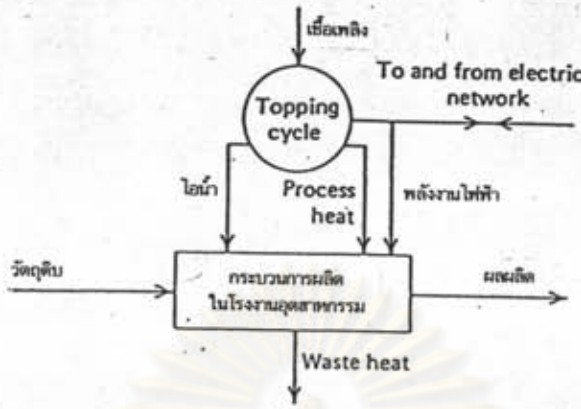
บทที่ 1

บทนำทั่วไป

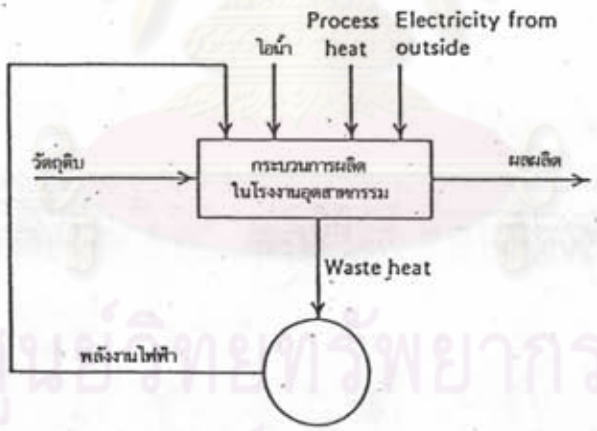
ในขณะที่ความต้องการในการใช้พลังงานของประเทศสูงขึ้นอย่างมาก ซึ่งเป็นผลต่อเนื่องจากการเติบโตทางเศรษฐกิจในอัตราที่สูงของประเทศ ทำให้มีแนวโน้มที่จะเกิดการขาดแคลนด้านพลังงาน ทางเลือกที่เราสามารถนำมาใช้แก้ปัญหามีอยู่หลายทาง เช่น หาแหล่งพลังงานทดแทน หรือแหล่งพลังงานใหม่ที่จะนำมาใช้ อีกทางเลือกหนึ่งที่เป็นไปได้อย่างดีคือ การใช้พลังงานอย่างคุ้มค่าโดยการจัดระบบการใช้พลังงานให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น โดยเฉพาะในโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งวิธีการที่จะช่วยให้การใช้พลังงานในโรงงานอุตสาหกรรมเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพมีอยู่หลายแบบ เช่น การติดตั้งฉนวนให้กับเตาความร้อนในโรงงานที่มีกระบวนการหลอมโลหะ, การจัดการระบบแสงสว่างในโรงงาน ฯลฯ ซึ่งวิธีการหนึ่งที่จะทำให้ค่าประสิทธิภาพในโรงงานอุตสาหกรรมสูงขึ้นคือ การใช้ระบบโคเยนเนอเรชั่นในโรงงานอุตสาหกรรม เนื่องจากระบบโคเยนเนอเรชั่นจะเป็นระบบที่มีกระบวนการผลิตพลังงานไฟฟ้าและความร้อนจากแหล่งเดียวกัน จึงทำให้ประสิทธิภาพโดยรวมมีค่าสูงขึ้นอย่างเห็นได้ชัดคือที่ค่าประมาณ 85% จากเดิมที่มีกระบวนการผลิตไฟฟ้าแยกจากกระบวนการผลิตความร้อน โดยกระบวนผลิตไฟฟ้ามีประสิทธิภาพประมาณ 35% และกระบวนการผลิตความร้อนมีประสิทธิภาพประมาณ 65% ดังนั้นค่าของประสิทธิภาพโดยเฉลี่ยของระบบที่กระบวนการผลิตความร้อนและกระบวนการผลิตไฟฟ้าแยกกันจะอยู่ที่ประมาณ 52% [1]

ระบบการใช้พลังงานในโคเยนเนอเรชั่น มี 2 แบบคือ Topping Cycle และ Bottoming Cycle โดยระบบ Topping Cycle จะเน้นที่การผลิตกระแสไฟฟ้าให้เพียงพอกับความต้องการของโรงงาน ความร้อนที่เหลือจากกระบวนการผลิตไฟฟ้าจะถูกนำไปใช้ในระบบการผลิตของโรงงาน ดังรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 โคเจนเนอเรชั่นระบบ Topping Cycle

ส่วน Bottoming Cycle จะเน้นที่การผลิตพลังงานความร้อนให้เพียงพอ ความร้อนที่เหลือจากกระบวนการผลิตจะถูกนำไปใช้ในการผลิตไฟฟ้า ดังรูปที่ 1.2



รูปที่ 1.2 โคเจนเนอเรชั่นระบบ Bottoming Cycle

ตัวอย่างของระบบโคเจนเนอเรชั่นระบบหนึ่ง ได้แก่ ระบบที่เรียกว่า "โคเจนเนอเรชั่นระบบ Topping Cycle" เป็นระบบที่ประกอบด้วย ส่วนที่ผลิตไฟฟ้าจากก๊าซร้อนโดยผ่านกังหันก๊าซ (Gas Turbine) และส่วนที่ผลิตไฟฟ้าจากไอน้ำโดยผ่านกังหันไอน้ำ (Steam Turbine) ขั้นตอนการผลิตจะเริ่มจาก การผ่านก๊าซเข้าไปในกังหันก๊าซเพื่อกำเนิดแรงบิดไปยังเครื่องกำเนิด

ไฟฟ้า ก๊าซร้อนที่ออกมาจากกังหันก๊าซจะถูกนำไปให้ความร้อนแก่น้ำอีกครั้ง ไอน้ำที่ได้จากกระบวนการจะถูกนำไปผ่านกังหันไอน้ำต่อไป จะเห็นได้ว่าระบบผลิตความร้อนร่วมเป็นวิธีการที่ประหยัดและใช้เชื้อเพลิงอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งระบบผลิตความร้อนร่วมนี้มีการใช้กันมากในอุตสาหกรรมประเภทปิโตรเคมี ในประเทศไทยเองก็มีการนำระบบผลิตความร้อนร่วมมาใช้ในโรงงานของบริษัทปิโตรเคมีแห่งชาติ (National Petrochemical Co., Ltd.) *,**

โดยธรรมชาติของระบบโคเยนเนอเรชั่น เป็นระบบเล็กที่เชื่อมต่อกับระบบใหญ่ของรัฐ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าในระบบโคเยนเนอเรชั่นมีขนาดเล็กมาก เมื่อเทียบกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าของรัฐ นอกจากนี้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าในระบบโคเยนเนอเรชั่นบางแห่ง เช่น ของบริษัทปิโตรเคมีแห่งชาติ ยังเป็นแบบกังหันก๊าซ ซึ่งเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีค่า Inertia ต่ำ มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ภายในระบบมาก โดยเฉพาะการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในระบบโคเยนเนอเรชั่นเอง เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงนี้จะอยู่ใกล้กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากังหันก๊าซนี้มากส่งผลต่อเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากังหันก๊าซอย่างชัดเจน

มอเตอร์เหนี่ยวนำมีการใช้มากในอุตสาหกรรมต่าง ๆ โดยมีขนาดตั้งแต่ไม่กี่แรงม้าจนถึงขนาดหลายพันแรงม้า การสตาร์ตหรือการหยุดมอเตอร์เหนี่ยวนำขนาดใหญ่นับเป็นการรบกวน (Disturbance) ที่สามารถเกิดขึ้นในระบบอย่างหนึ่ง นั่นคือเป็นการเปลี่ยนแปลงโหลดอย่างทันทีทันใด ดังนั้น ในการออกแบบระบบไฟฟ้าที่มีการใช้มอเตอร์เหนี่ยวนำขนาดใหญ่ จึงมีความจำเป็น

---

* ตั้งอยู่ที่นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด จังหวัดระยอง

** ระบบความร้อนร่วมของบริษัท ปิโตรเคมีแห่งชาติ ประกอบด้วย แหล่งกำเนิดไฟฟ้าชนิดกังหันก๊าซจำนวน 3 หน่วย ซึ่งแต่ละหน่วยมีขนาด 20 MW โดยพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตขึ้นส่วนหนึ่งจะถูกนำไปใช้ภายในโรงงานและอีกส่วนหนึ่งจะจ่ายให้โรงงานที่เป็น Downsteam อีก 3 โรงงาน คือ ไทยโพลีเอทธีลีน (TPE.), ไทยพลาสติกเคมีภัณฑ์ (TPC.) และ HMC. Polymer ระบบไฟฟ้าของกลุ่มโรงงานนี้จะเชื่อมต่อกับระบบไฟฟ้าของรัฐ โดยเชื่อมกับสถานีไฟฟ้าย่อยระยอง3 ซึ่งเป็นของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค โดยในขณะที่เชื่อมต่ออยู่ระบบโคเยนเนอเรชั่นจะดึงพลังงานประมาณ 3 MW จากระบบใหญ่ของการไฟฟ้า

ที่ต้องศึกษาถึงผลของแรงดันไฟฟ้าตก เนื่องจากการไหลของกระแสไฟฟ้าในช่วงการสตาร์ทมอเตอร์ เพื่อให้แน่ในว่าขณะแรงดันไฟฟ้าตกนี้ เพียงพอที่จะทำให้แรงบิดที่โรเตอร์ของมอเตอร์รับโหลดได้ และแรงดันไฟฟ้าตกนี้มีผลกระทบต่อแหล่งกำเนิดไฟฟ้าของระบบโคเยนเนอเรชั่นหรือไม่เพียงใด

ในการศึกษาระบบโคเยนเนอเรชั่น นอกจากการศึกษาถึงเสถียรภาพของระบบโคเยนเนอเรชั่นแล้ว ยังมีความจำเป็นที่ต้องพิจารณาเรื่องต่าง ๆ ดังต่อไปนี้ [2]

1. ปริมาณความต้องการไฟฟ้าในโรงงาน
2. จุดคุ้มทุน หรือผลตอบแทนในแต่ละปีที่ได้รับจากการติดตั้งระบบโคเยนเนอเรชั่น
3. เศรษฐศาสตร์ โครงสร้างอัตราค่าไฟฟ้าของรัฐ ค่าความเชื่อถือได้ของระบบ
4. กระแสลัดวงจร
5. การติดตั้งระบบป้องกันร่วมกับระบบป้องกันของรัฐ
6. โหลดโฟลว์ และการสตาร์ตมอเตอร์

การศึกษานี้จะศึกษาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของแรงดัน, กระแส, กำลัง, ความเร็วโรเตอร์และแรงบิดของเครื่องจักรกลในระบบโคเยนเนอเรชั่น ระดับเสถียรภาพของโคเยนเนอเรชั่นจะเป็นตัวชี้ที่สำคัญในการออกแบบและวางแผนก่อสร้างระบบใหม่ เพื่อให้ความเชื่อถือในระบบมีค่าสูง โดยขึ้นกับความต่อเนื่องในการจ่ายไฟฟ้าของระบบ จึงมีความจำเป็นต้องออกแบบระบบโคเยนเนอเรชั่นให้คงภาวะเสถียรภาพอยู่ได้ในภาวะของการเกิดรบกวนระบบขึ้น

วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการศึกษาถึงเสถียรภาพของระบบโคเยนเนอเรชั่น เมื่อระบบถูกรบกวนโดยการสตาร์ตมอเตอร์เหนี่ยวนำที่มีอยู่ในระบบโคเยนเนอเรชั่นนั้น ซึ่งถือว่าเป็นระบบที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าและโหลดอยู่ใกล้กันมาก ในการวิเคราะห์กระทำโดยการสร้างแบบจำลองอย่างละเอียดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบซิงโครนัส ซึ่งรวมผลของเอ็กไซเตอร์และโกเวอเนอร์ด้วย และสร้างแบบจำลองอย่างละเอียดของมอเตอร์เหนี่ยวนำ เพื่อศึกษาดูผลของการรบกวนที่เกิดจากการสตาร์ตมอเตอร์เหนี่ยวนำที่สภาวะต่าง ๆ

ขอบเขตวิทยานิพนธ์

1. ศึกษาแบบจำลองของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่จะใช้แทนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดกังหันก๊าซในระบบโคเจนเนอเรชั่น ซึ่งประกอบด้วย เครื่องจักรกลซิงโครนัส (Synchronous Machine), เอ็กไซเตอร์ (Exciter) และโกเวอเนอร์ (Governor) ซึ่งพารามิเตอร์ของเครื่องจักรกลซิงโครนัสที่ทำการศึกษาจะอยู่บนแกนอ้างอิงโรเตอร์ (Rotor Reference Frame)

2. ศึกษาแบบจำลองของมอเตอร์เหนี่ยวนำ (Induction Motor) ที่จะทำการสตาร์ทในระบบโคเจนเนอเรชั่น โดยพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของมอเตอร์เหนี่ยวนำจะอยู่บนแกนอ้างอิงซิงโครนัส (Synchronous Reference Frame)

3. ศึกษาแบบจำลองของระบบ ซึ่งในที่นี้ใช้ Modified Euler Method ในการศึกษาระบบ โดยพารามิเตอร์ของระบบจะอยู่บนแกนอ้างอิงซิงโครนัส (Synchronous Reference Frame)

4. ศึกษาเทคนิคในการเชื่อมต่อแบบจำลอง โดยใช้ค่ากระแสที่บัสเป็นตัวเชื่อม โดยกระแสที่บัสคือค่าผลรวมของกระแสเครื่องจักรกลที่เชื่อมต่อกับบัสนั้น

เนื้อหาของวิทยานิพนธ์

บทที่ 1 บทนำทั่วไป

บทที่ 2 กล่าวถึงการศึกษาโหลดโฟลว์ด้วยวิธี Gauss-Seidel เพื่อแสดงให้เห็นถึงทฤษฎีและสมการที่นำมาใช้ รายละเอียดของวิธีการตามแนวความคิดที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม รวมทั้งวิธีการคำนวณการไหลของกำลังจริง กำลังรีแอคทีฟ

บทที่ 3 กล่าวถึงการศึกษาแบบจำลอง โดยแสดงถึงแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและของมอเตอร์ เพื่อดูถึงการเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์ต่าง ๆ ในเครื่องจักรกลที่เราทำการศึกษา

บทที่ 4 กล่าวถึงการประยุกต์ใช้แบบจำลอง โดยแสดงถึงแบบจำลองที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม รวมทั้งวิธีการเชื่อมต่อแบบจำลอง เนื่องจากแบบจำลองจะอยู่บนแกนอ้างอิงต่าง ๆ

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ในการศึกษาต้องทำการ Transfer พารามิเตอร์เพื่อเชื่อมต่อกัน

บทที่ 5 กล่าวถึงข้อมูลของพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการศึกษา และผลของการศึกษาซึ่งจะแสดงในรูปของกราฟ ของตัวแปรต่าง ๆ ที่แสดงถึงเสถียรภาพของระบบ

บทที่ 6 เป็นการสรุปและข้อเสนอแนะจากผลการศึกษา

ในการศึกษาเสถียรภาพของระบบโคเฮนเนอเรชั่นนี้ ได้ทำการสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์ขึ้น เพื่อนำมาใช้จำลองคุณสมบัติต่าง ๆ ของเครื่องจักรและระบบไฟฟ้า โดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่สร้างขึ้นมานี้ทำงานบนเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ 16 บิท (IBM Compatible PC/AT) และเขียนด้วยภาษา เทอร์โบ ปาสคาลเวอร์ชั่น 5

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากวิทยานิพนธ์

1. แนวความคิดและวิธีการคำนวณในการสร้างโปรแกรมเพื่อจำลองการทำงานของเครื่องจักรกลที่มีอยู่ในระบบ เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการศึกษาเสถียรภาพของระบบ

2. วิทยานิพนธ์เรื่องนี้จะเป็นส่วนหนึ่งที่ใช้ประกอบการพิจารณาถึงอุปกรณ์ป้องกันระบบและเสถียรภาพของระบบ นอกเหนือไปจากการพิจารณาในทางเศรษฐศาสตร์ เมื่อทำการออกแบบระบบโคเฮนเนอเรชั่น สำหรับติดตั้งในโรงงานอุตสาหกรรมที่มีการใช้มอเตอร์เหนี่ยวนำขนาดใหญ่ เช่น อุตสาหกรรมปิโตรเคมี เป็นต้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย