บทที่ 2
แรงดันตกชั่วขณะ

2.1 นิยามศัพท์

ตามข้อกำหนดกฎเกณฑ์แรงดันกระเพื่อมเกี่ยวกับไฟฟ้าประเภทธุรกิจ และอุตสาหกรรม โดยคณะกรรมการปรับปรุงความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้า (Australian Standard:A.S 2279.4-1991) แรงดันตกชั่วขณะ (Voltage Sag or Voltage Dip) คือแรงดันไฟฟ้าที่ลดลงตั้งแต่ร้อยละ 10 ในช่วงระยะเวลาตั้งแต่ครึ่งไซเคิลจนถึงไม่กี่วินาที โดยเกิดเนื่องจากการเดินเครื่องของมอเตอร์หรือโหลดขนาดใหญ่ หรือเกิดความผิดพร่อง (Fault) ในระบบไฟฟ้า [1]

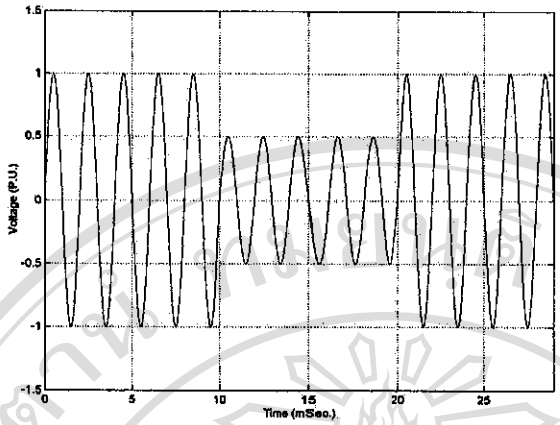
นอกจากนี้ยังมีการให้คำจำกัดความของแรงดันตกชั่วขณะตามมาตรฐานต่างๆ แตกต่างกันไป ทำให้คำจำกัดความของแรงดันตกชั่วขณะ ยังคงมีความไม่ชัดเจนในหลาย ๆ ประเด็น ทั้งในส่วนของระยะเวลาที่เกิด เหตุการณ์และขนาดที่ใช้บ่งชี้ความรุนแรงของปัญหาแรงดันตกชั่วขณะ จึงพบว่าหลายๆ มาตรฐานมีการกำหนดคำนิยามที่แตกต่างกัน ดังกรณีของมาตรฐาน IEC Standard (IEC : International Electrotechnical Committee) และ IEEE Standard (IEEE : Institute of Electrical and Electronics Engineers)

IEC Standard แรงดันตกชั่วขณะ คือปรากฏการณ์ที่แรงดันลดลงจากระดับปกติอย่างทันทีทันใด และกลับคืนสู่สภาวะปกติภายในระยะเวลา 0.5 คาบ (10 มิลลิวินาที) ถึงประมาณ 2-3 วินาที โดยระดับแรงดันที่ลดลงจะแสดงเป็นเปอร์เซ็นต์เปรียบเทียบกับระดับแรงดันปกติ

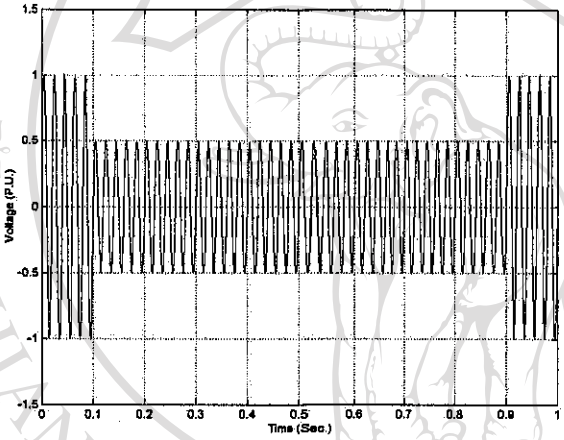
IEEE Standard แรงดันตกชั่วขณะ คือระดับแรงดันที่ลดลงระหว่าง 0.1-0.9 เปอร์ยูนิต (p.u.) จากระดับแรงดันประสิทธิผลปกติ ภายในช่วงเวลา 0.5 คาบ - 1 นาที ตามประเภทของแรงดันตกชั่วขณะ ดังแสดงในรูปที่ 2.1 ซึ่งแต่ละประเภทแบ่งตามช่วงเวลาดังนี้

- แบบทันทีทันใด (Instantaneous) : 0.5 - 30 คาบ (10 มิลลิวินาที- 1 วินาที)
- แบบชั่วขณะ (Momentary) : 30 คาบ - 3 วินาที (1-3 วินาที)
- แบบชั่วคราว (Temporary) : 3 วินาที - 1 นาที

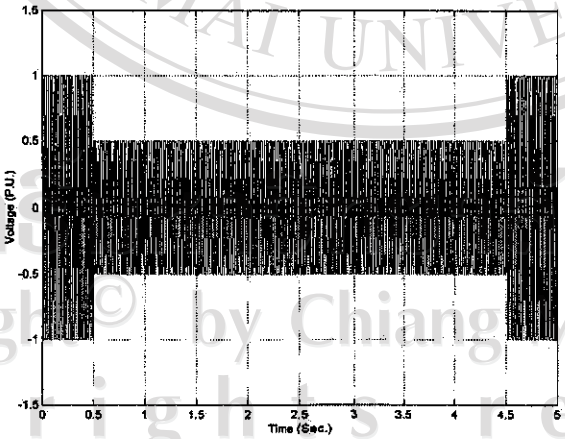
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ก) แบบทันทีทันใด (Instantaneous sag)



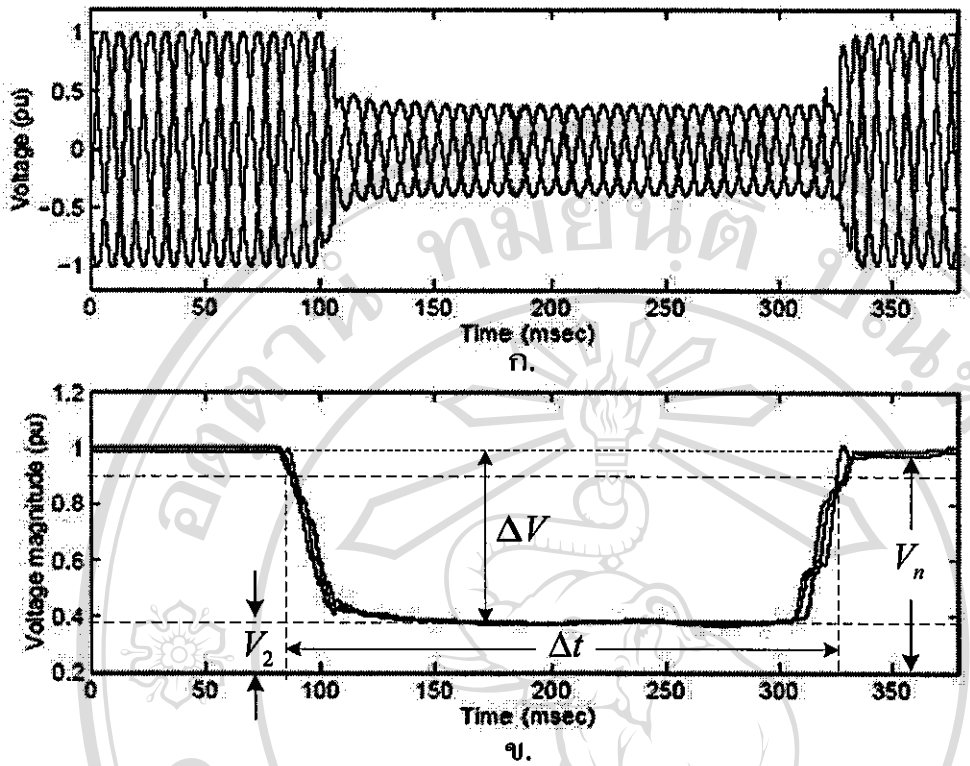
ข) แบบชั่วขณะ (Momentary sag)



ค) แบบชั่วคราว (Temporary sag)

รูปที่ 2.1 แรงดันตกชั่วขณะแบบต่าง ๆ (ที่มา: IEEE Std.1159 [2])

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 2.2 คำอธิบายของแรงดันตกชั่วขณะชนิดสามเฟสแบบสมดุล (ที่มา: E.Styvaktakis [3])
ก) รูปคลื่นของแรงดัน ข) ขนาดของแรงดัน

จากรูปที่ 2.2 แสดงคำอธิบายของแรงดันชั่วขณะตามคำนิยามของ IEEE Standard ซึ่งอ้างอิงแรงดันประสิทธิผลของระบบเปอร์ยูนิตในการแบ่งแยกประเภทของแรงดันตกชั่วขณะ โดยที่สัญลักษณ์และตัวแปรที่ใช้มีความหมายดังต่อไปนี้

V_n คือค่าแรงดันหลังจากเกิดแรงดันตกชั่วขณะ

ΔV คือค่าแรงดันที่ตกลงไปจากค่าแรงดันประสิทธิผลปกติ

V_2 คือค่าแรงดันที่เหลืออยู่ในขณะที่เกิดแรงดันตกชั่วขณะ

Δt คือเวลาในการเกิดแรงดันตกชั่วขณะ

นอกจากเรื่องคำจำกัดความของแรงดันตกชั่วขณะแล้ว การอธิบายความรุนแรงของการเกิดแรงดันตกชั่วขณะยังค่อนข้างมีความสับสนกล่าวคือถ้ากล่าวถึงแรงดันตกชั่วขณะจากค่าแรงดันที่เหลืออยู่ในระหว่างที่เกิดแรงดันตกชั่วขณะ(Remaining sag) เช่น 70% ในแรงดัน 220 โวลต์ จะหมายถึงแรงดันตกจาก 220 โวลต์ไปอยู่ที่ 70% ของค่าแรงดันประสิทธิผลปกติ (154 โวลต์) ซึ่งหมายความว่าค่าแรงดันได้หายไป 30% และเหลือแรงดันอยู่ 70% ส่วนการกล่าวถึงแรงดันตก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ชั่วขณะจากค่าแรงดันที่ตกไปจากแรงดันประสิทธิผลปกติ จะกล่าวว่า "แรงดันตกลงไป..." ("a sag down to…") เช่นแรงดันตกลงไป 70% ใน 220 โวลต์ (a sag down to 70% in a 220 V) จะหมายถึงแรงดันตกไป 70% ของแรงดันปกติ ซึ่งหมายความว่าค่าแรงดันได้หายไป 70% และเหลือแรงดันอยู่ 30% (66 โวลต์) ส่วนในการอธิบายความรุนแรงของการเกิดแรงดันตกชั่วขณะ โดยขนาดของแรงดันตกชั่วขณะ จะใช้คำที่เข้าใจง่ายเช่น "แรงดันตกแบบลึก (deep sag)" และ "แรงดันตกแบบตื้น(shallow sag)" โดยที่แรงดันตกแบบลึก หมายถึงการเกิดแรงดันตกชั่วขณะที่เหลือแรงดันขณะเกิดแรงดันตกน้อยกว่าแรงดันปกติมาก กล่าวคือเป็นแรงดันตกชั่วขณะที่รุนแรง (severe sag) ส่วนแรงดันตกแบบตื้น หมายถึงการเกิดแรงดันตกชั่วขณะที่เหลือแรงดันขณะเกิดแรงดันตกค่อนข้างมาก กล่าวคือเป็นแรงดันตกชั่วขณะที่ไม่รุนแรง (mild sag)

ในบางครั้งที่เกิดแรงดันตกชั่วขณะขึ้นแล้วสังเกตเห็นหลอดไฟกะพริบได้ ซึ่งอาจเรียกปรากฏการณ์นี้ว่าไฟกะพริบ ซึ่งในความเป็นจริงแล้วอาจมีความสับสนกันอยู่ระหว่างคำว่าแรงดันตกชั่วขณะ (Voltage sag) กับไฟกะพริบ (Flicker) สำหรับผู้ที่ทำงานเกี่ยวข้องอยู่ ซึ่งตามมาตรฐาน IEEE Std. 1159-1995 ได้ให้คำยามของไฟกะพริบว่าเป็นเหตุการณ์ที่ตาเรามีความรู้สึกมองเห็นระดับแสงสว่างของหลอดไฟไม่สม่ำเสมอ (คือมีความรู้สึกว่าไฟกะพริบ) อันเนื่องมาจากการได้รับผลกระทบของแรงดันกระเพื่อม (Voltage Fluctuation) ซึ่งหมายถึงการเกิดเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องของค่าแรงดันประสิทธิผลซึ่งอาจเป็นผลมาจากการใช้อุปกรณ์ประเภทเตาหลอดแบบอาร์ค ดังนั้นเมื่อเกิดแรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะแล้วเห็นหลอดไฟกะพริบได้ แต่นั้นไม่ใช่ความหมายของไฟกะพริบ

2.2 สาเหตุที่ทำให้เกิดแรงดันตกชั่วขณะ

ระบบไฟฟ้าประกอบด้วยสายส่งซึ่งมีค่าอิมพีแดนซ์ของสายค่าหนึ่ง ทุกครั้งที่มีการเพิ่มขึ้นของค่ากระแสโหลด ย่อมทำให้เกิดการลดลงของแรงดัน นั่นคือเกิดแรงดันตกชั่วขณะนั่นเอง ยิ่งค่ากระแสโหลดเพิ่มมากขึ้นเท่าใด หรืออีกนัยหนึ่งคือเมื่ออิมพีแดนซ์ของระบบมีค่าสูง แรงดันตกชั่วขณะย่อมมีค่ามากขึ้นเท่านั้น นั่นคือโดยทฤษฎีแล้วแรงดันตกชั่วขณะจะเกิดขึ้นได้จาก 2 กรณี คือการเพิ่มของกระแสอย่างมาก (โดยส่วนมากในทางปฏิบัติจะเกิดขึ้นจากสาเหตุนี้) และค่าอิมพีแดนซ์ของระบบสูงขึ้น

การเกิดแรงดันตกชั่วขณะในระบบไฟฟ้ามีสาเหตุเกิดขึ้นจากเหตุการณ์ต่าง ๆ ดังนี้คือ

1) การเกิดความผิดพร่องในระบบไฟฟ้า เป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดแรงดันชั่วขณะส่วนใหญ่จะเป็นความผิดพร่องที่เกิดขึ้นจากความผิดพร่องลงดินแบบหนึ่งเฟส (Single-Line-to-Ground Fault: SLGF) ในระบบสายส่งและระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าหรือความผิดพร่องที่เกิดขึ้นจากระบบอื่น ๆ ที่มีการเชื่อมต่อระบบการส่งจ่ายไฟฟ้าเข้ากับระบบของการไฟฟ้าเช่นระบบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ของผู้ผลิตรายเล็ก (Small Power Producer:SPP) และผู้ผลิตไฟฟ้าอิสระ (Independent Power Producer: IPP) หรือของผู้ใช้ไฟฟ้าเอง โดยสาเหตุการเกิดความผิดพร่อง เนื่องจากระบบสายส่งระบบจำหน่ายของการไฟฟ้านั้น ส่วนใหญ่จะทำการติดตั้งสายส่งเหนือศีรษะ (Overhead Line) โดยสายส่งและสายระบบจำหน่ายบางส่วนเป็นสายเปลือย ซึ่งได้ทำการส่งจ่ายไฟเกือบทั่วประเทศ และมีระยะทางที่ยาวย่อมเป็นผลทำให้เกิดความผิดพร่องได้

2) เกิดจากการเหนี่ยวนำขึ้นของเหตุการณ์ฟ้าผ่าบริเวณใกล้ระบบสายส่งและระบบจำหน่าย ทำให้เกิดแรงดันตกชั่วขณะ

สาเหตุที่ทำให้เกิดแรงดันตกชั่วขณะสามารถเกิดขึ้นได้ภายในโรงงานเอง นั่นคือ

1) การเริ่มเดินโหลดขนาดใหญ่ เช่นมอเตอร์ไฟฟ้าซึ่งปกติจะใช้กระแสไฟฟ้าในช่วง 150-500% ของกระแสที่ใช้งานในสภาวะปกติ ส่วนระยะเวลาในการเกิดแรงดันตกชั่วขณะจะขึ้นอยู่กับลักษณะการทำงานของอุปกรณ์ป้องกันของการไฟฟ้า

2) ความบกพร่องของการเชื่อมต่อสาย เช่นเชื่อมต่อสายเคเบิลโดยขันสกรูที่จุดต่อไม่แน่น ซึ่งจะส่งผลให้ค่าอิมพีแดนซ์ของระบบสูงขึ้น ทำให้ค่ากระแสโหลดสูงเกินความเป็นจริง

3) ความผิดพร่องหรือการลัดวงจรภายในโรงงาน แม้ว่าความผิดพร่องที่เกิดขึ้นจะถูกตัดออกจากระบบด้วยฟิวส์หรือเซอร์กิตเบรกเกอร์อย่างรวดเร็วแต่มันจะทำให้เกิดแรงดันตกชั่วขณะจนกระทั่งอาจทำให้อุปกรณ์ป้องกันทำงานได้

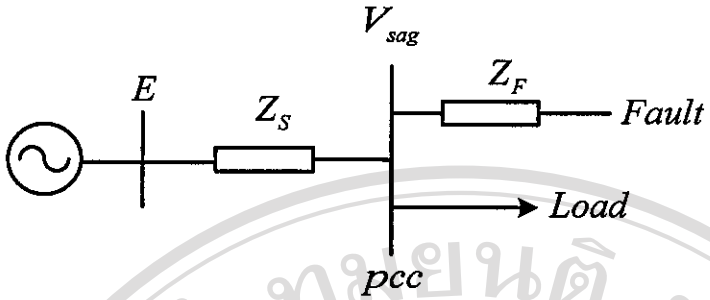
2.3 องค์ประกอบของแรงดันตกชั่วขณะ

การเกิดแรงดันตกชั่วขณะมีปัจจัยหลายอย่างที่เป็นองค์ประกอบสำคัญในการบ่งชี้ระดับความรุนแรง ซึ่งจะสะท้อนถึงผลกระทบที่จะเกิดขึ้นกับผู้ใช้ไฟฟ้าด้วย มาตรฐานต่าง ๆ ที่กล่าวถึงปัญหาแรงดันตกชั่วขณะนั้น โดยทั่วไปมักจะกล่าวแต่เพียงขนาดแรงดันที่เหลืออยู่ในระบบและระยะเวลาที่เกิดเหตุการณ์เท่านั้น ซึ่งในความเป็นจริงแล้ว ผลกระทบจากปัญหาแรงดันตกชั่วขณะที่มีต่ออุปกรณ์ซึ่งมีความไวสูงและไม่ทนต่อการเปลี่ยนแปลงนั้น ยังมีส่วนอื่นที่จำเป็นต้องนำมาพิจารณาร่วมด้วย อาทิเช่น มุมเลื่อนเฟส การเกิดแรงดันลดลงหลังจากเกิดความผิดพร่อง (Post-Fault Dip) เป็นต้น

องค์ประกอบที่เป็นลักษณะเฉพาะของแรงดันตกชั่วขณะประกอบไปด้วย

1) ขนาด โดยทั่วไปสามารถคำนวณหาขนาดของแรงดันตกชั่วขณะได้จากหลักการของการแบ่งแรงดัน (Voltage divider) ดังรูปที่ 2.3 แสดงตัวอย่างในกรณีที่เกิดความผิดพร่องขึ้นในระบบแบบเรเดียล (Radial systems) ขนาดแรงดันตกชั่วขณะที่จุดต่อร่วม (Point of common coupling: PCC) สามารถคำนวณหาค่าได้ดังสมการที่(2.1) โดยจุดต่อร่วมเป็นจุดที่ซึ่งทั้งความผิดพร่องและโหลดต่อร่วมกัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 2.3 แบบจำลองของการแบ่งแรงดันสำหรับการคำนวณหาค่าขนาดแรงดันตกชั่วขณะ

$$V_{sag} = \frac{Z_F}{Z_S + Z_F} \cdot E \qquad (2.1)$$

ถ้ากำหนดให้แรงดันของแหล่งจ่าย (E) มีค่าเท่ากับ 1 p.u. ดังนั้นขนาดแรงดันตกชั่วขณะสามารถหาค่าได้ดังสมการที่ (2.2)

$$V_{sag} = \frac{Z_F}{Z_S + Z_F} \qquad (2.2)$$

เมื่อ Z_S คือค่าอิมพีแดนซ์ที่ต้นทางของแหล่งจ่าย

Z_F คือค่าอิมพีแดนซ์ระหว่างจุดต่อร่วมกับจุดที่เกิดความผิดพร่อง

จากสมการที่ (2.2) หากค่า V_{sag} ที่ได้เป็นจำนวนจริง (Real Number) นั่นคือแรงดันที่เปลี่ยนแปลงไป จะเปลี่ยนแปลงในลักษณะของการเปลี่ยนขนาดเท่านั้น กล่าวคืออาจเกิดแรงดันตกชั่วขณะหรือแรงดันเกิน ซึ่งไม่มีตัวแปรอื่นเข้ามาเกี่ยวข้อง ในทางกลับกันหากค่า V_{sag} ที่ได้เป็นจำนวนเชิงซ้อน (Complex number) โดยปกติแล้วอยู่ในรูปเชิงขั้ว (Polar) ของจำนวนเชิงซ้อน จะเห็นได้ว่าจำนวนเชิงซ้อนจะบอกค่าที่เป็นขนาดและมุม นั่นก็แสดงว่าแรงดันในจุดนั้นจะต้องมีผลของการเลื่อนเฟส เข้ามาเกี่ยวข้องด้วย

ในกรณีที่ค่า Z_S และ Z_F ซึ่งเป็นค่าจำนวนเชิงซ้อน (Z = R+jX) และมีอัตราส่วนของ X/R ที่เท่ากัน การเกิดความผิดพร่องลักษณะเช่นนี้จะไม่มีผลจากการเลื่อนเฟสเข้ามาเกี่ยวข้อง เนื่องจากค่า V_{sag} จะเป็นค่าที่เป็นจำนวนจริงแต่ในความเป็นจริงแล้วกรณีดังกล่าวเป็นเรื่องที่เกิดขึ้นได้ยาก ดังนั้นปัญหาแรงดันตกชั่วขณะโดยส่วนใหญ่จึงต้องนำผลของการเลื่อนเฟสมาเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในการพิจารณาด้วย

2) ระยะเวลา ปัญหาแรงดันตกชั่วขณะที่เกิดขึ้นนั้น ส่วนใหญ่มีสาเหตุมาจากความผิดพร่องที่เกิดขึ้นในระบบไฟฟ้า ดังนั้นระยะเวลาของการเกิดเหตุการณ์จึงขึ้นอยู่กับการทำงานของอุปกรณ์ที่ป้องกันความผิดพร่องอยู่ในระบบไฟฟ้า ซึ่งสามารถสรุปเป็นข้อมูลทั่วไปได้ดังนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Current-Limiting Fuse : น้อยกว่า 1 คาบ

Expulsion Fuse : 10-1,000 ms

Distance Relay with Fast Breaker : 50-100 ms

Distance Relay in Zone 1 : 100-200 ms

Distance Relay in Zone 2 : 200-500 ms

Differential Relay 3 : 100-300 ms

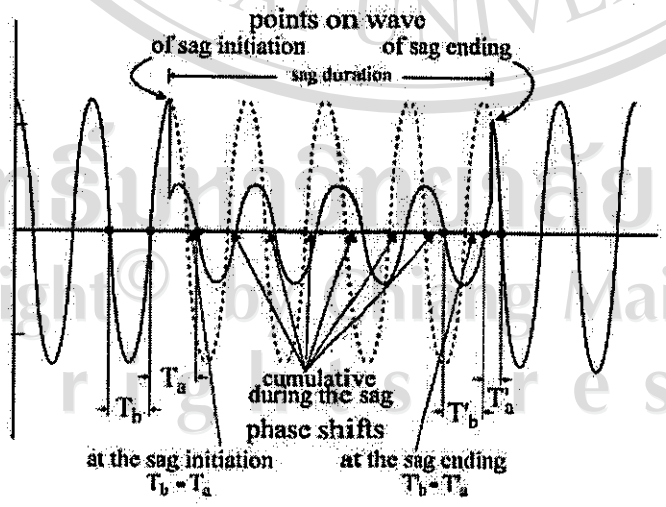
Overcurrent Relay : 200-2000 ms

3) มุมเลื่อนเฟส ปัญหาการเกิดความผิดพร่องขึ้นในระบบไฟฟ้าไม่ได้ทำให้ระดับแรงดันมีขนาดลดลงเท่านั้นแต่ยังเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดปัญหามุมเลื่อนเฟสที่ตัวอุปกรณ์ไฟฟ้าตามมาด้วยดังสมการที่ (2.3)

$$\Delta\phi = \arctan\left(\frac{X_F}{R_F}\right) - \arctan\left(\frac{X_S + X_F}{R_S + R_F}\right) \qquad (2.3)$$

ค่ามุมเลื่อนเฟส $(\Delta\phi)$ ในสมการที่ (2.3) มาจากการแปลงสมการที่ (2.2) ซึ่งค่าของแรงดันเป็นรูปของจำนวนเชิงซ้อนและอยู่แสดงในรูปเชิงขั้วจะแสดงทั้งขนาดและมุม โดยค่าสมการที่ (2.3) หาได้จากการนำค่ามุมของเศษและส่วนของสมการที่ (2.2) มาลบกัน

จากรูปที่ 2.4 แสดงแรงดันตกชั่วขณะที่มีมุมเลื่อนเฟสเป็น -30° ที่จุดเริ่มต้นในการเกิด กล่าวคือแรงดันในช่วงเวลาเกิดความผิดพร่องล้าหลังแรงดันก่อนเกิดความผิดพร่อง (Pre-fault voltage) ที่จุดเริ่มต้นและมีมุมเลื่อนเฟสเป็น $+60^\circ$ ที่จุดสิ้นสุด กล่าวคือแรงดันในช่วงเวลาเกิดความผิดพร่องนำหน้าแรงดันก่อนเกิดความผิดพร่องที่จุดสิ้นสุด

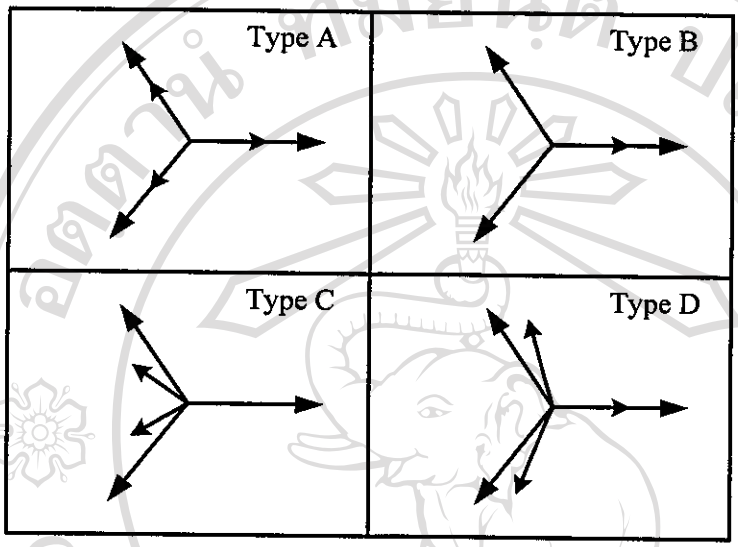


รูปที่ 2.4 องค์ประกอบแรงดันตกชั่วขณะที่มีมุมเลื่อนเฟสในจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดของการเกิด (ที่มา: M.H.J.Bollen [4])

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.4 ชนิดของแรงดันตกชั่วขณะ

การพิจารณาปัญหาแรงดันตกชั่วขณะที่มีสาเหตุมาจากความผิดพร่องในระบบจำหน่าย ที่สำคัญจำแนกออกเป็น 4 ชนิดได้แก่การเกิดความผิดพร่องแบบสามเฟส (Type A) การเกิดความผิดพร่องลงดินเส้นเดียว (Type B) และความผิดพร่องระหว่างสาย (Type C, D) ดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 ชนิดของแรงดันตกชั่วขณะในรูปแบบของเฟสเซอร์ (ที่มา: M.H.J.Bollen [4])

1. Type A เป็นแรงดันตกชั่วขณะที่เกิดจากความผิดพร่องแบบสามเฟส ซึ่งเป็นผลให้แรงดันมีขนาดลดลงทั้ง 3 เฟสแสดงดังสมการที่ (2.4)

$$V_a = V$$
$$V_b = -\frac{1}{2}V - j\frac{\sqrt{3}}{2}V \qquad (2.4)$$
$$V_c = -\frac{1}{2}V + j\frac{\sqrt{3}}{2}V$$

2. Type B เป็นแรงดันตกชั่วขณะที่เกิดจากความผิดพร่องลงดินเส้นเดียว ซึ่งเป็นผลให้แรงดันมีขนาดลดลงหนึ่งเฟส แรงดันตกชั่วขณะชนิดนี้เกิดจากการต่อหม้อแปลงแบบวายต่อลงดิน (Wye-Ground) ซึ่งมีผลของส่วนประกอบลำดับศูนย์เป็นองค์ประกอบ แต่โดยทั่วไปผลจากส่วนประกอบลำดับศูนย์ยากที่จะส่งผลกระทบต่ออุปกรณ์ไฟฟ้าในระบบส่งจ่ายไฟฟ้า เนื่องจากอุปกรณ์สามเฟสในระบบส่วนใหญ่จะต่อใช้งานเป็นแบบเดลตา (Delta) หรือแบบวายไม่ต่อลงดิน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

(Wye-Ungrounded) เพราะการต่อแบบนี้ทำให้ผลรวมของกระแสที่จุดนิวทรอลเป็นศูนย์แสดงดังสมการที่ (2.5)

$$V_a = V$$
$$V_b = -\frac{1}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2} \qquad (2.5)$$
$$V_c = -\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2}$$

3. Type C เป็นแรงดันตกชั่วขณะที่เกิดจากความผิดพร่องระหว่างสาย ในระบบที่ต่อลงดิน (Phase to Ground) เมื่อเกิดความผิดพร่องระหว่างสายขึ้น ระดับแรงดันจะลดลงทั้งสองเฟสและมีผลทำให้มีมุมเลื่อนเฟสเกิดขึ้นด้วย นอกจากนั้นระบบที่ไม่ต่อลงดินก็สามารถก่อให้เกิดรูปแบบชนิดนี้ได้เช่นกัน หากเกิดความผิดพร่องแบบลงดินเส้นเดียวขึ้นแสดงดังสมการที่ (2.6)

$$V_a = 1$$
$$V_b = -\frac{1}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2}V \qquad (2.6)$$
$$V_c = -\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2}V$$

4. Type D เป็นแรงดันตกชั่วขณะที่เกิดจากความผิดพร่องระหว่างสาย ซึ่งเป็นผลให้แรงดันมีขนาดลดลงหนึ่งเฟสและเกิดมุมเลื่อนเฟสขึ้นด้วย โดยทั่วไปจะเกิดกับระบบที่มีอุปกรณ์ไฟฟ้าต่อใช้งานเป็นแบบไม่ต่อลงดินแสดงดังสมการที่ (2.7)

$$V_a = V$$
$$V_b = -\frac{1}{2}V - j\frac{\sqrt{3}}{2} \qquad (2.7)$$
$$V_c = -\frac{1}{2}V + j\frac{\sqrt{3}}{2}$$

2.5 ผลกระทบเนื่องจากแรงดันตกชั่วขณะ

แรงดันตกชั่วขณะเนื่องจากความผิดพร่องเป็นปัญหาที่สำคัญทางด้านคุณภาพไฟฟ้าในผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทอุตสาหกรรม ซึ่งจากการสำรวจพบว่าแรงดันตกชั่วขณะคิดเป็นร้อยละ 92 ของปัญหาในเรื่องคุณภาพไฟฟ้า ปัญหาแรงดันตกชั่วขณะมีผลกระทบโดยตรงต่อผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีลักษณะอ่อนไหวต่อแรงดัน เช่นโหลดที่เป็นคอนเวอร์เตอร์ในภาคอุตสาหกรรม คอมพิวเตอร์ในสำนักงานและวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่มีความไวต่อแรงดัน โดยให้ความสนใจในโหลดที่ความสำคัญ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เช่นศูนย์การแพทย์โรงงานผลิตรถยนต์ อุตสาหกรรมสารกึ่งตัวนำ อุปกรณ์ถ่ายทอดสัญญาณและอาคารสำนักงาน ถึงแม้ว่าผลกระทบที่เกิดจากแรงดันตกชั่วขณะจะไม่สามารถคิดเป็นตัวเงินที่แน่นอนได้แต่ประมาณ ได้ว่ามีค่าหลายล้านบาทต่อปี

ความผิดพร่องในระบบสายส่ง (Transmission System) เช่น 230 กิโลโวลต์สามารถก่อให้เกิดแรงดันตกชั่วขณะและอาจส่งผลกระทบต่ออุปกรณ์ที่มีความไวต่อแรงดันที่อยู่ห่างไกลออกไปได้เป็นร้อยๆ กิโลเมตร ส่วนความผิดพร่องในระบบจำหน่าย (Distribution System) จะแตกต่างออกไป เนื่องจากผลของค่าอิมพีแดนซ์ของหม้อแปลงลดแรงดัน (Step down transformer) และเป็นระบบแบบเรเดียล ทำให้ความผิดพร่องที่เกิดขึ้นส่วนมากจะส่งผลกระทบต่อผู้ใช้ไฟฟ้าที่ใช้งานหม้อแปลงร่วมกันเท่านั้น โดยผู้ใช้ไฟฟ้าในสายป้อน (Feeder) ที่เกิดความผิดพร่องจะมองเห็นแรงดันตกชั่วขณะตามด้วยไฟฟ้าดับ ในขณะที่ผู้ใช้ไฟฟ้าในสายป้อนอื่นๆ ในหม้อแปลงเดียวกันจะมองเห็นแรงดันตกชั่วขณะจนกว่าความผิดพร่องที่เกิดขึ้นจะหายไป

