การศึกษาสมบัติทางไฟฟ้าของน้ำมันยางนา

Study on Electrical Property of Yang - Na Oil

ปริญญานิพนธ์

ของ

ธีรวุฒิ	โคตรแสนลี	56010310117
สุภาดา	วงษ์พรม	56010310304

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559

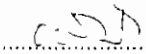
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์ ได้พิจารณาปริญญานิพนธ์ฉบับนี้แล้วเห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์

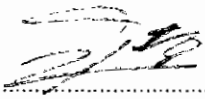
..... ประธานกรรมการ

(อาจารย์ทวีศักดิ์ ทองแสน)



..... กรรมการ

(อาจารย์อดิศร นวลอ่อน)



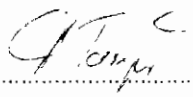
..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิวัตร์ อังควิศิษฐพันธ์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์

(อาจารย์ ดร.นวรัตน์ พิลาแดง)

มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ได้อนุมัติให้รับปริญญานิพนธ์ ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม



.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีรพัฒน์ ชมภูคำ)

หัวหน้าสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี เนื่องจากบุคคลหลายท่านได้กรุณาช่วยเหลือให้ข้อเสนอแนะ คำปรึกษา แนะนำ ความคิดเห็น และกำลังใจแก่ผู้จัดทำ

ขอกราบขอบพระคุณ ท่านอาจารย์ ดร.นวรัตน์ พิลาแดง อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ที่ได้สละเวลาให้ความช่วยเหลือ ให้แนวคิดความรู้ทางวิชาการ แนะแนวทางในการจัดทำปริญญานิพนธ์ ตรวจสอบปริญญานิพนธ์ ทุกขั้นตอน ตลอดจนให้กำลังใจแก่ผู้จัดทำ ซึ่งเป็นผลให้ผู้จัดทำมีความสามารถในการทำและพัฒนาปริญญานิพนธ์ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ขอขอบพระคุณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ซึ่งเป็นสถานที่ในการจัดสร้างการทดสอบและจัดทำปริญญานิพนธ์ จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณ บุคลากร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พี่น้องและเพื่อนๆ ตลอดจนบุคคลต่างๆ ที่ให้ความช่วยเหลืออีกมากมาย ที่ผู้วิจัยไม่สามารถกล่าวนามได้หมดในที่นี้

ท้ายสุดนี้ ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัวของผู้จัดทำ ที่ได้ช่วยส่งเสริม สนับสนุน กระตุ้นเตือน คอยเอาใจใส่ดูแล ให้กำลังใจและทุนทรัพย์ในการจัดทำปริญญานิพนธ์ ด้วยดีตลอดมา ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณา และปรารถนาดีของทุกท่านเป็นอย่างยิ่ง จึงขอขอบพระคุณไว้ณ โอกาสนี้

ธีรวุฒิ โคตรแสนลี

สุภาดา วงษ์พรม

ชื่อเรื่อง การศึกษาสมบัติทางไฟฟ้าของน้ำมันยางนา
ผู้วิจัย นายธีรวุฒิ โคตรแสนลี
นางสาวสุภาดา วงษ์พรม
อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ ดร.นวรัตน์ พิลาแดง
ปริญญา วศ.บ. **สาขาวิชา** วิศวกรรมไฟฟ้า
มหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม **ปีที่พิมพ์** 2559

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้มุ่งเน้นการศึกษาสมบัติทางไฟฟ้าของน้ำมันยางนา ซึ่งสมบัติทางไฟฟ้าที่ทำการศึกษา คือ ค่าสภาพยอมทางไฟฟ้าสัมพัทธ์เชิงซ้อน น้ำมันยางนาที่นำมาใช้ในการทดลองมี 3 ชนิด ได้แก่ น้ำมันยางนาที่ได้จากกระบวนการเจาะ น้ำมันยางนาที่ได้จากกระบวนการเผา และน้ำมันยางนากลั่น ทำการทดลองที่อุณหภูมิ 25 องซาเซลเซียส โดยวัดค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อน (S_{11}) ของน้ำมันยางนา ที่ความถี่ 0.5 – 6 กิกะเฮิรตซ์ ด้วยโพรบแกนร่วมแบบปลายเปิด และนำค่าที่ได้ไปคำนวณหาค่าสภาพยอมทางไฟฟ้าสัมพัทธ์เชิงซ้อน ผลการทดลองวัดค่าสภาพยอมทางไฟฟ้าสัมพัทธ์เชิงซ้อนพบว่า น้ำมันยางนาที่ได้จากกระบวนการเจาะ น้ำมันยางนาที่ได้จากกระบวนการเผา และน้ำมันยางนากลั่น มีค่าคงที่ไดอิเล็กตริก คือ 2.8 – 3 3.3 – 3.6 และ 2.2 – 2.4 ตามลำดับ และมีค่าสูญเสียไดอิเล็กตริก คือ 0.15 – 0.22 0.25 - 0.31 และ 0.12 – 0.17 ตามลำดับ จากการทดลองยังพบว่า ค่าสภาพยอมทางไฟฟ้าสัมพัทธ์เชิงซ้อนของน้ำมันยางนา จะเปลี่ยนแปลงตามความถี่ในการทดลอง นั่นคือ ค่าคงที่ไดอิเล็กตริกจะมีแนวโน้มลดลง ในขณะที่ค่าสูญเสียไดอิเล็กตริกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อความถี่ที่ใช้ในการทดลองเพิ่มขึ้น

TITLE	Study on Electrical Property of Yang - Na oil
AUTHUR	Mr. Teerawut Khotseanlee
	Miss Suphada Vongprom
ADVISOR	Dr. Nawarat Piladaeng
DEGREE	**B.Eng.** (Electrical Engineering)
UNIVERSITY	Mahasarakham University **YEAR** 2016

ABSTRACT

This project aims to study and investigate electrical property of Yang – Na oil. The studied electrical property is complex relative permittivity. There are 3 types of Yang – Na oil used in the experiment: Yang – Na oil from drilling process, Yang – Na oil from burning process and distilled Yang – Na oil. The experiment is conducted at a temperature of 25 degrees Celsius. The reflection coefficient (S_{11}) of Yang – Na oil is measured at the frequency range of 0.5 – 6 GHz by using the open – ended planar coaxial probe. After that, the measured reflection coefficient is used for calculating the complex relative permittivity. The results show that the dielectric constant of Yang – Na oil from drilling process, Yang – Na oil from burning process and distilled Yang – Na oil are 2.8 – 3. 3.3 – 3.6 and 2.2 – 2.4, respectively. The dielectric loss of Yang – Na oil from drilling process, Yang – Na oil from burning process and distilled Yang – Na oil are 0.15 – 0.22, 0.25 – 0.31 and 0.12 – 0.17, respectively. In addition, The result shows that the complex relative permittivity of Yang – Na oil is depended on the frequency in the experiment. The dielectric constant tends to decrease and the dielectric loss tends to increase when increasing the test frequencies.

สารบัญ

บทที่ **หน้า**

1 บทนำ 1

หลักการและเหตุผล 1

วัตถุประสงค์ของการศึกษา 2

ขอบเขตการศึกษา 2

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2

แผนการดำเนินการศึกษา 2

สถานที่ดำเนินการศึกษา 3

งบประมาณ 3

2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4

ต้นยางนา 4

น้ำมันยางนา 5

องค์ประกอบของน้ำมันยางนา 5

ไดอิเล็กตริก 7

Cole – Cole model 8

เทคนิคการวัดค่าสภาพยอมทางไฟฟ้าสัมพัทธ์เชิงซ้อน 10

เครื่องวิเคราะห์ข่ายงานสื่อสาร 11

การวัดค่าสภาพยอมทางไฟฟ้าสัมพัทธ์เชิงซ้อนด้วยโพรบแกนร่วมแบบปลายเปิด 12

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 13

3 วิธีดำเนินการศึกษา 16

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการดำเนินการ 16

โครงสร้างการทดสอบวัดค่าสภาพยอมทางไฟฟ้าสัมพัทธ์เชิงซ้อน 17

การทดสอบวัดค่าสภาพยอมทางไฟฟ้าสัมพัทธ์เชิงซ้อน 18

การวัดวัสดุทดสอบ 19

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ **หน้า**

4 ผลการศึกษา 21
การทดสอบความถูกต้องของโพรบแกนร่วมแบบปลายเปิด 21
ผลการทดลอง 23

5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ 29
สรุปผลการศึกษา 29
ข้อเสนอแนะ 29

บรรณานุกรม 30

ภาคผนวก 32
ภาคผนวก ก ตัวอย่างภาพประกอบงานวิจัย 33

ประวัติย่อผู้วิจัย 37

บัญชีตาราง

ตาราง **หน้า**

1 แผนการดำเนินการศึกษา 3
2 องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันยางนา จากต้นยางนา 5
3 ผลการวิเคราะห์สมบัติของน้ำมันยางนา จากต้นยางนา 6

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ หน้า

1 ต้นยางนา 4
2 กราฟแสดงค่าสภาพยอมทางไฟฟ้าสัมพัทธ์เชิงซ้อนของน้ำกลั่นที่ได้จาก Cole-Cole model ... 9
3 กราฟแสดงค่าสภาพยอมทางไฟฟ้าสัมพัทธ์เชิงซ้อนของเอทานอลที่ได้จาก Cole-Cole model. 9
4 กราฟแสดงค่าสภาพยอมทางไฟฟ้าสัมพัทธ์เชิงซ้อนของเมทานอลที่ได้จาก Cole-Cole model. 10
5 ลักษณะการใช้โพรบแกนร่วมแบบปลายเปิดวัดค่าสภาพยอมทางไฟฟ้าสัมพัทธ์เชิงซ้อน 11
6 เครื่องวิเคราะห์ข่ายงานสื่อสาร 12
7 ลักษณะโพรบแกนร่วมแบบปลายเปิด 13
8 โครงสร้างการวัดค่าสภาพยอมทางไฟฟ้าสัมพัทธ์เชิงซ้อน 18
9 ตัวอย่างวัสดุทดสอบ 18
10 การวัดวัสดุทดสอบโดยใช้โพรบแกนร่วมแบบปลายเปิด 19
11 ค่าสภาพยอมทางไฟฟ้าสัมพัทธ์เชิงซ้อนของเอทานอล จากการทดลอง 21
12 ค่าสภาพยอมทางไฟฟ้าสัมพัทธ์เชิงซ้อนของเอทานอล จากทฤษฎี 22
13 การเปรียบเทียบค่าสภาพยอมทางไฟฟ้าสัมพัทธ์เชิงซ้อนของเอทานอล ที่ได้จากการทดลอง และจากทฤษฎี 23
14 ค่าเฉลี่ยสภาพยอมทางไฟฟ้าสัมพัทธ์เชิงซ้อนของน้ำมันยางนาที่ได้จากกระบวนการเจาะ จากการทดลอง 24
15 ค่าเฉลี่ยสภาพยอมทางไฟฟ้าสัมพัทธ์เชิงซ้อนของน้ำมันยางนาที่ได้จากกระบวนการเผา จากการทดลอง 25
16 ค่าเฉลี่ยสภาพยอมทางไฟฟ้าสัมพัทธ์เชิงซ้อนของน้ำมันยางนากลั่น จากการทดลอง 26
17 ค่าเฉลี่ยสภาพยอมทางไฟฟ้าสัมพัทธ์เชิงซ้อนของน้ำมันยางนา 3 ชนิด ได้แก่ น้ำมันยางนาที่ได้จากกระบวนการเจาะ น้ำมันยางนาที่ได้จากกระบวนการเผา และน้ำมันยางนากลั่น จากการทดลอง 27
18 น้ำมันยางนาที่ใช้ในการทดลอง 34
19 โพรบแกนร่วมแบบปลายเปิดที่ต่อเข้ากับสายโคแอ็กเชียล 34
20 การเตรียมน้ำมันยางนาใส่บีกเกอร์การนำไปทดลอง 35
21 การวัดอุณหภูมิของน้ำมันยางนาเพื่อให้มีอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียล 35
22 ลักษณะของการจุ่มโพรบแกนร่วมแบบปลายเปิด ในน้ำมันยางนา 36
23 การวัดน้ำมันยางนาเมื่อต่อกับเครื่องวิเคราะห์ข่ายงานสื่อสาร 36

บทที่ 1

บทนำ

1.1 หลักการและเหตุผล

ในปัจจุบันการใช้พลังงานในประเทศไทย มีอัตราเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยส่วนใหญ่นำมาใช้ในภาคอุตสาหกรรมและการขนส่ง เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของประชากรและการขยายตัวทางเศรษฐกิจ ทำให้ประเทศไทยต้องนำเข้าน้ำมันเชื้อเพลิงเป็นจำนวนมาก ถึงแม้ราคาน้ำมันในปัจจุบันจะมีการปรับตัวลดลง แต่ถึงอย่างนั้นยิ่งทำให้จำนวนการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงมีจำนวนเพิ่มสูงขึ้น ในอนาคตอันใกล้หากน้ำมันเชื้อเพลิงหมดลง จะส่งผลกระทบต่อประเทศไทยและประชาคมโลกอย่างแน่นอน ดังนั้นการมีพลังงานทดแทนที่สามารถนำมาใช้แทนน้ำมันเชื้อเพลิง เช่น น้ำมันดีเซล จึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่ง ที่จะใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ภายในประเทศให้เกิดประโยชน์สูงสุด ประกอบกับประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม ทำให้ประเทศไทยมีทรัพยากรธรรมชาติที่หลากหลาย ซึ่งเหตุนี้ทำให้มีการวิจัยและพัฒนาการผลิตไบโอดีเซลในหลายๆรูปแบบ เช่น ไบโอดีเซลจากน้ำมันมะพร้าว น้ำมันปาล์ม ฯลฯ ล้วนเป็นพลังงานทดแทนที่ได้จากการใช้พืชเป็นวัตถุดิบและสามารถผลิตได้เองในประเทศ

