สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เครื่องต้นแบบทดสอบระดับการป้องกันฝุ่นของบริภัณฑ์ทางไฟฟ้า

THE DUSTY PROTECTIVE DEGREE TESTER PROTOTYPE

จัดทำโดย

นาย เกียรติชัย เติมกลิ่นจันทร์ เลขประจำตัว 40010079
นาย ชนศิษฏ์ ม่วงศรีศักดิ์ เลขประจำตัว 40010157
นาย ชลัช เติมศรีเจริญพร เลขประจำตัว 40010168
นาย ชัยรัตน์ ธรรมทัตโต เลขประจำตัว 40010177
นาย ฐติวัฑฒ์ ปัญญากรณ์ เลขประจำตัว 40010201
นาย ณรงค์ รอดผล เลขประจำตัว 40010209

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ. ศุลี บรรจงจิตร
อาจารย์ ชาย ชมภูอินไหว
อาจารย์ เชาว์ ชมภูอินไหว

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 42605
วัน, เดือน, ปี - 4 มิ.ย. 2545

.b.....
.i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต
สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ ปีการศึกษา 2543

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องต้นแบบทดสอบระดับการป้องกันฝุ่นของบริภัณฑ์ทางไฟฟ้า

ผู้จัดทำ

1. นาย	เกียรติชัย	เติมกลิ่นจันทร์	เลขประจำตัว 40010079
2. นาย	ชนศิษฏ์	ม่วงศรีศักดิ์	เลขประจำตัว 40010157
3. นาย	ชลัช	เติมศรีเจริญพร	เลขประจำตัว 40010168
4. นาย	ชัยรัตน์	ธรรมทัตโต	เลขประจำตัว 40010177
5. นาย	ฐติวัฑฒ์	ปัญญากรณ์	เลขประจำตัว 40010201
6. นาย	ณรงค์	รอดผล	เลขประจำตัว 40010209

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ. ศุลี บรรจงจิตร)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์ ชาย ชมภูอินไหว)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์ เชาว์ ชมภูอินไหว)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องต้นแบบทดสอบระดับการป้องกันฝุ่นของบริภัณฑ์ทางไฟฟ้า

นาย	เกียรติชัย	เติมกลิ่นจันทร์	
นาย	ชนศิษฏ์	ม่วงศรีศักดิ์	
นาย	ชลัช	เติมศรีเจริญพร	
นาย	ชัยรัตน์	ธรรมทัตโต	
นาย	ฐติวัฒฒ์	ปัญญากรณ์	
นาย	ณรงค์	รอดผล	
รศ.	ศุลี	บรรจงจิตร	อาจารย์ที่ปรึกษา
อาจารย์	ชาย	ชมภูอินไหว	อาจารย์ที่ปรึกษา
อาจารย์	เชาว์	ชมภูอินไหว	อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา		2543	

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้ทำการศึกษาและพัฒนาเครื่องต้นแบบทดสอบระดับการป้องกันฝุ่นของบริภัณฑ์ทางไฟฟ้า เครื่องต้นแบบนี้สร้างขึ้นตามมาตรฐานของมอก. ซึ่งยึดตามมาตรฐานสากล IP (International Protection) ตามมาตรฐานการป้องกันจะแบ่งเป็น 2 ชนิด คือ การป้องกันของแข็ง และการป้องกันน้ำ เพื่อใช้ทดสอบระดับของการป้องกันฝุ่นของบริภัณฑ์ทางไฟฟ้า เช่น โคมถนน หม้อแปลงไฟฟ้า มอเตอร์ไฟฟ้า เป็นต้น เครื่องต้นแบบนี้สามารถทดสอบระดับการป้องกันของแข็งในระดับ 5 ระดับ 6 ซึ่งเป็นระดับการป้องกันที่สูงที่สุด ฝุ่นที่ใช้ทดสอบเป็นผงทัลคัม มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 50 ไมโครเมตร เครื่องทดสอบนี้ใช้พัดลมดูดอัดอากาศขนาด ¼ แรงม้าในการหมุนเวียนฝุ่น นอกจากนี้ยังมีระบบสุญญากาศสำหรับลดความดันอากาศภายในบริภัณฑ์ เพื่อให้ฝุ่นเข้าสู่บริภัณฑ์ได้ง่ายขึ้น ผลการทดสอบ การทำงานของเครื่องต้นแบบ สามารถทดสอบบริภัณฑ์ได้ตาม มาตรฐาน มอก.ที่ใช้อ้างอิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

THE DUSTY PROTECTIVE DEGREE TESTER PROTOTYPE

Kiatchai Termklinchan

Chanasit Muangsrisak

Chalat Termsrichareonporn

Chairat Tammatattao

Thatiwat Panyakorn

Narong Rodphol

Assoc.Prof. Sulee Banchongchit Advisor

Mr. Chai Chompoo-Inwai Advisor

Mr. Chow Chompoo-Inwai Advisor

2000

ABSTRACT

This thesis is the studying and developing the dusty protective degree tester prototype. It is used to test the degree of protection against dust of the electrical equipment such as road lamp, electrical transformer, electrical motor, etc. This tester is developed under the TIS standard, which is follow the IP (International Protection) standard. IP standard provides the protection against solid and protection against water. This tester is used to test the solid objects protection in degree 5 and 6 which is the highest degree of protection. We used 50 micrometer-diameter talcum powder as dust, ¼ Hp blower for dust circulating. Besides, we provide the vacuum system in order to reduce air pressure in the equipment. This makes the dust enter easier according to the standard.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
ABSTRACT	II
สารบัญรูป	V
สารบัญตาราง	VIII
บทที่ 1 บทนำ	1
วัตถุประสงค์	1
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	1
เนื้อหาของปริญญานิพนธ์	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	2
2.1 ขอบข่ายการทดสอบ	2
2.2 บทนิยาม	3
2.3 ระบบการจัดชั้น	3
2.4 ระดับการป้องกัน	5
2.5 เครื่องหมาย	6
2.6 การทดสอบ	7
บทที่ 3 การออกแบบโครงสร้างและอุปกรณ์ของตู้ทดสอบ	13
3.1 โครงสร้างตู้ทดสอบ	14
3.2 พัดลมและโบลวเวอร์	15
3.3 ระบบปั๊มสุญญากาศ	25
3.4 ระบบสั่นสะเทือน	40
3.5 การควบคุมการทำงานทางไฟฟ้าของโบลวเวอร์และตัวสั่นสะเทือน	44
3.6 การควบคุมการทำงานทางไฟฟ้าของมอเตอร์ปั๊มสุญญากาศ	47
บทที่ 4 วิธีการใช้งานเครื่องทดสอบ	49
4.1 ขั้นตอนการใช้งานเครื่องทดสอบ	49
4.2 รูปและคำบรรยายการใช้งานเครื่องทดสอบ	51
บทที่ 5 ผลการทดสอบ	58
บทที่ 6 บทสรุปและวิจารณ์โครงงาน	62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

ภาคผนวก
กิตติกรรมประกาศ
เอกสารอ้างอิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 นิ้วทดสอบมาตรฐาน	9
รูปที่ 2.2 การทำงานของเครื่องทดสอบ	11
รูปที่ 3.1 แผนผังแสดงการทำงาน	13
รูปที่ 3.2 โครงสร้างตู้	14
รูปที่ 3.3 โครงสร้างภายใน	15
รูปที่ 3.4 พัดลมใบพัด	16
รูปที่ 3.5 พัดลมซิรอคโค	17
รูปที่ 3.6 พัดลมใบพัดตามรัศมี	17
รูปที่ 3.7 พัดลมเทอร์โบ	18
รูปที่ 3.8 โบลวเวอร์ชนิดรูท	18
รูปที่ 3.9 แผนภูมิการเลือกโบลวเวอร์	20
รูปที่ 3.10 แผนภูมิการเลือกมอเตอร์	21
รูปที่ 3.11 พิกัดของโบลวเวอร์ที่เลือกใช้ในเครื่องทดสอบ	24
รูปที่ 3.12 โบลวเวอร์ที่เลือกใช้ในเครื่องทดสอบ	24
รูปที่ 3.13 การทำงานระบบสุญญากาศ	25
รูปที่ 3.14 โครงสร้างภายในของโรตารีปั๊มแบบลูกสูบ	26
รูปที่ 3.15 วัฏจักรการทำงานของโรตารีปั๊มแบบลูกสูบ	26
รูปที่ 3.16 โครงสร้างภายในของโรตารีปั๊มแบบใบพัด	27
รูปที่ 3.17 ประสิทธิภาพการทำงานของโรตารีปั๊มแบบหนึ่งจังหวะ และสองจังหวะ	30
รูปที่ 3.18 โครงสร้างภายในของโรตารีปั๊มแบบสองจังหวะ	31
รูปที่ 3.19 การนำโรตารีปั๊มต่อเข้ากับระบบสุญญากาศ	32
รูปที่ 3.20 ส่วนที่เรียกว่า duo-seal ของโรตารีปั๊ม ซึ่งอาศัยน้ำมันในการซีล เพื่อป้องกันไม่ให้อากาศ ส่วนที่มีความดันสูงไหลย้อนกลับมา ยังส่วนที่มีความดันต่ำ	36
รูปที่ 3.21 สวิตซ์ความดันอัตโนมัติ	38
รูปที่ 3.22 ระบบสุญญากาศ	39
รูปที่ 3.23 ลักษณะโครงสร้างของไวเบรเตอร์แม่เหล็กไฟฟ้า	41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 3.24 มอเตอร์เขย่า	42
รูปที่ 3.25 ระบบเขย่าด้วยเพลาลูกเบี้ยว	43
รูปที่ 3.26 ระบบสั่นสะเทือนที่เลือกใช้กับเครื่องทดสอบ	44
รูปที่ 3.27 วงจรควบคุมไฟฟ้าของมอเตอร์และโบลวเวอร์	45
รูปที่ 3.28 ตู้ควบคุมโบลวเวอร์และตัวสั่นสะเทือน	46
รูปที่ 3.29 ภายในตู้ควบคุมโบลวเวอร์และตัวสั่นสะเทือน	46
รูปที่ 3.30 วงจรควบคุมการทำงานของมอเตอร์ปั๊มสุญญากาศ	47
รูปที่ 3.31 ตู้ควบคุมระบบสุญญากาศ	48
รูปที่ 3.32 ภายในตู้ควบคุมระบบสุญญากาศ	48
รูปที่ 4.1 การใช้งานเครื่องทดสอบ	49
รูปที่ 4.2 การใช้งานเครื่องทดสอบ	50
รูปที่ 4.3 การติดตั้งดวงโคมในเครื่องทดสอบ	51
รูปที่ 4.4 การปิดฝาตู้ทดสอบเพื่อป้องกันผงทัลคัมฟุ้งกระจาย	51
รูปที่ 4.5 การปิดฝาตู้ทดสอบที่สมบูรณ์	52
รูปที่ 4.6 การติดตั้งโคมไฟในแนวเอียง 15 °กับแกนยึดโคมไฟ	52
รูปที่ 4.7 การติดตั้งโคมไฟในแนวระดับกับตะแกรง	53
รูปที่ 4.8 การตั้งตัวหน่วงเวลาการทดสอบ	53
รูปที่ 4.9 การตั้งตัวหน่วงเวลาโบลวเวอร์	54
รูปที่ 4.10 การปรับอัตราการดูดของปั๊มสุญญากาศโดยวาล์ว	54
รูปที่ 4.11 การปรับอัตราการดูดของปั๊มสุญญากาศ โดยเครื่องวัดอัตราการไหล	55
รูปที่4.12 การต่อท่อสุญญากาศเข้ากับดวงโคม	55
รูปที่4.13 การเปิดสวิตช์เพื่อเริ่มการทดสอบ	56
รูปที่ 4.14 การเปิดสวิตช์ระบบสุญญากาศเพื่อเริ่ม การดูดอากาศออกจากโคม	56
รูปที่ 4.15 โคมไฟที่ผ่านการทดสอบเรียบร้อยแล้ว	57
รูปที่ 5.1 โคมไฟก่อนการทดสอบ	58
รูปที่ 5.2 โคมไฟหลังการทดสอบ	58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 5.3 โคมไฟก่อนการทดสอบ	59
รูปที่ 5.4 โคมไฟหลังการทดสอบ	59
รูปที่ 5.5 โคมไฟก่อนการทดสอบ	60
รูปที่ 5.6 โคมไฟหลังการทดสอบ	60
รูปที่ 5.7 โคมไฟก่อนการทดสอบ	61
รูปที่ 5.8 โคมไฟหลังการทดสอบ	61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 ตัวเลขแสดงลักษณะตัวที่ 1 6

ตารางที่ 2 ชนิดของโบลวเวอร์ 16

ตารางที่ 3 สมบัติของโบลวเวอร์ 19

ตารางที่ 4 ประสิทธิภาพและเพดานของโบลวเวอร์ 22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่1
บทนำ

หลักการและเหตุผล

การทำงานในสิ่งแวดล้อมที่เลวร้าย เช่น อุณหภูมิสูง มีฝุ่นมาก ตากแดดตากฝน อาจจะมีผลต่อการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้า ทำให้ทำงานผิดปกติ หรืออาจเสียหายได้ ดังนั้น จึงมีการกำหนดมาตรฐานการป้องกันของบริภัณฑ์ทางไฟฟ้าขึ้นมา เพื่อที่จะให้ผู้ที่จะใช้สามารถเลือกใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าได้เหมาะสมกับลักษณะของงาน และสถานที่ใช้งาน

มาตรฐานการป้องกันแบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ การป้องกันของแข็งซึ่งรวมไปถึงฝุ่นด้วย และการป้องกันน้ำ เครื่องทดสอบนี้ใช้ทดสอบการป้องกันของแข็งโดยเฉพาะฝุ่น ซึ่งเป็นการทดสอบในระดับสูงที่สุด

วัตถุประสงค์

วัตถุประสงค์ของการสร้างเครื่องทดสอบนี้คือ เพื่อที่จะใช้ในการทดสอบระดับการป้องกันฝุ่นของบริภัณฑ์ไฟฟ้าตามมาตรฐานของมอก.

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

เนื่องจากเครื่องทดสอบยังมีไม่มากในประเทศ การสร้างเครื่องทดสอบนี้ขึ้นมาก็จะเป็นการเพิ่มแหล่งทดสอบที่ได้มาตรฐาน และเป็นการลดรายจ่ายที่จะรั่วไหลไปยังต่างประเทศ

เนื้อหาของปริญญานิพนธ์

บทที่1 บทนำ
บทที่2 ทฤษฎีและหลักการ
บทที่3 การออกแบบโครงสร้างและอุปกรณ์ของตู้ทดสอบ
บทที่4 วิธีการใช้งานเครื่องทดสอบ
บทที่5 ผลการทดลอง
บทที่6 บทสรุปและวิจารณ์โครงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

หลักการและทฤษฎีได้นำมาจากมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่ มอก.513-2527 ซึ่งเป็นการว่าด้วยเรื่องของ การจัดระดับการป้องกันของเปลือกหุ้มบริภัณฑ์ไฟฟ้า จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องศึกษารายละเอียดและข้อกำหนดต่างๆของ มอก. ให้ละเอียดก่อน ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 ขอบข่ายการทดสอบ

2.1.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้กำหนดระดับการจัดชั้นเปลือกหุ้มบริภัณฑ์ไฟฟ้าและการทดสอบ สมรรถนะของเปลือกหุ้มแต่ละประเภท ตามระดับการป้องกันของเปลือกหุ้ม

2.1.2 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ครอบคลุมเฉพาะเฉพาะเปลือกหุ้มของบริภัณฑ์ซึ่งมีแรงดันไฟฟ้า ที่กำหนดไม่เกิน 72.5 กิโลโวลต์

(1) การป้องกันบุคคลต่อการสัมผัส หรือเข้าใกล้กับส่วนที่มีไฟฟ้า และต่อการสัมผัสกับส่วนที่เคลื่อนไหว (นอกจากเพลาหมุนผิวเรียบและสิ่งที่คล้ายกัน) ภายในเปลือกหุ้ม และการป้องกันมิให้สิ่งแปลกปลอมขนาดโตกว่าที่ระบุเข้าไปข้างในบริภัณฑ์

(2) การป้องกันมิให้น้ำเข้าไปทำความเสียหายต่อบริภัณฑ์

หมายเหตุ 1. การป้องกันส่วนเคลื่อนไหวภายนอกเปลือกหุ้มเช่น พัดลม ให้อยู่ในดุลพินิจของคณะกรรมการวิชาการที่เกี่ยวข้อง

2. ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ น้ำที่ใช้ทดสอบต้องเป็นน้ำจืดใสสะอาด

2.1.3 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้เกี่ยวข้องเฉพาะเปลือกหุ้มซึ่งเมื่อพิจารณาด้านอื่นๆที่เกี่ยวข้องทั้งหมดแล้วเหมาะกับการใช้งานตามจุดประสงค์ และเมื่อพิจารณาในแง่ของวัสดุและวิธีการผลิตแล้ว แน่ใจว่าจะคงสมบัติที่เกี่ยวข้องกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ตลอดเวลาของการใช้งานตามปกติ

2.1.4 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ไม่ได้กำหนดระดับการป้องกันต่อความเสียหายทางกลของบริภัณฑ์ ความเสี่ยงของการระเบิด หรือภาวะต่างๆเช่น ความชื้นซึ่งเกิดจากการควบแน่น ไอซึ่งกัดกร่อน ราหรือสัตว์เล็กๆ เช่นหนูและแมลง

2.1.5 รั้วหรือเครื่องกั้นภายนอกเปลือกหุ้มซึ่งต้องจัดให้มีโดยเฉพาะสำหรับความปลอดภัยของบุคคล ไม่ถือว่าเป็นส่วนหนึ่งของเปลือกหุ้มและไม่เกี่ยวข้องกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ มีดังต่อไปนี้

2.2.1 ระยะห่างในอากาศที่พอเพียง

(1) สำหรับบริภัณฑ์แรงดันไฟฟ้าต่ำ หมายถึง ระยะห่างซึ่งอุปกรณ์ทดสอบทางกล (ลูกทรงกลม นิ้วทดสอบ ลวด ฯลฯ) ไม่สัมผัสกับส่วนที่มีไฟฟ้าหรือส่วนเคลื่อนไหว นอกจากส่วนที่ไม่เป็นอันตราย เช่น เพลาหมุนผิวเรียบ

(2) สำหรับบริภัณฑ์แรงดันไฟฟ้าสูง หมายถึง ระยะห่างซึ่งเมื่อใช้อุปกรณ์ทดสอบทางกลใน ตำแหน่งที่ให้ผลเลวที่สุดแล้ว บริภัณฑ์สามารถทนการทดสอบไดอิเล็กตริก (dielectric test) ที่จะใช้ทดสอบกับบริภัณฑ์นั้นได้

คุณลักษณะที่ต้องการของการทดสอบไดอิเล็กตริกนี้ อาจแทนด้วยระยะห่างในอากาศที่กำหนด ซึ่งเชื่อได้ว่าการทดสอบเทียบเท่ากับการใช้อุปกรณ์ทดสอบทางกลในตำแหน่งที่เลวที่สุดในทางไฟฟ้าของผลิตภัณฑ์แต่ละประเภท

2.2.2 แรงดันไฟฟ้าต่ำ หมายถึง แรงดันไฟฟ้าที่กำหนดดังนี้

(1) ไม่เกิน 1000 โวลต์ สำหรับไฟฟ้ากระแสสลับ

(2) ไม่เกิน 1200 โวลต์ สำหรับไฟฟ้ากระแสตรง

2.2.3 แรงดันไฟฟ้าสูง หมายถึง แรงดันไฟฟ้าที่กำหนดดังนี้

(1) เกิน 1000 โวลต์ สำหรับไฟฟ้ากระแสสลับ

(2) เกิน 1200 โวลต์ สำหรับไฟฟ้ากระแสตรง

2.3 ระบบการจัดขั้น

2.3.1 ระบุระดับการป้องกันด้วยสัญลักษณ์

โดยมี IP (International Protection) ตามด้วยเลข 2 ตัว (ตัวเลขนี้เรียกว่า "ตัวเลขแสดงลักษณะ") รายละเอียดแสดงดังในตารางที่ 1ตัวเลขตัวที่ 1 แสดงระดับการป้องกันตามที่กำหนดในข้อ 2.1.2(1) และตัวเลขตัวที่ 2 แสดงระดับการป้องกันตามที่กำหนดในข้อ 2.1.2(2)การติดตั้งบริภัณฑ์ที่มีผลกระทบต่อระดับการป้องกัน ผู้ทำต้องระบุไว้ในข้องแนะนำการติดตั้งหรือที่คล้ายคลึงกันด้วย

(1) ตัวเลขแสดงลักษณะเดี่ยว

เมื่อต้องการแสดงชั้นการป้องกัน โดยตัวเลขแสดงลักษณะเพียงตัวเดียว ให้แทนที่ตัวเลขที่ละไว้ด้วยอักษร X เช่น IPX5 หรือ IP2X

(2) ตัวอักษรเพิ่มเติม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในมาตรฐานบริภัณฑ์เฉพาะแบบ ถ้ายอมให้แสดงข้อมูลเพิ่มเติม อาจแสดงรายละเอียดเพิ่มเติมด้วยตัวอักษรตามหลังตัวเลขในการจัดชั้น ในกรณีเช่นนี้มาตรฐานจะต้องกำหนดวิธีดำเนินการเพิ่มเติม ที่จะต้องทำในระหว่างการทดสอบไว้อย่างชัดเจน

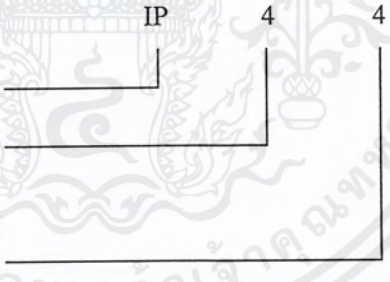
ในกรณีที่ไม่ระบุอักษร S และ M ต้องหมายความว่าระดับการป้องกันนั้นอยู่ในภาวะการใช้งานตามปกติ

อักษร S อักษร M หรืออักษร W ซึ่งใช้สำหรับเครื่องจักรกลชนิดหมุน ให้ใช้ในความหมายต่อไปนี้เท่านั้น

- S หมายถึง ให้มีการทดสอบการเข้าไปของน้ำที่ทำให้เกิดความเสียหายขณะบริภัณฑ์ ไม่ทำงาน (เช่น เครื่องจักรกลหยุด)
- M หมายถึง ให้มีการทดสอบการเข้าไปของน้ำที่ทำให้เกิดความเสียหายขณะบริภัณฑ์ทำงาน (เช่น การทำงานทางกล)
- W หมายถึง บริภัณฑ์ซึ่งมีการออกแบบให้เหมาะสำหรับใช้ในภาวะอากาศที่ระบุ และมีวิธีการหรือระบบป้องกันเพิ่มเติมทั้งภาวะอากาศที่ระบุและวิธีการหรือระบบป้องกันเพิ่มเติมให้เป็นข้อตกลงระหว่างผู้ทำกับผู้ใช้

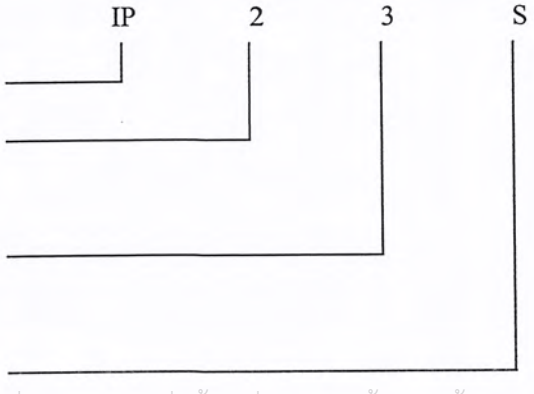
(3) ตัวอย่างของการให้สัญลักษณ์

- ตัวอย่างที่ 1



เปลือกหุ้มที่มีการให้สัญลักษณ์ข้างต้นนี้ มีการป้องกันไม่ให้วัตถุที่โตกว่า 1.0 มิลลิเมตรเข้าไปข้างใน และป้องกันน้ำที่สาด

- ตัวอย่างที่ 2



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปลือกหุ้มที่มีการให้สัญลักษณ์ข้างต้นนี้ หมายถึง มีการป้องกันไม่ให้วัตถุที่โตกว่า 12 มิลลิเมตรเข้าไปข้างใน และป้องกันน้ำที่พ่น การทดสอบการพ่นให้ทำขณะบริภัณฑ์ไม่ทำงาน

2.4 ระดับการป้องกัน

2.4.1 ตัวเลขแสดงลักษณะตัวที่ 1

แสดงระดับการป้องกันของเปลือกหุ้มต่อความเสียหายที่เกิดกับบุคคลและบริภัณฑ์ภายในตารางที่ 1 สดมภ์ที่ 3 แสดงรายละเอียดโดยย่อของวัตถุซึ่งจะ "ไม่ยอมให้ผ่านเข้า" เปลือกหุ้มสำหรับแต่ละระดับการป้องกันซึ่งแทนด้วยตัวเลขแสดงลักษณะตัวที่ 1

คำว่า "ไม่ยอมให้ผ่านเข้า" หมายความว่าไม่ยอมให้ส่วนของร่างกาย หรือเครื่องมือ หรือลวดสวดผ่านเข้าไปในเปลือกหุ้ม หรือถ้าเข้าไปได้ก็ต้องมีระยะห่างในอากาศที่พอเพียงระหว่างส่วนต่างๆเหล่านี้กับส่วนที่มีไฟฟ้าหรือส่วนเคลื่อนไหวที่เป็นอันตราย (เพลาหมุนผิวเรียบและสิ่งที่คล้ายกันไม่ถือว่าเป็นอันตราย)

นอกจากนี้ตารางที่ 1 สดมภ์ที่ 3 ยังแสดงขนาดเล็กที่สุดของสิ่งแปลกปลอมซึ่งไม่ยอมให้ผ่านเข้าเอาไว้ด้วย

หมายเหตุ บริภัณฑ์ที่มีตัวเลขแสดงลักษณะตัวที่ 1 จาก 1 ถึง 4 จะไม่ยอมให้ผ่านเข้า ทั้งวัตถุรูปร่างสม่ำเสมอและไม่สม่ำเสมอที่มีมิติทั้งสามที่ตั้งฉากซึ่งกันและกันเกินค่าที่กำหนดในสดมภ์ที่ 3

เมื่อทดสอบเปลือกหุ้มว่าเป็นไปตามระดับการป้องกันที่ระบุไว้แล้วให้ถือว่าเปลือกหุ้มนั้นเป็นไปตามระดับการป้องกันที่ด้อยกว่าทั้งหมดด้วย โดยไม่จำเป็นต้องทดสอบอีก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 ตัวเลขแสดงลักษณะตัวที่ 1

(ข้อ 3.1 และข้อ 4.1)

ตัวเลขแสดงลักษณะตัวที่ 1	ระดับการป้องกัน		วิธีทดสอบ
	คำอธิบายโดยย่อ	รายละเอียดโดยย่อ	
0	ไม่ป้องกัน	ไม่มีการป้องกันพิเศษ	ไม่ทดสอบ
1	ป้องกันวัตถุที่โตกว่า 50 มิลลิเมตร	ส่วนของร่างกายที่เป็นพื้นผิวกว้าง เช่น มือ (แต่ไม่มีการป้องกันการเข้าถึงอย่างจงใจ) วัตถุที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางเกิน 50 มิลลิเมตร	ข้อ 2.6.2(1)
2	ป้องกันวัตถุที่โตกว่า 12 มิลลิเมตร	นิ้วมือ หรือวัตถุที่คล้ายกัน ยาวไม่เกิน 80 มิลลิเมตร วัตถุที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางเกิน 12 มิลลิเมตร	ข้อ 2.6.2(2)
3	ป้องกันวัตถุที่โตกว่า 2.5 มิลลิเมตร	เครื่องมือ ลวด และอื่นๆ ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางหรือความหนาเกิน 2.5 มิลลิเมตร วัตถุที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางเกิน 2.5 มิลลิเมตร	ข้อ 2.6.2(3)
4	ป้องกันวัตถุที่โตกว่า 1.0 มิลลิเมตร	ลวดหรือชิ้นแถบที่มีความหนาเกิน 1.0 มิลลิเมตร วัตถุที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางเกิน 1.0 มิลลิเมตร	ข้อ 2.6.2(4)
5	ป้องกันฝุ่น	ไม่ป้องกันการเข้าไปของฝุ่นทั้งหมด แต่ป้องกันฝุ่นในปริมาณที่จะเป็นอุปสรรคต่อการทำงานของบริภัณฑ์	ข้อ 2.6.2(5)
6	ผนึกกันฝุ่น	ฝุ่นเข้าไม่ได้	ข้อ 2.6.2(6)

หมายเหตุ 1. คำอธิบายย่อในสดมภ์ที่ 2 ไม่ควรนำไปใช้ระบุเป็นแบบของการป้องกัน ควรใช้เป็นเพียงคำอธิบายสังเขปเท่านั้น

2. การใช้เลข 3 และ 4 ของตัวเลขแสดงลักษณะตัวที่ 1 กับบริภัณฑ์ที่มีรูระบายน้ำหรือช่องถ่ายเทอากาศให้อยู่ในดุลพินิจของคณะกรรมการวิชาการที่เกี่ยวข้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การใช้ตัวเลข 5 ของตัวเลขแสดงลักษณะตัวที่ 1 กับบริภัณฑ์ที่มีรูระบายน้ำ ให้อยู่ในดุลพินิจของคณะกรรมการวิชาการที่เกี่ยวข้อง

2.4.2 ตัวเลขแสดงลักษณะตัวที่ 2

แสดงระดับการป้องกันของเปลือกหุ้มต่อความเสียหายอันเนื่องจากน้ำเข้าไปในบริภัณฑ์ โดยเมื่อทดสอบแล้วว่าเป็นไปตามระดับการป้องกันใดแล้ว ให้ถือว่าเป็นไปตามระดับการป้องกันที่ด้อยกว่าทั้งหมด โดยไม่จำเป็นต้องทดสอบอีก

2.5 เครื่องหมาย

2.5.1 คุณลักษณะที่ต้องการของการทำเครื่องหมาย ให้ระบุไว้ในมาตรฐานสำหรับบริภัณฑ์ซึ่งมีแบบ เฉพาะมาตรฐานนั้นๆ ต้องระบุวิธีทำเครื่องหมายที่จะใช้ไว้ด้วย เมื่อส่วนหนึ่งของเปลือกหุ้มมีระดับการป้องกันแตกต่างจากส่วนอื่นที่กำหนดไว้ หรือเมื่อมีการใช้ตัวอักษรเพิ่มเติมซึ่งมีผลทำให้ระดับการป้องกันแตกต่างออกไป

2.6 การทดสอบ

2.6.1 ข้อกำหนดทั่วไป

การทดสอบตามมาตรฐานนี้เป็นการทดสอบเฉพาะแบบ

(1) นอกจากจะระบุไว้เป็นอย่างอื่น ตัวอย่างของบริภัณฑ์สำหรับแต่ละการทดสอบต้องสะอาดและใหม่ ส่วนประกอบทุกส่วนต้องอยู่ในตำแหน่งและติดตั้งในลักษณะที่ผู้ทำแจ้งไว้

(2) มาตรฐานของบริภัณฑ์ซึ่งมีแบบเฉพาะ ต้องระบุรายละเอียดต่อไปนี้

- จำนวนตัวอย่างที่จะทดสอบ
- การติดตั้งตัวอย่าง เช่น โดยการจำลองหลังคา เพดาน หรือผนัง
- ภาวะก่อนการทดสอบซึ่งจะต้องใช้ ถ้ามี
- วิธีการดำเนินการทดสอบเกี่ยวกับรูระบายน้ำ และช่องถ่ายเทอากาศ
- ต้องป้อนพลังงานไฟฟ้าขณะทดสอบหรือไม่ ทดสอบระหว่างการทำงานหรือไม่

(3) ถ้าไม่มีข้อกำหนดรายการดังกล่าว ต้องมีข้อแนะนำของผู้ทำ

(4) ในกรณีของตัวเลขแสดงลักษณะตัวที่ 1 เลข 1 และเลข 2 และตัวเลขแสดงลักษณะตัวที่ 2 เลข 1 เลข 2 เลข 3 และเลข 4 อาจใช้การตรวจพินิจเพื่อแสดงให้เห็นระดับการป้องกันที่ต้องการ หรืออาจไม่ต้องทดสอบถ้าข้อกำหนดรายการผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องยอมให้ อย่างไรก็ตาม หากมีข้อสงสัยให้ทดสอบตามที่กำหนดในข้อ 2.6.2 และข้อ 2.6.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.2 การทดสอบสำหรับตัวเลขแสดงลักษณะตัวที่ 1

(1) การทดสอบสำหรับเลข 1

ใช้ลูกทรงกลมแข็งเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 มิลลิเมตร กดลงบนช่องเปิดของเปลือกหุ้มด้วยแรง 50±5 นิวตัน

ถ้าลูกทรงกลมไม่สามารถไม่สามารถผ่านเข้าไปยังช่องเปิดใดๆ และถ้าลูกทรงกลมกับส่วนที่มีไฟฟ้าขณะใช้งานหรือส่วนเคลื่อนไหวภายในเปลือกหุ้มมีระยะห่างในอากาศที่พอเพียง ให้ถือว่าเป็นไปตามข้อกำหนด

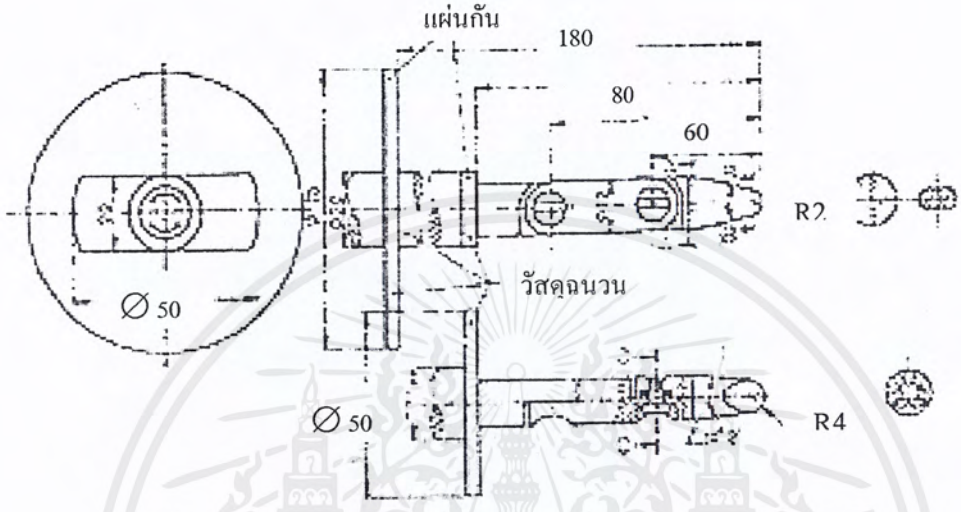
(2) การทดสอบสำหรับเลข 2

การทดสอบมี 2 ส่วนดังต่อไปนี้

- การทดสอบด้วยนิ้วทดสอบ

ให้ทดสอบด้วยนิ้วทดสอบโลหะดังแสดงในรูปที่ 2.1 ข้อต่อทั้งสองของนิ้วทดสอบสามารถงอเป็นมุม 90 องศา เทียบกับแกนของนิ้วทดสอบ และงอไปทิศทางเดียวกันเท่านั้น กดนิ้วทดสอบด้วยแรงไม่มากเกินไป (ไม่เกิน 10 นิวตัน) เข้ากับช่องเปิดใดๆของเปลือกหุ้ม และถ้านิ้วทดสอบเข้าไปได้ก็ให้ทดสอบทุกท่าที่เป็นไปได้ ถ้านิ้วทดสอบกับส่วนที่มีไฟฟ้าหรือส่วนเลื่อนไหวภายในเปลือกหุ้มมีระยะห่างในอากาศที่พอเพียง ให้ถือว่าเป็นไปตามข้อกำหนด อย่างไรก็ตาม ยอมให้นิ้วทดสอบสัมผัสกับเพลาหมุนผิวเรียบและส่วนที่ไม่เป็นอันตรายที่คล้ายคลึงกันได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 นิ้วทดสอบมาตรฐาน

หมายเหตุ 1. มุมต่าง ๆ ใช้เกณฑ์ความคลาดเคลื่อน ± 5 ลิปดา

2. มิติที่ไม่เกิน 25 มิลลิเมตร ใช้เกณฑ์ความคลาดเคลื่อน ± 0.05 มิลลิเมตร

3. มิติที่เกิน 25 มิลลิเมตรใช้เกณฑ์ความคลาดเคลื่อน ± 0.2 มิลลิเมตร

การทดสอบนี้อาจให้ส่วนต่างๆภายในทำงานอย่างช้าๆ ถ้าเป็นไปได้ การทดสอบกับบริภัณฑ์แรงดันไฟฟ้าต่ำ อาจใช้ตัวจ่ายแรงดันไฟฟ้าต่ำ (ไม่น้อยกว่า 40 โวลต์) ซึ่งต่ออนุกรมกับหลอดไฟฟ้าที่เหมาะสม ต่อเข้าระหว่างนิ้วทดสอบกับส่วนที่มีไฟฟ้าภายในเปลือกหุ้ม

ส่วนที่นำไฟฟ้าที่เคลือบด้วยวาร์นิชหรือสี หรือป้องกันโดยออกซิเดชันหรือกระบวนการที่คล้ายกัน ต้องหุ้มด้วยโลหะเปลวซึ่งต่อทางไฟฟ้าเข้ากับส่วนซึ่งตามปกติจะเป็นส่วนที่มีไฟฟ้าขณะใช้งาน ถ้าหลอดไฟฟ้าไม่ติดให้ถือว่าเป็นไปตามข้อกำหนด

สำหรับบริภัณฑ์แรงดันไฟฟ้าสูง ให้ตัดสินว่าระยะห่างในอากาศพอเพียงหรือไม่โดยการทดสอบไดอิเล็กตริกหรือโดยการวัดระยะห่างในอากาศตามหลักเกณฑ์ข้อ 2.2.1(2)

- การทดสอบโดยลูกทรงกลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้ลูกทรงกลมแข็งเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 $\pm$ 0.05 มิลลิเมตร กดลงบนช่องเปิดด้วยแรง 30 $\pm$ 3 นิวตัน ถ้าลูกทรงกลมไม่ผ่านเข้าไปในช่องเปิดใดๆ และถ้าลูกทรงกลมกับส่วนที่มีไฟฟ้า หรือส่วนเคลื่อนไหวภายในเปลือกหุ้มมีระยะห่างในอากาศที่พอเพียง ให้ถือว่าเป็นไปตามข้อกำหนด

(3) การทดสอบสำหรับเลข 3

ใช้ลวดหรือแท่งเหล็กกล้าแข็ง ตรง ซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 มิลลิเมตร มีปลายตัดตั้งฉากกับความยาว และต้องไม่แหลมคม กดลงที่ช่องเปิดของเปลือกหุ้มด้วยแรง 3 $\pm$ 0.3 นิวตัน

ถ้าลวดหรือแท่งไม่สามารถเข้าไปในเปลือกหุ้ม ให้ถือว่าเป็นไปตามข้อกำหนด

(4) การทดสอบสำหรับเลข 4

ใช้ลวดเหล็กกล้าแข็ง ตรง ซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.0 มิลลิเมตร มีปลายตัดตั้งฉากกับความยาวและต้องไม่แหลมคม กดลงที่ช่องเปิดของเปลือกหุ้มด้วยแรง 1 $\pm$ 0.1 นิวตัน

ถ้าลวดไม่สามารถเข้าไปในเปลือกหุ้ม ให้ถือว่าเป็นไปตามข้อกำหนด

(5) การทดสอบสำหรับเลข 5

- การทดสอบด้วยฝุ่น

ใช้เครื่องทดสอบที่มีหลักการเบื้องต้นในการทำงาน ซึ่งฝุ่นทัลคัมจะปลิวฟุ้งกระจายอยู่ในตู้ทดสอบที่ปิดไว้ ฝุ่นที่ใช้ต้องสามารถผ่านตะแกรงที่ทำด้วยลวดซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลางระบุ 50 ไมโครเมตรและความกว้างระบุของช่อง 75 ไมโครเมตร ฝุ่นที่ใช้มีปริมาณเท่ากับ 2 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตรของปริมาตรตู้ทดสอบ และจะใช้ทดสอบได้ไม่เกิน 20 ครั้ง

เปลือกหุ้มต้องอยู่ในจำพวกใดจำพวกหนึ่งดังนี้

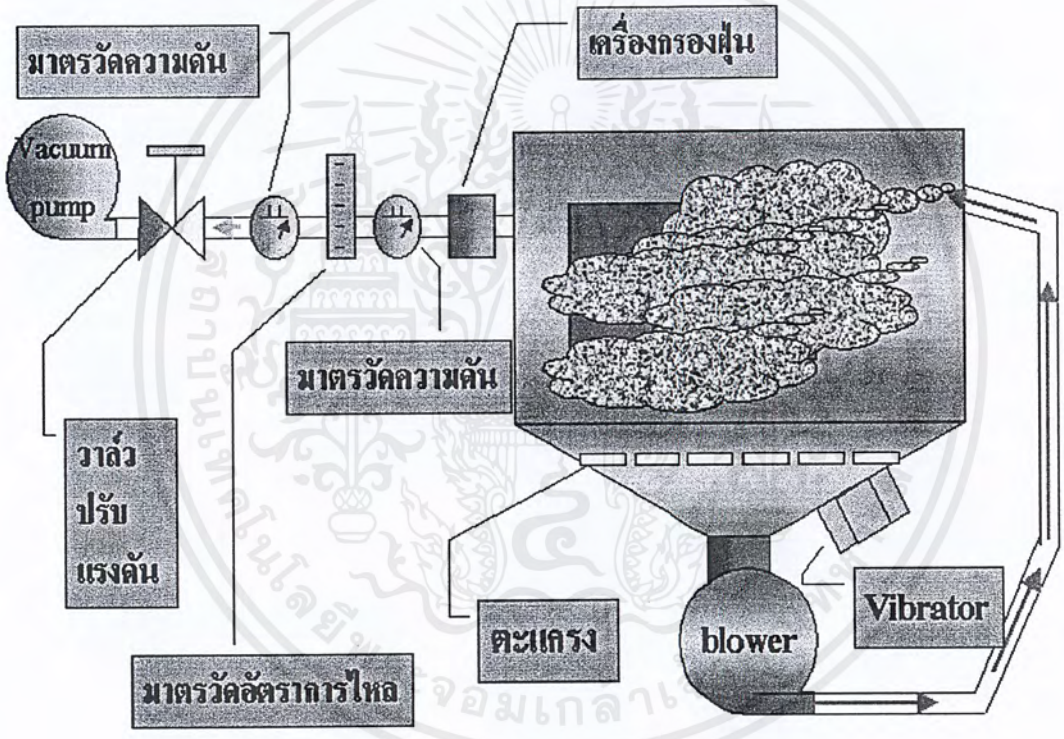
- เปลือกหุ้ม ซึ่งวัฏจักรการทำงานตามปกติของบริภัณฑ์ทำให้ความดันอากาศภายในเปลือกหุ้มลดลงต่ำกว่าความดันบรรยากาศโดยรอบ ตัวอย่างเช่น ผลจากวัฏจักรความร้อน
- เปลือกหุ้ม ซึ่งความดันไม่ลดลงต่ำกว่าความดันบรรยากาศโดยรอบ

หมายเหตุ คณะกรรมการวิชาการที่เกี่ยวข้อง สำหรับแบบเฉพาะของบริภัณฑ์ต้องกำหนดว่าเปลือกหุ้มที่เกี่ยวข้องจะอยู่ในจำพวกใด

เปลือกหุ้มที่อยู่ในจำพวก (1) ให้ติดตั้งบริภัณฑ์ทดสอบในตู้ทดสอบ และรักษาความดันภายในบริภัณฑ์ไว้ให้ต่ำกว่าความดันบรรยากาศโดยใช้ปั๊มสุญญากาศ ถ้าเปลือกหุ้มมีรู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบายน้ำรูเดียวให้ต่อท่อดูดเข้ากับรูนี้ โดยไม่ต่อเข้ากับรูซึ่งเตรียมไว้เป็นพิเศษ สำหรับการทดสอบนี้ ถ้ามีรูระบายน้ำมากกว่า 1 รู ให้ปิดผนึกรูที่ไม่ใช้เสีย วัตถุประสงค์ของการทดสอบ คือ ดูดฝุ่นเข้าสู่บริภัณฑ์ ถ้าเป็นไปได้ ให้ดูดอากาศภายในเปลือกหุ้มออกอย่างน้อย 80 เท่าของปริมาตรอากาศภายเปลือกหุ้ม โดยใช้อัตราการดูดไม่เกิน 60 ปริมาตรต่อชั่วโมง ด้วยความดันต่ำกว่าบรรยากาศที่เหมาะสม ไม่ว่ากรณีใดต้องไม่เกิดความดันต่ำกว่าบรรยากาศเกิน 200 มิลลิเมตรของน้ำในมานอมิเตอร์ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 การทำงานของเครื่องทดสอบ

ถ้าอัตราการดูดอยู่ระหว่าง 40 ถึง 60 ปริมาตรต่อชั่วโมง ให้หยุดการทดสอบหลังจากดูดเป็นเวลา 2 ชั่วโมงแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าอัตราการดูดต่ำกว่า 40 ปริมาตรต่อชั่วโมงในขณะที่ความดันต่ำกว่าบรรยากาศมีค่าไม่เกิน 200 มิลลิเมตรของน้ำ ให้ทดสอบต่อไปจนกระทั่งปริมาตรที่ดูดได้เป็น 80 ปริมาตร หรือครบ 8 ชั่วโมง

ในทางปฏิบัติถ้าไม่สามารถจะทดสอบบริภัณฑ์ทั้งตัวในตู้ทดสอบได้ ให้ใช้วิธีใดวิธีหนึ่งดังต่อไปนี้

(1) ทดสอบส่วนย่อยของบริภัณฑ์ ที่มีเปลือกหุ้มแยกกันเป็นส่วน ๆ ทีละส่วน

(2) ทดสอบชิ้นส่วนตัวแทนของบริภัณฑ์ ซึ่งประกอบไปด้วยส่วนต่าง ๆ เช่น ประตู ช่องถ่ายเทอากาศ ข้อต่อ กันรั่วเพลา เป็นต้น โดยมรส่วนของบริภัณฑ์ที่อาจถูกทำให้เสียหายได้ เช่น ขั้วต่อสาย แหวนลื่น ฯลฯ อยู่ในตำแหน่งปกติในขณะทดสอบ

(3) ทดสอบบริภัณฑ์ที่มีขนาดเล็กกว่าที่มีรายละเอียดการออกแบบที่เหมือนกัน

ในกรณีที่ (1) และ (2) ปริมาตรอากาศที่ดูดผ่านบริภัณฑ์ทดสอบให้ใช้เช่นเดียวกับค่าที่กำหนดสำหรับบริภัณฑ์ทั้งตัวเท่าของจริง

ถ้าตรวจสอบพบว่า ฝุ่นไม่สะสมอยู่เป็นปริมาณหรือในตำแหน่งที่จะเป็นอุปสรรคต่อการทำงานที่ถูกต้อง ของบริภัณฑ์เมื่อสิ้นสุดการทดสอบ ให้ถือว่าเป็นไปตามข้อกำหนด

- การทดสอบด้วยลวด

ถ้าบริภัณฑ์มีรูระบายน้ำให้ใช้วิธีการทดสอบเช่นเดียวกับการทดสอบสำหรับตัวเลขแสดงลักษณะตัวที่ 1 และ 4 โดยใช้ลวดหนาม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.0 $\pm$ 0.05 มิลลิเมตร

(6) การทดสอบสำหรับเลข 6

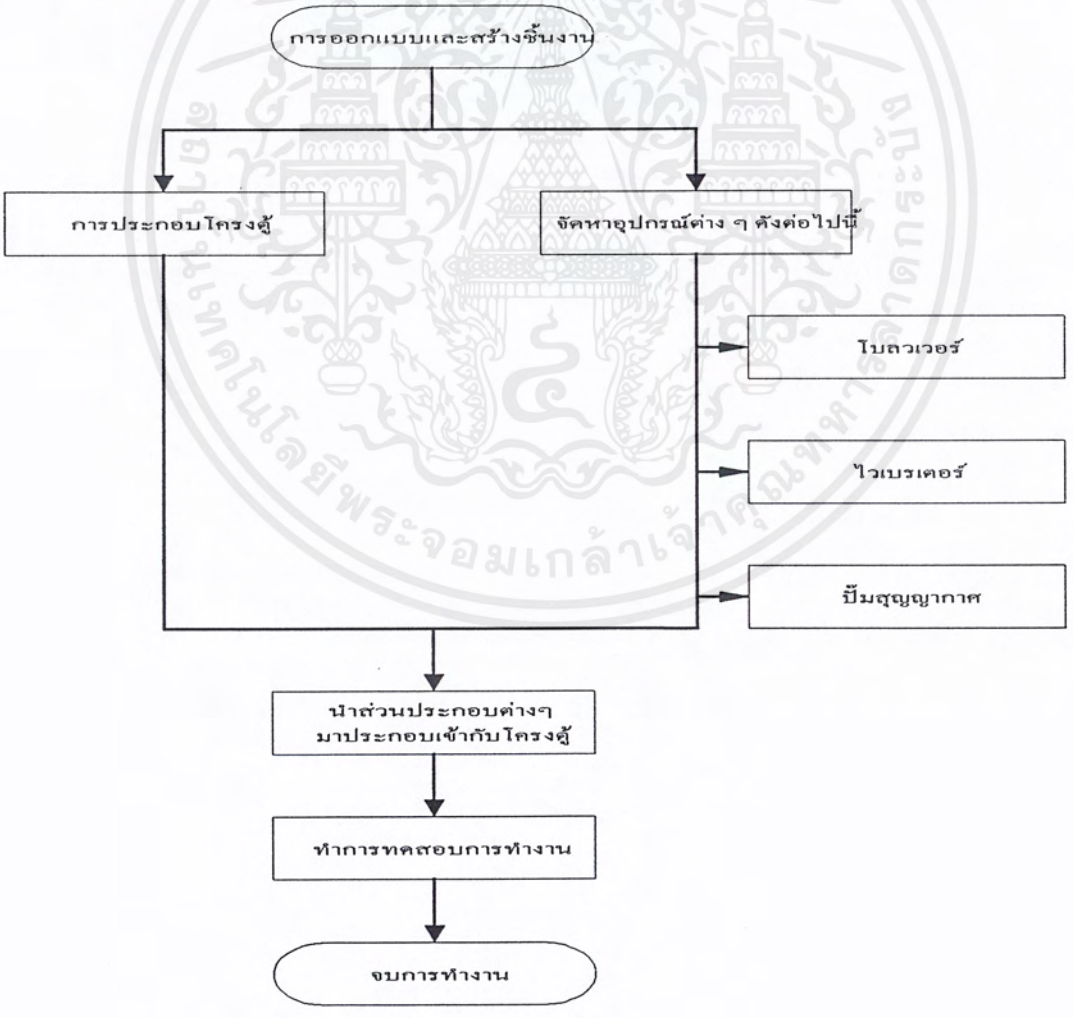
ให้ทดสอบในภาวะเช่นเดียวกับข้อ 5 ถ้าตรวจสอบพบว่าไม่มีฝุ่นที่สังเกตได้ภายในเปลือกหุ้มเมื่อสิ้นสุดการทดสอบให้ถือว่าเป็นไปตามข้อกำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบโครงสร้างและอุปกรณ์ของตู้ทดสอบ

จากทฤษฎีและหลักการในบทที่ 2 เรื่องการทดสอบระดับการป้องกันของแข็งของบริภัณฑ์ทางไฟฟ้าในระดับการป้องกันที่ 1 - 4 เราสามารถแบ่งระดับการป้องกันได้โดยการใช้นิ้วทดสอบมาตรฐาน และ ลวดที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางต่าง ๆ กัน ซึ่งจะสามารถทดสอบได้โดยง่าย ส่วนในระดับการป้องกันที่ 5 และ 6 ในการทดสอบจะต้องสร้างตู้ทดสอบให้ได้ตรงตามมาตรฐานของ มอก. ดังที่ได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 2

ซึ่งส่วนประกอบของตู้ทดสอบจะสามารถแยกเป็นส่วนต่าง ๆ และมีขั้นตอนการทำงานดังต่อไปนี้



รูปที่ 3.1 แผนผังแสดงการทำงาน

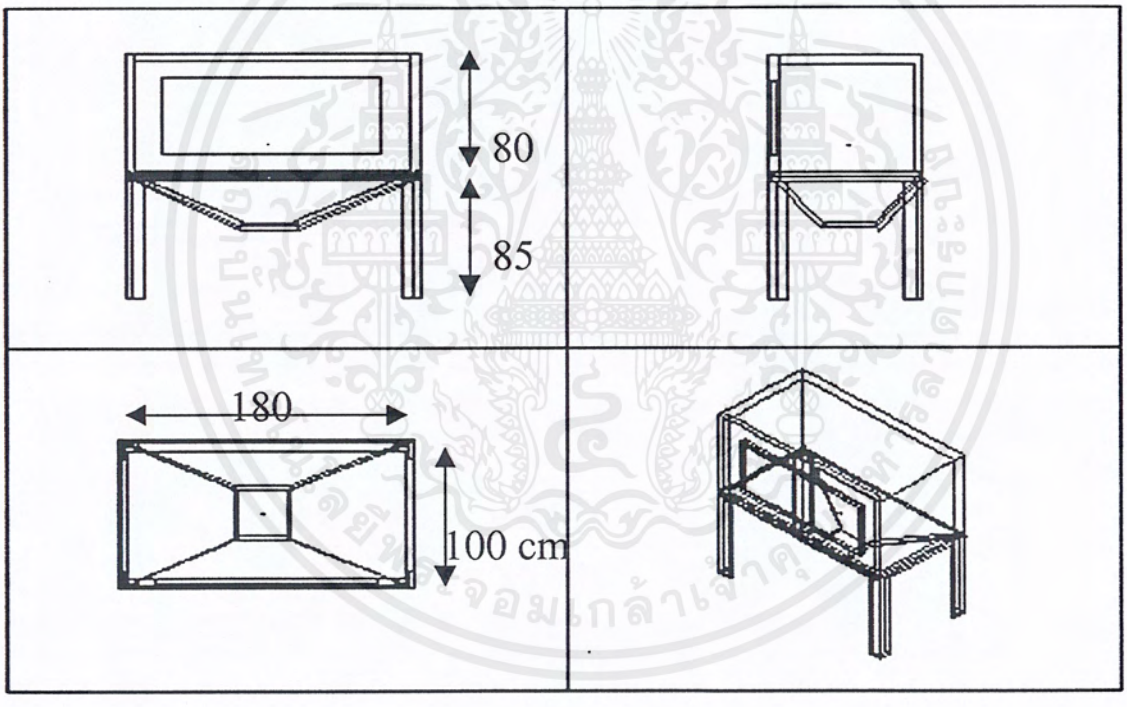
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีรายละเอียดต่างๆดังต่อไปนี้

3.1 โครงสร้างของตู้ทดสอบ

เพื่อเป็นการจำลองการใช้งานจริง ของบริภัณฑ์ทางไฟฟ้า ณ สภาพแวดล้อมที่เต็มไปด้วยฝุ่น ดังนั้นตู้ทดสอบจึงมีส่วนประกอบสำคัญดังต่อไปนี้

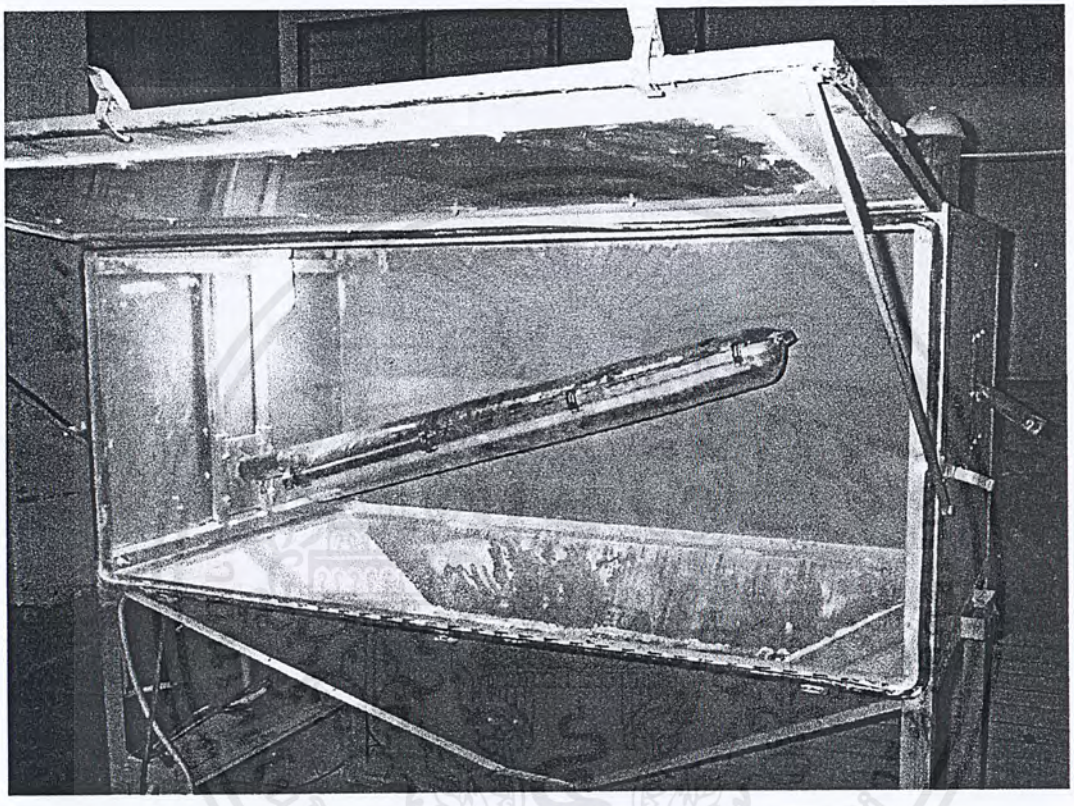
1. ขนาดความกว้าง ความลึก ความสูง ของตู้ทดสอบออกแบบมาสำหรับทดสอบได้กับโคมไฟทุกประเภท รวมทั้งบริภัณฑ์ทางไฟฟ้าประเภทอื่นๆ เช่น หม้อแปลงไฟฟ้า รีเลย์ ที่มีขนาดไม่เกิน 100 ×180× 80 เซนติเมตร ตามรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.2 โครงสร้างตู้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ภายในตู้ถูกออกแบบมาให้วางโคมไฟได้ทั้งในแนวระดับและเป็นมุมเอียง 15 °กับแนวระดับเพื่อให้สอดคล้องกับการใช้งานจริง



รูปที่ 3.3 โครงสร้างภายใน

3. ด้านล่างของตู้ทดสอบออกแบบให้มีความลาดเอียงเป็นมุม 50° กับแนวระดับทั้ง 4 ด้าน เพื่อให้ผงทัลคัมไหลลงสู่โบลวเวอร์ได้โดยสะดวก

3.2 พัดลมและโบลวเวอร์

3.2.1 การแจงชนิดของโบลวเวอร์

โบลวเวอร์สามารถแยกประเภทออกได้ตามความดันที่เพิ่มขึ้น ขณะที่ดูดหรือเป่าอากาศโดยทั่วๆไปโบลวเวอร์เป่าลมที่ทำงานขณะความดันต่ำกว่า 1000 มม.ปรอท เรียกว่าพัดลม และประเภทที่ทำงานขณะความดันสูงกว่า 1000 มม.ปรอท ถึงต่ำกว่า 10 ม.ปรอท เรียกว่าโบลวเวอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

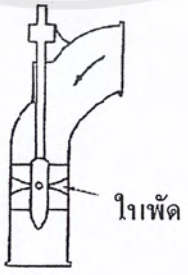
โบลวเวอร์ยังสามารถแยกประเภทตามหลักการทำงานได้ออกไปอีกเป็นชนิดเทอร์โบ และชนิดแทนอากาศ (ดูตารางที่ 2 ชนิดของโบลวเวอร์)

ตารางที่ 2 ชนิดของโบลวเวอร์

ชนิด		ใบพัด (ขนาดต่ำกว่า 1000 มม.ปรอท)	โบลวเวอร์ (ขนาด 1 ม.ปรอทถึงต่ำกว่า 10 มม.ปรอท)
ชนิดเทอร์โบ	ไหลตามแนวแกน	ใบพัดกังหัน	โบลวเวอร์พัดตามแนวนอน
	ชนิดแรงเหวี่ยง	ใบพัดหลายช่อง(ใบพัดซิรอกโค)	
		ใบพัดตามแนวรัศมี	โบลวเวอร์ตามแนวรัศมี
		ใบพัดเทอร์โบ	เทอร์โบโบลวเวอร์
ชนิดแทนที่	ชนิดโรตารี่		โบลวเวอร์ชนิดรูท

หมายเหตุ (1) ประเภทเทอร์โบ จะมีใบพัดหมุนด้วยความเร็วรอบสูง เพื่อให้ค่าโมเมนตัมของก๊าซที่ผ่านออกมาจากใบพัดสูงซึ่งจะทำให้ความดันและความเร็วของก๊าซเพิ่มขึ้น ซึ่งแบ่งตามลักษณะการไหลได้สองประเภท คือลักษณะไหลตามแนวแกน และลักษณะแรงเหวี่ยง

(2) ประเภทแทนที่อากาศ ลักษณะนี้เริ่มจากการจับปริมาตรอากาศ แล้วลดปริมาตรลงเพื่อเพิ่มความดัน ซึ่งจะมีทั้งประเภทโรตารี่และประเภทช่วงชัก



รูปที่ 3.4 พัดลมใบพัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

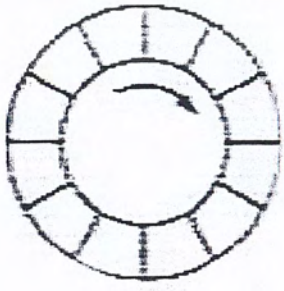
(1) พัดลมไหลตามแนวแกน (พัดลมใบพัด)

ดังแสดงไว้ในรูปที่ 3.4 จะมีลักษณะโครงสร้างคล้ายคลึงกันกับเครื่องสูบไหลตามแนวแกน ใบพัดจะหมุนทำหน้าที่ผลักดันอากาศให้แผ่ตามแนวแกน ตามธรรมดาจะใช้มอเตอร์ชนิด 2หรือ 4 ขั้ว ซึ่งจะทำให้มีเสียงดังเกิดขึ้น จึงจำเป็นที่ต้องลดเสียงลง ลักษณะการใช้งานโดยทั่วๆไป เช่น เป็นต้นกำเนิดในอุโมงค์ลม และในการระบายอากาศในอุโมงค์ หรือท่อ ฯลฯ

รูปที่ 3.5 พัดลมซิรอคโค

(2) พัดลมชนิดใบพัดซี่ (พัดลมซิรอคโค)

รูปพัดลมดังกล่าวแสดงไว้ในรูปที่ 3.5 ตัวพัดลมมีใบพัดวางเฉียงเข้าหาแนวทิศทางการหมุน เรียกชื่อพัดลมนี้ว่าพัดลมซิรอคโค พัดลมชนิดนี้ใช้ทั่วๆไปในการระบายอากาศ เพราะมีโครงที่ง่ายและราคาถูก



รูปที่ 3.6 พัดลมใบพัดตามรัศมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

42605

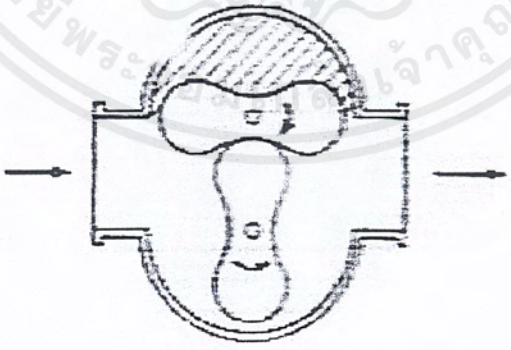
(3) พัดลมใบพัดตามรัศมี (Radial or plate fan)

พัดลมชนิดนี้จัดตั้งตามแนวรัศมี ในการพิจารณาจะต้องพิจารณาอย่างละเอียด เพราะค่า GD^2 ของพัดลมมีค่ามาก พัดลมดังกล่าวแสดงดังรูปที่ 3.6

รูปที่ 3.7 พัดลมเทอร์โบ

(4) พัดลมเทอร์โบ

รูปพัดลมดังกล่าวแสดงดังรูปที่ 3.7 ตัวพัดลมมีใบพัดวางเฉียงออกจากแนวทิศทางหมุน ซึ่งจะทำให้มีเสียงค่อย พัดลมดังกล่าวใช้เป็นโบลวเวอร์ของหม้อน้ำ, พัดลมระบายอากาศในเหมือง ฯลฯ



รูปที่ 3.8 โบลวเวอร์ชนิดรูท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(5) โบลวเวอร์ชนิดรูท

รูปภาคตัดของพัดลมดังกล่าวแสดงไว้ในรูปที่ 3.8 ก๊าซในโบลวเวอร์เหล่านี้ อยู่ในช่องว่างระหว่างตัวโรเตอร์และเสื้อสูบจะถูกถ่ายเทออก การปรับปริมาณก๊าซจะขึ้นอยู่กับความเร็วของโรเตอร์ โบลวเวอร์ดังกล่าวใช้เป็นแหล่งความดันของการป้อนก๊าซ, ความดันปล่อยทิ้งขยะ ฯลฯ

เราจะสามารถพิจารณาเลือกชนิดของโบลวเวอร์ได้จากรูปแผนภูมิระบุขั้นตอนที่ 1 โดยจะต้องการใช้ในระดับความดันสูงกว่า 1,000 มม.ปรอท ไม่ต้องการเป่าลมตามแนวแกน และเรานำมาใช้ดูดและเป่า ผงทัลคัมในอากาศซึ่งเป็นเหมือฝุ่นผงเพราะฉะนั้นจึงเลือกโบลวเวอร์ ชนิดโบลวเวอร์ตามแนวรัศมีซึ่งแสดงในรูปที่ 3.6

และจากรูปแผนภูมิระบุขั้นตอนที่ 2 เราไม่ต้องการควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์และค่า GD^2 ของโหลดไม่มากจึงตัดสินใจเลือกใช้มอเตอร์เหนี่ยวนำกรงกระรอก

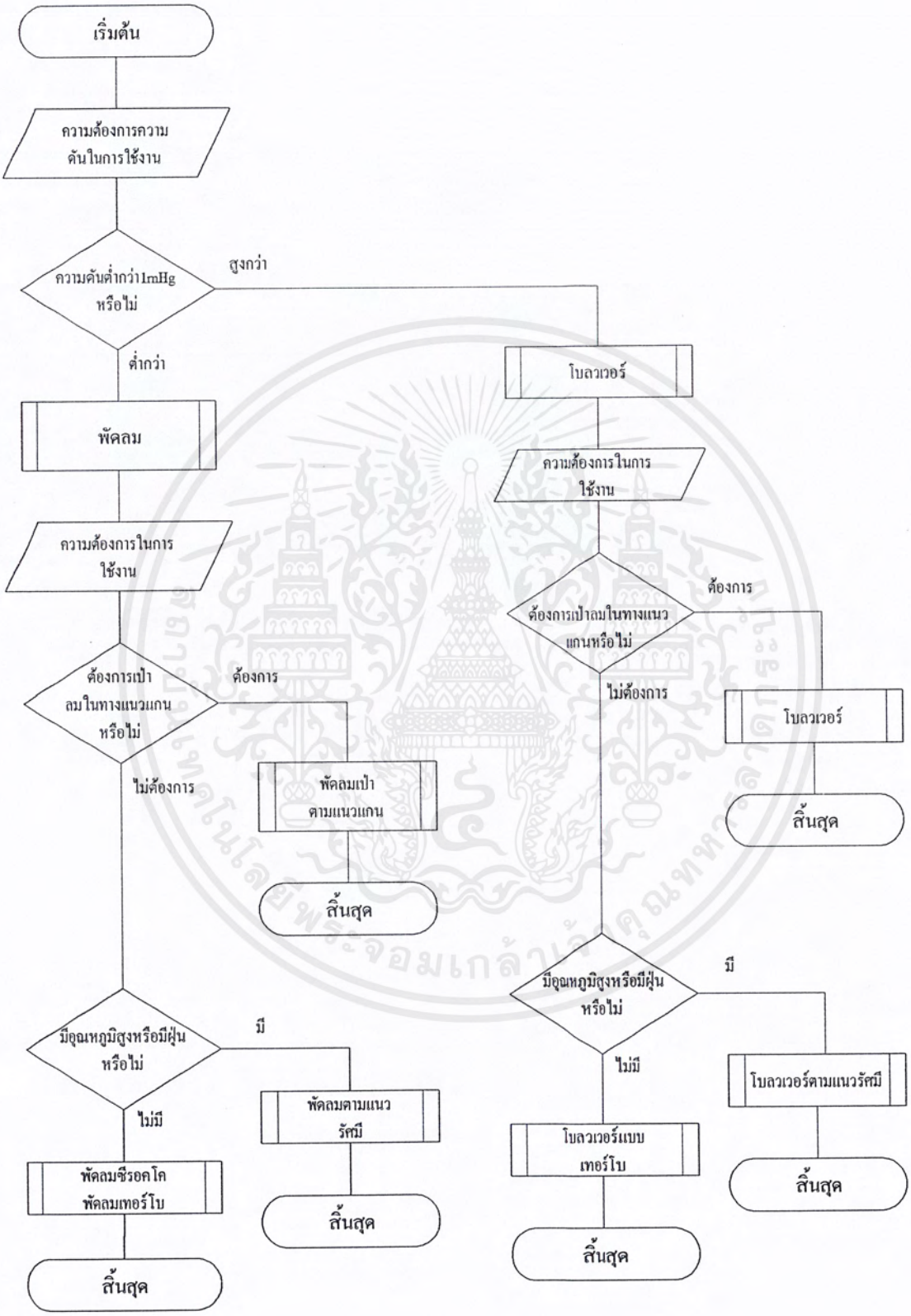
3.2.2 สมบัติต่าง ๆ ของโบลวเวอร์

ตามธรรมดาโบลวเวอร์อากาศเริ่มสตาร์ทขณะท่อดูดอากาศปิดอยู่ ดังนั้นแรงบิดขณะเริ่มสตาร์ทต่ำ ส่วนในการสตาร์ทขณะท่อดูดเปิดนั้นต้องระมัดระวังเพิ่มขึ้น ตารางที่ 3 แสดงสมบัติต่างๆ ของโบลวเวอร์เป่าอากาศแบบต่าง ๆ และสมบัติความเร็วรอบ แรงบิดก็แสดงไว้ในรูปด้านล่าง

ตารางที่ 3 สมบัติของโบลวเวอร์

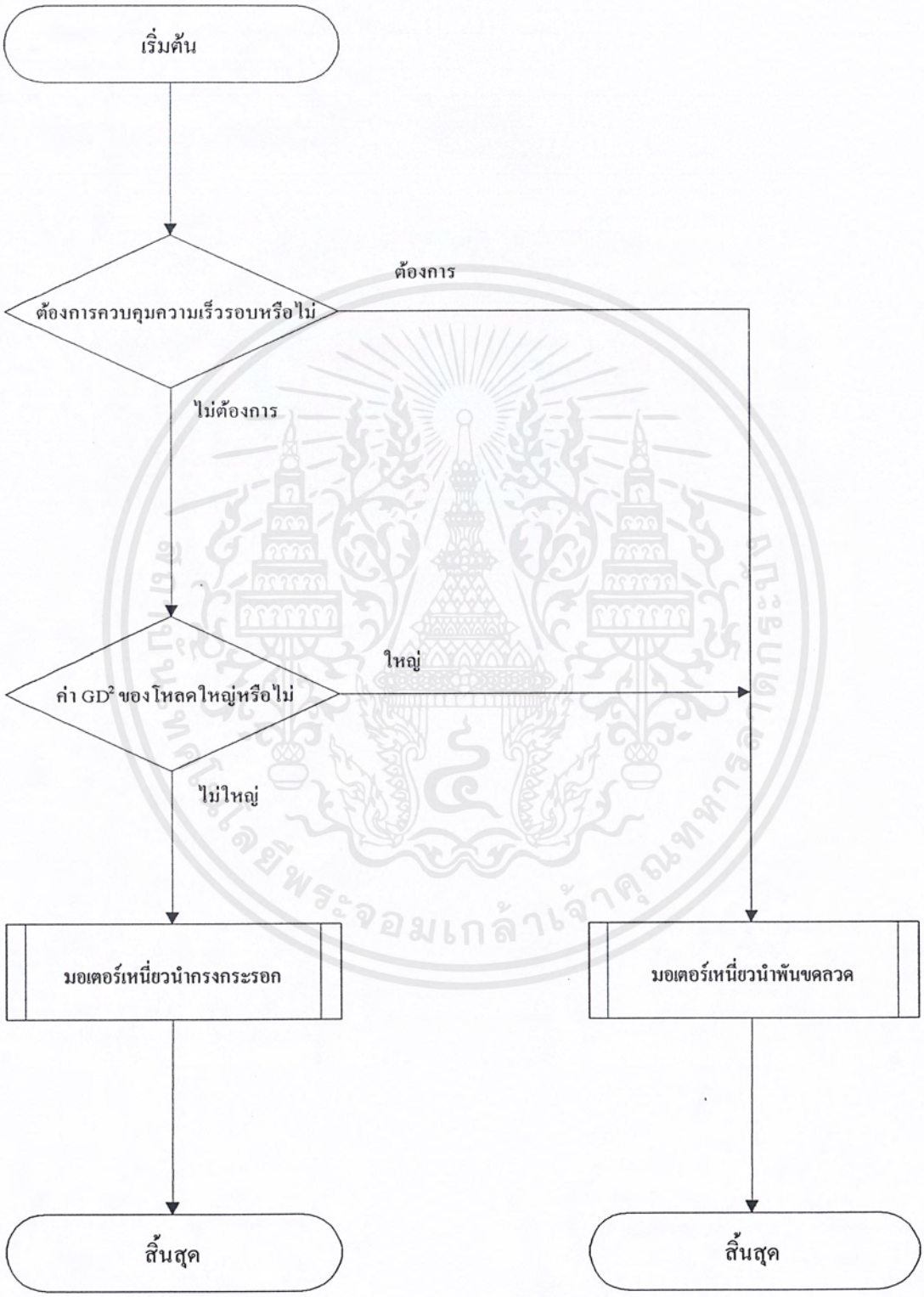
ชนิด		แรงบิดเริ่มต้น (%)	แรงบิดสูงสุด (%)	สมบัติแรงบิด
เทอร์โบโบลวเวอร์	วาล์วดูดปิด	40	150	A
	วาล์วดูดปิด	40	150	B
ใบพัดเทอร์โบ	วาล์วดูดปิด	40	150	A
ใบพัดกังหัน	วาล์วดูดปิด	40	150	B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 แผนภูมิการเลือกโบลเวอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.10 แผนภูมิการเลือกมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 มอเตอร์ของโบลวเวอร์

มอเตอร์ของโบลวเวอร์เป่าอากาศส่วนใหญ่เป็นมอเตอร์เหนี่ยวนำชนิดโรเตอร์กรงกระรอก อย่างไรก็ดีในบางลักษณะที่ค่า GD^2 ระบบรวมสูงเช่นในกรณีพัดลมใบพัดตามรัศมีหรือต้องการการควบคุมความเร็วรอบอาจใช้มอเตอร์เหนี่ยวนำชนิดพันขดลวดแทน

ตารางที่ 4 ประสิทธิภาพและพิกัดเพดานของโบลวเวอร์

ชนิด	ความดันนิ่ง η(%)	แฟคเตอร์พิกัดเพดาน K
ใบพัดกังหัน	50 - 75	1.2
ใบพัดซิรอคโค	45 - 60	1.2 - 1.3
ใบพัดแบบเพลท	50 - 70	1.15 - 1.25
ใบพัดเทอร์โบ	55 - 75	1.15 - 1.25
โบลวเวอร์เทอร์โบสเตจเดียว	60 - 80	1.1 - 1.2
โบลวเวอร์เทอร์โบหลายสเตจ	50 - 70	1.1 - 1.2
เทอร์โบคอมเพรสเซอร์	50 - 70	1.1 - 1.2

3.2.4 การคำนวณพิกัดกำลังในกรณีโหลดของไหล

ในกรณีที่โหลดถูกดูดหรือสูบต่อเนื่องกันจากระดับต่ำไปสู่ระดับสูงโดยโบลวเวอร์ พิจารณาน้ำหนักของฝุ่นทัลคัมในอากาศ 1 ลบ.เมตรหนัก 2 กิโลกรัม ต้องการเป่าทัลคัมโดยมีอัตรา Q (ลบ.เมตร) ต่อวินาทีให้ได้ความสูง H (เมตร) (ความสูงจากโบลวเวอร์ถึงปลายท่อ) กำลังที่ต้องการใช้จะเท่ากับ

$$P_m = 9.8WQHx10^{-3}x(\frac{100}{\eta}) \quad \text{(kW)} \qquad (3.1)$$

หรือ

$$P_m = (\frac{KWQH}{102})x\frac{100}{\eta} \quad \text{(kW)} \qquad (3.2)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ W : น้ำหนักของผงทัลคัมในกรวยรองผงทัลคัม (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)

Q : อัตราการไหลของอากาศ (ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที)

H : ความสูงจากโบลวเวอร์ถึงปลายท่อ (เมตร)

K : เป็นค่าสัมประสิทธิ์ของการเพี้ยนในการออกแบบและฝีมือการสร้าง (ค่าเผื่อประมาณ 1.1-1.25)

จากสมการที่ (3.2) จะได้

Q = 0.0109 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที

W = 169 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

H = 1.5 เมตร

K = 1.25

η = 60

$$P_m = (1.25 \times 169 \times 0.0109 \times 1.5/102) \times (100/60)$$

$$= 0.0567 \quad \text{กิโลวัตต์}$$

$$= 57 \quad \text{วัตต์}$$

ซึ่งจากการวัดการใช้กำลังไฟฟ้าของโบลวเวอร์ จะได้พิกัดต่างๆดังนี้

กระแส = 0.5 แอมป์

แรงดันไฟฟ้า = 110 โวลต์

ค่าตัวประกอบกำลัง = 0.8

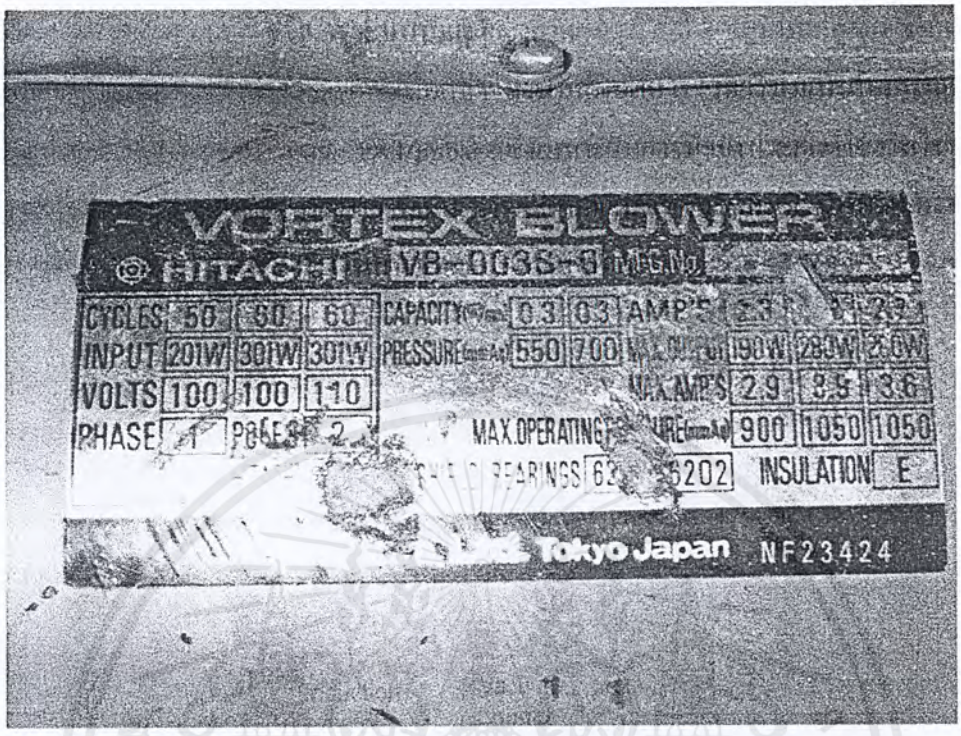
สามารถคำนวณพิกัดกำลังไฟฟ้าได้ดังนี้

$$P = (110 \times 0.5 \times 0.8)$$

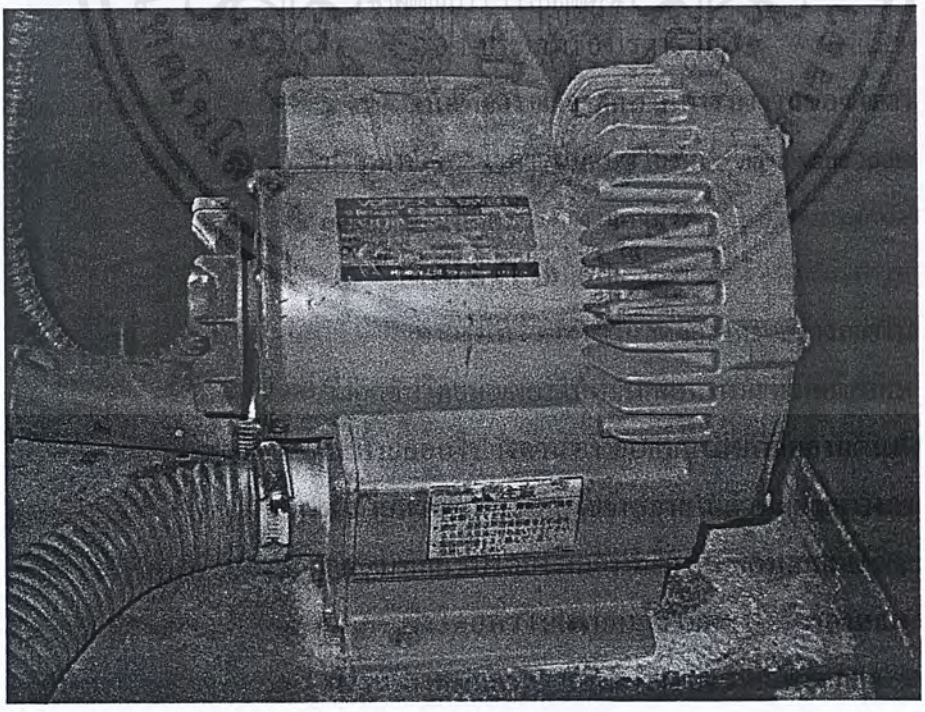
$$= 44 \quad \text{วัตต์}$$

จากขนาดมอเตอร์ที่เราคำนวณได้เราจะพบว่าขนาดพิกัดกำลังที่คำนวณกับที่วัดได้จริงมีค่าใกล้เคียงกันมาก เราจึงสามารถเลือกมอเตอร์โบลวเวอร์ขนาด ¼ แรงม้าที่มีขายตามท้องตลาดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.11 พิกัดของโบลวเวอร์ที่เลือกใช้ในเครื่องทดสอบ

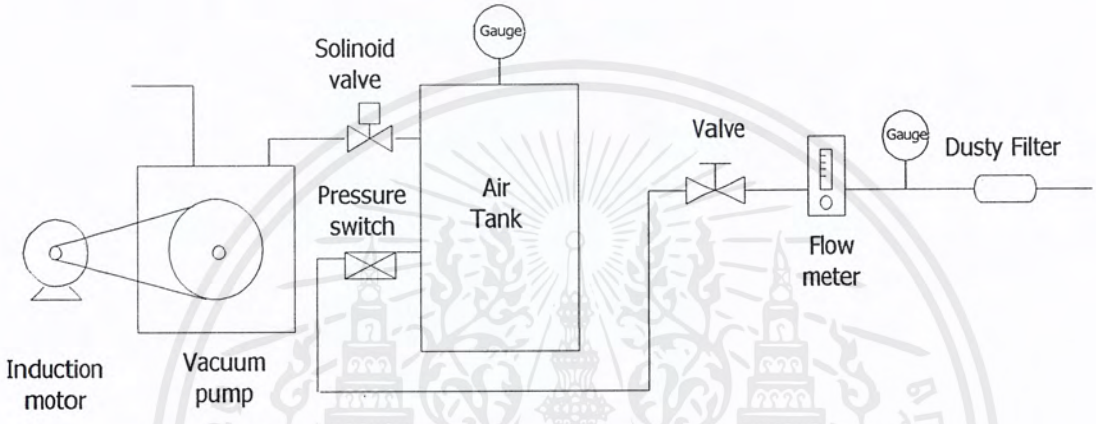


รูปที่ 3.12 โบลวเวอร์ที่เลือกใช้ในเครื่องทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 ระบบปั๊มสุญญากาศ

เมื่อกล่าวถึงปั๊มสุญญากาโรตารีปั๊มเป็นปั๊มสุญญากาศที่สามารถสร้างระดับสุญญากาศได้ถึง 1×10mbar ซึ่งเหมาะกับการนำมาประยุกต์ใช้งานในอุตสาหกรรมหลายประเภทได้อย่างกว้างขวาง อาทิเช่น การผลิตหลอดภาพโทรทัศน์ การผลิตเครื่องปรับอากาศ การผลิตหลอดไฟ รวมถึงขบวนการผลิตในอุตสาหกรรม



รูปที่ 3.13 การทำงานระบบสุญญากาศ

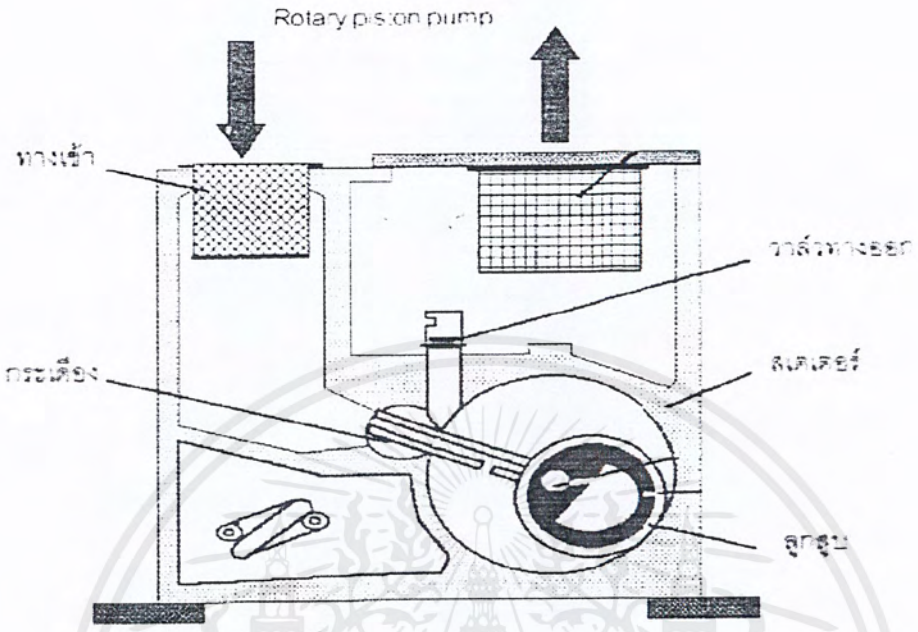
3.3.1 ประเภทของโรตารีปั๊ม

เมื่อพิจารณาจากกลไกการทำงานของโรตารีปั๊ม สามารถแบ่งโรตารีปั๊มออกเป็นสองประเภท คือ โรตารีปั๊มแบบใบพัด(rotary vane pump) และโรตารีปั๊มแบบลูกสูบ(rotary position pump) ซึ่งมีหลักการทำงานดังนี้

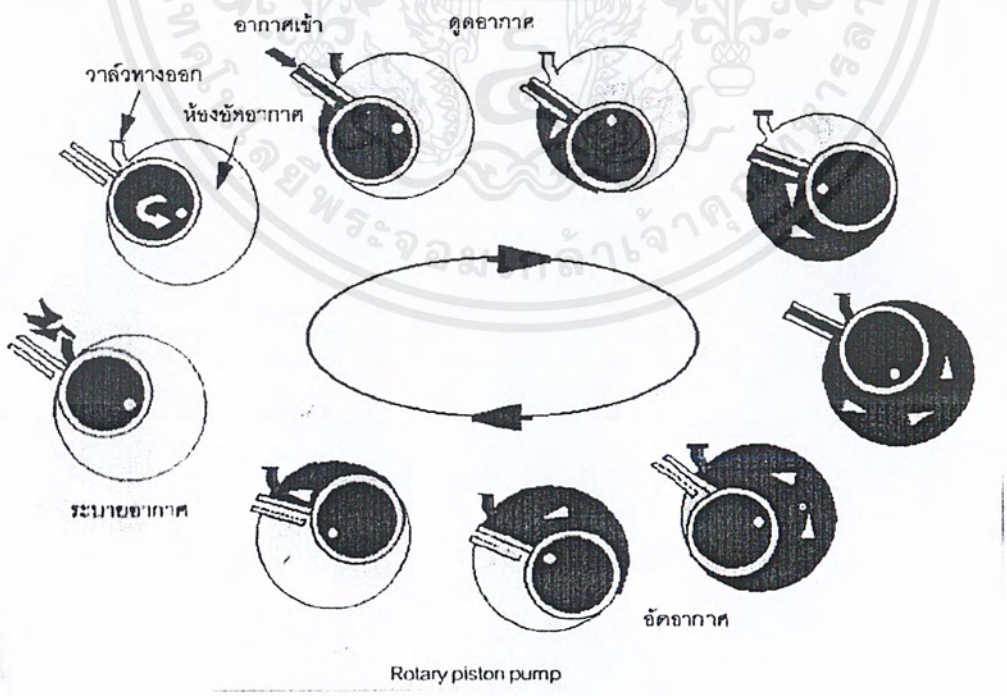
(1) โรตารีปั๊มแบบลูกสูบ

จากรูปที่ 3.14 ซึ่งแสดงถึงโครงสร้างภายในของโรตารีปั๊มแบบลูกสูบ จะเห็นได้ว่าลูกสูบซึ่งถูกขับโดยมอเตอร์ให้หมุนเพื่อทำหน้าที่อัดอากาศหรือแก๊สที่มีค่าความดันต่ำจากด้านทางเข้า เพื่อระบายออกไปยังด้านทางออกของปั๊มที่มีความดันสูงกว่า โดยในขณะที่โรเตอร์(rotor) หมุนนั้นอากาศหรือแก๊สจะถูกดูดเข้าสู่ภายในตัวปั๊มผ่านทางกระเดื่อง(hinge pin) จากนั้นอากาศเหล่านี้จะถูกลูกสูบที่ถูกขับโดยโรเตอร์ที่เยื้องศูนย์กับสเตเตอร์(stator) อัดให้มีความดันสูงกว่าความดันด้านขาออก ซึ่งโดยทั่วไปเท่ากับความดันบรรยากาศจนกระทั่งสามารถเอาชนะผลรวมของความดันบรรยากาศ และแรงดันสปริงของวาล์วทางออก(exhaust valve) เพื่อให้อากาศหรือแก๊สที่ถูกอัดสามารถระบายออกจากปั๊มผ่านทางวาล์วทางออก ซึ่งวัฏจักรการทำงานดังกล่าวสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.14 โครงสร้างภายในของโรตารีปั๊มแบบลูกสูบ

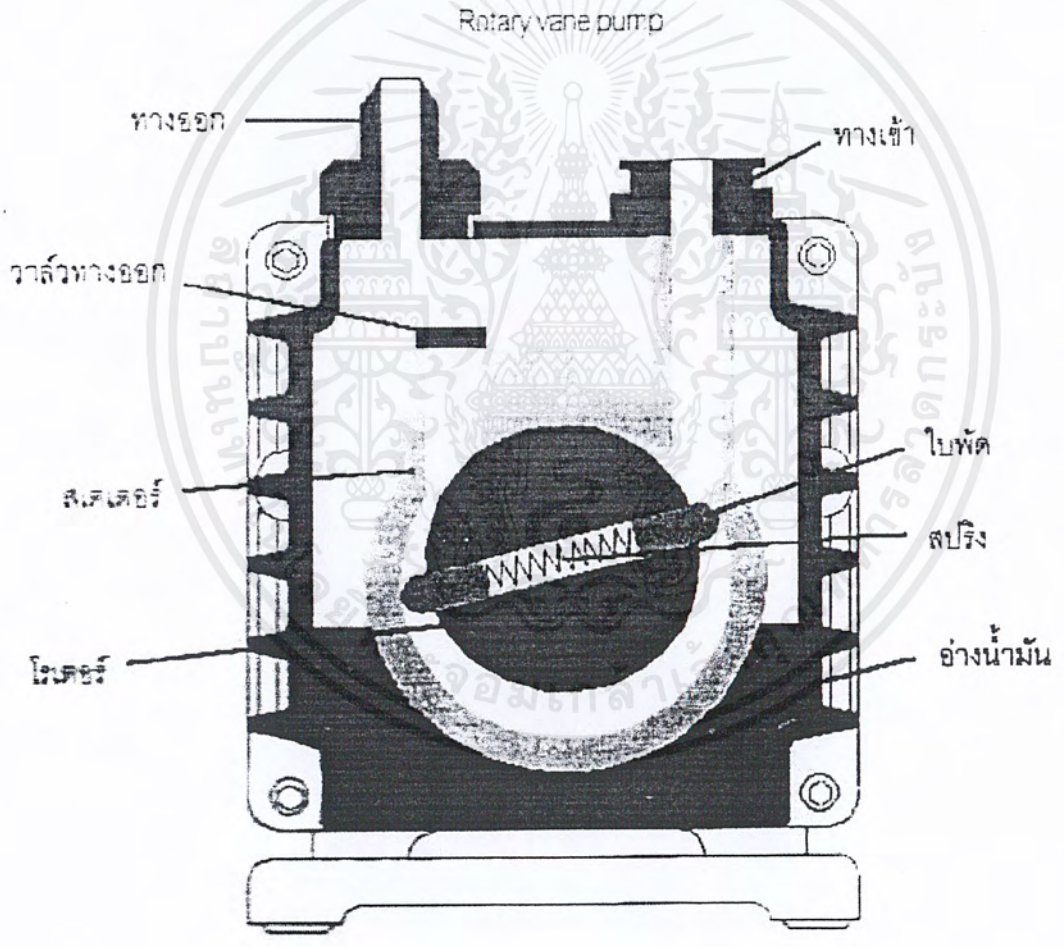


รูปที่ 3.15 วัฏจักรการทำงานของโรตารีปั๊มแบบลูกสูบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- จังหวะที่ 1-5 อากาศหรือแก๊สถูกดูดผ่านเข้ามาในห้องอัด
- จังหวะที่ 6-8 อากาศหรือแก๊สถูกอัดโดยลูกสูบเพื่อเพิ่มความดัน
- จังหวะที่ 9 อากาศหรือแก๊สที่ถูกดัดจนกระทั่งความดันภายในห้องอัดมีค่ามากกว่าผลรวมของความดันบรรยากาศกับแรงดันสปริงที่วาล์วทางออก ถูกระบายออกจากห้องอัด ซึ่งโรตารีปั๊มแบบลูกสูบ จะมีการทำงานตามวัฏจักรดังกล่าวอย่างต่อเนื่อง โดยมีอัตราความถี่ในการอัดเท่ากับความเร็วรอบของมอเตอร์

(2) โรตารีปั๊มแบบใบพัด



รูปที่ 3.16 โครงสร้างภายในของโรตารีปั๊มแบบใบพัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.16 ซึ่งแสดงถึงโครงสร้างภายในของโรตารีปั๊มแบบใบพัด จะเห็นได้ว่าใบพัด (vane) ซึ่งถูกขับโดยมอเตอร์ให้หมุน เพื่อทำหน้าที่อัดอากาศหรือแก๊สที่มีความดันต่ำจากด้านทางเข้า เพื่อระบายออกไปยังด้านทางออกของปั๊มที่มีความดันสูงกว่า โดยในขณะที่โรเตอร์หมุนนั้น อากาศหรือแก๊สจะถูกดูดเข้าสู่ภายในตัวปั๊ม จากนั้นอากาศเหล่านี้จะถูกใบพัดที่ถูกขับโดยโรเตอร์ที่เยื้องศูนย์กับสเตเตอร์อัดให้มีความดันสูงกว่าความดันด้านขาออก ซึ่งโดยทั่วไปเท่ากับความดันบรรยากาศ จนกระทั่งสามารถเอาชนะผลรวมของความดันบรรยากาศ และแรงดันสปริงของวาล์วทางออก เพื่อให้อากาศหรือแก๊สที่ถูกอัดสามารถระบายออกจากปั๊มผ่านทางวาล์วทางออก ซึ่งวัฏจักรการทำงานดังกล่าวทำงาน ตามขั้นตอนนี้

- จังหวะที่ 1 อากาศหรือแก๊สถูกดูดผ่านเข้ามาในห้องอัด
- จังหวะที่ 2 อากาศหรือแก๊สที่ถูกดูดเข้ามาจะถูกแยกตัวออกจากทางเข้าและทางออกของห้องอัด
- จังหวะที่ 3 อากาศหรือแก๊สถูกอัดโดยใบพัดเพื่อเพิ่มความดัน
- จังหวะที่ 4 อากาศหรือแก๊สที่ถูกอัดจนกระทั่งความดันภายในห้องอัดมีค่ามากกว่าผลรวมของความดันบรรยากาศกับแรงดันสปริงที่วาล์วทางออก ถูกระบายออกจากห้องอัด

ซึ่งโรตารีปั๊มแบบใบพัด จะมีการทำงานตามวัฏจักรดังกล่าวอย่างต่อเนื่อง โดยมีอัตราความถี่ในการอัดเท่ากับความเร็วรอบของมอเตอร์ เช่นเดียวกับโรตารีปั๊มแบบลูกสูบ

จากกลไกการทำงานของโรตารีปั๊มแบบลูกสูบและโรตารีปั๊มแบบใบพัดดังกล่าวข้างต้น ซึ่งมีวัฏจักรการทำงานไม่แตกต่างกันยกเว้นชิ้นส่วนที่ทำหน้าที่ในการอัดอากาศที่แตกต่างกัน โดยโรตารีปั๊มแบบลูกสูบจะใช้ลูกสูบในการอัดอากาศ แต่โรตารีปั๊มแบบใบพัดจะใช้ใบพัดในการอัดอากาศ ซึ่งปัจจุบันนี้มีผู้ผลิตโรตารีปั๊มส่วนใหญ่จะผลิตเฉพาะโรตารีปั๊มแบบใบพัด เนื่องจากการทำงานของโรตารีปั๊มแบบใบพัดจะเงียบกว่าโรตารีปั๊มแบบลูกสูบ ยกเว้นรุ่นที่มีขนาดใหญ่หรืออัตราการดูดที่สูงๆ เท่านั้นที่ยังมีการผลิตแบบลูกสูบ เนื่องจากโรตารีปั๊มแบบใบพัดมีข้อจำกัดด้านโครงสร้างของใบพัดที่ไม่สามารถผลิตรุ่นที่มีขนาดใหญ่หรืออัตราการดูดที่สูงๆ ได้

3.3.2 แก๊สบัลลาสต์ (gas ballast)

แก๊สบัลลาสต์เป็นกลไกการทำงานภายในโรตารีปั๊ม โดยทำหน้าที่เป็นวาล์วควบคุมปริมาณอากาศ เพื่อการจ่ายเข้าไปภายในห้องอัดของโรตารีปั๊ม ซึ่งการจ่ายอากาศดังกล่าวเข้าไปภายในห้องอัด จะเป็นการเพิ่มภาระการทำงานให้กับโรตารีปั๊ม ทำให้อุณหภูมิภายในห้องสูงขึ้น ส่งผลให้ค่าความดันไออิ่มตัวของแก๊สภายในห้องอัดมีค่าสูงมากขึ้น เพื่อช่วยลดโอกาสการกลั่นตัวเป็นของเหลว(condensate) ของแก๊สภายในห้องอัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลจากการเปิดแก๊สบัลลาสต์จะช่วยป้องกันการกลั่นตัวเป็นหยดน้ำหรือของเหลวภายในตัวปั๊ม ซึ่งจะช่วยลดความเสียหายของอายุการใช้งานและประสิทธิภาพการทำงานของปั๊มได้ดังนี้

(1.) ป้องกันการเกิดสนิมภายในตัวปั๊ม จากการที่หยดน้ำหรือของเหลวที่กลั่นตัวภายในตัวปั๊มทำปฏิริยากับสเตเตอร์ และโรเตอร์ ซึ่งผลิตจากเหล็กหล่อเกิดเป็นสนิม

(2.) ช่วยรักษาประสิทธิภาพการสร้างสุญญากาศของปั๊ม เนื่องจากการที่น้ำมันโรตารีปั๊มจะสูญเสียคุณสมบัติที่สำคัญบางประการไป เมื่อมีน้ำหรือของเหลวที่ได้จากการกลั่นตัวละลายปนอยู่กับน้ำมันโรตารีปั๊ม ซึ่งส่งผลให้ปั๊มโรตารีปั๊มไม่สามารถสร้างระดับสุญญากาศได้ดีเพียงพอ และเมื่อไรก็ตามที่มีน้ำหรือของเหลวที่ได้จากการกลั่นตัวละลายปนอยู่กับน้ำมันโรตารีปั๊ม ก็จะต้องมีการเปลี่ยนน้ำมันโรตารีปั๊มใหม่ทันที

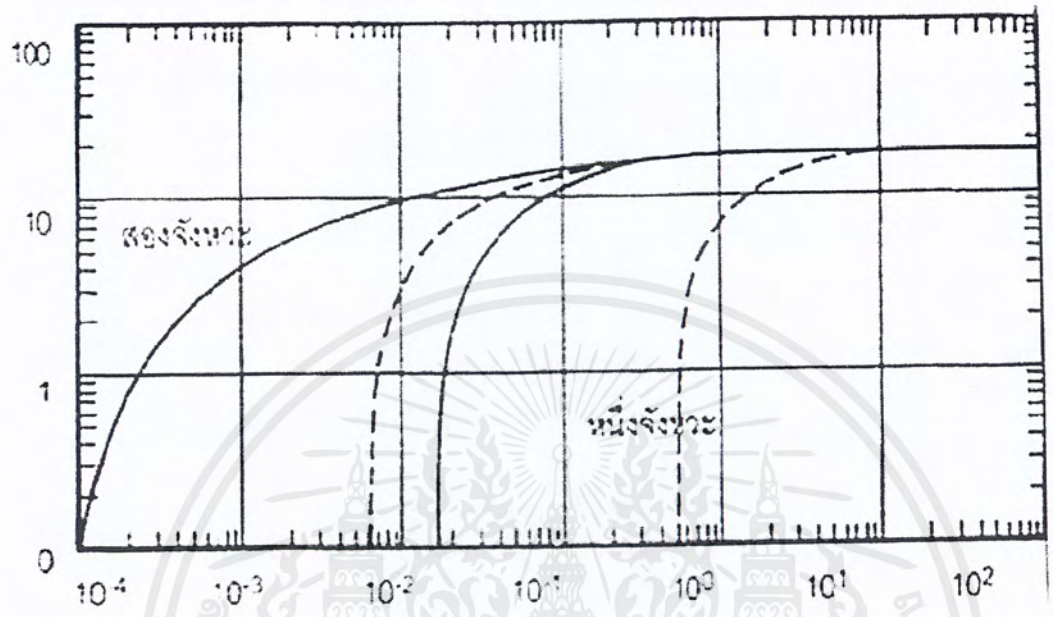
(3.) ป้องกันการอุดตันของทางเดินน้ำมัน (oil passage) หรือกลไกการปิดเปิดวาล์ว เนื่องจากของเหลวที่กลั่นตัวภายในตัวปั๊มบางประเภทอาจเปลี่ยนสภาพเป็นของแข็ง ซึ่งกรณีเช่นนี้จะพบมากในกรณีที่มีการนำปั๊มโรตารีปั๊มไปใช้ในการดูดสารเคมีบางประเภท อาทิเช่น เรซิน เป็นต้น

จากประโยชน์ในการควบคุมแก๊สบัลลาสต์ เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานและอายุการทำงานของปั๊ม แต่อย่างไรก็ตามการเปิดแก๊สบัลลาสต์ อาจส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการทำงานของโรตารีปั๊ม ในด้านต่างๆ ดังนี้

(1.) ระดับสุญญากาศต่ำสุดของปั๊ม (ultimate vacuum) จะมีค่าสูงขึ้น ดังแสดงในกราฟประสิทธิภาพการทำงานในรูปที่ 3.17 ซึ่งจะเห็นได้ว่าปั๊มสุญญากาศจะมีเส้นความเร็วอยู่สองเส้น โดยเส้นหนึ่งจะแสดงความเร็วของปั๊มที่ระดับความดันต่างๆ ในกรณีที่ปิดแก๊สบัลลาสต์ ซึ่งจะเห็นได้ว่า ความสามารถในการสร้างระดับสุญญากาศต่ำสุดของปั๊มจะลดลงเมื่อมีการเปิดแก๊สบัลลาสต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเร็วในการดูดอากาศ (m^3h^{-1})



รูปที่ 3.17 ประสิทธิภาพการทำงานของโรตารีปั๊มแบบหนึ่งจังหวะ และสองจังหวะ

(2.) ไอน้ำมันที่ออกจากโรตารีปั๊มจะเพิ่มขึ้น ซึ่งส่งผลให้อัตราการสูญเสียน้ำมันออกจากปั๊มค่ามากขึ้นด้วย

3.3.3 การเลือกโรตารีปั๊ม

ก่อนที่จะตัดสินใจเลือกซื้อโรตารีปั๊ม เพื่อนำไปใช้กับงานแต่และประเภท มีข้อควรพิจารณาหลายประการ อาทิเช่น

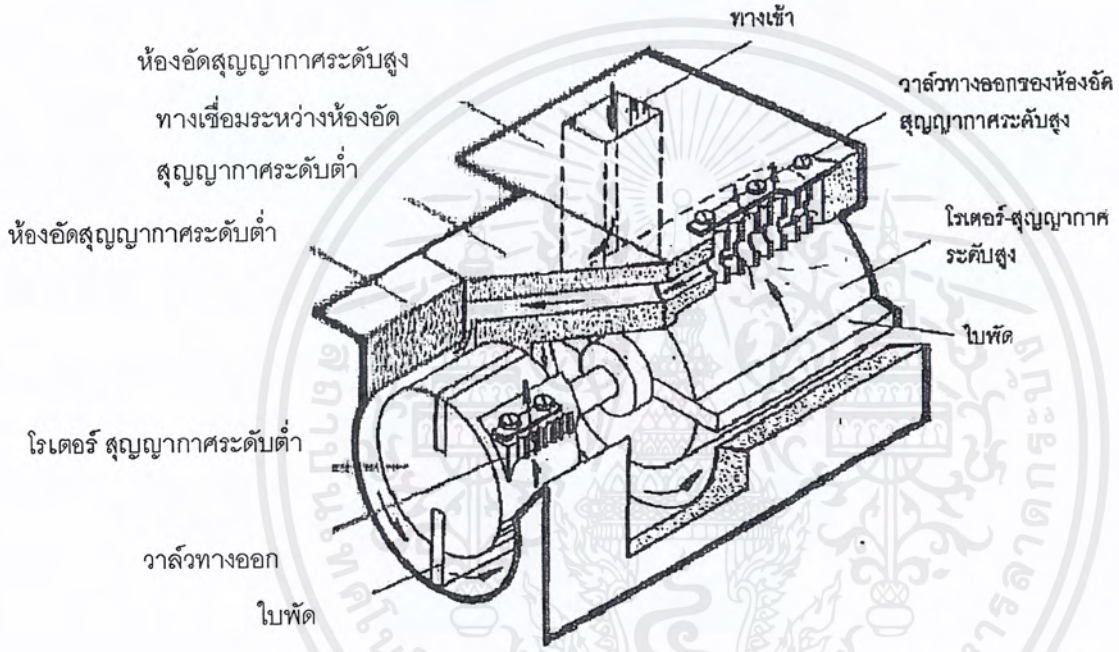
(1) ระดับสุญญากาศต่ำสุด

ก่อนที่จะเลือกโรตารีปั๊มที่เหมาะสมกับงานที่ใช้ ต้องทราบก่อนว่าระดับสุญญากาศที่ต้องการเป็นเท่าใด จากนั้นจึงเลือกโรตารีปั๊มที่สามารถสร้างระดับสุญญากาศต่ำสุดได้ดีกว่า หรือต่ำกว่าระดับสุญญากาศที่ใช้งาน ซึ่งโดยทั่วไปแล้วโรตารีปั๊ม จะมีอยู่สองประเภทจะสามารถระดับสุญญากาศต่ำสุดได้แตกต่างกันดังนี้

- โรตารีปั๊มแบบหนึ่งจังหวะ สามารถสร้างระดับสุญญากาศต่ำสุดได้ถึง 1×10^{-2} mbar
- โรตารีปั๊มแบบสองจังหวะ สามารถสร้างระดับสุญญากาศต่ำสุดได้ถึง 1×10^{-4} mbar

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่โรตารีปั๊มแบบสองจังหวะจะสามารถสร้างระดับสุญญากาศต่ำสุดได้ดีกว่า เนื่องจากโครงสร้างภายในของโรตารีปั๊มแบบสองจังหวะ จะประกอบด้วยห้องอัดสองห้องต่ออนุกรมกัน ดังแสดงในรูปที่ 3.18 ซึ่งอากาศหรือแก๊สจะไหลผ่านเข้ามาทางห้องอัดสุญญากาศระดับสูง (high vacuum stage) และถูกอัดส่งมายังห้องอัดสุญญากาศระดับต่ำ(low vacuum stage) เพื่ออัดส่งผ่านวาล์วทางออกออกสู่บรรยากาศ



รูปที่ 3.18 โครงสร้างภายในของโรตารีปั๊มแบบสองจังหวะ

(2) ความเร็วในการดูดอากาศ

นอกจากระดับสุญญากาศต่ำสุดของโรตารีปั๊ม ที่จะต้องมีค่าต่ำกว่าระดับสุญญากาศใช้งานแล้ว สิ่งที่จำเป็นต้องนำมาพิจารณาก็ คือ ความเร็วในการดูดอากาศ(pumping speed) ของโรตารีปั๊ม ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับระบบสุญญากาศที่นำมาใช้งาน ดังนี้คือ

- ความสามารถในการสร้างระดับสุญญากาศต่ำสุดในระบบสุญญากาศ

โดยทั่วไปแล้วเมื่อมีการนำระบบสุญญากาศมาต่อเข้ากับโรตารีปั๊ม ดังแสดงในรูปที่ 3.19 ระดับสุญญากาศที่วัดในระบบ(ที่จุด A)จะมีค่าสูงกว่าระดับสุญญากาศที่วัดที่ทางเข้าของโรตารีปั๊ม (ที่จุดB) ขึ้นอยู่กับภาระที่เกิดขึ้นในระบบสุญญากาศว่ามีค่ามากน้อยเพียงใด ในทำนองเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

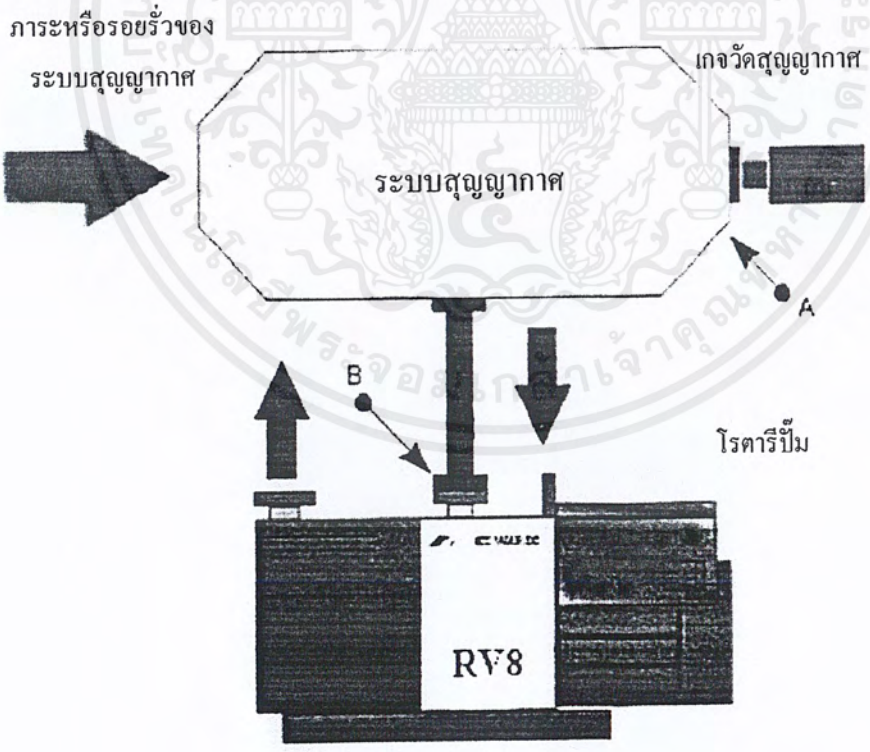
ระดับสุญญากาศต่ำสุดของระบบสุญญากาศ จะมีค่าสูงกว่าระดับสุญญากาศต่ำสุดของโรตารีปั๊ม ซึ่งวัดที่ทางเข้าของปั๊มด้วย ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ว่าระดับสุญญากาศต่ำสุดของระบบสุญญากาศอาจมีค่าสูงกว่าระดับสุญญากาศใช้งาน แม้ว่าระดับสุญญากาศต่ำสุดของโรตารีปั๊ม จะมีค่าต่ำกว่าระดับสุญญากาศใช้งาน ในกรณีที่โรตารีปั๊มมีความเร็วในการดูดอากาศที่ต่ำเกินไป เมื่อเทียบกับภาระในระบบสุญญากาศ เมื่อเป็นเช่นนี้แล้ว การเลือกความเร็วในการดูดอากาศที่เหมาะสม จะต้องคำนึงถึงภาระของระบบสุญญากาศ โดยพิจารณาจากสมการ

$$P = \frac{Q}{S} \tag{3.3}$$

P = ระดับสุญญากาศต่ำสุดของระบบสุญญากาศ หน่วย mbar

Q = ภาระของระบบสุญญากาศหรืออัตราการรั่วของระบบสุญญากาศ หน่วย mbar-l/s

S = ความเร็วในการดูดอากาศของโรตารีปั๊ม หน่วย l/s



รูปที่ 3.19 การนำโรตารีปั๊มต่อเข้ากับระบบสุญญากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่าง เมื่อเราต้องการนำโรตารีปั๊มมาต่อกับระบบสุญญากาศ เพื่อสร้างระดับสุญญากาศใช้งานที่ 2×10^{-2} mbar โดยเราเลือกใช้โรตารีปั๊มแบบสองจังหวะ ซึ่งสามารถสร้างระดับสุญญากาศต่ำสุด(วัดที่ทางเข้าของโรตารีปั๊ม) ได้ที่ 1×10^{-4} mbar ถ้าหากว่าระบบสุญญากาศของเรามีอัตราการรั่วอยู่ที่ 5×10^{-2} mbar-l/s แล้ว เราเลือกใช้โรตารีปั๊มที่มีความเร็วในการดูดอากาศอยู่ที่ 50 l/min (0.83l/s)ระดับสุญญากาศจะมีค่าเท่ากับ

$$P = Q / S = (5\times10^{-2}) / (0.83)$$

$$= 6.0\times10^{-1} \text{ mbar}$$

จากตัวอย่างดังกล่าว จะเห็นได้ว่าโรตารีปั๊มที่มีความเร็วในการดูดอากาศอยู่ที่ 50 l/min ไม่สามารถสร้างระดับสุญญากาศได้เพียงพอกับระดับสุญญากาศใช้งาน ดังนั้นเราจึงต้องเลือกโรตารีปั๊มที่มีความเร็วในการดูดอากาศสูงขึ้น ซึ่งถ้าเราเลือกโรตารีปั๊มที่มีความเร็วในการดูดอากาศอยู่ที่ 300 l/min(5 l/s) ระดับสุญญากาศต่ำสุดของระบบสุญญากาศจะมีค่าเท่ากับ

$$P = Q / S = (5\times10^{-2}) / 5$$

$$= 1\times10^{-2} \text{ mbar}$$

ซึ่งระดับสุญญากาศต่ำสุดของระบบสุญญากาศที่ได้นี้มีค่าต่ำกว่าระดับสุญญากาศใช้งาน ดังนั้นโรตารีปั๊มที่มีความเร็วในการดูดอากาศอยู่ที่ 300 l/min จึงเหมาะสมกับการใช้งานตามที่ยกตัวอย่างขึ้นมา

- ความเร็วในการดูดอากาศที่ระดับสุญญากาศ

เนื่องจากความเร็วในการดูดอากาศจะเปลี่ยนแปลงไปตามระดับสุญญากาศที่ทางเข้าของโรตารีปั๊ม ดังแสดงในรูปที่ 3.17 ซึ่งจะเห็นได้ว่าความเร็วในการดูดอากาศจะมีค่าลดลงอย่างมาก เมื่อระดับสุญญากาศที่ทางเข้าของโรตารีปั๊ม มีค่าลดลงใกล้ระดับสุญญากาศต่ำสุดของโรตารีปั๊ม ซึ่งถ้าระดับสุญญากาศใช้งานมีค่าใกล้เคียงกับระดับสุญญากาศต่ำสุด แม้ว่าเราจะเลือกโรตารีปั๊มที่มีความเร็วในการดูดอากาศสูงเพียงพอ แต่ผลจากการที่ความเร็วในการดูดอากาศลดลงอย่างมาก จะส่งผลให้ระยะเวลาในการสร้างระดับสุญญากาศใช้งานต้องใช้แวลาที่นานมาก ซึ่งในการออกแบบระบบสุญญากาศจะต้องนำปัจจัยในด้านนี้ใช้ในการพิจารณาด้วย

- ระยะเวลาที่ใช้ในการสร้างระดับสุญญากาศใช้งาน (evacuation time)

ซึ่งโดยทั่วไปแล้วจะแปรผกผันกับความเร็วในการดูดอากาศของโรตารีปั๊ม และแปรผันโดยตรงกับภาระของระบบสุญญากาศ ดังนั้นถ้าเราต้องการให้ระยะเวลาที่ใช้ในการสร้างระดับสุญญากาศใช้งานสั้น จึงควรเลือกใช้โรตารีปั๊มที่มีความเร็วในการดูดอากาศสูง ซึ่งวิธีการคำนวณระยะเวลาที่ใช้ในการสร้างระดับสุญญากาศใช้งานอย่างง่าย สามารถคำนวณได้จากสมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$T = 2.3V(\frac{1}{S_1} + \frac{1}{S_2} + \frac{1}{S_3} + \frac{1}{S_4} + \frac{1}{S_5} + \frac{1}{S_6}) \quad (3.4)$$

T = ระยะเวลาที่ใช้ในการสร้างระดับสุญญากาศใช้งาน (หน่วย s)

V = ปริมาตรของระบบสุญญากาศ (หน่วย l)

S_1 = ความเร็วในการดูดอากาศเฉลี่ยของโรตารีปั๊ม ในช่วงความดัน 1,000 - 100 mbar (หน่วย l/s)

S_2 = ความเร็วในการดูดอากาศเฉลี่ยของโรตารีปั๊ม ในช่วงความดัน 100-10 mbar (หน่วยl/s)

S_3 = ความเร็วในการดูดอากาศเฉลี่ยของโรตารีปั๊ม ในช่วงความดัน 10^{-1} mbar (หน่วย l/s)

S_4 = ความเร็วในการดูดอากาศเฉลี่ยของโรตารีปั๊ม ในช่วงความดัน 1-10^{-1} mbar (หน่วย l/s)

S_5 = ความเร็วในการดูดอากาศเฉลี่ยของโรตารีปั๊ม ในช่วงความดัน 10^{-1}-10^{-2} mbar (หน่วย l/s)

S_6 = ความเร็วในการดูดอากาศเฉลี่ยของโรตารีปั๊ม ในช่วงความดัน 10^{-2}-10^{-3} mbar (หน่วย l/s)

ซึ่งสมการดังกล่าวเป็นสมการอย่างง่ายที่ไม่ได้นำภาระของระบบสุญญากาศเข้ามาใช้ในการคำนวณ ดังนั้นถ้ามีการนำภาระดังกล่าวมาใช้ในการพิจารณา จะทำให้ระยะเวลาที่ใช้ในการสร้างระดับสุญญากาศใช้งานดังกล่าวเพิ่มสูงขึ้น

(3) ความสามารถสูงสุดในการดูดความชื้น

ความสามารถสูงสุดในการดูดความชื้น (maximum water vapour pumping rate) เป็นความสามารถของโรตารีปั๊มที่จะสามารถดูดเอาความชื้นเข้าสู่ห้องอัดได้โดยไม่เกิดการกลั่นตัวเป็นหยดน้ำหรือของเหลวขึ้นภายในตัวปั๊ม ซึ่งโดยทั่วไปแล้วค่าความสามารถสูงสุดในการดูดความชื้นของโรตารีปั๊มแต่ละรุ่น จะถูกกำหนดไว้เฉพาะกรณีของไอน้ำในกรณีที่มีการเปิดแก๊สบัลลาสต์ไว้เต็มที่ซึ่งถ้าแก๊สถูกดูดผ่านโรตารีปั๊มเป็นแก๊สประเภทอื่น ก็จะต้องนำคุณสมบัติของแก๊สเหล่านั้นมาพิจารณาเพื่อให้ทราบความสามารถสูงสุดในการดูดความชื้นของแก๊สประเภทนั้น

ดังนั้นในการนำโรตารีปั๊มมาใช้กับระบบสุญญากาศใดๆ ก็ตามจะต้องคำนึงถึงภาระความชื้นที่จะเข้าสู่ห้องอัดของโรตารีปั๊มด้วย เพราะถ้าหากภาระความชื้นดังกล่าวมีค่าสูงกว่าความสามารถที่โรตารีปั๊มจะยอมรับได้ อาจส่งผลให้เกิดการกลั่นตัวเป็นหยดน้ำหรือความชื้นในห้องอัดได้

สำหรับกรณีที่ภาระความชื้นของระบบสุญญากาศมีค่าสูงมากกว่าความสามารถของโรตารีปั๊ม เราสามารถแก้ไขได้โดยการติดตั้งอุปกรณ์ดักความชื้นไว้ที่ทางเข้าของโรตารีปั๊มซึ่งอุปกรณ์ดังกล่าวจะทำหน้าที่ควบคุมอุณหภูมิของแก๊สที่ไหลผ่านให้มีอุณหภูมิต่ำมาก จนกระทั่งความชื้นของ

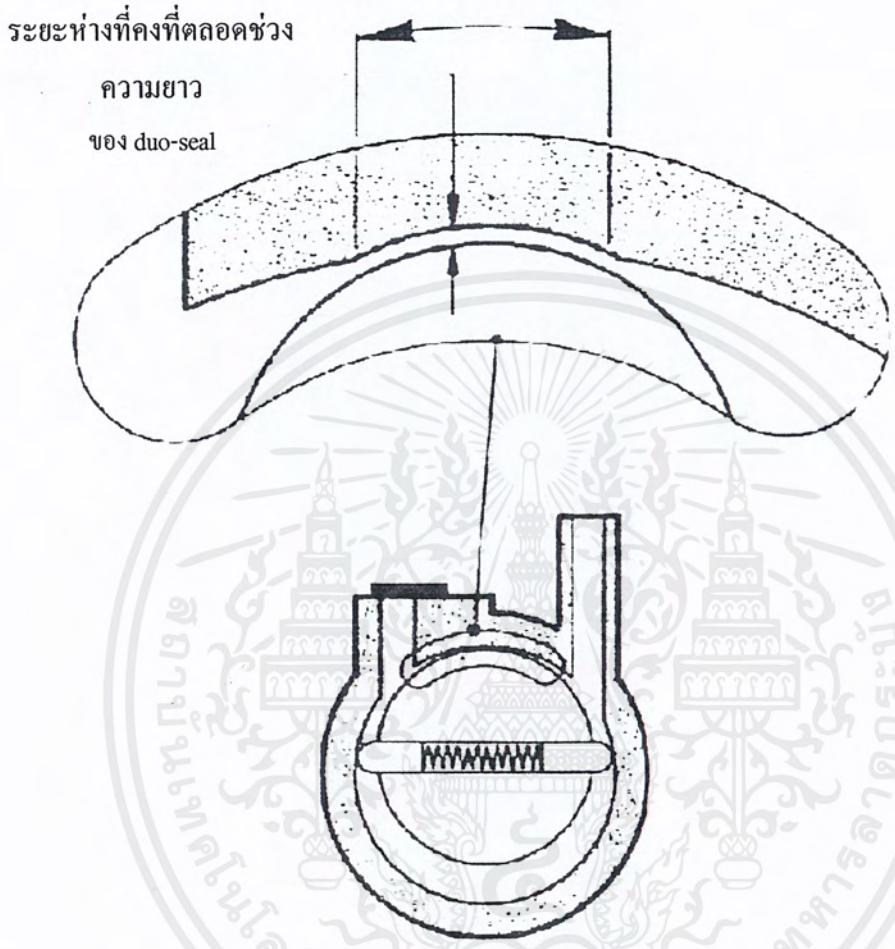
เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไอน้ำหรือแก๊สที่ไหลผ่านเกิดการกลั่นตัวเป็นหยดน้ำหรือของเหลวก่อนที่จะถูกดูดเข้าไปในห้องอัดของโรตารีปั๊ม โดยทั่วไปแล้วอุปกรณ์ดังกล่าวที่นำมาใช้ดักความชื้นมีสองประเภท คือ ประเภทระบบทำความเย็น ซึ่งจะควบคุมอุณหภูมิได้ในระดับ –50 °C หรือประเภทที่ใช้แก๊สไนโตรเจนเหลว ซึ่งมีอุณหภูมิต่ำมาก ถึง –170 °C ซึ่งอุปกรณ์ประเภทหลัง เรียกว่า liquid nitrogen trap

(4) แก๊สที่ไหลผ่านโรตารีปั๊ม

โดยทั่วไปแล้วแก๊สที่ไหลผ่านโรตารีปั๊ม (process gas) สำหรับระบบสุญญากาศส่วนใหญ่จะเป็นอากาศ ซึ่งคงไม่เกิดปัญหากับโรตารีปั๊ม แต่ในระบบสุญญากาศบางระบบ แก๊สซึ่งไหลผ่านโรตารีปั๊ม เป็นแก๊สที่อันตราย หรือสามารถหรือสามารถทำปฏิกริยากับน้ำมันโรตารีปั๊ม และอาจส่งผลให้เกิดความเสียหายกับโรตารีปั๊มได้โดยเฉพาะการดูดแก๊สออกซิเจนผ่านโรตารีปั๊มสามารถทำให้เกิดการระเบิดภายในห้องอัดได้ เนื่องจากมีองค์ประกอบของการลุกติดไฟครบทั้งสามส่วน คือ 1.น้ำมันโรตารีปั๊มซึ่งเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่ทำหน้าที่เป็นเชื้อเพลิงได้ , 2.อุณหภูมิภายในห้องอัดที่สูงถึง 150 C ซึ่งมากกว่าอุณหภูมิที่ทำให้เกิดการลุกไหม้ของน้ำมันโรตารีปั๊ม , และ 3. ออกซิเจนที่มีความเข้มข้นมากกว่า 30 % ซึ่งสามารถทำให้เกิดการลุกไหม้ขึ้นได้ ดังนั้นการดูดแก๊สออกซิเจนผ่านโรตารีปั๊ม จึงส่งผลให้เกิดการระเบิดขึ้นได้ ด้วยเหตุนี้เอง โรตารีปั๊มที่ใช้กับแก๊สออกซิเจน จึงต้องมีการผลิตขึ้นมาเป็นพิเศษ โดยโรตารีปั๊มประเภทนี้จะต้องใช้กับน้ำมันโรตารีปั๊มที่ไม่มีส่วนประกอบของสารไฮโดรคาร์บอนอยู่เลย ซึ่งน้ำมันประเภทนี้ที่นิยมใช้กับแก๊สออกซิเจนได้แก่ Fomblin หรือ Krytox ซึ่งน้ำมันทั้งสองประเภทนี้เป็นชื่อทางการค้าของผู้ผลิตแต่ละราย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.20 ส่วนที่เรียกว่า duo-seal ของโรตารีปั๊ม ซึ่งอาศัยน้ำมันในการซีล เพื่อป้องกันไม่ให้อากาศส่วนที่มีความดันสูงไหลย้อนกลับมายังส่วนที่มีความดันต่ำ

นอกจากนี้แล้ว โรตารีปั๊มที่ใช้กับแก๊สออกซิเจนยังต้องมีการควบคุมการผลิต โดยในขั้นตอนการประกอบต้องไม่ใช้น้ำมันที่มีส่วนประกอบของไฮโดรคาร์บอนเป็นสารหล่อลื่นในระหว่างการประกอบ ซึ่งจะใช้ Fomblin หรือ Krytox เป็นสารหล่อลื่นในระหว่างการประกอบแทน ดังนั้นโรตารีปั๊มที่ไม่ได้ระบุว่าสามารถใช้กับออกซิเจนได้แม้ว่าจะมีการเปลี่ยนมาใช้ Fomblin หรือ Krytox แทนน้ำมันโรตารีปั๊มประเภทไฮโดรคาร์บอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.4 น้ำมันโรตารีปั๊ม

น้ำมันโรตารีปั๊ม(rotary pump oil) เป็นส่วนประกอบที่สำคัญในการสร้างสุญญากาศของโรตารีปั๊ม เนื่องจากน้ำมันโรตารีปั๊มจะทำหน้าที่ในการซีลช่องว่างระหว่างใบพัดหรือลูกสูบกับสเตเตอร์ เพื่อป้องกันไม่ให้อากาศหรือแก๊สที่ถูกดัดซึ่งมีความดันสูงไหลย้อนกลับไปยังด้านที่มีความดันต่ำ ดังแสดงในรูปที่ 3.20 ซึ่งแสดงถึงส่วนที่เรียกว่า deo seal ของโรตารีปั๊ม ซึ่งเป็นช่องว่างที่มีขนาดเล็กมากระหว่างใบพัดและสเตเตอร์ ที่กั้นระหว่างด้านทางเข้าที่มีความดันต่ำ กับด้านทางออกที่มีความดันสูงของห้องอัด โดยมีน้ำมันโรตารีปั๊มทำหน้าที่ซีลช่องว่างดังกล่าว เพื่อไม่ให้อากาศหรือแก๊สที่มีความดันสูงไหลย้อนกลับไปยังด้านที่มีความดันต่ำ ถ้าหากว่าน้ำมันโรตารีปั๊มสูญเสียคุณสมบัติในการซีล จะส่งผลให้โรตารีปั๊มไม่สามารถสร้างระดับสุญญากาศได้ดีเพียงพอ ซึ่งมักจะเกิดขึ้นในกรณีที่น้ำหรือสารเคมีที่เกิดการกลั่นตัวภายในห้องอัดมีการละลายปนอยู่กับน้ำมันโรตารีปั๊มด้วยเหตุนี้เอง เมื่อเราพบว่าเกิดการกลั่นตัวเป็นหยดน้ำหรือของเหลวภายในห้องอัดจะต้องเปลี่ยนน้ำมันโรตารีปั๊มทันที

นอกจากคุณสมบัติในการซีลช่องว่างที่ duo seal ของน้ำมันโรตารีปั๊ม ซึ่งถือว่าเป็นหน้าที่ที่สำคัญของน้ำมันโรตารีปั๊ม แล้วน้ำมันโรตารีปั๊มยังต้องมีคุณสมบัติอื่นที่ช่วยให้โรตารีปั๊มทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพดังนี้

- ความสามารถในการหล่อลื่นที่ดี เพื่อช่วยหล่อลื่นชิ้นส่วนต่างๆ ที่มีการสัมผัสกัน อาทิเช่น ใบพัดกับสเตเตอร์
- ความสามารถในการระบายความร้อน เพื่อช่วยในการระบายความร้อนที่เกิดจากการอัดตัวของอากาศ และควบคุมไม่ให้โรตารีปั๊มมีอุณหภูมิในห้องอัดสูงเกินไป
- ความสามารถในการป้องกันการสึกกร่อนโดยที่น้ำมันโรตารีปั๊มจะทำหน้าที่เป็นฟิล์มบางๆ เคลือบผิวของชิ้นส่วนต่างๆ ภายในห้องอัด ซึ่งวัสดุส่วนใหญ่ผลิตจากเหล็กเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดสนิมกับชิ้นส่วนเหล่านี้

ในกรณีที่เรามีความจำเป็นต้องเลือกใช้น้ำมันโรตารีปั๊ม นอกจากคุณสมบัติทั้งสี่ประการดังกล่าวข้างต้นแล้ว น้ำมันโรตารีปั๊มควรที่จะต้องมีความดันไอที่อุณหภูมิห้องในระดับที่ต่ำ ซึ่งโดยทั่วไปแล้วควรมีค่าต่ำกว่า 10^{-2} mbar เนื่องจากในระหว่างที่โรตารีปั๊มกำลังสร้างสุญญากาศอยู่นั้น ไอน้ำมันโรตารีปั๊มจะระเหยออกมา โดยสร้างความดันไอขึ้นมาให้กับระบบสุญญากาศ ซึ่งความดันไอดังกล่าวก็คือภาระของระบบสุญญากาศด้วยเช่นกัน ถ้าหากความดันไอของน้ำมันโรตารีปั๊มมีค่าสูง นั่นหมายถึงว่าโรตารีปั๊มจะไม่สามารถสร้างระดับสุญญากาศได้ต่ำกว่าความดันไอดังกล่าวแน่นอน ดังนั้นการเลือกใช้น้ำมันโรตารีปั๊ม จึงควรคำนึงถึงคุณสมบัติข้อนี้ และเลือกน้ำมันโรตารีปั๊มที่มีความดันไอที่อุณหภูมิห้องในระดับที่ต่ำ

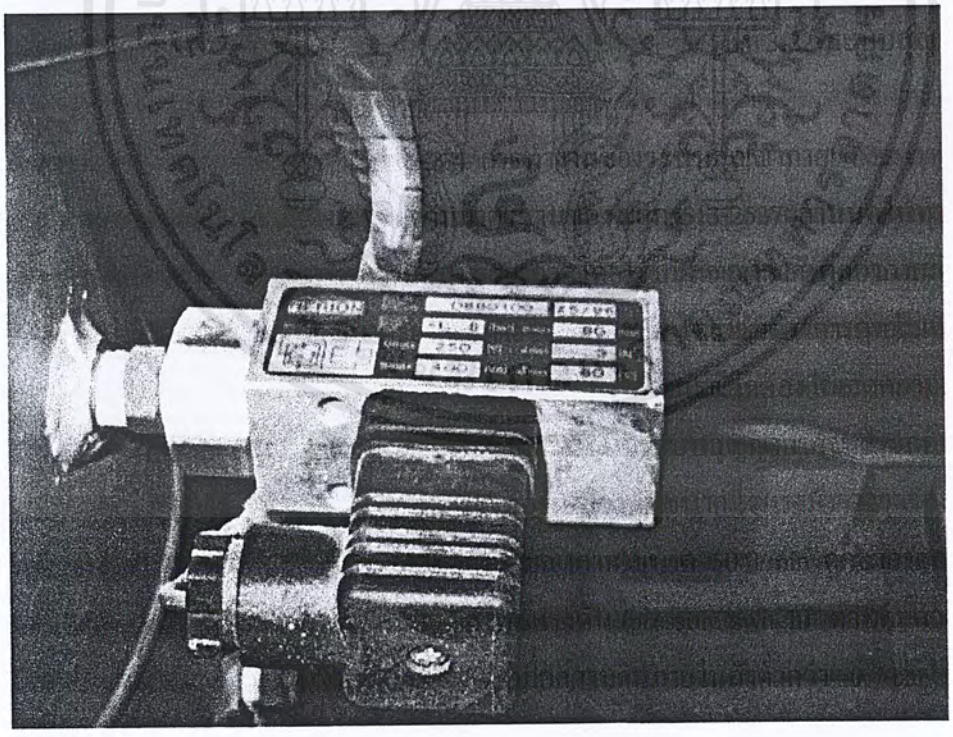
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประเภทของน้ำมันโรตารีปั๊ม

เราสามารถแบ่งประเภทของน้ำมันโรตารีปั๊ม ตามประเภทวัสดุที่ใช้ในการผลิตได้สองประเภท ดังนี้

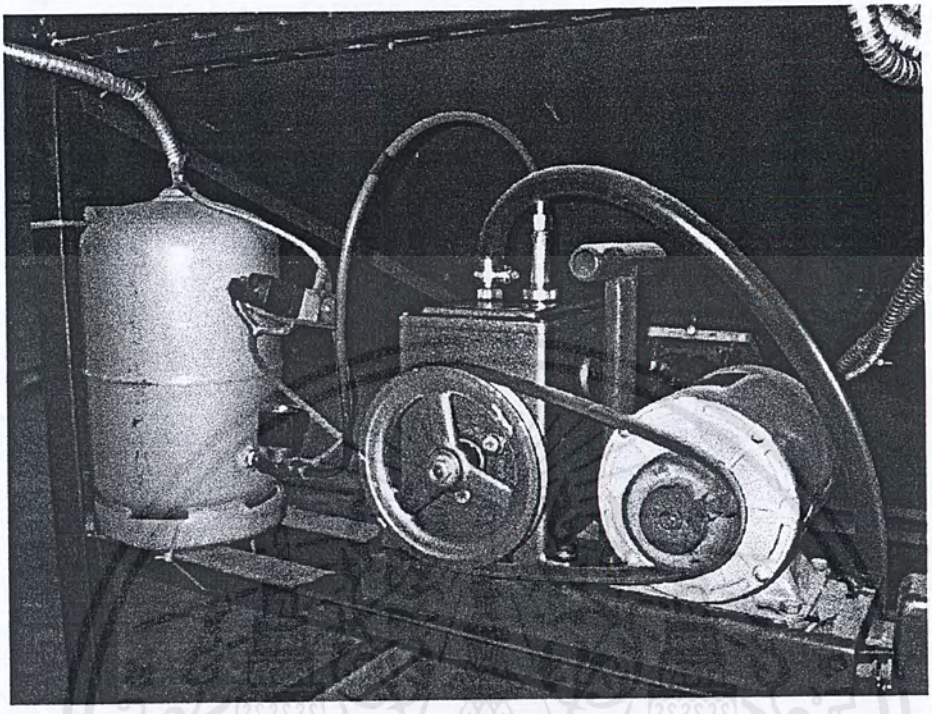
(1) Mineral oil เป็นน้ำมันที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายสำหรับโรตารีปั๊ม เนื่องจากมีราคาถูก โดยที่น้ำมันประเภทนี้จะมีส่วนประกอบของสารไฮโดรคาร์บอน จึงไม่เหมาะที่จะนำมาใช้กับแก๊สออกซิเจน หรือแก๊สที่เป็นอันตราย

(2) Perfluoropolyester oil (PFPE oil) เป็นน้ำมันที่ได้จากการสังเคราะห์โดยกรรมวิธีทางเคมี ช่วยให้มีความเฉื่อยในการทำปฏิกิริยากับแก๊สออกซิเจนและสารเคมีประเภทอื่น และน้ำมันประเภทน้ำไม่มีส่วนประกอบของสารไฮโดรคาร์บอน จึงเหมาะกับการใช้งานกับแก๊สออกซิเจน แม้ว่าน้ำมันประเภทนี้จะมีคุณสมบัติดีกว่า Mineral oil แต่ไม่เป็นที่นิยมใช้กันมากนัก เนื่องจากมีราคาแพงมากกว่า Mineral oil ถึง 30 เท่า และมีผู้ผลิตเพียงไม่กี่รายเท่านั้นที่ผลิตน้ำมันประเภทนี้ออกจำหน่าย ได้แก่ Fomblin และ Krytox ซึ่งเป็นชื่อทางการค้าของน้ำมันประเภทนี้



รูปที่ 3.21 สวิตซ์ความดันอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.22 ระบบสุญญากาศ

3.3.4 การทำงานของระบบสุญญากาศ

ตามมาตรฐานของ มอก. 513-2527 กำหนดให้ทำการรักษาความดันภายในบริภัณฑ์ให้ต่ำกว่าความดันบรรยากาศโดยใช้ปั๊มสุญญากาศ ดูดอากาศภายในเปลือกหุ้มออกอย่างน้อย 80 เท่าของปริมาตรอากาศภายในเปลือกหุ้ม โดยใช้อัตราการดูดไม่เกิน 60 ปริมาตรต่อชั่วโมงด้วยความดันต่ำกว่าบรรยากาศที่เหมาะสม ไม่ว่ากรณีใดต้องไม่เกิดความดันต่ำกว่าบรรยากาศเกิน 200 มิลลิเมตรของน้ำในมาโนมิเตอร์ ซึ่งในระบบสุญญากาศจะประกอบด้วยส่วนประกอบดังต่อไปนี้

1. มอเตอร์เหนี่ยวนำ ขนาด ¼ แรงม้า 220 v 50 Hz 1 เฟส ขับปั๊มสุญญากาศ
2. ปั๊มสุญญากาศ ขนาด 50 l/min ดูดอากาศออกจากถังอากาศ
3. สวิตช์แรงดัน (pressure switch) ควบคุมความดันภายในถังให้อยู่ในช่วง -0.6 ถึง -0.7 bar เมื่อความดันภายในถังต่ำกว่า –0.7 bar จะทำการตัดปั๊มสุญญากาศ และโซลินอยด์วาล์ว และเมื่อความดันภายในถังสูงกว่า –0.6 bar จะสตาร์ทปั๊มสุญญากาศ และโซลินอยด์วาล์ว โดยจะมีมาตรวัดความดัน (pressure gauge) แสดงความดันภายในถัง
4. โซลินอยด์วาล์ว เพื่อตัดต่อระหว่างปั๊มสุญญากาศและถังอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ถังอากาศ จะช่วยให้อัตราการดูดอากาศจากภายในบริภัณฑ์มีความราบเรียบยิ่งขึ้นไม่เกิดการกระชากไปตามจังหวะการดูดของปั๊มสุญญากาศ
6. วาล์ว จะเป็นตัวควบคุมระดับความดันภายในบริภัณฑ์ โดยจะต้องไม่ให้ต่ำเกิน 200 มิลลิเมตรของน้ำ โดยดูได้จาก มาตรวัดความดันแบบสุญญากาศและ เครื่องวัดอัตราการไหล
7. ตัวกรองฝุ่น จะดักฝุ่นผง และ ผงทัลคัมที่อาจถูกดูดเข้ามากับอากาศจากภายในบริภัณฑ์ที่นำมาทดสอบ เพื่อป้องกันไม่ให้เข้าไปในปั๊มสุญญากาศ

3.4. ระบบตัวสั่นสะเทือน (Vibrate System)

การเคลื่อนวัสดุ (ในที่นี้คือผงทัลคัม) สามารถทำได้โดยใช้การเขย่าแบบไวเบรเตอร์ซึ่งใช้หลักการเขย่าให้เกิดฮาร์มอนิคทางเส้นตรงให้เกิดมีมุมโยนไปข้างหน้าในแนวระนาบ มวลวัสดุขนถ่ายจะแล่นไปหน้าอย่างโยนๆกล่าวคือ ในขณะที่รางเขย่ารีบแล่นถอยหลังจะเท่ากับผลักให้มวลวัสดุนั้นๆแล่นโยนตัวไปข้างหน้าได้ ซึ่งจะติดไว้ที่บริเวณพื้นเอียงของตู้ทดสอบเพื่อเคลื่อนผงทัลคัมให้ตกลงไปยัง

3.4.1 ประเภทของการเขย่าด้วยตัวสั่นสะเทือน

การเขย่าแบบไวเบรเตอร์สามารถแบ่งตามต้นกำลังขับรางเขย่าไวเบรเตอร์ได้ 3 ประเภทคือ

(1.) ระบบเขย่าด้วยแรงแม่เหล็กไฟฟ้า

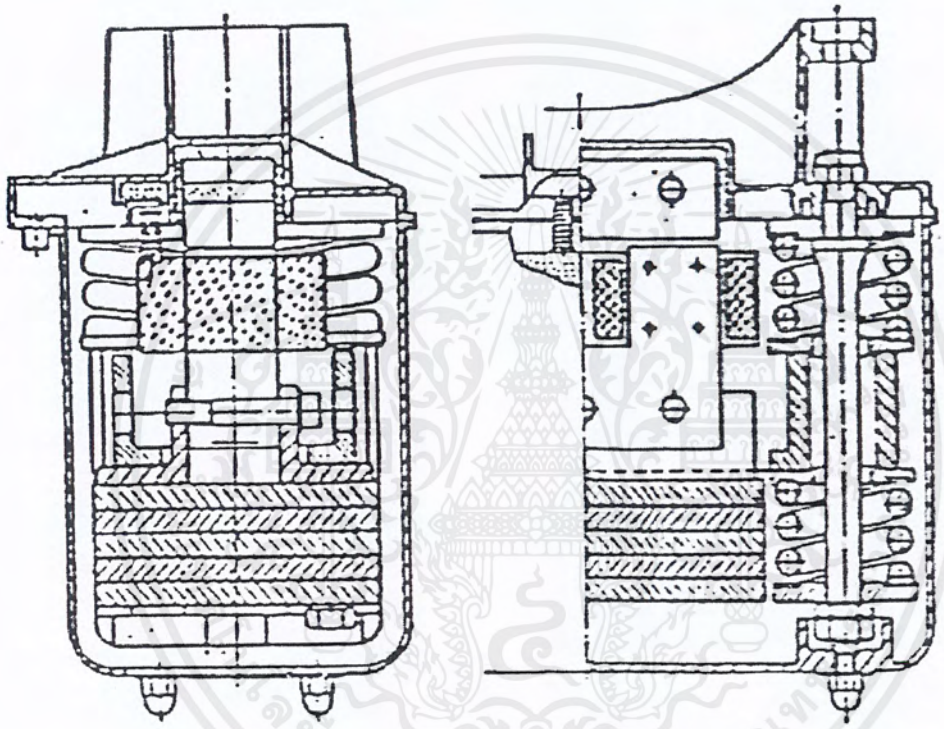
มีลักษณะโครงสร้างที่ประกอบโดยรวมที่มีน้ำหนักพอสมควร ตุ้มถ่วงน้ำหนักและฐานสปริงทั้งระบบขับด้วยชุดตัวสั่นสะเทือนแม่เหล็กไฟฟ้าชนิดมีก้อนเขย่า 2 ก้อน ด้วยความถี่ใกล้กับความถี่เรโซแนนซ์ ตัวฐานสปริงนั้น นั้นส่วนมากสร้างเป็นสปริงที่กดอัดไว้ด้วยแกนเกลียว หรือใช้สปริงแผ่นก็ได้ระบบเขย่าด้วยแม่เหล็กไฟฟ้านี้ไม่เหมาะกับอัตราการขนถ่ายจำนวนมากๆ และไม่เหมาะใช้ขนถ่ายวัสดุที่อาจจับตัวเป็นก้อนในรางที่ลาดเอียงได้ ตัวสั่นสะเทือนแม่เหล็กไฟฟ้าแสดงดังรูปที่ 3.23

(2.) ระบบเขย่าด้วยมอเตอร์เขย่า

มีลักษณะสร้างสี่ขั้ว นานๆครั้งอาจพบสองหรือหกขั้ว และเป็นมอเตอร์ที่ไม่ได้เป็นประเภทซินโครนัส มีลูกปืนแข็งแรง บนเพลาหมุนมีก้อนแคมติดอยู่เพื่อใช้เป็นจานหมุนเขย่า ชุดจานเขย่านี้มีส่วนประกอบหลายส่วน ส่วนมากจะพบจัดวางไว้อย่างไม่เป็นขั้นตอน ให้บังเกิดแรงเหวี่ยงออก ณ บางตำแหน่งเป็นจุดๆมอเตอร์เขย่าชุดหนึ่ง ๆ จะมีจุดเหวี่ยงเขย่านั้นจะหมุนกระแทกที่จุดศูนย์ถ่วงของรางเขย่านั้นๆเป็นคลื่นเขย่าแบบวงกลม ทำให้สามารถขนถ่ายลงไปตามลาดของรางได้

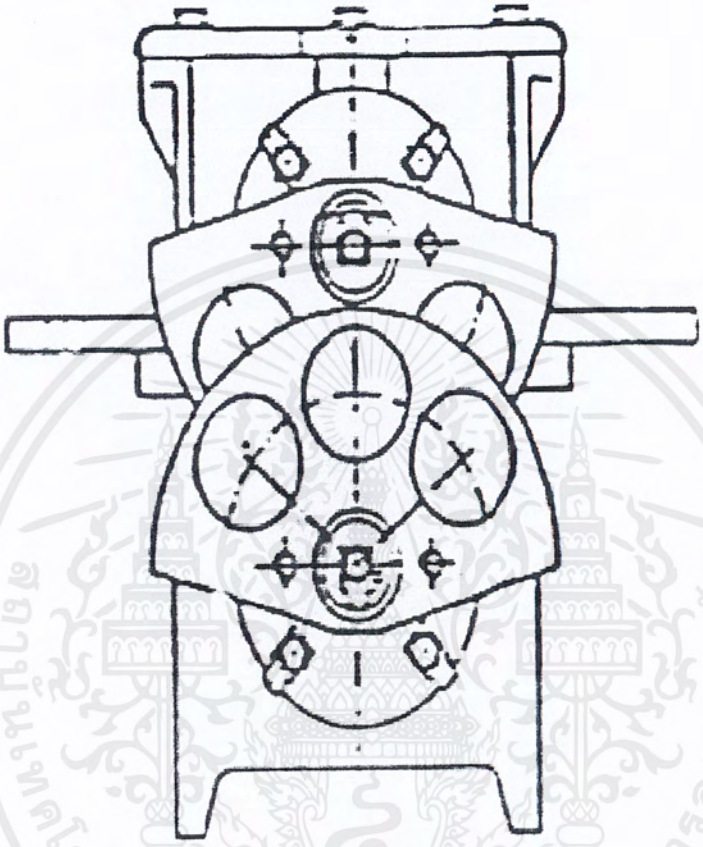
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มอเตอร์เขย่านี้ทนทานต่อการโอเวอร์โหลดต่อการที่วัสดุเกาะติดเป็นก้อน และต่อการเปลี่ยนแปลงของศักย์ในสายไฟได้ดีมาก จึงเหมาะกับการใช้งานที่ต้องสามารถปรับช่วงเขย่าได้กว้าง ในงานที่ต้องการความเร็วขนถ่ายคงที่ หากต้องการเปลี่ยนอัตราขนถ่ายส่วนมากจะกระทำได้โดยเปลี่ยนความสูงของแผ่นหมุนที่ใช้กระแทกเขย่านั้นเอง ลักษณะของมอเตอร์เขย่าแสดงดังรูปที่ 3.24



รูปที่ 3.23 ลักษณะโครงสร้างของตัวสั่นสะเทือนแม่เหล็กไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

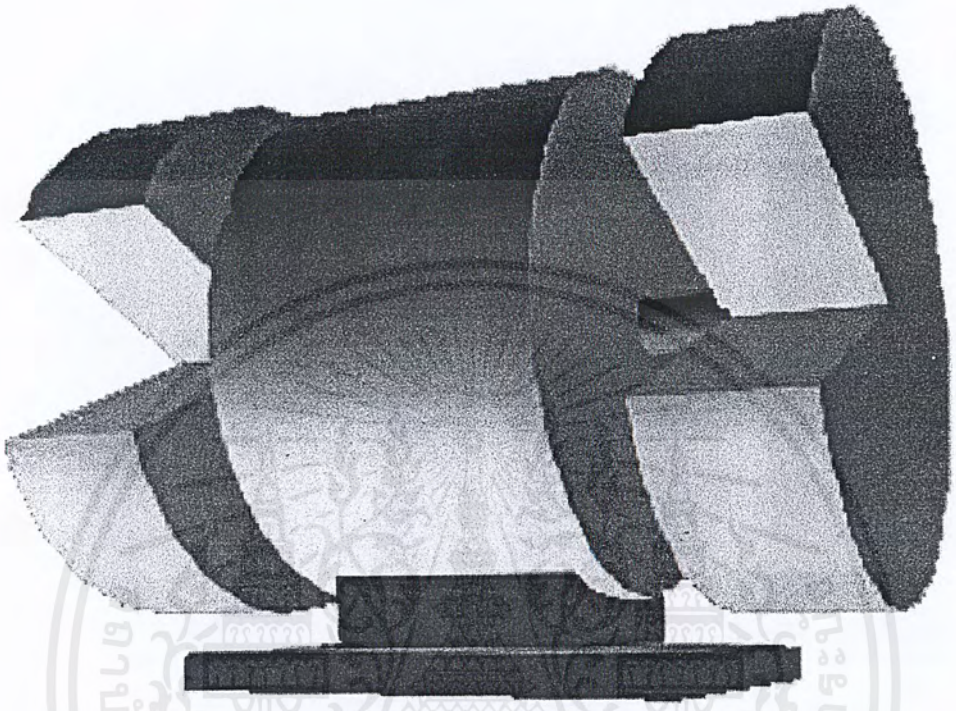


รูปที่ 3.24 มอเตอร์เขย่า

(3.) ระบบเขย่าด้วยเพลาลูกเบี้ยว

ระบบเขย่าแบบนี้ มีความเร็วขนถ่ายในอัตราที่เปรียบเทียบกับสองแบบแรกแล้วสูงกว่า ดังนั้นด้วยอัตราขนถ่ายเท่าๆกัน ระบบเขย่าแบบนี้อาจมีขนาดเล็กกว่าได้ จึงทำให้ประหยัดกว่า ระบบเขย่าโดยทั่วไปจะติดตั้งอยู่บนชุดสปริงแหนบ หรือบนชุดลูกยางกันสะเทือนที่ใช้ประกอบกับกรอบโครงที่สามารถต้านทานแรงโหลดได้อย่างหนัก ตัวต้นกำลังจะต้องมีแรงบิดตาร์ทสูง ส่วนการใช้งานจะใช้เพียงค่ากำลังที่สามารถเอาชนะความสูญเสียที่ดูดกำลังต่างๆได้เท่านั้น

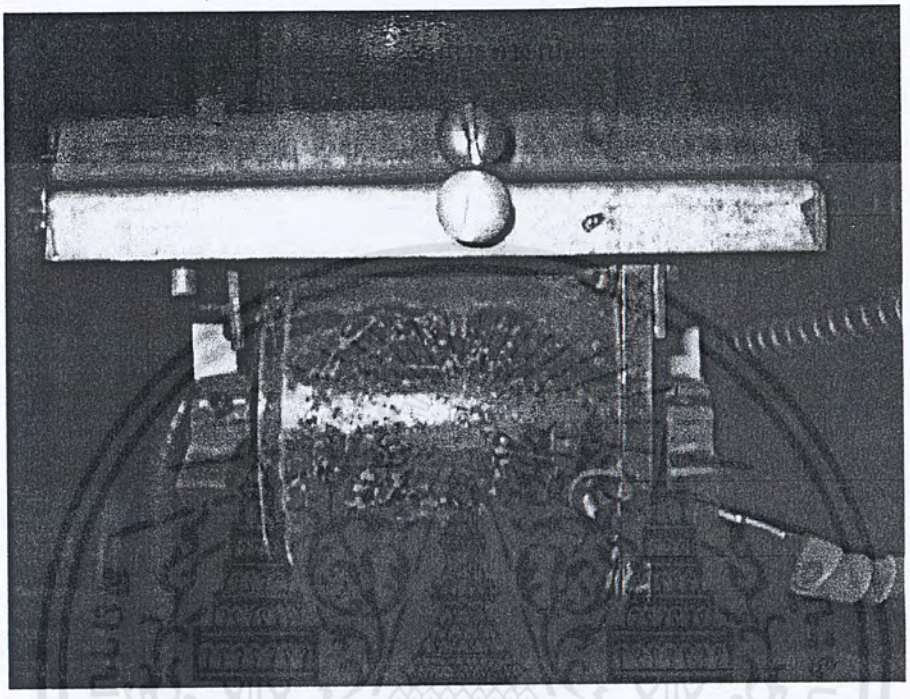
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.25 ระบบเขย่าด้วยเพลาลูกเบี้ยว

จากระบบเขย่าทั้ง 3 แบบเราจะทำการพิจารณาเลือกระบบเขย่าแบบที่ 3 แบบระบบเขย่าด้วยเพลาลูกเบี้ยว เนื่องจากเราต้องการเขย่าผงทัลคัมให้ลงสู่โบลวเวอร์อย่างรวดเร็ว และต่อเนื่อง อีกทั้งแบบเพลาลูกเบี้ยวนี้จะสามารถทำได้โดยง่ายไม่ยุ่งยากมากนัก โดยเพิ่มอุปกรณ์ลดกระแส (Dimmer) เข้าไป เพื่อสามารถปรับระดับความสั่นสะเทือนได้ตามต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.26 ระบบสั่นสะเทือนที่เลือกใช้กับเครื่องทดสอบ

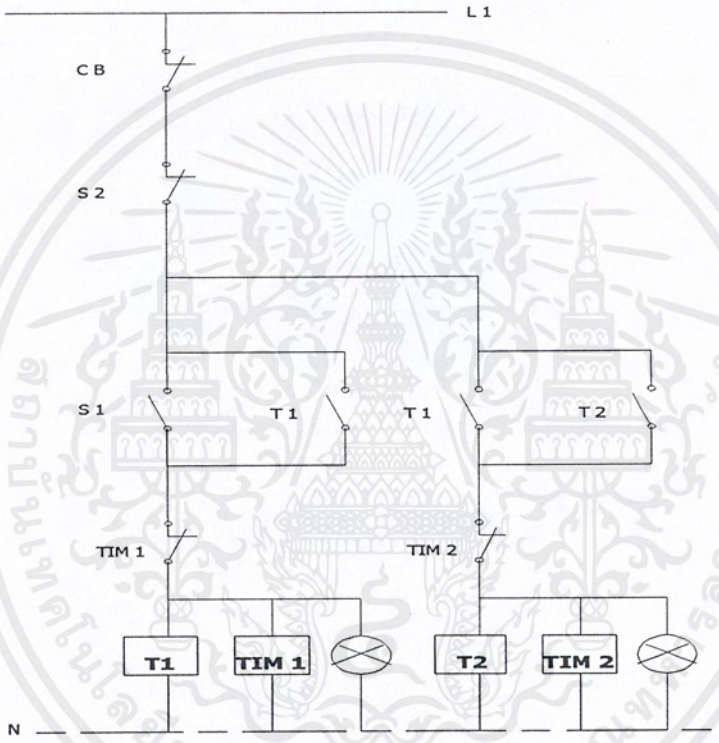
3.5 การควบคุมการทำงานทางไฟฟ้าของโบลวเวอร์และ ตัวสั่นสะเทือน

ในการทำการทดสอบเราจะให้โบลวเวอร์และตัวสั่นสะเทือนสตาร์ทพร้อม ๆ กัน และหลังจากทำการทดสอบไปได้ 8 ชั่วโมง ตามที่มาตรฐานได้ระบุเอาไว้ เราก็จะทำการตัดไฟที่มอเตอร์ตัวสั่นสะเทือนก่อนเนื่องจากเราไม่ต้องการให้ผงทัลคัมลงไปค้างที่บริเวณท่อของโบลวเวอร์ และจะเดินโบลวเวอร์ต่อไปอีกประมาณ 1 นาทีเพื่อจะทำการเป่าผงทัลคัมที่อยู่ในท่อออกมาอยู่บริเวณตะแกรงภายในตู้ให้หมดดังนั้นเราจึงออกแบบวงจรควบคุมได้ดังรูปที่ 3.26 โดยมีขั้นตอนการทำงานดังนี้

- เริ่มต้นจะผ่านเซอร์กิตเบรกเกอร์ 2 ขั้ว ขนาด 15 แอมแปร์
- ต่อมาผ่านสวิตช์ S_2 ซึ่งเป็นสวิตช์ปกติปิด เพื่อใช้ปิดการทำงาน
- เมื่อกดสวิตช์ S_1 ซึ่งเป็นสวิตช์ปกติเปิด รีเลย์ของโบลวเวอร์ (T1) และรีเลย์ของตัวสั่นสะเทือน (T2) จะทำงานและอินเตอล็อคตัวเองไว้

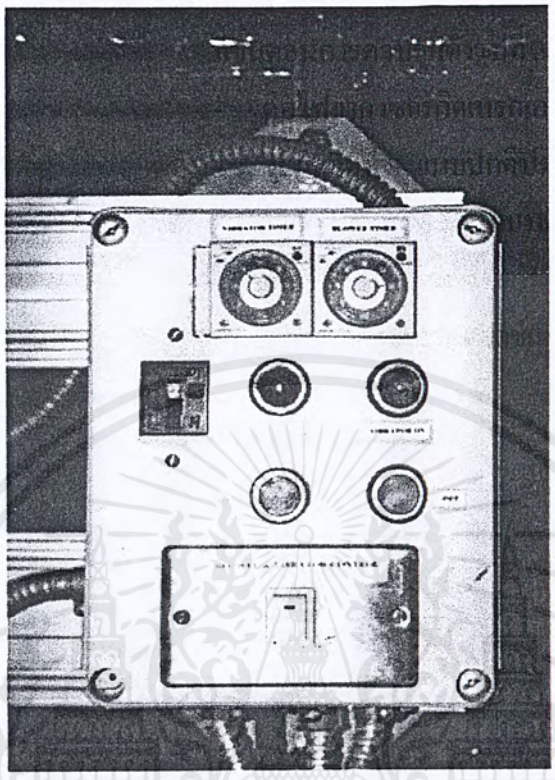
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เมื่อ ไทม์เมอรีเลย์1 (TIM1) นับถึง 8 ชั่วโมงก็จะตัดการทำงานของตัวสั่นสะเทือน และจะไปเริ่มการทำงานของ ไทม์เมอรีเลย์2 (TIM2)
- เมื่อไทม์เมอรีเลย์2 นับถึง 1 นาที ก็จะทำการตัดการทำงานของโบลวเวอร์
- จบการทำงาน

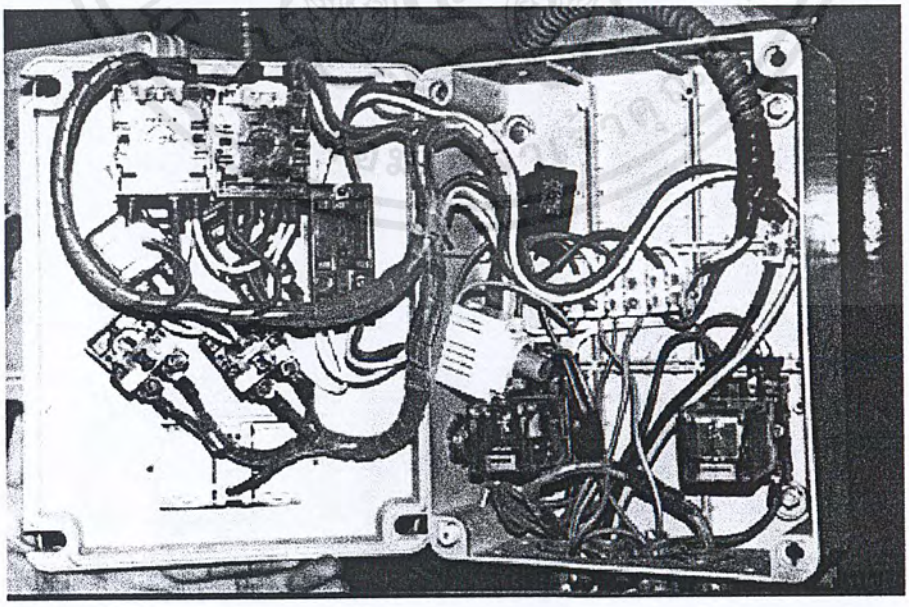


รูปที่ 3.27 วงจรควบคุมไฟฟ้าของโบลวเวอร์และตัวสั่นสะเทือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.28 ตู้ควบคุมโบลวเวอร์และตัวสั่นสะเทือน



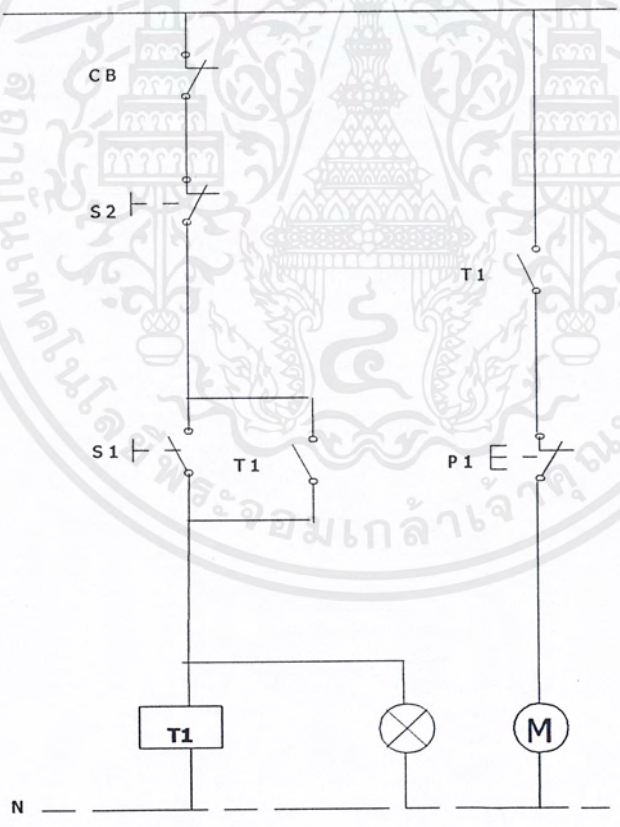
รูปที่ 3.29 ภายในตู้ควบคุมโบลวเวอร์และตัวสั่นสะเทือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 การควบคุมการทำงานทางไฟฟ้าของมอเตอร์ปั๊มสุญญากาศ

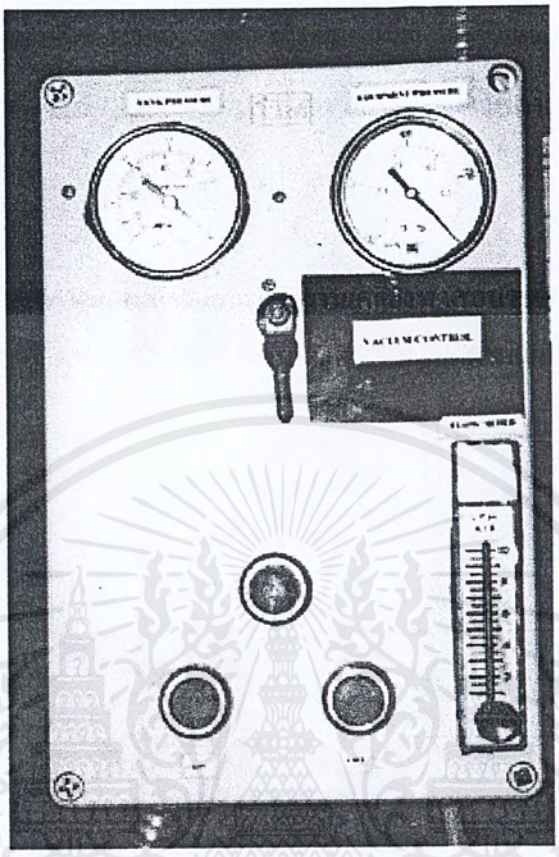
มีขั้นตอนการควบคุมดังรูปที่ 3.30 ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- ต่อไฟจาก เซอร์กิตเบรกเกอร์ 2ขั้ว ขนาด 15 แอมแปร์
- จะมีสวิตช์ S_2 แบบปกติปิด ใช้เป็นสวิตช์ปิดการทำงาน
- เมื่อกดสวิตช์ S_1 แบบปกติเปิด รีเลย์มอเตอร์ปั๊มสุญญากาศจะทำงานและทำการอินเตอร์ล็อคด้วยตัวเอง
- เมื่อมีสัญญาณจากสวิตช์แรงดัน (pressure switch) จะตัดและต่อการทำงานมอเตอร์ของปั๊มสุญญากาศ

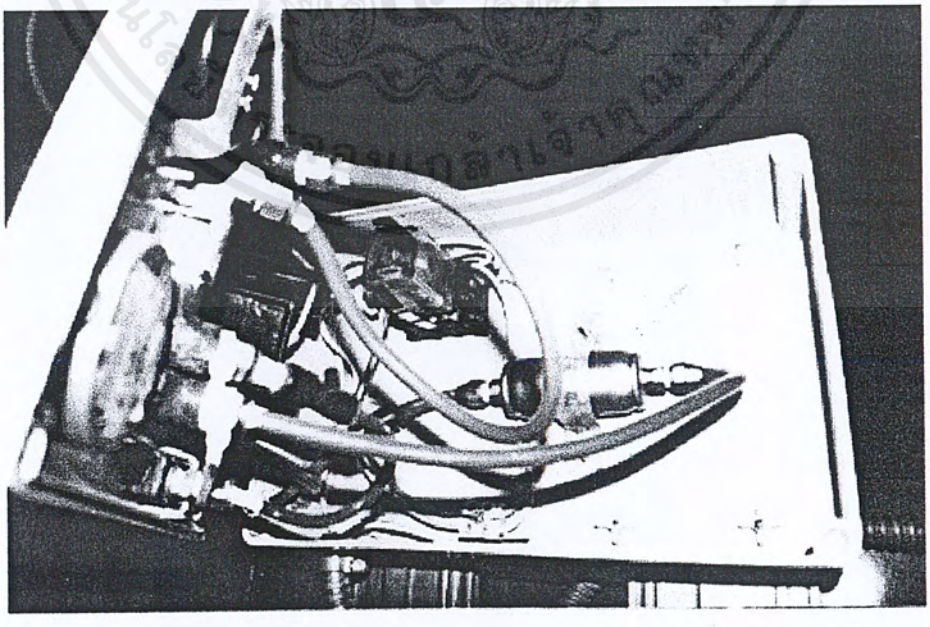


รูปที่ 3.30 วงจรควบคุมการทำงานของมอเตอร์ปั๊มสุญญากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.31 ตู้ควบคุมระบบสุญญากาศ



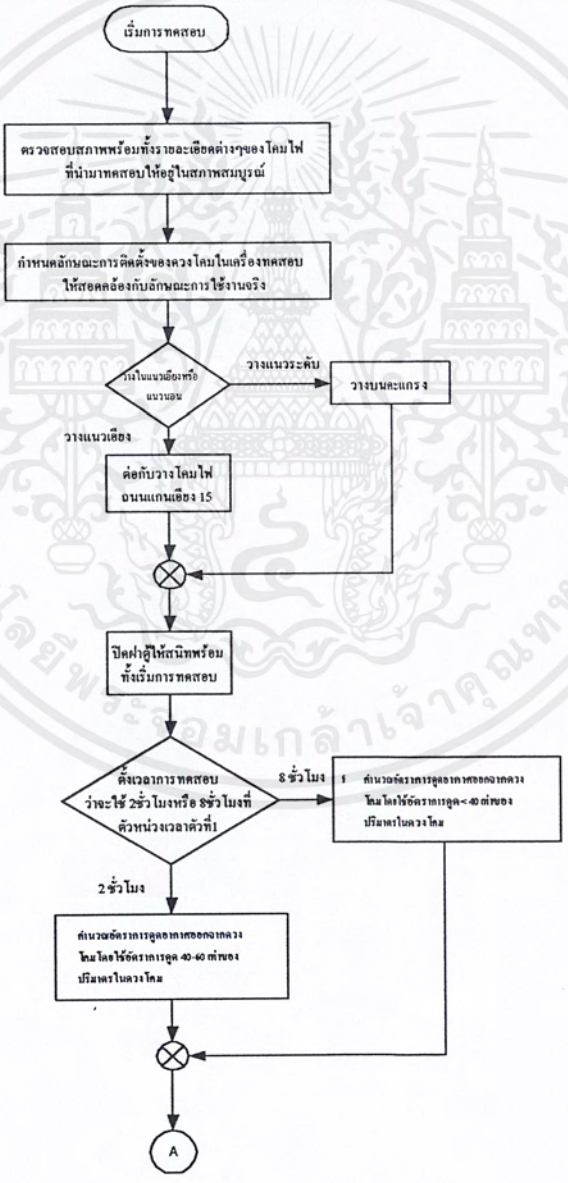
รูปที่ 3.32 ภายในตู้ควบคุมระบบสุญญากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
วิธีการใช้งานเครื่องทดสอบ

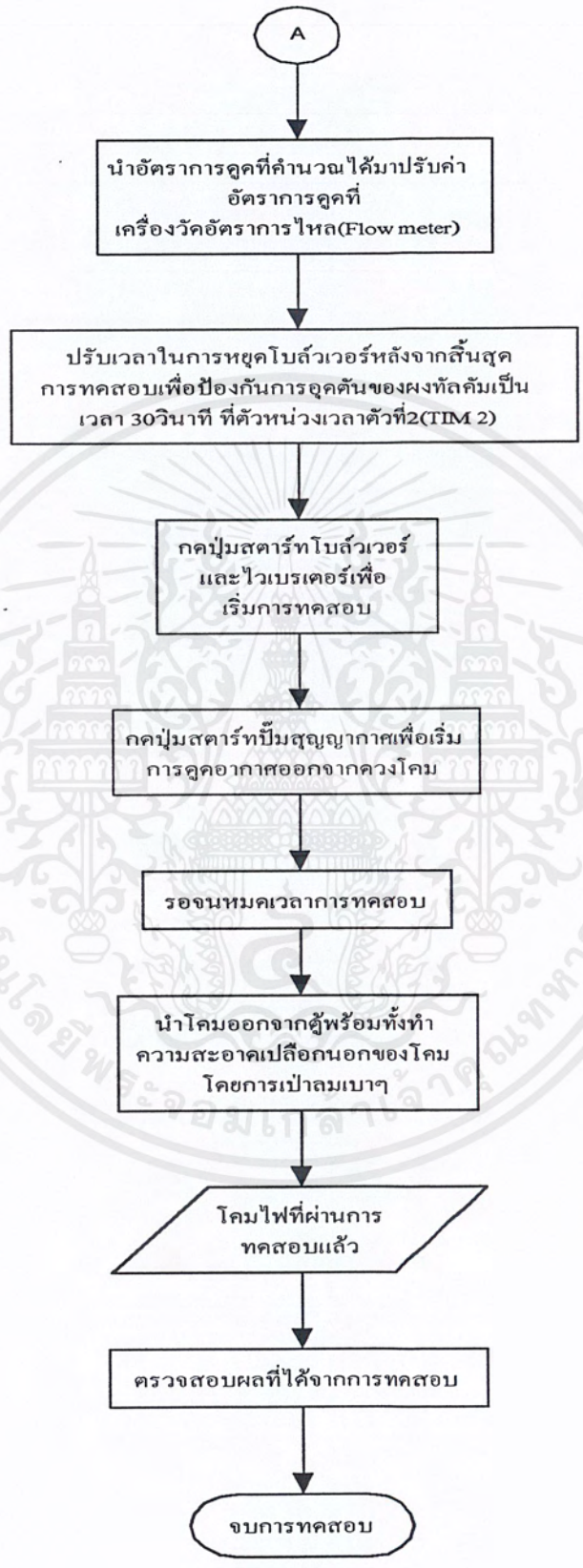
4.1 ขั้นตอนการใช้งานเครื่องทดสอบระดับการป้องกันฝุ่นของบริภัณฑ์ทางไฟฟ้า

วิธีการใช้งานเครื่องให้ปฏิบัติตามแผนผังขั้นตอนการใช้งานดังนี้



รูปที่ 4.1 การใช้งานเครื่องทดสอบ

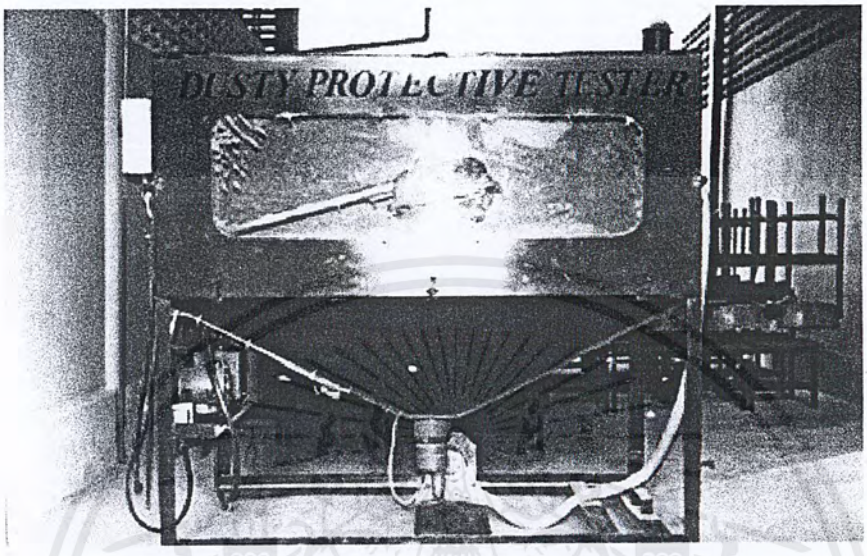
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



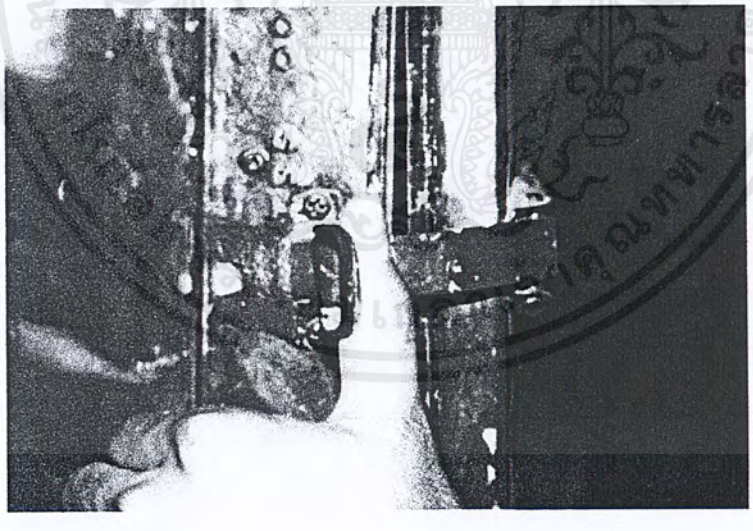
รูปที่ 4.2 การใช้งานเครื่องทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 รูปและคำบรรยายการใช้งานเครื่องทดสอบ



รูปที่ 4.3 การติดตั้งดวงโคมในเครื่องทดสอบ

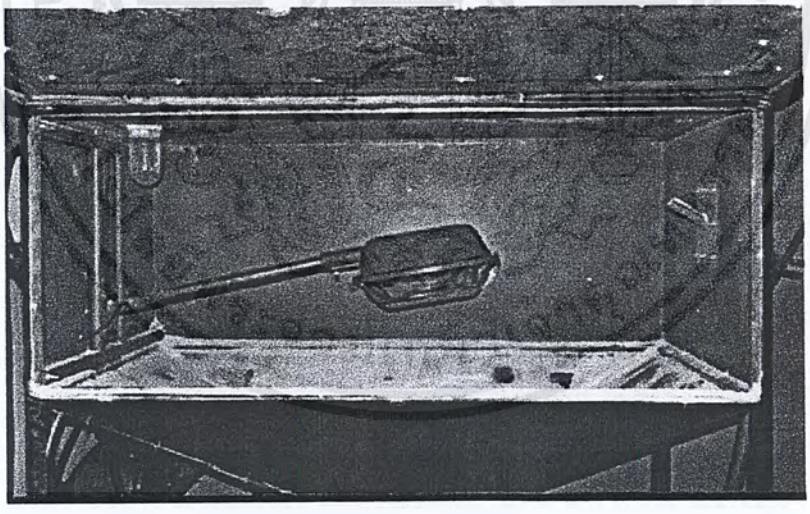


รูปที่ 4.4 การปิดฝาตู้ทดสอบเพื่อป้องกันผงทัลคัมฟุ้งกระจาย

ในการปิดฝาตู้ทดสอบควรระวังการรั่วของผงทัลคัมเนื่องจากปิดฝาไม่สนิท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

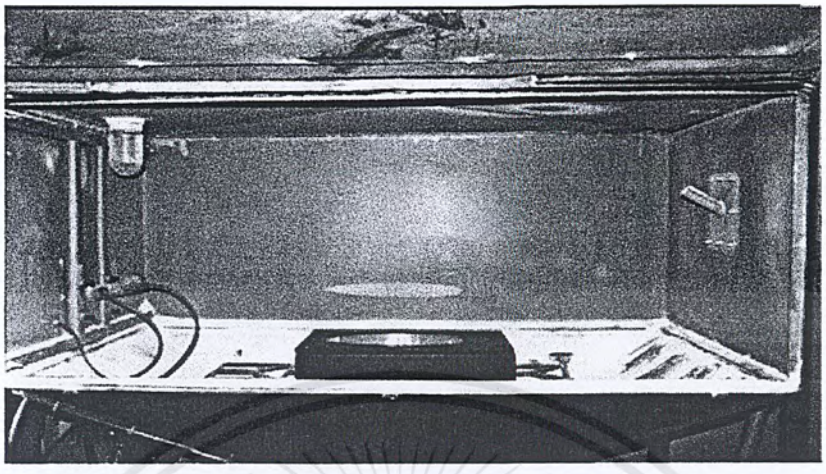
รูปที่ 4.5 การปิดฝาตู้ทดสอบที่สมบูรณ์



รูปที่ 4.6 การติดตั้งโคมไฟในแนวเอียง 15 °กับแกนยึดโคมไฟ

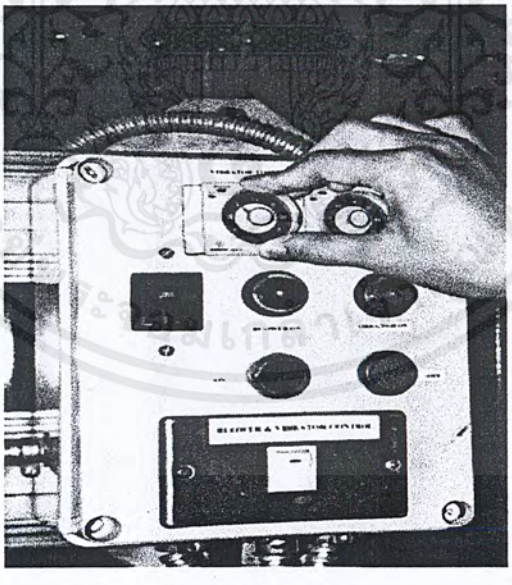
การวางโคมไฟในลักษณะนี้จะใช้กับโคมไฟที่มีการวางแนวเอียง 15 ° กับแนวระดับในการใช้งานจริง ซึ่งจะติดตั้งได้โดยการเสียบก้านของโคมไฟเข้ากับแกนยึดโคมไฟของเครื่องทดสอบ หลังจากนั้นจึงขันน็อตยึดให้แน่นเพื่อกันโคมไฟเลื่อน ในระหว่างทำการทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 การติดตั้งโคมไฟในแนวระดับกับตะแกรง

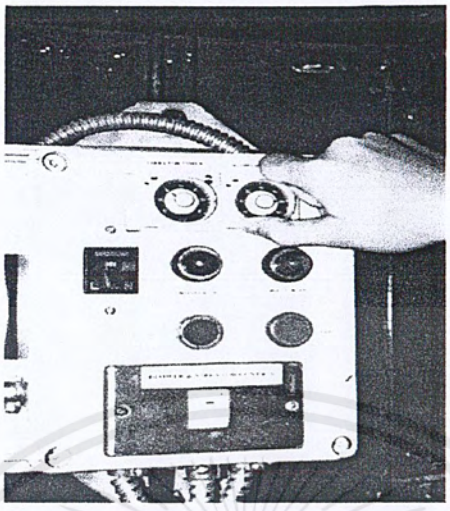
การวางโคมไฟในแนวระดับจะใช้กับโคมไฟที่ตั้งในแนวระดับในการใช้งานจริงโดยจะวางโคมไฟที่จะทำการทดสอบลงบนตะแกรงเหล็ก และจะมีสายรัดกันโคมไฟเกระทบกระเทือนเมื่อเครื่องทดสอบทำงาน



รูปที่ 4.8 การตั้งตัวหน่วงเวลาการทดสอบ

ในการตั้งตัวหน่วงเวลาเราจะตั้งไว้ที่ 2 หรือ 8 ชั่วโมงก็ได้ขึ้นอยู่กับการปรับอัตราการดูดอากาศออกจากดวงโคมของปั๊มสุญญากาศตามที่กล่าวมาแล้วในขั้นตอนการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



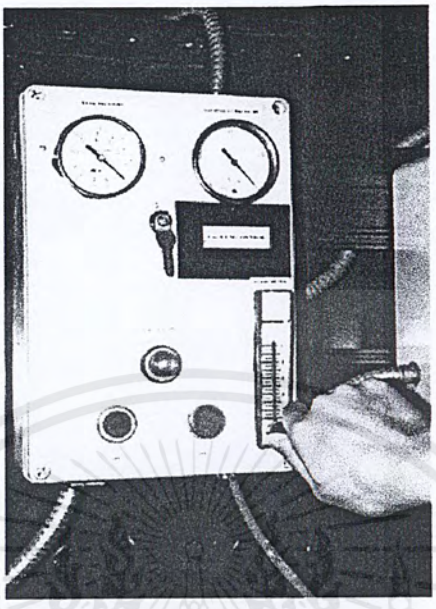
รูปที่ 4.9 การตั้งตัวหน่วงเวลาโบลวเวอร์

ต้องทำการตั้งเวลาไว้ที่ 30 วินาทีเพื่อป้องกันการอุดตันในโบลวเวอร์เนื่องจากผงทัลคัม

รูปที่ 4.10 การปรับอัตราการดูดของปั๊มสุญญากาศโดยวาล์ว

เราสามารถทำการปรับอัตราการดูดอากาศอย่างหยาบ ได้โดยทำการปรับวาล์วอากาศ ค่าที่ได้จากการปรับจะมีขนาดมากกว่าการปรับ โดยเครื่องวัดอัตราการไหล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



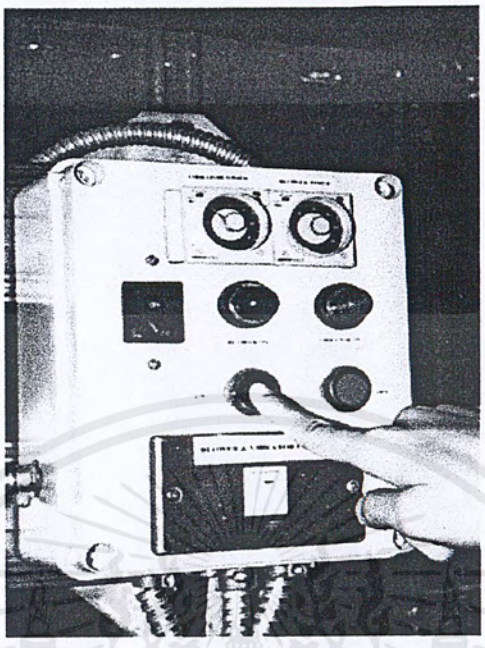
รูปที่ 4.11 การปรับอัตราการดูดของปั๊มสุญญากาศโดยเครื่องวัดอัตราการไหล

การปรับอัตราการดูดของปั๊มสุญญากาศ ต้องปรับให้สอดคล้องกับเวลาในการทดสอบโดย ถ้าทดสอบเป็นเวลา 2 ชั่วโมงให้ปรับอัตราการดูดเป็น 40 - 60 เท่าของปริมาตรโคมไฟ แต่ถ้าทดสอบเป็นเวลา 8 ชั่วโมงให้ปรับอัตราการดูดเป็นต่ำกว่า 40 เท่าของปริมาตรโคมไฟ

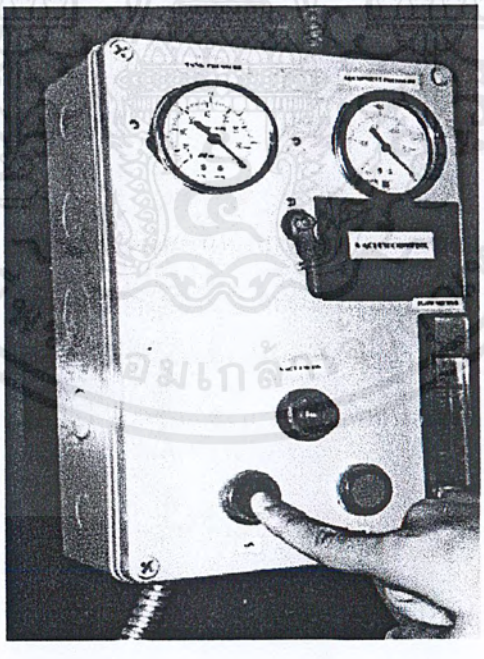
รูปที่4.12 การต่อท่อสุญญากาศเข้ากับดวงโคม

ในการต่อท่อสุญญากาศเข้ากับดวงโคมนั้น ควรต่อเข้ากับรูสายไฟของเบ้าโคมแล้วทำการปิดช่องว่างรอบๆท่อ เพื่อป้องกันความคลาดเคลื่อน เนื่องจากผงทัลคัมเข้าไปในดวงโคม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

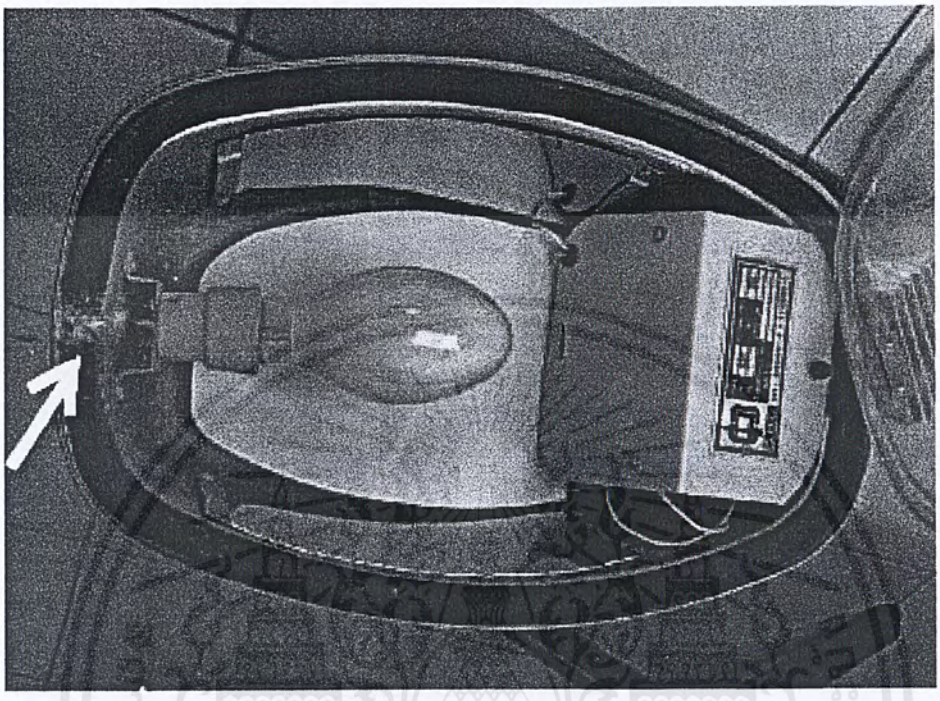


รูปที่4.13 การเปิดสวิตช์เพื่อเริ่มการทดสอบ



รูปที่ 4.14 การเปิดสวิตช์ระบบสุญญากาศเพื่อเริ่มการดูดอากาศออกจากโคม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.15 โคมไฟที่ผ่านการทดสอบเรียบร้อยแล้ว

ในขั้นตอนสุดท้ายนี้เราควรคำนึงถึงผลกระทบ ของความคลาดเคลื่อนจากตัวผู้ทดสอบเอง ยกตัวอย่างเช่น ในระหว่างการยกโคมไฟที่ทำการทดสอบเสร็จเรียบร้อยแล้ว ถ้าผู้ทดสอบไม่มีความระมัดระวังอาจทำให้ผงทัลคัมเข้าไปในโคมไฟได้ ส่งผลให้การทดสอบมีความคลาดเคลื่อน จึงต้องมีการเป่าฝุ่นที่ค้างอยู่บนเปลือกนอกของโคมด้วยเครื่องเป่าฝุ่นโดยลมอ่อนๆ ก่อนทำการตรวจสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

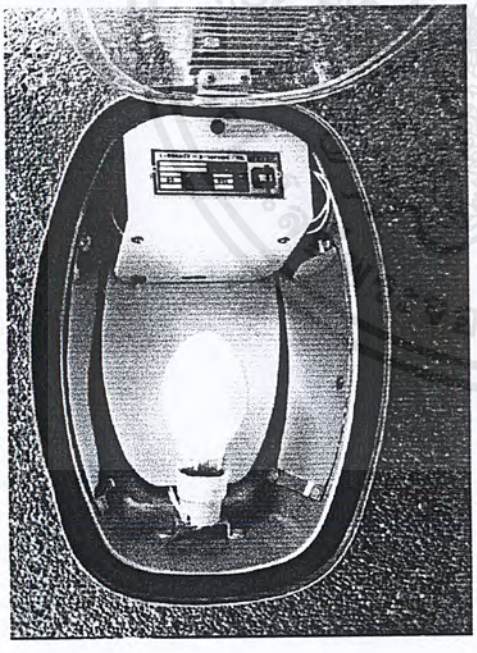
บทที่ 5
ผลการทดสอบ

ในบทนี้เราได้ทำการทดสอบโคมไฟชนิดต่าง ๆ ที่มีระดับการป้องกันฝุ่นหลายระดับทั้งในระดับที่ 5 และ 6 ซึ่งเป็นการตรวจสอบด้วยตาและเป็นการทดสอบแบบทำลาย ผลการทดสอบโคมไฟชนิดต่างๆมีผลดังนี้

1. **โคมไฟ รุ่น CDC TYPE HPM 1.50C,HPM 1.80C,HPM 1.125C**

เป็นของบริษัท C.D.C. (CIRCLE D. THAILAND) LTD ., PART. ซึ่งเป็นโคมไฟถนนชนิดไอปรอทแรงดันสูง (High pressure mercury) และจากข้อมูลของผู้ผลิตพบว่าเป็นชนิด IP 54 ซึ่งมีระดับการป้องกันฝุ่นอยู่ในระดับที่ 5 ซึ่งยอมให้ฝุ่นเข้ามาในโคมได้เล็กน้อยและไม่กีดขวางการทำงานของดวงโคมมีทั้งขนาด 50W, 80W และ 125W

ผลการทดสอบเป็นดังรูป



รูปที่ 5.1 โคมไฟก่อนการทดสอบ

รูปที่ 5.2 โคมไฟหลังการทดสอบ

ผลการทดสอบ ปรากฏว่ามีผงทัลคัมเข้าไปในโคมได้บ้างเล็กน้อยตามขอบยาง จึงเป็นระดับ IP 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. โคมไฟ รุ่น SOFFIT LANTERN (SPDP TYPE SF1)

เป็นของบริษัท P.D.P. CO., LTD ชนิดฟลัดไลต์(Flood light)ไอปรอทแรงดันสูงหรือไอโซเดียมแรงดันสูง (High pressure sodium Or High Pressure Mercury) มีขนาด 400Wและจากข้อมูลของผู้ผลิตพบว่าเป็นชนิด IP 6 5 ระดับการป้องกันฝุ่นอยู่ในระดับที่ 6 ซึ่งสามารถป้องกันฝุ่นได้อย่างสมบูรณ์

ผลการทดสอบเป็นดังรูป

รูปที่ 5.3 โคมไฟก่อนการทดสอบ

รูปที่ 5.4 โคมไฟหลังการทดสอบ

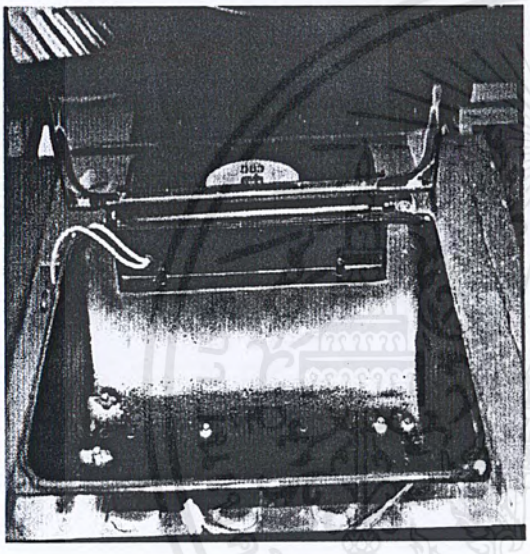
ผลการทดสอบ ปรากฏว่าไม่พบผงทัลคัมในดวงโคม เพราะมียางซิลิโคนทาไว้ตามขอบของดวงโคม จึงป้องกันผงทัลคัมได้อย่างสมบูรณ์ จัดเป็นระดับ IP 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

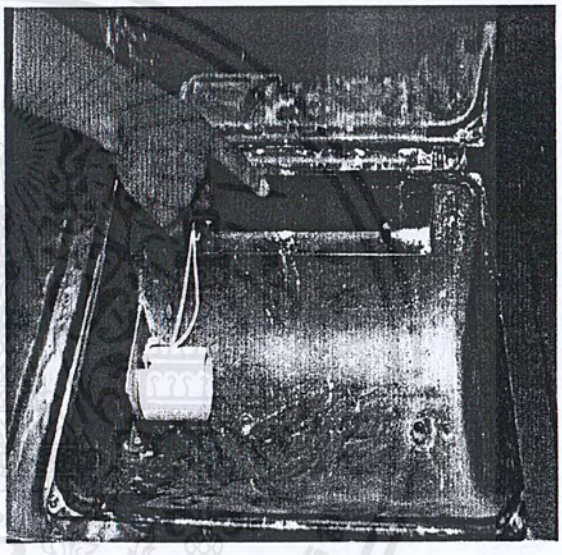
3. โคมไฟรุ่น FLOODLIGHTS ICP 254

เป็นของบริษัท P.D.P. CO .,LID ชนิดฟลัดไลต์ ไอปรอทแรงดันสูงหรือไอโซเดียมแรงดันสูงมีขนาด 150W,250W และ400Wและจากข้อมูลของผู้ผลิตพบว่าเป็นชนิด IP 65 ระดับการป้องกันฝุ่นอยู่ในระดับที่ 6 ซึ่งสามารถป้องกันฝุ่นได้อย่างสมบูรณ์

ผลการทดสอบเป็นดังรูป



รูปที่ 5.5 โคมไฟก่อนการทดสอบ



รูปที่ 5.6 โคมไฟหลังการทดสอบ

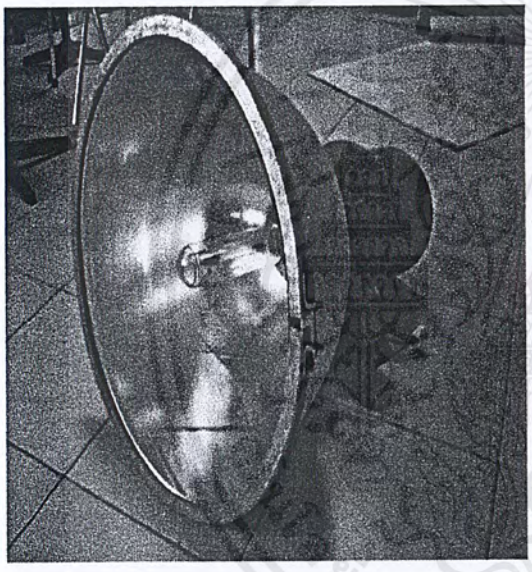
ผลการทดสอบ ปรากฏว่ามีผงทัลคัมเข้าไปในโคมได้บ้างเล็กน้อยตามรอยต่อของขอบยางกันฝุ่น จึงเป็นระดับ IP 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

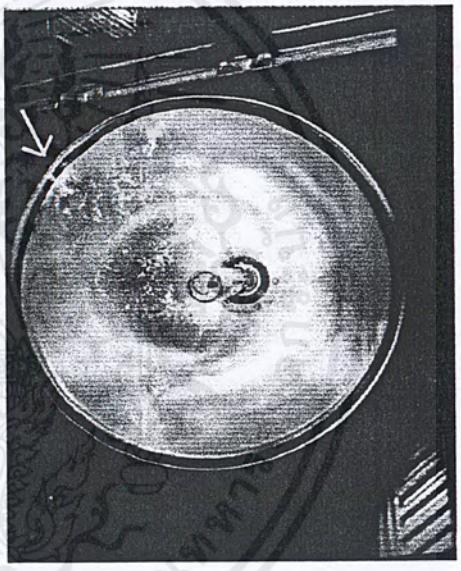
4. **โคมไฟรุ่น CDC TYPE HBL-250 MC, HBL400 MC (HIGH BAY LUMINAIRE HBL)**

เป็นของบริษัท C.D.C. (CIRCLE D. THAILAND) LTD ., PART. ซึ่งเป็นโคมไฟถนนชนิดไอปรอทแรงดันสูง และจากข้อมูลของผู้ผลิตพบว่าเป็นชนิด IP 5 4 ซึ่งมีระดับการป้องกันฝุ่นอยู่ในระดับที่ 5 ซึ่งยอมให้ฝุ่นเข้ามาในโคมได้เล็กน้อยและไม่กีดขวางการทำงานของดวงโคมมีทั้งขนาด 250W และ 400W

ผลการทดสอบเป็นดังรูป



รูปที่ 5.7 โคมไฟก่อนการทดสอบ



รูปที่ 5.8 โคมไฟหลังการทดสอบ

ผลการทดสอบ ปรากฏว่ามีผงทัลคัมเข้าไปในโคมได้บ้างเล็กน้อยจนถือว่าไม่รบกวนการทำงานของดวงโคม จึงเป็นระดับ IP 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
บทสรุปและวิจารณ์โครงงาน

ในปัจจุบันอุตสาหกรรมการผลิตโคมไฟในประเทศไทย มีการเจริญเติบโตอย่างกว้างขวาง จึงได้เกิดความคิดที่จะพัฒนาให้มีเครื่องทดสอบที่ได้มาตรฐานการทดสอบ เพื่อทดสอบโคมไฟรวมทั้งบริภัณฑ์ทางไฟฟ้าอื่นๆ ที่ต้องมีการระบุระดับการป้องกันฝุ่น อันจะเป็นการพัฒนาคุณภาพของผลิตภัณฑ์และลดต้นทุนค่าใช้จ่ายของผู้ผลิตโคมไฟและบริภัณฑ์ทางไฟฟ้าในประเทศไทย

ในส่วนของการออกแบบเครื่องทดสอบระดับความทนทานฝุ่นของบริภัณฑ์ทางไฟฟ้า แม้ว่าจะมีการนำมาใช้งานจริง แต่ก็เป็นเพียงส่วนน้อย จำกัดในวงแคบ และไม่ค่อยแพร่หลายมากนัก ซึ่งเป็นอุปสรรคในการหาข้อมูล ที่ได้ส่วนใหญ่จะเป็นจากข้อกำหนดตามมาตรฐานของ มอก.และ IEC. และข้อมูลมีรายละเอียดค่อนข้างจำกัด ส่วนข้อมูลรายละเอียดที่ได้จากมาตรฐานของ IEC. จำเป็นต้องมีการแปลเป็นภาษาไทย และประยุกต์ใช้เอง ประกอบกับรายละเอียดส่วนใหญ่ของตัวเครื่องเป็นรายละเอียดทางเครื่องกลซึ่งผู้สร้างไม่มีความถนัดมากนัก ที่สำคัญในไทยเรายังไม่มีเครื่องทดสอบที่ได้มาตรฐาน จึงทำให้ตัวเครื่องที่สร้างมา อาจมีความคลาดเคลื่อนอยู่บ้างในความเป็นจริง และเนื่องจากกลุ่มผู้ดำเนินการไม่มีประสบการณ์ในด้านนี้มากนัก จึงได้ขอคำแนะนำพร้อมทั้งอุปกรณ์จากบริษัท ต.ไพศาล ซึ่งเป็นผู้ผลิตโคมไฟและอุปกรณ์ส่องสว่างรายใหญ่ของไทย ทำการออกแบบส่วนต่างๆของเครื่องขึ้นมา จนผลเป็นที่น่าพึงพอใจ

หลังจากที่ศึกษาและประกอบโครงตู้ทดสอบในส่วนของ Project 1 ไปแล้ว ใน Project 2 ก็จึงได้ลงมือสร้างอุปกรณ์ปั๊มสุญญากาศ, พัฒนาระบบสั่นสะเทือน, พัฒนาโครงตู้ทดสอบ, และระบบวงจรควบคุมอัตโนมัติ จนได้เครื่องต้นแบบที่มีประสิทธิภาพมาก

ในส่วนของอุปกรณ์ปั๊มสุญญากาศ นั้นประสบปัญหาอย่างมากเพราะเป็นความรู้ทางเครื่องกลโดยส่วนมาก และต้องออกแบบให้ระบบสอดคล้องกับอุปกรณ์ที่มีอยู่แล้ว ทำให้ประสบกับจังหวะการดูดอากาศของโรตารีปั๊ม และการควบคุมอัตราการดูดอากาศ จึงต้องหาความรู้เพิ่มเติมจากวารสารเทคนิคต่างๆ จนออกแบบให้มีถังพักอากาศเพื่อลดปัญหาการกระเพื่อมของความดันจากจังหวะการดูดของปั๊ม และไม่จำเป็นต้องให้ปั๊มเดินเครื่องตลอดเวลา ทำให้ประหยัดพลังงานมากขึ้น

ในส่วนของระบบสั่นสะเทือน จะประสบกับปัญหาจากราคาของเครื่องสั่นสะเทือนสำเร็จรูปที่มีราคาสูงมาก จึงได้ดำเนินการสร้างเองพบว่าเกิดประสบปัญหาทางด้านการคำนวณและออกแบบที่ต้องอาศัยความรู้ทางกลขั้นสูงในการคำนวณโหลด เกิดมลภาวะทางเสียงและก่อความเสียหายให้กับโครงตู้ทดสอบ เนื่องจากมีการสั่นที่รุนแรงเกินไป จึงได้มีการแก้ไขโดยการต่ออุปกรณ์ลดกระแส(Dimmer) ในการปรับแรงสั่นสะเทือนให้พอเหมาะ ทำให้ผลออกมาเป็นที่น่าพอใจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการประสบความสำเร็จอย่างดียิ่งในการนำแสดงในงานวิศวลาดกระบังนิทรรศประยุกต์ 2000 ซึ่งมีผู้ให้ความสนใจเป็นจำนวนมาก และแม้ว่าจะเป็นประโยชน์ต่อวงการของผู้ประกอบอุตสาหกรรมโคมไฟซึ่งเป็นแค่เพียงส่วนน้อย ผู้ทำก็มีความภูมิใจที่มีส่วนช่วยลดการขาดดุลการค้าของชาติจากการส่งโคมที่ผลิตได้ในไทยไปทดสอบยังต่างประเทศซึ่งเสียค่าใช่จ่ายเป็นจำนวนมาก นับว่าเป็นผลงานที่ประสบผลสำเร็จ และตรงตามเป้าหมายทุกประการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
รายละเอียดดวงโคมที่ใช้ในการทดสอบ

ดวงโคมที่นำมาทดสอบได้รับการสนับสนุนจาก บริษัท ต.ไพศาล เอ็นจิเนียริงกรุ๊ป ประกอบด้วย

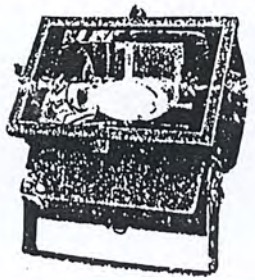
1. Floodlight Project Square รุ่น ICP 254
2. High Bay Luminaire HBL
3. High Pressure Mercury Luminaire
4. Soffit Lantern Type SF1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FLOODLIGHT PROJECTION SQUARE

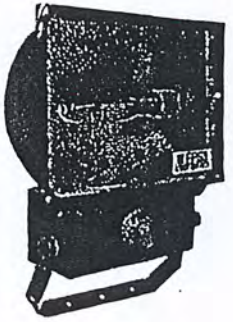
FPS1 เอฟพีเอส1

- High pressure mercury 250 W, 400 W
  High pressure sodium 250 W, 400 W
- IP 54



FPS2 เอฟพีเอส2

- High pressure mercury 250 W, 400 W
  High pressure sodium 250 W, 400 W
- IP 54

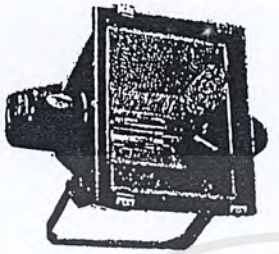


FPS3 เอฟพีเอส3

- High pressure mercury 250 W, 400 W
  High pressure sodium 150 W, 250 W, 400 W
  Metal halide 250 W, 400 W
- IP 65

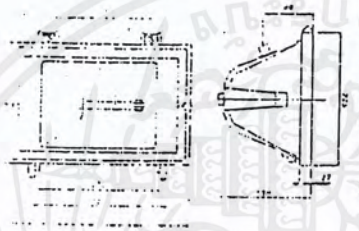
FPS4 เอฟพีเอส4

- High pressure sodium 1000 W
  Metal halide 1000 W
- IP 65



FPS5 เอฟพีเอส5

- High pressure mercury 250 W, 400 W
  High pressure sodium 250 W, 400 W
- IP 54



FPS6 เอฟพีเอส6

- High pressure mercury 150 W
  High pressure sodium 150 W
- IP 65

HIGH BAY

HB1 เอชบี1

- High pressure mercury 80 W, 125 W
  High pressure sodium 70 W, 150 W
- IP 54 for controlgear compartment

HB2 เอชบี2

- High pressure mercury 80 W, 125 W
  High pressure sodium 70 W, 150 W
- IP 54 for controlgear compartment

HB3 เอชบี3

- High pressure mercury 250 W, 400 W
  High pressure sodium 250 W, 400 W
- IP 54 for controlgear compartment

HB4 เอชบี4

- High pressure mercury 250 W, 400 W
  High pressure sodium 250 W, 400 W
- IP 54 for controlgear compartment

SOFFIT

SF1 เอสเอฟ1

- High pressure mercury 125 W, 250 W, 4
  High pressure sodium 125 W, 250 W, 40
  Metal halide 125 W, 250 W, 400 W
- IP 54

TUNNEL LIGHTING

TL1 ทีแอล1

- Fluorescent 2x36 W
- IP 54

W PRESSURE SODIUM

STREET LIGHTING

LS1 แอลเอส1

- Low pressure sodium 135 W, 180 W
- IP 54

ST1 เอสที1

- High pressure mercury 250 W, 400 W

ST6 เอสที6

- High pressure mercury 250 W, 400 W
  High pressure sodium 250 W, 400 W
- IP 54 for lamp compartment
  IP 43 for controlgear compartment

FLUORESCENT LIGHTING

FL1 เอฟแอล1

- Fluorescent 2x36 W
- IP 54

ST2 & ST2L

เอสที2 & เอสที2แอล

- High pressure mercury 80 W, 125 W
  High pressure sodium 70 W, 150 W
- IP 54 for lamp compartment
  IP 43 for controlgear compartment

ST7 เอสที7

- High pressure mercury 80 W, 125 W
  High pressure sodium 70 W
- IP 54 for lamp compartment
  IP 43 for controlgear compartment

FL2 เอฟแอล2

- Fluorescent 2x36 W, 2x40 W
- IP 65

ST3 เอสที3

- High pressure mercury 250 W, 400 W
  High pressure sodium 250 W, 400 W
- IP 54 for lamp compartment
  IP 43 for controlgear compartment

ST8 เอสที8

- High pressure mercury 50 W, 80 W, 125 W
  High pressure sodium 70 W
- IP 54 for lamp compartment
  IP 23 for controlgear compartment

FL3 เอฟแอล3

- Fluorescent 2x36 W
- IP 54

ST4 เอสที4

- High pressure mercury 50 W, 80 W, 125 W
- IP 54

ST9 เอสที9

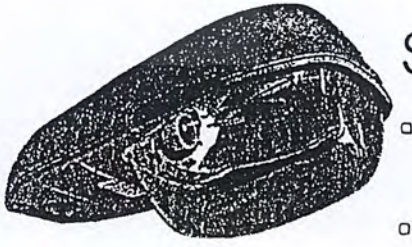
- High pressure mercury 250 W, 400 W
  High pressure sodium 150 W, 250 W, 400 W
  Metal halide 250 W, 400 W
- IP 54 for lamp compartment
  IP 43 for controlgear compartment

FL4 เอฟแอล4

- Fluorescent 2x36 W
- IP 54

ST5 เอสที5

- High pressure mercury 250 W, 400 W
  High pressure sodium 250 W, 400 W
- IP 54 for lamp compartment
  IP 43 for controlgear compartment



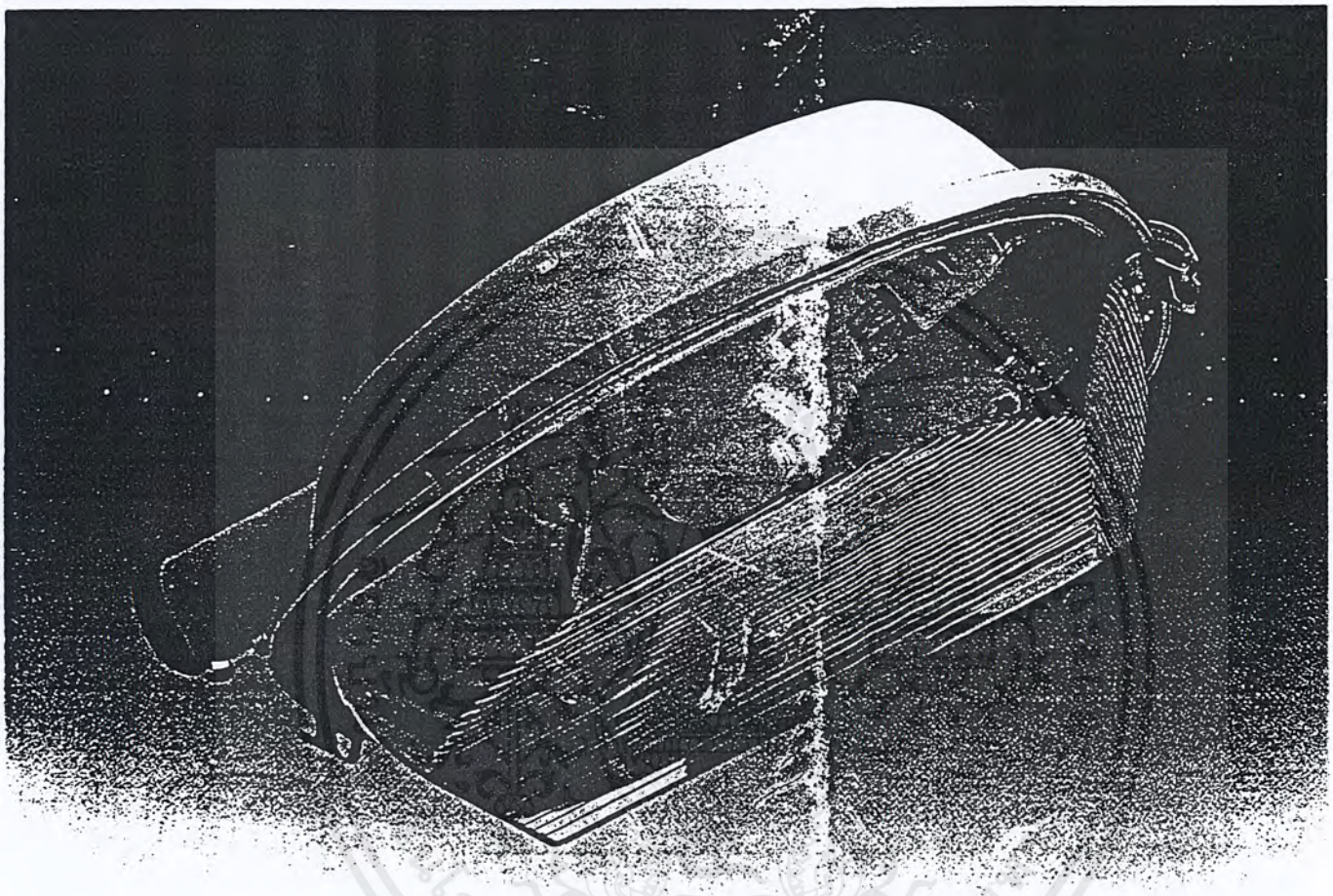
ST10 เอสที10

- High pressure mercury 250 W
  High pressure sodium 150 W, 250 W
  Metal halide 250 W
- IP 65

HIGH PRESSURE MERCURY LUMINAIRE

CDC TYPE HPM 1.50C, HPM 1.80C, HPM 1.125C

POLES & LIGHTINGS CONDUITS & ACCESSORIES



FEATURES

- ONE 50W HIGH PRESSURE MERCURY LAMP FOR HPM 1.50C
  ONE 80W HIGH PRESSURE MERCURY LAMP FOR HPM 1.80C
  ONE 125W HIGH PRESSURE MERCURY LAMP FOR HPM 1.125C
- Body of pressed aluminium with outside grey stove enamelfinish
- Enclosing bowl of age-resisting clear acrylic
- Reflectors of anodized aluminium with polished surface
- Snap catches of non-corrodible alloy with very firm grips
- Gasket of hollow neoprene or durable acrylic felt for perfect weather seal
- Built-in high power factor and low loss control gear
- Completely wire and ready for connection to 200V 50Hz. supply
- Easy mounting and maintenance, no special tool required to open the luminaire

APPLICATION

- For roadways, bridges, intersections and area lighting requiring high level of illumination and good colour rendering

INSTALLATION

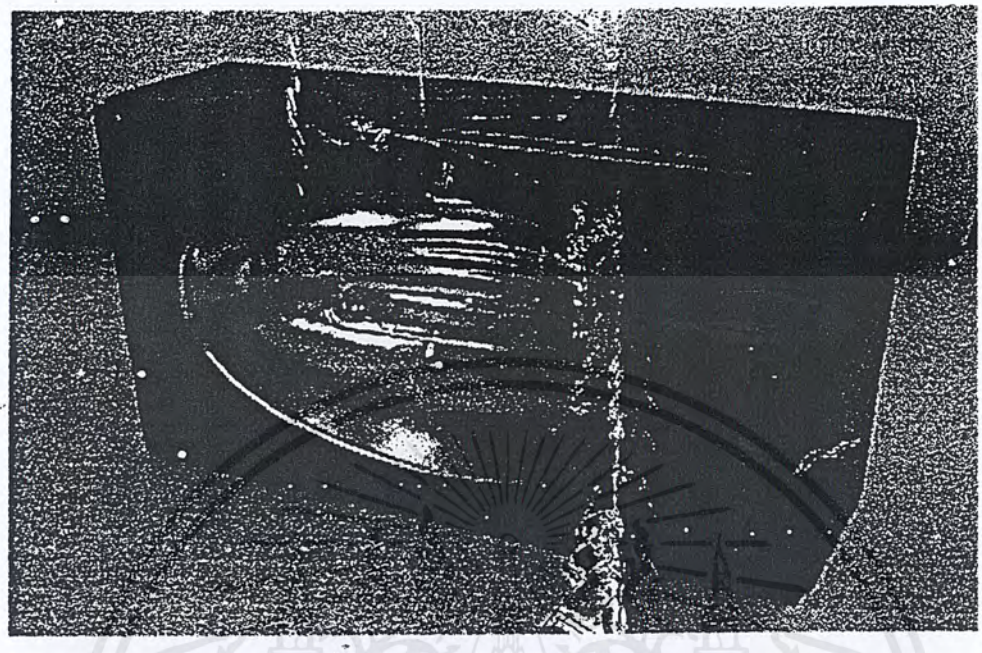
- Side entry to pole or wall bracket by means of screws

RECOMMENDED MOUNTING HEIGHT

- CDC HPM 1.80C 7.00–8.00 METERS
- CDC HPM 1.125C 7.00–9.00 METERS

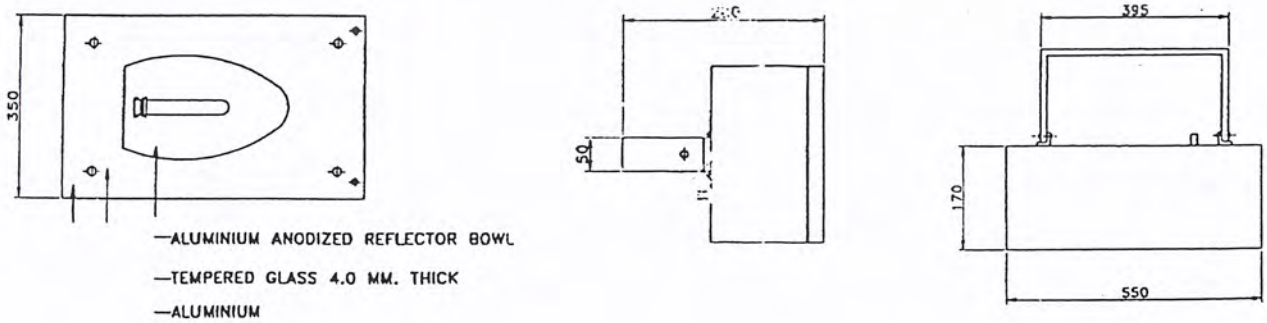
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SOFFIT LANTERN
SPDP
TYPE SF1



GENERAL FEATURES AND SPECIFICATION

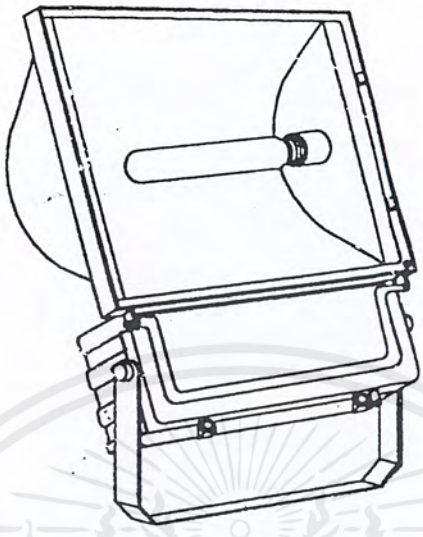
- Soffit Lantern housing is made from heavy gauge fabricated aluminium, pre-treated and finished in high gloss polyester powder paint.
- The cover is complete with tempered shock resistant glass and sealed to the housing with a silicone rubber gasket.
- The reflector has a high mirror finish by vacuum depositing pure aluminium are in the process of evaluating this against a traditional high purity, chemically brightened and anodized for optimum performance of reflection.
- Lamp compartment will be gasketted and sealed to give a minimium tightness of **IP65**, necessary to combat the ingress of dust, moisture and pollutant from vehicle exhausts.
- The system will also reduce the Authority's maintenance time as only the exterior of the glass will require cleaning.
- The lantern can be fitted with high pressure mercury high pressure sodium or metal halide control gear up to 400W.



D. P. Trading Ltd., Part.
9 Soi Soonvijai 5, New Petchburi Road, Bangkok 10320
Tel. 3194481-4 Fax: 3181602

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FLOODLIGHTS ICP 254



New range of H.I.D. floodlights ICP 254

- The new range of floodlights incorporates many advanced features resulting in a product with from the main body high reliability and simple to install.
- Models are available to accommodate 250/400W HIGH PRESSURE MERCURY , 150/250/400W HIGH PRESSURE SODIUM and 250/400W METAL HALIDE LAMPS.
- Class of proection IP65

Key features

- Aesthetically pleasing one piece die-cast aluminium alloy body housing, incorporating thermally separated lamp and control gear compartments.
- Bodies are finished in electrostatically applied black powder polyester paint producing a very durable finish. The body has a heavy gauge steel mounting bracket incorporating a calibrated aiming device.
- The control gear module is easily removable and can be supplied packed separately from the main body for maximum stocking flexibility at minimum cost.
- The reflector system is manufactured from high purity anodised aluminium to maximise light output.
- The light distribution can be varied via a variable focusing device. This facility is particularly useful in architectural floodlighting applications where specific features are to be highlighted.
- Designed to comply with most relevant British and European standards.
- The gear tray could be supplied wired for diffrent lamps, all control gears are designed in accordance with the relevant standard.

CODE	DESCRIPTION	CODE	DESCRIPTION
ICP254	Flooflight body	ICP254/250S	For 250W HIGH PRESSURE SODIUM
ICP254/250M	For 250W HIGH PRESSURE MERCURY	ICP254/400S	For 400W HIGH PRESSURE SODIUM
ICP254/400M	For 400W HIGH PRESSURE MERCURY	ICP254/250MH	For 250MH METAL HALIDE
ICP254/150S	For 150W HIGH PRESSURE SODIUM	ICP254/400MH	For 400MH METAL HALIDE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IGH BAY LUMINAIRE HBL-

CDC TYPE HBL-250 MC, HBL-400 MC
CDC TYPE HBL-250 SC, HBL-400 SC

POLES & LIGHTINGS
CONDUITS & ACCESSORIES

Ideal for factories, machine shops, power plants and aircraft hangars lighting

Can be converted for area flood lighting

Available in 250W, 400W HIGH PRESSURE MERCURY HBL-250MC or HBL-400MC and 250W, 400W HIGH PRESSURE SODIUM HBL-250SC or HBL-400SC

Built in control gears

Built in capacitor for power factor correction to more than 0.9 P.F. lagging

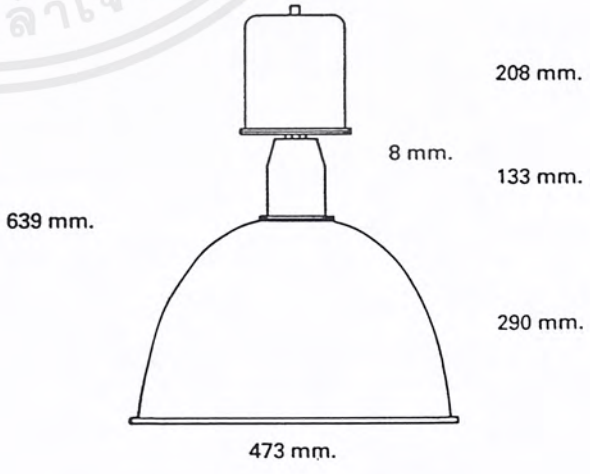
Rugged construction with corrosion resistant aluminium

Anodized finished spun heavy gauge aluminium reflector

Gasketed lens if required

Easy installation and maintenance

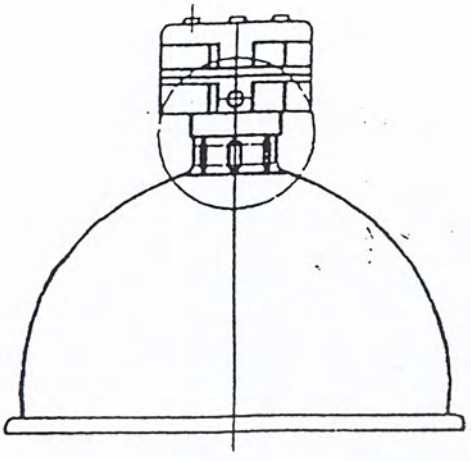
Ready for connection to 220V, 50HZ. supply

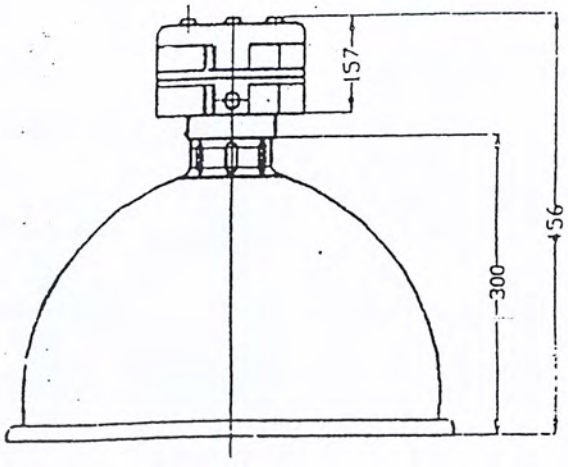


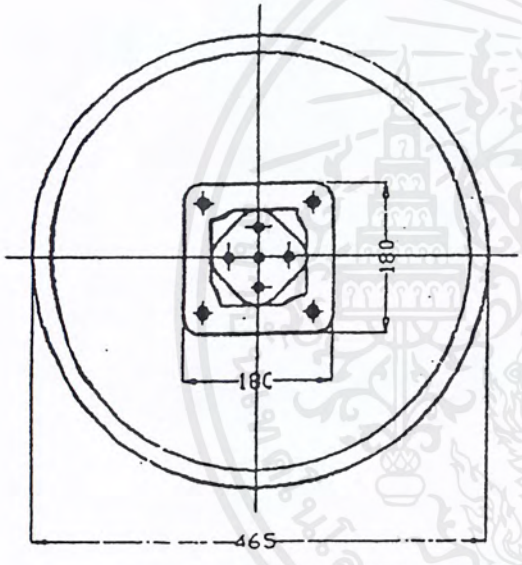
C.D.C. (CIRCLE D.THAILAND) LTD., PART.
9 SOI SOONVIJAI 5, NEW PETCHBURI ROAD.
BANGKOK 10310 THAILAND
TEL. 318 1601-2 319 4481-4
TELEX: 84075 UNIPALM TH. FAX: 318-1603

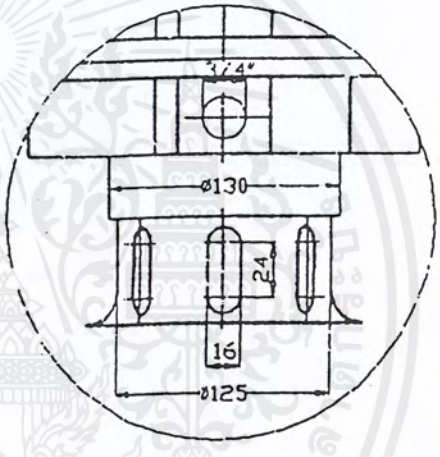
เอกสารนี้ใช้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SAKORNOS









DETAIL "A"

1. ตัวโคมทำด้วย ALUMINIUM เพื่อช่วยในการกระจายแสง
2. เส้นผ่าศูนย์กลางโคม ø 465 มม.
   ความสูงของโคม = 300 มม.
3. Controlgear Housing ทำด้วย Die-cast Aluminium
   ระดับการป้องกัน IP54

ALL DIMENSION ARE IN MILLIMETER

T.PAISAL ENGINEERING GROUP CO.,LTD.
9 Soi Soonvijai 5,Newpetchburi Rd., Bangkok.
Tel; 319-4481-4,718-0800-9

PART NAME; HBL 1.250MP HBL 1.250SP HBL 1.400 MP HBL 1.400 SP	Drawn by	Dwg. no;
	Designed by	Scale
PROJECT;	Checked by	Sheet no
	Approved by	Date

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข
รายละเอียดโซลินอยด์วาล์ว

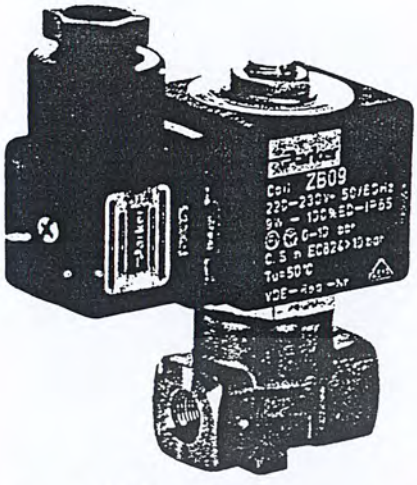
โซลินอยด์วาล์วที่นำมาใช้ในระบบสุญญากาศ ยี่ห้อ Parker Series 146

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Solenoid Valves for Automation

2/2 way - Normally Closed - Direct operated

Fittings: G = 1/8" - 1/4"



Series **146**

General description:

PARKER series **146** solenoid valves are direct operated and do not require a minimum differential pressure to operate.

They are used for general applications with media such as **water, air, light oils (2°E) and inert gases,** provided they are compatible with the construction materials used.

Series **146 valves are normally closed.**

Temperatures:

The working temperature for media is:

maximum	+140°C
minimum	-10°C

The maximum ambient temperature is:

- **with class "F" coils +50°C**
- **with class "H" coils +80°C**

Coils:

For series **146** valves class **"F"** coils **(155°C)**, encapsulated in thermoplastic containing 30% glass fiber (type ZB, YB), and class **"H"** coils **(180°C)**, encapsulated in thermoplastic containing 40% glass fiber (type: ZH), are available.

All the coils are for continuous service, 100% E.D.

The rated voltage tolerance is: **±10% for A.C.** power supply and **+10% -5% for D.C.**

The "Z" and "Y" coils can be used on a.c. with frequency of 50/60Hz (dualfrequency).

The "Z" coils have Faston terminals for **DIN 43650A** connectors with protection to **IP65.**

The "Y" coil has terminals with 2 x 1,000 mm cables with protection to **IP67.**

Materials:

• Valve body:	OT58 UNI 5705 brass stamping
• Seals:	Viton
• Enclosing tube:	AISI 304 stainless steel
• Plunger:	AISI 430 F stainless steel
• Spring:	AISI 302 stainless steel
• Shading ring:	Copper

Electrical features:

Coil type [ ]		Power [W]		Insulat. class
A.C.(~)	D.C.(=)	A.C.(~)	D.C.(=)	
ZB 09	ZB 12	9	12	F
ZB*14	ZB*16	14	16	F
YB 09	YB 12	9	12	F
YB*14	YB*16	14	16	F
ZH*14	ZH*16	14	16	H

Specification:

Fittings Ø G	Valve type	Nominal orifice Ø	Flow coefficient Kv	Minimum pressure	Max. differential pressure (M.O.P.D.)		Coil type	Weight	Notes
["]	[ ]	[mm]	[m³/h]	[bar]	in A.C.(~) bar	in D.C.(=) bar	[ ]	[Kg]	[ ]
1/8	146 F	2.5	0.197	0	15	12	Z - Y	0.340	1
1/8	146 H	3.0	0.270	0	10	8	Z - Y	0.340	1
1/4	146 W	2.5	0.197	0	15	12	Z - Y	0.340	1
1/4	146 Y	3.0	0.270	0	10	8	Z - Y	0.340	1
1/4	146.3 K	4.5	0.527	0	10	3	Z* - Y*	0.340	1
1/4	146.3 AB	6.0	0.750	0	8	1	Z* - Y*	0.340	1

Note: 1) NP (nominal pressure): 64 bar
See specification table.

เอกสารนี้ใช้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Application:

Series 146 solenoid valves are ideal for the automatic control of media in a wide range of applications such as:

- Burglar alarm systems;
- Sterilisers;
- Espresso coffee machines;
- Diesel oil burners;
- Shoe manufacturing machinery;
- Ceramic plants;
- Air dryers;
- Automatic dispensers;
- Industrial washing machines;
- Water massage systems;
- Floor washing machines;
- Welding systems;
- Machines for plastics;
- Humidifiers.

For use with air the maximum differential pressure (MOPD) may be increased by 25%.

Installation:

The valves can be mounted in any position without jeopardising their operation. It is however advisable to install them with the coil in a vertical position above the body.

Approvals:

•Coil certification:

ZB 09	24V/50-60Hz, 115V/50-60Hz, 220-230V/50-60Hz, 240V/50-60Hz
ZB 12	12V DC, 24V DC
ZB 14	24V/50-60Hz, 115V/50-60Hz, 220-230V/50-60Hz,
ZB 16	24V DC
YB 09	220-230V/50-60Hz
YB 14	only voltage 220/50-60Hz
YB 16	24V DC

•For the coils:

ZB 09	220-230V/50-60Hz, 240V/50-60Hz
ZB 14	220-230V/50-60Hz
YB 09	220-230V/50-60Hz

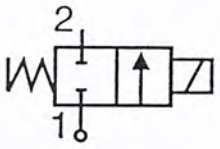
•For the model VE 146.3 ABV with coil

ZH 14 with voltage 220-230V/50-60Hz

Special versions:

On request and for large orders, the series **146** valves can be fitted with quick connect fittings such as **Prestolock** cartridge.

Series **146**

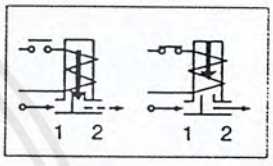


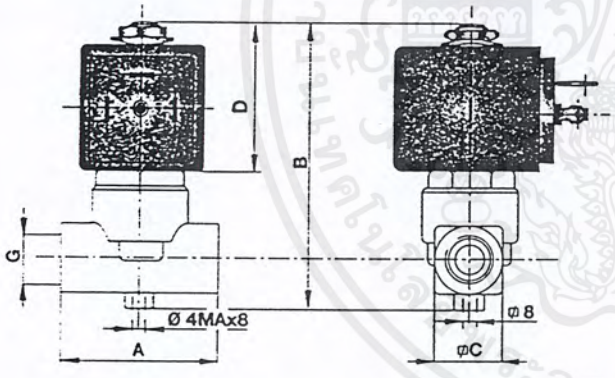
N.C.

Normally closed

Coil energised - open

Coil de-energised - closed





Dimensions

Fittings Ø G	A	B	C	D
["]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
1/8	40.0	75.5	18	37.5
1/4	40.0	74.5	18	37.5
1/4	40.0	75.5	18	37.5

Order code

PM | **146** | | **V**

- PM: VALVE BODY
- 146: SERIES
- FITTINGS:

F	1/8"
H	1/8"
W	1/4"
Y	1/4"
-3K	1/4"
-3AB	1/4"

- V: SEAL — V = Viton

[V] [Hz]/c.c.

Coil type		24V 50/60 Hz	115V 50/60 Hz	220-230V 50/60 Hz	240V 50/60 Hz	12V c.c.	24V c.c.
ZB	09	•	•	•	•		
ZB	12					•	•
ZB	14	•	•	•	•		
ZB	16						•
YB	09	•	•	•			
YB	12					•	•
YB	14	•		•			
YB	16						•
ZH	14	•	•	•			
ZH	16						•

Note: Valve supplied with body (M.P.) and coil separate.
Connector to be ordered separately.

เอกสารนี้จัดทำขึ้นสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

รายละเอียดสวิตซ์ความดัน (Pressure Switch)

สวิตซ์ความดันที่นำมาใช้ในระบบสุญญากาศ ยี่ห้อ Norgren Herion Series 18 D

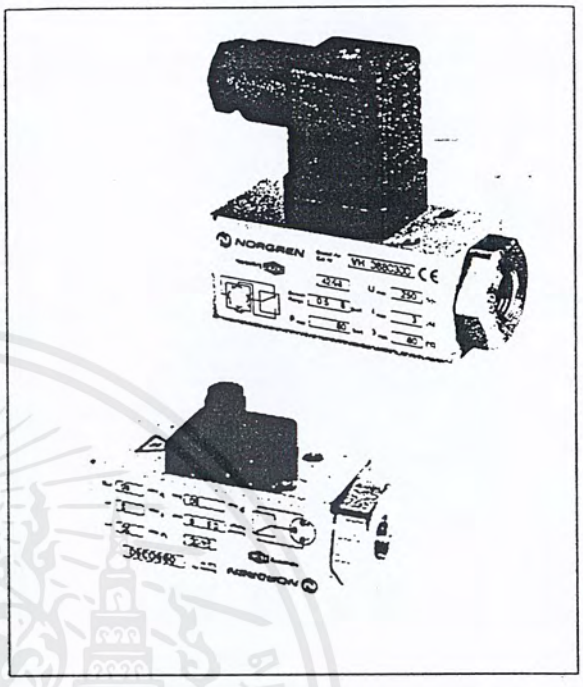
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NORGREN HERION

Series 18 D

Pneumatic Pressure Switches
G 1/4, 1/4 NPT, Flange

- Gold-plated contacts in microswitch
- High number of switching cycles
- Vibration resistant to 15g
- Microswitch approved by UL and CSA
- Intrinsically safe operation



Technical Data

Fluid:
Neutral, gaseous and liquid fluids
(Special versions for water application)

Operation:
Diaphragm

Port sizes:
G1/4 (BSP), 1/4 NPT, Flange

Operating Pressure Ranges:
-1 to 30 bar

Ambient Temperature:
-20 to + 80 °C

Operating Viscosity:
Up to 1000 mm²/s (±450ssu).

Fluid Temperature:
-10 to +80°C

Maximum temperature at switching element:
+80°C

Repeatability:
±3%, for vacuum ± 4% of final value

Electrical Connection:
- Acc. to DIN 43650 A or
- Acc. to IEC 947-5-2 (M 12 x 1)

Switching Element:
Microswitch (gold plated contacts)

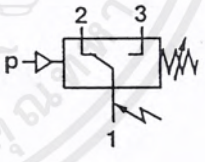
Degree of Protection:
IP65 for conn. DIN 43650
IP67 for conn. M 12 x 1

Mounting:
Optional

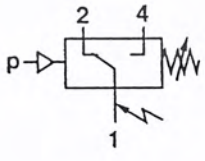
Material:
- Sensor: Aluminium
- Seal: FKM / NBR

Ordering Information

To order, quote part number from table overleaf, e.g. a G1/4" ported switch with a pressure range of -1 to 0 bar is 0880100.



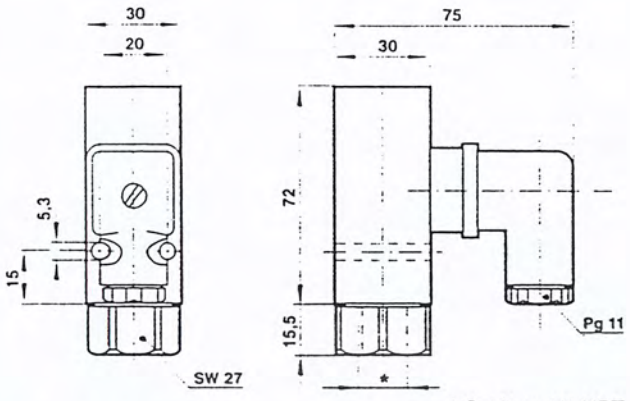
Switching function:
Microswitch SPDT
Terminals 1 - 3:
Contacts close on rising pressure.
Terminals 1 - 2:
Contacts open on rising pressure.



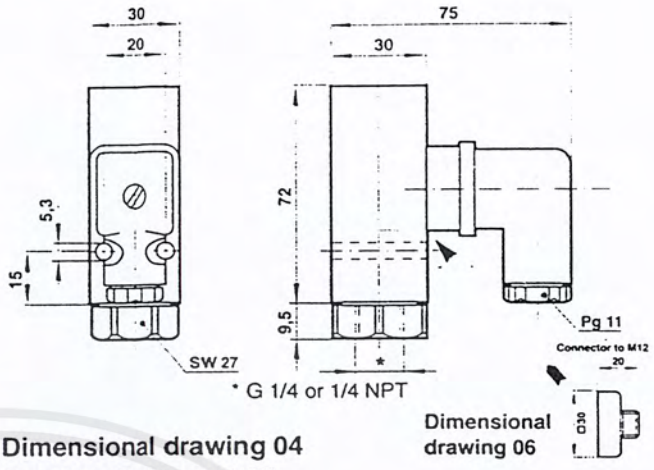
Switching function
M12 x 1:
Microswitch SPDT
Terminals 1 - 4:
Contacts close on rising pressure.
Terminals 1 - 2:
Contacts open on rising pressure.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

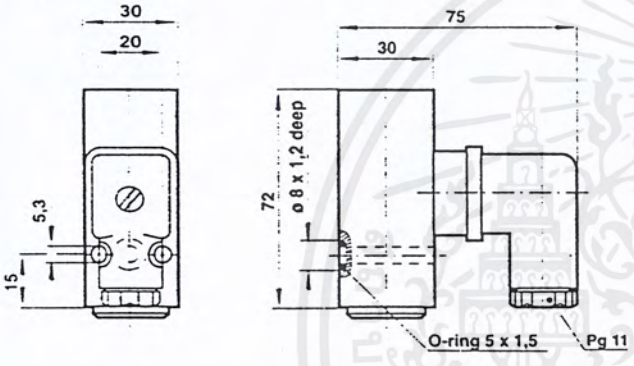
Dimensional drawing 01
Connection G 1/4 or 1/4 NPT



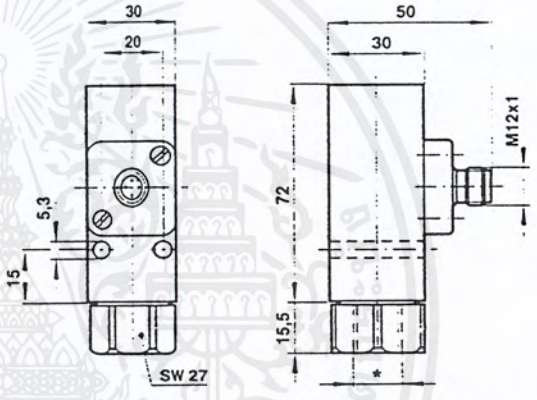
Dimensional drawing 02
Connection G 1/4 or 1/4 NPT



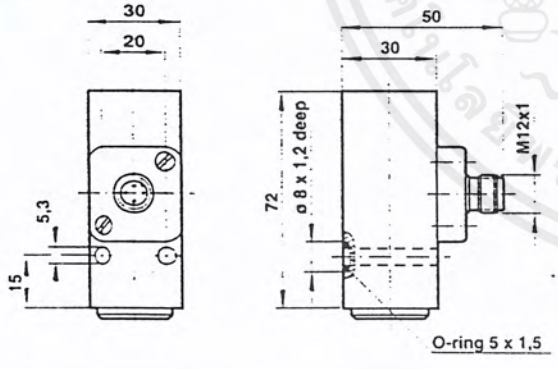
Dimensional drawing 03
Flange type



Dimensional drawing 04
Connection G 1/4 or 1/4 NPT



Dimensional drawing 05
Flange type



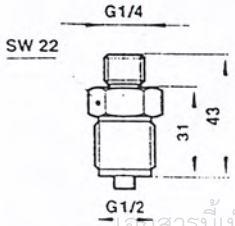
Dimensional drawing 06

Connector M 12 x 1

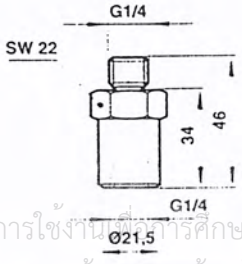
Type	0523055	straight,	without cable
Type	0523057	straight,	2 m cable, 4-core
Type	0523052	straight,	5 m cable, 4-core
Type	0523056	90°	without cable,
Type	0523058	90°	2 m cable, 4-core
Type	0523053	90°	5 m cable, 4-core

Accessories

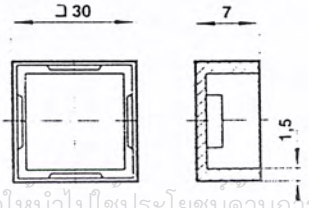
Reducer G 1/2 to G 1/4, external thread Part No. 0574767



Snubber G 1/4
Part No. 0574773



Cover
Part No. 0554737



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Our policy is one of continued research and development. We therefore reserve the right to amend, without notice, the specifications given in this document.

Pneumatic applications
18 D variations with electrical connection DIN 43650 A

Part Number	Pressure Range (bar) ⁺⁺	Switching Pressure Difference ⁺⁺ (bar) ⁺⁺		Maximum Over Pressure ⁺ (bar) ⁺⁺	Switching (Cycles per min)	Pressure Sensor Materials		Fluid Connection		Weight (kg)	Dimension Drawing No
		Lower Range	Upper Range			Housing	Seal Dyn./Static	Type	Size		
0880100	-1 – 0	0.15	0.18	80	100	AL	FKM	Female	G1/4	0.2	01
0880120	-1 – 0	0.15	0.18	80	100	AL	FKM	Female	1/4 NPT	0.2	01
0880126 ⁺ ⁺⁺⁺	-1 – 0	0.15	0.18	80	100	AL	FKM	Female	G1/4	0.2	01
0881100	-1 – 0	0.15	0.18	80	100	AL	FKM	Flange	-	0.2	03
0880200	0.2 – 2	0.15	0.27	80	100	AL	FKM	Female	G1/4	0.3	01
0880220	0.2 – 2	0.15	0.27	80	100	AL	FKM	Female	1/4 NPT	0.2	01
0880226 ⁺ ⁺⁺⁺	0.2 – 2	0.15	0.27	80	100	AL	FKM	Female	G1/4	0.2	01
0881200	0.2 – 2	0.15	0.27	80	100	AL	NBR	Flange	-	0.2	03
0880300	0.5 – 8	0.25	0.65	80	100	AL	NBR	Female	G1/4	0.2	02
0880320	0.5 – 8	0.25	0.65	80	100	AL	NBR	Female	1/4 NPT	0.2	02
0880326 ⁺ ⁺⁺⁺	0.5 – 8	0.25	0.65	80	100	AL	NBR	Female	G1/4	0.2	02
0881300	0.5 – 8	0.25	0.65	80	100	AL	NBR	Flange	-	0.2	03
0880400	1 – 16	0.30	0.90	80	100	AL	NBR	Female	G1/4	0.2	02
0880420	1 – 16	0.30	0.90	80	100	AL	NBR	Female	1/4 NPT	0.2	02
0880426 ⁺ ⁺⁺⁺	1 – 16	0.30	0.90	80	100	AL	NBR	Female	G1/4	0.2	02
0881400	1 – 16	0.30	0.90	80	100	AL	NBR	Flange	-	0.2	03
0880600	1 – 30	1.0	5.00	80	100	AL	NBR	Female	G1/4	0.2	02
0880620	1 – 30	1.0	5.00	80	100	AL	NBR	Female	1/4 NPT	0.2	02

Pneumatic applications
18 D variations with electrical connection M 12 x 1*** (Max. allowable voltage 30 V)

Part Number	Pressure Range (bar) ⁺⁺	Switching Pressure Difference ⁺⁺ (bar) ⁺⁺		Maximum Over Pressure ⁺ (bar) ⁺⁺	Switching (Cycles per min)	Pressure Sensor Materials		Fluid Connection		Weight (kg)	Dimension Drawing No.
		Lower Range	Upper Range			Housing	Seal Dyn./Static	Type	Size		
0880149 ΔΔ'Δ	-1 – 0	0.15	0.18	80	100	AL	FKM	Female	G1/4	0,2	04
0880160 Δ	-1 – 0	0.15	0.18	80	100	AL	FKM	Female	G1/4	0,2	04
0880260 Δ	0.2 – 2	0.15	0.27	80	100	AL	FKM	Female	G1/4	0,2	04
0880360 Δ	0.5 – 8	0.25	0.65	80	100	AL	FKM	Female	G1/4	0,2	06
0880460 Δ	1 – 16	0.30	0.90	80	100	AL	FKM	Female	G1/4	0,2	06
0880660 Δ	1 – 30	1.00	5.00	80	100	AL	FKM	Female	G1/4	0,3	06
0881160 Δ	-1 – 0	0.15	0.18	80	100	AL	FKM	Flange	-	0,2	05
0881260 Δ	0.2 – 2	0.15	0.27	80	100	AL	FKM	Flange	-	0,2	05
0881360 Δ	0.5 – 8	0.25	0.65	80	100	AL	FKM	Flange	-	0,2	05
0881460 Δ	1 – 16	0.30	0.90	80	100	AL	FKM	Flange	-	0,2	05

Water applications / 18 D variations with electrical connection DIN 43650

Part Number	Pressure Range (bar) ⁺⁺	Switching Pressure Difference ⁺⁺ (bar) ⁺⁺		Maximum Over Pressure ⁺ (bar) ⁺⁺	Switching (Cycles per min)	Pressure Sensor Materials		Fluid Connection		Weight (kg)	Dimension Drawing No.
		Lower Range	Upper Range			Housing	Seal Dyn./Static	Type	Size		
0880219	0.2 – 2	0.15	0.27	80	100	Brass	FKM	Female	G1/4	0,2	01
0880240	0.2 – 2	0.15	0.27	80	100	Brass	FKM	Female	1/4 NPT	0,2	01
0880323	0.5 – 8	0.25	0.65	80	100	Brass	FKM	Female	G1/4	0,2	02
0880340	0.5 – 8	0.25	0.65	80	100	Brass	FKM	Female	1/4 NPT	0.2	02

⁺ Observe switching range. Do not subject switch to max allowable pressure during normal operation. Even short pressure peaks must not exceed this value

⁺⁺ Max. values

⁺⁺⁺ Plug not supplied. If required see table overleaf

* Static seal: O-ring (NBR)

** 1 bar = 14.503 psi

Δ Free of lacquer impairing substances.

ΔΔ Switching function reversed

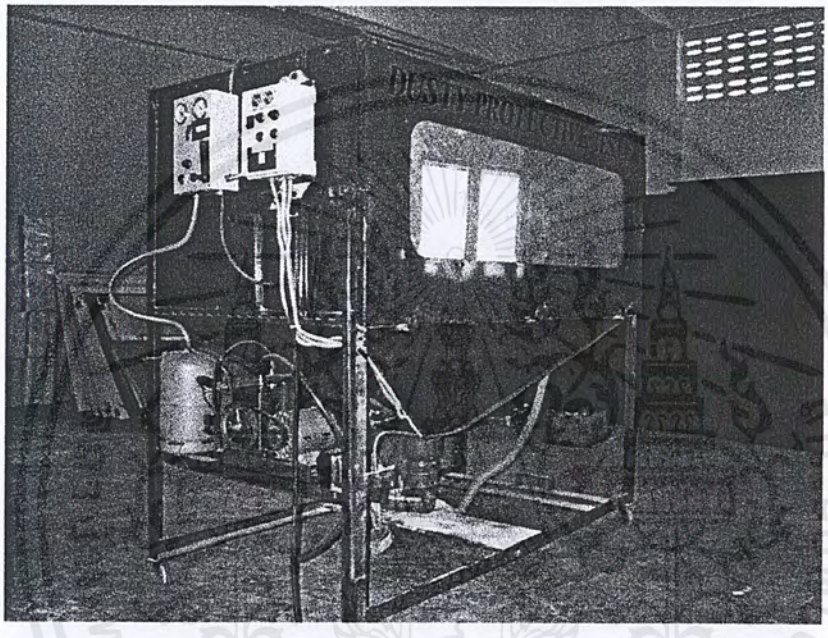
*** Plug 0570110 not included. Pls. order sep.

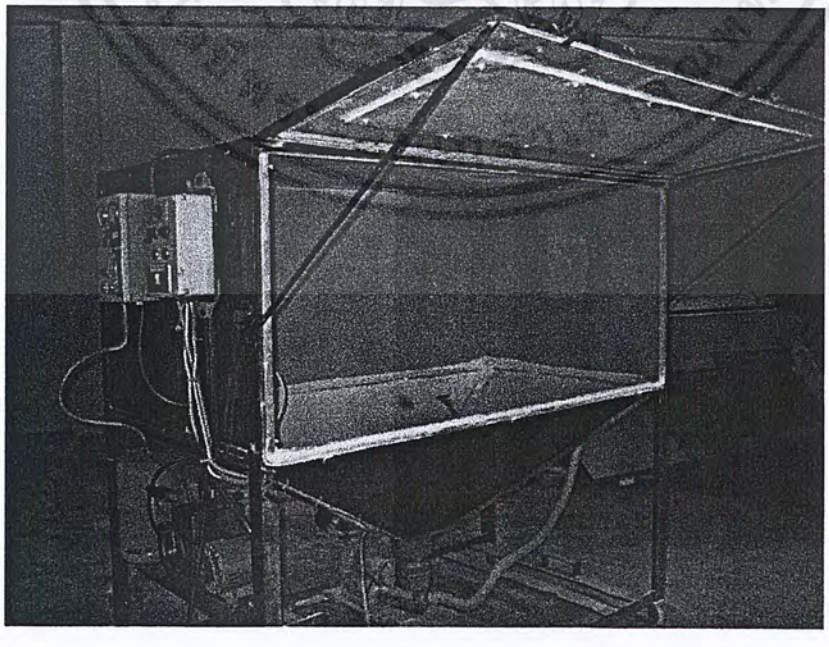
Key to materials: Al = Aluminium, NBR = Perbunan, FKM = Viton

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

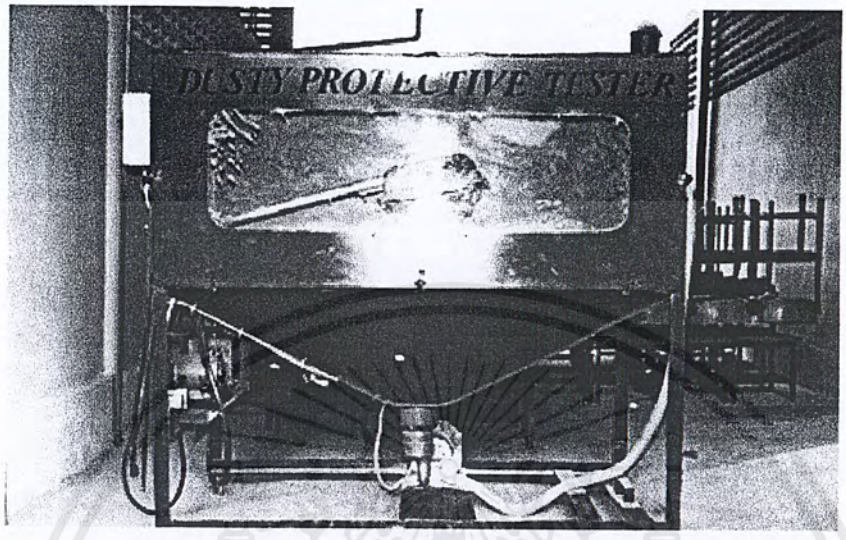
ภาคผนวก ง
เครื่องทดสอบความทนทานฝุ่นของบริภัณฑ์ทางไฟฟ้า

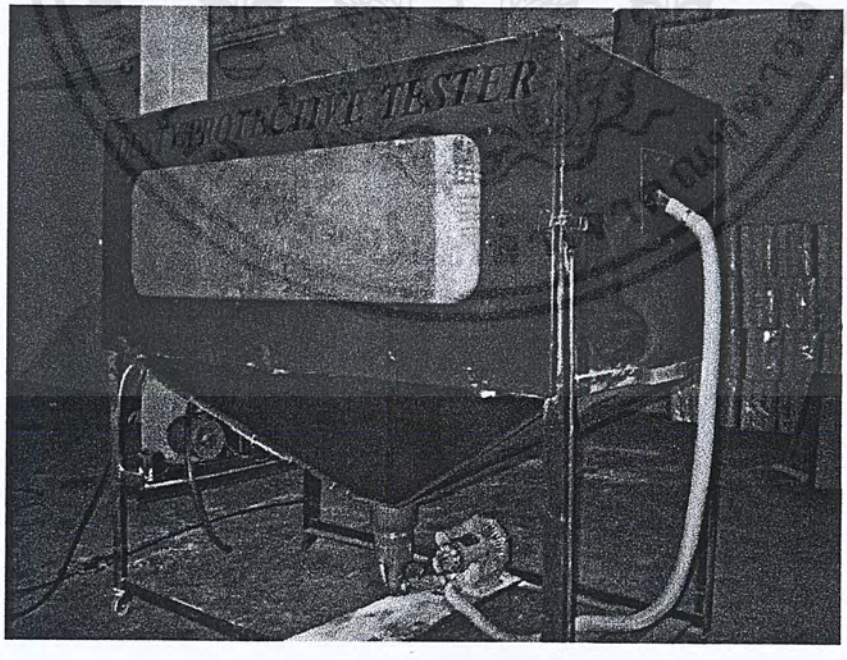
รูปเครื่องทดสอบที่เสร็จสมบูรณ์แล้ว





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์นี้จะสำเร็จลุล่วงไปด้วยดีมิได้ ถ้าหากขาดผู้มีรายนาม ดังต่อไปนี้

- บิดา และมารดาที่อุปการะเลี้ยงดูมาตลอดมา
- อ. เชาว์ ชมภูอินไหว ที่ให้คำปรึกษาที่ดีตลอดมา
- บริษัท ต. ไพศาล Engineering Group ที่อุปการะเครื่องมือ และอุปกรณ์ที่จำเป็นต่างๆสำหรับดำเนินงาน
- คุณ กอบกร้า ไพรวัลย์ ที่ให้คำปรึกษาด้านเครื่องกล
- บริษัท ธรัตน์ชัย มาร์เก็ตติ้ง ที่ให้การสนับสนุนยานพาหนะ
- เพื่อนๆห้องสอง ที่คอยให้การสนับสนุนที่ดีตลอดมา
- คุณ นัท และสหาย ที่ให้ความกรุณาช่วยพิมพ์รายงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] กระทรวงอุตสาหกรรม, "มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม การจัดระดับชั้นการป้องกันของเปลือกหุ้มบริภัณฑ์ไฟฟ้า มอก.513-2527"

[2] พีรศักดิ์ วรสุนทโรสถ มาบูชิ มาการิซาวา, "เทคนิคและการซ่อมแซม เลือกประเภทและติดตั้งมอเตอร์เหนี่ยวนำ", ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2538

[3] สุชาติ จันทริกานนท์, "โรตารีปั๊ม",วารสารเทคนิค ฉบับที่ 174 , กรกฎาคม 2542

[4] มาตรฐาน IEC- 529

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายชื่อผู้จัดทำ

นาย เกียรติชัย	เติมกลิ่นจันทร์	เบอร์โทรติดต่อ	-
นาย ชนศิษฎ์	ม่วงศรีศักดิ์	เบอร์โทรติดต่อ	01-6272029
นาย ชลัช	เติมศรีเจริญพร	เบอร์โทรติดต่อ	-
นาย ชัยรัตน์	ธรรมทัตโต	เบอร์โทรติดต่อ	01-7511526
นาย ฐติวัฑฒ์	ปัญญากรณ์	เบอร์โทรติดต่อ	1188-6185656
นาย ณรงค์	รอดผล	เบอร์โทรติดต่อ	9030028

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้