1. นิยามศัพท์เฉพาะ
2. นิยามเชิงปฏิบัติการ
3. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
4. วัสดุอุปกรณ์
5. จุดประสงค์ (ย่อย)
   1. ศึกษาและเข้าใจหลักการทำงานของ Brushed DC Motor และวิเคราะห์ Motor Characteristic
   2. ศึกษาและเข้าใจหลักการควบคุมมอเตอร์ด้วยการใช้ H-Bridge Drive ใน mode ต่าง ๆ ของ Brushed DC Motor
   3. ศึกษาและวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่าง Load Torque กับ Speed, Torque, Current, Power, และ %Efficiency ของ Brushed DC Motor
   4. วิเคราะห์ผลกระทบของความถี่ต่อความเร็วและตำแหน่งของ Stepper Motor
   5. วิเคราะห์ผลต่อความละเอียดและความแม่นยำในการใช้ Stepper Drive Modes ที่ต่างกัน ได้แก่ Full-Step, Half-Step และ Micro-Step
6. สมมติฐาน (ย่อย)
   1. แรงดันไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นจะเพิ่มความเร็วเชิงมุม (RPM) และแรงบิด (Torque) จะมีความสัมพันธ์กับกระแส (Current) โดยตรง
   2. การควบคุมด้วย H-Bridge Drive ในโหมด Sign-Magnitude, Locked Anti-Phase และโหมดอื่น ๆ จะส่งผลต่อความเร็วและทิศทางการหมุนของมอเตอร์แตกต่างกัน.
   3. เมื่อ Load Torque เพิ่มขึ้น ความเร็วของมอเตอร์จะลดลง ในขณะที่กระแสไฟฟ้าและแรงบิดที่มอเตอร์ต้องการจะเพิ่มขึ้น และ %Efficiency จะมีค่าต่ำสุดในช่วงที่โหลดสูงเกินกำลังของมอเตอร์
   4. ความเร็วของ Stepper Motor เพิ่มขึ้นเมื่อความถี่ของสัญญาณเพิ่มขึ้น จนถึงจุดที่มอเตอร์เริ่ม Loss Step
   5. Micro-Step ให้ความละเอียดสูงสุด แต่ Full-Step ให้ความเร็วสูงสุด
7. ตัวแปร
   1. ตอนที่ 1 ศึกษาหลักการทำงาน Brushed DC Motor และวิเคราะห์ Motor Characteristic
      1. ตอนที่ 1.1 ความสัมพันธ์ระหว่าง DTC และ Torque, Current, Power, %Efficiency ของ Brushed DC Motor

- ตัวแปรต้น : Duty Cycle ของ PWM

- ตัวแปรตาม : Torque, Current, Power, %Efficiency

- ตัวแปรควบคุม : แรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่ายไฟ

* + 1. ตอนที่ 1.2 ความสัมพันธ์ระหว่าง frequency และ Torque, Current, Power, %Efficiency ของ Brushed DC Motor

- ตัวแปรต้น : frequency ความถี่ (Hz)

- ตัวแปรตาม : Torque, Current, Power, %Efficiency

- ตัวแปรควบคุม : แรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่ายไฟ

* + 1. ตอนที่ 1.3 ความสัมพันธ์ระหว่าง DTC และ Speed ของ Brushed DC Motor

- ตัวแปรต้น : frequency

- ตัวแปรตาม : speed ความเร็วเชิงมุม (RPM)

- ตัวแปรควบคุม : แรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่ายไฟ

* 1. ตอนที่ 2 ศึกษาและเข้าใจหลักการควบคุมมอเตอร์ด้วยการใช้ H-Bridge Drive ใน mode ต่าง ๆ
     1. ตอนที่ 2.1 Sign-Magnitude mode

- ตัวแปรต้น : frequency

- ตัวแปรตาม : speed ความเร็วเชิงมุม (RPM)

- ตัวแปรควบคุม : Sign-Magnitude mode, แรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่ายไฟ

* + 1. ตอนที่ 2.2 Locked Anti-Phase mode

- ตัวแปรต้น : frequency

- ตัวแปรตาม : speed ความเร็วเชิงมุม (RPM)

- ตัวแปรควบคุม : Locked Anti-Phase mode , แรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่ายไฟ

* + 1. ตอนที่ 2.3 Free (high impedance) mode

- ตัวแปรต้น : frequency

- ตัวแปรตาม : speed ความเร็วเชิงมุม (RPM)

- ตัวแปรควบคุม : Free (high impedance) mode, แรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่ายไฟ

* + 1. ตอนที่ 2.4 Async Sign-Magnitude mode

- ตัวแปรต้น : frequency

- ตัวแปรตาม : speed ความเร็วเชิงมุม (RPM)

- ตัวแปรควบคุม : Async Sign-Magnitude mode, แรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่ายไฟ

* 1. ตอนที่ 3 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่าง Load Torque กับ Speed, Torque, Current, Power, และ %Efficiency ของ Brushed DC Motor

- ตัวแปรต้น : Load Torque (Nm)

- ตัวแปรตาม : Torque (Nm), Current (A), Power (W), % Efficiency

- ตัวแปรควบคุม : Duty Cycle, แรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่ายไฟ

* 1. ตอนที่ 4 ศึกษาผลกระทบของความถี่ต่อ Stepper Motor (Loss of Step)

- ตัวแปรต้น : frequency ความถี่ (Hz)

- ตัวแปรตาม : ความเร็วเชิงมุม (RPM) และตำแหน่งมุม (°)

- ตัวแปรควบคุม : แรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่ายไฟ, Stepper Drive Mode

* 1. ตอนที่ 5 การเปรียบเทียบ Stepper Drive Modes

- ตัวแปรต้น : Stepper Drive Mode

- ตัวแปรตาม : ความละเอียด (มุม/Step) และความเร็วเชิงมุม (RPM)

- ตัวแปรควบคุม : ความถี่, แรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่ายไฟ

1. วิธีดำเนินการทดลอง (ไม่รวมการ Set ค่าใน MATLAB)
   1. ขั้นตอนการตั้งค่าการทำงานใน MATLAB
   2. ตอนที่ 1 ศึกษาหลักการทำงาน Brushed DC Motor และวิเคราะห์ Motor Characteristic
      1. ตอนที่ 1.1 ความสัมพันธ์ระหว่าง DTC และ Torque, Current, Power, %Efficiency ของ Brushed DC Motor

1)

2)

3)

4)

* + 1. ตอนที่ 1.2 ความสัมพันธ์ระหว่าง frequency และ Torque, Current, Power, %Efficiency ของ Brushed DC Motor

1)

2)

3)

4)

* + 1. ตอนที่ 1.3 ความสัมพันธ์ระหว่าง DTC และ Speed ของ Brushed DC Motor

1)

2)

3)

4)

* 1. ตอนที่ 2 ศึกษาและเข้าใจหลักการควบคุมมอเตอร์ด้วยการใช้ H-Bridge Drive ใน mode ต่าง ๆ
     1. ตอนที่ 2.1 Sign-Magnitude mode
     2. ตอนที่ 2.2 Locked Anti-Phase mode
     3. ตอนที่ 2.3 Free (high impedance) mode
     4. ตอนที่ 2.4 Async Sign-Magnitude mode

ไม่สามารถทำการทดลองได้เนี่องจาก MD20A 20Amp 6V-30V DC Motor Driver ไม่สามารถกำหนด H-Bridge Drive ใน mode อื่นๆๆ ได้

* 1. ตอนที่ 3 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่าง Load Torque กับ Speed, Torque, Current, Power, และ %Efficiency ของ Brushed DC Motor

1. 1)
2. 2)
3. 3)
4. 4)
   1. ตอนที่ 4 ศึกษาผลกระทบของความถี่ต่อ Stepper Motor (Loss of Step)
5. ทำการทดลองโดยเพิ่มค่า frequency ในการ drive สัญญาณมอเตอร์ เพิ่มขึ้นตามเวลาที่ผ่านไป
   1. ตอนที่ 5 การเปรียบเทียบ Stepper Drive Modes
      1. ทำการตั้งค่า Stepper Drive Modes ในโหมด Full-Step จากนั้นทำการ กำหนดความถี่ที่ 100 Hz ทำการทดลองโดยเก็บค่า เวลา เปรียบเทียบ ความเร็วเชิงมุม (RPM)
      2. ทำการเปลี่ยนความถี่ที่ 500, 1000 Hz และทำการทดลองที่ Stepper Drive Modes ในโหมดเดิมซ้ำ
      3. ทำการเปลี่ยน Stepper Drive Modes เป็นโหมด Half-Step และ Micro-Step และเก็บค่าให้ครบ
6. ผลการทดลอง (ออกแบบแค่ตาราง)

<https://docs.google.com/spreadsheets/d/1JDMpgpGDQ7W-EClegxC2hT14Dex1PxOMnTFnzrCDc4I/edit?gid=1254783269#gid=1254783269>

1. สรุปผล
2. อภิปรายผล
3. ข้อเสนอแนะ
4. เอกสารอ้างอิง(แนบ link)

https://www.youtube.com/watch?v=KpkV7iA4LNM

**ตอนที่ 1 ศึกษาหลักการทำงาน Brushed DC Motor และวิเคราะห์ Motor Characteristic**

ตอนที่ 1.1 ความสัมพันธ์ระหว่าง DTC และ Torque, Current, Power, %Efficiency ของ Brushed DC Motor

ตอนที่ 1.2 ความสัมพันธ์ระหว่าง frequency และ Torque, Current, Power, %Efficiency ของ Brushed DC Motor

ตอนที่ 1.3 ความสัมพันธ์ระหว่าง DTC และ Speed ของ Brushed DC Motor

**ตอนที่ 2 ศึกษาและเข้าใจหลักการควบคุมมอเตอร์ด้วยการใช้ H-Bridge Drive ใน mode ต่าง ๆ**

ตอนที่ 2.1 Sign-Magnitude mode

ตอนที่ 2.2 Locked Anti-Phase mode

ตอนที่ 2.3 Free (high impedance) mode

ตอนที่ 2.4 Async Sign-Magnitude mode

**ตอนที่ 3 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่าง Load Torque กับ Speed, Torque, Current, Power, และ %Efficiency ของ Brushed DC Motor**

**ตอนที่ 4 ศึกษาผลกระทบของความถี่ต่อ Stepper Motor**

**ตอนที่ 5 การเปรียบเทียบ Stepper Drive Modes**