นอกจากนี้ยังมีการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันยางนา จากต้นยางนา ที่มีการเก็บน้ำมันยางนามาใช้ประโยชน์ใกล้เคียงกับน้ำมันเตาได้ โดยไม่ผ่านกระบวนการทางเคมีใดๆ และมีการพัฒนาน้ำมันยางนาที่มีส่วนผสมทางเคมีที่แตกต่างกัน เช่น การพัฒนาน้ำมันยางนาให้เป็นน้ำมันเชื้อเพลิง และน้ำมันหม้อแปลง เป็นต้น ดังนั้นจึงจำเป็นต้องทราบสมบัติของน้ำมันยางนา ซึ่งสมบัติอย่างหนึ่งที่สำคัญคือสมบัติทางไฟฟ้าเพื่อประโยชน์ในการนำไปประยุกต์ใช้ในหลายๆด้าน โดยเฉพาะค่าสมบัติไดอิเล็กตริกของวัสดุที่เป็นค่าบ่งบอกถึง ความมีขั้ว (Polarity) ของวัสดุที่อุณหภูมิใดๆ วัสดุที่มีค่าคงที่ไดอิเล็กตริกสูง จัดเป็นวัสดุไดอิเล็กตริก (Dielectric material) ที่มีความเป็นขั้ว (Polar) สูง ซึ่งสามารถกักเก็บประจุไฟฟ้าไว้ จึงเป็นตัวนำไฟฟ้าที่ไม่ดี หรือเป็นฉนวนไฟฟ้า โดยที่สมบัติไดอิเล็กตริกได้จากการวัดค่าสภาพยอมทางไฟฟ้าสัมพัทธ์เชิงซ้อน (Complex relative permittivity) ของวัสดุที่ความถี่ต่างๆ เช่น การวัดค่าสภาพยอมทางไฟฟ้าสัมพัทธ์เชิงซ้อนของผลผลิตทางการเกษตรต่างๆ เพื่อพัฒนาปรับปรุง การคัดเลือกและการจัดเก็บที่เหมาะสม และอื่นๆอีกมากมาย แต่ยังไม่มีใครศึกษาสมบัติทางไฟฟ้าของน้ำมันยางนา ซึ่งเป็นสมบัติที่สำคัญอย่างยิ่งอีกประการหนึ่งในการพัฒนาคุณภาพของน้ำมันยางนา

งานปริญญานิพนธ์เล่มนี้ทำการศึกษาสมบัติทางไฟฟ้าของน้ำมันยาง โดยการหาค่าสภาพยอมทางไฟฟ้าสัมพัทธ์เชิงซ้อน เพื่อให้ได้สมบัติทางไฟฟ้าของน้ำมันยางนา (Yang-Na oil) ทำให้สามารถนำสมบัติที่ได้ไปเป็นข้อมูลพื้นฐานในการนำน้ำมันยางนาไปประยุกต์ใช้ได้อย่างเหมาะสม และมีประสิทธิภา

Mahasarakham University

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1 เพื่อศึกษาสมบัติทางไฟฟ้าของน้ำมันยางนา

2. เพื่อศึกษากระบวนการ การวัดค่าสภาพยอมทางไฟฟ้าสัมพัทธ์เชิงซ้อนของน้ำมันยางนา

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1. ศึกษาเทคนิคการวัดค่าสภาพยอมทางไฟฟ้าสัมพัทธ์เชิงซ้อนโดยใช้ตัวเชื่อมแบบเอสเอ็มเอ

2. เพื่อหาค่าไดอิเล็กตริก โดยการวัดค่าสภาพยอมทางไฟฟ้าสัมพัทธ์เชิงซ้อนของน้ำมันยางนา ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

3. คำนวณหาค่าสภาพยอมทางไฟฟ้าสัมพัทธ์เชิงซ้อนของน้ำมันยางนา ด้วยสารอ้างอิง 3 ชนิด คือ อากาศ น้ำกลั่น และ เมทานอล

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบค่าสภาพยอมทางไฟฟ้าสัมพัทธ์เชิงซ้อนของน้ำมันยางนา

2. ทราบสมบัติทางไฟฟ้าของน้ำมันยางนา

3. สามารถนำสมบัติทางไฟฟ้าไปเป็นข้อมูลในการพัฒนาน้ำมันยางนา เพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.5 แผนการดำเนินการศึกษา

1. วางแผนการดำเนินงาน

2. ศึกษาและสืบค้นข้อมูลจาก บทความ แหล่งข้อมูลต่าง ๆ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3. ศึกษาข้อมูลเทคนิคการใช้เครื่องวิเคราะห์ข่ายงานสื่อสาร (Vector Network Analyzer: VNA)

4. ทำการทดลองโดยใช้เครื่องวิเคราะห์ข่ายงานสื่อสาร เพื่อวัดค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนของน้ำมันยางนา อากาศ น้ำกลั่น และ เมทานอล

5. ศึกษาสมการที่ใช้ในการคำนวณหาค่าสภาพยอมทางไฟฟ้าสัมพัทธ์เชิงซ้อน

6. นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาทดสอบและศึกษาเพื่อแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น

7. วิเคราะห์และสรุปผล

8 ารูปเล่มปริญญานิพนธ์

ตาราง 1 แผนการดำเนินการศึกษา

รายการ	ระยะเวลา									
	ภาคเรียนที่ 2/2558					ภาคเรียนที่ 1/2559				
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
1.วางแผนการดำเนินงาน	←	→								
2.ศึกษาและสืบค้นข้อมูลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	←	—	→							
3.ศึกษาข้อมูลเทคนิคการวัดค่า			←	→						
4.ทำการทดลอง			←	—	—	→				
5.ทดสอบและศึกษาเพื่อแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น				←	—	—	→			
6.วิเคราะห์และสรุปผล						←	—	—	→	
7.จัดทำรูปเล่มปริญญานิพนธ์										↔

1.6 สถานที่ดำเนินการศึกษา

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

1.7 งบประมาณ

วัสดุอุปกรณ์ในการทดลอง	4,000	บาท
สารเคมีที่ใช้ในการสอบเทียบโพรบ	3,000	บาท
ตัวเชื่อมแบบเอสเอ็มเอ	3,000	บาท
ร	10,000	บาท

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ต้นยางนา (Dipterocarpus Alatus)

ภาพประกอบ 1 ต้นยางนา

ที่มา: (frynn.com · เว็บไซต์)

ต้นยางนาเป็นพืชในวงศ์ Dipterocarpaceae สกุล Dipterocarpus ชื่อวิทยาศาสตร์ Dipterocarpus Alatus Roxb. ชื่อสามัญ Yang-Na มีถิ่นกำเนิดดั้งเดิมอยู่ในเกาะบอร์เนียว ต้นยางนาเป็นไม้ยืนต้นขนาดใหญ่ไม่มีการผลัดใบ มีความสูง 30-40 เมตร ลำต้นตรง ชอบขึ้นอยู่ในพื้นที่ที่มีความชุ่มชื้น โดยเฉพาะในที่ราบริมน้ำทั่วไป จัดเป็นพืชให้เนื้อไม้ที่มีความสำคัญมากรองจากไม้สัก เพราะเป็นที่นิยมใช้สอยกันมากในการก่อสร้างบ้านเรือน และในการทำไม้อัด รวมทั้งส่งออกไปจำหน่ายยังต่างประเทศด้วย นอกจากนั้นยังเป็นแหล่งน้ำมันหอมระเหย กลุ่มไอลีโอเรซิน (Oleoresin) ซึ่งใช้ในอุตสาหกรรมเคลือบและขัดเงาต่างๆ ในส่วนของน้ำมันยาง สามารถนำไปใช้ในการทำเป็นน้ำมันเชื้อเพลิง ใช้ยาเครื่องจักรสานกันน้ำรั่ว ยาแนวเรือเพื่ออุดรอยรั่ว ทาไม้ ใช้ผสมชี้เลื่อยจุดไฟหรือใช้ทำไต่จุดไฟส่องสว่าง หรือนำไปใช้เป็นส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์อื่นๆ เช่น สีทาบ้าน หมึกพิมพ์ และอื่นๆ เป็นต้น

2.2 น้ำมันยางนา (Yang-Na oil)

ในอดีต มีการนำน้ำมันยางนามาใช้เป็นเชื้อเพลิงของชาวบ้านตามชนบทอยู่ก่อนแล้ว แต่ปัจจุบันไม่เป็นที่นิยมเพราะไม่สะดวกในการนำมาใช้งาน และมีทางเลือกที่สะดวกมากกว่าคือ น้ำมันสำเร็จรูปต่างๆ ที่มีขายอยู่ทั่วไป น้ำมันยางนาเป็นน้ำมันที่ได้จากต้นยางนา ที่มีการเก็บน้ำมันยางมาใช้ประโยชน์ โดยไม่ผ่านกระบวนการทางเคมีใดๆ และมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับน้ำมันเตา โดยน้ำมันเตานั้นเป็นเชื้อเพลิงที่สำคัญที่สุดในอุตสาหกรรม เพราะราคาถูก ใช้ง่าย ให้ความร้อนสูง เป็นเชื้อเพลิงที่ใช้สำหรับหม้อน้ำ เตาเผา เตาหลอม เครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดใหญ่ และเครื่องยนต์เรือเดินทะเลขนาดใหญ่ ซึ่งน้ำมันยางนามีค่าความร้อนสูงพอที่จะนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนน้ำมันเตาได้เป็นอย่างดี และถือว่าน้ำมันยางนาเป็นน้ำมันชีวภาพอีกอย่างหนึ่งที่สามารถนำไปใช้เป็นพลังงานทดแทนได้ในอนาคต

2.3 องค์ประกอบของน้ำมันยางนา

ตาราง 2 องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันยางนา จากต้นยางนา ที่มา: (อนันต์ ชาทา, 2556.)

ธาตุองค์ประกอบ	สัดส่วน (%)
Carbon	78.56
Hydrogen	13.40
Nitrogen	None detected
Sulfur	0.25

ธาตุที่เป็นองค์ประกอบในน้ำมันยางนาพบว่ามีธาตุ Carbon เป็นส่วนประกอบหลักถึงร้อยละ 78.56 โดยน้ำหนัก ส่วนที่เหลือจะเป็นธาตุไฮโดรเจนซึ่งมีสัดส่วนเป็นร้อยละ 13.40 โดยน้ำหนัก ธาตุหลักทั้งสองที่พบมีความสำคัญต่อการเผาไหม้ โดยเฉพาะสัดส่วนโดยน้ำหนักของธาตุคาร์บอนต่อไฮโดรเจน (C:N) ที่มีค่าเป็น 79:13 ถ้าเปรียบเทียบกับน้ำมันปิโตรเลียม จะพบว่ามีค่าใกล้เคียงกันมาก ซึ่งอาจเป็นข้อมูลบ่งชี้ได้ว่าน้ำมันยางนานี้ น่าจะมีสารอินทรีย์ที่เป็นองค์ประกอบคล้ายกันกับในน้ำมันปิโตรเลียม และน่าจะสามารถนำไปใช้ทดแทนน้ำมันดีเซลได้ ที่มา: (อนันต์ ชาทา, 2556.)

ตาราง 3 ผลการวิเคราะห์สมบัติของน้ำมันยางนา จากต้นยางนา ที่มา: (ธนกฤต วรวงค์, 2555.)

คุณสมบัติ	น้ำมันยางนา	หน่วย
ค่าความเป็นกรด	9.075	มิลลิกรัมโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ต่อกรัมน้ำมัน
จุดขุ่น	-38.8	องศาเซลเซียส
ค่าความหนาแน่น ณ อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส	963.2	กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
จุดไหลเท	-47.0	องศาเซลเซียส
ปริมาณน้ำ	7806.4	หนึ่งส่วนในล้านส่วน
จุดวาบไฟ	>270	องศาเซลเซียส
ความหนืด	48.0712	เซนติสโตกส์หรือตารางมิลลิเมตรต่อวินาที
ความร้อน	10,290	แคลอรี่ต่อกรัม
การกัดกร่อนทองแดง	1A	-

หากพิจารณาจุดวาบไฟในน้ำมันยางนา จะเห็นได้ว่ามีค่าสูงซึ่งอาจเป็นผลดีในด้านความปลอดภัยเกี่ยวกับการเก็บรักษาจะทำให้ไม่สามารถลุกติดไฟได้ง่ายนัก เพราะหากน้ำมันมีค่าจุดวาบไฟต่ำก็จะเสี่ยงต่อการเกิดเพลิงไหม้ได้ง่าย ส่วนค่าความหนืดของน้ำมันยางนามีค่าความหนืดต่ำกว่าน้ำมันเชื้อเพลิงหลายประเภท น้ำมันยางนาที่เราจะนำมาใช้ในการทดลองมี 3 ชนิด ได้แก่ น้ำมันยางนาที่ได้จากกระบวนการเจาะ น้ำมันยางนาที่ได้จากกระบวนการเผา และน้ำมันยางนากลั่น เมื่อพิจารณาความหนืดของน้ำมันยางนาทั้ง 3 พบว่าน้ำมันยางนาที่ได้จากกระบวนการเผามีความหนืดมากที่สุด และน้ำมันยางนากลั่นมีความหนืดน้อยที่สุด ซึ่งคุณสมบัติของน้ำมันยางนาในด้านความหนืดนี้อาจมีผลดีในการนำไปใช้ประโยชน์สำหรับเป็นเชื้อเพลิง เพราะไม่ยุ่งยากในการถ่ายเทลงในภาชนะบรรจุ แต่ถ้าเป็นน้ำมันที่มีความหนืดสูงจะทำให้ต้องใช้อุณหภูมิในการถ่ายเท ทำให้สิ้นเปลืองเพิ่มขึ้น และที่สำคัญคือค่าความร้อนของน้ำมันยางนา จะเห็นได้ว่ามีค่าความร้อนสูงพอที่จะใช้เป็นพลังงานทดแทนพลังงานเชื้อเพลิงที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน เช่น น้ำมันดีเซล และน้ำมันเตา เป็นต้น ที่มา: (ธนกฤต วรวงค์. 2555.)

2.4 ไดอิเล็กตริก (Dielectric)

ในปัจจุบันอุปกรณ์ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกนั้นจะต้องมีวัสดุไดอิเล็กตริกหรือความเป็นฉนวนไฟฟ้าเป็นส่วนประกอบที่สำคัญ ซึ่งการเป็นฉนวนไฟฟ้าในวัสดุนั้น เมื่อวัสดุอยู่ในสภาวะปกติจะประกอบไปด้วยโมเลกุลที่มีจุดศูนย์กลางมวลร่วมกันระหว่างโปรตอนและอิเล็กตรอน เมื่อสารได้รับกระแสไฟฟ้าจะทำให้กลุ่มประจุบวกถูกผลักไปในทิศทางสนามไฟฟ้า ส่วนประจุลบจะถูกผลักไปในทิศทางตรงกันข้าม ทำให้โมเลกุลของสารเกิดไดโพลโมเมนต์ (Dipole moment) โดยสมบัติทางไฟฟ้าอย่างหนึ่งของวัสดุไดอิเล็กตริกจะได้จากการวัดค่าสภาพยอมทางไฟฟ้าสัมพัทธ์เชิงซ้อน (Complex relative permittivity: ε_r) ของวัสดุที่ความถี่ต่างๆ ปัจจุบันมีการพัฒนาวัสดุที่มีส่วนผสมทางเคมีที่ต่างกัน ดังนั้นสมบัติทางไฟฟ้าที่กล่าวมาจึงเป็นสิ่งที่จำเป็นที่จะต้องทราบให้ชัดเจน โดยเฉพาะค่าสภาพยอมทางไฟฟ้าสัมพัทธ์เชิงซ้อนของวัสดุ เนื่องจากเป็นปริมาณที่บอกถึงพลังงานที่สะสมและสูญเสียภายในสารที่อยู่ภายในสนามไฟฟ้า ค่าสภาพยอมทางไฟฟ้าสัมพัทธ์เชิงซ้อนของวัสดุสามารถเขียนสมการได้ดังนี้ ที่มา: (ฐิติมา เฮ้งเจริญ, 2554.)

$$\varepsilon_r = \varepsilon_r' - j\varepsilon_r'' \tag{2.1}$$

เมื่อ ε_r' เป็นส่วนจริงของค่าสภาพยอมทางไฟฟ้าสัมพัทธ์เชิงซ้อน ซึ่งบอกถึงค่าได้อิเล็กตริกซึ่งเป็นปริมาณที่เกี่ยวข้องกับพลังงานไฟฟ้าที่สะสมอยู่ในสาร เรียกว่า ค่าคงที่ไดอิเล็กตริก (Dielectric constant) ที่มา: (ฐิติมา เฮ้งเจริญ, 2554.)

เมื่อ ε_r'' เป็นส่วนจินตภาพของค่าสภาพยอมทางไฟฟ้าสัมพัทธ์เชิงซ้อนที่เกี่ยวข้องกับการสูญเสียโดยสัมพันธ์กับสภาพยอมความนำไฟฟ้า (Conductivity; σ) ของสารเรียกว่า ค่าสูญเสียไดอิเล็กตริก (Dielectric loss) ที่มา: (ฐิติมา เฮ้งเจริญ, 2554.)

$$\varepsilon_r'' = \frac{\sigma}{\omega} \tag{2.2}$$

เมื่อ ω คือความถี่เชิงมุมของคลื่นที่ใช้ในการวัด

2.5 Cole-Cole model

ในการวัดหาค่าสภาพยอมทางไฟฟ้าสัมพัทธ์เชิงซ้อนของวัสดุนั้นจะต้องมีการนำค่าสภาพยอมสัมพัทธ์เชิงซ้อนที่ได้จากการวัดจริง มาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานของวัสดุต่างๆ เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการวัดค่าสภาพยอมทางไฟฟ้าสัมพัทธ์เชิงซ้อนของโพรบแกนร่วมแบบปลายเปิด ซึ่งสามารถเปรียบเทียบได้โดยความสัมพันธ์ที่ได้จาก Cole-Cole model ซึ่งจะเป็นการแสดงให้เห็นถึงลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างค่าสภาพยอมทางไฟฟ้าสัมพัทธ์เชิงซ้อนทุกช่วงความถี่ที่กำหนด โดยมีสมการดังต่อไปนี้ ที่มา: (Adiseshu Nyshadham, 1992.)

$$\varepsilon = \varepsilon' - j\varepsilon'' = \varepsilon_\infty + \frac{\varepsilon_s - \varepsilon_\infty}{1+(j\omega\tau)^{1-\alpha}} \qquad (2.3)$$

เมื่อ $\omega = 2\pi f$

ε_∞ คือ ค่าคงที่ไดอิเล็กตริกที่ความถี่อนันต์

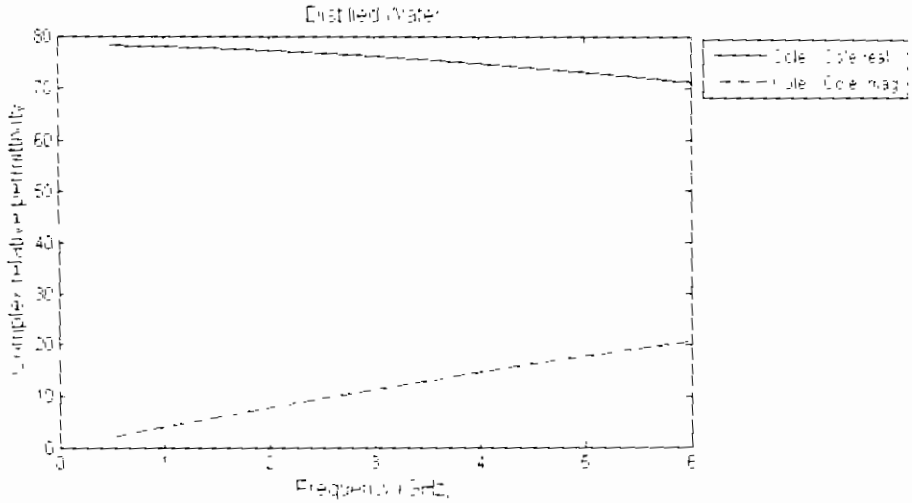
ε_s คือ ค่าสถิต (Static value) ของค่าคงที่ไดอิเล็กตริก

τ คือ ค่าเวลาผ่านคลาย (การวัดเวลาในการกลับขั้วไดโพลของโมเลกุล)

α คือ พารามิเตอร์การกระจายของของเหลว

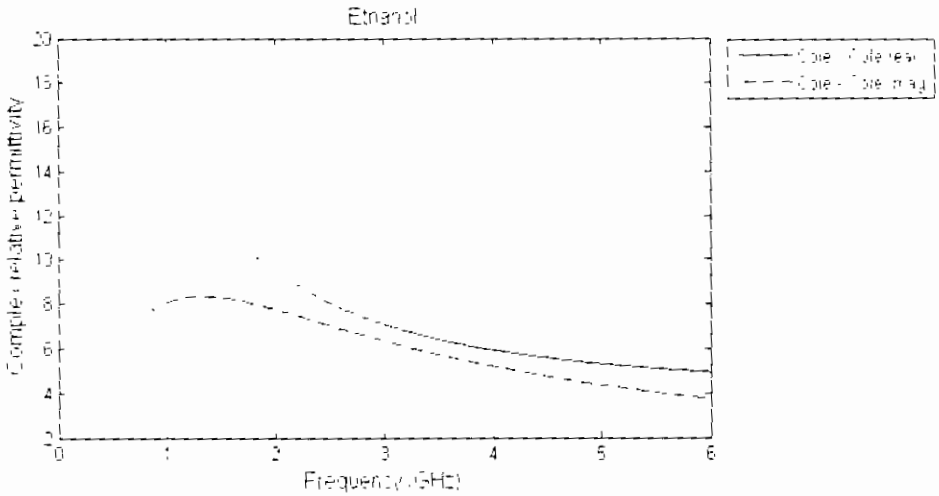
ค่าสภาพยอมทางไฟฟ้าสัมพัทธ์เชิงซ้อนที่ได้จาก Cole – Cole model สามารถนำมาพล็อตกราฟเพื่อทำการเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการวัดจริงได้ โดยนำพารามิเตอร์ของวัสดุที่กล่าวมาข้างต้นมาแทนค่าลงในสมการ 2.3 ซึ่งวัสดุที่ใช้ในการเปรียบเทียบในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ คือ น้ำกลั่น เอทานอล เมทานอล และอากาศ ดังต่อไปนี้

1. น้ำกลั่น (Distilled water): ε_S = 78.3, ε_∞ = 4.5. τ (ps) = 8.12, α = 0.02 ที่มา: (Adiseshu Nyshadham, 1992.)



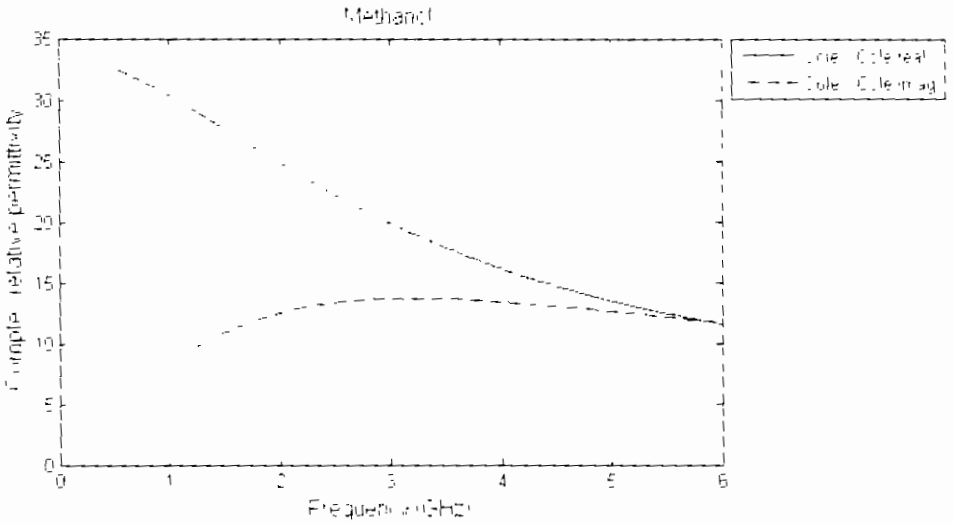
ภาพประกอบ 2 กราฟแสดงค่าสภาพยอมทางไฟฟ้าสัมพัทธ์เชิงซ้อนของน้ำกลั่นที่ได้จาก Cole-Cole model

2. เอทานอล (Ethanol): ε_S = 21.4, ε_∞ = 3.91, τ (ps) = 0.156, α = 0.03 ที่มา: (Adiseshu Nyshadham, 1992.)



ภาพประกอบ 3 กราฟแสดงค่าสภาพยอมทางไฟฟ้าสัมพัทธ์เชิงซ้อนของเอทานอลที่ได้จาก Cole-Cole model

3. เมทานอล (Methanol): ε_S = 33.7, ε_∞ = 4.35, τ (ps) = 49.64, α = 0.043 ที่มา: (Adiseshu Nyshadham, 1992.)



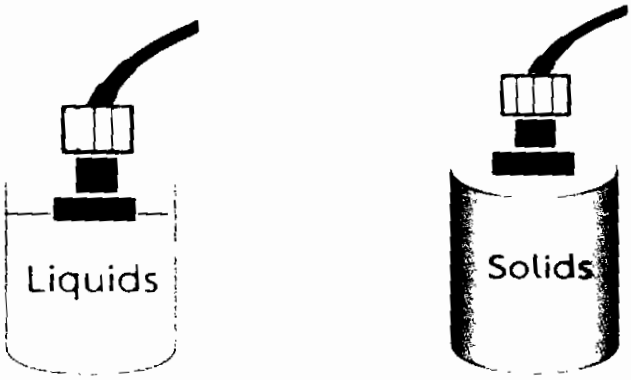
ภาพประกอบ 4 กราฟแสดงค่าสภาพยอมทางไฟฟ้าสัมพัทธ์เชิงซ้อนของเมทานอลที่ได้จาก Cole-Cole model

4. อากาศ (Air): ε' = 1 ที่มา: (Adiseshu Nyshadham, 1992.)

