TIRATHAI JOURNAL

www.tirathai.co.th

ปีที่ : 1 ฉบับที่ 3
เมษายน 2555

VAPOR PHASE DRYING

เทคโนโลยีการอบแห้งระบบ Vapor Phase

Monitoring the Drying Process of Power Transformers Using Dielectric Response Analysis

การพัฒนาระบบตรวจจับเหตุการณ์สายจ่ายไฟฟ้าขาดด้วยวิธีวัดกระแสสาย : กรณีศึกษาสายไฟทางด้านโหลดมีการสัมผัสดิน

สายส่งไฟฟ้า-สายใยมิตรภาพสองฝั่งโขง

เรื่องที่มหาวิทยาลัยไม่เคยสอน

ย้อนรอยบรรพชนล้านนา " หมู่เฮาจาวลัวะเน้อ "

ISSN 2286-6108

หมายเหตุบรรณาธิการ (Editor's Note)

กระบวนการอบแห้งชิ้นส่วนประกอบของแกนเหล็กกับขดลวด หรือ Active part เป็นกระบวนการที่มีความสำคัญยิ่งกระบวนการหนึ่งในการผลิตหม้อแปลงไฟฟ้า มีเป้าหมายเพื่อไล่ความชื้นที่อยู่ใน Active part ออกมา โดยเฉพาะจากส่วนฉนวนที่ผลิตจากวัสดุประเภทฉนวนแข็ง

ในการผลิตหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง กระบวนการอบแห้งในระบบ Vapor Phase นับเป็นเทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพและได้รับการยอมรับมากที่สุด Tirathai Journal ฉบับนี้ จึงขอนำเสนอข้อเขียนเกี่ยวกับเทคโนโลยีการอบแห้งระบบ Vapor Phase ของคุณเอกชัย ตั้งบุญธินา ตามด้วย การเฝ้าติดตามกระบวนการอบแห้งสำหรับหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง โดยวิธีการวิเคราะห์การตอบสนองของฉนวนไฟฟ้า (Monitoring the Drying Process of Power Transformers Using Dielectric Response Analysis) ซึ่งเป็นต้นฉบับภาษาอังกฤษ ของ Stephanie Raetzke, Maik Koch และ Martin Anglhuber

คอลัมน์ คนไฟฟ้า ฉบับนี้ได้รับเกียรติจาก คุณคำผุย จีราระรื่นศักดิ์ กรรมการผู้จัดการ บริษัท ไฟฟ้าน้ำงึม 2 จำกัดและอดีตรองผู้ว่าการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ที่กรุณาย้อนอดีตให้พวกเราทราบถึงการเชื่อมโยงสายส่งไฟฟ้าประวัติศาสตร์ระหว่างไทยกับลาวจากความมีน้ำใจและวิสัยทัศน์อันยาวไกลของ ดร.บุญรอด บิณฑสันต์ เมื่อเกือบห้าสิบปีที่แล้วเพื่อเป็นการแสดงมุทิตาคารวะต่อคุณูปการของท่านในวาระที่ท่านมีอายุครบ 100 ปี ในปีนี้

คอลัมน์ ครูไฟฟ้า นำเสนอกางเกงสำหรับป้องกันอันตรายจากกระแสไฟฟ้ารั่ว ซึ่งนำเสนอทั้งหลักทฤษฎี การทดลองและการวิเคราะห์ผลโดยอาจารย์บุญเหนือ พึ่งศิริ กับคณะ

สำหรับคอลัมน์ Non-Engineering ที่เหลือยังคงน่าสนใจยิ่งไม่ว่าจะเป็น เรื่องที่มหาวิทยาลัยไม่เคยสอน ในคอลัมน์บริหารนอกตำรา, ย้อนรอยบรรพชนล้านนา "หมู่เฮาจาวล้ัวะเน้อ" ในคอลัมน์ ย้อนรอยหม้อแปลง หรือ งานได้ผล คนเป็นสุข ในคอลัมน์ ถิรไทยกับสังคม

เจ้าของ : บริษัท ถิรไทย จำกัด (มหาชน)
516/1 หมู่ 4 นิคมอุตสาหกรรมบางปู
ตำบลแพรกษา อำเภอเมือง
จังหวัดสมุทรปราการ 10280

ที่ปรึกษา : สัมพันธ์ วงษ์ปาน
อุปกรม ทวีโภค
สุนันท์ สันติโชตินันท์

บรรณาธิการ : ณรงค์ฤทธิ์ ศรีรัตโนภาส

กองบรรณาธิการ : ยศกร บุรกรรมโกวิท
อวยชัย ศิริวจนา
สมศักดิ์ คูอมรพัฒนะ
เฉลิมศักดิ์ วุฒิเศลา
สาเรศ ดีภาพร
รัฐพล เกษมวงศ์จิตร
สุพรรณี ศึกษา
ศิรินทร์ภรณ์ หลาบหนองแสง

ศิลปกรรมและจัดพิมพ์ : บริษัท โฟร์ฮันเดรท จำกัด

ในฉบับ
CONTENTS

วิศวกรรมไฟฟ้า / Electrical Engineering 02-26

เทคโนโลยีการอบแห้งระบบ Vapor Phase : เอกชัย ตั้งบุญธินา
MONITORING THE DRYING PROCESS OF POWER TRANSFORMERS USING DIELECTRIC RESPONSE ANALYSIS : Dr.-Ing. Stephanie Raetzke, Dr.-Ing. Maik Koch, Dipl.-Ing. Martin Anglhuber
การประเมินสภาพการใช้งานหม้อแปลงกำลัง : ร.ต.ดร.โตศักดิ์ ทัศนานุตริยะ
BUCHHOLZ RELAY : ศิริพงศ์ ชัยปรีดาสถาพร

คนไฟฟ้า / Celebrity's Writing 27-29

สายส่งไฟฟ้า-สายใยมิตรภาพสองฝั่งโขง : คำผุย จีราระรื่นศักดิ์

ครูไฟฟ้า / Guru's Writing 30-34

กางเกงสำหรับป้องกันอันตรายจากกระแสไฟฟ้ารั่ว : บุญเหนือ พึ่งศิริ, ธวัชชัย สอนสนาม, กนกพรรณ วิระบุตร์และ ศุภกิตติ์ โชติโก

วิทยานิพนธ์เด่น / Recommended Thesis 35-43

การพัฒนาระบบตรวจจับเหตุการณ์สายจ่ายไฟฟ้าขาดด้วยวิธีวัดกระแสสาย
กรณีศึกษาสายไฟทางด้านโหลดมีการสัมผัสดิน : อณัณตชัย พงศ์ถาวรสวัสดิ์

บริหารนอกตำรา / Beyond Management School 44-50

เรื่องที่มหาวิทยาลัยไม่เคยสอน : ณรงค์ฤทธิ์ ศรีรัตโนภาส

ย้อนรอยหม้อแปลง / Along the Transformer Site 51-55

ย้อนรอยบรรพชนล้านนา "หมู่เฮาจาวล้วะเน้อ" : ตามตะวัน

ถิรไทยกับสังคม / Tirathai & Society 56-60

งานได้ผลคนเป็นสุข : อวยชัย ศิริวจนา

ข้อเขียนและรูปภาพทั้งหมดใน Tirathai Journal ฉบับนี้ไม่สงวนลิขสิทธิ์
สำหรับท่านที่ต้องการนำไปเผยแพร่ต่อโดยไม่มีวัตถุประสงค์ทางการค้า ท่านไม่จำเป็นต้องขออนุญาตเรา
แต่หากท่านจะแจ้งให้เราทราบบ้างว่าท่านนำไปเผยแพร่ต่อที่ใด ก็จักเป็นพระคุณยิ่ง

วิศวกรรมไฟฟ้า
Electrical Engineering

เอกชัย ตั้งบุญธินา

เทคโนโลยีการอบแห้งระบบ Vapor Phase

การเสื่อมคุณภาพของฉนวนที่เป็นองค์ประกอบสำคัญของชิ้นส่วนหลักในหม้อแปลงไฟฟ้าเป็นสิ่งที่นำไปสู่การลดความสามารถในการทนต่อความเครียด (Stress) ทางกลและทางไฟฟ้าของฉนวน ซึ่งเป็นปัจจัยหลักในการนำไปสู่ความล้มเหลวของหม้อแปลงไฟฟ้า โดยทั่วไปแล้วสิ่งที่ทำให้การเสื่อมคุณภาพของฉนวนเกิดขึ้นได้ในอัตราที่รวดเร็ว คือ ความชื้น (Moisture) ที่อยู่ในเนื้อฉนวน

การดำเนินการอบแห้งชิ้นส่วนประกอบของแกนเหล็กกับขดลวด (Core winding assembly) หรือ แอคทีฟพาร์ท (Active part) จึงเป็นกระบวนการที่มีความสำคัญอย่างยิ่งในการผลิตหม้อแปลงไฟฟ้า กระบวนการนี้เป็นกระบวนการที่มีเป้าหมายในการไล่ความชื้นที่อยู่ในแอคทีฟพาร์ทออกมา โดยเฉพาะจากส่วนฉนวนที่ผลิตจากวัสดุประเภทฉนวนแข็ง เช่น กระดานแข็ง (Press board), กระดาษ (Paper), ไม้ รวมทั้งเทปฉนวน (Insulation tape)

ในการผลิตหม้อแปลงไฟฟ้าชนิดหม้อแปลงน้ำมัน (Oil filled transformer) ฉนวนแข็งที่อยู่รอบๆ ขดลวดต้องถูกอบแห้งไล่ความชื้นก่อนเติมน้ำมันหม้อแปลง การอบแห้งไล่ความชื้นนี้สามารถกระทำได้หลายวิธี วิธีการดั้งเดิมคือการให้อากาศร้อน (Hot air) ไหลวนรอบแอคทีฟพาร์ทในภาวะของสุญญากาศ ที่เรียกว่า Hot Air Vacuum (HAV) drying

ในการผลิตหม้อแปลงไฟฟ้าขนาดเล็กสำหรับระบบจัดจำหน่าย (Distribution Transformer) อาจทำได้โดยวิธีการจ่ายกระแสไฟความถี่ต่ำเข้าไปในขดลวดทำให้เกิดความร้อนในขนาดที่เหมาะสมเพื่อไล่ความชื้น วิธีการนี้เรียกว่า Low-Frequency Heating (LFD)

แต่ในการผลิตหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังขนาดใหญ่ (Power Transformer) วิธีการที่ใช้กันโดยทั่วไป คือการใช้ไอระเหยของของเหลวประเภทโซลเวนท์ (Solvent) ไปกลั่นตัวที่แอคทีฟพาร์ทที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า ข้อได้เปรียบของกระบวนการนี้ คือ เป็นกระบวนการที่ดำเนินไปภายใต้ภาวะความดันต่ำและไม่เกิดผลกระทบจากก๊าซออกซิเจนกระบวนการนี้เรียกว่า Vapor - phase Drying (VPD)

1. หลักการทำงานพื้นฐานของ Vapor Phase Drying (VPD)

โดยทั่วไปแล้ว VPD เป็นระบบที่เหมาะสำหรับการอบแห้งแอคทีฟพาร์ทของหม้อแปลงไฟฟ้าขนาดใหญ่และแรงดันสูงถึง 110 KV หรือมากกว่า รวมทั้งหม้อแปลงพิเศษอื่นๆ

พื้นฐานการทำงานของ VPD เคโรซีน (Kerosene) ซึ่งเป็นโซลเวนท์ประเภทไฮโดรคาร์บอน จะถูกให้ความร้อนและระเหยในภาวะสุญญากาศจนเกิดเป็นไอ (Vapor) อุณหภูมิสูง ไอของเคโรซีนนี้จะกลั่นตัว (condense) เมื่อสัมผัสกับผิวของชิ้นงานหรือแอคทีฟพาร์ท (Active Part) ที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า การกลั่นตัวของไอเคโรซีนนี้จะมีการคายความร้อนแฝง (Latent heat) ออกมาประมาณ 306.6 KJ/Kg ความร้อนแฝงนี้จะทำให้อุณหภูมิของแอคทีฟพาร์ทสูงขึ้น ส่งผลให้ความชื้นในเนื้อฉนวนเกิดการเปลี่ยนสถานะเป็นไอ ภายหลังจากการถ่ายเทความร้อนแฝงออกมาเคโรซีนที่อยู่ในสภาวะของเหลวจะถูกหมุนเวียนกลับไปที่อีวาพอเรเตอร์ (Evaporator) เพื่อให้ความร้อนจนกลายเป็นไอและส่งผ่านเข้ามาที่แอคทีฟพาร์ทอีกครั้ง ดังนั้นแอคทีฟพาร์ทจะมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ในขณะเดียวกันความชื้นที่อยู่ในชิ้นงานจะระเหยกลายเป็นไออย่างต่อเนื่องเช่นกัน ไอน้ำที่ระเหยออกมาจะถูกดึงออกจากเตาอบ (Autoclave) เพื่อให้การอบแห้งสมบูรณ์

2. ข้อกำหนดสำหรับโซลเวนท์ที่ใช้ในระบบ VPD

คุณสมบัติของโซลเวนท์ ที่ใช้ในระบบการอบแห้ง VPD มีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งทั้งในด้านประสิทธิภาพการใช้งานและความปลอดภัย ซึ่งต้องเป็นไปตามเงื่อนไขต่อไปนี้

- ความดันไอของโซลเวนท์ที่ใช้ต้องต่ำกว่าความดันไอของน้ำ เนื่องจากประสิทธิภาพการอบแห้งฉนวนจะขึ้นอยู่กับความแตกต่างระหว่างความดันไอของน้ำ (ความชื้น) และความดันแวดล้อม (ความดันไอของโซลเวนท์) *
- ความร้อนแฝงของการกลั่นตัวของโซลเวนท์ควรมีค่ามากที่สุดเท่าที่เป็นไปได้
- โซลเวนท์ต้องไม่มีคุณสมบัติที่ทำให้อายุการใช้งานฉนวนแข็งลดลง
- โซลเวนท์ที่ถูกเลือกใช้สำหรับกระบวนการ VPD คือ เคโรซีน

* ที่ความดันสูงกว่า 30 mbar ประมาณของความชื้นที่จะถูกดึงออกมาจากเนื้อฉนวนจะอยู่ในลักษณะของ Laminar Flow ซึ่งอธิบายได้ตามสมการของ Hagen-Poiseuille คือ

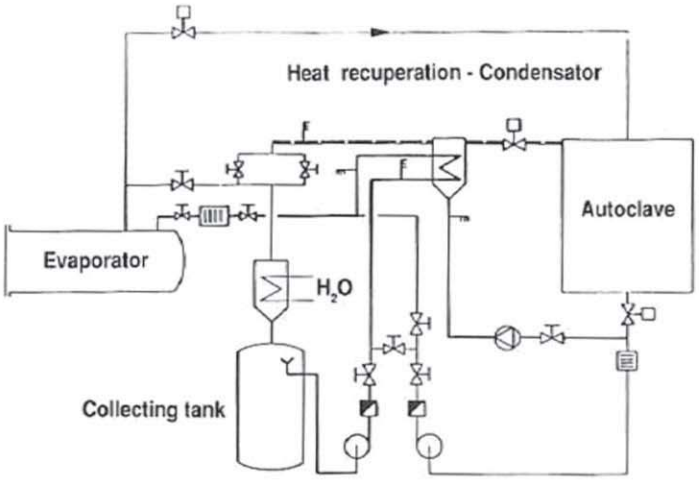
$$G = f \frac{d^2 \gamma}{32 \nu} \cdot \frac{(P_i - P_a)}{g\, l}$$

where
- G = moisture extraction rate in kg/h
- f = sum of all pore cross-sections in m^2
- d = mean pore diameter in m
- γ = specific gravity of vapour in kg/m^3
- ν = viscosity of vapour in kg h/m^2
- I = mean pore length in m
- g = acceleration due to gravity in m/s^2
- $P_i - P_a$ differential pressure in N/m^2

3. ส่วนประกอบของระบบอบแห้ง VPD

ส่วนประกอบหรืออุปกรณ์พื้นฐานของระบบอบแห้งแบบ VPD (ดูรูปที่ 1) ประกอบด้วย

- ระบบการระเหยหรืออีวาพอเรเตอร์ (Evaporating System)
- ระบบการกลั่นตัว (Condensation System)
- เตาอบ (Autoclave)
- ระบบการทำสุญญากาศ (Vacuum System)
- ระบบการสูบสารโซลเวนท์ (เคโรซีน) (Solvent Pumping System)
- ระบบการให้ความร้อนสำหรับอีวาพอเรเตอร์และเตาอบ (Heating System for Evaporator and Autoclave)



รูปที่ 1

1. ระบบการระเหยหรืออีวาพอเรเตอร์ (Evaporating System)

เคโรซีนในสถานะของเหลวจะถูกให้ความร้อนจนกลายเป็นไออุณหภูมิสูงภายใต้สภาวะสุญญากาศ กระบวนการนี้เกิดขึ้นภายในอุปกรณ์ที่เรียกว่าอีวาพอเรเตอร์ (Evaporator) ซึ่งเป็นอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (Heat exchanger) โดยได้ความร้อนจากน้ำมันร้อน (Hot Oil) หรือโดยวิธีการอื่นไอเคโรซีนอุณหภูมิสูงจะไหลเข้าสู่เตาอบเพื่อให้ความร้อนกับแอคทีฟพาร์ท

หมายเหตุ: อีวาพอเรเตอร์ที่ใช้สำหรับระบบ VPD มีหลายลักษณะที่นำมาแสดงตามโครงสร้างในแบบภาพตามรูปที่ 1 เป็นชนิดที่เรียกว่า Single Chamber (ดูรูปที่ 2)

รูปที่ 2

2. ระบบการกลั่นตัว (Condensation System)

ระบบนี้จะเปลี่ยนเคโรซีนและความชื้นที่อยู่ในสภาวะของไอ (Vapor) ที่ถูกดึงออกมาจากเตาอบให้กลายเป็นเคโรซีนและน้ำในสภาวะของเหลว (Liquid) ระบบนี้ต้องมีขนาดที่เหมาะสมเพียงพอแก่การอบแห้งและความปลอดภัย (ดูรูปที่ 3)

รูปที่ 3

3. เตาอบ (Autoclave)

โดยทั่วไปจะเป็นตู้ทึบมีประตู เปิด-ปิดสำหรับนำแอคทีฟพาร์ทไปวางไว้เพื่ออบแห้ง (ดูรูปที่ 4) ด้วยเหตุผลทางด้านความปลอดภัยและด้านสมรรถนะการอบแห้งที่เหมาะสมจึงต้องมีการกำหนดค่าการรั่วซึม (Leakage rate) ที่ยอมรับได้เอาไว้ คุณภาพการอบแห้งที่เหมาะสมจะขึ้นอยู่กับความสามารถของระบบการให้ความร้อน ที่เพียงพอในการรักษาอุณหภูมิการอบแห้งตามที่กำหนดไว้ตลอดกระบวนการอบแห้ง

รูปที่ 4

4. ระบบการทำสุญญากาศ (Vacuum System)

เป็นระบบที่มีความสำคัญในการทำให้ได้คุณภาพการอบแห้งที่ดี ขนาดของระบบการทำสุญญากาศที่เหมาะสมพิจารณาจาก

- น้ำหนักของฉนวน
- น้ำหนักของแอคทีฟพาร์ท
- ขนาดความจุของเตาอบ

คุณลักษณะของเครื่องสูบสุญญากาศ (Vacuum pump) ต้องมีความเหมาะสมกับชนิดและปริมาณของเคโรซีน (ดูรูปที่ 5)

5. ระบบการสูบสารโซลเวนท์ (Solvent pumping system)

ระบบนี้เป็นระบบหลักของกระบวนการ VPD ถ้าเกิดความขัดข้องขึ้นในระบบนี้จะทำให้เกิดความล้มเหลวต่อเนื่องไปทุกระบบ สิ่งที่มีความสำคัญสูงสุดสำหรับการควบคุมระบบนี้คือ

- ความเชื่อถือได้สูงของการปฏิบัติงาน (High operational reliability)
- ค่า NPSHต่ำ (Low Net Positive Suction Head)
- การรั่วซึมของระบบ
- ต้องการการบำรุงรักษาต่ำสุด

เครื่องสูบที่เป็นอุปกรณ์หลักของระบบต้องได้รับการออกแบบเป็นพิเศษเพื่อให้สามารถมั่นใจว่าจะไม่เกิดปัญหาขึ้นกับระบบนี้

รูปที่ 5

6. ระบบการให้ความร้อนสำหรับ อีวาพอเรเตอร์และเตาอบ (Heating System for Evaporator and autoclave)

อีวาพอเรเตอร์และเตาอบของระบบ VPD สามารถรับความร้อนได้จาก

- น้ำร้อน (Hot water)
- ไอน้ำ (Steam)
- น้ำมันร้อน (Hot oil)

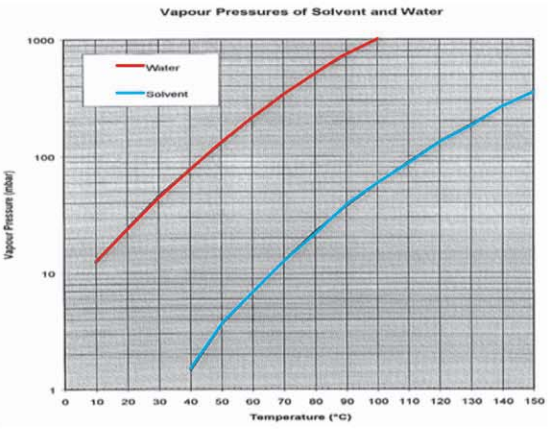
ทางเลือกที่สะดวกในปัจจุบันคือ การใช้พลังงานไฟฟ้าให้ความร้อนแก่น้ำมันร้อน (Hot oil) เพื่อเป็นสารตัวกลาง (Media) ในการทำความร้อนไปยังอีวาพอเรเตอร์และเตาอบการติดตั้งระบบนี้จึงใช้ตัวทำความร้อนไฟฟ้า (Electrical heater) เป็นตัวกำเนิดความร้อน (ดูรูปที่ 6) โดยที่ไอระเหยของเคโรซีนจำเป็นต้องได้รับการรักษาไว้ให้คงที่และใกล้เคียงกับอุณหภูมิที่กำหนดไว้

รูปที่ 6

นอกจากอุปกรณ์ของระบบหลักดังกล่าวข้างต้นในระบบ VPD ได้รับการออกแบบระบบการนำความร้อนกลับมาใช้เพื่อเป็นการประหยัดพลังงานรวมทั้งมีเครื่องมือวัดที่จำเป็นในการเฝ้าติดตามกระบวนการ คือ เครื่องวัดปริมาณน้ำที่ถูกแยกออกจากเนื้อฉนวน (Special water-extraction measuring equipment) รวมทั้งระบบเครื่องมือวัดคุมต่างๆ

4. คุณลักษณะของกระบวนการ VPD

- กระบวนการทั้งหมดเกิดขึ้นภายใต้สภาวะไร้ออกซิเจน (Oxygen-free) การอบแห้งจึงสามารถทำได้ที่อุณหภูมิสูงไม่เกิน 130 - 135 °C
- ข้อดีของการใช้เคโรซีนเป็นสารทำความร้อน (Heating media) เพื่อเพิ่มอุณหภูมิภายใต้สภาวะสุญญากาศ เนื่องจากความดันไอของเคโรซีนต่ำกว่าความดันไอของน้ำ (ความชื้น) มาก (ดูรูปที่7) แต่สูงกว่าความดันไอของน้ำมันหม้อแปลง ทำให้ความชื้นถูกดึงออกมาจากเนื้อฉนวนได้ง่ายในขั้นตอนการให้ความร้อน (Heating Phase) และหลังการให้ความร้อนเคโรซีนจะระเหยอย่างรวดเร็ว ทำให้ไม่มีผลต่อค่าสัมประสิทธิ์การแพร่กระจาย (Diffusion Coefficient)



รูปที่ 7

ของความชื้นในขั้นตอนการทำสุญญากาศระดับสูง (Fine Vacuum Phase) นอกจากนี้การใช้ความร้อนแฝงในการกลั่นตัวของเคโรซีนในการให้ความร้อนแก่ตัวแอคทีฟพาร์ททำให้อุณหภูมิของแอคทีฟพาร์ทค่อนข้างสม่ำเสมอ

● เคโรซีนที่กลั่นตัวบนผิวฉนวนสามารถซึมซับเข้าในเนื้อฉนวนได้ง่ายเป็นการเพิ่มค่าการทำความร้อนของฉนวนส่งผลให้ความร้อนสามารถซึมลึกเข้าเนื้อฉนวนและมีการกระจายของอุณหภูมิที่สม่ำเสมอซึ่งสำคัญมากสำหรับกระบวนการอบแห้ง

● เคโรซีนมีคุณสมบัติเป็นตัวทำความสะอาด ซึ่งเป็นคุณสมบัติพิเศษของกระบวนการ VPD โดยเฉพาะสำหรับหม้อแปลงที่ผ่านการใช้งานแล้วและต้องมีการซ่อมบำรุง หลังจากผ่านกระบวน VPD ชิ้นงานจะถูกทำความสะอาดไปด้วย

5. ขั้นตอนของ VPD

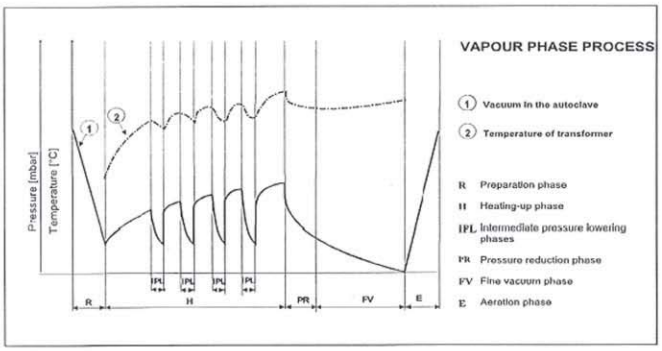
ขั้นตอนของกระบวนการอบแห้งแอคทีฟพาร์ทประกอบด้วย 5 ขั้นตอนหลัก (ดูรูปที่ 8) คือ

R : ขั้นตอนการเตรียม (Preparation Phase)
H : ขั้นตอนการให้ความร้อน (Heating Phase)
IPL : ขั้นตอนการลดความดันระดับกลาง (Intermediate Pressure Lowering)
PR : ขั้นตอนการลดความดัน (Pressure Reduction Phase)
FV : ขั้นตอนการทำสุญญากาศระดับสูง (Fine Vacuum Phase)
E : ขั้นตอนการปรับสู่ภาวะปกติ (Aeration Phase)

The drying process consists of 5 main operating phases:

R Preparation Phase
H Heating Phase
IPL Intermediate Pressure Lowering
PR Pressure Reduction Phase
FV Fine Vacuum Phase
E Aeration Phase

รูปที่ 8



1. ขั้นตอนการเตรียม (Preparation Phase)

เคลื่อนแอคทีฟพาร์ทที่ต้องการอบแห้งเข้าไปในเตาอบ (Autoclave) และทำการติดตั้งตัวจับอุณหภูมิ (Temperature Sensor) ตามจุดที่กำหนดไว้หลังจากนั้นภายในเตาอบจะถูกทำให้อยู่ในสภาวะของสุญญากาศโดยลดความดันลงไปที่ประมาณ 7 mbar รวมทั้งที่ระบบการกลั่นตัวก็จะถูกลดความดันลงไปที่ประมาณ 45 mbar

2. ขั้นตอนการให้ความร้อน (Heating Phase) ที่ควบคู่ไปกับการลดความดันระดับกลาง (IPL)

ไอระเหยของเคโรซีนจะถูกพ่นเข้าไปในเตาอบและไปกลั่นตัวบนผิวงานของแอคทีฟพาร์ทที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าอย่างค่อนข้างสมบูรณ์ในช่วงเริ่มต้น ขั้นตอนนี้เคโรซีนเหลวที่กลั่นตัวจะถูกดึงกลับผ่านไส้กรองเข้าไปที่ อีวาพอเรเตอร์ (Evaporator) ส่วนของไอผสมระหว่างไอเคโรซีนและไอน้ำที่ระเหยออกจากเนื้อฉนวนที่ฟุ้งอยู่ตอนส่วนบนของเตาอบจะถูกดึงออกจากเตาอบเข้าไปในคอนเดนเซอร์ (Condenser) เพื่อทำให้ไอผสมกลั่นตัวเป็นของเหลว ของเหลวจะไหลเข้าไปในถังรวบรวมของเหลว (Condensate collecting tank) ซึ่งจะแยกน้ำและเคโรซีนออกจากกันโดยอาศัยความแตกต่างกันของค่าน้ำหนักจำเพาะ (Specific weight) (ดูรูปที่ 9)

รูปที่ 9

ในระหว่างขั้นตอนการลดความดันระดับกลาง (IPL) จะหยุดการจ่ายไอระเหยเคโรซีนเข้าไปในเตาอบ ความดันที่ต่ำลงในเตาอบทำให้ความแตกต่างของความดันไอเพิ่มขึ้น ซึ่งทำไปสู่การเพิ่มอัตราการแยกความชื้นออกจากเนื้อฉนวน ในขณะเดียวกันนี้อุณหภูมิของตัวฉนวนจะลดลงด้วย ดังนั้นจึงต้องเริ่มให้ความร้อนแอคทีฟพาร์ทโดยการจ่ายไอเคโรซีนเข้าในเตาอบอีก ตามที่กำหนดไว้ในโปรแกรมการอบและทำการลดความดันอีกครั้งซ้ำกันตามจำนวนรอบที่เหมาะสมกับน้ำหนักของฉนวนเพื่อให้ได้ผลการอบแห้งที่ดีที่สุด

3. ขั้นตอนการลดความดัน (Pressure Reduction Phase)

เมื่อสิ้นสุดขั้นตอนการให้ความร้อนตามที่กำหนดไว้ในโปรแกรมระบบจะปิดการจ่ายไอเคโรซีนเข้าไปในเตาอบ เคโรซีนที่ซึมซับอยู่ในเนื้อฉนวนจะระเหยออกและถูกส่งกลับไปที่ระบบการกลั่นตัว (Condensation System)

4. ขั้นตอนการทำสุญญากาศระดับสูง (Fine Vacuum Phase)

เตาอบจะถูกทำให้เป็นสุญญากาศอีกครั้งโดยระบบการทำสุญญากาศหลัก โดยการทำสุญญากาศจะนำไปที่ค่าความดันที่ต่ำลงกว่าครั้งก่อน กระบวนการนี้จะสิ้นสุดลงโดยกำหนดจากอัตราการดึงความชื้นออกจากเนื้อฉนวน

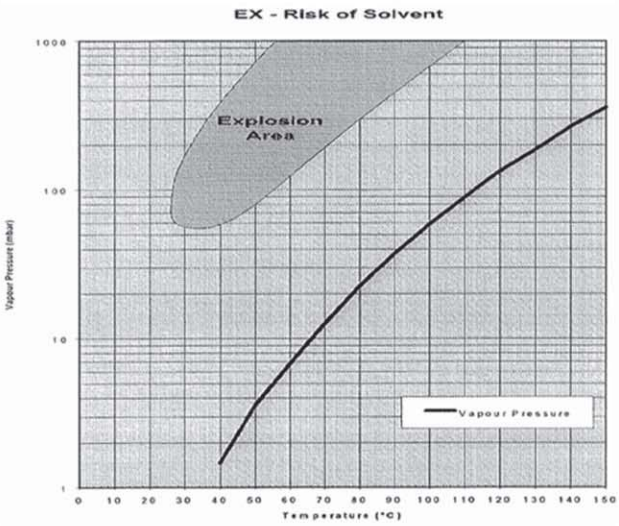
5. ขั้นตอนการปรับสู่ภาวะปกติ (Aeration Phase)

หลังจากได้รับการยืนยันการหยุดกระบวนการจากผู้ควบคุมระบบ ความดันภายในเตาอบจะเพิ่มขึ้นสู่สภาวะปกติโดยอัตโนมัติจากนั้นอาจรักษาอุณหภูมิในห้องอบเอาไว้ เพื่อให้อุณหภูมิของแอคทีฟพาร์ทไม่ลดต่ำลงกว่าที่กำหนดไว้ในขณะที่เปิดเตาอบนำแอคทีฟพาร์ทออกมาเข้าสู่ขั้นตอนต่อไปในการประกอบหม้อแปลงไฟฟ้า (ดูรูปที่ 10)

รูปที่ 10

6. การจัดการด้านความปลอดภัย

ในระบบ VPD ความปลอดภัยถือเป็นความสำคัญอันดับแรก เนื่องจากมีการใช้ของเหลวที่สามารถติดไฟได้ (Combustible heat-carrier) ในการทำงาน ดังนั้นระบบ VPD จึงได้รับการออกแบบให้ทำงานในช่วงความดันที่ไม่ล้ำเข้าไปในเขตความดันอันตราย (Explosion Area) (ดูรูปที่ 11) ถ้ากระบวนการทำงานภายใต้การควบคุมโดยทั่วไปแล้วอุปกรณ์ในระบบ VPD ได้รับการออกแบบโดยเหลือเลี่ยงไม่ให้เกิดปัจจัยพื้นฐานของการติดไฟ (สารติดไฟ, ประกายไฟ, ออกซิเจน) ขึ้นพร้อมกัน



รูปที่ 11

การผลิตหม้อแปลงไฟฟ้าในปัจจุบันต้องใช้ระบบฉนวนไฟฟ้าที่เป็นผลิตภัณฑ์กระดาษ และยังคงต้องใช้สืบเนื่องไปในอนาคต กระบวนการอบแห้งฉนวนกระดาษอย่างสมบูรณ์โดยทำให้เกิดการเสื่อมความเป็นฉนวน (De-polymerization) น้อยที่สุด จึงเป็นกระบวนการที่ต้องได้รับการควบคุมเป็นอย่างดี ระบบ VPD จึงเป็นระบบที่มีความน่าเชื่อถือสูงสำหรับกระบวนการผลิตหม้อแปลงไฟฟ้าที่มีฉนวนกระดาษเป็นส่วนประกอบ ทั้งนี้เพื่อให้ได้หม้อแปลงไฟฟ้าที่ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและมีอายุการใช้งานที่ยาวนาน

Reference:

1. Micafil Vakuumtechnik AG, Operating Instruction for Vapor Phase Drying Plant (Instruction No. HLA 409'264/Customer TIRATHAI) , 1996
2. Micafil Vakuumtechnik AG, Vapor Phase Drying Plant and Technology
3. Micafil Vakuumtechnik AG, Modern Vapor Drying Processes and PlantsZ
4. KVPD-series Vapor Phase Drying Equipment (http://www.kxvac.com/en/Prouct.asp?catalogid=147)

การเฝ้าติดตามกระบวนการอบแห้งสำหรับหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังโดยวิธีการวิเคราะห์การตอบสนองของฉนวนไฟฟ้า

บทคัดย่อ

องค์ประกอบหนึ่งที่มีอิทธิพลต่ออายุการใช้งานของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังคือการอบแห้งฉนวนแข็งที่เหมาะสม การอบแห้งฉนวนแข็งในกระบวนการผลิตหม้อแปลงใหม่หรือหลังจากการซ่อมหม้อแปลงจึงเป็นสิ่งที่มีความจำเป็น (เช่น ในกรณีของหม้อแปลงใหม่ความชื้นที่อยู่ในเนื้อฉนวนต้องต่ำกว่า 0.5 %) ตัวแปรหนึ่งที่ต้องพิจารณาคือเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง ซึ่งจะขึ้นอยู่กับความแตกต่างของ ขนาด การออกแบบและประเภทวัตถุดิบ ดังนั้นการกำหนดเวลาที่เหมาะสมของกระบวนการอบแห้งจึงเป็นสิ่งที่น่าสนใจ การช่วยให้สามารถกำหนดเวลาที่เหมาะสมของกระบวนการอบแห้งจะเกิดขึ้นได้ถ้ามีข้อมูลสนับสนุนจากการเฝ้าติดตามความชื้นในเนื้อฉนวนโดยตรงในระหว่างกระบวนการอบแห้ง แต่ในปัจจุบันนี้ใช้การเฝ้าติดตามความชื้นที่เหลืออยู่ในเนื้อฉนวนทางอ้อมระหว่างการอบแห้งเป็นส่วนใหญ่ และพบว่าการเฝ้าติดตามทางอ้อมนี้ยังมีความไม่แน่นอนต่างๆ อยู่

บทความนี้เป็นการนำเสนอแนวทางใหม่ของการเฝ้าติดตามความชื้นในเนื้อฉนวนโดยใช้วิธีการวิเคราะห์การตอบสนองของฉนวนไฟฟ้า การเฝ้าติดตามกระบวนการอบแห้งโดยวิธีการวิเคราะห์การตอบสนองของฉนวนไฟฟ้านี้เป็นที่รู้จักกันทั่วไปอยู่แล้วว่าเป็นวิธีการที่น่าเชื่อถือในการตรวจหาปริมาณความชื้นของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังที่ใช้งานจ่ายกระแสไฟฟ้า อีกทั้งวิธีการนี้ ยังสามารถประยุกต์ใช้ในการเฝ้าติดตามกระบวนการอบแห้งฉนวนได้เช่นกัน (เช่น การอบแห้งในเตาอบสุญญากาศ หรือ เตาอบไอน้ำมันร้อน) ด้วยการใช้ฐานข้อมูลชุดใหม่สำหรับฉนวนไม่ชุ่มน้ำมัน วิธีการนี้จะให้ข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณความชื้นในระหว่างกระบวนการอบแห้งอย่างต่อเนื่อง โดยซอฟแวร์จะสั่งให้มีการวัดวนซ้ำและหลังจากการวัดในแต่ละครั้งชุดคำสั่งวิเคราะห์อัตโนมัติจะทำการคำนวณหาปริมาณน้ำและประเมินแนวโน้ม นอกจากนี้แล้ววิธีการนี้ยังได้ถูก นำไปทดสอบการใช้งานกับระบบการอบแห้งแบบต่างๆ ด้วย

เส้นกราฟการตอบสนองของฉนวนไฟฟ้าที่พัฒนาโดยการศึกษาจากหม้อแปลงกำลังจริง ได้ถูกนำมาแสดงไว้ในบทความนี้ พร้อมกับการอธิบายถึงการวิเคราะห์และปัจจัยสำคัญที่เกี่ยวข้องกับการอบแห้งอย่างเช่น อุณหภูมิหรือวัสดุที่ทำฉนวน ในส่วนสุดท้ายเป็นกรณีศึกษาต่างๆ ที่ยืนยันความสามารถของการใช้วิธีการนี้ในการเฝ้าติดตามกระบวนการอบแห้งของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง

Monitoring the Drying Process of Power Transformers Using Dielectric Response Analysis

By

Dr.-Ing. Stephanie Raetzke, Dr.-Ing. Maik Koch, Dipl.-Ing. Martin Anglhuber

OMICRON electronics, Oberes Ried 1, 6833 Klaus, Austria

Abstract

Proper drying of the solid insulation is one determining factor for the lifetime of power transformers. During manufacturing or after repair it is necessary to dry the solid insulation e.g. down to less than e.g. 0.5% water content in cellulose for new units. However, different sizes, designs and raw materials require different drying times, which make the definition of drying times challenging. A direct monitoring of the insulation wetness during the dryout process would help for optimizing this process. However, presently only indirect methods are used for estimating the residual moisture during drying, which imply various uncertainties. This paper introduces a new approach of using the dielectric response analysis for monitoring the drying process. The dielectric response analysis is widely known as a reliable method for moisture determination of power transformers in service. Using a new database for nonimpregnated cellulose this method can be applied as well for monitoring of the drying process, e.g. inside a vacuum oven or for hot oil spraying. The method provides continuous information about the water content during drying. The software repeatedly starts the measurements. After each measurement the automatic analysis algorithm calculates the water content and determines the trend. The method was tested for different drying techniques. The development of dielectric response curves, obtained from measurements on real power transformers is shown. The analysis is explained and influencing factors like temperature or insulation material are discussed. Finally, a variety of case studies prove the capability of this method for monitoring the drying process of power transformers.

