

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การศึกษาสมรรถนะของเจ็ทปั๊มสำหรับของเหลวต่างชนิด

THE STUDY PERFORMANCE OF JET PUMP FOR DIFFERENCE
TYPES OF LIQUID



T104308



เลขหมู่.....
เลขทะเบียน..... 104308
วัน,เดือน,ปี..... - 2 พ.ย. 2552

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

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาสมรรถนะของเจ็ทปั๊มสำหรับของเหลวต่างชนิด
THE STUDY PERFORMANCE OF JET PUMP FOR DIFFERENCE
TYPES OF LIQUID



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ ปีการศึกษา 2551

ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การศึกษาสมรรถนะของเจ็ทปั๊มสำหรับของเหลวต่างชนิด

THE STUDY PERFORMANCE OF JET PUMP FOR DIFFERENCE TYPES OF LIQUID

ผู้จัดทำ

1. นายเกริกฐากร พันธุ์พัฒนกุล รหัสประจำตัว 48010066

2. นายณัฐพล เจียมบุรเศรษฐ์ รหัสประจำตัว 48010268



อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ.ดร.จำลอง ปราบแก้ว)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาสมรรถนะของเจ็ทปั๊มสำหรับของเหลวต่างชนิด

นายเกริกฐากร พันธุ์พัฒนกุล

นายณัฐพล เจียมบุรเศรษฐ์

รศ.ดร. จำลอง ปราบแก้ว อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.มณฑล ใจกุลศล อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

ปีการศึกษา 2551

บทคัดย่อ

เจ็ทปั๊ม มีส่วนประกอบสำคัญคือ หัวฉีด, ท่อดูด, ท่อผสม และ ท่อลดความเร็ว โดยไม่มีชิ้นส่วนใดเคลื่อนที่หรือหมุน หลักการทำงานของเจ็ทปั๊มจะอาศัยหลักจลศาสตร์ของของไหล คือ การให้ของไหลที่มีความดันสูงไหลผ่านหัวฉีด ด้วยความเร็วสูง ทำให้ความดันรอบๆ ปลายหัวฉีดตรงทางเข้าห้องผสมต่ำกว่าความดันบรรยากาศ ส่งผลให้ของไหลที่อยู่ในช่องทางดูด ถูกดูดเข้ามาในห้องผสมแล้วเกิดโมเมนตัมเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเฉลี่ยระหว่างของไหลจากหัวฉีดกับของไหลจากท่อดูด โดยของไหลทั้งสองจะผสมกันและไหลผ่านท่อลดความเร็ว ออกไปทางท่อส่ง ในการออกแบบเจ็ทปั๊มต้องการให้ทุกส่วนประกอบให้มีการสูญเสียพลังงานการไหลที่น้อยที่สุด โครงการนี้ได้ศึกษาถึงประสิทธิภาพของเจ็ทปั๊มเพื่อจะนำไปประยุกต์ใช้สำหรับของเหลวต่างชนิด โดยการวิเคราะห์หาสมการและเขียนโปรแกรมคำนวณหาค่าสมรรถนะของเจ็ทปั๊ม เพื่อศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงขนาดวัดผ่านศูนย์กลางของหัวฉีดต่อขนาดต่อวัดผ่านศูนย์กลางของท่อผสม (d/D) = 0.4, 0.5 และ 0.6 โดยให้ของไหลจากหัวฉีดเป็นน้ำซึ่งมีค่าน้ำหนักจำเพาะ (γ_j) = $9810 \text{ kg/m}^2\text{s}^2$ เป็นของเหลวจับตันจากหัวฉีด และของเหลวจากท่อดูดเป็นน้ำมันที่มีน้ำหนักจำเพาะ (γ_s) = $7926 \text{ kg/m}^2\text{s}^2$ จากผลการคำนวณจะได้ค่าประสิทธิภาพสูงที่สุดที่ขนาดวัดผ่านศูนย์กลางของหัวฉีดต่อขนาดต่อวัดผ่านศูนย์กลางของท่อดูด (d/D) = 0.6 และเมื่อเปลี่ยนแปลงชนิดของเหลว โดยค่าสัดส่วนของน้ำหนักจำเพาะของของเหลวจากท่อดูดกับน้ำหนักจำเพาะของของเหลวในหัวฉีด (γ_s/γ_j) ผลคือประสิทธิภาพจะสูงตามสัดส่วนของน้ำหนักจำเพาะของของเหลวจากท่อดูดกับน้ำหนักจำเพาะของของเหลวในหัวฉีด แต่อัตราส่วนการไหลของของเหลวที่ท่อดูดกับอัตราการไหลของของเหลวที่หัวฉีดจะลดลง ที่ช่วงอัตราส่วนการไหล 0 ถึง 0.65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

THE STUDY PERFORMANCE OF JET PUMP FOR DIFFERENCE TYPES OF LIQUID

Mr.Krirktakul Panpattanakul

Mr. Nattapol Chiemburasate

Assc.Prof Chamlong Prabkeaw advisor

Assis.Prof Montol Jaikusol Co. Advisor

ABSTRACT

Jet pump participate assemble important be Nozzle, Suction tube, Mixing tube and Diffuser tube the speed by have no which component moves or turn. The principle works of Jet pump will live science pillar of fluid be fluid give that have high pressure flows through the Nozzle with high speed make the pressure round head end Nozzle straight room entrance mixes to lower atmosphere pressure cause location fluid in the way sucks touch suck come in a room has mixed then is born momentum to move with the speed shares between fluid from the Nozzle with fluid from Suction tube. By bilateral fluid will mix and flow through a Diffuser tube go out tube way sends Jet pump want to every the components has losing energy flowing least. This project has studied to arrive at the efficiency will of Jet pump in order to induce apply for liquid differs a kind. By the analysis seeks the algebraic equation and write a program calculate to seek capacity value of Jet pump for study of something the size changes the junction in the Nozzle to build the size builds a changes the junction of a Mixing tube at $(d/D) = 0.4, 0.5,$ and 0.6 by give fluid from the Nozzle which be valuable the weight particularly $(\gamma_j) = 9810 \text{ kg/m}^2\text{s}^2$ be liquid drives from the Nozzle and liquid from a Suction tube it that weigh particularly $(\gamma_s) = 7926 \text{ kg/m}^2\text{s}^2$. From the calculation will have efficiency High value most at temple size changes the junction in the Nozzle to build the size builds a temple changes the junction of a Suction tube $(d/D) = 0.6$ and when modify liquid kind by proportion value of the weight particularly of liquid from a Suction tube with the weight particularly of liquid in the Nozzle (γ_s/γ_j) . The efficiency will High go up in proportion of the weight particularly of liquid from a Suction tube with the weight particularly of liquid in the Nozzle but the proportion of flowing rate of liquid that a Suction tube with flowing rate of liquid that the head will have injected to is down at 0 ratio flowing period arrives at 0.65.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณผู้ที่มีส่วนช่วยให้โครงการนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

1. ขอขอบพระคุณ ท่านอาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร. จ้างอง ปราบแก้ว ที่ให้คำปรึกษาตลอดจน
แก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ในปฏิญานิพนธ์ฉบับนี้

2. ขอขอบพระคุณ อาจารย์ทุกท่าน ที่ช่วยสอนความรู้ ประสบการณ์ต่างๆ รวมถึงสละเวลามา
คอยช่วยเหลือ จนทำให้สามารถทำปฏิญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จ

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล เจ้าหน้าที่ทุกท่าน และเพื่อนที่ให้ความ
ช่วยเหลือในด้านต่างๆ จนกระทั่งปฏิญานิพนธ์นี้สำเร็จได้ด้วยดี



นายเกริกฐากร พันธุ์พัฒนกุล

นายณัฐพล เจียมบุรเศรษฐ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้าที่
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญรูป	VII
สัญลักษณ์และตัวแปร	IX
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มา	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตของโครงการ	1
1.4 วิธีการดำเนินงาน	1
บทที่ 2 หลักการและการคำนวณหาประสิทธิภาพเจ็ทปั๊ม	2
2.1 อุปกรณ์ที่สำคัญของเจ็ทปั๊ม	2
2.2 หลักการทำงานของเจ็ทปั๊ม	2
2.3 ประเภทของเจ็ทปั๊ม	3
2.4 การประยุกต์การใช้งาน	4
2.5 การคำนวณหาประสิทธิภาพของเจ็ทปั๊ม	5
บทที่ 3 การคำนวณสมการประสิทธิภาพและผลการคำนวณ	14
3.1 ผลการคำนวณ	16
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	29
4.1 ชุดทดลอง	29
4.2 วิธีการทดลอง	31
4.3 ผลการทดลอง	32
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	38
5.1 สรุปผลการทดลอง	38
5.2 ข้อเสนอแนะ	38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้าที่
ภาคผนวก	39
ภาคผนวก ก	40
ภาคผนวก ข	45
บรรณานุกรม	53



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้าที่
ตารางที่ 1 ตารางบันทึกผลการทดสอบประสิทธิภาพเจ็ทปั้มของหัวฉีด 6 มิลลิเมตร	32
ตารางที่ 2 ตารางบันทึกผลการทดสอบประสิทธิภาพเจ็ทปั้มของหัวฉีด 7.5 มิลลิเมตร	33
ตารางที่ 3 ตารางบันทึกผลการทดสอบประสิทธิภาพเจ็ทปั้มของหัวฉีด 9 มิลลิเมตร	34



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้าที่
2.1 แสดงลักษณะและส่วนประกอบของเจ็ทปั๊ม	2
2.2 แสดงลักษณะของอินเจ็คเตอร์	3
2.3 แสดงลักษณะของอีเจ็คเตอร์	3
2.4 แสดงลักษณะของอีค็คเตอร์	4
2.5 แสดงลักษณะของคัพเวลล์เทอร์ไบน์	4
2.6 รูปแบบเจ็ทปั๊มที่มีขายทั่วไป	5
2.7 แสดงแผนภาพกระบวนการหาสมการประสิทธิภาพ	6
2.8 แสดงหน้าตัดต่างๆของหัวฉีด	7
2.9 แสดงเขตที่ตำแหน่งต่างๆ	10
3.1 โปรแกรมเม็ทแล็ป	14
3.2 ภาพตัวอย่างงานที่ใช้โปรแกรมเม็ทแล็ป	14
3.3 แสดงการขึ้นตอนการทำงานของโปรแกรม	15
3.4 แสดงความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพกับอัตราส่วนการไหล โดยเปรียบเทียบอัตราส่วน ของวัดผ่านศูนย์กลางของหัวฉีดกับวัดผ่านศูนย์กลางของท่อผสม	16
3.5 แสดงความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพและอัตราส่วนของเสด โดยเปรียบเทียบอัตราส่วนของ วัดผ่านศูนย์กลางของหัวฉีดกับวัดผ่านศูนย์กลางของท่อผสม	17
3.6 แสดงความสัมพันธ์ของอัตราส่วนการไหลกับอัตราส่วนของเสด โดยเปรียบเทียบอัตราส่วน ของวัดผ่านศูนย์กลางของหัวฉีดกับวัดผ่านศูนย์กลางของท่อผสม	18
3.7 แสดงความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพกับอัตราส่วนการไหล โดยเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ เสียดทานที่ท่อดูด	19
3.8 แสดงความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพกับอัตราส่วนการไหล โดยเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ เสียดทานที่ท่อส่ง	20
3.9 แสดงความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพกับอัตราส่วนการไหล โดยเปรียบเทียบอัตราส่วน น้ำหนักจำเพาะของของไหล 2 ชนิด	21
3.10 แสดงความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพกับอัตราส่วนการไหล โดยเปรียบเทียบ สัมประสิทธิ์ความเร็วที่หัวฉีด	22
3.11 แสดงความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพกับอัตราส่วนการไหล โดยเปรียบเทียบ สัมประสิทธิ์ความเร็วที่ท่อส่ง	23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้าที่
3.12 แสดงความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพกับอัตราส่วนการไหล โดยเปรียบเทียบ สัมประสิทธิ์ความเร็วที่ท่อจุด	24
3.13 แสดงความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพกับอัตราส่วนการไหล โดยเปรียบเทียบ สัมประสิทธิ์การสูญเสียที่หัวฉีด	25
3.14 แสดงความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพกับอัตราส่วนการไหล โดยเปรียบเทียบ สัมประสิทธิ์การสูญเสียที่ท่อจุด	26
3.15 แสดงความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพกับอัตราส่วนการไหล โดยเปรียบเทียบ สัมประสิทธิ์การสูญเสียที่ท่อส่ง	27
3.16 แสดงความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพกับอัตราส่วนการไหล โดยเปรียบเทียบ สัมประสิทธิ์การสูญเสียที่ท่อผสม	28
4.1 แสดงชุดทดสอบและตำแหน่งต่างๆของอุปกรณ์	29
4.2 หัวฉีดขนาดต่างๆ	30
4.3 ภาพของชุดหัวฉีด ท่อจุด ท่อผสม และ ท่อส่ง	30
4.4 เพอร์เซอร์เกจ	30
4.5 แสดงความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพและอัตราส่วนของเฮด โดยเปรียบเทียบอัตราส่วนของ วัดผ่านศูนย์กลางของหัวฉีดกับวัดผ่านศูนย์กลางของท่อผสม	35
4.6 แสดงความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพกับอัตราส่วนการไหล โดยเปรียบเทียบอัตราส่วนของวัด ผ่านศูนย์กลางของหัวฉีดกับวัดผ่านศูนย์กลางของท่อผสม	36
4.7 แสดงความสัมพันธ์ของอัตราส่วนการไหลกับอัตราส่วนของเฮด โดยเปรียบเทียบอัตราส่วนของ วัดผ่านศูนย์กลางของหัวฉีดกับวัดผ่านศูนย์กลางของท่อผสม	37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญลักษณ์และตัวแปรที่ใช้ในการคำนวณ (Nomenclature)

	หน่วย
A : พื้นที่หน้าตัด (Area)	—
B : อัตราส่วนพื้นที่ที่หน้าตัดระหว่างหัวฉีดและห้องผสม (Area ratio)	—
C_d : ความเข้มข้นโดยปริมาตร (Concentration by volume)	—
C_{md} : ความเข้มข้นโดยมวล (Concentration by volume)	—
F : แรง (Force)	N
H : เศรษฐรวม (Total head)	m
H_e : เศรษฐประสิทธิภาพ (Effective head)	m
H_d : เศรษฐท่อส่ง (Discharge head)	m
H_p : เศรษฐปั๊ม (Drive head)	m
H_s : เศรษฐที่ดูด (Suction head)	m
h : เศรษฐสูญเสีย (Loss of head)	m
K : สัมประสิทธิ์การสูญเสีย (Loss of factor)	—
\dot{M} : อัตราการไหลโดยมวล (Mass flow rate)	kg/s
P : ความดัน (Pressure)	N/m^2
Q : อัตราการไหลโดยปริมาตร (Volumetric flow rate)	m^3/s
v : ความเร็ว (Velocity)	m/s
\dot{W} : อัตราการไหลโดยน้ำหนัก (Weight flow rate)	mg/s
α : สัมประสิทธิ์ของความเร็ว (Coefficient of velocity)	—
γ : น้ำหนักจำเพาะ (Specific weight)	kg/m^2s^2
ϵ : ค่าความถ่วงจำเพาะ (Specific gravity)	—
μ : ค่าสัมประสิทธิ์การลื่นไถล (Slip factor)	—
Φ : อัตราส่วนการไหล (Flow rate ratio)	—
η : ประสิทธิภาพ (Efficiency)	—

สัญลักษณ์ตัวห้อย (Subscript)

d : ด้านจ่าย (Diffuser)
j : หัวฉีด (Nozzle)
mc : ห้องผสม (Mixing chamber)
s : ด้านดูด (Suction side)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มา

การปรับเปลี่ยนแรงดันหรือความดันของของไหล ไม่ว่าจะเป็นน้ำ อากาศ หรือของไหลชนิดอื่นๆ สามารถทำได้โดยการใช้อุปกรณ์จำพวกปั๊ม ซึ่งปั๊มก็มีหลากหลายชนิดขึ้นอยู่กับลักษณะของงานที่ต้องการใช้ที่แตกต่างกันตามความเหมาะสม และเจ็ทปั๊มก็เป็นอีกประเภทหนึ่งที่ได้นำมาประยุกต์ใช้งานเป็นจำนวนมากในโรงงานอุตสาหกรรมเพราะมีลักษณะที่ไม่ซับซ้อน ไม่มีส่วนที่เคลื่อนที่ เจ็ทปั๊มมีจุดประสงค์เพื่อการขนถ่ายของไหลที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับน้ำหรือของผสมที่อาจปนมากับน้ำเช่น ผุ่น ทราย ก้อนหินเล็ก น้ำมัน สารเคมีไปในที่ที่ต้องการ การจะนำเจ็ทปั๊มมาใช้งานต้องมีอุปกรณ์อีกหลายอย่างมาประกอบกัน งานที่ใช้เจ็ทปั๊มต้องให้เหมาะสมที่สุดเพื่อป้องกันการสูญเสียพลังงาน และผลกระทบต่อประสิทธิภาพของเจ็ทปั๊มขึ้นกับอุปกรณ์เหล่านี้ด้วย การศึกษาอุปกรณ์และองค์ประกอบอื่นมีความจำเป็นอย่างมากที่ต้องทำการศึกษาวิจัย เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุดในแต่ละอุปกรณ์และองค์ประกอบ

1.2 วัตถุประสงค์

- 1.2.1 ศึกษาทฤษฎีประสิทธิภาพของเจ็ทปั๊ม
- 1.2.2 คำนวณหาประสิทธิภาพโดยโปรแกรม
- 1.2.3 ทำการทดลองและเปรียบเทียบผลการทดลองกับผลจากทฤษฎี

1.3 ขอบเขตของโครงการ

โครงการนี้ศึกษาถึงองค์ประกอบที่มีผลต่อประสิทธิภาพ คือ วัดผ่านศูนย์กลางของหัวฉีดกับวัดผ่านศูนย์กลางของท่อผสม อัตราส่วนความหนาแน่น แรงเสียดทานที่เกิดขึ้นในท่อดูด และห้องผสม โดยใช้ของเหลวต่างชนิดกันในการทดลอง

1.4 วิธีการดำเนินงาน

โครงการนี้เริ่มต้นจากการศึกษาถึงหลักการทำงานของเจ็ทปั๊ม และทำการสร้างสมการในการคำนวณหาประสิทธิภาพของเจ็ทปั๊ม เพื่อนำไปคำนวณหาประสิทธิภาพ แล้วเปรียบเทียบกับองค์ประกอบที่จะศึกษา จากนั้นสร้างชุดทดลองขึ้นมาเพื่อเปรียบเทียบผลจากการทดลองกับผลทางทฤษฎี ทำการสรุปผล

บทที่ 2

หลักการและการคำนวณหาประสิทธิภาพเจ็ทปั๊ม

2.1 อุปกรณ์ที่สำคัญของเจ็ทปั๊ม

2.1.1 หัวฉีด ทำหน้าที่ลดความดัน และเพิ่มความเร็วให้กับของไหล

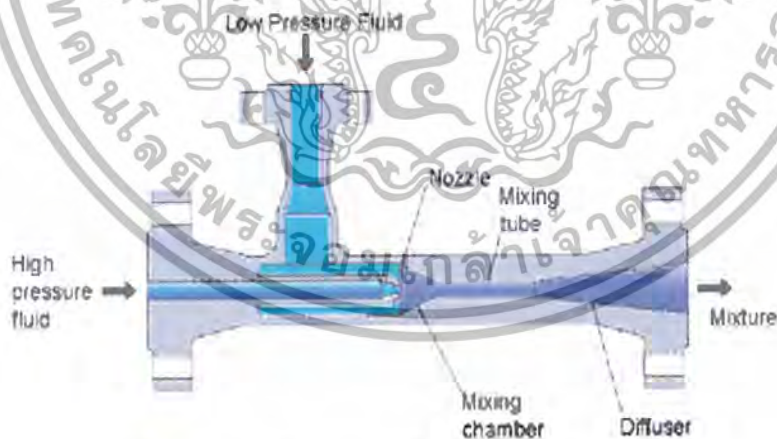
2.1.2 ท่อดูด ทำหน้าที่ลำเลียงของไหลที่ถูกดูดไปยังห้องผสม

2.1.3 ห้องผสม ทำหน้าที่รวมของไหลจากหัวฉีดกับท่อดูดเข้าด้วยกันและส่งผ่านไปยังท่อส่ง

2.1.4 ท่อส่ง ทำหน้าที่ส่งผ่านของไหลผสมออกไปโดยทำให้ของไหลมีความดันเพิ่มขึ้นแต่ความเร็วจะลดลง

2.2 หลักการทำงานของเจ็ทปั๊ม

หลักการทำงานของเจ็ทปั๊มจะอาศัยหลักกลศาสตร์ของของไหล คือ การให้ของไหลที่มีความดันสูงไหลผ่านหัวฉีด ด้วยความเร็วสูง ทำให้ความดันรอบๆ ปลายหัวฉีดตรงทางเข้าห้องผสมต่ำกว่าความดันบรรยากาศ ส่งผลให้ของไหลที่อยู่ในช่องทางดูด ถูกดูดเข้ามาในห้องผสมแล้วเกิดโมเมนตัมเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเฉลี่ยระหว่างของไหลจากหัวฉีดกับของไหลจากท่อดูด โดยของไหลทั้งสองจะผสมกันและไหลผ่านท่อลดความเร็ว ออกไปทางท่อส่ง



รูปที่ 2.1 แสดงลักษณะและส่วนประกอบของเจ็ทปั๊ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

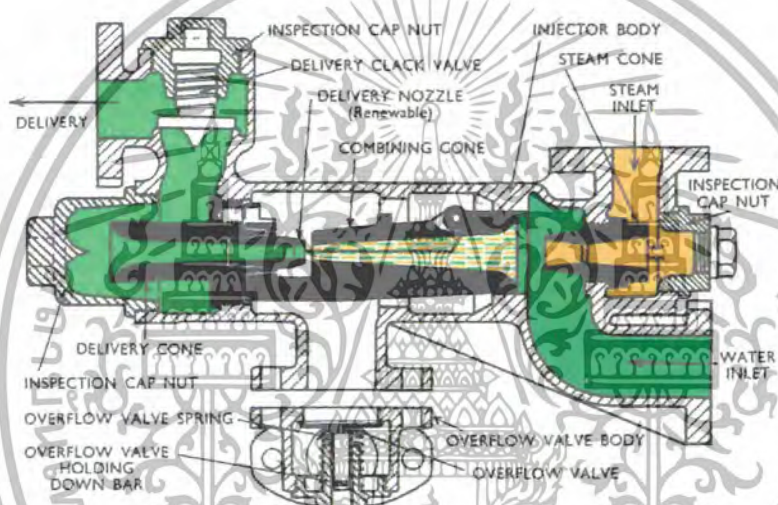
2.3 ประเภทของเจ็ทปั๊ม

2.3.1 อินเจ็คเตอร์ (Injector) คือ ปั๊มแบบหัวฉีดที่ใช้กับของไหลที่สามารถอัดตัวได้ฉีดเข้าห้องผสม และจะขยายตัวออกในห้องผสมและทางออก ซึ่งจะมีพลังงานสูงมาก

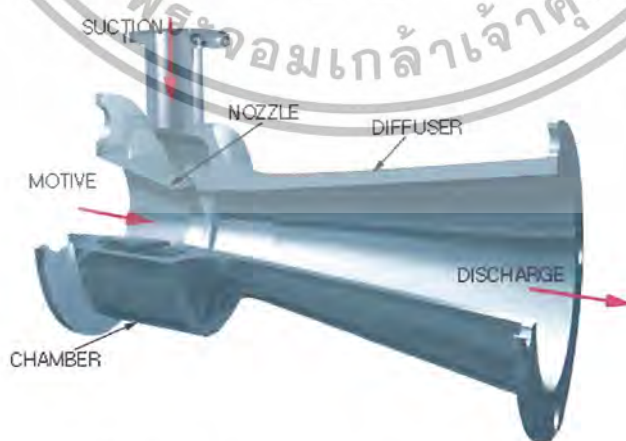
2.3.2 อีเจ็คเตอร์ (Ejector) คือ ปั๊มแบบหัวฉีดที่ใช้กับของไหลทุกๆ ชนิดหรืออุปกรณ์เกี่ยวข้องกับการสร้างอัตราการไหลความเร็วสูง

2.3.3 อีดักเตอร์ (Eductor) คือ ปั๊มของไหลที่ใช้ของไหลในการฉีด

2.3.4 เจ็ทคอมเพรสเซอร์ (Jet compressor) คือ ปั๊มที่ใช้ก๊าซในการฉีด เป็นในรูปแบบของของไหลแบบอัดตัวได้แบบหนึ่ง

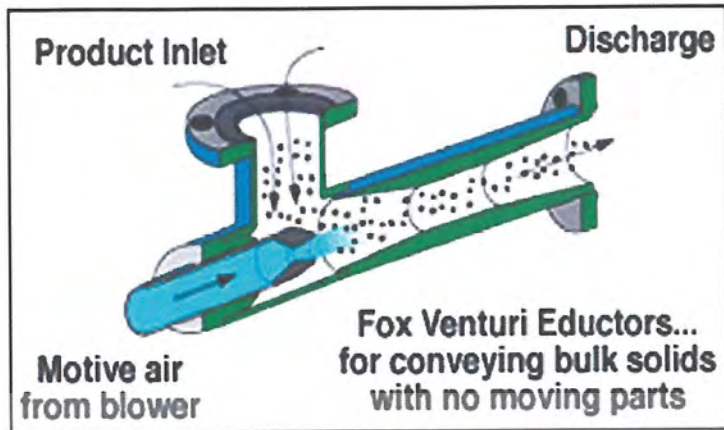


รูปที่ 2.2 แสดงลักษณะของอินเจ็คเตอร์ (Injector)



รูปที่ 2.3 แสดงลักษณะของอีเจ็คเตอร์ (Ejector)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 แสดงลักษณะของอีคเตอร์ (Eductor)

2.4 การประยุกต์การใช้งาน

2.4.1 ดีพเวลล์เทอร์ไบน์ (Deep-well turbine) ลักษณะงานของปั๊มจะเป็นแบบดูดของเหลว น้ำ หรือ น้ำมันในระดับของความลึกที่มาก ๆ



รูปที่ 2.5 แสดงลักษณะของดีพเวลล์เทอร์ไบน์ (Deep-well turbine)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 รูปแบบเจ็ทปั๊มที่มีขายทั่วไป



รูปที่ 2.6 รูปแบบเจ็ทปั๊มที่มีขายทั่วไป

2.5 การคำนวณหาประสิทธิภาพของเจ็ทปั๊ม

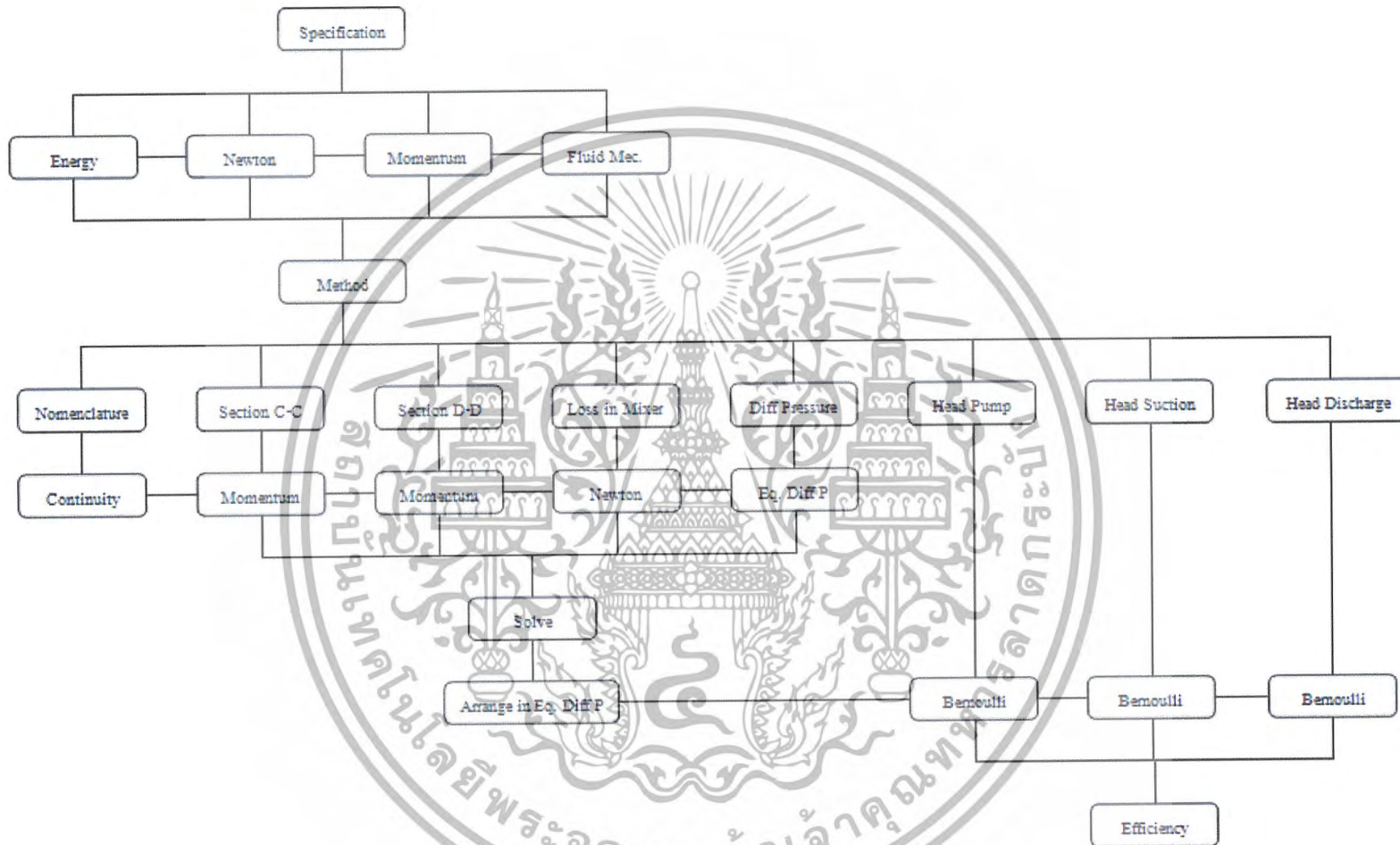
สมการหลักที่ใช้ในการวิเคราะห์หมีด้วยกัน 3 สมการ ได้แก่ สมการ โมเมนตัม สมการการไหลต่อเนื่อง และสมการพลังงาน และมีเงื่อนไขในการใช้ทฤษฎีต่างๆ คือ ของไหลทั้งสองไม่สามารถอัดตัวได้ ความเร็วเฉลี่ยแต่ละพื้นที่เท่ากันตลอดทั้งหน้าตัด อุณหภูมิทุกที่เท่ากันตลอด ไม่มีการสูญเสียความร้อนออกนอกระบบ ความหนาของหัวฉีดเท่ากับศูนย์ ระยะระหว่างปลายหัวฉีดกับทางเข้าห้องผสมมีค่าเท่ากับศูนย์ การกระจายความดันคงที่ตลอดภายในห้องผสม ไม่มีแรงภายนอกมากระทำ ของไหลเป็นสารบริสุทธิ์ไม่มีตะกอนหรือสิ่งเจือปน

การเกิดผลประสิทธิภพนั้นจะขึ้นกับองค์ประกอบหลายอย่างและหลายตัวแปร ซึ่งในบทนี้เราจะทำการศึกษาตัวแปรที่ทำให้ผลต่อประสิทธิภาพคือ อัตราส่วนการไหล อัตราส่วนของวัดผ่านศูนย์กลางของหัวฉีดกับวัดผ่านศูนย์กลางของท่อผสม ประสิทธิภาพอยู่ในรูปของ อัตราส่วนการไหลและอัตราส่วนของเสด นำสมการไปหาประสิทธิภาพสูงสุด โดยใช้โปรแกรมในการวิเคราะห์ โดยใช้หลักทฤษฎีในการวิเคราะห์สมการเพื่อหาประสิทธิภาพคือ ทฤษฎีโมเมนตัม ระหว่างหน้าตัด c-c และ d-d ทฤษฎีสมดุลพลังงาน ระหว่างหน้าตัด a-a และ c-c ทฤษฎีสมดุลพลังงาน ระหว่างหน้าตัด b-b และ c-c ระหว่างหน้าตัด d-d และ e-e ทฤษฎีการไหลต่อเนื่อง ใช้ในการเชื่อมโยงของสมการและตัวแปรต่างๆ เข้าด้วยกัน

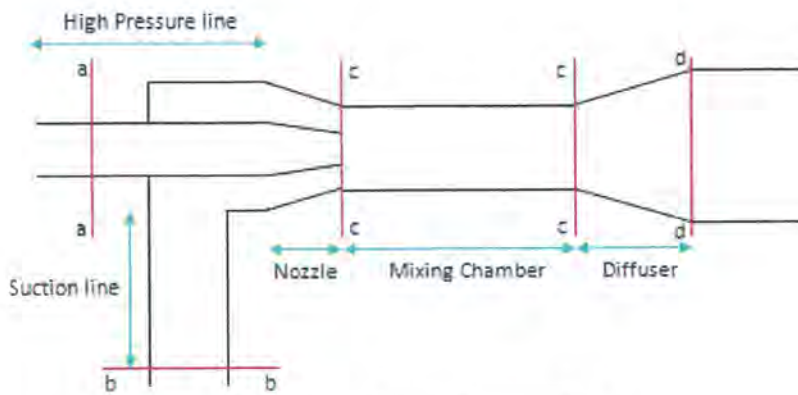
สมการสุดท้ายของประสิทธิภาพของเจ็ทปั๊ม

$$\eta = \frac{\gamma_s Q_s H}{\gamma_j Q_j H_e} = \Phi \frac{H}{H_e} = \Phi \frac{H_d - H_s}{H_p - H_d} \quad (1)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 แสดงแผนภาพกระบวนการหาสมการประสิทธิภาพ



รูปที่ 2.8 แสดงหน้าตัดต่างๆของหัวฉีด

วิธีการหาสมการเริ่มต้นด้วยสมการต่อเนื่อง

$$Q_d = Q_j + Q_s \quad (2)$$

$$A_d = A_j + A_s \quad (3)$$

$$Q_s = \mu_s v_s A_s \quad (4)$$

$$W_d = W_j + W_s \quad (5)$$

$$\gamma_d Q_d = \gamma_j Q_j + \gamma_s Q_s \quad (6)$$

$$W_s = \gamma_s \mu_s v_s A_s \quad (7)$$

$$\Phi = \frac{W_s}{W_j} = \frac{Q_s \gamma_s}{Q_j \gamma_j} \quad (8)$$

$$\gamma_d = \frac{W_d}{Q_d} = \frac{W_s + W_j}{Q_s + Q_j} = \frac{Q_s \gamma_s + Q_j \gamma_j}{Q_s + Q_j} = \frac{(\Phi + 1) \gamma_j \gamma_s}{\Phi \gamma_j + \gamma_s} \quad (9)$$

$$C_d = \frac{Q_s}{Q_s + Q_j} = \frac{\Phi \gamma_j}{\Phi \gamma_j + \gamma_s} \quad (10)$$

$$V_s = \frac{Q_s}{\mu_s A_s} = \frac{\Phi Q_j \gamma_j}{\mu_s A_s \gamma_s} = \frac{\Phi v_j A_j \gamma_j}{\mu_s A_s \gamma_s} \quad (11)$$

$$Q_d = v_d A_d (1 - C_d) + \mu_d v_d A_d C_d \\ = v_d A_d [\mu_d C_d + (1 - C_d)] \quad (12)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$v_d = \frac{Q_d}{A_d[\mu_d C_d + (1 - C_d)]} = \frac{B v_j (1 + \Phi \frac{\gamma_j}{\gamma_s})}{[\mu_d C_d + (1 - C_d)]} \quad (13)$$

$$B = \frac{A_j}{A_d} \quad (14)$$

$$(1 - B) = \frac{A_s}{A_d} \quad (15)$$

$$\left(\frac{B}{1-B}\right) = \frac{A_j}{A_s} \quad (16)$$

พิจารณาสมการโมเมนตัมระหว่างพื้นที่หน้าตัด c-c และ d-d

$$\begin{aligned} \sum F &= \sum F_{bx} + \sum F_{sx} \\ &= \frac{\partial}{\partial t} \int_{cv} \rho v_x dV + \int_{cs} \rho v_x v d\bar{A} \end{aligned}$$

สมการโมเมนตัมที่หน้าตัด c-c

$$\begin{aligned} F_{mc} &= \dot{M}_j v_j + \dot{M}_s v_s = \rho_j Q_j v_j + \rho_s Q_s v_s \\ &= \frac{\gamma_j}{g} v_j^2 A_j + \frac{\gamma_s}{g} \mu_s v_s^2 A_s \\ &= \frac{v_j^2}{2g} \gamma_j A_j \left(2 + \frac{2\Phi^2 \gamma_j A_j}{\mu_s \gamma_s A_s}\right) \end{aligned} \quad (17)$$

สมการโมเมนตัมที่หน้าตัด d-d

$$\begin{aligned} F_{md} &= \dot{M}_d v_d = v_d (\dot{M}_j) + v_{ds} (\dot{M}_s), \quad v_{ds} = v_d \mu_d \\ &= v_d \rho_j Q_j + v_d \mu_d \rho_s Q_s \\ &= v_d \frac{\gamma_j}{g} v_j A_j + v_d \mu_d \frac{\gamma_s}{g} v_s A_s \mu_s \\ &= \frac{v_j^2}{2g} \gamma_j A_j \frac{B(1 + \Phi \gamma_j / \gamma_s)}{[\mu_d C_d + (1 - C_d)]} (2 + 2\mu_d \Phi) \end{aligned} \quad (18)$$

สมการโมเมนตัมการสูญเสียแรงเสียดทานภายในผิวของห้องผสม ระหว่างหน้าตัด c-c ถึง d-d

$$F_t = \int_0^l \tau_0 2\pi r dl$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned}
&= \lambda 2\pi r l \gamma_d \frac{v_d^2}{2g}, \quad K_{mc} = \frac{2\lambda l}{r} \\
&= K_{mc} A_d \gamma_d \frac{v_d^2}{2g} \\
&= \frac{v_j^2 B^2 (1 + \Phi \gamma_j / \gamma_s)^2}{2g [\mu_d c_d + (1 - c_d)]^2} K_{mc} A_d \gamma_d
\end{aligned} \tag{19}$$

สมการ โมเมนต์การหาแรงที่เกิดขึ้นเนื่องจากความดันที่เปลี่ยนแปลง

$$\begin{aligned}
F_p &= \int_0^r (P_d - P_c) 2\pi r dr \\
&= \int_0^r P_d 2\pi r dr - \int_0^r P_c 2\pi r dr
\end{aligned}$$

จากกฎอนุรักษ์โมเมนต์

$$\Sigma F_c = \Sigma F_d$$

เราสมการที่นี้เราต้องการที่จะทำให้ติดตัวแปรอยู่ในรูปของเทอม แรงที่เกิดขึ้นเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของความดันภายในห้องผสมเพื่อใช้ประโยชน์ ในการวิเคราะห์หาสมการ เสดที่ปั้ม เสดที่ท่อจุด เสดที่ท่อส่ง

$$F_{mc} + F_{pc} = F_{md} + F_{pd} + F_t$$

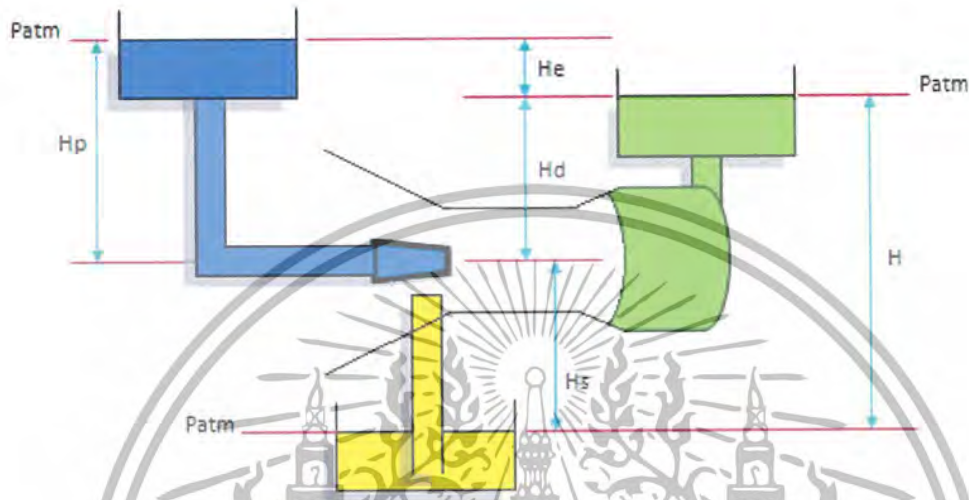
$$\begin{aligned}
\frac{v_j^2}{2g} \gamma_j A_j \left(2 + \frac{2\Phi^2 \gamma_j A_j}{\mu_s \gamma_s A_s} \right) + \int_0^r P_c 2\pi r dr &= \frac{v_j^2}{2g} \gamma_j A_j \frac{B(1 + \Phi \gamma_j / \gamma_s)}{[\mu_d c_d + (1 - c_d)]} \\
\times (2 + 2\mu_d \Phi) + \int_0^r P_d 2\pi r dr + \frac{v_j^2 B^2 (1 + \Phi \gamma_j / \gamma_s)^2}{2g [\mu_d c_d + (1 - c_d)]^2} K_{mc} A_d \gamma_d
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\int_0^r P_d 2\pi r dr - \int_0^r P_c 2\pi r dr &= \frac{v_j^2}{2g} \gamma_j A_j \left(2 + \frac{2\Phi^2 \gamma_j A_j}{\mu_s \gamma_s A_s} \right) \\
- \frac{v_j^2}{2g} \gamma_j A_j \frac{B(1 + \Phi \gamma_j / \gamma_s)}{[\mu_d c_d + (1 - c_d)]} (2 + 2\mu_d \Phi) &- \frac{v_j^2 B^2 (1 + \Phi \gamma_j / \gamma_s)^2}{2g [\mu_d c_d + (1 - c_d)]^2} K A_d \gamma_d mc
\end{aligned}$$

$$\int_0^r \frac{P_d 2\pi r}{\gamma_j A_d} dr - \int_0^r \frac{P_c 2\pi r}{\gamma_j A_d} dr = \frac{v_j^2}{2g} \left[B \left(2 + \frac{2\Phi^2 \gamma_j B}{\mu_s \gamma_s (1 - B)} \right) \right]$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$-\frac{B^2(1+\Phi\gamma_j/\gamma_s)}{[\mu_d C_d+(1-C_d)]} (2 + 2\mu_d \Phi) - \frac{B^2(1+\Phi\gamma_j/\gamma_s)^2}{[\mu_d C_d+(1-C_d)]^2} K_{mc} \frac{\gamma_d}{\gamma_j} \Big] \quad (20)$$



รูปที่ 2.9 แสดงสัดที่ตำแหน่งต่างๆ

สมการเบอร์นูลลี

$$\frac{P}{\rho} + \frac{v^2}{2} + 2gz = \text{ค่าคงที่}$$

พิจารณาจากสมการเบอร์นูลลีในการหาเฮดปั๊ม

$$\begin{aligned} H_p &= \int_0^r \frac{P_a 2\pi r}{A_a \gamma_j} dr + \frac{\alpha_a v_a^2}{2g} \\ &= \int_0^r \frac{P_c 2\pi r}{A_c \gamma_j} dr + \frac{\alpha_j v_j^2}{2g} + h_j, \quad h_j = K_j \frac{v_j^2}{2g} \\ &= \int_0^r \frac{P_c 2\pi r}{A_c \gamma_j} dr + \frac{v_j^2}{2g} (\alpha_j + k_j) \end{aligned} \quad (21)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิจารณาจากสมการเบอร์นูลลีในการหาเสดที่ดูด

$$\begin{aligned}
 H_s &= \int_0^r \frac{P_c 2\pi r}{A_c \gamma_s} dr + \frac{\alpha_s \mu_s^2 v_s^2}{2g} + h_s, \quad h_s = K_s \frac{v_s^2}{2g} \\
 &= \int_0^r \frac{P_c 2\pi r}{A_c \gamma_s} dr + \frac{v_s^2}{2g} (\alpha_s \mu_s^2 + K_s) \\
 &= \varepsilon_s \left[\int_0^r \frac{P_c 2\pi r}{A_c \gamma_s} dr + \frac{v_s^2}{2g} (\alpha_s \mu_s^2 + K_s) \right], \quad \varepsilon_s = \frac{\gamma_s}{\gamma_j} \\
 &= \int_0^r \frac{P_c 2\pi r}{A_c \gamma_j} dr + \frac{v_j^2}{2g} \frac{\Phi^2 B^2}{(1-B)^2} \left(\frac{\gamma_j}{\gamma_s} \right)^2 \frac{\varepsilon_s}{\mu_s^2} (\alpha_s \mu_s^2 + K_s) \quad (22)
 \end{aligned}$$

พิจารณาจากสมการเบอร์นูลลีในการหาเสดที่ส่ง

$$\begin{aligned}
 H_d &= \varepsilon_d \left[\int_0^r \frac{P_d 2\pi r}{A_d \gamma_j \varepsilon_d} dr + \alpha_d (1 - C_{dm}) \frac{v_d^2}{2g} + \alpha_d C_{dm} \mu_d^2 \frac{v_d^2}{2g} - h_{dif} \right] \\
 h_{dif} &= K_{dif} \frac{v_d^2}{2g}, \quad \varepsilon_d = \frac{\gamma_d}{\gamma_j} \\
 &= \int_0^r \frac{P_d 2\pi r}{A_d \gamma_j} dr - \varepsilon_d \frac{v_d^2}{2g} \left[K_{dif} - \alpha_d (1 - C_{md} + C_{md} \mu_d^2) \right] \\
 &= \int_0^r \frac{P_d 2\pi r}{A_d \gamma_j} dr \\
 &\quad - \frac{v_j^2 \varepsilon_d B^2 (1 + \Phi \gamma_j / \gamma_s)^2}{2g [\mu_d C_d + (1 - C_d)]^2} \left[K_{dif} - \alpha_d (1 - C_{md} + C_{md} \mu_d^2) \right] \quad (23)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_{dm} &= \frac{C_d \gamma_s}{\gamma_d} \\
 &= \frac{\Phi \gamma_j \gamma_s}{\Phi \gamma_j \gamma_d + \gamma_s \gamma_d} \quad (24)
 \end{aligned}$$

$$H = H_d - H_s$$

$$\begin{aligned}
 &= \int_0^r \frac{P_d 2\pi r}{A_d \gamma_j} dr - \frac{v_j^2 \varepsilon_d B^2 (1 + \Phi \gamma_j / \gamma_s)^2}{2g [\mu_d C_d + (1 - C_d)]^2} \left[K_{dif} - \alpha_d (1 - C_{md} + \right. \\
 &\quad \left. C_{md} \mu_d^2) \right] - \int_0^r \frac{P_c 2\pi r}{A_c \gamma_j} dr - \frac{v_j^2 \Phi^2 B^2}{2g (1-B)^2} \left(\frac{\gamma_j}{\gamma_s} \right)^2 \frac{\varepsilon_s}{\mu_s^2} (\alpha_s \mu_s^2 + K_s)
 \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned}
&= \int_0^r \frac{P_d 2\pi r}{A_d \gamma_j} dr - \int_0^r \frac{P_c 2\pi r}{A_c \gamma_j} dr - \frac{v_j^2}{2g} \left[\frac{\epsilon_d B^2 (1 + \Phi \gamma_j / \gamma_s)^2}{[\mu_d C_d + (1 - C_d)]^2} [K_{dif} - \right. \\
&\alpha_d (1 - C_{md} + C_{md} \mu_d^2)] + \left. \frac{v_j^2}{2g} \frac{\Phi^2 B^2}{(1-B)^2} \left(\frac{\gamma_j}{\gamma_s} \right)^2 \frac{\epsilon_s}{\mu_s^2} (\alpha_s \mu_s^2 + K_s) \right] \\
&= \frac{v_j^2}{2g} \left[B \left(2 + \frac{2\Phi^2 \gamma_j B}{\mu_s \gamma_s (1-B)} \right) - \frac{B^2 (1 + \Phi \gamma_j / \gamma_s)}{[\mu_d C_d + (1 - C_d)]} (2 + 2\mu_d \Phi) \right. \\
&- \left. \frac{B^2 (1 + \Phi \gamma_j / \gamma_s)^2}{[\mu_d C_d + (1 - C_d)]^2} K_{mc} \frac{\gamma_d}{\gamma_j} \right] - \frac{v_j^2}{2g} \left[\frac{\epsilon_d B^2 (1 + \Phi \gamma_j / \gamma_s)^2}{[\mu_d C_d + (1 - C_d)]^2} [K_{dif} - \right. \\
&\alpha_d (1 - C_{md} + C_{md} \mu_d^2)] + \left. \frac{v_j^2}{2g} \frac{\Phi^2 B^2}{(1-B)^2} \left(\frac{\gamma_j}{\gamma_s} \right)^2 \frac{\epsilon_s}{\mu_s^2} (\alpha_s \mu_s^2 + K_s) \right] \\
&= \frac{v_j^2}{2g} \left[B \left(2 + \frac{2\Phi^2 \gamma_j B}{\mu_s \gamma_s (1-B)} \right) - \frac{B^2 (1 + \Phi \gamma_j / \gamma_s)}{[\mu_d C_d + (1 - C_d)]} (2 + 2\mu_d \Phi) - \right. \\
&\left. \frac{B^2 (1 + \Phi \gamma_j / \gamma_s)^2}{[\mu_d C_d + (1 - C_d)]^2} K_{mc} \frac{\gamma_d}{\gamma_j} - \frac{\epsilon_d B^2 (1 + \Phi \gamma_j / \gamma_s)^2}{[\mu_d C_d + (1 - C_d)]^2} \right. \\
&\times [K_{dif} - \alpha_d (1 - C_{md} + C_{md} \mu_d^2)] - \left. \frac{\Phi^2 B^2}{(1-B)^2} \left(\frac{\gamma_j}{\gamma_s} \right)^2 \frac{\epsilon_s}{\mu_s^2} (\alpha_s \mu_s^2 + \right. \\
&K_s) \left. \right] \quad (25)
\end{aligned}$$

$$H_e = H_p - H_d$$

$$\begin{aligned}
&= \int_0^r \frac{P_c 2\pi r}{A_c \gamma_j} dr + \frac{v_j^2}{2g} (\alpha_j + k_j) - \int_0^r \frac{P_d 2\pi r}{A_d \gamma_j} dr \\
&+ \frac{v_j^2}{2g} \frac{\epsilon_d B^2 (1 + \Phi \gamma_j / \gamma_s)^2}{[\mu_d C_d + (1 - C_d)]^2} [K_{dif} - \alpha_d (1 - C_{md} + C_{md} \mu_d^2)] \\
&= \int_0^r \frac{P_c 2\pi r}{A_c \gamma_j} dr - \int_0^r \frac{P_d 2\pi r}{A_d \gamma_j} dr \\
&+ \frac{v_j^2}{2g} \left[(\alpha_j + k_j) + \frac{\epsilon_d B^2 (1 + \Phi \gamma_j / \gamma_s)^2}{[\mu_d C_d + (1 - C_d)]^2} [K_{dif} - \alpha_d (1 - C_{md} + \right. \\
&C_{md} \mu_d^2)] \left. \right]
\end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned}
&= \frac{v_j^2}{2g} \left[(\alpha_j + k_j) + \frac{\varepsilon_d B^2 (1 + \Phi \gamma_j / \gamma_s)^2}{[\mu_d C_d + (1 - C_d)]^2} [K_{dif} - \alpha_d (1 - C_{md} + C_{md} \mu_d^2)] \right] - \left\{ \frac{v_j^2}{2g} \left[B \left(2 + \frac{2\Phi^2 \gamma_j B}{\mu_s \gamma_s (1 - B)} \right) - \frac{B^2 (1 + \Phi \gamma_j / \gamma_s)}{[\mu_d C_d + (1 - C_d)]} (2 + 2\mu_d \Phi) - \frac{B^2 (1 + \Phi \gamma_j / \gamma_s)^2}{[\mu_d C_d + (1 - C_d)]^2} K_{mc} \frac{\gamma_d}{\gamma_j} \right] \right\} \\
&= \frac{v_j^2}{2g} \left[(\alpha_j + k_j) + \frac{\varepsilon_d B^2 (1 + \Phi \gamma_j / \gamma_s)^2}{[\mu_d C_d + (1 - C_d)]^2} [K_{dif} - \alpha_d (1 - C_{md} + C_{md} \mu_d^2)] - B \left(2 + \frac{2\Phi^2 \gamma_j B}{\mu_s \gamma_s (1 - B)} \right) + \frac{B^2 (1 + \Phi \gamma_j / \gamma_s)}{[\mu_d C_d + (1 - C_d)]} (2 + 2\mu_d \Phi) + \frac{B^2 (1 + \Phi \gamma_j / \gamma_s)^2}{[\mu_d C_d + (1 - C_d)]^2} K_{mc} \frac{\gamma_d}{\gamma_j} \right] \quad (26)
\end{aligned}$$

จากการรวมสมการทั้งหมดแล้วจัดรูปจะได้สมการประสิทธิภาพที่คิดเป็นเปอร์เซ็นต์คือ

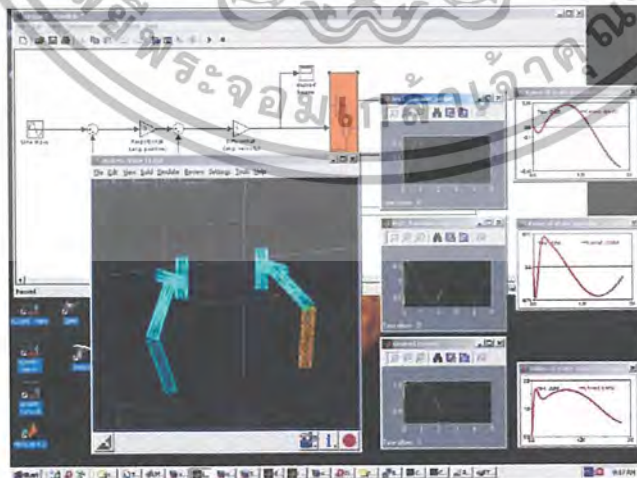
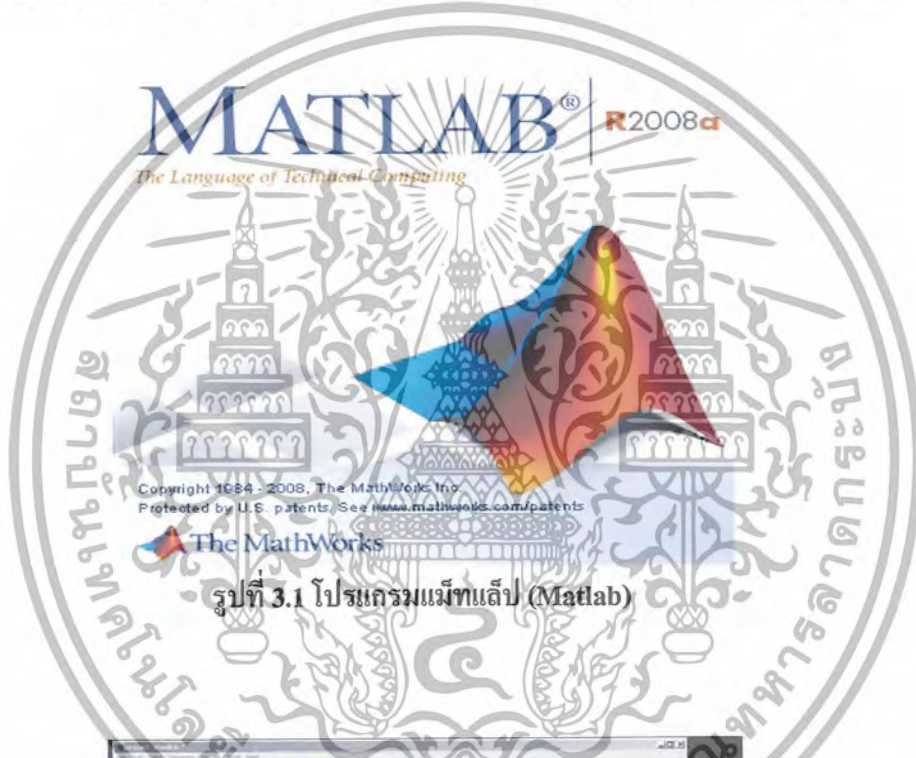
$$\begin{aligned}
\eta &= \frac{\gamma_s Q_s H}{\gamma_j Q_j H_e} \times 100 \\
&= \Phi \frac{H}{H_e} \times 100 \\
&= \Phi \frac{H_d - H_s}{H_p - H_d} \times 100 \quad (27)
\end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

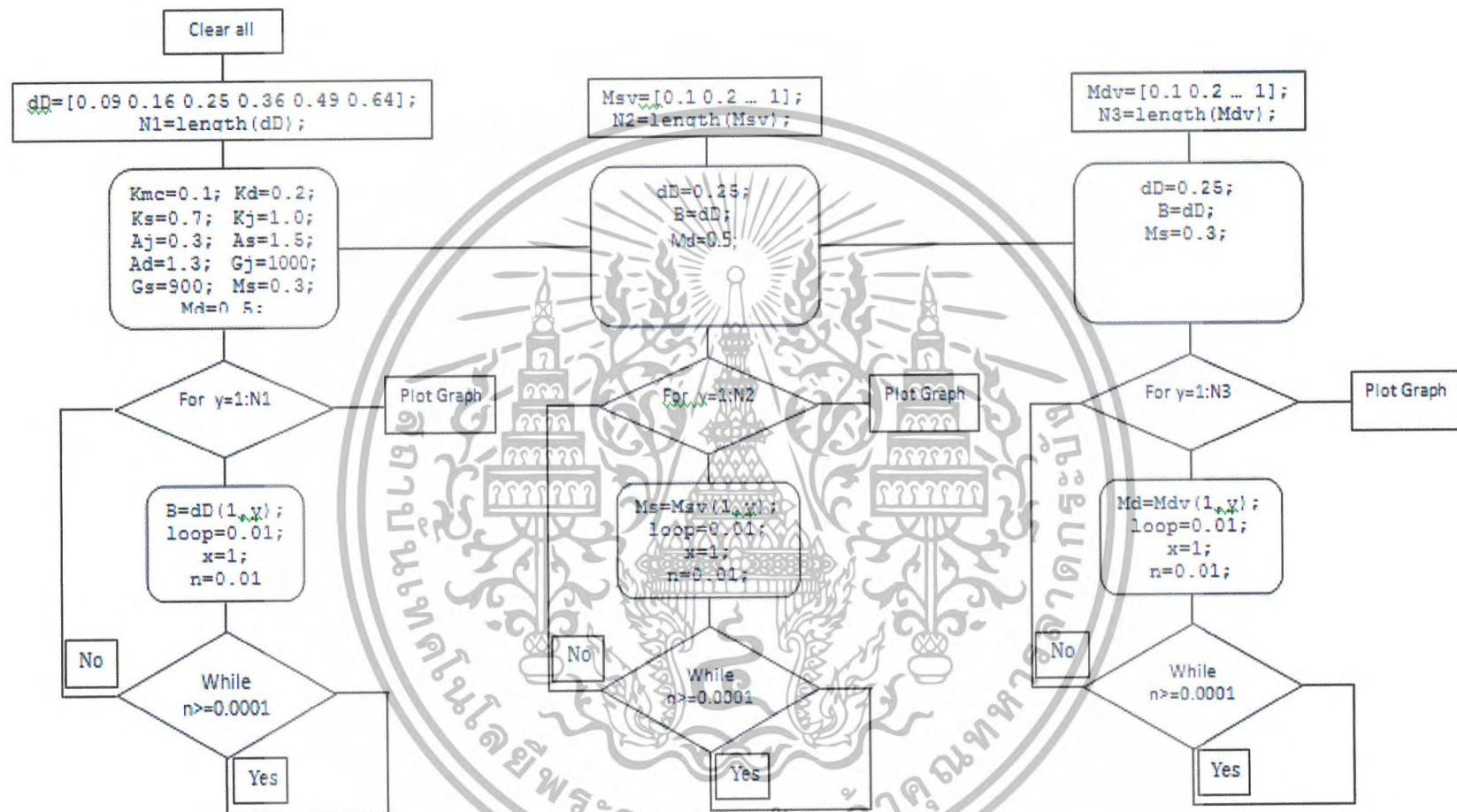
การคำนวณสมการประสิทธิภาพและผลการคำนวณ

การคำนวณเราใช้โปรแกรมเม็ทแล็บ (Matlab) ในการคำนวณหาประสิทธิภาพจากสมการตามทฤษฎี แล้วเขียนกราฟเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่าง ประสิทธิภาพกับอัตราส่วนการไหล ประสิทธิภาพกับอัตราส่วนของเสด โดยเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนของวัดผ่านศูนย์กลางของหัวฉีด กับวัดผ่านศูนย์กลางของท่อผสม การเปลี่ยนแปลงค่าน้ำหนักจำเพาะของของเหลวในท่อดูกับค่าน้ำหนักจำเพาะของของเหลวในห้องผสม และยังมีอีกหลายองค์ประกอบที่มีผลต่อค่าประสิทธิภาพ



รูปที่ 3.2 ภาพตัวอย่างงานที่ใช้โปรแกรมเม็ทแล็บ (Matlab)

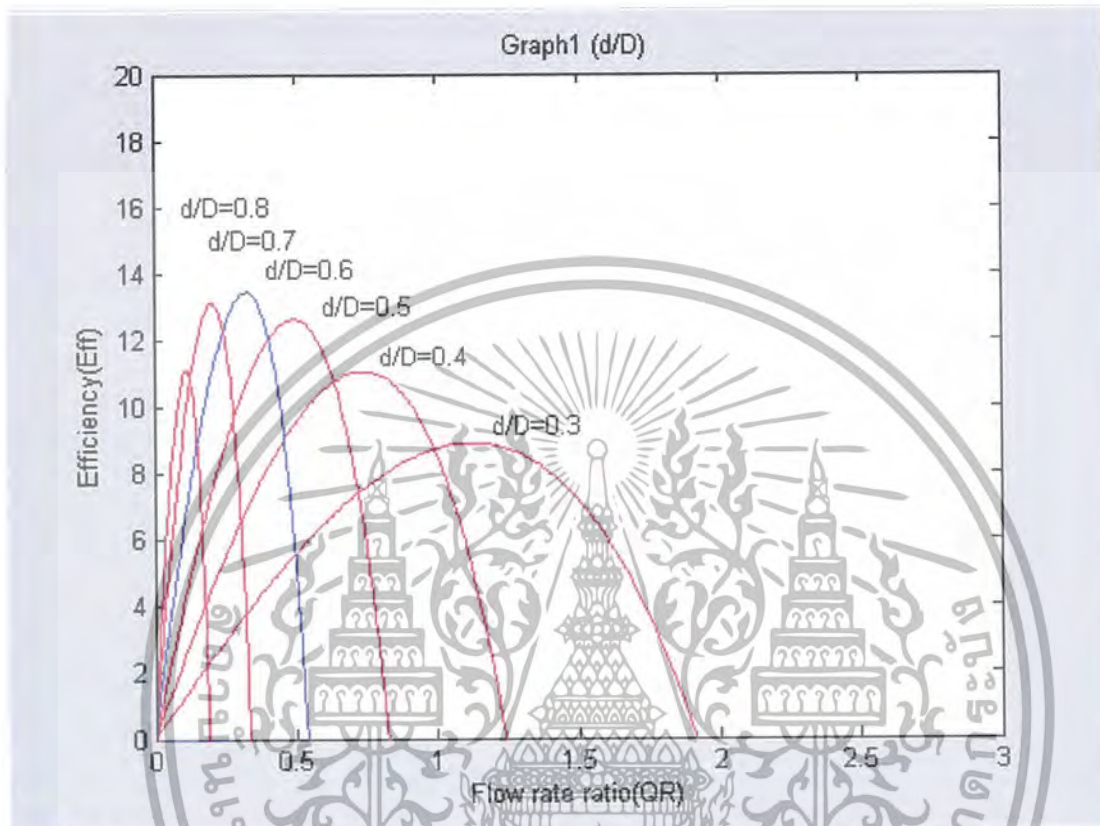
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 แสดงการขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม

3.1 ผลการคำนวณ

3.1.1 แสดงความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพกับอัตราส่วนการไหลโดยเปรียบเทียบอัตราส่วนของวัดผ่านศูนย์กลางของหัวฉีดกับวัดผ่านศูนย์กลางของท่อผสม

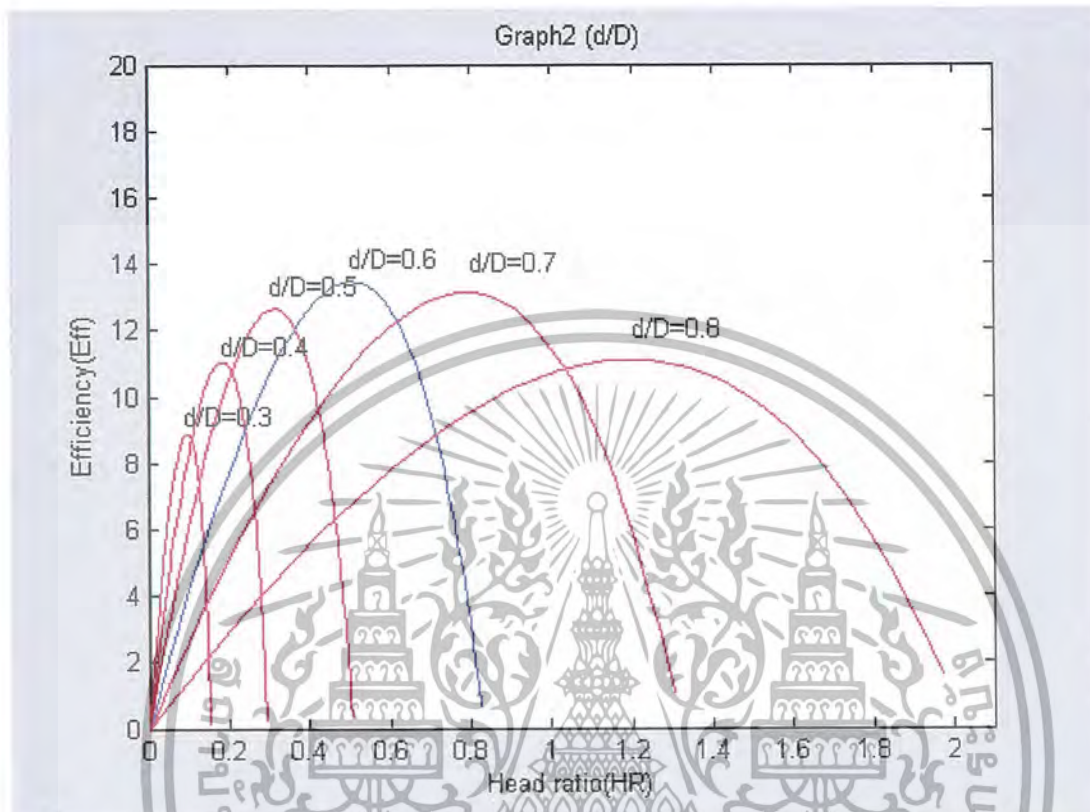


รูปที่ 3.4 แสดงความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพกับอัตราส่วนการไหลโดยเปรียบเทียบอัตราส่วนของวัดผ่านศูนย์กลางของหัวฉีดกับวัดผ่านศูนย์กลางของท่อผสม

รูปที่ 3.4 เป็นการเปรียบเทียบประสิทธิภาพกับอัตราส่วนของอัตราส่วนการไหลของของเหลวที่ท่อคู่กับของของเหลวที่หัวฉีด แสดงให้เห็นได้ว่าประสิทธิภาพมากที่สุดเท่ากับ 13.8 เปอร์เซ็นต์ ที่อัตราส่วนการไหลเท่ากับ 0.37 ในอัตราส่วนของวัดผ่านศูนย์กลางของหัวฉีดกับวัดผ่านศูนย์กลางของท่อผสมเท่ากับ 0.6 และเมื่อเพิ่มขนาดของอัตราส่วนวัดผ่านศูนย์กลางขึ้นเป็น 0.7 และ 0.8 จะได้ประสิทธิภาพลดลงในอัตราส่วนการไหลที่ลดลง โดยอัตราส่วนวัดผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 0.8 จะมีประสิทธิภาพเท่ากับ 11 เปอร์เซ็นต์ อัตราส่วนการไหลเท่ากับ 0.15 แต่เมื่อลดขนาดของอัตราส่วนวัดผ่านศูนย์กลางลงเป็น 0.5, 0.4 และ 0.3 จะได้ประสิทธิภาพลดลงในอัตราส่วนการไหลที่เพิ่มขึ้น โดยอัตราส่วนวัดผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 0.3 จะมีค่าประสิทธิภาพต่ำสุดเท่ากับ 8.4 เปอร์เซ็นต์ อัตราส่วนการไหลเท่ากับ 1.22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 แสดงความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพและอัตราส่วนของเฮดโดยเปรียบเทียบอัตราส่วนของวัตผ่านศูนย์กลางของหัวฉีดกับวัตผ่านศูนย์กลางของท่อผสม

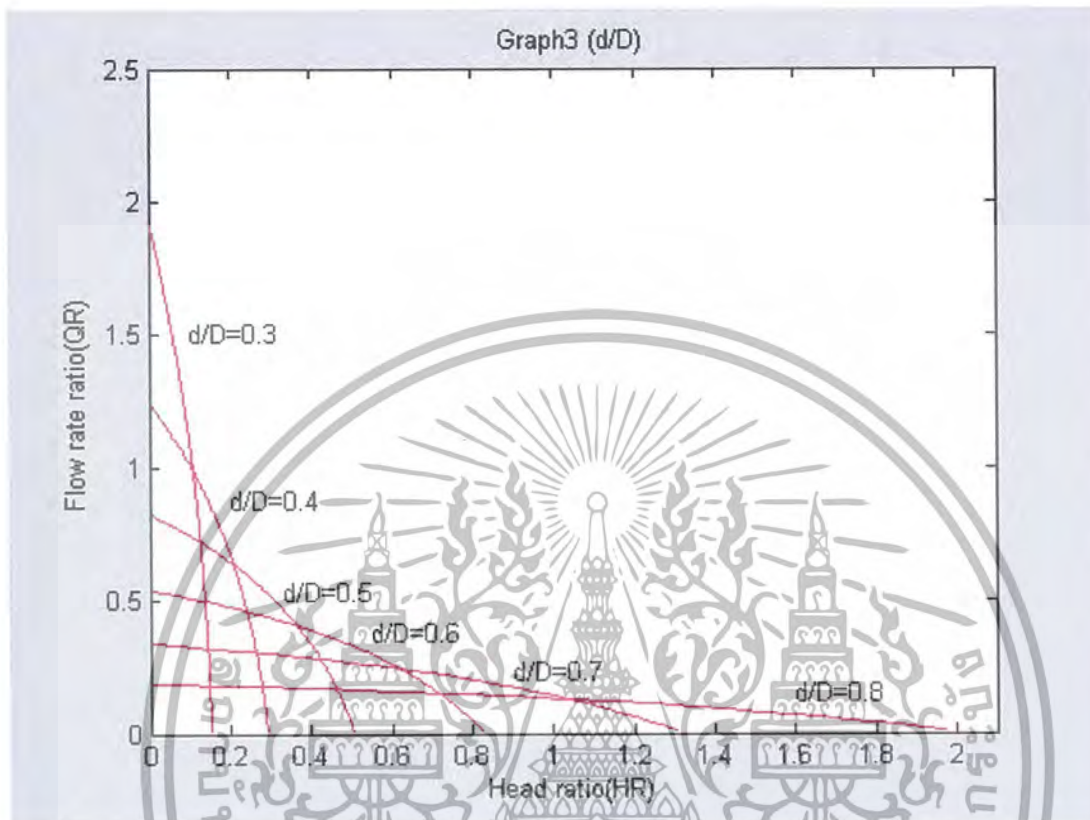


รูปที่ 3.5 แสดงความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพและอัตราส่วนของเฮดโดยเปรียบเทียบอัตราส่วนของวัตผ่านศูนย์กลางของหัวฉีดกับวัตผ่านศูนย์กลางของท่อผสม

รูปที่ 3.5 เป็นการเปรียบเทียบประสิทธิภาพกับอัตราส่วนของเฮดโดยเปรียบเทียบอัตราส่วนของวัตผ่านศูนย์กลางของหัวฉีดกับวัตผ่านศูนย์กลางของท่อผสม แสดงให้เห็นได้ว่าประสิทธิภาพมากที่สุดเท่ากับ 13.8 เปอร์เซ็นต์ ที่อัตราส่วนของเฮดเท่ากับ 0.57 ในอัตราส่วนของวัตผ่านศูนย์กลางของหัวฉีดกับวัตผ่านศูนย์กลางของท่อผสมเท่ากับ 0.6 และเมื่อเพิ่มขนาดของอัตราส่วนวัตผ่านศูนย์กลางเป็น 0.7 และ 0.8 จะได้ประสิทธิภาพลดลงในอัตราส่วนของเฮดเพิ่มขึ้น โดยอัตราส่วนวัตผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 0.8 จะมีประสิทธิภาพเท่ากับ 11 เปอร์เซ็นต์ อัตราส่วนของเฮดเท่ากับ 1.3 แต่เมื่อลดขนาดของอัตราส่วนวัตผ่านศูนย์กลางลงเป็น 0.5, 0.4 และ 0.3 จะได้ประสิทธิภาพลดลงในอัตราส่วนของเฮดลดลง โดยอัตราส่วนวัตผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 0.3 จะมีค่าประสิทธิภาพต่ำสุดเท่ากับ 8.4 เปอร์เซ็นต์ อัตราส่วนของเฮดเท่ากับ 0.17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

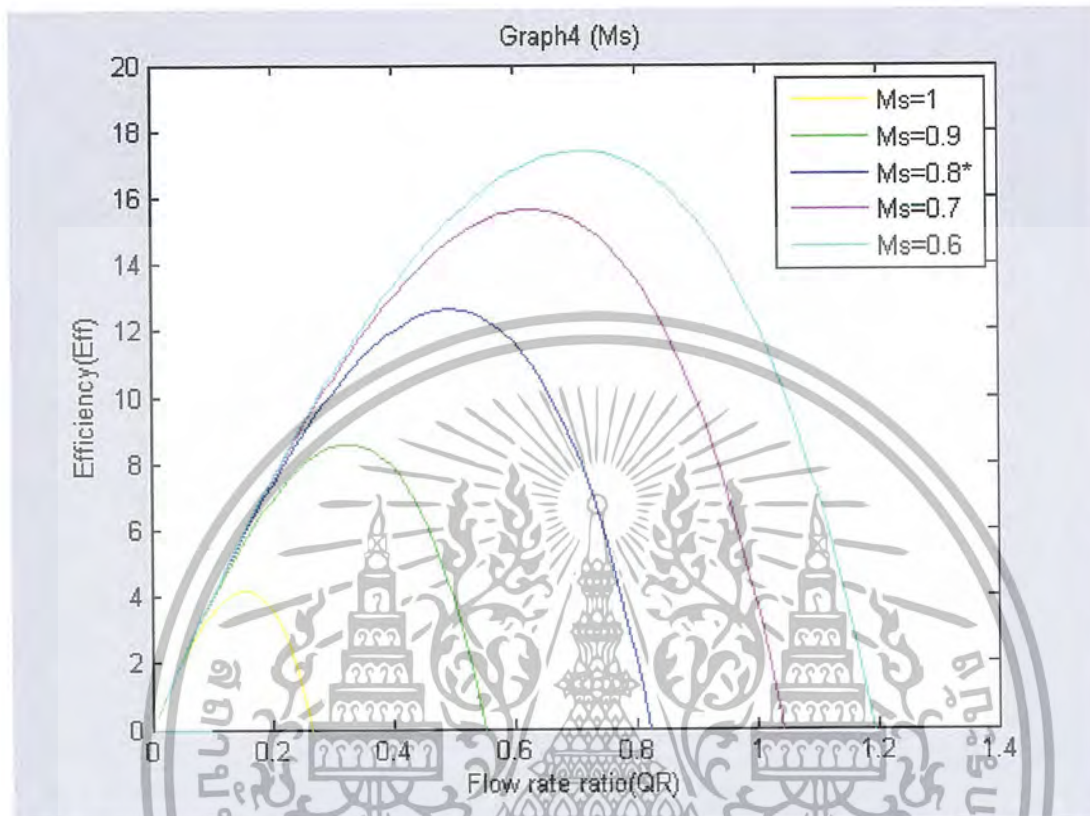
3.1.3 แสดงความสัมพันธ์ของอัตราส่วนการไหลกับอัตราส่วนของเฮดโดยเปรียบเทียบ
อัตราส่วนของวัดผ่านศูนย์กลางของหัวฉีดกับวัดผ่านศูนย์กลางของท่อผสม



รูปที่ 3.6 แสดงความสัมพันธ์ของอัตราส่วนการไหลกับอัตราส่วนของเฮดโดยเปรียบเทียบอัตราส่วน
ของวัดผ่านศูนย์กลางของหัวฉีดกับวัดผ่านศูนย์กลางของท่อผสม

รูปที่ 3.6 เป็นการเปรียบเทียบอัตราส่วนการไหล ของของไหลที่ท่อคู่กับอัตราการไหลของ
ของไหลที่หัวฉีด ด้วยอัตราส่วนของเฮด แสดงลักษณะของเส้นกราฟว่าความสัมพันธ์ทั้งสองตัวแปร
จะมีรูปแบบที่แตกต่างกัน ในแต่ละอัตราส่วนวัดผ่านศูนย์กลาง โดยอัตราส่วนวัดผ่านศูนย์กลางเท่ากับ
0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7 และ 0.8 จะมีค่าอัตราส่วนการไหลเพิ่มขึ้นในอัตราส่วนของเฮดลดลง

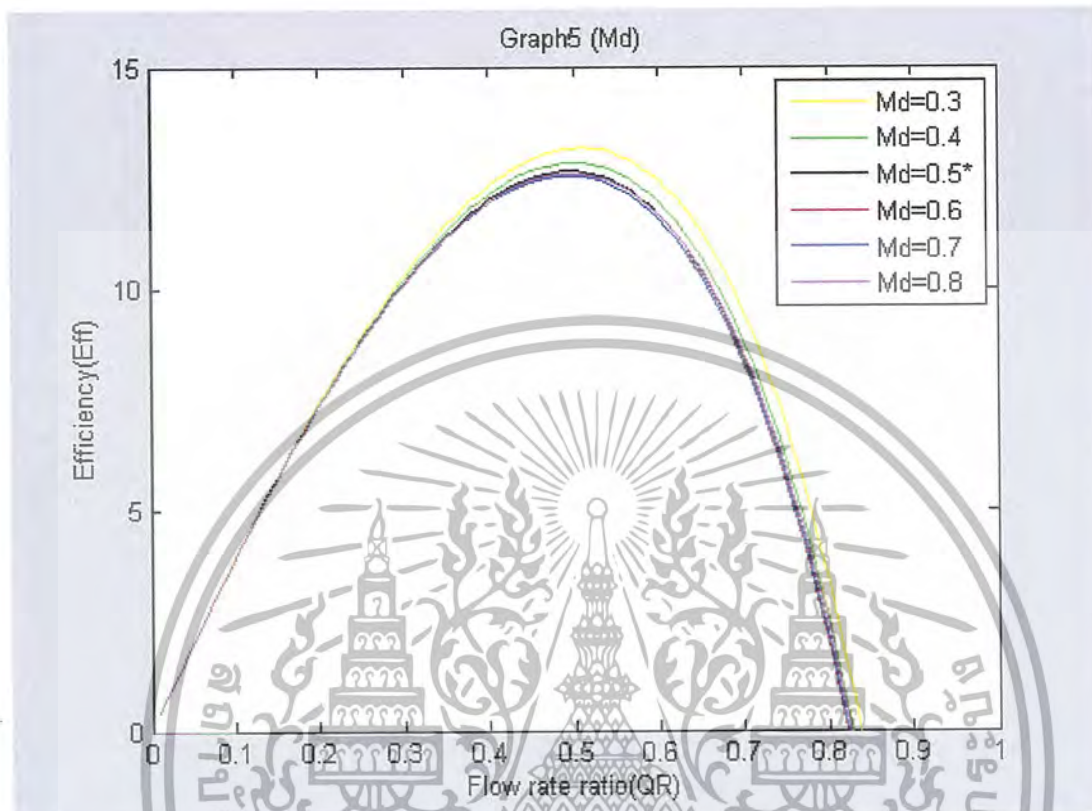
3.1.4 แสดงความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพกับอัตราส่วนการไหลโดยเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์เสียดทานที่ท่อคู่



รูปที่ 3.7 แสดงความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพกับอัตราส่วนการไหลโดยเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์เสียดทานที่ท่อคู่

รูปที่ 3.7 เป็นการเปรียบเทียบประสิทธิภาพกับอัตราส่วนการไหลของของเหลวที่ท่อคู่กับของของเหลวที่หัวฉีด แสดงประสิทธิภาพสูงสุดเท่ากับ 17.5 เปอร์เซ็นต์ ที่อัตราส่วนการไหลเท่ากับ 0.77 โดยค่าสัมประสิทธิ์เสียดทานของท่อคู่เท่ากับ 0.6 และเมื่อเพิ่มค่าสัมประสิทธิ์เสียดทานของท่อคู่ให้สูงขึ้นจะส่งผลให้ค่าประสิทธิภาพต่ำลง ประสิทธิภาพต่ำสุดเท่ากับ 4 เปอร์เซ็นต์ อัตราส่วนการไหลเท่ากับ 0.18 ค่าสัมประสิทธิ์เสียดทานของท่อคู่เท่ากับ 1

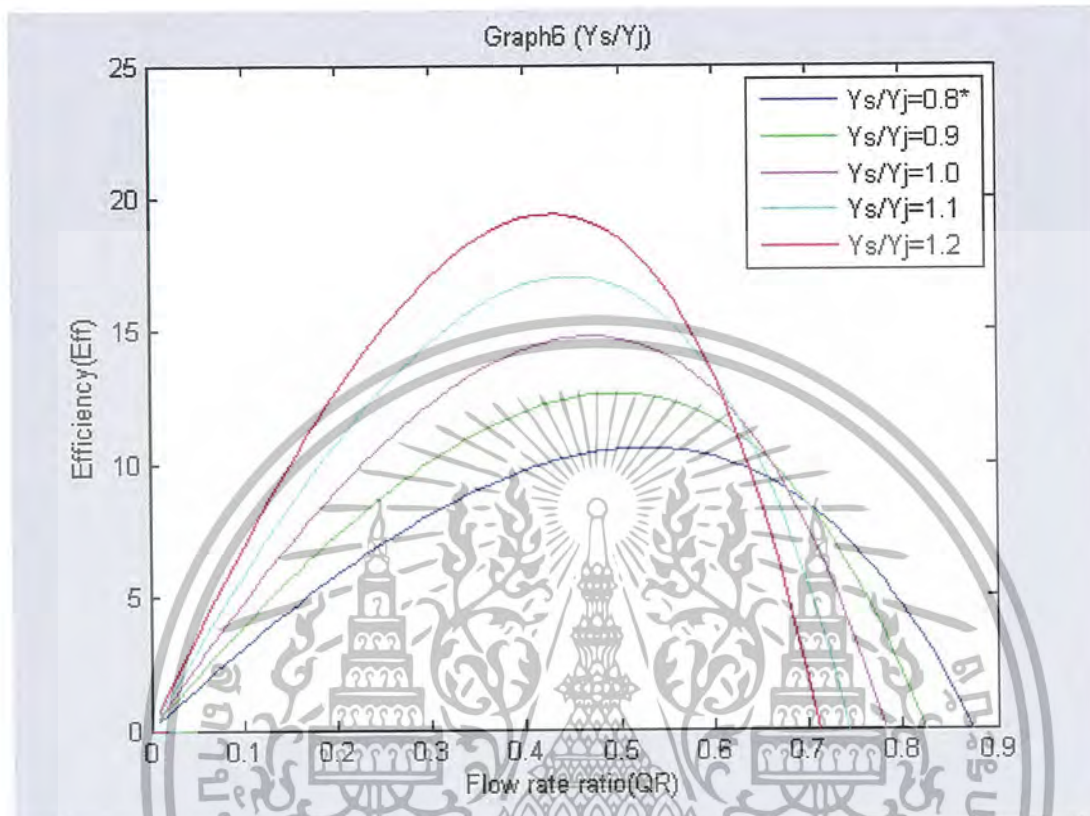
3.1.5 แสดงความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพกับอัตราส่วนการไหลโดยเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์เสียดทานที่ท่อส่ง



รูปที่ 3.8 แสดงความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพกับอัตราส่วนการไหลโดยเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์เสียดทานที่ท่อส่ง

รูปที่ 3.8 เป็นการเปรียบเทียบประสิทธิภาพกับอัตราส่วนการไหลของของเหลวที่ท่อดูดกับของเหลวที่หัวฉีด แสดงประสิทธิภาพสูงสุดเท่ากับ 13.8 เปอร์เซ็นต์ ที่อัตราส่วนการไหลเท่ากับ 0.56 โดยค่าสัมประสิทธิ์เสียดทานของท่อส่งเท่ากับ 0.3 และเมื่อเพิ่มค่าสัมประสิทธิ์เสียดทานของท่อส่งให้สูงขึ้นจะส่งผลให้ค่าประสิทธิภาพต่ำลง ประสิทธิภาพต่ำสุดเท่ากับ 12.7 เปอร์เซ็นต์อัตราส่วนการไหลเท่ากับ 0.5 ค่าสัมประสิทธิ์เสียดทานของท่อส่งเท่ากับ 0.8

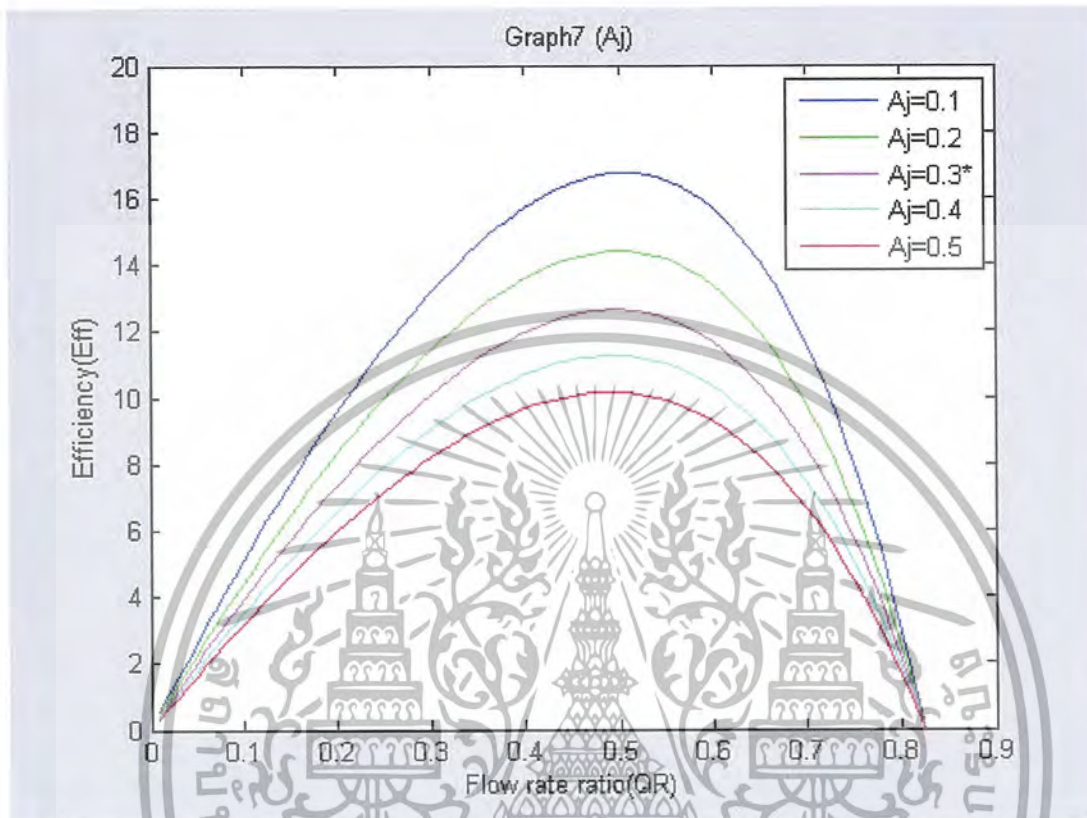
3.1.6 แสดงความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพกับอัตราส่วนการไหลโดยเปรียบเทียบอัตราส่วนน้ำหนักจำเพาะของของไหล 2 ชนิด



รูปที่ 3.9 แสดงความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพกับอัตราส่วนการไหลโดยเปรียบเทียบอัตราส่วนน้ำหนักจำเพาะของของไหล 2 ชนิด

รูปที่ 3.9 เป็นการเปรียบเทียบประสิทธิภาพกับอัตราส่วนการไหลของของเหลวที่ท่อดูดกับของเหลวที่หัวฉีด ประสิทธิภาพสูงสุดเท่ากับ 19.1 เปอร์เซ็นต์ อัตราส่วนการไหลเท่ากับ 0.43 ค่าสัดส่วนของน้ำหนักจำเพาะของของเหลวจากท่อดูดกับน้ำหนักจำเพาะของของเหลวในหัวฉีดเท่ากับ 1.2 เมื่อลดค่าสัดส่วนของน้ำหนักจำเพาะลงเท่ากับ 0.8 ประสิทธิภาพจะลดลงต่ำสุดเท่ากับ 10.3 อัตราส่วนการไหลเท่ากับ 0.55 ในช่วงของอัตราส่วนการไหลที่ 0.7 ถึง 0.9 ค่าประสิทธิภาพจะเพิ่มขึ้น แต่ค่าสัดส่วนของน้ำหนักจำเพาะจะลดลง และช่วงของอัตราส่วนการไหลที่ 0 ถึง 0.7 ค่าประสิทธิภาพจะเพิ่มขึ้นตามค่าสัดส่วนของน้ำหนักจำเพาะที่เพิ่มขึ้น

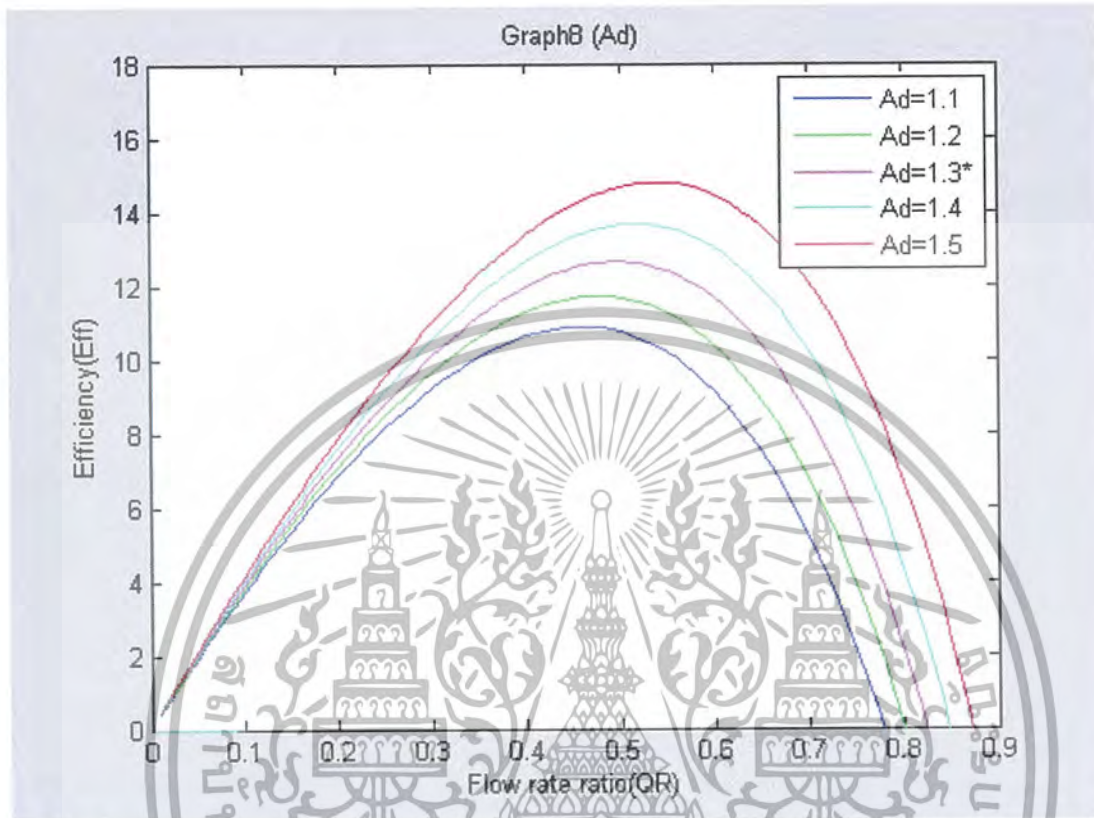
3.1.7 แสดงความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพกับอัตราส่วนการไหลโดยเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์ความเร็วที่หัวฉีด



รูปที่ 3.10 แสดงความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพกับอัตราส่วนการไหลโดยเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์ความเร็วที่หัวฉีด

รูปที่ 3.10 เป็นการเปรียบเทียบประสิทธิภาพกับอัตราส่วนการไหลของของเหลวที่ท่อคู่กับของของเหลวที่หัวฉีด ประสิทธิภาพสูงสุดเท่ากับ 17 เปอร์เซ็นต์ อัตราส่วนการไหลเท่ากับ 0.52 ค่าสัมประสิทธิ์ความเร็วที่หัวฉีดเท่ากับ 0.1 โดยเมื่อเพิ่มค่าสัมประสิทธิ์ความเร็วที่หัวฉีดมีผลให้ประสิทธิภาพลดลง และอัตราส่วนการไหลลดลงเพียงเล็กน้อย ประสิทธิภาพต่ำสุดเท่ากับ 10 เปอร์เซ็นต์ อัตราส่วนการไหลเท่ากับ 0.5 ค่าสัมประสิทธิ์ความเร็วที่หัวฉีดเท่ากับ 0.5

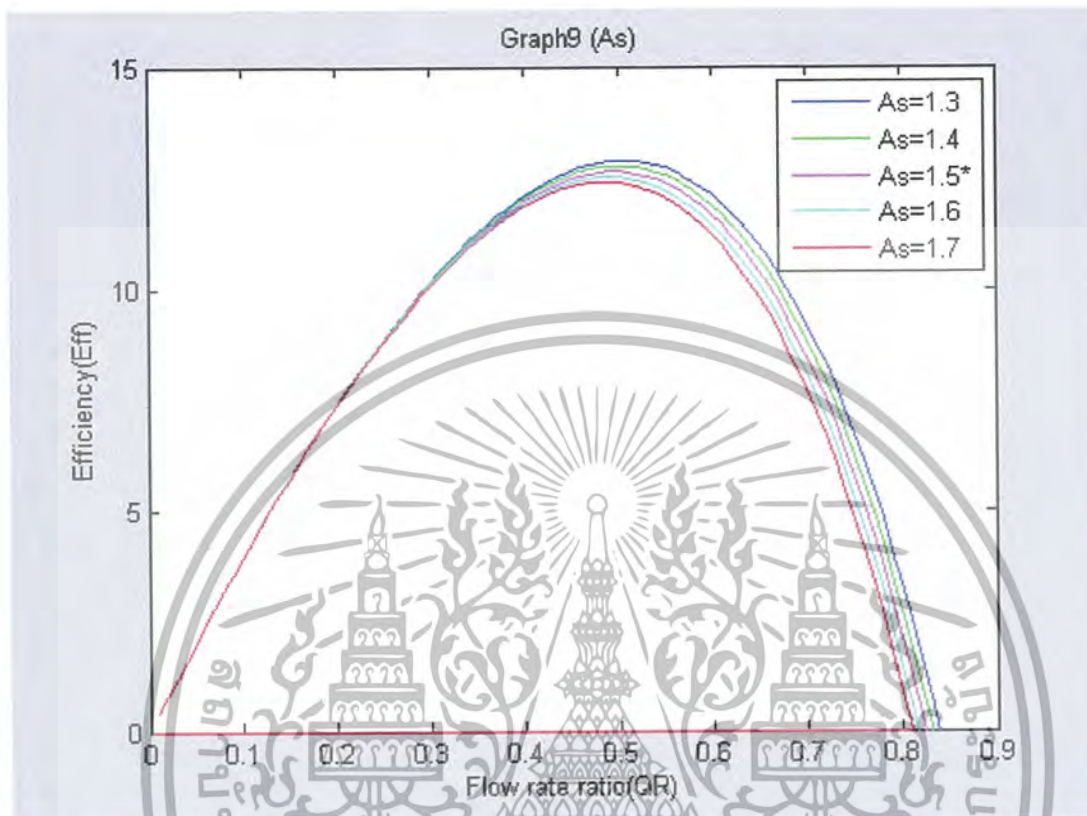
3.1.8 แสดงความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพกับอัตราส่วนการไหลโดยเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์ความเร็วที่ท่อส่ง



รูปที่ 3.11 แสดงความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพกับอัตราส่วนการไหลโดยเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์ความเร็วที่ท่อส่ง

รูปที่ 3.11 เป็นการเปรียบเทียบประสิทธิภาพกับอัตราส่วนการไหลของของเหลวที่ท่อคู่คกับของของเหลวที่หัวฉีด ประสิทธิภาพสูงสุดเท่ากับ 14.8 เปอร์เซ็นต์ อัตราส่วนการไหลเท่ากับ 0.56 ค่าสัมประสิทธิ์ความเร็วที่ท่อส่งเท่ากับ 1.5 โดยเมื่อลดค่าสัมประสิทธิ์ความเร็วที่ท่อส่งมีผลให้ประสิทธิภาพลดลง และอัตราส่วนการไหลลดลงเพียงเล็กน้อย ประสิทธิภาพต่ำสุดเท่ากับ 10.4 เปอร์เซ็นต์ อัตราส่วนการไหลเท่ากับ 0.49 ค่าสัมประสิทธิ์ความเร็วที่ท่อส่งเท่ากับ 1.1

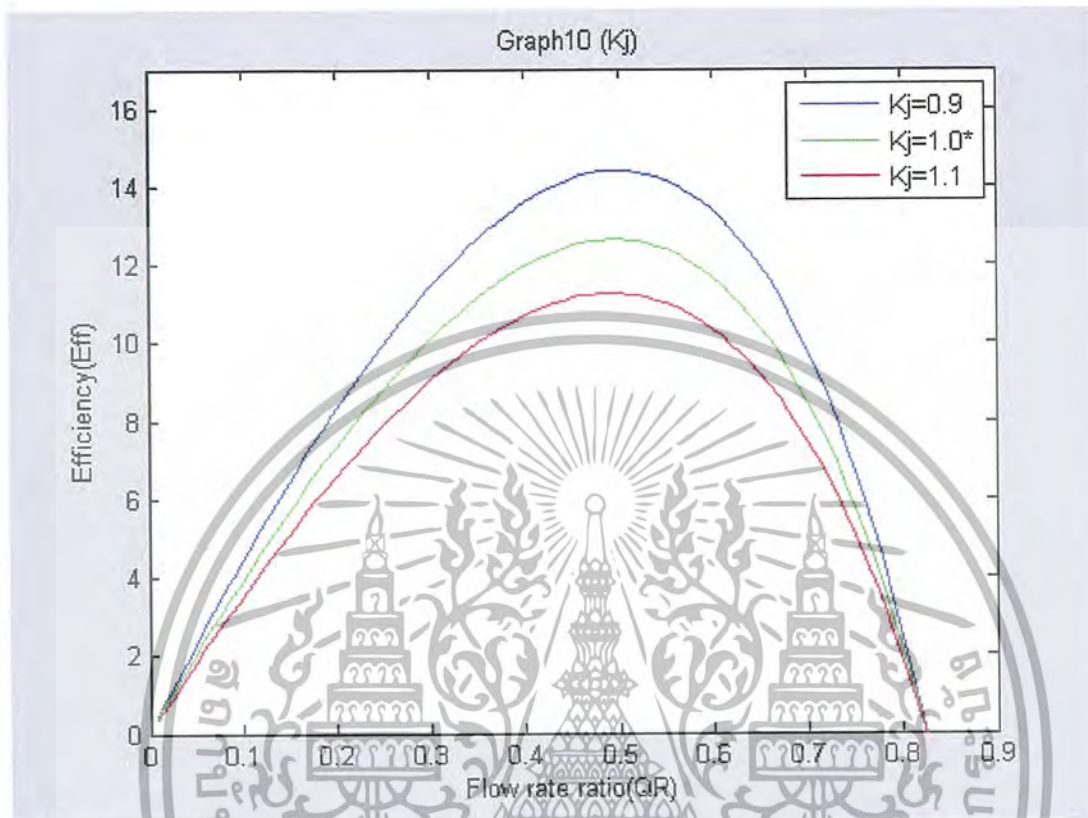
3.1.9 แสดงความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพกับอัตราส่วนการไหลโดยเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์ความเร็วที่ท่อดูด



รูปที่ 3.12 แสดงความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพกับอัตราส่วนการไหลโดยเปรียบเทียบ สัมประสิทธิ์ความเร็วที่ท่อดูด

รูปที่ 3.12 เป็นการเปรียบเทียบประสิทธิภาพกับอัตราส่วนการไหลของของเหลวที่ท่อดูดกับของของเหลวที่หัวฉีด ประสิทธิภาพสูงสุดเท่ากับ 13 เปอร์เซ็นต์ อัตราส่วนการไหลเท่ากับ 0.53 ค่าสัมประสิทธิ์ความเร็วที่ท่อดูดเท่ากับ 1.3 โดยเมื่อเพิ่มค่าสัมประสิทธิ์ความเร็วที่ท่อดูดมีผลให้ประสิทธิภาพลดลง และอัตราส่วนการไหลลดลงเพียงเล็กน้อย ประสิทธิภาพต่ำสุดเท่ากับ 12.4 เปอร์เซ็นต์ อัตราส่วนการไหลเท่ากับ 0.5 ค่าสัมประสิทธิ์ความเร็วที่ท่อดูดเท่ากับ 1.7

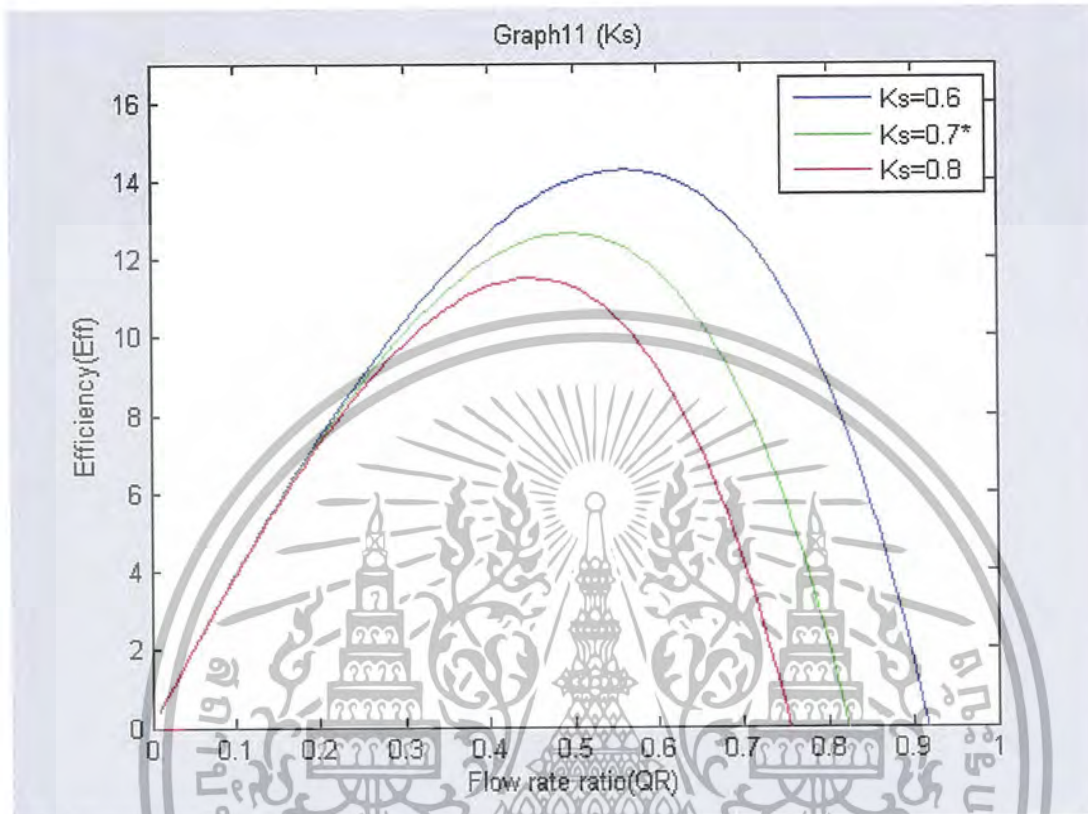
3.1.10 แสดงความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพกับอัตราส่วนการไหล โดยเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์การสูญเสียที่หัวฉีด



รูปที่ 3.13 แสดงความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพกับอัตราส่วนการไหลโดยเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์การสูญเสียที่หัวฉีด

รูปที่ 3.13 เป็นการเปรียบเทียบประสิทธิภาพกับอัตราส่วนการไหลของของเหลวที่ท่อติดกับของของเหลวที่หัวฉีด ประสิทธิภาพสูงสุดเท่ากับ 14.1 เปอร์เซ็นต์ อัตราส่วนการไหลเท่ากับ 0.53 ค่าสัมประสิทธิ์การสูญเสียที่หัวฉีดเท่ากับ 0.9 โดยเมื่อเพิ่มค่าสัมประสิทธิ์การสูญเสียที่หัวฉีดมีผลให้ประสิทธิภาพลดลง และอัตราส่วนการไหลลดลงเพียงเล็กน้อย ประสิทธิภาพต่ำสุดเท่ากับ 11.1 เปอร์เซ็นต์ อัตราส่วนการไหลเท่ากับ 0.52 ค่าสัมประสิทธิ์การสูญเสียที่หัวฉีดเท่ากับ 1.1

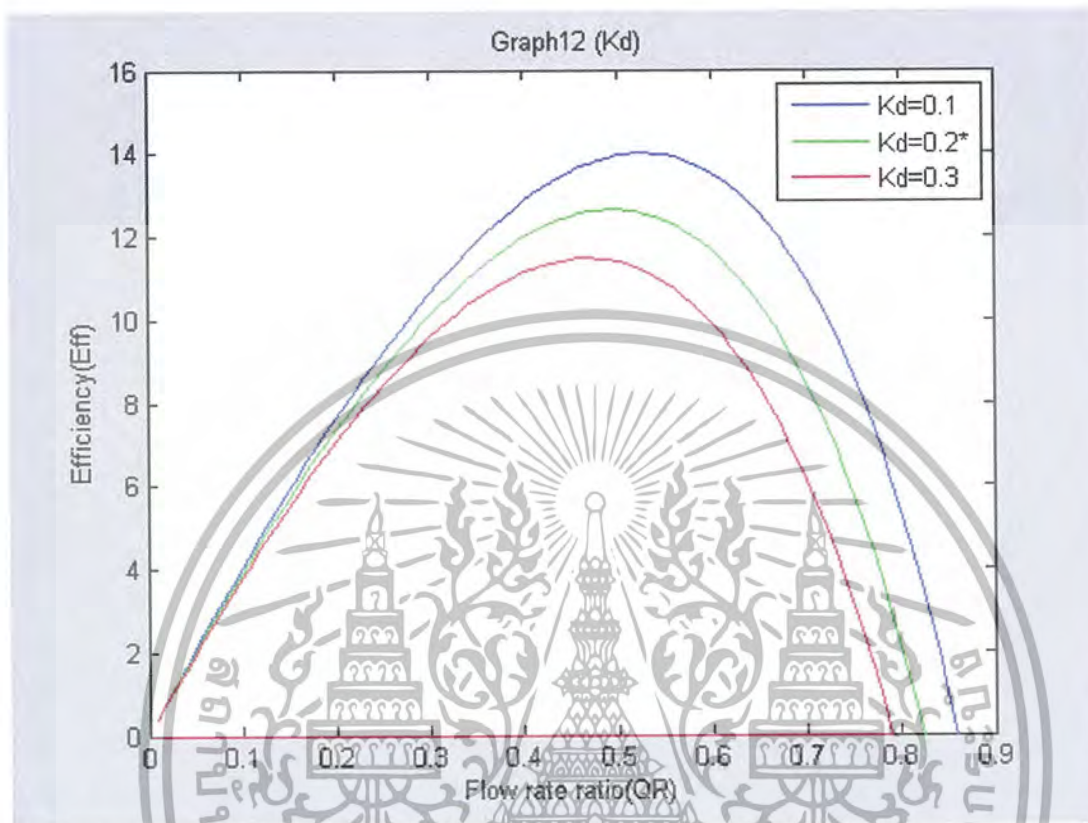
3.1.11 แสดงความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพกับอัตราส่วนการไหล โดยเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์การสูญเสียที่ท่อคูด



รูปที่ 3.14 แสดงความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพกับอัตราส่วนการไหลโดยเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์การสูญเสียที่ท่อคูด

รูปที่ 3.14 เป็นการเปรียบเทียบประสิทธิภาพกับอัตราส่วนการไหลของของเหลวที่ท่อคูดกับของของเหลวที่หัวฉีด ประสิทธิภาพสูงสุดเท่ากับ 14.2 เปอร์เซ็นต์ อัตราส่วนการไหลเท่ากับ 0.6 ค่าสัมประสิทธิ์การสูญเสียที่ท่อคูดเท่ากับ 0.6 โดยเมื่อเพิ่มค่าสัมประสิทธิ์การสูญเสียที่ท่อคูดมีผลให้ประสิทธิภาพลดลง และอัตราส่วนการไหลลดลง ประสิทธิภาพต่ำสุดเท่ากับ 11.2 เปอร์เซ็นต์ อัตราส่วนการไหลเท่ากับ 0.45 ค่าสัมประสิทธิ์การสูญเสียที่ท่อคูดเท่ากับ 0.8

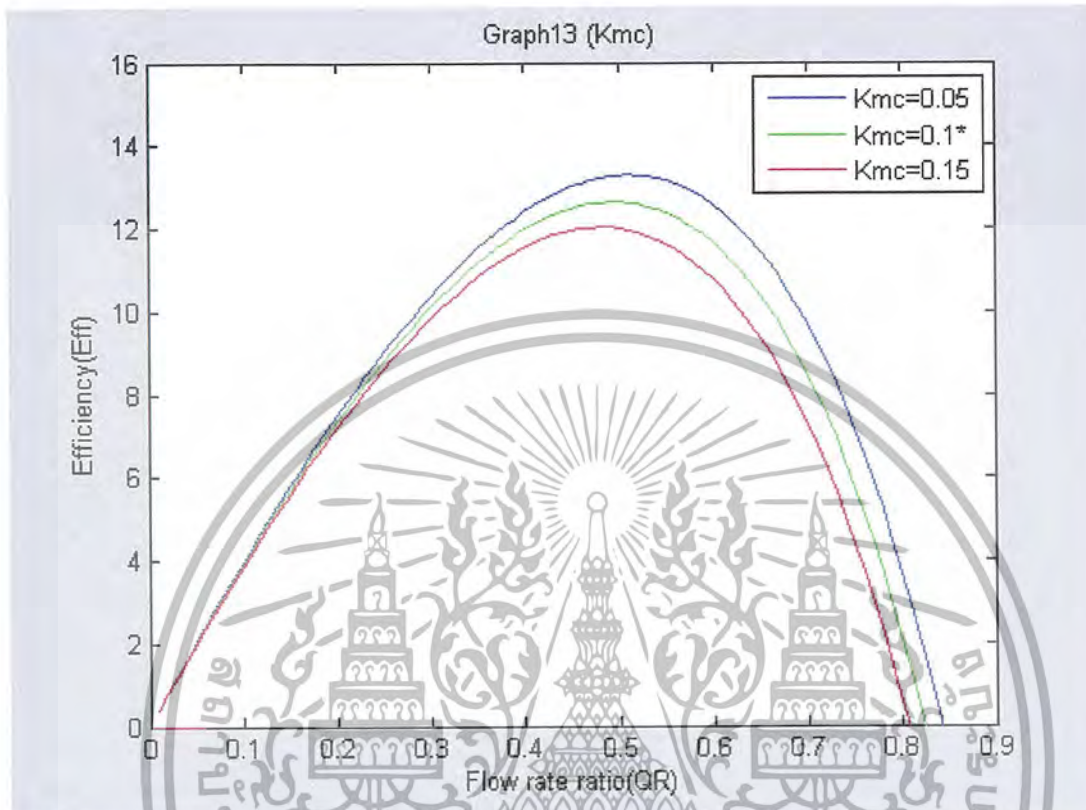
3.1.12 แสดงความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพกับอัตราส่วนการไหล โดยเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์การสูญเสียที่ท่อส่ง



รูปที่ 3.15 แสดงความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพกับอัตราส่วนการไหลโดยเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์การสูญเสียที่ท่อส่ง

รูปที่ 3.15 เป็นการเปรียบเทียบประสิทธิภาพกับอัตราส่วนการไหลของของเหลวที่ท่อคู่กับของของเหลวที่หัวฉีด ประสิทธิภาพสูงสุดเท่ากับ 14.1 เปอร์เซ็นต์ อัตราส่วนการไหลเท่ากับ 0.55 ค่าสัมประสิทธิ์การสูญเสียที่ท่อส่งเท่ากับ 0.1 โดยเมื่อเพิ่มค่าสัมประสิทธิ์การสูญเสียที่ท่อส่งมีผลให้ประสิทธิภาพลดลง และอัตราส่วนการไหลลดลง ประสิทธิภาพต่ำสุดเท่ากับ 11.1 เปอร์เซ็นต์ อัตราส่วนการไหลเท่ากับ 0.49 ค่าสัมประสิทธิ์การสูญเสียที่ท่อส่งเท่ากับ 0.3

3.1.13 แสดงความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพกับอัตราส่วนการไหลโดยเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์การสูญเสียที่ต่อผสม



รูปที่ 3.16 แสดงความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพกับอัตราส่วนการไหลโดยเปรียบเทียบ สัมประสิทธิ์การสูญเสียที่ต่อผสม

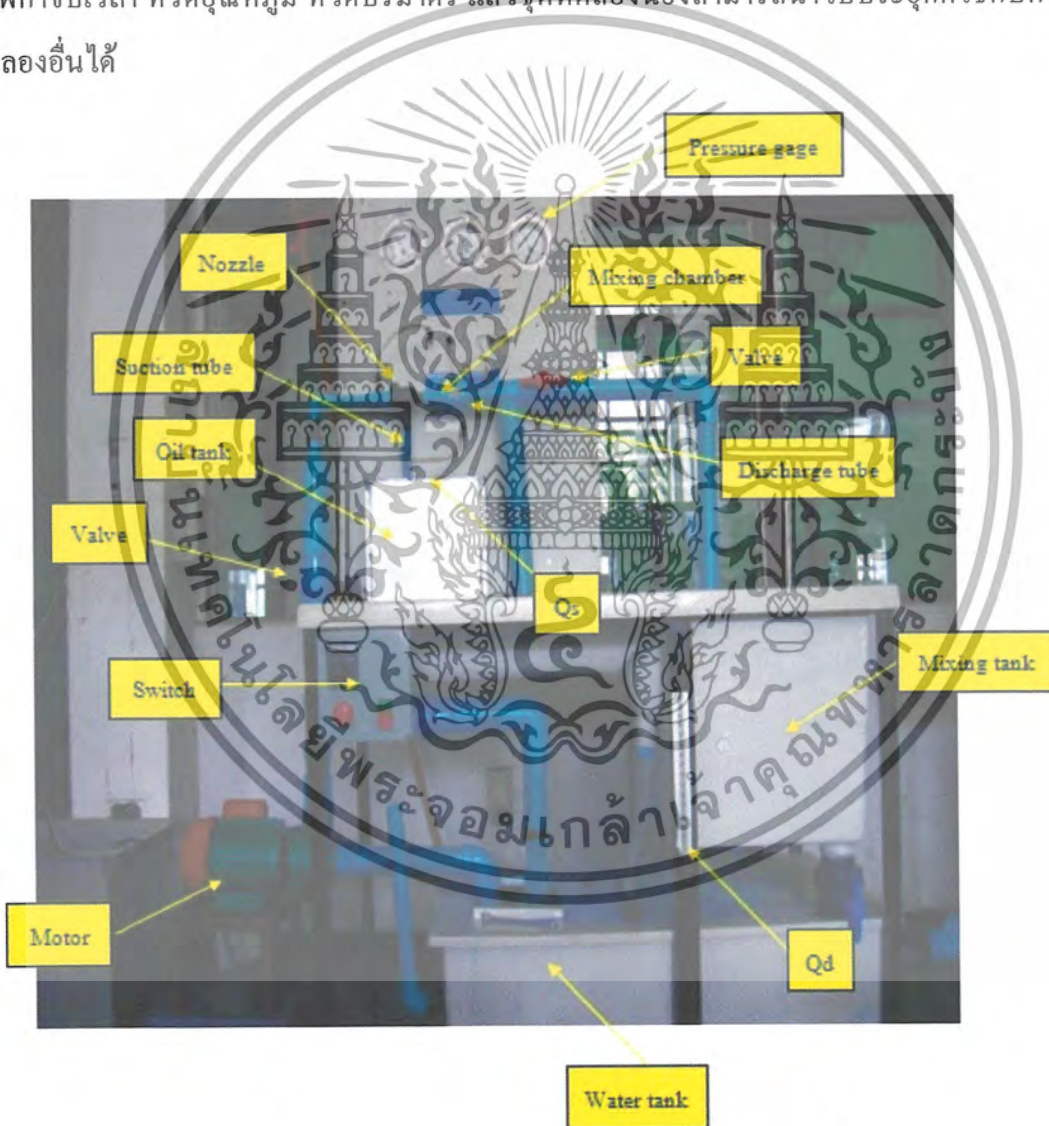
รูปที่ 3.16 เป็นการเปรียบเทียบประสิทธิภาพกับอัตราส่วนการไหลของของเหลวที่ต่อคู่กับของของเหลวที่หัวฉีด ประสิทธิภาพสูงสุดเท่ากับ 13.8 เปอร์เซ็นต์ อัตราส่วนการไหลเท่ากับ 0.53 ค่าสัมประสิทธิ์การสูญเสียที่ต่อผสมเท่ากับ 0.05 โดยเมื่อเพิ่มค่าสัมประสิทธิ์การสูญเสียที่ต่อผสมมีผลให้ประสิทธิภาพลดลง และอัตราส่วนการไหลลดลง ประสิทธิภาพต่ำสุดเท่ากับ 11.9 เปอร์เซ็นต์ อัตราส่วนการไหลเท่ากับ 0.51 ค่าสัมประสิทธิ์การสูญเสียที่ต่อผสมเท่ากับ 0.15

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

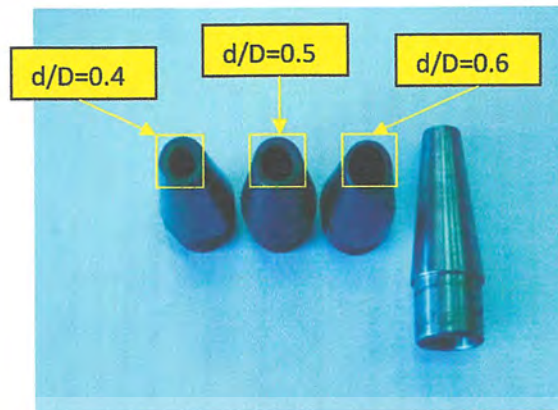
4.1 ชุดทดลอง

การสร้างชุดทดลอง เพื่อให้สามารถทำการทดลองหาค่าประสิทธิภาพของของไหล 2 ชนิดคือน้ำกับน้ำมัน โดยมีชิ้นส่วนที่สำคัญคือ หัวฉีด 3 ขนาด ท่อดูด ท่อผสม และ ท่อส่ง อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดหลักๆ คือ เพอร์ซเซอร์เกจ (Pressure gage) ใช้วัดความดันที่ก่อนทางเข้าหัวฉีด ท่อดูด และท่อส่ง นาฬิกาจับเวลา ที่วัดอุณหภูมิ ที่วัดปริมาตร แล้วชุดทดลองนี้ยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการทดลองอื่นได้

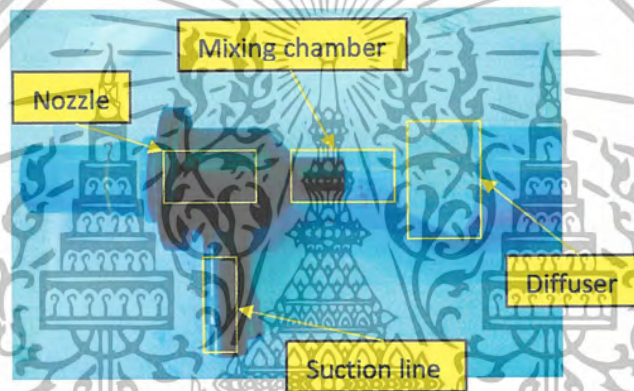


รูปที่ 4.1 แสดงชุดทดสอบและตำแหน่งต่างๆของอุปกรณ์

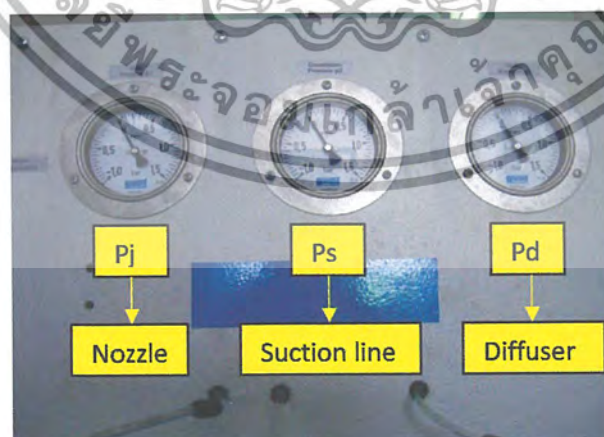
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 หัวฉีดขนาดต่างๆ



รูปที่ 4.3 ภาพของชุดหัวฉีด ท่อดูด ท่อผสม และ ท่อส่ง



รูปที่ 4.4 เพรสเซอร์เกจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 วิธีการทดลอง

4.2.1 เปิดสวิทซ์ให้ปั๊มหอยโข่งทำงานและเปิดวาล์ว 1 และ ปิดวาล์ว 2

4.2.2 เมื่อปั๊มเริ่มทำงานให้เปิดวาล์ว 2 ให้เต็มที่แล้วปิดวาล์ว 1 เปิดวาล์ว 4 และเปิดวาล์ว 3

4.2.3 แต่ต้องเปิดให้วาล์ว 4 ได้ความดัน (P_d) ตามที่ต้องการ ให้ได้ P_d มา 5 ค่า

4.2.4 P_d แต่ละค่าจะต้องค้างไว้ 3 วินาทีแล้วปิดวาล์ว 3 เพื่อดูว่าระดับน้ำมันพืชใน 3 วินาทีนั้นของท่อ ทางดูดลดลงไปขนาดไหน เอาค่าที่ปริมาตรหายไปนั้นหารด้วย 3 วินาที จะได้ค่า อัตราการไหลที่ท่อดูด (Q_d) เปิดวาล์ว 3 ต่อไปเมื่อต้องการ P_d ที่ค่าใหม่

4.2.5 P_d แต่ละค่าจะต้องค้างไว้ 3 วินาทีแล้วปิดวาล์ว 3 เพื่อดูว่าระดับน้ำมันพืชกับน้ำ (ในถังผสม) ใน 3 วินาทีนั้นของท่อทางจ่ายเพิ่มไปขนาดไหน เอาค่าที่ปริมาตรเพิ่มนั้นหารด้วย 3 วินาทีจะได้ค่าอัตราการไหลที่ท่อดูด (Q_s) เปิดวาล์ว 3 ต่อไปเมื่อต้องการ P_d ที่ค่าใหม่ในหัวฉีดแต่ละขนาดจะวัด P_d , Q_s และ Q_d ได้ 5 ค่า

4.2.6 หลังจากเสร็จจากขั้นตอนที่ 4.2.5 แล้วให้ทำการเปลี่ยนขนาดของหัวฉีดแล้วทำการทดลองตั้งแต่ข้อ 4.2.1-4.2.5 ใหม่โดยการเปลี่ยนขนาดหัวฉีดจนครบทั้ง 3 ขนาด
 เงื่อนไขในการทดลองในการเปลี่ยนขนาดของหัวฉีดแต่ละครั้งต้องให้ทางด้านส่วนปลายของหัวฉีดอยู่ห่างจากส่วนของทางเข้าห้องผสมเป็นระยะที่คงที่ในการทดสอบทุกครั้งต้องสำรวจรอยรั่วของอุปกรณ์ทางด้านดูดของปั๊มหอยโข่งทุกครั้งเพื่อไม่ให้เกิดฟองอากาศไหลเข้ามาในส่วนของหัวฉีด

4.3 ผลการทดลอง

ตารางสำหรับหัวฉีด 6 มิลลิเมตร $\rho_s = 808 \text{ kg/m}^3$ $\rho_j = 1000 \text{ kg/m}^3$

γ_s Kg/(m ² *s ²)	γ_j Kg/(m ² *s ²)	γ_s/γ_j	Q_s m ³ /s	Q_j m ³ /s	Q_d m ³ /s	Q_s/Q_j	$(\gamma_s/\gamma_j) \times (Q_s/Q_j)$
7,926.48	9810	0.808	0.00103	0.0013	0.00233	0.7923077	0.640184615
7,926.48	9810	0.808	0.00086	0.0013	0.00216	0.6615385	0.534523077
7,926.48	9810	0.808	0.00079	0.0013	0.00209	0.6076923	0.491015385
7,926.48	9810	0.808	0.00059	0.0013	0.00189	0.4538462	0.366707692
7,926.48	9810	0.808	0.00023	0.0013	0.00153	0.1769231	0.142953846

ρ_d kg/m ³	P_s kg/m ²	P_d kg/m ²	P_j kg/m ²	H_d m	H_s m	H_p m	H m
8977.371	-5,536	0	130,000	0.00000	-0.6984	13.251784	0.6984
9060.080	-8,578	15,000	130,000	0.16877	-1.0822	13.251784	1.2510
9098.047	-12,060	30,000	130,000	0.33613	-1.5215	13.251784	1.8576
9222.023	-11,810	45,000	130,000	0.49741	-1.4899	13.251784	1.9874
9526.856	-4,230	60,000	130,000	0.64200	-0.5337	13.251784	1.1757

H_c m	H/H_c	$\eta = (\gamma_s/\gamma_j) \times (Q_s/Q_j) \times (H/H_c)$
13.2518	0.0527037	3.374012
13.0830	0.0956174	5.110968
12.9157	0.1438262	7.062088
12.7544	0.1558176	5.713952
12.6098	0.2032451	2.905467

ตารางที่ 1 ตารางบันทึกผลการทดสอบประสิทธิภาพเจ็ทของหัวฉีด 6 มิลลิเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางสำหรับหัวฉีด 7.5 มิลลิเมตร $\rho_s = 808 \text{ kg/m}^3$ $\rho_j = 1000 \text{ kg/m}^3$

γ_s Kg/(m ² *s ²)	γ_j Kg/(m ² *s ²)	γ_s/γ_j	Q_s m ³ /s	Q_j m ³ /s	Q_d m ³ /s	Q_s/Q_j	$(\gamma_s/\gamma_j) \times (Q_s/Q_j)$
7,926.48	9810	0.808	0.000819	0.0013	0.0021	0.630000	0.509040
7,926.48	9810	0.808	0.000738	0.0013	0.0020	0.567615	0.458633
7,926.48	9810	0.808	0.000657	0.0013	0.0020	0.505385	0.408351
7,926.48	9810	0.808	0.000549	0.0013	0.0018	0.422308	0.341225
7,926.48	9810	0.808	0.000256	0.0013	0.0016	0.196923	0.159114

ρ_d kg/m ³	P_s kg/m ²	P_d kg/m ²	P_j kg/m ²	H_d m	H_s m	H_p m	H m
9082.014	-7,660	0	130,000	0.00000	-0.9664	13.251784	0.9664
9127.999	-12,400	15,000	130,000	0.16751	-1.5644	13.251784	1.7319
9177.669	-16,370	30,000	130,000	0.33321	-2.0652	13.251784	2.3984
9250.750	-19,960	45,000	130,000	0.49587	-2.5181	13.251784	3.0140
9500.115	-8,520	60,000	130,000	0.64380	-1.0749	13.251784	1.7187

H_c m	H/H_c	$\eta = (\gamma_s/\gamma_j) \times (Q_s/Q_j) \times (H/H_c)$
13.2518	0.0729246	3.712154
13.0843	0.1323642	6.070661
12.9186	0.1856584	7.581373
12.7559	0.2362833	8.062569
12.6080	0.3278651	5.216788

ตารางที่ 2 ตารางบันทึกผลการทดสอบประสิทธิภาพเจ็ทปั๊มของหัวฉีด 7.5 มิลลิเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางสำหรับหัวฉีด 9 มิลลิเมตร $\rho_s = 808 \text{ kg/m}^3$ $\rho_j = 1000 \text{ kg/m}^3$

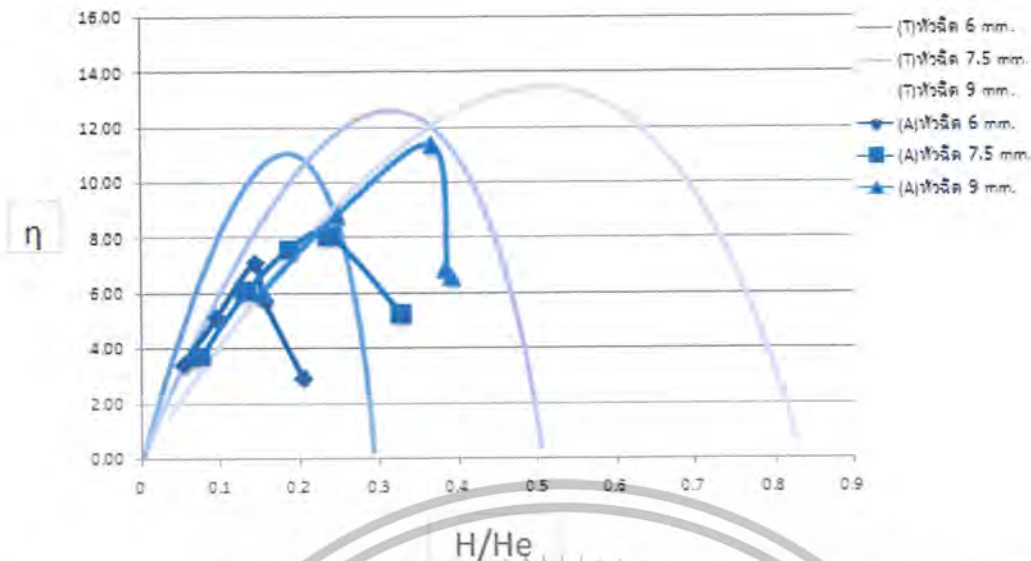
γ_s Kg/(m ² *s ²)	γ_j Kg/(m ² *s ²)	γ_s/γ_j	Q_s m ³ /s	Q_j m ³ /s	Q_d m ³ /s	Q_s/Q_j	$(\gamma_s/\gamma_j) \times (Q_s/Q_j)$
7,926.48	9810	0.808	0.000639	0.0013	0.00194	0.491538	0.397163
7,926.48	9810	0.808	0.000579	0.0013	0.00188	0.445385	0.359871
7,926.48	9810	0.808	0.000497	0.0013	0.0018	0.382308	0.308905
7,926.48	9810	0.808	0.000286	0.0013	0.00159	0.220000	0.177760
7,926.48	9810	0.808	0.000271	0.0013	0.00157	0.208462	0.168437

ρ_d kg/m ³	P_s kg/m ²	P_d kg/m ²	P_j kg/m ²	H_d m	H_s m	H_p m	H m
9189.284	-15,855	0	130,000	0.00000	-2.0003	13.251784	2.0003
9229.607	-24,071	15,000	130,000	0.16567	-3.0368	13.251784	3.2025
9289.071	-34,980	30,000	130,000	0.32922	-4.4131	13.251784	4.7423
9470.349	-35,054	45,000	130,000	0.48437	-4.4224	13.251784	4.9068
9485.090	-34,021	60,000	130,000	0.64482	-4.2921	13.251784	4.9369

H_e m	H/H_e	$\eta = (\gamma_s/\gamma_j) \times (Q_s/Q_j) \times (H/H_e)$
13.2518	0.1509425	5.994879
13.0861	0.2447213	8.806804
12.9226	0.3669759	11.336055
12.7674	0.3843192	6.831658
12.6070	0.3916005	6.595999

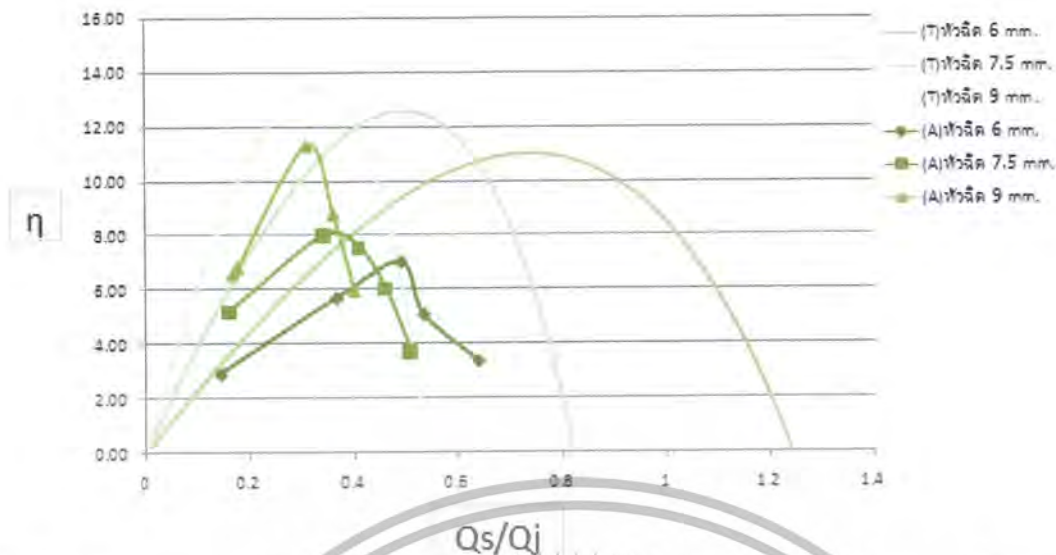
ตารางที่ 3 ตารางบันทึกผลการทดสอบประสิทธิภาพเจ็ทน้ำของหัวฉีด 9 มิลลิเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



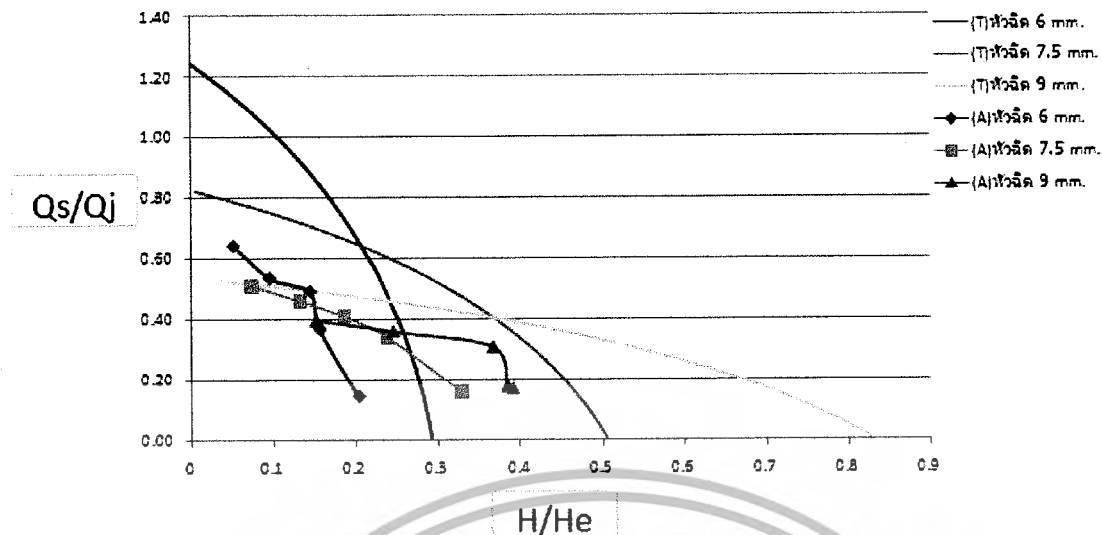
รูปที่ 4.5 แสดงความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพและอัตราส่วนของเฮดโดยเปรียบเทียบอัตราส่วนของวัดผ่านศูนย์กลางของหัวฉีดกับวัดผ่านศูนย์กลางของท่อผสม

รูปที่ 4.5 เป็นการเปรียบเทียบประสิทธิภาพกับอัตราส่วนของเฮด ระหว่างการทดลองกับทฤษฎี แสดงให้เห็นได้ว่าประสิทธิภาพมากที่สุดจากการทดลองเท่ากับ 11.3 เปอร์เซ็นต์ ที่อัตราส่วนของเฮดเท่ากับ 0.37 ในอัตราส่วนของวัดผ่านศูนย์กลางของหัวฉีดกับวัดผ่านศูนย์กลางของท่อผสมเท่ากับ 0.6 และเมื่อลดขนาดของอัตราส่วนวัดผ่านศูนย์กลางขึ้นเป็น 0.5 และ 0.4 จะได้ประสิทธิภาพลดลงในอัตราส่วนของเฮดที่ลดลง โดยอัตราส่วนวัดผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 0.4 จะมีประสิทธิภาพต่ำสุดเท่ากับ 7 เปอร์เซ็นต์ อัตราส่วนของเฮดที่ 0.14 ลักษณะกราฟเป็นเส้นโค้งทั้ง 3 ขนาดสอดคล้องกับทฤษฎี



รูปที่ 4.6 แสดงความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพกับอัตราส่วนการไหลโดยเปรียบเทียบอัตราส่วนของวัดผ่านศูนย์กลางของหัวฉีดกับวัดผ่านศูนย์กลางของท่อผสม

รูปที่ 4.6 เป็นการเปรียบเทียบประสิทธิภาพกับอัตราส่วนการไหลของของเหลวที่ท่อคู่กับของเหลวที่หัวฉีด ระหว่างการทดลองกับทฤษฎี แสดงให้เห็นได้ว่าประสิทธิภาพมากที่สุดเท่ากับ 11.3 เปอร์เซ็นต์ ที่อัตราส่วนการไหลเท่ากับ 0.32 ในอัตราส่วนของวัดผ่านศูนย์กลางของหัวฉีดกับวัดผ่านศูนย์กลางของท่อผสมเท่ากับ 0.6 และเมื่อลดขนาดของอัตราส่วนวัดผ่านศูนย์กลางขึ้นเป็น 0.5 และ 0.4 จะได้ประสิทธิภาพลดลงในอัตราส่วนการไหลที่เพิ่มขึ้น โดยอัตราส่วนวัดผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 0.4 จะมีประสิทธิภาพต่ำสุดเท่ากับ 7 เปอร์เซ็นต์ อัตราส่วนการไหลอยู่ที่ 0.47 ลักษณะกราฟเป็นเส้นโค้งทั้ง 3 ขนาดสอดคล้องกับทฤษฎี



รูปที่ 4.7 แสดงความสัมพันธ์ของอัตราส่วนการไหลกับอัตราส่วนของเฮดโดยเปรียบเทียบอัตราส่วนของวัด ผ่านศูนย์กลางของหัวฉีดกับวัดผ่านศูนย์กลางของท่อผสม

รูปที่ 4.7 เป็นการเปรียบเทียบอัตราส่วนการไหลของของไหลที่ท่อคู่กับอัตราการไหลของของไหลที่หัวฉีด ระหว่างการทดลองกับทฤษฎี ด้วยอัตราส่วนของเฮดแสดงลักษณะของเส้นกราฟว่า ความสัมพันธ์ทั้งสองตัวแปรจะมีรูปแบบที่แตกต่างกัน ในแต่ละอัตราส่วนวัดผ่านศูนย์กลาง โดยอัตราส่วนวัดผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 0.4, 0.5 และ 0.6 จะมีค่าอัตราส่วนการไหลเพิ่มขึ้นในอัตราส่วนของเฮดลดลง ลักษณะกราฟเป็นเส้นโค้งทั้ง 3 ขนาดสอดคล้องกับทฤษฎี

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 จากการคำนวณด้วย โปรแกรม Matlab ได้ประสิทธิภาพสูงสุดเท่ากับ 13.8 เปอร์เซ็นต์ ที่อัตราส่วนการไหล (Q_s/Q_j) เท่ากับ 0.37 และอัตราส่วนของเฮด (H_e/H) เท่ากับ 0.57 โดยอัตราส่วนของวัดผ่านศูนย์กลางของหัวฉีดกับวัดผ่านศูนย์กลางของท่อผสม (d/D) เท่ากับ 0.6

5.1.2 ผลการทดลองได้ค่าประสิทธิภาพสูงสุดเท่ากับ 11.3 เปอร์เซ็นต์ ที่อัตราส่วนของอัตราการไหล 0.29 และอัตราส่วนของเฮดเท่ากับ 0.37 ที่อัตราส่วนของวัดผ่านศูนย์กลางของหัวฉีดกับวัดผ่านศูนย์กลางของท่อผสมเท่ากับ 0.6 โดยความสัมพันธ์ของอัตราส่วนของอัตราการไหล เมื่อเพิ่มขึ้นจะส่งผลทำให้อัตราส่วนของเฮดลดลง ความสัมพันธ์แปรผกผันกัน

5.1.3 เมื่อเปรียบเทียบผลการคำนวณกับผลการทดลอง ปรากฏว่ามีแนวโน้มสอดคล้องกัน มีค่าค่าแตกต่างเท่ากับทฤษฎีเท่ากับ 18 เปอร์เซ็นต์จากการเปรียบเทียบประสิทธิภาพสูงสุดของการคำนวณกับการทดลอง

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ผลกระทบที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของประสิทธิภาพนั้นมีได้มีเพียงขนาดของหัวฉีดเพียงอย่างเดียว จะยังมีปัจจัยอื่นอีกเช่น ขนาดความหนาของหัวฉีดที่แตกต่างกันไป, มุมการฉีด และระยะการฉีด เป็นต้น ซึ่งควรที่จะศึกษาในโครงการอื่นต่อไป

5.2.2 ในโครงการนี้เป็นการศึกษาประสิทธิภาพของของเหลวต่างชนิดกัน ซึ่งควรที่จะศึกษาต่อในโครงการอื่นที่มีลักษณะของเหลวต่างชนิดและมีของแข็งผสมอยู่ด้วย และทำการวิเคราะห์ประสิทธิภาพ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมการคำนวณทางทฤษฎี

```

%Project By Matlab
clear all
dD=[0.09 0.16 0.25 0.36 0.49 0.64];
N1=length(dD);
Kmc=0.1;
Kd=0.2;
Ks=0.7;
Kj=1.0;
Aj=0.3;
As=1.5;
Ad=1.3;
Gj=1000;%water
Gs=900;%oil
Ms=0.3;%oil
Md=0.5;%oil
for y=1:N1;
    B=dD(1,y);
    loop=0.01;
    x=1;
    n=0.01;
    while (n>=0.001);
        Z=loop*(x);
        F=Z*Gs/Gj;
        Cd=F*Gj/(F*Gj+Gs);
        Gd=(F+1)*Gj*Gs/(F*Gj+Gs);
        Ed=Gd/Gj;
        Es=Gs/Gj;
        Cdm=Cd*Gs/Gd;
        Hdp(x,y)=B*(2+2*F^2*Gj*B/(Ms*Gs*(1-B)))
        -B^2*(1+F*Gj/Gs)/(Md*Cd+(1-Cd))*(2+2*Md*F)...
        -(B*(1+F*Gj/Gs)/(Md*Cd+(1-Cd)))^2*Kmc*Gd/Gj;
        Hd(x,y)=-B^2*(1+F*Gj/Gs)^2*Ed/(Md*Cd+(1-Cd))^2*(Kd-Ad*(1-
        Cdm+Cdm*Md^2));
        Hs(x,y)=F^2*B^2/(1-B)^2*(Gj/Gs)^2*Es*(As*Ms^2+Ks)/Ms^2;
        Hp(x,y)=Aj+Kj;
        H(x,y)=Hd(x,y)-Hs(x,y)+Hdp(x,y);
        He(x,y)=Hp(x,y)-Hd(x,y)-Hdp(x,y);
        n=100*F*Gs*H(x,y)/(Gj*He(x,y));
        Eff(x,y)=n;
        Flo(x,y)=Z;
        HR(x,y)=H(x,y)/He(x,y);
        x=x+1;
    end
end
figure(1);
plot(Flo(:,1),Eff(:,1),'r-',Flo(:,2),Eff(:,2),'r-
',Flo(:,3),Eff(:,3),'r-',Flo(:,4),Eff(:,4),'b-'.
',Flo(:,5),Eff(:,5),'r-',Flo(:,6),Eff(:,6),'r-');
axis([0 3 0 20]);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

title('Graph1 (d/D)');
xlabel('Flow rate ratio(QR)');
ylabel('Efficiency(Eff)');
text(1.2,9.4,'d/D=0.3');
text(0.8,11.5,'d/D=0.4');
text(0.6,13,'d/D=0.5');
text(0.4,14.1,'d/D=0.6');
text(0.2,15,'d/D=0.7');
text(0.1,16,'d/D=0.8');
figure(2);
plot(HR(:,1),Eff(:,1),'r',HR(:,2),Eff(:,2),'r',HR(:,3),
    ,Eff(:,3),'r',HR(:,4),Eff(:,4),'b-',HR(:,5),Eff(:,5),'r-
',HR(:,6)
    ,Eff(:,6),'r-');
axis([0 2.1 0 20]);
title('Graph2 (d/D)');
xlabel('Head ratio(HR)');
ylabel('Efficiency(Eff)');
text(0.09,9.4,'d/D=0.3');
text(0.18,11.5,'d/D=0.4');
text(0.3,13.3,'d/D=0.5');
text(0.5,14.1,'d/D=0.6');
text(0.8,14,'d/D=0.7');
text(1.2,12,'d/D=0.8');
figure(3);
plot(HR(:,1),Flo(:,1),'r-',HR(:,2),Flo(:,2),'r-
',HR(:,3),Flo(:,3),'r-
',HR(:,4),Flo(:,4),'r-',HR(:,5),Flo(:,5),'r-',HR(:,6),
    Flo(:,6),'r-');
axis([0 2.1 0 2.5]);
title('Graph3 (d/D)');
xlabel('Head ratio(HR)');
ylabel('Flow rate ratio(QR)');
text(0.1,1.5,'d/D=0.3');
text(0.2,0.87,'d/D=0.4');
text(0.33,0.53,'d/D=0.5');
text(0.55,0.38,'d/D=0.6');
text(0.9,0.23,'d/D=0.7');
text(1.6,0.15,'d/D=0.8');
Msv=[0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 0.9 1];
N2=length(Msv);
dD=0.25;
B=dD;
for y=1:N2;
    Ms=Msv(1,y);
    loop=0.01;
    x=1;
    n=0.01;
    while (n>=0.001);
        Z=loop*(x);
        F=Z*Gs/Gj;
        Cd=F*Gj/(F*Gj+Gs);
        Gd=(F+1)*Gj*Gs/(F*Gj+Gs);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

Ed=Gd/Gj;
Es=Gs/Gj;
Cdm=Cd*Gs/Gd;
Hdp(x,y)=B*(2+2*F^2*Gj*B/(Ms*Gs*(1-B)))-
B^2*(1+F*Gj/Gs)/(Md*Cd+(1-Cd))*(2+2*Md*F)
-(B*(1+F*Gj/Gs)/(Md*Cd+(1-Cd)))^2*Kmc*Gd/Gj;
Hd(x,y)=-B^2*(1+F*Gj/Gs)^2*Ed/(Md*Cd+(1-Cd))^2*(Kd-Ad*(1-
Cdm+Cdm*Md^2));
Hs(x,y)=F^2*B^2/(1-B)^2*(Gj/Gs)^2*Es*(As*Ms^2+Ks)/Ms^2;
Hp(x,y)=Aj+Kj;
H(x,y)=Hd(x,y)-Hs(x,y)+Hdp(x,y);
He(x,y)=Hp(x,y)-Hd(x,y)-Hdp(x,y);
n=100*F*Gs*H(x,y)/(Gj*He(x,y));
EffMs(x,y)=n;
FloMs(x,y)=Z;
%HR(x,y)=H(x,y)/He(x,y);
x=x+1;
end
end
figure(4);
plot(FloMs(:,1),EffMs(:,1),'r-',FloMs(:,2),EffMs(:,2),'r-
',FloMs(:,3),EffMs(:,3),'r-',FloMs(:,4),EffMs(:,4),'r-
',FloMs(:,5),EffMs(:,5),'r-',FloMs(:,6),EffMs(:,6),'r-
',FloMs(:,7),EffMs(:,7),'r-',FloMs(:,8),EffMs(:,8),'r-...
',FloMs(:,9),EffMs(:,9),'r-',FloMs(:,10),EffMs(:,10),'r-');
axis([0 2 0 20]);
title('Graph4 (Ms)');
xlabel('Flow rate ratio (QR)');
ylabel('Efficiency(Eff)');
legend('Ms=1','Ms=0.9','Ms=0.8','Ms=0.7','Ms=0.6','Ms=0.5','Ms=0.4','M
s=0.3
','Ms=0.2','Ms=0.1');
Mdv=[0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 0.9 1];
N3=length(Mdv);
dD=0.25;
B=dD;
Ms=0.3;
for y=1:N3;
Md=Mdv(1,y);
loop=0.01;
x=1;
n=0.01;
while (n>=0.001);
Z=loop*(x);
F=Z*Gs/Gj;
Cd=F*Gj/(F*Gj+Gs);
Gd=(F+1)*Gj*Gs/(F*Gj+Gs);
Ed=Gd/Gj;
Es=Gs/Gj;
Cdm=Cd*Gs/Gd;
Hdp(x,y)=B*(2+2*F^2*Gj*B/(Ms*Gs*(1-B)))-
B^2*(1+F*Gj/Gs)/(Md*Cd+(1-Cd))*(2+2*Md*F)

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

- (B*(1+F*Gj/Gs) / (Md*Cd+(1-Cd)))^2*Kmc*Gd/Gj;
Hd(x,y)=-B^2*(1+F*Gj/Gs)^2*Ed/(Md*Cd+(1-Cd))^2*(Kd-Ad*(1-
Cdm+Cdm*Md^2));
Hs(x,y)=F^2*B^2/(1-B)^2*(Gj/Gs)^2*Es*(As*Ms^2+Ks)/Ms^2;
Hp(x,y)=Aj+Kj;
H(x,y)=Hd(x,y)-Hs(x,y)+Hdp(x,y);
He(x,y)=Hp(x,y)-Hd(x,y)-Hdp(x,y);
n=100*F*Gs*H(x,y)/(Gj*He(x,y));
EffMd(x,y)=n;
FloMd(x,y)=Z;
%HR(x,y)=H(x,y)/He(x,y);
x=x+1;
end
end
figure(5);
plot(FloMd(:,1),EffMd(:,1),'r-',FloMd(:,2),EffMd(:,2),'r-
',FloMd(:,3),EffMd(:,3),'r-',FloMd(:,4),EffMd(:,4),'r-'...
',FloMd(:,5),EffMd(:,5),'r-',FloMd(:,6),EffMd(:,6),'r-
',FloMd(:,7),EffMd(:,7),'r-',FloMd(:,8),EffMd(:,8),'r-'...
',FloMd(:,9),EffMd(:,9),'r-',FloMd(:,10),EffMd(:,10),'r-');
axis([0 2 0 20]);
title('Graph5 (Md)');
xlabel('Flow rate ratio(QR)');
ylabel('Efficiency(Eff)');
legend('Md=0.1','Md=0.2','Md=0.3','Md=0.4','Md=0.5','Md=0.6','Md=0.7',
'Md=0
.8','Md=0.9','Md=1');

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



การศึกษาสมรรถนะของเจ็ทปั๊มสำหรับของเหลวต่างชนิด¹

เกริกจตุการ พันธุ์พัฒนกุล², ณัฐพล เจียมบุรเศรษฐ์², จำลอง ปรามแก้ว³

บทคัดย่อ

เจ็ทปั๊ม มีส่วนประกอบสำคัญคือ หัวฉีด, ท่อดูด, ท่อผสม และ ท่อลดความเร็ว โดยไม่มีชิ้นส่วนใดเคลื่อนที่หรือหมุน หลักการทำงานของเจ็ทปั๊มจะอาศัยหลักกลศาสตร์ของไหล คือ การให้ของไหลที่มีความดันสูงไหลผ่านหัวฉีด ด้วยความเร็วสูง ทำให้ความดันรอบๆ ปลายหัวฉีดตรงทางเข้าห้องผสมต่ำกว่าความดันบรรยากาศ ส่งผลให้ของไหลที่อยู่ในช่องทางดูด ถูกดูดเข้ามาในห้องผสมแล้วเกิดโมเมนตัมเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเฉลี่ยระหว่างของไหลจากหัวฉีดกับของไหลจากท่อดูด โดยของไหลทั้งสองจะผสมกันและไหลผ่านท่อลดความเร็ว ออกไปทางท่อส่ง ในการออกแบบเจ็ทปั๊มต้องการให้ทุกส่วนประกอบให้มีการสูญเสียพลังงานการไหลที่น้อยที่สุด โครงการนี้ได้ศึกษาถึงประสิทธิภาพของเจ็ทปั๊มเพื่อนำไปประยุกต์ใช้สำหรับของเหลวต่างชนิดกัน โดยการวิเคราะห์ทฤษฎีและเขียนโปรแกรมคำนวณหาค่าสมรรถนะของเจ็ทปั๊ม เพื่อศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงขนาดวัดผ่านศูนย์กลางของหัวฉีดต่อขนาดต่อวัดผ่านศูนย์กลางของท่อผสม (d/D) = 0.4, 0.5 และ 0.6 โดยให้ของไหลจากหัวฉีดเป็นน้ำซึ่งมีค่าน้ำหนักจำเพาะ (γ_j) = 9810 kg/m²s² เป็นของเหลวขับดันจากหัวฉีด และของเหลวจากท่อดูดเป็นน้ำมันที่มีน้ำหนักจำเพาะ (γ_s) = 7926 kg/m²s² จากผลการคำนวณจะได้ค่าประสิทธิภาพสูงที่สุดที่ขนาดวัดผ่านศูนย์กลางของหัวฉีดต่อขนาดต่อวัดผ่านศูนย์กลางของท่อดูด (d/D) = 0.6 และเมื่อเปลี่ยนแปลงชนิดของเหลว โดยค่าสัดส่วนของน้ำหนักจำเพาะของของเหลวจากท่อดูดกับน้ำหนักจำเพาะของของเหลวในหัวฉีด (γ_s/γ_j) ผลคือประสิทธิภาพจะสูงขึ้นตามสัดส่วนของน้ำหนักจำเพาะของของเหลวจากท่อดูดกับน้ำหนักจำเพาะของของเหลวในหัวฉีด แต่อัตราส่วนการไหลของของเหลวที่ท่อดูดกับอัตราการไหลของของเหลวที่หัวฉีดจะลดลง ที่ช่วงอัตราส่วนการไหล 0 ถึง 0.65

Abstract

Jet pump participate assemble important be Nozzle, Suction tube, Mixing tube and Diffuser tube the speed by have no which component moves or turn. The principle works of Jet pump will live science pillar of fluid be fluid give that have high pressure flows through the Nozzle with high speed make the pressure round head end Nozzle straight room entrance mixes to lower atmosphere pressure cause location fluid in the way sucks touch suck come in a room has mixed then is born momentum to move with the speed shares between fluid from the Nozzle with fluid from Suction tube. By bilateral fluid will mix and flow through a Diffuser tube go out tube way sends Jet pump want to every the components has losing energy flowing least. This project has studied to arrive at the efficiency will of Jet pump in order to induce apply for liquid differs a kind. By the analysis seeks the algebraic equation and write a program calculate to seek capacity value of Jet pump for study of something the size changes the junction in the Nozzle to build the size builds a changes the junction of a Mixing tube at (d/D) = 0.4, 0.5, and 0.6 by give fluid from the Nozzle which be valuable the weight particularly (γ_j) = 9810 kg/m²s² be liquid drives from the Nozzle and liquid from a Suction tube it that weigh particularly (γ_s) = 7926 kg/m²s². From the calculation will have efficiency High value most at temple size changes the junction in the Nozzle to build the size builds a temple changes the junction of a Suction tube (d/D) = 0.6 and when modify liquid kind by proportion value of the weight particularly of liquid from a Suction tube with the weight particularly of liquid in the Nozzle (γ_s/γ_j). The efficiency will High go up in proportion of the weight particularly of liquid from a Suction tube with the weight particularly of liquid in the Nozzle but the proportion of flowing rate of liquid that a Suction tube with flowing rate of liquid that the head will have injected to is down at 0 ratio flowing period arrives at 0.65.

1. บทนำ

การปรับเปลี่ยนแรงดันหรือความดันของของไหล ไม่ว่าจะเป็นน้ำ อากาศ หรือของไหลชนิดอื่นๆ สามารถทำได้โดยการใช้อุปกรณ์จำพวกปั๊ม ซึ่งปั๊มก็มีหลากหลายชนิดขึ้นอยู่กับลักษณะของงานที่ต้องการใช้ที่แตกต่างกันตามความเหมาะสม และเจ็ทปั๊มก็เป็นอีกประเภทหนึ่งที่ได้นำมาประยุกต์ใช้งานเป็นจำนวนมากในโรงงานอุตสาหกรรมเพราะมีลักษณะที่ไม่ซับซ้อน ไม่มีส่วนที่เคลื่อนที่ เจ็ทปั๊มมีจุดประสงค์เพื่อการขนถ่ายของไหลที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับน้ำหรือของผสมที่อาจปนมากับน้ำเช่น ผุ่น ทรายน ก้อนหินเล็ก น้ำมัน สารเคมีไปในที่ที่ต้องการ การจะนำเจ็ทปั๊มมาใช้งานต้องมีอุปกรณ์อีกหลายอย่างมาประกอบกัน งานที่ใช้เจ็ทปั๊มต้องให้เหมาะสมที่สุดเพื่อป้องกันการสูญเสียพลังงาน และผลกระทบต่อประสิทธิภาพของเจ็ทปั๊มขึ้นกับอุปกรณ์เหล่านี้ด้วยการศึกษาอุปกรณ์และองค์ประกอบอื่นมีความจำเป็นอย่างมากที่ต้องทำการศึกษาวิจัย เพื่อทำให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุดในแต่ละอุปกรณ์และองค์ประกอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่ออังกฤษ “The Study Performance Of Jet Pump For Difference Types Of Liquid”

² นักศึกษานิติศาสตร์วิศวกรรมเครื่องกล สจล. ห้อง 4G รหัส 48010066 และ 48010268 ตามลำดับ

³ รองศาสตราจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล สจล., โทร. 02 326 4197, อีเมล kpchamlo@kmitl.ac.th

สัญลักษณ์ (Nomenclature)

A : พื้นที่หน้าตัด (m^2)	Q : อัตราการไหลโดยปริมาตร (m^3/s)
B : อัตราส่วนพื้นที่หน้าตัดระหว่างหัวฉีดและห้องผสม	v : ความเร็ว (m/s)
C_d : ความเข้มข้นโดยปริมาตร (Concentration by volume)	W : อัตราการไหลโดยน้ำหนัก (mg/s)
C_{md} : ความเข้มข้นโดยมวล (Concentration by volume)	α : สัมประสิทธิ์ของความเร็ว (Coefficient of velocity)
F : แรง (N)	γ : น้ำหนักจำเพาะ (Specific weight)
H : Total head (m)	ε : ค่าความถ่วงจำเพาะ (Specific gravity)
H_e : Effective head (m)	μ : ค่าสัมประสิทธิ์การลื่นไถล (Slip factor)
H_d : Discharge head (m)	Φ : Flow rate ratio
H_p : Drive head (m)	η : ประสิทธิภาพ (Efficiency)
H_s : Suction head (m)	สัญลักษณ์ตัวห้อย (Subscript)
h : Loss of head	-d : ด้านจ่าย (Diffuser)
K : Loss of factor	-j : หัวฉีด (Nozzle)
M : อัตราการไหลโดยมวล (kg/s)	-mc : ห้องผสม (Mixing chamber)
P : ความดัน (N/m^2)	-s : ด้านดูด (Suction side)

1.1 วัตถุประสงค์ของโครงการ

- 1.1.1 ศึกษาทฤษฎีประสิทธิภาพของเจ็ทปั๊ม
- 1.1.2 คำนวณหาประสิทธิภาพโดยโปรแกรมจากทฤษฎี
- 1.1.3 ทำการทดลองและเปรียบเทียบกับผลการทดลองกับผลจากทฤษฎี

1.2 ขอบเขตของโครงการ

โครงการนี้ศึกษาถึงปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพ นั่นคือ ขนาดพื้นที่หน้าตัดของหัวฉีด กับพื้นที่หน้าตัดของห้องผสม อัตราส่วนความหนาแน่น แรงเสียดทานที่เกิดขึ้นในท่อดูดและห้องผสม โดยใช้ของเหลวต่างชนิดกันในการทดสอบ

1.3 วิธีการดำเนินงาน

โครงการนี้เริ่มต้นด้วยการศึกษาถึงหลักการทำงานของเจ็ทปั๊ม เพื่อทำการสร้างสมการในการคำนวณหาประสิทธิภาพของเจ็ทปั๊ม และนำไปคำนวณหาประสิทธิภาพ แล้วเปรียบเทียบกับปัจจัยที่จะศึกษาต่อจากนั้นสร้างชุดทดสอบขึ้นมาเพื่อเปรียบเทียบข้อมูลจากการทดสอบกับทฤษฎีและทำการสรุปผล

2. การวิเคราะห์สมการสำหรับการคำนวณประสิทธิภาพเจ็ทปั๊ม

สมการหลักที่ใช้ในการวิเคราะห์มีด้วยกัน 3 สมการ ได้แก่ สมการโมเมนตัม สมการการไหลต่อเนื่อง และสมการพลังงาน และมีเงื่อนไขในการใช้ทฤษฎีต่างๆ คือ ของไหลทั้งสองไม่สามารถอัดตัวได้ ความเร็วเฉลี่ยแต่ละพื้นที่ที่เท่ากันตลอดทั้งหน้าตัด อุณหภูมิทุกที่เท่ากันตลอด ไม่มีการสูญเสียความร้อนออกนอกระบบ ความหนาของหัวฉีดเท่ากับศูนย์ ระยะระหว่างปลายหัวฉีดกับทางเข้าห้องผสมมีค่าเท่ากับศูนย์ การกระจายความดันคงที่ตลอดภายในห้องผสม ไม่มีแรงภายนอกมากระทำ ของไหลเป็นสารบริสุทธิ์ไม่มีตะกอนหรือสิ่งเจือปน

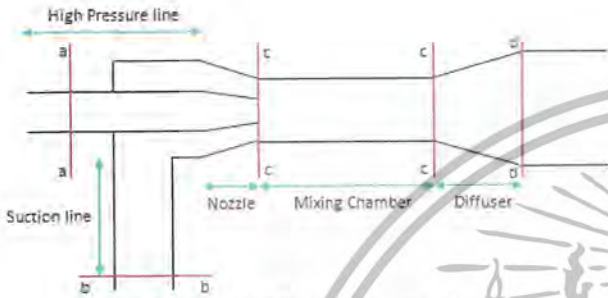
การเกิดผลประสิทธิภาพนั้นจะขึ้นกับปัจจัยในหลายๆอย่างและหลายๆตัวแปร ซึ่งในบทนี้เราจะทำการศึกษาตัวแปรที่ทำให้มีผลต่อประสิทธิภาพคือ อัตราการไหล อัตราส่วนความดัน อัตราส่วนพื้นที่ของหัวฉีดและทางเข้าห้องผสม จึงทำให้ได้ประสิทธิภาพอยู่ในรูปของ อัตราการไหล และอัตราส่วนความดัน แล้วนำสมการไปหาประสิทธิภาพสูงสุดโดยใช้โปรแกรมในการวิเคราะห์ เราใช้หลักทฤษฎีในการวิเคราะห์สมการเพื่อหาประสิทธิภาพคือ ทฤษฎีโมเมนตัม ระหว่างหน้าตัด c-c

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และ d-d ทฤษฎีสอดคล้องพลังงาน ระหว่างหน้าตัด a-a และ c-c ทฤษฎี สอดคล้องพลังงาน ระหว่างหน้าตัด b-b และ c-c, และระหว่างหน้าตัด d-d และ e-e ทฤษฎีการไหลต่อเนื่อง ในการเชื่อมโยงของสมการและตัวแปร ต่างๆเข้าด้วยกัน ทฤษฎีเบอร์นูลลี ในการหาเสตของปั๊ม เสตของท่อดูด เสตของท่อส่ง

สมการประสิทธิภาพของปั๊มน้ำแบบหัวฉีด

$$\eta = \frac{\gamma_s Q_s H}{\gamma_j Q_j H_c} = \Phi \frac{H}{H_c} = \Phi \frac{H_d - H_s}{H_p - H_d} \quad (1)$$



รูปที่ 1 แสดงหน้าตัดต่างๆของเจ็ทปั๊ม

วิธีการหาสมการเริ่มต้นด้วยสมการต่อเนื่อง

$$Q_d = Q_j + Q_s \quad (2)$$

$$A_d = A_j + A_s \quad (3)$$

$$Q_s = \mu_s v_s A_s \quad (4)$$

$$W_d = W_j + W_s \quad (5)$$

$$\gamma_d Q_d = \gamma_j Q_j + \gamma_s Q_s \quad (6)$$

$$W_s = \gamma_s \mu_s v_s A_s \quad (7)$$

$$\Phi = \frac{W_s}{W_j} = \frac{Q_s \gamma_s}{Q_j \gamma_j} \quad (8)$$

$$\gamma_d = \frac{W_d}{Q_d} = \frac{W_s + W_j}{Q_s + Q_j} = \frac{Q_s \gamma_s + Q_j \gamma_j}{Q_s + Q_j} = \frac{(\Phi + 1) \gamma_j \gamma_s}{\Phi \gamma_j + \gamma_s} \quad (9)$$

$$C_d = \frac{Q_s}{Q_s + Q_j} = \frac{\Phi \gamma_j}{\Phi \gamma_j + \gamma_s} \quad (10)$$

$$V_s = \frac{Q_s}{\mu_s A_s} = \frac{\Phi Q_j \gamma_j}{\mu_s A_s \gamma_s} = \frac{\Phi v_j A_j \gamma_j}{\mu_s A_s \gamma_s} \quad (11)$$

$$Q_d = v_d A_d (1 - C_d) + \mu_d v_d A_d C_d = v_d A_d [\mu_d C_d + (1 - C_d)] \quad (12)$$

$$v_d = \frac{Q_d}{A_d [\mu_d C_d + (1 - C_d)]} = \frac{B v_j (1 + \Phi \frac{\gamma_j}{\gamma_s})}{[\mu_d C_d + (1 - C_d)]} \quad (13)$$

$$B = \frac{A_j}{A_d} \quad (14)$$

$$(1 - B) = \frac{A_s}{A_d} \quad (15)$$

$$\left(\frac{B}{1-B}\right) = \frac{A_j}{A_s} \quad (16)$$

พิจารณาสมการโมเมนตัมระหว่างพื้นที่หน้าตัด c-c และ d-d

$$\begin{aligned} \sum F &= \sum F_{hx} + \sum F_{sx} \\ &= \frac{\partial}{\partial t} \int_{cp} p v_x dV + \int_{cs} p v_x \bar{v} d\bar{A} \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมการโมเมนตัมที่หน้าตัด c-c

$$F_{mc} = \frac{v_j^2}{2g} \gamma_j A_j \left(2 + \frac{2\Phi^2 \gamma_j A_j}{\mu_s \gamma_s A_s}\right) v_s \quad (17)$$

สมการโมเมนตัมที่หน้าตัด d-d

$$F_{md} = \frac{v_j^2}{2g} \gamma_j A_j \frac{B(1+\Phi \gamma_j / \gamma_s)}{[\mu_d C_d + (1 - C_d)]} (2 + 2\mu_d \Phi) \quad (18)$$

สมการโมเมนตัมการสูญเสียแรงเสียดทานภายในผิวของห้องผสม

$$\begin{aligned} \text{ระหว่างหน้าตัด c-c ถึง d-d} \\ F_t = \frac{v_j^2 B^2 (1 + \Phi \gamma_j / \gamma_s)^2}{2g [\mu_d C_d + (1 - C_d)]^2} K_{mc} A_d \gamma_d \quad (19) \end{aligned}$$

สมการโมเมนตัมการหาแรงที่เกิดขึ้นเนื่องจากความดันที่เปลี่ยนแปลง

$$\begin{aligned} F_p &= \int_0^r (P_d - P_c) 2\pi r dr \\ &= \int_0^r P_d 2\pi r dr - \int_0^r P_c 2\pi r dr \end{aligned}$$

จากกฎอนุรักษ์โมเมนตัม

$$\begin{aligned} \sum F_c &= \sum F_d \\ F_p &= \frac{v_j^2}{2g} \left[B \left(2 + \frac{2\Phi^2 \gamma_j B}{\mu_s \gamma_s (1-B)}\right) - \frac{B^2 (1 + \Phi \gamma_j / \gamma_s)}{[\mu_d C_d + (1 - C_d)]} \right. \\ &\quad \left. \times (2 + 2\mu_d \Phi) - \frac{B^2 (1 + \Phi \gamma_j / \gamma_s)^2}{[\mu_d C_d + (1 - C_d)]^2} K_{mc} \frac{\gamma_d}{\gamma_j} \right] \quad (20) \end{aligned}$$

พิจารณาจากสมการเบอร์นูลลีในการหาเสตปั๊ม

$$H_p = \int_0^r \frac{P_c 2\pi r}{A_c \gamma_j} dr + \frac{v_j^2}{2g} (\alpha_j + K_j) \quad (21)$$

พิจารณาจากสมการ เบอร์นูลลีในการหาเสตท่อส่ง

$$\begin{aligned} H_s &= \int_0^r \frac{P_c 2\pi r}{A_c \gamma} dr + \frac{v_s^2 \Phi^2 B^2}{2g (1-B)^2} \left(\frac{\gamma_j}{\gamma_s}\right)^2 \frac{\gamma_s}{\mu_s^2} (\alpha_s \mu_s^2 + K_s) \\ h_s &= K_s \frac{v_s^2}{2g} \\ \varepsilon_s &= \frac{\gamma_s}{\gamma_j} \quad (22) \end{aligned}$$

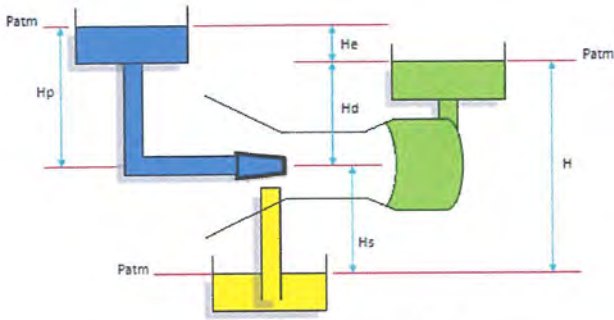
พิจารณาจากสมการเบอร์นูลลีในการหาเสตท่อส่ง

$$\begin{aligned} H_d &= \int_0^r \frac{P_d 2\pi r}{A_d \gamma_j} dr - \frac{v_j^2 \varepsilon_d B^2 (1 + \Phi \gamma_j / \gamma_s)^2}{2g [\mu_d C_d + (1 - C_d)]^2} \\ &\quad \times [K_{d1} - \alpha_d (1 - C_{md} + C_{md} \mu_d^2)] \quad (23) \end{aligned}$$

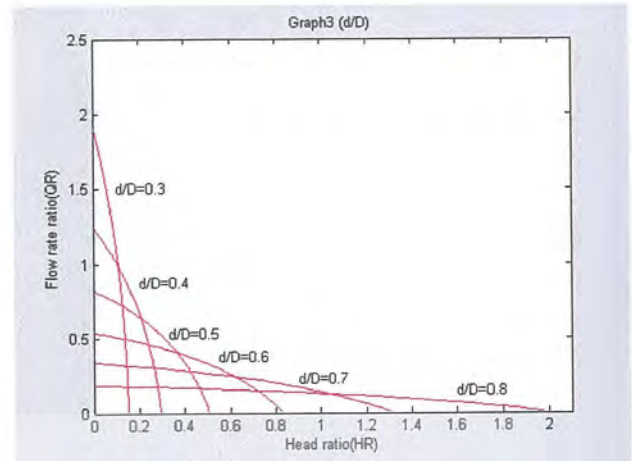
$$\begin{aligned} \varepsilon_d &= \frac{\gamma_d}{\gamma_j} \\ C_{dm} &= \frac{\Phi \gamma_j \gamma_s}{\Phi \gamma_j \gamma_d + \gamma_s \gamma_d} \quad (24) \end{aligned}$$

สมการประสิทธิภาพเมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์คือ

$$\eta = \frac{\gamma_s Q_s H}{\gamma_j Q_j H_c} \times 100\% = \Phi \frac{H}{H_c} \times 100\% = \Phi \frac{H_d - H_s}{H_p - H_d} \times 100\% \quad (25)$$

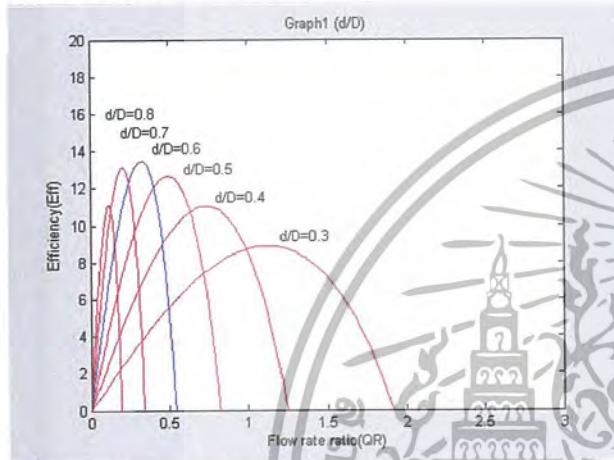


รูปที่ 2 แสดงเขตที่ตำแหน่งต่างๆ

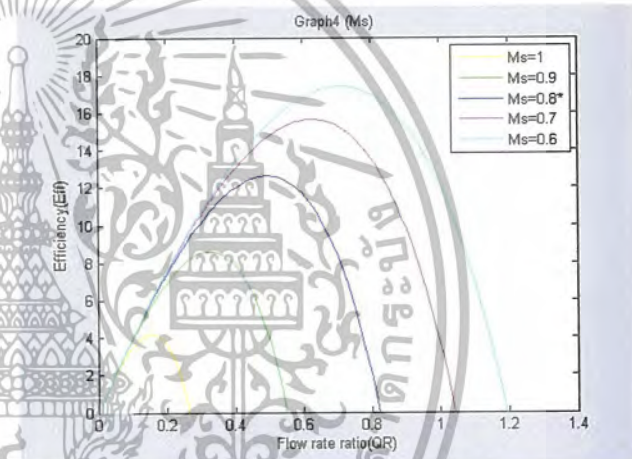


รูปที่ 5 แสดงความสัมพันธ์ของอัตราส่วนการไหลกับอัตราส่วนของเขต โดยเปรียบเทียบอัตราส่วนของวัดผ่านศูนย์กลางของหัวฉีดกับวัดผ่านศูนย์กลางของท่อผสม

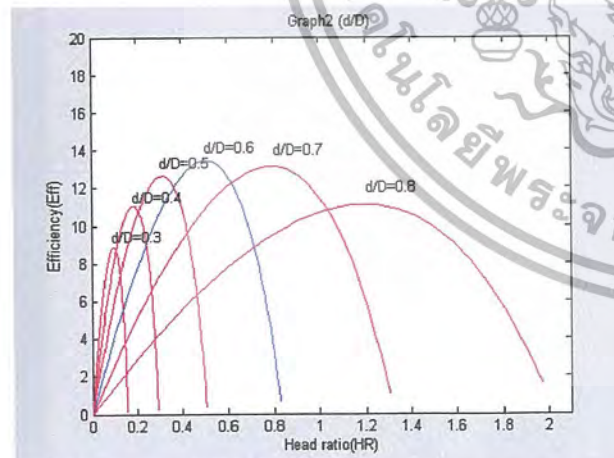
3. ผลการคำนวณโดยโปรแกรมเมทแล็บ



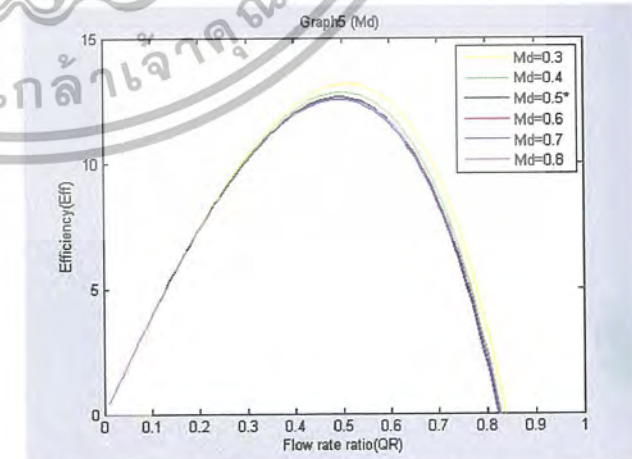
รูปที่ 3 แสดงความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพกับอัตราส่วนการไหล โดยเปรียบเทียบอัตราส่วนของวัดผ่านศูนย์กลางของหัวฉีดกับวัดผ่านศูนย์กลางของท่อผสม



รูปที่ 6 แสดงความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพกับอัตราส่วนการไหล โดยเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์เสียดทานที่ท่อจุด

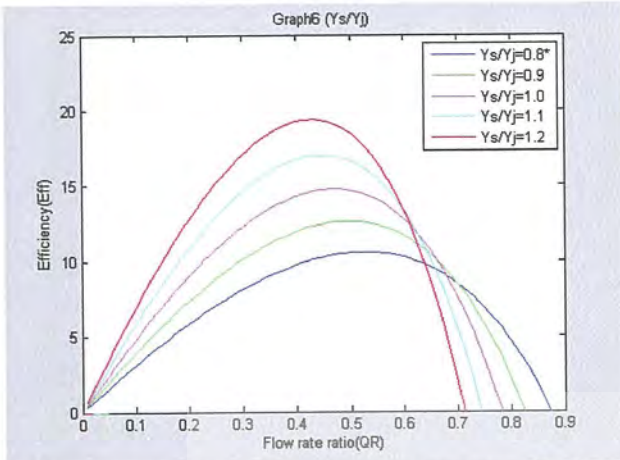


รูปที่ 4 แสดงความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพและอัตราส่วนของเขต โดยเปรียบเทียบอัตราส่วนของวัดผ่านศูนย์กลางของหัวฉีดกับวัดผ่านศูนย์กลางของท่อผสม

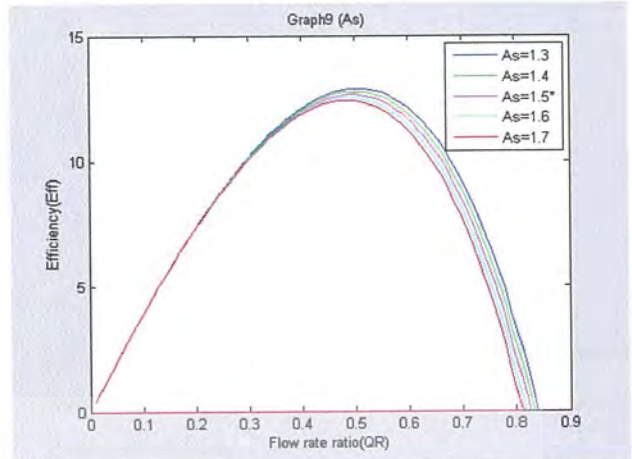


รูปที่ 7 แสดงความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพกับอัตราส่วนการไหล โดยเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์เสียดทานที่ท่อส่ง

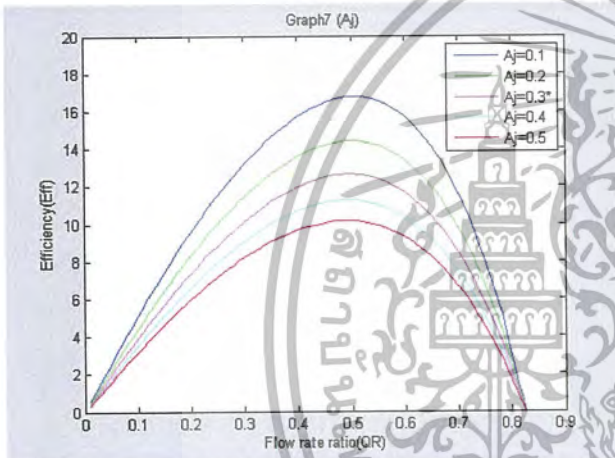
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



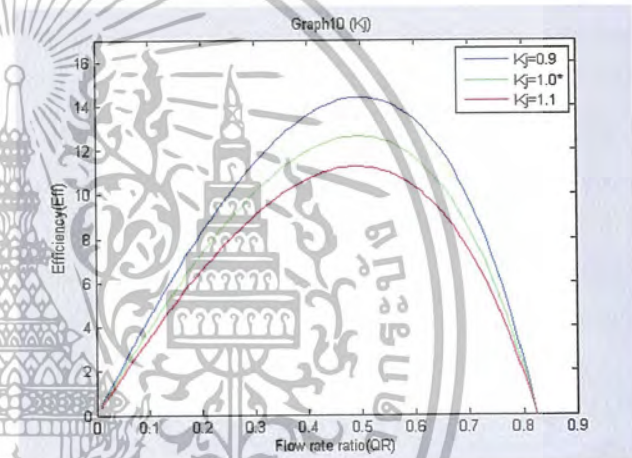
รูปที่ 8 แสดงความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพกับอัตราส่วนการไหลโดยเปรียบเทียบอัตราส่วนน้ำหนักจำเพาะของของไหล 2 ชนิด



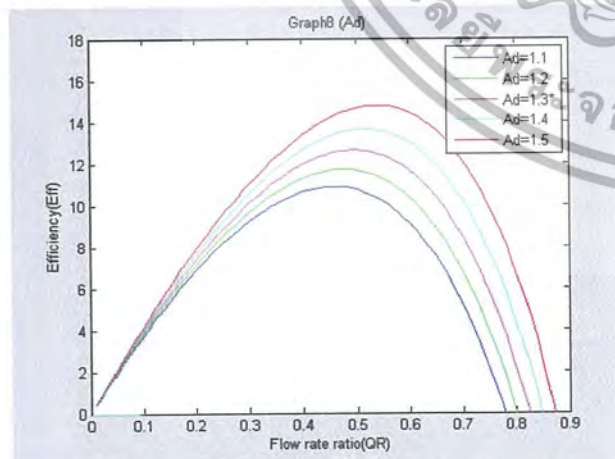
รูปที่ 11 แสดงความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพกับอัตราส่วนการไหลโดยเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์ความเร็วที่ท่อดูด



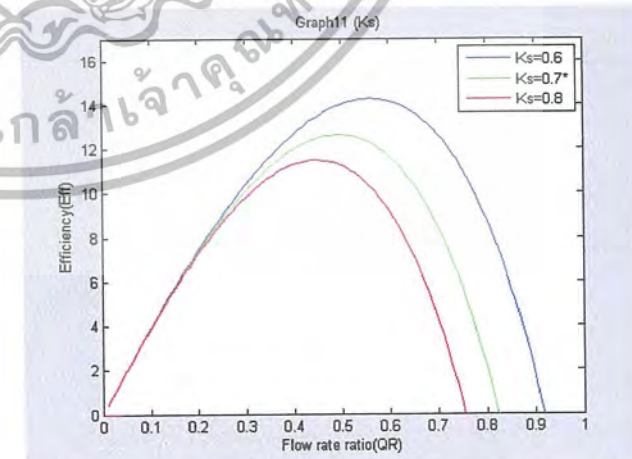
รูปที่ 9 แสดงความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพกับอัตราส่วนการไหลโดยเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์ความเร็วที่หัวฉีด



รูปที่ 12 แสดงความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพกับอัตราส่วนการไหลโดยเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์การสูญเสียที่หัวฉีด



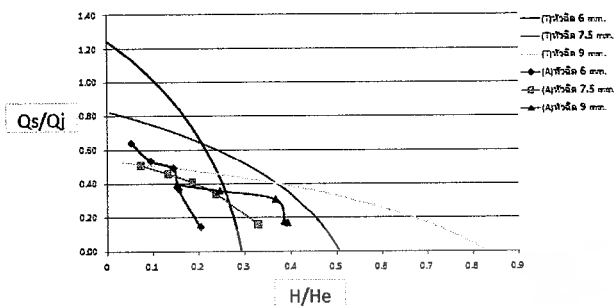
รูปที่ 10 แสดงความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพกับอัตราส่วนการไหลโดยเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์ความเร็วที่ท่อส่ง



รูปที่ 13 แสดงความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพกับอัตราส่วนการไหลโดยเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์การสูญเสียที่ท่อดูด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยอัตราส่วนวัตต์ผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 0.4 จะมีประสิทธิภาพต่ำสุดเท่ากับ 7 เปอร์เซ็นต์ อัตราส่วนของอัตราการไหลอยู่ที่ 0.47 ลักษณะกราฟเป็นเส้นโค้งทั้ง 3 ขนาดสอดคล้องกับทฤษฎี



รูปที่ 19 แสดงความสัมพันธ์ของอัตราการไหลกับอัตราส่วนของเฮด โดยเปรียบเทียบอัตราส่วนของวัตต์ ผ่านศูนย์กลางของหัวฉีดกับวัตต์ผ่านศูนย์กลางของท่อผสม

รูปที่ 19 เป็นการเปรียบเทียบอัตราส่วนของอัตราการไหลของของไหลที่ท่อจุดกับอัตราการไหลของของไหลที่หัวฉีด ระหว่างการทดลองกับทฤษฎีด้วยอัตราส่วนของเฮดได้กับเฮดเสียแสดงลักษณะของเส้นกราฟว่าความสัมพันธ์ทั้งสองตัวแปรจะมีรูปแบบที่แตกต่างกัน ในแต่ละอัตราส่วนวัตต์ผ่านศูนย์กลางโดยอัตราส่วนวัตต์ผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 0.4, 0.5 และ 0.6 จะมีค่าอัตราส่วนของอัตราการไหลเพิ่มขึ้นในอัตราส่วนของเฮดได้กับเฮดเสียลดลง ลักษณะกราฟเป็นเส้นโค้งทั้ง 3 ขนาดสอดคล้องกับทฤษฎี

5. สรุปผลการทดลอง

5.1.1 จากการคำนวณด้วยโปรแกรม Matlab ได้ประสิทธิภาพสูงสุดเท่ากับ 13.8 เปอร์เซ็นต์ ที่อัตราส่วนการไหล (Q_s/Q_i) เท่ากับ 0.37 และอัตราส่วนของเฮด (H_e/H) เท่ากับ 0.57 โดยอัตราส่วนของวัตต์ผ่านศูนย์กลางของหัวฉีดกับวัตต์ผ่านศูนย์กลางของท่อผสม (d/D) เท่ากับ 0.6

5.1.2 ผลการทดลองได้ค่าประสิทธิภาพสูงสุดเท่ากับ 11.3 เปอร์เซ็นต์ ที่อัตราส่วนของอัตราการไหล 0.29 และอัตราส่วนของเฮดเท่ากับ 0.37 ที่อัตราส่วนของวัตต์ผ่านศูนย์กลางของหัวฉีดกับวัตต์ผ่านศูนย์กลางของท่อผสมเท่ากับ 0.6 โดยความสัมพันธ์ของอัตราส่วนของอัตราการไหล เมื่อเพิ่มขึ้นจะส่งผลทำให้อัตราส่วนของเฮดลดลง ความสัมพันธ์แปรผกผันกัน

5.1.3 เมื่อเปรียบเทียบผลการคำนวณกับผลการทดลอง ปรากฏว่ามีแนวโน้มสอดคล้องกัน มีค่าค่าแต่งต่างเท่ากับทฤษฎีเท่ากับ 18 เปอร์เซ็นต์จากการเปรียบเทียบประสิทธิภาพสูงสุดของการคำนวณกับการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] Munson, Bruce, Young Donald, F., Okiishi, Theodore, H. "Fundamentals of Fluid Mechanics", Fifth Edition, USA, 2006
- [2] E. Anthony, "Fluid Power with Applications," Prentice Hall, Inc, 1988.
- [3] Robert L. Norton, "Machine Design An Integrated Approach", Third Edition, Prentice Hall, Inc, 2006
- [4] รศ.ดร.จำลอง ปราบแก้ว, การศึกษาลักษณะของระบบขนถ่ายวัสดุแข็งด้วยเจ็ทปั๊ม ปริญญาโท ปี พ.ศ.2546 คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บรรณานุกรม

- [1] Munson, Bruce, Young Donald, F., Okiishi, Theodore, H.
“Fundamentals of Fluid Mechanics”, Fifth Edition, USA, 2006
- [2] E. Anthony, “Fluid Power with Applications,” Prentice Hall, Inc, 1988.
- [3] Robert L. Norton, “Machine Design An Integrated Approach”, Third Edition, Prentice Hall, Inc, 2006
- [4] รศ.ดร. จำลอง ปราบแก้ว, การศึกษาสมรรถนะของระบบขนถ่ายวัสดุแข็งด้วยเจ็ทปั๊ม ปริญญา
นิพนธ์ ปี พ.ศ.2546 คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

