บทที่ 1

บทนำ

บทนี้กล่าวถึงความสำคัญและที่มาของงานวิจัย วัตถุประสงค์ของงานวิจัย ขอบเขตของงานวิจัย ขั้นตอนและวิธีดำเนินงานวิจัย ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการทำงานวิจัย และเนื้อหาของวิทยานิพนธ์

1.1 ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย

วัสดุพอลิเมอร์สามารถสังเคราะห์ได้ในเครื่องปฏิกรณ์เคมีหลากหลายชนิดทั้งเครื่องปฏิกรณ์เคมีแบบแบตช์ แบบถังกวนต่อเนื่อง และแบบเซมิแบตช์ แม้ว่าจะสามารถทำการผลิตได้เป็นจำนวนมาก แต่ปริมาณความต้องการวัสดุพอลิเมอร์สังเคราะห์ในแต่ละปีก็เพิ่มจำนวนขึ้นทุกปี ในอุตสาหกรรมการผลิตพอลิเมอร์จึงมีการแข่งขันในการพัฒนาวิธีการผลิตที่มีประสิทธิภาพและมีความแม่นยำ เพื่อการควบคุมสมบัติของผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์ ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์ที่มีคุณภาพและสมบัติตามที่ต้องการ ซึ่งเป็นวัตถุประสงค์ที่สำคัญในกระบวนการผลิตพอลิเมอร์

สมบัติที่เป็นตัวกำหนดสมบัติของผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์ สุดท้ายหลังสิ้นสุดกระบวนการได้แก่น้ำหนักโมเลกุลโดยเฉลี่ย (Average Molecular Weight) และการกระจายของน้ำหนักโมเลกุลโดยเฉลี่ย (Molecular Weight Distribution, MWD) (Kim, 1991) ในอดีตการควบคุมสมบัติของพอลิเมอร์โดยตรงไม่สามารทำได้ เพราะปัจจัยที่สำคัญคือขาดอุปกรณ์ที่สามารถวัดออนไลน์ได้โดยตรง (Online Sensors) แต่ถึงแม้ในปัจจุบันนี้การควบคุมสมบัติของพอลิเมอร์โดยอุปกรณ์ที่สามารถวัดตรง เช่นการกระจายของน้ำหนักโมเลกุล สามารถทำได้แต่อุปกรณ์มีราคาแพงไม่คุ้มค่ากับการลงทุน ซึ่งมีวิธีอื่นที่สามารถทำการควบคุมได้ จากที่ปัจจุบันมีความเข้าใจในพฤติกรรมทางพลวัตของเครื่องปฏิกรณ์เคมี จลนพลศาสตร์ของปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชัน ตลอดจนความรู้ เรื่องสมบัติที่เป็นตัวกำหนดสมบัติของผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์มีความสัมพันธ์เป็นฟังก์ชันกับตัวแปรของสภาวะการดำเนินการของเครื่องปฏิกรณ์เคมี จึงเป็นที่มาของเทคนิคการควบคุมแบบมีการวัดโดยทางอ้อมโดยทำการควบคุมตัวแปรของเครื่องปฏิกรณ์เคมีที่สามารถปรับได้แทนการควบคุมสมบัติของพอลิเมอร์โดยตรงเช่น อุณหภูมิของเครื่องปฏิกรณ์ ความดัน อัตราไหล เป็นต้น แทนการควบคุมสมบัติของพอลิเมอร์โดยตรง

การสังเคราะห์พอลิเมอร์จากปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันในเครื่องปฏิกรณ์แบบแบตช์ การดำเนินการมักต้องทำที่อุณหภูมิคงที่ โดยขั้นตอนการทำจะเริ่มจากที่อุณหภูมิปกติเริ่มใส่สารตั้งต้นแล้วให้ความร้อนกับสารตั้งต้น จนกระทั่งถึงอุณหภูมิเป้าหมายให้เร็วที่สุด แล้วคงที่ที่อุณหภูมิเป้าหมาย จนกระทั่งสารตั้งต้นทำปฏิกิริยาไปจนกลายเป็นผลิตภัณฑ์จนหมด ซึ่งวัตถุประสงค์ของการสังเคราะห์พอลิเมอร์ในเครื่องปฏิกรณ์แบบแบตช์ ต้องการให้เวลาที่ใช้ในการดำเนินการสังเคราะห์ ให้สั้นที่สุดและได้ผลิตภัณฑ์มากที่สุดเมื่อสิ้นสุดกระบวนการ ในอดีตการควบคุมในโรงงานอุตสาหกรรมโดยทั่วไป จะกระทำโดยโอเปอเรเตอร์ที่มีประสบการณ์สูง การควบคุมเป็นแบบป้อนกลับพีไอดี โดยทำการปรับค่าตัวแปรปรับ เมื่อค่าตัวแปรควบคุมที่ทำการวัดได้มีค่าเบี่ยงเบนจากค่าที่ต้องการ ซึ่งพบว่าการควบคุมสามารถทำได้แต่โดยช้าและไม่แม่นยำนัก โดยเฉพาะกับกระบวนการไม่เป็นเชิงเส้นสูง ความผิดพลาดของการควบคุมเพิ่มขึ้น การให้ความร้อนกับเครื่องปฏิกรณ์อย่างรวดเร็วในเครื่องปฏิกรณ์ที่เกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันในเครื่องปฏิกรณ์แบบแบตช์ที่มีปฏิกิริยาคายความร้อน ทำให้เกิดการโอเวอร์ชู๊ตของอุณหภูมิของเครื่องปฏิกรณ์ การรันอเวย์ของอุณหภูมิ เนื่องมาจากการปรับตัวของอุณหภูมิน้ำแจ็คเก็ตไม่สามารถทำการระบายให้ทันพอดีกับการคายความร้อนจากในปฏิกิริยาได้ทัน เมื่อต้องการทำให้อุณหภูมิคงที่ที่อุณหภูมิเป้าหมาย การโอเวอร์ชู๊ตของอุณหภูมิของเครื่องปฏิกรณ์ที่เกินค่าที่สามารถยอมรับได้ ในระหว่างการดำเนินการของปฏิกิริยานี้ ส่งผลทำให้ผลิตภัณฑ์ที่สังเคราะห์ได้หลังสิ้นกระบวนการไม่ได้มีสมบัติตามที่ต้องการเนื่องมาจากพอลิเมอร์เป็นผลิตภัณฑ์โดยกระบวนการ

ต่อมามีการประยุกต์ใช้เทคนิคการโปรแกรมอุณหภูมิเป้าหมาย (Temperature Set point Program) ซึ่งอาศัยเทคนิคการออปติไมซ์ร่วมกับการควบคุมพบว่าการควบคุมจะให้ผลการควบคุมอุณหภูมิของเครื่องปฏิกรณ์ที่ดีในสภาวะดำเนินการปกติ แต่ให้ผลไม่ดีกรณีที่มีความผิดพลาดของแบบจำลอง ทั้งนี้เนื่องมาจากอัตราส่วนพื้นที่การถ่ายโอนความร้อนต่อปริมาตรเครื่องปฏิกรณ์พอลิเมอร์จะลดลงตามเวลา เมื่อปริมาตรของผลิตภัณฑ์ในเครื่องปฏิกรณ์มีเพิ่มขึ้น และเนื่องจากปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันของโมโนเมอร์ประเภทไวนิล มักเกิดการคายความร้อนสูง และโดยเฉพาะพอลิเมธิลเมธาคริเลต จะมีพฤติกรรมเรื่องข้อจำกัดของการแพร่เนื่องมาจากผลของการเกิดเจล และค่าความหนืดของพอลิเมอร์ที่มีค่าสูงทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของเครื่องปฏิกรณ์ผ่านแจ็คเก็ตมีค่าลดลงอย่างมาก ค่าความหนืดของพอลิเมอร์ที่มีค่าสูงกับอุณหภูมิของเครื่องปฏิกรณ์ที่มีค่าสูง ส่งผลทำให้การเกิดปฏิกิริยาเพิ่มยิ่งขึ้น การควบคุมอุณหภูมิของเครื่องปฏิกรณ์ให้ผลที่ดีจึงยาก ดังนั้นการควบคุมอุณหภูมิของเครื่องปฏิกรณ์ให้อยู่ที่ค่าเป้าหมายต้องทำอย่างระมัดระวังและมีประสิทธิภาพ การใช้การควบคุมโดยเทคนิคการจูนเพื่อลดความรุนแรงของกระบวนการซึ่งพบว่ากระทำได้ แต่โดยช้า ส่งผลให้เวลาที่ใช้ในการดำเนินการของแบตช์นานยิ่งขึ้น (Crowley และ Choi , 1996)

เนื่องจากในปัจจุบันความรู้และความเข้าใจ ในเรื่องของจลนพลศาสตร์ของกระบวนการเกิดพอลิเมอร์ ปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชัน และพฤติกรรมทางพลวัตของเครื่องปฏิกรณ์เคมี ซึ่งเป็นสิ่งที่สำคัญในการควบคุมสมบัติของผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์ ดังนั้นทางเลือกหนึ่งที่สำคัญ คือการควบคุมตัวแปรของสภาวะการดำเนินการของเครื่องปฏิกรณ์เคมี ที่สัมพันธ์กับสมบัติของผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์ออนไลน์ได้ ในงานวิจัยนี้อาศัยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของกระบวนการในรูปของสมการดุลมวลสารและพลังงานในรูปสเตทสเปซและจากค่าของตัวแปรสเตทและพารามิเตอร์บางตัวไม่ทราบค่าและหรือมีความผิดพลาดของตัวแปรสเตทและพารามิเตอร์สามารถเกิดขึ้นซึ่งไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ เทคนิคการประยุกต์ใช้ตัวประมาณค่าตัวแปรสเตทและพารามิเตอร์จึงมีความสำคัญ ต้องนำมาพิจารณาร่วมด้วย

ตัวกรองคาลมานเป็นตัวประมาณค่า (Estimator) ที่ใช้งานอย่างกว้างขวาง เริ่มนำมาใช้ในวงการอุตสาหกรรมเครื่องปฏิกรณ์เคมีพอลิเมอร์ (Crowley และ Choi 1996) ได้แก่ตัวกรองคาลมานแบบยืดขยาย (Extended Kalman Filter, EKF) ถูกใช้ในการสังเคราะห์พอลิเมอร์ในเครื่องปฏิกรณ์เคมีแบบถังกวนต่อเนื่อง (CSTR) ของไวนิลอะซิเตต (Vinyl Acetate) โดยมีตัวแปรควบคุมได้แก่ค่าการหักเหของแสง และแรงทอร์คของใบพัดหมุน งานวิจัยสามารถประมาณค่าคอนเวอร์ชันและน้ำหนักโมเลกุลโดยเฉลี่ยของพอลิเมอร์ (Weight Average Molecular Weight) ได้ และนอกจากนี้การศึกษาบางงานวิจัย สามารถวัดค่าความหนาแน่นออนไลน์และคำนวณคอนเวอร์ชัน โดยจะสามารถประมาณค่าของน้ำหนักโมเลกุลโดยเฉลี่ยของพอลิเมอร์ที่สังเคราะห์ได้

จากการศึกษาผลงานวิจัยที่ผ่านมา การสังเคราะห์พอลิเมอร์ให้มีสมบัติตามที่ต้องการนั้นมักจะทำโดยการควบคุมค่าการกระจายของน้ำหนักโมเลกุลโดยเฉลี่ย และเนื่องจากอุณหภูมิของเครื่องปฏิกรณ์ที่สภาวะการดำเนินการมีความสัมพันธ์ เป็นฟังก์ชันกับค่าการกระจายของน้ำหนักโมเลกุลโดยเฉลี่ย ถ้าสามารถทำการควบคุมอุณหภูมิของเครื่องปฏิกรณ์ ให้คงค่าที่อุณหภูมิเป้าหมายได้ ก็ทำให้แน่ใจได้ว่า จะสามารถทำการควบคุมค่าการกระจายของน้ำหนักโมเลกุลโดยเฉลี่ยได้ ทำให้พอลิเมอร์ที่ได้หลังสิ้นสุดกระบวนการมีสมบัติตามที่ต้องการ ในงานวิจัยนี้จึงริเริ่มที่จะทำการควบคุมอุณหภูมิของเครื่องปฏิกรณ์เคมีพอลิเมอร์แบบแบตช์ และจากจลนพลศาสตร์ของปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันของพอลิเมอร์ชนิดแอดดิชัน (Addition Polymerization) ในเครื่องปฏิกรณ์เคมีแบบแบตช์ ส่วนใหญ่เป็นปฏิกิริยาคายความร้อนเมื่ออุณหภูมิของครื่องปฏิกรณ์เพิ่มสูงขึ้น การเกิดปฏิกิริยาก็ดียิ่งขึ้น มีอิทธิพลของการเกิดเจลร่วมด้วย ปฏิกิริยาเกิดการคายความร้อนสูงเท่าที่ผ่านมาการใช้เทคนิคการควบคุมแบบเชิงเส้นแบบธรรมดาดั้งเดิมแบบพีไอดีนั้นให้ผลการควบคุมอุณหภูมิของครื่องปฏิกรณ์ที่ค่าเป้าหมายไม่ค่อยดี มีการโอเวอร์ชูตเกินค่าเป้าหมายมาก และนอกจากนี้กระบวนการที่ควบคุม ยังมีขอบเขตจำกัดของตัวแปรปรับของการดำเนินการของ

เครื่องมือวัด และในการดำเนินการมีเงื่อนไขที่เหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์ ความปลอดภัย อีกทั้งคุณภาพที่ได้มาตรฐาน ดังนั้นกระบวนการอุณหภูมิของเครื่องปฏิกรณ์แบบแบตช์ที่เกิดปฏิกิริยาคายความร้อนสูง จึงมีความต้องการระบบการควบคุมที่มีประสิทธิภาพและความทนทาน ที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการควบคุมกระบวนการดังกล่าวได้เป็นอย่างดี ซึ่งจะส่งผลให้การสังเคราะห์พอลิเมอร์ให้มีสมบัติตามที่ต้องการได้

จากการศึกษาค้นคว้าที่ผ่านมาของการควบคุมแบบโมเดลพรีดิกทีฟ (Model Predictive Control, MPC) ทำให้เป็นที่ยอมรับว่าเป็นเทคนิคการควบคุมกระบวนการที่มีประสิทธิภาพสูง ได้มีการนำไปใช้ควบคุมกระบวนการในอุตสาหกรรมทางเคมีอย่างแพร่หลาย บทบาทที่สำคัญอย่างมากของเทคนิคโมเดลพรีดิกทีฟ ที่นำมาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมเพราะความสามารถในการควบคุมกระบวนการที่มีความไม่เป็นเชิงเส้นอย่างสูง กระบวนการที่มีจำนวนตัวแปรปรับและตัวแปรควบคุมจำนวนมาก กระบวนการที่มีขอบเขตจำกัดทั้งบนตัวแปรปรับ ตัวแปรควบคุมและตัวแปรสเตท กระบวนการที่มีการเปลี่ยนแปลงค่าการรบกวนระบบ การเปลี่ยนแปลงเป้าหมายการควบคุม

ทั้งนี้เนื่องจากโมเดลพรีดิกทีฟเป็นการควบคุมโดยอาศัยแบบจำลอง ซึ่งสามารถครอบคลุมข้อมูลต่างๆของกระบวนการที่จะทำการควบคุมได้ดังนั้นปัญหาต่างๆของการควบคุมสามารถรวมไว้ในอัลกอริธึม การควบคุมแบบโมเดลพรีดิกทีฟจะสามารถรับประกันเสถียรภาพของระบบได้ตราบเท่าที่แบบจำลองของกระบวนการสามารถที่จะเป็นตัวแทนของระบบได้อย่างถูกต้องหรือมีความน่าเชื่อถือ

งานวิจัยนี้จึงเริ่มขึ้นเพื่อทำการประยุกต์ใช้ระบบการควบคุมแบบโมเดลพรีดิกทีฟ ในรูปแบบของสมการสเตทสเปซ ร่วมกับเทคนิคการประมาณค่าตัวแปรสเตทและพารามิเตอร์ ในรูปแบบของตัวกรองคาลมานแบบยืดขยาย ในการควบคุมอุณหภูมิเครื่องปฏิกรณ์เคมีพอลิเมอร์แบบแบตช์ (Batch Polymerization Reactor) ที่เกิดปฏิกริยาคายความร้อน ซึ่งปฏิกิริยาแบบฟรี-แรดิคัลพอลิเมอไรเซชันของพอลิเมธิลเมธาคริเลต อยู่ในบทความงานวิจัยของ Kim (1991) เหตุผลในการเลือกกระบวนการนี้ เนื่องจากเป็นเครื่องปฏิกรณ์การเกิดปฏิกิริยาที่ใช้กันมากในกระบวนการอุตสาหกรรม เนื่องจากมีขอบเขตการใช้งานกว้างขวางมากมีปัญหาต่างๆในการดำเนินการควบคุมที่น่าสนใจ จากพฤติกรรมที่เปลี่ยนแปลงตามเวลาและระบบมีการคายความร้อนสูงเนื่องมาจากความไม่เป็นเชิงเส้น มีอิทธิพลการเกิดเจล ซึ่งแสดงถึงความยากในการออกแบบระบบควบคุม จึงเหมาะสมที่จะนำไปทดสอบระบบควบคุมแบบโมเดลพรีดิกทีฟที่สร้างขึ้น โดยจะทำการควบคุมอุณหภูมิของเครื่องปฏิกรณ์ โดยแบบจำลองที่ใช้ในรูปแบบของสมการสเตทสเปซ สามารถทำการคำนวณและปรับปรุงสมรรถนะของระบบควบคุมได้ง่าย สามารถใช้ร่วมกับการประมาณค่า เพื่อช่วยในการประมาณค่าสเตทและพารามิเตอร์ของแบบจำลองของโมเดลพรีดิกทีฟ ให้ถูกต้องใกล้

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เดียงกับแบบจำลองของกระบวนการจริงมากที่สุด ซึ่งจะทำให้การควบคุมโมเดลพรีดิกทีฟมีประสิทธิภาพสูงขึ้น โดยเปรียบเทียบสมรรถนะและความทนทานของการควบคุมโมเดลพรีดิกทีฟกับการควบคุมแบบเจเนริกโมเดลและการควบคุมแบบพีไอดี เพื่อแสดงให้เห็นถึงสมรรถนะที่ดีกว่าของระบบการควบคุมแบบโมเดลพรีดิกทีฟ

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. ประยุกต์ใช้ตัวควบคุมแบบโมเดลพรีดิกทีฟ (Model Predictive Control) บนโปรแกรมสำเร็จรูปแมทแลบ ในการควบคุมอุณหภูมิของเครื่องปฏิกรณ์เคมีพอลิเมอร์แบบแบตช์ประยุกต์ใช้การประมาณค่าสเตทและพารามิเตอร์ สำหรับการประมาณค่าความร้อนของปฏิกิริยา
2. เปรียบเทียบผลการควบคุมของตัวควบคุมแบบโมเดลพรีดิกทีฟ ร่วมกับ/ไม่ร่วมกับการประมาณค่าสเตทและพารามิเตอร์ ในการควบคุมค่าอุณหภูมิของเครื่องปฏิกรณ์ เปรียบเทียบกับตัวควบคุมแบบเจเนริกโมเดลและพีไอดี

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1. สร้างแบบจำลองกระบวนการเครื่องปฏิกรณ์เคมีพอลิเมอร์แบบแบตช์
2. สร้างระบบการควบคุมแบบโมเดลพรีดิกทีฟในการควบคุมค่าอุณหภูมิสำหรับเครื่องปฏิกรณ์เคมีพอลิเมอร์แบบแบตช์บนโปรแกรมแมทแลบ
3. สร้างระบบการควบคุมแบบโมเดลพรีดิกทีฟ ร่วมกับการประมาณค่าสเตทและพารามิเตอร์ในการควบคุมค่าอุณหภูมิของเครื่องปฏิกรณ์บนโปรแกรมแมทแลบ
4. ทดสอบความทนทานและสมรรถนะของตัวควบคุมแบบโมเดลพรีดิกทีฟในการควบคุมค่าอุณหภูมิของเครื่องปฏิกรณ์และกรณีเมื่อมีการความผิดพลาดของแบบจำลองหรือพารามิเตอร์เปรียบเทียบกับตัวควบคุมแบบพีไอดี

1.4 ขั้นตอนและวิธีดำเนินการวิจัย

ในงานวิจัยนี้ได้แบ่งขั้นตอนและวิธีดำเนินการวิจัยออกเป็น 5 ขั้นตอนคือ

1. ศึกษาและรวบรวมข้อมูลของงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมค่าอุณหภูมสำหรับเครื่องปฏิกรณ์เคมีแบบแบตช์การเกิดปฏิกิริยาเคมีแบบฟรี-แรดิคัลพอลิเมอไรเซชันระบบการ

ควบคุมแบบโมเดลพรีดิกทีฟ การประมาณค่าสเตทและพารามิเตอร์โดยใช้ตัวกรองคาลมาน และศึกษาการใช้งานของโปรแกรมสำเร็จรูปแมทแลบ

2 เขียนแบบจำลองของกระบวนการควบคุมอุณหภูมิ สำหรับเครื่องปฏิกรณ์เคมีพอลิเมอร์แบบแบตช์ และตรวจสอบเงื่อนไขการประยุกต์ใช้ตัวควบคุมแบบพีไอดี ตัวควบคุมแบบเจเนริกโมเดล ตัวควบคุมแบบโมเดลพรีดิกทีฟ ร่วมกับ/ไม่ร่วมกับตัวกรองคาลมาน

3 เขียนโปรแกรมระบบการควบคุมแบบโมเดลพรีดิกทีฟ ในการควบคุมอุณหภูมิสำหรับเครื่องปฏิกรณ์เคมีพอลิเมอร์แบบแบตช์ ร่วมกับ/ไม่ร่วมกับตัวกรองคาลมาน

4 ทดสอบความทนทานและสมรรถนะของระบบควบคุมโมเดลพรีดิกทีฟ และกรณีเมื่อมีการความผิดพลาดของแบบจำลองหรือพารามิเตอร์ ในการควบคุมอุณหภูมิสำหรับเครื่องปฏิกรณ์เคมีพอลิเมอร์แบบแบตช์ ร่วมกับ/ไม่ร่วมกับตัวกรองคาลมานโดยเปรียบเทียบกับระบบการควบคุมแบบเจเนริก และพีไอดี

5 วิเคราะห์และสรุปผลงานวิจัย

6 จัดทำวิทยานิพนธ์เป็นรูปเล่มฉบับสมบูรณ์

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถทำการควบคุมอุณหภูมิสำหรับเครื่องปฏิกรณ์เคมีพอลิเมอร์แบบแบตช์ โดยใช้ตัวควบคุมแบบโมเดลพรีดิกทีฟ
2. สามารถประยุกต์ใช้การควบคุมแบบโมเดลพรีดิกทีฟ ร่วมกับการประมาณค่าสเตทและพารามิเตอร์สำหรับการควบคุมกระบวนการที่มีความไม่เป็นเชิงเส้นสูงของปฏิกิริยาสำหรับเครื่องปฏิกรณ์เคมีพอลิเมอร์แบบแบตช์
3. สามารถประยุกต์ใช้การควบคุมแบบโมเดลพรีดิกทีฟ ร่วมกับการประมาณค่าสเตทและพารามิเตอร์ สำหรับการควบคุมกระบวนการความไม่แน่นอนของแบบจำลองและพารามิเตอร์ต่างๆและช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของระบบการควบคุมแบบโมเดลพรีดิกทีฟได้
4. สามารถประยุกต์ใช้ตัวควบคุมแบบโมเดลพรีดิกทีฟสำหรับการควบคุมอุณหภูมิสำหรับเครื่องปฏิกรณ์เคมีพอลิเมอร์แบบแบตช์ ที่ใช้ในอุตสาหกรรมจริงได้

1.6 เนื้อหาวิทยานิพนธ์

เนื้อหาของงานวิจัยนี้ประกอบด้วยเนื้อหาต่างๆแบ่งออกเป็น 7 บท ซึ่งประกอบด้วย

บทที่ 1 กล่าวถึงความสำคัญและที่มาของงานวิจัย วัตถุประสงค์ของงานวิจัย ขอบเขตการวิจัย ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการวิจัย ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ และเนื้อหาวิทยานิพนธ์

บทที่ 2 กล่าวถึงผลงานวิจัยที่ผ่านมาซึ่งแบ่งเป็น ผลงานทางด้านการประยุกต์ใช้ระบบการควบคุมแบบโมเดลพรีดิกทีฟในกระบวนการอุตสาหกรรมโดยทั่วไป งานวิจัยที่ผ่านมาที่เกี่ยวกับการประยุกต์ใช้ระบบการควบคุมสำหรับเครื่องปฏิกรณ์เคมีพอลิเมอร์ การประยุกต์ใช้ระบบการควบคุมแบบโมเดลพรีดิกทีฟในการควบคุมสำหรับเครื่องปฏิกรณ์เคมีพอลิเมอร์

บทที่ 3 กล่าวถึงการควบคุมแบบโมเดลพรีดิกทีฟ ซึ่งอธิบายถึงทฤษฎี โครงสร้างของการควบคุมแบบโมเดลพรีดิกทีฟ สมการแบบจำลองกระบวนการ อัลกอริธึมของระบบควบคุมแบบโมเดลพรีดิกทีฟ

บทที่ 4 กล่าวถึงแบบจำลองกระบวนการที่ใช้ในการศึกษา การสร้างแบบจำลองกระบวนการพารามิเตอร์จลนพลศาสตร์ของการเกิดปฏิกิริยาฟรี-แรดิคัลพอลิเมอไรเซชันระบบควบคุมแบบโมเดลพรีดิกทีฟสำหรับกระบวนการเคมีพอลิเมอร์แบบแบตช์ รูปแบบของระบบควบคุมแบบโมเดลพรีดิกทีฟที่ใช้ในงานวิจัย ตัวกรองคาลมาน การประยุกต์ใช้ตัวกรองคาลมานในงานวิจัย การประมาณค่าความร้อนที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาด้วยตัวกรองคาลมาน

บทที่ 5 กล่าวถึงแบบจำลองกระบวนการที่ใช้ในการศึกษา ผลการทดลองและวิเคราะห์ปฏิกิริยา ผลการควบคุมอุณหภูมิของเครื่องปฏิกรณ์เคมีพอลิเมอร์ การจำลองการประมาณค่าความร้อนภายในเครื่องปฏิกรณ์ การทดสอบระบบการควบคุมแบบโมเดลพรีดิกทีฟที่สร้างขึ้นในงานวิจัย การทดสอบสมรรถนะการควบคุมอุณหภูมิภายเครื่องปฏิกรณ์เด้วยตัวควบคุมโมเดลพรีดิกทีฟและเจเนริกโมเดล ร่วมกับการประมาณค่าความร้อนด้วยตัวกรองคาลมานในกรณีที่มีความผิดพลาดของพารามิเตอร์ต่างๆ ของแบบจำลอง

บทที่ 6 เป็นการสรุปผลที่ได้จากการจำลองรวมทั้งข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัย

และบทสุดท้ายเป็นภาคผนวกซึ่งกล่าวถึงแผนภาพการประยุกต์ใช้การควบคุมแบบพีไอดี การจูนพารามิเตอร์การควบคุมแบบเจเนริกโมเดล ตัวกรองเอกซ์โพเนนเชียล การโปรแกรมโดยลำดับ ความรู้เรื่องพอลิเมอร์เบื้องต้น การหาค่าสูงสุดต่ำสุด การประมาณค่าสเตทและพารามิเตอร์