

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันมีการนำเอามอเตอร์เชิงโคโรนัสชนิดแม่เหล็กถาวร (PMSM) มาใช้งานอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรม ทั้งนี้เนื่องจาก PMSM มีตัวประกอบกำลังและประสิทธิภาพสูงรวมทั้งอัตราส่วนระหว่างแรงบิดต่อความเฉื่อยก็มีค่าสูงด้วย การควบคุมแรงบิดของ PMSM ด้วยการควบคุมแบบเวกเตอร์ซึ่งได้รับความนิยมอย่างมากในงานขับเคลื่อนเซอร์โว [1]-[2] แต่การควบคุมแบบเวกเตอร์จำเป็นต้องอาศัยข้อมูลตำแหน่งของโรเตอร์ในการควบคุม ในการหาตำแหน่งของโรเตอร์โดยปกติแล้วจะให้ตัวตรวจจับที่เรียกว่า เอนโคเดอร์ (encoder) หรือรีโซลเวอร์ (resolver) อย่างไรก็ตามในการประยุกต์ใช้งานจริงอาจมีข้อจำกัดในการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับตำแหน่งเหล่านี้ อาทิเช่น ไม่มีพื้นที่ในการติดตั้ง ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งสูง หรือไม่สามารถหาตัวตรวจจับตำแหน่งย่านความเร็วที่กว้างมาก ๆ ได้ เป็นต้น ดังนั้นเพื่อแก้ปัญหาที่กล่าวมานี้ จึงมีงานวิจัยจำนวนมากพัฒนาวิธีการประมาณค่าตำแหน่งและความเร็วของโรเตอร์ในระบบควบคุมเวกเตอร์แบบไร้เซนเซอร์โดยอาศัยวิธีการต่าง ๆ เช่น วิธีที่นำเสนอใน [1] ใช้การอินทิเกรตแรงเคลื่อนเหนี่ยวนำซึ่งมีปัญหาเรื่องการขยับเลื่อน (drift) และการอิ่มตัว (saturation) จากการใช้อินทิเกรต งานวิจัย [2]-[3] ใช้ตัวกรองคาลมานแบบขยาย (Extended Kalman filter (EKF)) ในการประมาณค่าตำแหน่งและความเร็ว ซึ่งวิธีนี้ต้องอาศัยการประมาณแบบจำลองให้เป็นเชิงเส้นรอบจุดทำงาน (Linearization) จึงไม่สามารถยืนยันได้ว่าระบบจะมีเสถียรภาพตลอดย่านการทำงาน งานวิจัย [4]-[6] ใช้การป้อนแรงดันหรือกระแสที่ความถี่สูงเพื่อประมาณค่าตำแหน่งและความเร็วโดยการผนวกค่าแรงดันหรือกระแสที่ความถี่สูงนี้รวมเข้าไปกับค่ากระแสหรือแรงดันที่ความถี่ทำงานตามปกติ จึงอาจส่งผลกระทบต่อการทำงานตามปกติของมอเตอร์ได้

การใช้ตัวสังเกต (Observer) ในการประมาณค่าตำแหน่งและความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับนั้นได้รับความนิยมมากในปัจจุบัน ทั้งนี้เพราะว่ามีข้อได้เปรียบกว่าวิธีการอื่นดังนี้คือ

- 1) ไม่ต้องอาศัยเงื่อนไขการทำงานในสภาวะอยู่ตัวในการออกแบบตัวสังเกตให้มีเสถียรภาพ
- 2) ยืนยันการลู่เข้าของการประมาณพร้อมกับพิสูจน์ให้เห็นได้อย่างชัดเจน
- 3) สามารถทำงานได้ในช่วงความเร็วที่กว้าง

สำหรับ PMSM นั้นตัวสังเกตถูกนำมาใช้ในงานวิจัย [7]-[21], [26] ซึ่งสามารถแบ่งย่อยได้เป็นสองแบบคือแบบที่ใช้สมการพลวัตทางกล [7]-[11] กับแบบที่ใช้สมการพลวัตทางไฟฟ้า [12]-[21], [26] เนื่องจากการใช้สมการพลวัตทางกลนั้นมีข้อเสียคือการประมาณค่านั้นจะได้รับผลกระทบจากโหลดที่ต่อกับ PMSM อยู่ค่อนข้างมาก เพราะว่าการประมาณนั้นต้องอาศัยค่าความเหนียว (viscosity) สัมประสิทธิ์ความฝืด และค่าความเฉื่อยของโหลด โดยปกติแล้วจะไม่ทราบค่าพารามิเตอร์เหล่านี้และอาจมีการเปลี่ยนแปลงได้ตามจุดทำงาน วิธีการนี้จึงไม่เหมาะสมและไม่สะดวกในการใช้งานจริง สำหรับการที่ใช้สมการพลวัตทางไฟฟ้านั้นก็พบปัญหาเช่นกัน ทั้งนี้เนื่องจากแบบจำลองบนแกนอ้างอิงสเตเตอร์ของ PMSM โดยทั่วไปนั้นไม่เป็นเชิงเส้น [12], [26] ดังนั้นโครงสร้างของตัวสังเกตก็จะไม่เป็นเชิงเส้นตามแบบจำลอง ทำให้เกิดความยุ่งยากมากในการวิเคราะห์และออกแบบตัวสังเกตให้มีเสถียรภาพ เพื่อที่ใช้แบบจำลองที่เป็นเชิงเส้น งานวิจัย [13]-[16] ได้นำเสนอการประมาณค่าตำแหน่งและความเร็วบนแกนอ้างอิงโรเตอร์ เนื่องจากแบบจำลองที่ไม่เป็นเชิงเส้นบนแกนอ้างอิงสเตเตอร์นี้จะเป็นเชิงเส้นเมื่อย้ายมาอ้างอิงบนแกนอ้างอิงโรเตอร์ อย่างไรก็ตามวิธีการนี้ก็มีปัญหาเมื่อนำมาใช้กับระบบขับเคลื่อนไร้เซนเซอร์เนื่องจากไม่มีข้อมูลตำแหน่งของโรเตอร์จริง จึงไม่สามารถหาค่าความผิดพลาดได้ การวิเคราะห์โดยอาศัยสมมุติฐานว่าค่าความผิดพลาดของระบบประมาณมีค่าน้อย [13]-[14] หรือการประมาณแบบจำลองให้เป็นเชิงเส้นรอบจุดทำงาน [15]-[16] จึงไม่สามารถยืนยันได้อย่างชัดเจนว่าระบบประมาณจะมีเสถียรภาพตลอดย่านการทำงานในช่วงกว้างได้ งานวิจัย [17] ใช้กระแสและแรงเคลื่อนเหนี่ยวนำเป็นตัวแปรสถานะ ซึ่งจะได้แบบจำลองเป็นเชิงเส้นบนแกนอ้างอิงสเตเตอร์และใช้ตัวสังเกตแบบลดอันดับในการประมาณ การใช้ตัวสังเกตแบบลดอันดับที่ต้องใช้ค่าอนุพันธ์ของกระแสในการประมาณไม่เหมาะสมในทางปฏิบัติ ทั้งนี้เพราะสัญญาณรบกวนที่ความถี่สูงจะถูกขยายจากการคำนวณค่าอนุพันธ์ของกระแส

ดังนั้นเพื่อแก้ปัญหาความไม่เป็นเชิงเส้นของแบบจำลองนี้ Yang [18] ได้นำเสนอตัวแปรสถานะใหม่คือ เวกเตอร์ของฟลักซ์แม่เหล็ก ทำให้แบบจำลองที่ได้เป็นเชิงเส้น และการประมาณค่าโดยใช้ตัวสังเกตเต็มอันดับแบบปรับตัว (Adaptive full-order observer) ก็ถูกนำมาใช้ในงานวิจัยนี้ด้วย อย่างไรก็ตามงานวิจัย [18] ไม่ได้แสดงเงื่อนไขการมีเสถียรภาพของระบบประมาณ และการวิเคราะห์เสถียรภาพโดยการใช้อสมการของ Popov นั้นมีความไม่สมเหตุสมผล เพราะได้ใช้ข้อสมมุติฐานที่ว่าค่าความผิดพลาดของเวกเตอร์ฟลักซ์ ($\vec{e}_\lambda$) แปรตามค่าความผิดพลาดของเวกเตอร์กระแส ($\vec{e}_i$) กล่าวคือ $\vec{e}_\lambda = M * \vec{e}_i$ ซึ่งในความเป็นจริงนั้นค่าความผิดพลาดของฟลักซ์และกระแสสัมพันธ์กันในเชิงพลวัตที่ซับซ้อนที่ไม่อาจประมาณด้วยสมการง่าย ๆ ได้ งานวิจัย [19] ได้นำเอาแบบจำลองเชิงเส้นนี้มาใช้ในการประมาณโดยใช้ตัวสังเกตเต็มอันดับ

แบบปรับตัว แต่ไม่มีการป้อนกลับค่าความผิดพลาด เนื่องจากโครงสร้างทางกายภาพของ PMSM นั้นไม่มีความต้านทานทางด้านโรเตอร์ทำให้ไม่มีการหน่วงเกิดขึ้น ดังนั้นเมื่อนำแบบจำลองของ PMSM มาสร้างตัวสังเกตโดยไม่มีการป้อนกลับจะทำให้ข้อผิดพลาดของตัวสังเกตอยู่บนแกนจินตภาพ โดยปราศจากการหน่วง ทำให้ค่าความผิดพลาดของกระแสและฟลักซ์เกิดการแกว่งและไม่ลู่เข้าสู่ศูนย์

นอกจากงานวิจัยของ Yang [18] แล้วยังมีงานวิจัยอื่นที่เสนอแนวทางหลีกเลี่ยงความไม่เชิงเส้นของแบบจำลองที่ต่างออกไป งานวิจัย [20]-[21] ใช้กระแสและแรงเคลื่อนเหนี่ยวนำเป็นตัวแปรสถานะทำให้ได้ตัวสังเกตที่เป็นเชิงเส้นบนแกนอ้างอิงสเตเตอร์เหมือนกับงานวิจัย [17] โดยในงานวิจัย [20] ใช้ตัวสังเกตแบบ Sliding mode ในการประมาณค่าแต่ไม่ได้พิสูจน์การมีเสถียรภาพของระบบประมาณ Tomita [21] ได้นำเสนอตัวสังเกตสัญญาณรบกวน (Disturbance observer) โดยเน้นประเด็นที่ตัวสังเกตเต็มอันดับตามที่ Yang [18] นำเสนอนั้นต้องใช้สมการอนุพันธ์อันดับสี่ ในขณะที่เมื่อใช้ตัวสังเกตที่ Tomita [21] นำเสนอจะลดลงเหลือแค่อนุพันธ์อันดับสองเท่านั้น อย่างไรก็ตามเนื่องจากการใช้แรงเคลื่อนเหนี่ยวนำเป็นตัวแปรสถานะนั้น จะมีปัญหาในการคำนวณที่ต้องใช้ค่าอนุพันธ์ของกระแส Tomita [21] จึงต้องใช้วงจรกรองผ่านต่ำในการหาค่าแรงเคลื่อนเหนี่ยวนำ การใช้วงจรกรองผ่านต่ำทำให้ตัวสังเกตมีสมการอนุพันธ์เพิ่มขึ้นสองอันดับ ดังนั้นระบบประมาณโดยรวมยังคงเป็นสมการอนุพันธ์อันดับสี่อยู่ และในการพิสูจน์เสถียรภาพของระบบประมาณ Tomita ได้ละเลยผลจากการใช้ตัวกรองผ่านต่ำ การพิสูจน์เสถียรภาพของระบบประมาณโดยใช้ทฤษฎี Hyperstability ของ Popov จึงทำได้โดยง่าย แต่เมื่อนำผลของตัวกรองผ่านต่ำมาพิจารณาด้วยแล้ว ผลการวิเคราะห์เสถียรภาพดังกล่าวจะไม่สามารถนำมาใช้ได้

จากที่กล่าวมาทั้งหมดจะพบว่าตัวสังเกตที่อาศัยแบบจำลองที่เป็นเชิงเส้นมีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการประมาณค่าตำแหน่งและความเร็วเพราะสามารถใช้ทฤษฎีระบบควบคุมแบบเชิงเส้นในการวิเคราะห์เสถียรภาพของระบบประมาณได้โดยตรง โดยที่เสถียรภาพของระบบประมาณนั้นเป็นสิ่งที่จำเป็นและสำคัญที่สุดของการขับเคลื่อนมอเตอร์เชิงโรนัลแม่เหล็กถาวรแบบไร้เซนเซอร์วัดตำแหน่ง ดังนั้นปัญหาหลักที่ต้องพิจารณาเป็นอันดับแรกคือ การออกแบบตัวสังเกตให้มีเสถียรภาพตลอดย่านการทำงานโดยปราศจากสมมุติฐานใด ๆ ซึ่งงานวิจัยก่อนหน้านี้ที่กล่าวมายังทำไม่ได้อย่างสมบูรณ์ นอกจากนั้นแล้วบทความวิจัยต่าง ๆ [7]-[21], [24]-[27] ที่ใช้ตัวสังเกตแบบปรับตัวในการประมาณค่าความเร็วและตำแหน่งยังไม่สามารถให้รูปแบบทั่วไปของอัตราขยายป้อนกลับของตัวสังเกต (General closed-form solution) ที่ทำให้ระบบประมาณมีเสถียรภาพตลอดย่านการทำงาน ในกรณีที่ไม่มีรูปสมการทั่วไปของอัตราขยายป้อนกลับ การออกแบบที่ยุ่งยากซับซ้อนอาทิเช่น LMI H_∞ และ LQR [27] จะใช้วิธีลองผิดลองถูกหรือใช้วิธีการ

เชิงเลข ซึ่งใช้ได้สำหรับมอเตอร์ที่รู้ค่าพารามิเตอร์ล่วงหน้าเท่านั้น การหารูปแบบทั่วไปของอัตราขยายป้อนกลับของตัวสังเกตจึงเป็นปัญหาสำคัญเมื่อต้องการใช้ตัวสังเกตแบบปรับตัวกับอินเวอร์เตอร์ใช้งานทั่วไป (General purpose inverter) เพื่อขับมอเตอร์ที่ไม่รู้ค่าพารามิเตอร์ล่วงหน้า

รูปสมการทั่วไปของอัตราขยายป้อนกลับที่มีเสถียรภาพยังจำเป็นในกรณีที่เราต้องการออกแบบตัวสังเกตให้มีคุณสมบัติอื่นเพิ่มเติมนอกเหนือจากการมีเสถียรภาพ อาทิเช่น การวางตำแหน่งขั้วของตัวสังเกต การให้ผลตอบสนองในสภาวะชั่วคราวที่ดี การคงทนต่อสัญญาณรบกวน หรือการคงทนต่อค่าความผิดพลาดจากการตรวจจับค่ากระแสหรือแรงดัน เป็นต้น ทั้งนี้ เพราะว่าเราสามารถออกแบบผ่านการเลือกตัวแปรอิสระที่อยู่ในรูปสมการทั่วไปเพื่อให้ตัวสังเกตมีคุณสมบัติอื่น ๆ ได้ในขณะที่ตัวสังเกตยังคงมีเสถียรภาพเสมอ หากไม่มีรูปสมการทั่วไปแล้วในการออกแบบเพื่อให้ได้คุณสมบัติเพิ่มเติมเหล่านี้แล้วจะต้องกลับมาตรวจสอบการมีเสถียรภาพอีก ซึ่งจะทำให้การออกแบบยุ่งยากและไม่มีประสิทธิภาพ

การออกแบบให้ตัวสังเกตมีผลตอบสนองทางพลวัตที่ดีนั้นก็ก็เป็นอีกประเด็นหนึ่งที่สำคัญ ทั้งนี้ถึงแม้ตัวสังเกตจะมีเสถียรภาพตลอดย่านการทำงานแล้ว แต่ถ้าตัวสังเกตมีผลตอบสนองทางพลวัตที่ไม่ดี อาทิเช่น มีอัตราการหน่วงที่ไม่ดี เป็นต้น จะทำให้ค่าประมาณที่ได้ไม่ว่าจะเป็น ตำแหน่ง ความเร็ว ฟลักซ์แม่เหล็ก หรือกระแส เกิดการแกว่งเมื่อนำค่าประมาณเหล่านั้นมาใช้ในระบบควบคุมเวกเตอร์แบบไร้เซนเซอร์แล้ว ระบบโดยรวมอาจขาดเสถียรภาพได้ โดยปกติการออกแบบตัวสังเกตจะออกแบบให้ตำแหน่งของขั้วมีอัตราการลู่เข้าที่ไว [17] จึงต้องการอัตราขยายป้อนกลับที่มีค่ามาก อย่างไรก็ตามวิธีการนี้จะมีข้อจำกัดในทางปฏิบัติเนื่องจากผลกระทบจากสัญญาณรบกวน งานวิจัย [15]-[16] การประมาณให้เป็นเชิงเส้นรอบจุดทำงานแล้วทำการออกแบบอัตราขยายป้อนกลับของตัวสังเกตเพื่อให้มีอัตราการหน่วงที่ดี แต่การประมาณให้เป็นเชิงเส้นรอบจุดทำงานทำให้ไม่สามารถยืนยันความถูกต้องในย่านการทำงานในช่วงกว้างได้ ปัญหาที่สำคัญของการออกแบบให้ตัวสังเกตมีผลตอบสนองทางพลวัตที่ดี คือการขาดสมการความสัมพันธ์ที่ชัดเจนระหว่างอัตราขยายป้อนกลับกับตำแหน่งของขั้วและศูนย์ของตัวสังเกตแบบปรับตัว

การพิจารณาผลกระทบต่อค่าความผิดพลาดของค่าพารามิเตอร์ของมอเตอร์นั้น ก็เป็นอีกประเด็นหนึ่งที่ต้องพิจารณา ทั้งนี้ เพราะว่าตัวสังเกตต้องใช้ค่าความต้านทานและค่าความเหนี่ยวนำของมอเตอร์ในการประมาณ ซึ่งค่าพารามิเตอร์เหล่านี้อาจเปลี่ยนแปลงได้ ค่าความต้านทานจะมีการเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิและผลของปรากฏการณ์ทางผิว (Skin effect) สำหรับค่าความเหนี่ยวนำนั้นจะเปลี่ยนแปลงค่าตามการอิ่มตัวของฟลักซ์แม่เหล็ก ถึงแม้ว่า Yang [18] จะ

ได้วิเคราะห์ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงของค่าความต้านทานต่อการประมาณค่าตำแหน่งและความเร็วไปแล้ว แต่ได้อาศัยสมมุติฐานที่ค่อนข้างจำกัดกล่าวคือ Yang [18] สรุปว่าค่าความผิดพลาดของกระแสมีค่าเป็นศูนย์เพราะอัตราขยายป้อนกลับของตัวสังเกต จะทำให้กระแสประมาณเท่ากับกระแสจริง ซึ่งข้อสรุปนี้ไม่มีเหตุผลรองรับที่เพียงพอ นอกจากนั้น Yang [18] ยังไม่ได้วิเคราะห์ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงของค่าความเหนี่ยวนำที่มีต่อการประมาณค่าตำแหน่งและความเร็วอีกด้วย งานวิจัย [20] ได้นำเสนอผลกระทบจากค่าความผิดพลาดของค่าความต้านทานและค่าความเหนี่ยวนำที่มีต่อการประมาณค่าตำแหน่งในสภาวะอยู่ตัว อย่างไรก็ตามการวิเคราะห์ต้องอาศัยสมมุติฐานค่าความผิดพลาดของกระแสมีค่าเป็นศูนย์เช่นกัน ในกรณีที่ไม่มีความผิดพลาดของค่าพารามิเตอร์ ระบบที่มีเสถียรภาพจะมีค่าความผิดพลาดของกระแสในสภาวะอยู่ตัวเป็นศูนย์ แต่ในกรณีที่มีค่าความผิดพลาดของค่าพารามิเตอร์ของมอเตอร์ ข้อสรุปนี้ไม่สามารถใช้อธิบายได้ว่าในสภาวะอยู่ตัวค่าความผิดพลาดของกระแสจะเป็นศูนย์ ถึงแม้ว่า Tomita [21] จะได้นำเสนอการวิเคราะห์ผลกระทบจากค่าความผิดพลาดของค่าความต้านทานและค่าความเหนี่ยวนำที่มีต่อการประมาณค่าตำแหน่งและความเร็วในเชิงสมการอย่างชัดเจน แต่ข้อสรุปดังกล่าวก็ไม่อาจนำมาใช้กับแบบจำลองเชิงเส้นที่ใช้เวกเตอร์ของฟลักซ์แม่เหล็กเป็นตัวแปรสถานะได้โดยตรง เนื่องจาก Tomita [21] ใช้แรงเคลื่อนเหนี่ยวนำเป็นตัวแปรสถานะ จากที่กล่าวมาทั้งหมดสามารถสรุปได้ว่ายังมีความจำเป็นที่จะทำการวิเคราะห์ผลกระทบจากค่าความผิดพลาดของค่าพารามิเตอร์ที่มีต่อการประมาณในกรณีที่ใช้แบบจำลองที่มีเวกเตอร์ของฟลักซ์แม่เหล็กเป็นตัวแปรสถานะ

นอกจากนั้นแล้ว งานวิจัยทั้งหมดที่กล่าวข้างต้น [18], [20] และ [21] ล้วนชี้ให้เห็นว่าจะเกิดความผิดพลาดทางขนาดของฟลักซ์เมื่อมีค่าความผิดพลาดของค่าความต้านทาน แต่ยังไม่มียานวิจัยใดที่นำเสนอแนวทางในการแก้ปัญหา ความผิดพลาดของค่าฟลักซ์ประมาณจะส่งผลกระทบเมื่อระบบทำงานในโหมดควบคุมแรงบิดแบบไร้เซนเซอร์วัดตำแหน่ง ทั้งนี้เนื่องจากค่าแรงบิดประมาณที่คำนวณได้จะเกิดความผิดพลาดตามค่าฟลักซ์ประมาณที่คลาดเคลื่อนทำให้แรงบิดจริงกับแรงบิดคำสั่งมีค่าต่างกัน

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

จากปัญหาที่กล่าวมาทั้งหมด วิทยานิพนธ์นี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะนำเสนอการออกแบบระบบขับเคลื่อนมอเตอร์เชิงโรนัสชนิดแม่เหล็กถาวรไร้เซนเซอร์วัดตำแหน่งโดยอิงตัว

สังเกตเต็มอันดับแบบปรับตัว เพื่อการปรับปรุงเสถียรภาพ การกำหนดผลตอบสนองทางพลวัต และความคงทนต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าพารามิเตอร์ โดยมีประเด็นหลักของการวิจัยดังนี้คือ

1) นำเสนอตัวสังเกตเต็มอันดับแบบปรับตัวในการประมาณค่าตำแหน่งและความเร็ว โดยอาศัยแบบจำลองแบบเชิงเส้นโดยใช้วิธีการของ Lyapunov ในการวิเคราะห์การมีเสถียรภาพของระบบประมาณ

2) นำเสนอคำตอบทั่วไปสำหรับการออกแบบอัตราขยายป้อนกลับของตัวสังเกต เพื่อให้ได้ผลตอบสนองทางพลวัตที่ดีได้โดยที่ระบบประมาณยังคงมีเสถียรภาพอยู่ตลอดเวลา

3) นำเสนอการวางตำแหน่งของขั้วและศูนย์เพื่อให้มีผลตอบสนองทางพลวัตที่ดีตามที่ต้องการ โดยแสดงสมการของศูนย์และขั้วของตัวสังเกตในเทอมของอัตราขยายป้อนกลับเพื่อใช้ในการกำหนดตำแหน่งของขั้วและศูนย์

4) นำเสนอการวิเคราะห์ถึงผลกระทบจากความผิดพลาดจากค่าความต้านทานและค่าความเหนี่ยวนำต่อการประมาณค่าตำแหน่งและความเร็วในเชิงสมการอย่างชัดเจนและเสนอแนวทางในการแก้ปัญหาความผิดพลาดของพังก์ชันประมาณที่เกิดจากความผิดพลาดจากค่าความต้านทานในย่านความเร็วต่ำอีกด้วย

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1) พัฒนารูปแบบการสร้างระบบขับเคลื่อนมอเตอร์ซึ่งโครนส์แม่เหล็กถาวรไร้เซนเซอร์วัดตำแหน่งโดยใช้ตัวสังเกตเต็มอันดับแบบปรับตัวในการประมาณค่าตำแหน่งและความเร็ว

2) หาวิธีการวิเคราะห์เสถียรภาพของระบบประมาณค่าตำแหน่งและความเร็ว

3) หาแนวทางการออกแบบอัตราขยายของตัวสังเกตที่ทำให้ให้ระบบประมาณมีผลตอบสนองทางพลวัตที่ดี

4) วิเคราะห์ผลกระทบจากความผิดพลาดของค่าความต้านทานและค่าความเหนี่ยวนำ และหาแนวทางในการแก้ปัญหาคอมพิวเตอร์ที่เกิดจากความผิดพลาดของพังก์ชัน

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ทางด้านวิชาการสามารถนำแนวทางการออกแบบตัวสังเกตที่นำเสนอไปใช้เพื่อทำให้สมรรถนะของระบบดีขึ้น ทั้งในแง่เสถียรภาพและลักษณะเชิงพลวัต ทางด้านการประยุกต์สามารถนำทฤษฎีที่พัฒนาขึ้นไปใช้ในงานอุตสาหกรรมจริง อันเป็นพื้นฐานสำคัญในการพัฒนาอุตสาหกรรมแบบพึ่งพาตัวเองในประเทศ

1.5 ขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย

- 1) ศึกษาแบบจำลองทางพลวัตของมอเตอร์ซิงโครนัสแม่เหล็กถาวรและวิธีประมาณค่าความเร็วตำแหน่งจากงานวิจัยในอดีต
- 2) หารูปสมการทั่วไปของอัตราขยายป้อนกลับของตัวสังเกต ที่ทำให้ระบบประมาณค่าความเร็วและตำแหน่งมีเสถียรภาพตลอดย่านการทำงาน
- 3) ศึกษาและออกแบบอัตราขยายป้อนกลับที่ทำให้ได้ผลตอบสนองทางพลวัตที่ดี
- 4) จำลองการทำงานของระบบด้วยคอมพิวเตอร์ เพื่อทดสอบแนวความคิด
- 5) ออกแบบระบบในส่วนซอฟต์แวร์ และฮาร์ดแวร์ พร้อมทดสอบการทำงาน
- 6) ปรับปรุงแก้ไขระบบในส่วนซอฟต์แวร์ที่ได้พัฒนาขึ้น
- 7) เก็บข้อมูล ประเมินผล สรุปผล และนำเสนอบทความวิจัย
- 8) เขียนวิทยานิพนธ์