2.6 เทคนิคการวัดค่าสภาพยอมทางไฟฟ้าสัมพัทธ์เชิงซ้อน

การวัดค่าสภาพยอมทางไฟฟ้าสัมพัทธ์นั้นมีหลากหลายเทคนิค แต่ละเทคนิคใช้หลักการพื้นฐานในการวัดแตกต่างกันไป เช่น หลักการสะท้อนและการส่งผ่าน (Reflection and transmission) หลักการกำทอนและไม่กำทอน (Resonant and non-resonant) หรือ หลักการทดสอบแบบทำลายวัสดุและไม่ทำลายวัสดุ (Destructive and non-destructive tests) เมื่อนักวิจัยอาศัยหลักการเหล่านี้ทำให้สามารถสร้างเทคนิคการวัดค่าสภาพยอมทางไฟฟ้าสัมพัทธ์ได้หลากหลายเทคนิค เช่น เทคนิคสายส่งแบบปลายเปิด (Open ended transmission line technique) เทคนิคสายส่งแบบท่อนำคลื่นและแกนร่วม (Waveguide and coaxial transmission line technique) เทคนิคการส่งผ่านอากาศว่าง (Free space transmission technique) วิธีกำทอน (Resonant method) วิธีรบกวนแบบกำทอน (Resonant-perturbation method) ซึ่งแต่ละเทคนิคมีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกันออกไป ที่มา: (Adiseshu Nyshadham, 1992.)

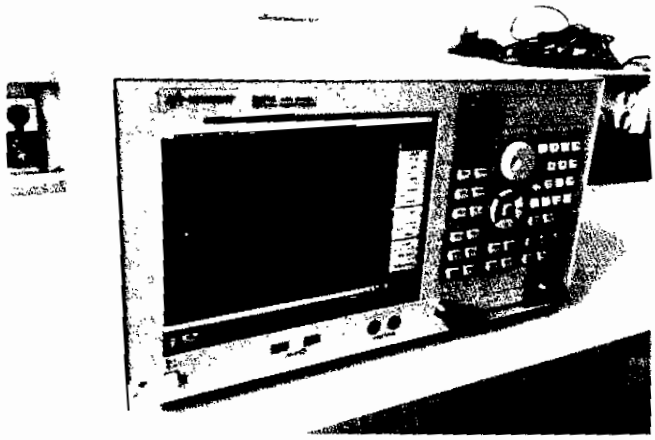
สำหรับงานปริญญานิพนธ์เล่มนี้ได้ใช้เทคนิคสายส่งแบบปลายเปิดในการวัดค่าสภาพยอมทางไฟฟ้าสัมพัทธ์เชิงซ้อนโดยอาศัยหลักการสะท้อนกลับ/ส่งผ่าน (Reflection and transmission) ซึ่งมีข้อดีคือ มีขนาดกะทัดรัด ออกแบบง่าย มีกระบวนการในการวัดไม่ซับซ้อน เป็นการวัดแบบไม่ทำลายวัสดุที่วัด และมีความแม่นยำค่อนข้างสูง ต้นทุนต่ำ ซึ่งหลักการวัดทั่วไปสำหรับเทคนิคนี้คือ การจุ่มปลายเปิดของโพรบลงไปในวัสดุที่เป็นของเหลว หรือวัดจากการใช้ปลายเปิดของโพรบนั้นสัมผัสกับวัสดุที่เป็นของแข็ง จากนั้นทำการวัดสัญญาณสะท้อนกลับที่เกิดจากคลื่นไมโครเวฟเดินทางผ่านวัสดุด้วยเครื่องวิเคราะห์ข่ายงานสื่อสาร เพื่อที่จะนำค่าที่ได้ไปคำนวณหาค่าสภาพยอมทางไฟฟ้าสัมพัทธ์เชิงซ้อนต่อไป ที่มา: (อดิศร นวลอ่อน และคณะ, 2558.)



ภาพประกอบ 5 ลักษณะการใช้โพรบแกนร่วมแบบปลายเปิดวัดค่าสภาพยอมทางไฟฟ้าสัมพัทธ์เชิงซ้อน

2.7 เครื่องวิเคราะห์ข่ายงานสื่อสาร (Vector Network Analyzer: VNA)

ปัจจุบันเทคโนโลยีทางด้านอิเล็กทรอนิกส์และระบบสื่อสารมีการวิวัฒนาการในการพัฒนาและการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ที่นำมาใช้ในการออกแบบและสร้างอุปกรณ์ต่างๆ เช่น เครื่องใช้อิเล็กทรอนิกส์ เครื่องมือสื่อสาร เป็นต้น ซึ่งอุปกรณ์เหล่านั้นล้วนมีส่วนประกอบที่สำคัญอย่างหนึ่งคือ วงจรกรองความถี่ที่ทำหน้าที่คัดแยกหรือกรองเอาสัญญาณที่ต้องการไปใช้งานดังนั้นจึงมีนักวิจัยให้ความสนใจในการวิเคราะห์และออกแบบวงจรกรองความถี่ที่รองรับกับการใช้งานในย่านความถี่ต่างๆ เช่น ย่านความถี่คลื่นสั้น ย่านความถี่วิทยุ ย่านความถี่ไมโครเวฟ เป็นต้น ซึ่งการวิเคราะห์และทดสอบวงจรกรองความถี่ต่างๆ จำเป็นต้องมีเครื่องวิเคราะห์ข่ายงานสื่อสาร ตัวอย่างดังแสดงในภาพประกอบ 6 ที่มา: (ประดิษฐ์ ลาวัลย์ และคณะ, 2557.)



ภาพประกอบ 6 เครื่องวิเคราะห์ข่ายงานสื่อสาร (Vector Network Analyzer: VNA)

2.8 การวัดค่าสภาพยอมทางไฟฟ้าสัมพัทธ์เชิงซ้อนด้วยโพรบแกนร่วมแบบปลายเปิด

เทคนิคที่เลือกใช้ในการวัดค่าสภาพยอมทางไฟฟ้าสัมพัทธ์เชิงซ้อนของวัสดุสำหรับโพรบแกนร่วมแบบปลายเปิด คือ การส่งผ่านและการสะท้อนกลับของสัญญาณ โดยใช้ด้านสายนำสัญญาณแกนร่วมสัมผัสกับวัสดุที่ต้องการวัดจากนั้นทำการวัดสัญญาณสะท้อนกลับโดยผ่านคลื่นความถี่ไมโครเวฟด้วยเครื่องวิเคราะห์ข่ายงานสื่อสาร แล้วนำค่าที่ได้มาคำนวณหาค่าสภาพยอมทางไฟฟ้าสัมพัทธ์เชิงซ้อนของวัสดุได้ดังนี้ 2.4 ที่มา: (Adiseshu Nyshadham, 1992.)

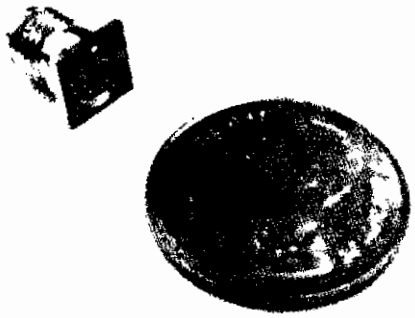
$$\frac{(\varepsilon_s-\varepsilon_a)(\varepsilon_b-\varepsilon_c)}{(\varepsilon_s-\varepsilon_b)(\varepsilon_c-\varepsilon_a)} = \frac{(\Gamma_s-\Gamma_a)(\Gamma_b-\Gamma_c)}{(\Gamma_s-\Gamma_b)(\Gamma_c-\Gamma_a)} \qquad (2.4)$$

เมื่อ a,b,c คือ วัสดุที่ทราบค่าสภาพยอมทางไฟฟ้าสัมพัทธ์เชิงซ้อน

S คือ วัสดุทดสอบ

$\Gamma_a, \Gamma_b, \Gamma_c, \Gamma_s$ คือ สัมประสิทธิ์การสะท้อนกลับของวัสดุ a, b, c และ s ตามลำดับ

$\varepsilon_a, \varepsilon_b, \varepsilon_c, \varepsilon_s$ คือ ค่าสภาพยอมทางไฟฟ้าสัมพัทธ์เชิงซ้อนของวัสดุ a, b, c และ s ตามลำดับ



ภาพประกอบ 7 ลักษณะโพรบแกนร่วมแบบปลายเปิด

2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ฉัตรชัย พรหมดี และคณะ (2556: บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การออกแบบและสร้างโพรบแกนร่วมสำหรับการวัดค่าสภาพยอมสัมพัทธ์เชิงซ้อน (Design and Fabrication of Coaxial Probe for Complex Relative Permittivity Measurement) ผลการวิจัยกล่าวไว้ว่า ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอการออกแบบและสร้างโพรบแกนร่วมแบบปลายเปิดสำหรับวัดค่าสภาพยอมสัมพัทธ์เชิงซ้อน โดยใช้เทคนิคสายส่งแบบปลายเปิด การออกแบบโพรบแกนร่วมแบบปลายเปิดจะใช้โครงสร้างของสายแกนร่วมมาเป็นโครงสร้างหลัก โดยกำหนดให้เส้นผ่านศูนย์กลางของตัวนำด้านนอกของโพรบแกนร่วมแบบปลายเปิดมีขนาดไม่เกิน 50 มิลลิเมตร และสามารถทำงานในช่วงความถี่ 1-3 กิกะเฮิรตซ์ การสอบเทียบโพรบที่ได้สร้างขึ้นมาทำได้โดยการวัดวัสดุที่ทราบค่าสภาพยอมทางไฟฟ้าสัมพัทธ์เชิงซ้อนแล้ว 4 ชนิด คือ อากาศ น้ำกลั่น เอทานอล และเมทานอล โดยการวัดวัสดุทั้ง 4 ชนิดจะทำการวัดโดยตรง คือ การจุ่มโพรบลงในวัสดุที่ต้องการวัดและการวัดโดยอ้อมคือบรรจุวัสดุที่จะวัดในถุงพลาสติกบางและทำการวัดผ่านถุง จากนั้นทำการวัดค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนด้วยเครื่องวิเคราะห์ข่ายงานสื่อสาร และนำค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนที่ได้ ไปคำนวณหาค่าสภาพยอมทางไฟฟ้าสัมพัทธ์เชิงซ้อนจากนั้นเปรียบเทียบค่าสภาพยอมสัมพัทธ์เชิงซ้อนของวัสดุที่คำนวณได้กับค่าสภาพยอมทางไฟฟ้าสัมพัทธ์เชิงซ้อนของวัสดุที่ได้จากทฤษฎี

ธนกฤต วรวงค์ (2555: บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันยางนา (Biodesel Production From Yang-Na Oil) ผลการวิจัยกล่าวไว้ว่า การจัดเก็บน้ำมันยางดิบจากต้นยางนาที่มีขนาดลำต้นตั้งแต่ 50 เซนติเมตร เพื่อนำมาสกัดสารเหนียวออก เมื่อแยกตะกอนสารเหนียวออกจากยา บว่าค่าเฉลี่ยของไบโอดีเซลที่ได้คือ 78.35 เบอร์เซ็นต์ โดยปริมาณ และเมื่อนำ

น้ำมันยางนาดิบไปทดสอบเพื่อหาค่าความร้อนใน Bomb Calorimeter ได้ค่าความร้อนประมาณ 10,290 แคลลอรี่ต่อกรัม หลังจากนั้นนำน้ำมันยางนาไปผ่านกระบวนการปฏิกิริยาดีกรัมมิ่ง โดยใช้สารโซเดียมไฮดรอกไซด์ 20 กรัม ละลายน้ำ 100 มิลลิลิตร นำไปผสมกับน้ำมันยางนาในอัตราส่วน 1:4 ที่อุณหภูมิประมาณ 95 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 25-30 นาที ในการทำปฏิกิริยา หลังจากนั้นปล่อยให้เย็นแล้วทำการแยกตะกอน ได้เป็นน้ำมันไบโอดีเซล จากนั้นนำไปทดสอบหาค่าความร้อนได้ประมาณ 10,226 แคลลอรี่ต่อกรัม ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล ส่วนจุดขุ่น จุดไหลเท มีค่าต่ำกว่าน้ำมันดีเซล แสดงว่าสามารถนำไปใช้ในที่ที่มีอุณหภูมิต่ำได้ ส่วนค่าความหนืด ความเป็นกรด และปริมาณน้ำ จะมีค่าสูงกว่าน้ำมันดีเซล

