

Brushless DC Motor	
<p>ผลการเรียนรู้ย่อย</p> <ul style="list-style-type: none"> หลักการทำงานของการควบคุม Brushless DC Motor Sensorless Control และ Sensor-based Control BLCD Motor Control Techniques <ul style="list-style-type: none"> Trapezoidal Sinusoidal Field Oriented Control (FOC) ความแตกต่างของการควบคุม 6-Step Control และ FOC โดยเน้นถึงความแตกต่างในวิธีการเปลี่ยนและจัดการกับ Vector ของกระแสไฟฟ้าผ่านการอิบิยาด้วย Space Vector Modulation (SVM) ความแตกต่างระหว่าง Trapezoidal และ Sinusoidal ความสัมพันธ์ระหว่าง 6-Step Control และ PWM ความสัมพันธ์ระหว่าง PWM และ Frequency Output (Back EMF และ Hall Sensor) ความแตกต่างระหว่าง Feedback จาก Back EMF และ Hall Sensor การจัดการกับ Feedback ของ Sensorless Control เพื่อหาตำแหน่งเทียบกับ Feedback ของ Sensor-based Control บน ESC และ MCU <ul style="list-style-type: none"> Op-Amp Zero Crossing การหาความเร็วจาก Feedback ของ Trapezoidal Control 	<p>หัวใจ:</p> <ul style="list-style-type: none"> นักศึกษาต้องทำการวิเคราะห์ผลการเรียนรู้ทั้งหมด นักศึกษาต้องสามารถอธิบายหลักการทำงานของ Brushless DC Motor ได้ นักศึกษาต้องเข้าใจวิธีการตั้งค่า Motor ในโปรแกรม Motor Workbench 6.3.2 นักศึกษาต้องเข้าใจวิธีการตั้งค่า PWM Generation Frequency และ Speed Sensing นักศึกษาต้องเข้าใจ Electrical parameters, Mechanical parameters, และ Motor magnetic structure ของ BLDC Motor นักศึกษาต้องเข้าใจ BLDC motor control types ทั้งในรูปแบบ Sensorless Control และ Sensor-based Control นักศึกษาต้องเข้าใจและอธิบายราฟสัญญาณของ BLDC Motor ทั้ง 3 Phases จากพฤติกรรมที่สังเกตว่ามาจากการควบคุมแบบไหน และสาเหตุที่การไฟลั่กษณะเช่นนี้โดยละเอียด และวิเคราะห์โดยใช้ผลการเรียนรู้ย่อยที่เกี่ยวข้องมาอิบิยาและอภิปรายในผลการทดลองครอบคลุณถึง <ul style="list-style-type: none"> Brushless DC (BLDC) Motor Trapezoidal Back EMF Permanent Magnet Synchronous Machine (PMSM) Trapezoidal Control Field-Oriented Control (FOC) Pulse Width Modulation (PWM) Commutation Logic Six-Step Commutation Space Vector Modulation (SVM) Sensorless Control Hall Effect Sensors <p>โดยสามารถนำผลการทดลองไปเปรียบเทียบกับพฤติกรรมการควบคุม PMSM แบบ FOC ด้วยการสืบค้นจากแหล่งข้อมูลภายนอก เช่น MATLAB</p> <ul style="list-style-type: none"> นักศึกษาต้องเข้าใจวิธีการคำนวณหาความเร็วของ BLDC Motor จาก Frequency ของสัญญาณที่อ่านได้จาก Oscilloscope นักศึกษาต้องเข้าใจวิธีการใช้งาน Oscilloscope 4 Channels ในการจับสัญญาณของ BLDC Motor ทั้ง 3 Phases
<h3>อุปกรณ์การทดลอง</h3> <ol style="list-style-type: none"> BLDC Motor จำนวน 1 อัน STMICROELECTRONICS X-NUCLEO-IHM08M1 จำนวน 1 อัน Nucleo STM32G474RE พร้อมสายอัปโหลด จำนวน 1 ชุด 	

