

บทที่ 1

บทนำ

จากสถานการณ์อุทกภัยครั้งใหญ่ในปีพุทธศักราช 2554 ได้ส่งผลกระทบต่อประชาชนชุมชนทั้งในเขตกรุงเทพมหานครและจังหวัดที่เป็นทางผ่านของน้ำเมื่อเกิดอุทกภัยในชุมชนเมือง ที่มีจำนวนบ้านพักอาศัย ทาวน์เฮาส์ อยู่ติดกันเป็นจำนวนมาก อันตรายและอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นจากการถูกกระแสไฟฟ้าดูดถึงขั้นเสียชีวิตก็มีจำนวนมาก อุปกรณ์ตรวจสอบกระแสไฟฟ้ารั่วไหลในสถานการณ์น้ำท่วมจึงมีความจำเป็นอย่างมาก ซึ่งช่วงเวลาดังกล่าวหลายหน่วยงานทั้งทางภาคการศึกษา และประชาชนที่มีความรู้พื้นฐานทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ที่อยู่นอกเขตที่ได้รับผลกระทบจากอุทกภัยได้ออกแบบและสร้างอุปกรณ์สำหรับตรวจเช็คกระแสไฟฟ้ารั่วไหลในสถานการณ์น้ำท่วม เพื่อแจกจ่ายให้กับประชาชนที่ได้รับผลกระทบเป็นจำนวนมาก

1.1 ความสำคัญของปัญหา

การทดสอบอุปกรณ์ตรวจสอบกระแสไฟฟ้ารั่วไหล สำหรับสถานการณ์น้ำท่วมโดยทำการสร้างวงจรที่ได้รับความนิยม จำนวน 3 วงจร และทำการทดสอบในห้องปฏิบัติการ ซึ่งผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าอุปกรณ์ตรวจสอบกระแสไฟฟ้ารั่วไหลที่นำมาทดสอบสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพตามแนวทางที่ได้ถูกออกแบบไว้ และได้ทำการวิเคราะห์หาข้อดีและข้อเสียของแต่ละวงจรเพื่อนำมาพัฒนาวงจรตรวจสอบกระแสไฟฟ้ารั่วไหลสำหรับสถานการณ์น้ำท่วม เพื่อให้ง่ายต่อการผลิต การทำงานของวงจรมีประสิทธิภาพและป้องกันอันตรายที่อาจเกิดขึ้นแก่ผู้ใช้งาน

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. เพื่อศึกษาคุณลักษณะการทำงานของวงจรตรวจสอบกระแสไฟฟ้ารั่วในน้ำสำหรับสถานการณ์น้ำท่วม
2. เพื่อสร้างและทดสอบอุปกรณ์ตรวจสอบกระแสไฟฟ้ารั่วในน้ำสำหรับสถานการณ์น้ำท่วม
3. เพื่อพัฒนาและเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของวงจรตรวจสอบกระแสไฟฟ้ารั่วไหลในน้ำสำหรับสถานการณ์น้ำท่วม

4. เพื่อให้ความรู้และเพิ่มความปลอดภัยแก่ผู้ใช้งานอุปกรณ์ตรวจสอบกระแสไฟฟ้ารั่วไหลในสถานการณ์น้ำท่วม

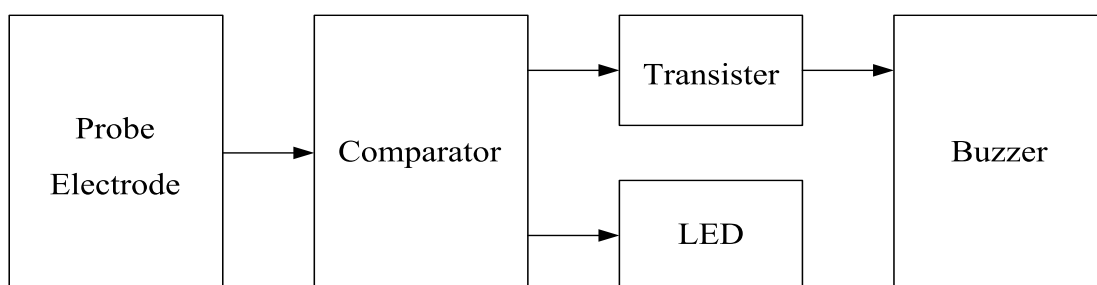
1.3 ขอบเขตของโครงการ

1. สร้างและทดสอบอุปกรณ์ตรวจสอบกระแสไฟฟ้ารั่วในน้ำสำหรับสถานการณ์น้ำท่วม พร้อมทั้งทำการวิเคราะห์หาข้อดีและข้อเสียของวงจร
2. ออกแบบและพัฒนาวงจรตรวจสอบกระแสไฟฟ้ารั่วไหลในน้ำสำหรับสถานการณ์น้ำท่วม
3. สร้างและทดสอบวงจรตรวจสอบกระแสไฟฟ้ารั่วไหลในน้ำที่ได้รับการพัฒนาโดยการจำลองสถานการณ์น้ำท่วมที่เกิดกระแสไฟฟ้ารั่วไหลในสภาวะต่างๆ
4. นำความรู้ที่ได้ไปเผยแพร่แก่ประชาชนในชุมชนใกล้เคียงกับมหาวิทยาลัย

1.4 ประโยชน์ของโครงการ

1. มีความรู้ความเข้าใจในวงจรตรวจสอบกระแสไฟฟ้ารั่วในน้ำมากขึ้น
2. เพิ่มความรู้และความปลอดภัยแก่ประชาชนทั่วไปในการป้องกันอันตรายจากอุบัติเหตุที่อาจจะขึ้นเนื่องจากกระแสไฟฟ้ารั่วไหลในสถานการณ์น้ำท่วม
3. สามารถนำอุปกรณ์ที่ได้พัฒนาขึ้นไปใช้งานในสถานการณ์น้ำท่วมได้จริงและเกิดประโยชน์
4. สามารถนำความรู้ที่ได้จากการศึกษาและทดลองไปประยุกต์ใช้งานได้

1.5 โครงสร้างของโครงการ



ภาพที่ 1.1 โครงสร้างของโครงการ

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 กระแสไฟฟ้าในร่างกายมนุษย์ [6]

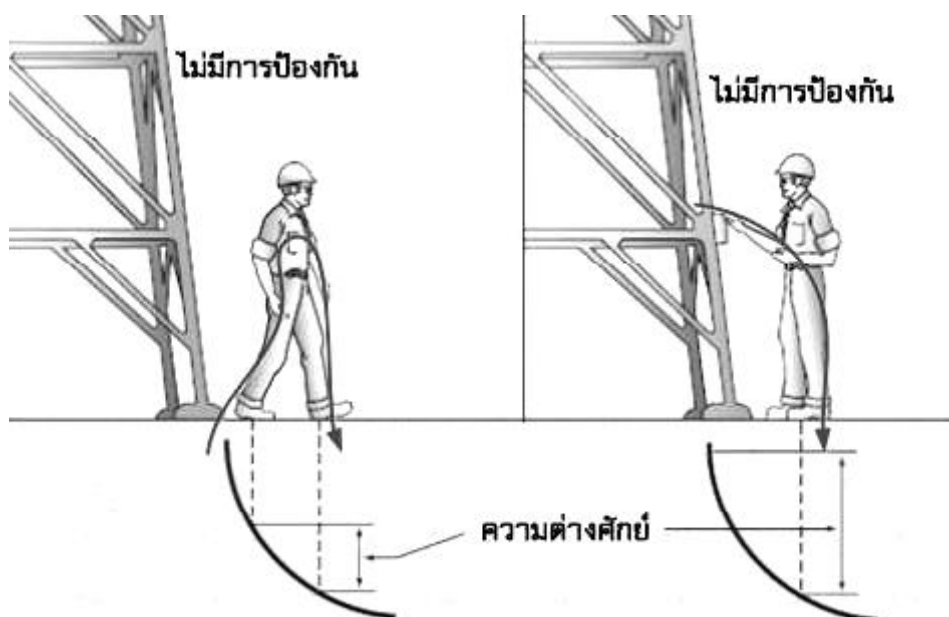
สนามไฟฟ้าที่รั่วไหลและเป็นอันตรายแก่มนุษย์แบ่งเป็นสองย่านความถี่คือ ย่านความถี่ช่วงระหว่าง 0 – 1 kHz และย่านความถี่สูงมากกว่า 1 kHz โดยในโครงการนี้จะพิจารณาเฉพาะในย่านความถี่ต่ำในกรณีมีกระแสไฟฟ้ารั่วไหลผ่านน้ำเข้าสู่ร่างกายมนุษย์ โดยร่างกายมนุษย์เมื่อสัมผัสกับกระแสไฟฟ้าย่านความถี่ 50 Hz จะเปรียบเสมือนกับเป็นโหลดความต้านทานของวงจรไฟฟ้านั้นๆ โดยผิวหนังของมนุษย์ในสถานะแห้งจะมีความต้านทานสูงประมาณ 100 k Ω - 300 k Ω ต่อตารางเซนติเมตร แต่ภายในร่างกายจะมีค่าความต้านทานที่น้อยลงกว่าผิวหนังมาก โดยค่าความต้านทานสามารถเขียนเป็นวงจรสมมูลย์ได้โดยจะมีค่าความต้านทานเมื่อวัดจากแต่ละตำแหน่งของร่างกายไม่เท่ากัน เช่นหากพิจารณาค่าความต้านทานจากมือข้างหนึ่งไปยังมืออีกข้างหนึ่งจะมีค่าความต้านทานประมาณ 1.2 k Ω หรือค่าความต้านทานจากมือข้างหนึ่งถึงเท้าอีกข้างหนึ่งจะมีค่าประมาณ 1 k Ω และถ้าพิจารณาจากมือสองข้างถึงเท้าสองข้างจะมีค่าความต้านทานประมาณ 500 Ω เท่านั้นซึ่งหมายถึงผลกระทบที่เกิดจากกระแสไฟฟ้าไหลผ่านร่างกายจากการสัมผัสด้วยมือข้างเดียว กับการสัมผัสด้วยมือสองข้างจะให้ผลอันตรายต่อร่างกายมนุษย์แตกต่างกัน

สำหรับค่ากระแสไฟฟ้าที่ร่างกายมนุษย์เริ่มรู้สึกได้จะเริ่มต้นที่ค่าประมาณ 0.5 – 1 mA โดยผู้หญิงจะรู้สึกได้ก่อนผู้ชาย เมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านร่างกายมากขึ้นถึงระดับ 10 – 20 mA กล้ามเนื้อจะสูญเสียความควบคุม มีอาการหดเกร็ง และหากกระแสไฟฟ้าไหลผ่านร่างกายมากขึ้นถึงระดับ 60 mA จะส่งผลอันตรายต่อกล้ามเนื้อหัวใจ ซึ่งค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านร่างกายในระดับนี้ขึ้นไปจะเป็นอันตรายต่อร่างกายมนุษย์รุนแรงถึงขั้นเสียชีวิตได้

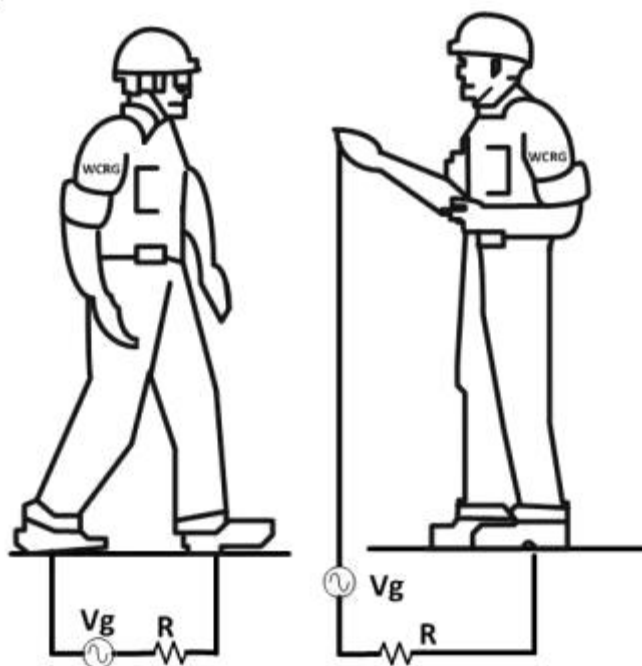
2.2 สาเหตุการเกิดไฟฟ้ารั่ว [5]

อันตรายที่เกิดจากไฟฟ้าก่อให้เกิดอันตรายทั้งชีวิตและทรัพย์สินโดยอาจจะเกิดได้ 2 สาเหตุคือ ไฟฟ้าช็อตหรือไฟฟ้าลัดวงจร (Short Circuit) และไฟฟ้าดูด (Electric Shock) โดยไฟฟ้าช็อตคือกระแสไฟฟ้าไหลครบวงจรโดยไม่ผ่านอุปกรณ์ไฟฟ้าซึ่งทำให้เกิดความร้อนซึ่งเป็นสาเหตุของเพลิงไหม้ ในขณะที่ไฟฟ้าดูด คือการที่ไฟฟ้าไหลผ่านร่างกาย คำว่า “ดูด” มาจากอาการที่ไฟฟ้าไหลผ่าน

ร่างกายแล้วไม่สามารถระบดให้หลุดออกมาได้ซึ่งอาจจะทำให้ผู้ที่โดนไฟฟ้าดูดเสียชีวิต การเกิดไฟฟ้าดูดจะต้องมีจุดที่กระแสไหลผ่านเข้าและไหลออกจากร่างกาย นั้นหมายความว่าร่างกายจะต้องสัมผัสส่วนที่มีไฟฟ้าอย่างน้อยสองจุดพร้อมกันและมีศักย์ไฟฟ้าที่ต่างกัน โดยการเกิดความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ทำให้ไฟฟ้าดูดแบ่งได้เป็น 2 ลักษณะคือ แรงดันช่วงก้าว (Step Voltage) หมายถึงแรงดันตกคร่อมอยู่ระหว่างเท้าทั้งสองข้างของมนุษย์ โดยกระแสไฟฟ้าจะไหลเข้าที่เท้าข้างหนึ่งและไหลออกจากเท้าอีกข้างหนึ่งดังภาพที่ 2.1 แรงดันสัมผัส (Touch Voltage) หมายถึงแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมร่างกายมนุษย์ โดยเกิดจากการที่มนุษย์ได้สัมผัสกับตัวถังของเครื่องมือ อุปกรณ์หรือโครงสร้าง โดยค่าความต่างศักย์ทางไฟฟ้าจะเกิดขึ้นระหว่างจุดที่สัมผัสกับเท้าทั้งสองข้างที่สัมผัสอยู่กับดินดังภาพที่ 2.1 โดยสามารถแสดงวงจรสมมูลของแรงดันทั้งสองได้ดังภาพที่ 2.2 เมื่อ V_g คือแรงดันที่เกิดขึ้นและ R คือความต้านทานในตัวของมนุษย์ เพราะฉะนั้นกระแสที่ไหลผ่านตัวมนุษย์จะมีค่าเท่ากับ $\frac{V_g}{R}$ โดยกระแสที่ไหลผ่านแต่ละบุคคลจะไม่เท่ากันขึ้นอยู่กับสถานะของร่างกายแต่ละบุคคลซึ่งอาจจะทำให้บาดเจ็บหรือร้ายแรงถึงขั้นเสียชีวิต



ภาพที่ 2.1 แสดงลักษณะของไฟฟ้าดูด จากแรงดันช่วงก้าวและแรงดันสัมผัส



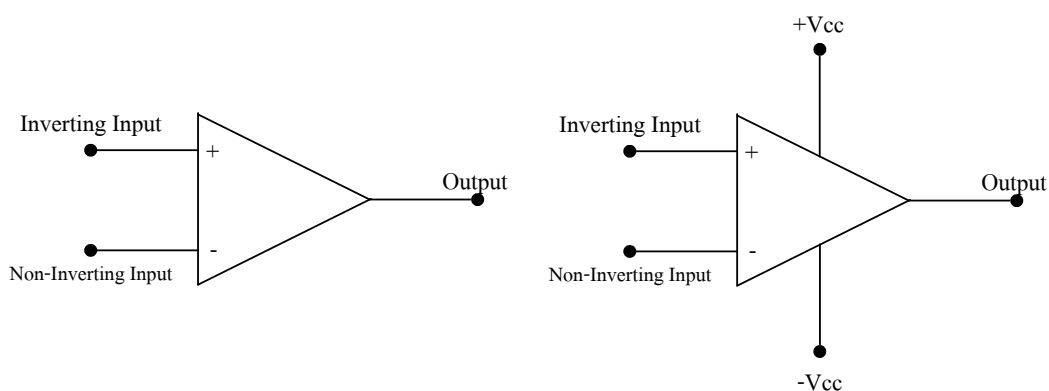
ภาพที่ 2.2 แสดงวงจรสมมูลของแรงดันช่วงก้าวและแรงดันสัมผัส

2.3 อันตรายจากกระแสไฟฟ้าในน้ำท่วม [7]

กระแสไฟฟ้ารั่วไหลในน้ำท่วมมีอันตรายต่อมนุษย์เนื่องจากน้ำเป็นตัวนำไฟฟ้า โดยค่าความต้านทานของน้ำโดยทั่วไปจะอยู่ที่ $50 (\Omega\text{-m})$ ถึง $10 (\Omega\text{-m})$ ซึ่งเป็นค่าความต้านทานที่ต่ำพอจะนำไฟฟ้าจากแหล่งกระแสไฟฟ้ารั่วไหลไปยังมนุษย์ที่สัมผัสหรือเดินลุยน้ำท่วมได้ ทั้งเมื่อผิวหนังของมนุษย์ที่แห้งมีความต้านทานสูงเมื่อถูกน้ำท่วม ผิวหนังก็จะเปียกชื้นทำให้ค่าความต้านทานลดลงอยู่ในระดับเดียวกันกับค่าความต้านทานภายในร่างกาย ทำให้กระแสไฟฟ้าที่รั่วไหลสามารถไหลผ่านร่างกายได้โดยง่าย เนื่องจากค่าความต้านทานของน้ำมีค่าแตกต่างกันขึ้นอยู่กับความสะอาดหรือมีสิ่งเจือปนในน้ำ ซึ่งค่าความต้านทานในน้ำจะมากหรือน้อยก็ขึ้นอยู่กับสิ่งเจือปนในน้ำนั้นๆ โดยค่าความต้านทานในน้ำประปานั้นจะอยู่ในระดับ $33 (\Omega\text{-m})$ แต่ถ้าน้ำประปามีสิ่งเจือปนก็จะทำให้ค่าความต้านทานของน้ำลดลงทำให้กระแสไหลผ่านน้ำได้ดีกว่า อันตรายที่อาจจะเกิดขึ้นแก่ร่างกายมนุษย์ก็จะเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย

2.4 พื้นฐานของออปแอมป์

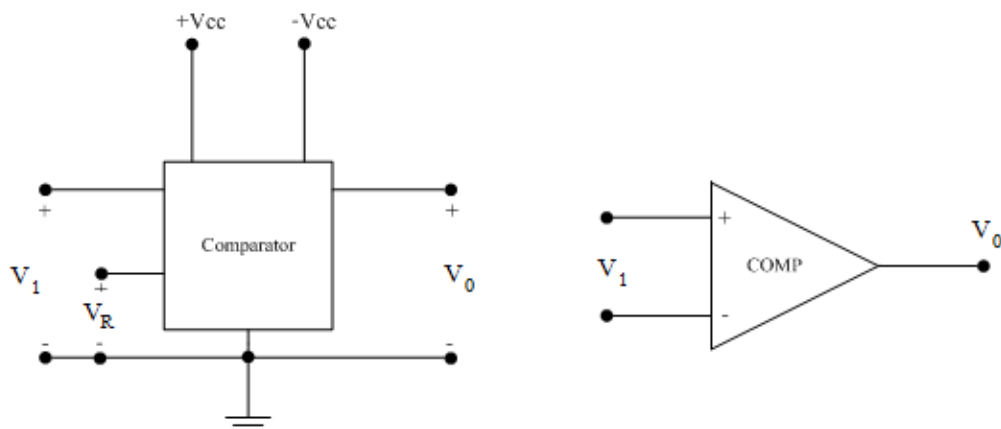
ออปแอมป์ (Op-Amp) เป็นชื่อย่อสำหรับเรียกวงจรรขยายที่มาจาก Operating Amplifier เป็นวงจรรขยายแบบต่อตรง (Direct coupled amplifier) ที่มีอัตราขยายสูงมากใช้การป้อนกลับแบบลบไปควบคุมลักษณะการทำงาน ทำให้ผลการทำงานของวงจรไม่ขึ้นกับพารามิเตอร์ภายในของออปแอมป์ วงจรภายในประกอบด้วยวงจรรขยายที่ต่ออนุกรมกันภาคคือ วงจรรขยายดิฟเฟอเรนเชียลด้านทางเข้า วงจรรขยายดิฟเฟอเรนเชียลภาคที่สอง วงจรเลื่อนระดับและวงจรรขยายกำลังด้านทางออก สัญลักษณ์ที่ใช้แทนออปแอมป์จะเป็นรูปสามเหลี่ยม ไอซีออปแอมป์เป็นไอซีที่แตกต่างไปจากลิเนียร์ไอซีต่างๆ ไปคือไอซีออปแอมป์มีขาอินพุต 2 ขา เรียกว่าขาเข้าไม่กลับเฟส (Non-Inverting Input) หรือขาบวก และขาเข้ากลับเฟส (Inverting Input) หรือขาลบ ส่วนทางออกมีเพียงขาเดียว เมื่อสัญญาณป้อนเข้าขาไม่กลับเฟสสัญญาณทางด้านออกจะมีเฟสตรงกับทางด้านเข้า แต่ถ้าป้อนสัญญาณเข้าที่ขาเข้ากลับเฟส สัญญาณทางด้านออกจะมีเฟสต่างไป 180 องศา จากสัญญาณทางด้านเข้า สัญลักษณ์ออปแอมป์จะแสดงดังภาพที่ 2.3



ภาพที่ 2.3 แสดงสัญลักษณ์ออปแอมป์

2.4.1 วงจรเปรียบเทียบแรงดัน (Voltage Comparator)

วงจรเปรียบเทียบแรงดันเป็นวงจรที่ใช้เปรียบเทียบสัญญาณอินพุตที่ป้อนให้กับอินพุตขาหนึ่งกับแรงดันเปรียบเทียบที่อินพุตขาหนึ่งและระดับแรงดันของเอาต์พุตจะถูกจำกัดอยู่แรงดันที่ป้อนให้กับออปแอมป์ ($+V_{cc}$ และ $-V_{cc}$) โดยสามารถเขียนวงจรและสัญลักษณ์ได้ดังภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.4 แสดงสัญลักษณ์และวงจรเปรียบเทียบแรงดัน

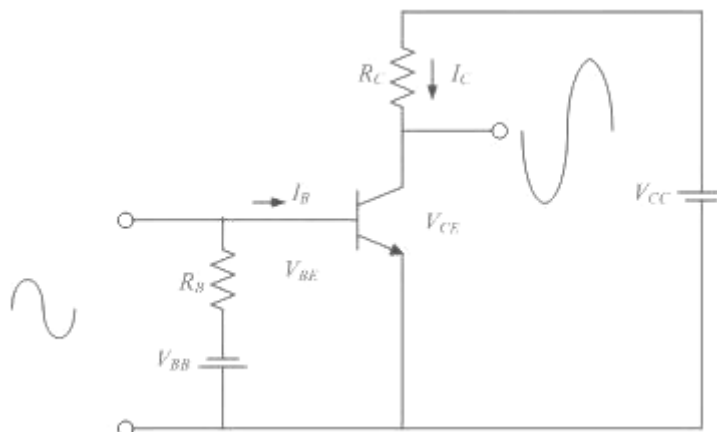
จากภาพที่ 2.4 ถ้า $V_1 > V_R$ จะได้ว่า $V_0 = +V_{cc}$ แต่ถ้า $V_1 < V_R$ จะได้ว่า $V_0 = -V_{cc}$

2.5 วงจรขยายสัญญาณทรานซิสเตอร์

ทรานซิสเตอร์สามารถนำมาใช้งานวงจรอิเล็กทรอนิกส์ได้อย่างกว้างขวาง โดยให้ทำหน้าที่ได้หลายรูปแบบด้วยกัน แต่หน้าที่หลักที่สำคัญของทรานซิสเตอร์ได้แก่ การขยายสัญญาณเรียกว่า วงจรขยาย (amplifier) ซึ่งมีหน้าที่ขยายขนาดของสัญญาณให้ใหญ่ขึ้น ลักษณะการจัดวงจรเพื่อให้ทรานซิสเตอร์สามารถทำการขยายสัญญาณได้นั้น ขั้นตอนแรกจะต้องกำหนดจุดทำงานของทรานซิสเตอร์ และออกแบบวงจรไบแอสแบบต่าง ๆ ให้เป็นการกำหนดค่าแรงดันและปริมาณกระแสที่ไหลในวงจร เพื่อให้ทรานซิสเตอร์พร้อมจะขยายสัญญาณที่รับเข้ามาให้มีขนาดใหญ่เพียงพอตามต้องการจากนั้นก็จัดรูปแบบของวงจรขยายให้เหมาะสมตามจุดประสงค์เพื่อให้เกิดการรับสัญญาณจากแหล่งกำเนิดสัญญาณหรือภาคขยายก่อนหน้า และสัญญาณที่ขยายแล้วให้กับโหลดหรือวงจรขยายภาคถัดไปได้โดยมีประสิทธิภาพ

2.5.1 วงจรขยายทรานซิสเตอร์อิมิตเตอร์ร่วม

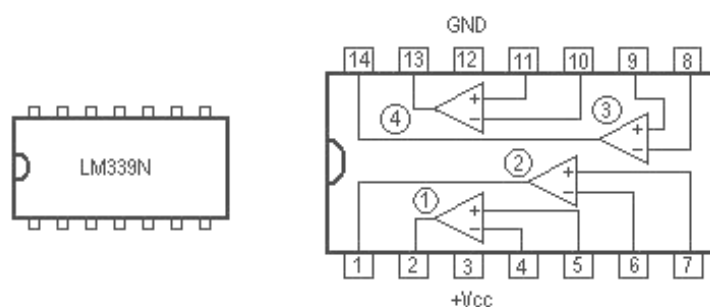
วงจรขยายทรานซิสเตอร์อิมิตเตอร์ร่วมจะแสดงดังภาพที่ 2.5 สัญญาณอินพุตจะป้อนเข้าที่ขาเบสและขาอิมิตเตอร์และส่งสัญญาณเอาต์พุตออกที่ขาคอลเลกเตอร์ โดยมีขาอิมิตเตอร์เป็นจุดร่วมของสัญญาณอินพุตและสัญญาณเอาต์พุต สัญญาณเอาต์พุตจะมีเฟสเหมือนกับสัญญาณเอาต์พุต



ภาพที่ 2.5 วงจรขยายทรานซิสเตอร์อิมิตเตอร์ร่วม

2.6 IC LM339N

LM339N ประกอบด้วย ออปแอมป์จำนวน 4 ตัวเป็นวงจรรวมพาราเตอร์ เปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้า โดยใช้แรงดันต่ำสุดที่ 2 mV และใช้ตัวต้านทานต่ออนุกรมเข้าไปเพื่อแบ่งขนาดของแรงดันที่ได้รับเพื่อไปผ่าน ออปแอมป์ทั้ง 4 ตัวและทำการส่งต่อไปแสดงผลยังหลอด LCD และ ลำโพงโดยวงจรภายในของ LM339N แสดงดังรูปที่ 2.5



ภาพที่ 2.6 แสดงวงจรภายใน LM339N

จากภาพที่ 2.5 จะสามารถแยกขาของ LM339N ได้ดังนี้

ขาที่ 1 คือขาสัญญาณออกของออปแอมป์ตัวที่ 2 (OUTPUT 2)

ขาที่ 2 คือขาสัญญาณออกของออปแอมป์ตัวที่ 1 (OUTPUT 1)

ขาที่ 3 คือขาป้อนแรงดันบวกให้กับ LM339N (V_{cc})

ขาที่ 4 คือขาสัญญาณเข้ากลับเฟสของออปแอมป์ตัวที่ 1 (Inverting Input 1-)

- ขาที่ 5 คือขาสัญญาณเข้าไม่กลับเฟสของออปแอมป์ตัวที่ 1 (Non-Inverting Input 1+)
- ขาที่ 6 คือขาสัญญาณเข้ากลับเฟสของออปแอมป์ตัวที่ 2 (Inverting Input 2-)
- ขาที่ 7 คือขาสัญญาณเข้าไม่กลับเฟสของออปแอมป์ตัวที่ 2 (Non-Inverting Input 2+)
- ขาที่ 8 คือขาสัญญาณเข้ากลับเฟสของออปแอมป์ตัวที่ 3 (Inverting Input 3-)
- ขาที่ 9 คือขาสัญญาณเข้าไม่กลับเฟสของออปแอมป์ตัวที่ 3 (Non-Inverting Input 3+)
- ขาที่ 10 คือขาสัญญาณเข้ากลับเฟสของออปแอมป์ตัวที่ 4 (Inverting Input 4-)
- ขาที่ 11 คือขาสัญญาณเข้าไม่กลับเฟสของออปแอมป์ตัวที่ 4 (Non-Inverting Input 4+)
- ขาที่ 12 คือขาป้อนแรงดันลบให้กับ LM339N (Ground)
- ขาที่ 13 คือขาสัญญาณออกของออปแอมป์ตัวที่ 4 (OUTPUT 4)
- ขาที่ 14 คือขาสัญญาณออกของออปแอมป์ตัวที่ 3 (OUTPUT 3)

บทที่ 3

การออกแบบโครงงาน

การออกแบบอุปกรณ์ตรวจสอบกระแสไฟฟ้ารั่วนั้นได้ทำการนำวงจรที่ได้รับการออกแบบจากสถานที่ต่างๆที่ได้รับความนิยมจำนวน 3 วงจร โดยนำมาทำการทดสอบพร้อมทั้งวิเคราะห์หาข้อดีและข้อเสียของแต่ละวงจรแล้วนำข้อดีข้อเสียมาพัฒนาให้ดียิ่งขึ้นซึ่งวงจรทั้ง 3 วงจรที่นำมาทดสอบสามารถแบ่งได้ดังนี้

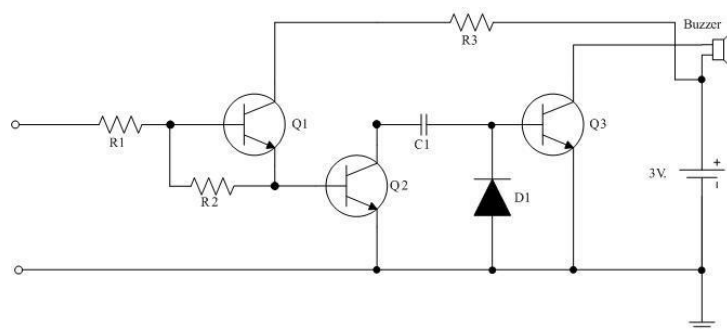
3.1 วงจรตรวจจับไฟฟ้ารั่วไหลชุดที่ 1

เนื่องจาก Probe ที่เป็นตัวนำตรงปลายที่จะนำไปตรวจวัดหากระแสไฟฟ้ารั่วในน้ำนั้นจะต้องมีการนำตัวต้านทานมาลดขนาดลงดังนั้นจึงต้องนำมาเข้าสู่วงจรขยายสัญญาณเพื่อนำเอาต์พุตที่ได้ไปทำการแจ้งเตือนต่อไป

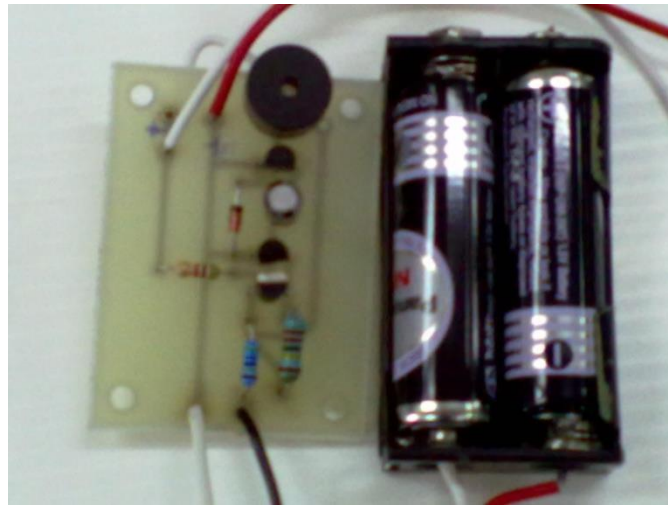
ข้อกำหนดของการออกแบบ

ต้องการที่จะตรวจหากระแสไฟฟ้ารั่วไหลในน้ำแล้วเข้าสู่วงจรเพื่อส่งสัญญาณเตือนให้รู้ว่ามีกระแสไฟฟ้ารั่วไหลบริเวณนั้น

วงจรตรวจจับไฟฟ้ารั่วไหล ชุดที่ 1 ประกอบด้วย สาย Probe ที่ใช้ตรวจสอบในน้ำเมื่อมีกระแสไฟฟ้าก็จะไหลผ่าน R1 เพื่อลดระดับแรงดันเข้าสู่วงจรขยายสัญญาณแบบคาร์ลิงตันคือ มีทรานซิสเตอร์ 2 ตัวต่อเข้าด้วยกันเพื่อขยายสัญญาณเป็น 2 เท่า กระแสที่ออกมาจะผ่าน C1 เพื่อกรองไม่ให้กระแสไฟเลยผ่าน จากนั้นจะเข้าสู่วงจร Fix bias เอาต์พุตที่ได้จะออกที่ขา Collector ไปสั่งให้ Buzzer ทำงานโดยมีไฟฟ้า DC 3V เพื่อเป็นไฟเลี้ยงวงจรดังแสดงในภาพที่ 3.1 และ ภาพที่ 3.2



ภาพที่ 3.1 วงจรตรวจจับไฟฟ้ารั่วไหล ชุดที่ 1



ภาพที่ 3.2 แสดงชุดอุปกรณ์ตรวจจับกระแสไฟฟ้ารั่วไหลชุดที่ 1

ตารางที่ 3.1 แสดงขนาดของอุปกรณ์ในวงจรทดลอง

ลำดับอุปกรณ์	ขนาด
R1	4.7 M Ω
R2	2.2 M Ω
R3	5 K Ω
D1	1 N 4148
C1	10 μ F/16v
Q1,Q2,Q3	2 SC 1815
Buzzer	3 V
Battery	3 V

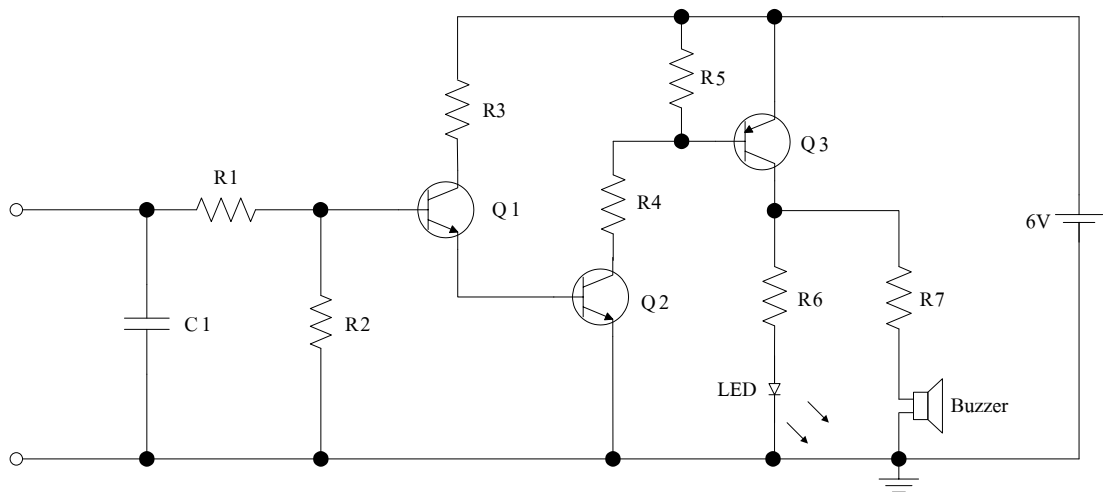
3.2 วงจรตรวจจับไฟฟ้ารั่วไหล ชุดที่ 2

เนื่องจากสัญญาณที่ได้จากการวัดจาก Probe มีขนาดเล็กจึงต้องทำการขยายสัญญาณก่อน เพื่อ
 ส่งงานต่อไป

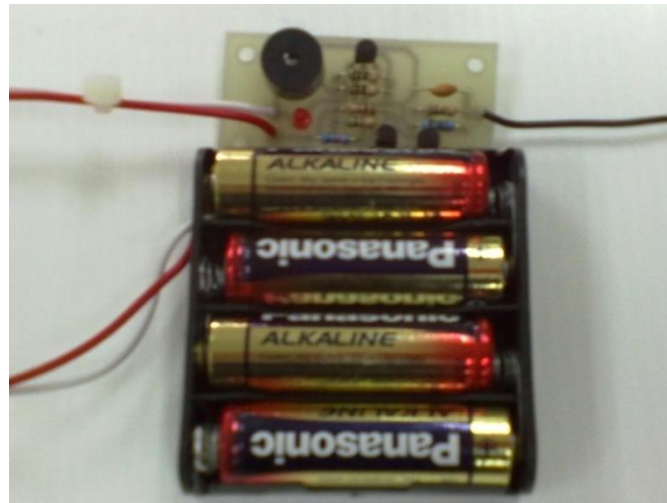
ข้อกำหนดการออกแบบ

ต้องการวัดตรวจหากระแสไฟฟ้ารั่วไหลในน้ำและเข้าสู่วงจรตรวจจับเพื่อนำเอาต์พุตที่ได้ไป
 ส่งงานให้ Buzzer และหลอด LED ทำงาน

วงจรตรวจจับ ไฟฟ้ารั่วไหล ชุดที่ 2 ประกอบด้วย สาย Probe ที่เป็นตัวนำเพื่อตรวจหา
 กระแสไฟฟ้าเมื่อตรวจพบกระแสจะไหลเข้าสู่วงจรผ่าน R1 เข้าสู่วงจรขยายสัญญาณแบบคาร์ลิ่งตัน
 ซึ่งประกอบด้วย ทรานซิสเตอร์ 2 ตัวเข้าด้วยกันเป็นการขยายสัญญาณ 2 เท่า โดยเอาต์พุตที่ออกมาจะ
 เข้าสู่วงจร Fix bias และ เอาต์พุตที่ออกจากขาคอลเลกเตอร์ จะไปส่งงานให้ LED และ Buzzer
 ทำงานดังแสดงในภาพที่ 3.3 และ ภาพที่ 3.4



ภาพที่ 3.3 วงจรตรวจจับไฟฟ้ารั่วไหล ชุดที่ 2



ภาพที่ 3.4 แสดงชุดอุปกรณ์ตรวจจับกระแสไฟฟ้ารั่วไหลชุดที่ 2

ตารางที่ 3.2 แสดงขนาดของอุปกรณ์ในวงจรทดลอง

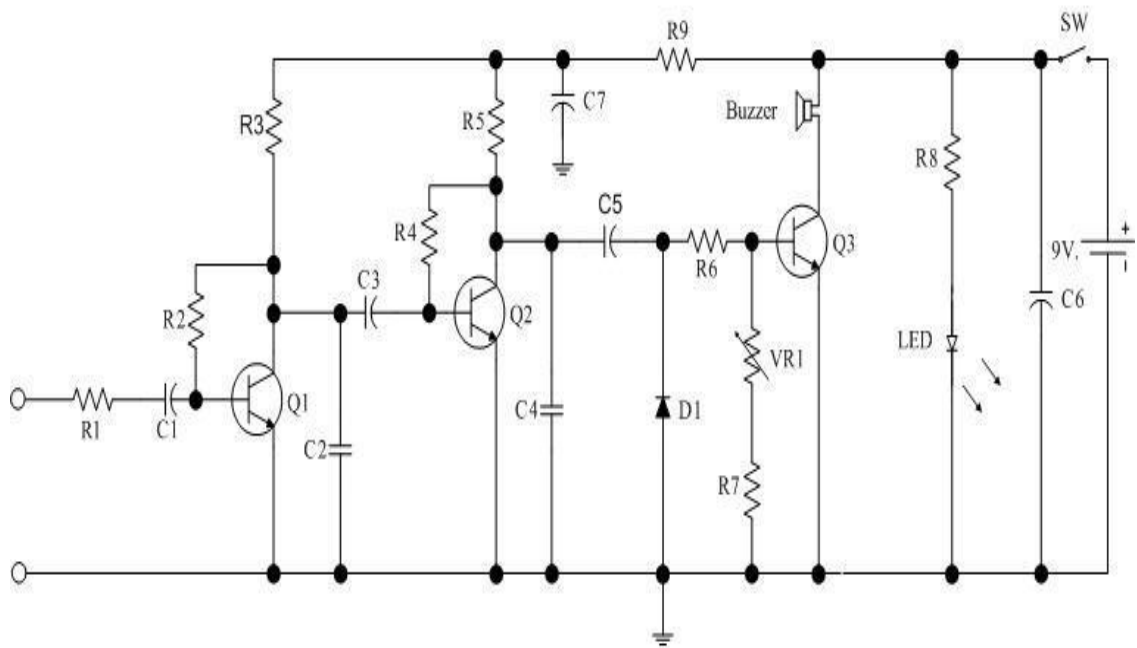
ลำดับอุปกรณ์	ขนาด
R1,R4	500Ω
R2	1 MΩ
R3	1 KΩ
R5	50 KΩ
R6,R7	10Ω
C1	470 pF 500V
Q1,Q2	C 1815
Q3	A 1015
Buzzer	3 V
Battery	6 V
LED	3 mm

3.3 วงจรตรวจจับไฟฟ้ารั่วชุดที่ 3

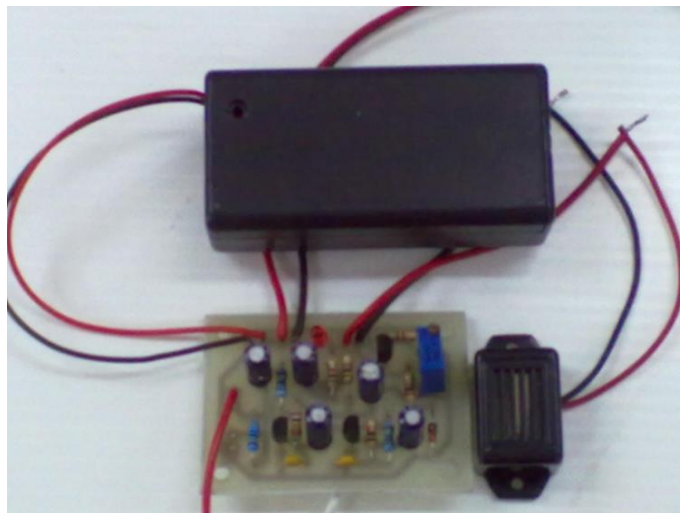
3.3.1 ข้อกำหนดการออกแบบ

กระแสไฟฟ้าที่วัดได้เมื่อผ่าน R เข้ามาแล้วจะมีกระแสที่น้อยจึงต้องทำการขยายสัญญาณโดย วงจร Feedback เอาต์พุตที่ได้จะเข้าที่วงจร Fix bias เพื่อที่จะนำไปสั่งให้ Buzzer ทำงาน

วงจรตรวจจับไฟฟ้ารั่วไหลชุดที่ 3 ประกอบด้วยสาย Probe ที่ใช้รักษากระแสไฟฟ้าที่รั่วไหล เมื่อพบกระแสจะไหลผ่าน R1 เพื่อลดแรงลดันเข้าสู่ วงจร Feed back เพื่อขยายสัญญาณทั้งสองตัว เอาต์พุตที่ได้จะเข้าสู่ วงจร Fix bias เอาต์พุตที่ได้จะออกไปสั่งให้ Buzzer ทำงาน โดยมีไฟ DC 9V เลี้ยงวงจรดังแสดงในภาพที่ 3.5 และ ภาพที่ 3.6



ภาพที่ 3.5 วงจรตรวจจับไฟฟ้ารั่วไหล ชุดที่ 3



ภาพที่ 3.6 แสดงชุดอุปกรณ์ตรวจจับกระแสไฟฟ้ารั่วชุดที่ 3

ตารางที่ 3.3 แสดงขนาดของอุปกรณ์ในการทดลอง

ลำดับอุปกรณ์	ขนาด
R1	5.6 M Ω
R2,R4	1 M Ω
R3,R5	10 K Ω
R6	20 K Ω
R7	5 K Ω
R8	1 K Ω
R9	100 Ω
C1,C3,C5	2.2 μ F
C2,C4	0.1 μ F
C6	47 μ F
D1	1N4148

ตารางที่ 3.3 (ต่อ)

VR1	10 k Ω
Q1,Q2,Q3	2sc458
LED	2 mm
Buzzer	9 V

จากวงจรทั้ง 3 วงจรได้นำมาออกแบบและพัฒนาข้อมูลแรงดันและกระแสไฟฟ้ารั่วโดยมีการออกแบบให้มีการใช้งานที่ง่าย ราคาอุปกรณ์ในวงจรต่ำ ทั้งยังสามารถบอกระดับกระแสไฟฟ้ายที่รั่วไหลในน้ำในระดับที่แตกต่างกันได้ 3 ระดับ โดยการแสดงผลผ่านหลอด LED หรือ ไดโอดเปล่งแสงจำนวน 3 ตัว คือสีเขียว สีเหลือง และสีแดง พร้อมการเตือนด้วยเสียงจาก Buzzer เพื่อลดอันตรายที่อาจจะเกิดขึ้นกับผู้ใช้ระหว่างใช้งาน

3.4 การออกแบบวงจรที่ได้รับการพัฒนา

การออกแบบระดับการรั่วไหลที่เป็นอันตราย ดังแสดงในตารางที่ 3.4 โดยพิจารณาค่าความต้านทานในน้ำเท่ากับ 33 Ohmmeter ที่อุณหภูมิน้ำ 30 องศาเซลเซียส ใช้โพรบชนิดสั้นมีระยะห่างของขั้วโพรบ 5 เซนติเมตร จากนั้นทำการคำนวณค่าความต้านทานของวงจรเปรียบเทียบแรงดันโดยป้อนแรงดันแหล่งจ่ายที่ 3 V ใช้ IC เบอร์ LM339 เพื่อให้มีระดับแรงดันเปรียบเทียบ 3 ระดับคือระดับแรงดันที่กระแสไหล 10, 20 และ 100 mA ทั้งนี้การคำนวณหาค่าความต้านทานจะต้องพิจารณาค่าแรงดันไฟฟ้า ชนิด RMS ตกคร่อม โพรบ ในขณะที่การเปรียบเทียบแรงดันด้วย IC-LM339 ใช้ในการเปรียบเทียบแรงดันที่มีค่ามากกว่าแรงดันอ้างอิงซึ่งจำเป็นต้องใช้ค่าแรงดัน Peak ผลการคำนวณค่าความต้านทานและแรงดันไฟฟ้า แสดงดังตารางที่ 3.5 มีวิธีการคำนวณโดยใช้สูตร

$$R = \frac{V}{I}$$

ตัวอย่างการคำนวณหาค่าความต้านทาน

กำหนดให้ V_{ref} = Forward Voltage จาก Datasheet ของ Diode 1N4007 ≈ 1 V.

$$R = \frac{V_{ref} - V_{peak}}{I} = \frac{1 \text{ V} - 0.228 \text{ V}}{10 \text{ mA}} = 77.2 \Omega$$

จากตัวต้านทานที่ได้ 77 Ω แต่ตัวต้านทานมีขนาด 75 Ω จึงต้องใช้ขนาด 75 Ω ใส่ในวงจรหาค่าตัวต้านทานตัวที่สองได้จากการดูค่ากระแสที่เพิ่มขึ้นจาก 10 mA เป็น 20 mA ทำให้ได้ตัวต้านทานที่จะนำมาใส่คือ 150 Ω แต่ตัวแรกมีค่าอยู่ 75 Ω ทำให้ใส่ตัวที่สอง อีก 75 Ω ก็จะเท่ากับ 150 Ω

จากนั้นค่าตัวต้านทานตัวที่สามซึ่งค่ากระแสมีค่าเท่ากับ 100 mA ทำให้เมื่อเทียบค่าตัวต้านทานได้ 750 Ω แต่เนื่องจากตัวต้านทานสองตัวแรกมีค่ารวมกันได้ 150 Ω ทำให้ได้ค่าตัวต้านทานตัวที่สามเท่ากับ 750-150 = 600 Ω แต่ในทางปฏิบัติตัวต้านทานที่มีอยู่คือ 620 Ω จึงทำให้ต้องใช้ตัวต้านทานที่ 620 Ω

แล้วนำค่าที่ได้จากการออกแบบนำมาสร้างวงจรต้นแบบดังภาพที่ 3.8 ตามวงจรภาพที่ 3.9 และเมื่อทดสอบได้ผลตรงตามที่ได้ออกแบบไว้จึงสร้างวงจรตรวจสอบกระแสไฟฟ้าไว้ในน้ำและประกอบโครงสร้างท่อพีวีซีที่ได้ออกแบบไว้ดังภาพที่ 3.10 และภาพที่ 3.11 ตามลำดับ

ตารางที่ 3.4 ค่ากระแสรั่วไหลที่เป็นอันตรายในสถานการณ์น้ำท่วม

อาการที่ปรากฏ	กระแส (mA)
กระแสไฟฟ้ากระตุ้นหัวใจทำให้เกิดอาการหัวใจบีบเต้นผิดปกติ	100
อาการหดเกร็งของกล้ามเนื้อในส่วนการหายใจ	20
สูญเสียความควบคุมกล้ามเนื้อ (เกิดในผู้ชายโดยเฉลี่ย)	16
สูญเสียความควบคุมกล้ามเนื้อ (เกิดในผู้หญิงที่มีการรับรู้ต่อกระแสไฟฟ้าที่ดี)	10

ตารางที่ 3.5 ผลการคำนวณค่าความต้านทานและแรงดันไฟฟ้า

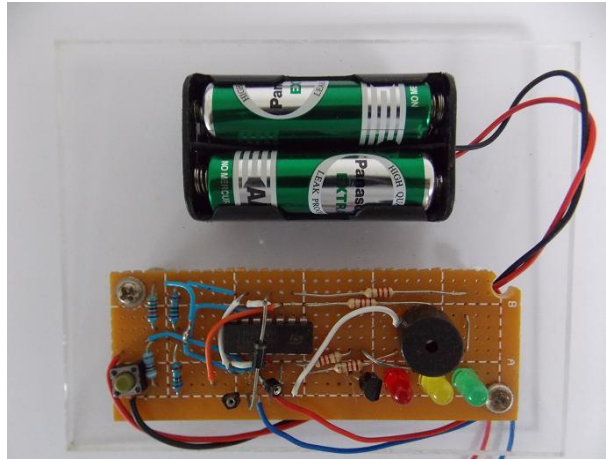
กระแส (mA)	แรงดันตก คร่อมโพรบ V_{rms} (mV)	แรงดัน สูงสุด V_{peak} (mV)	ค่าความ ต้านทาน (Ohm)	ความต้านทาน เพื่อสร้างแรงดัน อ้างอิง	แรงดันอ้างอิง ที่ได้ V_{rms} (mV)
			9100	R1	
100	165.0	234.0	620	R2	165.5
20	33.0	45.6	75	R3	32.2
10	16.5	22.8	75	R4	16.1

3.5 การเลือกใช้โพรบสำหรับอุปกรณ์

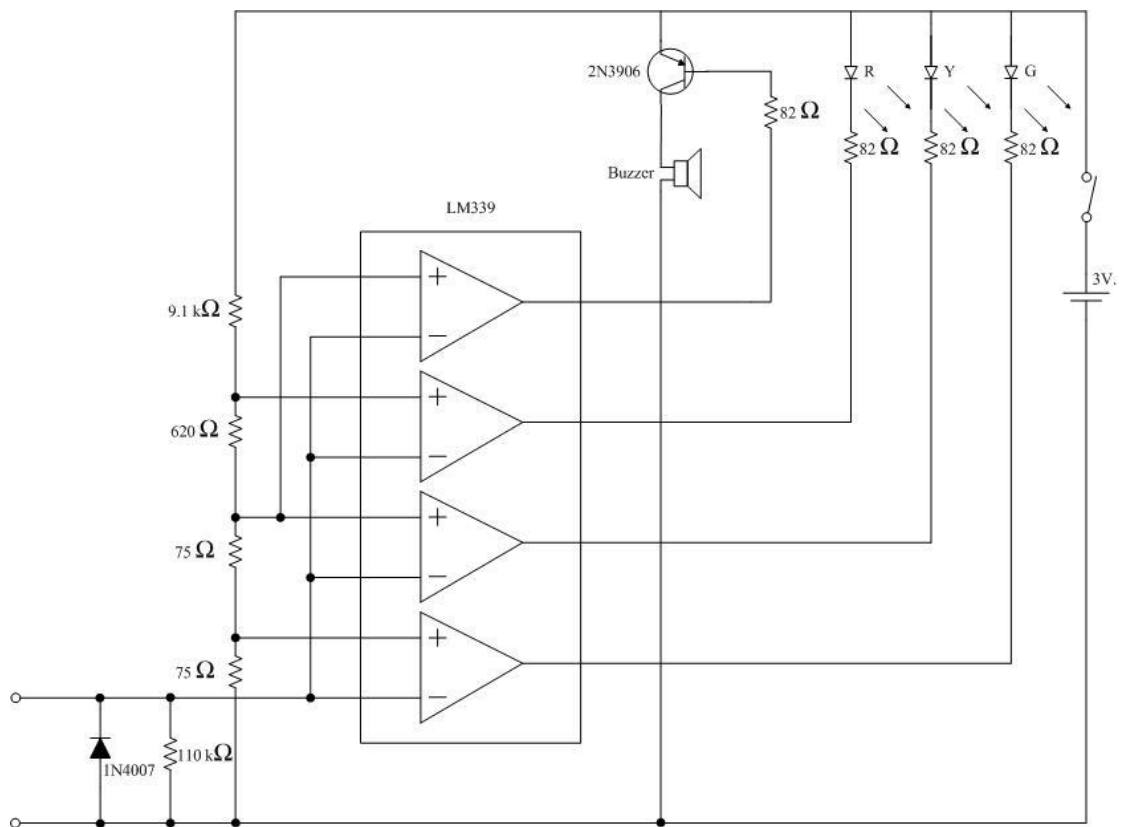
การเลือกใช้โพรบนั้นเลือกใช้โพรบทองแดงขนาด 1 เซนติเมตร วางห่างกัน 5 เซนติเมตร เนื่องจากมีขนาดเล็ก หาซื้อได้ง่ายตามท้องตลาด นำมาติดตั้งได้เหมาะสมกับขนาดของอุปกรณ์ โพรบที่ใช้แสดงดังรูป 3.7



ภาพที่ 3.7 แสดงโพรบที่นำมาใช้งาน



ภาพที่ 3.8 แสดงชุดอุปกรณ์ตรวจสอบกระแสไฟฟ้ารั่วต้นแบบที่ได้รับการพัฒนา



ภาพที่ 3.9 แสดงวงจรตรวจสอบกระแสไฟฟ้ารั่วที่ได้รับการพัฒนา



ภาพที่ 3.10 แสดงอุปกรณ์ตรวจสอบกระแสไฟฟ้าวูที่ที่ได้รับการพัฒนา



ภาพที่ 3.11 แสดงอุปกรณ์ตรวจสอบกระแสไฟฟ้าวูที่ได้รับการประกอบกับท่อพีวีซี

การทดลองและผลการทดลอง

การทดสอบและพัฒนาอุปกรณ์ตรวจสอบกระแสไฟฟ้ารั่วไหลสำหรับสถานการณ์น้ำท่วมใน ครั้งนี้ได้ทำการทดสอบวงจรที่ได้รับความนิยมจำนวน 3 วงจรซึ่งทั้งสามวงจรนี้ได้ผ่านการใช้งานจริงในสถานการณ์น้ำท่วมปีพุทธศักราช 2554 ซึ่งผู้จัดทำได้นำวงจรเหล่านั้นมาสร้างและทดสอบในห้องปฏิบัติการ เพื่อวิเคราะห์หาข้อดีและข้อเสีย ประสิทธิภาพการทำงาน โดยผลการทดลองที่เป็นไปตามจุดประสงค์คือสามารถทำการตรวจสอบกระแสไฟฟ้ารั่วไหลได้ทั้ง 3 วงจรโดยการทดสอบทั้ง 3 วงจรได้ผลการทดสอบดังนี้

4.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองวงจร

1. แหล่งจ่ายไฟ 220 V
2. มัลติมิเตอร์
3. กระบะใส่น้ำขนาด 1.5 m x 1 m
4. ถังใส่น้ำขนาด 60 L
5. เกลือ
6. วงจรตรวจสอบไฟฟ้ารั่ว

4.2 ขั้นตอนการทดสอบวงจร

1. ทดลองการวัดแรงดันและกระแสที่รั่วไหลในน้ำจากระยะห่างโดยทำการนำน้ำใส่ในกระบะขนาด 1.5 x 1 m แล้วทำการจ่ายไฟด้วยแหล่งจ่ายไฟกระแสสลับ 50, 100, 150, 200 และ 220 V ตามลำดับ แล้ววัดหาค่าแรงดันและกระแสในน้ำที่ระยะห่างจากแหล่งจ่าย 30, 60, 90 และ 120 cm จากนั้นบันทึกในตารางที่ 4.1 พร้อมแสดงกราฟที่เกิดขึ้นดังภาพที่ 4.1 และ 4.2 ตามลำดับจากนั้นเติมเกลือลงไป 100, 200 และ 300 g แล้วทำการวัดตามการทดลองแรกจากนั้นบันทึกผลลงในตารางที่ 4.2, 4.3 และ 4.4 พร้อมแสดงกราฟที่เกิดขึ้นดังภาพที่ 4.3, 4.4, 4.5, 4.6, 4.7 และ 4.8 ตามลำดับ
2. ทดลองการวัดแรงดันและกระแสที่รั่วไหลในน้ำจากระยะความลึกโดยทำการนำน้ำใส่ในถังน้ำขนาด 60 L แล้วทำการจ่ายไฟด้วยแหล่งจ่ายไฟกระแสสลับ 50, 100, 150, 200 และ 220 V ตามลำดับ แล้ววัดหาค่าแรงดันและกระแสในน้ำที่ระยะความลึกจากแหล่งจ่าย 0, 10, 20, 30, 40, 50,

และ 60 cm จากนั้นบันทึกผลในตารางที่ 4.5 พร้อมแสดงกราฟที่เกิดขึ้นดังภาพที่ 4.9 และ 4.10 ตามลำดับ

จากนั้นเติมเกลือลงไป 30, 60 และ 90 g แล้วทำการวัดตามการทดลองในช่วงแรกจากนั้นบันทึกผลในตารางที่ 4.6, 4.7, 4.8 พร้อมแสดงกราฟที่เกิดขึ้นดังภาพที่ 4.11, 4.12, 4.13, 4.14, 4.15 และ 4.16 ตามลำดับ

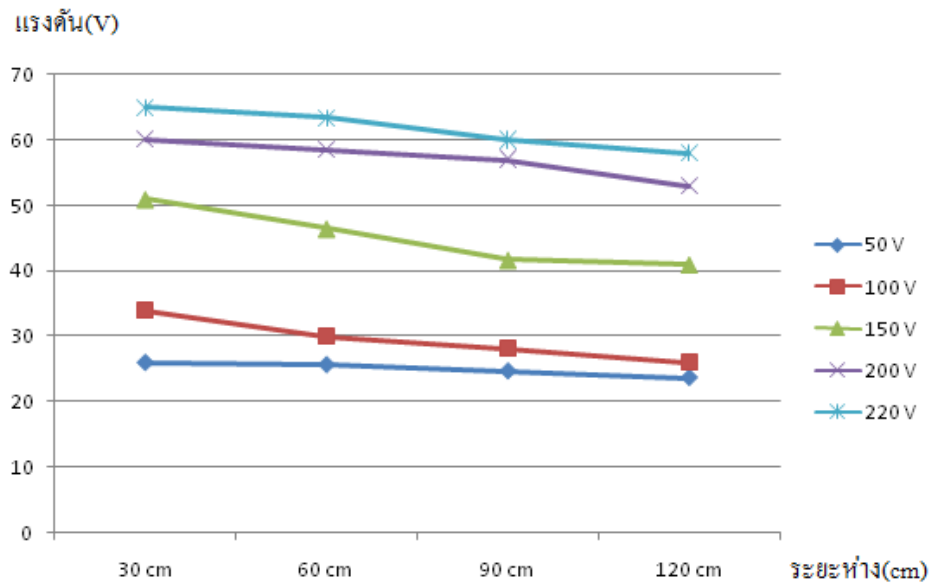
พร้อมทั้งแสดงกราฟผลการบันทึกค่ากระแสและแรงดันที่วัดได้จากระยะความลึกและระยะห่างโดยจ่ายแรงดันไฟฟ้า 220 V ซึ่งเป็นแรงดันที่ใช้ในประเทศไทยจากการจำลองน้ำในสถานะต่างๆตั้งแต่ น้ำประปาไปจนถึงการเติมเกลือ น้ำหนักต่างๆเพื่อลดค่าความต้านทานในน้ำ

4.3 ผลการทดสอบวงจร

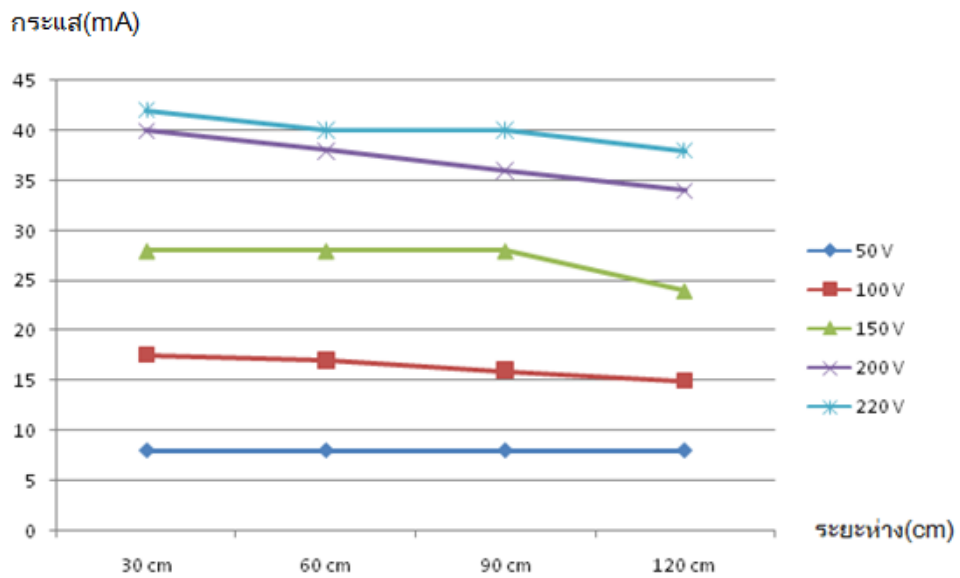
ตารางที่ 4.1 แสดงการวัดค่าแรงดันและกระแสรั่วไหลในน้ำเปรียบเทียบระหว่างแรงดันที่แหล่งจ่ายกับระยะห่างของสายตัวนำที่ใช้วัด

ระยะห่าง (cm)	แรงดันจากแหล่งจ่าย (V)									
	50		100		150		200		220	
	V(v)	I(mA)	V(v)	I(mA)	V(v)	I(mA)	V(v)	I(mA)	V(v)	I(mA)
30	26	8	33.9	17.5	51	28	60	40	65	42
60	25.67	8	30	17	46.5	28	58.5	38	63.5	40
90	24.7	8	28	16	41.7	28	57	36	60	40
120	23.7	8	26	15	41	24	53	34	58	38

จากตารางที่ 4.1 คือการทดลองหาค่าระดับแรงดันและกระแสที่รั่วไหลในน้ำประปาที่ระยะห่าง 30, 60, 90 และ 120 เซนติเมตรตามลำดับโดยทำการปรับค่าแรงดันจากแหล่งจ่าย 50, 100, 150, 200 และ 220 โวลต์ ตามลำดับและนำค่าที่ได้จากการทดลองมาพล็อตกราฟของระดับแรงดันและกระแสตามระยะห่างในน้ำประปาดังแสดงในภาพที่ 4.1 และ 4.2 ตามลำดับ



ภาพที่ 4.1 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของแรงดันตามระยะห่างในน้ำประปา

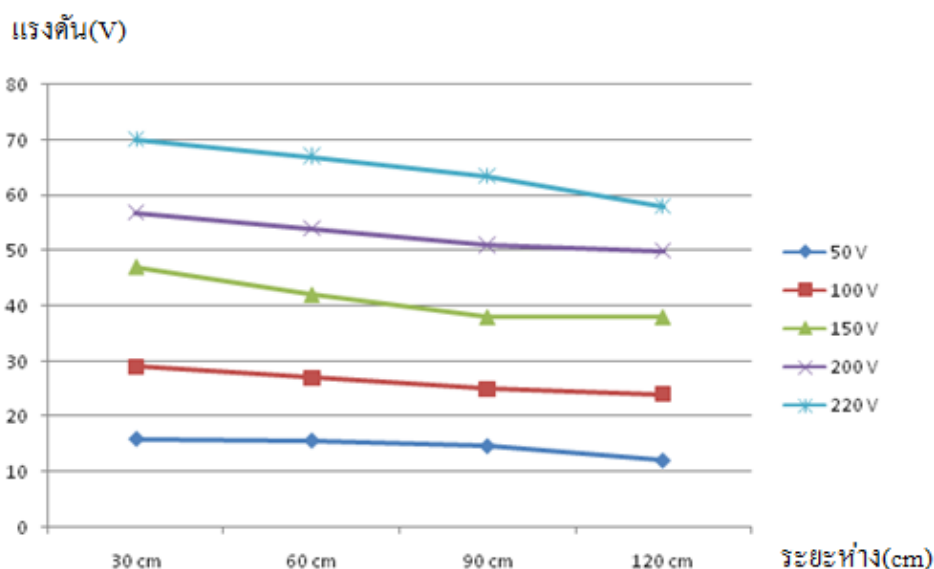


ภาพที่ 4.2 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของกระแสตามระยะห่างในน้ำประปา

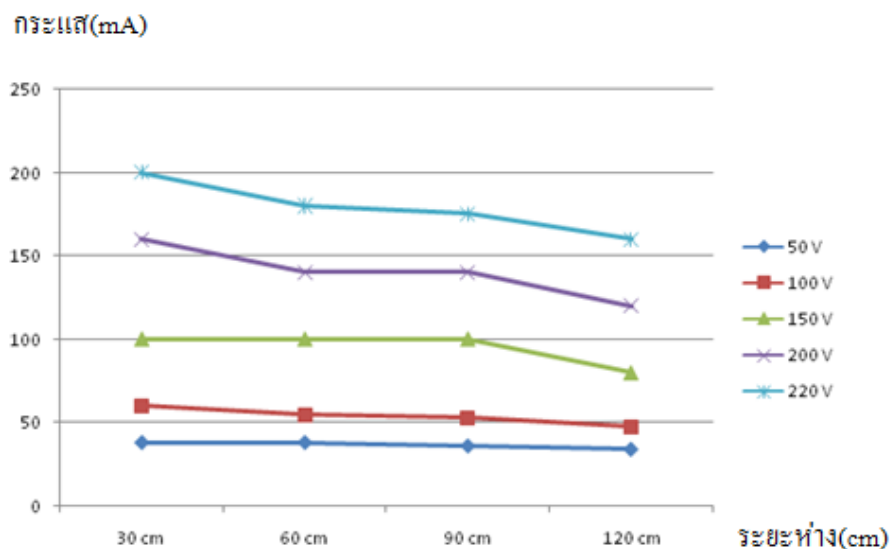
ตารางที่ 4.2 แสดงการวัดค่าแรงดันและกระแสรั่วไหลในน้ำเปรียบเทียบระหว่างแรงดันที่แหล่งจ่ายกับระยะห่างของสายตัวนำที่ใช้วัด (เดิมเกลือ 100 g)

ระยะห่าง (cm)	แรงดันจากแหล่งจ่าย(V)									
	50		100		150		200		220	
	V(v)	I(mA)	V(v)	I(mA)	V(v)	I(mA)	V(v)	I(mA)	V(v)	I(mA)
30	16	38	29	60	47	100	56.8	160	70	200
60	15.7	38	27	55	42	100	54	140	67	180
90	14.7	36	25	53	38	100	51	140	63.5	175
120	12.08	34	24	48	38	80	50	120	58	160

จากตารางที่ 4.2 คือการทดลองหาค่าระดับแรงดันและกระแสที่รั่วไหลในน้ำประปาที่เดิมเกลือลงไป 100g ที่ระยะห่าง 30, 60, 90 และ 120 เซนติเมตรตามลำดับ โดยทำการปรับค่าแรงดันจากแหล่งจ่าย 50, 100, 150, 200 และ 220 โวลต์ ตามลำดับและนำค่าที่ได้จากการทดลองมาพล็อตกราฟของระดับแรงดันและกระแสตามระยะห่างในน้ำที่เดิมเกลือ 100g ดังแสดงในภาพที่ 4.3 และ 4.4 ตามลำดับ



ภาพที่ 4.3 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของแรงดันตามระยะห่างในน้ำที่มีปริมาณเกลือ 100 g.

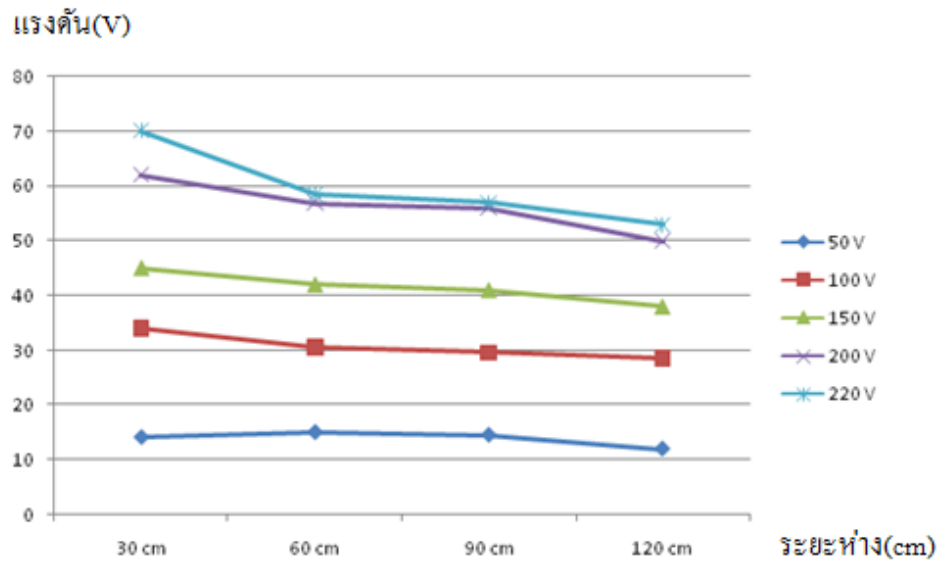


ภาพที่ 4.4 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของกระแสตามระยะห่างในน้ำที่มีปริมาณเกลือ 100 g.

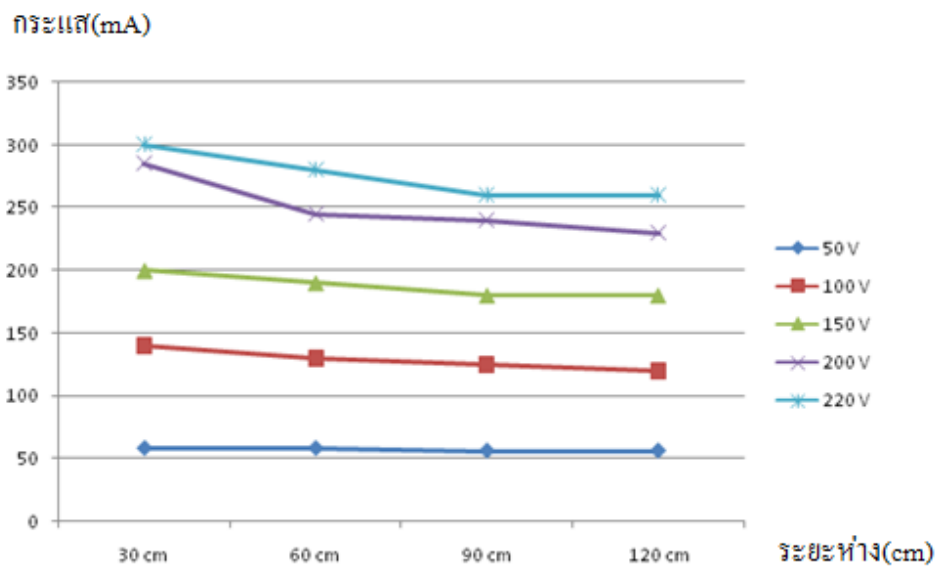
ตารางที่ 4.3 แสดงการวัดค่าแรงดันและกระแสรั่วไหลในน้ำเปรียบเทียบระหว่างแรงดันที่แหล่งจ่ายกับระยะห่างของสายตัวนำที่ใช้วัด (เติมเกลือ 200 g)

ระยะห่าง (cm)	แรงดันจากแหล่งจ่าย(V)									
	50		100		150		200		220	
	V(v)	I(mA)	V(v)	I(mA)	V(v)	I(mA)	V(v)	I(mA)	V(v)	I(mA)
30	14.1	58	34	140	45	200	62	285	70	300
60	15	58	30.6	130	42	190	57	245	58.5	280
90	14.5	56	29.6	125	41	180	56	240	57	260
120	12	56	28.5	120	38	180	50	230	53	260

จากตารางที่ 4.3 คือการทดลองหาค่าระดับแรงดันและกระแสที่รั่วไหลในน้ำประปาที่เติมเกลือลงไป 200g ที่ระยะห่าง 30, 60, 90 และ 120 เซนติเมตรตามลำดับโดยทำการปรับค่าแรงดันจากแหล่งจ่าย 50, 100, 150, 200 และ 220 โวลต์ ตามลำดับและนำค่าที่ได้จากการทดลองมาพล็อตกราฟของระดับแรงดันและกระแสตามระยะห่างในน้ำที่เติมเกลือ 200g ดังแสดงในภาพที่ 4.5 และ 4.6 ตามลำดับ



ภาพที่ 4.5 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของแรงดันตามระยะห่างในน้ำที่มีปริมาณเกลือ 200 g.

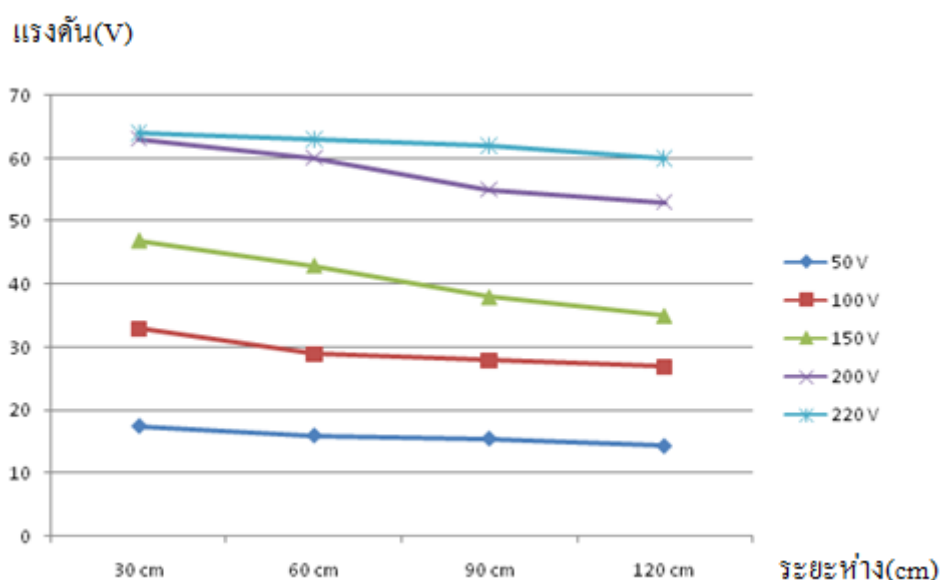


ภาพที่ 4.6 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของกระแสตามระยะห่างในน้ำที่มีปริมาณเกลือ 200 g.

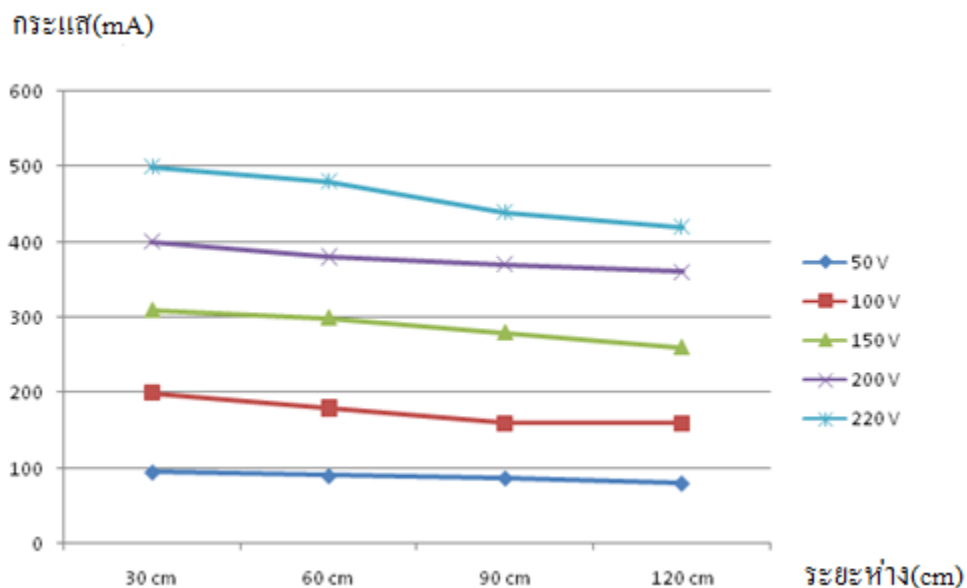
ตารางที่ 4.4 แสดงการวัดค่าแรงดันและกระแสรั่วไหลในน้ำเปรียบเทียบระหว่างแรงดันที่แหล่งจ่ายกับระยะห่างของสายตัวนำที่ใช้วัด (เดิมเกลือ 300 g)

ระยะห่าง (cm)	แรงดันจากแหล่งจ่าย (V)									
	50		100		150		200		220	
	V(v)	I(mA)	V(v)	I(mA)	V(v)	I(mA)	V(v)	I(mA)	V(v)	I(mA)
30	17.5	95	33	200	47	310	63	400	67	500
60	16	90	29	180	43	300	60	380	63	480
90	15.5	87	28	160	38	280	55	370	62	440
120	14.3	80	27	160	35	260	53	360	60	420

จากตารางที่ 4.4 คือการทดลองหาค่าระดับแรงดันและกระแสที่รั่วไหลในน้ำประปาที่เดิมเกลือลงไป 300g ที่ระยะห่าง 30, 60, 90 และ 120 เซนติเมตรตามลำดับ โดยทำการปรับค่าแรงดันจากแหล่งจ่าย 50, 100, 150, 200 และ 220 โวลต์ ตามลำดับและนำค่าที่ได้จากการทดลองมาพล็อตกราฟของระดับแรงดันและกระแสตามระยะห่างในน้ำที่เดิมเกลือ 300g ดังแสดงในภาพที่ 4.7 และ 4.8 ตามลำดับ



ภาพที่ 4.7 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของแรงดันตามระยะห่างในน้ำที่มีปริมาณเกลือ 300 g.



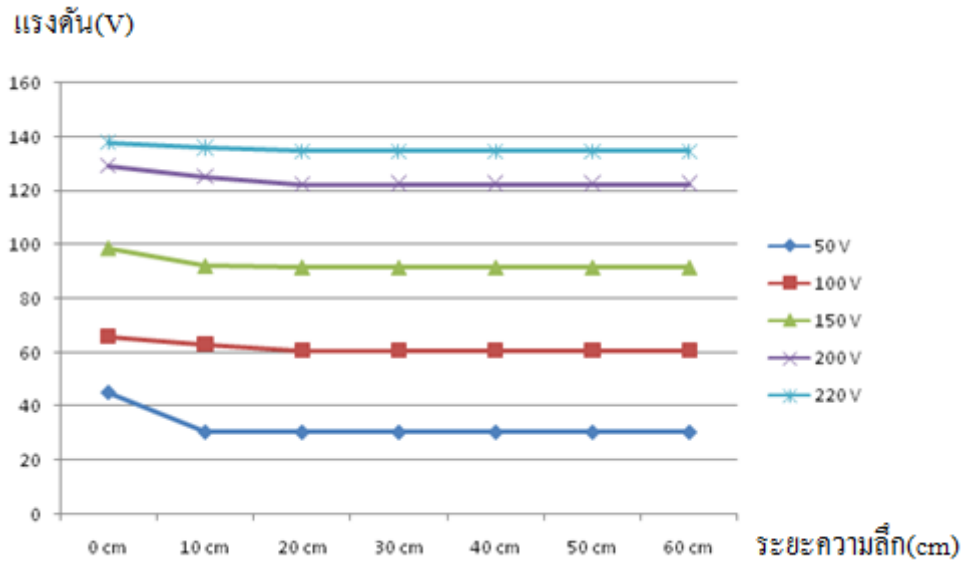
ภาพที่ 4.8 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของกระแสตามระยะห่างในน้ำที่มีปริมาณเกลือ 300 g.

ตารางที่ 4.5 แสดงการวัดค่าแรงดันและกระแสรั่วไหลในน้ำเปรียบเทียบระหว่างแรงดันที่แหล่งจ่ายกับระยะความลึกของสายตัวนำที่ใช้วัด

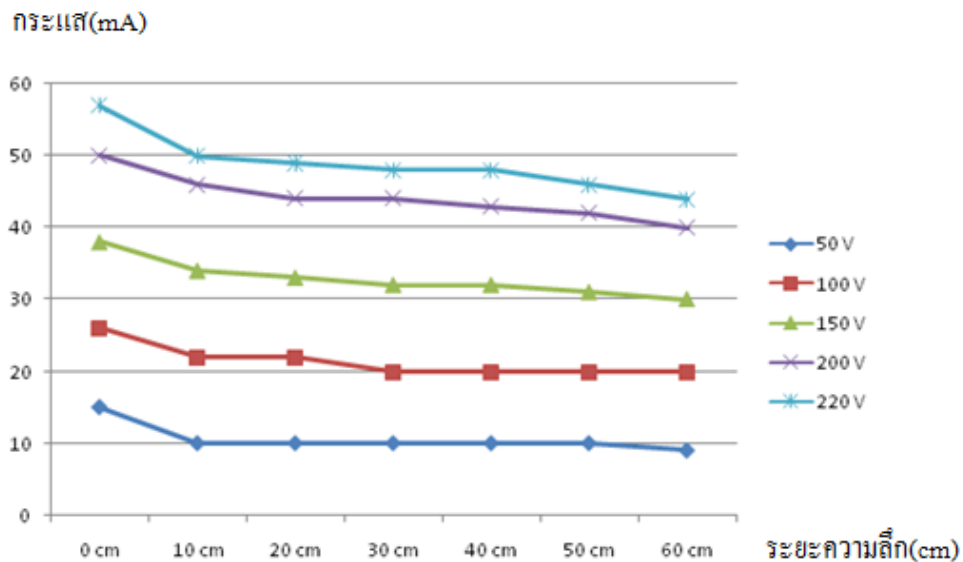
ระยะห่าง (cm)	แรงดันจากแหล่งจ่าย (V)									
	50		100		150		200		220	
	V(v)	I(mA)	V(v)	I(mA)	V(v)	I(mA)	V(v)	I(mA)	V(v)	I(mA)
0	45.2	15	65.8	26	98.5	38	129	50	138	57
10	30.5	10	63	22	92	34	125	46	136	50
20	30.4	10	60.7	22	91.5	33	122.3	44	134.6	49
30	30.4	10	60.7	20	91.4	32	122.4	44	134.6	48
40	30.4	10	60.7	20	91.4	32	122.4	43	134.6	48
50	30.4	10	60.7	20	91.4	31	122.4	42	134.6	46
60	30.4	9	60.7	20	91.4	30	122.4	40	134.6	44

จากตารางที่ 4.5 คือการทดลองหาค่าระดับแรงดันและกระแสที่รั่วไหลในน้ำประปาที่ระยะความลึก 0, 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 เซนติเมตรตามลำดับ โดยทำการปรับค่าแรงดันจากแหล่งจ่าย

50, 100, 150, 200 และ 220 โวลต์ ตามลำดับและนำค่าที่ได้จากการทดลองมาพล็อตกราฟของระดับแรงดันและกระแสตามระยะความลึกในน้ำประปา ดังแสดงในภาพที่ 4.9 และ 4.10 ตามลำดับ



ภาพที่ 4.9 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของแรงดันตามระยะความลึกในน้ำประปา

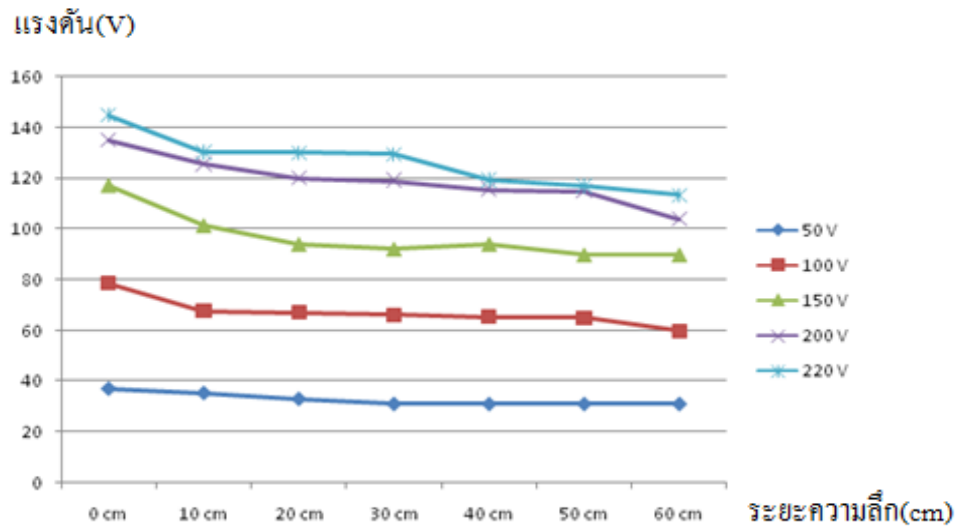


ภาพที่ 4.10 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของกระแสตามระยะความลึกในน้ำประปา

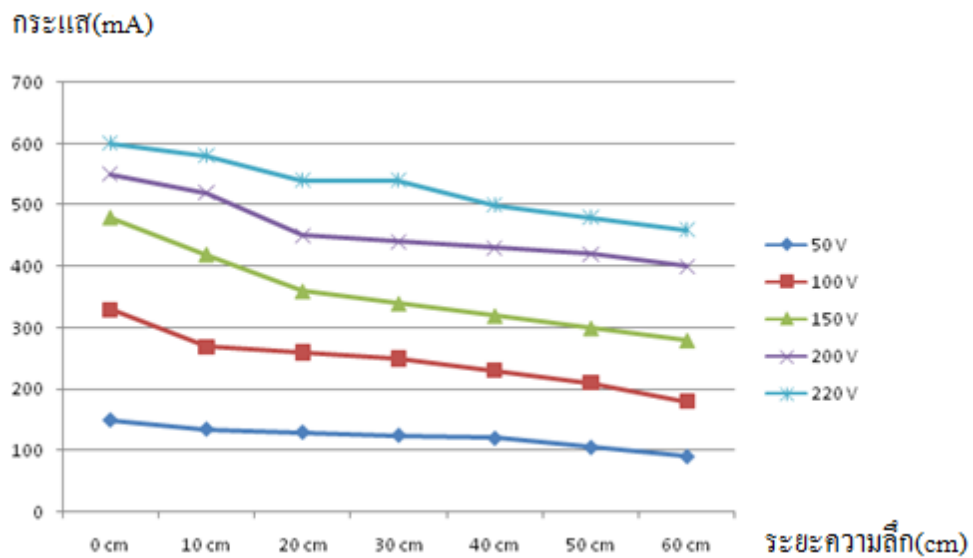
ตารางที่ 4.6 แสดงการวัดค่าแรงดันและกระแสรีวไหลในน้ำเปรียบเทียบระหว่างแรงดันที่แหล่งจ่ายกับระยะความลึกของสายตัวนำที่ใช้วัด (เดิมเกลือ 30 g)

ระยะห่าง (cm)	แรงดันจากแหล่งจ่าย(V)									
	50		100		150		200		220	
	V(v)	I(mA)	V(v)	I(mA)	V(v)	I(mA)	V(v)	I(mA)	V(v)	I(mA)
0	37	150	78.6	330	117.2	480	135	550	144.6	600
10	35.3	135	67.8	270	101.5	420	125.6	520	130.3	580
20	33	130	67.2	260	94.2	360	120.2	450	130	540
30	31	125	66.2	250	92.3	340	119.2	440	129.4	540
40	31	120	65.5	230	94.2	320	115.7	430	119.5	500
50	31	105	65	210	90	300	114.9	420	117.2	480
60	31	90	60	180	90	280	104	400	113.6	460

จากตารางที่ 4.6 คือการทดลองหาค่าระดับแรงดันและกระแสที่รีวไหลในน้ำประปาที่เดิมเกลือลงไป 30g ที่ระยะความลึก 0, 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 เซนติเมตรตามลำดับ โดยทำการปรับค่าแรงดันจากแหล่งจ่าย 50, 100, 150, 200 และ 220 โวลต์ ตามลำดับและนำค่าที่ได้จากการทดลองมาพล็อตกราฟของระดับแรงดันและกระแสตามระยะความลึกในน้ำประปาที่เดิมเกลือ 30g ดังแสดงในภาพที่ 4.11 และ 4.12 ตามลำดับ



ภาพที่ 4.11 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของแรงดันตามระยะความลึกในน้ำที่มีปริมาณเกลือ 30 g.

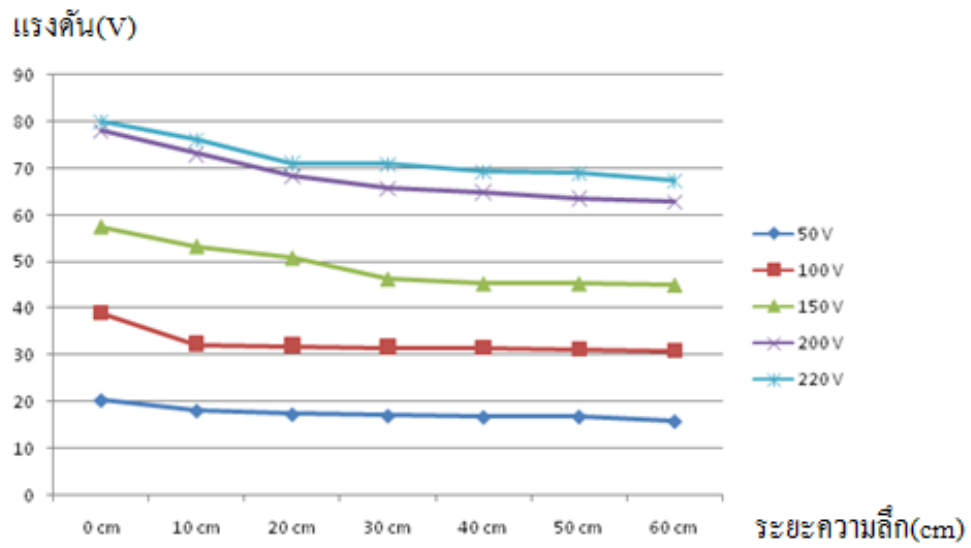


ภาพที่ 4.12 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของกระแสตามระยะความลึกในน้ำที่มีปริมาณเกลือ 30 g.

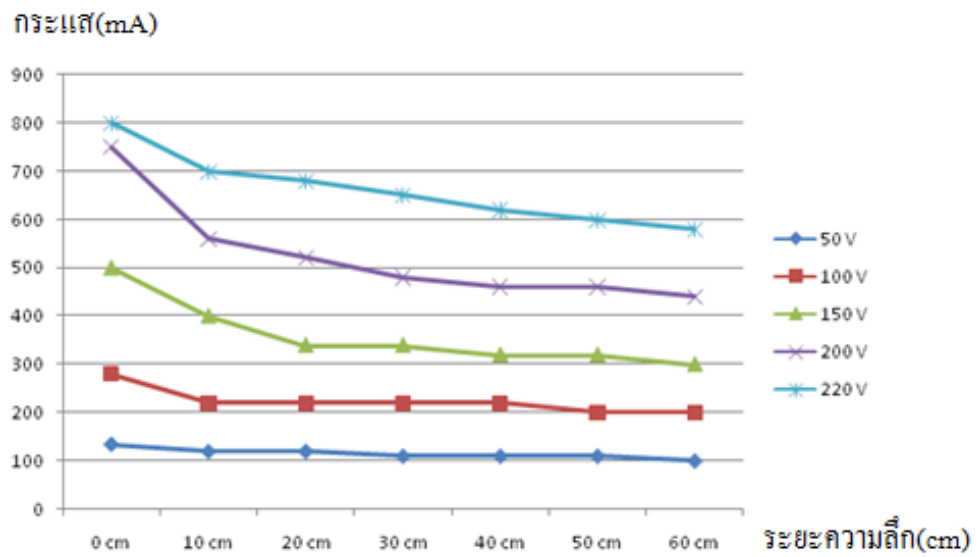
ตารางที่ 4.7 แสดงการวัดค่าแรงดันและกระแสรั่วไหลในน้ำเปรียบเทียบระหว่างแรงดันที่แหล่งจ่ายกับระยะความลึกของสายตัวนำที่ใช้วัด (เติมเกลือ 60 g)

ระยะห่าง (cm)	แรงดันจากแหล่งจ่าย (V)									
	50		100		150		200		220	
	V(v)	I(mA)	V(v)	I(mA)	V(v)	I(mA)	V(v)	I(mA)	V(v)	I(mA)
0	20.4	135	39	280	57.5	500	78	750	80	800
10	18.1	120	32.3	220	53.3	400	73	560	76	700
20	17.3	120	32	220	50.8	340	68.2	520	71	680
30	17	110	31.7	220	46.3	340	65.6	480	70.9	650
40	16.7	110	31.4	220	45.3	320	64.9	460	69.3	620
50	16.8	110	31.2	200	45.3	320	63.6	460	68.9	600
60	15.8	100	30.9	200	45	300	62.8	440	67.3	580

จากตารางที่ 4.7 คือการทดลองหาค่าระดับแรงดันและกระแสที่รั่วไหลในน้ำประปาที่เติมเกลือลงไป 60g ที่ระยะความลึก 0, 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 เซนติเมตรตามลำดับ โดยทำการปรับค่าแรงดันจากแหล่งจ่าย 50, 100, 150, 200 และ 220 โวลต์ ตามลำดับและนำค่าที่ได้จากการทดลองมาพล็อตกราฟของระดับแรงดันและกระแสตามระยะความลึกในน้ำประปาที่เติมเกลือ 60g ดังแสดงในภาพที่ 4.13 และ 4.14 ตามลำดับ



ภาพที่ 4.13 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของแรงดันตามระยะความลึกในน้ำที่มีปริมาณเกลือ 60 g.

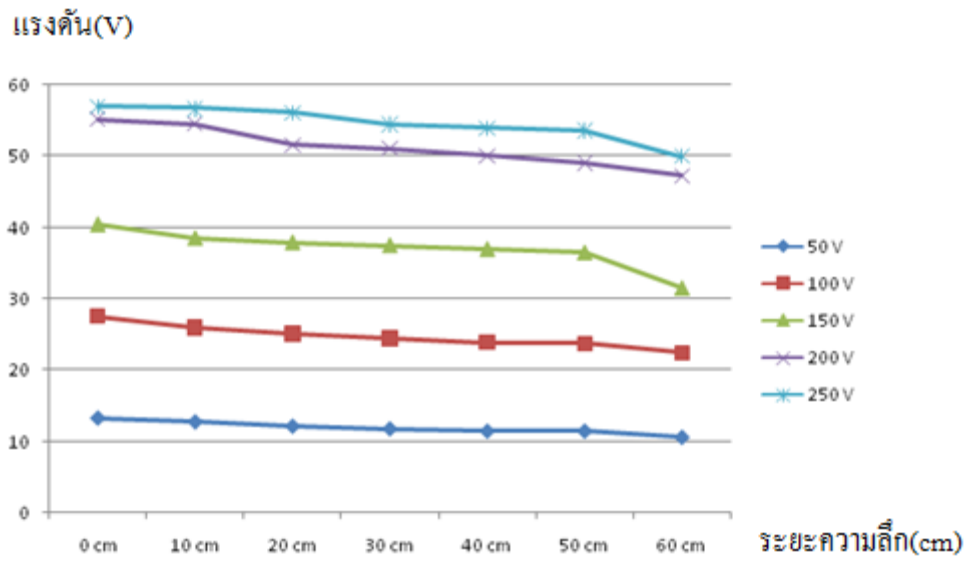


ภาพที่ 4.14 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของกระแสตามระยะความลึกในน้ำที่มีปริมาณเกลือ 60 g.

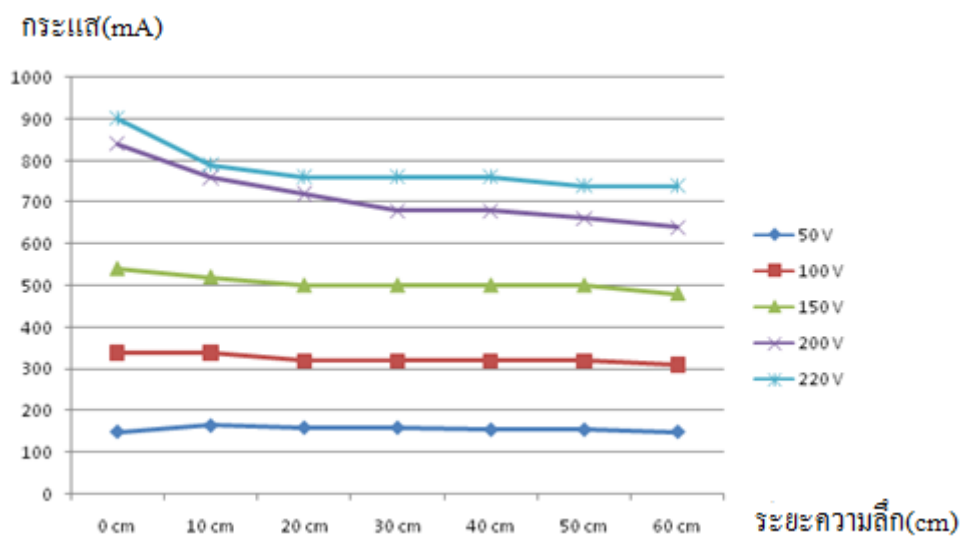
ตารางที่ 4.8 แสดงการวัดค่าแรงดันและกระแสรั่วไหลในน้ำเปรียบเทียบระหว่างแรงดันที่แหล่งจ่ายกับระยะความลึกของสายตัวนำที่ใช้วัด (เดิมเกลือ 90 g)

ระยะห่าง (cm)	แรงดันจากแหล่งจ่าย (V)									
	50		100		150		200		220	
	V(v)	I(mA)	V(v)	I(mA)	V(v)	I(mA)	V(v)	I(mA)	V(v)	I(mA)
0	13.24	150	27.49	340	40.4	540	55.2	740	57	900
10	12.71	165	25.9	340	38.5	520	54.6	760	56.7	790
20	12.12	160	25.1	320	37.9	500	51.6	720	56.2	760
30	11.75	160	24.5	320	37.5	500	51.1	680	54.5	760
40	11.42	155	23.9	320	37	500	50.1	680	54	760
50	11.42	155	23.7	320	36.5	500	49.1	660	53.6	740
60	10.58	150	22.5	310	31.6	480	47.3	640	50	740

จากตารางที่ 4.8 คือการทดลองหาค่าระดับแรงดันและกระแสที่รั่วไหลในน้ำประปาที่เดิมเกลือลงไป 90g ที่ระยะความลึก 0, 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 เซนติเมตรตามลำดับ โดยทำการปรับค่าแรงดันจากแหล่งจ่าย 50, 100, 150, 200 และ 220 โวลต์ ตามลำดับและนำค่าที่ได้จากการทดลองมาพล็อตกราฟของระดับแรงดันและกระแสตามระยะความลึกในน้ำประปาที่เดิมเกลือ 90g ดังแสดงในภาพที่ 4.15 และ 4.16 ตามลำดับ



ภาพที่ 4.15 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของแรงดันตามระยะความลึกในน้ำที่มีปริมาณเกลือ 60 g.

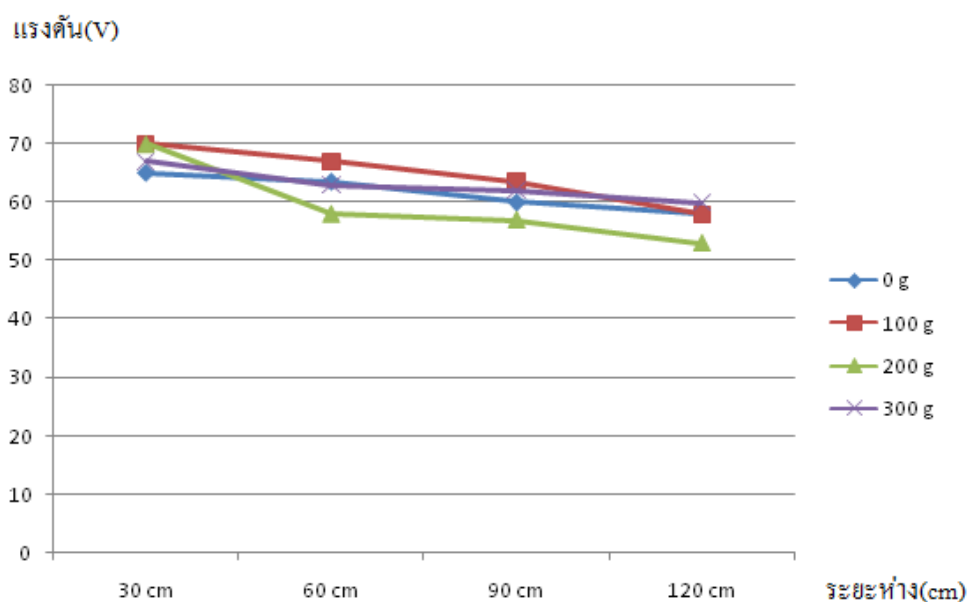


ภาพที่ 4.16 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของกระแสตามระยะความลึกในน้ำที่มีปริมาณเกลือ 60 g.

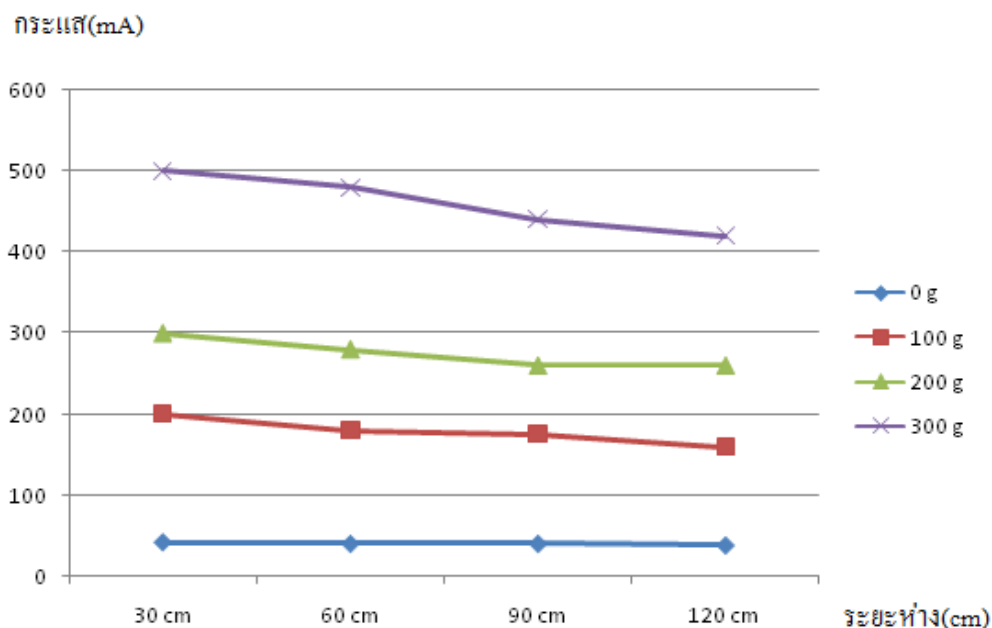
ตารางที่ 4.9 การเปรียบเทียบสภาวะของน้ำที่แรงดัน 220V. ในแนวระนาบระยะต่างๆ

ระยะ (cm)	0 g		100 g		200 g		300 g	
	V(v)	I(mA)	V(v)	I(mA)	V(v)	I(mA)	V(v)	I(mA)
30	65	42	70	200	70	300	67	500
60	63.5	40	67	180	58.5	280	63	480
90	60	40	63.5	175	57	260	62	440
120	58	38	58	160	53	260	60	420

จากตารางที่ 4.9 ทำการทดลองวัดค่าแรงดันและกระแสที่รั่วไหลในระยะห่างตามแนวระนาบจากแหล่งจ่าย 30, 60, 90 และ 120 เซนติเมตรตามลำดับ โดยเริ่มจากน้ำประปาจากนั้นเติมเกลือในปริมาณ 100, 200 และ 300 กรัมตามลำดับนำค่าการทดลองที่ได้พล็อตกราฟการเปลี่ยนแปลงแรงดันและกระแสตามระยะในแนวระนาบและปริมาณเกลือดังแสดงในภาพที่ 4.17 และ 4.18 โดยกำหนดให้แรงดันที่แหล่งจ่ายเท่ากับ 220 V



ภาพที่ 4.17 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของแรงดันตามระยะห่างและปริมาณเกลือ



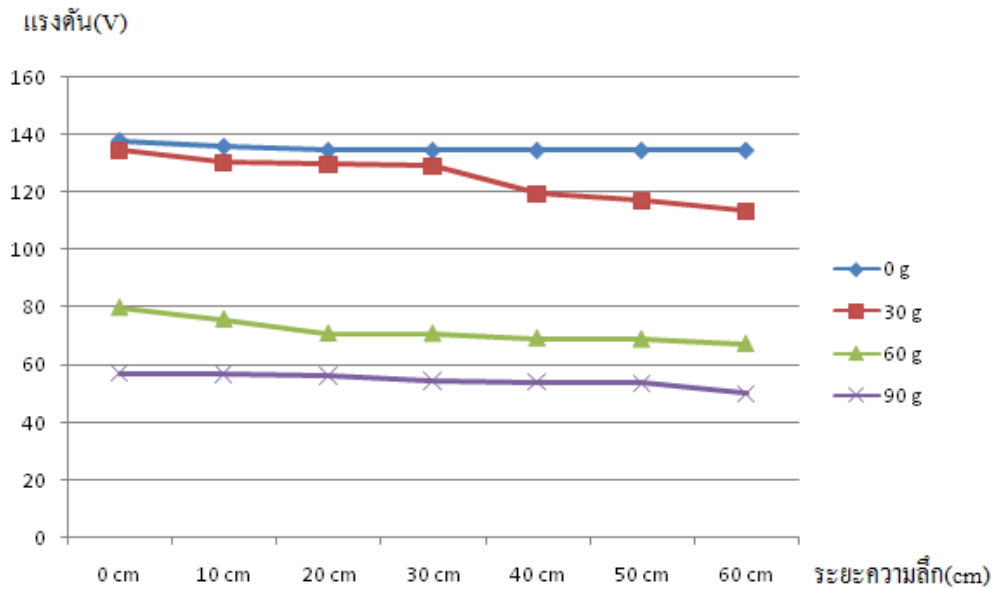
ภาพที่ 4.18 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของกระแสตามระยะห่างและปริมาณเกลือ

ตารางที่ 4.10 การเปรียบเทียบสภาวะของน้ำที่แรงดัน 220V. ในระยะความลึกต่างๆ

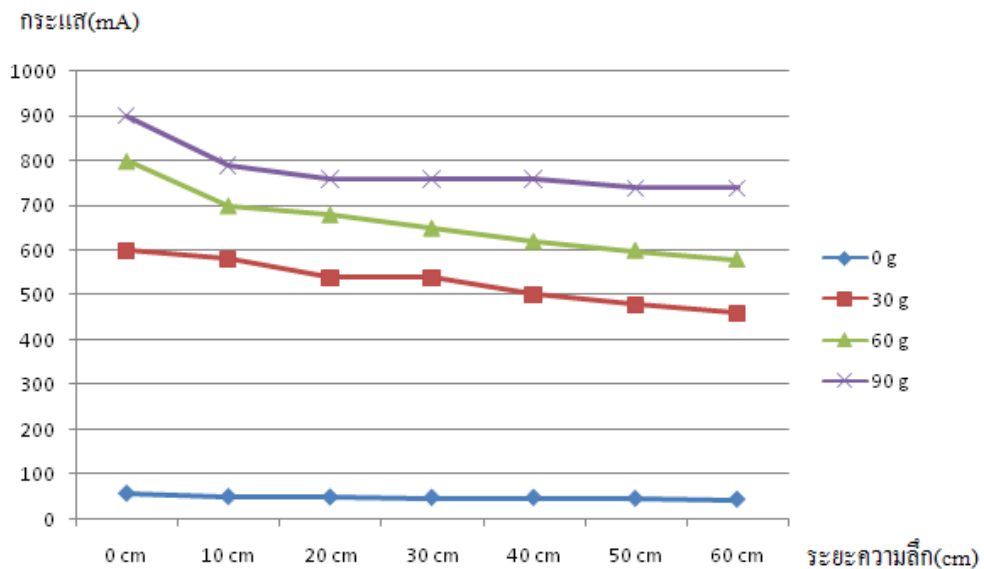
ระยะห่าง (cm)	0 g		30 g		60 g		90 g	
	V(v)	I(mA)	V(v)	I(mA)	V(v)	I(mA)	V(v)	I(mA)
0	138	57	134.6	600	80	800	57	900
10	136	50	130.3	580	76	700	56.7	790
20	134.6	49	130	540	71	680	56.2	760
30	134.6	48	129.4	540	70.9	650	54.5	760
40	134.6	48	119.5	500	69.3	620	54	760
50	134.6	46	117.2	480	68.9	600	53.6	740
60	134.6	44	113.6	460	67.3	580	50	740

จากตารางที่ 4.10 ทำการทดลองวัดค่าแรงดันและกระแสที่รั่วไหลระยะห่างในแนวลึกจากแหล่งจ่าย 0, 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 เซนติเมตรตามลำดับ โดยเริ่มจากน้ำประปาจากนั้นเติมเกลือในปริมาณ 30, 60 และ 90 กรัมตามลำดับนำค่าการทดลองที่ได้พล็อตกราฟการเปลี่ยนแปลงแรงดัน

และกระแสตามระยะความลึกและปริมาณเกลือดังแสดงในภาพที่ 4.19 และ 4.20 โดยกำหนดให้แรงดันที่แหล่งจ่ายเท่ากับ 220 V

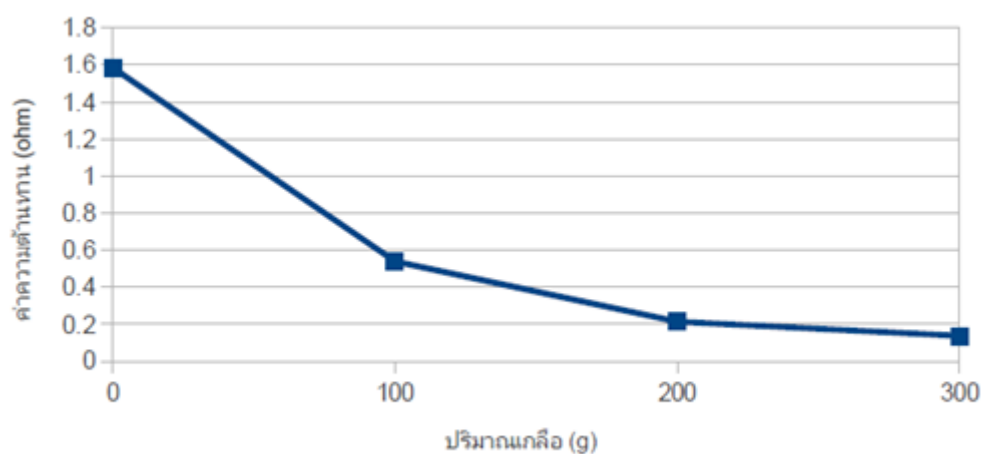


ภาพที่ 4.19 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของแรงดันตามระยะความลึกและปริมาณเกลือ



ภาพที่ 4.20 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของกระแสตามระยะความลึกและปริมาณเกลือ

จากการทดสอบดังกล่าวจะนำผลการทำงานของวงจรที่ได้มาบันทึกสถานะการทำงานลงในตารางที่ 4.9 และ 4.10 ซึ่งผลที่ได้จากการทดสอบพบว่าวงจรทั้ง 3 วงจรนั้นได้ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพตามได้ออกแบบไว้



ภาพที่ 4.21 กราฟแสดงค่าความต้านทานเฉลี่ยของน้ำที่ถูกเติมเกลือลงไปปริมาณต่างๆ

จากภาพที่ 4.21 จะพบว่าเมื่อมีการเติมเกลือลงไปใต้น้ำประปาจะส่งผลให้ค่าความต้านทานของน้ำลดลงเรื่อยๆตามปริมาณของเกลือที่ใส่ลงไป ซึ่งเป็นการจำลองสถานการณ์ของสถานะน้ำท่วมขังเป็นเวลานาน ที่มีค่าความต้านทานของน้ำต่ำกว่าน้ำสะอาด

ตารางที่ 4. 11 แสดงผลการทดสอบวงจรตรวจจับไฟฟ้ารั่วไหล จากระยะห่าง ระหว่างจุดกำเนิดกระแสไฟฟ้ารั่วไหลกับอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัด

ระยะห่าง (cm)	วงจรที่ 1		วงจรที่ 2		วงจรที่ 3	
	ทำงาน	ไม่ทำงาน	ทำงาน	ไม่ทำงาน	ทำงาน	ไม่ทำงาน
30	/		/		/	
60	/		/		/	
90	/		/		/	
120	/		/		/	

ตารางที่ 4.12 แสดงผลการทดสอบวงจรตรวจจับไฟฟ้ารั่วไหล จากระยะความลึก ระหว่างจุดกำเนิดกระแสไฟฟ้ารั่วไหลกับอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัด

ระยะห่าง (cm)	วงจรที่ 1		วงจรที่ 2		วงจรที่ 3	
	ทำงาน	ไม่ทำงาน	ทำงาน	ไม่ทำงาน	ทำงาน	ไม่ทำงาน
0	/		/		/	
10	/		/		/	
20	/		/		/	
30	/		/		/	
40	/		/		/	
50	/		/		/	
60	/		/		/	

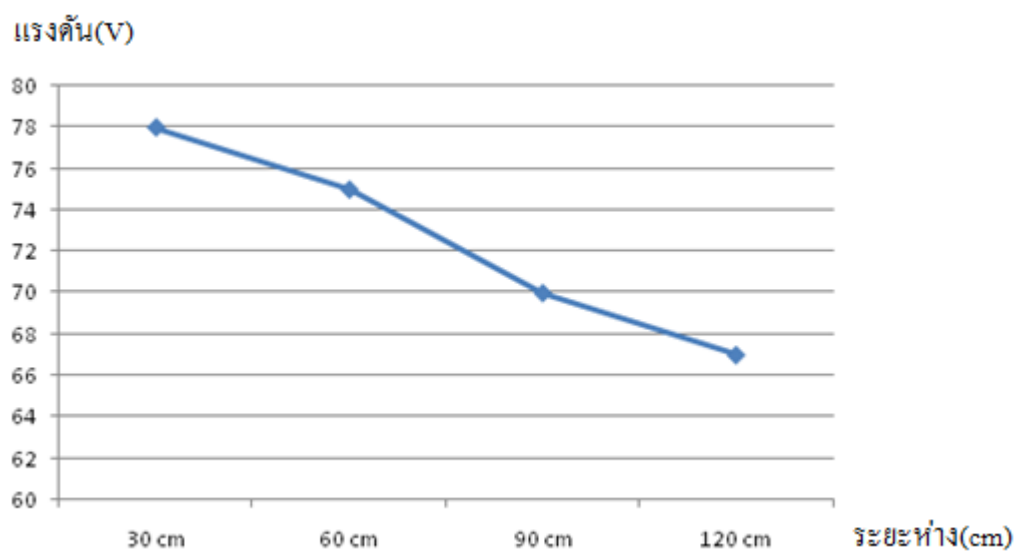
4.4 การทดสอบอุปกรณ์ที่ได้รับการพัฒนา

เพื่อยืนยันประสิทธิภาพของอุปกรณ์ตรวจวัดที่ได้ทำการพัฒนาขึ้น การทดสอบนี้ได้จำลองสถานะต่างๆสำหรับสถานการณ์น้ำท่วม โดยจำลองสถานะได้รับจมอยู่ในน้ำ พร้อมเริ่มทำการป้อนกระแสไฟฟ้าเข้าสู่ตัวรับที่จมอยู่ในน้ำ นำอุปกรณ์ทดสอบลงจุ่มในน้ำ ผลการทดสอบให้ค่าไดโอดเปล่งแสง (หลอด LED) ตามระยะห่างจากจุดกำเนิดไฟฟ้ารั่วไหล โดยเมื่อวัดระยะห่างจากจุดกำเนิดไฟฟ้ารั่วไหลประมาณ 30 cm ไดโอดเปล่งแสงสีเขียว แสดงผลซึ่งหมายถึงระยะดังกล่าวมีไฟฟ้ารั่วอยู่ประมาณ 10 mA เมื่อนำอุปกรณ์ตรวจวัดเคลื่อนที่เข้าใกล้จุดกำเนิดไฟฟ้ารั่วมากขึ้น ไดโอดเปล่งแสงสีเหลืองจะแสดงผลพร้อมเสียงเตือนจากลำโพง ในระยะดังกล่าวนี้จะมีกระแสรั่วไหลประมาณ 20 mA และไดโอดสีแดงจะแสดงผลเมื่อนำอุปกรณ์ตรวจสอบกระแสไฟฟ้ารั่วเข้าใกล้จุดกำเนิดกระแสไฟฟ้ารั่วไหลประมาณ 10 cm ซึ่งในระยะดังกล่าวจะมีกระแสไฟฟ้ารั่วอยู่ประมาณ 100 mA ซึ่งเป็นอันตรายต่อชีวิตมนุษย์

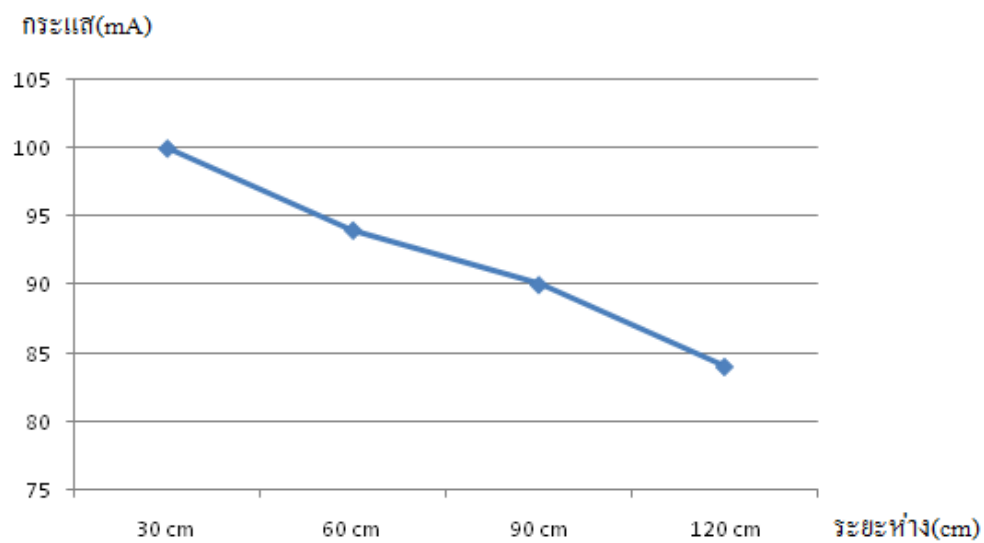
โดยการทดสอบนี้จะทำการทดสอบในน้ำประปาและบันทึกค่าที่ได้จากการทดสอบลงในตารางที่ 4.13พร้อมกราฟแสดงค่ากระแสและแรงดันดังภาพที่ 4.22 และ 4.23 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.13 แสดงผลการทดสอบอุปกรณ์ที่ได้รับการพัฒนา

ระยะ (cm)	V(v)	I(mA)	น้ำประปา				
			แสดงผล	ไม่ แสดงผล	Green	Yello	Red
30	78	100	/		/	/	/
60	75	94	/		/	/	
90	70	90	/		/	/	
120	67	84	/		/	/	



ภาพที่ 4.22 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของแรงดันตามระยะห่าง



ภาพที่ 4.23 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของกระแสตามระยะห่าง

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

การสรุปผลที่เกิดขึ้นจากการทดสอบวงจรทั้ง 3 พบว่าวงจรทั้ง 3 นั้นทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่ความปลอดภัยในการใช้งานยังคงอยู่ในระดับที่อาจจะก่อให้เกิดอันตรายได้ ทำให้ต้องมีการออกแบบและพัฒนางจรขึ้นมาใหม่ เพื่อให้เกิดความปลอดภัยมากยิ่งขึ้น จากนั้นได้ทำการทดสอบ อุปกรณ์ที่ได้รับการพัฒนา ทำให้ได้ผลสรุปของการทดลองสถานะของน้ำ จากการทดสอบอุปกรณ์พบว่าสถานะน้ำสะอาดจะนำกระแสไฟฟ้าได้ไม่ดีเท่ากับน้ำสกปรกเนื่องจากในน้ำสะอาดมีค่าความต้านทานสูงกว่าในน้ำสกปรก ทำให้อันตรายที่เกิดจากไฟฟ้ารั่วไหลมีมากขึ้น เพราะการแพร่กระจายของกระแสไฟฟ้าในน้ำมีรัศมีกว้าง สภาพการรั่วไหลของกระแสไฟฟ้าจากการทดสอบพบว่ากระแสไฟฟ้าของกระแสจะมีอยู่ 2 ลักษณะ คือ กระแสไฟฟ้ารั่วในสถานะเด้ารับจมน้ำคือ มี L และ N อยู่ในน้ำร่วมกันจะมีรัศมีการแพร่กระจายน้อยกว่ารัศมีประมาณ 0.5 - 1 เมตร และกระแสไฟฟ้ารั่วในสถานะสายไฟขาดจมน้ำคือมี L เส้นเดียว กระแสไฟฟ้ารั่วไหลสถานะนี้จะมีรัศมีการแพร่กระจายกว้าง 3 - 5 เมตรทำให้อันตรายที่อาจจะเกิดขึ้นมีมากขึ้นตามไปด้วย การทำงานของอุปกรณ์ ซึ่งจากการทดสอบพบว่า วงจรต้นแบบที่ได้พัฒนาขึ้นมานั้นต้องทำการปรับปรุงแก้ไข เพื่อให้อุปกรณ์นั้นทำงานได้ตามข้อกำหนดที่ตั้งไว้ และเมื่อทำการแก้ไขแล้วได้นำมาทำการทดสอบพบว่าอุปกรณ์สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพตรงตามข้อกำหนด คือ เมื่อนำโพรบของอุปกรณ์จุ่มลงในน้ำที่มีกระแสไฟฟ้ารั่วไหล จะมีกระแสไหลและแรงดันไหลเข้าสู่วงจร ผ่านเข้าสู่ไอซีคอมพาราเตอร์เพื่อเปรียบเทียบแรงดันเมื่อทำการเปรียบเทียบแล้วจะส่งสัญญาณไปแสดงผลยังหลอด LED จำนวน 3 หลอดซึ่งแบ่งการทำงานตามกระแสที่ได้รับ สีเขียวจะแสดงเมื่อ กระแสไฟฟ้ามีปริมาณ 10 mA สีเหลืองจะแสดงเมื่อกระแสมีปริมาณ 20 mA สีแดงจะแสดงเมื่อมีปริมาณกระแส 100 mA และจะมีเสียงจากลำโพงดังขึ้นเมื่อไฟเหลืองแสดงซึ่งเป็นไปตามข้อกำหนดที่ตั้งไว้ จากการทดลองพบว่าปัญหาที่เกิดขึ้นนั้นมาจากไอซีคอมพาราเตอร์ เนื่องจากแรงดันที่ผ่านเข้าไอซีเป็นรูปคลื่นซายด์ คือมีแรงดันทั้งฝั่งบวกและฝั่งลบ แต่ไอซีสามารถทำการเปรียบเทียบแรงดันได้ฝั่งเดียวคือฝั่งแรงดันด้านบวก ซึ่งได้ทำการแก้ไขโดยการต่อไดโอดขนานเข้าไปกับวงจรเพื่อกรองรูปคลื่นแรงดันให้มีแต่ฝั่งบวกแต่การกรองก็ไม่สามารถกรองได้ทั้งหมดทำให้มีแรงดันด้านลบประมาณ 0.2 mV.ไหลผ่านเข้าสู่ไอซีคอมพาราเตอร์ทำให้ผลการทำงานของวงจรเกิดอาการ Error ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด จึงได้นำตัวต้านทานขนาด 100 kΩ มาขนานเข้ากับไดโอดเพื่อเพิ่มความต้านทานทำให้แรงดันที่ผ่านเข้าสู่ไอซีคอมพาราเตอร์มีค่าน้อยลง ทำให้ไอซีทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและถูกต้องตามข้อกำหนดของอุปกรณ์

เอกสารอ้างอิง

- [1] คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. “เป็ดน้อย เตือนภัย.” <http://www.facebook.com/floodduck54>.
- [2] คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา. “คทาตรวจไฟรั่ว.” <http://www.facebook.com/floodbaton>.
- [3] “วงจรทำไมเท่าตรวจไฟรั่วในน้ำ.” <http://www.facebook.com/notes/narongrit-aqua-artist/แจกฟรี-วงจรทำไมเท่าตรวจไฟรั่วในน้ำ/284167364950425>
- [4] สกุลธรรม เสนาะพิมพ์และอำนาจ สาขานนท์. “ชุดทดสอบไฟรั่ว.” คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จาก http://www.sc.chula.ac.th/th/news_Detail.asp?newsID=313
- [5] Dalziel C.F.1972. “Electric Shock Hazard.” **IEEE Spectrum** (9):41-50.
- [6] Raphael C.L.2003. “Electrical Injury: Machanisms, Manifestation, and Therapy.” **IEEE Trans. On Dielectrics and Electrical Insulation**. 10(5):810-819.
- [7] Biegelmeier G. and Rabitsch G. 1993. “Body Current and Touch Voltages in the Bath.” **Australian IEI Journal**. Autumn 1993:17-27.
- [8] Raymond M.F. and Leslie A.G. 2009. “Conduction of Electrical Current to and Through the Human Body: A Review.” **Open Access Journal of Plastic Surgery**. October: 407-421.
- [9] ECTI-CARD 2012

ภาคผนวก