การออกแบบวงจรสวิทชิ่งความถี่ต่ำควบคุมโซลินอยด์วาล์ว ชุด Hydraulic Damper เพื่อลดความร้อนสะสมป้องกันเครื่องจักร Gas Turbine และ HRSG Trip

Design the switching technique with low frequency control the solenoid valve for reduced heat transfer of solenoid valve for protect gas turbine and HRSG trip

ปพณ สะอาดยวง[1] และสุรชาติ ลี้รากรีผล[2]

[1] สาขาเทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี E-mail:papolaj@gmail.com

[2] วิศวกรระดับ 9 กองบำรุงรักษารักษาโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม 3 ฝ่ายบำรุงรักษาโรงไฟฟ้าพระนครใต้ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย E-mail:sbpsrc@egat.or.th

บทคัดย่อ

บทความนี้ นำเสนอเทคนิคการแก้ปัญหาความร้อนที่สะสมในขดลวดโซลินอยด์ของโซลินอยด์วาล์วควบคุม Hydraulic Damper เดิม [1] โดยใช้เทคนิคสวิทช์ชิ่งความถี่ต่ำ ได้ทำการทดลองติดตั้งวิจัยเก็บข้อมูลที่โรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมพระนครใต้ หน่วยที่ 2 พบว่าทำให้ลดการใช้ลมจากปั้มลมหรืองจากลมจาก Service Air ที่ใช้ระบายความร้อนและพลังงานสูญเสียในขดลวดโซลินอยด์ ซึ่งเทคนิคนี้มุ่งเน้นแก้ปัญหาที่ต้นเหตุ โดยลดความร้อนสูงที่สะสมในขดลวดโซลินอยด์ของโซลินอยด์วาล์วนี้ได้จริงและสามารถป้องกัน Gas Turbine Trip จากปัญหา Hydraulic Damper ปิดตัวไม่ทันเนื่องจากโซลินอยด์วาล์วขัดตัว และ HRSG Trip จากขดลวดโซลินอยด์ที่ใช้ควบคุม Hydraulic Damper ไหม้

Abstract

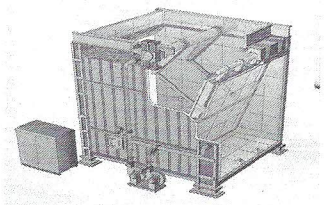
This article proposes a technique to solve the problem of heat transfer in solenoid coil of the solenoid valve controlling hydraulic damper [1] by using the switching technique with low frequency. With this experiment and research was collected data from South Bangkok Combined Cycle Power Plant II . Result from the new method can safe the energy loss in solenoild coil. This technique concentrates to solve the basic problem with reduced directly heat transfer in solenoild coil of the solenoild valve and protects completely gas turbine trip from the hydraulic damper closing failure and heat recovery steam generator (HRSG) trips from solenoid coil of hydraulic damper burned.

1 บทนำ

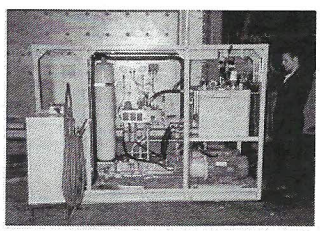
จากปัญหาที่เกิดกับชุด Hydraulic Damper ที่ใช้ในโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมในประเทศไทย (Combined Cycle Power Plant) แบ่งเป็น 2 ส่วนหลัก คือ (1) การขัดตัวของโซลินอยด์วาล์วที่ใช้ควบคุมการทำงานของชุด Hydraulic Damper เนื่องจากความร้อนสูงที่สะสมในขดลวดโซลินอยด์ของโซลินอยด์วาล์วส่งผลให้น้ำมัน Hydraulic บริเวณตัววาล์วมีอุณหภูมิสูงระยะเวลานานๆ ทำให้น้ำมัน Hydraulic เปลี่ยนสภาพเป็นลักษณะยางเหนียวแข็ง เป็นเหตุให้โซลินอยด์วาล์วขัดตัว เมื่อวาล์วมีการขยับตัวจึงไม่สามารถขยับตัวได้ และเมื่อ HRSG Trip จึงทำให้ Damper เปิดค้างและปิดตัวลงมาไม่ทันตามเวลาที่กำหนด ส่งผลให้ Gas Turbine Trip (2) ขดลวดโซลินอยด์ของโซลินอยด์วาล์วที่ใช้ควบคุมชุด Hydraulic Damper ไหม้ เนื่องจากความร้อนสูงที่สะสมในขดลวดโซลินอยด์ เป็นเหตุให้ HRSG Trip ซึ่งทำให้หน่วยงานสูญเสียโอกาสในการจ่ายกระแสไฟฟ้าทำให้สูญเสียรายได้อย่างมาก และยังส่งผลให้อายุใช้งานของ Gas Turbine และ HRSG สั้นลงอีกด้วย จึงได้ทำการศึกษาป้องกันโดยวิธีระบายความร้อนโดยใช้ลมจาก

Service Air มาระบายความร้อนและทำการ Exercise โซลินอยด์วาล์ว [1] ซึ่งพบว่าเป็นวิธีแก้ปัญหาที่ปลายเหตุ

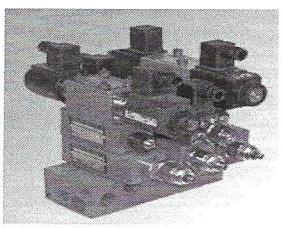
จึงได้ทำการพัฒนาออกแบบแก้ไขปรับปรุงและทำการทดลอง โดยเพิ่มวงจรสวิทช์ชิ่งความถี่ต่ำด้วยการออกแบบวงจรลดแรงดันใช้กับโซลินอยด์วาล์วขนาด 24 Volt โดยให้โซลินอยด์วาล์วรับแรงดันตรง 24 Volt ช่วงเวลาแรกซึ่งเป็นเวลาที่โซลินอยด์วาล์วเริ่มขยับตัวเปิด หลังจากนั้น 5 วินาที ให้ควบคุมที่แรงดัน 10 Volt แทน ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่โซลินอยด์วาล์ทำงานเปิดสุดแล้วโดยให้สามารถรักษาตำแหน่งวาล์วให้คงสภาวะนั้นตลอดเวลา ซึ่งโซลินอยด์วาล์วที่ทดลองนี้มีชื่อเรียกว่า " Drain Control Valve " และได้ทดลองเก็บข้อมูลก่อนและหลังการเพิ่มเติมชุดดังกล่าวที่โรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมพระนครใต้ หน่วยที่ 2 ซึ่งการทดลอง สามารถแก้ปัญหาดังกล่าวได้



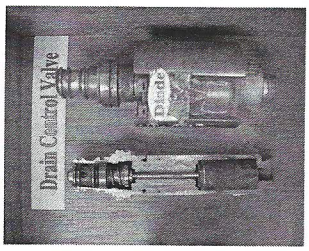
รูปที่ 1 Damper Unit ของบริษัท Wahlco



รูปที่ 2 ชุด Hydraulic Damper ควบคุมผ่านทาง DCS ของบริษัท ABB



รูปที่ 3 ชุดโซลินอยด์วาล์วที่ติดตั้งอยู่บน Hydraulic Unit



รูปที่ 4 โครงสร้างโซลินอยด์วาล์วของชุด HYDRAULIC DAMPER

2 ทฤษฎีและหลักการ

2.1 ชุด Hydraulic Damper

2.1.1 หลักการทำงานเบื้องต้น

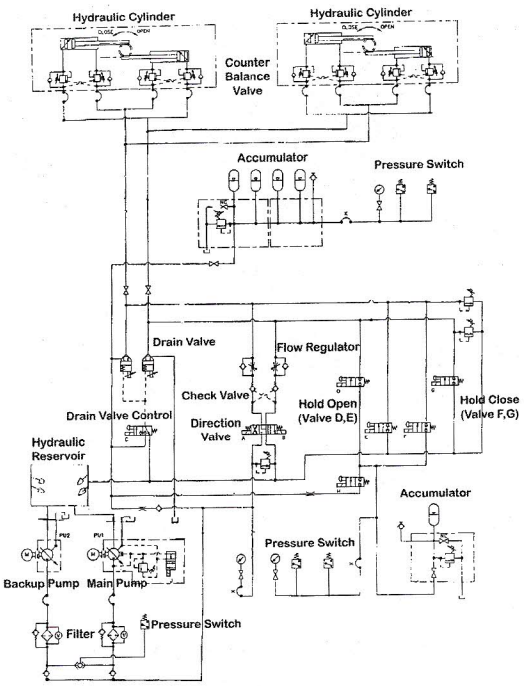
ชุด Hydraulic Damper เป็นชุดควบคุมการปิด-เปิด Damper เพื่อนำความร้อนจาก Exhaust Gas มาใช้ในขบวนการผลิตไอน้ำ ซึ่งการเปิด Damper จะเปิดเป็นช่วงเวลาเพื่อเพิ่มอุณหภูมิใน HRSG (Heat Recovery Steam Generator) ขึ้นอย่างพอเหมาะไม่ให้ Temperature Gradient เกินกว่าค่าที่กำหนดทำให้ไม่เกิด Thermal Stress ซึ่ง Thermal Stress นี้จะทำให้อายุการใช้งานของอุปกรณ์สั้นลง นอกจากนี้อุณหภูมิที่ค่อยๆ เพิ่มขึ้นนี้จะมีผลทำให้ความดันภายใน HRSG เพิ่มขึ้นอย่างเหมาะสมด้วย ตัวแปรที่ใช้ควบคุมการเปิด Damper ที่สำคัญประกอบด้วย Drum Pressure และ Exhaust Gas Temperature [2]

2.1.2 ฟังก์ชันการทำงาน

ฟังก์ชันการทำงานของชุด Hydraulic Damper แบ่งการทำงานได้ดังนี้คือ การเริ่มเปิด การเปิดสุด การเริ่มปิด การปิดสุด และการปิดฉุกเฉิน ซึ่งโซลินอยด์วาล์วที่มีหน้าที่เปิด-ปิดวงจรน้ำมันแต่ละตัวนั้นมีฟังก์ชั่นทำงานที่แตกต่างกันพิจารณารูปที่ 5

กรณีเกิดความผิดปกติในระบบบางอย่าง เช่น High Pressure Boiler Feed Pump Trip ระบบป้องกันจะทำงานตามฟังก์ชันที่ออกแบบไว้คือส่งสัญญาณให้ Damper ปิดตัวลงมาทันทีเพื่อป้องกันท่อภายใน HRSG ไม่ให้ได้รับความเสียหายจากความร้อนเกิน (Overheat) โดยมีสัญญาณสั่งให้ระบบ Hydraulic Damper เปิด Drain Control Valve จากนั้น Drain Valve จะเปิดตาม

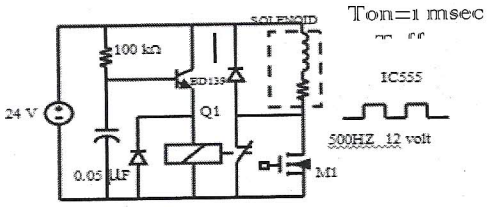
ทำให้น้ำมัน Hydraulic ที่สะสมอยู่ใน Accumulator ทั้งสี่ไหลเข้ากระบอกสูบตัว Damper ก็จะเคลื่อนที่อย่างเร็ว ซึ่งใช้เวลาไม่เกิน 40 วินาที ถ้า Drain Control Valve ขัดตัวจะส่งผลให้ Damper เปิดค้างไม่สามารถปิดภายในเวลา 40 วินาที ระบบป้องกันจะสั่ง Trip Gas Turbine ทันที หรือกรณีที่โซลินอยด์คอยล์ ของโซลินอยด์วาล์ว" Drain Control Valve" ไหม้ขาดวงจร ตัว Drain Control Valve และ Drain Valve จะเปิด ส่งผลให้น้ำมัน Hydraulic ที่สะสมอยู่ใน Accumulator ไหลผ่านวาล์วทั้งสองทำให้ Damper เคลื่อนปิดตัวลงมาทันที ส่งผลให้ HRSG Trip



รูปที่ 5 Flow Diagram ของ Hydraulic Damper

2.2 ชุดควบคุมโซลินอยด์วาล์ว Hydraulic Damper

2.2.1 หลักการเบื้องต้นวงจรควบคุมโซลินอยด์วาล์วของชุด Hydraulic Damper นี้ถูกออกแบบให้ควบคุมแรงดันที่ 24 Volt ช่วงเวลาแรกของการทำงานซึ่งเป็นช่วงเวลาที่โซลินอยด์วาล์วเริ่มเคลื่อนที่เปิด หลังจากนั้น 5 วินาทีให้ควบคุมแรงดันที่ 12 Volt เป็นช่วงเวลาที่โซลินอยด์วาล์วขยับตัวเปิดสุดแล้ว พิจารณารูปที่ 6 เมื่อป้อนแรงดันอินพุต 24 Volt ให้กับวงจรควบคุมที่เวลา t= +0 โซลินอยด์วาล์วจะได้รับแรงดัน 24 Volt โดยตรงผ่านทางหน้าสัมผัสปกติปิดของรีเลย์ เมื่อเวลาผ่านไปที่ t= +5 วินาที วงจรควบคุมทรานซิสเตอร์ Q1 ที่หน่วงไว้ก็จะสั่งให้รีเลย์ทำงาน หน้าสัมผัสของรีเลย์ปกติปิดก็จะเปิด มอสเฟต M1 ซึ่งทำงานอยู่แล้วก็จะควบคุมแรงดันของโซลินอยด์วาล์วแทนที่ 12 Volt โดยใช้ IC-555 เป็นตัวกำเนิดสัญญาณพลัสให้กับมอสเฟส M1โดยออกแบบที่ความถี่ 500 Hz



รูปที่ 6 วงจรสวิชท์ชิ่งควบคุมโซลินอยด์วาล์ว

3. การออกแบบวงจร

3.1 เงื่อนไขที่ต้องการและข้อมูลที่มีอยู่

1) แรงดันเดิมที่ใช้กับโซลินอยด์วาล์ว คือ 24 Volt

2) แรงดันที่ทำการทดสอบว่าสามารถรักษาโซลินอยด์วาล์วให้คงสภาวะเปิดสุดนั้นได้ทำการทดสอบโดยการจ่ายแรงดัน 24 Volt เพื่อให้โซลินอยด์วาล์วขยับตัวเปิดและเปิดสุดและทำการลดระดับแรงดันลงมาจนกระทั่งโซลินอยด์วาล์วไม่สามารถรักษาสภาวะเปิดนั้นได้ ที่แรงดันต่ำสุดคือ 8 Volt

3) ค่าแรงดันที่ต้องการในการออกแบบให้ควบคุมแทน 24 Volt หลังโซลินอยด์วาล์วเปิดสุด คือ 8 x 1.25 เท่ากับ 11 Volt (1.25 คือ ค่าที่เผื่อไว้ 25 % ของค่าแรงดันที่ได้จากการทดสอบ)

4) เลือกค่าแรงดันที่ต้องการควบคุมโซลินอยด์วาล์วให้คงสถานะเปิดหลังจากวาล์วเปิดสุดในที่นี่ คือ 12 Volt

3.2 วงจรไบอัสทรานซิสเตอร์

จากรูปที่ 7 คำนวณหาค่าหน่วงเวลาที่ทำให้รีเลย์ทำงาน

$I_b = (V_{cc} - V_{be}) / R_b$

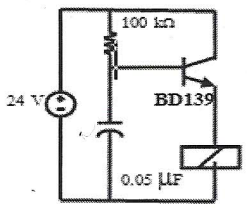
$I_b = (24\ V - 0.7\ V) / 100\ k\Omega = 0.23\ mA$

$I_c = \beta\ I_b = 100 \times 0.23\ mA = 23\ mA$

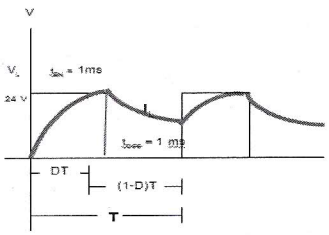
$V_{ce} = V_{cc} - I_c \cdot R_c = 24\ V - (23\ mA \times 0) = 24\ V$

