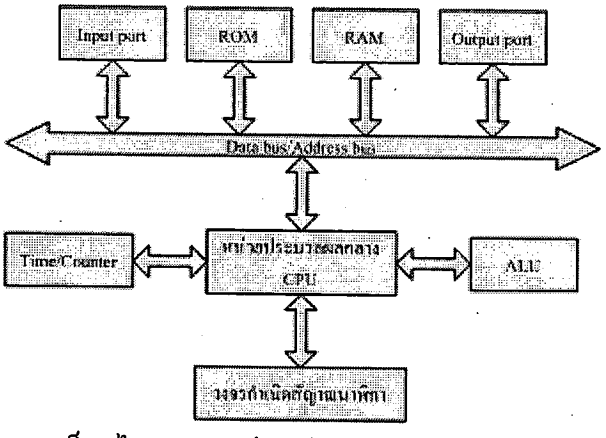
# บทที่ 1
# บทนำ

## 1.1 หลักการและเหตุผล

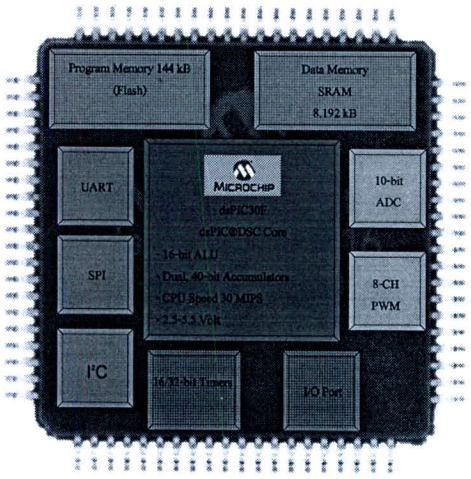
แนวคิดและหลักการเกี่ยวกับระบบสมองกลฝังตัวนั้นเป็นที่นิยมมากขึ้นในปัจจุบัน มีการใช้งานกันอย่างแพร่หลายเช่น ระบบการวัดคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ ระบบการขับเคลื่อนไฟฟ้าในงานอุตสาหกรรมทั่วไป ระบบการแปลงผันพลังงาน ซึ่งนิยมใช้ในงานพลังงานทดแทน เช่น ระบบเซลล์แสงอาทิตย์ ระบบกังหันลมผลิตไฟฟ้า เป็นต้น เนื่องจากราคาถูก ใช้งานง่าย และสามารถแยกทำงานได้อย่างอิสระไม่จำเป็นต้องเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ ระบบสมองกลฝังตัวนั้นเป็นระบบประมวลผลขนาดเล็กที่จะฝังไว้ในวงจรควบคุมของระบบที่ทำงานด้วยอิเล็กทรอนิกส์ ทั้งนี้สามารถเพิ่มความฉลาดและความสามารถให้กับระบบควบคุมเหล่านั้นโดยผ่านทางโปรแกรม ซึ่งจะแตกต่างจากระบบประมวลผลที่ใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ทั่วไป หลักการทำงานและส่วนประกอบพื้นฐานของระบบสมองกลฝังตัวนั้นจะเหมือนกับคอมพิวเตอร์ ซึ่งมีส่วนประกอบดังแสดงเป็นบล็อกไดอะแกรมในภาพที่ 1




ภาพที่ 1.1 บล็อกไดอะแกรมส่วนประกอบของระบบสมองกลฝังตัว

จากภาพระบบสมองกลนั้นจะประกอบด้วย หน่วยประมวลผลกลาง (CPU), หน่วยประมวลผลทางคณิตศาสตร์ (ALU), ไทเมอร์และเคาน์เตอร์ (Timer/Counter), วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา (Oscillator), อินพุต (Input), เอาต์พุต (Output), หน่วยความจำโปรแกรม (ROM), หน่วยความจำข้อมูล (RAM) และบัส (Bus) ทำหน้าที่เหมือนกับคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก ระบบสมองกลผังตัวนั้นมีประโยชน์มากช่วยให้วิศวกรหรือผู้ออกแบบสามารถสร้างวงจรการทำงานได้เล็กลง และมีความซับซ้อนน้อยลงเป็นอย่างมาก อีกทั้งยังมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องไม่ว่าจะเป็นในส่วนของฮาร์ตแวร์และซอฟต์แวร์ ทำให้การใช้งานและการพัฒนาโปรแกรมทำได้ง่าย นอกจากจะมีส่วนประกอบดังภาพแล้ว ปัจจุบันยังมีส่วน

การประมวลผลสัญญาณดิจิตอล (DSP) เพื่อใช้ในการคำนวณทางคณิตศาสตร์ การแปลงสัญญาณแอนาลอกเป็นดิจิตอล (ADC) การสร้างสัญญาณพัลส์วิดธ์มอดูเลชั่น (PWM) เพิ่มเข้ามาด้วย ทำให้สามารถตอบสนองการใช้งานได้อย่างกว้างขวาง ตัวอย่างตัวประมวลผลที่จะในโครงการวิจัยนี้เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล dsPIC30F ของบริษัท Micro-chip Inc. ซึ่งจะนำมาประยุกต์ใช้ในงานอิเล็กทรอนิกส์กำลัง โครงสร้างทางฮาร์ดแวร์ของ dsPIC30F แสดงดังภาพที่ 2




ภาพที่ 1.2 โครงสร้างทางฮาร์ตแวร์ของตระกูล dsPIC30F

เมื่อกล่าวถึงศาสตร์ทางด้านอิเล็กทรอนิกส์กำลังถือเป็นส่วนหนึ่งในการขับเคลื่อนในงานอุตสาหกรรมในปัจจุบัน และครอบคลุมไปถึงระบบแปลงผันพลังงานไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานทดแทนต่างๆ เพื่อมาใช้งานทั้งแบบแยกการระบบอิสระ (Stand Alone) และแบบเชื่อมต่อเข้าระบบไฟฟ้าโดยตรง (Grid-Connected) ทำให้การศึกษาเกี่ยวกับวงจรอิเล็กทรอนิกส์กำลังและการประยุกต์ใช้งานซึ่งเป็นวิชาหลักในหลักสูตรระดับปริญญาตรี ของคณะวิศวกรรมศาสตร์ในทุกมหาวิทยาลัยนั้น มีความสำคัญและความความจำเป็นต่อการเรียนรู้ของนักศึกษาวิศวกรรมไฟฟ้าเป็นอย่างมาก

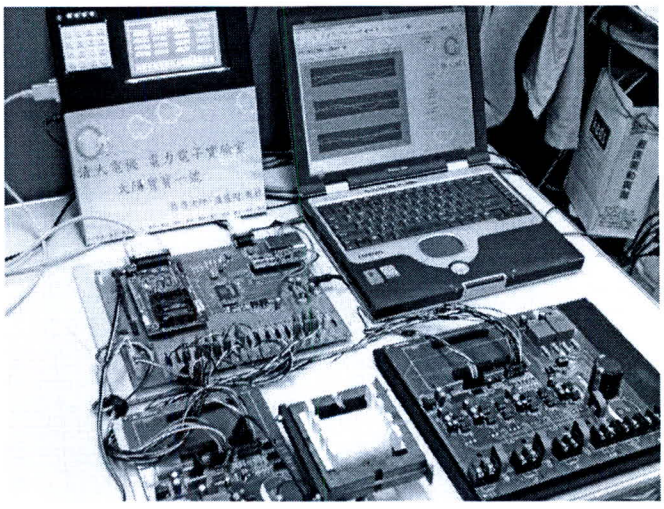
การศึกษาเกี่ยวกับอิเล็กทรอนิกส์กำลังได้บรรจุเป็นรายวิชาหลักอยู่ในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต เป็นวิชาที่มุ่งเน้นให้นักศึกษาระดับปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตร์ ได้เข้าใจในหลักการแปลงผันกำลังไฟฟ้ารูปแบบต่างๆ เช่นวงจรเรียงกระแสแบบควบคุมเฟส วงจรแปลงระดับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง (DC Converter) วงจร Switching mode power supply วงจรอินเวอร์เตอร์แบบ 1 เฟส และ 3 เฟส ตลอดจนวิธีการควบคุมการแปลงผันกำลังไฟฟ้าทั้งแบบวงเปิด และวงปิด ซึ่งนักศึกษาควรมีความรู้ ความเข้าใจ และ มีทักษะการประยุกต์ใช้งานที่สูงเพียงพอ จึงจะสามารถออกแบบ และสร้างระบบควบคุมงานด้านอิเล็กทรอนิกส์กำลังในอนาคตได้อย่างมีประสิทธิภาพ และทำให้องค์ความรู้ของนักศึกษาที่จะเป็นวิศวกรในอนาคตนั้น มีความเข็มแข็งยิ่งขึ้น สามารถก้าวตามทันเทคโนโลยีด้านอิเล็กทรอนิกส์และการควบคุม ที่กำลังรุดหน้าอยู่ในปัจจุบันและอนาคต

จากที่กล่าวในข้างต้น โครงการวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นในการออกแบบและพัฒนาวงจรควบคุมการแปลงผันพลังงานด้วยการประยุกต์ใช้ระบบสมองกลฝังตัว ให้เป็นการสร้างชุดเพื่อการเรียนรู้เรื่อง "การประยุกต์ใช้ระบบสมองกลฝังตัวในงานอิเล็กทรอนิกกำลัง" สำหรับใช้ในการเรียนการสอนในรายวิชาอิเล็กทรอนิกส์กำลัง ของนักศึกษาระดับปริญญาตรี ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ และเป็นการพัฒนาสื่อการเรียนรู้เทคโนโลยีระบบสมองกลฝังตัวกับงานอิเล็กทรอนิกส์กำลัง โดยในชุดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นประกอบด้วย

- ชุดทดลองเรื่อง วงจรทบแรงดัน (Boost Converter)
- ชุดทดลองเรื่องวงจรทอนแรงดัน (Buck Converter)
- ชุดทดลองเรื่องวงจรทอน-ทบแรงดัน (Buck-Boost Converter)
- ชุดทดลองเรื่องอินเวอร์เตอร์เฟสเดียว (Single-phase Inverter)
- ชุดทดลองเรื่องอินเวอร์เตอร์สามเฟส (Three-phase Inverter)

คณะผู้วิจัยเป็นผู้สอนและมีประสบการณ์ในงานด้านอิเล็กทรอนิกส์กำลัง เล็งเห็นว่า อุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการที่ใช้อยู่ในปัจจุบันไม่สอดคล้องกับเทคโนโลยีของระบบควบคุมที่ใช้กันอยู่ทั่วไปในปัจจุบัน ซึ่งทำให้นักศึกษาไม่สามารถเข้าใจได้อย่างลึกซึ้ง และไม่สามารถนำมาประยุกต์เพื่อออกแบบและสร้างตัวควบคุมที่เหมาะสมกับงานเชิงปฏิบัติได้ ถ้าหากมีอุปกรณ์และสื่อที่ใช้ในการเรียนการสอนเชิงปฏิบัติที่ใช้ในการเรียนการสอนอย่างเพียงพอและก้าวทันเทคโนโลยีในปัจจุบัน ก็จะสามารถทำให้นักศึกษามีความรู้และวิสัยทัศน์ในการประยุกต์ใช้ในการควบคุมพลังงานไฟฟ้าด้วยวงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้าในงานอิเล็กทรอนิกส์กำลังได้เป็นอย่างดี ซึ่งมีองค์ประกอบที่เป็นอุปกรณ์หลักในโครงการวิจัยนี้ประกอบด้วย 3 ส่วนคือ

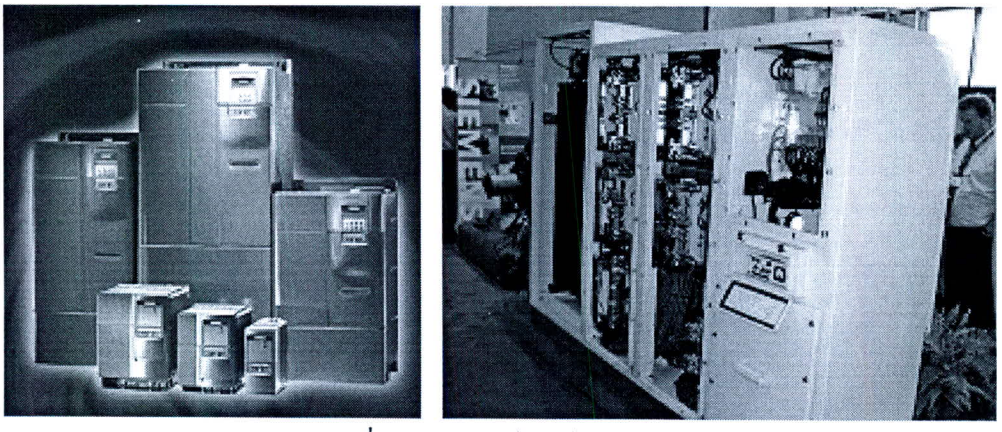
1. วงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้า
2. ชุดควบคุมแบบเวลาจริงด้วยระบบสมองกลฝังตัว (Embedded System)
3. แบบจำลองการควบคุมด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์



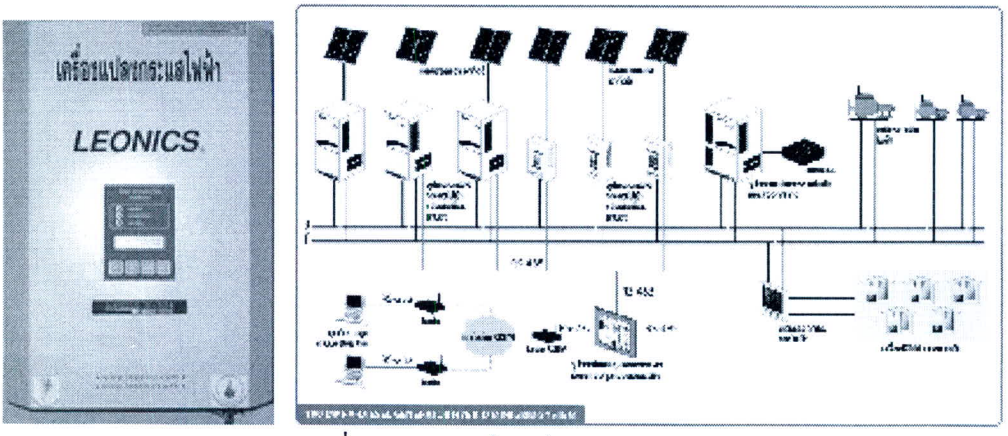
ภาพที่ 1.3. ตัวอย่างของการควบคุมวงจรอิเล็กทรอนิกส์กำลังระดับห้องปฏิบัติการ

## 1.2 สมมุติฐานของงานวิจัย

วงจรอิเล็กทรอนิกส์กำลังเป็นหัวใจของการประยุกต์ทางอุตสาหกรรมสมัยใหม่และมีบทบาทอย่างกว้างขวาง ในการปฏิวัติอารยะธรรมอันหนึ่งของโลกปัจจุบัน นับตั้งแต่มีการปฏิวัติการใช้มอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำของ เทสลา เมื่อร้อยกว่าปีที่แล้ว ทุกคนรู้และเข้าใจในหลักการพื้นฐานของอิเล็กทรอนิกส์กำลังว่า เป็นการแปลงผันกำลังไฟฟ้า จากรูปแบบหนึ่งสู่อีกรูปแบบหนึ่ง ภายใต้หลักการดังกล่าว การแปลงผันกำลังไฟฟ้าในปัจจุบันได้เปลี่ยนแปลงจากอดีตอย่างมากมาย ทั้งในรูปแบบของอุปกรณ์ที่ทันสมัย ควบคุมได้ง่ายและรวดเร็วขึ้น และระบบควบคุมที่ทันสมัยด้วยการประยุกต์ใช้บอร์ดประมวลผลสัญญาณเชิงดิจิตอล ทำให้อิเล็กทรอนิกส์กำลังเป็นที่แพร่หลายในงานด้านต่างๆ เช่น การควบคุมการทำงานของเครื่องจักรในโรงงานอุตสาหกรรมไปจนถึงระบบขนส่งมวลชน การสื่อสารโทรคมนาคม คอมพิวเตอร์ การพัฒนาทางธุรกิจอุตสาหกรรมของโลกปัจจุบันและการประยุกต์ใช้งานร่วมในงานผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานทดแทน เป็นต้น ตัวอย่างการใช้งานอิเล็กทรอนิกส์กำลังแสดงดังภาพ



ภาพที่ 1.4 อินเวอร์เตอร์ในงานอุตสาหกรรม

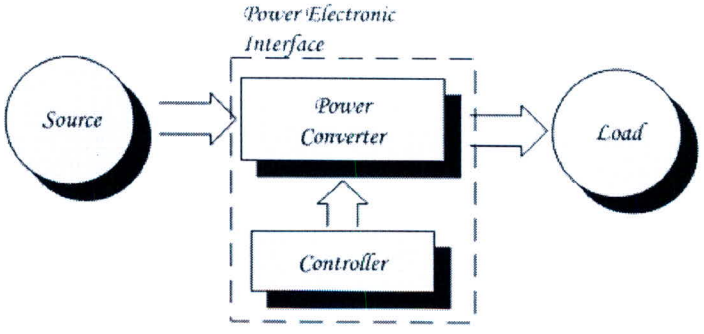



ภาพที่ 1.5 อินเวอร์เตอร์ในงานพลังงานทดแทน

องค์ประกอบของระบบอิเล็กทรอนิกส์กำลังโดยทั่วไปประกอบด้วย 3 ส่วนหลักคือ

1. วงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้า (Power Converter) ทำหน้าที่เปลี่ยนรูปพลังงานไฟฟ้า
2. ระบบควบคุม (Controller) ทำหน้าที่สร้างสัญญาณควบคุมการทำงานของวงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้า และเปรียบเทียบสัญญาณในระบบควบคุมแบบวงรอบปิด
3. การเชื่อมต่อสัญญาณควบคุม (Power Electronics Interfacing) เมื่อควบคุมการทำงานของวงจรด้วยคอมพิวเตอร์ ซึ่งมักใช้ในกรณีที่มีระบบควบคุมที่ซับซ้อน

ทั้งนี้ระบบอิเล็กทรอนิกส์กำลังแสดงเป็นแผนภาพได้ดังภาพ




ภาพที่ 1.6 แผนภาพการเชื่อมโยงของวงจรอิเล็กทรอนิกส์กำลัง

วงจรอิเล็กทรอนิกส์กำลังนั้นมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง หากเปรียบเทียบวงจรอิเล็กทรอนิกส์กำลังในปัจจุบันกับในอดีต นั้นจะเห็นว่ามีความแตกต่างกันเป็นอย่างมาก ไม่ว่าจะเป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่นำมาใช้ในการสร้างวงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้า ระบบควบคุมการทำงานของวงจรกลายเป็นหน่วยประมวลผลโดยการใช้ระบบคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก (Microcomputer) จากความเจริญก้าวหน้าของเทคโนโลยีทางด้าน ไมโครคอมพิวเตอร์ ทำให้สามารถสร้างวงจรการทำงานได้เล็กลง และมีเสถียรภาพและประสิทธิภาพในการทำงานมากขึ้น เทคโนโลยีไมโครคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในระบบควบคุมการทำงาน ของวงจรอิเล็กทรอนิกส์กำลังในปัจจุบันประกอบด้วย ไมโครโปรเซสเซอร์

(Microprocessor, CPU) ระบบประมวลผลสัญญาณดิจิตอล (Digital Signal Processing System, DSP) ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller, MCU) ที่ผ่านมานั้น นักศึกษาในประเทศไทยโดยทั่วไปยังมีทักษะในการประยุกต์ใช้ค่อนข้างน้อย เนื่องจากยังขาดแคลนชุดทดลองในการเรียนรู้ เพราะชุดทดลองในการเรียนรู้ระบบการควบคุมอิเล็กทรอนิกส์กำลัง ที่ใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ในการควบคุมนั้นจะมีราคาแพงมาก การสั่งซื้อส่วนใหญ่จะนำเข้ามาจากต่างประเทศ และที่สำคัญนั้นระบบที่ได้มานั้นจะเป็นลักษณะที่เป็นการเรียนรู้เฉพาะงาน ไม่สามารถปรับเปลี่ยนเพื่อการใช้งานจริงได้ สำหรับการเรียนรู้เกี่ยวกับระบบไมโครคอมพิวเตอร์นั้นมีการเรียนรู้และบรรจุอยู่ในการเรียนการสอน ในสถานศึกษาในประเทศไทยมานานแล้ว แต่การนำมาใช้งานจริงนั้นยังไม่แพร่หลายเนื่องจากซอฟแวร์ที่ใช้ในการพัฒนาระบบนั้น ส่วนใหญ่จะเป็นภาษาระดับต่ำหรือภาษาเครื่อง แต่ในปัจจุบันนั้นมีการพัฒนาทางด้านซอฟแวร์ขึ้นมาเพื่อใช้งานกับระบบไมโครคอมพิวเตอร์มากมาย ภาษาที่ใช้นั้นพัฒนามาจนถึงภาษาระดับสูง เช่นภาษาซี ภาษาเบสิก เป็นต้น และปัจจุบันนั้นมีการแข่งขันทางธุรกิจในการสร้างระบบไมโครคอมพิวเตอร์ เพื่อใช้งานกับงานด้านอิเล็กทรอนิกส์กำลัง การโปรแกรมตัวชิพสามารถทำได้ง่ายขึ้นสามารถทำการดีบักการทำงานได้ ทำให้ผู้พัฒนาโปรแกรมสามารถทำได้ง่าย แต่ทุกอย่างที่กล่าวมานั้นยังไม่มีการนำมาปรับปรุงเพื่อใช้ในการเรียนการสอน ส่งผลให้ผู้เรียนไม่สามารถจิตนาการถึงการใช้งานอุปกรณ์ดังกล่าวได้

อย่างไรก็ตาม ทางคณะผู้วิจัยมีแนวความคิดที่จะสร้างต้นแบบชุดทดลอง เพื่อการศึกษาการใช้งานเกี่ยวกับระบบดังกล่าว ซึ่งจะประกอบด้วยชุดทดลองการศึกษาการทำงานของระบบไมโครคอมพิวเตอร์ ต่อร่วมกับชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์กำลังดังนี้คือ

1. วงจรเรียงกระแสแบบควบคุมเฟส
2. วงจร Buck Converter
3. วงจร Boost Converter
4. วงจรอินเวอร์เตอร์

## 1.3 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.3.1 เพื่อทบทวนวรรณกรรม และข้อมูลเกี่ยวกับการควบคุมวงจรอิเล็กทรอนิกส์กำลังที่ควบคุมการทำงานด้วยระบบสมองกลฝังตัว

1.3.2 เพื่อออกแบบและสร้างวงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้ารูปแบบต่าง ที่มีพิกัดกำลังไฟฟ้าเหมาะสมกับที่ใช้ห้องปฏิบัติการ

1.3.3 เพื่อศึกษาการประยุกต์ใช้ระบบสมองกลฝังตัว ในการควบคุมวงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้าในงานอิเล็กทรอนิกส์กำลัง

1.3.4 เพื่อสร้างชุดควบคุมวงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้าในงานอิเล็กทรอนิกส์กำลังรูปแบบต่างๆ ด้วยการประยุกต์ใช้ระบบสมองกลฝังตัว

1.3.5 เพื่อออกแบบและสร้างสื่อการสอนเชิงปฏิบัติในรายวิชาปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์กำลังให้สอดคล้องกับชุดควบคุมและวงจรอิเล็กทรอนิกส์กำลังที่ได้สร้างขึ้น

1.3.6 เพื่อทดสอบและวิเคราะห์ประสิทธิภาพในการเรียนการสอนในรายวิชาอิเล็กทรอนิกส์กำลังซึ่งเป็นวิชาหลักในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

## 1.4 ขอบเขตของโครงงาน

1.4.1 วงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้า ประกอบด้วย วงจรเรียงกระแส วงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสตรงแบบทอนระดับแรงดัน วงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสตรงแบบทบระดับแรงดัน และวงจรอินเวอร์เตอร์ ที่มีขนาดพิกัดกำลังไม่เกิน 1000 วัตต์

1.4.2 บอร์ดประมวลผลสัญญาณดิจิตอล (DSP Board) ที่ใช้ในการประยุกต์การควบคุมระบบแบบฝังตัวต้องเป็นบอร์ดที่มีราคาถูก สามารถหาซื้อได้ภายในประเทศ

1.4.3 สามารถเชื่อมต่อการควบคุมวงจรอิเล็กทรอนิกส์กำลังผ่าน DSP Board ได้ ทั้งแบบเชื่อมต่อผ่านคอมพิวเตอร์ และแบบฝังตัว (Embedded)

1.4.4 ทดสอบหาประสิทธิภาพของชุดทดลองที่ได้จัดสร้างขึ้นทั้งความเหมาะสมต่อการประยุกต์ใช้งาน และผลสัมฤทธิ์ที่มีต่อผลการเรียนรู้ของนักศึกษาในชั้นเรียน

## 1.5 วิธีการดำเนินการวิจัย

1.5.1 ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการสร้างและออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์กำลัง

1.5.2 ออกแบบวงจรแปลงผันกำลังทุกแบบและการเชื่อมต่อสัญญาณ

1.5.3 จัดซื้ออุปกรณ์และบอร์ดประมวลผลสัญญาณดิจิตอลที่ใช้ในโครงการ

1.5.4 สร้างวงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้าทุกแบบในโครงการ

1.5.5 สร้างชุดเชื่อมต่อวงจรด้วยบอร์ดประมวลผลสัญญาณดิจิตอล

1.5.6 สร้างโปรแกรมและระบบจำลองเพื่อควบคุมวงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้า

1.5.7 ทดสอบระบบควบคุมและปรับปรุงให้สมบูรณ์

1.5.8 วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

1.5.9 จัดทำรายงานฉบับสมบูรณ์ และ เผยแพร่งานวิจัย

## 1.6 ประโยชน์ของโครงงาน

1.6.1 เป็นต้นแบบชุดทดลองสำหรับใช้ในห้องปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์กำลัง

1.6.2 เป็นแนวทางในการพัฒนาเทคโนโลยีของประเทศ

1.6.3 เป็นองค์ความรู้ต้นแบบของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

1.6.4 เป็นประโยชน์ต่อการพัฒนางานวิจัยที่เกี่ยวข้องต่อ ๆ ไป

ทั้งนี้ หน่วยงานที่สามารถนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์ ได้แก่

- ห้องปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์กำลังในระดับมหาวิทยาลัยทั่วไป
- ห้องปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์กำลังในระดับกรมอาชีวศึกษาทั่วไป
- หน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับระบบขับเคลื่อนไฟฟ้า และอิเล็กทรอนิกส์กำลัง