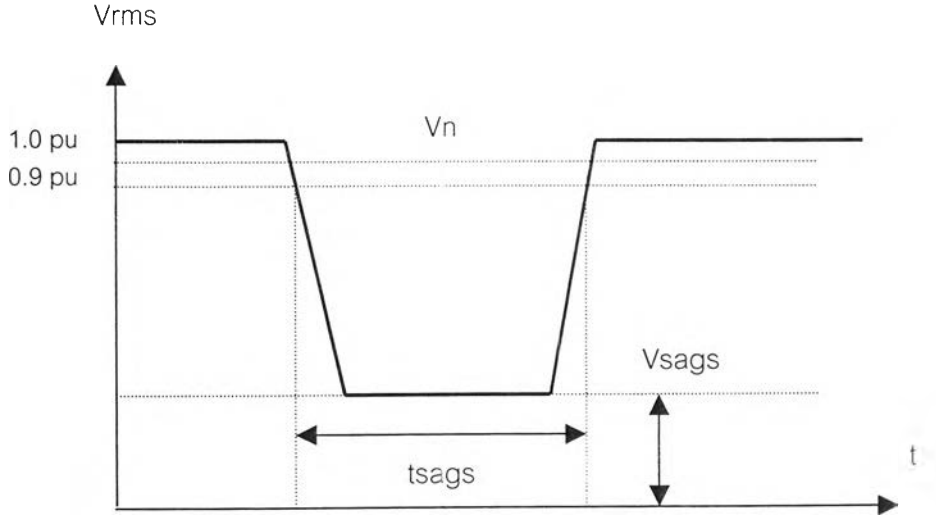
บทที่ 2
ทฤษฎีและวิธีการประเมินแรงดันตกชั่วขณะ

การประเมินแรงดันตกชั่วขณะเนื่องจากการเกิดฟอลต์ในระบบไฟฟ้ากำลังนั้นสามารถทำการประเมินได้ทั้ง ขนาด ระยะเวลา และความถี่ของการเกิดแรงดันตกชั่วขณะในแต่ละระดับ ซึ่งมีทฤษฎีและวิธีการที่ใช้ในการประเมินดังนี้

2.1 คำจำกัดความของแรงดันตกชั่วขณะ (Definition of voltage sags)

ตามมาตรฐาน IEEE 1159-1995 แรงดันตกชั่วขณะ คือการลดขนาดของแรงดันลงไปอยู่ระหว่าง 0.1 ถึง 0.9 เปอร์ยูนิตของแรงดัน rms ปกติ ภายในระยะเวลา 0.5 ไซเคิล ถึง 1 นาที [2]



รูปที่ 2.1 คำจำกัดความของแรงดันตกชั่วขณะ

Vsags คือ ขนาดของแรงดันตกชั่วขณะมีค่าเท่ากับขนาดของแรงดันที่เหลืออยู่ (Remaining voltage) เมื่อทำการวัดเป็นเปอร์เซนต์ของ Vn

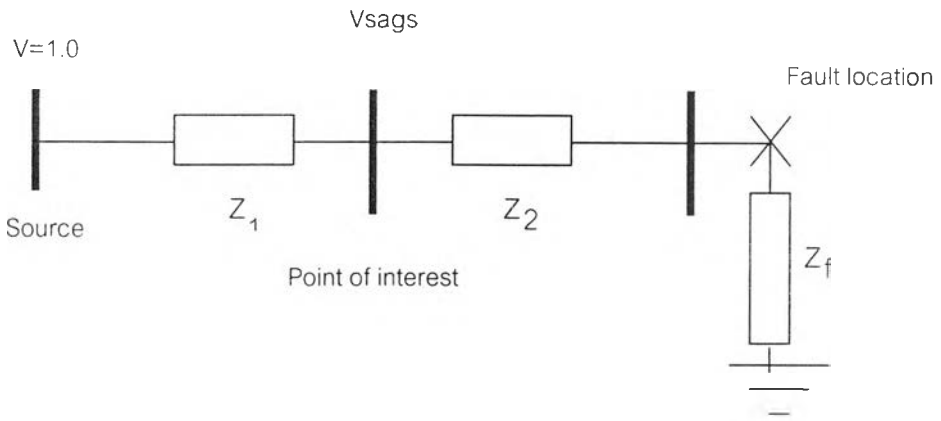
โดยที่ Vn คือ แรงดันปกติ (nominal voltage)

และ tsags คือ ระยะเวลาของการเกิดแรงดันตกชั่วขณะ

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.2 การประเมินขนาดของแรงดันตกชั่วขณะ

ขนาดของแรงดันตกชั่วขณะคือขนาดของแรงดันที่เหลืออยู่ (Remaining voltage) ขณะที่เกิดแรงดันตกชั่วขณะโดยการประเมินขนาดของแรงดันตกชั่วขณะนั้นจะได้มาจากการใช้ทฤษฎีของการแบ่งแรงดัน (Voltage divider) จากรูปที่ 2.2 สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้ [5]



รูปที่ 2.2 การแบ่งขนาดแรงดันตกชั่วขณะ

$$Vsags = \frac{Z_2 + Z_f}{Z_1 + Z_2 + Z_f} \tag{2.1}$$

สำหรับ Z_1, Z_2 คือค่าอิมพีแดนซ์จริงของสายส่ง และ Z_f คือ ค่าฟอลต์อิมพีแดนซ์

จากรูปที่ 2.2 เป็นการแสดงตัวอย่างในกรณีที่เกิดฟอลต์ 3 เฟส ซึ่งเป็นฟอลต์แบบสมมาตร ข้อมูลสำคัญที่ต้องใช้ในการคำนวณคือค่าอิมพีแดนซ์ลำดับบวกในระบบจำหน่าย ถ้ากรณีที่เป็นฟอลต์แบบไม่สมมาตรค่าอิมพีแดนซ์ลำดับลบและลำดับศูนย์ก็จะต้องนำมาใช้ในการคำนวณด้วย นอกจากนี้รูปแบบการต่อของหม้อแปลงและแรงดันก่อนเกิดฟอลต์ก็มีความจำเป็นต้องทราบเพื่อเพิ่มความถูกต้องในการคำนวณ สำหรับระบบร่างแห(Network) สามารถคำนวณขนาดของแรงดันตกชั่วขณะได้โดยพิจารณาให้ระบบมี N บัสรวมทั้งบัสที่ใช้อ้างอิง (Reference bus) ใช้ทฤษฎีการวางซ้อนของเทวินิน (Thevenin's superposition) กำหนดแรงดันก่อนเกิดฟอลต์คือ $V_k^{(0)}$ และให้ฟอลต์เกิดที่บัส f สามารถคำนวณขนาดแรงดันตกชั่วขณะที่บัส k ได้จากสมการ [8]

$$V_k = V_k^{(0)} + \Delta V_k \tag{2.2}$$

ΔV_k คือการเปลี่ยนแปลงของแรงดันที่บัส k เนื่องจากการเกิดฟอลต์โดยให้มีแหล่งจ่ายแรงดัน $-V_f^{(0)}$ ต่อเข้าที่ตำแหน่งการเกิดฟอลต์ และใช้ทฤษฎีบัสอิมพีแดนซ์เมตริกซ์ (Bus impedance matrix) จากความสัมพันธ์ $[V] = [Z][I]$

$$\begin{bmatrix} \Delta V_1 \\ \vdots \\ \Delta V_f \\ \vdots \\ \Delta V_k \\ \vdots \\ \Delta V_m \\ \vdots \\ \Delta V_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_{11} & \cdots & Z_{1f} & \cdots & Z_{1k} & \cdots & Z_{1m} & \cdots & Z_{1n} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ Z_{f1} & \cdots & Z_{ff} & \cdots & Z_{fk} & \cdots & Z_{fm} & \cdots & Z_{fn} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ Z_{k1} & \cdots & Z_{kf} & \cdots & Z_{kk} & \cdots & Z_{km} & \cdots & Z_{kn} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ Z_{m1} & \cdots & Z_{mf} & \cdots & Z_{mk} & \cdots & Z_{mm} & \cdots & Z_{mn} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ Z_{n1} & \cdots & Z_{nf} & \cdots & Z_{nk} & \cdots & Z_{nm} & \cdots & Z_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ \vdots \\ I_f \\ \vdots \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix} \tag{2.3}$$

จะทำให้สามารถคำนวณ ΔV_k ได้จากสมการ

$$\Delta V_k = Z_{kf} I_f \tag{2.4}$$

ที่ตำแหน่งเกิดฟอลต์ (k = f) และ $\Delta V_f = -V_f^{(0)}$ ดังนั้น

$$I_f = \frac{-V_f^{(0)}}{Z_{ff}} \tag{2.5}$$

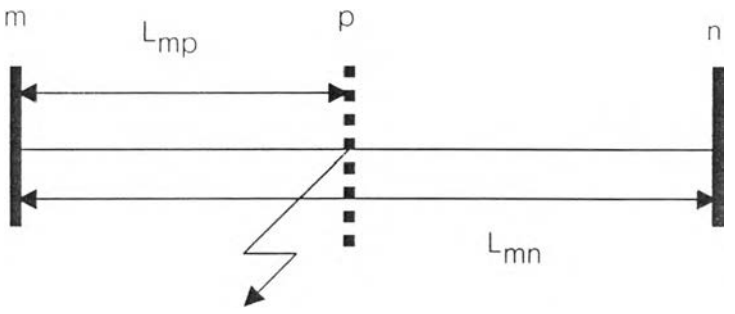
และจากสมการที่ (2.2)

$$V_k = V_k^{(0)} - \frac{Z_{kf}}{Z_{ff}} V_f^{(0)} \tag{2.6}$$

ถ้าแรงดันก่อนเกิดฟอลต์สามารถประมาณให้ใกล้เคียงกันและเท่ากับ 1เปอร์ยูนิตจะได้

$$V_k = 1 - \frac{Z_{kf}}{Z_{ff}} \tag{2.7}$$

ส่วนกรณีที่ตำแหน่งการเกิดฟอลต์กระจายเกิดขึ้นบนสายส่งดังรูปที่2.3 สามารถคำนวณขนาดของแรงดันตกชั่วขณะ V_k ที่บัส k ได้ดังนี้ [1]



รูปที่ 2.3 สายส่งระหว่างบัส m – n ที่มีการเพิ่มบัส p เข้าไป

จากรูปที่ 2.3 มีการเกิดฟอลต์ขึ้นบนสายส่งระหว่างบัส m – n ที่ตำแหน่ง p ในการคำนวณจะทำการเพิ่มบัส p เข้าไปยังตำแหน่งที่เกิดฟอลต์ขึ้นบนสายส่งเพื่อใช้ในการคำนวณโดยจะทำการนิยามค่า λ ซึ่งใช้แทนตำแหน่งการเกิดฟอลต์ระหว่างบัส m – n ดังนี้

$$\lambda = \frac{L_{mp}}{L_{mn}} \qquad (0 \le \lambda \le 1) \tag{2.8}$$

ค่า λ สามารถเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง 0 ถึง 1 ตามตำแหน่งของบัส p ที่เปลี่ยนระหว่างบัส m – n ทำให้สามารถคำนวณ Z_{kp} และ Z_{pp} ได้ตามลำดับจากสมการ

$$Z_{kp} = (1 - \lambda) Z_{km} + \lambda Z_{kn} \tag{2.9}$$

และ

$$Z_{pp} = (1-\lambda)^2 Z_{mm} + \lambda^2 Z_{nn} + 2\lambda(1-\lambda)Z_{mn} + \lambda(1-\lambda)z_{mn} \qquad (2.10)$$

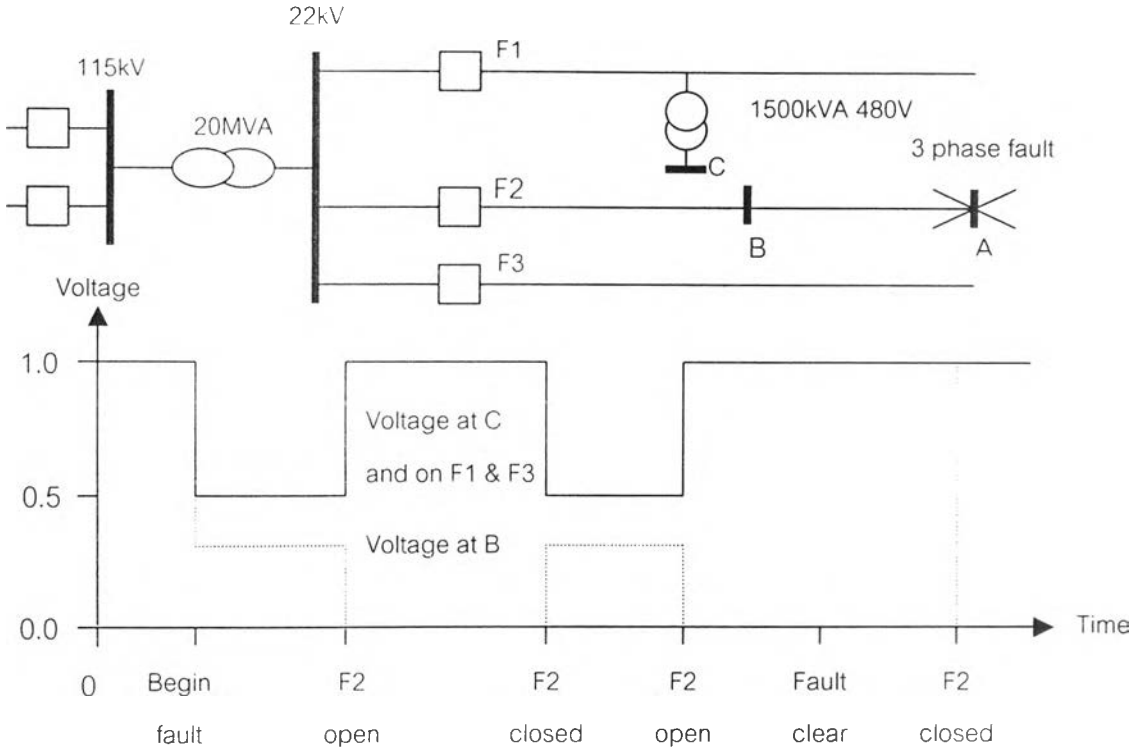
สำหรับค่า $Z_{pp}, Z_{mm}, Z_{nn}, Z_{mn}$ คือ ค่าที่อยู่ตามตำแหน่งในบัสอิมพีแดนซ์เมตริกซ์ และ z_{mn} คือค่าอิมพีแดนซ์จริงของสายส่งระหว่างบัส $m - n$

ขนาดของแรงดันตกชั่วขณะ V_k ที่บัส k จากการเกิดฟอลต์ที่ตำแหน่ง p บนสายส่ง $m - n$ สามารถคำนวณได้โดยแทนสมการที่ (2.9) และ (2.10) ในสมการที่ (2.7)

$$V_k = 1 - \frac{(1-\lambda)Z_{km} + \lambda Z_{kn}}{(1-\lambda)^2 Z_{mm} + \lambda^2 Z_{nn} + 2\lambda(1-\lambda)Z_{mn} + \lambda(1-\lambda)z_{mn}} \qquad (2.11)$$

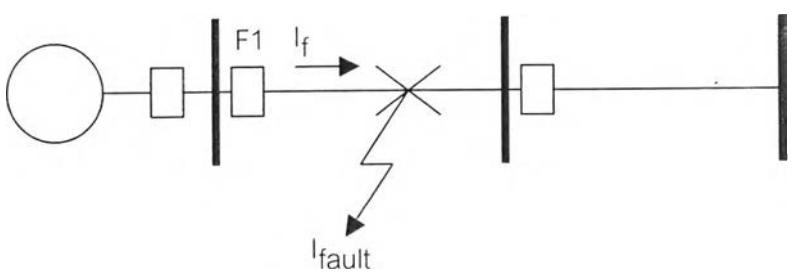
2.3 การประเมินระยะเวลาของการเกิดแรงดันตกชั่วขณะ

ระยะเวลาของการเกิดแรงดันตกชั่วขณะในแต่ละครั้งนั้นสามารถประเมินได้จากระยะเวลาการกำจัดฟอลต์ของอุปกรณ์ป้องกัน[4] ฟอลต์แต่ละชนิดจะมีเวลาใช้ในการกำจัดต่างกันซึ่งอุปกรณ์ป้องกันพยายามที่จะใช้เวลาน้อยที่สุดในการกำจัดฟอลต์แต่ในทางปฏิบัติเวลาในการกำจัดฟอลต์นั้นจะเป็นไปตามการจัดลำดับความสัมพันธ์ (Coordination) ในการทำงานของอุปกรณ์ป้องกัน



รูปที่ 2.4 ระยะเวลาการเกิดแรงดันตกชั่วขณะในระบบไฟฟ้ากำลัง

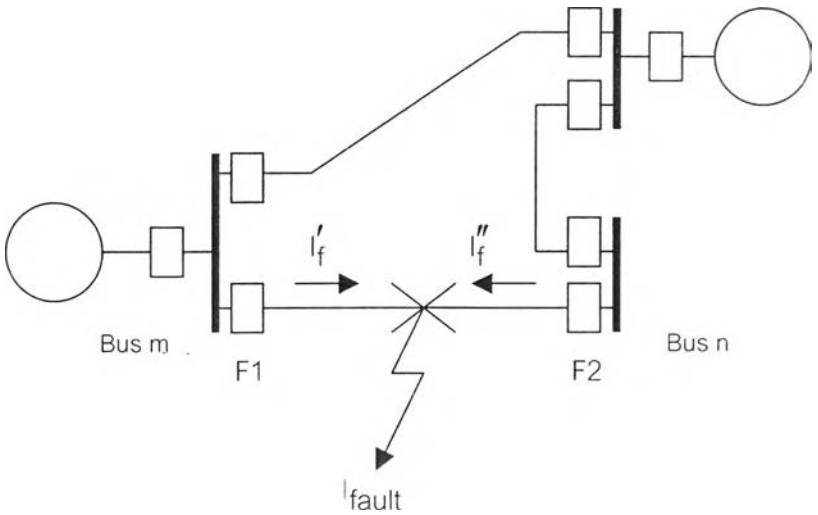
จากรูปที่ 2.4 แสดงให้เห็นการเกิดแรงดันตกชั่วขณะที่จุด C และ B จะเห็นได้ว่าตำแหน่งที่อยู่ใกล้กับจุดเกิดฟอลต์จะมีระดับแรงดันตกชั่วขณะที่สูงกว่า และระยะเวลาการเกิดแรงดันตกชั่วขณะจะขึ้นอยู่กับระยะเวลาในการทำงานของอุปกรณ์ป้องกันโดยใช้ค่ากระแสที่ผ่านอุปกรณ์นั้นๆในขณะเกิดฟอลต์เป็นค่าที่กำหนดระยะเวลาการทำงานซึ่งในกรณีของระบบเรเดียล (Radial) จะมีอุปกรณ์ป้องกันอยู่ด้านแหล่งจ่ายด้านเดียวดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 การเกิดฟอลต์ของระบบเรเดียล (Radial)

จากรูปที่ 2.5 จะเห็นได้ว่าค่ากระแส I_f คือค่ากระแสที่ผ่านอุปกรณ์ป้องกัน F1 และมีค่าเท่ากับกระแสฟอลต์ (I_{fault}) ซึ่งจะกำหนดระยะเวลาการทำงานของอุปกรณ์ป้องกัน F1 โดยค่ากระแส $I_f = I_{fault}$ จะสามารถหาได้จากสมการที่ (2.5)

ส่วนในกรณีของระบบร่างแห (Network) ด้วยการต่อกันของระบบที่มีลักษณะเป็นร่างแห ทำให้ที่ตำแหน่งเกิดฟอลต์จะมีกระแสมาจากทั้งสองด้านในการทำงานของอุปกรณ์ป้องกันจะมีอุปกรณ์ป้องกันอยู่ทั้งสองด้านดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 การเกิดฟอลต์ของระบบร่างแห (Network)

หลักการทำงานคือเมื่อเกิดฟอลต์ I_{fault} ขึ้น อุปกรณ์ป้องกัน F1 จะทำงานด้วยค่ากระแส I'_f และอุปกรณ์ป้องกัน F2 จะทำงานด้วยค่ากระแส I''_f โดยเมื่ออุปกรณ์ป้องกันตัวใดทำงานก่อนจะส่งสัญญาณให้อีกตัวหนึ่งตัดวงจรออกจากระบบพร้อมกัน ดังนั้นในการหาระยะเวลาการทำงานของอุปกรณ์ป้องกันต้องหาว่าอุปกรณ์ตัวใดทำงานก่อนแล้วใช้ค่าเวลาในการทำงานของอุปกรณ์ตัวนั้นมาเป็นระยะเวลาของการเกิดแรงดันตกชั่วขณะที่เกิดขึ้นโดยจากรูปที่ 2.6 ค่ากระแส I'_f และ I''_f สามารถหาได้จากสมการที่ (2.12) และ (2.13) ตามลำดับ

$$I'_f = \frac{V_m - V_f}{\lambda z_{mn}} \tag{2.12}$$

$$I''_f = \frac{V_n - V_f}{(1-\lambda) z_{mn}} \tag{2.13}$$

โดยที่ V_f คือ ค่าแรงดันขณะเกิดฟอลต์ที่ตำแหน่งเกิดฟอลต์

V_m และ V_n คือ ค่าแรงดันขณะเกิดฟอลต์ที่บัส m และบัส n ตามลำดับ

z_{mn} คือ ค่าอิมพีแดนซ์จริงของสายส่งระหว่างบัส $m - n$

λ แทนตำแหน่งการเกิดฟอลต์ระหว่างบัส $m - n$ ซึ่งนิยามตามสมการที่ (2.8)

2.4 การประเมินความถี่ของการเกิดแรงดันตกชั่วขณะ [5]

ความถี่ของการเกิดแรงดันตกชั่วขณะสามารถประเมินได้โดยอาศัยแบบจำลองค่าอิมพีแดนซ์ของระบบไฟฟ้ากำลังและข้อมูลความน่าเชื่อถือ(Reliability) ของอุปกรณ์ในระบบไฟฟ้ากำลัง เช่น หม้อแปลงไฟฟ้า สายส่ง อุปกรณ์ป้องกัน เป็นต้น จากแผนผังระบบไฟฟ้าในรูปที่ 2.4 สมมติให้ค่าอิมพีแดนซ์ของสายส่งมีค่า 0.35 เปอร์ยูนิตต่อกิโลเมตร และจากการคำนวณพบว่าที่ตำแหน่งการเกิดฟอลต์ 3 เฟส ห่าง 2.5 กิโลเมตรจากบัส 12 kV จะทำให้ เกิดแรงดันตกชั่วขณะที่จุด C มีค่า 50% จากแรงดันปกติ จะเห็นได้ว่าบนสายส่ง F2 ถ้าเกิดฟอลต์ 3 เฟสในช่วง 2.5 กิโลเมตรระหว่างบัส 12 kV กับจุดเกิดฟอลต์จะเกิดแรงดันตกชั่วขณะตั้งแต่ 50% จากแรงดันปกติหรือมากกว่านั้น ถ้าจากข้อมูลทางสถิติพบว่าสายส่งมีอัตราการเกิดฟอลต์ 3 เฟสแบบสม่ำเสมอ 0.2 ครั้ง ต่อกิโลเมตร ต่อปี ทำให้สามารถคำนวณความถี่ของการเกิดแรงดันตกชั่วขณะที่จุด C ที่ระดับ 50% จากแรงดันปกตินั้นได้ดังสมการที่ (2.14)

$$\text{Sag}_{50\%} = 0.2 \frac{\text{fault}}{\text{km} - \text{year}} \times 2.5\text{km} = 0.5 \frac{\text{sags}}{\text{year}} \qquad (2.14)$$

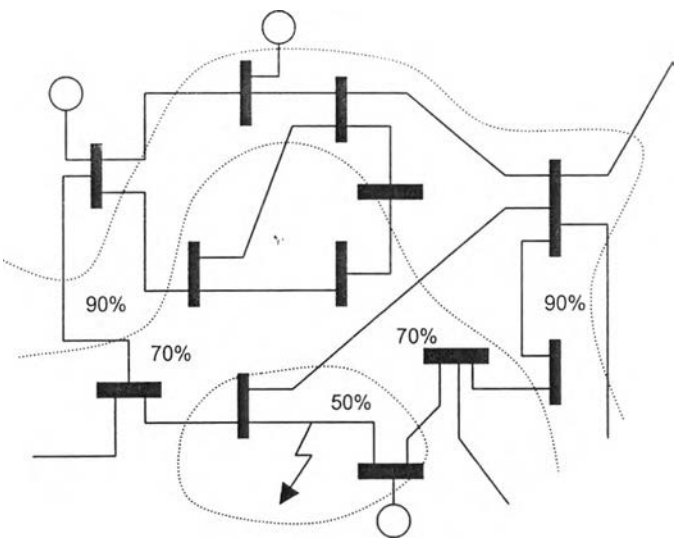
พิจารณาแบบเดียวกันอีกครั้งบนสายส่ง F3 ถ้าสายส่งทั้งสองมีลักษณะและคุณสมบัติเหมือนกันจะทำให้คำนวณแรงดันตกชั่วขณะที่จุด C ที่ระดับ 50% จากแรงดันปกติ เป็น 1 Sags/year จากตัวอย่างนี้เป็นการแสดงให้เห็นถึงวิธีการประเมินความถี่ของแรงดันตกชั่วขณะจาก 2 จุดที่เกิดฟอลต์ชนิด 3 เฟส ในการประเมินจริงนั้นต้องทำการประเมินโดยพิจารณาฟอลต์แบบไม่สมมาตรที่สามารถเกิดขึ้นได้ด้วย

2.5 วิธีการที่ใช้ในการประเมิน

จากทฤษฎีที่ใช้ในการประเมินเพื่อหาขนาด ระยะเวลา และความถี่ของการเกิดแรงดันตก ชั่วขณะเนื่องจากการเกิดฟอลต์ในระบบไฟฟ้ากำลังที่ได้กล่าวไปแล้วนั้น จะมีวิธีการนำไปประยุกต์ใช้ในการประเมินจริงอยู่ 2วิธี ดังนี้

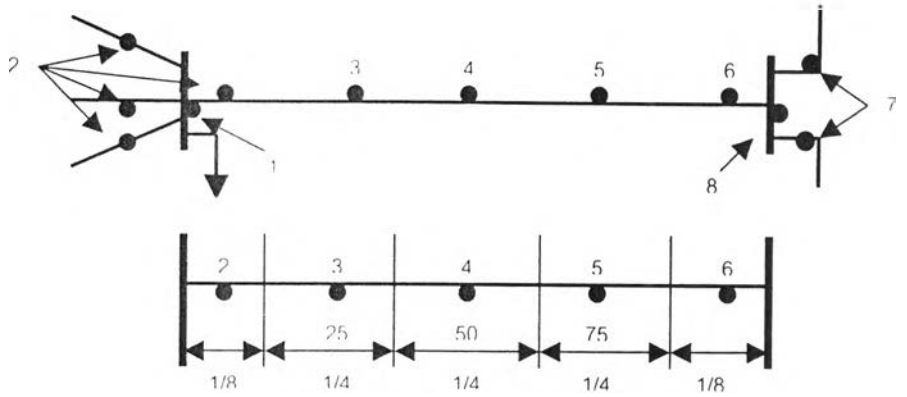
2.5.1 วิธีตำแหน่งการเกิดฟอลต์ (Method of fault positions) [9]

เป็นวิธีที่ประเมินระดับแรงดันตกชั่วขณะโดยจะคำนวณขนาดและระยะเวลาจากการเกิดฟอลต์หลายๆตำแหน่งที่สามารถเกิดขึ้นได้ในระบบไฟฟ้ากำลังและส่งผลให้เกิดแรงดันตกชั่วขณะ ณ ตำแหน่งที่สนใจ หลังจากนำอัตราการเกิดของฟอลต์ของแต่ละอุปกรณ์มาพิจารณาจะทำให้สามารถคำนวณจำนวนครั้งหรือความถี่ของการเกิดฟอลต์ได้



รูปที่ 2.7 ระดับของแรงดันตกชั่วขณะที่ส่วนต่างๆของระบบเมื่อเกิดฟอลต์บนสายส่ง

จากรูปที่ 2.7 เมื่อพิจารณาการเกิดฟอลต์ที่ตำแหน่งหนึ่งบนสายส่ง แล้วทำให้เกิดแรงดันตกชั่วขณะไปยังบริเวณรอบๆในระบบ เส้นบอกระดับจะแสดงให้เห็นระดับของแรงดันตกชั่วขณะที่เกิดขึ้นที่ตำแหน่งต่างๆ แต่สำหรับวิธีตำแหน่งการเกิดฟอลต์จะทำการกำหนดตำแหน่งที่สนใจแล้วพิจารณาการเกิดฟอลต์ที่ตำแหน่งอื่นๆที่สามารถเกิดขึ้นได้ในระบบว่าส่งผลอย่างไรต่อระดับแรงดันของตำแหน่งที่สนใจ



รูปที่ 2.8 ตำแหน่งการเกิดฟอลต์

พิจารณาสายส่งยาว 100 กิโลเมตรในรูปที่ 2.8 มีอัตราการเกิดฟอลต์ 8 ครั้งต่อ 100 กิโลเมตร ต่อปี และฟอลต์ 10 ครั้ง ต่อ 100 สถานีไฟฟ้าย่อย ต่อปี สำหรับฟอลต์ที่เกิดในระบบจะถูกแทนด้วยตำแหน่งการเกิดฟอลต์ 8 ตำแหน่ง ฟอลต์ตำแหน่งที่ 1 และ 8 แสดงการเกิดฟอลต์ในสถานีไฟฟ้าย่อย ตำแหน่งที่ 2 และ 6 แสดงการเกิดฟอลต์ที่ตำแหน่งใกล้กับสถานีไฟฟ้าย่อย ตำแหน่งที่ 3, 4 และ 5 แสดงการเกิดฟอลต์ที่ตำแหน่ง 25%, 50% และ 75% ตามลำดับ ในแต่ละตำแหน่งการเกิดฟอลต์ ค่าของขนาด ระยะเวลาและความถี่ของแรงดันตกชั่วขณะ ณ ตำแหน่งที่สนใจและใช้เป็นตำแหน่งพิจารณาคือตำแหน่งที่ 1 สามารถคำนวณได้ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ผลที่ได้จากการประเมินด้วยวิธีตำแหน่งการเกิดฟอลต์ของรูปที่ 2.8

ลำดับ	ตำแหน่งการเกิดฟอลต์	ความถี่ (ครั้ง/ปี)	ขนาด(%)	ระยะเวลา (ms)
1	บัสฟอลต์ที่สถานีไฟฟ้าย่อย	0.1	0	180
2	ฟอลต์บนสายส่งใกล้กับสถานีไฟฟ้าย่อย	4	0	80
3	ฟอลต์ที่ระยะ25%ของสายส่ง	2	32	90
4	ฟอลต์ที่ระยะ50%ของสายส่ง	2	49	105
5	ฟอลต์ที่ระยะ75%ของสายส่ง	2	57	110
6	ฟอลต์ที่ระยะ100%ของสายส่ง	1	64	250
7	ฟอลต์ที่ระยะ0%ของสายส่งห่างไกล	2	64	90
8	บัสฟอลต์ในสถานีไฟฟ้าย่อยห่างไกล	0.1	64	180

จากตารางที่ 2.1 สามารถทำเป็นลักษณะของตารางแสดงความหนาแน่นของการเกิดแรงดันตกชั่วขณะในแต่ละช่วงขนาดและระยะเวลาได้ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ตารางแสดงค่าความถี่การเกิดของแรงดันตกชั่วขณะในแต่ละช่วงขนาดและระยะเวลา

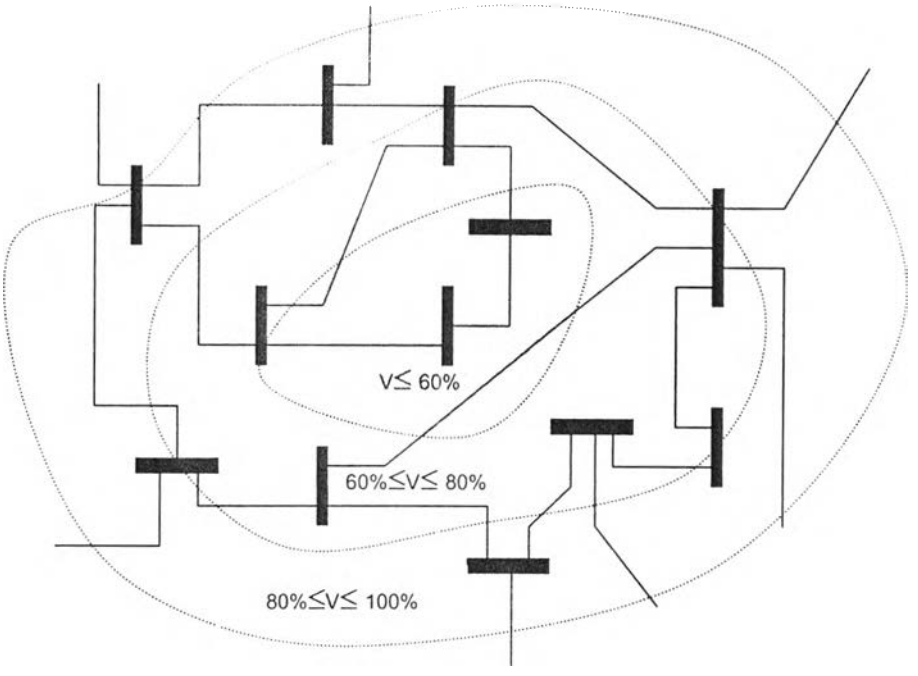
ขนาด(%)	ระยะเวลา เป็นมิลลิวินาที (ms)		
	0<100	100<200	>=200
>60%-80%	2.0	0.1	1.0
>40%-60%	0.0	4.0	0.0
>20%-40%	2.0	0.0	0.0
0-20%	4.0	0.1	0.0

และจากตารางที่ 2.2 สามารถทำเป็นลักษณะของตารางความถี่สะสมของระดับแรงดันตกชั่วขณะได้ดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ตารางความถี่สะสมของระดับแรงดันตกชั่วขณะ

ขนาด(%)	ระยะเวลา เป็นมิลลิวินาที (ms)		
	0	100	200
80%	13.2	5.2	1.0
60%	10.1	4.1	0.0
40%	6.1	0.1	0.0
20%	4.1	0.1	0.0

การคำนวณระดับแรงดันตกชั่วขณะด้วยวิธีตำแหน่งการเกิดฟอลต์นั้น ในแต่ละจุดที่คำนวณจะมีเมตริกซ์อิมพีแดนซ์ที่ต่างกันไปทุกครั้ง ดังนั้นวิธีการคำนวณแบบนี้ต้องใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์มาช่วยในการคำนวณและวิธีนี้มีความเหมาะสมที่จะใช้กับระบบที่มีลักษณะเป็นแบบร่างแห (Network) ที่ซับซ้อน นอกจากนี้ข้อมูลขนาดของแรงดันตกชั่วขณะสามารถนำมาแสดงเป็นเส้นแสดงพื้นที่ของระดับแรงดันตกชั่วขณะลงบนแผนผังระบบไฟฟ้ารอบตำแหน่งที่สนใจเพื่อให้เห็นถึงระยะที่ทำให้เกิดแรงดันตกชั่วขณะที่ระดับต่างๆกันดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 พื้นที่ของระดับแรงดันตกชั่วขณะในระบบจำหน่าย

2.5.2 **วิธีระยะวิกฤต** (Method of critical distance) [7]

วิธีการนี้จะเป็นการคำนวณหาตำแหน่งการเกิดฟอลต์ที่ทำให้เกิดระดับแรงดันตกชั่วขณะที่ต้องการโดยอาศัยทฤษฎีการแบ่งแรงดันจากสมการที่ (2.1)และความสัมพันธ์ของค่าอิมพีแดนซ์กับระยะทางของสายส่ง กำหนดให้ $Z_2 = z\lambda$ โดย z คือ ค่าอิมพีแดนซ์ของสายส่งต่อหน่วยความยาวและ λ คือ ความยาวของสายส่งระหว่างจุดที่เกิดฟอลต์กับตำแหน่งที่สนใจ จะได้สมการดังนี้

$$Vsags = \frac{z\lambda}{z\lambda + Z_1} (Z_f = 0) \tag{2.15}$$

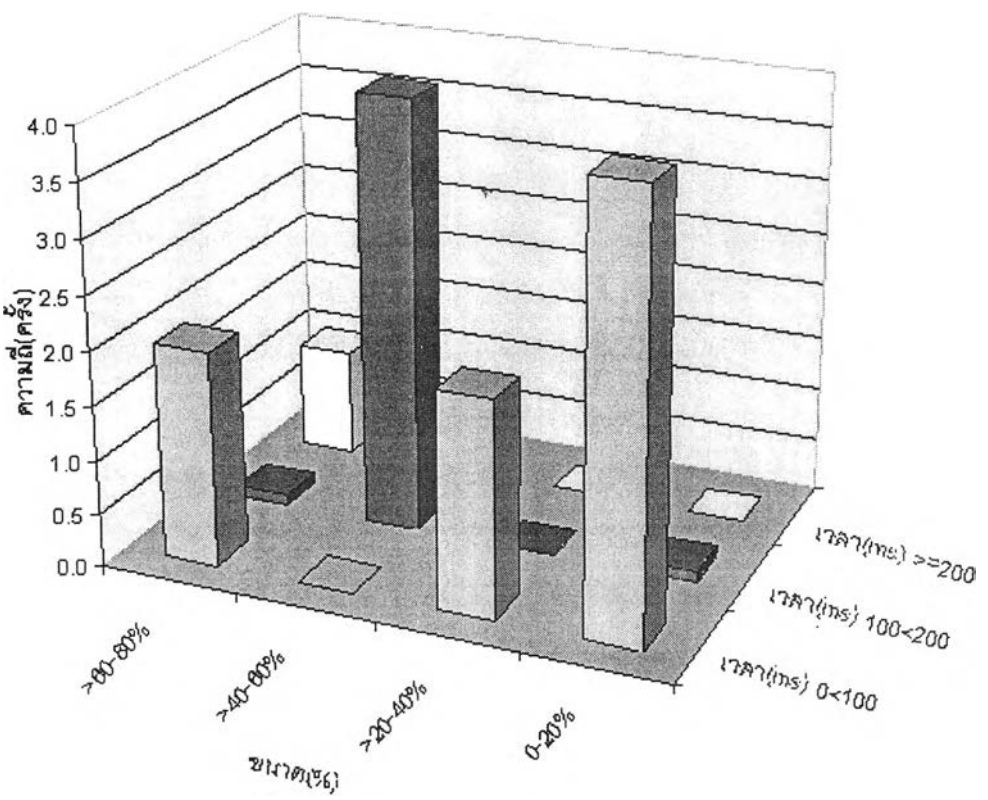
ระยะวิกฤต(λ_{crit}) คือระยะที่เกิดฟอลต์ห่างจากตำแหน่งที่สนใจแล้วทำให้เกิดแรงดันตกชั่วขณะ(V_{crit}) ที่ต้องการ ดังนั้น λ_{crit} สามารถหาได้จากสมการ

$$\lambda_{crit} = \frac{Z_1}{z} \times \frac{V_{crit}}{1 - V_{crit}} \tag{2.16}$$

เมื่อทำการกำหนดระดับแรงดันตกชั่วขณะทุกระดับที่ต้องการแล้วก็จะสามารถหาทุกระยะที่ต้องการในการใช้เป็นตำแหน่งการเกิดฟอลต์ เพื่อคำนวณระยะเวลา และความถี่ของการเกิดแรงดันตกชั่วขณะ ณ ตำแหน่งที่สนใจได้ต่อไป วิธีการนี้เหมาะสำหรับการคำนวณเฉพาะบางตำแหน่งในระบบไฟฟ้ากำลังที่มีลักษณะของสายส่งเป็นแบบเรเดียล(Radial) หรือเป็นแบบร่างแห (Network) ที่ไม่ซับซ้อนมาก เช่น สายป้อนวงจรขนาน (Parallel feeder)

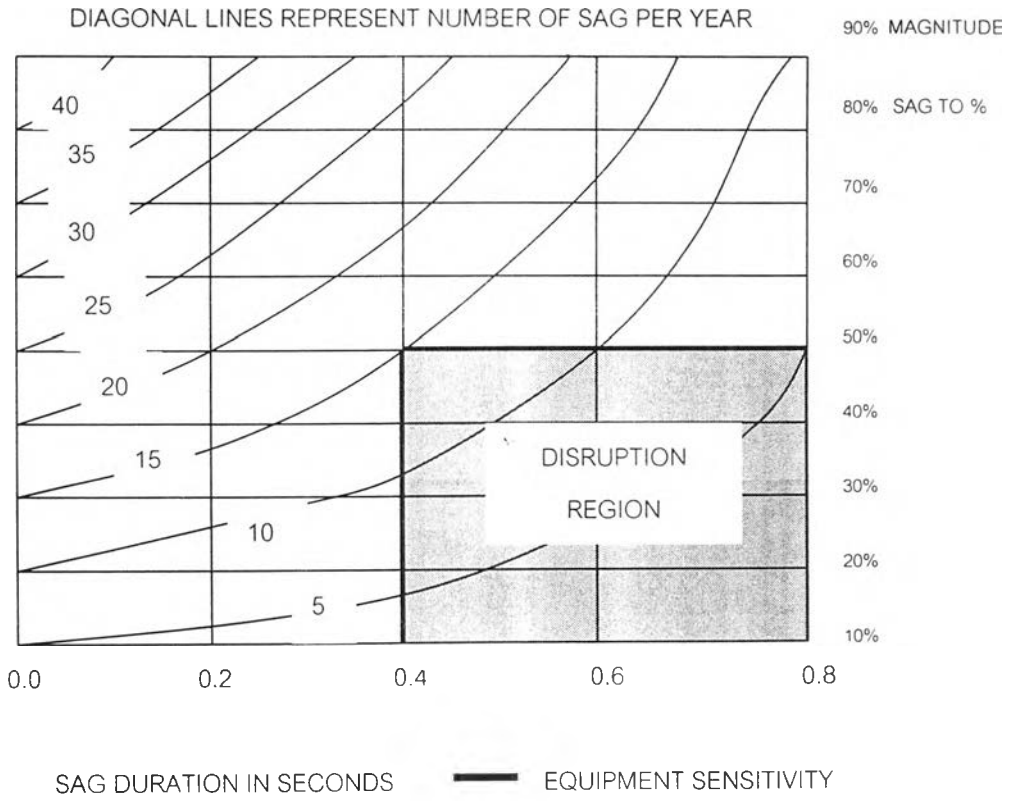
2.6 ผลลัพธ์ที่ได้จากการประเมิน [8]

จากการประเมินของทั้ง 2 วิธี ณ ตำแหน่งที่สนใจ ผลลัพธ์ที่ได้คือข้อมูลในตารางแสดงความหนาแน่นของการเกิดแรงดันตกชั่วขณะ (Voltage sags density table) ในแต่ละช่วงขนาดและระยะเวลาสามารถนำมาแสดงได้ในแบบกราฟแท่ง 3 มิติดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 ตัวอย่างกราฟแท่ง 3 มิติที่ได้จากตารางแสดงความหนาแน่นของการเกิดแรงดันตกชั่วขณะในแต่ละช่วงขนาดและระยะเวลาจากตารางที่ 2.2

ข้อมูลในตารางความถี่สะสม (Cumulative frequency table) สามารถนำมาแสดงได้ในแบบแผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ของระดับแรงดันตกชั่วขณะ (Voltage sags coordination chart) ดังรูปที่ 2.11 ที่มีลักษณะเป็นตารางโดยแกนตั้งจะแสดงขนาดของแรงดันตกชั่วขณะและแกนนอนจะแสดงระยะเวลาการเกิดแรงดันตกชั่วขณะสำหรับเส้นโครงร่างบนตารางแต่ละเส้นจะแทนจำนวนครั้งของการเกิดแรงดันตกชั่วขณะต่อปี โดยข้อมูลที่นำมาใช้ในการสร้างแผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ของระดับแรงดันตกชั่วขณะในส่วนของระบบนั้นสามารถได้มาจากการตรวจวัดหรือจากการประเมินโดยพิจารณาจากการเกิดฟอลต์ในระบบไฟฟ้ากำลัง ส่วนข้อมูลของอุปกรณ์นั้นสามารถได้มาจากคุณลักษณะประจำตัวของอุปกรณ์หรือจากการทดสอบ



รูปที่ 2.11 ตัวอย่างแผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ของระดับแรงดันตกชั่วขณะ

เมื่อนำข้อมูลของทั้งสองมาแสดงอยู่ในแผนภูมิเดียวกันจะทำให้สามารถประเมินได้ว่าอุปกรณ์ที่ใช้สามารถรับการเกิดแรงดันตกชั่วขณะต่อหน่วยเวลาของระบบได้หรือไม่ เพื่อเป็นประโยชน์ในการเลือกอุปกรณ์ที่จะนำมาใช้ให้เหมาะสมกับระบบต่อไป