ค่าหน่วงเวลาที่ทำให้รีเลย์ทำงาน (ต้องการหน่วง 5 Sec

Time Constant (τ) = Rb x C 1 (τ) - 100 kΩ x 0.05 μF = 5 Sec



รูปที่ 7 วงจรไบอัสทรานซิสเตอร์

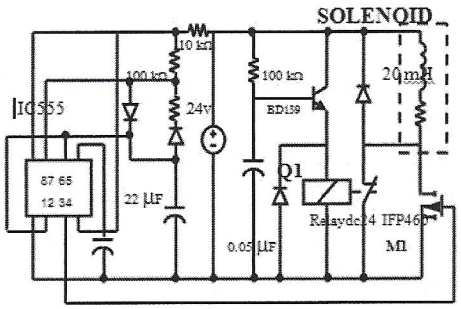


$V_L = 1/T_0 \int^T V_L(t)\,dt = 1/T_0 \int^{DT} VS(t)\,dt = VS \times D$

รูปที่ 8 กระแสและแรงดันที่ตกคร่อมขดลวดโซลินอยด์

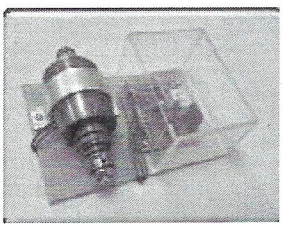
3.3 วงจรสวิชท์ชิ่งความถี่ต่ำใช้งานมอสเฟต M1

การเลือกความถี่สวิชท์ชิ่งที่ใช้ในการออกแบบต้องการให้กระแส ไหลผ่านโซลินอยด์วาล์วต่อเนื่อง ค่าขดลวดโซลินอยด์วาล์วที่ใช้มีค่า R = 20 Ω , L = 20 mH จากรูปที่ 8 คำนวณหาค่าความถี่ที่ใช้งาน เมื่อ Vs (แรงดันแหล่งจ่าย) = 24 V และ Vo (แรงดันเอาท์พุทที่ต้องการ) = 12 V ; Duty Ratio (D) = Vo / Vs = 12 / 24 = 0.5 = 50 % ; τ =L / R = 20 Ω / 20 mH = 0.001 Sec L รับพลังงานและคายพลังงานหมดใช้เวลาประมาณ 5 τ = 5 mSec ความถี่ที่เหมาะสมใช้งาน = D (1/ τ) = 0.500 x (1/ 0.001) = 500 Hz; T= 1/f = 1/500 = 2. mSec ; t_{on} = 0.5 x 2 = 1 mSec ; t_{off} = (1-0.5) x 2 = 1 mSec; $D=t_{on}/T = t_{on}/t_{on}+t_{off}$



รูปที่ 9 วงจรสวิชท์ชิ่งใช้งานควบคุมโซลินอยด์วาล์ว

3.4 ชิ้นงานต้นแบบ

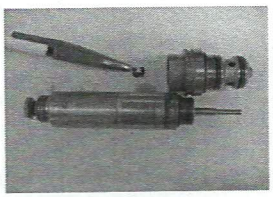


รูปที่ 10 ชิ้นงานต้นแบบชุดควบคุมโซลินอยด์วาล์ว

4 ข้อมูลความถี่ของปัญหาที่เกิด

4.1 ปัญหา Gas Turbine Trip จากการขัดตัวของโซลินอยด์วาล์วสาเหตุของปัญหาคือ น้ำมัน Hydraulic ที่ใช้อยู่เป็นน้ำมันทนไฟประเภทน้ำมันที่มีน้ำผสมไกลคอล น้ำมันประเภทนี้ประกอบด้วยน้ำ 35-40 % เพื่อเป็นสารต้านทานการติดไฟ ไกลคอลและสารประกอบจากน้ำที่เป็นยางเหนียวทำให้เกิดดความหนืด [4] ดังนั้นเมื่อน้ำมัน Hydraulic บริเวณ โซลินอยลวาล์วมีอุณหภูมิสูงจะทำให้น้ำที่ผสมในน้ำมันระเหย ไอน้ำมันบริเวณดังกล่าวจะกลายสภาพเป็นยางเหนียวแข็งดังรูปที่ 11 ไปอุดทางการเคลื่อนที่ของ Drain Control Valve เป็นเหตุให้วาล์วขัดตัว เมื่อ HRSG Trip ส่งผลทำให้ Gas Turbine Trip

4.2 ปัญหา HRSG Trip เนื่องจากขดลวดโซลินอยด์ของโซลินอยด์วาล์วชุด Hydraulic Damper ไหม้ สาเหตุของปัญหาคือ อุณหภูมิในตัวขดลวดโซลินอยด์สูงสะสมเป็นเวลานานๆ ทำให้ฉนวนของขดลวดเสื่อมสภาพ อายุการใช้งานสั้นลงและในที่สุดขดลวดโซลินอยด์จึงไหม้และขาดวงจรส่งผลให้ HRSG Trip

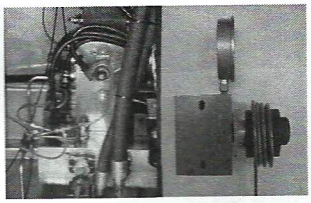


รูปที่ 11 ความร้อนสูงสะสมในขดลวดโซลินอยด์ทำให้เกิดคาบยางเหนียวเป็นผลให้วาล์วขัดตัว

5 การวิจัยและทดลอง

5.1 หลักการเดิม

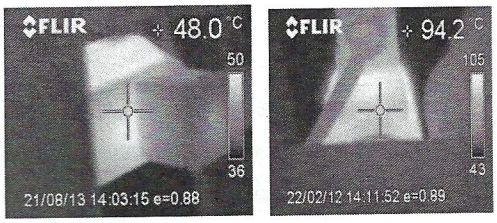
5.1.1 เพิ่มชุดระบายความร้อนและเพิ่มฟังก์ชันการ Exercise โซลินอยด์วาล์ว ทำการแก้ไขโดยเพิ่มเติมชุดระบายความร้อนโดยใช้ท่อขนาด ¼ นิ้ว ขดรอบขดลวดโซลินอยด์และทำการเจาะรูรอบๆท่อที่ขดรอบขดลวดโซลินอยด์ จากนั้นใช้ลมที่ต่อจาก Service Air ไปเป่าขดลวดโซลินอยด์ซึ่งส่งผลทำให้อุณหภูมิของขดลวดโซลินอยด์ลดลงจาก 120 ° C เหลือ 54° C สำหรับโซลินอยด์วาล์วขนาด 230 Volt และลดลงจาก 94° C เหลือ 48° C สำหรับโซลินอยด์วาล์วขนาด 24 Volt และทำการเพิ่มฟังก์ชั่นการ Exercise วาล์วควบคุม (Drain Control Valve) โดยทำการ Exercise ทุก ๆ วันที่ 1 ของเดือน ขณะที่ขบวนการผลิตกระแสไฟจ่ายโหลดให้กับระบบ เพื่อป้องกันและตรวจสอบการขัดตัวของโซลินอยด์วาล์ว ซึ่งส่งผลให้สามารถแก้ปัญหาโซลินอยด์วาล์วขัดตัว ข้อเสียคือสิ้นเปลืองพลังงานจาก Service Air ที่ใช้ระบายความร้อน และมีความยุ่งยากต่อการนำท่อ Service Air เข้าใช้งาน ดังรูปที่ 12



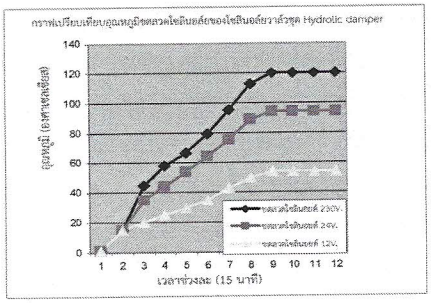
รูปที่ 12 ชุดระบายความร้อนขดลวดโซลินอยด์วาล์วควบคุมชุด Hydraulic Damper

5.2 หลักการใหม่

5.2.1 เพิ่มเติมวงจรสวิชท์ชิ่งความถี่ต่ำควบคุมโซลินอยด์วาล์วเมื่อนำวงจรสวิชท์ชิ่งความถี่ต่ำเข้าใช้งานโดยทดลองใช้กับโซลินอยด์วาล์วที่มีชื่อเรียกว่า “ Drain Control Valve “ ตั้งแต่ 1 ธันวาคม 2545 ถึง สิงหาคม 2546 สามารถลดอุณหภูมิจาก 94° C เหลือ 48° C สำหรับโซลินอยด์วาล์วขนาด 24 Volt โดยผลที่ได้รับเหมือนกับข้อ 5.1.1 ข้อดีคือประหยัดพลังงานสิ้นเปลืองจาก Service Air และสามารถแก้ปัญหา Gas Turbine Trip จากปัญหาดังกล่าวได้อย่างสมบูรณ์ โดยเก็บข้อมูลทำการเปรียบเทียบระหว่างโซลินอยด์วาล์วที่รับแรงดันไฟฟ้าโดยตรงต่อเนื่อง 230 Volt และ 24 Volt เทียบกับโซลินอยด์วาล์วที่มีวงจรสวิชท์ชิ่งที่ลดแรงดันจาก 24 Volt เหลือ 12 Volt หน่วงเวลา 5 วินาที ดังรูปที่ 13 และรูปที่ 14



