

ข้อเสนอโครงการวิศวกรรมไฟฟ้า วิชา 2102490

อิเล็กทรอนิกส์กำลังสำหรับระบบเก็บเกี่ยวพลังงานชนิดเครื่องจักรกลไฟฟ้า

Power Electronics for Electromechanical Energy-Harvesting System

นายณัฐพล กาบแก้ว เลขประจำตัว 6130176521

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร. สรุพงศ์ สุวรรณกวิน

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2564

## สารบัญ

<b>1</b>	<b>บทนำ</b>	<b>1</b>
1.1	ที่มาและความสำคัญของโครงการ . . . . .	1
1.2	วัตถุประสงค์ของโครงการ . . . . .	1
1.3	ขอบเขตของโครงการ . . . . .	1
1.4	ผลลัพธ์ที่คาดหวังจากโครงการ . . . . .	2
<b>2</b>	<b>หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>ผลลัพธ์จากการดำเนินการเบื้องต้น</b>	<b>3</b>
<b>4</b>	<b>บทสรุป</b>	<b>3</b>
4.1	สรุปผลการดำเนินการ . . . . .	3
4.2	แผนการดำเนินงาน . . . . .	4
4.3	ปัญหา อุปสรรค และแนวทางแก้ไข (ถ้ามี) . . . . .	4
<b>5</b>	<b>ตัวอย่างคำสั่งที่ใช้งานใน LaTeX</b>	<b>4</b>
5.1	การใส่ตาราง . . . . .	4
5.2	การใส่รูป . . . . .	5
5.3	การพิมพ์สมการ . . . . .	5
5.4	การใส่เอกสารอ้างอิง . . . . .	6
<b>6</b>	<b>เอกสารอ้างอิง</b>	<b>7</b>
<b>7</b>	<b>ภาคผนวก (ถ้ามี)</b>	<b>7</b>
7.1	ภาคผนวก ก. . . . .	7
7.2	ภาคผนวก ข. . . . .	7

# 1 บทนำ

## 1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ

หัวข้อนี้เป็นการกล่าวถึง ความเป็นมา เหตุผล หรือแรงจูงใจ ที่ทำให้นิสิตเลือกหัวข้อโครงการนี้ และประโยชน์หรือความสำคัญของโครงการนี้ต่อการพัฒนาองค์ความรู้ในด้านต่างๆ เช่น ในเชิงวิชาการ เชิงเศรษฐกิจ เชิงวิศวกรรม ไม่ใช่กล่าวถึงการพัฒนาด้านนิสิตหรือสิ่งที่นิสิตจะได้รับ นิสิตอาจนำเสนอข้อมูล เช่น สถิติ ตาราง กราฟ เป็นต้น เพื่อสนับสนุนเหตุผล และความสำคัญ นิสิตควรเขียนแยกแต่ละประเด็นเป็นย่อหน้า การเขียนต้องกระชับ เข้าประเด็นโดยไม่อ้อมค้อม ซึ่งรวมถึงทุกส่วนในรายงานนี้ด้วย ไม่ควรอธิบายสิ่งที่เินยื้อและเป็นสิ่งที่รู้กันอยู่แล้ว เช่น “การประหยัดพลังงานเป็นสิ่งสำคัญที่ทุกคนต้องคำนึงถึง” “ในอนาคตหุ่นยนต์จะมีบทบาทเข้ามาทำงานแทนมนุษย์อย่างสิ้นเชิง” หรือ “ในยุคดิจิทัลจะช่วยให้มนุษย์สื่อสารและทำงานได้มีประสิทธิภาพมากขึ้นหากมีโครงข่ายสื่อสารทั่วโลก”

ในส่วนถัดมาให้อธิบายว่าหัวข้อโครงการที่เลือกทำนี้มีประเด็นปัญหาสำคัญอะไรบ้าง มีรายละเอียดหรือลักษณะของปัญหาอย่างไร มีใครที่เคยแก้ปัญหาลักษณะนี้หรือคล้ายกันมาก่อนบ้าง ถ้าโครงการนี้เป็นการต่อยอด หรือปรับปรุงผลงานจากโครงการที่ทำมาก่อนหน้า หรือจากวรรณกรรม ควรต้องชี้ว่าผลงานเก่ามีจุดด้อย หรือจุดอ่อนอะไร และโครงการนี้จะช่วยแก้ไข หรือปรับปรุงอะไร ในการกล่าวถึงงานที่ผู้อื่นได้ทำมาแล้ว จะต้องใส่เอกสารอ้างอิงให้ชัดเจน เช่น บทความที่กล่าวถึงเรื่อง XX พบได้ใน [1] การคัดลอกผลงานของผู้อื่น ไม่ว่าทั้งหมดหรือบางส่วน โดยไม่อ้างอิงแหล่งที่มา ถือเป็นการกระทำที่ผิดต่อศีลธรรมและจรรยาบรรณ หากพบว่ามีสติมีการกระทำดังกล่าว นิสิตจะได้รับเกรด U หรือ F

