

สารบัญ

| | หน้า |
|---|------|
| บทคัดย่อ | (3) |
| Abstract | (4) |
| กิตติกรรมประกาศ | (5) |
| สารบัญ | (6) |
| รายการตาราง | (8) |
| รายการภาพประกอบ | (9) |
| บทที่ | |
| 1 บทนำ | 1 |
| 1.1 บทนำต้นเรื่อง | 1 |
| 1.2 ค่าผิดปกติของเอสพี | 2 |
| 1.3 กลไกการเกิดเอสพี | 3 |
| 1.4 เครื่องมือสำหรับวัดเอสพี | 10 |
| 1.5 การปรับแก้ข้อมูลเอสพี | 11 |
| 1.6 การแปลงความถี่ข้อมูลค่าผิดปกติของเอสพี | 12 |
| 1.7 การตรวจเอกสาร | 16 |
| 1.8 วัตถุประสงค์ | 24 |
| 2 วิธีการวิจัย | 25 |
| 2.1 วัสดุ | 25 |
| 2.2 อุปกรณ์ | 31 |
| 2.3 วิธีดำเนินการวิจัย | 32 |
| 2.3.1 การออกแบบโครงสร้างของระบบ | 32 |
| 2.3.2 การออกแบบระบบในแต่ละส่วน | 33 |
| 2.3.3 การสร้างระบบในแต่ละส่วน | 41 |
| 2.3.4 การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ | 46 |
| 2.3.5 การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของคอมพิวเตอร์ | 49 |
| | (6) |

| | |
|--|-----|
| 3 ผลและการอภิปรายผล | 50 |
| 3.1 การทำงานของระบบเฝ้าติดตามศักย์ไฟฟ้าในดิน | 50 |
| 3.2 ผลการทดสอบระบบ | 62 |
| 3.3 ผลการวัดค่าเอสพีจากแบบจำลองน้ำไหล | 69 |
| 4 สรุปผลการวิจัย | 75 |
| 4.1 สรุปผลการวิจัย | 75 |
| 4.2 ข้อเสนอแนะ | 77 |
| บรรณานุกรม | 78 |
| ภาคผนวก ก โปรแกรม Self Potential Monitor | 75 |
| ภาคผนวก ข หน่วยความจำข้อมูลและหน่วยความจำโปรแกรมที่ใช้สำหรับคอนโทรลยูนิต | 105 |
| ภาคผนวก ค ช่องทางติดต่อ (I/O Port) กับอุปกรณ์ภายนอกของคอนโทรลยูนิต | 112 |
| ภาคผนวก ง ผังวงจร | 116 |
| ภาคผนวก จ แผนผังลำดับการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ | 120 |
| ภาคผนวก ฉ โครงสร้างคำสั่งการติดต่อกับคอมพิวเตอร์ของคอนโทรลยูนิต | 148 |
| ประวัติผู้เขียน | 161 |

รายการตาราง

| ตาราง | หน้า |
|---|------|
| 1.1 แหล่งกำเนิดเอสที | 3 |
| 1.2 ชนิดของความต่างศักย์ไฟฟ้า | 4 |
| 1.3 ค่าคงตัวอิเล็กทรอนิกส์ในตัวอย่างที่แตกต่างกันบางชนิด | 23 |
| 2.1 รหัสที่คอนโทรลยูนิตส่งไปให้โคลเอนท์ | 36 |
| 2.2 การควบคุมรีเลย์ | 48 |
| 5.1 ส่วนขยายของแฟ้มที่สามารถเลือกได้ทั้งหมด | 90 |
| 5.2 การทำงานของปุ่มสปีด | 107 |
| 5.3 การทำงานของตัวเลือกแบบป้อนของส่วนอธิบายกราฟ | 109 |
| 5.4 ข้อความในส่วนแจ้งให้ทราบ | 111 |
| 6.1 ตัวอย่างการบันทึกข้อมูล | 115 |
| 7.1 รายละเอียดเกี่ยวกับช่องทางติดต่อกับคอมพิวเตอร์หรืออุปกรณ์อื่นๆ แบบพอร์ตขนาน | 119 |
| 7.2 ลักษณะการต่อสายนำสัญญาณ | 120 |

รายการภาพประกอบ

| ภาพประกอบ | หน้า |
|--|------|
| 1.1ก ลักษณะของค่าผิดพลาดที่ได้จากอิเล็กทรอนิกส์โคเนติกในกรณีวิทยาแบบต่างๆ | 5 |
| 1.1ข ค่าผิดพลาดของเอสพีในพื้นที่ที่มีการสูบน้ำบาดาลจากบ่อ | 6 |
| 1.2 ลักษณะการเกิดอิเล็กทรอนิกส์ทรักดับเบิลเลเยอร์ | 8 |
| 1.3 ภาคตัดขวางค่าผิดพลาดของเอสพีในแนวตั้งฉากกับผนังเพกมาไทต์ในหินไนส์ | 8 |
| 1.4 แบบจำลองการเกิดเอสพีของแหล่งแร่ซัลไฟด์ (ไฟไรต์) | 9 |
| 1.5 ค่าผิดพลาดที่มีการซ้อนทับกันของเอสพีแบบมีเนอรอลโพเทนเชียลของกราฟิติกฟิลไลต์และค่าผิดพลาดแบบอิเล็กทรอนิกส์โคเนติกโพเทนเชียลจากการไหลของน้ำในชั้นหินกรวดมน | 13 |
| 1.6 ค่าผิดพลาดของเอสพีกับลักษณะการวางตัวของตัวกลางสองแหล่งและสองแบบ | 14 |
| 1.7 ค่าผิดพลาดของเอสพีที่มาจากตัวกลางทรงกลมและเป็นแผ่น | 14 |
| 1.8 ค่าผิดพลาดของเอสพีที่มาจากตัวกลางเป็นแท่ง | 15 |
| 1.9 แบบจำลองค่าผิดพลาดของเอสพีจากสี่เหลี่ยมกำเนิดของแกรไฟต์กับค่าที่ได้จากการสำรวจและผลการเจาะสำรวจ | 15 |
| 1.10 ค่าผิดพลาดของเอสพีและอุณหภูมิจากแหล่งน้ำพุร้อนรูสเวลท์ | 17 |
| 1.11 ค่าผิดพลาดของเอสพีในแหล่งน้ำร้อนเซอร์โรฟรีโตประเทศเม็กซิโก | 17 |
| 1.12 คอนทัวร์ค่าผิดพลาดของเอสพีในพื้นที่เดียวกันกับรูปที่ 1.11 | 18 |
| 1.13 ค่าผิดพลาดของเอสพีในพื้นที่แหล่งฝังกลบขยะ | 19 |
| 1.14 ภาคตัดขวางของชั้นหินอุ้มน้ำที่ได้จากการแปลความข้อมูลสภาพด้านทานไฟฟ้าและค่าผิดพลาดของเอสพี | 20 |
| 1.15 แบบจำลองแสดงแนวคิดค่าผิดพลาดของเอสพีที่ได้จากแหล่งที่มีรอยรั่วของเขื่อน | 21 |
| 1.16 ค่าผิดพลาดของเอสพีจากอ่างเก็บน้ำมิลส์ครีก | 21 |
| 2.1 แนวคิดหลักในการออกแบบระบบเฝ้าติดตามศักย์ไฟฟ้าในดิน | 33 |
| 2.2 ส่วนประกอบของขั้วไฟฟ้า | 33 |
| 2.3 เครื่องเทอรามีเตอร์ที่ใช้วัดค่าเอสพี | 34 |
| 2.4 โครงสร้างของคอนโทรลยูนิต | 35 |
| 2.5 โครงสร้างของวงจรโคลเอนท์ | 38 |
| 2.6 โคลเอนท์และการต่อเข้ากับขั้วไฟฟ้า | 39 |

| | |
|--|----|
| 2.7 สายนำสัญญาณขนาด 10 แกน | 40 |
| 2.8 ขั้วไฟฟ้าที่สร้างขึ้น | 41 |
| 2.9ก แผงวงจรโคลเอนท์ | 42 |
| 2.9ข การต่อสายนำสัญญาณในโคลเอนท์ | 43 |
| 2.9ค โคลเอนท์ | 43 |
| 2.10 สายนำสัญญาณขนาด 10 แกน | 44 |
| 2.11ก เมนบอร์ด | 44 |
| 2.11ข เอ็กแพนชันบอร์ด | 45 |
| 2.11ค แผงวงจรแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าหลัก | 45 |
| 2.11ง คอนโทรลยูนิต | 46 |
| 2.12ก โครงสร้างการทำงานของโคลเอนท์ | 46 |
| 2.12ข โครงสร้างการทำงานของคอนโทรลยูนิต | 49 |
| 3.1 สายนำสัญญาณเมื่อเก็บในล๊อเก็บสายไฟ | 50 |
| 3.2 โคลเอนท์ทั้งหมด | 51 |
| 3.3 คอนโทรลยูนิตเมื่อเปิดฝากล่องของเครื่อง | 51 |
| 3.4 จอแอลซีดีเมื่อเปิดให้เครื่องทำงาน | 52 |
| 3.5 จอแอลซีดีแสดงการเลือกโหมดการทำงาน | 52 |
| 3.6 จอแอลซีดีแสดงเมื่อทำงานในโหมดคอมพิวเตอร์คอนโทรล | 53 |
| 3.7 จอแอลซีดีแสดงการทำงานในโหมดสแตนด์บาย | 53 |
| 3.8 จอแอลซีดีแสดงการเริ่มต้นจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับโคลเอนท์ | 54 |
| 3.9 จอแอลซีดีแสดงขณะวัดค่าเอสพี | 55 |
| 3.10 จอแอลซีดีแสดงการหยุดจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับโคลเอนท์ | 55 |
| 3.11 จอแอลซีดีแสดงการวัดเสร็จ | 55 |
| 3.12 จอแอลซีดีแสดงการกำหนดค่าต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการวัด | 55 |
| 3.13 จอแอลซีดีแสดงข้อความเตือนว่าไม่มีข้อมูลในหน่วยความจำ | 56 |
| 3.14 จอแอลซีดีแสดงรายการข้อมูลจากแฟ้มหรือจากการวัดที่บันทึกแล้ว | 56 |
| 3.15 จอแอลซีดีแสดงรายการข้อมูลจากการวัดที่ยังไม่ได้ทำการบันทึกลงแฟ้ม | 56 |
| 3.16 จอแอลซีดีแสดงการถามยืนยันการบันทึกข้อมูลลงแฟ้ม | 57 |
| 3.17 จอแอลซีดีแสดงข้อความบอกว่าไม่มีข้อมูลที่บันทึกไว้ | 57 |

| | |
|---|----|
| 3.18 จอแอลซีดีแสดงส่วนจัดการกับแฟ้มข้อมูล | 57 |
| 3.19 จอแอลซีดีแสดงการเปิดแฟ้มข้อมูล | 58 |
| 3.20 จอแอลซีดีแสดงการถามยืนยันการเปิดแฟ้มข้อมูล | 58 |
| 3.21 จอแอลซีดีแสดงการถามยืนยันความแน่ใจในการลบแฟ้มข้อมูลทั้งหมด | 58 |
| 3.22 จอแอลซีดีแสดงข้อความแจ้งให้ทราบว่าต้องมีขั้วไฟฟ้ามากกว่าสามขั้ว (อย่างน้อยสี่ขั้ว) จึงจะวัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าได้ | 59 |
| 3.23 จอแอลซีดีแสดงการกำหนดค่า n ของการวัดสภาพต้านทานไฟฟ้าเมื่อมีการจัดขบวน ขั้วไฟฟ้าแบบไดโพล-ไดโพล | 59 |
| 3.24 จอแอลซีดีแสดงข้อความถามยืนยันการวัดข้อมูลสภาพต้านทานไฟฟ้าด้วยขบวน ขั้วไฟฟ้าแบบไดโพล-ไดโพล | 59 |
| 3.25 จอแอลซีดีแสดงการวัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้า | 60 |
| 3.26 จอแอลซีดีแสดงการทดสอบโคลเอนท์ | 61 |
| 3.27 จอแอลซีดีแสดงการควบคุมการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้โคลเอนท์ | 61 |
| 3.28 จอแอลซีดีแสดงการส่งคำสั่งและตำแหน่งให้กับโคลเอนท์ | 61 |
| 3.29 จอแอลซีดีแสดงเกี่ยวกับระบบที่สร้างขึ้น | 61 |
| 3.30 จอแอลซีดีแสดงอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ | 62 |
| 3.31 จอแอลซีดีแสดงผู้สร้างระบบ | 62 |
| 3.32ก การกระจายของข้อมูลจากการวัดศักย์ไฟฟ้าอ้างอิงที่ประมาณ 10 มิลลิโวลต์ จำนวน 1000 ครั้ง | 63 |
| 3.32ข การกระจายของข้อมูลจากการวัดศักย์ไฟฟ้าอ้างอิงที่ประมาณ 50 มิลลิโวลต์ จำนวน 1000 ครั้ง | 63 |
| 3.32ค การกระจายของข้อมูลจากการวัดศักย์ไฟฟ้าอ้างอิงที่ประมาณ 100 มิลลิโวลต์ จำนวน 1000 ครั้ง | 64 |
| 3.32ง การกระจายของข้อมูลจากการวัดศักย์ไฟฟ้าอ้างอิงที่ประมาณ 200 มิลลิโวลต์ จำนวน 1000 ครั้ง | 64 |
| 3.32จ การกระจายของข้อมูลจากการวัดศักย์ไฟฟ้าอ้างอิงที่ประมาณ 500 มิลลิโวลต์ จำนวน 1000 ครั้ง | 65 |
| 3.33 แนวโน้มเปอร์เซ็นต์ของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน | 65 |
| 3.34 ค่าผิดปกติของเอสพีเมื่อเปรียบเทียบกับอุณหภูมิที่เปลี่ยนไป | 66 |

| | |
|---|----|
| 3.35 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเปลี่ยนแปลงของค่าเอสพีและอุณหภูมิของดิน | 67 |
| 3.36 เปรียบเทียบข้อผิดพลาดแบบนอนโพลาร์ไรเซชันและสแตนด์เลส | 68 |
| 3.37 ค่าเอสพีที่วัดได้จากจุดเดียวกันในเวลาต่างกัน 190 นาที | 69 |
| 3.38 การติดตั้งระบบในการวัดภาคสนาม | 70 |
| 3.39 การจัดวางขั้วของการวัดภาคสนาม | 70 |
| 3.40 แผนที่คอนทอร์คค่าเอสพีก่อนน้ำไหลและหลังน้ำไหล ที่วัดทุกๆ 10 นาทีจำนวน 10 ครั้ง | 71 |
| 3.41 แผนที่คอนทอร์คค่าผิดปกติของเอสพี ทุกๆ 10 นาทีจำนวน 10 ครั้ง | 73 |
| 3.42 ภาคตัดขวางค่าผิดปกติของเอสพีที่เวลาทุก ๆ 10 นาทีหลังจากน้ำไหล | 74 |
| 5.1 ลักษณะของภาพจากแฟ้ม Connected.Avi | 82 |
| 5.2 ตัวอย่างข้อความเป็นภาษาอังกฤษบอกว่าไม่มีข้อมูลที่จะบันทึกลงแฟ้ม | 82 |
| 5.3 ตัวอย่างข้อความเป็นภาษาไทยบอกว่าไม่มีข้อมูลที่จะบันทึกลงแฟ้ม | 83 |
| 5.4 การตั้งค่าให้ระบบปฏิบัติการวินโดวส์เปิดแฟ้มที่มีส่วนขยาย .Spd ด้วยโปรแกรม Self Potential Monitor | 84 |
| 5.5 ใจโก้ของโปรแกรม Self Potential Monitor ที่แสดงเมื่อมีการสั่งให้ทำงาน | 85 |
| 5.6 หน้าต่างหลักของโปรแกรม Self Potential Monitor | 85 |
| 5.7 ส่วนของตัวเลือก | 86 |
| 5.8 ตัวเลือกในกลุ่ม File | 86 |
| 5.9 ตัวอย่างการถ่ายโอนข้อมูลโดยตรงจากตารางในโปรแกรม Self Potential Monitor ไปยังตารางของโปรแกรม MS Excel | 88 |
| 5.10 ตัวเลือกในกลุ่ม Link | 89 |
| 5.11 หน้าต่าง Transferring Data | 90 |
| 5.12 ส่วนของตัวเลือกในกลุ่ม System | 90 |
| 5.13 ส่วนของตัวเลือกในกลุ่ม File | 91 |
| 5.14 หน้าต่าง Control Unit Memory | 93 |
| 5.15 หน้าต่าง Control Unit Data File | 94 |
| 5.16 ส่วนของตัวเลือกในกลุ่ม View | 94 |
| 5.17 ส่วนของตัวเลือกในกลุ่ม Setting | 95 |
| 5.18 หน้าต่าง Setting Electrode | 96 |
| 5.19 หน้าต่าง Setting Timer | 96 |

| | |
|---|-----|
| 5.20 หน้าต่าง Date/Time Property | 97 |
| 5.21 ส่วนของตัวเลือกในกลุ่ม Control Unit | 97 |
| 5.22 หน้าต่าง Control Unit (Time & Date) | 98 |
| 5.23 ข้อความภาษาอังกฤษแสดงถึงการติดต่อกับคอนโทรลยูนิตได้ | 98 |
| 5.24 ข้อความภาษาไทยแสดงถึงการติดต่อกับคอนโทรลยูนิตได้ | 98 |
| 5.25 ข้อความภาษาอังกฤษแสดงถึงการติดต่อกับคอนโทรลยูนิตไม่ได้ | 99 |
| 5.26 ข้อความภาษาอังกฤษแสดงถึงการติดต่อกับคอนโทรลยูนิตไม่ได้ | 99 |
| 5.27 ข้อความภาษาอังกฤษแสดงหน่วยความจำของคอนโทรลยูนิตที่ยังเหลือสำหรับ บันทึกข้อมูลในโหมดการทำงานแบบส | 99 |
| 5.28 ข้อความภาษาไทยแสดงหน่วยความจำของคอนโทรลยูนิตที่ยังเหลือสำหรับ บันทึกข้อมูลในโหมดการทำงานแบบสแตนด์อโลน | 100 |
| 5.29 หน้าต่าง Test Client | 100 |
| 5.30 กลุ่มตัวเลือก Measure | 101 |
| 5.31 ขณะทำงานในโหมด Run with Timer | 101 |
| 5.33 หน้าต่าง Cells | 102 |
| 5.34 กลุ่มตัวเลือก Graph | 102 |
| 5.35 ตัวเลือกย่อยของ Property | 103 |
| 5.36 หน้าต่าง Setting Graph | 103 |
| 5.37 การควบคุมการวาดกราฟ | 104 |
| 5.38 กลุ่มตัวเลือก Help | 105 |
| 5.39 ตำแหน่งที่อยู่ของแฟ้ม Self Potential Monitor.Exe | 105 |
| 5.40 หน้าต่าง About | 106 |
| 5.41 ส่วนของแถบสปีด | 107 |
| 5.42 ส่วนของตาราง | 108 |
| 5.43 เมนูป๊อปอัพของตาราง | 109 |
| 5.44 ตัวเลือกแบบป๊อปอัพของกราฟ | 110 |
| 5.45 ส่วนของการแจ้งให้ทราบ | 110 |
| 5.46 แถบสถานะแสดงสถานะการเชื่อมโยงกับคอนโทรลยูนิตถูกต้อง | 111 |
| 5.47 แถบสถานะแสดงสถานะการเชื่อมโยงกับคอนโทรลยูนิตไม่ถูกต้อง | 111 |

| | | |
|-----|---------------------------|-----|
| 8.1 | ผังวงจรโคลเอนท์ | 122 |
| 8.2 | ผังวงจรเมนบอร์ด | 123 |
| 8.3 | ผังวงจรเอ็กแพนชัน | 124 |
| 8.4 | ผังวงจรจ่ายกำลังไฟฟ้าหลัก | 125 |