บทที่ 1

บทนำ

1.1 แนวเหตุผล

เนื่องจากในปัจจุบันโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ ทั้งขนาดใหญ่และขนาดเล็ก ส่วนใหญ่มีอุปกรณ์ที่เป็นแหล่งกำเนิดของกระแสฮาร์มอนิก (Harmonic) ได้แก่ เตาหลอมโลหะ คอนเวอร์เตอร์กำลังสถิต (Static Power Convertor) วงจรเรียงกระแส (Rectifier Circuit) เป็นต้นและไม่เพียงแต่โรงงานอุตสาหกรรมเท่านั้น อาคารสำนักงานต่างๆ ก็เป็นต้นเหตุที่ทำให้เกิดกระแสฮาร์มอนิกเช่นกัน เนื่องจากว่าอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ (Electronics) ต่างๆ ที่มีอยู่ในสำนักงาน อาทิเช่น เครื่องถ่ายเอกสาร เครื่องรับ-ส่งโทรสาร คอมพิวเตอร์ หรือแม้แต่เครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้าน เช่น โทรทัศน์ เครื่องปรับอากาศ เตาอบไมโครเวฟ เป็นต้นอุปกรณ์เหล่านี้เป็นที่มาที่ทำให้เกิดกระแสฮาร์มอนิก ไหลกลับเข้าไปในระบบไฟฟ้ากำลัง ซึ่งผลกระทบที่จะตามมาย่อมหนีไม่พ้นความสูญเสียของกำลังงานไฟฟ้า อุปกรณ์มีอายุการใช้งานสั้นลงหรือทำงานผิดพลาดและทำให้ความเชื่อถือได้ของระบบลดน้อยลง

จากการเพิ่มขึ้นของโหลดต่าง ๆ ที่ไม่เป็นเชิงเส้น (Nonlinear - Load) ในระบบไฟฟ้าดังที่ได้กล่าวมาแล้วนั้น ทำให้เกิดการรบกวนต่อแรงดันและกระแสของระบบ กล่าวคือรูปคลื่นแรงดันมีการผิดเพี้ยน ผลที่เกิดตามมาคือการรบกวนต่อระบบต่างๆ ทั้งระบบไฟฟ้ากำลังและระบบสื่อสาร [1] ซึ่งพอจะสรุปได้ดังนี้

ผลกระทบต่อระบบไฟฟ้ากำลัง

1) ผลกระทบของฮาร์มอนิกต่อเครื่องจักรกลแบบหมุน (Rotating Machines) ซึ่งมีผลต่อการสูญเสียฮาร์มอนิกและการเกิดแรงบิดเนื่องจากฮาร์มอนิก
2) ผลกระทบของฮาร์มอนิกต่อโรงไฟฟ้าซึ่งจะมีผลต่อ ระบบจำหน่าย หม้อแปลง และคาปาซิเตอร์ (Capacitor) เป็นต้น
3) การรบกวนของฮาร์มอนิกต่อระบบควบคุมการกระเพื่อมของแรงดัน (Ripple Control Systems)

4) ผลกระทบของฮาร์มอนิกต่อระบบการป้องกันไฟฟ้ากำลัง (Power System Protection) ทั้งในขณะที่มีการผิดพร่อง (Fault) และขณะที่ไม่มีการผิดพร่อง

5) ผลกระทบของฮาร์มอนิกต่ออุปกรณ์ต่างๆ ของผู้ใช้ไฟ

6) ผลกระทบของฮาร์มอนิกต่อการวัดค่ากำลังไฟฟ้า

7) ผลกระทบของฮาร์มอนิกต่อค่าตัวประกอบกำลัง (Power Factor) เป็นต้น

ผลกระทบต่อระบบสื่อสาร

1) การเกิดเสียงรบกวนในสายโทรศัพท์

2) การเหนี่ยวนำในวงจรที่เป็นวงรอบ เป็นต้น

คุณสมบัติความไม่เป็นเชิงเส้นของโหลดทำให้เกิดความผิดเพี้ยนของฮาร์มอนิก (Harmonic Distortion) มีฮาร์มอนิกหลายชนิดที่เกิดจากโหลดต่าง ๆ ซึ่งโดยมากโหลดมักจะมีความไม่เป็นเชิงเส้นปนอยู่ หรือเป็นโหลดที่ไม่เป็นเชิงเส้นไปเลย แต่ส่วนใหญ่จะส่งผลกระทบต่อระบบไม่มากนัก ตัวอย่างของแหล่งกำเนิดฮาร์มอนิกที่เป็นปัญหาสำคัญ ได้แก่

1) การอิ่มตัวของหม้อแปลงไฟฟ้า
2) กระแสกระชากของหม้อแปลง (Transformer Inrush Current)
3) การต่อจุดศูนย์ของขดลวดหม้อแปลง (Transformer Neutral Connections)
4) การกระจายแรงเคลื่อนแม่เหล็กในเครื่องกลกระแสสลับแบบหมุน (MMF Distribution in AC Rotating Machines)
5) เตาอาร์กไฟฟ้า (Electric Arc Furnaces)
6) หลอดฟลูออเรสเซนต์ (Fluorescent Lighting)
7) ภาคแหล่งจ่ายของอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ (Computer Switching Mode Power Supplies)
8) เครื่องชาร์จแบตเตอรี่ (Battery Chargers)
9) แหล่งจายไฟกระแสสลับที่ไม่สมบูรณ์แบบ (Imperfect AC Sources)
10) เครื่องชดเชยกำลังไฟฟ้าสถิต (Static VAR Compensators)
11) เครื่องควบคุมความเร็วของมอเตอร์ (Variable Frequency Motor Drives)
12) เครื่องแปลงผันกระแส (DC Convertors)
13) อินเวอร์เตอร์ (Invertors)
14) ภาคจ่ายไฟของโทรทัศน์ (Television Power Supplies)

ดังนั้นหากสามารถทราบได้ว่าการไหลของกระแสฮาร์มอนิกเป็นไปอย่างไร มีการเคลื่อนที่อย่างไร ไหลจากที่ไหนไปที่ไหนและมีปริมาณเท่าไร ซึ่งถ้าทราบข้อมูลดังกล่าว ก็จะทำให้สามารถที่จะหาทางแก้ไขได้อย่างเหมาะสม เช่นใช้ออกแบบตัวกรองฮาร์มอนิก (Harmonic Filter) บางความถี่ที่ต้องการได้ เพื่อสกัดกั้นการไหลของกระแสฮาร์มอนิกไม่ให้ไปรบกวนกับส่วนของระบบที่ต้องการป้องกัน

วิทยานิพนธ์นี้จึงเสนอแบบจำลองเพื่อวิเคราะห์การไหลของกระแสฮาร์มอนิก ในระบบไฟฟ้ากำลัง ซึ่งเป็นแบบจำลองที่คำนวณหาปริมาณกระแสฮาร์มอนิกในสายส่ง แรงดันฮาร์มอนิกที่บัส (Bus) ต่างๆ รวมไปถึงปริมาณกระแสฮาร์มอนิกที่ไหลเข้าไปในอุปกรณ์ต่างๆ ดังนั้นผลงานของวิทยานิพนธ์นี้ จึงสามารถที่จะใช้เป็นเครื่องมือในการปรับปรุงระบบไฟฟ้ากำลังให้มีคุณภาพที่ดีขึ้นได้

1.2 วัตถุประสงค์

1) เพื่อศึกษาความเป็นมาของการเกิดกระแสฮาร์มอนิกในระบบไฟฟ้ากำลัง
2) เพื่อพัฒนาระบบจำลองเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ การไหลของกระแสฮาร์มอนิกในระบบไฟฟ้ากำลัง
3) เพื่อความสะดวกรวดเร็วในการวิเคราะห์ระบบไฟฟ้ากำลัง และหาแนวทางปรับปรุงแก้ไขปัญหาที่จะเกิดจากกระแสฮาร์มอนิก

1.3 ขอบเขตโครงการวิทยานิพนธ์

พัฒนาระบบจำลองการไหลของกระแสฮาร์มอนิกในระบบไฟฟ้ากำลังที่มีขีดความสามารถดังนี้

1) แบบจำลองของอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ คิดเป็นแบบจำลองแบบเชิงเส้น (Linear Model)
2) พิจารณาให้ระบบอยู่ในสภาวะที่สมดุล (Balance Load) จึงคำนวณเป็นค่าต่อเฟส
3) พิจารณาผลของการต่อขดลวดของหม้อแปลงด้วยว่าเป็นวาย - วาย (Y-Y), เดลตา - วาย (Δ-Y)
4) ไม่พิจารณาผลของหม้อแปลงที่มีแท็ป (Tap) และยังไม่คิดถึงการเปลี่ยนมุมเฟสของกระแสและแรงดันที่ผ่านหม้อแปลง ไม่ว่าขดลวดของหม้อแปลงจะต่อแบบใด ๆ

5) เมื่อพิจารณาที่ความถี่สูง ๆ ในที่นี้ยังถือว่ากระแสฮาร์มอนิกไม่ประพฤติตัวเป็นคลื่น (Traveling Wave)
6) ที่ความถี่หลักมูลถือว่าคอนเวอร์เตอร์เป็นโหลดตัวหนึ่ง ในขณะที่ความถี่ฮาร์มอนิกคิดว่าเป็นแหล่งกำเนิดกระแสอุดมคติ
7) ใช้หลักการของการทับซ้อน (Superposition) ในการรวมกระแสฮาร์มอนิกที่แต่ละความถี่เข้าด้วยกัน โดยในที่นี้จะยังไม่คิดค่าความผิดพลาดอันเนื่องมาจากมุมเฟส
8) แสดงผลการวิเคราะห์ได้ทั้งในรูปตารางข้อมูลและแผนภาพ

1.4 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

1) ศึกษาทฤษฎีการไหลของกระแสฮาร์มอนิกในระบบไฟฟ้ากำลัง
2) ศึกษาแบบจำลองของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่สำคัญที่มีอยู่ในระบบไฟฟ้ากำลัง
3) พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อคำนวณการไหลของกระแสฮาร์มอนิกในระบบไฟฟ้ากำลังที่จำลองขึ้น
4) ทดสอบการทำงานของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้น และปรับปรุงแก้ไข
5) ประเมินผลการวิจัยและสรุปผลที่ได้จากการวิจัย
6) เรียบเรียง จัดพิมพ์วิทยานิพนธ์ และตรวจสอบแก้ไข

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ผลจากการวิจัย จะได้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่สามารถวิเคราะห์การไหลของกระแสฮาร์มอนิกในระบบไฟฟ้ากำลังในสภาพสมดุลได้ ทำให้สามารถใช้วิเคราะห์ระบบไฟฟ้ากำลังและหาแนวทางปรับปรุงแก้ไขปัญหาที่จะเกิดจากกระแสฮาร์มอนิกได้อย่างรวดเร็วและเหมาะสม เนื่องจากการทำงานของโปรแกรมใช้เวลาในการคำนวณน้อย

1.6 เนื้อหาของวิทยานิพนธ์

เนื้อหาของวิทยานิพนธ์ในแต่ละบทเป็นดังนี้

บทที่ 2 กล่าวถึงทฤษฎีการไหลของกระแสฮาร์มอนิกในระบบไฟฟ้ากำลัง

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3 กล่าวถึงแบบจำลองของอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่มีอยู่ในระบบไฟฟ้ากำลัง โดยที่ส่วนใหญ่จะใช้ตามแบบจำลองของ "Guide for Assessing The Network Harmonic Impedance" ที่จัดทำโดย Working Group CC02 (CIGRE 36.05/CIRED2) [2]

บทที่ 4 กล่าวถึงการคำนวณกระแสฮาร์มอนิกในระบบไฟฟ้ากำลังโดยใช้ระบบจำลองที่พัฒนาขึ้นโดยพัฒนาจากการคำนวณระบบง่าย ๆ เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยที่โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นแยกออกเป็นส่วนป้อนข้อมูลเข้า ส่วนคำนวณ และส่วนแสดงผล

บทที่ 5 กล่าวถึงตัวอย่างที่ใช้ทดสอบกับระบบจำลองที่พัฒนาขึ้น โดยสร้างระบบตัวอย่างขึ้นมามีการปรับเปลี่ยนปัจจัยต่าง ๆ หลายกรณี และยังได้ใช้ระบบตัวอย่างของ IEEE 14 บัส และ IEEE 30 บัส เพื่อทดสอบผลการทำงานของระบบจำลองที่พัฒนาขึ้น

บทที่ 6 เป็นบทสรุปและข้อเสนอแนะ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย