

การประยุกต์ระบบพีชชีเพื่อกำหนดลำดับความสำคัญการบำรุงรักษาระบบไฟฟ้า

ยุทธพงศ์ ทัพผดุง* ^{1), 2)} และ กนก โพธิ์เวส²⁾

บทคัดย่อ

บทความนี้ได้นำเสนอการกำหนดลำดับความสำคัญในการบำรุงรักษาระบบจำหน่ายไฟฟ้าโดยระบบพีชชีซึ่งปัจจุบันกล้องถ่ายภาพความร้อนได้มีการนำมาประยุกต์ใช้ในการตรวจสอบระบบไฟฟ้าอย่างกว้างขวางและก็เป็นที่ยอมรับว่าเป็นอุปกรณ์ที่สามารถตรวจสอบพบสิ่งผิดปกติก่อนที่จะเกิดปัญหาขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ สำหรับการกำหนดหลักเกณฑ์และลำดับความสำคัญในการบำรุงรักษาระบบไฟฟ้าหลังจากตรวจสอบระบบไฟฟ้าด้วยกล้องถ่ายภาพความร้อนนั้นจะอ้างอิงค่าอุณหภูมิที่แตกต่างระหว่างค่าอุณหภูมิของอุปกรณ์ในตำแหน่งที่เกิดปัญหากับค่าอุณหภูมิของอุปกรณ์ประเภทเดียวกันที่ใช้งานปกติเป็นหลัก ซึ่งการใช้หลักเกณฑ์ดังกล่าวไม่สามารถบ่งชี้ถึงลำดับความสำคัญหรือความจำเป็นในการบำรุงรักษาอุปกรณ์ที่พบปัญหาได้อย่างสมบูรณ์ บทความนี้ได้นำเสนอวิธีการกำหนดลำดับความสำคัญในการบำรุงรักษาระบบจำหน่ายไฟฟ้าหลังจากตรวจพบสิ่งผิดปกติด้วยกล้องถ่ายภาพความร้อน โดยได้นำปัจจัยอื่นๆมาพิจารณา อาทิเช่น ปริมาณภาระทางไฟฟ้าที่ตรวจพบปัจจุบันและความสำคัญของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่เกิดปัญหามาประกอบการพิจารณาแทนที่จะนำค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิที่ตำแหน่งผิดปกติกับอุณหภูมิอ้างอิงมาพิจารณาเพียงปัจจัยเดียว โดยปัจจัยดังกล่าวได้ถูกนำไปประมวลผลด้วยระบบพีชชี ซึ่งกฎของพีชชีได้สร้างถูกสร้างขึ้นจากผู้มีประสบการณ์ในการปฏิบัติงานเกี่ยวกับตรวจสอบระบบไฟฟ้าด้วยกล้องถ่ายภาพความร้อนโดยตรงและเอาท์พุทของระบบพีชชีนั้นจะเป็นการกำหนดลำดับความสำคัญในการบำรุงรักษาระบบจำหน่ายไฟฟ้าด้วยกล้องถ่ายภาพความร้อนจากการประมวลผลของระบบพีชชี จากผลการทดสอบได้แสดงให้เห็นว่าการประยุกต์ใช้ระบบพีชชีเพื่อกำหนดลำดับความสำคัญในการบำรุงรักษาระบบจำหน่ายไฟฟ้าด้วยกล้องถ่ายภาพความร้อนสามารถบ่งชี้ระดับความสำคัญของปัญหาที่เกิดขึ้นได้อย่างสมบูรณ์เมื่อเปรียบเทียบกับหลักเกณฑ์และลำดับความสำคัญในการบำรุงรักษาระบบไฟฟ้าหลังจากตรวจสอบระบบไฟฟ้าด้วยกล้องถ่ายภาพความร้อนแบบดั้งเดิม ซึ่งถ้าผู้ตรวจสอบระบบไฟฟ้ามีแบ่งลำดับความสำคัญในการบำรุงรักษาที่เหมาะสมจะทำให้สามารถลดค่าใช้จ่ายด้านการปฏิบัติการ, การบำรุงรักษาและลดระยะเวลากระแสไฟฟ้าขัดข้องได้อย่างอัตโนมัติ

คำสำคัญ: กล้องถ่ายภาพความร้อน, การบำรุงรักษาระบบไฟฟ้า, ระบบพีชชี

¹⁾ หัวหน้าแผนกบำรุงรักษาระบบไฟฟ้า 1, กองบำรุงรักษาระบบไฟฟ้า, การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค, กรุงเทพฯ 10900,
Corresponding Author, อีเมลล์: yutt_t@pea.co.th

²⁾ อาจารย์, ภาควิชาสารสนเทศศาสตร์, วิทยาลัยนครราชสีมา, จังหวัดนครราชสีมา 30000,
อีเมลล์: kanok@nmc.ac.th

Fuzzy System Application for Determining of Electrical Maintenance Priority

Yutthapong Tuppadung ^{*1), 2)} and Kanok Prothives²⁾

Abstract

This paper presents a criterion and priority of electrical maintenance based on fuzzy system. Thermal imager is one of equipment in electrical engineering field that is used for electrical system inspection and maintenance. Normally, hotspots that are inspected by a thermographer are analyzed based on a conventional criterion, which only referred temperature rise. The temperature rise is a different of temperature between actual temperature of a hotspot and reference temperature. As the conventional criterion is not able to indicate and represent a degree of equipment damage completely. This paper introduces the alternative methodology of decision making for electrical maintenance planning. The paper not only considers the temperature rise but also included other factors such as a percent of load operating and a degree of critical equipment. The three factors are applied to an input of the fuzzy system and the rule based of the fuzzy system is advised and created by an electrical engineer which they have an experience in electrical inspection by thermal imager. The output of the fuzzy system is the criterion and priority of electrical maintenance based on fuzzy system. As the result, the criterion and priority of electrical maintenance based on fuzzy system is able to indicate a degree of equipment damage better than the conventional criterion (the temperature rise based). The benefit of this paper describes the alternative methodology to define a suitable priority for electrical maintenance planning. If inspectors have a suitable criterion of electrical maintenance, the operation cost, maintenance cost and an outage time will be reduced automatically.

Keywords: Thermal Imager, Electrical System Maintenance, Fuzzy System

^{*1)} Chief of System Maintenance Section 1, System Maintenance Division, Provincial Electricity Authority, Bangkok 10900, Corresponding Author, E-mail: yutt_t@pea.co.th

²⁾ Lecturer, Faculty of Information Sciences, Nakhonratchasima College, Nakhonratchasima 50200, Email: kanok@nmc.ac.th

1. บทนำและที่มาของปัญหา

ปัจจุบันการบำรุงรักษาระบบไฟฟ้านิยมใช้กลยุทธ์การบำรุงแบบตรวจตามสภาพ (Condition Based Maintenance) ซึ่งการบำรุงรักษาด้วยวิธีการดังกล่าวสามารถดำเนินการโดยไม่จำเป็นต้องหยุดการจ่ายกระแสไฟฟ้าเพื่อบำรุงรักษา และกล้องถ่ายภาพความร้อนเป็นอุปกรณ์ชนิดหนึ่งที่ได้รับคามนิยมเป็นอย่างมากในปัจจุบัน สำหรับการนำไปประยุกต์ใช้งานเพื่อตรวจระบบไฟฟ้าแรงสูงและแรงต่ำ ซึ่งประโยชน์ที่รับจากการใช้เครื่องมือดังกล่าวทำให้สามารถตรวจสอบและพบสิ่งผิดปกติในเวลาอันรวดเร็ว เนื่องจากไม่จำเป็นต้องหยุดจ่ายกระแสไฟฟ้าในขณะที่ทำการตรวจสอบทำให้ประหยัดเวลาที่ใช้ในการตรวจสอบและลดค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาระบบไฟฟ้า รวมทั้งลดผลกระทบต่อผู้ใช้ไฟฟ้าได้

แนวทางการวิเคราะห์ผลการตรวจสอบระบบไฟฟ้าด้วยกล้องถ่ายภาพความร้อนในปัจจุบันนั้น ส่วนใหญ่จะใช้แนวทาง 2 รูปแบบ โดยรูปแบบที่หนึ่งจะเป็นการพิจารณาค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิที่ตำแหน่งผิดปกติกับอุณหภูมิอ้างอิง สำหรับรูปแบบที่สองจะพิจารณาอุณหภูมิการใช้งานของอุปกรณ์ไฟฟ้านั้นๆเป็นหลัก และทำการบันทึกแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอย่างต่อเนื่องเพื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลหรืออุณหภูมิในอดีต สำหรับแนวทางและหลักเกณฑ์ในการวิเคราะห์รูปแบบที่หนึ่งนั้น มีหลายองค์กรในต่างประเทศได้เสนอแนะหลักเกณฑ์สำหรับใช้ในการวางแผนบำรุงรักษาระบบไฟฟ้าที่แตกต่างกันไปโดยได้แสดงในตารางที่ 1 (Snell, 2000) สำหรับหลักเกณฑ์อื่นๆนั้น (A. Epperly et al., 1997) ได้นำเสนอหลักเกณฑ์โดยอ้างอิงมาตรฐาน Military Standard "MIL-STD2194(SH)" ซึ่งก็มีความแตกต่างในการกำหนดระดับอุณหภูมิที่กำหนดไว้สำหรับดำเนินการแก้ไขเช่นกัน สำหรับองค์กรชั้นนำในประเทศไทยได้นำเสนอหลักเกณฑ์สำหรับใช้ในการวางแผนบำรุงรักษาระบบไฟฟ้าที่แตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 2 (Provincial Electricity Authority, 2008 และ Louchai Tongnin, 2005) นอกเหนือจากการกำหนดด้วยวิธีการทั้งสองรูปแบบ

ข้างต้นแล้ว John Snell ยังได้นำเสนอวิธีการใหม่สำหรับการดำเนินการแก้ไขด้วยวิธีการ Weight Matrix Metrology โดยจะเป็นการกำหนดปัจจัยต่างๆที่มีผลต่ออุปกรณ์หรือตำแหน่งที่พบปัญหาและกำหนดน้ำหนักให้แต่ละปัจจัยมีค่าแตกต่างกัน (Snell, 2000)

ตารางที่ 1 ระดับอุณหภูมิที่กำหนดไว้สำหรับดำเนินการแก้ไขขององค์กรต่างประเทศ

ระดับ	Navy ¹ (°C)	NETA ² (°C)	NMAC ³ (°C)
บำรุงรักษาตามวาระ	10-24	1-3	0.5-8
วางแผนแก้ไข	25-39	4-15	9-28
แก้ไขด่วน	40-69	-	29-56
แก้ไขด่วนที่สุด	>69	>16	>56

1 Navy (US Navy)

2 NETA (International Electrical Association)

3 NMAC (Nuclear Maintenance Applications Center)

ตารางที่ 2 ระดับอุณหภูมิที่กำหนดไว้สำหรับดำเนินการแก้ไขขององค์กรในประเทศไทย

ระดับความสำคัญ	กฟผ. ¹ (°C)	กฟน. ² (°C)	
		HV	LV
บำรุงรักษาตามวาระ	<30	<10	<10
บำรุงรักษาตามวาระ	-	10-20	10-20
แก้ไขด่วน	>30-<60	20-40	20-30
แก้ไขด่วนที่สุด	60<	>40	>30

1 กฟผ. (การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค)

2 กฟน. (การไฟฟ้านครหลวง)

จากการวิเคราะห์ผลการตรวจสอบระบบไฟฟ้าด้วยกล้องถ่ายภาพความร้อนด้วยวิธีการพิจารณาค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิที่ตำแหน่งผิดปกติกับอุณหภูมิอ้างอิงที่นิยมใช้ในปัจจุบันพบว่าผู้ตรวจสอบไม่ได้นำปัจจัยอื่นๆ มาพิจารณาประกอบเพื่อใช้สะท้อนถึงความเสี่ยงหรือวิกฤตของจุดที่พบปัญหาได้อย่างแท้จริง บทความนี้จึงได้นำเสนอโดยมีการนำปัจจัยอื่นๆ อาทิเช่น ความสำคัญของอุปกรณ์ที่มีผลกระทบต่อกระบวนการผลิตและปริมาณการใช้กระแสไฟฟ้ามาพิจารณาร่วมกับค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิที่ตำแหน่งผิดปกติกับ

อุดมภูมิอ้างอิงเพื่อให้สามารถบ่งชี้ลำดับความสำคัญในการวางแผนบำรุงรักษาได้เหมาะสมมากที่สุด โดยระบบฟัซซี่ที่ได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้โดยการนำเอาปัจจัยทั้ง 3 มาเป็นอินพุตของระบบฟัซซี่ สำหรับฐานความรู้ได้ถูกสร้างจากการให้ความเห็นและเสนอแนะของพนักงานที่มีประสบการณ์ที่ปฏิบัติงานจริงทำให้เกิดความเหมาะสมในการวิเคราะห์หาลำดับความสำคัญในการวางแผนบำรุงรักษาได้เหมาะสมมากที่สุด โดยลำดับความสำคัญดังกล่าวจะถูกกำหนดให้เป็นเอาท์พุทของระบบฟัซซี่ซึ่งประโยชน์ที่ได้รับนั้นทำให้ผู้ตรวจสอบระบบไฟฟ้าด้วยกล้องถ่ายภาพความร้อนสามารถกำหนดลำดับความสำคัญในการวางแผนบำรุงรักษาได้เหมาะสมมากขึ้น โดยพิจารณาจากปัจจัยอื่นๆอีกทั้งกฎความรู้ที่ถูกสร้างขึ้นในระบบฟัซซี่นั้นได้ถูกสร้างขึ้นจากผู้ปฏิบัติงานจริงและมีประสบการณ์ด้านตรวจสอบระบบไฟฟ้าโดยตรงทำให้ระบบฟัซซี่สามารถเป็นฐานความรู้และเครื่องมือช่วยกำหนดลำดับความสำคัญในการวางแผนบำรุงรักษาได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ จากผลการวิเคราะห์ที่ได้ทำให้สามารถบริหารจัดการใช้จ่ายเกี่ยวกับการบำรุงรักษาอุปกรณ์ที่เกิดปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากการบำรุงรักษาที่เกินความจำเป็น เนื่องจากการจัดลำดับความสำคัญไม่เหมาะสม อีกทั้งยังช่วยลดผลกระทบต่อผู้ใช้ไฟฟ้าในกรณีที่เกิดกระแสไฟฟ้าขัดข้อง เนื่องจากการชำรุดของอุปกรณ์ที่มีการกำหนดลำดับความสำคัญในการวางแผนบำรุงรักษาไม่เหมาะสมได้

2. ระบบฟัซซี่

2.1 หลักการฟัซซี่ลอจิก

ในโลกความเป็นจริงนั้นจะมีความซับซ้อนและทำให้เกิดความไม่แน่นอนจากความคลุมเครือของปัญหาซึ่งไม่สามารถแก้ปัญหาได้จากสมการทางคณิตศาสตร์โดยตรง โดยปัญหาและความคลุมเครือดังกล่าวไม่ว่าในด้านสังคม, วิศวกรรม, เศรษฐศาสตร์ สามารถถูกแก้ปัญหาได้จากประสบการณ์ของมนุษย์ ระบบฟัซซี่ลอจิกเป็นวิธีการแก้ปัญหาที่มีความซับซ้อนและคลุมเครือซึ่งกระบวนการทางคณิตศาสตร์ไม่สามารถแก้ปัญหาได้ ระบบฟัซซี่อาศัยแนวคิดที่ว่าปัญหาบางอย่างเราไม่จำเป็นต้องทราบค่า

ที่ถูกต้องหรือแม่นยำก็สามารถแก้ไขปัญหาดังกล่าวได้ โดยอาศัยประสบการณ์หรือฐานความรู้ของมนุษย์ ซึ่งระบบฟัซซี่ลอจิกอาศัยทฤษฎีความน่าจะเป็นในการถ่ายโอนจากค่าอินพุตจริงไปสู่ค่าอินพุตของระบบฟัซซี่ลอจิกเพื่อเข้าสู่การประมวลผลโดยอ้างอิงเงื่อนไขของกฎฐานความรู้ของระบบฟัซซี่ลอจิกที่สร้างขึ้นจากผู้มีประสบการณ์ที่สามารถแก้ไขปัญหที่เราสนใจได้ หลังจากการประมวลผลของฐานความรู้ระบบฟัซซี่ลอจิกจะทำให้ได้ค่าเอาท์พุทของระบบฟัซซี่และถูกแปลงกลับมาเป็นค่าเอาท์พุทจริงเพื่อแก้ปัญหาที่เราสนใจได้ ซึ่งกระบวนการระบบฟัซซี่ในบทความนี้ได้ถูกพัฒนาขึ้นด้วย Fuzzy Logic Tool box ของโปรแกรม MATLAB

สำหรับงานวิจัยนี้ได้มีการประยุกต์ใช้ Gaussian Function มาใช้เป็นตัวแปรภาษา (Linguistic Variable) อินพุตและเอาท์พุทของระบบฟัซซี่ลอจิกและโดยทั่วไปจะเป็นรูปแบบการกระจายปกติซึ่งได้แสดงในสมการที่ 1

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\frac{(x-\bar{x})^2}{2\sigma^2}} \quad (1)$$

เมื่อ σ เป็นค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานซึ่งจะมีผลต่อความกว้างของ Curve และ $\bar{x}$ คือค่ากึ่งกลางหรือจุดสูงสุดของ Curve

2.2 ตัวแปรอินพุตของระบบฟัซซี่

ตัวแปรอินพุตของระบบฟัซซี่ในงานวิจัยนี้ได้กำหนดอินพุตเป็นจำนวน 3 อินพุต โดยได้กำหนดอินพุตโดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ค่าตัวแปรอินพุตชุดที่ 1 ได้ถูกกำหนดเป็น Fuzzy Set คือค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิที่ตำแหน่งผิดปกติกับอุณหภูมิอ้างอิง (T_{rise}) ซึ่งจะประกอบด้วยตัวแปรภาษา (Linguistic Variable) ดังนี้

$$T_{rise} = [Low, Medium, High]$$

โดยที่ค่าจะกำหนดอินพุตจริง (Universe of Discourse) ให้มีค่าอยู่ระหว่าง $[0, 80]$ องศาเซลเซียส ซึ่งค่าดังกล่าวได้ถูกกำหนดจากค่าอุณหภูมิใช้งานจริงของอุปกรณ์ไฟฟ้าทั่วไป

ค่าตัวแปรอินพุตชุดที่ 2 ได้ถูกกำหนดเป็น Fuzzy Set คือค่าความสำคัญของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่เกิดปัญหาที่มีผลกระทบต่อกระบวนการผลิตและผู้ใช้ไฟฟ้า ($P_{Critical}$)

ซึ่งจะประกอบด้วยตัวแปรภาษา (Linguistic Variable) ดังนี้

$$P_{Critical} = [Normal, Observation, Serious]$$

โดยที่ค่าจะกำหนดอินพุตจริง (Universe of Discourse) ให้มีค่าอยู่ระหว่าง [0,100] เปอร์เซนต์ ซึ่งค่าดังกล่าวได้ถูกกำหนดถึงระดับความสำคัญของวัสดุและอุปกรณ์ที่เกิดปัญหาซึ่งจะทราบความสำคัญได้จากผู้ที่ปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องโดยตรง

ค่าตัวแปรอินพุตชุดที่ 3 ได้ถูกกำหนดเป็น Fuzzy Set คือเปอร์เซ็นต์ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเมื่อเทียบกับ พิกัดโหลด (L_{Actual}) ซึ่งจะประกอบด้วยตัวแปรภาษา (Linguistic Variable) ดังนี้

$$L_{Actual} = [Light, Normal, Full]$$

โดยที่ค่าจะกำหนดอินพุตจริง (Universe of Discourse) ให้มีค่าอยู่ระหว่าง [1,100] เปอร์เซนต์ ซึ่งค่าดังกล่าวได้ถูกกำหนดจากสภาพการใช้งานเมื่อเทียบกับ พิกัดของวัสดุหรืออุปกรณ์ที่เกิดปัญหา ซึ่งสามารถทราบข้อมูลจากปริมาณใช้กำลังไฟฟ้าของอุปกรณ์นั้นๆ

2.3 ตัวแปรเอาต์พุตของระบบฟัซซี

ตัวแปรเอาต์พุตของระบบฟัซซีนี้นี้ได้ถูกกำหนดเป็น Fuzzy Set คือลำดับความสำคัญใช้วางแผนบำรุงรักษา อุปกรณ์ ($P_{Priority}$) ซึ่งจะประกอบด้วยตัวแปรภาษา (Linguistic Variable) ดังนี้

$$P_{Priority} = [Normal, Schedule, Repair at Next Opportunity, Repair Immediately]$$

โดยที่ค่าจะกำหนดเอาต์พุตจริง (Universe of Discourse) ให้มีค่าอยู่ระหว่าง [1, 100] เปอร์เซนต์และได้กำหนดให้ลำดับความสำคัญใช้วางแผนบำรุงรักษา อุปกรณ์ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ลำดับความสำคัญใช้วางแผนบำรุงรักษา อุปกรณ์

ลำดับความสำคัญ	เอาต์พุตของระบบฟัซซี
บำรุงรักษาตามวาระ	1 - 25
วางแผนแก้ไข	25 < - 50
แก้ไขด่วน	50 < - 75
แก้ไขด่วนที่สุด	75 <

2.3 กฎฐานความรู้และแปลงค่ากลับจากระบบฟัซซี

กฎฐานความรู้ที่ใช้ในงานวิจัยนี้มีจำนวน 27 กฎและวิธีการแปลงค่ากลับจากระบบฟัซซีนี้นี้จะใช้วิธี Centroid Method ดังแสดงในสมการที่ 2 (J. Ross., 1995)

$$z^* = \frac{\int \mu_c(z) \cdot z dz}{\int \mu_c(z) dz} \quad (2)$$

เมื่อ z คือค่ากลางจริง (Universe of Discourse) ของแต่ละฟังก์ชันสมาชิกฟัซซี และ $\mu_c(z)$ คือค่าความเป็นสมาชิกของแต่ละฟังก์ชันสมาชิกฟัซซี

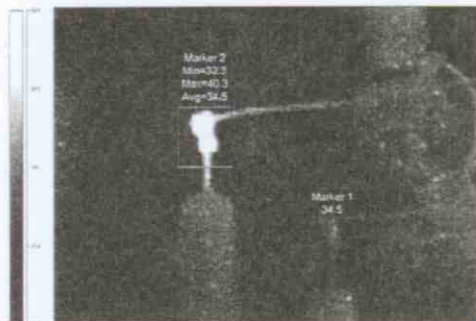
3 ข้อมูลการตรวจสอบพื้นฐาน

การตรวจสอบระบบไฟฟ้าด้วยวิธีการถ่ายภาพความร้อนที่มีประสิทธิภาพและมีความถูกต้องแม่นยำของค่าอุณหภูมิที่วัดได้นั้นจำเป็นต้องมีขั้นตอนการปรับตั้งค่าพารามิเตอร์เพื่อชดเชยความคลาดเคลื่อนหลายประการเช่น การปรับตั้งค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีอินฟราเรด (Emissivity), ระยะห่างระหว่างวัตถุที่ทำการตรวจสอบกับตำแหน่งกล้องถ่ายภาพความร้อน (Distance), ค่าความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity) และอื่นๆ นอกจากนั้นยังต้องพิจารณาถึงตำแหน่งมุมและทิศทางระหว่างวัตถุที่ทำการตรวจสอบกับตำแหน่งกล้องถ่ายภาพความร้อนว่ามีการสะท้อนจากดวงอาทิตย์หรือแหล่งความร้อนข้างเคียงหรือไม่ ซึ่งปัจจัยดังกล่าวจะมีผลทำให้การอ่านค่าของกล้องถ่ายภาพความร้อนผิดพลาดและมีผลทำให้การวิเคราะห์ค่าอุณหภูมิผิดพลาดไปด้วยเช่นกัน

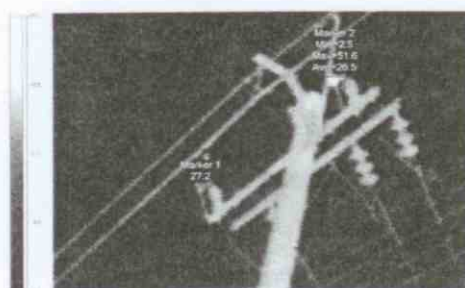
4 การทดลองและผลการทดลอง

การทดลองในบทความนี้ได้แสดงผลการวิเคราะห์ลำดับความสำคัญในการวางแผนบำรุงรักษาอุปกรณ์โดยการเปรียบเทียบระหว่างค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิที่ตำแหน่งผิดปกติกับอุณหภูมิอ้างอิงเพียงอย่างเดียวซึ่งเป็นที่ยอมรับในปัจจุบันกับวิธีใหม่ซึ่งมีปัจจัยอื่นๆ มาประกอบพิจารณาซึ่งผลจากการเปรียบเทียบการวิเคราะห์ลำดับความสำคัญในการวางแผนบำรุงรักษาอุปกรณ์พบว่าวิธีที่นำปัจจัยต่างๆ มาพิจารณาสามารถบ่งชี้ลำดับความสำคัญในการวางแผนบำรุงรักษาอุปกรณ์ได้เหมาะสมกว่าวิธีดั้งเดิมดังแสดงในตารางที่ 4 และ 5

โดยได้นำภาพถ่ายความร้อนมาใช้เป็นกรณีศึกษาจำนวน 7 ภาพ ดังแสดงในรูปที่ 1-7 ซึ่งภาพถ่ายแต่ละระบบจะมีความสำคัญและปริมาณใช้โหลดที่แตกต่างกัน



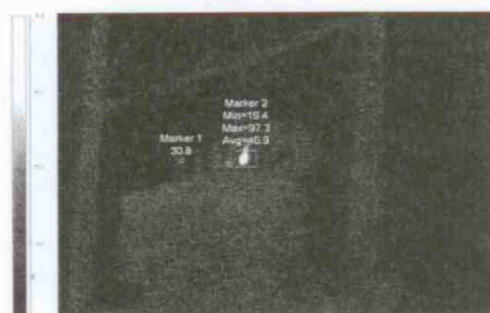
รูปที่ 1 จุดต่อบัสซึ่งหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง 115 kV.



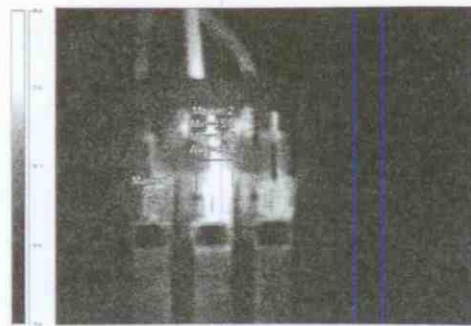
รูปที่ 2 Drop Out Fuse ป้องกันสายป้อนหลักเข้าโรงงานอุตสาหกรรมระดับแรงดันไฟฟ้า 24 kV.



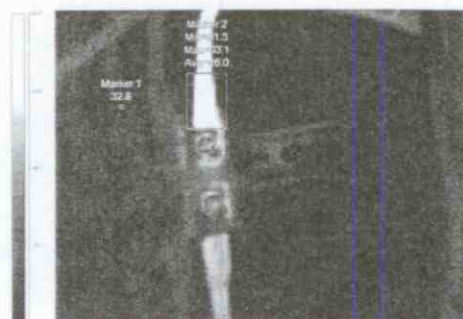
รูปที่ 3 จุดต่อทางไฟฟ้าสายป้อนหลักเข้าโรงงานอุตสาหกรรมระดับแรงดันไฟฟ้า 24 kV.



รูปที่ 4 จุดต่อบริเวณบัสซึ่งด้านทุติยภูมิของหม้อแปลงไฟฟ้าพิกัด 500 kVA เข้า โรงงานอุตสาหกรรม



รูปที่ 5 Fuse Cut Out ภายในโรงงานอุตสาหกรรมระดับแรงดันไฟฟ้า 415/230 โวลต์



รูปที่ 6 จุดต่อสายไฟฟ้าภายในตู้จ่ายไฟฟ้าย่อยระดับแรงดันไฟฟ้า 415/230 โวลต์



รูปที่ 7 Miniature Circuit Breaker ภายในตู้จ่ายไฟฟ้าย่อยระดับแรงดันไฟฟ้า 415/230 โวลต์

จากการทดลองวิเคราะห์โดยวิธีการที่นิยมใช้ในปัจจุบันกับการวิเคราะห์ลำดับความสำคัญเพื่อใช้วางแผนบำรุงรักษาอุปกรณ์ด้วยระบบพีชชีนั้น พบว่าวิธีการวิเคราะห์ลำดับความสำคัญด้วยระบบพีชชีนั้นจะบ่งชี้ระดับความรุนแรงของปัญหามากกว่าวิธีการที่นิยมใช้ในปัจจุบันเนื่องจากระบบพีชชีได้นำปัจจัยอื่นๆ มาประกอบการวิเคราะห์ด้วย ดังตัวอย่างในรูปที่ 2 ซึ่งเป็นหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังพิกัด 50 MVA 115 kV/24kV ซึ่งพบปัญหาที่บริเวณต่อทางไฟฟ้าของบัสซึ่ง ซึ่งจากการวิเคราะห์นั้นจะเห็นได้ว่าหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังเป็น

อุปกรณ์สำคัญและราคาสูงอันดับต้นๆในระบบไฟฟ้าซึ่งถ้าเกิดเหตุชำรุดเสียหายขึ้นอาจทำให้เกิดความเสียหายเป็นอย่างมาก ดังนั้นจึงได้กำหนดค่าความสำคัญไว้ที่ระดับสูง (90%) และได้กำหนดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าระดับปกติ (80%) ซึ่งจากผลการวิเคราะห์ของระบบฟัซซี่ที่ได้ลำดับความสำคัญเพื่อใช้วางแผนบำรุงรักษาอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ระดับ "แก้ไขด่วน" เมื่อเปรียบเทียบกับผลการวิเคราะห์ด้วยวิธีนิยมใช้ในปัจจุบันในตารางที่ 4 พบว่าลำดับความสำคัญเพื่อใช้วางแผนบำรุงรักษาอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ระดับ "การบำรุงรักษาตามวาระ" เท่านั้นเนื่องจากวิธีดังกล่าวจะพิจารณาเพียงค่าอุณหภูมิที่แตกต่างกันเพียงปัจจัยเดียว สำหรับภาพถ่ายอื่นๆก็จะใช้แนวทางวิเคราะห์ในลักษณะเดียวกัน ซึ่งสามารถเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ได้จากตารางที่ 4 กับ 5

ดังนั้นจากผลการทดลองได้แสดงให้เห็นว่าการวิเคราะห์ลำดับความสำคัญเพื่อใช้วางแผนบำรุงรักษาอุปกรณ์ไฟฟ้านั้นโดยใช้วิธีการวิเคราะห์จากค่าความแตกต่างของอุณหภูมิเพียงปัจจัยเดียวนั้นอาจจะไม่ครอบคลุมปัญหาได้สมบูรณ์ การที่บทความนี้ได้นำปัจจัยอื่นๆ มาวิเคราะห์หาลำดับความสำคัญเพื่อใช้วางแผนบำรุงรักษาอุปกรณ์ไฟฟ้า อีกทั้งยังได้ประยุกต์ระบบฟัซซี่มาเป็นเครื่องมือช่วยตัดสินใจ โดยอ้างอิงจากฐานความรู้จากผู้ปฏิบัติงานจริงก็จะทำให้สามารถวิเคราะห์และกำหนดลำดับความสำคัญเพื่อใช้วางแผนบำรุงรักษาอุปกรณ์ไฟฟ้าอย่างเหมาะสมและสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

5. สรุปผลการทดลอง

บทความนี้ได้แสดงให้เห็นว่าการนำปัจจัยอื่นๆ อาทิ เช่น ความสำคัญและเปอร์เซ็นต์การใช้พลังงานไฟฟ้าของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ถูกตรวจสอบด้วยกล้องถ่ายภาพความร้อนนอกเหนือจากการพิจารณาค่าความแตกต่างอุณหภูมิเพียงอย่างเดียวนั้น ทำให้สามารถกำหนดลำดับความสำคัญเพื่อใช้วางแผนบำรุงรักษาอุปกรณ์ไฟฟ้าอย่างเหมาะสมและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น อีกทั้งการประยุกต์ใช้ระบบฟัซซี่เพื่อเป็นเครื่องมือตัดสินใจโดยมีการนำประสบการณ์ของผู้ปฏิบัติงานจริงด้านการตรวจสอบระบบไฟฟ้าด้วยกล้องถ่ายภาพความร้อนมาออกแบบและ

สร้างฐานความรู้ของระบบฟัซซี่ทำให้ระบบฟัซซี่ที่ได้นำมาประยุกต์ใช้เพื่อหาลำดับความสำคัญเพื่อใช้วางแผนบำรุงรักษาอุปกรณ์ไฟฟ้ามีความเหมาะสมและสะท้อนกับการปฏิบัติงานจริงได้เป็นอย่างดี จากผลการทดลองเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีที่นิยมใช้ในปัจจุบันได้แสดงให้เห็นว่าการวิเคราะห์หาลำดับความสำคัญเพื่อใช้วางแผนบำรุงรักษาอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยระบบฟัซซี่นั้นจะบ่งชี้ระดับความรุนแรงของปัญหามากกว่าวิธีการที่นิยมใช้ในปัจจุบันอย่างชัดเจนสำหรับข้อจำกัดในการประยุกต์ใช้งานจริงนั้นผู้ตรวจสอบระบบไฟฟ้าจำเป็นต้องใช้เวลาในการวิเคราะห์และสอบถามข้อมูลเกี่ยวกับความสำคัญของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่เกิดปัญหาที่มีผลกระทบต่อกระบวนการผลิตและผู้ใช้ไฟฟ้าและปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้ามากขึ้น ดังนั้นวิธีการวิเคราะห์ที่ได้นำเสนอในบทความนี้อาจจะเหมาะสมกับการตรวจสอบและวิเคราะห์การชำรุดอย่างละเอียดมากกว่าการตรวจสอบระบบไฟฟ้าในเชิงธุรกิจ ซึ่งต้องการความรวดเร็วและประหยัดเวลาทีในในการตรวจสอบ

6. เอกสารอ้างอิง

- System Maintenance Division (2008). Guideline of Thermal Imager Inspection for Distribution, Provincial Electricity Authority (In Thai).
- Lourchai Tongnin (2005). Electrical Safety Inspection, in Chapter 7 ;TPA (In Thai).
- John Snell 2000. "A different way to determine repair priorities using a weighted matrix" InfraMation 2000 proceedings.
- Richard A. Epperly et al. 1997. "A TOOL FOR RELIABILITY AND SAFETY: PREDICT AND PREVENT EQUIPMENT FAILURES WITH THERMOGRAPHY." Petroleum and Chemical Industry Conference. 59-68.
- Timothy J. Ross. (1995). FUZZY LOGIC WITH ENGINEERING APPLICATIONS, in Chapter 8 ; McGraw-Hill.

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์ด้วยวิธี Temperature Rise

รูปที่	อุณหภูมิอ้างอิง (C°)	อุณหภูมิที่พบปัญหา (C°)	อุณหภูมิที่แตกต่าง (C°)	ผลการวิเคราะห์ ลำดับความสำคัญ โดยอ้างอิงหลักเกณฑ์ ของ กฟผ.	ผลการวิเคราะห์ลำดับ ความสำคัญโดยอ้างอิง หลักเกณฑ์ของ กฟผ.
1	34.5	40.3	5.8	บำรุงรักษาตามวาระ	บำรุงรักษาตามวาระ
2	27.2	51.6	24.4	บำรุงรักษาตามวาระ	แก้ไขด่วน
3	33.0	42.0	9	บำรุงรักษาตามวาระ	บำรุงรักษาตามวาระ
4	30.8	97.3	66.5	แก้ไขด่วนที่สุด	แก้ไขด่วนที่สุด
5	57.8	84.8	27.0	บำรุงรักษาตามวาระ	แก้ไขด่วน
6	32.8	63.1	30.3	แก้ไขด่วน	แก้ไขด่วนที่สุด
7	35.2	49.5	14.3	บำรุงรักษาตามวาระ	วางแผนแก้ไข

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์ลำดับความสำคัญโดยนำปัจจัยอื่นๆมาวิเคราะห์

รูปที่	อุณหภูมิที่ แตกต่าง (C°)	ความสำคัญของ อุปกรณ์ไฟฟ้า (%)	เปอร์เซ็นต์ปริมาณการ ใช้พลังงานไฟฟ้า(%)	ผลการวิเคราะห์ลำดับความสำคัญเพื่อใช้ วางแผนบำรุงรักษาอุปกรณ์ (เอาที่พหุจากระบบปัจจัย)
1	5.8	90	80	แก้ไขด่วน(65.3%)
2	24.4	86	75	แก้ไขด่วน(60.1%)
3	9	90	83	แก้ไขด่วน(65.8%)
4	66.5	95	92.4	แก้ไขด่วนที่สุด(74.9%)
5	27.0	46.0	62.1	แก้ไขด่วน(58.8%)
6	30.3	31.5	72.6	แก้ไขด่วน(57.3%)
7	14.3	20.2	20.2	วางแผนแก้ไข(32.3%)