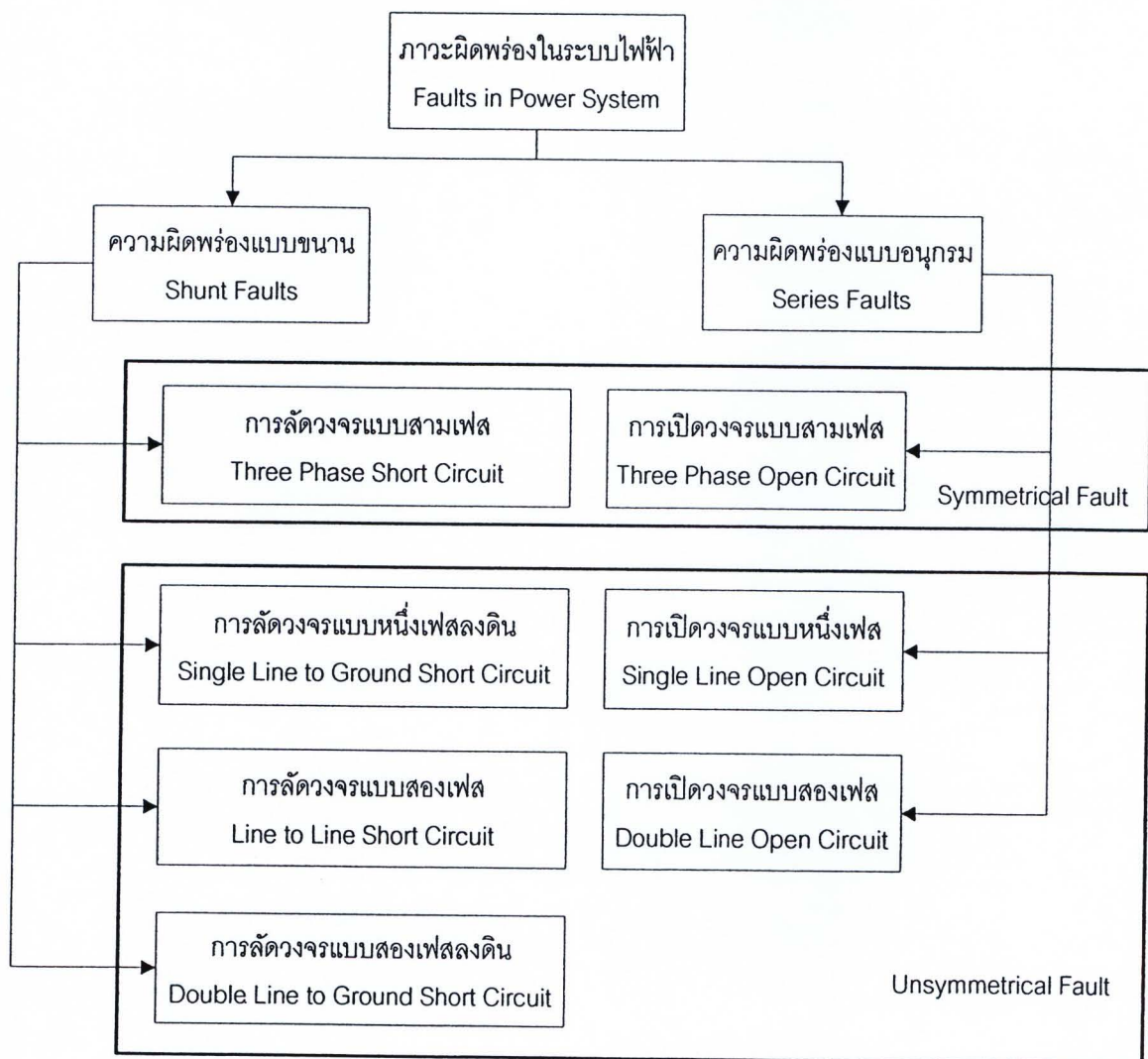


การคำนวณค่ากระแสผิดพลาดแบบลัดวงจรวงจรในระบบไฟฟ้ากำลัง

ความผิดพลาดของระบบไฟฟ้า คือ ภาวะที่ระบบไฟฟ้า เปลี่ยนแปลงไปจาก สภาวะปกติ อันเนื่องมาจากหลายสาเหตุ เช่น เกิดจากการชำรุดเองของอุปกรณ์ตามการเวลา ฟ้าผ่า ต้นไม้ทับสายส่ง เป็นต้น โอกาสที่จะเกิดความผิดพลาดในระบบไฟฟ้ากำลังสามารถแบ่งได้ดังรูปที่ 5.1

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงวิธีการคำนวณค่ากระแสที่เกิดจากความผิดพลาดแบบลัดวงจรเท่านั้น ซึ่งจากรูปที่ 5.1 สามารถแบ่งประเภทของการลัดวงจรตามลักษณะการเกิดได้เป็น การลัดวงจรแบบสมมาตร และการลัดวงจรแบบไม่สมมาตร [12] ซึ่งในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะพิจารณาเฉพาะการลัดวงจรแบบสมมาตรเท่านั้น



รูปที่ 5.1 ประเภทของความผิดพลาด

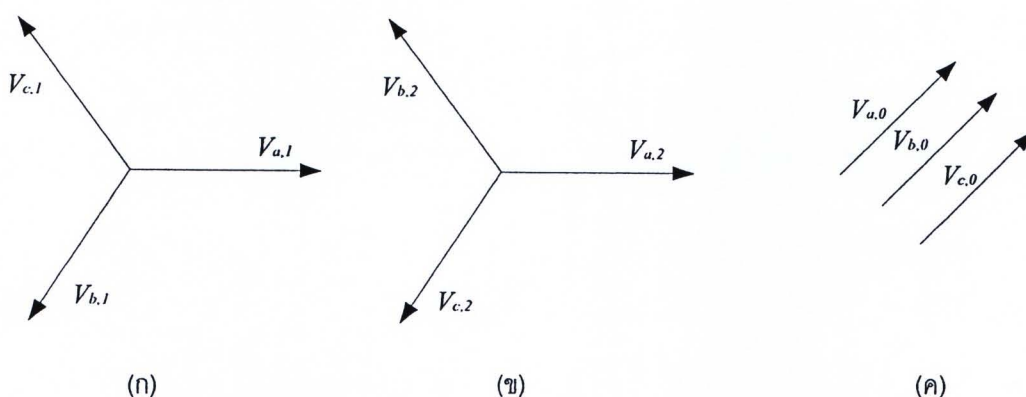
5.1 ส่วนประกอบสมมาตร (Symmetrical components)

ในกรณีที่เกิดการลัดวงจรแบบไม่สมมาตร การคำนวณกระแสลัดวงจรในระบบไฟฟ้ากำลัง จำเป็นต้องแปลงค่าในต่างๆ ในระบบเฟสให้อยู่ในระบบองค์ประกอบลำดับ เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาความไม่สมมาตรในระบบ โดยส่วนประกอบสมมาตรสามารถแยกองค์ประกอบที่ไม่สมมาตรในระบบเฟส ให้เป็นองค์ประกอบที่สมมาตรในระบบองค์ประกอบลำดับได้ 3 ลำดับดังต่อไปนี้

- 1) องค์ประกอบลำดับบวก (Positive-sequence components) ประกอบด้วยเฟสเซอร์ 3 เฟส ที่มีขนาดเท่ากันและมีมุมระหว่างเฟสห่างเท่ากันอยู่ 120 องศา โดยมีลำดับเฟสเหมือนกับในระบบสามเฟสสมดุล ดังแสดงในรูปที่ 5.2 (ก.)
- 2) องค์ประกอบลำดับลบ (Negative-sequence components) ประกอบด้วยเฟสเซอร์ 3 เฟส ที่มีขนาดเท่ากันและมีมุมระหว่างเฟสห่างเท่ากันอยู่ 120 องศา โดยมีลำดับเฟสตรงข้ามกับในระบบสามเฟสสมดุล ดังแสดงในรูปที่ 5.2 (ข.)
- 3) องค์ประกอบลำดับศูนย์ (Zero-sequence components) ประกอบด้วยเฟสเซอร์ 3 เฟส ที่มีขนาดเท่ากันและขนานกัน ดังแสดงในรูปที่ 5.2 (ค.)

จากรูปที่ 5.2 แรงดันในระบบสามเฟสสามารถเขียนสมการความสัมพันธ์ของระบบสามเฟสให้อยู่ในรูปของระบบองค์ประกอบลำดับแต่ละลำดับได้ดังสมการที่ (5.1)

$$\begin{aligned} V_a &= V_a^{(0)} + V_a^{(1)} + V_a^{(2)} \\ V_b &= V_b^{(0)} + V_b^{(1)} + V_b^{(2)} \\ V_c &= V_c^{(0)} + V_c^{(1)} + V_c^{(2)} \end{aligned} \quad (5.1)$$



รูปที่ 5.2 องค์ประกอบสมมาตรของระบบ 3 เฟส

(ก) องค์ประกอบลำดับบวก (ข) องค์ประกอบลำดับลบ (ค) องค์ประกอบลำดับศูนย์

เพื่อความสะดวกในการคำนวณและการแสดงรูปแบบของสมการ จึงกำหนดค่า $a = 1 \angle 120^\circ$ ใช้แทนการหมุนของเฟสเซอร์ที่หมุนไป 120° ในทิศทวนเข็มนาฬิกา ดังนั้นสมการ

ความสัมพันธ์ของระบบสามเฟสในรูปของระบบองค์ประกอบลำดับแต่ละลำดับสามารถจัดรูปใหม่ได้สมการที่ (5.2)

$$\begin{aligned} V_a &= V_a^{(0)} + V_a^{(1)} + V_a^{(2)} \\ V_b &= V_a^{(0)} + a^2 V_a^{(1)} + a V_a^{(2)} \\ V_c &= V_a^{(0)} + a V_a^{(1)} + a^2 V_a^{(2)} \end{aligned} \quad (5.2)$$

หรือจัดให้อยู่ในรูปของเมตริกซ์ได้ดังสมการที่ (5.3)

$$\begin{bmatrix} V_a \\ V_b \\ V_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_a^{(0)} \\ V_a^{(1)} \\ V_a^{(2)} \end{bmatrix} \quad (5.3)$$

ในทางกลับกันสามารถจัดรูปสมการเพื่อหาองค์ประกอบลำดับต่างๆ ได้ดังสมการ (5.4)

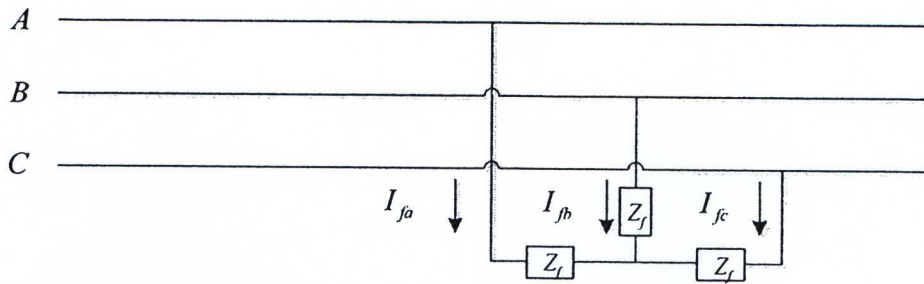
$$\begin{bmatrix} V_a^{(0)} \\ V_a^{(1)} \\ V_a^{(2)} \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_a \\ V_b \\ V_c \end{bmatrix} \quad (5.4)$$

เช่นเดียวกับค่าแรงดัน ค่ากระแสในระบบสามเฟสและในระบบองค์ประกอบลำดับก็สามารถจัดรูปได้ดังสมการ (5.5)

$$\begin{bmatrix} I_a^{(0)} \\ I_a^{(1)} \\ I_a^{(2)} \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_a \\ I_b \\ I_c \end{bmatrix} \quad (5.5)$$

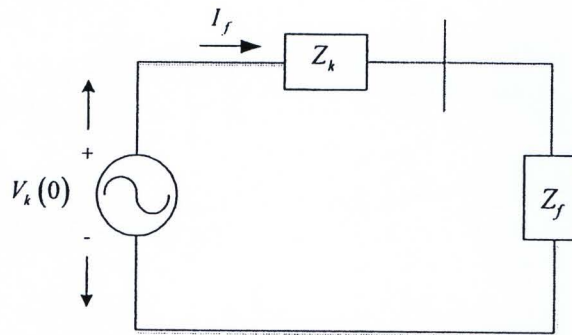
5.2 การลัดวงจรแบบสมมาตร (Symmetrical short circuit)

ในระบบไฟฟ้ากำลังการลัดวงจรแบบสมมาตร คือการลัดวงจรแบบสามเฟส (Three phase short circuit) ซึ่งเกิดจากสายส่งทั้งสามเฟสลัดวงจรด้วยกัน หรือสายส่งทั้งสามเฟสลัดวงจรลงดินพร้อมกัน ดังแสดงในรูปที่ 5.3 ซึ่งการลัดวงจรประเภทนี้พบน้อยครั้งในระบบไฟฟ้ากำลัง (ประมาณ 5% ของการลัดวงจรในระบบ) แต่ขนาดของกระแสลัดวงจรที่เกิดขึ้นมีค่ามากที่สุด



รูปที่ 5.3 การลัดวงจรแบบสามเฟส

เนื่องจากการลัดวงจรประเภทนี้ให้ค่ากระแสลัดวงจรและแรงดันในแต่ละเฟสเท่ากันทั้งหมด ดังนั้นการคำนวณกระแสลัดวงจรจึงสามารถทำได้ในระบบสามเฟสโดยไม่คำนึงถึงองค์ประกอบลำดับลบหรือองค์ประกอบลำดับศูนย์ ซึ่งสามารถเขียนให้อยู่ในรูปวงจรสมมูลได้ดังรูปที่ 5.4



รูปที่ 5.4 วงจรสมมูลการลัดวงจรแบบสามเฟส

จากรูปสามารถหาค่ากระแสลัดวงจรได้ดังสมการต่อไปนี้

$$I_f = \frac{V_k(0)}{Z_k + Z_f} \quad (5.6)$$

โดยที่

- I_f คือค่ากระแสลัดวงจรของทุกเฟส
- $V_k(0)$ คือค่าแรงดันก่อนเกิดการลัดวงจร ณ จุดเกิดการลัดวงจร
- Z_k คือค่าอิมพีแดนซ์สมมูล ณ จุดเกิดการลัดวงจร
- Z_f คือค่าอิมพีแดนซ์ของการลัดวงจร

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้พิจารณาเฉพาะการลัดวงจรแบบสามเฟสเท่านั้น เนื่องจากการลัดวงจรแบบสามเฟสมีความรุนแรงสูงที่สุด ซึ่งนำมาใช้ในการเลือกฟักัดของเซอร์กิตเบรกเกอร์นั่นเอง