บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมา

กระบวนการควบคุมระดับของเหลวถือได้ว่าเป็นกระบวนการพื้นฐานในระบบอุตสาหกรรมทั่วไปและนับได้ว่าเป็นกระบวนการที่มีความสำคัญ ตัวอย่างอุตสาหกรรมที่ประกอบด้วยกระบวนการควบคุมระดับของเหลว เช่น โรงผลิตไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์ การควบคุมระดับของเหลวในถังปฏิกรณ์ที่ล้มเหลวอาจส่งผลเสียถึงชีวิต [1] ดังนั้นกระบวนการควบคุมระดับของเหลวจึงนับได้ว่าเป็นปัญหาที่น่าสนใจและท้าทายมากอย่างหนึ่ง เนื่องจากคุณลักษณะของกระบวนการที่เป็นระบบหลายตัวแปรเข้าหลายตัวแปรออก มีความไม่เป็นเชิงเส้นเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของจุดทำงาน มีการกระทำระหว่างกันระหว่างคู่ผลตอบและการรบกวนต่างๆ มีผลต่อระดับของเหลว ดังนั้นจึงมีการศึกษา วิจัยเรื่อยมาเพื่อให้กระบวนการควบคุมระดับของเหลวมีความน่าเชื่อถือ และมีประสิทธิภาพสูงสุด

กระบวนการควบคุมระดับของเหลวมีจุดประสงค์ทั่วไปเพื่อ

1. ควบคุมระดับของเหลวในแต่ละถังได้ตามจุดทำงานที่ต้องการ และติดตามได้ดีเมื่อจุดทำงานเกิดการเปลี่ยนแปลง
2. สามารถควบคุมระดับของเหลวในแต่ละถังโดยอิสระต่อกัน กล่าวคือเมื่อจุดทำงานในถังหนึ่งเปลี่ยนแปลง อีกถังหนึ่งไม่ควรเปลี่ยนแปลงตาม

เพื่อให้การควบคุมกระบวนการเป็นไปตามวัตถุประสงค์ดังกล่าว งานวิจัยนี้จึงได้เลือกวิธีการออกแบบตัวควบคุมขั้นสูงวิธีหนึ่งคือการควบคุมเชิงทำนายแบบจำลอง (model predictive control) ซึ่งเป็นที่นิยมอย่างกว้างขว้างในวงการอุตสาหกรรม [2], [3] โดยหลักการควบคุมคือคำนวณสัญญาณควบคุมที่ทำให้ผลสนองในอนาคตเหมาะสมที่สุดในช่วงขอบเขตการทำนาย (predict horizon) จากฟังก์ชันต้นทุน ซึ่งปกติแล้วเป็นปัญหาของโปรแกรมเชิงเส้น หรือโปรแกรมกำลังสอง (quadratic programming)

การควบคุมเชิงทำนายแบบจำลองโดยทั่วไปเป็นการทำนายจากแบบจำลองเพียงแบบจำลองเดียว ณ จุดทำงานเดียว ทำให้เมื่อการทำงานของแบบจำลองเกินขอบเขตย่อมส่งผลทำให้ประสิทธิภาพการควบคุมกระบวนการลดลง งานวิจัยนี้มุ่งสนใจที่จะแก้ปัญหานี้ โดยการเพิ่มส่วนตัวควบคุมแบบปรับตัวชนิดหลายแบบจำลองเข้ากับการควบคุมเชิงทำนายแบบจำลอง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของการควบคุมเชิงทำนายแบบจำลองเดิม จากการขยายขอบเขตจุดทำงานของตัวควบคุม ทำให้ผลตอบสนองของกระบวนการสามารถติดตามจุดอ้างอิงในย่านการทำงานที่กว้างขึ้น นอกจากนี้เรายังสนใจพัฒนาตัวควบคุมขึ้นเพื่อควบคุมกระบวนการจริงผ่านระบบควบคุมแบบกระจายตัว (Distributed control system: DCS) โดยที่ผ่าน

มายังไม่เคยมีการพัฒนาตัวควบคุมชนิดนี้มาก่อนบนระบบควบคุมแบบกระจายตัว ซึ่งรายละเอียดจะกล่าวดังบทที่ 3

1.2 งานวิจัยที่ผ่านมา

การควบคุมเชิงทำนายแบบจำลองเป็นอัลกอริทึมการควบคุม โดยการอาศัยการทำนายผลตอบสนองในอนาคตจากแบบจำลองของกระบวนการ ซึ่งในทุกช่วงเวลาของการคำนวณสัญญาณควบคุมเป็นการทำให้พฤติกรรมของกระบวนการในอนาคตเหมาะที่สุด จากการคำนวณตัวแปรควบคุมในอนาคต และนำสัญญาณในอันดับแรกเท่านั้นส่งไปควบคุมกระบวนการจริง

จุดเริ่มต้นของการควบคุมเชิงทำนายแบบจำลองนั้นถูกพัฒนาขึ้น เพื่อประยุกต์ใช้กับระบบโรงผลิตไฟฟ้า, หอกลั่นปิโตรเลียม และนอกจากนั้นยังสามารถพบเห็นวิธิการควบคุมนี้ได้อย่างแพร่หลาย กับการประยุกต์ในกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการทางเคมี, กระบวนการทางอาหาร (food processing), เกี่ยวกับยานยนต์ (automotive) และเกี่ยวกับการสำรวจอวกาศ (aerospace) ด้วยเหตุผลดังกล่าวจึงเป็นเหตุจูงใจให้นักวิจัยสนใจค้นคว้า และพัฒนาเทคนิคของการควบคุมเชิงทำนายแบบจำลองในลักษณะต่างๆ อย่างต่อเนื่องในช่วงเวลาหลายปีที่ผ่านมา [3] อาทิเช่น

- ในปี ค.ศ. 1976 Richalet และคณะ ได้นำเสนอ IDCOM ซึ่งย่อมาจาก Identification and command [4] ซึ่งกล่าวถึง MPHC (model predictive heuristic control) โดยจุดหลักของงานอยู่ที่แบบจำลองของกระบวนการเป็นลักษณะผลตอบสนองอิมพัลส์ (impulse response) การพิจารณาวัตถุประสงค์สมรรถนะกำลังสอง (quadratic performance objective) ในช่วงการทำนายจำกัดขอบเขต (finite prediction horizon) การพิจารณาเงื่อนไขบังคับกับสัญญาณด้านเข้า สัญญาณด้านออก และสัญญาณควบคุมเหมาะที่สุดจากการคำนวณ (heuristic iterative algorithm)

ตารางที่ 1.1: ผลิตภัณฑ์จากบริษัทต่างๆ ภายใต้เทคนิคการความคุมเชิงทำนายแบบจำลองชนิดเชิงเส้น

บริษัท	ชื่อผลภัณฑ์	รายละเอียด
Adersa	HIECON	Hierarchical constrain control
	PFC	Predictive functional control
	GLIDE	Identification package
Aspen Tech	DMC-plus	Dynamic matrix control package
	DMC-plus model	Identification package
Honeywell Hi-Spec	RMPCT	Robust model predictive control technology
Shell Global Solutions	SMOC-II	Shell multivariable optimizing control
Invensys	Connoisseur	Control and identification package

ตารางที่ 1.2: ผลิตภัณฑ์จากบริษัทต่างๆ ภายใต้เทคนิคการความคุมเชิงทำนายแบบจำลองชนิดไม่เชิงเส้น

บริษัท	ชื่อผลภัณฑ์	รายละเอียด
Adersa	PFC	Predictive functional control
Aspen Tech	Aspen Target	Nonlinear MPC package
Continental Controls, Inc.	MVC	Multivariable control
DOT Products	NOVA-NLC	NOVA nonlinear controller
Pavilion Technologies	Process Perfecter	Nonlinear control

- ในปี ค.ศ. 1979 Cutler และ Ramaker ได้นำเสนอ DMC ในการประชุม National AIChE [5] โดยจุดหลักของงานอยู่ที่แบบจำลองของกระบวนการเป็นลักษณะผลตอบสนองขั้นบันไดเชิงเส้น (linear step response model), การพิจารณา quadratic performance objective บนช่วงการทำนายจำกัดขอบเขต, การคำนวณสัญญาณควบคุมเป็นลักษณะปัญหากำลังสองน้อยสุด (least squares) เพื่อให้ผลตอบสนองในอนาคตมีความใกล้เคียงกับจุดอ้างอิงมากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้

นอกจากนี้ยังมีอีกหลายวิธีเช่น QDMC, RMPC ฯลฯ ซึ่งแต่ละเทคนิควิธีมีข้อแตกต่าง และเหมาะสมกับกระบวนการที่แตกต่างกัน ส่วนการพัฒนาเชิงพาณิชย์หลายบริษัทได้ให้ความสนใจ และพัฒนาผลิตภัณฑ์ออกมาหลายชนิดโดยแบ่งได้สองประเภทหลักคือการควบคุมเชิงทำนายแบบจำลองชนิดเชิงเส้น และไม่เชิงเส้น [3] ดังตารางที่ 1.1 และ 1.2 โดยงานวิจัยนี้ได้เลือกศึกษาการควบคุมเชิงทำนายแบบจำลองในอีกลักษณะหนึ่ง คือประยุกต์การควบคุมแบบปรับตัวชนิดหลายแบบจำลองร่วมด้วย ซึ่งอ้างอิงงานวิจัยของ D. Dougherty และ D. Cooper ในปี ค.ศ. 2003 [6] เนื่องจากงานดังกล่าวได้พิจารณากระบวนการจากการจำลองระบบด้วยคอมพิวเตอร์ โดยแบบจำลองของกระบวนการมีลักษณะคล้ายคลึงกับกระบวนการควบคุมระบบของเหลวในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ และสำหรับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เราเลือกศึกษา และทดสอบกับกระบวนการจริงโดยผ่านระบบควบคุมแบบกระจายตัว

1.3 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษา และควบคุมกระบวนการควบคุมระดับของเหลวที่มีสองสัญญาณเข้า สองสัญญาณออก ซึ่งเป็นกระบวนการที่มีการกระทำระหว่างคู่ผลตอบต่อกัน
2. เพื่อศึกษา และประยุกต์การควบคุมเชิงทำนายแบบจำลอง ร่วมกับการควบคุมแบบปรับตัวชนิดหลายแบบจำลองบนกระบวนการจริง ผ่านระบบควบคุมแบบกระจายตัว
3. เพื่อขยายขอบเขตการทำงานของกระบวนการควบคุมระดับของเหลว ที่มีความไม่เชิงเส้นของกระบวนการ เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของจุดทำงานและการกระทำระหว่างคู่ผลตอบต่อกันด้วยเทคนิคข้างต้น

1.4 ขอบเขตของวิทยานิพนธ์

1. ระบุเอกลักษณ์ของกระบวนการควบคุมระดับของเหลวสองสัญญาณเข้า สองสัญญาณออก ด้วยวิธีวิเคราะห์ผลตอบสนองขั้นบันได ซึ่งแบบจำลองที่ได้มีลักษณะเป็นเชิงเส้นที่รอบจุดทำงาน โดยพิจารณาจุดทำงานทั้งหมดสามกรณี
2. ศึกษาและทดสอบการควบคุมเชิงทำนายแบบจำลองจากกระบวนการที่ได้จากการระบุเอกลักษณ์ในข้อที่ 1 และพิจารณาเปรียบเทียบกรณีควบคุมด้วย การควบคุมเชิงทำนายแบบจำลองพร้อมตัวควบคุมแบบปรับตัวชนิดหลายแบบจำลอง
3. สร้างตัวควบคุมทั้งสองขึ้นเพื่อควบคุมกระบวนการจริง บนระบบควบคุมแบบกระจายตัว ด้วยโปรแกรม CENTUM CS3000 R3.06 ซึ่งเป็นของบริษัทโยโกกาวา (YOKOGAWA) และเปรียบเทียบผลการควบคุมจริง

1.5 ขั้นตอนในการดำเนินงาน

1. ศึกษาลักษณะทางกายภาพ และพฤติกรรมของกระบวนการควบคุมระดับของเหลวชนิดสองสัญญาณเข้า สองสัญญาณออก และระบบควบคุมแบบกระจายตัวในห้องปฏิบัติการวิจัยระบบควบคุม
2. หาจุดทำงานและระบุเอกลักษณ์กระบวนการควบคุมระดับของเหลวชนิดสองสัญญาณเข้า สองสัญญาณออก ทั้งสามกรณี
3. ศึกษาทฤษฎีจากหนังสือ และบทความที่เกี่ยวกับการควบคุมเชิงทำนายแบบจำลองด้วยเทคนิคการควบคุมเมตริกซ์พลวัต และการควบคุมเชิงทำนายแบบจำลองพร้อมตัวควบคุมแบบปรับตัวชนิดหลายแบบจำลอง
4. ศึกษากลยุทธ์การปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ของการควบคุมเชิงทำนายแบบจำลอง
5. ทดสอบการควบคุมกระบวนการที่ได้จาก การระบุเอกลักษณ์กระบวนการควบคุมระดับของเหลวชนิดสองสัญญาณเข้า สองสัญญาณออกด้วยตัวควบคุมเชิงทำนายแบบจำลองพร้อมตัวควบคุมแบบปรับตัวชนิดหลายแบบจำลองจากการจำลองผลบนคอมพิวเตอร์ผ่านโปรแกรม MATLAB/SIMULINK
6. สร้างตัวควบคุมเชิงทำนายแบบจำลอง และตัวควบคุมเชิงทำนายแบบจำลองพร้อมตัวควบคุมแบบปรับตัวชนิดหลายแบบจำลอง บนระบบควบคุมแบบกระจายตัวเพื่อควบคุมกระบวนการจริง

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เข้าใจถึงหลักการ และสามารถออกแบบตัวควบคุมเชิงทำนายแบบจำลองด้วยเทคนิคควบคุมเมตริกซ์พลวัต รวมถึงการประยุกต์เทคนิคการควบคุมเข้ากับกระบวนการควบคุมระดับของเหลว

2. เข้าใจถึงหลักการ และสามารถออกแบบตัวควบคุมเชิงทำนายแบบจำลองพร้อมตัวควบคุมแบบปรับตัวชนิดหลายแบบจำลอง รวมถึงการประยุกต์เทคนิคการควบคุมเข้ากับกระบวนการควบคุมระดับของเหลว

3. สามารถขยายขอบเขตการควบคุมในกระบวนการต่างๆ ในระบบอุตสาหกรรมได้ และมีประสิทธิภาพการควบคุมที่สูงกว่าตัวควบคุมเชิงทำนายแบบจำลองด้วยเทคนิคการควบคุมเมตริกซ์พลวัต

1.7 โครงสร้างของวิทยานิพนธ์

ในบทถัดไป เราได้อธิบายถึงการระบุเอกลักษณ์ของกระบวนการควบคุมระดับของเหลว ในลักษณะการวิเคราะห์ผลตอบสนองชั่วครู่ จากนั้นจึงกล่าวถึงทฤษฎีการออกแบบตัวควบคุมเชิงทำนายแบบจำลองและการควบคุมเชิงทำนายแบบจำลองพร้อมตัวควบคุมแบบปรับตัวชนิดหลายแบบจำลองอย่างละเอียด รวมถึงกลยุทธ์การปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญต่อการควบคุมเชิงทำนายแบบจำลอง ในลำดับถัดไปจึงเป็นการแสดงผลการควบคุมด้วยเทคนิคทั้งสอง ด้วยการจำลองระบบบนคอมพิวเตอร์ และผลการปฏิบัติกับกระบวนการจริงผ่านทางระบบควบคุมแบบกระจายตัว