

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ข
กิตติกรรมประกาศ.....	ค
สารบัญ.....	ง
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญภาพ.....	ฉ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	1
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	1
1.4 วิธีดำเนินการวิจัย.....	1
1.8 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.1.1 ความสำคัญของการวัดค่าความชื้นไม้.....	3
2.1.2 คุณสมบัติของไม้.....	3
2.1.3 การพิจารณาค่าความชื้นในไม้.....	4
2.1.4 อุตสาหกรรมการแปรรูปไม้.....	6
2.1.5 ผลของค่าความชื้นต่อคุณสมบัติของไม้.....	7
2.1.6 การหาค่าความชื้นของเนื้อไม้.....	10
2.1.7 หลักการของเครื่องวัดค่าความชื้นในไม้.....	10
2.1.8 การวัดค่าความชื้นโดยอ้อม.....	13
2.1.9 ผลกระทบของอุณหภูมิที่มีผลต่อความแม่นยำในการวัดความชื้น.....	15

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.2 ทฤษฎีของคลื่นสนามไฟฟ้า.....	16
2.2.1 กฎของคูลอมบ์.....	16
2.2.2 ความเข้มสนามไฟฟ้า.....	16
2.2.3 สนามเนื่องจากประจุที่กระจายอย่างสม่ำเสมอในปริมาตรหนึ่ง.....	17
2.2.4 สนามสำหรับเส้นประจุ(Field of line charge).....	17
2.2.5 สนามเนื่องจากประจุชนิดแผ่น(Field of Sheet of Charge).....	22
2.2.6 สนามเส้นกระแสและการเขียนรูปแทนเส้นสนาม(Streamlines and Sketches of Fields).....	24
2.2.7 ความหนาแน่นฟลักซ์ไฟฟ้า(Electric Flux Density).....	27
2.2.8 กฎของเกาส์ (Gauss's Law).....	29
2.2.9 ไดเวอร์เจนซ์(Divergence).....	32
2.2.10 โอเปอเรเตอร์ ทางเวกเตอร์ ∇ และทฤษฎีไดเวอร์เจนซ์.....	33
2.2.11 พลังงานและศักย์ไฟฟ้า.....	36
2.2.12 พลังงานที่ใช้ในการเคลื่อนประจุจุดภายใต้สนามไฟฟ้า.....	36
2.2.13 ความต่างศักย์และศักย์ไฟฟ้า(Definition of potential Difference and Potential).....	37
2.2.14 สนามศักย์ไฟฟ้าของระบบประจุ(The Potential Field of a System of Charges).....	39
2.2.15 เกรเดียนต์ของศักย์ไฟฟ้า(Potential Gradient).....	39
2.2.16 โอเปอเรเตอร์เวกเตอร์.....	44
2.2.17 ไดโพล(Dipole).....	45
2.2.18 สารไดอิเล็กตริก.....	48
2.2.19 ธรรมชาติของสารไดอิเล็กตริก.....	49
2.2.20 เงื่อนไขขอบเขตที่รอยต่อสำหรับสารไดอิเล็กตริกสมบูรณ์.....	54
2.2.21 ค่าความจุไฟฟ้า.....	59
2.2.22 การใช้ภาพร่างของสนามในการประมาณค่าความจุไฟฟ้ากรณีสองมิติ.....	61
2.2.23 การแพร่กระจายในตัวนำ:ปรากฏการณ์ความลึกลับ.....	64

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.3 หลักการวัดค่าทางไฟฟ้าและส่วนประมวลผล.....	65
2.3.1 วงจรวัดค่าความจุไฟฟ้าแบบอาศัยการคายประจุของตัวเก็บประจุ.....	65
2.3.2 วงจรวัดค่าความจุไฟฟ้าโดยอาศัยการวัดค่าไฟฟ้ากระแสสลับ.....	69
2.3.2 ระบบไมโครคอนโทรลเลอร์และการสั่งงาน.....	69
2.3.3 ภาษาของการเขียนโปรแกรม.....	73
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	74
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	76
3.1 การออกแบบส่วนประกอบเครื่องวัดค่าความชื้นของไม้.....	76
3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ในการวิจัย.....	77
3.3 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย.....	80
3.4 ระบบไมโครคอนโทรลเลอร์และการประมวลผลสัญญาณ.....	85
3.5 การทดลองและบันทึกค่า.....	86
3.6 ออกแบบโปรแกรมและฟังก์ชันการวัดของตัวเครื่อง.....	87
3.7 การเปรียบเทียบเครื่องมือวัด.....	88
3.8 ปรับปรุงซอฟต์แวร์ขั้นสุดท้ายและทำคู่มือการใช้งาน.....	89
 บทที่ 4 ผลการวิจัย.....	 90
4.1 ข้อมูลค่าสัญญาณที่ได้จากวงจรเซนเซอร์.....	91
4.2 ผลการวัดค่าความจุไฟฟ้าที่ได้จากเครื่องวัดความชื้นที่สร้างขึ้น.....	94
4.3 ผลการวัดค่าความชื้นไม้ของเครื่องมือที่สร้างขึ้นเทียบกับเครื่องมือมาตรฐาน.....	95
 บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	 96
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	96
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	97

สารบัญ (ต่อ)

บรรณานุกรม เอกสารอ้างอิง.....	98
ภาคผนวก.....	100
ประวัตินักวิจัย.....	135

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 สถิติการส่งออกอุตสาหกรรมที่ใช้ไม้เป็นวัตถุดิบ.....	5
2.2 ค่ากลสมบัตินี้ของไม้แต่ละชนิด.....	7
2.3 ตัวอย่างการหัดตัวเฉลี่ยของไม้แต่ละชนิด.....	9
4.1 ค่าความจุไฟฟ้าของไม้ที่มีความชื้นต่างกันซึ่งวัดค่าโดยใช้มัลติมิเตอร์.....	89
4.2 ค่าความจุไฟฟ้าของแผ่นเพลทเซนเซอร์แต่ละขนาด.....	89
4.3 ค่าแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากวงจรแบบที่ 1.....	91
4.4 ค่าความต่างศักย์จากวงจรแบบที่ 2 เมื่อไม้มีความชื้นต่างกัน.....	92

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 ตัวอย่างเครื่องวัดความชื้นในไม้	3
2.2 น้ำภายในเซลล์และน้ำที่ผนังเซลล์	4
2.3 อุตสาหกรรมการแปรรูปไม้	6
2.4 การหดตัวและพองตัวของไม้ด้านต่างๆ	9
2.5 ขั้นตอนการหาค่าความชื้นโดยการอบแห้ง	11
2.6 เครื่องวัดความชื้นโดยตรง	11
2.7 ค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น	12
2.8 ส่วนประกอบเครื่องวัดความชื้นแบบอิเล็กทรอนิกส์แยก	13
2.9 ส่วนประกอบเครื่องวัดความชื้นแบบอิเล็กทรอนิกส์รวม	13
2.10 แบบโครงสร้างหัวโพรบวัดค่าไดอิเล็กตริก	14
2.11 ตัวอย่างวงจรเครื่องวัดความชื้นอย่างง่าย	15
2.12 การอินทิเกรตโดยไม่คำนึงถึงปริมาตร	22
2.13 ประจุแผ่นขนาคกว้างยาวอนันต์วางบนระนาบ yz	23
2.14 แบบร่างของเส้นกระแสสนามแบบต่างๆ	26
2.15 ฟลักซ์ไฟฟ้าบริเวณระหว่างทรงกลม 2 ชั้นที่มีจุดศูนย์กลางร่วมกัน	27
2.16 ความหนาแน่นฟลักซ์ไฟฟ้า D ที่จุด P อันเนื่องมาจากประจุ Q	30
2.17 การประยุกต์กฎของเกาส์ในการหาสนามไฟฟ้าที่พุ่งออกมาจากประจุ Q บนผิวปิดทรงกลม	31
2.18 แสดงทฤษฎีไดเวอร์เจนซ์สำหรับฟลักซ์ทั้งหมดที่พุ่งผ่านผิวปิด	35
2.19 เวกเตอร์ความยาวที่เพิ่มขึ้นเป็น ΔL ทำมุม θ กับสนาม E	41
2.20 สนามศักย์ไฟฟ้าที่แสดงโดยผิวสมศักย์ ที่จุดต่างๆบนผิวสมศักย์	42
2.21 โครงสร้างของไดโพลไฟฟ้า ที่อยู่ในทิศ α_x สำหรับระยะทางจากไดโพลไปยังจุด P	46
2.22 สนามไฟฟ้าสถิตของจุดไดโพลที่มีโมเมนต์อยู่ในทิศ α_x พร้อมกับผิวสมศักย์ 6 ค่า	47
2.23 ผิวสัมผัสที่รอยต่อระหว่างสารไดอิเล็กตริกสมบูรณ์ 2 ชนิด	56
2.24 ตัวอย่างภาพวาดเส้นฟลักซ์ไฟฟ้า	62
2.25 เส้นกระแสที่วาดโดยแต่ละเส้นวาดให้ตั้งฉากกับตัวนำ	64
2.26 การคายประจุของตัวเก็บประจุ	67

2.27 แสดงการคายประจุเมื่อสับสวิตช์.....	68
2.28 แสดงค่าแรงดันเมื่อทำการชาร์ตประจุ.....	68
2.29 แสดงการต่อวงจรคอมพาราเตอร์ในขาไมโครคอนโทรลเลอร์.....	68
2.30 แสดงโครงสร้างการจัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC18F458.....	71
3.1 เครื่องวัดความชื้นแบบใช้การวัดค่าไดอิเล็กตริก.....	77
3.2 คิวติคอลลอสซิลโลสโคป.....	77
3.3 ฟังก์ชันเจนเนอเรเตอร์.....	77
3.4 แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง.....	78
3.5 เครื่องวัดความชื้นในอากาศ.....	78
3.6 บอร์ดเรียนรู้ไมโครคอนโทรลเลอร์.....	78
3.7 ชุดแผงวงจรและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์.....	79
3.8 ลอจิกโพรบสำหรับวัดค่าลอจิกของสัญญาณ.....	79
3.9 คอมพิวเตอร์และชุดซอฟต์แวร์สำหรับพัฒนาโปรแกรม.....	79
3.10 การวัดค่าความจุไฟฟ้าจากแผ่นตัวนำแบบขนานโดยมีตัวกลางที่เป็นไม้และอากาศ.....	80
3.11 การจัดชุดอุปกรณ์วัดค่าสนามไฟฟ้าที่ส่งไปยังเนื้อไม้.....	81
3.12 วงจรภาคเซนเซอร์แบบที่ 1.....	81
3.13 แผ่นเพลทเซนเซอร์ แบบแผ่นเรียบและแผ่นโค้ง.....	82
3.14 การเตรียมแผ่นสแตนเลสเพื่อสร้างหัวโพรบวัด.....	82
3.15 ตัวอย่างไม้เต็งรังที่ใช้วัดค่าซึ่งมีความชื้นต่างกัน.....	82
3.16 การต่อวงจรเพื่อวัดค่าแรงดันไฟฟ้าของวงจรวัดค่าอิมพีแดนซ์.....	82
3.17 คู่มือคุณสมบัติสำหรับทดลองวัดค่า.....	83
3.18 วงจรภาคเซนเซอร์แบบที่ 2.....	83
3.19 การวัดค่าความต่างศักย์จากวงจรแบบที่ 2 โดยการสัมผัสกับไม้ที่มีความชื้น.....	84
3.20 การจัดวางวงจรชุดเซนเซอร์เพื่อวัดค่าความต่างศักย์เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลง.....	84
3.21 การจัดวางชุดทดลองวัดค่าความต่างศักย์.....	84
3.22 วงจรภาคเซนเซอร์แบบที่ 3.....	85
3.23 ด้านหน้าและด้านหลังแผงวงจรเครื่องวัดความชื้นไม้.....	85
3.24 แผงวงจรที่ผ่านการประกอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์.....	85
3.25 การจัดชุดทดลองวัดค่าความจุไฟฟ้าของ ไม้แห้ง และไม้ที่มีความชื้นต่างกัน.....	87

3.26 การวัดความชื้นของไม้ตัวอย่าง.....	87
3.27 ไม้ตัวอย่างที่นำมาวัดค่าความชื้น.....	87
4.1 สัญญาณที่ผ่านการมอดูเลตจากวงจรโพรบวัด.....	90
4.2 สัญญาณจากเครื่องวัดเมื่อไม้ความชื้น 8 % และ 26 %.....	90
4.3 ความคลาดเคลื่อนของความต่างศักย์เนื่องจากอุณหภูมิ.....	91
4.4 ความสัมพันธ์ของค่าความต่างศักย์จากชุดเซนเซอร์แบบที่ 1เทียบกับอุณหภูมิ.....	92
4.5 สัญญาณที่มอดูเลตแล้วซึ่งวัดจากปลายหัวโพรบ.....	92
4.6 สัญญาณความถี่สูง 15 kHz ที่อยู่ในสัญญาณความถี่ต่ำตัวพา 500 Hz.....	93
4.7 ความจุไฟฟ้าของอากาศเทียบกับอุณหภูมิ.....	93
4.8 ความจุไฟฟ้าของไม้ที่มีความชื้น 7 เปอร์เซ็นต์ที่อุณหภูมิ 25 -55 องศาเซลเซียส.....	93
4.9 ค่าความจุไฟฟ้าเทียบกับค่าความชื้นของไม้ปาเลทที่อุณหภูมิ 25-55 องศาเซลเซียส.....	94
4.10 การประมาณค่าสมการเชิงเส้นเพื่อคำนวณค่าความชื้นที่ 25 องศาเซลเซียส.....	94
4.11 ค่าความชื้นที่วัดได้จากเครื่องเทียบกับค่าความชื้นจากเครื่องวัดมาตรฐาน.....	95
4.12 เครื่องวัดค่าความชื้นไม้ต้นแบบ.....	95