บทที่ 4

การออกแบบ และลำดับการทดลอง

4.1 บทนำ

ในการทดลองนี้จะทำการทดลองภายใต้สนามแม่เหล็ก ที่ขนาดความเข้มสนามแม่เหล็กที่ 20 A/m 40 A/m และ 80 A/m แบบต่อเนื่องโดยทำการทดลองเป็นเวลา 1 สัปดาห์ และทำการบันทึกผลการทดลองในวันที่ 7 ของการเจริญเติบโต ของความสูงลำต้นและความยาวราก เปรียบเทียบที่การให้เวลานาน 8 ชั่วโมง 16 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมง โดยทำการเปรียบเทียบกับกลุ่มทดลองควบคุมที่มีการเจริญเติบโตแบบปกติโดยไม่มีการให้สนามแม่เหล็ก และแบบให้ความเข้มสนามแม่เหล็กที่ 20 A/m 40 A/m และ 80 A/m ในช่วงเวลาที่แตกต่างกันคือ 8 ชั่วโมง 16 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมง โดยก่อนทำการทดลองจะต้องทำการเตรียมการดังนี้

1. นำเมล็ดข้าวเปลือก (ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1) มาผึ่งแดด เป็นเวลา 12 ชั่วโมง เพื่อไล่ความชื้นออกจากเมล็ดข้าว
2. นำเมล็ดข้าวที่ผึ่งแดดจนแห้งดีแล้ว มาแช่น้ำ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อทำให้เกิดการเจริญเติบโตในช่วงงอก เนื่องจากเมล็ดข้าวต้องการน้ำเป็นจำนวนมากในช่วงงอก
3. ห่อด้วยผ้าชุบน้ำ เป็นเวลา 48 ชั่วโมง
4. นำกล่องพลาสติกที่ใช้ทดลองมาทำความสะอาด
5. มาตัด ให้มีขนาดเท่ากับพื้นที่บริเวณฐานกล่อง
6. นำกระดาษเพาะงอกมาชุบน้ำสะอาดพอหมาดๆ
7. เติมน้ำสะอาดลงในกล่องข้าว (ขนาดปริมาตร 15 ซีซี โดยใช้สลิ้งวัดปริมาตรน้ำ)
8. นำเมล็ดข้าวออกจากห่อผ้า เพื่อทำการคัดเลือกเมล็ดที่สมบูรณ์
9. นำเมล็ดข้าวมาจัดเรียงในกล่องจำนวน 10 x 10 เมล็ด รวม 100 เมล็ดต่อ 1 กล่อง
10. ปิดฝากล่องพลาสติกให้สนิท แล้วนำไปวางในลูปกระแส ที่พิกัดความเข้มสนามแม่เหล็กและช่วงระยะเวลาแตกต่างกัน

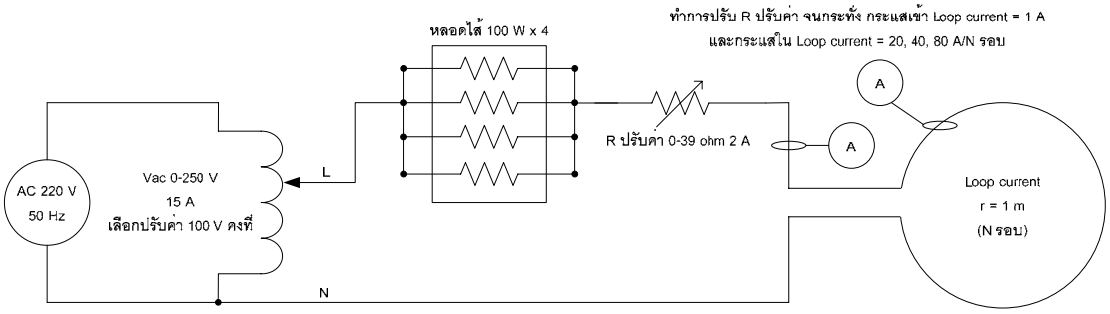
เมื่อครบ 7 วัน จะนำกล่องพลาสติกมาเปิดฝาออก เพื่อวัดการเจริญเติบโต โดยทำการวัดความยาวของส่วนลำต้น และความยาวส่วนราก

ในการศึกษาวิจัยได้ทำการออกแบบลูปกระแสแบบไฟฟ้ากระแสสลับและแบบไฟฟ้ากระแสตรงตามพิกัดที่ต้องการ

4.2 การออกแบบลูปกระแส

4.2.1 การออกแบบลูปกระแสแบบไฟฟ้ากระแสสลับ

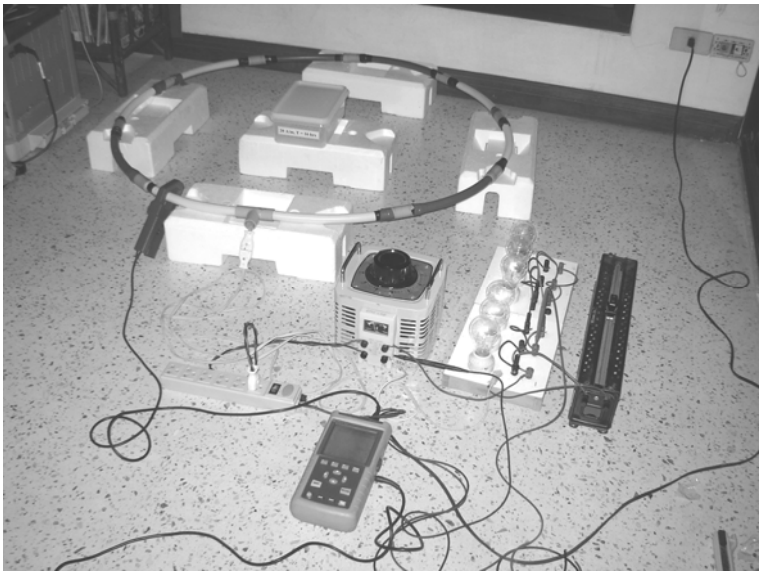
ในการออกแบบแหล่งจ่ายสนามแม่เหล็กจะกำหนดให้มีค่าความเข้มสนามแม่เหล็ก 3 ระดับคือ ค่าความเข้มสนามแม่เหล็ก 20 A/m จำนวน 1 ลูป ค่าความเข้มสนามแม่เหล็ก 40 A/m จำนวน 1 ลูป และค่าความเข้มสนามแม่เหล็ก 80 A/m จำนวน 1 ลูป ซึ่งในการสร้างนั้นจะออกแบบให้มีกระแสไหลผ่านเข้าลูปที่พิกัด 1 A โดยจะทำการออกแบบตามรูปที่ 4.1 โดยจะทำการร้อยขดลวดทองแดงเบอร์ A.W.G. เบอร์ 20 ขนาดพื้นที่หน้าตัด 0.5174 ตารางมิลิเมตร ซึ่งมีพิกัดกระแสต่อเนื่อง 8 A ร้อยเข้าไปในท่อพลาสติก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 เซนติเมตร ขดเป็นวงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เมตร เป็นจำนวนรอบที่แตกต่างกันคือ ที่ค่าความเข้มสนามแม่เหล็ก 20 A/m จะทำการร้อยขดลวดลงในท่อพลาสติก จำนวน 20 รอบ ที่ค่าความเข้มสนามแม่เหล็ก 40 A/m จะทำการร้อยขดลวดลงในท่อพลาสติก จำนวน 40 รอบ และที่ค่าความเข้มสนามแม่เหล็ก 80 A/m จะทำการร้อยขดลวดลงในท่อพลาสติก จำนวน 80 รอบ



