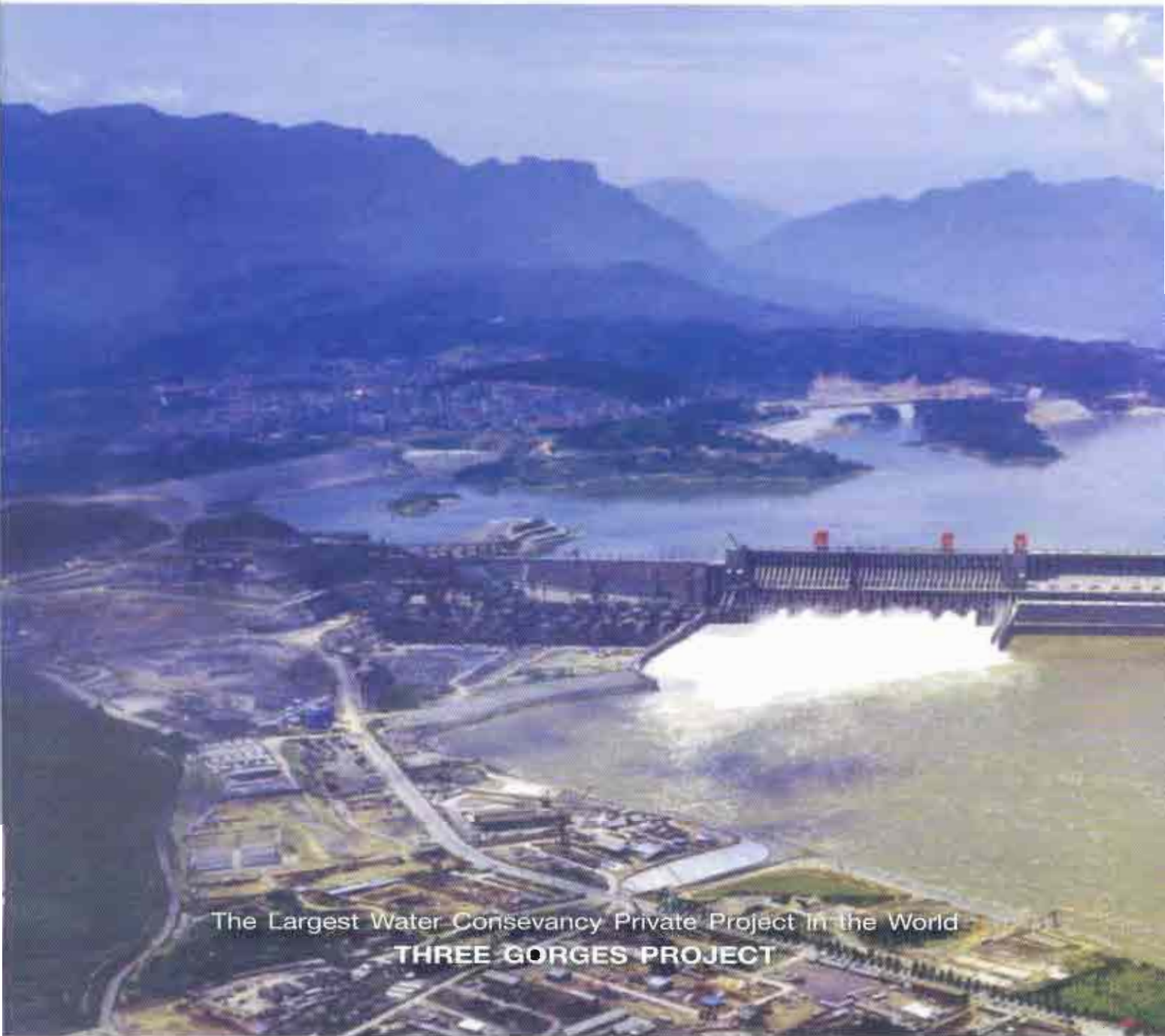


คุณภาพไฟฟ้า

Power Quality Newsletter | Vol. 22 January - March 2008



The Largest Water Conveyance Private Project in the World
THREE GORGES PROJECT

ABB



สารบัญ

Power Quality Series การคำนวณแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุล ปัญหาไฟฟ้าขัดข้อง (ตอนที่ 2)	4 - 9
International Standard Series มาตรฐานอเมริกันสำหรับตัวเก็บประจุไฟฟ้ากำลังแบบต่อขนานกับระบบ (ตอนที่ 2)	10 - 13
High Voltage Series เทคโนโลยีคาปาซิเตอร์แรงสูงแบบแห้ง (Dry-Q)	14 - 15
Special Power Series The Grand Three Gorges Project เขื่อนที่ใหญ่ที่สุดในโลก	16 - 19
Medium Voltage Series การป้องกันการเกิด Ferro-resonance ในหม้อแปลงแรงดัน ระบบแรงดันปานกลาง	20 - 23
Power Transformer Series หม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง	24 - 25
Health & Wellness	26 - 27
Travel by ABB	28 - 29
News & Movement	30 - 31

เจ้าของ บริษัท เอบีบี จำกัด

ที่ปรึกษา กำชัย เลิศธีระกุล, สมคะเน ชูณหะเสวีย์, สุพล พดุงษ์จินดา, ประวิทย์ ไรจนศรีรัตน์,

ประดิษฐ์พงษ์ สุขศิริถาวรกุล

บรรณาธิการ พัทยา เพชรธานินท์

จัดทำโดย ฝ่ายการตลาด (Power Products) บริษัท เอบีบี จำกัด

บริษัท เอบีบี จำกัด

สำนักงานใหญ่ 161/1 อาคารเอสจีทาวเวอร์ ชั้น 1-4 ซ.มหาตมะคานธี 3 ถ.ราชดำริ แขวงจตุจักร

เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330 โทร. 0 2665 1000 แฟกซ์. 0 2665 1177 <http://www.abb.co.th>

โรงงาน 322 หมู่ 4 นิคมอุตสาหกรรมบางปู ซ.6 บี อ.สุขุมวิท ต.แพรกษา อ.เมือง จ.สมุทรปราการ 10280

© ข้อเขียนและรูปภาพทุกชิ้นใน PQ Newsletter เป็นลิขสิทธิ์ของ บริษัท เอบีบี จำกัด ห้ามคัดลอก พิมพ์ซ้ำ
หรือกระทำการใดๆ ที่เห็นการละเมิดลิขสิทธิ์ เว้นแต่จะได้รับความยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษรจาก
ผู้เขียนหรือบริษัท เอบีบี จำกัด



>>> บก.กักกาย



สวัสดีค่ะ พบกับวารสารคุณภาพไฟฟ้าฉบับที่ 2 ฉบับนี้เรายังคงนำเสนอเนื้อหาเกี่ยวกับคุณภาพไฟฟ้าที่หลากหลายเหมือนเช่นเคย และที่พิเศษยิ่งขึ้นคือ เราได้เพิ่มบทความพิเศษ Special Power Series ซึ่งเป็นการเรียบเรียงและแปลบทความจาก ABB Review หรือเอกสารทางเทคนิคด้านวิศวกรรมไฟฟ้าของ บริษัท เอบีบี จำกัด

Special Power Series ในฉบับนี้จะกล่าวถึง The Grand Three Gorges Project เขื่อนที่ใหญ่ที่สุดในโลก ซึ่งบริษัท เอบีบี จำกัด มีความภาคภูมิใจอย่างยิ่งที่ได้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการ Three Gorges Project ในการส่งมอบอุปกรณ์หลัก ได้แก่ หม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง (Power Transformer) สวิตช์เกียร์ไฟฟ้าแรงดันสูง แบบใช้แก๊ส SF6 เป็นฉนวน (Gas Insulated Switchgear) และสถานีคอนเวอร์เตอร์ และระบบไฟฟ้าแรงสูงกระแสตรง (Two Converter Stations for a 3,000 megawatt High Voltage Direct Current : HVDC) 500 กิโลโวลต์ เพื่อเชื่อมวงจรและจ่ายไฟจากเขื่อน Three Gorges ไปยังเมืองเซี่ยงไฮ้ (Shanghai) โดยจะเล่าให้ฟังถึงความ เป็นมา รายละเอียดของโครงการที่เกี่ยวข้องกับงานวิศวกรรมพลังงาน และสำหรับ เนื้อหาของบทความพิเศษ Special Power Series ฉบับต่อๆ ไป จะยังคงเน้นเนื้อหา ที่เป็นประโยชน์เพื่อต้องการถ่ายทอดเทคโนโลยีจากต่างประเทศให้กับวิศวกรไฟฟ้า ของประเทศและผู้ที่เกี่ยวข้อง

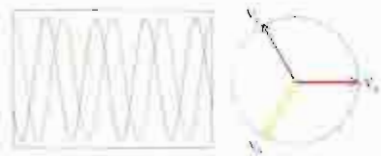
สำหรับเนื้อหาภายในเล่ม จะกล่าวถึงเรื่องการคำนวณแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุล ปัญหาไฟฟ้า ชัดข้อง (ตอนที่ 2) และ มาตรฐาน IEEE สำหรับตัวเก็บประจุไฟฟ้ากำลังแบบต่อขนาน กับระบบ (ตอนที่ 2) นอกจากนี้ ยังได้นำเสนอเทคโนโลยีคาปาซิเตอร์แรงสูงแบบแห้ง (Dry- Ω) การป้องกันก่อกองเกิด Ferro-resonance ในหม้อแปลงแรงดันระบบแรงดัน ปานกลาง และหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง รวมทั้งข่าวสารและกิจกรรมของบริษัท เอบีบี จำกัด ในช่วงที่ผ่านมา

สำหรับท่านที่ต้องการให้เราจัดส่งวารสารคุณภาพไฟฟ้าไปให้ท่านหรือหน่วยงานของท่าน สามารถแจ้งความประสงค์มาได้ที่ pattaya.petchtanin@th.abb.com หากมีข้อสงสัย แนะนำหรือติชม สามารถส่งมาได้เช่นกัน ทีมงานยินดีรับฟังทุกความคิดเห็นของผู้อ่าน ทุกท่านเสมอค่ะ

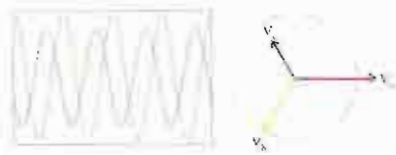
พัทธยา เพชรธานี

การคำนวณแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุล Calculation of Voltage Unbalance

ในระบบไฟฟ้ากำลัง 3 เฟส แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลเกิดขึ้นเมื่อแรงดันเฟส หรือแรงดันระหว่างสายมีขนาดไม่เท่ากัน หรือมีมุมเฟสแตกต่างกันจากสภาวะสมดุล หรือทั้งสองกรณี ดังแสดงในรูปที่ 1 และรูปที่ 2 บทความนี้จะกล่าวถึงการคำนวณแรงดันไม่สมดุลที่แตกต่างกัน 4 แบบ พร้อมตัวอย่างประกอบ ซึ่งการเลือกใช้นิยามหรือสูตรเป็นเรื่องสำคัญสำหรับการศึกษาเกี่ยวกับแรงดันไม่สมดุล เช่น การศึกษาผลของแรงดันไม่สมดุลที่มีต่อสมรรถนะของมอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟส เป็นต้น



รูปที่ 1 รูปคลื่นและเวกเตอร์แสดงแรงดันไฟฟ้า 3 เฟสสมดุล



รูปที่ 2 รูปคลื่นและเวกเตอร์แสดงแรงดันไฟฟ้า 3 เฟสไม่สมดุล

การคำนวณแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุล

นิยามหรือการคำนวณที่เกี่ยวกับแรงดันไม่สมดุลมีมากมายหลายสูตร ที่จะกล่าวในที่นี้มี 4 แบบ ดังนี้

นิยามของ NEMA

NEMA (National Equipment Manufacturer's Association) กำหนดนิยามไว้เป็นอัตราแรงดันไม่สมดุลของแรงดันระหว่างสาย หรือ line voltage unbalances rate (LVUR) ดังนี้

$$\% LVUR = \frac{\text{max voltage deviation from the avg line voltage}}{\text{avg line voltage}} \times 100$$

นิยามของ NEMA ปกติสมมุติให้ค่าแรงดันระหว่างสายเฉลี่ยเท่ากับแรงดันระบบ (ในสหรัฐเท่ากับ 480 โวลต์) และจะคิดเฉพาะขนาดของแรงดัน โดยไม่คำนึงถึงมุมเฟส

นิยามของ IEEE (IEEE 112)

นิยามแรงดันไม่สมดุลตาม IEEE 112 เรียกว่า อัตราแรงดันไม่สมดุลของแรงดันเฟส หรือ phase voltage unbalance rate (PVUR)

$$\% PVUR = \frac{\text{max voltage deviation from the avg phase voltage}}{\text{avg phase voltage}} \times 100$$

จะเห็นว่า IEEE 112 นิยามแรงดันไม่สมดุลเหมือนกับ NEMA จะแตกต่างกันที่ IEEE ใช้แรงดันเฟส แทนแรงดันระหว่างสาย และเช่นเดียวกับนิยามของ NEMA คือ ไม่นำมุมเฟสมาเกี่ยวข้อง นอกจากนี้ ใน IEEE 936 ยังมีนิยามแรงดันไม่สมดุลที่แตกต่างไปจาก IEEE 112 อีก

นิยามค่าจริงของ IEC

ค่าที่แท้จริงของแรงดันไม่สมดุล IEC นิยามให้เท่ากับอัตราส่วนขององค์ประกอบแรงดันลำดับลบต่อองค์ประกอบแรงดันลำดับบวก ดังนั้น เปอร์เซนต์ตัวประกอบแรงดันไม่สมดุล (Voltage unbalance factor, % VUF) จึงเท่ากับ

$$\% VUF = \frac{\text{negative sequence voltage component}}{\text{positive sequence voltage component}} \times 100$$

ค่าองค์ประกอบแรงดันลำดับบวกและลำดับลบ สามารถหาได้จากการแปลงแรงดันไฟฟ้าทั้งสามเฟส เป็นองค์ประกอบลำดับบวก และลำดับลบ จากสมการ

$$V_p = \frac{V_{ab} + aV_{bc} + a^2V_{ca}}{3}$$

$$V_n = \frac{V_{ab} + a^2V_{bc} + aV_{ca}}{3}$$

$$\text{เมื่อ } a = 1\angle 120^\circ \text{ และ } a^2 = 1\angle 240^\circ$$

แรงดันไฟฟ้าลำดับบวก และลำดับลบนี้นำไปใช้วิเคราะห์พฤติกรรมของมอเตอร์เหนี่ยวนำในสภาวะไม่สมดุล

การคำนวณโดยประมาณ

เนื่องจากค่าแรงดันไม่สมดุลจริง (%VUF) จะเกี่ยวข้องกับขนาดและมุมเฟส ซึ่งเป็นพีชคณิตเลขเชิงซ้อน ดังนั้นจึงมีผู้กำหนดสูตรคำนวณสำหรับหาค่าโดยประมาณ ดังนี้

$$\% \text{Voltage unbalance} = \frac{82 \sqrt{V_{abe}^2 + V_{bce}^2 + V_{cae}^2}}{\text{avg line voltage}}$$

เมื่อ V_{abe} คือ ค่าแตกต่างระหว่างแรงดัน V_{ab} กับค่าแรงดันเฉลี่ย และเฟสอื่นก็ทำนองเดียวกัน

ตัวอย่างการคำนวณ

ต่อไปนี้เป็นตัวอย่างแสดงการคำนวณแรงดันไม่สมดุลตามนิยามของ NEMA และตามนิยามจริง และการคำนวณตามสูตรค่าประมาณ

กำหนดให้แรงดัน 3 เฟสเท่ากับ

$$V_{ab} = 384 \angle 0^\circ \quad V_{bc} = 380 \angle 239^\circ \quad V_{ca} = 378 \angle 121^\circ$$

สูตร NEMA

แรงดันเฉลี่ยสามเฟสเท่ากับ $V_{\text{avg}} = \frac{384+380+378}{3} = 380.6$

แรงดันแตกต่างสูงสุดเท่ากับ $V_{\text{max devia}} = 384 - 380.6 = 3.4$

ดังนั้น ตามนิยาม NEMA $\%LVUR = \frac{3.4}{380.6} \times 100 = 0.8\%$

สูตรค่าจริง IEC

คำนวณค่า $V_p = 380.6$

คำนวณค่า $V_n = 5.5$

ดังนั้น ค่าแรงดันไม่สมดุลจริง $\%VUF = \frac{5.5}{380.6} \times 100 = 1.4\%$

สูตรค่าประมาณ

$$V_{abe} = 384 - 380.6 = 3.4$$

$$V_{bce} = 380.6 - 380 = 0.6$$

$$V_{ace} = 380.6 - 378 = 2.6$$

$$\% \text{Voltage unbalance approx} = 0.9\%$$

ผลการคำนวณข้างต้นจะเห็นได้ว่า ผลที่ได้มีค่าแตกต่างกัน หากทดลองกำหนดและแปรเปลี่ยนค่าแรงดัน และมุมเฟสดู เพื่อคำนวณหาค่าแรงดันไม่สมดุลตามสูตรต่างๆ จะพบว่าบางครั้งได้ค่าใกล้เคียงกัน แต่บางครั้งก็แตกต่างกันมาก

บทสรุป

แรงดันไม่สมดุลมีนิยามหรือสูตรคำนวณอยู่มากมาย แต่แรงดันไม่สมดุลที่มีผลกระทบต่อเครื่องจักรกลหรือมอเตอร์สามเฟส โดยทำให้เกิดความร้อนเพิ่มขึ้นและทอร์คลดลงนั้น เป็นที่ทราบกันว่าเป็นผลจากองค์ประกอบแรงดันและกระแสลำดับลบ (Negative sequence) ดังนั้น การคำนวณหรือการวัดค่าแรงดันไม่สมดุลที่ถูกต้องจึงควรคำนวณจากสูตรค่าจริงของ IEC หรือ %VUF เพื่อที่จะได้ทราบสาเหตุและผลกระทบที่แท้จริง หากคำนวณจากสูตรอื่นที่มาจากที่ต่างๆ พึงระลึกไว้ด้วยว่าผลลัพธ์ที่ได้ก็จะแตกต่างกัน

ปัญหาไฟฟ้าขัดข้อง (ตอนที่ 2)

แรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะ (Voltage dip or Sag)

เป็นปรากฏการณ์ที่แรงดันไฟฟ้าของระบบไฟฟ้า (Grid Network) เกิดการยุบตัวลงหรือตกตังลงอย่างรวดเร็ว และมีค่าเหลืออยู่ระหว่าง 10%-90% ของพิกัดแรงดันไฟฟ้า ซึ่งส่วนใหญ่ระยะเวลาที่เกิดการยุบนี้จะเกิดขึ้นเป็นระยะเวลานาน 0.02-0.6 วินาที ก่อนกลับเข้าสู่สภาวะปกติ ดังรูปที่ 1 ซึ่งปรากฏการณ์นี้ถูกเรียกว่า "แรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะ" หรือ "แรงดันไฟฟ้าตึงลง" และโดยสากลจะเรียกว่า "Voltage Sag" (มักนิยมใช้แถบทวีปอเมริกา) หรือ "Voltage Dip" (มักนิยมใช้ในแถบทวีปยุโรป) ซึ่งทั้งสองคำนี้มีความหมายคือ

- "Voltage dip" จะหมายถึงขนาดร้อยละของแรงดันไฟฟ้าที่ตกลงมาเปรียบเทียบกับระดับพิกัดแรงดันไฟฟ้าปกติ เช่น Voltage Dip 20% หมายถึงแรงดันไฟฟ้าตกลงลงมาร้อยละ 20 ของพิกัดแรงดัน

- "Voltage sag" ซึ่งหมายถึงขนาดร้อยละของแรงดันไฟฟ้าที่คงเหลืออยู่ในระบบเปรียบเทียบกับระดับพิกัดแรงดันไฟฟ้าปกติ เช่น Sag to 80% หมายถึง

แรงดันไฟฟ้าตกลงมาเหลือร้อยละ 80 ของพิกัดแรงดัน

สาเหตุของปัญหานี้ เกิดจากมีกระแสไฟฟ้าจำนวนมากๆ ไหลผ่าน Source Impedance (ซึ่งรวมทั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง) อย่างรวดเร็ว จนทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าส่วนใหญ่ไปตกคร่อมที่ Source impedance จึงทำให้แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมที่ Bus ของสถานีไฟฟ้ามืดค่าลดลง ซึ่งมีปัจจัยการเกิดได้ดังนี้

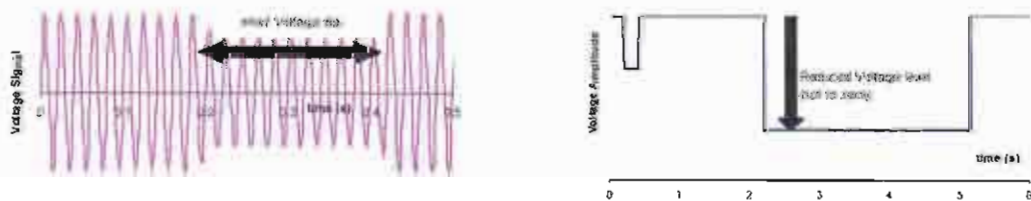
- เกิดกระแสไฟฟ้าลัดวงจร (Fault or short circuit) ในขณะที่เกิดไฟฟ้าลัดวงจรก็จะทำให้ค่าแรงดันไฟฟ้าของระบบตกลงลงเป็นระยะเวลานานเท่ากับระยะเวลาการทำงานของรีเลย์ป้องกันกระแสเกินพิกัด (Operating time of relay) ซึ่งโดยส่วนใหญ่มีระยะเวลาดังแต่ 2-3 cycles - 2-3 วินาที ทั้งนี้ค่าแรงดันไฟฟ้าที่ตกลงลงนั้นจะมีค่ามากหรือน้อย ก็ขึ้นอยู่กับค่าขนาดของกระแสไฟฟ้าที่ลัดวงจร หากค่ากระแสไฟฟ้าลัดวงจรมีค่าสูงก็จะทำให้ค่าแรงดันไฟฟ้าตกลงมีค่ามากตามไปด้วยเช่นกัน ดังรูปที่ 2

- การเริ่มเดินภาระทางไฟฟ้าขนาดใหญ่ (Starting a large load) เช่น

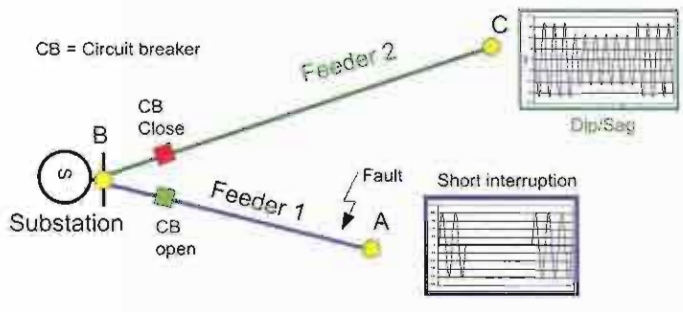
การเริ่มเดินมอเตอร์ขนาดใหญ่ภายในโรงงานเอง

- จุดต่อสายตัวนำไฟฟ้าหลวมหรือเสื่อมสภาพ (Loose or defective wiring) การกวาดขันจุดต่อสายตัวนำไฟฟ้าต่างๆ ที่ไม่แน่นดีพอก็จะทำให้เกิดความต้านทานขนาดใหญ่ และจะเกิดผลกระทบเมื่อมีการใช้กระแสขนาดสูงๆ

โดยปกติค่า Source impedance จะมีค่าน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับค่า Line Impedance ของสายป้อนไฟฟ้าทั้งหมดและน้อยมากๆ เมื่อเทียบกับ Load impedance ที่ต่ออยู่ในระบบ ซึ่งในสภาวะที่มีการเปลี่ยนแปลงของกระแสไฟฟ้าจำนวนมากๆ เช่น ในขณะที่เกิด Phase faults ขึ้น ค่ากระแสไฟฟ้าลัดวงจรจะมีค่าสูงมากๆ ตั้งแต่ 2 เท่าของพิกัดขึ้นไป ซึ่งค่า Impedance ของระบบขณะนั้น คือ Source impedance และ Line Impedance เท่านั้น ดังนั้นหากเกิดไฟฟ้าลัดวงจรใกล้กับแหล่งจ่ายไฟ ค่า Line Impedance ก็จะมีค่าน้อยมาก เมื่อเปรียบเทียบกับค่า Source impedance และในทางกลับกันหากเกิดไฟฟ้าลัดวงจร ณ จุดที่ไกลจากแหล่งจ่ายไฟมากๆ ค่า Line impedance ก็ จะมากกว่าค่า Source impedance



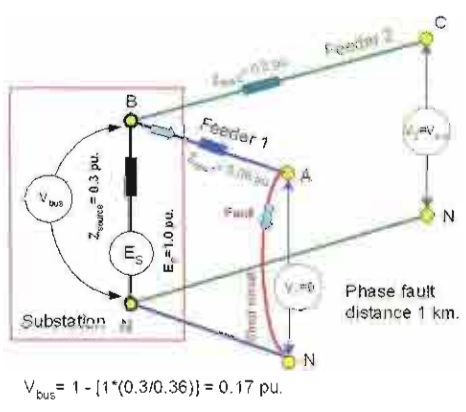
รูปที่ 1 แสดงลักษณะอาการของแรงดันไฟฟ้าชั่วขณะแบบ Instantaneous (รูปซ้าย) และแบบ Root mean square หรือ rms. (รูปขวา)



รูปที่ 2 แสดงการเกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าลัดวงจรที่ Feeder 1 และเกิดแรงดันไฟฟ้าชั่วขณะที่ Feeder 2 ในเวลาเดียวกัน

$$V_{bus} = E_s - V_{Z_{source}} = 1 - [E_s \cdot (Z_{source} / (Z_{source} + Z_{line}))] \text{ pu.}$$

- V_{bus} Bus voltage at substation
- V_1 Faulted feeder voltage
- V_2 Un-faulted feeder voltage
- Z_{source} Source impedance
- Z_{line} Line faulted impedance



$$V_{bus} = 1 - [1 \cdot (0.3 / 0.36)] = 0.17 \text{ pu.}$$

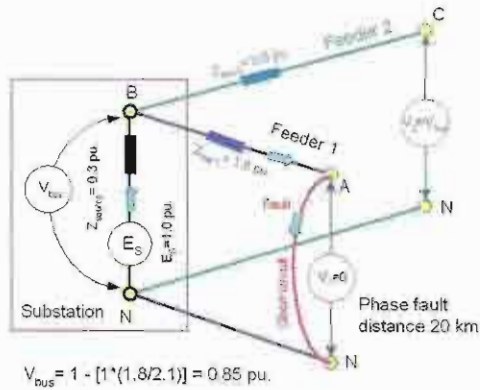
รูปที่ 3 แสดงการเกิดเหตุการณ์แรงดันไฟฟ้าชั่วขณะที่เกิดไฟฟ้าลัดวงจร ณ กิโลเมตรที่ 1 จากแหล่งจ่ายไฟฟ้า

เช่นกัน ซึ่งจะเห็นว่าสัดส่วนของแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อม (Voltage drop) ส่วนต่างๆ จะเป็นไปตามกฎของ Voltage divider และจากรูปที่ 3 แสดงให้เห็นว่าขณะที่เกิดไฟฟ้าลัดวงจรบนสายป้อน (Feeder) วงจรที่ 1 ณ กิโลเมตรที่ 1 ซึ่งอยู่ใกล้กับแหล่งจ่ายไฟ จึงทำให้เกิด

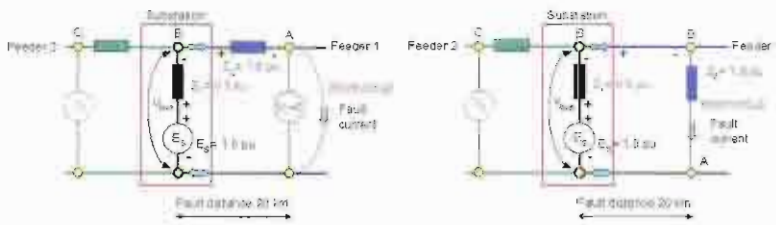
ค่าแรงดันไฟฟ้าตกคร่อม Source impedance มีค่าเท่ากับ 83% ของพิกัดแรงดัน ในขณะที่เดียวกันค่าแรงดันไฟฟ้าตกคร่อม line impedance จะมีค่าเท่ากับ 17% ของพิกัดแรงดัน ดังนั้น ในขณะที่เกิดกระแสไฟฟ้าลัดวงจร จะทำให้ค่าแรงดันไฟฟ้าที่ Bus (V_{bus})

ของสถานีไฟฟ้าซึ่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับผู้ใช้ไฟฟ้าทุกราย (V_2) ที่รับไฟจากสายป้อน (Feeder) วงจรที่ 2 หรือสายป้อนอื่นๆ ที่ต่ออยู่กับระบบนี้ จะมีค่าใกล้เคียงหรือเท่ากับค่าแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมของสายป้อนที่เกิดการลัดวงจรคือ 17% ของพิกัดแรงดัน นั่นเอง

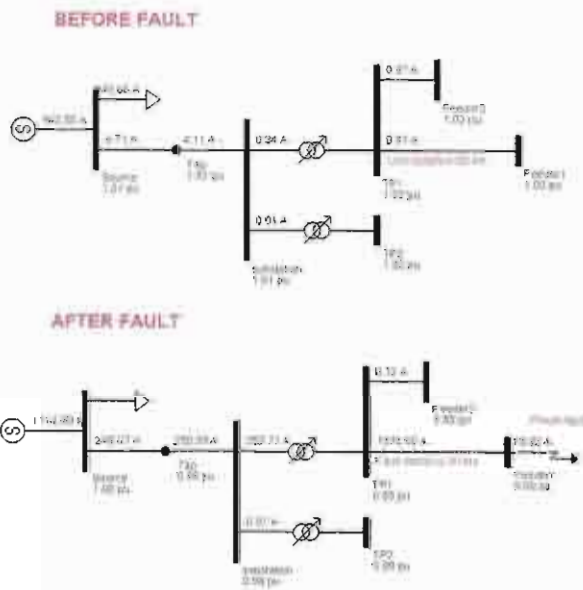
จากรูปที่ 4 และรูปที่ 5 แสดงการเกิดไฟฟ้าลัดวงจร (บน Feeder 1) ณ กิโลเมตรที่ 20 จากแหล่งจ่ายไฟฟ้าทำให้เกิดปัญหาแรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะเกิดขึ้นที่ Bus (V_{bus}) ของสถานีไฟฟ้าซึ่งจ่ายให้กับผู้ใช้ไฟฟ้าทุกราย (Feeder 2) จะมีค่าแรงดันไฟฟ้าตกลงเหลือเท่ากับ 85% ของพิกัดแรงดัน เหมือนกันหมดทุกรายแต่ผลกระทบที่เกิดขึ้นกับผู้ใช้ไฟแต่ละรายอาจไม่เหมือนกันก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับว่าอุปกรณ์ไฟฟ้าที่นำมาใช้อาจจะมีความทนได้ หรือมีภูมิคุ้มกัน (Immunity) ที่ต่างกัน ซึ่งถ้าหากมีภูมิคุ้มกันที่สูงกว่า ก็อาจจะไม่เกิดผลกระทบหรืออาจมีก็น้อยกว่า ดังจะเห็นแล้วว่าขนาดของแรงดันไฟฟ้าที่ตกลงชั่วขณะนี้จะแปรผันตามขนาดของกระแสไฟฟ้าลัดวงจร โดยที่ขนาดของกระแสไฟฟ้าลัดวงจรจะขึ้นอยู่กับประเภทของความผิดปกติ (Type of faults) และจะแปรผกผันกับค่าความต้านทานในขณะที่เกิดไฟฟ้าลัดวงจร ทั้งนี้ค่าความต้านทานก็จะแปรผันตรงกับระยะทางที่เกิดไฟฟ้าลัดวงจรด้วย จากรูปที่ 4 จะเห็นว่าเมื่อเกิดไฟฟ้าลัดวงจร ณ บริเวณที่อยู่ไกลมากกว่า ค่าแรงดันไฟฟ้าที่เหลืออยู่ (Remaining voltage) จะมีค่าสูงกว่า ดังนั้นแม้ว่าจะระบบไฟฟ้าจะได้ออกแบบไว้อย่างเหมาะสมแล้วก็ตาม แต่โอกาสที่จะเกิดไฟฟ้าลัดวงจรที่หลีกเลี่ยงได้ยากก็ยังมีโอกาสเกิดขึ้นได้เสมอ แม้กระทั่งกรณีที่เกิดกระแสไฟฟ้าลัดวงจรภายในรัศมี



$$V_{bus} = 1 - (1 * (1.8/2.1)) = 0.85 \text{ pu.}$$



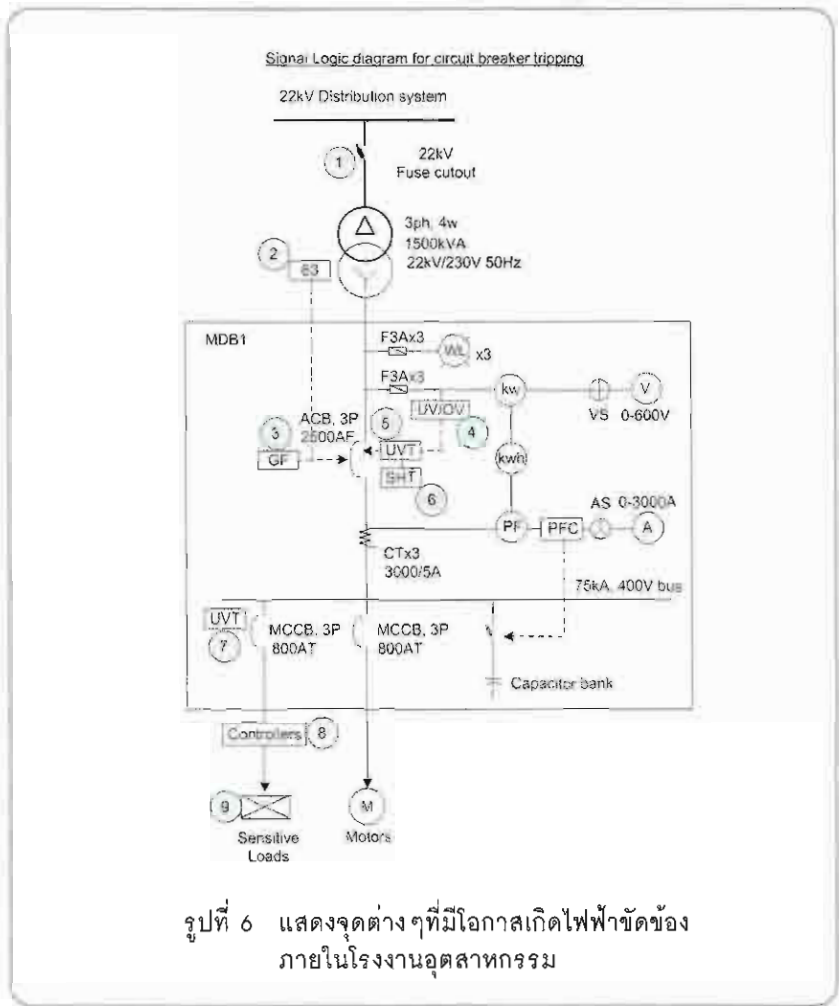
รูปที่ 4 แสดงวงจรสมมูลขณะเกิดไฟฟ้าลัดวงจร ณ กิโลเมตรที่ 20 จากแหล่งจ่ายไฟฟ้า



รูปที่ 5 แสดงการ Simulation ก่อนและหลังการเกิดไฟฟ้าลัดวงจรบนสายป้อน feeder 1 แบบ Phase fault ณ กิโลเมตรที่ 20 จากแหล่งจ่ายไฟฟ้า ทำให้ค่าแรงดันไฟฟ้าที่ TP1 Bus และ Feeder 2 bus มีค่าแรงดันไฟฟ้าเหลือเพียง 85% ของปกติ

20 กิโลเมตร จากแหล่งจ่ายไฟฟ้า ก็สามารถส่งผลกระทบต่อผู้ใช้ไฟฟ้า ภาคอุตสาหกรรมที่ต้องการคุณภาพไฟฟ้าในระดับที่สูงกว่าระดับปกติ เกิดปัญหาไฟฟ้าขัดข้องหรือขนวนการผลิตสินค้า ในภาคอุตสาหกรรมเกิดการหยุดชะงักขึ้นได้ ดังนั้น การแก้ไขปัญหาแรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะ จำเป็นจะต้องร่วมกันแก้ไขปัญหาอย่างจริงจังทั้งในส่วนของ การไฟฟ้าและในส่วนของผู้ใช้ไฟฟ้าเอง

สำหรับระยะเวลา (Duration) ที่เกิดแรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะนั้น จะมีค่าเท่ากับระยะเวลาที่เกิดกระแสไฟฟ้าผิดพลาดอยู่ในระบบ ในกรณีที่ระบบป้องกันไฟฟ้ามักการทำงาน (Operated) ตัดกระแสผิดพลาดออกจากระบบ ดังนั้น ระยะเวลาที่เกิดความผิดพลาดจะเท่ากับระยะเวลาทำงานของระบบป้องกัน (Operating time of protections) เช่น ฟิวส์ และ รีเลย์ป้องกันต่างๆ รวมกับระยะเวลาที่ใช้ในการเปิดวงจรของอุปกรณ์ตัดตอน (Opening time of circuit breakers) สำหรับในระบบจำหน่ายแรงดันไฟฟ้าปานกลาง (22-33 kV Distribution system) ผลรวมของระยะเวลาที่เกิดแรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0.02-1.5 วินาที (ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของอุปกรณ์ป้องกันที่ทำงาน ปริมาณค่ากระแสไฟฟ้าลัดวงจรและการปรับตั้งค่า (Relay setting) ซึ่งจะเห็นว่าระยะเวลาที่แรงดันไฟฟ้ายุบตัวลงเนื่องจากเกิดกระแสไฟฟ้าลัดวงจรนั้น จะใช้เวลาสั้นๆ เท่านั้น โดยส่วนใหญ่จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0.02-0.6 วินาที สำหรับในระบบ 115 kV (High voltage system) จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0.08-0.66 วินาที ดังจะเห็นแล้วว่าแรงดันไฟฟ้าที่ตกลงนี้จะเกิดและกลับคืนสภาพปกติอย่างรวดเร็ว และเราจึงเรียกปรากฏการณ์นี้ว่า แรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะ นอกจากการกระแสไฟฟ้า



ผิดหรือที่เกิดจากไฟฟ้าลัดวงจรจะทำให้เกิดปัญหาแรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะแล้ว การดึงกระแสไฟฟ้าปริมาณมาก ๆ ในระยะเวลาสั้น ๆ เช่น การเริ่มเดินมอเตอร์ (Motor starting) ก็เป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้เกิดปัญหาดังกล่าวได้เช่นกัน

ดังนั้น ไม่ว่าส่วนใด ๆ (Elements) ของระบบไฟฟ้า (Grid Network) เมื่อเกิดความผิดปกติขึ้น ผู้ใช้ไฟฟ้าที่อยู่ในส่วนนั้น ๆ จะประสบกับปัญหาไฟดับหรือไฟดับชั่วขณะเกิดขึ้น และในขณะเดียวกันผู้ใช้ไฟฟ้าที่อยู่ในส่วนอื่นๆ บนระบบไฟฟ้าเดียวกัน ก็จะทำให้เกิดปัญหาแรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะเกิดขึ้นด้วยทุกครั้ง ทั้งนี้จำนวนที่เกิดปรากฏการณ์แรงดันไฟฟ้ามีค่าเหลืออยู่ต่ำกว่า 90% ของ

พิกัดแรงดัน ซึ่งมีนัยสำคัญค่อนข้างน้อยที่จะทำให้เกิดปัญหาไฟฟ้าขัดข้องขึ้นได้ แต่อาจมีจำนวนปัญหาพอสมควรสำหรับจำนวนที่มีนัยสำคัญเพียงพอของพิกัดแรงดัน) ที่จะทำให้เกิดปัญหาไฟฟ้าขัดข้องได้นั้นอาจมีเพียงร้อยละ 15-25 ของจำนวนครั้งที่เกิดปัญหาแรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะทั้งหมด เมื่อพิจารณาจำนวนปัญหาโดยรวมทั้งหมดแล้วจะพบว่าปัญหาแรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะนี้มีค่าคิดอย่างน้อยเป็นร้อยละ 50 ของจำนวนปัญหาที่เกิดขึ้นทั้งหมดในภาคอุตสาหกรรม

จากรูปที่ 6 แสดงให้เห็นถึงจุดที่มีโอกาสทำให้เกิดไฟฟ้าขัดข้องขึ้นได้ในภาค

อุตสาหกรรม ดังนั้น เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาการปลดวงจรของ Main ACB จากปัญหาแรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะ ควรจะพิจารณาปรับตั้งค่าขนาดและระยะเวลาหน่วงของ Voltage relay (จุดที่ 4) รวมทั้งพิจารณาเลือกใช้อุปกรณ์ช่วยปลดวงจรเมื่อเกิดแรงดันไฟฟ้าต่ำกว่าปกติหรือ Under voltage release: UVR (จุดที่ 5) ในรุ่นที่มีระยะเวลาหน่วงเพิ่มขึ้น ทั้งนี้ค่า Setting ที่เหมาะสมนั้นจะต้องพิจารณาจากข้อมูลสถิติแรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะที่เกิดขึ้นจริงของระบบและความสามารถในการทนต่อปัญหาแรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะของอุปกรณ์ไฟฟ้าทั้งหมดประกอบด้วย จึงจะสามารถช่วยแก้ปัญหาการปลดวงจรของ ACB ที่ไม่พึงประสงค์ได้ อย่างไรก็ตามการเลือกใช้อุปกรณ์ไฟฟ้า (จุดที่ 9) ที่รับไฟจาก ACB หรือ MCCB ดังกล่าวยังอาจมีการปลดตัวหรือหยุดทำงานได้ ดังนั้นการแก้ไขปัญหาที่อุปกรณ์ไฟฟ้าอาจจำเป็นต้องมีการศึกษาในรายละเอียดเพิ่มขึ้น เพราะอุปกรณ์ไฟฟ้าบางประเภทสามารถปรับตั้งค่า Under voltage setting (จุดที่ 8) ได้ บางประเภทอาจจำเป็นต้องจัดหาแหล่งจ่ายไฟมาเสริม (เฉพาะจุดที่ 8.9) เช่นระบบ Uninterruptible Power Supply (UPS) บางประเภทอาจสามารถปรับปรุงในส่วนของการควบคุม (Control circuit จุดที่ 8) ก็สามารถแก้ไขได้ หรือบางประเภทอาจจำเป็นต้องเปลี่ยนเป็นอุปกรณ์ไฟฟ้า (จุดที่ 8,9) ที่มีมาตรฐานที่สามารถที่ทนต่อปัญหา Voltage dip ได้สูงขึ้น เช่น มาตรฐาน SEMI F-47 เป็นต้น หรือบางครั้งอาจจำเป็นต้องแก้ไขที่ระบบของการไฟฟ้า เช่น การปรับลดค่า Protection Operating Time หรือการปรับปรุงระบบไฟฟ้าโดยการประยุกต์ใช้ Neutral Grounding Resistor (NGR) เพื่อลดความรุนแรงของปัญหาแรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะลง

IEEE STD 18 - 2002

มาตรฐาน IEEE สำหรับตัวเก็บประจุไฟฟ้ากำลัง แบบต่อขนานกับระบบ (ฉบับที่ 2)

3.3 Capacitor element (หน่วยเก็บประจุมาตรฐาน)^{๒๕}

The basic component of a capacitor unit consisting of two electrodes separated by a dielectric.

องค์ประกอบพื้นฐานของตัวเก็บประจุแต่ละตัว ซึ่งประกอบด้วยขั้วไฟฟ้าสองขั้วที่แยกออกจากกันด้วยวัสดุฉนวน^{๒๕, ๒๖}

3.4 Capacitor equipment (อุปกรณ์ตัวเก็บประจุ)

A complete assembly of capacitors, including accessories such as buses, connectors, dischargers, and fuses, suitable for connection to a power system.

ชุดประกอบเสร็จสมบูรณ์ของตัวเก็บประจุหลายกระป๋องพร้อมอุปกรณ์เสริมต่างๆ อย่างเช่น บัส หัวต่อสาย อุปกรณ์คายประจุ และฟิวส์ ที่เหมาะสำหรับการต่อเข้าไปในระบบไฟฟ้ากำลัง

3.5 Discharge device (อุปกรณ์คายประจุ)^{๒๗}

An internal or external device intentionally connected in shunt with the terminals of a capacitor for the purpose of reducing the residual voltage after the capacitor is disconnected from a network.

อุปกรณ์ที่อยู่ภายในหรือภายนอกตัวเก็บประจุ ซึ่งต่อขนานเข้ากับขั้วไฟฟ้าต่างๆ

ของตัวเก็บประจุด้วยความตั้งใจ เพื่อทำหน้าที่ลดแรงดันที่ยังหลงเหลืออยู่หลังจากตัวเก็บประจุนั้นถูกปลดออกจากระบบแล้ว^{๒๗}

3.6 Externally fused capacitor bank (ชุดตัวเก็บประจุที่ฟิวส์อยู่ข้างนอก)^{๒๘}

A capacitor bank with fuses external to the (power) capacitors.

ชุดตัวเก็บประจุที่มีฟิวส์ติดตั้งอยู่ข้างนอกตัวเก็บประจุ (ไฟฟ้ากำลัง)^{๒๘}

^{๒๕} มีค่ามาตรฐานที่แจ้งไว้ในมาตรฐานฉบับล่าสุด

^{๒๖} ขั้วไฟฟ้ามักทำด้วยแผ่นอลูมิเนียมที่บางมาก (aluminium foil) ขนาด 0.00025-0.00035 นิ้ว หรือ 6.35-8.90 μm (ปัจจุบันผู้ผลิต ABX ใช้ประมาณ 5 μm) ส่วนวัสดุฉนวนอาจจะเป็นฟิล์มบางของโพลีโพรพิลีน (polypropylene film) 2-3 ชั้น ความหนาประมาณ 20-40 μm ซึ่งเรียกว่าฟิล์มฟิล์มบาง (oil film type) หรือใช้ฟิล์มบางของฉนวนผสมกับกระดาษอีกชั้นหนึ่งตามชื่อเรียกว่าชนิดผสม (mixed type) ปัจจุบันผู้ผลิตมักเลือกใช้ชนิดฟิล์มล้วนตัวทั้งนั้น เพราะมีค่าขั้วไฟฟ้าสูงเทียบเท่ากับชนิดผสมอย่างมาก ทำให้สามารถผลิตให้มีค่าความจุสูงขึ้น หรือมีน้ำหนักต่อจูลีวัตต์ที่ต่ำลง

ค่าความจุไฟฟ้าของหน่วยเก็บประจุมาตรฐาน จะแปรผันตรงกับพื้นที่ผิวของขั้วไฟฟ้า แปรผกผันกับความหนาของวัสดุฉนวน หน่วยเก็บประจุมาตรฐานแต่ละหน่วย มีศักย์แรงดันเพียง 1 ถึง 2.5 kV ดังนั้นการผลิตตัวเก็บประจุที่มีแรงดันสูง จึงต้องนำหน่วยมาตรฐานหลายๆหน่วยมาต่อขนานกัน เพื่อสร้างแรงโวลต์ให้กับประจุที่มีทั้งแรงดันและความจุสูงตามความต้องการ

^{๒๖} ความเสียหายในกรณีการเจาะทะลุของหน่วยเก็บประจุมาตรฐาน มีสาเหตุจากแรงดันเกิน ณ จุดที่มีความอ่อนแอในวัสดุฉนวน แรงดันเกินสามารถเกิดได้จากปรากฏการณ์หลายอย่าง เช่น เกิดการคายประจุบางส่วนหรือการปล่อย การคายประจุบางส่วนในหน่วยมาตรฐาน เกิดฟ้าผ่า เกิดทรานเซียนต์ มีต้นเหตุจากความอ่อนแอในวัสดุฉนวนอาจเป็นผลระยะสั้นที่มีขนาดเล็กมากในฟิล์มหลายชนิดที่ขึ้น แต่จะค่อยๆ ลามไปทั่วจนตามเวลา

ไม่จำเป็นที่ตัวเก็บประจุที่มีฟิล์มฉนวนชนิดใดก็ตาม สิ่งที่เกิดขึ้นก็เหมือนกันถ้าหน่วยมาตรฐานเป็นแบบฟิล์มล้วน คือฟิล์มพลาสติกจะหลอมละลายและทำให้แผ่นอลูมิเนียมเชื่อมติดกัน กลายเป็นวงจรวงจรอย่างสมบูรณ์

^{๒๗} นิยามขั้วที่มีใช้ตามตารางจาก Std 18-1980 และ 1992 อยู่บ้าง แต่พิจารณาหลักยังเหมือนเดิม

^{๒๘} นิยามขั้วนี้ต่างจาก Std 18-1980 และ 1992 ตรงที่ใช้คำว่า "a network" แทน "an energized line" เท่านั้น

^{๒๙} เมื่อปลดตัวเก็บประจุออกจากระบบแล้ว จะมีประจุตกค้างอยู่เป็นเวลานานเพราะความถี่ของคลื่นที่ต่ำ ซึ่งจากคลื่นตกค้างนี้มีพลังงานในแต่ละจุดๆ ซึ่งนั่นแต่ระกระป๋องจะมีตัวต้านทานคายประจุ (discharge resistor) ติดอยู่ภายใน เพื่อทำให้ศักย์ประจุตกค้างนี้เหลือไม่เกิน 50 V ภายในเวลา 5 นาที การที่ขั้วทั้งขั้วจะทำงานที่นาน คือ ขั้วเก็บประจุออกจากระบบ ป้องกันไม่ให้มีการประจุกลับขึ้นตัวได้ รอเวลาที่ศักย์ประจุประมาณ 5 นาที ต่อตัวเก็บประจุแต่ละเฟสลงดิน ต่อสายลิตวาระหว่างเฟสลงดินที่ไว้ขณะที่ใช้ไปทั้งหมด

^{๓๐} มีอีก ก่อนที่แจ้งไว้มาตรฐานฉบับล่าสุด

^{๓๑} ฟิล์มบางอลูมิเนียมของระบบ หรือ แบบเก่าที่กระแสและระบบระบายความร้อนมา ฟิวส์ภายนอกแบบจำกัดกระแสใช้กับชุดตัวเก็บประจุที่มีพิกัดกำลังไฟฟ้าค่อนข้างจำกัด ราคาของฟิวส์ที่ขึ้นอยู่กับขนาดของกระแสที่ไหลผ่าน โดยขนาดนี้เกี่ยวข้องกับพิกัดและระบบระบายความร้อน ซึ่งนิยมใช้ขั้วทั่วไป

ตัวเก็บประจุที่มีฟิวส์อยู่ภายนอกมีประโยชน์มากในสถานที่ซึ่งอิงมาตรฐานอเมริกัน หน่วยงานโดยกรมพลังงานไปให้กระแสไหลเมื่อเกิดไฟลัด และฟิวส์ภายนอกยังสามารถทำงานได้ด้วยเมื่อเกิดการรั่วไหลของกระหว่างขั้วซึ่งกันตัวถึง ซึ่งอาจเกิดหลายสาเหตุ

ในกรณีของขั้วเก็บประจุที่มีฟิวส์อยู่ภายนอกแต่ละกระป๋องนั้น เมื่อหน่วยเก็บประจุมาตรฐานหน่วยหนึ่งเกิดขั้วลัดหรือหลายถึง ระดับของขั้วของทั้งกลุ่มที่ขึ้นกับขั้ว การหาวิธีของขั้วที่ขั้วนั้นทำให้ความจุไฟฟ้าของกระป๋องตัวนั้น มีขีดลัดขึ้นและปล่อย และทำให้กระแสไหลเพิ่มขึ้น กระแสที่เพิ่มขึ้นนี้สุดท้ายแล้วก็จะทำให้ตัวลัดลัด จึงมีขั้วลัดซึ่งมีลักษณะที่เหมือนกับขั้วมาตรฐานเข้าสู่ขั้วของหน่วย

ฟิวส์กระแสของตัวเก็บประจุเป็นข้อจำกัดการทำงานของฟิวส์ บกคมีเลือกฟิวส์แรงดันให้สูงเพื่อจำกัดกระแสให้ที่ นอกจากนั้นมาตรฐานการผลิตยังระบุอีกว่าต้องรับแรงดันเกินได้ถึง 10% เมื่อแรงดันถึงตัวในการคำนวณเกี่ยวกับขั้วเก็บประจุและฟิวส์ นั่นคือสิ่งจำเป็นในตัวเก็บประจุที่ขั้วนั้นมากพอที่จะต่อเฟส ทั้งนี้ฟิวส์ลัดทำงานได้ตามข้อกำหนดเมื่อแรงดันมีค่าสูงเกินไปขณะเดียวกันพลังงานระบบที่เพิ่มขึ้นนี้หรือที่ขั้วลัดที่สูงเกินไป เพื่อทำการทำงานของฟิวส์ให้อยู่ในเกณฑ์ที่ปลอดภัย

3.7 Fused capacitor (ตัวเก็บประจุที่มีฟิวส์)^{๓๖}

A capacitor having fuses mounted on its terminals, or inside a terminal enclosure, or inside the capacitor case, for the purpose of interrupting current flow to a failed capacitor.

ตัวเก็บประจุที่มีฟิวส์ติดตั้งอยู่ตรงขั้วไฟฟ้า หรือภายในวัสดุที่ห่อหุ้มขั้วไฟฟ้า หรือภายในถังของตัวเก็บประจุเอง เพื่อทำหน้าที่ตัดกระแสไฟฟ้าที่ไหลไปยังตัวเก็บประจุที่เกิดการชำรุด^{๓๖}

3.8 Fuseless capacitor bank (ชุดตัวเก็บประจุที่ไม่มีฟิวส์)^{๓๗}

A capacitor bank without any fuses, internal or external, which is constructed of (parallel) strings of capacitor units.

ชุดตัวเก็บประจุที่ไม่มีฟิวส์เลย ไม่ว่าจะภายในหรือภายนอกตัวเก็บประจุ ซึ่งประกอบขึ้นด้วยพวงของตัวเก็บประจุหลายพวง (ต่อขนานกัน)^{๓๖}

3.9 Indoor (prefix) (ในอาคาร (คำต่อท้าย))^{๓๘}

Not suitable for exposure to the weather.

ไม่เหมาะสำหรับการตากแดดตากฝน

NOTE - For example, an indoor capacitor unit is designed for indoor service or for use in a weatherproof housing.

(See also: outdoor.)

หมายเหตุ - ตัวอย่างเช่น ตัวเก็บประจุที่ใช้ในอาคาร คือ ตัวเก็บประจุที่ออกแบบให้ใช้ในอาคาร หรือใช้ในตู้ที่ทนสภาพอากาศได้ (ดูที่คำว่า: นอกอาคาร)

3.10 Internal fuse of a capacitor (ฟิวส์ที่อยู่ในตัวเก็บประจุ)^{๓๙}

A fuse connected inside a capacitor unit, in series with an element or a group of elements.

ฟิวส์ที่อยู่ข้างในตัวเก็บประจุ โดยต่ออนุกรมอยู่กับหน่วยเก็บประจุมูลฐาน หรือกลุ่มของหน่วยเก็บประจุมูลฐาน

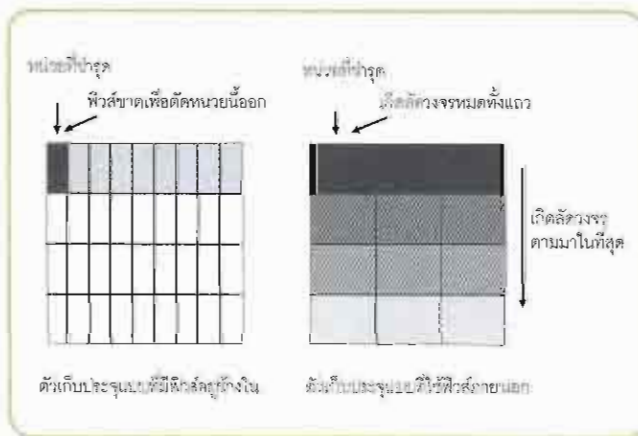
3.11 Internally fused capacitor (unit) (ตัวเก็บประจุที่มีฟิวส์อยู่ข้างใน)^{๔๐}

A capacitor unit which includes internal fuses.

