



ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

เรื่อง การวิเคราะห์ค่าความต้านทานทางไฟฟ้าของน้ำมันหล่อลื่น
เพื่อติดตามสภาพน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้แล้ว

โดย นายฉัตรชัย บุรณะจิตปกรณ

ได้รับอนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิต

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

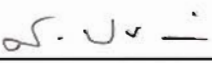
(อาจารย์ ดร.มงคล หวังสถิตยวัณษ์)

18 พฤษภาคม 2550

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

 ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุรพล ราษฎร์นุ้ย)

 กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศราวุฒิ คลีสุวรรณ)

 กรรมการ
(อาจารย์สมศักดิ์ นรสิงห์)

การวิเคราะห์ค่าความต้านทานทางไฟฟ้าของน้ำมันหล่อลื่น
เพื่อติดตามสภาพน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้แล้ว

นายฉัตรชัย บุรณะจิตปกรณ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิต ภาควิชาวิศวกรรมการผลิต
บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ปีการศึกษา 2549
ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

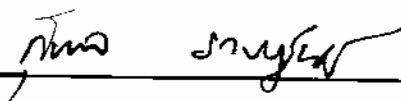
ชื่อ : นายฉัตรชัย บุรณะจิตปกรณ
ชื่อวิทยานิพนธ์ : การวิเคราะห์ค่าความต้านทานทางไฟฟ้าของน้ำมันหล่อลื่นเพื่อติดตาม
สภาพน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้แล้ว
สาขาวิชา : วิศวกรรมการผลิต
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ : รองศาสตราจารย์ ดร.สุพล ราษฎร์นุ้ย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศราวุฒิ คลีสุวรรณ
ปีการศึกษา : 2549

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์นี้จัดทำขึ้นโดยมุ่งหวังที่จะตรวจจับการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมทางไฟฟ้าของน้ำมันหล่อลื่นปนเปื้อนสิ่งสกปรกอันเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดการเสื่อมสภาพขึ้นอย่างรวดเร็วของน้ำมันหล่อลื่น โดยวิทยานิพนธ์นี้ได้ทำการทดสอบหาความสัมพันธ์ของผลการเปลี่ยนค่าความจุไฟฟ้าและค่าความต้านทานทางไฟฟ้าและมุมเฟสที่เปลี่ยนแปลงไป เนื่องจากการเจือปนของสิ่งสกปรกในน้ำมันหล่อลื่น คือ ผงคาร์บอน ผงโลหะ และน้ำ ซึ่งพบว่าผงคาร์บอนเป็นปัจจัยที่ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนทั้ง ค่าความจุไฟฟ้า ค่าความต้านทานทางไฟฟ้า และมุมเฟสที่เปลี่ยนแปลงไปอย่างชัดเจนเมื่อน้ำมันมีการปนเปื้อนผงคาร์บอนได้ตั้งแต่ 0.1% ผงเหล็กจะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงในแง่ของการเรียงตัวของอนุภาคในสนามไฟฟ้า ส่วนน้ำส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงในค่าความต้านทานทางไฟฟ้าของน้ำมันหล่อลื่นซึ่งพบความเปลี่ยนแปลงที่ของค่าความต้านทานทางไฟฟ้าอย่างชัดเจนเมื่อน้ำมันถูกปนเปื้อนด้วยน้ำมากกว่า 500 ส่วนในล้านส่วน

(วิทยานิพนธ์มีจำนวนทั้งสิ้น 51 หน้า)

คำสำคัญ : สิ่งสกปรก, น้ำมันหล่อลื่น, พฤติกรรมทางไฟฟ้า



อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

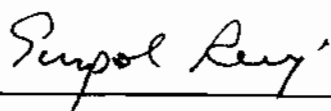
Name : Mr.Chatchai Buranajitpakorn
Thesis Title : Electrical Resistivity Analysis as Used Oil Contamination Monitoring
Tool
Major Field : Production Engineering
King Mongkut's Institute of Technology North Bangkok
Thesis Advisors : Associate Professor Dr.Surapol Raadnui
Assistant Professor Srawut Kleesuwan
Academic Year : 2006

Abstract

This research was proposed to detect the changing of electrical behaviors in contaminated lubricant that effect to deteriorate of lubricant. The experiments were tested to determine the relation between capacitance, resistance and phase shift versus carbon contaminant, metal contaminant and water contaminant. The results showed that carbon contaminant was affected to the change of capacitance resistance and phase shift which can detect the carbon contamination over 0.1% by weight, metal was affected to particle arrangement in electrical field and water was affected to electrical resistance with water content over 500 ppm.

(Total 51 pages)

Keywords : Contaminant, Lubricant, Electrical behaviors



Advisor

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี โดยได้รับความอนุเคราะห์เป็นอย่างสูงจาก รองศาสตราจารย์ ดร.สุรพล ราชภูริบุญ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ศราวุฒิ คลีสุวรรณที่ได้กรุณา ให้ความช่วยเหลือ คำปรึกษา คำแนะนำ และแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้มา โดยตลอด ขอขอบพระคุณ ห้องปฏิบัติการไฟฟ้าแรงสูง ห้องปฏิบัติการไฟฟ้ากำลัง ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า และโรงปฏิบัติการภาควิชาเทคโนโลยีการผลิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า พระนครเหนือ ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือ อุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ในการวิจัย ภาควิชาวิศวกรรม การผลิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการทำ วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขอขอบคุณ คุณครู อาจารย์ทุกท่าน ที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ใน แขนงต่าง ๆ จนกระทั่งทำให้มีความรู้ ความเข้าใจในการวางแผนทางและดำเนินงานวิจัย ฝึกๆ เพื่อนๆ และน้องๆ ทุกคนที่ให้กำลังใจคำปรึกษา ช่วยให้งานวิจัยสามารถดำเนินงานไปได้เป็น อย่างดี และขอขอบคุณผู้ให้ความช่วยเหลือวิจัย ขอขอบพระคุณท่านที่ได้กล่าวนามทั้งหมดไว้ ณ ที่นี้เป็นอย่างยิ่ง การวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนบางส่วนจากทุนอุดหนุนการวิจัยเพื่อทำ วิทยานิพนธ์สำหรับนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอม เกล้าพระนครเหนือ

สุดท้ายนี้ประโยชน์และคุณค่าใดๆ ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบแต่ มารดาผู้ ล่วงลับ บิดาที่มอบโอกาสในการศึกษา ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ คุณครู และอาจารย์ทุกท่านที่ ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ และมอบโอกาสแก่ผู้จัดทำ

ฉัตรชัย บุรณะจิตปกรณ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญตาราง	ช
สารบัญภาพ	ซ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตการวิจัย	1
1.4 วิธีการวิจัย	2
1.5 ประโยชน์ของการวิจัย	3
บทที่ 2 บทความวิจัยที่เกี่ยวข้องและทฤษฎี	4
2.1 บทความวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.2 สารหล่อลื่น	6
2.3 หน้าที่ของสารหล่อลื่น	8
2.4 หน้าที่ของสารปรุงแต่ง	10
2.5 สิ่งสกปรกในสารหล่อลื่น	13
2.6 ไดอิเล็กตริกเหลว	18
2.7 อิเล็กโตรดชนิด 3 อิเล็กโตรด	20
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการวิจัย	22
3.1 ขั้นตอนในการวิจัย	23
บทที่ 4 ผลการทดสอบ	28
4.1 ผลของสิ่งสกปรกที่มีต่อค่าความจุไฟฟ้าของน้ำมันหล่อลื่น	29
4.2 ผลของสิ่งสกปรกที่มีต่อค่าความต้านทานทางไฟฟ้าของน้ำมันหล่อลื่น	31
4.3 ผลของสิ่งสกปรกที่มีต่อปริมาณกระแสไฟฟ้าที่วัดได้ของน้ำมันหล่อลื่นที่ปนเปื้อนด้วยสิ่งสกปรกในระดับต่างๆเมื่อจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 2 กิโลโวลต์	34
4.4 ผลของสิ่งสกปรกที่มีต่อความสัมพันธ์ของแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับและปริมาณกระแสไฟฟ้าที่วัดได้	34
4.5 ผลของสิ่งสกปรกที่มีต่อค่ามุมเฟสที่เปลี่ยนแปลงไป	36

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.6 ผลของสิ่งสกปรกที่มีต่อแรงดันเบรกดาวน	37
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและเสนอแนะ	40
5.1 สรุปผลการทดลอง	40
5.2 ข้อเสนอแนะ	41
บรรณานุกรม	42
ภาคผนวก ก	
ภาพของมุมเฟสที่เปลี่ยนแปลงที่แสดงบนออสซิลโลสโคป	43
ภาคผนวก ข	
แบบของอิเล็กทรอนิกส์ 3 อิเล็กทรอนิกส์ที่จัดสร้าง	46
ประวัติผู้วิจัย	51

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
4-1	ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลการทดสอบหาค่าความจุไฟฟ้าของน้ำมันที่ปนเปื้อนด้วยผงคาร์บอนขนาดเล็กกว่า 63 ไมครอน	28
4-2	ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลการทดสอบหาค่าความจุไฟฟ้าของน้ำมันที่ปนเปื้อนด้วยผงโลหะขนาดเล็กกว่า 63 ไมครอน	29
4-3	ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลการทดสอบหาค่าความจุไฟฟ้าของน้ำมันที่ปนเปื้อนด้วยน้ำ	30
4-4	ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลการทดสอบหาค่าความต้านทานทางไฟฟ้าของน้ำมันที่ปนเปื้อนด้วยผงคาร์บอนขนาดเล็กกว่า 63 ไมครอน	32
4-5	ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลการทดสอบหาค่าความต้านทานทางไฟฟ้าของน้ำมันที่ปนเปื้อนด้วยน้ำ	33
4-6	ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลการทดสอบหาความสัมพันธ์ของแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับและปริมาณกระแสไฟฟ้าที่วัดได้ของน้ำมันหล่อลื่นที่ปนเปื้อนด้วยผงคาร์บอนขนาดเล็กกว่า 63 ไมครอนที่เปอร์เซ็นต์การปนเปื้อนต่างๆ	34
4-7	ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลของการทดสอบหาอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไปของน้ำมันที่ปนเปื้อนด้วยผงคาร์บอนขนาดเล็กกว่า 63 ไมครอนที่เปอร์เซ็นต์การปนเปื้อนต่างๆ	36
4-8	ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลการทดสอบหาแรงดันเบรคดาวน์ของน้ำมันที่ปนเปื้อนด้วยผงคาร์บอนขนาดเล็กกว่า 63 ไมครอนที่เปอร์เซ็นต์การปนเปื้อนต่างๆ	37
4-9	ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลการทดสอบหาแรงดันเบรคดาวน์ของน้ำมันที่ปนเปื้อนด้วยน้ำที่เปอร์เซ็นต์การปนเปื้อนต่างๆ	38

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2-1	เปรียบเทียบคุณสมบัติทั่ว ๆ ไปของแนพทานิค พาราฟินิคและอะโรแมติก	7
2-2	การทำงานของสารยับยั้งการเกิดสนิม	11
2-3	กลไกการทำงานของสารกระจายเขม่า	11
2-4	กลไกการทำงานของสารปรุงแต่งกลุ่ม AW และ EP	12
2-5	ลักษณะการปนเปื้อนของน้ำในน้ำมันหล่อลื่น	15
2-6	เขม่าที่เกิดขึ้นภายในระบบการสันดาปภายใน	17
2-7	อิเล็กโตรดที่มีสนามไฟฟ้าแบบสม่ำเสมอ	19
2-8	อิเล็กโตรดชนิด 3 อิเล็กโตรด	21
3-1	วงจรแสดงลักษณะการเกิดกระแสไฟฟ้า 2 ชนิด	22
3-2	อุปกรณ์ในการทดสอบ(test cell) ที่ใช้ในการทดลอง	23
3-3	เครื่องร่อนแยกขนาด (sieve test machine)	24
3-4	ผงคาร์บอนและ ผงโลหะขนาดเล็กกว่า 63 ไมครอนที่เตรียมสำหรับทดลอง	24
3-5	การเตรียมน้ำมันก่อนการทดสอบ	24
3-6	การวัดค่าความเป็นประจุไฟฟ้าด้วย RCL meter (Fluke PM6304)	25
3-7	a) เมกกะโอห์มมิเตอร์ที่ใช้ (b) การวัดค่าความต้านทานทางไฟฟ้า	25
3-8	การทดสอบหาค่าปริมาณกระแสไฟฟ้าซึ่งเกิดจากการเคลื่อนที่ของประจุไฟฟ้า	26
3-9	การทดสอบหาค่ามูมเฟสที่เปลี่ยนแปลงไปด้วยออสซิลโลสโคป	26
3-10	ตัวอย่างการวัดค่ามูมเฟสที่เปลี่ยนแปลงไปบนออสซิลโลสโคป	27
3-11	การทดสอบหาค่าแรงดันเบรคดาวน์	27
4-1	ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลการทดสอบของค่าความจุไฟฟ้าของน้ำมันที่ปนเปื้อนด้วยผงคาร์บอนขนาดเล็กกว่า 63 ไมครอนที่มีเปอร์เซ็นต์การเจือปนต่างๆ	29
4-2	ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลการทดสอบของค่าความจุไฟฟ้าของน้ำมันที่ปนเปื้อนด้วยผงโลหะขนาดเล็กกว่า 63 ไมครอนที่มีเปอร์เซ็นต์การเจือปนต่างๆ	30
4-3	ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลการทดสอบของค่าความจุไฟฟ้าของน้ำมันที่ปนเปื้อนด้วยน้ำที่มีเปอร์เซ็นต์การเจือปนต่างๆ	31

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4-4 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลการทดสอบของค่าความต้านทาน ทางไฟฟ้าของน้ำมันที่ปนเปื้อนด้วยผงคาร์บอนขนาดเล็กกว่า 63 ไมครอนที่มีเปอร์เซ็นต์การเจือปนต่างๆ	32
4-5 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลการทดสอบของค่าความต้านทานทางไฟฟ้าของน้ำมันหล่อลื่นที่ปนเปื้อนด้วยน้ำที่มีเปอร์เซ็นต์การเจือปนต่างๆ	33
4-6 ผลของผงคาร์บอนขนาดเล็กกว่า 63 ไมครอนที่มีต่อความสัมพันธ์ของแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับและปริมาณกระแสไฟฟ้าที่วัดได้	35
4-7 การเรียงตัวกันของผงโลหะระหว่างอิเล็กโตรด	36
4-8 ผลของผงคาร์บอนขนาดเล็กกว่า 63 ไมครอนที่มีต่อค่ามุมเฟสที่เปลี่ยนไป	37
4-9 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลการทดสอบหาค่าแรงดันเบรคดาว์นของน้ำมันหล่อลื่นที่ปนเปื้อนด้วยผงคาร์บอนขนาดเล็กกว่า 63 ไมครอนที่มีเปอร์เซ็นต์การเจือปนต่างๆ	38
4-10 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลการทดสอบของแรงดันเบรคดาว์นของน้ำมันหล่อลื่นที่ปนเปื้อนด้วยน้ำที่มีเปอร์เซ็นต์การเจือปนต่างๆ	39
ก-1 ภาพของมุมเฟสที่เปลี่ยนแปลงไปที่แสดงบนออสซิลโลสโคปของน้ำมันใหม่	44
ก-2 ภาพของมุมเฟสที่เปลี่ยนแปลงไปที่แสดงบนออสซิลโลสโคปของน้ำมันปนเปื้อนด้วยผงคาร์บอนขนาดเล็กกว่า 63 ไมครอน ด้วยอัตราส่วน 0.1 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก	45
ข-1 แบบในการจัดสร้างของอิเล็กโตรดแรงสูง	47
ข-2 แบบในการจัดสร้างของอิเล็กโตรดวัด	48
ข-3 แบบในการจัดสร้างของวงแหวนการ์ท	49
ข-4 แบบในการจัดสร้างของฉนวนกัน	50

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในทุกชิ้นส่วนเครื่องจักรกลที่มีการเคลื่อนไหว จำเป็นจะต้องมีการหล่อลื่นเพื่อลดแรงเสียดทานและการสึกหรอซึ่งน้ำมันหล่อลื่นนอกจากจะมีคุณสมบัติหลักดังกล่าวแล้ว ยังจำเป็นต้องมีคุณสมบัติอย่างอื่นเพิ่มเติมอีกด้วย อาทิ การระบายความร้อน ป้องกันการเกิดสนิม ส่งถ่ายกำลัง ชะล้างสิ่งสกปรก ฯลฯ เพื่อที่จะช่วยให้เครื่องจักรกล/เครื่องยนต์สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด อย่างไรก็ตามน้ำมันหล่อลื่นก็มีการเสื่อมสภาพ โดยน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้อยู่อาจเกิดการเสื่อมสภาพได้ทั้งทางเคมีและกายภาพจากการใช้งานปกติ หรืออาจถูกเร่งให้เสื่อมสภาพจากการปนเปื้อนของสิ่งสกปรก อาทิ ผุ่นละอองจากภายนอก น้ำ ความชื้น เศษโลหะ อากาศ ฯลฯ ซึ่งจะส่งผลให้คุณสมบัติต่างๆของน้ำมันหล่อลื่นลดลง ทำให้ไม่สามารถทำการหล่อลื่นได้อย่างเต็มประสิทธิภาพส่งผลให้มีแรงเสียดทานสูงขึ้น อัตราการสึกหรอสูงขึ้นสิ้นเปลืองพลังงานและเกิดการเสื่อมสมรรถนะหรือการชำรุดของเครื่องจักรกล/เครื่องยนต์ในท้ายที่สุด ดังนั้นโครงการวิทยานิพนธ์นี้จึงมุ่งที่จะศึกษาถึงผลของการเสื่อมสภาพจากการปนเปื้อนของสิ่งสกปรกชนิดต่างๆในน้ำมันหล่อลื่นที่มีต่อค่าความต้านทานทางไฟฟ้าของน้ำมันหล่อลื่น ซึ่งโดยปกติมีสภาพเป็นฉนวนไฟฟ้า โดยมุ่งหวังว่าจะสามารถจำแนกถึงผลของการทดสอบค่าความต้านทานทางไฟฟ้าที่เกิดจากสารปนเปื้อนต่างชนิดกัน ทำให้สามารถทราบถึงรากของสาเหตุของการเสื่อมสภาพและสามารถทำการแก้ไขได้อย่างถูกต้องในลำดับถัดไป

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทานทางไฟฟ้าของน้ำมันหล่อลื่นและชนิดของสิ่งสกปรกที่ปนเปื้อน คือ ผงคาร์บอน (Carbon black) น้ำ และเศษโลหะ

1.2.2 เพื่อเป็นทางเลือกใหม่ในการบำรุงรักษาน้ำมันหล่อลื่นแบบเฟิอะระวัง

1.3 ขอบเขตการวิจัย

1.3.1 สร้างอุปกรณ์ในวัดค่าความต้านทานทางไฟฟ้า ชนิด 3 อิเล็กโทรด(3 Electrodes test cell) ซึ่งมีปริมาตร 300 ซี.ซี.โดยประมาณ และสามารถกวนผสมน้ำมันหล่อลื่นให้เข้ากันได้

1.3.2 ทำการศึกษาน้ำมันหล่อลื่น โดยปัจจัยที่ศึกษาประกอบด้วย

1.3.2.1 ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทานทางไฟฟ้าของน้ำมันหล่อลื่นใหม่ และน้ำมันหล่อลื่นใหม่ที่มีเศษโลหะขนาดเล็กกว่า 63 ไมครอน เจือปน 3 ระดับ คือ 0.1 กรัม , 0.2 กรัม และ 0.3 กรัม ต่อน้ำมันหล่อลื่น 300 ซี.ซี.

1.3.2.2 ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทานทางไฟฟ้าของน้ำมันหล่อลื่นใหม่ และน้ำมันหล่อลื่นใหม่ที่มีผงคาร์บอน (Carbon black) ขนาดเล็กกว่า 63 ไมครอน เจือปน 3 ระดับ คือ 0.1 กรัม, 0.2 กรัม, 0.3 กรัม และ 0.4 กรัม ต่อน้ำมันหล่อลื่น 500 ซี.ซี.

1.3.2.3 ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทานทางไฟฟ้าของน้ำมันหล่อลื่นใหม่ และน้ำมันหล่อลื่นใหม่ที่มีน้ำเจือปน 3 ระดับ คือ 0.1 กรัม, 0.2 กรัม และ 0.3 กรัม ต่อน้ำมันหล่อลื่น 500 ซี.ซี.

1.4 วิธีการวิจัย

1.4.1 ออกแบบและสร้างอุปกรณ์ต้นแบบในการทดสอบวัดค่าความต้านทานทางไฟฟ้า ชนิด 3 อิเล็กโทรด (3 Electrodes test cell) ซึ่งมีปริมาตร 300 ซี.ซี. และสามารถกวนผสม น้ำมันหล่อลื่นให้เข้ากันได้

1.4.2 เตรียมผงคาร์บอน (Carbon black) และผงโลหะขนาดเล็กกว่า 63 ไมครอน ด้วยเครื่องร่อนแยกขนาด (Sieve test machine)

1.4.3 ทำการทดสอบหาค่าความจุไฟฟ้า (Capacitance) ของน้ำมันหล่อลื่นที่ปนเปื้อนด้วยสิ่งสกปรกในระดับต่างๆ ด้วยเครื่องวัดค่าความจุไฟฟ้า (RCL Meter)

1.4.4 ทำการทดสอบหาค่าความต้านทานทางไฟฟ้าของน้ำมันหล่อลื่นที่ปนเปื้อนด้วยสิ่งสกปรกในระดับต่างๆ ด้วยเมกกะโอห์มมิเตอร์

1.4.5 ทำการทดสอบหาค่าปริมาณกระแสไฟฟ้าที่วัดได้ของน้ำมันหล่อลื่นที่ปนเปื้อนด้วยสิ่งสกปรกในระดับต่างๆ เมื่อจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง ขนาด 2 กิโลโวลต์

1.4.6 ทำการทดสอบหาค่าปริมาณกระแสไฟฟ้าที่วัดได้ของน้ำมันหล่อลื่นที่ปนเปื้อนด้วยสิ่งสกปรกในระดับต่างๆ เมื่อจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับขนาด 0.25, 0.5, 0.75, 1.00, 1.25, 1.5, 1.75 และ 2 กิโลโวลต์ตามลำดับ

1.4.7 ทำการทดสอบหาค่ามุมเฟสที่เปลี่ยนไป (Phase shift) ของน้ำมันหล่อลื่นที่ปนเปื้อนด้วยสิ่งสกปรกในระดับต่างๆ ด้วยออสซิลโลสโคป (Oscilloscope) โดยทำการวัดที่แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับขนาด 2 กิโลโวลต์

1.4.8 ทำการทดสอบหาค่าแรงดันเบรกดาวน์ (Breakdown voltage) ของน้ำมันหล่อลื่นที่ปนเปื้อนด้วยสิ่งสกปรกในระดับต่างๆ

1.5 ประโยชน์ของการวิจัย

1.5.1 ผลจากการศึกษาทำให้ทราบความสัมพันธ์ของชนิดสารปนเปื้อนของน้ำมันหล่อลื่นกับพฤติกรรมทางไฟฟ้า

1.5.2 ผลจากการศึกษาสามารถนำไปออกแบบวิธีการติดตามสภาพ สำหรับการปนเปื้อนของสารปนเปื้อนชนิดต่างๆ

1.5.3 เป็นแนวทางใหม่ในการบำรุงรักษาน้ำมันหล่อลื่นแบบเฝ้าระวัง

บทที่ 2

บทความวิจัยที่เกี่ยวข้องและทฤษฎี

2.1 บทความวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Wang และ Lin (2003) ได้ทำการศึกษาเรื่อง "A new technique for detecting antifreeze in engine oil during early stage of leakage" ซึ่งเป็นการหาค่าความต้านทานทางไฟฟ้าของน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์ด้วยเทคนิคการวัดแบบ AC impedance measurement technique โดยทำการสร้างอุปกรณ์วัดค่าความต้านทานทางไฟฟ้า ซึ่งมีลักษณะเป็นอิเล็กโตรดซึ่งเคลือบผิวด้วยแพลตตินัม โดยมีระยะห่างระหว่างอิเล็กโตรด 1 มม. และติดตั้งที่ก้นอ่างน้ำมันเครื่องเพื่อทดสอบหาการปนเปื้อนจากการรั่วซึมของสารด้านการแข็งตัวของน้ำมันหล่อลื่น ซึ่งมีสถานะแยกตัวออกจากน้ำมันและนอนก้นอยู่เนื่องจากความหนาแน่นที่มากกว่าน้ำมัน แล้วทำการวัดค่ากระแสไฟฟ้าที่ได้เมื่อจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเข้าไปและคำนวณหาค่าความต้านทานของน้ำมันออกมา โดยได้ทำการทดสอบกับน้ำมันเกรด 5W-30 ของน้ำมันฐานแร่และน้ำมันฐานสังเคราะห์ และทดสอบทั้งน้ำมันใหม่และน้ำมันใช้แล้วที่ 10,500 และ 30,000 ไมล์ จากการทดสอบเบื้องต้นทำให้ทราบว่าที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส น้ำมันฐานสังเคราะห์มีค่าความต้านทานเพียง 20 % ของน้ำมันฐานแร่ และจากผลการศึกษาพบว่าเซนเซอร์สามารถจับความเปลี่ยนแปลงได้ถึงความเข้มข้น 0.5 % สำหรับน้ำมันใช้แล้ว และ 0.25 % สำหรับน้ำมันใหม่ โดยที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เทคนิคในการวัดนี้จะมีควมไวมากต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าความต้านทาน อันเป็นผลมาจากการปนเปื้อนของสารด้านการแข็งตัวในน้ำมันฐานแร่มากกว่าน้ำมันฐานสังเคราะห์ และที่ 35 องศาเซลเซียสจะไวกับน้ำมันฐานสังเคราะห์มากกว่าน้ำมันฐานแร่

Nicholson, Lin, Oberdier และ Heremans (2005) ร่วมกันทำการวิจัยและจดสิทธิบัตรเรื่อง "Method for measuring high frequency resistance in diesel engine lubricant oil" ซึ่งเป็นการตรวจจับเขม่าที่ปนเปื้อนอยู่ในน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์ดีเซลด้วยวิธีการวัดค่าความต้านทานทางไฟฟ้าของน้ำมันโดยการจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับที่มีความถี่สูง (มากกว่า 2 เมกะเฮิรตซ์) ซึ่งค่าความต้านทาน และค่าความจุไฟฟ้าของน้ำมันจะเปลี่ยนแปลงไปตามสภาพการใช้งานของน้ำมัน ได้ทำการทดสอบโดยใช้เซนเซอร์ที่มีรูปแบบเป็นตัวเก็บประจุไฟฟ้าแช่ในน้ำมัน และทำการวัดค่าปริมาณกระแสไฟฟ้าสูงสุด ซึ่งเกิดจากการแทรกสอดคลื่นไฟฟ้าที่มีคลื่น

ความถี่ต่างกัน แล้วนำค่าปริมาณกระแสไฟฟ้าและค่าแรงดันที่วัดได้ มาคำนวณหาค่าความต้านทานของน้ำมัน

Meregerle (1992) ได้ทำการจดสิทธิบัตรเรื่อง "Oil quality monitor sensor and system" ซึ่งเป็นการใช้ electrochemical cell ที่มีลักษณะเป็นอิเล็กโตรดทรงกระบอกกลวง 2 วงซ้อนรวมศูนย์กันอยู่ติดตั้งไว้ที่กันอ่างน้ำมันเครื่อง และใช้การวัดคุณสมบัติความนำไฟฟ้ากระแสสลับของน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์ โดยจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับที่มีความถี่ระหว่าง 100 – 1000 เฮิรตซ์ แล้ววัดค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างอิเล็กโตรดภายในช่วงเวลาที่กำหนด แล้วนำค่าที่ได้มาคำนวณหาคุณสมบัติความนำไฟฟ้าของน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์ ซึ่งสามารถแยกแยะระดับการปนเปื้อนของน้ำและกรดซัลฟิวริกได้

Koehler, Hirthe และ Seitz (2005) ร่วมกันทำวิจัยและจดสิทธิบัตรเรื่อง "Detecting soot during real time operation in diesel engine lubricant" โดยการใช้หัวโพรบในลักษณะของอิเล็กโตรดที่มีช่องห่างกันจุ่มแช่อยู่ในน้ำมันหล่อลื่น และทำการวัดค่าปริมาณกระแสไฟฟ้าและมุมเฟส (phase angle) ที่ได้จากการจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับแรงดันต่ำที่มีความถี่ในช่วง 1-10,000 เฮิรตซ์ไปที่อิเล็กโตรดด้านหนึ่ง แล้วนำค่าปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ได้มาคำนวณหา reactive (Z'') และ resistive impedances (Z') จากนั้นนำค่า reactive impedances ที่เป็นรูปแบบความสัมพันธ์กับ resistive impedances มาพลอตค่าลงใน Nyquist plot เพื่อหาค่ามุมกุด (angle of depression, θ) ซึ่งมีความสัมพันธ์กับปริมาณเขม่าเจือปนในน้ำมันหล่อลื่น โดยวิธีการนี้สามารถตรวจพบปริมาณเขม่าเจือปนได้ในช่วง 0 - 9.6%

Clague, Donnet, Wang และ Peng (1999) ได้ร่วมกันทำการวิจัยเรื่อง "A comparison of diesel engine soot with carbon black" ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบคุณสมบัติทางเคมี และลักษณะรูปร่างของเขม่าที่เกิดขึ้นภายในเครื่องยนต์ดีเซลโดยปนเปื้อนอยู่ในน้ำมันหล่อลื่น เขม่าที่เกิดจากการเผาไหม้ซึ่งจะถูกส่งออกไปสู่ภายนอกระบบทางท่อไอเสีย และผงคาร์บอนทางการค้า โดยผลการวิจัยพบว่าเขม่าทั้งสองประเภทแตกต่างกันในเรื่องของ พื้นผิวทางเคมี (surface chemistry) และ การดูดซับขององค์ประกอบของสารหล่อลื่นในเขม่าที่เกิดขึ้นภายในเครื่องยนต์ ส่วนผงคาร์บอนทางการค้ามีความแตกต่างจากเขม่าในด้านองค์ประกอบทางเคมี และพื้นผิวทางเคมี (surface chemistry) ในด้านของลักษณะรูปร่างนั้น เขม่าทั้ง 2 ชนิดและผงคาร์บอนทางการค้ามีลักษณะที่ใกล้เคียงกันมาก โดยเฉพาะในช่วงที่เริ่มมีการรวมตัวกันในขนาดเล็ก เมื่อทำการทดสอบดูความแตกต่างของกระบวนการเกิดของเขม่าและผงคาร์บอนในสภาวะที่มีการทำให้เย็นตัวลงต่างกัน (quenching and post quenching) พบว่าสามารถใช้ผงคาร์บอนในการจำลองพฤติกรรมการณ์รวมตัวกันของเขม่าภายในน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้แล้วได้

2.2 สารหล่อลื่น

สารหล่อลื่นในท้องตลาดมีความแตกต่างกันอย่างหลากหลาย ภาพที่ 2-1 แสดงถึงวิธีการทดสอบที่มักนิยมใช้เพื่อระบุคุณสมบัติของฐานน้ำมันหล่อลื่น คุณสมบัติของสารหล่อลื่นมักจะสามารถบ่งบอกได้ถึงสมรรถนะในการใช้งานของน้ำมันหล่อลื่นหรือจาระบีชนิดนั้นๆ ฐานน้ำมันที่มักนิยมใช้กันคือ น้ำมันแร่ (Mineral Base Oil) นั่นคือหมายถึงว่าเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้มาจากการกลั่นน้ำมันดิบ โดยที่การกลั่นน้ำมันดิบก็อาจจะมีหลากหลายวิธี เช่น การกลั่นลำดับส่วน การทำไฮโดรแคร็ค เป็นต้น โดยทั่วไปการกลั่นมักจะเริ่มต้นด้วยการกลั่นลำดับส่วน ซึ่งใช้หลักการของการคัดแยกโมเลกุลของไฮโดรคาร์บอนของน้ำมันดิบแบ่งตามขนาดและชนิดโดยการแปรเปลี่ยนค่าของอุณหภูมิและความดัน หลังจากนั้นจะมีกระบวนการกลั่น ซึ่งอาจจะเป็นวิธีการอย่างใดอย่างหนึ่งต่อไปนี้

2.2.1 การแยกโดยสารทำลาย

น้ำมันที่ผ่านการกลั่นจะถูกผสมด้วยสารละลายซึ่งจะทำให้โมเลกุลในกลุ่มของ อะโรแมติก ไฮโดรคาร์บอนที่ไม่ต้องการจะถูกขจัดออกไปด้วยการละลายตัวเข้ากับสารละลายที่ผสมลงไปนั่นเอง

2.2.2 กระบวนการไฮโดรแคร็ค

แบ่งเป็นสองลักษณะคือประเภทไฮโดรแคร็คปกติโดยใช้อุณหภูมิและความดันในกระบวนการต่ำ กระบวนการดังกล่าวจะช่วยในการขจัดธาตุกำมะถัน สารประกอบของไนโตรเจนและออกซิเจน แต่จะไม่มีผลกระทบใดๆต่อไฮโดรคาร์บอนกลุ่มอะโรแมติก สำหรับในประเภทการทำไฮโดรแคร็คขั้นสูงจะดำเนินการที่ระดับความดันและอุณหภูมิที่สูงมาก ซึ่งจะมีผลทำให้โมเลกุลของไฮโดรคาร์บอนในกลุ่ม ของอะโรแมติกอิมตัวเปลี่ยนโครงสร้างไปเป็นแนพทาโนคที่มีเสถียรภาพมากขึ้น และยังสามารถขจัดสารประกอบเชิงซ้อนออกไปอีกด้วย

2.2.3 การกลั่นโดยใช้กรด

สารประกอบที่เป็นองค์ประกอบแบบไม่อิ่มตัวจะถูกขจัดออกไปโดยการใช้กรดซัลฟูริก ซึ่งทำให้เกิดการตกตะกอนของสิ่งที่ไม่พึงประสงค์ หลังจากการขจัดตะกอนออก จะมีการทำให้น้ำมันหล่อลื่นที่ผ่านกรรมวิธีนี้เป็นกลาง

2.2.4 การใช้สารละลายและการเร่งในการจัดไซ

หลังจากการกลั่นจะดำเนินการจัดไซออกจากไฮโดรคาร์บอนในกลุ่มของพาราฟินออก โดยการใช้สารละลาย ซึ่งใช้หลักการของการเปลี่ยนโครงสร้างให้มีแขนของพันธะไฮโดรคาร์บอนที่สั้นลงโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดพิเศษ

น้ำมันหล่อลื่นฐานน้ำมันแร่จะประกอบไปด้วยโมเลกุลของไฮโดรคาร์บอนที่หลากหลายเป็นล้านๆ ชนิด ซึ่งโดยทั่วไปแล้วน้ำมันฐานแร่มักจะเป็นองค์ประกอบของไฮโดรคาร์บอนชนิดพาราฟินิก ทั้งนี้เพราะว่าเป็นองค์ประกอบที่มีค่าดัชนีความหนืดสูงและมีเสถียรภาพที่ดีต่อความร้อนและการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ในบางกรณีอาจจะเป็นองค์ประกอบของ

ไฮโดรคาร์บอนในกลุ่มแนฟธานิก เช่น น้ำมันหล่อลื่นเครื่องทำความเย็น คอมเพรสเซอร์หรือฐานน้ำมันในจาระบี ทั้งนี้เพราะแนฟธานิกมีค่าจุดไหลเทที่ต่ำแม้ว่าจะมีดัชนีความหนืดที่ต่ำกว่ากลุ่มพาราฟินิกก็ตาม คุณสมบัติสำคัญๆ ของพาราฟินิก แนฟธานิกและอะโรแมติก แสดงการเปรียบเทียบให้เห็นได้ดังแสดงในภาพที่ 2-1

คุณสมบัติ	ASTM	พาราฟินิก	แนฟธานิก	อะโรแมติก
ความหนืด (cSt) @ 40°C	D445	40	40	36
ความหนืด (cSt) @ 100°C	D445	6.2	5	4
ดัชนีความหนืด	D2270	100	0	-185
ค่าความถ่วงจำเพาะ	D287	0.8628	0.9194	0.9826
จุดวาบไฟ	D92	229	174	160
จุดไหลเท	D97	-15	-30	-24
% พาราฟินิก	D3238	66%	45%	23%
% แนฟธานิก	D3238	32%	41%	36%
% อะโรแมติก	D3238	2%	14%	41%

ภาพที่ 2-1 เปรียบเทียบคุณสมบัติทั่ว ๆ ไปของแนฟธานิก พาราฟินิกและอะโรแมติก

น้ำมันฐานแร่เปรียบเทียบกับน้ำมันฐานสังเคราะห์ ซึ่งน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้กันโดยทั่วไปมีเพียงส่วนน้อยเท่านั้นที่เป็นฐานน้ำมันสังเคราะห์ ซึ่งส่วนใหญ่ น้ำมันหล่อลื่นที่ใช้จะเป็นฐานน้ำมันแร่ที่ได้มาจากการกลั่นน้ำมันดิบ อย่างไรก็ตาม น้ำมันฐานสังเคราะห์ก็มีหลากหลายชนิดให้เลือกใช้ ซึ่งมีคุณสมบัติที่แตกต่างกันออกไปตามโครงสร้างที่แตกต่างกัน เงื่อนไขที่มักจะจำเป็นต้องเลือกใช้ น้ำมันฐานสังเคราะห์แทนน้ำมันหล่อลื่นฐานแร่คือ

1. ยืดอายุขัยในการต่อต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน
2. เพิ่มขีดความสามารถในการหล่อลื่น
3. ป้องกันการติดไฟ
4. ต่อต้านอุณหภูมิใช้งานสูงๆ
5. มีเสถียรภาพที่ดีต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ
6. ยืดระยะเวลาในการถ่ายน้ำมัน

ข้อได้เปรียบเหล่านี้ควรได้รับการพิจารณาเปรียบเทียบกับข้อด้อยของน้ำมันสังเคราะห์เมื่อเทียบกับน้ำมันหล่อลื่นฐานน้ำมันแร่ก่อนการตัดสินใจเปลี่ยนชนิดของสารหล่อลื่น

1. ราคาแพง
2. อาจไม่เข้ากันกับซีลหรือวัสดุเคลือบผิวต่าง ๆ
3. มีแนวโน้มที่เป็นสารพิษ
4. ค่าใช้จ่ายในการทำलयทิ้งสูง
5. อาจไม่เข้ากันกับน้ำมันหล่อลื่นฐานแร่ที่คั่งค้างอยู่ในระบบ

2.3 หน้าที่ของสารหล่อลื่น

สารหล่อลื่นมีลักษณะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับรูปแบบของของเหลว กึ่งของแข็ง กึ่งของเหลว (จาระบี) หรือมีลักษณะเป็นผงของแข็ง เช่น ผงแกรไฟต์ ผงโมลิบดีนัมไดซัลไฟด์ (MoS₂) หรือผงพลาสติก (PTFE: Polytetra Fluoro Ethylene) เป็นต้น ทั้งนี้และทั้งนั้นขึ้นอยู่กับการใช้งาน การใช้สารหล่อลื่นก่อให้เกิดประโยชน์ต่อชิ้นส่วนเครื่องจักรกลได้ดังนี้

2.3.1 ลดการเสียดทานและการสึกหรอ

สารหล่อลื่นจะแทรกตัวอยู่ระหว่างชิ้นส่วนเครื่องจักร/เครื่องยนต์ที่มีการเคลื่อนที่โดยขึ้นอยู่กับความสามารถในการรองรับภาระของสารหล่อลื่นชนิดนั้นๆ ในลักษณะการสร้างฟิล์มน้ำมันที่ผิวของวัตถุนั้น เป็นผลให้มีแรงเสียดทานน้อยลง การเสียดทานจะทำให้เกิดความร้อนและเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้ผิวหน้าวัสดุมีการเสื่อมสภาพโดยเฉพาะการสึกหรอ ทั้งความร้อนและการสึกหรอที่เกิดขึ้นจะส่งผลให้ทั้งชิ้นส่วนเครื่องจักรและสารหล่อลื่นมีอายุการใช้งานลดต่ำลง ระดับของความหนาฟิล์มน้ำมันที่แทรกอยู่ในระหว่างชิ้นส่วนเครื่องจักรจะหนาบางมากน้อยแค่ไหนขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น ระดับของภาระ ลักษณะของภาระใช้งาน ความเร็วหรือความเร็วยรอบในการใช้งาน ค่าความหนืดของน้ำมันหล่อลื่นหรือค่าความแข็งแรงอ่อนของจาระบี อุณหภูมิรอบรอบ สภาพสิ่งแวดล้อม เป็นต้น โดยทั่วไปแล้วในลักษณะของการเคลื่อนที่ของชิ้นส่วนเครื่องจักรกลที่มีการหล่อลื่นจะสร้างฟิล์มที่มีความหนายู่ที่ประมาณ 2 ถึง 20 ไมครอน หากในกรณีที่ไม่สามารถสร้างฟิล์มสารหล่อลื่นขึ้นมาได้ก็อาจจำเป็นต้องผสมสารเคมีหรือสารปรุงแต่งของแข็งลงไปในสารหล่อลื่นนั้นเพื่อลดการเสียดทานที่จะเกิดขึ้นจากการสัมผัสกันระหว่างผิวชิ้นงานที่เป็นคู่สัมผัสดังกล่าว

2.3.2 ควบคุมอุณหภูมิ

การไหลของน้ำมันหล่อลื่นผ่านเข้าสู่ผิวสัมผัสของชิ้นส่วนเครื่องจักรจะช่วยดูดกลืนความร้อนที่เกิดขึ้นและจะถูกระบายออกไปอาจจะด้วยวิธีการถ่ายเทความร้อนโดยหลักการทางธรรมชาติ เช่น การนำความร้อนหรือการแผ่รังสี เป็นต้นหรืออาจจะใช้วิธีการแลกเปลี่ยนความร้อนด้วยอุปกรณ์ประเภทฮีตเอ็กเชนเจอร์หรือใช้ระบบการหล่อเย็นแบบต่างๆ อาทิ การใช้พัดลมระบายความร้อนหรือการใช้น้ำหล่อเย็น เป็นต้น

2.3.3 การควบคุมสิ่งสกปรก

สารหล่อลื่นทำหน้าที่เป็นสิ่งป้องกันชิ้นส่วนเครื่องจักรกลจากสิ่งแวดล้อม ฝุ่นละออง น้ำหรือความชื้น หรือสารเคมีต่าง ๆ ยิ่งไปกว่านั้นสารหล่อลื่นยังคงต้องสามารถชะล้างเศษโลหะ สิ่งสกปรก หรือสสารที่อาจจะเกิดขึ้นภายในระบบ ให้ไปสู่บริเวณก้นอ่างหรือถังพักน้ำมันหล่อลื่น และไปสู่ไส้กรองน้ำมันหล่อลื่นในกรณีของเศษอนุภาคขนาดเล็กที่ไม่ตกตะกอนนอนก้น

2.3.4 ป้องกันการเกิดปฏิกิริยาเคมี

สารหล่อลื่นจะทำหน้าที่เคลือบผิวของชิ้นส่วนเพื่อทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้เกิดสนิมและการกัดกร่อนที่อาจจะเกิดขึ้นจากน้ำ ความชื้นหรือสารเคมี

2.3.5 การส่งถ่ายพลังงาน

โดยเฉพาะในระบบไฮดรอลิกแล้วนั้นน้ำมันไฮดรอลิกทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการส่งถ่ายพลังงานเพื่อทำให้กระบอกไฮดรอลิก วาล์วและมอเตอร์ไฮดรอลิก ฯลฯ มีการเคลื่อนที่หรือใช้งานได้ตามที่ต้องการ

2.3.6 การซึมซับแรงกระแทก

น้ำมันหล่อลื่นที่ถูกบรรจุไว้ในกระบอกไฮดรอลิกของยานยนต์ต่าง ๆ ทำหน้าที่ผ่อนแรงกระแทกจากถนนที่ขรุขระที่ส่งผลโดยตรงต่อชิ้นส่วนเครื่องยนต์และผู้ขับขี่และผู้โดยสาร

2.3.7 ฉนวนไฟฟ้า

น้ำมันหล่อลื่นที่ใช้ในหม้อแปลงไฟฟ้ามีหน้าที่หลัก ๆ คือ เป็นฉนวนไฟฟ้าและถ่ายเทความร้อนในระบบหม้อแปลงไฟฟ้าทั้งนี้เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการลัดวงจรภายในระบบการเชื่อมต่อไฟฟ้าแรงดันสูง

2.3.8 ชะล้างทำความสะอาด

น้ำมันฟลักซ์ซึ่งมักจะใช้ในการทำความสะอาดระบบต่าง ๆ เช่น เทอร์ไบน์ ระบบเฟืองทดหรือระบบไฮดรอลิกขนาดใหญ่ มีหน้าที่หลักคือการชะล้างเอาสิ่งสกปรกตกค้างในท่อทางภายในระบบหรือในถังพักต่าง ๆ ที่หลงเหลืออยู่ในเครื่องจักรใหม่ ๆ หรือหลังจากจากการทำการโอเวอร์ฮอล

2.3.9 ถ่ายเทความร้อน

น้ำมันประเภทนี้ส่วนใหญ่ใช้กันในระบบการหล่อเย็นเป็นหลัก โดยน้ำมันประเภทนี้ต้องมีการพิจารณาถึงความสามารถในการถ่ายเทความร้อนเป็นหลักสำคัญ

2.4 หน้าที่ของสารปรุงแต่ง

สารปรุงแต่งเป็นสารเคมีที่ผสมเข้ากับน้ำมันหล่อลื่นเพื่อปรับปรุงให้น้ำมันหล่อลื่นที่ถูกใช้เป็นฐานน้ำมันให้มีคุณสมบัติตามที่ต้องการของผู้ใช้งาน โดยทั่วไปสารปรุงแต่งมักใช้ผสมไว้ในน้ำมันหล่อลื่นเพื่อ เสริมคุณสมบัติเด่นที่มีอยู่ในฐานน้ำมันให้ดียิ่งขึ้นไปอีก ก่อคุณสมบัติด้อยของ

ฐานน้ำมันไม่ให้เห็นออกมา และสร้างคุณสมบัติพิเศษใหม่ ๆ ให้เกิดขึ้นเนื่องจากฐานน้ำมันหล่อลื่นยังขาดคุณสมบัติเหล่านั้นอยู่

ต่อไปนี้เป็นกรอธิบายคุณสมบัติและหลักการทำงานของสารปรุงแต่งสำคัญๆ ที่มักนิยมใช้กันอยู่โดยทั่วไป

2.4.1 สารยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Anti-Oxidants/Oxidation Inhibitor)

สารหล่อลื่นมีปฏิกิริยากับออกซิเจนเป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงได้ยากและโดยเฉพาะที่อุณหภูมิใช้งานสูงๆ ซึ่งผลของปฏิกิริยานี้ทำให้เกิดสารองค์ประกอบของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ อนุมูลอิสระ คีโตน อัลดีไฮด์และกรดอินทรีย์ อัตราการเกิดขึ้นของสิ่งเหล่านี้เรียกกันว่า "อัตราการเกิดออกซิเดชัน" ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่อไปนี้

2.4.1.1 ปริมาณของฟองอากาศ – ทำให้ออกซิเจนมีพื้นที่ผิวมากยิ่งขึ้นในการทำปฏิกิริยากับโมเลกุลของน้ำมันหล่อลื่น

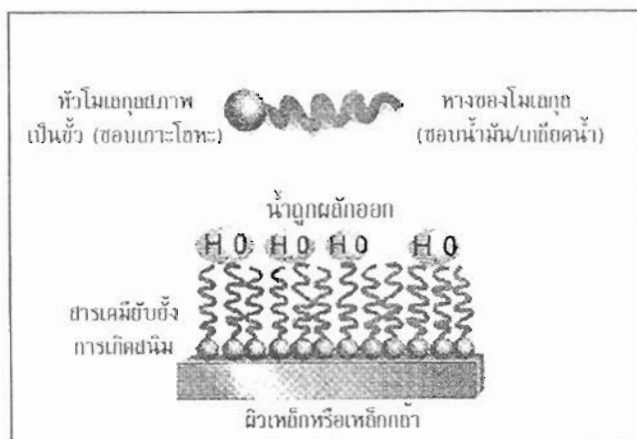
2.4.1.2 อุณหภูมิ – อัตราการเกิดออกซิเดชันจะเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่าตัวทุก ๆ 10 องศา ที่อุณหภูมิน้ำมันหรือสารหล่อลื่นสูงเกินกว่า 70 องศาเซลเซียส

2.4.1.3 น้ำ – ทำให้เกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส ซึ่งเป็นการช่วยเร่งให้เกิดออกซิเดชันให้เร็วมากขึ้น

2.4.1.4 ผงเศษโลหะที่เป็นคาตาลิสต์ – เศษผงโลหะกลุ่มทองแดง ตะกั่ว เหล็ก และธาตุที่ไวต่อปฏิกิริยาเคมีอื่นๆ จะยิ่งเร่งให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันเร็วมากขึ้น ปฏิกิริยาออกซิเดชันมีผลทำให้คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของน้ำมันหล่อลื่นเปลี่ยนไปคือทำให้ ความหนืด ความเป็นกรด และความถ่วงจำเพาะเพิ่มสูงขึ้น ทำให้น้ำมันมีสีเข้มมากขึ้น เกิดคราบวานิช/คราบยางเหนียวจับเกาะผิวชิ้นงาน จนสะสมเกิดเป็นตะกอนนอนก้นที่ก้นอ่างหรือถึงพักน้ำมันหล่อลื่น

2.4.2 สารยับยั้งสนิม

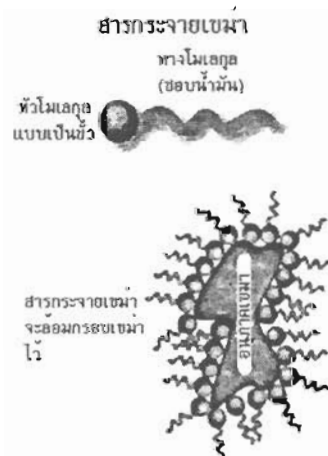
น้ำหรือความชื้นมีผลร้ายมากต่อทั้งชิ้นส่วนเครื่องจักรและต่อสารหล่อลื่นเองด้วย สนิมเป็นผลมาจากการปนเปื้อนด้วยน้ำและมีผลต่อเนื่องเป็นการกัดกร่อนซึ่งจะมีผลต่ออายุขัยของชิ้นส่วนที่ทำจากเหล็กและเหล็กกล้า ดังนั้นเพื่อเป็นการป้องกันการเกิดสนิมจึงจำเป็นต้องมีสารเคมีต่อต้านสนิมผสมลงไปในน้ำมันหล่อลื่น ดังแสดงในภาพที่ 2-2 แสดงให้เห็นลักษณะของสารปรุงแต่งต่อต้านการเกิดสนิม ซึ่งมีสภาพโมเลกุลเป็นขี้ผึ้ง ซึ่งจะยึดเกาะเข้ากับผิวของเหล็กและเหล็กกล้าโดยที่สภาวะขี้ผึ้งด้านหัวของสารเคมีนี้จะจับเกาะกับผิวโลหะและส่วนหางของสารเคมีนี้จะเป็นส่วนที่ผลักดันส่วนของน้ำออกไปจากผิวโลหะ สารปรุงแต่งเหล่านี้จะทำหน้าที่สร้างฟิล์มปกป้องโดยการขั้บไล่น้ำหรือความชื้น เข้าไปสัมผัสเข้ากับผิวของเหล็กได้ ดังนั้นจะทำให้กระบวนการเกิดสนิมถูกตัดตอนออกไป



ภาพที่ 2-2 การทำงานของสารยับยั้งการเกิดสนิม

2.4.3 สารกระจายเขม่าและสารชะล้างทำความสะอาด

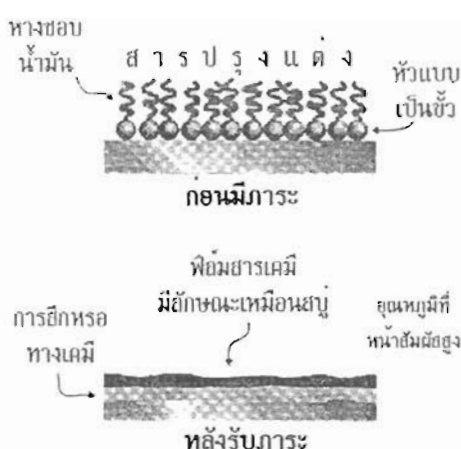
สารกระจายเขม่าเป็นโมเลกุลชนิดแบบเป็นขั้วซึ่งจะคอยล้อมกรอบคราบเหนียวและเขม่าเพื่อป้องกันการรวมตัวเกาะเข้าด้วยกันเป็นกลุ่มและเกาะติดบนผิวโลหะโดยเฉพาะส่วนของเครื่องยนต์ที่มีอุณหภูมิต่ำ (เช่น อ่างน้ำมันเครื่อง ฝาครอบกระเบื้องกวดาล์ว เป็นต้น) โดยการที่ทำให้เขม่ากระจายตัวออกจากกันโดยที่มีขนาดเล็ก ๆ และแขวนลอยอยู่ในน้ำมันหล่อลื่นโดยที่ยากที่จะตกตะกอนไปติดอยู่บนผิวโลหะ (ภาพที่ 2-3) สารชะล้างทำความสะอาดช่วยทำความสะอาดผิวโลหะที่มีอุณหภูมิสูง (ลูกสูบ แหวนลูกสูบ ลิ้นไอดี ลิ้นไอเสีย) เพื่อป้องกันการเกิดคราบยางเหนียวที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้จะจับเกาะผิวโลหะ นอกไปจากนั้นสารเคมีเหล่านี้ยังช่วยทำให้น้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์มีค่าความเป็นด่างเพิ่มขึ้นเพื่อลบล้างค่าความเป็นกรดที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้



ภาพที่ 2-3 กลไกการทำงานของสารกระจายเขม่า

2.4.4 สารปรุงแต่งต่อต้านการสึกหรอและสารปรุงแต่งรับแรงกดสูง

สารปรุงแต่ง AW และ EP ปกป้องชิ้นส่วนเครื่องจักรหรือเครื่องยนต์ภายใต้สภาวะการหล่อลื่นขอบเขตแบบบาวน์ดารี บางครั้งถูกเรียกว่าเป็นสารปรุงแต่งต่อต้านการสึกหรอแบบยึดติดอย่างรุนแรง (Antiscuff Additives) ภายใต้แรงกดสูงๆ สารเคมีที่มีความไวต่อปฏิกิริยาเหล่านี้จะทำปฏิกิริยากับผิวชิ้นงาน เพื่อสร้างฟิล์มที่มีลักษณะเป็นฟิล์มออกไซด์คล้ายเนื้อสบู่ที่มีความลื่นในตัวฟิล์ม (ภาพที่ 2-4) AW และ EP ต่างกันที่ความหนาของฟิล์มที่เกิดจากการทำปฏิกิริยาของผิวโลหะ



ภาพที่ 2-4 กลไกการทำงานของสารปรุงแต่งกลุ่ม AW และ EP

เป็นสิ่งที่ดีเยี่ยมหากเราสามารถหลีกเลี่ยงขอบเขตการหล่อลื่นแบบบาวน์ดารีได้ แต่หากไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ ก็จำเป็นต้องเลือกสารปรุงแต่งต่อต้านการสึกหรอที่มีสภาพความไวต่อปฏิกิริยาให้น้อยที่สุด สารปรุงแต่งเหล่านี้จะช่วยควบคุมหรือลดการเสียดทานที่ก่อให้เกิดการเสื่อมสภาพหรือการสึกหรอของผิวคู่สัมผัสโดยไม่จำเป็น

2.4.5 สารปรุงแต่งเพิ่มค่าดัชนีความหนืด

มักถูกเรียกย่อๆว่า VI Improver เป็นสารเคมีที่เป็นโพลีเมอร์ที่มีพันธะเชื่อมต่อกันแบบยาวและมีน้ำหนักโมเลกุลสูง โดยทั่วไปแล้วนั้นอุณหภูมิไม่ว่าจะในด้านสูงหรือต่ำจะมีผลโดยตรงต่อค่าความหนืดของน้ำมันหล่อลื่น ในกรณีของอุณหภูมิต่ำจะทำให้น้ำมันมีความหนืดสูงและในทางตรงกันข้ามเมื่ออุณหภูมิสูงน้ำมันจะมีความหนืดต่ำ สารปรุงแต่ง VI Improver นี้ถูกใช้ผสมเข้ากับน้ำมันหล่อลื่นเพื่อลดอัตราของการแปรเปลี่ยนค่าความหนืดของน้ำมันเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนไปในระหว่างการใช้งาน VI Improver โดยทั่วไปแล้วประกอบด้วยสารเคมีในกลุ่มของโพลีเมอร์ โคโพลีเมอร์ เอสเตอร์ สไตรีน เป็นต้น สารเคมีเหล่านี้มักถูกนำมาใช้กับการผสมน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์ น้ำมันไฮดรอลิก น้ำมันเกียร์อัตโนมัติ และในน้ำมันหล่อลื่นพื้นเพื่องในบางกรณี

2.4.6 สารเคมียับยั้งการเกิดฟอง

สารเคมีเหล่านี้ทำให้เกิดการรวมตัวกันของฟองอากาศเล็ก ๆ ให้อยู่ตัวขึ้นไปสู่ผิวด้านบนของถังพักหรืออ่างน้ำมันหล่อลื่น สารเคมีที่ใช้ทั่วไปคือเมทิลซิลิโคนโพลีเมอร์ที่มีขนาดเล็กประมาณสิบไมครอนถูกผสมเข้ากับน้ำมันหล่อลื่น สารเคมีเหล่านี้จะถูกฟองอากาศที่อยู่ในน้ำมันดึงให้พุ่งลอยขึ้นสู่ผิวน้ำของน้ำมันในขณะเดียวกันก็จะทำให้ฟองอากาศเหล่านี้มีความอ่อนตัวและแตกตัวในที่สุด

2.4.7 สารเคมีลดจุดไหลเท

สารเคมีเหล่านี้เป็นโพลีเมอร์ที่จะทำให้ น้ำมันหรือสารหล่อลื่นสามารถไหลตัวได้ในช่วงอุณหภูมิต่ำ ๆ โดยไม่ก่อให้เกิดไขหรือทำให้น้ำมันหนืดขึ้นเกินไปที่อุณหภูมิต่ำ ๆ เช่นในหน้าหนาว สารเคมีชนิดนี้จะเข้าไปก่อกวนการก่อตัวของผลึกหรือไขน้ำมันและยังผลให้สามารถบีบสารหล่อลื่นให้ยังคงไหลต่อไปได้ในช่วงอุณหภูมิต่ำ ๆ

2.5 สิ่งสกปรกในสารหล่อลื่น

สิ่งสกปรกเป็นสาเหตุเริ่มต้นที่ทำให้ระบบทางกล ระบบหล่อลื่นและระบบไฮดรอลิกเกิดการชำรุดและเสียหาย โดยนิยามแล้วนั้นสิ่งสกปรกแล้วสิ่งสกปรกคือ สสารหรือพลังงานใดๆ อันไม่พึงประสงค์ที่จะให้ปะปนอยู่ในสารหล่อลื่น ดังนั้นสิ่งสกปรกอาจเป็นได้ทั้ง สิ่งสกปรกที่อยู่ในบรรยากาศซึ่งอาจเล็ดลอดเข้าสู่ระบบผ่านช่องทางต่างๆ เช่น ช่องหายใจ ซิล ท่อทางที่มีการรั่วซึม หรือเป็นเศษโลหะจากการสึกหรอที่เกิดขึ้นภายในระบบเอง สิ่งสกปรกในสารหล่อลื่นจึงสามารถจำแนกได้ดังนี้

2.5.1 อนุภาคสิ่งสกปรก

อนุภาคสิ่งสกปรกที่มีความแข็ง เช่น ฝุ่นละออง เป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่ทำให้ชิ้นส่วนเกิดการสึกหรอและเกิดการชำรุดในที่สุด โดยระดับความรุนแรงของการสึกหรอจะขึ้นอยู่กับขนาด รูปร่าง ค่าความแข็งและองค์ประกอบทางเคมีของอนุภาคเหล่านี้

เมื่อพิจารณาผลของอนุภาคสิ่งสกปรกที่มีต่อน้ำมันหล่อลื่นโดยเฉพาะอย่างยิ่ง เศษโลหะของธาตุที่มีความไวหรือเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเคมี เช่น ทองแดง เหล็ก ตะกั่ว จะมีส่วนช่วยเร่งให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ดีขึ้น อนุภาคสิ่งสกปรกยังทำลายสารปรุงแต่งของน้ำมันที่มีสถานะเป็นขี้ผึ้งให้ด้อยสมรรถนะลง เช่น สารปรุงแต่งรับแรงกดสูง สารปรุงแต่งต่อต้านการสึกหรอ สารยับยั้งการเกิดสนิม และสารกระจายเขม่า นอกจากนั้นสิ่งสกปรกแขวนลอยขนาดเล็กๆ ยังจะทำให้ น้ำมันหล่อลื่นเปลี่ยนแปลงค่าความหนืดและสีได้อีกด้วย ส่วนในแง่ผลกระทบของอนุภาคสิ่งสกปรกที่มีต่อเครื่องจักร มักก่อให้เกิดการสึกหรอโดยเฉพาะอนุภาคของแข็ง และเร่งให้เกิดการชำรุดของเครื่องจักรกล

2.5.2 ความชื้นหรือน้ำ

เป็นสิ่งที่สกปรกที่มีผลต่อการเสื่อมสภาพของเครื่องจักรเป็นอันดับที่ 2 รองจากของแข็ง โดยจะสามารถปนเปื้อนในน้ำมันหล่อลื่นได้ 3 สถานะคือ

2.5.2.1 น้ำอิสระ

เป็นน้ำที่ปนเปื้อนอยู่ในน้ำมันหล่อลื่นมีปริมาณมากและเกิดแยกตัวออกจากน้ำมันหล่อลื่น หรือมองเห็นได้ถึงการแยกตัวออกเป็นชั้นของน้ำและชั้นของน้ำมันหล่อลื่น ซึ่งเกิดจากความถ่วงจำเพาะที่แตกต่างกันระหว่างน้ำมันและน้ำมันหล่อลื่น โดยทั่วไปน้ำอิสระจะแยกตัวออกไปสะสมกันอยู่ที่ก้นถังพัก แต่ในบางกรณีที่น้ำมันมีค่าความถ่วงจำเพาะสูงกว่าน้ำ (น้ำมันสังเคราะห์บางกลุ่ม) ทำให้น้ำอิสระลอยตัวอยู่บนผิวของน้ำมัน

2.5.2.2 น้ำที่ผสมอยู่กับน้ำมัน (Emulsified)

เมื่อน้ำอิสระอยู่ภายใต้สภาวะของการถูกเจือปนตัว เช่น ในระหว่างการปั๊มของปั๊มน้ำมันหล่อลื่น จะทำให้น้ำอิสระในน้ำมันจะถูกกระจายออกมาเป็นหยดน้ำขนาดเล็กๆ และจะแขวนลอยอย่างมีเสถียรภาพผสมอยู่กับน้ำมันหล่อลื่น และในบางกรณีโลหะในสภาพของออกไซด์ และสิ่งสกปรกจะส่งเสริมหรือมีส่วนช่วยให้หยดน้ำเล็ก ๆ เหล่านี้แขวนลอยอยู่ในน้ำมันได้ดียิ่งขึ้นด้วย การที่น้ำผสมกับน้ำมันหล่อลื่นจะทำให้น้ำมันมีสีขุ่นมัวหรือเป็นสีขาวเหมือนสีนํ้านม ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณของน้ำที่ผสมอยู่

2.5.2.3 น้ำหรือความชื้นที่ผสมรวมตัวอยู่ในน้ำมัน

การปนเปื้อนของน้ำในลักษณะนี้จะไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ซึ่งโดยทั่วไปแล้วน้ำมันจะมีน้ำผสมอยู่ปริมาณเล็กน้อยในองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมัน โดยจะมีปริมาณมากน้อยเพียงใดนั้นจะขึ้นอยู่กับชนิดของฐานน้ำมัน สภาพของฐานน้ำมัน ลักษณะของสารปรุงแต่ง ปริมาณของสิ่งสกปรก และอุณหภูมิของน้ำมัน ตัวอย่างเช่น ฐานน้ำมันกลุ่มพาราฟินิกที่มีคุณภาพสูงและมีความบริสุทธิ์ของพาราฟินสูง ๆ ที่ปราศจากสารปรุงแต่งหรือมีสารปรุงแต่งเพียงแต่ยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชัน จะมีการละลายตัวของความชื้นหรือน้ำในปริมาณที่น้อยมากก่อนที่จะถึงจุดอิ่มตัวของการละลายตัวจากน้ำหรือความชื้น ในทางกลับกันหากเป็นฐานน้ำมันที่มีคุณภาพต่ำและน้ำมันได้ถูกออกซิไดซ์ไปแล้ว และมีการผสมไว้ด้วยสารปรุงแต่งที่มีสภาพความเป็นขั้วสูงมากก็วยังส่งผลให้มีการ ดูดซึมน้ำได้ในปริมาณมากขึ้นก่อนที่จะถึงจุดอิ่มตัว และแน่นอนว่าจุดอิ่มตัวของน้ำมันหล่อลื่นใด ๆ จะเกี่ยวข้องหรือขึ้นอยู่กับระดับของอุณหภูมิ เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นก็จะสามารถดูดซึมน้ำได้มากยิ่งขึ้น และหากอุณหภูมิลดลงก็จะดูดซึมได้น้อยลง และหากเมื่อใดที่อุณหภูมิตกลงต่ำกว่าจุดกลั่นตัว น้ำหรือความชื้นที่ผสมตัวอยู่ในน้ำมันก็จะแยกออกมาเป็นกลุ่มของน้ำอิสระหรือกลุ่มของน้ำกับน้ำมันที่เป็นสีขุ่นมัว

น้ำจะส่งผลกระทบต่อน้ำมันหล่อลื่น โดยจะทำปฏิกิริยากับสารปรุงแต่งบางประเภทและทำให้เกิดการตกตะกอนนอนกันหรือทำให้เกิดสารเคมีที่มีความไวสูงจากผลของการรวมตัวเข้ากับน้ำ (Hydrolysis) นอกจากนั้นน้ำยังทำหน้าที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเคมี (Catalyst) ของการเกิด

ออกซิเดชัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อมีเศษโลหะนอกกลุ่มของเหล็ก ทองแดง และตะกั่วผสมอยู่ในน้ำมันหล่อลื่น ในกรณีที่มีน้ำอิสระสะสมอยู่ในถังพักน้ำมันหล่อลื่นจะส่งผลให้มีการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิตเล็ก ๆ เช่น แบคทีเรีย เป็นต้น สิ่งมีชีวิตเหล่านี้ใช้น้ำมันหล่อลื่นเป็นอาหารและย่อยสลายน้ำมันให้กลายเป็นกรด ซึ่งเป็นการเร่งให้น้ำมันเกิดออกซิเดชันเร็วขึ้น รวมไปถึงทำให้ไส้กรองน้ำมันอุดตันอีกด้วย และยังส่งผลกระทบต่อเครื่องจักร โดยน้ำในสถานะของน้ำอิสระหรือน้ำที่รวมตัวอยู่กับน้ำมันจะส่งผลต่อการหล่อลื่น โดยทำให้ฟิล์มน้ำมันหล่อลื่นด้อยสมรรถนะลง และส่งผลทำให้ชิ้นส่วนเครื่องจักรมีโอกาที่จะเกิดการสึกหรอแบบต่าง ๆ เช่น การขูดขีด (Abrasive) การยึดติด (Adhesive) และการล้าตัว (Fatigue) นอกจากนั้นน้ำก่อให้เกิดสนิมเหล็กและส่งผลกระทบต่อเนื้อให้เกิดการกัดกร่อน โดยเฉพาะอย่างยิ่งวัสดุที่ใช้ทำแบริ่งกาบ (ทองแดง ตะกั่ว หรือดีบุก)



ภาพที่ 2-5 ลักษณะการปนเปื้อนของน้ำในน้ำมันหล่อลื่น

2.5.3 การปนเปื้อนจากน้ำมันเชื้อเพลิง

การปนเปื้อนด้วยน้ำมันเชื้อเพลิงเกิดขึ้นกับโดยเฉพาะในอ่างน้ำมันเครื่องยนต์ โดยทั่วไปแล้วในยานยนต์นั้นอ่างน้ำมันเครื่องจะมีการปนเปื้อนด้วยน้ำมันเชื้อเพลิงอยู่ไม่มากนักน้อยในระหว่างการใช้งาน การที่ไม่ทำการเปลี่ยนถ่ายน้ำมันตามระยะเวลาหรือการใช้งานอย่างไม่ถูกต้องหรือมีสิ่งผิดปกติในเครื่องยนต์จะส่งผลให้เครื่องยนต์ทำงานผิดปกติ และจะยิ่งส่งผลให้น้ำมันเชื้อเพลิงปนเปื้อนน้ำมันเครื่องยนต์ในปริมาณที่สูงผิดปกติ

การปนเปื้อนของน้ำมันเชื้อเพลิงในน้ำมันหล่อลื่นจะมีผลต่อสมรรถนะของน้ำมันหล่อลื่น และเครื่องยนต์ในรูปแบบต่าง ๆ ต่อไปนี้

2.5.3.1 การเกิดออกซิเดชันก่อนกำหนด

โมเลกุลของน้ำมันเชื้อเพลิงจะถูกออกซิไดซ์ง่ายมาก การเกิดออกซิเดชันของน้ำมันเชื้อเพลิงในน้ำมันหล่อลื่นจะทำให้เกิดสารเคมีที่เป็นผลพลอยได้ของปฏิกิริยาออกซิเดชัน ซึ่งจะส่งผลให้เกิดปฏิกิริยาอุกโชของการเกิดออกซิเดชันของน้ำมันหล่อลื่นได้เร็วยิ่งขึ้น

2.5.3.2 ความหนืดเปลี่ยนไป

น้ำมันเชื้อเพลิงจะผสมตัวเข้ากับน้ำมันหล่อลื่นได้และทำให้ความหนืดลดลง

2.5.3.3 ทำให้สารปรุ่่งแต่งถูกเจือจาง

เนื่องจากน้ำมันเชื้อเพลิงไม่ได้มีสารปรุ่่งแต่งผสมมาด้วย ดังนั้นยังมีมากเท่าใดทำให้สารปรุ่่งแต่งในน้ำมันเจือจางลงมากเท่านั้น

2.5.3.4 มีการสะสมของก๊ำมะถัน

ส่วนประกอบของก๊ำมะถัน (โดยเฉพาะน้ำมันดีเซล) ที่เพิ่มขึ้นในน้ำมันหล่อลื่นจะยังมีการเสี่ยงมากขึ้นต่อการเกิดการกัดกร่อน

2.5.3.5 ทำให้เครื่องยนต์เกิดการสึกหรอเพิ่มขึ้น

ความหนืดที่ลดลงและการเจือจางไปของสารปรุ่่งแต่งต่อต้านการสึกหรอ (AW: Anti Wear) โดยทั้งสองส่วนจะทำให้อัตราการสึกหรอทางกลมีค่าสูงขึ้น

2.5.3.6 การกัดกร่อนเพิ่มขึ้น

กรดซัลฟูริกและกรดอินทรีย์ที่เป็นผลพวงจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน จะเร่งให้เกิดการกัดกร่อนเพิ่มมากขึ้น

2.5.3.7 เสี่ยงต่อการเกิดอัคคีภัยและการระเบิด

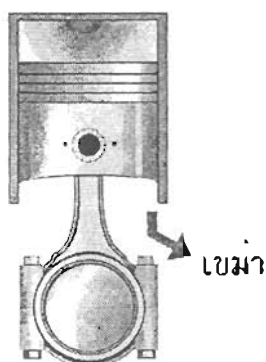
การที่มีระดับหรือปริมาณของน้ำมันเชื้อเพลิงที่สูงมากจะมีโอกาสเสี่ยงที่จะเกิดการติดไฟ หรือการระเบิดของเครื่องยนต์ และหากมีปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงมาก ๆ ในน้ำมันเครื่องยนต์จะทำให้มีน้ำมันมีปริมาณมากเกินไปจนล้นออกมาและมีความเสี่ยงที่จะเกิดไฟไหม้ได้

2.5.4 การปนเปื้อนจากเขม่า

เขม่าเป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้โดยธรรมชาติจากกระบวนการเผาไหม้ การที่ไม่เปลี่ยนถ่ายน้ำมันเครื่องยนต์ตามระยะเวลา หรือการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์จะมีผลทำให้มีปริมาณเขม่าสูงผิดปกติ และมีผลร้ายต่อเครื่องยนต์ กฎหมายด้านสิ่งแวดล้อมโดยทั่วไปจะมีการควบคุมปริมาณเขม่าและไอเสียที่มีก๊าซไนโตรออกไซด์ (NO_x) โดยมีการติดตั้งชุดอีจีอาร์ (EGR: Exhaust Gas Recirculation) จะยังส่งผลให้มีปริมาณเขม่าสูงมากขึ้นในน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์ในขนาดเครื่องยนต์เข้ามาได้โดยการเกิดโบลบายดังแสดงในภาพที่ 2-6 ซึ่งก๊าซจากการเผาไหม้ดังกล่าวเกิดขึ้นได้ดังต่อไปนี้

1. กำลังอัดต่ำเกินไป ทำให้การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ ทำให้มีอัตราการเกิดเขม่าสูงขึ้น

2. อัตราส่วนผสมหนาเกินไป เกิดจากการอุดตันหรือความผิดปกติของการไหลของอากาศผ่านไส้กรองอากาศหรือมีการปรับตั้งอัตราส่วนผสมของไอดีที่ไม่เหมาะสม
3. อุณหภูมิของอากาศต่ำเกินไป ในบางฤดูอาจจะมีสภาพของอุณหภูมิอากาศต่ำเกินไป (ฤดูหนาว)
4. การลากจูง ทำให้มีการะใช้งานสูงเกินไปหรือใช้งานเครื่องยนต์ที่เกียร์ต่ำเกินไป
5. อยู่ที่รอบเดินเบานานเกินไป ใช้งานที่ความเร็วรอบเดินเบาเป็นเวลานานหรือใช้ความเร็วต่ำเกินไปในระหว่างการใช้งาน



ภาพที่ 2-6 เขม่าที่เกิดขึ้นภายในระบบการสันดาปภายใน

เขม่ามีผลต่อน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์ดังนี้

2.5.4.1 ทำให้สมรรถนะของสารกระจายเขม่าต่ำลง

โดยการดูดซึมโมเลกุลของสารปรุงแต่งกระจายเขม่าในปริมาณที่มากขึ้น จะส่งผลทำให้สมรรถนะของสารปรุงแต่งกลุ่มนี้ลดลงอย่างรวดเร็ว และเมื่อมีเขม่าเพิ่มมากขึ้นจะทำให้น้ำมันหมดสภาพการใช้งานได้อย่างรวดเร็ว

2.5.4.2 สมรรถนะของสารปรุงแต่งต่อต้านการสึกหรอลดลง

โมเลกุลของสารปรุงแต่งกลุ่มนี้ถูกซึมซับ โดยผิวหน้าของเขม่าและทำให้สารปรุงแต่งไม่สามารถปกป้องผิวโลหะจากการสึกหรอได้

2.5.4.3 ทำให้ความหนืดสูงขึ้น

เขม่าที่แขวนลอยอยู่ในน้ำมันหล่อลื่นจะทำให้ความหนืดสูงขึ้น ซึ่งส่งผลให้อุณหภูมิมีค่าสูงขึ้นและทำให้น้ำมันไหลตัวได้ช้าลงในการเข้าไปหล่อลื่นชิ้นส่วนต่าง ๆ

นอกจากนี้การสะสมของเขม่ายังส่งผลผลร้ายต่อชิ้นส่วนเครื่องยนต์ โดยจะทำให้ไส้กรองอุดตัน ยิ่งส่งผลทำให้เกิดการสึกหรอแบบขูดขีด เกิดคราบตะกอน ตมตะกอน และอุดตันท่อน้ำมันหล่อลื่น

2.5.5 การปนเปื้อนจากไกลคอล

ไกลคอลมักจะปนเปื้อนเข้ากับน้ำมันเครื่องยนต์ในอ่างน้ำมันเครื่อง ซึ่งมักจะใช้สารหล่อเย็นที่มีไกลคอลเป็นองค์ประกอบผสมกับน้ำ เพื่อใช้ทำการระบายความร้อน เมื่อมีไกลคอลไหลในระบบจะเป็นปัจจัยเสี่ยงที่จะเกิดการรั่วซึมเข้าสู่ระบบการหล่อลื่น โดยเฉพาะอย่างยิ่งรั่วเข้าสู่อ่างน้ำมันเครื่องยนต์

ไกลคอลมีผลร้ายต่อน้ำมันเครื่องยนต์ โดยทำให้เกิดเจล (วุ้น) และทำให้น้ำมันเป็นสีขาวขุ่น ทำให้ความหนืดเพิ่มขึ้น เร่งการเกิดออกซิเดชัน และทำให้เกิดกรดในน้ำมันหล่อลื่น ซึ่งทำให้เครื่องยนต์เกิดการสึกหรอเพิ่มขึ้นเนื่องจากการขาดสารหล่อลื่น เกิดการกัดกร่อน และการอุดตันของไส้กรองได้

2.6 ไดอิเล็กตริกเหลว

ไดอิเล็กตริกคือ ฉนวนไฟฟ้าที่ใช้กันระหว่างอิเล็กโตรด เพื่อกันหรือให้ทนแรงดันได้สูงขึ้นกว่าก๊าซหรืออากาศด้วย ของเหลวใดๆสามารถนำมาใช้เป็นฉนวนได้ทั้งนั้น ถ้าหากว่าของเหลวนั้นมีค่าความต้านทานมากเพียงพอ และไม่เปลี่ยนสภาพทางฟิสิกส์ในช่วงเวลาที่นานพอสมควร ซึ่งน้ำมันประเภทไฮโดรคาร์บอน เช่นน้ำมันปิโตรเลียม ถูกนำมาใช้เป็นฉนวนเหลวในระบบและอุปกรณ์ไฟฟ้าแรงสูงมาเป็นเวลานาน โดยลักษณะสำคัญที่เป็นตัวบ่งชี้ถึงคุณสมบัติและคุณภาพของไดอิเล็กตริก คือ

2.6.1 ความต้านทาน

ไดอิเล็กตริกหรือฉนวนที่สมบูรณ์แล้วจะต้องไม่นำกระแสเลยทั้งสิ้นเมื่อได้รับแรงดันไฟฟ้า กระแสตรง นั่นคือจะต้องไม่มีสภาพนำไฟฟ้าอยู่เลย หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งก็คือ มีความต้านทานสูงเป็นอนันต์ แต่ในความเป็นจริงในทางปฏิบัตินั้นฉนวนไฟฟ้ามักนำกระแสได้แต่มีค่าน้อยมาก นั่นแสดงว่าฉนวนไฟฟ้านั้นมีค่าความต้านทานสูงที่สามารถวัดค่าได้(ไม่เป็นอนันต์)

ค่าความต้านทานของไดอิเล็กตริกนั้นอาจคำนวณหรือวัดค่าได้เช่นเดียวกันกับค่าความต้านทานของตัวนำ ถ้าทราบค่าความต้านทานจำเพาะ (ρ) ความหนา (d) และพื้นที่หน้าตัด (A) ของไดอิเล็กตริก โดยความต้านทานของฉนวนหาได้จาก

$$R = \rho d / A \quad (2-1)$$

2.6.2 เพอร์มิตติวิตี (Permittivity)

เพอร์มิตติวิตีนี้บางทีก็เรียกว่า ค่าคงตัวของไดอิเล็กตริก (dielectric constant : ϵ) เป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญประการหนึ่ง ไม่มีมิติและเป็นตัวบ่งชี้บอกลักษณะของไดอิเล็กตริกหรือสารฉนวนไฟฟ้า ที่กำหนดความสามารถของการสร้างกะเป๋าศีแลง หรือกล่าวอย่างง่าย ๆ ϵ ก็คือ

ค่าตัวเลขที่ทำให้ทราบว่าค่าแบริแทนซ์จะเพิ่มขึ้นกี่เท่าของค่าแบริแทนซ์ของสุญญากาศเมื่อใส่ไดอิเล็กตริกที่มีเปอร์มิตติวิตี ϵ เข้าไปแทนที่นั่นคือ

$$C = \epsilon C_0 \quad (2-2)$$

ปกติเปอร์มิตติวิตี ϵ จะแสดงเป็นค่าสัมพัทธ์ ϵ_r เทียบกับค่าคงตัวไดอิเล็กตริกของสุญญากาศ ϵ_0 คือ

$$\epsilon = \epsilon_r \epsilon_0 \quad (2-3)$$

โดยที่

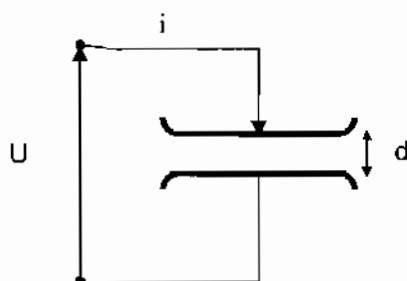
$$\begin{aligned} \epsilon_0 &= 10^{-9}/36\pi \\ &= 8.854 \times 10^{-12} \text{ F/m} \end{aligned} \quad (2-4)$$

2.6.3 แพลคเตอร์พลังงานสูญเสียในไดอิเล็กตริก

พลังงานสูญเสียในไดอิเล็กตริกอาจแบ่งได้เป็น 2 ส่วนคือ พลังงานสูญเสียเนื่องจากสภาพนำไฟฟ้าของไดอิเล็กตริกที่มีค่าความต้านทานไม่ถึงอนันต์ และอีกส่วนหนึ่งเป็นพลังงานสูญเสียเนื่องจากโพลาริเซชันของไดอิเล็กตริก ซึ่งจัดเป็นพลังงานสูญเสียทางกลไฟฟ้า เพราะโมเลกุลของไดอิเล็กตริกจะต้องมีการกลับขั้วไปตามการเปลี่ยนแปลงของสนามไฟฟ้า เช่นแรงดันกระแสสลับ

2.6.4 ความคงทนต่อแรงดันไฟฟ้าของไดอิเล็กตริก

ความคงทนต่อแรงดันไฟฟ้าของฉนวน หมายถึงค่าความเครียดสนามไฟฟ้า(Electrical field stress) สูงสุดที่ฉนวนนั้นสามารถทนอยู่ได้ โดยไม่เกิดการเสียหายหรือเบรกดาวน์ หรือทำให้ฉนวนเสื่อมสภาพ ซึ่งมีหน่วยเป็นค่าแรงดันต่อหน่วยความหนาของฉนวนหรือระยะห่างระหว่างอิเล็กโตรด ความเครียดของสนามไฟฟ้าที่ใช้กำหนดค่าความคงทนต่อแรงดันไฟฟ้าของฉนวน จะหาจากสนามไฟฟ้าที่สม่ำเสมอ คือเป็นสนามไฟฟ้าระหว่างอิเล็กโตรดที่มีแผ่นเป็นระนาบ



ภาพที่ 2-7 อิเล็กโตรดที่มีสนามไฟฟ้าแบบสม่ำเสมอ

โดยที่

$$E = U/d \quad (2-5)$$

เมื่อ

U คือ แรงดันไฟฟ้าที่ป้อนเข้าไประหว่างอิเล็กโตรด

D คือ ระยะห่างระหว่างอิเล็กโตรด

E คือ ความเครียดสนามไฟฟ้า

ค่าความคงทนต่อแรงดันไฟฟ้าของไดอิเล็กตริกจะขึ้นอยู่กับชนิดของสารที่มีโครงสร้างทางเคมีและฟิสิกส์ที่ต่างกัน สารประเภทที่มีโครงสร้างเป็นผลึกจะเกิดการเบรกดาวน์ตามแนวที่มีการยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลน้อยที่สุด ซึ่งมักสังเกตเห็นว่าร่องรอยของการเกิดเบรกดาวน์ในฉนวนจะไม่เป็นแนวเส้นตรง อย่างไรก็ตามฉนวนเหลวอาจมีค่าแรงดันเบรกดาวน์ต่ำลงหากมีสิ่งแปลกปลอมเจือปนอยู่ในฉนวนเหลว

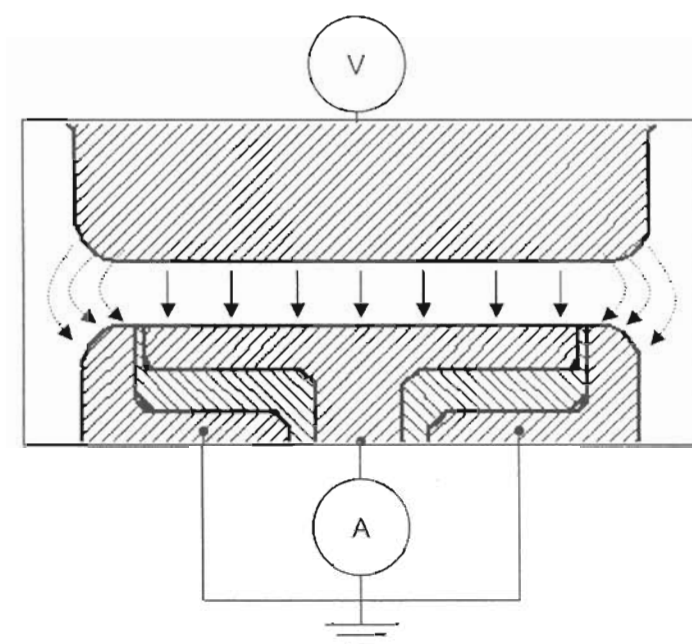
2.7 อิเล็กโตรดชนิด 3 อิเล็กโตรด

อิเล็กโตรดชนิด 3 อิเล็กโตรด เป็นอิเล็กโตรดอย่างง่าย ที่มีลักษณะสนามไฟฟ้าที่สม่ำเสมอ สะดวกในการคำนวณหาความต้านทานจำเพาะของฉนวน ซึ่งอิเล็กโตรดชนิดนี้จะประกอบด้วย

2.7.1 อิเล็กโตรดแรงสูง(High voltage electrode) อิเล็กโตรดนี้จะเป็นอิเล็กโตรดส่วนที่ได้รับแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายเข้าไปในฉนวนเหลวเพื่อวัดค่าต่างๆ

2.7.2 อิเล็กโตรดวัด(Measuring electrode) จะเป็นอิเล็กโตรดที่ถูกสร้างขึ้น โดยควบคุมขนาดของพื้นที่หน้าตัด และไม่มีการลบมุมหรือขอบเพื่อให้สนามไฟฟ้าที่ไหลผ่านฉนวนเหลวมีลักษณะสม่ำเสมอมากที่สุด

2.7.3 วงแหวนการ์ด(Guard ring) จะมีลักษณะเป็นวงโดนัทที่มีขอบนอกเป็นรัศมีโค้งเพื่อป้องกันสนามไฟฟ้าหักเหเข้าสู่อิเล็กโตรดวัดและทำให้สนามไฟฟ้าที่อยู่บริเวณอิเล็กโตรดวัดมีความสม่ำเสมอ

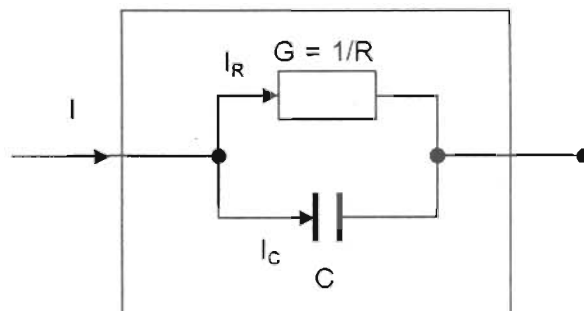


ภาพที่ 2-8 อิเลคโตรดชนิด 3 อิเลคโตรด

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

ในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทานทางไฟฟ้าของน้ำมันหล่อลื่นและชนิดของสิ่งสกปรกที่ปนเปื้อนในน้ำมันหล่อลื่นโดยวิธีการให้แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับแก่อุปกรณ์ในการทดสอบแล้ววัดปริมาณกระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้น ซึ่งเมื่อเกิดการปนเปื้อนในน้ำมันหล่อลื่นแล้วสามารถส่งผลต่อคุณสมบัติทางไฟฟ้าได้ 2 ประการคือ ทำให้ค่าความเป็นประจุไฟฟ้าเปลี่ยนแปลง หรือทำให้ค่าความนำไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงดังภาพที่ 3-1



ภาพที่ 3-1 วงจรแสดงลักษณะการเกิดกระแสไฟฟ้า 2 ชนิดเมื่อจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ

เมื่อมีการจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเข้าสู่ระบบพบว่า

$$I = I_R + I_C \quad (3-1)$$

โดยที่

$$I_R \text{ (Conduction Current)} = V/R \quad (3-2)$$

$$I_C \text{ (Displacement Current)} = C \, dv/dt \quad (3-3)$$

เมื่อ

$$V = \text{แรงดันไฟฟ้าที่จ่ายเข้าสู่ระบบ}$$

$$R = \text{ค่าความต้านทานของระบบ}$$

$$C = \text{ค่าความจุไฟฟ้าของระบบ}$$

ดังนั้นจะทำการทดลองเพื่อทดสอบว่าสารปนเปื้อนแต่ละชนิดส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของคุณสมบัติทางไฟฟ้าในลักษณะใดบ้าง

3.1 ขั้นตอนในการวิจัย

3.1.1 ออกแบบและสร้างอุปกรณ์ในการทดสอบ (test cell) เพื่อใช้ในการทดลอง

โดยอิเล็กโตรดที่ใช้เป็นอิเล็กโตรดชนิด 3 อิเล็กโตรด ซึ่งประกอบด้วยอิเล็กโตรดแรงสูง (high voltage electrode) อิเล็กโตรดวัด (measuring electrode) และวงแหวนการ์ด (guard ring) ทั้งหมดทำจากสแตนเลสเกรด 316 โดยมีฉนวนทำจากเทฟลอนความหนา 1 มม. กั้นระหว่างอิเล็กโตรดวัด กับวงแหวนการ์ด ตัวเรือนของอุปกรณ์ทดสอบทำจากอะคริลิกใส และด้านบนของตัวเรือนมีฝาปิดซึ่งติดตั้งมอเตอร์แม่เหล็กไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 24 โวลต์ มีความเร็วรอบ 4500 รอบต่อนาที



ภาพที่ 3-2 Test cell ที่ใช้ในการทดลอง

3.1.2 เตรียมผงคาร์บอน(carbon black) และผงโลหะสำหรับการทดลอง

ทำการร่อนผงคาร์บอนและผงโลหะด้วยเครื่องร่อนแยกขนาด (Sieve test machine) ซึ่งสามารถร่อนแยกผงคาร์บอน (carbon black) และผงโลหะที่มีขนาดเล็กกว่า 63 ไมครอนออกมาได้ แล้วนำผงคาร์บอน (carbon black) และผงโลหะขนาดเล็กกว่า 63 ไมครอนที่ได้ไปชั่งน้ำหนักและบรรจุใส่ภาชนะที่เตรียมไว้ โดยใช้ปริมาณของผงคาร์บอน (carbon black) และผงโลหะขนาดเล็กกว่า 63 ไมครอนประมาณ 0.1 กรัมต่อภาชนะบรรจุ



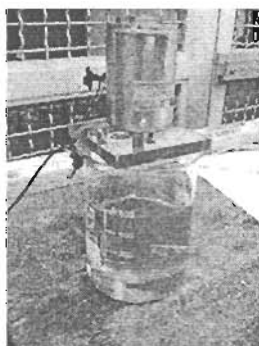
ภาพที่ 3-3 Sieve test machine



ภาพที่ 3-4 (a) ผงคาร์บอนและ (b) ผงโลหะขนาดเล็กกว่า 63 ไมครอนที่เตรียมสำหรับทดลอง

3.1.3 เตรียมน้ำมัน เพื่อทำการทดสอบ

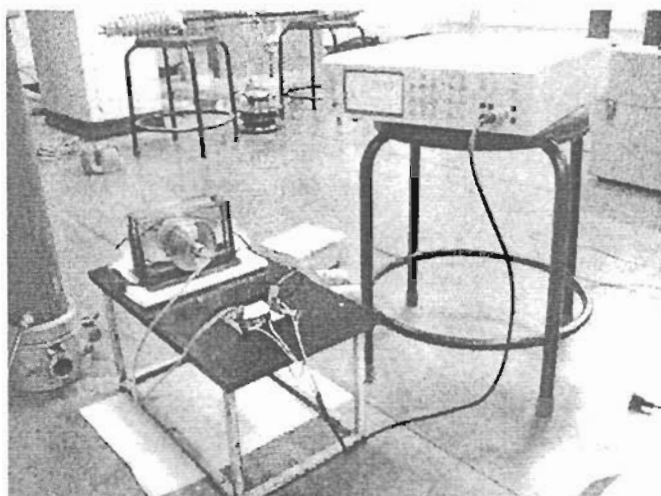
โดยนำน้ำมันสะอาด(ยังไม่มีสารเจือปนสิ่งสกปรกที่เตรียมไว้ลงไป)ตวงใส่บีกเกอร์ให้ได้ ปริมาตร 500 ซี.ซี. ทำการกวนน้ำมันเป็นเวลา 3 นาที จากนั้นนำไปทำการทดสอบหาค่าทาง ไฟฟ้าต่างๆ และเมื่อทำการทดสอบจนครบ จะนำน้ำมันใหม่ที่ทดสอบแล้วมาผสมสิ่งสกปรกที่ เตรียมไว้ แล้วนำไปทดสอบหาค่าทางไฟฟ้าต่างๆ ทำซ้ำจนครบตามปริมาณการเจือปนของสิ่ง สกปรกแต่ละชนิด



ภาพที่ 3-5 การเตรียมน้ำมันก่อนการทดสอบ

3.1.4 ทำการทดสอบหาค่าความจุไฟฟ้า (Capacitance)

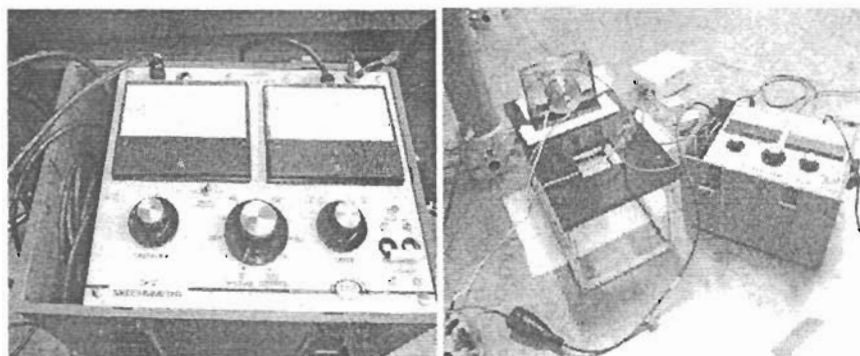
นำน้ำมันที่เตรียมไว้มาเทลงใน test cell แล้วทำการกวนน้ำมันเป็นเวลา 3 นาที แล้วจึง ทำการทดสอบหาค่าความจุไฟฟ้าด้วยเครื่องวัดค่าความจุไฟฟ้า RCL meter (Fluke PM 6304) โดยทำการทดสอบที่ความถี่ 100 กิโลเฮิรตซ์ และจ่ายแรงดันกระแสสลับ(source voltage) ระดับ ปกติ (normal level) ขนาด 1 โวลต์ (V. ac rms.) แล้วทำการอ่านและบันทึกค่าที่วัดได้



ภาพที่ 3-6 การวัดค่าความเป็นประจุไฟฟ้าด้วย RCL meter (Fluke PM6304)

3.1.5 ทำการทดสอบหาค่าความต้านทานทางไฟฟ้าด้วยเมกกะโอห์มมิเตอร์

ทำการกวนน้ำมันไว้ 3 นาทีก่อนทำการทดสอบหาค่าความต้านทานทางไฟฟ้าโดยตั้งค่าแรงดันทดสอบไว้ที่ 5 กิโลโวลต์ ปรับอัตราขยายของการอ่านค่าเมกกะโอห์มไว้ที่ 1000 เท่า

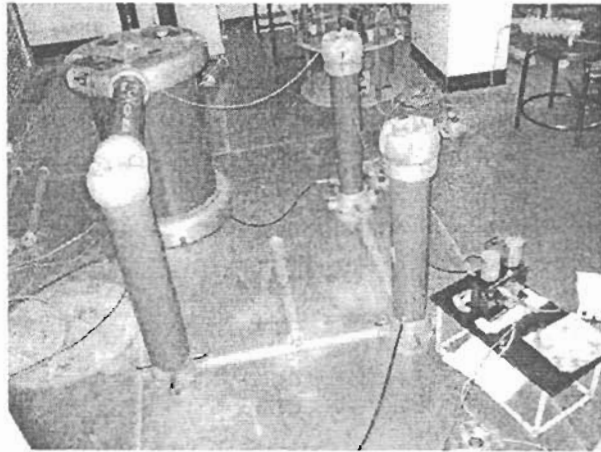


ภาพที่ 3-7 (a) เมกกะโอห์มมิเตอร์ที่ใช้ (b) การวัดค่าความต้านทานทางไฟฟ้า

3.1.6 ทำการทดสอบหาปริมาณกระแสไฟฟ้ารั่วไหล

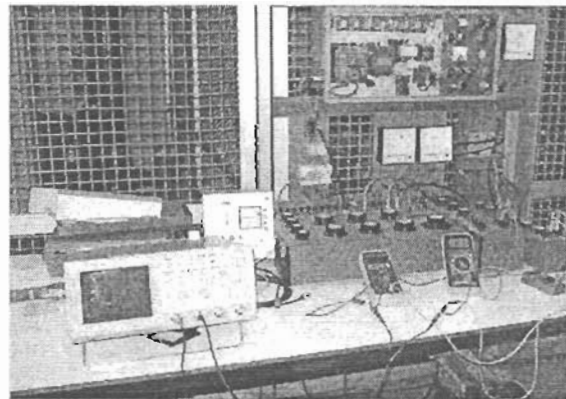
ทำการกวนน้ำมันไว้ 3 นาทีก่อนทำการปรับค่าการจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงจนได้แรงดันขนาด 2 กิโลโวลต์ภายในเวลา 1 นาที แล้วทำการอ่านและ บันทึกค่าปริมาณกระแสไฟฟ้าที่วัดได้

3.1.7 ทำการทดสอบหาค่าปริมาณกระแสไฟฟ้าซึ่งจากการเคลื่อนที่ของประจุไฟฟ้าโดยการจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับขนาด 0.25, 0.5, 0.75, 1.00, 1.25, 1.5, 1.75 และ 2 กิโลโวลต์ตามลำดับ

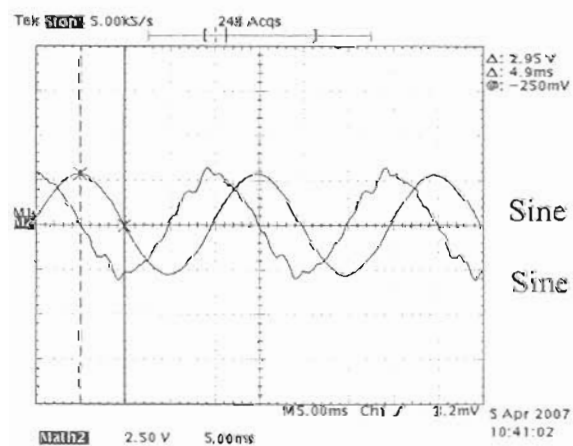


ภาพที่ 3-8 การทดสอบหาค่าปริมาณกระแสไฟฟ้าซึ่งเกิดจากการเคลื่อนที่ของประจุไฟฟ้า

3.1.8 ทำการทดสอบหาค่ามุมเฟสที่เปลี่ยนแปลงไป(phase shift) ด้วยออสซิลโลสโคป (oscilloscope) โดยทดสอบด้วยแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับขนาด 2 กิโลโวลต์



ภาพที่ 3-9 การทดสอบหาค่ามุมเฟสที่เปลี่ยนไป

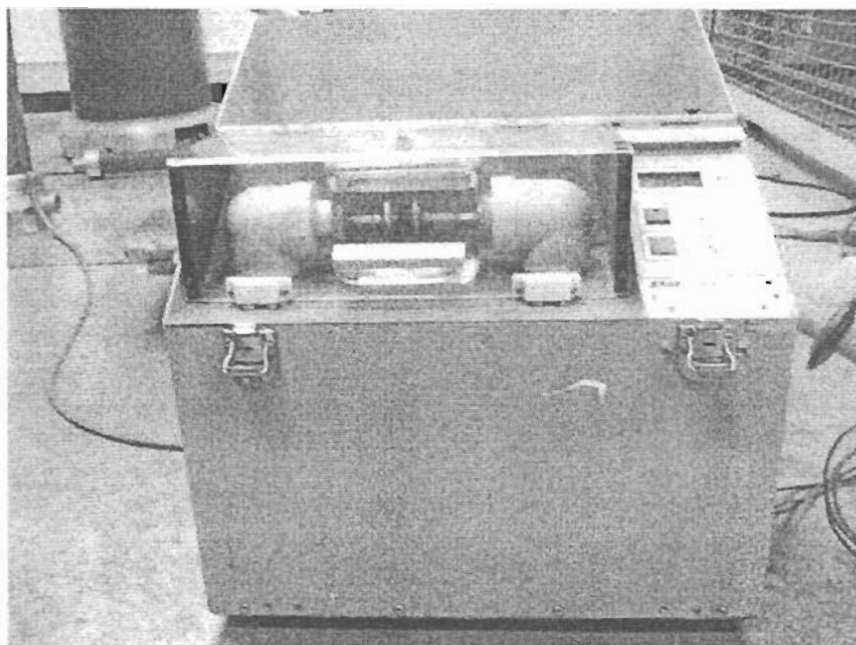


ภาพที่ 3-10 ตัวอย่างการวัดค่ามุมเฟสที่เปลี่ยนไปบนออสซิลโลสโคป

โดยปกติแล้วเมื่อทำการจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเข้าสู่ระบบ จะพบว่ารูปคลื่น sine wave ของกระแสจะนำหน้ารูปคลื่น sine wave ของแรงดันอยู่ 90 องศาหรือ 5 millisecond แต่เมื่อค่าความเป็นฉนวน หรือค่าประจุไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงไปทำให้ phase shift ลดลง

3.1.9 ทำการทดสอบหาค่าแรงดันเบรกดาว์น (breakdown voltage)

เมื่อทดสอบหาค่ามูมเฟสที่เปลี่ยนไปเสร็จสิ้น ทำการถ่ายน้ำมันออกจากอุปกรณ์ในการทดสอบ ทำการกวนผสมน้ำมันเป็นเวลา 3 นาที นำไปรินใส่อุปกรณ์สำหรับวัดค่าแรงดันเบรกดาว์น แล้วทำการทดสอบหาค่าแรงดันเบรกดาว์น



ภาพที่ 3-11 การทดสอบหาค่าแรงดันเบรกดาว์น

บทที่ 4

ผลการทดสอบ

จากการทดสอบคุณสมบัติทางไฟฟ้าของน้ำมันหล่อลื่นสะอาด และน้ำมันหล่อลื่นที่ปนเปื้อนสิ่งสกปรกชนิดต่างๆ ซึ่งประกอบด้วย ผงคาร์บอน(Carbon black) ในอัตราส่วน 0.00%, 0.025%, 0.050%, 0.075% และ 0.1% โดยประมาณ (ในงานวิจัยนี้จะใช้ตัวย่อ 0%C, 0.025%C, 0.050%C, 0.075% และ 0.1%C) ผงโลหะจะผสมในอัตราส่วน 0%, 0.025%, 0.050% และ 0.75% โดยประมาณ (ในงานวิจัยนี้จะใช้ตัวย่อ 0%M, 0.025%M, 0.050%M, 0.75%M) และน้ำจะผสมในอัตราส่วน 0%, 0.050%, 0.10% และ 0.15% (ใช้ตัวย่อ 0%W, 0.050%W, 0.1%W, 0.15%W แทนส่วนผสมของน้ำ) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อการศึกษาความสัมพันธ์ของค่าความต้านทานทางไฟฟ้าของน้ำมันหล่อลื่นและชนิดของสิ่งสกปรกที่ปนเปื้อนและสามารถพัฒนาไปสู่ทางเลือกใหม่ในการบำรุงรักษาน้ำมันหล่อลื่นแบบเผื่อระวัง ซึ่งจากการที่ได้ทำการทดลองและบันทึกผลนั้นทำให้ได้ผลการทดลองดังต่อไปนี้

4.1 ผลของสิ่งสกปรกที่มีค่าความจุไฟฟ้าของน้ำมันหล่อลื่น

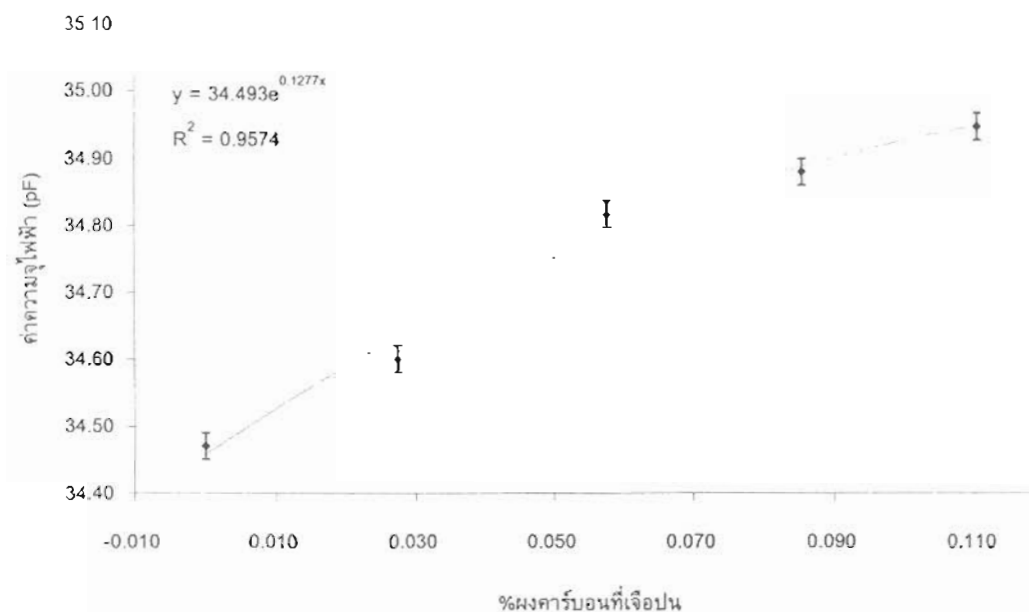
4.1.1 ผลของผงคาร์บอนขนาดเล็กกว่า 63 ไมครอนที่ปนเปื้อนในน้ำมันหล่อลื่น

ภายหลังการทดสอบหาค่าความจุไฟฟ้าของน้ำมันหล่อลื่นที่ปนเปื้อนด้วยผงคาร์บอนขนาดเล็กกว่า 63 ไมครอน จำนวนการทดสอบ 3 ครั้ง มีค่าดังตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลการทดสอบหาค่าความจุไฟฟ้าของน้ำมันที่ปนเปื้อนด้วยผงคาร์บอนขนาดเล็กกว่า 63 ไมครอน

น้ำมันที่ทดสอบ	ค่าความจุไฟฟ้าเฉลี่ยจากการวัดด้วยแรงดัน 1V ความถี่ 100 kHz.(pF)	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
0%C	34.47	0.020
0.025%C	34.60	0.010
0.050%C	34.82	0.006
0.075%C	34.88	0.010
0.1%C	34.95	0.015

เมื่อนำค่าที่ได้จากตารางที่ 4-1 มาสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนการปนเปื้อนของผงคาร์บอนและค่าความจุไฟฟ้าได้ดังภาพที่ 4-1



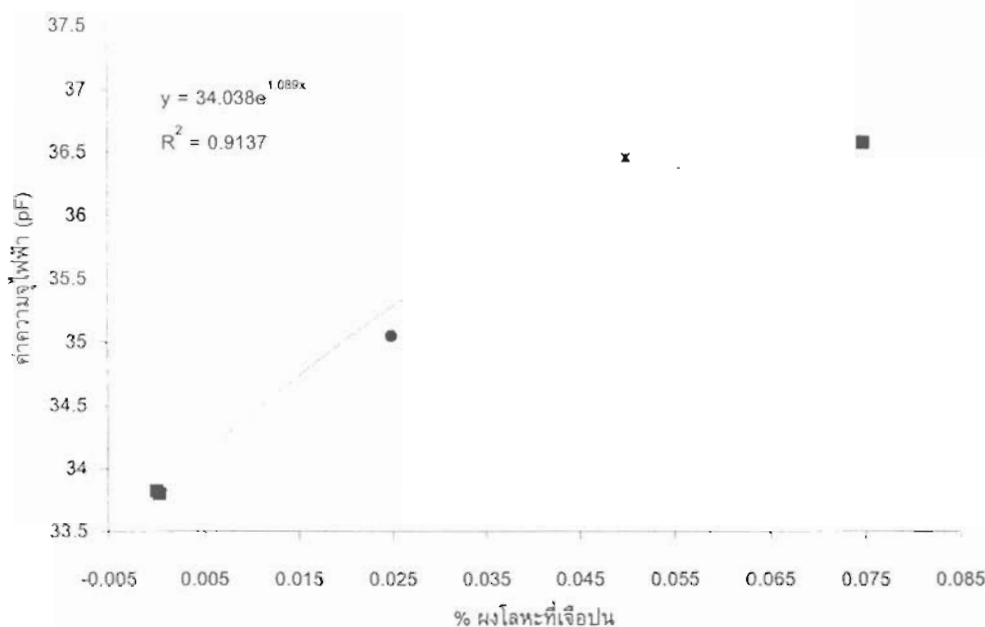
ภาพที่ 4-1 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลการทดสอบของค่าความจุไฟฟ้าของน้ำมันที่ปนเปื้อนด้วยผงคาร์บอนขนาดเล็กกว่า 63 ไมครอนที่มีเปอร์เซ็นต์การเจือปนต่างๆ

4.1.2 ผลของผงโลหะขนาดเล็กกว่า 63 ไมครอน ที่ปนเปื้อนในน้ำมันหล่อลื่น ภายหลังการทดสอบหาค่าความจุไฟฟ้าของน้ำมันหล่อลื่นที่ปนเปื้อนด้วยผงโลหะขนาดเล็กกว่า 63 ไมครอน จำนวนการทดสอบ 3 ครั้ง มีค่าดังตารางที่ 4-2

ตารางที่ 4-2 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลการทดสอบหาค่าความจุไฟฟ้าของน้ำมันที่ปนเปื้อนด้วยผงโลหะขนาดเล็กกว่า 63 ไมครอน

น้ำมันที่ทดสอบ	ค่าความจุไฟฟ้าเฉลี่ยจากการวัดด้วยแรงดัน 1V ความถี่ 100 kHz.(pF)	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
0%M	33.83	0.010
0.025%M	35.05	0.010
0.050%M	36.46	0.010
0.075%M	36.56	0.010

เมื่อนำค่าที่ได้จากตารางที่ 4-2 มาสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนการปนเปื้อนของผงโลหะและค่าความจุไฟฟ้าได้ดังกราฟที่ 4-2



ภาพที่ 4-2 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลการทดสอบของค่าความจุไฟฟ้าของน้ำมันที่ ปนเปื้อนด้วยผงโลหะขนาดเล็กกว่า 63 ไมครอนที่มีเปอร์เซ็นต์การเจือปนต่างๆ

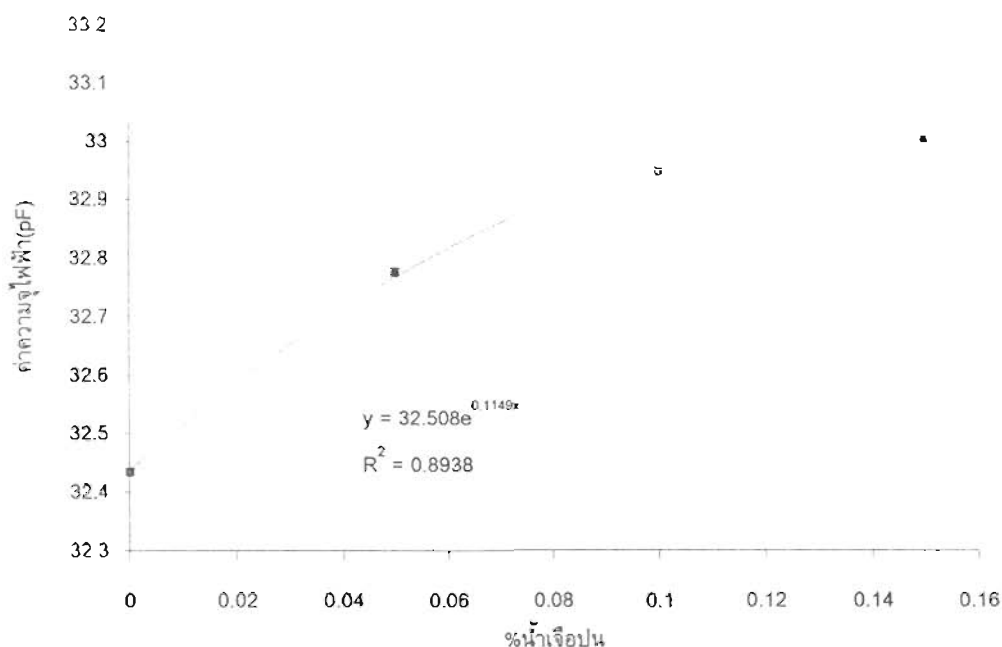
4.1.3 ผลของน้ำที่ปนเปื้อนในน้ำมันหล่อลื่น

ภายหลังการทดสอบหาค่าความจุไฟฟ้าของน้ำมันหล่อลื่นที่ปนเปื้อนด้วยน้ำ จำนวนการทดสอบ 3 ครั้ง มีค่าดังตารางที่ 4-3

ตารางที่ 4-3 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลการทดสอบหาค่าความจุไฟฟ้าของน้ำมันที่ปนเปื้อนด้วยน้ำ

น้ำมันที่ทดสอบ	ค่าความจุไฟฟ้าเฉลี่ยจากการวัดด้วยแรงดัน 1V ความถี่ 100 kHz.(pF)	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
0%W	32.44	0.006
0.050%W	32.78	0.006
0.1%W	32.95	0.006
0.15%C	33.00	0.006

เมื่อนำค่าที่ได้จากตารางที่ 4-3 มาสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนการปนเปื้อนของน้ำและค่าความจุไฟฟ้าได้ดังกราฟที่ 4-3



ภาพที่ 4-3 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลการทดสอบของค่าความจุไฟฟ้าของน้ำมันที่ปนเปื้อนด้วยน้ำที่มีเปอร์เซ็นต์การเจือปนต่างๆ

4.2 ผลของสิ่งสกปรกที่มีต่อค่าความต้านทานทางไฟฟ้าของน้ำมันหล่อลื่น

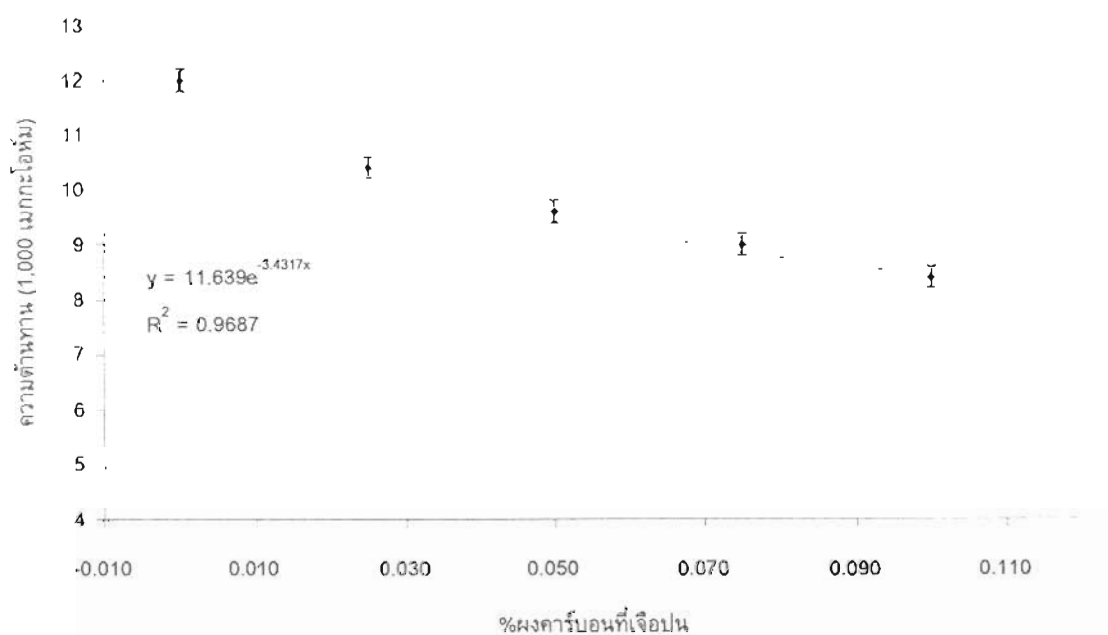
4.2.1 ผลของผงคาร์บอนขนาดเล็กกว่า 63 ไมครอนที่ปนเปื้อนในน้ำมันหล่อลื่น

ภายหลังการทดสอบหาค่าความต้านทานทางไฟฟ้าของน้ำมันหล่อลื่นที่ปนเปื้อนด้วยผงคาร์บอนขนาดเล็กกว่า 63 ไมครอน จำนวนการทดสอบ 3 ครั้ง มีค่าดังตารางที่ 4-4

ตารางที่ 4-4 ค่าเฉลี่ยของผลการทดสอบค่าความต้านทานทางไฟฟ้าของน้ำมันที่ปนเปื้อนด้วยผงคาร์บอนขนาดเล็กกว่า 63 ไมครอน

น้ำมันที่ทดสอบ	ค่าความต้านทานทางไฟฟ้าเฉลี่ย ($10^3 \text{ M}\Omega$)	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
0%C	12	0.2
0.025%C	10.4	0.2
0.050%C	9.6	0.2
0.075%C	9	0.2
0.1%C	8.4	0.2

เมื่อนำค่าที่ได้จากตารางที่ 4-4 มาสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนการปนเปื้อนของผงคาร์บอนและค่าความต้านทานทางไฟฟ้าได้ดังกราฟที่ 4-4



ภาพที่ 4-4 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลการทดสอบของค่าความต้านทานทางไฟฟ้าของน้ำมันที่ปนเปื้อนด้วยผงคาร์บอนขนาดเล็กกว่า 63 ไมครอนที่มีเปอร์เซ็นต์การเจือปนต่างๆ

4.2.2 ผลของผงโลหะขนาดเล็กกว่า 63 ไมครอนที่ปนเปื้อนในน้ำมันหล่อลื่น

ภายหลังการทดสอบหาค่าความต้านทานทางไฟฟ้าของน้ำมันหล่อลื่นที่ปนเปื้อนด้วยผงโลหะขนาดเล็กกว่า 63 ไมครอน พบว่าไม่สามารถวัดค่าที่แน่นอนได้เนื่องจากมีการเบรคดาว์นของน้ำมันที่ใช้ในการทดสอบ

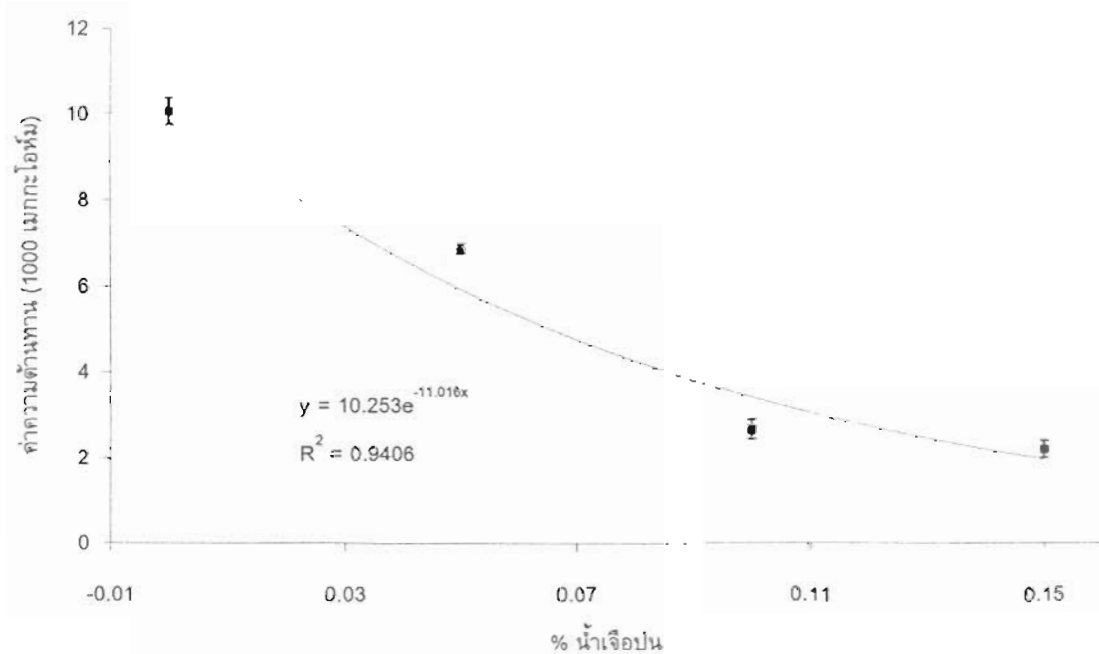
4.2.3 ผลของน้ำที่ปนเปื้อนในน้ำมันหล่อลื่น

ภายหลังการทดสอบหาค่าความต้านทานทางไฟฟ้าของน้ำมันหล่อลื่นที่ปนเปื้อนด้วยน้ำจำนวน 3 ครั้ง ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4-5

ตารางที่ 4-5 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลการทดสอบหาค่าความต้านทานทางไฟฟ้าของน้ำมันที่ปนเปื้อนด้วยน้ำ

น้ำมันที่ทดสอบ	ค่าความต้านทานทางไฟฟ้าเฉลี่ยจากการวัดด้วยแรงดัน 5 kV ($10^3 \text{ M}\Omega$)	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
0%W	10.07	0.306
0.050%W	6.87	0.116
0.1%W	2.67	0.231
0.15%W	2.20	0.200

เมื่อนำค่าที่ได้จากตารางที่ 4-5 มาสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนการปนเปื้อนของน้ำและค่าความต้านทานทางไฟฟ้าได้ดังกราฟที่ 4-5



ภาพที่ 4-5 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลการทดสอบของค่าความต้านทานทางไฟฟ้าของน้ำมันหล่อลื่นที่ปนเปื้อนด้วยน้ำที่มีเปอร์เซ็นต์การเจือปนต่างๆ

4.3 ผลของสิ่งสกปรกที่มีต่อปริมาณกระแสไฟฟ้าที่วัดได้ของน้ำมันหล่อลื่นที่ปนเปื้อนด้วยสิ่งสกปรกในระดับต่าง ๆ เมื่อจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 2 กิโลโวลต์

จากการทดสอบหาความสัมพันธ์ของผลของสิ่งสกปรกที่มีต่อปริมาณกระแสไฟฟ้าที่วัดได้ของน้ำมันหล่อลื่นที่ปนเปื้อนด้วยสิ่งสกปรกในระดับต่าง ๆ เมื่อจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 2 กิโลโวลต์ ปรากฏว่าปริมาณกระแสไฟฟ้าที่วัดได้มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วงค่าที่น้อยมากคือ 0-0.2 ไมโครแอมป์ โดยค่าดังกล่าวจะปรับขึ้นลงอยู่เกือบตลอดเวลา ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าไม่พบการเปลี่ยนแปลงของปริมาณกระแสไฟฟ้าที่วัดได้

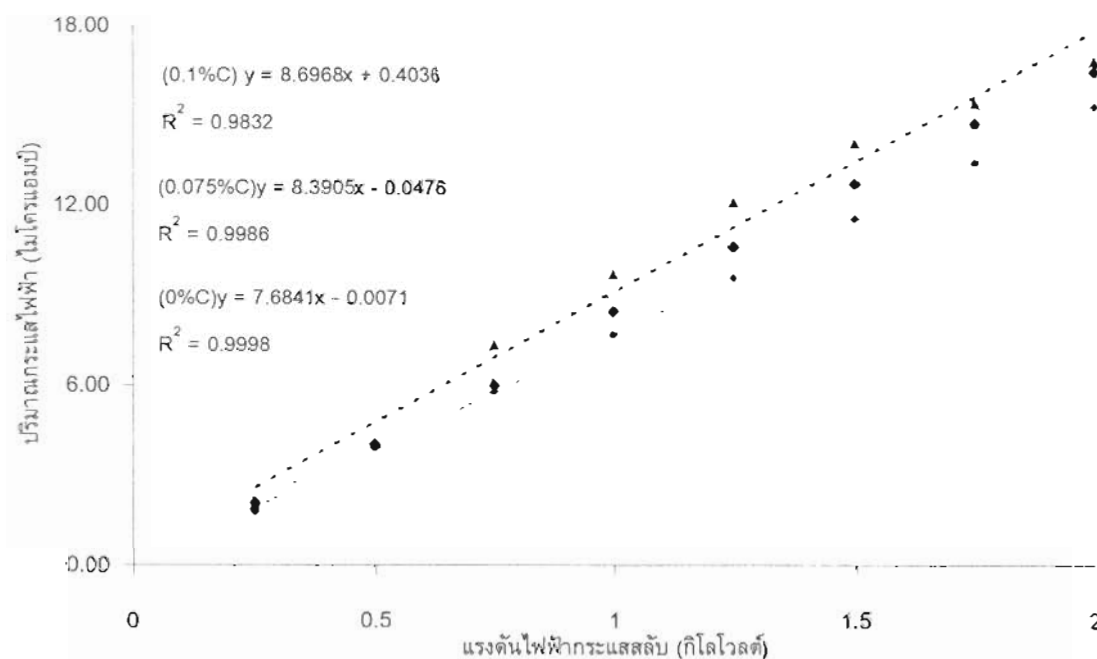
4.4 ผลของสิ่งสกปรกที่มีต่อความสัมพันธ์ของแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับและปริมาณกระแสไฟฟ้าที่วัดได้

จากที่ได้ทำการทดสอบมาพบว่าปัจจัยที่ทำให้ความสัมพันธ์ของแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับและปริมาณกระแสไฟฟ้าที่วัดได้และพบความแตกต่างมีเพียงปัจจัยเดียวคือ ผงคาร์บอนขนาดเล็กกว่า 63 ไมครอน ดังแสดงในตารางที่ 4-6

ตารางที่ 4-6 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลการทดสอบหาความสัมพันธ์ของแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับและปริมาณกระแสไฟฟ้าที่วัดได้ที่ปนเปื้อนด้วยผงคาร์บอนขนาดเล็กกว่า 63 ไมครอนที่เปอร์เซ็นต์การปนเปื้อนต่าง ๆ

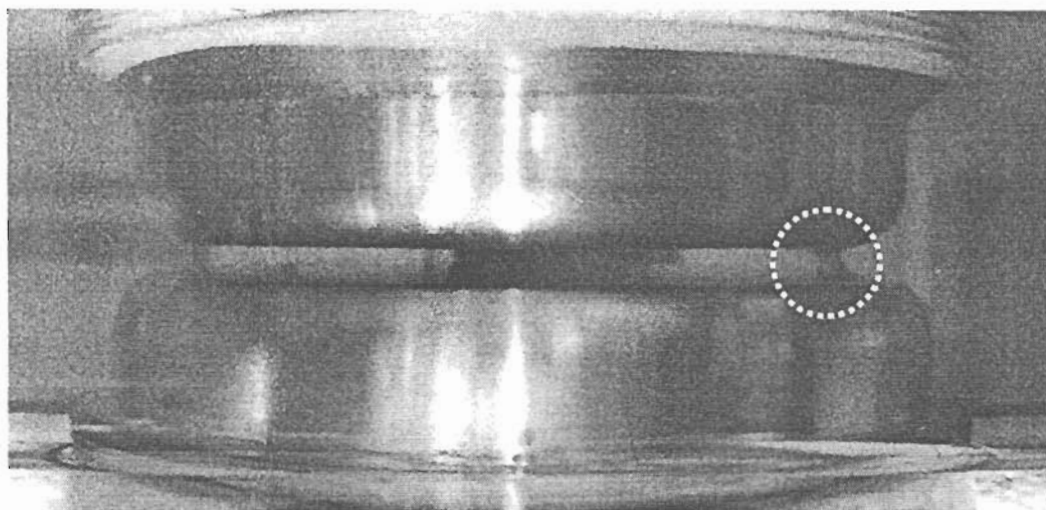
น้ำมันที่ทดสอบ	กระแสที่วัดได้(ไมโครแอมป์)								
	V(kV)	0.25	0.5	0.75	1.0	1.25	1.5	1.75	2.0
0%C	μ	1.80	3.90	5.80	7.70	9.60	11.57	13.43	15.30
	σ	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.12	0.12	0.10
0.025%C	μ	1.87	3.93	5.93	7.90	9.70	11.67	13.63	15.60
	σ	0.06	0.06	0.06	0.10	0.10	0.06	0.15	0.20
0.050%C	μ	1.97	3.87	5.83	7.77	9.70	11.70	13.53	15.67
	σ	0.06	0.06	0.06	0.06	0.10	0.10	0.06	0.15
0.075%C	μ	2.10	4.03	6.00	8.47	10.63	12.73	14.73	16.43
	σ	0.10	0.06	0.00	0.06	0.06	0.15	0.12	0.06
0.1%C	μ	2.03	4.07	7.33	9.70	12.10	14.07	15.40	16.80
	σ	0.06	0.12	0.29	0.10	0.00	0.15	0.17	0.20

เมื่อนำค่าที่ได้จากตารางที่ 4-6 มาสร้างกราฟแสดงผลการทดสอบหาความสัมพันธ์ของแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับและปริมาณกระแสไฟฟ้าที่วัดได้ที่ปนเปื้อนด้วยผงคาร์บอนขนาดเล็กกว่า 63 ไมครอนที่เปอร์เซ็นต์การปนเปื้อน 0%C 0.075%C และ 0.1%C ได้ดังภาพที่ 4-6



ภาพที่ 4-6 ผลของผงคาร์บอนขนาดเล็กกว่า 63 ไมครอนที่มีต่อความสัมพันธ์ของแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับและปริมาณกระแสไฟฟ้าที่วัดได้

และเมื่อทำการทดสอบทดสอบหาความสัมพันธ์ของแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับและปริมาณกระแสไฟฟ้าที่วัดได้ของน้ำมันที่ปนเปื้อนด้วยผงโลหะขนาดเล็กกว่า 63 ไมครอน พบว่าเกิดการเบรกดาวขึ้นหลายครั้งในน้ำมันตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบ ซึ่งเป็นผลมาจากผงโลหะเรียงตัวกันเป็นเสมือนสะพานไฟเชื่อมระหว่างอิเล็กโตรดดังแสดงในภาพที่ 4-7 โดยบริเวณที่ทำให้เครื่องหมายวงกลมไว้คือจุดที่มีการเรียงตัวของผงโลหะอย่างชัดเจน



ภาพที่ 4-7 การเรียงตัวกันของผงโลหะระหว่างอิเล็กโตรด

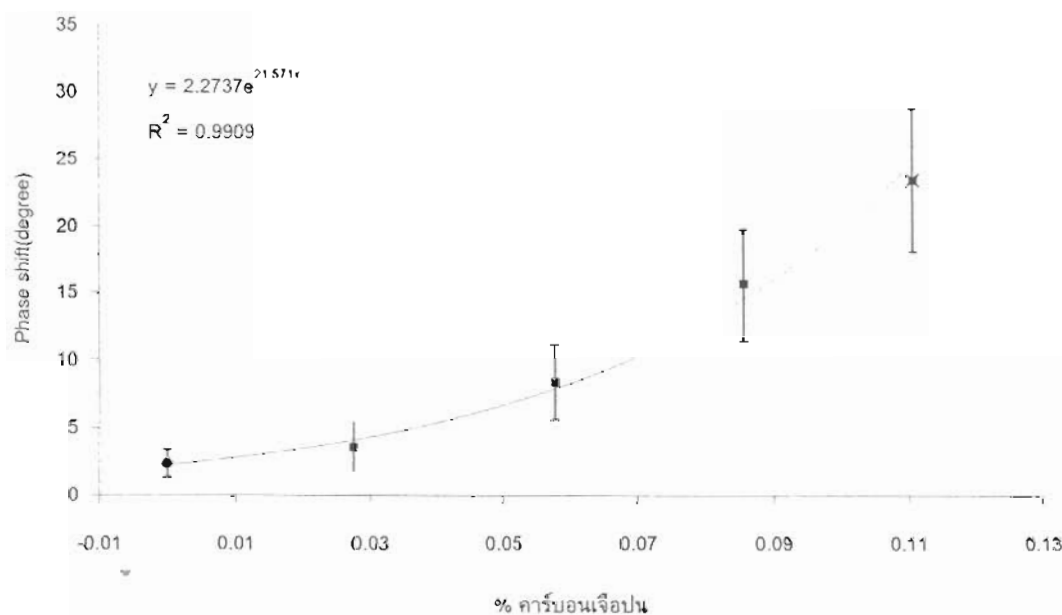
4.5 ผลของสิ่งสกปรกที่มีต่อค่ามุมเฟสที่เปลี่ยนไป

จากการทำการทดสอบพบว่าผงคาร์บอนเป็นเพียงปัจจัยเดียวที่มีความแตกต่างของค่ามุมเฟสที่เปลี่ยนไปที่ทำการทดสอบได้ ดังแสดงในตารางที่ 4-7

ตารางที่ 4-7 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลของการทดสอบหาค่ามุมเฟสที่เปลี่ยนไป ของน้ำมันที่ปนเปื้อนด้วยผงคาร์บอนขนาดเล็กกว่า 63 ไมครอนที่เปอร์เซ็นต์การปนเปื้อนต่างๆ

น้ำมันที่ทดสอบ	Phase shift (ms.)		Phase shift (degree)	
	μ	σ	μ	σ
0%C	4.87	0.058	2.4	1.04
0.025%C	4.80	0.100	3.6	1.8
0.050%C	4.53	0.153	8.4	2.75
0.075%C	4.13	0.231	15.6	4.16
0.1%C	3.70	0.300	23.4	5.40

เมื่อนำค่าที่ได้จากตารางที่ 4-7 มาสร้างกราฟแสดงผลการทดสอบหาความสัมพันธ์ของมุมเฟสที่เปลี่ยนไปที่วัดได้กับเปอร์เซ็นต์การปนเปื้อนของผงคาร์บอนขนาดเล็กกว่า 63 ไมครอน ได้ดังภาพที่ 4-8



ภาพที่ 4-8 ผลของผงคาร์บอนขนาดเล็กกว่า 63 ไมครอนที่มีต่อค่ามุมเฟสที่เปลี่ยนไป (องศา)

4.6 ผลของสิ่งสกปรกที่มีต่อแรงดันเบรกดาวน

เมื่อนำน้ำมันทดสอบที่ปนเปื้อนด้วยสิ่งสกปรกชนิดต่าง ๆ มาทดสอบด้วยเครื่องทดสอบหาแรงดันเบรกดาวนในของเหลวซึ่งมีการกวนน้ำมันให้ปั่น่วนด้วยตัวกวนชนิดแม่เหล็ก โดยใช้ระยะแก๊ประหว่างอิเล็กโตรดขนาด 2.5 มิลลิเมตร ทำให้ไม่สามารถใช้ทดสอบกับน้ำมันที่ปนเปื้อนด้วยผงโลหะได้ ส่วนผลการทดสอบของน้ำมันที่ปนเปื้อนด้วยผงคาร์บอนขนาดเล็กกว่า 63 ไมครอน และผลการทดสอบของน้ำมันที่ปนเปื้อนด้วยน้ำแสดงในตารางที่ 4-8 และ ตารางที่ 4-9 ตามลำดับ

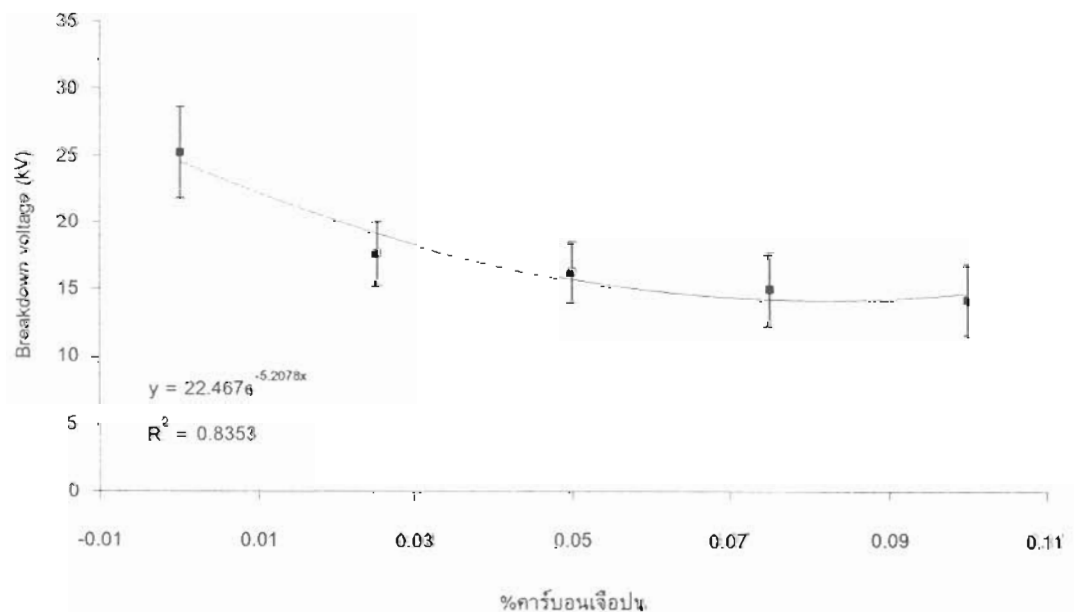
ตารางที่ 4-8 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลการทดสอบหาแรงดันเบรกดาวนของน้ำมันที่ปนเปื้อนด้วยผงคาร์บอนขนาดเล็กกว่า 63 ไมครอนที่เปอร์เซ็นต์การปนเปื้อนต่างๆ

น้ำมันที่ทดสอบ	ค่าเฉลี่ยแรงดันเบรกดาวน (kV)	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
0%C	25.21	3.42
0.025%C	17.68	2.37
0.050%C	16.3	2.21
0.075%C	15.03	2.67
0.1%C	14.26	2.63

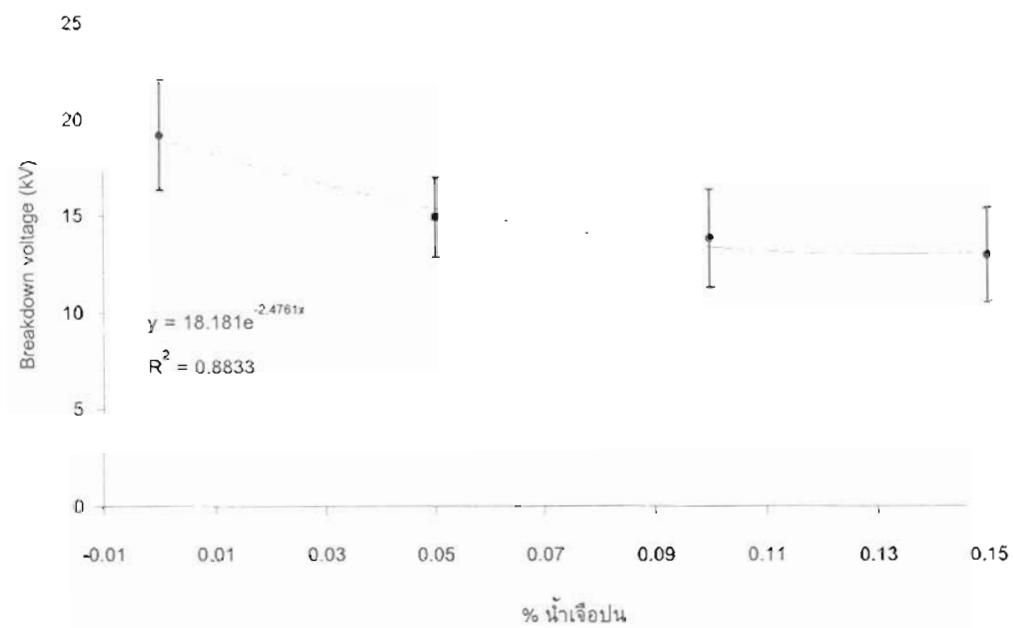
ตารางที่ 4-9 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลการทดสอบหาแรงดันเบรกดาวน์ของน้ำมันที่ปนเปื้อนด้วยน้ำที่เปอร์เซ็นต์การปนเปื้อนต่างๆ

น้ำมันที่ทดสอบ	ค่าเฉลี่ยแรงดันเบรกดาวน์ (kV)	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
0%W	19.21	2.86
0.050%W	14.06	2.29
0.1%W	13.89	2.56
0.15%W	13.03	2.43

เมื่อนำค่าที่ได้จากตารางที่ 4-8 และตารางที่ 4-9 มาสร้างกราฟแสดงผลการทดสอบหาความสัมพันธ์ของแรงดันเบรกดาวน์ที่วัดได้กับเปอร์เซ็นต์การปนเปื้อนของผงคาร์บอนขนาดเล็กกว่า 63 ไมครอนได้ดังภาพที่ 4-9 และกราฟแสดงผลการทดสอบหาความสัมพันธ์ของแรงดันเบรกดาวน์ที่วัดได้กับเปอร์เซ็นต์การปนเปื้อนด้วยน้ำได้ดังภาพที่ 4-10



ภาพที่ 4-9 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลการทดสอบหาค่าแรงดันเบรกดาวน์ของน้ำมันหล่อลื่นที่ปนเปื้อนด้วยผงคาร์บอนขนาดเล็กกว่า 63 ไมครอนที่มีเปอร์เซ็นต์การเจือปนต่างๆ



ภาพที่ 4-10 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลการทดสอบของแรงดันเบรคดาวน์ของน้ำมันหล่อลื่นที่ปนเปื้อนด้วยน้ำที่มีเปอร์เซ็นต์การเจือปนต่างๆ

บทที่ 5

สรุปผลการทดสอบ และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 จากการทดสอบหาค่าความจุไฟฟ้าของน้ำมันหล่อลื่นที่ปนเปื้อนพบว่าทั้งผงคาร์บอน ผงโลหะและน้ำ มีการเปลี่ยนแปลงในแง่ของค่าความจุไฟฟ้าทั้งหมดแต่เป็นค่าที่น้อยมาก(ค่าความจุไฟฟ้าเพิ่มขึ้นมากที่สุดของการปนเปื้อนด้วยผงคาร์บอนคือ 1.4 เปอร์เซ็นต์ ค่าความจุไฟฟ้าเพิ่มขึ้นมากที่สุดของการปนเปื้อนด้วยน้ำคือ 1.7 เปอร์เซ็นต์ ค่าความจุไฟฟ้าเพิ่มขึ้นมากที่สุดของการปนเปื้อนด้วยผงโลหะคือ 8.1 เปอร์เซ็นต์) ทั้งนี้หากพิจารณาในแง่อัตราการเปลี่ยนแปลงของค่าความจุไฟฟ้าเมื่อเทียบกับเปอร์เซ็นต์การเจือปนของสิ่งสกปรก พบว่าผงโลหะมีอัตราการเปลี่ยนแปลงมากที่สุด และการเจือปนของผงคาร์บอนมีอัตราการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด

5.1.2 จากการทดสอบหาค่าความต้านทานทางไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อเจือปนด้วยสิ่งสกปรกชนิดต่างๆพบว่า อัตราการเปลี่ยนแปลงของค่าความต้านทานทางไฟฟ้าเมื่อเทียบกับเปอร์เซ็นต์การเจือปนของน้ำมีค่ามากที่สุดโดยเห็นการเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจน (ความต้านทานลดลงประมาณ 36 เปอร์เซ็นต์)เมื่อมีการปนเปื้อนของน้ำตั้งแต่ 500 ส่วนล้านส่วน ส่วนผงเหล็กไม่สามารถทำการวัดค่าได้ เนื่องจากมีการเรียงตัวในสนามไฟฟ้าสูงทำให้ไม่สามารถอ่านค่าความต้านทานที่แน่นอนได้

5.1.3 จากการทดสอบหาค่าความสัมพันธ์ของแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับและปริมาณไฟฟ้าที่วัดได้กับเปอร์เซ็นต์การเจือปนของสิ่งสกปรก พบว่าปริมาณการเจือปนของผงคาร์บอนส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ และปริมาณของกระแสไฟฟ้าที่วัดได้ซึ่งเมื่อนำค่ามาพล็อตเป็นกราฟ (ภาพที่4-6) จะเห็นความแตกต่างอย่างชัดเจนเมื่อมีการปนเปื้อนของผงคาร์บอนตั้งแต่ 0.75 เปอร์เซ็นต์ ส่วนทั้งการเจือปนของน้ำและผงโลหะไม่สามารถทำการตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงได้ด้วยวิธีนี้

5.1.4 จากทดสอบหาค่ามุมเฟสที่เปลี่ยนไป (phase shift) ของการเจือปนด้วยสิ่งสกปรก พบว่ามีเพียงผงคาร์บอนเท่านั้นที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่ามุมเฟสที่เปลี่ยนแปลงไปอย่างชัดเจน (มุมเฟสเปลี่ยนไป 23.4 องศา) เมื่อมีการปนเปื้อนของผงคาร์บอนตั้งแต่ 0.1 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก ในขณะที่การเจือปนของน้ำในระดับ 0-0.15% ไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่ามุมเฟสที่เปลี่ยนไปที่วัดได้ เนื่องจากน้ำไม่มีการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของความต้านทานใน

สนามไฟฟ้ากระแสสลับ ส่วนผงโลหะเกิดการเรียงตัวในสนามไฟฟ้า ทำให้เกิดการลัดวงจรระหว่างอิเล็กโตรดที่ใช้วัด ทำให้ไม่สามารถวัดค่าที่แน่นอนได้

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ทำการทดลองวัดการเปลี่ยนแปลงของค่าทางไฟฟ้าของการเจือปนด้วยผงโลหะในลักษณะของการทดสอบที่หลีกเลี่ยงพฤติกรรมของการเรียงตัวในสนามไฟฟ้า ด้วยการลดแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายเข้าไปในระบบหรือเพิ่มระยะห่างระหว่างอิเล็กโตรดทั้ง 2

5.2.2 ทำการทดสอบดูความเปลี่ยนแปลงของกระแสไฟฟ้าที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของของค่าความจุไฟฟ้าของน้ำมันที่เจือปนด้วยผงคาร์บอน โดยการลดแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับที่จ่ายเข้าระบบ และใช้ค่าความถี่ของแรงดันไฟฟ้าที่แตกต่างกัน

5.2.3 ทำการทดสอบหาค่ามุมเฟสที่เปลี่ยนแปลงไปสำหรับผงคาร์บอนในลักษณะจำลองการปั่นป่วนให้เกิดจริงในระหว่างการทดสอบ เพื่อนำไปสู่การติดตามสภาพในการใช้งานจริง

5.2.4 ทำการวิเคราะห์ค่ามุมเฟสที่เปลี่ยนแปลงไปเทียบกับความถี่ของรูปคลื่น (frequency domain) เพื่อติดตามการปนเปื้อนของผงคาร์บอน

5.2.5 ทำการวิเคราะห์น้ำมันหล่อลื่นที่ถูกใช้งานแล้วจริง เพื่อเปรียบเทียบผลของการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

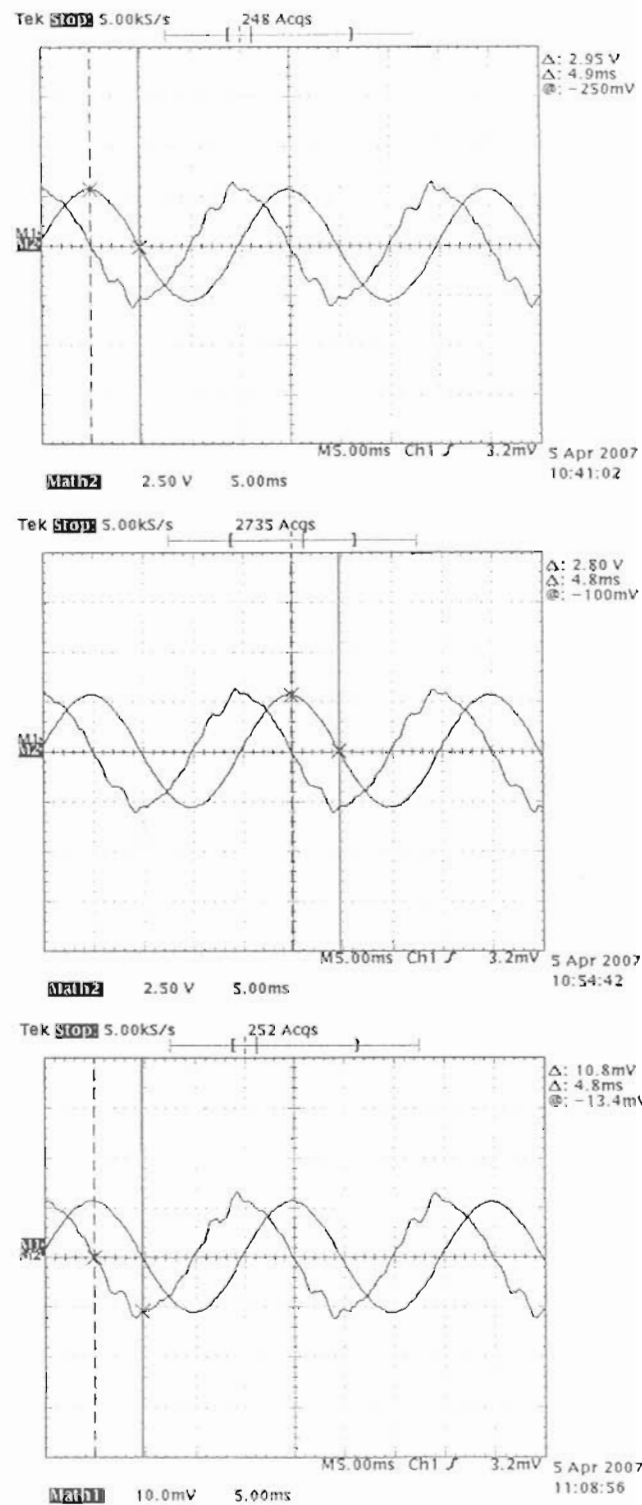
- สุรพล ราษฎร์นุ้ย. การวิเคราะห์สารหล่อลื่นใช้แล้วเพื่อการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน.
กรุงเทพมหานคร : ศูนย์ผลิตตำราเรียน สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนคร
เหนือ, 2549.
- สำรวย สังข์สะอาด. วิศวกรรมไฟฟ้าแรงสูง. กรุงเทพมหานคร : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,
2528.

ภาษาอังกฤษ

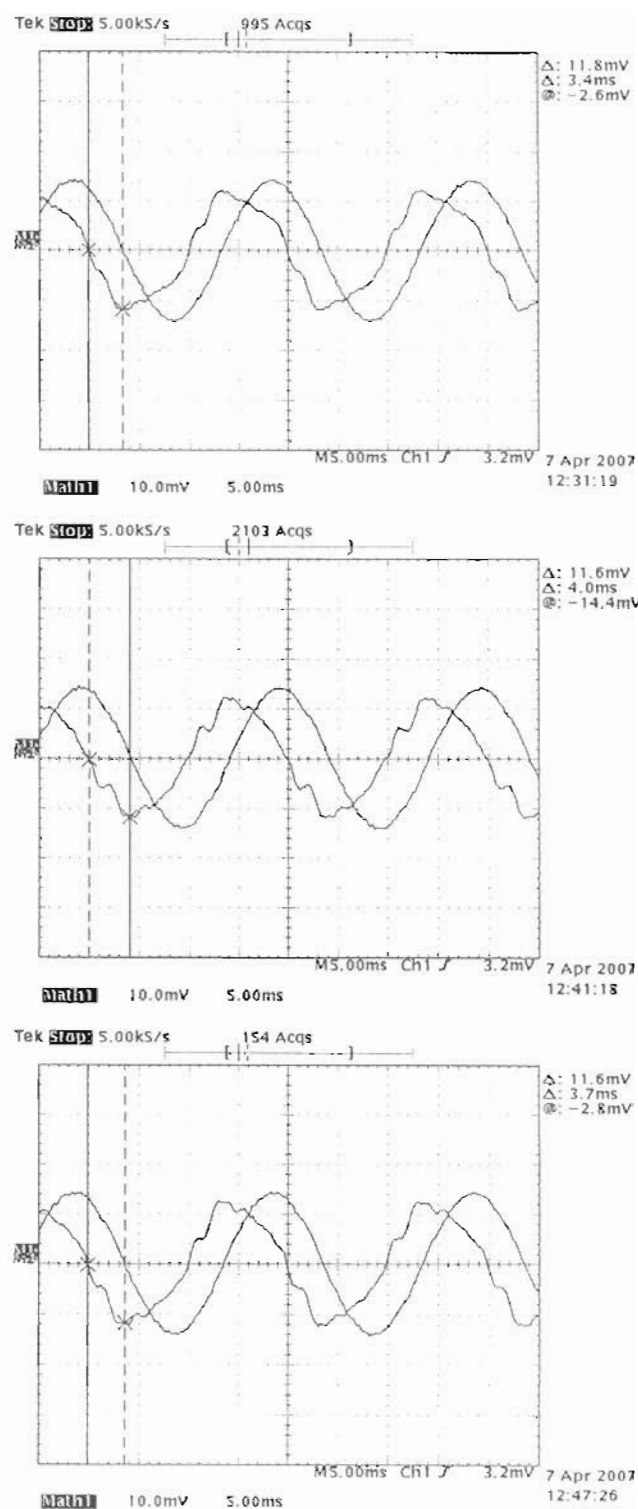
- Simon S Wang & Yingjie Lin. "A new technique for detecting antifreeze in engine oil during early stage of leakage", Sensors and Actuators B. 96 (2003) : 157-164
- Warren Baxter Nicholson, Yingjie Lin, Larry M. Oberdier & Joseph Piere Heremans.
U.S. Patent No.: 6,867,603 B2** Mar.15, 2005.
- Clifford A. Meregerle **U.S. Patent No.: 5,089,780 ** Feb.18, 1992.
- Charles J. Koehler, Richard W. Hirthe & Martin A. Seitz
**U.S. Patent No.: 6,839,620 B1 ** Jan.4, 2005
- A.D.H. Clague, J.B. Donnet, T.K. Wang & J.C.M. Peng. "A comparison of diesel engine soot with carbon black", Carbon 37. (1999) : 1553–1565
- R. Bartnikas. Engineering dielectrics volume III Electrical insulating liquids.
Philadelphia, PA. : ASTM, 1994.

ภาคผนวก ก

ภาพของมุมเฟสที่เปลี่ยนแปลงไปที่แสดงบนออสซิลโลสโคป



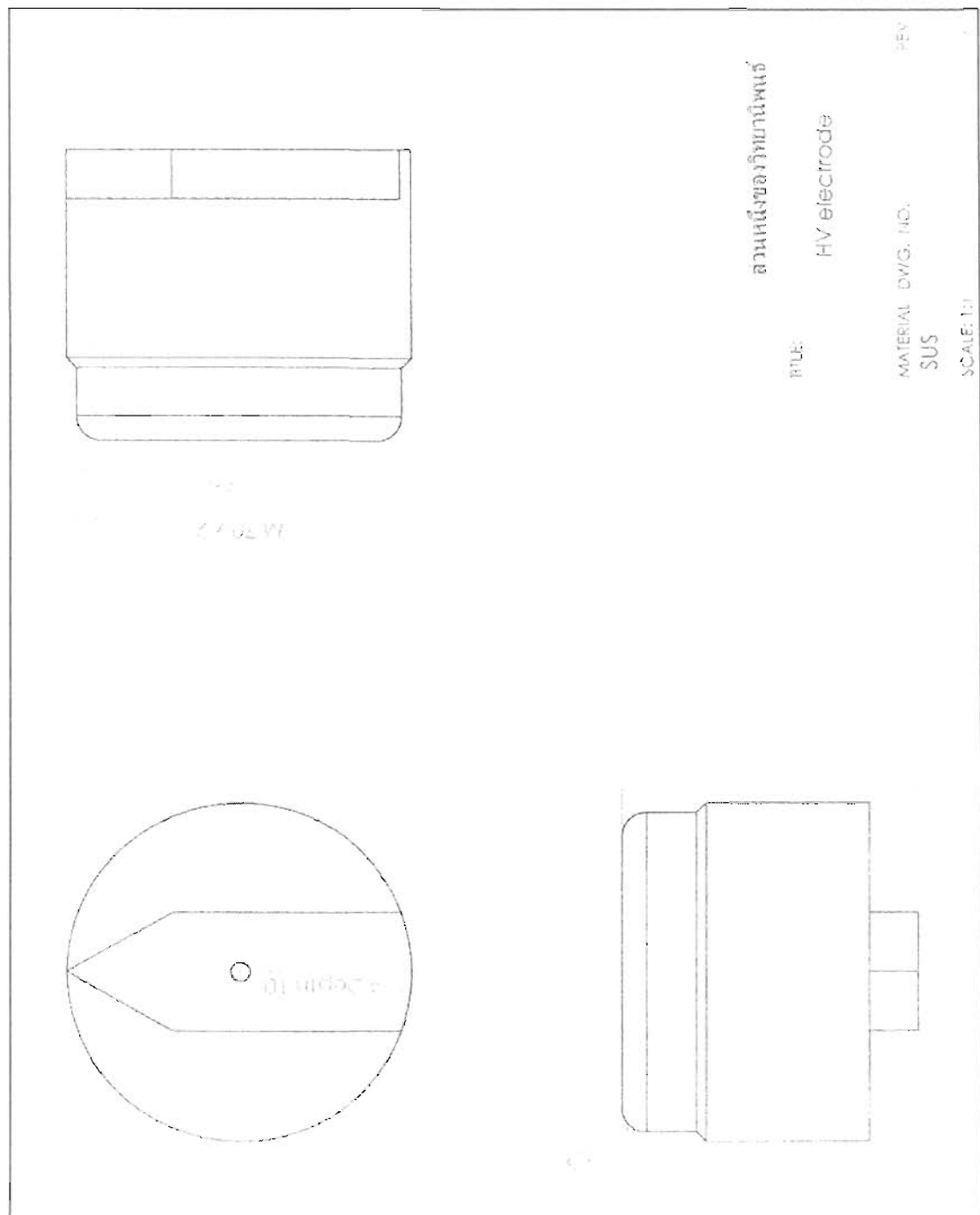
ภาพที่ ก-1 ภาพของมูมเฟสที่เปลี่ยนแปลงไปที่แสดงบนออสซิลโลสโคปของน้ำมันใหม่



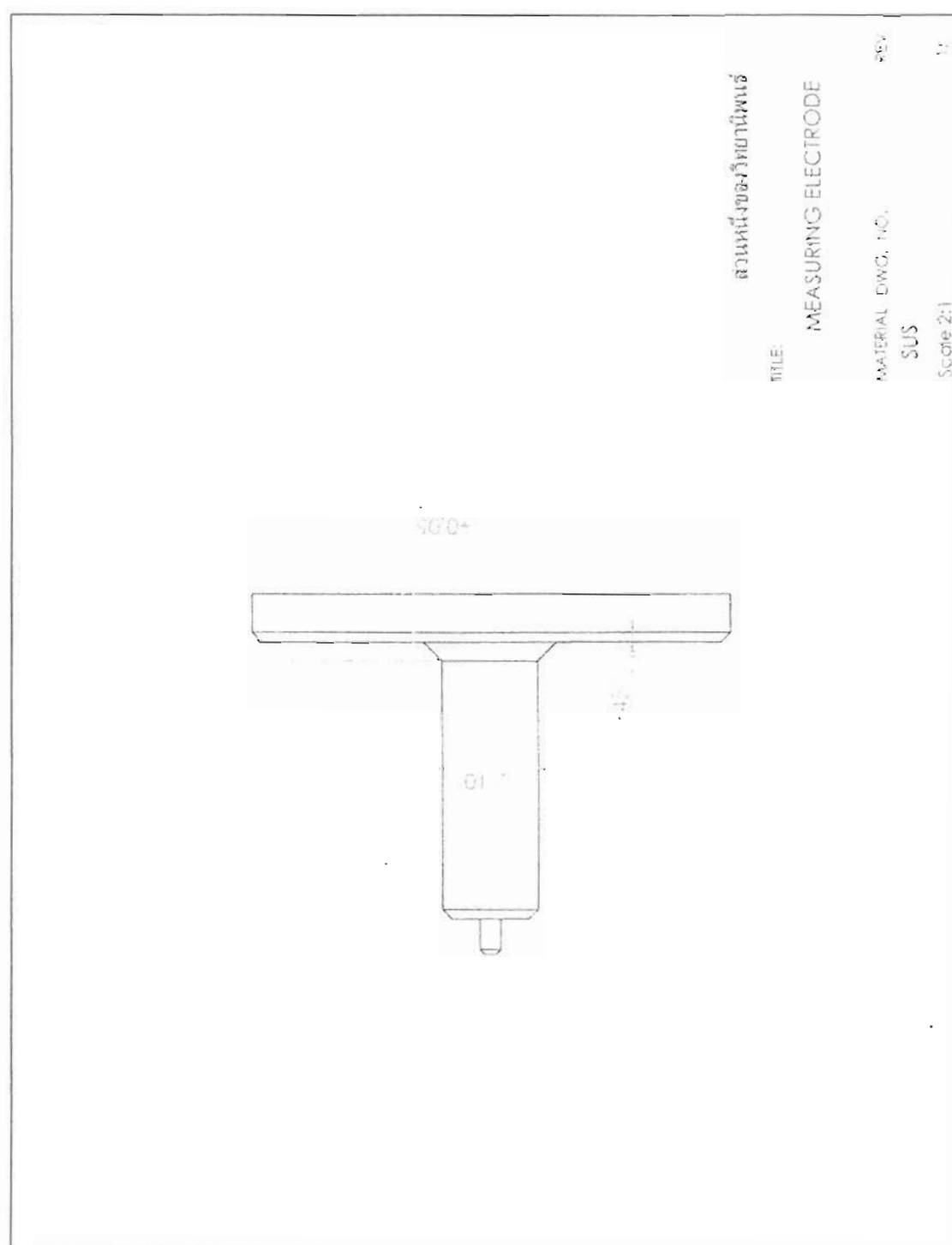
ภาพที่ ก-2 ภาพของมูมเฟสที่เปลี่ยนแปลงไปที่แสดงบนออสซิลโลสโคปของน้ำมันปนเปื้อนด้วยผงคาร์บอนขนาดเล็กกว่า 63 ไมครอน ด้วยอัตราส่วน 0.1 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

ภาคผนวก ข

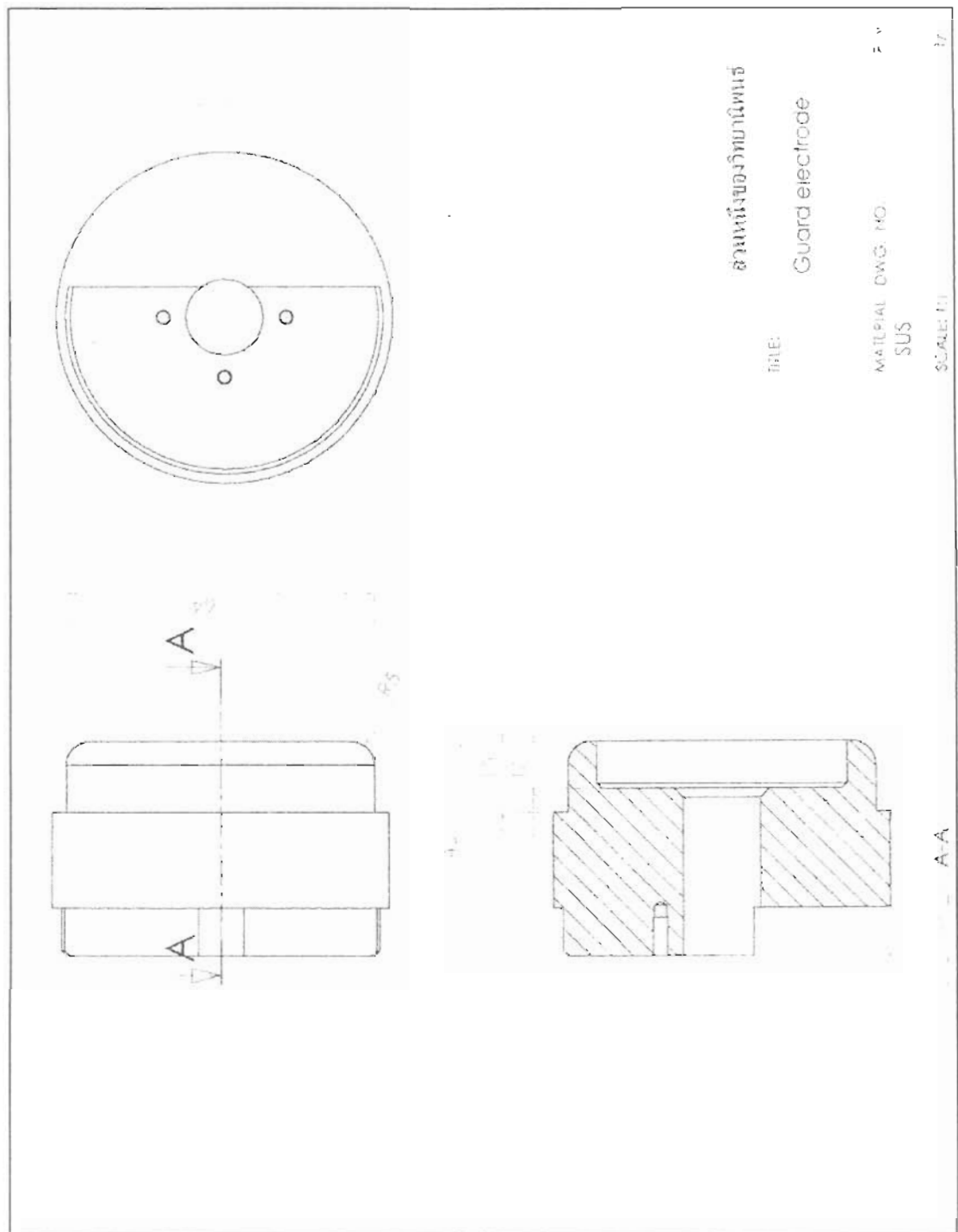
แบบของอิเล็กทรอนิกส์ 3 อิเล็กทรอนิกส์ที่จัดสร้าง



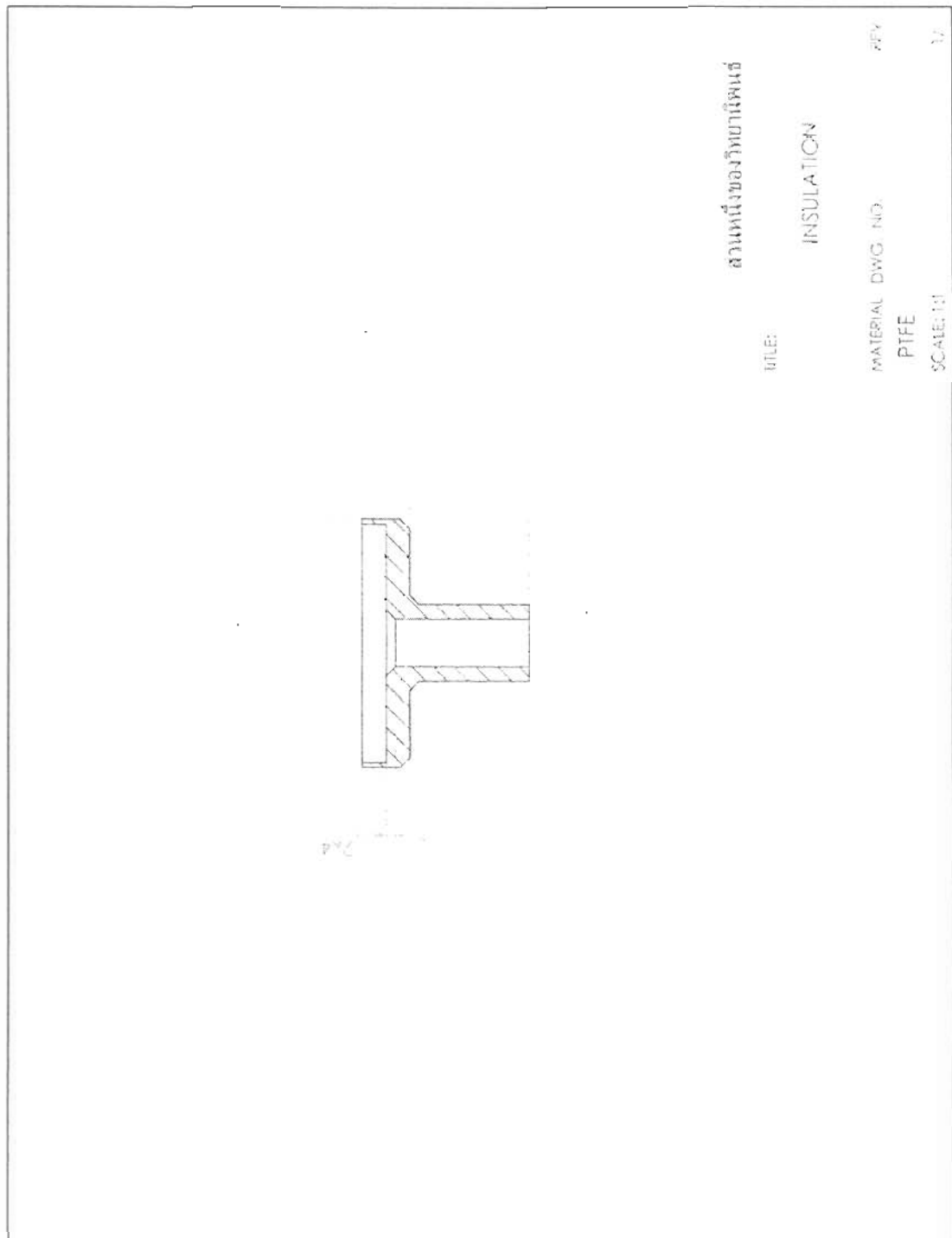
ภาพที่ ข-1 แบบในการจัดสร้างของอิเล็กโตรดแรงสูง



ภาพที่ ข-2 แบบในการจัดสร้างของอิเล็กโตรดวัด



ภาพที่ ข-3 แบบในการจัดสร้างของวงแหวนการ์ด



ภาพที่ ข-4 แบบในการจัดสร้างของฉนวนกัน

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ : นายจักรชัย บุรณะจิตปกรณ
 ชื่อวิทยานิพนธ์ : การวิเคราะห์ค่าความต้านทานทางไฟฟ้าของน้ำมันหล่อลื่น
 เพื่อติดตามสภาพน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้แล้ว
 สาขาวิชา : วิศวกรรมการผลิต

ประวัติ

เกิดเมื่อวันที่ 17 ตุลาคม พุทธศักราช 2520 ที่โรงพยาบาลพระนครศรีอยุธยา เป็นบุตรคนที่ 3 ของ นายเจริญ และนางหลิ่ยง บุรณะจิตปกรณ

ประวัติการศึกษา

สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขา วิศวกรรมการผลิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปีการศึกษา 2544

ประวัติการทำงาน

พ.ศ.2544 ทำงานในตำแหน่ง วิศวกรโครงการ ที่บริษัท ชัมมิทอโตชิท จำกัด
 พ.ศ.2545 ทำงานในตำแหน่ง วิศวกรการผลิต ที่บริษัท มูราคามิแอมพาส จำกัด

สถานที่ติดต่อ

220/124 อาคารซูพรีเรียร์2 เมืองทองธานี ตำบลบางพูด อำเภอปากเกร็ด จังหวัด นนทบุรี