บทที่ 4

สรุปผลการวิจัย

4.1 สรุปผลการวิจัย

ได้ออกแบบและพัฒนาระบบเฝ้าติดตามศักย์ไฟฟ้าในดินโดยมีองค์ประกอบหลัก 6 ส่วนคือ คอนโทรลยูนิต เทอรามิเตอร์ ขั้วไฟฟ้า สายนำสัญญาณ ไคลเอนท์และโปรแกรม Self Potential Monitor ระบบนี้มีความสามารถในการตรวจวัดศักย์ไฟฟ้าในดินแบบต่อเนื่อง เพื่อเฝ้าติดตามการเปลี่ยนแปลงแบบตลอดเวลาได้ โดยที่องค์ประกอบแต่ละส่วนมีรายละเอียดดังนี้

คอนโทรลยูนิต ได้ออกแบบและสร้างจำนวน 1 เครื่อง มีความสามารถทำงานได้ 2 โหมดคือ โหมดสแตนอโลนและโหมดคอมพิวเตอร์คอนโทรล ซึ่งกรณีโหมดสแตนอโลนจะสามารถทำงานได้โดยไม่ต้องใช้คอมพิวเตอร์ โดยมีคอนโทรลยูนิตจะทำหน้าที่รับการกำหนดค่าต่างๆ เกี่ยวกับการวัดค่าเอสพีจากผู้ใช้งาน หลังจากนั้นจะทำงานในลักษณะอัตโนมัติคือ ทำการส่งรหัสคำสั่งไปให้ไคลเอนท์ต่อขั้วไฟฟ้าเข้ากับสายนำสัญญาณ ต่อสายนำสัญญาณเข้ากับเทอรามิเตอร์ และสั่งให้เทอรามิเตอร์วัดค่า พร้อมทั้งรับข้อมูลที่วัดได้มาเก็บไว้ในหน่วยความจำ ในโหมดนี้สามารถควบคุมไคลเอนท์ได้สูงสุด 40 เครื่อง ส่วนในโหมดคอมพิวเตอร์คอนโทรลจะมีคอมพิวเตอร์คอยส่งรหัสคำสั่งให้คอนโทรลยูนิตทำงานในลักษณะเดียวกันกับโหมดสแตนอโลน แต่จะกำหนดค่าการวัดและรับผลการวัดทางคอมพิวเตอร์ ในโหมดนี้สามารถควบคุมไคลเอนท์ได้สูงสุด 2,040 เครื่อง นอกจากนี้คอนโทรลยูนิตมีระบบควบคุมพลังงานไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ ซึ่งจะจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับไคลเอนท์เมื่อมีการวัดเท่านั้น โดยที่จ่ายให้ไคลเอนท์ได้สูงสุด 40 เครื่อง และยังมีระบบประจุไฟฟ้าลงแบตเตอรี่ที่อยู่ภายในเครื่องสำหรับสำรองไฟฟ้าไว้ใช้ในกรณีที่ไม่มีไฟฟ้า 220 โวลท์ต่อเข้าระบบด้วย โดยใช้แบตเตอรี่เซลล์แห้งขนาด 12 โวลท์ 7.5 แอมแปร์-ชั่วโมง จากการทดสอบพบว่าถ้าใช้ไคลเอนท์ 20 เครื่องแบตเตอรี่สามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับการวัดได้มากกว่า 250 ครั้ง

เทอรามิเตอร์ ใช้ของบริษัท ABEM รุ่น SAS 300B มีหน้าที่วัดค่าเอสพีและส่งค่าวัดได้ไปให้คอนโทรลยูนิต มีค่าผิดพลาดของการวัดศักย์ไฟฟ้าเท่ากับ 0.01 ถึง 1 มิลลิโวลท์

ขั้วไฟฟ้า ทำหน้าที่เป็นหัววัดศักย์ไฟฟ้า (potential probe) สร้างจำนวน 33 ขั้ว เป็นชนิดนอนโพลาไรเซชัน แบบลวดทองแดงจุ่มอยู่ในสารละลายคอปเปอร์ซัลเฟต ผลการทดสอบด้วยการปักขั้วไฟฟ้าลงในดินให้มีระยะห่างกัน 1 เมตรจะให้ค่าเอสพีคงที่ 24.9 มิลลิโวลท์ มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0 มิลลิโวลท์ ซึ่งค่าที่วัดได้และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจะต่ำกว่าการใช้ขั้วไฟฟ้า

แบบโลหะสแตนเลสที่มีค่าเฉลี่ย 77.8 มิลลิโวลท์ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 2.2 มิลลิโวลท์ ขั้วไฟฟ้าแบบนอนโพลาไรเซชันจึงเหมาะสมสำหรับการวัดค่าเอสพีมากกว่าขั้วไฟฟ้าแบบโลหะสแตนเลส

สายนำสัญญาณ ทำหน้าที่เชื่อมต่อสัญญาณไฟฟ้าระหว่างคอนโทรลยูนิตและไคลเอนท์ ออกแบบและสร้างจำนวน 35 เส้น แต่ละเส้นยาว 5.3 เมตรแกนกลางมีสายนำสัญญาณ 10 เส้น แบ่งเป็นสายอนาล็อก 4 เส้นสายจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้วงจรไคลเอนท์ 2 เส้นและสายควบคุม (ดิจิตอล) 4 เส้น โดยที่สายอนาล็อกเป็นสายซีลด์ 1 คู่ นอกจากนี้สามารถนำมาต่อกันเพื่อเพิ่มความยาวได้ และผลการทดสอบด้วยการนำมาต่อกันทั้ง 35 เส้นแล้ววัดค่าศักย์ไฟฟ้าที่เกิดขึ้นภายในสายซีลด์เท่ากับ 50 ไมโครโวลท์

ไคลเอนท์ ทำหน้าที่รับคำสั่งจากคอนโทรลยูนิตเพื่อทำการตัดหรือต่อขั้วไฟฟ้าเข้ากับสายนำสัญญาณ ซึ่งจะใช้ไคลเอนท์ 1 เครื่องสำหรับขั้วไฟฟ้า 1 ขั้ว ปัจจุบันออกแบบและสร้างจำนวน 35 เครื่อง โดยที่แต่ละเครื่องจะมีรหัสประจำตัวที่ปรับค่าได้ด้วยดิพสวิตช์เพื่อไว้ให้คอนโทรลยูนิตใช้ในการอ้างถึง

โปรแกรม Self Potential Monitor รุ่น 1.02 มีหน้าที่ควบคุมการทำงานของคอมพิวเตอร์ในการติดต่อกับผู้ใช้งาน ควบคุมการทำงานของคอนโทรลยูนิต การบันทึกและการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น สามารถทำงานได้บนระบบปฏิบัติการวินโดวส์ 95 วินโดวส์ 98 และวินโดวส์มีของบริษัทไมโครซอฟท์

ระบบที่ได้ออกแบบและพัฒนาขึ้นนี้มีความทนทานแข็งแรง มีช่วงอุณหภูมิทำงานตั้งแต่ 0 ถึง 80 องศาเซลเซียสตามคุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ และชุดสายนำสัญญาณ ขั้วไฟฟ้าและไคลเอนท์ที่ต้องทำงานกลางแจ้งสามารถทนแดดและป้องกันน้ำเข้าได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้ค่าเอสพีที่วัดได้มีความแม่นยำสูงตามความสามารถของเครื่องเทอรามิเตอร์ที่ให้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ตลอดช่วงการวัด ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงานต่างๆ ได้หลายด้าน เช่น การเฝ้าติดตามการรั่วของถังเก็บของเหลวที่อยู่ใต้ดิน (เช่น ถังเก็บน้ำมัน) หลุมฝังกลบขยะ การรั่วของเขื่อน และสำรวจแหล่งแร่ซัลไฟด์เป็นต้น

4.2 ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะสำหรับระบบเฝ้าติดตามศักย์ไฟฟ้าในดินที่ได้สร้างขึ้นมีดังนี้

4.2.1 ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการทดสอบระบบ

จากการนำระบบเฝ้าติดตามศักย์ไฟฟ้าในดินที่ได้สร้างขึ้นนี้ไปทดสอบการวัดค่าเอสพีในกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของดินด้วยนั้น ควรมีการทดลองเพิ่มเติมดังนี้

1. บันทึกค่าเอสพีพร้อมกับค่าอุณหภูมิของสารละลายคอปเปอร์ซัลเฟตแทนการวัดอุณหภูมิของดิน เพื่อหาอัตราการเปลี่ยนแปลงของเอสพีต่ออุณหภูมิของสารละลายคอปเปอร์ซัลเฟตที่นำมาทำเป็นขั้วไฟฟ้าได้ โดยวัดอุณหภูมิของขั้วไฟฟ้าอ้างอิงด้วยเพื่อหาผลต่างอุณหภูมิระหว่างขั้ววัดค่าเอสพีและขั้วอ้างอิงด้วย

2. ใช้ขั้วไฟฟ้าหนึ่งขั้วต่อเข้ากับศักย์อ้างอิงมาตรฐาน (เช่น จากถ่านไฟฉาย) พร้อมกับการบันทึกอุณหภูมิ เพื่อเป็นการทดสอบว่าเมื่ออุณหภูมิสิ่งแวดล้อมเปลี่ยนไป จะมีผลทำให้ระบบมีการวัดค่าเอสพีคงที่หรือไม่

4.2.2 ข้อแนะนำในการพัฒนาระบบให้ดีขึ้นและสามารถใช้งานได้หลายหน้าที่

1. เนื่องจากในการทดสอบกับแบบจำลองการไหลของน้ำแบบง่ายๆ แล้วพบว่าระบบนี้สามารถตรวจจับความเปลี่ยนแปลงของความชื้นในดินได้ จึงน่าจะพัฒนารูปแบบของแบบจำลองการไหลของน้ำให้ดีกว่านี้ ด้วยการจำลองการรั่วของอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กแล้วนำระบบนี้ไปตรวจวัดเพื่อหาว่าสามารถหาตำแหน่งและทิศทางการรั่วได้หรือไม่

2. สามารถสร้างไคลเอนท์เพิ่มเติมได้จนถึง 1024 เครื่อง แต่จะต้องมีระบบจ่ายพลังงานไฟฟ้าเพิ่มเติมเข้ามาด้วย ซึ่งสามารถสร้างให้มีลักษณะการทำงานเหมือนไคลเอนท์ที่คอนโทรลยูนิตสามารถควบคุมการจ่ายหรือหยุดจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับไคลเอนท์ตัวอื่นๆ ได้

3. เนื่องจากระบบนี้ถูกออกแบบให้ใช้งานได้ทั้งการวัดเอสพี สภาพต้านทานไฟฟ้าและไอพี (induce polarization) จึงสามารถพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อควบคุมการต่อสายนำสัญญาณเข้ากับขั้วไฟฟ้าได้ทุกรูปแบบ โดยสามารถทำงานร่วมกับโปรแกรมที่เขียนขึ้นมาจากทุกภาษา และทุกระบบปฏิบัติการ ซึ่งสามารถดูรายละเอียดเกี่ยวกับการจัดหน่วยความจำได้ที่ภาคผนวก ข และดูโครงสร้างคำสั่งการควบคุมคอนโทรลยูนิตกับโปรแกรมตัวอย่างที่เขียนขึ้นด้วยภาษาปาสคาลที่ภาคผนวก ฉ