ย่อหน้าสุดท้าย ให้อธิบายถึงสิ่งที่คาดหวังว่าจะได้เมื่อจบโครงการ (ไม่ใช่สิ่งที่ตัวนิสิตจะได้รับ) และวิธีการที่ใช้ หรือแนวทางการดำเนินการของโครงการนี้โดยย่อ พร้อมแสดงถึงข้อดี หรือประเด็นที่น่าสนใจในโครงการนี้ หากมีแผนผังความคิด (Mind Map) ที่จะทำให้เข้าใจโครงสร้างของโครงการได้โดยง่าย ก็ขอให้ใส่ในหัวข้อนี้ด้วย ความยาวรวมของหัวข้อนี้ไม่ควรยาวเกินสองหน้า

## 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

วัตถุประสงค์ คือผลลัพธ์สุดท้าย (Outcome) ของโครงการ วัตถุประสงค์จะคล้ายกับหัวข้อโครงการ เพียงแต่มีรายละเอียดและความชัดเจนมากกว่าหัวข้อ วัตถุประสงค์ควรเล็งถึงสิ่งที่เป็นรูปธรรม เช่น ออกแบบและสร้างอุปกรณ์ (Device) ประดิษฐ์หรือหาคะเียบวิธี (Algorithm) หาพารามิเตอร์หรือสถานะที่เหมาะสม (Characterization or Optimization) ออกแบบและสร้างระบบ (System Integration) ศึกษาและเปรียบเทียบ (Study and Comparison) พัฒนาซอฟต์แวร์ (Software Development) วัตถุประสงค์ไม่ควรเป็นเพียงการกระทำ (Actions) ของนิสิต เช่น เรียนรู้การใช้โปรแกรม MATLAB/Simulink ศึกษาการใช้งานไมโครโปรเซสเซอร์ ทำความเข้าใจคณิตศาสตร์ เรียนรู้การใช้งานและทดสอบเครื่องมือ เป็นต้น นิสิตควรเขียนวัตถุประสงค์ให้กระชับ ไม่ควรยาวเกินหกบรรทัด และสามารถแยกเป็นข้อๆ เพื่อความชัดเจนได้ (ไม่ควรเกินสามข้อ) เช่น

1. เพื่อพัฒนาองค์ความรู้ด้าน XX
2. เพื่อสร้างต้นแบบอุปกรณ์ XX ในการแก้ปัญหา YY
3. เพื่อพัฒนาชุดซอฟต์แวร์ XX ในการแก้ปัญหา YY
4. เพื่อหาแนวทางในการ XX

ตัวอย่างวัตถุประสงค์ของโครงการหัวข้อ “การวิเคราะห์ผลกระทบของระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีต่อเสถียรภาพชั่วคราวของระบบไมโครกริด”

1. เพื่อวิเคราะห์ผลของระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีต่อเสถียรภาพชั่วคราวของไมโครกริด ทั้งในสถานะที่เชื่อมต่อกับกริดภายนอก และสถานะแยกโดด
2. เพื่อวิเคราะห์ปัญหาเสถียรภาพชั่วคราวของไมโครกริดเมื่อเกิดการรบกวนขนาดใหญ่ขึ้นในระบบ

รายละเอียดในส่วนวัตถุประสงค์โครงการในวิชา 2102499 นั้นจะต้องตรงกับที่เสนอไว้ในข้อเสนอโครงการวิชา 2102490 ทุกประการ ถ้าหากในระหว่างการสอนขอเสนอโครงการ คณะกรรมการได้มีความเห็นให้เพิ่ม ลด แก้ไข หรือเปลี่ยนแปลงวัตถุประสงค์ นิสิตก็ต้องจะแก้ไขตามคำแนะนำของคณะกรรมการด้วย

## 1.3 ขอบเขตของโครงการ

ขอบเขตของโครงการไม่ใช่ภาพรวมของโครงการ ดังเช่นในวัตถุประสงค์ แต่เป็นการบอกเงื่อนไข สถานะแวดล้อมที่ถูกระบุขึ้นสำหรับปัญหา รวมถึงผลลัพธ์ที่คาดหวังว่า จะมีขอบเขตอย่างไรที่วัดได้ โดยแยกเป็นข้อๆ แต่ละข้อต้องเป็นรูปธรรมที่ชัดเจน และต้องสามารถชี้วัดได้

ในเชิงปริมาณไม่ใช่ว่าเชิงคุณภาพ เช่น เร็ว ควรเปลี่ยนเป็น อัตราอย่างน้อย 20 bps มีประสิทธิภาพสูง ควรเปลี่ยนเป็น ประสิทธิภาพอย่างน้อย 60 เปอร์เซ็นต์ เป็นต้น ตัวอย่างขอบเขตของโครงการ

1. โครงการนี้พิจารณาศึกษาระบบ XX ภายใต้สภาวะ YY เท่านั้น และจะทดลองในกรณีศึกษาทั้งหมด N กรณี ได้แก่ กรณี A กรณี B และกรณี C
2. โครงการนี้จะพัฒนาอุปกรณ์ XX ต้นแบบที่มีข้อกำหนด (Specification) ดังนี้ ข้อกำหนด A ข้อกำหนด B และข้อกำหนด C

ตัวอย่างขอบเขตของโครงการหัวข้อ “เครื่องตรวจจับระดับความเป็นกรดต่างของน้ำในสระว่ายน้ำ”

1. ใช้หลักการตรวจจับการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงย่านแสงสีแดง
2. สามารถใช้กับสระว่ายน้ำที่ต้องเติมคลอรีน ที่มีขนาดไม่เกิน 400 ลบ.ลิตร
3. สามารถวัดค่าความเป็นกรดต่างได้ในช่วง pH 6.5-7.5 โดยมีความผิดพลาดไม่เกิน  $\pm 0.05$
4. สามารถตรวจจับได้อย่างรวดเร็ว โดยมีเวลาตอบสนองไม่เกิน 2 ms

ขอบเขตของโครงการในรายงานวิชา 2102499 นั้นจะต้องตรงกับที่เสนอไว้ในข้อเสนอโครงการวิชา 2102490 โดยนิสิตสามารถเพิ่มขอบเขตได้ แต่ห้ามลดลง หากในระหว่างการสอบข้อเสนองาน คณะกรรมการได้มีความเห็นให้เพิ่ม ลด แก้ไข หรือเปลี่ยนแปลงขอบเขต นิสิตก็ต้องแก้ไขตามคำแนะนำของคณะกรรมการด้วย

#### 1.4 ผลลัพธ์ที่คาดหวังจากโครงการ

ให้นิสิตอธิบายถึงผลลัพธ์ที่เป็นรูปธรรมที่ชัดเจนจากการทำโครงการนี้ โดยเลือกเฉพาะผลลัพธ์ที่เด่นและเป็นผลลัพธ์หลัก เช่น

1. ชุดซอฟต์แวร์ที่รับรูปภาพถ่ายของตา และแยกแยะได้ว่ามีอาการเสื่อมของโรคต้อกระจกตาหรือไม่
2. ชุดคำสั่งตัวควบคุมเชิงทำนายแบบจำลอง (Model Predictive Control หรือ MPC) ด้วยภาษา XX ที่ใช้ควบคุมระบบ YY ตามเวลาจริง (Real time)
3. รูปแบบปัญหาทางคณิตศาสตร์เพื่อประมาณหาแบบจำลองของระบบ XX พร้อมทั้งชุดคำสั่งเชิงเลขในการแก้ปัญหา

ตัวอย่างผลลัพธ์ที่คาดหวังจากโครงการหัวข้อ “การจำลองระบบทดสอบสำหรับใช้ศึกษาปัญหาเสถียรภาพชั่วคราวในระบบส่งไฟฟ้ากำลัง” ระบบทดสอบที่สามารถนำไปใช้ศึกษาและวิเคราะห์ปัญหาเสถียรภาพชั่วคราวได้อย่างถูกต้อง

ผลลัพธ์ของโครงการในวิชา 2102499 จะต้องตรงกับที่เสนอไว้ในข้อเสนอโครงการวิชา 2102490 ห้ามลดมาตรฐานลง ถ้าในระหว่างการสอบข้อเสนองาน คณะกรรมการได้มีความเห็นให้ปรับปรุงผลลัพธ์ของโครงการ นิสิตก็ต้องแก้ไขตามความเห็นของคณะกรรมการด้วย

## 2 หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในการทำโครงการนั้น ย่อมต้องมีการใช้หลักวิชาความรู้ทางวิศวกรรมซึ่งอาจจะเป็นหลักการพื้นฐานที่นิสิตเคยเรียนมาแล้ว หรืออาจจะเป็นหลักการเรื่องใดเรื่องหนึ่งที่นิสิตต้องศึกษาเพิ่มเติม ความมุ่งหมายของหัวข้อส่วนนี้ คือการปูพื้นฐานทฤษฎีให้ผู้อ่านสามารถติดตาม และทำความเข้าใจโครงการได้ เนื้อหาที่ไม่ควรใส่คือ หลักการหรือทฤษฎีทั่วไปที่อยู่ในตำราพื้นฐาน และไม่เกี่ยวข้องโดยตรงกับโครงการ แม้ในกรณีที่มีความเกี่ยวข้องก็ไม่จำเป็นต้องอธิบายโดยละเอียด เหมือนการลอกมาจากตำรา สิ่งที่นิสิตควรอธิบายคือ หลักการหรือทฤษฎีขั้นสูง หรือการต่อยอดมาจากทฤษฎีพื้นฐาน ตัวอย่างเช่น งานที่เกี่ยวกับการประมวลผลสัญญาณ (Signal Processing) อาจมีการกล่าวถึงหลักการวิเคราะห์สเปกตรัม (Spectral Analysis) [2] นิสิตควรต้องระบุและอธิบายถึงหลักการและทฤษฎีที่จะนำมาใช้ในโครงการ ไม่ว่าจะเป็นสมการ ตาราง กราฟ สถิติ ขั้นตอน วิธีการ วงจร ระบบ อุปกรณ์ ฯลฯ แต่ไม่ควรนำสิ่งเหล่านี้มาแปะไว้เฉยๆ โดยไม่มีคำอธิบาย หรืออธิบายน้อยมาก นิสิตควรชี้ให้เห็นชัดเจนว่าหลักการและทฤษฎีต่างๆ จะถูกนำไปใช้อย่างไร การประยุกต์ใช้ทฤษฎีเพื่อแก้ปัญหาที่กำหนดขึ้นจะต้องมีความถูกต้องและเหมาะสมในเชิงวิศวกรรม เช่น ใช้สมการคณิตศาสตร์ที่ถูกต้อง เลือกใช้เทคนิคและเครื่องมือ (เช่น ซอฟต์แวร์) ที่จะนำมาใช้แก้ปัญหาทางวิศวกรรมได้อย่างเหมาะสม เป็นต้น

การเขียนควรเรียงเนื้อหาให้ต่อเนื่อง สั้นและกระชับแต่ได้ใจความ ความยาวโดยรวมไม่ควรเกินสิบหน้า การเขียนสามารถแยกเป็นหัวข้อย่อยได้ตามความเหมาะสม เนื่องจากรายงานโครงการนี้เป็นงานเขียนทางวิชาการ การเขียนจะต้องเป็นไปตามหลักการเขียนงานทางวิทยาศาสตร์ เช่น การใช้ตัวแปรต้องมีความคงเส้นคงวา (Consistency) การอ้างสมการและการเลือกใช้สัญลักษณ์ ควรเป็นไปตามนิยม (Conventional) และไม่สับสน ภาษาที่ใช้ต้องเป็นภาษาเขียน ไม่ใช่ภาษาพูด การเขียนไม่ควรใช้ภาษาไทยสลับกับภาษาอังกฤษ ถ้ามีศัพท์ภาษาอังกฤษให้พยายาม

ภาษาไทยที่นิยมใช้ (จากราชบัณฑิตยสภา หรือแหล่งอื่นๆ เป็นต้น) หรือพิจารณาเขียนทับศัพท์ แล้ววงเล็บศัพท์ภาษาอังกฤษไว้ข้างหลัง เฉพาะครั้งที่พบศัพท์คำนี้ในรายงานเท่านั้น หากนิสิตต้องการศึกษาแนวทางเพิ่มเติม ในการเขียนบทความหรือรายงานทางวิทยาศาสตร์โดยใช้ภาษาไทย ขอแนะนำให้ นิสิตอ่านหนังสือ ภาษาไทยสำหรับงานเขียนทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดย ศ.ดร.มงคล เดชุนครินทร์

ในรายงานทั้งหมดจะต้องมีการอ้างอิงในรูปแบบที่ถูกต้อง ขอให้ดูตัวอย่างการอ้างอิงที่อยู่ท้ายตัวอย่างรายงานนี้ ขอแนะนำคือ พยายามหลีกเลี่ยงการอ้างอิงสิ่งที่ย่อยบนอินเทอร์เน็ต เพราะหน้าเว็บไซต์อาจมีการเปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลา ทำให้อาจไม่พบข้อมูลนั้นๆ เมื่อต้องการกลับมาดูอีก ถ้าเป็นไปได้ควรที่จะแทนด้วยสิ่งพิมพ์เช่น หนังสือ วารสาร บทความ รายงาน ฯลฯ ที่ให้สาระเหมือนกัน นอกจากนั้นนิสิตควรใช้ Microsoft Word ในการเรียงลำดับรูป ตาราง สมการ และเอกสารอ้างอิงแบบอัตโนมัติด้วย

### 3 ผลลัพธ์จากการดำเนินการเบื้องต้น

ในส่วนนี้ให้นิสิตได้ผลลัพธ์หรือผลสำเร็จอะไรมาบ้าง จากการดำเนินโครงการตามแผนงานที่นิสิตได้นำเสนอไว้ตามแผนภูมิแกนต์ (Gantt chart) โดยปกติแล้วเมื่อเสร็จสิ้นขั้นตอนแต่ละขั้นตามแผนภูมิแกนต์ นิสิตควรจะได้ผลลัพธ์อย่างน้อยหนึ่งอย่างออกมา เช่นในขั้นตอนการศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง นิสิตน่าจะได้อธิบายสรุปวรรณกรรม หรือข้อกำหนด (Specification) ออกมา หรือในขั้นตอนการออกแบบ นิสิตอาจได้แผนภาพบล็อก หรือร่างวงจรเบื้องต้นออกมา เป็นต้น สำหรับแต่ละขั้นตอน นิสิตควรอธิบายว่าได้ผลลัพธ์นั้นมาได้อย่างไร ถูกต้องตามหลักการทางวิศวกรรมหรือไม่ มีตัวเลือก (Choice) อะไรบ้างในขั้นตอนต่างๆ อาจมีผลการทดลอง ผลการจำลองเบื้องต้น เช่น กราฟ ตาราง เป็นต้น และการวิเคราะห์อภิปรายผลมาประกอบ เพื่อโน้มน้าวให้ผู้อ่านเชื่อว่าหัวข้อโครงการที่นำเสนอมีโอกาสประสบความสำเร็จ ในหัวข้อนี้ นิสิตอาจจะแบ่งเป็นหัวข้อย่อย (ตามผลการทดลอง หรืออย่างไรก็ได้แล้วแต่) ตามความเหมาะสม

นิสิตควรเลือกนำเสนอผลลัพธ์เบื้องต้นที่สำคัญ ซึ่งต้องไม่ใช่สิ่งง่ายๆ (Trivial) เกินไป เช่น การใส่ผลการทดลองการหาค่าใช้โปรแกรม MATLAB การใส่วิธีการเขียนโค้ดภาษา Python ภาษา Java หรือภาษาอื่นๆ ในระดับเบื้องต้น หรือการทดลองใช้บอร์ดทดลองซึ่งไม่เกี่ยวกับโครงการที่ทำ ตัวอย่างผลลัพธ์ที่นิสิตควรนำเสนอ เช่น

หัวข้อโครงการเป็นการใช้หลักการควบคุมเชิงทำนายแบบจำลอง ในการควบคุมกระบวนการ XX ในหัวข้อนี้ นิสิตอาจจะนำเสนอแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบ YY พร้อมคำอธิบาย โดยมีผลการจำลองเบื้องต้นของการใช้ตัวควบคุมกับระบบ YY

หัวข้อโครงการเป็นการแยกแยะรูปภาพออกเป็นหลายคลาส (Class) โดยวิธี XX โค้ดด้วยภาษา YY ในหัวข้อนี้ นิสิตจะนำเสนอลักษณะเด่นของภาษา YY เปรียบเทียบกับภาษาอื่นๆ และโค้ดที่ได้เขียนขึ้นในเบื้องต้นเพื่อการวิเคราะห์รูปภาพ (Image Processing) หากโค้ดที่เขียนมีการเรียกใช้ไลบรารี (Library) คล้ายคลึงกับงานอื่นๆ นิสิตควรอธิบายได้ว่า ความซับซ้อนของปัญหาที่จะทำนั้นแตกต่างอย่างไร และนิสิตต้องทำอะไรเพิ่มเติมด้วยตนเองบ้าง

หัวข้อโครงการเป็นการสร้างต้นแบบอุปกรณ์ ระบบ หรือเครื่องมือหนึ่งๆ เช่น หุ่นยนต์ ระบบฝังตัวเพื่อการประยุกต์ XX ในหัวข้อนี้ นิสิตอาจจะนำเสนอแบบร่างหรือแผนภาพบล็อกที่สมบูรณ์ของอุปกรณ์พร้อมระบุข้อกำหนดว่า อุปกรณ์จะประกอบไปด้วยชิ้นส่วนใด หรือบอร์ดใดบ้าง แต่ละชิ้นส่วน (เช่น มอเตอร์) หรือบอร์ด จะใช้รุ่นใด ความสามารถเป็นอย่างไร พร้อมทั้งอธิบายได้ว่า ทำไมเลือกข้อกำหนดอย่างนั้น หรือบอร์ดนั้นๆ รวมถึงซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการพัฒนาโปรแกรมควบคุม นอกจากนี้ควรแสดงแผนภาพเชื่อมโยงของชิ้นส่วนแต่ละชิ้นว่าประกอบเป็นอุปกรณ์ต้นแบบที่สมบูรณ์ได้อย่างไร อาจนำเสนอผลการจำลองสมรรถภาพ (Efficiency) เบื้องต้น ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดไว้ด้วยก็ได้

ขอให้ นิสิตใส่ใจกับความชัดเจนของข้อมูล กราฟทุกกราฟ ตารางทุกตาราง เมื่อพิมพ์รายงานลงบนกระดาษขาวดำแล้ว ต้องสามารถอ่านได้ แยกเส้นกราฟได้ อ่านคำอธิบายกราฟ (Legend) ได้ มีคำกำกับแกนและคำอธิบายรูปภาพชัดเจน รูปภาพควรใช้เป็นแบบเวกเตอร์ (Vector Graphic) เนื่องจากรูปแบบเวกเตอร์จะสามารถยืดขยายได้ ไม่เหมือนกับรูปไปนารี (Binary) ที่เก็บรายละเอียดแบบพิกเซล (Pixel) ซึ่งจะเสียความละเอียด (Resolution) ไปเมื่อขยายรูปให้ใหญ่ขึ้น ถ้าใช้โปรแกรม MATLAB ในการวาดกราฟ ไม่ควรบันทึกเป็นไฟล์ JPG แล้วนำมาวางในรายงานบนโปรแกรม Microsoft Word เพราะจะได้รูปที่ไม่คมชัด ให้นิสิตใช้คำสั่ง Copy Figure ซึ่งอยู่ในเมนู Edit ของหน้าต่างรูปภาพของโปรแกรม MATLAB แล้วจึงนำมาวางในรายงาน จะได้รูปที่ชัดเจนกว่า หากข้อมูลเป็นตาราง ในส่วนของคำอธิบายตารางต้องบอกให้ชัดเจนว่า ตัวเลขในตารางคืออะไร หน่วยอะไร ควรมีการเน้นตัวเลขในตารางเพื่อให้ผู้อ่านสังเกตความแตกต่างได้โดยง่าย

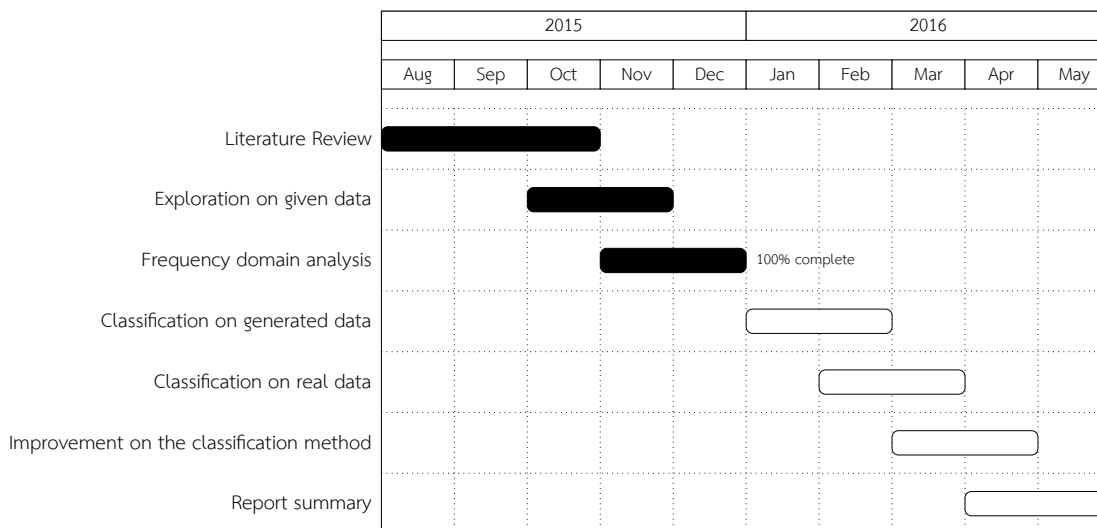
### 4 บทสรุป

#### 4.1 สรุปผลการดำเนินการ

ในส่วนนี้ให้นิสิตสรุปว่าได้ดำเนินการอะไรมาบ้างตั้งแต่ต้นจนถึงปัจจุบัน และจะดำเนินการอะไรต่อไป เพื่อให้โครงการนี้เสร็จสมบูรณ์ ได้ผลลัพธ์ครบถ้วนตามวัตถุประสงค์และขอบเขตที่ได้กำหนดไว้

## 4.2 แผนการดำเนินงาน

ให้นิสิตอธิบายแนวทางและแผนการดำเนินงาน เพื่อให้โครงการนี้ประสบความสำเร็จ แผนการดำเนินงานให้นำเสนอในรูปแผนภูมิแกนต์ โดยระบุแยกเป็นขั้นตอนตามลำดับที่จะนำไปสู่ผลลัพธ์สุดท้ายของโครงการ การกำหนดขั้นตอนให้ระลึกว่า หลังเสร็จสิ้นขั้นตอนแต่ละขั้นแล้ว นิสิตควรจะได้ผลลัพธ์อย่างใดอย่างหนึ่งออกมา ตัวอย่างเช่น โครงการการเรียนรู้การทำงานของสมอง มีแผนการดำเนินงานดังแสดงในรูปที่ 1



รูป 1: Gantt chart of the project

## 4.3 ปัญหา อุปสรรค และแนวทางแก้ไข (ถ้ามี)

ในหัวข้อนี้ให้นิสิตกล่าวถึง ปัญหาและอุปสรรคที่ได้พบระหว่างการดำเนินงานมาจนถึงปัจจุบัน และให้อธิบายว่านิสิตได้หลบเลี่ยงหรือแก้ไข ปัญหาอย่างไรบ้าง เช่น ถ้าต้องมีการเปลี่ยนแปลงวิธีการ เจื่อนไข หรือผลลัพธ์ที่ตั้งใจไว้แต่แรก ควรบอกว่าด้วยเหตุผลอะไร และควรมีข้อมูล มารองรับการตัดสินใจนั้นๆ ด้วย

## 5 ตัวอย่างคำสั่งที่ใช้งานใน LaTeX

ในส่วนนี้จะแสดงตัวอย่างการใช้คำสั่ง LaTeX เบื้องต้น สำหรับ tutorial นั้นมีมากมายบน Internet ตัวอย่างเอกสารประกอบการใช้ งาน LaTeX ภาษาไทยที่ได้อ่านหนึ่งคือจาก อ.ดร. จิตยา หวานวารี [3] เป็น template สำหรับวิทยานิพนธ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย แต่ ได้อธิบายการใช้คำสั่งเบื้องต้นไว้โดยละเอียด

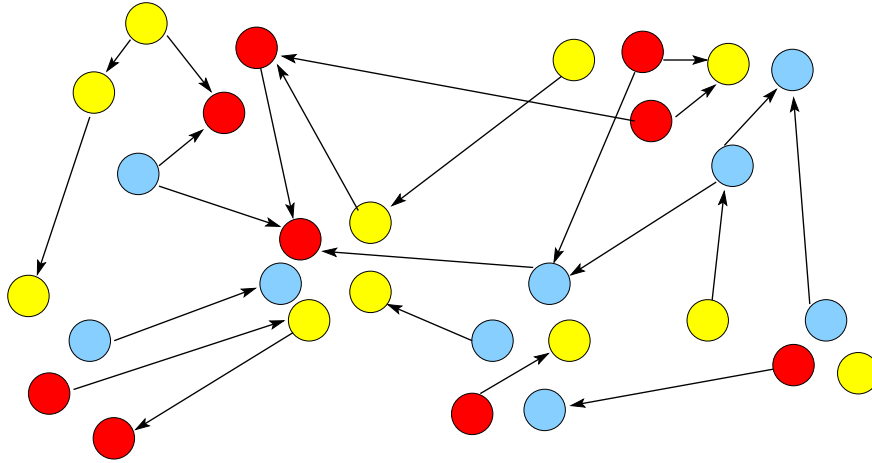
### 5.1 การใส่ตาราง

ตาราง 1: ตัวอย่างตาราง

Item	Font	Font Type	Font Size
Title	Garamond	Bold	20
Author names	Garamond	Bold	12
Author affiliation/email	Garamond	Regular	11
Abstract/Keywords	Garamond	Regular	11
Level 1 headings	Garamond	Bold	12
Level 2 headings	Garamond	Bold	11
Level 3 headings	Garamond	Regular	11
Figure/table captions	Garamond	Regular	11
Main text/References	Garamond	Regular	11

## 5.2 การใส่รูป

การใช้รูปในงานที่ compile ด้วย Xe<sub>La</sub>TeX จะใช้รูป format .eps, .pdf, .jpg, .png เป็นต้น ขอให้ใช้ vector graphic เป็นหลัก สำหรับรูปผลการทดลองหรือการวาดแผนผังต่างๆ เนื่องจากรูปแบบเวกเตอร์จะสามารถยืดขยายได้ไม่เหมือนกับรูป binary ที่เก็บรายละเอียดแบบ pixel และจะมีการเสีย resolution ไปหากขยายรูป zoom ให้ใหญ่ขึ้น



รูป 2: แบบจำลองเชิงกราฟ



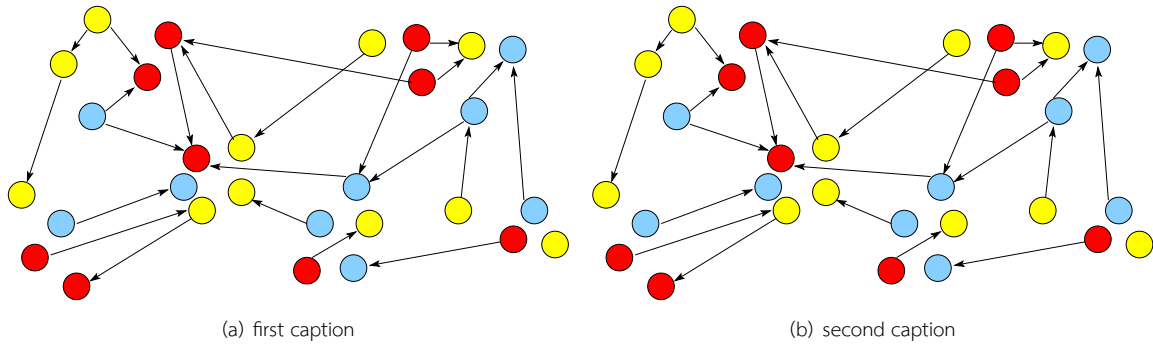
รูป 3: สภาพการเชื่อมโยงของสมอง (ที่มา: Shutterstock.com รูปโดย: Alex Mit)

## 5.3 การพิมพ์สมการ

กรณีพิมพ์สมการมีทั้งที่แทรกในบรรทัด เช่น  $y = Cx$  หรือการแยกเป็นบรรทัดใหม่

$$F(s) = \int_0^{\infty} e^{-st} f(t) dt \quad (1)$$

การใช้ package 'align' จะสามารถเขียนสัญลักษณ์ต่างๆ ได้มากกว่า 1 บรรทัด มีได้หลายคอลัมน์ และสามารถจัดเรียงตำแหน่งได้ด้วย



รูป 4: ตัวอย่างการใช้ subfigure

เช่น

$$x = 2 \quad (2)$$

$$y = 3 \quad (3)$$

$$z = x \times y$$

$$= p \quad (4)$$

การไม่ใส่หมายเลขสมการ สามารถใช้คำสั่ง หรือ `notag` ได้ โดยปกติแล้วหากไม่ใส่อะไรเลย สมการทุกสมการจะมีหมายเลขกำกับเสมอ หลักการใส่เลขสมการคือ จะใส่เลขสมการก็ต่อเมื่อสมการนั้นจะถูกอ้างถึงในภายหลัง ดังนั้นการอ้างอิง (cross reference) สามารถทำได้โดยใช้คำสั่ง `ref` หรือ `eqref` กับ `label` ตัวอย่างเช่น สมการ (2) กล่าวไว้ว่า  $x = 2$  package 'eqnarray' ก็จะเป็นอีก environment หนึ่งที่ใช้เรียงสมการออกเป็น array

$$\dot{x} = Ax + Bu \quad (5)$$

$$y = Cx + Du \quad (6)$$

ถ้าหากมีสมการหลายบรรทัดและต้องการเรียงในแนว center ให้ใช้ package 'gather'

$$y = \sum_{n=0}^1 000.5^n + \sin(2\pi nt) + \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{\log n}{n} \quad (7)$$

$$z = \lim_{t \rightarrow \infty} e^{-st} g(t) \quad (8)$$

## 5.4 การใส่เอกสารอ้างอิง

รูปแบบการเขียนเอกสารอ้างอิงให้อิงตามรูปแบบที่ใช้ในบทความวิชาการเดียวกันทั้งรายงาน การอ้างอิงถึงเอกสารต่างชนิดกัน (เช่น หนังสือ บทความที่ตีพิมพ์ในวารสารวิชาการ บทความที่นำเสนอในที่ประชุมวิชาการ วิทยานิพนธ์) จะมีรูปแบบการอ้างอิงที่ต่างกัน และเป็นไปตามความนิยมหรือมาตรฐานต่าง ๆ ตัวอย่างรูปแบบการอ้างอิงแบบหนึ่งที่เป็นที่นิยมใช้มากในสาขาวิศวกรรมไฟฟ้าคือ รูปแบบการอ้างอิงของ IEEE ตามเอกสาร

<https://iee-dataport.org/sites/default/files/analysis/27/IEEECitationGuidelines.pdf>

การเรียงลำดับรายการเอกสารอ้างอิงแบบ IEEE ให้เรียงตามการอ้างอิงในเนื้อหาของรายงาน (อ้างอิงก่อนใช้ตัวเลขน้อย อ้างอิงทีหลังใช้ตัวเลขที่มากกว่า) โดยรายการเอกสารอ้างอิงตั้งข้างต้น ต้องปรากฏอยู่ในเนื้อหาความภายในรายงานด้วย (ไม่ต้องใส่เอกสารอ้างอิงที่ไม่ได้มีการอ้างอิงในรายงาน)

เอกสารอ้างอิงทำได้โดยง่าย หากใช้ `bibtex` โดยหลักการคร่าวๆ คือต้องมีไฟล์ฐานข้อมูลของเอกสารอ้างอิง เก็บในรูปแบบ `file.bib` ซึ่งบรรจุรหัสของเอกสารอ้างอิงที่ใช้ตัวเอง และรายละเอียดของเปเปอร์นั้นๆ (สร้างได้โดยง่ายจากการใช้ Google Scholar ช่วย) ตัวอย่างการใช้งานคือ การใช้คำสั่ง `cite` เมื่อต้องการจะอ้างอิงเอกสารนั้นๆ เช่น หลักการ system identification เบื้องต้นนั้นสามารถอ่านได้จาก [4] เป็นต้น



## 6 เอกสารอ้างอิง

- [1] M. Wainwright and M. Jordan, “Graphical models, exponential families, and variational inference,” *Foundations and Trends® in Machine Learning*, vol. 1, no. 1-2, pp. 1–305, 2008.
- [2] P. Stoica and R. Moses, *Introduction to Spectral Analysis*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 1997.
- [3] □. หวานวารี, “การใช้ latex สำหรับเรียงพิมพ์วิทยานิพนธ์ภาษาไทยและภาษาอังกฤษโดยใช้รูปแบบของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.” <http://pioneer.netserv.chula.ac.th/~wdittaya/LaTeX/MathCS-tutorial.pdf>.
- [4] T. Söderström and P. Stoica, *System Identification*. London: Prentice Hall International, 1989.

## 7 ภาคผนวก (ถ้ามี)

ภาคผนวกเป็นข้อความที่ไม่สามารถใส่ไว้ในเนื้อหาหลักได้ แต่สามารถทำให้ผู้อ่านเข้าใจรายละเอียดของโครงการได้มากยิ่งขึ้น ในหัวข้อนี้ให้ใส่รายละเอียดหรือข้อมูลอื่นๆ ที่จำเป็น ซึ่งไม่สำคัญเท่ากับที่อยู่ในเนื้อหาหลัก เช่น

- ทฤษฎีพื้นฐานเพิ่มเติมเพื่อให้ผู้อ่านเข้าใจวิธีการที่ใช้ในโครงการได้ดีขึ้น แต่การไม่ใส่รายละเอียดนี้ต้องไม่ทำให้ผู้อ่านไม่สามารถติดตามหรือเข้าใจเนื้อหาหลักได้
- Data Sheet ของอุปกรณ์ที่เลือกใช้
- Specification ของฮาร์ดแวร์ต่างๆ
- Features ของซอฟต์แวร์ที่ใช้
- Source Code ของโปรแกรมที่ได้เขียนขึ้นมาเอง หรือดัดแปลงมา
- Device Characteristics ของชิ้นส่วนในโครงการ

ภาคผนวกอาจแบ่งออกเป็นหลายส่วน ตามหัวข้อเรื่อง เช่น

### 7.1 ภาคผนวก ก.

### 7.2 ภาคผนวก ข.