รูปที่ 4.1 วงจรไฟฟ้าการต่อลูปกระแสแบบไฟฟ้ากระแสสลับ

จากรูปที่ 4.1 แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลท์ ความถี่ 50 เฮริตซ์ จากเต้ารับไฟบ้านทำหน้าที่จ่ายแรงดันด้านเข้าให้กับหม้อแปลงแบบปรับค่าได้ (Variac ขนาด 0-250 โวลท์ 15 แอมป์) ทำหน้าที่ปรับแรงดันด้านออกให้คงที่ ที่ 100 โวลท์ เพื่อจ่ายให้โหลด ซึ่งเป็นหลอดไฟฟ้าแบบอินแคนเดสเซนต์ (หลอดไส้) ขนาด 100 วัตต์ จำนวน 4 หลอด ซึ่งจะต่ออนุกรมกับความต้านทานแบบปรับค่าได้ 0-39 โอห์ม พิกัด 2 A เพื่อทำให้เกิดกระแสไหลด้านเข้าที่ลูปกระแสมีค่าคงที่ที่ 1 A

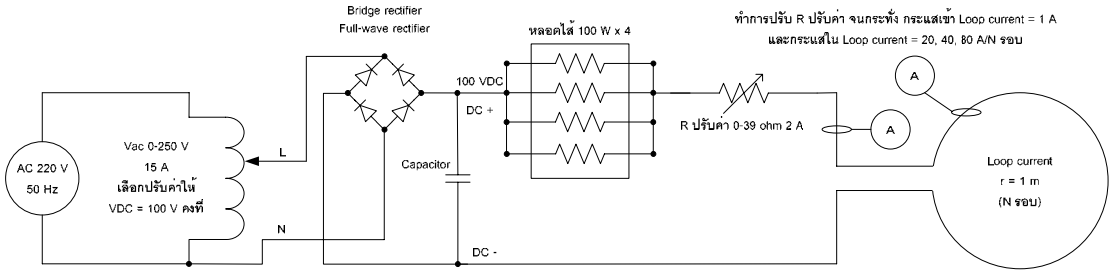
จากเส้นลวดทองแดงที่พันอยู่ในท่อพลาสติกจำนวน 20 รอบ ก็จะทำให้ได้ลูปกระแสที่ความเข้มสนามแม่เหล็ก 20 A/m และถ้าพันเส้นลวดทองแดงที่พันอยู่ในท่อพลาสติกจำนวน 40 รอบ ก็จะทำให้ได้ลูปกระแสที่ความเข้มสนามแม่เหล็ก 40 A/m และถ้าพันเส้นลวดทองแดงที่พันอยู่ในท่อพลาสติกจำนวน 80 รอบ ก็จะทำให้ได้ลูปกระแสที่ความเข้มสนามแม่เหล็ก 80 A/m ซึ่งค่าความเข้มสนามแม่เหล็กดังกล่าวคำนวณได้จากสมการที่ 2.15 นั่นเอง



รูปที่ 4.2 การต่อลูปกระแสแบบไฟฟ้ากระแสสลับ

4.2.2 การออกแบบลูปกระแสแบบไฟฟ้ากระแสตรง

ในส่วนของการออกแบบลูปกระแสแบบไฟฟ้ากระแสตรง นั้น จะมีลักษณะการคล้ายกับลูปกระแสแบบไฟฟ้ากระแสสลับ แต่จะเพิ่มวงจรเรียงกระแสเฟสเดียวเต็มคลื่นแบบบริดจ์ไดโอดพร้อมตัวกรองความถี่ด้วยตัวเก็บประจุเข้าไปในวงจร โดยจะกำหนดค่าริปเปิ้ลแฟกเตอร์ให้มีค่าน้อยกว่า 5 % เพื่อทำหน้าที่แปลงแรงดันจากไฟฟ้ากระแสสลับ เป็นไฟฟ้ากระแสตรง ดังแสดงในรูปที่ 4.3

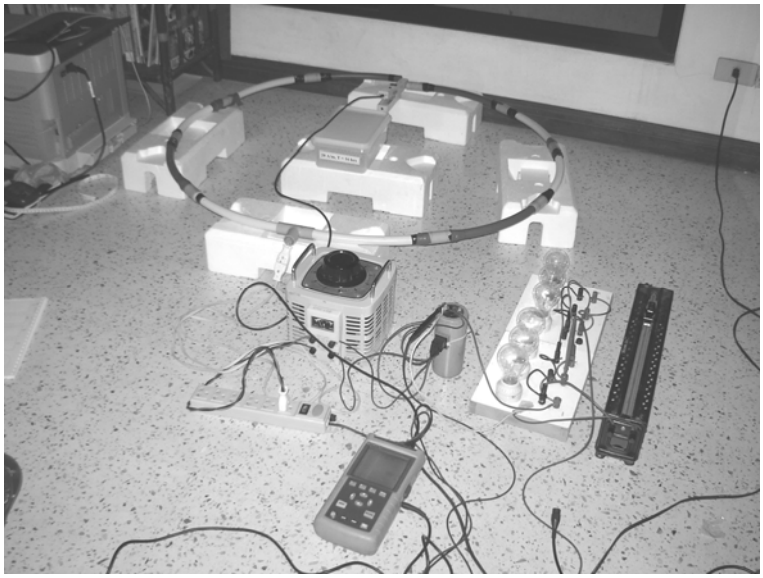


รูปที่ 4.3 วงจรไฟฟ้าการต่อลูปกระแสแบบไฟฟ้ากระแสตรง

จากรูปที่ 4.3 แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลท์ ความถี่ 50 เฮริตซ์ จากเต้ารับไฟบ้าน ทำหน้าที่จ่ายแรงดันด้านเข้าให้กับหม้อแปลงแบบปรับค่าได้ (Variac ขนาด 0-250 โวลท์ 15 แอมป์) ทำหน้าที่ปรับแรงดันด้านออกให้วงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์ชนิดเต็มคลื่น โดยจะปรับแรงดันด้าน

เข้าของวงจรเรียงกระแสจนกระทั้ง แรงดันด้านออกของวงจรเรียงกระแส VDC มีค่าคงที่ที่ 100 โวลท์ เพื่อจ่ายให้โหลด ซึ่งเป็นหลอดไฟฟ้าแบบอินแคนเดสเซนต์ (หลอดไส้) ขนาด 100 วัตต์ จำนวน 4 หลอด ซึ่งจะต่ออนุกรมกับความต้านทานแบบปรับค่าได้ 0-39 โอห์ม พิกัด 2 A เพื่อทำให้เกิดกระแสไหลด้านเข้าที่ลูปกระแสมีค่าคงที่ที่ 1 A

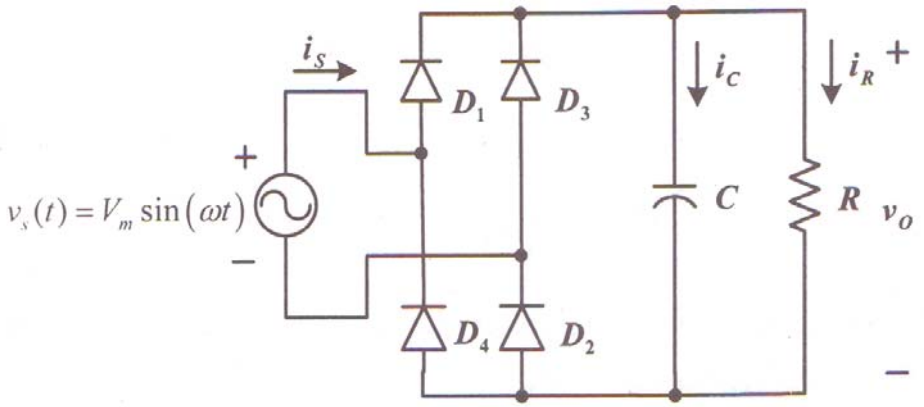
จากเส้นลวดทองแดงที่พันอยู่ในท่อพลาสติกจำนวน 20 รอบ ก็จะทำให้ได้ลูปกระแสที่ความเข้มสนามแม่เหล็ก 20 A/m และถ้าพันเส้นลวดทองแดงที่พันอยู่ในท่อพลาสติกจำนวน 40 รอบ ก็จะทำให้ได้ลูปกระแสที่ความเข้มสนามแม่เหล็ก 40 A/m และถ้าพันเส้นลวดทองแดงที่พันอยู่ในท่อพลาสติกจำนวน 80 รอบ ก็จะทำให้ได้ลูปกระแสที่ความเข้มสนามแม่เหล็ก 80 A/m นั่นเอง



รูปที่ 4.4 การต่อลูปกระแสแบบ ไฟฟ้ากระแสตรง

4.2.3 วงจรเรียงกระแสเฟสเดียวเต็มคลื่นแบบบริดจ์ไดโอดพร้อมตัวกรองความถี่ด้วยตัวเก็บประจุ

ในงานวิจัยนี้ การแปลงแรงดันไฟฟ้า จากไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรงจะเลือกใช้วงจรเรียงกระแสเฟสเดียวเต็มคลื่นแบบบริดจ์ไดโอดพร้อมตัวกรองความถี่ด้วยตัวเก็บประจุ ดังแสดงใน รูปที่ 4.5 และ 4.6

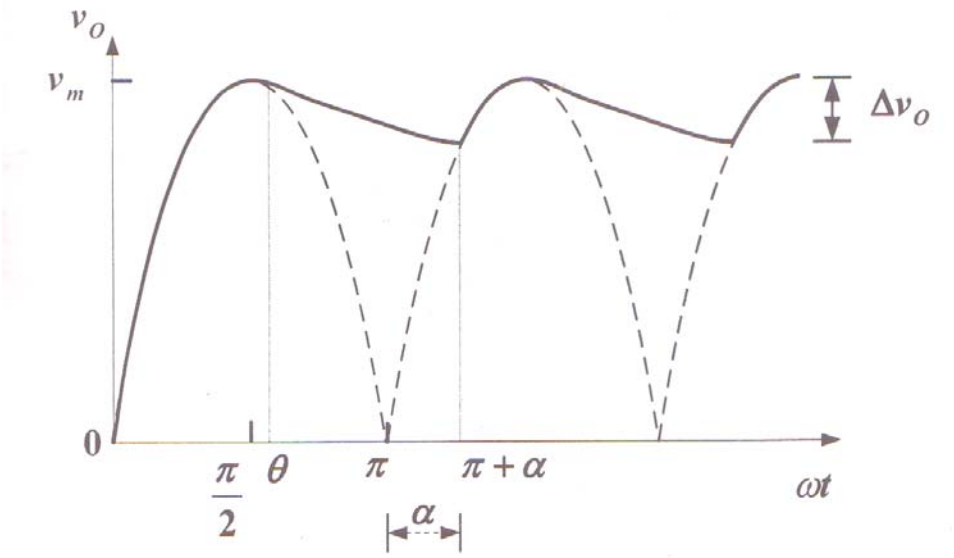


รูปที่ 4.5 วงจรเรียงกระแสเฟสเดียวเต็มคลื่นแบบบริดจ์ไดโอดพร้อมตัวกรองความถี่ด้วยตัวเก็บประจุ

หลักการทำงานของวงจร [22]

1. การทำงานของไดโอดจะนำกระแสเป็นคู่ โดยไดโอด D_1 และ D_2 ทำงานคู่กัน และไดโอด D_3 และ D_4 จะทำงานคู่กัน เป็นผลทำให้กระแสไฟฟ้าโหลดจะเป็นบวก หรือเป็นศูนย์ ไม่มีโอกาสเป็นลบ
2. เมื่อไดโอด D_1 และ D_2 นำกระแสไฟฟ้า แรงดันตกคร่อมโหลดจะเท่ากับแรงดันของแหล่งจ่าย เมื่อไดโอด D_3 และ D_4 นำกระแสไฟฟ้า แรงดันตกคร่อมโหลดจะตรงกันข้ามกับแรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่าย คือเท่ากับ $-V_S$
3. ค่าแรงดันไบอัสย้อนกลับสูงสุดที่ตกคร่อมไดโอด จะเท่ากับค่ายอดของแรงดันไฟฟ้าจากแหล่งจ่าย กล่าวคือ เมื่อ D_1 นำกระแสไฟฟ้า และแรงดันตกคร่อมไดโอด D_3 จะตรงกันข้ามกับแรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่าย
4. กระแสไฟฟ้าที่ไหลจากแหล่งจ่ายเข้าไปในวงจรบริดจ์ไดโอด คือ i_{D1} - i_{D4} ทำให้ค่ากระแสไฟฟ้าแหล่งจ่ายเฉลี่ยจะเป็นศูนย์
5. ค่ารากของกำลังสองเฉลี่ยของกระแสไฟฟ้าจากแหล่งจ่าย จะเท่ากับ ค่ารากของกำลังสองเฉลี่ยของกระแสโหลด
6. ความถี่ของแรงดันไฟฟ้าด้านออกเป็นสองเท่ากับความถี่ของแรงดันไฟฟ้าจากแหล่งจ่าย โดยที่แรงดันไฟฟ้าฮาร์มอนิกส์จะประกอบไปด้วยแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง และฮาร์มอนิกส์ลำดับคู่

การต่อตัวเก็บประจุที่มีค่าความจุสูงๆ ขนานกับโหลดตัวต้านทานของวงจรเรียงกระแสเฟสเดียวเต็มคลื่นแบบบริดจ์ไดโอด จะสามารถทำให้แรงดันไฟฟ้าด้านออก มีค่าแรงดันไฟฟ้าใกล้เคียงกับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงได้



รูปที่ 4.6 สัญญาณแรงดันด้านออกของวงจรเรียงกระแสเฟสเดียวเต็มคลื่นแบบบริดจ์ไดโอดพร้อมตัวกรองความถี่ด้วยตัวเก็บประจุ

จากรูปที่ 4.6 สามารถหาค่าระรอกคลื่นแรงดันไฟฟ้าได้จากสมการที่ 4.1 [22]

$$\Delta V_O \approx \frac{V_m}{\omega RC} \approx \frac{V_m}{2\,fRC} \tag{4.1}$$

ดังนั้นในการออกแบบสร้างลูปกระแสแบบแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง จะใช้วงจรเรียงกระแสเฟสเดียวเต็มคลื่นแบบบริดจ์ไดโอดพร้อมตัวกรองความถี่ด้วยตัวเก็บประจุ โดยกำหนดค่าต่างๆ ดังนี้

1. แรงดันด้านออก VDC เท่ากับ 100 โวลท์
2. ค่าระรอกคลื่นแรงดันไฟฟ้ามีค่าน้อยกว่า 5 %
3. โหลดความต้านทานมีค่าเท่ากับ 100 โอห์ม
4. ความถี่ใช้งาน 50 เฮริตซ์

จากสมการที่ 4.1 สามาคำนวณหาค่าตัวเก็บประจุที่จะทำให้ค่าระรอกคลื่นแรงดันไฟฟ้ามีค่าน้อยกว่า 5 % ได้ดังนี้

$$\frac{\Delta V_O}{V_m} = 0.05 = \frac{1}{2fRC}$$

$$C = \frac{1}{2fR\left(\frac{\Delta V_O}{V_m}\right)}$$

$$C = \frac{1}{2 \times 50 \times 100 \times (0.05)}$$

$$C = 2{,}000\ \mu F$$

ดังนั้นในวงจรเรียงกระแสเฟสเดียวเต็มคลื่นแบบบริดจ์ไดโอดพร้อมตัวกรองความถี่ด้วยตัวเก็บประจุจะเลือกใช้ไดโอดกำลังแบบโมดูล 1 ตัว (KBPC10-08) โดยสามารถใช้งานที่พิกัดกระแสไม่เกิน 10 แอมป์ และใช้ตัวเก็บประจุแบบอิเล็กโตไลท์ติก ขนาดความจุ 2,000 μF สามารถทนแรงดันได้ 800 โวลท์

4.2 ลำดับและแผนการทดลอง

เนื่องจากลูปกระแสที่ออกแบบในการศึกษาครั้งนี้มีขนาด 1 เมตร เพื่อให้สะดวกในการคำนวณและสร้างจริง ดังนั้นจึงได้สร้างไว้เพียง 3 ลูป สำหรับใช้ในการทดลองที่ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาด 20A/m 40A/m และ 80A/m แต่การศึกษาวิจัยนี้ครั้งเป็นงานวิจัยที่มีหลายกรณีศึกษา และเกี่ยวข้องกับข้อมูลด้านสถิติต้องใช้ระยะเวลานานในการเก็บข้อมูล ดังนั้นหากทำการทดลองพร้อมกันในทุกกรณีศึกษานั้นต้องใช้พื้นที่บริเวณมากและต้องทำการทดลองพร้อมกันมากกว่า 3 ลูป ซึ่งจะพบอุปสรรคและปัญหาต่างๆ อาทิเช่น อุปกรณ์ในการทดลอง บริเวณพื้นที่ในการทดลอง การเก็บรวมข้อมูล รวมทั้งการควบคุมปัจจัยต่างๆที่เกี่ยวข้อง เช่น เวลา ซึ่งจะทำให้มีผลต่อการศึกษาวิจัย

ดังนั้น ในการทดลองจึงได้กำหนดลำดับและแผนในการศึกษาทดลอง เพื่อให้ได้ผลตามขอบเขตการศึกษาที่ได้กำหนดไว้มากที่สุด ดังแสดงในตารางที่ 4.1 โดยมีประเด็นที่ต้องการศึกษาเปรียบเทียบดังนี้

ตารางที่ 4.1 ลำดับการทดลองการให้สนามแม่เหล็ก ที่ความเข้มสนามแม่เหล็กและช่วงเวลาต่างๆ

มีลูปกระแสแบบวงกลม จำนวน 3 ลูป		ขนาดความเข้มสนามแม่เหล็ก จากแหล่งจ่ายไฟฟ้าแบบ AC (A/m)				ขนาดความเข้มสนามแม่เหล็กจากแหล่งจ่ายไฟฟ้าแบบ DC (A/m)			
		without	20	40	80	without	20	40	80
กรณีศึกษาน้ำหนักตามในวิทยานิพนธ์	**8 ชม.** (12.00-20.00 น.)	-	❸ C-20	C-40	C-80	-	❻ F-20	F-40	F-80
	16 ชม. (12.00-04.00 น.)	-	❷ B-20	B-40	B-80	-	❺ E-20	E-40	E-80
	24 ชม. (12.00น.-12.00 น.)	A-0	❶ A-20	A-40	A-80	D-0	❹ D-20	D-40	D-80

จากตารางที่ 4.1 สรุปกรณีศึกษาและลำดับการทดลองได้ดังนี้

1. กรณีไม่ใส่สนามแม่เหล็ก เปรียบเทียบกับใส่สนามแม่เหล็กที่ความเข้ม 20 A/m 40 A/m และ 80 A/m ที่ระยะเวลานาน 24 ชั่วโมง
2. กรณีความเข้มสนามแม่เหล็กจาก 20 A/m 40 A/m และ 80 A/m ที่เวลา 16 ชั่วโมง
3. กรณีความเข้มสนามแม่เหล็กจาก 20 A/m 40 A/m และ 80 A/m ที่เวลา 8 ชั่วโมง

ตั้งแต่ลำดับที่ 1 – 3 เป็นกรณีทดลองภายใต้แหล่งจ่ายสนามแม่เหล็กจากกระแสไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) ในทำนองเดียวกันลำดับที่ 4-6 เป็นการทดลองภายใต้แหล่งจ่ายสนามแม่เหล็กจากกระแสไฟฟ้ากระแสตรง (DC)

โดยทุกกรณี ศึกษาทำการทดลองต่อเนื่อง 7 วัน และเก็บผลการทดลองของความสูงลำต้นและความยาวรากในวันที่ 7 ของการทดลองโดยทุกกรณีศึกษาได้ทำการควบคุมปัจจัยต่างๆในการทดลองให้อยู่สภาพเดียวกันดังเงื่อนไขการศึกษาตารางที่ 1.3