ตัวเก็บประจุที่มีฟิวส์อยู่ภายในกระป๋อง

^{๓๖} นิยามข้อนี้ตั้งตาม Std 18-1980 และ 1992 ตรงที่เพิ่มข้อความ "current flow to" แทรกเข้ามา

^{๓๗} ตามรูปข้างล่างนี้ แสดงการกระจายแรงดันภายในตัวเก็บประจุหลังจากที่หน่วยเก็บประจุมูลฐานชำรุดไปหนึ่งหน่วย สิว้าหมายถึงผลกระทบจากความจุไฟฟ้าทั้งหมด และแรงดันเพิ่มขึ้นตามลำดับความเข้มของสิว้า



ตัวเก็บประจุแบบที่มีฟิวส์อยู่ข้างในจะมีแรงดันเพิ่มขึ้นในกรณีที่หน่วยมูลฐานชำรุดอยู่ แต่ส่วนอื่นที่เหลือในกระป๋องนั้นจะไม่ได้เป็นเช่นนั้น ความจุไฟฟ้าหายไปตรงส่วนนั้น หรือเกิดขึ้นที่หน่วยมูลฐานในภาคนั้น และส่วนที่เหลือยังใช้งานได้ดีไป โดยที่อีกสัปดาห์นั้นยังคงสูงอยู่และไม่ต้องมีการบำรุงรักษา

ตัวเก็บประจุแบบที่ไม่มีฟิวส์ภายนอกจะสูญเสียความจุโดยขนานกันกับหน่วยมูลฐานที่ชำรุดไปแล้ว ความจุไฟฟ้าหายไปตรงส่วนนั้น และแรงดันที่สูงจะกระจายไปยังหน่วยเก็บประจุอื่นที่เหมือนกันเพื่อชดเชย เมื่อเทียบกับกรณีของฟิวส์ภายในแล้ว พบว่าฟิวส์ภายในจะมีความจุไฟฟ้าหายไปมากกว่าและแรงดันที่เพิ่มขึ้นมากกว่าด้วย ฟิวส์ภายนอกมักจะออกแบบมาให้ทำงานเมื่อเกิดการชำรุดของหน่วยมูลฐาน 1-2 หน่วย หลังจากนั้นก็เพิ่งเปลี่ยนตัวเก็บประจุใหม่ทดแทน เมื่อเปรียบเทียบกับข้อดีของตัวเก็บประจุทั้งสองแบบ จะพบว่า

แบบที่มีฟิวส์อยู่ข้างใน: มีจุดเด่นสำคัญ คือ เป็นไปได้ที่จะเปลี่ยนตัวเก็บประจุแต่ละกระป๋องให้มีความจุไฟฟ้าสูงและราคาเหมาะสม ค่าใช้จ่ายที่ต่ำทำให้หน่วยมูลฐานชำรุดก็อยู่ประจำที่ และฟิวส์ที่มีคุณสมบัติจากจำกัดกระแส ซึ่งจะช่วยให้การปฏิบัติงานปลอดภัยมากขึ้น

แบบที่มีฟิวส์ภายนอก: มีจุดเด่นสำคัญ คือ สิ่งสังเกตเห็นการทำงานได้ง่าย และฟิวส์จะชดเชยกับตัวเก็บประจุที่มีประสิทธิภาพให้ตามเมื่อเวลาผ่านไปซึ่งถึงได้ดัง

^{๓๘} นิยามข้อนี้ตั้งตามมาตรฐานฉบับล่าสุด

^{๓๙} แนวคิดเรื่องฟิวส์ในตัวเก็บประจุเป็น 2 ส่วน คือ ชุดตัวเก็บประจุที่ไม่มีฟิวส์เลย และตัวเก็บประจุแบบไม่มีฟิวส์ หลักการที่ฐานของงานไม่ใช่ฟิวส์ที่กระจัดกระจายและจุดเริ่มต้นประจุ คือ หากจุดอนุกรมกันของหน่วยมูลฐาน หรือกลุ่มของหน่วยมูลฐาน มีคือ ต่อกับมีแผง (string) แล้วคืออย่าพวงหลายอันมาจนเกินขีดจำกัด เนื่องเกิดการชำรุดหนึ่ง หน่วยที่เดียวจะล้นแรงดันไปทั่วทุกทิศทาง แรงดันของหน่วยอื่นในแผงเดียวกันจะเพิ่มขึ้น แต่ไม่ส่งผลกระทบต่อหน่วยอื่น จุดเด่น คือ ค่าใช้จ่ายที่ต่ำ อย่างไรก็ตาม ฟิวส์ที่อยู่ในตัวเก็บประจุที่ชำรุดจะชำรุดด้วยตัวเก็บประจุที่ไม่มีฟิวส์เหมาะที่จะใช้กับตัวเก็บประจุที่มีกำลังแรงดันสูง แต่กำลังไฟฟ้าต่ำ ยกตัวอย่างเช่น การใช้งานเป็นตัวกรองภายในระบบไฟฟ้าแรงสูงกระแสตรง (HVDC)

^{๓๖} ภาษาอังกฤษใช้กับ 'prefix' (คำนำหน้า) แต่ภาษาไทยใช้ชื่อคล้ายกับ 'คำต่อท้าย' (suffix)

^{๓๗} นิยามข้อนี้เหมือนกับ Std 18-1980 และ 1992

^{๓๘} นิยามข้อนี้ตั้งตามมาตรฐานฉบับล่าสุด

^{๓๙} นิยามข้อนี้ตั้งตามมาตรฐานฉบับล่าสุด

3.12 Internally fused capacitor bank (ชุดตัวเก็บประจุที่มีฟิวส์อยู่ภายใน)^{๑๗}

A capacitor bank with internally fused capacitor units.

ชุดตัวเก็บประจุที่ประกอบขึ้นจากตัวเก็บประจุที่มีฟิวส์อยู่ข้างใน^{๑๗}

3.13 Metal-enclosed equipment (อุปกรณ์ที่ห่อหุ้มด้วยผนังโลหะ)^{๑๘}

A capacitor equipment assembly enclosed in a metal enclosure or metal house, usually grounded, to prevent accidental contact with live parts. (Syn: metal-housed equipment.)

ชุดประกอบสำเร็จของอุปกรณ์ตัวเก็บประจุที่ล้อมรอบด้วยผนังหรือตู้โลหะ ซึ่งตามปกติจะต้องกราวด์ไว้ เพื่อป้องกันการสัมผัสกับส่วนที่มีไฟฟ้าโดยบังเอิญ (คำคล้าย: อุปกรณ์ที่บรรจุในตู้โลหะ)

3.14 Metal-housed equipment (อุปกรณ์เก็บประจุในตู้โลหะ)^{๑๙}

See: metal-enclosed equipment.

ดูที่คำว่า: อุปกรณ์ที่ห่อหุ้มด้วยผนังโลหะ

3.15 Outdoor (prefix) (นอกอาคาร (คำต่อท้าย))^{๒๐}

Designed for use outside buildings and to withstand exposure to the weather.

ได้รับการออกแบบเพื่อใช้งานนอกอาคาร และสามารถทนแดดทนฝนได้

3.16 Power capacitor (capacitor, capacitor unit) (ตัวเก็บประจุไฟฟ้ากำลัง (ตัวเก็บประจุ หน่วยเก็บประจุ))^{๒๑}

An assembly of dielectric and electrodes in a container (case), with terminals brought out, that is intended to introduce capacitance into an electric power circuit.

ชุดประกอบสำเร็จของวัสดุฉนวนกับขั้วไฟฟ้าที่บรรจุไว้ในภาชนะ (ตัวถัง) มีปลายของขั้วไฟฟ้ายื่นออกมา เพื่อทำหน้าที่ป้องกันความจุไฟฟ้าเข้าสู่วงจรไฟฟ้ากำลัง^{๒๑}

NOTE - The abbreviated term capacitor or "capacitor unit" is used interchangeably with "power capacitor" throughout this standard.

หมายเหตุ - คำว่า "ตัวเก็บประจุ" หรือ "หน่วยเก็บประจุ" ใช้แทนคำว่า "ตัวเก็บประจุไฟฟ้ากำลัง" ได้ทุกที่ในมาตรฐานฉบับนี้

3.17 Proof (suffix) (ทน (คำนำท้าย))^{๒๒}

An apparatus is designated as dustproof, splashproof, etc., when so constructed, protected, or treated that its successful operation is not interfered with when subjected to the specified material or condition.

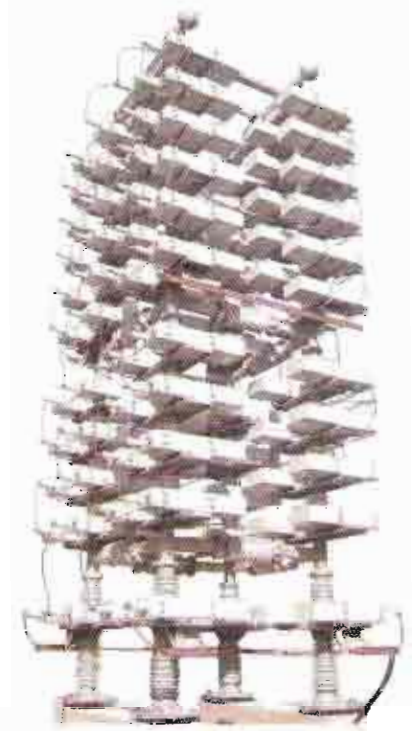
อุปกรณ์ได้รับการออกแบบให้ทนฝุ่น ทรายที่สะอาดใส และอื่นๆ ถ้ามีการสร้าง การป้องกัน หรือการกระทำที่ทำให้การทำงานอย่างสัมฤทธิ์ผลของมัน ไม่ได้รับผลกระทบใดๆ เมื่อต้องเผชิญกับสสาร หรือสภาพที่ระบุเอาไว้^{๒๒}

3.18 String (string of capacitors) (พวง (พวงของตัวเก็บประจุ))^{๒๓}

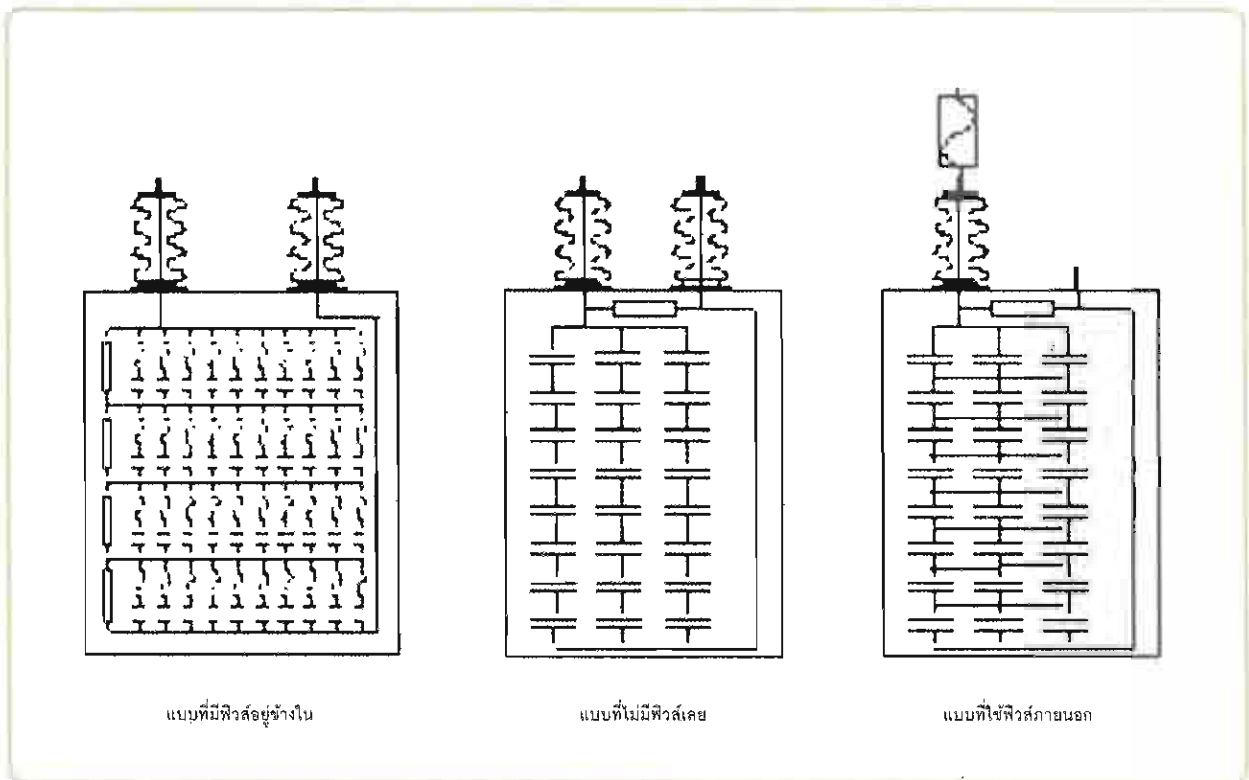
Capacitors connected in series between two terminals without parallel connection(s).

ตัวเก็บประจุหลายกระป๋องต่ออนุกรมกัน วางอยู่ระหว่างขั้วไฟฟ้าสองขั้ว โดยที่ไม่มี การต่อขนานกันเลย

ฉบับหน้าเราจะกล่าวถึงมาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับสภาพการใช้งาน พิถีพิถัน มาตรฐาน และการผลิต



- ๔๐ นิยามข้อนี้เพื่อบ่งชี้ในมาตรฐานฉบับล่าสุด
- ๔๑ ตัวเก็บประจุแบบที่มีฟิวส์อยู่ข้างใน เป็นแบบที่มีการจำหน่ายมากที่สุดโดยผู้ผลิตในโซนยุโรป หลักการพื้นฐาน คือ เมื่อเกิดฟอลต์ขึ้นจะตัดเพียงส่วนเล็กน้อยของวงจรกระเปาะของตัวเก็บประจุเพื่อป้องกันไม่ให้แรงดันตกต่อได้ ซึ่งเป็นกรือชิตอายุใช้งานของตัวเก็บประจุให้มากขึ้น และช่วยป้องกันการวางแบบบำรุงหรือเปลี่ยนตัวเก็บประจุทดแทนมีความถี่สูงมากที่ง่าย เมื่อเกิดฟอลต์ขึ้น หน่วยนั้นจะลัดวงจรโดยสมบูรณ์ ฟลักรงานที่เก็บสะสมในหน่วยที่ขนานกันจึงตายเพราะจำนวนหน่วยที่ลัดวงจร และฟิวส์แบบจำกัดกระแสจะขาด ทำให้หน่วยที่ลัดวงจรหลุดออกไป และฟอลต์ก็ถูกกำจัดไปด้วย
- การคำนวณเส้นฟิวส์เรียกว่าการหาจุดทำงานของฟิวส์ เส้นฟิวส์ต้องหนาพอที่จะไม่ขาดในจังหวะที่ตัวเก็บประจุตกเข้ากับระบบ ขณะเดียวกันเส้นฟิวส์ต้องบางเพียงพอที่จะขาดของง่ายภายในเมื่อหน่วยมัลติพลาเมอร์เกิดชำรุด โดยพลังงานที่เก็บสะสมในหน่วยที่ขนานกันภายในกระเปาะของตัวเก็บประจุที่ทำงานผิดพลาด จึงต้องมีการกำหนดจำนวนหน่วยขนานที่น้อยที่สุด ซึ่งเกิดแรงดันคงไม่สูงเกินไป และพิกัดกำลังไฟฟ้าต้องไม่ต่ำเกินไปว่าจุดทำงานของฟิวส์ ฟิวส์ที่ใช้จะเป็นฟิวส์แบบจำกัดกระแส เพื่อให้มั่นใจว่าจะไม่ได้รับพลังงานมากจนเกินไปเมื่อหน่วยมัลติพลาเมอร์เกิดชำรุด
- ๔๒ นิยามข้อนี้เหมือนกับ Std 18-1980 และ 1992
- ๔๓ นิยามข้อนี้เหมือนกับ Std 18-1980 และ 1992
- ๔๔ ภาษาอังกฤษใช้ว่า "prefix" (คำนำหน้า) แต่ภาษาไทยต้องสลับลำดับให้อยู่ข้างหลังจึงควรจะเป็นคำว่า "คำต่อท้าย" (suffix)
- ๔๕ นิยามข้อนี้เหมือนกับ Std 18-1980 และ 1992
- ๔๖ นิยามข้อนี้ใช้เพื่อความต่างจาก Std 18-1980 และ 1992 อย่างไรก็ตามหลักก็ยังมีเหมือนเดิม
- ๔๗ ตัวเก็บประจุแบ่งออกเป็น 3 ชนิดหลักๆ ตามรูปข้างล่างนี้



- ตัวเก็บประจุแบบที่มีฟิวส์อยู่ข้างใน มีฟิวส์หนึ่งเส้นต่อหน่วยมัลติพลาเมอร์หนึ่งหน่วยในที่อยู่ภายในกระเปาะ ฟิวส์นี้เป็นแบบจำกัดกระแสและจะตัดหน่วยที่เกิดชำรุดได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นจึงมีเพียงส่วนน้อยของความจุทั้งหมดที่หายไป และส่วนที่เหลือของตัวเก็บประจุก็ยังสามารถใช้งานได้
- ตัวเก็บประจุแบบที่ใช้ฟิวส์ภายนอก มีฟิวส์หนึ่งเส้นต่อตัวเก็บประจุทั้งกระเปาะ สำหรับตัวเก็บประจุที่มีฟิวส์แรงดันสูงและกำลังไฟฟ้าต่ำ การใช้ฟิวส์ภายนอกอาจเป็นเพียงสิ่งเดียวที่จะสามารถป้องกันตัวเก็บประจุได้อย่างปลอดภัย โดยฟิวส์ที่ระบุข้างบนได้ช่วยเมื่อเกิดการระเบิดตามนิยามของกระเปาะ
- ตัวเก็บประจุแบบที่ไม่มีฟิวส์เลย มีผู้ผลิตหลักอยู่เพียง 2 รายคือ ABB/Sweden และ Cooper/USA หน่วยที่มีตัวเก็บประจุจะเพิ่มขนาดของนิยามข้างล่างนี้ด้วย แต่ทำให้หน่วยที่ชำรุดนั้นลัดวงจรออกไป ลักษณะการต่อกันภายในต้องมั่นใจได้ว่า ส่วนที่เหลือของตัวเก็บประจุต้องไม่ได้ในผลกระทบ และความจุไฟฟ้าจะหากไม่สูงมาก ตัวเก็บประจุแบบนี้มีผลให้กับตัวกรองความถี่อินพุตกำลังไฟฟ้าต่ำ ณ แรงดันสูง
- เทคนิคที่เกี่ยวข้องกับฟิวส์ของตัวเก็บประจุทุกแบบ อีกรุ่นหนึ่งหลักวิชาการที่แตกต่างออกไปคือ โดยหากเลือกไปงานจะต้องพิจารณาถึงแรงดันและกำลังไฟฟ้าประกอบกัน เพื่อให้ได้ค่าพอบที่เหมาะสมที่สุด กรณีที่แรงดันต่ำและกำลังไฟฟ้าต่ำ ตัวเก็บประจุแบบที่ใช้ฟิวส์ภายนอกคือทางเลือกเดียวที่เป็นไปได้ แต่เมื่อเกิดกำลังไฟสูงขึ้น ควรเลือกใช้ตัวเก็บประจุแบบที่มีฟิวส์อยู่ข้างใน การที่ติดตั้งกำลังไฟที่สูงขึ้น ย่อมหมายถึงการใช้จำนวนกระเปาะที่ลดลง ลดพื้นที่ติดตั้ง และลดต้นทุนรวมด้วย
- กรณีที่แรงดันสูงและกำลังไฟฟ้าต่ำ ตัวเก็บประจุแบบที่ไม่มีฟิวส์โดยเด็ดขาดคือทางเลือกที่เป็นไปได้ ซึ่งยานที่มีฟิวส์ภายในและภายนอกไม่สามารถหาจุดทำงานได้ แต่เมื่อเกิดกำลังไฟที่สูงขึ้น จะเลือกใช้ตัวเก็บประจุแบบที่มีฟิวส์อยู่ข้างในทั้งแบบที่ไม่มีฟิวส์เลยก็ให้ผลดีพอๆ กัน
- ๔๘ ภาษาอังกฤษใช้ว่า "suffix" (คำต่อท้าย) แต่ภาษาไทยต้องสลับลำดับมาอยู่ข้างหน้าจึงควรจะเป็นคำว่า "คำนำหน้า" (prefix)
- ๔๙ นิยามข้อนี้เหมือนกับ Std 18-1980 และ 1992
- ๕๐ ตัวอย่างความแตกต่างระหว่างคำว่า proof กับ tight คือ ทนฝน (stamproof) หมายถึง การสร้าง การบ่มกัน หรือการกระทำ เพื่อบ่งชี้ว่ามีผลต่อการทำงานของอุปกรณ์ กันฝน (jointight) หมายถึง การสร้างหรือการบ่มกัน มีไว้ในสำเนาได้
- ๕๑ นิยามข้อนี้ตั้งมีในฉบับล่าสุด ซึ่งเป็นลักษณะการต่อของตัวเก็บประจุหรือชุดตัวเก็บประจุแบบที่ไม่มีฟิวส์เลย

เทคโนโลยีคาปาซิเตอร์แรงสูงแบบแห้ง (Dry-Q)

ในปัจจุบันโลกได้มีการพัฒนาอย่างไม่หยุดยั้ง ความต้องการพลังงานไฟฟ้าก็เพิ่มขึ้นด้วยเช่นเดียวกัน ดังนั้น การพัฒนาอุปกรณ์ไฟฟ้า ให้มีคุณภาพและประสิทธิภาพที่ดีขึ้น โดยคำนึงถึงผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมด้วย จึงเป็นสิ่งท้าทายสำหรับผู้ผลิตอุปกรณ์ไฟฟ้า คาปาซิเตอร์ก็เป็นอีกอุปกรณ์ไฟฟ้าชนิดหนึ่งที่มีความต้องการมากขึ้น เมื่อระบบไฟฟ้ามีการขยายตัว บริษัท เอบีบีจึงได้คิดค้นและพัฒนาคาปาซิเตอร์อย่างต่อเนื่อง เพื่อตอบสนองความต้องการในโลกปัจจุบัน

ฉบับนี้ขอแนะนำ คาปาซิเตอร์แบบแห้ง (Dry Q capacitor) ซึ่งถูกออกแบบขึ้นโดยตัดส่วนประกอบของน้ำมันคาปาซิเตอร์ออกไป เพื่อปรับปรุงในแง่ความปลอดภัยในการใช้งาน และลดมลพิษที่เกิดจากน้ำมันของคาปาซิเตอร์ การออกแบบคาปาซิเตอร์แบบแห้งจะผลิตให้มีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอกในแต่ละอิเลิเมนต์ (element) ทำให้มีความคล่องตัวในการต่อใช้งานที่ระดับแรงดันต่างๆ ช่วยลดสายไฟในการเชื่อมต่อระหว่างคาปาซิเตอร์ยูนิต (capacitor unit) และลดพื้นที่สำหรับติดตั้งคาปาซิเตอร์แบงค์ (capacitor bank) ดังแสดงในรูปที่ 1 ระดับของเสียงขณะใช้งานก็



รูปที่ 1 (ก)
การต่อใช้งานคาปาซิเตอร์แบบน้ำมัน



รูปที่ 1 (ข)
การต่อใช้งานคาปาซิเตอร์แห้ง

เบากว่าคาปาซิเตอร์น้ำมัน และยังไม่เกิดความเสียหายของคาปาซิเตอร์เนื่องจากการรั่วไหลของแบบน้ำมันได้อีกด้วย

การออกแบบของคาปาซิเตอร์แบบแห้งเปรียบเทียบกับคาปาซิเตอร์แบบน้ำมัน

คาปาซิเตอร์แบบแห้งใช้ฉนวนเป็น metallized polypropylene film (PPM) แตกต่างจากคาปาซิเตอร์แบบน้ำมันที่ใช้น้ำมันและฟิล์มเป็นฉนวน โดยใช้แผ่นโลหะ (foil) เป็นอิเล็คโตรด อิเล็คโตรดของคาปาซิเตอร์แบบแห้งสามารถระเหยใน PPM ดังแสดงในรูปที่ 2 ทำให้การเปลี่ยนแปลงค่าคาปาซิแตนซ์น้อยมากเมื่อเทียบกับคาปาซิเตอร์แบบน้ำมัน ขั้วต่อของคาปาซิเตอร์ยูนิตแบบแห้งจะติดอยู่กับฝาปิดหัวและท้ายของคาปาซิเตอร์ ดังแสดงในรูปที่ 3 มีข้อดีคือประหยัดสายที่ใช้ต่อระหว่างคาปาซิเตอร์ยูนิต และไม่จำเป็นต้องมีขั้วฉนวน (bushing) ทำให้ง่ายในการขนส่งและติดตั้ง คาปาซิเตอร์แบบแห้งยังเหมาะสำหรับการใช้งานในทุกสภาพแวดล้อม ทั้งนอกและในอาคาร เนื่องจากตัวถังของคาปาซิเตอร์แบบแห้ง มีลักษณะเป็นครีบบางซิลิโคน (silicone rubber) ซึ่งมีคุณสมบัติช่วย

ลดทางเดินของน้ำเมื่อฝนตกและป้องกันการเกิดวาบไฟ (flashover) นอกจากนี้ผิวซิลิโคนยังมีคุณสมบัติที่ทำให้หน้ารวมตัวกันเป็นหยดน้ำ (hydrophobic surface) อีกด้วย



รูปที่ 2 คุณสมบัติการระเหยของซิลิโคนใน PPM



รูปที่ 3 ตัวของคาปาซิเตอร์แบบแห้ง

การเปลี่ยนแปลงคาปาซิแตนซ์ตลอดอายุการใช้งาน คาปาซิเตอร์แบบแห้งเมื่อเบรกดาวอิเล็กทรอนิกส์จะระเหยในฉนวน PPM ทำให้เกิดรูขนาดเล็ก และมีผลทำให้ค่าคาปาซิแตนซ์เปลี่ยนแปลงน้อยมาก คาปาซิเตอร์แบบน้ำมันที่มีฟิวส์ภายใน (internal fuse) เมื่อเกิดเบรกดาวนั้นจะเสมือนว่าคาปาซิเตอร์อิเล็กทรอนิกส์ตัวนั้นเป็ดวงจรทำให้ค่าคาปาซิแตนซ์ลดลงเป็นเปอร์เซ็นต์เมื่อเทียบกับคาปาซิเตอร์ยูนิด

บริษัทเอบีบีได้พัฒนาวิธีการจำลองสถานการณ์และคำนวณค่าคาปาซิแตนซ์ ซึ่งมีความแม่นยำ 0.1% เครื่องมือนี้จะแสดงค่าคาปาซิแตนซ์ทุกนาที หลังจากที่จ่าย

แรงดันให้กับคาปาซิเตอร์เกินพิกัดของมัน ผลการเปลี่ยนแปลงค่าคาปาซิแตนซ์ของคาปาซิเตอร์แบบแห้งและแบบธรรมดา แสดงได้ดังรูปที่ 4

ผลการจำลองสถานการณ์ แสดงให้เห็นว่าค่าคาปาซิแตนซ์ของคาปาซิเตอร์แบบน้ำมันลดลงรวดเร็วกว่าแบบแห้ง เมื่อทำการจ่ายแรงดันเกินพิกัดให้คาปาซิเตอร์ ดังนั้น คาปาซิเตอร์แบบแห้งจึงมีเสถียรภาพในการใช้งานสูงกว่าแบบน้ำมัน

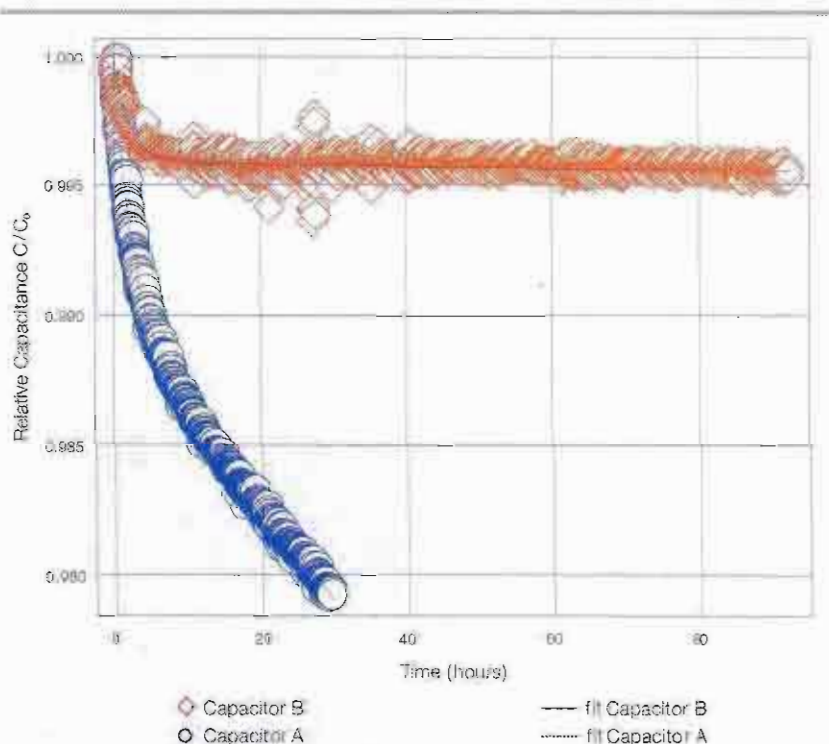
รูปทรงของคาปาซิเตอร์แบบแห้ง มีความสะดวกในการประกอบคาปาซิเตอร์อิเล็กทรอนิกส์ ให้ใช้ที่ระดับแรงดันต่างๆ เช่น ถ้าต้องการใช้งานที่ระดับแรงดันสูงขึ้นไป ก็ต่อคาปาซิเตอร์อิเล็กทรอนิกส์เพิ่มเข้าไป อีกทั้งผู้ใช้งานยังมีความสะดวกในการเลือกต่อในรูปแบบอื่นๆ

การติดตั้งคาปาซิเตอร์แบบแห้ง ยังสามารถลดพื้นที่การติดตั้งได้อีกประมาณ

50% และมีน้ำหนักเบา กว่า 25% ของคาปาซิเตอร์แบบน้ำมัน

ปัญหาอีกประการหนึ่งของคาปาซิเตอร์แบบน้ำมันคือ เกิดเสียงดังในขณะที่ใช้งาน คาปาซิเตอร์แบบน้ำมัน ต้องใช้อุปกรณ์ช่วยลดเสียงที่เกิดขึ้น เพื่อให้เสียงดังไม่เกิน 18 dB แต่สำหรับคาปาซิเตอร์แบบแห้งจะมีการออกแบบเป็นรูปทรงกระบอกที่ปกคลุมด้วยยางซิลิโคน ช่วยทำให้เสียงที่เกิดขึ้นในขณะที่ใช้งานของคาปาซิเตอร์แห้งมีความดังเท่ากับคาปาซิเตอร์แบบน้ำมัน ที่ติดตั้งอุปกรณ์ลดระดับของเสียงแล้ว

ในฉบับหน้าเราจะกล่าวถึง การกระจายอุณหภูมิ รูปแบบการต่อ รวมถึงการป้องกันของคาปาซิเตอร์แบบแห้ง และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของคาปาซิเตอร์แบบแห้งเทียบกับคาปาซิเตอร์แบบน้ำมัน



รูปที่ 4 การเปลี่ยนแปลงค่าคาปาซิแตนซ์ของคาปาซิเตอร์แบบแห้ง (Capacitor B) และน้ำมัน (Capacitor A)

เล่าสู่กันฟัง The Grand Three Gorges Project เขื่อนที่ใหญ่ที่สุดในโลก

บริษัท เอบีบี จำกัด มีความภาคภูมิใจที่ได้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการ Three Gorges Project ที่ได้ส่งมอบอุปกรณ์หลัก ได้แก่ หม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง (Power Transformer) สวิตช์เกียร์ไฟฟ้าแรงดันสูงแบบใช้แก๊ส SF6 เป็นฉนวน (Gas Insulated Switchgear) สถานีคอนเวอร์เตอร์ และระบบไฟฟ้าแรงสูงกระแสตรง (Two Converter Stations for a 3,000 megawatt High Voltage Direct Current : HVDC) 500 กิโลโวลต์ เพื่อเชื่อมวงจรและจ่ายไฟจากเขื่อน Three Gorges ไปยังเมืองเซี่ยงไฮ้ (Shanghai) สำหรับเนื้อหาในฉบับนี้จะมาเล่าสู่กันฟังถึงความเป็นมา รายละเอียดของโครงการที่เกี่ยวข้องกับงานวิศวกรรมพลังงาน

โครงการ Three Gorges Project เป็นโครงการก่อสร้างเขื่อนที่วางอยู่บนคอคอดระหว่างช่องเขา Xiling Gorge's ซึ่งโครงการ Three Gorges Project

นี้ถือได้ว่าเป็นการก่อสร้างจากมนุษย์เพื่อที่จะตัดแปลงธรรมชาติที่มีอยู่

ในปี ค.ศ. 1919 ดร. ซุน ยัต เซน มีแนวคิดที่จะหาผลประโยชน์จากทรัพยากรน้ำของแม่น้ำแยงซีเกียง ต่อมา ประธานาธิบดี เหมาเซตุง ได้จัดทำพิมพ์เขียว ตามแผนที่แสดงภูมิประเทศ และความยาวของระบบส่ง ดังแสดงในรูปที่ 1 ขึ้น ในปี ค.ศ. 1956 และโครงการดังกล่าวนี้ได้ผ่านมติของสภาประชาชนแห่งชาติของจีน ให้ทำการก่อสร้างได้ในวันที่ 3 เมษายน ค.ศ. 1992 และได้เริ่มดำเนินการก่อสร้างในวันที่ 8 พฤศจิกายน ค.ศ. 1994 และคาดว่าจะก่อสร้างเสร็จสมบูรณ์ในปี ค.ศ. 2009

ปัจจุบันโครงการ Three Gorges Project ถือว่าเป็นโครงการที่อนุรักษ์และนำทรัพยากรน้ำมาใช้ประโยชน์ที่ใหญ่ที่สุดในโลก ซึ่งโครงการนี้ประกอบไปด้วย โรงไฟฟ้า ทางน้ำล้น และโครงสร้างที่



ประดิษฐ์พงษ์ สุสิริทวารกุล
Secretary, IEEE Power Engineering Society,
IEEE Thailand Section
กรมการวิชาการสาขาไฟฟ้า
วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย
ในพระบรมราชูปถัมภ์

สร้างขึ้นในทางน้ำสำหรับให้เรือผ่านไปมา ดังแสดงในรูปที่ 2 โดยเขื่อนมีความยาวโดยรวมทั้งสิ้น 2,335 เมตร มีความกว้างที่ฐาน 115 เมตร มีความกว้างที่ด้านบน 40 เมตร และมีความสูงของสันเขื่อนที่ระดับ 185 เมตร ดังแสดงในรูปที่ 3 โครงสร้างสำหรับให้เรือผ่านประกอบด้วยช่องระหว่างประตูน้ำ 5 คู่สำหรับให้เรือเดินผ่าน (Shoplift) และช่องด้านบนสำหรับไต่ยกเรือ (Vertical Shoplift) ซึ่งช่องระหว่างประตูน้ำนี้เปรียบเสมือนช่องเขาที่สปีบนแม่น้ำแยงซีเกียงซึ่งถูกขุดเป็นร่องน้ำบนสันหินแกรนิตความยาว 6,442 เมตร และมีความลึก 176 เมตร ซึ่งโครงสร้างสำหรับให้เรือผ่านนี้ สามารถให้เรือผ่านเข้าออกนับเป็นจำนวนเที่ยวได้มากที่สุดในโลกและมีระดับน้ำสูงสุดได้ถึง 113 เมตร อีกทั้งช่องด้านบนสำหรับไต่ยกเรือ (Vertical Shoplift) สามารถยกเรือได้น้ำหนักมากที่สุดถึง 11,800 ตัน ส่วนโรงไฟฟ้าประกอบด้วยเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 32 ชุด แต่ละชุดสามารถผลิตไฟฟ้าได้ 7×10^5 kW ซึ่งคิดเป็นปริมาณไฟฟ้าทั้งหมด 2.24×10^7 kWh



รูปที่ 2 ประตูทางน้ำ สำหรับให้เรือผ่านไปมา



รูปที่ 3 ภาพถ่ายขบวนอากาศ ของสันเขื่อน Three Gorges Project

งานในส่วนโครงสร้างหลักๆ คืองานก่อสร้างในส่วนของโครงสร้างสำคัญซึ่งสามารถแบ่งงานออกได้ คือ งานขุดดินและหิน 1.0283×10^8 ลบ.ม งานถมดินและทำเขื่อนถม 3.198×10^7 ลบ.ม งานดาดคอนกรีตผิวหน้า 2.794×10^7 ลบ.ม งานเหล็กเสริมสำหรับก่อสร้าง 4.63×10^5 ตัน และงานเหล็ก 2565×10^2 ตัน โดยปริมาณงานเขื่อนคอนกรีตโครงสร้างหลักที่ทำได้ระหว่างการก่อสร้างอยู่ที่ 5.48×10^6 ลบ.ม ต่อปี ปริมาณงานขุดดินสูงสุดที่ทำได้อยู่ที่ 3×10^7 ลบ.ม ต่อปี และปริมาณงานถมดินและทำเขื่อนถมที่ทำได้อยู่ที่ 2.8×10^6 ลบ.ม ซึ่งปริมาณ



รูปที่ 4 แม่น้ำแยงซี ที่มีปริมาณน้ำเพิ่มมากขึ้นจนกลายเป็นทะเลสาบ

งานที่ทำได้นี้ถือเป็นสถิติใหม่สำหรับการก่อสร้างเขื่อนเลยทีเดียว

โครงการ Three Gorges Project ออกแบบโดยใช้รูปแบบและหลักเกณฑ์ตามพฤติกรรมของแม่น้ำแยงซีเกียง ซึ่งผลที่จะได้รับจะครอบคลุมประโยชน์อย่างกว้างขวางในการป้องกันน้ำท่วม การผลิตกระแสไฟฟ้า และการเดินเรือ ปริมาณสุทธิของการเก็บกักน้ำของเขื่อนอยู่ที่ 393×10^8 ลบ.ม ซึ่งปริมาณนี้ถือเป็น 3 เท่าของความจุของทะเลสาบ Dongting ซึ่งปริมาณดังกล่าวจะรองรับน้ำในการป้องกันน้ำท่วมอย่างมีประสิทธิภาพถึง 221.5×10^8 ลบ.ม ซึ่งผลดังกล่าวมาจากการเปลี่ยนแปลงระดับชั้นลงของระดับน้ำของแม่น้ำแยงซีเกียง ดังแสดงในรูปที่ 4 โดยปริมาณเก็บกักน้ำสำหรับ

การป้องกันน้ำท่วมนี้เพิ่มขึ้นจากที่คิดไว้จากการเปลี่ยนแปลงระดับชั้นลงทุกๆ รอบ 10 ปี เพิ่มความสามารถเก็บกักเป็นทุกๆ รอบ 100 ปี

ในอดีตก่อนที่จะมีการก่อสร้างโครงการ Three Gorges Project บนแม่น้ำแยงซีเกียง พลังงานที่มีการใช้จะมาจากถ่านหินและน้ำมัน ซึ่งดูเหมือนว่าพลังงานจากทรัพยากรน้ำนี้ถูกมองข้ามโดยเปล่าประโยชน์ โครงการ Three Gorges Project สามารถผลิตไฟฟ้า 1000×10^8 KWH ซึ่งเป็นพลังงานที่ขาวสะอาด และเมื่อเปรียบเทียบกับการผลิตไฟฟ้าที่ได้จากพลังงานความร้อนจากถ่านหินและน้ำมัน ในปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตออกมาที่เท่ากันจะสามารถลดปริมาณถ่านหินและน้ำมันที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้าได้ถึง

5×10^7 ตันในแต่ละปี ซึ่งนั่นก็หมายความว่าสามารถลดก๊าซ CO_2 จำนวน 1.2×10^8 ตัน SO_2 จำนวน 2×10^6 ตัน CO จำนวน 1×10^4 ตัน NO_x จำนวน 3.7×10^5 ตัน รวมถึงจำนวนน้ำเสียและสารแขวนลอยที่ปล่อยออกมาด้วย ประโยชน์ที่จะได้รับจากการลดปริมาณก๊าซและของเสียนี้จะมีผลในการช่วยปรับปรุงฟื้นฟูสภาพสิ่งแวดล้อมทางภาคกลางและตะวันออกของจีน โดยเฉพาะอย่างยิ่งภัยจากฝนกรดและ Green House Effect ซึ่งพลังงานที่ถูกและสะอาดนี้เองจะช่วยสนับสนุนแนวคิดสมัยใหม่ของจีนในการพัฒนาประเทศอีกด้วย

รายละเอียด โครงการ Three Gorges Project ประกอบด้วย

ตารางที่ 1 รายละเอียดของอ่างเก็บน้ำ (Reservoir)

รายละเอียดต่างๆ	หน่วย	ค่า	รายละเอียดต่างๆ	หน่วย	ค่า
ระดับน้ำปกติ Normal pool level	m.	175	ระดับควบคุมน้ำท่วม Flood Control Level	m.	145
ระดับควบคุมน้ำในหน้าร้อน Dry Season Control Level	m.	155	สถิติน้ำท่วมสูงสุดรอบ 100 ปี Flood Level in 100 Year Frequency	m.	175
ปริมาณความจุทั้งหมดสุทธิ Total Storage Capacity (Under 175 meter)	m^3	393×10^8	ปริมาณน้ำควบคุม Flood Control Capacity	m^3	221.5×10^8
ปริมาณความจุควบคุม Control Store Capacity	m^3	165×10^8	การควบคุมปริมาณน้ำในหน้าแล้ง Control Runoff in Dry Season	m^3	5860
ความยาวในการปรับปรุงลำน้ำ Length of Improved Water Course	km	660	พื้นที่ระบายน้ำ Drainage Area	Km^2	100×10^4
พื้นที่กักเก็บน้ำ Reservoir Inundation	Km^2	632	พื้นที่ผิว Surface Area	Km^2	1084

ตารางที่ 2 รายละเอียดของท่าก่อสร้างหลัก และอุปกรณ์
(Major Construction and Equipment)
พื้นที่กักเก็บน้ำ (Reservoir Inundation) และท่าก่อสร้าง (Construction)

ท่าก่อสร้างหลัก และอุปกรณ์ (Major Construction and Equipment)					
ประเภท/ชนิดของท่า	หน่วย	ปริมาณ	รายละเอียดของท่า	หน่วย	ปริมาณ
ชนิดเขื่อน Dam Type		Concrete Gravity	ระดับสันเขื่อนสูงสุด Crest Elevation	m	185
ชนิดโรงไฟฟ้า Powerhouse Type	kW	Dam-toe Powerhouse	ความสูงของน้ำมากที่สุด Max. Height	m	175
ปริมาณความจุที่ติดตั้ง Installed Capacity	kW	1820 x 10 ⁴	จำนวนหน่วย Number of units	Set	26
โรงไฟฟ้าใต้ดิน On the Right Bank Underground Powerhouse	kW	420 x 10 ⁴	จำนวนหน่วย Number of units	Set	6
ความจุต่อหน่วย Unit Capacity		70 x 10 ⁴	ค่าเฉลี่ยกำลังของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า Ave. Power Generation	kWh	847 x 10 ⁸
ช่องสำหรับเรือวิ่งผ่านถาวร Permanent Shiplock		Double Way 5 Stage	ขนาดช่องระบายน้ำ Dimension of Chamber	m x m x m	280 x 34 x 5
ช่องสำหรับยกเรือ Vertical Shiplock		One Way 1 Stage	ขนาดความจุ Dimension of Container	m x m x m	120 x 18 x 3.5
พื้นที่กักเก็บน้ำ (Reservoir Inundation)					
ประเภท/ชนิดของท่า	หน่วย	ปริมาณ	รายละเอียดของท่า	หน่วย	ปริมาณ
พื้นที่ที่มีการทำปศุสัตว์ Farm Land	hm ²	2.1 x 10 ⁴	พื้นที่สวนผลไม้ Orchard Land	Hm ²	0.73 x 10 ⁴
จำนวนประชากร Population (1992 Index)		84.62 x 10 ⁴	จำนวนประชากรที่มีการย้ายถิ่นฐาน Population of Resettlement		113 x 10 ⁴
ท่าก่อสร้าง (Construction)					
ประเภท/ชนิดของท่า	หน่วย	ปริมาณ	รายละเอียดของท่า	หน่วย	ปริมาณ
งานขุดดินและหิน Earth & Rock Excavation	m ³	10259 x 10 ⁴	งานถมดินและหิน Earth & Rock Embankment	m ³	2933 x 10 ⁴
งานเทคอนกรีต Concrete Placement	m ³	2715 x 10 ⁴	งานเหล็กโครงสร้าง Re - bar	Ton	35.43 x 10 ⁴
งานเหล็ก Metal works	Ton	28.08 x 10 ⁴	ระยะเวลาทั้งหมดในการก่อสร้าง Total Construction Duration	Year	17

ฉบับหน้าจะกล่าวถึง ข้อมูลด้านเทคนิคของโครงการ Three Gorges Project เปรียบเทียบกับโครงการก่อสร้างเขื่อนต่างๆ เช่น โครงการ Itaipu ในประเทศบราซิล และโครงการ Guri ในประเทศเวเนซุเอล่า ฯลฯ

อ้างอิง: The Magnificent Three Gorges Project Book

การป้องกันการเกิด Ferro-resonance ในหม้อแปลงแรงดันระบบแรงดันปานกลาง

วิศวกรทุกคนรู้จักกับปรากฏการณ์ของการเกิด Resonance เป็นอย่างดี ถ้าไม่มีปรากฏการณ์นี้ เราคงไม่มีเครื่องดนตรีให้เล่น คงไม่มีการสื่อสารทางคลื่นวิทยุรวมทั้งมีปรากฏการณ์ทางธรรมชาติอีกมากมาย การสั่นสะเทือนที่ทำให้เกิดปริมาณก็คงไม่เกิดขึ้น ซึ่งปรากฏการณ์นี้ไม่ได้มีแต่เหตุการณ์ที่เล็กน้อยเบาบางเท่านั้น การสั่นสะเทือน (Oscillate) สามารถทำให้เกิด Amplitude ที่สูงมากจากระบบที่ไม่ได้ถูกออกแบบไว้ นำไปสู่การเสียหายและพังทลาย ตัวอย่างเช่น ในปี 1940 สะพาน Tacoma Narrow ที่สหรัฐอเมริกา มีการพังทลายซึ่งเป็นผลมาจาก Undamped Resonance นอกจากนี้ Resonance ยังเกิดขึ้นอันมาเนื่องจากการทำงานผิดพลาดของระบบอิเล็กทรอนิกส์เป็นส่วนใหญ่

โชคดีที่ความถี่ที่ทำให้เกิด Resonance สามารถควบคุมได้จากการออกแบบระบบที่ดี การคำนวณค่า Resonance ได้รับผลของ Non-linear เช่น เมื่อฟลักซ์แม่เหล็กในแกนเหล็ก (เช่น ในหม้อแปลง) มีค่ามากกว่าค่าหนึ่งๆ แล้ว จะทำให้การทำนายการเกิด Resonance ยากขึ้น ซึ่งเหตุการณ์เช่นนี้ มักจะพบบ่อยในตัวหม้อแปลงแรงดัน (VT) ซึ่งเป็นอุปกรณ์

ที่แปลงแรงดันจากระดับสูงและปานกลางไปเป็นแรงดันต่ำ เพื่อใช้สำหรับเครื่องมือวัดและรีเลย์ป้องกัน

ระดับของกำลังของ VT นั้นมักจะมีค่าน้อยมาก โดยปกติกระแสในฝั่งปฐมภูมิ (Primary) นั้นมีค่าเพียงระดับมิลลิแอมป์ (ที่ใช้งานในระดับ 10 kV ขึ้นไป)

ปรากฏการณ์ที่เรียกกันว่า Ferro Resonance อันเกิดจากการที่หม้อแปลงแรงดัน (VT) มีการเชื่อมต่อกับเฟสถึงกราวด์ ใน Unground Network กระแสสามารถมีค่าสูงเกินกว่าค่าปกติเป็นหลายเท่า ซึ่งเสี่ยงต่อการเสียหายที่ VT

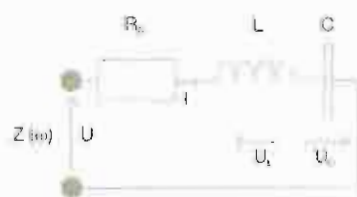
ปรากฏการณ์ Ferro Resonance

การเกิด Resonance ของวงจรไฟฟ้านั้นประกอบด้วย ขดลวดเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุ ซึ่งเป็นปรากฏการณ์ที่รู้จักกันดีอยู่แล้ว ซึ่งรูปแบบวงจรที่ง่ายที่สุดก็คือการต่อแบบขนานและแบบอนุกรม

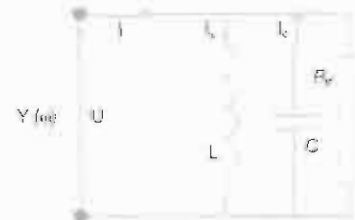
ในการต่อแบบอนุกรม ค่า Equivalent Impedance มีค่าเท่ากับผลรวมของ Impedance แต่ละตัว

$$Z(\omega) = j\omega L - j \frac{1}{\omega C} + R_s$$

Series resonant circuit



Parallel resonant circuit



รูปที่ 1 การต่อแบบขนานและแบบอนุกรม

ในแบบขนานนั้น ค่า Equivalent Admittance มีค่าเท่ากับผลรวมของค่า Admittance แต่ละตัว

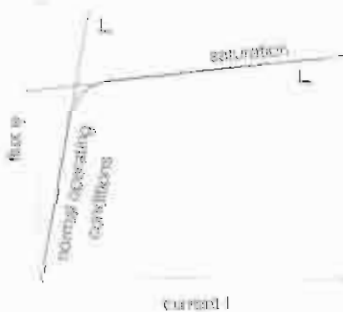
$$Y(\omega) = j\omega C - j \frac{1}{\omega L} + \frac{1}{R_p}$$

ทั้ง 2 กรณี ความถี่ที่ทำให้เกิด Resonance คือ

$$\omega_r = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

เมื่อค่าเข้าใกล้ความถี่นี้ในวงจรแบบอนุกรม ค่าแรงดันที่ตกคร่อมตัวเก็บประจุและขดลวดเหนี่ยวนำ สามารถมีค่าสูงกว่าค่าแรงดันแหล่งจ่าย (Source Voltage) อย่างมีนัยสำคัญ และในวงจรแบบขนานจะเป็นค่ากระแสที่ไหลผ่านอุปกรณ์แต่ละตัวจะมีค่าสูงมากที่จะทำให้เกิดความเสียหายถ้าไม่มีการแก้ไขเสียก่อน

เมื่อเรารู้ค่าของขดลวดเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุแล้ว เราก็สามารถทำนายค่าความถี่ Resonance ได้ ค่า Resonance ที่ทำให้เกิดอันตรายสามารถหลบเลี่ยงได้ด้วยการรักษา Safety Margin ที่เหมาะสมจากความถี่ของกำลังไฟฟ้าที่ป้อนให้



รูปที่ 2 แกนแม่เหล็กของตัวเหนี่ยวนำเกิดการอิ่มตัว ทำให้เกิดกระแสฟลักซ์ ที่มีลักษณะไม่เป็นเชิงเส้น

ปรากฏการณ์ที่เราเรียกกันว่า Ferro Resonance นั้น เนื่องจากความถี่ Resonance นั้นยากที่จะทำนายปรากฏการณ์นี้เกิดขึ้น เมื่อแกนแม่เหล็กของตัวเหนี่ยวนำเกิดการอิ่มตัว ทำให้เกิดกระแสฟลักซ์ที่มีลักษณะไม่เป็นเชิงเส้น และตรงจุดที่ไม่เป็นเชิงเส้นนั่นเอง ทำให้ Resonance สามารถเกิดขึ้น ณ ความถี่ใดก็ได้ที่คาดเดาได้ยาก

โดยทั่วไปการเกิด Ferro Resonance นั้น เริ่มมาจากช่วงเวลาที่เกิดการอิ่มตัวของแกนของตัวเหนี่ยวนำ อันเป็นผลมาจากการลวดยิ่ง ตัวอย่างเช่น ผลของการเกิด Resonance จะยิ่งเลวร้ายมากขึ้น ถ้ามี Damping ไม่เพียงพอ

ในหลายๆ กรณีของการเกิด Non - Transient Resonance มักเกี่ยวข้องกับ การอิ่มตัวของตัวเหนี่ยวนำ บางโนดของวงจรเป็นแบบกราวด์ลอย (หรือต่ออยู่กับ Fixed Potential ที่ผ่านจุดที่มีความต้านทานสูง) อย่างเช่นในรูปที่ 3



รูปที่ 3 วงจรแบบกราวด์ลอยที่มีตัว VT ต่อแบบเฟสกับกราวด์

นอกจากนั้น Ferro Resonance สามารถเกิดขึ้นได้จากสถานการณ์อื่นๆ อีก เช่น ตัวเก็บประจุไปต่ออยู่ระหว่างสายขนานและการเกิด Ferro Resonance ระหว่าง VT กับตัวเก็บประจุภายในของหม้อแปลงกำลังหรือเชื่อมต่อกับเครือข่ายแบบมีกราวด์ เช่นในรูปที่ 3 แสดงให้เห็นถึง

เครือข่ายแบบกราวด์ลอยเชื่อมต่อกับสวิตช์ใบมีดแบบ Single pole



รูปที่ 4 ความเสียหายจาก Ferro Resonance ใน VT ที่ไม่มีระบบป้องกัน

ถึงแม้ว่า การเผยแพร่สู่สาธารณะครั้งแรกของ Ferro Resonance จะมีมาตั้งแต่ช่วงต้นของศตวรรษที่ 20 แต่ยังไม่มียุติวิธีที่จะเชื่อถือได้ที่จะลดความเสี่ยงของการเกิด Ferro Resonance ได้นอกจากการต่อตัวต้านทาน Damping เข้ากับ Open-Delta Winding ของ VT

ความเสี่ยงที่มีต่ออุปกรณ์

ภายใต้การใช้งานปกติ กระแสที่ไหลในฝั่ง Primary ของ VT Medium Voltage จะมีค่าไม่เกิน 10 mA เมื่อเกิด Ferro Resonance แกนเหล็กของ VT เกิดการอิ่มตัว และค่ากระแส ณ ตอนนี้จะเพิ่มเป็นระดับ 'แอมป์' ค่า Magnitude จะเพิ่มไปประมาณ 2 เท่าตัว เมื่อเทียบกับภาวะปกติ และ Ferro Resonance ทำให้เกิดความร้อนขึ้นมหาศาล จนทำให้ความเสียหายให้แก่ Primary Winding ถ้าหากไม่มีการหน่วงที่เหมาะสม

การออกแบบที่กระตือรือร้นของ VT สมัยใหม่นั้น และการใช้วัสดุแกนเหล็กคุณภาพสูง เพื่อให้การสูญเสียต่ำ ทำให้การ

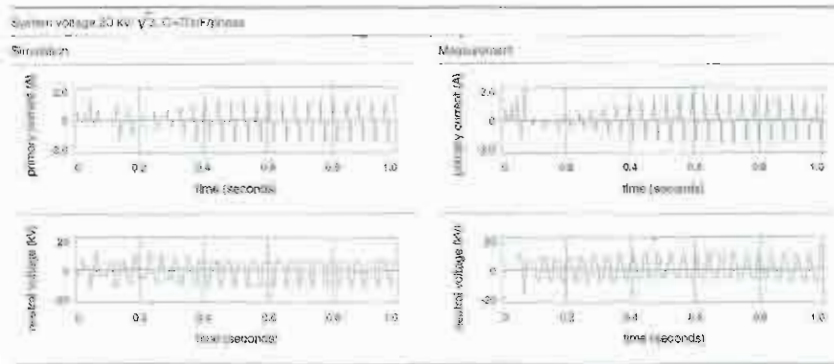
damping ได้ยากขึ้น ตัวต้านทานของโหลดต้องมีค่าน้อยๆ เพื่อที่เพียงพอต่อการกระจายพลังงานของ Oscillate แต่ถ้าวัดตัวต้านทานมีค่าน้อยเกินไป จะทำให้เกิดพลังงานจาก VT มามากจนเกิด Zero-Sequence Voltage ได้ (เช่น การเกิด Ground Fault) ดังนั้น การเลือกค่าความต้านทานที่ถูกต้องเป็นสิ่งสำคัญมาก

การวิเคราะห์ Ferro Resonance

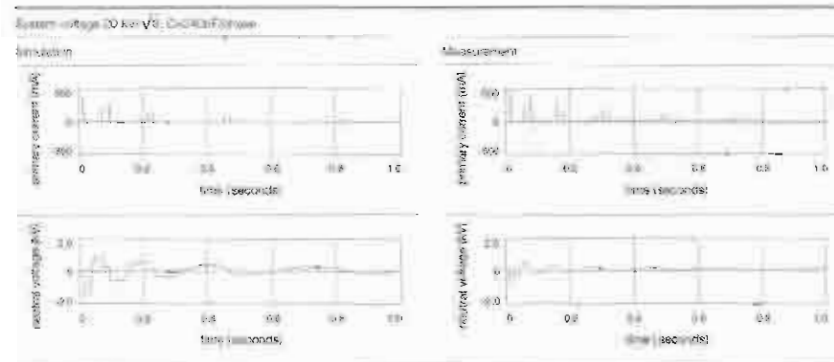
ในการวิเคราะห์การเกิด Ferro Resonance ใน VT นั้น อาจใช้การจำลองจาก Software เช่น Pspice , ATP / EMTP ซึ่งการจำลอง (Simulate) ค่าผลตอบสนองชั่วคราวในการสวิตชิง ไขได้

กับ VT หลายๆ ชนิด บนพื้นฐานของตัวแปร Magnetic ต่างๆ ซึ่งรูปแบบนี้จะถูกแทรกเข้าไปในรูปแบบของแหล่ง Ungrounded Voltage และ Line to Ground กรณีที่เลวร้ายที่สุดของการวิเคราะห์ Unloaded Network คือการหาค่าช่วงตัวเก็บประจุที่ทำให้เกิด Ferro Resonance อย่างร้ายแรง รวมทั้ง Winding และ ตัวต้านทาน Damping ในรูปแบบที่ช่วยให้ได้ค่าความต้านทานที่ดีที่สุด

ผลของการจำลอง (Simulate) ได้พิสูจน์จากการทดลอง ในรูปที่ 5 ไขให้เห็นว่าผลตอบสนองจากการสวิตชิง กับการ Oscillate Ferro Resonance และรูปที่ 6 แสดงถึงผลตอบสนองที่ไม่มี Ferro Resonance

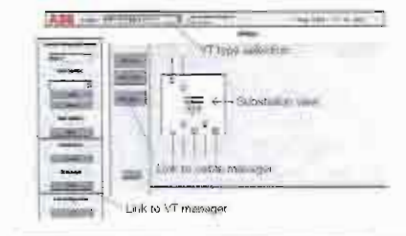


รูปที่ 5 ผลตอบสนองจากการสวิตชิง กับการ Oscillate Ferro Resonance



รูปที่ 6 ผลตอบสนองที่ไม่มี Ferro Resonance

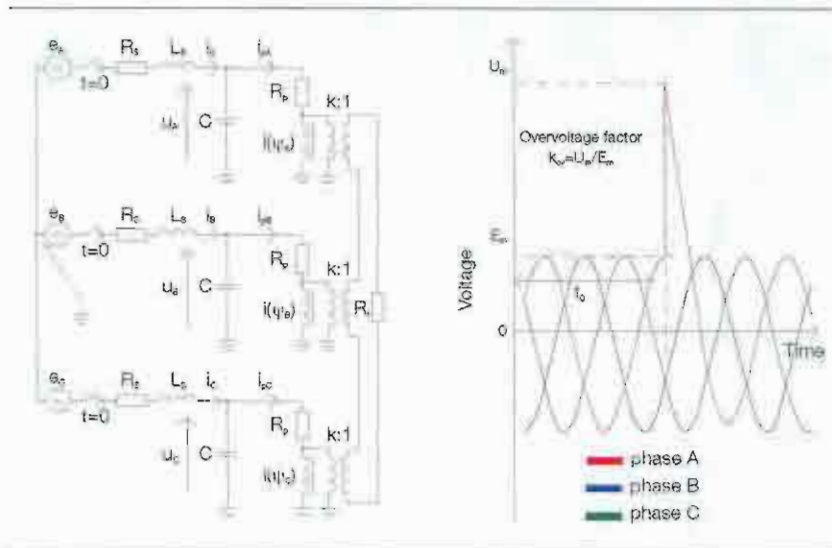
โปรแกรม Ferro Tool & Ferro Sim



รูปที่ 7 โปรแกรม Ferro Tool

โปรแกรมจำลอง (Simulation) Ferro Resonance แสดงให้เห็นถึงช่วงของตัวเก็บประจุที่ก่อให้เกิดอันตรายและค่าความต้านทาน Damping สูงสุด สำหรับ VT ชนิดที่แตกต่างกัน ณ ระดับแรงดันสำหรับการใช้งานอย่างเต็มที่ในเชิงปฏิบัติการ Software ที่ใช้ได้นำการบ่งชี้การเกิด Ferro Resonance ได้อย่างรวดเร็ว เช่น โปรแกรม Ferro Tool (รูปที่ 7) ประกอบด้วยฐานข้อมูลของตัวแปรเพื่อที่ใช้กับ VT รวมทั้งช่วงของตัวเก็บประจุที่ก่อให้เกิดอันตราย และค่าความต้านทาน Damping ที่แนะนำ โปรแกรมจะคำนวณค่าตัวเก็บประจุสำหรับ Substation บนพื้นฐานของคุณลักษณะเชิงเส้น เพื่อความเร็วในการวิเคราะห์ของความเสี่ยงจาก Ferro Resonance

โปรแกรม Ferro Tool เป็นตัวสนับสนุนโปรแกรม Ferro Sim เพื่อ Simulate ค่าผลตอบสนองของเนตเวิร์คสำหรับการสวิตชิงชั่วคราว (รูปที่ 8) ซึ่ง Topology



รูปที่ 8 วงจรได้ถูกกำหนดไว้ก่อนแล้ว เพื่อ Simulate ค่าผลตอบแทนของเนตเวิร์คสำหรับการสวิตชิงชั่วขณะ

ของวงจรได้ถูกกำหนดไว้ก่อนแล้ว ผู้ใช้งานสามารถเก็บข้อมูลได้อย่างง่ายดาย

Smart Load : แนวคิดใหม่สำหรับ การป้องกัน Ferro Resonance

การจำลอง (Simulate) และการทดลอง แสดงให้เห็นหลายๆ กรณีว่า ความต้านทานที่เหมาะสมเป็นสิ่งจำเป็นในการหน่วง Ferro Resonance ที่มี Oscillation มีค่าน้อยมาก (< 20 W) เช่น กรณีที่ตัวต้านทานที่มีการดึงกระแสจาก VT มากเกิน นอกจากนี้มีวิธีการใหม่ๆ ในการป้องกันที่พัฒนาโดย ABB ในชื่อของ Smart Load ซึ่งทำตามแบบของตัวต้านทานเชิงเส้น

เมื่อเกิด Zero-Sequence Voltage ในช่วงที่ระดมไม่สมดุล อุปกรณ์จะทำงานเป็นเหมือนตัวต้านทานที่มีความต้านทานสูงมาก ดังนั้น จึงไม่สามารถดึงพลังงานออกจาก VT แต่เมื่อค่าของ Zero-Sequence Voltage มีค่าเกินไปกว่า

ค่าที่กำหนดเอาไว้ที่ (Threshold) และค่าความต้านทานของอุปกรณ์จะมีค่าน้อยลงจนพอเพียงที่จะลดการ Oscillate ด้วยช่วงเวลาสั้นๆ ซึ่งอุปกรณ์ได้สร้างขึ้นมามีประสิทธิภาพในการลดการเกิด Ferro Resonance โดยไม่ต้องมี Overloading VT ตัวอุปกรณ์นี้มีขนาดเล็กด้วย สามารถติดตั้งได้กับตู้มาตรฐาน DIN - Rail ดังรูปที่ 9



รูปที่ 9 Smart Load สามารถติดตั้งได้กับตู้มาตรฐาน DIN - Rail

บทสรุป

VT แบบเหนี่ยวนำนั้นทำงานในวงจร Unground จะต้องมึระบบป้องกันการเกิด Ferro Resonance ถ้าเกิดการ Oscillation มากเกินไปกว่าค่าปกติ ทำให้ Magnitude เพิ่มหลายเท่า และก่อให้เกิดอันตรายแก่ VT การนำความต้านทาน Damping มาใช้ จะไม่ช่วยให้ดีขึ้น เนื่องจากค่า Ohmic ที่ต่ำ จะก่อให้เกิดความต้องการ Overload ที่ VT วิธีการของ ABB คือ การให้โหลดปรับตั้งค่าได้เอง ด้วย Smart Load ที่รวมเอาคุณสมบัติของทั้งสองอย่าง และยังใช้ในการกำจัดความเสี่ยงของการเกิดความร้อนสูงจนทำอันตรายแก่ VT ในกรณีของ Non - Transient Fault ในระบบนั้น ก็สามารถให้ Smart Load ในการป้องกัน VT ในระดับ Medium Voltage ตามมาตรฐานของ IEC

หม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง



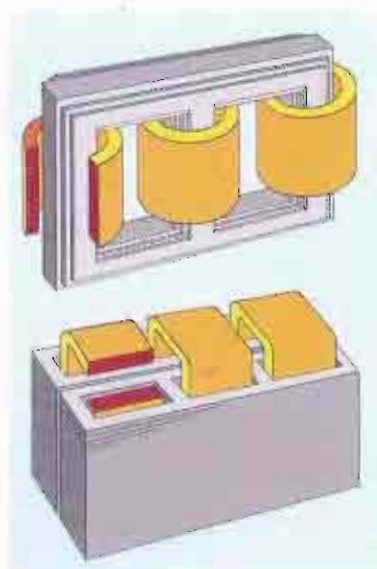
หม้อแปลงไฟฟ้า ได้ทำการผลิตครั้งแรกในปี ค.ศ. 1885 ที่ Ganz, Budapest ประเทศ Hungary ระบบแรงดันไฟฟ้าได้มีการพัฒนาตลอดตั้งแต่ปี ค.ศ. 1885 เรื่อยมาจนถึงปัจจุบัน หม้อแปลงไฟฟ้าเป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้เชื่อมโยงระหว่างระบบไฟฟ้าที่มีแรงดันไฟฟ้าต่างกัน โดยจะทำหน้าที่เพิ่มหรือลดแรงดันไฟฟ้าให้เหมาะสมกับการส่ง การจ่าย และการใช้พลังงานไฟฟ้า หม้อแปลงไฟฟ้านับเป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่สำคัญที่สุดและมีมูลค่าสูงในบรรดาอุปกรณ์ไฟฟ้าทั้งหลาย หากเกิดการขัดข้องหรือการชำรุดเสียหายของหม้อแปลงไฟฟ้ามักมีผลกระทบต่อการใช้ไฟหรือต่อขบวนการผลิตอย่างมาก และเป็นเวลานาน ดังนั้น หม้อแปลงนอกจากจะต้องถูกออกแบบการทำงานการผลิต การทดสอบ และติดตั้งอย่างถูกต้องตามขบวนการที่มีคุณภาพแล้ว การใช้งานและการดูแลบำรุงรักษาก็เป็นปัจจัยสำคัญที่จะส่งผลให้หม้อแปลงไฟฟ้ามีอายุการใช้งานที่ยืนยาวและมีประสิทธิภาพมาก

ที่สุด เพื่อหลีกเลี่ยงและป้องกันการขัดข้องหรือการชำรุดเสียหาย

1. ชนิดของหม้อแปลงสามารถแบ่งได้ดังนี้

1.1 แบ่งตามโครงสร้างการออกแบบแกนเหล็กแบ่งได้เป็น 2 ชนิด ดังนี้

- แบบ Core Type
- แบบ Shell Type

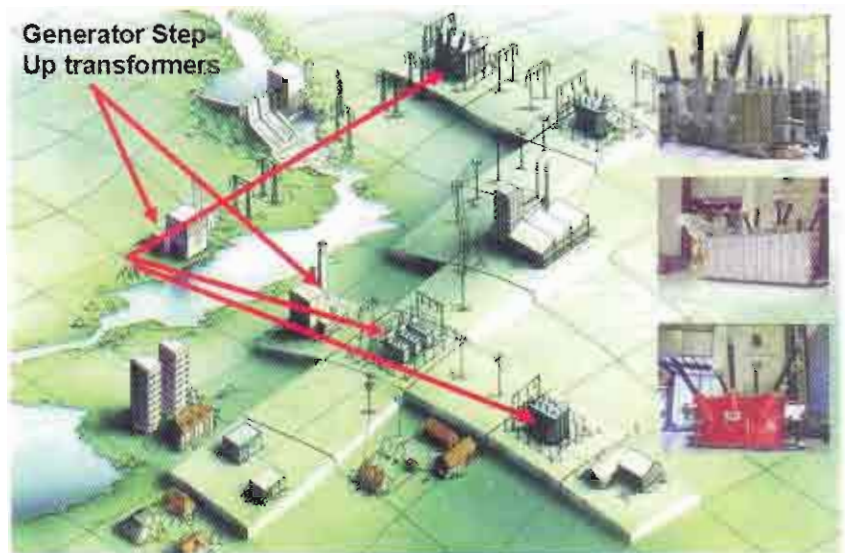


1.2 แบ่งตามตัวกลางที่ใช้ระบายความร้อน ออกเป็น 2 ชนิด คือ

- o Liquid-Cooled transformers.
 - Oil-immersed transformer.
 - Synthetic ester cooled
- o Gas-Cooled transformers.
 - Dry type transformer (cast resin, Dry former)
 - SF6-cooled transformers.

1.3 แบ่งตามการใช้งานหม้อแปลงไฟฟ้า

- o Step-up transformer (Generator transformer)
- o Sub-station transformer.
- o Industrial transformer.
- o Transformer for railways.
- o Traction transformers.
- o Special transformers (Converter, HVDC, Furnace, etc)



2: ส่วนประกอบภายนอกหม้อแปลงไฟฟ้า

2.1 Bushing

เป็นอุปกรณ์ส่งผ่านแรงดันทั้งแรงดันสูงและแรงดันต่ำจากภายนอกเข้ามาภายในหม้อแปลงและจากภายในหม้อแปลงออกไปสู่ภายนอก

2.2 Conservator ของหม้อแปลง

เป็นที่เก็บน้ำมันหม้อแปลงสำรองสำหรับการขยายตัว และการหดตัวของน้ำมันในหม้อแปลงตามอุณหภูมิ และชดเชยเมื่อหม้อแปลงเกิดรั่วซึมเพื่อให้มีน้ำมันหม้อแปลงอยู่เต็มภายในหม้อแปลงตลอดเวลา

2.3 Air dryer หรือ Air breather

ภายในบรรจุสารดูดความชื้นไว้ เพื่อดูดความชื้นในอากาศ ก่อนเข้าสู่ Conservator ส่วนมากใช้ Silica gel

2.4 Buchholz relay

มีหน้าที่ตรวจจับความผิดปกติที่เกิดขึ้นภายในหม้อแปลง

2.5 Explosion vent หรือ Pressure-relief vent

เป็นเครื่องมือสำหรับลดความดันภายในหม้อแปลง

2.6 Tap changer

เป็นอุปกรณ์สำหรับเปลี่ยนจำนวนรอบของขดลวดหม้อแปลงเพื่อให้ได้แรงดันไฟฟ้า ตอบสนองความต้องการของ Load

2.7 Oil temperature

เป็นเครื่องมือสำหรับวัดและบอกอุณหภูมิของน้ำมันหม้อแปลง

2.8 Winding temperature

เป็นเครื่องมือสำหรับบอกอุณหภูมิของขดลวด

2.9 Surge Arrester

จะทำหน้าที่ป้องกันอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งหม้อแปลงไฟฟ้า จากแรงดันไฟฟ้าเกินที่เกิดจากธรรมชาติ และที่เกิดขึ้นภายในระบบไฟฟ้าเอง



กินอย่างไร... หลีกเลี่ยงหัวใจอ่อนกำลัง

คำแนะนำในการบริโภคอาหารภาวะหัวใจอ่อนกำลัง หรือที่เคยเรียกกันว่าภาวะหัวใจล้มเหลว ซึ่งพบว่าผู้ป่วยส่วนใหญ่ที่มีภาวะหัวใจอ่อนกำลัง มักมีความดันโลหิตสูงมานาน และควบคุมได้ไม่ค่อยดี จริงๆ แล้วการควบคุมความดันโลหิตสูงนอกเหนือจากการใช้ยา การเลือกรับประทานอาหารที่เหมาะสมควบคู่กับการควบคุมน้ำหนักก็ช่วยควบคุมความดันโลหิตสูงได้เช่นกัน

อาหารเค็มจัด เป็นอาหารที่เสี่ยงต่อการเกิดภาวะความดันโลหิตสูง เพราะทำให้น้ำขังในอวัยวะต่างๆ ของร่างกาย และการตามมาของภาวะหัวใจอ่อนกำลัง จนถึงหัวใจล้มเหลวในที่สุดได้ อาหารเค็มจัดที่ว่าก็คือ อาหารแปรรูปทั้งหลาย เช่น ไข่เค็ม ปลาเค็ม ผักกาดดอง เกี่ยมฉ่าย เต้าหู้ยี้ ไส้กรอก กุนเชียง หมูหยอง อาหารทั้งหลายเหล่านี้ได้ผ่านกระบวนการที่ทำให้เก็บไว้ได้นานๆ โดยทำให้มีความเข้มข้นของเกลือ หรือน้ำตาลสูง ดังนั้น วิธีการปฏิบัติตัวขั้นแรกคือ หลีกเลี่ยงอาหารแปรรูปทุกชนิดก็จะช่วยลดความเค็มหรือโซเดียมจากอาหารได้

1. การปรุงแต่งรสชาติอาหารควรใช้สารปรุงแต่งรส เช่น น้ำปลา ซอส ซีอิ๊ว ในปริมาณพอเหมาะ หลีกเลี่ยงการใช้ผงชูรส (monosodium glutamate) เนื่องจากสารปรุงรสเหล่านี้มีสารประกอบของโซเดียมซึ่งทำให้ความดันโลหิตสูง อาจทำให้มีการสะสมน้ำในร่างกายทำให้เกิดภาวะบวม น้ำ หัวใจและไตทำงานหนักมากขึ้น

2. ปริมาณโซเดียมที่แนะนำให้กินในแต่ละวัน (Thai RDI) ไม่ควรเกิน 2,400 มิลลิกรัม

อาหาร	หนึ่งหน่วยบริโภค	โซเดียม
น้ำปลา	1 ช้อนโต๊ะ	1,160-1,490
ซีอิ๊วขาว	1 ช้อนโต๊ะ	960-1,460
ซอส-หอยนางรม	1 ช้อนโต๊ะ	420-490
กะปิ	1 ช้อนโต๊ะ	1,430-1,490
เกลือ	1 ช้อนโต๊ะ	2,000
ผงชูรส	1 ช้อนโต๊ะ	492
น้ำพริกเผา	1 ช้อนโต๊ะ	410
น้ำพริกตาแดง	1 ช้อนโต๊ะ	560

3. หลีกเลี่ยงอาหารที่เค็มจัดหรือมีปริมาณโซเดียมสูง เช่น อาหารแปรรูปต่างๆ ไส้กรอก กุนเชียง แยม หมูแผ่น หมูหยอง ผักดองต่างๆ เต้าหู้ยี้ ปลาเค็ม ไข่เค็ม เป็นต้น

4. หลีกเลี่ยงอาหารที่มีไขมันสูง เช่น ปาท่องโก๋ โกงทอด มันฝรั่งทอด หรืออาหารที่ใช้น้ำมันปริมาณมาก โดยเฉพาะอาหารที่มีไขมันอิ่มตัว และโคเลสเตอรอลสูง เช่น เนื้อสัตว์ติดมัน ไขมันจากสัตว์ น้ำมันมะพร้าว น้ำมันปาล์ม กะทิ เป็นต้น

5. จำกัดน้ำมันในการประกอบอาหาร และควรเลือกใช้น้ำมันพืชในการประกอบอาหาร เช่น น้ำมันมะกอก น้ำมันรำข้าว น้ำมันเมล็ดดอกทานตะวัน น้ำมันถั่วเหลือง เป็นต้น

6. รับประทานผัก และผลไม้เป็นประจำ

7. ดื่มนมพร่องมันเนย หรือผลิตภัณฑ์จากนมพร่องมันเนย เช่น โยเกิร์ตไขมันต่ำ เป็นประจำทุกวัน พบว่าแคลเซียมจากนมจะช่วยให้การควบคุมความดันโลหิตได้

นอกจากนี้ยังสนับสนุนให้บริโภคธัญพืช และผลิตภัณฑ์ เนื้อปลา เนื้อไก่ และถั่วต่างๆ ซึ่งลักษณะของอาหารนี้อุดมไปด้วยแร่ธาตุ แมกนีเซียม โพแทสเซียม แคลเซียม และใยอาหาร ก็จะทำให้สุขภาพดี ช่วยลดปัจจัยเสี่ยงของโรคหัวใจได้

การเลือกใช้น้ำมัน สำหรับปรุงอาหาร

เป็นที่ทราบกันดีว่า ปัจจุบันโรคหลอดเลือดหัวใจตีบ พบมากขึ้นในคนไทย ส่วนหนึ่งเนื่องมาจาก พฤติกรรมการบริโภคอาหารเปลี่ยนไป คนในกรุงเทพฯ กว่าร้อยละ 50 มีโคเลสเตอรอลสูงกว่าค่าที่แนะนำ (ควรน้อยกว่า 200 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร) เมื่อเกิดโรคขึ้นแล้ว ก็ไม่หายขาด แคมค้ายา ค่าการตรวจต่างๆ ค่ารักษา ล้วนมีราคาแพงขึ้นทุกๆ วัน ดังนั้น การป้องกันโรคจึงน่าจะเป็นหนทางที่ดีที่สุด หลักการสำคัญในการป้องกันโรคหัวใจคือ การลดพฤติกรรมเสี่ยงต่างๆ ลง การรับประทานอาหารที่มีไขมันโคเลสเตอรอลต่ำ ก็เป็นอีกหนทางหนึ่ง และการเลือกใช้น้ำมันในการปรุงอาหาร ก็เป็นสิ่งสำคัญที่ควรทราบ

น้ำมันที่ใช้ในการปรุงอาหาร ประกอบ ด้วยกรดไขมัน ชนิดต่างๆ ดังนี้

1. กรดไขมันชนิดอิ่มตัว (saturated fatty acid) เป็นกรดไขมันชนิดร้ายส่วนใหญ่เป็นไขมันที่ได้จากสัตว์ และเป็นตัวการสำคัญ ที่ทำให้โคเลสเตอรอลในเลือดสูง กรดไขมันอิ่มตัวนี้ พบปริมาณมากในน้ำมันหมู น้ำมันเนย น้ำมันปาล์ม น้ำมันมะพร้าว จึงควรหลีกเลี่ยง
2. กรดไขมันไม่อิ่มตัวชนิดโมโน (mono-unsaturated fatty acid MUFA) เป็นกรดไขมันชนิดดี เช่น กรดโอเลอิก สามารถรับประทานได้พอสมควร โดยไม่เพิ่มโคเลสเตอรอลในเลือด กรดไขมันชนิดนี้พบมากในน้ำมันมะกอก (olive oil) พบปานกลางในน้ำมันถั่วเหลือง



น้ำมันข้าวโพด น้ำมันดอกทานตะวัน อาหารที่เรียกว่า mediterranean diet เป็นอาหารที่มีข้อมูลว่า ช่วยป้องกันโรคหัวใจ ประกอบด้วยผัก อาหารเส้นใยสูง ปลา โยเกิร์ต และใช้น้ำมันมะกอกเป็นหลัก ในการปรุงอาหาร น้ำมันบางชนิด เช่น น้ำมันปาล์ม น้ำมันหมู น้ำมันเมล็ดฝ้าย น้ำมันรำข้าว แม้จะมีกรดไขมันไม่อิ่มตัว ชนิดโมโนปานกลาง แต่ก็ยังมีกรดไขมันชนิดอิ่มตัว ในปริมาณสูงด้วย ทำให้ไม่ได้ผลดี จากกรดไขมันไม่อิ่มตัวชนิดโมโน

3. กรดไขมันไม่อิ่มตัวชนิดพอลิ (poly-unsaturated fatty acid, PUFA) เป็นกรดไขมันชนิดดีปานกลาง เช่น กรดไลโนเลอิก จะช่วยลดระดับโคเลส-

เตอรอลในเลือดลงได้บ้าง ข้อเสียคือมีกลิ่นหืน ปัจจุบันมีการผลิตเป็นเนยแนะนำให้ใช้ปรุงอาหารแทนเนย ซึ่งมีไขมันอิ่มตัวสูง (รับรองโดย ออย.สหรัฐ) แต่ยังไม่มีการจำหน่ายในประเทศไทย (ในรูปของเนย ชื่อการค้าคือ Benecol)

อย่างไรก็ตาม น้ำมันปรุงอาหารที่ขายในประเทศไทย หลายยี่ห้อเป็นน้ำมันผสม ดังนั้น ก่อนซื้อควรพิจารณาดูส่วนผสมที่ฉลากอย่างละเอียดด้วย



วังน้ำเขียว

วังน้ำเขียว เป็นอำเภอหนึ่งที่อยู่ตอนใต้ของจังหวัดนครราชสีมา ที่มาของชื่อวังน้ำเขียวนั้นได้มาจากสภาพภูมิประเทศของที่นี่ เพราะพื้นที่ในแถบนี้มีวังน้ำที่ใสงดงามเป็นธรรมชาติ น้ำนั้นใส จนมองเห็นเงาสะท้อนสีเขียวของต้นไม้จึงเรียกพื้นที่นี้ว่า วังน้ำเขียวนั่นเอง...

วังน้ำเขียว มีถนนเส้นหลักที่พาดผ่านอำเภออินทร์บุรี จากด่าน จ.ปราจีนบุรี ผ่านวังน้ำเขียวยาวลงไปถึงปักธงชัย คือทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 304 ทำให้นักท่องเที่ยวสามารถเลือกเส้นทางที่จะมาয়วังน้ำเขียวได้หลายด้าน ทั้งด้านมอเตอร์เวย์มาเชื่อม 304 หรือนครนายกมาเชื่อม 304 หรือด่านสระบุรี-ปากช่องมาเชื่อมเข้า 304 บริเวณปักธงชัย นอก

จากทางถนนหลักแล้ว วังน้ำเขียวยังสามารถเดินทางทะเลาะไปออกปากช่องได้อีกทางโดยถนนเส้นศาลเจ้าพ่อ ที่มีความสวยงามทางธรรมชาติไม่แพ้ถนนหลักเลยเช่นกัน

คนส่วนมากที่เคยมาเที่ยวจะกล่าวถึงวังน้ำเขียวว่า เป็นสวิตเซอร์แลนด์แดนอีสาน เพราะพื้นที่และอากาศในแถบนี้คล้ายคลึงกับสวิตเซอร์แลนด์เป็นโชคดีของคนไทยที่ไม่ต้องเดินทางไปถึงยุโรปก็สามารถสัมผัสบรรยากาศที่สวยงามได้เช่นกัน...

สภาพภูมิประเทศ และภูมิอากาศภูมิประเทศของอำเภอวังน้ำเขียว ส่วนใหญ่เป็นภูเขาสูง พื้นที่ลาดชัน อุดมไปด้วย

แหล่งท่องเที่ยวทางธรรมชาติ สัตว์ป่าหายาก เช่น กระต๊อบสุดท้ายที่เขาแผงม้า พญากระรอกสีด้าที่สถานีวิจัยเขาสงคราม แหล่งสงวนชีวมณฑล พื้นที่ของวังน้ำเขียวประกอบไปด้วยน้ำตกหลายแห่ง อาทิ น้ำตกคลองดินดำ น้ำตกขุนโจร น้ำตกห้วยใหญ่ได้ น้ำตกสวนหอม ฯลฯ ที่ล้วนแต่มีความสวยงามเป็นอย่างยิ่ง ด้วยลักษณะภูมิอากาศและภูมิประเทศดังกล่าว ทำให้วังเขียวมีอากาศที่เย็นสบายเกือบทั้งปี ฝนก็ชุกและมีหมอกมาก นอกจากนี้ยังมีการทำการเกษตรเป็นส่วนใหญ่ของพื้นที่ ทั้งสวนผัก ผลไม้ นานาชนิด ดังจะเห็นได้จากคำขวัญของอำเภอที่ว่า วังน้ำเขียว เมืองหนาว ภูเขามากมาย น้ำตกหลาก-



หลาย ผลไม้ทานาพันธุ์ แคนสวรรค์ เมืองหมอก

วังน้ำเขียว ได้รับการกล่าวว่าเป็นสถานที่ที่มีโอโซนสูงเป็นอันดับ 7 ของโลก ซึ่งค่ากล่าวอ้างนี้ยังไม่มีการพิสูจน์แต่อย่างใด แต่สิ่งที่พอจะพิสูจน์ได้ก็คือ ที่สถานีวิจัยเขาสงคราม แหล่งสงวนชีวมณฑล ซึ่งเป็นสถานที่ในอำเภอวังน้ำเขียว ได้พบเฟิร์นชนิดหนึ่งซึ่งจะขึ้นเฉพาะบริเวณพื้นที่ที่มีโอโซนในระดับสูงเท่านั้น นี่จึงเป็นที่มาของค่ากล่าวอ้างที่คนนำมาพูดกันเกี่ยวกับอากาศที่บริสุทธิ์ของวังน้ำเขียว

ฤดูหนาวของวังน้ำเขียว เริ่มต้นประมาณเดือนพฤศจิกายน-มกราคม อุณหภูมิก็หนาวกำลังดีประมาณ 9-18 องศา ทำให้ได้รู้สึกถึงความเป็นหน้าหนาวจริงๆ ส่วนหน้าฝนนั้น มีฝนตกชุก เมื่อหลังฝนตกแล้ว ส่วนใหญ่จะมีหมอกพัดมาเป็นสายอย่างชัดเจน จนบางครั้งรู้สึกว่าจะอยู่ในทะเลหมอกเลยทีเดียว ซึ่งภาพและบรรยากาศแบบนี้ หากที่จะบรรยายความสวยงามออกมาเป็นคำพูดได้ต้องลองมาสัมผัสด้วยตัวท่านเอง ส่วนหน้าร้อนก็เหมือนกับสถานที่อื่นๆ คือร้อนบ้าง แต่ด้วยความที่มีต้นไม้และแหล่งน้ำค่อนข้างมาก ทำให้เวลาที่รู้สึกว่าการร้อนในแต่ละวันจะสั้นลง เพราะกว่าจะเริ่ม

รู้สึกร้อนก็สัก 10 โมง ประมาณบ่าย 2-3 โมง ก็เริ่มหายร้อนแล้ว ด้วยอากาศแบบนี้ทำให้วังน้ำเขียว เป็นที่ที่สามารถท่องเที่ยว

ได้ทุกฤดู มีกิจกรรมให้ทำมากมาย รวมถึงได้สัมผัสบรรยากาศที่มีเอกลักษณ์ และเปี่ยมด้วยเสน่ห์ที่ไม่ซ้ำกันในแต่ละฤดู



การเดินทาง

การเดินทางสู่ที่ทำการ ต. ไทยสามัคคี โดยรถยนต์สามารถมาได้ 2 ทาง คือ

รถยนต์ส่วนตัว

จากกรุงเทพฯ ใช้เส้นทางองครักษ์-นครนายก-ปราจีนบุรี ระยะทางรวมประมาณ 200 กิโลเมตร ถึงสี่แยกกบินทร์บุรีใหม่ ไปตามทางหลวงหมายเลข 304 (กบินทร์บุรี - วังน้ำเขียว - นครราชสีมา) อีกประมาณ 55 กิโลเมตร ก็จะถึงตลาดศาลเจ้าพ่อ (ตลาด 79) อำเภอวังน้ำเขียว เลี้ยวมาอีก 4 กิโลเมตร **ที่หลักกิโลเมตร 59 ให้แยกขวา** เข้าบ้านบุไผ่ และ ไทยสามัคคี ที่ห่างจากถนน 304 ประมาณ 6 กิโลเมตร ขับขึ้นสะพานสะพานตลอดเส้นทาง

จากนครราชสีมาใช้เส้นทางปักธงชัย - วังน้ำเขียว ตามถนนสาย 304 ระยะทาง 80 กิโลเมตร หลังจากผ่านที่ทำการของอำเภอ และโรงพยาบาลวังน้ำเขียวมา **ที่หลักกิโลเมตร 59 ให้แยกซ้าย** เข้าบ้านบุไผ่ และ ต.ไทยสามัคคี ห่างจากถนน 304 ประมาณ 6 กิโลเมตร เส้นทางสะพานตลอดเส้นทาง



ติดต่อสอบถามข้อมูลได้ที่

อบต.ไทยสามัคคี โทร. 044-228265

อบต.วังน้ำเขียว โทร. 044-228249

อบต.อุดมทรัพย์ โทร. 044-256518



ABB มอบของขวัญในโอกาสวันเด็กแห่งชาติ

บริษัท เอบีบี จำกัด นำโดยคุณชลธิ์ อนันต์อาชญาสิทธิ์ รองกรรมการผู้จัดการฝ่ายพัฒนาธุรกิจ ร่วมสนับสนุนกิจกรรมวันเด็กเนื่องในโอกาสวันเด็กแห่งชาติ มอบเครื่องเขียนและไอศกรีมให้นักเรียนโรงเรียนวัดคลองแก้ว และโรงเรียนพิบูลประชาบาล พร้อมกันนี้ยังได้มอบชุดเครื่องเขียนให้แก่สถานีดาวจรวดร้อยยี่บางปู เพื่อไว้ใช้ประโยชน์ในงานราชการ



ABB สนับสนุนอุปกรณ์ไฟฟ้า

บริษัท เอบีบี จำกัด โดยกลุ่มธุรกิจ Power Products, Automation Products และ Process Automation ร่วมให้การสนับสนุนทางด้านสาธารณูปโภคอันเป็นปัจจัยพื้นฐานสำคัญสำหรับสถานศึกษา ด้วยการบริจาคอุปกรณ์ไฟฟ้า อาทิ load centers, main breakers, circuit breakers ให้แก่โรงเรียนท่าม่วงราษฎร์บำรุง อ.ท่าม่วง จ.กาญจนบุรี ซึ่งอยู่ในระหว่างการจัดสร้างอาคารห้องสมุด 50 ปี ทมร. เนื่องในโอกาสครบรอบการสถาปนาโรงเรียน 50 ปี เพื่อเป็นศูนย์กลางในการค้นคว้าข้อมูลที่เป็นประโยชน์สำหรับนักเรียน



ABB ร่วมงาน HomePro Expo 2008

บริษัท เอบีบี จำกัด โดยกลุ่มธุรกิจ Automation Products เข้าร่วมแสดงสินค้าในงาน HomePro Expo 2008 งานแสดงสินค้าเกี่ยวกับบ้านครั้งใหญ่ในรอบปี ณ ศูนย์แสดงสินค้าและนิทรรศการแห่งชาติไบเทค บางนา ภายในงานมีการนำเสนออุปกรณ์ป้องกันไฟฟ้าลัดวงจร อาทิ Circuit breakers, Residual current devices และ Surge protection ที่มีคุณภาพระดับโลก ซึ่งได้รับความสนใจและการตอบรับเป็นอย่างดีจากผู้เข้าชมงาน



ABB ร่วมบริจาคโลหิต

พนักงานบริษัท เอบีบี จำกัด ที่โรงงานเอบีบี นิคมอุตสาหกรรมบางปู ร่วมกันทำความดีด้วยการบริจาคโลหิตให้แก่สภาภชาชาติไทย เพื่อถวายเป็นพระราชกุศลแด่พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวเนื่องในวโรกาสทรงมีพระชนมายุครบ 80 พรรษา ในงาน "โครงการบริจาคโลหิตเนื่องในวันพ่อแห่งชาติ" จัดขึ้นโดยกรมนิคมอุตสาหกรรมบางปู



ABB เชื้อสัญญาซื้อขายผลิตภัณฑ์กับการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

บริษัท เอบีบี จำกัด โดยกลุ่มธุรกิจ Power Products-HV Products ขณะการประมูลเซ็นสัญญาซื้อขายผลิตภัณฑ์ ABB กับการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (EGAT) ในโครงการจัดซื้อ Gas Insulated Switchgear Type ELK-14 ขนาด 230 kV, 4,000 A, 63 kA, (ชนิด Double Bus bar และ Double Breaker) และ Gas Insulated Bus bar เพื่อช่วยพัฒนาศักยภาพและเพิ่มเสถียรภาพของระบบไฟฟ้าให้กับสถานีไฟฟ้าย่อย โรงไฟฟ้าบางปะกง ซึ่งทาง EGAT จะเป็นผู้ดำเนินการติดตั้งและทำการทดสอบภายใต้การควบคุมดูแลของ ABB Switzerland



ABB จัดงานสัปดาห์ความปลอดภัยในการทำงาน 2008

บริษัท เอบีบี จำกัด จัดงานสัปดาห์ความปลอดภัยในการทำงาน 2008 ที่โรงงานเอบีบี นิคมอุตสาหกรรมบางปู ภายในงานมีการจัดแสดงบอร์ดนิทรรศการด้านความปลอดภัย ผลิตภัณฑ์ด้านความปลอดภัย รวมถึงการแสดงพระธรรมเทศนาเรื่อง ทำอย่างไรให้มีสติและจิตสำนึกในการทำงานอย่างปลอดภัย โดยพระมหาไพรัช หนึ่งในที่มงานพระมหาสมปอง วัดสร้อยทอง หรือรายการธรรมะเดลิเวอรี่ และการมอบรางวัลผู้นำความปลอดภัย (Safety Leadership) รวมทั้งการบริจาคโลหิตเพื่อถวายเป็นพระราชกุศลแด่พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวเนื่องในวโรกาสทรงมีพระชนมายุครบ 80 พรรษา



นักศึกษาเยี่ยมชม ABB

บริษัท เอบีบี จำกัด ให้การต้อนรับคณะอาจารย์และนักศึกษาจากคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอัสสัมชัญเข้าเยี่ยมชมโรงงานที่นิคมอุตสาหกรรมบางปู เพื่อศึกษากระบวนการผลิต ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการศึกษาทั้งในภาคทฤษฎีและปฏิบัติ



ABB, a leader in power and automation technologies. provides utility and industry customers with products, services and solutions that makes our customer competitive.

