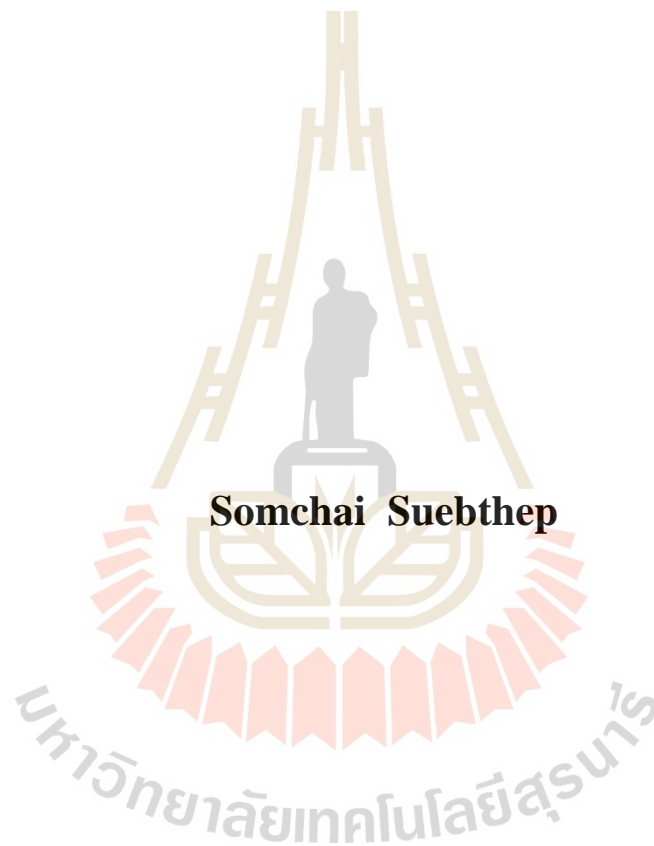


การควบคุมขนาดหยดขาวของเครื่องหยอดขาวและติดตั้งหัวอ่านอัตโนมัติ
โดยการควบคุมความดัน



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ปีการศึกษา 2563

**CONTROL ADHESIVE DOT SIZE OF ACAM MACHINE
BY USING PRESSURE CONTROL**



Somchai Suebthep

**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement for the
Degree of Master of Engineering in Mechatronics Engineering**

Suranaree University of Technology

Academic Year 2020

การควบคุมขนาดหยดกาวของเครื่องหยอดกาวและติดตั้งหัวอ่านอัตโนมัติ
โดยการควบคุมความดัน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นักศึกษานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์



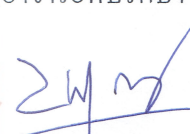
(รศ. ดร. โสรวุฒา แจ็งการ)

ประธานกรรมการ



(รศ. ดร. จิระพล ศรีเสรีฐผล)

กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์)



(รศ. ดร. บัณฑิต กิตตาคม)

กรรมการ



(รศ. ดร. นัตถชัย โชติชอุษากร)

รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการและประกันคุณภาพ



(รศ. ดร. พรศิริ จงกล)

คณบดีสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

สมชาย สืบเทพ : การควบคุมขนาดหยดกาวของเครื่องหยอดกาวและติดตั้งหัวอ่านอัตโนมัติ
โดยการควบคุมความดัน (CONTROL ADHESIVE DOT SIZE OF ACAM MACHINE
BY USING PRESSURE CONTROL) อาจารย์ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ ดร.
จิระพล ศรีเสริฐผล, 87 หน้า.

กระบวนการหยอดกาวของเครื่องจักรติดตั้งหัวอ่านเขียนอัตโนมัติในอุตสาหกรรม
ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ พบว่าขนาดกาวไม่ได้ตามข้อกำหนดของการหยอดกาว หากนำหัวอ่านเขียนมา
ติดตั้งจะทำให้เกิดของเสียขึ้นในกระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ โดยงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษา
และวิเคราะห์เกี่ยวกับสาเหตุของปัญหาที่เกิดในกระบวนการหยอดกาว โดยได้ทำการศึกษาและ
ทดลองปรับค่าของแต่ละตัวแปรที่มีผลต่อขนาดของหยดกาว เพื่อนำมาใช้ในการวิเคราะห์หา
ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรโดยใช้ Correlation Heat Map ช่วยในการวิเคราะห์และยังใช้
อัลกอริทึมการเรียนรู้ของเครื่องจักรมาจำแนกขนาดของกาวที่ดีและเสียโดยใช้อัลกอริทึม ได้แก่
Decision Tree, Random Forest, K-NN และ SVM โดยผลการวิเคราะห์ตัวแปรที่มีผลต่อขนาด
ของกาว คือ สเกลปรับวาล์วหริ้แบบเข็ม วาล์วหริ้ เวลาในการจ่ายลม และแรงดันลม เพื่อทดสอบ
เก็บค่า และวิเคราะห์หาค่าสหสัมพันธ์ ตัวแปรวาล์วหริ้มีค่าสหสัมพันธ์สูงสุดเมื่อเทียบกับ
ขนาดกาวจึงใช้เป็นเงื่อนไขสำหรับควบคุมกระบวนการหยอดกาว ดังนั้นเราได้ออกแบบ
ระบบควบคุมความดันของภาชนะที่มีผลต่อขนาดกาว ที่มีตัวควบคุมแบบพีไอ โดยใช้ AIRTAC
Solenoid Valve ในการควบคุมแรงดันเพื่อส่งให้กับหลอดกาวในกระบวนการหยอดกาวของ
วาล์วหริ้แบบเข็มมินิ (Mini Microdot) ให้ควบคุมแรงดันลมในช่วงที่ใช้งาน คือ 3 – 4 bar นอกจากนี้
ได้นำการเรียนรู้ของเครื่องจักรมาร่วมวิเคราะห์ และเปรียบเทียบขนาดกาวจากการทดสอบ
ทำให้สามารถจำแนกขนาดกาวดีหรือเสียได้ รวมทั้งได้ออกแบบระบบควบคุมเสมือนของตัวแปร
วาล์วหริ้ ซึ่งผลการทดสอบสามารถควบคุมความดันของวาล์วหริ้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สาขาวิชา วิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์
ปีการศึกษา 2563

ลายมือชื่อนักศึกษา ศองชาวน
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา AS

SOMCHAI SUEBTHEP : CONTROL ADHESIVE DOT SIZE OF ACAM
MACHINE BY USING PRESSURE CONTROL. THESIS ADVISOR :
ASSOC. PROF. JIRAPHON SRISERTPOL, Ph.D., 87 PP.

ADHESIVE DISPENSING/MACHINE LEARNING/DOT SIZE

Adhesive dispensing process of Auto Core Adhesive Mounter Machine in the hard disk drive industry found dot size is out of specification. If the read-write head is installed, it will cause waste in the hard disk drive manufacturing process. This research has studied and analyzed the causes of problems in the adhesive dispensing process. By studying and experimenting to adjust the value of each variable affecting the dot size to be used in the analysis to find the relationship between the variables. by use a correlation heat map for analysis and uses machine learning algorithms to classify the size of good and bad glue using algorithms including Decision Tree, Random Forest, K-NN and SVM. The results of the analysis of the variables affecting the glue size were scale of mini – Microdot Pressure Regulator Time in dispenser and pressure of dispenser to test experiment collect data and correlation analysis. Pressure regulator have highest correlation with dot size therefore used as a condition for controlling the adhesive dispensing process. Therefore, we designed the pressure vessel control system that affects the dot size with PI controller. By using an AIRTAC solenoid valve to control the pressure to be supplied to the glue tube in adhesive dispensing of mini microdot to control the air pressure in the range of use is 3 - 4 bar. In addition, machine learning was used for analysis and compare the glue size from the test. This makes it possible to classify good or bad glue sizes, as well as design a virtual control system

of variable pressure regulator. The test results can effectively control the pressure of the pressure regulator.



School of Mechatronics Engineering

Academic year 2020

School Student's Signature ศุภวิชญ์

Academic Advisor's Signature Suttipol P.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี เนื่องด้วยได้รับความช่วยเหลืออย่างยิ่ง ทั้งด้านวิชาการ และด้านการดำเนินงานวิจัย จากบุคคลและกลุ่มบุคคลต่าง ๆ ได้แก่

รองศาสตราจารย์ ดร.จิระพล ศรีเสริฐผล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้โอกาสทางการศึกษา ให้นำแนะนำปรึกษา ช่วยแก้ปัญหาและให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยมาโดยตลอด รวมทั้งช่วยตรวจทาน และแก้ไขวิทยานิพนธ์เล่มนี้จนเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณ บริษัท เวสเทิร์น ดิจิตอล (ประเทศไทย) จำกัด ที่ได้มอบทุนการศึกษาแก่ผู้วิจัย และขอขอบพระคุณที่ได้ให้การสนับสนุนเครื่องจักร ชิ้นงาน และเครื่องมือต่าง ๆ ในการทำวิจัยนี้

คุณจักรวรรดิ ดิยัง, คุณประธาน ชมเมืองปัก และคุณสันติ พุ่มกระจ่าง รวมไปถึงบุคลากรในแผนก HGA Assembly and Automation Development ที่ได้ให้ความช่วยเหลือ และความรู้ในการดำเนินงานวิจัย

ขอขอบคุณ บุคลากร SCE Lab. ที่ได้ให้ความช่วยเหลือและความรู้ในการดำเนินงานวิจัย ให้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

สำหรับคุณงามความดีอันใดที่เกิดจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ผู้วิจัยขอมอบให้กับบิดา มารดา ซึ่งเป็นที่รักและเคารพยิ่ง ตลอดจนครูอาจารย์ที่เคารพทุกท่าน ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ และถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีให้แก่ผู้วิจัยตลอดมา จนทำให้ประสบความสำเร็จในชีวิต

สมชาย สืบเทพ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (ภาษาไทย).....	ก
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ).....	ข
กิตติกรรมประกาศ.....	ง
สารบัญ.....	จ
สารบัญตาราง.....	ฉ
สารบัญรูป.....	ฉ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหาการวิจัย.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	6
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย.....	6
1.4 ระเบียบวิธีวิจัย.....	6
1.5 สถานที่ทำการวิจัย.....	6
1.6 เครื่องมือที่ใช้ในการทำวิจัย.....	6
1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	7
1.8 การจัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์.....	7
2 ปรัชญ่วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	8
2.1 บทนำ.....	8
2.2 ฮาร์ดดิสก์ (Hard Disk Drive).....	8
2.2.1 ประเภทของฮาร์ดดิสก์.....	9
2.2.1.1 Parallel Advance Technology Attachment (PATA).....	9
2.2.1.2 SCSI (Small Computer System Interface).....	10
2.2.1.3 SATA (Serial Advanced Technology Attachment).....	10
2.2.1.4 Solid-State Drive (SSD).....	11

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.2.2	ส่วนประกอบของฮาร์ดดิสก์.....	11
2.2.2.1	ฝาปิดด้านบน (Top Cover).....	11
2.2.2.2	แคลมป์ด้านบน (Top Clamp).....	12
2.2.2.3	Magnet Assembly	12
2.2.2.4	แผ่นจานแม่เหล็ก (Platters)	13
2.2.2.5	วงแหวน (Spacers)	13
2.2.2.6	สปินเดิลมอเตอร์ (Spindle Motor).....	14
2.2.2.7	Head Stack Assembly (HSA).....	14
2.2.2.8	หัวอ่านเขียนข้อมูล (Slider)	15
2.2.2.9	เคส (Drive Case).....	15
2.2.2.10	แผงวงจร (Printed Circuit Board).....	16
2.3	การเรียนรู้ของเครื่องจักร (Machine Learning: ML).....	16
2.3.1	การเรียนรู้แบบมีผู้สอน (Supervised Learning).....	17
2.3.2	การเรียนรู้แบบไม่มีผู้สอน (Unsupervised Learning)	17
2.3.3	การเรียนรู้แบบเสริมกำลัง (Reinforcement Learning)	17
2.4	ค่าสหสัมพันธ์ (Correlation).....	17
2.5	ต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree).....	18
2.6	Random Forest.....	18
2.7	K-NN	18
2.8	SVM.....	18
2.9	ระบบควบคุม (Control System).....	18
2.10	ความดัน (Pressure).....	20
2.10.1	หน่วยของความดัน	20
2.10.2	ประเภทของของความดัน	20
2.11	ระบบนิวเมติกส์ (Pneumatic System)	21
2.12	Solenoid Actuator-Valve System	28
2.13	Pulse Wide Modulation	31

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.14	ปรีทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	32
2.14.1	งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบนิวเมติก.....	32
2.14.2	งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้ของเครื่องจักร	33
2.14.3	งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการหยอดกาว	32
2.14.4	งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการควบคุม	34
2.15	สรุป.....	34
3	วิธีดำเนินงานวิจัย	36
3.1	บทนำ	36
3.2	การศึกษาพารามิเตอร์ที่มีผลต่อกระบวนการหยอดกาวของเครื่องจักร ACAM	36
3.2.1	การทดลองหยอดกาวโดยการปรับค่าแต่ละพารามิเตอร์ของ เครื่องจักร ACAM	37
3.2.1.1	การทดลองหยอดกาวโดยการปรับค่าพารามิเตอร์ ของวาล์วหรือแบบเข็ม (Needle Stroke)	41
3.2.1.2	การทดลองหยอดกาวโดยการปรับค่าพารามิเตอร์ ของวาล์วหรือความดัน (Pressure Regulator)	42
3.2.1.3	การทดลองหยอดกาวโดยการปรับค่าพารามิเตอร์ เวลาของเครื่อง AD3000C (Time, AD3000C).....	44
3.2.1.4	การทดลองหยอดกาวโดยการปรับค่าพารามิเตอร์ แรงดันลมของเครื่องAD3000C (Pressure, AD3000C).....	45
3.2.1.5	สรุปปัจจัยที่มีผลต่อขนาดกาว	46
3.3	วิธีการทดลอง.....	46
3.3.1	การทดลองหยอดกาวเพื่อนำไปวิเคราะห์หาค่าสหสัมพันธ์ และการวิเคราะห์ด้วยการเรียนรู้ของเครื่องจักร	47
3.3.1.1	การติดตั้งเซนเซอร์วัดความดัน	47
3.3.1.2	การตั้งค่ากรอบการวัดขนาดของหยดกาวของวิชั่น.....	48
3.3.1.3	การเก็บผลขนาดกาว.....	48

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.3.1.4	การเก็บผลความดัน	48
3.3.1.5	การเตรียมชิ้นงานสำหรับการทดลอง	48
3.3.1.6	ทดลองหยอดกาว.....	46
3.3.2	การเตรียมข้อมูลผลการทดลองสำหรับการวิเคราะห์ ผลการทดลอง.....	49
3.3.2.1	การดึงข้อมูลจากเครื่องจักร.....	49
3.3.3	การวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ของแต่ละพารามิเตอร์	50
3.3.4	การจำแนกข้อมูลด้วยโมเดลการเรียนรู้ของเครื่องจักร	50
3.3.4.1	ต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree)	50
3.3.4.2	Random Forest	51
3.3.4.3	K-Nearest Neighbors	51
3.3.4.4	SVM.....	51
3.4	การออกแบบระบบควบคุมความดันของภาชนะแบบอัตโนมัติ	52
3.4.1	การออกแบบระบบควบคุมวาล์วหรือความดัน	52
3.4.2	การสอบเทียบการวัดความดันของเซนเซอร์	54
3.4.3	การควบคุมความดันแบบวงเปิด	55
3.4.4	การควบคุมความดันแบบวงปิด	56
3.4.5	การหาเอกลักษณ์แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบควบคุม	56
3.4.6	การออกแบบตัวควบคุมแบบพีไอ.....	57
3.4.7	การทดสอบควบคุมแรงดัน.....	58
3.4.8	การทดสอบการรบกวนระบบ	58
3.5	สรุป.....	58
4	ผลการศึกษาและการวิเคราะห์ผล.....	60
4.1	บทนำ.....	60
4.2	ผลการศึกษาพารามิเตอร์ที่มีผลต่อขนาดของหยดกาว.....	60
4.2.1	ผลการทดลองหยอดกาวโดยการปรับค่าพารามิเตอร์ของ วาล์วหรือแบบเข็มมินิ	60

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.2.2	ผลการทดลองหยุดคาวโดยการปรับค่าพารามิเตอร์ของ วาล์วหรือความดัน.....	61
4.2.3	ผลการทดลองหยุดคาวโดยการปรับค่าพารามิเตอร์ของ เวลาของเครื่อง AD3000C.....	62
4.2.4	ผลการทดลองหยุดคาวโดยการปรับค่าพารามิเตอร์ของ แรงดันลมของเครื่อง AD3000C.....	63
4.3	ผลการทดลองหยุดคาวใหม่.....	64
4.4	ผลการวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ของแต่ละพารามิเตอร์.....	64
4.5	ผลการจำแนกขนาดคาวด้วยการเรียนรู้ของเครื่องจักร.....	65
4.5.1	วิธีการต้นไม้ตัดสินใจ.....	65
4.5.2	วิธีการ Random Forest.....	66
4.5.3	วิธีการ K-Nearest Neighbors.....	66
4.5.4	วิธีการ SVM.....	67
4.6	ผลการจำแนกขนาดคาวด้วยการเรียนรู้ของเครื่องจักร.....	67
4.6.1	ผลการทดลองควบคุมความดันแบบวงเปิด.....	67
4.6.2	ผลการทดลองควบคุมความดันแบบวงปิด.....	68
4.6.3	ผลการหาเอกลักษณ์แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบควบคุม.....	69
4.6.4	ผลการควบคุมระบบแบบพีไอ.....	69
4.6.5	ผลการทดสอบการรบกวนระบบ.....	70
4.7	สรุปผล.....	71
5	สรุปผลงานวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	72
5.1	สรุปผลการวิจัย.....	72
5.1.1	ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร.....	72
5.1.2	ผลจากการศึกษาและวิเคราะห์ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับขนาด ของหยุดคาว.....	73
5.2	ข้อเสนอแนะ.....	73

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

รายการอ้างอิง.....	74
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก. โปรแกรมสำหรับการทำต้นไม้การตัดสินใจ	75
ภาคผนวก ข. โปรแกรมสำหรับการทำวิธีการเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุด	79
ภาคผนวก ค. โปรแกรมสำหรับการจำแนกแบบการสุ่มป่าไม้	82
ภาคผนวก ง. โปรแกรมสำหรับเครื่องเวกเตอร์ค้ำยัน	85
ประวัติผู้เขียน	87



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ความสัมพันธ์ของความดันในหน่วยต่าง ๆ	20
2.2 พารามิเตอร์ของตัวกระตุ้น โซลินอยด์	30
3.1 การทดลองปรับค่าพารามิเตอร์ของแต่ละตัวแปร	28
3.2 แสดงการออกแบบการทดลองปรับค่าของพารามิเตอร์ Needle Stroke	39
3.3 แสดงการออกแบบการทดลองปรับค่าของพารามิเตอร์ Pressure Regulator	40
3.4 แสดงการออกแบบการทดลองปรับค่าของพารามิเตอร์ Time AD3000C	58
3.5 แสดงการออกแบบการทดลองปรับค่าของพารามิเตอร์ Pressure AD3000C	76
3.6 ตารางออกแบบการทดลองหยุดคาว	77
3.7 แสดงรายละเอียดของอุปกรณ์	78

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1	แขนจับยึดหัวอ่านเขียนข้อมูลและหัวอ่านเขียนข้อมูล 1
1.2	เครื่องหยอดกาวและติดหัวอ่านแบบอัตโนมัติ (ACAM) 2
1.3	แสดงตำแหน่งการหยอดกาวลงบนแขนจับยึดหัวอ่านเขียนข้อมูล 2
1.4	แสดงตัวอย่างของเสียบแบบ AD3 3
1.5	แสดงตัวอย่างของเสียบแบบ E2 3
1.6	แสดงตัวอย่างของเสียบแบบ E4 4
1.7	แสดงตัวอย่างของเสียบแบบ E6 4
1.8	แสดงเปอร์เซ็นต์งานเสียบที่เกิดจากปัญหาของกาว 5
2.1	แสดงตัวอย่างของฮาร์ดดิสก์ 9
2.2	HDD PATA Type 9
2.3	SCSI 10
2.4	HDD SATA Type 10
2.5	Solid State Drive 11
2.6	ฝาปิดด้านบน 12
2.7	แคลมป์ด้านบน 12
2.8	VCM 13
2.9	แผ่นงานแม่เหล็ก 13
2.10	วงแหวน 14
2.11	สปริงเดลมอเตอร์ 14
2.12	HSA 15
2.13	หัวอ่านเขียนข้อมูล 15
2.14	เคส 16
2.15	Printed Circuit Board 16
2.16	เปรียบเทียบระหว่าง Traditional Programming กับ Machine Learning 17
2.17	ระบบควบคุมแบบวงเปิด 19

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.18 ระบบควบคุมแบบวงปิด	19
2.19 แสดงความสัมพันธ์ของความดันแบบต่าง ๆ	21
2.20 ก๊าซไหลผ่านปากกรู	23
2.21 อัตราการไหลมวลของอากาศผ่านปากกรู	24
2.22 ตัวกระตุ้น โซลินอยด์ - ระบบวาล์ว	28
2.23 Pulse Wide Modulation	32
3.1 แสดงการติดตั้งเซนเซอร์วัดแรงดัน	38
3.2 แสดงการนำพาลดเข้าสู่เครื่อง ACAM	39
3.3 การตั้งชื่อสำหรับแบ่งชุดข้อมูลที่ได้จากการทดลอง	40
3.4 แสดงการบันทึกวีดิโอขณะทำการหยอดกาว	40
3.5 แสดง Needle Stroke	41
3.6 แสดงโครงสร้างของ Needle Stroke	41
3.7 แสดงวาล์วหรือความดัน	43
3.8 แสดงเวลาที่ใช้จ่ายลมของเครื่อง AD3000C	44
3.9 แรงดันที่ใช้ในการเปิดวาล์ว	45
3.10 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	46
3.11 การติดตั้ง Pressure Sensor ในเครื่อง ACAM	47
3.12 การตั้งค่ากรอบของวิชั่นในการอ่านขนาดของหยดกาว	48
3.13 Log file ของเครื่อง ACAM	49
3.14 การเตรียมข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบของ Excel.CSV	50
3.15 แสดงการวิเคราะห์ด้วย Jupyter Notebook	50
3.16 การออกแบบระบบควบคุมความดันของภาชนะแบบอัตโนมัติ	52
3.17 ชุดจำลองการออกแบบควบคุมความดันของภาชนะแบบอัตโนมัติ	53
3.18 แสดงการเก็บข้อมูลที่ใช้ในการสอบเทียบเซนเซอร์วัดแรงดัน	54
3.19 กราฟการหาสมการเส้นตรงของ Pressure sensor	54
3.20 การแปลงค่าจาก Pressure sensor ให้ออกมาในหน่วย Bar	55
3.21 การออกแบบ Simulink ของการควบคุมแบบวงเปิด	55

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.22 การออกแบบ Simulink ของการควบคุมแบบวงปิด	56
3.23 แสดงการเก็บข้อมูลช่วงที่ใช้งานเพื่อหาเอกลักษณ์ของระบบ	57
3.24 การเพิ่มตัวควบคุมพีไอให้กับระบบ	57
3.25 แสดงการปรับค่าของตัวควบคุมแบบพีไอ	58
4.1 ขนาดกาวของการทดลองปรับวาล์วหริ้แบบเข็มมิ尼	60
4.2 รูปขนาดกาว	61
4.3 ขนาดกาวของการทดลองปรับวาล์วหริ้ความดัน	61
4.4 ขนาดกาวที่ได้จากการทดลอง	62
4.5 ขนาดกาวของการทดลองปรับเวลาของเครื่อง AD3000C	62
4.6 ขนาดกาวที่ได้จากการทดลอง	63
4.7 ขนาดกาวของการทดลองปรับแรงดันลมของเครื่อง AD3000C	63
4.8 ขนาดกาวที่ได้จากการทดลอง	64
4.9 ผลการทดลองหยอดกาว	64
4.10 แสดงค่าสหสัมพันธ์ของแต่ละตัวแปร (Heat map)	65
4.11 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วย Decision Tree	66
4.12 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วย Random Forest	66
4.13 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วย K-Nearest Neighbors (K-NN)	67
4.14 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วย Support Vector Machine (SVM)	67
4.15 ผลการทดลองควบคุมแรงดันแบบวงเปิด	68
4.16 ผลการทดลองควบคุมแบบวงปิด	68
4.17 Model Output ของระบบ	69
4.18 ผลการทดสอบควบคุมแรงดันด้วยตัวควบคุมแบบพีไอ	70
4.19 ผลการทดสอบการรบกวนระบบ	70
ก.1 Upload ไฟล์ข้อมูลแบบ csv.file	76
ก.2 Import ไปนารีในการสร้างโมเดล	76
ก.3 แสดงข้อมูล Train และ Test	76
ก.4 นับจำนวนของ Class ใน Train data	77

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
ก.5	นับจำนวนของ Class ใน Test data 77
ก.6	กำหนด X_Train, Y_Train, X_Test, Y_Test พร้อมแสดงตัวอย่างข้อมูล..... 77
ก.7	ทำการ Classify และ Predict ข้อมูล 78
ก.8	แสดง Confusion matrix ของข้อมูล 78
ข.1	แสดงการอ่าน Train และ Test data 80
ข.2	แสดงการเตรียมข้อมูล โดยใช้ Standard Scale..... 80
ข.3	แสดงการ Import model k NN และทำการ Predict..... 81
ข.4	แสดง Confusion matrix ของการจำแนก 81
ค.1	แสดงการอ่านข้อมูลของ Train data และ Test data 83
ค.2	แสดงจำนวน Class ของ Train data 83
ค.3	แสดงการกำหนด Train, Test Data และการจำแนกและทำนายผล 84
ค.4	แสดง Confusion matrix ของข้อมูล 84
ง.1	แสดงการอ่านข้อมูลของ Train data และ Test data 86
ง.2	แสดงการกำหนด Train, Test Data และการจำแนกและทำนายผล 86
ง.3	แสดง Confusion matrix ของข้อมูล 86

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหาการวิจัย

ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ (Hard Disk Drive : HDD) เป็นอุปกรณ์บันทึกข้อมูลที่สำคัญอย่างมาก ในยุคปัจจุบัน โดยยุคปัจจุบันมีความต้องการใช้พื้นที่จัดเก็บข้อมูลเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ส่งผลให้อุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์เติบโตขึ้นอย่างมากเพื่อให้ทันต่อความต้องการของตลาด ทำให้มีการพัฒนาฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ให้มีความเร็วในการบันทึกข้อมูลและเพิ่มความจุในการบันทึกข้อมูลที่มากขึ้น โดยได้มีการใช้เครื่องจักรอัตโนมัติเข้ามาช่วยในสายการผลิตเพื่อความรวดเร็วและแม่นยำในการผลิตชิ้นงาน ซึ่งในฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์มีส่วนประกอบสำคัญที่ใช้ในการอ่านและเขียนข้อมูลลงในฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ก็คือ หัวอ่านเขียนบันทึกข้อมูล (Head Gimbal Assembly : HGA) ซึ่งมีส่วนประกอบที่สำคัญ 2 ส่วน คือ แขนจับยึดหัวอ่านเขียนข้อมูล (Suspension) และหัวอ่านเขียนข้อมูล (Slider) ดังรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 แขนจับยึดหัวอ่านเขียนข้อมูลและหัวอ่านเขียนข้อมูล

ซึ่งในการประกอบหัวอ่านเขียนบันทึกข้อมูลนั้นใช้เครื่องหยอดกาวและติดหัวอ่านแบบอัตโนมัติ (Auto Core Adhesive Mounter Machine : ACAM) ในการผลิต โดยนำแขนจับยึดหัวอ่านเขียนข้อมูล เข้าสู่กระบวนการหยอดกาว โดยทำการหยอดกาวลงบนแขนจับยึดหัวอ่านเขียนข้อมูล แล้วทำการวัดขนาดของหยอดกาว เมื่อได้ขนาดตามที่กำหนดแล้ว เครื่องจักรจะส่งชิ้นงานไปในส่วนของการติดตั้งหัวอ่านเขียนข้อมูลลงบนแขนจับยึดหัวอ่านเขียนข้อมูลที่ได้หยอดกาวและวัดขนาดกาวผ่านเรียบร้อยแล้ว ดังรูปที่ 1.2



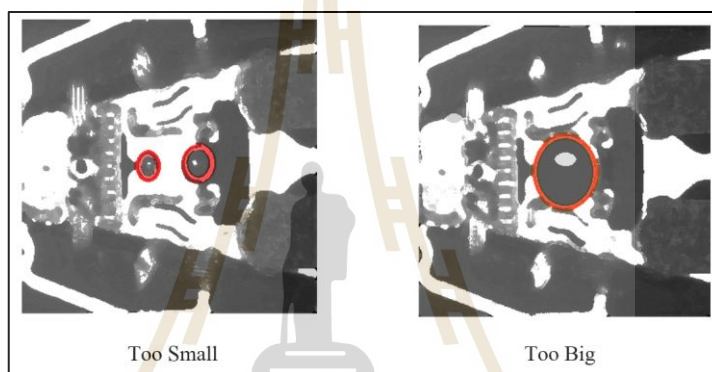
รูปที่ 1.2 เครื่องหยอดกาวและติดหัวอ่านแบบอัตโนมัติ (ACAM)

โดยกระบวนการหยอดกาวเริ่มจากการโหลดแขนจับยึดหัวอ่านเขียนข้อมูลลงบนพาเลต (Pallet) จำนวน 10 ชั้น จากนั้นนำพาเลตใส่เข้าไปในเครื่อง ACAM จากนั้นเครื่องจักรจะทำการตรวจสอบตำแหน่งของแขนจับยึดหัวอ่านเขียนข้อมูล เมื่อตรวจสอบเสร็จแล้วจะทำการหยอดกาวลงบนแขนจับยึดหัวอ่านเขียนข้อมูลแต่ละชั้นจำนวน 2 จุด สำหรับนำหัวอ่านเขียนข้อมูลมาติดตั้งลงบนแขนจับยึดหัวอ่านเขียนข้อมูล ดังรูปที่ 1.3



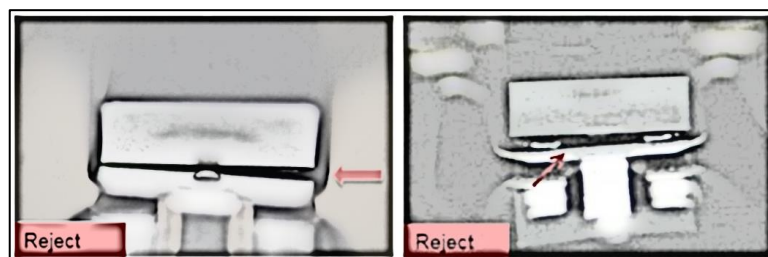
รูปที่ 1.3 แสดงตำแหน่งการหยอดกาวลงบนแขนจับยึดหัวอ่านเขียนข้อมูล

เมื่อทำการหยอดกาวลงบนแขนจับยึดหัวอ่านเขียนครบทั้ง 10 ชั้นแล้ว เครื่องจักรจะทำการตรวจวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของขนาดกาวที่หยอดลงบนแขนจับยึดหัวอ่านเขียนแต่ละชั้นเมื่อผ่านสเปกแล้วก็นำชิ้นงานเข้าสู่กระบวนการถัดไป คือ การติดหัวอ่านเขียนข้อมูล ถ้าขนาดกาวได้ตามสเปกที่กำหนดแล้ว เครื่องจักรจะนำหัวอ่านเขียนข้อมูลมาติดตั้งลงบนแขนจับยึดหัวอ่านเขียนข้อมูลแล้วส่งไปกระบวนการถัดไป แต่ถ้าขนาดกาวไม่ได้ขนาดตามที่กำหนด เครื่องจักรจะไม่ทำการติดตั้งหัวอ่านเขียนข้อมูลลงบนแขนจับยึดหัวอ่านเขียนข้อมูล ทำให้แขนจับยึดหัวอ่านเขียนข้อมูลที่หยอดกาวไม่ได้ขนาดนั้น ไม่สามารถนำไปเข้าสู่กระบวนการผลิตถัดไปได้ ทำให้เกิดเป็นของเสีย AD3 นั่นก็คือ ขนาดกาวไม่ตรงสเปก ดังรูปที่ 1.4



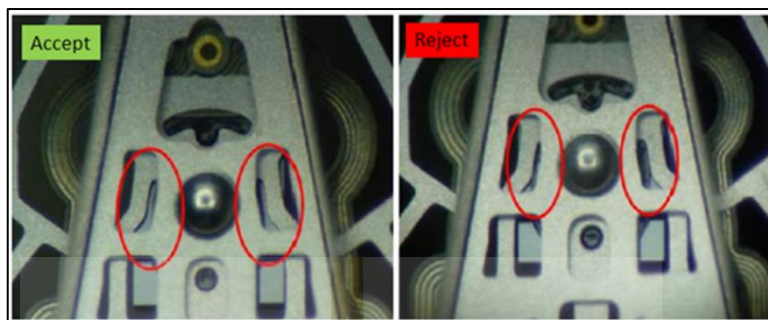
รูปที่ 1.4 แสดงตัวอย่างของเสียแบบ AD3

จากข้อมูลจากการผลิตยังพบปัญหาที่เกิดจากกาว ได้แก่ รหัส E2 E4 และ E6 โดยรหัส E2 คือ ของเสียที่เกิดจากกาวน้อยกว่าสเปก เมื่อนำหัวอ่านเขียนข้อมูลมาติดลงบนแขนจับยึดหัวอ่านเขียนข้อมูล ทำให้ชิ้นงานติดไม่สนิทเกิดช่องว่างระหว่างหัวอ่านเขียนข้อมูลและแขนจับยึดหัวอ่านเขียนข้อมูล ดังรูปที่ 1.5



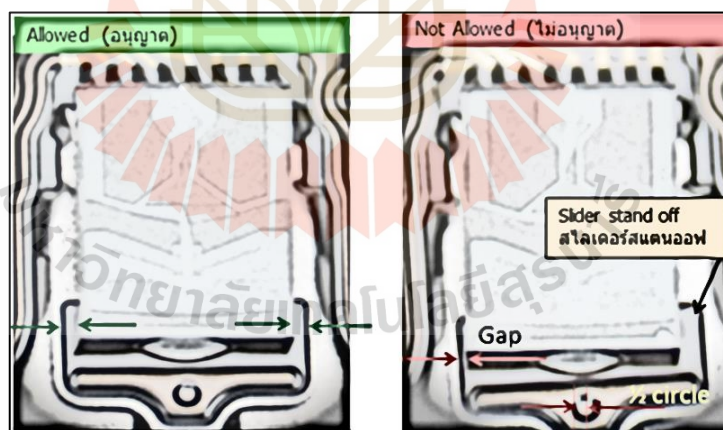
รูปที่ 1.5 แสดงตัวอย่างของเสียแบบ E2

โดยของเสียรหัส E4 คือ ของเสียที่เกิดจากกาวมีมากเกินไปทำให้ล้นออกมาด้านหลังของ
 แขนจับยึดหัวอ่านเขียน ดังรูปที่ 1.6



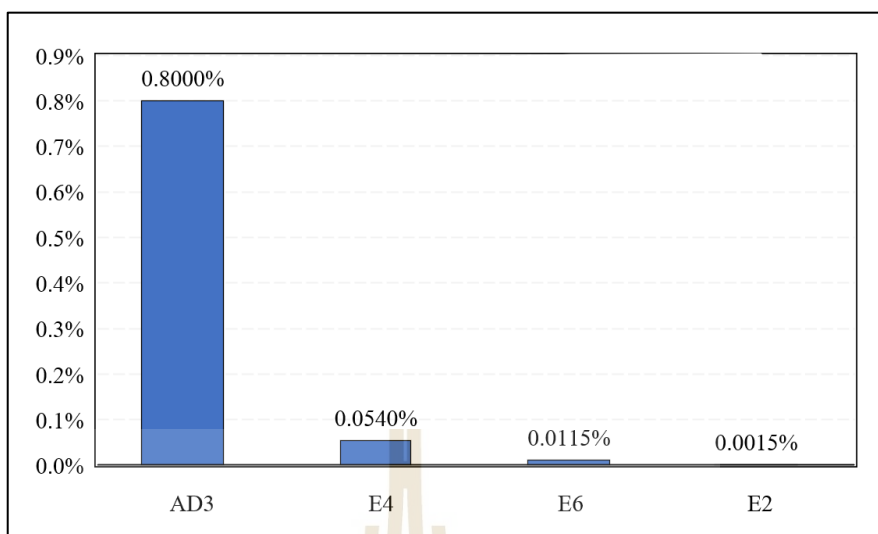
รูปที่ 1.6 แสดงตัวอย่างของเสียแบบ E4

และรหัส E6 คือ ของเสียที่เกิดจากมีกาวมากเกินไปเมื่อนำหัวอ่านเขียนข้อมูลมาติดตั้ง
 บนแขนจับยึดหัวอ่านเขียนข้อมูล ทำให้เกิดการเลื่อนของหัวอ่านเขียนข้อมูลออกจากตำแหน่งติดตั้ง
 ดังรูปที่ 1.7



รูปที่ 1.7 แสดงตัวอย่างของเสียแบบ E6

ข้อมูลแสดงเปอร์เซ็นต์ของเสียที่เกิดจากการติดตั้งหัวอ่านเขียนข้อมูลลงบนแขนจับยึด
 หัวอ่านเขียนข้อมูลของเครื่องจักร ACAM ทั้งสายการผลิต ดังรูปที่ 1.8



รูปที่ 1.8 แสดงเปอร์เซ็นต์งานเสียที่เกิดจากปัญหาของกาว

เมื่อเครื่องจักรทำการหยอดกาวลงบนแกนจับยึดหัวอ่านเขียนข้อมูลครบทุกตัวแล้ว ก็ทำการวัดขนาดของหยดกาวด้วยกล้อง ซึ่งจะได้นาฬิกาของหยดกาวออกมา จากนั้นเครื่องจักรจะทำการประมวลผลขนาดของหยดกาว ถ้านาฬิกาของหยดกาวที่ได้มีขนาดไม่ตรงตามสเปกคือ มีขนาดเล็กหรือใหญ่เกินไปจะทำให้เครื่องจักรไม่นำหัวอ่านเขียนข้อมูลมาติดลงบนแกนจับยึดหัวอ่านเขียนข้อมูลนั้น แต่จะเข้าไปติดตัวถัดไปที่ขนาดของตรงตามสเปก ทำให้แกนจับยึดหัวอ่านเขียนข้อมูลที่ขนาดกาวไม่ตรงตามสเปกนั้นไม่สามารถใช้งานต่อไปได้เนื่องจากหยดกาวที่ไม่ตรงสเปกไปแล้วเกิดเป็นของเสีย ทำให้เสียรายได้จากการทิ้งแกนจับยึดข้อมูลไปแบบไม่ได้ใช้งานเลย

จากนั้นเมื่อทำการหยอดกาวลงบนแกนจับยึดหัวอ่านเขียนข้อมูล และวัดขนาดของหยดกาวเสร็จแล้ว ก็จะส่งแกนจับยึดหัวอ่านเขียนข้อมูลที่ได้นาฬิกาตรงตามสเปก ไปสู่ขั้นตอนของการติดหัวอ่านเขียนข้อมูล จากนั้นก็จะส่งแกนจับยึดชุดหัวอ่านเขียนข้อมูลที่ติดหัวอ่านเขียนข้อมูลแล้ว ไปทำการเชื่อมวงจร แล้วทำการตรวจสอบคุณภาพ

โดยในส่วนของการกระบวนการหยอดกาวนี้ พบว่ามีข้อบกพร่องที่เกิดจากปริมาณของหยดกาวที่มากหรือน้อยเกินไปหรือไม่ตรงตามสเปก ซึ่งส่งผลให้ต้องทิ้งแกนจับยึดหัวอ่านเขียนและหัวอ่านเขียนข้อมูลไป เนื่องจากไม่สามารถนำไปใช้ในการผลิตหัวอ่านฮาร์ดดิสก์ต่อไปได้จึงได้ทำการศึกษาและวิจัยเกี่ยวกับกระบวนการหยอดกาว ในเครื่องหยอดกาวและติดหัวอ่านแบบอัตโนมัติ เพื่อหาสาเหตุของปัญหาและลดของเสียที่เกิดจากกระบวนการหยอดกาวต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาและวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อขนาดกาวในกระบวนการหยอดกาวของเครื่อง ACAM โดยการประยุกต์ใช้การเรียนรู้ของเครื่องจักร

1.2.2 ออกแบบระบบควบคุมความดันของภาชนะที่มีผลต่อขนาดกาวโดยใช้ตัวควบคุมพีไอ

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1.3.1 ใช้เครื่องหยอดกาวและติดหัวอ่านแบบอัตโนมัติ (ACAM) ในสายการผลิต

1.3.2 เครื่องควบคุมการจ่ายกาว รุ่น AD3000C

1.3.3 วาล์วหัวรี MicroDot รุ่น xQR41 Needle Valve

1.3.4 กาว EMS 535-10M-1

1.3.5 HGA รุ่น Palmer

1.3.6 การควบคุมขนาดของ Dot size 230 ± 70 ไมโครเมตร

1.3.7 ใช้ตัวควบคุมพีไอเพื่อออกแบบระบบควบคุมของภาชนะที่มีผลต่อขนาดกาว

1.4 ระเบียบวิธีวิจัย

1.4.1 ศึกษาขั้นตอนการทำงานของเครื่องจักรและสาเหตุที่ส่งผลต่อขนาดกาว

1.4.2 ศึกษาและค้นคว้าทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

1.4.3 ออกแบบการทดลองปรับค่าของตัวแปรเพื่อดูผลต่อขนาดของหยดกาว

1.4.4 ออกแบบการทดลองหยอดกาวเพื่อเก็บข้อมูลมาใช้วิเคราะห์ด้วยการเรียนรู้ของเครื่องจักร

1.4.5 วิเคราะห์ข้อมูลด้วยการเรียนรู้ของเครื่องจักรที่มีค่าความสัมพันธ์สูงสุดกับขนาดกาว

1.4.6 ออกแบบระบบควบคุมความดันของภาชนะแบบอัตโนมัติ

1.4.7 ทดสอบระบบควบคุมความดันของภาชนะแบบอัตโนมัติ

1.4.8 สรุปผล

1.5 สถานที่ทำการวิจัย

1.5.1 บริษัท เวสเทิร์นดิจिटอล ประเทศไทย จำกัด แผนก HGA DEVELOPMENT LAB

1.6 เครื่องมือที่ใช้ในการทำวิจัย

1.6.1 เครื่อง ACAM

1.6.2 เซนเซอร์วัดความดัน

1.6.3 ตัวควบคุมความดัน

1.6.4 คอมพิวเตอร์

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.7.1 ทราบถึงปัจจัยที่มีผลต่อขนาดกาวในกระบวนการหยอดกาว สำหรับเครื่อง ACAM ในสายการผลิตได้

1.7.2 ได้แบบจำลองอัลกอริทึมการเรียนรู้ของเครื่องจักรในการจำแนกการหยอดกาวที่ดีหรือเสียได้จากการข้อมูลการทดลอง

1.7.3 ได้ระบบระบบควบคุมความดันของภาชนะแบบอัตโนมัติที่สามารถสร้างเสถียรภาพของเครื่องที่มีต่อกระบวนการหยอดขนาดกาวที่เหมาะสมสำหรับหัวอ่านเขียนข้อมูลและแขนจับยึดหัวอ่านเขียนข้อมูล

1.7.4 ลดการสูญเสียของหัวอ่านเขียนข้อมูลและแขนจับยึดหัวอ่านเขียนข้อมูลในสายการผลิตที่เกิดขึ้นจากการหยอดกาวได้ขนาดที่ไม่ถูกต้อง

1.8 การจัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์

บทที่ 1 เป็นบทนำ

บทที่ 2 เป็นการกล่าวถึงทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

บทที่ 3 เป็นการบรรยายถึงวิธีการดำเนินงานวิจัย

บทที่ 4 เป็นการแสดงผลการทดสอบ

บทที่ 5 เป็นบทสรุปและข้อเสนอแนะ

บทที่ 2

ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 บทนำ

กระบวนการผลิตหัวอ่านเขียนข้อมูลของฮาร์ดดิสก์ไครฟ์ได้มีการใช้เครื่องจักรอัตโนมัติเข้ามาช่วยในกระบวนการผลิตเนื่องจากการผลิตชิ้นงานที่มีขนาดเล็กมากต้องการความละเอียดและแม่นยำในการผลิตสูงถึงระดับไมโครเมตร การใช้เครื่องจักรอัตโนมัติเข้ามาช่วยในกระบวนการผลิตทำให้สามารถผลิตชิ้นงานได้อย่างรวดเร็วและแม่นยำทำให้หัวอ่านเขียนข้อมูลของฮาร์ดดิสก์ไครฟ์มีประสิทธิภาพสูงขึ้นตามไปด้วย ซึ่งในส่วนของกระบวนการหยอดกาวสำหรับนำหัวอ่านเขียนข้อมูลมาติดกับแขนจับยึดหัวอ่านเขียนข้อมูลของเครื่องจักร ACAM นั้นได้มีการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีในการหยอดกาวที่มีความละเอียดและแม่นยำสูงนั่นก็คือ วาล์วหรีแบบเข็มมินิ (Mini Microdot) เพื่อให้ได้ขนาดของหยอดกาว (Dot size) ในปริมาณที่เหมาะสมและมีขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางตรงตามสเปก เพื่อส่งต่อไปในกระบวนการติดตั้งหัวอ่านเขียนฮาร์ดดิสก์ไครฟ์ต่อไป ซึ่งการทำงานของกระบวนการหยอดกาวโดยใช้วาล์วหรีแบบเข็มมินิได้มีการใช้เครื่องควบคุมการหยอดกาวเข้ามาช่วยในการสั่งเปิดปิดวาล์วหรีแบบเข็มมินิ และใช้แรงดันจากแหล่งจ่ายลมของโรงงานจ่ายลมให้กับหลอดกาวที่เชื่อมติดกับวาล์วหรีแบบเข็มมินิ ซึ่งในกระบวนการหยอดกาวให้ได้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางออกมาได้แบบคงที่นั้นยากแต่การควบคุม หากเกิดการสูญเสียของแรงดันลมที่จ่ายให้กับวาล์วหรีแบบเข็มมินิเพื่อให้สามารถทำงานได้ อาจทำให้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของหยอดกาวไม่ตรงตามสเปกได้ เมื่อส่งชิ้นงานไปในกระบวนการถัดไปจะทำให้เกิดของเสียได้ ดังนั้นจึงได้ทำการศึกษางานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบระบบควบคุม ระบบความดันนิวเมตริก เทคนิคการการเรียนรู้ของเครื่องจักรเพื่อใช้ในการพัฒนาระบบการหยอดกาวให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

2.2 ฮาร์ดดิสก์ (Hard Disk Drive)

ฮาร์ดดิสก์ (Hard Disk Drive) คืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ทำหน้าที่ในการบันทึกข้อมูลแบบดิจิทัล โดยได้มีการประยุกต์ใช้ทั้งในเครื่องคอมพิวเตอร์ โน้ตบุค เครื่อง Server หรือระบบเก็บสำรองข้อมูลแบบต่าง ๆ ซึ่งในยุคปัจจุบันนี้ที่อินเทอร์เน็ตเข้าถึงทุกคนทำให้มีความต้องการใช้ฮาร์ดดิสก์

สำหรับสำรองข้อมูลมากยิ่งขึ้น ในโลกของ Internet of thing สำหรับการเก็บรวบรวมข้อมูลจากอุปกรณ์ต่าง ๆ รวมถึง Big Data สำหรับการทำให้ Machine Learning ในส่วนของการเก็บบันทึกข้อมูลเป็นต้น โดยฮาร์ดดิสก์มีลักษณะดังรูปที่ 2.1 ซึ่งทำการบันทึกข้อมูลลงบนแผ่นแบนกลมที่เคลือบด้วยการแม่เหล็กที่หมุนอย่างรวดเร็วเมื่อทำงาน



รูปที่ 2.1 แสดงตัวอย่างของฮาร์ดดิสก์

2.2.1 ประเภทของฮาร์ดดิสก์

ปัจจุบันเทคโนโลยีของฮาร์ดดิสก์ได้ถูกพัฒนาอย่างต่อเนื่องส่งผลให้มีฮาร์ดดิสก์หลากหลายประเภท ซึ่งสามารถแบ่งได้ 4 ประเภท ดังนี้

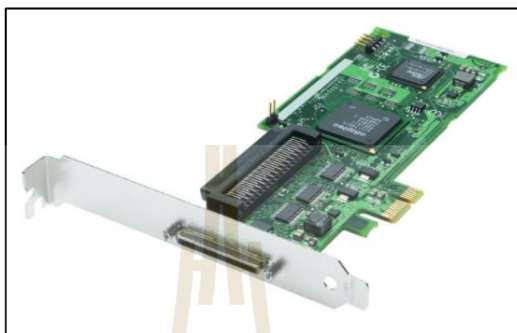
2.2.1.1 Parallel Advance Technology Attachment (PATA)



รูปที่ 2.2 HDD PATA Type

ฮาร์ดดิสก์ที่มีการอินเตอร์เฟสแบบขนานหรือที่รู้จักกันในชื่อ IDE หรือ Integrated Drive Electronics ซึ่งได้ถูกพัฒนาโดยบริษัท Western Digital เป็น Hard disk รุ่นเก่าที่มีความเร็วในการเขียน/อ่านข้อมูลไม่มากนักและมีความจุน้อย แต่ก็ยังมีใช้งานถึงปัจจุบัน ดังรูปที่ 2.2

2.2.1.2 SCSI (Small Computer System Interface)



รูปที่ 2.3 SCSI

เอสซีเอสไอหรือที่เรียกกันติดปากว่า “สกัสซี” นั้น ได้รับความนิยมสูงในการนำมาใช้งานกับ Server องค์กรในสมัยก่อน เนื่องจากมีความเร็วในการโอนถ่ายข้อมูลสูงในสมัยนั้น และมีการทำงานที่ช่วยลดภาระการทำงานของ CPU แต่ในปัจจุบัน SCSI นั้นถูกแทนที่ด้วยเทคโนโลยีการบันทึกข้อมูลอื่นจนแทบจะไม่มีใครได้เห็นกันแล้ว ดังรูปที่ 2.3

2.2.1.3 SATA (Serial Advanced Technology Attachment)



รูปที่ 2.4 HDD SATA Type

Serial ATA หรือ SATA คือ ฮาร์ดดิสก์ที่มีการอินเตอร์เฟซแบบอนุกรม เป็นเทคโนโลยีใหม่ที่ถูกเริ่มใช้ราว ๆ ปี 2545 จุดเด่นภายนอกคือ มีขนาดที่เล็กลงอย่างมาก ทั้งตัว Hard disk และสาย (SATA) ทำให้มีต้นทุนที่ถูกลง ในขณะที่เจ้าตัว SATA เองมีการรับส่งข้อมูลที่รวดเร็วขึ้นอย่างมาก จึงได้รับความนิยมที่แพร่หลายใช้ใน PC ทั่วไป และ Server บางรุ่น ดังรูปที่ 2.4

2.2.1.4 Solid-State Drive (SSD)



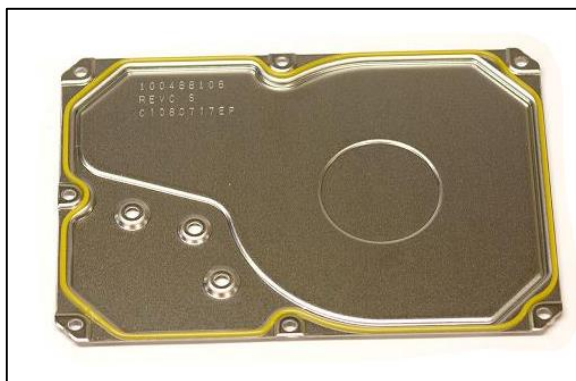
รูปที่ 2.5 Solid State Drive

SSD เป็นเทคโนโลยีการบันทึกข้อมูลแบบใหม่ ที่ใช้แสงวงจรในรูปแบบชิปหน่วยความจำ ในการเก็บข้อมูลโดยจะมีอุปกรณ์ทำงานร่วมกัน 2 ส่วนหลัก ๆ คือ ชิปหน่วยความจำ (Memory) และชิปควบคุมการทำงาน (Controller) ปราศจากจานหมุนในการบันทึกข้อมูล เช่น Hard disk ในรุ่นอื่น ๆ ที่กล่าวมาทำให้ไม่มีเสียงจานหมุนรบกวนและเรื่องของการร้อนที่เกิดจากการหมุนของจานด้วย ทำให้มีอายุการใช้งานที่ยาวนานขึ้นอย่างมากรวมถึงความเร็วในการบันทึกข้อมูล ที่เร็วขึ้นอย่างมาก แต่จะมีราคาที่ยังค่อนข้างสูง ดังรูปที่ 2.5

2.2.2 ส่วนประกอบของฮาร์ดดิสก์

2.2.2.1 ฝาปิดด้านบน (Top Cover)

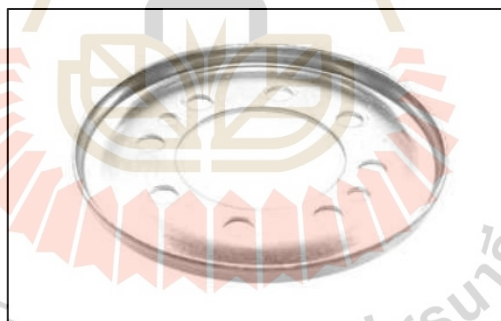
ฝาปิดด้านบนของฮาร์ดดิสก์ไครฟ์ มีลักษณะเป็นแผ่นโลหะสีเหลี่ยม ใช้สำหรับปิดบริเวณด้านบนของฮาร์ดดิสก์เพื่อป้องกันการอุปกรณ์ข้างในได้รับความเสียหาย ดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 ฝาปิดด้านบน

2.2.2.2 แคลมป์ด้านบน (Top Clamp)

แคลมป์มีลักษณะเป็นแผ่นวงกลม ใช้สำหรับยึดระหว่างแผ่นงานแม่เหล็กกับสปินเดิลมอเตอร์ให้อยู่ในตำแหน่งที่แน่นอนเพื่อไม่ให้เกิดความเสียหายขณะฮาร์ดดิสก์ทำงาน โดยมีลักษณะดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 แคลมป์ด้านบน

2.2.2.3 Magnet Assembly

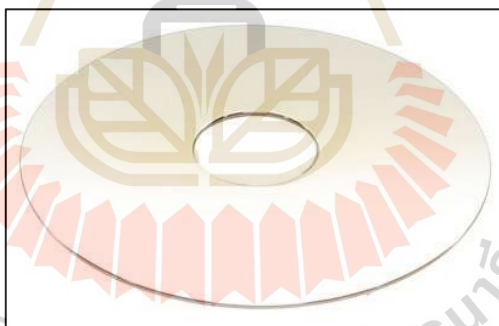
Voice Coil Motor (VCM) คือ ขดลวดที่ทำหน้าที่บังคับขานกลให้เคลื่อนที่ไปมาอย่างละเอียด มีลักษณะดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 VCM

2.2.2.4 แผ่นจานแม่เหล็ก (Platters)

แผ่นจานแม่เหล็ก มีลักษณะเป็นแผ่นวงกลมบางดังรูปที่ 2.9 ผิวด้านนอกถูกเคลือบด้วยสารแม่เหล็ก ซึ่งทำหน้าที่ในการเก็บบันทึกข้อมูล



รูปที่ 2.9 แผ่นจานแม่เหล็ก

2.2.2.5 วงแหวน (Spacers)

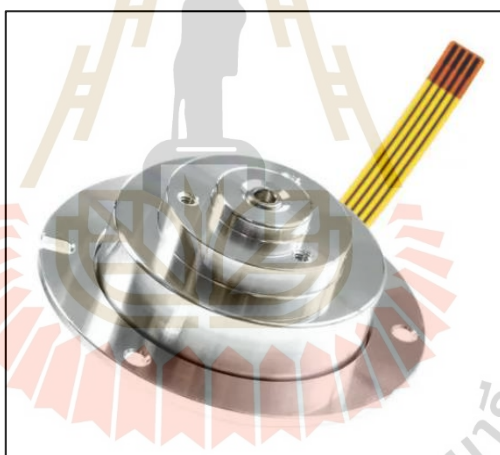
วงแหวน มีลักษณะเป็นวงกลม ดังรูปที่ 2.10 ซึ่งทำหน้าที่ในการคั่นระหว่างแผ่นจานแม่เหล็กภายในฮาร์ดดิสก์ไม่ให้แผ่นจานแม่เหล็กสัมผัสกัน



รูปที่ 2.10 วงแหวน

2.2.2.6 สปินเดิลมอเตอร์ (Spindle Motor)

สปินเดิลมอเตอร์เป็นมอเตอร์ที่ใช้ในการควบคุมแผ่นงานแม่เหล็กให้หมุนไปยังตำแหน่งที่ต้องการเพื่อบันทึกข้อมูล ซึ่งมีลักษณะดังรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 สปินเดิลมอเตอร์

2.2.2.7 Head Stack Assembly (HSA)

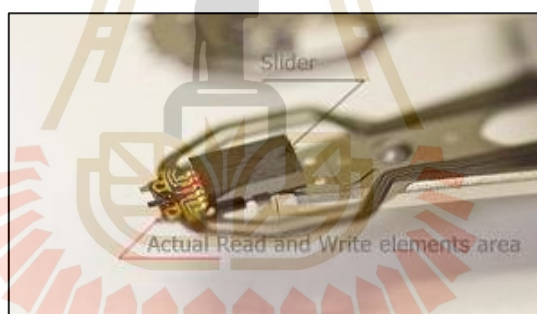
HSA เป็นชิ้นส่วนที่มีความสำคัญ ทำหน้าที่เสมือนแขนกลเคลื่อนที่เพื่ออ่านหรือเขียนข้อมูลจากแผ่นงานแม่เหล็ก มีลักษณะดังรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 HSA

2.2.2.8 หัวอ่านเขียนข้อมูล (Slider)

หัวอ่านเขียนข้อมูลใช้สำหรับบันทึกข้อมูลลงบนแผ่นจานแม่เหล็ก มีลักษณะเป็นแผ่นสีเหลืองเล็ก ๆ ดังรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 หัวอ่านเขียนข้อมูล

2.2.2.9 เคส (Drive Case)

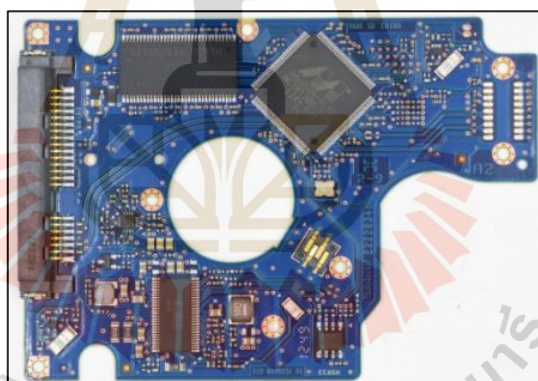
เคสหรือตัวของฮาร์ดดิสก์ทำหน้าที่เป็นชิ้นส่วนหลักสำหรับนำชิ้นส่วนประกอบอื่นมาประกอบกัน มีลักษณะดังรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 เคส

2.2.2.10 แผงวงจร (Printed Circuit Board)

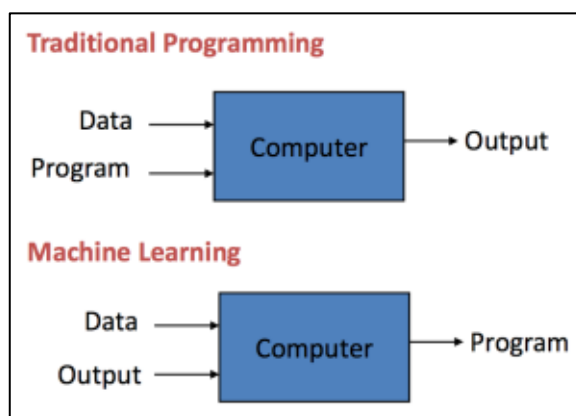
แผงวงจรทำหน้าที่ในการควบคุมการหมุนของสปีนเดิลมอเตอร์ให้เคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งต่าง ๆ เพื่อทำการอ่านและบันทึกข้อมูลมีลักษณะเป็นแผงวงจรดังรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.15 Printed Circuit Board

2.3 การเรียนรู้ของเครื่องจักร (Machine Learning: ML)

Machine Learning คือ การทำให้ระบบคอมพิวเตอร์เรียนรู้ได้ด้วยตนเองโดยใช้ข้อมูล ซึ่งแตกต่างกับการเขียนโปรแกรมทั่วไปเพราะ Programming เราจะใส่ข้อมูล (Data) และ Program เข้าไปเพื่อให้ได้ Output แต่ Machine Learning เราไม่ได้ Program คำตอบ เราใส่ Data และ Output (ผลลัพธ์) เข้าไป เพื่อให้หา Program ที่จะนำไปตอบในอนาคตได้ว่า Input แบบนี้ Output จะเป็นอะไร



รูปที่ 2.16 เปรียบเทียบระหว่าง Traditional Programming กับ Machine Learning

2.3.1 การเรียนรู้แบบมีผู้สอน (Supervised Learning)

การเรียนรู้แบบมีผู้สอน เป็นการเรียนรู้โดยอาศัยข้อมูลและ Label จากข้อมูล สำหรับการเรียนรู้ได้ผลลัพธ์ออกมาเป็น การแบ่งประเภทข้อมูล (Classification) และ การวิเคราะห์การถดถอย (Regression)

2.3.2 การเรียนรู้แบบไม่มีผู้สอน (Unsupervised Learning)

การเรียนรู้ไม่ได้มี Label ที่บอกว่าข้อมูลนั้นคืออะไร แต่การเรียนรู้นี้จะจัดข้อมูลนำเข้า (Input) จัดเป็นกลุ่ม (Cluster) บนพื้นฐานของความเหมือน (Similarities) และความแตกต่าง (Differences) ระหว่างรูปแบบของข้อมูลนำเข้า ตัวอย่างเช่น การหาโครงสร้างที่ซ่อนอยู่ในข้อมูล เป็นต้น

2.3.3 การเรียนรู้แบบเสริมกำลัง (Reinforcement Learning)

การเรียนรู้แบบเสริมกำลัง เป็นการเรียนรู้แบบแผนซึ่งกำหนดการกระทำของระบบจากสิ่งที่สังเกตได้ แนวความคิด คือ เรียนรู้จากสิ่งแวดล้อมรอบตัว

2.4 ค่าสหสัมพันธ์ (Correlation)

Correlation หรือ ค่าสหสัมพันธ์เป็นการดูทิศทางความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 2 ตัว โดยมี Correlation Coefficient (r) หรือค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เป็นตัวบ่งชี้ถึงความสัมพันธ์นี้ ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์นี้จะมีค่าอยู่ระหว่าง -1.0 ถึง +1.0 ซึ่งหากมีค่าใกล้ -1.0 นั้นหมายความว่าตัวแปรทั้งสองตัวมีความสัมพันธ์กันอย่างมากในเชิงตรงกันข้าม หากมีค่าใกล้ +1.0 นั้นหมายความว่าตัวแปรทั้งสองมีความสัมพันธ์กันโดยตรงอย่างมาก และหากมีค่าเป็น 0 นั้นหมายความว่าตัวแปรทั้งสองตัวไม่มีความสัมพันธ์ต่อกัน

2.5 ต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree)

Decision Tree เป็นโมเดลแบบ Rule-based คือ สร้างกฎ if-else จากค่าของแต่ละ Feature โดยไม่มีสมการมากำกับความสัมพันธ์ระหว่าง Feature & Target สิ่งที่สำคัญในการสร้าง Decision Tree คือ การเลือก Split ค่า Feature แต่ละครั้งจะต้อง Minimize ค่าของ Cost function ให้น้อยที่สุด (Regression - mse, Classification - impurity, Entropy)

2.6 Random Forest

Random Forest คือ โมเดลที่นำ Decision Tree หลาย ๆ Tree มา Train ร่วมกัน (ตั้งแต่ 10 ต้น ถึง มากกว่า 1,000 ต้น) โดยที่แต่ละ Tree จะได้รับ Feature และ Data เป็น Subset ของ Feature และ Data ทั้งหมดแบบ Random ตอนทำ Prediction ก็ให้แต่ละ Decision Tree ทำ Prediction ของใครของมัน และเลือกผล Final prediction จากค่า Prediction ที่ได้รับการโหวตมากที่สุด เทคนิคดังกล่าว เรียกว่า “Bagging” หรือ “Bootstrapping”

2.7 K-NN

ขั้นตอนวิธีการเพื่อนบ้านใกล้ที่สุด (K-Nearest Neighbor Algorithm) เป็นวิธีที่ใช้ในการจัดแบ่งคลาส โดยเทคนิคนี้จะตัดสินใจว่า คลาสใดที่จะแทนเงื่อนไขหรือกรณีใหม่ ๆ ได้บ้าง โดยการตรวจสอบจำนวนบางจำนวน ในขั้นตอนวิธีการเพื่อนบ้านใกล้ที่สุด ของกรณีหรือเงื่อนไขที่เหมือนกันหรือใกล้เคียงกันมากที่สุด โดยจะหาผลรวม (Count Up) ของจำนวนเงื่อนไขหรือกรณีต่าง ๆ สำหรับแต่ละคลาส และกำหนดเงื่อนไขใหม่ ๆ ให้คลาสที่เหมือนกันกับคลาสที่ใกล้เคียงกันมากที่สุด

2.8 SVM

SVM เป็นอัลกอริทึมที่สามารถนำมาช่วยแก้ปัญหาการจำแนกข้อมูลใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลและจำแนกข้อมูล โดยอาศัยหลักการของการหาสัมประสิทธิ์ของสมการ เพื่อสร้างเส้นแบ่งแยกกลุ่มข้อมูลที่ถูกป้อนเข้าสู่กระบวนการสอนให้ระบบเรียนรู้ โดยเน้นไปยังเส้นแบ่งแยกยะกลุ่มข้อมูลได้ดีที่สุด

2.9 ระบบควบคุม (Control System)

ระบบควบคุมยังอาจแบ่งออกได้เป็นระบบควบคุมวงเปิด (Open-Loop Control) คือ ระบบควบคุมที่ไม่ได้ใช้สัญญาณจากเอาต์พุต มาบ่งชี้ถึงลักษณะการควบคุม ส่วนระบบควบคุมวงปิด

(Closed-Loop Control) หรือ ระบบป้อนกลับ (Feedback Control) นั้นจะใช้ค่าที่วัดจากเอาต์พุต มาคำนวณค่าการควบคุม

ระบบควบคุมแบ่งได้เป็น 2 แบบ ดังนี้

1. ระบบควบคุมวงเปิด

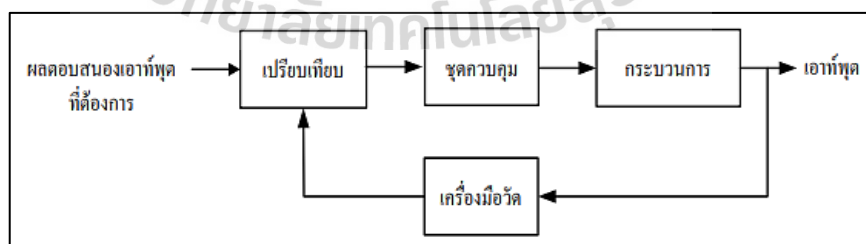
ระบบควบคุมแบบเปิด (Open Loop Control System) คือ ระบบที่มีการป้อนอินพุต ซึ่งอาจอยู่ในรูปสัญญาณทางไฟฟ้าเข้าที่ระบบ (System) และได้สัญญาณออกหรือเอาต์พุต โดยไม่มีการนำสัญญาณป้อนกลับไปที่ระบบ ซึ่งสามารถแสดงในลักษณะของบล็อกไดอะแกรมในรูปที่ 2.17



รูปที่ 2.17 ระบบควบคุมแบบวงเปิด

2. ระบบควบคุมวงปิด

ระบบควบคุมแบบปิด (Close Loop Control System) คือ ระบบที่มีการป้อนอินพุต ซึ่งอาจอยู่ในรูปสัญญาณทางไฟฟ้าเข้าที่ระบบ (System) และมีอุปกรณ์เครื่องมือวัด (Measurement) นำสัญญาณเอาต์พุตป้อนกลับสู่ระบบเพื่อเปรียบเทียบกับผลตอบสนองของสัญญาณเอาต์พุตที่ต้องการ ซึ่งสามารถแสดงในลักษณะของบล็อกไดอะแกรมในรูปที่ 2.18



รูปที่ 2.18 ระบบควบคุมแบบวงปิด

2.10 ความดัน (Pressure)

ความดัน (Pressure) คือ แรงที่กระทำต่อพื้นที่หนึ่งหน่วยในแนวตั้งฉากกับพื้นที่นั้น ๆ โดยความดันอาจเกิดจากของเหลว ของแข็ง หรือแก๊ส ซึ่งความดันนั้นเป็นปริมาณรูปแบบหนึ่งในทางฟิสิกส์ โดยมีสูตรทั่วไปดังสมการที่ 2.1

$$P = \frac{F}{A} \quad (2.1)$$

โดยที่ P คือ ความดัน (หน่วยเป็นนิวตัน/ตารางเมตร, N/m^2) หรือ (ปาสคาล, Pa)
 F คือ แรงที่กระทำตั้งฉากกับพื้นผิวนั้น ๆ (หน่วยนิวตัน, N)
 A คือ พื้นที่ (หน่วยตารางเมตร, m^2)

2.10.1 หน่วยของความดัน

หน่วยของความดันในระบบ SI คือ N/m^2 หรือ ปาสคาล Pa โดยที่ $1 Pa = 1 N/m^2$
 หน่วยในระบบอังกฤษ คือ lbf/in^2 หรือ PSI แสดงดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ความสัมพันธ์ของความดันในหน่วยต่าง ๆ

1 microbar = 0.1 Pa	1 mm = 133.3 Pa	1 bar = 10^5 Pa
1 μm Hg = 0.1333 Pa	1 torr = 133.3 Pa	1 mbar = 100 Pa
1 N/m^2 H_2O = 9.795 Pa	1 in, H_2O = 1000 Pa	1 atm = 101325 Pa
1 mm H_2O = 9.795 Pa	1 in, Hg = 3386	1 psi = 6895 Pa

2.10.2 ประเภทของความดัน

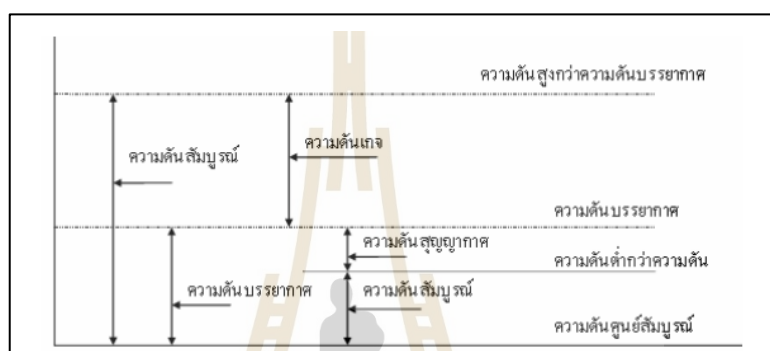
1. ความดันสัมบูรณ์ (Absolute pressure)
 ความดันสัมบูรณ์ คือ การวัดความดันเทียบกับภาวะสุญญากาศ ซึ่งความดันสัมบูรณ์มีค่าเท่ากับ 101.325 kPa ที่ความดัน 1 บรรยากาศ (1 atm)
2. ความดันบรรยากาศ (Atmospheric pressure)
 ความดันบรรยากาศมักจะเขียนย่อว่า “atm” ความดัน 1 atm คือ ความดันบรรยากาศโดยเฉลี่ย บนผิวโลก วัดที่ระดับน้ำทะเล ซึ่งมีค่าเท่ากับ 760 mmHg หรือ 101.325 kPa

3. ความดันเกจ (Gauge pressure)

ความดันเกจ คือ ความดันที่วัดได้จากเกจวัดความดันเป็นค่าความดันที่คิดความดันบรรยากาศเป็นจุดศูนย์

4. สุญญากาศ (Vacuum)

สุญญากาศ คือ ความดันจากความดันสัมบูรณ์ไปจนถึงความดันบรรยากาศ ซึ่งสามารถแสดงความสัมพันธ์ของความดันได้ดังรูปที่ 2.19



รูปที่ 2.19 แสดงความสัมพันธ์ของความดันแบบต่าง ๆ

2.11 ระบบนิวเมติกส์ (Pneumatic System)

ในส่วนนี้นำเสนอการอธิบายสั้น ๆ ของความสัมพันธ์ที่ควบคุมระบบนิวเมติก เมื่อก๊าซ (อากาศส่วนใหญ่) ของเหลวในการทำงาน เราสังเกตว่าการเปลี่ยนแปลงความดันขนาดใหญ่แตกต่าง กันไป (ตามลำดับ 20 MPa) ผลลัพธ์ 2% เพิ่มในความหนาแน่นของน้ำมันไฮดรอลิกทั่วไป ในขณะที่ระบบนิวเมติกเกี่ยวข้องกับแรงกดดันในการทำงานที่ต่ำกว่ามากเมื่อเทียบกับระบบไฮดรอลิกมักเกี่ยวข้องกับก๊าซที่บีบอัดได้เมื่อการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นอย่างมีนัยสำคัญกับแรงดัน ด้วยเหตุนี้ ระบบนิวเมติกส์มีความแข็งแรงน้อยกว่าเมื่อเทียบกับระบบไฮดรอลิก ดังนั้นแสดงการตอบสนองช้าลงต่อการเปลี่ยนแปลงในสถานะการทำงาน ความแตกต่างอื่น ๆ ระหว่างระบบไฮดรอลิกและระบบนิวเมติกส์เกี่ยวข้องกับการรวมผลทางอุณหพลศาสตร์ แม้ว่าการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิจะส่งผลต่อคุณสมบัติของของเหลว เช่น ความหนืดและโมดูลัสปริมาตร ผลกระทบเหล่านี้มีขนาดเล็กเมื่อเทียบกับการเปลี่ยนแปลงความดันดังนั้นจึงไม่ได้รับการพิจารณาในการพัฒนาแบบจำลองระบบไฮดรอลิก ระบบนิวเมติกส์ ในทางกลับกันแสดงความสัมพันธ์เชิงหน้าที่ระหว่างความดัน, อุณหภูมิ, และความหนาแน่น ตามที่แสดงโดยกฎก๊าซอุดมคติดังสมการที่ 2.2

$$P = \rho RT \quad (2.2)$$

โดยที่	P	คือ ความดันสัมบูรณ์
	ρ	คือ ความหนาแน่นของก๊าซ
	R	คือ ค่าคงที่ของก๊าซ
	T	คือ อุณหภูมิที่แน่นอน (ในหน่วยเคลวิน, K)

รวมถึงผลกระทบทางอุณหพลศาสตร์ที่ซับซ้อนการวิเคราะห์ของระบบนิวเมติกใหญ่โต ตัวแปรพื้นฐานของระบบนิวเมติก คือ แรงดัน P และอัตราการไหลของมวล w เนื่องจากอากาศสามารถบีบอัดได้สูง เราไม่สามารถเชื่อมโยงอัตราการไหลของมวลกับอัตราการไหลเชิงปริมาตรได้นอกจากนี้ ไม่เหมือนก๊าซและของเหลว “เดิม” เรือที่มีความสูงของของเหลวที่เป็นที่รู้จัก ด้วยเหตุนี้ เราใช้อัตราการไหลของมวล w สำหรับระบบนิวเมติกแทนปริมาตร-อัตราการไหล Q

1. Resistance of Pneumatic Systems

ในบางกรณีที่ก๊าซสามารถบีบอัดได้ ความต้านทานนิวเมติกสามารถถูกจำลองโดยสมการลามินาร์เชิงเส้นหรือการไหลปั่นป่วนแบบไม่เป็นเชิงเส้นสมการที่ค่าสัมประสิทธิ์ความต้านทานแบบลามินาร์หรือแบบปั่นป่วน RL และ RT สามารถประมาณได้จากผลการทดลอง เช่น พล็อตของอัตราการไหลของมวลเทียบกับความดันลดลง

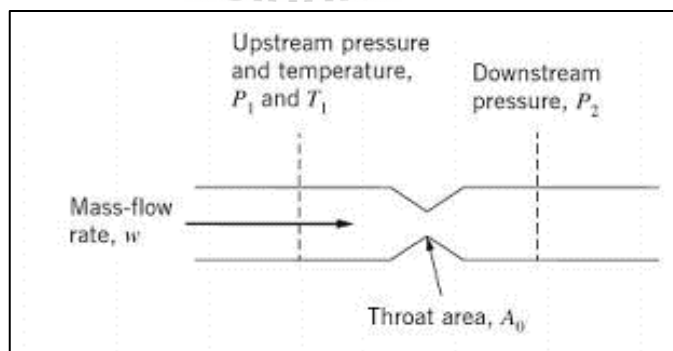
ในการประยุกต์อุตสาหกรรมส่วนใหญ่ (เช่น ตัวกระตุ้นนิวเมติก) ก๊าซทำงานไหลผ่านวาล์วและรูเปิดที่ความเร็วสูง และก๊าซเป็นสามารถบีบอัดได้ การไหลของก๊าซอัดเป็นปรากฏการณ์ที่ซับซ้อน ดังนั้น เราไม่สามารถพัฒนาสมการการไหลที่นี้ เรานำเสนอผลลัพธ์สำหรับก๊าซไหลผ่านปากกรูม ซึ่งเราสามารถใช่แบบจำลองการไหลแบบอัดตัวได้ในระบบนิวเมติกส์ ดังรูปที่ 2.20 แสดงการไหลของก๊าซที่บีบอัดตัวได้ผ่านปากกรูมกับพื้นที่ A0 ที่ลำคอ(พื้นที่น้อยที่สุด) นิพจน์สำหรับอัตราการไหลของมวลสำหรับก๊าซสามารถหาได้จากการสันนิษฐานว่าการขยายตัวของก๊าซในอุดมคติผ่านรูปากเป็นแบบไอเซนโทรปิก (ไม่มีแรงเสียดทานและอะเดียแบติก) นอกจากนี้เราต้องพิจารณา 2 กรณี คือ (1) “ไม่ได้สัมผัส” ไหล และ (2) “สาลัก” ไหล เมื่อมันบรรลุนั่นเสียง (ความเร็วของเสียงหรือเครื่องเท่ากับ 1) ที่ลำคออัตราส่วนของแรงดันปลายน้ำไปถึงแรงดันต้นน้ำ (P_2/P_1), กำหนดว่าหรือไม่ไหลถูกสาลักชัดเจน ถ้าแรงดันต้นน้ำและแรงดันปลายน้ำเกือบเท่ากัน (P_2/P_1 เท่ากับ 1) ดังนั้น ไม่มีก๊าซไหลผ่านปากกรู ก๊าซเริ่มไหลผ่านปากกรูที่ความเร็วเพิ่มขึ้น เช่น อัตราส่วน P_2/P_1 ลดลงจากความสามัคคี เมื่ออัตราส่วนแรงดัน P_2/P_1 มากกว่าอัตราส่วนวิกฤต Cr การไหลของก๊าซ คือ เปรี๊ยะปรั้งและไม่ถูกกระแทกและอัตราการไหลของมวลที่สอดคล้องกันแสดงดังสมการที่ 2.3 (Unchoked)

$$w = C_d A_0 P_1 \sqrt{\frac{2\gamma}{(\gamma-1)RT_1} \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{2}{\gamma}} - \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{\gamma+1}{\gamma}} \right]} \quad \text{ถ้า } P_2/P_1 > C_r \quad (2.3)$$

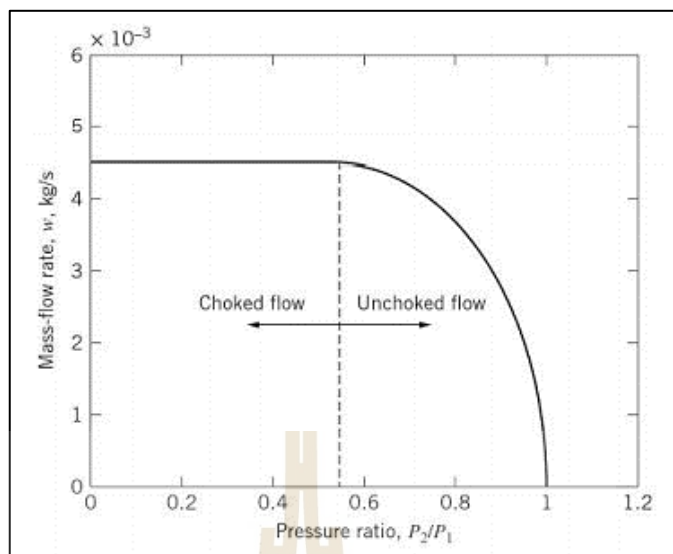
- โดยที่ y คือ อัตราส่วนของความร้อนเฉพาะ (เท่ากับ 1.4 สำหรับอากาศ)
- C_d คือ ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยสำหรับการสูญเสียที่เกี่ยวข้องกับการไหลผ่านปากเป็นฟังก์ชันที่ไม่เชิงเส้นสูงของอัตราส่วนความดัน P_2/P_1
- T_1 คือ อุณหภูมิ
- A_0 คือ พื้นที่ปากกรู
- C_d คือ ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อย
- R คือ ค่าคงที่ก๊าซ
- γ คือ อัตราส่วนของความร้อนจำเพาะ

สมการการไหลที่ไม่ถูกสับชัตเจนแสดงอัตราการไหลของมวล คือ ศูนย์ถ้าอัตราส่วนแรงดัน P_2/P_1 แม่นยำเป็นอันหนึ่งอันเดียว ถ้าแรงดันปลายน้ำ P_2 กลายเป็นพลังงานต่ำ ความเร็วการไหลเพิ่มขึ้นจนถึงจนกว่าจะถึงโซนิก (เครื่อง 1) เงื่อนไขที่คอและการไหลจะสำคัญ ลดความดันปลายน้ำ P_2 ต่ำกว่าจุดวิกฤตนี้จะไม่ทำให้สภาพเสียงที่คอหอยเปลี่ยนไปในกรณีนี้อัตราการไหลของมวลที่สำคัญแสดงดังสมการที่ 2.4 (Choked)

$$w = C_d A_0 P_1 \sqrt{\frac{\gamma}{RT_1} C_r^{\gamma+1}} \quad \text{ถ้า } P_2/P_1 \leq C_r \quad (2.4)$$



รูปที่ 2.20 ก๊าซไหลผ่านปากกรู



รูปที่ 2.21 อัตราการไหลมวลของอากาศผ่านปากกรู

อัตราส่วนแรงดันวิกฤตที่แยกการไหลแบบไม่สำคัญและสำคัญ ระบบการปกครองเป็นหน้าที่ของ y แสดงดังสมการที่ 2.5

$$C_r = \left(\frac{2}{\gamma + 1} \right)^{\frac{\gamma}{\gamma - 1}} \quad (2.5)$$

สำหรับอากาศ γ เท่ากับ 1.4 และแรงดันวิกฤต คือ $C_c = 0.528$ ดังรูปที่ 2.21 แสดงอัตราการไหลของมวลสำหรับอากาศไหลผ่านปากกรูกับตามเงื่อนไข แรงดันต้นน้ำ $P_1 = 6(10^5)$ Pa (ประมาณ 87 psia), พื้นที่ปากกรู $A_0 = 4 \text{ mm}^2$, อุณหภูมิต้นน้ำ $T_1 = 298 \text{ K}$, และค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อย $C_d = 0.8$ แรงดันปลายน้ำ P_2 คือ แตกต่างกันไประหว่างค่าเล็กน้อยที่แตกต่างกัน (ใกล้สูญญากาศ) และขีดจำกัดสูงสุดเท่ากับ P_1 การไหลแบบสำคัญคำนวณโดยสมการที่ 2.4 สามารถระบุได้อย่างง่ายดายโดยอัตราการไหลของมวลคงที่เมื่ออัตราส่วนความดัน $P_2/P_1 \leq 0.528$ การไหลเป็นการเป็นแบบไม่สำคัญ เมื่อ $P_2/P_1 > 0.528$ และลดลงไปที่ 0 เมื่อ $P_2/P_1 = 1$

2. Pneumatic Capacitance

ระบบนิวเมติกมักเกี่ยวข้องกับก๊าซที่ไหลเข้าสู่ภาชนะที่มีปริมาตรคงที่ ความจุของของเหลว C มักจะถูกกำหนดให้เป็นอัตราส่วนของการเปลี่ยนแปลงของมวล m ต่อการเปลี่ยนแปลงความดัน P

$$C = \frac{dm}{dP} \quad (2.6)$$

นั่นมีหน่วยของ kg/Pa หรือ kg-m²/N มวลของก๊าซในท่อคือ $m = \rho V$ ดังนั้น อนุพันธ์ของมวลสำหรับภาชนะที่มีปริมาตรคงที่ คือ $dm = V_d \rho$ ด้วยเหตุนี้ความจุของนิวเมติกสำหรับภาชนะปริมาตรคงที่คือ

$$C = V \frac{d\rho}{dP} \quad (2.7)$$

ดังนั้นความจุของนิวเมติกขึ้นอยู่กับความสามารถในการอัดตัวได้ของก๊าซกับเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงความกดดัน จำไว้ว่าจากอุณหพลศาสตร์พื้นฐานกระบวนการขยายตัวของก๊าซอาจอยู่ที่อุณหภูมิคงที่ (ความร้อน), แรงดันคงที่ (ไอโซบาริก) หรือเอนโทรปีคงที่ (ไอเซนโทรปิก) ซึ่งเราสามารถจำลองกับกระบวนการ Polytropic

$$\frac{P}{\rho^n} = a \quad \text{หรือ} \quad P = a \rho^n \quad (2.8)$$

เมื่อ a คือ ค่าคงที่ และ n คือ เลขชี้กำลังของ Polytropic สำหรับกระบวนการความร้อน n เท่ากับ 1 สำหรับกระบวนการไอเซนโทรปิก n เท่ากับ γ ทำการอนุพันธ์ของทั้งสองฝั่งของสมการได้ผลดังนี้

$$dP = an\rho^{n-1} d\rho \quad (2.9)$$

แก้สมการที่ 2.9 สำหรับ $d\rho/dP$ จะได้

$$\frac{d\rho}{dP} = \frac{\rho^{1-n}}{an} = \frac{\rho\rho^{-n}}{an} \quad (2.10)$$

สำหรับค่าคงที่ $a = P\rho^{-n}$ และแทนในสมการที่ 2.10 ได้ผลดังนี้

$$\frac{d\rho}{dP} = \frac{\rho}{nP} \quad (2.11)$$

ใช้กฎของก๊าซในอุดมคติเพื่อทดแทนแรงดัน P ในสมการที่ 2.11 อนุพันธ์ $d\rho/dP$ จะ
ได้

$$\frac{d\rho}{dP} = \frac{1}{nRT} \quad (2.12)$$

แทนในสมการความจุของนิวเมติกสำหรับภาชนะที่มีปริมาตรคงที่จะได้

$$C = \frac{1}{nRT} \quad (2.13)$$

สังเกตว่าความจุของนิวเมติกสำหรับภาชนะคงที่สำหรับการปรับขึ้นอยู่ด้วยอุณหภูมิ
ของก๊าซ, ประเภทของก๊าซ และกระบวนการอุณหพลศาสตร์

เราสามารถแยกตัวแปรในความจุนิวเมติกสมการที่ 2.13 ที่จะได้รับ $CdP = dm$ และแบ่งผล
เหล่านี้โดย dt ได้ผลอนุพันธ์ของสมการที่ 2.14 ซึ่งเป็นสมการที่คล้ายคลึงกับสมการพื้นฐานของตัว
เก็บประจุไฟฟ้าและอ่างเก็บน้ำที่ได้มา

$$\dot{C}P = \dot{m} = \dot{w} \quad (2.14)$$

3. Modeling Pneumatic Systems

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบนิวเมติกสามารถได้มาโดยใช้การอนุรักษ์มวล
และ CV การได้มานั้นแตกต่างกันเพียงเล็กน้อยจากขั้นตอนที่เราใช้กับระบบไฮดรอลิกด้วย
ของเหลวอัดเพื่อเริ่มต้น สมการความต่อเนื่องของมวลสำหรับ CV ซึ่งเป็นแยกดังนี้

$$w_{CV} = \sum w_{in} - \sum w_{out} \quad (2.15)$$

มวลรวมของก๊าซใน CV ที่ทันทีคือ $m_{CV} = \rho V$ ดังนั้นอนุพันธ์ของเวลาคือ

$$\dot{w}_{CV} = \dot{m}_{CV} = \rho \dot{V} + \dot{\rho} V \quad (2.16)$$

เราใช้โมดูลัสของไหลจำนวนมากเพื่อกำหนดการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่น p สำหรับระบบไฮดรอลิกกับของเหลวที่สามารถอัดตัวได้ สำหรับระบบนิวเมติกเราพบ p โดยใช้อุณหภูมิเวลาของกระบวนการขยายตัวของก๊าซโพลีโทรปิก

$$\dot{P} = an\rho^{n-1}\dot{\rho} = \frac{n}{\rho}ap^n\dot{\rho} \quad (2.17)$$

แทนแบบจำลองกระบวนการโพลีโทรปิก $P = ap^n$ อัตราผลตอบแทนสำหรับอนุพันธ์ของความหนาแน่นของเวลา

$$\rho = \frac{\dot{P}}{nP} \dot{P} \quad (2.18)$$

แทนสมการ ในอัตราการไหลของมวล และใช้กฎของก๊าซในอุดมคติจะเข้ามาแทนที่ความหนาแน่น ($p=P/RT$) เราจะได้

$$\dot{w}_{CV} = \frac{V}{nRT} \dot{P} + \frac{P}{RT} \dot{V} = \sum w_{in} - \sum w_{out} \quad (2.19)$$

เนื่องจากเราสนใจการเปลี่ยนแปลงความดันของระบบนิวเมติก, เราแก้สมการที่สำหรับอัตราเวลาของแรงดันที่จะได้รับ

$$\dot{p} = \frac{nRT}{V} \left(w_{net} - \frac{P}{RT} \dot{V} \right) \quad (2.20)$$

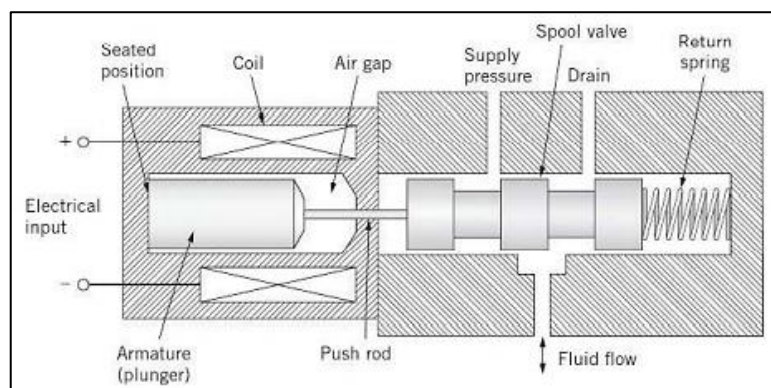
$$w_{net} = \sum w_{in} - \sum w_{out} \quad (2.21)$$

เมื่อ w_{net} ดังสมการที่ 2.21 คือ อัตราสุทธิของการเปลี่ยนแปลงของพลังงานไหลของมวลรวมใน CV คือ สมการแบบจำลองพื้นฐานของเราสำหรับระบบนิวเมติก เราพบว่าสำหรับภาวะปริมาตรคงที่ ($V = 0$) คือ เหมือนกับสมการเชิงอนุพันธ์ของความดัน ที่ได้มาจากนิยามความจุของนิวเมติกส์ นอกจากนี้สมการอัตราแรงดันนิวเมติกส์มีโครงสร้างที่เหมือนคล้ายมากกับสมการอัตราแรงดันไฮดรอลิกที่สามารถอัดตัวได้ ทั้งสองสมการแสดงให้เห็นถึงแรงกดดันที่เพิ่มขึ้นสำหรับกระแสสุทธิที่เป็นบวกใน CV และความดันลดลงเมื่อ CV ขยาย ($V > 0$) สำหรับกรณีของปริมาตรคงที่ ($V = 0$), ความจุของไหลสำหรับระบบไฮดรอลิกในสมการ คือ V/P โดยที่ความจุนิวเมติกในสมการ คือ V/nRT , ซึ่งตรงกับสมการ

2.12 Solenoid Actuator-Valve System

การวิเคราะห์และออกแบบตัวกระตุ้น โซลินอยด์ที่มักใช้ในการวางตำแหน่งวาล์วสำหรับเครื่องวัดการไหล หลักการพื้นฐานของโซลินอยด์วาล์วได้รับการอธิบายในรูปที่ 2.22 แสดงระบบเครื่องกลไฟฟ้า ซึ่งประกอบด้วยขดลวดโซลินอยด์, แกนอามเจอร์ (ลูกสูบ), แกนวาล์ว และสปริงดันกลับเมื่อกระแสไหลผ่านขดลวด ผลลัพธ์ที่ได้แรงแม่เหล็กไฟฟ้าดึงลูกสูบ (ไปทางขวา) ไปทางตรงกลางของขดลวด ซึ่งดันไปที่วาล์วแกนเพื่อให้สามารถวัดการไหลของของไหลไฮดรอลิกได้อย่างถูกต้อง เมื่อแหล่งกำเนิดแรงดันไฟฟ้าถูกปิดและกระแสกำลังลดลง แรงดันแม่เหล็กไฟฟ้าไปที่ศูนย์และสปริงดันกลับจะส่งคืนแกนอามเจอร์ไปยังตำแหน่งที่นิ่ง

วัตถุประสงค์ของเรา คือ การกำหนดพารามิเตอร์ของระบบโซลินอยด์ ซึ่งเวลาในการตกตะกอนน้อยที่สุดสำหรับ อามเจอร์ - มวลวาล์ว ถึงระยะ 2 มิลลิเมตร. เราจะแก้ไขโมเดลจำลองแบบบูรณาการของเราสำหรับตัวกระตุ้นโซลินอยด์ และรวมแบบจำลองทางกายภาพสำหรับการเหนี่ยวนำไฟฟ้าและแรงแม่เหล็กไฟฟ้าสำหรับขดลวดโซลินอยด์



รูปที่ 2.22 ตัวกระตุ้นโซลินอยด์ - ระบบวาล์ว

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

สมการการสร้างแบบจำลองที่สมบูรณ์คือ

$$L(x)I + Ri = \dot{e}_{in}(t) - L_x \dot{x} \quad (2.22)$$

$$mx + b\dot{x} + F_{dry} \text{sgn}(\dot{x}) + kx = F_{em} - F_{PL} + F_C \quad (2.23)$$

โดยที่	I	คือ กระแสของขดลวด
	R	คือ ความต้านทาน
	$\dot{e}_{in}(t)$	คือ แรงดันขาเข้า
	$L,$	คือ ขดลวดเหนี่ยวนำ
	mx	คือ ตำแหน่งของมวลวาล์ว
	b	คือ สัมประสิทธิ์แรงเสียดทานหนืด
	k	คือ ค่าคงที่ของสปริงคืนกลับ
	F_{em}	คือ แรงแม่เหล็กไฟฟ้าจากขดลวดโซลินอยด์
	F_{PL}	คือ แรงฟรี โทลด์ในสปริง
	F_C	คือ แรงสัมผัสกับผนังเมื่อมวล

โปรดทราบว่าเราได้สันนิษฐานว่าการเหนี่ยวนำของขดลวด $L(x)$ เป็นฟังก์ชันของตำแหน่งอามเจอร์ x ตัวเหนี่ยวนำ L เพิ่มขึ้นเมื่ออามเจอร์เคลื่อนที่เข้าหาศูนย์กลางของขดลวด ซึ่งเห็นได้ชัดในสมการสร้างแบบจำลองที่ยอมรับสำหรับการเหนี่ยวนำโซลินอยด์

$$L(x) = \frac{c}{d-x} = \frac{L_0}{1-x/d} \quad (2.24)$$

เพราะระยะกระจัดอามเจอร์ x วัดไปทางขวาจากตำแหน่งที่นั่งตัวเหนี่ยวนำมีค่าน้อยที่สุดเมื่อ $x = 0$ ค่าคงที่ c และ d ขึ้นอยู่กับรูปทรงทางเรขาคณิตและวัสดุของขดลวดโซลินอยด์ เช่น จำนวนรอบของการพันขดลวด N , พื้นที่ช่องว่างอากาศ A , ความยาวของขดลวด L และการซึมผ่านของแม่เหล็กของอากาศและแกนเหล็ก μ ตัวเหนี่ยวนำเมื่อ $x = 0$ คือ

$$L_0 = \frac{\mu AN^2}{l} \quad (2.25)$$

เราได้แรงดันไฟฟ้าย้อนกลับ e_b เนื่องจากการเคลื่อนที่ของมวลอามเมอร์เทียบกับขดลวดโดยการเทียบเคียงอนุพันธ์เวลาของฟลักซ์แม่เหล็ก แลมด้า $= L_x I$ ซึ่งแสดงผลในสมการ

$$e_b = L_x \dot{I} = \frac{dL}{dx} I \dot{x} \quad (2.26)$$

ตารางที่ 2.2 พารามิเตอร์ของตัวกระตุ้นโซลินอยด์

System Parameter	Value
Coil resistance, R	3 Ω
Iron core/ Air permeability, μ	$800 \pi (10^{-7}) \text{ N/A}^2$
Length of coil, l	0.04 m
Area of the air gap, A	$\pi (10^{-4})$
Characteristic displacement, d	0.0078 m
Armature – valve mass, m	0.05 kg
Viscous friction coefficient, b	10 N-s/m
Dry – friction force, F_{dry}	0 N
Preload spring force, F_{PL}	2 N

แรงดันไฟฟ้าย้อนกลับนี้จะปรากฏขึ้นบนด้านขวามือของขดลวดโซลินอยด์ในทิศทางตรงกันข้าม ด้วยเหตุนี้ความเร็วบวกของอามเมอร์ลดแรงดันสุทธิในขดลวดอนุพันธ์ dL/dx คือ

$$\frac{dL}{dx} = L_x = \frac{L_0}{d(1-x/d)^2} \quad (2.27)$$

แรงดันแม่เหล็กไฟฟ้า F_{em} ของโซลินอยด์ ก็ได้รับมาเป็นฟังก์ชันของกระแสที่ไม่ใช่เชิงเส้น

$$F_{em} = \frac{1}{2} \frac{dL}{dx} t^2 \quad (2.28)$$

แสดงว่าแรงดันไฟฟ้าย้อนกลับและแรงแม่เหล็กไฟฟ้าขึ้นอยู่กับอนุพันธ์ L_x เพื่อให้โมเดลแบบจำลองของเราง่ายขึ้น เราสมมติว่าการเปลี่ยนแปลงในตัวเหนี่ยวนำ L เป็นค่าคงที่กับระยะ x ซึ่งเป็นข้อสันนิษฐานที่สมเหตุสมผลสำหรับระยะกระจัด 2 มิลลิเมตร ด้วยเหตุนี้เรากำหนดค่าคงที่ $K = dL/dx$ และคำนวณ K โดยใช้ การกระจายตัวเล็กน้อย $X_{nom} = 0.001$ (มิลลิเมตร) และการเหนี่ยวนำเริ่มต้น L_0 แสดงหมายเลขของจำนวนรอบ N (ขดลวดพัน) กำหนดการเหนี่ยวนำเริ่มต้น L_0 ซึ่งจำเป็นต้องกำหนดแรงแม่เหล็กไฟฟ้าและแรงดันย้อนกลับ นอกจากนี้แสดงถึงแรงสปริงต้องสมดุลปรับสมดุลของแรงแม่เหล็กไฟฟ้าที่สมดุล เมื่อวาล์วถึงจังหวะเต็มที่ ดังนั้น N และ k คือ ตัวแปรอิสระที่จะกำหนดการออกแบบโซลินอยด์ที่ดีที่สุด

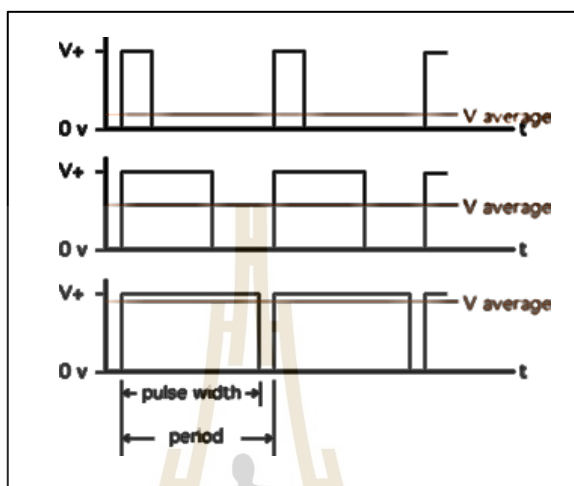
สรุปค่าเป็นตัวเลขของพารามิเตอร์กายภาพของตัวกระตุ้นโซลินอยด์ โปรดทราบว่าเรามีแรงเสียดทานแห้งที่ถูกละเลยในกรณีนี้ แต่มีสมมติฐานให้ 2-N แรงก่อน โหลดจากสปริงเมื่ออามเจอร์อยู่ที่ตำแหน่งกด ($x = 0$)

2.13 Pulse Wide Modulation

การควบคุมพลังงานที่ส่งออกไปยังอุปกรณ์ที่ต้องการควบคุม เช่น ความแรงมอเตอร์ ความสว่างของไฟ LED โดยปกติหมายถึงการลดแรงดันที่ส่งออกไปยังมอเตอร์ แต่การลดแรงดันนั้นเป็นแนวทางที่ต้องใช้วงจรที่ซับซ้อนมีความยุ่งยากค่อนข้างมาก ดังนั้นโดยทั่วไปจึงนิยมใช้เทคนิคที่เรียกว่า “Pulse Width Modulation (PWM)” ซึ่งไม่ได้ลดแรงดัน หากแต่ใช้หลักการเปิด/ปิดมอเตอร์ด้วยความเร็วสูง ๆ จนผลค่าเฉลี่ยของแรงดันที่ได้ออกมาเทียบเท่ากับการเปลี่ยนแรงดันโดยตรง เทคนิคนี้ทำให้ไม่ต้องใช้วงจรซับซ้อน แต่การเขียนโปรแกรมจะยุ่งยากขึ้นบ้าง

PWM นั้นโดยทั่วไปจะมีการสร้างลูกคลื่นสี่เหลี่ยม (Square wave) ออกมาโดยกำหนดคาบของสัญญาณ (Period) ให้สั้น ๆ ซึ่งปกติคาบจะจะมีค่าไม่เกิน 33 ms (30 Hz) สำหรับการทดลองทั่วไป และอาจมีค่าน้อยถึง 0.01 ms (100 kHz) หรือน้อยกว่าในงานอุตสาหกรรมบางชนิด หลักการสำคัญของ PWM คือ การปรับเปลี่ยนความกว้างของลูกคลื่นในแต่ละคาบ โดยถ้าวัดลูกคลื่นสั้นก็จะทำให้แรงดันเฉลี่ยที่ออกมามีค่าน้อย และถ้าวัดลูกคลื่นยาวแรงดันเฉลี่ยก็จะมีค่ามากขึ้น จากรูปด้านล่าง V เฉลี่ย (เส้นสีส้ม) จะสูงหรือต่ำนั้นขึ้นอยู่กับความกว้างของลูกคลื่น ซึ่งความกว้างของลูกคลื่นนี้เรียกว่า “Pulse width” หรือ “Duty cycle”

Pulse width จะต้องน้อยกว่าค่าความยาวคาบเสมอ Duty cycle จะมีหน่วยเป็น % ของความยาวคาบ เช่น ถ้าคาบเท่ากับ 10 ms และ Duty cycle เท่ากับ 40% นั่นหมายความว่า Pulse width เท่ากับ $10 \times 0.4 = 4$ ms เป็นต้น



รูปที่ 2.23 Pulse Wide Modulation

2.14 ปรีทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การควบคุมขนาดของหยดกาวย โดยใช้การควบคุมความดันของหัวปรับแรงดัน (Pressure regulator control) ที่จ่ายความดันให้กับวาล์วหรือมินิไมโครดอต (Mini microdot needle valve) โดยมีการใช้การเรียนรู้ของเครื่องมาช่วยในการจำแนกช่วงขนาดของหยดกาวยที่ได้ว่าอยู่ในสเปกหรือไม่ จากนั้นจะทำการควบคุมความดันที่ต้องการชัดเจน เพื่อให้ได้ขนาดของหยดกาวยที่ต้องการจากการจำแนกช่วงของหยดกาวย โดยใช้การเรียนรู้ของเครื่องผ่าน PLC เพื่อไปควบคุมขนาดของการเปิดปิดของหัวปรับแรงดันโดยอัตโนมัติ

2.14.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบนิวเมติก

ในปี ค.ศ. 2009 Tomonori Kato และคณะ มีการเสนอตัวควบคุมแรงดันลมที่มีความแม่นยำสูงและตอบสนองอย่างรวดเร็ว อันนี้ประกอบด้วย ห้องไอโซเทอร์มอล, เซอร์โววาล์ว, เซ็นเซอร์ความดัน, เซ็นเซอร์ตอบสนองการไหลแบบราบเรียบ (QFS), และเซ็นเซอร์ความดันแตกต่าง (PD sensor) ที่พัฒนาโดยผู้เขียน การเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยของความดัน ในห้องสามารถตรวจจับได้ โดยเซ็นเซอร์ PD และส่งกลับไปยังเซอร์โววาล์วเพื่อรักษา ความดันที่ค่าที่ต้องการ ประสิทธิภาพของตัวควบคุมนี้ได้รับการยืนยันการทดลองเมื่อเปรียบเทียบกับที่มีอยู่ในเชิงพาณิชย์ จากนั้นจึงนำเครื่องปรับความดันไปใช้กับการควบคุมแรงดัน ของตารางการแยกการสันสะเทือน

แบบควบคุมด้วยลม ประสิทธิภาพที่เหนือกว่าของเครื่องปรับลม แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนในผลการทดลอง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในแง่ของการหลีกเลี่ยงผลกระทบจากคั่งน้ำหรือการรบกวนของกระแส

2.14.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้ของเครื่องจักร

ปี ค.ศ. 2019 Weng Kean Teh และคณะ เสนอเครือข่าย (NN) ผ่านการวินิจฉัยระดับพื้นฐานอย่างง่าย เครือข่ายตรวจจับ Stiction ที่เสนอ (SDN) ใช้การแปลงของข้อมูลการดำเนินงาน PV (ตัวแปรกระบวนการ) และ OP (ตัวควบคุมเอาต์พุต) การยืนยันของความแม่นยำในการตรวจจับของโมเดล SDN ที่เสนอนั้นผ่านการตรวจสอบความถูกต้องของตัวอย่างที่สร้างขึ้นและการเปรียบเทียบกับอุปกรณ์อุตสาหกรรมต่าง ๆ การทำนายเกณฑ์มาตรฐานอุตสาหกรรมสำหรับ SDN ที่นำเสนอวิธีการมีความแม่นยำรวม 78% (75%) ในการทำนายการทำนายและ 81% สำหรับการทำนายที่ไม่ใช่) สภาพอุปกรณ์ความสามารถในการจับคู่ของวิธีการที่จัดตั้งขึ้นอื่น ๆ ในการทำนายอุตสาหกรรมจริงได้อย่างแม่นยำอุปกรณ์ทุกชิ้นที่ทราบจากการสะกิดค่าในขณะที่ยังใช้งาน ได้กับสัญญาณควบคุมการสั่งทุกประเภท

2.14.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการหยุดคาว

ในปี ค.ศ. 2017 S. Boonsang และคณะ เสนอวิธีการถ่ายภาพด้วยแฟลชสำหรับการวัดการไหลของของเหลวแบบไดนามิกของระบบจ่ายของเหลว ระบบจ่ายของเหลวเป็นหนึ่งในกระบวนการสำคัญในการส่งมอบวัสดุของเหลว ตำแหน่งที่หลากหลายในส่วนการประกอบของหลายอุตสาหกรรมการผลิต กระบวนการแจกจ่ายเป็นกระบวนการที่ซับซ้อนและขึ้นอยู่กับเวลา การระบุพารามิเตอร์ของแบบจำลองการจ่ายของเหลว โดยใช้กับค่าการวัดของปริมาตรสุดท้ายที่สะสมมักใช้เทคนิคนี้อาจไม่ให้ผลลัพธ์ที่น่าพอใจ เพื่อปรับปรุงความถูกต้องของการระบุพารามิเตอร์มีการเสนอการวัดการไหลของของเหลวตามวิธีการถ่ายภาพด้วยแฟลช ทำการทดลองด้วย ระดับของเหลวต่าง ๆ ภายในหลอดชนิดยาถูกนำมาใช้เพื่อประเมินประสิทธิภาพของระบบที่เสนอ เส้นโค้งอัตราการไหลของของเหลวขึ้นอยู่กับความดันที่สร้างขึ้นจากค่าการวัดถูกนำเสนอถึงระบุพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับรูปแบบ พารามิเตอร์ที่วัดได้นั้นสอดคล้องกับ คุณสมบัติของของไหลรายงานในวรรณคดี

ในปี ค.ศ. 2014 Hyejin Han และคณะ ได้เสนอลักษณะการจ่ายของเหลวที่ซับซ้อน Rheologically ถูกตรวจสอบการทดลองที่หยาบระบบการปกครอง ใช้เอทิลีนไกลคอลและกลีเซอรินสองชนิด (50 : 50 และ 31 : 69) เป็นฐานของนิวตันของเหลว ในฐานะที่เป็นสารละลายโพลีเมอร์ โพลีอะคริลาไมด์ 1,000 ppm ที่ 5 – 6 mg/mol ถูกเพิ่มในฐาน 50 : 50 ของเหลวของนิวตัน 2.5, 5 หรือ 7.5 vol% ของอนุภาคสไตรีนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 μm ถูกเติมลงในของเหลวเพื่อเตรียมอนุภาคแขวนลอย ของเหลวถูกจ่ายสู่อากาศโดยใช้หัวฉีดที่มีด้านในและเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก

เท่ากับ 0.61 และ 0.91 mm ตามลำดับ พบว่า ขนาดของหยดถูกกำหนดโดยหลักจากความสมดุลของ น้ำหนักที่ลดลงและแรงตึงผิวที่จับหยดไม่ขึ้นอยู่กับอัตราการไหลของปริมาณ เส้นผ่านศูนย์กลางของการปล่อยจะเล็กลงประมาณ 10% สำหรับของเหลวที่มีความยืดหยุ่น ไปยังส่วนต่อขยายที่รุนแรงของเส้นใยก่อนที่จะแยกออกจากหัวฉีด ผลยังแสดงให้เห็นว่าลักษณะการไหลของของเหลวที่ไม่มีพอลิเมอร์ถูกกำหนดโดยความสมดุลของแรงโน้มถ่วงแรงตึงผิวต่อปริมาณของเหลวและแรงดัน ยิ่งเพิ่มน้อยกว่า 10% ของอนุภาคทรงกลม 2 μm แทนจะไม่เปลี่ยนลักษณะการจ่ายของเหลวของนิวตันยกเว้นในขั้นตอนสุดท้ายของการปลด สำหรับของเหลวชนิดพอลิเมอร์คือส่วนขยายแบบชั่วคราวคุณสมบัติเปลี่ยนแปลงพลศาสตร์ของหยดน้ำอย่างรุนแรง ความสมดุลของแรงแสดงให้เห็นว่าการชุบแข็งของสารละลายโพลีอะครีลาไมด์ภายใต้การไหลแบบหลายมิติทำให้เกิดการหน่วงเหนี่ยวของไส้หลอดการกระจายการกระจาย การแยกเส้นใยของสารแขวนลอยโพลีเมอร์นั้นชะลอตัวลงอีกเนื่องจากการเพิ่มขึ้นของศูนย์กลางความหนืดเนื่องเป็นผลมาจากการเพิ่มของอนุภาค

2.14.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการควบคุม

ในปี ค.ศ. 2016 E.B. Priyanka และคณะ ในบทความนี้พารามิเตอร์เช่นความดันและการไหลจะถูกเก็บรักษาอย่างต่อเนื่อง โดยใช้วาล์วควบคุมขึ้นอยู่กับความดันและอัตราการไหลที่แตกต่างกันของท่อส่งสัญญาณ PLC (ตัวควบคุมตรรกะ โปรแกรมได้) ถูกใช้เพื่อควบคุมการไหลและความดันโดยอัตโนมัติในระหว่างการขนส่งผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมโดยการควบคุมเปอร์เซ็นต์ของการเปิดวาล์วควบคุมและปั๊ม ตามลำดับ จุดตั้งค่าที่ต้องการสำหรับความดันและอัตราการไหลจะได้รับโดยการใช้อัตราไหลที่โวลต์ที่เหมาสมควบคุมในท่อคอนกรีตที่ส่งสัญญาณยาว สำหรับสิ่งนี้คอนโทรลเลอร์ PID ที่ใช้ PLC ได้รับการพัฒนาและมีการระบุการตอบกลับแบบเปิดลูป

2.15 สรุป

จากการศึกษาทฤษฎีและปฏิกิริยารวบรวมที่ผ่านมายังต้นนั้นทำให้มีแนวคิดในการที่จะควบคุมปริมาณและขนาดของกาวยให้ได้ขนาดที่คงที่และตรงตามความต้องการ เพื่อลดสาเหตุของการเกิดของเสีย โดยในกระบวนการหยอดกาวและติดตั้งหัวอ่านแบบอัตโนมัติ นั้น ได้มีการประยุกต์ใช้อุปกรณ์ในการหยอดกาวนั่นก็คือ วาล์วหรีแบบเข็มมินิหรือ (Mini Microdot) ที่ใช้แรงดันลมเข้ามาช่วยในการทำงานของอุปกรณ์ในการเปิดวาล์วสำหรับหยอดกาว และยังใช้แรงดันลมสำหรับผลักดันกาวให้เข้าสู่ห้องวาล์วของวาล์วเข็มแบบหรีด้วย เพื่อให้มีกาวอยู่ภายในห้องวาล์วตลอดเวลาและพร้อมสำหรับการหยอดกาวต่อไป ซึ่งเมื่อมีการหยอดกาวต่อเนื่องกันเป็นเวลานาน ๆ จะทำให้ระบบสูญเสียความดัน ซึ่งการสูญเสียความดันนี้อาจส่งผลกระทบต่อขนาดของกาวได้ จึงมีแนวคิดในการที่จะออกแบบระบบควบคุมสำหรับความดันลมโดยใช้ระบบควบคุมแบบพีโอมาช่วย จากนั้นต้องการประยุกต์ใช้การเรียนรู้ของเครื่องจักรมาจำแนกขนาดของกาวดีหรือกาวเสียที่เกิดจาก

การทดลองได้ โดยการประยุกต์ใช้อัลกอริทึมต่างๆมาเปรียบเทียบกันเพื่อให้ทราบถึงอัลกอริทึมที่เหมาะสมกับชุดข้อมูลนี้ เพื่อลดการเกิดของเสียที่เกิดจากขนาดกาวไม่ตรงสเปกนั่นเอง



บทที่ 3

วิธีดำเนินงานวิจัย

3.1 บทนำ

กระบวนการหยอดกาวของเครื่องหยอดกาวและติดหัวอ่านแบบอัตโนมัติ (ACAM) เมื่อหยอดกาวแล้วขนาดของหยดกาวที่หยอดลงบนแขนจับยึดหัวอ่านเขียน (Suspension) ต้องมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (Dot size) อยู่ในช่วงสเปกที่กำหนด เพื่อให้เหมาะสมต่อการนำหัวอ่านเขียน (Slider) มาติดตั้งแล้วไม่เกิดของเสียนั้นในกระบวนการผลิต ซึ่งการที่จะหยอดกาวให้ได้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตามที่ต้องการนั้น ประกอบด้วยหลายปัจจัย ถ้าหยอดกาวไม่ได้ขนาดแล้วนำส่งต่อไปในกระบวนการติดหัวอ่านอาจทำให้เกิดของเสียนั้นในกระบวนการผลิตได้ ดังนั้นเพื่อเป็นการป้องกันการเกิดการเกิดของเสียนั้นที่เกิดจากกระบวนการหยอดกาว จึงได้ทำการศึกษาส่วนประกอบของกระบวนการหยอดกาวพร้อมทั้งพารามิเตอร์ที่ส่งผลต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของหยดกาว เพื่อไม่ให้เกิดของเสียนั้นในกระบวนการผลิตที่เกิดจากกระบวนการหยอดกาวอีก

โดยงานวิจัยนี้แบ่งวิธีดำเนินงานวิจัยออกเป็นสองส่วนหลัก ๆ คือ 1) การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของหยดกาวที่มากที่สุด โดยนำผลการศึกษาร่วมประกอบและพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับขนาดนั้นมาวิเคราะห์เพื่อหาค่าสหสัมพันธ์ แล้วใช้ในการเลือกพารามิเตอร์ที่จะควบคุมให้ผลการหยอดกาวได้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของหยดกาวตรงตามช่วงที่ต้องการมากขึ้น และส่วนที่ 2) การออกแบบระบบควบคุมปัจจัยที่ได้จากส่วนที่ 1 โดยการใช้การควบคุมแบบพีไอ

3.2 การศึกษาพารามิเตอร์ที่มีผลต่อกระบวนการหยอดกาวของเครื่องจักร ACAM

กระบวนการหยอดกาวสำหรับติดตั้งหัวอ่านเขียนแบบอัตโนมัติของเครื่องจักร ACAM นั้นประกอบด้วยหลายส่วนที่สำคัญ ได้แก่ ชุดเทิร์นเทเบิลที่ใช้สำหรับจับยึดพาเลตเพื่อนำแขนจับยึดหัวอ่านเขียนข้อมูลส่งเข้าไปในส่วนของกระบวนการหยอดกาว จากนั้นจะมีส่วนของระบบกลิ้งวิชั่นเข้ามาทำการวัดตำแหน่งของชิ้นงานทั้ง 10 ชิ้นบนพาเลต เพื่อหาตำแหน่งอ้างอิงให้กับเครื่องจักร และส่วนสุดท้ายที่สำคัญก็คือชุดหยอดกาวนั่นเอง โดยประกอบด้วยชุดหัวหัวรีแบบเข็มมินิ (Mini microdot) ที่มีส่วนของหัวเข็มและหลอดกาวอยู่ด้วยกัน ซึ่งในการทำงานของชุดหยอดกาวนั้นต้องอาศัยแรงดันลมจาก 2 ส่วน คือ 1) เครื่องควบคุมการหยอดกาว (Adhesive

Dispenser) ใช้สำหรับจ่ายลมเพื่อเปิดวาล์วหรีแบบเข็มมินิ และ 2) แรงดันลมจากวาล์วหรี (Pressure Regulator) ที่รับมาจากซับพลายของโรงงานส่งให้กับหลอดกาวเพื่อใช้ผลักกาวให้เข้าสู่ห้องวาล์วของวาล์วหรีแบบเข็มมินิ ดังนั้นเพื่อให้ทราบถึงพฤติกรรมของแต่ละพารามิเตอร์ว่ามีผลต่อขนาดของหยดกาวมากน้อยแค่ไหน จึงได้ทำการทดลองหยอดกาว โดยทำการปรับค่าของแต่ละพารามิเตอร์เพื่อนำผลมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร เพื่อเลือกใช้ในการออกแบบระบบควบคุมเสมือนต่อไป

3.2.1 การทดลองหยอดกาวโดยการปรับค่าแต่ละพารามิเตอร์ของเครื่องจักร ACAM

จากการศึกษาพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการหยอดกาวเพื่อติดตั้งหัวอ่านเขียนข้อมูลแบบอัตโนมัติ นั้น พบว่ามีการใช้ลมเข้ามาใช้ในกระบวนการทำงานอยู่ 2 จุด ได้แก่ ลมจากเครื่องควบคุมการหยอดกาวที่จ่ายลมให้กับวาล์วหรีแบบเข็มมินิ (Mini Microdot) เพื่อใช้ในการเปิดปิดวาล์วและควบคุมระยะเวลาในการเปิดปิดวาล์วและลมจากซับพลายที่จ่ายลมผ่านวาล์วหรีให้กับหลอดกาวจึงได้ทำการติดตั้งเซนเซอร์วัดแรงดัน (Pressure sensor) สำหรับการวัดค่าของแรงดันลมที่เข้าสู่ Mini Microdot และหลอดกาวในขณะการทำงานจริง เพื่อนำข้อมูลมาใช้ในการวิเคราะห์ในการออกแบบระบบควบคุมต่อไป โดยทำการติดตั้งเซนเซอร์วัดแรงดันบริเวณทางเข้าของวาล์วหรีแบบเข็มมินิและหลอดกาว โดยมีการทดลองหยอดกาวโดยปรับค่าของตัวแปรดังนี้ 1) วาล์วหรีแบบเข็ม (Needle stroke) 2) วาล์วหรีความดัน (Pressure regulator) 3) เวลาของเครื่อง AD3000C และ 4) แรงดันของเครื่อง AD3000C ซึ่งมีวิธีการดำเนินการดังนี้

1. การออกแบบการทดลอง

จากการศึกษากระบวนการหยอดกาวของเครื่องหยอดกาวและติดตั้งหัวอ่านเขียนแบบอัตโนมัติในไลน์การผลิต โดยการออกแบบการทดลองหยอดกาว ด้วยการปรับค่าของแต่ละตัวแปรดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 การทดลองปรับค่าพารามิเตอร์ของแต่ละตัวแปร

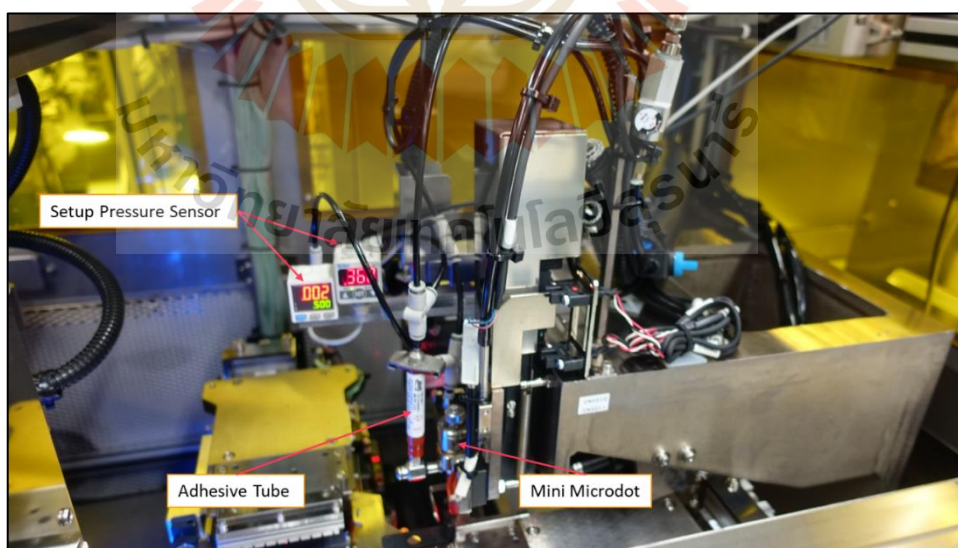
	Group	Needle stroke	Pressure, Regulator (MPa)	Time, AD3000C (ms)	Pressure, AD3000C (kPa)
Vary Needle Stroke	1	0.1	0.4	200	400
	2	0.5	0.4	200	400
	3	1	0.4	200	400

ตารางที่ 3.1 การทดลองปรับค่าพารามิเตอร์ของแต่ละตัวแปร (ต่อ)

	Group	Needle stroke	Pressure, Regulator (MPa)	Time, AD3000C (ms)	Pressure, AD3000C (kPa)
Vary Pressure Regulator	4	0.5	0.2	200	400
	5	0.5	0.4	200	400
	6	0.5	0.6	200	400
Vary Time AD3000C	7	0.5	0.4	100	400
	8	0.5	0.4	200	400
	9	0.5	0.4	300	400
Vary Pressure AD3000C	10	0.5	0.4	200	320
	11	0.5	0.4	200	400
	12	0.5	0.4	200	480

2. การเตรียมการทดลอง

การติดตั้ง Pressure Sensor ที่เครื่อง ACAM

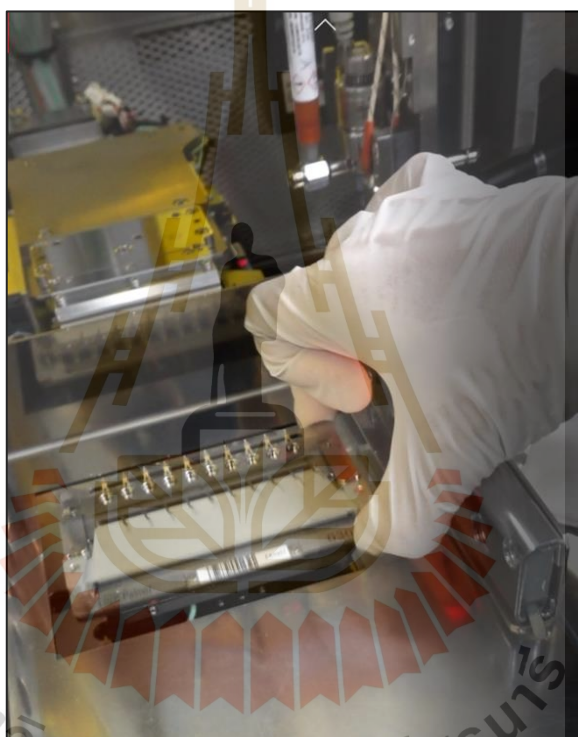


รูปที่ 3.1 แสดงการติดตั้งเซนเซอร์วัดแรงดัน

การติดตั้งเซนเซอร์วัดแรงดันในเครื่องหลอดแก้วและติดหัวอ่านเขียนแบบอัตโนมัติ เพื่อใช้วัดแรงดันลมจริงขณะกระบวนการทำงาน ที่บริเวณทางลมเข้าของ วาล์วหรือแบบเข็มมิถิ และบริเวณทางลมเข้าของหลอดแก้ว โดยได้ทำการติดตั้งเซนเซอร์วัดแรงดันไว้ในส่วนของกระบวนการหยอดแก้ว ดังรูปที่ 3.1

การเตรียมชิ้นงานสำหรับการทดลองหยอดแก้ว

ในการทดลองหยอดแก้วนั้น ต้องใช้แขนจับยึดหัวอ่านเขียนข้อมูลที่อยู่ในถาดมาเรียงลงบนพาเลตเพื่อให้พร้อมสำหรับการนำไปทดลองหยอดแก้ว ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 แสดงการนำพาเลตเข้าสู่เครื่อง ACAM

การเตรียมพื้นที่สำหรับบันทึกผลการทดลองหยอดแก้ว

การเตรียมพื้นที่สำหรับบันทึกผลการทดลองหยอดแก้วนั้น ทำได้โดยการเข้าไปที่ Log file ของเครื่อง ACAM ซึ่งเป็นไฟล์ที่ใช้บันทึกข้อมูลการหยอดแก้วและข้อมูลพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของเครื่อง ACAM โดยทำการเข้าไปตั้งชื่อกลุ่มของแต่ละกลุ่มการทดลอง เพื่อแยกชุดข้อมูลออกจากกันเพื่อให้ง่ายต่อการนำไปวิเคราะห์ โดยแสดงดังรูปที่ 3.3

```

20190802 - Notepad
File Edit Format View Help
13:43:15,9(AG/UM Check),3,0,94,313,6,,,,,0.0000,0.0205,0.0205,0.0000,0.0000,0.0000,0.1619,0.1851,0.0000,0.0000
14:11:09,1(Product Change),0
14:11:09,11(transfer head),0,0,078

Group 2 0.3
14:12:38,12(auto mode),0
14:12:47,19(Dispense Table Suspension Angle),0,100,156,10063.192,10078.757
14:12:47,20(Dispense Stage Suspension Base),0,100,171,8474.105,9922.825,0.144,8474.105,9922.825
14:12:48,19(Dispense Table Suspension Angle),0,100,157,10062.763,10075.534
14:12:48,20(Dispense Stage Suspension Base),0,100,156,8464.113,9925.658,0.219,8464.113,9925.658
14:12:49,19(Dispense Table Suspension Angle),0,100,157,10065.486,10079.186
14:12:49,20(Dispense Stage Suspension Base),0,100,172,8443.205,9921.679,0.157,8443.205,9921.679
14:12:49,19(Dispense Table Suspension Angle),0,100,156,9997.752,10076.723
14:12:50,20(Dispense Stage Suspension Base),0,100,156,8489.885,9924.056,0.143,8489.885,9924.056
14:12:50,19(Dispense Table Suspension Angle),0,100,172,9974.380,10058.700
14:12:50,20(Dispense Stage Suspension Base),0,100,180,8389.501,9940.941,-0.047,8389.501,9940.941
14:12:51,19(Dispense Table Suspension Angle),0,100,171,9964.100,10066.067
14:12:51,20(Dispense Stage Suspension Base),0,100,141,8375.704,9934.615,0.125,8375.704,9934.615
14:12:52,19(Dispense Table Suspension Angle),0,100,156,9945.788,10084.500
14:12:52,20(Dispense Stage Suspension Base),0,100,141,8359.220,9917.090,0.291,8359.220,9917.090
14:12:52,19(Dispense Table Suspension Angle),0,100,156,9922.885,10077.477
14:12:53,20(Dispense Stage Suspension Base),0,100,156,8334.309,9923.567,0.192,8334.309,9923.567
14:12:53,19(Dispense Table Suspension Angle),3,0,297,0.000,0.000
14:12:54,19(Dispense Table Suspension Angle),3,0,297,0.000,0.000
14:12:54,19(Dispense Table Suspension Angle),3,0,297,0.000,0.000
14:12:54,19(Dispense Table Suspension Angle),3,0,297,0.000,0.000
14:12:55,19(Dispense Table Suspension Angle),3,0,297,0.000,0.000
14:12:55,19(Dispense Table Suspension Angle),3,0,297,0.000,0.000
14:12:55,19(Dispense Table Suspension Angle),3,0,297,0.000,0.000
14:12:55,19(Dispense Table Suspension Angle),3,0,297,0.000,0.000
14:12:56,19(Dispense Table Suspension Angle),3,0,516,0.000,0.000
14:12:57,19(Dispense Table Suspension Angle),3,0,313,0.000,0.000
14:12:57,19(Dispense Table Suspension Angle),0,100,157,9882.920,10087.397
14:12:57,20(Dispense Stage Suspension Base),0,100,172,8292.709,9913.601,0.199,8292.709,9913.601
    
```

รูปที่ 3.3 การตั้งชื่อสำหรับแบ่งชุดข้อมูลที่ได้จากการทดลอง

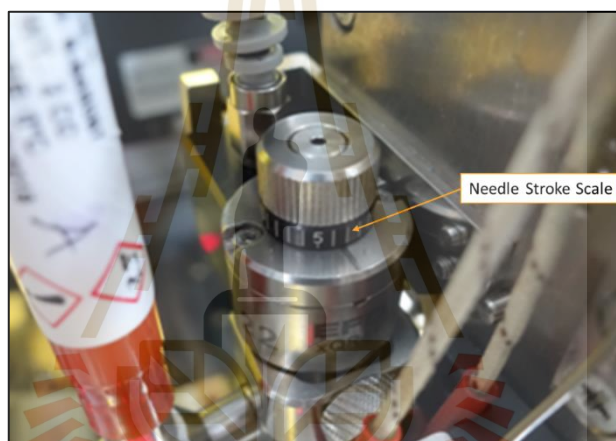
จากนั้นทำการทดลองหยอดกาวโดยปรับค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ตามที่ออกแบบไว้แล้วบันทึกวีดิโอขณะเครื่องจักรทำการหยอดกาวเพื่อบันทึกค่าของแรงดันที่อ่านได้จาก เซนเซอร์วัดแรงดัน โดยมีรายละเอียดของแต่ละตัวแปร ดังรูปที่ 3.4



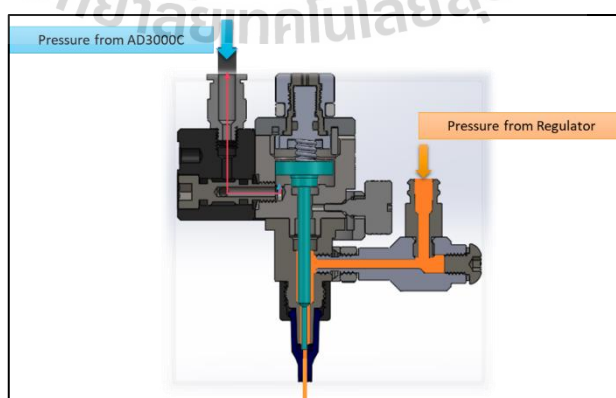
รูปที่ 3.4 แสดงการบันทึกวีดิโอขณะทำการหยอดกาว

3.2.1.1 การทดลองหยอดกาวยโดยการปรับค่าพารามิเตอร์ของวาล์วหรีแบบเข็ม (Needle Stroke)

วาล์วหรีแบบเข็มมินิ (Needle Stroke) คือ ชุดอุปกรณ์สำคัญที่ถือว่าเป็นหัวใจหลักของกระบวนการหยอดกาวยเลยทีเดียว เนื่องจากวาล์วหรีแบบเข็มนี้เป็นศูนย์รวมระหว่างเข็มหยอดกาวยและหลอดกาวยเข้าด้วยกัน โดยสามารถหมุนสเกลเพื่อปรับขนาดของการเปิดปิดวาล์วให้มีช่องว่างมากน้อยเพื่อให้กาวยสามารถไหลออกมาได้ตามต้องการแสดงดังรูปที่ 3.5 โดยวาล์วหรีแบบเข็มนี้มีโครงสร้างดังรูปที่ 3.6 ซึ่งประกอบด้วยตัววาล์วและลูกสูบเป็นหลัก โดยมีช่องสำหรับรับลมจากเครื่องควบคุมการหยอดกาวย และลมจากวาล์วหรีที่รับลมมาจากชั้นปลายเพื่อจ่ายให้กับหลอดกาวย



รูปที่ 3.5 แสดง Needle Stroke



รูปที่ 3.6 แสดงโครงสร้างของ Needle Stroke

ในการทดลองหยอดกาวโดยการปรับค่าพารามิเตอร์ของวาล์วหีแบบเข็มนี้ ได้ทำการออกแบบการทดลองโดยการทดลองปรับค่าของ Needle Stroke ไปที่ 1, 5 และ 10 จี๊ด ตามลำดับ โดยทำการกำหนดค่าของพารามิเตอร์อื่นที่เกี่ยวข้องกับการหยอดกาว ได้แก่ Pressure, Regulator ที่ 0.4 MPa, Time, AD 3000C ที่ 200 ms และ Pressure, AD3000C ที่ 400 kPa แสดง ดังตารางที่ 3.2

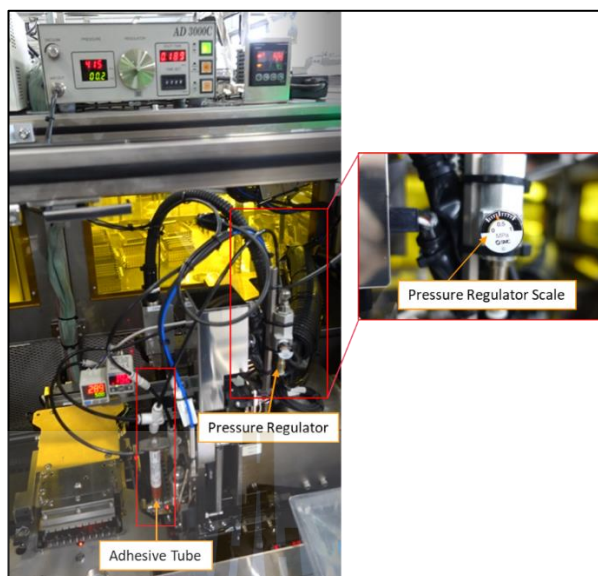
ตารางที่ 3.2 แสดงการออกแบบการทดลองปรับค่าของพารามิเตอร์ Needle Stroke

Group	Needle stroke	Pressure, Regulator (MPa)	Time, AD3000C (ms)	Pressure, AD3000C (kPa)
1	5	0.4	200	400
2	5	0.4	200	400
3	5	0.4	200	400

โดยสามารถแบ่งการทดลองออกเป็น 3 กลุ่ม โดยแต่ละกลุ่มทำการหยอดกาวทั้งหมดจำนวน 10 พาเลต โดยแต่ละพาเลตมีแขนจับยึดหัวอ่านเขียนข้อมูลจำนวน 10 ตัว รวมเป็น 300 ตัว ซึ่งเริ่มทำการทดลองหยอดกาวโดยการ ตั้งชื่อกลุ่มของการทดลองใน Log file ของเครื่อง ACAM ก่อนเพื่อเป็นการเตรียมบันทึกข้อมูลของการทดลองหยอดกาว จากนั้นทำการเรียงแขนจับยึดหัวอ่านเขียนจากถาดลงสู่พาเลตเพื่อเตรียมนำเข้าสู่เครื่อง ACAM เพื่อทำการหยอดกาว โดยระหว่างทำการหยอดกาวได้ทำการบันทึกวิดีโอของกระบวนการหยอดกาวเพื่อบันทึกค่าของ Pressure sensor ด้วย

3.2.1.2 การทดลองหยอดกาวโดยการปรับค่าพารามิเตอร์ของวาล์วหีหรือความดัน (Pressure Regulator)

วาล์วหีหรือความดัน (Pressure Regulator) คือ วาล์วที่ใช้ในการควบคุมความดันลมที่รับมาจากแหล่งกำเนิดลมของโรงงานที่มีความดันลมประมาณ 0.7 MPa เพื่อใช้ส่งต่อไปให้หลอดกาวเพื่อผลักดันจากหลอดกาวเข้าไปภายในห้องวาล์วของ Mini Microdot เพื่อเตรียมสำหรับใช้ในการหยอดกาว โดยทำการควบคุมลมที่จากแหล่งกำเนิดลมของโรงงานที่จ่ายมาให้ 0.7 MPa มาใช้ในช่วง 0.2 - 0.5 MPa ดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 แสดงวาล์วหรือความดัน

การทดลองหยอดกาวด้วยการปรับค่าของพารามิเตอร์ของวาล์วหรือความดันนั้น ได้ออกแบบการทดลองโดยแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม คือ การทดลองปรับค่าพารามิเตอร์ของวาล์วหรือความดันที่ 0.2, 0.4 และ 0.6 MPa ตามลำดับ โดยทำการกำหนดค่าของพารามิเตอร์อื่นที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการหยอดกาวไว้ดังนี้ ได้แก่ Needle Stroke ได้ทำการกำหนดค่าไว้ที่ 5, พารามิเตอร์เวลาของเครื่อง AD3000C กำหนดไว้ที่ 200 ms, และพารามิเตอร์แรงดันลมของเครื่อง AD3000C ได้กำหนดไว้ที่ 400 kPa ดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 แสดงการออกแบบการทดลองปรับค่าของพารามิเตอร์ Pressure Regulator

Group	Needle stroke	Pressure, Regulator (MPa)	Time, AD3000C (ms)	Pressure, AD3000C (kPa)
4	5	0.2	200	400
5	5	0.4	200	400
6	5	0.6	200	400

ซึ่งในแต่ละกลุ่มได้ใช้แขนจับยึดหัวอ่านเขียนข้อมูลจำนวน 10 พาเลต โดยในแต่ละพาเลตมีแขนจับยึดหัวอ่านเขียนข้อมูลจำนวน 10 ชั้น รวมการใช้ชิ้นงานในการทดลองหยอดกาวแบบปรับค่าพารามิเตอร์ของ Pressure Regulator ทั้งหมดเป็นจำนวน 300 ชั้น

โดยการทดลองเริ่มจากการเตรียมพื้นที่สำหรับบันทึกผลการทดลองหยุดการทดลองด้วยการกำหนดชื่อของกลุ่มที่เราจะทำการทดลองไว้ใน Logfile จากนั้นทำการเตรียมแขนจับยึดหัวอ่านเขียนข้อมูลใส่ลงในพาเลตเพื่อใช้สำหรับการทดลองหยุดการทดลองต่อไป เมื่อเริ่มทำการหยุดการทดลองได้ทำการบันทึกวิถีไอขณะเครื่องจักรทำงานด้วยเพื่อบันทึกค่าของความดันลมที่ Pressure sensor อ่านได้ขณะเครื่องจักรทำการหยุดการทดลองเพื่อนำมาใช้ในการวิเคราะห์สำหรับการออกแบบระบบควบคุมต่อไป

3.2.1.3 การทดลองหยุดการโดยการปรับค่าพารามิเตอร์เวลาของเครื่อง AD3000C (Time, AD3000C)

เวลาในการจ่ายลมของเครื่องควบคุมการหยุดการรูน AD3000C (Time, AD3000C) คือ พารามิเตอร์ที่ใช้ในการกำหนดระยะเวลาในการจ่ายแรงดันลมให้กับวาล์วหรือแบบเข็ม เพื่อใช้แรงดันในการดันลูกสูบภายในวาล์วหรือแบบเข็มให้ยกตัวขึ้น ซึ่งภายในวาล์วหรือแบบเข็มจะมีลูกสูบที่มีเข็มติดกับลูกสูบนั้นเพื่อใช้เป็นตัวเปิดปิดวาล์ว โดยค่าที่ใช้ในการเปิด - ปิดอยู่ในช่วงระยะเวลา 0 - 500 ms โดยพารามิเตอร์เวลาของเครื่อง AD3000C แสดงดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 แสดงเวลาที่ใช้จ่ายลมของเครื่อง AD3000C

การทดลองหยุดการโดยการปรับค่าพารามิเตอร์เวลาของเครื่อง AD3000C ได้ทำการออกแบบการทดลองโดยแบ่งการทดลองออกเป็น 3 กลุ่ม คือ การปรับค่าเวลาไว้ที่ 100, 200 และ 300 ms ตามลำดับ โดยกำหนดค่าของพารามิเตอร์อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการหยุดการทดลองโดยได้กำหนดค่าของวาล์วหรือแบบเข็มไว้ที่ 5, จากนั้นได้กำหนดค่าของ Pressure Regulator ไว้ที่

0.4 MPa และกำหนดค่าของ Pressure AD3000C ไว้ที่ 400 kPa ดังตารางที่ 3.4

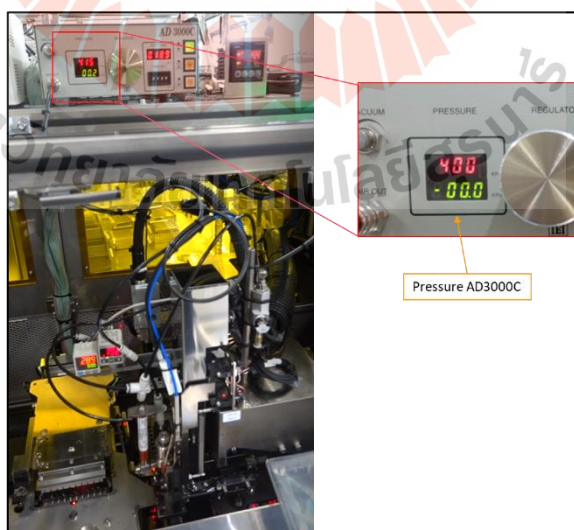
ตารางที่ 3.4 แสดงการออกแบบการทดลองปรับค่าของพารามิเตอร์ Time AD3000C

Group	Needle stroke	Pressure, Regulator (MPa)	Time, AD3000C (ms)	Pressure, AD3000C (kPa)
7	5	0.4	100	400
8	5	0.4	200	400
9	5	0.4	300	400

โดยแต่ละกลุ่มได้ทำการทดลองหยอดกาวจำนวน 10 พาเลต ซึ่งในแต่ละพาเลตมีแขนจับหัวอ่านเขียนจำนวน 10 ชิ้น รวมเป็นใช้แขนจับยึดหัวอ่านเขียนในการทดลองแต่ละกลุ่มจำนวน 100 ชิ้น จากนั้น ทำการเตรียมพื้นที่สำหรับบันทึกข้อมูลการทดลองโดยการตั้งชื่อของแต่ละกลุ่มการทดลอง

3.2.1.4 การทดลองหยอดกาวโดยการปรับค่าพารามิเตอร์แรงดันลมของเครื่อง AD3000C (Pressure, AD3000C)

แรงดันลมของเครื่อง AD3000C คือ แรงดันที่จ่ายออกมาจากเครื่องควบคุมการหยอดกาว AD3000C เพื่อส่งให้กับวาล์วหีแบบเข็ม



รูปที่ 3.9 แรงดันที่ใช้ในการเปิดวาล์ว

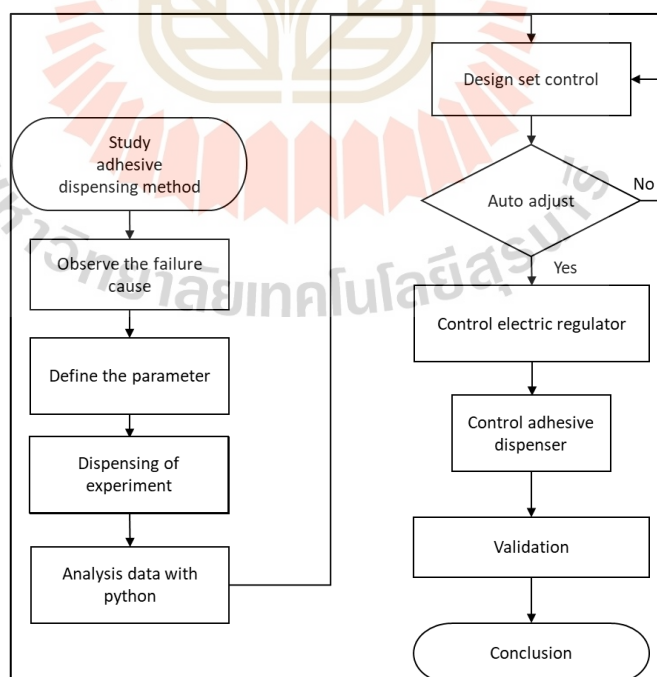
ตารางที่ 3.5 แสดงการออกแบบการทดลองปรับค่าของพารามิเตอร์ Pressure AD3000C

Group	Needle stroke	Pressure, Regulator (MPa)	Time, AD3000C (ms)	Pressure, AD3000C (kPa)
10	5	0.4	200	320
11	5	0.4	200	400
12	5	0.4	200	480

3.2.1.5 สรุปปัจจัยที่มีผลต่อขนาดกาว

จากการศึกษากระบวนการหยอดกาวเพื่อติดตั้งหัวอ่านเขียนข้อมูลแบบอัตโนมัติของเครื่องจักร ACAM ด้วยการทดลองหยอดกาวโดยการปรับค่าของแต่ละพารามิเตอร์ ได้แก่ วาล์วหรือแบบเข็ม วาล์วหรือความดัน เวลาของเครื่อง AD3000C ความดันของเครื่อง AD3000C พบว่า พารามิเตอร์ทั้งหมดมีผลต่อขนาดของหยดกาว โดยสังเกตจากขนาดของหยดกาวที่เพิ่มขึ้นตามค่าที่ปรับไว้ใน การทดลอง

3.3 วิธีการทดลอง



รูปที่ 3.10 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

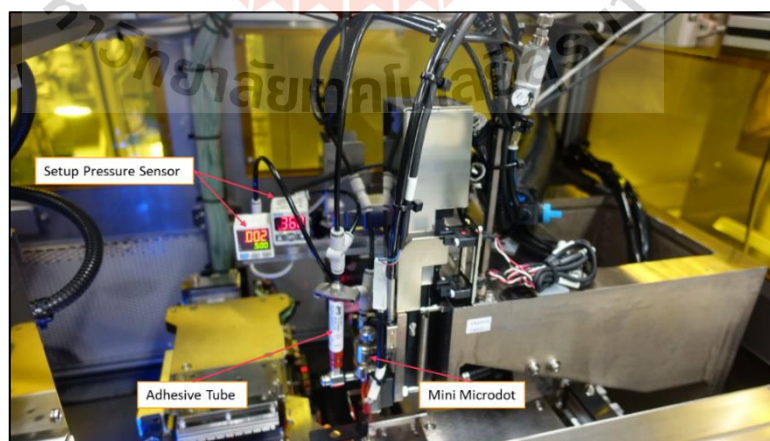
3.3.1 การทดลองหยอดกาวเพื่อนำไปวิเคราะห์หาค่าสหสัมพันธ์และการวิเคราะห์ด้วยการเรียนรู้ของเครื่องจักร

จากการศึกษากระบวนการหยอดกาวเพื่อติดตั้งหัวอ่านเขียนข้อมูลแบบอัตโนมัติของเครื่องจักร ACAM แล้วทำให้ทราบว่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการหยอดกาวมีอะไรบ้าง จากนั้นต้องการข้อมูลจากการทดลองหยอดกาวมาใช้สำหรับวิเคราะห์เพื่อเลือกใช้ในการออกแบบระบบจำลองในการคุมพารามิเตอร์นั้นให้เกิดของเสียน้อยลง

จากการทดลองหยอดกาวโดยการปรับค่าพารามิเตอร์ของตัวแปรที่ได้ศึกษาจากกระบวนการหยอดกาว ทำให้ทราบว่าตัวแปรไหนมีผลหยอดกาวบ้าง จึงทำการออกแบบการทดลองใหม่ให้ขนาดกาวที่ได้อยู่ในช่วงสเปกที่กำหนด เพื่อนำข้อมูลมาในการวิเคราะห์หาตัวแปรที่มีผลต่อขนาดกาวมากที่สุดแล้วเลือกนำตัวแปรนั้นมาออกแบบระบบควบคุม และนำข้อมูลผลการทดลองมาวิเคราะห์ขนาดกาวด้วยอัลกอริทึมของการเรียนรู้ของเครื่องจักร โดยนำมาเปรียบเทียบเพื่อหาอัลกอริทึมที่สามารถจำแนกขนาดกาวดีกาวเสียได้ดีที่สุด โดยมีขั้นตอนดังนี้

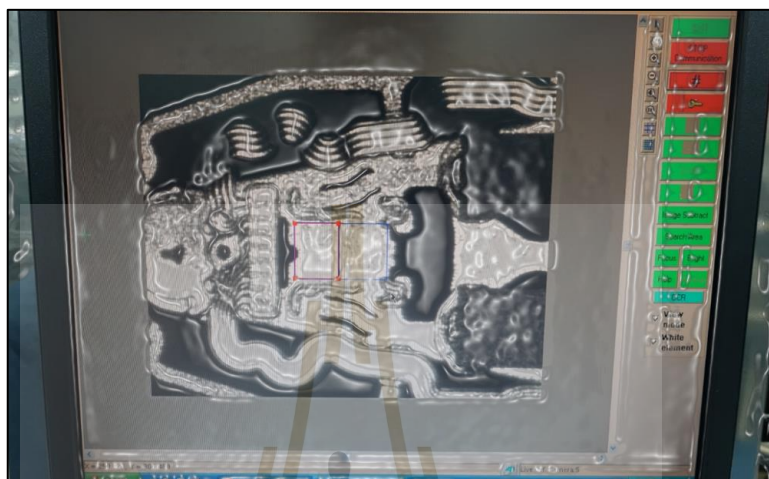
3.3.1.1 การติดตั้งเซนเซอร์วัดความดัน

ในการทดลองหยอดกาวเพื่อติดตั้งหัวอ่านแบบอัตโนมัตินั้นได้มีการประยุกต์ใช้ความดันลมเข้ามาช่วยจึงได้ทำการนำ Pressure sensor เข้ามาวัดแรงดันลมภายในวาล์วหรือแบบเข็มมินิ โดยทำการติดตั้งไว้ในเครื่อง ACAM เพื่อวัดแรงดันลมที่ส่งมาจากเครื่องควบคุมการหยอดกาว และบริเวณหลอดกาวเพื่อวัดแรงดันลมที่มาจากแหล่งจ่ายของโรงงาน เพื่อนำข้อมูลแรงดันที่วัดได้ในกระบวนการหยอดกาวมาใช้ในการวิเคราะห์ต่อไป โดยทำการติดตั้งไว้ดังรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 การติดตั้ง Pressure Sensor ในเครื่อง ACAM

3.3.1.2 การตั้งค่ากรอบการวัดขนาดของหยดกาวของวิชั่น
 เนื่องจากต้องการรู้ขนาดของกาวที่แท้จริงจึงทำการเซตกรอบการวัดของ
 วิชั่นให้มีขอบเขตครอบคลุมบริเวณการหยอดกาว ดังรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12 การตั้งค่ากรอบของวิชั่นในการอ่านขนาดของหยดกาว

3.3.1.3 การเก็บผลขนาดกาว

ทำการเตรียมพื้นที่สำหรับบันทึกข้อมูลผลการทดลองหยอดกาวใน Log File ของเครื่อง ACAM โดยตั้งชื่อกลุ่มของแต่ละกลุ่มไว้สำหรับบันทึกผลการหยอดกาว

3.3.1.4 การเก็บผลความดัน

ทำการเตรียมกล่องสำหรับบันทึกวีดิโอค่าที่อ่านได้จาก Pressure Switch โดยทำการบันทึกวีดิโอขณะทำการทดลองหยอดกาวของแต่ละกลุ่ม เพื่อนำมาดูค่าของความดันที่เกิดขึ้นจริงจากการทดลอง

3.3.1.5 การเตรียมชิ้นงานสำหรับการทดลอง

การเตรียมชิ้นงานสำหรับการทดลองโดยการนำ แขนจับยึดหัวอ่านเขียน จากถาดมาเรียงลงบนพาเลตให้พร้อมสำหรับนำไปทดลองหยอดกาว

3.3.1.6 ทดลองหยอดกาว

จากการศึกษาการหยอดกาวโดยการปรับค่าของแต่ละพารามิเตอร์นั้น ได้นำมาออกแบบการทดลองใหม่ดังตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.6 ตารางออกแบบการทดลองหยอดกา

Group	Needle stroke	Pressure, Regulator (MPa)	Time, AD3000C (ms)	Pressure, AD3000C (kPa)
1	0.25	0.2	200	420
12	0.25	0.3	200	420
3	0.25	0.4	200	420

จากตารางการทดลองได้ทำการเตรียมชิ้นงานสำหรับทำการทดลองหยอดกาได้กลุ่มละ 300 ชิ้น เพื่อให้ได้ข้อมูลเพียงพอสำหรับการวิเคราะห์ต่อไป

3.3.2 การเตรียมข้อมูลผลการทดลองสำหรับการวิเคราะห์ผลการทดลอง

3.3.2.1 การดึงข้อมูลจากเครื่องจักร

นำผลการทดลองจากการทดลองหยอดกาในหัวข้อที่ 3.3.1 จาก Logfile ของเครื่องจักร ACAM ที่ได้ทำการบันทึกผลไว้ออกมาจากสายการผลิต

นำข้อมูลที่ได้จาก Logfile มาวางใส่ให้อยู่ในรูปแบบของไฟล์ Excel.csv ดังรูปที่ 3.13

```

20190802 - Notepad
File Edit Format View Help
TIME, COMMAND, D20(Error), D5(Parameter), SCORE, Time(ms), X(micron), Y(micron), THEATA(deg), X-35, Y-35, THEATA-35, AG(%), UV1(X), UV2(X), UV3(X), UV4(X)
09:38:09,28(Live On/Off),0,1
09:56:32,28(Live On/Off),0,0
09:56:57,1(Product Change),0
09:56:57,11(transfer head),0,,062
09:57:17,12(auto mode),0
09:57:17,11(transfer head),0,,062
09:57:26,19(Dispense Table Suspension Angle),0,,100,156,10033.905,10070.414
09:57:26,20(Dispense Stage Suspension Base),0,,100,156,8452.616,9931.078,0.268,8452.616,9931.078
09:57:26,19(Dispense Table Suspension Angle),0,,100,172,10021.610,10062.945
09:57:27,20(Dispense Stage Suspension Base),0,,100,156,8440.527,9938.939,0.330,8440.527,9938.939
09:57:32,9(AG/W Check),0,0,94,171,0,,,,,0.0000,0.0366,0.0324,0.0000,0.0000,0.0000,0.2159,0.2031,0.0000,0.0000
09:57:32,9(AG/W Check),3,0,91,344,2,,,,,0.0000,0.0277,0.0331,0.0000,0.0000,0.0000,0.1877,0.2054,0.0000,0.0000
09:57:33,9(AG/W Check),3,0,91,297,2,,,,,0.0000,0.0277,0.0331,0.0000,0.0000,0.0000,0.1878,0.2054,0.0000,0.0000
09:57:33,9(AG/W Check),3,0,91,359,2,,,,,0.0000,0.0277,0.0332,0.0000,0.0000,0.0000,0.1878,0.2057,0.0000,0.0000
09:57:39,12(auto mode),0
09:57:39,11(transfer head),0,,063
09:57:59,12(auto mode),0
09:58:00,11(transfer head),0,,062
09:58:25,28(Live On/Off),0,1
09:58:39,19(Dispense Table Suspension Angle),0,,100,282,10027.637,10064.334
09:58:40,20(Dispense Stage Suspension Base),0,,100,233,8245.319,9937.263,0.288,8445.319,9937.263
09:58:40,28(Live On/Off),0,0
09:58:44,9(AG/W Check),0,0,95,250,0,,,,,0.0000,0.0400,0.0351,0.0000,0.0000,0.0000,0.2256,0.2113,0.0000,0.0000
09:58:59,28(Live On/Off),0,0
09:59:01,19(Dispense Table Suspension Angle),0,,100,203,10014.912,10054.401
09:59:01,20(Dispense Stage Suspension Base),0,,100,235,8433.416,9947.105,0.271,8433.416,9947.105
09:59:02,28(Live On/Off),0,0
09:59:06,9(AG/W Check),0,0,92,250,0,,,,,0.0000,0.0342,0.0359,0.0000,0.0000,0.0000,0.2087,0.2137,0.0000,0.0000
09:59:11,9(AG/W Check),0,0,92,250,0,,,,,0.0000,0.0342,0.0359,0.0000,0.0000,0.0000,0.2087,0.2137,0.0000,0.0000
18:00:16,28(Live On/Off),0,0
18:02:25,28(Live On/Off),0,1
18:04:40,28(Live On/Off),0,0
18:05:07,1(Product Change),0
18:05:07,11(transfer head),0,,063
18:05:26,12(auto mode),0
18:05:26,11(transfer head),0,,062
18:05:34,19(Dispense Table Suspension Angle),0,,100,156,10026.612,10083.955
Ln 14, Col 112 100% Windows (CRLF) UTF-8

```

รูปที่ 3.13 Log file ของเครื่อง ACAM

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1	Pressure at Regulator kPa	Pressure at sensor for Dot 1	Dotsize 1	Pressure at sensor for Dot 2	Dotsize 2	Class										
2	200	347	213.7	297	231.1	0										
3	200	264	213.3	347	215.3	0										
4	200	223	173.9	350	206	3										
5	200	184	246.9	339	240.4	0										
6	200	237	145.1	299	205	3										
7	200	260	200.7	284	220	0										
8	200	291	169.3	241	204.5	3										
9	200	320	199.2	198	208.1	0										
10	200	348	209.2	217	202.7	0										
11	200	345	171.7	248	194.8	3										
12	200	356	233	278	238	0										
13	200	276	214.7	348	219	0										
14	200	223	236.2	347	234	0										
15	200	182	238	354	225.5	0										
16	200	202	194.9	333	206.2	0										
17	200	235	247.9	311	235.2	0										
18	200	259	144.3	270	236.8	3										
19	200	306	202	226	209.1	0										
20	200	333	208.7	213	218	0										
21	200	357	156.7	183	206.3	0										
22	200	336	215.5	323	220	0										

รูปที่ 3.14 การเตรียมข้อมูลให้อยู่ในรูปของ Excel.CSV

3.3.3 การวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ของแต่ละพารามิเตอร์

การวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ของพารามิเตอร์เพื่อหาว่าพารามิเตอร์ใดมีค่าสหสัมพันธ์กับขนาดของหยดความมากที่สุด โดยใช้โปรแกรม Jupyter Notebook ช่วยในการวิเคราะห์ ดังรูปที่ 3.15

```

In [1]: import pandas as pd

df=pd.read_csv('Data 300 Normalize.csv')
df=df.fillna(df.mean())
#f=df.dropna()
df.corr()

```

	Pressure at Regulator kPa	Pressure AD3000C Dot 1	D1 G1	Pressure AD3000C Dot 2	D2 G1
Pressure at Regulator kPa	1.000000	0.033585	0.795055	0.000923	0.847603
Pressure AD3000C Dot 1	0.033585	1.000000	0.036821	-0.704730	0.043038
D1 G1	0.795055	0.036821	1.000000	0.006211	0.947742
Pressure AD3000C Dot 2	0.000923	-0.704730	0.006211	1.000000	-0.008221
D2 G1	0.847603	0.043038	0.947742	-0.008221	1.000000

รูปที่ 3.15 แสดงการวิเคราะห์ด้วย Jupyter Notebook

3.3.4 การจำแนกข้อมูลด้วยโมเดลการเรียนรู้ของเครื่องจักร

3.3.4.1 ต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree)

ทำการโหลดไฟล์ชุดข้อมูลที่ได้จากการทดลองเข้าสู่โปรแกรม Jupyter notebook โดยไฟล์ข้อมูลแบ่งออกเป็นสองแบบคือ ไฟล์ Train data และไฟล์ Test data

จากนั้นทำการเขียนโปรแกรมสำหรับสร้างอัลกอริทึมต้นไม้ตัดสินใจ โดยใช้คำสั่งให้อ่านข้อมูลจากไฟล์เพื่อเรียกดูตัวอย่างข้อมูล แล้วกำหนดข้อมูล X_{train} Y_{train} X_{test} Y_{test} สำหรับทำโมเดล จากนั้นทำการนำเข้าโมเดลของ Decision tree เพื่อทำการ Classify และทำนายผลออกมา

3.3.4.2 Random Forest

การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยอัลกอริทึม Random Forest เป็นอัลกอริทึมสำหรับ classify ข้อมูล โดยในที่นี้จะทำการวิเคราะห์ข้อมูลจากการทดลองโดยทำการเตรียมข้อมูลให้อยู่ในรูปของ Excel file โดยบันทึกเป็นนามสกุล .CSV จากนั้นทำการอัปโหลดไฟล์เข้าโปรแกรม Jupyter Notebook เพื่อเตรียมสำหรับการวิเคราะห์ต่อไป จากนั้นทำการสร้างโมเดลอัลกอริทึมสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูล โดยเริ่มจากเขียนคำสั่งสำหรับอ่านข้อมูลจาก CSV file ที่อัปโหลดเข้ามาไว้แล้วคือ Data สำหรับ Test และ Train จากนั้นทำการกำหนด X_{train} Y_{train} และ X_{Test} Y_{test} เพื่อเตรียมสำหรับการทำโมเดล จากนั้นทำการ import RandomForestClassifier มาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลและทำการทำนายผลของข้อมูลจากนั้นนำผลการทำนายที่ได้มาหา Classification Report

3.3.4.3 K-Nearest Neighbors

การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยอัลกอริทึมเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุด K ตัว เป็นอัลกอริทึมที่ใช้สำหรับการ Classify ข้อมูล เริ่มจากการเตรียมข้อมูลที่ได้จากการทดลองในรูปของไฟล์ Excel นามสกุล .CSV โดยเตรียมข้อมูลไว้สองแบบคือ ข้อมูลสำหรับ Train data และข้อมูลสำหรับ Test data จากนั้นทำการอัปโหลดไฟล์เข้าสู่ Jupyter Notebook เพื่อใช้สำหรับการนำมาวิเคราะห์ต่อไป จากนั้นทำการเขียนโปรแกรมสำหรับอ่านข้อมูลจาก CSV ไฟล์ ที่ทำการอัปโหลดไว้ก่อนหน้านี้ คือ ไฟล์สำหรับ Train data และไฟล์ Test data จากนั้นทำการกำหนด X_{train} Y_{train} และ X_{Test} Y_{Test} แล้วทำการ import KNeighborsClassifier แล้วทำการทำนายผลของข้อมูล แล้วทำการแสดง Classification report

3.3.4.4 SVM

การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยอัลกอริทึม ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมคชีน เป็นอัลกอริทึมที่ใช้สำหรับ Classify ข้อมูลโดยทำการเตรียมไฟล์ข้อมูลสำหรับใช้ในการวิเคราะห์ โดยนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาจัดให้อยู่ในรูปของ ไฟล์ Excel นามสกุล .CSV ไฟล์ โดยแบ่งเป็นไฟล์ข้อมูลสำหรับ Train data และไฟล์ข้อมูลสำหรับ Test data จากนั้นทำการอัปโหลดไฟล์เข้าสู่โปรแกรม Jupyter Notebook เพื่อใช้สำหรับทำโมเดลต่อไป เมื่อทำการอัปโหลดไฟล์ข้อมูลเรียบร้อยแล้ว ทำการเขียนโปรแกรมสำหรับอ่านค่าไฟล์ CSV ของ Train data และ Test

data จากนั้นทำการกำหนด X_{train} Y_{train} และ X_{test} Y_{test} แล้วทำการ import SVC แล้วทำการทำนายผลของข้อมูลจากนั้นหา Classification report ของผลการทำนาย

3.4 การออกแบบระบบควบคุมความดันของภาชนะแบบอัตโนมัติ

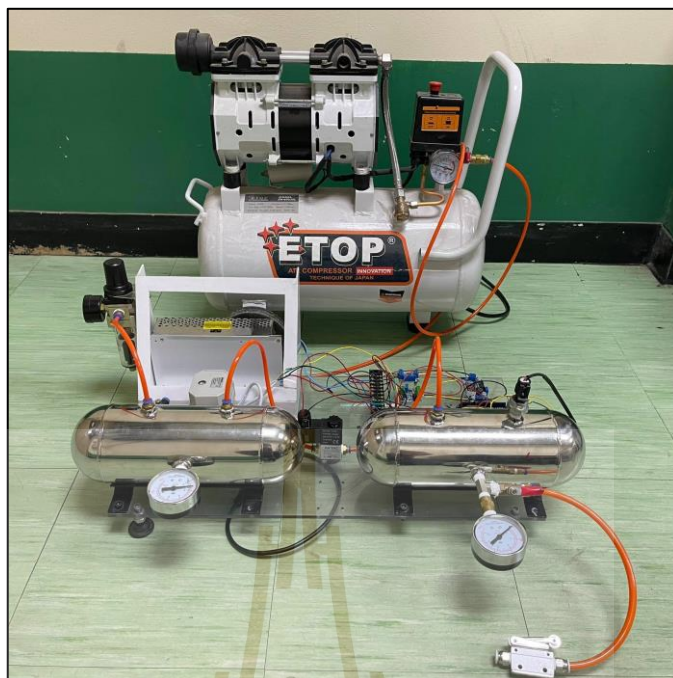
จากการวิเคราะห์ผลการทดลองหยอดกาวด้วยวิธีการหาความสัมพันธ์ระหว่างแต่ละตัวแปรกับขนาดกาวแล้ว จึงเลือกที่จะควบคุมตัวแปรวาล์วหรือความดัน (Pressure Regulator) โดยการออกแบบระบบการควบคุมความดันให้สามารถปรับค่าความดันได้แบบอัตโนมัติ เพื่อให้สามารถชดเชยแรงดันลมให้คงที่ เพื่อให้พร้อมสำหรับปลั๊กกาวให้เข้าสู่ห้องวาล์วของวาล์วหรือแบบเข็มมิโนให้เต็มตลอดเวลาเพื่อให้ได้ขนาดกาวที่คงที่ และของเสียในกระบวนการหยอดกาวลดลง

3.4.1 การออกแบบระบบควบคุมวาล์วหรือความดัน

จากการศึกษากระบวนการหยอดกาวที่ผ่านมาต้องการที่จะชดเชยแรงดันของพารามิเตอร์วาล์วหรือความดันให้สามารถปรับค่าเพื่อชดเชยแรงดันได้แบบอัตโนมัติ จึงได้เปลี่ยนวาล์วหรือความดันจากแบบเดิมมาใช้เป็น Solenoid valve ซึ่งมีข้อดีกว่าวาล์วหรือแบบเดิมที่ต้องปรับความดันด้วยการใช้มือหมุน แต่ Solenoid valve แบบใหม่นี้สามารถปรับค่าแรงดันได้ด้วย Board micro Controller จึงเลือกใช้ Arduino Board ในการสั่งงานร่วมกับ MATLAB Simulink จากนั้นได้เพิ่มถังเก็บความดันเข้ามาในระบบเพื่อเก็บสำรองแรงดันลมให้มีแรงดันคงที่ในระบบตลอดเวลา โดยได้ออกแบบระบบควบคุมวาล์วหรือความดันไว้ดังรูปที่ 3.16



รูปที่ 3.16 การออกแบบระบบควบคุมความดันของภาชนะแบบอัตโนมัติ



รูปที่ 3.17 ชุดจำลองการออกแบบควบคุมความดันของภาชนะแบบอัตโนมัติ

ซึ่งมีรายละเอียดของอุปกรณ์ดังตารางที่ 3.7

ตารางที่ 3.7 แสดงรายละเอียดของอุปกรณ์

ลำดับ	อุปกรณ์	รายละเอียด
1	Oil Free Air Compressor	ความดัน 8 MPa 30 L
2	Air Regulator	Max Pressure 9.9 kgf/cm ²
3	Air Tank	¼ นิ้ว 3 ทาง
4	Airtac Solenoid valve	Voltage DC24 V
5	Pressure Sensor	Working Voltage 5 VDC Output Voltage 0.5-4.5 VDC Working Pressure Range 0-1.2 Mpa
6	วาล์วจ่ายลม	¼ นิ้ว
7	บอร์ด Arduino	Power supply 6-15 VDC 0.15A Voltage regulator output 5V 0.25A
8	โน้ตบุค	Dell Inspiron 15 3000 Series

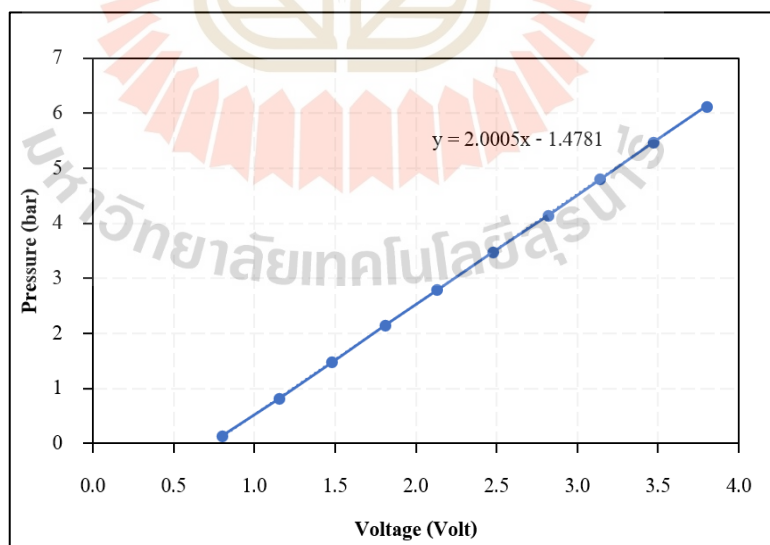
3.4.2 การสอบเทียบการวัดความดันของเซนเซอร์

เมื่อทำการออกแบบระบบควบคุมความดันของวาล์วหรือเรียบร้อยแล้วจึงทำการทดสอบการอ่านค่าความดันของเซนเซอร์วัดความดัน (Pressure Sensor) โดยการจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับ Solenoid valve ผ่านโปรแกรม MATLAB Simulink แล้วทำการบันทึกแรงดันที่ Pressure Sensor จ่ายออกมา เพื่อนำมาหาสมการเส้นตรงของ Solenoid valve นี้

J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
Sensor Read A0							A0	A0	Pressure
0.61	0.6	0.6	0.59	0.6	0.6	0.6		0.6	0.458333
0.82	0.81	0.81	0.8	0.82	0.81	0.811667		0.811667	1.076667
1.03	1.02	1.03	1.02	1.02	1.02	1.023333		1.023333	1.686667
1.25	1.25	1.25	1.23	1.23	1.25	1.243333		1.243333	2.305
1.45	1.45	1.46	1.44	1.44	1.44	1.446667		1.446667	2.933333
1.66	1.67	1.66	1.68	1.65	1.65	1.661667		1.661667	3.566667
1.88	1.89	1.86	1.87	1.86	1.86	1.87		1.87	4.203333
2.08	2.08	2.08	2.08	2.08	2.08	2.08		2.08	4.83

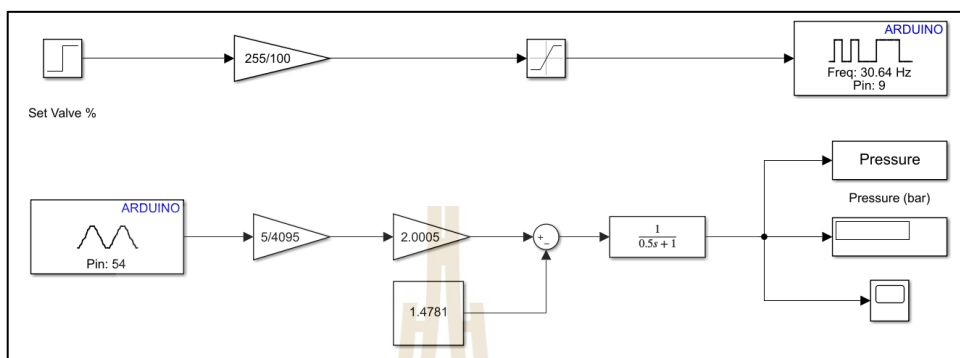
รูปที่ 3.18 แสดงการเก็บข้อมูลที่ใช้ในการสอบเทียบเซนเซอร์วัดแรงดัน

จากนั้นนำข้อมูลแรงดันไฟฟ้าที่อ่านได้จากเซนเซอร์และข้อมูลแรงดันที่ได้ มาหาความสัมพันธ์ในรูปของสมการเส้นตรงได้ดังรูปที่ 3.19



รูปที่ 3.19 กราฟการหาสมการเส้นตรงของ Pressure sensor

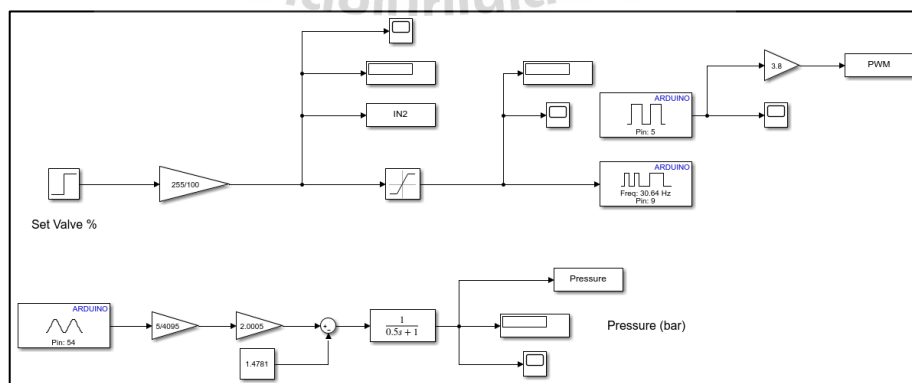
เมื่อเราทำการทดลองจ่ายแรงดันให้กับ Solenoid valve แล้วนำมาหาสมการเส้นตรง ได้ดังรูปที่ 3.19 จากนั้นเราสามารถที่จะทำให้ระบบอ่านค่าความดันที่รับค่าแรงดันมาจาก Pressure Sensor นั้นในหน่วย Bar ได้ดังรูปที่ 3.20



รูปที่ 3.20 การแปลงค่าจาก Pressure sensor ให้ออกมาในหน่วย Bar

3.4.3 การควบคุมความดันแบบวงเปิด

เมื่อทำการสอบเทียบค่าแรงดันไฟฟ้าที่อ่านได้จาก Pressure sensor โดยให้ Simulink ในโปรแกรม MATLAB อ่านค่าความดันตรงกับที่ Solenoid valve แล้วจึงได้ออกแบบ Simulink สำหรับการควบคุมแบบวงเปิดดังรูปที่ 3.21 โดยเป็นการควบคุม Solenoid valve ให้ทำการเปิดวาล์ว โดยการกำหนดเปอร์เซ็นต์ความกว้างของ Pulse ผ่าน Simulink ของโปรแกรม MATLAB ให้จ่ายสัญญาณจาก Arduino board ไปให้กับ Solenoid valve ที่เชื่อมต่อผ่าน Solid state Relay ซึ่งค่าที่ได้ จะออกมาเป็นแรงดันในหน่วย บาร์

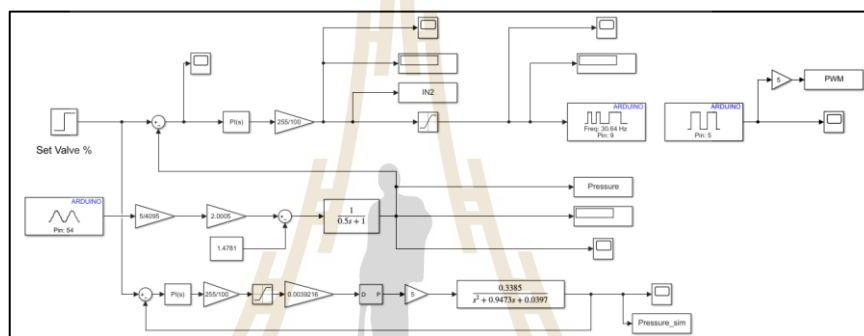


รูปที่ 3.21 การออกแบบ Simulink ของการควบคุมแบบวงเปิด

โดยทำการทดลองเปิดวาล์วเพื่อดูพฤติกรรมของวาล์วด้วยการเปิดวาล์วตั้งแต่ 20%, 25%, 30%, 35%, 40%, 45%, 50%, 55%, 60%, 65%, 70%, 75% และ 80% ของ Pulse Wide Modulation

3.4.4 การควบคุมความดันแบบวงปิด

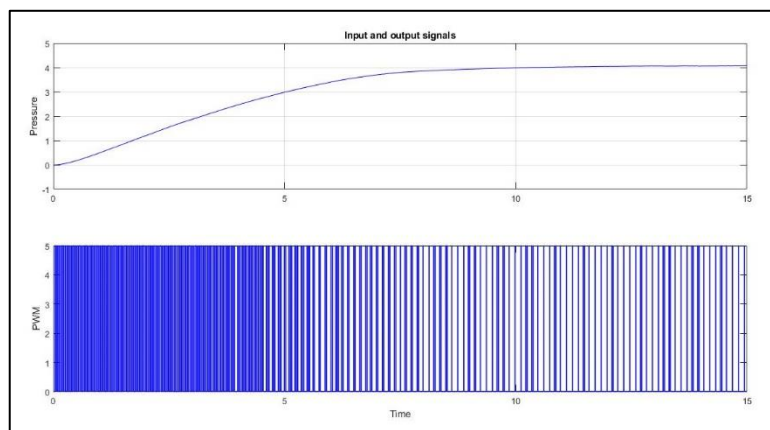
การควบคุมแบบวงปิดทำการออกแบบ Simulink โดยกำหนดค่าของความดันที่ต้องการ เพื่อให้ระบบควบคุม Solenoid valve ให้ควบคุมแรงดันได้ตามที่กำหนด ดังรูปที่ 3.22 โดยได้ทำการสร้าง Simulink ให้มีการนำของแรงดันเอาต์พุตที่ได้มาเปรียบเทียบกับค่าอ้างอิงที่กำหนดไว้ เพื่อให้ระบบควบคุมแรงดันให้ตรงกับค่าอินพุตที่กำหนดไว้แล้วทำการทดลองควบคุมความดันที่ 4 บาร์



รูปที่ 3.22 การออกแบบ Simulink ของการควบคุมแบบวงปิด

3.4.5 การหาเอกลักษณ์แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบควบคุม

เพื่อให้ผลการควบคุมความดันของ Solenoid valve และค่าความดันที่อ่านได้ในระบบของ Simulink ตรงกัน จึงทำการหาเอกลักษณ์ของระบบ โดยการทดลองปรับความดันแล้วทำการเก็บผลของอินพุตและเอาต์พุตมาวิเคราะห์ใน โปรแกรม MATLAB ในส่วนของ System identification

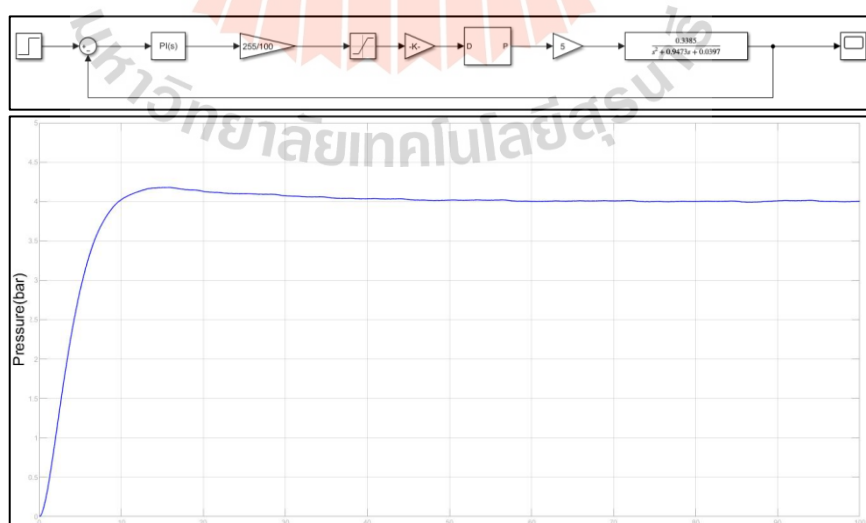


รูปที่ 3.23 แสดงการเก็บข้อมูลช่วงที่ใช้งานเพื่อหาเอกลักษณ์ของระบบ

จากนั้นทำการกำหนด Pole และ Zero ของระบบเพื่อประมาณค่าให้ได้ Transfer Function ของระบบควบคุมออกมา

3.4.6 การออกแบบตัวควบคุมแบบพีไอ

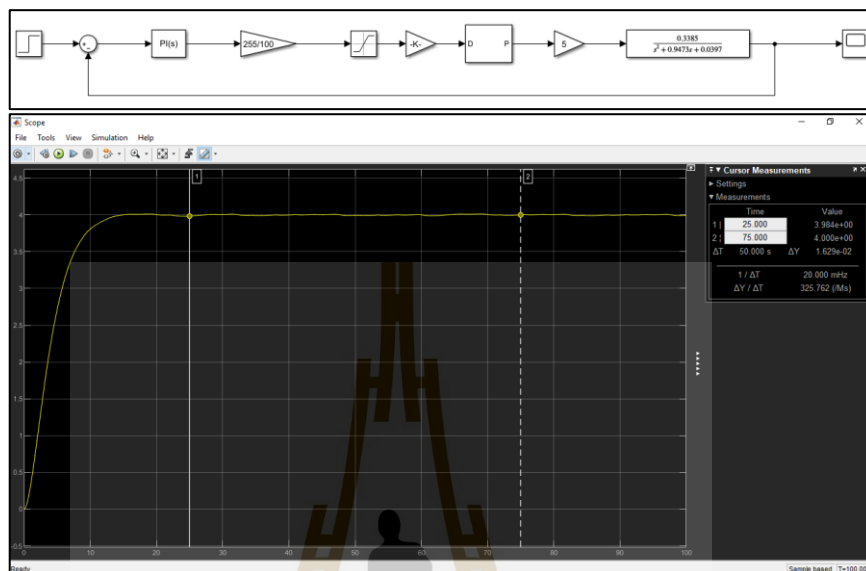
การออกแบบระบบควบคุมแบบพีไอเป็นการเพิ่มตัวควบคุมเข้าไปในระบบ เพื่อให้ผลการตอบสนองตรงตามความต้องการมากยิ่งขึ้น โดยการนำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ได้จากการหาเอกลักษณ์ของระบบก่อนหน้านี้มาเขียนใน Simulink โดยใช้บล็อกตัวควบคุมพีไอเข้ามาใส่ในระบบเพิ่มดังรูปที่ 3.24



รูปที่ 3.24 การเพิ่มตัวควบคุมพีไอให้กับระบบ

จากนั้นทำการปรับค่าของตัวควบคุมพีไอให้ได้ผลตอบสนองตามที่ต้องการโดยใช้

$$P = 12.5 \text{ และ } I = 0.55$$



รูปที่ 3.25 แสดงการปรับค่าของตัวควบคุมแบบพีไอ

3.4.7 การทดสอบควบคุมแรงดัน

เมื่อได้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบแล้ว จึงทำการทดสอบการควบคุมแรงดันในช่วงที่ต้องการใช้งาน โดยทำการออกแบบการทดสอบระบบโดยการกำหนดค่าแรงดันไว้ที่ 3, 3.5, 4 และ 4.5 บาร์ ตามลำดับ

3.4.8 การทดสอบการรบกวนระบบ

เมื่อได้ออกแบบตัวควบคุมสำหรับวาล์วหรือความดันเรียบร้อยแล้ว ถึงขั้นตอนของการทดสอบระบบควบคุม โดยทำการตั้งค่าความดันแล้วทำการทดลองปล่อยแรงดันให้ออกจากถังเก็บลมเสมือนกับการปล่อยลมให้กับระบบในงานจริง

3.5 สรุป

การดำเนินงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาพารามิเตอร์ที่ส่งผลต่อขนาดของหยดกาว (Dot size) ของเครื่องหยอดกาวและติดหัวอ่านแบบอัตโนมัติ (ACAM) ซึ่งพบว่ามีความแปรที่เกี่ยวเนื่องกับขนาดของกาวที่หยดดังนี้ 1) Needle Stroke 2) Pressure Regulator 3) Time AD3000C และ 4) Pressure AD3000C และได้ออกแบบการทดลองหยอดกาวเพื่อนำผลการทดลองที่ได้มาวิเคราะห์หาค่า

สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างแต่ละตัวแปรกับขนาดของหยดกาวที่ได้จากการทดลอง เพื่อใช้ในวิเคราะห์ด้วยอัลกอริทึมการเรียนรู้ของเครื่องจักร (Machine Learning) โดยการจำแนกขนาดของกาวดีกาวเสีย เพื่อเปรียบเทียบหาอัลกอริทึมที่สามารถจำแนกขนาดกาวได้ดีที่สุด เพื่อนำผลการวิเคราะห์ตัวแปรไปออกแบบระบบควบคุมความดันของภาชนะหรือ Pressure Regulator โดยใช้บอร์ด Arduino และโปรแกรม MATLAB /Simulink โดยประมาณแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบ แล้วนำมาออกแบบตัวควบคุมแบบพีไอ เพื่อให้ได้ผลการควบคุมตามที่ต้องการจากนั้นทำการทดสอบระบบควบคุมและสรุปผล



บทที่ 4

ผลการศึกษาและการวิเคราะห์ผล

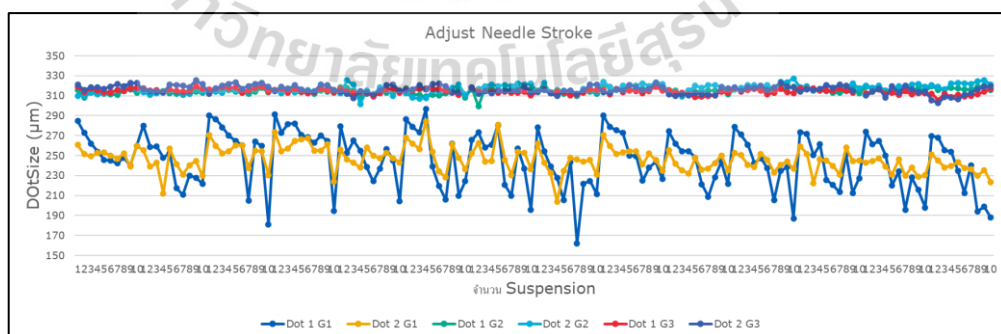
4.1 บทนำ

บทนี้เป็นการนำเสนอผลการศึกษาระบวนการหยอดกาวของเครื่องหยอดกาวและติดหัวอ่านแบบอัตโนมัติ โดยแสดงผลการศึกษาพารามิเตอร์ที่ส่งผลต่อขนาดของหยดกาว ผลการวิเคราะห์การทดลองหยอดกาวโดยวิธีการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ และใช้อัลกอริทึมการเรียนรู้ของเครื่องจําแนกขนาดกาวดีและกาวเสีย ผลการออกแบบระบบควบคุมความดันของภาชนะที่มีผลต่อขนาดกาว และการทดสอบระบบควบคุมแบบปิดที่มีตัวควบคุมแบบพีไอ

4.2 ผลการศึกษาพารามิเตอร์ที่มีผลต่อขนาดของหยดกาว

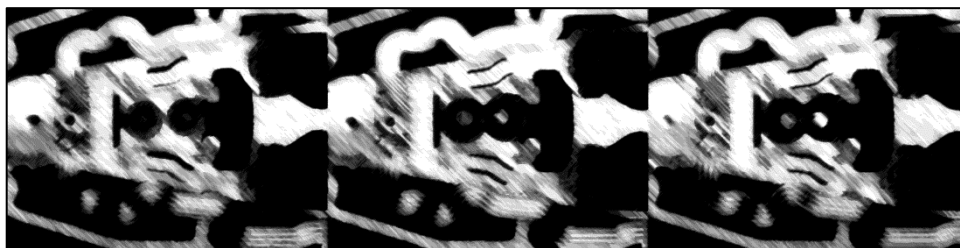
4.2.1 ผลการทดลองหยอดกาวโดยการปรับค่าพารามิเตอร์ของวาล์วหรือแบบเข็มมินิ

จากการทดลองหยอดกาวโดยการปรับค่าพารามิเตอร์ของวาล์วหรือแบบเข็มมินิ ได้ผลการทดลองดังรูปที่ 4.1 แสดงกราฟผลการทดลองโดยนำขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของหยดกาวที่ได้จากการทดลองมาพล็อตเปรียบเทียบกัน ระหว่างกลุ่มที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าขนาดหยดกาวกลุ่มที่ 1 อยู่ในช่วง 190 - 290 ไมโครเมตร กลุ่มที่ 2 และ 3 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางสูงขึ้นมากกว่ากลุ่มที่ 1



รูปที่ 4.1 ขนาดกาวของการทดลองปรับวาล์วหรือแบบเข็มมินิ

ซึ่งเมื่อนำรูปผลการทดลองมาเปรียบเทียบกันระหว่างผลการทดลองกลุ่มที่ 1 กลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3 ดังรูปที่ 4.2

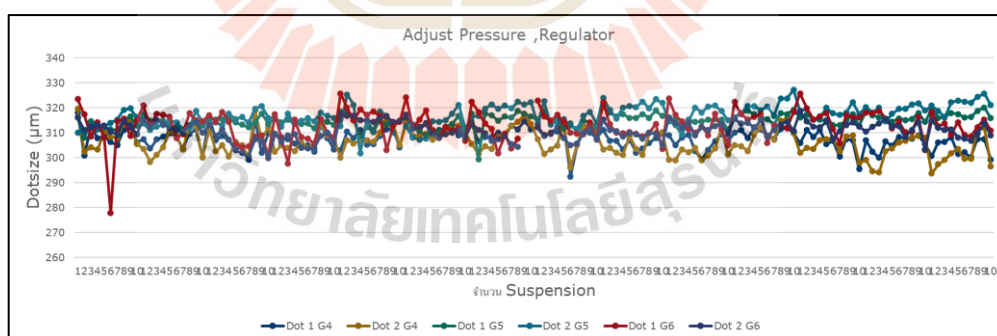


รูปที่ 4.2 รูปขนาดกาว

จะเห็นได้ว่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของหยดกาวมีค่าเพิ่มขึ้นแบบแปรผันตรงตามค่าพารามิเตอร์ของวาล์วหรือแบบเข็มมินิ

4.2.2 ผลการทดลองหยดกาวโดยการปรับค่าพารามิเตอร์ของวาล์วหรือความดัน

จากการทดลองหยดกาวโดยการปรับค่าพารามิเตอร์ของวาล์วหรือแรงดัน โดยการแบ่งการทดลองออกเป็น 3 กลุ่ม แล้วเพิ่มความดันขึ้นได้ผลการทดลองหยดกาวดังรูปที่ 4.3 ซึ่งแสดงกราฟการพล็อตผลการทดลองหยดกาวได้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางดังนี้



รูปที่ 4.3 ขนาดกาวของการทดลองปรับวาล์วหรือความดัน

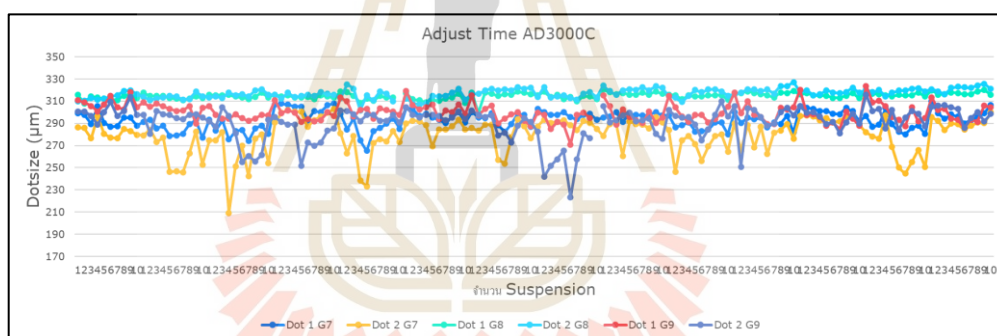
ซึ่งเมื่อนำรูปผลการทดลองหยดกาวที่ได้จากการทดลองมาเปรียบเทียบกันจะเห็นได้ว่าขนาดของหยดกาวเพิ่มขึ้นตามแรงดันดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 ขนาดกาวที่ได้จากการทดลอง

4.2.3 ผลการทดลองหอยดกาวโดยการปรับค่าพารามิเตอร์ของเวลาของเครื่อง AD3000C

การทดลองหอยดกาวโดยการปรับค่าพารามิเตอร์เวลาของเครื่อง AD3000C โดยการแบ่งการทดลองออกเป็น 3 กลุ่มโดยเพิ่มเวลาเพิ่มขึ้นในแต่ละกลุ่มได้ผลการทดลอง ดังรูปที่ 4.5 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าขนาดของหอยดกาวที่เวลามากขึ้นจะสูงกว่า



รูปที่ 4.5 ขนาดกาวของการทดลองปรับเวลาของเครื่อง AD3000C

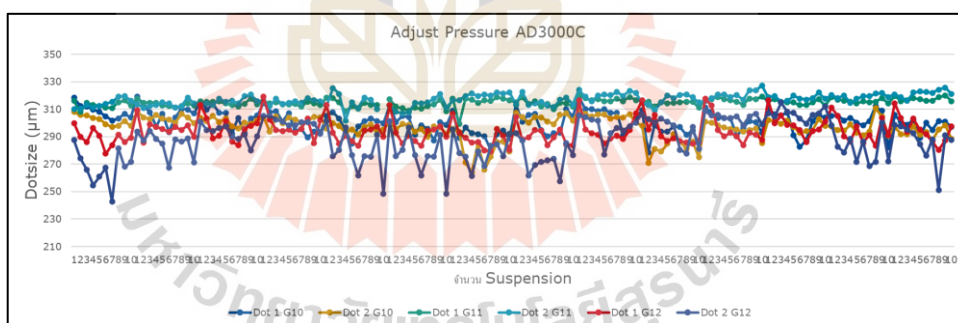
โดยเมื่อนำรูปผลการทดลองที่ได้มาเปรียบเทียบกันจะเห็นได้ว่าขนาดของหอยดกาว มีขนาดเพิ่มขึ้นตามลำดับดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 ขนาดกาวที่ได้จากการทดลอง

4.2.4 ผลการทดลองหยอดกาวโดยการปรับค่าพารามิเตอร์ของแรงดันลมของเครื่อง AD3000C

จากการทดลองหยอดกาว โดยการปรับค่าพารามิเตอร์แรงดันลมของเครื่อง AD3000C โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 3 กลุ่ม โดยทำการเพิ่มแรงดันลมขึ้นในแต่ละกลุ่มตามลำดับ ซึ่งได้ผลการทดลองจากการหยอดกาวคือ ขนาดของหยดกาว สามารถแสดงดังรูปที่ 4.7 ซึ่งจากกราฟจะเห็นได้ว่าขนาดของหยดกาวมีค่าเพิ่มขึ้นตามจำนวนแรงดันลมที่จ่ายจากเครื่อง AD3000C



รูปที่ 4.7 ขนาดกาวของการทดลองปรับแรงดันลมของเครื่อง AD3000C

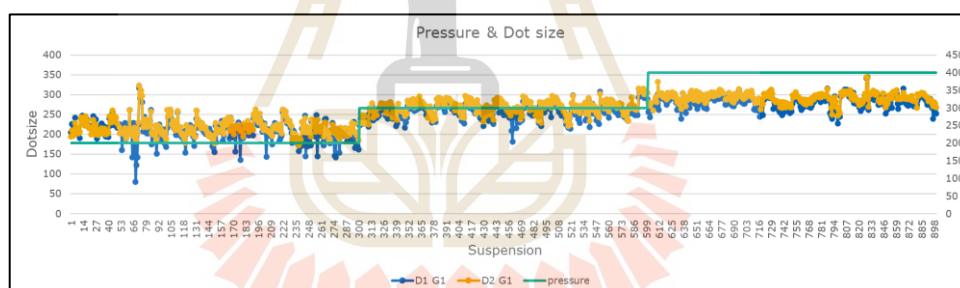
ซึ่งเมื่อนำรูปที่ผลการทดลองหยอดกาวที่ได้มาเปรียบเทียบกับกันได้ดังรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 ขนาดกาวที่ได้จากการทดลอง

4.3 ผลการทดลองหยอดกาวใหม่

จากการออกแบบการทดลองหยอดกาวเพื่อเก็บข้อมูลสำหรับนำมาวิเคราะห์หาค่า สหสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ที่มีผลกับขนาดกาวเทียบกับขนาดกาวที่วัดได้ และการวิเคราะห์ข้อมูล ของขนาดกาวที่ได้ด้วยอัลกอริทึมการเรียนรู้ของเครื่องจักร เพื่อจำแนกขนาดกาวดีกาวเสีย โดยได้นำขนาดกาวที่ได้จากการทดลองมาพล็อตดังรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 ผลการทดลองหยอดกาว

4.4 ผลการวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ของแต่ละพารามิเตอร์

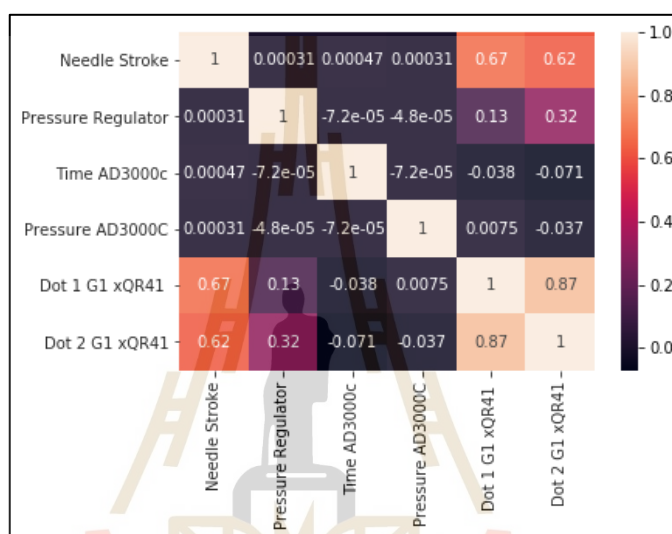
จากการทดลองหยอดกาวที่ผ่านมาได้ นำข้อมูลขนาดกาวที่ได้จากการทดลอง มาวิเคราะห์ หาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ โดยได้ผลการวิเคราะห์ดังนี้

พบว่าที่ตัวแปร Needle Stroke มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เทียบกับขนาดกาวหยดที่ 1 และขนาดกาวหยดที่ 2 อยู่ที่ 67 เปอร์เซ็นต์ และ 62 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ที่ตัวแปร Pressure Regulator พบว่า มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เมื่อเทียบกับขนาดกาว หยดที่ 1 และขนาดกาวหยดที่ 2 อยู่ที่ 13 เปอร์เซ็นต์ และ 32 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

จากนั้นที่ตัวแปร Time AD3000C เมื่อหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เทียบกับขนาดกาวหยดที่ 1 และขนาดกาวหยดที่ 2 พบว่า มีค่าที่ -3.8 เปอร์เซ็นต์ และ -7.1 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

และตัวแปรสุดท้าย คือ Pressure AD3000C เมื่อหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เทียบกับขนาดกาวหยดที่ 1 และขนาดกาวหยดที่ 2 พบว่า มีค่าอยู่ที่ 0.75 เปอร์เซ็นต์ และ -0.37 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยสามารถสรุปได้ว่า ตัวแปรที่มีผลต่อขนาดกาวหยดที่ 1 และหยดที่ 2 มากที่สุดคือ Needle Stroke และ Pressure Regulator ดังรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10 แสดงค่าสหสัมพันธ์ของแต่ละตัวแปร (Heat map)

4.5 ผลการจำแนกขนาดกาวด้วยการเรียนรู้ของเครื่องจักร

4.5.1 วิธีการต้นไม้ตัดสินใจ

จากการวิเคราะห์ข้อมูลขนาดของหยดกาวที่ได้จากการทดลองหยดกาวโดยใช้ อัลกอริทึมการเรียนรู้ของเครื่องจักรเข้ามาช่วยในการจำแนกขนาดของกาวดีและกาวเสีย โดยใช้วิธีการต้นไม้ตัดสินใจ พบว่าอัลกอริทึมนี้สามารถจำแนกขนาดของหยดกาวและกาวเสียได้ ความแม่นยำอยู่ที่ 0.99 ดังรูปที่ 4.11

	precision	recall	f1-score	support
0.0	0.98	1.00	0.99	64
3.0	1.00	0.99	1.00	112
accuracy			0.99	176
macro avg	0.99	1.00	0.99	176
weighted avg	0.99	0.99	0.99	176

รูปที่ 4.11 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วย Decision Tree

4.5.2 วิธีการ Random Forest

จากการนำขนาดของหยดกาวยี่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์ด้วยอัลกอริทึมการเรียนรู้ของเครื่องจักร โดยใช้วิธีการ Random forest ในการจำแนกขนาดกาวยี่และการเสีย พบว่ามีค่าความแม่นยำอยู่ที่ 0.98 ดังรูปที่ 4.12

	precision	recall	f1-score	support
0.0	0.97	1.00	0.98	64
3.0	1.00	0.98	0.99	112
accuracy			0.99	176
macro avg	0.98	0.99	0.99	176
weighted avg	0.99	0.99	0.99	176

รูปที่ 4.12 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วย Random Forest

4.5.3 วิธีการ K-Nearest Neighbors

จากการวิเคราะห์ข้อมูลผลการทดลองหยดกาวยี่โดยการนำขนาดของหยดกาวยี่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์ด้วยอัลกอริทึมการเรียนรู้ของเครื่องจักรในการจำแนกขนาดของกาวยี่และกาวยี่เสียโดยใช้วิธีการ K-Nearest Neighbors ซึ่งได้ค่าความแม่นยำที่ 0.93 ดังรูปที่ 4.13

	precision	recall	f1-score	support
0.0	0.92	0.95	0.94	107
3.0	0.95	0.91	0.93	102
accuracy			0.93	209
macro avg	0.93	0.93	0.93	209
weighted avg	0.93	0.93	0.93	209

รูปที่ 4.13 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วย K-Nearest Neighbors (K-NN)

4.5.4 วิธีการ SVM

จากการวิเคราะห์ผลการทดลองหยอดกาวโดยใช้ขนาดของหยดกาวที่ได้จากการทดลองมาจำแนกขนาดของกาวดีและกาวเสียโดยใช้อัลกอริทึมการเรียนรู้ของเครื่องจักรมาวิเคราะห์ โดยใช้วิธีการ SVM ซึ่งผลการวิเคราะห์พบว่า มีค่าความแม่นยำอยู่ที่ 65 เปอร์เซ็นต์ ดังรูปที่ 4.14

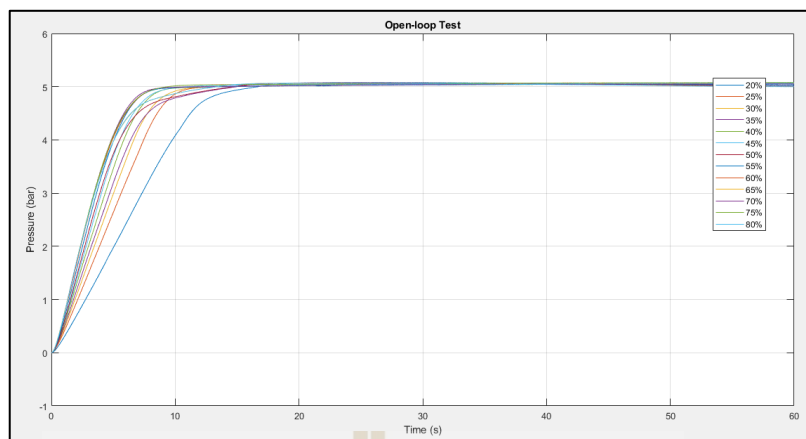
	precision	recall	f1-score	support
0.0	0.75	0.05	0.09	64
3.0	0.65	0.99	0.78	112
accuracy			0.65	176
macro avg	0.70	0.52	0.43	176
weighted avg	0.68	0.65	0.53	176

รูปที่ 4.14 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วย Support Vector Machine (SVM)

4.6 ผลการออกแบบระบบควบคุมของภาชนะแบบอัตโนมัติ

4.6.1 ผลการทดลองควบคุมความดันแบบวงเปิด

จากการออกแบบระบบควบคุมสำหรับควบคุมตัวแปรวาล์วหรือความดัน โดยเปลี่ยนจากวาล์วหรือความดันแบบปรับด้วยมือธรรมดาเป็นแบบ Solenoid valve ที่สามารถควบคุมด้วยสัญญาณไฟฟ้าได้ โดยทำการออกแบบระบบควบคุมเสมือนเรียบร้อยแล้ว ทำการทดสอบจ่ายแรงดันไฟฟ้าแบบ PWM ให้กับ Solenoid valve ซึ่งได้ผลการควบคุมความดัน ดังรูปที่ 4.15

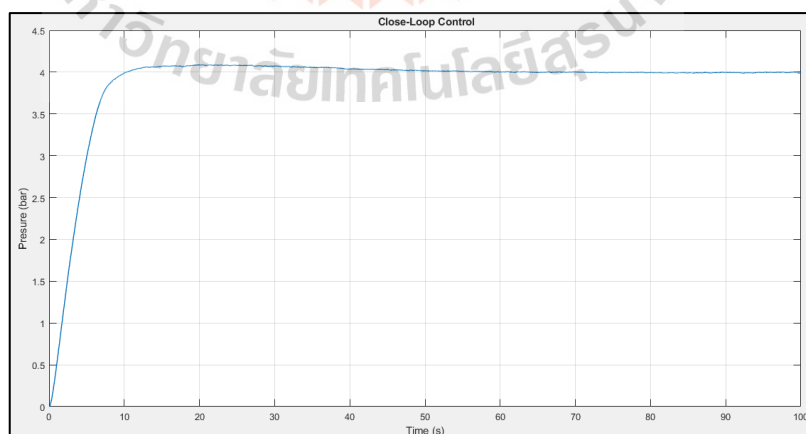


รูปที่ 4.15 ผลการทดลองควบคุมแรงดันแบบวงเปิด

พบว่าเมื่อมีผลตอบสนองตามปริมาณการจ่าย %PWM โดยจากกราฟจะเห็นได้ว่ายิ่งเปอร์เซ็นต์การเปิดวาล์วน้อยหรือจ่าย %PWM น้อย ผลตอบสนองของระบบก็ยิ่งมี Settling มากขึ้นตามไปด้วย สังเกตได้ว่ายิ่งเปอร์เซ็นต์การเปิดวาล์วมากหรือ %PWM มาก ระบบจะตอบสนองเร็วขึ้นจนถึงค่าคงตัวของระบบ ซึ่งจากการทดลองระบบเพิ่มแรงดัน จาก 0 บาร์ไปจนถึง 5 บาร์

4.6.2 ผลการทดลองควบคุมความดันแบบวงปิด

เมื่อสามารถทำการควบคุมความดันแบบวงเปิดได้แล้ว จากนั้นจึงทำการออกแบบระบบควบคุมแบบวงปิด เพื่อให้ผลตอบสนองของระบบตามแรงดันที่กำหนด ซึ่งได้ผลการทดลองดังรูปที่ 4.16

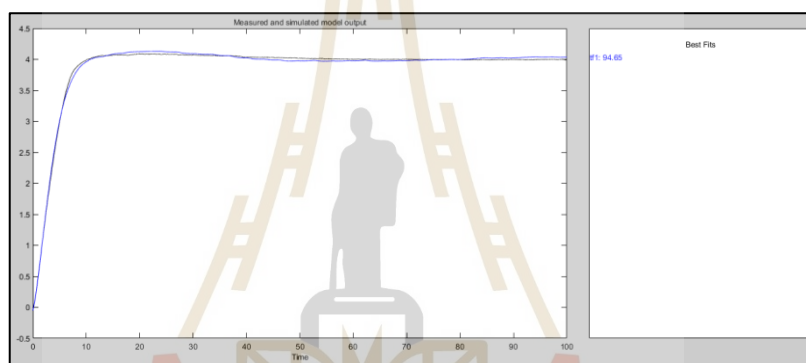


รูปที่ 4.16 ผลการทดลองควบคุมแบบวงปิด

จากกราฟผลการทดลองระบบแบบวงปิด โดยการทดลองควบคุมความดันที่ 4 บาร์ ได้ผลการตอบสนองโดยระบบสามารถควบคุมความดันได้ที่ 4 บาร์โดยสังเกตจะพบว่ามิ Over Shoot เกิดขึ้น อยู่บ้างก่อนที่ระบบจะเข้าสู่สภาวะคงตัว เนื่องจากระบบจริงยังมี รอยร้วอยู่บ้างทำให้ ลอมสามารถออก แล้วทำให้เกิดการสูญเสียแรงดันได้ แรงดันที่ Over Shoot เกินค่าที่กำหนดไว้ จึงลดลงมาแล้วระบบจึงรักษาความดันนั้นไว้ดังรูปที่แรงดัน 4 บาร์ได้

4.6.3 ผลการหาเอกลักษณ์แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบควบคุม

จากการเก็บข้อมูล Input และ Output ที่ใช้ในการควบคุมแรงดันแบบวงปิด เมื่อนำมาวิเคราะห์ด้วย App ของโปรแกรม MATLAB ในส่วนของ System Identification แล้ว ได้ Model Output ที่มีค่า Best fit เท่ากับ 94.65% ดังรูปที่ 4.17



รูปที่ 4.17 Model Output ของระบบ

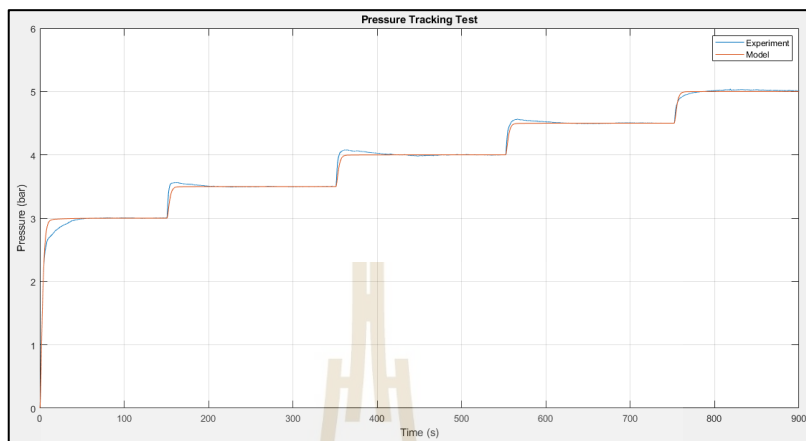
จากนั้นทำการประมาณเพื่อแสดง Transfer Function ของระบบ โดยใช้ Pole 2, Zero 0 ในการประมาณค่าเพื่อให้ได้ Transfer Function ออกมาในรูปแบบของ Second Order Transfer Function ซึ่งผลของโมเดลเอาต์พุตที่ได้มีความใกล้เคียงกับข้อมูลเบื้องต้นจึงนำมาใช้ในการ ออกแบบตัวควบคุมต่อไปโดยได้ผลการประมาณค่าของระบบดังนี้

$$Transfer Function = \frac{0.3385}{s^2 + 0.9473s + 0.0397} \quad (4.1)$$

4.6.4 ผลการควบคุมระบบแบบพีไอ

จากการหาเอกลักษณ์ของระบบที่ผ่านมา ทำให้เราทราบ Transfer Function ของระบบแล้วนำมาออกแบบตัวควบคุมแบบพีไอ เพื่อให้ได้ผลตอบสนองตามที่ต้องการ โดยทดลอง

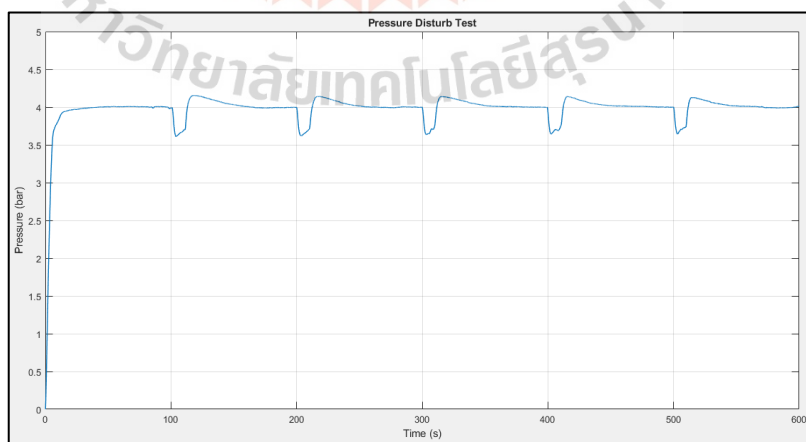
ปรับแรงดันไปที่ 3, 3.5, 4 และ 4.5 บาร์ ซึ่งพบว่า ตัวควบคุมแบบพีไอที่ออกแบบมานั้นสามารถควบคุมแรงดันลมได้ดังรูปที่ 4.18



รูปที่ 4.18 ผลการทดสอบควบคุมแรงดันด้วยตัวควบคุมแบบพีไอ

4.6.5 ผลการทดสอบการรบกวนระบบ

เมื่อสามารถควบคุมแรงดันได้ตามความต้องการแล้ว จากนั้นทำการทดสอบการรบกวนระบบ โดยทำการปล่อยลมไปใช้งาน ซึ่งได้ผลการทดสอบการรบกวน ดังรูปที่ 4.19 โดยทำการทดลองควบคุมระบบไว้ที่ 4 บาร์ จากนั้น ทำการรบกวนระบบโดยการปล่อยลมออกเพื่อดูพฤติกรรม



รูปที่ 4.19 ผลการทดสอบการรบกวนระบบ

โดยจากกราฟผลการตอบสนองของการรบกวนระบบ พบว่าเมื่อทำการรบกวนระบบโดยการปล่อยให้ระบบบวญญเสี่ยความดันแล้ว เมื่อปิดการรบกวนระบบควบคุมทำการเปิดวาล์ว เพื่อให้แรงดันกลับมาขดเซยให้ได้ 4 บาร์ ตามที่เรากำหนดไว้

4.7 สรุปผล

ผลจากการศึกษาเครื่องหยอดกาวและติดหัวอ่านแบบอัตโนมัติ (ACAM) โดยทำการศึกษาในส่วนของการกระบวนการหยอดกาว (Adhesive Dispensing) พบว่ามีตัวแปรที่ส่งผลกระทบต่อขนาดของหยดกาวที่ได้จากการทดลองดังนี้ คือ 1) Needle Stroke 2) Pressure Regulator 3) Time AD3000C และ 4) Pressure AD3000C จากนั้นทำการออกแบบการทดลองหยอดกาวใหม่เพื่อนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์ด้วยอัลกอริทึมการเรียนรู้ของเครื่องจักรในการจำแนกขนาดของกาวดีและกาวเสียโดยอัลกอริทึมที่สามารถแยกขนาดของกาวดีและกาวเสียได้ดีที่สุดคือ อัลกอริทึมต้นไม้การตัดสินใจ (Decision Tree) จากนั้นทำการนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Matrix) ของแต่ละตัวแปรที่มีผลกับขนาดกาวเพื่อดูตัวแปรที่มีค่ามากที่สุด โดยพบว่า ตัวแปร Needle Stroke มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มากที่สุดกับขนาดกาวหยดที่ 1 และหยดที่ 2 ที่ 67 และ 62 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยมีตัวแปรที่มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์รองลงมาคือ ตัวแปร Pressure Regulator ซึ่งมีค่าอยู่ที่ 13 และ 32 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนตัวแปร Time AD3000C และตัวแปร Pressure AD3000C มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์น้อยมาก ผลจากการวิเคราะห์ข้างต้นการควบคุม Needle Stroke ของเครื่องหยอดกาวในทางปฏิบัตินั้นมีความยุ่งยาก ดังนั้นจึงทำการเลือกที่จะควบคุม Pressure Regulator ซึ่งได้ใช้ Solenoid valve เข้ามาแทน Pressure Regulator แบบเดิม เพื่อให้สามารถควบคุมแรงดันลมได้แบบอัตโนมัติโดยใช้การออกแบบระบบควบคุมแบบปิดที่มีตัวควบคุมแบบพีไอพบว่าสามารถควบคุมแรงดันลมให้คงที่ได้ตามต้องการ

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลงานวิจัย

การเพิ่มประสิทธิภาพในการอ่านและเขียนข้อมูลของฮาร์ดดิสก์นั้น ขึ้นอยู่กับคุณภาพของหัวอ่านเขียนบันทึกข้อมูล โดยปัจจุบันได้มีการประยุกต์ใช้เครื่องจักรอัตโนมัติเข้ามาช่วยในกระบวนการผลิต เพื่อให้สามารถผลิตชิ้นงานได้อย่างรวดเร็วและแม่นยำ โดยงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาและวิเคราะห์เกี่ยวกับสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการหยอดกาว ได้แก่ รหัส AD3, E4, E6 และ E2 ซึ่งก็คือปัญหาของขนาดกาวที่ได้ไม่เป็นไปตามที่กำหนดไว้ โดยได้ทำการศึกษาและทดลองปรับค่าของแต่ละตัวแปรที่มีผลต่อขนาดของหยดกาว เพื่อนำมาใช้ในการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร โดยใช้ Correlation Heat Map ช่วยในการวิเคราะห์และยังใช้อัลกอริทึมการเรียนรู้ของเครื่องมาจำแนกขนาดของกาวที่ดีและเสีย โดยใช้อัลกอริทึม ได้แก่ Decision Tree, Random Forest, K-NN, SVM และ MLP โดยนำผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของแต่ละตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับขนาดกาวมาทำการออกแบบระบบควบคุมเสมือน โดยใช้ตัวควบคุมพีไอในการออกแบบระบบควบคุม ซึ่งสามารถสรุปผลการวิจัยได้ 2 ส่วนดังนี้

5.1.1 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรได้ผลการวิเคราะห์ดังนี้

1. ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแปรที่มีผลต่อขนาดของหยดกาวมากที่สุดคือ ตัวแปร วาล์วหริ่แบบเข็มมินิ (Mini Microdot) โดยมีค่าอยู่ที่ 67 และ 62 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับขนาดกาวหยดที่ 1 และหยดที่ 2 ตามลำดับ
2. ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแปรวาล์วปรับความดัน (Pressure Regulator) มีค่าต่อหยดกาวหยดที่ 1 และหยดที่ 2 อยู่ที่ 13 และ 32 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ
3. ตัวแปรเวลาของ AD3000C มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อยู่ที่ -3.8 เปอร์เซ็นต์ และ -7.1 เปอร์เซ็นต์ กับหยดกาว 1 และหยดกาว 2 ตามลำดับ ซึ่งหมายความว่าตัวแปรนี้มีผลกับขนาดของหยดกาวน้อยมาก
4. ตัวแปรแรงดันของ AD3000C พบว่า สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแปรนี้ที่มีต่อขนาดกาวหยดที่ 1 และหยดที่ 2 มีค่าอยู่ที่ 0.75 เปอร์เซ็นต์ และ -3.7 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งพบว่ามีค่าน้อยมากต่อขนาดของหยดกาว

1.5 ผลการวิเคราะห์การจำแนกขนาดของหยดกาวด้วยอัลกอริทึมการเรียนรู้ของเครื่องจักร โดยการเปรียบเทียบอัลกอริทึมที่ใช้ในการจำแนกขนาดของกาวดีกาวเสีย ซึ่งจากการวิเคราะห์ด้วยอัลกอริทึมข้างต้นนี้แล้วนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกัน พบว่าอัลกอริทึมต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) มีค่าความแม่นยำ (Accuracy) ในการจำแนกขนาดกาวดีและกาวเสียที่ได้จากการทดลองหยอดกาวสูงที่สุดอยู่ที่ 99 เปอร์เซ็นต์

5.1.2 ผลจากการศึกษาและวิเคราะห์ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับขนาดของหยดกาว

ผลจากการศึกษาและวิเคราะห์ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับขนาดของหยดกาวจึงเลือกที่จะออกแบบระบบควบคุมความดันของภาชนะที่มีผลต่อขนาดกาว ที่มีตัวควบคุมแบบพีไอ โดยใช้ Airtac solenoid valve ในการควบคุมแรงดันเพื่อส่งให้กับหลอดกาวในกระบวนการหยอดกาวของวาล์วหรีแบบเข็มมินิ (Mini Microdot) ให้ควบคุมแรงดันลมในช่วงที่ใช้งาน คือ 3 - 4 bar ซึ่งได้ทำการเก็บข้อมูลเพื่อนำมาหาเอกลักษณ์ของระบบ เพื่อประมาณแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ คือ $TF = 0.3385/(S^2 + 0.9473S + 0.0397)$ จากนั้นทำการออกแบบตัวควบคุมแบบพีไอ โดยได้ค่าพีไอเท่ากับ $P = 12.5$ และ $I = 0.55$ ตามลำดับ ซึ่งผลจากการใช้ตัวควบคุมแบบพีไอนี้พบว่าสามารถควบคุมแรงดันลมให้คงที่ได้ในค่าความดันที่ต้องการใช้งานได้

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. สามารถเพิ่มตัวแปรที่ใช้ในการควบคุมขนาดกาวเข้าไปอีกได้ โดยเพิ่มตัวแปรเวลาและความดันของ AD3000C ในการควบคุมแบบอัตโนมัติ

รายการอ้างอิง

- Han, H., & Kim, C. (2014). Dispensing of rheologically complex fluids at the dripping regime. **Journal of Non-Newtonian Fluid Mechanics**, 213, 57 – 67.
- H. Hossein Afshari, A. Zanj, and A. Basohbat Novinzadeh. (2010). Dynamic analysis of a nonlinear pressure regulator using bondgraph simulation technique. **Simulation Modelling Practice and Theory**, 18, 240 – 252.
- K. Mutschler, S. Dwivedi, S. Kartmann, S. Bammesberger, P. Koltay, R. Zengerle, and L. Tanguy. (2014). Multi physics network simulation of a solenoid dispensing valve. **Mechatronics**, 24, 209 – 221.
- M. B. Castellanos, A. L. Serpa, J. L. Biazussi, W. M. Verde, and N. do S. D. A. Sassim. (2020). Fault identification using a chain of decision trees in an electrical submersible pump operating in a liquid-gas flow. **Journal of Petroleum Science and Engineering**, 184, 106490.
- M. Gohari, and A. Mohammad Eydi. (2020). Modelling of shaft unbalance: Modelling a multi discs rotor using K-Nearest Neighbor and Decision Tree Algorithms. **Measurement**, 151, 107253.
- S. Boonsang, and W. Lertkittiwattanukul. (2017). A flash photography method for the measurements of the fluid flow dynamic of a fluid dispensing system. **Measurement**, 102, 57 – 63.
- T. Kato, K. Kawashima, T. Funaki, K. Tadano, and T. Kagawa. (2010). A new, high precision, quick response pressure regulator for active control of pneumatic vibration isolation tables. **Precision Engineering**, 34, 43 – 48.



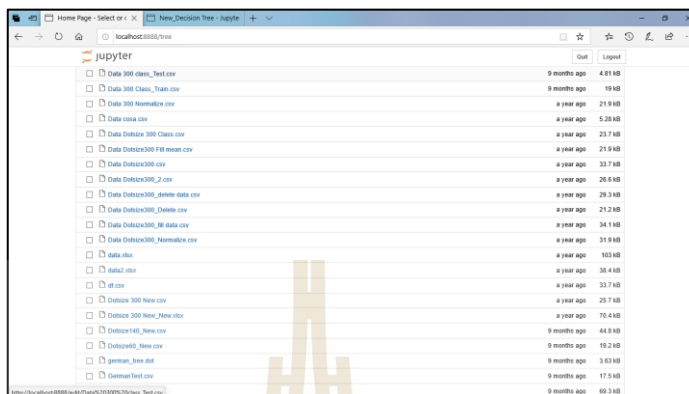
ภาควิชา ก

โปรแกรมสำหรับการทำต้นไม้การตัดสินใจ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ก.1 รายละเอียดของโค้ดสำหรับการทำต้นไม้การตัดสินใจ

1. ทำการอัปโหลดไฟล์ข้อมูล Train และ Test แบบ CSV.file เข้าสู่ Jupyter notebook ดังรูปที่ ก.1



รูปที่ ก.1 Upload ไฟล์ข้อมูลแบบ csv.file

2. จากนั้นทำการ Import ไบนารีที่ใช้ในการสร้างโมเดล ดังรูปที่ ก.2



รูปที่ ก.2 Import ไบนารีในการสร้างโมเดล

3. อ่านข้อมูลของ Train data และอ่านข้อมูลของ Test data ดังรูปที่ ก.3



รูปที่ ก.3 แสดงข้อมูล Train และ Test

4. นับจำนวนข้อมูลของ Class ใน Train data ดังรูปที่ ก.4



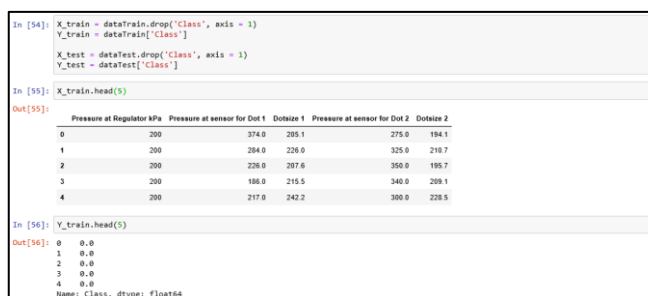
รูปที่ ก.4 นับจำนวนของ Class ใน Train data

5. นับจำนวนข้อมูลของ Class ใน Test data ดังรูปที่ ก.5



รูปที่ ก.5 นับจำนวนของ Class ใน Test data

6. จากนั้นทำการกำหนด X_train, Y_train และ X_test, Y_test ดังรูปที่ ก.6



รูปที่ ก.6 กำหนด X_Train, Y_Train, X_Test, Y_Test พร้อมแสดงตัวอย่างข้อมูล

7. จากนั้นทำการคลาสิฟิเคชันและพรีดิก ดังรูปที่ ก.7

```
In [65]: from sklearn.metrics import classification_report, confusion_matrix

In [67]: print(classification_report(Y_test, pred))
print("\n")
print(confusion_matrix(Y_test, pred))

              precision    recall  f1-score   support

 0.0         0.98         1.00         0.99         64
 3.0         1.00         0.99         1.00        112

 accuracy          0.99         0.99         176
 macro avg          0.99         1.00         0.99         176
 weighted avg          0.99         0.99         0.99         176

[[ 64  0]
 [  1 111]]
```

รูปที่ ก.7 ทำการ Classify และ Predict ข้อมูล

```
In [65]: from sklearn.metrics import classification_report, confusion_matrix

In [67]: print(classification_report(Y_test, pred))
print("\n")
print(confusion_matrix(Y_test, pred))

              precision    recall  f1-score   support

 0.0         0.98         1.00         0.99         64
 3.0         1.00         0.99         1.00        112

 accuracy          0.99         0.99         176
 macro avg          0.99         1.00         0.99         176
 weighted avg          0.99         0.99         0.99         176

[[ 64  0]
 [  1 111]]
```

รูป ก.8 แสดง Confusion matrix ของข้อมูล



ภาคผนวก ข

โปรแกรมสำหรับการทำวิธีการเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุด

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ข.1 รายละเอียดของโค้ดสำหรับการทำวิธีการเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุด

1. ทำการ import ไบเบรารีสำหรับการทำโมเดลและอ่านข้อมูลของ Train และ Test data ดังรูปที่ ข.1

```
In [1]: import pandas as pd
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
import seaborn as sns
%matplotlib inline

In [2]: dataTrain = pd.read_csv("Data 300 Class_Train.csv")
dataTrain = dataTrain.dropna()
dataTrain.head(2)

Out[2]:
```

	Pressure at Regulator kPa	Pressure at sensor for Dot 1	Dotsize 1	Pressure at sensor for Dot 2	Dotsize 2	Class
0	200	374.0	205.1	275.0	194.1	0.0
1	200	284.0	226.0	325.0	210.7	0.0

```
In [3]: dataTest = pd.read_csv("Data 300 class_Test.csv")
dataTest = dataTest.dropna()
dataTest.head(2)

Out[3]:
```

	Pressure at Regulator kPa	Pressure at sensor for Dot 1	Dotsize 1	Pressure at sensor for Dot 2	Dotsize 2	Class
0	200	347.0	213.7	297.0	231.1	0.0
1	200	264.0	213.3	347.0	215.3	0.0

รูปที่ ข.1 แสดงการอ่าน Train และ Test data

2. ทำการ Preprocessing โดยใช้ Standard Scale ดังรูปที่ ข.2

```
In [4]: from sklearn.preprocessing import StandardScaler

In [5]: stdz = StandardScaler()

In [7]: stdz.fit(dataTrain.drop("Class", axis = 1))

Out[7]: StandardScaler(copy=True, with_mean=True, with_std=True)

In [11]: scaled_ind = stdz.transform(dataTrain.drop("Class", axis = 1))

In [12]: scaled_ind

Out[12]: array([[ -1.20431661,  1.70928864, -1.22799111, -0.12821443, -1.79709752],
 [ -1.20431661,  0.09342842, -0.64327095,  0.76558808, -1.33092198],
 [ -1.20431661, -0.94785217, -1.1580485 ,  1.21248933, -1.75216494],
 ...,
 [  1.24299539,  1.35014636,  1.3850645 , -1.12927323,  1.36222469],
 [  1.24299539,  1.02699032,  1.26476323, -0.59299173,  1.28920924],
 [  1.24299539,  0.68588116,  0.72760404, -0.03883418,  0.7612514 ]])

In [14]: dataTrain.columns

Out[14]: Index(['Pressure at Regulator kPa', 'Pressure at sensor for Dot 1',
              'Dotsize 1', 'Pressure at sensor for Dot 2', 'Dotsize 2', 'Class'],
              dtype='object')

In [15]: dataTrain.columns[:1]

Out[15]: Index(['Pressure at Regulator kPa', 'Pressure at sensor for Dot 1',
              'Dotsize 1', 'Pressure at sensor for Dot 2', 'Dotsize 2'],
              dtype='object')
```

รูปที่ ข.2 แสดงการเตรียมข้อมูล โดยใช้ Standard Scale

3. ทำการ กำหนดโมเดล โดย import train_test_split จากนั้นกำหนด Test size แล้วทำการ import k NN Classifier เพื่อการทำนาย ดังรูปที่ ข.3

```

In [18]: from sklearn.model_selection import train_test_split
In [19]: X = dataTrain_std
         Y = dataTrain['Class']
In [20]: X_train, X_test, y_train, y_test = train_test_split(X, Y, test_size=0.30, random_state=55)
In [21]: from sklearn.neighbors import KNeighborsClassifier
In [22]: KNN = KNeighborsClassifier(n_neighbors = 1)
In [23]: KNN.fit(X_train, y_train)
Out[23]: KNeighborsClassifier(algorithm='auto', leaf_size=30, metric='minkowski',
                             metric_params=None, n_jobs=None, n_neighbors=1, p=2,
                             weights='uniform')
In [24]: pred = KNN.predict(X_test)
         pred

```

รูปที่ ข.3 แสดงการ Import model k NN และทำการ Predict

4. ทำการหา Confusion matrix ของการจำแนก ดังรูปที่ ข.4

```

In [25]: from sklearn.metrics import classification_report, confusion_matrix
In [26]: print(classification_report(y_test, pred))
         print('\n')
         print(confusion_matrix(y_test, pred))

```

	precision	recall	f1-score	support
0.0	0.92	0.95	0.94	107
3.0	0.95	0.91	0.93	102
accuracy			0.93	209
macro avg	0.93	0.93	0.93	209
weighted avg	0.93	0.93	0.93	209

```

[[102  5]
 [ 9 93]]

```

รูปที่ ข.4 แสดง Confusion matrix ของการจำแนก



ภาคผนวก ค

โปรแกรมสำหรับการจำแนกแบบการสุ่มป่าไม้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ค.1 รายละเอียดของโค้ดสำหรับการทำวิธีการจำแนกแบบการสุ่มป่าไม้

1. ทำการ Import ไลบรารี ที่ใช้ในการสร้างโมเดล แล้วทำการอ่านค่า Train data และ Test data ดังรูปที่ ค.1

```
In [2]: import pandas as pd
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
import seaborn as sns
%matplotlib inline

In [3]: dataTrain = pd.read_csv("Data 300 Class_Train.csv")
dataTrain = dataTrain.dropna()
dataTrain.head(2)

Out[3]:
```

	Pressure at Regulator kPa	Pressure at sensor for Dot 1	Dotsize 1	Pressure at sensor for Dot 2	Dotsize 2	Class
0	200	374.0	205.1	275.0	194.1	0.0
1	200	284.0	226.0	325.0	210.7	0.0

```
In [4]: dataTest = pd.read_csv("Data 300 class_Test.csv")
dataTest = dataTest.dropna()
dataTest.head(2)

Out[4]:
```

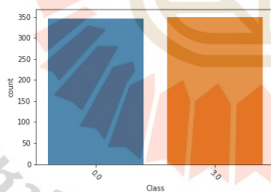
	Pressure at Regulator kPa	Pressure at sensor for Dot 1	Dotsize 1	Pressure at sensor for Dot 2	Dotsize 2	Class
0	200	347.0	213.7	297.0	231.1	0.0
1	200	264.0	213.3	347.0	215.3	0.0

รูปที่ ค.1 แสดงการอ่านข้อมูลของ Train data และ Test data

2. ทำการนับจำนวนข้อมูลของ Class ใน Train data ดังรูปที่ ค.2

```
In [5]: sns.countplot(x = 'Class', data = dataTrain)
plt.xticks(rotation=45)

Out[5]: (array([0, 1]), <a list of 2 Text xticklabel objects>)
```



```
In [6]: pd.value_counts(dataTrain["Class"], sort=True)

Out[6]: 3.0    350
0.0    346
Name: Class, dtype: int64
```

รูปที่ ค.2 แสดงจำนวน Class ของ Train data

3. ทำการกำหนด Train, Test data แล้วทำการ Import Random Forest Classifier เพื่อทำการจำแนก และทำนายข้อมูล ดังรูปที่ ค.3

```

In [7]: X_train = dataTrain.drop('Class', axis = 1)
        Y_train = dataTrain['Class']
        X_test = dataTest.drop('Class', axis = 1)
        Y_test = dataTest['Class']

In [8]: from sklearn.model_selection import train_test_split

In [9]: from sklearn.ensemble import RandomForestClassifier

In [10]: rf = RandomForestClassifier(n_estimators = 500)

In [12]: rf.fit(X_train, Y_train)

Out[12]: RandomForestClassifier(bootstrap=True, class_weight=None, criterion='gini',
                                max_depth=None, max_features='auto', max_leaf_nodes=None,
                                min_impurity_decrease=0.0, min_impurity_split=None,
                                min_samples_leaf=1, min_samples_split=2,
                                min_weight_fraction_leaf=0.0, n_estimators=500,
                                n_jobs=None, oob_score=False, random_state=None,
                                verbose=0, warm_start=False)

In [13]: pre_rf = rf.predict(X_test)

```

รูปที่ ค.3 แสดงการกำหนด Train, Test Data และการจำแนกและทำนายผล

4. ทำการ Import confusion matrix แล้วทำการ confusion matrix ของข้อมูล ดังรูปที่ ค.4

```

In [14]: from sklearn.metrics import classification_report, confusion_matrix

In [18]: print(classification_report(Y_test, pre_rf))
        print('\n')
        print(confusion_matrix(Y_test, pre_rf))

```

	precision	recall	f1-score	support
0.0	0.97	1.00	0.98	64
3.0	1.00	0.98	0.99	112
accuracy			0.99	176
macro avg	0.98	0.99	0.99	176
weighted avg	0.99	0.99	0.99	176

```

[[ 64  0]
 [  2 118]]

```

รูปที่ ค.4 แสดง Confusion matrix ของข้อมูล

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



ภาคผนวก ง

โปรแกรมสำหรับเครื่องเวกเตอร์ค้ำยัน

ง.1 รายละเอียดของโค้ดสำหรับการทำวีเครื่องเวกเตอร์ค้ำยัน

```
In [1]: import pandas as pd
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
import seaborn as sns
%matplotlib inline

In [2]: dataTrain = pd.read_csv("Data 300 Class_Train.csv")
dataTrain = dataTrain.dropna()
dataTrain.head(2)

Out[2]:
  Pressure at Regulator kPa  Pressure at sensor for Dot 1  Dotsize 1  Pressure at sensor for Dot 2  Dotsize 2  Class
0                200                374.0                208.1                276.0                194.1    0.0
1                200                284.0                228.0                325.0                210.7    0.0

In [3]: dataTest = pd.read_csv("Data 300 Class_Test.csv")
dataTest = dataTest.dropna()
dataTest.head(2)

Out[3]:
  Pressure at Regulator kPa  Pressure at sensor for Dot 1  Dotsize 1  Pressure at sensor for Dot 2  Dotsize 2  Class
0                200                347.0                213.7                297.0                231.1    0.0
1                200                284.0                210.3                347.0                215.3    0.0
```

รูปที่ ง.1 แสดงการอ่านข้อมูลของ Train data และ Test data

```
In [4]: from sklearn.model_selection import train_test_split

In [5]: X_train = dataTrain.drop('Class', axis = 1)
Y_train = dataTrain['Class']

X_test = dataTest.drop('Class', axis = 1)
Y_test = dataTest['Class']

In [6]: from sklearn.svm import SVC

In [7]: Msvm = SVC()

In [8]: Msvm.fit(X_train, Y_train)

C:\Users\Whine Tao\Anaconda3\lib\site-packages\sklearn\svm\base.py:193: FutureWarning: The default value of gamma will change from 'auto' to 'scale' in version 0.22 to account better for unscaled features. Set gamma explicitly to 'auto' or 'scale' to avoid this warning.
"avoid this warning.", FutureWarning)

Out[8]: SVC(C=1.0, cache_size=200, class_weight=None, coef0=0.0,
decision_function_shape='ovr', degree=3, gamma='auto_deprecated',
kernel='rbf', max_iter=1, probability=False, random_state=None,
shrinking=True, tol=0.001, verbose=False)

In [9]: pred = Msvm.predict(X_test)
```

รูปที่ ง.2 แสดงการกำหนด Train, Test Data และการจำแนกและทำนายผล

```
In [10]: from sklearn.metrics import classification_report, confusion_matrix

In [11]: print(classification_report(Y_test, pred))
print('\n')
print(confusion_matrix(Y_test, pred))

              precision    recall  f1-score   support

0.0         0.75         0.85         0.80         64
3.0         0.65         0.99         0.78         112

accuracy          0.65         0.65         0.65         176
macro avg         0.70         0.52         0.43         176
weighted avg         0.68         0.65         0.53         176

[[ 3  61]
 [ 1 111]]
```

รูปที่ ง.3 แสดง Confusion matrix ของข้อมูล

ประวัติผู้เขียน

นายสมชาย สืบเทพ เกิดเมื่อวันที่ 7 สิงหาคม พ.ศ. 2538 ที่อำเภอปราสาท จังหวัดสุรินทร์ เริ่มศึกษาชั้นประถมที่โรงเรียนบ้านกูน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 - 6 ที่โรงเรียนอักษรเทพประสิทธิ์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 - 3 ที่โรงเรียนอักษรพญา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 - 6 ที่โรงเรียนโพธิสัมพันธ์พิทยาคาร จังหวัดชลบุรี และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา ปี พ.ศ. 2560 เข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี โดยขณะศึกษาได้ปฏิบัติงานอยู่ที่บริษัท เวสเทิร์น ดิจิตอล ประเทศไทย จำกัด อีกทั้งได้นำเสนอผลงานทางวิชาการ เรื่อง “A Prototyping of 2-DOF Robot Arm Using Feedback Control System” ในการประชุมวิชาการ 2019 The 5th International Conference on Control, Automation and Robotics (ICCAR 2019) ระหว่างวันที่ 19 - 22 เมษายน พ.ศ. 2562 ณ จังหวัดปักกิ่ง ประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี