



รายงานการวิจัย

เครื่องวัดปริมาณเนื้อยางแห้งในน้ำยางโดยใช้ย่านความถี่ 2.4 จิกะเฮิร်ซ
The Dry Rubber Content in Latex Meter Using 2.4 GHz Frequency Range

กรภัทร เฉลิมวงศ์
ศักดิ์ชัย ตันติวิวัฒน์
สมพงษ์ แก้วห้วง
จิรภัทร ภูขวัญทอง

Korrapat Chalermwong
Sugchai Tantiwivat
Sompong Kaewwang
Jirapat Phookwantong

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

เครื่องวัดปริมาณเนือยงแห้งในน้ำยงโดยใช้ยงนควมถึ 2.4 จิเกเฮ็ร็ช

กรภัทร เณลิมวงศึ¹ ศักดิ์ชัย ตันตวิวิทน์² สมพงษั แก้วหวัง¹ จิรภัทร ภูษวัณทอง³

บทคัดย่อ

รายงานการวิจัยฉบับนี้ จัดทำขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคลิ้นไมโครเวฟ ควมถึ 2.4 จิเกเฮ็ร็ช ในการหาปริมาณเนือยงแห้งในน้ำยงและสร้างเครื่องม็วัดปริมาณเนือยงแห้งในน้ำยง ที่สามารถบอกค่าเปอร์เซ็นต์ปริมาณเนือยงแห้งในน้ำยงได้รวดเร็วกว่่ววิธีการอบแห้งด้วยเครื่องไมโครเวฟ โดยการหาค่าควมสัมพันธ์คลึ้นไมโครเวฟกับค่าเปอร์เซ็นต์ปริมาณเนือยงแห้งในน้ำยงด้วยวิธีการอบแห้ง เพื่อนำมาใช้เป็นฐานข้อมูลในการเขียนโปรแกรม CCS จากนั้นได้ทำการทดสอบโดยใช้ควมถึ 2.4 จิเกเฮ็ร็ช สำหรับการส่งผ่านน้ำยงปริมาณ 350 มิลลิลิตร ในบีกเกอร์ขนาด 400 มิลลิลิตร แสดงค่าเปอร์เซ็นต์ผ่านทางจอแอลซีดี ในการทดลอง ค่าเปอร์เซ็นต์ปริมาณเนือยงแห้งในน้ำยงที่สามารถวัดได้คือตั้งแต่ 29 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป แสดงผลภายใน 1 นาที มีค่าควมผิดพลาดเท่อกับ ± 1 ควมแม่นยำและควมเที่ยงตรงเฉลี่ยเท่อกับ 1

คำสำคัญ: เนือยงแห้ง น้ำยง ควมถึ



¹ สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

² สาขาวิชาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

³ สาขาวิชาศึกษาทั่วไป คณะศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

The Dry Rubber Content in Latex Meter Using 2.4 GHz Frequency Range

Korrapat Chalermwong¹ Sugchai Tantiwiwat² Sompong Kaewwang¹ Jirapat Phookwantong³

Abstract

This project purposed a study and research for construction of the device for measuring of the dry rubber content in latex using 2.4 GHz microwave frequency. The relation of microwave range and a percentage of the dry rubber content in latex with microwave methodology have been finding. It use for a database in CCS programming and then shows the percentage of the dry rubber content in latex rapidly. A testing of 2.4 GHz frequency transmits via 350 ml of the rubber in 400 ml beaker. A measuring of the dry rubber content in latex shows a percentage on LCD more than 29 percent within 1 minute. The error is ± 1 , the accuracy and the validity of the device are 1.

Keyword: Dry Rubber Content, Latex, Frequency



¹ Department of Electronic and Telecommunication Engineering, Faculty of Industrial Education and Technology, Rajamangala University of Technology Srivijaya

² Department of Mechatronic Engineering, Faculty of Industrial Education and Technology, Rajamangala University of Technology Srivijaya

³ Department of General Educations, Faculty of Liberal Art, Rajamangala University of Technology Srivijaya

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ สถาบันวิจัยและพัฒนา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย เป็นอย่างสูง ในการจัดสรรงบประมาณประจำปี 2558 สำหรับการจัดทำการวิจัยในครั้งนี้ อีกทั้งขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. รัฐพล จินะวงศ์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี สำหรับความเมตตากรุณา และความเอื้อเฟื้อเผื่อแผ่ อุปกรณ์และความรู้ ต่างๆ ทางด้านการทำสายอากาศ ที่จำเป็นต้องใช้ในการวิจัย

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณ ร้านรับซื้อน้ำยาง แมวน้ำยางสด คณาจารย์และเจ้าหน้าที่ทุกท่านที่ได้ อำนวยความสะดวก เป็นกำลังใจ พร้อมทั้งให้ความช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ ในการทำวิจัยในครั้งนี้ ให้ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

คณะผู้วิจัย

มีนาคม 2559



สารบัญ

เรื่อง	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อ	ข
Abstract	ค
สารบัญ	ง
สารบัญรูป	จ
สารบัญรูป (ต่อ)	ฉ
สารบัญตาราง	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 งานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.2 ลักษณะทั่วไปของยางพารา	4
2.3 การวัดเปอร์เซ็นต์น้ำยาง	5
2.4 ทฤษฎีคลื่นไมโครเวฟ	7
2.5 สายอากาศ	9
2.6 ไมโครคอลโทรลเลอร์	14
2.7 การเขียนโปรแกรมภาษา C	18
2.8 การวิเคราะห์การถดถอย	20
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน	25
3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน	25
3.2 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	25
3.3 การเก็บข้อมูล	35
3.4 การนำข้อมูลมาเขียนโปรแกรม	38
บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน	41
4.1 ผลการทดสอบการทำงาน	41
4.2 ผลการวิเคราะห์	44
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	52
5.1 สรุปผลการวิจัย	52
5.2 ข้อเสนอแนะ	52
บรรณานุกรม	54

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	รูปร่างหลายแบบของสายอากาศชนิดตัวนำ	11
2.2	รูปร่างหลายแบบของสายอากาศแบบช่อง	11
2.3	รูปร่างหลายแบบของสายอากาศอาร์เรย์	12
2.4	รูปร่างหลายแบบของสายอากาศชนิดสะท้อนคลื่น	13
2.5	สายอากาศเลนส์	14
2.6	ส่วนต่างๆ ในบอร์ด PIC 8722	15
2.7	RS232 Terminal 1,2	15
2.8	I/O Terminal for PG0,PG3,PG4	15
2.9	ETT-Standard LCD Display Terminal	16
2.10	I/O Port Terminal	17
2.11	Jumper Port between RC6,RC7(rs232) with MAX232 Driver	17
2.12	การกระจายของข้อมูลและเส้นกราฟถดถอย	21
2.13	สมการเส้นตรงของการถดถอย	21
2.14	สมการเส้นตรงของการถดถอยเมื่อ b มีค่าแตกต่างกัน	22
3.1	แผนผังขั้นตอนการดำเนินงาน	25
3.2	น้ำยา	26
3.3	แผ่นสแตนเลส	26
3.4	ปีกเกอร์	27
3.5	มัลติมิเตอร์	27
3.6	วงจรจ่ายไฟกระแสตรง	28
3.7	ตัวส่งคลื่นไมโครเวฟ รุ่น ZX95-2800-S+	28
3.8	ตัวรับคลื่นไมโครเวฟ รุ่น ZX47-40-S+	28
3.9	สายอากาศ	29
3.10	บอร์ด PIC8722	29
3.11	จอแอลซีดี	29
3.12	การออกแบบกล่องด้านหน้า	30
3.13	การออกแบบกล่องด้านหลัง	30
3.14	แผ่นอะคริลิกยึดตัวส่งกับตัวรับคลื่นไมโครเวฟ	31
3.15	การต่อสายไฟให้กับตัวส่งคลื่นไมโครเวฟและตัวรับคลื่นไมโครเวฟ	31
3.16	บล็อกไดอะแกรมโครงสร้าง	32
3.17	วงจรภาคจ่ายไฟ	32
3.18	ภาคจ่ายไฟ	33
3.19	บอร์ดคอนโทรลเลอร์	33
3.20	การประกอบสวิทช์และแอลอีดี	34

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
3.21	การประกอบจอแอลซีดี	34
3.22	การประกอบช่องเสียบ USB	34
3.23	การปรับ V tune	35
3.24	ปริมาณน้ำยาง 350 มล.	36
3.25	ค่าบิต 64 บิต	36
3.26	ค่าเปอร์เซ็นต์น้ำยางแห้ง 30 เปอร์เซ็นต์	36
3.27	ค่าบิต 66 บิต	37
3.28	ค่าเปอร์เซ็นต์น้ำยางแห้ง 32 เปอร์เซ็นต์	37
3.29	ค่าบิต 67 บิต	37
3.30	ค่าเปอร์เซ็นต์น้ำยางแห้ง 33 เปอร์เซ็นต์	38
3.31	การเปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นต์น้ำยางแห้งกับค่าบิต	38
3.32	โปรแกรม CCS	39
3.33	โปรแกรม PICkit 2 v2.61	39
3.34	ชุดเบิร์นโปรแกรม	39
4.1	อุปกรณ์เครื่องวัดปริมาณน้ำยางแห้งในน้ำยาง	41
4.2	หน้าจอแสดงผลเครื่องวัดปริมาณน้ำยางแห้งในน้ำยาง	41
4.3	น้ำยางในปริมาณ 350 มิลลิลิตร	42
4.4	กล่องสำหรับใส่ปีกเกอร์ ขนาด 400 มิลลิลิตร	42
4.5	ปุ่มปรับค่าความถี่ (V tune)	43
4.6	จำนวนปริมาณเปอร์เซ็นต์ของน้ำยางต่ำสุดที่เครื่องสามารถวัดได้	43
4.7	การวัดค่าปริมาณน้ำยางแห้งในน้ำยางแบบอบแห้ง 30 เปอร์เซ็นต์	44
4.8	การวัดค่าปริมาณน้ำยางแห้งในน้ำยางแบบอบแห้ง 28 เปอร์เซ็นต์	44
4.9	หน้าจอแสดงผลเครื่องวัดปริมาณน้ำยางแห้งในน้ำยาง 29 เปอร์เซ็นต์	45
4.10	หน้าจอแสดงผลเครื่องวัดปริมาณน้ำยางแห้งในน้ำยาง 30 เปอร์เซ็นต์	45
4.11	ด้านหน้าของเครื่องวัดปริมาณน้ำยางแห้งในน้ำยาง	45
4.12	จำนวนเปอร์เซ็นต์ต่ำสุดและสูงสุดของเครื่องวัดฯ เปรียบเทียบกับค่าบิต	46
4.13	การนำน้ำยางใส่ในภาชนะชั่งน้ำหนัก 1 กรัม	47
4.14	การอบน้ำยางจำนวน 1 กรัม ด้วยเครื่องไมโครเวฟ	48
4.15	การชั่งน้ำหนักยางหลังจากการอบแห้ง	48
4.16	ค่าความผิดพลาดของเครื่องวัดฯ	49
4.17	ค่าความแม่นยำของเครื่องวัดฯ	50

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	การเปรียบเทียบค่าของเปอร์เซ็นต์เนื้องอกแห่งกับความถ่วงจำเพาะ	6
3.1	ค่าแรงดัน tune	35
4.1	การเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการวัดค่าเปอร์เซ็นต์ปริมาณเนื้องอกแห่งในน้ำยาง	47
4.2	การเปรียบเทียบค่าความแม่นยำและค่าความคลาดเคลื่อน	48
4.3	การเปรียบเทียบค่าความเที่ยงตรงโดยใช้เปอร์เซ็นต์น้ำยางเท่ากับ 30 เปอร์เซ็นต์	50



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันประเทศไทยผลิตยางพารามากที่สุดอันดับหนึ่งของโลก คือประมาณปีละ 2.5 ล้านตัน คิดเป็น 1 ใน 3 ของผลผลิตทั่วโลก อย่างไรก็ตามยางพาราที่ผลิตได้ส่วนใหญ่จะถูกส่งออกในรูปแบบของน้ำยางข้นและยางดิบ ซึ่งส่วนที่สำหรับใช้ในประเทศนั้นมีประมาณเพียงร้อยละ 10 ของปริมาณทั้งหมด โดยส่วนใหญ่จะส่งให้แก่โรงงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ เช่น อุตสาหกรรมผลิตยางรถยนต์ อุตสาหกรรมผลิตถุงมือ เป็นต้น [1] ดังนั้นเกษตรกรชาวสวนยางจึงนิยมขายน้ำยางสดเป็นส่วนใหญ่ทั้งที่ใช้สำหรับส่งออกและใช้เองภายในประเทศ ทั้งนี้ราคาน้ำยางสดที่ขายได้นั้นขึ้นอยู่กับปริมาณเนื้อยางแห้ง (Dry Rubber Content, DRC) ที่มีอยู่ในน้ำยางสด [2]

น้ำยางพาราเมื่อเก็บมาจากต้นจะมีเนื้อยางแห้งอยู่ประมาณร้อยละ 25-45 ขึ้นอยู่กับชนิดของพันธุ์ยาง การหาปริมาณเนื้อยางแห้งในน้ำยางที่นิยมใช้กันทั่วไปมี 2 วิธีคือ วิธีการอบแห้ง และวิธีการวัดความหนาแน่นของน้ำยางโดยใช้เครื่องมือแบบไฮโดรมิเตอร์ที่มีชื่อเรียกทางการค้าว่า เมโทรแลค (Metrolac) หรือ ลาเทกโซมิเตอร์ (Latexometer) วิธีการอบแห้งทำโดยนำน้ำยางสดมาชั่งน้ำหนักแล้วเติมกรดแอซีติก (Acetic acid, $C_2H_4O_2$) ลงไปในน้ำยางสดเพื่อให้ยางจับตัวและรีดให้เป็นแผ่นบาง นำแผ่นยางที่ได้ไปอบจนแห้งแล้วจึงนำไปชั่งน้ำหนัก วิธีดังกล่าวเป็นวิธีที่ได้มาตรฐานแต่ต้องใช้เวลานานมาก (ประมาณ 8-16 ชั่วโมง) ส่วนการวัดโดยใช้เครื่องมือแบบไฮโดรมิเตอร์นั้นทำได้โดยนำเครื่องมือลงไปในน้ำยาง จากความหนาแน่นของน้ำยาง สามารถบอกความเข้มข้นของน้ำยางได้ทันที ดังนั้นการวัดโดยเมโทรแลคนั้นรวดเร็วกว่าการวัดโดยวิธีอบแห้งมาก อย่างไรก็ตามวิธีการวัดด้วยเมโทรแลคนี้จะให้ผลลัพธ์ที่ไม่เที่ยงตรงเสมอไป แต่เพราะความสะดวกรวดเร็วดังกล่าวข้างต้นจึงเป็นที่นิยมใช้วิธีนี้ในการหาความเข้มข้นเพื่อใช้ในการซื้อขายและแปรรูปกันเป็นส่วนใหญ่ [3]

น้ำยางพารานอกจากจะมีเนื้อยางแห้งเป็นส่วนประกอบแล้ว ก็ยังมีส่วนประกอบอื่น ๆ เช่น น้ำ โปรตีน คาร์โบไฮเดรต เป็นต้น แต่องค์ประกอบส่วนใหญ่ของน้ำยางคือน้ำ ดังนั้นการวัดหาปริมาณเนื้อยางแห้งในน้ำยางโดยวิธีอบแห้งซึ่งต้องใช้เวลา และการวัดความเข้มข้นของน้ำยางโดยใช้เครื่องมือเมโทรแลค สามารถหาเนื้อยางแห้งโดยใช้หลักการวัดปริมาณน้ำที่มีอยู่ในน้ำยางได้อีกวิธีหนึ่ง โดยอาศัยคุณสมบัติทางไฟฟ้า (Dielectric properties) ของน้ำที่มีในน้ำยาง [4] เป็นปัจจัยในการหาปริมาณเนื้อยางแห้งในน้ำยาง

ใน [5] ได้มีการศึกษาวิธีการหาปริมาณเนื้อยางแห้งในน้ำยาง เพื่อนำไปพัฒนาในการสร้างเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดหาปริมาณเนื้อยางแห้งในน้ำยางที่มีความถูกต้องแม่นยำกว่าอุปกรณ์ที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน ซึ่งผลการศึกษาพบว่าที่ความถี่ 2.4 GHz สัญญาณคลื่นความถี่ไมโครเวฟหลังถูกส่งผ่านน้ำยางปริมาตร 300 ml มีการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณเนื้อยางแห้งในน้ำยางเป็นแบบเชิงเส้น ทางคณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการนำความถี่ดังกล่าวมาใช้สร้างเครื่องมือวัดปริมาณเนื้อยางแห้งในน้ำยางโดยใช้ย่านความถี่ดังกล่าว อีกทั้งยังเป็นการตอบสนองความต้องการของชาวสวนยาง ผู้รับซื้อน้ำยาง และโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ ได้เป็นอย่างดี

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

- 1.2.1 เพื่อศึกษาคลิ้นไมโครเวฟ ความถี่ 2.4 GHz ผ่านน้ำยาง สำหรับการหาปริมาณเนื้อยางแห้งในน้ำยาง
- 1.2.2 เพื่อสร้างเครื่องมือวัดปริมาณเนื้อยางในน้ำยางโดยใช้อ่านความถี่ 2.4 GHz
- 1.2.3 เพื่อช่วยลดระยะเวลาในการวัดและการคำนวณหาปริมาณเนื้อยางในน้ำยาง
- 1.4.1 เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาไปสู่การใช้งานได้จริงในรูปแบบการค้า

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

- 1.3.1 ออกแบบและสร้างเครื่องมือวัดปริมาณเนื้อยางในน้ำยางโดยใช้อ่านความถี่ 2.4 GHz
- 1.3.2 สามารถบอกค่าเปอร์เซ็นต์ปริมาณเนื้อยางแห้งในน้ำยางได้รวดเร็วกว่าวิธีการอบแห้ง
- 1.3.3 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์เป็นตัวเลขดิจิทัล
- 1.3.4 มีความเที่ยงตรงสูงเมื่อเทียบกับวิธีการอบแห้ง

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.4.1 ทำให้ทราบการทำงานของชุดอุปกรณ์ไมโครเวฟ
- 1.4.2 สามารถจดสิทธิบัตรได้
- 1.4.3 เผยแพร่ผลงานวิจัยในวารสารที่เกี่ยวข้อง
- 1.4.4 นำไปใช้ประโยชน์ ณ พื้นที่เป้าหมาย ร้านแมวน้ำยางสด เลขที่ 156 หมู่ที่ 3 ตำบลสมหวัง อำเภอกงหรา จังหวัดพัทลุง
- 1.4.5 เป็นแนวทางในการพัฒนาสู่เชิงพาณิชย์

บทที่ 2

งานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาและวิจัยเพื่อสร้างเครื่องวัดปริมาณเนื้องอกแห้งในน้ำยางโดยใช้ย่านความถี่ 2.4 จิกะเฮิรตซ์ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาข้อมูลจากเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และเสนอตามลำดับหัวข้อดังต่อไปนี้

2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยนี้ เรื่องการศึกษาเพื่อการพัฒนาอุปกรณ์วัดปริมาณเนื้องอกแห้งในน้ำยาง [5] โดยศึกษาวิธีการหาปริมาณเนื้องอกแห้งในน้ำยางโดยใช้คลื่นไมโครเวฟอุปกรณ์ที่ใช้เป็นแหล่งกำเนิดคลื่นไมโครเวฟคือออสซิลเลเตอร์ / รุ่นคือ รุ่น ZX95-1600s+ และรุ่น ZX95-2800s+ ซึ่งครอบคลุมคลื่นไมโครเวฟความถี่ 1.0 GHz - 2.5 GHz โดยใช้ตัวรับสัญญาณคลื่นไมโครเวฟ รุ่น ZX47-40s+ ซึ่งสัญญาณส่งออกในรูปความต่างศักย์ไฟฟ้ากระแสตรงโดยส่งสัญญาณคลื่นไมโครเวฟผ่านน้ำยางตัวอย่างที่มีปริมาณเนื้องอกแห้ง 20% - 60% ปริมาตร 150ml, 200ml, 250ml, และ 300ml โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณคลื่นไมโครเวฟกับปริมาณเนื้องอกแห้งในน้ำยาง ผลการศึกษาพบว่าที่ความถี่ 2.4 GHz สัญญาณคลื่นไมโครเวฟหลังถูกส่งผ่านน้ำยางตัวอย่างปริมาณ 300ml มีการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณเนื้องอกแห้งในน้ำยางเป็นแบบเชิงเส้น มีค่า R^2 อยู่ที่ 0.997 และเมื่อนำวิธีการหาปริมาณเนื้องอกแห้งในน้ำยางโดยใช้คลื่นไมโครเวฟไปเปรียบเทียบกับวิธีการอบแห้ง โดยเลือกส้มตัวอย่างน้ำยางจากเกษตรกรชาวสวนยางจำนวน 10 ตัวอย่าง พบว่าค่าความผิดพลาดเฉลี่ยของวิธีการหาปริมาณเนื้องอกแห้งในน้ำยางโดยใช้คลื่นไมโครเวฟมีค่าเท่ากับ 0.20% และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.32% ดังนั้นจากผลการศึกษาวิธีการหาปริมาณเนื้องอกแห้งในน้ำยางโดยใช้คลื่นไมโครเวฟจึงมีความเป็นไปได้ว่าความถี่ 2.4 GHz สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการพัฒนาเป็นอุปกรณ์สำหรับวัดหาปริมาณเนื้องอกแห้งในน้ำยางที่มีความถูกต้องแม่นยำมากกว่าวิธีการวัดโดยใช้ไมโครแลคและรวดเร็วกว่าวิธีการอบแห้ง ทั้งนี้เพื่อการตอบสนองต่อความต้องการของเกษตรกรชาวสวนยาง พ่อค้าและโรงงานอุตสาหกรรมได้เป็นอย่างดี

งานวิจัยทางด้านสายอากาศที่ได้นำมาใช้ มีลักษณะตาม [6] นั้น เป็นการปรับเปลี่ยนประสิทธิภาพของสายอากาศร่องทกเหลี่ยมด้านเท่าที่ป้อนด้วยสายนำสัญญาณระนาบร่วมแบบแถบความถี่กว้าง โดยวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้นำเสนอการศึกษาและปรับเปลี่ยนประสิทธิภาพของสายอากาศร่องทกเหลี่ยมด้านเท่าที่ป้อนด้วยสายนำสัญญาณระนาบร่วมแบบแถบความถี่กว้าง โดยใช้เทคนิคการปรับจูน 2 รูปแบบคือ (1) ใช้เทคนิคสตริป และ สลิต (Strip and Slit) (2) ใช้เทคนิคช่องว่างแถบแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Band Gap : EBG) ในการปรับจูนทำการวิเคราะห์โดยการจำลองแบบ (simulation) โครงสร้างของสายอากาศด้วยโปรแกรม IE3D สายอากาศที่นำเสนอถูกออกแบบให้มีการแมตซ์อิมพีแดนซ์ 50 โอห์ม เพื่อประยุกต์ใช้งานกับเครือข่ายการสื่อสารไร้สายย่านความถี่กว้าง โดยแบบแรกตัวสายอากาศมีการปรับจูนสลับแบบสามเหลี่ยมผืนผ้า ดัดยใช้เทคนิคการใส่สตริป (Strip) รูปสี่เหลี่ยมที่ฐานรอง และปรับปรุงร่อง (Slit) รูปตัวโอบนสลับรูปสามเหลี่ยม ทำให้ได้ความถี่ใช้งาน

เท่ากับ 1.67-8.22 GHz และ มีแบนด์วิดท์กว้าง ประมาณ 132.3% ส่วนแบบที่สองมีการปรับประสิทธิภาพของสายอากาศโดยใช้เทคนิคช่องว่างแถบแม่เหล็กไฟฟ้า (EBG) ที่มีโครงสร้างเป็นรูปสี่เหลี่ยมที่ตำแหน่งกราวด์ โดยคุณสมบัติของ EBG นั้นสามารถทำให้ค่าแบนด์วิดท์และค่าการสูญเสียย้อนกลับนั้นเพิ่มขึ้น ทำให้ได้ความถี่ใช้งานเท่ากับ 1.45-9.82 GHz และ มีแบนด์วิดท์กว้างประมาณ 148.66% สายอากาศแบบไมโครสตริปแถบคู่ที่มีการจูนทั้งสามรูปแบบนี้จะครอบคลุมความถี่ใช้งานตามมาตรฐาน DCS, PCS, UMTS, WLAN 802.11 a/b/g, Bluetooth และครอบคลุมบางย่านความถี่ของ IEEE 802.16 WiMAX โดยผลจากการวัดค่าแบนด์วิดท์ และแบบรูปการแผ่พลังงานของสายอากาศมีแนวโน้มใกล้เคียงกันกับผลจากการวิเคราะห์ด้วยการจำลองแบบโครงสร้างสายอากาศ

2.2 ลักษณะทั่วไปของยางพารา [7]

น้ำยาง เป็นของเหลวสีขาวถึงขาวปนเหลือง ชุ่มชื้น อยู่ในท่อน้ำยางซึ่งเรียงตัวกันอยู่ในส่วนเปลือกของต้นยางพารา การที่จะเอาน้ำยางออกจากต้นยาง จะต้องใช้มีดกรีดยางเพื่อตัดท่อน้ำยางให้ขาดออกจากกัน

ในน้ำยาง จะมีส่วนประกอบหลักที่สำคัญอยู่ 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นเนื้อยาง (เนื้อยางแห้ง) และส่วนที่ไม่ใช่ยาง เนื้อยางแห้ง หมายถึง ปริมาณของเนื้อยางที่อยู่ในน้ำยาง ตามปกติในน้ำยางจะมีเนื้อยางแห้งประมาณ 25-45% เนื้อยางแห้งนี้เองที่เป็นวัสดุมหัศจรรย์ที่มนุษย์นำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อการดำรงชีพจนกลายเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับชีวิตประจำวัน ของสังคมมนุษย์ในปัจจุบัน

น้ำยาง มีความหนาแน่น 0.98 มีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (PH) ประมาณ 6.8 เมื่อตรวจดูในห้องปฏิบัติการจะพบว่า มีอนุภาคขนาดต่างๆ กันแขวนอยู่ในของเหลว อนุภาคเหล่านี้จะมีประจุเป็นลบ ผลักกันอยู่ตลอดเวลา ทำให้อนุภาคเหล่านั้น แขนวลอยและคงสภาพเป็นน้ำยางอยู่ได้จนกว่าจะมีสภาพแวดล้อมและปัจจัยต่าง ๆ มารบกวน ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง ซึ่งจะทำให้น้ำยางเสียเสถียรภาพ และจับตัวกันเป็นก้อน

2.2.1 ส่วนประกอบของน้ำยาง

น้ำยางประกอบด้วย	ปริมาณของแข็งทั้งหมด	22-48 %
	ปริมาณเนื้อยางแห้ง	25-45 %
	สารจำพวกโปรตีน	1.5 %
	สารพวกเรซิน	2.0 %
	คาร์โบไฮเดรต	1.0 %
	สารอนินทรีย์	0.5 %

ในส่วนประกอบของน้ำยางที่กล่าวแล้วนั้น สามารถแบ่งออกเป็นส่วนสำคัญได้ 2 ส่วนคือ

1) ส่วนที่เป็นเนื้อยาง

เป็นอนุภาคที่แขวนลอยอยู่ในน้ำยาง

เป็นสารประกอบพวกไฮโดรคาร์บอน

มีความหนาแน่น 0.92

เป็นโมเลกุลขนาดใหญ่ เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.002 - 0.003 ไมครอน ไม่ละลายน้ำ

รูปทรงมีทั้งทรงกลมและทรงรี

ในสภาพของน้ำยางจะถูกห่อหุ้มด้วยชั้นของสารจำพวกไขมันและสารจำพวกโปรตีน ในเนื้อยางแห้ง (Dry Rubber Content) ประกอบด้วย

ยาง (Hydrocarbon) 86 %

น้ำ (การกระจายอยู่ใน Hydrocarbon) 10 %

สารพวกไขมัน 3%

สารพวกโปรตีน 1%

โลหะบางชนิด เช่น แมกนีเซียม โปแตสเซียม และทองแดงประมาณ 0.5 %

2) ส่วนที่ไม่ใช่ยาง

ส่วนนี้ประกอบด้วย ส่วนสำคัญ 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นน้ำหรือที่เรียกว่าซีรัม (Serum) และส่วนของลูตอยด์ (Lutoid) และสารอื่น

- ส่วนที่เป็นน้ำหรือเรียกว่า ซีรัม (Serum)

มีความหนาแน่น ประมาณ 1.02

ประกอบด้วยสารพวกคาร์โบไฮเดรต และกรดอะมิโน

- ส่วนของลูตอยด์ (Lutoid) และสารอื่น

เป็นอนุภาคกลมมีเยื่อบางหุ้มอยู่ขนาดใหญ่กว่าอนุภาคของยางมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 2-5 ไมครอน ภายในเยื่อบาง ประกอบด้วยส่วนที่เรียกว่า บี-ซีรัม ที่มีส่วนของสารละลายกรด เกลือ โปรตีน น้ำตาล และโพลีฟีนอลออกซิเดสซึ่งเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้ยางมีสีคล้ำ

ลูตอยด์จะบวมพองและแตกออกเมื่อเติมน้ำลงไป ในน้ำยาง เป็นผลให้ยางมีความหนืดเพิ่มขึ้น

ในการกรีดยาง เมื่อน้ำยางไหลออกได้สักครู่ความเข้มข้นของน้ำยางในท่อน้ำยางจะเจือจางลงเป็นผลให้ลูตอยด์เกิดการพองตัวและแตกออกทำให้ยางจับตัวอุดท่อน้ำยาง และน้ำยางหยุดไหล

- สารอื่น หรือที่เรียกว่า อนุภาค ฟรี วิสลิ่ง (Frey wyssling) เป็นอนุภาคที่มีสีเหลืองเข้ม ซึ่งมีสีเหลืองเข้มจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณของสารคาโรทีนอยด์ (Carotinoid) ที่ประกอบอยู่ขนาดใหญ่กว่าอนุภาคของยางและมีความหนาแน่นมากกว่ายางเล็กน้อยน้ำยางมีส่วนประกอบของไขมันรวมอยู่ด้วย

2.3 การวัดเปอร์เซ็นต์น้ำยาง [8]

น้ำยางเป็นของเหลวสีขาวถึงขาวปนเหลือง มีส่วนประกอบหลัก 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นเนื้อยาง กับส่วนที่ไม่ใช่ยาง ปกติในน้ำยางจะมีเนื้อยางแห้งประมาณ 25-45 เปอร์เซ็นต์ การจำหน่ายน้ำยางสดจะคิดราคาซื้อขายจากปริมาณเนื้อยางแห้งในน้ำยาง หรือการนำน้ำยางสดไปแปรรูปต่างๆ จำเป็นต้องทราบปริมาณเนื้อยางแห้งที่มีอยู่ในน้ำยางก่อน จึงจะสามารถคำนวณปริมาณ

การใช้สารเคมีได้อย่างถูกต้องแม่นยำ การตรวจหาปริมาณเนื้อยางแห้งสามารถกระทำได้หลายวิธี แต่ที่นิยมกันอยู่ในปัจจุบันมี 2 วิธี ดังนี้

2.3.1 การใช้เมโทรแลค (Metrolac)

เมโทรแลคเป็นเครื่องมือวัด โดยอาศัยค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำยาง เมโทรแลคมีทั้งชนิดที่ทำจากโลหะและแก้ว มีส่วนประกอบที่สำคัญ 2 ส่วน คือ ส่วนก้าน และส่วนกระเปาะ ที่ส่วนก้านจะมีสเกลขีดกำหนดค่าเนื้อยางแห้งไว้ โดยมี 2 มาตรฐาน คือ มาตรฐานอังกฤษ ซึ่งบอกค่าเป็นปอนด์ต่อแกลลอน และมาตรฐานเมตริก ซึ่งจะบอกค่าเป็นกรัมต่อลิตร (เป็นมาตรฐานที่นิยมใช้เนื่องจากสามารถคำนวณค่าเป็นกิโลกรัมได้ง่าย)

เปอร์เซ็นต์เนื้อยางแห้งในน้ำยางจะมีค่าผกผันกับค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำยางกล่าวคือ ค่าเปอร์เซ็นต์เนื้อยางแห้งจะสูงขึ้นแต่ค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำยางจะลดลงในทางกลับกันค่าเปอร์เซ็นต์เนื้อยางแห้งจะต่ำลงแต่ค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำยางจะเพิ่มขึ้น ดังนั้น ถ้าเมโทรแลคจุ่มลงในน้ำยางมาก ก็หมายความว่าน้ำยางมีเปอร์เซ็นต์เนื้อยางแห้งมาก สเกลบอกค่าด้านล่างของเมโทรแลคที่ใกล้กระเปาะจึงเป็นค่าต่ำ ส่วนด้านบนเป็นค่าสูง

ตารางที่ 2.1 การเปรียบเทียบค่าของเปอร์เซ็นต์เนื้อยางแห้งกับความถ่วงจำเพาะ

เปอร์เซ็นต์เนื้อยางแห้ง	ความถ่วงจำเพาะ
25	0.992
26	0.990
27	0.989
28	0.988
29	0.987
30	0.986
31	0.984
32	0.983
33	0.982
34	0.981
35	0.980
36	0.979
37	0.978
38	0.976
39	0.975
40	0.974

ข้อควรระวังในการหาปริมาณเนื้อยางแห้งในน้ำยางโดยใช้เมโทรแลค

- 1) ไม่เจือปนสิ่งอื่นใดลงในน้ำยางสดก่อนนำมาวัด

2) ไม่ทำให้น้ำยางมีอุณหภูมิผิดไปจากปกติ (อุณหภูมิต่ำลงค่าที่อ่านได้จะมากขึ้น อุณหภูมิสูงขึ้นค่าที่อ่านได้จะลดลง)

3) ผสมน้ำยางในอัตราที่ถูกต้องแม่นยำ

4) ทำความสะอาดเมโทรแลคก่อนใช้งานทุกครั้งพร้อมปรับอุณหภูมิให้เป็นปกติเสมอ

5) อ่านค่าด้วยความละเอียด แม่นยำ ปาดฟองให้หมด มองในระดับสายตา

2.3.2 การหาเปอร์เซ็นต์เนื้อยางแห้งโดยวิธีการอบตัวอย่างแห้ง

เป็นวิธีที่นิยมใช้ในงานวิจัยและในงานควบคุมคุณภาพที่ต้องการความถูกต้องแม่นยำสูง โดยจะต้องใช้เวลาดำเนินการประมาณ 1-2 วัน ซึ่งมีขั้นตอนการปฏิบัติ ดังนี้

1) ทำการสุ่มตักน้ำยางตัวอย่างมาประมาณ 50 กรัม

2) เทน้ำยางตัวอย่างลงในจานอะลูมิเนียมจานละประมาณ 10 กรัมและนำไปตั้งจัดบนที่ก้นน้ำหนักโดยละเอียด

3) เติมน้ำกลั่นลงในจานบรรจุน้ำยางจานละ 10-20 ซี.ซี.

4) หยดสารละลายอะซิติก 2% โดยปริมาตร ลงจานละ 15-20 ซี.ซี.หมุนซ้ำๆ เพื่อให้มีการผสมเข้ากันจนทั่ว

5) วางทิ้งไว้ให้ยางจับตัวประมาณ 30 นาที

6) นำชิ้นยางออกจากจานไปทำการรีดให้เป็นแผ่นบางให้มีความหนาไม่เกิน 2 มม.

7) ล้างแผ่นยางให้สะอาดและนำไปอบในตู้อบอุณหภูมิประมาณ 70 องศาเซลเซียส นานประมาณ 16-20 ชั่วโมง จนกระทั่งแผ่นยางแห้งโดยจะเห็นแผ่นยางเป็นแผ่นใส ไม่มีจุดขาว

8) นำแผ่นยางไปทิ้งให้เย็นในโหลดูดความชื้น

9) ทำการชั่งน้ำหนักแผ่นยางและจัดบันทึก

10) ทำการคำนวณหาเปอร์เซ็นต์เนื้อยางแห้งโดยใช้สูตร

$$\text{เปอร์เซ็นต์เนื้อยางแห้ง(\%)} = \frac{\text{น้ำหนักแผ่นยางแห้ง}}{\text{น้ำหนักยางสด}} \times 100 \quad (1)$$

2.4 ทฤษฎีคลื่นไมโครเวฟ [9]

ไมโครเวฟ (microwave) เป็นคลื่นความถี่วิทยุชนิดหนึ่งที่มีความถี่อยู่ระหว่าง 0.3GHz - 300GHz ส่วนในการใช้งานนั้นส่วนมากนิยมใช้ความถี่ระหว่าง 1GHz - 60GHz เพราะเป็นย่านความถี่ที่สามารถผลิตขึ้นได้ด้วยอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

การค้นพบ ในปี ค.ศ.1940 ของสองนักประดิษฐ์ชาวอังกฤษ คือ จอห์น แรนดอลล์และ เอช เอ บิวต์ได้ประดิษฐ์อุปกรณ์ที่เรียกกันว่า "แม็กนีตรอน" ใช้ผลิตพลังงานไมโครเวฟ ซึ่งเป็นการแผ่รังสีคลื่นสั้นรูปแบบหนึ่ง โดยจุดประสงค์ครั้งแรกคือ ใช้ในการปรับปรุงระบบเรดาร์ที่ใช้ในสงครามโลกครั้งที่ 2 เปอร์ซี เลอ บารอน สเปนเซอร์ เป็นนักฟิสิกส์ที่ทำงานให้กับ บริษัท เรทีออน ผู้ผลิตอุปกรณ์เรดาร์ เขาพบว่า เมื่อเขาใช้เครื่องแม็กนีตรอน รังสีที่ได้ให้ความร้อนออกมาด้วย เขาจึงหาวิธีที่จะนำเอาความร้อนนี้มาใช้ ในไม่ช้าเขาก็ใช้แม็กนีตรอนละลายช็อกโกแลตและทำข้าวโพดคั่วของเขาไมโครเวฟทำให้โมเลกุลของอาหารเกิดการสั่นสะเทือน ดังนั้นอาหารจึงร้อนขึ้นและขบวนการนี้เกิดขึ้นเร็วมาก คลื่นนี้

ไม่ทำให้สิ่งที่ทำจากกระดาษ กระเบื้องเคลือบ หรือแก้วร้อนขึ้น การใช้ไมโครเวฟในการปรุงอาหาร นอกจากจะสะดวก ใช้เวลาสั้นลงแล้วยังประหยัดพลังงานอีกด้วยใน ค.ศ.1945 เริ่มมีการผลิตเตาไมโครเวฟออกจำหน่ายแต่ยังมีขนาดใหญ่ไม่เหมาะกับการใช้ในครัวทั่วไป ต้องใช้เวลาอีกนานกว่าจะสามารถพัฒนาให้มีขนาดเล็กและราคาถูกลงจึงเริ่มเป็นที่นิยมใช้ตามบ้าน

2.4.1 การสร้างคลื่นไมโครเวฟ

เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลเข้าสู่ขั้วลบของแมกนีตรอน ก็จะปล่อยอนุภาคไฟฟ้าหรืออิเล็กตรอนออกมา อิเล็กตรอนจะวิ่งเข้าหาทรงกระบอกกลางซึ่งภายในเขาเป็นร่องยาวไว้ ทรงกระบอกนี้ล้อมอยู่รอบขั้วลบ และทำหน้าที่เป็นขั้วบวก ขณะเดียวกันสนามแม่เหล็กจากขั้วแม่เหล็ก ประกอบกับลักษณะช่องว่างเป็นร่องยาวจะส่งผลให้เกิดแรงผลักดันอิเล็กตรอนให้วิ่งเป็นวงกลมรอบขั้วลบ เกิดสภาพเหมือนกับมีกระแสไฟฟ้าไหลกลับไปกลับมาอย่างรวดเร็ว ซึ่งผลที่ได้ก็คือจะเกิดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (เส้นที่มีลักษณะเป็นคลื่น) ที่มีอัตราการเปลี่ยนแปลงกลับไปกลับมาเท่ากันจากนั้นก้านส่งคลื่นก็จะส่งคลื่นเข้าสู่ท่อนำคลื่นต่อไป (ทิศทางตามลูกศร)

2.4.2 สมบัติของคลื่น 4 ประการ

1) การสะท้อน (Reflection)

การสะท้อนของคลื่นจะเกิดขึ้นเมื่อคลื่นเดินทางไปปะทะสิ่งกีดขวางเช่น คลื่นน้ำเคลื่อนที่ไปชนกำแพง หรือ คลื่นเชือกเคลื่อนที่ไปชนจุดที่เชือกตรึงกับเสา เป็นต้น การสะท้อนของคลื่นมีหลักสำคัญ คือ มุมตกกระทบ เท่ากับ มุมสะท้อน และรังสีตกกระทบ รังสีสะท้อน และเส้นแนวฉากต้องอยู่บนระนาบเดียวกัน

2) การหักเหของคลื่น

เมื่อคลื่นเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางหนึ่งไปยังอีกตัวกลางหนึ่งคลื่นจะเปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนที่เรียกว่า การหักเหของคลื่น สมบัติของคลื่นเดียวกันในตัวกลางต่างชนิดกันที่สำคัญคือ ความถี่ของคลื่นคงตัวเสมอ ขณะที่ความเร็วและความยาวคลื่นเปลี่ยนแปลงได้

การหักเหของคลื่นที่เคลื่อนที่จากบริเวณน้ำลึกเข้าสู่บริเวณน้ำตื้นจากเงื่อนไขความถี่ตรงกันสามารถเขียนสมการได้ดังนี้

$$\frac{v_1}{\lambda_1} = \frac{v_2}{\lambda_2} \quad (2)$$

หรือ

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} \quad (3)$$

จากการทดลองพบว่าความเร็วคลื่นในน้ำตื้นน้อยกว่าในน้ำลึกและความยาวคลื่นก็สั้นกว่าด้วย

กรณีคลื่นน้ำเคลื่อนที่จากบริเวณน้ำลึกสู่น้ำตื้น โดยที่ทิศทางไม่ตั้งฉากกับแนวน้ำลึกน้ำตื้น จะพบว่าทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นเปลี่ยนไปเนื่องจากความเร็วคลื่นเปลี่ยนไปนั่นเอง โดยถ้าให้ θ_1 และ θ_2 เป็นมุมตกกระทบและมุมหักเหตามลำดับ จะได้ความสัมพันธ์ดังสมการ

$$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{v_1}{v_2} \quad (4)$$

จากการทดลองพบว่า คลื่นจากน้ำลึกเมื่อเคลื่อนที่เข้าสู่ตื้นแนวคลื่นจะหักเหโดยเบนเข้าหาเส้นแนวฉาก

3) การแทรกสอดของคลื่น

การแทรกสอดของคลื่นเป็นปรากฏการณ์ที่คลื่นสองขบวนเคลื่อนที่ในตัวกลางเดียวกันแล้วมาพบกันและเกิดการซ้อนทับกัน ทำให้เกิดการรวมกันของคลื่นแล้วเกิดคลื่นใหม่ โดยการแทรกสอดของคลื่นเกิดได้ 2 ลักษณะ คือ

การแทรกสอดแบบเสริม เป็นการแทรกสอดที่เกิดในกรณีที่สันคลื่นหรือท้องคลื่นของคลื่นสองขบวนมาพบตรงกัน คลื่นที่เกิดใหม่จะมีแอมพลิจูดสูงขึ้น

การแทรกสอดแบบหักล้าง เป็นการแทรกสอดที่เกิดในกรณีที่สันคลื่นของคลื่นหนึ่งมาพบกันท้องคลื่นของอีกคลื่นหนึ่ง คลื่นที่เกิดใหม่จะมีแอมพลิจูดต่ำลง

แหล่งกำเนิดอาพันธ์ เป็นแหล่งกำเนิดคลื่น 2 แหล่งที่มีความถี่เท่ากัน อัตราเร็วและแอมพลิจูดเท่ากัน และผลต่างของเฟสระหว่างจุดคู่หนึ่งบนคลื่นคงตัวตลอด เมื่อคลื่นจากแหล่งกำเนิดอาพันธ์เคลื่อนที่มาพบกันจะเกิดการแทรกสอดทั้งแบบเสริมและแบบหักล้างกัน ทำให้เกิด คลื่นนิ่ง โดยคลื่นนิ่งนั้นจะมีลักษณะการสั่นที่มีจุดที่น้ำกระเพื่อมมากที่สุดกับจุดที่น้ำไม่กระเพื่อมเลยอยู่ตรงตำแหน่งเดิมตลอดเวลา ซึ่ง ตำแหน่งที่ผิวน้ำไม่กระเพื่อมหรือมีการกระจัดเป็นศูนย์เกิดจากการแทรกสอดแบบหักล้างกัน เรียกว่า บัพ (node) ส่วนตำแหน่งที่ผิวน้ำกระเพื่อมมากที่สุดหรือมีการกระจัดมากที่สุดเกิดจากการแทรกสอดแบบเสริมกัน เรียกว่า ปฏิบัพ (antinode)

4) การเลี้ยวเบนของคลื่น

การเลี้ยวเบนเป็นปรากฏการณ์ที่คลื่นเคลื่อนที่เปลี่ยนทิศทางทั้งที่เคลื่อนที่ในตัวกลางเดียวกัน โดยที่คลื่นที่เปลี่ยนทิศไปแล้วยังคงมีความยาวคลื่นและอัตราเร็วคงเดิม แต่แอมพลิจูดลดลง

การเลี้ยวเบนผ่านสลิต เป็นตัวอย่างการเลี้ยวเบนของคลื่นที่ดี เช่น ให้คลื่นน้ำหน้าตรงเคลื่อนที่ปะทะสลิตเดี่ยวที่สามารถปรับความกว้างของช่องได้ จะพบการเลี้ยวเบนของคลื่นแต่ละกรณีดังนี้

กรณีที่ 1 ความกว้างของช่องมากกว่าความยาวคลื่นมากๆ ($d \gg \lambda$) คลื่นตรงกลางช่องจะเคลื่อนที่ตรงตามปกติแต่ตรงขอบช่องแคบของคลื่นจะเลี้ยวเบน โดยคลื่นที่เลี้ยวเบนจะมีความยาวคลื่นเท่ากับคลื่นเดิมแต่มีแอมพลิจูดน้อยกว่า

กรณีที่ 2 ความกว้างของช่องน้อยกว่าความยาวคลื่นมากๆ ($d \ll \lambda$) คลื่นเมื่อผ่านไปจะเกิดการเลี้ยวเบนอย่างมาก โดยจะเห็นคลื่นหน้าตรงกลายเป็นคลื่นวงกลม

2.5 สายอากาศ [10]

สายอากาศอุปกรณ์สำหรับรับและส่งคลื่น ความถี่วิทยุ (radio frequency) ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และในทางกลับกัน ก็เปลี่ยนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นพลังงาน

ไฟฟ้าเช่นกันสายอากาศมีหลายขนาดและรูปแบบ ขึ้นอยู่กับการใช้งาน เช่น สายอากาศโทรทัศน์ในบ้าน มักติดตั้งไว้บนหลังคา ทำด้วยอะลูมิเนียม เพราะน้ำหนักเบาและทนต่อสภาพอากาศได้ดีกว่าโลหะทั่วไป สายอากาศของโมคัลลอย เป็นเพียงสายไฟสั้นๆ หรือสายอากาศของโทรศัพท์มือถือ เป็นเพียงจุดเชื่อมต่อเล็กๆ เท่านั้นคำว่าสายอากาศ เป็นศัพท์เฉพาะด้านไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ บัญญัติขึ้นจากคำศัพท์ในภาษาอังกฤษ "antenna" หรือ "aerial" ในวงจรรีเลย์ทรอนิกส์อาจเขียนอักษรย่อ Ant. อย่างไรก็ตาม บุคคลทั่วไปนิยมเรียกว่า เสาอากาศ อาจจะเป็นเพราะเดิมใช้เสาสูงๆ สำหรับติดตั้งสายอากาศนั่นเอง

2.5.1 สายอากาศแบ่งตามรูปแบบการรับ-ส่งคลื่นได้ดังนี้

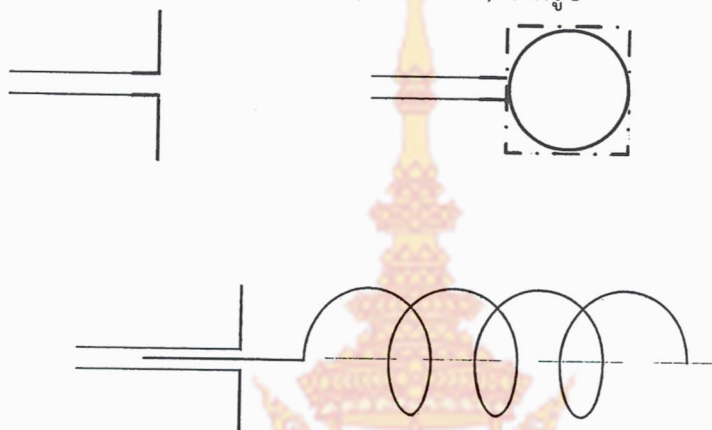
- 1) สายอากาศแบบรอบตัว สามารถรับ-ส่งคลื่นได้ดีในทุกทิศทางเฉลี่ยกันไปโดยรอบ
- 2) สายอากาศแบบกึ่งรอบตัว สามารถรับ-ส่งคลื่นได้ดีเกือบรอบตัวแต่มีอัตราขยายสูงกว่าแบบรอบตัว
- 3) สายอากาศแบบทิศทางเดียว สามารถรับ - ส่งคลื่นได้ดีในทิศทางที่กำหนดและจะมีอัตราขยาย (gain) สูงกว่าประเภทอื่นอัตราขยาย (gain) เป็นความสามารถของสายอากาศในการรับส่งคลื่นวิทยุ สายอากาศแต่ละแบบมีอัตราขยายแตกต่างกัน สายอากาศแบบทิศทางเดียวจะมีอัตราการขยายมากกว่าสายอากาศแบบกึ่งรอบตัว และแบบรอบตัวโดยลำดับ ลักษณะการใช้งานจึงแตกต่างกันไป สายอากาศที่มีอัตราขยายสูง จะสามารถรับ-ส่งคลื่นวิทยุ ได้ดีมาก ตัวเลข ซึ่งมีหน่วยวัดอัตราการขยายได้แก่ dBi และ dBd

ในระบบสื่อสารใดๆ เราต้องการให้สัญญาณที่รับได้ปลายทางมีความแรงมากๆ อย่างน้อยที่สุดแรงพอที่จะชนะสัญญาณรบกวนได้ และอยู่ในเกณฑ์ที่ความไวของเครื่องรับจะทำงานได้ ความแรงที่สถานีปลายทางจะมีค่าสูงหรือต่ำเพียงใดนั้นขึ้นกับองค์ประกอบที่สำคัญคือ ถ้าเป็นการส่งสัญญาณไปตามสายส่ง สัญญาณส่วนมากจะสูญเสียไปในรูปของความร้อนในสายส่งเนื่องจากความต้านทานของสายส่ง และเนื่องจากฉนวนที่นำมาทำสายส่งไม่เป็นฉนวนที่ดีจริง การสูญเสียของสัญญาณในแพร่กระจายคลื่นออกอากาศ คลื่นวิทยุบางส่วนถูกลดทอนกำลังลงในตัวกลางที่คลื่นเดินทางผ่านไป การสื่อสารในย่านความถี่สูง (HF หรือ High Frequency) นั้น ต้องอาศัยการสะท้อนคลื่นจากชั้นบรรยากาศ Ionosphere กลับมายัง โลกซึ่งมีลักษณะเป็นตัวกลางที่ประกอบด้วยอิเล็กตรอนซึ่งมีอนุภาค ประจุไฟฟ้าบวกและอนุภาคที่เป็นกลางทางไฟฟ้า เมื่อคลื่นวิทยุเดินทางสะท้อนชั้นบรรยากาศ คลื่นบางส่วนจะถูกดูดกลืนโดยชั้นบรรยากาศนั้น การสื่อสารที่ใช้ความถี่สูงมาก (VHF หรือ Very High Frequency) เช่นการติดต่อของหน่วยตำรวจตระเวนชายแดนในป่าการสื่อสารจะไปได้ไม่ไกล ทั้งนี้เพราะต้นไม้ใบไม้ในป่าจะดูดกลืนคลื่นวิทยุไว้เป็นส่วนมาก การสื่อสารที่ใช้คลื่นไมโครเวฟ (Microwave) เชื่อมโยงระหว่าง สถานีถ่ายทอดทวนสัญญาณการสูญเสียของคลื่นวิทยุเนื่องจากบรรยากาศ เม็ดฝุ่นละอองหรืออนุภาคของออกซิเจนดูดกลืนไว้ การสูญเสียในการแพร่กระจายคลื่นจะคล้ายกับการสูญเสียในสายส่ง และยังมีการสูญเสียกำลังส่งเนื่องจาก "การถ่างออก" ของรังสีคลื่นวิทยุ เนื่องจากโครงสร้างทางเรขาคณิตของคลื่นในการแพร่กระจายคลื่น "ทุกๆครั้งที่ระยะทางเพิ่มเป็นสองเท่าความเข้ม ของคลื่นจะลดลง 4 เท่า"

2.5.2 ชนิดของสายอากาศ [11]

1) สายอากาศแบบลวดตัวนำ (wire antenna)

เป็นสายอากาศที่มีใช้งานในทุกรูปแบบ อย่างเช่น บนรถยนต์ อาคาร เรือ เครื่องบิน ยานอวกาศ และอื่นๆ รูปร่างของสายอากาศแบบลวดตัวนำยังแยกย่อยได้อีกเช่น แบบเส้นตรง (ไดโพล) แบบลูป (วนเป็นรอบ) และแบบวนกันหอย (คล้ายสปริง) จากรูป

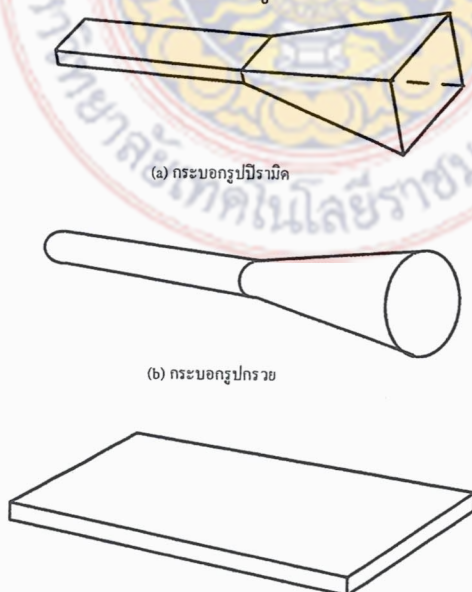


รูปที่ 2.1 แสดงรูปร่างหลายแบบของสายอากาศชนิดตัวนำ

สายอากาศแบบลูป (Loop) ไม่จำเป็นต้องเป็นวงกลมอาจมีรูปร่างเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัส สี่เหลี่ยมผืนผ้า วงรี หรือลักษณะอื่น ส่วนลูปชนิดวงกลมนั้นจัดว่ามีใช้งานมากที่สุด เพราะง่ายในการสร้าง

2) สายอากาศแบบช่อง (aperture antenna)

เริ่มมีการใช้สายอากาศชนิดนี้มากกว่าในอดีต โดยเฉพาะในการใช้งานย่านความถี่สูง ส่วนรูปแบบต่างๆของสายอากาศแบบช่อง แสดงดังรูปที่ 2.2

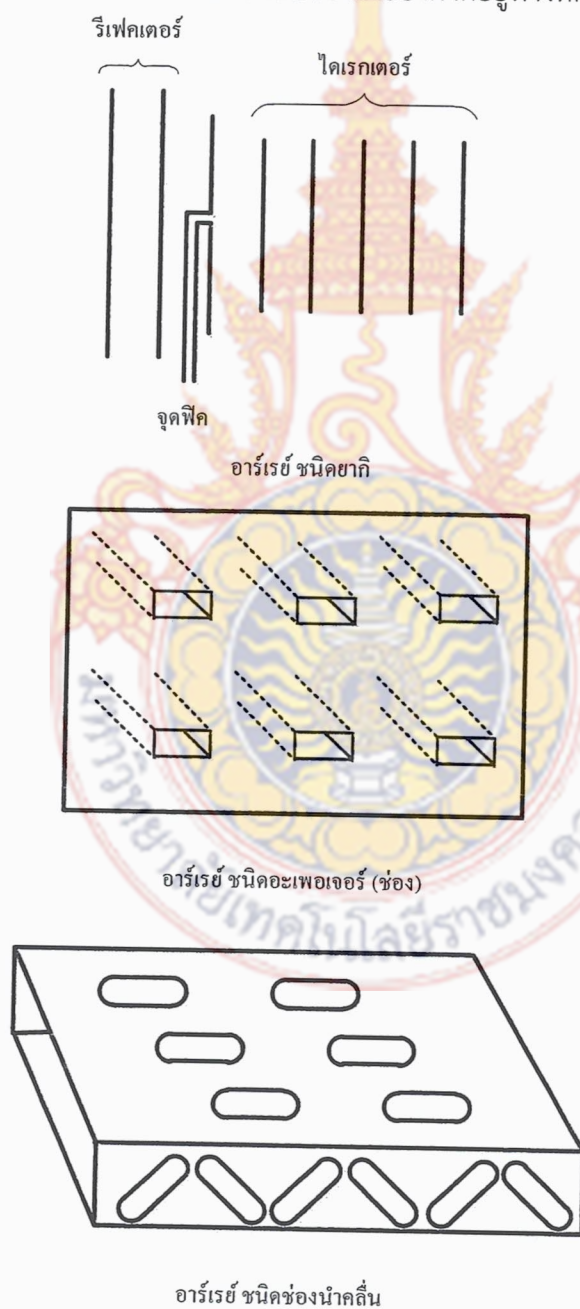


รูปที่ 2.2 รูปร่างหลายแบบของสายอากาศแบบช่อง

สายอากาศชนิดนี้ใช้ประโยชน์ด้านเครื่องบิน หรือยานอวกาศ เนื่องจากความสะดวกในการติดตั้ง และยังสามารถหุ้มด้วยฉนวนหรือวัสดุที่ไม่เป็นสื่อไฟฟ้าได้อีก เพื่อป้องกันสภาพที่อันตรายต่อระบบสื่อสาร

3. สายอากาศแบบอาร์เรย์ (array antenna)

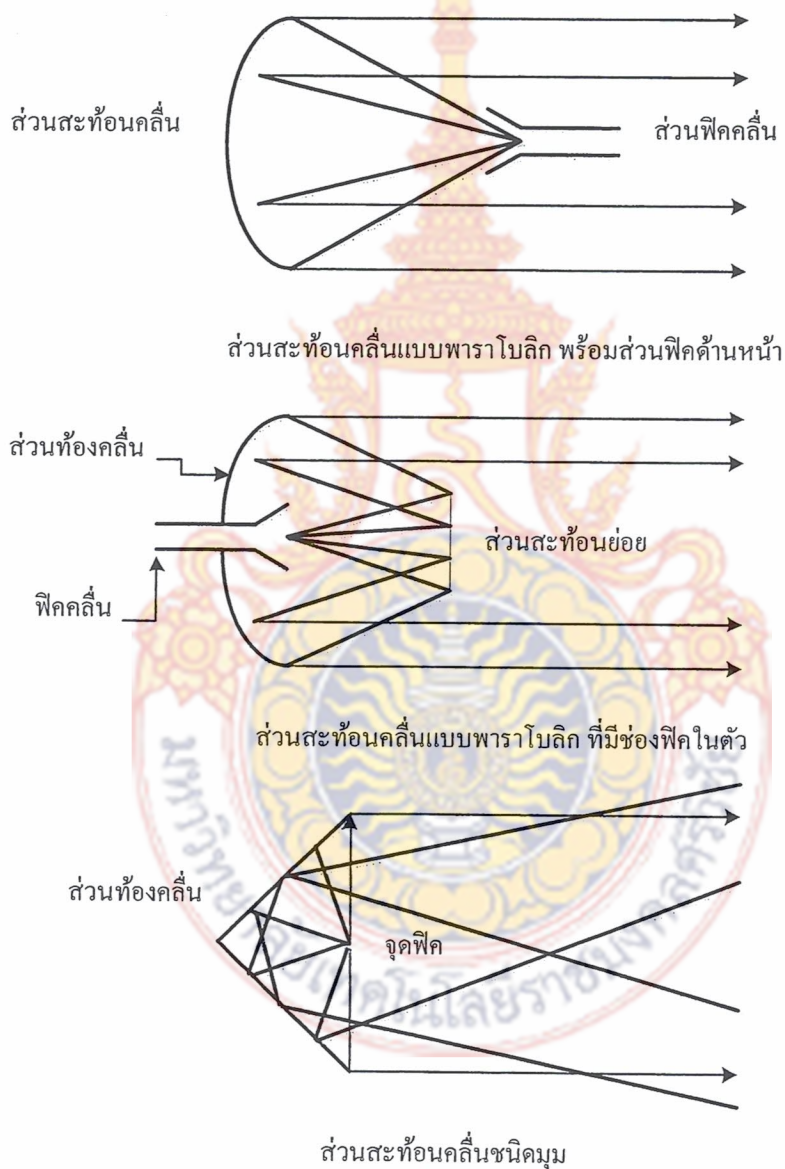
การประยุกต์ใช้งานสายอากาศ โดยส่วนมากแล้วจะมีคุณสมบัติของการแพร่กระจายคลื่นไม่เหมือนกัน ทำให้เกิดวิธีนำอิมพีแดนซ์มาใช้งานร่วมกัน เพื่อสนองกับความต้องการใช้งานต่างๆ ซึ่งเราสามารถกำหนดให้ทิศทางหลักในการแพร่คลื่นของสายอากาศอยู่ทางทิศใดได้



รูปที่ 2.3 รูปร่างหลายแบบของสายอากาศอาร์เรย์

4) สายอากาศแบบสะท้อนคลื่น (reflector antenna)

ในการสำรวจอวกาศต่อวิชาสายอากาศ ทำให้เกิดการพัฒนามาอย่างมากทั้งนี้เพราะต้องนำมาใช้งานสื่อสารระยะไกลมาก จึงต้องพัฒนาสายอากาศส่ง/รับคลื่นที่สามารถเดินทางได้เป็นล้านไมล์ ชนิดของสายอากาศที่ถูกนำมาใช้งานนี้อย่างมาก คือ แบบตัวสะท้อนพาราโบลิก

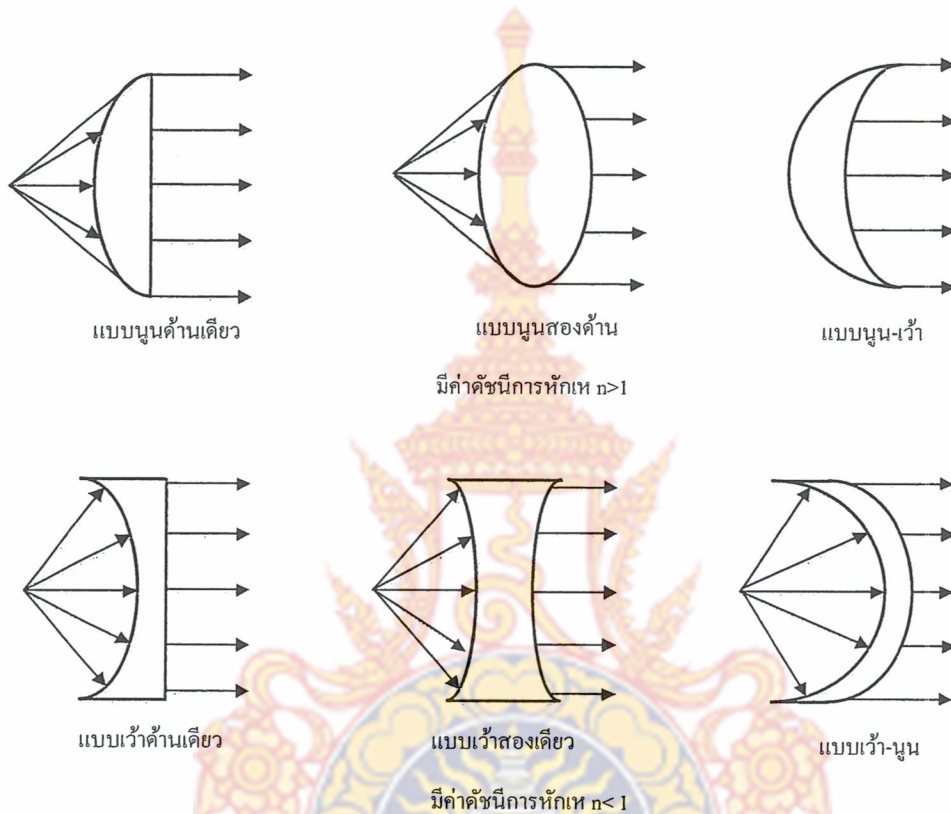


รูปที่ 2.4 รูปร่างหลายแบบของสายอากาศชนิดสะท้อนคลื่น

สายอากาศชนิดนี้ยังมีขนาดใหญ่มากก็จะให้อัตราขยายสูงมากตามไป ทำให้สามารถส่งหรือรับคลื่นในระยะไกลมากได้

5) สายอากาศแบบเลนส์ (lens antenna)

แต่เดิมเลนส์ไวใช้รวมแสงให้ส่องผ่านไปยังจุดที่ต้องการได้ ในวิชาสายอากาศได้อาศัยหลักการนี้ โดยเลือกวัสดุที่จะมาทำเลนส์ให้สามารถรวมคลื่นที่แพร่ออกให้ส่งไปยังทิศทางที่ต้องการได้



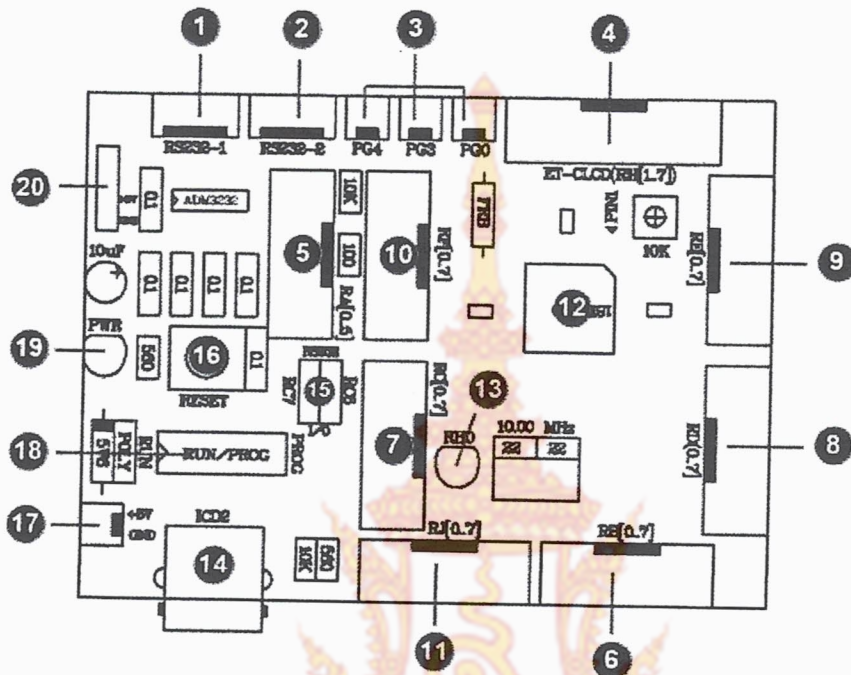
รูปที่ 2.5 สายอากาศเลนส์

2.6 ไมโครคอนโทรลเลอร์ [12]

ไมโครคอนโทรลเลอร์ภายในชิพจะมีหน่วยความจำและพอร์ตอยู่ในชิพเพียงตัวเดียวซึ่งอาจจะเรียกได้ว่าเป็นคอมพิวเตอร์ชิพเดี่ยว ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นไมโครโพรเซสเซอร์ชนิดหนึ่ง เช่นเดียวกับหน่วยประมวลผลกลาง (CPU: Central Processing Unit) ที่ใช้ในคอมพิวเตอร์ แต่ได้รับการพัฒนาแยกออกมาภายหลังเพื่อนำไปใช้ในวงจรทางด้านงานควบคุม คือ แทนที่ในการใช้งานจะต้องต่อวงจรภายนอกต่าง ๆ เพิ่มเติมเช่นเดียวกับไมโครโพรเซสเซอร์ ก็จะทำการรวมวงจรที่จำเป็น เช่น หน่วยความจำ, ส่วนอินพุท/เอาต์พุท บางส่วนเข้าไปในตัว ไอซีเดียวกัน และเพิ่มวงจรบางอย่างเข้าไปด้วยเพื่อให้มีความสามารถเหมาะสมกับการใช้งานควบคุม เช่น วงจรตั้งเวลา, วงจรการสื่อสารอนุกรม วงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล เป็นต้น สรุปคือ

$$\text{Microcontroller} = \text{Microprocessor} + \text{Memory} + \text{I/O}$$

ส่วนต่างๆ ในบอร์ด PIC 8722



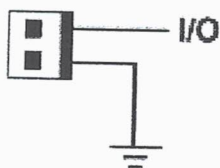
รูปที่ 2.6 ส่วนต่างๆ ในบอร์ด PIC 8722

หมายเลข 1,2 คือ RS232 Terminal 1,2



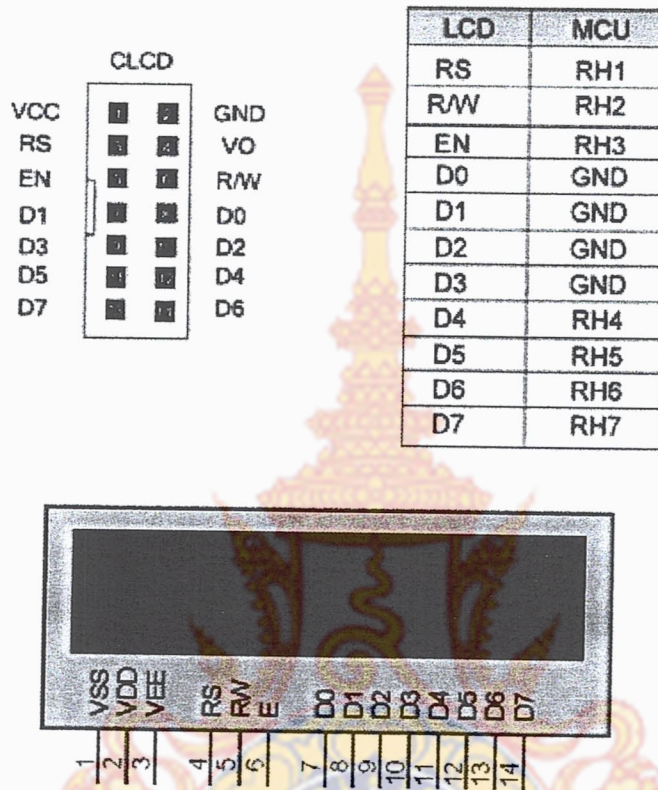
รูปที่ 2.7 RS232 Terminal 1,2

หมายเลข 3 คือ I/O Terminal for PG0,PG3,PG4



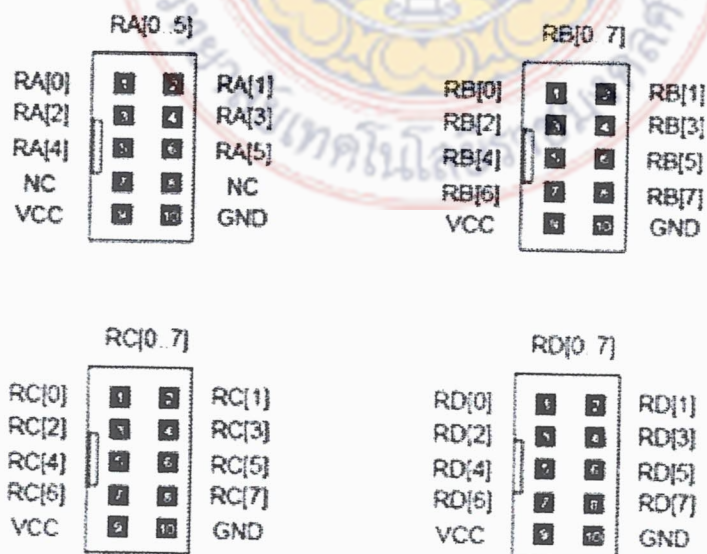
รูปที่ 2.8 I/O Terminal for PG0,PG3,PG4

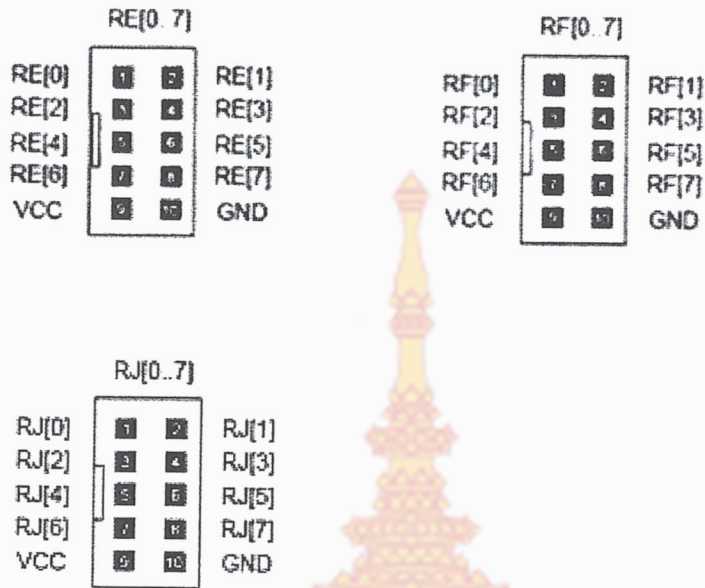
หมายเลข 4 คือ ETT-Standard LCD Display Terminal



รูปที่ 2.9 ETT-Standard LCD Display Terminal

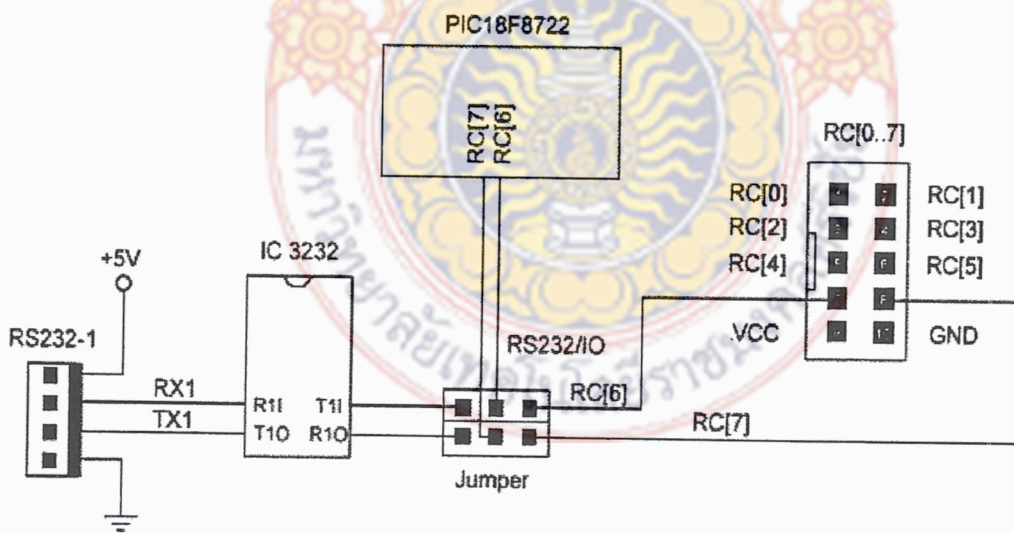
หมายเลข 5-11 คือ I/O Port Terminal





รูปที่ 2.10 I/O Port Terminal

หมายเลข 15 คือ Jumper Port between RC6,RC7(rs232) with MAX232 Driver



รูปที่ 2.11 Jumper Port between RC6,RC7(rs232) with MAX232 Driver

2.7 การเขียนโปรแกรมภาษา C [13]

2.7.1 โครงสร้างในการเขียนภาษาซี

โครงสร้างของภาษาซีนั้น จะประกอบด้วยการทำงานอยู่ 2 ส่วน คือ ส่วนของโปรแกรมหลัก (Main Code Programming) และส่วนของโปรแกรมน้อยหรือฟังก์ชัน (Function Code Programming) การทำงานของโปรแกรมโดยหลักๆ แล้วจะอยู่ในส่วนของโปรแกรมหลัก ซึ่งอาจจะมีการเรียกใช้งานในส่วนของโปรแกรมน้อยบ้าง โดยโปรแกรมน้อยนี้จะเป็นโปรแกรมที่ถูกเรียกใช้งานบ่อยๆ เช่น โปรแกรมเกี่ยวกับเวลา, เงื่อนไขที่กระทำเหมือนๆ กัน เป็นต้น ถ้าเราไม่ทำการแยกโปรแกรมต่างๆ เหล่านี้ออกจากโปรแกรมหลักแล้ว อาจจะทำให้โปรแกรมรวมทั้งหมดมีขนาดใหญ่เกินกว่าที่จะสามารถนำไปใช้งานได้ ดังนั้นโปรแกรมน้อยจึงมีประโยชน์อย่างมากในการลดขนาดของโปรแกรมน้อยทั้งหมด ให้ลดลงนั่นเอง

ลักษณะในการเขียนโปรแกรมหลักนี้ เราจะเริ่มต้นด้วย main ตามด้วยปีกกาใหญ่ { } ส่วนโปรแกรมที่เขียนจะเขียนอยู่ภายในปีกกาใหญ่นั้นจะเป็นตัวกำหนดการทำงานของโปรแกรม เช่น ตัวอย่างโปรแกรม

```
#include <stdio.h> // Preprocessor directives (header file)
void main(void) {
    printf ( "\nHello World\n" ); //แสดงผลลัพธ์ด้วยฟังก์ชันมาตรฐาน printf
}
```

คำอธิบายโปรแกรม

โดยโปรแกรมที่ยกตัวอย่างนี้ เมื่อทำการรันโปรแกรม ตัวโปรแกรมจะทำการแสดงข้อความ "Hello World" บนหน้าจอคอมพิวเตอร์ แต่สำหรับโปรแกรม CCS C Compiler แล้วจะเป็นการแสดงผลผ่านตัว LED โดยการติดและดับส่วนโปรแกรมน้อยนั้นจะมีลักษณะการเขียนที่เหมือนกับโปรแกรมหลัก แต่ชื่อของโปรแกรมเราสามารถเปลี่ยนได้ตามความต้องการ เพื่อสะดวกในการใช้งาน เช่น Delay_time, Go_left เป็นต้น ตัวอย่างการเขียนจะเป็นดังนี้

ตัวอย่างโปรแกรม

```
#include <stdio.h> // Preprocessor directives (header file)
Void time_delay(void) {
    Delay_ms(1000); //หน่วงเวลาเป็นเวลา1 วินาที
}
void main(void) {
    while(TRUE) {
        printf ( "\nHello \n" ); //แสดงผลลัพธ์ด้วยฟังก์ชันมาตรฐาน printf
        time_delay(); //เรียกใช้งานโปรแกรมน้อย time_delay
        printf ( "\nWorld\n" ); //แสดงผลลัพธ์ด้วยฟังก์ชันมาตรฐาน printf
        time_delay(); //เรียกใช้งานโปรแกรมน้อย time_delay
    }
}
```

ตัวอย่างโปรแกรม

จากโปรแกรมดังกล่าว เมื่อทำการรันโปรแกรม ที่หน้าจอกอมพิวเตอร์จะทำการแสดงข้อความ “Hello” ก่อน แล้วทิ้งช่วงประมาณ1 วินาที แล้วจึงทำการแสดงข้อความ “World” แล้วทิ้งช่วงประมาณ1 วินาที แล้วก็กลับไปแสดงข้อความ“Hello” ใหม่ จะเป็นอย่างไรไปเรื่อยเนื่องมาจากคำสั่ง while จะสังเกตเห็นว่า ในการเขียนโปรแกรมนั้นจะเขียนโปรแกรมหลักไว้ด้านล่าง และเขียนโปรแกรมย่อยไว้ข้างบน สาเหตุที่เป็นอย่างนี้ เนื่องมาจากว่าภายในโปรแกรมจะทำการไล่ลำดับการทำงานจากบนลงล่าง แต่เมื่อมีการเรียกใช้งานโปรแกรมย่อยจะเรียกจากข้างบนนั่นเอง

2.7.2 การกำหนดค่าของตัวแปรต่างๆ (Declaration) ในโปรแกรมภาษาซี [7]

ชนิดของข้อมูล(data type) จะสามารถกำหนดได้หลายรูปแบบไม่ว่าจะเป็นตัวเลขหรือตัวอักษรก็ได้ เช่น int, char, float, short, void เป็นต้น ซึ่งแต่ละตัวจะมีช่วงของค่าของข้อมูลที่ต่างกันออกไปดังนี้

int เป็นตัวแปรขนาด8 บิต(ตัวเลขจำนวนเต็ม) มีช่วงค่าของข้อมูลอยู่ที่ 0 ถึง 255

int1 เป็นตัวแปรขนาด 1 บิต มีช่วงค่าของข้อมูลอยู่ที่ 0 ถึง 1

int8 เป็นตัวแปรขนาด 8 บิต มีช่วงค่าของข้อมูลอยู่ที่ 0 ถึง 255

int16 เป็นตัวแปรขนาด 16 บิต มีช่วงค่าของข้อมูลอยู่ที่ 0 ถึง 65,535

float เป็นตัวแปรขนาด 32 บิต(ตัวเลขทศนิยม) มีช่วงค่าของข้อมูลอยู่ที่ 3.4×10^{-38} ถึง 3.4×10^{38}

char เป็นตัวแปรขนาด 8 บิต(ตัวอักษร) มีค่าของข้อมูลเป็นตัวอักษรรหัสแอสกี

void เป็นการไม่กำหนดค่าใดๆ

การคำนวณทางคณิตศาสตร์ สัญลักษณ์ในการคำนวณทางคณิตศาสตร์จะเหมือนกับที่เราเคยเรียนกันมา จะต่างเพียงบางตัวเท่านั้น เช่น ตัวหาร ในภาษาซีจะใช้เป็นเครื่องหมาย / ในการคำนวณแต่ละครั้งเราจะต้องกำหนดค่าของตัวแปรแต่ละตัวก่อนแล้วจึงนำไปคำนวณ

ตัวอย่างเช่น

```
int x, y, z; //กำหนดให้ x, y และ z เป็นตัวแปรขนาด 8 บิต
```

```
x = 10; y = 5; //กำหนดให้ x มีค่าเท่ากับ 10 และ y มีค่าเท่ากับ 5
```

```
z = x + y //ค่าของ z มีค่าเท่ากับ x+y นั่นคือ 15
```

2.7.3 การทำงานแบบมีเงื่อนไข [8]

การทำงานในลักษณะนี้จะเป็นการตรวจสอบเงื่อนไขตามที่เรที่ตั้งเอาไว้ ถ้าเป็นไปตามเงื่อนไขที่เราตั้งเอาไว้ ก็จะไปทำงานในเงื่อนไขนั้น ถ้าไม่ใช่ก็จะกระโดดข้ามไป คำสั่งในลักษณะนี้จะมีอยู่ 2 คำสั่ง คือ

คำสั่ง if...else... เป็นคำสั่งที่ทำการตรวจสอบเงื่อนไขที่เรากำหนด ถ้าเป็นจริงก็จะทำงานในปีกกาของ if แต่ถ้าไม่ใช่ก็จะทำงานในปีกกาของ else เช่น

ตัวอย่างโปรแกรมที่ 1

```
if (a=1) { //ถ้า a มีค่าเท่ากับ 1 จะทำให้ b มีค่าเท่า 2 ถ้าไม่ใช่ก็จะกระโดดข้ามไป
b = 2;
}
```


ตัวอย่างโปรแกรมที่ 2

```

if (a=1) { //ถ้า a มีค่าเท่ากับ 1 จะทำให้ b มีค่าเท่า 2
b = 2;
} else { //ถ้า a ไม่เท่ากับ 1 จะทำให้ b มีค่าเท่ากับ 0
b = 0;
}

```

ตัวอย่างโปรแกรมที่ 3

```

if (a=1) { //ถ้า a มีค่าเท่ากับ 1 จะทำให้ b มีค่าเท่า 2
b = 2;
} else if (a=2) { //ถ้า a มีค่าเท่ากับ 2 จะทำให้ b มีค่าเท่ากับ 0
b = 0;
}

```

คำสั่ง switch เป็นคำสั่งที่ใช้ตรวจสอบหลายๆ เงื่อนไขในครั้งเดียว ซึ่งถ้าเราใช้คำสั่ง if...else... อาจจะทำให้คำสั่งนั้นยาวเกินความจำเป็น ตัวอย่างเช่น

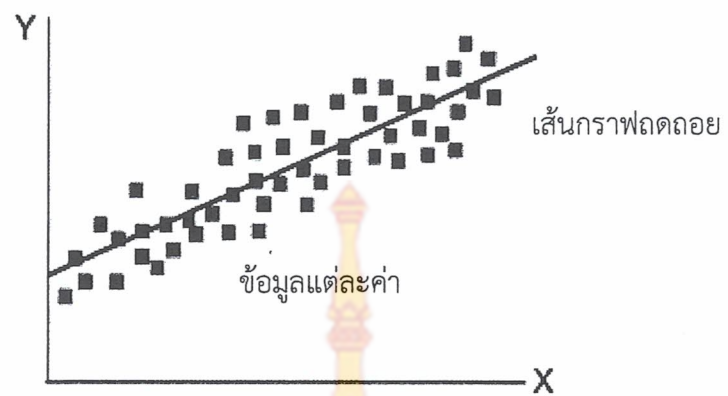
```

switch (a) { //ตรวจสอบ a
case 0 : b = 1; //ถ้า a มีค่าเท่ากับ 0 จะทำให้ b มีค่าเท่ากับ 1 แล้วจึงหยุดการทำงานด้วย
break
break;
case 1 : b = 2; //ถ้า a มีค่าเท่ากับ 1 จะทำให้ b มีค่าเท่ากับ 2 แล้วจึงหยุดการทำงาน
ด้วย break
break;
case 2 : b = 3; //ถ้า a มีค่าเท่ากับ 2 จะทำให้ b มีค่าเท่ากับ 3 แล้วจึงหยุดการทำงาน
ด้วย break
break; }

```

2.8 การวิเคราะห์การถดถอย [14]

การวิเคราะห์การถดถอยอย่างง่าย (Simple Regression Analysis) เป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 2 ตัว (ในที่นี้คือตัวแปร X และ Y) ที่มีความสัมพันธ์กันในลักษณะเชิงเส้น (Linear) โดยมีสมการถดถอยก็คือ $Y = \alpha + \beta x$ ในที่นี้ Y ก็คือค่าเฉลี่ยของ Y (ไม่ใช่ค่า Y แต่ละค่า) เนื่องจากในการวิเคราะห์การถดถอยอย่างง่ายนั้น ตัวแปร X จะถูกกำหนดค่าไว้ก่อน และค่า Y จะเปลี่ยนแปลงไปตามตัว X เนื่องจากค่า X ค่าหนึ่งจะมีค่า Y ที่เป็นคู่ของ X หลายๆค่าและเมื่อนำ X และ Y ทั้งหมดไปพล็อตบนแกน X,Y แล้วลากเส้นเชื่อมระหว่างจุดที่ปรากฏเส้นกราฟที่ได้จะเป็นเส้นตรงแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของตัวแปร X กับตัวแปร Y ซึ่งก็คือ เส้นกราฟถดถอย (Regression Line) นั่นเอง



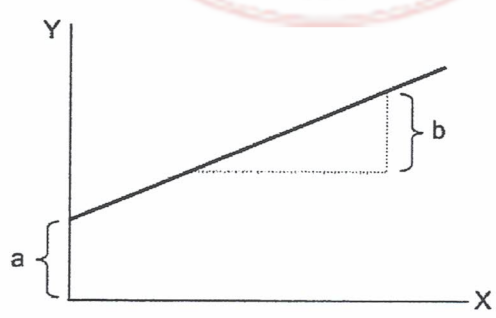
รูปที่ 2.12 การกระจายของข้อมูลและเส้นกราฟถดถอย

จากสมการเส้นตรง $Y = \alpha + \beta x$ ซึ่ง α และ β เป็นพารามิเตอร์ที่ไม่ทราบค่า จึงจะต้องประมาณค่าโดยใช้ข้อมูลจากตัวอย่าง โดยใช้วิธีที่นิยมใช้ในการประมาณค่าของ α และ β ก็คือวิธีกำลังสองน้อยที่สุด (The Least Squares Method) ซึ่งจะแทนค่าของ α และ β ด้วยค่า a และ b โดยที่ a ก็คือค่าคงที่ (Constant) เป็นค่าที่เส้นกราฟถดถอยกับแกน Y ส่วน b เป็นความชัน (Slope) ของเส้นกราฟ ซึ่งแสดงถึงอัตราการเปลี่ยนแปลงของ Y เมื่อ X เปลี่ยนแปลง เรียกส่วนนี้ว่า สัมประสิทธิ์การถดถอย (Regression Coefficient) หรือ สัมประสิทธิ์การพยากรณ์

2.8.1 สมการถดถอยอย่างง่าย เขียนได้ดังนี้

$$\begin{aligned}
 Y &= a + bx && (5) \\
 Y &= \text{ตัวแปรตาม (เนื่องจากค่าของ Y ขึ้นอยู่กับค่าของ X)} \\
 X &= \text{ตัวแปรอิสระหรือตัวแปรต้น} \\
 a &= \text{ค่าคงที่ (Constant) เป็นค่าที่ตัดกันแกน Y} \\
 b &= \text{ความชัน (Slope) ของเส้นกราฟ}
 \end{aligned}$$

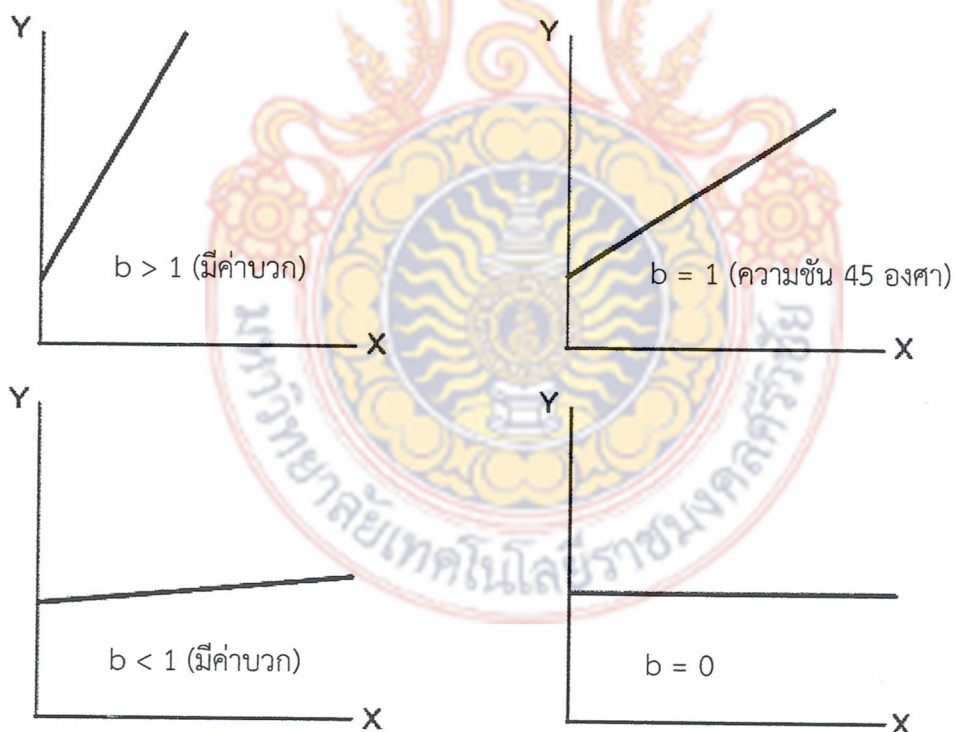
สามารถเขียนเป็นกราฟสมการเส้นตรงได้ดังนี้



รูปที่ 2.13 สมการเส้นตรงของการถดถอย

สัมประสิทธิ์การถดถอย (Regression Coefficient) หรือสัมประสิทธิ์พยากรณ์ เป็นค่าของ b ที่เป็นความชันของกราฟเส้นตรง ที่เกิดจากสมการเชิงเส้น ถ้าทราบค่าของ b และค่าของ a แล้วก็จะสามารถพยากรณ์ค่าตัวแปร Y ได้ ซึ่งสรุปได้ดังนี้

- 1) ถ้า $b > 0$ แสดงว่า X และ Y มีความสัมพันธ์กันในทิศทางเดียวกัน กล่าวคือ ถ้า X มีค่าสูงขึ้น ค่าของ Y ก็จะมีค่าสูงขึ้นตามไปด้วย
- 2) ถ้า $b < 0$ แสดงว่า X และ Y มีความสัมพันธ์กันในทิศทางตรงกันข้ามกัน กล่าวคือ ถ้า X มีค่าสูงขึ้น ค่าของ Y ก็จะต่ำลง
- 3) ถ้า b มีค่าใกล้ 0 แสดงว่า X และ Y มีความสัมพันธ์กันน้อย
- 4) ถ้า $b = 0$ แสดงว่า X และ Y ไม่มีความสัมพันธ์กันเลย เส้นกราฟที่จะได้ จะเป็นเส้นตรงค่าของ Y จะมีค่าเท่ากับค่าคงที่ (a)
- 5) ถ้า $b = 1$ แสดงว่าความชันของเส้นกราฟมีค่าเท่ากับ 45 องศา ค่า X และ Y จะมีค่าเท่ากัน ในกรณีที่ค่าคงที่ a เท่ากับศูนย์



รูปที่ 2.14 สมการเส้นตรงของการถดถอยเมื่อ b มีค่าแตกต่างกัน

2.8.2 ลักษณะของกราฟถดถอยอย่างง่าย มีดังนี้

- 1) ค่า a เป็นค่าคงที่ จะมีค่าเป็นบวก เมื่อเส้นกราฟตัดกับแกน Y เหนือเส้นแกน X ขึ้นไป หากเส้นกราฟตัดที่จุดกำเนิดหรือจุดกำเนิด $(0,0)$ ค่า a จะมีค่าเป็นศูนย์ ณ จุดที่ค่า Y จะขึ้นอยู่กับ

ผลของค่า X กับสัมประสิทธิ์การถดถอยเท่านั้น แต่ถ้าเส้นกราฟตัดกับแกน Y ต่ำกว่าเส้นแกน X ค่า a จะมีค่าเป็นลบ

2) ค่า b ที่เป็นค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยเป็นความชันของเส้นกราฟ เป็นค่าที่แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของเส้นกราฟ เมื่อตัวแปรอิสระหรือตัวแปรต้น (X) เปลี่ยนแปลงไปหนึ่งหน่วย จะทำให้ตัวแปร Y เปลี่ยนแปลงไป b หน่วย ถ้าเส้นกราฟมีความชันมาก การเปลี่ยนแปลงของตัวแปร X จะทำให้ค่าของ Y เปลี่ยนแปลงไปเป็นจำนวนมาก แต่ถ้าความชันมีค่าเท่ากับ 1 การเปลี่ยนแปลงของตัวแปร X จะส่งผลให้ค่าของ Y เปลี่ยนแปลงไปเป็นจำนวนที่เป็นสัดส่วนกับค่า X และถ้าความชันมีค่าต่ำๆ ($b < 1$) จะทำให้ค่าของ Y เปลี่ยนแปลงเป็นจำนวนน้อยกว่าค่าของ X

3) ในกรณีที่ a มีค่าเป็นศูนย์ และ b มีค่าเท่ากับ 1 เส้นกราฟจะผ่านจุดกำเนิด และความชันเป็น 45 องศา ซึ่งทำให้ค่าของ X และ Y มีค่าเท่ากัน

4) ถ้าเป็นกราฟชี้ไปทางควอดแรนท์ที่ 1 (Q1) ค่า b จะมีค่าเป็นบวก แต่ถ้าเส้นกราฟชี้ไปทางควอดแรนท์ที่ 2 (Q2) ค่า b จะมีค่าเป็นลบ

2.8.3 สมการถดถอยอย่างง่าย

สมการถดถอยอย่างง่าย สมการหาค่าของ a และ b ได้จากสูตรนี้

$$a = \bar{Y} - b\bar{X} \quad (6)$$

$$b = \frac{\sum xy}{\sum x^2} \quad (7)$$

เมื่อ

a	=	ค่าคงที่ของสมการถดถอยอย่างง่าย
b	=	สัมประสิทธิ์การถดถอยหรือสัมประสิทธิ์การพยากรณ์
\bar{X}	=	มัธยิมเลขคณิตของตัวแปรอิสระหรือตัวแปรต้น
\bar{Y}	=	มัธยิมเลขคณิตของตัวแปรตาม
x	=	ค่าเบี่ยงเบนจากมัธยิมเลขคณิตของตัวแปรอิสระหรือตัวแปรต้น มีค่าเท่ากับ $x - \bar{X}$
y	=	ค่าเบี่ยงเบนจากมัธยิมเลขคณิตของตัวแปรตาม มีค่าเท่ากับ $y - \bar{Y}$

ข้อตกลงเบื้องต้นในการวิเคราะห์การถดถอยอย่างง่าย มีดังนี้

1) ตัวแปรอิสระหรือตัวแปรต้น (X) และตัวแปรตาม (Y) มีความสัมพันธ์กันในแบบเชิงเส้นตามสมการเส้นตรงก็คือ $Y = \alpha + \beta x$

2) ตัวแปรตามต้องเป็นข้อมูลชนิดต่อเนื่อง ในขณะที่ตัวแปรอิสระหรือตัวแปรต้น จะต้องเป็นตัวแปรที่ผู้วิจัยสามารถกำหนดค่าได้ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงของค่า X จะทำให้ค่าของ Y ที่เกิดจากการสุ่มเปลี่ยนแปลงไป

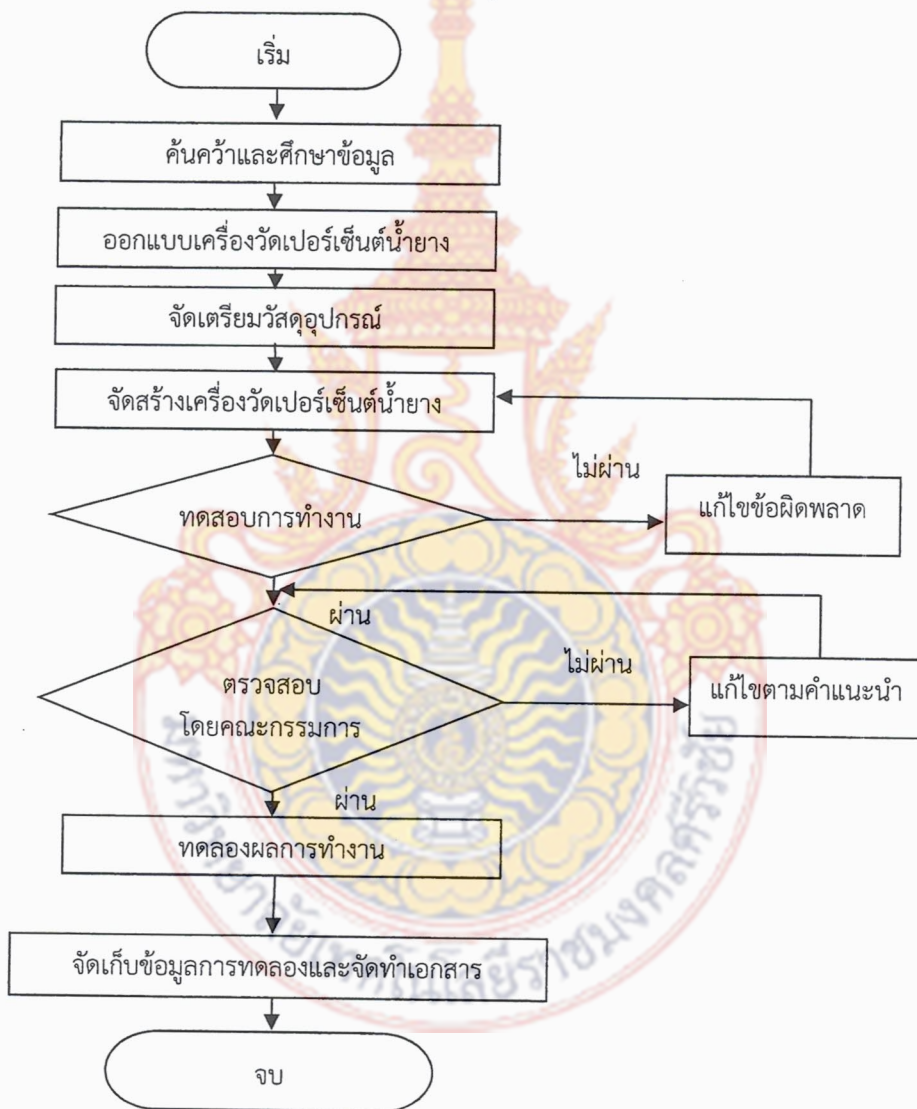
3) ความแปรปรวนของ Y สำหรับแต่ละค่าของ X ที่กำหนด จะต้องมามีค่าเท่ากัน คุณสมบัติข้อนี้ของการวิเคราะห์การถดถอย เรียกว่า Homoscedasticity



บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน

3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

ในการดำเนินงานได้จัดทำรูปแบบในการทำงาน โดยการทำงานในแต่ละบล็อกจะแสดงผลตามขั้นตอนการทำงานดังที่ได้แสดงไว้ในแผนผังการทำงาน ดังรูปที่ 3.1

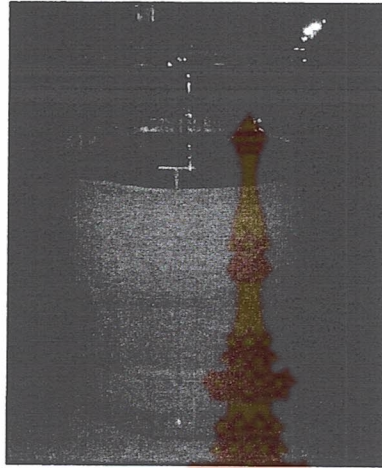


รูปที่ 3.1 แผนผังขั้นตอนการดำเนินงาน

3.2 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.2.1 วัสดุและอุปกรณ์

1) น้ำยาง ในการวิจัยครั้งนี้ น้ำยางที่ใช้ในการวิจัยเป็นน้ำยางที่มีค่าเปอร์เซ็นต์ทั้งที่แตกต่างกันและเหมือนกัน



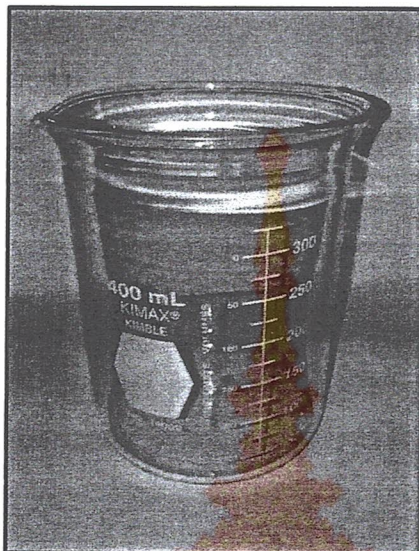
รูปที่ 3.2 น้ำยาง

2) แผ่นสแตนเลส ในการวิจัยครั้งนี้แผ่นสแตนเลสที่ใช้จะต้องมีขนาดกว้าง 100 เมตร ยาว 100 เมตร



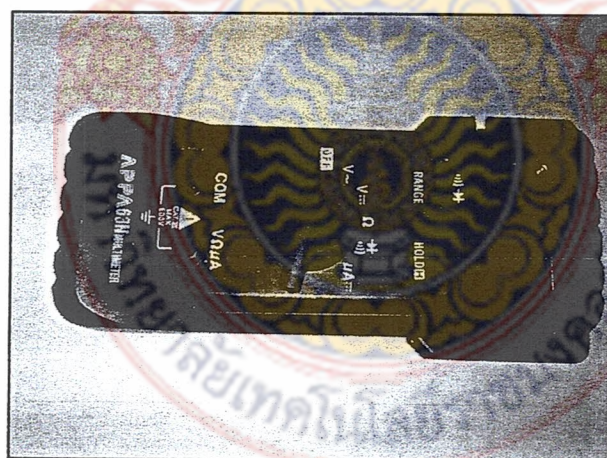
รูปที่ 3.3 แผ่นสแตนเลส

3) ปีกเกอร์ ในการวิจัยครั้งนี้ใช้ปีกเกอร์ที่ใช้มีขนาด 400 มล.



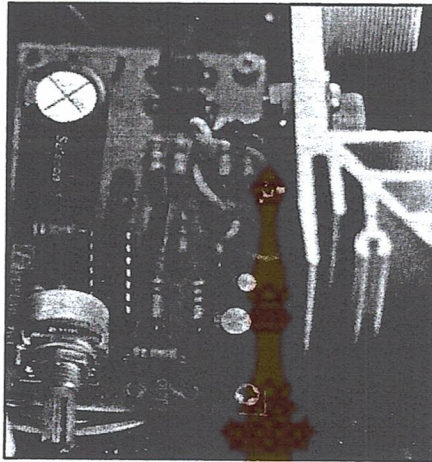
รูปที่ 3.4 ปีกเกอร์

4) มัลติมิเตอร์ ในการวิจัยครั้งนี้ใช้มัลติมิเตอร์ที่มีย่านวัด แอมมิเตอร์ (Ammeter) โวลต์มิเตอร์ (Voltmeter) และโอห์มมิเตอร์ (Ohmmeter) ที่



รูปที่ 3.5 มัลติมิเตอร์

5) วงจรจ่ายไฟกระแสตรง ในการวิจัยครั้งนี้วงจรที่ใช้จ่ายไฟกระแสตรงสองส่วนคือ ส่วนที่มีแรงดันออกมา 5 โวลต์ และส่วนที่มีแรงดันออกมา 12 โวลต์



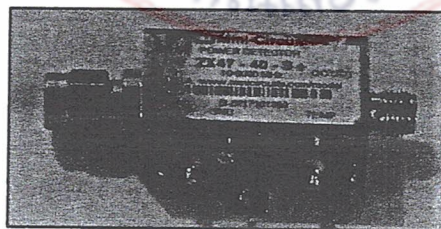
รูปที่ 3.6 วงจรจ่ายไฟกระแสตรง

6) ตัวส่งคลื่นไมโครเวฟ ในการวิจัยครั้งนี้ใช้ตัวส่งคลื่นไมโครเวฟ รุ่น ZX95-2800-S+ ทำหน้าที่ผลิตความถี่แล้วส่งคลื่นสัญญาณในย่านความถี่ที่สามารถควบคุมได้ว่าต้องการให้มีความถี่ออกมาในความถี่ใดโดยที่ความถี่แต่ละความถี่จะมีความเข้มของสัญญาณไม่เท่ากัน



รูปที่ 3.7 ตัวส่งคลื่นไมโครเวฟ รุ่น ZX95-2800-S+

7) ตัวรับคลื่นไมโครเวฟ ในการวิจัยครั้งนี้ใช้ตัวรับคลื่นไมโครเวฟ รุ่น ZX47-40-S+ ทำหน้าที่รับสัญญาณแล้วทำการเปลี่ยนค่าของความเข้มของสัญญาณเป็นแรงดันออกมา



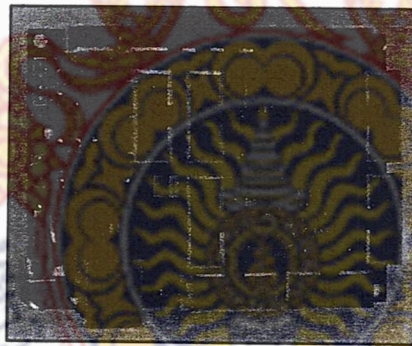
รูปที่ 3.8 ตัวรับคลื่นไมโครเวฟ รุ่น ZX47-40-S+

8) สายอากาศ ในการวิจัยครั้งนี้สายอากาศที่ใช้คือสายอากาศร่อนหกเหลี่ยมด้านเท่า



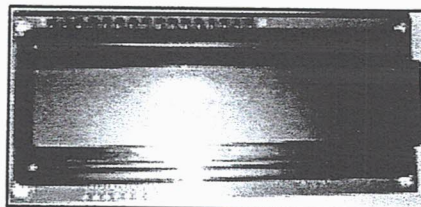
รูปที่ 3.9 สายอากาศ

9) บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ในการวิจัยครั้งนี้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้เป็นเบอร์ PIC8722 ใช้ในการควบคุมส่วนต่างๆ โดยการเขียนโปรแกรม



รูปที่ 3.10 บอร์ด PIC8722

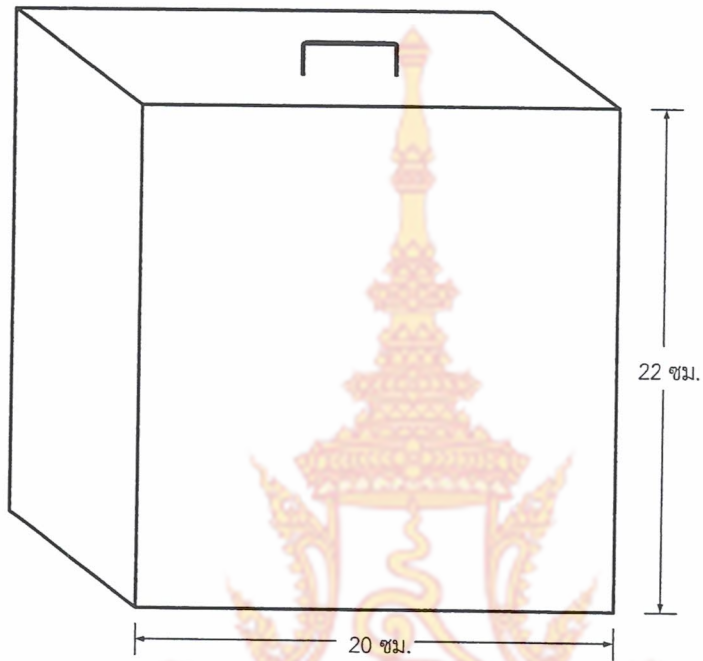
10) จอแอลซีดี ในการวิจัยครั้งนี้ใช้จอแอลซีดีที่มีขนาด 16 คูณ 2 บรรทัด



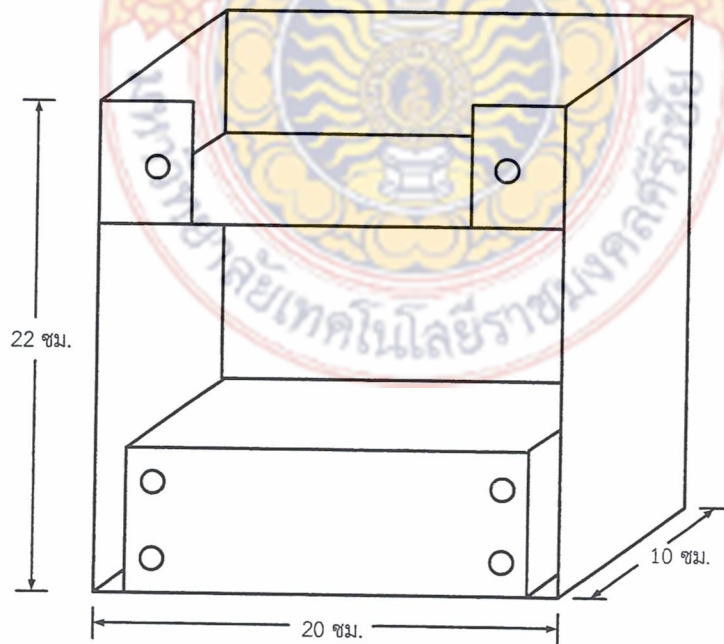
รูปที่ 3.11 จอแอลซีดี

3.2.2 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1) การออกแบบกล่องใส่น้ำยาง

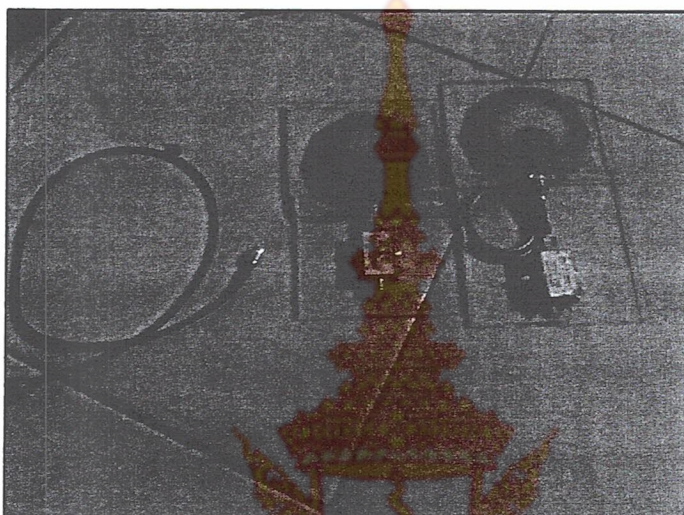


รูปที่ 3.12 การออกแบบกล่องด้านหน้า



รูปที่ 3.13 การออกแบบกล่องด้านหลัง

เมื่อออกแบบแล้วจะต้องนำตัวส่งคลื่นไมโครเวฟ รุ่น ZX95-2800-S+ และ ตัวรับคลื่นไมโครเวฟ รุ่น ZX47-40-S+ ใส่ไว้ด้านในโดยใช้แผ่นอะคริลิกเป็นตัวช่วยยึดโดยในการยึดจะใช้เนื้อยึดตัวอุปกรณ์ให้ติดกับแผ่นอะคริลิกดังรูปที่ 3.14



รูปที่ 3.14 แผ่นอะคริลิกยึดตัวส่งกับตัวรับคลื่นไมโครเวฟ

จากนั้นทำการต่อสายไฟให้กับตัวส่งคลื่นไมโครเวฟ รุ่น ZX95-2800-S+ และ ตัวรับคลื่นไมโครเวฟ รุ่น ZX47-40-S+ โดยในการต่อสายจะทำการบัดกรีโดยจะเริ่มจากการต่อ ขั้วไฟฟ้าก่อนแล้วจึงทำการต่อ Vtune ของตัวส่งคลื่นไมโครเวฟ รุ่น ZX95-2800-S+



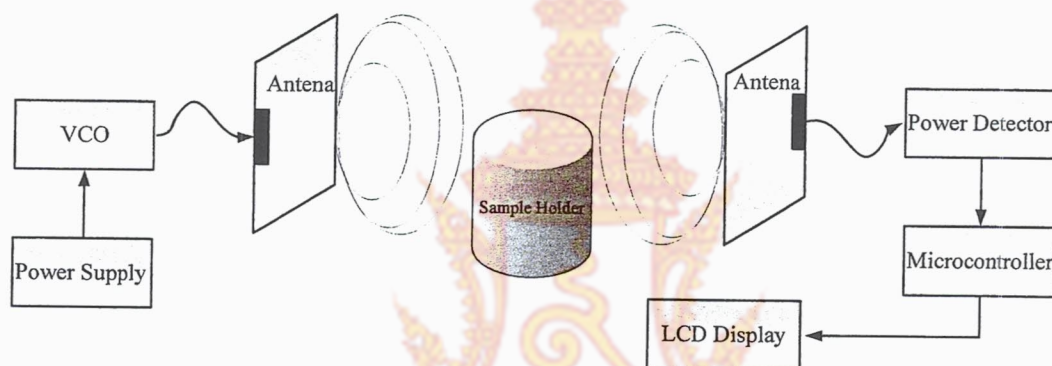
รูปที่ 3.15 การต่อสายไฟให้กับตัวส่งคลื่นไมโครเวฟและตัวรับคลื่นไมโครเวฟ

การต่ออุปกรณ์ตัวส่งคลื่นไมโครเวฟ รุ่น ZX95-2800-S+ และ ตัวรับคลื่นไมโครเวฟ รุ่น ZX47-40-S+ จะต้องมีการตรวจสอบให้ดีว่าสายไฟที่ต่อไปไม่มีรอยร้าวหรือรอยขาด

หลังจากนั้นก็ทำการนำตัวส่งคลื่นไมโครเวฟ รุ่น ZX95-2800-S+ และ ตัวรับคลื่นไมโครเวฟ รุ่น ZX47-40-S+ ไปไว้ด้านในแล้วทำการปิดฝาหลังแล้วทำการปิดด้วย Aluminum Foil เพื่อกันไม่ให้สัญญาณออกมาได้

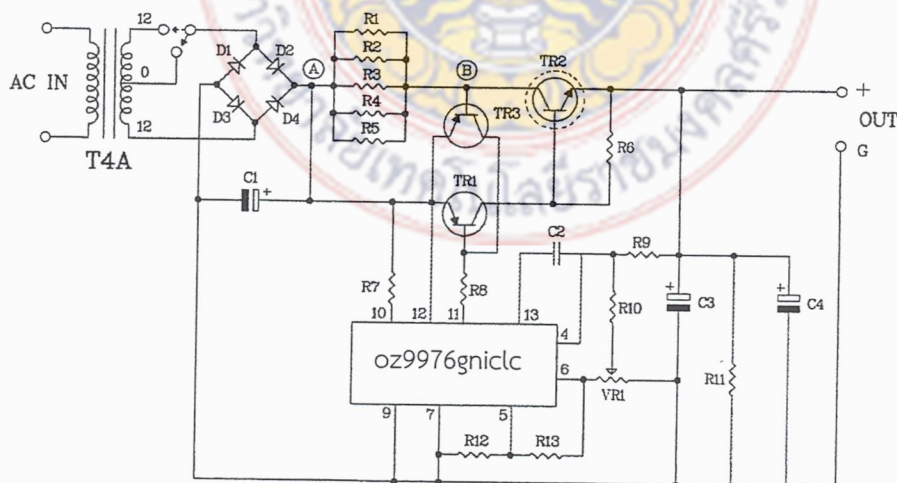
2) การออกแบบและสร้างเครื่องวัด

การออกแบบโครงสร้างโดยออกแบบให้มีส่วนประกอบหลักๆ ดังบล็อกไดอะแกรม

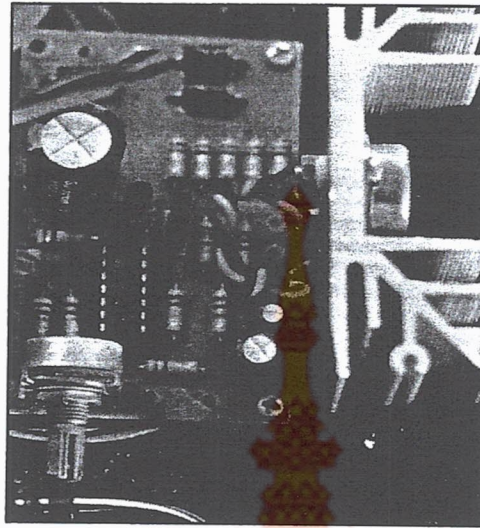


รูปที่ 3.16 บล็อกไดอะแกรมโครงสร้าง

- การประกอบต่อภาคจ่ายไฟ โดยจะแบ่งออกเป็นสองส่วนคือภาคจ่ายไฟ 5V โดยใช้แอดปเตอร์ 5 โวลต์เป็นตัวจ่ายไฟ 5 โวลต์ กับภาคจ่ายไฟที่สามารถปรับค่าได้

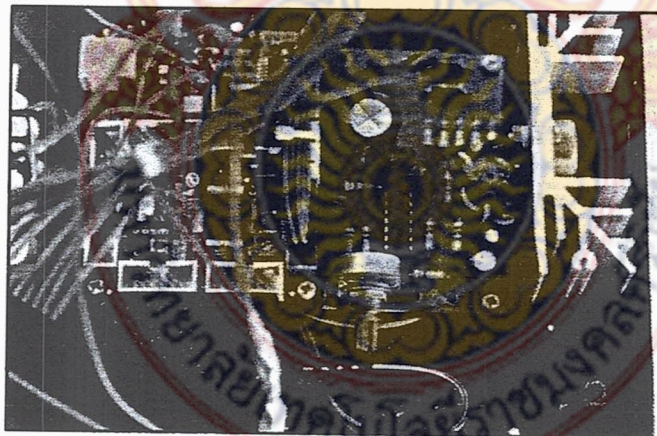


รูปที่ 3.17 วงจรภาคจ่ายไฟ



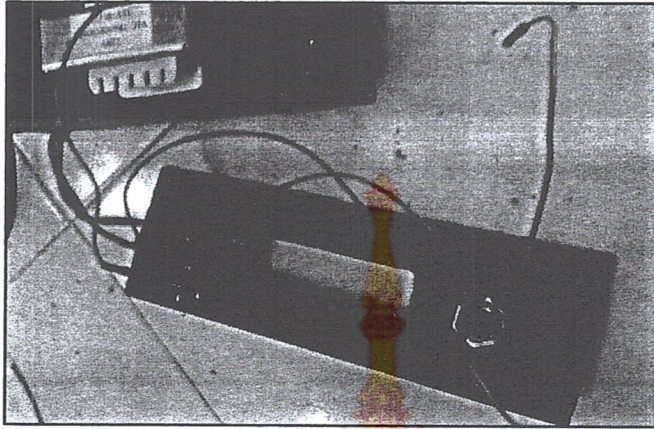
รูปที่ 3.18 ภาคจ่ายไฟ

- การประกอบบอร์ดคอนโทรลเลอร์โดยต่อแหล่งจ่ายไฟจากแหล่งจ่ายไฟ 5 V ให้เป็นแหล่งจ่าย แล้วทำการต่อสายไฟยูงอุปกรณ์ต่างๆ เช่น ต่อไปยังจอสแอลซีดี สวิตช์กดติบปล่อยตัวรวบทั้งตัวส่งคลื่นไมโครเวฟ รุ่น ZX95-2800-S+ และ ตัวรับคลื่นไมโครเวฟ รุ่น ZX47-40-S+



รูปที่ 3.19 บอร์ดคอนโทรลเลอร์

- การประกอบจอสแอลซีดี สวิตช์ และ แอลอีดี โดยทำการเจาะกรอบให้เป็นรูแล้วทำการใส่เข้าไปแล้วทำการติดกาวที่กรอบกับ จอสแอลซีดี สวิตช์ และ แอลอีดี จากนั้นจึงทำการบัดกรีสายไฟ



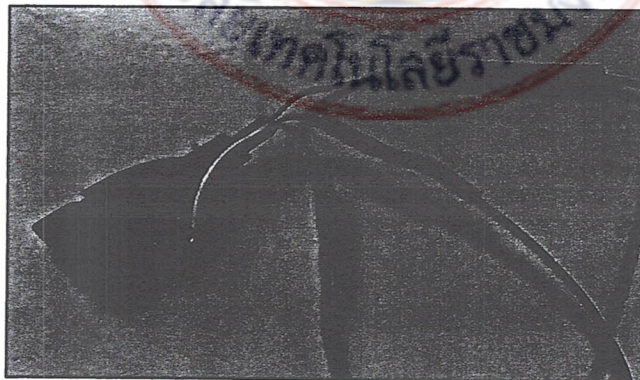
รูปที่ 3.20 การประกอบสวิตช์และแอลอีดี



รูปที่ 3.21 การประกอบจอแอลซีดี

ใส่เข้าไป

- ประกอบช่องเสียบ USB ดังรูปที่ 3.22 โดยทำการเจาะกรอบให้เป็นรูแล้วทำการ



รูปที่ 3.22 การประกอบช่องเสียบ USB

3.3 การเก็บข้อมูล

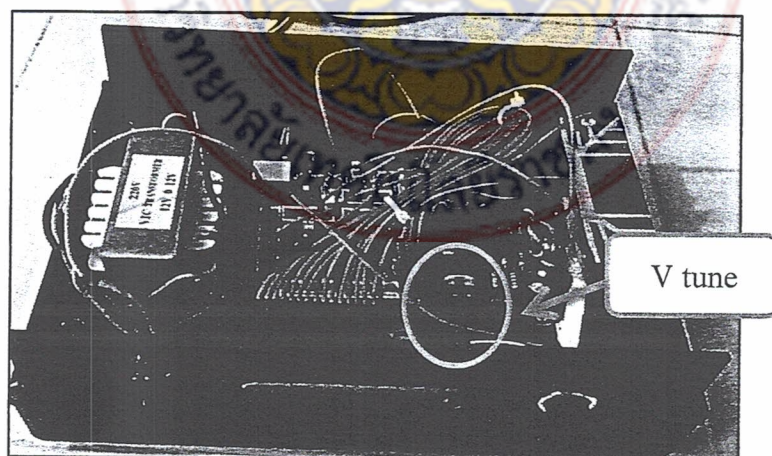
การเก็บข้อมูลเป็นการเก็บสถิติในการวัดเปอร์เซ็นต์น้ำยางเทียบกับค่าบิตที่เครื่องวัดได้โดยมีวิธีการเก็บดังนี้

3.3.1 ปรับค่าความถี่ที่ต้องการโดยการปรับค่าแรงดัน tune ตามตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ค่าแรงดัน tune

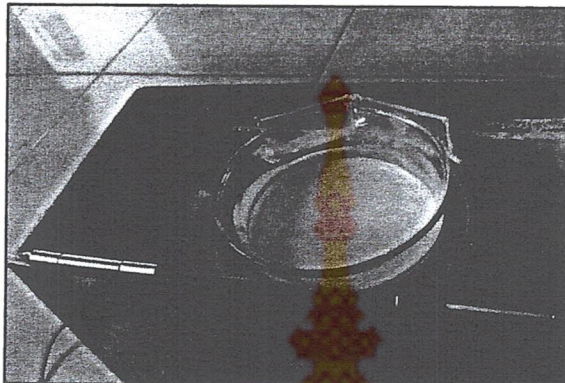
V tune (v)	Frequency (GHz)
5.0	1.6
6.5	1.7
7.5	1.8
8.5	1.9
9.5	2.0
10.5	2.1
11.5	2.2
12.5	2.3
14.5	2.4
15.5	2.5

3.3.2 ทำการปรับแรงดัน V tune ให้ได้ความถี่ที่ 2.4 GHz



รูปที่ 3.23 การปรับ V tune

3.3.3 ทำการเทียบค่าเปอร์เซ็นต์น้ำยางแห้งกับค่าบิตโดยใช้ปริมาณน้ำยาง 350 มล.



รูปที่ 3.24 ปริมาณน้ำยาง 350 มล.

การเก็บข้อมูลของค่าบิตในการวิจัยครั้งนี้จะใช้ปริมาณน้ำยาง 350 มล. แล้วจึงนำค่าบิตมาเปรียบเทียบกับค่าเปอร์เซ็นต์น้ำยางแห้งโดยการอบแห้งดังรูปที่ 3.15 เมื่อทำการเปรียบเทียบกับรูปที่ 3.16 ผลจะได้ว่าเมื่อค่าบิต 64 บิต จะได้ค่าเปอร์เซ็นต์น้ำยางแห้ง 30 เปอร์เซ็นต์

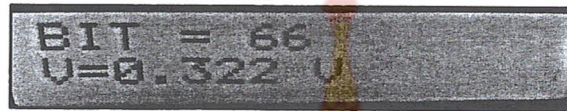


รูปที่ 3.25 ค่าบิต 64 บิต

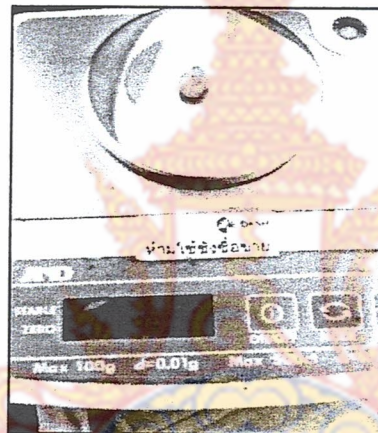


รูปที่ 3.26 ค่าเปอร์เซ็นต์น้ำยางแห้ง 30 เปอร์เซ็นต์

การเปรียบเทียบค่าบิตกับค่าเปอร์เซ็นต์น้ำยางแห้งโดยการอบแห้งของรูปที่ 3.17 เมื่อทำการเปรียบเทียบกับรูปที่ 3.18 ผลจะได้ว่าเมื่อค่าบิต 66 บิต จะได้ค่าเปอร์เซ็นต์น้ำยางแห้ง 32 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 3.27 ค่าบิต 66 บิต

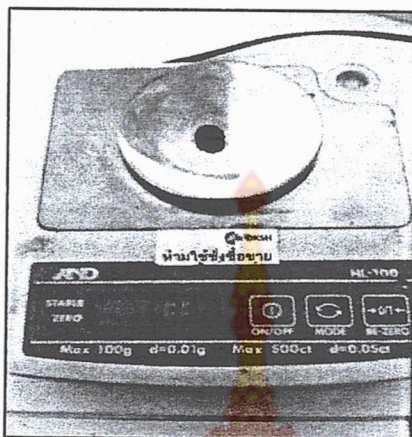


รูปที่ 3.28 ค่าเปอร์เซ็นต์น้ำยางแห้ง 32 เปอร์เซ็นต์

การเปรียบเทียบค่าบิตกับค่าเปอร์เซ็นต์น้ำยางแห้งโดยการอบแห้งของรูปที่ 3.19 เมื่อทำการเปรียบเทียบกับรูปที่ 3.20 ผลจะได้ว่าเมื่อค่าบิต 67 บิต จะได้ค่าเปอร์เซ็นต์น้ำยางแห้ง 33 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นจากข้อมูลที่ได้ว่าถ้าค่าบิต 64 บิต จะได้ค่าเปอร์เซ็นต์น้ำยางแห้ง 30 เปอร์เซ็นต์ และ หากมีค่าบิต 66 บิต จะได้ค่าเปอร์เซ็นต์น้ำยางแห้ง 32 เปอร์เซ็นต์และหากมีค่าบิต 67 บิต จะได้ค่าเปอร์เซ็นต์น้ำยางแห้ง 33 เปอร์เซ็นต์ ฉะนั้นจึงสามารถที่จะพยากรณ์ได้ว่าหากเครื่องวัดสามารถวัดค่าบิตได้ 63 บิต ก็จะได้ค่าเปอร์เซ็นต์น้ำยางแห้ง 29 เปอร์เซ็นต์

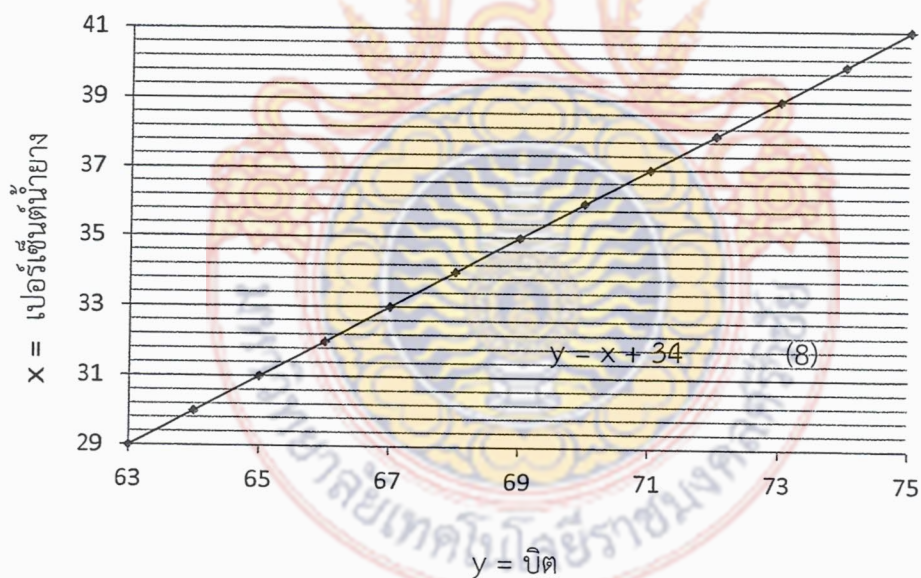


รูปที่ 3.29 ค่าบิต 67 บิต



รูปที่ 3.30 ค่าเปอร์เซ็นต์น้ำยางแห้ง 33 เปอร์เซ็นต์

ดังนั้นความสัมพันธ์ระหว่างแกน x และ y โดยแกน x คือค่าเปอร์เซ็นต์น้ำยางแห้ง แกน y คือค่าบิต จึงทำให้เกิดสมการ $y = 1x + 34$ ขึ้น



รูปที่ 3.31 การเปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นต์น้ำยางแห้งกับค่าบิต

3.4 การนำข้อมูลมาเขียนโปรแกรม

เริ่มจากการนำสมการที่ได้มาทำการเขียนโปรแกรมแล้วทำการโปรแกรมลงไปในบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยจะดำเนินการดังนี้

3.4.1 ทำการเขียนโปรแกรมโดยใช้โปรแกรม CCS โปรแกรมที่เขียนจะอยู่ในภาคผนวก ข.



รูปที่ 3.32 โปรแกรม CCS

3.4.2 จากนั้นทำการเบิร์นโปรแกรมที่เขียนแล้วโดยใช้ PICkit 2 v2.61 และ ชุตเบิร์นโปรแกรม



รูปที่ 3.33 โปรแกรม PICkit 2 v2.61



รูปที่ 3.34 ชุตเบิร์นโปรแกรม

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.5.1 วิเคราะห์การวัดปริมาณเนื้อยางแห้งในน้ำยางว่าได้เปอร์เซ็นต์ตั้งแต่เท่าไรขึ้นไป

3.5.2 วิเคราะห์ว่าการแสดงค่าผ่านจอ LCD จะต้องทำอย่างไร

3.5.3 วิเคราะห์ว่าบอกค่าปริมาณเนื้อยางแห้งในน้ำยางใช้เวลาานเท่าไร และการวัดแบบอบแห้งจะใช้เวลาานเท่าไร

3.5.4 หาค่าความผิดพลาดโดยใช้สูตร

$$\text{ค่าความผิดพลาด} = \text{ค่าที่ได้จากการอบแห้ง} - \text{ค่าที่ได้จากการคำนวณ} \quad (8)$$

3.5.5 หาค่าความถูกต้องหรือความแม่นยำได้จาก

$$\text{ค่าความแม่นยำ} = 1 - \% \text{Error} \quad (9)$$

3.5.6 หาค่าความเที่ยงตรงได้จาก

$$\text{ค่าความเที่ยงตรง} = 1 - \left[\frac{X_n - \bar{X}_n}{X_n} \right] \quad (10)$$

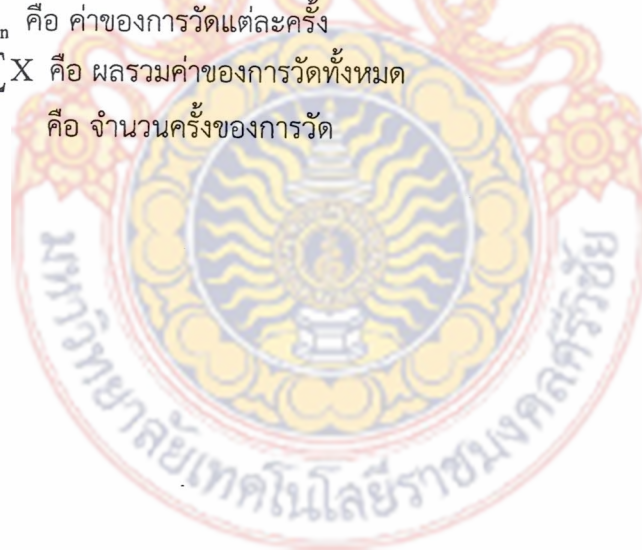
$$\text{โดยที่ } \bar{X}_n = \frac{\sum X}{n} \quad (11)$$

เมื่อ \bar{X}_n คือ ค่าเฉลี่ยของการวัด

X_n คือ ค่าของการวัดแต่ละครั้ง

$\sum X$ คือ ผลรวมค่าของการวัดทั้งหมด

n คือ จำนวนครั้งของการวัด

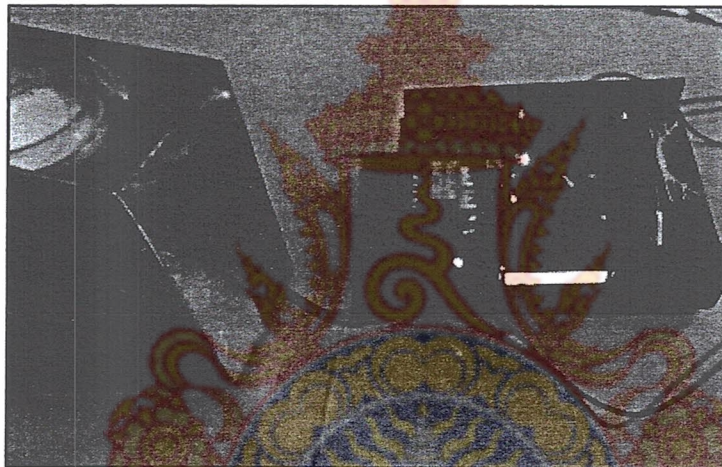


บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน

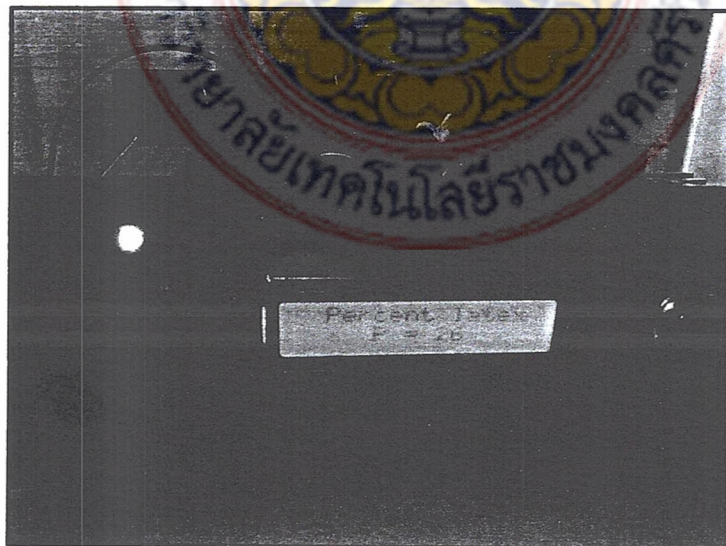
ในการศึกษาและวิจัยเพื่อสร้างเครื่องวัดปริมาณเนื้องอกแห้งในน้ำยางโดยใช้ย่านความถี่ 2.4 จิกะเฮิรซ์ สามารถสรุปผลการดำเนินงานได้ดังนี้

4.1 ผลการทดสอบการทำงาน

4.1.1 ออกแบบและสร้างเครื่องวัดปริมาณเนื้องอกแห้งในน้ำยางโดยใช้ย่านความถี่ 2.4 จิกะเฮิรซ์ สามารถแสดงผลจำนวนเปอร์เซ็นต์ของน้ำยางเป็นตัวเลขดิจิทัล ด้วยหน้าจอแอลซีดี ดังรูปที่ 4.1-4.2 ตามลำดับ

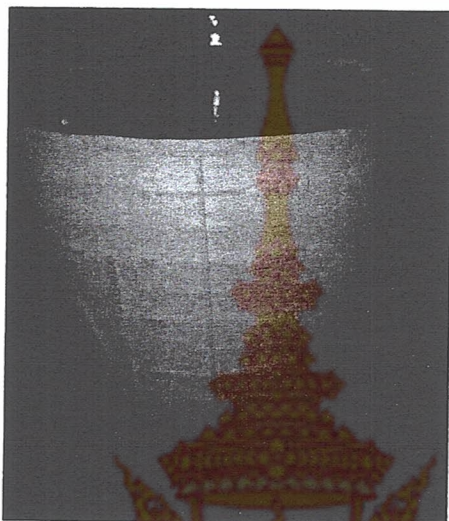


รูปที่ 4.1 อุปกรณ์เครื่องวัดปริมาณเนื้องอกแห้งในน้ำยาง



รูปที่ 4.2 หน้าจอแสดงผลเครื่องวัดปริมาณเนื้องอกแห้งในน้ำยาง

4.1.2 ในการทดลองแต่ละครั้ง ต้องใช้ปริมาณน้ำยางจำนวน 350 มิลลิลิตร นำไปใส่ในบีกเกอร์ ขนาด 400 มิลลิลิตร ดังรูปที่ 4.3 หลังจากนั้นนำไปใส่ในกล่องรองรับ ดังรูปที่ 4.4

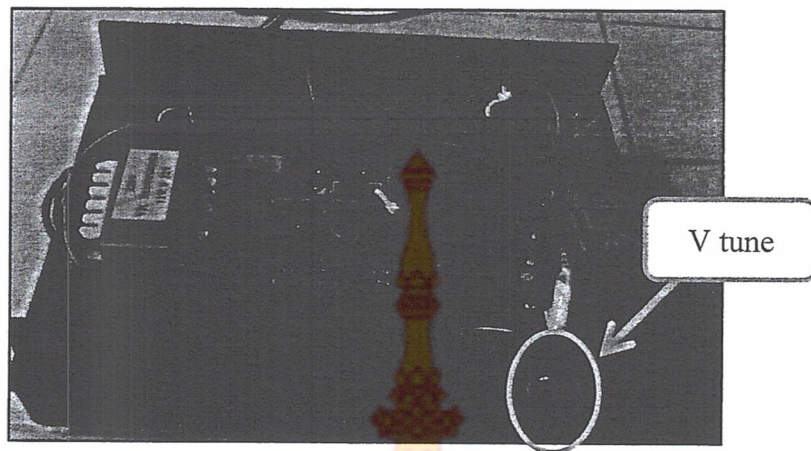


รูปที่ 4.3 น้ำยางในปริมาณ 350 มิลลิลิตร



รูปที่ 4.4 กล่องสำหรับใส่บีกเกอร์ ขนาด 400 มิลลิลิตร

4.1.3 เครื่องมือวัดปริมาณเนื้อยางแห้งในน้ำยางโดยใช้ย่านความถี่ 2.4 จิกะเฮิรซ์ ซึ่งได้นำเอาสายอากาศแบบร่องหกเหลี่ยมด้านเท่าที่ป้อนด้วยสายนำสัญญาณระนาบร่วมแบบแถบความถี่กว้าง [6] มาใช้งาน สำหรับการส่งผ่านคลื่นความถี่ไมโครเวฟผ่านน้ำยางในปริมาณ 350 มิลลิลิตร อีกทั้ง หากความถี่มีการเปลี่ยนไป สามารถปรับค่าความถี่ได้ที่ปุ่ม V-tune ดังรูปที่ 4.5 เนื่องจากความถี่ที่ต่ำกว่า จะไม่สามารถส่งคลื่นความถี่ไมโครเวฟผ่านในน้ำยางได้



รูปที่ 4.5 ปุ่มปรับค่าความถี่ (V tune)

4.1.4 เครื่องมือวัดปริมาณเนื้อยางแห้งในน้ำยางโดยใช้ย่านความถี่ 2.4 จิกะเฮิรซ์ สามารถวัดเปอร์เซ็นต์ของน้ำยางได้ตั้งแต่ 29 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นไป

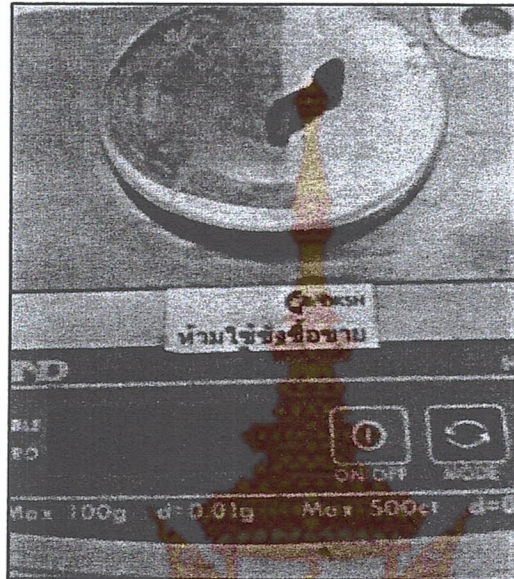


รูปที่ 4.6 จำนวนปริมาณเปอร์เซ็นต์ของน้ำยางต่ำสุดที่เครื่องสามารถวัดได้

ผลของงานวิจัยเพื่อสร้างเครื่องวัดปริมาณเนื้อยางแห้งในน้ำยางโดยใช้ย่านความถี่ 2.4 จิกะเฮิรซ์ สามารถนำงานวิจัยนี้ไปใช้งานได้จริงในชีวิตประจำวัน และสามารถสรุปประสิทธิภาพของเครื่องได้ดังนี้

- สามารถวัดปริมาณเนื้อยางแห้งในน้ำยางได้ตั้งแต่ 29 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป
- สามารถแสดงค่าเป็นตัวเลขดิจิทัลผ่านจอแอลซีดีได้
- บอกค่าปริมาณเนื้อยางแห้งในน้ำยางได้ภายใน 1 นาที
- มีค่าความผิดพลาดที่มีค่า ± 1 เปอร์เซ็นต์ (ไม่ส่งผลกระทบต่อราคาการรับซื้อของผู้รับซื้อน้ำยาง)
- มีค่าความแม่นยำสูง
- มีค่าความเที่ยงตรงสูง

4.2 ผลการวิเคราะห์



รูปที่ 4.7 การวัดค่าปริมาณเนื้อยางแห้งในน้ำยางแบบอบแห้ง 30 เปอร์เซ็นต์

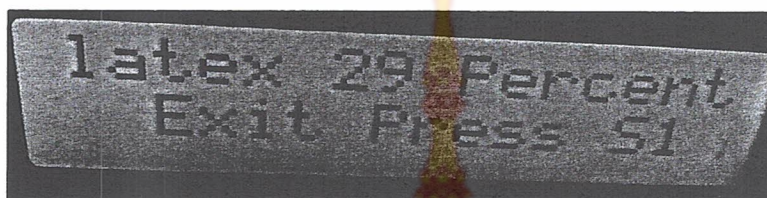


รูปที่ 4.8 การวัดค่าปริมาณเนื้อยางแห้งในน้ำยางแบบอบแห้ง 28 เปอร์เซ็นต์

4.2.1 สามารถวัดปริมาณเนื้อยางแห้งในน้ำยางได้ตั้งแต่ 29 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป

ทำการทดลองวัดปริมาณเนื้อยางแห้งในน้ำยาง โดยการวัดค่าปริมาณเนื้อยางแห้งในน้ำยางจากเครื่องวัดฯ เปรียบเทียบกับการวัดค่าปริมาณเนื้อยางแห้งในน้ำยางแบบอบแห้ง ดังรูปที่ 4.7 และ 4.8 ซึ่งสามารถวัดปริมาณเนื้อยางแห้งในน้ำยางได้ตั้งแต่ 29 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป เพราะหากมีค่าต่ำ

กว่านี้จะส่งผลทำให้เครื่องวัด มีความผิดพลาดเกิดขึ้น (ปริมาณเปอร์เซ็นต์สำหรับการรับซื้อน้ำยาง มีค่าตั้งแต่ 30 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป) นอกจากแสดงค่าปริมาณเปอร์เซ็นต์แล้ว หน้าจอของเครื่องวัดฯ สามารถแสดงข้อความสำหรับการออกจากหน้าจอ เพื่อทำการวัดฯ ใหม่อีกครั้ง โดยการกดปุ่ม S1 (switch 1) แสดงดังรูปที่ 4.9 - 4.11 ตามลำดับ



รูปที่ 4.9 หน้าจอแสดงผลเครื่องวัดปริมาณเนื้อยางแห้งในน้ำยาง 29 เปอร์เซ็นต์

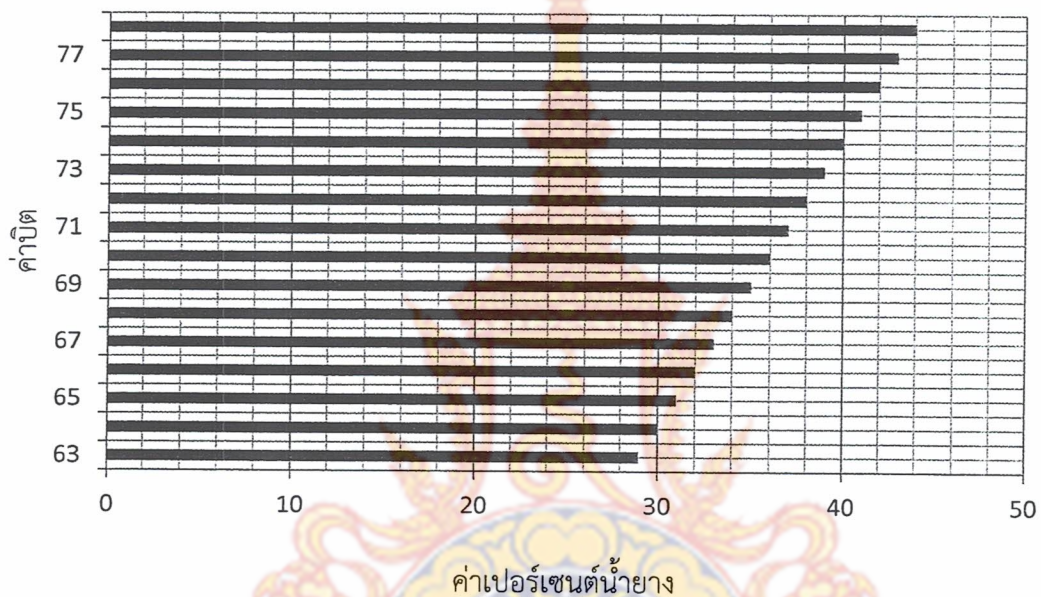


รูปที่ 4.10 หน้าจอแสดงผลเครื่องวัดปริมาณเนื้อยางแห้งในน้ำยาง 30 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 4.11 ด้านหน้าของเครื่องวัดปริมาณเนื้อยางแห้งในน้ำยาง

จากรูปที่ 4.12 แสดงค่าจำนวนเปอร์เซ็นต์เปรียบเทียบค่าบิตที่จะนำไปเขียนโปรแกรมแสดงผลที่หน้าจอแอลอีดี โดยค่าบิตที่ต่ำสุดที่สามารถวัดได้คือ 63 บิต มีค่าเปอร์เซ็นต์เท่ากับจำนวนเปอร์เซ็นต์ของเครื่องที่ต่ำสุดที่สามารถวัดได้คือ 29 เปอร์เซ็นต์ และ ค่าบิตที่สูงที่สุดที่สามารถวัดได้คือ 78 บิต มีค่าเปอร์เซ็นต์เท่ากับจำนวนเปอร์เซ็นต์สูงสุดของเครื่องที่สามารถวัดได้คือ 44 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 4.12 จำนวนเปอร์เซ็นต์ต่ำสุดและสูงสุดของเครื่องวัดฯ เปรียบเทียบกับค่าบิต

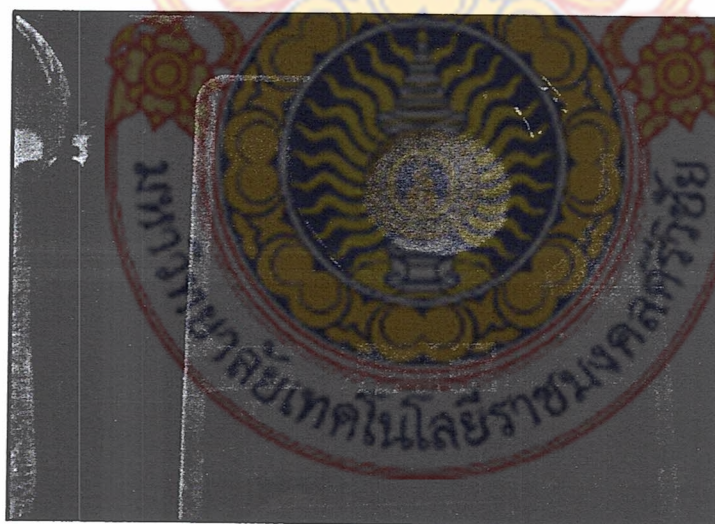
4.2.2 สามารถบอกค่าเปอร์เซ็นต์ปริมาณเนื้อยางแห้งในน้ำยางได้รวดเร็วกว่าวิธีการอบแห้ง ซึ่งเครื่องวัดฯ สามารถแสดงค่าเปอร์เซ็นต์ปริมาณเนื้อยางแห้งในน้ำยางได้ภายใน 1 นาที แต่การวัดเปอร์เซ็นต์ปริมาณเนื้อยางแห้งในน้ำยางแบบอบแห้งจะใช้เวลาเฉลี่ยประมาณ 10 นาที แสดงดังตารางที่ 4.1 เพราะในการอบแห้งมีขั้นตอนในการหาค่าปริมาณเนื้อยางแห้งในน้ำยางหลายขั้นตอนกว่าจะสามารถแสดงค่าเปอร์เซ็นต์ได้ กล่าวคือ นำน้ำยางใส่ในจาน จำนวน 1 กรัม ซึ่งกว่าจะชั่งได้ต้องใช้เวลานาน เพราะต้องให้ได้ค่าที่เท่ากับ 1 กรัมเท่านั้น หลังจากนั้นนำไปอบแห้งโดยเครื่องอบไมโครเวฟ ใช้เวลาในการอบประมาณ 5 นาที รอจนยางที่อบแห้งแล้วมีอุณหภูมิปกติ (อุณหภูมิห้อง) น้ำยางที่แห้งแล้วออกจากจานแล้วนำไปชั่งอีกครั้ง เพื่อทำการเปรียบเทียบกับค่า 1 กรัม นำหนักที่ได้ก็คือค่าปริมาณเนื้อยางแห้งในน้ำยางแสดงดังรูปที่ 4.13 - รูปที่ 4.15 ตามลำดับ

จากการใช้ระยะเวลาในการอบแห้งดังกล่าว แสดงให้เห็นว่าแบบอบแห้งจำเป็นต้องใช้เวลานาน แตกต่างกับการวัดโดยใช้เครื่องวัดฯ เพราะในการใช้เครื่องวัดฯ เพียงแค่เอาน้ำยางใส่ลงในปีกเกอร์แล้วนำปีกเกอร์ไปใส่ในกล่องเครื่องวัดฯ จากนั้นทำการกดสวิทช์เปิดเครื่องให้ทำงาน แล้วทำการกด S1 ค่าเปอร์เซ็นต์ปริมาณเนื้อยางแห้งในน้ำยางก็จะแสดงออกมาในจอแอลซีดีทันที

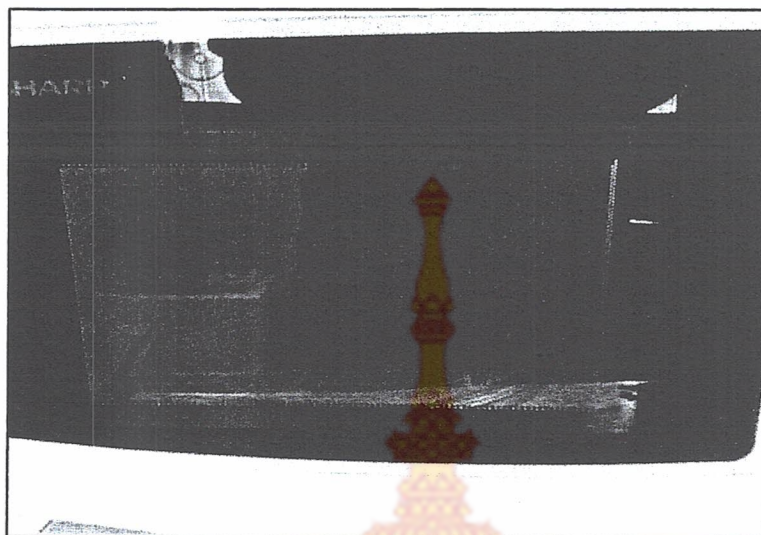
ดังนั้น การวัดแบบใช้เครื่องวัดฯ จึงใช้เวลาในการวัดค่าเปอร์เซ็นต์ปริมาณเนื้อยางแห้ง
ในน้ำยางน้อยกว่าแบบอบแห้ง

ตารางที่ 4.1 การเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการวัดค่าเปอร์เซ็นต์ปริมาณเนื้อยางแห้งในน้ำยาง

วัดครั้งที่	วัดโดยการอบแห้ง (นาที)	วัดโดยใช้เครื่องวัด (วินาที)
1	11	0.58
2	10	0.46
3	10	0.55
4	9	0.49
5	9	0.44
6	10	0.57
7	10	0.58
8	11	0.51
9	10	0.56
10	9	0.56



รูปที่ 4.13 การนำน้ำยางใสในภาชนะชั่งน้ำหนัก 1 กรัม



รูปที่ 4.14 การอบน้ำยาลงจำนวน 1 กรัม ด้วยเครื่องไมโครเวฟ



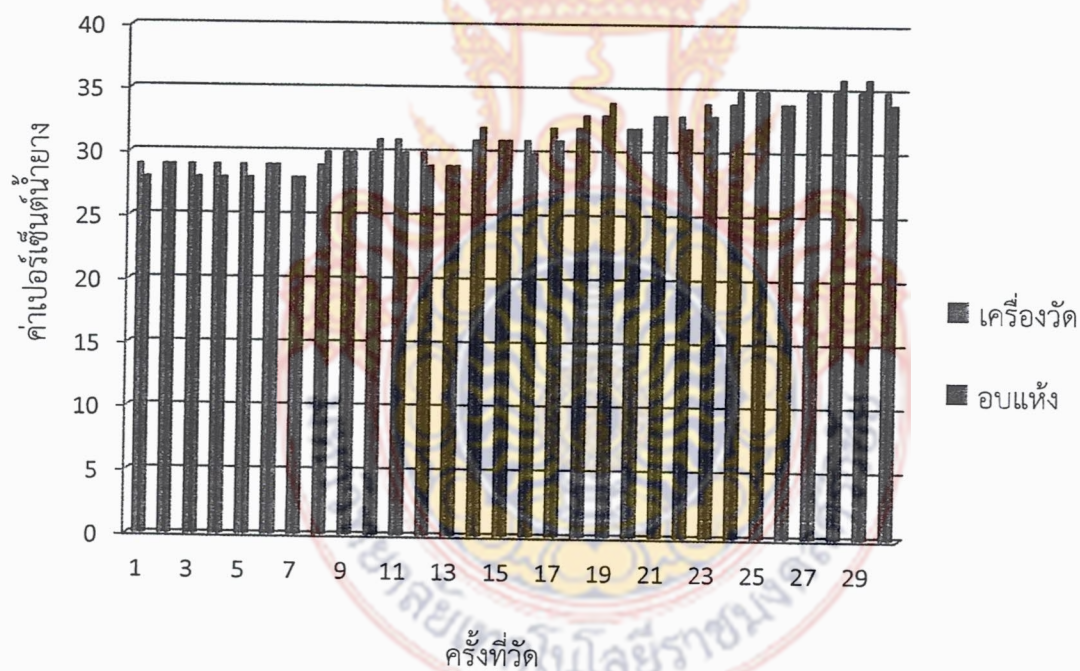
รูปที่ 4.15 การชั่งน้ำหนักยางหลังจากการอบแห้ง

ตารางที่ 4.2 การเปรียบเทียบค่าความแม่นยำและค่าความคลาดเคลื่อน

ครั้งที่วัด	วิธีที่ใช้วัด		ผลรวม	ค่าเฉลี่ย	ค่าความแม่นยำ	ค่าความคลาดเคลื่อน
	เครื่องวัด	อบแห้ง				
1	29	29	58	29.00	1	0
2	28	28	56	28.00	1	0
3	29	30	59	29.50	0.97	1

ครั้งที่วัด	วิธีที่ใช้วัด		ผลรวม	ค่าเฉลี่ย	ค่าความ แม่นยำ	ค่าความ คลาดเคลื่อน
	เครื่องวัด	อบแห้ง				
4	30	30	60	30.00	1	0
5	30	31	61	30.50	0.97	1
6	31	30	61	30.50	0.97	-1
7	30	29	59	29.50	0.97	-1
8	29	29	58	29.00	1	0
9	31	32	63	31.50	0.97	1
10	31	31	62	31.00	1	0

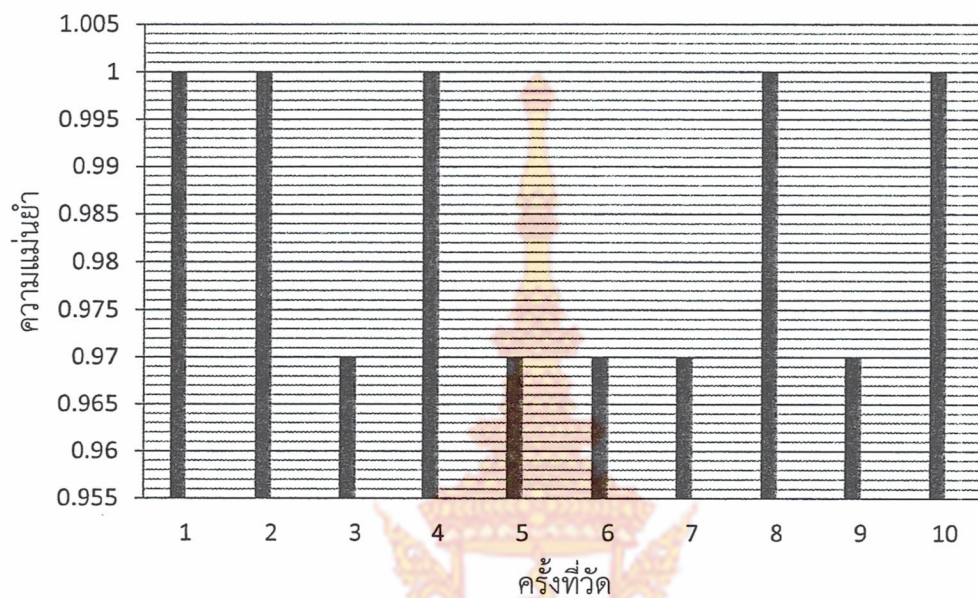
4.2.3 จากตารางที่ 4.2 มีค่าความผิดพลาดเท่ากับ ± 1



รูปที่ 4.16 ค่าความผิดพลาดของเครื่องวัดฯ

จากตารางที่ 4.2 และรูปที่ 4.16 แสดงให้เห็นว่าเครื่องวัดปริมาณเนื้อยางแห้งในน้ำยาง มีค่าความแม่นยำเฉลี่ยเท่ากับ 1 เนื่องจากมีค่าผิดพลาด (Error) ในการวัดแต่ละครั้งอยู่ในที่ 0 จึงทำให้มีความแม่นยำสูงแสดงได้ดังรูปที่ 4.17

4.2.4 มีค่าความแม่นยำสูง



รูปที่ 4.17 ค่าความแม่นยำของเครื่องวัดฯ

4.2.5 มีค่าความเที่ยงตรงสูง

ตารางที่ 4.3 การเปรียบเทียบค่าความเที่ยงตรงโดยใช้เปอร์เซ็นต์น้ำยางเท่ากับ 30 เปอร์เซ็นต์

ครั้งที่วัด	การวัดโดยใช้เครื่องวัดฯ		การวัดโดยวิธีการอบแห้ง	
	ค่าที่วัดได้	ค่าความเที่ยงตรง	ค่าที่วัดได้	ค่าความเที่ยงตรง
1	30	1.00	30	0.98
2	29	1.03	28	1.05
3	31	0.96	27	1.09
4	30	1.00	30	0.98
5	30	1.00	30	0.98
6	30	1.00	30	0.98
7	29	1.03	29	1.01
8	31	0.96	27	1.09
9	30	1.00	30	0.98
10	30	1.00	30	0.98

จากตารางที่ 4.3 แสดงการเปรียบเทียบค่าความเที่ยงตรงโดยใช้เปอร์เซ็นต์น้ำยางเท่ากับ 30 เปอร์เซ็นต์ เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าความเที่ยงตรงของการวัดโดยวิธีการอบแห้งและค่าความเที่ยงตรงของการวัดโดยการใช้เครื่องวัดฯ จะเห็นได้ว่าค่าความเที่ยงตรงโดยเฉลี่ยของการวัดโดยวิธีการอบแห้งมีค่าเท่ากับน้อยกว่าค่าความเที่ยงตรงโดยเฉลี่ยของการวัดโดยการใช้เครื่องวัดฯ สรุปได้ว่า การใช้เครื่องวัดฯ มีค่าความเที่ยงตรงสูงกว่าการวัดโดยวิธีการอบแห้ง



บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อศึกษาคลิ้นไมโครเวฟ สำหรับการหาปริมาณเน้อย่างแห้งในน้ำยาง 2) เพื่อสร้างเครื่องมือวัดปริมาณเน้อย่างในน้ำยาง 3) เพื่อช่วยลดระยะเวลาในการวัดและการคำนวณหาปริมาณเน้อย่างในน้ำยาง 4) เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาไปสู่การใช้งานได้จริงในรูปแบบการค้า เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือผู้วิจัยได้สร้างเครื่องมือขึ้นโดยจะมีการสร้างสองส่วนคือ 1) ส่วนกล่องใส่น้ำยางจะใช้ตัวส่งคลื่นไมโครเวฟ รุ่น ZX95-2800-S+ และ ตัวรับคลื่นไมโครเวฟ รุ่น ZX47-40-S+ เป็นเซ็นเซอร์ 2) ส่วนตัวเครื่องวัดโดยจะประกอบไปด้วยภาคจ่ายไฟ บอร์ดคอนโทรลเลอร์ จอแอลซีดี สวิตช์ แอลอีดีแสดงสถานะ ช่องเสียบ USB

การเก็บข้อมูลเป็นการเก็บสถิติในการวัดเปอร์เซ็นต์น้ำยางเทียบกับค่าบิตที่เครื่องวัดได้โดยมีวิธีการคือทำการปรับค่าความถี่ให้ได้ 2.4 จิกะเฮิรตซ์ โดยการปรับค่าแรงดัน tune จากนั้นทำการเทียบค่าเปอร์เซ็นต์น้ำยางแห้งกับค่าบิตโดยใช้ปริมาณน้ำยาง 350 มิลลิลิตร ทำให้ได้ความสัมพันธ์ระหว่างแกน x และ y โดยแกน x คือค่าเปอร์เซ็นต์น้ำยางแห้ง แกน y คือค่าบิต จึงทำให้เกิดสมการ $y = 1x + 34$ ขึ้น จากนั้นนำสมการที่ได้มาเขียนโปรแกรมโดยใช้โปรแกรม CCS ในการเขียนโปรแกรมการวิเคราะห์ข้อมูลโดยการวิเคราะห์การวัดปริมาณเน้อย่างแห้งในน้ำยางโดยการวัดแบบการใช้เครื่องวัดว่าได้เปอร์เซ็นต์ตั้งแต่เท่าไรขึ้นไป วิเคราะห์ว่าการแสดงค่าผ่านจอแอลซีดี จะต้องทำอย่างไร วิเคราะห์ว่าบอกค่าปริมาณเน้อย่างแห้งในน้ำยางใช้เวลานานเท่าไร และการวัดแบบบอบแห้งจะใช้เวลานานเท่าไร วิเคราะห์ค่าความผิดพลาด ค่าความถูกต้องหรือความแม่นยำ และค่าความเที่ยงตรง

5.1 สรุปผลการวิจัย

ในการวัดจะใช้น้ำยางในปริมาณ 350 มิลลิลิตร นำไปใส่ในภาชนะรองรับคือบีกเกอร์ ขนาด 400 มิลลิลิตร โดยใช้ความถี่ที่ 2.4 จิกะเฮิรตซ์ ในการยิงผ่านน้ำยางในปริมาณ 350 มล. เนื่องจากความถี่ที่ต่ำกว่าไม่มีผลทำให้ไม่สามารถวัดปริมาณเน้อย่างแห้งในน้ำยางได้ ในการวัดปริมาณเน้อย่างแห้งในน้ำยางย่านที่สามารถวัดได้ตั้งแต่ 29 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นไป ในการวัดค่าปริมาณเน้อย่างแห้งในน้ำยางจะเป็นการนำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบแล้วทำการแสดงผลออกทางจอ LCD เมื่อมีการกด S1 และสามารถบอกค่าปริมาณเน้อย่างแห้งในน้ำยางได้ภายใน 1 นาที โดยที่การวัดแบบบอบแห้งจะใช้เวลาเฉลี่ยประมาณ 10 นาที และมีค่าความผิดพลาด ± 1 มีค่าความแม่นยำเฉลี่ยเท่ากับ 1 และมีค่าความเที่ยงตรงเฉลี่ยเท่ากับ 1

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ข้อเสนอแนะในการใช้ประโยชน์จากงานวิจัย

ควรใช้ปริมาณน้ำยางให้พอดีในการวัดเพราะหากใส่มากหรือน้อยกว่า 350 มิลลิลิตร จะทำให้เครื่องวัดค่าเปอร์เซ็นต์น้ำยางคลาดเคลื่อนมากขึ้น จึงควรใส่น้ำยางในปริมาณให้ได้ 350 มิลลิลิตร พอดี

5.2.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

การวิจัยครั้งนี้มีค่าความคลาดเคลื่อนอยู่บวกลบ 1 หากต้องการให้มีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยกว่านี้ควรทำกล่องใส่น้ำยาให้สัญญาณไม่สามารถออกมาได้และนอกจากนี้ควรมีภาคจ่ายไฟที่มีไฟที่เสถียรกว่านี้เพราะหากค่าแรงดัน tune ที่ป้อนให้กับ VCO เพียงจะทำให้ค่าความถี่ที่ VCO ส่งออกไปผิดพลาดไปด้วย จึงส่งผลให้เครื่องวัดวัดค่าที่ได้ออกมาผิดพลาดได้ และนอกจากนี้ควรทำอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดปริมาณน้ำยาให้ได้ปริมาณ 350 มิลลิลิตร พอดีโดยการใช้เซ็นเซอร์เป็นตัววัด



บรรณานุกรม

- [1] สุกฤษ คงทอง. 2546. ผลผลิตภัณฑ์จากน้ำยางสด. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย. มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์. นครศรีธรรมราช.
- [2] Janyanthy, T. and Sankaranarayanan, P.E. 2005 Measurement of Dry Rubber Content in Latex Using Microwave Technique. Measurement Science Review. 3-5.
- [3] พรพรรณ นิธิอุทัย. 2530. ความสัมพันธ์ระหว่างสองวิธีการในการหาเนื้อยางในน้ำยาง. รายงานการวิจัย. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. ปัตตานี.
- [4] Khalid K. and et. Al. 1997. Dielectric Phenomena in Hevea Rubber Latex and Its Applications. Proceedings of the 5th International Conference on Properties and Applications of Dielectric Materials.
- [5] นุชนาฏ สุชาติพงศ์. 2553. การศึกษาเพื่อการพัฒนาอุปกรณ์วัดปริมาณเนื้อยางแห้งในน้ำยาง. วิทยานิพนธ์. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. หาดใหญ่.
- [6] รัฐพล จินะวงศ์. 2553. การปรับเพิ่มประสิทธิภาพของสายอากาศร่องทกเหลี่ยมด้านเท่าที่ป้อนด้วยสายนำสัญญาณระนาบร่วมแบบแถบความถี่กว้าง. มหาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี. ปทุมธานี.
- [7] พูนผล ธรรมธวัช. 2542. ยางพารา. เซาท์เทิร์นรับเบอร์ : กรุงเทพฯ.
- [8] องค์การสวนยาง. 2555. การหาค่าเปอร์เซ็นต์เนื้อยางแห้งในน้ำยาง [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://km.rubber.co.th/index.php?option=com_content&view=article&id=5649:2012-10-03-09-47-51&catid=143:-2-3&Itemid=251 (15 พฤศจิกายน 2556)
- [9] รศ.ดร.ประสิทธิ์ ทีฆพุดิ, และอ.ประพจน์ จิระสกุลพร. 2557. ไมโครเวฟพื้นฐานและการประยุกต์ใช้งาน. กรุงเทพฯ : เดอะบุ๊ก เลิฟเวอร์.
- [10] รศ. นิรันดร์ คำประเสริฐ. 2551. วิศวกรรมไมโครเวฟ. กรุงเทพฯ : ศูนย์ส่งเสริมกรุงเทพ.
- [11] รังสรรค์ วงศ์สรรค. 2555. วิศวกรรมสายอากาศ. กรุงเทพฯ : ศูนย์หนังสือจุฬาฯ.
- [12] มงคล ลีประกอบบุญ. 2549. ไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051 และการประยุกต์ใช้. คณะวิศวกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น.
- [13] Appsofttech. 2557. PIC C Programming กับ CCS C คอมไพเลอร์ กรุงเทพฯ : Microcontroller Programming Series.
- [14] ทรงศิริ แต่สมบัติ. 2541. การวิเคราะห์การถดถอย. คณะวิทยาศาสตร์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

