บทที่ 3

การออกแบบโครงงาน

การออกแบบเครื่องดูดขยะริมถนนขนาดเล็กใช้พลังงานไฟฟ้ามีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1 เงื่อนไขการออกแบบ

ในการออกแบบจะกำหนดเงื่อนไขเบื้องต้น คือ

(1) ชนิดของฝุ่นละอองเป็นฝุ่นขนาดใหญ่ (ฝุ่นหนัก) ได้แก่ กรวด หินทราย ผงยิปซั่ม ขี้เลื่อย

(2) ขนาดของฝุ่นที่สามารถดูดได้สูงสุด 300 ไมครอน

(3) โครงสร้างทำด้วยเหล็กโครงสร้าง SS400

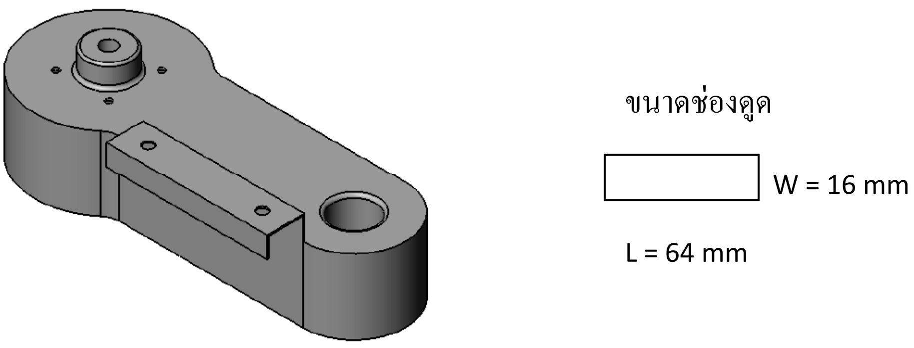
(4) วัสดุที่ใช้ทำท่อและหัวดูดจะใช้เหล็กแผ่น st 36

(5) ชุดเก็บฝุ่นสามารถเก็บฝุ่นได้สูงสุด 3 ลิตร

(6) ระยะห่างในแนวศูนย์กลางจากด้านหน้าหัวดูดสูงสุด 10 cm

3.2 การออกแบบหัวดูด

ในการออกแบบหัวดูดของโครงงานนี้ จะออกแบบเป็นลักษณะหัวดูดภายนอกซึ่งไม่มีการปิดล้อมแหล่งกำเนิดของฝุ่นละออง ฝุ่นละอองจะถูกดึงเข้าสู่หัวดูดโดยใช้แปรงปัดฝุ่นกับอาศัยความเร็วของอากาศซึ่งไหลผ่านหัวดูดในปริมาตรที่เหมาะสม มีรูปร่างและขนาดตามภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 แสดงการออกแบบหัวดูดภายนอก

3.3 อัตราการไหลของอากาศที่ต้องการ

การประเมินอัตราการไหล หรือ ปริมาณอากาศที่ต้องการเพื่อดึงฝุ่นละอองหรือเศษวัสดุให้เข้าสู่ระบบ ถือเป็นเรื่องสำคัญที่ต้องนำมาพิจารณาโดยตัวแปรหลักที่ส่งผลโดยตรงต่ออัตราการไหลของอากาศที่ไหลผ่านหัวดูดก็คือ ความเร็วจับยึด (Capture Velocity) คือ ความเร็วของอากาศบริเวณด้านหน้าของหัวดูดที่ใช้สำหรับดึงฝุ่นและเศษวัสดุที่อยู่ภายนอกให้เข้าสู่หัวดูดซึ่งต้องมีค่ามากพอ โดยค่าของความเร็วจับยึดที่ใช้เป็นแนวทางในการออกแบบหัวดูด ดูได้จากตารางที่ 2.1 สำหรับความเร็วจับยึดที่ใช้ในการออกแบบ คือ

V = 2.5 – 10 m/s (500 -2000 fpm)

ในที่นี้เลือกใช้ค่าปานกลาง = 1000 fpm

ถ้ากำหนดให้ A = ระยะห่างจากหัวดูดถึงจุดที่ต้องการดูดเป็น 10 cm(0.33 ft)

d = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อดูด (วงกลม) เป็น 96 mm.

จะได้หน้าตัดทางท่อดูด (A) ดังนี้

$$A = \frac{\pi d^2}{4}$$

$$= \frac{\pi(0.096)^2}{4}$$

$$= 7.238 \text{ x } 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$= 0.0788 \text{ ft}^2$$

หน้าตัดของหัวดูดมีอัตราส่วน $\frac{W}{L} = \frac{16}{64}$

$= 0.25$ (มากกว่า 0.2)

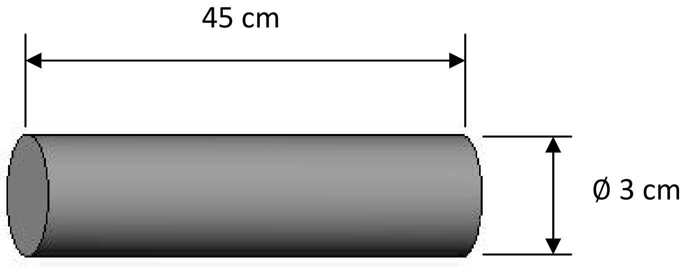
จากตารางที่ 2.2 อัตราการไหลของอากาศที่เข้าหัวดูดที่ใกล้เคียงกับโครงงานนี้ คือ แบบมีช่องแคบหลายช่อง (ช่องใบกวาดฝุ่น) แบบมีหน้าแปลน อัตราส่วน $\frac{W}{L} = 0.2$ หรือมากกว่า หาได้ดังนี้

$$Q = 0.75V(10x^2 + A)$$
$$= (0.75)(1000)[(10)(0.33)^2 + (0.0788)]$$
$$= 876 \text{ cfm}$$

3.4 การประเมินความเร็วในท่อทางดูด

เมื่อเราได้ปริมาตรของอากาศที่เข้าสู่หัวดูดได้แล้วต่อไปจะทำการประเมินความเร็วภายในท่อทางดูดซึ่งยาว 450 mm แล้วนำไปเทียบกับความเร็วต่ำสุดของอากาศในท่อ ซึ่งชนิดตัวอย่างของฝุ่นละอองเป็นฝุ่นขนาดใหญ่และชื้น จะต้องมีความเร็วตั้งแต่ 4500 fpm ขึ้นไป (ดูในภาคผนวก ข)

ท่อทางดูดในโครงงานของเครื่องดูดขยะขนาดเล็กจะมีลักษณะดังภาพที่ 3.2



ภาพที่ 3.2 แสดงมิติของท่อทางดูด

ความเร็วประเมินของท่อทางดูด $Q = A_{ave}V_{ave}$

$$V_{ave} = \frac{Q}{A_{ave}}$$
$$= \frac{876}{0.0788}$$
$$= 11116.75 \text{ fpm}$$

เมื่อเทียบกับตารางในภาคผนวก ข แสดงว่า สามารถใช้ดูดกับฝุ่นละอองที่เป็นฝุ่นหนัก และเปียกชื้นได้

3.5 การคำนวณอัตราการไหลของอากาศที่แท้จริงและกำลังพัดลม

ด้วยเหตุที่อากาศเป็นของไหลที่มีความหนืด ดังนั้น การไหลของอากาศผ่านระบบท่อจึงต้องมีความต้านทานเกิดขึ้นเสมอ ดังนั้น การสูญเสียที่แปรงกวาดฝุ่นเข้า จากตารางภาคผนวก ค สัมประสิทธิ์ของหัวดูดแบบช่องแคบ จะมีค่า $C_e = 0.60$

ดังนั้น $Q_{ac} = C_e Q_{max}$

$= (0.60)(876)$

$= 526$ cfm

เงื่อนไขในการใช้พัดลม จะเป็นหลักการของ fan laws ซึ่งเป็นกฎที่อธิบายสมรรถนะการทำงานของพัดลมโดยไม่คิดถึงผลของการอัดอากาศโดยจะแสดงให้เห็นถึง ขนาดของพัดลม (Size) อัตราการไหลเชิงปริมาตร (Q) ความดันสถิต (SP) แรงม้าเบรก (BHp) และความเร็วรอบในการหมุนของพัดลม (rpm) ข้อมูลพิกัดสมรรถนะของพัดลมนี้ได้มาจากการทดสอบพัดลมของผู้ผลิตตามมาตรฐาน AMCA (American Movement and Control) ตามตารางที่ 2.4

จากค่าอัตราการไหลของอากาศที่คำนวณมา $Q_2 =$ 876 cfm (ความต้องการ)

ความเร็วรอบของพัดลมที่ออกแบบ $rpm_2 =$ 3000 rpm

ต้องการใบพัดลมที่ออกแบบ $Size_2 =$ 1.61″

ข้อมูลจากตารางพัดลม $Size_1 =$ 5″ (ขนาดมาตรฐานจากตารางที่ 2.4)

$BHp_1 =$ 4.92

$rpm_1 =$ 850 rpm

$Q_1 =$ 4324 cfm

แรงม้าของพัดลมที่ต้องการใช้ในเงื่อนไขการออกแบบ จากสมการที่ 2.11

$$BHP_2 = BHP_1\left(\frac{size_2}{size_1}\right)^5\left(\frac{rpm_2}{rpm_1}\right)^3$$

$$= (4.92)\left(\frac{1.61}{5}\right)^5\left(\frac{3000}{850}\right)^3$$

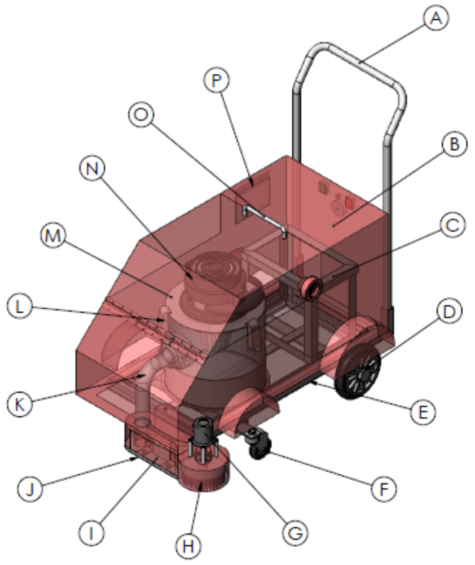
$$= 0.74 \text{ hp}$$

	1 hp	=	746 W
ดังนั้น ขนาดพัดลมที่ได้	BHP_2	=	0.74 x 746
		=	537 W

เลือกขนาดพัดลมที่กำลังมากกว่า 537 W และมีอัตราการไหลมากกว่า 876 cfm

3.6 เครื่องดูดขยะที่สร้างขึ้น

นำข้อมูลที่ได้จากการออกแบบไปสร้างเครื่องดูดขยะได้ลักษณะดังภาพที่ 3.3



ภาพที่ 3.3 แสดงส่วนประกอบของเครื่องดูดขยะริมถนนขนาดเล็ก

โดยมีรายละเอียดชิ้นส่วนต่าง ๆ ดังนี้

A คือ มือจับ

B คือ Frame

C คือ ฝาครอบแบตเตอรี่

D คือ ล้อหลัง

E คือ โครงรถ

F คือ ล้อหน้า

G คือ มอเตอร์ AC

H คือ แปรงปัดฝุ่น

I คือ ตัวเรือนปัดฝุ่น

J คือ ฝาครอบตัวเรือน

K คือ ท่อดูด

L คือ ตัวล็อค

M คือ ถังเก็บฝุ่น

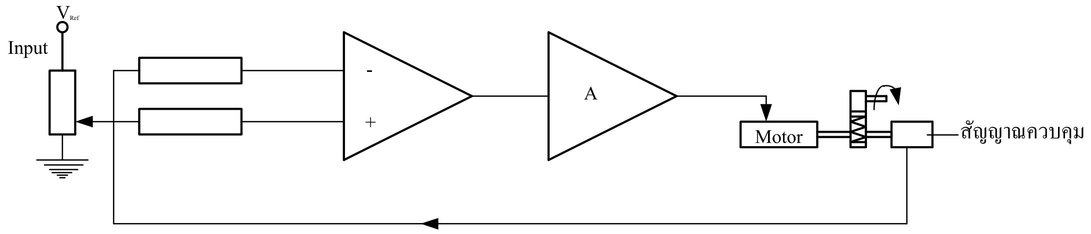
N คือ มอเตอร์ดูด AC + Blower

O คือ หูเปิดฝาครอบ

P คือ ฝาปิดช่องอินเวอร์เตอร์

3.7 วงจรควบคุมมอเตอร์

เนื่องจากมอเตอร์ในเครื่องดูดขยะ จะต้องมีการปรับความเร็วรอบอยู่ตลอดเวลา ดังนั้นจะต้องมีวงจรควบคุมมอเตอร์ดังภาพที่ 3.4



ภาพที่ 3.4 ระบบควบคุมมอเตอร์ของเครื่องดูดขยะริมถนนขนาดเล็ก

วงจรนี้ประกอบไปด้วย

1. วงจรเปรียบเทียบสัญญาณ
2. วงจรขยายกำลัง
3. มอเตอร์
4. เซนเซอร์วัดความเร็วรอบ

5. สวิทช์ไฟปรับกระแส

เมื่ออินพุตเริ่มทำงานโดยมีการปรับกระแส ผ่านวงจรเปรียบเทียบสัญญาณแล้วส่งต่อไปยังวงจรขยายกำลัง เพื่อสั่งให้มอเตอร์ปรับความเร็วรอบ เพื่อที่จะได้แรงบิดเอาต์พุตออกมาโดยมีเซนเซอร์วัดความเร็วรอบเป็นตัวป้อนกลับ