บทที่ 3

วิธีการวิจัย

วิธีการวิจัยเพื่อศึกษาลักษณะของเส้นสนามไฟฟ้าในถาดน้ำ โดยวางขั้วไฟฟ้าแบบต่าง ๆ นำข้อมูลที่ได้มาคำนวณเชิงตัวเลขจากสมการลาปลา เพื่อหาศักย์ไฟฟ้าภายในขอบเขตที่กำหนด และนำข้อมูลที่ได้มาพลอตเส้นสมศักย์ไฟฟ้า ซึ่งจำเป็นต้องใช้วัสดุและอุปกรณ์ในการวิจัย โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

วัสดุ

วัสดุที่จำเป็นต้องใช้ในการศึกษาวิจัยเรื่องสนามไฟฟ้า ดังรายการต่อไปนี้ คือ

1. น้ำประปา
2. ตะกั่วสำหรับเชื่อมและบัดกรี
3. แผ่นอะลูมิเนียมบาง
4. กาวซิลิโคน ใช้คู่กับปืนกาว (glue gun)
5. โลหะไร้สนิม เพื่อใช้สำหรับเป็นขั้วไฟฟ้า

อุปกรณ์

อุปกรณ์ที่จำเป็นต้องใช้ในการศึกษาวิจัยเรื่องสนามไฟฟ้า ดังรายการต่อไปนี้ คือ

1. กล่องพลาสติกขนาด 14X14X6 เซนติเมตร
2. ขาของตัวต้านทาน จำนวน 80 ขา
3. สายไฟฟ้าแบบ wire wrap
4. แผ่นลายวงจรเอนกประสงค์แบบจุดไข่ปลา จำนวน 1 แผ่น ขนาด 12 x 8 เซนติเมตร
5. ซอคเก็ต (socket) ขนาด 16 ขา จำนวน 10 ตัว , ขนาด 24 ขา จำนวน 1 ตัว และขนาด 40 ขา จำนวน 1 ตัว

6. ตัวต้านทานขนาด 1 กิโลโอห์ม จำนวน 3 ตัว
7. ชิปมัลติเพลกเซอร์เบอร์ 4051 จำนวน 10 ตัว , เบอร์ 4067 จำนวน 1 ตัว
8. สายไฟฟ้าแบบสายแพ จำนวน 1 เส้น
9. บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ 68HC11 ของบริษัทอีทีทีจำกัด (ETT CO., LTD.) จำนวน 1 บอร์ด
10. แหล่งกำเนิดไฟฟ้าแบบกระแสตรงขนาด 9 โวลท์
11. สายสื่อสารอนุกรม (serial line) แบบ RS-232 จำนวน 1 เส้น

วิธีการดำเนินการ

ในการศึกษาวิจัยเพื่อศึกษาเส้นของสนามไฟฟ้านี้ ได้แบ่งการศึกษาออกเป็นลำดับขั้นตอนดังนี้ คือ

ตอนที่ 1 ออกแบบและสร้างหัววัดความต่างศักย์ไฟฟ้า

ตอนที่ 2 ออกแบบและสร้างฮาร์ดแวร์เพื่อรับ , ส่ง และแปลงสัญญาณศักย์ไฟฟ้าจากสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล

ตอนที่ 3 ออกแบบและสร้างซอฟท์แวร์เพื่อรับ , ส่งข้อมูล และประมวลผลข้อมูลด้วยวิธีการเชิงตัวเลข

ตอนที่ 4 ทำการทดลองหาสนามไฟฟ้าโดยวางขั้วไฟฟ้ารูปแบบต่าง ๆ ประมวลผลข้อมูล

ตอนที่ 1 ออกแบบและสร้างหัววัดความต่างศักย์ไฟฟ้า

สำหรับในขั้นตอนนี้ได้ศึกษา ออกแบบและสร้างเครื่องมือรับสัญญาณศักย์ไฟฟ้าเพื่อใช้เป็นอุปกรณ์ในการรับค่าศักย์ไฟฟ้า โดยนำวัสดุที่สามารถเป็นสื่อนำไฟฟ้าได้มาเป็นหัววัดความต่างศักย์ไฟฟ้า เพื่อหาศักย์ไฟฟ้าบนตำแหน่งขอบเขต โดยอาศัยหลักวิธีการเชิงตัวเลขจากสมการลาปลาซ ดังนั้นขอบเขตที่กำหนดจึงจำเป็นต้องกำหนดให้เป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัส เพื่อให้ง่ายและสอดคล้องกับหลักการดังกล่าวมีวิธีขั้นตอนการทำดังนี้

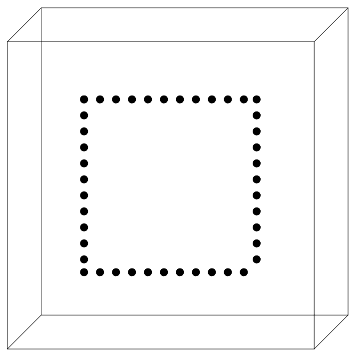
1. นำวัสดุที่สามารถเป็นสื่อนำไฟฟ้าได้ในที่นี้ใช้ขาของตัวต้านทาน ตัดออกให้มีขนาดความยาว 2 เซนติเมตร จำนวน 80 ชิ้น

2. นำกล่องพลาสติกขนาด 14X14X6 เซนติเมตร ส่วนด้านล่างของกล่องเจาะรูด้วยขนาด 1.2 มิลลิเมตร จำนวน 80 รู เป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสโดยมีระยะห่างระหว่างกัน 0.5 เซนติเมตร เพื่อให้สอดคล้องกับเงื่อนไขขอบเขตของสมการลาปลาซ

3. นำขาตัวต้านทานที่ตัดเตรียม นำไปใส่ในรูของกล่องพลาสติกด้านล่างที่เจาะรูไว้

โดยให้ส่วนของขาตัวต้านทาน ที่ใช้เป็นหัววัดความต่างศักย์ไฟฟ้าพ้นออกมานอกกล่องพลาสติกมีความยาวขนาด 1 เซนติเมตร นำกาวแบบซิลิโคนมาเชื่อมต่อระหว่างขาตัวต้านทานกับกล่องพลาสติก

4. นำสายไฟฟ้า wire wrap มาพันกับขาตัวต้านทานที่เชื่อมต่อกับส่วนล่างของกล่องพลาสติก จะได้ส่วนด้านล่างของกล่องเครื่องมือเป็นหัววัดความต่างศักย์ไฟฟ้าดังแสดงตามภาพประกอบ 4



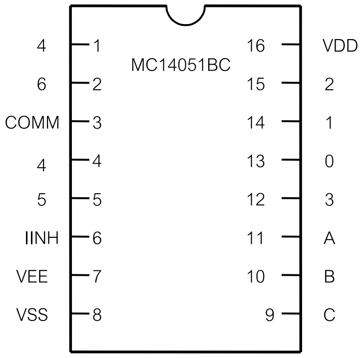
ภาพประกอบ 4 แสดงหัววัดความต่างศักย์ไฟฟ้าขนาด 21 x 21 ที่ด้านล่างของกล่องชุดทดลองสนามไฟฟ้า

ตอนที่ 2 ออกแบบและสร้างฮาร์ดแวร์เพื่อรับ , ส่ง และแปลงสัญญาณศักย์ไฟฟ้า
จากสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล

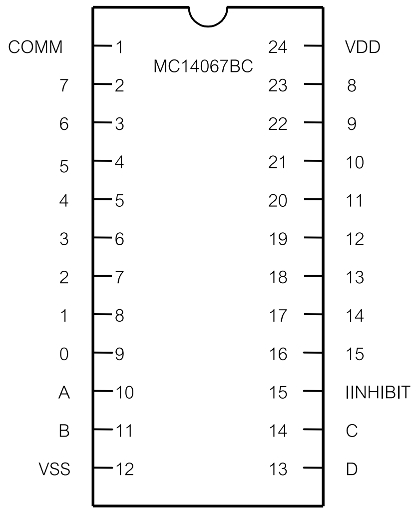
ส่วนของการออกแบบและสร้างฮาร์ดแวร์ หรือวงจรมัลติเพลกเซอร์ เพื่อเลือกรับสัญญาณศักย์ไฟฟ้าโดยอัตโนมัติทีเดียวพร้อมกัน และส่งต่อสัญญาณศักย์ไฟฟ้าไปสู่บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ 68HC11 เพื่อแปลงสัญญาณศักย์ไฟฟ้า จากสัญญาณ อนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล ส่งข้อมูลต่อไปยังเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์เพื่อประมวลผลการทดลอง มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ได้พิจารณาใช้ชิปวงจรเลือกข้อมูล (data selector) หรือวงจรควบสัญญาณเบอร์ 4051 ซึ่งมีช่องรับสัญญาณ 8 ช่อง จำนวน 10 ตัว และเบอร์ 4067 ซึ่งมีช่องรับสัญญาณ 16 ช่อง จำนวน 1 ตัว

หลักการทำงานของชิปวงจรควบสัญญาณ จะเลือกรับข้อมูลจาก 1 ใน N ของช่องรับสัญญาณขาเข้า และส่งข้อมูลไปต่อยังช่องรับสัญญาณขาออกซึ่งมีเพียงช่องเดียว การเลือกสัญญาณนั้นขึ้นอยู่กับรหัสการเลือก (2^N) ของชิปวงจรเบอร์นั้นซึ่งแต่ละขามีหน้าที่การทำงานต่างกันไป ดังภาพประกอบ 5 และภาพประกอบ 6 ดังนี้



ภาพประกอบ 5 แสดงการทำงานของขาวงจรชิปควบสัญญาณเบอร์ 4051



ภาพประกอบ 6 แสดงการทำงานของขาวงจรชิปควบสัญญาณเบอร์ 4067

2. นำเอาชิปวงจรเลือกสัญญาณเบอร์ 4051 จำนวน 10 ตัว โดยขาที่ 6 , 7 , 8 ของชิปวงจรเลือกสัญญาณแต่ละตัว บัดกรีเชื่อมเป็นสายเดียวกัน และเชื่อมต่อเข้ากับขา 12 15 ของชิปวงจรเลือกสัญญาณเบอร์ 4067 เชื่อมลงดินหรือเป็นกราวด์ของแผงวงจรซึ่งมีค่าความต่างศักย์เป็นศูนย์โวลท์

3. เชื่อมต่อขา 16 ของชิปวงจรเลือกสัญญาณเบอร์ 4051 แต่ละตัว ทั้ง 10 ตัว และเชื่อมต่อขา 24 ของชิปวงจรเลือกสัญญาณเบอร์ 4067 เป็นสายเดียวกันมีค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าเป็น 5 โวลท์ ซึ่งเป็นไฟเลี้ยงบนแผงวงจร

4. เชื่อมขา 1 , 2 , 4 , 5 , 12 , 13 , 14 และขา 15 ซึ่งเป็นขาของช่องรับสัญญาณเข้า (input signal) ของชิปวงจรเลือกสัญญาณแต่ละตัวมาบัดกรีเชื่อมเข้ากับขาตัวต้านทานที่ทำหน้าที่เป็นหัววัดความต่างศักย์ที่สร้างไว้ในส่วนแรก โดยเรียงตามลำดับตามหัววัดความต่างศักย์ไฟฟ้าขนาด 21 X 21 จนครบ 80 ตำแหน่ง เป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสตามภาพประกอบ 4

5. เชื่อมขา 9, 10, 11 (A, B , C) ของชิปวงจรเลือกสัญญาณเบอร์ 4051 แต่ละตัวเป็นสายเดียวกัน ซึ่งเป็นขาที่มีหน้าที่คัดเลือกช่องส่งสัญญาณออก

6. นำตัวต้านทานขนาด 1 กิโลโอห์ม เชื่อมต่อเข้ากับขา 9 , 10 , 11 เพื่อป้องกันการกระเพื่อมของกระแสไฟฟ้า และเชื่อมต่อไปยัง port B ของไมโครคอนโทรเลอร์เบอร์ 68HC11 ตามลำดับดังนี้ PB0 , PB1 , PB2

7. เชื่อมต่อขา 3 ของชิปวงจรเลือกสัญญาณเบอร์ 4051 ของแต่ละตัวซึ่งเป็นขาส่งสัญญาณออก (output signal) เชื่อมต่อกับขา 9 , 8 , 7 , 6 , 5 , 1 , 4 ,3 , 2 , 23 , 22 ตามลำดับของชิปวงจรเลือกสัญญาณเบอร์ 4067 ซึ่งเป็นขาของช่องรับสัญญาณเข้า เพื่อคัดเลือกสัญญาณต่ออีกครั้ง

8. เชื่อมขา 1 ของชิปวงจรเลือกสัญญาณเบอร์ MC14067BCP ซึ่งเป็นขาของช่องส่งสัญญาณดิจิตอล ที่ได้รับคัดเลือกเข้ามาออกไปยังช่อง AN0 ของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ 68HC11

9. เชื่อมขา 10 , 11 , 14 , 15 (A , B , C , D) ของชิปวงจรเลือกสัญญาณเบอร์ 4067 ซึ่งเป็นขาที่กำหนดการเลือกส่งสัญญาณออก และต่อเชื่อมเข้า port C ของบอร์ดไมโครคอนโทรเลอร์ 68HC11 ตามลำดับดังนี้ PC0 , PC1 , PC2 , PC3

เมื่อเชื่อมต่อขาของชิปวงจรเลือกสัญญาณเบอร์ 4067 และขาชิปวงจรเลือกสัญญาณเบอร์ 4051 เข้ากับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ 68HC11 จะได้แผงวงจรมัลติเพลกเซอร์สำหรับรับสัญญาณศักย์ไฟฟ้าดังภาพประกอบ ภาคผนวก ก

ตอนที่ 3 ออกแบบและสร้างซอฟท์แวร์เพื่อรับ , ส่งข้อมูล และประมวลผลข้อมูล ด้วยวิธีการเชิงตัวเลข

ในการออกแบบและสร้างซอฟท์แวร์ขึ้นเพื่อรับและส่งข้อมูล รวมไปถึงการประมวลผลข้อมูลด้วยวิธีการคำนวณเชิงตัวเลข สำหรับงานวิจัยนี้การออกแบบและสร้างซอฟท์แวร์ จำเป็นต้องคำนึงให้สอดคล้องกับหลักการทำงานของฮาร์ดแวร์ และหลักวิธีการคำนวณเชิงตัวเลขที่นำมาใช้วิเคราะห์ปัญหาเพื่อนำการพลอตเส้นศักย์ไฟฟ้า ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนดังนี้

1. ออกแบบและสร้างซอฟท์แวร์ขึ้นเพื่อควบคุมการทำงานของฮาร์ดแวร์ ในส่วนของวงจรมัลติเพลกเซอร์ ซึ่งต่อเชื่อมโยงกับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ 68HC11 เพื่อรับสัญญาณอนาลอก และแปลงไปเป็นสัญญาณดิจิตอล พร้อมทั้งจัดเก็บชุดข้อมูลดิจิตอลเตรียมส่งต่อไปประมวลผลข้อมูลยังเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ ด้วยภาษา SBASIC ดังรายละเอียดของแผนภูมิสายงาน ซึ่งแสดงในภาคผนวก ค

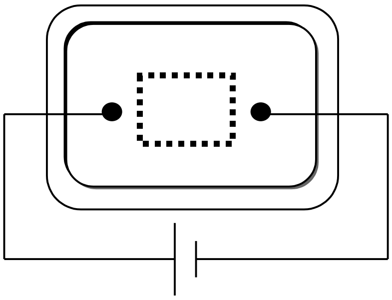
2. ออกแบบและสร้างซอฟท์แวร์ขึ้นเพื่อควบคุมการทำงานในการรับ ส่งข้อมูล และ
ประมวลผล เป็นซอฟท์แวร์ส่วนที่ติดต่อโดยตรงกับผู้ใช้งาน (user) พัฒนาขึ้นโดยภาษาซี (Turbo C++) ซึ่งทำงานบนเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ที่ต่อโยงกับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ 68HC11 โดยจัดเก็บข้อมูลส่งมายังเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ นำผลข้อมูลที่ได้มาคำนวณด้วยวิธีการคำนวณเชิงตัวเลข และวิเคราะห์ผลข้อมูล ดังรายละเอียดของแผนภูมิสายงานของภาคผนวก ค

ตอนที่ 4 ทำการทดลองหาสนามไฟฟ้าโดยวางขั้วไฟฟ้ารูปแบบต่าง ๆ วิเคราะห์ผลข้อมูลด้วยวิธีการเชิงตัวเลข

สำหรับในขั้นตอนนี้เป็นการทดลองหาสนามไฟฟ้า โดยวางขั้วไฟฟ้ารูปแบบต่าง ๆ กัน โดยใช้กล่องชุดทดลองสนามไฟฟ้าที่ออกแบบและสร้างขึ้นมาในตอนต้นต่อเชื่อมโยงเข้ากับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ ผ่านทางพอร์ตสื่อสารอนุกรม (serial line) เพื่อเก็บ วิเคราะห์ และประมวลผลข้อมูล มีวิธีการดำเนินการทดลองดังนี้

1. เตรียมถาดน้ำชนิดตื้น (a shallow tank) ใส่น้ำประปาลงในถาดน้ำที่มีความสูงประมาณ 1.5 เซนติเมตร

2. นำขั้วไฟฟ้ารูปแบบต่าง ๆ ที่ต้องการศึกษาลักษณะของเส้นสนามไฟฟ้า วางลงในถาดน้ำ โดยกำหนดให้ความต่างศักย์ระหว่างขั้วไฟฟ้ามีค่าประมาณ 5 โวลท์ ดังตัวอย่างการวางขั้วไฟฟ้าบวกและลบในภาพประกอบ 7



ภาพประกอบ 7 แสดงตัวอย่างการวางขั้วไฟฟ้าลบ และขั้วไฟฟ้าบวกข้างนอกขอบเขต

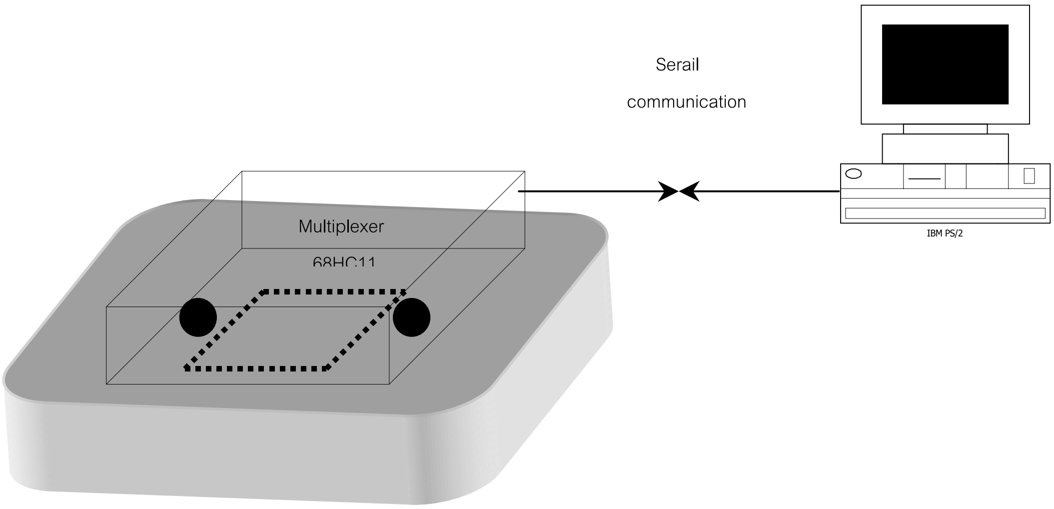
3. นำกล่องชุดทดลองศึกษาสนามไฟฟ้า ต่อโยงเข้ากับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ โดยผ่านทางพอร์ตสื่อสารอนุกรม และใช้แหล่งกำเนิดกระแสไฟฟ้าตรง (DC power supply) ที่มีความต่างศักย์ประมาณ 5 โวลท์

4. วางกล่องชุดทดลองสนามไฟฟ้าวางลงในถาดน้ำ ระหว่างขั้วไฟฟ้าที่ต้องการหาเส้นของสนามไฟฟ้า ดังแสดงในภาพประกอบ 8

5. ทำการเก็บข้อมูล นำผลข้อมูลที่ได้มาคำนวณด้วยวิธีการเชิงตัวเลขด้วยสมการลาปลาซ และพลอตเส้นสมศักย์ไฟฟ้า วิเคราะห์และประมวลผลข้อมูล โดยซอฟท์แวร์ที่สร้างขึ้นทำงานบนเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์

6. ทำการทดลองซ้ำ โดยเปลี่ยนตำแหน่งและรูปแบบขั้วไฟฟ้าชนิดต่าง ๆ กัน เพื่อหาเส้นของสนามไฟฟ้าในรูปแบบที่ต่างกันออกไปดังภาพประกอบ 8 แสดงการจัดวางอุปกรณ์การทดลองหาเส้นสนามไฟฟ้า

7. นำผลการทดลองที่ได้จากการเปลี่ยนตำแหน่ง และรูปร่างของขั้วไฟฟ้ารูปแบบต่าง ๆ มาวิเคราะห์ผลด้วยวิธีการคำนวณเชิงตัวเลขด้วยสมการลาปลาซ เปรียบเทียบผลการพลอตเส้นสมศักย์ที่ได้จากการทดลองกับทฤษฎีสนามไฟฟ้า



ภาพประกอบ 8 แสดงการจัดวางกล่องชุดทดลองสนามไฟฟ้าในถาดน้ำโดยเชื่อมต่อกับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์