บทที่ 3

ผลและการอภิปรายผล

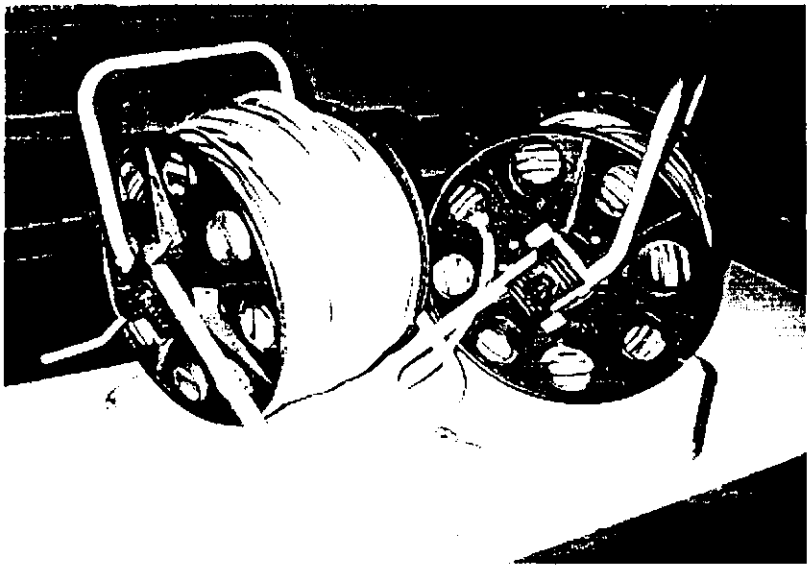
3.1 การทำงานของระบบเฝ้าติดตามศักย์ไฟฟ้าในดิน

ระบบเฝ้าติดตามศักย์ไฟฟ้าในดินที่สร้างขึ้นตามที่ได้ออกแบบไว้ และได้ผ่านการทดสอบประสิทธิภาพแล้ว แต่ละส่วนมีจำนวนและคุณสมบัติดังนี้

1. ขั้วไฟฟ้า ดังภาพประกอบ 2.9 จำนวนทั้งหมด 33 ขั้ว แต่ละขั้วยาว 45 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 นิ้ว ซึ่งเป็นชนิดลวดทองแดงจุ่มอยู่ในสารละลายคอปเปอร์ซัลเฟต

2. สายนำสัญญาณขนาด 10 แกน มีความยาวเส้นละ 5.3 เมตร จำนวน 35 เส้น รวมความยาวทั้งหมด 185.5 เมตร เนื่องจากที่ปลายทั้งสองด้านใช้หัวต่อชนิดเดียวกันแต่เป็นตัวเมียหนึ่งด้านตัวผู้หนึ่งด้าน จึงสามารถนำมาต่อกันแล้วม้วนเก็บในล้อเก็บสายไฟ (Roller) ได้ และจากการทดสอบคู่สายซีลด์ (A1 และ A2) ด้วยการต่อสายนำสัญญาณทั้ง 35 เส้นเข้าด้วยกันและต่อสาย A1 เข้ากับ A2 ที่ปลายด้านหนึ่งแล้ววัดศักย์ไฟฟ้าที่ปลายสายอีกด้านหนึ่งระหว่าง A1 และ A2 ด้วยออสซิลโลสโคปพบว่ามีค่าประมาณ 50 ไมโครโวลท์เท่านั้น สายนำสัญญาณทั้งหมดแสดงในภาพประกอบ 3.1

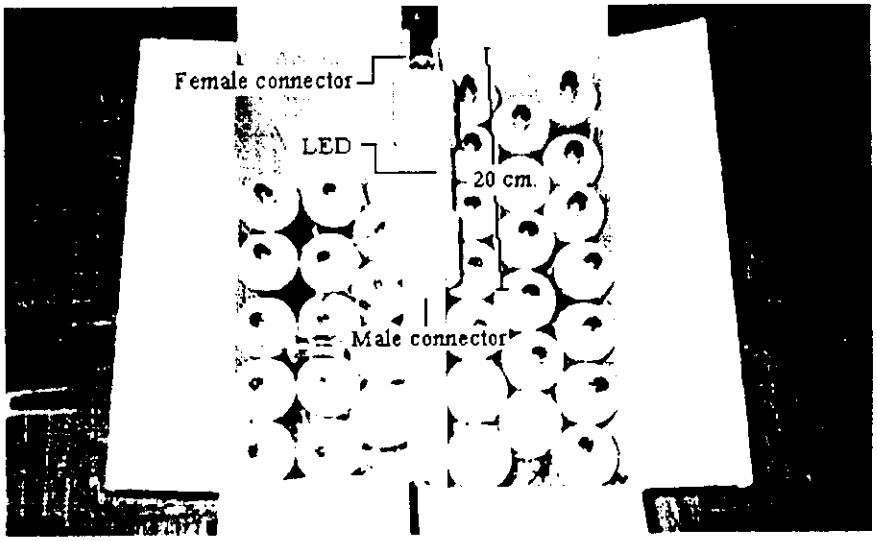
ภาพประกอบ 3.1 สายนำสัญญาณเมื่อเก็บในล้อเก็บสายไฟ



3. ไคลเอนท์ มีจำนวนทั้งหมด 35 เครื่อง และมีแผงวงจรสำรองอีก 3 แผง (สามารถเปลี่ยนกับเครื่องที่ชำรุดได้ทันที) มีหลอดแอลอีดีสีแดง 1 หลอดติดอยู่ที่กึ่งกลางด้านบนของเครื่อง โดยจะ

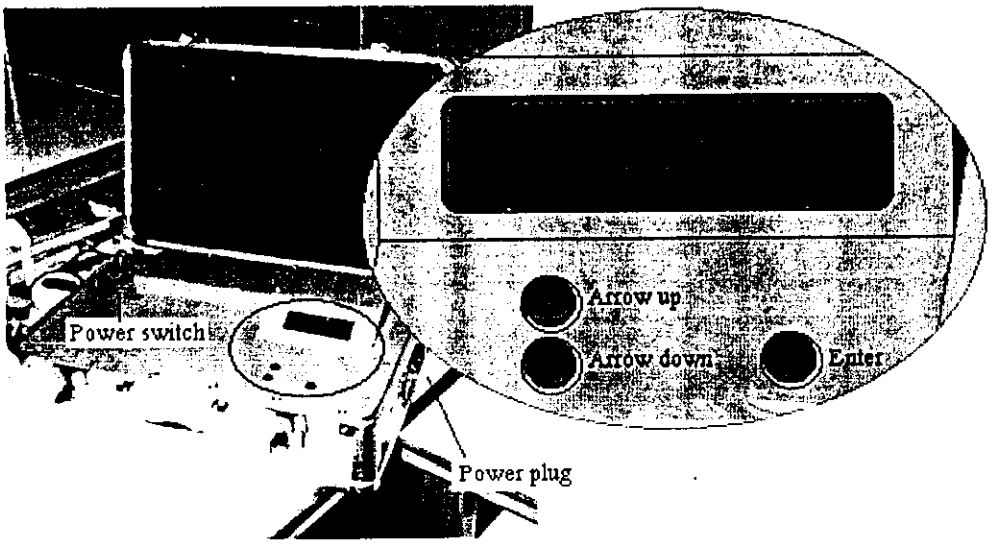
ติดสว่างถ้ามีการต่อสายสัญญาณอนาล็อกเส้นที่ 2 (A2) เข้ากับขั้วไฟฟ้า นอกจากนี้สามารถกันน้ำได้ และทำงานได้ในช่วงอุณหภูมิ 0 ถึง 80 องศาเซลเซียส (คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่กำหนดไว้โดยบริษัท Atmel) ไคลเอนท์ทั้งหมดแสดงในภาพประกอบ 3.2

ภาพประกอบ 3.2 ไคลเอนท์ทั้งหมด



4. คอนโทรลยูนิต มีจำนวน 1 เครื่อง ไม่สามารถกันน้ำได้ ทำงานในช่วงอุณหภูมิเดียวกันกับไคลเอนท์ รายละเอียดทางเทคนิคของการจัดการกับหน่วยความจำมีเพิ่มเติมที่ภาคผนวก ข และสำหรับช่องทางการสื่อสารข้อมูลมีเพิ่มเติมที่ภาคผนวก ค เมื่อเปิดฝากล่องของเครื่องคอนโทรลยูนิตจะเป็นดังภาพประกอบ 3.3

ภาพประกอบ 3.3 คอนโทรลยูนิตเมื่อเปิดฝากล่องของเครื่อง

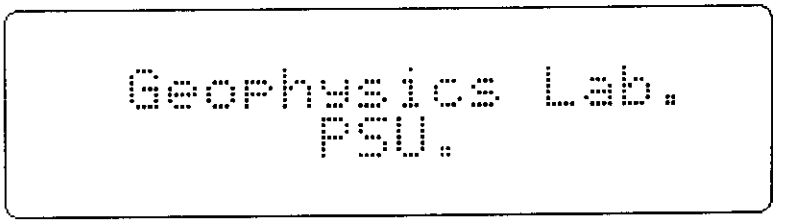


รายละเอียดเกี่ยวกับการทำงานของคอนโทรลยูนิตมีดังนี้

4.1 ปุ่มกดที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของเครื่องคอนโทรลยูนิตมีทั้งหมด 3 ปุ่ม โดยปุ่มด้านซ้ายบนสำหรับเพิ่มค่าของตัวเลือก หรือเลื่อนตัวเลือกขึ้นบน ส่วนปุ่มด้านซ้ายล่างทำงานในลักษณะตรงกันข้าม และปุ่มที่เหลือด้านขวาเป็นปุ่มเลือก ซึ่งทั้ง 3 ปุ่มถ้าเปรียบเทียบกับแป้นพิมพ์ของเครื่องคอมพิวเตอร์แล้วจะเท่ากับปุ่ม <Arrow Up>, <Arrow Down> และ <Enter> ตามลำดับ ดังนั้นเพื่อเข้าใจได้ง่ายจึงใช้ชื่อตามแป้นพิมพ์ของเครื่องคอมพิวเตอร์ในการเรียกปุ่มต่างๆ ต่อไป

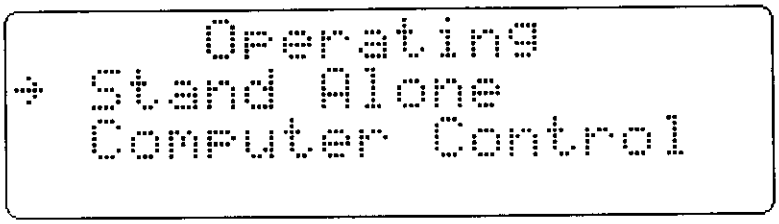
4.2 เมื่อกดสวิตช์ให้เครื่องคอนโทรลยูนิตเริ่มทำงาน ที่หน้าจอแอลซีดีจะมีข้อความแสดงตามภาพประกอบ 3.4 ซึ่ง Geophysics Lab. และ PSU. เป็นการแสดงถึงการสร้างระบบนี้ในห้องปฏิบัติการธรณีฟิสิกส์ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ภาพประกอบ 3.4 จอแอลซีดีเมื่อเปิดให้เครื่องทำงาน



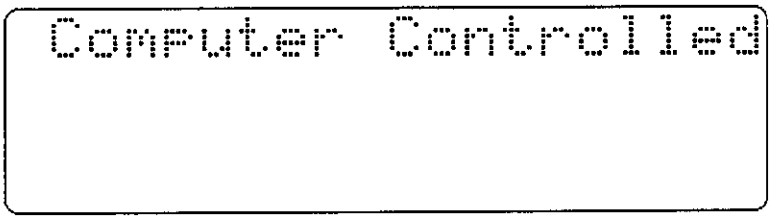
4.3 จากนั้นจะรอให้กดปุ่ม <Enter> แล้วจะเข้าสู่การเลือกโหมดการทำงาน ตามภาพประกอบ 3.5 สามารถกดปุ่ม <Arrow Up> หรือ <Arrow Down> เพื่อเลื่อนตัวชี้ในการเลือกโหมดได้ ซึ่งจะมี 2 โหมดคือสแตนอโลน (Stand Alone) และคอมพิวเตอร์คอนโทรล (Computer Control) โดยถ้าเลือกโหมดสแตนอโลนจะทำให้ทั้งระบบมีตัวคอนโทรลยูนิตเป็นผู้ควบคุมเท่านั้น ตามรายละเอียดในหัวข้อย่อย 4.3.2 แต่ถ้าเลือกโหมดคอมพิวเตอร์คอนโทรลจะเป็นการทำงานในขณะที่มีคอมพิวเตอร์เชื่อมต่ออยู่ และการทำงานจะถูกคอมพิวเตอร์เป็นผู้ควบคุมทั้งหมด โดยมีโปรแกรม Self Potential Monitor เป็นส่วนควบคุมและติดต่อกับผู้ใช้งาน ซึ่งการใช้งานในโหมดนี้จะต้องมีสายเคเบิลต่ออยู่ระหว่างคอมพิวเตอร์และคอนโทรลยูนิตทางพอร์ตเครื่องพิมพ์ด้วย ตามรายละเอียดในหัวข้อย่อย 4.3.1

ภาพประกอบ 3.5 จอแอลซีดีแสดงโหมดการทำงาน



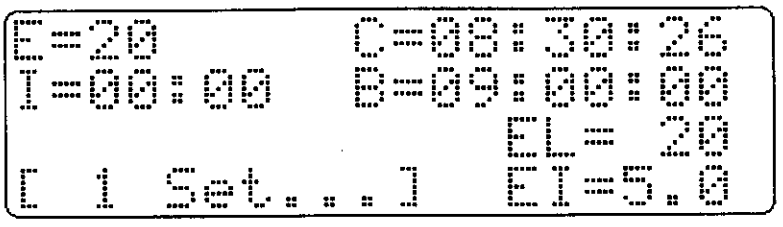
4.3.1 การทำงานในโหมดคอมพิวเตอร์คอนโทรล จะทำให้เข้าสู่การทำงานกับคอมพิวเตอร์ และจอแอลซีดีจะมีข้อความในบรรทัดแรกว่า Computer Control ส่วนบรรทัดอื่นๆ จะแสดงเหตุการณ์ต่างๆ ที่คอมพิวเตอร์สั่งงานมา แต่ในบางครั้งข้อความที่แสดงถึงเหตุการณ์ที่กำลังตอบสนองกับคอมพิวเตอร์จะเปลี่ยนไปเร็วมากจนอ่านไม่ทัน ทั้งนี้โดยวัตถุประสงค์ของการแสดงข้อความนั้นก็เพื่อเป็นการบ่งบอกว่ากำลังมีการติดต่อกัน และเมื่อคอนโทรลยูนิตอยู่ในสถานะว่างหรือกำลังรอคำสั่งจากคอมพิวเตอร์ถ้ากดปุ่ม <Enter> จะเป็นการออกจากการทำงานในโหมดนี้ แสดงการทำงานในโหมดนี้ตามภาพประกอบ 3.6

ภาพประกอบ 3.6 จอแอลซีดีเมื่อทำงานในโหมดคอมพิวเตอร์คอนโทรล



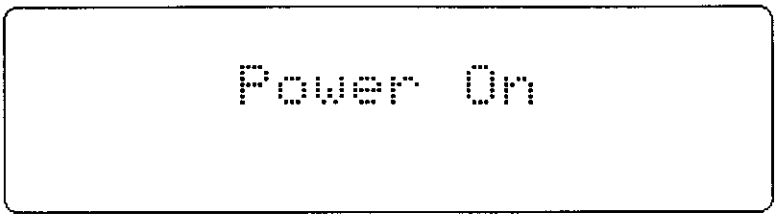
4.3.2 การทำงานในโหมดสแตนอโลนเมื่อมีการเลือกโหมดนี้เป็นครั้งแรกหลังจากเปิดให้เครื่องทำงาน จะมีตัวอย่างตามภาพประกอบ 3.7 โดยที่ E=20 หมายถึงจำนวนขั้วไฟฟ้าทั้งหมดที่ต่ออยู่ในระบบ C=08:30:26 จะเป็นเวลาปัจจุบันตามนาฬิกาดิจิตอลที่อยู่ภายใน โดยมีค่าเวลาเป็น ชั่วโมง:นาที:วินาที ส่วน I=00:00 เป็นค่าระยะห่างของเวลาที่จะทำการวัดแบบตั้งเวลามีค่าเป็น ชั่วโมง:นาที สำหรับ B=09:00:00 นั้นเป็นค่าเวลาที่จะทำการวัดในครั้งแรกมีค่าเป็น ชั่วโมง:นาที:วินาที ส่วน EL= 20 และ EI=5.0 นั้น เป็นค่าของจำนวนขั้วไฟฟ้าต่อหนึ่งแนววัดและค่าระยะห่างของขั้วไฟฟ้าตามลำดับ และสำหรับกลุ่มสุดท้ายคือ [1 Set...] คือส่วนของตัวเลือก มีทั้งหมด 11 ตัวเลือกคือ [0 Run SP] [1 Set...] [2 Data] [3 File] [4 Dipole] [5 Timer] [6 Test] [7 Exit] [8 About] [9 Time] และ[10 Date] สามารถเลื่อนหน้าต่างเพื่อกำหนดตัวเลือกได้โดยการกดปุ่ม <Arrow Up> หรือ <Arrow Down> และถ้ากดปุ่ม <Enter> จะเป็นการเข้าทำงานในส่วนของตัวเลือกที่กำหนดไว้ ตามรายละเอียดในหัวข้อย่อยดังนี้

ภาพประกอบ 3.7 จอแอลซีดีแสดงการทำงานในโหมดสแตนอโลน

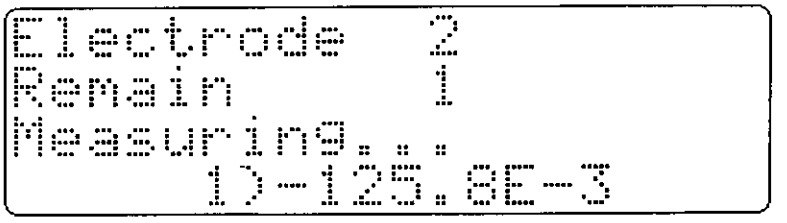


4.3.2.1 ตัวเลือก [0 Run SP] เมื่อเลือกตัวเลือกนี้จะเป็นการสั่งให้คอนโทรลยูนิตทำการเริ่มวัดค่าเอสพี ที่จอแอลซีดีจะมีลักษณะดังภาพประกอบ 3.8 อยู่ประมาณ 1 วินาที ซึ่งมีข้อความว่า Power On หมายถึงการเริ่มต้นจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับไคลเอนท์หลังจากนั้นจะเข้าสู่การทำงานตามภาพประกอบ 3.9 ซึ่งแต่ละบรรทัดมีความหมายดังนี้ Electrode 2 หมายความว่าขณะนี้กำลังทำการวัดค่าที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าที่ 2 บรรทัดที่ 2 ข้อความ Remain 1 คือ วงรอบของการวัดทั้งหมดจะเหลืออยู่เพียงรอบนี้รอบเดียว นั่นคือถ้าหากมีการวัดซ้ำหลายครั้ง ที่ค่านี้จะเป็นตัวบอกว่าจะเหลือการวัดซ้ำอีกกี่ครั้ง ส่วนบรรทัดที่ 3 เป็นการบอกว่าเครื่องเทอรามิเตอร์กำลังทำการวัดค่าอยู่ แต่ข้อความในบรรทัดนี้จะมีการเปลี่ยนแปลงหลายอย่างดังนี้ H Byte Command หมายถึงกำลังส่งค่าของคำสั่งให้กับไคลเอนท์ทุกตัว L Byte Command กำลังส่งค่าของตำแหน่งไคลเอนท์ที่จะต้องทำตามคำสั่งก่อนหน้านี้ จากนั้นจะส่งสัญญาณไปกระตุ้น (Trig) ให้เทอรามิเตอร์ทำการวัดค่าและรอจนกว่าจะวัดเสร็จโดยมีข้อความ Measuring... ดังนั้นถ้าหากไม่ได้ต่อสายสัญญาณกับเครื่องเทอรามิเตอร์ไว้หรือว่าลืมเปิดเครื่อง การทำงานก็จะชะงักโดยวนรออยู่ไม่มีที่สิ้นสุด การแก้ปัญหาสามารถทำได้โดยการต่อสายสัญญาณแล้วเปิดปุ่ม Power ให้เครื่องเทอรามิเตอร์ทำงานแล้วกดปุ่ม Measure บนเครื่องเทอรามิเตอร์ 1 ครั้งก็จะทำให้การวัดดำเนินการไปได้ โดยหลังจากนั้นจะเป็นข้อความ Sending Data เป็นการรับค่าจากเทอรามิเตอร์มาเก็บไว้ในหน่วยความจำ สำหรับบรรทัดที่ 4 จะเป็นการนำค่าที่ได้จากการวัดครั้งล่าสุดในหน่วยความจำมาแสดง ในตัวอย่างนี้ค่า 1)–125.8E-3 หมายถึงค่าที่วัดได้ของตำแหน่งขั้วไฟฟ้าที่ 1 เท่ากับ –125.8 มิลลิโวลท์ เหตุการณ์ตามภาพประกอบ 3.9 จะวนอยู่จนวัดครบทุกขั้วไฟฟ้าและวัดซ้ำครบทุกรอบ หลังจากนั้นจะหยุดจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับไคลเอนท์ตามภาพประกอบ 3.10 โดยหน่วงเวลาอยู่ประมาณ 1 วินาทีแล้วจะมีข้อความบอกสถานะการวัดเสร็จสมบูรณ์ (Complete) ตามภาพประกอบ 3.11 หลังจากนั้นจะเป็นการนำข้อมูลทั้งหมดมาแสดง (Preview) ซึ่งขั้นตอนนี้จะเป็นการเรียกให้ตัวเลือก [2 Data] ทำงานโดยอัตโนมัติ โดยที่จะไม่เห็นการแสดงข้อความของตัวเลือก แต่ในส่วนของกลไกการทำงานนั้นจะเหมือนกันทุกประการ ตามรายละเอียดในหัวข้อย่อย 4.3.2.3

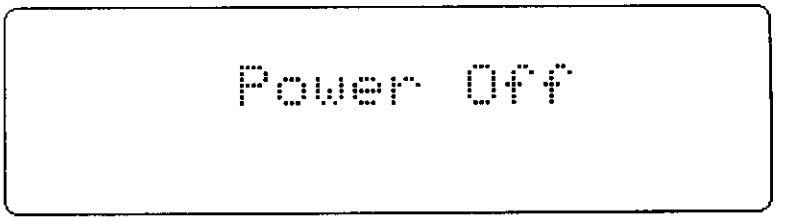
ภาพประกอบ 3.8 จอแอลซีดีแสดงการเริ่มต้นจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับไคลเอนท์



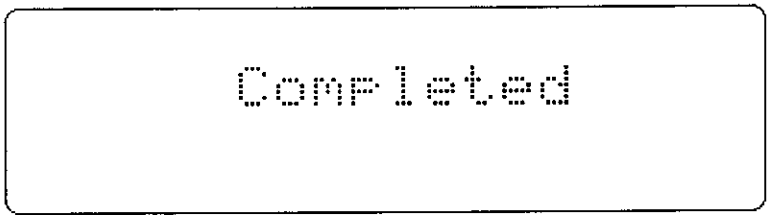
ภาพประกอบ 3.9 จอแอลซีดีขณะวัดค่าเอสพี



ภาพประกอบ 3.10 จอแอลซีดีแสดงการหยุดจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับโคลเอนท์

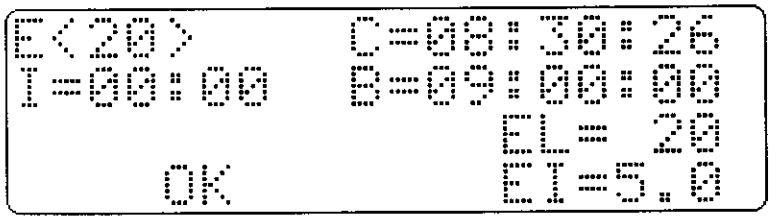


ภาพประกอบ 3.11 จอแอลซีดีแสดงการวัดเสร็จ



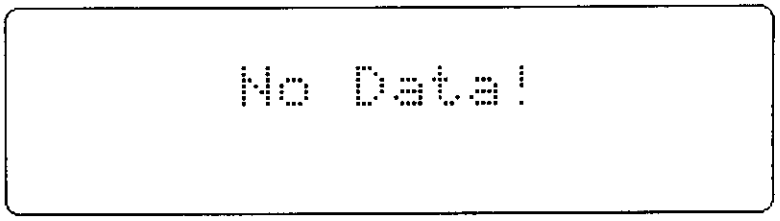
4.3.2.2 ตัวเลือก [1 Set...] เป็นการกำหนดค่าต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการวัด เมื่อเข้าตัวเลือกนี้ในครั้งแรก จอแอลซีดีจะมีลักษณะดังภาพประกอบ 3.12 ที่บรรทัดแรกจะเริ่มต้นด้วยข้อความ E<20> หมายความว่าตัวชี้อยู่ที่การกำหนดจำนวนขั้วไฟฟ้าทั้งหมด ถ้ากดปุ่ม <Arrow Up> หรือ <Arrow Down> จะเลื่อน <> ไปที่ตำแหน่งอื่นๆ เช่น C<08>:30:26 เป็นการเลื่อนตัวชี้ไปที่การตั้งค่าเวลาปัจจุบันในส่วนของชั่วโมง ถ้ากดปุ่ม <Enter> จะทำให้ตัวเลข 08 กระพริบ หมายถึงความพร้อมในการปรับค่า ซึ่งสามารถปรับค่าขึ้นหรือลงก็ได้โดยกดปุ่ม <Arrow Up> หรือ <Arrow Down> เมื่อปรับได้ค่าที่ต้องการแล้วต้องกดปุ่ม <Enter> อีกครั้งเพื่อออกจากการตั้งค่าโดยตัวเลขจะหยุดกระพริบ และเมื่อมีการตั้งค่าเสร็จเรียบร้อยทุกช่องแล้วสามารถกลับไปที่หน้าจอหลักได้โดยการเลือกให้ตัวชี้อยู่ที่ <OK> แล้วกดปุ่ม <Enter>

ภาพประกอบ 3.12 จอแอลซีดีแสดงการกำหนดค่าต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการวัด

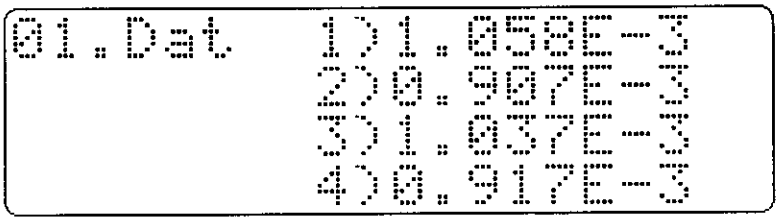


4.3.2.3 ตัวเลือก [2 Data] จะเป็นส่วนของการแสดงข้อมูลที่มีในหน่วยความจำ RAM ซึ่งอาจจะมาจากการเปิดแฟ้มหรือการวัดค่าก็ได้ ถ้าไม่มีข้อมูลจะบอกสถานะ No data! ตามภาพประกอบ 3.13 ถ้ามีข้อมูลในหน่วยความจำและข้อมูลนั้นเปิดมาจากแฟ้มหรือเป็นข้อมูลที่ได้จากการวัดแต่ได้ทำการบันทึกแล้วจะแสดงชื่อย่อของแฟ้มพร้อมกับรายการข้อมูลทั้งหมด ถ้าข้อมูลมากกว่า 4 จุด สามารถใช้ปุ่ม <Arrow Up> และ <Arrow Down> เลื่อนดูรายการข้อมูลได้ การออกจากการแสดงรายการข้อมูลในกรณีนี้ทำได้โดยการกดปุ่ม <Enter> ตามภาพประกอบ 3.14 ส่วนในกรณีที่ข้อมูลนั้นเป็นข้อมูลใหม่และยังไม่มีการบันทึกลงไฟล์จะมีการเตือนให้บันทึกด้วยการมีข้อความ [Save] ตามภาพประกอบ 3.15 ในกรณีนี้สามารถเลื่อนดูรายการข้อมูลได้เช่นเดียวกับกรณีแรก แต่ถ้ากดปุ่ม <Enter> จะเป็นการเข้าไปสู่ส่วนของการบันทึกลงแฟ้ม ตามภาพประกอบ 3.16 ซึ่งจะถามยืนยันการบันทึกอีกครั้งหนึ่ง โดยชื่อแฟ้มจะเป็นการตั้งให้โดยอัตโนมัติ ถ้าจะบันทึกก็เลือก [OK] ถ้าไม่ต้องการบันทึกก็เลือก [Cancel] หลังจากนั้นจะเป็นการกลับไปสู่หน้าจอหลักของโหมดสแตนอโลน

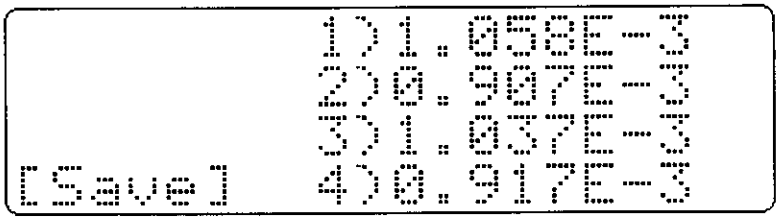
ภาพประกอบ 3.13 จอแอลซีดีแสดงข้อความเตือนว่าไม่มีข้อมูลในหน่วยความจำ



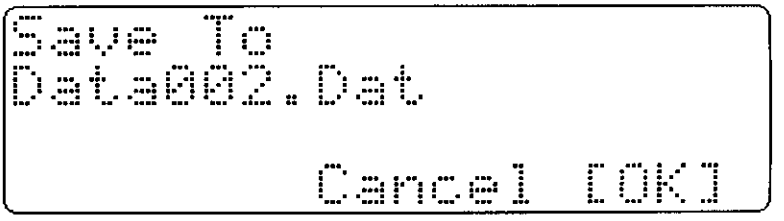
ภาพประกอบ 3.14 จอแอลซีดีแสดงรายการข้อมูลจากแฟ้มหรือจากการวัดที่บันทึกแล้ว



ภาพประกอบ 3.15 จอแอลซีดีแสดงรายการข้อมูลจากการวัดที่ยังไม่ได้ทำการบันทึกลงแฟ้ม

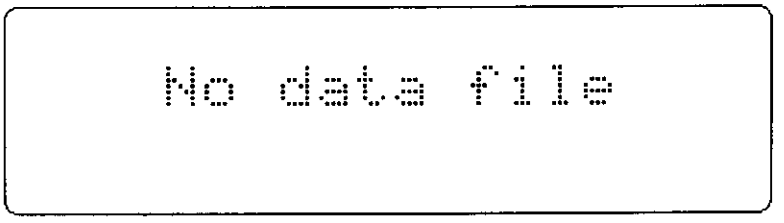


ภาพประกอบ 3.16 จอแอลซีดีแสดงการถามยืนยันการบันทึกข้อมูลลงแฟ้ม

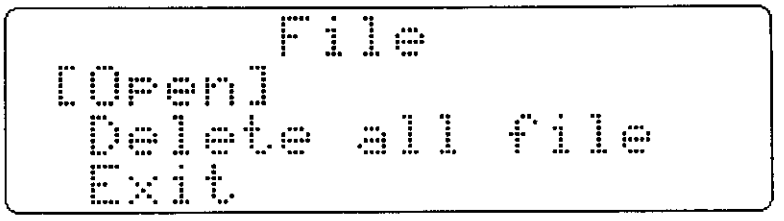


4.3.2.4 ตัวเลือก [3 File] เป็นการจัดการกับแฟ้มข้อมูล ถ้าในหน่วยความจำยังไม่มีการบันทึกแฟ้มข้อมูลไว้เลย จะไม่สามารถจัดการกับแฟ้มข้อมูลได้ โดยมีข้อความตามภาพประกอบ 3.17 แต่ถ้ามีแฟ้มข้อมูลอยู่จะสามารถจัดการเกี่ยวกับแฟ้มได้ตามภาพประกอบ 3.18 ซึ่งมีตัวเลือกย่อยอีก 3 ตัวเลือกคือ [Open] [Delete all file] และ [Exit] สามารถเลื่อนตัวชี้ได้ด้วยการกดปุ่ม <Arrow Up> และ <Arrow Down> และถ้ากดปุ่ม <Enter> จะเป็นการเลือกตัวเลือกตามรายละเอียดดังนี้

ภาพประกอบ 3.17 จอแอลซีดีแสดงข้อความบอกว่าไม่มีแฟ้มข้อมูลที่บันทึกไว้

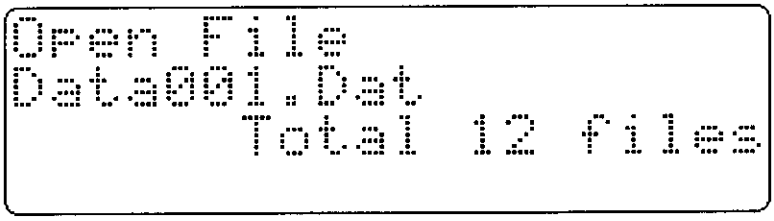


ภาพประกอบ 3.18 จอแอลซีดีแสดงส่วนจัดการกับแฟ้มข้อมูล

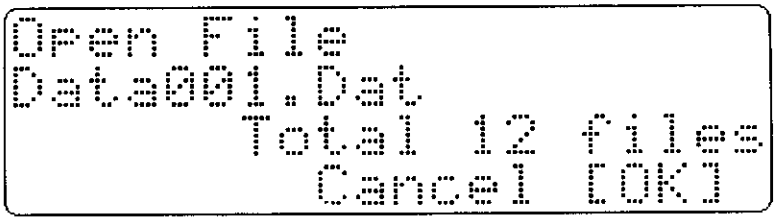


4.3.2.4.1 ตัวเลือก [Open] จะเป็นการเปิดแฟ้มข้อมูล ตามภาพประกอบ 3.19 ซึ่งตัวเลข 01 ในส่วนของชื่อแฟ้มจะกระพริบแสดงว่าสามารถกดปุ่ม <Arrow Up> หรือ <Arrow Down> เพื่อเลือกแฟ้มได้ ส่วนบรรทัดที่ 3 จะแสดงจำนวนแฟ้มทั้งหมดที่ได้บันทึกไว้ ในกรณีนี้ถ้ากดปุ่ม <Enter> จะเป็นการเปิดแฟ้มที่เลือกไว้ โดยจะมีการถามยืนยันในบรรทัดที่ 4 ตามภาพประกอบ 3.20 ถ้าเลือก [Cancel] จะเป็นการวนกลับไปสู่ส่วนจัดการกับแฟ้มข้อมูล ตามภาพประกอบ 3.18 แต่ถ้าเลือก [OK] จะเป็นการเปิดแฟ้มโดยอ่านข้อมูลลงหน่วยความจำ และแสดงข้อมูลที่มีในแฟ้มโดยการเรียกใช้ตัวเลือก [2 Data] แบบอัตโนมัติ ตามรายละเอียดในหัวข้อย่อย 4.3.2.3

ภาพประกอบ 3.19 จอแอลซีดีแสดงการเปิดแฟ้มข้อมูล

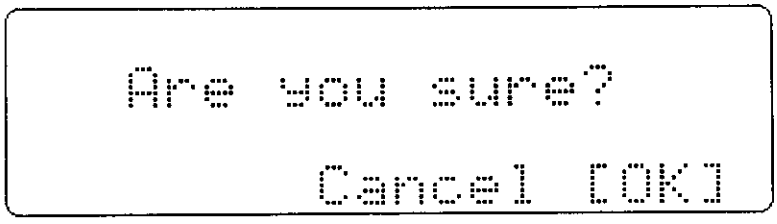


ภาพประกอบ 3.20 จอแอลซีดีแสดงการถามยืนยันการเปิดแฟ้มข้อมูล



4.3.2.4.2 ตัวเลือก [Delete all file] เป็นการจัดการกับแฟ้มข้อมูลที่บันทึกไว้โดยลบข้อมูลทั้งหมดทุกแฟ้มและไม่สามารถเลือกลบทีละแฟ้มได้ โดยมีข้อความถามยืนยันความแน่ใจว่า Are you sure? ดังภาพประกอบ 3.21 ถ้าเลือกปุ่ม [Cancel] จะไม่ลบข้อมูลและกลับไปยังหน้าจอในภาพประกอบ 3.18 แต่ถ้าเลือก [OK] จะเป็นการลบแฟ้มข้อมูลทั้งหมดโดยไม่สามารถเรียกกลับคืนมาได้อีกเลย หลังจากลบเสร็จจะกลับสู่หน้าจอของโหมดสแตนอโลนตามหัวข้อย่อย 4.3.2

ภาพประกอบ 3.21 จอแอลซีดีแสดงการถามยืนยันความแน่ใจในการลบแฟ้มข้อมูลทั้งหมด

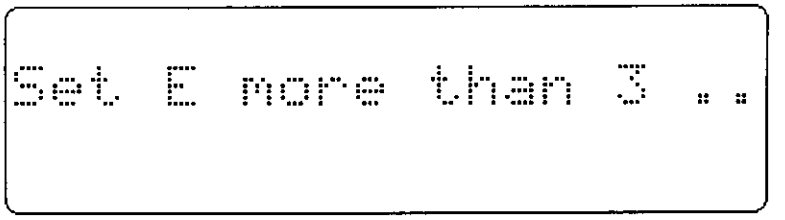


4.3.2.4.3 ตัวเลือก [Exit] เป็นการออกจากส่วนจัดการกับแฟ้มข้อมูล แล้วออกไปที่ส่วนของโหมดสแตนอโลนตามหัวข้อย่อย 4.3.2

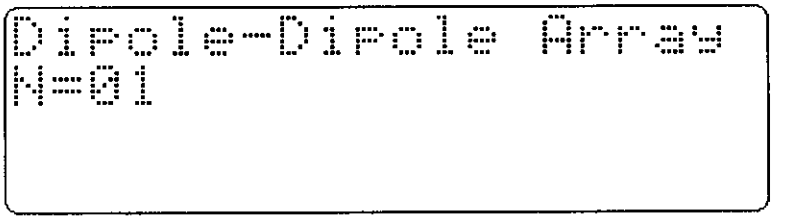
4.3.2.5 ตัวเลือก [4 Dipole] เป็นการวัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าที่มีการจัดขบวนขั้วไฟฟ้าแบบไดโพล-ไดโพล (Dipole-Dipole) จะมีหน้าจอแอลซีดีแสดงตามภาพประกอบ 3.23 ตัวเลข 01 ในบรรทัดที่ 2 เป็นการกำหนดค่าของ n สูงสุด ซึ่งตัวเลข 01 จะกระพริบอยู่แสดงว่าสามารถปรับค่าได้โดยการกดปุ่ม <Arrow Up> หรือ <Arrow Down> และค่าที่เป็นไปได้นั้นจะขึ้นอยู่กับค่าของจำนวนขั้วไฟฟ้า (E) ทั้งหมด ตามหัวข้อ 4.3.2 โดยมีความสัมพันธ์กับจำนวนกลุ่มจุดวัด (station : S) ของการวัดด้วย มีรายละเอียดดังนี้ กรณีแรกถ้า E≤3 จะไม่สามารถวัดค่า

สภาพต้านทานไฟฟ้าได้ จะมีข้อความแจ้งให้ทราบตามภาพประกอบ 3.22 กรณีที่สอง ถ้า E=4 จะได้ n=1 และ S=1 (ไม่สามารถปรับค่า n ได้) กรณีที่สามถ้า 5≤E≤9 จะสามารถปรับค่า 1≤n≤ (E-3) ทำให้ได้ S=E-N-2 กรณีสุดท้ายถ้า E≥10 จะสามารถปรับค่า 1≤n≤6 ทำให้ได้ S=E-N-2 หลังจากนั้นถ้ากดปุ่ม <Enter> จะมีข้อความถามยืนยันการวัดข้อมูลตามภาพประกอบ 3.24 ถ้าเลือก [Cancel] จะกลับไปสู่หน้าจอหลักของโหมดสแตนอโลน ถ้าเลือก [OK] จะเป็นการวัดข้อมูลโดยมีการแสดงการทำงานดังภาพประกอบ 3.25 โดยที่บรรทัดที่ 2 จะเป็นตัวบอกว่าขณะนี้กำลังวัดที่กลุ่มจุดวัดไหนและค่า n ที่เท่าไหร่ของกลุ่มจุดวัดนั้น จากตัวอย่างในภาพประกอบ 20 ข้อความ Station 1 และ N= 2 หมายถึงขณะนี้กำลังทำการวัดที่กลุ่มจุดวัดที่ 1 และมีการเลื่อน n ไป 1 ครั้ง คือ n เท่ากับ 2 ส่วนข้อความในบรรทัดอื่นๆ และลำดับการทำงานที่เหลือจะเหมือนกับการวัดเอสพีทุกอย่าง เมื่อมีการวัดจนครบทุกกลุ่มจุดวัดก็จะมีการแสดงข้อมูลทั้งหมดเช่นเดียวกับหัวข้อย่อย 4.3.2.1

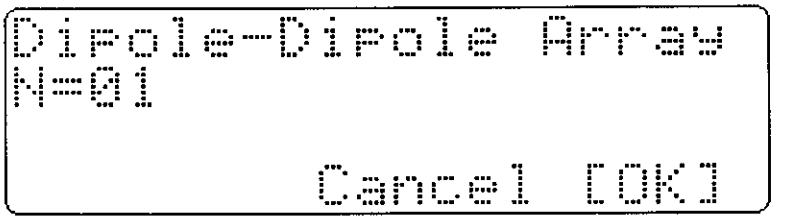
ภาพประกอบ 3.22 จอแอลซีดีแสดงข้อความแจ้งให้ทราบว่าจะต้องมีขั้วไฟฟ้ามากกว่าสามขั้ว (อย่างน้อยสี่ขั้ว) จึงจะวัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าได้



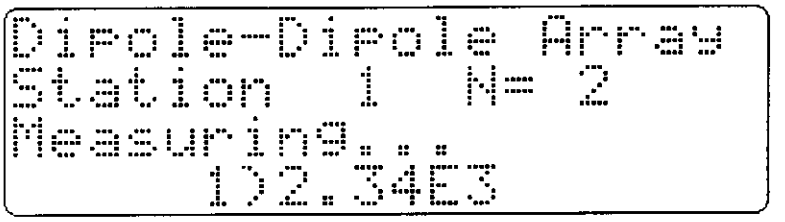
ภาพประกอบ 3.23 จอแอลซีดีแสดงการกำหนดค่าสูงสุดของ n ที่จะใช้ในการวัดสภาพต้านทานไฟฟ้าเมื่อมีการจัดขบวนไฟฟ้าแบบไดโพล-ไดโพล



ภาพประกอบ 3.24 จอแอลซีดีแสดงข้อความถามยืนยันการวัดข้อมูลสภาพต้านทานไฟฟ้าด้วยขบวนไฟฟ้าแบบไดโพลไดโพล



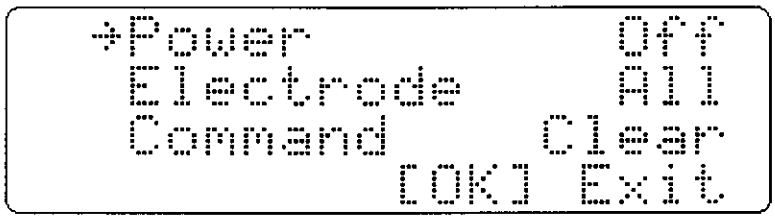
ภาพประกอบ 3.25 จอแอลซีดีแสดงการวัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้า



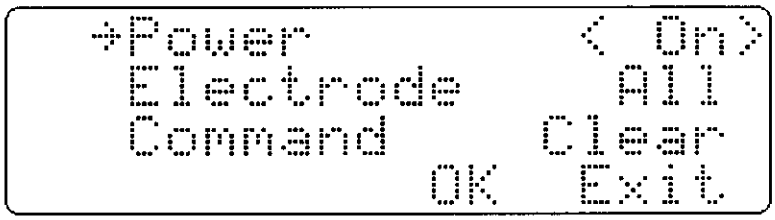
4.3.2.6 ตัวเลือก [5 Timer] (เว้นไว้สำหรับการพัฒนาต่อ)

4.3.2.7 ตัวเลือก [6 Test] จะทำหน้าที่เกี่ยวกับการทดสอบไคลเอนท์ว่าสามารถทำงานได้ตามปกติหรือไม่ ตามภาพประกอบ 3.26 ซึ่งสามารถทดสอบครั้งละหลายๆ ตัว หรือตัวเดียวก็ได้ ตลอดจนถึงการทดสอบสายเคเบิลด้วย แต่จะต้องมีอุปกรณ์อื่นมาเป็นเครื่องมือช่วยด้วย เช่น เครื่องวัดความต้านทานไฟฟ้า ลักษณะการแสดงของจอแอลซีดีในบรรทัดแรกเป็นการควบคุมการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับไคลเอนท์สามารถเลื่อนตัวชี้ (→) ให้อยู่หน้าคำว่า Power แล้วกดปุ่ม [Enter] จะทำให้มี <> คร่อมคำว่า On หรือ Off ถ้าต้องการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้ไคลเอนท์ก็กดปุ่ม <Arrow Down> หรือ <Arrow Up> ให้เป็น <On> ดังภาพประกอบ 3.27 แล้วกดปุ่ม [Enter] 1 ครั้งก็จะเป็นการจ่ายกระแสไฟฟ้าทันที ถ้าต้องการหยุดจ่ายกระแสไฟฟ้าก็ทำได้ในลักษณะเดียวกันแต่เลือกเป็น <Off> แทน ส่วนบรรทัดที่ 2 เป็นการกำหนดว่าจะส่งคำสั่งให้กับไคลเอนท์ว่าเป็นตัวที่เท่าไหร่ซึ่งจะต้องกำหนดให้ตรงกับตำแหน่งบนไคลเอนท์ที่ได้กำหนดไว้ด้วยดิพสวิตช์ การเลือกมีวิธีการเช่นเดียวกับการจ่ายกระแสไฟฟ้า โดยถ้ากำหนดเป็น All จะเป็นการส่งคำสั่งให้กับไคลเอนท์ทุกๆ ตัว ส่วนในกรณีอื่นๆ สามารถกำหนดเป็นเดี่ยวๆ ได้เช่น ตัวที่ 1 หรือ 2 โดยจะสามารถกำหนดได้สูงสุดเป็น 40 (ถ้าใช้งานในโหมดคอมพิวเตอร์คอนโทรล จะกำหนดได้สูงสุด 1024) ส่วนบรรทัดที่ 3 เป็นการเลือกคำสั่งที่จะส่งให้ไคลเอนท์สามารถเป็นได้ 7 กรณีคือ 1.<Clear> เป็นการสั่งให้ยกเลิกการต่อสายสัญญาณทุกเส้นกับขั้วไฟฟ้า 2.<P1 On> เป็นการต่อสายสัญญาณ P1 เข้ากับขั้วไฟฟ้า 3.<P2 On> เป็นการต่อสายสัญญาณ P2 เข้ากับขั้วไฟฟ้า 4.<C1 On> เป็นการต่อสายสัญญาณ C1 เข้ากับขั้วไฟฟ้า 5.<C2 On> เป็นการต่อสายสัญญาณ C2 เข้ากับขั้วไฟฟ้า 6.<P1 C1> เป็นการต่อสายสัญญาณ P1 และ C1 เข้ากับขั้วไฟฟ้า และ 7.<P2 C2> เป็นการต่อสายสัญญาณ P2 และ C2 เข้ากับขั้วไฟฟ้า สำหรับในบรรทัดที่ 4 มีให้เลือก 2 กรณีคือ [OK] และ [Exit] โดยที่ [Exit] เป็นการออกจากการทำงานทดสอบไคลเอนท์ไปสู่หน้าจอหลักของโหมดสแตนอโลน ส่วน [OK] เป็นการส่งคำสั่งและค่าตำแหน่งให้กับไคลเอนท์ซึ่งจะทำงานตามภาพประกอบ 3.28 โดยที่บรรทัดที่ 1 บอกถึงตำแหน่งไคลเอนท์ที่ได้ส่งคำสั่งไปให้ บรรทัดที่ 2 บอกสถานะการส่ง และบรรทัดที่ 4 ข้อความ [OK] หมายถึงถ้ากดปุ่ม [Enter] จะกลับไปยังการทำงานก่อนหน้านี้ตามภาพประกอบ 3.27

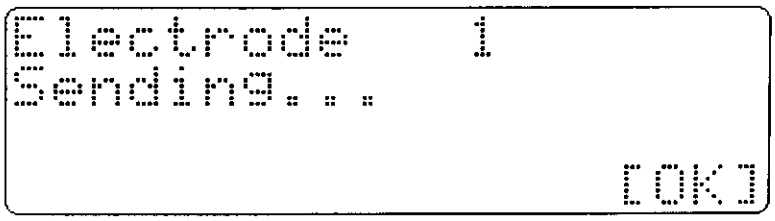
ภาพประกอบ 3.26 จอแอลซีดีแสดงการทดสอบไคลเอนท์



ภาพประกอบ 3.27 จอแอลซีดีแสดงการควบคุมการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้ไคลเอนท์



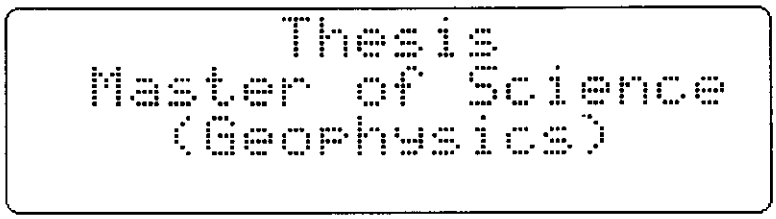
ภาพประกอบ 3.28 จอแอลซีดีแสดงขณะทำการส่งคำสั่งและตำแหน่งให้กับไคลเอนท์



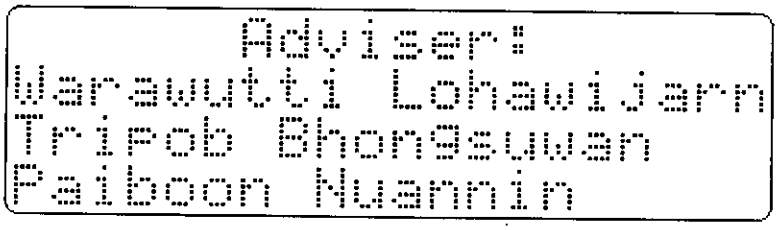
4.3.2.8 ตัวเลือก [7 Exit] เป็นการออกจากโหมดสแตนอโลนไปยังหน้าจอ Operating โดยการกำหนดค่าและการกระทำต่างๆ ขณะอยู่ในโหมดสแตนอโลนจะไม่มีการเปลี่ยนแปลง ถ้ากลับเข้ามาในโหมดนี้อีกครั้งจะทำให้ค่าต่างๆ ที่กำหนดไว้และการกระทำที่เคยสั่งไว้กลับมาเหมือนเดิม และถ้ามีการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับไคลเอนท์แล้วออกจากโหมดการทำงานนี้ การจ่ายกระแสไฟฟ้าก็จะคงอยู่อย่างนั้นตลอด ดังนั้นจึงควรหยุดจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับไคลเอนท์ก่อนที่จะออกจากการทำงานในโหมดนี้

4.3.2.9 ตัวเลือก [8 About] เป็นข้อความเกี่ยวกับระบบแสดงรายละเอียดในภาพประกอบ 3.29 ถึง ภาพประกอบ 3.31 สามารถเลื่อนหน้าจอการแสดงได้ด้วยการกดปุ่ม <Enter>

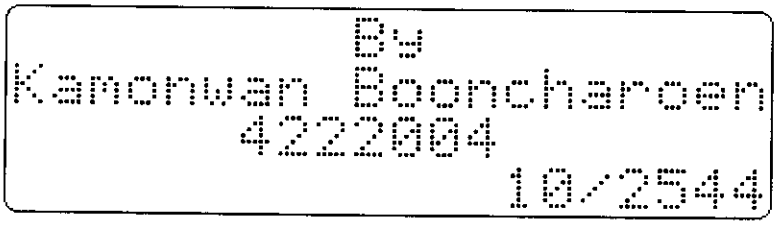
ภาพประกอบ 3.29 จอแอลซีดีแสดงเกี่ยวกับระบบที่สร้างขึ้น



ภาพประกอบ 3.30 จอแอลซีดีแสดงอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์



ภาพประกอบ 3.31 จอแอลซีดีแสดงผู้สร้างระบบ



4.3.2.10 ตัวเลือก [9 Time] แสดงเวลาปัจจุบัน

4.3.2.11 ตัวเลือก [10 Date] แสดงวันที่ปัจจุบัน

5. โปรแกรม Self Potential Monitor มีรายละเอียดตามภาคผนวก ก

3.2 ผลการทดสอบระบบ

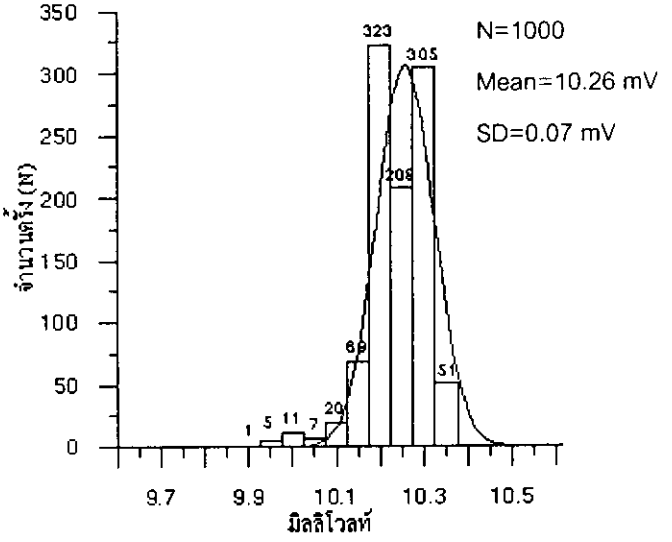
3.2.1 การวัดศักย์ไฟฟ้าอ้างอิง

จากการทดสอบประสิทธิภาพระบบด้วยการวัดศักย์ไฟฟ้าอ้างอิง 5 ระดับ คือที่ 10 50 100 200 และ 500 มิลลิโวลท์ โดยแต่ละค่าจะทำการวัด 1000 ครั้ง รวมทั้งหมด 5000 ครั้ง ใช้เวลาวัดครั้งละ 7 วินาที ซึ่งวัดต่อเนื่องกันใช้เวลาทั้งหมด 9 ชั่วโมง 44 นาที เมื่อนำค่าที่ได้จากการวัดในแต่ละระดับมาหาค่าเฉลี่ยกับค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานได้ดังนี้ 10.26±0.07 49.4± 0.1 99.1± 0.1 198.5± 0.2 และ 492± 1 มิลลิโวลท์ตามลำดับ และพบว่าที่ทุกระดับของศักย์ไฟฟ้าอ้างอิงเมื่อนำค่าที่วัดได้มาแจกแจงความถี่จะมีการกระจายของข้อมูลแบบไม่สมมาตร ทั้งนี้เป็นเพราะศักย์ไฟฟ้าที่นำมาอ้างอิงไม่สามารถปรับให้คงที่อย่างแน่นอนได้ ซึ่งเป็นการใช้เครื่องจ่ายศักย์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบธรรมดาที่ใช้สำหรับห้องปฏิบัติการฟิสิกส์พื้นฐาน แต่ผลที่ได้จากการทดลองนี้สามารถชี้ให้เห็นว่าระบบที่สร้างขึ้นสามารถตั้งเวลาให้ทำงานนานๆ ได้โดยไม่มีข้อผิดพลาดทั้งในส่วนของระบบอิเล็กทรอนิกส์และส่วนของโปรแกรมควบคุม ถึงแม้จะวัดต่อเนื่องถึง 5000 ครั้ง ในเวลาเกือบ 10 ชั่วโมงก็ตาม

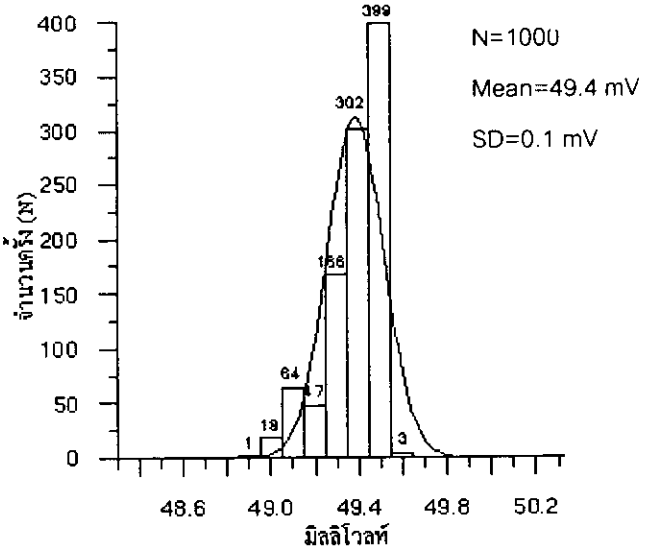
แผนภูมิแท่งแสดงการกระจายของข้อมูลแสดงในภาพประกอบ 3.32ก ถึง 3.32จ ส่วนการเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์ของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานต่อค่าเฉลี่ยแสดงในภาพประกอบ 3.33 ซึ่งพบว่า

ที่ความต่างศักย์ไฟฟ้าน้อยๆ จะมีเปอร์เซ็นต์ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมากขึ้น โดยมีแนวโน้มว่าถ้าค่าศักย์ไฟฟ้าต่ำกว่า 10 มิลลิโวลท์ จะทำให้มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมากกว่า 0.632 เปอร์เซ็นต์ แต่เมื่อศักย์ไฟฟ้ามากขึ้นเปอร์เซ็นต์ของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจะลดต่ำลงและต่ำที่สุด 0.076% ที่ 200 มิลลิโวลท์ หลังจากนั้นจะสูงขึ้นอีกแต่การเปลี่ยนแปลงมีความชันไม่มากนัก ประมาณ 0.000126% ต่อการเพิ่มขึ้นของศักย์ไฟฟ้า 1 มิลลิโวลท์

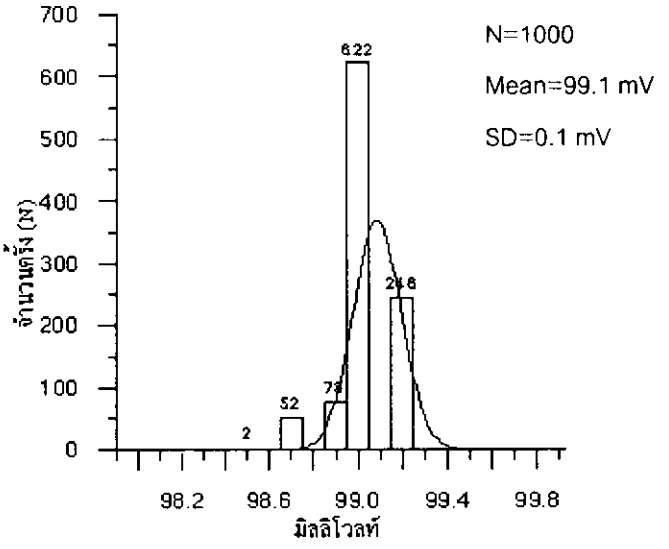
ภาพประกอบ 3.32ก การกระจายของข้อมูลจากการวัดศักย์ไฟฟ้าอ้างอิงที่ประมาณ 10 มิลลิโวลท์ จำนวน 1000 ครั้ง



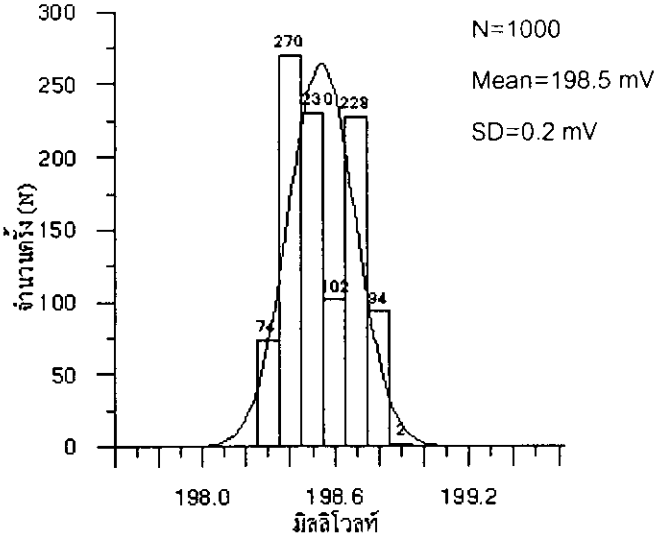
ภาพประกอบ 3.32ข การกระจายของข้อมูลจากการวัดศักย์ไฟฟ้าอ้างอิงที่ประมาณ 50 มิลลิโวลท์ จำนวน 1000 ครั้ง



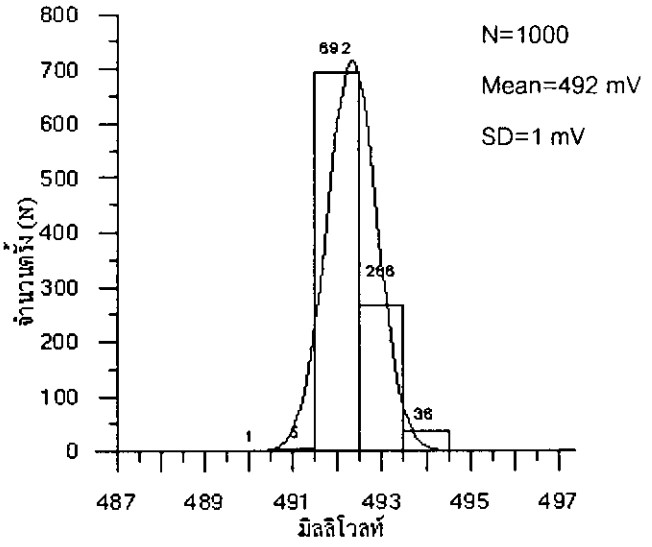
ภาพประกอบ 3.32ค การกระจายของข้อมูลจากการวัดศักย์ไฟฟ้าอ้างอิงที่ประมาณ 100 มิลลิโวลท์จำนวน 1000 ครั้ง



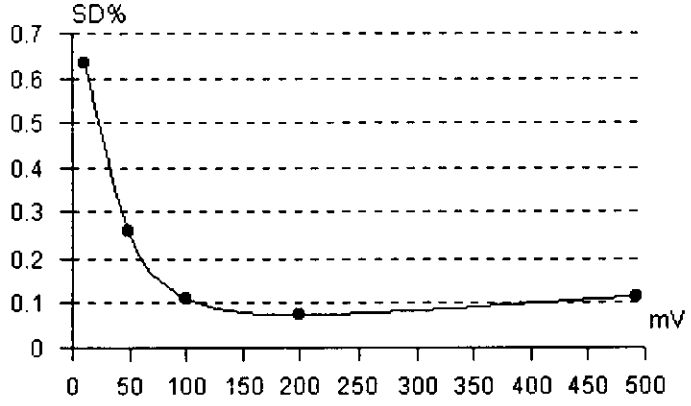
ภาพประกอบ 3.32ง การกระจายของข้อมูลจากการวัดศักย์ไฟฟ้าอ้างอิงที่ประมาณ 200 มิลลิโวลท์จำนวน 1000 ครั้ง



ภาพประกอบ 3.32จ การกระจายของข้อมูลจากการวัดศักย์ไฟฟ้าอ้างอิงที่ประมาณ 500 มิลลิโวลท์จำนวน 1000 ครั้ง



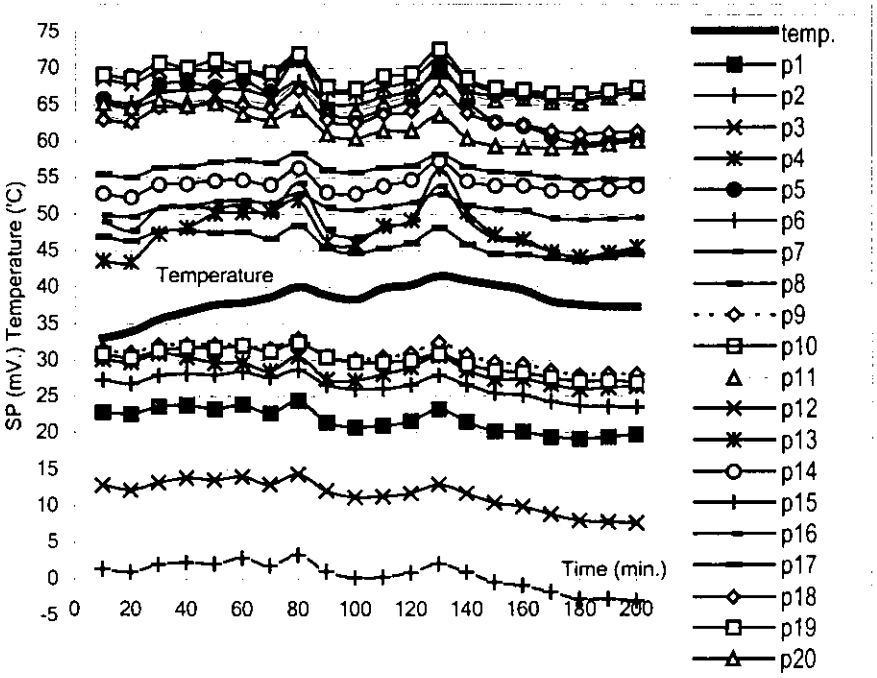
ภาพประกอบ 3.33 แนวโน้มเปอร์เซ็นต์ของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน



3.2.2 ผลของอุณหภูมิ

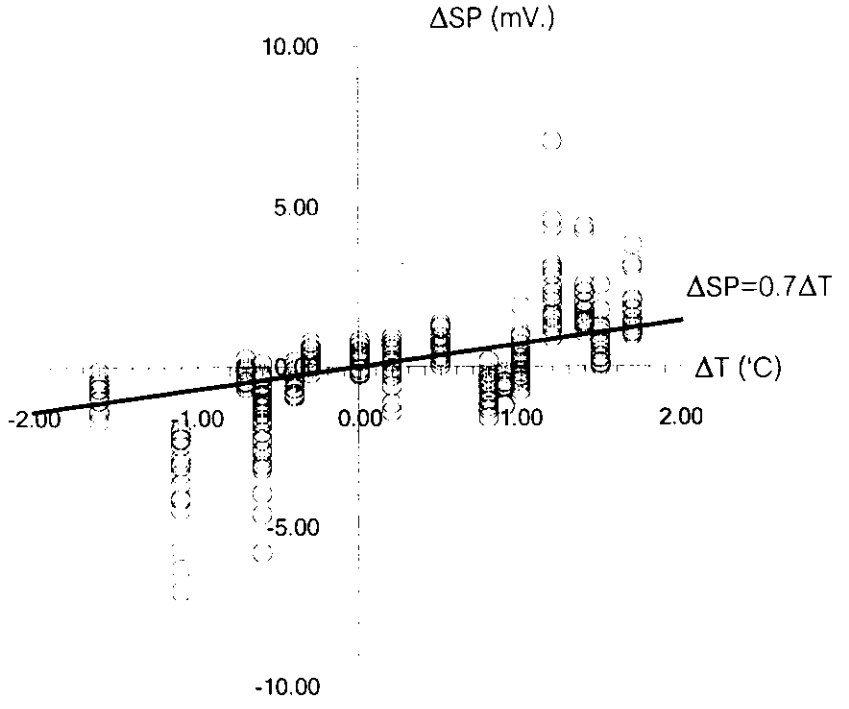
การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอาจมีผลให้ค่าเอสพีเปลี่ยนแปลงด้วย จึงได้ทำการทดลองด้วยการบันทึกค่าอุณหภูมิขณะวัดค่าเอสพีที่ทุกๆ 10 นาทีทั้งหมด 200 นาที บนจุดวัดที่อยู่กลางแจ้ง 20 จุด (p1-p20) เปรียบเทียบกับจุดอ้างอิงที่อยู่ในร่ม ตั้งแต่เวลา 10:00 นาฬิกาถึงเวลา 13:20 นาฬิกาของวันที่ 20 กุมภาพันธ์ พุทธศักราช 2545 ซึ่งในการวัดอุณหภูมินั้นเป็นการวัดอุณหภูมิของดิน โดยได้ใช้เทอร์โมมิเตอร์แบบปรอทปักลงในดินที่โคนของขั้วไฟฟ้าที่จุดวัดจุดแรก (p1) ผลที่ได้แสดงในภาพประกอบ 3.34 ซึ่งค่าของเอสพีที่ได้จากจุดต่างๆ จะมีการแกว่งขึ้นลงในลักษณะเดียวกันกับการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ

ภาพประกอบ 3.34 ค่าผิดปกติของเอสพีเมื่อเปรียบเทียบกับอุณหภูมิที่เปลี่ยนไป



จากข้อมูลเอสพีและอุณหภูมิตามภาพประกอบ 3.34 จะเห็นว่าค่าเอสพีมีแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิที่เปลี่ยนไป เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นค่าเอสพีที่วัดได้จากจุดเดิมก็เพิ่มขึ้นด้วยอย่างเช่นระหว่างเวลา 70 และ 80 นาทีค่าเอสพีที่ทุกๆ จุดวัดได้เพิ่มขึ้นตามค่าอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นและระหว่างเวลา 80 ถึง 90 นาทีค่าเอสพีจากทุกๆ จุดก็ลดลงตามอุณหภูมิที่ลดลงเช่นกัน ซึ่งได้นำข้อมูลของเอสพีและอุณหภูมิมาหาความสัมพันธ์ของอัตราการเปลี่ยนแปลง ดังแสดงในภาพประกอบ 3.35 โดยที่ ΔSP คือค่าเอสพีที่เปลี่ยนไปเมื่อ ΔT คือค่าอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไป และจากการหาสมการเส้นตรงค่าเฉลี่ยของข้อมูลพบว่ามีความชันเท่ากับ 0.703134 จึงสรุปได้ว่าในกรณีนี้อัตราการเปลี่ยนแปลงของเอสพีต่ออุณหภูมิคือ 0.7 มิลลิโวลต์ต่อองศาเซลเซียส แต่อย่างไรก็ตามจะเห็นว่าอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปในหนึ่งวันนั้นมีไม่มากนัก ในกรณีตัวอย่างนี้มีความแตกต่างอยู่ประมาณ 10 องศาเซลเซียส และทำให้ค่าเอสพีเปลี่ยนไปแค่ 7 มิลลิโวลท์เท่านั้น ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับค่าเอสพีของ มิเนอรอลโพเทนเชียลและเบ็คกราวด์โพเทนเชียลที่อยู่ในช่วงหลายร้อยมิลลิโวลท์แล้วค่าเปลี่ยนแปลงนี้จะน้อยมาก

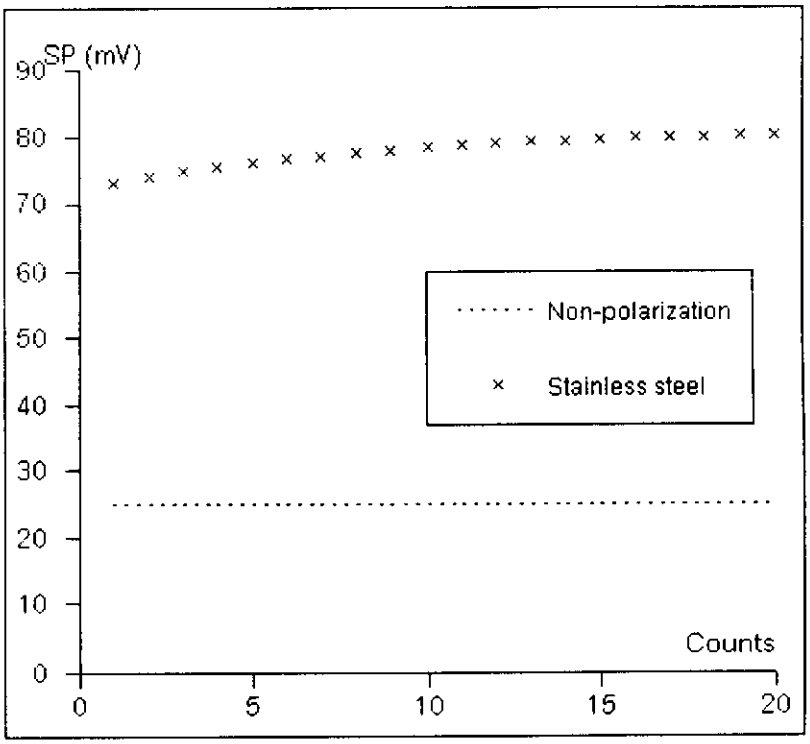
ภาพประกอบ 3.35 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเปลี่ยนแปลงของค่าเอสพีและอุณหภูมิของดิน



3.2.3 ผลจากชนิดของขั้วไฟฟ้า

จากการวัดค่าเอสพีที่มีระยะห่างของตำแหน่งจุดวัดและตำแหน่งอ้างอิง 1 เมตร ด้วยการใช้ขั้วไฟฟ้า 2 ชนิด ชนิดละ 1 คู่คือ แบบโลหะสแตนเลสและแบบนอนโพลาไรเซชันพบว่าการวัดด้วยขั้วไฟฟ้าแบบโลหะสแตนเลสให้ค่าเอสพีที่สูงมาก อันเนื่องมาจากการเกิดปฏิกิริยาเคมีระหว่างขั้วไฟฟ้าและสารละลายอื่นๆ ในดิน ซึ่งจะเห็นได้ชัดจากค่าที่วัดในแต่ละครั้งนั้นไม่คงที่มีค่าเฉลี่ย 77.8 มิลลิโวลท์และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสูงถึง 2.2 มิลลิโวลท์ ในขณะที่ผลการทดสอบขั้วไฟฟ้าแบบนอนโพลาไรเซชันที่ได้สร้างขึ้นพบว่าวัดเอสพีได้ค่าคงที่ 24.9 มิลลิโวลท์และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0 มิลลิโวลท์ ทั้งนี้เนื่องมาจากกรณีของเอสพีนั้นถ้าระยะห่างของเวลาที่ใช้ในการวัดแต่ละครั้งน้อยมาก (การทดสอบใช้เวลา 7 วินาทีต่อการวัด 1 ครั้ง) และระยะห่างระหว่างขั้วมีค่าใกล้ศูนย์เอสพีที่วัดได้จะต้องคงที่และใกล้ศูนย์ด้วย ซึ่งจากการเปรียบเทียบของกรณีขั้วไฟฟ้า 2 ชนิดนี้ ขั้วไฟฟ้าแบบนอนโพลาไรเซชันมีค่าน้อยกว่าแบบโลหะสเตนเลส ดังนั้นนอนโพลาไรเซชันจึงเหมาะสำหรับการวัดค่าเอสพีมากที่สุด กราฟค่าเอสพีที่ได้จากการวัดด้วยขั้วไฟฟ้า 2 ชนิดนี้แสดงดังภาพประกอบ 3.36

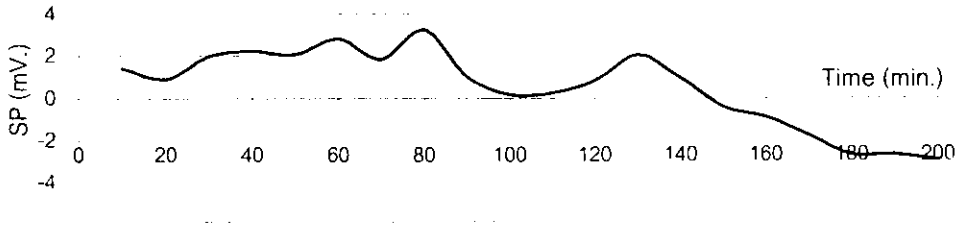
ภาพประกอบ 3.36 เปรียบเทียบขั้วไฟฟ้าแบบนอนโพลาไรเซชันและสแตนเลส



3.2.4 ค่าผิดปกติของเอสพีต่อเวลา

โดยทั่วไปแล้วค่าผิดปกติของเอสพีที่จุดวัดเดียวกันเมื่อเวลาเปลี่ยนไปจะมีค่าไม่เท่ากัน ดังตัวอย่างในภาพประกอบ 3.37 เป็นการนำข้อมูลในจุดวัดที่ 2 ของภาพประกอบ 3.34 มาแสดงใหม่ จะเห็นว่าในการวัดค่าเอสพีที่จุดเดียวกันเมื่อเวลาผ่านไปจากการวัดทุกๆ 10 นาทีจำนวนทั้งหมด 20 ครั้ง ค่าที่ได้ในการวัดแต่ละครั้งนั้นไม่เท่ากัน มีทั้งค่าบวกและลบ โดยที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.5 มิลลิโวลท์และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.9 มิลลิโวลท์ ทั้งนี้มีสาเหตุมาจากหลายๆ กรณี เช่น อุณหภูมิที่เปลี่ยนไปของสารละลายอิเล็กโทรไลต์ในขั้วไฟฟ้า สัญญาณรบกวนจากสายส่งไฟฟ้าแรงสูง หรือสาเหตุอื่นๆ ที่ได้กล่าวไว้แล้วในบทที่ 1 อย่างไรก็ตามสำหรับกรณีนี้ถึงแม้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจะมากกว่าค่าเฉลี่ย แต่พบว่าค่า 1.9 มิลลิโวลท์จะน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับช่วงของค่าผิดปกติของเอสพีที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติในกรณีต่างๆ ตามทฤษฎีและกรณีประวัติที่กล่าวไว้แล้วในส่วนการตรวจเอกสารของบทที่ 1

ภาพประกอบ 3.37 ค่าเอสพีที่วัดได้จากจุดเดียวกันในเวลาต่างกัน 190 นาที



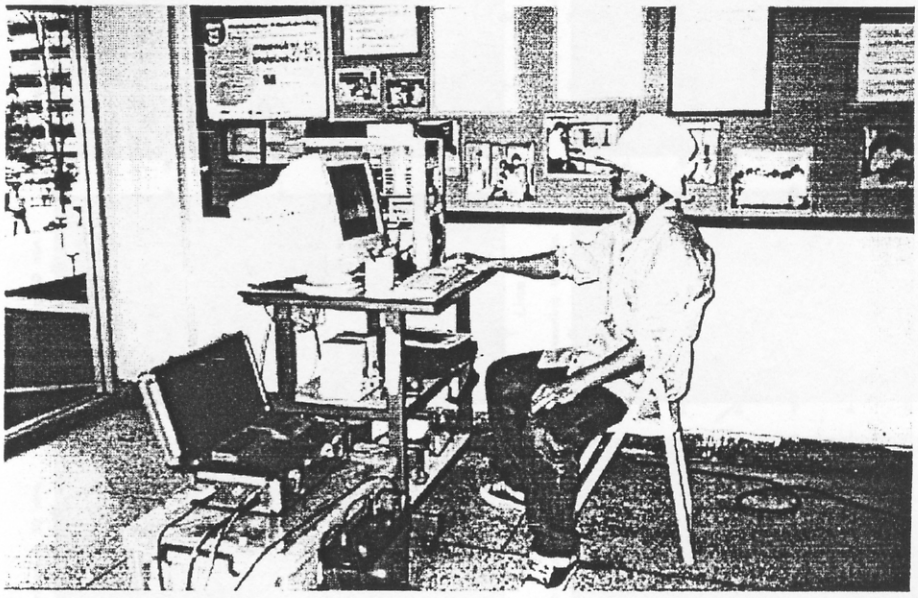
แต่อย่างไรก็ตามในการวัดค่าเอสพีนอกจากจะพยายามใช้เวลาการวัดในแต่ละจุดให้น้อยที่สุดแล้ว ยังมีความจำเป็นในการวัดหลายๆ ครั้งที่จุดเดียวกันเพื่อหาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่จะนำไปใช้พิจารณาถึงความน่าเชื่อถือของข้อมูลได้ ซึ่งระบบที่สร้างนี้เมื่อทำงานในโหมดคอมพิวเตอร์คอนโทรลสามารถทำการวัดซ้ำได้สูงสุด 6,000 ครั้ง และกำหนดเปอร์เซ็นต์ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ยอมรับได้ด้วย นั่นคือ ถ้ากำหนดให้วัดซ้ำ 16 ครั้ง และกำหนดเปอร์เซ็นต์ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ยอมรับเท่ากับ 1 จะมีผลให้ในกระบวนการวัดซ้ำที่จุดเดิมหยุดลงทันที ถ้าค่าเปอร์เซ็นต์น้อยกว่าหรือเท่ากับ 1 ถึงแม้จะยังไม่ครบ 16 ครั้งก็ตาม และจะมีผลให้การวัดซ้ำในแต่ละจุดมีจำนวนครั้งไม่เท่ากันด้วย

3.3 ผลการวัดค่าเอสพีจากแบบจำลองน้ำไหล (streaming)

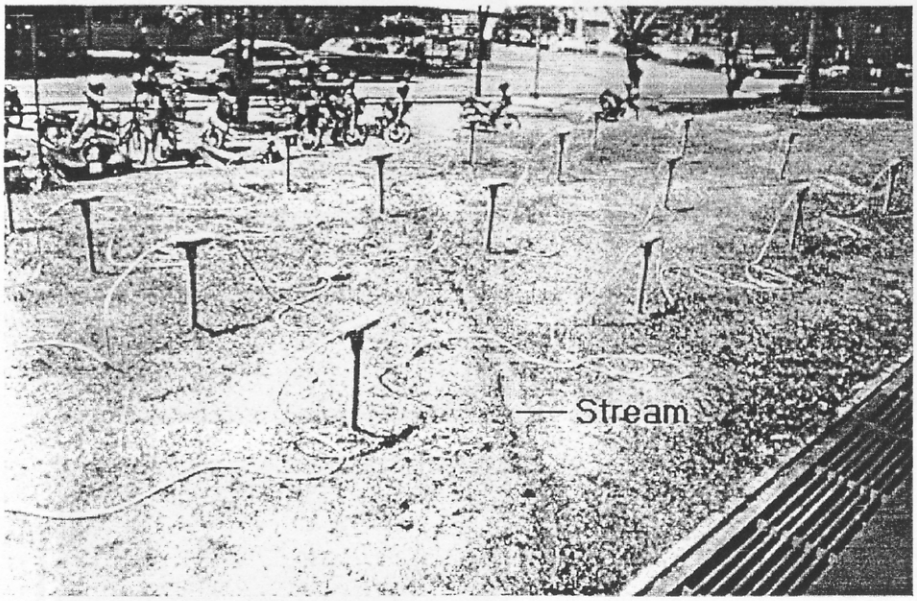
การวัดค่าเอสพีในแบบจำลองการไหลของน้ำ โดยการขุดร่องน้ำเล็กๆ กว้างประมาณ 10 เซนติเมตร ลึกประมาณ 5 เซนติเมตร ปล่อยให้น้ำไหลด้วยอัตราประมาณ 650 มิลลิลิตรต่อนาที จัดวางขั้วไฟฟ้าในการวัดทั้งหมด 4 แนววัด (line) แนวละ 5 จุดวัด (measuring point) ระยะห่างระหว่างแนวเท่ากับ 1 เมตร ระยะห่างระหว่างจุดวัด 2 เมตร การติดตั้งระบบและการจัดวางขั้วแสดงดังภาพประกอบ 3.38 และ 3.39 ตามลำดับ และทำการวัดวัดค่าเอสพีเทียบกับจุดอ้างอิงที่อยู่ภายนอกพื้นที่ ห่างออกไป 15 เมตร การเก็บข้อมูลจะวัดก่อนมีน้ำไหล 1 ครั้งและหลังจากน้ำไหลทุกๆ 10 นาที 10 ครั้งเป็นเวลา 100 นาที โดยใช้ระบบตั้งเวลาและการบันทึกข้อมูลแบบอัตโนมัติ โดยกำหนดชื่อแฟ้มเป็น Streaming ซึ่งจะทำให้ได้แฟ้มทั้งหมด 10 แฟ้มที่มีตัวเลขต่อท้ายชื่อแฟ้มที่ได้กำหนดไว้ คือ Streaming1.Spd Streaming 2.Spd จนถึง Streaming10.Spd และหลังจากการวัดเสร็จเรียบร้อยแล้วสามารถแปลงการบันทึกของแฟ้มให้อยู่ในรูปแบบ (format) ของโปรแกรมไมโครซอฟท์เอ็กเซล (รุ่น 97) หรือทำการส่งข้อมูลให้เข้าไปอยู่ในตารางของโปรแกรมไมโครซอฟท์เอ็กเซล (รุ่น 97) ได้โดยตรง ซึ่งทำให้มีความสะดวกต่อการนำไปวิเคราะห์ โดยได้ผล

การทดลองตามภาพประกอบ 3.40 ซึ่งแผนที่คอนทัวร์แรกเป็นค่าเอสพีก่อนมีน้ำไหล (background) ส่วนแผนที่คอนทัวร์อื่นๆ เป็นค่าที่วัดได้ที่เวลาถัดไปทุกๆ 10 นาที จำนวน 10 ครั้ง

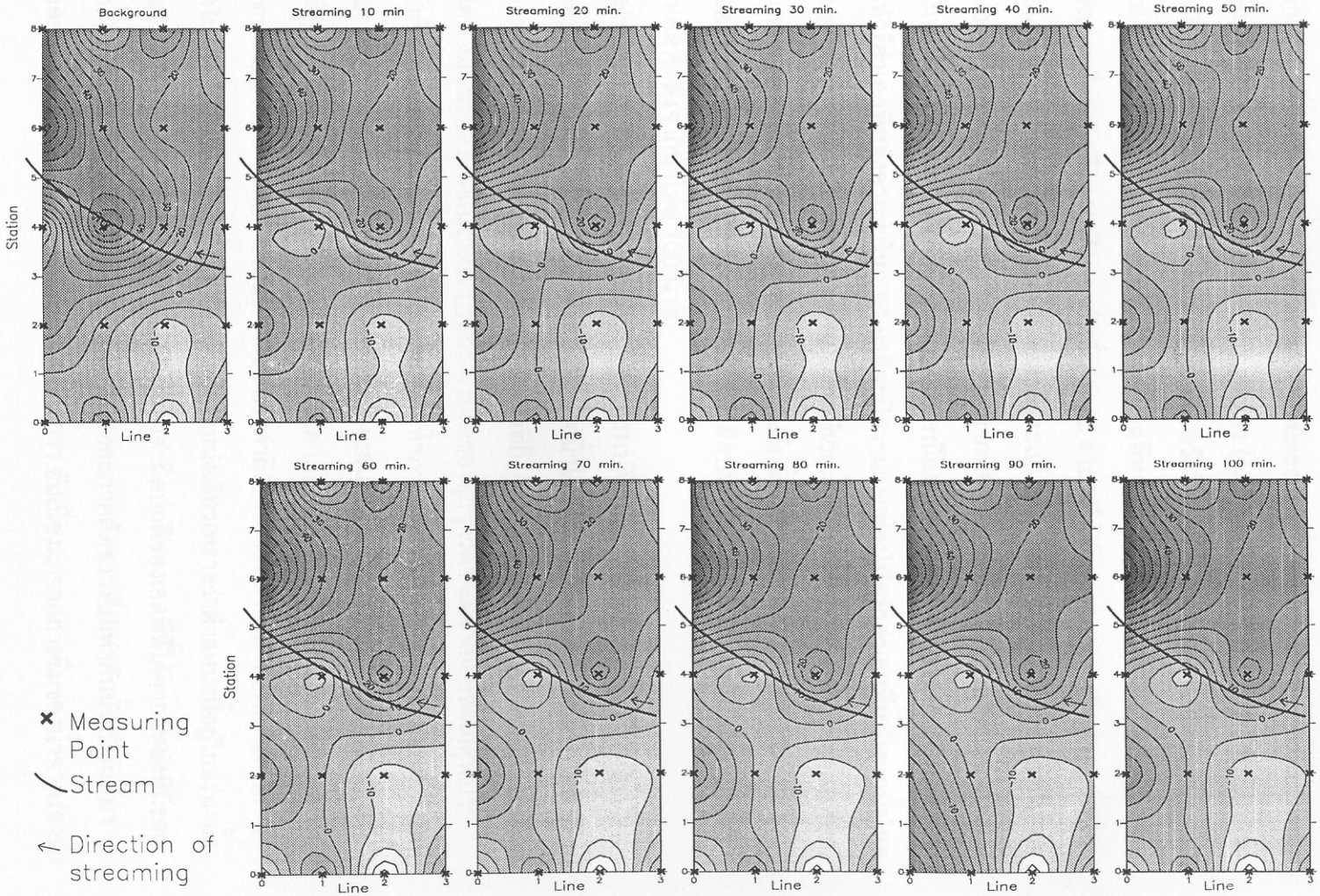
ภาพประกอบ 3.38 การติดตั้งระบบในการวัดภาคสนาม



ภาพประกอบ 3.39 การจัดวางขั้วของการวัดภาคสนาม



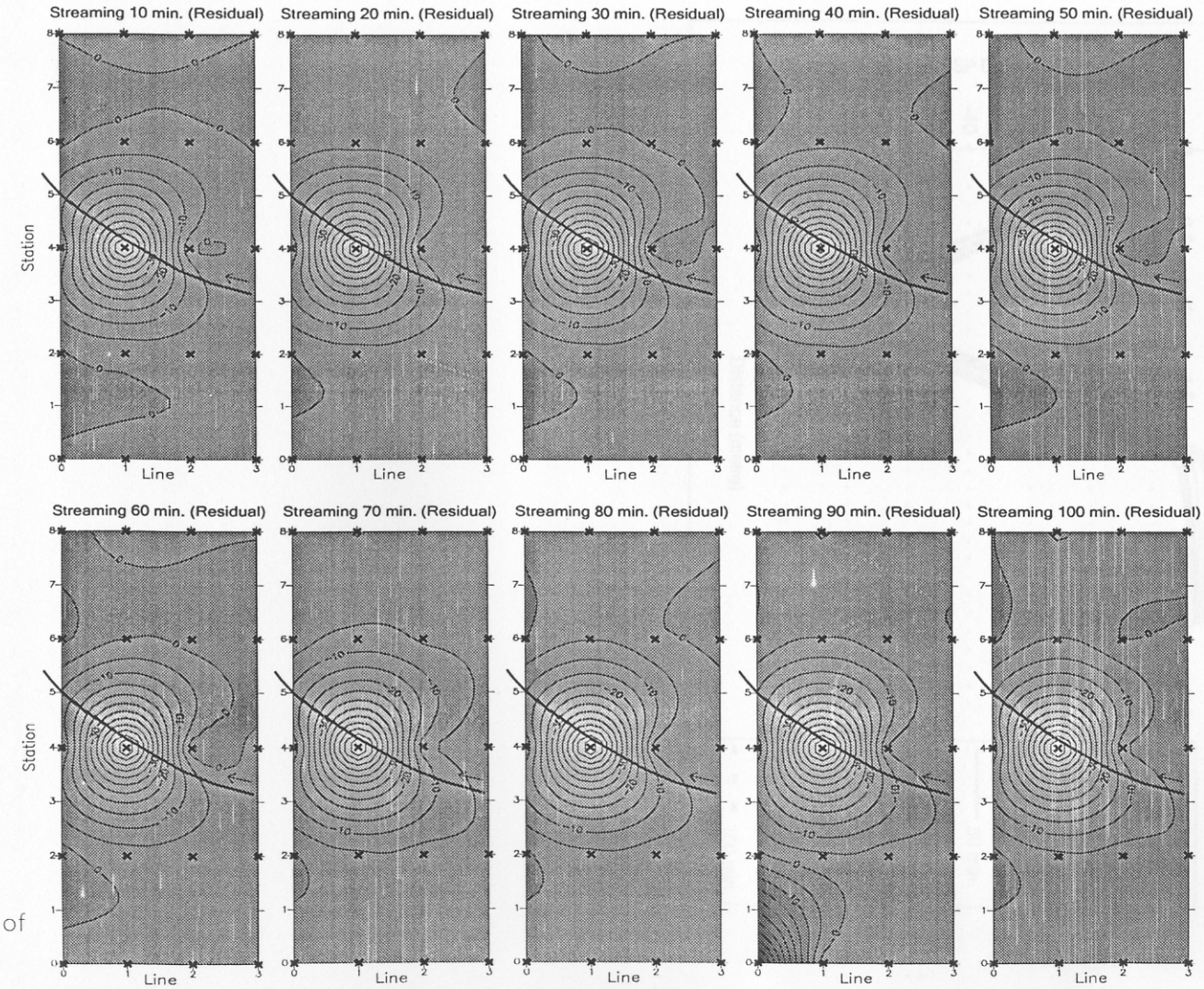
ภาพประกอบ 3.40 แผนที่คอนทัวร์ค่าเอสพีก่อนและหลังน้ำไหล ที่วัดทุกๆ 10 นาทีจำนวน 10 ครั้ง



จากแผนที่คอนทัวร์ในภาพประกอบ 3.40 พบว่าข้อมูลเอสพีที่วัดได้ก่อนปล่อยให้น้ำไหลมีค่าทั้งบวกและลบ โดยเส้นคอนทัวร์ค่า 0 มิลลิโวลท์จะทะแยงจากประมาณแนววัดที่ 3 ระยะ 4 เมตรไปยังแนววัดที่ 1 ระยะ 0 เมตร ทำให้พื้นที่สองด้านของเส้นนี้จะเป็นบวกด้านหนึ่งเป็นลบด้านหนึ่ง คาดว่าสาเหตุที่ค่าเอสพีไม่เท่ากันน่าจะมาจากชนิดของดินที่ไม่เหมือนกัน จากการตรวจสอบพบว่าเขตพื้นที่ที่ให้ค่าเอสพีเป็นลบนั้นจะเป็นดินเหนียว (ลูกรัง) แห้งและแข็งมากส่วนเขตที่ค่าเอสพีเป็นบวกเป็นดินทรายแห้งและแข็งไม่มากนัก ซึ่งที่แนววัดที่ 1 ระยะ 4 เมตรให้ค่าเอสพีสูงที่สุดก็เป็นดินทรายแห้งเช่นกัน ส่วนแผนที่คอนทัวร์ของค่าเอสพีหลังน้ำไหลตั้งแต่เวลา 10 นาทีจนถึง 100 นาทีมีลักษณะเหมือนกัน คือจากเดิมแนววัดที่ 1 ระยะ 4 เมตรให้ค่าสูงสุด กลายเป็นค่าลบต่ำสุด และเส้นคอนทัวร์ค่า 0 จะเบนไปจากแนวเดิมด้วย ซึ่งจะเห็นว่าน้ำมีผลทำให้ค่าเอสพีเปลี่ยนไป แต่สาเหตุที่แนววัดที่ 1 ระยะ 4 เมตรมีการเปลี่ยนแปลงมากที่สุดจนทำให้เป็นลบต่ำสุดคาดว่าเป็นเพราะตำแหน่งนี้อยู่ใกล้ร่องน้ำมากที่สุดนั่นเอง ส่วนกรณีที่ตำแหน่งแนววัดที่ 0 ระยะ 0 เมตรบนแผนที่คอนทัวร์ค่าเอสพีหลังจากน้ำไหล 90 นาทีจะมีความแตกต่างไปจากค่าเอสพีหลังจากน้ำไหล 80 นาที นั้นคาดว่ามาจากการเกิดค่าเอสพีขึ้นในดินบริเวณนั้นเนื่องจากการเหนี่ยวนำสนามไฟฟ้าจากตู้คอมเพรสเซอร์เครื่องปรับอากาศซึ่งตั้งอยู่ใกล้กันกับขั้วไฟฟ้าที่ตำแหน่งแนววัดนี้ โดยหลังจากนั้นเมื่อคอมเพรสเซอร์หยุดการทำงานก็จะไม่มีค่าผิดปกติที่จุดนี้เกิดขึ้นอีก (เห็นได้จากแผนที่คอนทัวร์ค่าเอสพีหลังจากน้ำไหล 100 นาที)

และเพื่อเป็นการแสดงให้ชัดเจนถึงลักษณะการเปลี่ยนแปลงของค่าเอสพีหลังจากน้ำไหลแล้วว่าเป็นอย่างไร จึงได้ทำการหักลบค่าเอสพีหลังจากน้ำไหลด้วยค่าของเอสพีก่อนมีน้ำไหล (แสดงดังภาพประกอบ 3.41) พบว่าตั้งแต่เวลา 10 นาทีถึง 100 นาทีมีลักษณะเส้นคอนทัวร์เหมือนกัน ซึ่งจะมีความเด่นชัดที่สุดที่แนววัดที่ 1 ระยะ 4 เมตรของทุกๆ เวลา แต่จากการสังเกตุพบว่าค่าที่เป็นลบต่ำสุดที่จุดวัดเดียวกันมีค่าไม่เท่ากัน จึงได้ทำภาคตัดขวางในทุกๆ แผนที่คอนทัวร์ ผลที่ได้แสดงในภาพประกอบ 3.42 ซึ่งเป็นภาคตัดขวางของแผนที่คอนทัวร์ในภาพประกอบ 3.41 ผ่านตำแหน่งที่มีการเปลี่ยนแปลงของค่าเอสพีมากที่สุด (มีค่าเป็นลบต่ำสุด) คือตำแหน่งแนววัดที่ 1 ระยะ 4 เมตร ถึงแนววัดที่ 4 ระยะ 4 เมตร ซึ่งจะพบว่าค่าผิดปกติที่ลดต่ำลงมาสอดคล้องกับการไหลของน้ำในร่อง แต่สาเหตุที่มีความเด่นชัดเพียงตำแหน่งเดียวเพราะว่าตำแหน่งนี้อยู่ใกล้ร่องน้ำมากที่สุด และผลที่ได้สอดคล้องกับแนวคิดแบบจำลองค่าผิดปกติของเอสพีที่ได้จากแหล่งที่มีรอยรั่วของเขื่อน (ภาพประกอบ 1.15) ส่วนสาเหตุที่ค่าในแต่ละภาคตัดขวางไม่เท่ากันนั้นเป็นผลมาจาก เมื่อเวลานานขึ้นดินบริเวณนั้นจะมีความชื้นมากกว่า อันเนื่องมาจากการซึมของน้ำจากร่องน้ำออกไป

ภาพประกอบ 3.41 แผนที่คอนทัวร์ค่าผิดปกติของเอสพีทุกๆ 10 นาทีจำนวน 10 ครั้ง



ภาพประกอบ 3.42 โปรไฟล์ค่าผิดปกติของเอสพีที่เวลาทุก ๆ 10 นาทีหลังจากน้ำไหล