ประดิษฐ์ ลาวัลย์ และคณะ (2557: บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การหาคุณสมบัติทางไฟฟ้าของน้ำมันชีวภาพ (Determination of Electrical Property of Bio-Oil) ผลการวิจัยกล่าวไว้ว่า โครงงานนี้เป็นการศึกษาเพื่อหาค่าคงที่ไดอิเล็กตริกของน้ำมันชีวภาพที่ได้จากวัสดุชีวมวลบระเภทขี้เลื่อยด้วยกระบวนการไพโรไลซีสแบบเร็วที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส โดยใช้ทรายซิลิกาเป็นตัวกลางในการถ่ายโอนความร้อน อัตราส่วนที่ใช้ในกระบวนการไพโรไลซีสแบบเร็วเท่ากับ 100 กรัมต่อชั่วโมง ใช้เวลาในการทำปฏิกิริยา 70 นาที และใช้ชุดควบแน่นด้วยไฟฟ้าสถิตขนาดแรงดัน 14 กิโลโวลต์ ผลการทดลองพบว่า กระบวนการไพโรไลซีสแบบเร็วในการศึกษาครั้งนี้สามารถผลิตน้ำมันได้ 2 ส่วน คือ น้ำมันหนัก และ น้ำมันเบา โดยค่าไดอิเล็กตริกของน้ำมันเบามีค่าอยู่ระหว่าง 2-3 ในช่วงความถี่ 0-4 กิกะเฮิรตซ์ซึ่งจะเห็นว่าค่าคงที่ไดอิเล็กตริกของน้ำมันหนักจะมีค่าสูงกว่าน้ำมันเบาอยู่ประมาณ 5 เท่า และค่าคงที่ไดอิเล็กตริกของน้ำมันทั้งสองแบบจะมีค่าลดลงเมื่อความถี่สูงขึ้น

ประถม บุญทน และคณะ (2542: บทคัดย่อ) การศึกษาเปรียบเทียบสมบัติของน้ำมันเตากับน้ำมันจากต้นยางนา ผลการวิจัยกล่าวไว้ว่า ผลการทดสอบคุณสมบัติต่างๆของน้ำมันยางนา (Dipterocarpus alatus Roxb.) ได้ค่าคุณสมบัติต่างๆเป็นดังนี้ ค่าความร้อนจากการสันดาปเท่ากับ 11,236 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม, ค่าความถ่วงจำเพาะที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เท่ากับ 0.9214, ค่าความถ่วงเอพีไอที่ 15.6 องศาเซลเซียส เท่ากับ 17.8, ค่าความหนืดที่ 50 องศาเซลเซียส เท่ากับ 52.40, ค่าจุดวาบไฟเท่ากับ 92 องศาเซลเซียส, สำหรับค่าความสะอาดของน้ำมันนั้นระบุในค่าต่อไปนี้ ค่าบริมาณเถ้าเท่ากับร้อยละ 0.03 โดยน้ำหนัก, ค่าปริมาณกำมะถันร้อยละ 2.14 โดยปริมาตร เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันเตาแล้วพบว่าคุณสมบัติส่วนใหญ่มีค่าน้อยกว่าน้ำมันเตา แต่ค่าความร้อนของการเผาไหม้สูงกว่าน้ำมันเตา เป็นไปได้ว่าจะสามารถใช้สำหรับการเผาให้ความร้อนแทนน้ำมันเตา

อดิศร นวลอ่อน และคณะ (2558: บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การตรวจสอบการเจือปนของน้ำในน้ำผึ้งด้วยเซนเซอร์ตัวเก็บประจุไฟฟ้าแกนร่วม (Detection of Water Adulteration in Honey Using Coaxial Capacitor Sensor) ผลการวิจัยกล่าวไว้ว่า บทความวิจัยนี้นำเสนอการตรวจสอบการปนเปื้อนของน้ำในน้ำผึ้งด้วยเซนเซอร์ตัวเก็บประจุไฟฟ้าแกนร่วม ระบบการตรวจสอบนี้ประกอบด้วยเซอร์ตัวเก็บประจุไฟฟ้าแกนร่วม และเครื่องวิเคราะห์โครงข่ายแบบเวกเตอร์

จุดประสงค์ของเทคนิคนี้คือ การคำนวณหาค่าสภาพยอมทางไฟฟ้าสัมพัทธ์จากค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนซึ่งเกิดจากเซนเซอร์สัมผัสตัวอย่างน้ำผึ้ง แล้วหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าสภาพยอมทางไฟฟ้าสัมพัทธ์กับตัวอย่างน้ำผึ้งเจือปนด้วยน้ำ 0-20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ณ สภาวะเดียวกัน (อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และความถี่ทางไฟฟ้า 0.5-3.0 กิกะเฮิรตซ์) ส่วนจินตภาพของค่าสภาพยอมทางไฟฟ้าสัมพัทธ์ของตัวอย่างน้ำผึ้งมีการเปลี่ยนแปลงไม่มากนักเมื่อน้ำผึ้งถูกเจือปนด้วยน้ำ 0-20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 6.5 และ 15 อย่างไรก็ตามส่วนจริงของค่าสภาพยอมทางไฟฟ้าสัมพัทธ์ของตัวอย่างน้ำผึ้งมีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญที่สภาวะเดียวกัน ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 10 และ 45 นอกจากนั้น ณ ความถี่ 0.5 กิกะเฮิรตซ์ มีความเหมาะสมที่สุดที่จะนำมาใช้ในการตรวจสอบการเจือปนของน้ำผึ้ง เนื่องจากว่า มีค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงของค่าส่วนจริงต่อเปอร์เซ็นต์ของน้ำที่เจือปนในน้ำผึ้งสูงที่สุด คือ 1.25 ต่อ 1 เปอร์เซ็นต์ที่เปลี่ยนแปลง

บทที่ 3

วิธีดำเนินการศึกษา

3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการดำเนินการ

วัสดุและอุปกรณ์การทดลอง

1. เครื่องวิเคราะห์ข่ายงานสื่อสาร (Vector Network Analyzer: VNA)
2. สายโคแอ็กเชียล (Coaxial Cable) ที่มีอิมพิแดนซ์คุณลักษณะ 50 โอห์ม
3. ตัวเชื่อมแบบเอสเอ็มเอ
4. น้ำมันยางนา
5. น้ำกลั่น
6. เอทานอล
7. เมทานอล
8. บีกเกอร์ขนาด 100 มิลลิลิตร
9. ขาตั้งและแคลมป์ (Stand & Clamp)
10. เทอร์โมมิเตอร์

วิธีการทดลอง

1. เลือกสายโคแอ็กเชียลและโพรบที่จะนำมาวัด ที่มีค่าอิมพิแดนซ์คุณลักษณะให้เท่ากับเครื่องวิเคราะห์ข่ายงานสื่อสารขนาด 50 โอห์ม

2. เตรียมน้ำมันยางนาใส่ในบีกเกอร์ และทำการวัดอุณหภูมิน้ำมันยางนาให้ได้อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส โดยใช้เทอโมมิเตอร์

3. นำสายโคแอ็กเชียลต่อเข้าเครื่องวิเคราะห์ข่ายงานสื่อสาร (Vector Network Analyzer: VNA)

4. ทำการชดเชยค่าผิดพลาดแบบ 1 Port Calibration (Open-Short-Load)

5. นำโพรบแกนร่วมแบบปลายเปิดที่ทำจากตัวเชื่อมแบบเอสเอ็มเอ ต่อกับสายโคแอ็กเชียล และนำปลายอีกด้านหนึ่งของตัวเชื่อมแบบเอสเอ็มเอจุ่มลงในน้ำมันยางนาเพื่อให้ได้ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อน (S_{11}) ที่ปลายสายนำสัญญาณ

6. นำค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อน (S_{11}) ไปหาค่าสภาพยอมทางไฟฟ้าสัมพัทธ์เชิงซ้อนของน้ำมันยางนา (ε_y) โดยแทนค่าลงในสมการ 3.1

$$\varepsilon_y = \left[\frac{\varepsilon_a - \varepsilon_b \left(\frac{(\Gamma_y - \Gamma_a)(\Gamma_b - \Gamma_c)(\varepsilon_c - \varepsilon_a)}{(\Gamma_y - \Gamma_b)(\Gamma_c - \Gamma_a)(\varepsilon_b - \varepsilon_c)} \right)}{1 - \left(\frac{(\Gamma_y - \Gamma_a)(\Gamma_b - \Gamma_c)(\varepsilon_c - \varepsilon_a)}{(\Gamma_y - \Gamma_b)(\Gamma_c - \Gamma_a)(\varepsilon_b - \varepsilon_c)} \right)} \right] \quad (3.1)$$

เมื่อ ε_y คือ ค่าสภาพยอมทางไฟฟ้าสัมพัทธ์เชิงซ้อนของน้ำมันยางนา

ε_a คือ ค่าสภาพยอมทางไฟฟ้าสัมพัทธ์เชิงซ้อนของอากาศ

ε_b คือ ค่าสภาพยอมทางไฟฟ้าสัมพัทธ์เชิงซ้อนของน้ำกลั่น

ε_c คือ ค่าสภาพยอมทางไฟฟ้าสัมพัทธ์เชิงซ้อนของเมทานอล

Γ_y คือ ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนของน้ำมันยางนา

Γ_a คือ ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนของอากาศ

Γ_b คือ ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนของน้ำกลั่น

Γ_c คือ ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนของเมทานอล

3.2 โครงสร้างการทดสอบวัดค่าสภาพยอมทางไฟฟ้าสัมพัทธ์เชิงซ้อน

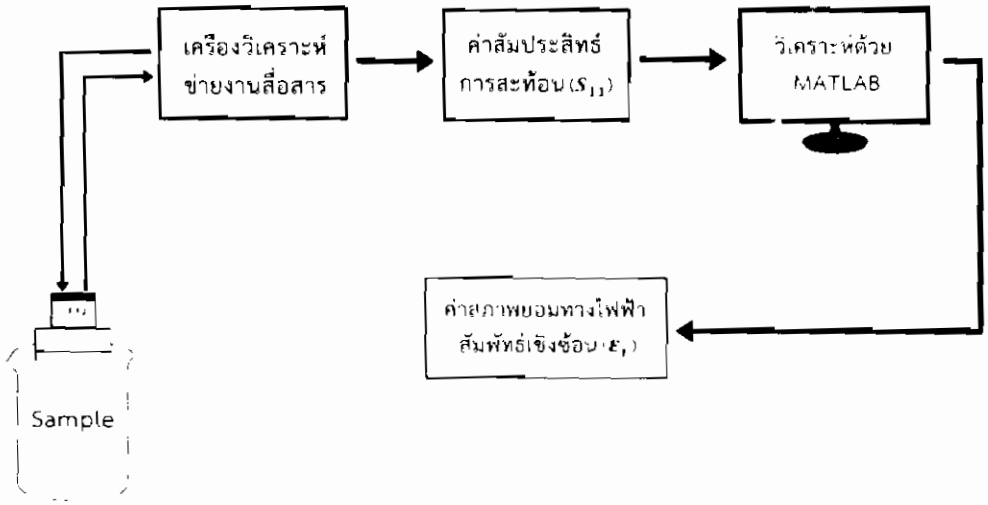
โครงสร้างการทดสอบวัดค่าสภาพยอมทางไฟฟ้าสัมพัทธ์เชิงซ้อนแสดงดังภาพประกอบ 8 ประกอบไปด้วย ที่มา: (ฉัตรชัย พรหมดี และคณะ, 2556.)

3.2.1 Vector network analyzer เครื่องวิเคราะห์ข่ายงานสื่อสารสำหรับใช้ในการกำเนิดความถี่ประมวลผลและแสดงผลของสัญญาณ

3.2.2 Open-ended coaxial probe โพรบแกนร่วมแบบปลายเปิด เป็นสายนำสัญญาณจากเครื่องวิเคราะห์ข่ายงานสื่อสารไปยังวัสดุทดสอบ

3.2.3 Scattering parameters (S_{11}) ค่าพารามิเตอร์แบบกระจัดกระจายที่ได้จากเครื่องวิเคราะห์ข่ายงานสื่อสาร เพื่อที่ใช้ในการหาค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนและนำค่าที่ได้ไปหาค่าสภาพยอมทางไฟฟ้าสัมพัทธ์เชิงซ้อนต่อไป

3.2.4 Computer program เพื่อนำเอาข้อมูลที่ได้จากเครื่องวิเคราะห์ข่ายงานสื่อสารไปทำการประมวลผลเพื่อหาค่าสภาพยอมทางไฟฟ้าสัมพัทธ์เชิงซ้อน



ภาพประกอบ 8 โครงสร้างการวัดค่าสภาพยอมทางไฟฟ้าสัมพัทธ์เชิงซ้อน

3.3 การทดสอบวัดค่าสภาพยอมทางไฟฟ้าสัมพัทธ์เชิงซ้อน

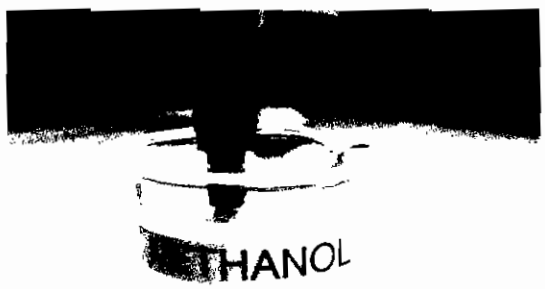
ในงานปริญญานิพนธ์เล่มนี้ใช้โพรบแกนร่วมแบบปลายเปิดในการวัดค่าสภาพยอมทางไฟฟ้าสัมพันธ์เชิงซ้อนเปรียบเทียบกับค่าสภาพยอมทางไฟฟ้าสัมพัทธ์เชิงซ้อนที่ได้จาก Cole – Cole model โดยในการทดสอบจะใช้วัสดุตัวอย่าง 4 ชนิด คือ อากาศ น้ำกลั่น เอทานอล และเมทานอล