1. Introduction

The drying process of power transformers has a strong influence on the quality of manufactured units or the lifetime after repair. Water in the solid insulation is accelerating the ageing (1) and therefore decreasing the life expectance. The paper and pressboard consists of cellulose, which ages in service mainly due to hydrolysis. Water abets this chemical reaction, which results in further water. Therefore a proper drying after assembling, typically down to 0.5% water content, assures a long life expectance. Also after repair, drying of the solid insulation might be necessary. For repairs on active parts of power transformers, the tank is opened and the oil is drained so that the paper and pressboard is directly subjected to the ambient humidity. Water from the surrounding air can migrate into the insulation. This process is faster for high insulation temperatures or new cellulosic material, which is not oil impregnated. However, even for oil impregnated insulation at ambient temperatures the water content will increase significantly after a few days.

Nowadays it is still challenging to define an adequate drying time. An unnecessary long drying time should be avoided. The high temperature during the drying process might deteriorate the cellulosic material and the degree of polymerization is decreasing.

The drying time strongly depends on the initial water content, which itself depends on several changing factors, like the humidity or temperature in the factory. Typical methods for determining the water content in the solid insulation are not applicable. The Karl-Fischer-Titration on the paper sample would provide the highest accuracy, but during the process no paper samples can be taken. Therefore a paper sample can be analyzed only after the drying process. In case of insufficient dryness, the drying process has to be restarted. This involves a high effort in time and energy.

During the drying process, indirect methods like a measurement of dew point or water vapor pressure can be used. However, these methods are measuring the ambience in the vacuum chamber and not the insulation itself. The water content is often underestimated, since mainly the water in the outermost layer is contributing to the result. Measuring the abstracted water rate can only give a value for the remaining water content if the initial water content is known.

Even more challenging is defining the drying time for aged transformers. They cannot be dried to the same water contents like new transformers. The achievable water content strongly depends on the condition of the solid insulation and is typically not known. Additionally different transformer sizes and designs need to be handled in repair shops.

Due to the issues mentioned above, there is a need for a measurement method, which is able to monitor the water content during drying, directly measured at the insulation itself.

2. Dielectric Response for Transformers in Service and During Drying

The dielectric response analysis is a widely known method for determining the water content of the solid insulation for power transformers in service. The dissipation factor is measured in a wide frequency range and enables to distinguish between different effects. The comparison of the measured dielectric response to a model curve derived from a data base delivers values for e.g. water content, oil conductivity and insulation geometry (2).

The typical approach is an onsite and offline measurement of power transformers in use. In this case the tank is oil filled and the resulting dielectric response curve has a typical S-shape like shown in Figure 1. The curve is influenced by temperature. An increasing temperature will strongly shift the curve towards the high frequency range. The curve is derived from the superposition of the dielectric response of pressboard and paper, oil and interfacial polarization (Figure 3). The dielectric response of pure pressboard or paper material is rather flat, having a minimum at higher frequencies and a linear slope at low frequencies. The water content influences the slope mainly in the low frequency range. No significant difference between the dielectric response of cellulosic materials like pressboard and paper can be observed. The oil curve is a straight line (Figure 3 (b)). Increasing oil conductivity will shift this line towards higher frequencies. The interfacial polarization causes a hump at low frequencies and is strongly influenced by the insulation geometry (Figure 3 (c)). All influencing factors can be observed as well in S-shaped superimposed curve.

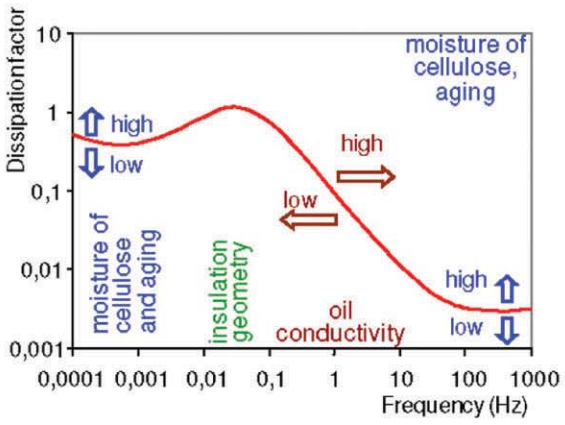


Figure 1
Typical Dielectric Response for a Transformer with an Oil Filled Tank

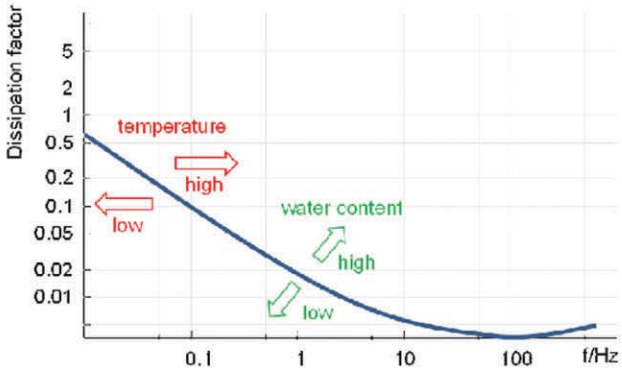


Figure 2
Typical Dielectric Response for a Transformer without Oil

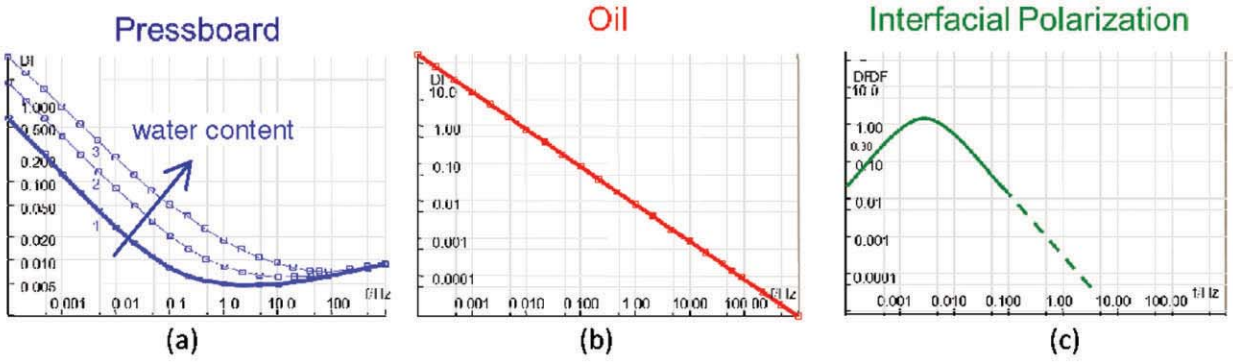


Figure 3
Dielectric Response Components Caused by Pressboard (a), Oil (b) and Interfacial Polarization (c)

Most efficient drying methods necessitate draining the oil. Due to this the resulting dielectric response curve (Figure 2) is similar to the dielectric response of pressboard material itself (Figure 3 (a)). The main influencing factors are the temperature and water content, like mentioned above.

During manufacturing process, the paper and pressboard typically is not oil impregnated and the properties differ from cellulosic materials, which are oil impregnated. In order to analyze such new insulations as well, an additional database was developed

3. Development of Database and Verification

As dielectric response analysis is based on the comparison of the insulations dielectric response to a data base, the accuracy of moisture determination depends on the accuracy of the data base. In case of not oil impregnated paper or pressboard the work of previous research from (3) to (6) cannot be used and a new data base needs to be made.

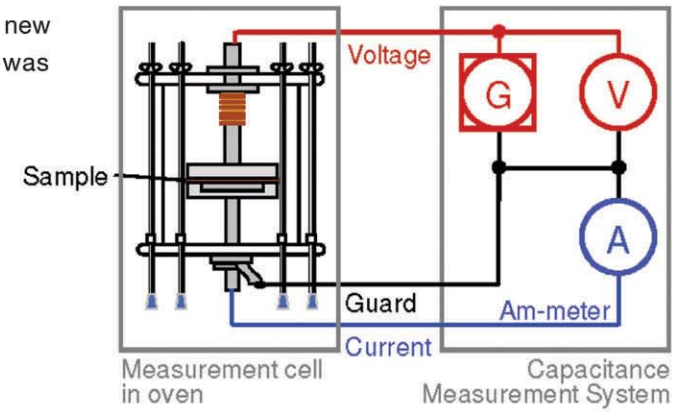


Figure 4
Test Set-Up for the Dielectric Response of Cellulose Samples

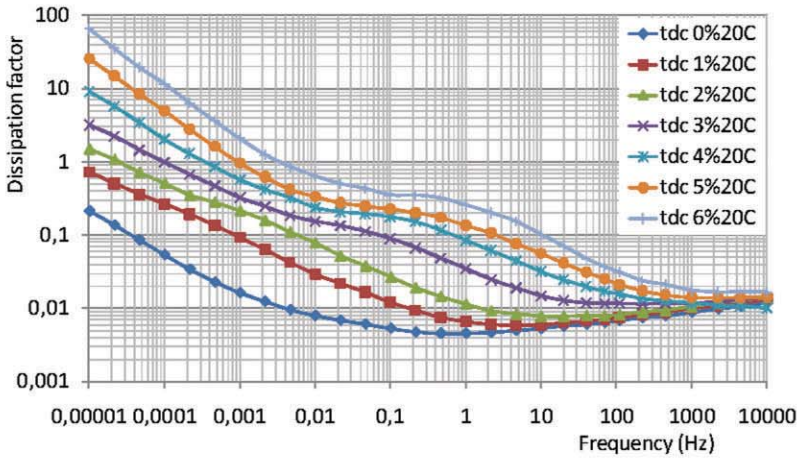


Figure 5
Dissipation Factor over Frequency for Non-Impregnated Pressboard Samples at 0; 1; 2; 3; 4; 5 and 6 % Water Content at 20°C

Not oil impregnated pressboard and paper samples have been measured by capacitance measurement systems at various defined temperatures and water contents in a shielded measurement cell like shown in Figure 4. This cell is placed inside an oven. The actual water content was determined using coulometric Karl Fischer titration with heating temperature of 160°C (4). Figure 5 depicts the dielectric response as dissipation factor over the very wide frequency range of 10 uHz to 10 uHz for not oil impregnated pressboard of HD quality. The graph for 0% water content has been extrapolated from measurements at 0.3% water content. With increasing water content, the losses in the material increase as well.

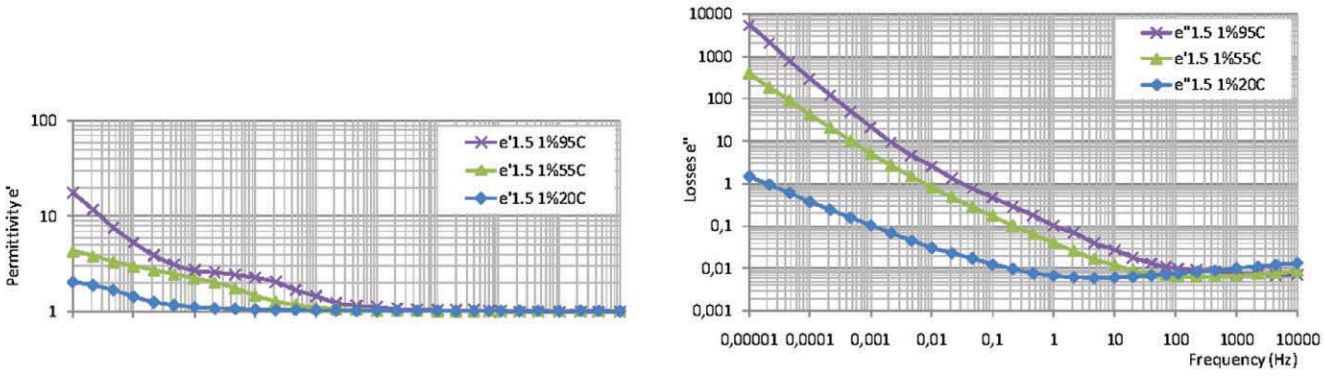


Figure 6
Influence of Temperature on the Dielectric Response of Pressboard Samples Having 1 % Water Content at 20, 55 and 95°C

The temperature influence has to be investigated as well. Figure 6 shows the dielectric response of pressboard samples having 1% water content at insulation temperatures of 20, 55 and 95°C. In this case a representation as real and imaginary part of permittivity is used. Using the gathered information a new data base was created. To verifying the sensitivity to low water contents 1 mm thick high density pressboard samples were examined. For monitoring the drying process of non-impregnated cellulose materials the setup as shown in Figure 7 was used. The pressboard sample served as the dielectric of the cylindrical measurement cell. The dissipation factor and the complex capacitance were measured using a dielectric response analyzer. The actual water content was determined using coulometric Karl Fischer titration with heating temperature of 160°C (4).

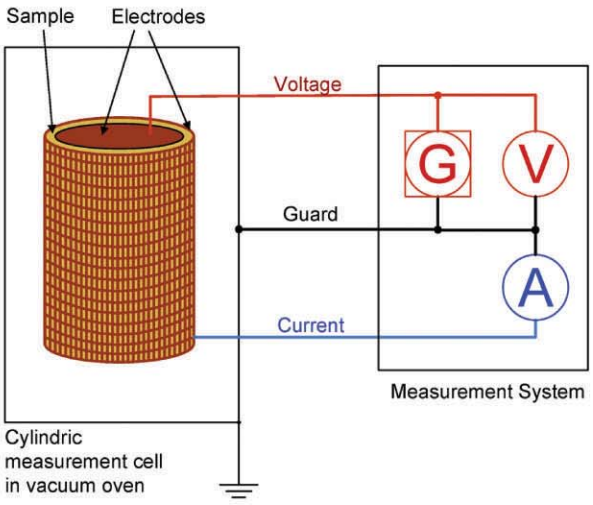


Figure 7
Measurement setup with cylindrical specimen and test instrument

The cellulose samples were dried in an oven with and without vacuum. While applying vacuum, the higher effective pressure gradient between the partial water vapor pressure inside the sample and its environment allows drying to lower water contents (7). Nevertheless, the temperature and not the pressure is the most important factor in the drying process. The higher the temperature the higher is the partial pressure of the water molecules inside the sample. Increasing the pressure gradient by raising the temperature is more significant than the increase by reducing the ambient pressure in the oven (7).

With all the considerations above it is most efficient to dry with the highest feasible temperature, which is limited by insulation deterioration. After heating the pressboard without vacuum it is recommended to use vacuum for the further drying process. Figure 8 shows the dielectric response of the pressboard samples using the cylindrical measurement cell during a drying process at constant temperature of 120°C. The sample was dried without vacuum to a minimum water content of 0.8%, then the oven was evacuated and 0.3% water content was reached. The time interval between the tests was 10-15 min. The measured dissipation factor trace decreases continuously with longer drying times. Due to the elevated temperature, especially the frequency range from 1 Hz to 1 kHz is sensitive to the drying process as the differences are more significant than for the lower frequency range.

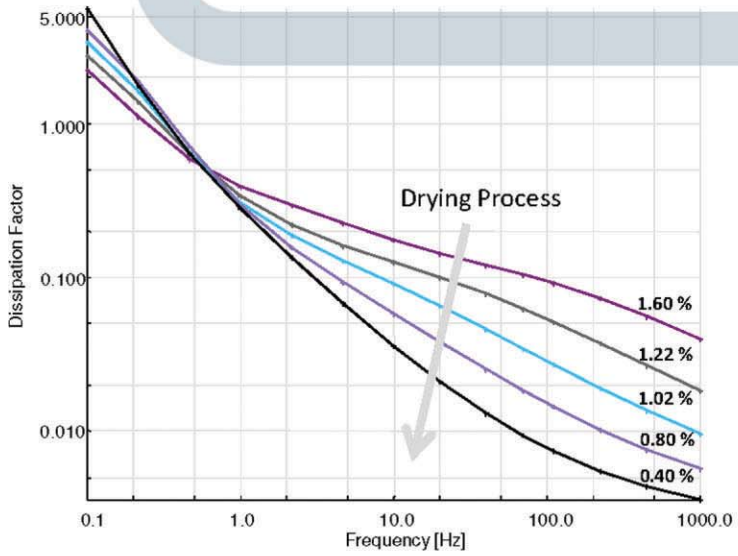


Figure 8
Dissipation Factor for Different Water Contents of 1 mm Pressboard during Drying at 120°C

The investigation confirmed that the insulation temperature is a critical factor for correct water assessment. Higher temperatures lead to higher molecular motion and thus to higher losses as visible in C", while the real part C" is constant (Figure 9). A higher temperature ends in the same results as higher water contents and vice versa. Therefore the temperature is a very important factor in monitoring the drying process and must be known exactly.

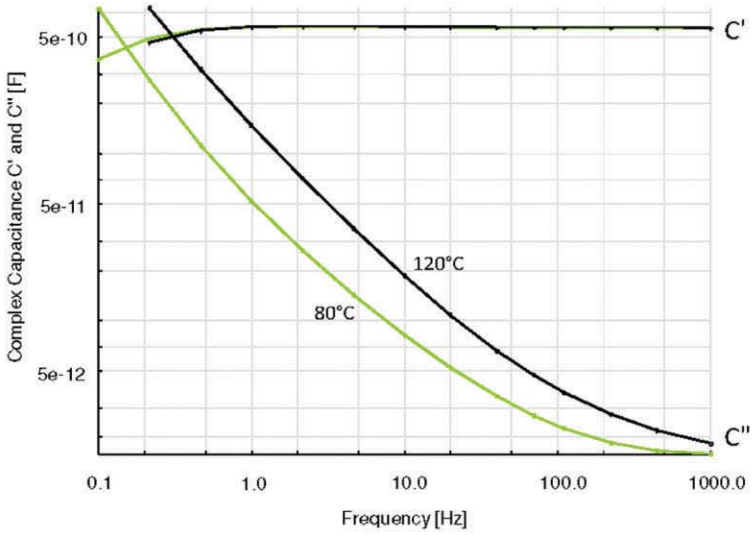


Figure 9
Complex Capacitance of 1 mm Pressboard with a Water Content of 0.3% at 80°C and 120°C Insulation Temperature

4. Measurement Setup for Different Drying Processes

The application of using the dielectric response to monitor the drying process strongly differs from the measurement of transformers in service. Besides the need of an additional data base for higher temperatures and not oil impregnated materials, the aim is different. The focus of onsite diagnostics is to assess the current insulation condition. Therefore a single measurement is providing sufficient data. The drying application focuses on monitoring a whole process. Several measurements are necessary to observe the change of condition. Due to the long duration, the drying processes cannot be supervised by technical personal, e.g. during night. A software was developed which automatically restarts cyclic measurements and provides a full automatic analysis. It recognizes the aimed dryness and informs the operating personal. Furthermore hardware adaptions to existing devices were necessary to use it for the higher temperatures and vacuum during drying.

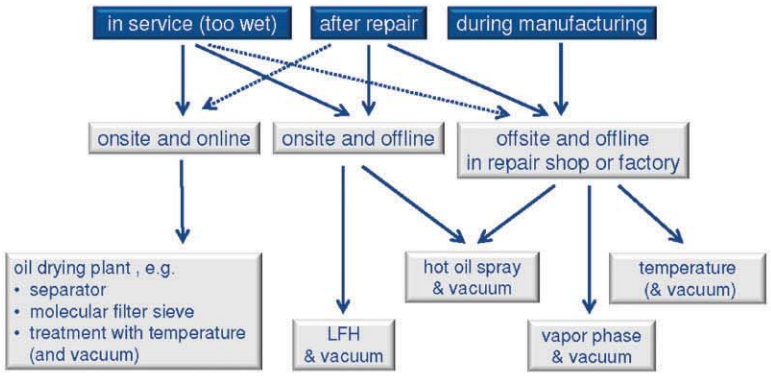


Figure 10
Overview about Typical Drying Methods and Their Application

The requirements of the monitoring system depend on the applied drying method. An overview about different drying methods is given in Figure 10. The dielectric response analysis is only applicable for offline methods, since an existing electric field would interfere with the dielectric response readings. Therefore it is not possible to monitor online drying methods, which are processing the oil for a long time (months to years) to decrease the water content significantly. Methods like the hot oil spray, low frequency heating or a combination of both are in-tank methods which can be used onsite. Transportation to a repair shop or factory is not necessary and the time need (some days) is much shorter compared to online methods. For electrically passive methods like the hot oil spray, the dielectric response measurements can be done during the whole process. However, in case of low frequency heating, the vacuum phases have to be used for the dielectric response measurements. In case of such in-tank drying methods the typical dielectric response setup can be used like shown in Figure 11. The setup for the measurement is similar as for a dissipation factor measurement at power frequency. For a two winding transformer, the high voltage windings are shortened as well as the low voltage windings and the dissipation factor of the main insulation between both windings is measured. Additionally a guard is applied to prevent of influences by leakage currents.

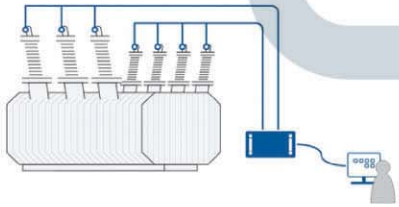


Figure 11
Setup for a Dielectric Response Measurement in-Tank

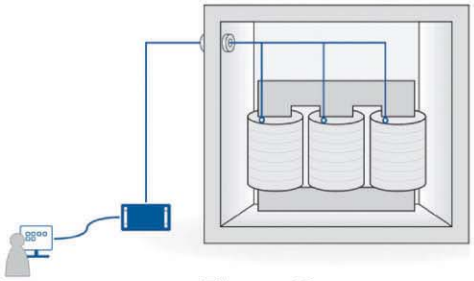


Figure 12
Setup for a Dielectric Response Measurement in an Autoclave

In repair shops and factories, often autoclaves are used. Here high temperatures, vacuum and sometimes kerosene vapor are applied. Especially the vapor phase processes are highly efficient, ensuring shortest drying times. In these cases the transformer inside the autoclave has to be connected to the measurement device outside. Therefore measurement bushings need to be installed as shown in Figure 12.

5. Results of Field Tests

The software and adapted hardware were tested for different drying methods. Two case studies given here show the results for a typical hot air process (elevated temperature and vacuum) and a hot oil spray process.

Drying of an Aged Distribution Transformer inside a Vacuum Oven

The first example shows a drying cycle of an aged distribution transformer in a vacuum oven. For this application, measurement bushings were installed at the flange of the oven (Figure 13 and Figure 14). A dielectric response analysis was done before draining the oil to compare the results with the readings during the drying process. Both were in good agreement. Since the insulation was already oil impregnated, the data base for the oil impregnated materials had to be used.

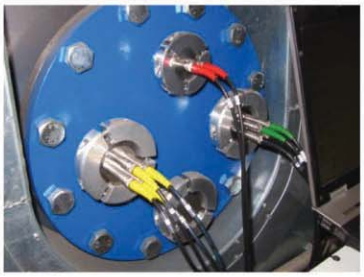


Figure 13
View on Measurement Bushings from Outside the Vacuum Oven

Figure 14
View on Measurement Bushings from Inside the Vacuum Oven

The software automatically started a measurement every thirty minutes and provided an automated analysis. A summary of all results is shown in Figure 15. In general, the dielectric response curves are increasing towards low frequencies. The increasing temperature as well as the decreasing water content influences the curve shape. In this case the temperature increase is dominant, shifting the curves up towards higher frequencies, whereas lowering the water content is causing a smaller shift to the opposite side. The readings during 13.5 hours show, that the water content dropped from 3% to 2.7%.

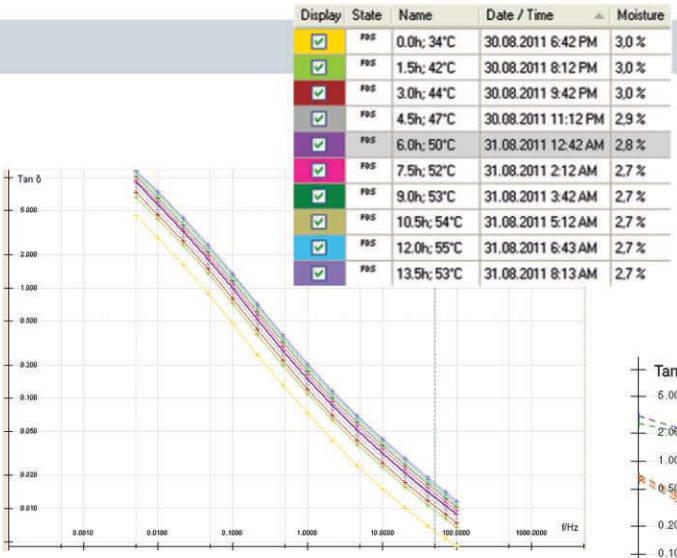


Figure 15
Setup for a Dielectric Response Measurement in-Tank

Drying of a Power Transformer Using Hot Oil Spray

In this case study the drying of a new power transformer using hot oil spray was investigated. The dielectric response analysis was done during the last drying phase including the final fine vacuum phase. Since the drying was already in process for some days, the temperature was nearly constant at 110°C and the curves are influenced only by the decreasing water content. A summary of the results are given in Figure 16, showing only initial curves of this cycle and final curves for better visibility. It can be clearly seen, that the initial curves derived from the transformer having a water content of 1.8% are shifted up and towards higher frequencies compared to the final readings, indicating a water content of 0.3%. The qualitative changes in the curve therefore are the same as the results investigated in the laboratory (Figure 8). Since the geometry of a power transformer is more complex and the insulation thickness is different, the absolute values are different.

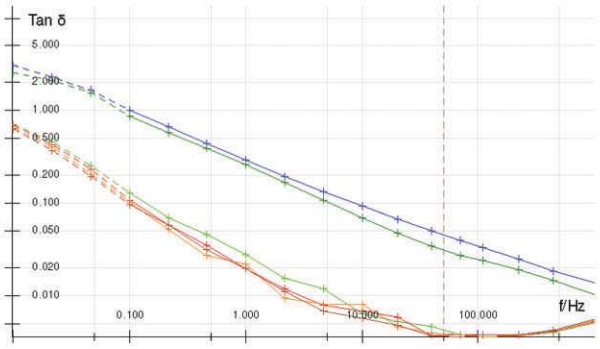


Figure 16
Drying of a power transformer using hot oil spray from 1.8% water content (blue) to 0.3% water content (brown)

6. Summary

Proper drying of power transformers ensures a high life expectance, since water in the solid insulation will accelerate the ageing. Nowadays, the estimation of the drying time is still challenging. This investigation focused on the application of dielectric response analysis to monitor the water content in the solid insulation during drying process. This method is applicable to offline drying methods. An additional database was created, enabling the analysis of new cellulosic material which is not oil impregnated. The sensitivity to very low water contents was shown in laboratory tests. For the drying application on real transformers, a software was created which is automatically measuring and analyzing the readings. The measurement system was tested for different drying methods. Two case studies are given, one for drying in a vacuum oven and one for the hot oil spray method. In both cases the automated system was capable of monitoring the drying process.

References

1. Sokolov et al., "*Moisture Equilibrium and Moisture Migration within Transformer Insulation Systems*". Cigré Working Group A2.30, Technical Brochure 359, Paris 2008.

2. S. M. Gubanski, et al., "*Dielectric Response Diagnoses for Transformer Windings*". CIGRÉ Task Force D1.1.14, Technical Brochure 414, Paris, 2010.

3. C. Ekanayake,"*Diagnosis of Moisture in Transformer Insulation*", Ph.D. dissertation, Dep. of Materials and Manufacturing Technology, Chalmers University of Technology, 2006.

4. M. Koch, "*Reliable Moisture Determination in Power Transformers*", Dissertation, IEH, University of Stuttgart, Sierke Verlag Goettingen, Germany, 2008.

5. M. Koch, S. Tenbohlen, I. Hoehlein and J. Blennow, "*Reliability and Improvements of Water Titration by the Karl Fischer Technique*" Proceedings of the XVth International Symposium on High Voltage Engineering, ISH, Ljubljana, Slovenia, 2007

6. M. Koch, S. Raetzke, S. Tenbohlen, "*Monitoring the Oven Drying Process of Power Transformers by Dielectric Response Analysis*", Proceedings of CMD 2010, Tokyo , Japan, Sept. 6.11, 2010.

7. *Weidmann Compendium*, Weidmann TBS AG, CH-Rapperswil, 2001

Biography

Stephanie Raetzke is working as a product manager for OMICRON Energy, Austria since 2010. The company develops test equipment for high voltage equipment. She received her Dipl.-Ing. and Dr.-Ing. degree from the Technical University of Munich (TUM), Germany, in 2003 and 2009, respectively. Her research focus is on materials for high voltage insulations.

Maik Koch leads the product management of Omicron electronics, Austria. He graduated as a Doctor of Philosophy at the University of Stuttgart in Germany in 2008 with research on ageing and moisture determination in oil paper insulated power transformers with chemical methods and dielectric response analysis. The last 14 years of his career have been dedicated to condition assessment of HV assets involving a wide range of diagnostic methods. He contributes to working groups of Cigre and IEEE.

Martin Anglhuber is working as an application engineer at OMICRON Energy, Austria since 2012. He graduated as Dipl.-Ing. at the TUM in 2007 and worked from 2007 to 2011 as a PhD. at the Institute for High Voltage Technology and Power Transmission of the TUM, investigating polymer for high voltage insulations. Currently, he is waiting for the viva voce examination.

การประเมินสภาพการใช้งานหม้อแปลงกำลัง
Power Transformer Condition Assessment

ร.ต.ดร.โตศักดิ์ ทัศนานุตริยะ
ttosak@yahoo.com

1. บทนำ

หม้อแปลงกำลัง (power transformer) จัดว่าเป็นสินทรัพย์ประเภทอุปกรณ์ไฟฟ้าแรงสูงที่มีมูลค่าสูงและมีความสำคัญต่อความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้าเป็นอย่างยิ่ง โดยตลอดทศวรรษที่ผ่านมาได้มีการซ่อมบำรุงและให้ความสนใจในการประเมินและเฝ้าตรวจอายุการใช้งานหม้อแปลงกำลังเพิ่มมากขึ้น เหตุผลหลักก็คือหม้อแปลงกำลังจำนวนมากในโลกนี้ที่ติดตั้งใช้งานในสถานีไฟฟ้าแรงสูงและสถานีไฟฟ้าย่อยดังแสดงในรูปที่ 1 กำลังเข้าสู่กำหนดเวลาหมดอายุการใช้งาน และต้องการวิธีการที่ดีกว่าสำหรับการตัดสินใจว่าหม้อแปลงกำลังเหล่านี้ยังคงเหมาะสมกับการใช้งานต่อไปหรือต้องซ่อมแก้ไขปรับปรุง หรือเปลี่ยนหม้อแปลงใหม่ทดแทนลูกเก่า และหากต้องมีการบำรุงรักษาหรือจัดหาหม้อแปลงลูกใหม่ การจัดเตรียมแผนและงบประมาณเป็นสิ่งจำเป็นที่ต้องดำเนินการไว้ก่อนล่วงหน้า นอกจากนี้ความเป็นไปได้ของการลดเวลาไฟฟ้าดับจากกรณีการทำงานล้มเหลวของหม้อแปลงกำลัง เป็นอีกประเด็นหนึ่งที่สำคัญสำหรับผู้ใช้งานหม้อแปลงอย่างการไฟฟ้าจะต้องพิจารณาด้วย

บทความนี้จะบอกกล่าวถึงวิธีการประเมินสภาพการใช้งานของหม้อแปลงกำลัง เพื่อเป็นแนวทางในการตัดสินใจต่อการบริหารอายุการใช้งาน (life management) หม้อแปลงกำลังที่ถูกต้องต่อไป

รูปที่ 1 หม้อแปลงกำลังติดตั้งในสถานีไฟฟ้าย่อย

2. วิธีการประเมินสภาพหม้อแปลงกำลัง

การใช้วิธีการทางสถิติบนฐานข้อมูลเกี่ยวกับความเชื่อถือได้ของหม้อแปลงกำลัง เป็นประโยชน์ต่อการพิจารณาการเริ่มต้นบำรุงรักษาและจัดทำงบประมาณการลงทุน แต่อย่างไรก็ตามควรพิจารณาหม้อแปลงแต่ละลูกเป็นเฉพาะกรณีเมื่อผู้ใช้งานหม้อแปลงตกลงใจเกี่ยวกับปฏิบัติการบำรุงรักษาที่ถูกต้อง หรือต้องการตัดสินใจเพื่อย้าย ซ่อมแก้ไขปรับปรุง หรือเปลี่ยนทดแทนด้วยหม้อแปลงลูกใหม่

วิธีการที่นำเสนอในบทความนี้เป็นการแยกส่วน (modular approach) ให้ตรงกับระดับต่างๆ ของความคาดหวังที่กำหนดโดยผู้ใช้งานในเทอมขนาดของจำนวนหม้อแปลง ระดับของข้อมูลที่ต้องการ และงบประมาณที่ใช้ได้

กลยุทธ์ที่ใช้สำหรับการประเมินคือ การระบุหม้อแปลงที่วิกฤตที่สุดและใช้การคัดกรองเพื่อลดจำนวนหม้อแปลงกำลังที่ต้องทำการศึกษาให้น้อยลง วิธีการการประเมินแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน และปกติขั้นตอนเหล่านี้จะเชื่อมโยงกัน เพื่อให้ขั้นตอนหลังใช้ข้อมูลที่ได้รับมาจากขั้นตอนก่อนหน้าได้ สำหรับรายละเอียดของการประเมินในแต่ละขั้นตอนมีดังนี้

2.1 ขั้นตอนที่ 1: การคัดกรอง (Fleet Screening)

ขั้นตอนนี้เป็นกระบวนการคัดกรองหม้อแปลงกำลังจำนวนมาก (20 - 200 ลูก) ได้อย่างเร็ว โดยใช้ข้อมูลที่หาได้ง่าย เช่น ข้อมูลจากแผ่นป้ายชื่อ (name plate) ของหม้อแปลงกำลัง ข้อมูลน้ำมันหม้อแปลงและปริมาณก๊าซที่ละลายในน้ำมันหม้อแปลง คุณลักษณะโหลด (load profile) และข้อมูลในอดีต (การบำรุงรักษา การทำงาน และเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น) ของหม้อแปลงกำลัง

แนวคิดที่ใช้ในขั้นตอนนี้คือ การลดจำนวนของหม้อแปลงกำลังให้เหลือเฉพาะลูกที่น่าสนใจเพื่อนำมาศึกษาในเชิงลึกต่อไป ส่วนหม้อแปลงกำลังทุกลูกที่ดูปกติดีไม่มีความจำเป็นต้องดูแลเป็นพิเศษ

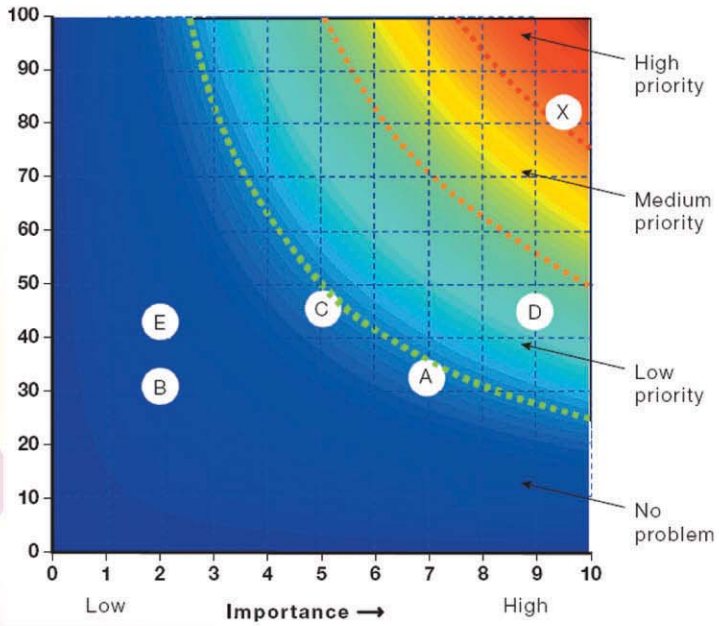
แม้ว่าขั้นตอนนี้ใช้ข้อมูลที่หามาง่ายและเร็ว แต่อย่างไรก็ตามวิธีการประเมินขึ้นอยู่กับความเชี่ยวชาญหม้อแปลงกำลังของผู้ประเมินและประสบการณ์จากกรณีต่างๆ ที่ได้ดำเนินการมาก่อนหน้านี้ การประเมินต้องเปรียบเทียบเพื่อจัดลำดับความสัมพันธ์ (ranking) กับหม้อแปลงกำลังลูกอื่นๆ การจัดลำดับของหม้อแปลงกำลังจะสอดคล้องกับความสำคัญเชิงกลยุทธ์ในโครงข่ายไฟฟ้า (เช่น ค่าใช้จ่ายหากเกิดไฟฟ้าดับ ค่าใช้จ่ายของการซ่อมหรือเปลี่ยนหม้อแปลงใหม่ ความเสียหายที่เกิดขึ้นตามมา) กับสภาพการใช้งานของหม้อแปลงกำลังที่ถูกประเมิน เมื่อกำหนดลำดับคะแนนของทั้งความสำคัญและสภาพการใช้งานของหม้อแปลงกำลังได้แล้วให้นำพิกัดนั้นมาวางลงในไดอะแกรมตามรูปที่ 2

จากรูปที่ 2 แกนนอนคือ การประเมินระดับคะแนนความสำคัญของหม้อแปลงกำลังจากน้อยไปหามาก (0 ถึง 10) แกนตั้งคือ การประเมินระดับคะแนนสภาพการใช้งานหม้อแปลงกำลังจากดีมากไปหาไม่ดี (0 ถึง 100) และ A, B, C, D, E คือ ตำแหน่งพิกัดของหม้อแปลงกำลังแต่ละลูกที่ถูกประเมิน

ภายในไดอะแกรมความสำคัญและสภาพการใช้งานของหม้อแปลงกำลัง สามารถแบ่งพื้นที่การประเมินออกเป็นโซนต่างๆ ได้ตามประสบการณ์และความชอบของผู้ประเมิน กรณีตัวอย่างในรูปที่ 2 ถูกแบ่งออกเป็น 4 โซน ได้แก่ โซนลำดับสูง โซนลำดับปานกลาง โซนลำดับต่ำ และโซนไม่มีปัญหา หากหม้อแปลงกำลังลูกใดมีพิกัดตกอยู่ในโซนลำดับสูง หมายความว่าหม้อแปลงกำลังลูกนั้นมีความเสี่ยงต่อการล้มเหลวสูง จึงต้องพิจารณาหม้อแปลงกำลังลูกนี้เป็นอันดับแรก

จากการประเมินหม้อแปลงกำลัง A, B, C, D และ E รูปที่ 2 พบว่าลูก D ต้องให้ความสนใจ แต่ลูก A และ C ก็เข้าใกล้กับขอบเขตที่กำหนดที่ต้องให้ความสนใจ ส่วนลูก B และ E ยังอยู่ในสภาพดี ขณะที่ลูก X ต้องได้รับการดูแลทันที

กระบวนการในขั้นตอนที่ 1 นี้เป็นการจัดเตรียมข้อมูลให้ผู้บริหารและผู้จัดการสินทรัพย์ได้พิจารณา และยังเป็นข้อมูลสำหรับการวางแผนการบำรุงรักษา หรือตั้งงบประมาณลงทุนอีกด้วย



รูปที่ 2 ไดอะแกรมประเมินความสำคัญและสภาพการใช้งานของหม้อแปลงกำลัง

2.2 ขั้นตอนที่ 2: การประเมินอายุการใช้งาน (Life Assessment)

ในขั้นตอนที่ 2 มุ่งสู่นี้การพิจารณาหม้อแปลงกำลังจำนวนน้อยกว่า (10 - 20 ลูก) ที่ได้ระบุไว้ในขั้นตอนที่ 1 การประเมินในขั้นตอนนี้ต้องอาศัยข้อมูลมากกว่า โดยใช้ผลจากการคัดกรองรวมกับการคำนวณบางรายการ การตรวจสอบและการวัดที่หน้างาน ผู้ประเมินใช้หลักการออกแบบหม้อแปลงและเครื่องมือสมัยใหม่เพื่อประเมินการออกแบบดั้งเดิม ดำเนินการทดสอบหม้อแปลงขั้นสูง เช่น การวิเคราะห์ปริมาณก๊าซละลายในน้ำมันหม้อแปลง (DGA) การวิเคราะห์ผลตอบสนองต่อความถี่ (FRA) การปล่อยประจุบางส่วน (PD) เป็นต้น เพื่อประเมินแต่ละคุณสมบัติหลักของโครงสร้างหม้อแปลงไม่ว่าจะเป็นสถานะทางกล สถานะของความร้อนและอายุของฉนวน สถานะทางไฟฟ้าของส่วนที่มีไฟฟ้า รวมทั้งสภาพของอุปกรณ์ประกอบ เช่น ชุดตัวเปลี่ยนจุดแยกของหม้อแปลงกำลัง (OLTC) บุชชิ่ง ลิ้นความดันเกิน ปั๊ม และ รีเลย์

เมื่อพิจารณาผลจากการประเมินนี้แล้ว ผู้ประเมินสามารถวางแผนสำหรับปฏิบัติกับหม้อแปลงกำลังแต่ละลูกเพื่อปรับปรุงแต่ละคุณสมบัติหลักให้ได้ผลที่ดีต่อความเชื่อได้โดยรวม

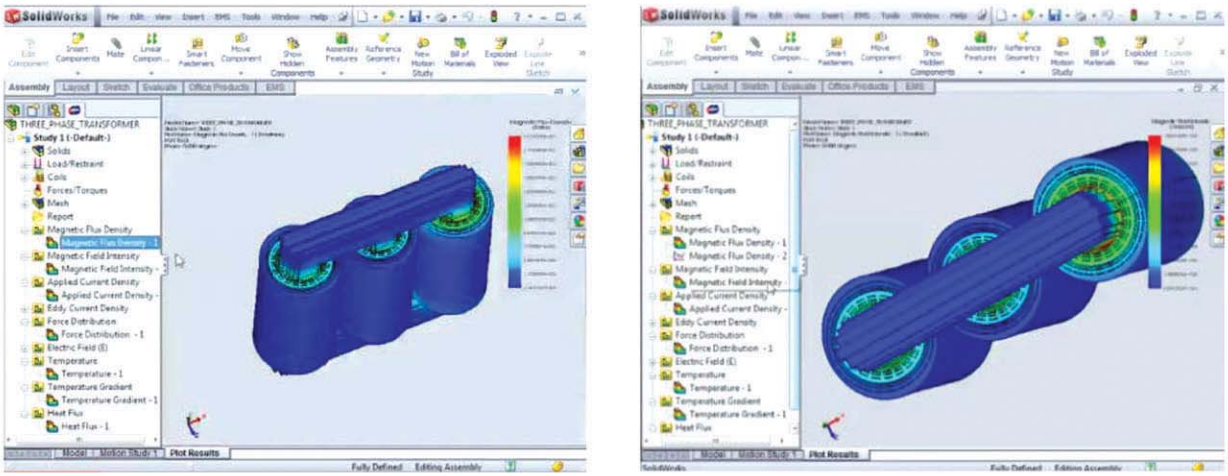
ผู้จัดการด้านปฏิบัติการจะได้รับประโยชน์อย่างมากจากการสำรวจในส่วนที่ 2 นี้ ข้อมูลขาเข้าที่มีคุณค่าดังแสดงตัวอย่างในตารางที่ 1 เช่น รายการอะไหล่ที่ต้องเก็บในโกดัง รายการบำรุงรักษาที่ต้องทำหน้างาน ข้อเสนอโครงการสำหรับการย้ายหม้อแปลง ซ่อมแก้ไขปรับปรุง หรือเปลี่ยนหม้อแปลงลูกใหม่ เหล่านี้จะช่วยผู้รับผิดชอบทำการให้ตัดสินใจได้อย่างแน่วแน่ด้วยความเข้าใจและอธิบายเหตุผลได้

ตารางที่ 1 ผลของการประเมินอายุการใช้งานหม้อแปลงกำลัง จำนวน 8 ลูก และการดำเนินการ

หม้อแปลง	สถานะทางกล	สถานะทางไฟฟ้า	สถานะความร้อน	อุปกรณ์ประกอบ	ผลโดยรวม	การดำเนินการ
ลูกที่ 2	ขดลวด	อาร์ก	ร้อน		95	ตรวจสอบด้วยสายตา และซ่อมในโรงงาน / พันขดลวดใหม่
ลูกที่ 5	ถังหม้อแปลง			OLTC ร้อน	80	ซ่อมถังหม้อแปลงที่หน้างาน และยกเครื่อง OLTC
ลูกที่ 1			น้ำมันเก่า	บุชชิ่งแรงสูง	70	เปลี่ยนน้ำมัน / กรองน้ำมัน / เปลี่ยนบุชชิ่ง
ลูกที่ 6		อาร์ก		เทอร์โมมิเตอร์	50	เปลี่ยนเทอร์โมมิเตอร์ / ทำ DGA
ลูกที่ 3				ซิลิกาเจล	40	เปลี่ยนซิลิกาเจล
ลูกที่ 7					25	บำรุงรักษาตามมาตรฐาน
ลูกที่ 8					15	บำรุงรักษาตามมาตรฐาน
ลูกที่ 4					10	บำรุงรักษาตามมาตรฐาน

2.3 ขั้นตอนที่ 3: การประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment)

ขั้นตอนสุดท้ายใช้ข้อมูลจากขั้นตอนที่ 2 แต่เพิ่มข้อมูลบางรายการและการวิเคราะห์พิเศษรวมเข้าไป จำนวนหม้อแปลงกำลังที่ทำการวิเคราะห์ปกติจะจำกัดเพียง 2 หรือ 3 ลูก จากจำนวนหม้อแปลงกำลังเป็น 100 ลูก ผู้เชี่ยวชาญที่เกี่ยวข้องใช้เครื่องมือการจำลองเหตุการณ์ (simulation tools) ที่ทันสมัย ดังแสดงในรูปที่ 3 เพื่อจำลองลักษณะความร้อน เช่น จุดร้อน (hot spot) และการหาความเสื่อมของอายุหม้อแปลง (ageing) การคำนวณทางกล เช่น ความทนทานต่อการลัดวงจร และการคำนวณสนามแม่เหล็กไฟฟ้า



รูปที่ 3 การจำลองความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็กของหม้อแปลง 3 เฟส

เป้าหมายในที่นี่เพื่อหาจุดอ่อนของหม้อแปลงกำลังที่ต้องการปรับปรุงให้ได้ตามเงื่อนไขของการใช้งาน การประเมินต้องลงรายละเอียดมาก และเจาะลงลึกไปในแต่ละคุณสมบัติหลักรวมถึงระยะเวลาการใช้งานของหม้อแปลงที่ยังคงเหลืออยู่และความเสี่ยงในการทำงานของหม้อแปลง

กระบวนการประเมินในขั้นตอนที่ 3 จะให้ข้อมูลที่ถูกต้องกับผู้ใช้ที่ต้องการจ่ายโหลดเกิน ยกระดับหม้อแปลงเพื่อเพิ่มพิกัดกำลังหรือแรงดัน หรือยืดอายุการใช้งาน นอกจากนี้ยังสามารถทำให้เข้าใจต้นเหตุของความล้มเหลวและสนับสนุนการตัดสินใจในการซ่อมแซมแก้ไข

3. สรุป

การประเมินสภาพการใช้งานหม้อแปลงกำลังเป็นกระบวนการที่ช่วยลดค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษารายปีลงได้ โดยการจัดลำดับหม้อแปลงกำลังแต่ละลูกตามความสำคัญและสภาพการใช้งาน เพื่อนำมาวางแผนการบำรุงรักษาและตั้งงบประมาณรองรับให้กับหม้อแปลงที่ต้องดำเนินการได้อย่างถูกต้อง นอกจากนี้ข้อมูลจากผลการประเมินช่วยให้ผู้บริหารสามารถนำมาใช้ประโยชน์สำหรับการตัดสินใจในการบริการสินทรัพย์ได้เป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

1. P. Lorin, P. Khanna, P. Werle, and L. Eklund, "Increase Transformer Reliability Availbility: From Condition Assessment to Site Repair," in Proc. 2010 PCIC Europe Conference, pp.1-9.
2. N. L. Fantana and L. Pettersson, "Condition-Based Evaluation," ABB Review 4/2000, pp. 45-54.

ศิริพงศ์ ชัยปรีดาสถาพร

BUCHHOLZ RELAY

Buchholz relay ถูกประดิษฐ์ขึ้นในปี ค.ศ. 1921 ตั้งชื่อขึ้นเพื่อให้เกียรติกับวิศวกรผู้คิดค้น คือ Max Buchholz (1875-1956)

Buchholz relay คืออะไร?

Buchholz relay คือรีเลย์ชนิดหนึ่งซึ่งถูกออกแบบมาเพื่อทำการตรวจจับและลดความรุนแรงของปัญหาที่เกิดขึ้นภายในของหม้อแปลงไฟฟ้า หรืออุปกรณ์อื่นๆ ที่มีถังน้ำมันสำรอง (Conservator Tank) ติดตั้งอยู่ เป็นรีเลย์ที่ทำงานด้วยความเร็วและปริมาณสะสมของก๊าซที่เกิดจากการแตกตัวของน้ำมันอันเนื่องมาจากความผิดปกติ (Fault) ภายในหม้อแปลงไฟฟ้า

Buchholz relay ที่ติดตั้งอยู่กับหม้อแปลงไฟฟ้าจะทำงานในกรณีที่

1. การลัดวงจรของฉนวนเคลือบแผ่นเหล็กซิลิคอนของแกนเหล็ก
2. การเสื่อมสภาพของฉนวนแกนเหล็ก
3. หน้าสัมผัสในวงจรไฟฟ้าไม่แน่น, หลวม หรือสกปรก
4. การเกิดความร้อนสูงในบางส่วนของขดลวดทองแดงจากการเสื่อมสภาพของฉนวน
5. การลัดวงจรภายในระหว่างเฟส หรือการเกิดอาร์คระหว่างสายแท็ปภายในขดลวด
6. การเกิดลัดวงจรลงดินที่ลูกถ้วยภายในตัวถัง

นอกจากนี้แล้วสัญญาณเตือนจาก Buchholz relay จะมีส่วนยับยั้งการขยายตัวของเงื่อนไขที่จะนำไปสู่การเกิดความผิดปกติภายในหม้อแปลงไฟฟ้า เช่น การลดระดับของน้ำมันเนื่องจากการรั่วซึม หรือการมีอากาศภายนอกเข้าสู่หม้อแปลงไฟฟ้าเนื่องจากความบกพร่องของระบบไหลเวียนน้ำมัน ซึ่งจะกล่าวถึงในลำดับต่อไป

โครงสร้างภายนอกของ Buchholz relay

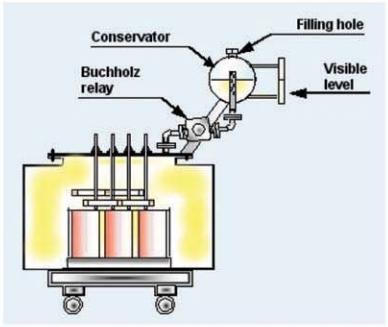
โดยทั่วไป Buchholz Relay มีโครงสร้างตัวถังและฝาปิดกล่องขั้วต่อสาย ทำจากอลูมิเนียมอัลลอยด์ทำสี มีความทนทานต่อสภาพอากาศ ส่วนบนประกอบด้วยกล่องขั้วต่อสาย (terminal box) , วาล์วทดสอบ (pneumatic test valve), วาล์วระบายอากาศ (discharge cock) และ ปุ่มทดสอบทางกลของวงจรการเตือนและการตัดวงจร (Mechanical alarm and trip test button)

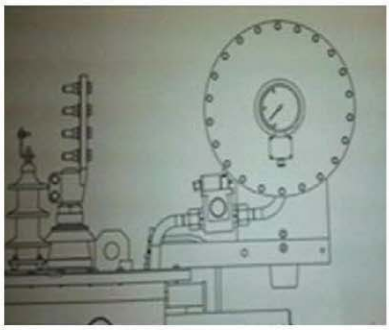
- ช่องกระจกสำหรับตรวจสอบ : โดยทำมาจากกระจกชนิดพิเศษ และ สเกลวัดปริมาตร
- ที่ด้านใต้ตัว Buchhotz relay มีปลั๊กระบาย (drain plug) ติดตั้งอยู่

สำหรับที่ภายในกล่องขั้วต่อสาย (terminal box) ที่อยู่ด้านบนของ Buchholz relay จะประกอบไปด้วยขั้วต่อสายไฟฟ้า (electrical connector) ของสวิทช์ระบบสัญญาณหรือการตัดต่อ รวมทั้งขั้วต่อของสายดิน (earthing contact connector) อยู่ด้วย โดยทั่วไปคำอธิบายวงจร (diagram) ของสวิทช์หรือหน้าสัมผัส (contact) จะติดไว้อยู่ใต้ฝาครอบ (cover) ของกล่องขั้วต่อสายนี้และมีเคเบิลแกลนด์ (cable gland) สำหรับต่อสายของวงจรไฟฟ้าผ่านเข้ามาในกล่องขั้วต่อสาย

หลักการทำงานของ Buchholz relay

ภายในหม้อแปลงไฟฟ้าจะมีชุด Active part (ขดลวดทองแดงและชุดแกนเหล็ก) แช่อยู่ในน้ำมันหม้อแปลง และมีท่อต่อจากตัวถังผ่านมาที่ชุด Buchholz relay ขึ้นไปที่ถังน้ำมันสำรอง (Conservator tank)

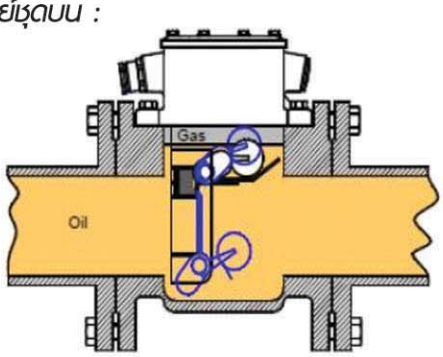




โดยทั่วไปข้อกำหนดทางเทคนิคของกลุ่มผู้ผลิตอุปกรณ์ป้องกันชนิดนี้ ได้ระบุความลาดเอียงของชุดท่อที่ต่อเข้ากับ Buchholz relay ทั้ง 2 ด้านที่ต่อเข้าหาถังน้ำมันสำรอง ไว้ที่มุม 1 ถึง 5 องศา ของแนวขนานกับแนวนอน และให้หัวลูกศรต้องชี้ตรงขึ้นไปที่ถังน้ำมันสำรอง

ภายในของ Buchholz relay มีส่วนประกอบหลักคือรีเลย์ที่ทำงานด้วยระบบทางกล (Mechanic) 2 ชุด คือ

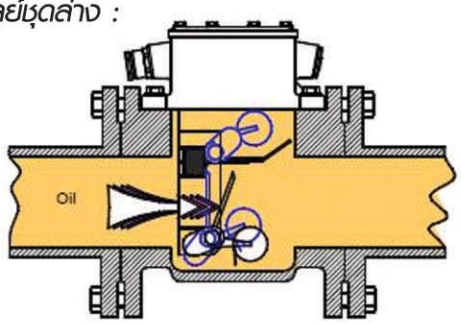
1. รีเลย์ชุดบน :

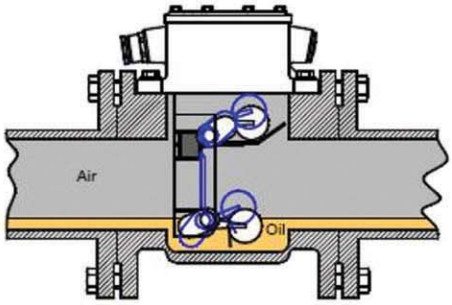


เป็นลูกลอยอยู่ในกระเปาะสำหรับดักก๊าซ ซึ่งรีเลย์ตัวนี้จะมีหน้าที่เตือนภัย (Alarm) ที่เกิดขึ้นเนื่องจากการเสื่อมของฉนวนเช่น ฉนวนบนแผ่นเหล็กซิลิคอน, การเกิดการลัดวงจรฉนวนของโบล์ทยึดแกนเหล็ก (Core bolt), จุดสัมผัสหรือหน้าคอนแทคไม่แน่น, การเกิดความร้อนเฉพาะแห่ง (Hot spot) ภายในขดลวดหรือสายตัวนำภายใน Active part รวมถึงการรั่วไหลของน้ำมันในตำแหน่งที่อยู่ต่ำกว่า Buchholz relay

ความร้อนจากการเกิดประกายไฟ (Arc) ภายในตัวถังหม้อแปลงเนื่องจากความผิดปกติของส่วนประกอบ Active part จะทำให้น้ำมันหม้อแปลงแตกตัวเป็นฟองก๊าซและลอยเข้าสู่ภายในตัว Buchholz relay ไปสู่ถังน้ำมันสำรอง (Conservator tank) ก๊าซที่เข้ามาจะเข้าไปสะสมในกระเปาะ ทำให้ระดับลูกลอยใน Buchholz relay ลดต่ำลง ถ้ามีปริมาณก๊าซสะสมเพียงพอ ลูกลอยจะลดต่ำลงจนถึงระดับที่หน้าสัมผัสของสวิตช์ต่อถึงกัน ซึ่งถ้านำสัญญาณจากสวิตช์นี้ไปต่อเข้ากับระบบเตือนภัย ระบบเตือนภัยก็จะทำงานส่งสัญญาณเตือนภัยออกมา ให้ผู้ควบคุมหม้อแปลงทราบถึงความผิดปกติของหม้อแปลง

2. รีเลย์ชุดล่าง :





เป็นรีเลย์สั่งตัดวงจร (Trip) ของเซอร์กิตเบรคเกอร์ รีเลย์ตัวนี้จะติดตั้งอยู่ตรงปากท่อโดยตรง โดยมีแผ่นปะทะ (Flap) ที่ติดอยู่กับลูกลอยตัวล่าง รีเลย์ชุดนี้จะทำงานใน 2 กรณี คือ

กรณีที่ 1 เมื่อเกิดประกายไฟรุนแรงมากจากการลัดวงจรระหว่างเฟส (phase-to-phase fault), การลัดวงจรลงดิน (phase-to-ground fault) หรือการลัดวงจรภายในขดลวดเดียวกัน (short-turn) ภายในชุด Active part น้ำมันหม้อแปลงจะไหลไปดันแผ่นปะทะ (Flap) ด้วยความเร็ว ทำให้ลูกลอยมีตำแหน่งต่ำลงและหน้าสัมผัสของสวิตช์ต่อถึงกัน และไปสั่งเซอร์กิตเบรกเกอร์ตัดวงจรหม้อแปลงออกไปจากระบบไฟฟ้า

กรณีที่ 2 เมื่อลูกลอยของรีเลย์ชุดนี้ลดระดับลงต่ำมาก อันเนื่องมาจากการรั่วไหลของน้ำมันในตำแหน่งที่อยู่ต่ำกว่า Buchholz relay หรือการซึมผ่านของอากาศที่มาจากในกระบวนการไหลเวียนของน้ำมันในปริมาณมาก ทำให้ลูกลอยมีตำแหน่งต่ำลงและหน้าสัมผัสของสวิตช์ต่อถึงกัน และไปสั่งตัดเซอร์กิตเบรกเกอร์ของวงจรหม้อแปลงออกไปจากระบบไฟฟ้าเช่นเดียวกับกรณีที่ 1 ข้างต้น

การส่งสัญญาณ (signaling) ของ Buchholz relay สามารถสรุปได้ 2 ประการ คือ

- การส่งสัญญาณเพื่อการเตือน (Alarm) ในกรณีที่มีเกิดการสะสมของก๊าซ (gas accumulation) ภายในหม้อแปลงไฟฟ้าขณะจ่ายไฟฟ้าและในกรณีที่ภายในตัว Buchholz relay มีระดับของน้ำมันลดลงอันเนื่องมาจากการรั่วซึมในตัวถังหม้อแปลง (lack of oil)

- การส่งสัญญาณเพื่อทำการปลดวงจรหม้อแปลงไฟฟ้าออกจากระบบไฟฟ้า (Trip) ในกรณีที่ภายในตัว Buchholz relay ไม่มีน้ำมันหม้อแปลงจากการลดระดับของน้ำมันในตัวถังหม้อแปลง (lack of oil) และจากในกรณีที่น้ำมันหม้อแปลงไหลย้อนขึ้นไปที่ถังน้ำมันสำรองอย่างรวดเร็ว (Oil surge) แล้วดันแผ่นปะทะ (Flap) ภายในทำให้หน้าสัมผัสของสวิตช์ต่อถึงกันเนื่องจากความผิดปกติที่รุนแรงของ Active part

ชนิดของก๊าซกับความผิดปกติในหม้อแปลงไฟฟ้า

หลังการเกิดสัญญาณเตือน ผู้ควบคุมหม้อแปลงสามารถทำการเก็บตัวอย่างก๊าซได้จากแท็ปที่เก็บก๊าซ (Tap to collect gas) ของตัว Buchholz relay แล้วส่งไปวิเคราะห์ประเภทของก๊าซที่พบ ก๊าซแต่ละชนิดจะเป็นตัวบ่งชี้ถึงสาเหตุของความผิดปกติได้ดังนี้

ในกรณี พบก๊าซ H_2 กับ CH_4 แสดงว่าเกิดการดีสชาร์จบางส่วน (Partial discharge) และ เกิดการอาร์กขนาดเล็กขึ้น

ในกรณี พบก๊าซ H_2 , C_2H_2 กับ C_2H_4 แสดงว่าเกิดการอาร์กที่มีกระแสไหลผ่านในปริมาณมาก (Sustained arcing) เป็นต้น

สีของน้ำมันกับความผิดปกติในหม้อแปลงไฟฟ้า

ดังได้กล่าวไว้แล้วว่า ที่ตัว Buchholz relay มีช่องกระจกสำหรับตรวจสอบระดับน้ำมันและสภาพสีของก๊าซในน้ำมันหม้อแปลงที่ส่งผ่านเข้ามาภายใน Buchholz relay สีที่สังเกตได้สามารถใช้เป็นข้อบ่งชี้ความผิดปกติภายในหม้อแปลงเบื้องต้นได้ดังต่อไปนี้ คือ

1) ก๊าซสีขาว จะเกิดจากการอาร์คทางไฟฟ้าที่หน้าสัมผัสกับกระดาษ , ผ้า หรือ ผ้าไหม
2) ก๊าซสีเหลืองเกิดจากฉนวนไม้อัด และกระดาษแข็ง
3) ก๊าซสีเทาเกิดจากการชำรุดของวงจรแม่เหล็ก
4) ก๊าซสีดำเกิดจากประกายไฟ (free arcing) ในน้ำมันหม้อแปลงไฟฟ้า

การบำรุงรักษา

โดยปกติ Buchholz Relay ไม่ต้องการการบำรุงรักษาหรือตรวจสอบเป็นพิเศษ แต่ทั้งนี้ควรมีการตรวจสอบเรื่องการรั่วซึมที่ข้อต่อหรือหน้าแปลน , จุดต่อเกลียว รวมทั้งการรั่วซึมที่ตัวเปลือกด้านนอก อย่างน้อยปีละ1 ครั้ง

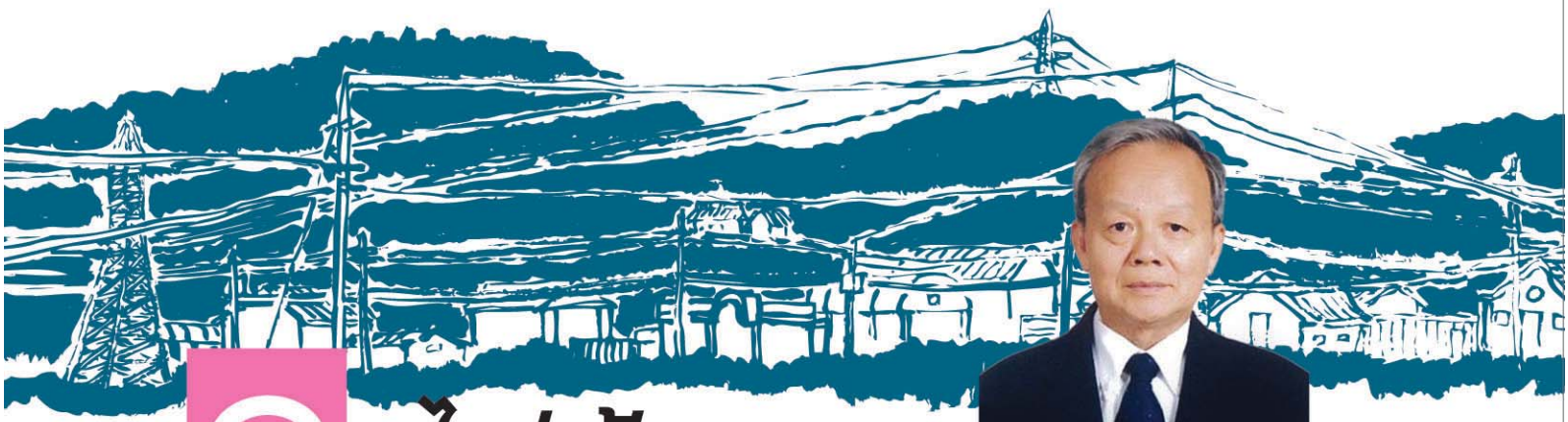
ในกรณีที่มีการหยุดการจ่ายไฟฟ้าที่หม้อแปลงเพื่อทำการบำรุงรักษาประจำปี ก็สามารถทำการทดสอบการทำงานของชุดหน้าสัมผัส (Contact Alarm and Trip) เพิ่มเติมได้ตามวิธีการที่ผู้ผลิตแนะนำ ซึ่งโดยทั่วไปจะตรวจสอบได้ใน 2 ลักษณะ คือ

1) การตรวจสอบทางกล (Mechanical test) โดยการกดปุ่มทดสอบที่ด้านบนของตัว Buchholz relay เพื่อดูการตัดต่อของหน้าสัมผัสทั้งสองชุด

2) การตรวจสอบโดยลม (Pneumatic test) โดยการจ่ายลมเข้าที่วาว์ลทดสอบด้านบน Buchholz relay ด้วยอุปกรณ์ที่ผู้ผลิตแนะนำที่ระดับความเร็วต่ำและความเร็วสูงเพื่อทดสอบการทำงานของหน้าสัมผัสทั้งสองชุด และระบายลมออกทางวาว์ลทดสอบหลังตรวจสอบเสร็จ

สำหรับที่ช่องกระจก ถ้าพบว่าไม่ใสสะอาดเนื่องจากฝุ่นหรือสิ่งสกปรก ให้ทำความสะอาดด้วยผ้านุ่มและน้ำสบู่เพื่อให้สามารถสังเกตระดับหรือสีของน้ำมันหม้อแปลงได้ง่าย

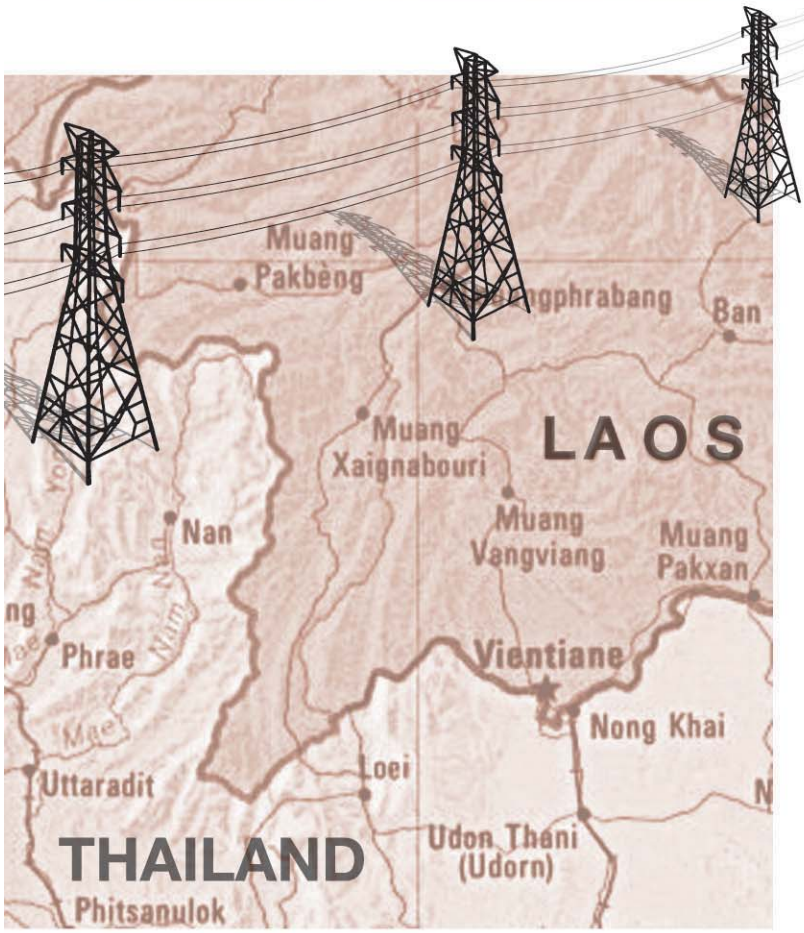
ข้อมูลเฉพาะทางด้านเทคนิคของ Buchholz relay ที่ติดตั้งกับหม้อแปลงไฟฟ้าที่มีรายละเอียดแตกต่างกันไปตามผู้ผลิต ผู้ใช้ หรือผู้ควบคุมหม้อแปลงไฟฟ้าสามารถตรวจสอบได้กับผู้ผลิตหรือจำหน่าย Buchholz relay นั้นๆ หรือผู้ผลิต หรือจำหน่ายหม้อแปลงไฟฟ้า



คนไฟฟ้า
Celebrity's Writing

คำผุย จีราระรื่นศักดิ์

สายส่งไฟฟ้า สายใยมิตรภาพสองฝั่งโขง



ภายหลังสงครามโลกครั้งที่ 2 สิ้นสุดลง ประเทศต่างๆ ในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ได้รับการปลดปล่อยจากการเป็นอาณานิคมของชาติตะวันตก ต่างก็เร่งฟื้นฟูประเทศของตนเองอย่างเร่งด่วน สิ่งที่เป็นอุปสรรคสำคัญคือ การขาดแคลนพลังงานไฟฟ้า

ประเทศไทยค่อนข้างจะโชคดี ที่มิได้ตกเป็นอาณานิคมเหมือนกับเพื่อนบ้านใกล้เคียง และยังได้รับผลกระทบจากพิษสงครามน้อยกว่า รัฐบาลในสมัยจอมพล สฤษดิ์ ธนะรัชต์ ได้สร้างถนนมิตรภาพเป็นการเปิดประตูสู่ภาคอีสาน และเชื่อนอุบลรัตน์ได้ถูกสร้างขึ้น ที่อำเภอน้ำพอง จังหวัดขอนแก่น เมื่อปี 2509 เป็นการเริ่มต้นจุดประกายความสว่างไสว และความเจริญเติบโตให้กับภาคอีสานอย่างรวดเร็ว

คณะกรรมาธิการประสานงานการสำรวจลุ่มแม่น้ำโขงตอนล่าง หรือต่อมาเรียกว่า คณะกรรมการแม่น้ำโขง ภายใต้การสนับสนุนของ ECAFE ได้สนับสนุนให้ประเทศลาวก่อสร้างเขื่อนน้ำงึม 1 แต่โดยที่ประเทศลาวในขณะนั้นยังไม่มีแหล่งผลิตไฟฟ้าขนาดใหญ่เลยในหัวเมืองใหญ่ๆ จะมีก็แต่โรงไฟฟ้าดีเซล จ่ายไฟให้กับหน่วยราชการ โรงพยาบาลและย่านธุรกิจเท่านั้น โครงข่ายระบบจ่ายไฟฟ้าแรงสูงก็ยังไม่มี จึงทำให้เป็นการยากอย่างยิ่งในการที่จะส่งไฟฟ้าเข้าไปที่หัวงานก่อสร้างเขื่อน ซึ่งอยู่ห่างจากนครหลวงเวียงจันทน์ถึง 80 กิโลเมตร

พระราชพิธีเปิดสายส่งเชื่อมโยงไทย - ลาว 115 เควี
หนองคาย - ท่านาแล้ง ปี พ.ศ. 2511

โดยความช่วยเหลือของธนาคารโลกและรัฐบาลญี่ปุ่นจึงมีการก่อสร้าง สายส่ง 115 เควี จากอุดรไปหนองคาย ข้ามแม่น้ำโขงไปสถานีท่านาแล้ง (บริเวณด่านศุลกากรลาวใกล้กับสะพานมิตรภาพ) และสร้างต่อเข้าไปถึงหัวงาน

ศาสตราจารย์ ดร.บุญรอด บิณฑสันต์ ในฐานะผู้แทนฝ่ายไทยในคณะกรรมการแม่น้ำโขง ได้เสนอขอให้รัฐบาลไทยให้ความช่วยเหลือในรูปสินเชื่อเป็นพลังงานไฟฟ้าและปูนซีเมนต์ แก่ประเทศลาวแบบปลอดดอกเบี้ย เพื่อสนับสนุนให้สร้างเขื่อนน้ำงึม 1 ให้สำเร็จ โดยให้ฝ่ายลาวจ่ายคืนในรูปพลังงานไฟฟ้าภายหลังที่โรงไฟฟ้าเดินเครื่องและยังรับซื้อส่วนที่เหลือจากการใช้ภายในประเทศลาวในราคาที่เหมาะสม จนทำให้สินค้าส่งออกที่ทำรายได้เข้าประเทศในขณะนั้น คือ ไฟฟ้าจากเขื่อนน้ำงึม 1 จะเห็นได้ว่าเขื่อนน้ำงึม 1 มีความสำคัญต่อความเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจของประเทศลาวมาก ตราสัญญลักษณ์ของประเทศลาวในสมัยนั้นจึงมีรูปเขื่อนน้ำงึม 1 อยู่ด้วย

ขอให้ข้อสังเกตว่าระบบไฟฟ้าของภาคอีสานในสมัยนั้นเป็นของการไฟฟ้าภาคตะวันออกเฉียงเหนือซึ่งยังไม่ได้เชื่อมโยงเข้ากับภาคกลางและภาคเหนือ กำลังผลิตของโรงไฟฟ้าเขื่อนอุบลรัตน์เพียง 16 เมกกะวัตต์ เมื่อรวมกับแก๊สเทอร์ไบน์ที่อุดร และนครราชสีมา อีก 2 เครื่อง มีกำลังผลิตรวมไม่ถึง 50 เมกกะวัตต์ แต่ด้วยความมีน้ำใจและวิสัยทัศน์อันยาวไกลของ ดร.บุญรอด จึงทำให้การก่อสร้างเขื่อนน้ำงึม 1 สำเร็จและสามารถจ่ายไฟในเชิงพาณิชย์ได้ในปี 2511

พระราชพิธีเปิดจ่ายกระแสไฟฟ้าจากสายเชื่อมโยงระหว่างประเทศสายแรกของไทยและลาว ได้จัดให้มีขึ้นเมื่อวันที่ 16 ธันวาคม 2511 บนแพปะรำพิธีกลางแม่น้ำโขง จังหวัดหนองคาย รัฐบาลไทยได้กราบบังคมทูลเชิญพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวภูมิพลอดุลยเดช และทางรัฐบาลลาวคือเจ้ามหาชีวิตศรีสว่างวัฒนา มาทำพิธีเปิดอย่างเป็นทางการมีบุคคลสำคัญฝ่ายไทย ได้แก่ จอมพล ถนอม กิตติขจร นายกรัฐมนตรี นายพจน์ สารสิน รัฐมนตรีว่าการกระทรวงพัฒนาการ และศาสตราจารย์ ดร.บุญรอด บิณฑสันต์ เลขาธิการพลังงานแห่งชาติ ฝ่ายลาวคือ เจ้าสุวรรณภูมา นายกรัฐมนตรี และบุคคลสำคัญอีกหลายท่าน นอกจากนั้นยังมีแขกผู้มีเกียรติรับเชิญ เช่น นายอูหยุ่น เลขาธิการ ECAFE ทูตานุทูตหลายประเทศ รวมทั้งผู้แทนธนาคารโลกที่ให้เงินช่วยเหลือแบบให้เปล่าสำหรับโครงการนี้

ผมได้มีโอกาสอยู่บนแพพิธีนั้น ทำหน้าที่รับผิดชอบดูแลระบบไฟฟ้าในแพไม่ให้ขัดข้อง รู้สึกว่าเป็นความรับผิดชอบที่ยิ่งใหญ่ และเป็นความภาคภูมิใจที่ได้อยู่ในเหตุการณ์

สายส่งไฟฟ้าเชื่อมโยง ไทย - สปป.ลาว

	ชื่อสายส่ง	kV.	ชนิดวงจร	ขนาดสาย	วันนำเข้าใช้งาน
1.	หนองคาย - ท่านาแล้ง	115	1	95 SQ.MM.	8 ต.ค. 2511
2.	นครพนม - ท่าแขก 1	115	1	477 MCM. ACSR	15 ส.ค. 2516
3.	หนองคาย - โพนต้อง	115	2	477 MCM. ACSR	14 ต.ค. 2520
4.	เขื่อนสิรินธร - บังเยาะ	115	1	477 MCM. ACSR	11 พ.ย. 2534
5.	มุกดาหาร 2 - ปากบ่อ	115	1	477 MCM. ACSR	24 ธ.ค. 2539
6.	นครพนม - ท่าแขก 2	115	1	336.4 MCM.	21 ก.พ. 2540
7.	บึงกาฬ - ปากซัน	115	1	336.4 MCM.	25 มี.ค. 2540
8.	สกลนคร 2 - ท่าแขก 2	230	2	1272 MCM. ACSR	16 ธ.ค. 2540
9.	ห้วยเฮาะ - อุบลราชธานี 2	230	2	1272 MCM. ACSR	12 ก.ค. 2542
10.	น้ำเทิน 2 - ร้อยเอ็ด 2	500	2	4x1272 MCM. ACSR	ตุลาคม 2552
11.	น้ำงึม 2 - อุดร 3	500	2	4x1272 MCM. ACSR	6 ก.ค. 2553

ประวัติศาสตร์ จึงเป็นจุดเริ่มต้นในการเปิดธุรกิจซื้อขายไฟฟ้าระหว่างประเทศ หลังจากนั้นผมก็ได้มีบทบาทรับผิดชอบในการสานต่อการเชื่อมโยงไฟฟ้าระหว่างไทย-ลาว อีกถึง10 จุด รวมจนถึงปัจจุบันเป็น 11 จุด (โปรดดูรายละเอียดในตาราง) นับเป็นระบบเชื่อมโยงระหว่างประเทศตลอดแนวชายแดนที่มากที่สุดในโลก

นับจากวันนั้นจนถึงวันนี้ รัฐบาลไทยและรัฐบาลสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ได้ลงนามในบันทึกความเข้าใจ เพื่อรับซื้อไฟฟ้าจากสปป.ลาว 7,000 เมกกะวัตต์ ภายในปี 2558 โครงการที่กำลังจะเกิดขึ้นภายใต้ MOU นี้ เช่น โครงการน้ำงึม 3, น้ำเงียบ, น้ำเทิน 1, เซียเปียนเซน้ำน้อย, หงสา และ ไชยะบุรี ซึ่งจะทำให้สายเชื่อมโยงไทย-ลาว เกิดขึ้นอีกมากมายตลอดแนวชายแดน เป็นเหมือนสายเชื่อมโยงความผูกพันทั้ง 2 ประเทศ และเป็นการจุดประกายให้เกิดอาเซียน กริด เชื่อมโยงระหว่างประเทศภาคีสมาชิกของอาเซียน ซึ่งจะทำให้มีการแลกเปลี่ยนพลังงานระหว่างกัน รวมทั้งสามารถลดกำลังการผลิตสำรองของประเทศไทยลงได้ และจะทำให้ราคาพลังงานไฟฟ้าลดลงได้อย่างมาก

ขอแสดงมุทิตาคารวะต่อคุณูปการของท่านศาสตราจารย์ ดร.บุญรอด บิณฑสันต์ เป็นอย่างสูงในวาระที่ท่านมีอายุครบ 100 ปี ในปีนี้

สายส่ง 500 เควี บ้านนาบง - อุดรธานี 3 ของโครงการน้ำงึม 2 ปี พ.ศ. 2553

เอกสารอ้างอิง

- เสี้ยวหนึ่งของประวัติศาสตร์ กฟผ. ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ
- เบื้องหลังสายสัมพันธ์ ไทย - ลาว โดยสุพล เอื้ออนันต์

ครูไฟฟ้า
Guru's Writing

อ.บุญเหนือ พึ่งศิริ

กางเกงสำหรับป้องกันอันตรายจากกระแสไฟฟ้ารั่ว

บุญเหนือ พึ่งศิริ, ธวัชชัย สอนสนาม, กนกพรรณ วิระบุตร์และ ศุภกิตติ์ โชติโก

บทนำ

ในช่วงที่เกิดมหาอุทกภัยในประเทศไทย เมื่อปี 2554 นั้น ในหลายๆ พื้นที่ที่ประสบภัยน้ำท่วมได้มี สายไฟฟ้า ปลั๊กและอุปกรณ์ทางไฟฟ้าอื่นๆ จมน้ำมากมาย ซึ่งบางครั้งสายไฟฟ้า ปลั๊ก หรืออุปกรณ์ไฟฟ้าเหล่านั้นยังมีไฟฟ้าอยู่ทำให้เกิดกระแสไฟฟ้ารั่ว เมื่ออุปกรณ์เหล่านั้นเกิดกระแสไฟฟ้ารั่วและมีคนไปจับ สัมผัสอุปกรณ์หรืออยู่ในบริเวณนั้นจะโดยบังเอิญหรือโดยความไม่รู้ก็จะได้รับอันตราย ซึ่งจากสถิติใน http://www.bangkokvoice.com/ 2011/11/27/resignation-to-redemption-death-a-shock/ เมื่อวันที่ 27 พฤศจิกายน 2554 นั้น ได้มีการรายงานข้อมูลผู้เสียชีวิตจากเหตุมหาอุทกภัยดังกล่าวนี้จาก 2 แหล่ง คือ ศูนย์ป้องกันภัยภิบัติแห่งชาติ (ศปภ.) และ กระทรวงสาธารณสุข โดยที่ศูนย์ป้องกันภัยภิบัติแห่งชาติ (ศปภ.) ได้รายงานว่ามีผู้เสียชีวิตจากมหาอุทกภัยนี้เป็นจำนวน 615 คน โดยที่ ในจำนวนนี้มี 43 คนซึ่งเสียชีวิตจากการถูกไฟฟ้าช็อต ซึ่งคิดเป็น 7% ของผู้เสียชีวิตทั้งหมด ขณะที่กระทรวงสาธารณสุขได้รายงานยอดผู้เสียชีวิตทั้งหมดเป็นจำนวน 728 คน โดยที่ 102 คนนั้นเป็นผู้เสียชีวิตที่เกิดจากอุบัติเหตุทางไฟฟ้าซึ่งคิดเป็นประมาณ 14% ของผู้เสียชีวิตทั้งหมด

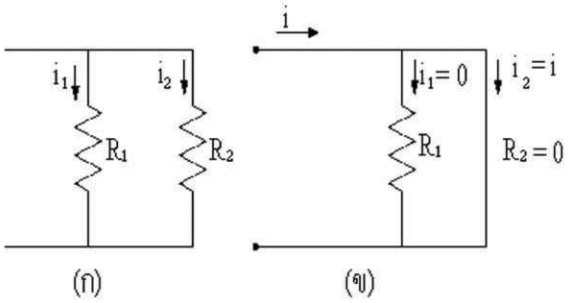
จากการรายงานยอดผู้เสียชีวิตดังกล่าวจาก ศปภ. และกระทรวงสาธารณสุขนั้นทำให้เห็นได้ว่ามีผู้คนจำนวนไม่น้อยที่ต้องเสียชีวิตเนื่องจากสาเหตุทางไฟฟ้า ซึ่งสาเหตุหลักๆที่ทำให้มีผู้เสียชีวิตทางไฟฟ้าดังกล่าวนั้นมาจาก การใช้เครื่องมือหรืออุปกรณ์ตรวจกระแสไฟฟ้ารั่วที่ไม่เหมาะสม การขาดความรู้เกี่ยวกับอุปกรณ์ตรวจจับกระแสไฟฟ้ารั่วเหล่านั้น และ เกิดจากการไม่มีความรู้เกี่ยวกับไฟฟ้า ดังนั้นถ้ามีอุปกรณ์หรือเครื่องมือที่ใช้ป้องกันอันตรายจากกระแสไฟฟ้ารั่วนั้นได้อาจจะนำไปสู่การเสียชีวิตที่ลดน้อยลงได้ ซึ่งในบทความนี้ได้นำเสนออุปกรณ์ที่ใช้ในการป้องกันอันตรายจากกระแสไฟฟ้ารั่วก็คือกางเกงสำหรับป้องกันอันตรายจากกระแสไฟฟ้ารั่ว

1. หลักการและทฤษฎี

กางเกงสำหรับป้องกันอันตรายจากกระแสไฟฟ้ารั่วนี้มีลักษณะดังรูปที่ 1 ซึ่งจะเห็นได้ว่ากางเกงตัวนี้ทำจากใยสแตนเลสนำมาตัดเย็บเป็นกางเกง ซึ่งความต้านทานของใยสแตนเลสนี้ค่อนข้างต่ำ ดังที่เห็นในรูปที่ 1 ว่าความต้านทานระหว่าง 2 จุดดังกล่าวบนกางเกงมีค่าเพียง 1.3 โอห์ม

การที่จะป้องกันอันตรายจากกระแสไฟฟ้ารั่วได้นั้นจะต้องลดผลของ แรงดันช่วงก้าว (step voltage) และแรงดันสัมผัส (touch voltage) ให้ได้ ซึ่งหลักการง่ายๆที่ได้นำมาใช้ในการออกแบบกางเกงดังกล่าวคือ หลักการของการแบ่งกระแส (current divider) ดังแสดงในรูปที่ 2

รูปที่ 1 กางเกงสำหรับป้องกันอันตรายจากกระแสไฟฟ้ารั่ว



รูปที่ 2 หลักการแบ่งกระแส[1]

จากรูปที่ 2 (ก) จะเห็นได้ว่าเมื่อความต้านทาน R_1 และR_2 นั้นมีความต้านทานซึ่งต่างกันไม่มากจะทำให้มีกระแสไหลผ่านตัวความต้านทานทั้ง 2 ตัว แต่กลับกันเมื่อลองพิจารณารูปที่ 2 (ข) ซึ่งตัวความต้านทาน R_2 นั้นมีค่าเป็น 0 โอห์มจะทำให้ได้ว่าค่ากระแสทั้งหมดนั้นจะไหลผ่านความต้านทาน R_2 เพียงอย่างเดียว ซึ่งหลักการดังกล่าวนี้นำมาประยุกต์ได้กับบุคคลซึ่งสวมใส่กางเกงสำหรับป้องกันอันตรายจากกระแสไฟฟ้ารั่วนี้ได้โดยพิจารณาว่า ความต้านทานของบุคคลที่สวมใส่เปรียบเสมือน R_1 ขณะที่ความต้านทานของกางเกงจะเปรียบเสมือนกับความต้านทาน R_2 ดังในรูปที่ 2 (ข) ดังนั้น R_2 มีความต้านทานน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับ R_1 จึงไม่แปลกที่บุคคลที่สวมใส่กางเกงตัวนี้จะไม่โดนไฟดูดเมื่อมีการสัมผัสกับอุปกรณ์ที่มีกระแสไฟฟ้ารั่วหรืออยู่ในบริเวณซึ่งมีกระแสไฟฟ้ารั่ว เพราะว่ากระแสที่รั่วจะไหลผ่านกางเกงสำหรับป้องกันอันตรายจากกระแสไฟฟ้ารั่วดังกล่าวแทนที่จะเป็นตัวบุคคล ทำให้บุคคลผู้สวมใส่มีความปลอดภัยในขณะที่เดินลุยน้ำท่วม

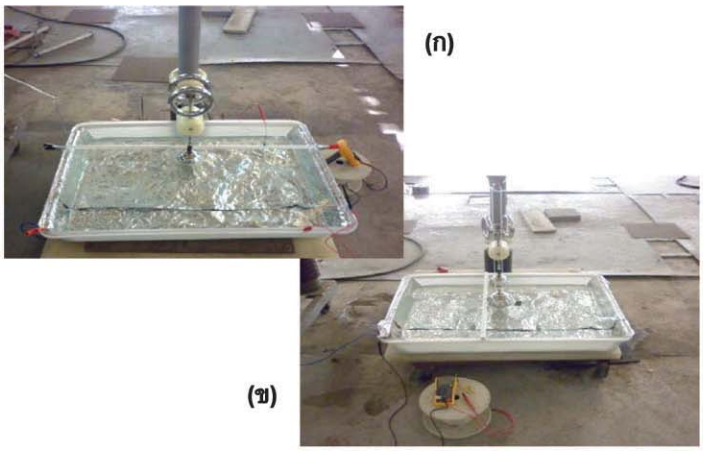
2. การทดลองและวิเคราะห์ผล

เพื่อความเข้าใจว่ากางเกงสำหรับป้องกันอันตรายจากกระแสไฟฟ้ารั่วนี้สามารถป้องกันอันตรายจากกระแสไฟฟ้ารั่วได้อย่างไรนั้น ก็อาจจะทำได้โดยอาศัยการทดลอง โดยในการทดลองนี้นั้นใช้อุปกรณ์ดังต่อไปนี้ คือ ตัวนำทรงกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตรถูกสมมุติให้เป็นอุปกรณ์ที่มีกระแสไฟฟ้ารั่วโดยการป้อนแรงดัน 220 โวลต์ (310 โวลต์ค่ายอด) มาที่ตัวนำทรงกลมนี้ ส่วนบริเวณที่มีน้ำท่วมนั้นได้จำลองโดยการใช้อ่างพลาสติกขนาด 70*100*13 เซนติเมตร (กว้าง*ยาว*สูง) ซึ่งถูกหุ้มไว้ด้วยอะลูมิเนียมฟอยล์ ซึ่งการทดลองนี้ได้แบ่งออกเป็น 2 การทดลองหลักคือ

1. กรณีที่บุคคลนั้นไม่ได้สวมใส่กางเกงสำหรับป้องกันอันตรายจากกระแสไฟฟ้ารั่ว ซึ่งจะมีการจำลองสถานการณ์ดังในรูปที่ 3 (ก)

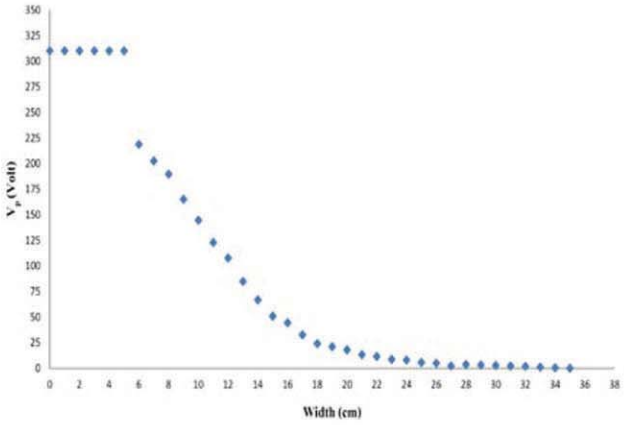
2. กรณีที่บุคคลได้สวมใส่กางเกงป้องกันอันตรายจากกระแสไฟฟ้ารั่วนี้ ซึ่งจะมีการจำลองการทดลองดังในรูปที่ 3 (ข) โดยสมมติให้ตัวนำทรงกลมลูกที่สองเปรียบเสมือนกับบุคคลซึ่งสวมใส่กางเกงดังกล่าว

หลังจากได้ทำการต่อวงจรการทดลองดังในรูปที่ 3 (ก) และ (ข) แล้ว ก็ป้อนแรงดันไฟฟ้า 220 โวลต์ (มีค่ายอดเท่ากับ 310 โวลต์) เข้าที่ตัวนำทรงกลม และหลังจากนั้นนำมัลติมิเตอร์ไปวัดค่าแรงดันไฟฟ้าที่ตำแหน่งต่างๆ ตามแนวด้านกว้างและด้านยาวของอ่างพลาสติก โดยในบทความนี้วัดเฉพาะที่ระดับผิวน้ำเท่านั้น ซึ่งผลการวัดแรงดันด้วยมัลติมิเตอร์ของการทดลองทั้ง 2 กรณีนี้สามารถแสดงผลได้ดังรูปที่ 4 และ 5

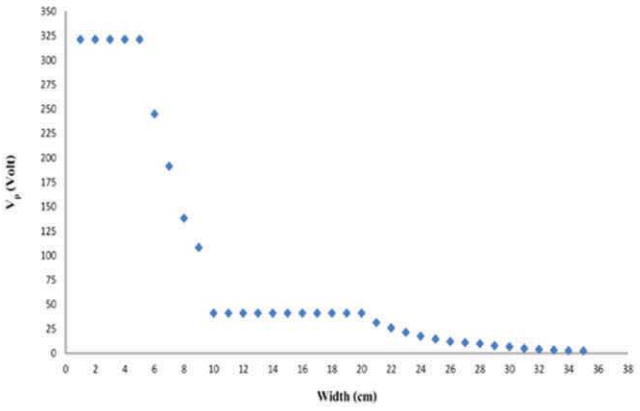


รูปที่ 3 วงจรการทดลอง (ก) กรณีไม่สวมใส่กางเกงป้องกันอันตรายจากกระแสไฟฟ้ารั่ว (ข) กรณีสวมใส่กางเกงป้องกันอันตรายจากกระแสไฟฟ้ารั่ว

จากผลการทดลองเพื่อดูแรงดันกระจายในรูปที่ 4 (ก) และ 5 (ก) นั้นจะเห็นได้ว่า แรงดันกระจายจากแหล่งกำเนิดที่เป็นตัวนำทรงกลมนั้นได้ลดลงอย่างรวดเร็ว ในระยะประมาณ 15 เซนติเมตรจากขอบของตัวนำทรงกลมนั้น แรงดันกระจายได้ลดลงจาก 310 โวลต์ (ค่ายอด) ไปอยู่ที่ประมาณ 25 โวลต์ ทั้งในแนวด้านกว้างและด้านยาวของอ่างพลาสติก

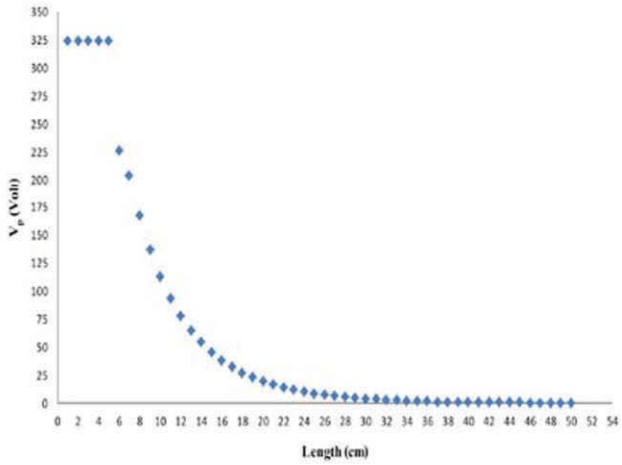


(ก)

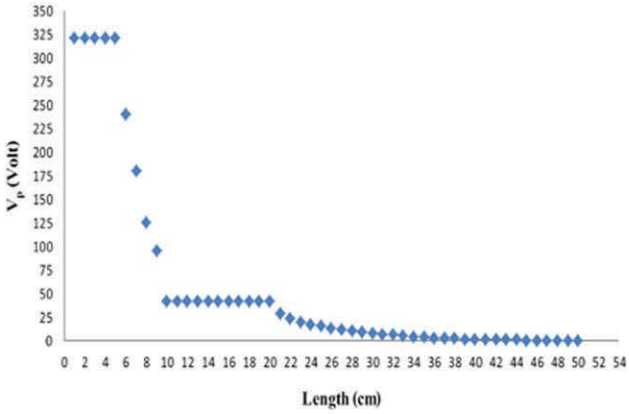


(ข)

รูปที่ 4 แรงดันกระจายที่เป็นฟังก์ชันของระยะทางตามแนวกว้าง (ก) กรณีไม่ใส่กางเกงป้องกันอันตรายจากกระแสไฟฟ้ารั่ว (ข) กรณีใส่กางเกงป้องกันอันตรายจากกระแสไฟฟ้ารั่ว



(ก)

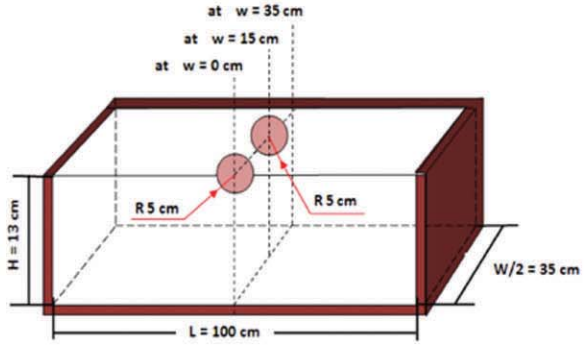


(ข)

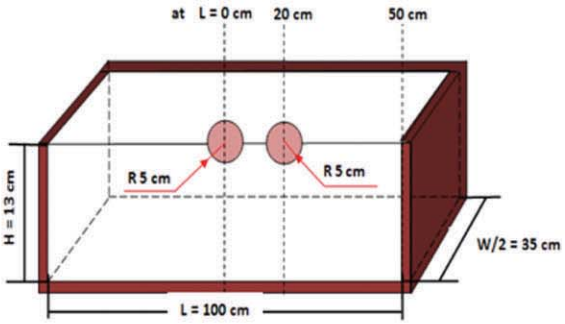
รูปที่ 5 แรงดันกระจายที่เป็นฟังก์ชันของระยะทางตามแนวยาว (ก) กรณีไม่ใส่กางเกงป้องกันอันตรายจากกระแสไฟฟ้ารั่ว (ข) กรณีใส่กางเกงป้องกันอันตรายจากกระแสไฟฟ้ารั่ว

ขณะที่ผลการทดลองในรูปที่ 4 (ข) และ 5 (ข) ได้บ่งชี้ถึงกรณีที่บุคคลนั้นได้สวมใส่กางเกงป้องกันอันตรายจากกระแสไฟฟ้ารั่วนี้จะทำให้ศักย์ไฟฟ้าที่ตัวบุคคลนั้นมีค่าเท่ากัน ดังสังเกตได้จากระดับแรงดันที่ระยะ 10-20 เซนติเมตร ซึ่งมีค่าคงที่ ซึ่งการที่ศักย์ไฟฟ้ามีค่าคงที่นี้ก็จะทำให้บุคคลนั้นมีความปลอดภัยจาก แรงดันช่วงก้าว

นอกเหนือจากการทดลองแล้ว อีกวิธีการหนึ่งซึ่งสามารถนำมาใช้อธิบายหลักการทำงานของกางเกงป้องกันอันตรายจากกระแสไฟฟ้ารั่วนี้ได้ คือวิธีการจำลองสถานการณ์จริงโดยใช้ซอฟแวร์สำเร็จรูปที่ใช้หลักการของไฟไนต์อิเลเมนต์ ซึ่งในบทความนี้ขอนำเสนอโปรแกรม Opera 3D 12.0 โดยภาพตัดขวางของแบบจำลองของโปรแกรมจะเป็นไปตามรูปที่ 6 โดยในการจำลองนี้ได้กำหนดให้ค่าความนำไฟฟ้าของอะลูมิเนียมฟอยล์มีค่าเท่ากับ 3.78*107 S/m[2] ขณะที่ความนำไฟฟ้าของสแตนเลสมีค่าเท่ากับ $1.45*10^6$ S/m[3]



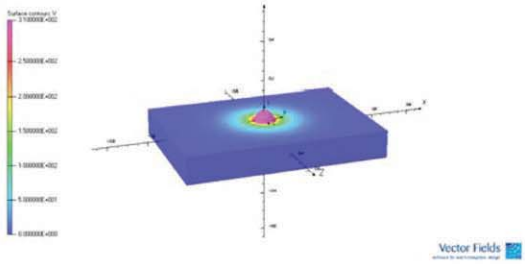
(ก)



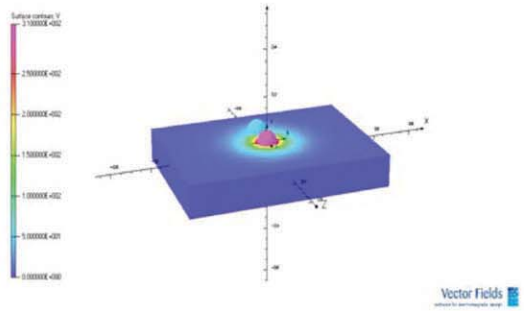
(ข)

รูปที่ 6 ภาพตัดขวางของแบบจำลองในโปรแกรม Opera-3D
(ก) ด้านแนวกว้าง (ข) ด้านแนวยาว

จากการจำลองด้วยโปรแกรม Opera-3D นั้นจะได้ surface contour ของแบบจำลองซึ่งแสดงระดับแรงดันที่ตำแหน่งต่างๆ ออกมาเป็นระดับสีดังแสดงได้ตามรูปที่ 7



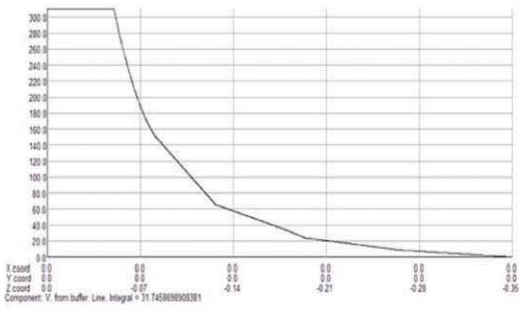
(ก)



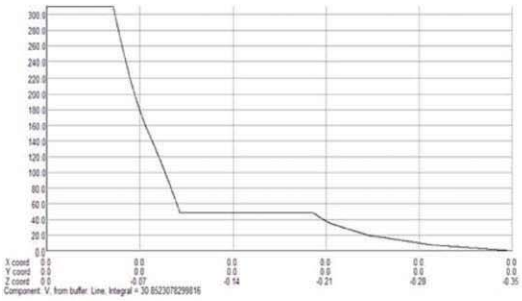
(ข)

รูปที่ 7 Surface contour ของแบบจำลอง (ก) กรณีไม่ใส่กางเกงกันกระแสไฟฟ้ารั่ว (ข) กรณีใส่กางเกงกันกระแสไฟฟ้ารั่ว

ส่วนผลการจำลองแรงดันกระจายจากโปรแกรม Opera-3D นั้นเป็นไปตามรูปที่ 8 และ 9 โดยผลการจำลองจากโปรแกรม Opera-3D ให้ผลการกระจายแรงดันในลักษณะที่ใกล้เคียงกับผลการทดลองจริงมาก โดยที่ในกรณีที่มีตัวนำทรงกลมลูกที่สอง (บุคคลได้สวมใส่กางเกงกันไฟดูด) อยู่ในวงจรจะทำให้แรงดันลดลงเร็วกว่ากรณีที่ไม่มี และแรงดันที่ได้จากการจำลองด้วยซอฟแวร์นี้ก็แสดงให้เห็นว่าในตำแหน่งที่บุคคลนั้นสวมใส่กางเกงกันกระแสไฟฟ้ารั่วจะมีศักย์ไฟฟ้าเท่ากันตามรูปที่ 8 (ข) และ 9 (ข) ซึ่งตรงนี้ก็เป็นตัวบ่งชี้ว่าบุคคลที่สวมใส่กางเกงกันกระแสไฟฟ้ารั่วนี้จะปลอดภัยจากแรงดันก้าวช่วง (step voltage) อย่างแน่นอน

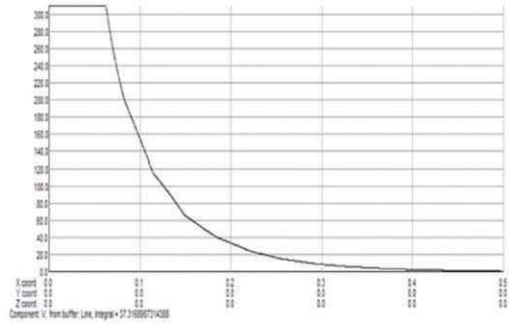


(ก)

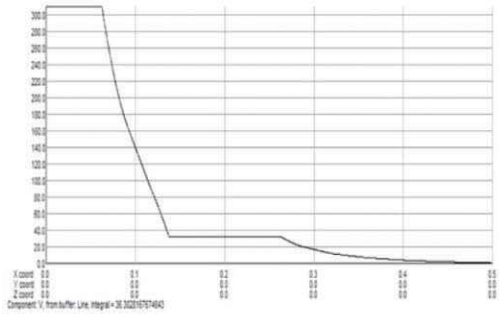


(ข)

รูปที่ 8 แรงดันกระจายที่เป็นฟังก์ชันของระยะทางตามแนวกว้าง (ก) กรณีไม่ใส่กางเกงป้องกันอันตรายจากกระแสไฟฟ้ารั่ว (ข) กรณีใส่กางเกงป้องกันอันตรายจากกระแสไฟฟ้ารั่ว



(ก)



(ข)

รูปที่ 9 แรงดันกระจายที่เป็นฟังก์ชันของระยะทางตามแนวยาว (ก) กรณีไม่ใส่กางเกงป้องกันอันตรายจากกระแสไฟฟ้ารั่ว (ข) กรณีใส่กางเกงป้องกันอันตรายจากกระแสไฟฟ้ารั่ว

3. สรุป

สุดท้ายนี้จะเห็นได้ว่าจากผลการทดลองและผลการจำลองจากโปรแกรม Opera-3D นั้นบ่งชี้ในแนวทางเดียวกันว่าการที่บุคคลสวมใส่กางเกงป้องกันอันตรายจากกระแสไฟฟ้ารั่วนี้จะปลอดภัยจากไฟฟ้ารั่วแต่อย่างไรก็ตามการใช้กางเกงป้องกันอันตรายจากกระแสไฟฟ้ารั่วนี้ก็มีข้อจำกัดต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. บุคคลที่สวมใส่กางเกงป้องกันอันตรายจากกระแสไฟฟ้ารั่วนี้สามารถเดินลุยน้ำในบริเวณที่มีกระแสไฟฟ้ารั่วได้อย่างปลอดภัยตราบเท่าที่ระดับน้ำนั้นไม่สูงกว่าความสูงของกางเกง
2. ขณะที่เดินลุยน้ำในบริเวณที่มีกระแสไฟฟ้ารั่วนั้น ส่วนอื่นๆ ของร่างกายที่ไม่ได้มีการป้องกันนั้นจะต้องไม่ไปสัมผัสกับอุปกรณ์หรือสิ่งของที่มีกระแสไฟฟ้ารั่ว
3. กางเกงป้องกันอันตรายจากกระแสไฟฟ้ารั่วนี้เหมาะกับการใส่ลุยน้ำที่มีความนำไฟฟ้าไม่สูงนัก

ดังนั้นกรณีที่น้ำมีความนำไฟฟ้าสูงๆ เช่น น้ำทะเล ยังไม่แนะนำให้ใช้

อ.บุญเหนือ พึ่งศิริ

จบการศึกษาระดับปริญญาโทจาก Nippon Institute of Technology ประเทศญี่ปุ่น ปัจจุบันเป็นอาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี รวมถึงเป็นหัวหน้าห้องปฏิบัติการวิจัยไฟฟ้าแรงสูง

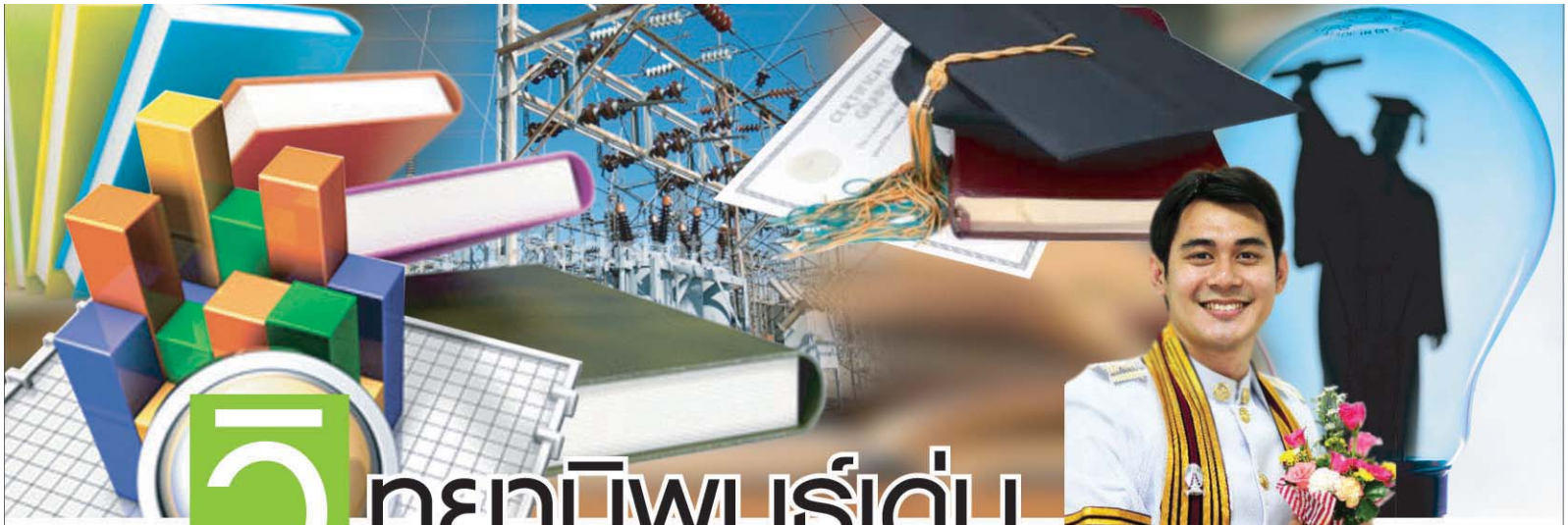
หนังสืออ้างอิง

[1] Charles K. Alexander and Matthew N.O. Sadiku "Fundamentals of Electric Circuits 4th edition" McGrawhill International edition

[2] http://www.azom.com/article.aspx?Article ID=1435

[3] http://en.wikipedia.org/wiki/Electrical__resis- tivity__and__conductivity

[4] "B.Pungsiri, K.Virabut, T.Sornsanam and S.Chotigo, "Leakage Current Protection Pants", IEEJ P&ES-IEEE PES Thailand Joint Symposium on Advanced Technology in Power Systems 2012; Febuary 24 2012; Faculty of Engineering, Chulalonkorn University."



วิทยานิพนธ์เด่น
Recommended Thesis

อณัณตชัย พงศ์ถาวรสวัสดิ์

การพัฒนาระบบตรวจจับเหตุการณ์สายจ่ายไฟฟ้าขาด ด้วยวิธีวัดกระแสสาย กรณีศึกษาสายไฟทางด้านโหลดมีการสัมผัสดิน

(A DEVELOPMENT ON DETECTION SYSTEM FOR BROKEN DISTRIBUTION CONDUCTOR USING THE 3-PHASE LINE CURRENT MEASUREMENT: CASE STUDY CONDUCTOR ON THE LOAD SIDE IS TOUCHING TO GROUND)

วิทยานิพนธ์ระดับมหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ประจำปีการศึกษา 2553
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : อ.ดร.วีระพันธ์ รังสีวิจิตรประภา, 79 หน้า, 2553.

เหตุการณ์ความผิดพร่องแบบสายจำหน่ายไฟฟ้าขาดแล้วตกลงมาสัมผัสพื้นเป็นกรณีที่ระบบป้องกันที่ติดตั้งใช้โดยทั่วไปในสถานีไฟฟ้าไม่สามารถตรวจจับความผิดพร่องที่เกิดขึ้นได้ ทำให้เกิดอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในบริเวณที่เกิดความผิดพร่องได้ วิทยานิพนธ์นี้ได้นำเสนอเทคนิคใหม่ซึ่งใช้หลักการการเลื่อนเวลาของสัญญาณกระแสมาประยุกต์เข้ากับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิคส์ เพื่อใช้สำหรับการตรวจจับความผิดพร่องแบบสายจำหน่ายไฟฟ้าขาดแล้วสัมผัสพื้น การวิจัยเริ่มด้วยการออกแบบจำลองระบบจำหน่ายไฟฟ้า เพื่อใช้ในการจำลองความผิดพร่องแบบสายจำหน่ายไฟฟ้าขาดแล้วตกลงมาสัมผัสพื้นด้านภาระ ระบบจำหน่ายไฟฟ้าได้ออกแบบไว้ที่ระดับแรงดัน 22 kV ระยะทางวงจรสายป้อนอยู่ที่ประมาณ 39.5 กิโลเมตร มีหม้อแปลงจำหน่ายกระจายตามระยะทางวงจรสายป้อน ในการจำลองความผิดพร่องฯ นั้น จะทำการจำลอง 2 รูปแบบคือ ทำการจำลองความผิดพร่องฯ ด้วยโปรแกรมประยุกต์ และทำการจำลองความผิดพร่องฯ บนชุดระบบจำหน่ายไฟฟ้าภายในห้องปฏิบัติการ เพื่อนำผลที่ได้จากการทดลองไปหารูปแบบการตรวจจับ และออกแบบอุปกรณ์ตรวจจับความผิดพร่องฯ ซึ่งอุปกรณ์ตรวจจับความผิดพร่องฯ ดังกล่าว เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิคส์ที่มีความสามารถในการตอบสนองต่อเหตุการณ์ความผิดพร่องฯ ที่เกิดขึ้นในระบบ

จากผลการทดลองที่ได้ทั้ง 2 รูปแบบ พบว่ากระแสสายจะมีการเปลี่ยนแปลงทั้งขนาดของกระแส และเวลาของสัญญาณกระแส โดยกระแสจะมีการเลื่อนเวลาต่างไปจาก 20 มิลลิวินาที เมื่อเกิดความผิดพร่องแบบสายจำหน่ายไฟฟ้าขาดแล้วตกลงมาสัมผัสพื้นด้านภาระ และอุปกรณ์ตรวจจับความผิดพร่องฯ ที่ทดลองในชุดระบบจำหน่ายไฟฟ้า ก็ได้ส่งสัญญาณแจ้งเตือนออกมา โดยอุปกรณ์ตรวจจับเฟส A ใช้เวลาในการตรวจจับความผิดพร่องอยู่ที่ 18.33 มิลลิวินาที เฟส B ใช้เวลาตรวจจับความผิดพร่อง 17.27 มิลลิวินาที และเฟส C ใช้เวลาตรวจจับความผิดพร่อง 13.83 มิลลิวินาที

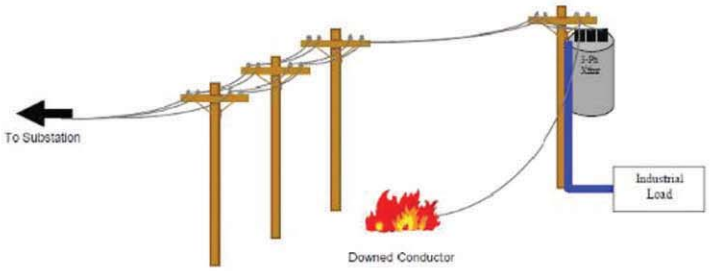
Down conductor fault is hardly detected in conventional protection system and the occurred fault causes danger to people, animal and property. This thesis study proposes the novel technique to detect the fault by time shifting method and invents the protective equipment for down conductor fault. Distribution system model is designed for down conductor fault simulation in 22 kV systems, with 39.5 kilometers long feeder line and distribution transformers distributed along the feeder line. Down

conductor fault is simulated in 2 types, by EMTP-program and by real distribution system model in the laboratory. Fault simulated from the model is used to design the detective scheme and the protective equipment. The protective equipment installed on each phase is the electronic circuits that can response the down conductor the occurred fault in the system.

According to the result of both types, the whole line current is changed both in magnitude and period time. When fault occurred, the period time is shifted from the ordinary of 20 ms. The protective equipment installed in the distribution system model, sent alert signal at 18.33 ms on phase A, 17.27 ms on phase B and 13.83 ms on phase C.

ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ระบบจำหน่ายไฟฟ้าเป็นระบบที่มีความสำคัญและเข้าถึงผู้ใช้ไฟฟ้าได้โดยตรง เหตุการณ์ผิดพร่องนั้นจึงอาจเกิดขึ้นได้ ซึ่งก็มีอยู่ด้วยกันหลายชนิด อาทิเช่น ความผิดพร่องระหว่างเฟสกับเฟส ความผิดพร่องลงดินและความผิดพร่องเนื่องจากสายตัวนำขาด เป็นต้น ความผิดพร่องระหว่างเฟสกับเฟส และความผิดพร่องลงดินสามารถตรวจจับได้ด้วยอุปกรณ์ที่มีอยู่แล้วในระบบ เช่น หม้อแปลงกระแส รีเลย์ป้องกัน เพราะปริมาณกระแสความผิดพร่องนั้นมีค่ามากพอที่หม้อแปลงกระแสสามารถตรวจจับได้ แต่ในอีกลักษณะหนึ่งของความผิดพร่องที่เกิดขึ้นจากสายตัวนำขาดหรือความผิดพร่องโดยที่จุดผิดพร่องนั้นมีค่าอิมพีแดนซ์สูง อุปกรณ์ตรวจจับที่มีอยู่ในระบบอาจจะไม่สามารถตรวจจับได้ จึงทำให้ไม่สามารถกำจัดความผิดพร่องประเภทนี้ และที่สำคัญยิ่งความผิดพร่องประเภทนี้อาจส่งผลกระทบต่อประชาชนในด้านความปลอดภัยต่อชีวิตและทรัพย์สิน ถ้ามีประชาชนอยู่ในบริเวณที่เกิดความผิดพร่องอาจทำให้เกิดอันตรายต่อชีวิตได้ ดังภาพที่ 1 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเมื่อสายตัวนำไฟฟ้าขาด สายจะตกลงสู่พื้นด้วยน้ำหนักของสายเอง ทำให้บริเวณดังกล่าวเกิดแรงดันกระจายตามพื้นดินขึ้น



ภาพที่ 1 เหตุการณ์จำลองของสายตัวนำไฟฟ้าขาดแล้วสัมผัสพื้น

ภาพที่ 2 และภาพที่ 3 เป็นเหตุการณ์สายตัวนำไฟฟ้าขาด ซึ่งด้านหนึ่งสัมผัสกับพื้นดินแล้วและอีกด้านหนึ่งจะพบว่าสายตัวนำห้อยอยู่ในอากาศ

ภาพที่ 2 เหตุการณ์สายจ่ายไฟฟ้าขาด 3 เฟสจากสถานที่จริง

ภาพที่ 3 เหตุการณ์สายจ่ายไฟฟ้าขาด 2 เฟสจากสถานที่จริง

สาเหตุที่ทำให้สายไฟฟ้าขาดนั้นมีปัจจัยเกิดขึ้นหลายอย่างขึ้นอยู่กับสายตัวนำไฟฟ้าและเหตุการณ์ ณ ตอนนั้น เช่น ภัยธรรมชาติ อุบัติเหตุ ความร้อนที่เกิดขึ้นภายในตัวนำ ความไม่สมบูรณ์ในกระบวนการผลิตสายไฟฟ้า หรือการต่อสายตัวนำไฟฟ้าในสถานที่ใช้งานจริง ล้วนเป็นสาเหตุเริ่มต้นที่อาจทำให้เกิดการชำรุดต่อสายตัวนำไฟฟ้า ลักษณะการเกิดความชำรุดของสายไฟฟ้าจนนำมาซึ่งการขาดของตัวนำนั้นพออธิบายได้ 2 ลักษณะดังนี้

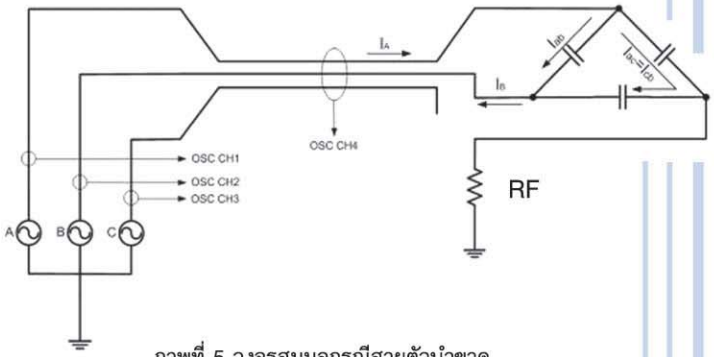
1. การชำรุดของสายตัวนำไฟฟ้าที่เกิดจากการแรงประทะของลม จุดเกิดเหตุการณ์สายไฟฟ้าขาดที่พบมากที่สุดนั้นคือ บริเวณจุดที่ห้อยกับสเปเซอร์ (Spacer) และเสาต้นที่เป็นจุดต่อสายร่วม (Splicing pole) เพราะจุดดังกล่าวสายไฟฟ้าจะถูกยึด หรือตรึงไว้เป็นเหตุให้เกิดการแกว่งขึ้นกับสายตัวนำไฟฟ้าที่ติดตั้งใช้งานจริง การแกว่งนี้อาจทำให้ตัวนำไฟฟ้าเกิดการยืดตัว เมื่อตัวนำเปราะแตกแล้วจะเกิดความหนาแน่นของกระแสสูงขึ้นในบริเวณนั้น ส่งผลให้เกิดความร้อนสูงในบริเวณดังกล่าว ฉนวนก็จะได้รับความร้อนที่สูงขึ้นตามไปด้วย ทำให้ความคงทนแข็งแรงของฉนวนสายไฟฟ้าลดลง จนไม่อาจสามารถรับแรงดึงเนื่องจากน้ำหนักสายตัวนำไฟฟ้าได้ ทำให้สายตัวนำไฟฟ้าขาดในที่สุด เวลาที่สายไฟฟ้าขาดจะตกลงด้านล่างเนื่องจากน้ำหนักของสายไฟฟ้าเอง ทำให้และนำมาซึ่งอันตรายต่อประชาชนและสิ่งมีชีวิต

2. แรงดึงอย่างแรงอันเนื่องมาจากอุบัติเหตุ กับเสาไฟฟ้า แล้วส่งผลให้เกิดการฉุดรั้งของสายตัวนำไฟฟ้าที่ติดตั้งบนเสาไฟฟ้า ได้ด้วยน้ำหนักของเสาไฟฟ้าที่รั้งลงบนสายตัวนำไฟฟ้า ทำให้สายตัวนำไฟฟ้าขาดแล้วตกลงสู่พื้นได้

จากลักษณะการเกิดความชำรุดกับสายตัวนำไฟฟ้าดังที่ได้กล่าวมาแล้วนั้น มีภาพที่แสดงให้เห็นถึงความชำรุดของสายไฟฟ้าที่ใช้งานอยู่จริงในระบบจำหน่ายไฟฟ้า ตามภาพที่4 จะพบว่าส่วนที่เป็นตัวนำไฟฟ้าของสายไฟฟ้าเกิดการแตกเสียหายและฉนวนของสายไฟฟ้าเกิดการฉีกขาด ถ้ายังใช้งานสายไฟฟ้าเส้นดังกล่าวต่อไป อาจจะทำให้เกิดเหตุการณ์สายตัวนำไฟฟ้าขาดแล้วตกลงมาสัมผัสพื้นตามมา จนทำให้ประชาชนในบริเวณดังกล่าวได้รับอันตรายได้ เหตุการณ์สายไฟฟ้าขาดนั้นจึงเป็นเหตุการณ์ที่พร้อมจะเกิดขึ้นได้เสมอ

ภาพที่ 4 สาย SAC เสื่อมสภาพ และอาจเกิดเหตุการณ์สายขาดในลำดับต่อมาได้

วงจรสมมูลของการเกิดเหตุการณ์สายไฟฟ้าขาดแสดงไว้ในภาพที่ 5 เมื่อพิจารณาจากวงจรสมมูลดังกล่าวแล้วจะพบว่า เมื่อสายตัวนำไฟฟ้าเฟส C ขาดนั้น กระแสในเฟส A และเฟส B ยังคงมีการไหลไปยังด้านภาระอยู่ ทำให้โนดต่างๆ ของภาระมีแรงดันเกิดขึ้น ทั้งโนด A (V_A) และโนด B (V_B) ส่วนโนด C (V_C) นั้น จะมีแรงดันเพียงครึ่งหนึ่งของแรงดันระหว่างโนด A และ B (V_{AB}) เมื่อโนด C (จุดสีแดง) มีแรงดันเป็น V_C แล้วตกลงมาสัมผัสกับพื้นดิน โดยพื้นผิวดินจะมีค่าความต้านทาน (R_F) ซึ่งรวมค่าความต้านทานดินในบริเวณดังกล่าวแล้ว จึงทำให้มีกระแสไหลลงดิน ก่อให้เกิดปรากฏการณ์ที่เรียกว่าแรงดันกระจาย (Gradient Voltage) ในบริเวณดังกล่าว และเกิดอันตรายขึ้นกับบุคคลที่เดินผ่านเข้าไปในบริเวณนั้นได้



ภาพที่ 5 วงจรสมมูลกรณีสายตัวนำขาด และทิศทางการไหลของกระแสสาย

สถิติข้อมูลที่ได้จากกองวิจัย การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ที่รวบรวมเหตุการณ์สายไฟฟ้าขาดจากเขตการให้บริการไฟฟ้าภายใต้ความรับผิดชอบของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคทั้ง 12 เขต เกิดเหตุการณ์สายไฟฟ้าประเภท SAC-Space Aerial Cable ขาดบนสเปเซอร์ชนิดต่างๆ ที่ใช้ในระบบจำหน่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ในช่วงปี พ.ศ. 2551-2552 มีจำนวนเหตุการณ์สายจำหน่ายไฟฟ้าขาดสูงถึง 1,203 เหตุการณ์ นับว่าเกิดเหตุการณ์ลักษณะนี้ขึ้นในระบบจำหน่ายไฟฟ้าบ่อยครั้ง [1]

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้นำเสนอวิธีการออกแบบจำลองความผิดพร่องแบบสายจำหน่ายไฟฟ้าขาดแล้วตกลงมาสัมผัสกับพื้นดิน เพื่อหาลักษณะจำเพาะของความผิดพร่องฯที่ได้จากการจำลองทั้งแบบจำลองด้วยโปรแกรมประยุกต์ หรือจำลองความผิดพร่องลงบนระบบจำหน่ายไฟฟ้าจำลอง และการวิจัยนี้ยังได้นำเสนอวิธีการใหม่ในการตรวจจับเหตุการณ์ความผิดพร่อง อันเนื่องจากสายจำหน่ายไฟฟ้าขาดแล้วตกลงมาสัมผัสกับพื้นดินให้มีประสิทธิภาพมากกว่า ระบบการตรวจจับความผิดพร่องที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน โดยมีหลักการทำงานคือใช้สัญญาณจากอุปกรณ์ตรวจวัดกระแสที่มีอยู่แล้ว เช่น หม้อแปลงกระแส เป็นต้น อุปกรณ์ตรวจจับที่ได้ออกแบบนี้จะใช้อุปกรณ์จำพวกอิเล็กทรอนิคส์ทำงานร่วมกับอุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบตรวจจับให้มีประสิทธิภาพในการตรวจจับความผิดพร่องแบบสายจำหน่ายไฟฟ้าที่ขาดแล้วตกลงมาสัมผัสกับพื้นได้

ความผิดพร่องในระบบจำหน่ายไฟฟ้า (Fault in distribution systems)

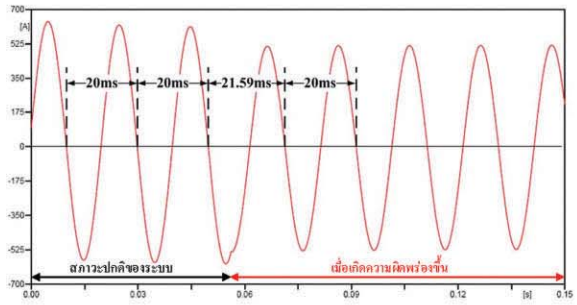
ความผิดพร่องในระบบจำหน่ายนั้น อาจมีสาเหตุมาจากอุบัติเหตุ สัตว์เลื้อยคลาน การเสื่อมอายุของอุปกรณ์ไฟฟ้าในระบบ และภัยธรรมชาติ เป็นต้น สาเหตุดังกล่าวข้างต้นทำให้เกิดความผิดพร่องชนิดต่างๆ ที่สามารถแบ่งได้เป็นประเภทดังตารางที่ 1 ซึ่งแสดงสาเหตุของการเกิดความผิดพร่อง และผลกระทบต่อระบบไฟฟ้า เมื่อเกิดความผิดพร่องแบบต่างๆขึ้น

ตารางที่ 1 ผลกระทบที่เกิดขึ้นกับระบบไฟฟ้า เมื่อเกิดความผิดพร่องแบบต่างๆ

ประเภทความผิดพร่อง	สาเหตุ	ผลกระทบ
ความผิดพร่องสามเฟส	ภัยธรรมชาติ, ความประมาทของผู้ปฏิบัติงาน	กระแสสูงในเฟสที่เกิดความผิดพร่อง
ความผิดพร่องระหว่างสายเฟสแบบไม่สัมผัสดิน	ฉนวนเสียหาย, ภัยธรรมชาติ, อุบัติเหตุ	กระแสสูง และระบบไฟฟ้าเสียสมดุล
ความผิดพร่องระหว่างสายเฟสแบบสัมผัสดิน	ฉนวนเสื่อมสภาพ, อุบัติเหตุ	กระแสสูง และแรงดันลดลงในเฟสที่เกิดความผิดพร่อง
ความผิดพร่องแบบเฟสเดียวสัมผัสดิน	ฉนวนเสื่อมสภาพ, สัตว์, ต้นไม้	กระแสสูง และแรงดันลดลงในเฟสที่เกิดความผิดพร่อง
ความผิดพร่องเปิดวงจรแบบไม่สัมผัสดิน	สายไฟฟ้าขาด	ระบบเสียสมดุล กระแสและแรงดันจะลดลง
ความผิดพร่องเปิดวงจรแบบสัมผัสดิน	สายไฟฟ้าขาด	ระบบเสียสมดุล กระแสผิดพร่องจะขึ้นอยู่กับความต้านทานผิดพร่อง

หลักการการเลื่อนเวลาของกระแส (Time shifting method on current wave)

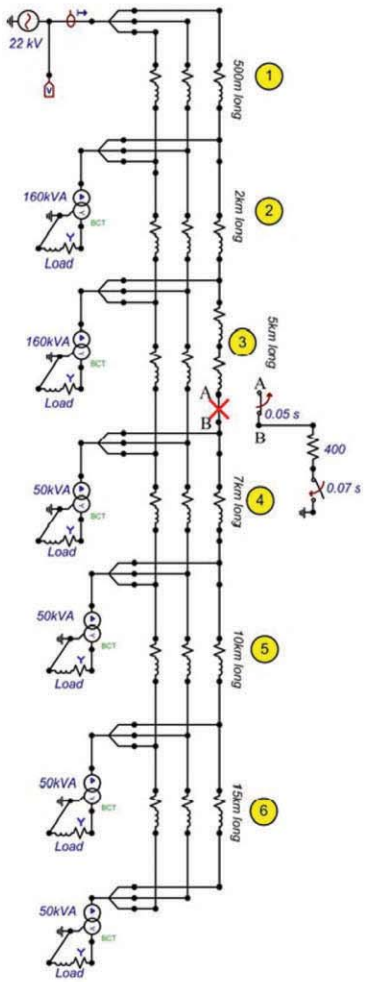
สัญญาณใดๆที่ความถี่หนึ่งๆ จะมีคาบเวลาคงที่ค่าหนึ่ง ตัวอย่างเช่น ที่ความถี่ 50 เฮิรตซ์ จะมีคาบเวลาอยู่ที่ 20 มิลลิวินาที (ระยะเวลาจากขอบขาขึ้นถึงขอบขาขึ้นของสัญญาณ) หรือหากคิดเพียงครึ่งลูกคลื่น จะมีค่าอยู่ที่ 10 มิลลิวินาที (ระยะเวลาจากขอบขาขึ้นถึงขอบขาลงของสัญญาณ) แต่เมื่อเกิดความผิดปกติของสัญญาณ ระยะเวลาดังกล่าวอาจมีการเปลี่ยนแปลงได้ โดยระบบเองจะพยายามปรับสมดุลใหม่เพื่อให้เกิดเสถียรภาพขึ้นดังเดิม ผลของการปรับสัญญาณเข้าจุดสมดุลใหม่ดังกล่าวจะทำให้เกิดการเลื่อนเวลาของสัญญาณขึ้น และเมื่อระบบเข้าสู่สภาวะสมดุลได้แล้ว คาบเวลาของสัญญาณจะกลับมาสู่ค่าเดิมที่ 20 มิลลิวินาที แสดงได้ในภาพที่ 6



ภาพที่ 6 สัญญาณของกระแสขณะเกิดความผิดพร่องใดๆ ที่มีค่าความต้านทานลงดินสูง

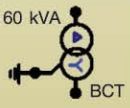
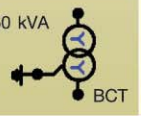
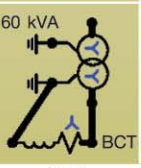
การจำลองความผิดพร่องแบบสายจำหน่ายไฟฟ้าขาดแล้วสัมผัสพื้นด้านภาระไฟฟ้าด้วยโปรแกรม ATP-Alternative Transients Program

โปรแกรม ATP-Alternative Transients Program เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการจำลองความผิดพร่อง และแสดงผลการจำลองความผิดพร่องดังกล่าวได้ โดยกำหนดให้บัสแรงดันสูงปานกลาง (Medium voltage bus) เป็นแหล่งจ่ายของระบบจำหน่ายไฟฟ้าที่จำลองขึ้น ส่วนอุปกรณ์ตรวจวัด ทั้งกระแส (Current transformer) และแรงดัน (Potential transformer) จะใช้โพรบวัดกระแสและแรงดันตามลำดับ ในส่วนของสายจ่ายไฟฟ้าแบบเดินอากาศ (Overhead line) แทนได้ด้วยความต้านทานและความเหนี่ยวนำ และหม้อแปลงจำหน่าย (Distribution transformer) ที่ติดตั้งไว้ตามวงจรสายป้อน (Outgoing feeder) นั้น ให้แทนด้วยโมเดลสำเร็จรูปของหม้อแปลงจำหน่าย ภาระไฟฟ้าของระบบจำหน่ายจะแบ่งออกเป็น 3 ประเภทคือ เดลต้า(Delta) วาย 3 เฟส 3 สาย (Wye without neutral) และวาย 3 เฟส 4 สาย (Wye with neutral) ส่วนความผิดพร่องที่เกิดจากเหตุการณ์สายไฟฟ้าขาดนั้นจะจำลอง โดยใช้ สวิตซ์ที่ควบคุมด้วยเวลา (Switch time controlled) แล้วเมื่อสายไฟฟ้ามาสัมผัสพื้นจะใช้ค่าความต้านทานต่อลงดิน เพื่อแทนเหตุการณ์ดังกล่าวตามภาพที่ 7 ซึ่งเป็นระบบจำหน่ายที่มีลักษณะแบบรัศมี (radial scheme) และมีหม้อแปลงจำหน่ายประกอบอยู่ 6 เครื่อง ในวงจรสายป้อนนี้ โดยมีรายละเอียดของวงจรจำลองระบบจำหน่ายไฟฟ้านั้น แสดงในตารางที่ 2



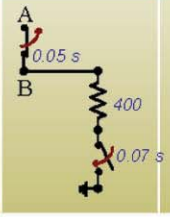
ภาพที่ 7 วงจรจำลองระบบจำหน่ายไฟฟ้า รูปแบบรัศมี ระยะทาง 39.5 กิโลเมตร และมีความผิดพร่องแบบสายจำหน่ายไฟฟ้าขาดแล้วสัมผัสลงพื้นด้านภาระไฟฟ้าระหว่างบัสที่ 3 และ 4

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบอุปกรณ์ระบบจำหน่ายกับโมเดลการจำลองด้วยโปรแกรม ATP

ระบบจำหน่ายจริง		ระบบจำหน่ายจำลอง	
อุปกรณ์ไฟฟ้า	รายละเอียด	โมเดลจำลอง	ค่าตัวแปร
บัสแรงดันสูงปานกลาง	รับไฟฟ้าจากหม้อแปลงกำลังด้านทุติยภูมิที่ติดตั้งภายในสถานีไฟฟ้า ปกติจะมีแรงดันอยู่ที่ 22-33 kV		แรงดันสายเท่ากับ 22 kV ความถี่ 50 Hz
หม้อแปลงกระแส	ใช้ในการตรวจวัดปริมาณกระแสของวงจรสายป้อนที่ออกจากสถานีไฟฟ้า การเลือกใช้จะพิจารณาจากความเหมาะสมของวงจรสายป้อนนั้น		ใช้โพรบวัดกระแสทั้งสามเฟส
สายไฟฟ้าแบบเดินในอากาศ	ในระบบจำหน่ายจะเลือกใช้ SAC-Space Aerial Cable หรือ PIC-Partial Insulated Cable เป็นสายไฟฟ้าเดินอากาศ		เลือกตัวแปรทางไฟฟ้าของสายSAC ขนาด 185 ตร.มม. ในการจำลอง Resistance 0.2069 Ω/km. และ Inductance 0.5 mH/km.
หม้อแปลงจำหน่ายไฟฟ้า	โดยทั่วไปหม้อแปลงจำหน่าย จะต่อแบบเดลต้า(Δ)ในด้านแรงสูง และเป็นแบบวาย(Y) สำหรับด้านแรงต่ำ		ในวงจรจำลองเลือกใช้ 2 ขนาด คือ 50 kVA และ 160 kVA โดยมีแรงดัน 22kV/400V, Dyn11
	ให้หม้อแปลงจำหน่าย ต่อแบบวาย(Y)ในด้านแรงสูง และเป็นแบบวาย(Y)มีนิวทรัล สำหรับด้านแรงต่ำ		ในวงจรจำลองเลือกใช้ 2 ขนาด คือ 50 kVA และ 160 kVA โดยมีแรงดัน 22kV/400V, Yyn0
	ให้หม้อแปลงจำหน่าย ต่อแบบวาย(Y)ในด้านแรงสูง และเป็นแบบวาย(Y) สำหรับด้านแรงต่ำ โดยทั้งสองด้านมีนิวทรัล		ในวงจรจำลองเลือกใช้ 2 ขนาด คือ 50 kVA และ 160 kVA โดยมีแรงดัน 22kV/400V, YNyn0

ในการจำลองความผิดพร่องแบบสายจำหน่ายไฟฟ้าขาดแล้วสัมผัสพื้นด้านภาระ จะต้องสร้างโมเดลที่ใช้แทนความผิดพร่องแบบสายจำหน่ายไฟฟ้าขาดแล้วสัมผัสพื้นด้านภาระที่เกิดขึ้นภายในระบบจำหน่ายไฟฟ้า โมเดลดังกล่าวมีรายละเอียดตามตารางที่ 3

ตารางที่ 3 โมเดลความผิดพร่องที่ใช้จำลองสายจำหน่ายไฟฟ้าขาดแล้วสัมผัสพื้นด้านภาระ

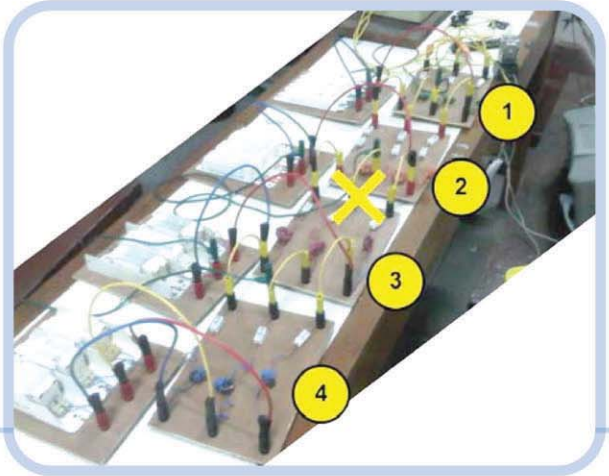
ระบบจำหน่ายจริง		ระบบจำหน่ายจำลอง	
ความผิดพร่อง	รายละเอียด	โมเดลจำลอง	ค่าตัวแปร
สายไฟฟ้าขาดแล้วสัมผัสพื้นด้านภาระ	เป็นความผิดพร่องแบบสายไฟฟ้าขาดแล้วสัมผัสพื้นด้านภาระ ด้วยความต้านทานผิดพร่องขนาด 400 โอห์ม		สมมติเวลาสายไฟฟ้าขาดเวลา 0.05 วินาที และใช้เวลาที่สายไฟฟ้าตกลงสู่พื้นด้วยเวลา 0.07 วินาที

การจำลองความผิดพร่อง แบบสายจำหน่ายไฟฟ้าขาดแล้วสัมผัสพื้น ด้านภาระไฟฟ้า ในห้องปฏิบัติการ

เป็นการออกแบบการจำลองระบบจำหน่ายไฟฟ้าด้วยอุปกรณ์ทางไฟฟ้า และจำลองความผิดพร่องลงในชุดทดลองระบบจำหน่ายไฟฟ้า เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบคุณลักษณะของความผิดพร่องแบบสายจำหน่ายไฟฟ้าขาดแล้วสัมผัสพื้นด้านภาระที่เกิดขึ้นในระบบจำหน่ายที่จำลองด้วยโปรแกรม ATP โดยนำอุปกรณ์ต่างๆ มาต่อเป็นระบบจำหน่ายไฟฟ้าจำลองตามภาพที่ 8

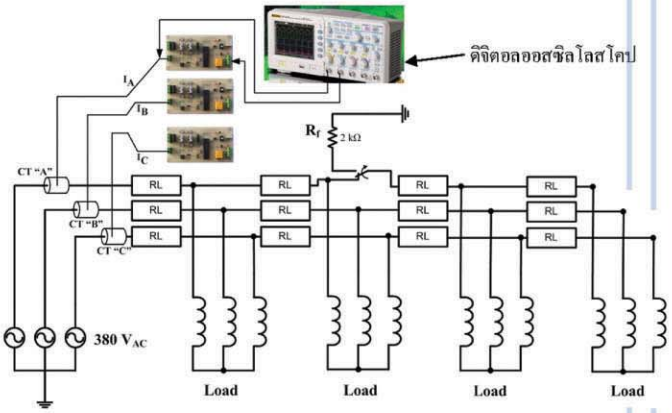
ภาพที่ 8 ระบบจำหน่ายไฟฟ้าจำลองที่ใช้ในการทดลอง

ชุดจำลองระบบจำหน่ายไฟฟ้านี้ จะใช้เครื่องบันทึกสัญญาณแบบดิจิตอลในการวัดสัญญาณกระแสที่ได้จากหม้อแปลงวัดกระแส ซึ่งแสดงผลการทดลองในรูปคลื่น เพื่อความสะดวกในการวิเคราะห์ผล การจำลองเหตุการณ์ความผิดพร่อง จะทำให้เกิดความผิดพร่องบนชุดจำลองระบบจำหน่ายไฟฟ้าในเฟส "C" ระหว่างสายจำหน่ายช่วงที่ 2-3 ตามภาพที่ 9



ภาพที่ 9 แสดงจุดที่เกิดความผิดพร่องในชุดจำลองระบบจำหน่ายไฟฟ้า คือช่วงที่ 2-3

วงจรการทดสอบความสามารถในการทำงานของระบบตรวจสอบความผิดพร่องของระบบร่วมกับระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยทำการตรวจสอบกระแสทั้งในเฟส A, B และ C สามารถแสดงเป็นตัวอย่างของการวัดที่เฟส A ดังภาพที่ 10



ภาพที่ 10 วงจรการทดสอบอุปกรณ์ตรวจจับกับเหตุการณ์สายจำหน่ายไฟฟ้าขาดแล้วตกลงมาสัมผัสพื้นด้านภาระไฟฟ้า แบบวาย 3 เฟส 3 สาย โดยวัดสัญญาณกระแสเฟส A

ในระบบการตรวจจับความผิดพร่องของระบบจำหน่ายจะอาศัยหลักการเลื่อนเวลาและการเปลี่ยนแปลงขนาดของกระแสทั้งสามเฟส เมื่อระบบตรวจพบการเปลี่ยนแปลงใดๆ อุปกรณ์ตรวจจับจะส่งสัญญาณแจ้งเตือนออกมา ซึ่งจะทำการวัดสัญญาณ ณ จุดต่างๆ กัน เพื่อทำให้ทราบถึงเวลาที่ใช้ในการทำงานของระบบตรวจจับ ว่าทำงานได้รวดเร็วเพียงใด การนำอุปกรณ์ตรวจจับความผิดพร่องไปเฝ้าระวังระบบจำหน่ายไฟฟ้าจำลอง นั้นแสดงในภาพที่ 11

ภาพที่ 11 อุปกรณ์ตรวจจับความผิดพร่องฯ ที่ต่อร่วมกับระบบจำหน่ายไฟฟ้าจำลอง

ผลการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับความผิดพร่องฯ

ผลการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับความผิดพร่องฯ นั้นจะแสดงผลการทำงานผ่านดิจิตอลออส-ซิโลสโคป (Digital Oscilloscope) ซึ่งเป็นการแสดงผลของสัญญาณกระแสเทียบกับสัญญาณแจ้งเตือนของอุปกรณ์ตรวจจับความผิดพร่อง เมื่อเกิดสายจำหน่ายไฟฟ้าขาดแล้วตกลงมาสัมผัสพื้นด้านภาระไฟฟ้าที่เฟส A แสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 สัญญาณแจ้งเตือนของอุปกรณ์ตรวจจับความผิดพร่อง เมื่อเกิดสายจำหน่ายไฟฟ้าขาดแล้วตกลงมาสัมผัสพื้นด้านภาระไฟฟ้าที่เฟส A

สัญญาณแจ้งเตือนที่เฟส	เวลาการทำงานของสัญญาณหลังจากเกิดความผิดพร่อง (ms)
A	18.33
B	17.27
C	13.83

จากการทดสอบ จะพบว่าเมื่อเกิดเหตุการณ์สายไฟฟ้าขาด อุปกรณ์ตรวจจับความผิดพร่องฯ จะใช้เวลาในการแจ้งเตือนแตกต่างกัน โดยอุปกรณ์ตรวจจับความผิดพร่องของเฟส A (เฟสที่เกิดความผิดพร่อง) ใช้เวลาในการแจ้งเตือนนานที่สุดที่ 18.33 มิลลิวินาที, อุปกรณ์ตรวจจับความผิดพร่องของเฟส B ใช้เวลาในการแจ้งเตือนอยู่ที่ 17.27 มิลลิวินาที และอุปกรณ์ตรวจจับความผิดพร่องของเฟส C ใช้เวลาในการแจ้งเตือนอยู่ที่ 13.83 มิลลิวินาที ซึ่งถ้าหากพิจารณาจากเวลาของแต่ละเฟสแล้วจะพบว่า สัญญาณกระแสแต่ละเฟสนั้นจะผ่านค่าศูนย์ขาขึ้น ด้วยเวลาที่แตกต่างกัน 6.67 มิลลิวินาที แต่จากการทดสอบนี้จะมีค่าความแตกต่างนั้นน้อยกว่าอยู่ที่ 1.06 และ 3.46 มิลลิวินาที เนื่องจากการเลื่อนของเฟสเข้าสู่จุดสมดุลใหม่

สรุปผลการวิจัย

เหตุการณ์ความผิดพร่องแบบสายจำหน่ายไฟฟ้าขาดแล้วตกลงมาสัมผัสพื้น เป็นความผิดพร่องที่สามารถเกิดขึ้นได้ในระบบไฟฟ้า นำมาซึ่งการสูญเสียชีวิต และทรัพย์สิน และระบบป้องกันที่ใช้อยู่ในระบบไฟฟ้าก็ไม่สามารถกำจัดความผิดพร่องลักษณะนี้ออกจากระบบไฟฟ้าได้ การศึกษาวิจัยนี้ได้ทำการจำลองระบบจำหน่ายไฟฟ้า เลือกระบบจำหน่ายไฟฟ้าที่ใช้งานที่ระดับแรงดัน 22 kV มีหม้อแปลงจำหน่ายกระจายตามวงจร สายป้อนจำนวน 4-6 เครื่อง ส่วนสายไฟฟ้าให้เป็นสาย SAC-Space Aerial Cable ขนาด 185 ตารางมิลลิเมตร ความยาวของวงจรสายป้อนนี้ เท่ากับ 39.5 กิโลเมตร ด้วยการจำลองระบบจำหน่ายไฟฟ้า โดยใช้โปรแกรมประยุกต์ และจำลองระบบจำหน่ายไฟฟ้าภายในห้องปฏิบัติการ เพื่อให้สามารถทดลอง/จำลองความผิดพร่องแบบสายจำหน่ายไฟฟ้าขาดแล้วตกลงมาสัมผัสพื้นกับระบบจำหน่ายไฟฟ้าได้ ผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองความผิดพร่องเหมือนกัน คือ สัญญาณกระแสสายมีการเปลี่ยนแปลงทั้งสามเฟส โดยเปลี่ยนแปลงในเชิงปริมาณของกระแส และในเชิงของเวลาด้วย เมื่อทำการจำลองเหตุการณ์สายจำหน่ายไฟฟ้าขาดในช่วงระยะทางต่างๆบนวงจรสายป้อน อีกทั้งยังจำลองการขาดบนสายไฟฟ้าเฟสอื่นด้วยนั้น จะพบลักษณะจำเพาะที่สำคัญในการนำไปออกแบบอุปกรณ์ตรวจจับความผิดพร่องดังกล่าว

คุณสมบัติของอุปกรณ์ตรวจจับความผิดพร่องแบบสายจำหน่ายไฟฟ้าขาดแล้วตกลงมาสัมผัสดินด้านภาระนั้น พอสรุปได้ดังนี้ คือ

1) การตรวจจับความผิดพร่องจะเป็นอิสระกับเฟสอื่นทำให้เหตุการณ์ประเภทภาระไม่สมดุล (Unbalance load condition) ไม่ส่งผลกระทบต่ออุปกรณ์ตรวจจับความผิดพร่อง

2) ไม่ต้องคำนึงถึงชนิดของภาระในระบบจำหน่ายที่จะทำการเฝ้าระวังว่าจะเป็นตัวต้านทานตัวเหนี่ยวนำ หรือตัวเก็บประจุไฟฟ้า เพราะค่าตัวประกอบกำลัง (Power factor) ไม่ส่งผลต่อการตรวจจับความผิดพร่องฯ

3) มีความสามารถในการตรวจจับความผิดพร่องฯ ที่เกิดขึ้น และสามารถส่งสัญญาณในการปลดวงจรจำหน่ายไฟฟ้าได้ภายในเวลา 20 มิลลิวินาที

4) เหตุการณ์กระแสกระชาก (Inrush current) เมื่อต้องการเริ่มจ่ายไฟฟ้าให้วงจรสายป้อนนั้น ไม่มีผลต่อการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับความผิดพร่องฯ

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายอณัณตชัย พงศ์ถาวรสวัสดิ์

เกิดวันที่ 13 สิงหาคม พ.ศ.2528 จังหวัดกรุงเทพมหานคร
สำเร็จการศึกษาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ในปีการศึกษา 2550 ปัจจุบันทำงานเป็นวิศวกร ระดับ 4 กองโครงการ ฝ่ายวางแผนระบบไฟฟ้า การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค มีความสนใจในงานวิศวกรรมป้องกันระบบไฟฟ้ากำลัง และงานบำรุงรักษาอุปกรณ์ไฟฟ้าแรงสูงภายในสถานีไฟฟ้าแรงสูง

รายการอ้างอิง

[1] แผนกวิจัยอุปกรณ์ไฟฟ้า กองวิจัย ฝ่ายวิจัยและพัฒนา การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค. รายงานปัญหาการใช้งานสายเคเบิลอากาศ (Space Aerial Cable : SAC) กับ Spacer.

[2] Pansini, A.J. Electrical Distribution Engineering. : The Fairmont Press, 2006.

[3] ธนวัฒน์ ฉลาดสกุล. การวิเคราะห์ระบบไฟฟ้ากำลัง Power System Analysis. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2547.

[4] ANSI/IEEE Std. IEEE guide for safety in AC substation grounding. New York, 2000.

[5] รศ.ดร.ชำนาญ ห่อเกียรติ และเทพกัญญา ขัติแสง. การต่อลงดิน Grounding. โครงการพัฒนาความชำนาญด้านไฟฟ้ากำลัง, 2549.

[6] ณัฏฐพล วงศ์สุนทรชัย และชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล. ปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F87x. บริษัท อินโนเวตีฟ เอ็กเพอริเมนต์ จำกัด, 2006.

[7] Lee, I. Apparatus for and Method of Detecting High Impedance Fault on Distribution Circuits with Delta Connected Loads (US. Patent 4,297,738). 27 October 1981

[8] Martin, T.B. Protective Relay Apparatus for Detecting High-Impedance Ground Faults (US. Patent 4,600,961). 15 July 1986.

[9] Majid, A.D. High Impedance Fault Detector (US. Patent 5,602,709). 11 February 1997.

[10] David, G.H., Damir, N, and Steven A.K. High Impedance Fault Detection (US. Patent 6,453,248 B1). 17 September 2002.

[11] Craig, G.W. High Impedance Fault Detection on Distribution Systems. Rural Electric Power Conference, The 42nd Annual Conference, C5, 26-28 April 1998

[12] Lazkano, A., Ruiz, J., Aramendi, E., Leturiondo, L.A. and Gonzalez, J.A. STUDY OF HIGH IMPEDANCE FAULT DETECTION IN LEVANTE AREA IN SPAIN. Harmonics and Quality of Power, Proceedings vol. 3. Ninth International Conference on Harmonics and Quality of Power, pp.1011-1016, 2000.

[13] BJERKAN, E., HØIDALEN, H.K. and HERNES,J.G. RELIABLE DETECTION OF DOWNED AND BROKEN CONDUCTORS. CIRED 19th International Conference on Electricity Distribution, 21-24 May 2007: Paper 0571.

บริหารนอกตำรา
Beyond Management School

ณรงค์ฤทธิ์ ศรีรัตโนภาส

เรื่องที่มหาวิทยาลัยไม่สอน

เรียบเรียงและปรับแต่งจากคำบรรยายที่ให้แก่นิสิตนักศึกษา
คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
และภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือและ
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ระหว่างเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2553

นิสิตนักศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า และ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลทุกท่าน

ผมรู้สึกเป็นเกียรติที่ได้มาร่วม "โครงการเผยแพร่ความรู้เกี่ยวกับอุตสาหกรรมหม้อแปลงไฟฟ้า" และได้มาพูดคุยกับนิสิตนักศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและวิศวกรรมเครื่องกล ทั้งที่ความจริงผมเองไม่ใช่วิศวกรและมีความรู้น้อยมากเกี่ยวกับเรื่องไฟฟ้าและเครื่องกล ด้วยเหตุนี้ เรื่องที่ผมจะพูดจึงไม่ใช่เรื่องที่เกี่ยวพันโดยตรงกับวิศวกรรมศาสตร์ไม่ว่าจะเป็นไฟฟ้าหรือเครื่องกล แต่เป็นเรื่องที่เกี่ยวกับการใช้ชีวิตและประสบการณ์ชีวิตบางอย่างของผมเอง ซึ่งผมคิดว่าน่าจะมีประโยชน์กับนิสิตนักศึกษาทุกท่านที่กำลังก้าวออกจากรั้วสถาบันการศึกษาทางวิชาการสู่รั้วสถาบันการศึกษาแห่งชีวิตจริง

การจบการศึกษาจากมหาวิทยาลัย ว่าที่จริงแล้วมิใช่การสิ้นสุดการศึกษา ตรงกันข้ามเป็นการเริ่มต้นการศึกษาโดยเฉพาะเมื่อพูดถึงการศึกษาที่เกี่ยวกับชีวิตจริง ทันทีที่ก้าวออกจากรั้วมหาวิทยาลัย บัณฑิตใหม่ก็ได้ก้าวเข้าสู่รั้วของอีกมหาวิทยาลัยหนึ่ง ซึ่งก็คือ มหาวิทยาลัยชีวิต ณ มหาวิทยาลัยแห่งนี้ มีเรื่องใหม่ๆจำนวนมากที่บัณฑิตใหม่ไม่เคยเรียนรู้และมหาวิทยาลัยทางวิชาการไม่เคยสอน วันนี้ ผมขอพูดเรื่องเหล่านี้สัก 5 เรื่อง

ชีวิตคนเราอาจไม่ได้ทำในสิ่งที่เรารักเสมอไป เราจึงต้องเตรียมตัวเตรียมใจ หากวันหนึ่งจะไม่ได้ทำในสิ่งที่เรารัก

เรื่องแรก คือเรื่องที่คนไม่ได้ทำในสิ่งที่ตนรัก

เราแทบทุกคนมักถูกสอนให้ค้นหาตนเองให้พบว่ารักสิ่งไหนและให้ลงมือทำในสิ่งนั้น คำสอนนี้ไม่ผิด เพียงแต่ในโลกของความเป็นจริงมีสภาพแวดล้อมจำนวนมากมาทำให้คนเราไม่สามารถทำในสิ่งที่ตนรักได้ ในชีวิตของผม ผมรักที่จะเป็นอยู่ 2 อย่าง คือหนึ่งเป็นหมอและสองเป็นนักเขียน แต่จนทุกวันนี้ ผมก็ไม่ได้เป็นทั้งสองอย่าง แต่ต้องมาเป็นนักบริหารและพัฒนาองค์การและทรัพยากรมนุษย์ซึ่งเป็นอาชีพที่ผมไม่เคยคิดจะชอบมาก่อนเลย ตอนเรียนมัธยมศึกษาผมใฝ่ฝันที่จะเป็นหมอ และผลการเรียนของผมก็สามารถสอบเข้าเรียนหมอได้ไม่ยาก แต่เนื่องจากครอบครัวผมยากจน ประกอบกับสมัยนั้นไม่มีหน่วยงานแนะแนวการศึกษาเหมือนทุกวันนี้ ผมจึงมีเพียงแม่ที่เป็นเพียงชาวบ้านธรรมดาคนหนึ่งซึ่งบอกผมว่าการเรียนหมอมีค่าใช้จ่ายมาก ทางบ้านอาจไม่สามารถส่งเสียให้ผมเรียนจบได้ผมจึงไม่ได้เรียนหมออย่างที่หวัง และตัดสินใจเบนเข็มมาเลือกเรียนสายศิลป์ภาษาในชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย และมาทราบความจริงหลังจากนั้นอีกนานว่าการเรียนหมอไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายอะไร เพราะรัฐออกให้ก่อนแล้วค่อยใช้ทุนคืนในรูปแบบต่างๆ ทีหลัง ระหว่างเรียนใกล้จะจบมัธยมศึกษาตอนปลายนั้นครูที่รักผมมากท่านหนึ่งแนะนำให้ผมเรียนต่อด้านกฎหมายเพื่อเป็นผู้พิพากษา ท่านอุตส่าห์พาผมไปพบพี่เขยของท่านที่เป็นผู้พิพากษาเพื่อหวังให้ผมซึมซับความรู้สึกดีๆ ของการเป็นผู้พิพากษา เวลานั้นผมคิดว่านักกฎหมายก็ไม่เลว ผมจึงตัดสินใจสอบเข้าเรียนต่อกฎหมาย แต่ระหว่างเรียนกฎหมายอยู่นั้น ผมเกิด

ไปมีสมาคมอยู่กับรุ่นพี่ที่เป็นนักเขียนเพื่อชีวิต ผมจึงกระโจนเข้าสู่วงการนักเขียนตามที่ผมรักอย่างไม่ลังเล ช่วงเวลานั้นผมใช้ชีวิตอยู่กับโรงพิมพ์มากกว่ามหาวิทยาลัย การสมาคมกับรุ่นพี่กลุ่มนี้คือจุดเปลี่ยนชีวิตของผม เพราะพวกเขาไม่เป็นเพียงแค่นักเขียนเพื่อชีวิต พวกเขายังเป็นนักปฏิวัติ ผมได้รับการถ่ายทอดให้เข้าใจต้นตอปัญหาของสังคม และได้รับการปลูกฝังให้เลือกใช้ชีวิตอย่างมีประโยชน์และอุทิศตนเพื่อสังคม และเนื่องจากประเทศไทยเวลานั้นตกอยู่ภายใต้การครอบงำของสหรัฐอเมริกาและระบอบเผด็จการทหาร ประเทศไม่มีเอกราชประชาชาติไม่มีประชาธิปไตย ประชาชนถูกเอาเปรียบรังแก การเป็นนักปฏิวัติจึงเป็นทางเลือกที่ดีที่สุด สำหรับใครก็ตามที่ต้องการเปลี่ยนแปลงสังคมไปสู่สิ่งที่ดีงาม ผมตัดสินใจเข้าร่วมขบวนปฏิวัติ และเมื่อสำเร็จการศึกษาภายหลังเหตุการณ์ 14 ตุลาคม 2516 ได้ไม่กี่เดือน ผมก็ถูกส่งไปทำงานตามความเรียกร้องต้องการของการปฏิวัติไม่ว่าจะเป็นผู้สื่อข่าวการเมือง คอลัมนิสต์ หรืออาจารย์สอนกฎหมายในมหาวิทยาลัย กระทั่งเมื่อเกิดเหตุการณ์ 6 ตุลาคม 2519 ผมจึงเดินทางเข้าป่าใช้ชีวิตนักปฏิวัติอาชีพอยู่ในเขตจรยุทธ์ทางภาคใต้ของไทยในเขตฐานที่มั่นภาคเหนือ ในสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว และในสาธารณรัฐ ประชาชนจีน จนกระทั่งการปฏิวัติพ่ายแพ้ ตลอดระยะเวลากว่า 10 ปีของการเป็นนักปฏิวัติอาชีพ ผมไม่มีโอกาสได้เป็นหมอ และไม่มีโอกาสได้เป็นนักเขียน แม้จะได้ทำงานขีดๆ เขียนๆ อยู่บ้างในระยะเวลาสั้นๆ ตั้งแต่ยังเรียนอยู่ที่มหาวิทยาลัยจนถึงก่อนเดินทางเข้าป่า และอีกช่วงหนึ่งที่เข้าไปทำงานในเมืองจีน แต่ผมก็มีความสุขกับงานทั้งหลายในขบวนปฏิวัติที่ผมทำ ผมคิดว่าที่เป็นเช่นนี้ เพราะผมมีจุดมุ่งหมายในงานที่ทำ มีศรัทธาและความเชื่อมั่นว่างานที่ทำซึ่งก็คืองานปฏิวัตินั้นจะสามารถเปลี่ยนแปลงสังคมไปสู่สิ่งที่ดีงามได้ จุดมุ่งหมาย ศรัทธา และความเชื่อมั่นนี้ช่วยถักทอความรัก และการทุ่มเทที่ผมมีให้กับมัน แม้ขณะที่ผมทำงานปฏิวัติในเขตป่าเขาเมื่อ 30 กว่าปีที่แล้ว ผมจะได้เงินเดือนจากขบวนปฏิวัติเพียงเดือนละ 30 บาทเพื่อใช้ซื้อสบู่ยาสีฟันและของจำเป็นบางอย่างสำหรับการใช้ชีวิตในป่า ในขณะที่เพื่อนของผมบางคนที่ไม่ได้เข้าร่วมการปฏิวัติเป็นผู้บริหารอยู่ในเมืองกินเงินเดือน เดือนละ 3,000 บาท มากกว่าผมถึง 100 เท่าตัว หลายคนถามผมว่าเสียดายเวลากว่า 10 ปีที่หายไปกับการปฏิวัติที่แพ้พ่ายหรือไม่ ผมตอบอย่างไม่ลังเลเลยว่า ไม่เสียดาย แม้งานปฏิวัติจะไม่ใช่งานที่ผมใฝ่ฝันหรือรักมาก่อน แต่งานปฏิวัติกลับให้อะไรกับชีวิตผมมากมายอย่างน้อยก็สอนให้ผมเป็นคนดีที่พร้อมอุทิศตนให้กับประเทศชาติและประชาชน ถ้าผมไม่เข้าป่า ไม่เข้าร่วมขบวนปฏิวัติ ป่านนี้ผมอาจได้เป็นผู้พิพากษาอาวุโส ได้เป็นศาสตราจารย์ทางกฎหมาย หรือไม่ก็เป็นนักการเมืองที่ต้องขึ้นศาลฎีกาแผนกคดีอาญาของผู้ดำรงตำแหน่งทางการเมืองอย่างที่เพื่อนผมบางคนเป็นอยู่ขณะนี้ก็เป็นได้

ปัจจุบัน ด้วยจำนวนผู้อ่านเพียงหยิบมือเดียว และรายได้จากการเขียนหนังสืออันน้อยนิดที่ไม่พอต่อการยังชีพของนักเขียนไทยโดยเฉพาะของผู้ที่มีภาระอย่างผม ผมต้องตัดสินใจยึดอาชีพที่ปรึกษาด้านบริหารและพัฒนาองค์การและทรัพยากรมนุษย์ และผมก็ทำงานนี้อย่างมีความสุข เพราะผมมีจุดมุ่งหมายและมีศรัทธาความเชื่อมั่นที่จะทำให้บริษัทไทยบริษัทหนึ่งมีระบบการบริหารและพัฒนาองค์การและทรัพยากรมนุษย์ที่มีประสิทธิภาพทัดเทียมกับบริษัทข้ามชาติให้ได้ ที่เล่ามาทั้งหมดนี้ก็เพื่อจะบอกว่า แม้เราจะไม่ได้ทำในสิ่งที่เรารัก แต่เราก็สามารถรักในสิ่งที่เราทำได้ ถ้าเรามีจุดมุ่งหมายในสิ่งที่เราทำ มีศรัทธาและความเชื่อมั่นว่าเรากำลังทำในสิ่งที่ถูกต้องและดีงาม ชีวิตคนเราอาจไม่ได้ทำในสิ่งที่เรารักเสมอไป ดังนั้นจึงต้องเตรียมตัวเตรียมใจหากวันหนึ่งจะไม่ได้ทำในสิ่งที่เรารัก

อนุสาวรีย์พระยาศรีสุนทรโวหาร

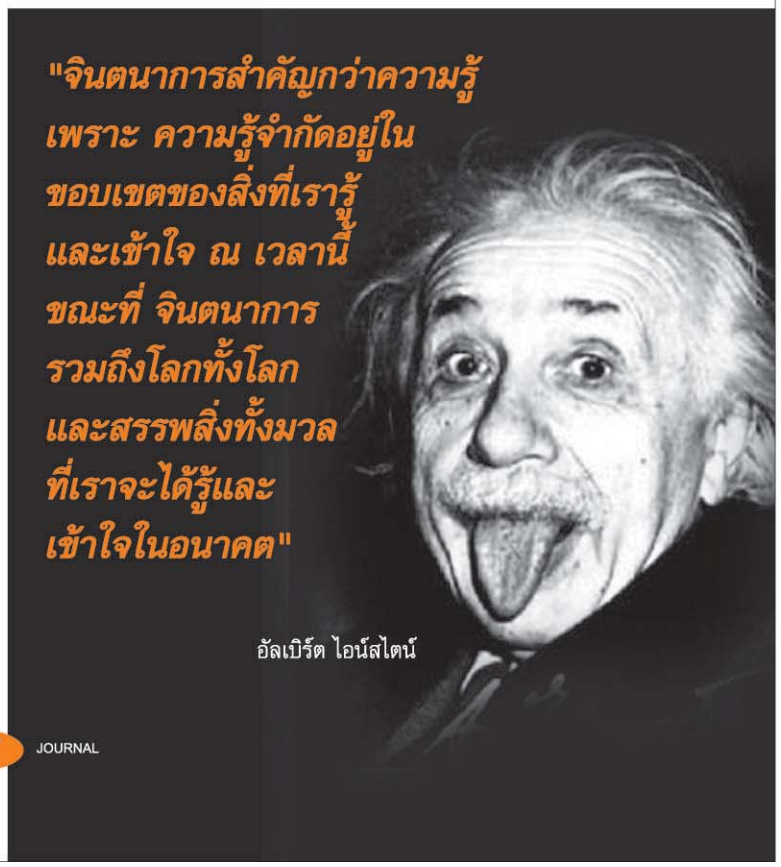
เรื่องที่ 2 เป็นเรื่องเกี่ยวกับความเชี่ยวชาญ

บริษัท ถิรไทย จำกัด (มหาชน) ก็เช่นเดียวกับบริษัทชั้นนำทั้งหลาย คือส่งเสริมให้พนักงานมีความเชี่ยวชาญในงานที่ทำ Core Competency ตัวหนึ่งของเราคือ Technical Expertise หรือ ความเชี่ยวชาญทางเทคนิค หากเราศึกษาประวัติศาสตร์วรรณคดีไทย เราจะเห็นว่าบรรพบุรุษของไทยเราก็สนับสนุนให้เรามีความเชี่ยวชาญ ดังจะเห็นได้จากบทกวีของพระยาศรีสุนทรโวหาร (น้อย อาจารยางกูร) ผู้แต่งมูลบทบรรพกิจ และตำราภาษาไทยอีกหลายเล่ม ที่สอนไว้ว่า

พระยาศรีสุนทรโวหาร
(น้อย อาจารยางกูร)

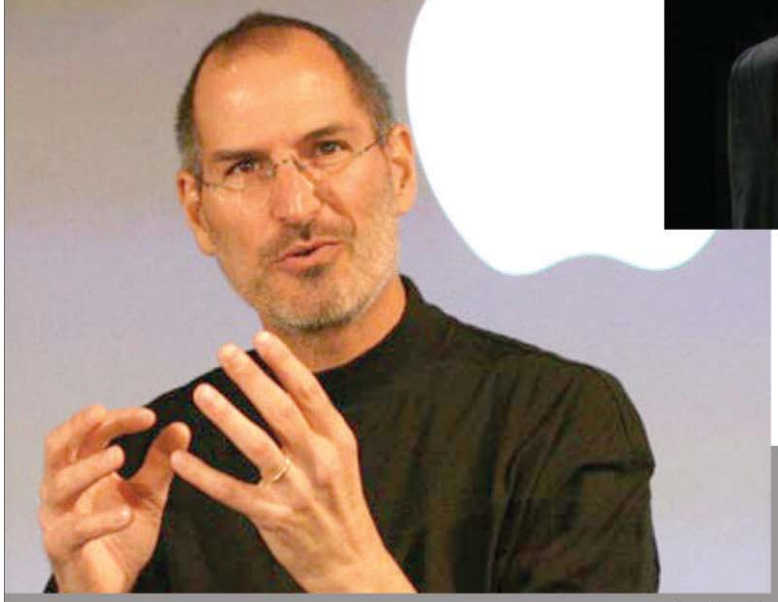
**"อันความรู้รู้กระจ่างแต่อย่างเดียว
แต่ให้เชี่ยวชาญเถิดจะเกิดผล"**

ซึ่งก็หมายความว่าคนเราแม้มีความรู้เพียงเรื่องเดียว แต่ถ้ารู้ลึกรู้จริงจนเกิดเป็นความเชี่ยวชาญชำนาญก็จะสามารถเอาตัวรอดและได้ดีได้ ผมเองไม่มีข้อสงสัยในเรื่องนี้ ที่มีคือความห่วงใยที่ไม่อยากเห็นพวกเราเชี่ยวชาญจนเกินไป เพราะความเชี่ยวชาญเป็นดาบสองคม คนที่เชี่ยวชาญอะไรมากๆ บางครั้งก็ขาดจินตนาการ เนื่องจากรู้สึกว่าตนรู้ทุกอย่างหมดแล้ว จนเผลอคิดไปว่าสิ่งที่ตนรู้นั้นเป็นสัจธรรมสัมบูรณ์ที่ไม่มีอะไรมาเปลี่ยนแปลงได้ ทั้งที่ความจริงเป็นเพียงสัจธรรมสัมพัทธ์ที่ทั้งจำกัดและมีเงื่อนไข ไอน์สไตน์ กล่าวไว้ว่า "จินตนาการสำคัญกว่าความรู้ เพราะความรู้จำกัดอยู่ในขอบเขตของสิ่งที่เรารู้และเข้าใจ ณ เวลานี้ขณะที่จินตนาการรวมถึงโลกทั้งโลกและสรรพสิ่งทั้งมวลที่เราจะได้รู้และเข้าใจในอนาคต" ขณะไอน์สไตน์ค้นพบทฤษฎีสัมพัทธภาพ เขาไม่ได้ค้นพบในห้องทดลอง หากค้นพบในจินตนาการ ขณะนอนเล่นที่สนามหญ้าท่ามกลางแสงแดด เขาเกิดจินตนาการและตั้งคำถามว่าถ้ามนุษย์เดินทางด้วยความเร็วเท่ากับแสงจะเกิดอะไรขึ้น นี่คือจินตนาการที่นำไปสู่การค้นพบทฤษฎีอันยิ่งใหญ่ทฤษฎีหนึ่งของมนุษยชาติ มนุษย์เราถ้าไม่มีจินตนาการป่านนี้พวกเราก็คงยังไม่ออกมาจากถ้ำ ดังนั้นขณะที่เราศึกษาหาความรู้และลงมือปฏิบัติจนเกิดความเชี่ยวชาญ จงเหลือพื้นที่เล็กๆ ให้จินตนาการได้โลดแล่นบ้าง และด้วยจินตนาการนี่แหละ วันหนึ่งถ้ามนุษย์ยังคงใช้ไฟฟ้าอยู่ เราอาจได้เห็นหม้อแปลงไฟฟ้าที่มีขนาดเล็กเท่ากับโน้ตบุ๊คเครื่องหนึ่งก็เป็นได้



"Stay Hungry. Stay Foolish"

The Whole Earth Catalog - Stewart Brand

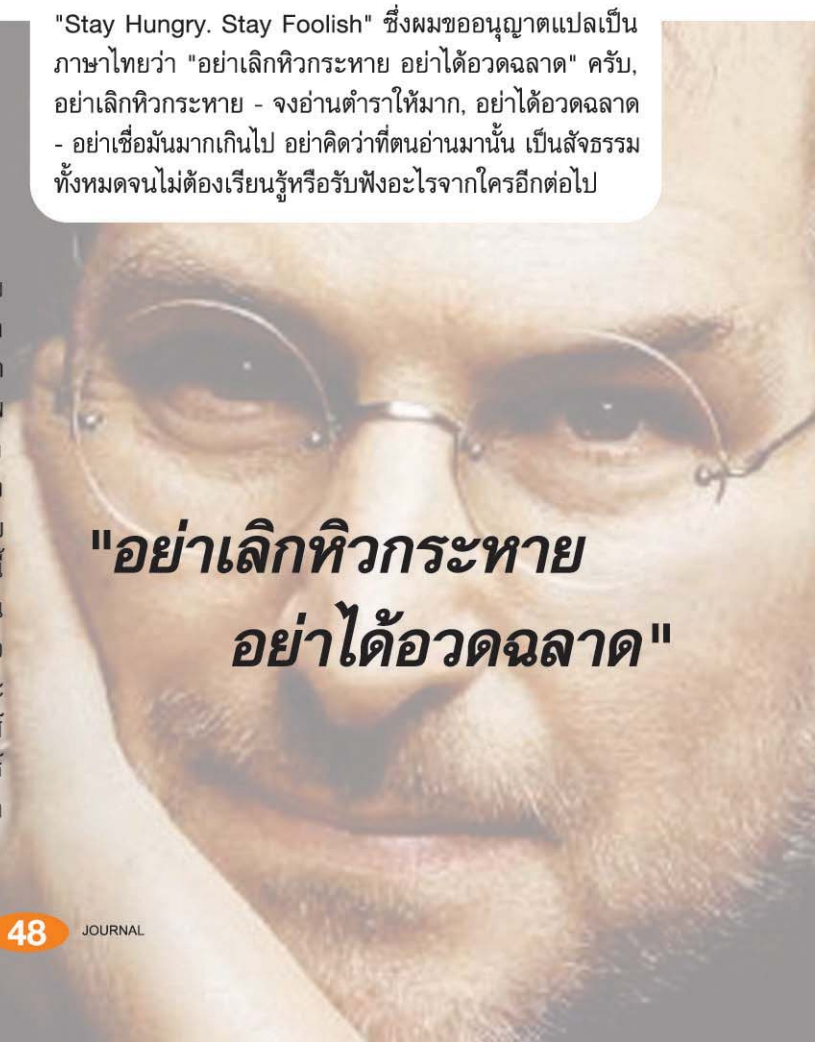


สตีฟ จ็อบส์

มหาวิทยาลัยสแตนเฟิร์ดในวันที่พวกเขารับปริญญาบัตรในปี ค.ศ. 2005 ว่า ตัวเขาเองได้อาศัยข้อความจากหนังสือ The Whole Earth Catalog เล่มสุดท้ายของ Stewart Brand มาเตือนตัวเองตลอดเวลาในการทำงาน ข้อความที่ว่านี้คือ "Stay Hungry. Stay Foolish" ซึ่งผมขออนุญาตแปลเป็นภาษาไทยว่า "อย่าเลิกหิวกระหาย อย่าได้อวดฉลาด" ครับ, อย่าเลิกหิวกระหาย - จงอ่านตำราให้มาก, อย่าได้อวดฉลาด - อย่าเชื่อมันมากเกินไป อย่าคิดว่าที่ตนอ่านมานั้น เป็นสัจธรรมทั้งหมดจนไม่ต้องเรียนรู้หรือรับฟังอะไรจากใครอีกต่อไป

เรื่องที่ 3 คือเรื่องการอ้างอิงตำรับตำรา

คนไทยถูกสอนให้เป็นทาสตำรา นักวิชาการทั้งหลายก็มักอ้างอิงตำราจากฝรั่งบ้าง ญี่ปุ่นบ้าง และยึดถือตำราเหล่านั้นเป็นสรณะมาชี้นำการทำงานของตน โดยไม่ดูว่าตำราเหล่านั้นถูกหรือผิด สอดคล้องหรือไม่สอดคล้องกับสภาพที่เป็นจริงของเราเอง ที่อันตรายกว่านั้นคือ อ่านตำราไม่หมด รู้เพียงบางส่วนแล้วก็เอามาพูด มาอ้างอิง นี่ยังไม่พูดถึงความจริงในระบอบทุนนิยมที่ปัจจุบันตำรับตำราถูกทำให้กลายเป็นสินค้ามากกว่าองค์ความรู้อย่างที่มันควรเป็น ด้วยเหตุนี้หนังสือตำรับตำรา หรือทฤษฎีจำนวนไม่น้อยที่เร่ขายอยู่ในตลาด จึงใช่ว่าจะเชื่อถือได้ทั้งหมด ท่าทีที่ถูกต้องของเราต่อตำราคือ อ่านมันให้มาก แต่อย่าเชื่อมันมากเกินไป และอย่าคิดว่าตนเองรู้หมดแล้วจากกองตำราที่อ่าน สตีฟ จ็อบส์ อดีตผู้บริหารระดับสูงของแอปเปิล คอมพิวเตอร์ และพิกซาร์ แอนิเมชั่น สตูดิโอส์ที่ล่วงลับไปแล้ว เคยกล่าวกับบัณฑิต



"อย่าเลิกหิวกระหาย อย่าได้อวดฉลาด"

โคคา โคล่า กล่าวว่า ถ้าเปรียบชีวิตเหมือนการเล่นเกมโยนลูกบอลขึ้นไปในอากาศ และคุณมีลูกบอลอยู่ 5 ลูก คือ งาน ครอบครัว สุขภาพ เพื่อน และจิตวิญญาณ คุณจะพบว่างานเป็นเหมือนลูกบอลยางที่ตกลงพื้นแล้วยังสามารถกระเด้งกลับขึ้นมาได้อีก แต่ที่เหลืออีก 4 ลูกนั้นล้วนทำด้วยแก้ว ถ้าคุณทำมันหล่นลง มันก็จะแตกกระจายและไม่มีวันกลับเป็นเหมือนเดิมอีก คาลิล ยิบราน กวีชาวเลบานอนเปรียบเพื่อน "เป็นเสมือนท้องทุ่ง ที่เธอหว่านด้วยความรัก และเก็บเกี่ยวด้วยความขอบคุณ" ถ้าวันนี้ คุณยังไม่มีเพื่อน ลองเริ่มหว่านความรัก ความอาทร ความซื่อสัตย์ ความปรารถนาดี และความเกื้อกูลให้กับคนที่คุณรู้จักดู ในท่ามกลางคนที่คุณรู้จักเป็นร้อยเป็นพันนั้น พยายามหา "เพื่อน" ให้ได้สักคน และพยายามเป็น "เพื่อน" ของใครให้ได้สักคน

เรื่องที่ 4 เป็นเรื่องเกี่ยวกับเพื่อน

ชีวิตในมหาวิทยาลัยโดยทั่วไปแล้ว เรามีเพื่อนฝูงมากมาย ชีวิตในที่ทำงาน เราก็มีเพื่อนอีกเช่นกัน แต่เพื่อนในที่ทำงาน อาจต่างจากเพื่อนในมหาวิทยาลัย ทั้งในแง่ของวัย เงื่อนไขของชีวิต ผลประโยชน์ และแรงบันดาลใจอื่นๆ ถ้ายอมรับความจริงและไม่กล่าวหาว่ามองโลกในแง่ร้ายจนเกินไป สิ่งที่เรียกว่า "เพื่อน" นั้น จำนวนไม่น้อยหรืออาจกล่าวได้ว่าจำนวนมาก เป็นเพียง "คนรู้จัก" มากกว่า "เพื่อน" เส้นแบ่งระหว่างเพื่อนกับคนรู้จักคือความรัก ความอาทร ความซื่อสัตย์ ความปรารถนาดีและความเกื้อกูลที่มีต่อกันตลอดเวลา ในยุคสมัยที่แทบทุกอย่างถูกประเมินค่าไม่ต่างจากสินค้าและเงินตรา เพื่อนในความหมายที่สูงส่งที่ต่างจากคนรู้จักนั้น ใช่ว่าจะหาได้ง่ายนัก ดังนั้น ถ้าคุณโชคดีมีเพื่อนอย่างที่ว่านี้สักคน จงถนอมรักมิตรภาพนี้ไว้และตอบแทนด้วยสิ่งที่ดีที่สุดเท่าที่คุณจะทำได้ ไบรอัน ไดสัน อดีต ซี.อี.โอ.ของ

BOY'S BEST FRIEND

My Friend

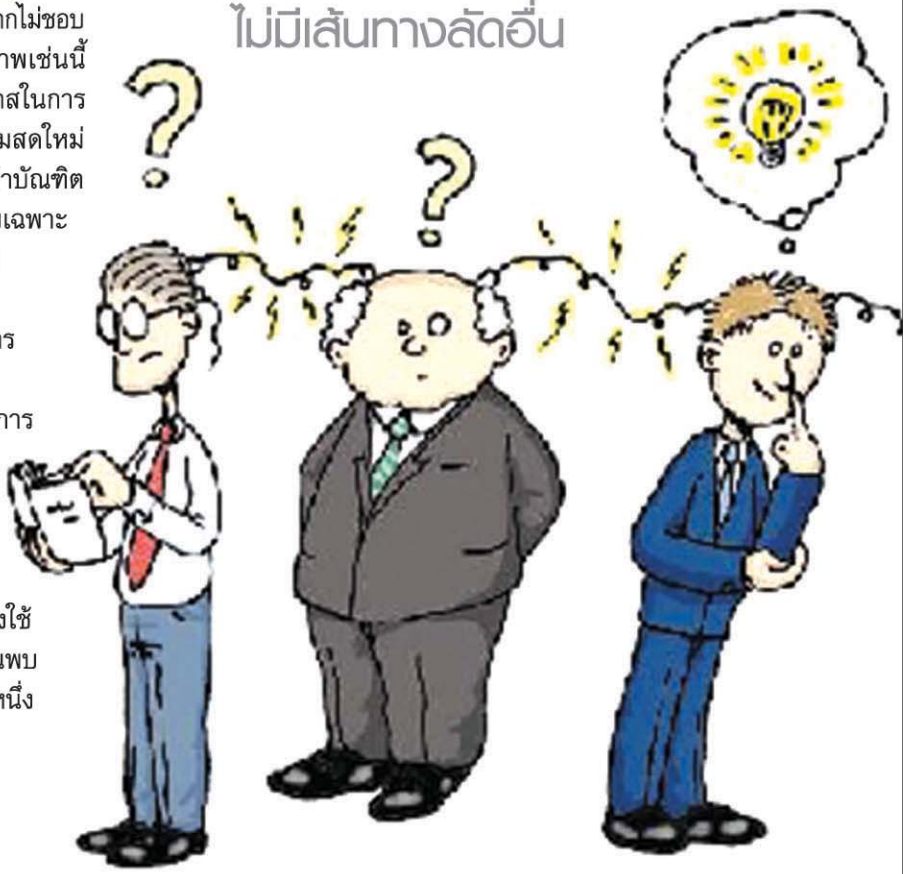
ในท่ามกลางคนที่คุณรู้จักเป็นร้อยเป็นพัน พยายามหา "เพื่อน" ให้ได้สักคน และพยายามเป็น "เพื่อน" ของใครให้ได้สักคน

กระบวนการพัฒนาที่เกี่ยวข้องกับการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมจำเป็นต้องใช้เวลาแต่ก็ไม่มีเส้นทางลัดอื่น

เรื่องที่ 5 เรื่องสุดท้ายที่จะพูดในวันนี้คือเรื่องเกี่ยวกับความอดทนต่อการเปลี่ยนแปลง

คนหนุ่มสาวและคนรุ่นใหม่ไฟแรงจำนวนมากไม่ชอบอดทนต่อการเปลี่ยนแปลงอะไรที่ค่อนข้างช้า สภาพเช่นนี้บ่อยครั้งทำให้ทั้งองค์การและคนหนุ่มสาวเสียโอกาสในการร่วมมือกันพัฒนา ข้อดีของบัณฑิตจบใหม่คือความสดใหม่ขององค์ความรู้ที่ร่ำเรียนมา และไฟที่มีอยู่ในตัว ถ้าบัณฑิตจบใหม่มุ่งมั่นที่จะเข้ามาร่วมกันพัฒนาองค์การ โดยเฉพาะองค์การอย่างถิรไทย ที่มีพนักงานอายุงาน 10 กว่าถึง 20 กว่าปีอยู่เป็นจำนวนไม่น้อย ก็จำเป็นอยู่เองที่จะต้องพิสูจน์ตัวให้เป็นที่ยอมรับ ยืนหยัดให้เกิดการเปลี่ยนแปลงและพัฒนาแม้เพียงทีละน้อยก็ถือเป็นชัยชนะที่ควรค่าแก่การเฉลิมฉลอง เพราะกระบวนการพัฒนาที่เกี่ยวข้องกับการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมจำเป็นต้องใช้เวลา อาจจะช้า อาจจะเหนื่อย แต่ก็ไม่มีเส้นทางลัดอื่น เพราะหลายสิ่งหลายอย่างในโลกนี้ก็ไม่มีเส้นทางลัดให้เดินเสมอไปเหมือนกัน ไม่เช่นนั้น ผู้ชายวัย 29 ปี ที่ชื่อสิทธารถะ คงไม่ต้องใช้เวลากว่าสองพันหกร้อยปี กว่าที่จะทำให้สิ่งที่เขาค้นพบและถ่ายทอดให้นักบวช 5 รูปรับรู้ในป่าเล็กๆ แห่งหนึ่งได้รับการเผยแพร่ออกไปทั่วโลกอย่างทุกวันนี้

ขอบคุณครับ



ย้อนรอยหม้อแปลง
Along the Transformer Site

ตามตะวัน

ย้อนรอยบรรพชนล้านนา "หมู่เฮาคาวสัวะเน้อ"

ถ้าใครอยู่เชียงใหม่หรือเคยเดินทางไปเชียงใหม่เมื่อ 20 กว่าปีที่แล้ว คงยังไม่ลืมห้างสรรพสินค้าใหญ่ห้างหนึ่งตรงสี่แยกสนามบินที่ถนนมหิดลตัดกับถนนทิพย์เนตร เป็นห้างสรรพสินค้าเก่าแก่แห่งหนึ่งของเมืองเชียงใหม่และของตระกูลตันตรานนท์ที่เป็นเจ้าของห้างสรรพสินค้าตันตราภัณฑ์สาขาท่าแพและสาขาช้างเผือก ที่คนเชียงใหม่จำนวนไม่น้อยผูกพันมาช้านานก่อนที่ห้างสรรพสินค้าจากกรุงเทพฯ รวมทั้งโมเดิร์นเทรดและดิสเคานต์สโตร์จากต่างชาติจะเข้ามา

ครับ, เรากำลังพูดถึงห้างสรรพสินค้าตันตราภัณฑ์แอร์พอร์ต พลาซ่า จังหวัดเชียงใหม่ของตระกูลตันตรานนท์ ซึ่งปัจจุบันได้ขายกิจการให้กับกลุ่มเซ็นทรัลและโรบินสันกลายมาเป็นเซ็นทรัลพลาซ่า เชียงใหม่แอร์พอร์ต กับห้างสรรพสินค้าโรบินสันอยู่จนทุกวันนี้ และเหตุที่เราพูดถึงห้างสรรพสินค้าแห่งนี้ก็เพราะเรากำลังพาท่านกลับไปย้อนรอยหม้อแปลงระบบจำหน่าย ขนาด 2000 kVA 22000 - 400/230 V จำนวน 4 ใบของถิรไทยที่ติดตั้งอยู่ ณ ชั้นใต้ดินของห้างสรรพสินค้าแห่งนี้

"แอร์พอร์ต พลาซ่า เป็นศูนย์การค้าที่ทันสมัยที่สุดในจังหวัดเชียงใหม่เวลานั้น"

คุณสัมพันธ์ วงษ์ปาน กรรมการผู้จัดการ บริษัท ถิรไทย จำกัด (มหาชน) กับ คุณอุปกรม ทวีโภค กรรมการและเลขานุการบริษัท ย้อนอดีตเมื่อ 20 ปีที่ผ่านมา พร้อมทั้งอธิบายให้เราฟังว่า ขณะสร้างศูนย์การค้าแห่งนี้ เจ้าของศูนย์การค้าต้องการให้รอบๆ อาคารมีภูมิทัศน์ที่สวยงามจึงมีแนวความคิดให้เดินสายไฟใต้ดินเข้าไปในอาคาร และหม้อแปลงไฟฟ้าก็ต้องติดตั้งไว้ในที่มิดชิดและเหมาะสมภายในตัวอาคารด้วย แต่เนื่องจากหม้อแปลงไฟฟ้าทั้ง 4 ใบนี้เป็นหม้อแปลงน้ำมัน (Oil immersed) ที่อยู่ในอาคารไม่ใช่หม้อแปลงแห้ง (Dry-type) จึงต้องออกแบบให้มีการผนึกด้วยก๊าซไนโตรเจน เพื่อไม่ให้อากาศภายในหม้อแปลงออกมาสัมผัสกับอากาศภายนอก ที่สำคัญเมื่อนำเข้าไปติดตั้งในตัวอาคารแล้ว ต้องมีการออกแบบถาดคอนกรีต (Sump) รองรับน้ำมันที่อาจรั่วซึมออกจากหม้อแปลง โดยในถาดจะโรยกรวดหนาประมาณ 5 เซนติเมตร เพื่อให้น้ำมันที่หากเกิดการรั่วขึ้นนั้น ซึมลงไปใต้กรวดแล้วระบายตามท่อออกไปนอกตัวอาคาร ป้องกันไม่ให้เกิดการวาบไฟเพื่อความปลอดภัยของตัวอาคาร

หม้อแปลงระบบจำหน่าย 4 ใบของถิรไทยซึ่งติดตั้งอยู่ที่ชั้นใต้ดินของห้างเซ็นทรัลพลาซ่า เชียงใหม่แอร์พอร์ต

คุณวิศิษฏ์ อริยะ ผู้จัดการฝ่ายบำรุงรักษาของบริษัทเซ็นทรัลพัฒนา เชียงใหม่ จำกัด กำลังสนใจอ่าน ถิรไทย เจอนอล ที่เรานำไปฝาก

คุณปรีชา อินทนา
ผู้ช่วยผู้จัดการฝ่ายบำรุงรักษาผู้พาเราเยี่ยมชมหม้อแปลง

ศาสตราจารย์เกียรติคุณ สุรพล ดำริห์กุล ผู้ให้ความรู้และพาเราไปสัมผัสหลักฐานทางโบราณคดีหลายแห่งของเวียงเจ็ดลิน

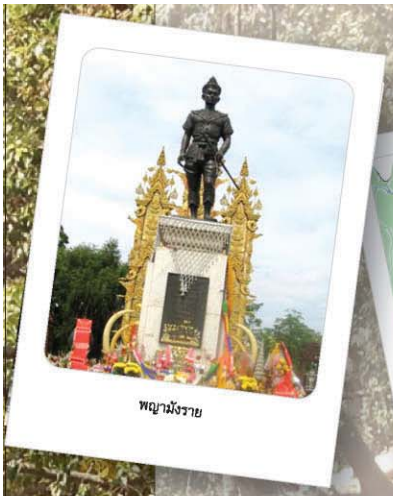
"ในฐานะที่เราเป็นผู้เชี่ยวชาญในเรื่องนี้ จึงมีการทำงานร่วมกับผู้รับผิดชอบระบบไฟฟ้าของอาคารนี้ตั้งแต่ต้นว่าจะออกแบบห้องที่จะติดตั้งหม้อแปลงนี้อย่างไร จะเดินสายไฟใต้ดินเข้ามาในห้องนี้อย่างไรเป็นต้น โดยคุณอุปกรมเป็นผู้ออกแบบห้องนี้ด้วยตัวเอง" คุณสัมพันธ์เปิดเผย

ความพิเศษของหม้อแปลงทั้ง 4 ใบชุดนี้ นอกจากเป็นหม้อแปลงน้ำมันที่ติดตั้งอยู่ภายในตัวอาคาร ซึ่งปัจจุบันมีให้เห็นไม่มากนักแล้ว หม้อแปลงทั้ง 4 ใบชุดนี้ยังมีความพิเศษตรงที่มีผู้บริหารระดับสูงของถิรไทยในปัจจุบัน ถึง 4 ท่านมีส่วนร่วมในการทำให้เกิดหม้อแปลงทั้ง 4 ใบนี้ขึ้นมา โดยเริ่มจาก คุณสัมพันธ์ วงษ์ปาน กรรมการผู้จัดการ เป็นผู้ติดต่อประสานงานให้เกิดการซื้อขายหม้อแปลงชุดนี้ขึ้น จากนั้น คุณอวยชัย ศิริวจนา กรรมการบริษัทและผู้จัดการฝ่ายขายในปัจจุบัน เป็นผู้ออกแบบหม้อแปลงชุดนี้ โดยมีคุณอุปกรม ทวีโภค กรรมการและเลขานุการบริษัทซึ่งควบตำแหน่งผู้จัดการฝ่ายการเงิน บัญชี และเทคโนโลยีสารสนเทศในปัจจุบันเป็นผู้ออกแบบห้องหม้อแปลง และสุดท้ายคุณยศกร บุรกรรมโกวิท ผู้ช่วยกรรมการผู้จัดการ เป็นผู้เดินทางขึ้นล่องติดต่อประสานงานระหว่างกรุงเทพฯ-เชียงใหม่หลายต่อหลายครั้ง กว่าหม้อแปลงชุดนี้จะมีการส่งมอบอย่างสมบูรณ์

เราได้เดินทางขึ้นไปเยี่ยมเยือนหม้อแปลงไฟฟ้าทั้ง 4 ใบนี้ ในบ่ายวันที่อากาศกำลังสบายของต้นเดือนกุมภาพันธ์ 2555 โดยมี คุณวิศิษฏ์ อริยะ ผู้จัดการฝ่ายบำรุงรักษา กับ คุณปรีชา อินทนา ผู้ช่วยผู้จัดการฝ่ายบำรุงรักษาของบริษัท เซ็นทรัลพัฒนา เชียงใหม่ จำกัด ให้การต้อนรับเป็นอย่างดี คุณปรีชาได้กรุณาพาเราลงไปยังห้องหม้อแปลงที่อยู่ชั้นใต้ดินเพื่อเยี่ยมเยือนและเก็บภาพหม้อแปลงทั้งสี่กลับมา เราพบว่าหม้อแปลงทุกใบยังอยู่ในสภาพที่ดีมากภายในห้องปรับอากาศที่สะอาดสะอ้าน โดยทางหน่วยงานของคุณวิศิษฏ์กับคุณปรีชาได้ดูแลและบำรุงรักษาหม้อแปลงเหล่านี้เป็นอย่างดี ทำให้หม้อแปลงสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพตลอดระยะเวลา 20 ปีที่ผ่านมาโดยไม่ก่อปัญหาใดๆ ให้กับผู้ใช้งาน

เมื่อเรานำภาพหม้อแปลงทั้ง 4 ใบ และเรื่องราวเหล่านี้กลับมาถ่ายทอดที่บริษัท คุณสัมพันธ์ วงษ์ปาน กรรมการผู้จัดการถึงกับกล่าวอย่างมั่นใจว่า "ในแง่ของถิรไทยเรามั่นใจว่าหม้อแปลงทั้ง 4 ใบนี้จะสามารถใช้งานต่อไปได้อีกไม่ต่ำกว่า 10 ปี โดยเฉพาะเมื่อมีการบำรุงรักษาอย่างดีจากผู้ใช้เช่นนี้"

เช้าวันรุ่งขึ้นหลังการเยี่ยมเยือนหม้อแปลงดังกล่าวเรามีนัดกับศาสตราจารย์เกียรติคุณ สุรพล ดำริห์กุล ที่คณะวิจิตรศิลป์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จากการแนะนำของคุณนพชัย แดงดีเลิศ ปิยมิตรผู้เป็นนักศึกษารุ่นน้องของศาสตราจารย์เกียรติคุณ สุรพล ดำริห์กุล สมัยเรียนอยู่คณะโบราณคดี มหาวิทยาลัยศิลปากร วังท่าพระ เมื่อ 40 กว่าปีที่แล้ว ศาสตราจารย์เกียรติคุณ สุรพล ดำริห์กุล เป็นนักโบราณคดีที่มีความเชี่ยวชาญและมีผลงานวิจัยทางด้านวัฒนธรรม ประวัติศาสตร์ และโบราณคดีทั้งของภาคอีสานและของภาคเหนือที่ได้รับการยอมรับในวงวิชาการออกมาอย่างมากมาย เหตุผลที่เรานัดพบท่านเพราะการมาย้อนรอยหม้อแปลงที่จังหวัดเชียงใหม่ครั้งนี้ เราตั้งใจจะย้อนรอยบรรพชนล้านนาเพื่อสืบหาร่องรอยว่าชาวเชียงใหม่และชาวล้านนานั้นมีอดีตความเป็นมาอย่างไร และท่านศาสตราจารย์เกียรติคุณ สุรพล ดำริห์กุล ซึ่งจากนี้จะขอเรียกท่านว่า "พี่อู๊ด" ตามที่คุณนพชัยเรียกท่าน ได้กรุณาสละเวลามาให้ความรู้และนำพาเราไปยังสถานที่อันเป็นหลักฐานทางโบราณคดีต่างๆที่สามารถไขปริศนาความเป็นมาของชาวล้านนาได้เป็นอย่างดี



พญามังราย

เมืองเชียงใหม่ยุคต้น (พุทธศตวรรษที่ 19-20)

ภาพถ่ายทางอากาศของเวียงเจ็ดลิน

จากการค้นคว้าคร่าวๆ ก่อนเดินทางมาเชียงใหม่และจากความรู้ที่เจาะลึกลงไปในรายละเอียดที่ได้จากพี่อู๊ดทำให้เราทราบว่าอาณาจักรล้านนาคือดินแดนที่ตั้งอยู่ทางภาคเหนือตอนบน รวมพื้นที่ 9 จังหวัด อันได้แก่ เชียงใหม่ เชียงราย พะเยา ลำพูน ลำปาง แพร่ น่าน แม่ฮ่องสอน และบางส่วนของอุตรดิตถ์ โดยมีเชียงใหม่เป็นศูนย์กลาง คำว่า "ล้านนา" หมายถึง พื้นที่กว้างใหญ่ที่อุดมสมบูรณ์ มีผืนนามากมายนับได้เป็นล้านแปลง

การก่อรูปอาณาจักรล้านนาเริ่มในต้นพุทธศตวรรษที่ 19 เมื่อพญามังราย พระราชโอรสในพระเจ้าลาวเม็งแห่งราชวงศ์ลวจังกราช ผู้ครองหิรัญนครเงินยาง (อำเภอเชียงแสนในปัจจุบัน) กับพระนางอั้วมิ่งจอมเมือง (หรือพระนางเทพคำข่าย) พระราชธิดาในท้าวรุ่งแก่นชาย เจ้าเมืองเชียงรุ่ง (หรือเจงฮุ่ง) สิบสองพันนา เสวยราชย์สืบจากพระราชบิดาในพ.ศ. 1804 แล้ว พญามังรายหมายพระทัยจะสร้างพระราชอาณาจักรใหม่ จึงทรงรวบรวมหัวเมืองต่างๆ ที่ดำรงตนเป็นอิสระให้เป็นอันหนึ่งอันเดียวกัน โดยทรงเริ่มพระราชภารกิจนี้ในหัวเมืองฝ่ายเหนือของแคว้นโยนกก่อนแล้วขยายมาฝ่ายใต้ ขณะเดียวกันก็ได้ทรงสร้างเมืองใหม่หลายเมือง เป็นต้นว่า เมืองเชียงรายในปี พ.ศ. 1805 เมืองฝาง ในปีพ.ศ. 1816 ครั้นต่อมาทรงมีพระราชประสงค์จะได้เมืองหริภุญไชย (ลำพูน) เพราะเป็นเมืองมั่งคั่ง เป็นศูนย์การค้าระหว่างประเทศ ธรรมชาติอุดมสมบูรณ์ ทั้งยังมีทางน้ำติดต่อถึงเมืองละโว้และเมืองอโยธยาด้วย ทรงพระดำริแล้วก็ทรงให้มนตรีนายหนึ่งชื่อ อ้ายฟ้า ปลอมเป็นไส้ศึกเข้าไปในเมืองหริภุญไชย ขณะนั้น เมืองหริภุญไชยมีพญายีบาเป็นพระมหากษัตริย์ อ้ายฟ้าจึงปลุกปั่นให้ชาวหริภุญไชยไม่พอใจพญายีบา ด้วยอุบายต่างๆ จนชาวเมืองไม่พอใจพญายีบา กองทัพพญามังรายจึงสามารถยกเข้าตีเมืองหริภุญไชยได้อย่างง่ายดายในปี พ.ศ. 1824 พญามังรายเข้าครองหริภุญไชยได้ 2 ปี ก็ให้ร้อนรุ่มจนต้องออกมาตั้งเมืองใหม่คือ เมืองชะแว ทางตะวันออกเฉียงเหนือของลำพูน ในปี พ.ศ.1826 และ เวียงกุมกาม ในปี พ.ศ. 1829 ซึ่งนำแนวคิดการสร้างเวียงแบบหริภุญไชยมาใช้ จากนั้นทรงพบว่าภูมิประเทศระหว่างดอยอ้อยช้าง (ดอยสุเทพ) ด้านตะวันตกกับแม่น้ำปิงด้านตะวันออกเป็นชัยภูมิที่เหมาะแก่การสร้างราชธานีจึงทรงสร้างเมืองนพบุรีศรีนครพิงค์เชียงใหม่ขึ้นในปี พ.ศ.1839 เป็นศูนย์กลางการปกครองของอาณาจักรล้านนา อันเป็นอาณาจักรใหม่ที่เกิดจากการผนวกแคว้นโยนกกับแคว้นหริภุญไชยเข้าด้วยกัน โดยมีพระองค์ซึ่งเป็นปฐมกษัตริย์แห่งราชวงศ์มังราย เป็นกษัตริย์องค์แรกของอาณาจักรล้านนา มีอำนาจเหนือดินแดนลุ่มแม่น้ำปิง แม่น้ำวัง แม่น้ำกก ถึงแม่น้ำโขงตอนกลาง จนถึงลุ่มแม่น้ำสาละวินและหัวเมืองไทยใหญ่ 11 หัวเมือง อาณาเขตของล้านนาในรัชกาลพญามังรายนั้น ทางเหนือถึงเชียงรุ่งและเชียงตุง ตะวันออกถึงน้ำโขง แต่ไม่รวม เมืองพะเยา เมืองน่าน และเมืองแพร่ ทิศใต้ถึงนครเชลางค์ และตะวันตกถึงอาณาจักรพุกาม (พม่าและมอญ)

กษัตริย์ราชวงศ์มังรายครองอาณาจักรล้านนาสืบต่อกันมาเป็นเวลา 262 ปี ผ่านยุครุ่งเรืองมาจนถึง พ.ศ. 2101 อาณาจักรล้านนาจึงอ่อนแอลง และตกเป็นเมืองขึ้นของพระเจ้าบุเรงนอง กษัตริย์แห่งพม่า ต่อมาได้เปลี่ยนสลับมาขึ้นกับอาณาจักรสยามกลับไปกลับมาหลายครั้ง ครั้งสุดท้ายพ.ศ. 2317 เมืองเชียงใหม่ได้ตกเป็นประเทศราชขึ้นต่อกรุงธนบุรีจนถึงสมัยกรุงรัตนโกสินทร์ กระทั่งในรัชกาลของพระบาทสมเด็จพระจุลจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว เชียงใหม่จึงถูกผนวกเข้าเป็นส่วนหนึ่งของราชอาณาจักรไทย

ที่กล่าวมานี้จึงสรุปได้ว่า เมื่อราวพุทธศตวรรษที่ 19 บริเวณภาคเหนือตอนบน ของประเทศไทยซึ่งรวมไปถึงดินแดนบางส่วนของประเทศพม่า จีน ลาว เคยเป็นที่ตั้งของชนกลุ่มต่างๆ ที่มีการปกครองเป็นแคว้นอิสระ แล้วถูกผนวกเข้าเป็นอาณาจักรเดียวกัน ในชื่อที่เรียกกันว่า ล้านนา กลุ่มบ้านเมืองกลุ่มนี้มีความสัมพันธ์กันทั้งในทางการเมือง เชื้อชาติ ศาสนา ประเพณี และศิลปวัฒนธรรม มีเมืองเชียงใหม่เป็นศูนย์กลางการปกครอง มีความเจริญรุ่งเรืองมากในช่วงพุทธศตวรรษที่ 20-21 และได้เสื่อมสลายลงและตกอยู่ภายใต้อิทธิพลของพม่าในช่วงพุทธศตวรรษที่ 22 แต่ได้พยายามกอบกู้เอกราชได้บ้างเป็นครั้งคราว จนถึงพุทธศตวรรษที่ 24 จึงตกเป็นเมืองขึ้นของกรุงรัตนโกสินทร์ และได้ถูกรวมเป็นส่วนหนึ่งของประเทศสยาม ตั้งแต่พุทธศตวรรษที่ 25 เป็นต้นมา

อย่างไรก็ดี ประวัติศาสตร์อันยาวนานของล้านนาได้หล่อหลอมให้ผู้คนในดินแดนแห่งนี้มีแบบแผนทางศิลปวัฒนธรรม ประเพณี ต่างๆ ที่มีลักษณะเป็นของตนเองมีความแตกต่างไปจากผู้คนในดินแดนอื่น ดังนั้น คำว่า "ล้านนา" ในทัศนะของพี่อู๊ดจึงเป็นวัฒนธรรมการใช้ภาษาและขนบประเพณีร่วมกัน แต่ไม่ใช่ชาติพันธุ์ (Race) เพราะดินแดนก่อนที่จะเป็นอาณาจักรล้านนาซึ่งถือเป็น "สังคมรัฐ" นั้น มีกลุ่มชนหรือชาติพันธุ์ต่างๆ อาศัยอยู่ก่อนแล้วในลักษณะของ "สังคมชนเผ่า" ไม่ว่าจะเป็นไตโยน ไตลื้อ ไทยใหญ่ ยอง ยาง รวมทั้งชนเผ่าดั้งเดิมในดินแดนล้านนาที่สำคัญคือ "ลัวะ" หรือ "ละว้า" กับ "เม็ง" โดยเฉพาะลัวะซึ่งเป็นชนเผ่าที่เคยมีความเจริญรุ่งเรืองอย่างมากและยาวนานในดินแดนแถบนี้มาก่อน

กำแพงเวียงเจ็ดลิน

คูเมืองและกำแพงเวียงเจ็ดลิน

ซากเจดีย์ประธานในวัดกู่ดินขาว

ศาลผีเทพารักษ์เก่าแก่ของเวียงเจ็ดลิน

พระแม่เจ้าจามเทวี-พญาวานร

พ่อขุนหลวงวิสังคะ

จากตำนานพระธาตุดอยคำและหลักฐานทางประวัติศาสตร์และทางโบราณคดีจำนวนมากพบว่า ในช่วงพุทธศตวรรษที่ 11-12 มีกลุ่มชนชาวลัวะเชื้อสายปู่เจ้าลาวจกอาศัยอยู่ตามหุบเขาดอยตุงและลุ่มแม่น้ำสาย แม่น้ำกก และแม่น้ำโขง ชาวลัวะกลุ่มนี้มีความสัมพันธ์แนบแน่นกับชนเผ่าไทยลื้อที่อพยพมาจากเชียงรุ่ง สิบสองพันนา ลัวะและลื้อกลุ่มนี้เป็นเชื้อสายบรรพบุรุษของพญามังราย โดยมีลัวะเป็นสายพ่อ (พระเจ้าลาวเม็ง แห่งราชวงศ์ลวจังกราช) และลื้อเป็นสายแม่ (พระนางอั้วมิ่งจอมเมือง พระราชธิดาในท้าวรุ่งแก่นชาย เจ้าเมืองเชียงรุ่งสิบสองพันนา) ด้วยเหตุนี้สายกษัตริย์ของล้านนาจึงสืบสายเลือดมาจากชาติพันธุ์ลัวะอย่างไม่อาจปฏิเสธได้ หลักฐานทางประวัติศาสตร์อีกประการหนึ่งที่สนับสนุนข้อสรุปนี้คือ ในช่วงท้ายๆ ของราชวงศ์มังรายเมื่อรัชกาลที่ 1 แห่งกรุงรัตนโกสินทร์ทรงแต่งตั้งให้พระยากาวิละครองเมืองเชียงใหม่ ก่อนเข้าเมืองพระยากาวิละยังต้องทำพิธีบูชาผีลัวะตามพิธีกรรมของชาวลัวะด้วยการให้คนลัวะจูงสุนัขนำเข้าเมือง

ขณะเดียวกันกับกลุ่มปู่เจ้าลาวจก ทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ยังมีชนเผ่าลัวะอีกกลุ่มหนึ่ง มีถิ่นพำนักอยู่ที่ลุ่มแม่น้ำระมิงค์ (แม่น้ำปิง) และหุบเขาดอยสุเทพ ดอยคำ และดอยเชียงดาว ลัวะกลุ่มนี้จะอยู่ใกล้กับพวกไทยใหญ่ไทยเขินที่อพยพจากเชียงตุงมาอยู่ดอยเชียงดาว ทั้งสองพวกนี้ไม่ไว้วางใจกันและสู้รบกันบ่อยๆ ชนเผ่าลัวะบริเวณนี้มีหลักฐานทางโบราณคดีสอดรับว่าได้มีการสร้างเมืองโบราณที่ชื่อว่า "เวียงเจ็ดลิน" ไว้เป็นปราการล้อมรอบ

จากภาพถ่ายทางอากาศสามารถเห็นได้ชัดเจนว่าเวียงเจ็ดลินมีลักษณะเป็นรูปวงกลม ซึ่งเป็นรูปแบบการสร้างเมืองเก่าสมัยโบราณที่พบได้มากในภาคอีสานของไทย ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเมืองประมาณ 900 เมตร มีคูน้ำคันดินเป็นกำแพงสองชั้น มีบริเวณครอบคลุมอยู่ในพื้นที่ปัจจุบันที่เป็นสวนรุกขชาติห้วยแก้ว สวนสัตว์เชียงใหม่โครงการโคนมไทย - เยอรมัน ศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์เชียงใหม่และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา คำว่า "ลิน" เป็นภาษาไทยยวน แปลว่า รางน้ำหรือท่อน้ำ เวียงเจ็ดลิน จึงแปลว่า เวียงที่มีรางน้ำเจ็ดรางในที่นี้อาจหมายถึง เวียง ที่อยู่ต้นน้ำเพราะในสมัยก่อนใช้รินรองน้ำจากห้วยแก้วไปหล่อเลี้ยงตัวเมืองเชียงใหม่ ความมหัศจรรย์ของเวียงเจ็ดลิน นอกจากอายุที่ยาวนานกว่า 1,000 ปี ก่อนที่เมืองเชียงใหม่จะเกิดขึ้นแล้วยังมีมิติของภูมิปัญญาของบรรพบุรุษที่ได้คิดถึงเรื่องภูมิรัฐศาสตร์มาก่อนการวางผังเมืองแบบล้ำยุคที่มีลักษณะวงกลมก็เพื่อป้องกันน้ำหลากในฤดูฝนที่อาจสร้างความเสียหายต่อพืชผลการเกษตร บ้านเรือน รวมทั้งเพื่อเป็นแหล่งกักเก็บน้ำไว้ใช้ในฤดูแล้งอีกด้วย

พี่อู๊ดกับคณะได้สำรวจบริเวณพื้นที่เวียงเจ็ดลินเมื่อพ.ศ 2529 แล้วพบว่าในพื้นที่โดยเฉพาะที่เป็นบริเวณที่ตั้งสวนสัตว์เชียงใหม่ในปัจจุบันยังมีร่องรอยของซากวัดร้างอยู่ในบริเวณดังกล่าวหลายแห่ง แต่ไม่อาจกำหนดอายุได้ว่าโบราณสถานเหล่านั้นอยู่ในสมัยใด เนื่องจากร่องรอยที่เหลืออยู่เป็นเพียงกองอิฐกระจัดกระจายที่เหลือรอดจากการขุดทำลายหาโบราณวัตถุเท่านั้น อย่างไรก็ดี แม้ว่าหลักฐานที่ปรากฏภายในเวียงเจ็ดลินจะไม่อาจทราบอายุสมัยได้ แต่ในพื้นที่บริเวณใกล้เคียง เช่น ที่ถ้ำฤาษีซึ่งอยู่เหนือเวียงเจ็ดลินขึ้นไปเพียงเล็กน้อยและบนยอดดอยแห่งหนึ่งเหนือดอยสุเทพขึ้นไปที่เรียกว่า "สันกู่" ตลอดจนบริเวณสันโป่งในเขตอำเภอแม่ริมและบริเวณดอยคำที่วัดพระธาตุดอยคำ ล้วนแต่ได้เคยพบวัตถุหลักฐานที่มีอายุในสมัยหริภุญไชยทั้งสิ้น ดังนั้นพี่อู๊ดกับคณะจึงสรุปความเป็นไปได้ว่าส่วนหนึ่งของโบราณสถานภายในเวียงเจ็ดลินนั้นควรจะเป็นชุมชนที่มีมาก่อนสร้างเมืองเชียงใหม่และมีอายุร่วมสมัยกับแคว้นหริภุญไชยด้วย และเมื่อพิจารณาจากเรื่องราวที่ปรากฏอยู่ในตำนานเกี่ยวกับขุนวิสังคราชซึ่งเป็นผู้นำชาวลัวะ ที่อาศัยอยู่ในพื้นที่แถบดอยสุเทพกับพระนางจามเทวี บุตรีบุญธรรมของฤาษีวาสุเทพที่ครองเมืองหริภุญไชยในต้นพุทธศตวรรษที่ 13 โดยขุนวิสังคราชได้ยกกองทัพมาตีเมืองหริภุญไชยเนื่องจากเสียรู้พระนางจามเทวีที่บ่ายเบี่ยงไม่ยอมแต่งงานด้วยแต่พ่ายแพ้กลับไปแล้วย่อมสะท้อนให้เห็นว่ากลุ่มชนที่อาศัยอยู่ในพื้นที่เชิงดอยสุเทพในช่วงเวลานั้นคงมิใช่ชนเผ่าเร่ร่อน แต่คงต้องมีการจัดระเบียบทางสังคมและมีถิ่นฐานที่อยู่อาศัยอย่างเป็นหลักแหล่งมั่นคง ด้วยเหตุนี้ชุมชนที่อยู่อาศัยของกลุ่มชนในพื้นที่เชิงดอยสุเทพจึงควรมีลักษณะเป็นชุมชนเมืองที่มีปราการล้อมรอบอย่างน้อยก็ร่วมสมัยกับแคว้นหริภุญไชยมาแล้ว ซึ่งลักษณะกายภาพดังกล่าวในพื้นที่แถบดอยสุเทพมีเมืองโบราณปรากฏอยู่แห่งเดียวก็คือเวียงเจ็ดลิน และกลุ่มชนที่ครอบครองเวียงนี้ก็น่าจะเป็นชนชาวลัวะเท่านั้น

ลานดงและหอพิธีสำหรับเข้าทรงและเซ่นไหว้ผีปู่และย่าและ

พระครูสุนทรเจติยารักษ์ (ครูบาพิณ) เจ้าอาวาสวัดพระธาตุดอยคำกำลังสวดอัญเชิญพระบฏหรือภาพวาดของพระพุทธเจ้าอายุกว่าร้อยปีที่ยักษ์ปู่และย่าแสะให้ความเคารพศรัทธาและยำเกรง

ผีปู่และย่าแสะเข้าทรงเด็กหนุ่มที่อยู่ในพิธี

ในการไปเชียงใหม่ครั้งนี้ พี่อู๊ด นอกจากให้ความรู้เกี่ยวกับเวียงเจ็ดลินแล้ว ยังกรุณาพาเราไปถ่ายรูปคูน้ำคันดินของเวียงเจ็ดลินในบริเวณสวนรุกขชาติห้วยแก้ว วัดกู่ดินขาวซึ่งจัดเป็นวัดเพียงแห่งเดียวของเวียงเจ็ดลินที่ยังเหลือซากการก่อสร้างให้เห็นในเขตสวนสัตว์เชียงใหม่ ซึ่งตั้งอยู่นอกเขตกำแพงเวียงเจ็ดลินทางทิศใต้ และศาลผีเทพารักษ์ ศาลผีเก่าแก่ของชาวลัวะในเวียงเจ็ดลินที่ยังคงรักษาไว้ในบริเวณสำนักงานปศุสัตว์เชียงใหม่ ทั้งยังแนะนำให้เราไปหาข้อมูลทางวัฒนธรรมประเพณีเพิ่มเติมที่วัดพระธาตุดอยคำ ตำบลแม่เหียะ อำเภอเมืองเชียงใหม่อีกด้วย

รุ่งขึ้น เราจึงเดินทางไปวัดพระธาตุดอยคำตามคำแนะนำของพี่อู๊ดแต่เช้า ที่วัดนี้มีศาลปู่และย่าแสะ ศาลฤาษีวาสุเทพ ศาลพระนางจามเทวี และศาลขุนหลวงวิลังคะที่เป็นตำนานของชาวลัวะไว้ครบถ้วน เราได้รับความเมตตาจากพระครูสุนทรเจติยารักษ์ (ครูบาพิณ) เจ้าอาวาสที่กรุณาให้ข้อมูลเกี่ยวกับประเพณีเลี้ยงดง อันเป็นประเพณีไหว้ผีปู่และย่าแสะของชาวลัวะที่ชาวบ้านตำบลแม่เหียะยังคงปฏิบัติสืบทอดมาจนทุกวันนี้ ครูบาพิณยังได้มอบหมายให้คนพาเราไปดูสถานที่จริงที่ใช้ทำพิธีเลี้ยงดงและหอพิธีทรงปู่และย่าแสะอีกด้วย

พิธีเลี้ยงดงหรือการเลี้ยงผีปู่และย่าแสะเป็นหลักฐานทางวัฒนธรรมอีกประการหนึ่งที่ยืนยันถึงการดำรงอยู่และอิทธิพลของชาวลัวะในดินแดนล้านนา ในตำนานพระธาตุดอยคำกล่าวว่า สมัยที่พระพุทธเจ้าเสด็จมาโปรดสัตว์ถึงเชิงดอยคำได้พบยักษ์สามตนพ่อแม่ลูกคือยักษ์ปู่และย่าแสะกับลูก ซึ่งยังชีพด้วยเนื้อสัตว์และเนื้อมนุษย์ เมื่อยักษ์ทั้งสามเห็นพระพุทธเจ้าก็จะจับกินแต่พระพุทธองค์ทรงแผ่เมตตาจนยักษ์ทั้งสามเกรงในพระบารมีจึงยอมแสดงความเคารพ พระพุทธเจ้าจึงทรงเทศนาและให้ยักษ์ทั้งสามรักษาศีลห้าแต่ยักษ์ปู่และย่าแสะไม่อาจรับศีลห้าได้ตลอดจึงขอกินเนื้อมนุษย์ปีละสองคนเมื่อพระพุทธองค์ไม่อนุญาต ก็ขอต่อรองลงมาเรื่อยๆ จนขอกินเนื้อสัตว์ซึ่งพระพุทธองค์ตรัสบอกให้ไปถามเจ้าเมืองเอาเองแล้วพระพุทธองค์ก็เสด็จจากไป โดยไว้พระเกศธาตุที่ต่อมากลายเป็นพระธาตุดอยคำ

ยักษ์ปู่และย่าแสะได้รับอนุญาตจากเจ้าเมืองให้กินควายได้ปีละครั้ง จึงได้มีประเพณีฆ่าควายเอาเนื้อสดสังเวยยักษ์ปู่และย่าแสะ ส่วนบุตรของยักษ์ปู่และย่าแสะได้บวชเป็นฤาษี ชื่อสุเทวฤาษี หรือฤาษีวาสุเทพ พ่อบุญธรรมของพระนางจามเทวี

ปัจจุบันพิธีเลี้ยงผียักษ์ปู่และย่าแสะซึ่งถือว่าเป็นผีบรรพบุรุษของชาวลัวะถูกจัดขึ้นเป็นประจำทุกปีบริเวณเชิงชายป่าด้านตะวันออกของตำบลแม่เหียะ อำเภอเมืองจังหวัดเชียงใหม่ ในวันขึ้นหรือแรม 14 ค่ำ เดือน 9 เหนือ ซึ่งตรงกับเดือนมิถุนายน เพื่อแสดงถึงความกตัญญูต่อบรรพบุรุษและเชื่อว่าจะทำให้ฝนตกต้องตามฤดูกาล และผลผลิตทางการเกษตรจะได้ผลดี ทั้งยังถือว่าเป็นการปัดเป่าไม่ให้สิ่งเลวร้ายมากินบ้านเมืองอีกด้วย ในการเลี้ยงผีปู่และย่าแสะนี้ชาวบ้านจะเลี้ยงผีขุนหลวงวิลังคะผู้นำของชาวลัวะไปพร้อมกันด้วย

ทุกวันนี้นอกจากที่เชียงใหม่ซึ่งมีหมู่บ้านลัวะอยู่มากมายไม่ว่าจะเป็นบ้านบ่อหลวง บ้านกองลอย บ้านอุมลอง บ้านแม่โถ บ้านวังก๋อง บ้านขุน บ้านนาฟ่อน บ้านห้วยรากไม้ ตำบลยางคราม บ้านมือหลอง บ้านสะอางเหนือ บ้านสะอางใต้ บ้านแปะ บ้านกอกน้อย บ้านกอกหลวง อำเภอจอมทองต่อ อำเภอแม่สะเรียง อำเภอหางดง บ้านกวน อำเภอสันป่าตองที่บ้านหัวริน บ้านดง บ้านทุ่งเกี๋ยง บ้านเปียง บ้านหนองปิ๋งและบ้านอุเม็ง เป็นต้นแล้ว ที่อำเภอป่าซาง ที่ตำบลแม่ตืน ตำบลก้อ อำเภอลี้ ตำบลบ้านปวง อำเภอทุ่งหัวช้าง ตำบลทาปลาดุก อำเภอแม่ทา จังหวัดลำพูน ก็เคยเป็นชุมชนลัวะมาก่อน นอกจากนี้ที่ลำปาง เชียงราย น่าน แพร่ รวมทั้งอีกหลายที่ในภาคเหนือตอนบนล้วนมีคนที่สืบเชื้อสายลัวะอาศัยอยู่มากบ้างน้อยบ้าง ไม่ต้องพูดถึงประเพณีนับถือผีและประเพณีการนับถือสัตว์สัญลักษณ์ของตระกูล (Totem) ที่สืบทอดมาจากสังคมชนเผ่าของลัวะซึ่งยังคงเป็นที่ยึดถือปฏิบัติของคนล้านนามาจนถึงทุกวันนี้

ย้อนรอยบรรพชนล้านนาครั้งนี้ หากพิจารณาจากสายกษัตริย์ล้านนาที่มีต้นธารมาจากชาติพันธุ์ลัวะ พิจารณาจากสังคมชนเผ่าโบราณของลัวะที่อาศัยอยู่ในดินแดนล้านนามาก่อนโดยมีเวียงเจ็ดลินเป็นหลักฐานทางโบราณคดีที่เหลืออยู่ประกอบกับตำนานพื้นเมืองหลายตำนานที่ยืนยันสอดคล้องตรงกันถึงการดำรงอยู่ของชุมชนชาวลัวะในดินแดนแถบนี้ รวมทั้งพิจารณาถึงจารีตประเพณีของชาวลัวะที่ชาวล้านนายังคงสืบทอดมาจนทุกวันนี้ ไม่ว่าจะเป็นประเพณีไหว้ผีปู่และย่าแสะ ประเพณีไหว้ผีบรรพบุรุษและผีสัตว์ประจำตระกูลของชาวลัวะแล้ว เราคงปฏิเสธไม่ได้ว่าเกือบทุกคนที่มีบรรพบุรุษเกิดมาในดินแดนล้านนาล้วนมีสายเลือดลัวะที่เคยเจริญรุ่งเรืองและยิ่งใหญ่ผสมอยู่ในร่างกายทั้งสิ้น และถึงเวลานี้ชาวล้านนาเราจึงควรพูดออกมาได้อย่างภาคภูมิใจโดยไม่จำเป็นต้องอายใครอีกต่อไปว่า **"หมู่เฮาจาวลัวะเน้อ"**

อวยชัย ศิริวจนา

งาน ได้ผล คน เป็นสุข

คุณสัมพันธ์ วงษ์ปาน กล่าวเปิดการบรรยาย

ในชีวิตการทำงานของคนเรา เราจะเลือกผลสัมฤทธิ์เป็นอย่างไร?

งานได้ผล คนเป็นสุข
งานไม่ได้ผล คนเป็นทุกข์
งานได้ผล แต่คนเป็นทุกข์
งานไม่ได้ผล แต่คนไม่เป็นทุกข์

คนร้อยคน เลือก "งานได้ผล และคนเป็นสุข" แต่ผลสัมฤทธิ์ของสิ่งที่ต้องการ จะเป็นดังความคาดหวังหรือไม่?

หลายๆ ท่านทำงานได้ผล ประสบความสำเร็จร่ำรวยมหาศาล ตำแหน่งเจริญก้าวหน้าใหญ่โต เป็นบุคคลที่สังคมยกย่องเชิดชู แต่ยังเป็นทุกข์ เป็นเพราะอะไร... ทำไม?

พล.อ.ต. นพ. บุญเลิศ จุลเกียรติ วิทยากรการบรรยาย

สืบเนื่องจากบริษัท ถิรไทย จำกัด (มหาชน) ได้จัดการบรรยายเรื่อง "งานได้ผล คนเป็นสุข" ให้แก่พนักงานทุกๆ คนในบริษัทฯฟัง โดยได้เรียนเชิญ พล.อ.ต.นพ. บุญเลิศ จุลเกียรติ มาเป็นวิทยากร

หลังจากได้ฟังคำบรรยายหัวข้อ "งานได้ผล คนเป็นสุข" โดย พล.อ.ต.นพ.บุญเลิศ จุลเกียรติ (ต่อจากนี้ขอเรียกท่านว่าอาจารย์หมอ) แล้วผมมีความมั่นใจว่าการบรรยายของอาจารย์หมอมีประโยชน์อย่างยิ่ง เปิดมุมมองโลกทัศน์ใหม่ ทัศนคติใหม่ ใช้เป็นหลักในการทำงานและดำเนินชีวิตให้มีความสุขได้เป็นอย่างดี เพื่อนๆ ผู้บริหารและพนักงานส่วนใหญ่ก็มีความเห็นเช่นเดียวกัน

อดีตการทำงานของผม อาจจะประสบผลสำเร็จบ้าง ไม่ประสบผลสำเร็จบ้าง แต่ผมก็ยังทุกข์ ทุกข์มากบ้าง ทุกข์น้อยบ้าง ขึ้นอยู่กับผลสัมฤทธิ์ของงาน

หากทำงานได้ผลดี ก็ทุกข์น้อยหน่อย หากทำงานไม่ได้ผล ทุกข์ก็มากขึ้น จนบางครั้งรับประทานไม่ได้ นอนไม่หลับ

หลังจากได้ฟังคำบรรยาย "งานได้ผล คนเป็นสุข" ของอาจารย์หมอแล้ว และฟังทบทวน MP3 ของอาจารย์หมอมอบให้ ในขณะขับรถเป็นจำนวนนับครั้งไม่ถ้วน

ผมมั่นใจครับ ปัจจุบัน "ผมทำงานได้ผลและมีความสุขมากขึ้นครับ"

ด้วยความรู้สึกว่าต้องการเผยแพร่คำบรรยายที่มีคุณค่าเหล่านี้ให้แพร่หลาย โดยตั้งเป้าหมายเบื้องต้นต้องการมอบเป็นของสมนาคุณต่อลูกค้าของบริษัทฯ ที่ใช้ผลิตภัณฑ์หม้อแปลงของบริษัทฯ โดยขออนุญาตอาจารย์หมอ จัดทำเป็น CD MP3 มอบเป็นของขวัญปีใหม่ ซึ่งได้รับความอนุเคราะห์จากท่านเป็นอย่างดียิ่ง โดยอาจารย์หมอได้มอบแผ่น MP3 ให้เป็นจำนวน 400 แผ่น และบริษัทฯ ขออนุญาตจัดทำเพิ่มอีก 2,000 แผ่น แจกให้กับลูกค้า โดยท่านมิได้คิดมูลค่าแต่อย่างใด จึงใคร่ขอขอบพระคุณอาจารย์หมอมา ณ โอกาสนี้ด้วย

หลังจากลูกค้าหลายๆ ท่านได้รับแจกและฟังคำบรรยายต่างชื่นชมชื่นชอบเห็นคุณค่าที่มีประโยชน์อย่างยิ่ง ต่างสอบถามที่จะฟังคำบรรยายสดๆ จากท่านวิทยากรโดยตรง แต่ด้วยอาจารย์หมอมิได้จัดการบรรยายทั่วไปเพื่อเก็บค่าอบรม นอกจากองค์การ บริษัท หน่วยงานได้เชิญอาจารย์หมอไปบรรยายเท่านั้น

บริษัทฯ จึงเห็นเป็นโอกาสดี สอดคล้องกับนโยบายหลักของบริษัทฯ ที่ต้องการส่งมอบสิ่งดีๆ สมนาคุณต่อลูกค้า จึงได้เรียนเชิญอาจารย์หมอมาบรรยายให้กับผู้อุปการคุณฟัง โดยเชิญลูกค้าทั้งหน่วยราชการ, การไฟฟ้าทั้ง 3 แห่งและภาคเอกชนฟังคำบรรยาย เมื่อวันที่ 20 มกราคม 2555 ณ โรงแรมดุสิตปริ๊นเซส ถนนศรีนครินทร์ หลังจากผู้เข้าอบรมทุกท่านฟังคำบรรยายจบ ทุกท่านได้ตอบแบบสอบถาม ผลการตอบรับดีมาก เห็นว่ามีประโยชน์อย่างมาก ต้องการให้บริษัทจัดอีก ทั้งนี้นอกจากประโยชน์ที่ได้รับแล้ว ยังคาดว่าจะนำ MP3 ที่ได้รับไปแจกจ่ายให้เพื่อนๆ ได้รับฟังด้วย

อาจารย์หมอได้ประยุกต์ความรู้ ทั้งวิทยาศาสตร์ แพทยศาสตร์และศาสนศาสตร์เป็นนวัตกรรมใหม่ของการเรียนรู้มาบรรยายได้อย่างน่าทึ่ง ฟังเข้าใจง่าย เพียบพร้อมด้วยอรรรส ศาสนิกชนทุกศาสนาสามารถรับฟังได้โดยมิได้มีข้อขัดแย้งในแต่ละศาสนาแต่อย่างใด โดยได้มอบกุญแจพิเศษ (Master Key) ที่สามารถไขประตูสู่ความสว่าง

กุญแจนี้ประกอบด้วย สติ...ปัญญา...ศรัทธา... กุศลกรรมและไขประตูด้วย***สายกลาง*** เพื่อประจักษ์แจ้งต่อ

- โปรแกรมโง่ ศัตรูที่แท้จริงของมนุษยชาติ
- การอยู่กับธรรมชาติอย่างรู้เท่าทัน
- อะไรเป็นตัวกำหนดให้คนเราเกิดมาต่างกัน
- การดำรงเผ่าพันธุ์โปรแกรมที่ยิ่งใหญ่ของธรรมชาติ
- การละชั่วและทำดี
- ความรักและความเมตตา
- การตกผลึกของปัญญา ฯลฯ

เนื้อหาของคำบรรยายยังมีอีกมากมาย ที่เป็นประโยชน์ไม่สามารถกล่าวได้หมดในเนื้อที่จำกัดนี้

สิ่งที่กล่าวมาข้างต้น ขอให้ทุกท่านยึดหลักกาลามสูตร ที่ว่าอย่าเชื่อตามที่เขาเล่ากันมา อย่าเชื่อตามตำรา อย่าเชื่อเพราะเป็นครู หรืออย่าเชื่อว่าสิ่งที่เขาทำกันมาว่าเป็นจริง แต่ควรเชื่อด้วยปัญญาของตัวเองที่ค้นหาความจริง

หากท่านใดสนใจ MP3 คำบรรยาย "งานได้ผล คนเป็นสุข" ของอาจารย์หมอ เพื่อค้นหาความจริงด้วยตัวเองแล้ว สามารถขอรับ MP3 นี้ได้ที่ฝ่ายขาย บริษัท ถิรไทย จำกัด (มหาชน)

นอกจากนั้น บริษัทฯ ได้วางแผนที่จะจัดการบรรยายขึ้นอีก โดยมีโครงการบรรยายสัญจรที่ต่างจังหวัด เช่นที่จังหวัดระยองและพระนครศรีอยุธยา เพื่อส่งมอบสิ่งดีๆ ที่มีคุณค่าต่อผู้มีอุปการคุณ

ประวัติวิทยากร

พลอากาศตรี นายแพทย์บุญเลิศ จุลเกียรติ

ประวัติการศึกษา

- วิทยาศาสตร์บัณฑิต แพทย์ศาสตร์บัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
- ประกาศนียบัตรสาขาเวชปฏิบัติทั่วไป โรงพยาบาล NORWEGION ประเทศสหรัฐอเมริกา
- ประกาศนียบัตรสาขาเวชศาสตร์ฉุกเฉิน จาก ILLINOIS MASONIC MEDICAL CENTER
- ประกาศนียบัตร หลักสูตรเวชศาสตร์การบิน กรมแพทย์ทหารอากาศ

ประวัติการทำงาน

- แพทย์ประจำโรงพยาบาลส่วนภูมิภาคของกองทัพอากาศ 3 ปี
- แพทย์ประจำห้องอุบัติเหตุและฉุกเฉิน โรงพยาบาลภูมิพลอดุลยเดช 12 ปี
- อดีตผู้อำนวยการโรงพยาบาลภูมิพลอดุลยเดช

ความรู้สึกจากผู้เข้ารับฟังการบรรยาย

นฤชล สืบสนธิ
General Administration Manager
บริษัท บ้านปู จำกัด (มหาชน)

" ขอบคุณที่ให้เกียรติในการเขียนข้อความสำหรับการเข้ารับฟังการบรรยาย "สำหรับความเห็นของนฤชลหัวข้อการบรรยายเป็นหัวข้อที่ดี สามารถนำเอาธรรมมะเข้ามาปรับใช้กับการดำเนินชีวิตและการทำงานได้เป็นอย่างดี ในขณะที่การแข่งขันทางธุรกิจสูง ทำให้คนทำงานมีความกดดันและความเครียดเพราะเป้าหมายอาจสูง ประกอบกับค่าครองชีพก็สูง คนส่วนใหญ่ก็จะมุ่งในเรื่องของวัตถุกันมากกว่าแต่หากเราไม่ปล่อยให้โปรแกรมโง่เข้าครอบงำในจิตใจ เราก็จะอยู่เหนืออารมณ์ที่เป็น โมหะ โทสะ ได้ทั้งนี้หากเราสามารถพิจารณาจิต ฝึกให้รู้สิ่งที่เกิดขึ้นและละวางได้เราก็จะมีความสุขทั้งในงานและในชีวิตส่วนตัว หากเราเริ่มตั้งแต่วันนี้ โดยรู้จักให้ฝึกการให้ทาน การถือศีล และการฝึกสมาธิ จะส่งผลให้เกิดปัญญาเท่าทันจิต และไม่ว่าเราจะทำอะไรก็จะก่อให้เกิดความสุขอย่างยั่งยืนตลอดไป ทั้งนี้หัวข้อดังกล่าวเป็นหัวข้อที่ดีอยากสนับสนุนให้มีการจัดต่อไปคะ"

อุดม สุทธิชัยโชติ
การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

" ขอชื่นชมและขอบคุณ ถิรไทย ที่จัดการบรรยายดีๆ ให้ลูกค้าการบรรยายเรื่อง "งานได้ผลคนเป็นสุข" ทำให้ได้ข้อคิดดีๆ ไปปรับใช้ในการทำงานได้อย่างมีความสุขจริงๆ และในโอกาสต่อไปหวังว่า ถิรไทย คงจัดกิจกรรมดีๆ เช่น การสัมนาทางวิชาการ หรือ กิจกรรมเพื่อสังคม เพื่อให้ลูกค้าได้มีโอกาสเข้าร่วมอีก "

ร.ต.ดร.โตศักดิ์ ทัศนานุตริยะ
วิศวกรไฟฟ้า 10
การไฟฟ้านครหลวง

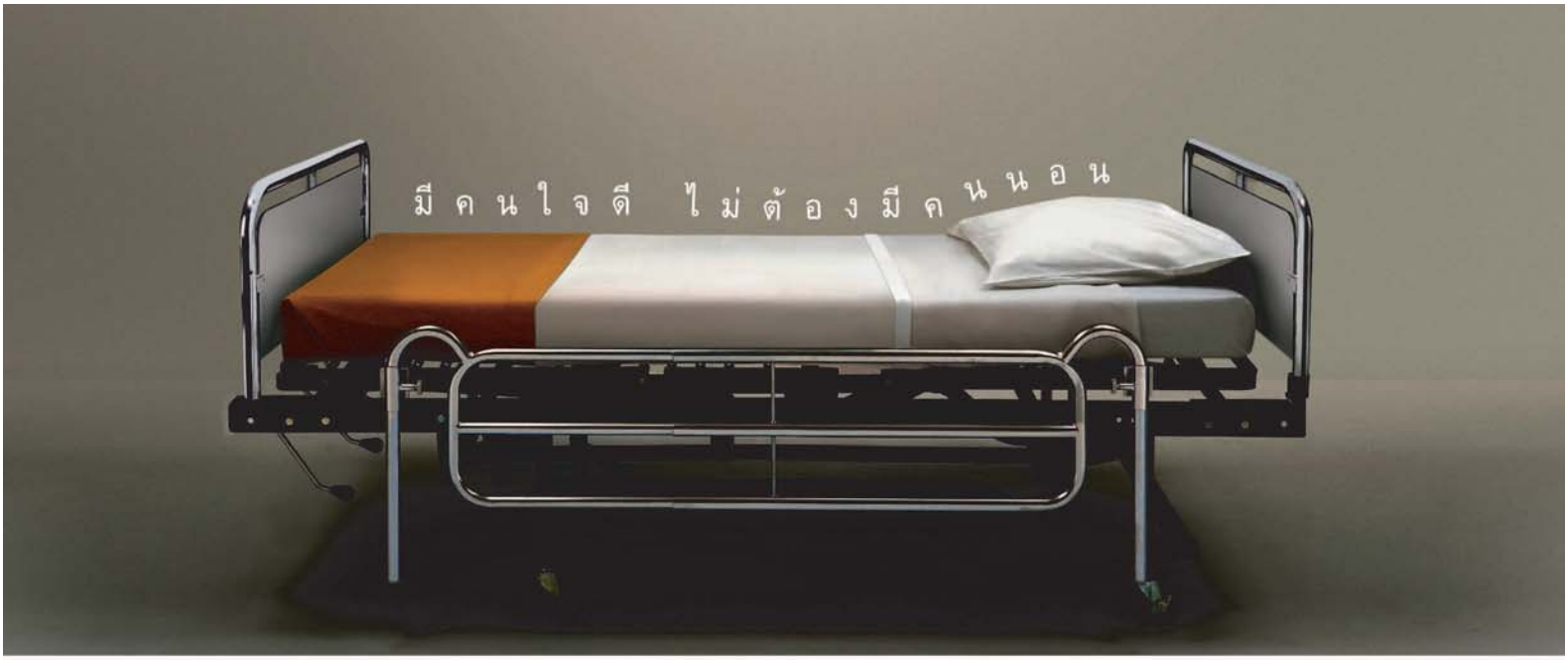
" เสมือนการได้เข้าสู่แก่นของศาสนาต่างๆ โดยเฉพาะการนำหลักธรรมคำสอนและหลักปฏิบัติของพุทธศาสนามาแนะนำให้กับผู้คนที่ยังไม่ได้เข้าถึงแก่นธรรม และยังมีกิเลสอยู่ได้นำไปประยุกต์ใช้กับชีวิตประจำวันได้อย่างง่ายๆ โดยการมีสติ ปัญญา ศรัทธา กุศลกรรม และยึดถือสายกลาง แต่หากนำไปปฏิบัติจริง ก็จะพบกับความสุขได้เช่นกัน "

นานาทัศนะจากการบรรยาย

- เป็นการบรรยายที่ดีมากๆ ครั้งแรกกับการฟังบรรยายที่ทำให้รู้สึกดีที่สุด
- ผู้บรรยายเตรียมการบรรยายมาดีมาก มีประสบการณ์มาก
- ที่ประเมินผลการบรรยาย 5 คะแนน (มากที่สุด) ทั้งหมด ตั้งใจเลือกนะครับ ไม่ได้กามั่ว ขอบคุณมากเลยครับที่แบ่งปันสิ่งดีๆในสังคม
- ขอบคุณที่จัดอบรม ในเรื่องที่ดีมากครับผม
- น่าจะเผยแพร่ เนื้อหาให้กว้างขวางยิ่งขึ้น เช่นใน youtube
- สามารนำไปปรับใช้ในชีวิตทุกด้านเป็นอย่างดี ขอบคุณท่านอาจารย์บุญเลิศ และ บริษัท ถิรไทย จำกัด (มหาชน)
- มีประโยชน์กับชีวิตประจำวันมาก
- เป็นการอบรมที่ดีในการใช้หลักธรรมทางศาสนา มาประยุกต์ใช้กับชีวิตและการทำงาน

" สุดท้ายนี้ ในนามของบริษัทฯ ขอขอบพระคุณลูกค้าผู้มีอุปการคุณทุกท่าน ที่ได้ให้ความเชื่อมั่นและสนับสนุนผลิตภัณฑ์ของบริษัทฯ ด้วยดีตลอดระยะเวลา 25 ปีที่ผ่านมา โดยบริษัทฯ มีความคาดหวังว่ากิจกรรมการบรรยายพิเศษในหัวข้อ "งานได้ผล คนเป็นสุข" ในครั้งที่ผ่านมา คงจะสามารถสร้างประโยชน์และให้แง่คิด ให้แก่ผู้ที่ได้เข้ารับฟังเพื่อใช้เป็นแนวทางในการสร้างความสุขให้เกิดขึ้นได้ต่อไป และบริษัทฯ หวังเป็นอย่างยิ่งว่า จะได้รับความสนใจและเข้าร่วมในกิจกรรมต่าง ๆ ที่บริษัทฯ จะได้จัดขึ้นอีกในอนาคตต่อไป ขอบคุณทุกท่านมากครับ "

นายอวยชัย ศิริวจนา ผู้จัดการฝ่ายขาย กล่าวขอบคุณผู้เข้ารับฟังและกล่าวปิดการบรรยายเรื่อง "งานได้ผล คนเป็นสุข"



ถ้าไม่ใช่ลุงผิวคล้ำวันนั้น ก็ไม่มี ผู้ว่าวิชัยวันนี้
ถ้าไม่เป็นหนุ่มตาปลาดุก เตียงคงไม่เรียบสวยอย่างนี้

เช้าวันที่ 7 มิถุนายน 2508
ฝนเพิ่งลงเม็ดปรอยๆ เด็กชายวิชัยวิ่งข้ามถนน จากฝั่งประตูโรงเรียน ไปร้านเครื่องเขียน จะรีบซื้อสีวาดรูป ไม่ทันมองรถซ้าย พอถึงกลางถนน หันไป รถแท็กซี่ออสตินสีเทาก็พุ่งมาถึงตัวแล้ว เด็กชายวิชัยรู้สึกหนังศีรษะพองฟู รถกลับหยุดกึก ลุงคนขับผิวคล้ำหน้าแขกๆ ยิ้ม แล้วพยักหน้า เด็กชายวิชัยวิ่งต่อถึงฟุตพาท หันกลับไป ปากยังอ้าค้าง โค้งคำนับลุงผิวคล้ำโดยอัตโนมัติ

เย็นวันที่ 6 สิงหาคม 2554
ณ จุดเดิม จุดเดียวกับเมื่อ 46 ปีก่อน วงจรชีวิตหมุนมาครบรอบ ผู้ว่าวิชัยวิ่งข้ามถนนอีกแล้ว จากฝั่งประตูโรงเรียนเก่า หลังจากเป็นประธานเปิดงาน กำลังโพลเพล้ ฝนก็พรำๆ จะรีบขึ้นไปออฟฟิศ บนตึกสูงหลังร้านเครื่องเขียน รีบจนไม่มองรถซ้ายอีกแล้ว เมื่อถึงกลางถนน หันไปเห็นรถกระบะสีดำพุ่งมาถึงตัว ผู้ว่าวิชัยเย็นสันหลังวาบ รถกลับหยุดกึก หนุ่มคนขับตาปลาดุกยิ้ม แล้วค้อมหัว ผู้ว่าวิชัยโค้งคำนับตอบ โดยอัตโนมัติ.

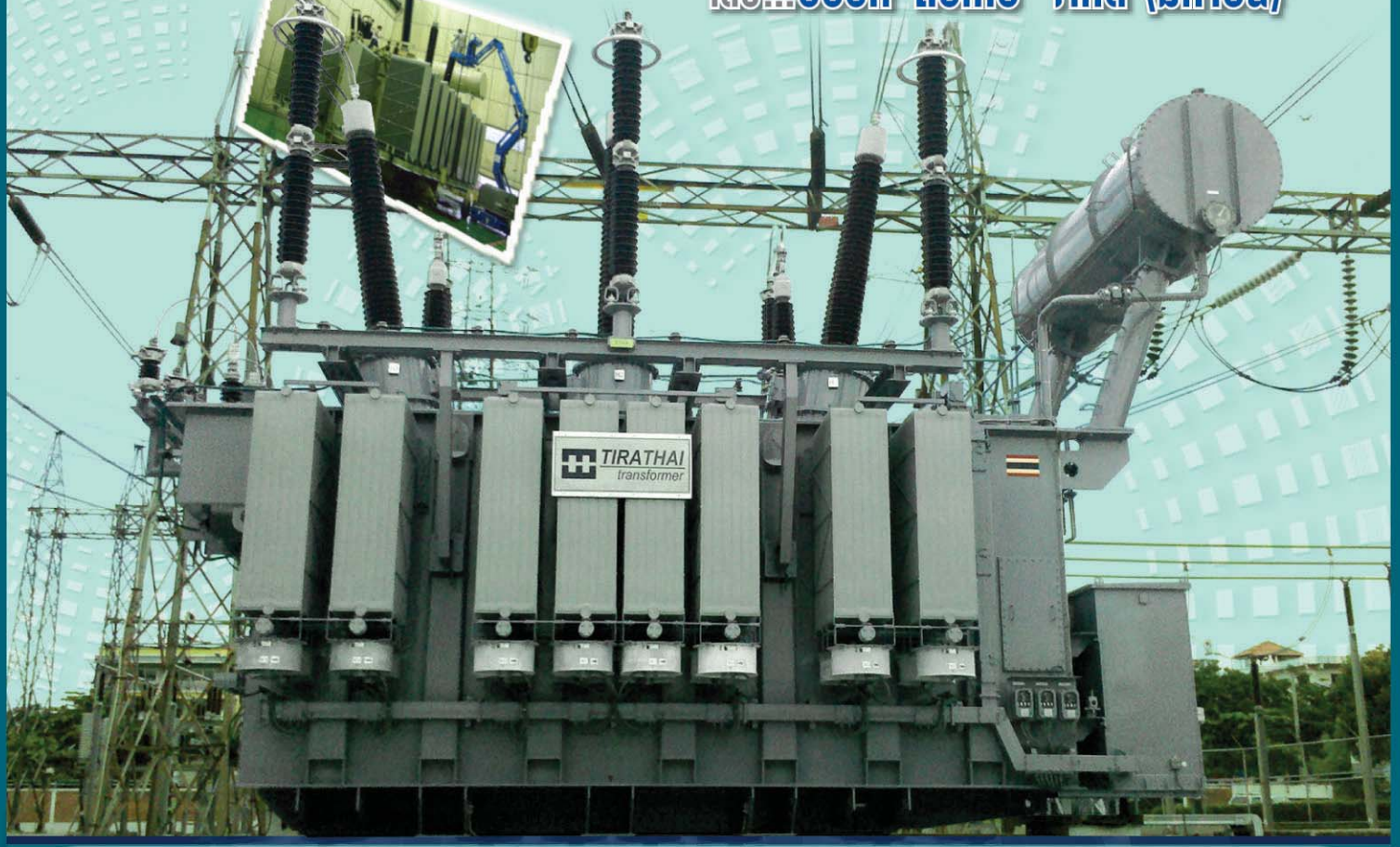
รินน้ำใจใส่ถนน

สนับสนุนโครงการ

WORD REPUBLIC
NUGREEN
SUANKULARB 84
ร้อยซักสาม
TIRATHAI transformers

T I R A T H A I T R A N S F O R M E R S

ควบคุมคุณภาพงานทุกขั้นตอน ของการผลิตหม้อแปลงไฟฟ้า ขนาด 300 MVA 230 kV โดย...บริษัท ติรไทย จำกัด (มหาชน)



TIRATHAI transformers

ISO 9001 Certificate Number CM2000/0211.0
ISO 14001 Certificate Number EM2000/0211.0
TIS 18001 Certificate Number OH2000/0211.0

www.tirathai.co.th

บริษัท ติรไทย จำกัด (มหาชน) 516/1 หมู่ที่ 4 นิคมอุตสาหกรรมบางปู ถนนสุขุมวิท ตำบลแพรกษา อำเภอเมืองสมุทรปราการ จังหวัดสมุทรปราการ 10280
Tirathai Public Co., Ltd. 516/1 Moo 4, Bangpoo Industrial Estate Sukhumvit Rd., Tambon Praksa, Amphur Muang, Samutprakarn 10280
Tel : (662) 769-7699 (Auto 10 Lines) Fax : (662) 709-3236, 323-0910 E-mail : marketing@tirathai.co.th , export@tirathai.co.th