

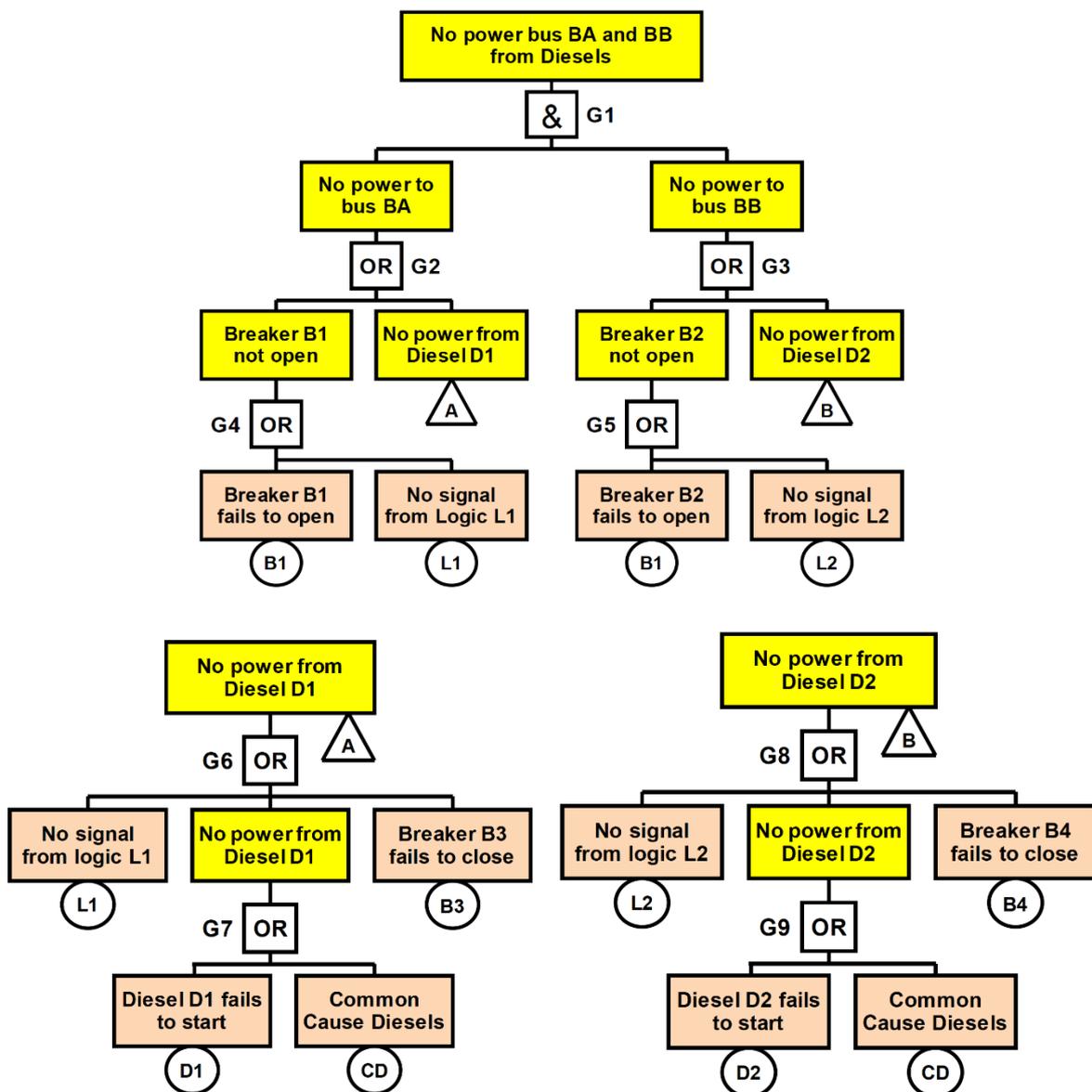
เฉลย Exercise 6 - จัดทำ Fault Tree สำหรับระบบจ่ายไฟฉุกเฉิน

1. ถ้า U1 และ U2 ถูกใช้ในรูปแบบ 1-out-of-2 system จงหา top event ของ BA และ BB

Top event คือ “ไม่มีไฟจ่ายให้บัสบาร์ BA และ BB จากเครื่องปั่นไฟดีเซล (No power to bus bar BA and BB from Diesel Generators)”

2. จัดทำ Fault Tree สำหรับ top event ในข้อ 1 โดยให้ใช้สันนิษฐานดังต่อไปนี้

- คำนึงถึงเฉพาะ common cause failure ของเครื่องปั่นไฟ
- ไม่ต้องคำนึงถึงความเสียหายในระหว่างการใช้เครื่องปั่นไฟ
- ไม่ต้องคำนึงถึงว่าเบรกเกอร์อาจเปิดหรือปิดเองระหว่างการใช้งาน
- ไม่ต้องคำนึงถึงการต่อสายดินของ bus bar



3. จงหา minimal cut sets

(CD),

(D1,D2), (D1,B2), (D1,B4), (D1,L2),

(B3,D2), (B3,B2), (B3,B4), (B3,L2),

(L1,D2), (L1,B2), (L1,B4), (L1,L2),

(B1,D2), (B1,B2), (B1,B4), (B1,L2),

4. คำนวณความน่าจะเป็นที่ top event จะเกิดขึ้นถ้า grid ไม่จ่ายไฟ

สำหรับเบรกเกอร์ B1, B2, B3, และ B4 เป็น tested stand-by component

$$\lambda_B = 5.0 \times 10^{-6}$$

$$U_B = \frac{1}{2} \lambda_B T = \frac{1}{2} (5.0 \times 10^{-6})(2190) = 5.5 \times 10^{-3}$$

สำหรับโลจิก L1 และ L2 เป็น tested stand-by component

$$\lambda_L = 1.0 \times 10^{-6}$$

$$U_L = \frac{1}{2} \lambda_L T = \frac{1}{2} (1.0 \times 10^{-6})(2190) = 1.0 \times 10^{-3}$$

สำหรับเครื่องปั่นไฟดีเซล D1 และ D2 เป็น probability of failure on demand

ใช้ Alpha factor model สำหรับ common cause failure

$$Q_k = \frac{k}{(m-1)!} \frac{\alpha_k}{\alpha_t} Q_t$$

$$\alpha_t = \sum_{k=1}^m k \alpha_k$$

Q_t = ความน่าจะเป็นทั้งหมดที่จะเกิดความเสียหายของหนึ่งส่วนประกอบ

m = จำนวนส่วนประกอบทั้งหมดของกลุ่ม common cause failure (CCF)

ดังนั้น

$$\alpha_t = \sum_{k=1}^m k \alpha_k = 1\alpha_1 + 2\alpha_2 = \alpha_1 + 2\alpha_2$$

$$\alpha_t = 0.9688323 + 2(0.0312) = 1.0312$$

และ

$$Q_1 = \frac{1}{\frac{(2-1)!}{(2-1)!(1-1)!}} \frac{\alpha_1}{\alpha_t} Q_t = \frac{\alpha_1}{\alpha_t} Q_t$$

$$U_D = Q_1 = \frac{0.9688}{1.0312} \times 0.003 = 2.82 \times 10^{-3}$$

$$Q_2 = \frac{2}{\frac{(2-1)!}{(2-2)!(2-1)!}} \frac{\alpha_2}{\alpha_t} Q_t = 2 \frac{\alpha_2}{\alpha_t} Q_t$$

$$U_{CD} = Q_2 = 2 \times \frac{0.0312}{1.0312} \times 0.003 = 1.8 \times 10^{-4}$$

คำนวณความน่าจะเป็นของ top event จาก minimal cut sets

$$U_{CD} = 1.8 \times 10^{-4}$$

$$U_D U_D = (2.82 \times 10^{-3}) \times (2.82 \times 10^{-3}) = 7.95 \times 10^{-6}$$

$$U_D U_B = (2.82 \times 10^{-3}) \times (5.5 \times 10^{-3}) = 1.54 \times 10^{-5}$$

$$U_D U_L = (2.82 \times 10^{-3}) \times (1.0 \times 10^{-3}) = 2.82 \times 10^{-6}$$

$$U_B U_L = (5.5 \times 10^{-3}) \times (1.0 \times 10^{-3}) = 5.5 \times 10^{-6}$$

$$U_B U_B = (5.5 \times 10^{-3}) \times (5.5 \times 10^{-3}) = 3.03 \times 10^{-5}$$

$$U_L U_L = (1.0 \times 10^{-3}) \times (1.0 \times 10^{-3}) = 1.0 \times 10^{-6}$$

$$U_{TOP} = U_{CD} + U_D U_D + 4U_D U_B + 2U_D U_L + 4U_B U_L + 4U_B U_B + U_L U_L$$

$$U_{TOP} = 3.99 \times 10^{-4}$$

5. อะไรคือ top event ถ้า U1 และ U2 ถูกใช้ในรูปแบบ 2-out-of-2 system

Top event คือ “ไม่มีไฟจ่ายให้บัสบาร์ BA หรือ BB จากเครื่องปั่นไฟดีเซล (No power to bus bar BA or BB from Diesel Generators)”

6. ต้องปรับเปลี่ยน Fault Tee เป็นอย่างไร ถ้า U1 และ U2 ถูกใช้ในรูปแบบ 2-out-of-2 system

ต้องเปลี่ยน gate ใต้ top event จาก AND gate เป็น OR gate และไม่ต้องมี dependent failure เพราะถ้าเครื่องปั่นไฟเครื่องหนึ่งทำงานไม่ได้ ระบบก็ทำงานไม่ได้เลย

ดังนั้น minimal cut sets คือ (D1), (B1), (B3), (L1), (D2), (B2), (B4), (L2)

$$U_D = 3.0 \times 10^{-3}$$

$$U_{TOP} = 2U_D + 4U_B + 2U_L = 3.0 \times 10^{-2}$$

7. ถ้าความน่าจะเป็นที่ grid เกิดความเสียหายคือ 0.25 ต่อปี จงคำนวณ ความถี่ที่บัสบาร์ทั้งสองอันจะ
ใช้ไม่ได้ และที่อันใดอันหนึ่งจะใช้ไม่ได้

Failure Frequency $F(\text{grid}) = 0.25$ ต่อปี

ความถี่ที่บัสบาร์ทั้งสองอันจะใช้ไม่ได้ คือ $0.25 \times 3.99E-4 = 1.0E-4$ ต่อปี

ความถี่ที่บัสบาร์อันใดอันหนึ่งจะใช้ไม่ได้ คือ $0.25 \times 3.0E-2 = 7.5E-3$ ต่อปี