ภาพประกอบ 9 ตัวอย่างวัสดุทดสอบ

ในการวัดค่าสภาพยอมทางไฟฟ้าสัมพัทธ์จะต้องเตรียมเครื่องวิเคราะห์ข่ายงานสื่อสาร สำหรับใช้ในการกำเนิดความถี่ประมวลผลและแสดงผลของสัญญาณซึ่งในการวัดจะต้องมีการกำหนดความถี่ที่ใช้งานที่เครื่องวิเคราะห์ข่ายงานสื่อสาร ให้ได้ความถี่ที่เหมาะสมกับโพรบแกนร่วมปลายเปิด ซึ่งจะกำหนดเป็น 0.5 – 6 กิกะเฮิรตซ์

3.4 การวัดวัสดุทดสอบ

ในปริญญานิพนธ์เล่มนี้จะเป็นการวัดโดยการนำโพรบแกนร่วมแบบปลายเปิดจุ่มลงบนผิวของวัสดุทดสอบโดยตรงในบีกเกอร์ที่มีการเตรียมวัสดุทดสอบไว้ ในการวัดแต่ละครั้งจะต้องทำให้วัสดุที่เราต้องการจะวัดอยู่ในอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ก่อนการวัดทุกครั้ง เนื่องจากค่าอ้างอิงของสภาพยอมทางไฟฟ้าสัมพัทธ์เชิงซ้อนของสารอ้างอิงนั้น เป็นค่าที่วัดที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส



ภาพประกอบ 10 การวัดวัสดุทดสอบโดยใช้โพรบแกนร่วมแบบปลายเปิด

ในระหว่างทำการทดลองวัดของเหลว โดยให้โพรบแกนร่วมแบบปลายเปิดสัมผัสกับของเหลวนั้น เครื่องวิเคราะห์ข่ายงานสื่อสาร จะทำการประมวลผลและวัดสัญญาณสะท้อนกลับที่เกิดจากคลื่นไมโครเวฟเดินทางผ่านวัสดุและในการบันทึกข้อมูลเพื่อที่จะนำค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อน (S_{11}) ไปคำนวณหาค่าสภาพยอมทางไฟฟ้าสัมพัทธ์เชิงซ้อนนั้น จะบันทึกข้อมูลในลักษณะ Real และ Imaginary ทุกช่วงความถี่

การคำนวณหาค่าสภาพยอมทางไฟฟ้าสัมพัทธ์เชิงซ้อน จะต้องจัดรูปสมการ 2.4 เพื่อหาค่า ε_s ได้ดังนี้

$$\varepsilon_s = \left[\frac{\varepsilon_a - \varepsilon_b \left(\frac{(\Gamma_s - \Gamma_a)(\Gamma_b - \Gamma_c)(\varepsilon_c - \varepsilon_a)}{(\Gamma_s - \Gamma_b)(\Gamma_c - \Gamma_a)(\varepsilon_b - \varepsilon_c)} \right)}{1 - \left(\frac{(\Gamma_s - \Gamma_a)(\Gamma_b - \Gamma_c)(\varepsilon_c - \varepsilon_a)}{(\Gamma_s - \Gamma_b)(\Gamma_c - \Gamma_a)(\varepsilon_b - \varepsilon_c)} \right)} \right] \quad (3.2)$$

ในการคำนวณ สามารถทำได้โดยใช้วัสดุตัวอย่างที่ทราบค่าสภาพยอมทางไฟฟ้าสัมพัทธ์เชิงซ้อน 4 ตัวอย่าง คือ อากาศ, น้ำกลั่น, เมทานอลและเอทานอล ตามลำดับ จากสมการ 3.2 กำหนดให้ ε_a, ε_b, ε_c คือ ค่าสภาพยอมทางไฟฟ้าสัมพัทธ์เชิงซ้อนของ อากาศ, น้ำกลั่น และเมทานอล ตามลำดับ และให้ ε_s เป็นวัสดุอ้างอิง ซึ่งกำหนดให้เป็นค่าสภาพยอมทางไฟฟ้าสัมพัทธ์เชิงซ้อน ของเอทานอลและจากสมการที่ 3.2 ค่า Γ_a, Γ_b, Γ_c และΓ_s เป็นค่าสัมประสิทธิ์การละท้อนของแต่ละวัสดุที่ได้จากเครื่องวิเคราะห์ข่ายงานสื่อสาร

ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนที่ได้จะอยู่ในลักษณะ Real และ Imaginary ทุกช่วงความถี่ ความถี่ที่กำหนดไว้คือ 0.5 – 6 กิกะเฮิรตซ์ จากสมการที่ 3.2 นำค่าตัวแปรที่ได้ทั้งหมดแทนลงในสมการและทำการคำนวณ เพื่อหาค่าสภาพยอมทางไฟฟ้าสัมพัทธ์เชิงซ้อน (ε_s) ของเอทานอลซึ่งใช้เป็นวัสดุอ้างอิง และนำค่าสภาพยอมทางไฟฟ้าสัมพัทธ์เชิงซ้อนไปเปรียบเทียบกับค่าสภาพยอมทางไฟฟ้าสัมพัทธ์เชิงซ้อนที่ได้จาก Cole – Cole model

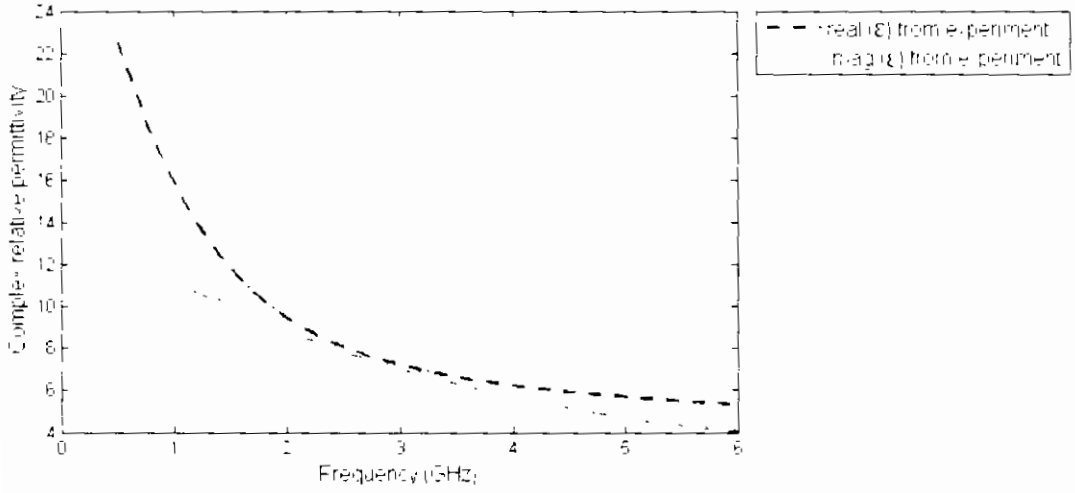
บทที่ 4

ผลการศึกษา

ผลการวิเคราะห์น้ำมันยางนา และการทดลองวัดค่าสมบัติทางไฟฟ้าของน้ำมันยางนา ทั้ง 3 ชนิดได้แก่ น้ำมันยางนาที่ได้จากกระบวนการเจาะ น้ำมันยางนาที่ได้จากกระบวนการเผา และน้ำมันยางนากลั่น สามารถอธิบายได้ดังนี้

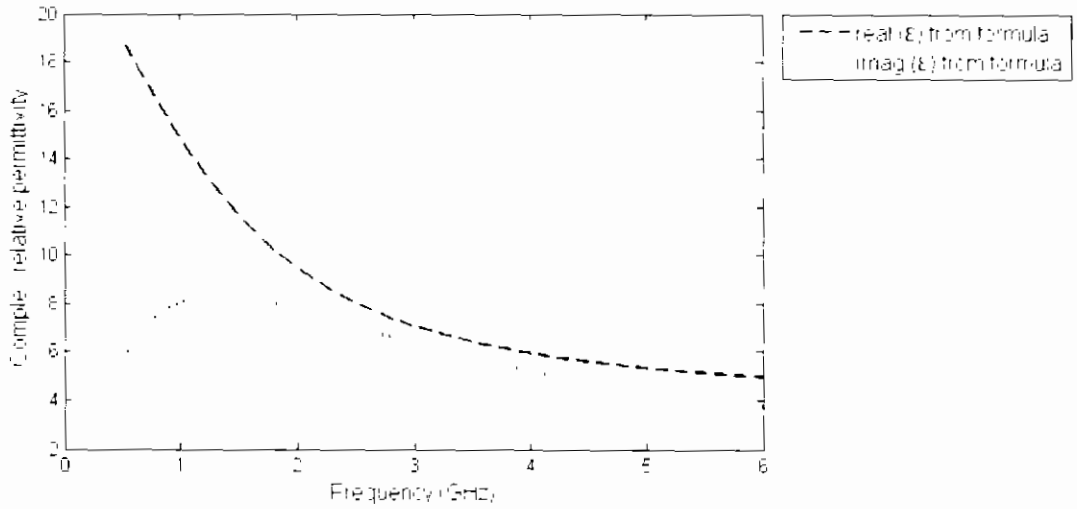
4.1 การทดสอบความถูกต้องของโพรบแกนร่วมแบบปลายเปิด (Open – ended coaxial probe)

จากผลการศึกษาสมบัติทางไฟฟ้าของน้ำมันยางนาทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ น้ำมันยางนาที่ได้จากกระบวนการเจาะ น้ำมันยางที่ได้จากกระบวนการเผา และน้ำมันยางนากลั่น ซึ่งก่อนการวัดน้ำมันยางนาทั้ง 3 ชนิด จะต้องทำการทดสอบความถูกต้องของโพรบแกนร่วมแบบปลายเปิด โดยใช้วัสดุที่ทราบค่าสภาพยอมทางไฟฟ้าสัมพัทธ์เชิงซ้อน 4 ชนิด คือ เอทานอล เมทานอล น้ำกลั่น และอากาศ ซึ่งเมทานอล น้ำกลั่น และอากาศ ทำหน้าที่เป็นวัสดุที่ทราบค่าสภาพยอมทางไฟฟ้าสัมพัทธ์เชิงซ้อน และให้เอทานอลเป็นวัสดุทดสอบ เมื่อทำการวัดค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนกลับ (S_{11}) ของเอทานอลแล้ว นำมาแทนค่าในสมการ (3.2) เพื่อหาค่าสภาพยอมทางไฟฟ้าสัมพัทธ์เชิงซ้อนที่ความถี่ต่างๆ ซึ่งเมื่อแทนค่าในสมการ (3.2) และนำค่ามาพล็อตจะได้กราฟดังนี้



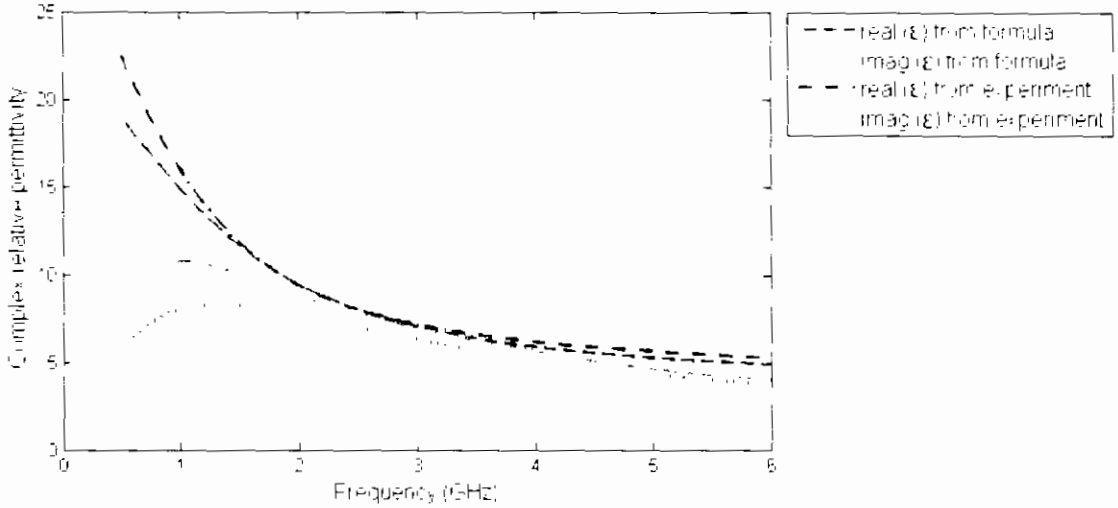
ภาพประกอบ 11 ค่าสภาพยอมทางไฟฟ้าสัมพัทธ์เชิงซ้อนของเอทานอล จากการทดลอง

จากกราฟจะเห็นได้ว่า ค่าสภาพยอมทางไฟฟ้าสัมพัทธ์เชิงซ้อนของเอทานอลจากการทดลอง จะมีทั้งค่าคงที่ไดอิเล็กตริก และค่าสูญเสียไดอิเล็กตริก ซึ่งค่าสภาพยอมทางไฟฟ้าสัมพัทธ์เชิงซ้อนของค่าคงที่ไดอิเล็กตริกที่ความถี่ 0.5 กิกะเฮิรตซ์ จะอยู่ประมาณ 22 – 23 แล้วลดลงมาอย่างรวดเร็วตามความถี่ที่เพิ่มขึ้น ส่วนค่าสูญเสียไดอิเล็กตริกที่ความถี่ 0.5 กิกะเฮิรตซ์ จะอยู่ประมาณ 8 – 9 จากนั้นก็จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และลดลงอย่างช้าๆ ตามความถี่ที่เพิ่มขึ้นเช่นกัน



ภาพประกอบ 12 ค่าสภาพยอมทางไฟฟ้าสัมพัทธ์เชิงซ้อนของเอทานอล จากทฤษฎี

จากกราฟจะเห็นว่า ค่าสภาพยอมทางไฟฟ้าสัมพัทธ์เชิงซ้อนของค่าคงที่ไดอิเล็กตริกที่ความถี่ 0.5 กิกะเฮิรตซ์ จะอยู่ประมาณ 19 แล้วลดลงมาอย่างรวดเร็วตามความถี่ที่เพิ่มขึ้น ส่วนค่าสูญเสียไดอิ - เล็กตริกที่ความถี่ 0.5 กิกะเฮิรตซ์ จะอยู่ประมาณ 5 – 6 จากนั้นก็เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และลดลงอย่างช้าๆ ตามความถี่ที่เพิ่มขึ้นเช่นกัน



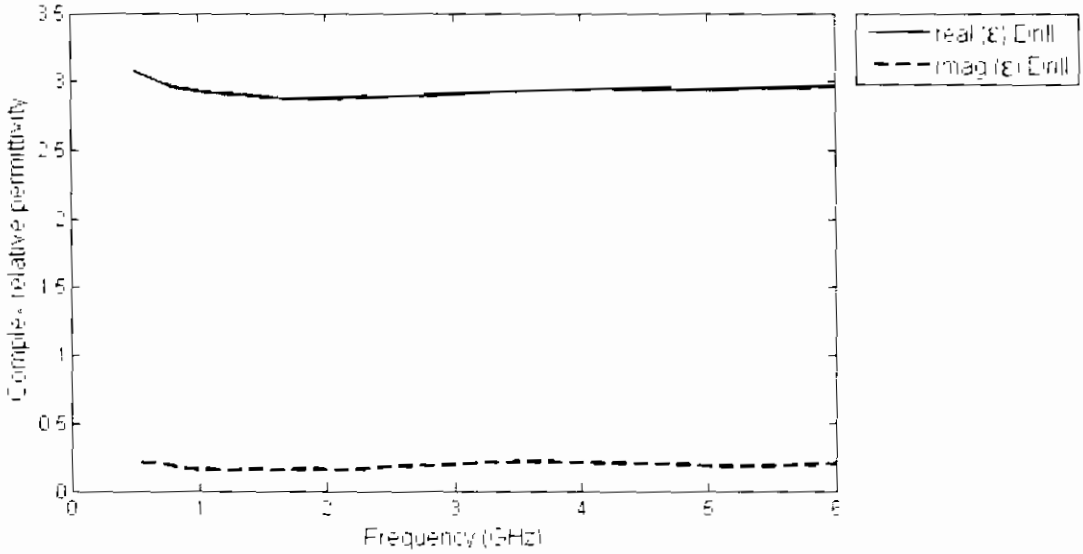
ภาพประกอบ 13 การเปรียบเทียบค่าสภาพยอมทางไฟฟ้าสัมพัทธ์เชิงซ้อนของเอทานอล ที่ได้จากการทดลอง และจากทฤษฎี

เมื่อนำกราฟที่ได้จากการทดลองมาเปรียบเทียบกับกราฟที่ได้จากทฤษฎี พบว่าค่าสภาพยอมทางไฟฟ้าสัมพัทธ์เชิงซ้อนของค่าคงที่ไดอิเล็กตริกมีค่าใกล้เคียงกันมากในช่วงความถี่ประมาณ 1.5 – 3.5 กิกะเฮิรตซ์ และค่าสูญเสียไดอิเล็กตริก ที่ความถี่ต่ำกราฟจะมีค่าห่างกันมาก และจะเริ่มใกล้เคียงกันเมื่อความถี่เพิ่มขึ้น แสดงว่าผลการสอบเทียบโพรบแกนร่วมแบบปลายเปิด มีความถูกต้องค่อนข้างดี ดังนั้นสามารถนำโพรบแกนร่วมแบบปลายเปิดไปวัดค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อน ของน้ำมันยางนาได้

4.2 ผลการทดลอง

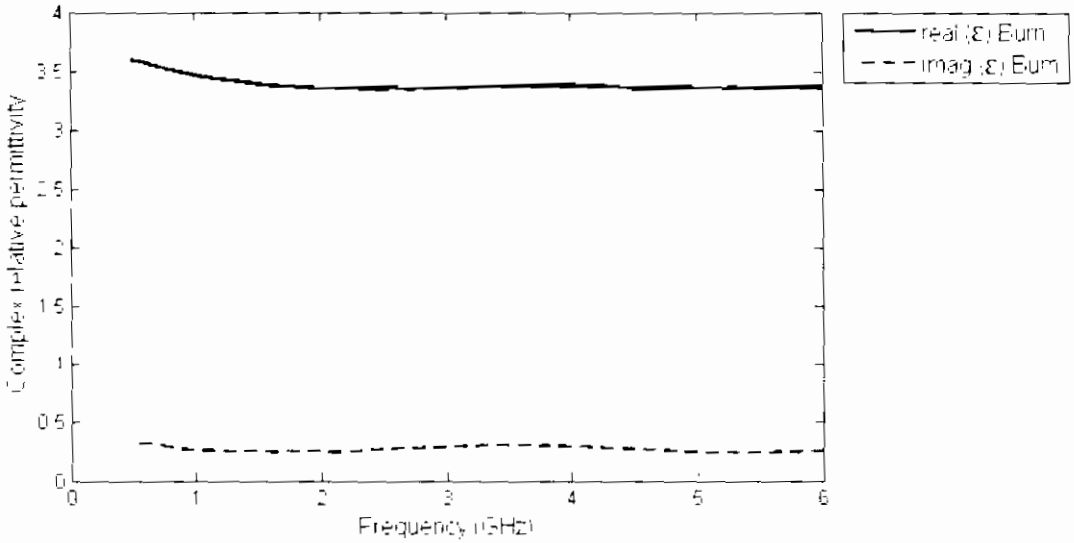
หลังจากทดสอบความถูกต้องของโพรบแกนร่วมแบบปลายเปิด เพื่อเปรียบเทียบค่าความถูกต้องระหว่างค่าทฤษฎี และค่าที่ได้จากการทดลอง ผลที่ได้จากการทดลองอยู่ในระดับค่อนข้างดี ดังนั้นจึงสามารถนำน้ำมันยางนาทั้ง 3 ชนิด มาทำการวัดค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อน และแทนค่าลงในสมการ (3.1) เพื่อหาค่าสภาพยอมทางไฟฟ้าสัมพัทธ์เชิงซ้อน

ทำการคำนวณเพื่อหาค่าสภาพยอมทางไฟฟ้าสัมพัทธ์เชิงซ้อน จะได้กราฟดังนี้



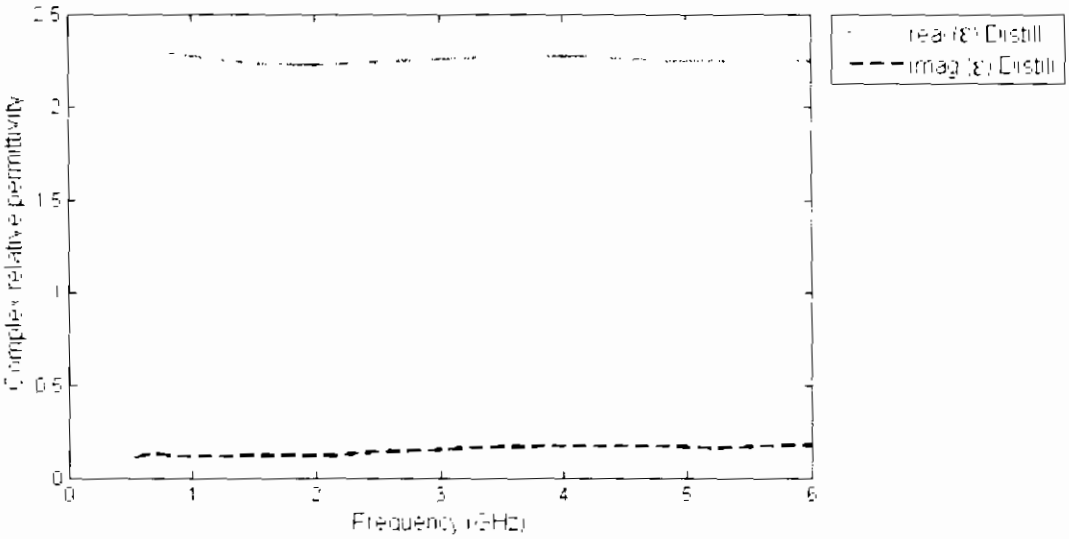
ภาพประกอบ 14 ค่าเฉลี่ยสภาพยอมทางไฟฟ้าสัมพัทธ์เชิงซ้อนของน้ำมันยางนาที่ได้จากกระบวนการเจาะ จากการทดลอง

จากกราฟค่าเฉลี่ยสภาพยอมทางไฟฟ้าสัมพัทธ์เชิงซ้อนของน้ำมันยางนาที่ได้จากกระบวนการเจาะ จากการทดลอง ด้วยโพรบแกนร่วมแบบปลายเปิด พบว่าค่าคงที่ไดอิเล็กตริก และค่าสูญเสียไดอิ - เล็กตริก มีค่าประมาณ 2.8 – 3 และ 0.15 – 0.22 ตามลำดับ



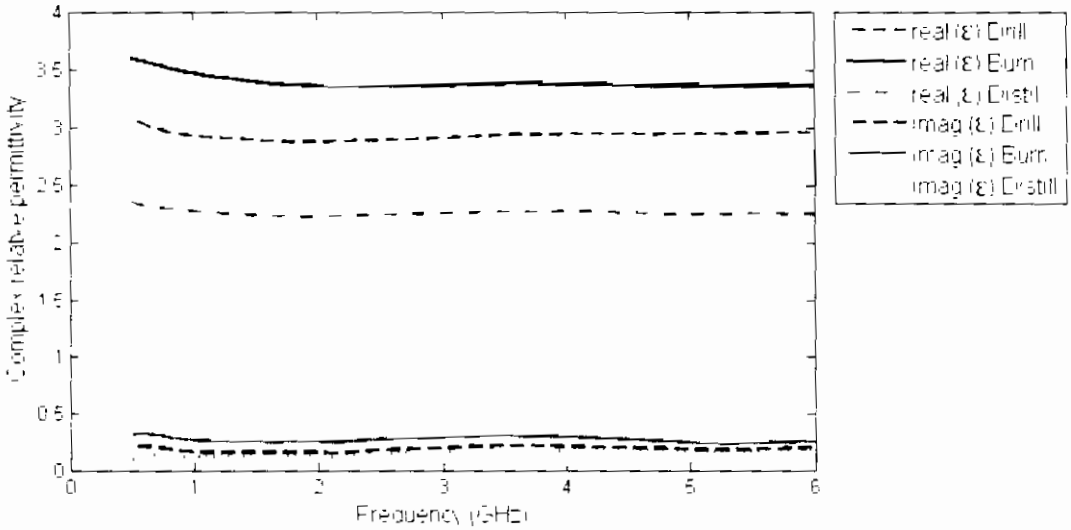
ภาพประกอบ 15 ค่าเฉลี่ยสภาพยอมทางไฟฟ้าสัมพัทธ์เชิงซ้อนของน้ำมันยางนาที่ได้จาก กระบวนการเผา จากการทดลอง

จากกราฟค่าเฉลี่ยสภาพยอมทางไฟฟ้าสัมพัทธ์เชิงซ้อนของน้ำมันยางนาที่ได้จากกระบวนการเผา จากการทดลอง ด้วยโพรบแกนร่วมแบบปลายเปิด พบว่า ค่าคงที่ไดอิเล็กตริก และค่าสูญเสียไดอิ - เล็กตริก มีค่าประมาณ 3.3 – 3.6 และ 0.25 – 0.31 ตามลำดับ



ภาพประกอบ 16 ค่าเฉลี่ยสภาพยอมทางไฟฟ้าสัมพัทธ์เชิงซ้อนของน้ำมันยางนากลั่น จากการทดลอง

จากกราฟค่าเฉลี่ยสภาพยอมทางไฟฟ้าสัมพัทธ์เชิงซ้อนของน้ำมันยางนากลั่น ที่ได้จากการทดลอง ด้วยโพรบแกนร่วมแบบปลายเปิด พบว่า ค่าคงที่ไดอิเล็กตริก และค่าสูญเสียไดอิเล็กตริก มีค่าประมาณ 2.2 – 2.4 และ 0.12 – 0.17 ตามลำดับ



ภาพประกอบ 17 ค่าเฉลี่ยสภาพยอมทางไฟฟ้าสัมพัทธ์เชิงซ้อนของน้ำมันยางนา 3 ชนิด ได้แก่ น้ำมันยางนาที่ได้จากกระบวนการเจาะ น้ำมันยางนาที่ได้จากกระบวนการเผา และน้ำมันยางนากลั่น จากการทดลอง

จากกราฟจะเห็นได้ว่า เมื่อนำกราฟของน้ำมันยางนาทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ น้ำมันยางนาที่ได้จากกระบวนการเจาะ น้ำมันยางนาที่ได้จากกระบวนการเผา และน้ำมันยางนากลั่น มาเปรียบเทียบแล้วจะได้ค่าสภาพยอมทางไฟฟ้าสัมพัทธ์เชิงซ้อนของน้ำมันยางนาดังกราฟ ผลการทดลองวัดค่าสภาพยอมทางไฟฟ้าสัมพัทธ์เชิงซ้อนพบว่า น้ำมันยางนาที่ได้จากกระบวนการเจาะ น้ำมันยางนาที่ได้จากกระบวนการเผา และน้ำมันยางนากลั่น มีค่าคงที่ไดอิเล็กตริกคือ 2.8 – 3 3.3 - 3.6 และ 2.2 – 2.4 ตามลำดับ และมีค่าสูญเสียไดอิเล็กตริกคือ 0.15 – 0.22 0.25 – 0.31 และ 0.12 – 0.17 ตามลำดับ เมื่อสังเกตกราฟที่ได้จากการทดลอง ค่าสภาพยอมทางไฟฟ้าสัมพัทธ์เชิงซ้อนของน้ำมันยางนาทั้ง 3 ชนิด จะมีค่าต่างกันไม่มากนัก เมื่อเรียงกราฟจากค่าที่มีค่าคงที่ไดอิเล็กตริกมากไปหากราฟที่มีค่าคงที่ไดอิเล็กตริกน้อย ดังนี้ น้ำมันยางนาที่ได้จากกระบวนการเจาะ น้ำมันยางนาที่ได้จากกระบวนการเผา และน้ำมันยางนากลั่น ตามลำดับ จากคุณสมบัติของน้ำมันยางนาทั้ง 3 ชนิด ซึ่งน้ำมันยางนาที่ได้จากกระบวนการเผา จะมีความหนืดของเนื้อสารมากกว่าน้ำมันยางนาที่ได้จากกระบวนการเจาะ และน้ำมันยางนากลั่น ส่วนน้ำมันยางนาที่ได้จากกระบวนการเจาะ นั้นจะมีความหนืดมากกว่าน้ำมันยางนากลั่น จะเห็นได้ว่าความหนืดของน้ำมันยางนาก็มีผลต่อค่าคงที่ไดอิเล็กตริกที่ได้ในการทดลอง ซึ่งน้ำมันยางนาที่มีความหนืดสูงจะได้ค่าคงที่ไดอิเล็กตริกที่มากกว่าน้ำมันยางนาที่มีความหนืดต่ำ และสังเกตเห็นว่าค่าสภาพยอมทางไฟฟ้าสัมพัทธ์เชิงซ้อนของน้ำมันยางนาจะเปลี่ยนแปลงตามช่วงความถี่ที่เปลี่ยนไป นั่นคือ ค่าคงที่ไดอิเล็กตริก

จะมีแนวโน้มลดลงเมื่อความถี่ที่ใช้ในการทดลองเพิ่มขึ้น และค่าสูญเสียไดอิเล็กตริกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อความถี่ที่ใช้ในการทดลองเพิ่มขึ้น

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษา

จากผลการศึกษาสมบัติทางไฟฟ้าของน้ำมันยางนา ซึ่งแบ่งการทดลองหลักๆ ได้สองส่วน คือ การสอบเทียบโพรบแกนร่วมแบบปลายเปิด และการวัดค่าสภาพยอมทางไฟฟ้าสัมพัทธ์เชิงซ้อนของน้ำมันยางนา ผลการสอบเทียบพบว่าโพรบแกนร่วมแบบปลายเปิด เมื่อนำมาสอบเทียบ ค่าที่ได้จากการทดลองจะมีค่าใกล้เคียงกับค่าทฤษฎี ดังนั้นสามารถนำโพรบแกนร่วมแบบปลายเปิดไปวัดค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อน ของน้ำมันยางนาได้

การวัดค่าสภาพยอมทางไฟฟ้าสัมพัทธ์เชิงซ้อนของน้ำมันยางนา จะเห็นได้ว่าเมื่อนำกราฟของน้ำมันยางนาทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ น้ำมันยางนาที่ได้จากกระบวนการเจาะ น้ำมันยางนาที่ได้จากกระบวนการเผา และน้ำมันยางนากลั่น มาเปรียบเทียบพบว่า ค่าสภาพยอมทางไฟฟ้าสัมพัทธ์เชิงซ้อนของน้ำมันยางนาทั้ง 3 ชนิด จะมีค่าต่างกันไม่มากนัก น้ำมันยางนาที่มีค่าสภาพยอมทางไฟฟ้าสัมพัทธ์เชิงซ้อน ที่มีค่ามากที่สุด และน้อยที่สุดคือ น้ำมันยางนาที่ได้จากการเผา และน้ำมันยางนากลั่นตามลำดับ ซึ่งค่าสภาพยอมทางไฟฟ้าสัมพัทธ์เชิงซ้อนของน้ำมันยางนาทั้งค่าคงที่ไดอิเล็กตริก และค่าสูญเสียไดอิเล็กตริกจะเปลี่ยนแปลงตามช่วงความถี่ที่ใช้ในการทดลอง นั่นคือ ค่าคงที่ไดอิเล็กตริกจะมีแนวโน้มลดลงเมื่อความถี่ที่ใช้ในการทดลองเพิ่มขึ้น และค่าสูญเสียไดอิเล็กตริกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อความถี่ที่ใช้ในการทดลองเพิ่มขึ้น

5.4 ข้อเสนอแนะ

1. ไม่ควรจุ่มหัวโพรบแกนร่วมแบบปลายเปิดลึกเกินไป เพราะจะทำให้สารทดสอบรั่วเข้าไปในสายโคแอกเชียลได้ ทำให้ค่าที่วัดได้มีความผิดพลาด

2. ก่อนการวัดและหลังการวัดทุกครั้ง จะต้องทำความสะอาดหัวโพรบแกนร่วมแบบปลายเปิดด้วยเอทานอล

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

ฉัตรชัย พรหมดี และคณะ. *การออกแบบและสร้างโพรบแกนร่วมสำหรับการวัดค่าสภาพยอมสัมพัทธ์เชิงซ้อน*. ปริญญานิพนธ์ วศ.บ. มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 2556.

ฐิติมา เฮ้งเจริญ. *การวัดค่าสภาพยอมสัมพัทธ์เชิงซ้อนของของเหลวทีความถี่ไมโครเวฟ*. วิทยานิพนธ์ วท.ม. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 2554.

ธนกฤต วรวงค์. *การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันยางนา*. วิทยานิพนธ์ วศ.ม. ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2555.

ประดิษฐ์ ลาวัลย์ และคณะ. *การหาคุณสมบัติทางไฟฟ้าของน้ำมันชีวภาพ*. ปริญญานิพนธ์ วศ.บ. มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 2557.

ประถม บุญหน. *การศึกษาเปรียบเทียบสมบัติของน้ำมันเตากับน้ำมันจากต้นยางนา*. อุบลราชธานี: สถาบันราชภัฏอุบลราชธานี, 2542.

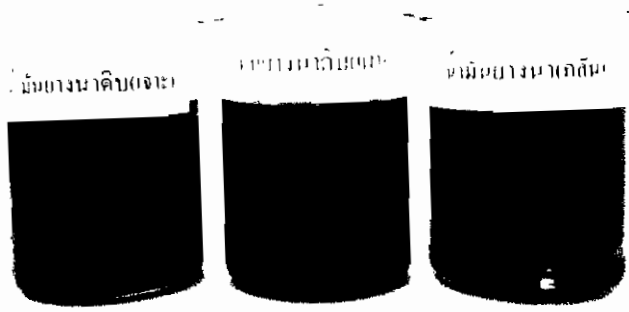
อดิศร นวลอ่อน และคณะ. *การตรวจสอบการเจือปนของน้ำในน้ำผึ้งด้วยเซนเซอร์ตัวเก็บประจุไฟฟ้าแกนร่วม*. วิทยานิพนธ์ วศ.ม. มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 2558.

อนันต์ ชาทา. *การพัฒนาคุณภาพน้ำมันชีวภาพจากยางนาและทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์*. วศ.ม. ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2556.

Adiseshu Nyshadham, Christopher L.Sibbald and Stanislaw S.Stuchly, Fellow, IEEE. "Permittivity Measurements Using Open – Ended Sensors and Reference Liquid Calibration – An Uncertainty Analysis". IEEE Transaction on Microwave Theory and Techniques 1992; 40: 305-315

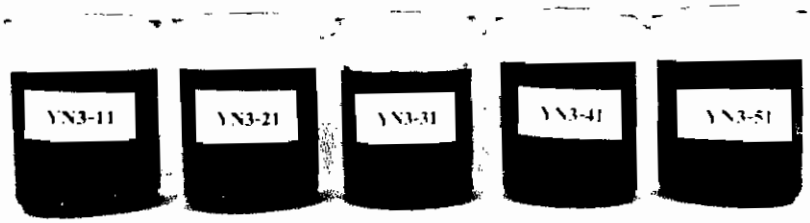
ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
ตัวอย่างภาพประกอบงานวิจัย

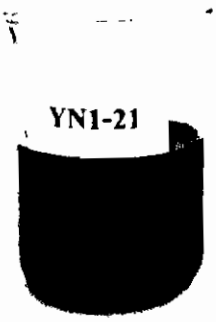


ภาพประกอบ 18 น้ำมันยางนาที่ใช้ในการทดลอง

ภาพประกอบ 19 โพรบแกนร่วมแบบปลายเปิดที่ต่อเข้ากับสายโคแอ็กเซียล

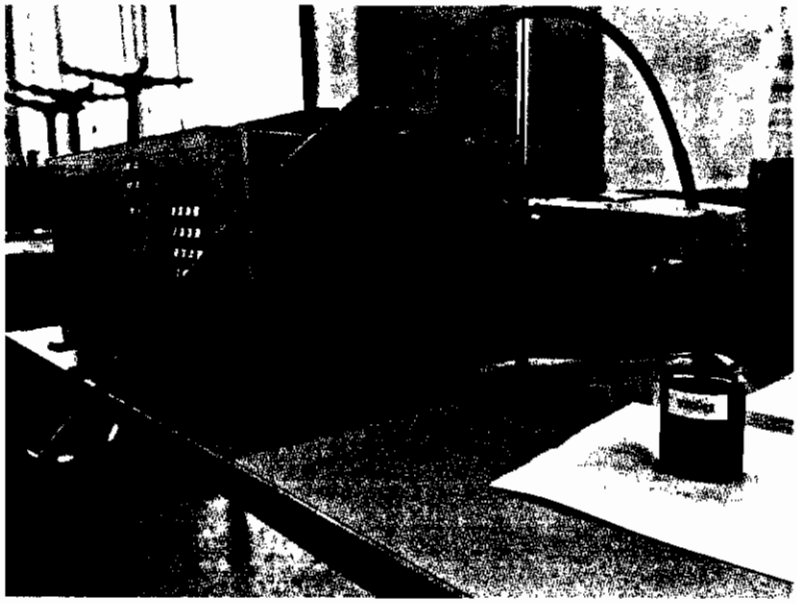


ภาพประกอบ 20 การเตรียมน้ำมันยางนาใส่บีกเกอร์ก่อนนำไปทดลอง



ภาพประกอบ 20 การวัดอุณหภูมิของน้ำมันยางนาเพื่อให้มีอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

ภาพประกอบ 22 ลักษณะของการจุ่มโพรบแกนร่วมแบบปลายเปิด ในน้ำมันยางนา



ภาพประกอบ 23 การวัดน้ำมันยางนาเมื่อต่อกับเครื่องวิเคราะห์ข่ายงานสื่อสาร

ประวัติย่อผู้วิจัย

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ นามสกุล นายธีรวุฒิ โคตรแสนลี

วันเกิด วันที่ 31 สิงหาคม 2537

สถานที่เกิด อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี

สถานที่อยู่ปัจจุบัน บ้านเลขที่ 456 หมู่ที่ 14 ตำบล สามพร้าว อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี รหัสไปรษณีย์ 41000

ประวัติการศึกษา

พ.ศ 2552	มัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนเทศบาล 3 บ้านเหล่า เทศบาลนครอุดธานี จังหวัดอุดรธานี
พ.ศ. 2555	มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนเทศบาล 3 บ้านเหล่า เทศบาลนครอุดรธานี จังหวัดอุดรธานี
พ.ศ. 2559	ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วศ.บ.) สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ นามสกุล นางสาวสุภาดา วงษ์พรม

วันเกิด วันที่ 26 กรกฎาคม 2537

สถานที่เกิด อำเภอซุมแพ จังหวัดขอนแก่น

สถานที่อยู่ปัจจุบัน บ้านเลขที่ 93 หมู่ที่ 13 ตำบลโคกสะอาด อำเภอภูเขียว จังหวัดชัยภูมิ รหัสไปรษณีย์ 36110

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2552	มัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนภูเขียว จังหวัดชัยภูมิ
พ.ศ. 2555	มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนภูเขียว จังหวัดชัยภูมิ
พ.ศ. 2559	ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วศ.บ.) สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม