บทที่ 4

ผลของระบบโคเยนเนอเรชันที่ต่อเข้ากับระบบจ่ายไฟฟ้าของรัฐ

4.1 ลักษณะโดยทั่วไป

โดยทั่วไปแล้วจะต้องพิจารณาถึงผลกระทบทั้งต่อระบบจ่ายไฟฟ้าของรัฐ และระบบโคเยนเนอเรชัน ดังนั้นจึงควรพิจารณาในหัวข้อต่อไปนี้

- กระแสลัดวงจร
- ระบบป้องกัน
- การต่อลงดิน
- การแยกออกจากกันของทั้ง 2 ระบบ (Islanding)

4.1.1 กระแสลัดวงจร

ตามปกติแล้วค่ากระแสลัดวงจรจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าของระบบโคเยนเนอเรชัน จะมีค่าน้อยกว่าค่ากระแสลัดวงจรจากระบบจ่ายไฟฟ้าของรัฐ ซึ่งจะมีค่าเท่ากับ [3]

$$I_{sc} = \frac{E}{X_d} + \left[\frac{E}{X'_d} - \frac{E}{x_d}\right] e^{-t/T'_d} + \left[\frac{E}{X''_d} - \frac{E}{X'_d}\right] e^{-t/T'_d} \quad (4.1.1\text{-}1)$$

โดยจะต้องพิจารณาว่า อุปกรณ์ป้องกันระบบไฟฟ้าจะสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพหรือไม่ เมื่อมีการใช้โคเยนเนอเรชันในระบบจ่ายไฟฟ้าของรัฐ และพิจารณาถึงการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างระบบไฟฟ้ากำลังเพื่อลดค่ากระแสลัดวงจร ขนาดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในระบบโคเยนเนอเรชัน ก็จะมีผลต่อค่ากระแสลัดวงจร

เพราะฉะนั้น การเลือกขนาดและจำนวนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในระบบโคเยนเนอเรชัน ก็จะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของระบบจ่ายไฟฟ้าของรัฐ รวมทั้งจำนวนเงินทุนที่ใช้ การวิเคราะห์ระบบโคเยนเนอเรชันจะมีความยุ่งยากมากขึ้นเมื่อมีการพิจารณาถึงการ

ขยายตัวของระบบในอนาคต

การพิจารณาว่าจะเลือกใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้า ขนาดใดจำนวนเท่าไหร่นั้น พอจะแบ่งได้เป็น 2 ทางเลือก คือ

- เครื่องกำเนิดไฟฟ้า ขนาดใหญ่จำนวนไม่กี่ตัว
- เครื่องกำเนิดไฟฟ้า ขนาดเล็กจำนวนหลาย ๆ ตัว

โดยอาจจะพิจารณาได้จาก [11]

1. ค่ากระแสลัดวงจรสูงสุด หาจากสภาพขณะโหลดสูงสุด (peak-load) และรับไฟฟ้าสูงสุดจากระบบไฟฟ้ากำลังเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทุกตัวใน ระบบโคเยนเนอเรชันต้องไม่จ่ายโหลดเต็มที่และเชื่อมถึงกันหมดด้วยเบรกเกอร์เชื่อม (tie-breaker)

2. ค่ากระแสลัดวงจรต่ำสุด หาได้จากสภาพขณะที่ใช้โหลดน้อยที่สุดและไม่ได้รับไฟฟ้าจากระบบจ่ายไฟฟ้าของรัฐเลย มีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าบางตัวเท่านั้นที่ทำงาน

3. ค่ากระแสลัดวงจรปานกลางหาจากสภาพขณะโหลดมากสุด และรับไฟฟ้าสูงสุดจากระบบจ่ายไฟฟ้าของรัฐ แต่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าทุกตัวไม่เชื่อมถึงกันหมด

จากการพิจารณาทั้ง 3 ข้อแล้วทำให้ต้องคำนึงถึงโครงสร้างระบบป้องกัน ตลอดจนความเชื่อถือได้ของทางเลือกทั้งสองว่ามีมากน้อยเพียงไร ซึ่งก็ขึ้นอยู่กับความต้องการของระบบจ่ายไฟฟ้าของรัฐ

เมื่อได้พิจารณาถึงสิ่งต่าง ๆ ดังกล่าวแล้ว จึงมาพิจารณาถึงเงินลงทุนว่า ทางเลือกใดใช้เงินลงทุนและให้ผลตอบแทนได้คุ้มค่ากว่ากัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

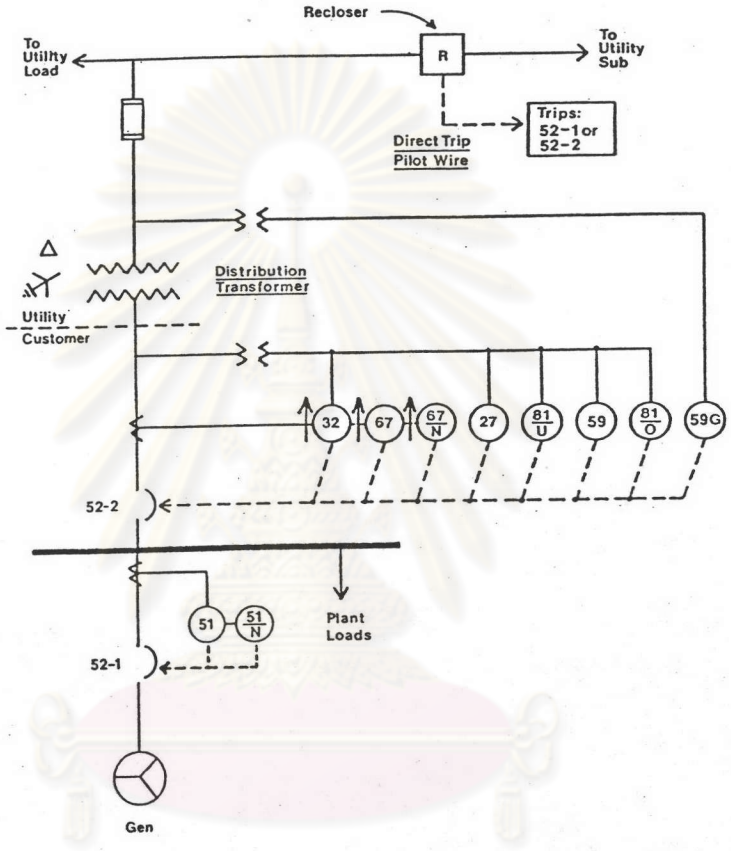
4.1.2 ระบบป้องกัน

การพิจารณาให้ยึดหลักการที่ว่า พยายามลดอันตรายที่เกิดขึ้น ไม่ว่าจะอันตรายต่อคนหรืออุปกรณ์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งจะต้องกระทบกระเทือนการทำงานของระบบน้อยที่สุด

ตามปกติแล้วถ้ามีความผิดพร่องเกิดขึ้นในระบบจ่ายไฟฟ้าของรัฐ ระบบโคเยนเนอเรชันที่ต่ออยู่จะต้องแยกตัวออกทันทีก่อนตัวต่อวงจรซ้ำ (recloser) ของระบบจ่ายไฟฟ้าของรัฐจะทำงาน เพื่อเป็นการป้องกันเครื่องกำเนิดไฟฟ้าของระบบโคเยนเนอเรชัน หมายความว่า เครื่องกำเนิดไฟฟ้าทั้งหลายในระบบโคเยนเนอเรชัน ต้องเพียงพอกับโหลดในระบบเอง มิฉะนั้นจะทำให้เกิดภาวะกำลังการผลิตไม่เพียงพอ (undergeneration) ระบบโคเยนเนอเรชัน ทั้งหมด