2.5.1 ผลกระทบต่ออุปกรณ์ไฟฟ้า

เมื่อเกิดแรงดันตกชั่วขณะในระบบส่งจ่ายไฟฟ้าจะส่งผลให้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่เชื่อมต่ออยู่ทำงานผิดพลาดหรือล้มเหลวได้เนื่องจากสาเหตุหลักดังต่อไปนี้

1) ระดับแรงดันไม่เพียงพอสำหรับโหลดนั้น ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในโหลดที่มีความไวต่อแรงดันซึ่งแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับจะถูกเรียงกระแส และเปลี่ยนให้เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงสะสมพลังงานไว้ในตัวเก็บประจุและทำงานร่วมกับเรกกูเรเตอร์เพื่อรักษาระดับแรงดันสำหรับจ่ายโหลด ถ้าหากแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงจากตัวเรียงกระแส (Rectifier) มีค่าต่ำกว่าค่าที่เรกกูเรเตอร์สามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง ย่อมทำให้ไม่สามารถจ่ายแรงดันที่โหลดต้องการได้

2) เกิดการทริปของวงจรป้องกันในภาคแรงดันต่ำ ซึ่งโดยปกติแล้วจะมีการติดตั้งเพื่อคอยตรวจสอบระดับแรงดันว่าเพียงพอหรือไม่ แต่บางครั้งการจะกำหนดว่าแรงดันเท่าใดถึงจะเพียงพอนั้นก็ทำได้ยาก เช่นแรงดันที่ 70% อาจเพียงพอในกรณีที่จ่ายโหลดเพียงครึ่ง แม้ว่าจะกำหนดไว้ว่าให้ทำงานที่แรงดัน 90-110% ดังนั้นการเกิดแรงดันตกชั่วขณะ 70% สำหรับกรณีนี้อุปกรณ์ยังทำงานได้อย่างถูกต้อง แต่วงจรป้องกันแรงดันต่ำย่อมสั่งให้ปิดระบบ (Shut down)

3) เกิดการทริปของ Unbalance relay เนื่องจากในระบบไฟฟ้าชนิดสามเฟส แรงดันตกชั่วขณะส่วนมากจะเกิดขึ้นแบบไม่สมดุล (Asymmetrical) จะเกิดเพียงหนึ่งหรือสองเฟส จึงทำให้เกิดแรงดันแบบไม่สมดุลขึ้นได้ ทำให้มอเตอร์หรือหม้อแปลงไฟฟ้าชนิดสามเฟสเกิดความร้อนสูงและเสียหายได้ ดังนั้นจึงมีการติดตั้ง Unbalance relay สำหรับอุปกรณ์ไฟฟ้าเพื่อสั่งให้ปิดระบบเมื่อเกิดปัญหาดังกล่าว หากระดับของความไม่สมดุลเกินกว่าค่าที่ตั้งไว้ ซึ่งปกติจะประมาณ 2-3% แต่แรงดันตกชั่วขณะขนาด20-50% เพียงหนึ่งหรือสองวินาทีไม่สามารถก่อให้เกิดปัญหาความร้อน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สูงต่อมอเตอร์หรือหม้อแปลงไฟฟ้าชนิดสามเฟสได้ แต่ Unbalance relay ก็ต้องปิดระบบเนื่องจากแรงดันตกชั่วขณะได้

2.5.2 ดรรชนีพลังงานสูญเสียของแรงดันตกชั่วขณะ (Voltage Sag Lost Energy Index)

แรงดันตกชั่วขณะจะทำให้เกิดพลังงานสูญเสียในระบบส่งจ่ายไฟฟ้าซึ่งสามารถหาค่าได้ในรูปแบบของดรรชนีพลังงานสูญเสียดังสมการที่ (2.8) [5]

$$W = \left\{1 - \frac{V_a}{V_{nom}}\right\}^{3.14} \times T_a + \left\{1 - \frac{V_b}{V_{nom}}\right\}^{3.14} \times T_b + \left\{1 - \frac{V_c}{V_{nom}}\right\}^{3.14} \times T_c \qquad (2.8)$$

เมื่อ

W คือ ดรรชนีพลังงานสูญเสียในช่วงเวลาเกิดแรงดันตกชั่วขณะ

V_a, V_b, V_c คือ ขนาดของแรงดันตกชั่วขณะในแต่ละเฟส หน่วยเป็น โวลต์

V_{nom} คือ พิกัดแรงดันปกติ ณ ตำแหน่งที่เกิดแรงดันตกชั่วขณะ หน่วยเป็น โวลต์

T_a, T_b, T_c คือ ช่วงเวลาในการเกิดแรงดันตกชั่วขณะในแต่ละเฟส หน่วยเป็น วินาที

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved