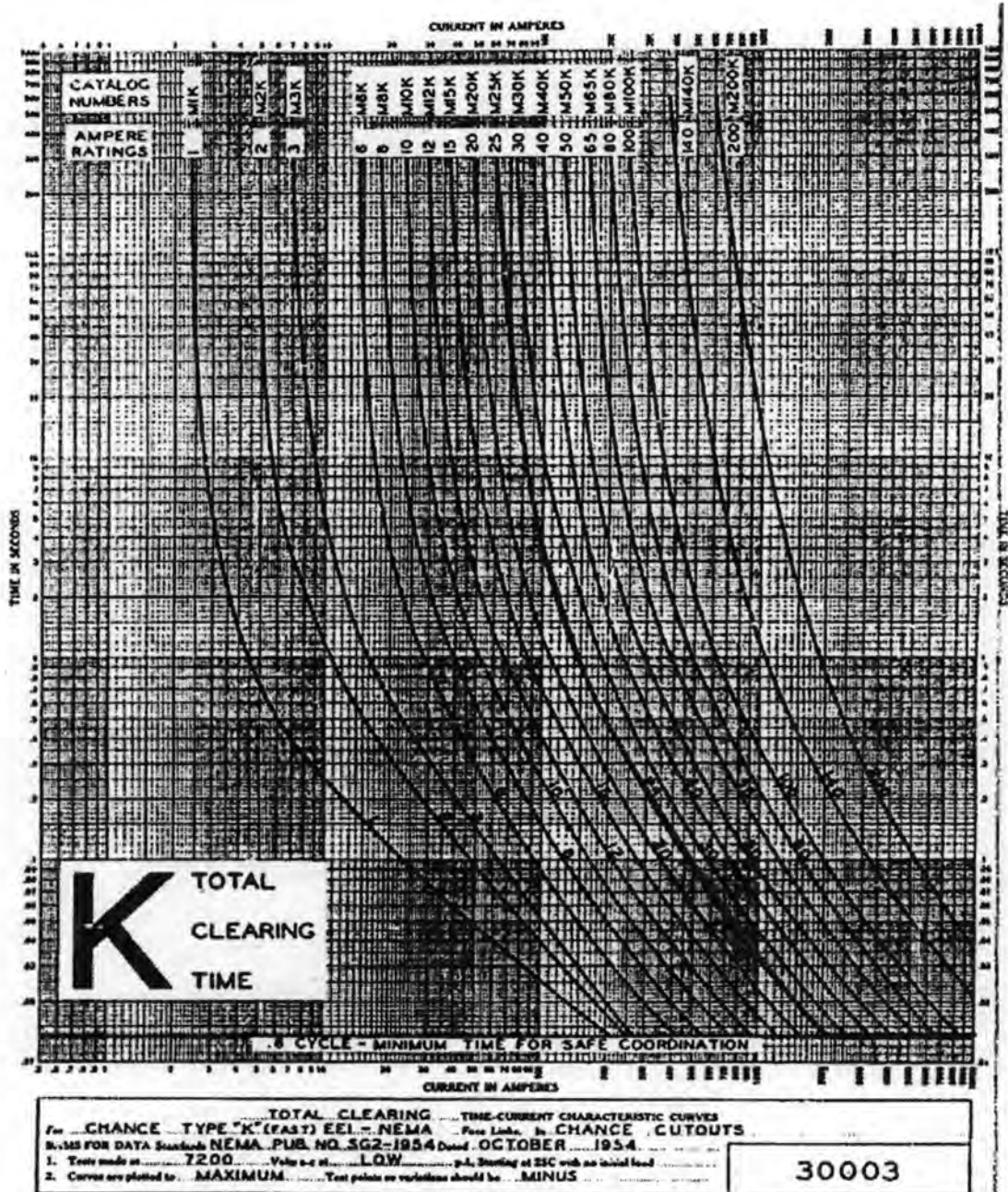
กรณีโหลดหม้อแปลงจำหน่าย 50%



รูปที่ ก.9 รูปคลื่นกระแสไฟฟ้าลัดวงจรกรณีโหลดหม้อแปลงจำหน่าย 50%

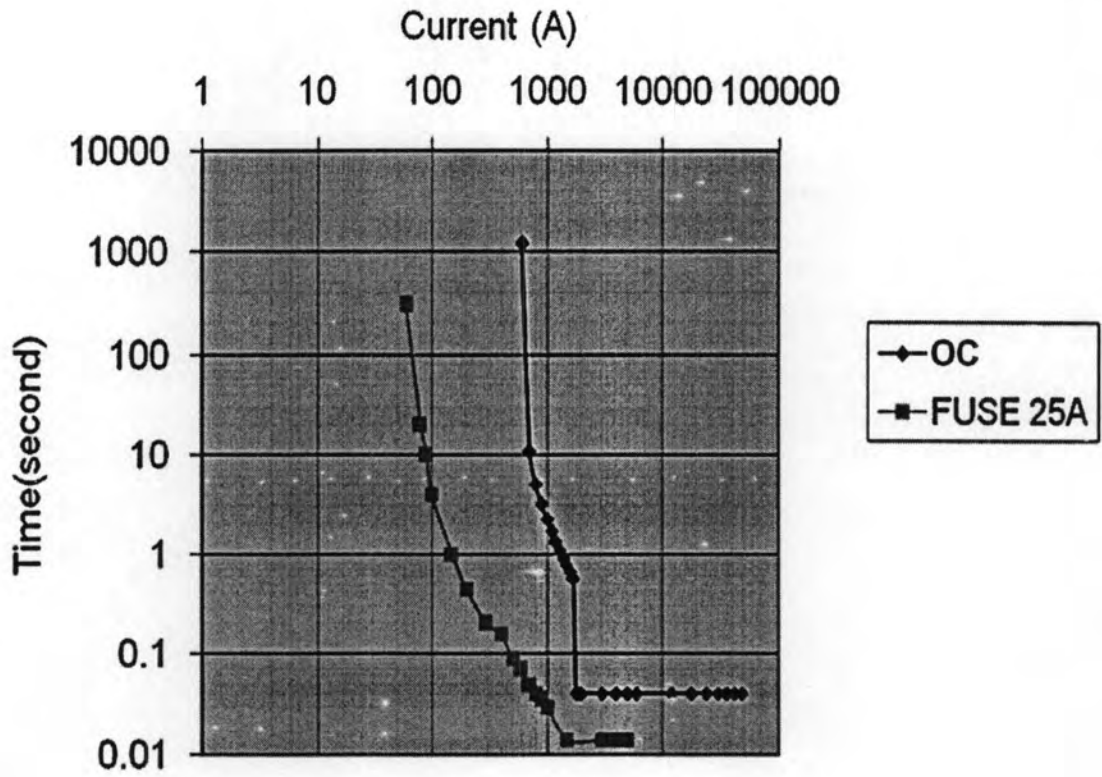
จากการคำนวณหาปริมาณกระแสไฟฟ้าลัดวงจรทางด้านโหลด(สายขาดสัมผัสพื้นหน้าหม้อแปลง) เมื่อหม้อแปลงจ่ายโหลดที่ 20 – 50% มีค่าอยู่ในช่วง 240 – 567.8 มิลลิแอมแปร์ การเลือกใช้ฟิวส์และการจัดลำดับการทำงานกับรีเลย์ที่สถานีย่อย

จากการคำนวณพบว่ากรณีเกิดการลัดวงจรชนิด 1 เฟสโดยตำแหน่งลัดวงจรมีค่าความต้านทานประมาณ 450 โอห์มจะทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าลัดวงจรไม่เกิน 40 แอมแปร์ ดังนั้นจึงสามารถใช้งานฟิวส์ขนาด 25 แอมแปร์ได้ดังคุณลักษณะการทำงานของฟิวส์แสดงดังรูปที่ก.10

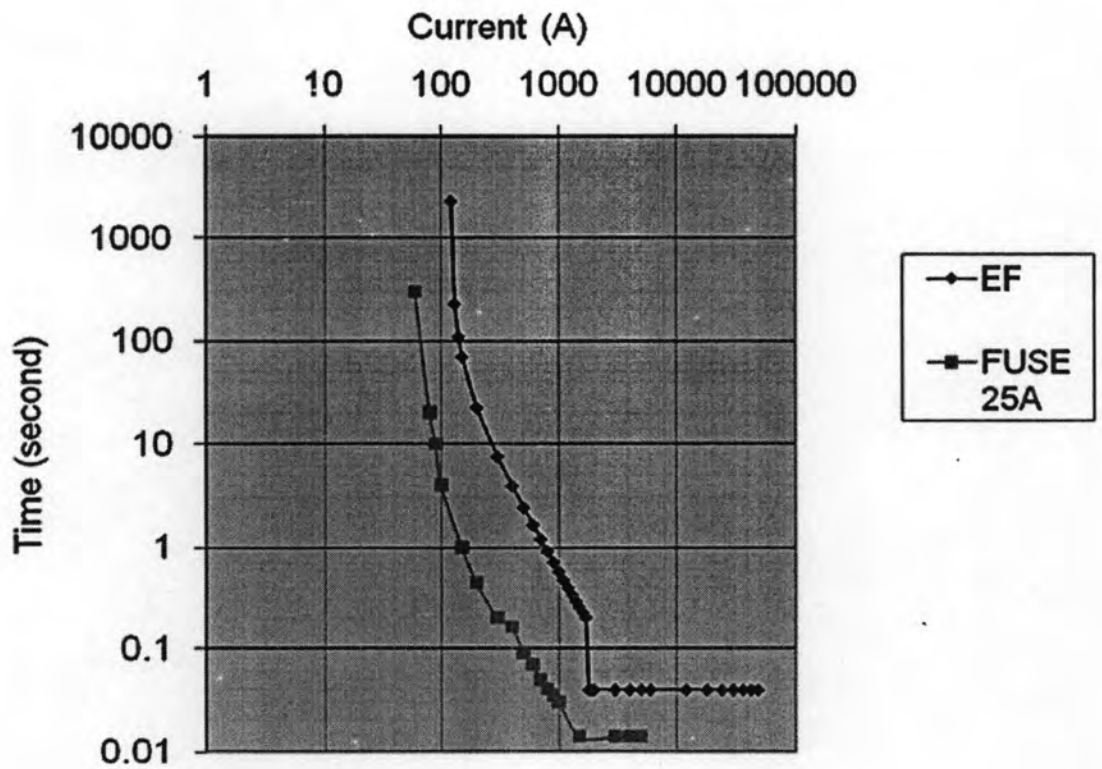


รูปที่ ก.10 คุณลักษณะการทำงานของฟิวส์ชนิด K

สำหรับรีเลย์ที่สถานีไฟฟ้าย่อยมีการตั้งค่าการทำงานในโหมดการทำงานแบบทันทีทันใดเท่ากับ 1800 แอมแปร์ โดยในกราฟการทำงานของ extremely inverse สามารถแสดงการจำกัดลำดับการทำงานของฟิวส์และรีเลย์ได้ดังรูปที่ ก.11 และ ก.12



รูปที่ ก.11 คุณลักษณะการทำงานของฟิวส์และรีเลย์โหมดการทำงานแบบ over current (OC)



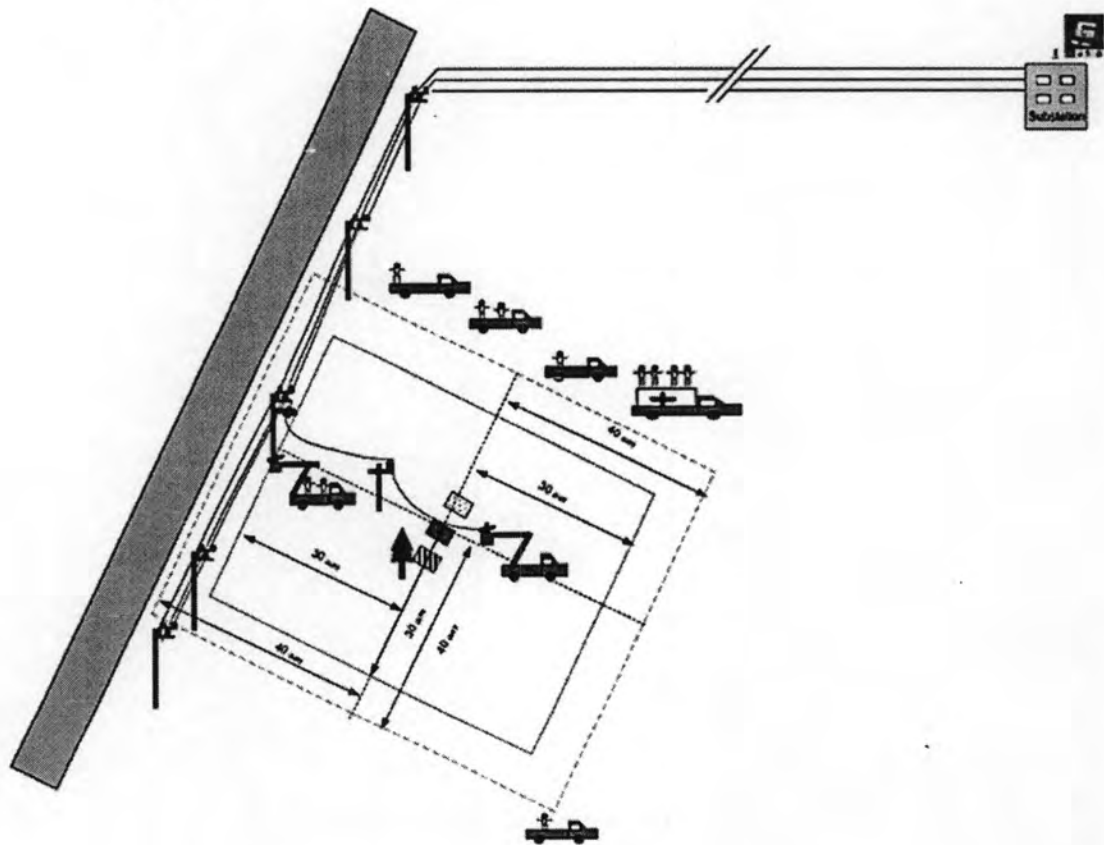
รูปที่ ก.12 คุณลักษณะการทำงานของฟิวส์และรีเลย์โหมดการทำงานแบบ earth fault (EF)

เนื่องจากรีเลย์ทำงานโดยโหมดแบบทันทีที่ทันใดด้วยค่ากระแสไฟฟ้าเท่ากับ 1800 แอมแปร์และจากผลการคำนวณปริมาณกระแสไฟฟ้าลัดวงจรชนิด 1 เฟสมีค่าเท่ากับ 1356 แอมแปร์ ซึ่งก็ยังไม่ถึงค่าที่รีเลย์จะเริ่มทำงานในโหมดดังกล่าวแต่เพื่อความมั่นใจไม่ให้รีเลย์ที่สถานีย่อยเกิดการทำงานในช่วงที่มีการทดลองการเกิดลัดวงจรแบบอิมพีแดนซ์ค่าสูงซึ่งจะส่งผลกระทบต่อลูกค้าในสายป้อนดังกล่าว จึงได้ทำการตั้งค่าการทำงานของโหมดดังกล่าวเป็น 2400 แอมแปร์ ตลอดระยะเวลาการทดลอง

พื้นผิว, วัสดุที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วย พื้นดิน, พื้นยางมะตอย, พื้นกรวด, บล็อกปูทางเท้า, พื้นทราย, พื้นคอนกรีตและต้นไม้

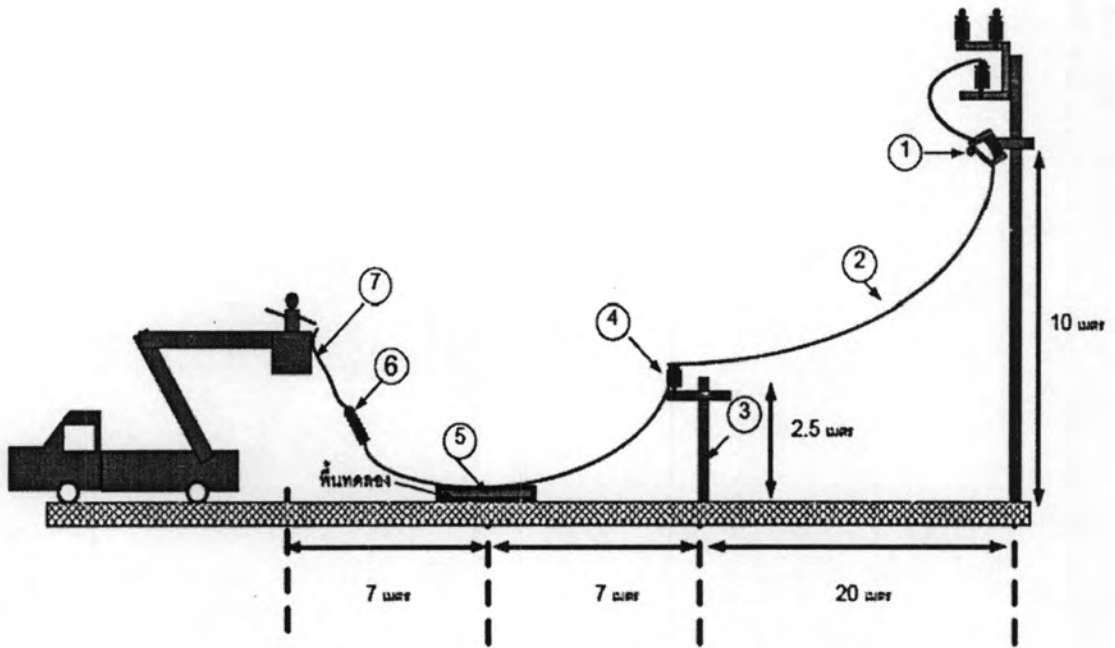
#### การกำหนดตำแหน่งการติดตั้งและแบบติดตั้งอุปกรณ์

การกำหนดตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์และบุคคลร่วมการทดลองแสดงดังรูปที่ ก.14 และแบบการติดตั้งแสดงดังรูปที่ ก.15



รูปที่ ก.13 กำหนดตำแหน่งอุปกรณ์ที่ติดตั้งและบุคคลร่วมทดลอง





รูปที่ ก.14 แบบการติดตั้งอุปกรณ์เพื่อใช้ในการทดลอง

ตารางที่ ก.1 รายการอุปกรณ์ที่ใช้ในแบบการติดตั้งอุปกรณ์เพื่อใช้ในการทดลอง

หมายเลข	ชื่ออุปกรณ์	จำนวน
1	Fuse cutout 24 kV	1 ชุด
2	สายไฟฟ้าชนิด ASC ขนาด 70 ตร.มม. ปอกฉนวนเฉพาะส่วนที่สัมผัสพื้นทดลองและ safety ground	30 ม.
3	เสาไฟฟ้า	1 ต้น
4	ลูกถ้วย pinpost รุ่น 56/57 - 2	1 ชุด
5	พื้นทดลองชนิดต่างๆ	7 ตัวอย่าง
6	ลูกถ้วยแขวน 52 - 3	3 ลูก
7	เชือกฉนวนไฟฟ้า	1 ชุด



## ภาคผนวก ข

## สถิติสายป้อนอากาศในเขตจำหน่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง

ในเขตพื้นที่จำหน่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวงเกิดเหตุการณ์สายป้อนอากาศขาดบ่อยครั้ง แสดงสถิติการเกิดสายป้อนขาดแยกตามเขตพื้นที่บริการของการไฟฟ้านครหลวงได้ดังตารางที่ ข.1

ตารางที่ ข.1 สถิติการเกิดสายป้อนขาดแยกตามเขตพื้นที่บริการของการไฟฟ้านครหลวง

เขต	เหตุสุดวิสัย (รถชนเสา , ต้นไม้ล้มทับ)	เป็นสายป้อน ที่แก้ไขแล้ว	เป็นสายป้อน ที่ยังไม่แก้ไข	จำนวนสายขาด ทั้งหมดในรอบปี2551
บางกะปิ			9	9
บางเขน	1	3	4	8
ลาดกระบัง			3	3
บางใหญ่				0
คลองเตย			2	2
บางขุนเทียน	1	3	9	13
ธนบุรี		1	2	3
นนทบุรี		1		1
ราษฎร์บูรณะ	1	4	10	15
สมุทรปราการ		2	1	3
บาลพลี	5	4	7	16
มีนบุรี		1	8	9
ลาดพร้าว			3	3
วัดเลียบ				0
ยานนาวา			1	1
ประเวศ			9	9
สามเสน			3	3
บางบัวทอง		8	18	26
รวม	8	27	89	124

## ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

ชื่อ - นามสกุล นายชาญชัย พงศ์สุวรรณ  
วัน เดือน ปีเกิด 17 เมษายน 2526  
ประวัติการศึกษา พ.ศ. 2547 วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ  
ประสบการณ์ทำงาน ปัจจุบันทำงานในตำแหน่ง วิศวกรไฟฟ้า 4 ฝ่ายวิจัยและพัฒนา  
การไฟฟ้านครหลวง

