

power quality

02|2018



16



28



21

-
- 04 – 09 Consulting the grid code
 - 16 – 20 Improved generator circuit breaker enhances power plant protection
 - 21 – 27 Putting it all together
 - 28 – 33 Testing of power transformers and shunt reactors

Editorial

Editor's Note

เมืองไทยเปลี่ยนผ่านฤดูเข้าสู่หน้าฝนอย่างเต็มตัว มีปัญหา
สุขภาพหลายอย่าง หลายโรคมาพร้อมกับสายฝนและความชื้นของ
หน้าฝน ดูแลสุขภาพกันให้แข็งแรง เพื่อจะได้ใช้ชีวิตใน
บรรยากาศชุ่มฉ่ำของหน้าฝนกันอย่างมีความสุข

คุณภาพไฟฟ้าฉบับนี้ นำเสนอบทความที่น่าสนใจ อาทิ
Consulting the grid ที่ปรึกษาการเชื่อมโยง
โครงข่ายไฟฟ้า, Improve generator circuit breaker
enhances power plant protection การปรับปรุงเซอร์กิต
เบรกเกอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (GSB) เพื่อยกระดับการ
ป้องกันโรงไฟฟ้า, Putting it all together การผนวกรวม
พลังงานหมุนเวียนที่กระจายอยู่เข้ากับระบบไฟฟ้ากำลัง
รวมทั้งเรื่องต่อเนื่องประจำฉบับ สำหรับสุขภาพ มีหลักการ
กินคลื่นแบบถูกวิธีมาฝาก ปิดท้ายพาไปเที่ยวเกาะจำ จ.กระบี่
เกาะสวยแสนสงบที่คนไทยไม่ค่อยรู้จัก

แล้วพบกันใหม่ฉบับหน้า



สแกน QR Code เพื่อสมัครสมาชิก
วารสาร power quality

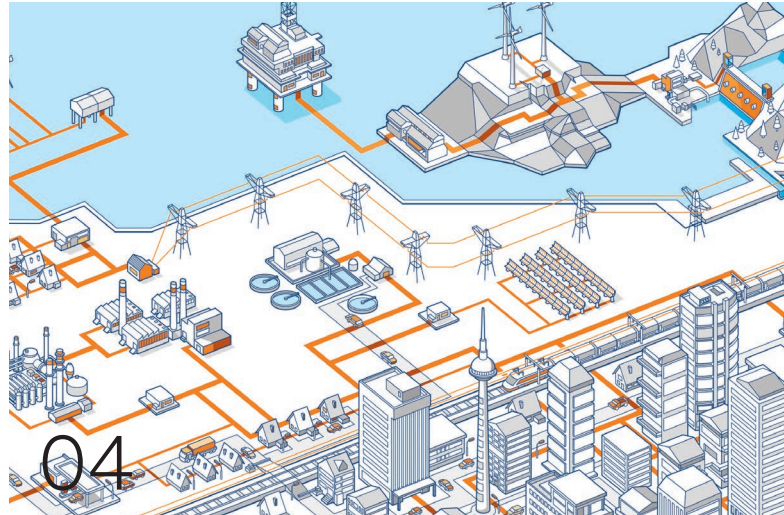


สแกน QR Code เพื่ออ่านวารสาร
power quality ฉบับย้อนหลัง

เจ้าของ บริษัท เอบีบี จำกัด • จัดทำโดย High Voltage Products, Power Grids Division
สำนักงานใหญ่ 161/1 อาคารเอสจีทาวเวอร์ ซ.มหาดเล็กหลวง 3 ถ.ราชดำริ แขวงลุมพินี เขตปทุมวัน
กรุงเทพ 10330 โทร. 0 2665 1000 www.abb.co.th
โรงงาน 322 หมู่ 4 นิคมอุตสาหกรรมบางปู ซ.6 ถ.สุขุมวิท ต.แพรกษา อ.เมือง จ.สมุทรปราการ 10280
บทความและรูปภาพทุกชิ้นใน power quality สงวนลิขสิทธิ์ตามกฎหมาย การจะนำไปเผยแพร่
ต้องได้รับความยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษรจากผู้เขียนหรือบริษัท เอบีบี จำกัด



Testing of power transformers and shunt reactors (ตอนที่ 7)



Consulting the grid code

ที่ปรึกษาการเชื่อมโยงโครงข่ายไฟฟ้า



“เกาะจำ” เกาะสวยแสนสงบ ฝรั่งชอบใจ คนไทยไม่รู้จัก



16

Improved generator circuit breaker enhances power plant protection

การปรับปรุงเซอร์กิตเบรกเกอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (GCB) เพื่อยกระดับการป้องกันโรงไฟฟ้า

Putting it all together

รวมกันเป็นหนึ่งเดียว



21

02 Editorial

Power Quality Series

- 04 Consulting the grid code
ที่ปรึกษาจากกฎระเบียบการเชื่อมโยงโครงข่ายไฟฟ้า

International Standard Series

- 10 American National Standard (CCVT)

High Voltage Series

- 16 Improved generator circuit breaker enhances power plant protection
การปรับปรุงเซอร์กิตเบรกเกอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (GCB) เพื่อยกระดับการป้องกันโรงไฟฟ้า

Special Power Series

- 21 Putting it all together
รวมกันเป็นหนึ่งเดียว

Power Transformers Series

- 28 Testing of power transformers and shunt reactors (ตอนที่ 7)

Weekend

- 34 “เกาะจำ” เกาะสวยแสนสงบ
ฝรั่งชอบใจ คนไทยไม่รู้จัก

Health & Wellness

- 36 กินคลีนให้ถูกวิธี

- 37 Movement

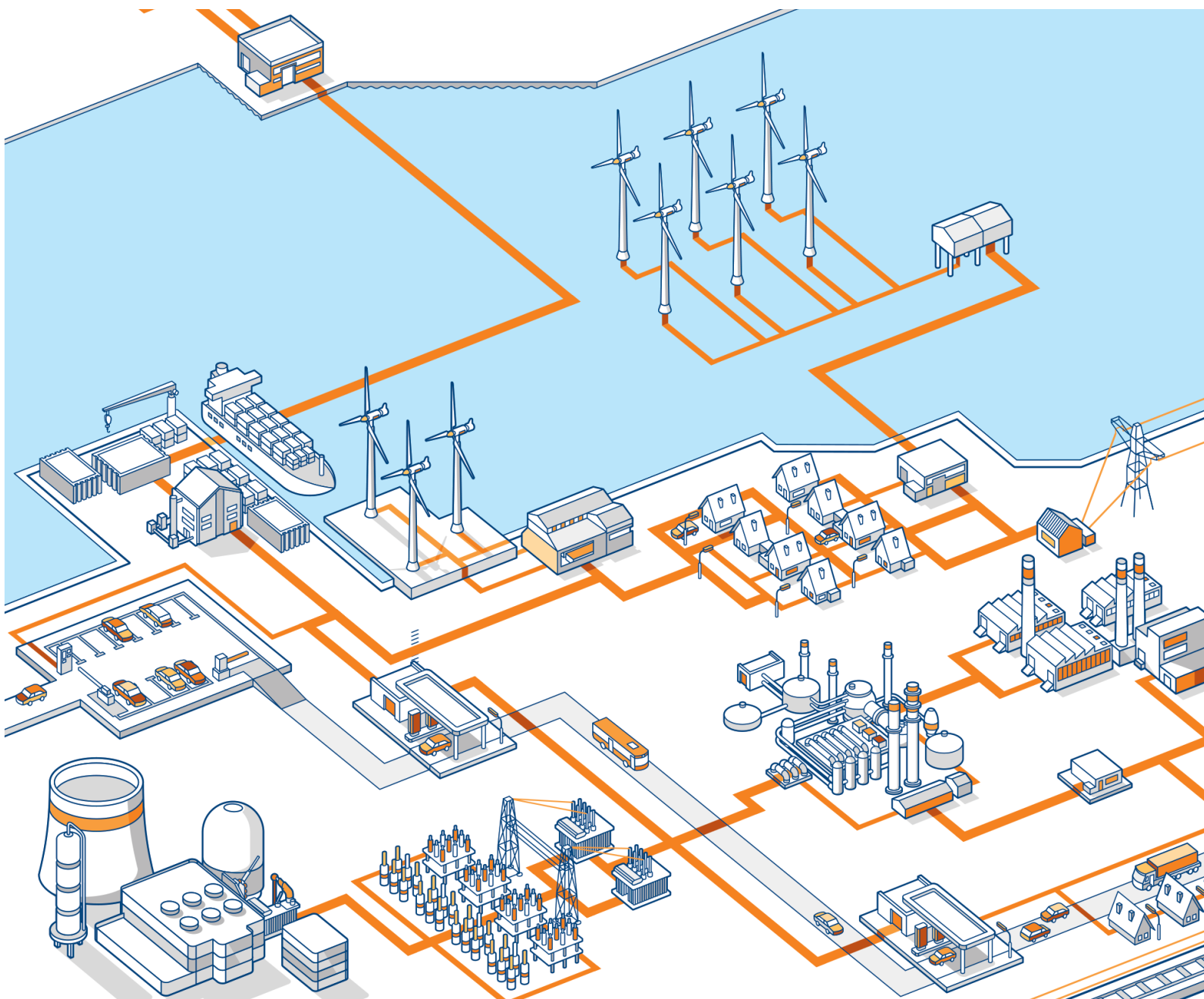
Power Quality Series

Consulting the grid code

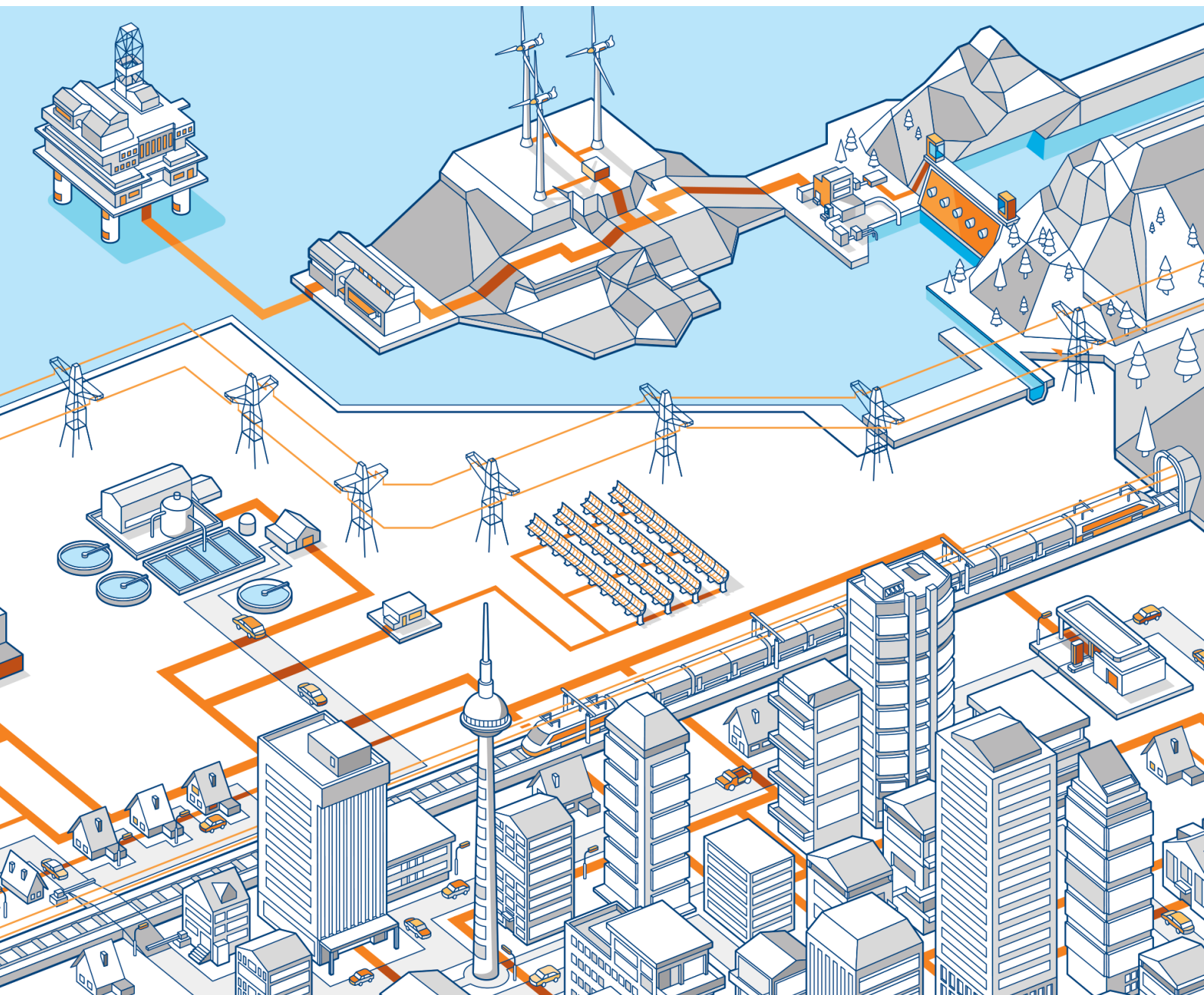
ที่ปรึกษาการเตรียมการเชื่อมโยงโครงข่ายไฟฟ้า

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

ABB และกลุ่มผู้เชี่ยวชาญที่ปรึกษาทางด้านไฟฟ้ากำลัง
ช่วยรวมโครงข่ายไฟฟ้าเข้ากับพลังงานหมุนเวียนให้ได้
ตามข้อกำหนดในกฎระเบียบของการเชื่อมโยงโครงข่ายไฟฟ้า



Ines Romero, John Daniel, Diogo Pereira, Fahd Hashiesh, Nihar Raj, Britta Buchholz – การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนแตกต่างจากการผลิตไฟฟ้าแบบดั้งเดิมเป็นอย่างมาก ในทอมของการพยากรณ์ได้และความพร้อมใช้งาน ความเฉื่อยและความสามารถในการควบคุม ทั้งกำลังจริงและกำลังรีแอกทีฟ นอกจากนี้ยังมีสิ่งที่เกิดขึ้นในตลาดซื้อขายไฟฟ้าอีกมาก เมื่อโรงไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนแห่งแรกถูกสร้างขึ้น ขณะนี้โรงไฟฟ้ามีขนาดจากไม่กี่กิโลวัตต์ไปจนถึงกิกะวัตต์ และอาจเป็นส่วนหนึ่งของระบบที่อ่อนแอและหรือเป็นส่วนที่แยกออกมาต่างหาก หรือเป็นส่วนหนึ่งของโครงข่ายไฟฟ้าที่พัฒนามาอย่างแข็งแกร่ง ดังนั้น ผู้ปฏิบัติการระบบส่ง (TSO) และผู้ปฏิบัติการระบบจำหน่าย (DSO) ซึ่งมีความรับผิดชอบในการรับประกันความต่อเนื่อง ความเชื่อถือได้ และความเป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้าคุณภาพสูงในโครงข่ายไฟฟ้า กำลังทำงานกันอย่างไม่ลดละ ท่ามกลางข้อกำหนดของการปฏิบัติงาน (กฎระเบียบของการเชื่อมโยงโครงข่ายไฟฟ้า) จำนวนมาก เพื่อความมั่นใจต่อการควบคุมแหล่งพลังงานเหล่านี้



ท่ามกลางการเชื่อมโยงไฟฟ้าที่อยู่บนฝั่งและในชายฝั่งทะเลของพลังงานหมุนเวียนได้เกิดขึ้นจริงแล้วในปัจจุบันนี้ ทั้งในโครงข่ายระบบส่งและโครงข่ายจำหน่ายไฟฟ้า เป็นการรวมเข้ากับและ/หรือแทนที่การผลิตไฟฟ้าแบบดั้งเดิม ประสบการณ์ในภาคส่วนพลังงานหมุนเวียนและการดำเนินงานโครงการขนาดใหญ่ทั่วโลกทำให้ผู้เชี่ยวชาญของ ABB นำเสนอการประเมินทางเทคนิคและเศรษฐศาสตร์ในระดับสูงต่อลูกค้าเพื่อจัดการกับความต้องการและข้อกำหนดเหล่านี้

วิวัฒนาการของกฎระเบียบการเชื่อมโยงโครงข่ายไฟฟ้า

ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมาได้มีการเพิ่มการแทรกซึมของพลังงานหมุนเวียนเข้ามาในโครงข่ายระบบส่งและโครงข่ายระบบจำหน่ายไฟฟ้าเป็นปริมาณมาก จึงไปเพิ่มความกังวลให้กับ TSO และ DSO ผู้ที่ต้องการให้รับประกันความต่อเนื่องและแหล่งจ่ายไฟฟ้าที่เชื่อถือได้ในโครงข่ายไฟฟ้า ประเด็นที่ห่วงใยประกอบด้วย

- ความต่อเนื่อง: ความไม่แน่นอนที่สัมพันธ์กับพิกัดขนาดไม่สามารถทำนายได้ของพลังงานหมุนเวียนอาจมีผลกระทบต่อเสถียรภาพของโครงข่ายไฟฟ้าและความต่อเนื่องของการจ่ายไฟฟ้า

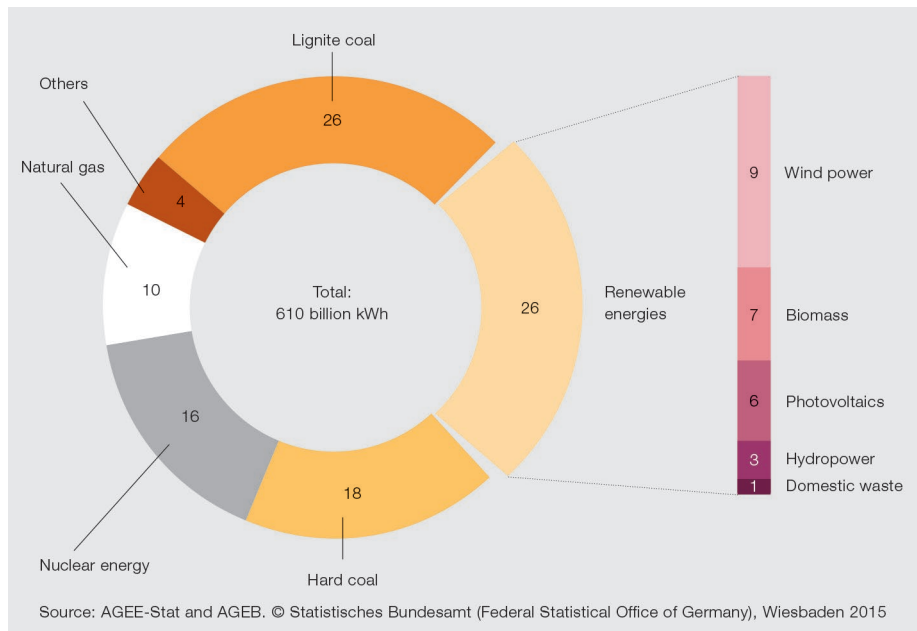
- คุณภาพของการจ่ายไฟฟ้า: การเริ่มนำเทคโนโลยีใหม่และต่อเข้ากับโครงข่ายที่มีระดับกระแสลัดวงจรต่ำกว่า อาจเป็นผลให้เกิดฮาร์มอนิกส์แรงดันกระเพื่อมและเรโซแนนซ์ ความสามารถของกำลังรีแอคทีฟเป็นวิกฤตต่อการรับประกันแรงดันให้อยู่ในระดับที่ยอมรับได้
- ความมั่นคงและเชื่อถือได้ของแหล่งจ่ายไฟฟ้า: เมื่อแหล่งพลังงานหมุนเวียนปริมาณมากๆ ขาดหายไป อาจส่งผลกระทบต่อเสถียรภาพของโครงข่ายไฟฟ้าทั้งหมด จึงมีความต้องการกำลังผลิตสำรองพร้อมใช้เพื่อให้อุ่นใจถึงความมั่นคงของงานด้านปฏิบัติการ

กฎระเบียบการเชื่อมโยงโครงข่ายไฟฟ้าฉบับเดิม มุ่งความสนใจไปที่การควบคุมกำลังรีแอคทีฟแบบสถิตเพาเวอร์แฟกเตอร์ และข้อกำหนดทางไดนามิกส์ เช่น ชีตความสามารถในการคงจ่ายไฟฟ้าอยู่ได้ (low-voltage ride-through: LVRT) ขณะนี้กำลังปรับปรุงกฎระเบียบให้มีข้อกำหนดมากขึ้นรวมถึงการควบคุมกำลังรีแอคทีฟแบบไดนามิกส์ แรงดันและความถี่ที่จุดเชื่อมโยงและคุณภาพไฟฟ้า การเปลี่ยนแปลงหลักๆ จากมุมมองของ TSO ได้แสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การเปลี่ยนแปลงหลักของกฎระเบียบการเชื่อมโยงโครงข่ายไฟฟ้า

ชื่อข้อกำหนด	ข้อกำหนดเดิม	ข้อกำหนดใหม่
การควบคุมกำลังจริงและความถี่	- การควบคุมความถี่สถานะอยู่ตัวให้สอดคล้องกับช่วงความถี่ที่ TSO ยอมรับ - การตั้งค่าระบบป้องกัน	- การควบคุมความถี่จากแต่ละอุปกรณ์ (อินเวอร์เตอร์/กังหันลม) ที่จุดเชื่อมโยง (PCC) ให้สอดคล้องกับการกำหนดเวลาตอบสนองของ TSO
การควบคุมกำลังรีแอคทีฟและแรงดัน	- เพาเวอร์แฟกเตอร์ที่ PCC - ชีตความสามารถเชิงไดนามิกส์ต่อการรองรับฟอลต์ - การควบคุมแรงดันสถานะอยู่ตัวให้สอดคล้องกับช่วงแรงดันที่ TSO ยอมรับ - การตั้งค่าระบบป้องกัน	- ขนาดกำลังรีแอคทีฟที่ PCC ให้สอดคล้องกับแต่ละอุปกรณ์ - การควบคุมแรงดัน/กำลังรีแอคทีฟที่ PCC
คุณภาพไฟฟ้า LVRT	- ระดับของความผันฮาร์มอนิกส์และแรงดันกะพริบ - ความสามารถในการคงทนต่อฟอลต์ในเทอมของการจ่ายกำลังรีแอคทีฟเข้าไปในโครงข่ายไฟฟ้า	
การจำลอง การทดสอบ และการรับรอง	- การจำลองโครงข่ายไฟฟ้าในสถานะอยู่ตัว - การจำลองกล่องดำเชิงไดนามิกส์ ถ้าต้องการเพิ่มเติมข้อกำหนดกำลังรีแอคทีฟระหว่างเกิดฟอลต์ - การจำลองการผลิตไฟฟ้าแต่ละหน่วยและ/หรือรวมเป็นกลุ่ม - การทดสอบเพื่อสาธิตการปฏิบัติตามข้อกำหนดการเชื่อมโยงของแต่ละอุปกรณ์ (กังหัน/อินเวอร์เตอร์) - การรับรองสำหรับอุปกรณ์ใหม่	- การจำลองโครงข่ายไฟฟ้าเชิงไดนามิกส์เพื่อให้แน่ใจถึงการควบคุมกำลังรีแอคทีฟ/แรงดัน/ความถี่ที่ PCC (ชุดควบคุมโรงไฟฟ้า) - การจำลองฮาร์มอนิกส์สมมูลในโครงข่ายไฟฟ้า
ปฏิบัติการและบำรุงรักษา	การบำรุงรักษาเบื้องต้น	TSO และเจ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าต้องเห็นชอบกับแผนการบำรุงรักษาโรงไฟฟ้าตามเวลาและตามคำสั่ง ที่เหมาะสม
ระบบเสริม	ไม่มีการปฏิบัติ	- การควบคุมการหน่วงของกำลังไฟฟ้าที่แกว่ง - ความเฉื่อยเสมือน - บริการเสริม (การควบคุมความถี่) - การพยากรณ์ที่แม่นยำ

รูปที่ 1
แหล่งเชื้อเพลิงผลิตไฟฟ้า
เพื่อจ่ายเข้ากับโครงข่ายไฟฟ้า
ของเยอรมนี



รูปที่ 1

โครงข่ายไฟฟ้าที่มีศักยภาพการเติบโตในการใช้พลังงานต่ำอเมริกาเหนือและยุโรปมีประสบการณ์การแทรกซึมของพลังงานหมุนเวียนอย่างต่อเนื่องในระหว่างสองทศวรรษที่ผ่านมา ด้วยความห่วงใยในสิ่งแวดล้อมและกฎระเบียบภาครัฐประกอบกับเทคโนโลยีที่สามารถใช้ได้เป็นตัวขับเคลื่อนหลักให้มีการเปลี่ยนแปลงโครงข่ายระบบส่งไฟฟ้าแรงสูงถูกต้องเชื่อมร่วมกัน มีความแข็งแรง มีกำลังรีแอคทีฟและกำลังผลิตไฟฟ้าสำรองเหลือเพียงพอสำหรับการจัดสมดุล นอกจากนี้กฎทางด้านปฏิบัติการและตลาดซื้อขายไฟฟ้ามีการใช้งานกันเป็นอย่างดี

เพื่อรักษาการก้าวเดินสู่เป้าหมายในปี 2020 และ 2050 โครงข่ายไฟฟ้าเหล่านี้ต้องเผชิญกับสามความท้าทายหลักที่มีความพิเศษเป็นอย่างไร:

- เสริมสร้างและปรับปรุงโครงข่ายไฟฟ้าปัจจุบันเพื่อแบ่งส่วนการรับแหล่งพลังงานหมุนเวียนให้ได้มากขึ้น
- การรวมและควบคุมการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนในโครงข่ายระบบจำหน่ายไฟฟ้า
- จัดการกับข้อกำหนดใหม่ๆ จาก TSO/DSO สำหรับกฎระเบียบของการควบคุมแรงดันและความถี่

สหรัฐอเมริกา

การติดตั้งพลังงานหมุนเวียนโดยเฉพาะพลังงานลมในสหรัฐอเมริกาจำเป็นต้องเสริมสร้างโครงสร้างพื้นฐานระบบส่งหนึ่งตัวอย่างคือ การต่อรวมระบบส่งภายในรัฐเท็กซัสกับ ERCOT (Electric Reliability Council of Texas) ในฐานะเป็นปฏิบัติการระบบ ในปี 2005 สถานิติบัญญัติของรัฐเท็กซัสมีคำสั่งให้คณะกรรมการของการไฟฟ้ารัฐเท็กซัส (Public Utility Commission of Texas) ไปกำหนดพื้นที่แข่งขัน

พลังงานหมุนเวียน (Competitive Renewable Energy Zone: CREZ) และมีคำสั่งให้ปรับปรุงระบบส่งรองรับการเชื่อมโยงจาก CREZ ไปยังศูนย์กลางโหลดแถวๆ เมืองดัลลาส/ฟอร์ตเวิร์ท เมโทรเพล็กซ์ ออสติน และซาน แอนโตนิโอ

การเสริมสร้างนี้รวมถึงการก่อสร้างสายส่งแรงดัน 345 kV วงจรใหม่มีระยะทางมากกว่า 3,700 km รองรับการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมขนาด 11,500 MW ในพื้นที่ทางตะวันตกของรัฐ ABB ทำการประเมินการใช้กำลังรีแอคทีฟขั้นต้นในปี 2009 ผลสรุปที่ระยะเริ่มต้นมีค่าชั้ตรีแอคเตอร์ใกล้เคียง 4,000 Mvar ชั้ตรีคาปาซิเตอร์ประมาณ 960 Mvar และเครื่องชดเชยวาร์แบบสถิต (static var compensator: SVC) อีก 1,400 Mvar

สำหรับกฎระเบียบการเชื่อมโยงโครงข่ายไฟฟ้าได้เตรียมการพิเศษไว้สำหรับผู้พัฒนาพลังงานหมุนเวียนเพื่อปฏิบัติตาม Federal Energy Regulatory Commission (FERC) Order 661-A for LVRT and reactive capability requirements นอกจากนี้ มาตรฐานทั่วไปนำมาใช้ได้กับการผลิตไฟฟ้าทั้งหมด

สเปน

สเปนเป็นผู้นำการบูรณาการพลังงานหมุนเวียนมากกว่า 15 ปี ร่างกฎระเบียบการเชื่อมโยงโครงข่ายไฟฟ้าของท้องถิ่นอยู่ระหว่างจัดทำ ซึ่งเป็นการต่อยอดข้อกำหนดของเดิมโดยมี



รูปที่ 2

—
รูปที่ 2
ABB สนับสนุนการเชื่อมโยง
โรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์
ขนาดใหญ่ด้วย



รูปที่ 3

—
รูปที่ 3
ABB สร้างแบบจำลองที่
เหมาะสมสำหรับการควบคุม
กังหันลมในบราซิล

การพิจารณาการควบคุมแรงดันและคุมค่าความถี่

การจัดเตรียมโครงข่ายไฟฟ้าปัจจุบันให้ยืดหยุ่น เพื่อใช้ติดตั้งพลังงานหมุนเวียนให้ได้ขนาดสูงสุด (ประมาณ 23 GW เทียบกับโหลดค่ายอดประมาณ 40 GW) เป็นความท้าทายอยู่ในขณะนี้ FACTS (Flexible AC Transmission System) ระบบสะสมพลังงานและการเพิ่มขนาดพิกัดกำลังในการต่อร่วมกับ HVDC เป็นวิธีการแก้ปัญหาที่กำลังศึกษากันอยู่ ABB ร่วมมือกับ TSO ของสเปน (Red Eléctrica de España: REE) เข้าร่วมใน EU TWENTIES consortium เพื่อสนับสนุนชุดงานวิจัยและพัฒนาที่สำคัญ เพื่อศึกษาและพัฒนาต้นแบบจริงที่สามารถทำให้กำลังไฟฟ้าส่วนเกินของพลังงานหมุนเวียนกลับทิศทางการไหลจากสายส่งวงจรหนึ่งไปยังวงจรอื่นๆ ที่มีความพร้อมรับกับขนาดกำลังไฟฟ้าดังกล่าว

เยอรมนี

ในประเทศเยอรมนีมีการเชื่อมโยงเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กมากกว่า 1 ล้านหน่วย เข้ากับโครงข่ายระบบจำหน่ายไฟฟ้าแล้ว กังหันลมและเซลล์แสงอาทิตย์ (PV) มีกำลังผลิตติดตั้งรวมมากกว่า 76 GW สัมพันธ์กับโหลดค่ายอดประมาณ 80 GW (รูปที่ 1) ช่วงแรกไม่ได้กำหนดให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กประกอบเทคโนโลยีสื่อสารหรือการเข้าถึงระยะไกลเข้าไปด้วย แต่ปัจจุบันสถานการณ์กลับตรงกันข้ามในเหตุการณ์ปัญหาคุณภาพไฟฟ้าผู้ปฏิบัติการโครงข่ายไฟฟ้าได้รับอำนาจให้ลดการจ่ายไฟฟ้าเข้าโครงข่ายได้ โดยทั่วไปการกระเพื่อมของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสร้างความท้าทายต่อการรักษาแรงดันให้อยู่ภายในช่วงที่กำหนดและการรับโหลดของอุปกรณ์ต่างๆ ก็มีความท้าทายด้วยเช่นกัน

ในเยอรมนีกฎระเบียบที่ออกโดย Bundesverband der Energie und Wasserwirtschaft (BDEW) และ Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik

e.V. (VDE) ครอบคลุมกฎระเบียบการเชื่อมโยงโครงข่ายไฟฟ้าสำหรับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและระบบสะสมพลังงานในระบบจำหน่าย คาดว่าในเร็ว ๆ นี้ กฎระเบียบการเชื่อมโยงโครงข่ายไฟฟ้า ENTSO-E เช่น “ข้อกำหนดสำหรับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า” จะถูกใช้ในยุโรป ABB เป็นผู้บุกเบิกในการพัฒนานวัตกรรมของอุปกรณ์ เช่น เครื่องคุมค่าแรงดัน (voltage regulators) เพื่อแก้ปัญหาคุณภาพไฟฟ้าให้กับผู้ปฏิบัติการโครงข่ายจำหน่ายไฟฟ้า

สหราชอาณาจักร

ในสหราชอาณาจักร (UK) นอกจากการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาบ้านเรือนแล้ว ส่วนที่เหลือของพลังงานหมุนเวียนที่จ่ายไฟฟ้าเข้ามามีขนาดใหญ่เพียงพอที่ต้องปฏิบัติตามกฎระเบียบการเชื่อมโยงโครงข่ายไฟฟ้าของโครงข่ายไฟฟ้าแห่งชาติ (National Grid) และระบบส่งที่ได้กำหนดให้ปฏิบัติตาม โครงข่ายไฟฟ้าของ UK (โดยเฉพาะทางภาคใต้) เป็นพื้นที่ที่มีความหนาแน่นด้านพลังงานไฟฟ้าสูงที่สุดในโลก เป็นเหตุให้มีความยากลำบาก เมื่อมีการออกแบบโครงข่ายสำหรับโรงไฟฟ้าและการบรรลุเป้าหมายของกฎระเบียบการเชื่อมโยงโครงข่ายไฟฟ้าอย่างเช่น ความท้าทายบางประการคือ ระดับกระแสลัดวงจรสูง จึงต้องการหม้อแปลงกำลังที่มีค่าอิมพีแดนซ์สูง เสถียรภาพของแรงดันและประเด็นคุณภาพไฟฟ้าและความต้องการในการกำจัดฟูลต์อย่างรวดเร็ว

โครงข่ายไฟฟ้าที่มีศักยภาพการเติบโตในการใช้พลังงานสูง

ในอเมริกาใต้ ตะวันออกกลางและเอเชีย การมีการพัฒนาโครงข่ายไฟฟ้าอย่างต่อเนื่องพร้อมกับการเชื่อมโยงพลังงานหมุนเวียนเข้ามา โดยมีตัวขับเคลื่อนหลักคือ เทคโนโลยีที่ใช้ประโยชน์ได้ ราคาไฟฟ้าเพิ่มสูงขึ้น และนักลงทุนนำเอาประสบการณ์ความสำเร็จจากประเทศอื่นๆ มาใช้ ความท้าทายของการเชื่อมโยงได้แก่

- ประเด็นเสถียรภาพเนื่องจากขีดจำกัดของกำลังรีแอกทีฟ

- โครงข่ายไฟฟ้าขาดการต่อร่วมกับประเทศข้างเคียง และข้อจำกัดของกำลังไฟฟ้าสำรอง
- ระดับคุณภาพไฟฟ้าไม่ดี เนื่องจากอัตรากระแสลัดวงจรต่ำ
- โดยทั่วไปโครงข่ายไฟฟ้าในพื้นที่ห่างไกลตัวเมืองมีความอ่อนแอ

แอฟริกาใต้

ABB มีส่วนร่วมในการศึกษากับท้องถิ่น ส่งผู้เชี่ยวชาญออกไปทั่วโลกอย่างมากมาย เมื่อเร็วๆ นี้ ผู้เชี่ยวชาญของ ABB เผชิญกับความท้าทายในการพัฒนาตัวควบคุมโรงไฟฟ้าระดับสูงในแอฟริกาใต้ ให้สามารถเติมเต็มกับข้อกำหนดใหม่ของกฎระเบียบการเชื่อมโยงโครงข่ายไฟฟ้าจากการไฟฟ้า Eskom ในเทอมของแรงดันเพาเวอร์แฟกเตอร์ การควบคุมกำลังรีแอกทีฟและการลดลงของกำลังไฟฟ้าในช่วงเวลาสั้นๆ

บราซิล

ในปี 2013 ประเทศบราซิลมีการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมและแสงอาทิตย์คิดเป็น 28% และ 5% ตามลำดับ การเชื่อมโยงพลังงานหมุนเวียนเข้ามาอย่างรวดเร็ว กำลังนำไปสู่ความท้าทายใหม่ในเทอมของการออกแบบและปฏิบัติการของโรงไฟฟ้า เพื่อปฏิบัติตามกฎระเบียบการเชื่อมโยงโครงข่ายไฟฟ้าของผู้ปฏิบัติการระบบอิสระ (ISO) ของบราซิล (ONS – Operador Nacional do Sistema Elétrico) ABB ทำงานจนแน่ใจในแบบจำลองที่เหมาะสมสำหรับการควบคุมกังหันลม และจัดเตรียมวิธีการแก้ปัญหาเพื่อปรับปรุงคุณภาพไฟฟ้า

ผู้ปฏิบัติการระบบอิสระ มีการติดตามมาตรการรณรงค์และการมีส่วนร่วมในคณะทำงานเพื่อแบ่งปันและพัฒนาวิธีการกำหนดกฎระเบียบการเชื่อมโยงโครงข่ายไฟฟ้าให้มีการกลั่นกรองอย่างเหมาะสม

จอร์แดน

จอร์แดนกำลังเผชิญกับความตึงเครียดด้านพลังงาน มีการนำเข้าพลังงานมากกว่า 97% นำไปสู่อัตราค่าไฟฟ้าที่สูง ทำให้ต้องเน้นมาใช้แหล่งพลังงานทางเลือกอื่นๆ ที่มีมากในประเทศ แทน โดยเพิ่มเป้าหมายการพึ่งพิงแหล่งพลังงานหมุนเวียนในท้องถิ่นจาก 4% (ในปี 2013) เป็น 13% ในปี 2016 และ 39% ในปี 2020

ABB ได้ศึกษาแนวโน้มของตลาด ความคาดหวังและกฎระเบียบการเชื่อมโยงโครงข่ายไฟฟ้าของพลังงานหมุนเวียนเพื่อสร้างโอกาสการเติบโตของพลังงานหมุนเวียนตลาดเป็นไปในเชิงรุกขึ้นเริ่มต้นการไฟฟ้า NEPCO และนักลงทุนให้การตอบรับอย่างดี ผู้สนับสนุนได้เข้าหา ABB ให้ขยายการเชื่อมโยงโครงข่ายไฟฟ้าเพื่อรองรับพลังงานหมุนเวียน

—
ในประเทศอียิปต์ เพื่อให้มีการรับรองการเชื่อมโยงโรงไฟฟ้า พลังงานหมุนเวียนเข้ากับโครงข่ายไฟฟ้านั้น ผู้พัฒนาพลังงานหมุนเวียนต้องปฏิบัติตามข้อกำหนดคั้งกวดของกฎระเบียบ การเชื่อมโยงโครงข่ายไฟฟ้าซึ่งบางสิ่ง ABB มีบทบาทและประสบการณ์ที่ดีเพื่อช่วยในการดำเนินงาน

กฎของการเชื่อมโยง

สำหรับผู้ให้บริการโครงข่ายไฟฟ้า หลายรายได้พยายามตามการเปลี่ยนแปลงและเพิ่มข้อกำหนดในกฎระเบียบการเชื่อมโยงโครงข่ายไฟฟ้า ซึ่งเป็นการไหวตัวให้ทันต่อทรัพยากร จึงเป็นการใช้เวลาในการตามให้ทัน การตีความการเปลี่ยนแปลงหรือกฎระเบียบการเชื่อมโยงโครงข่ายไฟฟ้าใหม่ และการคาดการณ์ว่ากฎระเบียบเหล่านั้นอาจกระทบต่อสถานการณ์และสิ่งอะไรที่อาจต้องการเปลี่ยน เพื่อรักษาสภาพของการปฏิบัติตามกฎระเบียบนั้นไว้ ABB สนับสนุนผู้ให้บริการไฟฟ้าผ่านการเปลี่ยนแปลงเหล่านี้ไปด้วยการนำเสนอประสบการณ์อย่างมากมายมาพบทวน ประเมิน และตัดสินใจในกิจกรรมตามที่ต้องการ

การเปลี่ยนแปลงกฎระเบียบการเชื่อมโยงโครงข่ายไฟฟ้าเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับโครงข่ายไฟฟ้าที่มีการเปลี่ยนแปลง แต่แทนที่ทำให้การเปลี่ยนแปลงเหล่านี้เป็นภาระ ABB กลับดูเหมือนเป็นโอกาสที่ดีสำหรับการปรับปรุงโครงข่ายไฟฟ้า เช่นเดียวกับสุภาวิชิตจินที่กล่าวไว้ว่า “เมื่อลมพัดเปลี่ยน บางคนสร้างกำแพงกันลม บางคนสร้างกังหันรับลม”

เรียบเรียงจาก

Ines Romero, John Daniel, Diogo Pereira, Fahd Hashiesh, Nihar Raj, Britta Buchholz, “Consulting the grid code,” ABB Review 4/15, pp. 50-55.

International Standard Series

American National Standard Requirements for Power-Line Carrier Coupling Capacitors and Coupling Capacitor Voltage Transformers (CCVT)

ข้อกำหนดกฎเกณฑ์ตามมาตรฐานอเมริกัน สำหรับตัวเก็บประจุเชื่อมต่อสัญญาณสื่อสารผ่านสายส่งไฟฟ้าและหม้อแปลงแรงดันแบบตัวเก็บประจุเชื่อมต่อ (ซีซีวีที)

สมชัย เจริญศรีเกษม
somchai.char@egat.co.th

5.1.7 Carrier drain coil loading, power-frequency voltage drop, and insulation level

(การจ่ายโหลดของขดลวดระบายสัญญาณสื่อสาร, แรงดันตกความถี่ไฟฟ้ากำลัง, และระดับการฉนวน)

5.1.7.1 Loading (การจ่ายโหลด)

There are no requirements for drain coil loading.
ไม่มีข้อกำหนดกฎเกณฑ์สำหรับการจ่ายโหลดของขดลวดระบายสัญญาณสื่อสาร.

For an explanation and discussion of the determination of drain coil inductance refer to Annex C. The manufacturer shall provide information on drain coil inductance and current rating.

คำอธิบายและการพิจารณาเรื่องการหาค่าความเหนี่ยวนำของขดลวดระบายสัญญาณสื่อสาร ให้ดูที่ภาคผนวก C. ผู้ผลิตจะต้องให้ข้อมูลเกี่ยวกับความเหนี่ยวนำของขดลวดระบายและ

พิกัดกระแส. ๑๔๖

5.1.7.2 Voltage drop (แรงดันตก)

The voltage drop across the carrier drain coil shall not exceed 30 volts rms at power frequency and with maximum rated voltage applied to the high-voltage terminal of the capacitor.

แรงดันตกคร่อมขดลวดระบายสัญญาณสื่อสารจะต้องไม่เกิน 30 โวลต์อาร์เอ็มเอส ณ ความถี่ไฟฟ้ากำลัง เมื่อมีแรงดันที่กำหนดสูงสุดป้อนให้กับขั้วต่อสายแรงสูงของตัวเก็บประจุ. ๑๔๗, ๑๔๘

NOTE - For an explanation and discussion of the 30 volt rms specification, see the Annexes of ANSI/ISA S82.01, ANSI/ISA S82.02, ANSI/ISA S82.03.

หมายเหตุ - คำอธิบายและการพิจารณาถึงค่าที่ระบุไว้เป็น 30 โวลต์อาร์เอ็มเอสนั้น ให้ดูที่ภาคผนวกของ ANSI/ISA S82.01,

๑๔๖

ข้อมูลจากบันทึกองค์ความรู้, วิกิบุลย์ ถูกยืมมา, หน้า 67 กล่าวถึงข้อมูล CCVT ในส่วนของ Carrier drain coil ซึ่งฝ่ายระบบสื่อสารกำหนดไว้ (บางส่วนกำหนดลงใน Ratings and Features (RF) ของ กฟผ. และบางส่วนเอาไว้ตรวจสอบข้อมูล Proposal Data (PD) ที่ผู้ผลิตเสนอมาในการเข้าประมูล) ข้อมูล Carrier drain coil ที่วิกิบุลย์บันทึกไว้มีดังนี้

1. Continuous current at 50 Hz	1	A
2. Short-time current	-	A
3. DC resistance	≤ 14	Ω

4. Inductance	≤ 45	mH
5. Insertion loss at specified frequency range	< 0.5	dB
6. Impulse withstand voltage	12	kV

ค่า Short-time current จากข้อมูลที่เคยมี คือ (1) Nissin: 2 A for ac 10 minutes และ (2) Haefely: 5 kA for 8/20 μs

๑๔๗

ข้อกำหนดเกี่ยวกับ Voltage drop (across the carrier drain coil) จะต้องไม่เกิน 30 V rms ตามมาตรฐาน ANSI กำหนดไว้เหมือนกัน ทั้ง C93.2-1976, C93.1-1990 & C93.1-1999 ส่วน



ANSI/ISA S82.02, ANSI/ISA S82.03.

5.1.7.3 Insulation level (ระดับการฉนวน)

The basic impulse insulation level (BIL) of the carrier drain coil shall be a minimum of 10 kV at a standard impulse wave of 1.2-5.0 × 40-60 microseconds.

ระดับการฉนวนอิมพัลส์มาตรฐาน (ปีโอแอล) ของชุดลดระดับบายสัญญาณสื่อสาร จะต้องมีย่าน้อย 10 กิโลโวลต์ ณ คลื่นอิมพัลส์มาตรฐาน 1.2-5.0 × 40-60 ไมโครวินาที. ^{๑๔๙, ๑๕๐, ๑๕๑, ๑๕๒}

5.1.8 Capacitance and dissipation factor of the capacitor stack (ความจุไฟฟ้าและตัวประกอบการสูญเสียเป็นความร้อนของชุดตัวเก็บประจุ)

5.1.8.1 Prior to dielectric tests (ก่อนการทดสอบไดอิเล็กตริก)

The stack capacitance at power frequency shall not differ from the rated value by more than -5% or +10%.

NEMA No. SG 11-1955 ไม่พบว่ามีข้อกำหนดใดๆ เกี่ยวกับประเด็นนี้เลย ^{๑๔๘}

ถาม: การจัดซื้อ CC & CCVT ของ กฟผ. มีการกำหนดแรงดันตกคร่อม Carrier Drain Coil ไว้เป็นกี่ V rms ?

ตอบ: การจัดซื้อ CC & CCVT ของ กฟผ. มีการกำหนดแรงดันตกคร่อม Carrier Drain Coil ไว้ใน Ratings and Features (RF) ภายใต้หัวข้อ Carrier Drain Coil ซึ่งกำหนดว่าต้องไม่เกิน 30 V rms และถือว่าตรงตามข้อกำหนดของ ANSI C93.1-1999 ฉบับนี้

^{๑๔๙}

BIL ของ Carrier Drain Coil ตามข้อกำหนดนี้ต้องมีอย่างน้อย 10 kV แต่เมื่อก่อน C93.2-1976, Section 4.1.13 กำหนดไว้เพียง 5 kV ต่อมาจึงเปลี่ยนเป็น 10 kV เมื่อประกาศใช้ C93.1-1990 และยังใช้ต่อมาสำหรับ C93.1-1999 ฉบับนี้ จากการตรวจสอบ NEMA No.SG 11-1955 ไม่พบว่ามีข้อกำหนดใดๆ เกี่ยวกับ BIL ของ Carrier Drain Coil เลย ^{๑๕๐}

ถาม: การจัดซื้อ CC & CCVT ของ กฟผ. มีการกำหนด BIL ของ Carrier Drain Coil ไว้เป็นกี่ kV?
ตอบ: การจัดซื้อ CC & CCVT ของ กฟผ. มีการกำหนด BIL ของ Carrier Drain Coil ไว้ใน Ratings and Features (RF) ภายใต้หัวข้อ Carrier Drain Coil ซึ่งกำหนด BIL เป็น 12 kV เสมอ (สูงกว่าค่าที่กำหนดใน C93.1-1999 ฉบับนี้) ทั้งนี้กองวางแผนและวิศวกรรมระบบสื่อสาร (กส-ส.) ฝ่ายระบบสื่อสาร (ฟรส.) เป็นผู้กำหนด BIL ดังกล่าว ตามบันทึกจาก กส-ส. ถึง ฟรส. ผ่าน ฟรส. เรื่อง “Carrier Drainage Coil ของ CC/CCVT” ลงวันที่ 13 พฤศจิกายน 2541 เพื่อตอบบันทึกข้อซักถามจาก หมพ-พ. (คุณวิบูลย์ ฤกษ์ศิระทัย) ลงวันที่ 6 พฤศจิกายน 2541 บันทึกจาก กส-ส. ที่กล่าวมาข้างต้น มีใจความสำคัญเกี่ยวกับการกำหนดค่า BIL ของ Carrier Drain Coil ดังต่อไปนี้

เนื่องด้วยในระบบสื่อสารของ กฟผ. ยังมีความจำเป็นต้องใช้ทั้ง PLC (Power-line carrier) และ Type “c” Line Fault Locator (LFL) ทำให้ Carrier Drainage Coil ใน CC และ CCVT ต้องสามารถรับ High Voltage Impulse ของ LFL ได้ด้วย ซึ่งทำให้การกำหนดค่า Impulse Withstand Voltage สูงกว่า ANSI Std. ที่พิจารณาแต่ PLC เพียงอย่างเดียว อย่างไรก็ตาม

กส-ส. เห็นว่าสามารถลดค่า Impulse Withstand Voltage สำหรับ 500 kV CCVT จาก 15 kV ลงมาเป็น 12 kV เท่ากับ 69-230 kV CCVT ได้ จึงใคร่ขอกำหนด Impulse Withstand Voltage ของ Carrier Drain Coil ใหม่เป็น 12 kV สำหรับ CC และ CCVT ทุกขนาด

^{๑๕๑}

จากการตรวจสอบ Ratings and Features (RF) No. PD9W11 ที่ใช้ในการจัดซื้อ 525 kV CCVT ของ กฟผ. ในปัจจุบัน ซึ่งเป็น RF No. ฉบับเดียวกับที่วิบูลย์แนบบันทึกส่งไปให้ฝ่ายระบบสื่อสารตรวจสอบ และมีการขอแก้ไข Impulse Withstand Voltage จาก 15 kV ลดลงเป็น 12 kV เท่ากับของ 69-230 kV CCVT แล้ว ปรากฏว่าปัจจุบันได้ย้อนกลับไปใช้ 15 kV เหมือนกับสมัยก่อน ซึ่งผมคิดว่าน่าจะเกิดจากความผิดพลาดในการนำ RF เก่า (ก่อนปี 2541) กลับมาแก้ไขให้เป็นแบบฟอร์มระบบ ISO แต่เนื่องจากผู้แก้ไขไม่ทราบว่าเคยมีบันทึกสอบถามตามที่ผมได้อธิบายไปในเชิงอรรถข้อที่แล้ว จึงทำให้เกิดการย้อนกลับไปใช้ข้อมูลในอดีตอีกครั้ง และส่งผลต่อเนื่องให้ RF สำหรับ 500 kV CCVT ทุกฉบับที่เป็นแบบฟอร์มระบบ ISO กำหนดเป็น 15 kV เหมือนกันหมด (ไม่มีฉบับใดเลยที่มีลายเซ็นของวิบูลย์)

^{๑๕๒}

ถาม: จากเชิงอรรถที่พูดไปแล้วในข้อ 3.4 basic impulse insulation level (BIL) ซึ่งบอกว่าการกำหนดเกณฑ์เวลาหน้าคลื่นและหางคลื่นของอิมพัลส์ตาม C93.1-1999 ต่างจากมาตรฐาน IEEE Std. 4-1995 นั้น อยากถามว่าเกณฑ์ของมาตรฐานฉบับใดแข็งแกร่งกว่า?
ตอบ: ก่อนอื่นมาพบพานก่อนว่าแต่ละมาตรฐานกำหนดเกณฑ์ไว้อย่างไร? ตามเกณฑ์ของ IEEE Std. 4 คือ 0.84-1.56 × 40-60 μs ขณะที่เกณฑ์ของ C93.1-1999 คือ 1.2-5.0 × 40-60 μs ข้อมูลจาก บันทึกองค์ความรู้, วิบูลย์ ฤกษ์ศิระทัย, หน้า 95 อธิบายผลของหน้าคลื่นและหางคลื่นของอิมพัลส์ไว้ดังต่อไปนี้ เวลาหน้าคลื่น (Wave front): ช่วงเวลายิ่งสั้น ยิ่งทำให้เกิด Stress บนส่วนแรกของ Coil สูง และมีอำนาจทะลุทะลวงมากกว่า ถ้าช่วงเวลายาว จะเป็นผลดีต่อผู้ผลิต เนื่องจาก Stress จะ Distribute สม่ำเสมอทั่ว Winding เวลาหางคลื่น (Wave tail): ช่วงเวลายาวจะ Severe กว่าช่วงสั้น เนื่องจากช่วงเวลาในการรับ Stress ของ Winding จะนานกว่าอาศัยความรู้ตามบันทึกของวิบูลย์ข้างต้น จะเห็นได้ว่าเกณฑ์ของ IEEE Std.4 มีความเข้มงวดกว่าเกณฑ์ของ C93.1-1999 ฉบับนี้ ดังนั้นหากผู้ผลิตทดสอบอิมพัลส์

ความจุไฟฟ้าของชุดตัวเก็บประจุ ณ ความถี่ไฟฟ้ากำลัง จะต้องไม่ต่างจากค่าที่วัดได้ก่อนการทดสอบไดอิเล็กทริกเกิน -5% หรือ $+10\%$.^{๑๕๓, ๑๕๔}

5.1.8.2 After Dielectric Tests

(หลังการทดสอบไดอิเล็กทริก)

The capacitance at power frequency shall not differ from that measured prior to the dielectric tests by more than the equivalent of one capacitor element. The dissipation factor at power frequency shall not differ from that measured prior to the dielectric tests by more than $+0.1\%$.

ความจุไฟฟ้าของชุดตัวเก็บประจุ ณ ความถี่ไฟฟ้ากำลัง จะต้องไม่ต่างจากค่าที่วัดได้ก่อนการทดสอบไดอิเล็กทริกเกินค่าที่เทียบเท่ากับองค์ประกอบตัวเก็บประจุหนึ่งชิ้น ตัวประกอบการสูญเสียเป็นความร้อน ณ ความถี่ไฟฟ้ากำลัง จะต้องไม่ต่างจากค่าที่วัดได้ก่อนการทดสอบไดอิเล็กทริกเกินกว่า $+0.1\%$.

NOTE - The purpose of checking the dissipation factor is to verify the uniformity of the production method and effectiveness of the processing cycle.

หมายเหตุ - วัดอุปสงค์ของการตรวจสอบตัวประกอบการสูญเสียเป็นความร้อนคือ เพื่อยืนยันความสม่ำเสมอของวิธีการผลิตและความมีประสิทธิภาพของรอบการผลิต.^{๑๕๕, ๑๕๖, ๑๕๗}

5.1.8.3 Over the carrier-frequency range

(ตลอดย่านความถี่สัญญาณสื่อสาร)

The carrier-frequency capacitance shall not differ from the rated value by more than -20% or $+50\%$.

ความจุไฟฟ้าตลอดย่านความถี่สัญญาณสื่อสารจะต้องไม่ต่างจากค่าที่วัดได้ก่อนการทดสอบไดอิเล็กทริกเกิน -20% หรือ $+50\%$.

5.1.9 Short-time overvoltage operation

(การทำงานเมื่อมีแรงดันเกินในช่วงเวลาสั้นๆ)

The CCVT shall be capable of withstanding 140% of performance reference voltage for one minute.

“Capable of withstanding” shall be interpreted to mean that, after being subjected to this duty, the CCVT shall show no damage and shall be capable of meeting the requirements of this standard.

ซีซีวีทีจะต้องสามารถทนแรงดัน 140% ของแรงดันอ้างอิงในการทำงานได้นานหนึ่งนาที คำว่า “สามารถทนได้” จะต้องตีความว่าหมายถึง หลังจากที่ได้รับทดสอบภาระกิจนี้แล้ว ซีซีวีทีจะต้องไม่แสดงให้เห็นความเสียหายใดๆ และจะต้องยังสามารถผ่านข้อกำหนดกฎเกณฑ์ของมาตรฐานฉบับนี้ได้.

5.1.10 Burdens (เบอร์เดน)

5.1.10.1 Burdens for accuracy rating (เบอร์เดนสำหรับพิถีความแม่นยำ)

Burdens for accuracy rating purposes shall be expressed in volt-amperes at a specified lagging power factor as listed in Table 5.

เบอร์เดนสำหรับพิถีความแม่นยำที่ตั้งใจไว้ จะต้องแสดงในหน่วยโวลต์-แอมแปร์ ณ ตัวประกอบกำลังมุมล่าช้าหลังที่ระบุไว้ตามรายการในตารางที่ 5.

NOTES

หมายเหตุ

1. Burdens are based on two secondary voltages, 120 volts and 69.3 volts, and power frequency. The burden designations and the same physical burdens are used in applying accuracy ratings to CCVTs, irrespective of the ratios or of the exact secondary voltages resulting from the voltage applied to the high-voltage terminal. For example, for those CCVTs having ratios that result in secondary voltages of 115 or 66.4 volts at performance reference voltage, the actual volt-amperes for a designated burden is reduced to 91.8% of the values listed in Table 5.

เบอร์เดนทั้งหลายอ้างอิงจากแรงดันทุติยภูมิสองค่า 120 โวลต์ และ 69.3 โวลต์ และความถี่ไฟฟ้ากำลัง การระบุเบอร์เดน

หัวข้อนี้แล้วมีเวลาหน้าคลื่นต่ำกว่า $1.2 \mu\text{s}$ ซึ่งผิดข้อบังคับของมาตรฐานฉบับนี้ ผมมีความเห็นว่าน่าจะยอมรับได้ เนื่องจากหน้าคลื่นยิ่งสั้นก็ยิ่งสร้างความรุนแรงต่อ Carrier Drain Coil มากขึ้น แต่ถ้าหากหน้าคลื่นสั้นกว่า $4 \mu\text{s}$ ซึ่งก็ผิดข้อบังคับเช่นกัน ผมกลับคิดว่าไม่น่าจะยอมรับได้ เนื่องจากหน้าคลื่นยิ่งสั้นก็ยิ่งผ่านได้ง่ายขึ้น ทำให้ Carrier Drain Coil ทนรับการทดสอบสั้นเกินไป

๑๕๓
ความจุไฟฟ้าของชุดตัวเก็บประจุ ณ ความถี่ไฟฟ้ากำลัง ตามข้อกำหนดนี้จะต้องไม่ต่างจากค่าที่วัดได้ก่อนการทดสอบไดอิเล็กทริกเกิน -5% หรือ $+10\%$ ซึ่งเหมือนกับของ C93.2-1976, Section 4.1.3.1 และ C93.1-1990, Section 5.1.8.1 แต่ว่า NEMA No. SG 11-1955, Section 11-3.05 กำหนดเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนไว้ -10% ถึง $+15\%$ ซึ่งถือว่าอนุโลมกว่าเกณฑ์ปัจจุบัน ทั้งนี้เนื่องจากกระบวนการผลิตในสมัยนั้นยังไม่ได้เท่าตอนนี้

๑๕๔
ถาม: การจัดซื้อ CC & CCVT ของ กฟผ. มีการกำหนดเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนสำหรับความจุไฟฟ้าของชุดตัวเก็บประจุไว้หรือไม่ ?

ตอบ: การจัดซื้อ CC & CCVT ของ กฟผ. ไม่มีข้อกำหนดเรื่องเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนสำหรับความจุไฟฟ้าของชุดตัวเก็บประจุ จึงถือว่าให้ใช้เกณฑ์ตามข้อกำหนดของ C93.1-1999 ฉบับนี้

๑๕๕

เกณฑ์การเปลี่ยนแปลงของความจุไฟฟ้าและตัวประกอบการสูญเสียเป็นความร้อนหลังจากทดสอบไดอิเล็กทริกตามข้อกำหนดนี้ เหมือนกับของ C93.2-1976, Section 4.1.3.2 และ C93.1-1990, Section 5.1.8.2 สำหรับ NEMA No. SG 11-1955 ไม่มีข้อกำหนดในประเด็นนี้

๑๕๖

คำว่า one capacitor element (องค์ประกอบตัวเก็บประจุหนึ่งชิ้น) ตามหัวข้อนี้ ผู้ผลิตจะต้องให้ข้อมูลมาว่าเทียบเท่ากับกี่ฟิโคลูมบ์ หรือบอกจำนวนของการต่ออนุกรมและขนานกันขององค์ประกอบตัวเก็บประจุหลายๆ ชิ้น เพื่อประกอบเป็นชุดตัวเก็บประจุทั้งชุด

๑๕๗

ถาม: การจัดซื้อ CC & CCVT ของ กฟผ. มีการกำหนดเกณฑ์การเปลี่ยนแปลงของความจุไฟฟ้าและตัวประกอบการสูญเสียไว้หรือไม่ ?

ตอบ: การจัดซื้อ CC & CCVT ของ กฟผ. ไม่มีข้อกำหนดเรื่องเกณฑ์การเปลี่ยนแปลงของความจุไฟฟ้าและตัวประกอบการสูญเสีย จึงถือว่าให้ใช้เกณฑ์ตามข้อกำหนดของ ANSI C93.1-1999 ฉบับนี้

และเบอร์เดนที่มีลักษณะทางกายเหมือนกัน ใช้ในการบอก พิกัดความแม่นยำของซีซีวีที โดยไม่ใส่ไอต์ราส่วนหรือแรงดัน ทุติยภูมิที่แท้จริงซึ่งเกิดจากแรงดันที่ป้อนให้กับขั้วต่อสาย แรงสูง ตัวอย่างเช่น สำหรับซีซีวีทีทั้งหลายที่มีอัตราส่วน ซึ่ง ทำให้เกิดแรงดันทุติยภูมิ 115 หรือ 66.4 โวลต์ ณ แรงดัน อ้างอิงในการทำงาน โวลต์-แอมแปร์ที่แท้จริงสำหรับเบอร์เดน ที่ระบุไว้ย่อมลดลงเหลือ 91.8% ของค่าต่างๆ ตามรายการใน ตารางที่ 5.^{๑๕๘}

ตารางที่ 5 – เบอร์เดนสำหรับพิกัดความแม่นยำ^{๑๕๙} – ๑๖๕

เบอร์เดน*			คุณลักษณะเมื่ออ้างอิงแรงดัน 120 โวลต์			คุณลักษณะเมื่ออ้างอิงแรงดัน 69.3 โวลต์		
การระบุ เบอร์เดน	โวลต์-แอมแปร์	ตัวประกอบ กำลัง	ความต้านทาน (โอห์ม)	ความเหนี่ยวนำ (เฮนรี)	อิมพีแดนซ์ (โอห์ม)	ความต้านทาน (โอห์ม)	ความเหนี่ยวนำ (เฮนรี)	อิมพีแดนซ์ (โอห์ม)
M	35	0.20	82.3	1.07	411	27.4	0.356	137
W	12.5	0.10	115.2	3.04	1152	38.4	1.01	384
X	25	0.70	403.2	1.09	576	134.4	0.364	192
Y	75	0.85	163.2	0.268	192	54.4	0.0894	64
Z	200	0.85	61.2	0.101	72	20.4	0.0335	24
ZZ	400	0.85	30.6	0.0503	36	10.2	0.0168	12

* การระบุเบอร์เดนเหล่านี้ไม่มีนัยสำคัญที่ความถี่อื่นนอกเหนือจาก 60 เฮิรตซ์.

๑๕๘

ตามหมายเหตุข้อนี้ จะเห็นได้ว่าหากกำหนดอัตราส่วนโดยเลือก Higher ratio จาก Table 3 ก่อน แล้วค่อยคำนวณค่า Lower ratio ด้วยแนวคิดของทวิคูณ ก็จะได้แรงดันทุติยภูมิเป็น 120/69.3 โวลต์ ณ แรงดันอ้างอิงในการทำงาน ซึ่งทำให้สามารถต่อเบอร์เดนได้เต็มที่ตามมาตรฐานฉบับนี้ ทั้งนี้ Lower ratio ที่ไม่ได้ลงท้ายด้วยศูนย์ (มีการปัดเศษเล็กน้อย) นั้น ไม่ส่ง ผลต่อการใช้งาน Relaying Service ขณะที่การใช้งาน Metering Service นั้น การปัดเศษจากการคำนวณ อาจส่งผลกระทบต่อความแม่นยำได้มากกว่ากรณีของงานรีเลย์ ดังนั้นจึงต้องยอมใช้ Lower ratio ที่ลงท้ายด้วยศูนย์ตาม Table 3 แม้ว่าจะทำให้ต่อเบอร์เดนได้ไม่เต็มที่ก็ตาม ทั้งนี้ เบอร์เดนที่เป็นเครื่องวัดมักจะมีความต่ำกว่าเบอร์เดนที่เป็นรีเลย์อยู่แล้ว ดังนั้นการลดเบอร์เดนลงบ้างจึงไม่ส่งผลกระทบต่อ Metering Service

๑๕๙

ถาม: การที่มาตรฐานฉบับนี้อ้างอิงเบอร์เดน ณ แรงดัน 120 V & 69.3 V (แทนที่จะเลือกแรงดันค่าอื่นๆ) มีเหตุผลอธิบายหรือไม่ ?

ตอบ: หนังสือ Westinghouse Maintenance Hints, Chapter 31: Instrument Transformers, 1974, pp. 31-14 ถึง 31-15 อธิบายไว้ว่า Establishment of standard burdens to be used for testing and comparing voltage transformers must take into account the two standard secondary voltage ratings 69.3 and 120 volts used for voltage transformers. Actually, inspection of standard voltage transformer ratings will show that there are really two voltages; 115 and 120 volts in the 120 volt class, and several voltages from 65 to 70 in the 69.3 volt class. The standard burdens to be used for testing are rated at 120 volts and 69.3 volts. ANSI C57.13 specifies that the 120 volt rated burden will be used for any transformer with a secondary voltage in the range of 115 to 120 volts; the 69.3 volt burden will be used for any transformer with secondary voltages in the range of 65 to 72 volts. This means that the actual voltamperes in the burden in a given test may be somewhat different than the nominal value of the burden in voltamperes. For instance if the standard burden is 25 voltamperes, the actual burden, when it is used for testing any transformer with a 115 volt secondary, is (115/120)2 or 0.918 times the nominal value of 25. Burdens rated at 69.3 volts have an impedance only 1/3 of that of burdens rated 120 volts. They should not be used in testing or rating transformers rated at 115 to 120 volts.

แม้ว่าคำอธิบายข้างต้น จะเกี่ยวข้องกับหม้อแปลงแรงดันตาม ANSI C57.13 แต่ก็สามารถประยุกต์ใช้กับ CCVT ตาม C93.1 ฉบับนี้ได้ด้วย เนื่องจากเบอร์เดนที่นำมาต่อเข้ากับขดลวดทุติยภูมิของหม้อแปลงแรงดันทั้งสองชนิด ต่างก็เป็นรีดอร์หรือรีเลย์ตัวเดียวกัน

๑๖๐

ถาม: การจัดซื้อ CCVT ของ กฟผ. มีการกำหนด Burden ของขดลวดทุติยภูมิแต่ละชุดไว้หรือไม่ ? และกำหนดไว้อย่างไร ?

ตอบ: การจัดซื้อ CCVT ของ กฟผ. มีการกำหนด Burden ของขดลวดทุติยภูมิแต่ละชุดไว้ใน Ratings and Features (RF) ซึ่งจากการตรวจสอบ RF ที่ใช้อยู่ในปัจจุบันทั้งหมด พบว่า

2. The burden on any two terminals affects the accuracy on all other terminals. The burden stated in the accuracy ratings is the total burden on the transformer. The accuracy class shall apply with the burden divided between the secondary outputs in any manner.

เบอร์เดนบนขั้วต่อสายสองขั้วใดๆ ย่อมส่งผลกระทบต่อขั้วต่อสายอื่นๆ ทั้งหมด เบอร์เดนที่ระบุไว้ในพิกัดความแม่นยำนั้น

กำหนด Burden ของขดลวดทุติยภูมิเป็น 75 VA เท่ากันหมด แต่หากสำรวจจากอุปกรณ์ที่ กฟผ. จัดซื้อ เมื่อก่อนจะพบว่ามีการกำหนด Burden ไว้สูงถึง 200 VA เนื่องจาก Relay มีการเปลี่ยนแปลงจาก Electromechanical Relay ตอนแรกๆ พัฒนาไปเป็น Static Relay, Digital Relay และ Numerical Relay ดังเช่นปัจจุบันนี้ ซึ่งใช้กำลังไฟฟ้าน้อยลงมาก ข้อมูลจากบันทึกองค์ความรู้, วิบูลย์ ฤกษ์ศิระทัย, หน้า 17 พูดถึง Burden ของ CCVT ไว้ดังนี้ สำหรับ CCVT Relaying Class ค่า Burden เท่าที่ EGAT ชื้อจะมีอยู่ 2 Conditions คือ ถ้า CCVT ติดที่ Line ให้ใช้ Burden: 200/75 VA แต่ถ้า CCVT ติดที่ Bus ให้ใช้ Burden: 200/200 VA (ตัวเลขหน้าหมายถึงขดลวดชุด X และตัวเลขหลังหมายถึงขดลวดชุด Y) เหตุที่ CCVT ติดที่ Bus ต้องใช้ถึง 200 VA ทั้ง 2 ชุด ก็เพื่อที่จะช่วยให้ Relay ที่ติดสำหรับ Bus ได้เพียงพอ ตัวอย่างป้ายชื่อ CCVT ยี่ห้อ Haefely Trench ที่กำหนด Burden: 200/200 VA ผมแสดงไว้ในเชิงอรรถของหัวข้อ Nameplates แล้ว

๑๖๑

ข้อมูลเกี่ยวกับพิกัดแรงดันทุติยภูมิและเบอร์เดนตามมาตรฐานเยอรมัน VDE 0414: Rules for instrument transformers จากหนังสือ Electrical Engineering Handbook, SIEMENS, 1969, p.555 กล่าวไว้ว่า For voltage transformers normally 45 VA. The secondary load is obtained by adding the power input, in the voltage path, of all parallel connected meter and measuring equipment. In addition to this the voltage drop in the connections must be calculated from the resultant load current and the loop resistance. It may not exceed 0.05% of the rated voltage. The secondary rated voltage is 100/√3 V with one pole insulated, with two poles 100 V. หมายความว่า เบอร์เดนปกติคือ 45 VA ซึ่งคิดจากผลรวมมิเตอร์และอุปกรณ์การวัดต่างๆ ที่ต่อขนานกันทางด้านทุติยภูมิ ทั้งนี้แรงดันตกทั้งหมดต้องไม่เกิน 0.05% ของพิกัดแรงดันทุติยภูมิ ซึ่งกำหนดไว้เป็น 100/√3 V หรือ 100 V ตามแต่กรณี

๑๖๒

ถาม: ในตารางที่ 5 มีการพูดถึงหน่วยทางไฟฟ้าและแม่เหล็กไว้หลายตัว ไม่ว่าจะเป็น โวลต์, แอมแปร์, โอห์ม และเฮนรี จึงอยากถามว่าหน่วยทางไฟฟ้าและแม่เหล็กต่างๆ เหล่านี้มีนิยามมาตรฐานว่าอย่างไรบ้าง ?

ตอบ: หากต้องการนิยามมาตรฐานจริงๆ ผู้อ่านก็สามารถเปิดดูแต่ละค่าจากมาตรฐาน ANSI/IEEE Std 100 ได้อยู่แล้ว แต่ในที่นี้ผมจะตอบคำถามด้วยคำบรรยายจากหนังสือ McGraw-Hill Concise Encyclopedia of Science & Technology, Fifth Edition, 2005 ดังต่อไปนี้

Electrical and magnetic units. A proposal by W. E. Weber in 1851 led to the absolute cgs system in which all units of quantities to be measured could be derived from the base units of length, mass, and time—the centimeter, gram, and second. This system was widely adopted although it had three weaknesses: the size of the units was inconvenient for practical use; it was difficult to realize the units from their definitions; and there were separate sets of units for electrostatic and electromagnetic quantities, based respectively on the inverse-square laws of force between electric charges and between magnetic poles.

คือ เบอร์เตนรวมของหม้อแปลง ระดับความแม่นยำจะต้องใช้กับเบอร์เตนที่แบ่งกันระหว่างขาออกด้านทุติยภูมิในทุกลักษณะ

shall be a pure resistance (R_p) and the other (R_s plus X_s) shall have a lagging power factor of 0.5. The inductive reactor shall be of the air-core type.

5.1.10.2 Burdens for transient response rating (เบอร์เตนสำหรับพิกัดการตอบสนองต่อทรานเซียนต์)

Burdens for transient response rating purposes shall be expressed in volt-amperes at a specified lagging power factor as listed in Table 6. Burdens are based on a 120-volt secondary voltage and power frequency. The burden shall consist of two impedances connected in parallel as in Figure 1. One impedance

เบอร์เตนของพิกัดการตอบสนองต่อทรานเซียนต์ที่เสนอไว้จะต้องแสดงอยู่ในหน่วยโวลต์-แอมแปร์ ณ ตัวประกอบกำลังมุล้าหลังที่ระบุไว้ตามรายการในตารางที่ 6 เบอร์เตนทั้งหลายอ้างอิงจากแรงดันทุติยภูมิ 120 โวลต์และความถี่ไฟฟ้ากำลัง เบอร์เตนนี้จะต้องประกอบด้วยอิมพีแดนซ์สองตัวต่อขนานกันตามรูปที่ 1 อิมพีแดนซ์ตัวหนึ่งจะต้องเป็นความต้านทานบริสุทธิ์ (R_p) และตัวที่เหลือ (R_s บวก X_s) จะต้องเป็นตัวประกอบกำลัง

International units. The first weakness was resolved by international agreement in 1881 to fix the practical units—the volt, the ohm, and the ampere—at 108, 109, and 0.1 times the respective cgs electromagnetic units. The other weaknesses were avoided by the decisions of the 1908 International Congress in London, where realizations of these units in terms of easily reproducible standards were defined.

The mksa units. A more fundamental change resulted from a proposal by G. Giorgi in 1902. This led to the adoption of the mksa system of units, in which there are four base units: the meter, the kilogram, the second, and the ampere. Use of the meter and the kilogram instead of the centimeter and the gram gave units of a size more convenient for practical use, and use of the ampere as a base unit resolved the conflict between electrostatic and electromagnetic units while maintaining the magnitudes of the widely used practical units. This was a truly coherent system, in the sense that other units were derived from the base units without the need for factors of proportionality other than unity.

SI units. From the mksa system the present-day SI (Système Internationale), formally adopted in 1954, has developed, by the addition of further base units to include other fields of measurement. The seven base units of SI are the kilogram (kg; mass); second (s; time); meter (m; length); ampere (A; electric current); kelvin (K; thermodynamic temperature); candela (cd; luminous intensity); and mole (m; amount of substance). The units of other physical quantities (derived units) are derived from the base units by simple numerical relations.

The SI base unit for electrical measurements is the **ampere** (A), the unit of electric current. It is defined in terms of a hypothetical experiment as that constant current which, if maintained in two straight parallel conductors of infinite length, of negligible circular cross section, and placed 1 meter apart in vacuum, would produce between these conductors a force equal to 2×10^{-7} newton per meter of length.

The volt (V) is the unit of potential difference and of electromotive force. It is defined as the potential difference between two points of a conducting wire carrying a constant current of 1 ampere when the power dissipated between these points is equal to 1 watt. From the ampere and the volt, the ohm is derived by Ohm's law, and the other derived quantities follow in a similar manner by the application of known physical laws.

The remaining units of electrical and magnetic quantities are:

Coulomb (C): The unit of electric charge, equal to 1 ampere-second. The coulomb is the quantity of electricity carried in 1 second by a current of 1 ampere.

Farad (F): The unit of capacitance, equal to 1 coulomb per volt. The farad is the capacitance of a capacitor between the plates of which there appears a potential difference of 1 volt when it is charged by a quantity of electricity of 1 coulomb.

Henry (H): The unit of inductance, equal to 1 weber per ampere. The henry is the inductance of a closed circuit in which an electromotive force of 1 volt is produced when the electric current in the circuit varies uniformly at the rate of 1 ampere per second.

Ohm ($\square$): The unit of electrical resistance, equal to 1 volt per ampere. The ohm is defined as the resistance between two points of a conductor when a constant potential difference of 1 volt, applied to these points, produces in the conductor a current of 1 ampere, the conductor not being the seat of any electromotive force.

Siemens (S): The unit of electrical conductance (the reciprocal of resistance), equal to 1 ampere per volt. It was formerly known as the mho.

Tesla (T): The unit of magnetic flux density, equal to 1 weber per square meter.

Weber (Wb): The unit of magnetic flux, equal to 1 volt-second. The weber is the magnetic flux which, linking a circuit of one turn, would produce in it an electromotive force of 1 volt if it were reduced to zero at a uniform rate in 1 second.

The mechanical units of frequency (hertz), energy or work (joule), and power (watt) are frequently involved in expressing electrical and magnetic quantities. The cgs units, such as the gauss, gilbert, maxwell, and oersted, formerly used, are not part of the SI and are now obsolete.

ตามคำอธิบายข้างต้น ผู้อ่านคงรู้แล้วว่าค่าจะกลายเป็นหน่วย SI ในปัจจุบัน ได้เคยมีการกำหนดระบบอะไรมาก่อนบ้าง และหน่วยทางไฟฟ้าและแม่เหล็กแต่ละหน่วยนั้น มีนิยามตามระบบ SI อย่างไรบ้าง ?

๑๖๓

ถาม: จากการอ่านหนังสือเก่าๆ พบว่าบางแห่งมีพูดถึงหน่วย international ampere, international henry, international ohm, และ international volt ด้วย อยากถามว่าหน่วยข้างต้นเกี่ยวข้องกับหน่วย ampere, henry, ohm และ volt ที่ใช้ในปัจจุบันนี้อย่างไร ?
ตอบ: หน่วยที่ถามมานั้น คิดว่าปัจจุบันคงมีอยู่ไม่กี่คนที่เข้าใจความหมายของพวกมัน ผมจะตอบคำถามด้วยความหมายจากหนังสือ McGraw-Hill Dictionary of Scientific and Technical Terms, Fifth Edition, 1994 ดังต่อไปนี้

international ampere The current that, when flowing through a solution of silver nitrate in water, deposits silver at a rate of 0.001118 gram per second; it has been superseded by the ampere as a unit of current, and is equal to approximately 0.999850 ampere.

international henry A unit of electrical inductance which has been superseded by the henry, and is equal to 1.00049 henry. Also known as quadrant; sechom.

international ohm A unit of resistance, equal to that of a column of mercury of uniform cross section that has a length of 160.3 centimeters and a mass of 14.4521 grams at the temperature of melting ice; it has been superseded by the ohm, and is equal to 1.00049 ohms.

international volt A unit of potential difference or electromotive force, equal to 1/1.01858 of the electromotive force of a Weston cell at 20 °C; it has been superseded by the volt, and is equal to 1.00034 volts.

Weston standard cell A standard cell used as a highly accurate voltage source for calibrating purposes; the positive electrode is mercury, the negative electrode is cadmium, and the electrolyte is a saturated cadmium sulfate solution; the Weston standard cell has a voltage of 1.018636 volts at 20 °C. ตามคำอธิบายข้างต้น คิดว่าผู้อ่านคงเข้าใจแล้วว่าหน่วยที่ถามมานั้น เกี่ยวข้องกับหน่วยที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันนี้อย่างไรบ้าง ?

๑๖๔

ถาม: จากการอ่านหนังสือด้านแม่เหล็กไฟฟ้าสมัยก่อนๆ พบว่ามีการใช้หน่วย abampere, abhenry, abohm, และ abvolt ซึ่งไม่ค่อยเข้าใจ จึงอยากถามว่าหน่วยต่างๆ ที่กล่าวมานั้น มีความเกี่ยวข้องกับหน่วย ampere, henry, ohm และ volt ที่ใช้ในปัจจุบันนี้อย่างไร ?
ตอบ: หน่วยที่ถามมานั้น คิดว่าปัจจุบันคงมีอยู่ไม่กี่คนที่เข้าใจความหมายของพวกมัน ผมจะตอบคำถามด้วยความหมายจากหนังสือ McGraw-Hill Dictionary of Scientific and Technical Terms, Fifth Edition, 1994 ดังต่อไปนี้

ab- A prefix used to identify centimeter-gram-second electromagnetic units, as in

—
รูปที่ 1
แผนภาพวงจรของเบอร์เดน
ที่ใช้สำหรับการตอบสนองต่อ
ทรานเซียนต์

เป็น 0.5 มุมล้าหลัง รีแอกเตอร์เชิงเหนี่ยวนำจะต้องเป็นชนิด
แกนอากาศ.

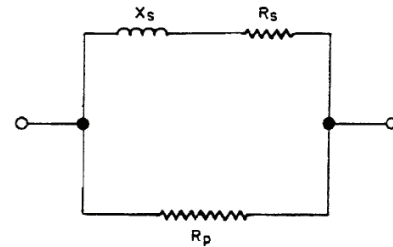
Burden values for transient response tests shall be 100% of the CCVT maximum rated accuracy class winding volt-amperes and 25% of the maximum rated accuracy class winding volt-amperes at 0.85 power factor.

ค่าต่างๆ ของเบอร์เดนที่ใช้ในการทดสอบการตอบสนองต่อ
ทรานเซียนต์ จะต้องเป็น 100% ของโวลต์-แอมแปร์ของ
ขดลวดที่ระดับความแม่นยำที่กำหนดสูงสุดของซีวีวีทีและ
25% ของโวลต์-แอมแปร์ของขดลวดที่ระดับความแม่นยำที่
กำหนดสูงสุด ณ ตัวประกอบกำลังเป็น 0.85

(โปรดติดตามต่อฉบับหน้า)

ตารางที่ 6 – เบอร์เดนสำหรับพิกัดการตอบสนอง
ต่อทรานเซียนต์

การระบุ เบอร์เดน	โวลต์- แอมแปร์	ตัวประกอบ กำลัง	Rp (โอห์ม)	Rs (โอห์ม)	Xs (โอห์ม)
ณ เบอร์เดน 100%:					
ZT	200	0.85	131.9	59.2	102.5
ZZT	400	0.85	66	29.6	51.3
ณ เบอร์เดน 25%:					
ZT/4	50	0.85	527.6	236.7	410.1
ZZT/4	100	0.85	263.8	118.4	205



รูปที่ 1

abampere, abcoulomb, abfarad, abhenry, abmho, amohm, and avolt.

abampere The unit of electric current in the electromagnetic centimeter-gram-second system; 1 abampere equals 10 amperes in the absolute meter-kilogram-second-ampere system. Abbreviated aA. Also known as Bi; biot.

abcoulomb The unit of electric charge in the electromagnetic centimeter-gram-second system, equal to 10 coulombs. Abbreviated aC.

abfarad A unit of capacitance in the electromagnetic centimeter-gram-second system equal to 109 farads. Abbreviated aF.

abhenry A unit of inductance in the electromagnetic centimeter-gram-second system of units which is equal to 10⁻⁹ henry. Abbreviated aH. Also known as centimeter.

abmho A unit of conductance in the electromagnetic centimeter-gram-second system of units which is equal to 109 mhos. Abbreviated (aΩ)⁻¹. Also known as absiemens (aS).

abohm A unit of electrical resistance in the centimeter-gram-second system; 1 abohm equals 10⁻⁹ ohms in the meterkilogram-second system. Abbreviated aΩ.

absiemens See abmho.

avolt The unit of electromotive in the electromagnetic centimeter-gram-second system; 1 avolt equals 10⁻⁸ volts in the absolute meter-kilogram-second system. Abbreviated aV.

abwatt The unit of electrical power in the centimeter-gram-second system; 1 abwatt equals 1 watts in the absolute meter-kilogram-second system.

abweber See maxwell.

maxwell A centimeter-gram-second electromagnetic unit of magnetic flux, equal to the magnetic flux which produces an electromotive force of 1 avolt in a circuit of one turn linking the flux as the flux reduced to zero in 1 second at a uniform rate. Abbreviated M.X. Also known as abweber (abWb); line of magnetic induction. ตามคำอธิบายข้างต้น คิดว่าผู้อ่านคงเข้าใจแล้วว่าหน่วยที่ถามมานั้น เกี่ยวข้องกับหน่วยที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันอย่างไรบ้าง ?

๑๖๕

ถาม: จากการอ่านหนังสือด้านไฟฟ้าลัดสมัยก่อนๆ พบว่ามีการใช้หน่วย statampere, stathenry, statohm, และ statvolt ซึ่งไม่ค่อยเข้าใจ จึงอยากถามว่าหน่วยต่างๆ ที่กล่าวมานั้น มีความเกี่ยวข้องกับหน่วย ampere, henry, ohm และ volt ที่ใช้ในปัจจุบันนี้อย่างไร ?

ตอบ: หน่วยที่ถามมานั้น คิดว่าปัจจุบันคงมีอยู่ไม่กี่คนที่เข้าใจความหมายของพวกมัน ผมจะตอบคำถามด้วยความหมายจากหนังสือ McGraw-Hill Dictionary of Scientific and Technical Terms, Fifth Edition, 1994 ดังต่อไปนี้

stat- A prefix indicating an electrical unit in the electrostatic centimeter-gram-second system of units; it is attached to the corresponding SI unit.

statampere The unit of electric current in the electrostatic centimeter-gram-second system of units, equal to a flow of charge of 1 statcoulomb per second; equal to approximately 3.3356×10^{-10} amperes. Abbreviated statA.

statcoulomb The unit of charge in the electrostatic centimeter-gram-second system of units, equal to the charge which exerts a force of 1 dyne on an equal charge at a distance of 1 centimeter in a vacuum; equal to approximately 3.3356×10^{-10} coulombs. Abbreviated statC. Also known as franklin (Fr); unit charge.

statfarad Unit of capacitance in the electrostatic centimeter-gram-second system of units, equal to the capacitance of a capacitor having a charge of 1 statcoulomb, across the plates of which the charge is 1 statvolt; equal to approximately 1.1126×10^{-12} farads. Abbreviated statF. Also known as centimeter.

stathenry The unit of inductance in the electrostatic centimeter-gram-second system of units, equal to the selfinductance of a circuit or the mutual inductance between two circuits if there is an induced electromotive force of 1 statvolt when the current is changing at a rate of 1 statampere per second; equal to approximately 8.9876×10^{11} henry. Abbreviated statH.

statmho The unit of conductance, admittance, and susceptance in the electrostatic centimeter-gram-second system of units, equal to the conductance between two points of a conductor when a constant potential difference of 1 statvolt applied between the points produces in this conductor a current of 1 statampere, the conductor not being the source of any electromotive force; equal to approximately 1.1126×10^{-12} mhos. Abbreviated statΩ. Also known as statsiemens (statS).

statohm The unit of resistance, reactance, and impedance in the electrostatic centimeter-gram-second system of units, equal to the resistance between two points of a conductor when a constant potential difference of 1 statvolt between these points produces a current of 1 statampere; equal to approximately 8.9876×10^{11} ohms. Abbreviated statΩ.

statsiemens See statmho.

statvolt The unit of electric potential and electromotive force in the electrostatic centimeter-gram-second system of units, equal to potential difference between two points such that the work required to transport 1 statcoulomb of electric charge from one to the other is equal to 1 erg; equal to approximately 2.9979×10^2 volts. Abbreviated statV.

statweber The unit of magnetic flux in the electrostatic centimeter-gram-second system of units, equal to the magnetic flux which, linking a circuit of one turn, produces in it an electromotive force of 1 statvolt as it is reduced to zero at a uniform rate in 1 second; equal to approximately 2.9979×10^2 weber. Abbreviated statWb.

ตามคำอธิบายข้างต้น คิดว่าผู้อ่านคงเข้าใจแล้วว่าหน่วยที่ถามมานั้น เกี่ยวข้องกับหน่วยที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันอย่างไรบ้าง ?

High Voltage Series

Improved generator circuit breaker enhances power plant protection

การปรับปรุงเซอร์กิตเบรกเกอร์ ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (GCB) เพื่อยกระดับการป้องกันโรงไฟฟ้า

รัชกร โกศลธนทรัพย์
ratchakorn.
kosontanasp
@abb.th.com

เซอร์กิตเบรกเกอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (GCB) มีบทบาทที่สำคัญมากในโรงไฟฟ้าจะทำหน้าที่ป้องกันอุปกรณ์สำคัญและเพิ่มความพร้อมใช้งานให้กับโรงไฟฟ้า ผลิตภัณฑ์ก่อนหน้าของเอบีบีคือ HEC 7/8 และ HEC 10 GCB จะมีประโยชน์เพิ่มเติมจากเดิม เช่น ปรับปรุงความสามารถในการ switching, ลดปริมาณการรั่วไหลของแก๊ส SF₆, มีอายุการใช้งานยาวนานขึ้นและมีขนาดเล็กลง

GCB มีความสำคัญในการตัดต่อวงจรระหว่างเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและหม้อแปลงไฟฟ้าภายในโรงไฟฟ้า เราได้ใช้ GCB ป้องกันอุปกรณ์ที่สำคัญในขณะที่ลดความซับซ้อนของขั้นตอนการดำเนินงานการปรับปรุงความพร้อมการใช้งานให้กับโรงไฟฟ้า GCB ของเอบีบีได้ถูกใช้ให้ป้องกันโรงไฟฟ้าทุกประเภทมากกว่า 8,000 โรง มากกว่า 100 ประเทศตั้งแต่ปี ค.ศ.1954 เอบีบีได้เสนอ GCB ที่หลากหลายทันสมัยที่สุดในเทคโนโลยีรูปแบบ SF₆ และสัญญาการด้วยกระแส short circuit ตั้งแต่ 50 kA – 300 kA และพิกัดกระแส nominal ตั้งแต่ 3 kA – 50 kA

เพื่อตอบสนองมาตรฐานที่เข้มงวดและความต้องการของลูกค้าซึ่งเอบีบีลงทุนอย่างต่อเนื่องในการวิจัยและพัฒนา GCB

—
รูปที่ 1
GCB รุ่นใหม่ของเอบีบี
HEC 10 เป็นรุ่นที่พัฒนา
มาจาก HEC 7/8

ในปี 1990 เอบีบีได้เสนอ GCB HEC ชนิด 7/8 โดย HEC 7/8
เหมาะสำหรับกระแส short circuit มีขนาด 210 kA และ
HEC 9 (GCB ที่ใหญ่ที่สุดในโลกสำหรับโรงไฟฟ้าที่ขนาดตั้งแต่
2,000 MW ขึ้นไป) ออกสู่ตลาดเมื่อปี ค.ศ. 2012

เมื่อเร็วๆ นี้ เอบีบี ได้เสนอ GCB รุ่นใหม่ที่มีประสิทธิภาพสูง
สำหรับ HEC (ครอบคลุมประสบการณ์หลายสิบปีในภาค
สนาม) HEC 10 ถูกออกแบบมาเพื่อทดแทน HEC 7/8 โดย
HEC 10 ได้มีการนำเสนอประโยชน์เพิ่มเติม เช่น ปรับปรุง
ความสามารถในการ switching ลดปริมาณการรั่วไหลของ
SF₆ มีอายุการใช้งานยาวนานขึ้นและมีขนาดเล็กลง

HEC 10 ได้รับการออกแบบเพื่อปกป้องวิกฤตที่สุดสุด เมื่อเกิด
ขึ้นกับการประยุกต์ใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดย HEC10 สามารถ
ใช้ได้ 2 ลักษณะ คือ

- HEC 10-170 : พิกัดกระแสลัดวงจร เท่ากับ 170 kA และ
พิกัดแรงดันไฟฟ้าเท่ากับ 31.5 kV
- HEC 10-210 : พิกัดกระแสลัดวงจร เท่ากับ 210 kA และ
พิกัดแรงดันไฟฟ้าเท่ากับ 33 kV

รุ่น HEC 10 แต่ละลักษณะจะสามารถแบ่งเป็น 2 รุ่น
ชนิด L : ระบายความร้อนอย่างเต็มที่สำหรับพิกัดกระแสปกติ

จนถึง 20 kA

ชนิด XL : ใช้ในวัฏจักรระบบระบายความร้อนแบบ Hybrid
สำหรับพิกัดกระแสปกติจนถึง 29 kA

รุ่นที่ 3 ของเทคโนโลยี HEC

Interrupting chamber ของ HEC 10 ได้ออกแบบด้วยการ
เพิ่มประสิทธิภาพด้วยเทคโนโลยี "Self-blast" ที่พบในส่วน
ที่เหลื่อของ GCB ชนิด HEC

ภายใน GCB ของชนิดนี้จะเป็น "self-blast breakers" คือ
electric arc จะถูกเป่าออกจากห้องทำความร้อนโดยแก๊ส
ไหลไปในระหว่างกระแส zero-crossing กับความดันที่ถูก
สร้างจากตัวมันเองจากพลังงานอาร์ค

ในช่วงสองสามทศวรรษที่ผ่านมาเอบีบีได้ทำการเรียนรู้และ
ค้นคว้าอย่างมุ่งมั่นในเรื่องของ gas circuit breaker และเมื่อ
เร็วๆ นี้ ก็ได้ตรวจสอบคุณสมบัติและ dielectric switching
ด้วยความร่วมมือของนักวิทยาศาสตร์กับวิศวกร เพื่อวิจัย
และพัฒนา ผลที่ได้มาจากการดังกล่าวได้นำมาสู่การออกแบบ
HEC 10 ของโซการดับอาร์ค ตัวอย่างเช่น กฎการออกแบบ
ใหม่สำหรับส่วนของการไหลรอบๆ หน้าสัมผัส Tulip ได้ถูก
นำมาใช้ ยิ่งไปกว่านั้นได้รวมประสบการณ์ในขณะที่พัฒนา



CLASS G1

A class G1 GCB having a rated generator-source short-circuit breaking current equal to I_{scg} (the root-mean-square value of the symmetrical component of the prospective short-circuit current for faults fed by the generator) shall be proved by two tests: one with a current equal to I_{scg} with a degree of asymmetry of 110 percent and one with a current equal to $0.74 \times I_{scg}$ and a degree of asymmetry of 130 percent.

CLASS G2

A class G2 GCB having a rated generator-source short-circuit breaking current equal to I_{scg} shall be proved by one test with a current equal to I_{scg} with 130 percent degree of asymmetry.

รูปที่ 2

HEC 9 ซึ่งมีการทดลองอย่างหลากหลาย ทำให้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของความสามารถของความเป็นฉนวนในขณะที่มีการ switching ได้

—
ความพยายามส่งผลให้มีการปรับปรุงความสามารถในการ switching ซึ่งมีความสำคัญสำหรับ HEC 10 เมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ดังกล่าวก่อนหน้านี้

การปรับปรุงความสามารถในการ switching ช่วยลดเวลาอาร์คให้สั้นลง จำเป็นสำหรับความดันที่สร้างขึ้น และช่วยเสริมการทำงานของกระแส switching ภายใต้เงื่อนไข out-of-phase ที่ 180° ความสามารถ interrupting ของ HEC 10 มีค่าเกินกว่าความต้องการที่ต่ำที่สุดของมาตรฐาน IEC/IEEE 62271-37-013 สำหรับ GCB จะต้องผ่านการทดสอบโดยไม่มีการล้มเหลวแม้แต่ครั้งเดียวนั้นเป็นการพิสูจน์ถึงคุณภาพและความแข็งแรงของ interrupting chamber

มาตรฐานใหม่สำหรับอุตสาหกรรมไฟฟ้า

ในเดือนตุลาคมปี ค.ศ.2015 International Electrotechnical Commission (IEC) และ The Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) ได้ทำการแก้ไขมาตรฐานของอุตสาหกรรมสำหรับ GCB จาก IEEE C37.013-1997(R2008) เปลี่ยนเป็นมาตรฐานใหม่ คือ IEC/IEEE 62271-37-013 HEC 10 เป็น GCB ที่ทำการทดสอบอย่างครบถ้วนตามมาตรฐานใหม่

พบกับความต้องการที่เข้มงวดที่สุดสำหรับกระแส short circuit ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ความแตกต่างระหว่าง IEC/IEEE 62271-37-013 กับ IEEE C37.013 ที่เป็นมาตรฐานเก่าคือ ความต้องการที่ไม่สมดุลของกระแส short circuit ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ซึ่งเป็นลักษณะที่เกิดจากการล่าช้าของ zero-crossings ในช่วงระยะเวลาหนึ่ง โดยความต้องการเพิ่มขึ้นจาก 110% เป็น 130% สามารถแสดงถึงความต้องการของการประยุกต์ใช้งานที่แท้จริงได้ดียิ่งขึ้น [1] ซึ่งในมาตรฐานใหม่ได้มีการกำหนด 2 class คือ G1 และ G2 โดย G2 มีประสิทธิภาพสูงกว่า class G1 และ class G2 จะมีพิกัดกระแสลัดวงจร short circuit breaking ของแหล่งจ่ายเท่ากับ I_{scg} ดังแสดงในรูปที่ 2

HEC 10 ได้รับการทดสอบกระแส short circuit ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจนถึง 160 kA และแบบความไม่สมดุลจนถึง 130% นั้นเท่ากับว่า class G2 ตอบสนองความต้องการที่เข้มงวดที่สุดของการนำไปใช้กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ใหญ่ที่สุดในโลก

มากกว่าข้อกำหนดขั้นต่ำที่กำหนดไว้ล่าสุดของมาตรฐาน

Out of phase จะเกิดขึ้นเป็นบางครั้งในขณะที่ย่อต่อ voltage transformer และ synchronizing อุปกรณ์เข้าสู่ระบบ ซึ่งส่วนใหญ่จะเกิดจากข้อผิดพลาดในการเดินสายหรือการซ่อมบำรุง แต่อย่างไรก็ตาม IEC/IEEE 62271-37-013 ได้ระบุครอบคลุมความต้องการของ out of phase ที่ 90° และเป็นที่ยอมรับกับการ synchronizing ที่อาจเกิดขึ้นที่ out of phase ถึง 180° เงื่อนไขของเหตุการณ์ out of phase ที่ 180° สามารถกำหนดความเครียดที่รุนแรงมากในตัว GCB ได้ [1,2] ดังนั้นไม่จำเป็นที่จะต้องทดสอบ out of phase ที่ 90° เลย

เพื่อการรับประกันความปลอดภัยสูงสุดของโรงไฟฟ้า HEC 10 มีค่าเกินขั้นต่ำของข้อกำหนดใน IEC/IEEE 62271-37-013 HEC10 ได้รับการทดสอบครอบคลุมความต้องการของเงื่อนไข out-of-phase จนถึง 180° รูปที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบระหว่าง out-of-phase ที่ 90° กับ 180° จะเห็นว่าที่ out-of-phase 180° มีกระแส breaking สูงกว่า

Tested parameters for out-of-phase	Breaking current (kA)	Peak value (kV)	Rate-of-rise (kV/μs)	Time delay (μs)
90°	85	2.6 x Ur	5.2	1
180°	159	3.2 x Ur	8.1	0.7

รูปที่ 3

รูปที่ 2
Class G1 กับ G2 ตามมาตรฐาน
IEC/IEEE 2271-37-013.

รูปที่ 3
ค่าจากการ Test ของ HEC 10
สำหรับ out of phase ที่มุม
90° และ 180°

รูปที่ 4
ระบบทำความเย็นของ HEC 10

เพื่อการรับประกันความปลอดภัยสูงสุดของ โรงไฟฟ้า HEC10 มีค่าเกินขั้นต่ำของ ข้อกำหนดใน IEC/IEEE 62271-37-013

และแรงดันไฟฟ้าพื้นตัวที่สูงขึ้น (อัตราการเพิ่มขึ้นของแรงดันไฟฟ้าเมื่อเทียบกับเวลา 8.1 kV/ μ s) เป็นหลักฐานที่แสดงถึงความรุนแรงของการทดสอบ out-of-phase ที่ 180° ความสำเร็จของการทดสอบ HEC 10 จึงเป็นบทพิสูจน์ประสิทธิภาพของการออกแบบ interrupting chamber ของ GCB ของเอปียี

มากกว่าข้อกำหนดขั้นต่ำที่กำหนดไว้ล่าสุดของมาตรฐาน : ความทนทานเชิงกล

ความเชื่อถือได้ทางกลของ GCB ได้รับการทดสอบโดยใช้การทดสอบความทนทานเชิงกล ตามมาตรฐานต้องใช้ 1,000-3,000 ครั้ง ขณะ No load CO (close-open) การใช้งานสำหรับ GCB จะใช้ 1,000 หรือ 2,000 ครั้ง บางครั้ง 10,000 CO สำหรับ disconnecter และ earthing switches

HEC 10 ได้รับการพัฒนาขึ้นด้วยเป้าหมายที่ต้องการให้ใช้งานง่ายและเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงาน ตัวอย่างคือ จำนวนชิ้นส่วนที่ลดลงเมื่อเทียบกับ HEC 7/8

การทดสอบความทนทานเชิงกลที่มากกว่าความต้องการมาตรฐาน HEC 10 ได้ผ่านการทดสอบที่ 10,000 CO สำหรับ

GCB และ disconnecter และที่ 5,000 ครั้ง สำหรับ earthing switch การทดสอบนี้แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพและคุณภาพที่สูงของระบบใหม่

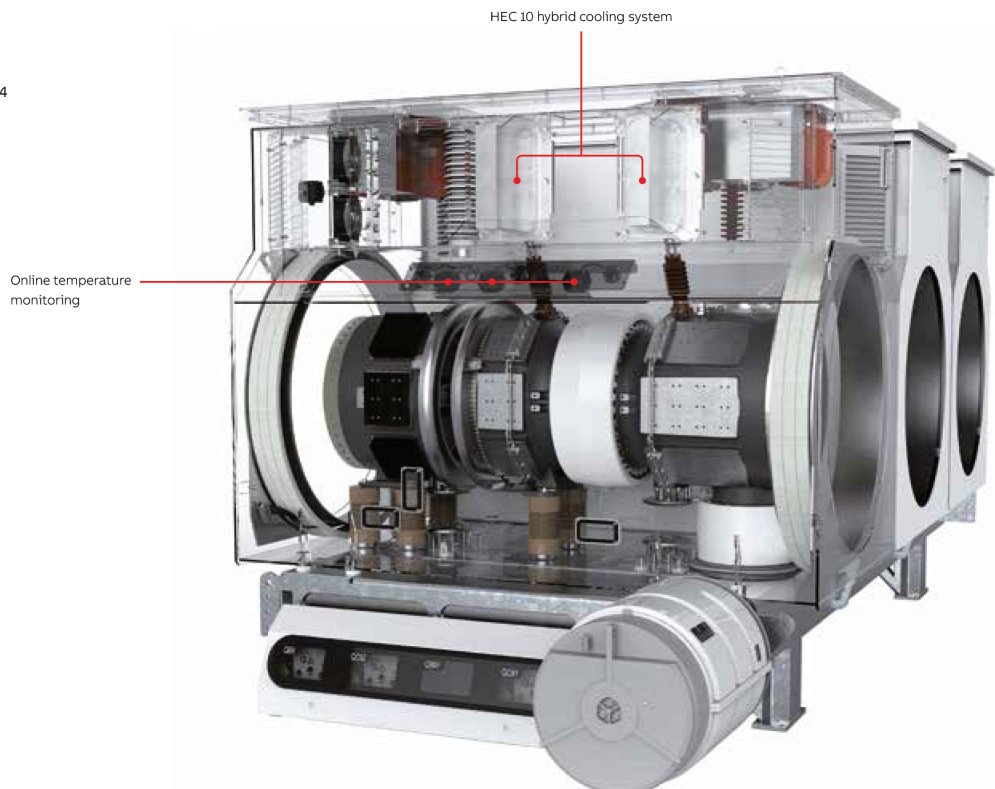
การแยกกันอย่างสมบูรณ์ของ disconnecter กับ interrupting chamber

การออกแบบ interrupting chamber ของ HEC 10 ตามมาตรฐานของเอปียี มีทั้งหน้าสัมผัสหลัก (main contact) และหน้าสัมผัส arcing ในรูปที่ 3 ค่าจากการ Test ของ HEC 10 สำหรับ out of phase ที่มุม 90° และ 180° กับ disconnecter ถูกจัดเตรียมให้ต่อนุกรมกับด้านข้างหม้อแปลงของเบรกเกอร์ เป็นการออกแบบเพื่อความปลอดภัยและมองเห็นการแยกกันอย่างชัดเจนระหว่างหม้อแปลงแปลงแรงดันขึ้นกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยไม่กระทบต่อความปลอดภัยของโรงไฟฟ้า

การเพิ่มประสิทธิภาพเพื่อการออกแบบที่กะทัดรัดและเล็กลง
HEC 10 ได้รับการพัฒนาขึ้นด้วยเป้าหมายที่ต้องการให้ใช้งานง่ายและเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงาน ตัวอย่างคือ จำนวนชิ้นส่วนที่ลดลงเมื่อเทียบกับ HEC 7/8 จึงทำให้ GCB มีขนาดกะทัดรัดและเล็กลง

ระบบน้ำสัมผัสของ disconnecter และ earthing switches ได้รับการปรับปรุงโดยนำเสนอการพัฒนากระบวนแบบใหม่ ซึ่งช่วยให้สามารถทนกระแสผิดพลาด (fault) ได้มากขึ้น ในด้านของฉนวนศาสตร์เป็นการเชื่อมต่อเพลลาแทนที่จะเป็นแบบกด-ดึง จึงเป็นการเพิ่มความปลอดภัยของระบบภายใน

รูปที่ 4





รูปที่ 5

รูปที่ 5
เครื่องแสดงผลแบบดิจิทัล
ของ GCB ของ ABB
รุ่น GMS 600

การออกแบบ short-stroke ของ disconnecter (เฉพาะของเอบีบี) ทำให้ HEC 10 มีขนาดเล็ก โดยไม่กระทบต่อระดับความเป็นฉนวน สุดท้ายนี้การเสนอองค์ประกอบการควบคุมภาคสนามร่วมกับวิศวกรไฟฟ้าแรงสูงทำให้สามารถลดพื้นที่ที่ต้องใช้ในการติดตั้งได้

ระบบระบายความร้อนแบบใหม่

ระบบระบายความร้อนที่มีประสิทธิภาพจะช่วยให้การดำเนินงานของ GCB ปลอดภัยและเชื่อถือได้ และขึ้นอยู่กับการศึกษาการจำลองแบบที่ถูกต้อง รูปแบบระบายความร้อนของ HEC 10-XL ถูกเลือกให้ใช้ระบบ hybrid ประกอบด้วยท่อระบายความร้อนแบบ passive และ heat sink ที่ติดตั้งพัดลมที่มีการบำรุงรักษาต่ำ นั่นทำให้ GCB สามารถใช้งานได้นานถึงที่กระแสปกติจนถึง 29 kA ระบบระบายความร้อนแบบใหม่สามารถตรวจสอบอุณหภูมิและพัดลมแบบ online ได้ โดยใช้ระบบตรวจสอบ GMS 600 ดังแสดงในรูปที่ 5 ซึ่งจะช่วยให้สามารถบำรุงรักษาแบบ condition based ได้และหลีกเลี่ยงการระบายโดยใช้ SF₆ cooling radiators HEC 10 ให้ความน่าเชื่อถือสูงสุดและการรั่วไหลของ SF₆ มีค่าน้อยกว่า 10% ต่อปี นั่นเป็นค่าที่ต่ำกว่าค่าสูงสุดของมาตรฐานกำหนดไว้ เมื่อต้องการจะเปลี่ยนพัดลมก็สามารถเปลี่ยนแปลงแบบ online ได้เลยโดยไม่ต้องหยุดการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า จึงมั่นใจได้ว่าโรงไฟฟ้ามีกำลังการผลิตอย่างต่อเนื่องและได้กำลังการผลิตติดตั้งสูงสุด ระบบระบายความร้อนที่มีประสิทธิภาพช่วยให้การดำเนินงานของ GCB ปลอดภัยและเชื่อถือได้

คุณลักษณะเพิ่มเติมด้านความปลอดภัย

การรวมกันของระบบขับเคลื่อนหลักเข้ากับโครงเสาตามแนวยาวของเป็นส่วนหนึ่งของกลยุทธ์การเพิ่มประสิทธิภาพของ HEC 10 ที่ครอบคลุม การผสมผสานระหว่างองค์ประกอบโครงสร้างกับการป้องกันช่วยให้การออกแบบเป็นเรื่องง่ายและมีประสิทธิภาพ การดูแลเป็นพิเศษในการออกแบบโครงเสาช่วยให้มั่นใจได้ถึง การป้องกันจากการเข้าถึงชิ้นส่วนที่ไม่ได้ตั้งใจระหว่าง mechanism กับ อุปกรณ์ switching ซึ่งนั่น

ทำให้ระดับความปลอดภัยเพิ่มมากขึ้นสำหรับการทำงานและซ่อมบำรุง

การตรวจสอบแบบดิจิทัลผ่าน GMS 600

HEC 10 รวมกับระบบการตรวจสอบแบบดิจิทัลของเอบีบี คือ GMS 600 โดย GMS 600 สามารถปฏิบัติการได้หลายอย่าง เช่น ข้อมูลการเข้าสู่ระบบ, บันทึกการถูกรบกวน, การควบคุมการขับเคลื่อน และหน้าจอแสดงผลอุณหภูมิและความหนาแน่นของ SF₆ การทำงานระยะยาวของระบบทำความเย็นแบบ hybrid มีการตรวจสอบโดยเปรียบเทียบความเร็วกับค่าที่คาดหวัง

—
ลูกค้าสามารถเลือกใช้การตรวจสอบระยะไกลจากเอบีบี ทำให้ได้รับรายงานสถานะของอุปกรณ์อยู่เป็นประจำ

ข้อมูลระบบทำความเย็นที่สำคัญถูกบันทึกโดย GMS 600 และสามารถใช้งานได้สำหรับการวิเคราะห์ เพื่อให้ลูกค้าได้รับข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับการทำงานที่ปลอดภัยของ GCB ลูกค้าที่เลือกใช้การตรวจสอบระยะไกลจากเอบีบี ทำให้ได้รับรายงานสถานะของอุปกรณ์อยู่เป็นประจำ ข้อมูลที่บันทึกผ่าน GMS 600 สามารถเชื่อมต่อผ่านทางระบบ cloud เพื่อใช้เครื่องมือ ABB Ability™ ได้ ABB Ability คือ ความสามารถแบบดิจิทัลอุตสาหกรรมกับการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ (ขยายการเชื่อมต่อจากอุปกรณ์ไปยังระบบกับ cloud), ระบบ, การแก้ปัญหา, และพื้นที่ที่ช่วยให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับระบบ, เพิ่มความสามารถเพิ่มเติมและประสิทธิภาพที่ดีขึ้นจากการเชื่อมต่ออุปกรณ์ที่เปิดใช้งาน ABB Ability™ รวมถึง GCB ด้วย

References

- [1] M. Palazzo and M. Delfanti, "New Requirements for the application of generator circuit breakers," IPST Vancouver, Canada, July 18-20, 2013.
- [2] M. Palazzo, et al., "Revision of TRV requirements for the application of generator circuit breakers," Electric Power Systems Research, volume 138, pages 66–71, September 2016.

Special Power Series

Putting it all together

รวมกันเป็นหนึ่งเดียว

การผนวกรวมพลังงานหมุนเวียนที่กระจาย
อยู่เข้ากับระบบไฟฟ้ากำลัง

มากกว่าสิบปีแล้วที่แหล่งพลังงานหมุนเวียนใหม่ ซึ่งก็คือ แสงอาทิตย์และลม เริ่มมีการนำมาใช้ในระบบไฟฟ้า ณ เวลานั้นทั้งสองถูกมองว่าเป็นพลังงานหลักที่สามารถถูกต่อเข้ากับระบบไฟฟ้าอย่างเต็มที่โดยไม่ต้องมีการเปลี่ยนแปลงพื้นฐานใดๆ ในวันนี้พลังงานหมุนเวียนใหม่เหล่านี้ ในบางประเทศได้กลายเป็นส่วนย่อยของการผลิตไฟฟ้าที่ใหญ่ที่สุดในการทำให้ง่ายต่อการใช้งานมีนัยสำคัญของอัตราการเร่งที่มากขึ้นหลายปีที่ผ่านมาของการเติบโตที่คาดการณ์ไว้ แต่วิธีการนี้ที่ต่อพลังงานหมุนเวียนเข้ากับระบบที่มีอยู่แบบเดิมเป็นการมองการณ์ที่ใกล้เกินไป

ระบบไฟฟ้ากำลังจะต้องถูกพัฒนาเพิ่มเติมขึ้น เพื่อแหล่งพลังงานใหม่ในระดับที่ใหญ่ขึ้นด้วยความสามารถในการขยายตัวได้สูง PV เป็นตัวขับเคลื่อนที่แข็งแกร่งที่สุดของการเปลี่ยนแปลงนี้ ซึ่งส่งผลกระทบต่อทุกพื้นที่ของอุปทานและการใช้ประโยชน์ตามห่วงโซ่พลังงานไฟฟ้า ความรู้เชิงลึกของ ABB ของเทคโนโลยีการผลิตพลังงานไฟฟ้าหมุนเวียนและประสบการณ์ที่ครอบคลุมด้วยกฎเกณฑ์ในการต่อเข้าระบบและข้อปฏิบัติของหน่วยงานทางไฟฟ้าที่ใช้ทั่วโลก ช่วยให้ได้อุปกรณ์ระบบการบริการตลอดจนความสามารถในการให้คำปรึกษาเพื่อที่จะรองรับอุตสาหกรรมพลังงานหมุนเวียน

ดร.วรวุฒิ แซ่ก๊ก
worawut.sae-kok
@th.abb.com

ตั้งแต่ปลายศตวรรษที่ 20 หลายประเทศที่เพิ่มจำนวนมากขึ้นได้ส่งเสริมการใช้พลังงานลมและแสงอาทิตย์ ประเทศเดนมาร์กเป็นผู้บุกเบิกในด้านนี้ และภายในปี 2011 ได้จ่ายไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานหมุนเวียนมากกว่า 40% โดยที่ 3 ใน 4 เป็นพลังงานลม ประเทศเยอรมนีก็ถูกจับตามองอย่างใกล้ชิดในฐานะที่เป็นประเทศอุตสาหกรรมขนาดใหญ่แห่งแรกๆ ที่พยายามจะเปลี่ยนแหล่งจ่ายไฟฟ้าด้วยการมุ่งเน้นในพลังงานหมุนเวียนใหม่

รูปที่ 1 แสดงถึง 5 ประเทศชั้นนำของโลกในเรื่องของการกำลังการผลิตที่ติดตั้งแล้วและการกำลังการผลิตใหม่ของไฟฟ้าพลังงานลมและแสงอาทิตย์ ในปี 2013 ประเทศจากทุกภูมิภาคตื่นตัวและในบางส่วนของประเทศผู้บุกเบิกซึ่งจำแนกจากการกำลังการผลิตที่ติดตั้งสูงได้ถูกเอาชนะจากประเทศอื่น ณ วันนี้พลังงานหมุนเวียนใหม่เป็นสิ่งที่เป็จริงในโลกและไม่ได้ขึ้นอยู่กับการณ์สนับสนุนจากประเทศหนึ่งประเทศใด



แรงผลักดันที่แข็งแกร่งที่สุดของการเปลี่ยนแปลงนี้คือ ไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์หลังจากที่ต้นทุนได้ลดลงอย่างมีนัยสำคัญในปลายทศวรรษที่ผ่านมา โดยได้มีต้นทุนเท่ากับหรือต่ำกว่าต้นทุนของระบบไฟฟ้าในหลายประเทศ โดยที่ได้บรรลุถึงราคาสำหรับผู้ใช้ในการด้านของระบบไฟฟ้าแรงดันต่ำ รูปที่ 2 แสดงถึงการพัฒนาของต้นทุนการผลิตไฟฟ้า PV เปรียบเทียบกับราคาไฟฟ้าสำหรับครัวเรือนในประเทศเยอรมนี PV เป็นตัวเลือกที่ประหยัดสำหรับการตอบสนองความต้องการในแต่ละครัวเรือน เมื่อค่าธรรมเนียมการใช้ระบบอยู่บนพื้นฐานของพลังงานเป็นหลัก ซึ่งทำให้เป็นอิสระจาก Subsidiaries โดยตรงสำหรับการประยุกต์โดยขอบเขตใหญ่ในขณะที่ลดความต้องการของเจ้าของ

แหล่งพลังงานหมุนเวียนใหม่และการผนวกรวมเข้ากับระบบ

พลังงานหมุนเวียนใหม่มี 3 คุณลักษณะที่เปลี่ยนระบบการจ่ายไฟฟ้า โดยพื้นฐานการผลิตไฟฟ้าในที่ห่างไกล การผลิตไฟฟ้าแบบกระจายและและความผันผวน

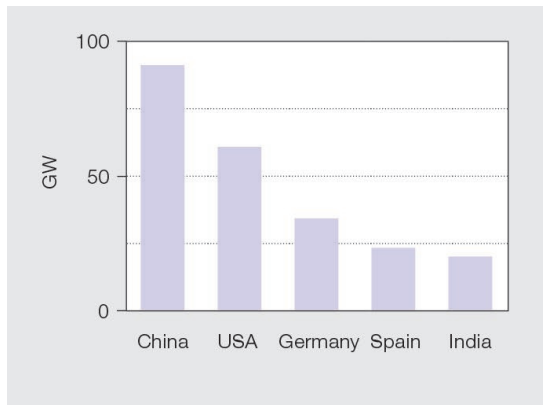
การผลิตไฟฟ้าในที่ห่างไกล

ส่วนของการผลิตไฟฟ้าในที่ห่างไกลของพลังงานหมุนเวียนจะสูงอย่างมากในส่วนจากระบบโรงไฟฟ้าที่ซึ่งความสมดุลในภูมิภาคของการผลิตและความต้องการเป็นที่พึงประสงค์สำหรับเหตุผลด้านเศรษฐกิจและด้านเทคนิค การพัฒนานี้จะถูกขับเคลื่อนด้วยพลังงานลมและน้ำที่ขึ้นกับสถานที่เป็นอย่างมากและสามารถนำไปสู่หน่วยหรือกลุ่มผลิตขนาดใหญ่ได้

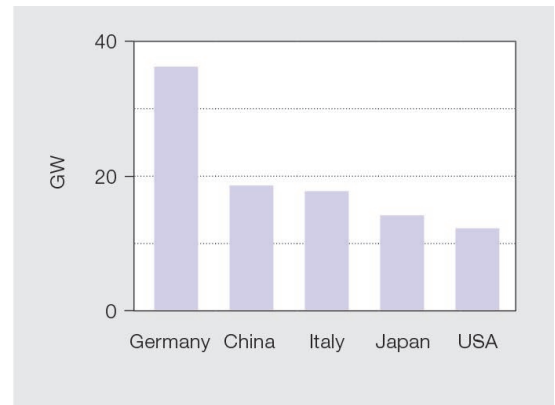
การผลิตแบบกระจาย

การเติบโตของการผลิตไฟฟ้าแบบกระจายถูกขับเคลื่อนเป็น

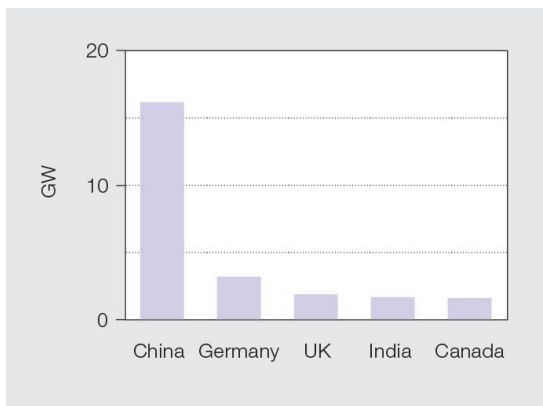
รูปที่ 1
พลังงานลมและแสงอาทิตย์
- ประเทศใน 5 อันดับแรก
ในเรื่องของการผลิต
ที่ถูกติดตั้งแล้วและกำลัง
การผลิตใหม่ในปี 2013



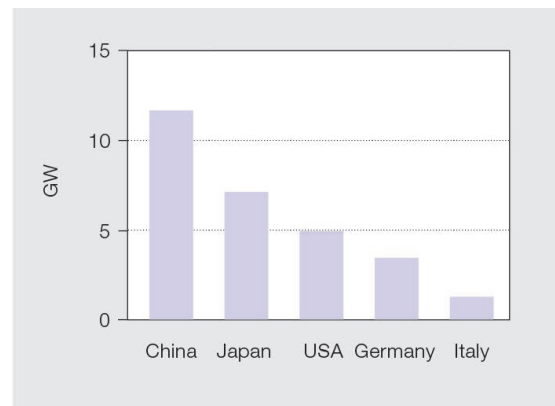
1a พลังงานลม: กำลังการผลิตที่ถูกติดตั้งแล้วในปี 2013



1b พลังงานแสงอาทิตย์: กำลังการผลิตที่ถูกติดตั้งแล้วในปี 2013



1c พลังงานลม: กำลังการผลิตใหม่ในปี 2013



1d พลังงานแสงอาทิตย์: กำลังการผลิตใหม่ในปี 2013

รูปที่ 1

หลักด้วยไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ การผลิตรวมพลังงานความร้อนและไฟฟ้า (CHP) สำหรับไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ เนื่องด้วยขนาดทางเศรษฐกิจที่ค่อนข้างต่ำ ในแง่ของค่าใช้จ่ายบวกกับประสิทธิภาพทางเศรษฐกิจจึงสัมพันธ์กับราคาไฟฟ้าในระบบไฟฟ้าแรงต่ำ CHP จะต้องถูกจ่ายเพื่อให้พลังงานความร้อนแก่ผู้บริโภค

ระบบ PV ขนาดเล็กนำพาโดยเฉพาะไปยังส่วนแบ่งที่มากของการผลิตไฟฟ้าที่ถูกครอบคลุมโดยแหล่งผลิตเล็กๆ จำนวนมากที่จ่ายพลังงานเข้าไปในระบบจ่ายไฟได้

ความผันผวน

ความผันผวนได้ถูกนำเข้าสู่ส่วนใหญ่ที่ระบบจ่ายไฟฟ้าด้วยพลังงานลมและแสงอาทิตย์ ซึ่งทั้งสองนี้สามารถนำพาไปสู่ความผันผวนที่เร็วและมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีของพลังงานลม ซึ่งความผันผวนถูกคาดการณ์ได้น้อยลงกว่าก่อนหน้านี้

การผลิตไฟฟ้าที่ห่างไกล การผลิตแบบกระจายและความผันผวนส่งผลกระทบต่อทุกด้านของการจ่ายและใช้ไฟฟ้า โดยที่ภาพรวมดังกล่าวซึ่งรวมถึงอิทธิพลของโหลดใหม่ ซึ่งเป็น

ตัวขับเคลื่อนสำหรับการเปลี่ยนแปลงได้แสดงในรูปที่ 3

การคาดการณ์ทั่วไปของพลังงานไฟฟ้า

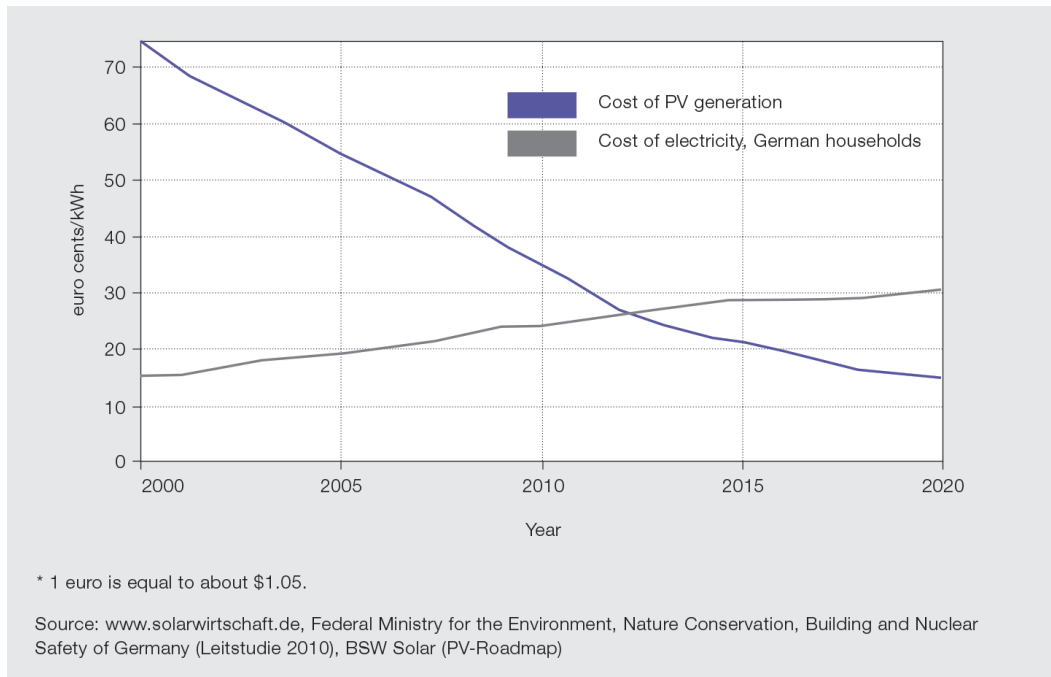
การเพิ่มขึ้นของส่วนพลังงานหมุนเวียนได้มีอิทธิพลต่อการทำงานของโรงไฟฟ้าแบบเดิม การใช้ที่บ่อยมากขึ้นของโรงไฟฟ้าที่ซึ่งเริ่มต้นเป็นโรงไฟฟ้าสำหรับโหลดพื้นฐาน (Base-load) ให้เป็นสำหรับโหลดที่ตามการทำงานด้วย ด้วยอัตราการเปลี่ยนแปลงของเอาต์พุตกำลังไฟฟ้าที่สูงขึ้นก่อให้เกิดความท้าทายทางเทคนิคที่ยิ่งใหญ่ เมื่อใช้ประเทศเยอรมนีเป็นตัวอย่าง ผลของการเปลี่ยนแปลงนี้ ได้ถูกตรวจสอบลงรายละเอียดในผลการศึกษา ซึ่งสรุปได้ว่า ในปี 2015 อัตราการเปลี่ยนแปลงคาดหวังจะสูงถึง 15 GW/h สำหรับการผลิตไฟฟ้าแบบดั้งเดิม

ปัจจัยอีกอย่างหนึ่งที่มีอิทธิพลต่อการทำงานของโรงไฟฟ้าทั่วไปคือ เนื่องจากพลังงานลมและพลังงานแสงอาทิตย์ไม่มีค่าใช้จ่ายผันแปรจึงจะถูกจัดให้อยู่ทางฝั่งปลายที่ต่ำในของอันดับการมีประโยชน์ในตลาดพลังงานซึ่งหมายถึงว่าจะแทนการผลิตไฟฟ้าแบบเดิม ลดการใช้ประโยชน์จากโรงไฟฟ้าทั่วไปและทำให้การครอบคลุมต้นทุนคงที่มากขึ้น

ผลกระทบทางเศรษฐกิจเหล่านี้หมายถึง การสร้างและการใช้พลังงานแบบทั่วไปนั้นไม่เป็นที่น่าดึงดูดอีกต่อไป แต่กำลังการผลิตแบบทั่วไปยังคงเป็นสิ่งจำเป็น ทั้งเป็นการสำรองใน

รูปที่ 2
ต้นทุนการผลิต PV
เมื่อเปรียบเทียบกับราคาไฟฟ้า
ในประเทศเยอรมนี

รูปที่ 3
ผลกระทบจากตัวขับเคลื่อน
หลักสำหรับการเปลี่ยนแปลง
ในเรื่องที่แตกต่างกันของ
การจ่ายพลังงานไฟฟ้าและ
การใช้ในวงโซ่



รูปที่ 2

เวลาที่กำลังการผลิตจากพลังงานหมุนเวียนต่ำและสำหรับการควบคุมระบบไฟฟ้า การปรับตัวที่เหมาะสมของการออกแบบตลาดไฟฟ้าได้มีการอภิปรายกันอยู่ในขณะนี้ ABB มีส่วนเกี่ยวข้องอย่างมากในการอภิปรายและช่วยในการกำหนดรูปร่างของระบบไฟฟ้ากำลังสมัยใหม่

ระดับการส่งพลังงานไฟฟ้า

ในระบบส่งการผลิตไฟฟ้าในที่ห่างไกลได้นำไปสู่ความต้องการกำลังการผลิตที่เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ความผันผวนของการผลิตโดยเฉพาะอย่างยิ่งในการรวมกันกับจำนวนที่น้อยของชั่วโมงโหลดเต็มของพลังงานหมุนเวียน ได้เพิ่มข้อกำหนดในการส่ง

ไฟฟ้า การขยายระบบไฟฟ้าที่เชื่อมต่อกันเป็นทางเลือกที่มีประสิทธิภาพต้นทุนสูงสุดให้เหมาะกับการผลิตที่ผันผวนและการใช้

ประโยชน์ของการขยายตัวในระดับภูมิภาค สำหรับการผนวกรวมด้วยส่วนแบ่งที่สูงมากในพลังงานหมุนเวียนในการจ่ายไฟฟ้าได้ถูกแสดงในรูปที่ 4 ด้วยการขยายตัวของระบบไฟฟ้าที่เชื่อมต่อกันในยุโรปไปยังแอฟริกาเหนือและตะวันออกกลางเป็นตัวอย่าง

รูปที่ 4 แสดงค่าใช้จ่ายสำหรับ MWh ที่ผลิตมากขึ้นจากแหล่ง

ตัวขับเคลื่อน	ระบบที่ถูกผลกระทบ				
	การผลิตแบบเดิม	การส่ง	การจ่ายไฟ	การดำเนินงานระบบ	การประยุกต์ใช้งาน
การผลิตไฟฟ้าในที่ห่างไกล		- การส่งในระยะไกล - FACTS ¹ - ระบบไฟฟ้าแบบ ฮ้อนแท็บ/HVDC		- การรักษาเสถียรภาพ ด้วย FACTS ¹	
การผลิตแบบกระจาย			- ระบบอัตโนมัติ - การควบคุม แรงดันไฟฟ้า	- การสื่อสาร - การควบคุม โรงไฟฟ้าเสมือนจริง	
ความผันผวนในการผลิต	- ความสามารถของ โหลดบางส่วน - ความยืดหยุ่น	- การปรับระดับ ระหว่างภูมิภาค - ระบบไฟฟ้าฮ้อนแท็บ / HVDC - การกักเก็บปริมาณมาก	- การกักเก็บแบบ กระจาย	- การจัดการโหลด - โรงไฟฟ้าเสมือนจริง - PMU/WAMS ²	- การกักเก็บ (เพื่อการใช้งาน) - Demand response
โหลดแบบใหม่ (เช่น e-mobility)			- โครงสร้างพื้นฐาน ของการชาร์จ	- Demand response	

1) FACTS: flexible alternating current transmission systems

2) PMU/WAMS: phasor measurement unit/wide-area monitoring systems

รูปที่ 3

—
รูปที่ 4
การลดต้นทุนสำหรับ
พลังงานหมุนเวียนโดยการ
ผนวกรวมระบบจ่ายไฟ
ของยุโรป แอฟริกาเหนือ
และตะวันออกกลาง

พลังงานหมุนเวียนในยุโรป โดยมีเงื่อนไขว่าจะต้องเป็นไปตาม
จุดมุ่งหมายทางพลังงานและการเมืองของสหภาพยุโรปและ
การลดต้นทุนลงไปอีกของโรงไฟฟ้านั้นถูกใช้เป็นข้อได้เปรียบ
ทางต้นทุน เป็นผลมาจากสถานที่ที่เหมาะสมอย่างยิ่งใน
แอฟริกาเหนือและตะวันออกกลาง เมื่อเปรียบเทียบกับยุโรป
ต้นทุนของกำลังการผลิตที่ต้องการที่เพิ่มขึ้นจะต้องถูกพิจารณา
ข้อได้เปรียบด้านต้นทุนนี้ได้ให้ประโยชน์โดยตรงกับผู้ปฏิบัติ
การโรงไฟฟ้าและไม่ต้องการสนับสนุนพิเศษจากเงื่อนไขขอบ
เขตการทำงานที่เชื่อถือได้ ส่วนข้อได้เปรียบด้านต้นทุนอื่น
แสดงในรูปที่ 4 อยู่บนพื้นฐานของความสมดุลที่ดีขึ้นของ
พลังงานหมุนเวียน ในด้านของอุปทานและอุปสงค์อันเป็น
ผลจากจะเกิดการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลของลมและการ
ใช้ไฟฟ้าในยุโรปและภูมิภาคทางใต้ของทะเลเมดิเตอร์เรเนียน
การลดต้นทุนด้านนี้ต้องการการพิจารณาที่เหมาะสมในการ
ออกแบบตลาด

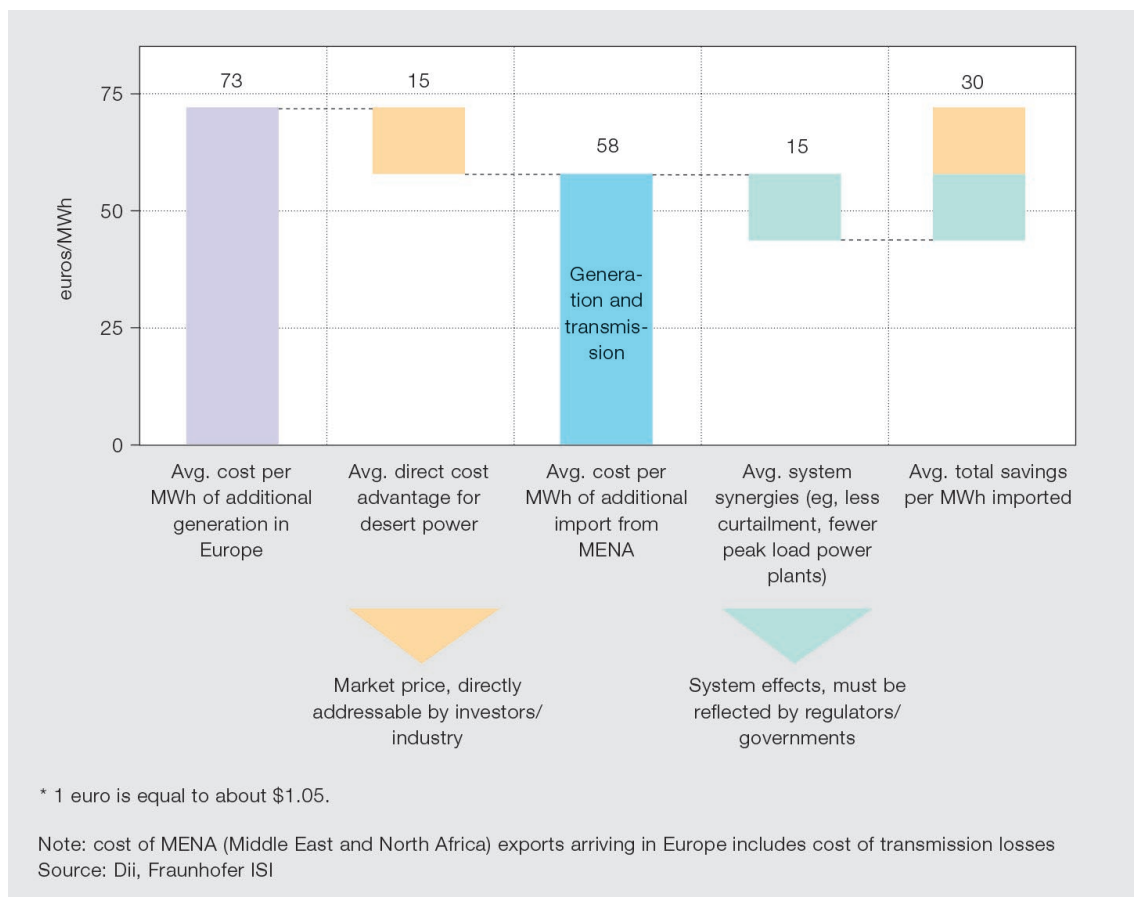
ระบบส่งที่ต้องการภายใต้สถานการณ์ที่อธิบายไว้ในรูปที่ 4
คงจะแตกต่างไปจากในอดีต เมื่อพิจารณาระยะทางในการส่ง
ปริมาณมากรวมกับการเปลี่ยนแปลงการไหลของโหลด เนื่อง
จากยอดที่สูงของการจ่ายไฟเข้าสู่ระบบจากแหล่งพลังงาน
หมุนเวียน ทำให้ระดับการส่งที่ซ้อนกัน (Overlay grid) ที่ขึ้น
อยู่กับการส่ง HVDC เกิดความสมเหตุสมผลและองค์ประกอบ
ที่สำคัญของกรณีนี้คือ เซอร์กิตเบรกเกอร์ HVDC ที่พัฒนาขึ้น

โดย ABB

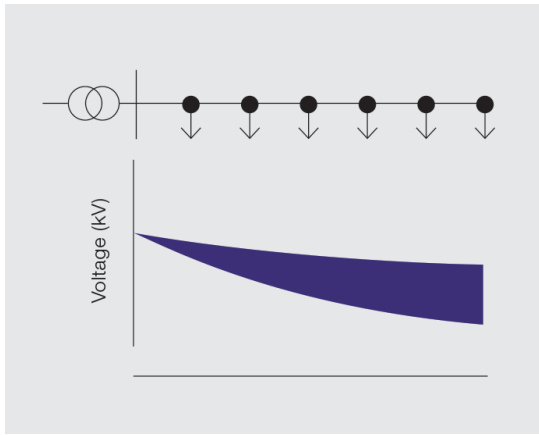
ระดับการจ่ายไฟ

การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในระบบจ่ายไฟหลายชั้น ในหลาย
กรณีพบว่า การเพิ่มขึ้นของการผลิตไฟฟ้าแบบกระจายต้อง
การการเสริมสร้างระบบไฟฟ้า อย่างไรก็ตามโดยเฉพาะใน
ระบบไฟฟ้าในชนบทที่สายส่งค่อนข้างมีระยะทางที่ไกล
ปัญหาเรื่องการสนับสนุนด้านแรงดันจะเกิดขึ้นเป็นอันดับแรก
ในขณะที่ปัญหาไม่ได้เกิดขึ้นจากสถานการณ์ของปัญหาของ
โหลดเพียง 1 กรณีที่ระบบได้ถูกออกแบบมา แต่โดยสภาพ
การทำงานหลายระดับระหว่างการจ่ายและดึงพลังงาน
วิธีการแบบเดิมของส่วนการปรับ Transformation Ratio
ของหม้อแปลงจ่ายไฟจึงไม่เพียงพอ (ดูรูปที่ 5)

ในกรณีแบบนี้ การเสริมสร้างระบบไฟฟ้าที่มีต้นทุนที่แพง
สามารถเลื่อนออกไปหรือหลีกเลี่ยงได้ทั้งหมด โดยการติดตั้ง
เครื่องควบคุมแรงดันไฟฟ้า ตัวอย่างเช่น สร้างหม้อแปลงที่ถูก
ควบคุมด้วยแรงดันไฟฟ้า ความหลากหลายของสภาพการ
ทำงานในระบบจ่ายไฟที่เพิ่มขึ้นได้เพิ่มความต้องการของ
ข้อมูลซึ่งนำไปสู่อย่างน้อยแค่บางส่วนที่เป็นไปอย่าง
อัตโนมัติของสถานีจ่ายไฟฟ้า ที่ซึ่งอย่างน้อยที่สุดตรวจสอบ
หรือควบคุมทางไกล การผลิตแบบกระจายและ e-mobility
(เนื่องจากการเคลื่อนที่ของผู้ใช้) จะนำไปสู่ความจุที่ไม่เพียง



รูปที่ 5
การเปลี่ยนแปลงในการ
สนับสนุนด้านแรงดัน
ในระบบจ่ายไฟด้วยการ
เพิ่มขึ้นของการผลิตไฟฟ้า
แบบกระจาย



5a: อดีต : การจ่ายไฟ – แรงดันลดลงตลอดสาย LV และช่วงแรงดันสามารถปรับแก้กัน
โดยการตั้งค่าของหม้อแปลงจ่ายไฟ

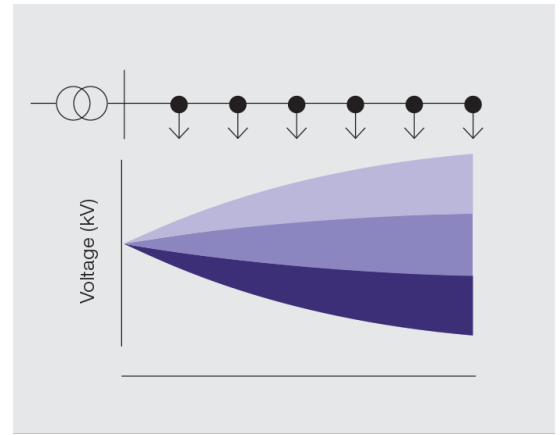
รูปที่ 5

พอในบางสถานการณ์ ซึ่งหมายความว่า การวัดและการควบคุมเป็นสิ่งที่ต้องการและขณะที่ทุกระบบทางเทคนิครวมทั้งการวัดสามารถผลิตผลได้ โซลูชันจะต้องถูกย้ายจากวิธีการที่รู้จักดีในระบบส่ง เช่น state estimation ไปยังระดับจ่ายไฟและในระบบจ่ายไฟทุติยภูมิ

ถ้าระบบไฟฟ้าไม่สามารถให้ความจุได้เพียงพอสำหรับทุกสถานการณ์ การติดขัดที่เป็นไปได้ต้องถูกตรวจพบในเชิงรุกและแก้ไข ซึ่งเป็นปัญหาที่ไม่ได้ใหม่ในขอบเขตการจ่ายไฟ ในความเป็นจริงเป็นข้อปฏิบัติทั่วไปในการประสานงานโรงไฟฟ้าขนาดใหญ่และผู้ปฏิบัติงานระบบ ดังนั้นวิธีการสำหรับแหล่งจ่ายไฟนี้จะต้องถูกทำให้เป็นมาตรฐานและอัตโนมัติ ตัวอย่างของการดำเนินงานระบบจ่ายไฟเชิงคาดการณ์ ซึ่งพิจารณาข้อกำหนดของตลาดที่ถูกเปิดให้อิสระได้รับการพัฒนาและดำเนินการด้วยความสำเร็จภายใต้ขอบเขตของโครงการ MeRegio E-energy ในประเทศเยอรมนี

การใช้ไฟ

เนื่องจากเอาท์พุทกำลังไฟฟ้าที่ผันผวนที่เกี่ยวข้องกับพลังงานหมุนเวียน Demand response ในระยะสั้นกำลังได้รับความสำคัญ การวัด Demand response โดยเฉพาะที่เอาโหลดมาเกี่ยวข้องกับการกักเก็บในตัวเองอาจจะตอบสนองในเรื่องนี้ ข้อกำหนดที่เกี่ยวข้องกับการทำให้โหลดและการผลิตไฟฟ้าสมดุลในโดเมนของเวลาที่ต่างกัน วิธีการที่ถูกใช้ในปัจจุบันและวิธีการที่คาดหวังไว้ในอนาคตได้ถูกแสดงในรูปที่ 6 ซึ่งได้แสดงให้เห็นว่า Demand response สามารถส่งผลที่สำคัญ โดยเฉพาะใน 15 นาทีแรก ซึ่งเป็นช่วงที่สำคัญ เนื่องจากนานเพียงพอที่จะ Ramp up โรงไฟฟ้า ด้วยความสามารถในการสตาร์ทระบบที่รวดเร็วเมื่อกำลังการผลิตขาดโดยฉับพลัน ไม่ว่า Demand Response จะสามารถช่วยในกรอบเวลาที่สั้นมากของที่ซึ่งมวลที่หมุนของโรงไฟฟ้าจะมีผลของเสถียรภาพในปัจจุบัน ขึ้นอยู่กับว่าการตอบสนองอิสระของโหลดต่อการไม่สมดุลระหว่างการผลิตและการใช้สามารถ



5b: ปัจจุบันและในอนาคต : การจ่ายไฟและการจ่ายเข้าสู่ส่งผลให้เกิดความผันแปรใน
วงกว้างที่ปลายของสาย ทำให้ต้องการการปรับเปลี่ยน
แรงดันแบบ on-load

บรรลุผลได้หรือไม่ หลังจากผ่านไป 15 นาที การใช้ Demand Response จะเป็นจริงสำหรับการประยุกต์ใช้งานที่ถูกเลือกเท่านั้น

Demand Response มีความเหมาะสม

โดยเฉพาะสำหรับการประยุกต์ใช้งานทำความร้อนและความเย็น เพราะว่าการกักเก็บพลังงานความร้อนในหลายกรณีสามารถดำเนินการด้วยต้นทุนที่ค่อนข้างต่ำ ดังนั้นวิธีการแบบองค์รวมที่พิจารณาการจ่ายพลังงานไฟฟ้ารวมถึงการทำความร้อนและความเย็นเป็นสิ่งสำคัญสำหรับการใช้ประโยชน์ของความยืดหยุ่นด้านอุปสงค์

ทางเลือกในการกักเก็บพลังงาน

การกักเก็บพลังงานเป็นอีกองค์ประกอบหนึ่งที่สำคัญ สำหรับการผนวกรวมของพลังงานหมุนเวียน แต่เนื่องจากความหลากหลายของการประยุกต์ใช้งานและโซลูชันที่มี ทำให้เป็นเรื่องที่ซับซ้อนซึ่งต้องการการอภิปรายแยกการกักเก็บพลังงาน ได้มีการลงรายละเอียดเพิ่มเติมในเรื่อง "อนาคตที่สว่างไสว" ในบทความรวมฉบับนี้

อนาคตในข้างหน้า

การเปลี่ยนแปลงจากแหล่งจ่ายไฟ ซึ่งขึ้นอยู่กับโรงไฟฟ้าพลังงานร้อนไปยังการจ่ายไฟโดยใช้พลังงานหมุนเวียนใหม่เป็นหลัก จะมีผลทางเทคนิคในทุกพื้นที่ของแหล่งจ่ายไฟและการใช้ไฟฟ้า รวมทั้งจะนำไปสู่การออกแบบพื้นฐานใหม่ของระบบไฟฟ้ากำลัง

การผลิตไฟฟ้าแบบดั้งเดิมในอนาคตต้องการโรงไฟฟ้าที่สามารถทำงานได้ด้วยต้นทุนต่ำ แม้ที่โหลดต่ำและสถานการณ์

รูปที่ 6
ข้อกำหนดสำหรับการ
ทำให้การผลิตและการใช้
ไฟฟ้าสมดุลในโดเมนเวลา
ที่ต่างกันและวิธีที่
เป็นไปได้ในปัจจุบันและ
ในอนาคต

ช่วงเวลา น้อยกว่า 30 วินาที	งาน สำรองทันที สร้างสมดุลของ การผันแปรในระยะสั้น	วิธีแบบดั้งเดิม - มวลที่หมุนของโรงไฟฟ้า	วิธีแบบใหม่สำหรับอนาคต - การกักเก็บด้วยแบตเตอรี่ - แหล่งพลังงานหมุนเวียน และการจัดการโหลดอาจ จะช่วย
น้อยกว่า 15 นาที	สำรองตามนาที สร้างสมดุลของการ ผันแปรในระยะสั้น	- โรงไฟฟ้าพลังงานน้ำ - โรงไฟฟ้าภายในระบบ - โรงไฟฟ้าที่สตาร์ทได้ อย่างรวดเร็ว	- การจัดการโหลด - การกักเก็บด้วยแบตเตอรี่
1 ถึง 3 วัน	สร้างสมดุลของการผันแปร ในรายวันของโหลดที่เหลือ	- โรงสูบกักเก็บ - โรงไฟฟ้า (การกักเก็บเชื้อเพลิง)	- โรงสูบกักเก็บ - การจัดการโหลด (ในการประยุกต์ใช้งาน บางอย่าง)
สัปดาห์ถึงเดือน	สร้างสมดุลของการผันแปร ในรายวันของโหลดที่เหลือ	- โรงไฟฟ้า (การกักเก็บเชื้อเพลิง) - อ่างเก็บน้ำ (ไหลแบบธรรมชาติ)	- อ่างเก็บน้ำ (ไหลแบบธรรมชาติ) - ขยายการเชื่อมต่อบริเวณ

รูปที่ 6

ที่โหลดเปลี่ยนแปลงบ่อยและเร็ว ระบบส่งจะต้องทำงานผ่านระยะทางไกลมากด้วยสถานการณ์ที่การไหลของไฟฟ้าแตกต่างกับเมื่อเทียบกับอดีต เพื่อที่จะชดเชยความผันผวนของแหล่งพลังงานหมุนเวียนใหม่ ระบบเชื่อมต่อระหว่างพื้นที่ขนาดใหญ่ (Wide-area interconnected system) เช่นตามทีเสนอสำหรับภูมิภาคยุโรป แอฟริกาเหนือ ตะวันออกกลางภายใน ขอบเขตของแนวคิด Desertec สามารถเป็นทางเลือกได้

ผลของการผนวกรวมการผลิตไฟฟ้าแบบกระจายเข้าสู่ระบบจ่ายไฟจะขยายวงกว้างขึ้น โดยเฉพาะทั้งเชิงปริมาณและคุณภาพ แรกเริ่มการเพิ่มความจุของระบบไฟฟ้าไม่อาจหลีกเลี่ยงได้ในหลายกรณี ในขณะที่การผสมผสานการดึงพลังงานและการจ่ายพลังงานเข้าสู่ระบบไฟฟ้าจะนำไปสู่ช่วงที่กว้างขึ้นของสภาพการทำงาน การตรวจสอบและควบคุมแรงดันไฟฟ้าและสุดท้ายแล้วจะไม่สมเหตุผลผลที่จะออกแบบระบบจ่ายไฟสำหรับสถานการณ์ที่เกิดขึ้นได้ยากมาก – ส่วนใหญ่เกิดจากจำนวนชั่วโมงโหลดเต็มที่เกี่ยวข้องกับพลังงานไฟฟ้าแสงอาทิตย์และเพราะว่า e-mobility ดังนั้นการตรวจสอบและควบคุมลงไปที่ระดับจ่ายไฟทุติยภูมิจึงมีความจำเป็น

การสร้างสมดุลของโหลดและการผลิตไฟฟ้าจะยากขึ้นในระบบที่มีการจ่ายพลังงานหลักที่แตกต่างกันมากที่ไม่สามารถกักเก็บได้ นอกจากสิ่งนี้พิสูจน์แล้วว่าโรงสูบกักเก็บที่ขึ้นอยู่กับสถานที่และโรงกักเก็บด้วยแบตเตอรี่สามารถมีส่วนร่วมในระยะสั้น เช่น สำหรับรักษาเสถียรภาพความถี่และการตัดยอดโหลด ในระยะยาวซึ่งส่วนใหญ่สำหรับการชดเชยตามความผันแปรตามฤดูกาล ขอบเขตระบบอาจมีการขยายตัวโดยการขยายระบบที่เชื่อมต่อกันหรือเชื่อมต่อกับระบบอื่น

เช่น การจ่ายความร้อนและก๊าซ

การเปลี่ยนแปลงที่สำคัญที่สุดในการจัดการระบบจนเป็นการผนวกรวมหน่วยที่กระจายอยู่จำนวนมากทั้งทางฝั่งการผลิตและทางฝั่งการใช้ รวมถึงการบรรลุเป้าหมายการควบคุมความถี่ด้วยการลดจำนวนมวลที่หมุน (Rotating mass) ที่ทำหน้าที่เป็นองค์ประกอบสำหรับการรักษาเสถียรภาพ

ความท้าทายที่ยิ่งใหญ่ที่สุดในการพัฒนาระบบต่อไปที่จำเป็นคือ

- จากมุมมองขององค์กรมากขึ้น: การประสานงานของมาตรการที่จำเป็นในทุกพื้นที่ของระบบและ
- จากมุมมองทางด้านเทคนิค: การพัฒนาการกักเก็บที่เหมาะสมการดำเนินงานของระบบโดยไม่มีมวลที่หมุนและการผนวกรวมหน่วยที่กระจายอยู่จำนวนมากเข้าสู่การจัดการระบบ

ด้วยความมุ่งมั่นในการสร้างสรรค์นวัตกรรม ABB ยังคงขับเคลื่อนการเติบโตของพลังงานหมุนเวียนสำหรับระบบจ่ายไฟฟ้ากำลังใหม่

เรียบเรียงจาก
Jochen Kreusel,
“Putting It All Together”,
ABB Review – Solar Power (2/2015),
page 43-49

Power Transformers Series

Testing of power transformers and shunt reactors (ตอนที่ 7)

ปานทิพย์ ประสงค์ไทย
pantip.prasongthai
@th.abb.com

A.5.5 การปรับแก้ความคลาดเคลื่อนในหม้อแปลงวัด

- มาตรฐาน IEC 60076-8 (1997) ข้อ 10: “คำแนะนำการวัดค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียในหม้อแปลงกำลัง” [6]
- มาตรฐาน IEE C57.12-90-1999 ข้อ 9 “ค่าความสูญเสียและแรงดันความต้านทานไฟฟ้า” [51]

หากมีการใช้หม้อแปลงกระแสและแรงดัน นำเอาค่าความคลาดเคลื่อนที่เป็นอัตราส่วนมาพิจารณาเพื่อวัดค่ากระแสและแรงดันเท่านั้น สำหรับวัดมิเตอร์ควรปรับแก้ค่าความคลาดเคลื่อนมุมเฟสของหม้อแปลงวัด สำหรับวัดมิเตอร์

ผลความคลาดเคลื่อนการวัดจากค่าความคลาดเคลื่อนมุมเฟสเป็นฟังก์ชันของตัวประกอบกำลังไฟฟ้าของวงจรวัด โดยทั่วไปแล้ว หากเป็นค่าความคลาดเคลื่อนเป็นอัตราส่วนจะไม่ใช้ฟังก์ชัน ค่าความคลาดเคลื่อนอัตราส่วนและค่าความคลาดเคลื่อนมุมเฟสสำหรับหม้อแปลงวัดที่นำมาใช้จะต้องใช้ตามหนังสือรับรองการปรับเทียบตามระดับคะแนนการวัดที่เกี่ยวข้องตามลำดับ (ต่อเฟสและเทียบเท่าภาระงานของวงจร)

IEEE จำกัดการปรับแก้ไขการวัดค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียที่มีสาเหตุมาจากค่าความคลาดเคลื่อนเฟสจะอยู่ที่ร้อยละ 5



—
รูปที่ 5.10
แผนภาพเวกเตอร์สำหรับ
การวัดการงานเฟส
เดียวโดยใช้หม้อแปลงแรงดัน
และกระแส

A 5.5.1 การวัดกำลังไฟฟ้าเฟสเดียวเหนี่ยวนำหรือสามเฟส โดยใช้วัดคีมเตอร์สามเครื่องช่วยวัด

หม้อแปลงที่ต่อเข้าขั้วไฟฟ้าจะหมายถึงภาระงานแบบเหนี่ยวนำ
รูป 5.10 แสดงแผนภาพเฟสเซอร์ของวงจรวัดเหนี่ยวนำ
เฟสเดียวพร้อมกับหม้อแปลงแรงดันและหม้อแปลงกระแส
โดยที่ ดัชนี 1 แสดงค่าที่ปรับให้ตรงและ ดัชนี 2 เป็นค่าที่ยัง
ไม่ปรับให้ตรง (ค่าที่วัดได้) จะถือว่ามุมเฟสในแผนภาพนี้เป็น
บวกโดยไม่อิงกับสมการใด (เช่น เฟสหน้าหน้า)

สำหรับค่าคลาดเคลื่อนการวัด
โดยที่:

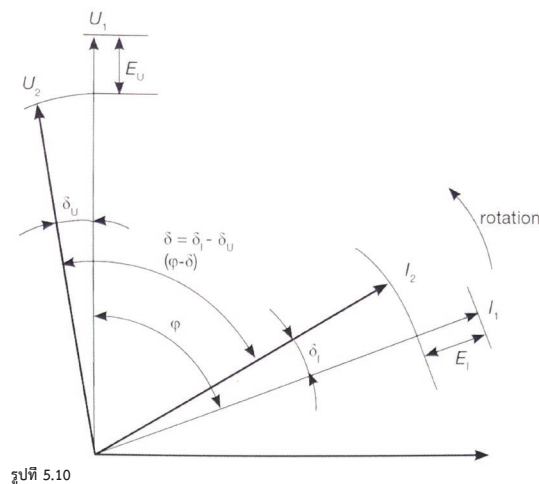
$$E_\delta = \frac{P_2 - P_1}{P_2} \cdot 100\%$$

โดยที่

E_δ = กำลังไฟฟ้าที่ยังไม่ปรับให้ตรง (ค่าที่วัดได้)

P_1 = ค่าคลาดเคลื่อนการวัดที่เกิดมาจากมุมเฟส
(ค่าร้อยละ)

P_2 = กำลังไฟฟ้าที่ปรับแล้ว



รูปที่ 5.10

ดัชนี 1 = ค่าที่ปรับให้ตรงแล้ว

ดัชนี 2 = ค่าที่ยังไม่ปรับให้ตรง (ค่าที่วัดได้)

δ_U = ค่าความคลาดเคลื่อนมุมเฟสของหม้อแปลงแรงดัน

δ_I = ค่าความคลาดเคลื่อนมุมเฟสของหม้อแปลงกระแส

δ = $\delta_I - \delta_U$

E_1 = ค่าความคลาดเคลื่อนอัตราส่วนของหม้อแปลงกระแส

E_u = ค่าความคลาดเคลื่อนอัตราส่วนของหม้อแปลงแรงดัน

ค่าความคลาดเคลื่อนจากการวัดจะหมายถึงกำลังไฟฟ้าที่ยัง
ไม่ปรับให้ตรงเพราะเป็นค่าวัดได้ที่ทราบอยู่แล้ว

$$E_\delta = \frac{U_2 \cdot I_2 \cdot \cos(\varphi - \delta) - U_1 \cdot I_1 \cdot \cos \varphi}{U_2 \cdot I_2 \cdot \cos(\varphi - \delta)} \cdot 100$$

$$= \left(1 - \frac{\cos \varphi}{\cos(\varphi - \delta)} \right) \cdot 100\%$$

ตามปกติ การสลับเฟสในหม้อแปลงวัดถือเป็นค่าความคลาด
เคลื่อนมุมเฟสโดยมีค่าเป็นนาฬิกา หากอิงตามหลักต่อหน่วย
ลิปดา δ (นาฬิกา) คือ

$$\delta = \delta_I - \delta_U = \frac{2 \cdot \pi}{360 \cdot 60} \cdot (\delta_I - \delta_U)$$

$$= 0.000291 \cdot (\delta_I - \delta_U)$$

สามารถแปลงได้เป็น

$$E_\delta = +0.0291 \cdot (\delta_I - \delta_U) \cdot \tan(\varphi - \delta_I + \delta_U)\%$$

ค่าความคลาดเคลื่อนมุมเฟสของหม้อแปลงวัดจะน้อยกว่า 1
นาฬิกา ทำให้ มากกว่ายิ่งกว่า $\varphi \gg (\delta_I + \delta_U)$

ดังนั้น สามารถใช้ $\tan(\varphi - \delta_I + \delta_U)$

$E_\delta = +0.0291 \cdot (\delta_I - \delta_U) \cdot \tan \varphi$ (ค่าร้อยละ) ได้

โดยที่

δ_I = ค่าความคลาดเคลื่อนมุมเฟสหม้อแปลงกระแส
(มีค่าเป็นนาฬิกา)

δ_U = ค่าความคลาดเคลื่อนมุมเฟสหม้อแปลงแรงดัน
(มีค่าเป็นนาฬิกา)

ค่าความคลาดเคลื่อนของค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียที่วัดได้จะขึ้น
อยู่กับค่าความต่างในความคลาดเคลื่อนมุมเฟสของหม้อ
แปลงแรงดันและหม้อแปลงกระแสและไม่ได้เป็นความคลาด
เคลื่อนจากหม้อแปลงวัดแต่ละชิ้น ดูรูป 5.11 ให้สังเกตว่าค่า
ความคลาดเคลื่อนของมุมหม้อแปลงวัด โดยทั่วไป จะมีค่า
เป็นนาฬิกา (ลิปดา)

$$E = E_\delta + E_I + E_U \%$$

ค่าความคลาดเคลื่อนทั้งหมดที่เกิดจากหม้อแปลงวัด คือ

โดยที่

E_I = ค่าความคลาดเคลื่อนอัตราส่วนสำหรับวงจรวัด
กระแส (เป็นค่าร้อยละ)

E_U = ค่าความคลาดเคลื่อนอัตราส่วนสำหรับวงจรวัด
กระแส (เป็นค่าร้อยละ)

หรือ

$$E = 0.0291 \cdot (\delta_I - \delta_U) \cdot \tan \varphi + E_I + E_U \%$$

สูตรปรับแก้ไขนี้ยังใช้ได้ในการวัดกำลังไฟฟ้าสามเฟสเหนี่ยวนำ
ที่ใช่วิธีการวัดด้วยวัดคีมเตอร์สามอันได้ด้วย เฟสแต่ละอัน
จะผ่านการปรับแก้ไขเนื่องด้วยตัวประกอบกำลังไฟฟ้า หม้อ
แปลงวัดและแรงเบี่ยงเบนที่ต่างกันไป

A 5.5.2 การวัดกำลังไฟฟ้าสามเฟสโดยใช้วัดคีมเตอร์ สองตัวช่วยวัด

ภายหลังจากการแปลงค่าให้เหมาะสมแล้ว เราจะได้สูตรปรับ
แก้ไขสำหรับวัดคีมเตอร์สองตัว (เช่น วัดคีมเตอร์แต่ละชิ้น
(แรงเบี่ยงเบน) จะต้องผ่านการปรับแก้เป็นรายชิ้นไป)

—
รูปที่ 5.11
ความคลาดเคลื่อนในค่ากำลัง
ไฟฟ้าสูญเสียที่วัดได้ที่เป็น
ฟังก์ชันหนึ่งในค่าความแตกต่าง
ในความคลาดเคลื่อนมุมเฟส
ของหม้อแปลงวัดแรงดันและ
กระแส (ความคลาดเคลื่อน
มุมเฟสจะมีค่าเป็นนาทิจ)

—
รูปที่ 5.12
หม้อแปลงวัดแรงดันที่มีช่อง
อากาศ สามารถใช้วิธีการ
วัดแรงดันความต้านทาน
ได้สามวิธี

วัดหัตมิเตอร์ที่มีแรงเบียงเข็มกว้าง

หม้อแปลงวัดที่เกี่ยวข้องจะมีดัชนี 1

$$E = +0.0291 \cdot (\delta_{I1} - \delta_{U1}) \cdot \tan(\varphi - 30) + E_{I1} + E_{U1} \%$$

วัดหัตมิเตอร์ที่มีแรงเบียงเข็มสั้น

หม้อแปลงวัดที่เกี่ยวข้องจะมีดัชนี 2

$$E = +0.0291 \cdot (\delta_{I2} - \delta_{U2}) \cdot \tan(\varphi - 30) + E_{I2} + E_{U2} \%$$

โดยที่:

δ_{I2} และ δ_{U2} = ค่าความคลาดเคลื่อนมุมเฟส (นาทิจ)

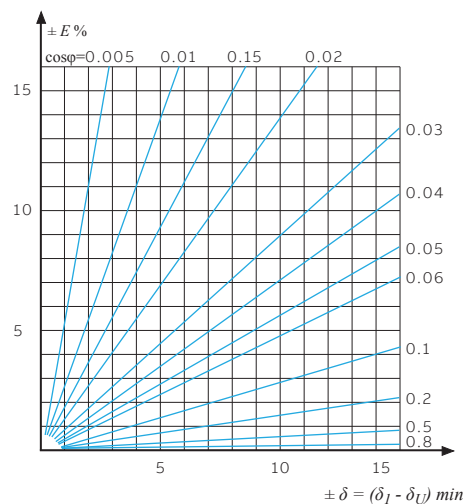
E_{I2} และ E_{U2} = ค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ (ร้อยละ)

โดยที่

$$\cos(\varphi \pm 30) = \frac{P}{U_{LL} \cdot I} \rightarrow \tan(\varphi \pm 30)$$

สังเกตสัญลักษณ์

สัญลักษณ์ของความคลาดเคลื่อนจะเหมือนกันค่าความต่าง
ความคลาดเคลื่อนมุมเมื่อมีการวัดกำลังไฟฟ้าเฟสเดียว เมื่อ
วัดกำลังไฟสามเฟสโดยใช้หัตมิเตอร์ช่วยวัดสองตัว หากเป็น
เช่นนี้ สัญลักษณ์จะเป็นไปตามค่าสนามแม่เหล็กของมุมเฟส



รูปที่ 5.11

E_δ = ความคลาดเคลื่อนตามค่าที่วัดได้

δ = ค่าความแตกต่างความคลาดเคลื่อนมุมเฟส

$(\delta_I - \delta_U)$ (นาทิจ)

กำลังไฟฟ้าสูญเสียในภาระงานที่ปรับแก้แล้วจะเป็นดังนี้

$$P_1 = P_2 \cdot \left(1 - \frac{E}{100}\right)$$

โดยที่

P_1 = กำลังไฟฟ้าสูญเสียในภาระงานที่ปรับแก้

P_2 = กำลังไฟฟ้าสูญเสียในภาระงานที่ยังไม่ได้ปรับแก้
(ค่าความสูญเสียในภาระงานที่วัดได้)

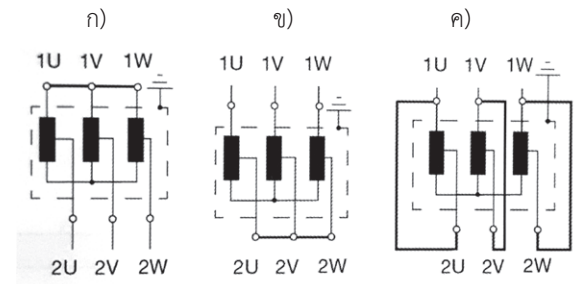
E = ค่าความคลาดเคลื่อน (ร้อยละ)

โดยทั่วไป สมการข้างต้นมีวิธีการคำนวณคือ ค่าความคลาด
เคลื่อนบวกจะนำมาลบการค่าที่วัดได้ ส่วนที่เป็นลบจะนำมา
บวกเข้าไป

A 5.6 การวัดแรงดันลัดวงจรของหม้อแปลงไฟฟ้าติด

เครื่องที่มีช่องอากาศ

หากเป็นหม้อแปลงติดเครื่องที่มีช่องอากาศ จะไม่สามารถใช้
ความสัมพันธ์ $X_H \gg X_1, X_2, R_1, R_2$ ได้อีกต่อไป ดูรูปที่ 5.1
เช่นนั้นจึงเป็นเรื่องของการวัดแรงดันลัดวงจรว่าวัดที่ด้านใด



รูปที่ 5.12

จะเห็นได้จากรูปที่ 5.12 ว่า สามารถใช้การวัดได้อยู่สามวิธี
แต่มีเพียงสองวิธีแรกที่มีแนวโน้มที่จะถูกต้อง หากจำเป็นต้อง
ใช้ค่าแน่นอน ต้องทำการวัดแบบทั้งที่ไม่มีภาระงานและมี
ภาระงานจากทั้งสองด้าน เพื่อให้สามารถคำนวณค่าความ
ต้านทานเป็นอื่นๆ ได้ หากจะวัดกำลังไฟฟ้าสูญเสีย จะต้องม
ีการปรับค่าที่วัดให้ตรงกันด้วยค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียในขณะ
ไม่มีภาระงาน

A 5.7 การต่อเพื่อการทดสอบวิเคราะห์

ในกรณีเป็นการทดสอบวิเคราะห์ อาจจำเป็นต้องวัดค่ากำลัง
ไฟฟ้าสูญเสียในหม้อแปลงสามเฟสด้วยเฟสที่ใช้แหล่งจ่าย
ไฟเฟสเดียว ส่วนหม้อแปลงต่อสายแบบสตาร์-สตาร์หรือแบบ
สตาร์-เดลตา โดยมีสายนิวทรัลที่เข้าถึงได้จากภายนอก ให้วัด
จากสายไฟฟ้าไปสายนิวทรัล

A 5.8 ตัวอย่าง

ตัวอย่างที่ 1

หม้อแปลงระหว่างทดสอบ

หม้อแปลงสามเฟสโดยไม่มีข้อบังคับเรื่องแรงดันไฟฟ้า (ตาม IEC)

กำลังไฟฟ้า	55 เมกะวัตต์ แอมแปร์	ความถี่	50 เฮิร์ตซ์
แรงดันไฟฟ้า	55.0/11.0 กิโลโวลต์	กลุ่มเวกเตอร์	Yd5
กระแส	577/2887A	การระบาย ความร้อน	ONAN

ต้องหยุดใช้งานหม้อแปลงเป็นเวลาอย่างน้อยสามชั่วโมง
เพื่อไม่ให้เกิดเกรตเตียนต์อุณหภูมิระหว่างขดลวดและน้ำมัน

ก) การวัดค่าความต้านทานขดลวดจากเฟสไปเฟส

อุณหภูมิขดลวดเฉลี่ย $\theta_{mr} = 21.0$ องศาเซลเซียส

ค่าเฉลี่ยแรงดันสูง (HV) (1U-1V) $R_{HV} = 0.0913$ โอห์มปี
ค่าเฉลี่ยแรงดันต่ำ (LV) (2U-2V) $R_{LV} = 3,320$ มิลลิโอห์มปี

ข) วัดอุณหภูมิขดลวดเฉลี่ย

θ_m น้ำมันด้านบน = 18.0 องศาเซลเซียส

θ_m น้ำมันด้านล่าง = 16.0 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิน้ำมันเฉลี่ย = 17.0 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิขดลวดเฉลี่ย θ_m จะเท่ากับอุณหภูมิน้ำมันเฉลี่ย
หมายเหตุ: ควรทำการวัดทันทีก่อนการวัดค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสีย

ค) การวัดที่ใช้วัดต์มิเตอร์สามชิ้นช่วยวัด

แหล่งจ่ายไฟ: ขดลวดแรงดันสูง

ต่อเข้าขั้วไฟ: ขดลวดแรงดันต่ำ

ค่าของขดลวดเฉลี่ยที่วัดได้

อุณหภูมิ $\theta_m = 17.0$ องศาเซลเซียส

U_{av}	L_{L1}	L_{L12}	L_{L3}	I_m	P_{L1}	P_{L2}	P_{L3}	P_{L4}
กิโล โวลต์	แอมป์	แอมป์	แอมป์	แอมป์	กิโล โวลต์	กิโล โวลต์	กิโล โวลต์	กิโล โวลต์
5.60	552	552	552	552	53.04	34.92	37.20	125.16

ง) ตรวจสอบความคลาดเคลื่อนหม้อแปลงวัด

ค่าความคลาดเคลื่อนตามใบรับรองแสดงผลสอบเทียบ

เฟส	หม้อแปลงกระแส		หม้อแปลงแรงดัน	
	E_I (ร้อยละ)	δ_I (ต่ำสุด)	E_U (ร้อยละ)	δ_U (ต่ำสุด)
L_1	+0.02	+2.4	+0.15	+2.0
L_2	+0.02	+3.2	+0.14	+1.3
L_3	+0.02	+3.1	+0.15	+1.0

การคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนหม้อแปลงวัดต่อเฟส

เฟส	ตัวประกอบกำลังไฟ	การคำนวณค่าความ คลาดเคลื่อน E (ร้อยละ)
L_1	0.0297	+0.0291(2.4-2.0)33.6+0.02 +0.15+0.56
L_2	0.0196	+0.0291(3.2-1.3)51.1+0.02 +0.14+2.99
L_3	0.0208	+0.0291(3.1-1.0)47.9+0.02 +0.15=3.10

ค่า P_{Lcorr} ที่ปรับแก้ไขแล้ว

U_{av}	L_{L1}	L_{L12}	L_{L3}	I_m	P_{L1}	P_{L2}	P_{L3}	P_{Lcorr}
กิโล โวลต์	แอมป์	แอมป์	แอมป์	แอมป์	กิโล โวลต์	กิโล โวลต์	กิโล โวลต์	กิโล โวลต์
5.60	552	552	552	552	52.74	33.88	36.05	122.67

จ) การแปลงแรงดันลัดวงจรและค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียตาม
กระแสที่กำหนดไว้ I_r

แรงดันลัดวงจร (กิโลโวลต์)

$$U_{CC} = 5.60 \cdot \frac{577}{552} = 5.85 \text{ กิโลโวลต์}$$

แรงดันลัดวงจรจนสัมพัทธ์ (ร้อยละ)

$$\varepsilon_{CC} = \frac{5.85}{55} \cdot 100 = 10.64\%$$

ค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสีย

$$P_L = 122.67 \cdot \left(\frac{577}{522}\right)^2 = 134.03 \text{ กิโลวัตต์}$$

โดยที่ค่า $I_r = 577$ $\theta_m = 17.0$ องศาเซลเซียส

ฉ) การแยกค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสีย

ส่วนประกอบกำลังไฟฟ้าสูญเสียตามค่าโอห์มปี คือ

$$\begin{aligned} P_{jHV} &= 3 \cdot I_{ph}^2 \cdot R_{ph} = \\ &= 3 \cdot I_r^2 \cdot R_{ph-ph} \cdot 0.5 = \\ &= 1.5 \cdot I_r^2 \cdot R_{ph-ph} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{jLV} &= 3 \cdot I_{ph}^2 \cdot R_{ph} = \\ &= 3 \cdot \left(\frac{I_r}{\sqrt{3}}\right)^2 \cdot R_{ph-ph} \cdot 1.5 = \\ &= 1.5 \cdot I_r^2 \cdot R_{ph-ph} \end{aligned}$$

$$HV: 577^2 \cdot 0.0913 \cdot 1.5 = 45.59 \text{ กิโลวัตต์}$$

$$LV: 2887^2 \cdot 0.003320 \cdot 1.5 = 41.51 \text{ กิโลวัตต์}$$

$$P_j = \theta_{mR} = 21.0 \text{ เซลเซียส} = 87.10 \text{ กิโลวัตต์}$$

การแปลง θ_m เป็น 17 องศาเซลเซียส (ขดลวดทองแดง) จะได้

$$P_j = 87.10 \cdot \frac{235 + 17.0}{235 + 21.0} = 85.74 \text{ กิโลวัตต์}$$

โดยมีค่า $\theta_m = 17.0$ องศาเซลเซียส

P_L โดยมีค่า I_r และ 17.0 องศาเซลเซียส = 134.03 กิโลวัตต์

P_j โดยมีค่า I_r และ 17.0 องศาเซลเซียส = 85.74 กิโลวัตต์

P_a โดยมีค่า I_r และ 17.0 องศาเซลเซียส = 48.29 กิโลวัตต์

ช) การแปลงอุณหภูมิให้เป็นค่าอุณหภูมิขดลวดเฉลี่ย 75
องศาเซลเซียส โดยมีสมการคือ

$$P_j = 85.74 \cdot \frac{235 + 75}{235 + 17} = 105.47 \text{ กิโลวัตต์}$$

$$P_a = 48.29 \cdot \frac{235 + 75}{235 + 17} = 39.26 \text{ กิโลวัตต์}$$

$$P_L = I_r \text{ และ } 75 \text{ เซลเซียส} = 144.73 \text{ กิโลวัตต์}$$

ตัวอย่างที่ 2

หม้อแปลงในระหว่างการทดสอบ

หม้อแปลงออด (แบบปรับเลื่อนค่าได้) มีขดลวดที่สามตาม
มาตรฐาน IEC คือ

$S = 200/200/25$ เมกะโวลต์แอมแปร์

$U = 200/125/25$ กิโลโวลต์

—
รูปที่ 5.13
หม้อแปลงอโต้เฟสเดียว
โดยมีขดลวดที่สาม

—
รูปที่ 5.14
แรงดันไฟฟ้าสูง/ปานกลาง
ลัดวงจร

—
รูปที่ 5.15
แรงดันไฟฟ้าสูง/ปานกลาง
ลัดวงจร

—
รูปที่ 5.16
แรงดันไฟฟ้าสูง/ปานกลาง
ลัดวงจร

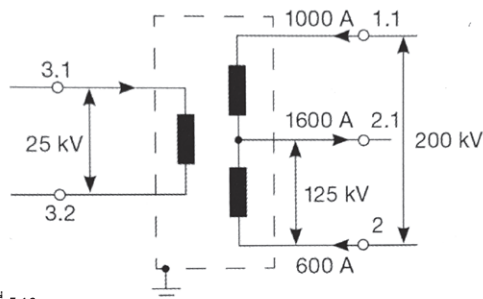
$I = 1000/1600/1000$ แอมป์

การต่อ: Ia

ความถี่: 50 เฮิร์ตซ์

การระบายความร้อน: ONAN (น้ำมัน-พาความร้อน-อากาศ-พาความร้อน)

$\mathcal{E}_{CC}$: แรงดันไฟฟ้าสูง/ปานกลาง 10%
แรงดันไฟฟ้าสูง/ต่ำ 35%
เมกะโวลต์แอมแปร์
แรงดันไฟฟ้าปานกลาง/ต่ำ 30% } ค่าฐาน คือ 200



รูปที่ 5.13

สำหรับอัตราเทียบเท่าหม้อแปลงเค้าร่าง

$$S_e = (U_{HV} - U_{LV}) \cdot I_{HV} = (I_{LV} - I_{HV}) \cdot U_{LV} \\ = (1600 - 1000) \cdot 125 = 75 \text{ เมกะโวลต์แอมแปร์}$$

$$\text{ความสัมพันธ์ } S_e \text{ ต่อ } S_r = \frac{75}{200} \cdot 100 = 37.5\%$$

กำลังไฟฟ้าปรากฏที่เกิดขึ้นในแรงดันลัดวงจร:

S_{CC} สำหรับแรงดันไฟฟ้าสูง/ปานกลาง = 0.1

$$S_I = 20 \text{ เมกะแอมแปร์}$$

S_{CC} สำหรับแรงดันไฟฟ้าสูง/ต่ำ = 0.35

$$S_I = 70 \text{ เมกะแอมแปร์}$$

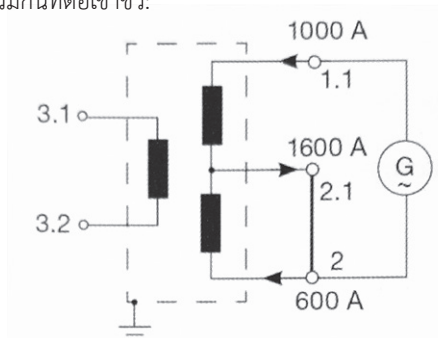
S_{CC} สำหรับแรงดันไฟฟ้าปานกลาง/ต่ำ = 0.30

$$S_I = 60 \text{ เมกะแอมแปร์}$$

สามารถใช้วงจรต่อดังต่อไปนี้ในการวัดการสูญเสียกำลังไฟฟ้าสำหรับแรงดันไฟฟ้าสูง/ปานกลาง:

ก) ตามรูปที่ 5.14 คือ

การจ่ายไฟตลอดทั้งอนุกรมและขดลวดที่ใช้ร่วมกัน ขดลวดใช้ร่วมกันที่ต่อเข้าขั้ว:



รูปที่ 5.14

การวัด

$$P_L = 600 \text{ กิโลวัตต์}$$

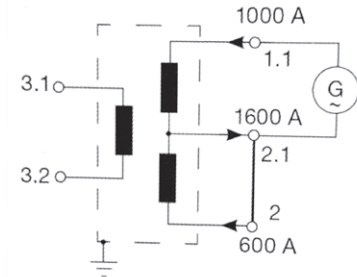
$$U_{CC} = S_{CC} = \frac{20000}{1000} = 20 \text{ กิโลโวลต์}$$

$$\mathcal{E}_{CC} = \frac{20}{200} \cdot 100 = 10\%$$

การต่อลัดวงจรจะต้องถูกกำหนดเป็น 1600 แอมป์ ไม่จำเป็น
ต้องคำนวณแรงดันลัดวงจรซ้ำอีกครั้ง

ข) ตามรูปที่ 5.15 คือ

การจ่ายไฟตลอดทั้งขดลวดอนุกรม ขดลวดใช้ร่วมกันที่ต่อ
เข้าขั้ว:



รูปที่ 5.15

$$U_{CC} = \frac{S_{cc}}{1} = \frac{20000}{1000} = 20 \text{ กิโลโวลต์}$$

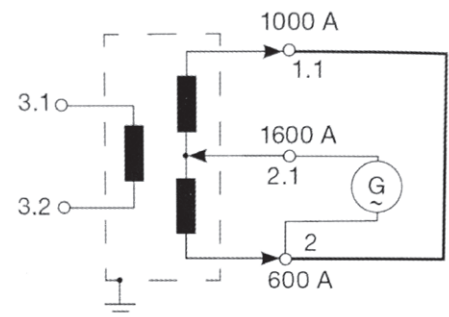
$$\mathcal{E}_{CC} = \frac{20}{200 - 125} \cdot 100 = 26.6\%$$

$$\mathcal{E}_{CC} = 26.6 \cdot \frac{S_e}{S_r} = 10\%$$

การต่อลัดวงจรจะต้องถูกกำหนดเป็น 600 แอมป์ ไม่จำเป็น
ต้องคำนวณแรงดันลัดวงจรซ้ำอีกครั้ง ต้องแปลงแรงดันลัด
วงจรที่วัดได้

ตามรูปที่ 5.16 คือ

การจ่ายไฟตลอดทั้งอนุกรมและขดลวดที่ใช้ร่วมกัน ขดลวด
ใช้ร่วมกันที่ต่อเข้าขั้ว:



รูปที่ 5.16

$$U_{CC} = \frac{20000}{600} = 12.5 \text{ กิโลโวลต์}$$

$$\mathcal{E}_{CC} = \frac{12.5}{125} \cdot 100 = 10\%$$

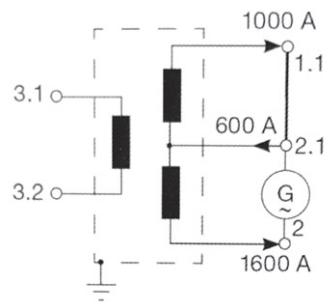
การต่อลัดวงจรจะต้องถูกกำหนดเป็น 1000 แอมป์ และโดย
ปกติแล้วจำเป็นต้องต่อยาวมากเพราะระยะห่างระหว่างจุด
ต่อสายนิวทรัลไปจนถึงจุดต่อสาย ไม่จำเป็นต้องคำนวณ
แรงดันลัดวงจรซ้ำอีกครั้ง ตามรูปที่ 5.17 คือ

—
รูปที่ 5.17
แรงดันไฟฟ้าสูง/ปานกลาง
ลัดวงจร

—
รูปที่ 5.18
แรงดันไฟฟ้าสูง/ต่ำ ลัดวงจร

—
รูปที่ 5.19
แรงดันไฟฟ้าสูง/ต่ำ ลัดวงจร

การจ่ายไฟตลอดทั้งขดลวดที่ใช้ร่วมกัน และขดลวดอนุกรม
ที่ต่อเข้าข้าง:



รูปที่ 5.17

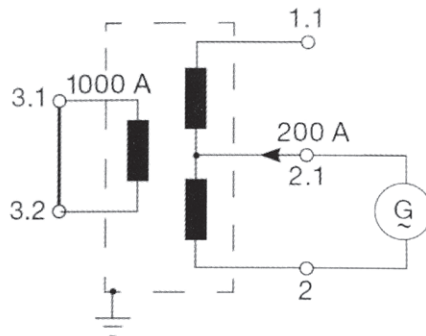
$$U_{CC} = \frac{20000}{600} = 33.3 \text{ กิโลโวลต์}$$

$$\varepsilon_{CC} = \frac{33.3}{125} \cdot 100 = 26.6\%$$

$$\varepsilon_{CC} = 26.6 \cdot \frac{S_e}{S_r} = 10\%$$

การต่อลัดวงจรจะต้องกำหนดเป็น 1000 แอมป์ และสั้นกว่า
ค) ไม่จำเป็นต้องคำนวณแรงดันลัดวงจรซ้ำอีกครั้ง

การวัดค่าการสูญเสียกำลังไฟฟ้าของภาระงานสำหรับการ
รวมแรงดันไฟฟ้าสูง/ต่ำ รูปที่ 5.18 คือ



รูปที่ 5.18

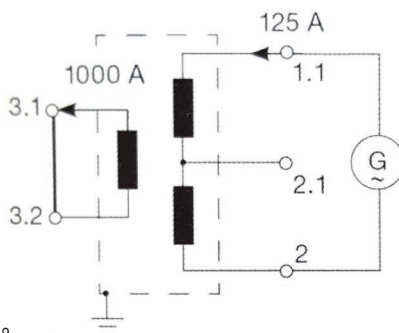
$$U_{CC} = \frac{S_{CC}}{I} = \frac{70000}{1000} \cdot \frac{25}{200} = 8.75 \text{ กิโลโวลต์}$$

$$P_L = 80 \text{ กิโลวัตต์}$$

หมายเหตุ: 8.75 กิโลโวลต์เป็น 25 เมกะแอมแปร์
ส่วน 200 เมกะแอมแปร์

$$P_L = 80 \cdot \left(\frac{200}{25}\right)^2 = 512 \text{ กิโลวัตต์}$$

การวัดค่าการสูญเสียกำลังไฟฟ้าของภาระงานสำหรับการ
รวมแรงดันไฟฟ้าสูง/ต่ำ รูปที่ 5.19 คือ



รูปที่ 5.19

การวัด

$$U_{CC} = \frac{S_{CC}}{I} = \frac{60000}{1600} \cdot \frac{25}{200} = 4.59 \text{ กิโลโวลต์}$$

$$P_L = 70 \text{ กิโลวัตต์}$$

หมายเหตุ: 4.59 กิโลโวลต์ เป็น 25 เมกะแอมแปร์
ส่วน 200 เมกะแอมแปร์

$$P_L = 70 \cdot \left(\frac{200}{25}\right)^2 = 448 \text{ กิโลวัตต์}$$

การคำนวณแรงดันลัดวงจรสำหรับการเดินเครื่องที่มีขดลวด
สามชั้น

ε_{CC} เป็น 200 เมกะแอมแปร์ โดยที่

ε_{12} เป็น ค่าร้อยละ 10

ε_{13} เป็น ค่าร้อยละ 35

ε_{23} เป็น ค่าร้อยละ 30

$$\varepsilon_{CC1} = \frac{10 + 35 - 30}{2} = 7.5\%$$

$$\varepsilon_{CC2} = \frac{10 + 30 - 35}{2} = 2.5\%$$

$$\varepsilon_{CC3} = \frac{30 + 35 - 10}{2} = 27.5\%$$

การคำนวณค่ากำลังไฟสูญเสียภาระงานขดลวดสามชั้นรวม
ที่ 200/200/25 เมกะวัตต์แอมแปร์

P_L (200 เมกะวัตต์แอมแปร์) คือ $P_{L12} = 600$ กิโลวัตต์

$$P_{L13} = 512 \text{ กิโลวัตต์}$$

$$P_{L23} = 448 \text{ กิโลวัตต์}$$

ส่วนภาระงานที่ 200 เมกะวัตต์แอมแปร์ การสูญเสียกำลัง
ไฟฟ้าทั้งสาม (P_{L1} , P_{L2} และ P_{L3}) จะเป็น

$$P_{L1} = \frac{600 + 512 - 448}{2} = 332 \text{ กิโลวัตต์}$$

$$P_{L2} = \frac{600 + 448 - 512}{2} = 268 \text{ กิโลวัตต์}$$

$$P_{L3} = \frac{512 + 448 - 600}{2} = 180 \text{ กิโลวัตต์}$$

ภาระงานจริง (ค่าที่กำหนด) จะมีค่าแค่ 25 เมกะวัตต์
แอมแปร์และค่าการสูญเสียกำลังไฟ P_{L3} จะต้องปรับให้
ตรงกัน

$$P_{L3(\text{adj})} = 180 \cdot \left(\frac{25}{200}\right)^2 = 2.8 \text{ กิโลวัตต์}$$

ค่ากำลังไฟสูญเสียภาระงานขดลวดสามชั้นรวมที่ 200/200
/25 เมกะวัตต์แอมแปร์รวมจะเป็น

$$P_L = 332 + 268 + 2.8 = 602.8 \text{ กิโลวัตต์}$$

(โปรดติดตามต่อฉบับหน้า)

Weekend

“เกาะจำ” เกาะสวยแสนสงบ ฝรั่งชอบใจ คนไทยไม่รู้จัก

เกาะสวยงาม ในจังหวัดกระบี่มีอยู่หลายแห่ง ไม่ว่าจะเป็นเกาะพีพี เกาะห้อง เกาะปอดะ ฯลฯ ที่มีทิวทิวสวยใสและทิวทิวสวยใสสะอาดตา เป็นจุดเด่นที่ดึงดูดให้นักท่องเที่ยวจากทั่วโลกมาเยือน กระบี่ไทย และ“เกาะจำ” เป็นอีกหนึ่งเกาะในจังหวัดกระบี่ที่มีความโดดเด่นในเรื่องของชุมชนที่น่ารักและวัฒนธรรมท้องถิ่นบนเกาะน่าสนใจ

“เกาะจำ” อยู่ในเขต ต.เกาะศรีบอยา อ.เหนือคลอง ห่างจากชายฝั่งเพียง 22 กิโลเมตรเท่านั้น เป็นเกาะที่มีชุมชนท้องถิ่นอาศัยอยู่มาเป็นเวลานาน บนเกาะประกอบไปด้วย 3 หมู่บ้าน คือ หมู่บ้านเกาะปู หมู่บ้านเกาะจำและหมู่บ้านดิงไทร เป็นชุมชนเล็กๆ ที่เงียบสงบ ผู้คนเป็นมิตรและมีน้ำใจไมตรี อีกทั้งทัศนียภาพบนเกาะก็ยังสวยงาม มีชายหาดยาวหลายแห่ง น้ำทะเลใสสะอาด แม้จะไม่สวยใสทิวทิวเหมือนเกาะพีพีหรือเกาะห้อง แต่จุดเด่นของเกาะจำก็คือ ความเงียบสงบและเป็นธรรมชาติที่ยังไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก

ด้วยความเงียบสงบและเป็นธรรมชาติ ยังไม่มีสิ่งอำนวยความสะดวกหรือสิ่งอำนวยความสะดวก ทำให้ผู้ที่ต้องการความสงบเป็นส่วนตัวต้องหลงรักเกาะจำหากได้มาสัมผัส โดยเฉพาะนักท่องเที่ยวชาวตะวันตกที่ไม่ชอบความวุ่นวายพลุกพล่าน แต่ดูเหมือนชื่อของเกาะจำจะยังไม่คุ้นหูหรือเป็นที่รู้จักของนักท่องเที่ยวชาวไทยมากนัก นอกเหนือจากคนพื้นถิ่นบนเกาะซึ่งเป็นคนไทยแล้ว นักท่องเที่ยวที่เยือนบนเกาะก็เป็นชาวต่างชาติเกือบจะ 100% ดังนั้น จึงอยากให้นักท่องเที่ยวที่ชอบพักผ่อนแบบสงบ ไม่คาดหวังความสะดวกสบายมากนัก



มาลองชมบรรยากาศของเกาะจำกัน

“เกาะจำ” อาจถูกเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า “เกาะปู” แต่ทั้งสองชื่อ ก็หมายถึงเกาะเดียวกันแต่คนละส่วน โดยเกาะจำหมายถึง พื้นที่ช่วงกลางไปจนถึงทางใต้สุดของเกาะ ส่วนพื้นที่ตอนเหนือของเกาะที่ถูกคั่นด้วยคลองคล้ายเรียกว่า เกาะปู เล่ากันว่า เดิมเกาะแห่งนี้เรียกว่าเกาะปู ส่วนเกาะจำคือ เกาะเล็กๆ ที่ตั้งอยู่ใกล้ๆ ซึ่งปัจจุบันเรียกว่าเกาะจำน้ย แต่เดิมมีหมู่บ้านชาวเลอยู่บนเกาะจำน้ย แต่ภายหลังเกิดโรคระบาด ชาวเลจึงอพยพมาอยู่ทางตอนใต้ของเกาะปูและเรียกบริเวณใหม่ที่ ย้ายไปอยู่ว่า “เกาะจำ” ทำให้เกาะนี้กลายเป็นเกาะที่มีชื่อเรียกสองชื่อนั่นเอง

สำหรับการเดินทางมายังเกาะจำก็ไม่ยากเลยเพราะอยู่ไม่ห่างจากฝั่งมากนัก ที่สะดวกที่สุดก็คือ การมาลงเรือที่ทำเรือแหลมกรวด อ.เหนือคลอง ซึ่งเป็นท่าเทียบเรือขนาดเล็กที่มีเรือไปยังเกาะทางตอนใต้ของกระบี่ อาทิ เกาะจำ เกาะศรีบอยา หรือเกาะลันตาก็ได้เช่นกัน ที่นี่จะมีเรือประจำทางให้บริการไปเกาะจำ โดยเรือจะมาจอดที่ทำเรือบ้านเกาะจำและทำเรือบ้านเกาะปู มีทั้งเรือหางยาวและเรือใหญ่ที่สามารถขนรถมอเตอร์ไซด์ไปด้วยได้

ระหว่างทางที่นั่งเรือไปยังเกาะ เราจะผ่าน “เนินหอยชักตีน” ซึ่งเป็นเนินทรายกลางทะเลที่เมื่อเวลาน้ำลงจะเกิดเป็นเนินทรายกว้างใหญ่ เป็นที่อยู่อาศัยของหอยชักตีน หอยที่เป็นอาหารชั้นดีของกระบี่ เมื่อน้ำลดชาวบ้านจะมาที่เนินหอยชักตีนเพื่อหาหอยกันอย่างคึกคัก

เรือโดยสารจะมาจอดทางฝั่งตะวันออกของเกาะ (ฝั่งที่หันสู่

แผ่นดิน) ซึ่งเป็นย่านชุมชน มีโรงเรียน ตลาดและร้านค้าร้านอาหารมากมาย นักท่องเที่ยวสามารถเดินเที่ยวในย่านชุมชนเลือกซื้อของที่ระลึกหรือสั่งอาหารและเครื่องดื่มตามร้านต่างๆ ได้ ส่วนฝั่งตะวันตกของเกาะเป็นที่ตั้งของรีสอร์ทหลายแห่ง เพราะเกาะทางฝั่งนี้ที่หันออกสู่ทางทะเลอันดามันมีหาดทรายยาวหลายแห่งตลอดตั้งแต่หัวเกาะลงมาถึงท้ายเกาะ

ชายหาดที่ยาวที่สุดอยู่ทางด้านล่างสุดของเกาะ มีชื่อว่า “หาดยาว” หรือ Long Beach มีความยาวประมาณ 3.5 กิโลเมตรเต็มไปด้วยรีสอร์ทและร้านอาหาร เหนือขึ้นไปคือ “หาดไกลเดนเพิร์ล” ซึ่งก็มีรีสอร์ทหลายแห่งในบรรยากาศเงียบสงบ เหนือขึ้นไปอีกคือ “หาดติงไทร” ยังคงอุดมสมบูรณ์ไปด้วยต้นไม้ต้นสูงใหญ่ร่มรื่น ส่วน “หาดลูโมะ” อยู่ทางตอนเหนือสุดของเกาะและอยู่ในพื้นที่ส่วนที่เรียกว่าเกาะปู

ชายหาดเหล่านี้เป็นทรายละเอียดสีน้ำตาล น้ำทะเลใสสะอาด เล่นไม่เหนื่อย บรรยากาศของต้นไม้ยังคงร่มรื่น เหมาะแก่ผู้ที่ต้องการความเงียบสงบ อยากใช้เวลาอยู่กับตัวเอง สนุกกับการใช้ชีวิตช้าๆ พร้อมทั้งเพลิดเพลินไปกับบรรยากาศของสายลมแสงแดดและน้ำทะเล หรือหากอยากไปสำรวจเกาะหรือชุมชนก็สามารถเช่ามอเตอร์ไซด์ขี่รอบเกาะก็ได้เช่นกัน

เที่ยวกระบี่ครึ่งหน้า...ถ้าสนใจเกาะแสนสงบและยังมีธรรมชาติที่สวยงามเช่นนี้ ต้องลองมาที่ “เกาะจำ” ดูสักครั้ง

ที่มา: <https://manageronline.com>



Health & Wellness

กินคลีนให้ถูกวิธี

หลักการกินคลีนให้ถูกวิธี การกินมังสวิรัตจะไม่เพียงพอ เนื้อสัตว์ทุกชนิด แต่จะกินถั่ว เต้าหู้ เมล็ดพืชเพื่อช่วยสร้างโปรตีนทดแทนเนื้อสัตว์ ผิดกับการกินคลีน เพราะสามารถกินเนื้อสัตว์ได้ เพียงแต่ต้องไม่ติดมัน การกินคลีน นอกเหนือจากจะกินแบบปรุงแต่น้อยแล้ว ยังมีเคล็ดลับอื่นๆ อีกดังนี้



1. กินให้ครบทั้ง 5 หมู่

คนส่วนใหญ่เข้าใจว่าการกินคลีนเป็นการกินแต่ผัก แต่ที่จริงแล้วการกินคลีนคือ การกินให้ครบทั้ง 5 หมู่ ทั้งคาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน ผักและผลไม้ในปริมาณที่เพียงพอต่อร่างกายในแต่ละวัน ไม่ใช่การเลือกกินหมู่ใดหมู่หนึ่งมากเกินไป

2. ไม่ยึดติดรสชาติ เน้นธรรมชาติ

ไม่ยึดติดความอร่อยถูกปากอย่างเดียว แต่เน้นที่ความสดของอาหารที่กิน ผ่านการปรุงแต่น้อย เช่น จากที่กินข้าวขาวเป็นประจำก็เปลี่ยนไปเป็นข้าวกล้อง จากที่ดื่มชากาแฟก็เปลี่ยนไปดื่มน้ำเปล่า หรือเคยกินผลไม้กระป๋องเป็นประจำก็หันไปกินผลไม้สดแทน

3. เน้นกินผัก

โดยเฉพาะผักกินดอก ผักกินยอดอ่อน ผักใบเขียว เช่น ดอกโสน ดอกอัญชัน ดอกแค ผักต้ว ขี้เหล็ก ผักหวาน ก้านตรง สะพู คื่นหีว ใบยอ กวางตุ้ง ผักโขม ปวยเล้ง

4. เลือกอาหารที่ปราศจากวัตถุกันเสีย

เพราะอาหารใดก็ตามที่มีวัตถุกันเสีย สารกันบูด วัตถุปรุงแต่ง จะไม่ใช่อาหารคลีน แต่เป็นอาหารที่มีสารเคมีเจือปน ดังนั้นการเลือกกินอาหารคลีนควรคำนึงถึงความสด ใหม่ และปลอดสารเคมี

5. ตัดไขมันอิ่มตัวออกจากมื้ออาหาร

งดไขมันที่มาจากเนย นม ชีส และเนื้อสัตว์บางชนิด โดยหันไปกินไขมันจำพวกน้ำมันมะกอก น้ำมันคาโนล่า เนื้อปลา และถั่วต่างๆ เพราะไขมันเหล่านี้ดีต่อหัวใจและช่วยเพิ่มระดับคอเลสเตอรอลชนิดดีอย่าง HDL

6. ละเลิกเครื่องดื่มแอลกอฮอล์

หากจะดื่มแอลกอฮอล์ควรอยู่ในปริมาณที่พอเหมาะอาจดีต่อสุขภาพ เช่น ผู้หญิงประมาณ 1 แก้ว ผู้ชายประมาณ 2

แก้วต่อวัน เพราะหากมากกว่านั้นอาจทำให้เกิดอาการขาดน้ำ และเกิดความอยากอาหารมากกว่าปกติ

7. ปรุงอาหารไม่หวานจัด

ปริมาณน้ำตาลที่กินได้ต่อวันสำหรับผู้หญิงคือ ไม่เกิน 4 ช้อนชา สำหรับผู้ชายคือ ไม่เกิน 6 ช้อนชา และใช้เกลือปรุงรสแทนน้ำปลา ใช้ซีอิ๊วขาวชนิดที่ไม่มีผงชูรส และไม่ใช้ผงชูรสในการปรุงอาหาร

8. เลือกข้าวไม่ขัดขาว

รวมทั้งธัญพืชที่ไม่ขัดขาวด้วย เพราะข้าวที่ไม่ขัดขาวจะมีส่วนของจมูกและเยื่อหุ้มเมล็ดที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง ทำให้อิ่มนาน เนื่องจากมีกากใยมาก แล้วยังทำให้ร่างกายดึงพลังงานไปใช้อย่างช้าๆ เช่น ข้าวกล้อง ข้าวซ้อมมือ ข้าวแดง ข้าวฟ่าง ลูกเดือย ข้าวสาลี

9. เกลือต้องไม่เกิน 1 ช้อนชาต่อวัน

การกินคลีนนอกจากจะต้องหันมาใช้เกลือแทนน้ำปลาในการปรุงอาหารแล้ว ปริมาณเกลือยังต้องไม่เกิน 2,300 มิลลิกรัม หรือแค่ประมาณ 1 ช้อนชาต่อวัน

10. เลือกกินโปรตีนดีโปรตีนที่ดี

ไขมันต่ำพบมากในเนื้อสัตว์และถั่วเมล็ดแห้ง ได้แก่ ปลา แซลมอน ไข่ขาว เนื้อปลาน้ำจืด เนื้อไก่ส่วนอก เนื้อสันใน อาหารทะเลจำพวกกุ้ง ปลาหมึก และหอย กินได้แต่ไม่ควรกินเยอะ ต้องระวังเรื่องคอเลสเตอรอล

11. ไม่กินมากเกินไป

หลายคนคิดว่าเมื่อกินคลีนแล้วจะสามารถกินเท่าไรก็ได้ ซึ่งคิดผิด เพราะแม้จะกินคลีนก็ต้องควบคุมปริมาณ แบ่งสัดส่วนอาหารให้สมดุล ชั่ง ตวง วัดให้พอดีเพื่อใช้ในการจัดสัดส่วนอาหาร

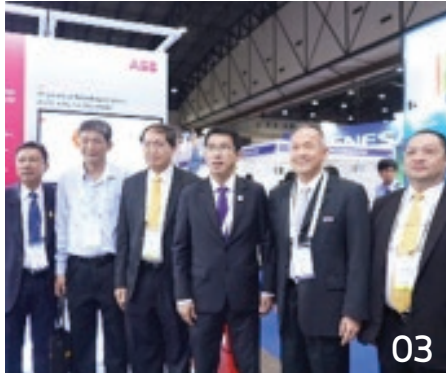
Movement



01



02



03



04



05

01 ABB

ร่วมงานเปิดตัวศูนย์นวัตกรรมหุ่นยนต์และระบบอัตโนมัติ (iCRAS)

เอบีบี นำโดยคุณชัยยศ ปิยะวรรณรัตน์ Managing Director และคุณล้ำบุญ สิมะขจรบุญ LBU Manager ได้รับเกียรติเข้าร่วมงานเปิดตัวศูนย์นวัตกรรมหุ่นยนต์และระบบอัตโนมัติ (iCRAS) ณ สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์ (PIM) โดยภายในงานได้โชว์หุ่นยนต์ YUMI'S CANDY หุ่นยนต์ที่สาธิตการทำงานสมายใหม่ ต้อนรับสื่อมวลชนและผู้ร่วมงาน ซึ่งได้รับความสนใจเป็นจำนวนมาก

02 ABB จัดงานสัมมนาวิชาการ

“Transformer Intelligence and Asset Performance Management”

เอบีบี ร่วมกับ IEEE Thailand Section, IEEE Power & Energy Society -Thailand, บัณฑิตวิทยาลัย วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิตสิรินธร ไทย-เยอรมัน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ และศูนย์เชี่ยวชาญพิเศษเฉพาะด้านเทคโนโลยีไฟฟ้ากำลัง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จัดงานสัมมนาวิชาการ “Transformer Intelligence and Asset Performance Management” ณ โรงแรม Miracle Grand Convention เพื่อถ่ายทอดความรู้เทคโนโลยีเกี่ยวกับระบบตรวจสอบสภาพน้ำมันหม้อแปลงแบบออนไลน์ การวางแผนและวิธีการบำรุงรักษา เพื่อลดความเสี่ยงและเพิ่มประสิทธิภาพของหม้อแปลงให้ดียิ่งขึ้น โดยมีคุณวัลลภ กิติวิวัฒน์ รองผู้ว่าการการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เป็นประธานในพิธีเปิด พร้อมผู้เชี่ยวชาญจากเอบีบี ประเทศไทย, แคนาดาและสิงคโปร์ มาเป็นผู้บรรยาย

03 ABB ร่วมงาน

“Asian Utility Week 2018”

เอบีบี ร่วมงาน “Asian Utility Week 2018” จัดแสดงนวัตกรรมใหม่ล่าสุดของดิจิทัลโซลูชัน ABB Ability, Digital Power Supply, Microgrid และเครือข่ายไร้สายการดำเนินงานระบบสาธารณูปโภค ที่จะเข้ามาช่วยเพิ่มศักยภาพและสร้างโอกาสทางธุรกิจที่เป็นรูปธรรมอย่างแท้จริง ณ ศูนย์การแสดงสินค้าและการประชุมอิมแพ็ค เมืองทองธานี โดยมีคุณวัลลภ กิติวิวัฒน์ รองผู้ว่าการการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เป็นประธานในพิธีเปิดงาน และได้ให้เกียรติมาเยี่ยมชมบูธเอบีบี โดยมีคุณชัยยศ ปิยะวรรณรัตน์ Managing Director ให้การต้อนรับ พร้อมกันนี้เอบีบียังได้มีการจัดสัมมนาเชิงวิชาการพิเศษ “Digitalizing the power grid” เพื่อถ่ายทอดความรู้ระบบไฟฟ้าในอนาคต อัปเดตเทคโนโลยีเกี่ยวกับ Digital grid, Digital substations & Asset management ให้กับลูกค้าที่สนใจ

04 ABB สนับสนุนอุปกรณ์ป้องกันอันตรายจากไฟฟ้า ช่วยเหลือกับหมู่ป่าอะคาเดมี

เอบีบี ร่วมเป็นส่วนหนึ่งสนับสนุนเจ้าหน้าที่ในปฏิบัติการช่วยเหลือ 13 ชีวิตทีมหมูป่าอะคาเดมี ที่ถ้ำหลวงขุนน้ำนางนอน จ.เชียงราย โดยได้จัดส่งอุปกรณ์ป้องกันอันตรายจากไฟฟ้า ไฟรั่วไฟดูด ให้กับทางการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค จ.เชียงราย นำไปติดตั้งใช้งาน เพื่อป้องกันอันตรายจากไฟฟ้าไม่ให้เกิดขึ้นในขณะที่เจ้าหน้าที่ปฏิบัติงาน และขอขอบคุณทาง TNT Express ที่ให้การสนับสนุนและจัดส่งอุปกรณ์ให้กับทางการไฟฟ้าในครั้งนี้

05 ABB จัดกิจกรรมบริจาคโลหิต

เอบีบี จัดกิจกรรมบริจาคโลหิตที่สำนักงานใหญ่ เพื่อเปิดโอกาสให้พนักงานและบริษัทใกล้เคียงได้มาร่วมบริจาคโลหิตให้กับภาควิชาเวชศาสตร์การธนาคารเลือด คณะแพทยศาสตร์ ศิริราชพยาบาล เนื่องในวันผู้บริจาคโลหิตโลก 14 มิถุนายน พ.ศ. 2561



Energy Storage Inverters

A reliable partner for your storage device.

Energy Storage Inverters (ESI) เป็นอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้าแบบสองทิศทาง โดยสามารถแปลงกระแสไฟฟ้าสลับ (AC) เป็นกระแสไฟฟ้าตรง (DC) เพื่อเก็บพลังงานในแบตเตอรี่ (charging) หรือใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ (discharging) โดยแปลงกระแสไฟฟ้าตรง (DC) จากแบตเตอรี่เป็นกระแสไฟฟ้าสลับ (AC) เพื่อจ่ายให้อุปกรณ์ไฟฟ้าหรือระบบไฟฟ้า

คุณสมบัติเด่น

- เป็นอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้าแบบสองทิศทาง (Bidirectional Inverter)
- เป็นอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้าที่สามารถเพิ่มคุณภาพไฟฟ้าได้ โดยสามารถกำจัดฮาร์โมนิก, ควบคุมกำลังไฟฟ้าในแต่ละเฟส (P&Q), สามารถป้องกันรีแอคทีฟเพาเวอร์ทั้งอินดักทีฟ (Inductive) และคาปาซิทีฟ (Capacitive) และแก้ปัญหาโหลดไม่สมดุลในระบบไฟฟ้า
- ใช้งานในระบบที่มีการเชื่อมต่อเข้ากับระบบโครงข่ายไฟฟ้า (Grid) และระบบไฟฟ้าแยกโดด (Islanding)
- ใช้งานร่วมกับอุปกรณ์ควบคุมที่ระบบสื่อสารรองรับ Modbus RTU/Modbus TCP-IP และสามารถสื่อสารกับ BMS (Battery Management System) ผ่าน CAN bus
- ใช้งานกับแบตเตอรี่ได้หลายชนิด เช่น Li-Ion, Na-S, Lead Acid และอื่นๆ
- มีขนาดมาตรฐานที่สามารถต่อรวมกันได้หลายตัว หากต้องการเพิ่มขนาดกำลังไฟฟ้า abb.co.th

