

เครื่องกรองทำความสะอาดน้ำมันไฮดรอลิกส์

Hydraulic Filtrating Machine

สมศักดิ์ อินทะไชย

หลักสูตรวิศวกรรมเครื่องกล สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี เขตพื้นที่ภาคพายัพ เชียงใหม่

โทร. 053-224891 โทรสาร 053-892645

บทคัดย่อ

จุดประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อการออกแบบเครื่องกรองทำความสะอาดน้ำมันไฮดรอลิกส์ในอุตสาหกรรมและตรวจสอบอนุภาคที่เจือปนในน้ำมันไฮดรอลิกส์ ใช้ในประเทศเพื่อเป็นการลดการนำเข้าเครื่องกรองน้ำมันจากต่างประเทศ โดยสามารถกรองทำความสะอาดน้ำมันได้ทั้งระบบของเครื่องจักรให้ไหลผ่านกรอง 3 ชุด ที่สามารถดักจับ อนุภาคนขนาดต่างๆ ออกจากน้ำมันไฮดรอลิกส์และไหลผ่านเครื่องมือวัดปริมาณสิ่งเจือปนในน้ำมัน (LMP) ซึ่งแสดงผลออกมาในค่ามาตรฐาน ISO 4406 จากการทดสอบพบว่า เครื่องกรองทำความสะอาดน้ำมันไฮดรอลิกส์สามารถทำความสะอาดได้เท่าเทียมกับเครื่องกรองที่นำเข้าจากต่างประเทศ ซึ่งมีราคาสูง เพื่อเป็นการส่งเสริมพัฒนาการสร้างเครื่องกรองน้ำมันไฮดรอลิกส์ใช้ภายในประเทศ

Abstract

The objective of this research is to design and test Hydraulic Filtrating Machine which can percolate the hydraulic oil through out the hydraulic system. This domestic based unit can reduce the import of Thailand. The hydraulic oil was fed through 3 stages filter which can percolate the contaminated particles and then count them by the LPM unit under ISO 4406 standard. The result shows that this domestic based unit has its performance as that imported from oversea.

1. บทนำ

งานอุตสาหกรรมการผลิต และงานโยธาที่ต้องการแรงมากในการทำงานเครื่องจักรในระบบภาคกำลังจะใช้ระบบไฮดรอลิกส์มาทำงาน น้ำมันไฮดรอลิกส์จึงจัดว่าเป็นส่วนประกอบหนึ่งของระบบไฮดรอลิกส์ ที่สำคัญในเครื่องจักร ความเสียหายของระบบไฮดรอลิกส์เกิดจาก

- สิ่งสกปรกที่เจือปนและปนเปื้อน
- อนุภาคเศษโลหะสึกหรอ
- คุณสมบัติและสภาพน้ำมันตามอายุ

น้ำมันไฮดรอลิกส์จะมีผลทำให้อายุการใช้งานของอุปกรณ์สั้นลงเนื่องจากสาเหตุ 2 ข้อแรก ในต่างประเทศได้มีการผลิตเครื่องกรองน้ำมันไฮดรอลิกส์ เพื่อแก้ปัญหาที่น้ำมันหมดสภาพก่อนเวลา และช่วยประหยัดเงินตราในการเปลี่ยนน้ำมันไฮดรอลิกส์เครื่องกรองน้ำมันไฮดรอลิกส์ ที่มีคุณภาพที่นำเข้าจากต่างประเทศมีราคาแพง หากนำเครื่องที่มีราคาถูกเข้ามาใช้จะได้เครื่อง ที่มีขบวนการกรองที่หยาบ โดยจะต้องนำผลของน้ำมันที่กรอง ไปตรวจในห้องทดลอง ซึ่งส่วนมากจะใช้ระยะเวลาในการกรอง เป็นตัวกำหนดระดับมาตรฐานความสะอาดโดยไม่ผ่านการทดสอบ

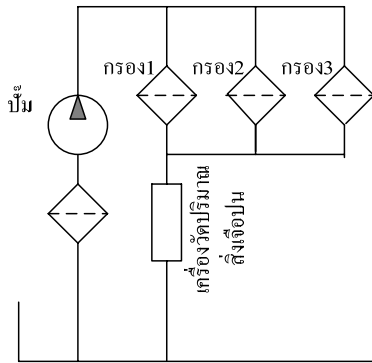
วัตถุประสงค์

- เพื่อการศึกษาความสะอาดของน้ำมันไฮดรอลิกส์ที่มีผลกระทบต่อระบบไฮดรอลิกส์ในเครื่องจักร
- เพื่อตรวจสอบอนุภาคสิ่งเจือปนและอนุภาคของโลหะที่เกิดจากการสึกหรอในน้ำมันไฮดรอลิกส์

- เพื่อออกแบบระบบการกรองของเครื่องกรองทำ
ความสะอาดน้ำมันไฮดรอลิกส์ที่มีคุณภาพ โดยสามารถอ่าน
ค่ามาตรฐานได้จากเครื่องกรอง

2. หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 หลักการทำงานของเครื่องทำความสะอาด[4]



รูปที่ 1 วงจรการติดตั้งกรองและเครื่องมีวัด

เครื่องกรองทำความสะอาดน้ำมันไฮดรอลิกส์ ใช้ปั๊มสร้าง
อัตราการไหลน้ำมันจะไหลผ่านกรองและกลับเข้าสู่ถังพัก
กรองก่อนเข้าปั๊มส่วนมากจะเป็นกรองที่ทำหน้าที่ป้องกัน
ความเสียหายที่จะเกิดกับปั๊ม กรอง 1 จะกรองอนุภาคที่มี
ขนาด $\geq 4 \mu\text{m}$ กรอง 2 จะกรองอนุภาคที่มีขนาด $\geq 6 \mu\text{m}$
กรอง 3 จะกรองอนุภาคที่มีขนาด $\geq 14 \mu\text{m}$ และไหลผ่าน
เครื่องตรวจวัดปริมาณสิ่งเจือปนและรายงานผลในค่า
รหัสมาตรฐาน ISO4406

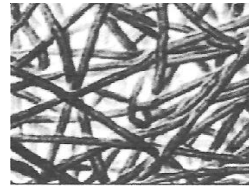
2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการกรอง

2.2.1 กรอง (Filter) [1]

กรองทำหน้าที่ดักเอาอนุภาคสิ่งเจือปนออกจากน้ำมันโดย
การดักจับอนุภาคสิ่งเจือปนให้ติดไว้ที่แผ่นกรอง การแบ่ง
ประเภทของกรองแบ่งได้จากระดับความสามารถในการ
กรองมีกรองปกติสามารถกรองอนุภาคได้ 98 % และกรอง
สมบูรณ์ กรองได้ 100%

2.2.2 วัสดุกรอง (Filter Materials)[1]

กรองเส้นใยโลหะ(Metal Fiber)



มีคุณสมบัติเฉพาะทาง
เทคนิคของวัสดุทน
ความดันได้สูง กรองได้ดี
ต่อความร้อนและสารเคมี

รูปที่ 2 เส้นใย

กรองเส้นใยพอลิเอสเตอร์ (Polyester Fiber)



รับความดันได้สูง กรองได้
ดักจับสิ่งสกปรกได้มาก
ทนต่อความร้อนและสาร
เคมี ประสิทธิภาพการกรองสูง

รูปที่ 3 เส้นใยพอลิเอสเตอร์

กรองเส้นใยแก้วอนินทรีย์ (Inorganic glass Fiber)



รับความดันได้สูง กรองดี
ดักจับสิ่งสกปรกดีและมาก
ทนต่อความร้อนและสารเคมี
ประสิทธิภาพสูง ราคาแพง

รูปที่ 4 เส้นใยแก้วอนินทรีย์

กรองเส้นใยกระดาษ (Paper)



รับความดันต่ำ ดักจับสิ่ง
สกปรกได้ดี ราคาถูก
ไม่ทนความร้อน

รูปที่ 5 กระดาษ

กรอง ตะแกรงลวดสแตนเลส (Stainless wire mesh)



รับความดันได้สูง ดักจับ
สิ่งสกปรกได้ต่ำ
ประสิทธิภาพต่ำราคาแพง

รูปที่ 6 ตะแกรงลวดสแตนเลส

2.2.3 ประสิทธิภาพของกรอง (Filter Efficiency)[4]

ประสิทธิภาพของกรองคือความสามารถในการดักจับอนุภาคสิ่งเจือปนที่ผ่านตัวกรองได้มากหรือน้อย วัดเป็นอัตราส่วนของการกรองหรือเรียกว่า อัตราส่วนเบต้า (Beta Ratio, βx) สามารถเขียนสมการได้

$$\beta x = \frac{\text{Up Steam}}{\text{Down Stream}} \dots\dots\dots (1)$$

Up Steam = จำนวนอนุภาคสิ่งเจือปนก่อนเข้ากรอง

Down Steam = จำนวนอนุภาคสิ่งเจือปนหลังจากออกจากกรอง

β = อัตราส่วนเบต้า

x = ขนาดอนุภาคสิ่งเจือปนมีหน่วยเป็นไมครอน (μm)

$$\text{Efficiency}_x = \left(1 - \frac{1}{\beta x}\right) 100 \dots\dots\dots (2)$$

เช่นกรองสามารถกรองสิ่งเจือปนที่มีอนุภาคมากกว่า 15 μm มีจำนวนอนุภาคสิ่งเจือปนที่มีขนาดใหญ่กว่า 15 μm ก่อนเข้า 100 อนุภาค และหลังจากผ่านกรองเหลืออนุภาคสิ่งเจือปน 50 อนุภาค สามารถเขียนเป็นสมการได้

$$\beta_{15} = \frac{100}{50} = 2$$

$$\text{Efficiency}_x = \left(1 - \frac{1}{2}\right) 100 = 50 \%$$

ตารางที่ 1 อัตราส่วนเบต้า ที่อนุภาคนขนาดเดียวกัน

อนุภาคก่อนเข้ากรอง (X) ไมครอน	อนุภาคออกกรอง (ชิ้น)	อัตราส่วนเบต้า(x)	ประสิทธิภาพ(x)
100,000 ชิ้น	50,000	$\frac{100,000}{50,000} = 2$	50.0 %
	5,000	$\frac{100,000}{5,000} = 20$	95.0 %
	1,333	$\frac{100,000}{1,333} = 75$	98.7 %
	1,000	$\frac{100,000}{1,000} = 100$	99.0 %
	500	$\frac{100,000}{500} = 200$	99.5 %
	100	$\frac{100,000}{100} = 1000$	99.9 %

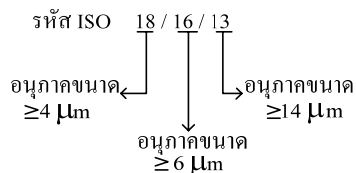
ตารางที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนเบต้ากับประสิทธิภาพในการกรองที่ขนาดอนุภาคต่างกัน

อัตราส่วนเบต้า/ประสิทธิภาพของกรอง	
อัตราส่วนเบต้าที่ขนาดอนุภาคต่างกัน (μm)	ประสิทธิภาพกรองที่ขนาดอนุภาคต่างกัน (%)
1.01	1.0
1.1	9.0
1.5	33.3
2.0	50.0
5.0	80.0
10.0	90.0
20.0	95.0
75.0	98.7
100	99.0
200	99.5
1000	99.9

2.2.4 มาตรฐานความสะอาดของของไหล (Fluid cleanliness standards)[2]

การตรวจสอบสิ่งปนเปื้อน ใช้วิธีการนับจำนวนอนุภาคสิ่งปนเปื้อน และใช้มาตรฐานระดับความสะอาดตาม ISO 4406 (องค์กรมาตรฐานสากล) ซึ่งเป็นที่ยอมรับในอุตสาหกรรม โดย มาตรฐานนี้จะอ้างอิงจำนวนอนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่า 4, 6 และ 14 μm ในปริมาตรของของเหลว 100 มิลลิตร หรือ 1 มิลลิตร ว่ายอมให้มีได้เท่าใด โดยที่ 4+

μm และ $6+ \mu\text{m}$ เป็นจุดอ้างอิงที่อนุภาคเกิดการตกตะกอน และที่ $14+ \mu\text{m}$ เป็นอนุภาคที่ทำให้เกิดการเสียหายอย่างรุนแรง



ตารางที่ 3 เทียบรหัส อนุภาคและจำนวนอนุภาค

จำนวนอนุภาคสิ่งเจือปน(ชิ้น/มล)		รหัส
จำนวนค่าต่ำ	จำนวนค่าสูง	
80,000	160,000	24
40,000	80,000	23
20,000	40,000	22
10,000	20,000	21
5,000	10,000	20
2,500	5,000	19
1,300	2,500	18
640	1,300	17
320	640	16
160	320	15
80	160	14
40	80	13
20	40	12
10	20	11

จากรหัส 18/16/13 แสดงว่ามีอนุภาค $4+ \mu\text{m}$ จำนวน 1,300-2,500 ชิ้น มีอนุภาค $6+ \mu\text{m}$ จำนวน 320-640 ชิ้น และมีอนุภาค $14+ \mu\text{m}$ จำนวน 40-80 ชิ้นในปริมาณน้ำมัน 1 มิลลิตร

2.2.5 ระดับความต้องการความสะอาดน้ำมันในอุปกรณ์ไฮดรอลิกส์

ตารางที่ 4 ความต้องการความสะอาดของน้ำมันในเครื่องจักรไฮดรอลิกส์

อุปกรณ์	ความดัน (bar)	ค่าความสะอาด ISO Class	อัตราเบต้า $BETA_x$
เซอร์โววาล์ว (Servo Valves)	P<69	17/14/12	2-5
	69-206	16/13/11	2
	P>206	16/12/10	2
Proportional Valves	P<69	18/15/13	2-10
	69-206	18/14/12	2-5
	P>206	17/14/11	2-5
ปั๊มแบบปรับอัตราการไหลได้	P<69	19/16/14	5-10
	69-206	18/16/14	2-10
	P>206	18/15/13	2-5
ปั๊มแบบเวน ปั๊มแบบลูกสูบ ชุดวาล์ว	P<69	20/17/15	5-10
	69-206	19/17/14	5-10
	P>206	19/16/13	5-10
เกียร์ปั๊ม กระบอกสูบ	P<69	21/18/16	10-20
	69-206	20/17/15	10
	P>206	20/17/14	5-10

3. การออกแบบ

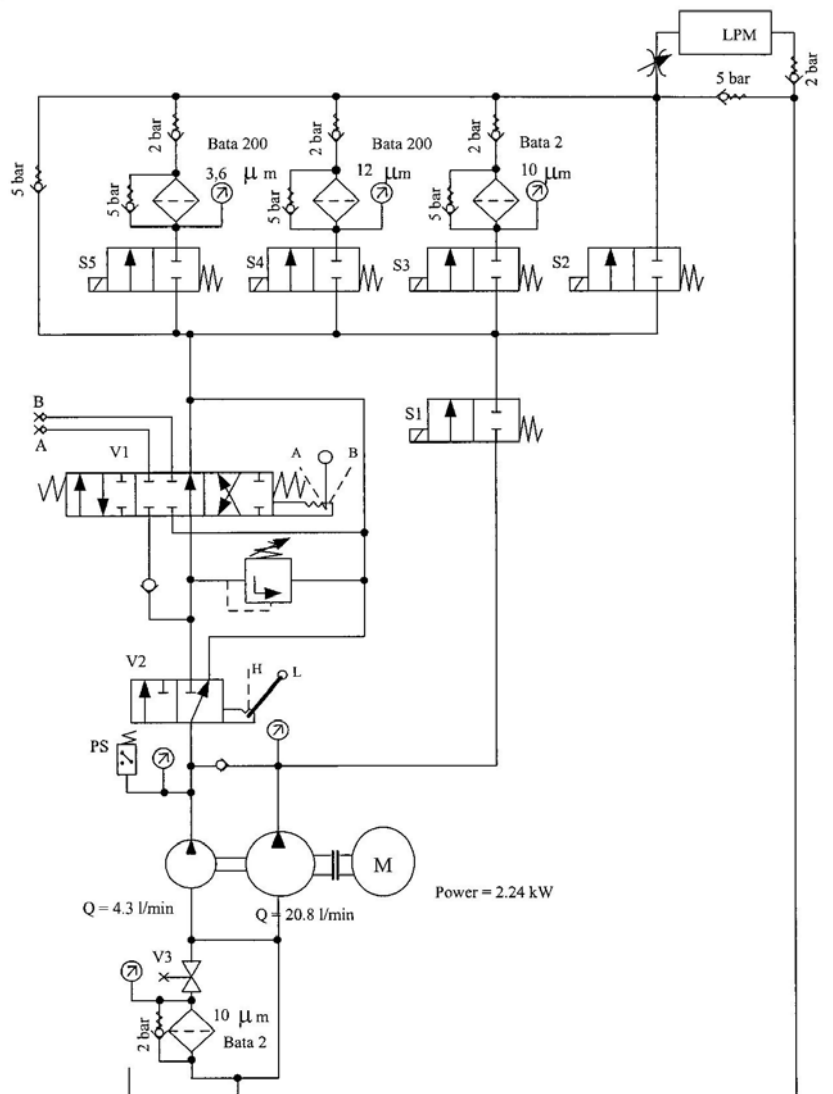
3.1 เครื่องทำความสะอาดน้ำมัน ที่มีใช้อยู่ทั่วไป ล้างอุปกรณ์ภายในระบบไฮดรอลิกส์ของเครื่องจักรไม่ได้ การกรองเป็นแบบขั้นตอนเดียว เครื่องไม่สามารถบอกระดับค่าความสะอาดน้ำมัน

3.2 ปัจจัยที่นำมาพิจารณาออกแบบ

3.2.1 กรองที่มีขายในท้องตลาดที่มี ความสามารถในการกรอง เพื่อให้ได้น้ำมันที่ต้องการ

3.2.2 ปั๊มควรมีอัตราการไหลที่สูงและสามารถเลือกความดันเพื่อใช้สำหรับระบบน้ำมันไฮดรอลิกส์ในเครื่องจักรทุกระบบ

3.2.3 ออกแบบวิธีการติดตั้งกรอง ให้เหมาะสม



รูปที่ 7 วงจรเครื่องกรองน้ำมันไฮดรอลิกส์

3.2.4 ออกแบบวงจรไฮดรอลิกส์ ให้เหมาะสมกับลักษณะงาน

3.2.5 ติดตั้งเครื่องอ่านค่าระดับความสะอาด เข้ากับวงจรไฮดรอลิกส์

3.3 ออกแบบวงจรเครื่องกรองน้ำมันไฮดรอลิกส์

3.3 ออกแบบวงจรเครื่องกรองน้ำมันไฮดรอลิกส์

4. การทดสอบ

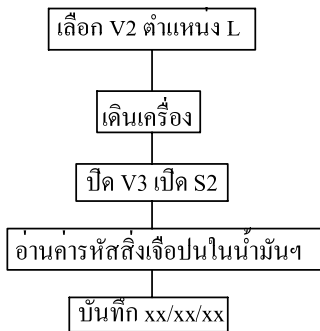
4.1 น้ำมันไฮดรอลิกส์เก่า VG 68 ที่ผ่านการใช้งาน 1,000 ชั่วโมง จำนวน 100 ลิตร และ น้ำมันไฮดรอลิกส์เก่า VG 68 ที่ผ่านการใช้งาน 2,000 ชั่วโมง จำนวน 100 ลิตร กระบอกสูบขนาด 50 x 300 mm 1 กระบอกสูบ

4.2 วิธีการทดสอบ

4.2.1 ทำความสะอาดระบบเครื่องกรองด้วยน้ำมันไฮดรอลิกส์ VG 46 เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ตรวจสอบอุปกรณ์ ของระบบต่างๆ

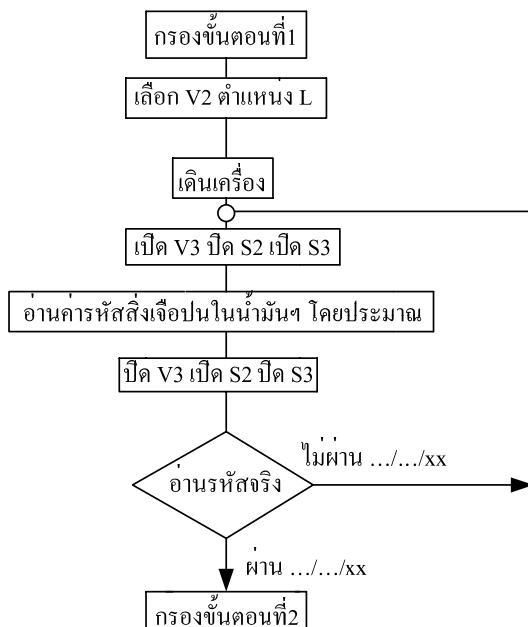
4.2.2 ทดสอบการกรองน้ำมันเก่า VG 68 ที่ผ่านการใช้งาน 1,000 ชั่วโมง และ VG 68 ที่ผ่านการใช้งาน 2,000 ชั่วโมง

4.2.3 ขั้นตอนการกรอง



รูปที่ 8 แผนภูมิการอ่านรหัสน้ำมันเก่า

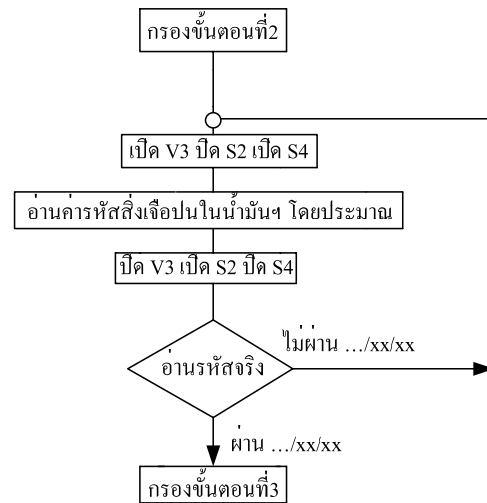
จากรูปที่ 8 เป็นการเลือกการทำความสะอาดน้ำมันไฮดรอลิกในถังพัก โดยเลือกให้ปั๊มทำงานที่อัตราการไหล 25.1 l/min ซึ่งน้ำมันไม่ผ่านกรองใดๆ แล้วเข้าเครื่องตรวจจับอนุภาคสิ่งเจือปนใช้เวลา ประมาณ 5 นาที แล้วบันทึกค่ารหัส xx/xx/xx



รูปที่ 9 แผนภูมิการกรองขั้นตอนที่1

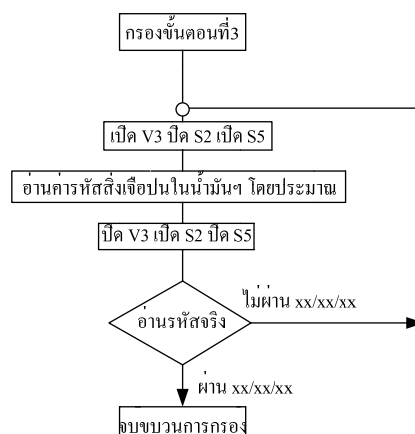
จากรูปที่ 9 เป็นการกรองขั้นตอนที่ 1 เลือกกรองหยาดที่ 10 μm เบต้า 2 ซึ่งเป็นกรองแบบปกติ โดยการอ่านค่าจริงทุกๆ

10 นาที จนกว่าจะได้รหัส สองตัวท้าย .../.../xx เข้าใกล้มาตรฐานที่ต้องการแล้วจึงเลือกกรองขั้นตอนที่2



รูปที่ 10 แผนภูมิขั้นตอนการกรองตอนที่ 2

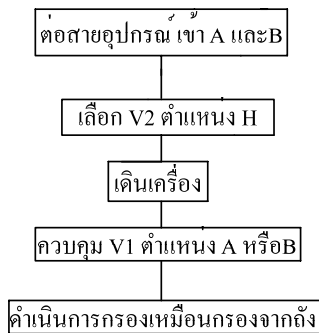
จากรูปที่ 10 เป็นการกรองขั้นตอนที่ 2 โดยเลือกกรองที่ 12 μm เบต้า 200 ซึ่งเป็นกรองแบบสมบูรณ์หรือกรองแบบลึกเพื่อทำการกรองให้ได้ค่ารหัสกลุ่มท้ายและกลาง .../xx/xx ให้ได้มาตรฐานที่ต้องการ โดยอ่านค่าทุก 10 นาที เมื่อได้ค่ารหัสตามต้องจึงเปลี่ยน เป็นการกรองขั้นตอนที่3



รูปที่ 11 แผนภูมิขั้นตอนการกรองตอนที่ 3

จากรูปที่ 11 เป็นการกรองขั้นตอนสุดท้าย โดยเลือกกรองที่ 3 , 6 μm เบต้า 200 แล้วอ่านรหัสจนใกล้เคียงหรือเท่า

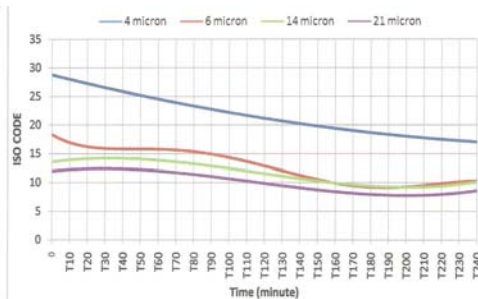
มาตรฐานที่ต้องการ ก็จำได้น้ำมันที่สะอาดและสามารถใช้ได้อีกครั้งหนึ่งจนกว่าจะหมดอายุของน้ำมัน



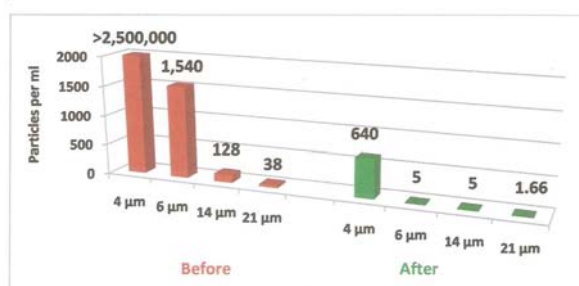
รูปที่ 12 แผนภูมิขั้นตอนการกรองน้ำมันในอุปกรณ์
จากรูปที่ 12 เป็นการทำความสะอาดน้ำมันในอุปกรณ์ที่ทำงานจริงโดยต่อสายน้ำมันเข้าอุปกรณ์เข้าที่ จุด A และ B และทำการควบคุม V1 เพื่อน้ำมันในอุปกรณ์ถูกกรองจนได้ค่ามาตรฐานที่ต้องการ

5. ผลการทดลอง

5.1 ผลการกรองน้ำมันที่ 100 ลิตร 1,000 ชั่วโมง

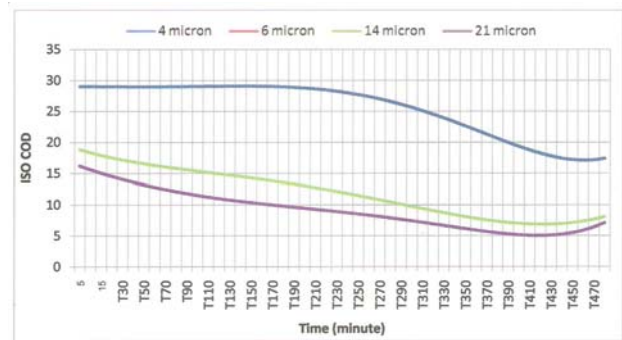


รูปที่ 13 กราฟผลความสะอาดน้ำมัน

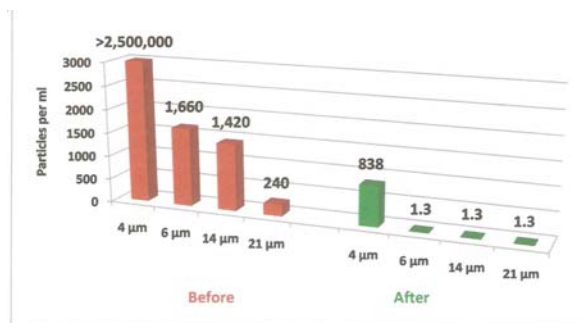


รูปที่ 14 กราฟเปรียบเทียบอนุภาคสิ่งเจือปนก่อนกรองและหลังกรอง

5.2 ผลการกรองน้ำมันที่ 200 ลิตร 2,000 ชั่วโมง



รูปที่15 กราฟผลความสะอาดน้ำมัน



รูปที่16 กราฟเปรียบเทียบอนุภาคสิ่งเจือปนก่อนกรองและหลังกรอง

5.3 วิจัยผลทดสอบ

เครื่องตรวจวัดสิ่งเจือปนในน้ำมันแสดงผลได้รหัส 4 รหัส 4 µm , 6 µm ,14 µm และ 21 µm แต่ค่าที่ต้องการเพียง 3 รหัสแรกเท่านั้น และค่ารหัสสามารถอ่านละเอียด 0.1 ในการบันทึกเวลาจะกระทำทุก 10 นาที (T) ข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นขณะบันทึกเนื่องจากใช้เวลานานเกินไปขั้นตอนการควบคุมการกรองจะต้องเป็นไปตามขั้นตอน การอ่านค่ารหัสในแต่ละเวลา ค่าที่ได้มักจะกระโดด เนื่องจากมีการฟุ้งกระจายของสิ่งเจือปนจากกันถังเข้าสู่เครื่องตรวจวัด แต่สุดท้าย ได้ค่าความสะอาดน้ำมันที่ต้องการ

6. สรุปผลการทดลอง

จากการทดสอบการกรองน้ำมันที่ 100 ลิตร อายุ 1,000 ชั่วโมง ที่รหัส 29/18/14 เป้าที่ต้องการ 17/15/13 แต่กรอง

น้ำมันมาอยู่ที่รหัส 17/10/1 0 ดีกว่า โดยใช้กรอง 10 μm เบต้า 2 และ 12 μm เบต้า 200 เพียงสองตัวเท่านั้น และน้ำมันที่ 200 ลิตร อายุ 2,000 ชั่วโมง ที่รหัส 29/18/18 เป้าที่ต้องการ 17/15/13 แต่กรองน้ำมันมาอยู่ที่รหัส 17/8/8 ดีกว่า ต้องใช้กรองครบทุกกรอง จากการทดสอบพบว่าการคาดคะเน ค่าแรกจะต้องสูงกว่าค่าที่ต้องการเล็กน้อย จะใช้เวลากรองที่น้อยลงและได้ค่าที่ใกล้เคียง



รูปที่ 17 เปรียบเทียบสีน้ำมันก่อนกรองและหลัง

เอกสารอ้างอิง

- [1] ขวัญชัย สันทิพย์สมบูรณ์ “รากฐานไฮดรอลิกส์กับการใช้งาน” ปทุมธานี : โรงเรียนฝึกอบรมไฮดรอลิกส์และนิวแมติกส์, 2545
- [2] วิธีการอ่านรายงานการตรวจวิเคราะห์น้ำมัน: Focus Laboratories LTD :
- [3] Laser Particle Monitor LMP-1
(online).<http://stauff.com>.
- [4] Filtration Technology. (online): <http://stauff.com>.
- [5] Hydraulics Components. Pathumthani. USE.FLO-LINE CO.,LTD.2007
- [6]. Hydraulics theory and Application. Text book Automation for study Bosch:2002
- [7] Rohner Peter. Industrial Hydraulic Control.3rd edition Nealand : JOHN WILEY & SONS, 1988