อาจจะหยุดทำงาน (shutdown) หรือไม่ก็ต้องมีการตัดโหลดบางส่วนที่ไม่สำคัญออก (load shedding)

ข้อกำหนดสำหรับระบบป้องกันของโคเยนเนอเรชัน ซึ่งกำหนดโดยระบบจ่ายไฟฟ้าของรัฐนั้นมีไว้เพื่อป้องกันแต่ตัวระบบจ่ายไฟฟ้าของรัฐเท่านั้น (ดังรูปที่ 4.1.2-1)



รูปที่ 4.1.2-1 ระบบป้องกัน

แต่ไม่ได้คำนึงถึงผลต่อการทำงานของระบบโคเยนเนอเรชันเลย ส่วนระบบป้องกันเพิ่มเติมบางส่วนที่เจ้าของระบบโคเยนเนอเรชันต้องการก็ให้เพิ่มเติมนอกเหนือจากข้อกำหนดนี้ ทั้งนี้รวมถึงระบบ remote backup protection สำหรับกรณีที่เกิดความผิดพร่องขึ้นในระบบจ่ายไฟฟ้าของรัฐ แล้วอุปกรณ์ป้องกันขั้นต้น (primary protection equipment) ไม่ทำงานเพื่อป้องกันเครื่องกำเนิดไฟฟ้าใน ระบบโคเยนเนอเรชัน จากเหตุที่ไม่คาดหมายดังกล่าว

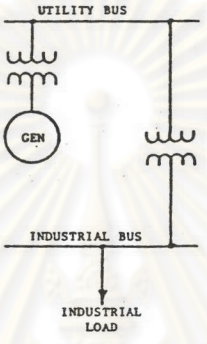
ระบบ remote backup protection เป็นระบบที่ตรวจสอบว่ามีความผิดพร่องเกิดขึ้นในระบบจ่ายไฟฟ้าของรัฐหรือไม่ และจะแยกระบบทั้งสองออกถ้าความผิดพร่องที่เกิดขึ้นเป็นระยะเวลานานกว่าเวลาที่กำหนดสำหรับอุปกรณ์ป้องกันขั้นต้น

remote backup protection จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ ๆ คือ

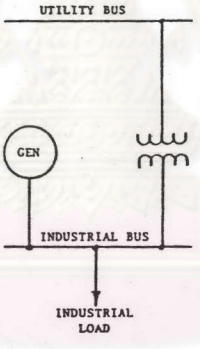
ระบบ remote backup protection สำหรับความผิดพร่องเฟส (Phase fault)

สำหรับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในระบบโคเยนเนอเรชัน จะมีการต่อเข้ากับระบบจ่ายไฟฟ้าของรัฐ ใน 2 ลักษณะ คือ [1]

- Dedicated arrangement (รูปที่ 4.1.2-2)
- Integrated arrangement (รูปที่ 4.1.2-3)



รูปที่ 4.1.2-2 Dedicated arrangement



รูปที่ 4.1.2-3 Integrated arrangement

ในแบบแรกจะเป็นในลักษณะที่ว่าเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีขนาดใหญ่ ซึ่งจะต่อผ่านหม้อแปลงเพื่อเพิ่มแรงดันให้เข้ากับระบบจ่ายไฟฟ้าของรัฐ ที่ระดับแรงดันสายส่งหรือระดับแรงดันสายส่งย่อย ส่วนในแบบที่สองเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะมีขนาดเล็กกว่า และต่อเข้ากับบัสภายในระบบโคเยนเนอเรชันโดยตรง ดังนั้นจึงต้องการรีเลย์ป้องกันสำรองทางไกลที่จุดต่อระหว่างระบบโคเยนเนอเรชันกับระบบจ่ายไฟฟ้าของรัฐ และที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าของระบบโคเยนเนอเรชันด้วย

แต่เดิมรีเลย์ป้องกันแบบ remote backup protection จะใช้ชนิด directional overcurrent ซึ่งในบางสถานการณ์รีเลย์จะไม่ทำงาน เช่น ขณะเกิดความผิดพร่องความต้านทานสูง (high-resistance fault) ในระบบจ่ายไฟฟ้าของรัฐ กระแสลัดวงจรที่จ่ายจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าของระบบโคเยนเนอเรชันจะไม่มากแต่ค่าแรงดันไฟฟ้าที่จุดต่อระหว่างระบบทั้ง

สองมีค่าต่ำ ซึ่งก็จะทำให้แรงดันไฟฟ้าที่ขั้ว (V_t) ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าต่ำลงไปด้วย เพราะฉะนั้น

จาก $$P = \frac{V.V_t}{X} \sin \delta \qquad (4.1.2\text{-}1)$$

จะพบว่าพลังงานไฟฟ้าที่จะส่งผ่านไปยังจุดความผิดพร่องจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าก็ลดลง ในขณะที่พลังงานกลที่ป้อนให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้ายังคงที่เท่าเดิม จะทำให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าหมุนเร็วขึ้น ตามสมการนี้

$$P_M - P_E = \frac{2H}{\omega} \frac{d\omega}{dt} \qquad (4.1.2\text{-}2)$$

สำหรับโหลดของระบบโคเยนเนอเรชัน ที่เป็นมอเตอร์แบบซิงโครนัสก็จะมีผลตรงกันข้ามกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า คือจะหมุนช้าลง ถ้าคิดว่าระบบโคเยนเนอเรชัน เปรียบเสมือนแหล่งจ่ายแรงดันอันหนึ่งที่จ่ายกระแสลัดวงจรไปยังจุดความผิดพร่องในระบบจ่ายไฟฟ้าของรัฐ แหล่งจ่ายแรงดันอันนี้จะประกอบด้วยแรงดันจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและจากโหลด ในที่นี้เป็นมอเตอร์แบบซิงโครนัส จะพบว่าแรงดันทั้งสองนี้จะมีเฟสที่ต่างกัน (out of phase) ไปเรื่อย ๆ เมื่อเวลามากขึ้น ดังนั้นผลรวมของแรงดันทั้งสองนี้ก็จะลดลงเรื่อย ๆ นั่นก็หมายความว่า กระแสลัดวงจรจะมีค่ามากในช่วงแรกจากนั้นก็จะลดลงอย่างรวดเร็ว ทำให้การทำงานของ directional overcurrent ซึ่งเป็นแบบอินเวอร์สไทม์ (inverse time) ไม่ได้ผล จึงต้องใช้รีเลย์ชนิด distance relayทำหน้าที่ตรวจวัดค่าอิมพีแดนซ์จากตัวรีเลย์ไปถึงจุดความผิดพร่องซึ่งจะมีค่าคงที่ไม่ขึ้นอยู่กับการเปลี่ยนแปลงของระบบโคเยนเนอเรชันดังกล่าว หรืออาจจะใช้ overcurrent relay ชนิดที่เป็น voltage restrained หรือ voltage controlled อย่างใดอย่างหนึ่งก็ได้ โดยชนิดแรกจะมีความไวในการตรวจวัด แต่รีเลย์ทำงานช้า ส่วนชนิดที่สองทำงานได้เร็ว แต่ไม่ไวในการตรวจวัด

ระบบ remote backup protection สำหรับความผิดพร่องลงดิน (ground fault) [4]

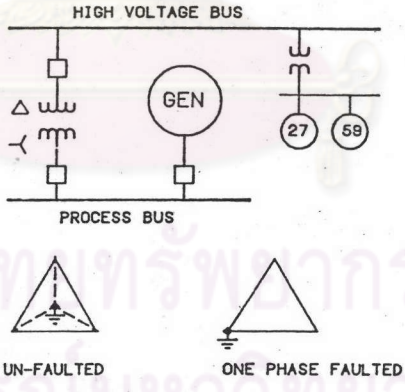
ส่วนมากที่ด้านแรงสูงของหม้อแปลงที่จุดต่อของระบบจ่ายไฟฟ้าของรัฐ และระบบโคเยนเนอเรชัน มักจะต่อแบบเดลต้า (delta) เมื่อเกิดความผิดพร่องลงดินขึ้นในระบบจ่ายไฟ

ฟ้าของรัฐและอุปกรณ์ป้องกันความผิดพร่องลงดินขั้นต้น ทางด้านระบบโคเยนเนอเรชันไม่ทำงาน เครื่องกำเนิดไฟฟ้า จะไม่มีทางรู้ว่ามีความผิดพร่องลงดินขึ้นในระบบเลย เพียงแต่รู้ว่า ขณะนั้น โหลดไม่สมดุลย์ ดังนั้นอาจจะใช้ 3 วิธี ต่อไปนี้ ในการตรวจวัด

- ใช้ reverse power relay
- ใช้ under/overvoltage relay
- ใช้ "corner of delta" voltage relay

วิธีที่ 1 จะใช้ได้ต่อเมื่อระบบโคเยนเนอเรชัน นั้นมีสัญญากับระบบจ่ายไฟฟ้าของรัฐ ว่าจะรับไฟฟ้าเพียงอย่างเดียว ไม่มีการจ่ายไฟฟ้าออก ดังนั้นในสภาวะปกติจะรับไฟฟ้าเข้าระบบ โคเยนเนอเรชันอย่างเดียว เมื่อใดก็ตามที่มีการจ่ายไฟฟ้าออกจากระบบโคเยนเนอเรชัน เข้าสู่ระบบจ่ายไฟฟ้าของรัฐ ในระยะเวลานานเกินระยะเวลาที่กำหนด จะถือว่ากำลังจ่ายกระแสลัดวงจรให้กับระบบจ่ายไฟฟ้าของรัฐอยู่ ก็จะทำการแยกทั้งสองระบบออกจากกัน

วิธีที่ 2 เมื่อเกิดความผิดพร่องลงดินขึ้นจะทำให้แรงดันเฟสที่ความผิดพร่อง มีค่าเป็นศูนย์ และแรงดัน 2 เฟสที่เหลือจะมีค่าสูงขึ้นประมาณ 1.73 เท่าของแรงดันเฟสก่อนความผิดพร่องเทียบกับดิน ดังรูปที่ (4.1.2-4)

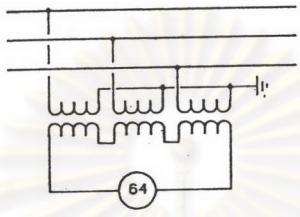


รูปที่ 4.1.2-4 Under/Overvoltage relay

เมื่อใช้ทั้ง under และ overvoltage relay จะทำให้รู้ว่าขณะนี้เกิดความผิดพร่องลงดินขึ้นในระบบจ่ายไฟฟ้าของรัฐ ถ้าความผิดพร่องเกิดขึ้นเป็นระยะเวลานานเกินระยะเวลาที่กำหนด จึงทำการแยกระบบทั้งสองออกจากกัน

วิธีที่ 3 ลักษณะความผิดพร่องลงดินจะเกิดความไม่สมดุลย์ขึ้นในระบบ โดยจะมีส่วนประกอบของแรงดันและกระแสที่เรียกว่า "zero-sequence component" การตรวจวัดค่าส่วน

ประกอบนี้สามารถวัดจากการวัดรีเลย์และหม้อแปลงแรงดัน (voltage transformer) แบบเดลต้าเปิด (broken delta) ของหม้อแปลงแรงดันทั้ง 3 เฟส ทางด้านปฐมภูมิ (primary) จะต่อแบบวาย (wye) ลงดิน ส่วนทางด้านทุติยภูมิ (secondary) จะต่อแบบสามเหลี่ยมอนุกรมด้วย overvoltage relay ดังรูปที่ 4.1.2-5 แต่ในวิธีที่ 3 นี้จะสิ้นเปลืองหม้อแปลงแรงดันถึง 3 ตัวจึงไม่เป็นการประหยัด



รูปที่ 4.1.2-5 " Corner of Delta " Voltage relay

ดังนั้น ในเรื่องระบบป้องกันนี้จะต้องคำนึงถึง ข้อกำหนดของระบบจ่ายไฟฟ้าของรัฐ ความปลอดภัยของตัวเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเอง รวมทั้งระบบ remote backup protection ด้วย นอกจากนี้ยังรวมไปถึงเสถียรภาพและความเชื่อถือได้ของระบบ ซึ่งจะได้กล่าวถึงต่อไป

4.1.3 การต่อลงดิน [1]

การต่อลงดินนั้นมีอยู่มากมายหลายวิธี การต่อลงดินผ่านความต้านทานก็เป็นวิธีหนึ่งโดยเฉพาะอย่างยิ่ง การต่อลงดินผ่านความต้านทานที่มีค่าสูงจะเหมาะสมกับระบบโคเยนเนอเรชันมาก เมื่อเทียบกับการต่อลงดินโดยตรงหรือการที่ไม่ต่อลงดินเลย

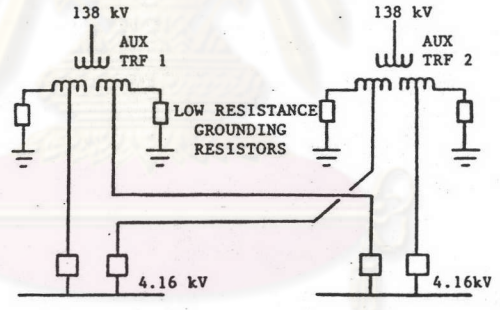
การต่อลงดินผ่านความต้านทานที่มีค่าต่ำ จะใช้เมื่อต้องการที่จะจำกัดกระแสลัดวงจรลงดิน แต่ค่ากระแสลัดวงจรลงดินก็ยังมีค่าสูงพอที่รีเลย์ป้องกันจะทำงาน โดยทั่วไปค่ากระแสลัดวงจรลงดินแบบนี้จะมีค่าประมาณ 100-600 A ซึ่งเหมาะสมกับการต่อลงดินของ เครื่องกำเนิดไฟฟ้า ที่ระดับแรงดันต่ำหรือเหมาะสมสำหรับระบบโคเยนเนอเรชัน ที่มีการต่อ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบ Integrated arrengement ดังที่เคยกล่าวมาแล้ว

ส่วนระบบโคเยนเนอเรชันที่มีการต่อเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบ Dedicated arrangement หรือการต่อเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เข้าที่ระดับแรงดันปานกลางหรือแรงดันสูง มักจะมีการต่อลงดินของ เครื่องกำเนิดไฟฟ้า แบบต่อผ่านความต้านทานที่มีค่าสูง การต่อลงดินแบบนี้มีประโยชน์คือ ทำให้ไม่เกิดเหตุการณ์แรงดันไฟฟ้าเกินชั่วครู่ (transient overvoltage) และมีค่ากระ

แสลัดวงจรเพียงพอสำหรับการตรวจวัด ตามปกติจะมีค่าประมาณ 5-10 A. ซึ่งค่ากระแสแค่นี้ไม่ทำให้เกิดความเสียหายในอุปกรณ์ในระบบทันที ดังนั้นเมื่อเกิดการลัดวงจรลงดิน จึงมีการเตือนด้วยสัญญาณเสียงก็เพียงพอ จากนั้นเจ้าหน้าที่ควบคุมก็จะหาตำแหน่งที่เกิดความผิดพร่องเพื่อตัดวงจรส่วนนั้นออกจากระบบ หรืออาจจะหยุดการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

จะเห็นว่าการทำงานในการตัดวงจรหรือหยุดการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ในกรณีที่ต่อผ่านความต้านทานที่มีค่าสูงนี้มีระยะเวลาเพียงพอ ดังนั้นถ้าเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เกิดลัดวงจรลงดินก็ยังสามารถหาเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ตัวสำรองเดินเครื่องแล้วต่อเข้ากับระบบมาแทนที่ได้ทัน เพื่อให้การจ่ายโหลดในระบบโคเยนเนอเรชัน เป็นไปอย่างต่อเนื่อง และมีความเชื่อถือได้สูง โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ถ้ามีการลัดวงจรลงดินของอุปกรณ์ก็ไม่ทำให้การจ่ายโหลดต้องหยุดชะงักไป

การที่ต้องการให้การจ่ายโหลดมีความต่อเนื่องตลอดเวลานั้นมีได้หลายวิธีที่ใช้การต่อลงดินผ่านความต้านทานที่มีค่าต่ำก็สามารถใช้ได้ (ดังรูปที่ 4.1.2-6)



รูปที่ 4.1.2-6 Low-resistance grounded redundant auxiliary power system

เป็นลักษณะของหม้อแปลง 3 ขดลวดที่มีขดลวดทุติยภูมิต่อไขว้กันโดยมีการต่อลงดินของหม้อแปลงผ่านความต้านทานค่าต่ำ เมื่อเกิดการลัดวงจรลงดินในส่วนของหม้อแปลงตัวใดตัวหนึ่ง ก็จะตัดหม้อแปลงตัวนั้นออกจากระบบโดยหม้อแปลงอีกตัวยังสามารถจ่ายโหลดได้ทั้ง 2 บัส แต่ในลักษณะนี้ต้องใช้หม้อแปลงถึง 2 ตัว

4.1.4 การแยกออกจากกันของทั้ง 2 ระบบ (Islanding) [4]

เมื่อเกิดการแยกออกจากกันของระบบทั้ง 2 ที่จุดใดจุดหนึ่งในระบบจ่ายไฟฟ้าของรัฐ อาจจะทำให้ส่วนที่มีระบบโคเยนเนอเรชัน อยู่แยกออกมาพร้อม ๆ กับโหลดบางส่วนในระบบจ่ายไฟฟ้าของรัฐ ซึ่งจะทำให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าของระบบโคเยนเนอเรชันรับโหลดมากเกินไป (overload) ทั้งแรงดันและความถี่ไฟฟ้าลดลง ในทางตรงกันข้าม ถ้าโหลดที่มีอยู่น้อยกว่าขนาดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะทำให้แรงดันและความถี่ไฟฟ้าเพิ่มขึ้น ดังนั้นการตรวจวัดอาจทำได้โดยใช้อุปกรณ์ป้องกันชนิด under/overvoltage หรือ under/overfrequency relay

นอกจากนี้ ปัจจุบันยังได้มีการพิจารณาถึงลักษณะของส่วนที่แยกจากกันโดยมีขนาดกำลังการผลิตไฟฟ้ามากกว่าโหลด จะทำให้แรงดันและความถี่ในส่วนนั้นเพิ่มขึ้น ซึ่งจะมีผลต่อแกนเหล็กในหม้อแปลงตามสถานีย่อยต่าง ๆ คือ เกิดภาวะ over excitation และจะทำให้กระแส exciting มาก หม้อแปลงจะทนได้แค่ในระยะเวลาที่กำหนด

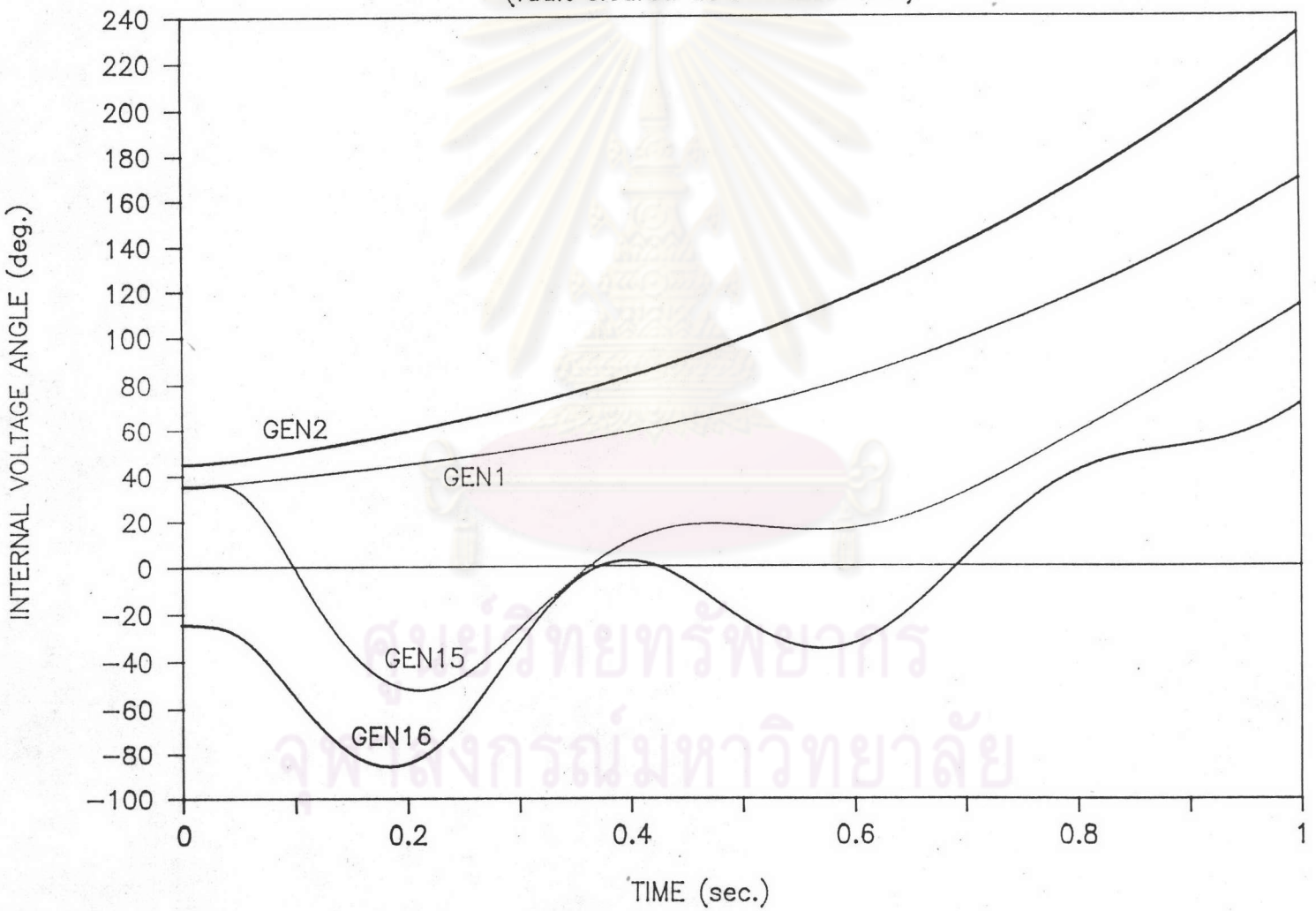
เป็นการยากที่จะรู้ว่าจุดใดในระบบไฟฟ้ากำลังจะเกิดการแยกจากกัน จากเดิมได้ใช้หลักการโอนการตัดวงจร (transfer trip) จากเบรกเกอร์ที่จุดแยกไปยังเบรกเกอร์ที่จุดต่อระหว่างระบบโคเยนเนอเรชันกับระบบจ่ายไฟฟ้าของรัฐ จะทำให้ระบบโคเยนเนอเรชันแยกตัวออกพร้อม ๆ กัน ดังนั้นก็จะไม่ได้รับผลกระทบที่กล่าวมาข้างต้น แต่การที่จะรู้ว่าว่าเบรกเกอร์ตัวใดที่จะตัดวงจรเป็นเรื่องที่ยากมาก เพราะเบรกเกอร์ทุก ๆ ตัวในระบบจ่ายไฟฟ้าของรัฐก็มีสิทธิ์ทำให้เกิดการแยกออกจากกันดังกล่าวได้

4.2 เสถียรภาพชั่วครู่และผลกระทบของระบบโคเยนเนอเรชันที่มีต่อระบบจ่ายไฟฟ้าของรัฐ

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงผลของระบบโคเยนเนอเรชันที่มีต่อระบบจ่ายไฟฟ้าของรัฐ โดยคำนึงถึง ผลของแบบจำลองของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า และโหลดที่ละเอียดในระบบโคเยนเนอเรชัน ในกรณีที่มีความผิดพร่องเกิดขึ้นภายในระบบโคเยนเนอเรชัน การศึกษาในกรณีดังกล่าวทำโดยกำหนดให้ความผิดพร่องเกิดขึ้นที่บริเวณบัสทางเข้าของระบบโคเยนเนอเรชัน (บัส 3) และทำการแก้ไขความผิดพร่องในเวลา Ø.Ø3 วินาที ผลที่ได้ปรากฏอยู่ในรูปที่ 4.2-1 ถึง 4.2-3

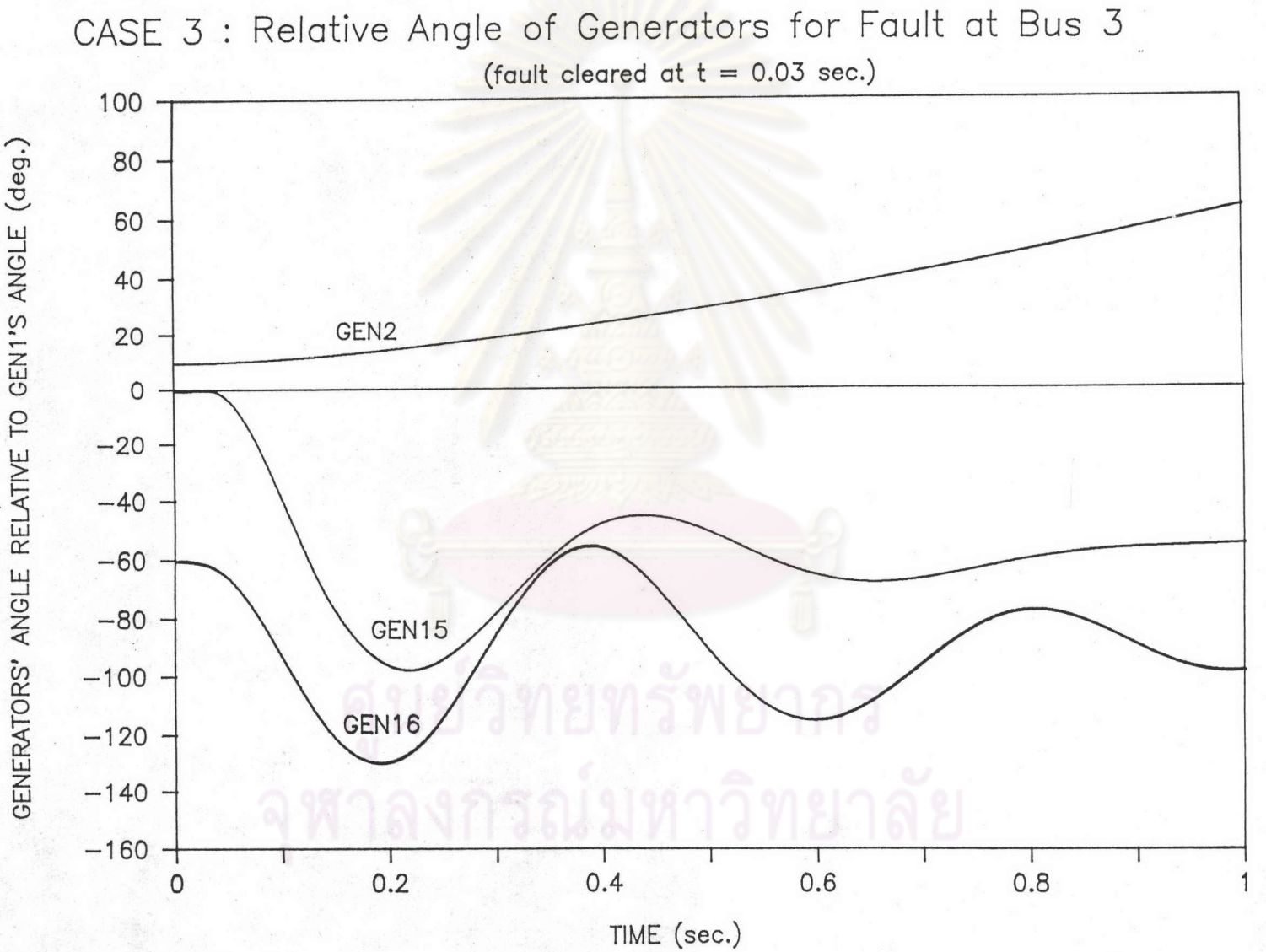
CASE 3 : Internal Voltage Angle of Generators for Fault at Bus 3

(fault cleared at t = 0.03 sec.)



รูปที่ 4.2-1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

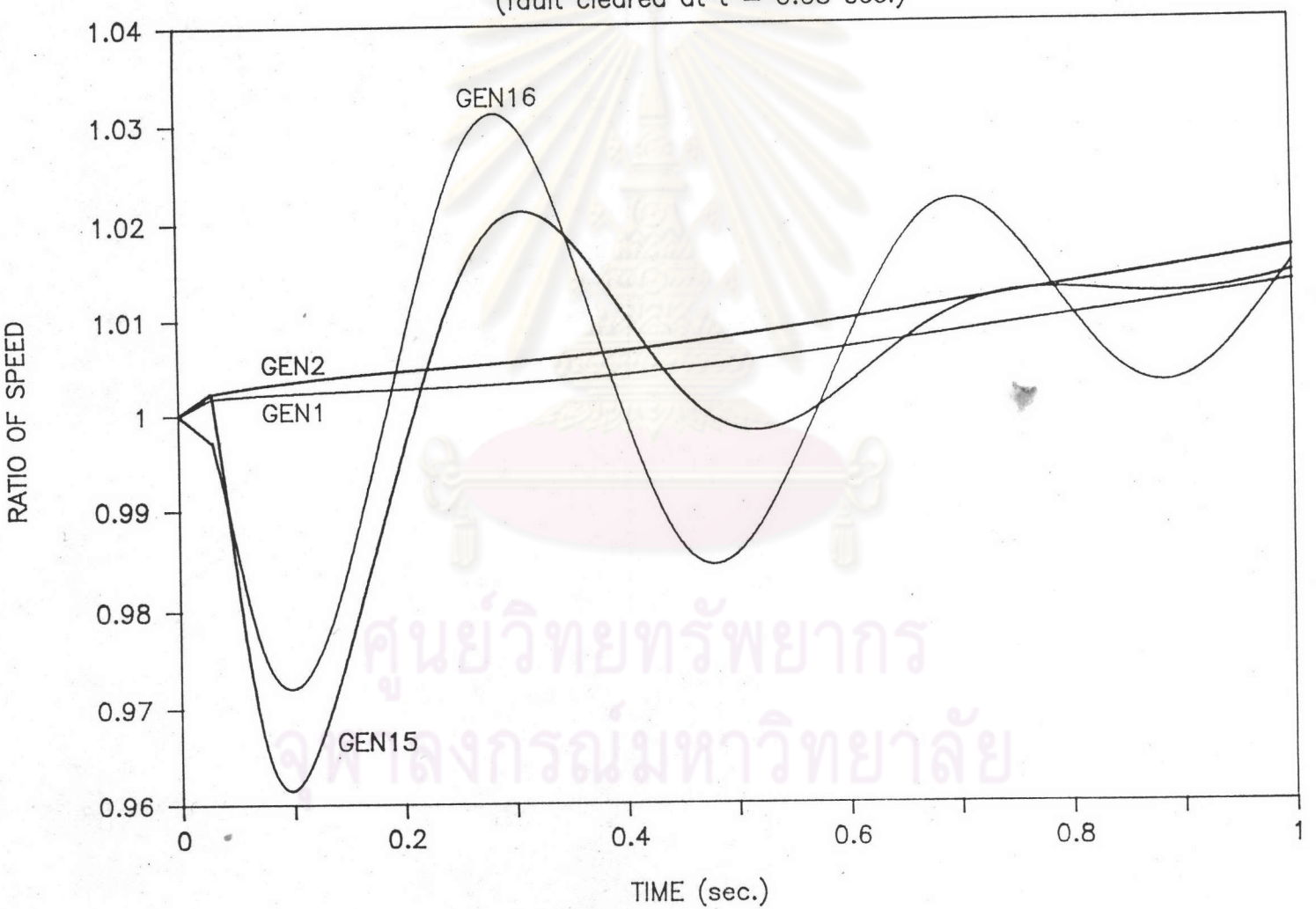


รูปที่ 4.2-2

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

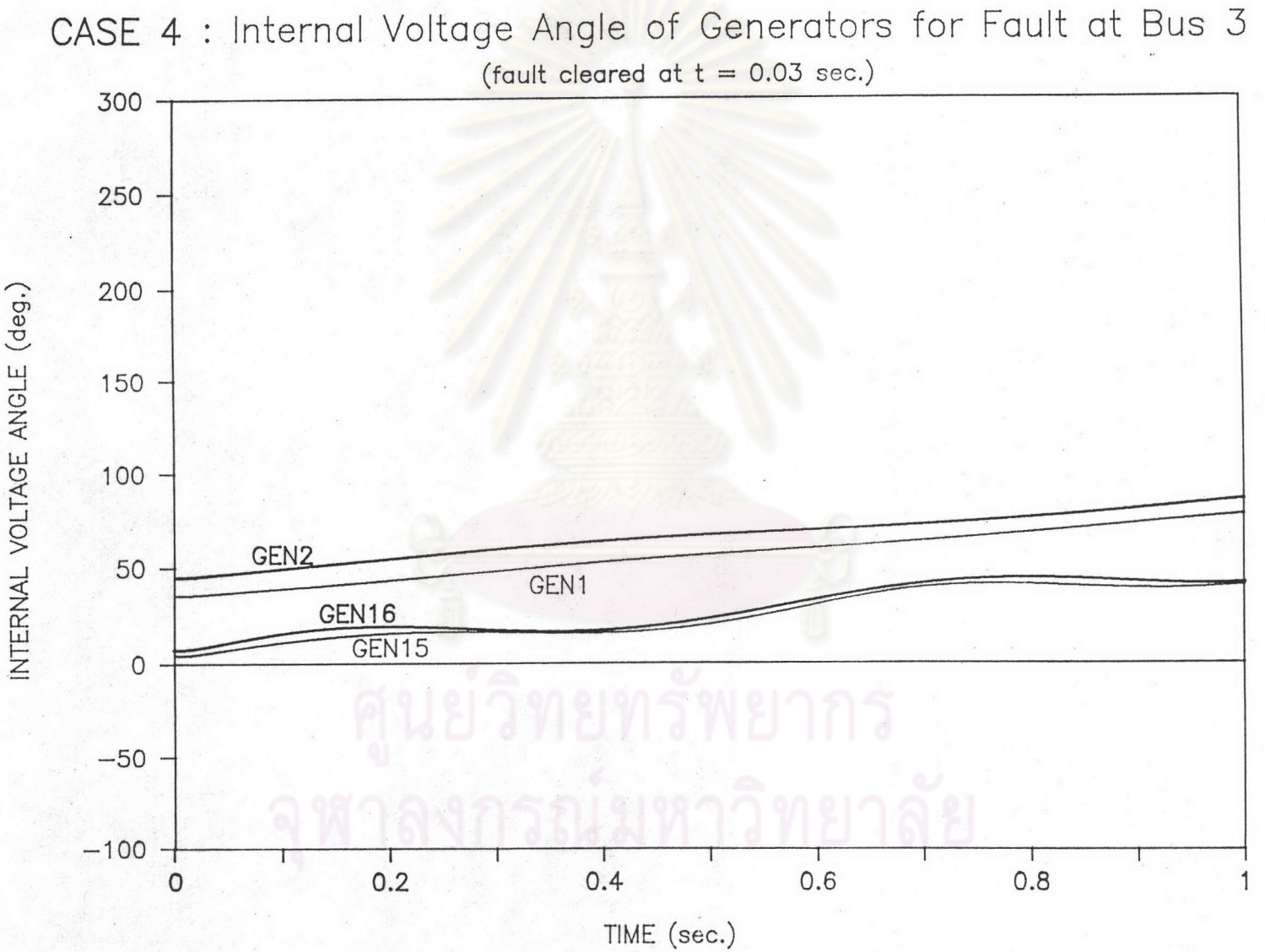
CASE 3 : Ratio of Generator Speed to Synchronous Speed for Fault at Bus 3

(fault cleared at t = 0.03 sec.)



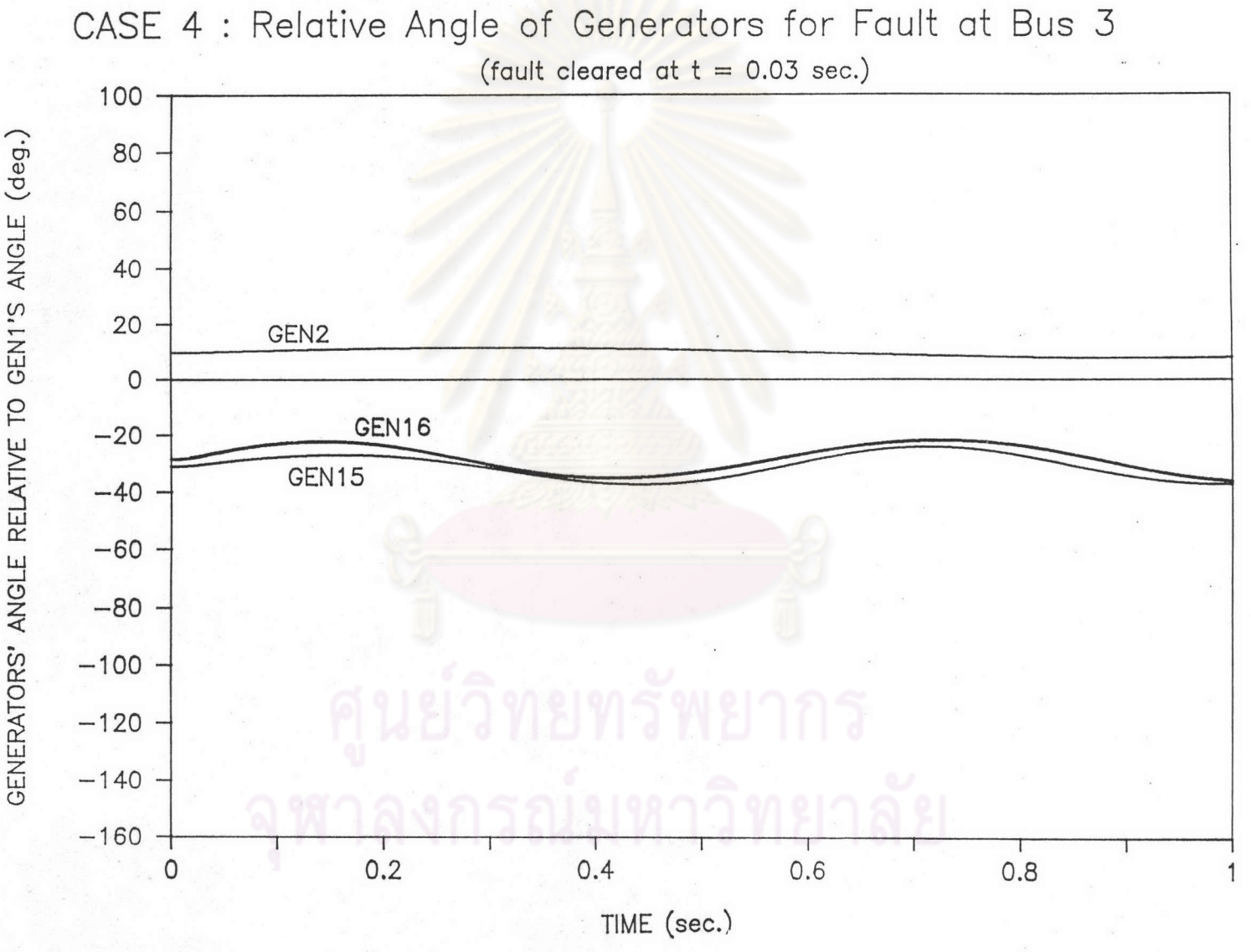
รูปที่ 4.2-3

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.2-4

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

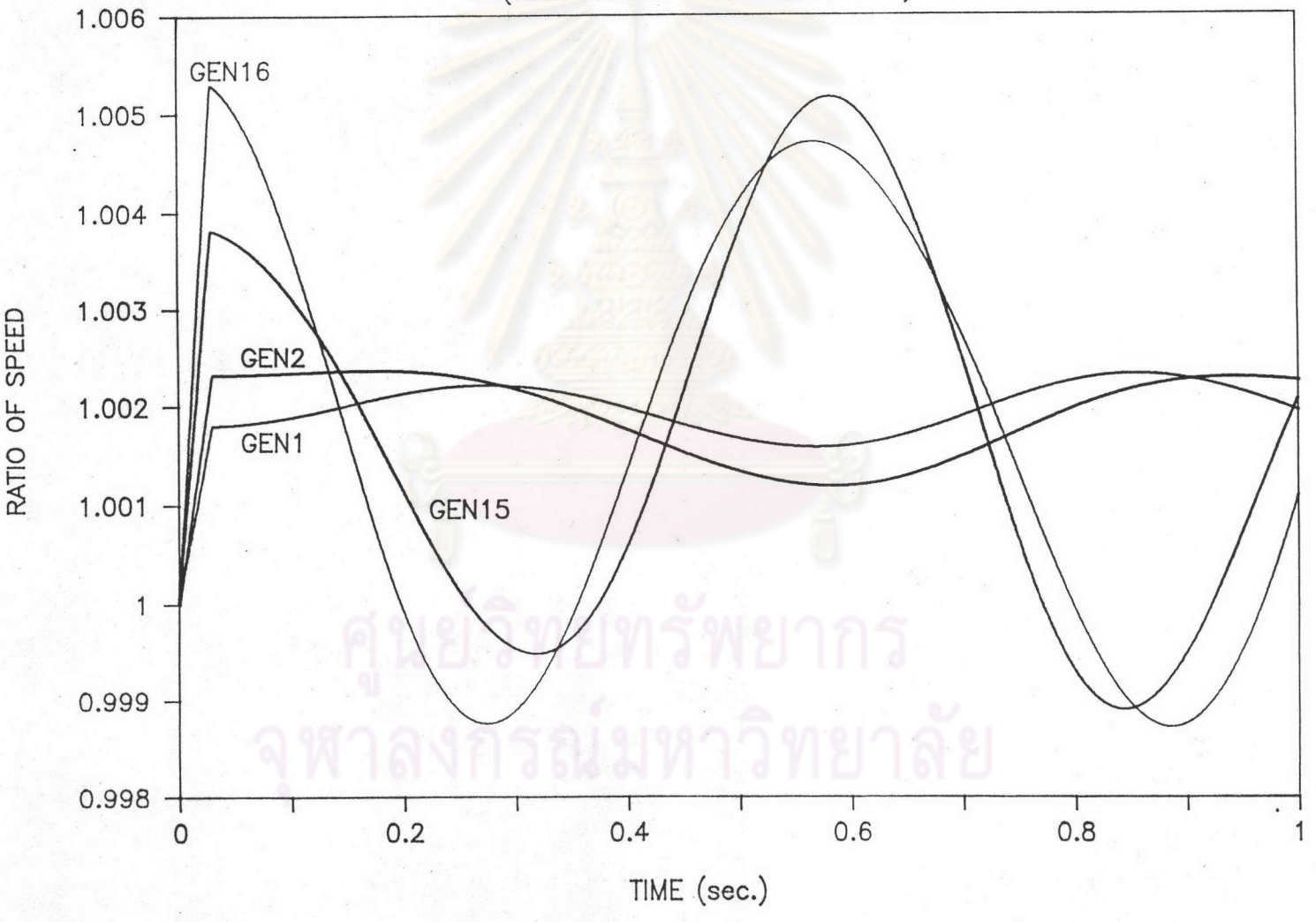


รูปที่ 4.2-5

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CASE 4 : Ratio of Generator Speed to Synchronous Speed for Fault at Bus 3

(fault cleared at t = 0.03 sec.)



รูปที่ 4.2-6

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ในกรณีนี้เกิดความผิดพร่องขึ้นในระบบโคเยนเนอเรชันที่บริเวณบัส 3 ทำให้แรงดันภายในระบบต่ำลง ในช่วงนี้เองค่ากำลังของโหลดในระบบโคเยนเนอเรชันซึ่งขึ้นอยู่กับระดับแรงดันก็จะน้อยลง ทำให้โหลดทั้งหมดภายในระบบน้อยลงตามไปด้วย ผลก็คือ เกิดภาวะกำลังการผลิตเกิน (overgeneration) ทำให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าหมายเลข 1 และ 2 ในระบบจ่ายไฟฟ้าของรัฐเกิดความเร่ง สังเกตได้จากรูปที่ 4.2-1 มุมของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหมายเลข 1 และ 2 ในระบบจ่ายไฟฟ้าของรัฐก็จะกางออกมากขึ้น ซึ่งถ้าเป็นโหลดในระบบโคเยนเนอเรชันในลักษณะที่ไม่ขึ้นอยู่กับแรงดันแล้ว ก็อาจจะไม่เกิดผลในลักษณะนี้ ถึงแม้ว่าภาวะกำลังการผลิตเกินเกิดขึ้นในช่วงสภาวะชั่วครู่ แต่ยังส่งผลให้มุมของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทั้งสองเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ทั้งนี้เนื่องมาจากความเฉื่อยของตัวเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในระบบจ่ายไฟฟ้าของรัฐซึ่งมีขนาดใหญ่เป็นหลัก มุมที่กางออกมากขึ้นนั้นอาจจะลดลงมาสู่ที่เดิมได้ในเวลาที่ยาวนานมากหรือไม่ก็อาจจะกางออกเรื่อย ๆ จนไม่สามารถรักษาเสถียรภาพไว้ได้เลย

เมื่อได้ทำการศึกษาผลของระบบโคเยนเนอเรชันที่มีต่อระบบจ่ายไฟฟ้าของรัฐในลักษณะของการใช้แบบจำลองอย่างละเอียดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและโหลดแล้ว ต่อไปจะเป็นการศึกษาในลักษณะเปรียบเทียบกับลักษณะของการใช้แบบจำลองอย่างง่ายของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและโหลดสำหรับระบบโคเยนเนอเรชันเพื่อสังเกตผลที่แตกต่างกัน เนื่องจากหลักการของวิทยานิพนธ์นี้ที่ว่าระบบโคเยนเนอเรชันเป็นระบบที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าอยู่ใกล้โหลด ดังนั้นการใช้แบบจำลองอย่างง่ายสำหรับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและโหลดจึงถูกศึกษาในลักษณะของการเปรียบเทียบในด้านผลของระบบโคเยนเนอเรชันที่มีต่อระบบจ่ายไฟฟ้าของรัฐด้วย

