สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เครื่องผลิตไนโตรเจนโดยการดูดซับแบบสลับความดัน

NITROGEN PRODUCTION MACHINE USING PRESSURE SWING ADSORPTION

T117578

พลวัฒน์ ศานติยานนท์
ภาณุพงศ์ ดำดี
ภูมินทร์ ทองแสง
ภูรินท์ กล่ำสุข

เลขหมู่
เลขทะเบียน 117578
วัน,เดือน,ปี - 9 ส.ค. 2554

b. 123117667
i.

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2553

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NITROGEN PRODUCTION MACHINE USING PRESSURE SWING ADSORPTION

PONLAWAT SANTIYANON

PANUPONG DUMDEE

PHUMIN THONGSANG

PHURIN KLUMSUK

THIS THESIS IS SUMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF

BACHELOR OF ENGINEERING IN MECHATRONICS ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2010

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2553

สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องผลิตไนโตรเจนโดยการดูดซับแบบสลับความดัน
Nitrogen Production Machine using Pressure Swing Adsorption

ผู้จัดทำ นายพลวัฒน์ ศานติยานนท์ 50011066
นายภาณุพงศ์ ดำดี 50011166
นายภูมินทร์ ทองแสง 50011189
นายภูรินท์ กล่ำสุข 50011193

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพดล มณีรัตน์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องผลิตไนโตรเจนโดยการดูดซับแบบสลับความดัน

โดย

นายพลวัฒน์ ศานติยานนท์ 50011066

นายภาณุพงศ์ ดำดี 50011166

นายภูมินทร์ ทองแสง 50011189

นายภูรินท์ กล่ำสุข 50011193

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นพดล มณีรัตน์

ปีการศึกษา 2553

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ นำเสนอการทดลองและการออกแบบเครื่องแยกก๊าซไนโตรเจนออกจากบรรยากาศด้วยหลักการ PSA (Pressure Swing Adsorption) โดยใช้ความดันที่ได้จากแหล่งจ่ายลมมาทำให้เกิดการดูดซับของสารดูดซับ ซึ่งในที่นี้คือ Activated Carbon มาดูดซับออกซิเจนจากบรรยากาศ ทำให้ได้ไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบหลักซึ่งจะทำให้ได้ความเข้มข้นที่สูงกว่า 91 เปอร์เซ็นต์ ทำให้นำไนโตรเจนที่ได้ไปใช้ประโยชน์ได้ต่อไป

โดยหลักการ PSA เป็นหลักการที่ใช้พลังงานต่ำถ้าเปรียบเทียบกับกระบวนการแยกก๊าซอื่นๆ และสามารถปรับความดันได้รวดเร็วกว่า ถ้าเปรียบเทียบกับหลักการ TSA (Temperature Swing Adsorption) ที่ต้องปรับอุณหภูมิซึ่งทำงานได้ช้ากว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Nitrogen Production Machine using Pressure Swing Adsorption

By

Mr. Ponlawat	Santiyanon	50011066
Mr. Phanupong	Dumdee	50011166
Mr. Phumin	Thongsang	50011189
Mr. Phurin	Klumsuk	50011193

Advisor

Asst.Prof.Dr. Noppadol Maneerat

Academic year 2010

Abstract

This thesis presents experiments and design of Nitrogen production machine using pressure swing adsorption. The machine will receive air from an air pump then the absorber, Activated Carbon, will absorb Oxygen from the air. Finally, it will get Nitrogen which has 91 percentage of density. The produced Nitrogen can be used for many applications.

PSA (Pressure Swing Adsorption) method uses low power less than other methods. PSA method and can adjust the pressure in process faster than TSA (Temperature Swing Adsorption) method that has to adjust the temperature.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ สามารถลุล่วงไปได้ด้วยดี เพราะได้รับความช่วยเหลือเป็นอย่างดีจาก อาจารย์ นพดล มณีรัตน์ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำที่ดีมาโดยตลอดตั้งแต่ต้น รวมทั้งเอื้อเฟื้ออุปกรณ์ที่จำเป็น และความช่วยเหลือที่เป็นประโยชน์ต่อโครงงาน ผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งและขอกราบขอบพระคุณอย่างสูง

ขอขอบคุณบริษัท TNC Medditron จำกัด ที่ให้การสนับสนุนอุปกรณ์และงบประมาณบางส่วน รวมถึงช่วยให้คำปรึกษาในสิ่งต่างๆ อีกทั้งคอยกระตุ้นเตือนให้ผู้จัดทำมีแรงบันดาลใจในการทำโครงงานชิ้นนี้อีกด้วย

ขอขอบคุณอาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมเคมี ที่ให้ความรู้และคอยช่วยเหลือทางคณะผู้จัดทำซึ่งคณะผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่ง

ขอขอบคุณเพื่อนที่ให้กำลังใจ สนับสนุนอุปกรณ์ที่ขาดเหลือ กระตุ้นเตือน รวมทั้งคอยถามไถ่ความคืบหน้าของโครงงานอยู่เสมอ

สุดท้ายนี้ผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัว ที่คอยเป็นกำลังใจที่ดีตลอดมา รวมถึงการสนับสนุนในเรื่องงบประมาณที่ขาดเหลือ ตลอดจนเป็นแรงแรงบันดาลใจที่ดีที่สุดที่ทำให้โครงงานนี้สำเร็จสมบูรณ์ลงได้

คณะผู้จัดทำ
นายพลวัฒน์ ศานติยานนท์
นายภาณุพงศ์ ดำดี
นายภูมินทร์ ทองแสง
นายภูรินท์ กล่ำสุข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญภาพ	VI
สารบัญตาราง	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตของโครงงาน	1
1.4 ขั้นตอนศึกษาและการจัดทำโครงงาน	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 กระบวนการดูดซับสลับความดันหรือ PSA (Pressure Swing Adsorption)	3
2.2 Activated Carbon	5
2.2.1 การผลิต	6
2.2.2 การใช้ประโยชน์	8
2.2.3 การพิจารณาในการเลือกใช้ Activated Carbon	8
2.2.4 คุณสมบัติของต่างๆ ของ Activated Carbon ที่เลือกใช้	10
2.3 ก๊าซที่ Activated Carbon ดูดซับได้ดี	11
2.4 ก๊าซที่ได้จากกระบวนการผลิต	11
2.4.1 การนำไนโตรเจนไปใช้ประโยชน์	12
2.5 อุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมการผลิตก๊าซไนโตรเจน	12
2.5.1 PLC ยี่ห้อ Keyence	12
2.5.2 โซลินอยด์วาล์ว	13
บทที่ 3 หลักการคำนวณและออกแบบ	16
3.1 ระบบ PSA	16
3.2 ระบบ TSA	17

เอกสารนี้เป็นลิขสิทธิ์สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
3.3 ถังเก็บ Activated Carbon	17
3.3.1 การออกแบบถังเก็บ Activated Carbon	18
3.3.2 การออกแบบฝาถังเก็บ Activated Carbon	19
3.4 PLC และ กล่องควบคุม	20
3.4.1 กล่องควบคุม	20
3.4.2 PLC ยี่ห้อ Keyence kv – 16dt	21
บทที่ 4 อุปกรณ์และการทดลอง	22
4.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	22
4.2 ขั้นตอนการทดลอง	23
4.3 ผลการทดลอง	23
4.3.1 ช่วงความดันอากาศตั้งแต่ 4 ถึง 9 บาร์	24
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	26
5.1 สรุปผลการทดลอง	26
5.2 ปัญหาและข้อเสนอแนะ	26
5.3 การนำไปประยุกต์ใช้	26
5.4 แนวทางการพัฒนา	27
เอกสารอ้างอิง	28
ภาคผนวก	29
ประวัติผู้จัดทำ	44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

รูปที่	หน้า
2.1 การกระจายตัวของความเข้มข้นของสารที่ถูกดูดซับภายในหอดูดซับ	3
2.2 ตัวอย่างของ Activated Carbon	5
2.3 คุณลักษณะทางกายภาพของ Activated Carbon	6
2.4 ตัวอย่างถ่านที่นำมาผลิตเป็น Activated Carbon	7
2.5 การเปรียบเทียบผิวสัมผัสของ Activated Carbon ที่มีขนาดใหญ่กว่าคอร์ทเทนนิส	7
2.6 การทำงานของ Activated Carbon	8
2.7 ภาพขยายของ Activated Carbon	9
2.8 โครงสร้างทางเคมีของ Activated Carbon	9
2.9 การดูดซับสารของ Activated Carbon	10
2.10 PLC	12
2.11 โซลินอยด์วาล์ว	13
2.12 วาล์ว 2/2 ปกติปิด เลื่อนลิ้นไปด้วยขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้าเลื่อนลิ้นกลับด้วยสปริง	14
2.13 เลื่อนลิ้นไปด้วยขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้าเลื่อนลิ้นกลับด้วยสปริง	14
2.14 การทำงานภายในวาล์ว 2/3 ปกติปิด	15
3.1 แผนผังการทำงานของเครื่องแยกก๊าซไนโตรเจน	16
3.2 ระบบ TSA	17
3.3 ถังเก็บ Activated Carbon ที่ได้ทำการออกแบบ	18
3.4 การออกแบบกระบอก	19
3.5 แผ่นอลูมิเนียมที่ใช้ทำฝาถังเก็บ Activated Carbon	19
3.6 การออกแบบฝาถังเก็บ Activated Carbon	20
3.7 กล่องควบคุม	21
3.8 แสดงขนาด PLC ยี่ห้อ Keyence รุ่น kv – 16dt	21
4.1 ผลการทดลองระบบ PSA ช่วงความดันอากาศ 4 - 9 บาร์	25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 การใช้ระบบดูดซับแบบสลับความดันในอุตสาหกรรม	4
2.2 คุณสมบัติของ Activated Carbon ที่เลือกใช้	11
2.3 รายละเอียด PLC ยี่ห้อ Keyence	13
4.1 ผลการทดลองช่วงความดันอากาศตั้งแต่ 4 ถึง 9 บาร์	24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน

อากาศนั้นประกอบด้วยส่วนประกอบหลายชนิด ซึ่งแต่ละชนิดก็มีประโยชน์ของต่างกันไป ซึ่งถ้าสามารถแยกก๊าซต่างๆ ออกมาแล้วจะยิ่งทำได้ใช้ประโยชน์ของตัวมันเองได้มากขึ้นอีก

ทางคณะผู้จัดทำได้เล็งเห็นประโยชน์เหล่านี้ จึงได้จัดทำโครงงานนี้ขึ้นมาเพื่อที่จะนำไนโตรเจนซึ่งมีปริมาณมากที่สุดในบรรยากาศถึง 78 เปอร์เซ็นต์ มาใช้ประโยชน์ เนื่องจากประโยชน์ของไนโตรเจนนั้นมีอยู่มากมาย เช่น การนำไปใช้ทางการแพทย์ ทางทหาร หรือทางการเกษตร เช่น นำไปทำเป็นปุ๋ย เป็นต้น รวมถึงทางด้านอุตสาหกรรมรถยนต์ก็มีการใช้ประโยชน์จากไนโตรเจนมากมายเลยทีเดียว เช่น การเติมลมรถยนต์ การนำไนโตรเจนมาบรรจุในถุงลมนิรภัย และอื่นๆ อีกมากมาย โดยกระบวนการแยกก๊าซที่คณะผู้จัดทำใช้ คือ กระบวนการแยกก๊าซแบบสลับความดันหรือ PSA (Pressure Swing Adsorption) ที่มีกระบวนการทำงานโดยเพิ่มปริมาณของความดัน เพื่อให้เกิดการดูดซับของตัว Absorber ซึ่ง Absorber ที่ใช้ คือ Activated Carbon ที่จะดูดซับออกซิเจน ทำให้เหลือ แต่ไนโตรเจนความเข้มข้นสูงที่จะนำไปใช้ประโยชน์ได้

1.2 วัตถุประสงค์

วัตถุประสงค์ของการทำโครงงานสามารถแบ่งได้ดังนี้

1.2.1 เพื่อทดลองหาความดันที่มีผลต่อการดูดซึมของออกซิเจนต่อ Activated Carbon

1.2.2 เพื่อศึกษากระบวนการทำงานของเครื่องและนำชิ้นงานที่ได้ไปและพัฒนาต่อได้

1.2.3 สามารถนำชิ้นงานไปใช้งานได้จริงในด้านอุตสาหกรรมเพื่อให้เกิดประโยชน์และความปลอดภัยกับอุตสาหกรรมการผลิตมากขึ้น

1.2.4 เพื่อนำชิ้นงานที่ออกแบบไปใช้ในทางด้านอุตสาหกรรม เช่น การใช้ในอุตสาหกรรมการเชื่อมโลหะ การนำมาใช้ในการบรรจุภัณฑ์ ใช้เติมลมยางรถยนต์ ใช้ในการบ่มไวน์ ฯลฯ

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1.3.1 สร้างเครื่องจักรที่สามารถแยกก๊าซไนโตรเจนออกจากอากาศโดยใช้หลักการ PSA

1.3.2 เครื่องจักรนี้สามารถดูดซับก๊าซออกซิเจนโดยใช้ Activated Carbon ได้และสามารถคลายการดูดซับได้ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3.3 ทดลองและวัดค่าความบริสุทธิ์ของไนโตรเจนโดยเปลี่ยนตัวแปรต่างๆ เช่น ความดันที่ให้แก่ระบบ ระยะเวลาที่ให้ความดันแก่ระบบ เป็นต้น

1.4 ขั้นตอนศึกษาและการจัดทำโครงงาน

1.4.1 ศึกษาทฤษฎีการทำงานของสารเคมีและการใช้งาน Activated Carbon

1.4.2 ศึกษาโปรแกรมการออกแบบ Solid Work และออกแบบถังเก็บสารเคมีและตัวเครื่องแยกก๊าซไนโตรเจน

1.4.3 ศึกษาการทำงานของวาล์ว 2/2 และ 3/2 และอุปกรณ์ในระบบนิวแมติกส์อื่นๆ

1.4.4 ศึกษากระบวนการทำงานของระบบ PLC และเขียนโปรแกรมเพื่อใช้งานกับตัวเครื่อง

1.4.5 ทดลองหาค่าของความดัน ระยะเวลาที่ให้ความดันและปริมาณของ Activated Carbon ที่มีผลต่อการดูดซึมออกซิเจน จาก Activated Carbon ว่าความดันไหนเหมาะสมต่อการดูดซึมมากที่สุด

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 เข้าใจถึงการวางแผนการทำงานและระบบการทำงานอย่างเป็นขั้นเป็นตอน

1.5.2 สามารถนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ได้จริงในทางด้านอุตสาหกรรม

1.5.3 ทำให้รู้จักการวางแผนในการทำงานอย่างมีระบบเพื่อแก้ปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้นในการทำงานครั้งนี้ได้

1.5.4 สามารถลดค่าใช้จ่ายในด้านอุตสาหกรรมสำหรับการซื้อเครื่องแยกก๊าซไนโตรเจนได้

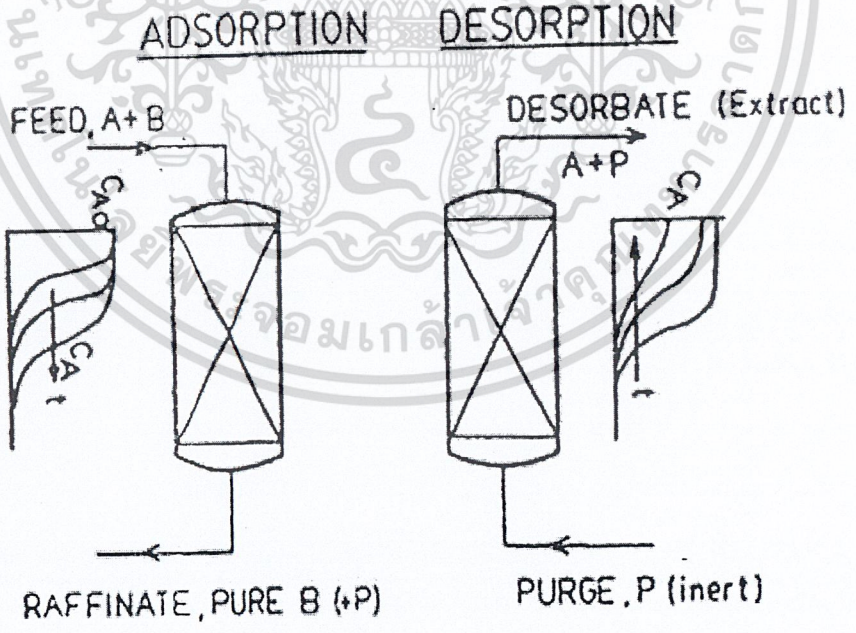
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและความรู้ที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้กล่าวถึงทฤษฎีและหลักการของระบบ กระบวนการดูดซับสลับความดัน รวมถึงข้อมูลที่สนับสนุนและเกี่ยวข้องเพื่อประกอบการทดลอง ซึ่งประกอบไปด้วยข้อมูลต่อไปนี้

2.1 กระบวนการดูดซับสลับความดันหรือ PSA (Pressure Swing Adsorption)

กระบวนการดูดซับสลับความดันเป็นกระบวนการแยกสารที่นำมาใช้ในอุตสาหกรรมมากมายดังสรุปในตารางที่ 2.1 หลักการของการดูดซับ คือ การที่วัสดุดูดซับดูดซับสารที่ถูกดูดซับได้มากกว่าออกจากสารผสมที่ป้อนเข้าไปโดยความสามารถในการดูดซับของวัสดุดูดซับ โดยขั้นตอนการปฏิบัติการของกระบวนการดูดซับแบบสลับความดันประกอบด้วยสองขั้นตอน คือ การดูดซับและคืนสภาพวัสดุดูดซับ การดูดซับ คือ สารที่ถูกดูดซับได้ดีกว่าจะถูกดูดซับออกจากสารผสมที่ป้อนเข้าไป การคืนสภาพวัสดุดูดซับ คือ สารที่ถูกดูดซับจะทำการคลายตัวออกจากวัสดุดูดซับ เพื่อทำการดูดซับในขั้นตอนต่อไป ดังแสดงการดูดซับในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 การกระจายตัวของความเข้มข้นของสารที่ถูกดูดซับภายในหอดูดซับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากขั้นตอนการดูดซับจะมีความบริสุทธิ์สูง เรียกว่า ราฟฟิเนต (Raffinate) ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่สารที่ถูกดูดซับได้มากกว่าถูกกำจัดออกไปแล้ว สารที่คายออกมาจากวัสดุที่ถูกดูดซับ เรียกว่า เอกซ์แทค (Extract) ซึ่งประกอบด้วยโมเลกุลที่ถูกดูดซับไว้ในขั้นตอนการดูดซับ

หลักการพื้นฐานของกระบวนการดูดซับสลับความดัน คือ ระหว่างขั้นตอนในการคืนสภาพวัสดุที่ถูกดูดซับ สารที่ถูกดูดซับเอาไว้ในวัสดุดูดซับจะถูกกำจัดออกโดยการลดความดัน หรืออาจจะใช้วิธีเพิ่มอุณหภูมิหรือใช้สารที่ไม่ถูกดูดซับป้อนเข้าไปในถังที่บรรจุตัวดูดซับในความดันต่ำ เนื่องจากค่าคงที่ต่างๆ ขึ้นกับอุณหภูมิ การดำเนินกระบวนการภายใต้อุณหภูมิคงที่ จะสามารถใช้ประโยชน์จากความแตกต่างของความสามารถในการดูดซับและการคืนสภาพวัสดุดูดซับภายใต้ระบบเดียวกัน ดังแสดงในรูปที่ 2.1 แสดงการกระจายตัวของความเข้มข้นในขั้นตอนการดูดซับที่ความดันสูงและการคืนสภาพวัสดุดูดซับที่ความดันต่ำ โดยปกติแล้วจะทำการหยุดขั้นตอนการดูดซับเมื่อสารที่ถูกดูดซับเกิดการอิ่มตัว (Breakthrough) ในขณะที่จะทำการหยุดขั้นตอนการคืนสภาพหอ หลังจากที่วัสดุดูดซับได้คืนสภาพเต็มที่แล้ว

ตารางที่ 2.1 การใช้ระบบดูดซับแบบสลับความดันในอุตสาหกรรม

กระบวนการ	ผลิตภัณฑ์	วัสดุดูดซับ	ชนิดของกระบวนการ
แยก H_2 ออกจากก๊าซเชื้อเพลิง	H_2 ที่ทีความบริสุทธิ์สูง	Activated Carbon หรือ Zeolite	ระบบดูดซับแบบหลายหอ
การอบแห้ง	อากาศแห้งสำหรับอุปกรณ์ควบคุม	อะลูมิเนียมออกไซด์ (Activated Al2O3)	ระบบของสการ์สตอร์มแบบสองหอ
การแยกอากาศ	N_2 และ O_2	ซีโอไลต์ (5A) หรือแคลเซียมเอ็กซ์ (CaX)	ระบบดูดซับแบบสลับความดัน
การแยกอากาศ	N_2 และ Ar	คาร์บอนโมเลกุล่าซีฟ (CMS)	ระบบของสการ์สตอร์มแบบสองหอ

ข้อได้เปรียบของกระบวนการดูดซับแบบสลับความดันเมื่อเปรียบเทียบกับกระบวนการดูดซับแบบอื่นๆ เช่น กระบวนการดูดซับแบบสลับอุณหภูมิ คือ ความดันสามารถเปลี่ยนแปลงได้รวดเร็วกว่าอุณหภูมิ ทำให้กระบวนการดูดซับแบบสลับความดันมีวงรอบที่เร็วกว่า ทำให้กำลังการผลิตเมื่อเปรียบเทียบกับกระบวนการดูดซับแบบอื่นๆ ที่ใช้ปริมาณวัสดุดูดซับเท่ากันมีค่าสูงกว่า ส่วนข้อจำกัดของกระบวนการดูดซับแบบสลับ คือ สารที่ถูกดูดซับต้องไม่ถูกดูดซับแน่นติดจนเกินไป เนื่องจากจะทำให้ไม่คุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ในขั้นตอนการคืนสภาพถังบรรจุตัวดูดซับ

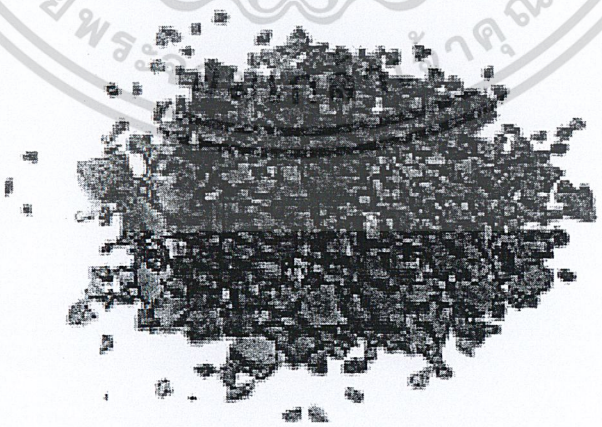
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพราะต้องใช้การคืนสภาพวัสดุดูดซับที่สุญญากาศ ในกรณีนี้ควรใช้กระบวนการดูดซับแบบสลับอุณหภูมิ

กระบวนการดูดซับแบบสลับความดันไม่ได้มีความซับซ้อนไปมากกว่ากระบวนการแยกสารอื่นๆ แต่มีปัจจัยหนึ่งที่แตกต่างออกไปจากกระบวนการแยกสารอื่นๆ เนื่องจากกระบวนการดูดซับแบบสลับความดันดำเนินการภายใต้สภาวะที่ขึ้นกับเวลา (Transient) ในขณะที่กระบวนการแยกสารอื่นๆ เช่น กระบวนการดูดซึม การสกัดและการกลั่น ดำเนินการภายใต้สภาวะคงตัว ผลลัพธ์ คือ แนวคิดของขอบข่ายของงานและขั้นตอนการออกแบบจะแตกต่างกัน ผลต่างสามารถอธิบายได้ดีที่สุดด้วยสมการอนุพันธ์เชิงสามัญ (หรืออาจจะเป็นระบบของสมการอนุพันธ์เชิงสามัญ) การหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในการดำเนินการและประสิทธิภาพของกระบวนการ ต้องการเพียงการปริพันธ์สมการเชิงอนุพันธ์เชิงสามัญเท่านั้น ในทางตรงกันข้ามกระบวนการดำเนินการภายใต้สภาวะที่ขึ้นกับเวลา สามารถระบุทางคณิตศาสตร์ได้ด้วยระบบของสมการอนุพันธ์เชิงย่อยทำให้ขั้นตอนการแก้สมการมีความซับซ้อนมากกว่า ขั้นตอนในการออกแบบและการขยายขนาด (Scale-up) ยังเป็นสิ่งที่ต้องค้นคว้าวิจัยกันต่อไป

2.2 Activated Carbon

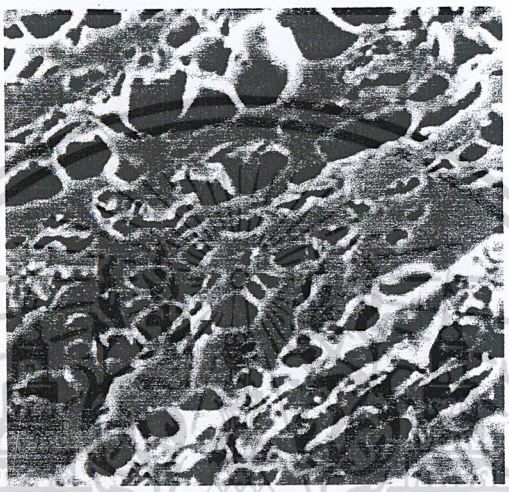
Activated Carbon หรือ ถ่านกัมมันต์ประกอบด้วยคาร์บอนที่ได้จากถ่านดังรูปที่ 2.2 ถูกระบุว่าเป็นวัสดุที่มีพื้นที่ผิวสูงมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งความสามารถในการดูดซับไนโตรเจนมีสูงมาก เพราะว่ามันมีรูเล็กๆ (Microporosity) จำนวนมาก และสามารถเพิ่มพลังการดูดซับได้อีกโดยใช้สารเคมีปรับสภาพ



รูปที่ 2.2 ตัวอย่างของ Activated Carbon

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในโครงสร้างแบบอสัญญูรูป (Amorphous) ดังรูปที่ 2.3 ซึ่งมีการจัดเรียงตัวของคาร์บอนอะตอมแตกต่างจากรูปแบบอื่นๆ เช่น เพชร หรือ กราไฟต์ คุณสมบัติหลักของ Activated Carbon คือ มีรูพรุนสูงและมีคุณสมบัติในการดูดซับ ดังรูปที่ 2.3 จะเห็นได้ว่า Activated Carbon ดูดซับสารประกอบอินทรีย์ต่างๆ ที่มีอยู่ในของเหลว หรือก๊าซเอาไว้ได้ในปริมาณสูง จึงนำไปใช้ประโยชน์ได้มากมาย



รูปที่ 2.3 คุณลักษณะทางกายภาพของ Activated Carbon

2.2.1 การผลิต Activated Carbon

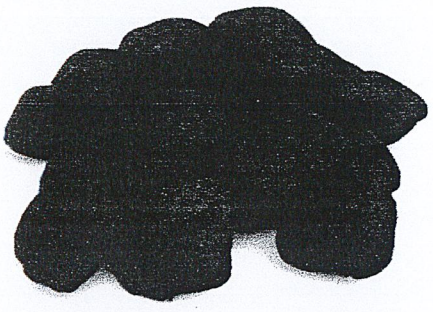
โดยทั่วไปมีกระบวนการผลิตที่แตกต่างกัน 2 วิธีคือ

1. การกระตุ้นทางเคมี (Chemical Activation): โดยส่วนใหญ่จะใช้กรดผสมเข้ากับวัสดุเริ่มต้น เพื่อที่จะกัดสิ่งสกปรก (Cauterization) ออกจากรูเล็กๆ วิธีการนี้ยังเป็นที่สงสัยกันอยู่ ตัวอย่างเช่น ว่าอาจจะมีเศษ สังกะสี ตกค้างอยู่ในผลผลิตสุดท้ายได้

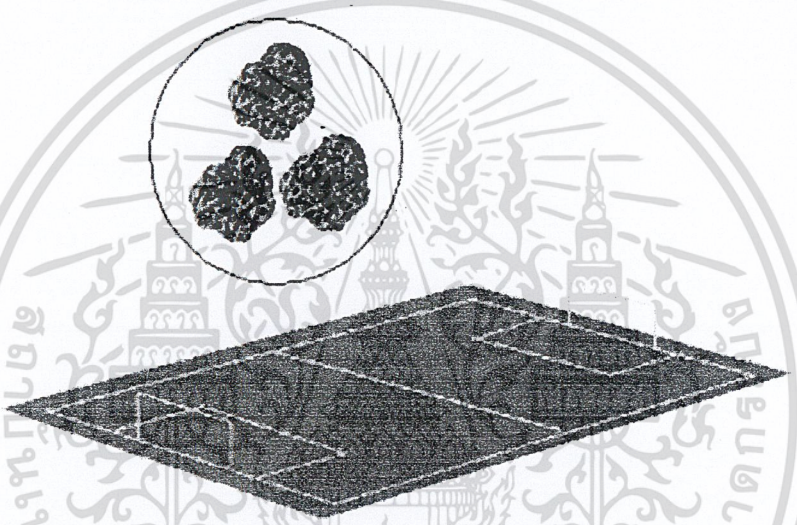
2. การกระตุ้นด้วยไอน้ำ (Steam Activation): วัสดุที่ทำจากคาร์บอนจะถูกผสมกับไอน้ำและหรือ ก๊าซที่อุณหภูมิสูง เพื่อกระตุ้นมัน วัสดุเริ่มต้นสามารถใช้เป็นวัสดุคาร์บอน (Carbonic materials) หลายชนิดเช่น กะลามะพร้าว ไม้

การผลิต Activated Carbon จะใช้วัตถุดิบจากอินทรียวัตถุต่างๆกันเช่น ถ่านไม้ เปลือกถั่ว เมล็ดแข็ง กะลามะพร้าว หรือกระดูกสัตว์ ที่เอามาเผาเป็นถ่านดังรูปที่ 2.4 และทำปฏิกิริยาภายใต้ความร้อนสูงและไอน้ำในสภาวะปราศจากออกซิเจน เพื่อเป็นการกำจัดสารประกอบต่างๆ ที่ยังหลงเหลืออยู่ให้มีเพียงคาร์บอนบริสุทธิ์อย่างเดียว และเป็นการเพิ่มพื้นที่ในการดูดซับให้มากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 ตัวอย่างถ่านที่นำมาผลิตเป็น Activated Carbon

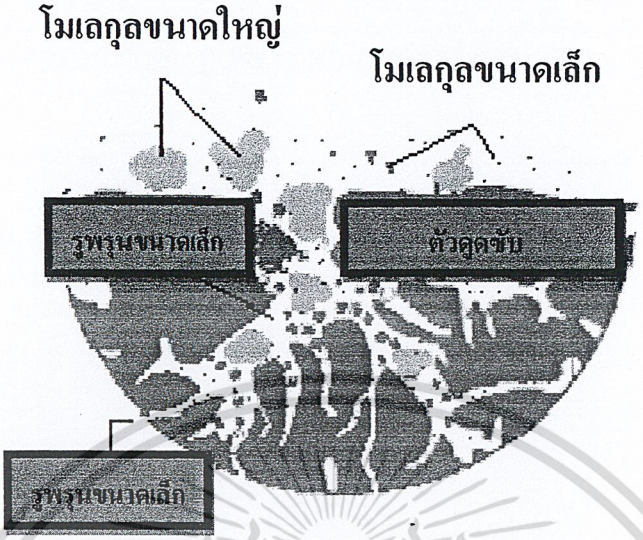


รูปที่ 2.5 การเปรียบเทียบผิวสัมผัสของ Activated Carbon ที่มีขนาดใหญ่กว่าคอร์ทเทนนิส

ในหนึ่งกรัมของ Activated Carbon มีพื้นที่ผิวถึง 400-1200 ตารางเมตร (คอร์ทเทนนิสมีขนาดประมาณ 260 ตารางเมตร) ดังรูปที่ 2.5 ที่แสดงถึงการเปรียบเทียบของ Activated Carbon ที่มีผิวสัมผัสขนาดใหญ่กว่าคอร์ทเทนนิส

กลไกการดูดซับสารอินทรีย์ของ Activated Carbon ดังรูปที่ 2.6 ที่แสดงการดูดเข้าไปที่พื้นผิวหรือ Adsorption เมื่อสารอินทรีย์ผ่านเข้าไปตามรูพรุนเล็กๆ ที่มีอยู่มากมายใน Activated Carbon

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 การทำงานของ Activated Carbon

2.2.2 การใช้ประโยชน์

Activated Carbon มีประโยชน์มากมาย ซึ่งมีการนำไปใช้ในอุตสาหกรรมหลายๆ อย่าง เช่น

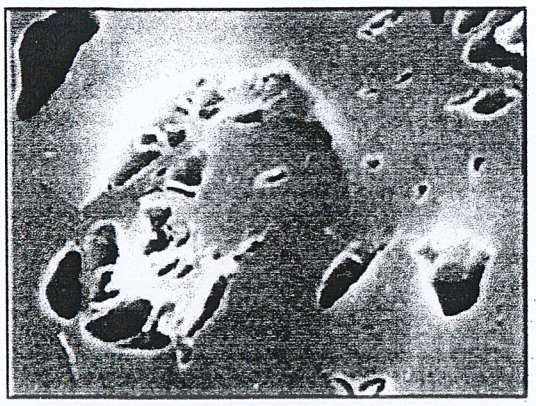
1. การสกัดโลหะ (เช่น ทองคำ)
2. ทำน้ำให้บริสุทธิ์ (โดยเฉพาะถังเก็บน้ำ (Aquarium) ในบ้านเรือน)
3. ยา
4. การบำบัดน้ำเสีย (Sewage Treatment)
5. สารกรอง ก๊าซ และหน้ากากกรอง ใช้กรองอากาศ

Activated Carbon ถูกนำไปใช้ในการกรองเอาสารประกอบอินทรีย์ต่างๆที่ไม่ต้องการออกจากของเหลวหรือก๊าซ เช่น ในการเตรียมน้ำดื่มบริสุทธิ์ อุตสาหกรรมต่างๆ ที่ต้องใช้น้ำบริสุทธิ์ การบำบัดน้ำเสีย ใช้ในการฟอกสีของเหลวต่างๆ การทดลองวิจัยในการแยกและเตรียมสารเคมี ทางการแพทย์นำไปใช้ในการกำจัดพิษ การฟอกเลือด และอื่นๆ ใช้กรองกลิ่นและก๊าซที่ไม่ต้องการ ในหน้ากากกรองสารพิษ และเครื่องฟอกอากาศ

2.2.3 การพิจารณาในการเลือกใช้ Activated Carbon

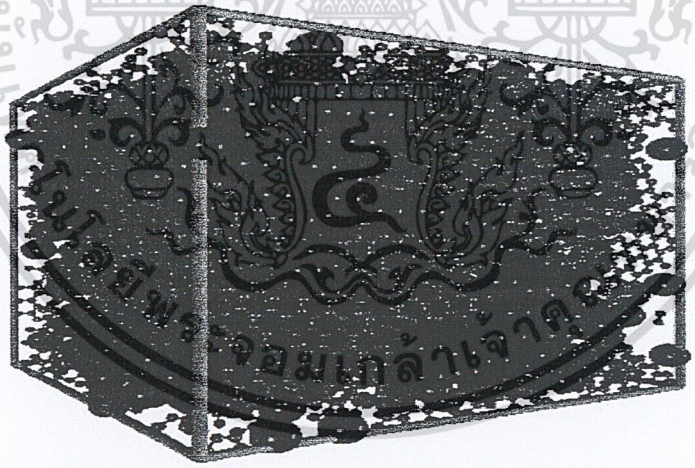
1. ขนาดของรูพรุนมีตั้งแต่เล็กมากกว่า 1 นาโนเมตรไปจนถึงประมาณ 25 นาโนเมตร ยิ่งเล็กมากก็ยิ่งมีพื้นที่สัมผัสมาก แต่ถ้าเล็กเกินไปจะดูดซับสารโมเลกุลใหญ่ได้ไม่ดีต้องเลือกให้ขนาดเหมาะสม ดังรูปที่ 2.7 ที่แสดงถึงภาพขยายของ Activated Carbon

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 ภาพขยายของ Activated Carbon

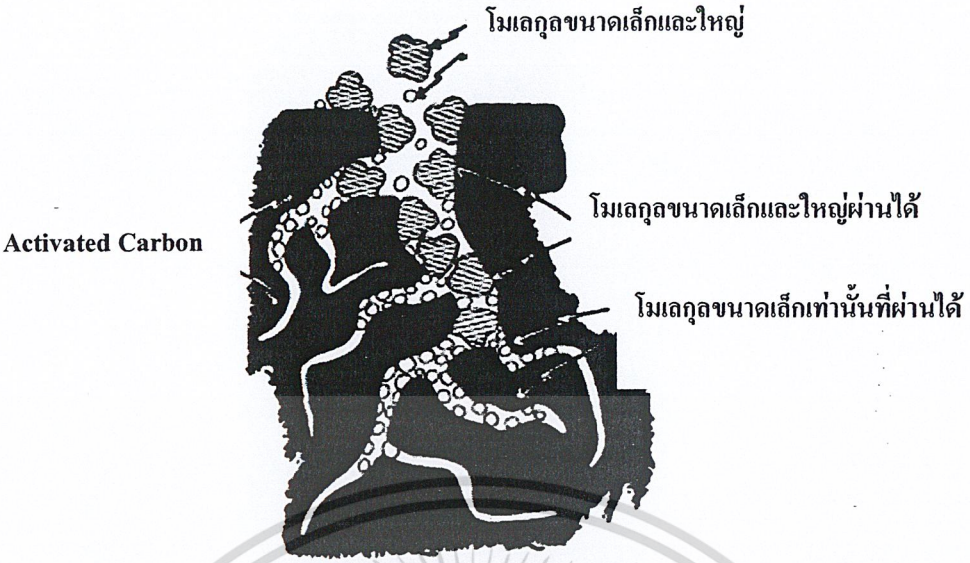
2. ขนาดของ Particle Size มีตั้งแต่เป็นผงละเอียด เป็นเม็ดหยาบไปจนถึงเป็นแท่งใหญ่ ยิ่งขนาดเล็กประสิทธิภาพในการดูดซับสารอินทรีย์ก็จะรวดเร็ว มากกว่าขนาดใหญ่ เช่น Activated Carbon ที่ใช้ในการดูดซับสารพิษเวลาล้างท้อง ซึ่งต้องการความรวดเร็วในการดูดซับสารพิษ แต่ถ้าเป็นแบบก้อนหรือแบบอัดแท่ง อัตราการดูดซับอาจจะไม่เร็วนัก แต่อายุการใช้งานจะนานกว่าไม่ต้องเปลี่ยนบ่อยๆ จึงนำมาใช้ในเครื่องกรองอากาศหรือเครื่องกรองน้ำ



รูปที่ 2.8 โครงสร้างทางเคมีของ Activated Carbon

3. คุณสมบัติทางเคมีของ Activated Carbon เช่นปริมาณออกซิเจนที่มีอยู่ดังรูปที่ 2.8 ซึ่งจะแตกต่างกันไปตามวัตถุดิบที่ใช้และขั้นตอนในการผลิต ซึ่งคุณสมบัติในการดูดซับสารต่างๆ จะแตกต่างกันไป โดยจะดูได้จากข้อมูลที่ผู้ผลิตให้มาว่าเหมาะสมกับการใช้งานแบบไหน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 การดูดซับสารของ Activated Carbon

4. คุณสมบัติของสารที่จะดูดซับ ยิ่งเป็นสารอินทรีย์โมเลกุลใหญ่จะถูกดูดซับได้ง่าย แต่สารโมเลกุลเล็กจะจับตัวแน่นในรูพรุนของActivated Carbon ได้ดีกว่า ดังรูปที่ 2.9 จะเห็นได้ว่าโมเลกุลขนาดเล็กจะเข้าไปยังรูของ Activated Carbon ได้ง่าย

5. สารอินทรีย์จะจับตัวได้ดีกับ Activated Carbon เมื่ออยู่ในสภาวะที่อุณหภูมิต่ำและความเป็นกรด

6. ระยะเวลาในการสัมผัส เช่นเดียวกับหลักการกรองทั่วๆไป ยิ่งเพิ่มระยะเวลาสัมผัสระหว่างของเหลวหรือก๊าซกับ Activated Carbon ก็ยิ่งเพิ่มอัตราการจับตัวกับสารอินทรีย์เพิ่มขึ้น

2.2.4 คุณสมบัติของต่างๆ ของ Activated Carbon ที่เลือกใช้ในโครงงาน

เนื่องจากสารที่จะดูดซับจะต้องมีคุณสมบัติที่เหมาะสมที่จะดูดซับสารที่ต้องการดูดซับให้ได้มากที่สุด เพื่อจะได้ผลลัพธ์ที่มีประสิทธิภาพสูงสุด จึงเลือกใช้คุณสมบัติของ Activated Carbon ดังตารางที่ 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 คุณสมบัติของ Activated carbon ที่เลือกใช้

LOT NUMBER	QUANTITY (Kgs.)	PACKING (Kgs/BAG)	PARAMETER								
			MOISTURE	ASH (%)	pH	A.D	IODINE	HARDNESS	+8 mesh	8-30 mesh	-30 mesh
		SPEC	MAX 5	MAX 10	-	-	MIN 950	%	MAX 5	%	MAX 5
5118-1243	1000	25	2.3	6.7	9-1	0.55	984	99	1.3	96.8	1.9

2.3 ก๊าซที่ Activated Carbon ดูดซับได้ดี

ก๊าซที่ Activated Carbon ดูดซับได้ดี คือ ออกซิเจน ซึ่งออกซิเจนเป็นองค์ประกอบของบรรยากาศประมาณ 20.9 เปอร์เซ็นต์ การหมุนเวียนของออกซิเจนจะเกิดควบคู่ไปกับคาร์บอน ในระหว่างการสังเคราะห์ด้วยแสงของสิ่งมีชีวิต จะมีการผลิตก๊าซออกซิเจนเข้าสู่บรรยากาศในขณะที่มีการใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เมื่อสิ่งมีชีวิตหายใจ ก๊าซออกซิเจนในบรรยากาศจะถูกใช้ ส่วนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ถูกผลิตออกมา

ในมหาสมุทร แพลงตอนพืชเป็นผู้ผลิตก๊าซออกซิเจนจากการสังเคราะห์ด้วยแสง ก๊าซออกซิเจนที่ได้ถูกนำไปใช้ในการหายใจและการย่อยสลาย สารอินทรีย์ที่มีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบอาจถูกทับถมในดินตะกอนจนกลายเป็นหิน ออกซิเจนในรูปนี้จะกลับสู่บรรยากาศเมื่อเกิดการผุกร่อนของหินซึ่งอาจจะอยู่ในรูปก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์หรือก๊าซออกซิเจน

ออกซิเจน (Oxygen) เป็นธาตุในตารางธาตุที่มีสัญลักษณ์ O และเลขอะตอม 8 ธาตุนี้พบมากทั้งบนโลกและทั่วทั้งจักรวาล โมเลกุลออกซิเจน (O_2 หรือที่มักเรียกว่า free oxygen) บนโลกมีความไม่เสถียรทางเทอร์โมไดนามิกส์ จึงเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันกับธาตุอื่นๆ ได้ง่าย ออกซิเจนเกิดขึ้นครั้งแรกในโลกจากการสังเคราะห์ด้วยแสงของแบคทีเรียและพืช

2.4 ก๊าซที่ได้จากกระบวนการผลิต

ก๊าซที่ได้จากกระบวนการผลิต คือ ไนโตรเจน ซึ่งแหล่งกำเนิดหลักของไนโตรเจนนั้นมาจากอากาศ ซึ่งอยู่ในรูปของ N_2 ในอากาศอยู่ประมาณ 78 เปอร์เซ็นต์ ก๊าซไนโตรเจนนี้คือส่วนสำคัญในกระบวนการทางชีววิทยาหลายกระบวนการ เช่น การที่ไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบในกรดอะมิโนและเป็นองค์ประกอบในโปรตีน เป็นต้น วัฏจักรไนโตรเจนเป็นส่วนที่จำเป็นในการแปลงสภาพจากไนโตรเจนในรูปของก๊าซไปสู่รูปแบบสารที่สิ่งมีชีวิตสามารถนำไปใช้ได้

ไนโตรเจน (Nitrogen) เป็นธาตุเคมีในตารางธาตุที่มีสัญลักษณ์ N และเลขอะตอม 7 เป็นอโลหะที่มีสถานะเป็นแก๊สที่มีอยู่ทั่วไป โดยปกติไม่มีสี กลิ่น หรือรส แต่ละโมเลกุลมี 2 อะตอม ไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบของบรรยากาศ ของโลกถึง 78 เปอร์เซ็นต์ และเป็นส่วนประกอบของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื้อเยื่อในสิ่งมีชีวิต นอกจากนี้ไนโตรเจนยังเป็นส่วนประกอบในสารประกอบที่สำคัญหลายชนิด เช่น กรดอะมิโน แอมโมเนีย กรดไนตริก และสารจำพวกไซยาไนด์

2.4.1 การนำไนโตรเจนไปใช้ประโยชน์

1. ไนโตรเจน ใช้เติมในลมยางของรถยนต์บางรุ่น
2. แอมโมเนีย ใช้เป็นอาวุธในสมัยสงครามโลกครั้งที่ 2 และใช้เป็นปุ๋ยในพืช
3. ยูเรีย ใช้เป็นปุ๋ยในพืช
4. กรดไนตริก ผสมกับกรดไฮโดรคลอริกจะได้อควารีเจีย หรือกรดกัดทอง สามารถละลายทองคำได้

2.5 อุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมการผลิตก๊าซไนโตรเจน

2.5.1 PLC

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมการเปิด-ปิดของโซลินอยด์วาล์ว โดยการเขียนโปรแกรมที่ต้องการลงไปเพื่อสั่งงานให้โซลินอยด์วาล์วทำงานตามที่ต้องการ ซึ่ง PLC ที่ใช้ในโครงงานนี้ คือ PLC ยี่ห้อ Keyence รุ่น Visual kv ซีรี่ส์ PLC (Programmable Logic Controller) ชนิดนี้มีจอแสดงผลในตัว ซึ่งเป็น PLC ขนาดเล็กที่สุดในโลก มีแหล่งจ่ายไฟ AC ในตัว Access Window ที่ใช้งานง่าย มีแผงควบคุมการทำงานที่กะทัดรัด ประมวลผลรวดเร็วด้วยอินเทอร์รัปต์ 10 ไมโครวินาที และเคาน์เตอร์ความเร็วสูงขนาด 30 กิโลเฮิร์ทซ์

รูปที่ 2.10 PLC

ในการทำโครงงานนี้ได้ใช้ PLC (Programmable Logic Controller) ในรูปที่ 2.10 ในการควบคุมการทำงานของระบบทั้งหมดซึ่ง PLC ที่ใช้ในการทดลองคือยี่ห้อ Keyence รุ่น kv – 16 dt ซึ่งมีคุณสมบัติดังตารางที่ 2.3

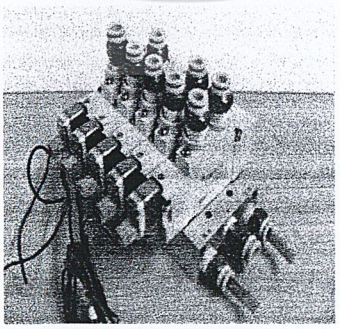
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น และไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 รายละเอียด PLC ยี่ห้อ Keyence

จำนวนอินพุต/เอาต์พุต	10/6
ภาษาโปรแกรม	แลดเดอร์ไดอะแกรม
ประเภทคำสั่ง	พื้นฐาน : 16 , คำสั่งประยุกต์ใช้งาน : 34 คำสั่ง คำนวณทางคณิตศาสตร์ : 26 , คำสั่งอินเตอร์รัปต์ : 6
เวลาประมวลผล(คำสั่ง I/O พื้นฐาน)	ต่ำสุด 1.0 ไมโครวินาที, เฉลี่ย 1.92 ไมโครวินาที
ค่าเฉลี่ย จำนวนขั้นตอน	500 ขั้นตอน / โปรแกรม
จำนวน Internal Utility Relay	-160
จำนวน Special Utility Relay	160
Data Memory (16 บิต)	1000 คำ
Temporally Data Memory (16 บิต)	32 คำ
ไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์	64 Timers / มี Counter
เคาน์เตอร์ความเร็วสูง	เคาน์เตอร์นับขึ้นแบบรีเซตอัตโนมัติ 2 ชุด
ตัวเปรียบเทียบเคาน์เตอร์ความเร็วสูง	6
การสำรองหน่วยความจำ	คงข้อมูลไว้ได้ต่ำสุด 2 เดือน
แหล่งจ่ายไฟ	24 VDC + 10 เปอร์เซ็นต์ ถึง - 20 เปอร์เซ็นต์

2.5.2 โซลินอยด์วาล์ว

โซลินอยด์วาล์วลม 24 โวลต์ ไฟเลี้ยง 1 ทาง รุ่น SMC Model : SY7120 - 5LZ - 02

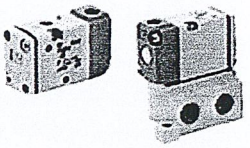


รูปที่ 2.11 โซลินอยด์วาล์ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โซลีนอยด์วาล์ว หรือวาล์วทำงานด้วยไฟฟ้า ที่ใช้ในโครงการประกอบด้วย

1. วาล์ว 2/2 ปกติปิด เลื่อนลิ้นไปด้วยขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้า เลื่อนลิ้นกลับด้วยสปริง (วาล์วแบบนั่งบ่า) (2/2 way single solenoid valve)

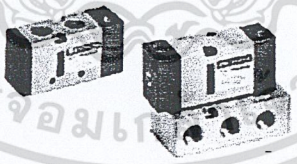


รูปที่ 2.12 วาล์ว 2/2 ปกติปิด เลื่อนลิ้นไปด้วยขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้า เลื่อนลิ้นกลับด้วยสปริง

หลักการทำงาน

ลักษณะการทำงานของวาล์ว 2/2 ปกติปิดจะทำงานคล้ายๆการทำหน้าที่เป็นสวิตซ์เปิดปิดให้ลมผ่านหรือไม่ผ่านเท่านั้น โดยขณะที่ยังไม่มีกระแสไฟฟ้าเข้าสู่ขดลวดโซลินอยด์การทำงานจะไม่มีลมผ่านวาล์ว แต่ถ้ามีกระแสไฟฟ้าเข้าสู่ขดลวดโซลินอยด์จะไปดันวาล์วให้เปิดทำให้ลมผ่านไปได้

2. วาล์ว 3/2 ปกติปิด เลื่อนลิ้นไปด้วยขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้า เลื่อนลิ้นกลับด้วยสปริง (วาล์วแบบนั่งบ่า) (3/2 way single solenoid valve)

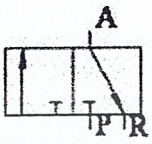


รูปที่ 2.13 เลื่อนลิ้นไปด้วยขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้า เลื่อนลิ้นกลับด้วยสปริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการทำงาน

ในตำแหน่งปกติลมจะผ่านจากพอร์ต P ไปไม่ได้แต่ลมจะไหลจากพอร์ต A ไปยังพอร์ต R แต่เมื่อมีกระแสไฟเข้าสู่ขดลวดโซลินอยด์ ซึ่งจะทำให้ลมไหลจากพอร์ต P ไปยัง พอร์ต A ได้เลยดังรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.14 การทำงานภายในวาล์ว 2/3 ปกติปิด

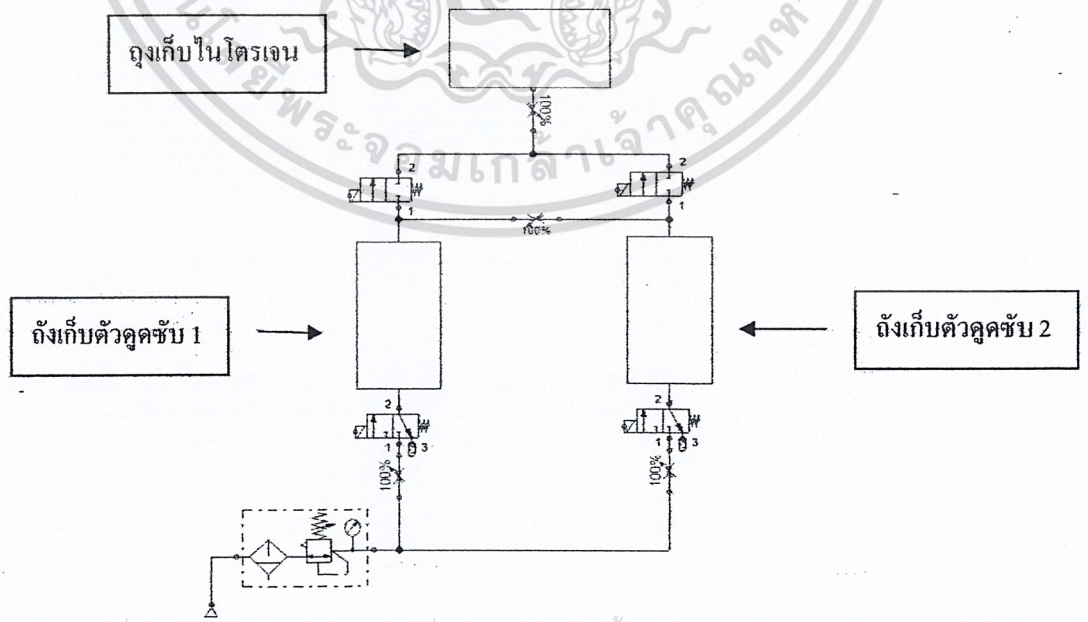
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
หลักการคำนวณและการออกแบบ

ในบทนี้จะกล่าวถึงงานที่ทำมาในด้านที่เกี่ยวกับการค้นคว้าข้อมูลระบบ PSA และงานออกแบบชิ้นส่วนที่นำมาประกอบเป็นเครื่องแยกก๊าซไนโตรเจนรวมถึงตัวควบคุมการทำงานของเครื่อง ดังนี้

3.1 ระบบ PSA (Pressure Swing Adsorption)

หลักการในการแยกก๊าซจะมีหลักการที่นิยมใช้กัน 2 วิธีด้วยกัน คือ หลักการ TSA ซึ่งคือการดูดซับแบบสลับอุณหภูมิและ PSA แต่ในการทำโครงงานครั้งนี้เลือกใช้ระบบ PSA เนื่องจากระบบ PSA มีความเสถียรมากกว่าเพราะการทำงานจะมีอุณหภูมิน้อยกว่าและความเร็วในการทำงานที่เร็วกว่าระบบ TSA โดยระบบ PSA เป็นการใช้แรงดันลมสลับในการดันอากาศเข้าและออกผ่านตัวกรองสลับไปมาเรื่อยๆ โดยหลักการ PSA จะประกอบด้วยตัวถังเก็บ Activated Carbon 2 ถัง เนื่องจากการทำงานของตัวเครื่องต้องการแรงดันของไนโตรเจนมาทำการ Reactivate เพื่อให้ออกซิเจนที่ติดอยู่ในรูพรุนของ Activated Carbon มีอายุการใช้งานได้ยาวนาน โดยแผนผังการทำงานจะมีลักษณะดังรูปที่ 3.1



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

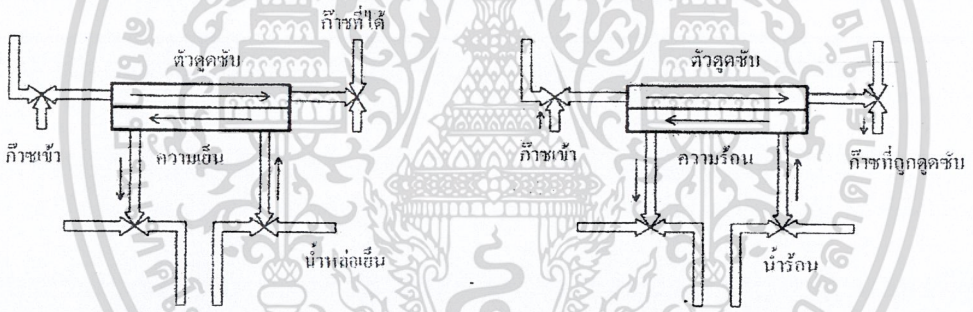
รูปที่ 3.1 แผนผังการทำงานของเครื่องแยกก๊าซไนโตรเจน

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การทำงานจะแบ่งออกเป็น 2 ช่วงเวลา ช่วงแรก คือ ขณะดูดซับ จะเกิดขึ้นเมื่อความดันมีค่าสูงขึ้นและช่วงที่สอง คือ ขณะคลายการดูดซับ โดยลดความดันให้อะตอมออกซิเจนหลุดออกมาจาก Activated Carbon

3.2 ระบบ TSA (Temperature Swing Adsorption)

ระบบ TSA หรือ กระบวนการดูดซับแบบสลับอุณหภูมิเป็นวิธีที่นำการเปลี่ยนอุณหภูมิมาช่วยในการคลายการดูดซับของตัวดูดซับ เช่น เมื่ออุณหภูมิปกติตัวดูดซับจะทำหน้าที่ดูดซับสารต่างๆ หลังจากนั้นเมื่อตัวดูดซับอิ่มตัวระบบจะเพิ่มอุณหภูมิเพื่อทำให้ตัวดูดซับทำการคลายการดูดซับ จากนั้นก็ลดอุณหภูมิเพื่อให้สารดูดซับพร้อมที่จะดูดซับอีกครั้ง แต่การดูดซับแบบนี้จะใช้พลังงานในการทำงานเยอะกว่าระบบ PSA เพราะว่าต้องเปลี่ยนอุณหภูมิ แต่ระบบ PSA ใช้แค่ในการเปลี่ยนความดันเท่านั้นดังรูปที่ 3.2 ก ที่แสดงถึงการดูดซับโดยใช้อุณหภูมิที่ต่ำหรือเย็นกว่าและรูปที่ 3.2 ข คือการคลายการดูดซับ โดยใช้อุณหภูมิสูงหรือร้อนกว่า



(ก.) การดูดซับ (ข.) การคลายการดูดซับ

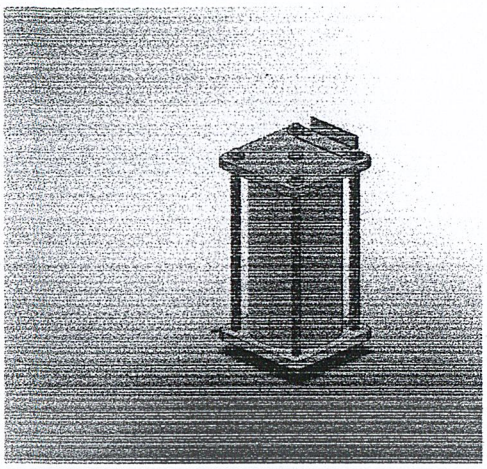
รูปที่ 3.2 ระบบ TSA

3.3 ถังเก็บ Activated Carbon

เนื่องจากถังเก็บ Activated Carbon เป็นส่วนสำคัญในโครงงานครั้งนี้เป็นปัจจัยที่จะกำหนดอัตราเปอร์เซ็นต์ความบริสุทธิ์ของไนโตรเจนที่ออกมาทางเอาท์พุตเพื่อนำไปใช้งาน เนื่องจากโครงงานนี้ถังเก็บ Activated Carbon ต้องรับแรงดันต่ำสุดได้ขนาดเท่ากับ 7000 นิวตันต่อตารางเมตร และการออกแบบถังเก็บ Activated Carbon ต้องทนต่อความร้อนที่จะเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากเมื่อแรงดันสูงขึ้นความร้อนก็จะเพิ่มสูงขึ้นด้วยอัตราส่วนที่แปรผันตรงกัน ซึ่งได้ออกแบบถังเก็บ Activated Carbon ดังรูปที่ 3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

117578



รูปที่ 3.3 ถังเก็บ Activated Carbon ที่ได้ทำการออกแบบ

3.3.1 การออกแบบถังเก็บ Activated Carbon

ในการออกแบบถังเก็บ Activated Carbon วัสดุที่เลือกใช้ในการทำ คือ อลูมิเนียม ซีรีย์ 5xxx เนื่องจากอลูมิเนียมชนิดนี้จะผสมแมกนิเซียม จึงมีความแข็งแรงอย่างมากและทนต่อการกัดกร่อนได้สูง เนื่องจากเมื่ออลูมิเนียมชนิดนี้ทำปฏิกิริยากับออซิเจนแล้ว จะเข้าไปเคลือบผิวของอลูมิเนียมทำให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมีกับสารตัวอื่นได้ยาก อลูมิเนียมซีรีย์5xxx ยังทนต่อความร้อนได้สูงถึง 658 องศาเซลเซียส ซึ่งเหมาะกับการใช้งานที่อุณหภูมิสูง เพราะรูปร่างของถังเก็บจะไม่เกิดการบิดเบี้ยวหรือเปลี่ยนรูปร่างเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น เนื่องจากถ้ารูปร่างของถังเก็บ Activated Carbon เกิดบิดเบี้ยวอาจจะมีผลต่อการถอดประกอบถังได้ และคุณสมบัติของอลูมิเนียมซีรีย์ 5xxx ที่นิยมเลือกใช้ในงานอุตสาหกรรมคือมีน้ำหนักเบาและมีผิวที่สามารถทำให้เกิดความสวยงามได้ง่ายและต้องทนความดันภายในถังซึ่งความหนาที่เหมาะสมกับแรงดันขนาด 700000 นิวตันต่อตารางเมตร และมีจุดหลอมเหลว 658 องศาเซลเซียส ซึ่งอลูมิเนียมซีรีย์ 5xxx ดังรูปที่ 3.3 มาออกแบบให้เป็นดังรูปที่ 3.4 สามารถทนความเค้นแรงดึงของอลูมิเนียม 9-12 กิโลกรัมต่อตารางมิลลิเมตร และสามารถคำนวณได้ตามความสัมพันธ์ของสมการที่ 3.1

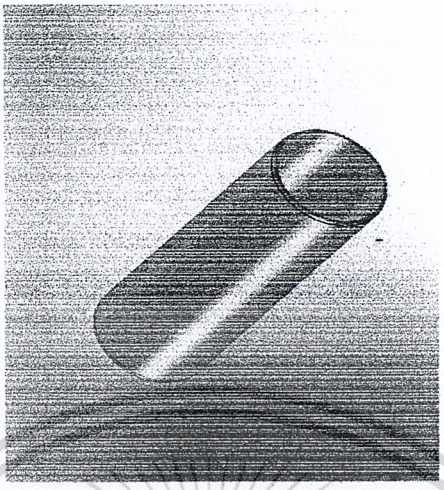
$$P = F / A \qquad (3.1)$$

โดย P = แรงดัน (นิวตันต่อตารางเมตร)

F = แรง (นิวตัน)

A = พื้นที่หน้าตัด (ตารางเมตร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

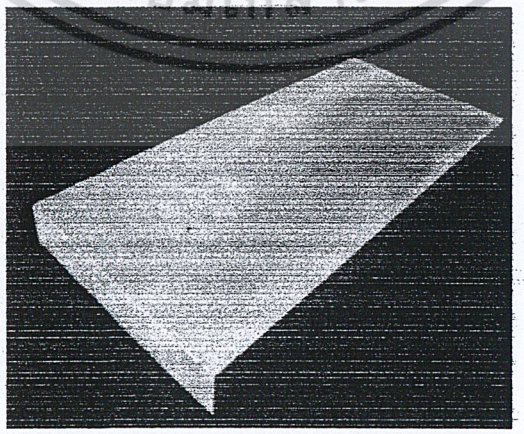


รูปที่ 3.4 การออกแบบกระบอก

ภายในถังเก็บ Activated Carbon จะบรรจุวัสดุไว้ 2 ส่วน คือ อลูมิเนียมใยฝอย และ Activated Carbon ชนิดเม็ดที่บรรจุในถุงตาข่ายตาถี่เพื่อไม่ให้เม็ดของ Activated Carbon นั้นไปอุดตันรูอินพุตและเอาท์พุตของทางเดินก๊าซ ซึ่งการบรรจุจะใส่ Activated Carbon ไปถังละ 1 กิโลกรัม และใส่ฝอยอลูมิเนียมปิดส่วนหัวและท้ายของถังเก็บ Activated Carbon

3.3.2 การออกแบบฝาของถังเก็บ Activated Carbon

การออกแบบฝาปิดถังเก็บ Activated Carbon ใช้อลูมิเนียมซีรีย์ 5xxx ในการทำฝาเพราะมีความทดทานต่อความร้อนได้สูงถึง 658 องศาเซลเซียส และสามารถทนความเค้นแรงดึงของอลูมิเนียม 9-12 กิโลกรัมต่อตารางมิลลิเมตร



รูปที่ 3.5 แผ่นอลูมิเนียมที่ใช้ทำฝาถังเก็บ Activated Carbon

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยออกแบบให้มีร่องที่เจาะเป็นวงกลมขนาดความหนา 3 มิลลิเมตร เพื่อเป็นช่องในการใส่กาวให้เป็นซีลป้องกันการรั่วของอากาศเพื่อให้เปอร์เซนต์ความบริสุทธิ์ของไนโตรเจนไม่เปลี่ยนแปลง หลักการยึดฝาปิดกับตัวถังเก็บ Activated Carbon จะใช้กาวติดเพื่ออุดรอยรั่วของอากาศโดยออกแบบให้มีร่องสำหรับใส่กาวไว้ กาวที่ใช้จะเป็นกาวที่สามารถถอดออกได้เนื่องจากการใช้งานต้องมีการถอดออกเมื่อต้องการเปลี่ยน Activated Carbon และส่วนตรงกลางฝาจะเจาะรูเพื่อเป็นอินพุตและเอาท์พุตของอากาศ ส่วนหลักการยึดฝาให้ติดกับกระบอกจะใช้การยึดโดยใช้เหล็กสตัดโดยเจาะฝาเป็นรู 4 รู และใช้น็อตดึงให้กระบอกติดกับฝาโดยแบ่งการรับแรงออกเป็น 4 ส่วนโดยใช้เหล็กสตัด 4 อันยึดหัวท้าย เพื่อให้การรับแรงของเหล็กสตัดนั้นสม่ำเสมอและสามารถถอดประกอบได้ง่าย และมีรูปการออกแบบดังรูปที่ 3.6

รูปที่ 3.6 การออกแบบฝาถังเก็บ Activated Carbon

3.4 PLC และกล่องควบคุม

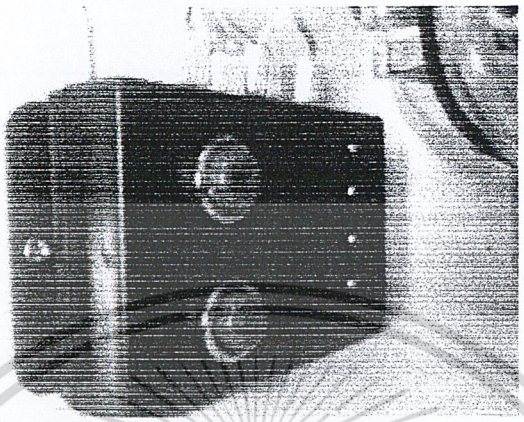
ในเครื่องแยกก๊าซไนโตรเจนด้วยระบบ PSA มีส่วนที่ออกแบบเพื่อควบคุมในส่วนของการทำงานของระบบ 2 ส่วน คือ ส่วน PLC และกล่องควบคุม ซึ่งทั้งสองส่วนนี้จะทำหน้าที่ควบคู่กัน โดยกล่องควบคุมจะมีสวิตช์ปิด-เปิดคอยสั่งการควบคุมการทำงานของ PLC โดยสั่งการให้ PLC ทำงานตามโปรแกรมที่กำหนดไว้

3.4.1 กล่องควบคุม

ในกล่องควบคุมจะมีส่วนของหลอกไฟ LED เพื่อแสดงสถานะการทำงานของวาล์วและแสดงผลการทำงานของระบบผ่านเครื่อง PLC ดังรูปที่ 3.7 ซึ่งการใช้หลอดไฟแสดงสถานะการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

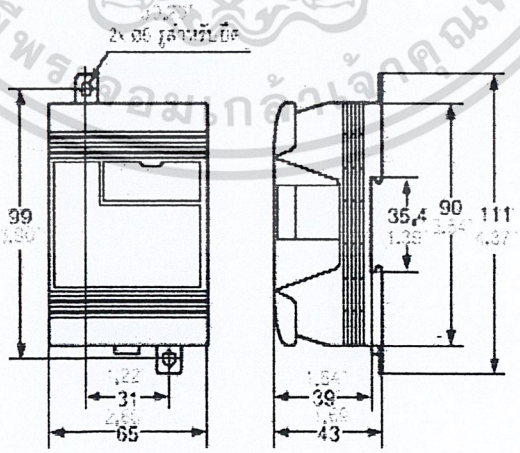
ทำงานของวาล์วนั้น เพื่อตรวจสอบวาล์วเมื่อเกิดการขัดข้องและเสียได้ด้วย เนื่องจากวาล์วเป็นอุปกรณ์ที่ตรวจสอบได้ยากถ้าเกิดการเสียหรือชำรุด



รูปที่ 3.7 กล่องควบคุม

3.4.2 PLC ยี่ห้อ Keyence Visual KV ซีรี่ส์ รุ่น kv – 16dt

ในการออกแบบเลือกใช้ PLC ยี่ห้อ Keyence รุ่น kv – 16dt ดังรูปที่ 3.8 มีอินพุต 10 พอร์ต เอาท์พุต 6 พอร์ต เนื่องจากมีขนาดเล็กซึ่งจะทำให้ลดขนาดของเครื่องลงได้ และจำนวนพอร์ตอินพุตเอาท์พุตก็เพียงพอต่อการใช้งาน เนื่องจากอินพุตที่ใช้งานจะใช้ 2 พอร์ต และพอร์ตเอาท์พุตที่ใช้งานจะใช้ 4 พอร์ต และทำการป้อนโปรแกรมลงไปในตัวเครื่องเพื่อสั่งการให้เครื่องทำงาน



รูปที่ 3.8 แสดงขนาด PLC ยี่ห้อ Keyence รุ่น kv – 16dt

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลอง

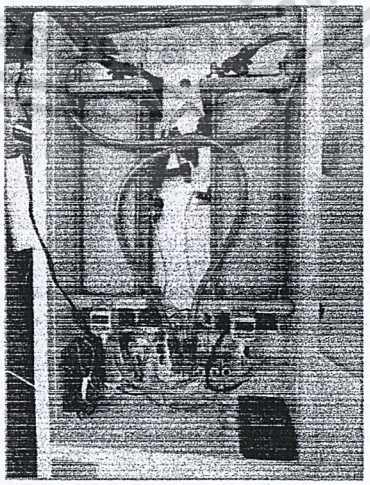
ในบทนี้กล่าวถึงการทดลองและผลการทดลองการทำงานของระบบ PSA เพื่อทดสอบว่าช่วงเวลาใดที่เครื่องสามารถผลิตก๊าซไนโตรเจนได้ดีที่สุดโดยมีรายละเอียดของการทดลองดังนี้

4.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำโครงงานทั้งหมดประกอบไปด้วยระบบนิวแมติกและอุปกรณ์ควบคุมต่างๆดังต่อไปนี้

1. วาล์ว 2/2
2. วาล์ว 3/2
3. Throttle Valve
4. แหล่งจ่ายลม
5. ตัวเก็บเสียง
6. ถังเก็บตัวดูดซับ
7. Activated Carbon
8. PLC
9. กล่องควบคุม

นำอุปกรณ์มาต่อในแผนผังการทำการดังรูปที่ 3.1 จะได้เครื่องที่ใช้ในการทดลองดังรูปที่ 4.1



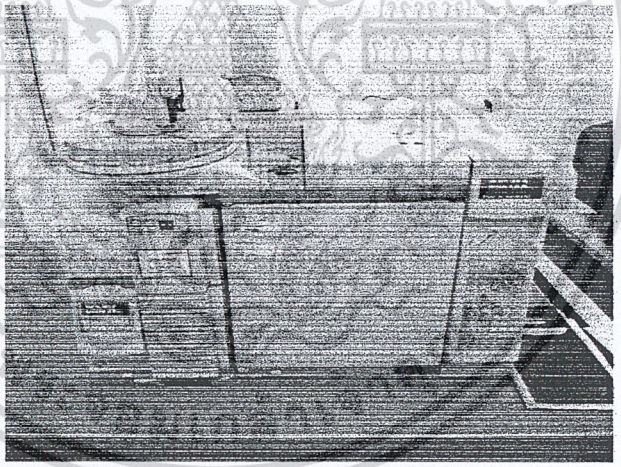
รูปที่ 4.1 เครื่องที่พร้อมทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ขั้นตอนการทดลอง

การทดลองการทำงานของเครื่องผลิตไนโตรเจนโดยดูดซับแบบสลับความดันมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ตั้งค่าความดันที่ต้องการในช่วง 4-9 บาร์
2. เปิดเครื่องโดยกดปุ่มที่อยู่บนกล่องควบคุมเครื่องจะทำการเปิดวาล์ว 2/2 แล้วหน่วงเวลาประมาณ 30 วินาที
3. จากนั้นเครื่องจะเปิดวาล์ว 3/2 ให้ไนโตรเจนความเข้มข้นสูงไหลออกมา
4. เก็บตัวอย่างไนโตรเจนไปทดลองวัดความเข้มข้นโดยเครื่อง GC-MS(Gas Chromatography-Mass Spectrometry) ในรูปที่ 4.2 โดยเครื่อง GC-MS จะทำหน้าที่แยกสารออกมาเป็นประเภทต่างๆ ทำให้เราทราบถึงส่วนประกอบสารที่นำเข้าไปรวมไปถึงความเข้มข้นของไนโตรเจนอีกด้วย
5. เปลี่ยนค่าความดันแล้วทดลองต่อไปจากข้อ 2 อีกครั้ง



รูป 4.2 เครื่อง GC-MS

4.3 ผลการทดลอง

ในส่วนนี้เป็นการศึกษาส่วนของระบบ PSA ซึ่งทำการควบคุมโดย PLC ไปควบคุมโซลินอยด์วาล์วมีการควบคุมความดันอากาศตั้งแต่ 4 ถึง 9 บาร์ เพื่อทดสอบว่าช่วงเวลาใดที่เครื่องสามารถผลิตก๊าซไนโตรเจนได้ดีที่สุด ซึ่งได้ผลการทดลองมีดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

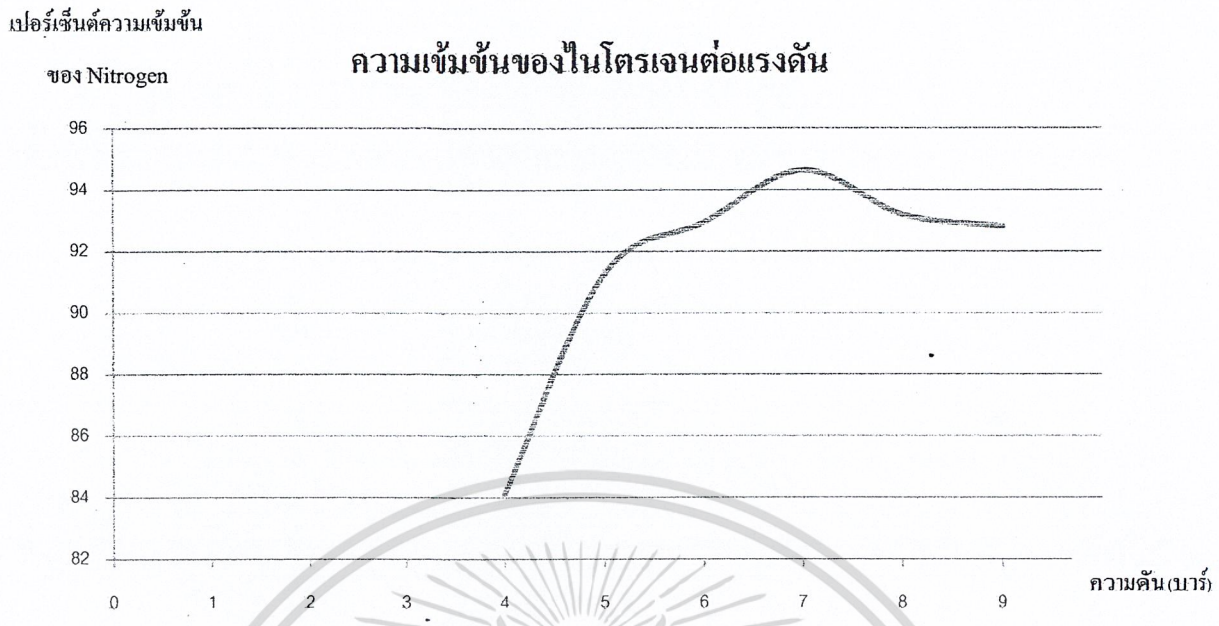
4.3.1 ช่วงความดันอากาศตั้งแต่ 4 ถึง 9 บาร์

ผลการทดลองในส่วนนี้แปรค่าช่วงความดันอากาศที่สั่งการที่ในการทดลองต่างๆ กัน แล้วบันทึกการทำงาน ได้ดังตารางที่ 4.1 และนำไปวาดกราฟได้ดังรูปที่ 4.3

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองช่วงความดันอากาศตั้งแต่ 4 ถึง 9 บาร์

แรงดันอากาศ (บาร์)	ความเข้มข้นไนโตรเจนสูงสุด (เปอร์เซ็นต์)
4	84.133
5	91.274
6	92.951
7	94.637
8	93.194
9	92.805

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 ผลการทดลองระบบ PSA ช่วงความดันอากาศ 4 ถึง 9 บาร์

จากกราฟที่แสดงผลการทดลองนี้สามารถสรุปได้ว่า เมื่อความดันอยู่ในช่วง 4-7 บาร์ ความเข้มข้นของแก๊สไนโตรเจนจะมีค่าเพิ่มขึ้นและในช่วง 7-9 บาร์ ความเข้มข้นของไนโตรเจนก็จะค่อยๆ ลดลง จึงสรุปได้ว่าช่วงที่ความดันเหมาะสมในการใช้งาน คือ 7 บาร์ เพราะมีความเข้มข้นสูงสุดถึง 94.637 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

จากการทดลองที่ผ่านมาทั้งหมดทำให้ได้ข้อสรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะต่างๆ เพื่อให้ผู้สนใจเข้าใจในการทดลองดังนี้

5.1 สรุปผลการทดลอง

ระบบที่สร้างขึ้นสามารถผลิตก๊าซไนโตรเจนจากอากาศได้ตามที่ต้องการ โดยใช้แหล่งจ่ายแรงดันลมจากตัวเรกกูเรเตอร์เพื่อที่จะปรับแรงดันในช่วง 4 – 9 บาร์ ทำให้ได้ความบริสุทธิ์ของไนโตรเจนในช่วงตั้งแต่ 84 – 95 เปอร์เซ็นต์

5.2 ปัญหาและข้อเสนอแนะ

ปัญหา

1. ขาดแคลนอุปกรณ์ในการวัดผลการทดลองได้อย่างแม่นยำและถูกต้อง
2. การผนึกถังความดันที่รับแรงดันถึง 15 บาร์ นั้นทำได้ยาก
3. การเก็บรักษา Activated Carbon ให้คงประสิทธิภาพนั้นทำได้ยาก

ข้อเสนอแนะ

1. ควรหาอุปกรณ์ที่จะใช้วัดไว้ก่อนเพื่อเวลาที่ทำโปรเจคเสร็จจะได้ไม่เสียเวลาไปหาอีก
2. ควรสร้างถังที่สามารถเปิดปิดได้ง่ายหรือผนึกได้ง่ายเพื่อที่จะนำไปใช้งานจริงได้ง่าย
3. ควรเก็บรักษา Activated Carbon ให้ดีเนื่องจากเมื่อ Activated Carbon เกิดความชื้นจะทำให้ประสิทธิภาพแย่ลง

5.3 การนำไปประยุกต์ใช้

ในการนำชุดอุปกรณ์การแยกก๊าซไนโตรเจนจากบรรยากาศไปประยุกต์ใช้นั้น สามารถทำได้หลายทาง เช่น การนำไปใช้ในอุตสาหกรรมการถนอมอาหารเพื่อให้ความเข้มข้นของออกซิเจนในบรรจุภัณฑ์มีน้อย ซึ่งส่งผลให้อายุของอาหารบางประเภทเพิ่มขึ้นเนื่องจากไม่เกิดการทำปฏิกิริยากับออกซิเจน หรือการนำไปใช้ในอุตสาหกรรมการเกษตร การนำไปใช้ในอุตสาหกรรมรถยนต์ เช่น การนำก๊าซไนโตรเจนที่ได้ไปบรรจุในถุงลมนิรภัย หรือนำไปเติมยางรถยนต์เพื่อลดอัตราการระเบิดของยางรถยนต์เนื่องจากก๊าซไนโตรเจนมีจุดเดือดที่สูงกว่าก๊าซออกซิเจน หรือนำก๊าซที่ได้เปลี่ยนสภาพเป็นไนโตรเจนเหลว เพื่อนำไปทำประโยชน์ด้านอื่นๆ อีก เช่น การนำไปเป็นสารทำความเย็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในอุปกรณ์ต่างๆ เช่น เลนส์ CCD ในยานอวกาศ เครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีประสิทธิภาพสูง แช่แข็งเซลล์ต่างๆในทางการแพทย์ รวมไปถึงการแช่แข็งศพ เพื่อที่จะนำศพมาทำให้ฟื้นในอนาคต หรือช่วยในการทำไอศกรีมให้มีความนุ่มนวลมากขึ้น เป็นต้น

5.4 แนวทางการพัฒนา

แนวทางการพัฒนาสำหรับโปรเจคนี้สามารถพัฒนาได้หลายอย่างเช่น การเปลี่ยนชนิดของ Activated Carbon การเพิ่มปริมาณ Activated Carbon เพื่อที่จะเพิ่มอัตราการดูดซับของ Activated Carbon ทำให้อัตราการดูดซับออกซิเจนดีขึ้น ทำให้ความบริสุทธิ์ของไนโตรเจนมีค่าเพิ่มขึ้น หรือการเพิ่มความดันที่ใช้ในระบบให้มากกว่าเดิม ที่อาจทำให้ได้ผลที่ดีกว่าที่ได้ในการทดลองนี้อีกด้วย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] เดชา ฉัตรศิริเวช. **"กระบวนการดูดซับ (ADSORPTION PROCESSES) ."** กรุงเทพมหานคร, สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2552.

[2] อธิบดี คงปรีพันธุ์.**"การจำลองกระบวนการดูดซับแบบสลับความดันในการผลิตออกซิเจนบริสุทธิ์."** วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าพระนครเหนือ. 2550.

[3] Yuwen, S. **"An Improved Two Stage Pressure Swing Adsorption Process for Producing Enriched-Oxygen."** E.P. Patent 1,769,839. 2005.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

KEYENCE

96M11316

Super-small Programmable Logic Controller
with Built-in Display

NEW KV Series Basic Unit

Instruction Manual

Read this manual before using the product in order to achieve maximum performance.
Keep this manual in a safe place after reading it so that it can be used at any time.

■ Symbols

The following symbols alert you to important messages. Be sure to read these messages carefully.

DANGER	It indicates a hazardous situation which, if not avoided, will result in death or serious injury.
WARNING	It indicates a hazardous situation which, if not avoided, could result in death or serious injury.
CAUTION	It indicates a hazardous situation which, if not avoided, could result in minor or moderate injury.
NOTICE	It indicates a situation which, if not avoided, could result in product damage as well as property damage.
Important	It indicates cautions and limitations that must be followed during operation.
Point	It indicates additional information on proper operation.
Reference	It indicates tips for better understanding or useful information.

Precautions on Regulations and Standards

■ CE Marking

Keyence Corporation has confirmed that this product complies with the essential requirements of the applicable EC Directive, based on the following specifications. Be sure to consider the following specifications when using this product in the Member State of European Union.

● EMC Directive(2004/108/EC)

- Any of the following specifications must be considered if the DC power type (the letter "D" is assigned in models) is installed for use.
  - The length of cable connected to the power supply connector must be less than or equal to 30 m.
  - Mount the following silicon surge protector to the power input terminal of the unit. Okaya Electric Industries Co., Ltd.: RSP-DC24O-4 (However, shorten the cable length of the silicon surge protector to 100 mm or less).
- When you use the relay output type unit (A model type with R on the end), connect the pressure resistance spark killer which has an appropriate load capacity to the output terminal in tandem with the contact. (As the equipment discharges when the relay contact opens and a noise occurs)KEYENCE use the following spark killer for the test. Okaya Electric Industries Co., Ltd.: XEB0101 0.1μF-10Ω
- As for KV-24AR/T(P) and KV-40AR/T(P), insert the following ferrite core once to the AC power input terminal, and for KV-40DR/T(P) to the DC power input terminal. TDK Corporation: ZCAT3035-1330

Remarks:
These specifications do not give any guarantee that the end-product with this product incorporated complies with the essential requirements of EMC Directive. The manufacturer of the end-product is solely responsible for the compliance on the end-product itself according to EMC Directive.

● Low-Voltage Directive (2006/95/EC)

- Use insulated type crimp-style terminals.
- For wiring materials, use lead wires whose sheath is 0.4 mm or more.
- The NEW KV Series is allowed to be installed in a vertical position only. (Spacers for expansion units are not available.)
- This product is an open type device. Therefore, it must be installed in an enclosure with IP54 or higher. (e.g. Industrial control panel)

■ Model of a basic unit

● Basic unit model designation

The model of a NEW KV Series basic unit is indicated as follows:

KV-10AR

- Output type: R = relay output, T(P) = transistor output (PNP)
- Power supply type: A = AC power type, D = DC power type
- Number of I/O points: 10 = 10 points, 16 = 16 points, 24 = 24 points, 40 = 40 points

CAUTION	When the ladder support software "KV-IncrediWare (DOS)" or "LADDER BUILDER for KV Ver. 1.0x" is used, the change all function on the monitor is not available. Using the change all function may damage the basic unit. Never use the change all function.

Specifications

Item		Specifications			
Power supply type	Basic units	AC power type		DC power type	
		KV-10AR/AT(P) KV-24AR/AT(P)	KV-16AR/AT(P) KV-40AR/AT(P)	KV-10DR/DT(P) KV-24DR/DT(P)	KV-16DR/DT(P) KV-40DR/DT(P)
Input supply voltage		100 to 240 V AC (±10%)		24 V DC (+10%, -20%)	
Allowable instantaneous time		Less than 40 ms		Less than 2 ms	
Internal current consumption (converted into 24 V DC value)	Basic units	KV-10A/DR: 100 mA or less KV-16AR/DR: 120 mA or less KV-24AR/DR: 140 mA or less KV-40AR/DR: 180 mA or less	KV-10AT/DT: 80 mA or less KV-16AT/DT: 90 mA or less KV-24AT/DT: 100 mA or less KV-40AT/DT: 120 mA or less	KV-10ATP/DTP: 65 mA or less KV-16ATP/DTP: 100 mA or less KV-24ATP/DTP: 100 mA or less KV-40ATP/DTP: 130 mA or less	
	Expansion units	KV-E4X: 20 mA or less KV-E4T: 25 mA or less KV-E4R: 40 mA or less KV-E4XTP): 30 mA or less	KV-E8X: 25 mA or less KV-E8T(P): 40 mA or less KV-E8R: 70 mA or less KV-E40R: 45 mA or less	KV-E16X: 35 mA or less KV-E16T: 60 mA or less KV-E16TP: 70 mA or less KV-E16R: 110 mA or less	
	Others	KV-D20 Operator interface panel: 60 mA or less KV-D30 Operator interface panel: 140 mA or less KV-P3E(D1) Handheld programmer: 65 mA or less			
Ambient temperature		0 to +50°C (32 to 122°F), KV-P3E(D1): 0 to +45°C (32 to 113°F), No freezing			
Relative humidity		35 to 85%, No condensation			
Ambient storage temperature		-20 to +70°C (-4 to 158°F), No freezing			
Withstand voltage		1,500 V AC for 1 minute (Between power terminal and I/O terminals as well as between entire external terminals and case)			
Noise resistance		1,500 Vp-p or more, pulse width: 1 μs, 50 ns (by noise simulator) In conformance with IEC standard (IEC61000-4-2/-3/-4/-6)			
Impact resistance	Conforms to JIS B 3502 and IEC61131-2	When intermittent vibration is present			Frequency of sweeps
		Frequency	Acceleration	Amplitude	
		10 to 57 Hz	-	0.075 mm	10 times (80 minutes) in each of X, Y and Z axis directions
		57 to 150 Hz	9.8 m/s²	-	
		When continuous vibration is present			
		Frequency	Acceleration	Amplitude	
		10 to 57 Hz	-	0.035 mm	
		57 to 150 Hz	4.9 m/s²	-	
Vibration resistance		Conforms to JIS B 3502 and IEC61131-2, 147 m/s², working time: 11 ms, 3 times in each of X, Y and Z axis directions			
Insulation resistance		50 MΩ or more (Between power terminal and I/O terminals as well as between entire external terminals and case by 500 V DC megohmmeter)			
Operating atmosphere		No excessive dust or corrosive gases allowed			
Weight	Basic units	KV-10AR: Approx. 250 g KV-16DR: Approx. 190 g KV-40AR: Approx. 450 g KV-10DT(P): Approx. 140 g KV-24AT(P): Approx. 330 g KV-40DT(P): Approx. 280 g	KV-10DR: Approx. 150 g KV-24AR: Approx. 330 g KV-40DR: Approx. 330 g KV-16AT(P): Approx. 280 g KV-24DT(P): Approx. 210 g	KV-10ATP: Approx. 300 g KV-24DR: Approx. 240 g KV-10ATP): Approx. 240 g KV-16DT(P): Approx. 180 g KV-40AT(P): Approx. 410 g	
	Expansion units	KV-E4X: Approx. 80 g KV-E4T: Approx. 80 g KV-E4R: Approx. 100 g KV-E4XT(P): Approx. 100 g	KV-E8X: Approx. 100 g KV-E8T(P): Approx. 100 g KV-E8R: Approx. 120 g KV-E40R: Approx. 120 g	KV-E16X: Approx. 130 g KV-E16T(P): Approx. 130 g KV-E16R: Approx. 150 g	
	Others	KV-P3E(D1): Approx. 230 g			

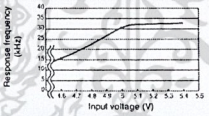
■ Common I/O specifications

● Input specifications

Item	24 V mode	5 V mode (Inputs 000 to 007 can be changed to 5 V input.)
Maximum input rating	26.4 V DC	
Input voltage	24 V DC 5.3 mA	5 V DC, 1.6 mA
Minimum ON voltage	19 V	4.5 V
Minimum OFF current (voltage)	2 mA	2.5 V
Common method	COM is shared inside.	
Input time constant	10 ms typical, 10 μs when HSP instruction is used. Variable in 7 steps from 10 μs to 10 ms while special utility relay 283.3 is ON (Set by DM1942)	
Interrupt input response	10 μs (representative)	
High-speed counter input response	20 kHz (24 V±10%) (duty: 50%)	

* For 5 V ±10%, refer to the 5 V mode response frequency characteristic chart (representative example).

5 V mode response frequency characteristic chart (representative example)



● Output specifications

(relay output): KV-10AR/DR, KV-16AR/DR, KV-24AR/DR, and KV-40AR/DR
(transistor output): KV-10AT(P)/DT(P), KV-16AT(P)/DT(P), KV-24AT(P)/DT(P), and KV-40AT(P)/DT(P)

Item	Specifications (relay output):	Specifications (transistor output):	
Rated load	250 V AC/30 V DC, 2 A (inductive load) 4 A (resistive load)	30 V DC, 0.1 A (500 to 502), 0.3 A (others)	
Peak load current	5A	0.2 A (500 to 502), 1 A (others)	
ON resistance	50 mΩ or less	Maximum voltage at OFF	30 V DC
		Leak current in OFF status	100 μA or less
		Residual voltage in ON status	0.6 V or less
Rising operating time (OFF → ON)	10 ms or less	10 μs or less (500 to 502) (at 5 to 100 mA), 20 μs or less (others) (at 10 to 300 mA)	
Falling operating time (ON → OFF)	10 ms or less	10 μs or less (500 to 502) (at 5 to 100 mA), 100 μs or less (others) (at 10 to 300 mA)	
Common method	Each common terminal is independent	1 common	
Relay service life	Electrical service life: 100,000 times or more (20 times/min) Mechanical service life: 20,000,000 times or more	Output frequency	50 kHz (500 to 502)
Relay replacement	Not allowed	Built-in serial resistance	1.6 kΩ 1/2 W (R500 to R502)

AC Power Specifications

Item	Specifications
Method	Switching method
Ripple noise	240 mVp-p or less
AC power current consumption	KV-10Ax: 0.4 A KV-16Ax: 0.5 A KV-24Ax: 0.4 A KV-40Ax: 0.7 A
AC power input voltage	100 to 240 V AC (±10%)
AC power factor	60%
Output voltage	24 V DC±10%
Output capacity	KV-10Ax: 0.4 A KV-16Ax: 0.6 A KV-24Ax: 0.6 A KV-40Ax: 0.7 A
Power consumption	KV-10Ax: 14 W KV-16Ax: 21 W KV-24Ax: 21W KV-40Ax: 24 W
Used fuse	Rated voltage: 240 V AC, rated current: 3.15 A, Characteristics: Fast-melting type

* Includes the internal current consumption and current consumption of expansion units.

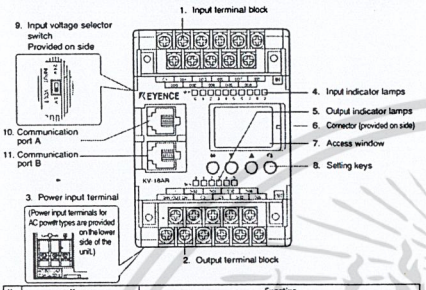
Point	The maximum output capacity available with the AC type service power output is the output capacity of each basic unit subtracted by the internal current consumption of the basic unit, connected expansion units, and connected peripheral units.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Contact Protection

If inductive loads such as clutches, motors, and solenoids are used, a rush current may flow when the load power supply is turned on, or a counter electromotive voltage may be generated when the load power supply is shut down. The rush current and the counter electromotive voltage can contribute considerably to shortening the service life of the contacts. To prevent this from happening, provide a contact protection circuit.

Part Names and Functions

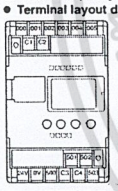


No.	Name	Function
1	Input terminal plate	24 V DC input terminal plate (000 to 007 can be changed to 5 V input)
2	Output terminal plate	Output terminal plate. Pulse output function is built in 500 to 502 (transistor output type only) A 1.6 kΩ current limiting resistor is built in R502 (to connect a motor driver)
3	Power input terminal (KV-□□D/DT(P))	Supplies 24 V DC.
	Power output terminal (KV-□□A/AT(P))	Supplies 100 to 240 V AC to the power input terminals on the lower side of the unit and allows service power to be taken from the 24 V DC terminal.
4	Input indicator lamps	Indicate input status. Each lamp lights up at ON.
5	Output indicator lamps	Indicate output status. Each lamp lights up at ON.
6	Connector (provided on side)	Used to connect an expansion unit.
7	Access window	Used to refer to and change the current and set values of timers and counters as well as the contents of data memories. The backlight color indicates the operation status. Lit in green: RUN mode Lit in red: PROGRAM mode Flashing red: Error status
8	Setting keys	Used to refer to and change current values, etc. while referring to the access window.
9	Input voltage selector switch	Changes the input voltage of the basic unit 24 V input 5 V input
10	Communication port A	Modular connector for connecting a personal computer, handheld programmer, or operator panel
11	Communication port B	Modular connector for connecting a personal computer, handheld programmer, or operator panel

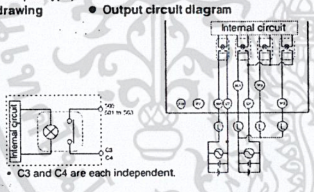
Terminal layout drawings and I/O circuit diagrams

KV-10AR/DR (Relay output type)

● Terminal layout drawing



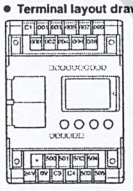
● Output circuit diagram



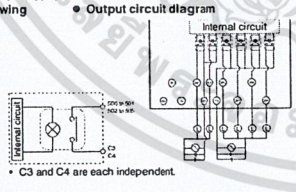
• C3 and C4 are each independent.

KV-16AR/DR (Relay output type)

● Terminal layout drawing



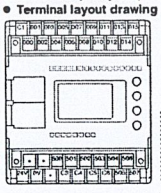
● Output circuit diagram



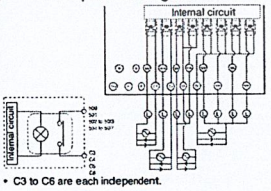
• C3 and C4 are each independent.

KV-24AR/DR (Relay output type)

● Terminal layout drawing



● Output circuit diagram

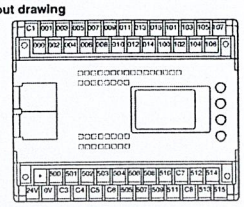


• C3 to C6 are each independent.

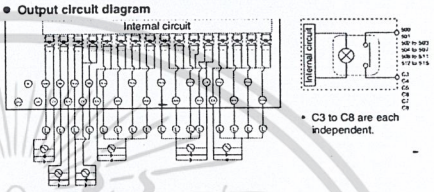
Terminal layout drawings and I/O circuit diagrams

KV-40AR/DR (Relay output type)

● Terminal layout drawing



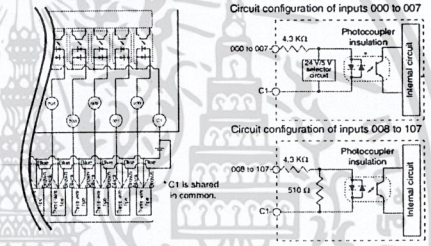
● Output circuit diagram



• C3 to C8 are each independent.

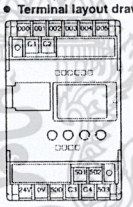
● Input circuit diagram (KV-□□AR/KV-□□DR)

*The number of input points varies with the model.

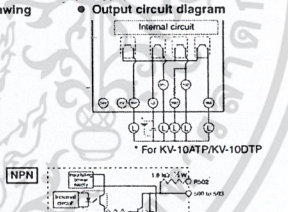


KV-10AT(P)/DT(P) (Transmitter output type)

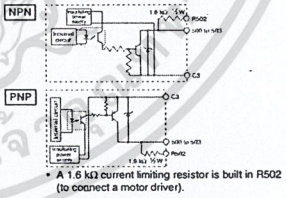
● Terminal layout drawing



● Output circuit diagram



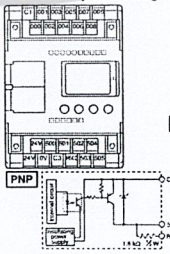
* For KV-10ATP/KV-10DTP



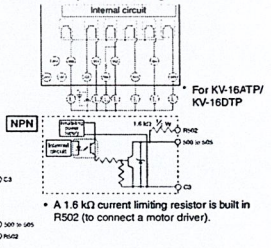
• A 1.6 kΩ current limiting resistor is built in R502 (to connect a motor driver).

KV-16AT(P)/DT(P) (Transistor output type)

● Terminal layout drawing



● Output circuit diagram



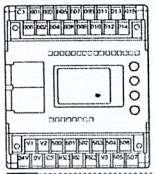
* For KV-16ATP/ KV-16DTP

• A 1.6 kΩ current limiting resistor is built in R502 (to connect a motor driver).

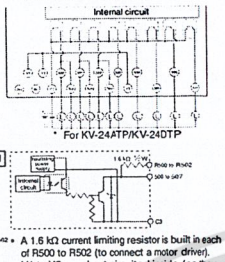
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

KV-24AT(P)/DT(P) (Transistor output type)

- **Terminal layout drawing**



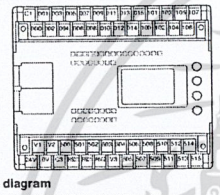
- **Output circuit diagram**



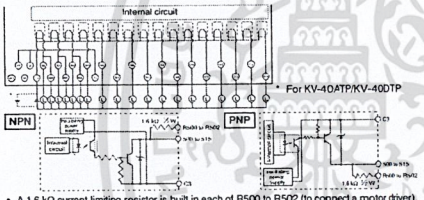
- A 1.6 kΩ current limiting resistor is built in each of R500 to R502 (to connect a motor driver).
- V1 to V3 are short-circuited inside (so they can be used as a relay terminal block).

KV-40AT(P)/DT(P) (Transistor output type)

- **Terminal layout drawing**



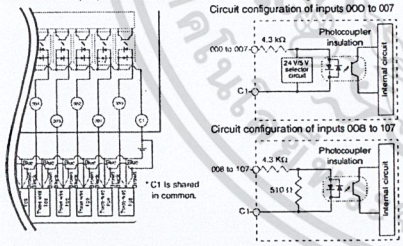
- **Output circuit diagram**



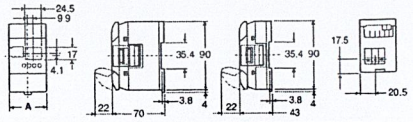
- A 1.6 kΩ current limiting resistor is built in each of R500 to R502 (to connect a motor driver).
- V1 to V3 are short-circuited inside (so they can be used as a relay terminal block).

- **Input circuit diagram (KV-□□AT(P)/KV-□□DT(P))**

*The number of input points varies with the model.



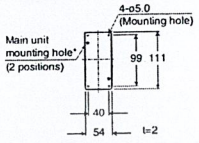
Dimensions



	A
KV-10AR/AT(P)/DR/DT(P) (10-I/O basic unit)	55
KV-16AR/AT(P)/DR/DT(P) (16-I/O basic unit)	65
KV-24AR/AT(P)/DR/DT(P) (24-I/O basic unit)	80
KV-40AR/AT(P)/DR/DT(P) (40-I/O basic unit)	110

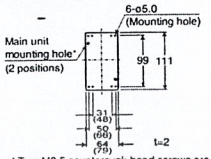
Metal fixture for screw tightening

KV-10AR/AT(P)/DR/DT(P)
(10-I/O basic unit)
OP-35345



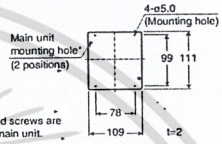
* Two M3.5 countersunk-head screws are included for mounting the main unit.

■ **KV-16 (24) AR/AT(P)/DR/DT(P)**
(16 (24) -I/O basic unit)
OP-35346 (OP-35347)



* Two M3.5 countersunk-head screws are included for mounting the main unit.

KV-40AR/AT(P)/DR/DT(P)
(40-I/O basic unit)
OP-35348



* Two M3.5 countersunk-head screws are included for mounting the main unit.

- **General Precautions**
- At startup and during operation of the Ladder Builder for KV, be sure to monitor the functions and performance of the NEW KV Sereis basic unit and the KV CPU.
- We recommend that you take substantial safety measures to avoid any damage in the event a problem occurs.
- Do not open or modify the NEW KV or use it in any way other than described in the specifications.
- When the NEW KV is used in combination with other instruments, functions and performance may be degraded, depending on operating conditions and the surrounding environment.
- Do not use this product for the purpose to protect a human body or a part of human body.
- This product is not intended for use as explosion-proof product. Do not use this product in hazardous location and/or potentially explosive atmosphere.

KEYENCE CORPORATION
1-3-14, Higashi-Nakajima, Higashi-Yodogawa-ku,
Osaka, 533-8555, Japan
PHONE: +81-6-6379-2211
www.keyence.com

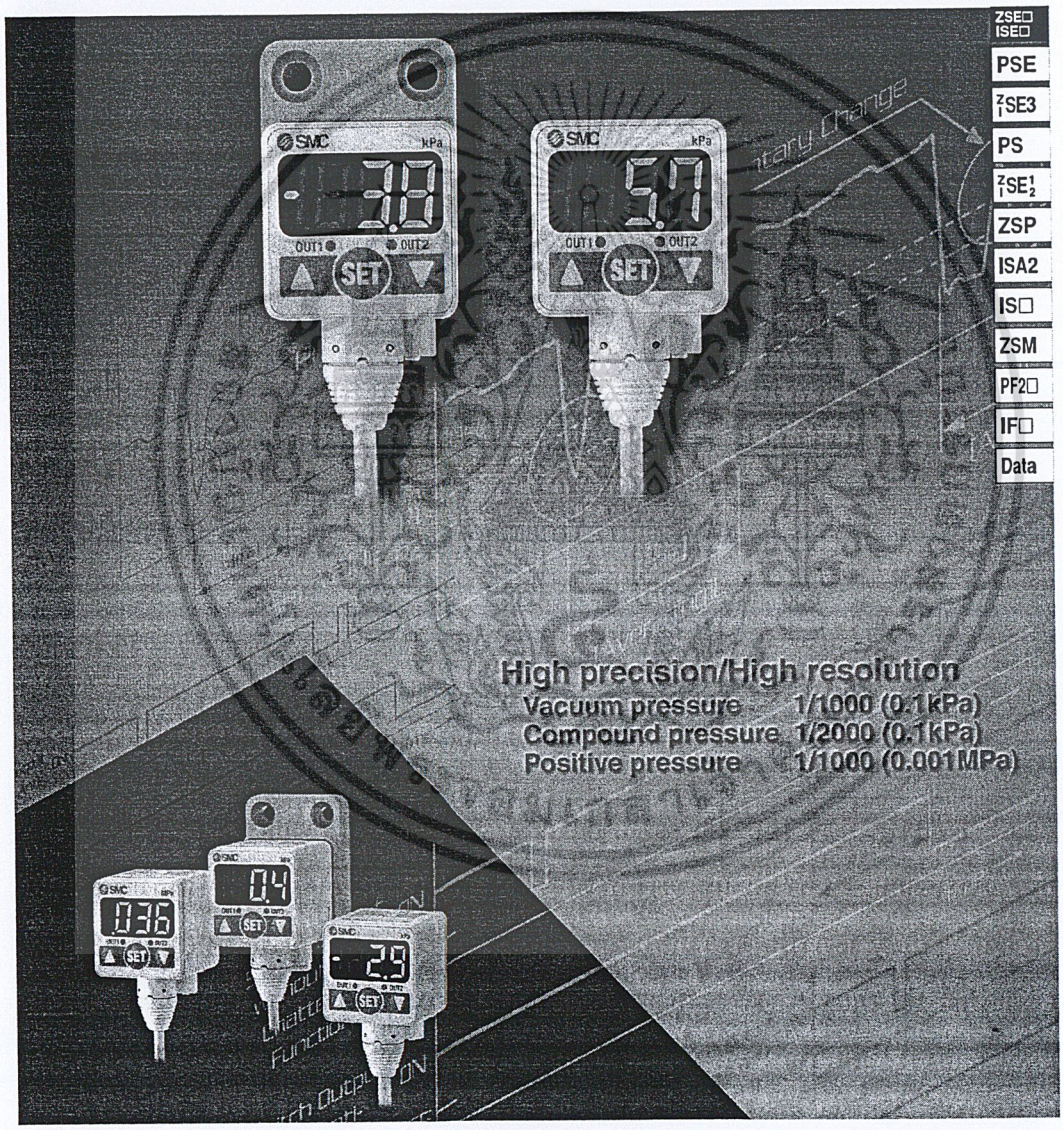
AUSTRIA
Phone: +43-2236-378266-0
BELGIUM
Phone: +32 2 716 40 63
CANADA
Phone: +1-905-696-9970
CHINA
Phone: +86-21-68757500
CZECH REPUBLIC
Phone: +420 222 191 483
FRANCE
Phone: +33 1 56 37 78 00
GERMANY
Phone: +49-6102-36 89-0
HONG KONG
Phone: +852-3104-1010
HUNGARY
Phone: +36 14 748 313
ITALY
Phone: +39-2-6688220
JAPAN
Phone: +81-6-6379-2211
KOREA
Phone: +82-31-642-1270
MALAYSIA
Phone: +60-3-2092-2211
MEXICO
Phone: +52-81-8220-7900
NETHERLANDS
Phone: +31 40 20 66 100
POLAND
Phone: +48 71 36861 60
SINGAPORE
Phone: +65-6392-1011
SLOVAKIA
Phone: +421 2 5939 6461
SWITZERLAND
Phone: +41 43 455 77 30
TAIWAN
Phone: +886-2-2718-8700
THAILAND
Phone: +66-2-369-2777
UK & IRELAND
Phone: +44-1908-696900
USA
Phone: +1-201-930-0100

Specifications are subject to change without notice. A6WW1-MAN-0050

Copyright (c) 2010 KEYENCE CORPORATION. All rights reserved.
11316E 1060-1 06M11316 Printed in Japan

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

High Precision, Digital Pressure Switch
Series ZSE40/ISE40



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Series ZSE40/ISE40

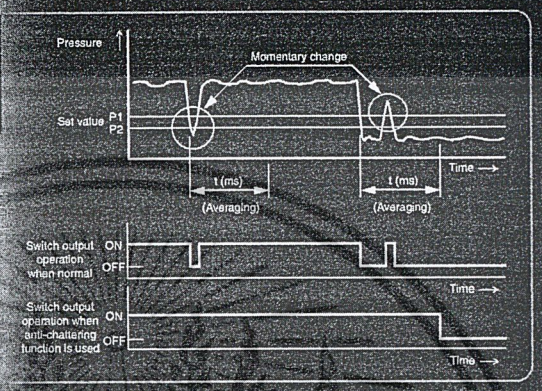
High speed response: 2.5 ms or less
With anti-chattering function
Stable switch output is possible even with sudden

Anti-chattering function

Devices such as large bore cylinders and high-flow vacuum ejectors consume a large volume of air when they operate, and this may cause a momentary drop in the primary pressure. This function prevents such momentary pressure drops from being detected as abnormal pressures by allowing the response time selection to be changed.

[Selectable response times: t]
2.5 ms (normal), 24 ms, 192 ms or 768 ms
The normal setting is selected when shipped from the factory.

(Operating principle)
The pressure values measured within the user-selected response time are averaged, and switch output (ON/OFF) is determined by comparing this averaged pressure value with the set pressure.

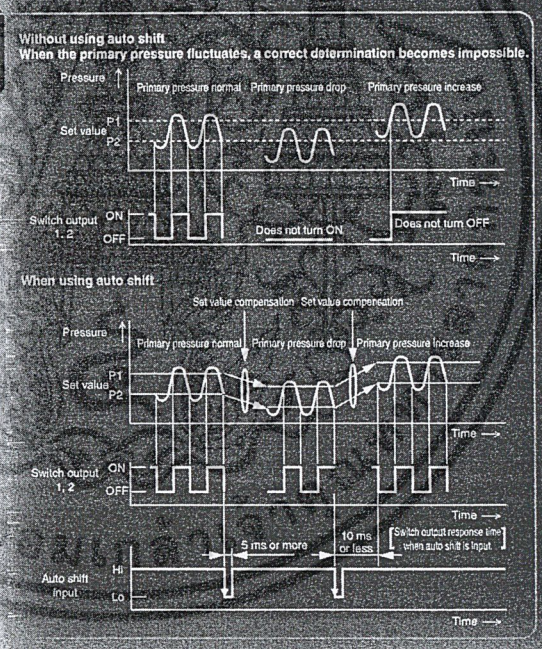


With auto shift function
Allows switch output unaffected by variations in primary pressure.

Auto shift function

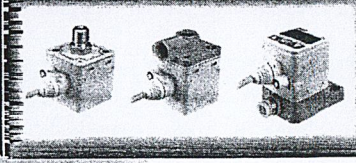
Erroneous operation may occur if there is fluctuation in the primary pressure.
The auto shift function compensates for pressure changes to ensure proper ON/OFF switch response during such fluctuations.

(Operating principle)
At the point when the primary pressure fluctuates, the set pressure value is compensated by setting the auto shift input (external input) to low (no-voltage) input, using the pressure measured at that point as a standard.



Compound pressure (ZSE40F)
Able to detect suction pressure (vacuum pressure) and release pressure (positive pressure) with a single pressure switch.

3 types of piping
Different piping methods are possible to accommodate the installation location.



Repeatability
±0.2% F.S. ±1 digit or less

IP65 compatible
Dusttight/Splash proof type

SMC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

How to Order

Set pressure range

Nil	−0.100 to 1.000 MPa	For positive pressure

For positive pressure **ISE40** — 01 — 22 — — — —

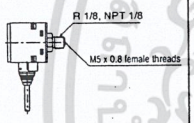
For vacuum/compound pressure **ZSE40** — 01 — 22 — — — —

Set pressure range

Nil	10.0 to −101.3 kPa	For vacuum pressure
F	−100.0 to 100.0 kPa	For compound pressure

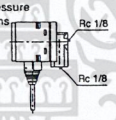
Piping specifications

01: R 1/8 (With M5 female threads)
T1: NPT 1/8 (With M5 female threads)



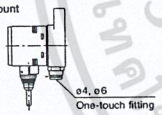
W1: Rc 1/8

Reverse pressure two directions



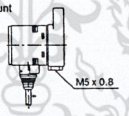
• **C4:** With ø4 One-touch fitting
• **C6:** With ø6 One-touch fitting

Wall mount



• **M5:** M5 x 0.8 (Female threads)

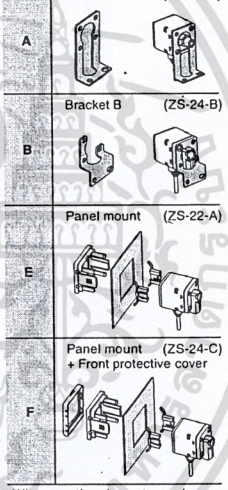
Wall mount



• Option

Option

Nil	None	
A	Bracket A	(ZS-24-A)
B	Bracket B	(ZS-24-B)
E	Panel mount	(ZS-22-A)
F	Panel mount + Front protective cover	(ZS-24-C)



• When optional parts only are required, order with the part numbers inside ( ).

Input/Output specifications

22	NPN open collector 2 outputs + analog output
30 *	NPN open collector 2 outputs + auto shift input
62 *	PNP open collector 2 outputs + analog output
70 *	PNP open collector 2 outputs + auto shift input

• Option

Unit specifications

Nil	With unit switching function Note 1)
M	SI unit only Note 2)

Note 1) This will no longer be sold for use in Japan after the new Weight and Measure Act is implemented (October, 1999).
Note 2) Fixed unit
For vacuum/compound pressure: kPa
For positive pressure: MPa

Note

When equipped with auto shift function, the following ranges can be set.

Set pressure range	Setting range
−100.0 to 100.0 kPa	−100.0 to 100.0 kPa
10.0 to −101.3 kPa	−101.3 to 101.3 kPa
−0.1 to 1.000 MPa	−1.000 to 1.000 MPa

Lead wire length

Nil	0.6 m
L	3 m

ZSE□ ISE□
PSE
ZSE3
PS
ZSE1 2
ZSP
ISA2
IS□
ZSM
PF2□
IF□
Data

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Series ZSE40/ISE40

Specifications

		ZSE40F (Compound pressure)	ZSE40 (Vacuum pressure)	ISE40 (Positive pressure)
Rated pressure range		−100.0 to 100.0 kPa	0.0 to −101.3 kPa	0.000 to 1.000 MPa
Operating pressure range/Set pressure range		−100.0 to 100.0 kPa	10.0 to −101.3 kPa	−0.100 to 1.000 MPa
Withstand pressure		500 kPa		1.5 MPa
Set pressure resolution Note 1)	kPa	0.1		—
	MPa	—		0.001
	kgf/cm²	0.001		0.01
	bar	0.001		0.01
	psi	0.02	0.01	0.1
	mmHg	1		—
	InHg	0.1		—
Applicable fluid		Air, Non-corrosive/Non-flammable gas		
Power supply voltage		12 to 24 VDC ±10%, Ripple (p-p) 10% or less		
Current consumption		55 mA or less		
Switch output		NPN or PNP 2 outputs Max. load current : 80 mA Max. applied voltage: 30 VDC (With NPN output) Residual voltage : 1 V or less (With 80 mA load current)		
Repeatability		±0.2% F.S. ±1digit or less		
Hysteresis	Hysteresis mode	Variable		
	Window comparator mode	Fixed (3 digits) Note4)		
Response time (With anti-chattering function)		2.5 ms or less (With anti-chattering function: 24 ms, 192 ms and 768 ms selections)		
Output short circuit protection		Yes		
Display		3 1/2 digit LED display (Sampling cycle: 5 times/sec.)		
Display accuracy		±2% F.S. ±1 digit or less (at ambient temperature of 25 ±3°C)		
Indicator light		Green LED (OUT1: Lights when ON), Red LED (OUT2: Lights when ON)		
Analog output Note 2)		Output voltage: 1 to 5 V ±5% F.S. or less (in rated pressure range) Linearity: ±1% F.S. or less Output impedance: Approx. 1 kΩ	Output voltage: 1 to 5 V ±2.5% F.S. or less (in rated pressure range) Linearity: ±1% F.S. or less Output impedance: Approx. 1 kΩ	
Auto shift input Note 3)		No-voltage input (Reed or solid state), input 5 ms or more		
Environmental resistance	Enclosure	IP65		
	Ambient temperature range	Operating: 0 to 50°C, Stored: −10 to 60°C (No condensation or freezing)		
	Ambient humidity range	Operating/Stored: 35 to 85% RH (No condensation)		
	Withstand voltage	1000 VAC for 1 min. between lead wires and body		
	Insulation resistance	50 MΩ or more (at 500 VDC) between lead wires and body		
	Vibration resistance	10 to 500 Hz at the smaller of amplitude 1.5 mm or acceleration 98 m/s² (10 G) in X, Y, Z directions for 2 hrs. each (De-energized)		
	Impact resistance	980 m/s² (100 G) in X, Y, Z directions 3 times each (De-energized)		
Temperature characteristics		In a temperature range of 0 to 50°C, ±2% F.S. or less of pressure measured at 25°C		
Port size		01: R 1/8, M5 x 0.8, T1: NPT1/8, M5 x 0.8, W1: Rc 1/8 C4: With ø4 One-touch fitting, C6: With ø6 One-touch fitting, M5: M5 female threads		
Lead wire		5-wire oil resistant heavy-duty cord (0.15 mm²)		
Weight		01/T1 types approx. 60 g, W1 type approx. 80 g, C4/C6/M5 types approx. 92 g (Each including 0.6 m lead wires)		

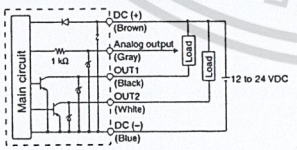
Note 1) Equipped with unit switching function
(Types without the unit switching function use SI units (kPa or MPa) only.)
Note 2) For ZSE40 (F)/ISE40-□-$^{22}_{62}$
Note 3) For ZSE40 (F)/ISE40-□-$^{30}_{70}$
Note 4) For ZSE40F (compound pressure) with "psi" indication, this is 0.03 to 0.04 psi.
Note 5) For ZSE40F (compound pressure) with "psi" indication, zero clear is in the range of ±0.01 psi.

Note)
When equipped with auto shift function, the following ranges can be set.

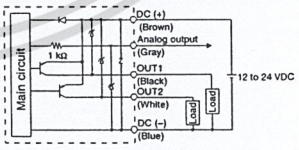
Set pressure range	Setting range
−100.0 to 100.0 kPa	−100.0 to 100.0 kPa
10.0 to −101.3 kPa	−101.3 to 101.3 kPa
− 0.1 to 1.000 MPa	−1.000 to 1.000 MPa

Example of Internal Circuit and Wiring

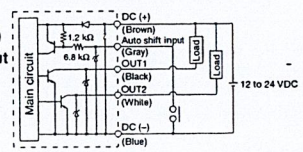
ZSE40(F)
ISE40-□-22(L)-(M)
With analog output



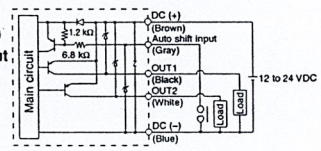
ZSE40(F)
ISE40-□-62(L)-(M)
With analog output



ZSE40(F)
ISE40-□-30(L)-(M)
With auto shift input



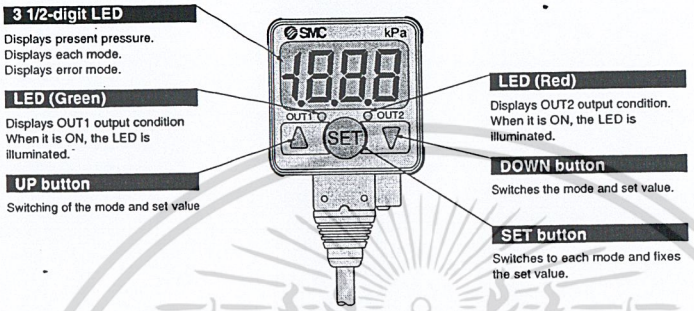
ZSE40(F)
ISE40-□-70(L)-(M)
With auto shift input



SMC

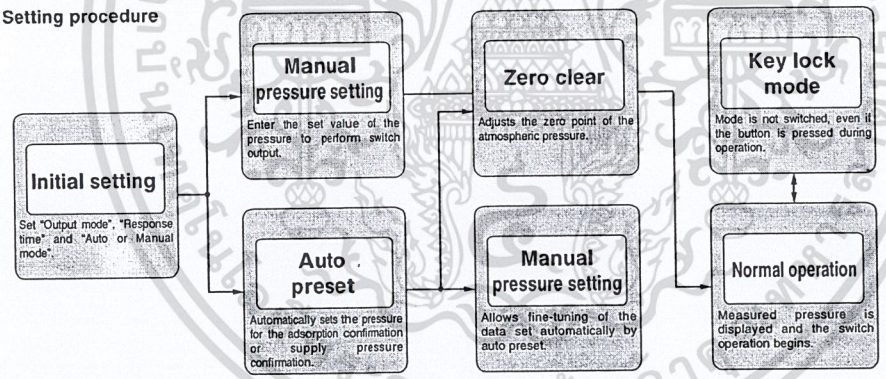
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Description



Calibration Procedures

Setting procedure

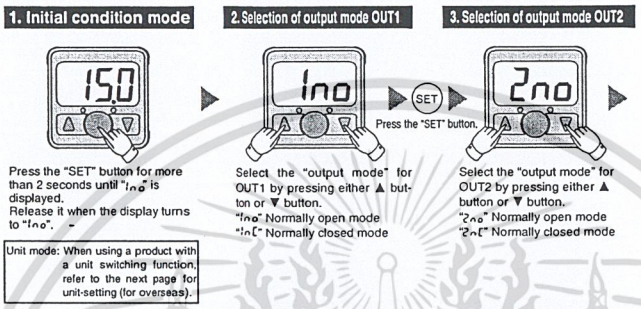


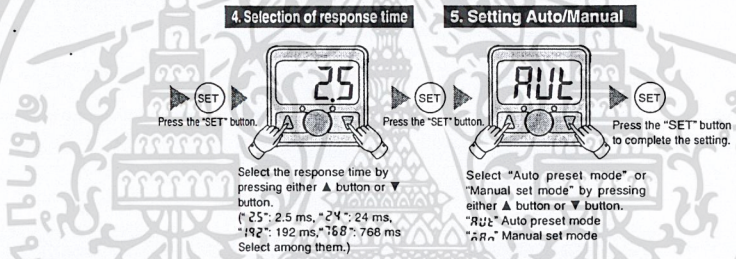
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Series ZSE40/ISE40

Calibration Procedures

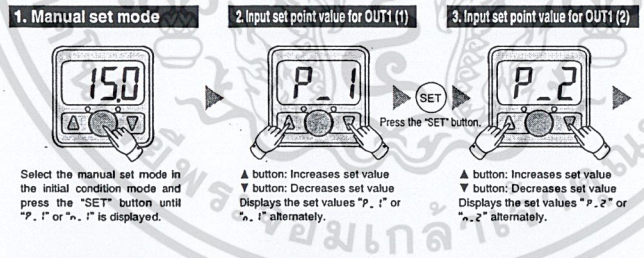
Initial Setting

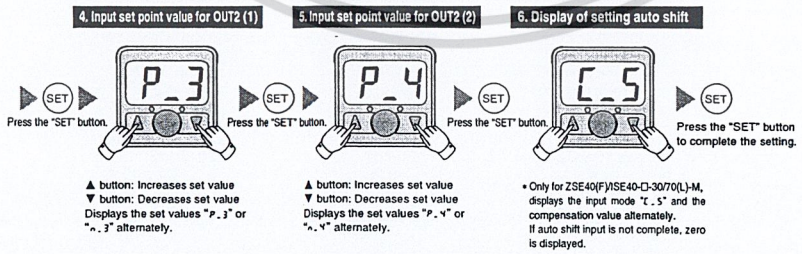




Manual Pressure Setting

Output mode differs by the pressure set value.





SMC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Unit Set

It's only subject to ZSE40(F)/ISE40-□-□(L).

Unit selection

Set the unit by either ▲ button or ▼ button.
kPa: kPa or MPa, kgf: kgf/cm², bar: bar, psi: psi, inHg: inHg, mmHg: mmHg

SET Press "SET" button.

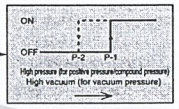
OUT1: Selection of the output mode

Output Type

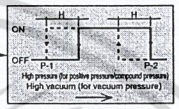
OUT1 → Output mode

• OUT2: Same as OUT1.

[P] P1≠P2

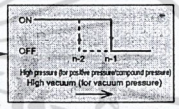
YES


• Hysteresis mode

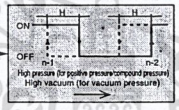
NO


H (Fixed hysteresis) = 3 digits
• Window comparator mode

[N] n1≠n2

YES


• Hysteresis mode

NO


H (Fixed hysteresis) = 3 digits
• Window comparator mode

Auto Preset (For adsorption confirmation)

1. Auto preset mode

Select the Auto preset mode in the initial setting mode and press the "SET" button until "AP 1" is displayed.

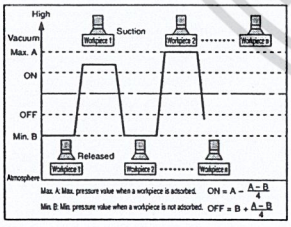
2. Preparation for auto preset

Press the "SET" button.

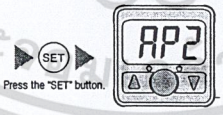
Prepare the equipment for use under operating conditions.
When setting OUT1 is not required, press both the ▲ button and ▼ button simultaneously in this state to skip to "AP2".

3. Auto preset of OUT1

Repeat adsorption and non-adsorption release several times in this state.
The optimal set value is determined automatically.



4. Preparation for auto preset



Press the "SET" button.

Supplies vacuum pressure, changing the condition of a workpiece by adsorption nozzle, etc. When setting OUT2 is not required, press both the ▲ button and ▼ button simultaneously in this state to skip to the measurement mode.

5. Auto preset of OUT2

Press the "SET" button.

Repeat adsorption and non-adsorption several times in this state.
The optimum set value is determined automatically.

Press the "SET" button to complete the setting.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Series ZSE40/ISE40

Calibration Procedures

Auto Preset (In the case of confirming the supply pressure)

1. Auto preset mode

Select the Auto preset mode in the initial setting mode and press the "SET" button until "AP 1" is displayed.

2. Preparation for auto preset

Press the "SET" button.

Prepare the equipment for use under operating conditions.
When setting OUT1 is not required, press both the ▲ button and ▼ button simultaneously in this state to skip to "AP2".

3. Auto preset of OUT1

The pressure is read and the optimal set value is determind automatically.

4. Preparation for auto preset

Press the "SET" button.

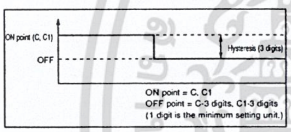
Press the "SET" button.

Prepare the equipment for use under operating conditions of OUT2.
When setting OUT2 is not required, press both the ▲ button and ▼ button simultaneously in this state to skip to the measurement mode.

5. Auto preset of OUT2

Press the "SET" button to complete the setting.

The pressure is read and the optimal set value is determind automatically.



Other Functions

● **Key lock mode** ---------- Used to avoid a malfunction when buttons on the front part of the switch are pressed.

Initiate key lock

Press the "SET" button for 4 seconds or longer.
Release it when the display turns to "UnL".

Display "LoC" by pressing ▲ button or ▼ button.

Press the "SET" button to complete the setting.

Release key lock

Press the "SET" button for 4 seconds or longer.
Release it when the display turns to "LoC".

Display "UnL" by pressing ▲ button or ▼ button.

Press the "SET" button to complete the setting.

● **Peak mode** ---------- **Allows holding of the maximum pressure value on display under measurement.**

While displayed, pressing the ▲ button for 1 second or longer causes the peak mode to display and blink.
Pressing the ▲ button once again for 1 second or longer reinstates it.
Note) Displaying the peak and the bottom display is not distinguished.

● **Bottom mode** ---------- **Allows holding of the minimum pressure value on display under measurement.**

While displayed, pressing the ▼ button for 1 second or longer causes the bottom mode to display and blink.
Pressing the ▼ button once again for 1 second or longer reinstates it.
Note) Displaying the peak and the bottom display is not distinguished.

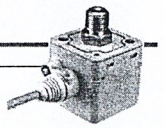
● **Zero clear** ---------- **Allows an adjust to zero on the display if the pressure to be measured is within a range of ±70 digits from the atmospheric pressure.**

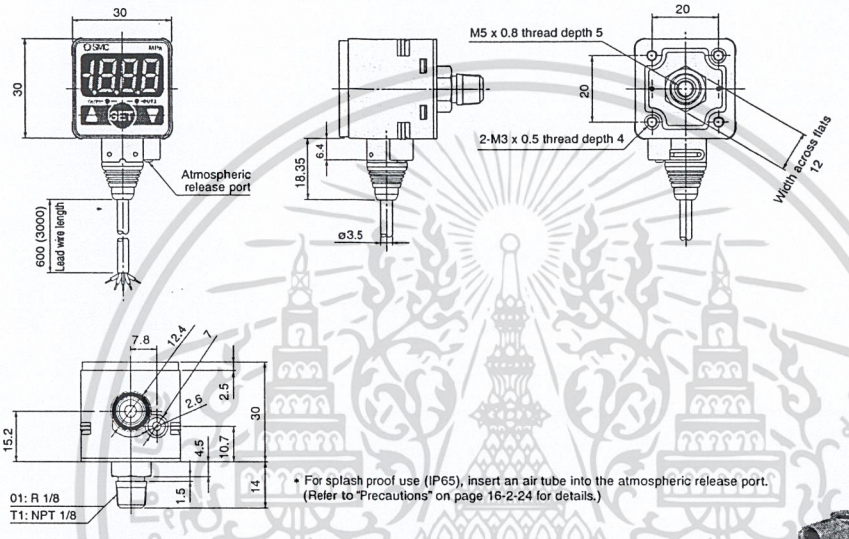
Pressing the ▲ + ▼ buttons simultaneously with the supply pressure released to the atmosphere, causes it to reset to zero on the display and completes the zero clear operation. The function then returns to the measurement mode.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Dimensions

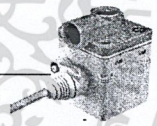
ZSE40(F)/ISE40-$\frac{01}{T1}$

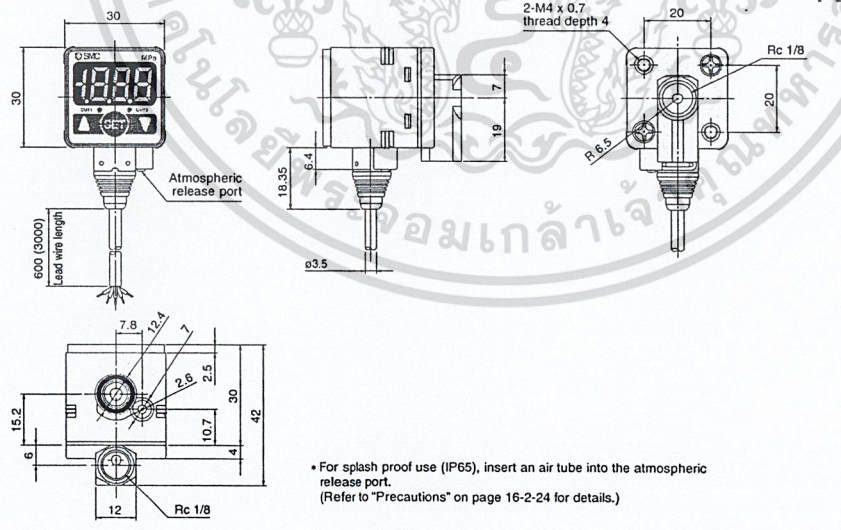




• For splash proof use (IP65), insert an air tube into the atmospheric release port.
(Refer to "Precautions" on page 16-2-24 for details.)

ZSE40(F)/ISE40-W1





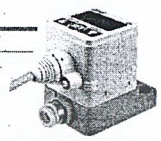
• For splash proof use (IP65), insert an air tube into the atmospheric release port.
(Refer to "Precautions" on page 16-2-24 for details.)

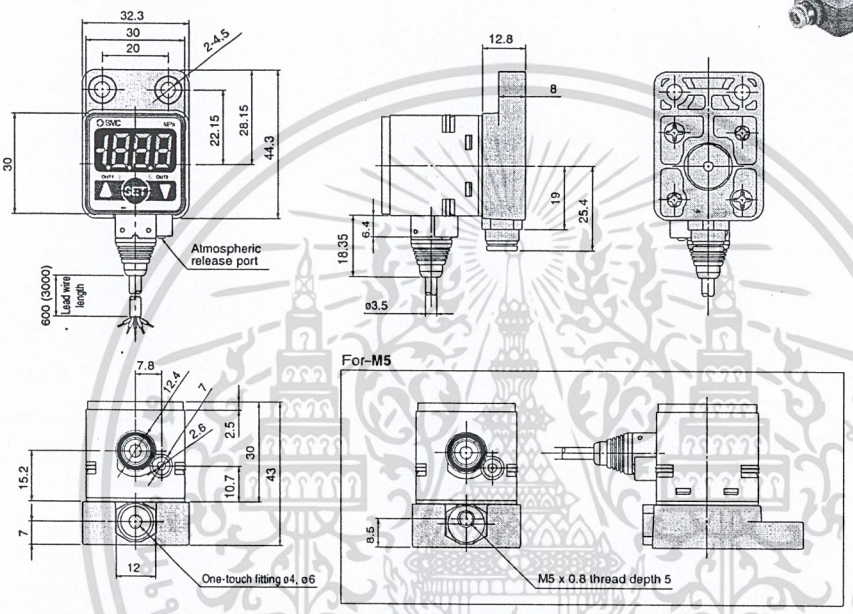
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Series ZSE40/ISE40

Dimensions

ZSE40(F)/ISE40– C4 C6 M5



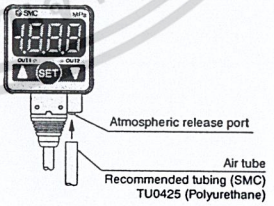


* For splash proof use (IP65), insert an air tube into the atmospheric release port. (Refer to "Precautions" for details.)

⚠ Precautions

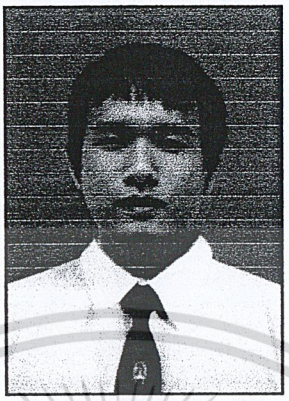
⚠ Caution

1. Immediately after supplying power, there is drift of about ±0.5% F.S. When used with very low pressure, allow the unit to warm up for about 20 to 30 minutes.
2. Do not use in locations where there is splashing or spraying of oils and solvents.
3. When using a commercially available switching regulator, be sure to ground the FG terminal.
4. In locations where the switch is exposed to water and dust, etc., these may enter the switch from the atmospheric release port. Insert ø4 tubing (inside diameter ø2.5) into the atmospheric release port, and extend the other end to a safe area where water, etc., is not splashed or sprayed. Be sure that tubing is not bent and holes are not blocked, etc., or it will become impossible to make correct pressure measurements.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน



นายพลวัฒน์ ศานติยานนท์

เกิดวันที่ 3 พฤษภาคม พ.ศ. 2531

ประวัติการศึกษา : สำเร็จการศึกษามัธยมศึกษาจากโรงเรียนเกาะโพธิ์ถ้วยงามวิทยา อำเภอเกาะจันทร์ จังหวัดชลบุรี เข้าศึกษาที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิชาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในปี พ.ศ. 2550

ที่อยู่ 77/14 ม.5 ต.ท่าบุญมี อ.เกาะจันทร์ จ.ชลบุรี 20240

เบอร์โทรศัพท์ : 08-7609-0602

อีเมล์ : ch-a-in@hotmail.com

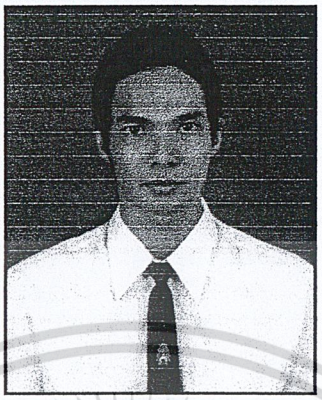
ความสามารถทางคอมพิวเตอร์และการใช้โปรแกรม : Microsoft office, Solid Work, AutoCAD, Microsoft VISIO, Microsoft Project

ทักษะทางภาษาต่างประเทศ : ภาษาอังกฤษ

ฝึกงานที่ : บริษัท สยามมิชลิน จำกัด ระหว่างเดือนมีนาคม ถึง พฤษภาคม พ.ศ. 2553

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน



นายภาณุพงศ์ ดำดี

เกิดวันที่ 20 เมษายน พ.ศ. 2532

ประวัติการศึกษา : สำเร็จการศึกษามัธยมศึกษาจากโรงเรียนนวมินทราชูทิศ ทักษิณ อำเภอเมือง จังหวัดสงขลาเข้าศึกษาที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิชาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในปี พ.ศ. 2550

ที่อยู่ 175 ม.1 ต.ระวะ อ.ระโนด จ.สงขลา 90140

เบอร์โทรศัพท์ : 08-4667--9055

อีเมล์ : neng_em@hotmail.com

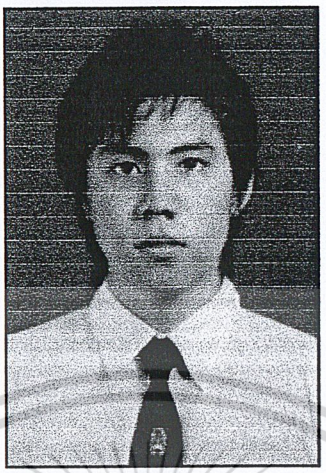
ความสามารถทางคอมพิวเตอร์และการใช้โปรแกรม : Microsoft office, Solid Work, AutoCAD, Microsoft VISIO

ทักษะทางภาษาต่างประเทศ : ภาษาอังกฤษ

ฝึกงานที่ : บริษัท ปตท จำกัด (มหาชน) ระหว่างเดือนเมษายน ถึง พฤษภาคม พ.ศ. 2553

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน



นายภูรินท์ กล่ำสุข

เกิดวันที่ 26 เมษายน พ.ศ. 2531

ประวัติการศึกษา : สำเร็จการศึกษามัธยมศึกษาจากโรงเรียนหอวัง เขตจตุจักร กรุงเทพ เข้าศึกษาที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิชาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในปี พ.ศ. 2550

ที่อยู่ 363-364 ม.2 ต.หนองม่วง อ.หนองม่วง จ.ลพบุรี 15170

เบอร์โทรศัพท์ : 08-4096-5088

อีเมล์ : i-phurin@hotmail.com

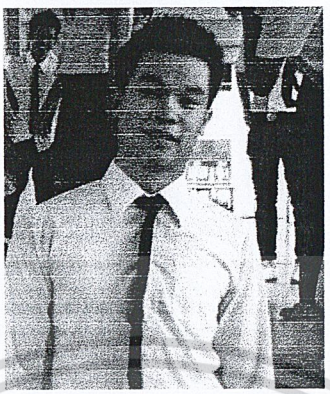
ความสามารถทางคอมพิวเตอร์และการใช้โปรแกรม : Microsoft office, Solid Work, AutoCAD, Microsoft VISIO, CATIA

ทักษะทางภาษาต่างประเทศ : ภาษาอังกฤษ

ฝึกงานที่ : บริษัท ทีเอ็นซี เมดดิตรอน จำกัด ระหว่างเดือนมีนาคม ถึง พฤษภาคม พ.ศ. 2553

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน



นายภูมินทร์ ทองแสง

เกิดวันที่ 26 มีนาคม พ.ศ. 2531

ประวัติการศึกษา : สำเร็จการศึกษามัธยมศึกษาจากโรงเรียนอุดรพิทยานุกูล อ.เมือง จ. อุดรธานี เข้าศึกษาที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิชาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในปี พ.ศ. 2550

ที่อยู่ 151 ม.2 ต.หนองแสง อ.หนองแสง จ.อุดรธานี 41430

เบอร์โทรศัพท์ : 08-4531-3108

อีเมล์ : minny7@hotmail.com

ความสามารถทางคอมพิวเตอร์และการใช้โปรแกรม : Microsoft office, Solid Work, AutoCAD, Microsoft VISIO, CATIA

ทักษะทางภาษาต่างประเทศ : ภาษาอังกฤษ

ฝึกงานที่ : บริษัท ทีเอ็นซี เมดดิตรอน จำกัด ระหว่างเดือนมีนาคม ถึง พฤษภาคม พ.ศ. 2553

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้