

คุณภาพไฟฟ้า



Interharmonics Part I: Basic Concepts and Interharmonic Sources

อินเทอร์ฮาร์โมนิก ตอนที่ 1: หลักการพื้นฐานและแหล่งกำเนิดอินเทอร์ฮาร์โมนิก 04

• Routine Tests Live Tank Circuit Breaker 18

• The world of high-voltage power

โลกของไฟฟ้าแรงสูง 22

• โรแมนติกจำพน บนภูหินร่องกล้า-ภูทับเบิก 36



26 Vacuum cast coil dry type transformer



22 The world of high-voltage power
โลกของไฟฟ้าแรงสูง



18 Routine Tests Live Tank Circuit Breaker



36 โรแมนติกจำฝันบนภูหินร่อนเกล้า-ภูทับเบิก

Jul - Sep 2014 Vol.3



Editor's Talk

เข้าสู่ช่วงฤดูฝนกันอีกครั้ง หน้าฝนอาจจะดูเลอะเทอะ อึมครึม ไม่สดใส แต่ก็รู้สึกเย็นฉ่ำได้ทุกคราวที่สายฝนโปรยปราย ต้นไม้ใบหญ้าเขียวขจี ดุจดั่งมีชีวิตชีวา แล้วยังมีดอกไม้สวยๆ ที่เบ่งบานเฉพาะหน้าฝน ชูชองงดงามให้ได้ชมกัน แต่ด้วยฟ้าฝนที่ไม่ค่อยเป็นใจ จะตกมาตอนไหนก็ไม่สามารถรู้ล่วงหน้าได้ พกร่มติดตัวไว้ไม่เสียหาย หรือจะขับรถออกไปไหน ก็ขอให้ใช้ท้องถนนกันด้วยความระมัดระวังเป็นพิเศษ จะได้ไม่เกิดอันตรายทั้งกับชีวิตและทรัพย์สิน เดือนสติดตัวเองเสมอ ทำอะไร ‘ปลอดภัยไว้ก่อน’ ดีที่สุด

‘คุณภาพไฟฟ้า’ฉบับนี้ นำเสนอเรื่องราวน่าสนใจ อาทิ อินเทอร์เน็ต, The world of high-voltage power, Routine Tests Live Tank Circuit Breaker และ Vacuum cast coil dry type transformer พร้อมพาเที่ยวหน้าฝน และมีวิธีการดูแลสุขภาพมาฝากเหมือนเช่นเคย

อีกสามเดือนพบกันใหม่กับฉบับส่งท้ายปี 2014



เจ้าของ บริษัท เอบีบี จำกัด • ที่ปรึกษา กำชัย เลิศธีระกุล, สุพล พฤษจันดา, ประวิทย์ โรจนศิริรัตน์, ประดิษฐ์พงษ์ สุขศิริวารกุล • จัดทำโดย Power Products Division
สำนักงานใหญ่ 161/1 อาคารเอสซีทาวเวอร์ ชั้น 1-4 ซอยหัดเลี้ยว 3 ถนนสุขุมวิท แขวงลุมพินี เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330 โทร. 0 2665 1000 แฟกซ์. 0 2665 1177 <http://www.abb.com>
โรงงาน 322 หมู่ 4 นิคมอุตสาหกรรมบางปู ซ.6 ปี ๑.สุขุมวิท ต.แพรกษา อ.เมือง จ.สมุทรปราการ 10280
บทความและรูปภาพทุกชิ้นในคุณภาพไฟฟ้าลงวนลิขสิทธิ์ตามกฎหมาย การจะนำไปเผยแพร่ต้องได้รับความยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษรจากผู้เขียนหรือบริษัท เอบีบี จำกัด

Power Quality Series

- 04 Interharmonics Part I: Basic Concepts and Interharmonic Sources
อินเตอร์ฮาร์โมนิก ตอนที่ 1: หลักการพื้นฐานและแหล่งกำเนิดอินเตอร์ฮาร์โมนิก

Power Quality Series

- 08 Understanding Premium Power Grades
ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับระดับชั้นของไฟฟ้ากำลังคุณภาพพิเศษ (ตอนที่ 3)

International Standard Series

- 12 IEEE C57.13-2008
IEEE Standard Requirements for Instrument Transformers (ตอนที่ 18)

High Voltage Series

- 18 Routine Tests Live Tank Circuit Breaker

Special Power Series

- 22 The world of high-voltage power
โลกของไฟฟ้าแรงสูง

Medium Voltage Series

- 26 Vacuum cast coil dry type transformer

Power Transformers Series

- 30 Power Transformers (ตอนที่ 21)

Health & Wellness

- 34 น้าเย็น ทำร้ายเรามากกว่าที่คิด

Weekend

- 36 โรแมนติกจำฝันบนภูหินร่อนเกล้า-ภูทับเบิก

News & Movement

- 38 News & Movement



Interharmonics Part I: Basic Concepts and Interharmonic Sources

อินเทอร์ฮาร์โมนิก ตอนที่ 1: หลักการพื้นฐานและแหล่งกำเนิดอินเทอร์ฮาร์โมนิก

ผ.ศ. ดร. ธวัชชัย เศษีสอนันต์ > taytaycu@gmail.com

1. บทนำ

ปัจจุบันอินเทอร์ฮาร์โมนิก (Interharmonics) ได้รับความสนใจมากขึ้นเนื่องจากมีปริมาณโหลดไม่เป็นเชิงเส้น (Nonlinear loads) เพิ่มขึ้นในระบบไฟฟ้ากำลัง ในอดีตปริมาณอินเทอร์ฮาร์โมนิกช่วยมีปริมาณที่น้อยมากเมื่อเทียบกับปริมาณฮาร์โมนิก (Harmonics) แต่ในปัจจุบันปริมาณอินเทอร์ฮาร์โมนิกเริ่มมีมากขึ้น การที่จะจัดการกับปัญหาอินเทอร์ฮาร์โมนิกได้ดีขึ้นต้องเข้าใจตัวคุณลักษณะและหลักการพื้นฐานของอินเทอร์ฮาร์โมนิกเป็นขั้นตอนแรก การแก้ไขปัญหาอินเทอร์ฮาร์โมนิกจะสามารถทำได้เหมาะสมและถูกต้องในขั้นตอนต่อไป อินเทอร์ฮาร์โมนิกถูกนิยามว่าเป็นส่วนประกอบที่มีความถี่ไม่เป็นจำนวนเต็มเท่าของความถี่มูลฐานซึ่งความถี่เหล่านี้สามารถปรากฏได้ถึงความถี่แบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete frequencies) หลายความถี่หรือเป็นสเปกตรัมแถบกว้าง (Wide-band spectrum) อีกความหมายหนึ่งก็คือ ส่วนประกอบความถี่ใดๆ ที่อยู่ระหว่างฮาร์โมนิกถือว่าเป็นส่วนประกอบอินเทอร์ฮาร์โมนิกนั่นเอง

บทความนี้จะอธิบายถึงหลักการพื้นฐานในการคำนวณปริมาณอินเทอร์ฮาร์โมนิกและแหล่งกำเนิดอินเทอร์ฮาร์โมนิก ในการคำนวณปริมาณอินเทอร์ฮาร์โมนิกนั้นมีความจำเป็นที่จะต้องใช้ความกว้างหน้าต่างข้อมูล (Window size) มากกว่าหนึ่งไซเคิลและต้องมีความละเอียดของความถี่ (Frequency resolution) ที่เหมาะสมสำหรับการตรวจหาอินเทอร์ฮาร์โมนิก สัญญาณในระบบไฟฟ้ากำลังเป็นสัญญาณที่ไม่คงที่ตามเวลาทุกทรายคาบ (Non-stationary signal) ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงตามเวลาของรูปคลื่นสัญญาณต่างๆ ทรายคาบทำให้ผลการวิเคราะห์สเปกตรัมผิดพลาดได้ ซึ่งเป็นหนึ่งในปัญหาสำคัญของการวิเคราะห์อินเทอร์ฮาร์โมนิก ส่วนแหล่งกำเนิดอินเทอร์ฮาร์โมนิกนั้นสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ แหล่งกำเนิดอินเทอร์ฮาร์โมนิกแท้ (Genuine interharmonic sources) และแหล่งกำเนิดอินเทอร์ฮาร์โมนิกเทียม

(Fake interharmonic sources) โหลดบางประเภทสามารถถูกเข้าใจผิดว่าเป็นแหล่งกำเนิดอินเทอร์ฮาร์โมนิกได้ ดังนั้นการพิจารณาเฉพาะสเปกตรัมของรูปคลื่นสัญญาณอย่างเดียวอาจผิดพลาด ระบบไฟฟ้าในบทความนี้มีคามถี่มูลฐานเท่ากับ 60 Hz

2. พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ในการวิเคราะห์อินเทอร์ฮาร์โมนิก (Mathematical basis of interharmonics)

หลักการวิเคราะห์ฮาร์โมนิกมีพื้นฐานมาจากการวิเคราะห์ฟูเรียร์ (Fourier analysis) ซึ่งแนวคิดมาจากการสร้างรูปคลื่นสัญญาณรายคาบที่ไม่เป็นรูปคลื่นไซน์ (Non-sinusoidal periodic signal) จากการรวมรูปคลื่นไซน์หลายๆ รูปคลื่น

ถ้า $x(t)$ เป็นสัญญาณรายคาบแบบต่อเนื่อง (Periodic signal) ที่มีคาบ T และตรงตามเงื่อนไขของ Dirichlet สัญญาณ $x(t)$ จะสามารถแสดงเป็นอนุกรมฟูเรียร์ (Fourier series) ได้ตามสมการ (1)

$$x(t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} X(k\Omega_0) e^{j k \Omega_0 t} \tag{1}$$

เมื่อ $\Omega_0 = 2\pi/T$ คือ ความถี่มูลฐาน (Fundamental frequency) $X(k\Omega_0)$ คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของฟูเรียร์ (Fourier coefficient) ที่ฮาร์โมนิกลำดับที่

สมการที่ (1) แสดงให้เห็นว่า สัญญาณรายคาบที่ไม่เป็นรูปคลื่นไซน์ สามารถแยกเป็นผลรวมจากสัญญาณรูปไซน์หลายความถี่ ซึ่งแต่ละความถี่มีค่าเป็นจำนวนเต็มเท่าของความถี่มูลฐาน (หมายเหตุ ขอบเขตทางเวลาและความถี่ของสัญญาณในอนุกรมฟูเรียร์มีค่าเป็นอนันต์) กรณีการวิเคราะห์ฟูเรียร์ด้วยคอมพิวเตอร์ในทางปฏิบัติ ขอบเขตทางเวลาและความถี่ของสัญญาณจะต้องเป็นสัญญาณแบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete signal) และมีขอบเขตจำกัด (Finite length) ซึ่งจะเรียกว่า การแปลงฟูเรียร์แบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete Fourier Transform, DFT)

ตัวอย่างเช่น มีสัญญาณที่ประกอบด้วย 2 ความถี่ $x(t) = \sin(2\pi 60t) + 0.5\sin(2\pi 90t)$ โดยที่ความถี่ 90 Hz คือความถี่อินเทอร์ฮาร์โมนิกแท้ ถ้าหากเราใช้ความกว้างหน้าต่างข้อมูล 2 ไซเคิลของความถี่มูลฐาน (60 Hz) หรือ 33.3 ms ความละเอียดของความถี่ที่ได้จะเป็น $60/2 = 30$ Hz ซึ่งสามารถหาค่าประกอบที่มีความถี่ 90 Hz ได้ในช่วงที่ 3 ของความละเอียดของความถี่ดังแสดงในรูปที่ 1 (บน) ซึ่งจะเห็น ว่าผลสองสเปกตรัมเป็นไปตามสัญญาณจริง

สมมติให้ $x(n)$ ถูกสุ่มข้อมูลด้วยอัตรา N จุด ต่อ 1 ไซเคิล (Cycle) และ $T_s = T/N$ จะได้สมการของ DFT ตามสมการ (2)

$$X(\omega_k) = \sum_{n=0}^{N-1} x(n) e^{-j \frac{2\pi}{N} nk}, \quad k = 0, 1, \dots, N-1 \tag{2}$$

เมื่อ $\omega_k = \frac{2\pi}{TN} k = \frac{2\pi}{T} k$

$X(\omega_k)$ คือ สเปกตรัมของ $x(n)$ โดยที่ $x(n)$ ถูกสมมติให้เป็นค่าของสัญญาณที่เป็นรายคาบจำนวน 1 ไซเคิล หรือ สัญญาณจะวนซ้ำอีกรอบที่ทุกๆ N จุด ความละเอียดของความถี่ (Frequency resolution) หาได้จากคาบของสัญญาณ ตามสมการ (3)

$$\Delta\omega = \frac{2\pi}{T} \tag{3}$$

ดังนั้น ถ้า T ถูกเลือกเป็นหนึ่งคาบของ $x(n)$ ผลของสเปกตรัมที่ได้จะมีเฉพาะส่วนประกอบที่เป็นจำนวนเต็มเท่าของความถี่มูลฐาน ซึ่งก็คือ “ฮาร์โมนิก” แต่ในช่วงของข้อมูลที่ใช้มีค่า p ไซเคิล ($p > 1$) ของความถี่

(จะเห็นว่ามีการรั่วไหลไปความถี่อื่นๆ นอกเหนือจากความถี่ที่ใกล้ 100 Hz ด้วย) ปรากฏการณ์ที่ไม่สามารถเห็นส่วนประกอบที่ความถี่เฉพาะบางค่าได้เนื่องจากความละเอียดของความถี่ไม่เหมาะสมจะเรียกว่า Picket fence ดังที่ได้กล่าวมาข้างต้น

สาเหตุที่สอง คือ การวิเคราะห์ DFT กับรูปคลื่นที่มีค่าไม่คงที่ตามเวลาทุกทรายคาบ (Non-stationary waveform) เนื่องจากมีความจำเป็นที่จะต้องใช้ความกว้างหน้าต่างข้อมูลหลายไซเคิลในการหาปริมาณอินเทอร์ฮาร์โมนิกที่รูปคลื่นมีการเปลี่ยนแปลงทุกทรายคาบ จะส่งผลต่อการวิเคราะห์ด้วย DFT ดังนั้นเราควรพิจารณาวิธีหาปริมาณอินเทอร์ฮาร์โมนิกที่ได้จากการใช้ DFT อาจไม่มีจริงเสมอไป

3. แหล่งกำเนิดอินเทอร์ฮาร์โมนิกแท้ (Interharmonics sources)

3.1 แหล่งกำเนิดอินเทอร์ฮาร์โมนิกแท้ (Genuine interharmonics source)

อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์กำลัง (Power electronic devices) ส่วนใหญ่ที่ต่อระหว่างระบบไฟฟ้ากระแสสลับ 2 ระบบ ที่มีความถี่ต่างกันผ่าน DC link จะเป็นแหล่งกำเนิดอินเทอร์ฮาร์โมนิกได้ ตัวอย่างของอุปกรณ์เหล่านี้ได้แก่ ชุดขับเคลื่อนปรับความเร็วได้ (Adjustable speed drive, ASD) HVDC และ คอนเวอร์เตอร์แบบสถิตย์ (Static converter) เป็นต้น ซึ่งหลักการเบื้องต้นของอุปกรณ์เหล่านี้คือ มีส่วนของวงจรกระแสไฟตรงเป็นไฟสลับ (AC-DC rectifier) และ DC-AC อินเวอร์เตอร์ (DC-AC inverter) ซึ่งทั้งสองส่วนต่อกันผ่านตัวเหนี่ยวนำหรือตัวเก็บประจุ ซึ่งถ้าค่าตัวเหนี่ยวนำหรือตัวเก็บประจุมีค่าเป็นอนันต์ตามอุดมคติก็จะมีผลกระทบเพิ่ม (Ripples) ด้านกระแสตรง (DC side) วงจรเรียงกระแสจะสร้างความถี่ฮาร์โมนิกตามสมการ (5)

$$f_n = (p \pm m \pm 1) f \tag{5}$$

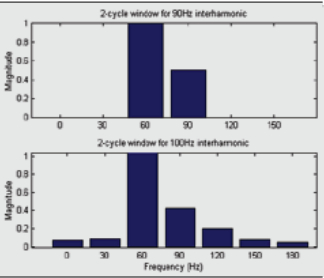
เมื่อ p_1 คือ จำนวนพัลส์ของวงจรเรียงกระแส f คือ ความถี่ของระบบไฟฟ้ากำลัง m คือ จำนวนเต็ม

แต่ในความเป็นจริงทางด้านกระแสตรงค่าตัวเหนี่ยวนำหรือตัวเก็บประจุจะมีค่าที่ไม่เป็นอนันต์ทำให้เกิดการกระเพื่อมที่ด้านกระแสตรงอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ซึ่งจะส่งผลให้สัญญาณด้านกระแสสลับ (AC side) ถูกมอดูเลต (Modulate) จากการกระเพื่อมของด้านกระแสตรงจึงเกิดเป็นปริมาณอินเทอร์ฮาร์โมนิกขึ้น

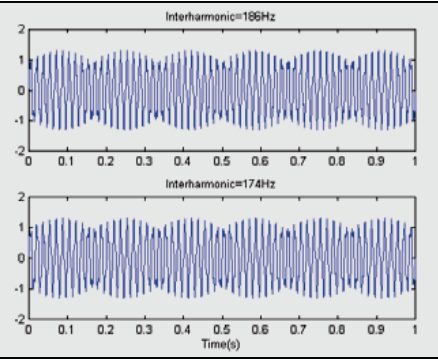
ตัวอย่างเช่น วงจรเรียงกระแสแบบ 6 พัลส์ (Six-pulse rectifier) ที่สร้างความถี่ที่ 60, 300, 420 Hz ... ถ้าหากทางด้านกระแสตรงมีการกระเพื่อมด้วยความถี่ $f_r = 177$ Hz แล้วกระแสทางด้านกระแสสลับจะถูกมอดูเลตและมีค่าเป็น $177 \pm 60, 300 \pm 177, 420 \pm 177$ Hz ... ซึ่งเป็นส่วนประกอบเหล่านี้เป็นส่วนประกอบอินเทอร์ฮาร์โมนิก

โดยทั่วไป ความถี่ของการกระเพื่อมทางด้าน กระแสตรง (f_r) ขึ้นกับจำนวนพัลส์ของอินเวอร์เตอร์ (p_2) และ

รูปที่ 1 สเปกตรัมของสัญญาณ



รูปที่ 4 ไฟกระพริบที่เกิดจากอินเตอร์ฮาร์โมนิก



ความถี่ทางด้านขาออกหรือความถี่ของมอเตอร์ (f_o) ตามสมการ (6)

$$f_r = P_2 n f_o \quad (6)$$

เมื่อ n คือ เลขจำนวนเต็ม

ความถี่เหล่านี้จะมอดูเลตกับความถี่ฮาร์โมนิกของตัวเรียงกระแสใน (5) และสัญญาณทางด้านการแสดงจะประกอบไปด้วยความถี่รวม (f_r) ตามสมการ (7) ซึ่งจะคล้ายกับกรณีของความถี่อินเตอร์ฮาร์โมนิกที่ถูกสร้างจากไซโคลคอนเวอร์เตอร์ (Cycloconverter)

$$f_i = (P_2 m \pm 1) f \pm P_2 n f_o \quad (7)$$

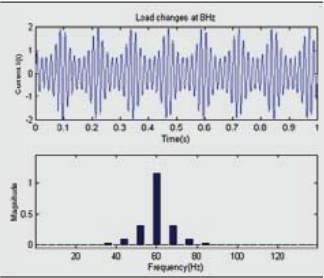
แหล่งกำเนิดอินเตอร์ฮาร์โมนิกอื่นๆนอกจากนี้ ได้แก่ โหลดที่มีการเปลี่ยนแปลงทุกๆ รายคาบ (Varying loads) เช่น เตาถลุงเหล็ก ความถี่ที่เปลี่ยนไปของโหลดจะส่งผลต่อความถี่อินเตอร์ฮาร์โมนิกที่ถูกสร้างขึ้น

สมมติให้ ค่าแรงดันของระบบเป็น $V(t)=\sin \omega_m t$ และ โหลดมีคุณลักษณะเป็น $R(t)=1-\sin \omega_m t$ เมื่อ $r<1$ และ ω_m คือ ความถี่ที่เปลี่ยนไปของโหลดกระแสไหลตหาได้ตามสมการ (8)

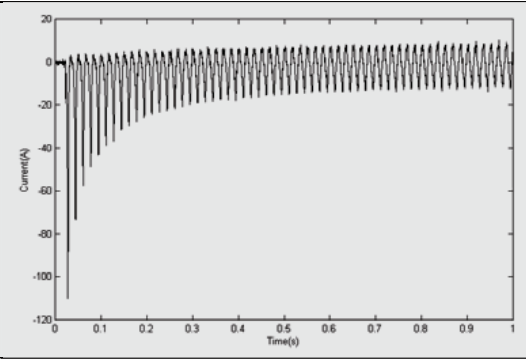
$$I(t)=\frac{V(t)}{R(t)}=\frac{\sin \omega_m t}{1-\sin \omega_m t} \quad (8)$$
$$=\sin \omega_m t(1+\sin \omega_m t+r^2 \sin ^2 \omega_m t+r^3 \sin ^3 \omega_m t+\cdots)$$

จากสมการ (8) เราสามารถพิสูจน์ต่อไปได้ว่า กระแสของโหลดจะมีส่วนประกอบความถี่ที่ $\omega \pm \omega_m, \omega \pm 2\omega_m,$

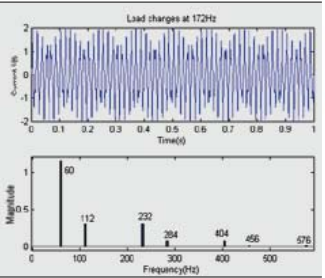
รูปที่ 2 อินเตอร์ฮาร์โมนิกความถี่ต่ำที่ถูกสร้างขึ้นโดยโหลดที่มีการเปลี่ยนแปลงตามเวลา



รูปที่ 5 กระแสโหลดของหม้อแปลง



รูปที่ 3 อินเตอร์ฮาร์โมนิกความถี่สูงที่ถูกสร้างขึ้นโดยโหลดที่มีการเปลี่ยนแปลงตามเวลา



3.2 อินเตอร์ฮาร์โมนิกและไฟกระพริบ (Interharmonics and flicker)

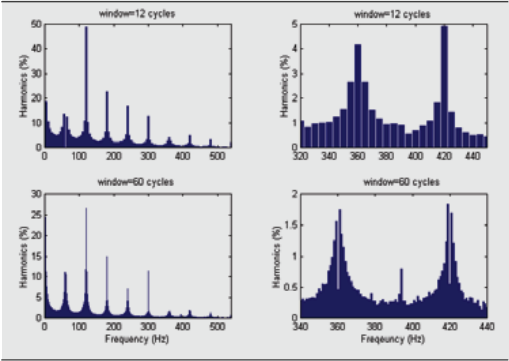
ตามสมการ (8) แสดงให้เห็นว่า สัญญาณที่ถูกมอดูเลตอาจจะมีส่วนประกอบของอินเตอร์ฮาร์โมนิกได้ ซึ่งเป็นเรื่องที่น่าสนใจว่าในทางกลับกันหากมีอินเตอร์ฮาร์โมนิกในสัญญาณแล้วจะมีการมอดูเลตหรือไฟกระพริบเกิดขึ้นหรือไม่ ซึ่งในความเป็นจริงแล้วสามารถเกิดขึ้นได้ ถ้าหากความถี่อินเตอร์ฮาร์โมนิกมีค่าใกล้เคียงกับความถี่ฮาร์โมนิกหรือความถี่มูลฐานมากๆ

เป็นที่ยอมรับโดยทั่วไปว่า ฮาร์โมนิกเกิดจากสัญญาณที่ใช้ในการวิเคราะห์หาค่าแอมพลิจูดของสัญญาณ (Synchronous) กับความถี่มูลฐาน ถ้าหากสัญญาณมีส่วนประกอบฮาร์โมนิก แล้วสัญญาณจะมีค่า RMS และ ค่าสูงสุด เท่ากันทุกๆ คาบ ส่วนอินเตอร์ฮาร์โมนิกนั้นเกิดจากความถี่ที่ผิดไซโครนัส (Asynchronous) กับความถี่มูลฐานส่งผลให้สัญญาณรวมมีค่า RMS และค่ายอดไม่คงที่ทุกๆ คาบ ถ้าหากสัญญาณมีส่วนประกอบของอินเตอร์ฮาร์โมนิกที่มีความถี่ ω_i แล้วความถี่ในการกระพริบของสัญญาณ ω_f สามารถหาได้จากสมการ (9)

$$\omega_f = |\omega_i - \omega_k| \quad (9)$$

เมื่อ ω_k คือ ความถี่ฮาร์โมนิกที่มีค่าใกล้เคียงกับความถี่อินเตอร์ฮาร์โมนิกส ω_i มากที่สุด

รูปที่ 6 สเปกตรัมของกระแสโหลดแหล่งที่ใช้ขนาดของหน้าต่างข้อมูลต่างกัน



เนื่องจากการมองเห็นของมนุษย์มีความไวต่อการกระพริบของแสงที่ความถี่ประมาณ 8-10 Hz มากที่สุด ดังนั้น ถ้าหากมีอินเตอร์ฮาร์โมนิกที่ทำให้เกิดการกระพริบด้วยความถี่ประมาณช่วง 8 Hz อาจนำมาซึ่งการรบกวนต่อการมองเห็นได้

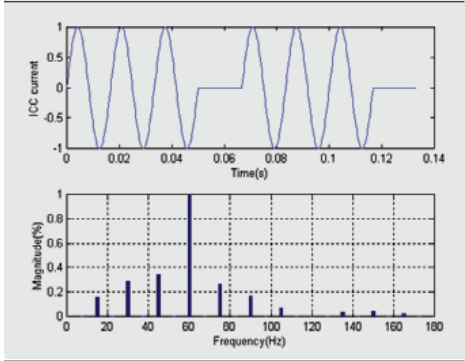
ตัวอย่างจากรูปที่ 4 ถ้าหากรูปคลื่นสัญญาณเป็น $\sin(2\pi 60t) + a \sin(2\pi f_r t)$ เมื่อ $a=0.3$ f_r คือ 186 Hz และ 174 Hz ตามลำดับ จะพบว่าของ (Envelop) ของรูปคลื่นสัญญาณมีการกระพริบที่ 6 Hz ซึ่งเป็นสาเหตุให้โหลดไฟฟ้แสงสว่างเกิดไฟกระพริบได้เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงค่าสูงสุดของสัญญาณ

3.3 แหล่งกำเนิดอินเตอร์ฮาร์โมนิกเทียม (Fake interharmonic sources)

เนื่องจากข้อจำกัดในการวิเคราะห์ DFT ดังที่ได้กล่าวไปแล้ว เป็นไปได้ว่า รูปคลื่นบางประเภทสามารถถูกตีความผิดได้ว่ามีส่วนประกอบอินเตอร์ฮาร์โมนิก ซึ่งในส่วนนี้จะพิจารณาเป็น 2 กรณี

กรณีแรก คือ สัญญาณที่ไม่คงที่ตามเวลาทุกรายคาบ (Non-stationary signal) เนื่องจากในระบบไฟฟ้ากำลังมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา เช่น การเปลี่ยนแปลงของโหลด ซึ่งส่งผลให้รูปคลื่นมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาด้วย การวิเคราะห์ฮาร์โมนิกและอินเตอร์ฮาร์โมนิกด้วย DFT อยู่ภายใต้ข้อกำหนดที่ว่ารูปคลื่นที่ใช้ในการวิเคราะห์จะต้องเป็นรูปคลื่นที่คงที่ทุกรายคาบ (Stationary waveform) ดังนั้นการทำให้ DFT กับรูปคลื่นที่ไม่คงที่ตามเวลาทุกรายคาบจะทำให้ผลไม่แม่นยำตามที่ส่งผลให้ไม่ทราบค่าสเปกตรัมที่ความถี่ที่ได้มาจากการทำ DFT มีอยู่จริงหรือไม่รูปที่ 5 แสดงตัวอย่างผลการวัดรูปคลื่นของกระแสโหลดฟูล (Inrush current) ซึ่งเป็นสัญญาณที่ไม่คงที่ตามเวลาทุกรายคาบ และในรูปที่ 6 แสดงผลการทำ DFT ด้วยความกว้างหน้าต่างข้อมูลเท่ากับ 12 (บน) และ 60 ไซเคิล (ล่าง) ตามลำดับ ซึ่งส่วนประกอบกระแสตรง (DC components) และความถี่มูลฐานถูกละเลยไป ภาพทางขวาเป็นภาพขยายซึ่งจะแสดงให้เห็นช่วงสเปกตรัมของฮาร์โมนิกที่ 6 และ 7 ซึ่งแสดงผลของการวิเคราะห์ที่ความกว้างหน้าต่างข้อมูลเท่ากับ 12 ไซเคิล

รูปที่ 7 รูปคลื่นและสเปกตรัมของ ICC



จะเห็นว่าจะมีค่าสูงอยู่ 2 ค่า ที่ความถี่ 360 และ 420 Hz ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ในระบบฮาร์โมนิกลำดับที่ 6 และ 7 ถ้าหากเพิ่มความกว้างหน้าต่างข้อมูลเป็น 60 ไซเคิล จะเห็นว่าที่ความถี่ 360 และ 420 Hz จะมีขนาดน้อยกว่าความถี่ข้างๆ เช่น 353-359, 361-371, 414-419 และ 421-425 Hz ซึ่งสรุปได้มาจากความแตกต่างของความกว้างหน้าต่างข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ และเป็นผลมาจากสัญญาณที่ไม่คงที่ตามเวลาทุกรายคาบของกระแสโหลดฟูล

กรณีที่สอง คือ โหลดประเภท Integral cycle control (ICC) ซึ่งมักใช้ใน เตาอบ หรือ เตาถลุงเหล็ก หรือ อุปกรณ์ที่ให้ความร้อนอื่นๆ ICC จะทำงานโดยตัดแรงดันบางส่วนให้เป็นศูนย์ รูปที่ 7 แสดงรูปคลื่นของโหลดประเภทนี้และสเปกตรัม ซึ่งแรงดันถูกปรับให้เป็นศูนย์ 1 ไซเคิลและมีแรงดันตามปกติอีก 3 ไซเคิล ทำให้ส่วนประกอบที่ไม่เป็นจำนวนเต็มเท่าของความถี่มูลฐานจำนวนมากเกิดขึ้นมาจากรูปคลื่นนี้ แต่ว่าจำเป็นต้องระมัดระวังในการระบุเป็นส่วนประกอบอินเตอร์ฮาร์โมนิกแท้

ตัวอย่างเช่น สเปกตรัมแสดงค่าที่ความถี่ 30 และ 90 Hz เราสามารถระบุได้ว่าเป็นอินเตอร์ฮาร์โมนิกหรือไม่จากที่ทราบมาแล้วว่า ถ้าหากต้องการวิเคราะห์ความถี่ที่ 30 และ 90 Hz จำเป็นที่จะต้องให้ความกว้างหน้าต่างข้อมูลเป็นจำนวนเท่าของ 2 ไซเคิล เพื่อให้ความละเอียดของความถี่ขั้นต่ำเป็น 30 Hz ซึ่งเป็นค่าหารร่วมมากของความถี่ทั้งสองนี้ แต่ว่าถ้าข้อมูลแค่ 2 ไซเคิลแรกจากรูปคลื่น ICC ในรูปที่ 7 มาวิเคราะห์จะพบว่าสเปกตรัมมีค่าความถี่ 60 Hz เท่านั้น ไม่ควรรบความถี่ที่ 30 และ 90 Hz แต่อย่างใด ซึ่งผิดกับความเป็นจริงที่สเปกตรัมมีค่าความถี่ที่ 30 และ 90 Hz ด้วย

4. สรุป

ในบทความนี้ได้กล่าวถึงความรู้พื้นฐานในการวิเคราะห์อินเตอร์ฮาร์โมนิกและแหล่งกำเนิดของอินเตอร์ฮาร์โมนิกซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

1. ในการคำนวณหาปริมาณอินเตอร์ฮาร์โมนิกของสัญญาณใดๆ โดยใช้การแปลงฟูเรียร์แบบไม่ต่อเนื่อง

นั้นจำเป็นต้องใช้ความกว้างหน้าต่างข้อมูลมากกว่า 1 ไซเคิล เพื่อที่จะได้ความละเอียดของความถี่ที่เหมาะสมสำหรับการตรวจหาอินเตอร์ฮาร์โมนิก ในทางทฤษฎีความละเอียดของความถี่ควรจะเป็นตัวหารร่วมมากของความถี่อินเตอร์ฮาร์โมนิกที่มีอยู่จริง แต่ปัญหาในทางปฏิบัติก็คือความถี่อินเตอร์ฮาร์โมนิกที่มีอยู่จริงไม่สามารถทราบค่าได้ก่อนการคำนวณ มาตรฐาน IEC ได้กำหนดให้ค่าความละเอียดของความถี่อยู่ที่ 5 Hz อย่างไรก็ตามค่าที่กำหนดนี้ยังมีข้อจำกัดในบางกรณี

2. สัญญาณที่มีค่าไม่คงที่ตามเวลาทุกรายคาบ การรั่วไหลของสเปกตรัมและ Picket fence ส่งผลให้การวิเคราะห์ปริมาณอินเตอร์ฮาร์โมนิกมีความไม่ละเอียดมากขึ้น

3. แหล่งกำเนิดอินเตอร์ฮาร์โมนิกแท้ ได้แก่ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์กำลังที่เชื่อมต่อระหว่างระบบไฟฟ้ากระแสสลับ 2 ระบบ การที่ค่าตัวเหนี่ยวนำหรือตัวเก็บประจุไม่ได้มีค่าเป็นอนันต์และการมอดูเลตของการกระพริบจากด้านกระแสตรงผ่านมายังด้านกระแสสลับก่อให้เกิดอินเตอร์ฮาร์โมนิกขึ้น โหลดที่มีการเปลี่ยนแปลงทุกๆ รายคาบก็เป็นอีกแหล่งกำเนิดอินเตอร์ฮาร์โมนิกแท้ในระบบไฟฟ้ากำลัง

4. แหล่งกำเนิดอินเตอร์ฮาร์โมนิกเทียมสามารถเกิดขึ้นได้จากการวิเคราะห์ด้วยการแปลงฟูเรียร์แบบไม่ต่อเนื่อง สัญญาณที่ไม่คงที่ตามเวลาทุกรายคาบ เช่น กระแสโหลดฟูล และโหลดประเภท Integral cycle control สามารถทำให้เกิดความสับสนในการวิเคราะห์ประเภทของแหล่งกำเนิดอินเตอร์ฮาร์โมนิกได้

5. อินเตอร์ฮาร์โมนิกที่มีควมถี่ใกล้เคียงกับความถี่มูลฐานหรือความถี่ฮาร์โมนิกเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดไฟกระพริบได้

5. เอกสารอ้างอิง

- C. Li, W. Xu and T. Tayjasanant, "Interharmonics: Basic Concepts and Techniques for Their Detection and Measurement", Electric Power System Research Journal, Vol. 66, Issue 1, pp. 39-48, July 2003.



Understanding Premium Power Grades

ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับระดับชั้นของไฟฟ้ากำลังคุณภาพพิเศษ (ตอนที่ 3)

ดร.จักรเพชร มัทราษ > chakphed@gmail.com, chakphed.med@pea.co.th

บทความที่ผ่านมามีได้นำเสนอสัญญาไฟฟ้ากำลังคุณภาพพิเศษที่มีขั้วแรงดัน 110 กิโลโวลต์ โดยได้นำเสนอสัญญาแบบครอบคลุมทั่วทั้งประเทศของประเทศแอฟริกาใต้ และสัญญาที่จัดขึ้นเป็นพิเศษสำหรับลูกค้าที่มีความต้องการได้แก่ สัญญาไฟฟ้ากำลังคุณภาพพิเศษของ Detroit Edison (DECO) ประเทศสหรัฐอเมริกา ในบทนี้ จะได้นำเสนอตัวอย่างของสัญญาไฟฟ้ากำลังคุณภาพพิเศษของ EDF Emerald และการประยุกต์ใช้เทคนิคทางสถิติกับสัญญาไฟฟ้ากำลังคุณภาพพิเศษ

สัญญาไฟฟ้ากำลังคุณภาพพิเศษของ EDF Emerald (EDF Emerald Contract) สัญญาของ EDF Emerald ได้กำหนดข้อกำหนดสำหรับจัดทำข้อตกลงระหว่างลูกค้าและ EDF ประเภท National Service โดยได้เริ่มจัดทำสัญญาตั้งแต่ในปี 1994 และปรับปรุงในปี 1996 โดย EDF ได้จัดทำข้อตกลง (commitments) พารามิเตอร์ของคุณภาพระบบไฟฟ้านั้นๆ กับลูกค้า โดยรายละเอียดของ Emerald Contract แสดงได้ดังตารางที่ 8

ประเภทของสัญญาไฟฟ้ากำลังหนึ่งๆ และข้อตกลงของ EDF สำหรับแรงดันน้อยกว่า 50 kV ประกอบด้วย

ไฟฟ้าดับ (Interruptions in the Supply) เกิดขึ้นในกรณีที่แรงดัน line-to-line ทั้งสามเฟส เหลือน้อยกว่า 10% ที่เวลานานกว่า 1 วินาที แบ่งเป็น 2 ชนิดคือ

- Short Interruptions: 1 วินาทีถึง 3 นาที
- Long Interruptions: 3 นาทีเป็นต้นไป

ในโหมดทำงานปกติ ข้อตกลงของ EDF ขึ้นอยู่กับชนิดของระบบโครงข่าย ซึ่งแบ่งตามจำนวนผู้ใช้ไฟดังนี้

- Zone 1: ผู้ใช้ไฟน้อยกว่า 10,000 ราย เช่นตามรูปที่ 11 ข้อจำกัดคือ 6 และ 30 ครั้งต่อปี สำหรับ Long Interruptions และ Short Interruptions ตามลำดับ
- Zone 2: ผู้ใช้ไฟ 10,000-100,000 ราย
- Zone 3: ผู้ใช้ไฟน้อยกว่า 10,000 ราย แต่ไม่รวมถึงชุมชนที่มีมากกว่า 100,000 และชานเมืองปารีส
- Zone 4: ชุมชนที่มีมากกว่า 100,000 และชานเมืองปารีส

แรงดันไฟฟ้ากระเพื่อมแบบ slow คือแรงดันกระเพื่อม $\pm 5\%$ จากสัญญา แต่มีเสถียรภาพตามมาตรฐาน EN 50160

แรงดันไฟฟ้ากระเพื่อมแบบ fast คือแรงดันกระเพื่อมไม่เกิน $\pm 10\%$ ซึ่งเกิดได้หลายครั้งในหนึ่งนาที และอาจก่อให้เกิด flicker ข้อตกลงคือ Plt = 1

แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุล ข้อตกลงคืออัตราความไม่สมดุลเฉลี่ย น้อยกว่า 2%

ความถี่ กรณีเชื่อมต่อกับกริด ข้อตกลงความถี่คือ $\pm 1\%$ (จาก 50 Hz) สำหรับกรณี Islanding จากรบบของ European ความถี่แปรเปลี่ยนได้ $+4\% / -6\%$ (จาก 50 Hz)

ฮาร์มอนิก ข้อตกลงคือ THDv น้อยกว่า 8 % และในแต่ละลำดับเป็นไปตามตารางที่ 9

แรงดันไฟฟ้าตก ค่าแรงดันเกิน phase-to-earth เนื่องจากฟ้าผ่าหรือสวิตช์ในระบบ HTA หรือระบบผู้ใช้ไฟ ที่มีขนาด 2 ถึง 3 เท่าตามสัญญา (phase-to-neutral) ถือว่าไม่ปกติ ซึ่งกรณีนี้ลูกค้าควรติดตั้งระบบป้องกันด้วยตัวเอง

ทั้งนี้แรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะไม่รวมอยู่ในข้อกำหนดมาตรฐานด้านคุณภาพไฟฟ้ากำลัง ซึ่ง EDF จะพิจารณา ร่วมกับผู้ใช้ไฟเพื่อกำหนดข้อกำหนดเฉพาะกลุ่ม ซึ่งจะมีการติดตั้งเครื่องมือวัดในพื้นที่ของลูกค้า ข้อตกลงอาจประกอบด้วย

ไฟฟ้าดับ (Interruptions of the Supply)

- ระยะเวลาของ short outages: ค่ามาตรฐาน (1 วินาที) อาจเปลี่ยนเป็นน้อยกว่า 600 มิลลิวินาที
- ค่าในรูปที่ 11 ใช้สำหรับช่วงเวลา 1 ปี โดย EDF อาจเพิ่มข้อตกลง (เป็น 2 หรือ 3 ปี)
- ค่าในรูปที่ 11 จะแยก short ออกจาก long outages

ตารางที่ 8 คุณภาพไฟฟ้าตามสัญญาไฟฟ้ากำลังคุณภาพพิเศษของ EDF ในปี 1997

1997 EDF Criteria for Medium-Voltage Customers		
Power Quality Parameter	EDF Annual Commitment	Customer Commitment
Scheduled Interruptions (e.g., for Work on the System)	Number ≤ 2	None Required
	Duration ≤ 4 Hours	
	Long Interruptions (>3 Minutes)	None Required
Short Interruptions (1 Second < < 3 Minutes)	<10,000 Inhabitants: 6	None Required
	10,000 < <100,000: 3	
	>100,000, Except Cities: 3	
Voltage Variations (RMS Variations)	Cities > 100,000 and Paris Suburbs: 2	None Required
	<10,000 Inhabitants: 30	
	10,000 < <100,000: 10	
Voltage Fluctuations and Flicker	>100,000, Except Cities: 3	Step Voltage Changes $\leq 5\%$ Contractual Voltage Probability Short-Term ≤ 1 (IEC 1000-2-2)
	Cities > 100,000 and Paris Suburbs: 2	
	$\pm 5\%$ Contractual Voltage With Contractual Voltage $\pm 5\%$ Nominal Voltage Probability Long-Term ≤ 1 (Measured per IEC 1000-4-15)	
Negative Sequence Imbalance	Ratio of the Negative Sequence Imbalance $\leq 2\%$	Ratio of the Negative Sequence Imbalance $\leq 1\%$ (If Apparent Short-Circuit Power > 40 MVA)
Frequency	50 Hz $\pm 1\%$ 50 Hz $\pm 4/-6\%$ (Island Systems)	None Required
Harmonics (Informative Clause)	10-Minute Harmonic Voltage Values: Standards CENELEC En 50 160 and IEC 1000-2-2	10-Minute Harmonic Current Values: Limits Defined as a Function of Harmonic Order by Contract Terms
Customized Version Short Interruptions Voltage Sags	Customized Thresholds Duration May Start 600 ms Sags >600 ms and >30% Depth	None Required

ตารางที่ 9 ข้อตกลงความเพี้ยนฮาร์มอนิกของแต่ละลำดับ

Odd Harmonics				Even Harmonics	
Non-Triplen		Triplen			
ลำดับที่	Threshold (%)	ลำดับที่	Threshold (%)	ลำดับที่	Threshold (%)
5	6	3	5	2	2
7	5	9	1.5	4	1
11	3.5	15 and 21	0.5	6 to 24	0.5
13	3				
17	2				
19, 23 and	1.5				

โดย EDF อาจเปลี่ยนข้อตกลงเป็นเกิน 1 วินาที ทั้งหมด

แรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะ (Voltage Dips) คือแรงดันเปลี่ยนทันทีลงมาที่ 1-90% จากสัญญา ในช่วงเวลา 10 มิลลิวินาที ถึง 3 นาที ข้อตกลงเฉพาะกลุ่ม (customized commitments) จะกำหนดเป็น thresholds (คล้ายไฟฟ้าดับ) กำหนดตามความลึกและระยะเวลา (30%, 600 ms) ตามสภาวระบบไฟฟ้าของแต่ละพื้นที่ ซึ่งจะรวมถึงการให้บริการตามข้อตกลงทางเทคนิค (technical commitments) ประกอบด้วย

- ดาวนโหลดข้อมูลอย่างน้อยปีละสองครั้งจากเครื่องมือวัด
- ติดต่อกับลูกค้าเกี่ยวกับข้อตกลงในสัญญาอย่างน้อยปีละสองครั้ง
- รายงานคุณภาพไฟฟ้ากำลังประจำปี

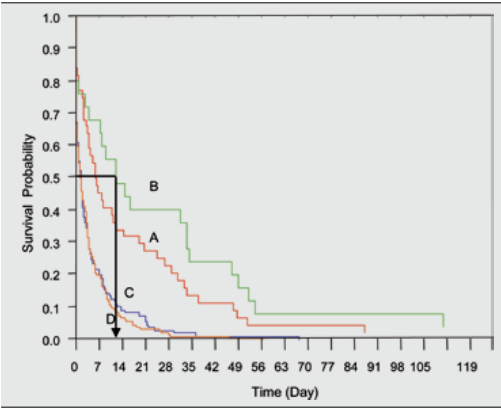
การให้บริการประเภทนี้จะเป็นการประเมินรายปี ซึ่งลูกค้าต้องจ่ายค่าใช้จ่ายแบบคงที่ และกำหนดเท่ากับ

ทั่วประเทศ และขึ้นอยู่กับบริการที่เสนอและเครื่องมือวัดที่ติดตั้งให้ลูกค้า โดยจะระบุไว้ในส่วนเพิ่มของสัญญา ข้อตกลงแบบเฉพาะเจาะจง

ข้อตกลงชนิด Network Plus ("Network Plus" Commitments) ถ้าลูกค้าไม่พอใจกับข้อตกลงเฉพาะกลุ่ม และต้องการคุณภาพที่ดีกว่าที่ EDF จัดหาให้ได้ เพียงช่วงเวลาสั้นๆ โดย EDF จะดำเนินการศึกษาความเป็นไปได้ ถ้าเหมาะสมและสอดคล้องกับงบประมาณของลูกค้า ก็จะจัดทำข้อตกลงตามนั้น หรืออีกทางหนึ่งลูกค้าอาจเสนอทางเลือกเองเพื่อให้ EDF ดำเนินการปรับปรุง

การประยุกต์ใช้เทคนิคทางสถิติกับสัญญาไฟฟ้ากำลังคุณภาพพิเศษ (Application of Statistical Techniques in Premium Power Contracts) สถิติที่จะใช้เพื่อให้เข้าใจข้อมูลคุณภาพไฟฟ้ากำลังมากขึ้น และเข้าใจถึงความเสี่ยงต่อการเสนอบริการไฟฟ้ากำลังคุณภาพพิเศษคือ Weibull Analysis และ

รูปที่ 11 Survival Probability of Power Quality Data for Sites A, B, C, and D for 80 Percent Nominal Voltage



ตารางที่ 9 Weibull Parameters for Power Quality Data

Site	Alpha	Beta	L95 Alpha	U95 Alpha	L95 Beta	U95 Beta
A	12.7078	0.613777	7.43907	21.2406	0.476772	0.768207
B	19.7180	0.496343	7.97216	46.8729	0.343812	0.680120
C	2.1415	0.421656	1.32908	3.4008	0.359176	0.489964
D	2.4816	0.516673	1.84393	3.3164	0.458719	0.578437

Statistical Control Charts

1. การวิเคราะห์ไวบูลล์ (Weibull Analysis)

การวิเคราะห์ไวบูลล์ (weibull analysis) เป็นวิธีทางสถิติที่ใช้ศึกษาการเกิดและระยะเวลาของเหตุการณ์เหตุการณ์จะนิยามจากการเปลี่ยนแปลงของระบบ เช่น เกิดการรบกวน การวิเคราะห์ไวบูลล์เป็นวิธีที่มีประโยชน์อย่างมากต่อเหตุการณ์ทางสังคมและวิทยาศาสตร์ เช่น การระบาดของเชื้อโรค, อุปกรณ์ล้มเหลว, แผ่นดินไหว, และเหตุการณ์คุณภาพไฟฟ้ากำลัง

2. การแจกแจงไวบูลล์ (Weibull Distribution)

ถ้าบางส่วนล้มเหลวตามการแจกแจงไวบูลล์แล้วโอกาสที่ส่วนใด ๆ จะล้มเหลว ณ เวลา t หนึ่ง ๆ หาได้จาก

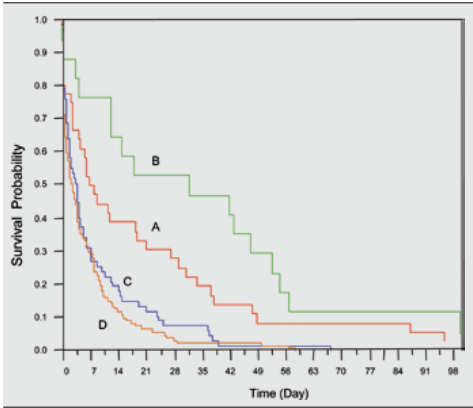
$$F(t) = 1 - \exp[-(t/\alpha)^\beta]$$

เมื่อ α คือ scale parameter, β คือ shape parameter และ F คือ cumulative distribution function ซึ่งเป็น “unreliability function” ถ้าทราบค่า α และ β ดังนั้นจะสามารถหาค่า F (โอกาสของความล้มเหลว) ได้ด้วยปฏิกิริยาตัวคู่กับ $F(t)$ คือ $R(t)$ หรือ “reliability function” โดย $F(t) + R(t) = 1$ เมื่อ $R(t) = \exp[-(t/\alpha)^\beta]$

การประยุกต์ใช้การวิเคราะห์ไวบูลล์กับข้อมูลคุณภาพไฟฟ้ากำลัง

มีข้อมูล 12 เดือนจาก 4 พื้นที่คือ A, B, C, และ D ความน่าจะเป็นของความอยู่รอดแสดงดังรูปที่ 11 สำหรับ B - มีความน่าจะเป็น 50% จนถึงวันที่ 12 ที่ระบบจะไม่มีการรบกวน, - มีความน่าจะเป็น 70% ภายใน 7 วัน ที่

รูปที่ 12 Survival Probability of Power Quality Data for Sites A, B, C, and D for 70 Percent Nominal Voltage



ตารางที่ 10 Weibull Parameters for Power Quality Data

Site	Alpha	Beta	L95 Alpha	U95 Alpha	L95 Beta	U95 Beta
A	14.7569	0.572798	7.7710	27.2254	0.429966	0.737655
B	40.1040	0.678930	17.6370	88.8759	0.433883	0.977160
C	4.9977	0.524494	3.0390	8.0864	0.425603	0.634590
D	3.7169	0.537486	2.6424	5.1793	0.466118	0.614450

7 วัน ที่จะไม่เกิดเหตุการณ์แรงดันต่ำกว่า 70% จากแรงดันปกติ

วิธีการทางสถิติอื่นๆ ที่สามารถใช้การแจกแจงไวบูลล์ เช่น Mean time to failure (MTTF) ซึ่งคือ เวลาเฉลี่ยระหว่างเหตุการณ์คุณภาพไฟฟ้าตัวอย่าง เช่น ถ้า MTTF คือ 30 วัน หมายความว่าโดยเฉลี่ย แล้วจะมีเหตุการณ์เกิดขึ้นหนึ่งครั้งในทุกๆ 30 วัน

สามารถหาค่า MTTF ได้จาก $MTTF = \int_0^\infty R(t)dt$

จากตัวอย่างที่แล้วที่แรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะ 70% ของแรงดันปกติ $R(t) = \exp[-(t/14.75)^{0.572}]$ หากการอิทธิพลจาก α ถึง ∞ จะได้ MTTF คือ 23.01 วัน และถ้าแรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะ 80% จะได้ MTTF คือ 17.9 วัน

คำถามอื่นๆ คือโอกาสที่จะไม่เกิดเหตุการณ์ใน 100 วันเป็นเท่าไร หาได้จากแทน $t=100$ จะได้ $R(100) = \exp[-(100/14.75)^{0.572}] = 0.05$ หรือ 5%

คำถามอื่นคือ MFR เท่ากับเท่าไร ซึ่ง MFR คือส่วนกลับของ MTTF นั่นคือ MFR สำหรับแรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะ 70% คือ $1/23.01 = 0.043$ เหตุการณ์ต่อวัน ซึ่ง MFR คือจำนวนครั้งโดยเฉลี่ยของการเกิดเหตุการณ์ต่อวัน

เทคนิคปกติที่ใช้ในการเปรียบเทียบ MTTF คือจำนวนหาเวลาเฉลี่ยที่อุปกรณ์ล้มเหลว นั่นคือหาเวลาที่อุปกรณ์ล้มเหลว ด้วยจำนวนครั้งที่อุปกรณ์ล้มเหลว และใช้ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เป็นตัวข้อมูล โดยสมมุติว่าการแจกแจงที่ดีที่สุดคือ การแจกแจงปกติ

รูปที่ 13 เปรียบเทียบการปล่อยความน่าจะเป็นของความล้มเหลวของเหตุการณ์คุณภาพไฟฟ้ากำลังระหว่าง 70% และ 80% จากแรงดันปกติ



ตารางที่ 11 Average Time to Failure for 70 Percent of Nominal Voltage

Level	Number	Mean	Std Dev
A	36	21.6694	33.5139
B	17	46.4819	63.7314
C	67	8.0295	12.3930
D	133	6.0966	9.8893

รูปที่ 15 เปรียบเทียบการปล่อยความน่าจะเป็นของความล้มเหลวของเหตุการณ์คุณภาพไฟฟ้ากำลังระหว่าง 70% และ 80% จากแรงดันปกติ



การคำนวณแสดงในตารางที่ 11

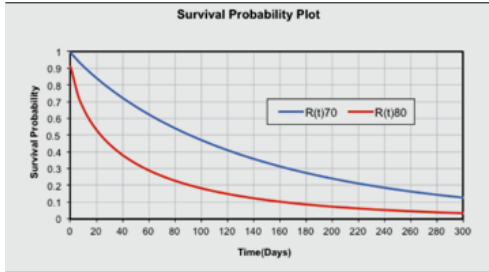
จากตารางที่ 11 สรุปอย่างหนึ่งได้ว่า สำหรับ A ค่า MTTF คือ 21.6 วัน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานคือ 33.5 วัน ซึ่งหมายความว่า จะเกิดเหตุการณ์ขึ้นก่อนเริ่มนับเวลา ซึ่งไม่ถูกต้อง จึงนิยมใช้เวลาเฉลี่ยของเหตุการณ์ จากรูปที่ 11 โอกาสคือ 70% ไม่ใช่ 50/50% ที่ได้จากค่าเฉลี่ยซึ่งทำให้วิศวกรแปลความหมายผิดว่ามีโอกาส 50% ที่จะเกิดเหตุการณ์ใน 21 วัน แทนที่จะเป็น 70%

Application of Failure Analysis to Premium Power Contracts

การประยุกต์ใช้การวิเคราะห์ความล้มเหลวกับสัญญาไฟฟ้ากำลังคุณภาพพิเศษ

จะใช้การวิเคราะห์ความอยู่รอดหรือการวิเคราะห์ความล้มเหลวเพื่อหาค่าความน่าจะเป็นต่อสัญญาไฟฟ้ากำลังคุณภาพพิเศษ ได้อย่างไร? การแจกแจงไวบูลล์จะใช้วิเคราะห์ความล้มเหลวได้ดีกว่าวิธีอื่น และยังจะทำให้ทราบถึงความเสี่ยงต่อการประกันสัญญาไฟฟ้ากำลังคุณภาพพิเศษ เช่น ถ้าการไฟฟ้าทราบว่ามีโอกาส 80% ที่จะเกิดเหตุการณ์ภายใน 30 วันที่จะเกิดแรงดัน

รูปที่ 14 เปรียบเทียบการปล่อยความน่าจะเป็นของความอยู่รอดของเหตุการณ์คุณภาพไฟฟ้ากำลังระหว่าง 70% และ 80% จากแรงดันปกติ



ตารางที่ 12 Weibull Parameters for Power Quality Data

SagType	Alpha	Beta	L95 Alpha	U95 Alpha	L95 Beta	U95 Beta
A	43.118	0.619180	22.7231	79.764	0.445784	0.82503
B	136.257	0.921223	66.5104	274.618	0.536806	1.41023

ติดตั้งไม่ให้ดีขึ้น, และกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยลงทั้งนี้รูปที่ 14 แสดงการใช้การวิเคราะห์ไวบูลล์ เพื่อข้อมูลด้านคุณภาพไฟฟ้ากำลัง

จากรูปที่ 14 พารามิเตอร์สำหรับไวบูลล์แสดงในตารางที่ 11 และการแจกแจงไวบูลล์สำหรับแรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะ Type A คือ $F(t) = 1 - \exp[-(t/43.118)^{0.619}]$

เมื่อ t คือจำนวนวันเช่นถ้า t คือ 30 วัน ดังนั้น $F(30) = 0.55$ หรือ 55% หมายความว่ามีโอกาส 55% ที่จะเกิดแรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะ 80% ภายใน 30 วัน

รูปที่ 15 แสดงว่ามีโอกาส 80% ที่จะเกิดแรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะ 80% ภายใน 100 วัน และมีโอกาส 50% ที่จะเกิดแรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะ 70% ภายใน 100 วัน ซึ่งโอกาสแตกต่างกัน 30% แต่แรงดันต่างกันเพียง 10%

ถ้าเราเชื่อมโยงในการวิเคราะห์โดยใช้การแจกแจงปกติและคำนวณแบบปกติจะพบว่า

สำหรับ Voltage Type A MTTF คือ 56 วัน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานคือ 68 วัน

สำหรับ Voltage Type B MTTF คือ 139 วัน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานคือ 126 วัน

ตอนต่อไปจะเป็นการนำเสนอตัวอย่างการประยุกต์ใช้งานกับข้อมูลจริงของ PEA



IEEE C57.13-2008

IEEE Standard Requirements for Instrument Transformers (ตอนที่ 18)

สมชัย เจริญศรีเกษม > somchai.char@egat.co.th

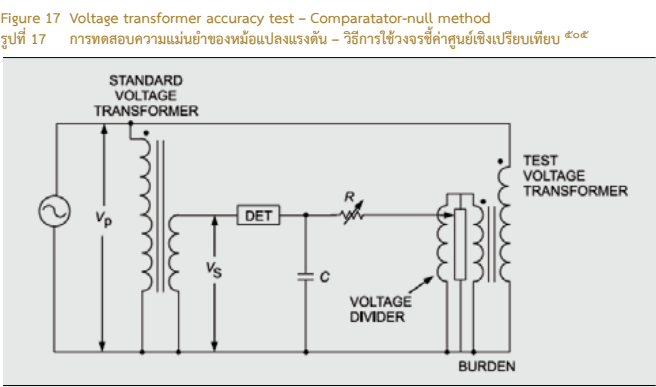
8.1.6.5 Comparative-null methods (วิธีการใช้วงจรซีค่าศูนย์เชิงเปรียบเทียบ)
These methods determine the ratio and phase angle of a transformer by comparing its performance with that of a standard or reference transformer whose parameters are known. The primary windings of the two transformers are connected in parallel to a common source and the measurements are made at the secondary voltage level. The common terminals of all four windings are maintained at ground potential. The circuitry of most of the methods heretofore considered could be adapted to this form of measurement. Excluding the uncertainties in the ratio and phase angle of the standard, the uncertainty can be essentially the same. However, if these approaches are to be used, either a difference method (counterpart of

the one for current transformers) or one in which the components of the measuring circuit are extremely stable and easily measured to the required uncertainty is recommended. A typical comparative-null circuit is shown in Figure 17 (see Sze [B20]).
วิธีการเหล่านี้ทำการห้อตราส่วนและมุมเฟสของหม้อแปลง โดยการเปรียบเทียบคุณลักษณะการทำงานของหม้อแปลงมาตรฐานหรือหม้อแปลงอ้างอิงซึ่งรู้ค่าพารามิเตอร์ก่อนแล้ว ขดลวดปฐมภูมิของหม้อแปลงทั้งสองต่อขานานกับแหล่งจ่ายแรงดันที่ใช้ร่วมกัน และการวัดกระทำที่ระดับแรงดันด้านทุติยภูมิ ขั้วต่อสายที่ใช้ร่วมกันของขดลวดทั้งสองให้คงศักย์ไฟฟ้าไว้เป็นศูนย์ วงจรไฟฟ้าส่วนใหญ่ของวิธีการที่พิจารณาไปก่อนหน้านี้ สามารถจะดัดแปลงมาสู่รูปแบบการวัดแบบนี้ได้ เมื่อไม่มีความไม่แน่นอนของอัตราส่วนและมุมเฟสของหม้อแปลงมาตรฐานเข้ามาคิด, ความไม่แน่นอนส่วนที่เหลือจะสามารถถือได้ว่ามีค่าเท่าๆ กัน. อย่างไรก็ตาม, หากเลือกใช้วิธีการ

เหล่านี้, ไม่ว่าจะเป็นวิธีการใช้ผลต่าง (สำหรับอันหนึ่งของหม้อแปลงกระแส) หรือแบบที่ส่วนประกอบของวงจรวัดอยู่ภายในต่างก็มีเสถียรภาพสูงมาก และง่ายต่อการวัดให้มีความไม่แน่นอนตามที่ต้องการ วงจรซีค่าศูนย์เชิงเปรียบเทียบที่เป็นแบบอย่างได้แสดงไว้ในรูปที่ 17 (ดู Sze [B20]).^{๕๐๔}

Measurement uncertainty, exclusive of errors in the standard transformer, is within 2 ppm for ratio and 10 μ rad for phase angle at 60 Hz and 400 Hz. Ratios ranging to several times that of the standard transformer can be measured.
ความไม่แน่นอนในการวัด, ที่ไม่รวมความคลาดเคลื่อนของหม้อแปลงมาตรฐาน มีค่าอยู่ในเกณฑ์ 2 ppm สำหรับอัตราส่วนและ 10 μ rad สำหรับมุมเฟส ณ ความถี่ 60 Hz และ 400 Hz. อัตราส่วนในช่วงที่กว้างเป็นหลายเท่าของหม้อแปลงมาตรฐานก็ยังสามารถวัดได้.

A high-impedance inductive voltage divider with a six-dial resolution is connected across the secondary winding of the transformer under test. The in-phase voltage balance is obtained by adjusting the output of the divider, and the quadrature balance is realized by adjusting either R or C. If the secondary voltage of the test transformer leads that of the reference transformer, resistor R has the position shown. For lagging angles, the positions of R and the detector are interchanged. The equations of balance for the circuit shown are as follows:
ตัวแบ่งแรงดันแบบเหนี่ยวนำที่มีมิตที่เด่นชัดสูงพร้อมปุ่มปรับหกอันเพื่อการแยกค่า ต่อเชื่อมไว้กับขดลวดทุติยภูมิของหม้อแปลงที่เข้าทดสอบ. สมดุลแรงดันที่ตรงเฟสหาได้โดยการปรับสัญญาณขาออกของตัวแบ่งแรงดัน, และสมดุลในแกนตั้งฉากทำให้เป็นจริงโดยการปรับค่า R หรือ C ก็ได้. ถ้าแรงดันทุติยภูมิของหม้อ



แปลงที่เข้าทดสอบมีมุมเฟสหน้าแรงดันทุติยภูมิของหม้อแปลงอ้างอิง, ตัวต้านทาน R ก็จะมีตำแหน่งตามที่แสดงไว้. ในกรณีที่มีมุมเฟสตามหลัง ตำแหน่งของ R และตัวตรวจวัดจะสลับที่กัน. สมการสมดุลของวงจรตามที่แสดงไว้เป็นดังนี้:
and $N_x = \frac{N_s}{N_d}$
และ $\gamma_x = \theta + \omega CR$ [in radians]
where N_x and N_s are the ratios of the unknown and standard transformers, respectively, and N_d is the ratio of the inductive voltage divider.
โดยที่ N_x และ N_s เป็นอัตราส่วนของหม้อแปลงที่ยังไม่รู้ค่าและหม้อแปลงมาตรฐาน, ตามลำดับ, ส่วน N_d เป็นอัตราส่วนของตัวแบ่งแรงดันแบบเหนี่ยวนำ.

8.1.7 Accuracy calculations for current transformers (การคำนวณความแม่นยำของหม้อแปลงกระแส)
Accurate values of ratio and phase angle are not obtainable by calculation from the open-circuit characteristics of a current transformer.

However, for certain types of current transformers, adequate methods are available for the determination of errors for nonmetering applications, if suitable constants for their equivalent circuits can be estimated or determined.
ค่าต่างๆ ที่มีความแม่นยำของอัตราส่วนและมุมเฟสไม่สามารถหาได้ด้วยการคำนวณจากคุณลักษณะการทำงานตอนเปิดวงจรของหม้อแปลงกระแส. อย่างไรก็ตาม, สำหรับหม้อแปลงกระแสบางประเภท ก็มีวิธีที่แม่นยำพอสมควรในการคำนวณความคลาดเคลื่อนที่ไม่ได้นำไปใช้กับเครื่องวัด, หากค่าคงที่ที่เหมาะสมต่างๆ ของวงจรสมมูลของหม้อแปลงสามารถประมาณหรือหาออกมาได้.
For C types of current transformers with negligible leakage fluxes, the equivalent circuit shown in Figure 18 and the vector diagram shown in Figure 19 are suitable for calculations. The bushing type current transformer with the secondary winding appropriately distributed around the core,

^{๕๐๔} C57.13-1993 อ้างอิง Figure 15 ในย่อหน้า 1 ซึ่งเป็นการพิมพ์ผิด และ C57.13-2008 ได้แก้ไขให้ถูกต้องเป็น Figure 17 แล้ว
^{๕๐๕} โจทย์: จงพิสูจน์ว่าเมื่อปรับวงจรตามรูปที่ 17 จนสมดุลแล้วจะคำนวณความแม่นยำของหม้อแปลงแรงดันได้จากสมการ
$$N_x = \frac{N_s}{N_d} \text{ และ } \gamma_x = \theta_s + \omega CR$$

เฉลย: การพิสูจน์สมการอัตราส่วนและมุมเฟสของวงจรตามรูปที่ 17 ในภาวะสมดุล มีขั้นตอนดังต่อไปนี้
เมื่อวงจรสมดุลแล้ว วงจรด้านปฐมภูมิกับด้านทุติยภูมิจะไม่เชื่อมต่อกันผ่านตัวตรวจจับสัญญาณ (DET) นั่นคือ
$$V_s = \frac{V_p}{N_s} \cdot (1 + j\theta_s)$$

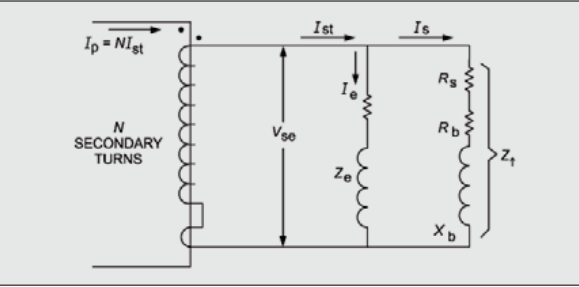
$$V_c = \frac{V_p}{N_s} \cdot \frac{1 + j\gamma_x}{N_d} \cdot \frac{1}{1 + j\omega RC}$$

นำสมการ (1) และ (2) มาเปรียบเทียบตามเงื่อนไข จะได้ว่า
$$N_x = \frac{N_s}{N_d} \cdot \frac{1 + j\gamma_x}{1 + j\theta_s} \cdot \frac{1}{1 + j\omega RC} = \frac{N_s}{N_d}$$

$$\gamma_x = \theta_s + \omega CR$$

^{๕๐๖} เดิมย่อหน้า 1 ของ C57.13-1993 พูดถึงหม้อแปลงกระแสระดับชั้น C และ K แต่เนื่องจาก C57.13-2008 ยกเลิกระดับชั้น K ไปแล้ว จึงจัดตั้งระดับชั้น C เท่านั้น
^{๕๐๗} ฉาย: ย่อหน้าที่ยังอ้างถึงรูปที่ 19 ด้วยคำว่า vector diagram แต่รูปที่ 19 เองมีชื่อว่า phasor diagram ที่จริงแล้วควรเรียกว่าอะไรกันแน่ ?
ตอบ: หนังสือ Protective Relaying Theory and Application, Walter A. Elmore, 1994, p. 9 อธิบายว่า
A phasor is a complex number used to represent electrical quantities. Originally called vectors, the quantities were renamed to avoid confusion with space vectors. A phasor rotates with the passage of time and represents a sinusoidal quantity. A vector is stationary in space.
เฟสเซอร์เป็นจำนวนเชิงซ้อนที่ใช้แทนปริมาณทางไฟฟ้า. เมื่อก่อนเคยเรียกว่าเวกเตอร์ แต่ต่อมาได้เปลี่ยนชื่อใหม่เพื่อหลีกเลี่ยงความสับสนกับเวกเตอร์ในอวกาศ. เฟสเซอร์หมุนไปตามเวลาและแทนปริมาณที่เป็นไซน์คอยด์. ขณะที่เวกเตอร์หยุดอยู่กับที่ในอวกาศ.
In relaying, phasors and phasor diagrams are used both to aid in applying and connecting relays and for the analysis of relay operation after faults. Phasor diagrams must be accompanied by a circuit diagram. If not, then such a circuit diagram must be obvious or assumed in order to interpret the phasor diagram. The phasor diagram shows only the magnitude and relative phase angle of the currents and voltages, whereas the circuit diagram illustrates only the location,

Figure 18 Simplified equivalent circuit of current transformer on N secondary turns base รูปที่ 18 วงจรสมมูลอย่างง่ายของหม้อแปลงกระแสที่มีขดลวดทุติยภูมิจำนวน N รอบ



and with a “through” primary conductor symmetrically located in the opening, can thus be represented by Figure 18 and Figure 19 for the purposes of accuracy calculations, provided the stray fluxes entering the core from the return conductor or other external sources remain negligible.

สำหรับหม้อแปลงกระแสระดับชั้น C ที่มีฟลักซ์รั่ววนมากจนตัดทิ้งไม่ได้, วงจรสมมูลที่แสดงในรูปที่ 18 และแผนภาพเวกเตอร์ที่แสดงในรูปที่ 19 นับว่ามี ความเหมาะสมสำหรับการคำนวณ. หม้อแปลงกระแส ประเภทที่ใช้กับบุชชิ่งซึ่งมีขดลวดทุติยภูมิพันกระจาย อยู่รอบแกนเหล็กโดยประมาณ, และไม่มีตัวนำปฐมภูมิ “สอดทะลุ” ของเปิดไปยังอย่างสมมาตร, สามารถจะ แทนได้ด้วยรูปที่ 18 และรูปที่ 19 เพื่อใช้ในการ คำนวณความแม่นยำได้. ตรงบาทที่ฟลักซ์แอมแปง ที่วิ่งเข้าสู่แกนเหล็กจากตัวนำภายในหรือแหล่งกำเนิด ภายนอกอื่นๆ ยังคงน้อยมากจนตัดทิ้งไปได้. ๕๐๖,๕๐๗

Since T-type current transformers have appreciable leakage or stray fluxes entering the core, they cannot be represented adequately

direction, and polarity of the currents and voltages. These distinctions are important. Confusion generally results when the circuit diagram is omitted or the two diagrams are combined.

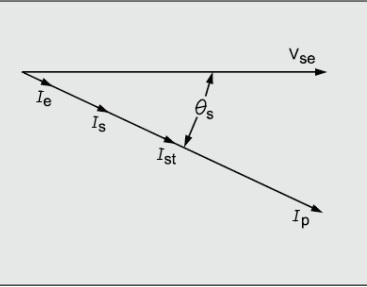
ในบางเรื่องป้องกัน ทั้งเฟสเซอร์และแผนผังเฟสเซอร์ถูกใช้เพื่อช่วยในการประยุกต์และการต่อ รีเลย์ และใช้เพื่อวิเคราะห์การทำงานของรีเลย์หลังจากเกิดฟอลต์. แผนผังเฟสเซอร์ต้องนำมาคู่กับ แผนผังวงจร มิฉะนั้นแผนผังวงจรดังกล่าวต้องเป็นทั้งได้ชัดเจนอยู่แล้วหรือใช้การอนุมานเพื่อตีความ แผนผังเฟสเซอร์ แผนผังเฟสเซอร์แสดงเฉพาะขนาดและมุมเฟสสัมพันธ์ของกระแสกับ แรงดัน ในขณะที่แผนผังวงจรแสดงเฉพาะตำแหน่ง, ทิศทาง, และสภาพที่ของกระแสกับแรงดัน ความแตกต่างนี้ เป็นสิ่งสำคัญ. ความสับสนมักจะเกิดจากการตีความผังวงจรออกไป หรือเกิดจากการรวมแผนผังสองอย่างเข้าด้วยกัน

ตัวอย่างการคำนวณเกี่ยวกับหม้อแปลงกระแสจำนวน 10 ขดต่อเป็น เป็นตัวอย่างจากการาเรียน ที่ชื่อว่า Electrical Measurements and Measuring Instruments, Rajendra Prasad, Khanna Publishers, 1028 pages, Fourth Edition, 1999 ซึ่งมีส่วนที่เกี่ยวกับหม้อแปลง เครื่องมือวัดอยู่ในบทที่ 8: Extension of Instrument Range หน้า 293 ถึง 355 ผู้อ่านลองทำ โจทย์ด้วยตัวเองดูกับซิครับว่า หากต้องสอบวิชาจริงๆ จะสอผ่านหรือไม่ ? ๕๐๔

โจทย์: หม้อแปลงกระแสตัวหนึ่งมีอัตราส่วนป้ายชื่อเป็น 800/5 A, ใช้ที่ความถี่ 50 Hz, มี ขดลวดปฐมภูมิจำนวน 1 รอบ, เบอร์เดนของวงจรทุติยภูมิเป็นความต้านทานแบบไร้ความเหนียวขนาด 4 Ω, และขดลวดทุติยภูมิจำนวน 160 รอบ ซึ่งมีความต้านทาน 0.2 Ω เมื่อหม้อแปลงจ่ายกระแสทุติยภูมิที่กำหนด, จงคำนวณ (i) ฟลักซ์ในแกนเหล็ก, (ii) อัตราส่วน กระแสที่แท้จริง, (iii) มุมเฟสระหว่างกระแสปฐมภูมิกับกระแสทุติยภูมิ, กำหนดให้กระแสปฐมภูมิต่อไม่มีโหลดมีค่า 6 A มุมหลังจากแรงดันทุติยภูมิที่กลับหาคือ 30°

เฉลย: คำนวณแรงดันทุติยภูมิ $E_s = I_s(Z_p + Z_{ct}) = 5 \times (4 + 0.2) = 21 \text{ V}$

Figure 19 Phasor diagram of Figure 18 รูปที่ 19 แผนภาพเฟสเซอร์ของรูปที่ 18



excitation data and equivalent circuits (การคำนวณคุณสมบัติการทำงานของหม้อแปลง กระแสสำหรับรับเรียกข้อมูลการกระตุ้นแกนเหล็ก และวงจรสมมูล)

Several methods are available for calculating current transformer performance from excitation characteristics, secondary winding constants, and burden data with sufficient accuracy for relaying service, if the construction of the transformer is such that leakage fluxes can be neglected. These methods include algebraic, current phasor, graphical, and admittance phasor. All are based on the addition of the secondary burden currents and the transformer excitation currents.

มีอยู่หลายวิธีการที่เป็นไปได้ในการคำนวณคุณสมบัติ การทำงานของหม้อแปลงกระแส จากคุณลักษณะการ กระตุ้นแกนเหล็ก, ค่าคงที่ต่างๆ ของขดลวดทุติยภูมิ, และข้อมูลเบอร์ดน โดยมีความแม่นยำเพียงพอต่อ การใช้งานกับรีเลย์, หากโครงสร้างของหม้อแปลง กระแสเป็นประเภทที่มีฟลักซ์รั่ววนน้อยมากจนสามารถ ตัดทิ้งไปได้. วิธีการเหล่านี้รวมไปถึงหลักฟิสิกส์คณิต,

(i) เนื่องจาก $E_s = 4.44 \Phi T_s f$ ดังนั้นฟลักซ์ในแกนเหล็ก $\Phi = \frac{E_s}{4.44 T_s f} = \frac{21}{4.44 \times 160 \times 50} = 0.592 \text{ mWb}$

(ii) กระแสปฐมภูมิตอนไม่มีโหลดตามหลังแรงดันทุติยภูมิที่กลับหาคือ 30° นั่นคือหน้าฟลักซ์ในแกนเหล็กอยู่ 60° ดังนั้น $I_e = I_c \cos 30^\circ = 6 \cos 30^\circ = 5.195 \text{ A}$ และ $I_m = I_s \sin 30^\circ = 6 \sin 30^\circ = 3 \text{ A}$

อัตราส่วนที่แท้จริง $K = n + \frac{I_c \cos \delta + I_m \sin \delta}{I_s} = 160 + \frac{5.195}{5} = 161.04$ (เมื่อ $\delta = 0, \cos \delta = 1, \sin \delta = 0$)

(iii) มุมเฟสระหว่างกระแสปฐมภูมิกับกระแสทุติยภูมิ $\beta = -\frac{I_c \cos \delta + I_m \sin \delta}{n I_s} = -\frac{5.195}{160 \times 5} = -0.37 \times 10^{-2} \text{ rad} = -0.215^\circ$

โจทย์: หม้อแปลงกระแสตัวหนึ่งมีอัตราส่วนป้ายชื่อเป็น 1000/5 A, ใช้ที่ความถี่ 50 Hz, มีขดลวดปฐมภูมิจำนวน 1 รอบ, เบอร์เดนของวงจรทุติยภูมิเป็นความต้านทานแบบไร้ความเหนียวขนาด 1.6 Ω, กำลังไฟฟ้าสูญเสียในแกนเหล็กเมื่อจ่ายโหลดเต็มที่เท่ากับ 1.5 W, ฟลักซ์รั่ววนน้อยกว่าจนตัดทิ้งไปได้, จงคำนวณฟลักซ์ในแกนเหล็กและความคลาดเคลื่อนของอัตราส่วนกระแสเมื่อจ่ายโหลดเต็มที่

เฉลย: อัตราส่วนตามป้ายชื่อคือ $K_n = 1000/5 = 200$ สมมติให้อัตราส่วนจำนวนรอบมีค่าเท่ากับอัตราส่วนตามป้ายชื่อ นั่นคือ $n = 200$ เนื่องจากขดลวดปฐมภูมิมีเพียงรอบเดียว ดังนั้นจำนวนรอบของขดลวดทุติยภูมิคือ $T_s = 200$ เมื่อไม่คิดความต้านทานและค่าเหนียวนำของขดลวด จะได้แรงดันตกคร่อมเบอร์ดนเป็น $E_s = I_s Z_s = 5 \times 1.6 = 8 \text{ V}$

แต่ $E_s = 4.44 \Phi T_s f$ ดังนั้นฟลักซ์ในแกนเหล็กคือ $\Phi = \frac{E_s}{4.44 T_s f} = \frac{8}{4.44 \times 200 \times 50} = 0.18 \text{ mWb}$

กำลังไฟฟ้าสูญเสียในแกนเหล็ก $W_e = E_p I_p$ หรือ $I_p = \frac{W_e}{E_p} = \frac{W_e}{E_s/n} = \frac{1.5}{8/200} = 37.5 \text{ A}$

เฟสเซอร์ของกระแส, การเขียนกราฟ, และเฟสเซอร์ของแอมิติตเด้นซ์. ทุกวิธีการตั้งอยู่บนพื้นฐานของการรวมกระแสเบอร์ดนด้านทุติยภูมิเข้ากับกระแสกระตุ้นแกนเหล็กของหม้อแปลง.

The algebraic addition of these currents is adequate for most relay applications because for the lower power factor burdens (e.g., 0.5 lag), the burden and excitation currents are approximately in phase over a considerable range of burdens and currents. When the burden and excitation currents are not in phase, the calculated ratio error is greater than that which would have been obtained by the phasor addition of currents. The determination of phase angle is unnecessary for most relay applications.

การบวกทางพีชคณิตของกระแสเหล่านี้ เป็นสิ่งที่เพียงพอต่อการใช้งานกับรีเลย์ส่วนใหญ่ เพราะว่ามีสำหรับ เบอร์ดนที่มีตัวประกอบกำลังต่ำ (ตัวอย่างเช่น, 0.5 มุมเฟสตามหลัง) เบอร์ดนและกระแสกระตุ้นแกนเหล็กมีมุมเฟสตรงกันโดยประมาณตลอดช่วงของเบอร์ดนกับกระแสกระตุ้นที่กำลังพิจารณา. เมื่อเบอร์ดน

อัตราส่วนที่แท้จริง $K = n + \frac{I_c \cos \delta + I_m \sin \delta}{I_s} = 200 + \frac{37.5}{5} = 207.5$

(เมื่อ $\delta = 0, \cos \delta = 1, \sin \delta = 0$) I_e ความคลาดเคลื่อนของอัตราส่วนกระแสเมื่อจ่ายโหลดเต็มที่ $= \frac{200 - 207.5}{207.5} \times 100 = -3.61\%$

๕๐๓ โจทย์: หม้อแปลงกระแสตัวหนึ่งมีขดลวดปฐมภูมิจำนวน 2 รอบ, มีขดลวดทุติยภูมิจำนวน 198 รอบ ซึ่งมีความต้านทาน $0.15 + j 0.0 \Omega$, เบอร์ดนของวงจรทุติยภูมิเป็นความต้านทานแบบไร้ความเหนียวขนาด $0.433 + j 0.25 \Omega$, กระแสทุติยภูมิเป็น 5 A, แอมแปร์-รอบที่ป้อนให้กับกำลังไฟฟ้าสูญเสียในการกระตุ้นแกนเหล็กและในแกนเหล็กเป็น 8 และ δ ตามลำดับ, จงคำนวณ (a) กระแสปฐมภูมิ และ (b) ความคลาดเคลื่อนของมุมเฟสของหม้อแปลง

เฉลย: อิมพีแดนซ์ของวงจรทุติยภูมิคือ $Z_s = (0.433 + 0.15j) + j 0.25 = 0.583 + j 0.25 = 0.634 \angle 23.4^\circ$ นั่นคือ $\delta = 23.4^\circ$

จากโจทย์ $I_p T_p = 4, I_m T_p = 8$ ดังนั้น $I_e = \frac{4}{2} = 2 \text{ A}$ และ $I_m = \frac{8}{2} = 4 \text{ A}$

อัตราส่วนที่แท้จริง $K = n + \frac{I_c \cos \delta + I_m \sin \delta}{I_s} = \frac{198}{2} + \frac{2 \cos 23.4^\circ + 4 \sin 23.4^\circ}{5} = 99.686$

กระแสปฐมภูมิ $I_p = K I_s = 99.686 \times 5 = 498.430 \text{ A}$

ความคลาดเคลื่อนของมุมเฟส $\beta = \frac{I_c \cos \delta + I_m \sin \delta}{n I_s} = \frac{4 \cos 23.4^\circ + 2 \sin 23.4^\circ}{99 \times 5} = 0.0058 \text{ rad}$

๕๐๒ โจทย์: หม้อแปลงกระแสตัวหนึ่งมีอัตราส่วนจำนวนรอบเป็น 200, อัตราส่วนตามป้ายชื่อเป็น 1000/5 A, เบอร์ดนด้านทุติยภูมิ 50 VA, กระแสการสูญเสียในแกนเหล็กเป็น 1 A และกระแสการสูญเสียในการกระตุ้นแกนเหล็กเป็น 1.5 A, ไม่มีความต้านทานและค่าเหนียวนำของขดลวด, จงหาความคลาดเคลื่อนของอัตราส่วนและของมุมเฟส เมื่อจ่ายโหลดกรณีต่างๆ

ดังต่อไปนี้ (a) 5 A ที่ 50 VA มีตัวประกอบกำลัง 0.8 มุมตามหลัง, (b) 2 A ที่ 20 VA มีตัวประกอบกำลัง 0.8 มุมตามหลัง, (c) 5 A ที่ 50 VA มีตัวประกอบกำลัง 0.8 มุมหน้า, (d) 2 A ที่ 20 VA มีตัวประกอบกำลัง 0.8 มุมหน้า

เฉลย: (a) จากข้อมูลที่มี $I_s = 5 \text{ A}, \cos \delta = 0.8, \sin \delta = \sqrt{1 - \cos^2 \delta} = 0.6$

อัตราส่วนที่แท้จริง $K = n + \frac{I_c \cos \delta + I_m \sin \delta}{I_s} = 200 + \frac{1 \times 0.8 + 1.5 \times 0.6}{5} = 200.34$

ความคลาดเคลื่อนของอัตราส่วน $e_r = -\frac{I_c \cos \delta + I_m \sin \delta}{K I_s} \times 100 = -\frac{1 \times 0.8 + 1.5 \times 0.6}{200.34 \times 5} \times 100 = -0.1694\%$

ความคลาดเคลื่อนของมุมเฟส $\beta = \frac{I_c \cos \delta + I_m \sin \delta}{n I_s} = \frac{1.5 \times 0.8 + 1 \times 0.6}{200 \times 5} = 0.6 \times 10^{-3} \text{ rad} = 0.34^\circ$

(b) จากข้อมูลที่มี $I_s = 2 \text{ A}, \cos \delta = 0.8, \sin \delta = \sqrt{1 - \cos^2 \delta} = 0.6$

อัตราส่วนที่แท้จริง $K = n + \frac{I_c \cos \delta + I_m \sin \delta}{I_s} = 200 + \frac{1 \times 0.8 + 1.5 \times 0.6}{2} = 200.85$

ความคลาดเคลื่อนของอัตราส่วน $e_r = -\frac{I_c \cos \delta + I_m \sin \delta}{K I_s} \times 100 = -\frac{1 \times 0.8 + 1.5 \times 0.6}{200.85 \times 2} \times 100 = -0.423\%$

กับกระแสกระตุ้นมีมุมเฟสไม่ตรงกัน, ความคลาดเคลื่อนของอัตราส่วนที่คำนวณได้จะสูงกว่าค่าที่ควร จะหาได้โดยการบวกกันทางเฟสเซอร์ของกระแส. การหาความเฟสไม่มีความจำเป็นต่อการใช้งานกับรีเลย์ส่วนใหญ่.

8.1.9 Application of calculating methods to type C relaying accuracy current transformers (การประยุกต์ใช้วิธีการคำนวณกับหม้อแปลงกระแส ที่มีความแม่นยำระดับชั้น C สำหรับงานรีเลย์) ๕๐๔

As was discussed in 8.1.7, calculating methods are not practical for type T current transformers. Therefore, the following discussion is primarily applicable to types C, i.e., bushing-type current transformers for relaying service. Since these transformers are generally multiratio, the most useful form in which the open circuit transformer excitation characteristics may be given is a family of curves similar to Figure 4 showing the excitation voltage and currents on the secondary winding turns base for each ratio. These curves are usually determined from test data taken on a typical

unit of a given design by the method covered in 8.3.2.

ตามที่อธิบายมาแล้วในข้อ 8.1.7, วิธีการคำนวณใช้ไม่ได้ในทางปฏิบัติสำหรับหม้อแปลงกระแสระดับชั้น T. ดังนั้นการอธิบายต่อไปนี้จึงเน้นการใช้งานหลักกับหม้อแปลงระดับชั้น C, นั่นคือ, หม้อแปลงกระแสแบบที่ใช้กับบุชชิ่งสำหรับรีเลย์. เนื่องจากหม้อแปลงเหล่านี้ โดยทั่วไปมักจะมียออัตราส่วนหลายค่า, รูปแบบที่เป็นประโยชน์มากที่สุดในการให้ข้อมูลคุณลักษณะการกระตุ้นแกนเหล็กของหม้อแปลงในงานภาวะเปิดวงจร อาจจะเป็นกลุ่มของเส้นโค้งในทางหนึ่งเดียวกับรูปที่ 4 ที่แสดงแรงดันและกระแสกระตุ้นของขดลวดทุติยภูมิสำหรับแต่ละอัตราส่วน. เส้นโค้งเหล่านี้ ตามปกติจะหาได้จากข้อมูลการทดสอบที่กระทำกับหม้อแปลงตัวอย่างของรุ่นที่กำหนดไว้ โดยอาศัยวิธีการที่กล่าวไว้ในข้อ 8.3.2.

8.1.10 Calculation of current transformer ratio by the algebraic method (การคำนวณอัตราส่วนของหม้อแปลงกระแส โดยอาศัยหลักพีชคณิต)

The current transformer standards covering relaying accuracy and application data for

ความคลาดเคลื่อนของมุมเฟส $\beta = \frac{I_c \cos \delta + I_m \sin \delta}{n I_s} = \frac{1.5 \times 0.8 + 1 \times 0.6}{200 \times 2} = 0.15 \times 10^{-2} \text{ rad} = 0.86^\circ$

(c) เมื่อมุมเฟสหน้า δ จะติดลบ ทำให้ได้ $I_s = 5 \text{ A}, \cos \delta = 0.8, \sin \delta = -\sqrt{1 - \cos^2 \delta} = -0.6$

อัตราส่วนที่แท้จริง $K = n + \frac{I_c \cos \delta + I_m \sin \delta}{I_s} = 200 + \frac{1 \times 0.8 - 1.5 \times 0.6}{5} = 199.98$

ความคลาดเคลื่อนของอัตราส่วน $e_r = -\frac{I_c \cos \delta + I_m \sin \delta}{K I_s} \times 100 = -\frac{1 \times 0.8 - 1.5 \times 0.6}{199.98 \times 5} \times 100 = 0.01\%$

ความคลาดเคลื่อนของมุมเฟส $\beta = \frac{I_c \cos \delta + I_m \sin \delta}{n I_s} = \frac{1.5 \times 0.8 + 1 \times 0.6}{200 \times 5} = 0.18 \times 10^{-2} \text{ rad} = 0.103^\circ$

(d) เมื่อมุมเฟสหน้า δ จะติดลบ ทำให้ได้ $I_s = 2 \text{ A}, \cos \delta = 0.8, \sin \delta = -\sqrt{1 - \cos^2 \delta} = -0.6$

อัตราส่วนที่แท้จริง $K = n + \frac{I_c \cos \delta + I_m \sin \delta}{I_s} = 200 + \frac{1 \times 0.8 - 1.5 \times 0.6}{2} = 199.95$

ความคลาดเคลื่อนของอัตราส่วน $e_r = -\frac{I_c \cos \delta + I_m \sin \delta}{K I_s} \times 100 = -\frac{1 \times 0.8 - 1.5 \times 0.6}{199.95 \times 2} \times 100 = 0.025\%$

ความคลาดเคลื่อนของมุมเฟส $\beta = \frac{I_c \cos \delta + I_m \sin \delta}{n I_s} = \frac{1.5 \times 0.8 + 1 \times 0.6}{200 \times 2} = 0.45 \times 10^{-2} \text{ rad} = 0.258^\circ$

๕๐๓ โจทย์: หม้อแปลงกระแสมีอัตราส่วนตามป้ายชื่อ 1000/5 A และอัตราส่วนจำนวนรอบเท่ากับ 198 โหลดด้านทุติยภูมิและความเหนียวนำเนื่องจากฟลักซ์รั่วเป็น 12.5 VA และ 1 mH ตามลำดับ. เมื่อต่อเบอร์ดนแบบไร้ความเหนียวนำ โหลดที่กำหนด แอมแปร์-รอบของการกระตุ้นแกนเหล็กและความสูญเสียเป็น 1.5 A และ 10 ตามลำดับ จงหาความคลาดเคลื่อนของอัตราส่วนและมุมเฟส

เฉลย: อัตราส่วนตามป้ายชื่อ $K_n = 1000/5 = 200$ และอัตราส่วนจำนวนรอบ $n = 198$

อิมพีแดนซ์ด้านทุติยภูมิ $Z_s = \text{โหลด}/(\text{กระแส})^2 = 12.5/(5)^2 = 0.5 \Omega$

หรือแอมแปร์ด้านทุติยภูมิ $I_s = 2 \times 50 \times 1 \times 10^{-3} = 0.314 \text{ A}$

มุมเฟสของโหลด $\delta = \sin^{-1} (0.314/0.5) = 38.9^\circ$

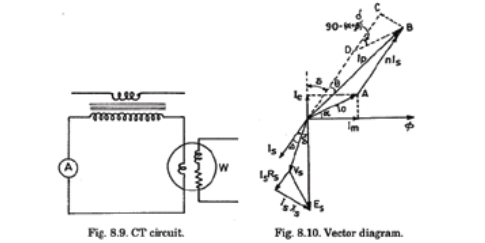
อัตราส่วนที่แท้จริง $K = n + \frac{I_c \cos \delta + I_m \sin \delta}{I_s} = 198 + \frac{10 \cos 38.9^\circ + 15 \sin 38.9^\circ}{5} = 201.42$

ความคลาดเคลื่อนของอัตราส่วน $e_r = \frac{200 - 201.42}{201.42} \times 100 = -0.716\%$

ความคลาดเคลื่อนของมุมเฟส $\beta = \frac{I_c \cos \delta + I_m \sin \delta}{n I_s} = \frac{15 \cos 38.9^\circ + 10 \sin 38.9^\circ}{200 \times 5} = 0.312^\circ$

๕๐๔ โจทย์: กระแสกระตุ้นและแกนเหล็กของหม้อแปลงกระแสแบบแกนวง (ring-core) มีอัตราส่วน 1000/5 A เมื่อทำงานที่กระแสปฐมภูมิสูงสุด และมีเบอร์ดนด้านทุติยภูมิเป็นความต้านทานแบบไร้ความเหนียวขนาด 1 Ω กับกระแส 1 A ที่ตัวประกอบกำลัง 0.4 จงคำนวณ (a) ความคลาดเคลื่อนของอัตราส่วน (b) ความคลาดเคลื่อนของมุมเฟส

เลข: สมมติให้ n = อัตราส่วนจำนวนรอบ = อัตราส่วนตามป้ายชื่อ = 1000/5 = 200



ตัวประกอบกำลังของกระแสกระตุ้นแกนเหล็ก หมายถึง โคไซน์ของมุมระหว่างกระแสที่ทำให้เกิดกำลังสูญเสียกับกระแสและไม่ใช่โหลด

ตามรูปที่ 10 จะได้ว่า $p.f. = \cos(90 - \alpha) = \sin \alpha = 0.4$ และ $I_0 \cos \alpha = I_m = 1 \text{ A}$

คำว่า $I_0 \cos \alpha = I_m = 1 \text{ A}$ ดังนั้น $\cos \alpha = \frac{1}{\sqrt{1 - \sin^2 \alpha}} = 0.915$
และ $I_e = I_0 \sin \alpha = 0.4/0.915 = 0.437 \text{ A}$

เมื่อ $\delta = 0$ จะได้อัตราส่วนที่แท้จริง $K = n + \frac{I_e \cos \delta + I_m \sin \delta}{I_s} = 200 + \frac{0.437}{5} = 200.0874$

ความคลาดเคลื่อนของอัตราส่วน $e_r = \frac{200 - 200.0874}{200.0874} \times 100 = -0.0437\%$

ความคลาดเคลื่อนของมุมเฟส $\beta = \frac{I_m \cos \delta - I_e \sin \delta}{n I_s} = \frac{1}{200 \times 5} = 1 \times 10^{-3} \text{ rad} = 0^\circ 34' 53''$

โจทย์: หม้อแปลงกระแสอัตราส่วน 1000/5 ที่เบอร์เดนพิกัด 25 VA มีความสูญเสียในแกนเหล็ก 0.25 W และกระแสกระตุ้นแกนเหล็กเท่ากับ 15 A จงคำนวณ (a) ความคลาดเคลื่อนของอัตราส่วน (b) RCF และ (c) ความคลาดเคลื่อนของมุมเฟส เมื่อจ่ายไฟฟ้าออกที่กำหนดให้กับมิเตอร์ที่มีอัตราส่วนระหว่างความต้านทานต่อรีแอคแตนซ์เป็น 5
เลข: สมมติให้ n = อัตราส่วนจำนวนรอบ = อัตราส่วนตามป้ายชื่อ = 1000/5 = 200

แรงดันทุติยภูมิ V_s ไฟฟ้าออกที่กำหนด $V_s = 25/5 = 5 \text{ V}$
และแรงดันปฐมภูมิ $V_p = 5/200 = 0.025 \text{ V}$

องค์ประกอบความสูญเสียของกระแสกระตุ้น I_e = ความสูญเสียในแกนเหล็ก/แรงดันปฐมภูมิ = 0.25/0.025 = 10 A
และองค์ประกอบกระตุ้นที่สร้างอำนาจแม่เหล็ก $I_m = 15 \text{ A}$

มุมเฟสของโหลด $\delta = \tan^{-1}(X/R_s) = \tan^{-1}(1/5) = 11.3^\circ$
ดังนั้น อัตราส่วนที่แท้จริง $K = n + \frac{I_e \cos \delta + I_m \sin \delta}{I_s} = 200 + \frac{10 \cos 11.3^\circ + 15 \sin 11.3^\circ}{5} = 202.55$

- (a) ความคลาดเคลื่อนของอัตราส่วน $e_r = \frac{200 - 202.55}{202.55} \times 100 = -1.26\%$
- (b) ตัวประกอบการแก้อัตราส่วน $RCF = \frac{202.55}{200} = 1.01275$

(c) ความคลาดเคลื่อนของมุมเฟส $\beta = \frac{I_m \cos \delta - I_e \sin \delta}{n I_s} = \frac{15 \cos 11.3^\circ - 10 \sin 11.3^\circ}{200 \times 5} = 12.76 \times 10^{-3} \text{ rad} = 0.75^\circ 51'$

โจทย์: หม้อแปลงกระแสสำหรับรีเลย์มีขนาดปฐมภูมิรอบเดียว และขนาดทุติยภูมิ 200 รอบ แอมมิเตอร์มีความต้านทาน 1.2 Ω และ รีแอคแตนซ์ 0.5 Ω ต่อไว้เป็นโหลดคร่อมขดลวดทุติยภูมิที่มีความต้านทาน 0.2 Ω และรีแอคแตนซ์ 0.3 Ω แอมป์-รอบของการกระตุ้นแกนเหล็กและความสูญเสียเท่ากับ 100 และ 50 ตามลำดับ (a) จงหากระแสปฐมภูมิ, ความคลาดเคลื่อนของอัตราส่วน, และมุมเฟส เมื่อกระแสทุติยภูมิเป็น 5 A (b) ขดลวดด้านทุติยภูมิต้องลดลงกี่รอบเพื่อจำกัดความคลาดเคลื่อนของอัตราส่วนให้หมดไป ?
เลข: อัตราส่วนจำนวนรอบ n = 200
อิมพีแดนซ์ด้านทุติยภูมิ $Z_s = (1.2 + j0.5) + j(0.5 + j0.3) = 1.4 + j0.8 \Omega$

มุมเฟสของโหลด $\delta = \tan^{-1}(0.8/1.4) = 29.75^\circ$

อัตราส่วนที่แท้จริง $K = n + \frac{I_e \cos \delta + I_m \sin \delta}{I_s} = 200 + \frac{50 \cos 29.75^\circ + 100 \sin 29.75^\circ}{5} = 218.6$

(a) กระแสปฐมภูมิ = 218.6 × 5 = 1093 A

ความคลาดเคลื่อนของอัตราส่วน $e_r = \frac{200 - 218.6}{218.6} \times 100 = -8.5\%$

ความคลาดเคลื่อนของมุมเฟส $\beta = \frac{I_m \cos \delta - I_e \sin \delta}{n I_s} = \frac{100 \cos 29.75^\circ - 50 \sin 29.75^\circ}{200 \times 5} = 0.0622 \text{ rad} = 3.56^\circ$

(b) จากข้อมูลข้างต้น อัตราส่วนที่แท้จริง $K = n + 18.6$

หากต้องการให้ความคลาดเคลื่อนของอัตราส่วนเป็นศูนย์ ในเมื่อ $K = 200$ ดังนั้น $n = 200 - 18.6 = 181.4$
นั่นคือ ต้องลดจำนวนรอบด้านทุติยภูมิลงไป 19 รอบ

๕๑๗
โจทย์: หม้อแปลงกระแสแบบแท่งตัวนำ (bar-type) ต้องการกระแส 400 A เพื่อกระตุ้นแกนเหล็ก และอีก 300 A เพื่อจ่ายให้กระแสสูญเสียในแกนเหล็กสำหรับแต่ละโวลต์ต่อรอบที่เกิดขึ้นในขดลวดทุติยภูมิ ณ ความถี่ที่กำหนด ขั้วต่อสายด้านทุติยภูมิมีอิมพีแดนซ์ต่ออยู่ 2 Ω มุมของอิมพีแดนซ์เป็น θ และความต้านทานของขดลวดทุติยภูมิเป็น 0.5 Ω อัตราส่วนตามป้ายชื่อเป็น 1000/5 A และต้องการทำให้ความคลาดเคลื่อนทั้งอัตราส่วนและมุมเฟสมีค่าที่ต่ำที่สุด จงหาจำนวนรอบของขดลวดทุติยภูมิและมุมของอิมพีแดนซ์ที่จำเป็นเพื่อให้การันน
เลข: ให้ T_p เป็นจำนวนรอบของขดลวดทุติยภูมิ

โวลต์อิมพีแดนซ์ด้านทุติยภูมิ $Z = 2 \cos \theta + j2 \sin \theta$ และความต้านทานของขดลวดทุติยภูมิ = 0.5 Ω
ดังนั้นอิมพีแดนซ์รวมด้านทุติยภูมิ คือ
ณ กระแสทุติยภูมิเต็มพิกัด แรงดันที่เหนี่ยวนำ/จำนวนรอบ คือ
 $V_s = \frac{(0.5 + 2 \cos \theta + j2 \sin \theta) \times 5}{T_s} = \frac{2.5}{T_s} [(1 + 4 \cos \theta) + j4 \sin \theta]$

หรือ $|V_s| = \frac{2.5}{T_s} \sqrt{17 + 8 \cos \theta}$ ทำให้ได้ $I_m = \frac{400 \times 2.5 \sqrt{17 + 8 \cos \theta}}{T_s}$ และ $I_e = \frac{300 \times 2.5 \sqrt{17 + 8 \cos \theta}}{T_s}$

ความคลาดเคลื่อนของมุมเฟส $\beta = \frac{I_m \cos \delta - I_e \sin \delta}{T_s I_s} = \frac{250 \sqrt{17 + 8 \cos \theta}}{T_s \times 5} \times (4 \cos \theta - 3 \sin \theta)$
ซึ่งอาจมีค่าต่ำสุดเป็นศูนย์ได้

นั่นคือ $\beta = 0$ เกิดขึ้นเมื่อ $\cos \theta = \frac{3}{5}$ และ $\sin \theta = \frac{4}{5}$

ดังนั้น มุมของอิมพีแดนซ์ที่จะทำให้มุมเฟสมีค่าเป็นศูนย์ คือ $\theta = \tan^{-1}\left(\frac{4}{3}\right) = \cos^{-1}\left(\frac{3}{5}\right) = \sin^{-1}\left(\frac{4}{5}\right)$

อัตราส่วนที่แท้จริง $K = \frac{T_p}{T_s} \times \frac{I_e \cos \delta + I_m \sin \delta}{I_s} = \frac{T_p}{T_s} \times \frac{250 \sqrt{17 + 8 \cos \theta}}{T_s} \times (3 \cos \theta + 4 \sin \theta)$; $Q: T_p = 1$

เมื่อแทนค่า $\cos \theta$ และ $\sin \theta$ แล้วจึงรูปให้ง่ายจะได้

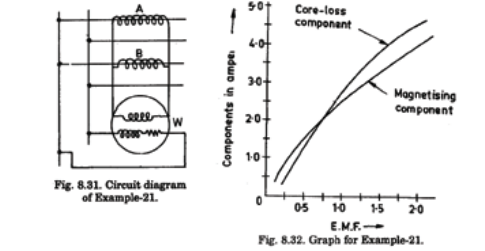
เมื่ออัตราส่วนที่แท้จริงมีค่าเท่ากับอัตราส่วนตามป้ายชื่อ 1000/5 จะได้ หรือ $6 T_p^2 - 200 T_p + 1167.5 = 0 \rightarrow T_p = 194$

แต่เนื่องจากจำนวนรอบด้านทุติยภูมิเป็น 6 ไม่ได้ ดังนั้น $T_s = 194$ รอบ

๕๑๘
โจทย์: หม้อแปลงกระแสหม้อเก็บกันสอตัว A และ B ในรูปที่ 8.31 อ่านผลรวมกำลังไฟฟ้าของสายป้อนสองเส้นที่คล้ายกัน ความต้านทานและรีแอคแตนซ์ของขดลวดกระแสของวัตต์มิเตอร์มีค่า 0.09 และ 0.08 Ω ตามลำดับ ลักษณะการทำงานของหม้อแปลงแต่ละตัวมีดังนี้

E.M.F., ในหน่วย V	0.25	0.5	1.0	1.5	2.0
กระแสกระตุ้นแกนเหล็ก, ในหน่วย A	0.9	1.5	2.5	3.2	4.0
องค์ประกอบความสูญเสียในแกนเหล็ก, ในหน่วย A	0.5	1.3	2.7	3.9	4.6

อัตราส่วนจำนวนรอบ = 500/5 A ความต้านทานของขดลวดทุติยภูมิ = 0.02 Ω และรีแอคแตนซ์ของขดลวดทุติยภูมิ = 0.03 Ω จงประมาณความคลาดเคลื่อนของมุมเฟสและอัตราส่วนของหม้อแปลง เมื่อกระแส 5 A ไหลผ่านวัตต์มิเตอร์ (a) เมื่อสายป้อนทั้งสองจ่ายกระแสที่มีทั้งขนาดและมุมเฟสเท่ากัน (b) เมื่อสายป้อนเส้นหนึ่งไม่มีกระแสไหลผ่าน



เลข: สมมติให้ อัตราส่วนตามป้ายชื่อ = อัตราส่วนจำนวนรอบ = 100
(a) เมื่อสายป้อนทั้งสองจ่ายกระแสเท่ากัน กระแสจะผ่านขดลวดทุติยภูมิของ A และ B ตัวละ 2.5 A เพราะกระแสวัตต์มิเตอร์เป็น 5 A ดังนั้นแรงเคลื่อนไฟฟ้า (emf) ด้านทุติยภูมิของ A และ B จึงเท่ากันด้วย ซึ่งหาได้ดังนี้

แรงดันตกในวัตต์มิเตอร์ + แรงดันตกในขดลวดทุติยภูมิ
 $= \sqrt{0.09^2 + 0.08^2} + 2.5 \sqrt{0.02^2 + 0.03^2} = 0.6925 \text{ V}$

จากการหาในรูปที่ 8.32 จะได้ $I_m = 1.96$, $I_e = 1.875$

มุมเฟสของโหลด $\delta = \tan^{-1} \frac{0.08 + 0.03}{0.09 + 0.02} = 45^\circ$

ความคลาดเคลื่อนของมุมเฟส $\beta = \frac{I_m \cos \delta - I_e \sin \delta}{n I_s} = \frac{1.96 \cos 45^\circ - 1.875 \sin 45^\circ}{100 \times 2.5} = 2.54 \times 10^{-4} = 0.875'$

อัตราส่วนที่แท้จริง $K = n + \frac{I_e \cos \delta + I_m \sin \delta}{I_s} = 100 + \frac{1.875 \cos 45^\circ + 1.96 \sin 45^\circ}{2.5} = 101.085$

relaying service have been written on the basis of utilizing the advantages and simplicity of excitation data and calculating methods where applicable. The following method may be used for calculating the relaying performance and accuracy ratings of type C relaying accuracy rated current transformers. As stated in 8.1.8, this method is based on the assumption that the burden and excitation currents are in phase. It also assumes a single-turn primary winding such as in bushing, window, or bar-type transformers, so constructed that the effect of leakage fluxes on its performance is negligible. The equivalent circuit and phasor diagram for such transformers are shown in Figure 18 and Figure 19, respectively. The ratio correction factor values obtained by test will not exceed the values calculated by this method within the stated limitations.

มาตรฐานของหม้อแปลงกระแสที่ครอบคลุมความแม่นยำสำหรับรีเลย์ และข้อมูลการใช้งานด้านรีเลย์ เรียงเรียงขึ้นบนพื้นฐานของการใช้ข้อได้เปรียบและความเรียบง่ายของข้อมูลการกระตุ้นแกนเหล็ก และวิธีการคำนวณที่นำมาใช้งานได้ วิธีการต่อไปนี้ อาจใช้ในการคำนวณคุณสมบัติการทำงานและพิกัดความแม่นยำสำหรับรีเลย์ระดับชั้น C. ดังที่กล่าวมาแล้วในข้อ 8.1.8, วิธีการนี้ตั้งอยู่บนสมมติฐานที่ว่า เบอร์เดนและกระแสกระตุ้นมีมุมเฟสตรงกัน. ทั้งยังสมมติว่าขดลวดปฐมภูมิที่มีรอบเดียว อย่างเช่น ในหม้อแปลงแบบที่ใช้กับบุชชิ่ง, แบบช่องหน้าต่าง, หรือแบบแท่งตัวนำ, ซึ่งได้รับการสร้างให้ลดผลกระทบของฟลักซ์รั่วในการทำงานของมिनน้อยมากจนสามารถตัดทิ้งไปได้. วงจรสมมูลและแผนภาพเฟสเซอร์ของหม้อแปลงดังกล่าวแสดงไว้ในรูปที่ 18 และรูปที่ 19. ตามลำดับ. ค่าของตัวประกอบการแก้อัตราส่วนที่หาได้จากการทดสอบ จะไม่มีผลแตกต่างจากค่าที่ได้จากการคำนวณตามวิธีการนี้เกินกว่าขีดจำกัดที่ระบุไว้.

The following definitions and equations apply to Figure 18 and Figure 19:
นิยามและสมการต่อไปนี้ประยุกต์ใช้ได้กับรูปที่ 18 และรูปที่ 19:

ความคลาดเคลื่อนของอัตราส่วน $e_r = \frac{100 - 101.085}{101.085} \times 100 = -1.075\%$

(b) กระแสของวัตต์มิเตอร์ยังคงเป็น 5 A ดังนั้นแรงดันตกคร่อมวัตต์มิเตอร์
 $= 5 \times (0.09 + j0.08) = 0.6025 \angle 41.65^\circ$

ให้สายป้อน B เป็นสายที่ไม่ได้จ่ายกระแส ดังนั้นแรงดันตกคร่อมหม้อแปลง B ต้องเป็น 0.6025

จากการหารูปที่ 8.32 จะได้ $I_m = 1.775$, $I_e = 1.675 \rightarrow I_0 = \sqrt{1.775^2 + 1.675^2} = 2.44 \text{ A}$

ข้างต้นอ้างอิงด้านปฐมภูมิ ดังนั้นกระแสด้านทุติยภูมิที่ทำให้เกิดแอมป์-รอบเท่ากัน
 $= \frac{2.44}{100} = 0.0244 \text{ A}$

กระแสดังกล่าวมีนัยมาก จึงสามารถตัดทิ้งได้ และในทางปฏิบัติสามารถสมมติว่าไม่มีกระแสไหลด้านทุติยภูมิของหม้อแปลง B
แรงดันเหนี่ยวนำในหม้อแปลง A = $5 \{ (0.09 + j0.02) + j(0.08 + j0.03) \} = 0.776 \text{ V}$

ซึ่งจะได้ $I_m = I_e = 2.1$

N is the secondary turns on transformer for ratio on which transformer error is to be calculated from data sheet or excitation curve sheet (see Figure 4 and typical curves) คือจำนวนรอบด้านทุติยภูมิของหม้อแปลงสำหรับอัตราส่วนที่จะคำนวณความคลาดเคลื่อนของหม้อแปลง จากแผ่นข้อมูลหรือแผ่นเส้นโค้งการกระตุ้น (ดูรูปที่ 4 และเส้นโค้งที่เป็นแบบอย่าง)

R_s is the resistance of transformer secondary from data sheet or excitation curve sheet (see Figure 4) คือความต้านทานด้านทุติยภูมิของหม้อแปลงจากแผ่นข้อมูลหรือแผ่นเส้นโค้งการกระตุ้น (ดูรูปที่ 4)

R_b is the resistance of secondary burden including secondary leads คือความต้านทานของเบอร์เดนด้านทุติยภูมิซึ่งคิดรวมสายตัวนำด้านทุติยภูมิด้วย

X_b is the reactance of secondary burden คือความเหนี่ยวนำของเบอร์เดนด้านทุติยภูมิ
 Z_t is the square root of $[(R_s + R_b)^2 + (X_b)^2]$, which equals the magnitude of secondary circuit impedance คือรากที่สองของ $[(R_s + R_b)^2 + (X_b)^2]$ ซึ่งมีค่าเท่ากับขนาดอิมพีแดนซ์ของวงจรทุติยภูมิ

θ_s is the $\tan^{-1}(X_b/(R_s + R_b))$, which equals the power factor angle of secondary circuit คือ $\tan^{-1}(X_b/(R_s + R_b))$, ซึ่งมีค่าเท่ากับมุมตัวประกอบกำลังของวงจรทุติยภูมิ

θ_s is the $\tan^{-1}(X_b/(R_s + R_b))$, which equals the power factor angle of secondary circuit คือ $\tan^{-1}(X_b/(R_s + R_b))$, ซึ่งมีค่าเท่ากับมุมตัวประกอบกำลังของวงจรทุติยภูมิ

I_s is the assumed value of secondary current at which transformer ratio is to be calculated คือค่าสมมติของกระแสทุติยภูมิที่จะใช้คำนวณอัตราส่วนของหม้อแปลง
 V_{se} is the $I_e Z_t$, which equals the excitation voltage required to obtain I_s คือ $I_e Z_t$, ซึ่งมีค่าเท่ากับแรงดันกระตุ้นที่ต้องการเพื่อให้ได้กระแส I_s

Z_e is the V_{se}/I_e , which equals the excitation impedance of transformer on secondary N turns base for any specific value of I_e obtained from excitation curve. The value of Z_e is not required in the calculation, but is shown in the equivalent circuit (see Figure 18) คือ V_{se}/I_e , ซึ่งมีค่าเท่ากับอิมพีแดนซ์การกระตุ้นของหม้อแปลงทางด้านทุติยภูมิ มีจำนวน N รอบสำหรับค่าที่ระบุใดๆ ของกระแส I_e ซึ่งหาได้จากเส้นโค้งการกระตุ้น. ค่าของ Z_e ไม่จำเป็นต้องใช้ในการคำนวณ, แต่มีแสดงไว้ในวงจรสมมูล (ดูรูปที่ 18)

I_e is the excitation current required to obtain a specific value of V_{se} , obtained from excitation curve คือกระแสกระตุ้นที่ต้องการ เพื่อใช้ในการหาแรงดัน V_{se} ที่ระบุไว้, กระแสเหนี่ยวนำได้จากเส้นโค้งการกระตุ้น

I_{st} is the $I_s + I_e$, which equals the primary current on secondary N turns base คือ $I_s + I_e$, ซึ่งมีค่าเท่ากับกระแสปฐมภูมิทางด้านทุติยภูมิที่มีจำนวน N รอบ

I_p is the $N I_{st}$, which equals the primary current required to obtain I_s in the secondary คือ $N I_{st}$, ซึ่งมีค่าเท่ากับกระแสปฐมภูมิที่ต้องการ เพื่อให้ได้กระแส I_s ทางด้านทุติยภูมิ

True ratio = I_p/I_s , which equals the $N I_{st}/I_s$ คือ I_p/I_s , ซึ่งมีค่าเท่ากับ $N I_{st}/I_s$

If marked ratio and secondary N turns are equal: ถ้าอัตราส่วนตามป้ายชื่อและขนาดทุติยภูมิจำนวน N รอบมีค่าเท่ากัน:
RCF = I_{st}/I_s
Percent ratio = $(I_{st}/I_s) \times 100$
Percent ratio error $\leq (I_e/I_s) \times 100$

โปรดติดตามต่อบนหน้า

RCF = I_{st}/I_s
Percent ratio = $(I_{st}/I_s) \times 100$
Percent ratio error $\leq (I_e/I_s) \times 100$

โปรดติดตามต่อบนหน้า

RCF = I_{st}/I_s
Percent ratio = $(I_{st}/I_s) \times 100$
Percent ratio error $\leq (I_e/I_s) \times 100$

โปรดติดตามต่อบนหน้า

โปรดติดตามต่อบนหน้า

มุมเฟสของโหลด $\delta = \tan^{-1} \frac{0.08 + 0.03}{0.09 + 0.02} = 45^\circ$

ความคลาดเคลื่อนของมุมเฟส $\beta = \frac{I_m \cos \delta - I_e \sin \delta}{n I_s} = \frac{2.1 \cos 45^\circ - 2.1 \sin 45^\circ}{100 \times 5} = 0$

อัตราส่วนที่แท้จริง $K = n + \frac{I_e \cos \delta + I_m \sin \delta}{I_s} = 100 + \frac{2.1 \cos 45^\circ + 2.1 \sin 45^\circ}{5} = 100.594$

ความคลาดเคลื่อนของอัตราส่วน $e_r = \frac{100 - 101.594}{101.594} \times 100 = -0.592\%$

๕๑๙
เดิมทีชื่อและเนื้อหาของข้อกำหนดข้อนี้ตาม C57.13-1993 พูดถึงหม้อแปลงกระแสระดับชั้น C และ K แต่ว่า C57.13-2008 ได้ยกเลิกระดับชั้น K ไปแล้ว จึงเหลือเพียงเนื้อหาของระดับชั้น C เท่านั้น

๕๒๐
C57.13-2008 พิมพ์ต่อปรนขึ้นเป็น Qs ซึ่งเป็นการพิมพ์ใหม่ เนื่องจากไม่ได้เปลี่ยนให้เป็นอักษรกรีก ขอให้ผู้อ่านเก็บเป็น Qs

๕๒๑
C57.13-1993 พิมพ์เป็น Is Zp ซึ่งเป็นการพิมพ์ใหม่ เพราะไม่สอดคล้องกับรูปที่ 18 และ C57.13-2008 ได้แก้ไขให้ถูกต้องเป็น Is Zt แล้ว



Routine Tests Live Tank Circuit Breaker

กัรติศิริ วรรณพรม > keertisiri.wannaphan@th.abb.com

Circuit Breaker จาก ABB จะต้องผ่านการทดสอบ
Circuit Breaker จาก ABB มีกระบวนการผลิตเพื่อให้เป็นที่ยอมรับในระดับสากล
สร้างความมั่นใจในเรือขของการมอสนคักมีอูใ้ตามกำหนดเวลาด้วยคุณภาพและ
ความน่าเชื่อถือเหนือระดับ จากสัว่านวยความสะดวก และเทคโนโลยีที่ทันสมัย
Live Tank Circuit Breaker กว่า 3,000 ตัว ได้ถูกผลิตขึ้นพร้อมผ่านการทดสอบ
Routine Test ที่โรงงาน ABB Ludvika แหวนี

วัตถุประสงค์ของการทดสอบเพื่อสร้างความมั่นใจใน
คุณภาพและการรับประกันของวัสดุในการออกแบบ
และการประกอบกันเข้าเป็น Circuit Breaker รวม
ถึงอุปกรณ์ที่ใช้ในกระบวนการผลิต ทางเรายินดี
ต้อนรับผู้ใช้งานทุกท่านที่ต้องการเข้าร่วมเป็นส่วนหนึ่ง
ในการทดสอบ ซึ่งการทดสอบ Routine Test ถือ
เป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการในการผลิต Circuit
Breaker และกระบวนการทดสอบจะต้องเป็นไป
ตามข้อกำหนดของมาตรฐานสากล

ผลการดำเนินงานของ Routine Test
ขั้นตอนสำคัญของกระบวนการการสั่งซื้อส่งผลถึง
การทำ Routine Test ได้ถูกอธิบาย ไว้ในตัวอย่าง
Timeline ที่แสดงด้านล่าง ซึ่งระยะเวลาที่แน่นอน
ของขั้นตอนเหล่านี้อาจแตกต่างกันขึ้นอยู่กับขนาด
และลักษณะการสั่งซื้อ

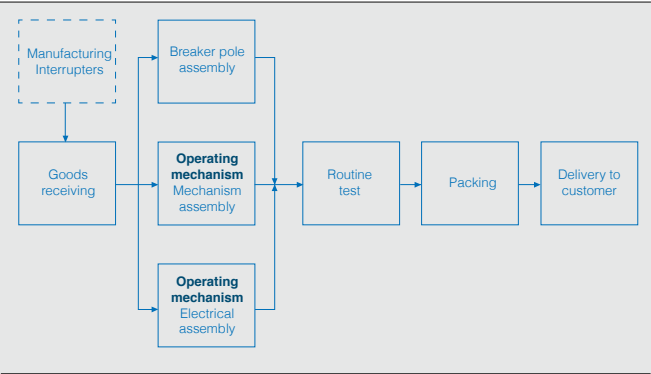
การเชิญให้เข้าร่วมเป็นพยานในการทดสอบ Routine
Test เป็นส่วนหนึ่งของการตอบรับการสั่งซื้อสินค้า
หลังจากที่กำหนดวันในการทำการทดสอบ และทราบ
กำหนดการส่งสินค้า แผนการทดสอบจะถูกแจ้งไปที่
ผู้สั่งซื้อ ซึ่งโดยปกติแล้วจะใช้เวลา 6 สัปดาห์ ก่อนวัน
ทำการทดสอบจริง

หลังจากที่ทราบกำหนดการทดสอบ Routine Test
แล้ว ผู้เข้าร่วมทั้งหมดจะต้องตอบรับการเข้าร่วมการ
ทดสอบในแต่ละครั้งภายใน 3 สัปดาห์ก่อนถึงกำหนด
การทดสอบ

สำหรับการทดสอบพิเศษที่ต้องการให้ทดสอบเพิ่มเติม
จะต้องแจ้งตั้งแต่ขั้นตอนของการสั่งซื้อสินค้า หรือ
อย่างช้าที่สุดคือจดหมายยืนยันการเข้าร่วมการทดสอบ
และเป็นที่ยอมรับโดยทั่วกันว่าการเปลี่ยนแปลงใดๆ
ก็ตาม รวมถึงการเลื่อน Routine Test ล้วนส่งผล
กระทบถึงระยะเวลาในการส่งของทั้งสิ้น

Week	Activities
1	Order received from customer
2	Order acknowledgement sent by ABB with preliminary date for routine testing
	Order design work complete. Drawings sent for customer approval. After customer design approval, materials purchased for circuit breaker
X-7	ABB confirms date for routine tests and requests confirmation of customer intention to witness testing
X-4	Customer confirms intention to witness or not
X-2	Circuit breaker assembly work
X-1	Routine testing done
X	Circuit breaker packed and shipped ex-works
Delivery time = "X" weeks, ex-works	

Production Process



Routine test process



หลังจากการทดสอบ Routine Test ในแต่ละครั้ง จะมีการจัดการประชุมร่วมกันกับผู้เข้าร่วมการทดสอบ ผู้สั่งซื้อสินค้า ผู้ผลิต เพื่อสรุปผลการทดสอบ รวมถึงการตอบคำถามปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นขณะที่ทำการทดสอบอีกด้วย

สำหรับ Circuit Breaker ที่ผ่านการทดสอบ Routine Test แล้ว การรายงานผลการทดสอบจะถูกลงบันทึก และมีการรับรองจาก ABB Test Supervisor ผลการทดสอบนี้จะถูกส่งให้ผู้สั่งซื้อ ในขั้นตอนของ Documentation

การส่งสินค้า
เครื่องมือและส่วนประกอบของ Circuit Breaker

วัสดุและชิ้นส่วนประกอบสำคัญสำหรับการ assembly ของ Circuit Breaker จะถูกตรวจสอบก่อนที่จะส่งมาถึงโรงงานและก่อนที่จะใช้งานตามความต้องการ และมาตรฐานของ ABB หลากหลายรายการของชิ้นส่วน Circuit Breaker ที่ทางผู้สั่งซื้อต้องการให้ทดสอบเพิ่มเติมสำหรับ Routine Test ก็จะมีการทดสอบจากทาง Supplier ตามมาตรฐานของ ABB ก่อนที่จะส่งเข้ามา assembly ที่ ABB Ludvika และเอกสารรายงานผลการทดสอบจะถูกส่งตามกับผู้สั่งซื้อหรือขอเช่นกัน

Breaker Pole, Mechanical and Electrical Assembling

การทดสอบของ Breaker Pole, Mechanical and Electrical Assembling ถือว่าเป็นกระบวนการหลักที่สำคัญของกระบวนการผลิต Circuit Breaker จะทำก่อนที่จะมีการทดสอบ Routine Test ของ Circuit Breaker ที่ผ่านการ assembly และประกอบ Operating Mechanism(s) แล้ว สำหรับส่วนประกอบชิ้นใดที่ไม่ผ่านการทดสอบจะถูกแยกออกไป แล้วนำไปวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุต่อไป



Summary of routine tests	IEC	ANSI/IEEE	ABB
Nameplate and design check	X	X	X
Resistance measurement (Components in auxiliary and control circuits)	X	X	X
Function check of auxiliary and control circuits	X	X	X
Mechanical operating test	X	X	X
Resistance measurement (Main circuit)	X	X	X
Dielectric test (Auxiliary and control circuits)	N/A	X	X
Dielectric test (Main circuit)	X	X	X
Tightness test	X	X	X

Delivery time = 12 weeks, ex-works

Minutes	Activities completed
0	Start of routine test
10	Nameplate and design check
40	Function check of auxiliary and control circuits
60	Operating mechanism adjustment tests
90	Mechanical operating test
100	Motor and closing spring charging tests
115	Resistance measurement (Main circuit)
125	Dielectric test (Auxiliary and control circuits)
150	Overpressure test, tightness test
175	Dielectric test (Main circuit)
180	Transfer to packing department

The entire process is normally completed within approximately 3 hours per three pole operated breaker. The routine test report is automatically generated from the computerized test system and can be reviewed in full by the customer without delay after test completion.



การบรรจุหีบห่อ
หลังจากผ่านการทดสอบ Routine test เรียบร้อยแล้ว Circuit Breaker จะถูกแยกชิ้นส่วนออกมาเพื่อการบรรจุหีบห่อและจัดส่งเป็นลำดับถัดไป

การจัดส่ง
หลังจาก Circuit Breaker ถูกแยกชิ้นเพื่อการบรรจุหีบห่อเรียบร้อยแล้วจะถูกจัดส่งให้ถึงมือผู้ซื้อตามข้อตกลงที่ได้ระบุไว้ตั้งแต่ขั้นตอนการสั่งซื้อสินค้า

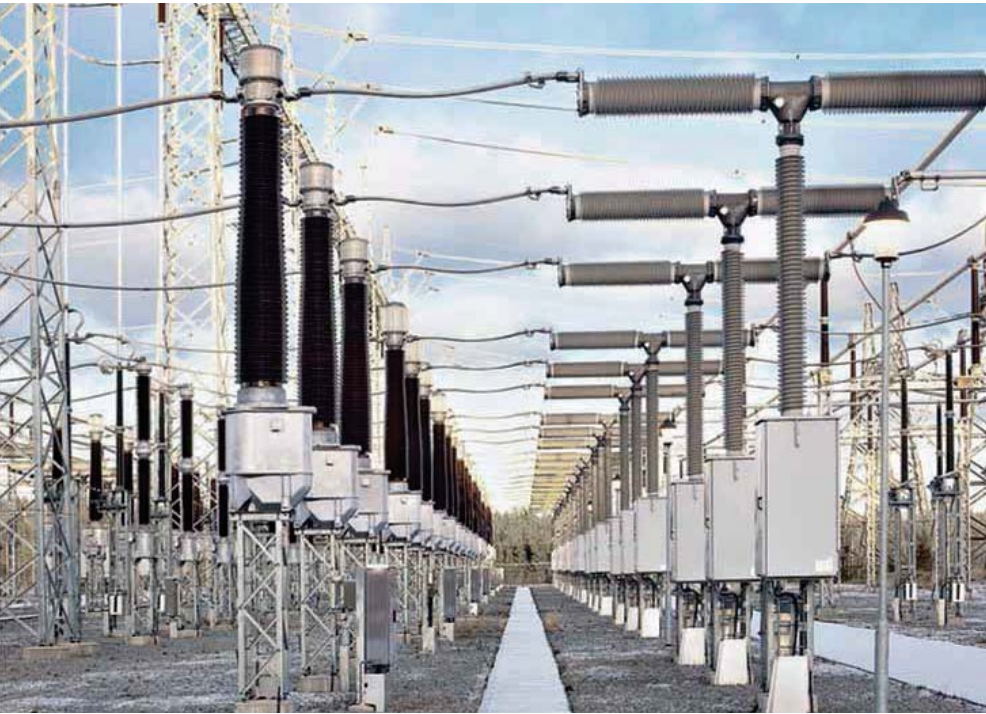
การทดสอบที่ถูกควบคุมตามมาตรฐานสากล

การทดสอบ Routine Test ของ Circuit Breaker จาก ABB จะถูกควบคุมคุณภาพการผลิตอย่างเข้มงวด ถือเป็นส่วนหนึ่งของขั้นตอนการผลิตที่มีคุณภาพของเรา ทุกๆ รายการการทดสอบจะต้องทำตามข้อกำหนดอย่างเคร่งครัด เพื่อให้เกิดความถูกต้องของการทดสอบและเพื่อให้เป็นที่มั่นใจว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้มานั้นผ่านผลการทดสอบซึ่งสอดคล้องกับระดับมาตรฐานสากล หลักการการทดสอบหลักๆ จะอ้างอิงตาม IEC, ANSI และ ABB standard ซึ่งได้แสดงดังตารางด้านบน ส่วนรายละเอียดขั้นตอนการทดสอบจะถูกจัดเตรียมให้แล้วแต่การร้องขอจากผู้สั่งซื้อ

Workflow

เพื่อให้แน่ใจว่าการระยะเวลาของการผลิต ตลอดจนกระบวนการต่างๆ ที่แนวทางการส่งมอบที่ตรงเวลา การดำเนินการทดสอบ Routine Test จะถูกวางแผนให้เป็นไปตามตารางเวลาอย่างเคร่งครัด ดังตารางด้านบน ซึ่งแสดงระยะเวลาการทดสอบ Routine Test สำหรับ Three-pole Operated Breaker (or One Phase of a Single Pole Operated Breaker)

ขั้นตอนทดสอบ Routine Test ทั้งหมด สำหรับ Circuit Breaker จะถูกบันทึกเป็นเอกสารในรายงานผลการทดสอบ ซึ่งการรวบรวมข้อมูลสรุปผลจะได้จากโปรแกรมการทดสอบที่ถูกต้องแม่นยำ หลังจากนั้นจะต้องผ่านการตรวจสอบและรับรองผล โดย ABB Certified Test Supervisor เอกสารทุกอย่างจึงจะถูกจัดส่งถึงมือผู้ซื้อในขั้นตอนของ Documentation



The world of high-voltage power

โลกขอไฟฟ้าแรงสูง

ดร. วรวุฒิ แซ่ก๊วก > worawut.sae-kok@th.abb.com

ความเป็นมาโดยสังเขป

หนึ่งในความสำเร็จครั้งใหญ่ในวิศวกรรมสมัยใหม่คือ การมีระบบไฟฟ้ากำลัง เมื่อบริษัท WESTINGHOUSE ได้สร้างเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับเครื่องแรกในปี 1895 ซึ่งติดตั้งที่น้ำตกในแอ่งการา ไฟฟ้าได้ถูกเปลี่ยนจากเพียงแค่ความอยากรู้อยากเห็นทางวิทยาศาสตร์ไปเป็นการประยุกต์ใช้งานจริงที่มีประโยชน์สำหรับสังคม อีกทั้งเกิดความชัดเจนขึ้นอย่างรวดเร็วในการที่ไฟฟ้าสามารถถูกส่งด้วยระยะทางที่ไกลด้วยไฟฟ้าแรงสูง ซึ่งเป็นวิธีเดียวในการที่จะส่งไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าขนาดใหญ่ที่มีโรงอยู่ใกล้แหล่งพลังงาน เช่น ถ่านหิน ไปยังแหล่งขอลงที่ต้องการไฟฟ้า อาทิเช่น เมืองขนาดเล็กและมหานคร ในที่สุดการพัฒนาอุปกรณ์สวิตช์จึงสามารถทำให้การต่อหน่วยผลิตพลังงานไฟฟ้าหลายหน่วยและโหลดหลายหน่วยอย่างปลอดภัยเกิดขึ้นด้วยสายส่งเส้นเดียวกัน ซึ่งช่วยลดการจ่ายแบบแยกที่ซับซ้อนและมีประสิทธิภาพและเป็นลักษณะของระบบไฟฟ้าในปัจจุบัน

รูปที่ 1 สวิตช์เกียร์ขนาดยักษ์ที่ Sempersteig, Zurich ในปี 1967



รูปที่ 2 เซอร์กิตเบรกเกอร์แบบ Dead-tank ในประเทศสหรัฐอเมริกา



ตั้งแต่ในช่วงแรกเริ่มต้น อุปกรณ์เครื่องกลไฟฟ้าได้ผ่านการพัฒนาที่สำคัญเพราะทำให้เกิดความเข้าใจที่ลงรายละเอียดของหลักการฟิสิกส์ของวัสดุภายใต้สภาวะทางไฟฟ้าและความร้อน โดยเฉพาะอย่างยิ่งความเข้าใจในตัวฉนวนหลักที่เป็นน้ำมัน กระดาษ และพอลิเอทิลีนสำหรับอุปกรณ์สวิตช์ เบรกเกอร์น้ำมันขนาดใหญ่ได้ถูกแทนที่ด้วยเบรกเกอร์แบบ Minimum oil ที่ซึ่งปริมาณของน้ำมันลดลง โดยการให้อากาศที่ความดันสูงไหลเข้าไปในบริเวณที่เกิดอาร์ก และถัดมาได้มีการค้นพบคุณสมบัติไดอิเล็กทริกของก๊าซ SF₆ ซึ่งให้ผลในการนำเสนอสวิตช์เกียร์ขนาดยักษ์ไฟฟ้าแรงสูง (GIS) โดยบริษัท BBC ซึ่งเป็นบริษัทเริ่มต้นของบีบี ในปี 1965 (รูปที่ 1) หลังจากนั้น การมุ่งเน้นจะเป็นไปในเรื่องการปรับปรุงความเข้าใจทางฟิสิกส์ของเบรกเกอร์ซึ่งให้ผลในการได้ตัวตัดกระแสที่มีกำลังมากขึ้นในการตัดกระแสสวิตช์จาก 25kA โดยทั่วไปไปถึงระดับสูงถึง 80kA และจากการต่อตัวตัดกระแสแบบอนุกรมไปเป็นตัวตัดกระแสหนึ่งตัวไปถึงระดับแรงดัน 420 kV หรือแม้แต่สูงถึงระดับ 550 kV ของเซอร์กิตเบรกเกอร์ตัวอย่างเช่น ในปี 1998 บริษัทบีบีเป็นผู้ผลิตสายแรกที่มีแนวโน้มเซอร์กิตเบรกเกอร์แบบ Dead-tank (DTB) ที่ระดับแรงดัน 245kV และที่กระแสสวิตช์สูงถึง 80kA ในประเทศสหรัฐอเมริกา (รูปที่ 2)

นอกจากนั้น ความรู้ที่เพิ่มมากขึ้นในเรื่องคุณสมบัติของไดอิเล็กทริกและความร้อน รวมทั้งการจำลองทางคอมพิวเตอร์ของอาร์กหรือที่ไหลได้ช่วยในการพัฒนาฟังก์ชันของสวิตช์เกียร์พื้นฐานไปยังระดับที่ซึ่ง (ตามข้อมูลสถิติของ CIGRE ล่าสุด) ความน่าเชื่อถือได้ของเซอร์กิตเบรกเกอร์ขนาดยักษ์ SF₆ ได้ถูกปรับปรุงพัฒนาไปถึงในระดับที่ค่าความผิดพลาดมีค่าต่ำที่ 0.3 ต่อ 100 หน่วยเซอร์กิตเบรกเกอร์ • ปีในการใช้งานซึ่งเป็นระดับที่ดีกว่าเบรกเกอร์แบบ Two pressure และไม่สามารถที่จะเปรียบเทียบกับอุปกรณ์ด้วยเทคโนโลยีน้ำมันที่มีค่าสูงกว่ามาก (รูปที่ 5) รูปที่ 3 แสดงเซอร์กิตเบรกเกอร์แบบ Live-tank (LTB) ที่แรงดัน 420kV ในช่วงปลายทศวรรษที่ 1960 เปรียบเทียบกับเซอร์กิตเบรกเกอร์ชนิดใหม่ LTBT2 ที่ซึ่งตัวตัดกระแสสองตัวต่ออนุกรมกันและไม่มีจำเป็นต้องใช้

Grading capacitors (ดูรูปที่ 4)

นวัตกรรมในอุปกรณ์ไฟฟ้าแรงสูง ความต้องการที่แตกต่างกันทั่วโลกนำไปสู่การมีสวิตช์เกียร์ในหลายรูปแบบ (ดูรูปที่ 6) แรกเริ่มสวิตช์เกียร์เหล่านี้จะมี LTB ซึ่งการฉนวนหลักเป็นแบบในอากาศและส่วน Active part บนด้านไฟฟ้าแรงสูงจะถูกต่อกับสายพาดในอากาศ DTB ซึ่งเป็นรูปแบบที่ใช้เป็นอย่างมากในประเทศสหรัฐอเมริกาที่ซึ่งตัวตัดกระแสจะถูกบรรจุในแท่งกึ่งโลหะที่อัดความดันและถูกต่อดิน และ GIS ที่มีจะถูกใช้ในอาคารเป็นหลักหรือในสถานที่ที่ซึ่งขนาดพื้นที่เล็กเป็นสิ่งสำคัญ ตลาดไฟฟ้าที่เปิดเสรีในหลายประเทศจะทำให้การใช้สถานีไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพ ขนาดเล็กและมีความน่าเชื่อถือได้มีความสำคัญมากขึ้น เอบีบีได้เริ่มต้นทำการพัฒนาอุปกรณ์สวิตช์เกียร์ด้วยฟังก์ชันการทำงานผนวกเพิ่มเติม เช่น เหมือนกับระบบ Plug และ Switch (PASS) ซึ่งนำไปสู่การพัฒนาสวิตช์เกียร์ด้วยเทคโนโลยีผสมซึ่งให้ฟังก์ชันการทำงานผสมผสานของเทคโนโลยี AIS และ GIS

เริ่มต้นในช่วงปลายของทศวรรษที่ 1990 PASS เป็นแนวคิดแบบโมดูลาร์ซึ่งรวมฟังก์ชันการทำงานในกล่องหุ้มโลหะ (เหมือนกับใน DTB) ด้วยการผนวกสวิตช์ตัดตอนและสวิตช์ต่อลงดินและการวัดกระแส PASS เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าแรงสูงที่ออกแบบประจักษ์สามารถถูกจัดวางให้เหมาะสมกับรูปแบบของสถานีไฟฟ้าอย่างง่าย AIS ทั้งหมด อาทิเช่น แบบบัสบาร์เดี่ยว บัสบาร์คู่หรือแบบ H บริดจ์ และสามารถถูกติดตั้งในสถานีไฟฟ้าใหม่หรือเป็นการปรับปรุงในสถานีไฟฟ้าเดิมและช่วยประหยัดการใช้พื้นที่ อุปกรณ์ไฟฟ้าแรงสูงนี้มาจากโรงงานในลักษณะที่ประกอบและทดสอบสำเร็จ ซึ่งหมายความว่าใช้เวลาในการติดตั้งน้อยและลดระยะเวลาในการตรวจสอบราคาและจัดซื้อและเวลาทั้งหมดของโครงการ PASS และโซลูชันสวิตช์เกียร์ที่เป็นแบบเทคโนโลยีผสมเป็นที่ยอมรับแพร่หลายมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งเพราะทำให้ความยืดหยุ่นเป็นอย่างมากในการมีสถานีไฟฟ้าใหม่เอบีบีได้นำเสนอและจัดส่ง PASS หรือสวิตช์เกียร์

รูปที่ 3 เซอร์กิตเบรกเกอร์แบบเทคโนโลยี Airblast ที่แรงดัน 420 kV ในปี 1955 ด้วยตัวตัดกระแส 10 ยูนิต์ต่ออุโมงค์กัน



แบบไฮบริดมากกว่า 8,000 ไมล์ทั่วโลก (ดูรูปที่ 7)

อีกตัวอย่างหนึ่งของการเริ่มต้นแนวคิดสวิตช์เกียร์ไฟฟ้าแรงสูงคือสคอนเนคติงเซอร์กิตเบรกเกอร์ (DCB) ซึ่งเริ่มต้นโดยเอบีบีในปี 2000 อุปกรณ์สวิตช์ที่มีความน่าเชื่อถือได้น้อยที่สุดในสถานีไฟฟ้าย่อยแบบ AIS คือสวิตช์ตัดตอน ซึ่งถูกใช้เป็นหลักในการแยกเซอร์กิตเบรกเกอร์หรืออุปกรณ์ไฟฟ้าแรงสูงอื่นๆ สำหรับจุดประสงค์ในการบำรุงรักษา ใน DCB สวิตช์ตัดตอนในอากาศจะถูกหลีกเลี่ยงโดยง่ายและเป็นส่วนหนึ่งในเซอร์กิตเบรกเกอร์ที่ถูกปกป้องโดยฉนวนก๊าซ SF₆ เนื่องจากช่วงเวลาในการทำบำรุงรักษาของเซอร์กิตเบรกเกอร์ไฟฟ้าแรงสูง SF₆ นั้นประมาณ 15 ปีหรือมากกว่า จึงดูไม่สมเหตุผลในบางกรณีที่จะใช้สวิตช์ตัดตอนในช่วงเวลาในการทำบำรุงรักษาสั้นกว่าด้วยการเกิดขึ้นของมาตรฐาน IEC สำหรับ DCB (IEC

62271-108) ในปี 2005 การยอมรับเทคโนโลยีดังกล่าวมีมากขึ้น ทำให้มี DCB มากกว่า 1,500 ตัวติดตั้งอยู่ในที่ต่างๆ ทั่วโลก ณ ระดับแรงดันจนถึง 550kV

นอกจากในเรื่องของขนาดที่เล็ก ข้อได้เปรียบที่สำคัญที่สุดของการรวมฟังก์ชันการทำงานคือ ความน่าเชื่อถือได้เพราะว่ามีส่วนประกอบเพิ่มมากขึ้นที่ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมที่มีการปกป้องโดยก๊าซ การเปลี่ยนแปลงจากระบบไฟฟ้าไปเป็นแบบอุปกรณ์ป้องกันแบบดิจิทัลได้แทนที่การใช้หม้อแปลงวัดที่มีขนาดใหญ่ ซึ่งถูกใช้ในการวัดกระแสกับแรงดันและการมีรีเลย์ในการหริบซ้อนกันหลายตัว โดยจะมีเซนเซอร์ซึ่งมีความสามารถในการประมวลผลถูกต่อกับอุปกรณ์ควบคุมในระดับเบสและสถานีด้วยสัญญาณอนาล็อกกำลังต่ำหรือด้วยการตัดด้วยเส้นใยแก้วนำแสงแบบดิจิทัล โดยการเริ่มต้นจากเอบีบี อุปกรณ์เหล่านี้ได้แสดงให้เห็นถึงก้าวแรกในการเข้าสู่โลกของสถานีไฟฟ้าแบบดิจิทัล ซึ่งถัดมาเป็นที่เรียกกันอย่างกว้างขวางว่า สถานีไฟฟ้าอัจฉริยะ ตัวอย่างเช่น ในช่วงปลายทศวรรษที่ 1990 เอบีบีได้แนะนำโซลูชัน GIS อัจฉริยะที่มีเซนเซอร์ กระแสอิเล็กทรอนิกส์ด้วยทรานสิดิวเซอร์ และระบบ Optical การควบคุมตัว Actuators และการควบคุมและป้องกันแบบรวมแบบดิจิทัล

ความก้าวหน้าครั้งใหญ่สำหรับสถานีไฟฟ้าแบบดิจิทัลมาพร้อมกับการเกิดขึ้นของมาตรฐานนานาชาติในเรื่องของ Substation Automation มาตรฐาน IEC 61850 ซึ่งแก้ไขผ่านทางด้านวิศวกรรมในการรวมโซลูชันของผู้ผลิตหลายรูปแบบ ซึ่งไม่ใช่แค่เป็น

รูปที่ 4 เซอร์กิตเบรกเกอร์แบบ SF6 ที่แรงดัน 420 kV ด้วยตัวตัดกระแส 2 ยูนิต์ต่ออุโมงค์กัน



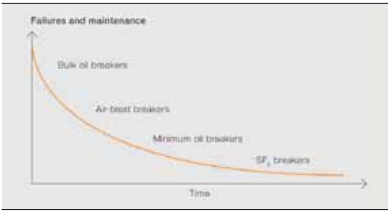
ปัญหาในการทำงานร่วมกันระหว่างอุปกรณ์ของผู้ผลิตแต่ละรายจะถูกแก้ไขแล้ว IEC 61850 ยังช่วยสร้างมาตรฐานในการป้องกันปัญหาในอนาคตภายใต้การพัฒนาอย่างรวดเร็วและโลกดิจิทัลที่มีการเปลี่ยนแปลง

การพัฒนาล่าสุดและแนวโน้ม

ตัวขับเคลื่อนอย่างต่อเนื่องที่จะเพิ่มความน่าเชื่อถือได้และการพร้อมใช้งานไฟฟ้าได้ถูกสะท้อนให้เห็นในมาตรฐานสวิตช์เกียร์ไฟฟ้าแรงสูง IEC 62271-100 ซึ่งมีข้อกำหนดใหม่ที่สูงขึ้น ในเรื่องสำหรับการสวิตช์ทางกล (M2) และทางด้าน Capacitive (C2) และทางไฟฟ้า (E2) ความพยายามเหล่านี้ ผนวกรวมกับการเริ่มต้นทางด้านระบบไฟฟ้าอัจฉริยะ ได้ให้ผลในแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นไปยังการมอนิเตอร์แบบออนไลน์สำหรับการทำงานของสวิตช์เกียร์ทั้งหมดในระดับเบสและสถานี ซึ่งจำเป็นสำหรับการเปลี่ยนแปลงจากระบบตารางเวลาในการบำรุงรักษาที่ต้องถูกกำหนดไว้ไปเป็นการวางแผนล่วงหน้าในการจัดเปลี่ยนตารางเวลาในการบำรุงรักษาและลดเวลาในการดับไฟ สถานีไฟฟ้าอัจฉริยะรุ่นใหม่จะใช้สิ่งที่เรียนรู้ในอดีตมาใช้ เพื่อเพิ่มความปลอดภัย ความน่าเชื่อถือได้และการทำงานที่ยืดหยุ่นของอุปกรณ์ไฟฟ้าแรงสูง ซึ่งสามารถที่จะให้เกิดความสอดคล้องกับความต้องการในอนาคตสำหรับระบบไฟฟ้ากำลัง AC

ความท้าทายเรื่องไฟฟ้าแรงสูงอีกอย่างหนึ่งคือ การส่งไฟฟ้าปริมาณมากอย่างมีประสิทธิภาพในระยะทางไกล เมื่อไม่นานมานี้โครงการสาธิตติดตั้งเทคโนโลยี UHV (Ultrahigh-voltage) ได้เกิดขึ้นในประเทศจีน

รูปที่ 5 อัตราความผิดพลาดของเทคโนโลยีเซอร์กิตเบรกเกอร์ที่แตกต่างกัน



รูปที่ 6 สวิตช์เกียร์ไฟฟ้าแรงสูงของเอบีบีที่ครอบคลุมซึ่งขึ้นอยู่กับข้อกำหนดในเรื่องของพื้นที่และความน่าเชื่อถือได้



และอินเดีย การเกิดขึ้นของเทคโนโลยี UHV (กำหนดให้สำหรับแรงดันที่มากกว่า 800kV ในระบบ AC และ 800kV หรือมากกว่าในระบบ DC) ได้ถูกเริ่มขึ้นจากประเทศที่เติบโตขึ้นเร็วและมีความต้องการใช้ไฟฟ้ามาก ที่ซึ่งแหล่งพลังงานจำนวนมากอยู่ในที่ห่างไกลเพื่อที่จะให้สามารถส่งไปยังเมืองใหญ่และแหล่งโหลดที่เติบโตอย่างรวดเร็ว สายส่ง UHVAC ได้ถูกวางแผนให้เป็นกระดูกสันหลังสำหรับส่งเสริมการพัฒนาเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วของโครงสร้างระบบไฟฟ้า ตัวอย่างเช่นโครงการสาธิต UHVAC 1,100kV ในประเทศจีน ที่ซึ่งสายส่งยาว 650 กิโลเมตรจาก Jindongnan ผ่านทาง Nanyang ไปยัง Jingmen ด้วยความสามารถในการส่งมากกว่า 5,000 MVA

เอบีบีได้เข้าร่วมในความพยายามร่วมกับผู้ผลิตภายในประเทศจีนในการออกแบบและจัดส่ง GIS แบบไฮบริด (สวิตช์เกียร์แบบเทคโนโลยีผสม) ที่แรงดัน 1,100kV ตัวแรกสำหรับสถานีไฟฟ้าย่อย Jingmen ซึ่งได้เริ่มทำงานอย่างสำเร็จในเดือนธันวาคม 2008 (ดูรูปที่ 8)

รูปที่ 7 PASS สำหรับการใช้นิโอสถานีไฟฟ้าย่อยใหม่และในการปรับปรุงสถานีไฟฟ้าย่อย



รูปที่ 8 1,100kV UHVAC GIS แบบไฮบริดซึ่งถูกออกแบบโดยเอบีบีสำหรับสถานีไฟฟ้าย่อย Jingmen ในประเทศจีน

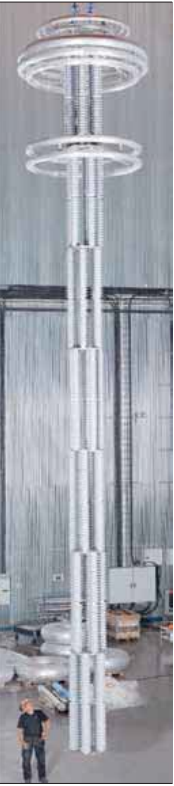


แม้จะมีการถกเถียงกันในการส่งไฟฟ้าแบบ UHV โดยเฉพาะในเรื่องของศักยภาพเชิงพาณิชย์ SGCC (State Grid Corporation of China) ได้ตัดสินใจส่งเสริมเทคโนโลยี HVDC ในระดับแรงดัน UHV ด้วยเช่นกัน เริ่มต้นจาก +/-500kV ถึง 800kV DC การติดตั้งเชิงพาณิชย์ครั้งแรกได้เกิดขึ้นไปสู่การเริ่มต้นใช้งานในปี 2010

เอบีบีเมื่อไม่นานมานี้ได้ประสบความสำเร็จในการทดสอบอุปกรณ์ UHVDC ที่ระดับแรงดัน 1,100kV และพร้อมสำหรับระบบไฟฟ้าแรงสูงในอนาคตข้างหน้า (ดูรูปที่ 9)

ในฐานะที่เป็นผู้นำในเรื่องอุปกรณ์ไฟฟ้าแรงสูง เอบีบีได้ทำการพัฒนา ปรับปรุงและคิดค้นเทคโนโลยีไฟฟ้าแรงสูงและลงทุนในการโครงการติดตั้งทดสอบต่างๆ เพื่อที่จะได้มาซึ่งเทคโนโลยีใหม่ที่จะส่งเสริมของการเติบโตของไฟฟ้าทั่วโลกอย่างยั่งยืน

รูปที่ 9 กับดักเล็กรัง 1,100 kV UHVDC ในห้องทดสอบเมื่อปี 2012



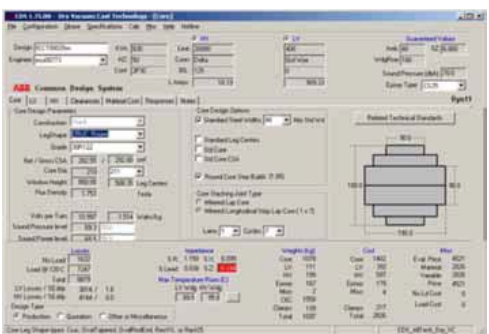
เรียบเรียงจาก Fredi Stucki, "The world of high-voltage power – A concise history", ABB Review Special Report (High-voltage products), page 6-10



Vacuum cast coil dry type transformer

สกุลธิดา กล่อมเกลี้ยง > sakulthida.klomkleang@th.abb.com

หม้อแปลง เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับส่งผ่านพลังงานไฟฟ้า สามารถเปลี่ยนขนาดแรงดันไฟฟ้าหรือขนาดของกระแสไฟฟ้าได้ ซึ่งขึ้นอยู่กับ การออกแบบและใช้ขาน เมื่อขนาดของหม้อแปลงได้รับแรงเคลื่อนไฟฟ้ากระแสสลับ จะทำให้มีแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำเกิดขึ้นตามกฎของ ฟาราเดย์ ขนาดของแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำนี้ขึ้นอยู่กับจำนวนรอบของขดลวดพันที่แกนเหล็ก และความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็ก ที่มีการเปลี่ยนแปลงจากไฟฟ้ากระแสสลับ เมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดจะทำให้มีเส้นแรงแม่เหล็กในขดลวด เส้นแรงแม่เหล็กนี้ เปลี่ยนแปลงตามขนาดของรูปคลื่นไฟฟ้าที่ได้รับเส้นแรงแม่เหล็กเกือบทั้งหมดจะอยู่รอบแกนเหล็ก เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของเส้นแรงแม่เหล็กผ่านขดลวด จะทำให้มีแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำเกิดขึ้นที่ขดลวดทุติยภูมินี้ ซึ่งทุกๆ ที่ที่ต้องการใช้พลังงาน ไม่ว่าจะเป็น แสงสว่าง เมื่อขดลวดได้รับแรงเคลื่อนไฟฟ้ากระแสสลับ จะทำให้ขดลวดมีการเปลี่ยนแปลงเส้นแรงแม่เหล็กตามขนาดของรูปคลื่นไฟฟ้า กระแสสลับ ทำให้มีแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำเกิดขึ้นที่ขดลวดนี้ ซึ่งหม้อแปลงมีทั้ง Oil type และ Dry type ซึ่งวันนี้ ABB ขอแนะนำหม้อแปลง Dry type ที่ทำการหล่อ coil ในระบบสุญญากาศ ที่เรียกว่า Vacuum cast coil dry type transformer



Application

ABB Vacuum cast coil Dry type transformer ได้ผลิตตาม International quality standard ISO9001 และ ISO 14001 Vacuum cast coil dry type transformer สามารถป้องกันความชื้น เหมาะ สำหรับทำงานในสภาพแวดล้อมที่มีฝุ่นสกปรกมาก และสภาพแวดล้อมที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูงกว่า 95% หรือ แม้กระทั่งอุณหภูมิแวดล้อม -25°C ก็ยังสามารถทำงาน ได้ และลักษณะพิเศษอีกอย่างหนึ่งของ Vacuum cast coil ที่ทำการหล่อด้วย Resin คือการรับรองการ ทดสอบอุณหภูมิสูงสุดที่ทนได้ของฉนวน โดย UL with Thermal index 180 °C (Class H) สอดคล้อง ตามมาตรฐาน ANSI C57.12.60-IEEE Trial-Use standard test ดังนั้น Vacuum cast coil dry type transformer จึงเป็นทางเลือกที่เหมาะสมสำหรับ หม้อแปลงที่ต้องการติดตั้งใกล้กับสถานที่ที่ใช้งาน ช่วยลดค่าใช้จ่ายในการติดตั้ง เนื่องจากติดตั้งใกล้ ทำให้ความยาวของสายเคเบิลสั้นลงซึ่งช่วยลดกำลัง การสูญเสียทางไฟฟ้าที่เกิดจากความยาวของสาย เคเบิลได้ด้วย

Vacuum cast coil dry type transformer สามารถ นำไปติดตั้งใช้งานได้ทั้งหน่วยงาน Utility, Industry และ Building รวมไปถึง Railway ส่วนใหญ่จะนิยม ใช้ในบริเวณที่มีพื้นที่จำกัดและอยู่ใกล้กับประชาชน เนื่องจากมีความปลอดภัยสูง

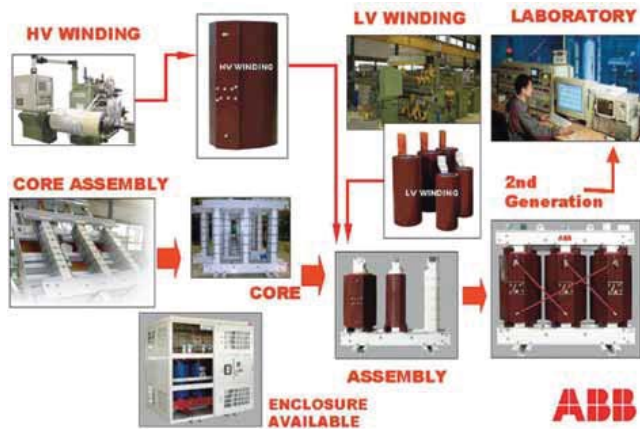
Manufacturing Processes

- Common Technology
- Common Technical Standards
- Materials
- Productions
- Processes
- Procedures & Instructions
- Common Key Machineries
- HV Winding
- Vacuum Casting
- Core Cutting

ซึ่งทำให้ผู้ใช้งานมั่นใจได้ว่า ผลิตภัณฑ์จาก ABB Asia หรือ ABB Europe มีคุณภาพและมาตรฐานเดียวกัน เพราะ ABB ใช้เทคโนโลยี Common Technology ในการออกแบบหม้อแปลง Vacuum cast coil dry type transformer เช่นเดียวกัน

- HV winding มีการบวนการในการผลิตด้วยเครื่อง automatically โดยจะทำการพันขดลวดเป็นแบบ

Process ในการผลิตหม้อแปลง Vacuum cast coil dry type transformer



continuous drop down disc และเป็น double layer insulation จำนวนรอบที่พันและขนาดของขดลวดได้จากกรอกแบบของโปรแกรม Common Technology จากนั้นก็จะนำไปใส่ความชื้นออก แล้วหล่อ Resin ในระบบสุญญากาศในระยะเวลาที่เหมาะสม ซึ่งชนิดของขดลวดสามารถเลือกได้ระหว่าง Aluminum หรือ Copper ขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ใช้งาน

- LV winding มีกระบวนการในการผลิตด้วยเครื่อง automatic เช่นเดียวกับ HV winding ลักษณะการพันขดลวดเป็นแบบ Aluminum foil และฉนวนเป็นแบบ foil preimpregnated with resin จากนั้น LV winding ก็จะถูกนำไปอบและตกแต่งตัว coil ให้พร้อมสำหรับการนำไปประกอบ

- Core มีกระบวนการในการจัดเรียงเหล็กเป็นแบบ Step-lap ทำให้ลดเสียงรบกวนที่เกิดจากการเหนี่ยวนำแม่เหล็กจนเกิดการอิ่มตัว (Saturation) บริเวณรอยต่อ ลดกระแส No load ยังทำให้ No-load loss ลดลงด้วย

Testing (IEC & ANSI/IEEE & ABNT NBR)

- Routine
 - Winding resistance
 - Voltage ratio
 - Vector relationship
 - Impedance and load loss
 - No-load loss and current
 - Separate-source voltage
 - Induced over-voltage
 - Partial Discharge

- Type
 - Lightning Impulse
 - Temperature Rise
- Special
 - Sound Level
 - Short Circuit (3rd party)

The product basic range: Vacuum Cast Coil

- From 50 kVA up to 30 MVA.
- High Voltage: up to 52 kV.
- Low Voltage: up to 36 kV.
- Classes: E2, C2, F1.
- Partial Discharges: <10 pC.
- Ambient design: from -25 °C up to 60 °C.
- Insulation: 155 °C (F), 180 °C (class H).
- Cooling: AN, ANAF (up to +40%), AFWF.
- Enclosure protection degree: from IP00 up to IP54.

Vacuum Cast Coil strong points

- Stronger resistance against short-circuit stress.
- Superior behaviour on load changes (thermal)
- Linear distribution of BIL (Basic Impulse Level)
- No silicone during coil manufacturing.
- Superior performance under dynamic loads (mechanic)
- Excellent performance under severe ambiental conditions (exceeding E2)
- More suitability for extreme environmental conditions.



Certifications

ISO 9001:2000 KS A 9001:2001

ISO 14001:2004 KS A 14001:2004

Certifications from Lloyd's Register

KEMA Type Test Certificate



Safe and environmental friendly

- ลดการปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อม
- ไม่มีความเสี่ยงในการรั่วไหลของของเหลว
- เป็นผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม
- ไม่นำไฟ และสามารถดับไฟได้ด้วยตัวเอง

- High resistance to short circuit
- High capacity to support over load
- ทนต่อการสั่นสะเทือนได้ดี



Power Transformers (ตอนที่ 21)

ปานทิพย์ ประสงค์ไทย > pantip.prasongthai@th.abb.com

9.4.5. น้ำมันหม้อแปลงและการทำหน้าที่เป็นฉนวน
น้ำมันในหม้อแปลงจะทำหน้าที่เป็นฉนวนไฟฟ้าและถ่ายเทความร้อนจากชิ้นส่วนทำงานของหม้อแปลงไปยังระบบระบายความร้อน อย่างไรก็ตาม น้ำมันจะมีคุณสมบัติการเป็นฉนวนไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพจะต้องปราศจากความชื้นเจือปนและสะอาด

การที่ปริมาณความชื้นในน้ำมันอยู่ในระดับไม่สูงเกินไปและวัสดุฉนวนอื่น (สถานะของแข็ง) มีปริมาณความชื้นอยู่แสดงว่า ปริมาณความชื้นในน้ำมันส่วนมากถูกถ่ายเทมาที่อยู่ที่วัสดุฉนวน (กระดาษ)

ความชื้นในวัสดุฉนวนเป็นตัวเร่งสำคัญที่ทำให้ความชื้นในน้ำมันหรือเสื่อมสภาพ ถ้าปริมาณความชื้นที่ฉนวนเกินค่ากำหนดควรกำจัดอย่างเร่งด่วนโดยเร็วที่สุด อย่างไรก็ตาม การกำจัดความชื้นในน้ำมันอย่างมีประสิทธิภาพจะต้องใช้วิธีการที่เหมาะสม การกำจัดความชื้นในน้ำมันโดยเร็วที่สุดจะช่วยให้หม้อแปลงทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและอายุการใช้งานยาวนานขึ้น การกำจัดความชื้นในน้ำมันโดยเร็วที่สุดจะช่วยให้หม้อแปลงทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและอายุการใช้งานยาวนานขึ้น การกำจัดความชื้นในน้ำมันโดยเร็วที่สุดจะช่วยให้หม้อแปลงทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและอายุการใช้งานยาวนานขึ้น

9.4.6. แหวนรองเฟลาและข้อต่อเฟลา

ควรทำความสะอาดฉนวนกระเบื้องที่แหวนรองเฟลา (bushings) ระหว่างที่หม้อแปลงพักหรือหยุดการทำงานเป็นประจำหรือเท่าที่สามารถทำได้ ที่จุด/ตำแหน่งต่าง ๆ ซึ่งอาจเกิดการสกรอกหรือถูกความชื้น จะต้องปฏิบัติด้วยเช่นกัน โดยใช้แม่เหล็กขอสลหรือใช้น้ำยาทำความสะอาดอื่นๆ ที่ระเหยง่าย

ควรตรวจสอบสภาพโลหะตัวนำภายนอกและข้อต่อแห่งโลหะตัวนำ (bus bar joints) ที่แหวนรองเฟลาที่หม้อแปลงเป็นระยะสม่ำเสมอ เหตุผลคือถ้าแรงดันสัมผัสในโลหะตัวนำที่ข้อต่อลดลง อุณหภูมิที่แหวนรองเฟลาจะสูงมาก ฯลฯ อาจทำให้ปะเก็นที่อยู่ติดกันชำรุด วิธีตรวจสอบ/ดูอุณหภูมิที่จุดต่างๆ ข้อต่อ แหวนรองเฟลา ฯลฯ โดยใช้กล้องถ่ายภาพความร้อน

วิธีบำรุงรักษาแหวนรองเฟลาตัวนำประจุแรงดันไฟฟ้าสูง (HV condenser) ให้ปฏิบัติตามคำแนะนำของผู้ผลิตแหวนรองเฟลา

9.4.7. อุปกรณ์ปรับเปลี่ยนแรงดันไฟฟ้าชนิด Off-circuit

เป็นอุปกรณ์สำหรับปรับอัตราส่วนการแปลงไฟฟ้า (transformation ratio) โดยหม้อแปลงไม่ทำงาน เฟลาควบคุมของอุปกรณ์จะยื่นออกมาจากเฟลาคอมหรือผนังข้างถึง ที่ปลายเฟลามันมี อุปกรณ์นอกตำแหน่งและอุปกรณ์ลัด หลังจากหมุนปรับอุปกรณ์จะต้องลัดเพื่อการทำงานเป็นไปตามที่ตั้งไว้

ปกติ อุปกรณ์ปรับเปลี่ยนแรงดันไฟฟ้า off-circuit ไม่จำเป็นต้องมีการบำรุงรักษาประจำ แต่ระหว่างที่หม้อแปลงหยุด/พักทำงานควรมีการปรับเปลี่ยนตำแหน่งบ้าง อย่างต่ำให้พอเพียงตำแหน่งเดียว โดยเฉพาะอย่างยิ่งอุปกรณ์ปรับเปลี่ยนที่มีการปรับเปลี่ยนตำแหน่งนานๆ ครั้ง วิธีปรับเปลี่ยนตำแหน่ง โดยใช้มีดหมุนที่พวงมลัยหรือใช้มอเตอร์หมุน

อายุใช้งานของอุปกรณ์ขึ้นอยู่กับจำนวนครั้งการทำงาน ปริมาณกระแสสเปกตัม ฯลฯ การตรวจสอบ/บำรุงรักษาต้องดำเนินการโดยช่างชำนาญเท่านั้น รายละเอียดดูเอกสาร/คู่มือแนะนำของผู้ผลิต

หม้อแปลงชนิด dry-type อุปกรณ์ปรับเปลี่ยนแรงดันไฟฟ้า off-circuit จะเป็นชนิดมีลัดลัดเลี้ยวสำหรับลดเปลี่ยน

9.4.8. อุปกรณ์ปรับเปลี่ยนแรงดันไฟฟ้าชนิด On-load

วิธีบำรุงรักษาอุปกรณ์ชนิดนี้ให้ปฏิบัติตามคำแนะนำของผู้ผลิต

การดำเนินการต่างๆ เกี่ยวกับอุปกรณ์ให้ปฏิบัติตามมาตรฐาน IEC 60214 (Tap-changers) และ IEC 60542 (Application guide for on-load tap-changers) โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ค่าแนะนำวิธีใช้งานและบำรุงรักษาอุปกรณ์ของผู้ผลิต ทั้งนี้ ช่างผู้ปฏิบัติงานที่จะต้องผ่านการฝึกอบรมวิธีตรวจสอบและบำรุง

รักษาอุปกรณ์ (ดู IEC 61378-3 Converter transformers – Part 3: Application guide)

การใช้อุปกรณ์ปรับเปลี่ยนแรงดันไฟฟ้า On-load ต้องมีการบำรุงรักษาอย่างสม่ำเสมอ ระยะเวลาบำรุงรักษาและอายุใช้งานขึ้นอยู่กับจำนวนครั้งการทำงาน ปริมาณกระแสสเปกตัม ฯลฯ ที่หม้อแปลงมีหรือรองรับ

9.4.9. ชุดอุปกรณ์ขับเคลื่อนมอเตอร์

ควรทำการบำรุงรักษาประจำ ระยะเวลาบำรุงรักษาและอายุใช้งานขึ้นอยู่กับจำนวนครั้งการทำงาน การบำรุงรักษาจะต้องดำเนินการโดยช่างผู้เชี่ยวชาญผ่านการฝึกอบรมเท่านั้น รายละเอียด ดูคู่มือของผู้ผลิต

9.4.10. หม้อกรองน้ำมัน

ถ้าแรงดันน้ำมันที่เกจวัดลดลง 4 บาร์ ควรเปลี่ยนกระดาษกรอง รายละเอียด ดูคู่มือของผู้ผลิต

9.4.11. ถังระบายความร้อน

ล้าง/ทำความสะอาดถังระบายความร้อน อาทิ สอดแปรงเข้าไปในถังภายในท่อ ดูดฝุ่น/สิ่งสกปรกด้วยสูญญากาศ ฯลฯ เมื่อจำเป็น ถ้าแรงดันลดลงหรืออุณหภูมิของน้ำมัน น้ำ อากาศ ก่อนและหลังเข้าถังระบายความร้อนแตกต่างกันน้อยจนเกินไป อุณหภูมิหม้อแปลงสูงผิดปกติ ปริมาณไหลของน้ำระบายความร้อนต่ำ ฯลฯ แสดงว่าควรทำความสะอาด รายละเอียด ดูคู่มือ/คำแนะนำของผู้ผลิต

9.4.12. ถังน้ำมันชนิดมีแผ่นกั้นยาง

ปกติ ถังน้ำมันและแผ่นกั้นยางภายในไม่ต้องการบำรุงรักษาอื่น เพียงตรวจสอบเช็คหลอดซิลิกาเจล (silica gel breather) ก็เพียงพอ ถ้าสารซิลิกาเจลในหลอดประมาณ 2/3 เปลี่ยนสีจากสีฟ้าเป็นสีแดง (ซิลิกาเจลแบบเดิม) หรือเปลี่ยนจากสีชมพูเป็นสีขาว (ซิลิกาเจลแบบใหม่) แสดงว่าต้องเปลี่ยน

9.4.13. ปะเก็น

ปกติ ปะเก็นที่เฟลาคอมหัวแป้นและระหว่างข้อต่อเฟลาที่เฟลาคอมจะเป็นไนโตรลอะครีลิกกัมกับกัน คุณสมบัติทนน้ำ/ของเหลว ยางไนโตรลอะครีลิกซิลิโคน

ถ้าเกิดการรั่วซึม ทั่วไป ชันสกรูให้แน่นจะสามารถแก้ไขได้ กรณีจำเป็นต้องเปลี่ยนปะเก็น ควรหาหรือบริษัท

ปะเก็นสกรูแหวนรองเฟลา เฟลาและแกนจะใช้แหวนยางทนน้ำ/ของเหลว ซีซีอีดีคือ สามารถขึ้นและเปลี่ยนที่ด้านนอกของถังน้ำมัน

การขึ้นปะเก็น ควรระมัดระวังอย่าแรงจนเกินไป สกรูอาจชำรุดหรือแผ่นปะเก็นโค้งงอ (ถ้าไม่อยู่ในร่อง) ยิ่งการขึ้นแป้นเกลียวควรระมัดระวังเป็นพิเศษ

9.4.14. หม้อแปลง Dry-type

หม้อแปลงชนิดนี้ระบายความร้อนด้วยอากาศ จึงมีปัญหาน้ำฝนเข้าไปจับกับกระแสลมทำให้ประสิทธิภาพการนำไฟฟ้าและระบายความร้อนลดลง รูปธรรมกาน้อยขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม ควรมีการบำรุงรักษาทำ

ความสะอาดเป็นประจำแต่ละเครื่อง วิธีทำความสะอาดบริเวณที่อยู่บนวนอนให้ใช้เครื่องดูดฝุ่น ท่อระบายความร้อนขดลวดโซลัมหรือแก๊สในโตรเจนแรงดันสูงเป่า (แรงดันไม่เกิน 3 บาร์)

ถ้าหม้อแปลงติดตั้งภายในตู้ ควรทำความสะอาดด้วย (วิธีเหมือนทำความสะอาดตู้สวิตช์ไฟฟ้า) การที่มีฝุ่นผงจับสะสมที่ช่องระบายอากาศที่ดูแสงสว่างถึงเวลาที่ควรตรวจสอบเช็คความสะอาดภายในได้แล้ว

นอกจากความสะอาด ควรตรวจเช็ครายการข้างใต้ต่อไปนีด้วย

- สกรูบนท่อสายไฟฟ้าต่างๆ ด้านนอกของหม้อแปลง
- ถ้าหลวม ขึ้นให้แน่น
- ขาหนีบต่างๆ ถ้าหลวมขึ้นให้แน่น
- อุปกรณ์สัญญาณเตือนต่างๆ ตรวจเช็คการทำงานว่าเป็นปกติ

9.4.15. สภาพพื้นผิวต่างๆ

9.4.15.1 พื้นผิวทาสี

ถ้าสีลอก / ขาดครู่ ก่อนทาสีใหม่ ควรกำจัดสนิม ฝุ่นผง และคราบไขมัน ทาพท์ขึ้นบนด้วยสีทาภายนอกความหนาชั้นสีเท่ากับชั้นเดิมเป็นอย่างน้อย ถ้ารอยชำรุดใหญ่หรือมาก ควรหรือผู้ผู้เชี่ยวชาญด้านสี

9.4.15.2 พื้นผิวเคลือบโลหะสังกะสี

พื้นผิวที่เคลือบโลหะสังกะสีจะมีคุณสมบัติสามารถซ่อมแซมรอยชำรุดเองได้และทนทานสารเคมี พื้นผิวชนิดนี้ถ้าชำรุดเล็กน้อย อาทิ มีรอยขีดข่วน ฯลฯ ปกติไม่จำเป็นต้องซ่อมอย่างใดทั้งสิ้น จะซ่อมเมื่อมีรอยชำรุดขนาดใหญ่กว่า 50 ตร.มม. วิธีซ่อม ทำสะอาดรอยชำรุดให้ทั่วถึงแล้วทาปริมาณส่วนผสมโลหะสังกะสีเข้มข้น (65-69% โดยน้ำหนักหรือปริมาณส่วนผสมของโลหะสังกะสีในเนื้อสี >92% โดยน้ำหนัก เมื่อแห้ง) ความหนาเพิ่มเติม การทำความสะอาดรอยชำรุด ไม่ควรขัดหรือลอกชิ้นส่วนเดิมที่ยังอยู่ในสภาพดีออกและควรใช้สีสำเร็จพร้อมทาโดยไม่ต้องผสมสารอื่น

10. วิธีกำจัดหม้อแปลงที่ไม่ใช้แล้ว

หม้อแปลงที่ไม่ใช้แล้วงานแล้วอาจก่อให้เกิดมลภาวะสิ่งแวดล้อม อย่างไรก็ตาม สามารถนำมาใช้ประโยชน์บางอย่างได้ถ้าวิธีการถูกต้อง

ผู้ใช้หม้อแปลงบางรายอาจทำการกำจัดหม้อแปลงที่ไม่ใช้แล้วด้วยวิธีการของตนเอง

สำหรับผู้ที่ไม่ทำการกำจัดเอง บริษัทมีสัญญาจ้างโรงงานกำจัดของเสียหลายแห่ง เพื่อดำเนินการให้ด้วยกระบวนการมีวิธีการพัฒนาที่ยั่งยืน

ปัจจุบันเทคโนโลยีกำจัดโลหะของเสียอุตสาหกรรมมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ช่วยให้หม้อแปลงที่ไม่ใช้งานแล้วมีคุณค่าสูงขึ้นในอนาคต หม้อแปลงที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน หลังจากหมดอายุการทำงาน (20 ปี) ในอนาคตคุณค่าหรือมูลค่าอาจสูงกว่าในปัจจุบัน รวมทั้งมีแนวโน้มว่าวัสดุต่างๆ ที่ปัจจุบันไม่สามารถนำมารีไซเคิลในอนาคตอาจสามารถรีไซเคิลได้

10.1. กฎ / ระเบียบทางการในประเทศหรือพื้นที่

วิธีกำจัดหม้อแปลงที่ไม่ใช้แล้วจะต้องถูกต้องตามกฎหมาย/ระเบียบทางการในประเทศหรือพื้นที่นั้นๆ เสมอโดยเจ้าหน้าที่ช่วยดูแล ให้คำแนะนำรวมทั้งสามารถหารือ/ขอคำแนะนำจากเว็บไซด์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องได้

ลูกค้าถ้าหากมีข้อสงสัยประการใด สามารถขอความร่วมมือ / คำแนะนำจากบริษัทได้

10.2. วัสดุ / ชิ้นส่วนที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้อีก (Reuse)

หม้อแปลงที่ไม่ใช้แล้วมีวัสดุที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้อีกทันทีหรือหลังจากนำไปเข้ากระบวนการรีไซเคิล อาทิ

- โลหะทองแดง
- โลหะอะลูมิเนียม
- น้ำมัน
- โลหะเหล็ก

สำหรับวัสดุสนวน แฉ่ วัสดุสังเคราะห์และกระดาษสามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงให้พลังงานได้

10.3. วิธีกำจัดโดยนำไปถมที่ (Landfill)

วัสดุ / ชิ้นส่วนที่ไม่สามารถรีไซเคิลได้จะนำไปถมที่หรือใช้เป็นเชื้อเพลิง วัสดุ / ชิ้นส่วนประเภทนี้ควรมีน้อยที่สุดเท่าที่สามารถทำได้

10.4. การคำนวณค่าต่างๆ ในวัฏจักร (LCA)

ผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมจากหม้อแปลงประกอบด้วยค่าตัวเลขต่างๆ 5 วัฏจักร ได้แก่

1. วัฏจักรการสกัด และผลิตและขนส่งวัตถุดิบ
2. วัฏจักรการผลิตหม้อแปลง
3. วัฏจักรการขนส่งหม้อแปลงไปยังสถานที่ใช้งาน
4. วัฏจักรการสูญเสียด้านพลังงานขณะที่หม้อแปลงทำงาน
5. วัฏจักรการกำจัดหม้อแปลงที่ไม่ใช้แล้ว

จากตัวเลข พบว่า ข้อ 1, 2 และ 3 มีค่าน้อยกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับข้อ 4

ข้อ 1 บางส่วนจะได้กลับคืนจากการได้วัสดุ / ชิ้นส่วนกลับมาใช้อีกและการได้พลังงานกลับคืนจากการนำวัสดุไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในกระบวนการรีไซเคิล

จากตัวเลขในวัฏจักร พบว่าในช่วงอายุการทำงาน ของหม้อแปลง การสูญเสียพลังงานส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุด การสูญเสียพลังงานเกิดขึ้นทั้งเมื่อหม้อแปลงทำงานและไม่ทำงาน ซึ่งตัวเลขไม่น้อยที่สุดและความสัมพันธ์ระหว่างการสูญเสียทั้ง 2 แบบขึ้นอยู่กับภาระของหม้อแปลง (load)

การที่บริษัทเน้นการวางระบบหม้อแปลงให้มีประสิทธิภาพด้านพลังงาน (lay-out) เหตุผลคือเพื่อให้เกิดการสูญเสียพลังงานน้อยที่สุด

10.5. แนวทางจริงเลือกพรีอนิกส์ที่เป็นน้ำมัน

แนวทางการเลือกพรีอนิกส์เป็นส่วนที่ใช้น้ำมันในงานต่างๆ และผลิตภัณฑ์หลากหลายรวมทั้งหม้อแปลงและระบบน้ำมันของอุปกรณ์คอนเดนเซอร์ อย่างไรก็ตาม เป็น

ผลิตภัณฑ์ที่เมื่อเผาทำลายจะเกิดมลภาวะสิ่งแวดล้อมและสารไดออกไซด์ที่ทำให้เกิดมะเร็ง ปัจจุบันจึงห้ามใช้โรงงานที่ผลิตหม้อแปลง ABB ให้บริษัทไม่ได้ใช้แผงวงจรทองแดง และโรงงานที่เคยใช้ก็เลิกใช้งานแล้วก่อนที่จะบริษัทว่าจ้าง

ผู้ใช้น้ำมันเปลวรอยใดที่ต้องการกำจัดแผงวงจรเพื่อน้ำมันสามารถติดต่อบริษัทได้ บริษัทยินดีให้คำแนะนำ

11. ภาพภาพหม้อแปลง

11.1. ข้อมูลพื้นฐาน

หม้อแปลงเป็นอุปกรณ์ทำงานอยู่กับที่ ประกอบด้วยขดลวดจำนวน 2 ชุดหรือมากกว่า 2 ชุด เชื่อมต่อกันด้วยเส้นแรงแม่เหล็กความเข้มสูง โดยมีวัตถุประสงค์ของการทำงาน อาทิ สำหรับวัดค่าแรงดัน / กระแสไฟฟ้า ส่งสัญญาณ / กำลังไฟฟ้า ฯลฯ ข้อกำหนดการออกแบบหม้อแปลงขึ้นอยู่กับการทำงานไปใช้งาน หม้อแปลงสำหรับวัดค่าทางไฟฟ้า แรงดัน / กระแสไฟฟ้าที่วัดจะต้องถ่ายถอดจากวงจรปฐมภูมิไปวงจรทุติยภูมิครบถ้วนมากที่สุดเท่าที่ทำได้ ส่วนหม้อแปลงสัญญาณการถ่ายทอดสัญญาณจะต้องคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด

คู่มือนี้กล่าวถึงหม้อแปลงกำลังไฟฟ้าโดยเฉพาะ คุณสมบัติหลักของหม้อแปลงกำลังไฟฟ้าก็คือ สามารถถ่ายทอดกำลังไฟฟ้าที่กำหนดโดยค่าความถี่ถึงแม้ระดับของแรงดันไฟฟ้าจะมีการเปลี่ยนแปลงและมีการสูญเสียพลังงานเกิดขึ้นน้อยที่สุด

11.2. การเลือกค่าแรงดันไฟฟ้าของระบบ

โดยมากสถานีผลิตกระแสไฟฟ้าขนาดใหญ่มักอยู่ห่างจากสถานที่ใช้กระแสไฟฟ้า ค่าแรงดันไฟฟ้าสำหรับจ่ายกระแสให้ลูกค้าจะอยู่ที่ระดับสูง – ต่ำ เท่าใดจึงลดจำนวนต่อไป

ปริมาณสูญเสียพลังงาน p ที่สายส่งไฟฟ้า 3 เฟส ซึ่งแต่ละเฟสมีความต้านทาน R และปริมาณกระแส I ดังสมการ

$$p = 3 \cdot R \cdot I^2 \quad \text{(วัตต์)} \quad (1)$$

ข้อ 1 บางส่วนจะได้กลับคืนจากการได้วัสดุ / ชิ้นส่วนกลับมาใช้อีกและการได้พลังงานกลับคืนจากการนำวัสดุไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในกระบวนการรีไซเคิล

$$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi \quad \text{(วัตต์)} \quad (2)$$

จากสมการ (2)

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi} \quad \text{(แอมป์)} \quad (3)$$

นำค่า I ไปแทนในสมการ (1) จะได้

$$p = P^2 \frac{R}{U^2 \cdot \cos^2 \varphi} \quad \text{(วัตต์)} \quad (4)$$

สมการ (4) แสดงว่าปริมาณการสูญเสียพลังงานในสายส่งเป็นสัดส่วนโดยตรงกับกำลังไฟฟ้าในสายส่งยกกำลังสองและเป็นสัดส่วนผกผันกับแรงดันไฟฟ้าระบบยกกำลังสอง

หมายความว่า ปริมาณการสูญเสียพลังงานจะลดลง

เมื่อแรงดันไฟฟ้าระบบเพิ่มขึ้น

การเลือกค่าแรงดันไฟฟ้าระบบที่ถูกต้องจะทำให้มีค่าใช้จ่าย ถ้าแรงดันไฟฟ้าระบบสูง ปริมาณการสูญเสียพลังงานในสายส่งจะต่ำ อย่างไรก็ตามก็ต้องใช้สายส่งสายไฟฟ้าและหม้อแปลงที่มีประสิทธิภาพสูงและราคาแพง

การจ่ายกระแสไฟฟ้าปริมาณมากๆ เป็นระยะทางไกล แรงดันไฟฟ้าจะต้องสูงหลายร้อยกิโลโวลต์ เมื่อถึงผู้ใช้แรงดันไฟฟ้าจะถูกปรับให้ลดลงจากหลายขั้นตอน หม้อแปลงที่ผลิตกระแสไฟฟ้าจะเป็นชนิดเพิ่มแรงดันไฟฟ้า ส่วนหม้อแปลงจ่ายกระแสไฟฟ้าจะเป็นชนิดลดแรงดันไฟฟ้า ยิ่งใกล้ผู้ใช้หม้อแปลงจะยิ่งกำลังต่ำ

11.3. หลังการทางฟิสิกส์ของหม้อแปลง

การทำงานของหม้อแปลงใช้หลักปรากฏการณ์ทางฟิสิกส์ 2 ข้อ

ข้อที่ 1 คือ ปรากฏการณ์เหนี่ยวนำเส้นแรงแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่ง Faraday เป็นผู้ค้นพบในทศวรรษ 1830 และ Neumann เป็นผู้ก่อตั้งกฎการเหนี่ยวนำ (induction law) ขึ้นในปี 1845

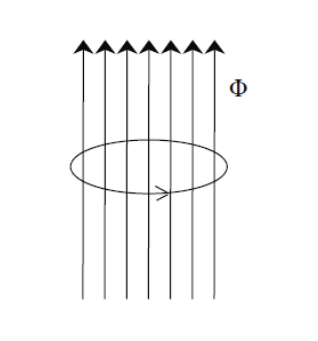
ทั้งวงจรไฟฟ้าซึ่งใช้โลหะตัวนำกระแสไฟฟ้าจะเกิดสนามแม่เหล็ก Φ ซึ่งค่าเปลี่ยนแปลง = $\Delta \Phi$ เมื่อระยะเวลาเปลี่ยนแปลง = Δt เหนี่ยวนำสร้างแรงดันไฟฟ้า ทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าไหลภายในวงจร ค่าแรงดันไฟฟ้าที่เกิดขึ้น u_1 จะเป็นสัดส่วนกับค่า $\Delta \Phi / \Delta t$ หรือในรูปของสมการ

$$u_1 = \frac{d\Phi}{dt} \quad \text{(โวลต์)} \quad (5)$$

โดยค่า u_1 ไม่แสดงทิศทาง ถ้าเป็นสมการที่แสดงทิศทางของ u_1 คือ

$$-u_1 = -\frac{d\Phi}{dt} \quad \text{(โวลต์)} \quad (6)$$

เครื่องหมายแสดงว่าแรงดันไฟฟ้า ขั้วเคลื่อนให้กระแสไหลในวงจรเกิดสนามแม่เหล็กในทิศทางตรงข้ามกับ $d\Phi$ กระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจะรักษาให้สนามแม่เหล็กคงที่เมื่อปริมาณของเส้นแรงแม่เหล็กเพิ่มขึ้น ทิศทางของกระแสจะทำให้เกิดเส้นแรงแม่เหล็กตรงข้ามกับ Φ และเมื่อปริมาณเส้นแรงแม่เหล็กลดลง กระแสจะไหลทิศทางที่เกิดสนามแม่เหล็กเสริมกับ Φ

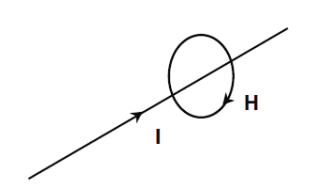


รูป 11-1

ถ้าวงจรเป็นขดลวด จำนวนรอบ = N ที่แต่ละรอบขนาดของแรงดันไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจากการเหนี่ยวนำจะเท่ากันค่าแรงดันไฟฟ้ารวมของทั้งขดลวดดังสมการ

$$-u_1 = -N \frac{d\Phi}{dt} \quad \text{(โวลต์)} \quad (7)$$

ปรากฏการณ์อีกอย่างที่จะเกิดขึ้นคือ ที่ตัวนำที่มีกระแสไหลผ่านจะเกิดสนามแม่เหล็กล้อมรอบ



รูป 11-2

วิธีสร้างสนามแม่เหล็กซึ่งแปรตามการทำงานของหม้อแปลงคือ ให้แรงดันไฟฟ้าคลื่น Sine wave ที่ขดลวดปฐมภูมิจะทำให้เกิดกระแสเหนี่ยวนำให้สนามแม่เหล็กเกิดขึ้น

ที่มันวนขดลวดจะมีแกนกลางที่จากเหล็กขุ่นนำยวครบรอบวงจรสร้างสนามแม่เหล็ก เนื่องจากโลหะเหล็กมีคุณสมบัติเหนี่ยวนำได้ดี เส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดขึ้นจึงเข้มข้นทำให้สนามแม่เหล็กระหว่างขดลวดปฐมภูมิและทุติยภูมิเข้มข้นไปด้วย

ถ้าหากขั้วไฟฟ้าที่ขดลวดทุติยภูมิเปิดวงจร ลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้าป้อนเข้าที่ขดลวดปฐมภูมิกับแรงดันไฟฟ้าจ่ายออกที่ขดลวดทุติยภูมิกับลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนรอบของขดลวดปฐมภูมิกับขดลวดทุติยภูมิจะเหมือนกันตามสมการ

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2} \quad (8)$$

หรือ

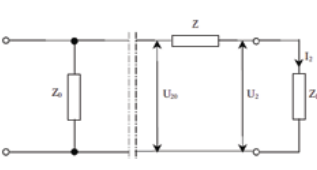
$$U_2 = U_1 \cdot \frac{N_2}{N_1} \quad \text{(โวลต์)} \quad (9)$$

ถ้าต่อภาระที่ขดลวดทุติยภูมิ ค่าอัตราส่วนแรงดันไฟฟ้า (Voltage ratio) อาจแตกต่างกับค่าอัตราส่วนจำนวนรอบ (turn ratio) เห็นได้ชัดเจน (ดูข้อ 6.5) แต่ฟังก์ชันกระแสที่ขดลวด ปฐมภูมิและทุติยภูมิจะเป็นไปตามสมการ

$$I_1 \cdot N_1 = I_2 \cdot I_2 \quad (10)$$

11.4. แผนภูมิวงจรหม้อแปลง (Equivalent Diagram)

รูป 11-3 คือแผนภูมิวงจรหม้อแปลงแบบง่ายจากตัววัด 2 กรณีภาวะไร้ภาระ (no load) และลัดวงจร (short - circuit)



รูป 11-3

ที่ภาวะไร้ภาระ (ด้านขดลวดทุติยภูมิเปิดวงจร) ค่ากระแสที่ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กและการใช้กำลังไฟฟ้า (active power consumption) จะวัดที่ค่าแรงดันไฟฟ้าสูงสุด ค่ากระแสไฟฟ้าที่วัดเป็นค่ารวมของกระแสเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็กไฟฟ้าซึ่งเป็นค่าส่วนใหญ่และกระแสกำลังไฟฟ้านำไปใช้งานซึ่งเป็นค่าส่วนน้อย ค่าทั้งสองนี้สามารถคำนวณได้จากค่าตัวอื่นๆ รวมทั้งสามารถหาค่าความต้านทานไร้ภาระ (no load impedance) Z_0 ส่วนจริงและสมมติได้ ค่าของความต้านทาน Z_0 ไม่คงที่แต่จะแปรผันในลักษณะไม่เป็นเส้นตรง (non-linearly) กับค่าแรงดันไฟฟ้าป้อนเข้าวงจร เนื่องจากการเกิดสนามแม่เหล็กจากกระแสไฟฟ้ามีลักษณะไม่เป็นเส้นตรง ค่าจริง (เกิดขึ้นจริง) ของ Z_0 คือค่าความต้านทานที่ทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานไร้ภาระ (no load losses)

วิธีการวัดค่าความต้านทาน Z ในแผนภูมิ โดยลัดวงจรที่ขดลวดทุติยภูมิแล้วใส่แรงดันไฟฟ้าที่ขดลวดปฐมภูมิ กระแสที่ขดลวดปฐมภูมิและทุติยภูมิจะวัดค่าได้เท่ากับค่ากระแสสูงสุด ทั้งนี้ การวัดไม่จำเป็นต้องใส่แรงดันไฟฟ้าเต็มที่ ใส่เพียงบางส่วนก็สามารถหาค่าของกระแสลัดวงจร แรงดันไฟฟ้าที่ใช้สำหรับวัดค่ากระแสนี้เรียกแรงดันไฟฟ้าลัดวงจรเป็น % ของแรงดันไฟฟ้าสูงสุด ค่าความต้านทาน E ค่าความค่าสมการค่าแรงดันไฟฟ้าหารด้วยค่ากระแสโดยวงจรต่อขนานกับวงจร Z_0 และเนื่องจากค่า Z_0 สูงกว่า Z มาก ค่าความต้านทานของวงจรทั้งสองจึงถือว่าเท่ากัน ส่วนจริงของความต้านทาน Z คือส่วนที่ทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานที่หม้อแปลง ขณะที่ส่วนสมมติสับบนสนามแม่เหล็ก รังสีภายในภายนอกตัว

โปรดติดตามตอนต่อไป

น้ำเย็น

ทำร้ายเรามากกว่าที่คิด

พิทยา เพชรธานีนท์ > pattaya.petchtanin@th.abb.com

อากาศร้อนๆ ในเมืองไทย เหมาะกับการดื่มน้ำเย็นให้ชื่นใจยิ่งนัก แต่คุณรู้หรือไม่ว่าน้ำเย็นนั้นเป็นสาเหตุการทำให้เราล่อลอบความนี้ดู



หมอนัทแห่งคลินิก ดิ อโรคยา เล่าถึงผู้ป่วยอาการอ่อนแรง แขนขาสั่น สิบถึงต้นต่อ พบสาเหตุมาจากพฤติกรรมดื่มน้ำเย็น-น้ำแข็งเป็นประจำ

โตของเราคือเครื่องกรองน้ำอันทันสมัยที่ช่วยกรองของเสียจากเลือดของเรา ดึงเอาสิ่งสกปรกของเสียในเลือด ขับออกทางปัสสาวะได้อย่างไม่มีวันหยุด ปรับปรุงเลือดที่มีแต่ของเสีย แล้วส่งต่อไปเลี้ยงส่วนต่างๆ ของร่างกาย อีกทั้งยังเป็นอวัยวะที่ช่วยขับต้นเลือดให้ไปเลี้ยงส่วนต่างๆ ของร่างกายได้อย่างต่อเนื่อง แต่อวัยวะที่ทำงานให้กับเรา 24 ชั่วโมงแบบนี้ก็ใช่ว่าจะไม่มีการบั่นทอน วันใดที่ได้อ่อนแอ ก็จะเริ่มส่งสัญญาณเตือนกับเรา เช่น

1. ปัสสาวะบ่อย อันปัสสาวะไม่ค่อยอยู่ ตื่นมาเข้าไปแล้วเข้าห้องน้ำบ่อยครั้ง กลางคืนต้องลุกขึ้นปัสสาวะหลายเที่ยว
2. มีอาการปวดเอว ปวดหลังอยู่บ่อยๆ โดยเฉพาะเวลานั่งนานๆ
3. ปวดเมื่อยตามข้อและร่างกายง่าย เช่น ตามข้อต่อเข่า ต้นคอ
4. น้ำในเลือดเหลือน้อย จนทำให้หลอดเลือดแข็งตีบตันได้ง่าย

เมื่อมองในรูปของธรรมชาติบำบัด ด้วยเหตุของได้อ่อนแอขึ้นจึงทำร่างกายของเรา (ธาตุดิน) อุ่มน้ำไว้ได้น้อยลง ธาตุดินในร่างกายจึงแข็งตึงปวดตามร่างกายได้ง่าย หากจะแก้ไข ก็ต้องเริ่มต้นที่การบำรุงดูแล

รักษาไตให้ดี มิเช่นนั้นไตก็จะเสื่อมไปตามวัย แต่ในปัจจุบันนั้น อาการน้ำในเลือดน้อยมิได้เกิดจากร่างกายที่ชราขึ้นเพียงอย่างเดียว โดยมากเกิดจากการทานอาหารผิดประเภท จนทำให้เกิดโรคภัยเรื้อรังทางเลือดและหลอดเลือดขึ้นได้

สัปดาห์ที่ผ่านมาได้พบเจอคนไข้ที่น้องๆ ทำให้ผมเศร้าใจ เพราะความประมาทในเรื่องอาหารการกิน ทั้งสองท่านเดินเข้ามาพบหมอด้วยหน้าตาอึ้งอัมม์ แต่มีหนึ่งคนในนั้นซึ่งเป็นพี่สาว ที่ต้องใช้รถเข็น เช่นเข้ามาพบหมอเพราะร่างกายชักช้ายเริ่มจะอ่อนแรงลง ชักช้ายยังพอมิแรง ขยับบ้างแต่เดินยังไม่ได้ มือและแขนช้ายไม่มีแรงเลย เธอเอาแขนขวาหยิบแขนซ้ายไว้ให้ดู

ผมจับดูกล้ามเนื้อแขนซ้ายเธอ ซึ่งก็เริ่มจะหายไปจนกลายเป็นเนื้อเหลวๆ นิ่มๆ อ่านจากในสอประวัติดูใช้ของพี่น้องทั้งสองคนก็มีพฤติกรรมที่ไม่ต่างกันคือทานแต่เนื้อสัตว์ ไม่ทานผักตั้งแต่เด็ก ๆ ที่สำคัญคือดื่มน้ำเย็น เป็นประจำตั้งแต่เด็ก ต้องน้ำเย็นจืดจากตู้เย็น น้ำไม่เย็นทานไม่เป็น เพิ่งจะเริ่มหันมาทานอาหารสุขภาพ ก็เมื่อพี่สาวมีอาการอ่อนแรงครั้งชักช้าย แต่ก็ยังคงมีพฤติกรรมทานน้ำเย็นอยู่เนืองนิจ

ก่อนที่จะมีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรงนั้นร่างกายส่งสัญญาณเตือนมาหลายครั้ง เช่น มีเวียนศีรษะง่าย มีแสงไฟแวบๆ เวลากระพริบตา การพูดเริ่มติดขัด สุดท้ายมีอาการวูบกระหันทันตึงส่งเข้าโรงพยาบาล เมื่อเธอรู้สึกตัวอีกครั้งชักช้ายก็ขยับไม่ได้เสียแล้ว หมอบอกว่านี่คืออาการเส้นเลือดตีบที่สมอง ในวัยเพียง 40 ปีเท่านั้น แล้วจะโทษใครเสียได้ นอกจากตัวของเราเองที่ทานแต่น้ำเย็นมาตลอดเวลา

การทานน้ำเย็นมากเกินพอดี สำหรับคนไทยนั้นทำให้ไตและกระเพาะปัสสาวะต้องรับ กำจัดความเย็นออกจากร่างกายอย่างรวดเร็ว ขับน้ำเย็นมากก็เก็บไว้ที่กระเพาะปัสสาวะ เตรียมมาออกทางปัสสาวะ ทำให้ผู้ที่ทานน้ำเย็น ก็ยิ่งขาดน้ำ จนเลือดข้นหนืดไปหมด เจ้าเลือดข้นหนืดที่ละครั้งก็ทำให้หลอดเลือดของเราเริ่มแข็งกระด้าง ไม่ยืดหยุ่น มีของเสียไปอุดตันตามผนังหลอดเลือด จนเกิดการพอกพูนกลายเป็นโรคหลอดเลือดตีบ ก็เพราะน้ำเย็นที่ทานเข้าไปเอง

เธอฟังแล้วทึ่งใจ ที่แท้ก็เพราะน้ำเย็นแค่นี้หรือ ที่ต้องทำให้ตนเองตกอยู่ในสภาพที่ง่วงพิการ น้องสาวของเธอที่เข้ามาด้วยกัน สมทบอีกว่า มีน้ำละไคร่นี้เป็น

ทั้งบ้าน ที่บ้านเราชอบกินน้ำเย็นกันทุกคน คุณแม่ของเรา นอนเป็นอัมพฤกษ์อยู่ที่บ้านเช่นกัน เหลือตัวติดันกับพี่ชายอีกคนที่ต้องดูแล เป็นเพราะน้ำเย็นแค่นั้นเองหรือ ไม่น่าเลยจริงๆ หลังจากนั้นผมก็เจอคนไข้ที่ทานน้ำเย็นมากเกินไป จนป่วยเป็นโรคเส้นเลือดในสมองตีบอีกสองท่าน ภายในวันเดียวก็เป็นเรื่องที่ไม่ควรเกิดขึ้นเลย

หากใครที่ยังทานน้ำเย็น นมเย็น กาแฟเย็น น้ำอัดลม น้ำหวาน ชาเย็น น้ำผลไม้แช่เย็น อยู่เป็นประจำรบกวนผมต้องเตือนแรงๆ ว่า ให้รีบไปทำประกันโรคหลอดเลือดไว้ได้เลยมีโอกาสดีๆ ใช้สูง เมื่อเกิดอาการหลอดเลือดในสมองตีบแล้วอย่าเพิ่งท้อแท้ ยังมีวิธีแก้ไขทางธรรมชาติบำบัด

1. ปรับปรุงหลอดเลือดที่แข็งตึงให้กลับมายืดหยุ่นได้ดี ด้วยสารต้านอนุมูลอิสระธรรมชาติ ทานน้ำมันมะพร้าว 2 ช้อนโต๊ะ ร่วมกับ กระเทียม หรือ ขมิ้นชัน 1 แคปซูล ก่อนอาหาร เช้าและเย็น 20 นาที
2. ปรับเลือดที่ข้นหนืดให้หายข้นหนืดด้วยการเพิ่มน้ำเข้ากระแสเลือด ทานน้ำเปล่าให้ได้ 8-10 แก้วต่อวัน เพื่อเติมน้ำกลับเข้าเลือด ทานยาน้ำตรีผลาหรือจุดผลาภิเกะ ให้เลือดของเรารวมารถอมน้ำได้ดีขึ้น ช่วงแรกต้องอดทนกับการปัสสาวะบ่อยเสียหน่อย
3. ทำให้เลือดไหลเวียนอย่างต่อเนื่อง ด้วยการออกกำลังกายเป็นประจำในท่าที่สามารถทำได้ หรือใช้การนวดเท้า หรือ นวดตัวช่วยให้อาการไหลเวียนสม่ำเสมอ
4. งดการทานน้ำเย็นเด็ดขาด
5. งดเนื้อสัตว์ใหญ่ เนื้อวัว หมู ของทอด ของหวานจัด เพราะทำให้ร่างกายเกิดอนุมูลอิสระปริมาณมาก จนหลอดเลือดแข็งตีบตันได้ง่าย

เมื่อหลอดเลือดของเรากลับมายืดหยุ่นได้ดี พร้อมทั้งจัดการกับของเสียที่ไหลเวียนอยู่ในกระแสเลือดได้ เลือดก็จะกลับเข้าสู่ระบบไหลเวียนของร่างกายส่วนนั้นยังไม่พองจนใช้การไม่ได้ เรายังมีโอกาสหายจากโรคเส้นเลือดตีบที่สมองได้ ที่สำคัญคือไม่ควรรีบไปใช้วิธีชีวิตผิดๆ อีก

ที่มา: www.bangkokbignews.com

ปัตทยา เพชรธานี > pattaya.petchtanin@th.abb.com



เราเดินทางต่อไปยังลานอเนกประสงค์ ลานโล่งกว้างที่มีชั้นแครท หินที่มีลักษณะเป็นชั้นๆ วิวๆ อวดความน่า

เช้าวันใหม่กับอากาศเย็นสบาย วันนี้เรามีนัดกับ "ภูทับเบิก" แหล่งท่องเที่ยวแห่งใหม่ในจังหวัดเพชรบูรณ์ ภูทับเบิกอยู่ไม่ไกลจากภูหินร่องกล้าเท่าไรนัก สามารถ

สำหรับวัดป่าทับเบิก มีความสำคัญถือเป็นสถานที่รับ
น้ำฟ้ากลางหาว เพื่อนำไปรวมเป็นน้ำเพชรน้อมเกล้าฯ
ถวายเป็นนํ้ามนต์ศักดิ์สิทธิ์ ในพระราชพิธีมหามงคล
เฉลิมพระชนมายุครบ 6 รอบเมื่อวันที่ 5 ธันวาคม
2542 และทำการประกอบพิธีเมื่อวันที่ 9 กันยายน (9)

จากภูหินร่องกล้าเดินทางต่อไปทาง จ.เพชรบูรณ์ ตาม
ทางหลวงหมายเลข 2331 ประมาณ 40 กม. ก็จะมา
เจอกับทางเลี้ยวขึ้นไปสู่ภูทับเบิก สอบถามเพิ่มเติมได้ที่
สมาคมธุรกิจท่องเที่ยวเพชรบูรณ์ 0-5674-8650-1



ABB มอบอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ สนับสนุนการศึกษา

บริษัท เอบีบี จำกัด สนับสนุนการศึกษา มอบคอมพิวเตอร์พร้อมอุปกรณ์ให้กับวิทยาลัยเทคโนโลยีดอนบอสโก บ้านโป่ง โดยมีตัวแทนจากเอบีบี นำโดยคุณสุชาติ ตังเจริญศรีสกุล Corporate Communication Manager คุณสิริโชค สิงห์สา Local Division Controller and Business Development Manager และคุณอาร์โดโร เจอร์ นีวา Commercial Manager ร่วมส่งมอบให้แก่บาทหลวงพรจิต พูลวิทย์กิจ บาทหลวงผู้ดูแลวิทยาลัย ณ เอบีบี โรงงานบางปู ทั้งนี้ เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนได้เรียนรู้ข่าวสารและเทคโนโลยีสารสนเทศ และเพิ่มศักยภาพในการเรียนการสอนต่อไป

วิทยาลัยเทคโนโลยีดอนบอสโก เป็นสถานศึกษาเพื่อการกุศลในเครือมูลนิธิฯเลเซียนแห่งประเทศไทย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อโอกาสทางการศึกษาแก่เยาวชนผู้ด้อยโอกาส ซึ่งทุกปีทางวิทยาลัยฯ จะรับอุปกรณ์เยาวชนที่ยากจนจำนวน 600 คน



การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย เชิญสัญญาจัดซื้อหม้อแปลงไฟฟ้า ABB

บริษัท เอบีบี จำกัด โดยคุณชัยยศ ปิยะวรรณรัตน์ Country Manager (กลางซ้าย) ลงนามเซ็นสัญญาร่วมกับ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ) โดยคุณสุนชัย คำมูนเศรษฐ์ ผู้อำนวยการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กลางซ้าย) ในการจัดซื้อหม้อแปลงไฟฟ้าแรงดัน 500 กิโลโวลต์ ขนาด 1,000 เมกะโวลต์แอมแปร์ จากเอบีบี สำหรับโครงการระบบส่งเพื่อรับซื้อไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำเขื่อนน้ำจี้ม 3 และน้ำเงิน 1 และโครงการปรับปรุงระบบส่งไฟฟ้าบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือเพื่อเสริมความมั่นคงระบบไฟฟ้า



ABB ร่วมสนับสนุนหน่วยแพทย์เคลื่อนที่ “เพื่อนชุมชน” ปี 2014

บริษัท เอบีบี จำกัด ออกหน่วยแพทย์เคลื่อนที่ “เพื่อนชุมชน” ในชุมชนวัดมาบชูด จ.ระยอง พร้อมทั้งจัดหาอาสาจากเอบีบีสำนักงานใหญ่ ระยอง และบางปู ร่วมช่วยเหลือทีมแพทย์และอำนวยความสะดวกให้กับชาวบ้านที่เข้ามารับการตรวจรักษา โดยผู้เข้าร่วมการตรวจสุขภาพทั้งสิ้น 129 คน รวมทั้งเข้ารับบริการต่างๆ ที่จัดเตรียมไว้ อาทิ บริการตัดผม นวดเพื่อสุขภาพ กิจกรรมระบายสีของเด็กๆ กิจกรรม DIY และฉีดวัคซีนสัตว์เลี้ยง



ABB ร่วมงาน Renewable Energy Asia 2014

บริษัท เอบีบี จำกัด นำนวัตกรรมและผลิตภัณฑ์ร่วมจัดแสดงในงาน Renewable Energy Asia 2014 งานแสดงสินค้าและเทคโนโลยีชั้นนำแห่งภูมิภาคด้านพลังงานหมุนเวียน ณ ศูนย์นิทรรศการและการประชุมไบเทค บางนา (BITEC) โดยเอบีบีจัดผลิตภัณฑ์เด่นคือ ABB Solar String and Central Inverter, Serge PV, String Box, Solar Application, Gemini, PLC, Solar Pump Inverter และ DCS ซึ่งในแต่ละผลิตภัณฑ์ล้วนเป็นนวัตกรรมที่สามารถช่วยให้เกิดการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ



ABB ต้อนรับ IEEE Power & Energy Society Thailand เยี่ยมชมฐานการผลิต

บริษัท เอบีบี จำกัด โดยคุณชัยยศ ปิยะวรรณรัตน์ Country Manager และคุณกัญชัย เลิศธีระกุล Vice President-Power Products Division ให้การต้อนรับคณะกรรมการบริหารและที่ปรึกษา IEEE Power & Energy Society Thailand นำโดย คุณบุญมาก สมิตธิสลา รองผู้จัดการพัฒนาระบบส่งการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย และประธาน IEEE Power & Energy Society Thailand ในโอกาสเข้าเยี่ยมชมโรงงานผลิตหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังของเอบีบี พร้อมพูดคุยแลกเปลี่ยนประสบการณ์เกี่ยวกับการพัฒนาเทคโนโลยีล่าสุดของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง



Relion® 630/615 series Optimized solutions for utility distribution and industrial applications

The Relion® product family offers the widest range of products for the protection, control, measurement and supervision of power system. To ensure future-proof solutions, Relion products have been designed to implement the core values of the IEC 61850 standard. These products interoperate with other IEC 61850 compliant intelligent electronic devices (IEDs), tools and systems. Their performance is sufficient to undertake comprehensive communication tasks, for example GOOSE messaging for horizontal communication. www.abb.com/substationautomation

Power and productivity
for a better world™