การศึกษาในกรณีนี้กำหนดให้ความผิดพร่องเกิดขึ้นที่บัส 3 เป็นเวลา ๐.๐3 วินาที เช่นเดียวกับกรณีแรก ผลที่ได้ปรากฏอยู่ในรูปที่ 4.2-4 ถึง 4.2-6 ซึ่งจะพบว่า ผลของแบบจำลองดังกล่าวทำให้การวิเคราะห์ได้ผลแตกต่างกันมาก โดยเฉพาะการแกว่งของมุมของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในระบบโคเยนเนอเรชัน และการกางออกของมุมของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในระบบจ่ายไฟฟ้าของรัฐจะมีค่าลดลงอย่างเห็นได้ชัด ทั้งนี้เป็นเพราะกำลังของโหลดในระบบไม่มีการเปลี่ยนแปลงนั่นเอง และเนื่องจากการหน่วงการแกว่งไม่ได้ถูกใช้ในแบบจำลองอย่างง่ายของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ดังนั้นในรูปที่ 4.2-6 จึงพบว่า การแกว่งยังคงดำเนินต่อไปเรื่อย ๆ ในลักษณะที่ลดลงอย่างช้ามาก

จากการศึกษาผลของระบบโคเยนเนอเรชันในลักษณะของการใช้แบบจำลองที่ต่างกันดัง

กล่าว สามารถสรุปเป็นตารางเปรียบเทียบได้ดังนี้

ตารางที่ 4.2-1 ตารางเปรียบเทียบผลของระบบโคเยนเนอเรชันที่มีต่อระบบจ่ายไฟฟ้าของรัฐ ในลักษณะของแบบจำลองของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและโหลดที่ต่างกัน

สิ่งที่ใช้เปรียบเทียบ	การศึกษาผลของระบบโคเยนเนอเรชันโดยการใช้แบบจำลองอย่างละเอียดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและโหลด	การศึกษาผลของระบบโคเยนเนอเรชันโดยการใช้แบบจำลองอย่างง่ายของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและโหลด
1 ตำแหน่งที่เกิดความผิดพร่อง	ในระบบโคเยนเนอเรชัน	ในระบบโคเยนเนอเรชัน
2 ช่วงเวลาที่เกิดความผิดพร่อง	0.03 วินาที	0.03 วินาที
3 ค่าแรงดันไฟฟ้าของบัสในระบบโคเยนเนอเรชันขณะที่เกิดความผิดพร่อง	ต่ำมาก	ต่ำมาก
4 ค่ากำลังของโหลดในระบบโคเยนเนอเรชันขณะที่เกิดความผิดพร่อง	ต่ำมาก	คงที่
5 การเพิ่มขึ้นของมุมทางไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในระบบจ่ายไฟฟ้าของรัฐ	มาก	น้อย
6 การเปลี่ยนแปลงของค่ามุมของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหมายเลข 2 สัมพัทธ์กับ มุมของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหมายเลข 1	เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ	เข้าสู่ค่าคงที่ค่าหนึ่ง
7 แนวโน้มทางเสถียรภาพของระบบจ่ายไฟฟ้าของรัฐ	อาจจะสูญเสียเสถียรภาพ	รักษาเสถียรภาพไว้ได้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย