บทที่ 5
ขั้นตอนการทดลอง และผลการทดลอง

5.1 บทนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงการศึกผลของสนามแม่เหล็กต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้าของข้าว รวมทั้งแสดงผลการทดลองที่ได้ตามเงื่อนไขการทดลอง ในการทดลองมีการปลูกเมล็ดพันธุ์ข้าวเปรียบเทียบกัน 2 กลุ่มคือ กลุ่มที่ไม่ได้รับความเข้มสนามแม่เหล็กกับกลุ่มที่ได้รับความเข้มสนามแม่เหล็กเป็นเวลาต่อเนื่องกัน 7 วัน ค่าความเข้มของสนามแม่เหล็กที่ทดลอง คือ 20 A/m, 40 A/m และ 80 A/m ค่าความเข้มสนามแม่เหล็กที่ให้กับต้นข้าวมี 2 แบบ คือ ความเข้มสนามแม่เหล็กที่จากไฟฟ้ากระสลับ และ ไฟฟ้ากระแสตรง โดยในเนื้อหาในบทที่ 5 ประกอบด้วย

- เงื่อนไขและขั้นตอนในการดำเนินการทดลอง
- การควบคุมสภาวะแวดล้อมของการทดลอง
- วิธีการวัดการเติบโต
- ผลการทดลอง

5.2 เงื่อนไขและขั้นตอนในการดำเนินการทดลอง

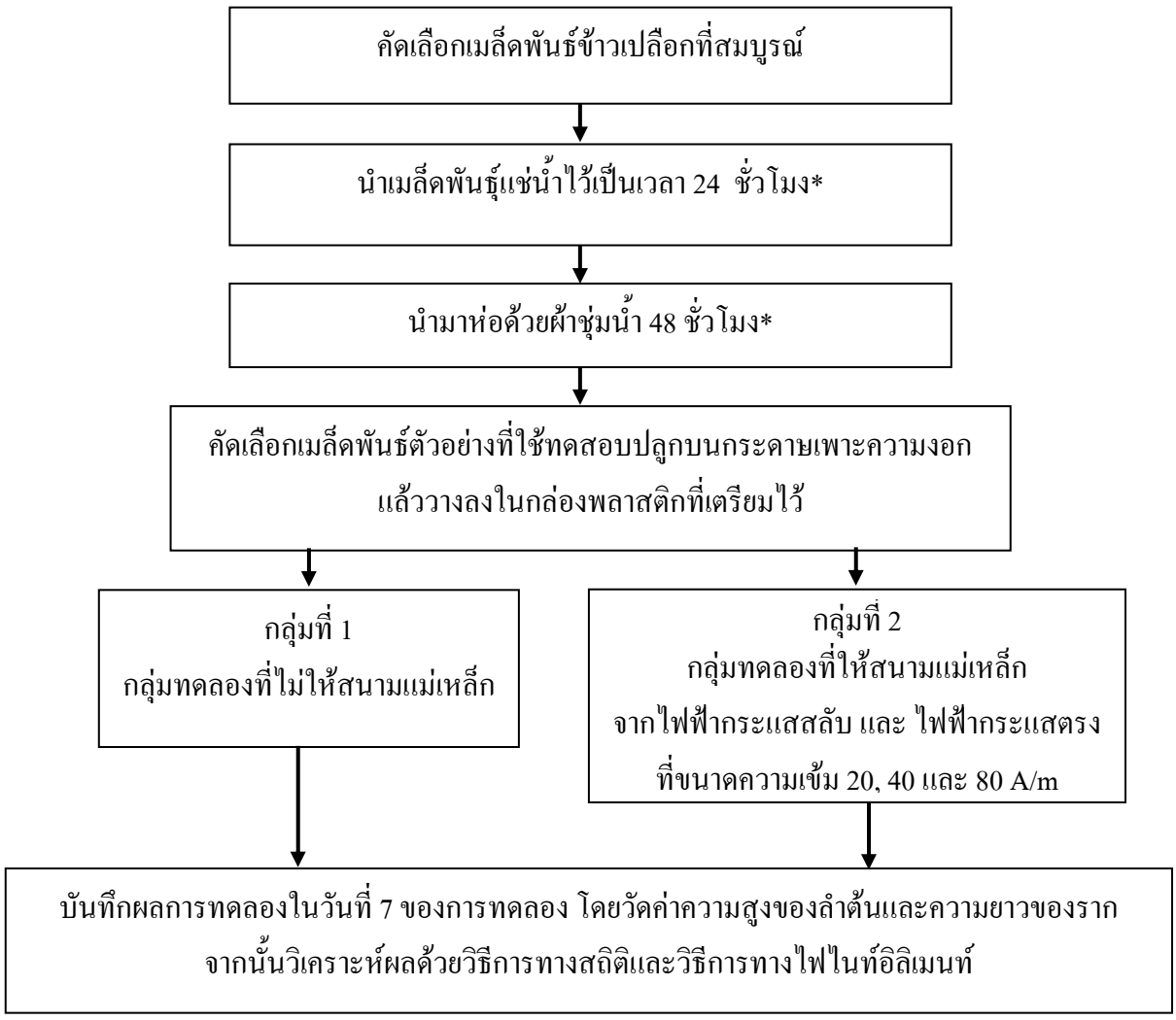
ในการศึกษาผลกระทบของความเข้มสนามแม่เหล็กต่อการเจริญเติบโตของข้าวครั้งนี้มีตัวแปรและเงื่อนไขที่ทำการศึกษาดังนี้

1. ค่าความเข้มสนามแม่เหล็ก ใช้ที่ขนาด 20, 40 และ 80 A/m
2. ระยะเวลาที่ให้ความเข้มสนามแม่เหล็ก คือ 8, 16 และ 24 ชั่วโมง
3. ประเภทแหล่งจ่ายไฟฟ้า 2 ชนิด คือ แบบไฟฟ้ากระแสตรง และ ไฟฟ้ากระแสสลับ ที่ความถี่ 50 เฮริตซ์ ใช้ขดลวดร้อยในท่อพลาสติกเป็นลูปวงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เมตร และรักษากระแสที่ไหลผ่านขดลวดให้คงที่ ที่ 1 แอมแปร์
4. ทำการทดลองภายใต้เป็นเวลา 7 วันติดต่อกัน และทำการบันทึกผลการทดลองในวันที่ 7 ของการเจริญเติบโต โดยการวัดค่าความสูงของลำต้นและความยาวราก
5. ขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ทดลอง กลุ่มละ 100 เมล็ด
6. เปรียบเทียบการทดลอง 2 กลุ่ม คือกลุ่มที่ไม่ให้ค่าความเข้มสนามแม่เหล็ก กับกลุ่มที่ให้ความเข้มสนามแม่เหล็ก
7. พันธุ์ข้าวที่ใช้เป็น กลุ่มทดลอง ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1

ในการศึกษาผลกระทบของสนามแม่เหล็กที่มีต่อการเจริญเติบโตข้าวนี้ได้ทำการทดลอง ที่บริเวณพื้นที่เดียวกัน โดยควบคุมอุณหภูมิไว้ที่อุณหภูมิห้อง และในการทดลองจะทำการ

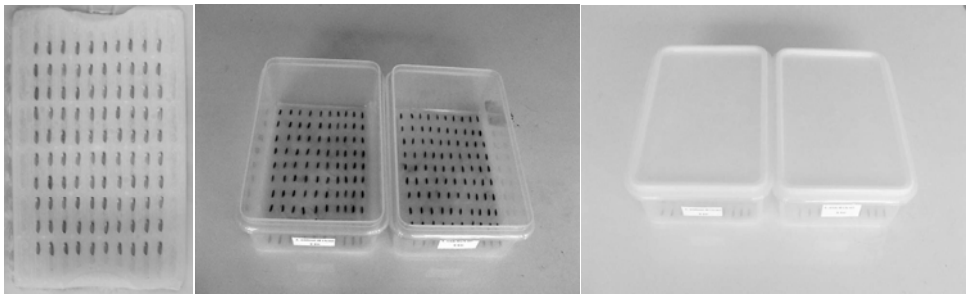
คัดเลือกเมล็ดพันธุ์ข้าวเปลือกพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ปลูกในกล่องพลาสติกสี่เหลี่ยม ขนาด 9 ซม. x 23 ซม. x 14.5 ซม. โดยการปลูกจะนำเมล็ดข้าวปลูกบนกระดาษเพาะความงอก และจำนวนเมล็ดในการทดลอง 100 เมล็ดต่อกล่อง (10 x 10 แถว) และทำการควบคุมปริมาณน้ำ อุณหภูมิ ความชื้น และแสง ให้เหมือนกันแล้วทำการสังเกตการเปลี่ยนแปลงระหว่างกลุ่มตัวอย่างที่ให้สนามแม่เหล็ก และกลุ่มตัวอย่างควบคุมที่ไม่มีการให้สนามแม่เหล็ก

ในการทดลองนี้ทำการทดลองภายใต้สนามแม่เหล็กที่ขนาดความเข้มสนามแม่เหล็กต่างๆ ตามเงื่อนไขดังกล่าวข้างต้น และทำการบันทึกผลการทดลองในวันที่ 7 ของการเจริญเติบโตโดยวัดค่าความความสูงลำต้นและความยาวราก แล้วนำผลที่ได้ไปวิเคราะห์หาค่าทางสถิติเปรียบเทียบ โดยวิธีการและขั้นตอนการทดลองเขียนเป็นแผนผังแสดงดังรูปที่ 5.1-5.3

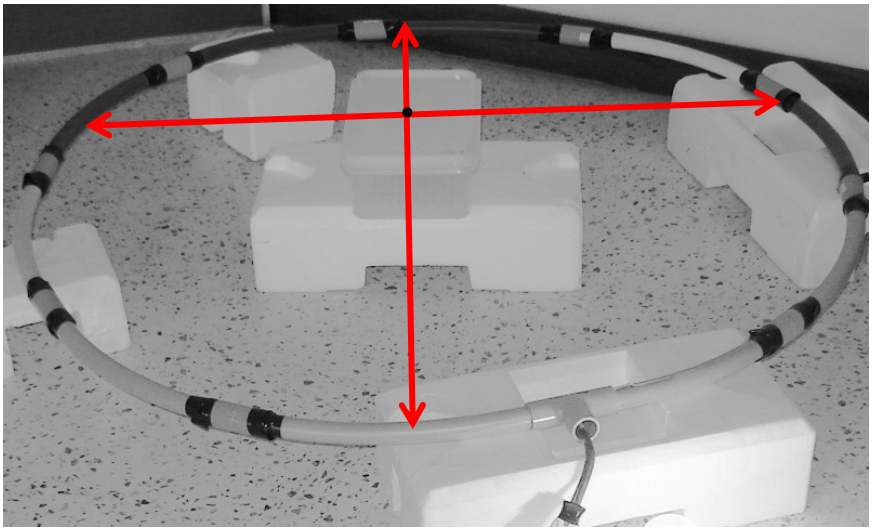


* ข้อมูลอ้างอิงจากศูนย์วิจัยพันธ์ข้าว

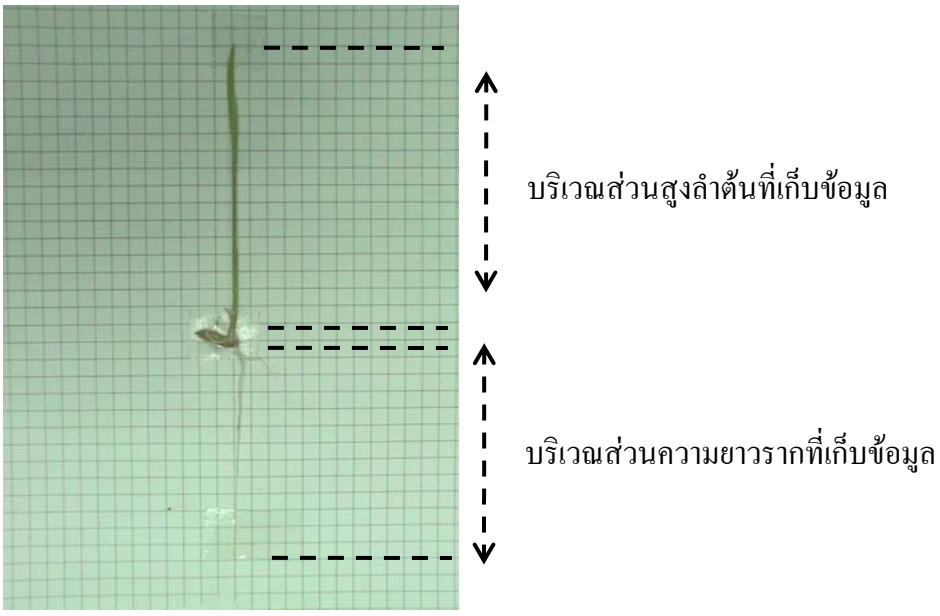
รูปที่ 5.1 ขั้นตอนการทดลอง



รูปที่ 5.2 การจัดวางเมล็ดข้าวในกล่องพาลสติกที่ใช้ทดสอบ



รูปที่ 5.3 การวางกล่องทดลองภายใต้ลูปวงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เมตร



รูปที่ 5.4 บริเวณส่วนของความสูงของลำต้นและความยาวรากที่บันทึกผลการเจริญเติบในวันที่ 7

5.3 วิธีการวัดการเติบโต

วิธีการวัดการเติบโตของพืชนั้นมีหลายวิธี ดังนี้ [21]

1. การใช้น้ำหนักสด เป็นวิธีการชั่งหาน้ำหนักสดของพืชจะใช้ต้นพืชทั้งต้น หรือตัดเอาบางส่วนของพืชมาชั่งหาน้ำหนักสดก็ได้ ไม่จำเป็นต้องทำลายต้นพืชทั้งต้น เปรียบเทียบในระยะเวลาที่ผ่านไปจะทราบค่าการเติบโตของพืชได้ แต่จะไม่ทราบน้ำหนักที่แท้จริงของพืชเพราะน้ำหนักสดรวมน้ำหนักของน้ำอยู่ด้วย การวัดโดยวิธีนี้ควรใช้ตัวอย่างพืชในช่วงการเติบโตเป็นระยะๆ จากกลุ่มพืชทั้งหมดด้วยหลักการทางสถิติถือว่าพืชที่เก็บมาวัดเป็นตัวแทนพืชทั้งหมด

2. การใช้น้ำหนักแห้ง วิธีนี้เป็นวิธีที่นิยมมากกว่าน้ำหนักสดเพราะวิธีแรกการเพิ่มหรือการลดปริมาณน้ำในพืช จะมิสามารถบอกถึงการเติบโตที่ถูกต้องได้ อย่างไรก็ตามการใช้น้ำหนักแห้งใช้ได้ไม่ทุกกรณี ทั้งนี้เพราะบางระยะการเจริญเติบโตของพืช เช่น เมล็ดที่กำลังงอกพบว่าน้ำหนักแห้งกลับลดลงเนื่องจากมีการหายใจสูง ขณะที่ต้นพืชทีกำลังเจริญเติบโตอยู่ในระยะอื่นๆวิธีนี้คงใช้ได้ผลดี

3. การวัดความยาวหรือส่วนสูง เหมาะในการวัดการเติบโตที่มีทิศทางแน่นอน มีเส้นผ่านศูนย์กลางของรูปทรงสม่ำเสมอ เช่นใช้วัดความยาวของลำต้น ราก หรือหลอดระลองเรณูที่กำลังงอกเป็นต้น

4. การวัดการเติบโตโดยใช้พื้นที่ซึ่งเปลี่ยนแปลงไป เหมาะสำหรับวัดการเติบโตที่เจริญอยู่ในแนวราบ หาความกว้างและความยาวได้ง่าย เช่นการวัดการเติบโตโดยการหาพื้นที่ใบ

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เลือกการวัดค่าความยาวรากและความสูงของลำต้น จากการทดลอง ในวันที่ 7 เนื่องจากเป็นการวัดการเติบโตที่สะดวกและง่ายที่สุด และจากที่ผ่านมาผู้ทำวิจัยส่วนใหญ่นิยมใช้วิธีการดังกล่าว จากนั้นหาค่าเฉลี่ยมาเปรียบเทียบกันถ้าค่าเฉลี่ยของความยาวรากและความสูงของลำต้นมีค่ามากแสดงว่าเมล็ดพันธุ์นั้นมีการเติบโตกว่าเมล็ดพันธุ์ที่มีค่าเฉลี่ยของความยาวรากและความสูงของลำต้นที่มีค่าต่ำกว่า

5.4 การควบคุมปัจจัยที่ผลต่อการทดลอง

ในการทดลองได้มีการควบคุมปัจจัยต่างๆ ที่ผลต่อการทดลอง ดังนี้ ปัจจัยที่ผลต่อการงอกของข้าว เวลาในการเริ่มและเก็บผลการทดลอง จากที่กล่าวไว้ในบทที่ 3 พบว่าปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการเจริญเติบโตหลังงอกของข้าว คือ อุณหภูมิ แสง และ ออกซิเจน ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จึงได้ทำการควบคุมปัจจัยต่างๆ เป็นดังนี้

1. อุณหภูมิ เนื่องจากในสัปดาห์แรกของการเจริญเติบโตของต้นกล้า อุณหภูมิที่ 22°C-32°C จะมีอิทธิพลมีผลต่อการงอกของเมล็ดข้าว ในการทดลองจึงควบคุมอุณหภูมิไว้ที่อุณหภูมิห้อง

2. แสง แสงจะมีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตบ้าง ดังนั้นในการควบคุมการทดลอง จึงได้ทำการควบคุมแสงโดยการเปิดไฟทิ้งไว้ตลอดการทดลอง

3. ออกซิเจน โดยทั่วไปแล้วเมล็ดข้าวสามารถงอกได้ในสภาพขาดอากาศหรือขาดออกซิเจนในระยะแรก แต่ถ้าน้ำและความชื้นไม่เพียงพอ จะทำให้การเจริญเติบโตของรากอ่อน หยุดการเจริญเติบโตหรือตายได้ จึงได้ทำการควบคุมโดยให้น้ำในปริมาณที่เท่ากัน คือ 15 มิลลิเมตรต่อกล่องเท่ากันแล้วปิดผาภาชนะที่ใช้ทำการทดลองเพื่อรักษาความชื้นในกล่องทดลอง

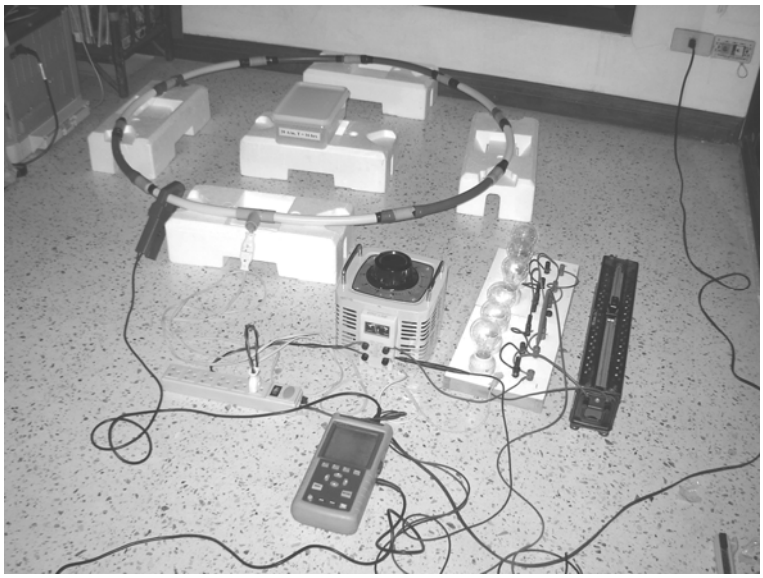
ส่วนในการควบคุมเวลาในการทดลอง ทำการควบคุมโดย กล่องทดลองที่ให้ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาดต่างๆ ที่ระยะเวลา 8, 16 และ 24 ชั่วโมงนั้น จะทำการเริ่มการทดลองของแต่ละช่วงเวลา ที่เวลาเดียวกันทั้งหมด เมื่อครบ 7 วัน จะนำกล่องพลาสติกมาเปิดฝาออก เพื่อวัดการเจริญเติบโต โดยทำการวัดความยาวของส่วนลำต้น และความยาวส่วนราก

5.5 การทดสอบผลการสร้างแหล่งจ่ายสนามแม่เหล็กแบบวงกลม และการทดลอง

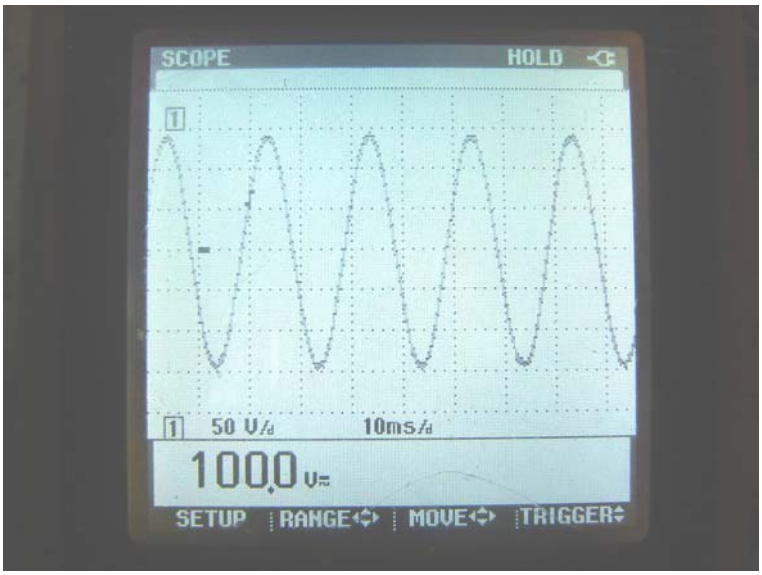
ในหัวข้อผลการทดลองนี้จะกล่าวถึงผลการทดสอบผลการสร้างแหล่งจ่ายสนามเหล็กแบบวงกลมจากแหล่งจ่ายไฟฟ้าแบบกระแสสลับ และแบบกระแสตรง ที่ระดับความเข้มสนามแม่เหล็กขนาดต่างๆ แสดงดังรูปที่ 5.5 -5.33 และการเก็บผลการทดลองซึ่งเป็นการวัดข้อมูลดิบคือ ความสูงของลำต้น ความยาวราก แล้วนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ผลหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เพื่อเปรียบเทียบข้อมูล 2 กลุ่มคือกลุ่มที่ได้รับสนามแม่เหล็ก และกลุ่มที่ไม่ได้รับสนามแม่เหล็ก เพื่ออธิบายแนวโน้มของข้อมูลซึ่งประกอบด้วย ตารางค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน แผนภูมิ การวิเคราะห์ข้อมูลและตรวจสอบข้อมูลเชิงทดสอบสมมุติฐาน เพื่อหาค่าความเชื่อมั่นของความแตกต่างค่าเฉลี่ย

5.5.1 การทดสอบผลการสร้าง Loop current แบบ ไฟฟ้ากระแสสลับที่ระดับความเข้มสนามแม่เหล็กขนาดต่างๆ เป็น ดังนี้

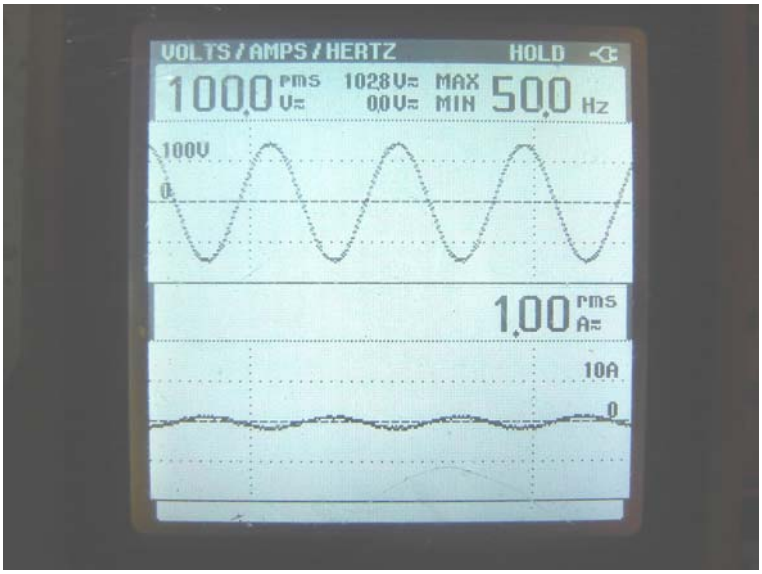
1. แรงดันแบบ ไฟฟ้ากระแสสลับ ที่ความเข้มสนามแม่เหล็ก 20 A/m



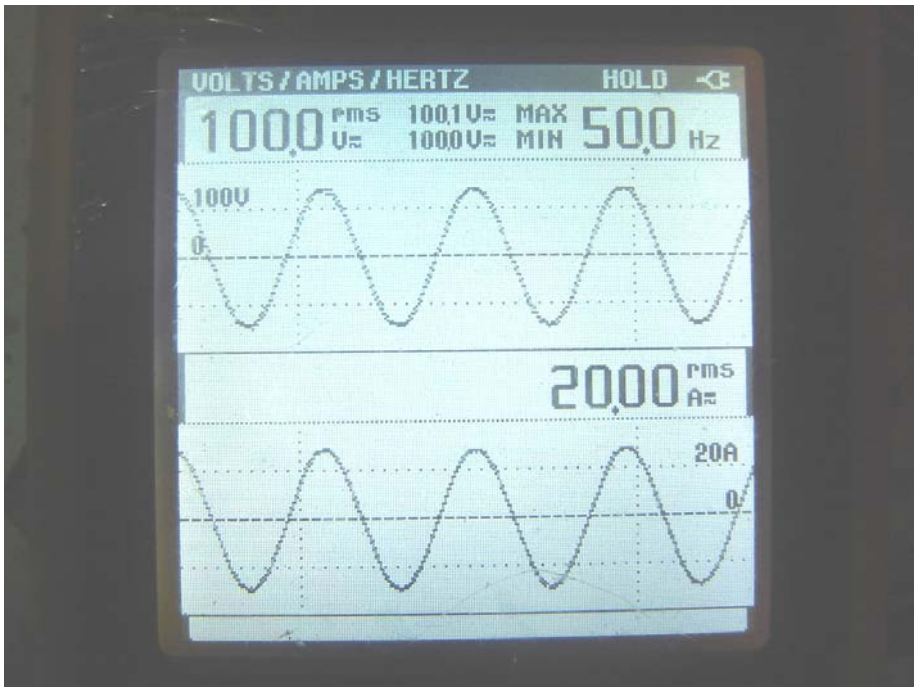
รูปที่ 5.5 การต่อลูปกระแสแบบ ไฟฟ้ากระแสสลับ ที่ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาด 20 A/m จากแหล่งจ่ายแรงดันแบบไฟฟ้ากระแสสลับ



รูปที่ 5.6 สัญญาณแรงดันด้านออกของหม้อแปลงแบบปรับค่าได้รูปคลื่นซายน์ขนาดแรงดัน 100 V_{rms} (แรงดันแบบไฟฟ้ากระแสสลับที่ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาด 20 A/m)

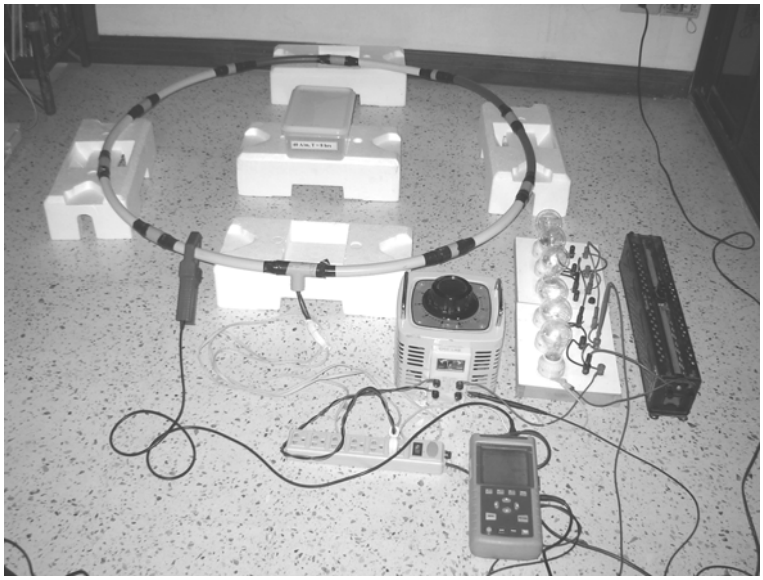


รูปที่ 5.7 สัญญาณแรงดันด้านออกของหม้อแปลงแบบปรับค่าได้ให้มีค่า 100 V คงที่และปรับค่าความต้านทานแบบปรับค่าได้ เพื่อทำให้กระแสเข้า Loop current มีค่า 1 A คงที่ (แรงดันแบบ ไฟฟ้ากระแสสลับ ที่ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาด 20 A/m)

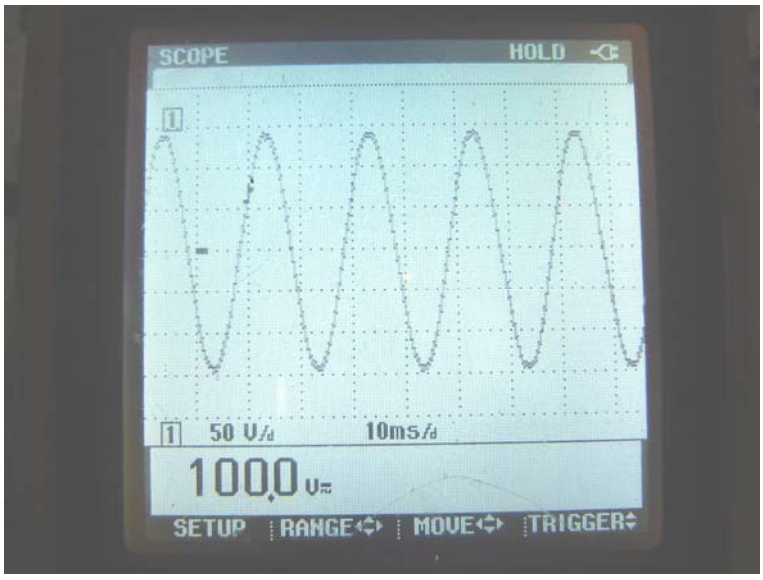


รูปที่ 5.8 สัญญาณแรงดันด้านออกของหม้อแปลงแบบปรับค่าได้ให้มีค่า 100 V คงที่และปรับค่าความต้านทานแบบปรับค่าได้ เพื่อทำให้กระแสใน Loop current มีค่า 20 A / 20 รอบ คงที่ (แรงดันแบบ ไฟฟ้ากระแสสลับ ที่ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาด 20 A/m)

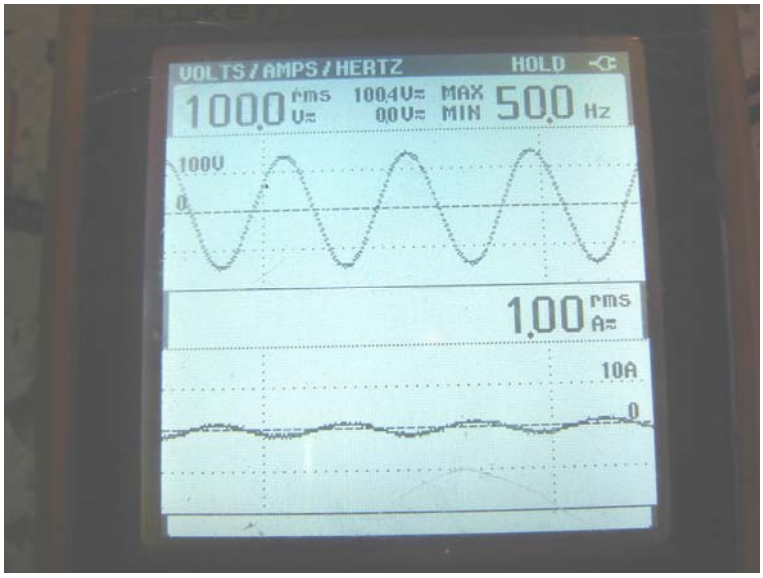
2. แรงดันแบบ ไฟฟ้ากระแสสลับ ที่ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาด 40 A/m



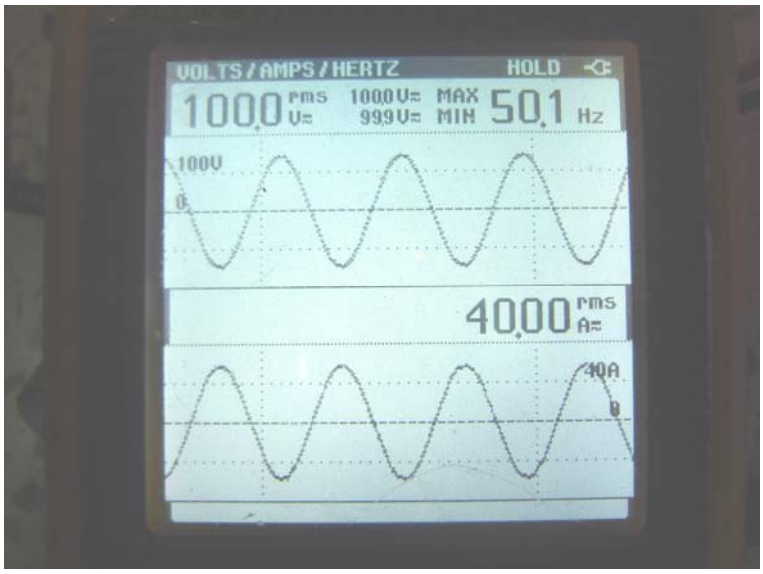
รูปที่ 5.9 การต่อลูปกระแสแบบไฟฟ้ากระแสสลับ ที่ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาด 40 A/m (แรงดันแบบ ไฟฟ้ากระแสสลับ ที่ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาด 40 A/m)



รูปที่ 5.10 สัญญาณแรงดันด้านออกของหม้อแปลงแบบปรับค่าได้รูปคลื่นซายน์ ขนาดแรงดัน 100 V_{rms} (แรงดันแบบ ไฟฟ้ากระแสสลับ ที่ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาด 40 A/m)

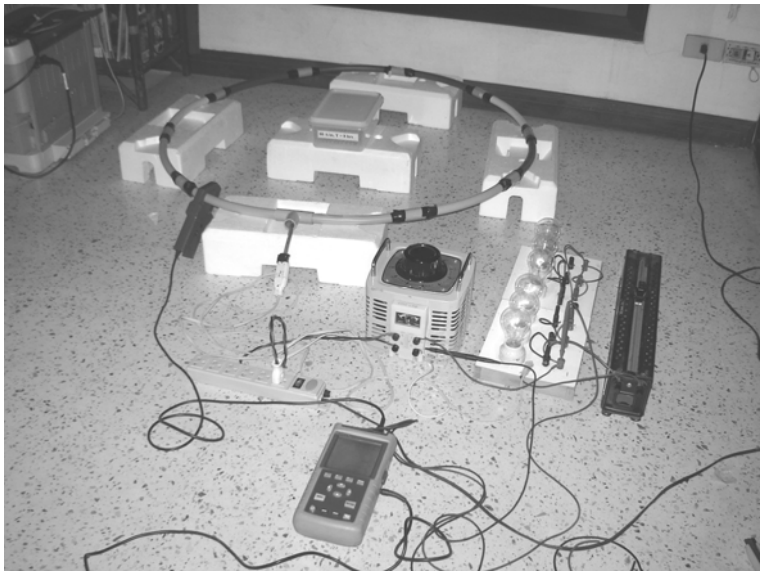


รูปที่ 5.11 สัญญาณแรงดันด้านออกของหม้อแปลงแบบปรับค่าได้ให้มีค่า 100 V คงที่และปรับค่าความต้านทานแบบปรับค่าได้ เพื่อทำให้กระแสเข้า Loop current มีค่า 1 A คงที่ (แรงดันแบบ ไฟฟ้ากระแสสลับ ที่ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาด 40 A/m)

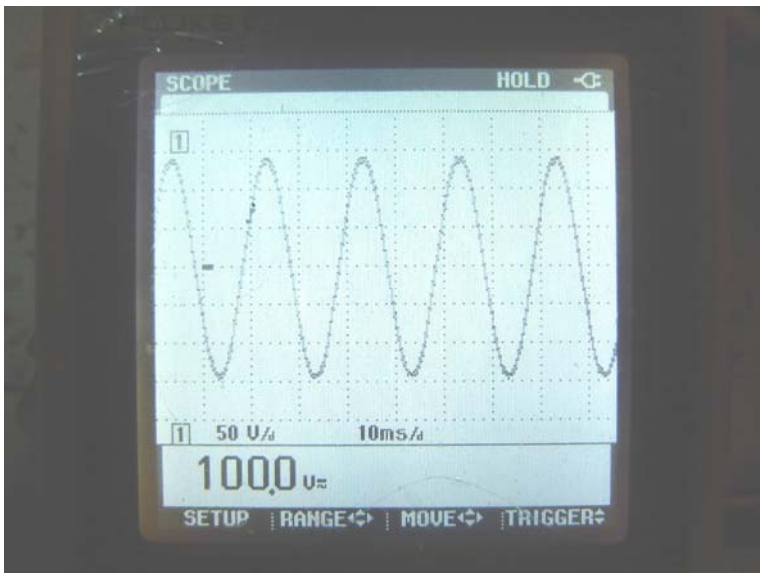


รูปที่ 5.12 สัญญาณแรงดันด้านออกของหม้อแปลงแบบปรับค่าได้ให้มีค่า 100 V คงที่ และปรับค่าความต้านทานแบบปรับค่าได้ เพื่อทำให้กระแสใน Loop current มีค่า 40 A / 40 รอบ คงที่ (แรงดันแบบ ไฟฟ้ากระแสสลับ ที่ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาด 40 A/m)

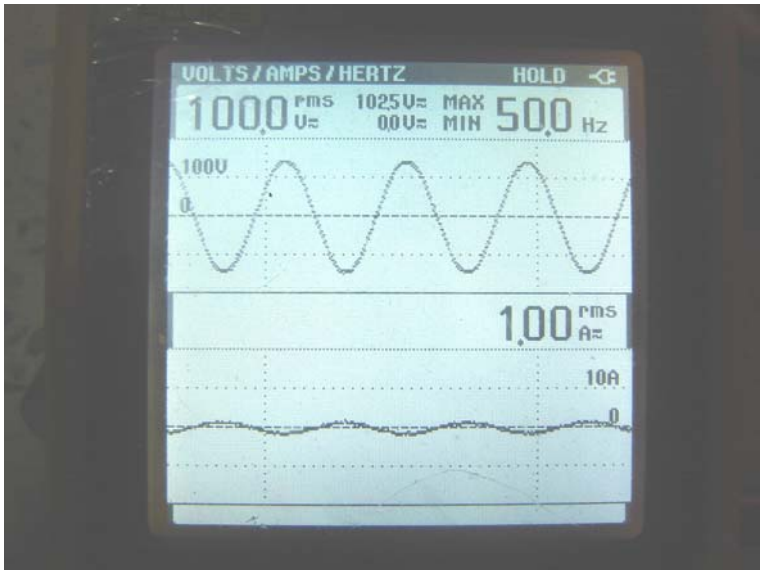
3 แรงดันแบบ ไฟฟ้ากระแสสลับ ที่ความเข้มสนามแม่เหล็ก 80 A/m



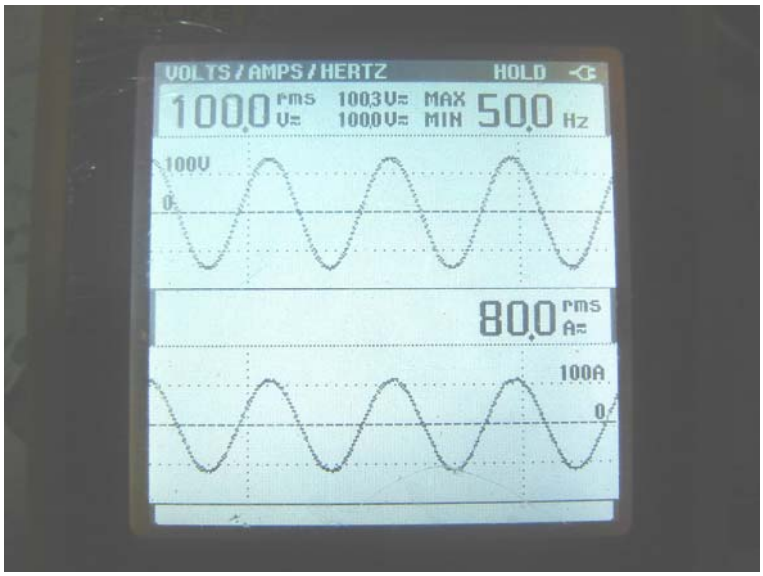
รูปที่ 5.13 การต่อลูปกระแสแบบไฟฟ้ากระแสสลับ ที่ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาด 80 A/m (แรงดันแบบไฟฟ้ากระแสสลับ ที่ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาด 80 A/m)



รูปที่ 5.14 สัญญาณแรงดันด้านออกของหม้อแปลงแบบปรับค่าได้รูปคลื่นซายน์ขนาดแรงดัน 100 V_{rms} (แรงดันแบบ ไฟฟ้ากระแสสลับ ที่ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาด 80 A/m)



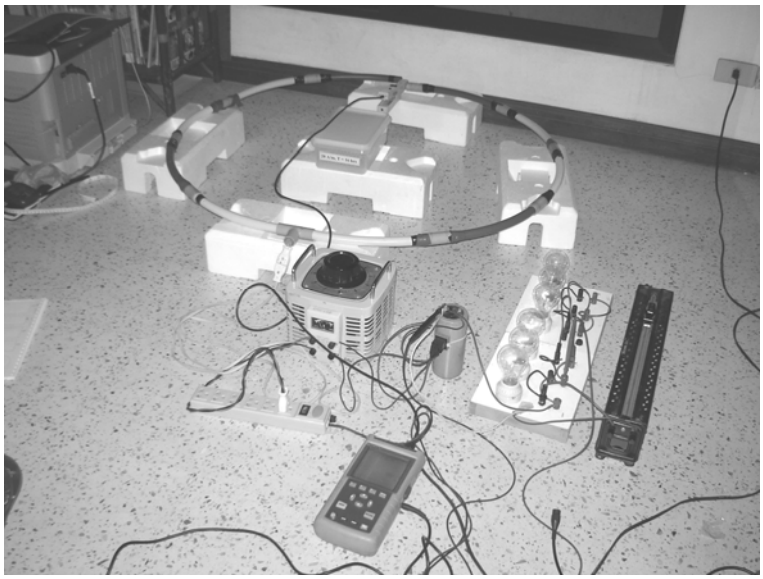
รูปที่ 5.15 สัญญาณแรงดันด้านออกของหม้อแปลงแบบปรับค่าได้ให้มีค่า 100 V คงที่และปรับค่าความต้านทานแบบปรับค่าได้ เพื่อทำให้กระแสเข้า Loop current มีค่า 1 A คงที่ (แรงดันแบบไฟฟ้ากระแสสลับ ที่ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาด 80 A/m)



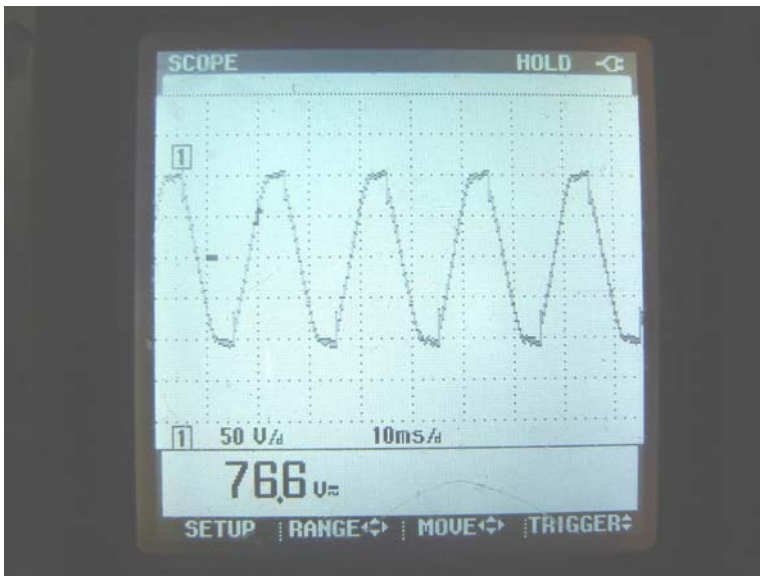
รูปที่ 5.16 สัญญาณแรงดันด้านออกของหม้อแปลงแบบปรับค่าได้ให้มีค่า 100 V คงที่และปรับค่าความต้านทานแบบปรับค่าได้ เพื่อทำให้กระแสใน Loop current มีค่า 80 A / 80 รอบ คงที่ (แรงดันแบบไฟฟ้ากระแสสลับ ที่ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาด 80 A/m)

5.5.2 การทดสอบผลการสร้าง Loop current แบบ ไฟฟ้ากระแสตรงที่ระดับความเข้มสนามแม่เหล็กขนาดต่างๆ เป็นดังนี้

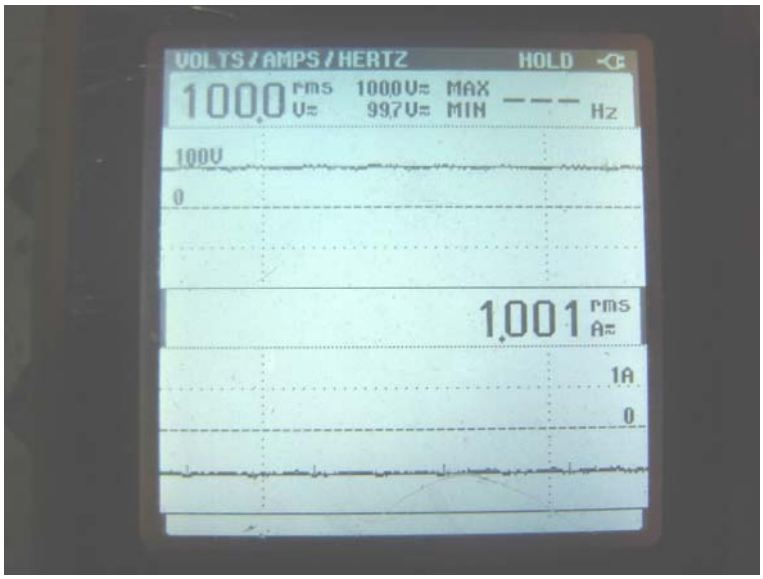
1. แรงดันแบบ ไฟฟ้ากระแสตรง ที่ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาด 20 A/m



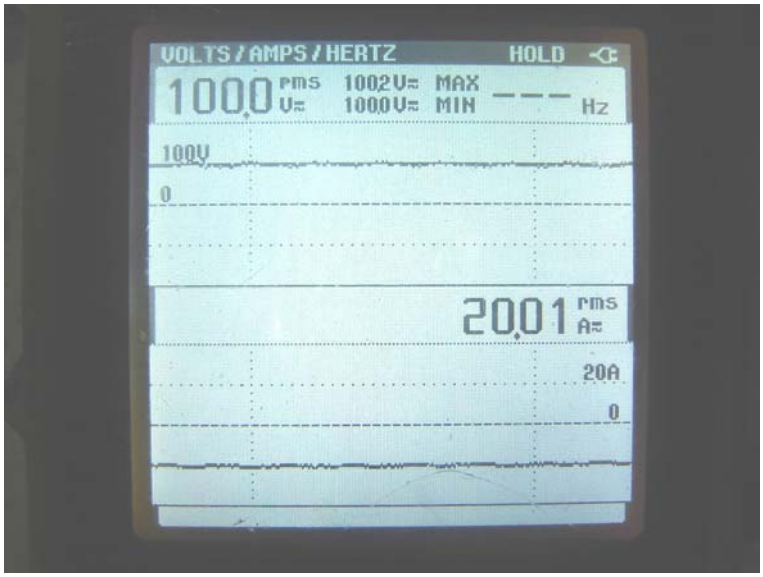
รูปที่ 5.17 การต่อลูปกระแสแบบไฟฟ้ากระแสตรง ที่ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาด 20 A/m (แรงดันแบบไฟฟ้ากระแสตรง ที่ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาด 20 A/m)



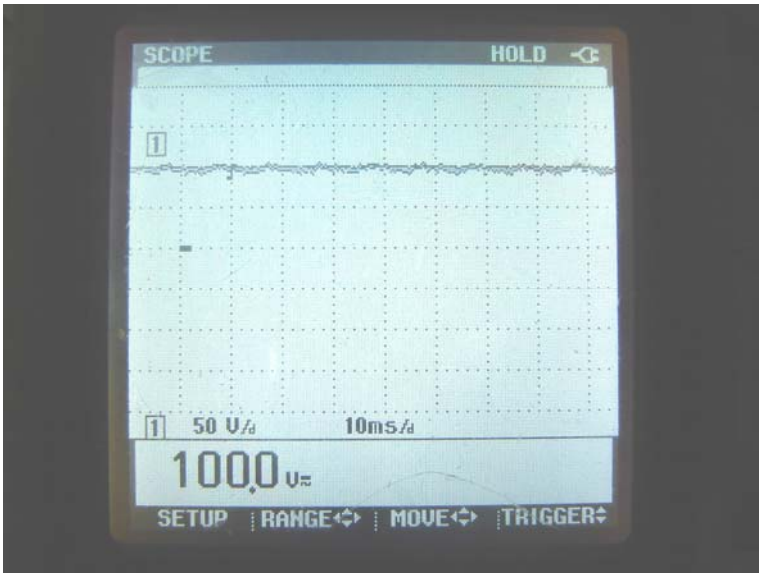
รูปที่ 5.18 สัญญาณแรงดันด้านออกของหม้อแปลงแบบปรับค่าได้รูปคลื่นซายน์ ขนาดแรงดัน 76.6 V_{rms} (แรงดันแบบ ไฟฟ้ากระแสตรง ที่ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาด 20 A/m)



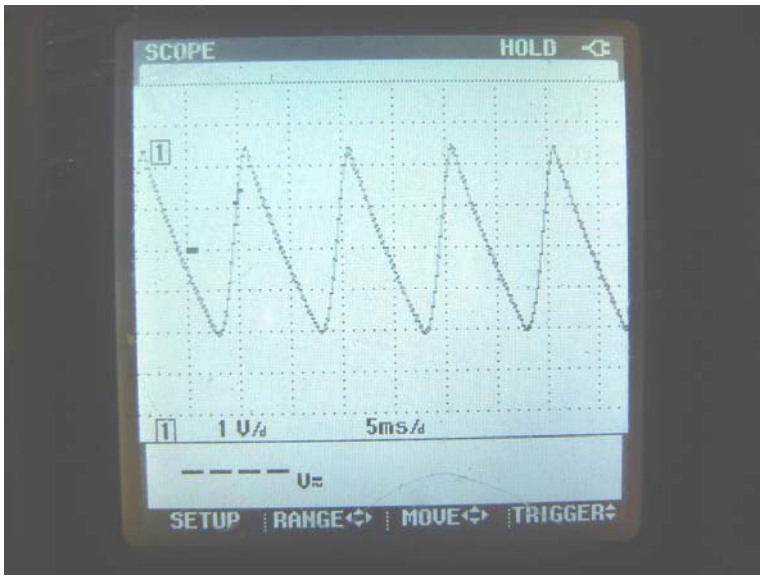
รูปที่ 5.19 สัญญาณแรงดันด้านออกของวงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์ชนิดเต็มคลื่นและปรับค่าความต้านทานแบบปรับค่าได้ เพื่อทำให้กระแสเข้า Loop current มีค่า 1 A คงที่ (แรงดันแบบไฟฟ้ากระแสตรง ที่ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาด 20 A/m)



รูปที่ 5.20 รูปสัญญาณแรงดันด้านออกวงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์ชนิดเต็มคลื่นและปรับค่าความต้านทานแบบปรับค่าได้ เพื่อทำให้กระแสในLoop current มีค่า 20 A / 20 รอบ คงที่ (แรงดันแบบ ไฟฟ้ากระแสตรง ที่ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาด 20 A/m)

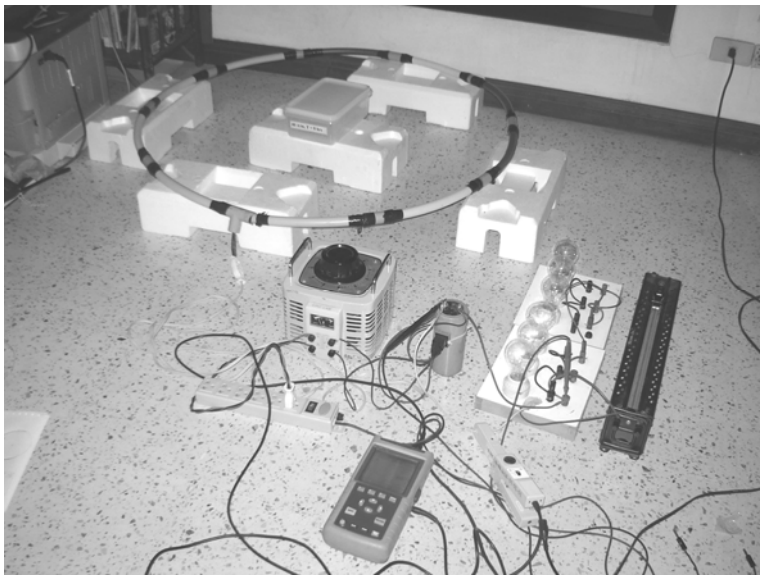


รูปที่ 5.21 รูปสัญญาณแรงดัน ไฟฟ้ากระแสตรงด้านออกวงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์ชนิดเต็มคลื่น Loop current มีค่า 20 A / 20 รอบ คงที่ (แรงดันแบบ ไฟฟ้ากระแสตรง ที่ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาด 20 A/m)

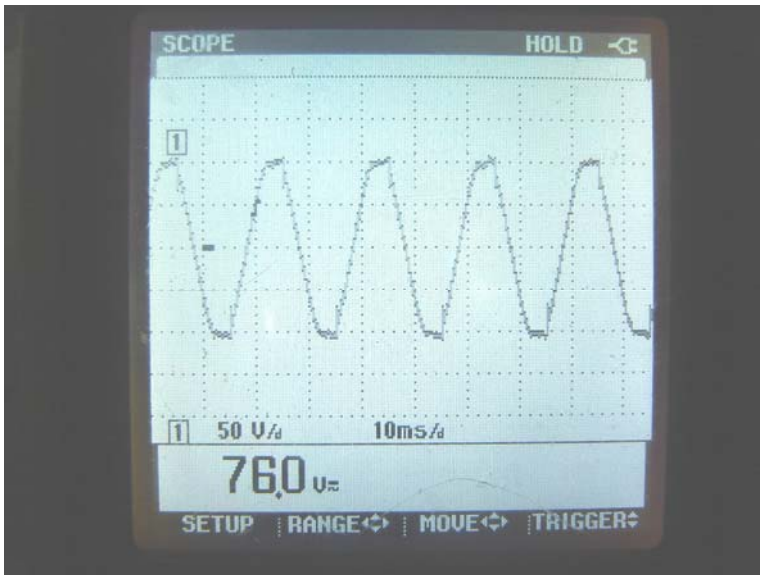


รูปที่ 5.22 รูปสัญญาณแรงดัน ไฟฟ้ากระแสสลับด้านออกวงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์ชนิดเต็มคลื่น Loop current มีค่า 20 A / 20 รอบ คงที่ (แรงดันแบบ ไฟฟ้ากระแสตรง ที่ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาด 20 A/m)

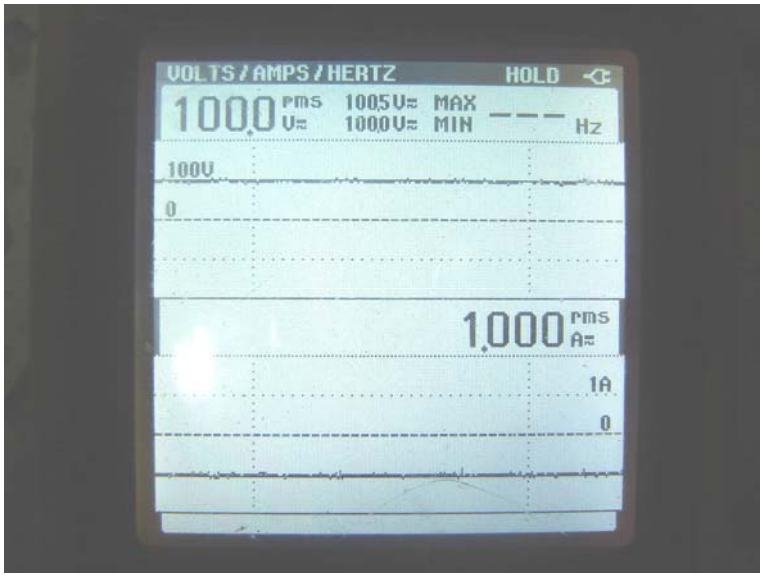
2 แรงดันแบบ ไฟฟ้ากระแสตรง ที่ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาด 40 A/m



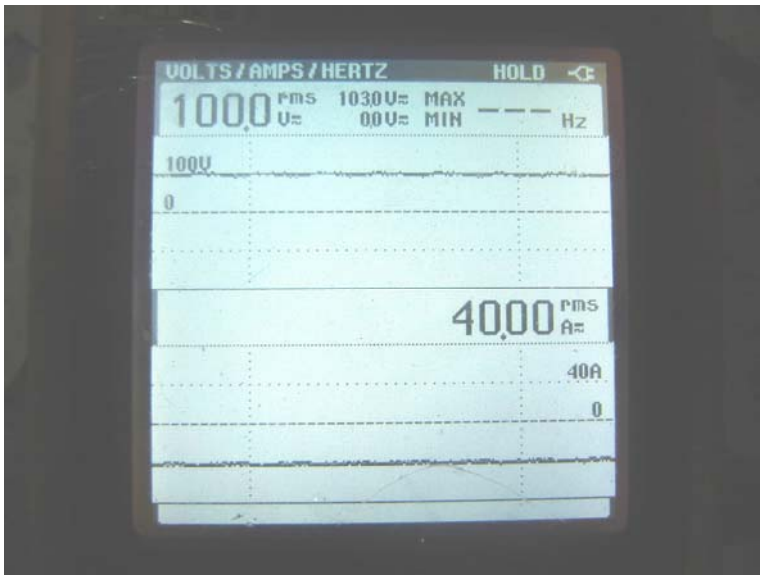
รูปที่ 5.23 การต่อลูปกระแสแบบ ไฟฟ้ากระแสตรง ที่ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาด 40 A/m (แรงดันแบบ ไฟฟ้ากระแสตรง ที่ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาด 40 A/m)



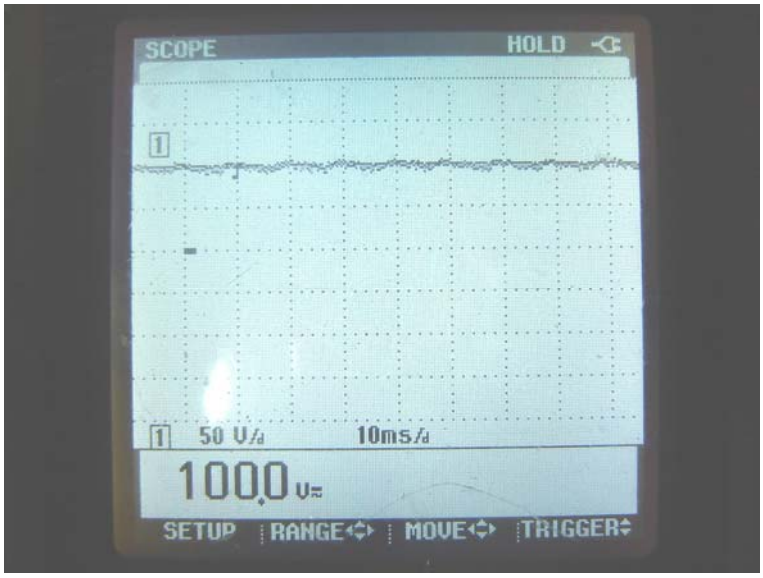
รูปที่ 5.24 สัญญาณแรงดันด้านออกของหม้อแปลงแบบปรับค่าได้ รูปคลื่นซายน์ ขนาดแรงดัน 76.0 V_{rms} (แรงดันแบบ ไฟฟ้ากระแสตรง ที่ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาด 40 A/m)



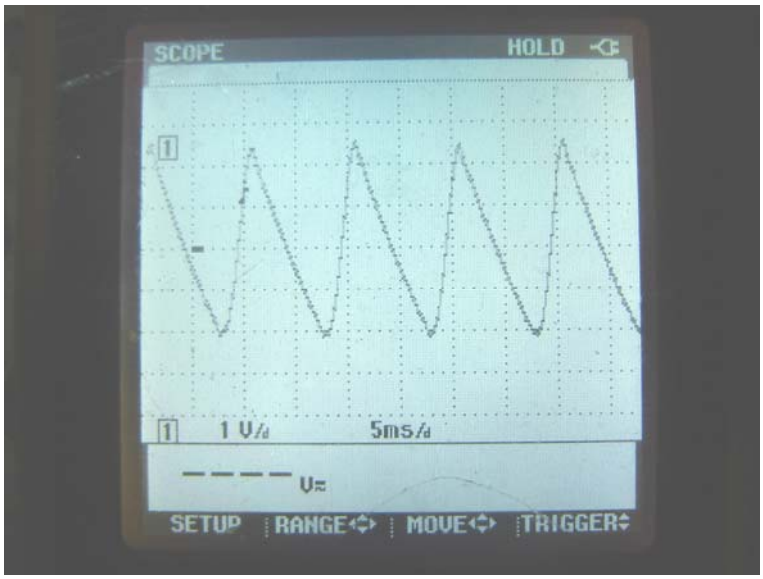
รูปที่ 5.25 สัญญาณแรงดันด้านออกของวงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์ชนิดเต็มคลื่นและปรับค่าความต้านทานแบบปรับค่าได้ เพื่อทำให้กระแสเข้า Loop current มีค่า 1 A คงที่ (แรงดันแบบไฟฟ้ากระแสตรง ที่ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาด 40 A/m)



รูปที่ 5.26 รูปสัญญาณแรงดันด้านออกวงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์ชนิดเต็มคลื่นและปรับค่าความต้านทานแบบปรับค่าได้ เพื่อทำให้กระแสใน Loop current มีค่า 40 A / 40 รอบ คงที่ (แรงดันแบบ ไฟฟ้ากระแสตรง ที่ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาด 40 A/m)

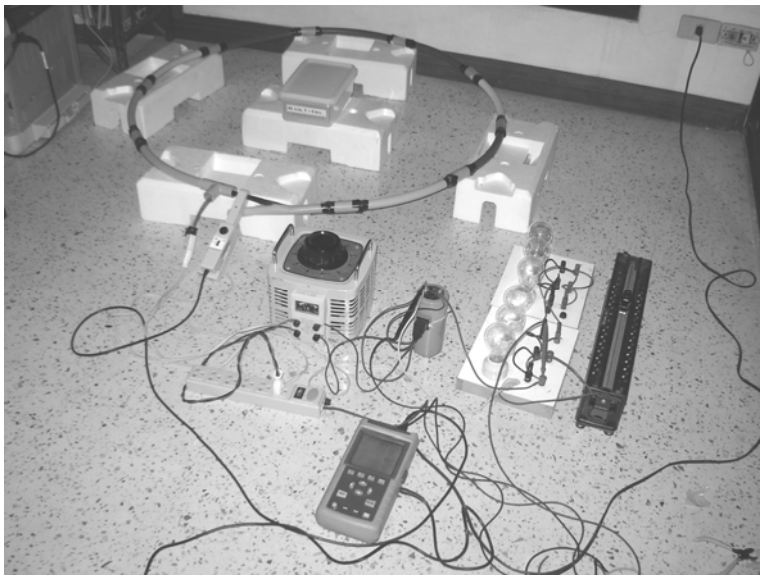


รูปที่ 5.27 รูปสัญญาณแรงดัน ไฟฟ้ากระแสตรง ด้านออกวงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์ชนิดเต็มคลื่น Loop current มีค่า 40 A / 40 รอบ คงที่ (แรงดันแบบ ไฟฟ้ากระแสตรง ที่ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาด 40 A/m)

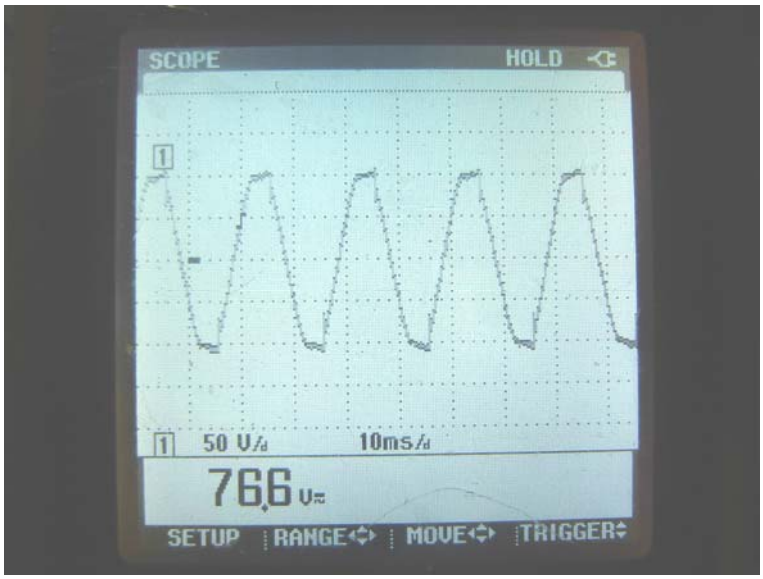


รูปที่ 5.28 รูปสัญญาณแรงดัน ไฟฟ้ากระแสสลับ ด้านออกวงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์ชนิดเต็มคลื่นLoop current มีค่า 40 A / 40 รอบ คงที่ (แรงดันแบบ ไฟฟ้ากระแสตรง ที่ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาด 40 A/m)

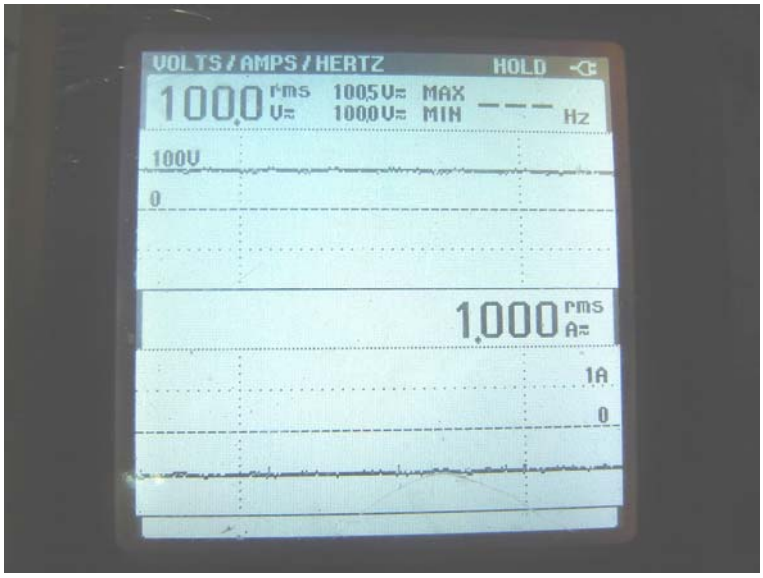
3 แรงดันแบบไฟฟ้ากระแสตรง ที่ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาด 80 A/m



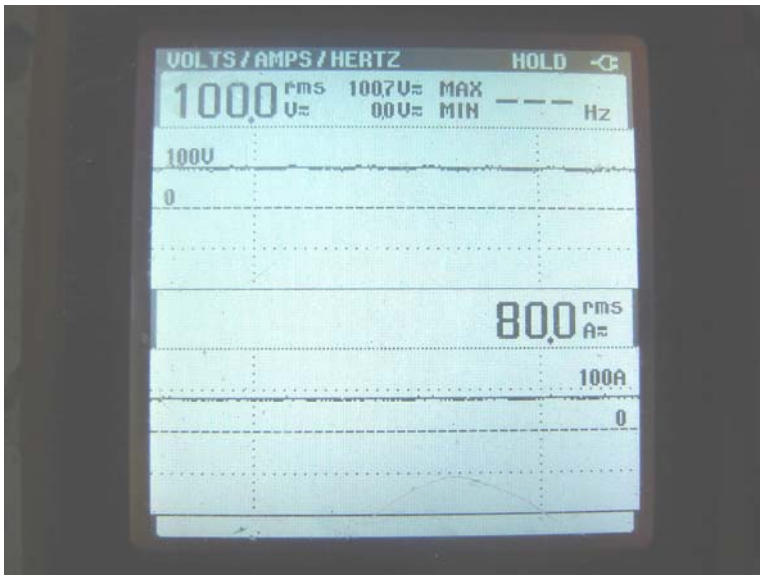
รูปที่ 5.29 การต่อลูปกระแสแบบ ไฟฟ้ากระแสตรง ที่ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาด 80 A/m (แรงดันแบบไฟฟ้ากระแสตรง ที่ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาด 80 A/m)



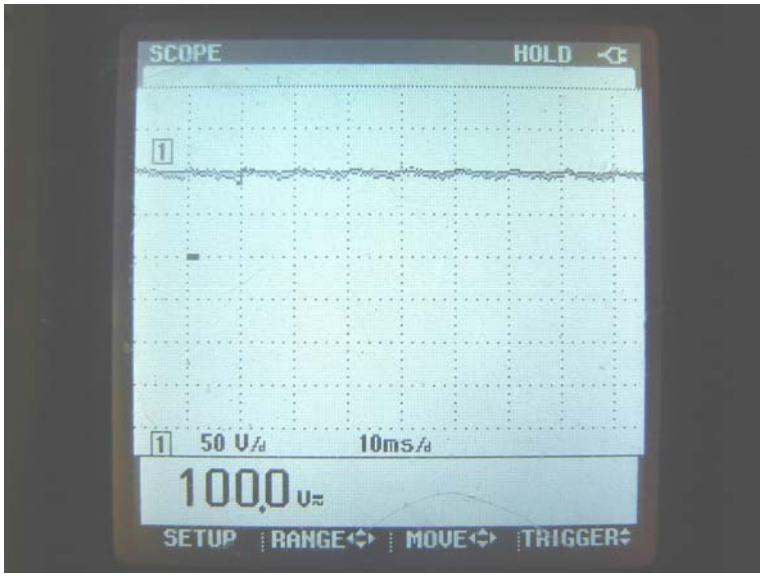
รูปที่ 5.30 สัญญาณแรงดันด้านออกของหม้อแปลงแบบปรับค่าได้ รูปคลื่นซายน์ ขนาดแรงดัน 76.6 V_{rms} (แรงดันแบบ ไฟฟ้ากระแสตรง ที่ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาด 80 A/m)



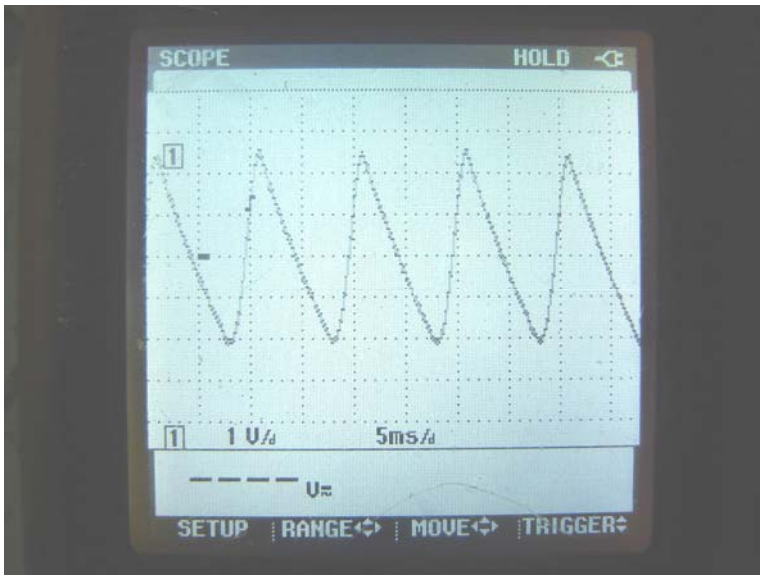
รูปที่ 5.31 สัญญาณแรงดันด้านออกของวงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์ชนิดเต็มคลื่นและปรับค่าความต้านทานแบบปรับค่าได้ เพื่อทำให้กระแสเข้า Loop current มีค่า 1 A คงที่ (แรงดันแบบไฟฟ้ากระแสตรง ที่ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาด 80 A/m)



รูปที่ 5.32 รูปสัญญาณแรงดันด้านออกวงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์ชนิดเต็มคลื่นและปรับค่าความต้านทานแบบปรับค่าได้ เพื่อทำให้กระแสใน Loop current มีค่า 80 A / 80 รอบ คงที่ (แรงดันแบบ ไฟฟ้ากระแสตรง ที่ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาด 80 A/m)



รูปที่ 5.33 รูปสัญญาณแรงดัน ไฟฟ้ากระแสตรง ด้านออกวงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์ชนิดเต็มคลื่น Loop current มีค่า 80 A / 80 รอบ คงที่ (แรงดันแบบ ไฟฟ้ากระแสตรง ที่ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาด 80 A/m)



รูปที่ 5.34 รูปสัญญาณแรงดัน ไฟฟ้ากระแสสลับ ด้านออกวงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์ชนิดเต็มคลื่น Loop current มีค่า 80 A / 80 รอบ คงที่ (แรงดันแบบ ไฟฟ้ากระแสตรง ที่ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาด 80 A/m)

5.6 ผลการทดลอง

ผลการทดลอง ได้มาจากการเก็บบันทึกผลการจากการวัดค่าความสูงของลำต้นและความยาวราก โดยจะนำค่าที่ได้มาทำการหาค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเพื่อเปรียบเทียบข้อมูล 2 กลุ่ม ระหว่างกลุ่มทดสอบควบคุมที่ไม่ให้ค่าความสนามแม่เหล็ก กับกลุ่มที่ให้ค่าความเข้มสนามแม่เหล็ก เพื่ออธิบายแนวโน้มของข้อมูลซึ่งประกอบด้วย ตารางแสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และ แผนภูมิ โดยจะนำค่าข้อมูลเฉลี่ยที่ได้มาทำการวิเคราะห์และทดสอบสมมติฐานแสดงความน่าเชื่อถือของความแตกต่างของการเจริญเติบโต จากที่กล่าวมาข้างต้นจะโดยแบ่งผลการทดลองเป็น 2 กรณีดังนี้ ผลการเปรียบเทียบข้อมูลจากผลการทดลอง และ ผลการทดสอบสมมติฐานงานวิจัยที่ตั้งไว้

5.6.1 ผลการเปรียบเทียบข้อมูลจากผลการทดลอง

ในการเปรียบเทียบข้อมูลผลการทดลองนี้ ข้อมูลมาจากการวัดค่าความสูงของลำต้นและความยาวราก และนำค่าที่ได้มาทำการหาค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเพื่อเปรียบเทียบข้อมูล 2 กลุ่ม ระหว่างกลุ่มทดสอบควบคุมที่ไม่ให้ค่าความสนามแม่เหล็ก โดยมีการเปรียบเทียบผลทั้งหมด 3 กรณีดังนี้

5.6.1.1 ผลการทดลองจากแหล่งจ่ายแบบไฟฟ้ากระแสสลับ

เปรียบเทียบผลการทดลองกรณีกลุ่มการทดลองที่ไม่ให้สนามแม่เหล็กกับกลุ่มทดลองที่ให้สนามแม่เหล็กแบบแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ ที่ขนาดความเข้ม 20 40 และ 80 A/m ที่ระยะเวลาแตกต่างกันโดยค่าที่นำมาเปรียบเทียบ มีดังนี้ ดังตารางที่ 5.1 -5.6 และรูปที่ 5.35-5.37

- เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของความสูงลำต้น (ซม.) ระหว่างกลุ่มที่ให้สนามแม่เหล็กกับกลุ่มที่ไม่ให้สนามแม่เหล็ก
- เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของความยาวราก (ซม.) ระหว่างกลุ่มที่ให้สนามแม่เหล็กกับกลุ่มที่ไม่ให้สนามแม่เหล็ก
- เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การเจริญเติบโตของความสูงลำต้น (ซม.) ระหว่างกลุ่มที่ให้สนามแม่เหล็กกับกลุ่มที่ไม่ให้สนามแม่เหล็ก
- เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การเจริญเติบโตของความยาวราก (ซม.) ระหว่างกลุ่มที่ให้สนามแม่เหล็กกับกลุ่มที่ไม่ให้สนามแม่เหล็ก
- เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การเจริญเติบโตระหว่างความสูงลำต้น (ซม.) เทียบกับ ความยาวราก (ซม.) ของกลุ่มที่ให้สนามแม่เหล็ก

5.6.1.2 ผลการทดลองจากแหล่งจ่ายแบบไฟฟ้ากระแสตรง

เปรียบเทียบผลการทดลองกรณีกลุ่มการทดลองที่ไม่ให้สนามแม่เหล็กกับกลุ่มทดลองที่ให้สนามแม่เหล็กแบบแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง ที่ขนาดความเข้ม 20 40 และ 80 A/m ที่ระยะเวลาแตกต่างกันโดยค่าที่นำมาเปรียบเทียบมีดังนี้ ดังตารางที่ 5.7-5.11 และรูปที่ 5.38-5.40

- เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของความสูงลำต้น (ซม.) ระหว่างกลุ่มที่ให้สนามแม่เหล็กกับกลุ่มที่ไม่ให้สนามแม่เหล็ก
- เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของความยาวราก (ซม.) ระหว่างกลุ่มที่ให้สนามแม่เหล็กกับกลุ่มที่ไม่ให้สนามแม่เหล็ก
- เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การเจริญเติบโตของความสูงลำต้น (ซม.) ระหว่างกลุ่มที่ให้สนามแม่เหล็กกับกลุ่มที่ไม่ให้สนามแม่เหล็ก
- เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การเจริญเติบโตของความยาวราก (ซม.) ระหว่างกลุ่มที่ให้สนามแม่เหล็กกับกลุ่มที่ไม่ให้สนามแม่เหล็ก
- เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การเจริญเติบโตระหว่างความสูงลำต้น (ซม.) เทียบกับ ความยาวราก (ซม.) ของกลุ่มที่ให้สนามแม่เหล็ก

5.6.1.3 ผลการทดลองจากแหล่งจ่ายแบบไฟฟ้ากระแสสลับและแบบไฟฟ้ากระแสตรง

เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การเจริญเติบโตของความสูงลำต้น (ซม.) และความยาวราก (ซม.) ระหว่างกลุ่มที่ให้สนามแม่เหล็กจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับเทียบกับลุ่มที่ให้สนามแม่เหล็กจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง ดังตารางที่ 5.12 และรูปที่ 5.41-5.42

ทั้งนี้การคำนวณเปอร์เซ็นต์การเจริญเติบโตของความสูงลำต้นหรือความยาวราก ใช้สูตรการคำนวณดังนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์ (\%) การเจริญเติบโต} = \frac{\overline{X}_{H=feild} - \overline{X}_{withoutH=feild}}{\overline{X}_{withoutH=feild}} \times 100 \qquad (5.1)$$

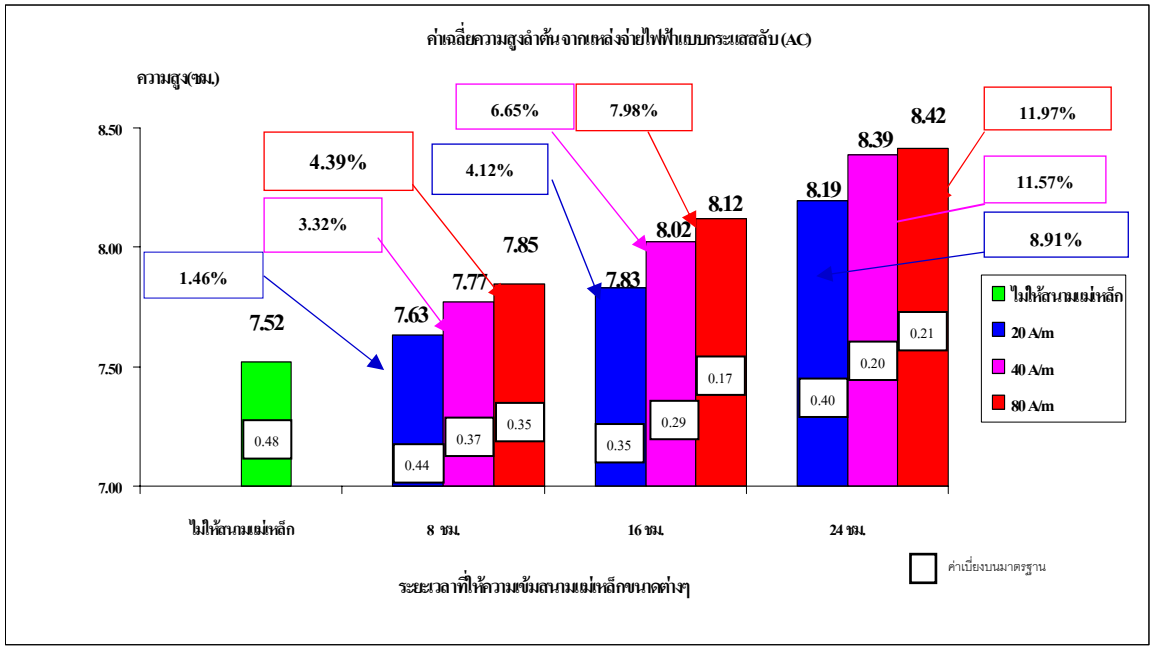
ผลการทดลองจากแหล่งจ่ายแบบไฟฟ้ากระแสสลับ

ตารางที่ 5.1 ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของความสูงลำต้น (ซม.) กรณีแหล่งจ่ายเป็นแบบไฟฟ้ากระแสสลับ

กลุ่มทดสอบ	ค่าเฉลี่ยความสูงลำต้น(ซม.)				ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน			
	กลุ่มไม่ให้สนามแม่เหล็ก H (A/m)	กลุ่มที่ให้ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาดต่างๆ (A/m)			กลุ่มไม่ให้สนามแม่เหล็ก H (A/m	กลุ่มที่ให้ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาดต่างๆ (A/m)		
เวลาที่ให้ (ชั่วโมง)	**0**	**20**	**40**	**80**	**0**	**20**	**40**	**80**
8	7.52	7.63	7.77	7.85	0.48	0.44	0.37	0.35
16		7.83	8.02	8.12		0.35	0.29	0.17
24		8.19	8.39	8.42		0.40	0.20	0.21

ตารางที่ 5.2 ค่าเฉลี่ย และเปอร์เซ็นต์การเจริญการเติบโตของความสูงลำต้นระหว่างกลุ่มที่ได้รับสนามแม่เหล็กเทียบกับกลุ่มที่ไม่ได้รับสนามแม่เหล็ก กรณีแหล่งจ่ายเป็นแบบไฟฟ้ากระแสสลับ

กลุ่มทดสอบ	ค่าเฉลี่ยความสูงลำต้น(ซม.)				% การเจริญเติบโตของความสูงลำต้น			
	กลุ่มไม่ให้สนามแม่เหล็ก H (A/m)	กลุ่มที่ให้ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาดต่างๆ (A/m)			กลุ่มไม่ให้สนามแม่เหล็ก H (A/m	กลุ่มที่ให้ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาดต่างๆ (A/m)		
เวลาที่ให้ (ชั่วโมง)	**0**	**20**	**40**	**80**	**0**	**20**	**40**	**80**
8	7.52	7.63	7.77	7.85	-	1.46	3.32	4.39
16		7.83	8.02	8.12		4.12	6.65	7.98
24		8.19	8.39	8.42		8.91	11.57	11.97



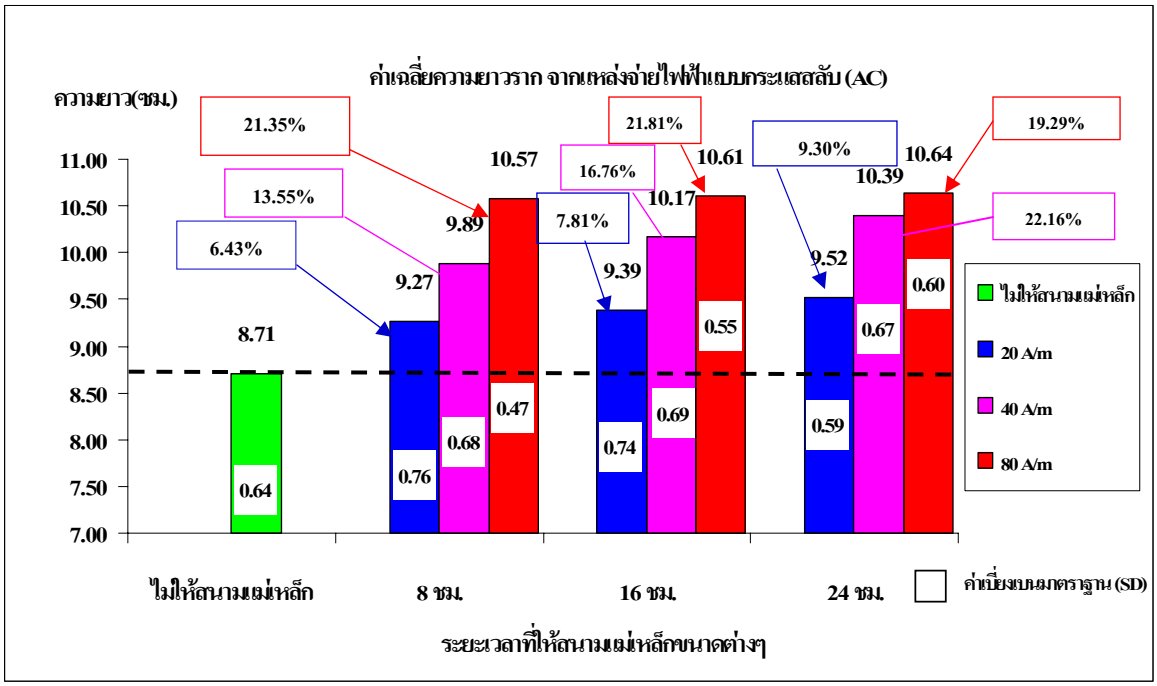
รูปที่ 5.35 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย และเปอร์เซ็นต์ (%) การเจริญการเติบโตของความสูงลำต้นข้าวในวันที่ 7 ของการทดลองระหว่างกลุ่มที่ไม่ได้รับสนามแม่เหล็กเทียบกับกลุ่มที่ได้รับสนามแม่เหล็กที่ระดับความเข้มขนาด 20 A/m 40 A/m และ 80 A/m ที่ให้ระยะเวลานาน 8 ชม. 16 ชม. และ 24 ชม.จากแหล่งจ่ายไฟฟ้าแบบกระแสสลับ

ตารางที่ 5. 3 ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของความยาวราก (ซม.) กรณีแหล่งจ่ายเป็นแบบไฟฟ้ากระแสสลับ

กลุ่มทดสอบ	ค่าเฉลี่ยความยาวราก(ซม.)				ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน			
	กลุ่มไม่ให้สนามแม่เหล็ก H (A/m)	กลุ่มที่ให้ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาดต่างๆ (A/m)			กลุ่มไม่ให้สนามแม่เหล็ก H (A/m	กลุ่มที่ให้ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาดต่างๆ (A/m)		
เวลาที่ให้ (ชั่วโมง)	**0**	**20**	**40**	**80**	**0**	**20**	**40**	**80**
8	8.71	9.27	9.89	10.57	0.64	0.76	0.68	0.47
16		9.39	10.17	10.61		0.74	0.69	0.55
24		9.52	10.39	10.64		0.59	0.67	0.60

ตารางที่ 5.4 ค่าเฉลี่ย และเปอร์เซ็นต์ (%) การเจริญการเติบโตของความยาวรากระหว่างกลุ่มที่ไม่ได้รับสนามแม่เหล็กเทียบกับกลุ่มที่ได้รับสนามแม่เหล็ก กรณีแหล่งจ่ายเป็นแบบไฟฟ้ากระแสสลับ

กลุ่มทดสอบ	ค่าเฉลี่ยความยาวราก(ซม.)				% การเจริญเติบโตของความยาวราก			
	กลุ่มไม่ให้สนามแม่เหล็ก H (A/m)	กลุ่มที่ให้ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาดต่างๆ (A/m)			กลุ่มไม่ให้สนามแม่เหล็ก H (A/m	กลุ่มที่ให้ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาดต่างๆ (A/m)		
เวลาที่ให้ (ชั่วโมง)	**0**	**20**	**40**	**80**	**0**	**20**	**40**	**80**
8	8.71	9.27	9.89	10.57	-	6.43	13.55	21.35
16		9.39	10.17	10.61		7.81	16.76	21.81
24		9.52	10.39	10.64		9.30	19.29	22.16



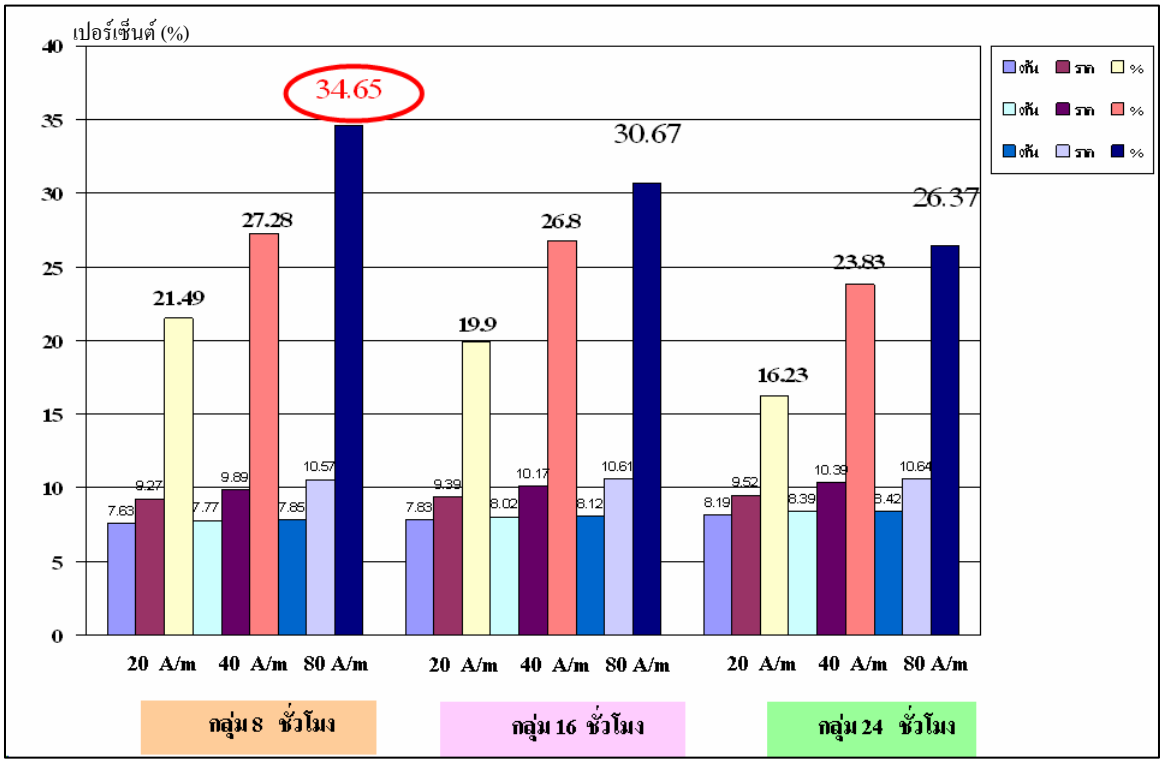
รูปที่ 5.36 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย และเปอร์เซ็นต์การเจริญการเติบโตของความยาวรากข้าวในวันที่ 7 ของการทดลองระหว่างกลุ่มที่ไม่ได้รับสนามแม่เหล็กเทียบกับกลุ่มที่ได้รับสนามแม่เหล็กที่ระดับความเข้มขนาด 20 A/m 40 A/m และ 80 A/m ที่ให้ระยะเวลานาน 8 ชม. 16 ชม. และ 24 ชม.จากแหล่งจ่ายไฟฟ้าแบบกระแสสลับ

ตารางที่ 5.5 ค่าเฉลี่ยของความสูงลำต้นและค่าเฉลี่ยของความยาวรากกลุ่มที่ได้รับสนามแม่เหล็กที่ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาดต่าง ๆ กรณีแหล่งจ่ายเป็นแบบไฟฟ้ากระแสสลับ

กลุ่มทดสอบ	ค่าเฉลี่ยความสูงลำต้น (ซม.)			ค่าเฉลี่ยความยาวราก(ซม.)		
	กลุ่มที่ให้ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาดต่างๆ (A/m)			กลุ่มที่ให้ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาดต่างๆ (A/m)		
เวลาที่ให้ (ชั่วโมง)	20	40	80	20	40	80
8	7.63	7.77	7.85	9.27	9.89	10.57
16	7.83	8.02	8.12	9.39	10.17	10.61
24	8.19	8.39	8.42	9.52	10.39	10.64

ตารางที่ 5.6 เปอร์เซ็นต์ (%) การเจริญเติบโตของความยาวรากเทียบกับความสูงของลำต้นของกลุ่มที่ได้รับสนามแม่เหล็กที่ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาดต่าง กรณีแหล่งจ่ายเป็นแบบไฟฟ้ากระแสสลับ

กลุ่มทดสอบ	ความสูงลำต้นและความยาวรากที่ระดับความเข้มสนามแม่เหล็กขนาดต่างๆ								
	20 A/m			40 A/m			80 A/m		
	ต้น	ราก	%	ต้น	ราก	%	ต้น	ราก	%
8 ชม.	7.63	9.27	21.49	7.77	9.89	27.28	7.85	10.57	34.65
16 ชม.	7.83	9.39	19.90	8.02	10.17	26.80	8.12	10.61	30.67
24 ชม.	8.19	9.52	16.23	8.39	10.39	23.83	8.42	10.64	26.37



รูปที่ 5.37 เปอร์เซ็นต์ (%) การเจริญการเติบโตของต้นข้าวเปรียบเทียบระหว่างความยาวรากกับความสูงของลำต้นเมื่อระดับความเข้มสนามแม่เหล็กเพิ่มขึ้น ที่ระยะเวลาการได้รับสนามแม่เหล็กนานเท่ากันจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ

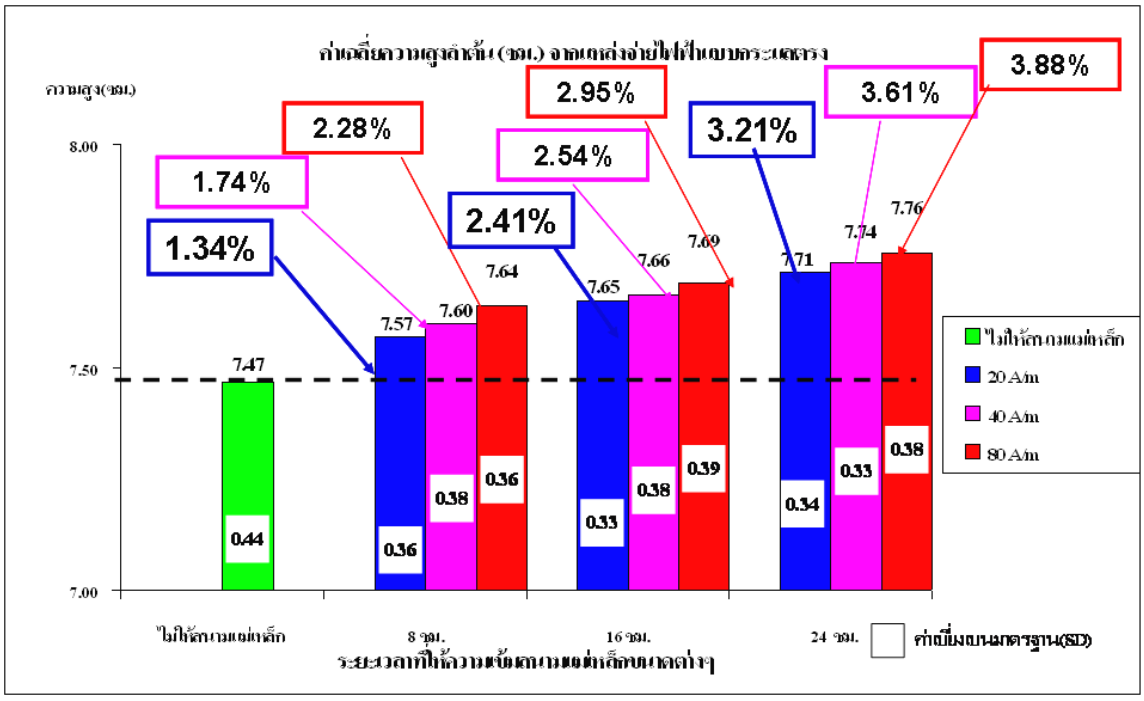
ผลการทดลองจากแหล่งจ่ายแบบไฟฟ้ากระแสตรง

ตารางที่ 5.7 ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของความสูงลำต้น (ซม.) กรณีแหล่งจ่ายเป็นแบบไฟฟ้ากระแสตรง

กลุ่มทดสอบ	ค่าเฉลี่ยความสูงลำต้น(ซม.)				ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน			
	กลุ่มไม่ให้สนามแม่เหล็ก H (A/m)	กลุ่มที่ให้ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาดต่างๆ (A/m)			กลุ่มไม่ให้สนามแม่เหล็ก H (A/m	กลุ่มที่ให้ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาดต่างๆ (A/m)		
เวลาที่ให้ (ชั่วโมง)	**0**	**20**	**40**	**80**	**0**	**20**	**40**	**80**
8	7.47	7.57	7.60	7.64	0.44	0.36	0.38	0.36
16		7.65	7.66	7.69		0.33	0.38	0.39
24		7.71	7.74	7.76		0.34	0.33	0.38

ตารางที่ 5.8 ค่าเฉลี่ย และเปอร์เซ็นต์ (%) การเจริญการเติบโตของความสูงลำต้นระหว่างกลุ่มที่ได้รับสนามแม่เหล็กเทียบกับกลุ่มที่ไม่ได้รับสนามแม่เหล็ก กรณีแหล่งจ่ายเป็นแบบไฟฟ้ากระแสตรง

กลุ่มทดสอบ	ค่าเฉลี่ยความสูงลำต้น(ซม.)				% การเจริญเติบโตของความสูงลำต้น			
	กลุ่มไม่ให้สนามแม่เหล็ก H (A/m)	กลุ่มที่ให้ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาดต่างๆ A/m)			กลุ่มไม่ให้สนามแม่เหล็ก H (A/m	กลุ่มที่ให้ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาดต่างๆ(A/m)		
เวลาที่ให้ (ชั่วโมง)	0	20	40	80	0	20	40	80
8	7.47	7.57	7.60	7.64	-	1.34	1.74	2.28
16		7.65	7.66	7.69		2.41	2.54	2.95
24		7.71	7.74	7.76		3.21	3.61	3.88



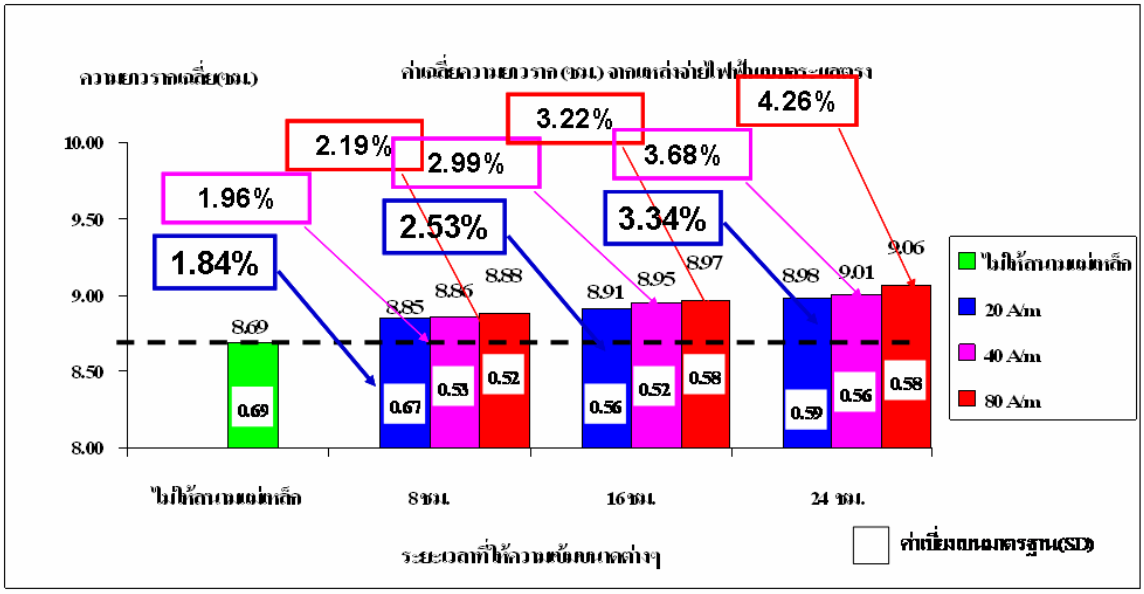
รูปที่ 5.38 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและเปอร์เซ็นต์ (%) การเจริญการเติบโตของความสูงลำต้นในวันที่ 7 ของการทดลองระหว่างกลุ่มที่ไม่ได้รับสนามแม่เหล็กเทียบกับกลุ่มที่ได้รับสนามแม่เหล็กที่ระดับความเข้มขนาด 20 A/m 40 A/m และ 80 A/m ที่ให้ระยะเวลานาน 8 ชม. 16 ชม. และ 24 ชม. จากแหล่งจ่ายไฟฟ้าแบบกระแสตรง

ตารางที่ 5. 9 ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของความยาวราก (ซม.) กรณีแหล่งจ่ายเป็นแบบไฟฟ้ากระแสตรง

กลุ่มทดสอบ	ค่าเฉลี่ยความยาวราก(ซม.)				ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน			
	กลุ่มไม่ให้สนามแม่เหล็ก H (A/m)	กลุ่มที่ให้ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาดต่างๆ (A/m)			กลุ่มไม่ให้สนามแม่เหล็ก H (A/m)	กลุ่มที่ให้ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาดต่างๆ (A/m)		
เวลาที่ให้ (ชั่วโมง)	0	20	40	80	0	20	40	80
8	8.69	8.85	8.86	8.88	0.69	0.67	0.53	0.52
16		8.91	8.95	8.97		0.56	0.52	0.58
24		8.98	9.01	9.06		0.59	0.56	0.58

ตารางที่ 5. 10 ค่าเฉลี่ยและเปอร์เซ็นต์ (%) การเจริญการเติบโตของความยาวรากระหว่างกลุ่มที่ได้รับสนามแม่เหล็กเทียบกับกลุ่มที่ไม่ได้รับสนามแม่เหล็ก กรณีแหล่งจ่ายเป็นแบบไฟฟ้ากระแสตรง

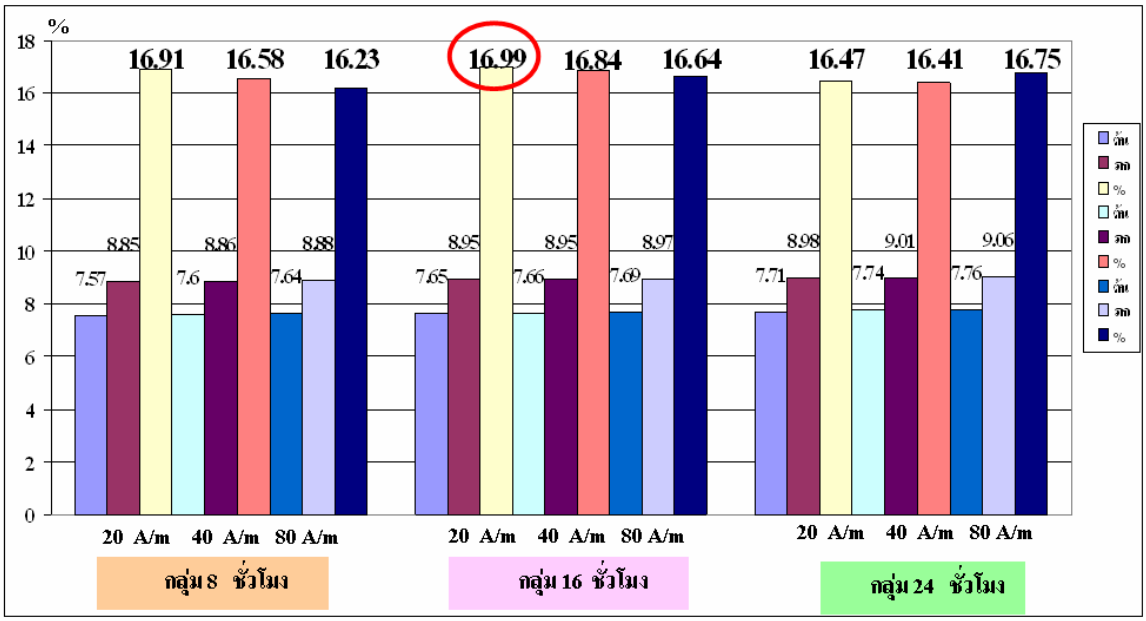
กลุ่มทดสอบ	ค่าเฉลี่ยความยาวราก(ซม.)				% เฉลี่ยความยาวราก(ซม.)		
	กลุ่มไม่ให้สนามแม่เหล็ก H (A/m)	กลุ่มที่ให้ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาดต่างๆ (A/m)			กลุ่มที่ให้ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาดต่างๆ (A/m)		
เวลาที่ให้ (ชั่วโมง)	0	20	40	80	20	40	80
8	8.69	8.85	8.86	8.88	1.84	1.96	2.19
16		8.91	8.95	8.97	2.53	2.99	3.22
24		8.98	9.01	9.06	3.34	3.68	4.26



รูปที่ 5.39 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย และเปอร์เซ็นต์ (%) การเจริญการเติบโตของความยาวรากในวันที่ 7 ของการทดลองระหว่างกลุ่มที่ไม่ได้รับสนามแม่เหล็กเทียบกับกลุ่มที่ได้รับสนามแม่เหล็กที่ระดับความเข้มขนาด 20 A/m 40 A/m และ 80 A/m ที่ให้ระยะเวลานาน 8 ชม. 16 ชม. และ 24 ชม.จากแหล่งจ่ายไฟฟ้าแบบกระแสตรง

ตารางที่ 5.11 เปอร์เซ็นต์ (%) การเจริญเติบโตของความยาวรากเทียบกับความสูงของลำต้นของกลุ่มที่ได้รับสนามแม่เหล็กที่ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาดต่าง กรณีแหล่งจ่ายเป็นแบบไฟฟ้ากระแสตรง

กลุ่มทดสอบ	ความสูงลำต้นและความยามรากที่ระดับความเข้มสนามแม่เหล็กขนาดต่างๆ								
	20 A/m			40 A/m			80 A/m		
	ต้น	ราก	%	ต้น	ราก	%	ต้น	ราก	%
8 ชม.	7.57	8.85	16.91	7.60	8.86	16.58	7.64	8.88	16.23
16 ชม.	7.65	8.91	16.99	7.66	8.95	16.84	7.69	8.97	16.64
24 ชม.	7.71	8.98	16.47	7.74	9.01	16.41	7.76	9.06	16.75

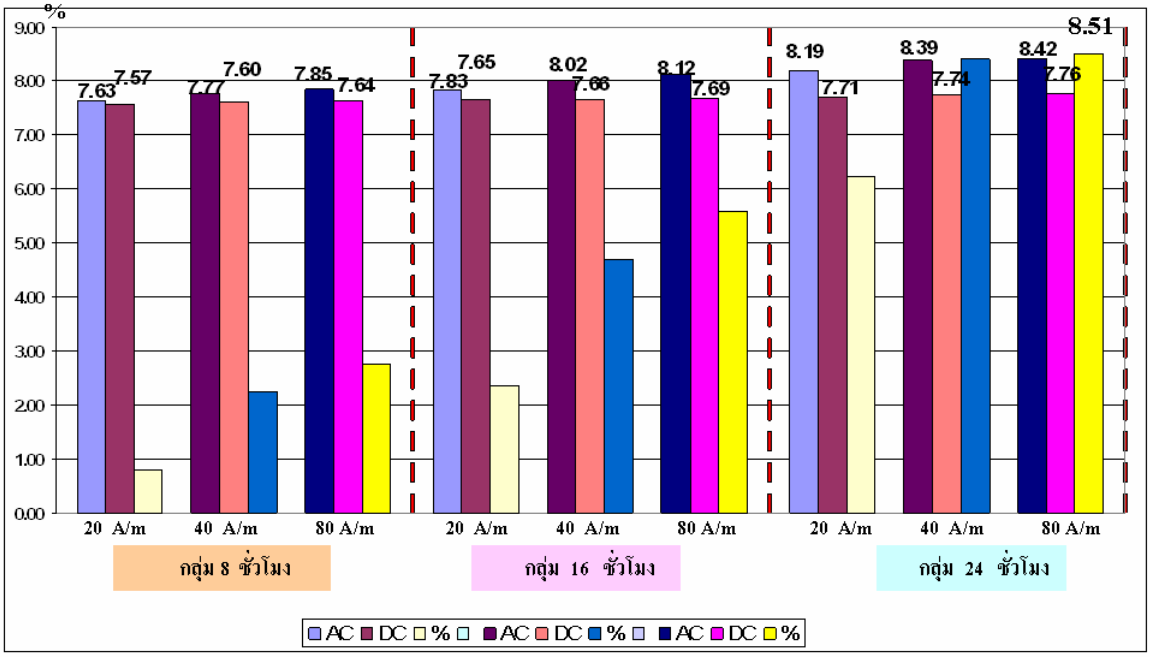


รูปที่ 5.40 เปอร์เซ็นต์ (%)การเจริญการเติบโตของต้นข้าวเปรียบเทียบระหว่างความยาวรากข้าวกับความสูงของลำต้นเมื่อระดับความเข้มสนามแม่เหล็กเพิ่มขึ้น ที่ระยะเวลาการได้รับสนามแม่เหล็กนานเท่ากัน จากแหล่งจ่ายแบบไฟฟ้ากระแสตรง

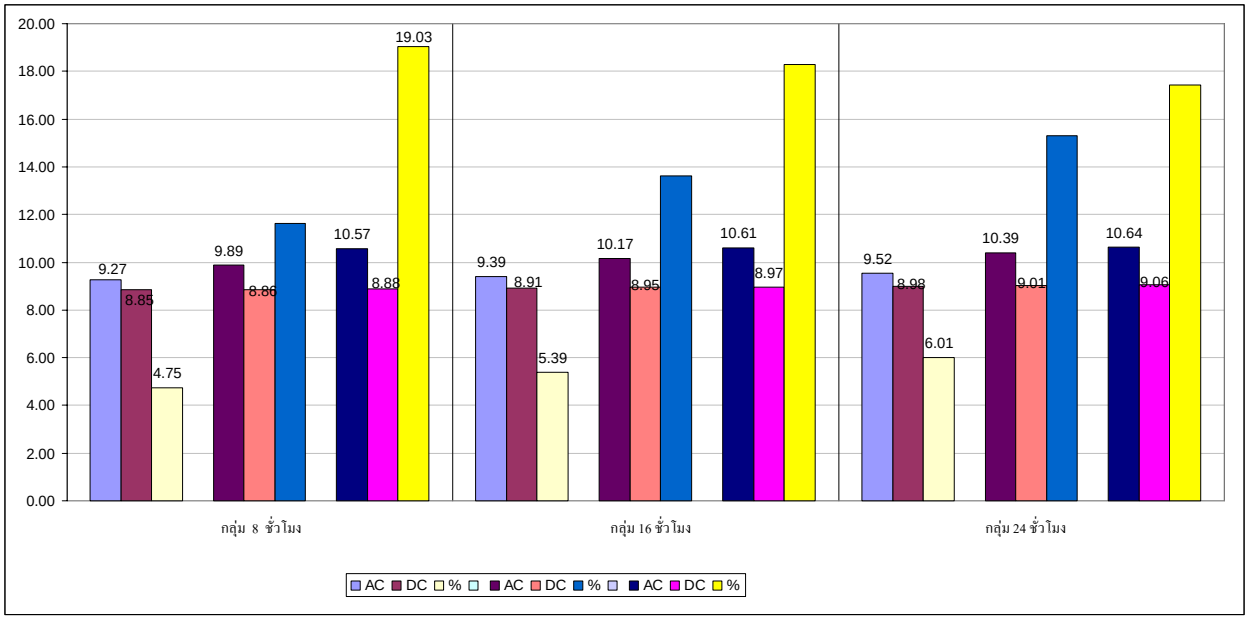
ผลการทดลองจากแหล่งจ่ายแบบไฟฟ้ากระแสสลับและแบบไฟฟ้ากระแสตรง

ตารางที่ 5.12 เปอร์เซ็นต์ (%) การเจริญเติบโตของต้นข้าว ในกลุ่มที่ได้รับสนามแม่เหล็กที่ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาดต่าง จากแหล่งจ่ายแบบไฟฟ้ากระแสสลับและจากแหล่งจ่ายแบบไฟฟ้ากระแสตรงในวันที่ 7 ของการทดลอง

กลุ่มทดสอบ		ระดับความเข้มสนามแม่เหล็กขนาดต่างๆ								
		20 A/m			40 A/m			80 A/m		
		AC	DC	%	AC	DC	%	AC	DC	%
8 ชม.	ต้น	7.63	7.57	0.79	7.77	7.60	2.24	7.85	7.64	2.75
	ราก	9.27	8.85	4.75	9.89	8.86	11.63	10.57	8.88	19.03
16 ชม.	ต้น	7.83	7.65	2.35	8.02	7.66	4.70	8.12	7.69	5.59
	ราก	9.39	8.91	5.39	10.17	8.95	13.63	10.61	8.97	18.28
24 ชม.	ต้น	8.19	7.71	6.23	8.39	7.74	8.40	8.42	7.76	8.51
	ราก	9.52	8.98	6.01	10.39	9.01	15.32	10.64	9.06	17.44



รูปที่ 5.41 เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ (%) การเจริญการเติบโตของความสูงของลำต้นในวันที่ 7 ของการทดลองเมื่อระดับความเข้มสนามแม่เหล็กเพิ่มขึ้น ที่ระยะเวลาการได้รับสนามแม่เหล็กนานเท่ากัน จากแหล่งจ่ายแบบไฟฟ้ากระแสสลับและจากแหล่งจ่ายแบบกระแสตรง



รูปที่ 5.42 เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ (%) การเจริญการเติบโตของความความยาวรากในวันที่ 7 ของการทดลองเมื่อระดับความเข้มสนามแม่เหล็กเพิ่มขึ้น ที่ระยะเวลาการได้รับสนามแม่เหล็กนานเท่ากัน จากแหล่งจ่ายแบบไฟฟ้ากระแสสลับและจากแหล่งจ่ายแบบกระแสตรง

5.6.2 ผลการทดสอบสมมติฐานงานวิจัย

เพื่อนำไปสู่การอธิบายแนวโน้มของข้อมูลจะนำค่าข้อมูลเฉลี่ยที่ได้มาทำการวิเคราะห์และทำการทดสอบสมมติฐานงานวิจัย ในวิทยานิพนธ์ได้ทำการตั้งสมมติฐานงานวิจัยและระดับนัยสำคัญข้างต้นไว้ดังนี้

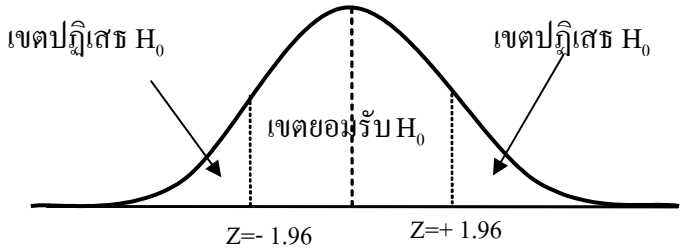
1. สมมติฐานศูนย์(H_0) คือ ค่าเฉลี่ยการเจริญเติบโตของต้นข้าวกลุ่มที่ได้รับความเข้มสนามแม่เหล็กไม่แตกต่างกับกลุ่มที่ไม่ได้รับความเข้มสนามแม่เหล็ก; $H_0 : \mu_1 = \mu_2$

2. สมมติฐานทางเลือก (H_1) คือ ค่าเฉลี่ยการเจริญเติบโตของต้นข้าวกลุ่มที่ได้รับความเข้มสนามแม่เหล็กแตกต่างกับกลุ่มที่ไม่ได้รับความเข้มสนามแม่เหล็ก; $H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$

3. ระดับความมีนัยสำคัญเท่ากับ .05

4. เขตวิกฤต จากตาราง $Z_{.025} = 1.96$

5. การคำนวณค่าสถิติ Z ได้ จากระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติ α = .05 เขตวิกฤต จากตาราง $Z_{.025}$จะได้เท่ากับ = 1.96 ซึ่งจะปฏิเสธสมมติฐานศูนย์ (H_0) และยอมรับสมมติฐานทางเลือก (H_1) เมื่อค่า Z มีค่าน้อยกว่า -1.96 และมากกว่า 1.96



รูปที่ 5.43 ขอบเขตปฏิเสธและยอมรับสมมติฐานศูนย์ว่าง (H_0) ที่ระดับนัยสำคัญ .05

การสรุปผลจากสถิติทดสอบ ในการสรุปผลการทดสอบความมีนัยสำคัญเมื่อคำนวณค่า **Z** ได้แล้ว (ซึ่งเรียกว่า ค่าสถิติที่ทดสอบได้) ให้นำไปเปรียบเทียบกับค่าสถิติทดสอบตามที่ตั้งไว้ (ค่าสถิติทดสอบจากตาราง) ถ้าสถิติที่ทดสอบที่คำนวณได้มีค่ามากกว่า +1.96 หรือน้อยกว่า -1.96ซึ่งเป็นค่าสถิติทดสอบจากตาราง แสดงว่าค่าสถิติทดสอบนั้นตกอยู่ในขอบเขตการปฏิเสธสมมติฐานศูนย์ (H_0) ด้วยระดับนัยสำคัญ α แต่ถ้าสถิติที่ทดสอบที่คำนวณได้มีค่าอยู่ระหว่าง -1.96 ถึง + 1.96 แสดงว่าค่าสถิติที่ทดสอบตกอยู่ในช่วงที่ยอมรับสมมติฐานศูนย์ (H_0) ดังรูปที่ 5.43 ตารางที่ 5.13 และ 5.14

ตารางที่ 5.13 การทดสอบสมมติฐานค่าเฉลี่ย (ค่า Z) ของความสูงลำต้นและความยาวรากข้าวในการทดลองของวันที่ 7 โดยเปรียบเทียบกับกลุ่มทดสอบที่ให้สนามแม่เหล็กกับไม่ให้สนามแม่เหล็กที่ขนาดความเข้มต่างๆ จาก แหล่งจ่ายไฟฟ้าแบบกระแสสลับ

กลุ่มทดสอบ	ค่า Z ของความสูงลำต้น			ค่า Z ของความยาวราก		
	กลุ่มที่ให้ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาดต่างๆ(A/m)			กลุ่มที่ให้ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาดต่างๆ(A/m)		
	20	40	80	20	40	80
8 ชม.	1.75	5.14	11.38	5.64	12.68	23.42
16 ชม.	4.24	9.08	17.21	6.91	15.52	22.56
24 ชม.	5.27	11.64	17.25	9.27	18.10	22.03

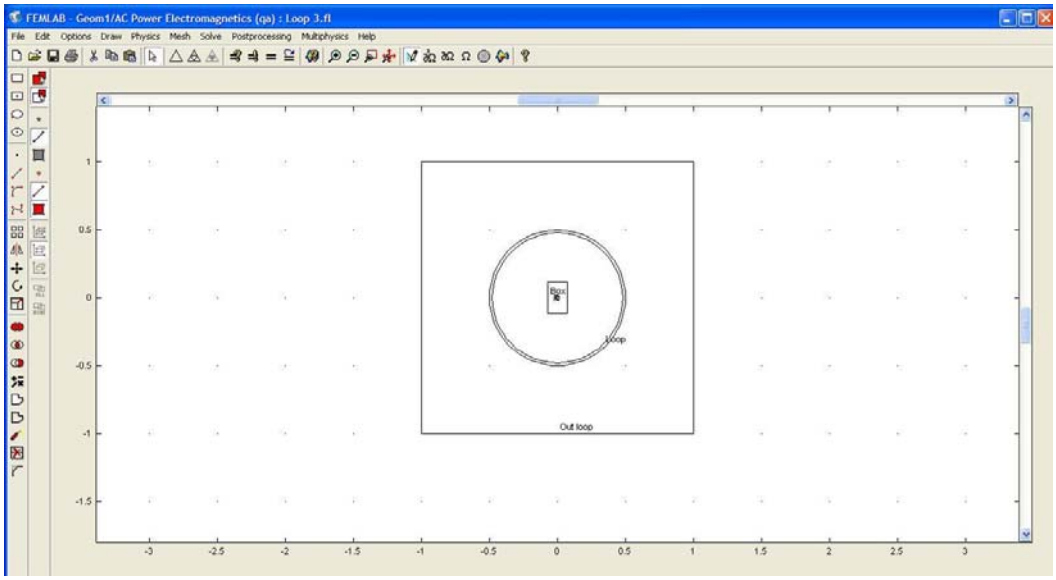
ตารางที่ 5.14 การทดสอบสมมติฐานค่าเฉลี่ย (ค่า Z) ของความสูงลำต้นและความยาวรากข้าวในการทดลองของวันที่ 7 โดยเปรียบเทียบกับกลุ่มทดสอบที่ให้สนามแม่เหล็กกับไม่ให้สนามแม่เหล็กที่ขนาดความเข้มต่างๆ จาก แหล่งจ่ายไฟฟ้าแบบกระแสตรง

กลุ่มทดสอบ	ค่า Z ของความสูงลำต้น			ค่า Z ของความยาวราก		
	กลุ่มที่ให้ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาดต่างๆ(A/m)			กลุ่มที่ให้ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาดต่างๆ(A/m)		
	20	40	80	20	40	80
8 ชม.	1.78	2.27	2.98	1.72	1.98	2.23
16 ชม.	3.32	3.35	3.78	2.48	3.05	3.12
24 ชม.	4.40	4.88	4.94	3.21	3.63	4.15

ทั้งนี้ผลการทดลองที่ได้ทั้งหมดจะนำไปสู่การวิเคราะห์ผลและสรุปผลการทดลองซึ่งจะกล่าวในบทบทต่อไป

5.7 การจำลอง และผลการจำลอง

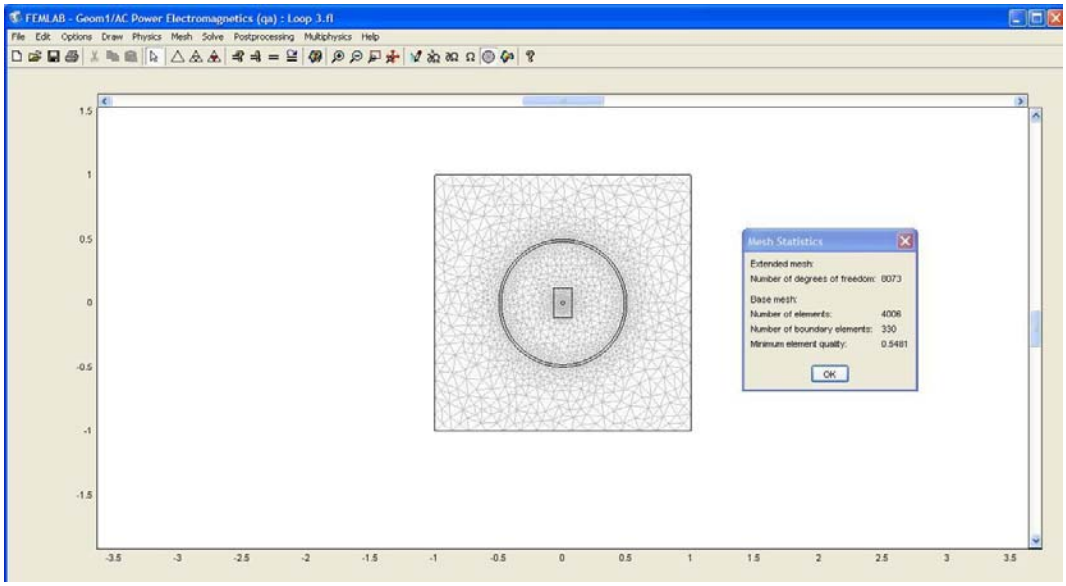
ในการจำลองการแพร่กระจายของสนามแม่เหล็กไฟฟ้า จะเลือกใช้วิธีไฟไนท์อิลิเมนท์มาช่วยแก้ปัญหา วิธีไฟไนท์อิลิเมนต์ (Finite element method: FEM) เป็นวิธีเชิงตัวเลขหรือวิธีการหาคำตอบโดยประมาณที่มีประสิทธิภาพในการหาคำตอบของปัญหาที่มีลักษณะรูปร่างใดๆ เนื่องจากการหาคำตอบตามวิธีไฟไนท์อิลิเมนต์นั้น ต้องแบ่งโดเมนที่ต่อเนื่องของปัญหาทั้งหมดออกเป็นโดเมนย่อยๆ (Sub domains) หรือที่เรียกว่าอิลิเมนต์ ก่อน หลังจากนั้นจึงสร้างสมการของแต่ละอิลิเมนต์ ให้สอดคล้องกับสมการเชิงอนุพันธ์ของปัญหานั้นๆ อิลิเมนต์ต่างๆเหล่านี้จะเชื่อมต่อกันที่จุดโหนด (Node) ซึ่งเป็นตำแหน่งที่จะคำนวณหาค่าของตัวแปรตามที่ต้องการ โดยในการจำลองใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์คือ โปรแกรม FEMLAB V. 3.1 โดยการจำลองจะเริ่มจากวาดรูปลูปกระแสตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 1 เมตร และวาดรูปกล่องพลาสติกสี่เหลี่ยมไว้ที่ตำแหน่งตรงกลางลูปกระแส ดังแสดงในรูปที่ 5.44 และวาดรูปกล่องพลาสติกสี่เหลี่ยมไว้ที่ตำแหน่งตรงกลางลูปกระแส จากนั้นทำการกำหนดขอบเขต และตีกริดเป็นอิลิเมนท์ย่อยๆ ดังแสดงในรูปที่ 5.45



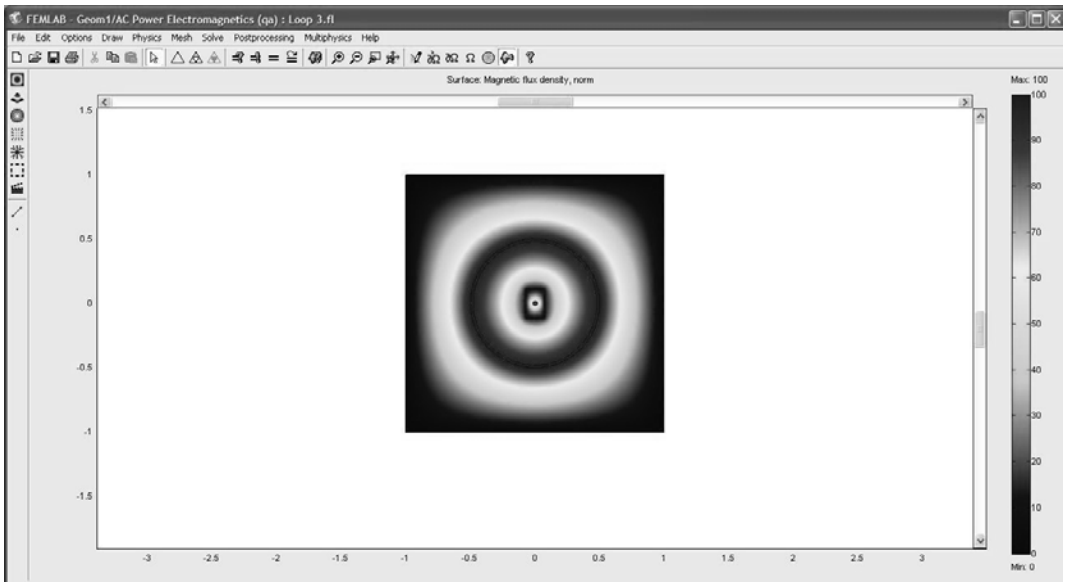
รูปที่ 5.44 การจำลองลูปกระแส และกล่องพลาสติก

จากรูปที่ 5.44 แสดงการสร้างแบบจำลองในโปรแกรม FEMLAB โดยให้ขนาดของลูปกระแสมี ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 เมตร (ตามขนาดจริง) และกล่องพลาสติกที่บรรจุเมล็ดข้าว มีขนาด กว้าง 14.5 เซนติเมตร ยาว 23 เซนติเมตร (ตามขนาดจริง) โดยกำหนดขอบเขตการพิจารณาเป็น 2 เท่าของขนาดลูปเพื่อครอบคลุมบริเวณของสนามแม่เหล็กที่อยู่ภายนอกลูปกระแส ดังนั้นขนาดของกรอบสี่เหลี่ยมใหญ่ภายนอกลูปกระแส จะมีขนาดเท่ากับ 2 เมตร โดยใส่ค่าพารามิเตอร์ในโปรแกรมให้ลูปกระแสมีค่าความเข้มสนามแม่เหล็กตามที่ต้องการศึกษาในที่นี้ ขนาดความเข้มคือ 20 A/m, 40

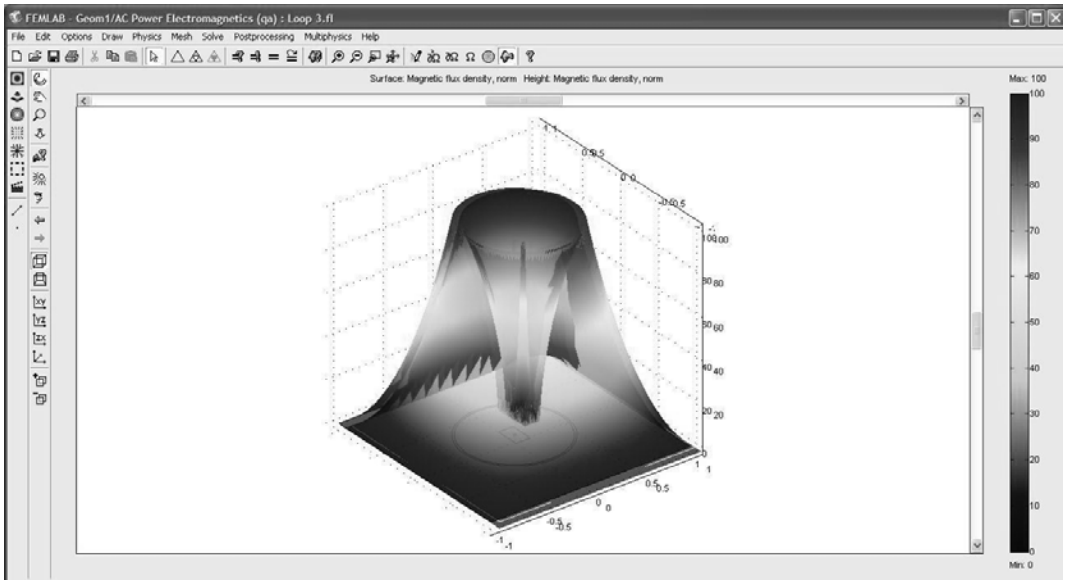
A/m และ 80 A/m แล้วกำหนดให้พื้นที่ที่พิจารณามีค่า μ_r เท่ากับ 1 ซึ่งเป็นค่าความซาบซึมของอากาศ โดยในที่นี้จะไม่พิจารณาอุณภูมิและความชื้น



รูปที่ 5.45 การกำหนดขอบเขตโดยการตีเส้นกริดบริเวณที่ต้องการวิเคราะห์



รูปที่ **5.46** ผลการจำลองเปอร์เซ็นต์การแพร่กระจายของสนามแม่เหล็ก โดยคิดเทียบที่ความเข้มสนามแม่เหล็กสูงสุดเป็น 100 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 5.47 ผลการจำลองเปอร์เซ็นต์การแพร่กระจายของสนามแม่เหล็กแบบ 3 มิติ โดยคิดเทียบที่ความเข้มสนามแม่เหล็กสูงสุดเป็น100 เปอร์เซ็นต์

จากผลการจำลองการกระจายของสนามแม่เหล็กโดยโปรแกรม FEMLAB โดยประกอบไปด้วยการแบ่งปัญหา และขอบเขตออกเป็นจำนวน 4,006 elements และ 330 boundary elements พบว่าบริเวณลูปกระแสมีการกระจายสนามแม่เหล็กเข้าสู่ตรงกลางของลูปกระแส โดยความเข้มสนามแม่เหล็กจะลดลงตามเฉดสี และที่ตำแหน่งจุดศูนย์กลาง หรือตำแหน่งจุดศูนย์กลางที่วางกล่องพลาสติก ซึ่งจะบรรจุเมล็ดข้าว หรือต้นข้าวอยู่นั้น จะมีความเข้มสนามแม่เหล็กสูงที่สุด คิดเป็น 90 เปอร์เซ็นต์ ของค่าความเข้มสนามแม่เหล็กที่จุดกำเนิด นั่นคือ ถ้าความเข้มสนามแม่เหล็กที่ลูปกระแสมีค่า 20 A/m 40 A/m และ 80 A/m ดังนั้นบริเวณที่ใกล้จุดกึ่งกลางลูป หรือที่กลางกล่องทดลองจะมีความเข้มสนามแม่เหล็กเท่ากับ 18 A/m 36 A/m และ 72 A/m ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 5.46 และ รูปที่ 5.47 และเมื่อทำการเปรียบเทียบกับผลการทดลอง จะแสดงในตารางที่ 5.15

ตารางที่ 5.15 การเปรียบเทียบระหว่างผลการทดลอง และผลการจำลองของความเข้มสนามแม่เหล็กที่บริเวณจุดกึ่งกลางลูปกระแส หรือบริเวณกลางกล่องทดลอง

ค่าความเข้มสนามแม่เหล็กที่ลูปกระแส (A/m)	ค่าความเข้มสนามแม่เหล็กที่บริเวณกลางกล่องทดลอง (A/m)			
	ผลการวัด (A/m)	ผลการจำลอง (A/m)	ส่วนต่าง (A/m)	คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ส่วนต่าง
20	19.90	18	1.9	10.55
40	39.99	36	3.99	11.08
80	79.70	72	7.7	10.69

จากตารางที่ 5.15 พบว่าผลที่ได้จากการจำลองจะมีความแตกต่างจากผลที่ได้จากการวัดสูงสุดที่ 11.08 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นค่าที่ค่อนข้างแตกต่างกับผลการวัด อย่างไรก็ตามผลการจำลองยังพอที่จะสามารถทำให้เห็นแนวโน้ม และใช้เป็นแนวทางในการทำนายการกระจายตัวของความเข้มสนามแม่เหล็กที่ลูปกระแส และบริเวณกล่องทดลองได้ในระดับหนึ่ง