รูปที่ 13 อุณหภูมิของขดลวดโซลินอยด์ 24 Volt เทียบกับลวดโซลินอยด์ที่ผ่านวงจรสวิชท์ชิ่งที่ควบคุมที่ 12 Volt



รูปที่ 14 อุณหภูมิของขดลวดโซลินอยด์ 230 Volt และ 24 Volt เทียบกับขดลวดโซลินอยด์ที่ผ่านวงจรสวิชท์ชิ่งควบคุมที่ 12 Volt

6. ข้อมูลหลังเพิ่มเติมวงจรสวิชท์ชิ่งความถี่ต่ำ

6.1 ปัญหา Gas Turbine Trip โซลินอยด์วาล์วขัดตัว

เก็บข้อมูลตั้งแต่เดือนธันวาคม พ.ศ.2556 ถึงเดือนสิงหาคม 2557 ไม่มีเหตุการณ์ที่ Gas Turbine Trip จากความล้มเหลวจากการปิดของ Damper เนื่องจากโซลินอยด์วาล์ขัดตัว หลังจากที่เพิ่มเติมวงจรสวิชท์ชิ่งความถี่

ต่ำเข้าใช้งานอุณหภูมิลดลงเหลือจาก 94. °C เหลือ 48 °C สำหรับโซลินอยด์วาล์วขนาด 24 Volt และทำให้ประหยัดพลังงานสิ้นเปลืองลมจาก Service Air ที่ใช้ระบายความร้อนด้วย

7. สรุปผลการทดลอง

1. หลังจากนำวงจรสวิชท์ชิ่งความถี่ต่ำที่ออกแบบไว้เข้าใช้งาน โดยควบคุมแรงดันที่ 24 Volt ช่วงแรกหลังจากนั้น 5 วินาทีให้ควบคุมแรงดันที่ 12 Voltแทนนั้น สามารถควบคุมการทำงานชุด Hydraulic Damper ได้ปกติ ไม่กระทบต่อระบบการผลิตกระแสไฟฟ้า ซึ่งผลดีที่ลดระดับแรงดันลงเพื่อควบคุมโซลินอยด์วาล์ว 12 Volt นี้ช่วยให้อุณหภูมิสะสมที่ขดลวดโซลินอยด์ลดลงเหลือ 45°C เปรียบเทียบกับโซลินอยด์วาล์วที่ควบคุมแรงดัน 24 Volt ต่อเนื่องซึ่งอุณหภูมิสะสมสูงถึง 85 °C และเทียบกับหลักการเดิมที่ใช้ Service Air มาระบายความร้อนให้กับขดลวดโซลินอยด์วาล์ว ผลดีคือประหยัดพลังงานสิ้นเปลืองของ Service Air และลดความยุ่งยากในการติดตั้งและตรวจสอบท่อ Service Air

2. สามารถแก้ปัญหา Gas Turbine Trip จากการปิดของชุด Hydraulic Damper เนื่องจากโซลินอยด์วาล์วขัดตัว และแก้ปัญหา HRSG Trip จากขดลวดโซลินอยด์ของโซลินอยด์วาล์วควบคุมชุด Hydraulic Damper ไหม้ เนื่องจากความร้อนสูงสะสมในขดลวดโซลินอยด์วาล์วได้ และยืดอายุการใช้งานของเครื่องจักร Gas Turbine และ HRSG ทำให้หน่วยงานประหยัดค่าใช้จ่ายและทำให้สามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับระบบได้ต่อเนื่อง

8. เอกสารอ้างอิง

[1] Somporn Tiramatsatian, Banlue Boonporn, " Meeting of Combined Cycle Power Plant for Asean Mumber Countries " Tab12, December 13-15,2000

[2] _____, " Operating Instruction, South Bangkok Combined Cycle Power Plant II, Electricity Generating Authority of Thailand" Volume 2, 1997

[3] _____, " Instruction Book for Heat Recovery Steam Generator, South Bangkok Combined Cycle Plant II, Electricity Generating Authority of Thailand " Volume 2/6 , 1995, Cockerill Mechanical Industries.

[4] ประเสริฐ เทียนนิมิตร, ขวัญชัย สินทิพย์, ปานเพชร ชินินทร, "เชื้อเพลิงและสารหล่อลื่น" หน้า 300, บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด.