



FEAT JOURNAL

FARM ENGINEERING AND AUTOMATION TECHNOLOGY JOURNAL

วารสารวิศวกรรมฟาร์มและเทคโนโลยีการควบคุมอัตโนมัติ

การพยากรณ์การใช้งานของ 11 kV เซอร์คิตเบรกเกอร์ชนิดแก๊ส SF₆ โดยใช้ระบบสกาดา Operation Time Prediction of a 11 kV SF₆ Gas Circuit Breaker using a SCADA System

สมทรง คูหาทอง¹ และ อาคม แก้วระวัง^{2*}Somsong Koohathong¹ and Arkom Kaewrawang^{2*}นักศึกษาลัทธิวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น¹สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น²Master Student of Engineering in Energy Engineering, Faculty of Engineering, Khon Kaen University¹Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Khon Kaen University²

Received: 12 มี.ค. 62

Revised: 19 เม.ย. 62

Accepted: 3 พ.ค. 62

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการนำระบบสกาดาต้นแบบในการพยากรณ์อายุการใช้งานเซอร์คิตเบรกเกอร์ชนิดแก๊ส SF₆ 12 kV/1600A-2500A/40 kA เพื่อป้องกันความเสียหายของตู้แหล่งจ่ายไฟฟ้าขนาด 11 kV จากการเสื่อมสภาพของหน้าสัมผัส Main contacts และ Arcing contacts ในเซอร์คิตเบรกเกอร์ ซึ่งเกิดจากกระแสไฟฟ้าลัดวงจรระหว่างการใช้งาน ระบบจะพยากรณ์อายุการใช้งานของเซอร์คิตเบรกเกอร์ จากสมการความสัมพันธ์การเสื่อมสภาพไฟฟ้าของหน้าสัมผัส Main contacts และ Arcing contacts ผลการทดสอบระบบสกาดาต้นแบบด้วยการจำลองเหตุการณ์การเกิดกระแสไฟฟ้าลัดวงจรแบบเสมือนจริงจำนวน 2 ครั้ง ที่เฟสที่ 1 ของเซอร์คิตเบรกเกอร์ชนิดแก๊ส SF₆ ด้วยขนาด 36.9 และ 40.05 กิโลแอมแปร์ พบว่าระบบสกาดาต้นแบบสามารถแสดงผลค่าการพยากรณ์ที่ 8,638 และ 7,034 ครั้ง ตามลำดับ ได้อย่างถูกต้อง

คำสำคัญ : เซอร์คิตเบรกเกอร์ชนิดแก๊ส SF₆ ระบบสกาดา รีเลย์ป้องกัน กระแสไฟฟ้าลัดวงจร

Abstract

This paper presents using a SCADA model system in prediction, the lifetime of SF₆ 12 kV/1600A-2500A/40 kA gas circuit breaker to prevent the damage of an 11 kV power supply system

in a switchgear from the deterioration of the main contacts and arcing contacts, inside the gas circuit breaker because of the short circuit current during operation. The SCADA will predict the lifetime of a circuit breaker from the deterioration of the electrical property of material equation of the main contacts and arcing contacts. The result of two-times virtual short circuit current testing in the SCADA model system at the first phase of SF₆ gas circuit breaker of 36.9 and 40.05 kA. Found that the SCADA model system could display accurately the numeric value of the predictions by 8,636 and 7,034 times, respectively.

Keywords : SF₆ Gas circuit breaker, SCADA system, Protection relay, Short circuit current

*ติดต่อ: arkom.kaewrawang@gmail.com

1. บทนำ

เซอร์กิตเบรกเกอร์ชนิดแก๊ส SF₆ เป็นเซอร์กิตเบรกเกอร์ทางไฟฟ้าที่ใช้แก๊ส SF₆ เป็นตัวกลางในการดับอาร์คในขณะที่ทำงานที่สภาวะตัด/ต่อเพื่อจ่ายไฟฟ้า อุปกรณ์นี้เป็นอุปกรณ์ส่วนประกอบที่สำคัญของตู้แหล่งจ่ายไฟฟ้า มีหน้าที่หลักใช้ในการตัด/ต่อจ่ายไฟฟ้าให้กับโหลดของตู้แหล่งจ่ายไฟฟ้าในสภาวะปกติหรือตัดในสภาวะเพื่อป้องกันความเสียหายที่อาจจะเกิดขึ้นกับของตู้แหล่งจ่ายไฟฟ้าจากสาเหตุ เช่น เกิดกระแสไฟฟ้าลัดวงจร เป็นต้น

ในปี พ.ศ. 2559 ทางโรงงานบริษัท ฟินิกซ์ พัลพ แอนด์ เพเพอร์ จำกัด (มหาชน) ในเครือซีเมนต์ไทย เกิดเหตุการณ์สายการผลิตโรงงานผลิตเยื่อกระดาษที่ 1 สายการผลิตโรงงานผลิตเยื่อกระดาษที่ 2 และสายการผลิตสนับสนุนอื่นๆ ต้องหยุดสายการผลิตลงทั้งหมด โดยเกิดจากปัญหาอุปกรณ์เซอร์กิตเบรกเกอร์ชนิดแก๊ส SF₆ [1] ดังแสดงในรูปที่ 1.1 ของตู้แหล่งจ่ายไฟฟ้าขนาด 11 kV ตู้ที่ Cub no.12B เกิดการระเบิดที่ขาเฟสที่ 2 ทำให้รีเลย์ป้องกันระบบป้องกันของตู้แหล่งจ่ายไฟฟ้าทำงานเพื่อป้องกันความ

เสียหาย โดยทำการตัดระบบแหล่งจ่ายไฟฟ้าที่เกี่ยวข้องทั้งหมด ส่งผลให้สายการผลิตต่างๆ ที่ได้กล่าวข้างต้นต้องหยุดผลิต สร้างความเสียหายทางธุรกิจคิดเป็นมูลค่า 18,229,979 บาท ผลการตรวจสอบและวิเคราะห์ปัญหาพบว่าค่าความต้านทานหน้าสัมผัสของเซอร์กิตเบรกเกอร์ที่ขาเฟสที่ 1 และ 3 มีค่าอยู่ในพิกัดมาตรฐานปกติ ตัวเลขนับจำนวนครั้งในการทำงานของเซอร์กิตเบรกเกอร์ล่าสุดทำอยู่ 1,219 ครั้ง ดังแสดงในรูปที่ 1.2 [2] ซึ่งตามข้อมูลของเซอร์กิตเบรกเกอร์รุ่นนี้ควรจะใช้งานได้ถึง 10,000 ครั้ง [1] ข้อสรุปความเสียหายของเซอร์กิตเบรกเกอร์ เกิดจากการเสื่อมสภาพทางไฟฟ้าของวัสดุหน้าสัมผัส Main contact และ Arcing contact [2]

ปัจจุบันการตรวจเช็คสภาพเพื่อความปลอดภัยในการทำงานของเซอร์กิตเบรกเกอร์ชนิดแก๊ส SF₆ ที่กำลังใช้งาน ชนิดและยี่ห้อของผู้ผลิตต่างๆ โดยทั่วไปในเบื้องต้นจะต้องหยุดใช้งานและมีการตรวจสอบตามมาตรฐานรอบปี อย่างไรก็ตามวิธีใดในระหว่างปีจะไม่สามารถทราบการเสื่อมสภาพทางไฟฟ้าของหน้าสัมผัส Main contacts และ Arcing contacts ว่าอยู่

ในเกณฑ์ที่ปลอดภัยหรือไม่ การเสื่อมสภาพจะมากหรือน้อยขึ้นกับการใช้งานของเซอร์กิตเบรกเกอร์แต่ละตัว การที่สามารถตรวจวัดสภาพในขณะที่กำลังใช้งานแบบต่อเนื่อง ทำให้สามารถตัดสินใจที่จะหยุดการใช้งานเซอร์กิตเบรกเกอร์ตัวนั้นๆ ที่อยู่ในสภาพที่ไม่ปลอดภัย ก่อนที่จะก่อให้เกิดความเสียหายที่รุนแรงได้

บทความนี้นำเสนอแนวความคิดในการป้องกันความเสียหาย ด้วยการใช้เทคโนโลยีด้านการควบคุมอัตโนมัติพัฒนาบนโปรแกรมสำเร็จรูประบบสกาตา โดยการออกแบบระบบสกาตาดั้งเดิมมาใช้ในการพยากรณ์ในการอ่านและทำการประมวลผลข้อมูลจากอุปกรณ์รีเลย์ป้องกันและสัญญาณทางไฟฟ้าที่สำคัญแบบต่อเนื่องจากตู้แหล่งจ่ายไฟฟ้าขนาด 11 kV โดยอาศัยหลักการและแนวคิดที่ว่าเมื่อมีเหตุการณ์ทุกครั้งที่เกิดกระแสไฟฟ้าลัดวงจร ทำให้จำนวนครั้งการใช้งานของเซอร์กิตเบรกเกอร์ลดลงจากค่าสูงสุดที่ 10,000 ครั้งแบบมีนัยยะเป็นไปตามสมการความสัมพันธ์การเสื่อมสภาพทางไฟฟ้าของหน้าสัมผัส Main contacts และ Arcing contacts ของเซอร์กิตเบรกเกอร์ชนิดแก๊ส SF₆ ด้วยการนำข้อมูลค่ากระแสไฟฟ้าที่อ่านได้ในสภาวะการทำงานทุกครั้งที่เกิดสภาวะกระแสไฟฟ้าลัดวงจรมาทำการประมวลผลในการพยากรณ์จำนวนครั้งใช้งานที่ลดลงของเซอร์กิตเบรกเกอร์ตัวนั้นๆ โดยใช้สมการความสัมพันธ์การเสื่อมสภาพทางไฟฟ้า เพื่อนำผลที่ได้มาคำนวณและแสดงผลค่าการพยากรณ์จำนวนครั้งการใช้งานมากที่สุดที่เหลืออยู่ บนหน้าจอแสดงผลของระบบสกาตาดั้งเดิมที่ได้ออกแบบไว้



รูปที่ 1.1 11 kV เซอร์กิตเบรกเกอร์ชนิดแก๊ส SF₆ [1]



รูปที่ 1.2 ตัวเลขนับจำนวน 1,219 ครั้งในการใช้งานที่ตัวเซอร์กิตเบรกเกอร์ชนิดแก๊ส SF₆ [2]

2. การออกแบบและวิธีการการวิจัย

2.1 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

ในบทความนี้ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่พัฒนามาจากสมการหลัก 3 สมการดังนี้

สมการที่ 1 สมการทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการคำนวณค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้งานของตู้แหล่งจ่ายไฟฟ้า [3]

$$P = \frac{\sqrt{3} V_L I_L \cos \theta}{1000} \quad (1)$$

เมื่อ P เป็นกำลังไฟฟ้าที่ใช้งาน (กิโลวัตต์, kW), V_L เป็นความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างเฟส (โวลต์, V), I_L เป็นกระแสไฟฟ้าระหว่างเฟส (แอมแปร์, A) และ $\cos \theta$ เป็นตัวประกอบกำลังไฟฟ้า

สมการที่ 2 สมการทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการคำนวณจำนวนครั้งการทำงานที่ลดลงของเซอร์กิตเบรกเกอร์ชนิดแก๊ส SF₆ ในสภาวะการทำงานทุกครั้งที่เกิดสภาวะกระแสไฟฟ้าลัดวงจร [4]

$$T = \sum_{j=1}^N n_j \cdot I_j^2 \quad (2)$$

เมื่อ T เป็นจำนวนครั้งการใช้งานที่ลดลงรวมจากผลของกระแสไฟฟ้าลัดวงจรที่ค่ากระแส I_j , n_j เป็นจำนวนครั้งการเกิดกระแสไฟฟ้าลัดวงจรที่ค่ากระแส

I_j, I_j เป็นกระแสไฟฟ้าลัดวงจร rms (kA)

สมการที่ 3 สมการทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการคำนวณจำนวนครั้งการทำงานมากที่สุดที่เหลือของเซอร์กิตเบรกเกอร์ชนิดแก๊ส SF₆

$$N = 10,000 - T \quad (3)$$

เมื่อ N เป็นจำนวนครั้งการทำงานมากที่สุดที่เหลืออยู่, 10,000 เป็นจำนวนครั้งการทำงานมากที่สุดของเซอร์กิตเบรกเกอร์ชนิดแก๊ส SF₆ และ T เป็นจำนวนครั้งการทำงานที่ลดลงรวมจากผลของกระแสไฟฟ้าลัดวงจรที่ค่ากระแส I_j

แนวคิดในการคำนวณถ้าเกิดเหตุการณ์กระแสไฟฟ้าลัดวงจรที่ขนาด 40 kA จำนวน 6 ครั้งจะสามารถพยากรณ์จำนวนครั้งการทำงานมากที่สุดที่เหลืออยู่จำนวน N ได้ดังนี้

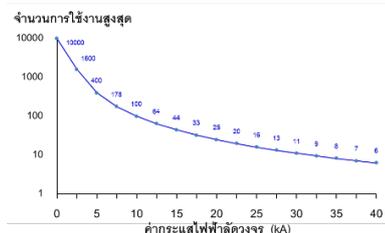
จากสมการที่ (2)

$$T = 6 \times 40^2 = 9,600$$

จากสมการที่ (3)

$$N = 10,000 - 9,600 = 400$$

ดังนั้นเมื่อเกิดกระแสไฟฟ้าลัดวงจรที่ขนาด 40 kA จำนวน 6 ครั้งจะทำให้จำนวนครั้งการทำงานของเซอร์กิตเบรกเกอร์ชนิดแก๊ส SF₆ ลดลง 9,600 ครั้ง ส่งผลให้จำนวนครั้งการทำงานมากที่สุดจะเหลืออยู่ที่ 400 ครั้ง



รูปที่ 2.1 จำนวนครั้งการทำงานมากที่สุดของเซอร์กิตเบรกเกอร์ชนิดแก๊ส SF₆ [1]

รูปที่ 2.1 แสดงสรุปจำนวนครั้งการใช้งานมากที่สุดของเซอร์กิตเบรกเกอร์ชนิดแก๊ส SF₆ ณ กระแสไฟฟ้าลัดวงจรที่ค่าต่างๆ

2.2 กำหนดชนิดข้อมูลและแหล่งข้อมูล

ชนิดข้อมูลและแหล่งข้อมูลที่นำมาใช้ในบทความนี้มาจากข้อมูลของตัวรีเลย์ป้องกันรุ่นต่างๆ และสัญญาณบางส่วนของผู้แหล่งจ่ายไฟฟ้าขนาด 11 kV ดังแสดงในรูปที่ 2.2 และตารางที่ 2.1 เพื่อนำมาใช้ในระบบสกาตา ให้ระบบสกาตาทำการอ่าน ประมวลผล และแสดงผลข้อมูลที่ได้ผ่านทางหน้าจอแสดงผลต่างๆ บนระบบสกาตาที่ออกแบบไว้



(ก) (ข) (ค)

รูปที่ 2.2 รีเลย์ป้องกันที่ใช้เป็นแหล่งข้อมูล

(ก)REF543 [5] (ข)REU615 [6] และ(ค)REF610 [7]

ตารางที่ 2.1 ชนิดข้อมูลสัญญาณจากแหล่งข้อมูลต่างๆ ที่ระบบสกาตาทำการอ่านนำมาใช้งาน

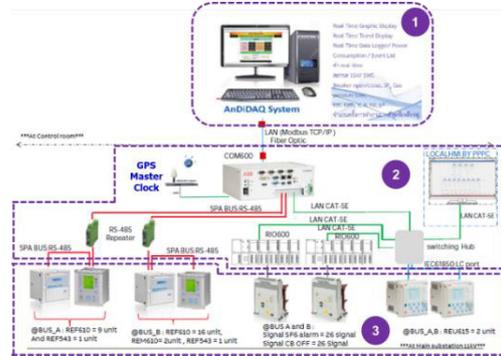
แหล่งข้อมูล	ชนิดข้อมูลสัญญาณต่างๆ
รีเลย์ป้องกันชนิดที่ 1 [5]	ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า (โวลต์), ค่ากระแสไฟฟ้า (แอมแปร์), ค่าความถี่ (เฮิรตซ์), ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า Power factor (PF) และข้อความแสดงสถานะการทำงาน (Event message)

รีเลย์ป้องกันชนิดที่ 2	ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า (โวลต์), ค่าความถี่ (เฮิร์ตซ์), ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (PF) และข้อความแสดงสถานะการทำงาน
รีเลย์ป้องกันชนิดที่ 3	ค่ากระแสไฟฟ้า(แอมแปร์) และข้อความแสดงสถานะการทำงาน
11 kV เซอร์กิตเบรกเกอร์ชนิดแก๊ส SF ₆ 12kV/1600A-2500A/ 40kA	ค่าสถานะการทำงานของ เซอร์กิตเบรกเกอร์และสถานะ SF ₆ แก๊สของเซอร์กิตเบรกเกอร์

2.3 กำหนดแนวคิดในการพยากรณ์

บทความนี้มีแนวคิดในการพยากรณ์โดยการใช้เทคโนโลยีด้านการควบคุมอัตโนมัติพัฒนาบนโปรแกรมสำเร็จรูประบบสกาตามาใช้ในการอ่านและทำการประมวลผลข้อมูลจากชนิดข้อมูลและแหล่งข้อมูลตามหัวข้อที่ 2.2 โดยให้ระบบสกาตามาอ่านและบันทึกเหตุการณ์ของรีเลย์ป้องกันทุกเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นและทำการตรวจจับเหตุการณ์ในสถานะที่รีเลย์ป้องกันทำการปลดโหลดของผู้แหล่งจ่ายไฟฟ้าขนาด 11 kV เพื่อป้องกันความเสียหายด้วยการส่งคำสั่งเปิดเซอร์กิตเบรกเกอร์ชนิดแก๊ส SF₆ ในสถานะเมื่อเกิดค่ากระแสไฟฟ้าลัดวงจรเกินกว่าค่าที่กีดป้องกันได้ทำการตั้งค่าไว้ของรีเลย์ป้องกันตัวนั้นๆ และนำค่ากระแสไฟฟ้า ณ สถานะนั้นมาทำการประมวลผลเพื่อทำการพยากรณ์จำนวนครั้งการใช้งานมากที่สุดที่เหลืออยู่ของเซอร์กิตเบรกเกอร์ โดยใช้พื้นฐานสมการ (2) และ (3) ตามลำดับ

2.4 ออกแบบระบบสกาตาต้นแบบ



รูปที่ 2.3 รายละเอียดโครงสร้างระบบสกาตาต้นแบบที่ออกแบบ

รายละเอียดโครงสร้างระบบสกาตาต้นแบบแสดงดังรูปที่ 2.3 ประกอบด้วยส่วนที่สำคัญ 3 ส่วนดังนี้

ส่วนที่ 1 ชุดระบบสกาตาประกอบด้วย Work station PC ติดตั้งโปรแกรมระบบสกาตาต้นแบบชื่อ AnDiDAQ System ทำหน้าที่อ่าน ประมวลผลและแสดงผลข้อมูลจากแหล่งข้อมูลต่างๆ ที่ได้ในรูปแบบต่างๆ ผ่านทางหน้าจอแสดงผลบนระบบสกาตาที่ได้ออกแบบไว้

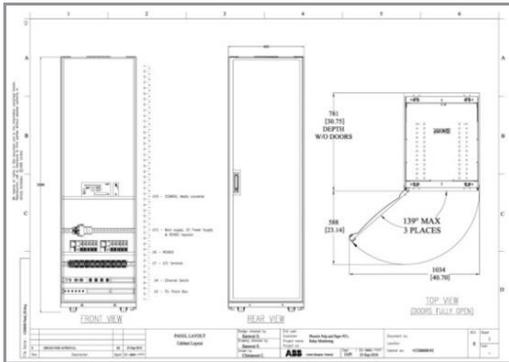
ส่วนที่ 2 ชุดระบบสื่อสารเชื่อมต่อในการส่งผ่านข้อมูลจากแหล่งข้อมูลไปยังระบบสกาตาต้นแบบ ประกอบด้วยอุปกรณ์ต่างๆ เช่น ABB COM600S (Substation management unit), RS485 micro repeater, Ethernet switch hub, ABB RIO600, GPS Master clock เป็นต้น

ส่วนที่ 3 ชุดอุปกรณ์แหล่งชนิดข้อมูล สัญญาณต่างๆ ที่จะนำมาใช้ในระบบสกาตาต้นแบบ ประกอบด้วยอุปกรณ์ต่างๆ เช่น รีเลย์ป้องกันยี่ห้อ ABB รุ่น REF543 จำนวน 1 ตัว, รีเลย์ป้องกันยี่ห้อ ABB รุ่น REU615 จำนวน 2 ตัว, รีเลย์ป้องกันยี่ห้อ ABB รุ่น REF610 จำนวน 25 ตัว, เซอร์กิตเบรกเกอร์ชนิดแก๊ส

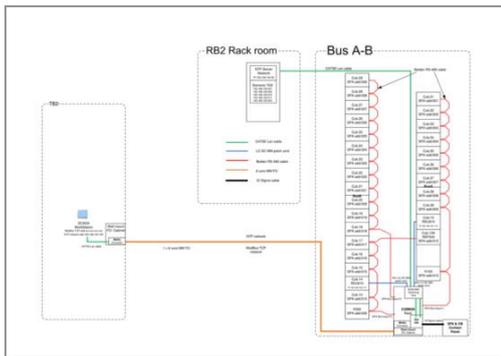
FEAT JOURNAL

January – June 2019 ; 5(1) : 12-21

SF6 ยี่ห้อ ABB รุ่น HPA-12 kV/1600A-2500A/40 kA จำนวน 26 ตัว เป็นต้น



รูปที่ 2.4 แบบตู้ติดตั้งระบบสกาดำเนินแบบ



รูปที่ 2.5 แบบโครงสร้างสายสัญญาณระบบสกาดำเนินแบบ

ตารางที่ 2.2 รายละเอียดอุปกรณ์ระบบสกาดำเนินแบบ

อุปกรณ์	รายละเอียด
"ABB" COM600S Ver.5.0	Ordering No. COM6000SHS21NNAANF, 2Master+1Slave, 1xRJ-45, 8xRS485, จำนวน 1 ตัว
"Phoenix" RS-485 Micro Repeater	Ordering No. 27 44 429, PSM-ME-RS485/RS485-P จำนวน 2 ตัว
"Link" Multicore Fiber Optic cable	Ordering No. NA, Multi-mode, 6 cores, distance TBA
"BELDEN" RS-485 cable	Ordering No. BDI-9842 0601000, Distance TBA
"Link" Rack Panel 42U	Ordering No. CH-60842CW จำนวน 1 ชุด
"HIRSCHMANN" Ethernet Switch HUB	Ordering No. 943-928001, Spider II Giga 5T/2S EEC, single mode fiber optic จำนวน 1 ชุด
"ABB" Power supply	Ordering No. 1SVR427032R0000, type CP-E 24/25,24VDC/2.5A จำนวน 1 ตัว
"ABB" RIO600 Power supply (85..264VAC,88..300VDC)	Ordering No. MOD600APSMH07 จำนวน 1 ตัว
"ABB" RIO600 Communication module	Ordering No. MOD600BLECM จำนวน 2 ตัว
"ABB" RIO600 Binary input module	Ordering No. MOD600ADIM8H, with 8 input and 78 VDC input threshold จำนวน 10 ตัว
"DELL" Precision 3630 Tower (SCADA PC)	Ordering No. DELL Precision 3630, Intel Core- i5-8500, 9MB cache,3.0GHz,16GB, 2666MHz DDR4 RAM, 2x1TB 7200rpm SATA hard drive with

27" Screen LED monitor จำนวน 1 ชุด



รูปที่ 2.6 หน้าจอแสดงผลของระบบสกาตาดันแบบที่ ออกแบบสำหรับการแสดงผลค่าการพยากรณ์

รูปที่ 2.6 แสดงหน้าจอแสดงผลที่ออกแบบเพื่อใช้ในการแสดงผลค่าการพยากรณ์ของตู้แหล่งจ่ายไฟฟ้าขนาด 11 kV บนระบบสกาตาดันแบบประกอบด้วย ส่วนที่แสดงผลค่าต่างๆ ดังนี้

ส่วนที่ 1 แสดงผลค่าทางไฟฟ้า เช่น ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า (โวลต์), ค่ากระแสไฟฟ้า (แอมแปร์), ค่ากำลังไฟฟ้า (กิโลวัตต์), ค่าความถี่ (เฮิรตซ์) และค่า PF

ส่วนที่ 2 แสดงสถานะการทำงานของรีเลย์ป้องกัน, สถานะการทำงานของเซอร์กิตเบรกเกอร์ชนิดแก๊ส SF₆, สถานะเกจวัดความดันแก๊ส SF₆ ของเซอร์กิตเบรกเกอร์ชนิดแก๊ส SF₆ และสถานะการสื่อสารระหว่างระบบสกาตากับอุปกรณ์ ABB COM600 (Substation management unit)

ส่วนที่ 3 แสดงค่าการพยากรณ์จำนวนครั้งการใช้งานมากที่สุดที่เหลืออยู่ของเซอร์กิตเบรกเกอร์ชนิดแก๊ส SF₆ ทั้ง 3 เฟสของตู้แหล่งจ่ายไฟฟ้าขนาด 11kV ตู้นั้นๆ และค่าบันทึกจำนวนครั้งการเกิดสภาวะกระแสไฟฟ้าลัดวงจรที่รีเลย์ป้องกันทำการปลดโหลดของตู้แหล่งจ่ายไฟฟ้าขนาด 11 kV เพื่อป้องกันความเสียหาย

ส่วนที่ 4 แสดงค่าปริมาณการใช้ไฟฟ้าสะสมแบบรายเดือนและแบบช่วงเวลากาการใช้งาน ช่วงเวลา 7:00-15:00 น., 15:00-23:00 น. และ 23:00-7:00 น. ตามลำดับ

ส่วนที่ 5 แสดงบันทึกเหตุการณ์ต่างๆที่เกิดขึ้นทั้งหมดจากรีเลย์ป้องกัน

ส่วนที่ 6 กราฟแสดงบันทึกค่าทางไฟฟ้าต่างๆ

3. การทดสอบระบบสกาตาดันแบบ



รูปที่ 3.1 ระบบสกาตาดันแบบ อุปกรณ์ทดสอบ

ชุดทดสอบการจำลองเหตุการณ์แบบเสมือนจริงเพื่อทำการพยากรณ์ด้วยระบบสกาตาดันแบบดังแสดงในรูปที่ 3.1 ประกอบด้วยอุปกรณ์ส่วนต่างๆ ดังนี้

- ส่วนที่ 1** ชุดระบบสกาตาดันแบบ
- ส่วนที่ 2 และ 3** ชุดรีเลย์ป้องกัน
- ส่วนที่ 4** ชุดเครื่อง CMC-356 Current-Voltage-Frequency-Phase generator ใช้สำหรับการสร้างสัญญาณทางไฟฟ้าให้กับชุดรีเลย์ป้องกันและสร้างสถานะการตัด/ต่อของเซอร์กิตเบรกเกอร์ชนิดแก๊ส SF₆ ให้กับระบบสกาตาดันแบบ

FEAT JOURNAL

January – June 2019 ; 5(1) : 12-21

ตารางที่ 3.1 เหตุการณ์จำลองข้อมูลจากรีเลย์ป้องกันที่ระบบสกาตาต้นแบบทำการอ่านและบันทึกไว้

Date	Time	Event message
24/12/2018	18:12:19	Cub no.01 Start signal from stage I>>>
24/12/2018	18:12:19	Cub no.01 Trip signal from stage I>>>, I1=36900, I2=750, I3=750, I0=0

ข้อมูลบันทึกเหตุการณ์จำลองข้อมูลจากรีเลย์ป้องกันจากตารางที่ 3.1 ระบุว่าวันที่ 24/12/2018 เวลา 18:12:19 เกิดเหตุการณ์รีเลย์ป้องกันทำการปลดโหลดของตู้แหล่งจ่ายไฟฟ้าขนาด 11 kV ตู้ที่ Cub no.01 เนื่องจากเกิดค่ากระแสไฟฟ้าลัดวงจรเกินกว่าค่าพิคกิ้งป้องกันที่เฟสที่ 1 ที่ค่ากระแส 36.9 กิโลแอมแปร์ (kA) แบบไม่มีเวลาหน่วง (Instantaneous Overcurrent)

การทดสอบการทำงานระบบสกาตาต้นแบบ จะทำการจำลองเหตุการณ์ตามขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 สร้างสถานะของตู้แหล่งจ่ายไฟฟ้าขนาด 11 kV ตู้ที่ Cub no.01 ที่สภาวะการทำปฏิกิริยาโดยใช้เครื่อง CMC-356 จ่ายค่ากระแสไฟฟ้าขนาด 750 แอมแปร์ 3 เฟส, ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าขนาด 11.02 กิโลโวลต์ 3 เฟส, ค่าความถี่ขนาด 50 เฮิรตซ์, ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าขนาด 0.87 ให้กับรีเลย์ป้องกันและสถานะการต่อของเซอร์กิตเบรกเกอร์ ทำการตรวจเช็คค่าการแสดงผลของระบบสกาตาต้นแบบที่หน้าจอแสดงผลตามรูปที่ 2.6

ขั้นตอนที่ 2 สร้างสถานะของตู้แหล่งจ่ายไฟฟ้าขนาด 11 kV ตู้ที่ Cub no.01 ที่สภาวะเหตุการณ์จำลองตามข้อมูลในตารางที่ 3.1 โดยใช้เครื่อง CMC-356 จ่ายค่ากระแสไฟฟ้าขนาด 36.9 กิโลแอมแปร์ ที่เฟสที่ 1 ให้กับรีเลย์ป้องกันและสถานะการตัดของเซอร์กิตเบรกเกอร์ ทำการตรวจเช็คการแสดงผลค่าการพยากรณ์ของระบบสกาตาต้นแบบ แสดงจำนวนครั้งการใช้งานมากที่สุดที่เหลืออยู่ของเซอร์กิตเบรกเกอร์ชนิดแก๊ส SF₆ ของตู้แหล่งจ่ายไฟฟ้าขนาด 11 kV ตู้ Cub no.01 ที่หน้าจอแสดงผลตามรูปที่ 2.6 หลังจากนั้นจ่ายค่ากระแสไฟฟ้าลัดวงจรขนาด 40.05 kA เข้าที่เฟสที่ 1 เพื่อทดสอบดูความต่อเนื่องในการทำงานของระบบสกาตา

4. ผลการทดสอบและอภิปรายผล

การจำลองเหตุการณ์การทดสอบระบบสกาตาต้นแบบในหัวข้อที่ 3 ขั้นตอนที่ 2 เพื่อดูผลการประมวลผลของระบบสกาตาในการพยากรณ์จำนวนครั้งการใช้งานมากที่สุดที่เหลืออยู่ของเซอร์กิตเบรกเกอร์ชนิดแก๊ส SF₆ ของตู้แหล่งจ่ายไฟฟ้าขนาด 11 kV ตู้ Cub no.01 โดยค่าการพยากรณ์ที่ได้ต้องเป็นไปตามค่าการคำนวณจากสมการ (2) และ (3) ตามลำดับดังนี้

ค่าการพยากรณ์ที่ได้เมื่อค่ากระแสขนาด 36.9 kA จากสมการ (2)

$$T = 1 \times 36.9^2 = 1,362$$

จากสมการ (2.3)

$$N = 10,000 - 1,362 = 8,638$$

หลังจากนั้นค่าการพยากรณ์ที่ได้ เมื่อค่ากระแสขนาด 40.05 kA จากสมการ (2)

$$T = 1 \times 40.05^2 = 1,604$$

จากสมการ (2.3)

$$N = 8,638 - 1,604 = 7,034$$

ผลการทดสอบระบบสภาคาด้านแบบด้วยการจำลองเหตุการณ์ตามขั้นตอนการทดสอบ การประมวลผลค่าการพยากรณ์ที่ได้จากระบบสภาคาด้านแบบ เมื่อกระแส 36.9 kA จำนวนครั้งการใช้งานจะลดลงเหลือ 8,638 ครั้ง ดังแสดงในรูปที่ 4.1 ตำแหน่ง 3 และเมื่อกระแส 40.05 kA เกิดซ้ำที่เฟสที่ 1 จะลดลงจาก 8,638 ครั้งเหลือ 7,034 ครั้ง ดังแสดงในรูปที่ 4.2 ตามลำดับ พบว่าระบบสภาคาด้านแบบสามารถแสดงผลค่าการพยากรณ์ได้อย่างถูกต้องเป็นไปตามค่าการคำนวณที่ได้จากสมการ

การนำแนวคิดการป้องกันความเสียหายของตู้แหล่งจ่ายไฟฟ้าขนาด 11 kV จากปัญหาเซอร์กิตเบรกเกอร์ชนิดแก๊ส SF₆ 12 kV/1600A-2500A/40 kA ด้วยการพยากรณ์อายุการใช้งานกับระบบใช้งานจริงของตู้แหล่งจ่ายไฟฟ้าขนาด 11 kV ที่ใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์ชนิดแก๊ส SF₆ จะเริ่มต้นค่าจำนวนครั้งการใช้งานมากที่สุดของแต่ละเฟสที่ 10,000 ครั้ง เมื่อเป็นเซอร์กิตเบรกเกอร์ตัวใหม่เริ่มถูกใช้งานครั้งแรก ในกรณีเซอร์กิตเบรกเกอร์ตัวที่กำลังใช้งานอยู่ในปัจจุบัน เพื่อให้ได้ค่าพยากรณ์อายุการใช้งานที่เหลืออยู่ถูกต้องมากที่สุดให้นำประวัติการทำงานของรีเลย์ป้องกันในสภาวะที่เกิดค่ากระแสไฟฟ้าลัดวงจรเกินกว่าค่าพิคตป้องกันที่ผ่านมา มาพิจารณา โดยนำค่ากระแสไฟฟ้าลัดวงจร ณ เหตุการณ์นั้นๆ นำไปคำนวณตามแนวคิดในหัวข้อที่ 2.3 และนำตัวเลขนับการใช้งานของเซอร์กิตเบรกเกอร์ ดังแสดงในรูปที่ 2.1 มาพิจารณาด้วย โดยถ้าค่าคำนวณที่ได้มีค่ามากกว่าตัวเลขนับ ให้พิจารณาใช้ตัวเลขนับในการแสดงบนหน้าจอแสดงผลและถ้ามีค่าน้อยกว่าให้พิจารณาใช้ตัวเลขจากการคำนวณ



รูปที่ 4.1 ค่าการพยากรณ์จากการทดสอบจำลองเหตุการณ์แบบเสมือนจริงที่กระแส 36.9 kA



รูปที่ 4.2 ค่าการพยากรณ์จากการทดสอบจำลองเหตุการณ์แบบเสมือนจริงที่กระแส 40.05 kA

5. สรุป

บทความนี้เสนอแนวคิดในการป้องกันความเสียหายของตู้แหล่งจ่ายไฟฟ้าขนาด 11 kV จากปัญหาเซอร์กิตเบรกเกอร์ชนิดแก๊ส SF₆ เกิดการเสื่อมสภาพของหน้าสัมผัส Main contacts และ Arcing contacts ในเซอร์กิตเบรกเกอร์ จากการใช้งาน ด้วยการใช้เทคโนโลยีด้านการควบคุมอัตโนมัติพัฒนาบนโปรแกรมสำเร็จรูประบบสภาคาด้านแบบระบบสภาคาด้านแบบมาใช้ในการพยากรณ์จำนวนครั้งการใช้งานมากที่สุดที่เหลืออยู่ของเซอร์กิตเบรกเกอร์ ด้วยการตรวจวัดสภาพในขณะที่กำลังใช้งานแบบต่อเนื่องจากการทดสอบระบบสภาคาด้านแบบด้วยการจำลองเหตุการณ์แบบเสมือนจริง พบว่าผลการทดสอบที่ได้ระบบสภาคาด้านแบบสามารถแสดงผลค่าการ

พยากรณ์ได้อย่างถูกต้องเป็นไปตามค่าที่ได้จากการคำนวณจากสมการที่ (2) และ (3) ตามลำดับ จากแนวคิดของบทความนี้ สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานกับเซอร์กิตเบรกเกอร์ชนิดแก๊ส SF₆ ที่กำลังใช้งานต่างๆ เพื่อลดโอกาสความเสียหายและความสูญเสียที่จะก่อให้เกิดผลกระทบได้

6. กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณท่านผู้บริหารบริษัท ฟินิกซ์ พัลพ แอนด์ เพเพอร์ จำกัด(มหาชน) ในเครือซีเมนต์ไทย ที่ให้คำแนะนำและอนุญาตให้ข้าพเจ้าใช้ข้อมูลของบริษัทประกอบในการดำเนินการจัดทำบทความในครั้งนี้ ขอขอบพระคุณ คุณภาณุพันธ์ สุนทรกุล บริษัทเอบีบี ในการสนับสนุนข้อมูลของผลิตภัณฑ์ และขอขอบพระคุณคณาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมพลังงาน มหาวิทยาลัยขอนแก่น ผู้ให้การสนับสนุนในด้านความรู้ด้านต่างๆ เพื่อใช้ประกอบในการดำเนินการจัดทำบทความในครั้งนี้

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] Group CBS Corporate Website [Internet]. Texas: GROUP CBS.Inc; [cited 2018 Feb 25]. Available from: <http://www.gcbsinventory.com/dimensions/PGV-100097-DIM.pdf>
- [2] สมทรง คูหาทอง. การประชุมประจำปีเดือนกรกฎาคม 2559 ฝ่ายบำรุงรักษา บริษัท ฟินิกซ์ พัลพ แอนด์ เพเพอร์ จำกัด (มหาชน) กลุ่มธุรกิจบรรจุภัณฑ์ ในเครือซีเมนต์ไทย; วันที่ 1 สิงหาคม 2559; ณ ห้องประชุม M1 ตึก Technical Building 2.
- [3] มงคล แก้วเสมา. คู่มือตารางและสูตรด้านวิศวกรรมไฟฟ้าและเครื่องกล [อินเทอร์เน็ต]. กรุงเทพฯ: งานสมาชิกสัมพันธ์ ศูนย์อนุรักษ์พลังงานแห่งประเทศไทย; [เข้าถึงเมื่อวันที่ 25 ก.พ. 2561], 85-6.
- [4] ABB Library [Internet]. Sweden: ABB Limited; [cited 2018 Feb 25]. Available from: <https://library.abb.com/en/results> “Live Tank Circuit Breakers Application Guide”.
- [5] ABB Library [Internet]. Finland: ABB Limited; [cited 2018 Feb 25]. Available from: <https://library.abb.com/en/results> “Product/REF 54_ Feeder Terminal”.
- [6] ABB Library [Internet]. Finland: ABB Limited; [cited 2018 Feb 25]. Available from: <https://library.abb.com/en/results> “Product/Voltage Protection REU615 Product Guide”.
- [7] ABB Library [Internet]. Finland: ABB Limited; [cited 2018 Feb 25]. Available from: <https://library.abb.com/en/results> “Product/ABB Feeder Protection Relay REF610”.