Brushless DC Motor		4. ฝึกงานห้องทดลอง
ผลการเรียนรู้ย่อ	ก. พ. ม.	การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้ย่อ
<ul style="list-style-type: none"> หลักการทำงานของการควบคุม Brushless DC Motor Sensorless Control และ Sensor-based Control BLCD Motor Control Techniques <ul style="list-style-type: none"> Trapezoidal Sinusoidal Field Oriented Control (FOC) ความแตกต่างของการควบคุม 6-Step Control และ FOC โดยเน้นถึงความแตกต่างในวิธีการเปลี่ยนและจัดการกับ Vector ของกระแสไฟฟ้าผ่านการอิงกวยด้วย Space Vector Modulation (SVM) ความแตกต่างระหว่าง Trapezoidal และ Sinusoidal ความสัมพันธ์ระหว่าง 6-Step Control และ PWM ความสัมพันธ์ระหว่าง PWM และ Frequency Output (Back EMF และ Hall Sensor) ความแตกต่างระหว่าง Feedback จาก Back EMF และ Hall Sensor การจัดการกับ Feedback ของ Sensorless Control เพื่อหาตำแหน่งเทียบกับ Feedback ของ Sensor-based Control บน ESC และ MCU <ul style="list-style-type: none"> Op-Amp Zero Crossing การหาความเร็วจาก Feedback ของ Trapezoidal Control 	ก. พ. ม. ก. พ. ม. 3 ส่วน ก. พ. ม. 4 ส่วน ก. พ. ม. 5 ส่วน	<p>การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้ย่อ</p> <ul style="list-style-type: none"> นักศึกษาต้องทำการวิเคราะห์ผลการเรียนรู้หลัก นักศึกษาต้องสามารถอธิบายหลักการทำงานของ Brushless DC Motor ได้ นักศึกษาต้องเข้าใจวิธีการตั้งค่า Motor ในโปรแกรม Motor Workbench 6.3.2 นักศึกษาต้องเข้าใจวิธีการตั้งค่า PWM Generation Frequency และ Speed Sensing <small>ก. พ. ม. 4 ส่วน</small> นักศึกษาต้องเข้าใจ Electrical parameters, Mechanical parameters, และ Motor magnetic structure ของ BLDC Motor นักศึกษาต้องเข้าใจ BLDC motor control types ทั้งในรูปแบบ Sensorless Control และ Sensor-based Control นักศึกษาต้องเข้าใจและอธิบายราฟสัญญาณของ BLDC Motor ทั้ง 3 Phases จากพฤติกรรมที่สังเกตว่ามาจากควบคุมแบบไหน และสาเหตุที่ราฟมีลักษณะเช่นนี้โดยละเอียด และวิเคราะห์โดยใช้ผลการเรียนรู้ย่อที่เกี่ยวข้องมาอธิบายและอภิปรายในผลการทดลองครอบคลุมถึง <ul style="list-style-type: none"> Brushless DC (BLDC) Motor Trapezoidal Back EMF Permanent Magnet Synchronous Machine (PMSM) Trapezoidal Control Field-Oriented Control (FOC) Pulse Width Modulation (PWM) Commutation Logic Six-Step Commutation Space Vector Modulation (SVM) Sensorless Control Hall Effect Sensors <p>โดยสามารถนำผลการทดลองไปเปรียบเทียบกับพฤติกรรมการควบคุม PMSM แบบ FOC ด้วยการสืบค้นจากแหล่งข้อมูลภายนอก เช่น MATLAB</p> <ul style="list-style-type: none"> นักศึกษาต้องเข้าใจวิธีการคำนวณหาความเร็วของ BLDC Motor จาก Frequency ของสัญญาณที่อ่านได้จาก Oscilloscope นักศึกษาต้องเข้าใจวิธีการใช้งาน Oscilloscope 4 Channels ในการจับสัญญาณของ BLDC Motor ทั้ง 3 Phases
อุปกรณ์การทดลอง		
<ol style="list-style-type: none"> BLDC Motor จำนวน 1 อัน STMICROELECTRONICS X-NUCLEO-IHM08M1 จำนวน 1 อัน Nucleo STM32G474RE พร้อมสายอัปโหลด จำนวน 1 ชุด 		

Brushless DC Motor

10 ก.พ. 68

ผลการเรียนรู้ย่อ	การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้ย่อ
<ul style="list-style-type: none"> หลักการทำงานของการควบคุม Brushless DC Motor <p>1 Sensorless Control และ Sensor-based Control</p> <p>2 BLCD Motor Control Techniques <ul style="list-style-type: none"> Trapezoidal Sinusoidal Field Oriented Control (FOC) </p> <p>3 ความแตกต่างของการควบคุม 6-Step Control และ FOC โดยเน้นถึงความแตกต่างในวิธีการเปลี่ยนและจัดการกับ Vector ของกระแสไฟฟ้า</p> <p>4 ผ่านการอธิบายด้วย Space Vector Modulation (SVM)</p> <p>5 ความแตกต่างระหว่าง Trapezoidal และ Sinusoidal</p> <p>6 ความสัมพันธ์ระหว่าง 6-Step Control และ PWM</p> <p>7 ความสัมพันธ์ระหว่าง PWM และ Frequency Output (Back EMF และ Hall Sensor)</p> <p>8 ความแตกต่างระหว่าง Feedback จาก Back EMF และ Hall Sensor</p> <p>9 การจัดการกับ Feedback ของ Sensorless Control เพื่อหาตำแหน่งเทียบกับ Feedback ของ Sensor-based Control บน ESC และ MCU <ul style="list-style-type: none"> Op-Amp Zero Crossing </p> <p>10 การหาความเร็วจาก Feedback ของ Trapezoidal Control</p> <p style="color:red; font-size:2em;">อย่างไรก็ตามหากต้องการ</p>	<ul style="list-style-type: none"> นักศึกษาต้องทำการวิเคราะห์ผลการเรียนรู้หลัก นักศึกษาต้องสามารถอธิบายหลักการทำงานของ Brushless DC Motor ได้ นักศึกษาต้องเข้าใจวิธีการตั้งค่า Motor ในโปรแกรม Motor Workbench 6.3.2 นักศึกษาต้องเข้าใจวิธีการตั้งค่า PWM Generation Frequency และ Speed Sensing นักศึกษาต้องเข้าใจ Electrical parameters, Mechanical parameters, และ Motor magnetic structure ของ BLDC Motor นักศึกษาต้องเข้าใจ BLDC motor control types ทั้งในรูปแบบ Sensorless Control และ Sensor-based Control นักศึกษาต้องเข้าใจและอธิบายรายละเอียดของ BLDC Motor ทั้ง 3 Phases จากพฤติกรรมที่สังเกตว่ามาจากควบคุมแบบไหน และสาเหตุที่การเปลี่ยนถ่ายกระแสไฟฟ้าต้องมีขั้นตอนเดียวกัน เช่น 3 ระยะ ที่ต้องใช้เวลาในการเปลี่ยนถ่ายกระแสไฟฟ้า 3 ครั้ง นักศึกษาต้องเข้าใจและอธิบายรายละเอียดของ BLDC Motor ทั้ง 3 Phases จากพฤติกรรมที่สังเกตว่ามาจากควบคุมแบบไหน และสาเหตุที่การเปลี่ยนถ่ายกระแสไฟฟ้าต้องมีขั้นตอนเดียวกัน เช่น 3 ระยะ ที่ต้องใช้เวลาในการเปลี่ยนถ่ายกระแสไฟฟ้า 3 ครั้ง Brushless DC (BLDC) Motor Trapezoidal Back EMF Permanent Magnet Synchronous Machine (PMSM) Trapezoidal Control Field-Oriented Control (FOC) Pulse Width Modulation (PWM) Commutation Logic Six-Step Commutation Space Vector Modulation (SVM) Sensorless Control Hall Effect Sensors <p>โดยสามารถนำผลการทดลองไปเปรียบเทียบกับพฤติกรรมการควบคุม PMSM แบบ FOC ด้วยการสืบค้นจากแหล่งข้อมูลภายนอก เช่น MATLAB</p> <ul style="list-style-type: none"> นักศึกษาต้องเข้าใจวิธีการคำนวณหาความเร็วของ BLDC Motor จาก Frequency ของสัญญาณที่อ่านได้จาก Oscilloscope นักศึกษาต้องเข้าใจวิธีการใช้งาน Oscilloscope 4 Channels ในการจับสัญญาณของ BLDC Motor ทั้ง 3 Phases

อุปกรณ์การทดลอง

- BLDC Motor จำนวน 1 อัน
- STMICROELECTRONICS X-NUCLEO-IHM08M1 จำนวน 1 อัน
- Nucleo STM32G474RE พร้อมสายอัปโหลด จำนวน 1 ชุด

Brushless DC Motor

ເຫດສາງໜີ້

ผลการเรียนรู้ໜີ້

- หลักการทำงานของการควบคุม Brushless DC Motor
- Sensorless Control และ Sensor-based Control

(2) BLDC Motor Control Techniques

O Trapezoidal Step

<https://www.pmdcorp.com/resources/type/articles/get/field-oriented-Sinusoidal-control-foc-a-deep-dive-article>

SVM

O Field Oriented Control (FOC)

- ความแตกต่างของการควบคุม 6-Step Control และ FOC โดยเน้นถึงความแตกต่างในวิธีการเปลี่ยนกระแสไฟฟ้า

ผ่านการอินบอยด์วาย Space Vector Modulation (SVM)

- ความแตกต่างระหว่าง Trapezoidal และ Sinusoidal

<https://decancysystems.com/blog/trapezoidal-and-sinusoidal-bldc-motors>

- ความสัมพันธ์ระหว่าง 6-Step Control และ PWM

- ความสัมพันธ์ระหว่าง PWM และ Frequency Output (Back EMF และ Hall Sensor)

- ความแตกต่างระหว่าง Feedback จาก Back EMF และ Hall Sensor

- การจัดการกับ Feedback ของ Sensorless Control เพื่อหาตำแหน่งเทียบกับ Feedback ของ Sensor-based Control บน ESC และ MCU

O Op-Amp

O Zero Crossing

- การหาความเร็วจาก Feedback ของ Trapezoidal Control

ໃຫຍງກວດກາທີ່ຈະນົກກັບ

ອຸປະນົມກາຮັດລອງ

- BLDC Motor จำนวน 1 อัน
- STMICROELECTRONICS X-NUCLEO-IHM08M1 จำนวน 1 อัน
- Nucleo STM32G474RE พร้อมสายอัปโหลด จำนวน 1 ชุด

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้ໜີ້

- นักศึกษาต้องทำการวิเคราะห์ผลการเรียนรู้ทั้งหมด
- นักศึกษาต้องสามารถอธิบายหลักการทำงานของ Brushless DC Motor ได้
- นักศึกษาต้องเข้าใจวิธีการตั้งค่า Motor ในโปรแกรม Motor Workbench 6.3.2
- นักศึกษาต้องเข้าใจวิธีการตั้งค่า PWM Generation Frequency และ Speed Sensing
- นักศึกษาต้องเข้าใจ Electrical parameters, Mechanical parameters, และ Motor magnetic structure ของ BLDC Motor
- นักศึกษาต้องเข้าใจ BLDC motor control types ทั้งในรูปแบบ Sensorless Control และ Sensor-based Control
- นักศึกษาต้องเข้าใจและอธิบายราฟสัญญาณของ BLDC Motor ทั้ง 3 Phases จากพฤติกรรมที่สังเกตว่ามาจากการควบคุมแบบไหน และสาเหตุที่การเปลี่ยนเส้นทางเดิมจะมีผลต่อความเร็ว และวิเคราะห์โดยใช้ผลการเรียนรู้ໜີ້ที่เกี่ยวข้องมาอธิบายและอภิปรายใบຜູ້ການທົດລອງຄຽບຄຸມຄືງ

- Brushless DC (BLDC) Motor
- Trapezoidal Back EMF
- Permanent Magnet Synchronous Machine (PMSM)
- Trapezoidal Control
- Field-Oriented Control (FOC)
- Pulse Width Modulation (PWM)
- Commutation Logic
- Six Step Commutation
- Space Vector Modulation (SVM)
- Sensorless Control
- Hall Effect Sensors

โดยสามารถนำผลการทดลองไปเรียนเทียบกับพฤติกรรมการควบคุม

PMSM แบบ FOC ด้วยการสืบค้นจากแหล่งข้อมูลภายนอก เช่น

MATLAB

ໃຫຍງກວດກາ

- นักศึกษาต้องเข้าใจวิธีการคำนวนหาความเร็วของ BLDC Motor จาก Frequency ของสัญญาณที่อ่านได้จาก Oscilloscope
- นักศึกษาต้องเข้าใจวิธีการใช้งาน Oscilloscope 4 Channels ในการจับสัญญาณของ BLDC Motor ทั้ง 3 Phases

ໃຫຍງກວດກາ

4. BLDCXplorer จำนวน 1 ชุด - ฐานสามารถบรรจุบอร์ดควบคุม, Breadboard, 3D-Print ใช้สำหรับการประกอบกับ BLDC Motor

วงจรที่ใช้ในการทดลอง

MotorXplorer

อยู่ระหว่างการออกแบบ

ไฟล์ที่แนบมาด้วย

Control_example.slx