

“ การพัฒนาปั้มน้ำขนาดเล็กในเชิงวิศวกรรม เพื่อการประหยัดพลังงาน ”

Engineering design and development of water pump for energy conservation

วีรชัย ชัยวรพฤกษ์, จิรโรจน์ บุรณะโรจน์, อัครพล หวานระรื่น และ ชวลิต กิตติชัยการ

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บทคัดย่อ

โครงการนี้นำเสนอการศึกษาลักษณะการไหลของน้ำภายในร่อนน้ำของปั้มน้ำ โปรแกรมสำเร็จรูปทางด้านพลศาสตร์เชิงคำนวณถูกนำมาใช้เพื่อแสดงรายละเอียดการไหลของน้ำภายในปั้มน้ำ ซึ่งผลที่ได้จากการวิเคราะห์ได้ถูกนำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาปั้มน้ำให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นเพื่อลดการใช้พลังงานลง ปั้มน้ำที่ได้รับการพัฒนาและปรับปรุงแล้วได้ถูกนำมาทดสอบเพื่อหาประสิทธิภาพ จากการทดสอบพบว่า ที่ระยะดูดของปั้มน้ำ 8 เมตรและระยะดูดรวมกับระยะส่ง 16 เมตร ปั้มน้ำที่ได้รับการพัฒนาและปรับปรุงร่อนน้ำแล้วมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นถึง 12% ในขณะที่สามารถเพิ่มอัตราการไหลของน้ำได้ 5 % และสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลงได้ถึง 6% นอกจากนี้ยังพบว่าปั้มน้ำที่ได้รับการพัฒนาแล้วสามารถลดเสียงดังที่เกิดเนื่องจากการไหลได้อีกส่วนหนึ่งด้วย

คำสำคัญ : ปั้มน้ำแบบใบพัด, พลศาสตร์เชิงคำนวณ, พลังงาน, ประสิทธิภาพ

1. บทนำ

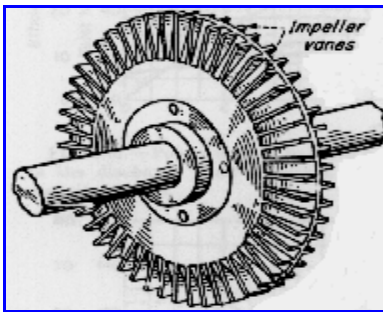
ในปัจจุบันน้ำเป็นสิ่งสำคัญทั้งในด้านการอุปโภคและบริโภค โดยทั่วไปการนำน้ำมาใช้จะต้องอาศัยการทำงานของปั้มน้ำซึ่งใช้พลังงานไฟฟ้าในการส่งน้ำจากแหล่งน้ำไปยังจุดที่ต้องการ ปั้มน้ำที่ใช้ในการศึกษาเป็นปั้มน้ำแบบใบพัด (Turbine Pump) ซึ่งมีขนาดกำลัง 150 วัตต์ และมีการใช้กันอย่างแพร่หลายในครัวเรือน โดยที่ เทคโนโลยีและรูปแบบของปั้มน้ำได้รับการพัฒนามาจากประเทศญี่ปุ่น เมื่อปั้มน้ำรุ่นนี้มีใช้กันอย่างแพร่หลายในประเทศไทย ดังนั้นการนำมาผลิตและใช้งานในประเทศไทยจึงควรมีการปรับปรุงรูปแบบภายในให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น อันจะส่งผลทำให้ประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้มากขึ้น โครงการนี้จึงมุ่งเน้นการศึกษาและวิเคราะห์ลักษณะการไหลของน้ำที่ไหลภายในร่อนน้ำของปั้มน้ำโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางด้านพลศาสตร์เชิงคำนวณ เพื่อนำผลที่ได้จากการวิเคราะห์มาปรับปรุงเพื่อลดการสูญเสียพลังงานของน้ำภายในปั้มน้ำซึ่งจะทำให้สามารถลดเสียงรบกวน

เนื่องจากการไหลและเพิ่มประสิทธิภาพของปั้มน้ำให้สูงขึ้น

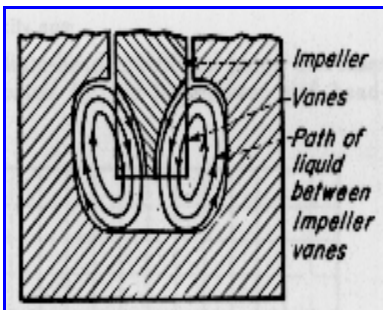
2. ทฤษฎี

ปั้มน้ำแบบปั้มน้ำใบพัด (Turbine Pump) เป็นปั้มน้ำที่ได้ออกแบบจากการผสมผสานข้อดีของปั้มน้อยโขง (Centrifugal Pump) และปั้มน้ำแบบโรตารี (Rotary Pump) เข้าด้วยกันโดยออกแบบให้มีความสามารถในการส่งน้ำด้วยความดันสูงตามแบบโรตารีกับการทำงานที่ยืดหยุ่นของแบบน้อยโขง ปั้มน้ำชนิดนี้จะมีปริมาณการส่งน้ำน้อยแต่มีความดันสูง เช่นสามารถใช้ส่งน้ำที่มีอัตราไหลโดยปริมาตร 1-200 แกลลอนต่อนาทีได้สูงถึง 500 ฟุต (Lobanoff V.S. และ Ross R.R., 1992) ข้อแตกต่างที่สำคัญระหว่างปั้มน้อยโขงและปั้มน้ำใบพัดอยู่ที่ตัวใบพัด ในปั้มน้ำใบพัดจะมีใบพัดที่มีใบทั้งสองหน้า ดังแสดงในรูปที่ 1 โดยใบของใบพัดจะหมุนอยู่ภายใน casing ของปั้มน้ำของไหลจะถูกดูดเข้ามาที่ท่อทางดูด (Suction) แล้วจะถูกใบพัดออกแรงส่งเพื่อให้มีความเร็วสูงขึ้นและส่งผลให้ไหลออกไปที่ท่อทางส่ง (Discharge) ในปั้มน้ำใบพัดของเหลวจะไหลเป็น

วงกลมระหว่างใบของใบพัด ดังแสดงในรูปที่ 2 เพราะของไหลจะเคลื่อนไปข้างหน้าในรูปของเกลียว โดยใบพัดแต่ละใบจะช่วยเพิ่มพลังงานให้กับของไหลขึ้นเรื่อยๆ ด้วยเหตุนี้พลังงานผลึกตันที่เพิ่มขึ้นให้กับของไหลจะถูกถ่ายทอดโดยใบพัด (Kristal และ Annett , 1953)

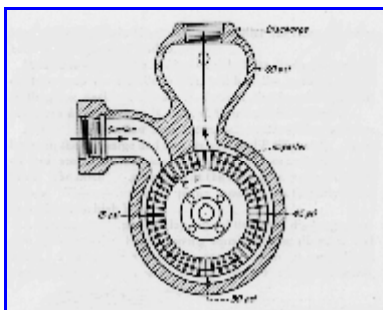


รูปที่ 1 แสดงรูปแบบใบพัดของปั๊มใบพัด



รูปที่ 2 แสดงการเคลื่อนที่ของของไหลระหว่างใบพัดเมื่อมีการหมุนของใบพัด

โดยทั่วไปปั๊มใบพัดจะให้ความดันด้านท่อส่งสูงกว่าปั๊มหยोงหลายเท่าเมื่อเทียบกับขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางของใบพัดและความเร็วรอบที่เท่ากัน ความดันจะเพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอบริเวณขอบของใบพัด ดังแสดงในรูปที่ 3 (Karassik I. J., 1986)



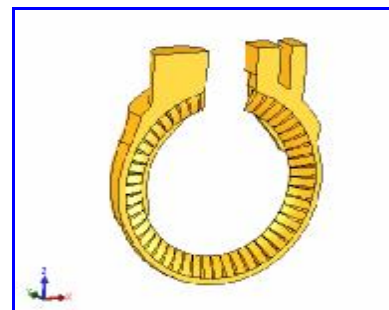
รูปที่ 3 แสดงค่าของความดันที่เพิ่มขึ้นรอบใบพัดของปั๊มใบพัดจากด้านดูดไปสู่ด้านส่ง

3. ขั้นตอนและวิธีการศึกษา

3.1 การสร้างแบบจำลอง

3.1.1 การสร้างแบบจำลองทางกายภาพ

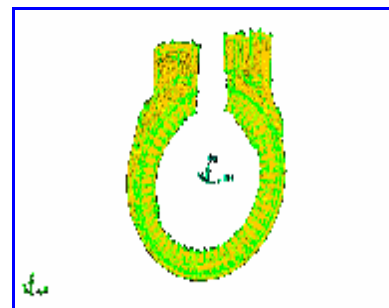
ปั๊มน้ำที่ใช้ในการศึกษาถูกนำมาจำลองโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Solidwork โดยจำลองก่อนน้ำเฉพาะบริเวณส่วนที่เป็นร่องน้ำและที่อยู่ระหว่างซีใบพัดภายในปั๊มน้ำดังแสดงในรูปที่ 4 ซึ่งในการจำลองนี้จะจำลองก่อนน้ำเพียงครึ่งเดียวเนื่องจากเป็นการไหลแบบสมมาตรและทำการตัดส่วนที่ไม่จำเป็นในการวิเคราะห์ออกเพื่อประหยัดเวลาและหน่วยความจำในการประมวลผลโดยคอมพิวเตอร์



รูปที่ 4 แสดงแบบจำลองของน้ำที่ไหลภายในปั๊ม

3.1.2 แบบจำลองตาข่ายข้อมูล

ในโปรแกรมทางด้านพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณแบบจำลองตาข่ายข้อมูล (mesh) จะถูกสร้างขึ้นเพื่อใช้ในการคำนวณสมบัติของน้ำในแต่ละจุด ดังแสดงในรูปที่ 5

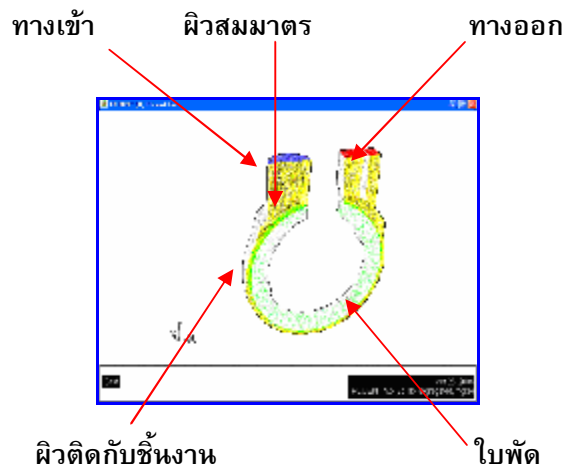


รูปที่ 5 แสดงแบบจำลองตาข่ายข้อมูล

3.2 การจำลองลักษณะการไหล

ในการศึกษาลักษณะการไหลได้มีการกำหนดเงื่อนไขค่าขอบให้กับแบบจำลองชิ้นงานโครงสร้างตาข่ายข้อมูลที่สร้างขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 6 ดังนี้

- ที่บริเวณทางเข้า : จะถูกกำหนดให้มีความดันเท่ากับ 50 kPa ซึ่งเป็นความดันที่ถูกวัดขึ้นจริงจากการทดลอง
- ที่บริเวณทางออก : จะถูกกำหนดเป็นค่าความดัน มีค่าเท่ากับศูนย์
- ที่บริเวณที่ติดกับผิวของชิ้นงานปั๊ม : จะถูกกำหนดให้เป็นผิว wall ซึ่งจะไม่มีการเคลื่อนที่ของน้ำที่ผิวชิ้นงาน
- ที่บริเวณผิวที่ถูกตัดครึ่ง : จะถูกกำหนดให้เป็น symmetry หรือผิวสมมาตร
- ที่บริเวณใบพัดของน้ำ : ถูกกำหนดให้มีความเร็วเชิงมุมเท่ากับ 3,000 รอบต่อนาที



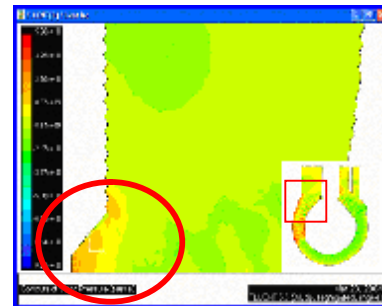
รูปที่ 6 แสดงการป้อนเงื่อนไขค่าขอบลงบนแบบจำลอง

4. ผลการศึกษา

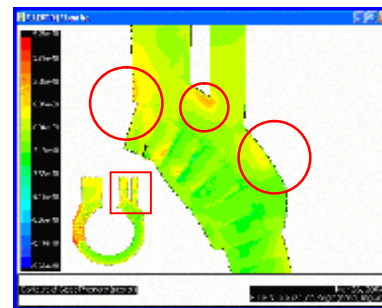
4.1 ผลการศึกษาการกระจายความดันของน้ำที่ตำแหน่งต่าง ๆ ภายในปั๊มน้ำ

จากการศึกษาลักษณะการกระจายความดันที่ตำแหน่งต่าง ๆ ภายในปั๊มน้ำ พบว่าอนุภาคของน้ำไหลเข้าชนและกระแทกกับผนังของปั๊มน้ำในหลายบริเวณทำให้เกิดจุดหยุดนิ่ง (stagnation point) ในหลายจุดซึ่งทำให้เกิดการขัดขวางการไหลและทำให้อนุภาคของน้ำมีการสูญเสียพลังงาน รูปที่ 7 และ 8 แสดงการเกิดจุดหยุดนิ่งเนื่องจากน้ำไหลเข้ากระแทกกับผนังของปั๊มน้ำที่บริเวณทางเข้าและทางออกภายในร่องน้ำของปั๊มน้ำตามลำดับ

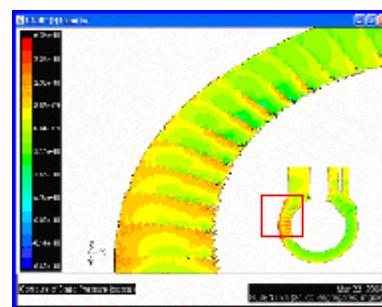
รูปที่ 9 แสดงการเกิดจุดหยุดนิ่งที่ด้านหน้าของซี่ใบพัดเนื่องจากซี่ใบพัดของปั๊มน้ำมีลักษณะเป็นใบตรงไม่ได้มีการออกแบบตามหลักพลศาสตร์ของการไหล



รูปที่ 7 แสดงการเกิดจุดหยุดนิ่งที่บริเวณทางเข้าของปั๊มน้ำ



รูปที่ 8 แสดงการเกิดจุดหยุดนิ่งที่ทางออกของปั๊มน้ำ



รูปที่ 9 แสดงการเกิดจุดหยุดนิ่งที่ด้านหน้าของซี่ของใบพัด

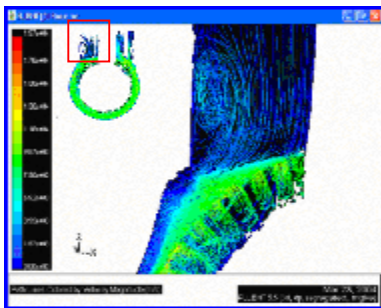
4.2 ผลการศึกษาลักษณะการไหลที่ตำแหน่งต่าง ๆ ภายในปั๊มน้ำ

จากผลการวิเคราะห์พบว่าที่บริเวณทางเข้าของร่องน้ำมีการไหลวนของน้ำเกิดขึ้นเนื่องมาจากการที่ความเร็วของน้ำมีค่าน้อยกว่าความเร็วของใบพัดทำให้น้ำถูกใบพัดตีกลับจนเป็นน้ำวนเกิดขึ้นดังแสดงในรูปที่ 10 รูปที่ 11 แสดงการไหลวนที่บริเวณช่องน้ำไหลออก

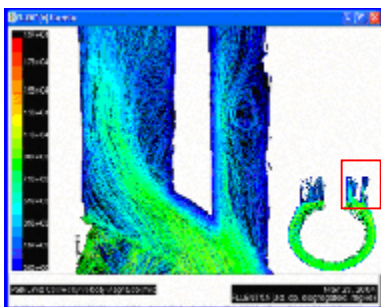
อันเกิดมาจากการที่น้ำไม่สามารถไหลเข้าสู่ช่องทางไหลได้อย่างเต็มที่ นอกจากนี้ยังพบอีกว่าที่ช่องทางออกของน้ำยังมีจุดที่ผนังของชั้นส่วนของปั้มน้ำมีการขัดขวางทิศทางการไหลทำให้น้ำไม่สามารถไหลได้เต็มช่องทางไหลซึ่งก่อให้เกิดการสูญเสียพลังงานขึ้นดังแสดงในรูปที่ 12

4.3 ผลการศึกษาลักษณะการไหลระหว่างซี่ของใบพัด

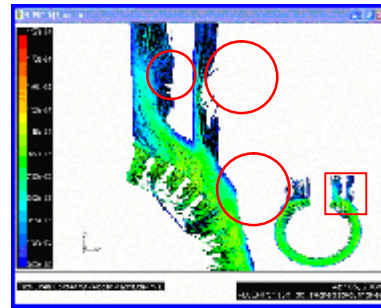
จากผลการจำลองลักษณะการไหลของน้ำในช่องระหว่างซี่ของใบพัดพบว่าการไหลของน้ำจะเป็นไปในลักษณะเกลียวหมุนไปตามร่องน้ำดังแสดงในรูปที่ 13 และ 14 แล้วจึงไหลเข้าสู่ร่องของใบพัดต่อไป ซึ่งการไหลลักษณะนี้สอดคล้องและเป็นไปตามทฤษฎีของการไหลในปั้มน้ำใบพัดดังแสดงในรูปที่ 2



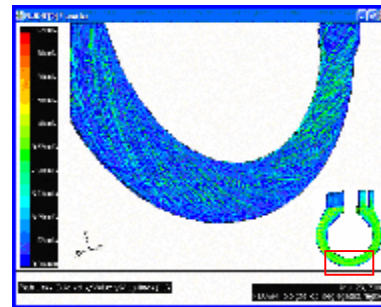
รูปที่ 10 แสดงการเกิดการไหลวนที่บริเวณทางเข้า



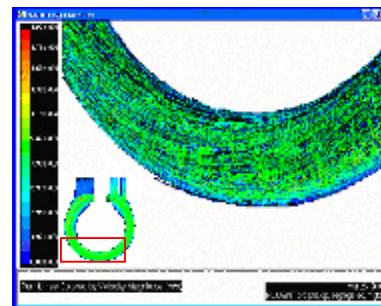
รูปที่ 11 แสดงการเกิดการไหลวนที่ช่องนำไหลออก



รูปที่ 12 แสดงบริเวณที่น้ำไม่สามารถไหลได้เต็มช่องทาง



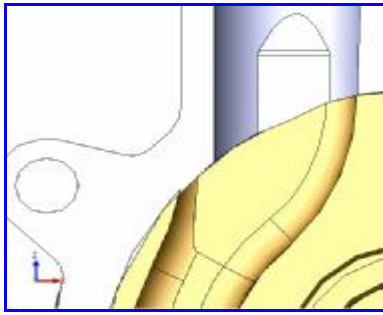
รูปที่ 13 แสดงลักษณะการไหลเป็นรูปเกลียวผ่านช่องนำไหล



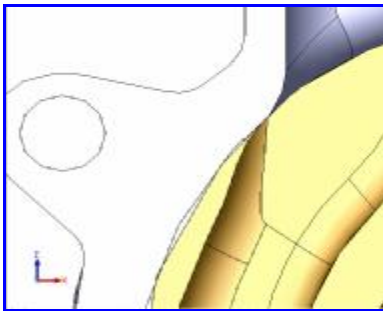
รูปที่ 14 แสดงลักษณะการไหลผ่านซี่ของใบพัด

5. ผลการพัฒนาและปรับปรุงปั้มน้ำ

จากผลการวิเคราะห์ทำให้สามารถปรับปรุงและพัฒนาปั้มน้ำได้โดยที่ทางเข้าและทางออกจากร่องน้ำได้มีการเพิ่มความโค้งให้กับขอบผนังของทางเข้าดังแสดงในรูปที่ 15 และเพิ่มความโค้งให้กับขอบผนังของทางออกดังแสดงในรูปที่ 16 นอกจากนี้ที่บริเวณซี่ของใบพัดได้มีการเพิ่มความโค้งให้กับตัวใบพัดเพื่อลดการเกิดจุดหยุดนิ่งดังแสดงในรูปที่ 17

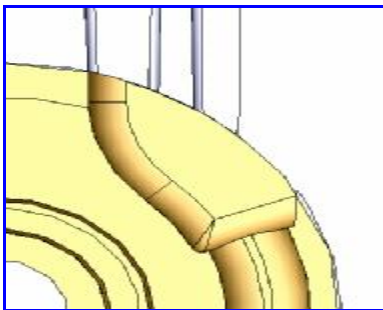


ก่อนได้รับการปรับปรุง

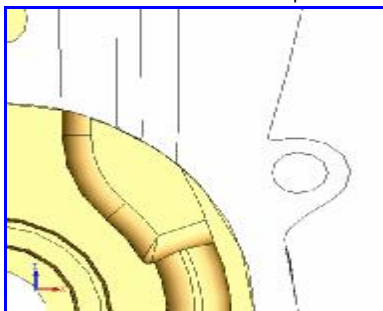


หลังได้รับการปรับปรุง

รูปที่ 15 แสดงการปรับปรุงช่องทางไหลบริเวณทางเข้า

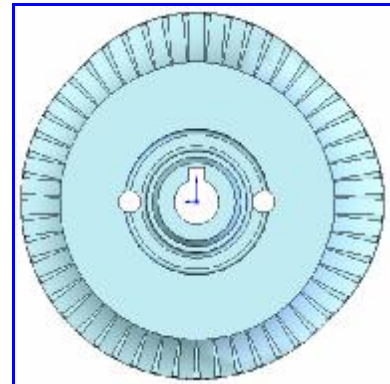


ก่อนได้รับการปรับปรุง

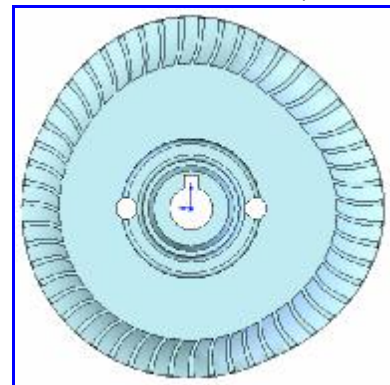


หลังได้รับการปรับปรุง

รูปที่ 16 แสดงการปรับปรุงช่องทางไหลที่บริเวณทางออก



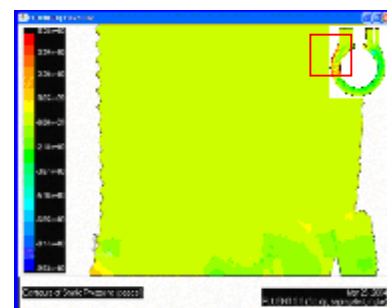
ก่อนได้รับการปรับปรุง



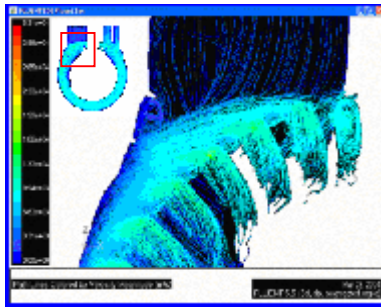
หลังได้รับการปรับปรุง

รูปที่ 17 แสดงการปรับปรุงซี่ของใบพัด

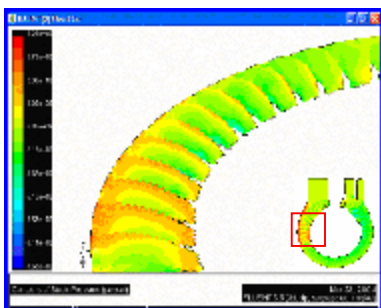
ผลการจำลองลักษณะการไหลของน้ำภายในช่องทางไหลและซี่ใบพัดที่ได้รับการพัฒนาและปรับปรุงแล้วโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางด้านพลศาสตร์เชิงคำนวณพบว่าที่บริเวณทางเข้าของร่องน้ำการเกิดจุดหยุดนิ่งได้หายไปดังแสดงในรูปที่ 18 และลักษณะการไหลวนลดลงอย่างชัดเจนดังแสดงในรูปที่ 19 ส่วนที่บริเวณร่องน้ำระหว่างซี่ของใบพัดพบว่ามีจำนวนจุดหยุดนิ่งที่กระทำต่อใบพัดน้อยลงดังแสดงในรูปที่ 20



รูปที่ 18 แสดงการลดการเกิดจุดหยุดนิ่งที่บริเวณทางเข้าเมื่อเทียบกับรูปที่ 7

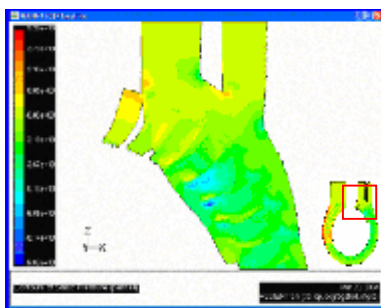


รูปที่ 19 แสดงการลดการไหลวนที่บริเวณทางเข้าเมื่อเทียบกับรูปที่ 10

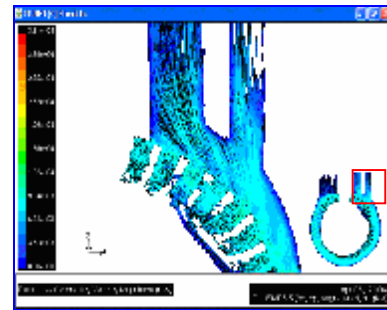


รูปที่ 20 แสดงการลดจำนวนจุดหยุดนิ่งเทียบกับรูปที่ 9

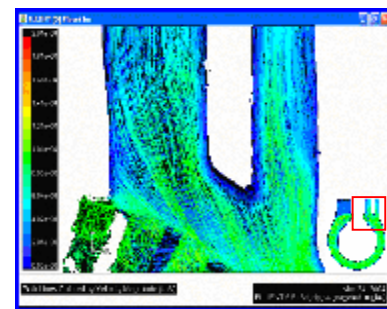
นอกจากนี้ที่ทางออกพบว่ามีค่าความเข้มของจุดหยุดนิ่งน้อยลงดังแสดงในรูปที่ 21 โดยมีการไหลที่เต็มช่องทางไหลดังแสดงในรูป 22 และน้ำวนที่ช่องนำไหลออกได้หายไปดังแสดงในรูปที่ 23



รูปที่ 21 แสดงการลดการเกิดจุดหยุดนิ่งที่บริเวณทางเข้าเมื่อเทียบกับรูปที่ 8



รูปที่ 22 แสดงการไหลเต็มช่องทางไหลเทียบกับรูปที่ 12



รูปที่ 23 แสดงการหายไปของน้ำวนที่ช่องนำไหลออกเมื่อเทียบกับรูปที่ 11

6. การทดลองเพื่อวัดค่าประสิทธิภาพของปั้มน้ำ

หลังจากที่ได้ทำการพัฒนาและปรับปรุงช่องทางไหลและซีของใบพัดภายในปั้มน้ำและจำลองลักษณะการไหลโดยใช้โปรแกรมทางด้านพลศาสตร์เชิงคำนวณแล้ว ได้มีการทดลองวัดค่าประสิทธิภาพของปั้มน้ำโดยมีการเปลี่ยนแปลงช่องทางไหล 2 ส่วนคือที่ทางเข้า ดังแสดงในรูปที่ 24 และที่ทางออก ดังแสดงในรูปที่ 25



ก่อนได้รับการปรับปรุง



หลังได้รับการปรับปรุง

รูปที่ 24 แสดงการเปลี่ยนแปลงช่องน้ำไหลที่บริเวณทางเข้า

ตารางที่ 1 แสดงผลการวัดค่าอัตราการไหล, การใช้พลังงานไฟฟ้าและประสิทธิภาพของปั้มน้ำหลังจากที่ได้รับการพัฒนาและปรับปรุงช่องทางไหลและซี่ของใบพัดที่หัวน้ำ (Head) = 16 เมตร



ก่อนได้รับการปรับปรุง



หลังได้รับการปรับปรุง

รูปที่ 25 แสดงการเปลี่ยนแปลงช่องน้ำไหลที่บริเวณทางออก

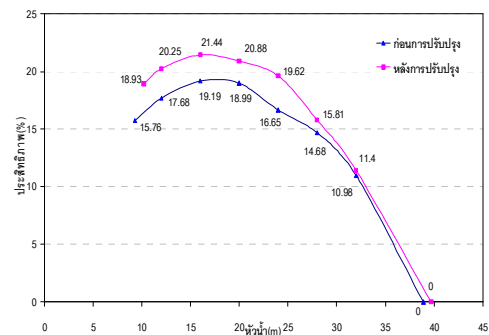
	ก่อนการปรับปรุง	หลังการปรับปรุง	
หัวน้ำ(Head)(เมตร)	16	16	-
อัตราการไหล	19	20	เพิ่มขึ้น

(ลิตร/นาที่)			5%
พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (วัตต์)	259	244	ลดลง 6%
ประสิทธิภาพ (%) [*]	19.19	21.44	เพิ่มขึ้น 12%

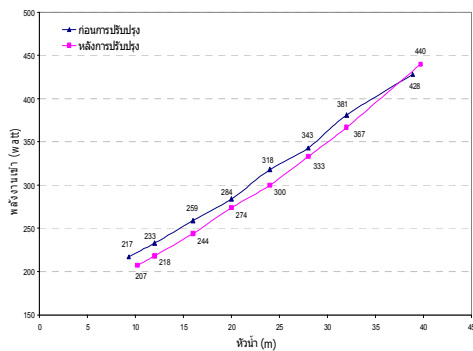
ตารางที่1 ผลการทดลองวัดค่าประสิทธิภาพของปั้มน้ำหลังการปรับปรุง

^{*} ประสิทธิภาพ = $16.35 \times \text{หัวน้ำ (เมตร)} \times \text{อัตราการไหล (ลิตรต่อนาที)} / \text{พลังงานเข้า (วัตต์)}$

รูปที่ 26 แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพที่เพิ่มขึ้นของปั้มน้ำหลังจากการปรับปรุงช่องทางไหลของน้ำและซี่ใบพัดที่หัวน้ำต่างๆ และ รูปที่ 27 แสดงการเปรียบเทียบการลดลงของการใช้พลังงานของปั้มน้ำหลังการปรับปรุงที่หัวน้ำต่างๆ



รูปที่ 26 แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของปั้มน้ำก่อนและหลังการปรับปรุง



รูปที่ 27 แสดงการเปรียบเทียบการใช้พลังงานของ

ปั๊มน้ำก่อนและหลังการปรับปรุง

7. สรุป

จากผลการวิเคราะห์ลักษณะการไหลของน้ำในร่องน้ำของปั๊มน้ำ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางด้านพลศาสตร์เชิงคำนวณ ซึ่งนำมาสู่การปรับปรุงและออกแบบช่องทางไหลและรูปร่างของซี่ใบพัดในปั๊มน้ำใหม่พบว่าปั๊มน้ำมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น 12% อัตราการไหลเพิ่มขึ้น 5% และสามารถลดการใช้พลังงานลงได้ถึง 6% ซึ่งหากได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องปั๊มน้ำรุ่นนี้สามารถจะมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นได้อีกอันจะยังผลให้ประหยัดการใช้ไฟฟ้าได้เพิ่มขึ้น

9. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ฝ่ายอุตสาหกรรม โครงการอุตสาหกรรมสำหรับปริญญาตรี ประจำปี 2003 หรือโครงการ IPUS ที่ช่วยสนับสนุนในด้านเงินทุนในการทำโครงการ และสุดท้ายขอขอบคุณ ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่เอื้อเฟื้อโปรแกรมสำเร็จรูปทางด้านพลศาสตร์เชิงคำนวณ

10. เอกสารอ้างอิง

- [1] Balje O.E. (1981) , "Turbomachines : A Guide to Design, Selection and Theory", Wiley, New York.
- [2] Karassik I.J. and Carter R. (1960) ,"Centrifugal Pumps" ,Mc Graw-Hill ,New York
- [3] Karassik I.J. (1986) , "Pump handbook" , Mc Graw-Hill , New York.
- [4] Kristal F.A. and Annett F.A. (1953) ,"Pumps" , 2nd Edition , Mc Graw-Hill ,USA
- [5] Lobanoff V.S. and Ross R.R. (1992) , "CENTRIFUGAL PUMPS-Design & Application" , 2 th Edition. , Gulf Publishing Company , Texas.

[6] Munson B.R., Young D.F. and Okiishi T.H. (2002) , "Fundamentals of fluid mechanics", 4 th Edition. , Wiley , New York.

[7] Volk M.W. (1996) , "Pump-Characeristics and Applications" ,Marcel Dekker ,Oakland