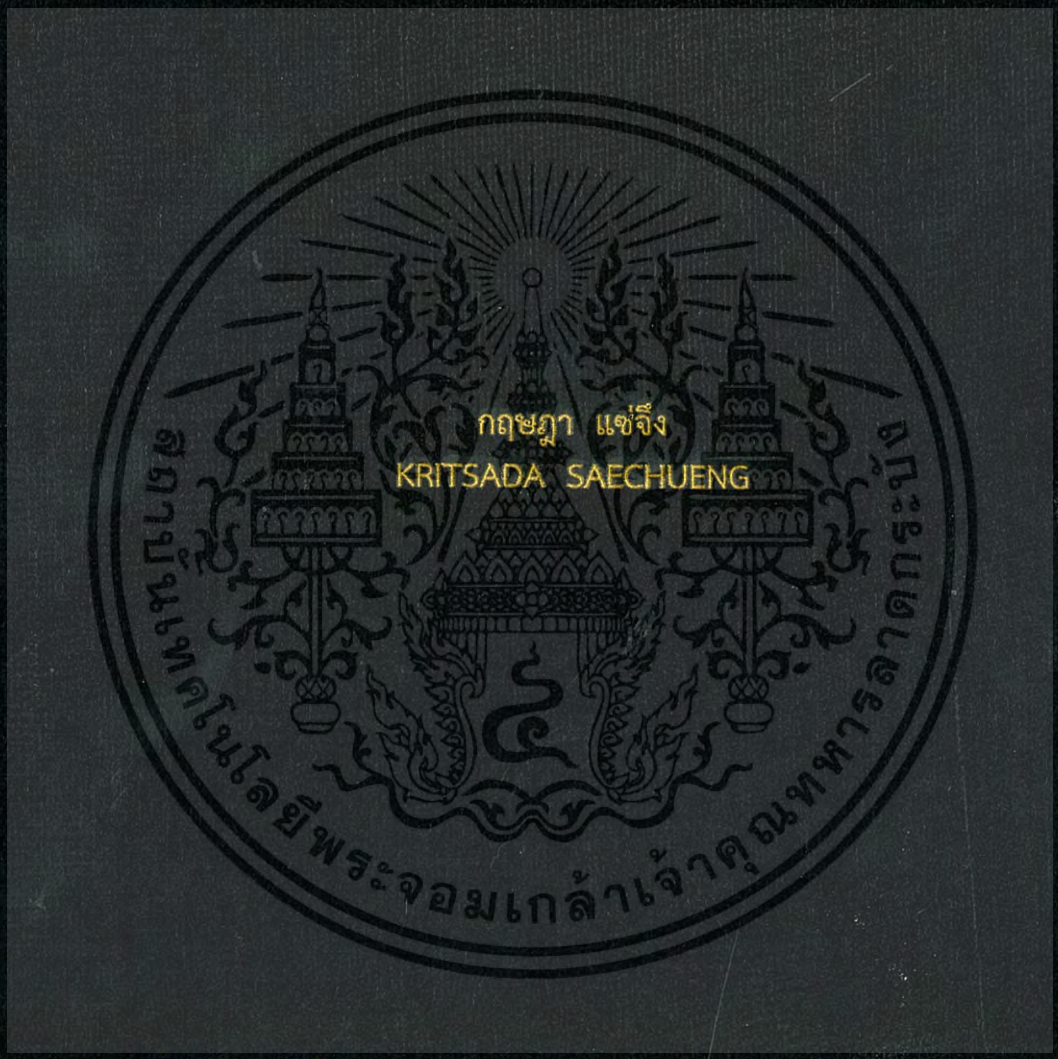
เครื่องกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้าขนาดเล็ก

A COMPACT OF MINI RICE GRAIN STIMULATOR USING ELECTRIC FIELD



กฤษฎา แซ่จึง
KRITSADA SAECHUENG

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2560

KMITL-2017-EN-M-020-106

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เครื่องกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้าขนาดเล็ก

A COMPACT OF MINI RICE GRAIN STIMULATOR USING ELECTRIC FIELD

T148750

กฤษฎา แซ่จึง

KRITSADA SAECHUENG

b 00267094
l

สพม.
เลขทะเบียน 148750
วัน.เดือน.ปี 23 พ.ย. 2560

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2560

KMITL-2017-EN-M-020-106

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A COMPACT OF MINI RICE GRAIN STIMULATOR USING ELECTRIC FIELD

KRITSADA SAECHUENG

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

MASTER OF ENGINEERING IN ELECTRICAL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2017

KMITL-2017-EN-M-020-106

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2017
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ เครื่องกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้าขนาดเล็ก
Thesis Title A Compact of Mini Rice Grain Stimulator using Electric Field
นักศึกษา นายกฤษฎา แซ่จึง
รหัสประจำตัว 55610737
ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รศ.ดร.ศิริวัฒน์ โพธิเวชกุล
หมายเลขวิทยานิพนธ์ KMITL-2017-EN-M-020-106

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
รศ.ดร.บุญยัง	ปลั่งกลาง	
รศ.ดร.อานันทวัฒน์	คุณากร	
ผศ.ดร.พีรวุฒิ	ยุทธโกวิท	
รศ.ดร.นรเศรษฐ	พัฒนเดช	
รศ.ดร.ศิริวัฒน์	โพธิเวชกุล	

วัน / เดือน/ ปี ที่สอบ วันอังคารที่ 18 กรกฎาคม พ.ศ. 2560 เวลา 13.00-15.00 น.
สถานที่สอบ ณ อาคารเฉลิมพระเกียรติ ห้อง HM-305

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

คณะวิศวกรรมศาสตร์ รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์ ดร. คมสัน มาลีสี)
คณบดี คณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่ 18 กรกฎาคม พ.ศ. 2560

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	เครื่องกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้าขนาดเล็ก
นักศึกษา	นายกฤษฎา แซ่จึง
รหัสประจำตัว	55610737
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
พ.ศ.	2560
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รศ.ดร. ศิริวัฒน์ โพธิเวชกุล

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอการออกแบบและสร้างเครื่องกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้าขนาดเล็ก ซึ่งหลักการออกแบบจะอ้างอิงจากผลการศึกษาการกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้า โดยจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ อิเล็กโทรดกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าว , แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง และชุดควบคุม โดยอิเล็กโทรดกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวออกแบบให้มีพิกัดที่สามารถบรรจุข้าวได้ครั้งล่ะ 8 กิโลกรัม สามารถกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวได้ 24 กิโลกรัม (ปริมาณเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ใช้ในการปลูก 1 ไร่) ต่อชั่วโมง ในส่วนแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง จะใช้หม้อแปลงแรงดันสูงร่วมกับวงจรเรียงกระแสเพื่อสร้างแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 10 kV และในส่วนของชุดควบคุม จะใช้ PLC ในการควบคุมการจ่ายแรงดันไฟฟ้าและเวลาที่ใช้ในการกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าว โดยเวลาที่ใช้จะแตกต่างกันออกไปตามสายพันธุ์ข้าวที่ใช้ ได้แก่ พันธุ์ปทุมธานี 1 จะใช้เวลาในการกระตุ้น 15-20 นาที , พันธุ์สุพรรณบุรี 1 จะใช้เวลาในการกระตุ้น 15-20 นาที และพันธุ์ขาวดอกมะลิจะใช้เวลาในการกระตุ้น 20-25 นาที โดยเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ผ่านการกระตุ้นด้วยสนามไฟฟ้านั้นจะให้ผลผลิตเพิ่มมากขึ้น 10-20 % จากผลการทดลอง ในการกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวจะใช้กำลังไฟฟ้า 244 วัตต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis	A Compact of Mini Rice Grain Stimulator Using Electric Field
Student	Mr. Kritsada Saechueng
Student ID.	55610737
Degree	Master of Engineering
Program	Electrical Engineering
Year	2017
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Dr. Siriwat Potivejkul

ABSTRACT

This thesis presents design and construction of a compact rice grain stimulator using electric field. The design principle is based on the results of study on the rice grain stimulation using electric field. The design is composed of three parts; electrodes, a DC power supply, and a controller. The electrodes are designed under load condition of rice of 8 kg. The stimulator is able to stimulate rice seed of 24 kg (for the plant area of 1 rai or 1600 m^2) within 1 hour. The second part is the DC power supply with the voltage rating of 10 kV. It is constructed from a high voltage transformer connected with a rectifier. The third part is the controller base on PLC, controlling the voltage supply and the operating time. The operating time is varies depending on the type of rice. In a case of Pathumthani 1, it takes time of 15-20 minutes in the stimulation process, In a case of Suphanburi 1, it takes 15-20 minutes. For Thai jasmine rice, it takes 20-25 minutes. Rice grain stimulated by electric field can gain product more 10-20 %. The experimental results show that operation uses power consumption of 244 watts.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาของท่านรองศาสตราจารย์ ดร.ศิริวัฒน์ โพธิเวชกุล อาจารย์ที่ปรึกษา ที่คอยให้คำปรึกษาและคำแนะนำในการทำโครงงานรวมทั้งให้การสั่งสอนต่างๆมาโดยตลอด ทำให้ผู้จัดทำมีความรู้และประสบการณ์ในการทำงานด้านต่างๆมากขึ้น

ขอขอบคุณท่านผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดรพีรวุฒิ ยุทธโกวิท อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่คอยเสียสละเวลามาให้คำแนะนำ

ขอขอบคุณพี่ๆ รวมทั้งเพื่อนในห้องปฏิบัติการไฟฟ้าแรงสูง สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่คอยให้คำแนะนำ อุปกรณ์ และสถานที่ในการทดลอง

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ของข้าพเจ้าที่คอยให้กำลังใจและสนับสนุนในทุกๆด้านและขอขอบคุณเพื่อนๆที่ให้การช่วยเหลือในการทำงานมาตลอดจนสามารถทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

กฤษฎา แซ่จึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... II

กิตติกรรมประกาศ..... III

สารบัญ..... IV

สารบัญตาราง..... IX

สารบัญรูป..... X

บทที่ 1 บทนำ..... 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1

1.1.1 การศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 4

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน..... 6

1.3 สมมุติฐานของการศึกษา..... 7

1.4 ทฤษฎีในการวิจัย..... 7

1.5 ขอบเขตของงานวิจัย..... 7

1.6 ขั้นตอนการศึกษา..... 8

1.7 แผนการดำเนินงาน..... 9

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง..... 11

2.1 บทนำ..... 11

2.2 ทฤษฎีเรื่องข้าว..... 11

2.2.1 โครงสร้างของข้าว..... 11

2.2.1.1 แกลบ..... 11

2.2.1.2 ข้าวกล้องหรือเนื้อผล..... 12

2.2.2 ปฏิกิริยาทางไฟฟ้าที่เกี่ยวข้องกับเซลล์..... 14

2.2.2.1 ปรากฏการณ์ทางไฟฟ้าของเยื่อ 2 ชั้น และจลนศาสตร์ทางไฟฟ้า (Electrical Double Layers and Electrokinetic Phenomena)..... 14

2.2.2.2 โครงสร้างไฟฟ้าสถิตของเยื่อหุ้ม (The Electrostatic Structure of the Membrane)..... 16

2.2.3 ทฤษฎีการเรียงตัวของเมมเบรนของเมล็ดพันธุ์ข้าว..... 18

2.2.4 เอนไซม์สำคัญในเมล็ดพันธุ์ข้าวเมื่อผ่านการกระตุ้นด้วยสนามไฟฟ้า..... 19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.2.4.1 แคทาเลส (Catalase)..... 19
2.2.4.2 ซุปเปอร์ออกไซด์ ดิสมิวเทส (Superoxide dismutase)..... 20
2.2.4.3 เพอร์ออกซิเดส (Peroxidase)..... 20
2.3 ทฤษฎีพื้นฐานสนามไฟฟ้า..... 20
2.3.1 ความคงทนของฉนวนต่อแรงดันไฟฟ้า (Dielectric Strength)..... 20
2.3.2 ลักษณะรูปแบบสนามไฟฟ้า..... 20
2.3.2.1 สนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ..... 21
2.3.2.2 สนามไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอ..... 22
2.4 ทฤษฎีพื้นฐานของ PLC..... 24
2.5 ตัวแบ่งแรงดัน (Voltage Divider)..... 25
2.6 วงจรเรียงกระแส..... 27
2.6.1 วงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น (Half Wave Rectifier Circuit)..... 27
2.6.1.1 ค่าเฉลี่ย (Average value)..... 28
2.6.1.2 ค่าประสิทธิผล (Effective value or Root Mean Square). 29
2.6.2 วงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น (Full Wave Rectifier Circuit)..... 30
2.6.2.1 วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบเซ็นเตอร์แทป (Center Tap Rectifer Circuit)..... 30
2.6.2.2 วงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์ (Bridge Rectifier Circuit)..... 31
2.6.2.3 ค่าพารามิเตอร์ในวงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น..... 32
2.6.3 แรงดันย้อนกลับ (Peak Inverse Voltage – PIV)..... 33
2.7 ไฟไนต์อิลิเมนต์ (FINITE ELEMENT)..... 33
2.7.1 ความเข้าใจในระเบียบวิธีไฟไนต์อิลิเมนต์..... 33
2.7.2 ความเข้าใจในการประดิษฐ์ไฟไนต์อิลิเมนต์..... 34
2.7.3 ระเบียบไฟไนต์อิลิเมนต์..... 34
2.7.4 กระบวนการแก้ปัญหาด้วยวิธีไฟไนต์อิลิเมนต์..... 35

บทที่ 3 การออกแบบและประกอบสร้างเครื่องกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้าขนาดเล็ก..... 37
3.1 บทนำ..... 37
3.2 การออกแบบอิเล็กโทรดที่ใช้ในการกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าว..... 38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.2.1 การคำนวณค่าแรงดันที่ป้อนตามช่วงสนามไฟฟ้าที่เหมาะสมในการกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าว 38
3.2.2 การวิเคราะห์อิเล็กโทรดที่ใช้ในการกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยวิธีไฟไนท์อิลิเมนต์ 39
3.2.3 การออกแบบอิเล็กโทรดที่ใช้ในการกระตุ้นเล็ดพันธุ์ข้าวด้วยโปรกแกรมโซลิดเวิร์ค 41
3.3 การออกแบบชุดแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 44
3.3.1 หม้อแปลงแรงดันสูง 46
3.3.2 หม้อแปลงด้านแรงดันต่ำ 47
3.3.3 วงจรเรียงกระแส 48
3.3.3.1 วงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์ (Bridge Rectifier Circuit) 48
3.3.3.2 ตัวเก็บประจุกรองกระแส 49
3.3.4 การออกแบบสร้างโวลท์เตจดิไวเดอร์ชนิดความต้านทาน 50
3.3.4.1 องค์ประกอบภาคแรงสูง 50
3.3.4.2 องค์ประกอบภาคแรงต่ำ 51
3.4 การออกแบบชุดควบคุมเครื่องกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้า 52
3.4.1 PLC 53
3.4.2 รีเลย์จำกัดกระแส 54
3.4.3 เบรกเกอร์แมกเนติก 54
3.5 อุปกรณ์วัดค่าต่างๆ 56
3.5.1 ดิไวเดอร์ 56
3.5.2 ออสซิลโลสโคบ RIGOL DS1000E 56
3.5.3 มัลติมิเตอร์ 57
3.8.4 พาวเวอร์แคลมป์มิเตอร์ YOKOGAWA CW10 57

บทที่ 4 การทดลองและการวิเคราะห์ผล 58
4.1 บทนำ 58
4.2 การทดสอบชุดจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 58
4.3 การทดสอบวัดค่าแรงดันไฟฟ้าด้วยโวลเตจดิไวเดอร์ชนิดความต้านทานเปรียบเทียบกับโวลเตจดิไวเดอร์อ้างอิง 62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.4 การทดสอบการทำงานของเครื่องกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้าขนาดเล็กในกรณีที่อิเล็กโทรดมีข้าวบรรจุเต็มทุกช่อง , มีข้าวบรรจุครึ่งหนึ่ง และไม่มีข้าวบรรจุ 65

4.4.1 ผลการทดสอบเครื่องกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้าขนาดเล็กในกรณีที่อิเล็กโทรดมีข้าวบรรจุเต็มทุกช่อง 67

4.4.2 ผลการทดสอบเครื่องกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้าขนาดเล็กในกรณีที่อิเล็กโทรดมีข้าวบรรจุอยู่ครึ่งหนึ่ง 68

4.4.3 ผลการทดสอบเครื่องกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้าขนาดเล็กในกรณีที่อิเล็กโทรดไม่มีข้าวบรรจุ 68

4.5 การทดสอบค่ากำลังไฟฟ้าของเครื่องกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้าขนาดเล็กในการกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าว 3 สายพันธุ์ 71

4.5.1 การทดสอบค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 72

4.5.2 การทดสอบค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 73

4.5.3 การทดสอบค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 74

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 76

5.1 บทนำ 76

5.2 สรุปผลการศึกษาการกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้า 76

5.3 ผลสรุปการออกแบบสร้างเครื่องกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้าขนาดเล็ก 76

5.4 ผลสรุปการทดสอบการทำงานของเครื่องกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้าขนาดเล็ก 78

5.4.1 ผลสรุปการทดสอบการวัดค่าแรงดันไฟฟ้าด้วยโวลเตจดิไวเดอร์ชนิดความต้านทาน 78

5.4.1 ผลสรุปการทดสอบการทำงานชุดจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงร่วมกับอิเล็กโทรดระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าว 78

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

5.5 ผลสรุปการวิเคราะห์ค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวทั้ง 3 สายพันธุ์ 78

5.6 การเปรียบเทียบค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวระหว่างเครื่องกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ด้วยสนามไฟฟ้าขนาด 8 kg และเครื่องกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้าขนาด 25 kg 79

5.7 ข้อเสนอแนะ 79

เอกสารอ้างอิง 81

ภาคผนวก 84

ภาคผนวก ก เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง 84

ภาคผนวก ข ผลการทดลองอื่นๆ 87

ภาคผนวก ค การวิจัยการเพาะปลูกเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ผ่านการกระตุ้นด้วยสนามไฟฟ้า 92

ภาคผนวก ง คู่มือการใช้งานเครื่องกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้าขนาดเล็ก 102

ภาคผนวก จ บทความที่ได้รับการตีพิมพ์ 108

ประวัติผู้เขียน 114

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.1	พื้นที่เพาะปลูกและเก็บเกี่ยวข้าวในแต่ละประเทศของอาเซียน	2
1.2	ผลผลิตข้าวเปลือกเฉลี่ยต่อไร่ในแต่ละประเทศของอาเซียน	3
1.3	ผลผลิตข้าวต่อไร่ที่เพิ่มขึ้นของการปลูกเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ผ่านกระกระตุ้นด้วยสนามไฟฟ้า	4
1.7	แผนดำเนินงาน	8
3.1	แรงดันไฟฟ้าที่ใช้ในการกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าว	47
4.1	ค่าแรงดันไฟฟ้าของชุดจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง	61
4.2	ผลการวัดค่าแรงดันไฟฟ้าด้วยโวลท์เตจดิไวเดอร์ชนิดความต้านทานเปรียบเทียบกับดิไวเดอร์อ้างอิง	64
4.3	ค่าแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่ในกรณีที่อิเล็กโทรดมีข้าวบรรจุเต็มทุกช่อง	67
4.4	ค่าแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่ในกรณีที่อิเล็กโทรดมีข้าวบรรจุอยู่ครึ่งหนึ่ง	68
4.5	ค่าแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่ในกรณีที่อิเล็กโทรดไม่มีข้าวบรรจุ	68
4.6	ค่าแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่ใช้ในการกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1	72
4.7	ค่าแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่ใช้ในการกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1	73
4.8	ค่าแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่ใช้ในการกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ	74
5.1	พิกัดของเครื่องกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้าขนาดเล็ก	77
5.2	การเปรียบเทียบค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวระหว่างเครื่องกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ด้วยสนามไฟฟ้าขนาด 8 kg และเครื่องกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้าขนาด 25 kg	79

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1.1	ผลผลิตข้าวเปลือกรวมทั่วโลก	1
1.2	พื้นที่เพาะปลูกและผลผลิตข้าวเปลือกเฉลี่ยต่อไร่ของประเทศในกลุ่มอาเซียน	2
2.1	ส่วนประกอบของเมล็ดข้าว	14
2.2	ประจุลบที่ถูกตรึงไว้บนพื้นผิวและมีการเคลื่อนที่ของประจุบวกบริเวณใกล้พื้นผิว	15
2.3	ปรากฏการณ์จลนศาสตร์ทางไฟฟ้าของอนุภาคที่เกิดจากความต่างศักย์ไฟฟ้าและสนามไฟฟ้าของแผ่นคู่ขนาน	16
2.4	ประจุที่ถูกตรึงไว้ของเยื่อหุ้มเซลล์	17
2.5	สมมุติฐานการเรียงตัวของเมมเบรนของเมล็ดพันธุ์ข้าว	19
2.6 (ก)	สนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ (Uniform Filed)	21
2.6 (ข)	สนามไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอเล็กน้อย (Sightly Nonuinform Field)	21
2.6 (ค)	สนามไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอสูง (Highly Nonuniform Field)	21
2.7	สนามไฟฟ้ากระจายเปรียบเทียบของอิเล็กโตรดลักษณะต่างๆ	23
2.8	ลักษณะโครงสร้างของ PLC	25
2.9	วงจรแบบง่ายของตัวแบ่งแรงดัน	26
2.10	วงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น	27
2.11	แสดงรูปคลื่นของแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ	28
2.12	วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบเซนเตอร์แทป	30
2.13 (ก)	แสดงการทำงานของวงจรเรียงกระแสแบบเซนเตอร์แทปเมื่ออินพุตเป็นซีกบวก	31
2.13 (ข)	แสดงการทำงานของวงจรเรียงกระแสแบบเซนเตอร์แทปเมื่ออินพุตเป็นซีกลบ	31
2.14	วงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์	31
2.15 (ก)	แสดงการทำงานของวงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์เมื่ออินพุตเป็นซีกลบ.	32
2.15 (ข)	แสดงการทำงานของวงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์เมื่ออินพุตเป็นซีกบวก	32
3.1	แผนผังการทำงานของเครื่องกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้าขนาดเล็ก	38
3.2	การวิเคราะห์ค่าสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอระหว่างแผ่นอิเล็กโทรดด้วย FEM	39
3.3	แสดงค่าสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอด้วย FEM	40
3.4	การวิเคราะห์ค่าสนามไฟฟ้าบริเวณขอบแผ่นอิเล็กโทรดด้วย FEM	40
3.5	แสดงค่าสนามไฟฟ้าที่ตำแหน่งขอบอิเล็กโทรดจนถึงจุดที่สนามไฟฟ้ามีค่าคงที่ด้วย FEM	41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
3.6	ชุดอิเล็กโทรดที่ออกแบบด้วยโปรแกรมโซลิด เวิร์ค	42
3.7	การเว้นระยะจากขอบอิเล็กโทรดด้านล่ะ 2.5 cm	43
3.8	ส่วนฐานรองเมล็ดข้าว (สามารถดึงออกเพื่อนำเมล็ดข้าวออกจากชุดอิเล็กโทรด)	43
3.9	อิเล็กโทรดกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ประกอบสร้างขึ้นจริง	44
3.10	ค่าความต้านทานของอิเล็กโทรดกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวขณะบรรจุข้าวเต็มทุกช่อง	45
3.11	วงจรของชุดแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง	46
3.12	หม้อแปลงนีออน	46
3.13	หม้อแปลงด้านแรงดันต่ำ	48
3.14	วงจรสมมูลของวงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์	49
3.15	วงจรเรียงกระแสที่ออกแบบสร้าง	50
3.16	โวลท์เตจดิไวเดอร์อัตราส่วนแรงดัน 1000:1	51
3.17	โวลท์เตจดิไวเดอร์ที่ประกอบสร้าง	52
3.18	แผนผังการทำงานของชุดควบคุมเครื่องกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้าขนาดเล็ก	52
3.19	PLC และ Module ที่ใช้ในชุดควบคุมเครื่องกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้าขนาดเล็ก	53
3.20	แรดเดอร์ไดอะแกรมภายใน PLC	53
3.21	ตู้ควบคุมเครื่องกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้าขนาดเล็ก	55
3.22	อุปกรณ์ภายในตู้ควบคุมเครื่องกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้าขนาดเล็ก	56
4.1	การเตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบชุดจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง	59
4.2	จุดวัดรูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าของชุดจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง	59
4.3	รูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าขาออกของหม้อแปลงแรงดันสูง	60
4.4	รูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าหลังจากผ่านวงจรเรียงกระแส	61
4.5	กราฟแรงดันขาออกของชุดจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง	62
4.6	การเตรียมการทดลองวัดค่าแรงดันไฟฟ้าด้วยโวลเตจดิไวเดอร์ชนิดความต้านทานเทียบกับโวลเตจดิไวเดอร์อ้างอิง	63
4.7	การเตรียมการทดสอบการใช้งานเครื่องกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้าขนาดเล็กในการกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าว	65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

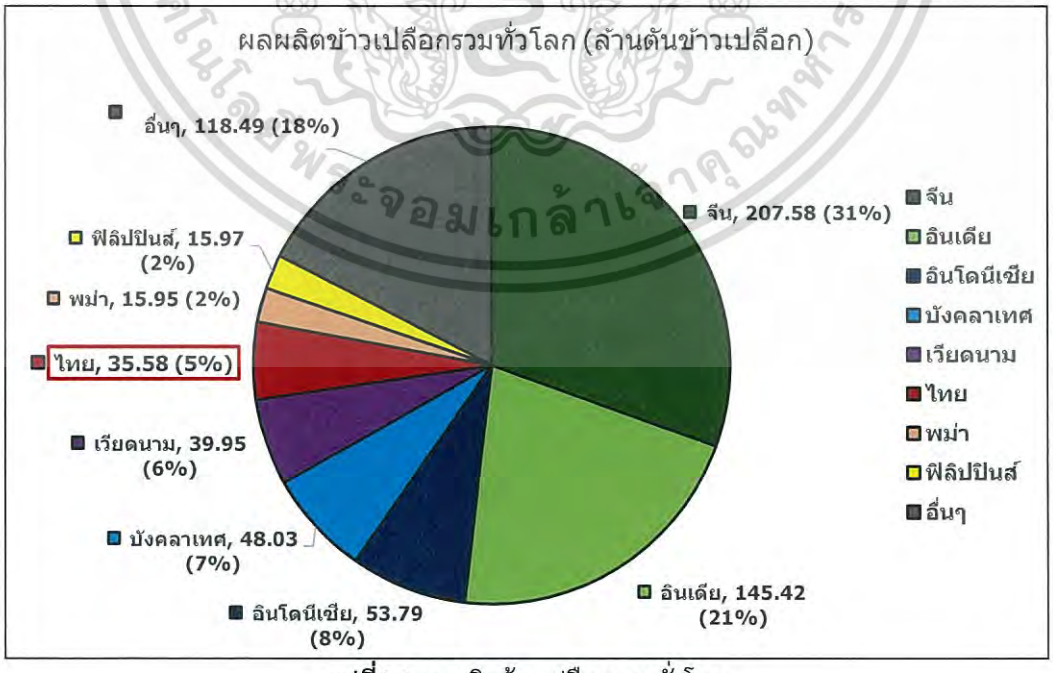
รูปที่		หน้า
4.8	กราฟแรงดันและกระแสไฟฟ้าที่ใช้ในการกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวขณะมีข้าวเต็มทุกช่อง , มีข้าวครึ่งหนึ่ง และไม่มีข้าวในอิเล็กโทรด	69
4.9	ค่าความต้านทานของอิเล็กโทรดกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวขณะบรรจุข้าวเต็มทุกช่อง.....	69
4.10	ค่าความต้านทานของอิเล็กโทรดกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวขณะบรรจุข้าวครึ่งหนึ่ง...	70
4.11	ค่าความต้านทานของอิเล็กโทรดกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวขณะไม่มีข้าวบรรจุอยู่.....	70
4.12	กราฟแรงดันและกระแสไฟฟ้าที่ใช้ในการกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวพันธุ์ต่างๆ.....	74
5.1	เครื่องกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้าขนาดเล็ก.....	77

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

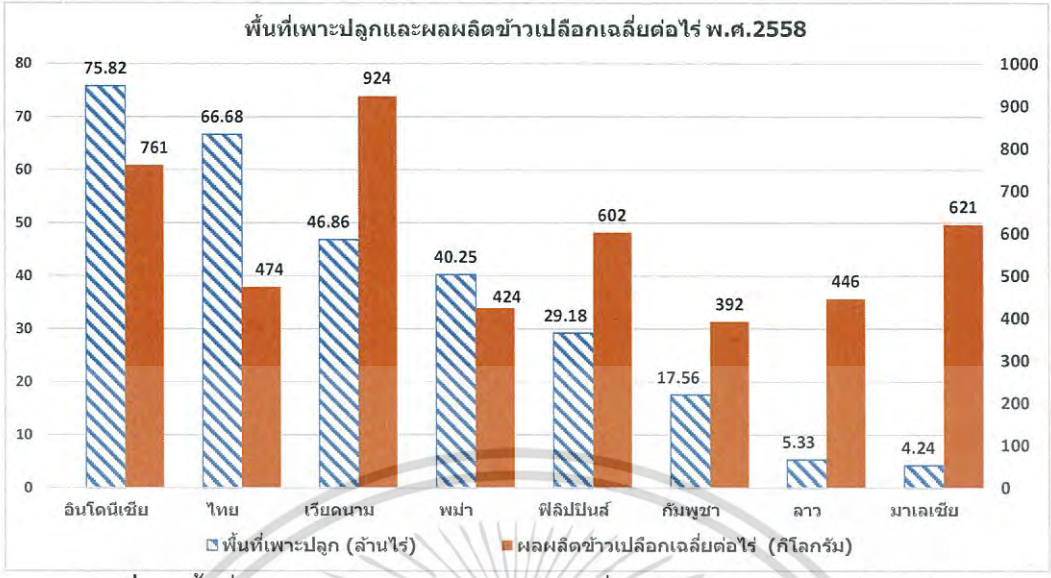
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจหลักที่สำคัญของประเทศไทย เกษตรกรผู้ปลูกข้าวคิดเป็นร้อยละ 65 ของครัวเรือนเกษตรทั้งหมดในประเทศ หรือประมาณ 4,178,064 ครัวเรือน ตั้งแต่อดีตประเทศไทยเป็นผู้ผลิตและส่งออกข้าวที่มีความสำคัญเป็นอันดับต้นๆของโลก แต่ปัจจุบันประเทศไทยมีผลผลิตข้าวต่อปีเป็นอันดับ 6 ของโลก (อันดับ 3 ของอาเซียน) รองจาก ประเทศจีน อินเดีย อินโดนีเซีย บังกลาเทศ และเวียดนาม สาเหตุนั้นเนื่องมาจากในปัจจุบันโลกเกิดภาวะแปรปรวนของภูมิอากาศและสภาพแวดล้อม ทำให้ผลผลิตข้าวต่อไร่ภายในประเทศลดลง และปัญหาผลผลิตข้าวต่อไร่ตกต่ำนี้ยังเป็นสาเหตุหนึ่งของปัญหาความยากจนของเกษตรกรที่ปลูกข้าว เนื่องมาจากว่าเกษตรกรไทยนั้นใช้พื้นที่ในการเพาะปลูกข้าวมาก ทำให้ต้นทุนในการปลูกข้าวสูง แต่กลับได้ผลผลิตต่อไร่ต่ำ จากข้อมูลของกรมการข้าวในปี พ.ศ. 2558 [1] ประเทศไทยมีพื้นที่เพาะปลูกข้าว 66.68 ล้านไร่ มีผลผลิตข้าวต่อไร่เฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 474 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งหากเทียบกับเวียดนามที่มีพื้นที่เพาะปลูกข้าว 46.86 ล้านไร่ ซึ่งน้อยกว่าไทยแต่กลับมีผลผลิตข้าวต่อไร่เฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 924 กิโลกรัมต่อไร่ หรือประมาณ2เท่าของประเทศไทย ซึ่งทำให้เวียดนามที่มีพื้นที่เพาะปลูกน้อยกว่าไทยสามารถสร้างผลผลิตข้าวเปลือกได้มากกว่า



รูปที่1.1 ผลผลิตข้าวเปลือกรวมทั่วโลก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่1.2 พื้นที่เพาะปลูกและผลผลิตข้าวเปลือกเฉลี่ยต่อไร่ของประเทศในกลุ่มอาเซียน

ตารางที่ 1.1 พื้นที่เพาะปลูกและเก็บเกี่ยวข้าวในแต่ละประเทศของอาเซียน

ประเทศ	พื้นที่เพาะปลูกและเก็บเกี่ยวข้าว (ล้านไร่)				
	พ.ศ.2554	พ.ศ.2555	พ.ศ.2556	พ.ศ.2557	พ.ศ.2558
อินโดนีเซีย	75.50	76.00	75.94	75.90	75.82
เวียดนาม	47.56	47.75	47.63	47.63	46.86
ไทย	74.72	73.56	73.16	69.56	66.68
พม่า	43.75	40.73	40.63	39.69	40.25
ฟิลิปปินส์	27.19	28.63	28.75	29.13	29.18
กัมพูชา	17.83	17.31	17.81	17.81	17.56
ลาว	5.44	5.13	5.50	5.50	5.33
มาเลเซีย	4.19	4.25	4.25	4.28	4.24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1.2 ผลผลิตข้าวเปลือกเฉลี่ยต่อไร่ในแต่ละประเทศของอาเซียน

ประเทศ	ผลผลิตข้าวเปลือกเฉลี่ยต่อไร่(กิโลกรัม)				
	พ.ศ.2554	พ.ศ.2555	พ.ศ.2556	พ.ศ.2557	พ.ศ.2558
อินโดนีเซีย	747	757	765	765	761
เวียดนาม	888	896	904	926	924
ไทย	510	509	503	486	474
พม่า	376	416	422	424	424
ฟิลิปปินส์	590	594	597	600	602
กัมพูชา	351	386	395	395	392
ลาว	406	446	446	445	446
มาเลเซีย	602	616	618	618	621

จากปัญหาดังกล่าว ได้มีหลายหน่วยงานให้ความสำคัญกับการแก้ไขปัญหานี้ โดยการนำเทคโนโลยีและนวัตกรรมต่างๆมาใช้ในการเพิ่มผลผลิตข้าวต่อไร่และลดต้นทุนการปลูกข้าวลง เช่น การพัฒนาสายพันธุ์ข้าวให้เหมาะสมกับการเพาะปลูกในแต่ละภูมิภาค การใช้ปุ๋ยชีวภาพที่พัฒนาให้มีคุณภาพสูงและต้นทุนต่ำกว่าปุ๋ยเคมี

ซึ่งปัญหาผลผลิตข้าวต่อไร่ตกต่ำนี้ ทางคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง นำโดย รศ.ดร.ศิริวัฒน์ โพธิเวชกุล ได้ทำการศึกษาวิจัยและนำเทคนิคการใช้สนามไฟฟ้ามากระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวก่อนที่จะนำไปปลูก พบว่าเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ผ่านการกระตุ้นด้วยสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอแรงดันสูงจะมีรากงอกยาวขึ้นกว่าเดิมประมาณ 1.2-2 เท่าของเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ไม่ได้ผ่านการกระตุ้นด้วยสนามไฟฟ้า ทำให้ต้นข้าวโตเร็วขึ้น และการตั้งของลำต้นแข็งแรง ส่งผลต่อการเพิ่มผลผลิตข้าวต่อไร่ประมาณ 10-20 % ดังที่แสดงในตารางที่ 1.3 ซึ่งหากสามารถนำวิธีการเพิ่มผลผลิตด้วยการกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้านี้มาใช้ได้ทั่วทั้งประเทศจะทำให้ประเทศไทยมีผลผลิตข้าวเพิ่มมากขึ้นปีล่ะประมาณ3-6ล้านตัน และมีรายได้จากการขายข้าวเพิ่มมากขึ้นปีล่ะประมาณ 2.5-5 หมื่นล้านบาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1.3 ผลผลิตข้าวต่อไร่ที่เพิ่มขึ้นของการปลูกเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ผ่านกระกระตุ้นด้วยสนามไฟฟ้า

พ.ศ.	พันธุ์ข้าว	ผลผลิตเพิ่มขึ้น (%)	สถานที่
2542	สุพรรณบุรี 1	26	แปลงเกษตรกร จ.สิงห์บุรี
2542-43	ขาวดอกมะลิ 105 (หว่านน้ำตม)	27	ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี
2546-47	พลายงาม	22	ศูนย์วิจัยข้าวปราจีนบุรี
2547	ปทุมธานี 1	20	แปลงเกษตรกร กทม.
2547	ขาวดอกมะลิ 105 (หว่านแห้ง)	10	แปลงเกษตรกร จ.ร้อยเอ็ด
2547	สุพรรณบุรี 1(เมล็ดพันธุ์ศูนย์ฯ)	10	แปลงนาเกษตรกร จ.สุพรรณบุรี
2552	ขาวดอกมะลิ 105 (หว่านแห้ง)	20	แปลงนา สกต.สลักได จ.สุรินทร์
2554	ปทุมธานี 1	12	แปลงนาเกษตรกร จ.สุพรรณบุรี

แต่ทว่าการใช้เทคนิคการกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้าเพื่อเพิ่มผลผลิตนั้นต้องใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าแรงสูงและความชำนาญในการใช้เครื่องมือทางวิศวกรรมไฟฟ้า อีกทั้งยังลำบากในการเคลื่อนย้ายอุปกรณ์ จึงเป็นที่มาของงานวิจัยนี้โดยการนำหลักการสร้างสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอแรงดันสูงมาออกแบบสร้างเครื่องกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้าขนาดเล็ก ให้มีความสะดวกและปลอดภัยในการใช้งาน สามารถเคลื่อนย้ายไปยังสถานที่ใช้งานจริง เพื่อใช้ในการกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวก่อนที่จะนำไปปลูก

1.1.1 การศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.1.1.1 ปี พ.ศ.2539 Li Yi และ Ye Jiaming ได้ศึกษาผลของสนามไฟฟ้าแรงดันสูงที่มีต่อเมล็ดพันธุ์ข้าวเปลือกที่เก็บมาเป็นเวลานาน พบว่าการกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวที่เก็บมาเป็นเวลานานด้วยสนาไฟฟ้า จะช่วยเพิ่มอัตราการงอกของเมล็ดได้มากกว่าเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ไม่ผ่านการกระตุ้นด้วยสนามไฟฟ้า 17.5% และคลอโรฟิลล์ของเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ผ่านการกระตุ้นด้วยสนามไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้น 23.7% [Journal of Hunan Agricultural University]

1.1.1.2 ปี พ.ศ.2546 Miss Thyanuich Rotcharoen , Dr. Werachet Khan-ngern และ Shuichi Nitta ได้ศึกษาผลการเจริญเติบโตของเมล็ดพันธุ์ข้าวใต้สายส่งไฟฟ้าแรงสูง 300 kV โดยการจำลองสร้างสนามไฟฟ้าที่คำนวณจากพื้นที่ใต้สายส่งไฟฟ้าแรงสูง 300 kV DC พบว่าเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ปลูกภายใต้สนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ 28.5 kV/m (ค่าสนามไฟฟ้าที่คำนวณจากพื้นที่ใต้สายส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไฟฟ้าแรงสูง 300 kV DC) จะมีความสูงของลำต้นมากกว่าเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ปลูกโดยไม่มีสนามไฟฟ้า 20 % และความยาวของรากมากกว่าเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ปลูกโดยไม่มีสนามไฟฟ้า 34.5 % [Asia-Pacific Conference on Environmental Electromagnetics CEEM' 2003 Nov. 47,2003 Hangzhou ,China]

1.1.1.3 ปี พ.ศ.2546 คุณพงษ์เทพ เกิดดอนแฝก และรศ.ร.อ.ดร.วีระเชษฐ์ ขันเงิน ได้ทำการทดลองกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้า พบว่าในการกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าว โดยการกระตุ้นแล้วปลูกในห้องทดลองที่ควบคุมอุณหภูมิและความชื้น ค่าสนามไฟฟ้าที่ 1.5 kV/cm ระยะในการชาร์จประจุ 30นาที เมล็ดพันธุ์ข้าวจะมีอัตราการเจริญเติบโตมากกว่าเดิม 10% และในการทดลองนำไปปลูกเปรียบเทียบระหว่างเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ผ่านการกระตุ้นด้วยสนามไฟฟ้ากับเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ไม่ผ่านการกระตุ้นด้วยสนามไฟฟ้า เมล็ดพันธุ์ข้าวที่กระตุ้นด้วยสนามไฟฟ้าคงที่1.5 kV/cm ระยะเวลา30นาที จะให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น10-40% ขึ้นอยู่กับชนิดพันธุ์ข้าว [Asia-Pacific Conference on Environmental Electromagnetics CEEM' 2003 Nov. 47,2003 Hangzhou ,China]

1.1.1.4 ปี พ.ศ.2547 คุณพงษ์เทพ เกิดดอนแฝก และ ศูนย์วิจัยข้าวปราจีนบุรี ได้ทำการศึกษาคุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าวหลังจากผ่านการกระตุ้นด้วยสนามไฟฟ้า โดยนำเมล็ดพันธุ์ข้าวปทุมธานี1 มาผ่านสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอความเข้มตั้งแต่ 1-12 kV/cm และระยะเวลาที่ผ่านสนามไฟฟ้าตั้งแต่ 1-30 นาที พบว่า เปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวจะมีค่ามากที่สุดผ่านสนามไฟฟ้าความเข้ม 4 kV/cm ใช้เวลา 15 นาที

1.1.1.5 ปี พ.ศ.2547 คุณพงษ์เทพ เกิดดอนแฝก และ ศูนย์วิจัยข้าวปราจีนบุรี ได้ทำการทดสอบคุณภาพเมล็ดข้าวทางเคมีและกายภาพบางประการของผลผลิตข้าวที่ได้จากการใช้เมล็ดพันธุ์กระตุ้นด้วยสนามไฟฟ้าในการปลูก พบว่าผลผลิตข้าวที่ได้จากการปลูกเมล็ดพันธุ์ข้าวที่กระตุ้นด้วยสนามไฟฟ้ามีปริมาณอมิโลสภายในเมล็ดและคุณลักษณะภายนอกไม่ต่างจากเมล็ดข้าวปกติ

1.1.1.6 ปี พ.ศ.2551 Miss Thyanuich Rotcharoen , Dr. Werachet Khan-ngern และ Shuichi Nitta ได้ศึกษาคุณลักษณะทิศทางการงอกของรากเมล็ดพันธุ์ข้าวภายใต้สนามไฟฟ้า พบว่าเมล็ดพันธุ์ข้าวที่เจริญเติบโตภายใต้สนามไฟฟ้าแรงสูง 28.5 kV/m ภายในช่วงเวลา 24 ชม การงอกของรากจะมีทิศทางเบี่ยงโค้งไปทางขั้วลบของสนามไฟฟ้า ซึ่งจะมีส่วนช่วยทำให้รากของเมล็ดพันธุ์ข้าวงอกผ่านชั้นเยื่อหุ้มเมมเบรนได้เร็วขึ้น ทำให้เมล็ดพันธุ์ข้าวงอกได้เร็วกว่าปกติ [2008 Asia-Pacific Sympsoium on Electromagnetic Compatibility, 19–22 May 2008, Singapore]

1.1.1.7 ปี พ.ศ.2551 โครงการ IRPUS 51 รศ.ดร.ศิริวัฒน์ โพธิเวชกุล และคณะ ได้ศึกษาการกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้า พบว่าการกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้ากระแสตรง 4 kV/cm เป็นเวลา 15 นาที จะช่วยเพิ่มเปอร์เซ็นต์การงอกของต้นกล้า ความยาวของรากต้นข้าว และดัชนีการงอก ช่วยให้มีผลผลิตต่อไร่เพิ่มขึ้นประมาณ 10-20 เปอร์เซ็นต์ [โครงการ IRPUS 2551]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.1.1.8 ปี พ.ศ.2552 Guixue Wang, Junli Huang, Weina Gao, Jiang Lu, Jian Li และ Ruijin Liao ได้ทำการทดลองผลของสนามไฟฟ้าที่มีต่อเอนไซม์ในเมล็ดพันธุ์ข้าว พบว่าการกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้ามี่ 2.5 – 4.5 kV/cm ในระยะเวลา 30 และ 55 นาที จะทำให้ค่าเอนไซม์ Catalase , Peroxidase และ superoxide ในเมล็ดพันธุ์ข้าวเพิ่มมากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ไม่ผ่านการกระตุ้นด้วยสนามไฟฟ้า ซึ่งเอนไซม์เหล่านี้เป็นเอนไซม์สำคัญที่ช่วยในการเจริญเติบโตและเพิ่มภูมิคุ้มกันให้กับพืช [Elsevier Journal of Electrostatics 67 (2009) 759–764]

1.1.1.9 ปี พ.ศ.2552 คุณบัญชา แย้มสะอาด และคณะ ได้ศึกษาการกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้า โดยการใช้ข้าว 3 สายพันธุ์ในการทดสอบ ได้แก่ ปทุมธานี1 , สุพรรณบุรี1 และขาวดอกมะลิ พบว่าระยะเวลาที่เหมาะสมที่ใช้ในการกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวทั้ง 3 สายพันธุ์คือ 15-20 นาที , 15-20 นาที และ 20-25 นาที ตามลำดับ [ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2552]

1.1.1.10 ปี พ.ศ.2553 รศ.ดร.ศิริวัฒน์ โพธิเวชกุลและคณะได้ทำการออกแบบสร้างและทดลองชุดต้นแบบเครื่องกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้า โดยผลการทดลองพบว่าค่าความยาวรากของเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ผ่านการกระตุ้นด้วยสนามไฟฟ้าในบริเวณแผ่นอิเล็กโทรดชุดกระตุ้นนั้นทั้งเมล็ดพันธุ์พร้อมปลูกและเมล็ดพันธุ์พึ่งเกี่ยวต่างมีค่าความยาวรากที่วัดใกล้เคียงกันทั้งแผ่นอิเล็กโทรด แสดงให้เห็นว่าภายในบริเวณแผ่นอิเล็กโทรดมีสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอทั่วทั้งพื้นที่แผ่นอิเล็กโทรด และมีค่าสนามไฟฟ้า 4 kV/cm เท่ากันทุกช่อง จากผลการเพาะเมล็ดพันธุ์ข้าวพบว่าทั้งเมล็ดพันธุ์พึ่งเกี่ยวที่ผ่านการกระตุ้นด้วยสนามไฟฟ้า มีอัตราการงอกของรากเพิ่มขึ้น 1.1 เท่า เมื่อเทียบกับเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ยังไม่ผ่านการกระตุ้นด้วยสนามไฟฟ้าและค่าความยากรากของเมล็ดพันธุ์พร้อมปลูกที่ผ่านการกระตุ้นด้วยสนามไฟฟ้า มีอัตราการงอกของรากเพิ่มขึ้น 1.3 เท่า เมื่อเทียบกับเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ยังไม่ผ่านการกระตุ้นด้วยสนามไฟฟ้าทั้งนี้เนื่องจากข้าวพร้อมปลูกนั้นได้ผ่านระยะพักตัวมาแล้วจึงมีการดูดซึมสารอาหารได้ดีกว่าเมล็ดพันธุ์พึ่งเกี่ยวที่ยังไม่ผ่านระยะการพักตัวของข้าวทำให้มีค่าความยาวรากที่มากกว่า [การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมทางไฟฟ้าครั้งที่ 33 , ธันวาคม 2553]

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการพัฒนาการใช้งานเครื่องกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้าขนาดเล็กให้เป็นนวัตกรรมที่มีการทำงานในระบบอัตโนมัติ ใช้งานและเคลื่อนย้ายได้สะดวก มีความปลอดภัยในการใช้งาน สามารถเคลื่อนย้ายไปตามชุมชนต่างๆเพื่อช่วยเหลือเรื่องการเพิ่มผลการผลิตข้าวต่อไร่ของเกษตรกรทั่วประเทศ รวมถึงการศึกษาผลของสนามไฟฟ้าที่มีต่อการเปลี่ยนแปลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะภายในของเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ผ่านการกระตุ้นด้วยสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอและค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าว

1.3 สมมุติฐานของการศึกษา

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่าได้มีการพัฒนาการเพิ่มผลผลิตข้าวเปลือกต่อไร่ในวิธีต่างๆ ได้แก่ การนำเมล็ดพันธุ์ข้าวไปแช่ในสารเคมีก่อนนำไปปลูก การใช้ปุ๋ยชีวะนาโนเพิ่มสารอาหารให้ต้นข้าว ดังนั้นเราจึงได้มีการศึกษาและพัฒนาการเพิ่มผลผลิตข้าวในวิธีการที่ต่างออกไป โดยสมมุติฐานของการวิจัยนี้เริ่มจาก การสังเกตต้นข้าวบริเวณเสาไฟฟ้าแรงสูงและจากงานวิจัยที่ผ่านมาจะพบว่าต้นข้าวบริเวณเสาไฟฟ้าแรงสูงจะมีความอุดมสมบูรณ์มากกว่าต้นข้าวบริเวณอื่น จึงมีความเป็นไปได้ที่จะสร้างสนามไฟฟ้าเพื่อกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวก่อนนำไปปลูกเพื่อเพิ่มผลผลิตเมล็ดข้าวต่อไร่

1.4 ทฤษฎีในการวิจัย

จากการศึกษาผลของสนามไฟฟ้าที่กระทำต่อประจุภายในเมล็ดข้าว สนามไฟฟ้านั้นจะส่งผลต่อการเรียงประจุภายในเซลล์และการเปลี่ยนแปลงเอนไซม์ 3 ชนิดของเมล็ดข้าวที่อยู่ใต้สนามไฟฟ้านั้น ได้แก่ เอนไซม์ Catalase , เอนไซม์ Peroxidase และ เอนไซม์ Superoxide [7] โดยเอนไซม์เหล่านี้เป็นเอนไซม์สำคัญที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช โดยสนามไฟฟ้าจะมีหน่วยเป็นโวลต์ต่อเมตร หรือกิโลโวลต์ต่อเซนติเมตร ดังนั้นเราจึงจะนำทฤษฎีสนามไฟฟ้านี้มาประยุกต์ใช้ในการกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวก่อนนำไปปลูก โดยใช้สนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ 4 kV/cm

1.5 ขอบเขตของงานวิจัย

1.5.1 ศึกษาข้อมูลและผลการวิจัยเกี่ยวข้องกับการกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้า

1.5.2 ศึกษาผลของสนามไฟฟ้าที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงภายในเซลล์และการเปลี่ยนแปลงเอนไซม์ภายในเมล็ดพันธุ์ข้าว

1.5.3 ออกแบบสร้างเครื่องกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้าขนาดเล็ก ให้มีการทำงานในระบบอัตโนมัติ สะดวกในการเคลื่อนย้าย และมีความปลอดภัยในการใช้งาน

1.5.4 ทดสอบการทำงานของเครื่องกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้าขนาดเล็ก

1.5.5 ศึกษาและวิเคราะห์ค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6 ขั้นตอนของการศึกษา

บทที่ 1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา วัตถุประสงค์ของการศึกษา สมมุติฐานของการศึกษา ทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย ขอบเขตของงานวิจัย ขั้นตอนการศึกษา และแผนการดำเนินงาน

บทที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐานที่ใช้ในการวิจัยประกอบไปด้วย สนามไฟฟ้า การเปลี่ยนแปลงเอนไซม์ของเมล็ดพันธุ์ข้าว ไฟไนอิลิเมนท์

บทที่ 3 การออกแบบเครื่องกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้าขนาดเล็ก ประกอบไปด้วย การคำนวณถึงจำนวนเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ใช้ในการทดลอง การสร้างแบบจำลองตัวอย่างชุดต้นแบบเครื่องกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้าโดยโปรแกรม SolidWorks 2012 SP0.0 ข้อสรุปจากงานวิจัยที่ผ่านมา แหล่งจ่ายแรงดัน และอุปกรณ์วัดค่าต่างๆ

บทที่ 4 การทดลองและการวิเคราะห์ผล การทดสอบชุดแรงดันในการใช้งานร่วมกับชุดต้นแบบเครื่องกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าว การวิเคราะห์พลังงานที่ใช้ในการกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าว ทดสอบประสิทธิภาพในการทำงานอย่างต่อเนื่องของเครื่องกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าว

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง ข้อเสนอแนะและแนวทางการพัฒนา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.7 แผนการดำเนินงาน

ขั้นตอนการดำเนินงาน	ระยะเวลาที่ใช้ในการทำวิจัย																														
	พ.ศ.2558												พ.ศ.2559												พ.ศ.2560						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7
1.รวบรวมและศึกษางานวิจัยก่อนหน้า																															
2.ศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูล																															
3.วางแผนการทดลอง																															
4.ศึกษาและออกแบบระบบของเครื่องกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้าให้เป็นระบบอัตโนมัติ																															
5.ตีพิมพ์บทความวิชาการ																															
6.ศึกษาผลของสนามไฟฟ้าที่มีต่อการเปลี่ยนแปลคุณลักษณะภายในของเมล็ดพันธุ์ข้าว																															
7.ศึกษาข้อมูลสนามไฟฟ้าที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงเอนไซม์ภายในของเมล็ดพันธุ์ข้าว																															

8.ออกแบบและสร้างชุดต้นแบบเครื่องกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้าขนาดเล็กสำหรับใช้งานจริง																																	
9.วิเคราะห์ผลการทำงานและค่าพลังงานที่ใช้ของเครื่องกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้าขนาดเล็ก																																	
10.สรุปผลการทดสอบ																																	
11.จัดทำและแก้ไขวิทยานิพนธ์																																	
12.สอบวิทยานิพนธ์																																	

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือแสวงหาประโยชน์ทางการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้นำเอกสารนี้ไปเผยแพร่ต่อ ทั้งในรูปแบบสื่ออิเล็กทรอนิกส์และสิ่งพิมพ์ ผู้ใช้งานจะต้องอ้างอิงถึงเจ้าของลิขสิทธิ์ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 บทนำ

เนื่องจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการประยุกต์ใช้หลักการสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอเพื่อใช้ในการกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวเพื่อให้ได้ผลในการเจริญเติบโตของเมล็ดพันธุ์ข้าว โดยสนามไฟฟ้าที่ใช้ได้มาจากการใช้หม้อแปลงแรงดันสูงกระแสตรงจ่ายแรงดันไฟฟ้าผ่านมายังเพลทกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวแบบระนาบ-ระนาบ ดังนั้นในบทนี้จึงเป็นการอธิบายถึงทฤษฎีที่ใช้อ้างอิงของโครงงานวิจัยนี้ ซึ่งจะทำให้สามารถทำความเข้าใจแนวคิดในวิทยานิพนธ์ได้ชัดเจน ด้วยเหตุนี้จึงได้แบ่งหัวข้อทฤษฎีออกตามลำดับของการอ้างอิงตั้งแต่

2.2 ทฤษฎีเรื่องข้าว [2]

ข้าว (rice) เป็นคำทั่วไปที่ใช้เรียกเมล็ดข้าว ซึ่งทางพฤกษศาสตร์ จะหมายถึงผล (fruit) ที่มีลักษณะเป็นผลเดี่ยว (single fruit) เกิดจากรังไข่อันเดียวชนิดลอยตัว (superior ovary) ของดอกเดี่ยวในแต่ละดอกย่อยที่เกิดรวมกันอยู่เป็นช่อดอก ผลเดี่ยวนี้จะติดแน่นอยู่กับผนังของรังไข่ หรือเยื่อหุ้มผล (pericarp) ซึ่งเมื่อผลสุกหรือแก่จะเป็นผลแห้ง (dry fruit) ที่ไม่แตก (indehiscent fruit) เรียกว่าเมล็ด (caryopsis grain) ที่มีเยื่อหุ้มผลและเปลือกหุ้มเมล็ด (seed coat หรือ testa) เชื่อมรวมกันอย่างแนบแน่นโดยตลอดผลหรือเมล็ดข้าวจะมีลักษณะแตกต่างพันธุ์ ในด้านขนาด รูปร่าง สี การมีหาง (awn) หรือไม่มีหาง และขน (pubescence) หรือไม่มีขนบนเปลือกแข็ง (hull หรือ husk)

2.2.1 โครงสร้างของข้าว

เมล็ดข้าว ประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก คือ ส่วนที่ห่อหุ้มเมล็ดข้าว (หรือผล) เรียกว่า แกลบ (hull หรือ husk) และ ส่วนเนื้อผล หรือ ผลแท้ (true fruit หรือ caryopsis grain) หรือข้าวกล้อง (caryopsis หรือ brown rice) โดยมีรายละเอียดของแต่ละส่วน ดังนี้

2.2.1.1 แกลบ ประกอบด้วย เปลือกใหญ่ (lemma), เปลือกเล็ก (palea), ขน, หาง, ขั้วเมล็ด (rachilla) และกลีบรองเมล็ด (sterile lemmas) ซึ่งเชื่อมต่อกับก้าน (pedicel)

- เปลือกใหญ่ เป็นเปลือกหุ้มเนื้อผลด้านท้อง (dorsal side) มีขนาดใหญ่อาจมีหางหรือไม่มีก็ได้ ลักษณะของเปลือกใหญ่จะเป็นรอยเส้น (nervers) ตามความยาวของเปลือก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประมาณ 5 เส้น เปลือกใหญ่จะห่อหุ้มเปลือกเล็กไว้ทั้ง 2 ด้านในลักษณะขบอยู่ข้างบนอย่างแนบสนิท ประมาณ 2/3 ของเปลือกทั้งหมดตามแนวยาวของเมล็ด

- เปลือกเล็ก เป็นเปลือกหุ้มเนื้อผลด้านหลัง (ventral side) ที่มีขนาดเล็กกว่าเปลือกใหญ่ประมาณ 1/3 ของเปลือกทั้งหมด จะขบอยู่ใต้เปลือกใหญ่ตามแนวยาว ทำให้เปลือกทั้ง 2 ติดกันสนิท บนผิวเปลือกเล็กจะเป็นรอยเส้นตามความยาวของเปลือกประมาณ 3 เส้นรอยเส้นบนเปลือกใหญ่และเปลือกเล็กอาจทำให้ ข้าวกล้องเป็นรอยเส้นตามไปด้วย ในข้าวบางพันธุ์ถึงแม้จะผ่านกระบวนการขัดข้าว (polishing) แล้วยังอาจมีรอยเส้นค้างอยู่บนข้าวสาร (milled rice) เรียกว่าสาแหรกข้าว

- ขน จะขึ้นบนเปลือกใหญ่ และเปลือกเล็กเป็นส่วนใหญ่ อาจมีบางพันธุ์ที่ไม่มีขนแต่เป็นส่วนน้อย ขนนี้คือ ส่วนของเซลล์ผิวนอก (epidermal cell) ที่เจริญกลายเป็นขน เพื่อทำหน้าที่ลดการระเหยของน้ำ ป้องกันอันตรายต่อเมล็ดจากสภาวะภายนอกเมล็ด และเพื่อการกระจายพันธุ์ตามธรรมชาติโดยช่วยให้เมล็ดติดไปกับคน สัตว์ หรือสิ่งของต่างๆ ที่มีโอกาสสัมผัสเมล็ดจนทำให้เมล็ดหลุดติดไปด้วย

- หาง เป็นส่วนปลายของเปลือกใหญ่ที่ยาวออกมาเกินตำแหน่งยอดดอก (apiculus) ในบางพันธุ์อาจสั้น หรือยาว หรือไม่มี ทำหน้าที่ในการกระจายพันธุ์ คล้ายขน

- ขั้วเมล็ด เป็นก้านสั้น อยู่ระหว่างกลีบรองเมล็ดกับเปลือกใหญ่ และยังติดอยู่กับเมล็ดข้าวเปลือก

- กลีบรองเมล็ด เป็นกลีบเล็ก 2 กลีบ อยู่ตรงข้ามกัน ใต้สุดของเมล็ด

2.2.1.2 **ข้าวกล้องหรือเนื้อผล** ประกอบด้วย

- เยื่อหุ้มผล เป็นเนื้อเยื่อชั้นนอก ห่อหุ้มผลอยู่ภายใน มีลักษณะเป็นเซลล์ที่มีผนังเซลล์เส้นใย 6 ชั้น มีสารสีเหลืองหรือรงควัตถุปนอยู่ ทำให้ข้าวกล้องมีสีต่างๆนอกจากนี้ยังมีโปรตีน เฮมิเซลลูโลส และเซลลูโลสเป็นองค์ประกอบสำคัญในชั้นเยื่อหุ้มผลนี้แบ่งย่อยได้เป็น 3ชั้นย่อยคือ 1.เอพิคาร์พ หรือ เอกโซคาร์พ (apicarp หรือ exocarp)เปลือกที่อยู่นอกสุด มีลักษณะเรียบ เหนียว และเป็นมัน ประกอบด้วยเซลล์ชั้นเดียว 2.เมโซคาร์พ หรือ ไฮพอเดิร์ม (mesocarp หรือ hypoderm) เป็นผนังผลชั้นกลาง 3.เอนโดคาร์พ (endocarp) เป็นเยื่อชั้นใน

- เยื่อหุ้มเมล็ด อยู่ถัดจากเยื่อหุ้มผลเข้ามา ประกอบด้วยเซลล์ 2 ชั้น รูปยาวเรียงตามขวาง และมีผนังบางกั้น ภายในเซลล์มีไขมันและสารสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

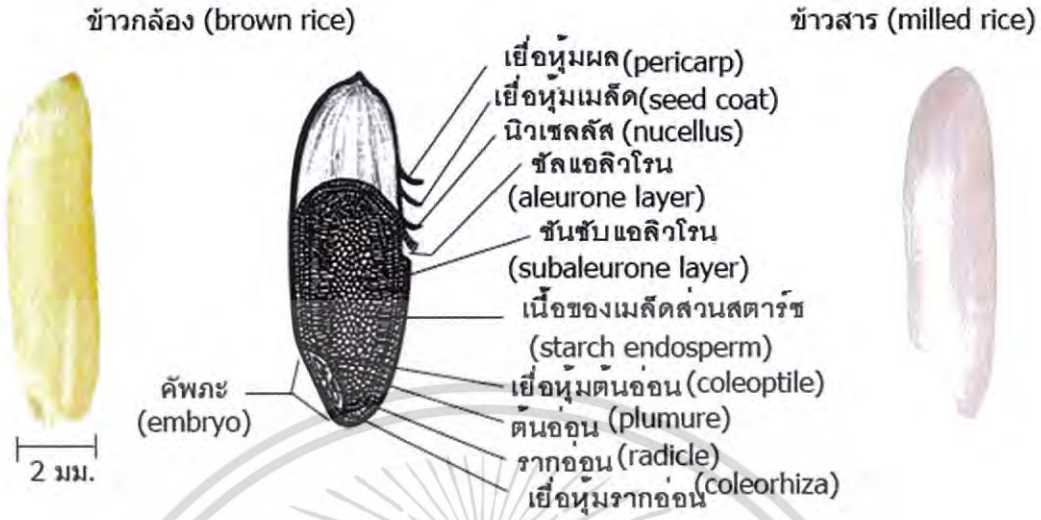
- นิวเซลลัส (nucellus) เป็นเซลล์ชั้นที่ติดกับเยื่อหุ้มเมล็ด แต่พันธะระหว่าง นิวเซลลัสกับเยื่อหุ้มเมล็ดไม่ติดแน่นจึงแยกจากกันได้ง่าย

- เยื่อชั้นแอลิวโรน (aleurone layer) เป็นเยื่อชั้นถัดจากเยื่อหุ้มเมล็ด ประกอบด้วยเซลล์ 1 – 7 ชั้น และมีลักษณะองเยื่อหุ้มด้านหลังของเมล็ดจะหนากว่าเยื่อหุ้มด้านท้อง ซึ่งความหนานี้จะแตกต่างไปตามพันธุ์ข้าว แบ่งลักษณะของเซลล์แอลิวโรนเป็น 2 ลักษณะ คือ เซลล์ส่วนที่ห่อหุ้มรอบเนื้อของเมล็ดจะมีรูปร่างเป็นลูกบาศก์ และมีไซโมพลาซึม (cytoplasm) อยู่หนาแน่น ในเซลล์ยังมีกลุ่มโปรตีนที่มีรูปร่าง (protein bodies) กลุ่มไขมัน (lipid bodies) และสารอื่นๆส่วนเซลล์แอลิวโรนที่ห่อหุ้มคัพภะจะบาง มีไซโทพลาสซึมน้อย รูปร่างยาว มีกลุ่มไขมันและกลุ่มโปรตีนน้อย มีเวสิเคิลมาก เป็นต้น

- คัพภะ หรือเชื้อชีวิต จะอยู่โคนเมล็ดด้านเปลือกใหญ่ ส่วนท้องของเมล็ดมีส่วนประกอบเป็นรากอ่อน (radicle) ต้นอ่อน (plumule) เยื่อหุ้มรากอ่อน (coleorhiza) เยื่อหุ้มต้นอ่อน (coleoptile) ท่อน้ำท่ออาหาร (epiblast) และใบเลี้ยง (scutellum) ซึ่งเป็นใบเลี้ยงเดี่ยว คัพภะเป็นแหล่งสะสมอาหารสำหรับการเจริญเติบโตของต้นอ่อน จึงอุดมด้วยโปรตีนและไขมันในส่วนต่างๆ

- เนื้อเมล็ด หรือเนื้อข้าว (endosperm) มีมากที่สุดในเมล็ดข้าว (ประมาณ 80% ของน้ำหนักเมล็ดทั้งหมด) แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนชั้นซับแอลิวโรน (subaleurone layer) เป็นเซลล์ 2 ชั้นอยู่ถัดจากชั้นแอลิวโรน และส่วนที่เป็นสตาร์ชในเนื้อของเมล็ด (starchy endosperm) ในชั้นซับแอลิวโรนจะมีกลุ่มโปรตีนอยู่ภายใน 3 ลักษณะ คือ ลักษณะกลมใหญ่ (ขนาด 1 – 2 ไมครอน) กลมเล็ก (ขนาด 0.5 – 0.75 ไมครอน) และเป็นผลึกติดกันขนาด 2 – 3.5 ไมครอน แต่ในส่วนเนื้อของเมล็ดจะมีกลุ่มโปรตีนลักษณะกลมใหญ่เท่านั้นแทรกอยู่ในระหว่างเมล็ดสตาร์ช (starch granules) มีขนาด 2 – 9 ไมครอน ที่มีอยู่มากอัดแน่นรวมเป็นกลุ่มเมล็ดสตาร์ช (compound granules) อยู่ภายในเซลล์พาเรนไคมา (parenchyma cells) ที่มีผนังเซลล์บาง มีรูปร่างรี หรือสี่เหลี่ยม เข้าสู่ใจกลางเมล็ดโดยด้านนอกของเมล็ดจะรีและยาวมากกว่าด้านในของเมล็ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



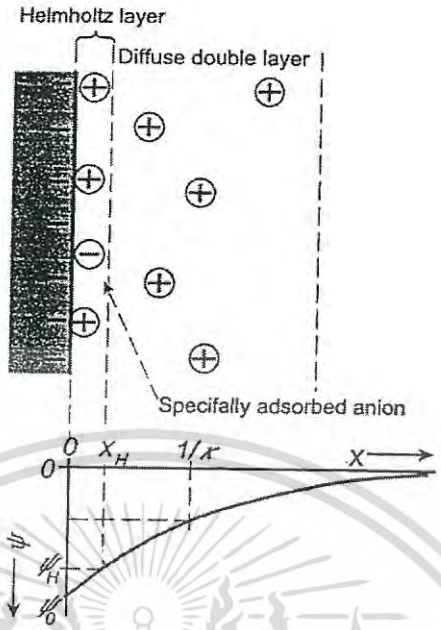
รูปที่ 2.1 ส่วนประกอบของเมล็ดข้าว

2.2.2 ปฏิกิริยาทางไฟฟ้าที่เกี่ยวข้องกับเซลล์

2.2.2.1 ปรากฏการณ์ทางไฟฟ้าภายในเยื่อ 2 ชั้นของเซลล์ และจลนศาสตร์ทางไฟฟ้า (Electrical Double Layers and Electrokinetic Phenomena)

เอช วาน เฮล์มโฮลตซ์ (H. van Helmholtz) ได้เสนอความคิดเกี่ยวกับการวิเคราะห์เยื่อ 2 ชั้นภายในเซลล์ที่ตรึงประจุไว้ด้านหนึ่ง เป็นผลทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของประจุ และได้นำมาประยุกต์ใช้กับการเคลื่อนที่ของไอออนในสารละลายที่มีความเข้มข้นสูง ซึ่งเกี่ยวข้องกับการกระจายประจุในเยื่อ 2 ชั้น (diffuse double layer) จากแบบจำลองของสเทิร์น (Stern) ที่ได้นำทฤษฎีเยื่อ 2 ชั้นของเฮล์มโฮลตซ์ (Helmholtz double layer) เปรียบเหมือนส่วนที่มีการแพร่รวมไว้ด้วย โดยให้ประจุที่ตรึงไว้เป็นประจุลบ จึงเป็นผลทำให้มีการเคลื่อนที่ของประจุตรงข้าม ดังรูปที่ 2.2 ซึ่งชี้ให้เห็นว่ากรณีที่ผิวหน้าเป็นประจุลบที่บริเวณใกล้ผิวหน้าจะมีความเข้มข้นของไอออนบวกมากขึ้นเพื่อความเป็นกลางทางไฟฟ้าของระบบ ชั้นที่มีการเคลื่อนที่ของประจุตรงกันข้ามนี้เรียกว่า ชั้นของเฮล์มโฮลตซ์ซึ่งอยู่ระหว่างผิวหน้าและปลายอีกด้านหนึ่งของชั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 ประจุลบที่ถูกตรึงไว้บนพื้นผิวและมีการเคลื่อนที่ของประจุบวกบริเวณใกล้พื้นผิว

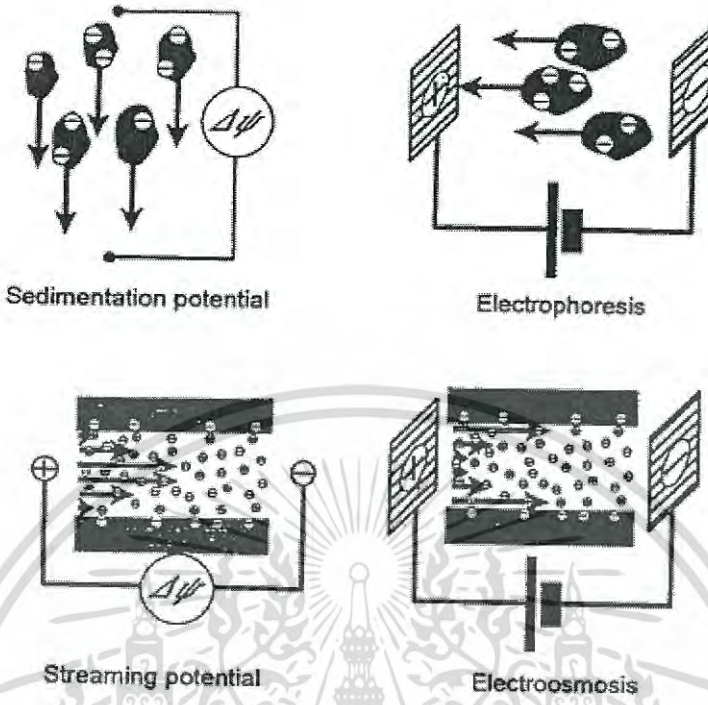
ฟังก์ชันของศักย์ไฟฟ้าตามแบบจำลองของสเทิร์น โดยที่ ψ_0 คือ ศักย์ที่พื้นผิว ψ_H คือ ศักย์ขอบของชั้นเฮล์มโฮลตซ์ x_H คือ ความหนาของชั้นเฮล์มโฮลซ์ 1 / K คือ ความยาวของเดอบาย-ฮัลเคิล

ทฤษฎีเยื่อ 2 ชั้นของการกระจายประจุจะอยู่บนพื้นฐานของ สมการของปัวส์ซง–โบล์ตซมานน์ (Poisson–Boltzmann) ซึ่งอธิบายความสัมพันธ์ของกลุ่มไอออนตามทฤษฎีของเดอบาย–ฮัคเคิล (Debye–Huckel)สมการนี้ใช้ในการคำนวณค่าการแจกแจงการเคลื่อนที่ของประจุเมื่ออยู่ในสนามไฟฟ้า

$$\nabla^2\psi = -\frac{F}{\varepsilon_0\varepsilon}\sum_{i=1}^{n} C_{ic}Z_i e^{\frac{Z_i e\psi}{kT}} \qquad (2.1)$$

นอกจากการตรึงประจุแล้วยังต้องพิจารณากระบวนการอื่นอีกด้วย เช่น การปรับตัวของไดโพล (dipole orientation) แรงพันธะของโมเลกุลน้ำหรือกระบวนการดูดซับอื่นๆ ซึ่งอยู่บนพื้นฐานของแรงพันธะ วาน เดอร์ วาลล์ (Van der Waals) การให้สนามไฟฟ้าภายนอกอาจจะเหนี่ยวนำผลทางกลศาสตร์ในลักษณะการเคลื่อนที่หรือไหล ดังรูปที่ 2.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 รูปบน ปรากฏการณ์จลนศาสตร์ทางไฟฟ้าของอนุภาคที่เกิดจากความต่างศักย์ไฟฟ้าและสนามไฟฟ้าของแผ่นคู่ขนาน ตามลำดับ

รูปล่าง ปรากฏการณ์จลนศาสตร์ทางไฟฟ้าของกระแสอนุภาคที่เกิดจากความแตกต่างศักย์ไฟฟ้า และสนามไฟฟ้าของแผ่นคู่ขนาน ตามลำดับ

2.2.2.2 โครงสร้างไฟฟ้าสถิตของเยื่อหุ้ม (The Electrostatic Structure of the Membrane)

ในการเปรียบเทียบระหว่างตัวกลางภายนอกกับประจุไฟฟ้าในเซลล์ พบว่า เยื่อหุ้มเซลล์มีความต้านทานไฟฟ้าสูงแต่ค่าคงที่ของการเป็นฉนวนต่ำคุณสมบัตินี้คล้ายกับตัวเก็บประจุที่จุค่าความจุทางไฟฟ้า (C) และความต้านทานไฟฟ้า (R) ดังนั้นสามารถคำนวณค่าความจุจำเพาะ (C_{sp}) จากความหนาของเยื่อ (Δx) และค่าคงที่ฉนวน (ε) ได้ดังสมการ

$$C_{sp} = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon}{\Delta x} \qquad (2.2)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

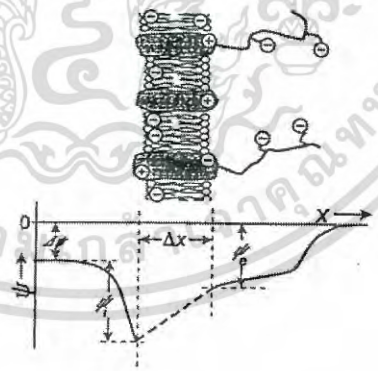
จากสมการที่ (2.2) ค่าความจุจำเพาะของเยื่อหุ้มเซลล์จะมีความสัมพันธ์กับค่าคงที่ ซึ่งตามปกติแล้วจะมีค่าประมาณ 10 ไมโครฟารัดต่อตารางเมตร ค่าความจุจำเพาะของเยื่อหุ้มเซลล์ของสิ่งมีชีวิตเป็นพารามิเตอร์ ที่ชี้ให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างประจุทั้งหมดต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ (σ , ในหน่วย คูลอมบ์ต่อตารางเมตร) กับความต่างศักย์ไฟฟ้าของเยื่อ ($\Delta\psi$, ในหน่วย โวลต์) ดังสมการ

$$C_{sp} = \frac{\sigma}{\Delta\psi} \tag{2.3}$$

ในการตรึงประจุภายนอกของเยื่อหุ้มเซลล์เป็นผลจากการแตกตัว (dissociation) ของคาร์บ็อกซิล (carboxyl) ของกรดนิวรามินิก (neuraminic) ที่ตำแหน่งปลายของไกลโคโปรตีน (glycoprotein) โดยที่จุดไอโซอิเล็กทริก (isoelectric) ของกรดนิวรามินิก มีค่า Ph 2.6

แบบจำลองเยื่อ 2 ชั้นทางไฟฟ้า (electrical double layers) จะพิจารณาเพียงระนาบของพื้นผิว ดังนั้นจึงเป็นคำนวณที่ไม่ละเอียด แต่การคำนวณแบบไกลโคเคลิกซ์ (glycocalyx) ที่บริเวณด้านนอกของชั้นเซลล์เป็นการตรึงประจุซึ่งพิจารณาในแบบปริภูมิทั้งหมด ไม่ใช่พื้นผิว ดังนั้นสมการของปัวส์ซง-โบล์ตซมานน์จึงใช้ความหนาแน่นของประจุในปริภูมิ (ρ , ในหน่วยของ คูลอมบ์ต่อลูกบาศก์เมตร) แทนความหนาแน่นของประจุในพื้นผิวดังรูปที่ 2.4

$$\nabla^2\psi = -\frac{1}{\varepsilon_0\varepsilon}\left(\rho + F\sum_{i=1}^{n} C_{i0}Z_i e^{\frac{Z_i e\psi}{kT}}\right) \tag{2.4}$$



รูปที่ 2.4 ประจุที่ถูกตรึงไว้ของเยื่อหุ้มเซลล์

รูปล่าง ฟังก์ชันของศักย์ไฟฟ้า โดยที่ ψ_i คือ ศักย์ภายในพื้นผิว

ψ_e คือ ศักย์ภายนอกพื้นผิว Δx คือ ความหนาของเยื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
148750

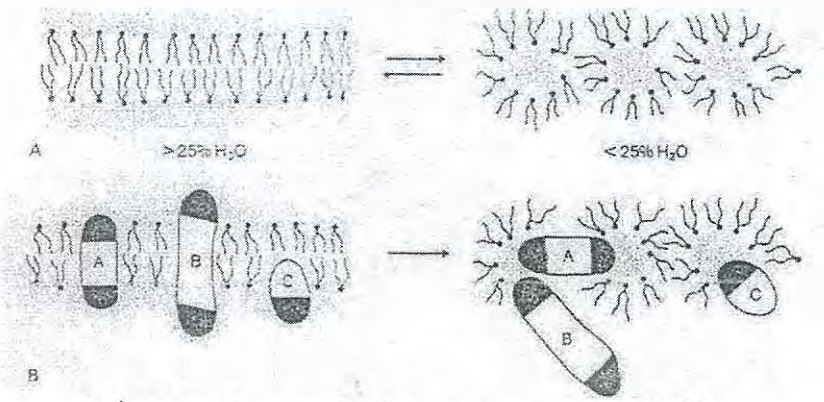
ในสารละลายที่มีความเข้มของประจุสูง กลีโคโปรตีนจะติดแน่นกับเยื่อของเซลล์ ส่วนในสารละลายที่มีความเข้มของประจุน้อยกลีโคโปรตีนจะเกาะกันแบบหลวมๆจึงทำให้มีความหนาเพิ่มขึ้น ฟังก์ชันของ $\rho(x)$ ขึ้นกับ $\psi(x)$ ดังนั้น ลักษณะพื้นผิวของเซลล์จะถูกกำหนดโดยลักษณะกลีโคโปรตีนภายในเซลล์ โดยทั่วไปแล้วลักษณะของศักย์ไฟฟ้าจะสัมพันธ์กับลักษณะของไอออน หรือกล่าวได้ว่าสนามไฟฟ้าได้มาจากศักย์ไฟฟ้าภายในเยื่อของเซลล์ ซึ่งบริเวณเยื่อของเซลล์จะมีค่าสนามไฟฟ้าประมาณ 10^{-9} โวลต์ต่อเซนติเมตร ใน 3 มิติ จากรูปที่ 2.4 ศักย์ไฟฟ้าภายในเยื่อของเซลล์ที่เขียนในลักษณะเส้นประ มีความสัมพันธ์เชิงเส้นอยู่ในช่วง ψ_i และ ψ_e เพราะว่า ฟังก์ชันศักย์ไฟฟ้าขึ้นกับลักษณะของเยื่อหุ้มเซลล์

ในการให้สนามไฟฟ้ากับเซลล์ ในขั้นแรกจะมีผลต่อสภาพการซึมซับ (permeability) ของเยื่อหุ้มเซลล์ จุดประสงค์ในการให้สนามไฟฟ้ากับเซลล์เพื่อศึกษาและนำความรู้ที่ได้มาใช้ในการทดลองผลของสนามไฟฟ้าที่มีต่อเซลล์ โดยจะมีวิธีการทดลอง เช่น การทดลองอิเล็กโทรพอเรชัน (electroporation) กับยีสต์ หรือ การทดลองการรวมตัวทางไฟฟ้า (electrofusion) กับยีสต์ ซึ่งพบว่าลักษณะการซึมซับทางไฟฟ้าของเซลล์ยีสต์ขึ้นอยู่กับ แอมพลิจูด ความถี่ และคาบเวลาของพัลส์แรงดันไฟฟ้า ในการทดลองการกระตุ้นทางไฟฟ้า (electrostimulation) โดยใช้ยีสต์เป็นเซลล์ตัวอย่าง พบว่า สนามไฟฟ้ามีความสำคัญต่อการผลิตเอธานอลของยีสต์ โดยในการทดลองจะใช้สนามไฟฟ้าแบบพัลส์ (single electric field pulses) พบว่า เมื่อใช้สนามไฟฟ้า 2.4 กิโลโวลต์ต่อเซนติเมตร จะให้ผลดีต่อการหมักและการเจริญเติบโตของยีสต์ จากผลการทดลองผลของสนามไฟฟ้าที่มีต่อเซลล์และการเจริญเติบโตเส้นใยโครงสร้างของยีสต์ (candida albicans) จะพบว่า หน่อและเส้นใยแสดงทิศทางการเจริญไปทางขั้วบวกของสนามไฟฟ้าที่ใช้ นอกจากนี้ยังพบว่าเซลล์จะยังเติบโตไปในทิศทางของสนามไฟฟ้าแม้ว่าจะไม่มีสนามไฟฟ้าแล้วก็ตาม

2.2.3 ทฤษฎีการเรียงตัวของเมมเบรนของเมล็ดพันธุ์ข้าว [24]

โดยทั่วไปประเทศไทยจะนิยมใช้การแช่น้ำในการปรับปรุงความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ข้าว ซึ่งวิธีนี้จะทำให้เกิดการเรียงตัวของเมมเบรนของเมล็ดพันธุ์ข้าวให้เป็นระเบียบดังรูปที่ 2.5 โดยจะส่งผลรวมถึงการช่วยทำให้เมล็ดพันธุ์ที่ใกล้พ้นระยะพักตัวให้มาอยู่ในสภาพพร้อมนำไปปลูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 สมมุติฐานการเรียงตัวของเมมเบรนของเมล็ดพันธุ์ข้าว

แต่วิธีการแช่น้ำเป็นวิธีที่มีขั้นตอนมาก และเมล็ดพันธุ์จะเก็บรักษาได้ไม่นาน จึงไม่เหมาะจะนำมาใช้เชิงพาณิชย์ ดังนั้นจึงได้มีการนำทฤษฎีแรงกระทำต่อประจุของสนามไฟฟ้ามาทำให้เกิดการเรียงตัวของเมมเบรนของข้าวให้เป็นระเบียบแทนวิธีแช่น้ำ โดยแรงของสนามไฟฟ้าสามารถแสดงได้ดังสมการที่ 2.5

$$F = qE \tag{2.5}$$

เมื่อ F : แรงทางไฟฟ้า (N)

E : สนามไฟฟ้า (kV/cm)

q : ประจุไฟฟ้า (C)

โดยสมมุติฐานเบื้องต้น แรงของสนามไฟฟ้าจะทำให้เกิดการเรียงตัวของเมมเบรนของเมล็ดพันธุ์ข้าวโดยแปรผันตามความเข้มของสนามไฟฟ้าและระยะเวลาที่ป้อนซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดพันธุ์ข้าว การเรียงตัวจะเกิดตามแนวแรงของเส้นสนามไฟฟ้าของประจุที่กำหนด

2.2.4 เอนไซม์สำคัญในเมล็ดพันธุ์ข้าวเมื่อผ่านการกระตุ้นด้วยสนามไฟฟ้า [7]

เมื่อเมล็ดพันธุ์ข้าวผ่านการกระตุ้นด้วยสนามไฟฟ้า จะมีผลทำให้เอนไซม์สำคัญ3ชนิดในเมล็ดพันธุ์ข้าวมีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งจะมีผลต่อการเจริญเติบโตและความแข็งแรงของข้าว ซึ่งเอนไซม์ทั้ง3ชนิดนั้นได้แก่

2.2.4.1 แคทาเลส (Catalase) เป็นเอนไซม์ที่ทำหน้าที่เร่งปฏิกิริยาการสลายไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ให้เป็นน้ำและออกซิเจน เพื่อนำไปใช้ในการงอกของเมล็ดพันธุ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.4.2 ซุปเปอร์ออกไซด์ ดิสมิวเทส (Superoxide dismutase) เป็นเอนไซม์ที่ทำหน้าที่เป็นตัวทำลายอนุมูลอิสระที่ชื่อ Superoxide radical โดยการกำจัดอนุมูลอิสระด้วยเอนไซม์ซุปเปอร์ออกไซด์ ดิสมิวเทส นั้น ขั้นแรกซุปเปอร์ออกไซด์ ดิสมิวเทสจะเปลี่ยนอนุมูลอิสระ ให้เป็นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ก่อน หลังจากนั้น จะมีการทำปฏิกิริยาต่อด้วยเอนไซม์แคทาเลส ทำให้ได้น้ำและก๊าซออกซิเจน

2.2.4.3 เพอร์ออกซิเดส (Peroxidase) เป็นเอนไซม์ที่ทำหน้าที่เพิ่มความต้านทานโรคและเชื้อรา โดยเฉพาะเชื้อรา Pyricularia grisea ที่ทำให้เกิดโรคไหม้ ซึ่งโรคที่สำคัญพบทั่วไปของการปลูกข้าวโดยทำลายต้นข้าวได้ตั้งแต่ระยะต้นกล้า ทำให้เกิดอาการใบไหม้ (leaf blast) จนถึงระยะออกรวงที่ทำให้เกิดอาการเน่าคอรวง (neck blast) ซึ่งล้วนแต่มีผลทำให้เกิดความเสียหายแก่ผลผลิต

2.3 ทฤษฎีพื้นฐานสนามไฟฟ้า [18]

สนามไฟฟ้า หมายถึง “บริเวณโดยรอบประจุไฟฟ้า ซึ่งประจุไฟฟ้าสามารถส่งอำนาจไปถึง” หรือ “บริเวณที่เมื่อนำประจุไฟฟ้าเข้าไปวางแล้วจะเกิดแรงกระทำบนประจุไฟฟ้านั้น” ตามจุดต่างๆ ในบริเวณสนามไฟฟ้า ย่อมมีความเข้มของสนามไฟฟ้าต่างกัน จุดที่อยู่ใกล้ประจุไฟฟ้า จะมีความเข้มของสนามไฟฟ้าสูงกว่าจุดที่อยู่ห่างไกลออกไป นอกจากนั้น ณ จุดต่างๆ ในบริเวณสนามไฟฟ้าย่อมจะปรากฏศักย์ไฟฟ้ามีค่าต่างๆ กันด้วย ซึ่งเป็นศักย์ไฟฟ้าชนิดเดียวกันกับศักย์ไฟฟ้าอันเกิดจากประจุไฟฟ้าที่เป็นเจ้าของสนามไฟฟ้า จุดที่อยู่ใกล้ประจุไฟฟ้าจะมีศักย์สูงกว่าจุดที่อยู่ไกลออกไป

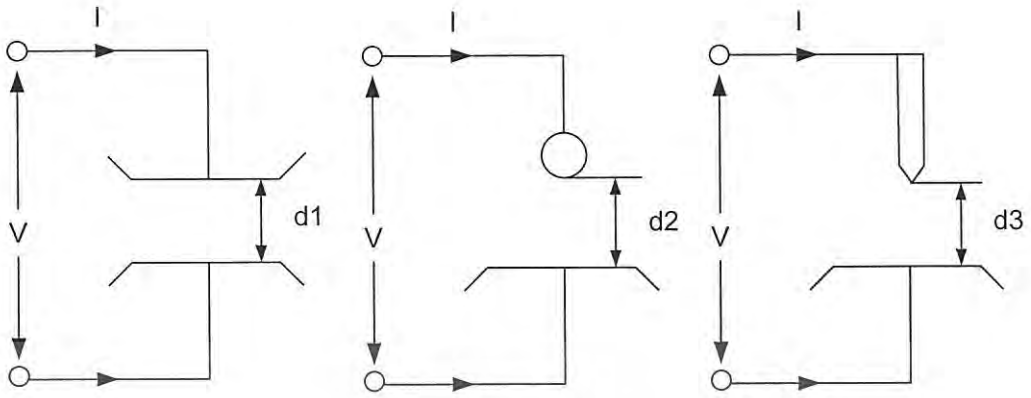
2.3.1 ความคงทนของฉนวนต่อแรงดันไฟฟ้า (Dielectric Strength)

ความคงทนของฉนวนต่อแรงดันไฟฟ้า หมายถึง ค่าความเครียดสนามไฟฟ้า (Electric Field Stress) สูงสุดที่ฉนวนนั้นทนอยู่ได้โดยไม่เกิดความเสียหายหรือเกิดการเบรกดาวน์หรือทำให้การเป็นฉนวนเสื่อมสภาพ มีหน่วยเป็นค่าแรงดันต่อความหนาของฉนวนหรือระยะห่างของอิเล็กโทรด เป็นโวลท์ต่อเซนติเมตร (V/cm) หรือ กิโลโวลท์ต่อเซนติเมตร (kV/cm) ค่าความเครียดสนามไฟฟ้าที่ใช้กำหนดค่าความคงทนของการฉนวนไฟฟ้า โดยทั่วไปจะหาจากสนามไฟฟ้าที่สม่ำเสมอ (Uniform Field) ความคงทนของการฉนวนต่อแรงดันไฟฟ้า E_b ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบต่างๆ เช่น รูปลักษณะเรขาคณิตของอิเล็กโทรด ลักษณะสมบัติของไดอิเล็กทริค (Dielectric) , เวลา เป็นต้น

2.3.2 ลักษณะรูปแบบสนามไฟฟ้า

โดยทั่วไปลักษณะรูปแบบสนามไฟฟ้าอาจแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิดคือ สนามไฟฟ้าสม่ำเสมอและสนามไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอ ชนิดไม่สม่ำเสมอนี้แบ่งเป็น 2 แบบคือ แบบไม่สม่ำเสมอเล็กน้อย และแบบไม่สม่ำเสมอสูง สนามไฟฟ้าจะเป็นแบบไหนขึ้นอยู่กับรูปลักษณะของอิเล็กโตรดดังรูปที่ 2.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) (ข) (ค)

รูปที่ 2.6 อิเล็กโทรดที่มีลักษณะสนามไฟฟ้าแบบต่างๆ

(ก) สนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ (Uniform Filed)

(ข) สนามไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอเล็กน้อย (Sightly Nonuinform Field)

(ค) สนามไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอสูง (Highly Nonuniform Field)

เมื่อป้อนแรงดันไฟฟ้าให้กับอิเล็กโทรดลักษณะต่างๆที่วางอยู่ในอากาศดังรูปที่ 2.6 พบว่า แรงดันไฟฟ้าที่ทำให้เกิดเบรกดาวน์จะไม่เท่ากัน ถึงแม้ว่าจะจัดระยะ d_1, d_2 และ d_3 ให้เท่ากันก็ตาม ค่าแรงดันที่ทำให้เกิดเบรกดาวน์สามารถวัดหาได้ง่าย ฉนวนแต่ละชนิดจะมีค่าความคงทนต่อแรงดันไฟฟ้ามิใช่ตายตัวค่าใดค่าหนึ่ง ส่วนใหญ่จะเป็นค่าสถิติ หรือค่าโดยประมาณ มักกำหนดหรือระบุด้วยค่าความเครียดสนามไฟฟ้าสูงสุด E_{max} ที่เกิดขึ้น ณ จุดใดจุดหนึ่งระหว่างอิเล็กโทรดในขณะที่การเบรกดาวน์เริ่มเกิดขึ้นซึ่งจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับองค์ประกอบอีกหลายประการ

2.3.2.1 สนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ

สนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ หมายถึง สนามไฟฟ้าเท่ากันทุกจุด ดังเช่นในช่องระหว่างอิเล็กโตรดระนาบ-ระนาบ ซึ่งคำนวณได้จากความสัมพันธ์

$$E_{max} = E = \frac{V}{d} \tag{2.6}$$

เมื่อ V คือ แรงดันที่ป้อนเข้าไประหว่างอิเล็กโตรด หน่วย โวลท์ (V)

d คือ ระยะห่างระหว่างอิเล็กโตรด หน่วย เซนติเมตร (cm)

E คือ ความเครียดสนามไฟฟ้า ณ จุดใดๆระหว่างอิเล็กโตรด (V/cm)

E_{max} คือ ความเครียดสนามไฟฟ้าสูงสุด (V/cm)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นั่นหมายความว่าเมื่อป้อนแรงดันไฟฟ้าให้กับอิเล็กโทรดสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอจะเกิดเบรกดาวน์หรือสปาร์กทันทีที่ความเครียดสนามไฟฟ้าระหว่างอิเล็กโทรด (ซึ่งเท่ากันทุกจุด) ถึงค่าที่กำหนดค่าหนึ่งโดยประมาณ และกระแสจะเพิ่มขึ้นอย่างมากในทันทีทันใด ค่ากระแสเบรกดาวน์นี้จะถูกจำกัดด้วยค่าอิมพีแด็นซ์ของตัวจ่าย และวงจรภายนอกเท่านั้น ซึ่งก่อนจะเกิดเบรกดาวน์นั้นค่ากระแสนี้จะวัดไม่ได้ และค่าความเครียดสนามไฟฟ้าที่เกิดจากแรงดันขณะจะเกิดเบรกดาวน์นี้ก็คือค่าความคงทนทางไฟฟ้า (dielectric strength) หรือความคงทนต่อความเครียดสนามไฟฟ้าของการฉนวนนั่นเอง ซึ่งคำนวณได้จากสมการ 2.7

$$E_b = \frac{V_b}{d} \tag{2.7}$$

เมื่อ E_b คือ แรงดันไฟฟ้าที่ทำให้เกิดเบรกดาวน์ด้วยสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ

V_b คือ ความเครียดสนามไฟฟ้าที่ทำให้เกิดเบรกดาวน์หรือความคงทนทางไฟฟ้าของฉนวน

อย่างไรก็ตามค่า E_b นี้ ของไดอิเล็กตริกชนิดหนึ่งก็มีค่าไม่คงตัวเสมอไป เพราะขึ้นอยู่กับแฟกเตอร์ต่างๆ แม้แต่ความหนา หรือระยะห่าง d ที่ไม่เท่ากัน ค่า E_b ก็ไม่เท่ากัน ฉะนั้นในมาตรฐานที่กำหนดค่าความคงทนทางไฟฟ้าของฉนวน มักจะกำหนดความหนาของไดอิเล็กตริกไว้ด้วยเสมอ

2.3.2.2 สนามไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอ

สนามไฟฟ้าแบบไม่สม่ำเสมอ คือ ความเครียดสนามไฟฟ้าแต่ละจุดมีค่าแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับตำแหน่งของจุดนั้น ความแตกต่างกัน ณ จุดต่างๆ จะมากหรือน้อยก็ขึ้นอยู่กับลักษณะแห่งเรขาคณิตของอิเล็กโตรดที่มีสนามไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอมากหรือน้อย เช่น สนามไฟฟ้าในรูปที่ 2.6 (ข) จะเห็นว่าความเครียดสนามไฟฟ้าสูงสุด E_{max} จะเกิดขึ้นที่ผิวของอิเล็กโตรดทรงกลม ซึ่งอาจคำนวณได้จากสมการ 2.8

$$E_{max} = \frac{V}{d.\eta^*} \tag{2.8}$$

เมื่อ η^* คือ แฟคเตอร์สนามไฟฟ้า (Filed Utilization Factor)

$$\eta^* = \frac{E_{av}}{E_{max}} \quad ; 0 < \eta^* \leq 1 \tag{2.9}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จึงอาจกล่าวได้ว่า η^* ก็คือ ดรรชนีแสงให้ทราบว่าอิเล็กโตรดนั้นมีลักษณะสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอมากน้อยเพียงใด และโดยอาศัยแฟกเตอร์สนามไฟฟ้านี้เอง จึงสามารถคำนวณหาความเครียดสนามไฟฟ้าเบรกดาวน์ของฉนวนในสนามไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอเล็กน้อยได้คือ

$$E_b = \frac{V_b}{d.\eta^*} \tag{2.10}$$

แสดงว่าอิเล็กโตรดที่มีค่าแฟกเตอร์สนามไฟฟ้าลดลง ค่าแรงดันเบรกดาวน์ก็จะลดลง สมการที่ 2.10 นี้ใช้ได้เฉพาะกรณีที่อิเล็กโทรดมีสนามไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอเล็กน้อย หรือใช้กรณีที่ไม่มีโคโรนา (Colona) คือไม่มีดีสชาร์จนำหน้า (Predischarge) เกิดก่อนเบรกดาวน์ กล่าวคือ ก่อนเกิดเบรกดาวน์จะไม่ปรากฏว่ามีกระแสไหลระหว่างอิเล็กโตรดเลย และลักษณะสนามไฟฟ้าจะไม่มีการเปลี่ยนแปลง จะเกิดเบรกดาวน์ทันทีที่ความเครียดสนามไฟฟ้าสูงถึงค่าความคงทน คือ $E_{max} = E_b$

ในกรณีที่อิเล็กโทรดมีสนามไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอสูง (highly nonuniform field) ค่าความเครียดสนามไฟฟ้าสูงจะอยู่ในบริเวณใกล้เคียงกับผิวอิเล็กโทรดที่มีผิวน้อยที่สุด เช่น ปลายแหลมในรูปที่ 2.6 (ค) เมื่อระยะห่างออกจากผิวอิเล็กโทรด ค่าความเครียดสนามไฟฟ้าจะลดลงอย่างรวดเร็ว ดังเส้นกราฟความเครียดสนามไฟฟ้ากระจายเปรียบเทียบในรูปที่ 2.7 อิเล็กโทรดแบบนี้ถึงแม้ว่าความเครียดสนามไฟฟ้าสูงสุดจะมีค่าถึงค่าวิกฤตแล้วก็ตาม จะยังไม่เกิดการเบรกดาวน์ แต่จะเกิดโคโรนาขึ้น

รูปที่ 2.7 สนามไฟฟ้ากระจายเปรียบเทียบของอิเล็กโตรดลักษณะต่างๆ

บริเวณที่ผิวอิเล็กโตรดเป็นบริเวณที่มีความเครียดไฟฟ้าสูงสุด ส่วนบริเวณอื่นๆที่ห่างออกไปจะมีความเครียดสนามไฟฟ้าลดลงและโคโรนาไม่เกิด ฉะนั้นในแกประหว่างอิเล็กโตรดจะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกิดดีสชาร์จที่ไม่สมบูรณ์ เรียกว่า ดิสชาร์จบางส่วน (partial discharge = PD) ปรากฏการณ์อาจเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องหรือเป็นช่วงๆ จึงทำให้มีกระแสไหลในวงจรที่ป้อนแรงดันให้กับอิเล็กโตรด กระแสนี้จะเกิดขึ้นและวัดได้ก่อนเกิดเบรกดาวน์ เรียกว่ากระแสโคโรนา หรือกระแสพรีดิสชาร์จ

การเกิดโคโรนาจะทำให้สนามไฟฟ้าแห่งเรขาคณิตเปลี่ยนไป เพราะมีประจุค้าง (space charge) ค่าความเครียดสนามไฟฟ้าสูงสุดจะคำนวณจากสมการ 2.10 ไม่ได้ อย่างไรก็ตาม สมการ 2.11 นี้อาจใช้คำนวณหาความเครียดสนามไฟฟ้าที่แรงดันโคโรนาเริ่มเกิดได้ เพราะสนามไฟฟ้าแห่งเรขาคณิตยังไม่เปลี่ยนแปลง นั่นคือ

$$E_i = \frac{V_i}{d.\eta^*} \tag{2.11}$$

เมื่อ E_i คือ ความเครียดสนามไฟฟ้าสูงสุดที่โคโรนาเริ่มเกิด

V_i คือ แรงดันไฟฟ้าป้อนที่โคโรนาเริ่มเกิด (Colona Inception Voltage)

2.4 ทฤษฎีพื้นฐานของ PLC [14]

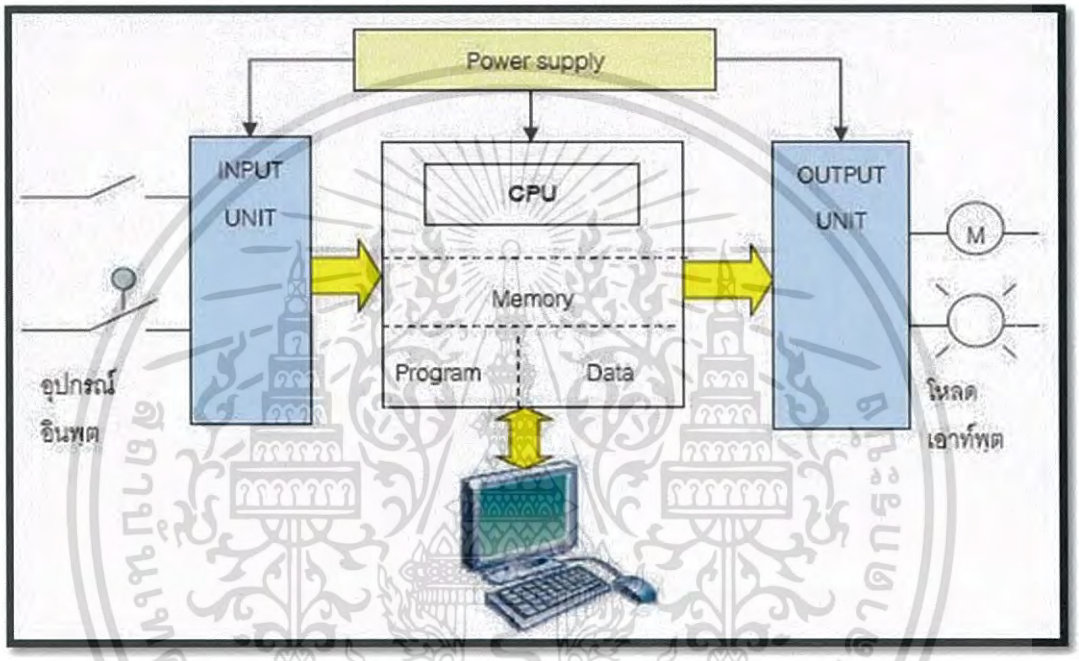
การนำโปรแกรมคอมพิวเตอร์มาใช้งานในอุตสาหกรรมเพื่อประยุกต์ใช้งานด้านวิศวกรรม และช่วยงานด้านอุตสาหกรรมเป็นระบบอัตโนมัติในยุคปัจจุบันมีบทบาทมากได้มีการประยุกต์ใช้คอมพิวเตอร์ในงานอุตสาหกรรม และช่วยงานอุตสาหกรรมมากขึ้น จากความก้าวหน้าทางด้านเทคโนโลยีไมโครอิเล็กทรอนิกส์ ทำให้คอมพิวเตอร์มีขนาดเล็กลงมีขีดความสามารถสูงขึ้น และที่สำคัญคือราคาถูกลงทำ ให้มีการประยุกต์ใช้คอมพิวเตอร์ในงานอุตสาหกรรมด้านต่างๆกว้างขวาง ซึ่งก็ก่อให้เกิดการพัฒนาทั้งทางด้านฮาร์ดแวร์ และซอฟท์แวร์ จนเกิดการนำโปรแกรมคอมพิวเตอร์มาใช้ในงานอุตสาหกรรมใหม่ๆ เช่นงานในการควบคุมอัตโนมัติในงานอุตสาหกรรม และนิยมใช้คอมพิวเตอร์เฉพาะงานอุตสาหกรรมที่เรียกว่า Programmable Logic Controller หรือที่เรียก ย่อๆ ว่า PLC โดยมีการเขียนโปรแกรมสำหรับใช้ในงานอุตสาหกรรมเพื่อนำไปควบคุมอุปกรณ์หรือเครื่องจักรในงานอุตสาหกรรม

การใช้ PLC สำหรับควบคุมเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ต่างๆ ในโรงงานอุตสาหกรรมจะมีข้อได้เปรียบกว่าการใช้ระบบของรีเลย์ (relay) ซึ่งระบบของรีเลย์ จำ เป็นจะต้องเดินสายไฟฟ้าเมื่อจำเป็นที่ต้องเปลี่ยนกระบวนการผลิต หรือลำดับการทำงานใหม่ ต้องเดินสายไฟฟ้าใหม่ ซึ่งจะเสียเวลาและเสียค่าใช้จ่ายสูง แต่เมื่อเปลี่ยนมาใช้ PLC การเปลี่ยนกระบวนการผลิตหรือลำดับการทำงานใหม่นั้นทำได้โดยการเปลี่ยนโปรแกรมใหม่เท่านั้น PLC ยังใช้ระบบโซลิด - สเตท ซึ่งน่าเชื่อถือกว่าระบบเดิม การกินกระแสไฟฟ้าน้อยกว่า และสะดวกกว่าเมื่อต้องการขยายขั้นตอนการทำงานของเครื่องจักร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยลักษณะภายในของ PLC จะประกอบไปด้วย

1. ภาคอินพุต (input section)
2. ตัวประมวลผล (CPU)
3. หน่วยความจำ (memory)
4. ภาคเอาต์พุต (output section)
5. แหล่งจ่ายไฟ (power supply)



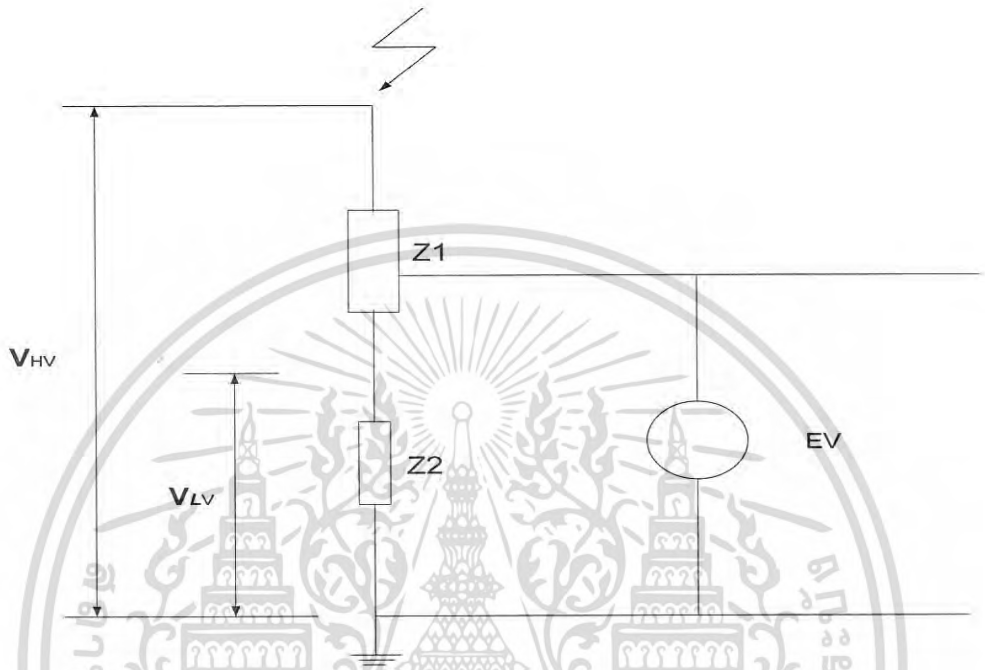
รูปที่ 2.8 ลักษณะโครงสร้างของ PLC

2.5 ตัวแบ่งแรงดัน (Voltage Divider) [18]

ตัวแบ่งแรงดันเป็นอุปกรณ์สำหรับใช้วัดแรงดัน หลักการของการวัดก็คือ จะทำการแบ่งทอนแรงดันสูงๆออกเป็นแรงดันต่ำ พอที่จะใช้โวลต์มิเตอร์หรือเครื่องวัดแบบอื่นวัดได้ โดยต่ออิมพีแดนซ์ภาคแรงสูงเข้ากับแรงดันที่จะวัด แล้วแบ่งเอาแรงดันที่ตกคร่อมอิมพีแดนซ์ภาคแรงต่ำแต่เพียงส่วนน้อยออกมาวัด ฉะนั้นตัวแบ่งแรงดันจึงแบ่งออกเป็นภาคแรงสูงและภาคแรงต่ำ ปลายข้างหนึ่งของภาคแรงสูงจะต่ออยู่กับสายต่อแรงสูงที่จะวัด ส่วนอีกปลายหนึ่งของภาคแรงสูงจะต่ออยู่กับปลายหนึ่งของภาคแรงต่ำ และอีกปลายหนึ่งของภาคแรงต่ำมักจะต่อลงดิน ตรงรอยต่อระหว่างภาคแรงสูงกับภาคแรงต่ำนี้เอง จะเป็นจุดที่ต่อออกมาเข้าเครื่องวัด เครื่องวัดที่จะนำมาต่อเข้ากับตัวแบ่งแรงดันนี้ จะต้องเป็นเครื่องวัดที่ใช้พลังงานน้อยที่สุดนั่นคือ จะต้องมีค่าอิมพีแดนซ์ทางขาเข้าสูงมากๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เช่น อิเลคโตรสแตติกส์ โวลต์มิเตอร์ กล่าวคือ อิมพีแดนซ์ของเครื่องวัดจะต้องไม่มีผลกระทบต่ออัตราส่วนแรงดัน (Voltage Ratio) ของตัวแบ่งแรงดัน รูปที่ 2.9 แสดงวงจรแบบง่ายของตัวแบ่งแรงดัน



รูปที่ 2.9 วงจรแบบง่ายของตัวแบ่งแรงดัน

เมื่อ Z_1 คือ อิมพีแดนซ์ภาคแรงสูง

Z_2 คือ อิมพีแดนซ์ภาคแรงต่ำ

V_{HV} คือ แรงดันที่ต้องการวัด

V_{LV} คือ แรงดันที่แบ่งออกมาวัด

EV คือ เครื่องมือวัดอิมพีแดนซ์

จากความสัมพันธ์ทางไฟฟ้า อาจคำนวณหาแรงดันที่ต้องการวัดได้จากสมการ

$$V_{HV} = \frac{(Z_1+Z_2)}{Z_2} \times V_{LV} \qquad (2.12)$$

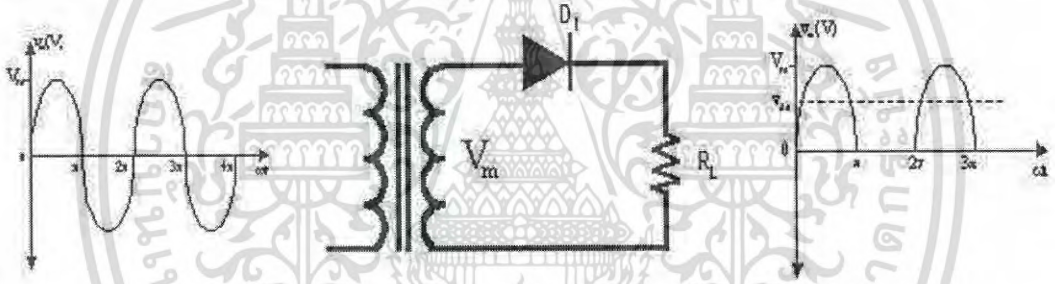
ในการวัดแรงดันสูงด้วยตัวแบ่งแรงดัน ความเที่ยงตรงของการวัดแรงดันสูงนี้จะขึ้นอยู่กับอัตราส่วนของอิมพีแดนซ์ ซึ่งอาจเปลี่ยนแปลงไปเมื่อความถี่เปลี่ยน และความเที่ยงตรงของเครื่องวัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัญหาสำคัญอีกอย่างหนึ่งที่ทำให้ผลของการวัดผิดพลาดได้ก็คือ องค์ประกอบเปลี่ยนแปลงไม่เป็นเชิงเส้น เช่น ผลกระทบจากความร้อน โดยความผิดพลาดดังกล่าวที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของอิมพีแดนซ์เนื่องจากอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงจะหมดไป เมื่ออิมพีแดนซ์ Z_1 และ Z_2 เป็นวัตถุหรือสารประเภทเดียวกัน ซึ่งอิมพีแดนซ์ที่ใช้ทำตัวแบ่งแรงดันอาจเป็นความต้านทานหรือคาปาซิเตอร์ก็ได้ โดยถ้าเป็นตัวแบ่งแรงดันแบบความต้านทานจะใช้วัดแรงดันสูงกระแสตรงและยังสามารถวัดแรงดันกระแสสลับได้ในย่านไม่เกิน 20-30 kV และสำหรับตัวแบ่งแรงดันแบบคาปาซิเตอร์จะใช้วัดแรงดันสูงกระแสสลับเพียงอย่างเดียวเท่านั้น

2.6 วงจรเรียงกระแส [20]

วงจรเรียงกระแสหรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า เรคติไฟเออร์ คือวงจรไฟฟ้าที่มีคุณสมบัติในการแปลงสัญญาณกระแสสลับให้กลายเป็นสัญญาณไฟฟ้ากระแสตรงหรือมีคุณสมบัติยอมให้ไฟฟ้าไหลผ่านไปในทิศทางใดทิศทางหนึ่ง อุปกรณ์ที่นิยมใช้ในการแปลงสัญญาณได้แก่ ไดโอด

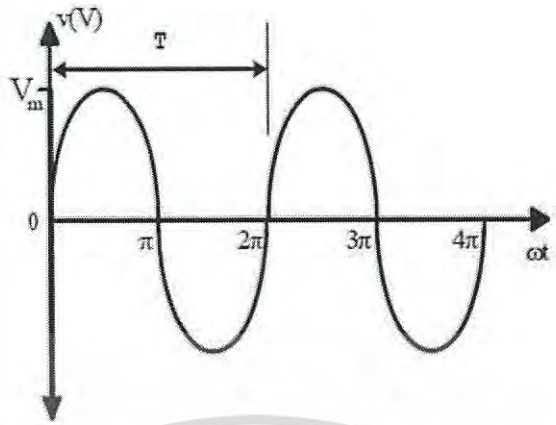


รูปที่ 2.10 วงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น

2.6.1 วงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น (Half Wave Rectifier Circuit)

จากรูป 1.1 อธิบายการทำงานของวงจรได้ดังนี้ เมื่อสัญญาณครึ่งบวกเข้ามาไดโอดจะถูกไบอัสตรงทำให้กระแสไหลในวงจร เกิดแรงดันที่ตกคร่อมตัวต้านทาน R_L ตามลักษณะของสัญญาณอินพุต แต่เมื่อมีสัญญาณครึ่งลบเข้ามาไดโอดจะถูกไบอัสกลับจึงทำให้ไม่มีกระแสไหลในวงจร แรงดันที่ตกคร่อม R_L จึงมีค่าเป็นศูนย์ดังนั้นสัญญาณเอาต์พุตที่โหลดจึงมีค่าเป็นสัญญาณรูปครึ่งไซเคิลที่เรียกว่าฮาล์ฟเวฟ (Half wave)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11 แสดงรูปคลื่นของแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ

2.6.1.1 ค่าเฉลี่ย (Average value)

สามารถคำนวณหาค่าเฉลี่ยของสัญญาณเอาต์พุตที่ได้จากพื้นที่ใต้กราฟของรูป แล้วหารด้วยเวลาของรูปคลื่นโดยคำนวณพื้นที่ใต้รูปคลื่นของสัญญาณที่เรียงกระแสแล้วจะต้องใช้วิธีการ อินทิเกรตสัญญาณซึ่งสมการหาค่าเฉลี่ยแสดงได้ดังนี้

$$V_{dc} = V_{av} = \frac{1}{T}\int_0^T V(t)dt \qquad (2.13)$$

ค่าแรงดันเฉลี่ย

จากสมการที่ (2.13) เมื่อ

$$V(t) = V_m \sin(\omega t)$$

หาค่าแรงดันเฉลี่ย V_{dc}

โดย V_{dc} = ค่าแรงดันเฉลี่ยของวงจรเรียงกระแส

V_m = ค่าแรงดันสูงสุดของสัญญาณไฟสลับ

$$V_{dc} = \frac{1}{2\pi}\left[\int_0^{\pi} V\sin(\omega t)\mathrm{d}(\omega t) + \int_{\pi}^{2\pi} V\sin(\omega t)\mathrm{d}(\omega t)\right] \text{ ; ช่วง } \pi - 2\pi \text{ ; } V_m = 0$$

$$= \frac{V_m}{2\pi}\left[-\cos(\omega t)\right]_0^{\pi}$$

$$= \frac{V_m}{2\pi}\{-[\cos\pi - \cos 0]\}$$

$$= \frac{V_m}{2\pi}[-(-1-1)]$$

$$V_{dc} = \frac{V_m}{\pi} = 0.318V_m \qquad (2.14)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การหากระแสเฉลี่ยใช้วิธีเดียวกับการหา V_{dc} ซึ่งจะได้สมการดังนี้

$$I_{dc} = \frac{I_m}{\pi} = 0.318 I_m \tag{2.15}$$

2.6.1.2 ค่าประสิทธิผล (Effective value or Root Mean Square)

นิยามว่าแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับที่ก่อให้เกิดผลทางความร้อนเท่ากับค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง เช่น ถ้าหากป้อนแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับรูปไซน์ ค่า 14.14 โวลต์ คร่อมตัวต้านทานค่า 1 โอห์ม จะทำให้เกิดความร้อนเท่ากับเมื่อป้อนแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงค่า 10 โวลต์ จากรูปที่ 2.11 จะได้สมการการหาค่าแรงดันอาร์เอ็มเอส คือ

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T V^2(t)\mathrm{d}(t)} \tag{2.16}$$

แทนค่าของ $V(t) = V_m\, sin(\omega t)$ ในสมการที่ จะได้

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{1}{2\pi}\int_0^T (V_m \sin(\omega t))^2\, d(\omega t) + \frac{1}{2\pi}\int_\pi^{2\pi} (V_m \sin(\omega t))^2\, d(\omega t)}$$

$$= \sqrt{\frac{V_m^2}{2\pi}\int_0^T sin^2\,(\omega t) d(\omega t)}$$

$$= \sqrt{\frac{V_m^2}{2\pi}\int_0^T \frac{1}{2}(1 - \cos(2\omega t)) d(\omega t)}$$

$$= \sqrt{\frac{V_m^2}{2\pi}\left[\frac{1}{2}\int_0^\pi d(\omega t) - \frac{1}{2}\int_0^\pi \cos(2\omega t)\, d(\omega t)\right]}$$

$$= \sqrt{\frac{V_m^2}{2\pi}\left[\left(\frac{1}{2}(\omega t)\right)\Big|_0^\pi - \frac{1}{4}\int_0^\pi \cos(2\omega t)\, d(2\omega t)\right]}$$

$$= \sqrt{\frac{V_m^2}{2\pi}\left[\left(\frac{1}{2}(\omega t)\right) - \frac{1}{4}\sin(2\omega t)\right]\Big|_0^\pi}$$

$$= \sqrt{\frac{V_m^2}{2\pi}\left[\frac{1}{2}(\pi) - \frac{1}{4}\sin(2\pi) - \frac{1}{2}(0) + \frac{1}{4}\sin(0)\right]}$$

$$= \sqrt{\frac{V_m^2}{2\pi}\left(\frac{\pi}{2}\right)}$$

$$V_{rms} = \frac{V_m}{2} = 0.5 V_m \tag{2.17}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การหาค่ากระแสอาร์เอ็มเอสจะหาเหมือนกับค่า V_{rms} จะได้

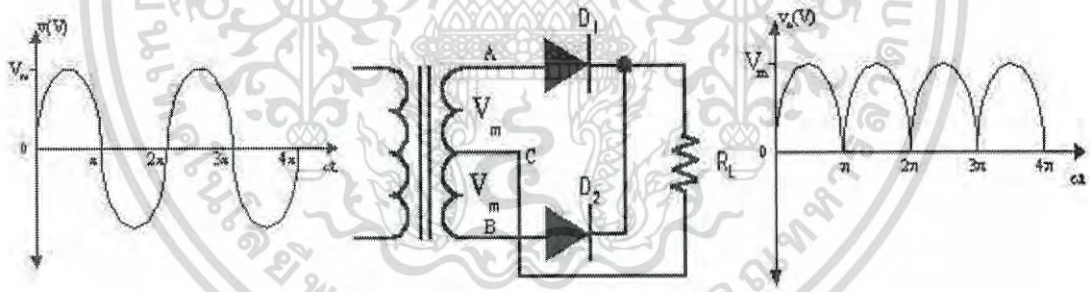
$$I_{rms} = \frac{I_m}{2} = 0.5I_m \qquad (2.18)$$

2.6.2 วงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น (Full Wave Rectifier Circuit)

จากข้อเสียของวงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น สามารถแก้ไขปัญหาโดยการใช้วงจรที่เรียกว่าวงจรเรียงกระแบบเต็มคลื่นวงจรเรียงกระแสแบบนี้จะใช้ไดโอดอย่างน้อย 2 ตัวต่ออยู่ในวงจร เพื่อว่าจะทำให้ไดโอดสามารถนำกระแสในแต่ละครึ่งไซเคิลของกระแสสลับ ไดโอดทั้งสองจึงทำหน้าที่เป็นตัวจ่ายกระแสให้กับความต้านโหลด ตัวละครึ่งไซเคิลแต่ต้องจ่ายให้ทิศทางเดียวกัน ดังนั้นวงจรจึงสามารถจ่ายไฟกระแสตรงได้ตรงกว่าแบบครึ่งคลื่น

2.6.2.1 วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบเซ็นเตอร์แทป (Center Tap Rectifer Circuit)

เมื่อมีแรงดันสลับป้อนเข้ามาทางขดปฐมภูมิของหม้อแปลง จะเกิดแรงดันขึ้นทางขดทุติยภูมิ คือ ขั้ว A และ B เนื่องจากจุด C เป็นจุดกึ่งกลางของขดทุติยภูมิ ดังนั้นแรงดันไฟครึ่งหนึ่งจึงเกิดขึ้นที่ขั้ว AC และอีกครึ่งหนึ่งจะปรากฏที่ขั้ว CB และแรงดันระหว่างขดปฐมภูมิและขดทุติยภูมิจะมีเฟส ตรงข้ามกันคือ 180 องศา



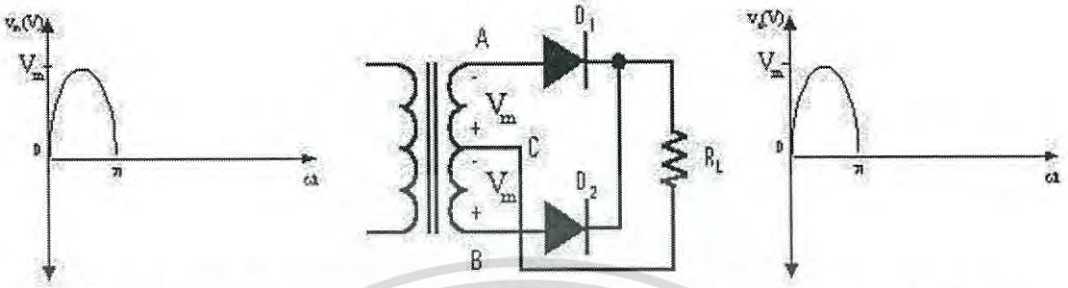
รูปที่ 2.12 วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบเซนเตอร์แทป

เมื่อแรงดันไฟในครึ่งไซเคิลแรก คือครึ่งไฟบวกเข้ามาที่อินพุตทางด้านขดปฐมภูมิ ศักดา ไฟฟ้าที่จุด B จะมีค่าบวกเมื่อเทียบกับ A หรือ C และศักย์ไฟฟ้าที่จุด C จะมีค่าบวกเมื่อเทียบกับจุด A ดังนั้น ไดโอด D_1 จะไม่นำกระแสไฟฟ้า ส่วนไดโอด D_2 จะนำกระแสได้ เกิดการไหลของกระแส ไฟฟ้าขึ้นในวงจร ตามรูปที่ 2.13 ก.

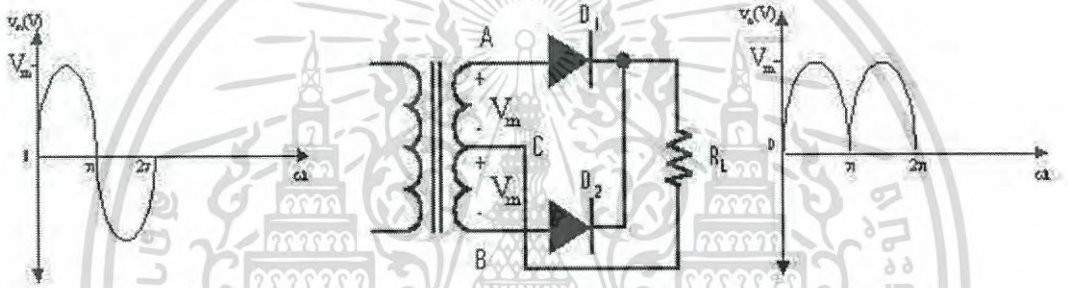
เมื่อแรงดันไฟในครึ่งไซเคิลต่อมา คือครึ่งไฟลบเข้ามาที่อินพุตทางด้านขดปฐมภูมิ ศักดา ไฟฟ้าที่จุด A จะมีค่าบวกเมื่อเทียบกับ B หรือ C และศักย์ไฟฟ้าที่จุด C จะมีค่าบวกเมื่อเทียบกับจุด B ดังนั้นไดโอด D_2 จะไม่นำกระแสไฟฟ้า ส่วนไดโอด D_1 จะนำกระแสได้ เกิดการไหลของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระแส ไฟฟ้าขึ้นในวงจร ตามรูปที่ 2.13 ข. ค่าแรงดันเอาต์พุตจะได้อีกครึ่งไซเกิล กระแสผ่านตัวต้านทาน R_L จะไหล ไปในทิศทางเดียวกับตอนแรก



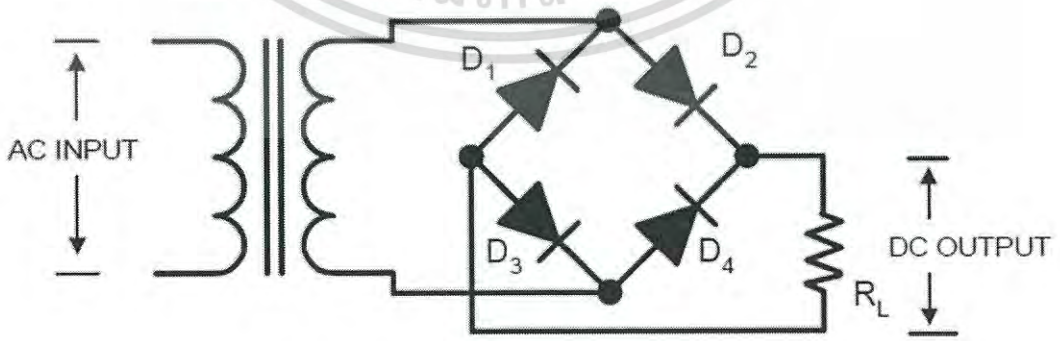
รูปที่ 2.13 (ก) แสดงการทำงานของวงจรเรียงกระแสแบบเซนเตอร์แทปเมื่ออินพุตเป็นซีกบวก



รูปที่ 2.13 (ข) แสดงการทำงานของวงจรเรียงกระแสแบบเซนเตอร์แทปเมื่ออินพุตเป็นซีกลบ

2.6.2.2 วงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์ (Bridge Rectifier Circuit)

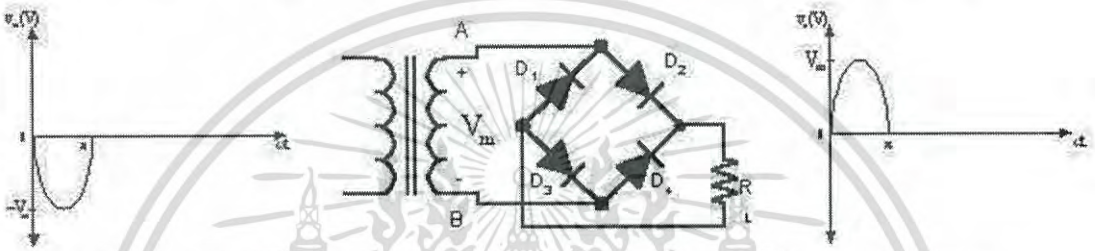
วงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น (Full Wave) อีกแบบหนึ่ง คือวงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์แรงดันไฟสลับจะต่อเข้าที่ สองมุมของวงจรบริดจ์และเอาต์พุตจะถูกนำออกที่สองมุมที่เหลือ ดังในรูปที่2.14



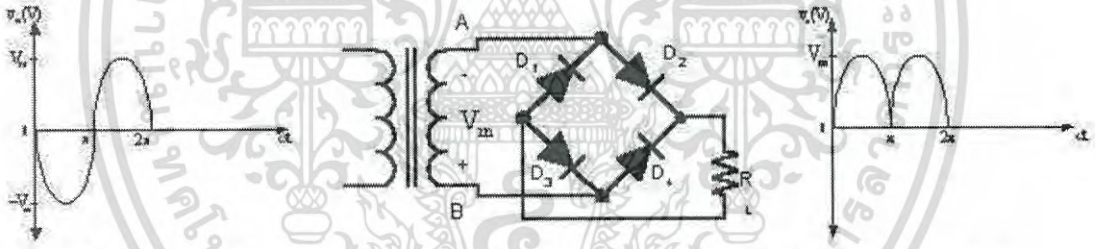
รูปที่ 2.14 วงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในแต่ละครึ่งไซเคิลของวงจรอินพุตสมมุติว่าเมื่อขั้ว A ของขดทุติยภูมิมีค่าเป็นบวก และขั้วB มีค่า เป็นลบจึงเหมือนกับครึ่งไซเคิลลบถูกป้อนเข้าทางขดปฐมภูมิของหม้อแปลง ไดโอด D_2 และ D_3 จะอยู่ในลักษณะไบอัสตรงดังนั้นกระแสจึงไหลครบวงจรจากขั้ว A ผ่านไดโอด D_2 ความต้านทานโหลดและไดโอด D_3 แล้วกลับเข้าสู่ขั้ว B ของหม้อแปลง ดังรูปที่ 2.15 ก. และเมื่อแรงดันไฟสลับเปลี่ยนข้างมาเป็นขั้วบวก ที่ขั้ว B และเป็นลบที่ขั้ว A การนำกระแสของไดโอดจะเปลี่ยนไปโดยเริ่มจากจุด B ของขดทุติยภูมิ ผ่าน D_4 ความต้านทานโหลด และ D_1 กลับเข้าขั้ว A ของหม้อแปลง ทิศทางแรงดันตกคร่อมโหลดจะมีทิศทางเดียวกับตอนแรกคือ มีขั้วบวกอยู่ทางด้านบน ดังรูปที่ 2.15 ข. ดังนั้นการนำกระแสไดโอดจะเกิดสลับกันทีละสองตัว D_2 กับ D_3 และ D_1 กับ D_4



รูปที่ 2.15 (ก) แสดงการทำงานของวงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์เมื่ออินพุตเป็นซีกลบ



รูปที่ 2.15 (ข) แสดงการทำงานของวงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์เมื่ออินพุตเป็นซีกบวก

2.6.2.3 ค่าพารามิเตอร์ในวงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น

ในวงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่นจะได้สัญญาณเอาต์พุตเพียงครึ่งไซเคิลแต่ในวงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นจะได้สัญญาณเอาต์พุตทุกรูปคลื่นของสัญญาณอินพุต ดั้งนั้นค่าแรงดันหรือค่ากระแสย่อมได้มากกว่าแบบครึ่งคลื่น ซึ่งการคำนวณหาค่าโดยใช้สมการเดียวกันแต่จะให้ผลลัพธ์ดังนี้

$$V_{dc} = \frac{2V_m}{\pi} = 0.636V_m \quad (2.19)$$

$$I_{dc} = \frac{2I_m}{\pi} = 0.636I_m \quad (2.20)$$

$$V_{rms} = \frac{V_m}{\sqrt{2}} \quad (2.21)$$

$$I_{rms} = \frac{I_m}{\sqrt{2}} \quad (2.22)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.3 แรงดันย้อนกลับ (Peak Inverse Voltage – PIV)

PIV เป็นค่าแรงดันย้อนกลับสูงสุดที่ตกคร่อมไดโอดขณะที่ได้รับไบอัสกลับ ไดโอดที่ใช้จะต้องมีแรงดันทลาย (Breakdown) สูงกว่า PIV

PIV ของวงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น = V_m

PIV ของวงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นมีเซนเตอร์แทป = 2 V_m

PIV ของวงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นแบบบริดจ์ = V_m

2.7 ไฟไนต์อิลิเมนต์ (FINITE ELEMENT) [21]

โปรแกรมการจำลองด้วยคอมพิวเตอร์เป็นโปรแกรมที่ใช้วิเคราะห์ในงานทางวิศวกรรมเพื่อช่วยในการประดิษฐ์ คิดค้นและวิจัย เนื่องจากการออกแบบผลิตภัณฑ์ในปัจจุบันความต้องการสินค้าที่มีคุณภาพและราคาถูก โปรแกรมการจำลองจึงถูกประดิษฐ์คิดค้นขึ้นมามากมายเพื่อตอบสนองในเรื่องของการสร้างแบบจำลองจริง โปรแกรมการจำลองจึงถูกประดิษฐ์ขึ้นมาเพื่อช่วยในเรื่องการสร้าง และการทดสอบในคอมพิวเตอร์ก่อนการนำผลการทดลองมาสร้างผลิตภัณฑ์จริงเพื่อทดสอบ ดังนั้นโปรแกรมการจำลองจึงมีมากมายที่ใช้ในการจำลองผลิตภัณฑ์ ตัวอย่างเช่น โปรแกรม ANSYS, COMSOL จึงเข้ามามีบทบาทต่อวิศวกรที่จะทำการออกแบบให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพสูง และปลอดภัยต่อการใช้งานเพราะผู้ออกแบบจะสามารถดูผลลัพธ์จากการจำลองด้วยคอมพิวเตอร์ได้ก่อนการสร้างจริง การใช้งานโปรแกรมสำหรับการเขียนแบบและการจำลอง จำเป็นต้องมีการศึกษาก่อนที่จะนำโปรแกรมดังกล่าวมาใช้งาน ผู้ออกแบบควรต้องศึกษาในเรื่องคำสั่งการใช้งานให้ละเอียด และเพียงพอก่อนการใช้โปรแกรมการออกแบบเพื่อจะช่วยลดขั้นตอนในการทำงานและเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ออกแบบได้อย่างถูกต้องครบถ้วนสมบูรณ์ตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้ และให้ผู้ใช้มีความเข้าใจในเรื่องของคำสั่งในการออกแบบมากเพียงพอก็จะทำให้โปรแกรมการออกแบบเป็นเรื่องง่ายสำหรับผู้ใช้งาน ดังนั้นจากที่สามารถลงโปรแกรมได้แล้ว ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงทฤษฎี FINITE ELEMENT เพื่อให้ผู้ใช้งานได้เข้าใจขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมได้มากยิ่งขึ้น

2.7.1 ความเข้าใจในระเบียบวิธีไฟไนต์อิลิเมนต์

วิธีไฟไนต์อิลิเมนต์เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพสูงที่ใช้กันทั่วไปบนพื้นฐานของหลักการ variational ในการพัฒนาและถูกนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายโดยสมการ ลาปลาซ (Laplace's equation) และ ปัวส์ซง(Poisson equation) [26] ซึ่งการแก้สมการเชิงอนุพันธ์ด้วยวิธีการทางคณิตศาสตร์เพียงลำพังนั้นเป็นสิ่งที่ไม่ง่ายเลย โดยเฉพาะหากรูปร่างของปัญหานั้นมีความซับซ้อน หัวใจของระเบียบไฟไนต์อิลิเมนต์คือการแก้สมการดังกล่าวเพื่อหาผลลัพธ์โดยประมาณด้วยการแปลงสมการเชิงอนุพันธ์ซึ่งประกอบด้วยสัญลักษณ์คล้ายเลขหกกลับทางเหล่านี้ ไปเป็นสมการทางพีชคณิตอันประกอบด้วยกระบวนการบวก ลบ คูณ หาร นั้นทำกันอย่างไร เพื่อให้ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นมีความถูกต้องและแม่นยำมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.2 ความเข้าใจในการประดิษฐ์ไฟไนต์อิลิเมนต์

ด้วยประสิทธิภาพของเครื่องคอมพิวเตอร์ในปัจจุบันนี้ทำให้การแก้ปัญหาขนาดใหญ่เป็นไป ด้วยความรวดเร็วการประดิษฐ์ไฟไนต์อิลิเมนต์ โปรแกรมคอมพิวเตอร์จึงเป็นสิ่งสำคัญ และจำเป็นในการลดเวลาของการคำนวณ และขจัดข้อผิดพลาดที่เคยทำด้วยมือหรือด้วยการใช้เครื่องคิดเลข ขั้นตอนในโปรแกรมคอมพิวเตอร์นั้นเหมือนทำด้วยมือ ดังนั้นหากผู้ใช้มีความรู้และความเข้าใจในระเบียบไฟไนต์อิลิเมนต์และสามารถเขียนโปรแกรมเองได้บ้าง ก็จะสามารประดิษฐ์โปรแกรมใช้งานทดสอบได้ด้วยตนเอง แต่อย่างไรก็ตามประสิทธิภาพของโปรแกรมที่ประดิษฐ์นั้นก็ขึ้นอยู่กับประสบการณ์ของผู้ใช้งานโดยตรง ความเข้าใจในไฟไนต์อิลิเมนต์โปรแกรมคอมพิวเตอร์จึงเป็นประโยชน์อย่างมากที่จะช่วยให้ผู้ใช้สามารถใช้งานได้อย่างแม่นยำและมีความมั่นใจในผลลัพธ์ที่เกิดขึ้น

2.7.3 ระเบียบไฟไนต์อิลิเมนต์

กระบวนการวิเคราะห์ปัญหาใดๆ โดยทั่วไปด้วยระเบียบไฟไนต์อิลิเมนต์ไม่ว่าจะทำด้วยมือ หรือใช้โปรแกรมสำเร็จรูปก็ตามจะประกอบด้วย 5 ขั้นตอนหลักๆดังนี้

1. การแบ่งโดเมนของปัญหาออกเป็นอิลิเมนต์ย่อยๆ ยกตัวอย่างเช่น หากต้องการวิเคราะห์การเสียรูปของแผ่นเหล็กจากแรงดึง ขั้นตอนแรกต้องแบ่งแผ่นเหล็กออกเป็นอิลิเมนต์ย่อยๆ หรือหากต้องการวิเคราะห์ลักษณะการไหลของน้ำในท่อจำเป็นต้องแบ่งโดเมนซึ่งเป็นน้ำนั้นออกเป็นอิลิเมนต์ย่อยๆ ก่อนกระบวนการขั้นตอนแรกนี้โดยปกติจะใช้เวลามากในทางปฏิบัติเพราะจำเป็นต้องสร้างโครงสร้างของปัญหาอาจประกอบด้วยส่วนเว้าส่วนโค้งที่มีความซับซ้อน การประดิษฐ์กราฟิกซอฟแวร์ในส่วนนี้ขึ้นมาด้วยตนเองจึงจำเป็นต้องอาศัยความรู้อันประกอบไปด้วยประสบการณ์ทางด้านนี้เป็นอย่างมาก

2. การเลือกใช้ชนิดของอิลิเมนต์ อิลิเมนต์ย่อยที่แบ่งบนแผ่นเหล็กนั้นอาจเป็นอิลิเมนต์ในรูปแบบของสามเหลี่ยมด้านไม่เท่าก็ได้ หากแบ่งออกเป็นอิลิเมนต์เป็นสามเหลี่ยมตัวที่ไม่รู้ค่าจะอยู่ที่มุมทั้งสามของสามเหลี่ยมนั้นซึ่งเรียกกันว่าจุดต่อการเลือกใช้ชนิดของอิลิเมนต์จะสอดคล้องกับลักษณะการกระจายของตัวที่ไม่รู้ค่าที่สมมติขึ้นบนอิลิเมนต์นั้นๆ เช่นหากเลือกใช้อิลิเมนต์สามเหลี่ยมบนจุดต่อที่มุมทั้งสามแล้ว ลักษณะการกระจายตัวที่ไม่รู้ค่าบนอิลิเมนต์นั้นจะถูกสมมติให้อยู่ในรูปของแผ่นเรียบเป็นต้น แต่หากเลือกใช้อิลิเมนต์แบบสี่เหลี่ยมนี้อาจไม่เรียบแต่โค้งไปโค้งมาได้ ดังนั้นการเลือกใช้อิลิเมนต์ชนิดต่างๆกันจึงมีผลโดยตรงกับผลลัพธ์ที่จะคำนวณ

3. การประดิษฐ์สมการไฟไนต์อิลิเมนต์ สมการเชิงอนุพันธ์ที่สอดคล้องกับปัญหาที่สนใจอยู่นั้นจะถูกเปลี่ยนไปเป็นสมการทางพีชคณิตที่เรียกกันว่า สมการไฟไนต์อิลิเมนต์ สมการไฟไนต์อิลิเมนต์นี้จะถูกสร้างขึ้นสำหรับแต่ละอิลิเมนต์ เนื่องจากอิลิเมนต์ต่างมีขนาดไม่เท่ากัน กระบวนการประดิษฐ์สมการไฟไนต์อิลิเมนต์จากสมการเชิงอนุพันธ์นี้เองเป็นหัวใจของไฟไนต์อิลิเมนต์

4. การรวมสมการไฟไนต์อิลิเมนต์เขาด้วยกันแล้วแก้สมการระบบสมการใหญ่ สมการไฟไนต์อิลิเมนต์ที่อยู่ในรูปแบบของสมการทางพีชคณิตซึ่งได้ประดิษฐ์ขึ้นสำหรับแต่ละอิลิเมนต์ในขั้นตอนที่แล้วจำเป็นต้องนำมารวมกันอย่างถูกต้องและมีหลักการ เปรียบเสมือนการนำชิ้นตัวต่อมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อเข้ากันอย่างเหมาะสม จึงเกิดเป็นรูปภาพใหญ่ที่สมบูรณ์ขึ้นได้จากการประกอบสมการไฟไนต์อิลิเมนต์แต่ละสมการเข้าด้วยกันจะก่อให้เกิดระบบสมการขนาดใหญ่จากนั้นจึงประยุกต์เงื่อนไขขอบเขตของปัญหานั้นๆ ก่อนแก้ระบบสมการขนาดใหญ่ชุดนั้นเพื่อหาผลลัพธ์ที่จุดต่อ ซึ่งผลลัพธ์ที่จุดต่อเหล่านี้อาจแทนค่าอุณหภูมิ หากวิเคราะห์ปัญหาการถ่ายเทความร้อนหรือแทนค่าการเคลื่อนที่ หากวิเคราะห์ปัญหาด้านการเสียรูป และการเค้น เป็นต้น

5. การคำนวณหาค่าอื่นๆที่เหลือ จากนั้นจึงเป็นการหาค่าอื่นๆ ที่ผู้ใช้ต้องการทราบเพื่อจะทำให้ปัญหานั้นได้รับการวิเคราะห์โดยสมบูรณ์ เช่น เมื่อทราบอุณหภูมิตามตำแหน่งต่างๆ แล้วสามารถคำนวณหาปริมาณ ฟลักซ์ความร้อนที่ไหลผ่านได้ หรือเมื่อทราบค่าของการเคลื่อนตัวแล้วก็สามารถคำนวณหาค่าความเค้นได้เช่นกัน เป็นต้น

2.7.4 กระบวนการแก้ปัญหาด้วยวิธีไฟไนต์อิลิเมนต์

กระบวนการแก้ปัญหาด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปที่ใช้วิธีไฟไนต์อิลิเมนต์ซอฟแวร์ประกอบด้วยขั้นตอนใหญ่ๆ 3 ขั้นตอนดังนี้

1. กระบวนการขั้นต้น (Pre-Processor) คือการสร้างรูปแบบไฟไนต์อิลิเมนต์จากรูปร่างลักษณะที่แท้จริงของปัญหา จากนั้นจึงประยุกต์เงื่อนไขขอบเขตก่อนวิเคราะห์ปัญหานั้น การสร้างรูปแบบไฟไนต์อิลิเมนต์อันประกอบด้วยอิลิเมนต์เป็นจำนวนมากบนรูปร่างลักษณะของปัญหาที่กำหนด มาให้นั้นตามปกติจะใช้เวลานาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากรูปร่างของปัญหามีความซับซ้อน ผู้สร้างรูปร่างบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ควรมีประสบการณ์ในการใช้ซอฟแวร์นั้นๆ มาชักระยะหนึ่งจึงสามารถสร้างรูปแบบที่กำหนดให้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพได้เริ่มตั้งแต่การสร้าง เส้นตรง เส้นโค้งต่างๆรวมทั้งผิว โดยข้อมูลของจุด เส้นตรง เส้นโค้งและพื้นผิวเหล่านี้จะถูกเก็บในรูปแบบของสมการทางเรขาคณิตในหน่วยความจำบนเครื่องคอมพิวเตอร์นั้นเพื่อผู้ใช้สามารถสร้างอิลิเมนต์ทั้งขนาดและจำนวนต่างๆกันได้โดยรูปแบบของไฟไนต์อิลิเมนต์ที่เกิดขึ้นยังเสมือนรูปร่างต้นแบบของจริงมากที่สุด รูปแบบของไฟไนต์อิลิเมนต์นี้ยังประกอบไปด้วยหมายเลขจุดต่อ หมายเลขของอิลิเมนต์และข้อมูลอื่นๆซึ่งจำเป็นต้องใช้ในกระบวนการวิเคราะห์ขั้นตอนต่อไป รายละเอียดต่างๆจำนวนมากเหล่านี้ปกติจะไม่แสดงบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ ยกเว้นผู้ใช้ต้องการให้แสดงเพื่อการตรวจสอบหลังจากสร้างรูปแบบไฟไนต์อิลิเมนต์ได้เสร็จสิ้นลงแล้วผู้ใช้จำเป็นต้องกำหนดเงื่อนไขขอบเขตอันอาจประกอบไปด้วยการกำหนดค่าให้กับบางจุดต่อของรูปแบบไฟไนต์อิลิเมนต์นั้นเงื่อนไขขอบเขตเหล่านี้จำเป็นต้องเหมือนหรือใกล้เคียงกับของจริงมากที่สุดจึงจะนำไปสู่ผลลัพธ์ที่สอดคล้องกับความเป็นจริง

2. กระบวนการวิเคราะห์ (analysis) คือ ข้อมูลต่างๆของรูปแบบไฟไนต์อิลิเมนต์ที่สร้างขึ้น และเงื่อนไขขอบเขตที่กำหนดให้ในขั้นตอนแรกจะถูกส่งเข้าสู่กระบวนการวิเคราะห์ด้วยไฟไนต์อิลิเมนต์โปรแกรมคอมพิวเตอร์ซึ่งฝังตัวอยู่แล้วในซอฟแวร์ โดยจะสร้างสมการไฟไนต์อิลิเมนต์ที่สอดคล้องกับปัญหาสำหรับทุกอิลิเมนต์ก่อนที่จะนำมาประกอบกันเข้าเป็นระบบสมการรวมขนาดใหญ่แล้วจึงประยุกต์เงื่อนไขขอบเขตที่กำหนดให้ จากนั้นจึงแก้ระบบสมการรวมขนาดใหญ่นั้นโดยเวลาที่ใช้ในการคำนวณจะขึ้นอยู่กับจำนวนอิลิเมนต์ทั้งหมดซึ่งผู้ใช้ได้สร้างขึ้นและขนาดของระบบสมการรวม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาดใหญ่ที่เกิดขึ้นหากสมการเชิงอนุพันธ์ของปัญหานั้นอยู่ในรูปแบบเชิงเส้นระบบสมการนี้จะถูกแก้เพียงครั้งเดียวทำให้เวลาที่ใช้ในการคำนวณนั้นไม่มากนัก แต่หากสมการเชิงอนุพันธ์ของปัญหานั้นอยู่ในรูปแบบไม่เชิงเส้นระบบสมการนี้จะถูกแก้ด้วยการรวมซ้ำหลายรอบทำให้เวลาที่ใช้ในการคำนวณนั้นมากขึ้น โดยเฉพาะหากรูปแบบไฟไนต์อิลิเมนต์ประกอบด้วยอิลิเมนต์เป็นจำนวนมาก ดังนั้นหากผู้ใช้ซอฟแวร์มีความเข้าใจถึงองค์ความรู้พื้นฐานภายในระเบียบไฟไนต์อิลิเมนต์บ้างก็จะช่วยในการตัดสินใจสิ่งต่างๆก่อนทำการวิเคราะห์ได้เป็นอย่างดี ซึ่งจะสามารถทุ่นเวลาในการคำนวณลงไปได้มากทีเดียว

3. กระบวนการขั้นท้าย ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจากการวิเคราะห์ในขั้นที่แล้วจะประกอบด้วย ตัวเลขเป็นจำนวนมาก ซึ่งจำเป็นต้องใช้คอมพิวเตอร์กราฟิกโดยเฉพาะกราฟิกสีเพื่อแสดงตัวเลขจำนวนมากเหล่านี้ออกมาบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ทำให้ผู้ใช้สามารถเข้าใจปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็ว กระบวนการขั้นท้ายนี้จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งซึ่งรูปแบบของการแสดงผลลัพธ์นั้นมีหลายชนิด นับตั้งแต่การแสดงด้วยชั้นแถบสี การแสดงด้วยชั้นสี การแสดงด้วยเวกเตอร์ เป็นต้น ทั้งบนรูปทรงที่ได้ออกแบบไปบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ได้โดยตรงอย่างรวดเร็ว จะทำให้ผู้ออกแบบเข้าใจในปัญหานั้นได้อย่างลึกซึ้งมากยิ่งขึ้นและอาจก่อให้เกิดแนวคิดในการปรับเปลี่ยนรูปทรงนั้นเพื่อให้เกิดผลลัพธ์ที่ดียิ่งขึ้นไปอีก กระบวนการดังกล่าวนี้เองที่ช่วยลดเวลาในการออกแบบผลิตภัณฑ์ใหม่ๆลงไปได้มากในปัจจุบันและสามารถหลีกเลี่ยงการลองผิดลองถูกที่เคยใช้กันในอดีตไปจนเกือบสิ้นเชิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบและประกอบสร้างเครื่องกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้าขนาดเล็ก

3.1 บทนำ

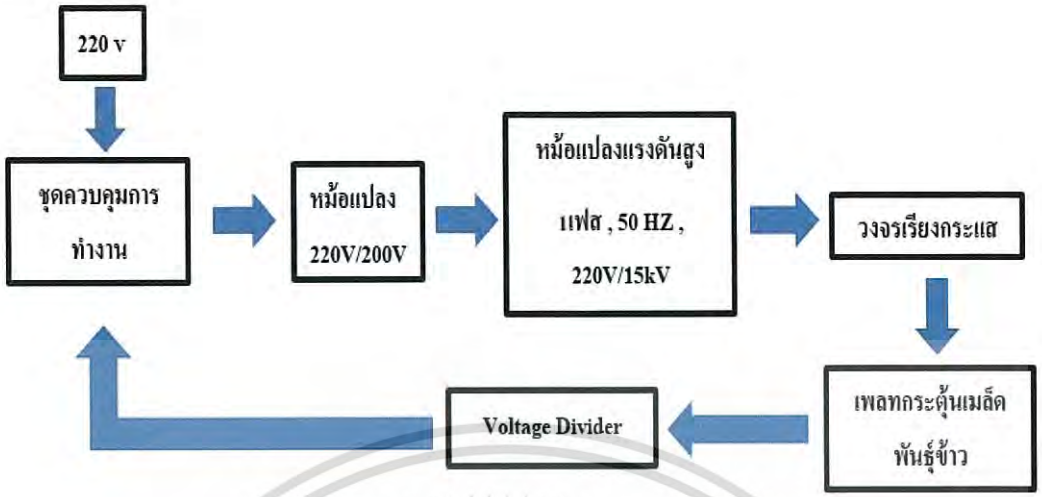
ในบทนี้จะเป็นการศึกษา การออกแบบ และประกอบสร้างเครื่องกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้าขนาดเล็ก โดยการออกแบบชุดต้นแบบเครื่องกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้าขนาดเล็กนั้นจะประกอบไปด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 อิเล็กโทรดที่ใช้ในการกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าว โดยในการออกแบบต้องคำนึงถึงปัจจัยต่างๆ ประกอบในการออกแบบ เช่น ปัจจัยทางไฟฟ้าได้แก่ ลักษณะของสนามไฟฟ้า , แรงดันไฟฟ้าที่ใช้งาน ขนาดความเหมาะสมและความสะดวกในการใช้งาน

ส่วนที่ 2 ชุดแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง ได้แก่ แหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงดันสูง วงจรแปลงแรงดัน และเครื่องมือวัดแรงดันสูง ซึ่งต้องมีขนาดพิกัดเหมาะสมกับอิเล็กโทรดที่ใช้ในการกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าว

ส่วนที่ 3 ชุดควบคุมเครื่องกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้าขนาดเล็ก โดยออกแบบเพื่อให้การทำงานของเครื่องกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้าขนาดเล็กทำงานในระบบอัตโนมัติ สะดวกในการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 แผนผังการทำงานของเครื่องกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้าขนาดเล็ก

3.2 การออกแบบอิเล็กโทรดที่ใช้ในการกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าว

3.2.1 การคำนวณค่าแรงดันที่ป้อนตามช่วงสนามไฟฟ้าที่เหมาะสมในการกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าว

จากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า เมล็ดพันธุ์ข้าวจะมีอัตราการงอก ความยาวรากของต้นกล้าและเปอร์เซ็นต์ผลผลิตต่อไร่เพิ่มขึ้นมากที่สุดเมื่อผ่านการกระตุ้นด้วยสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ 4 kV/cm โดยระยะเวลาที่ใช้ในการกระตุ้นจะขึ้นอยู่กับชนิดของเมล็ดพันธุ์ข้าวที่กระตุ้น ดังนั้นการออกแบบอิเล็กโทรดที่ใช้จะเป็นแบบระนาบที่ให้ค่าสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ จากสมการของอิเล็กโทรดสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอจะได้ว่า

$$E_{avg} = \frac{V}{d} \tag{3.1}$$

โดยที่ E_{avg} คือ ค่าสนามไฟฟ้าระหว่างอิเล็กโทรด (kV/cm)

V คือ แรงดันไฟฟ้าที่ป้อนเข้าไประหว่างอิเล็กโทรด (V)

d คือ ระยะห่างระหว่างอิเล็กโทรด (cm)

กำหนดค่าระยะห่างระหว่างอิเล็กโทรด d= 2.5 cm เพื่อให้เหมาะสมแก่การกรอกเมล็ดพันธุ์ข้าว จากสมการที่ ทำการคำนวณหาค่าแรงดันไฟฟ้าที่จะป้อนเพื่อให้ค่าสนามไฟฟ้าเท่ากับ 4 kV/cm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

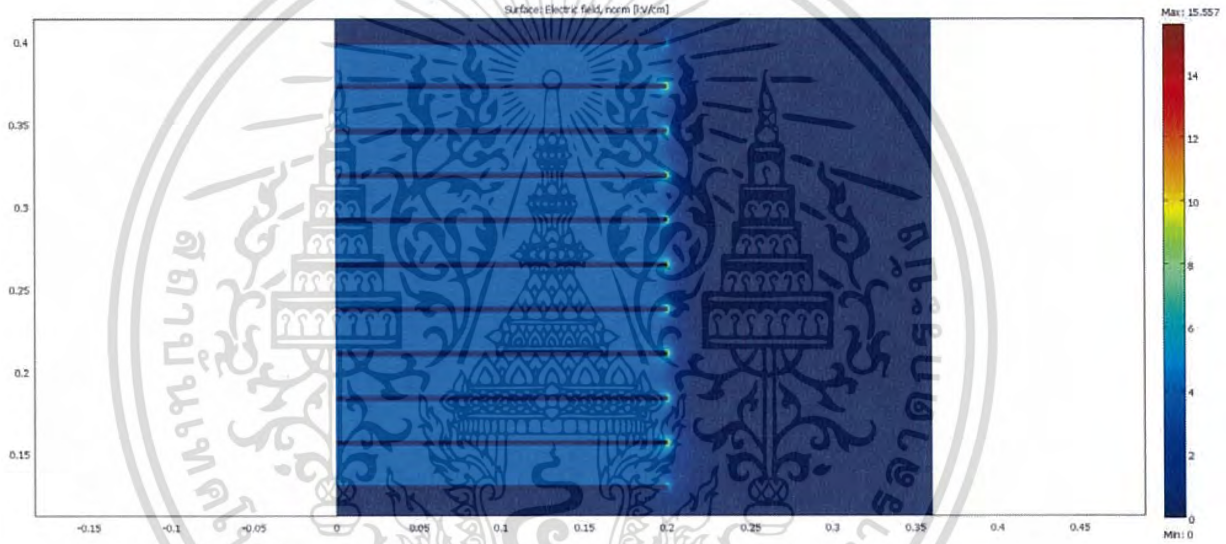
$$V = E_{avg} \cdot d$$

$$= 4 \text{ kV/cm} \times 2.5 \text{ cm}$$

$$= 10 \text{ kV}$$

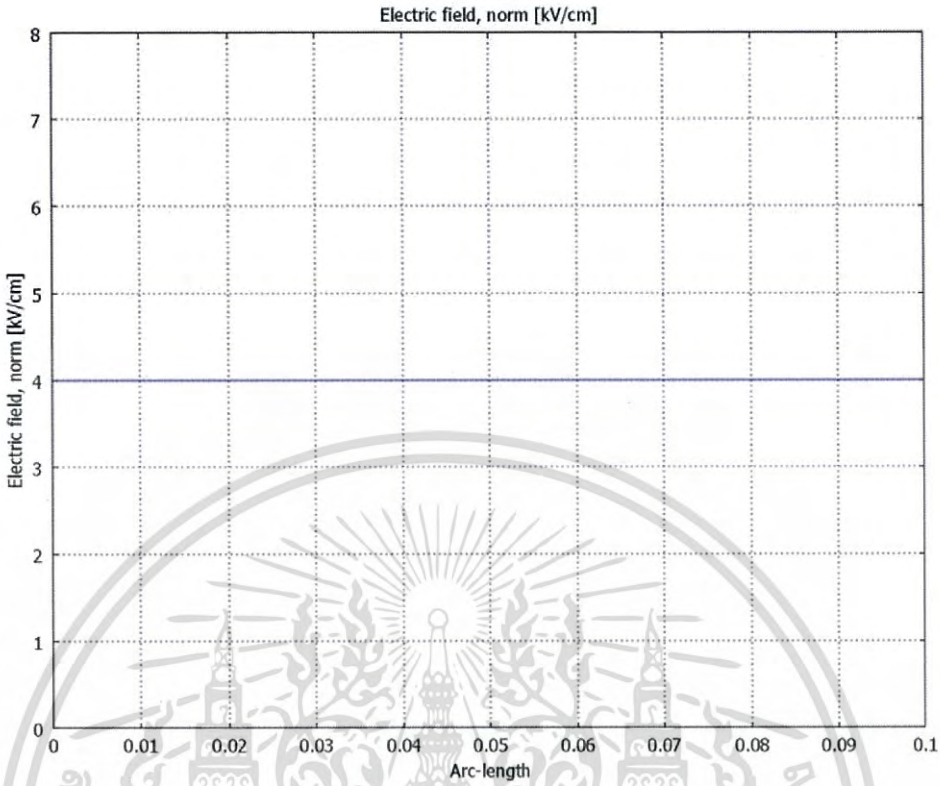
3.2.2 การวิเคราะห์อิเล็กโทรดที่ใช้ในการกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยวิธีไฟไนท์อิลิเมนต์

จากการศึกษาและออกแบบ เมื่อทำการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนท์อิลิเมนต์โดยป้อนแรงดันที่อิเล็กโทรด 10 kV และกำหนดระยะห่างระหว่างอิเล็กโทรดที่ 2.5 cm จะได้ค่าสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอระหว่างอิเล็กโทรดที่ 4 kV/cm ตามที่ต้องการ ดังรูปที่3.2 และ รูปที่3.3

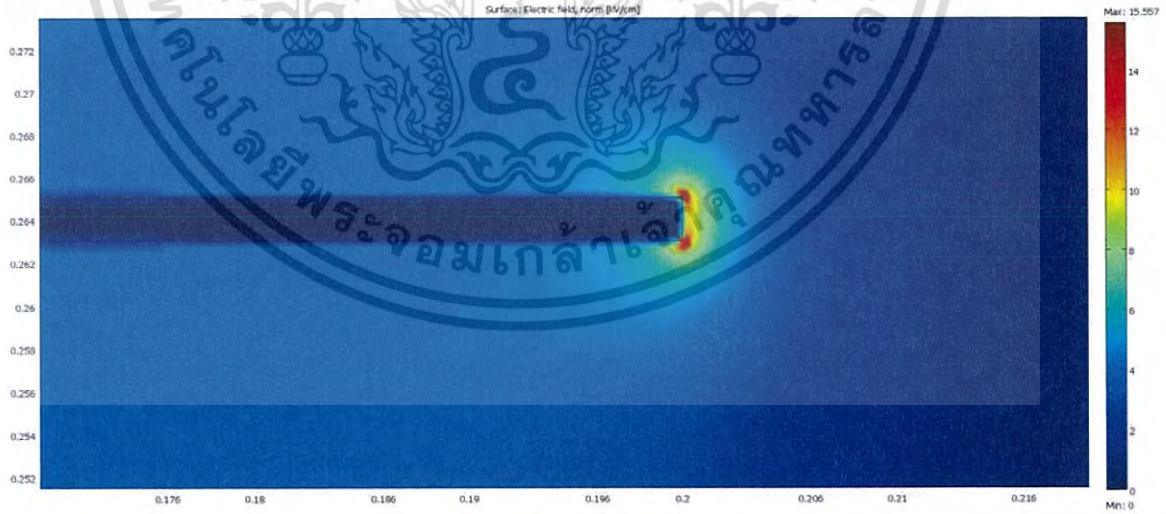


รูปที่ 3.2 การวิเคราะห์ค่าสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอระหว่างแผ่นอิเล็กโทรดด้วย FEM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

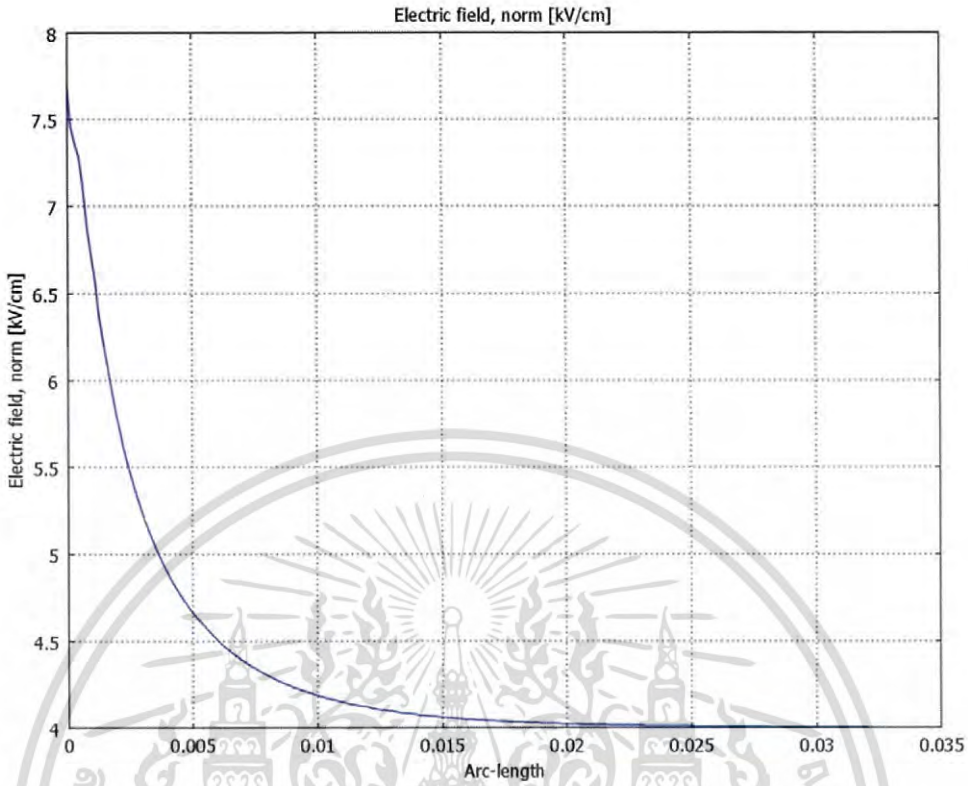


รูปที่ 3.3 แสดงค่าสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอด้วย FEM



รูปที่ 3.4 การวิเคราะห์ค่าสนามไฟฟ้าบริเวณขอบแผ่นอิเล็กโทรดด้วย FEM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



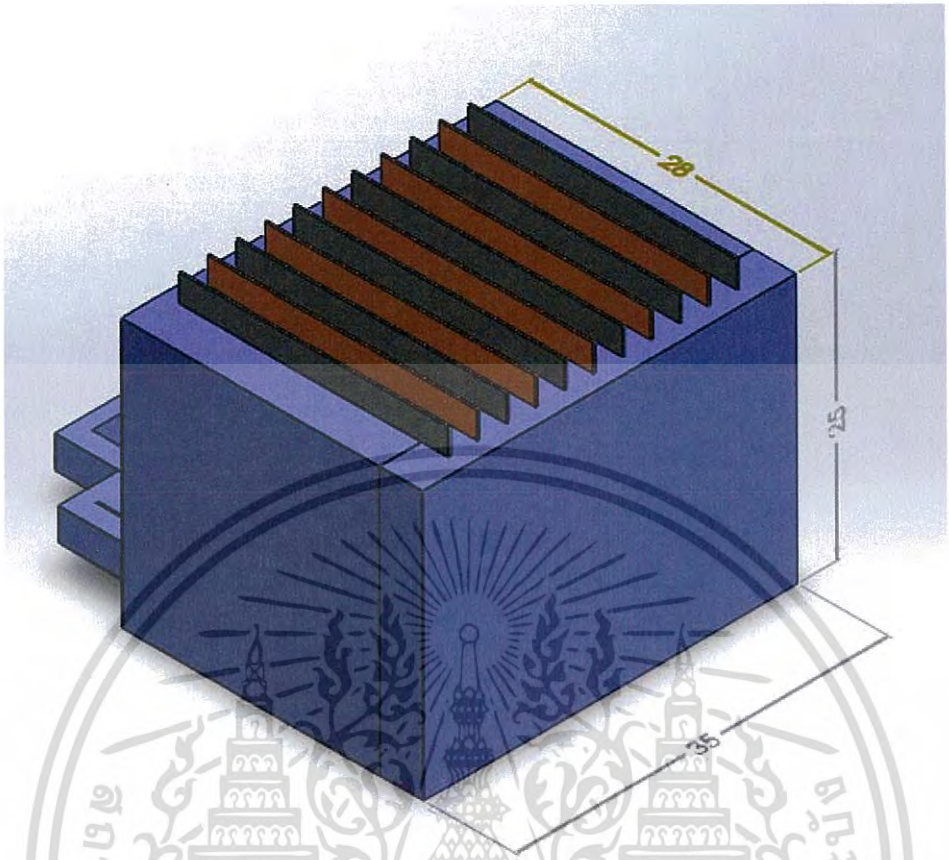
รูปที่ 3.5 แสดงค่าสนามไฟฟ้าที่ตำแหน่งขอบอิเล็กโทรดจนถึงจุดที่สนามไฟฟ้ามีค่าคงที่ด้วย FEM

จากรูปที่3.4 และ 3.5 จะเห็นว่าที่บริเวณขอบอิเล็กโทรดค่าสนามไฟฟ้าจะไม่เป็นสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ จนถึงระยะห่างจากขอบอิเล็กโทรดเข้ามาประมาณ 2.5 cm ค่าสนามไฟฟ้าจึงจะมีค่าสม่ำเสมอที่ 4 kV/cm

3.2.3 การออกแบบอิเล็กโทรดที่ใช้ในการกระตุ้นเล็ดพันธุ์ข้าวด้วยโปรกแกรม โซลิดเวิร์ค

ในการปลูกข้าว 1 ไร่ จะใช้เมล็ดพันธุ์ข้าวประมาณ 20-25 กิโลกรัม และการกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้าแต่ละครั้งจะใช้เวลาประมาณ 20 นาที ดังนั้นอิเล็กโทรดที่ใช้ในการกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้าจะออกแบบให้มีขนาด 28x35x25 cm^3 ซึ่งจะสามารถบรรจุข้าวได้ครั้งล่ะประมาณ 8 กิโลกรัม เพราะฉะนั้นอัตราการทำงานของเครื่องในการกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวจะอยู่ที่ 24กิโลกรม / ชั่วโมง (24กิโลกรัมคือจำนวนเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ใช้ปลูกในพื้นที่ 1 ไร่)

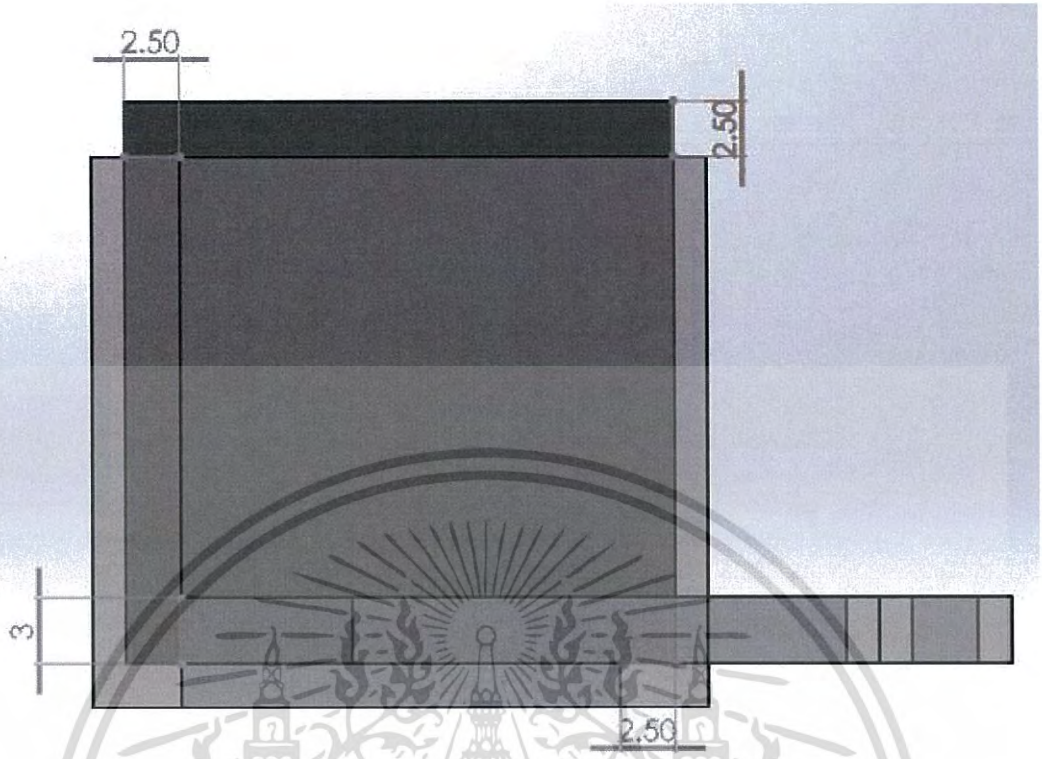
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



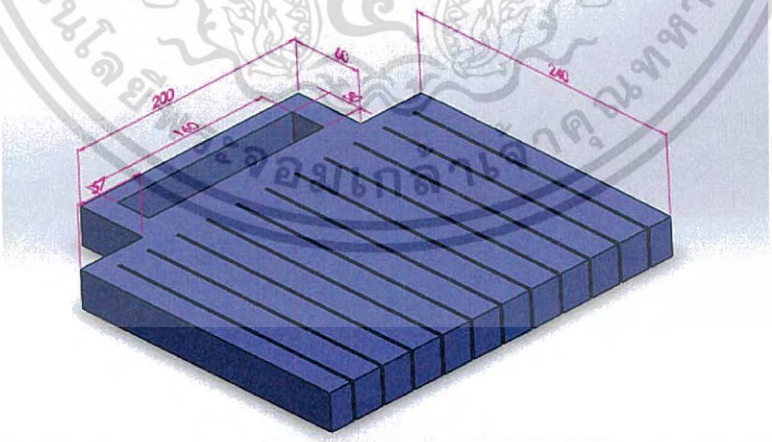
รูปที่ 3.6 ชุดอิเล็กโทรดที่ออกแบบด้วยโปรแกรมโซลิด เวิร์ค

จากการวิเคราะห์ค่าสนามไฟฟ้าของอิเล็กโทรดกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยวิธีไฟไนท์อิลิเมนต์ จะต้องออกแบบอิเล็กโทรดกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวให้ส่วนที่ใช้บรรจุเมล็ดพันธุ์ข้าวเว้นระยะจากขอบอิเล็กโทรดด้านล่ะ 2.5 cm ดังรูปที่3.7 เพื่อให้ค่าสนามไฟฟ้าที่ใช้กระตุ้นนั้นมีค่าคงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 การเว้นระยะจากขอบอิเล็กโทรดด้านล่าง 2.5 cm



รูปที่ 3.8 ส่วนฐานรองเมล็ดข้าว (สามารถดึงออกเพื่อนำเมล็ดข้าวออกจากชุดอิเล็กโทรด)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.9 อิเล็กโทรดกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ประกอบสร้างขึ้นจริง

เราจะใช้วัสดุที่มีคุณสมบัติเป็นฉนวนในการประกอบเนื่องจากแรงดันที่เราป้อนเป็นแรงดันสูง โดยเราจะใช้ พีวีซี ในส่วนที่มีการยึดแผ่นอิเล็กโทรดเนื่องจาก พีวีซี มีความคงทนและมีความเหนียวจะทนต่อแรงกระแทกได้ดีและไม่แตกหักง่าย ในส่วนของแผ่นอิเล็กโทรดจะใช้อลูมิเนียมหนา 2 mm เนื่องจาก อลูมิเนียมมีคุณสมบัติที่ไม่ทำให้เกิดสนิมและระบายความร้อนได้ดี

3.3 การออกแบบชุดแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง

จากผลการวิจัยที่ผ่านมา พบว่าการกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้ารูปแบบแรงดันไฟฟ้าที่เหมาะสมที่สุดในการกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวคือแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง ซึ่งจากหัวข้อที่ 3.2.1 ค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่เราต้องใช้ในการกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวคือ 10 kV โดยในการสร้างแหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงดันสูงกระแสตรงเราจะใช้หม้อแปลงแรงดันสูงร่วมกับวงจรเรียงกระแส และจะใช้โวลเตจดิไวเดอร์ชนิดความต้านทานในการวัดค่าแรงดันไฟฟ้า

ค่าพิกัดกระแสไฟฟ้าที่ใช้ในออกแบบชุดแหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงสูงกระแสตรงเราจะกำหนดโดยการวัดค่าความต้านทานของอิเล็กโทรดกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวขณะบรรจุข้าวเต็มทุกช่อง แล้วนำไปคำนวณหาค่ากระแสไฟฟ้าที่ใช้ตามรูปที่ 3.10 และ สมการที่ 3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.10 ค่าความต้านทานของอิเล็กโทรดกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวขณะบรรจุข้าวเต็มทุกช่อง

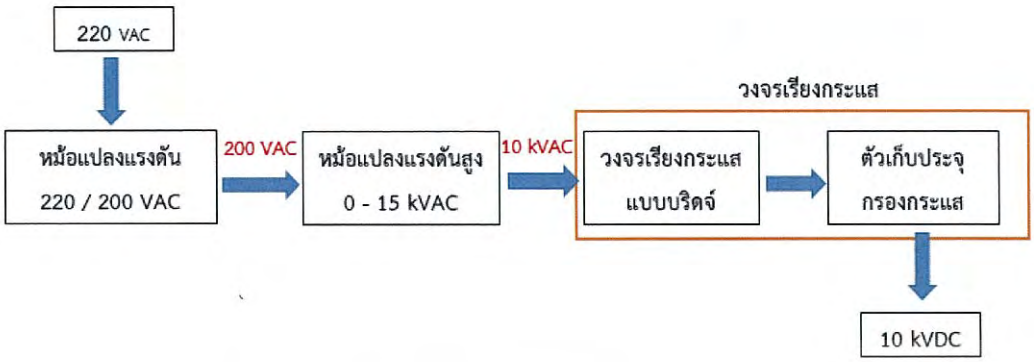
จากรูปที่ 3.10 ค่าความต้านทานของอิเล็กโทรดกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวขณะบรรจุข้าวเต็มทุกช่องมีค่าเท่ากับ 487.7 kΩ

จากสมการ $$I = \frac{V}{R} \quad (3.2)$$

$$I = \frac{10 \times 10^3}{487.7 \times 10^3}$$

$$I = 20.5\ mA$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.11 วงจรของชุดแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง

3.3.1 หม้อแปลงแรงดันสูง

จากพิกัดที่เราคำนวณ เราจะใช้หม้อแปลงชนิดนีออนซึ่งมีขนาดพิกัดแรงดันที่ Input 230V Output 15kV พิกัดกระแส Input 2A Output 30mA ดังรูปที่ 3.12

รูปที่ 3.12 หม้อแปลงนีออนที่ใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 หม้อแปลงด้านแรงดันต่ำ

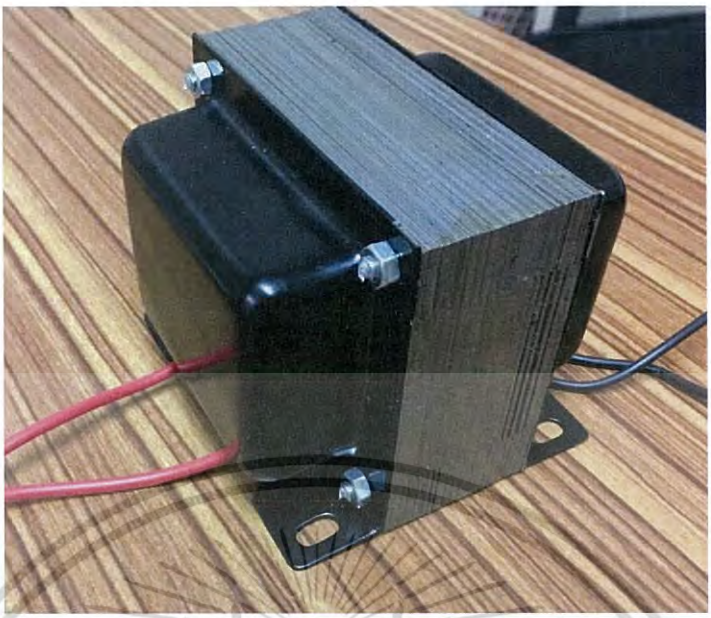
การทำงานของเครื่องกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้าจะใช้แรงดันไฟฟ้าที่ 10 kV ในการจ่ายให้ชุดอิเล็กโทรดตามที่คำนวณในหัวข้อที่ 3.2.1 เพราะฉะนั้นเราจึงต้องทำการทดลองจ่ายแรงดันให้ชุดอิเล็กโทรดขณะบรรจุข้าวเต็มทุกช่องด้วยหม้อแปลงปรับค่าได้ 0-250 VAC เพื่อหาค่าแรงดันไฟฟ้าด้านแรงต่ำที่ใช้ในการจ่ายให้หม้อแปลงแรงสูง เพื่อใช้ในการกำหนดพิกัดของหม้อแปลงแรงต่ำที่ใช้ในเครื่องกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้าขนาดเล็ก

ตารางที่ 3.1 แรงดันไฟฟ้าที่ใช้ในการกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าว

V_{in} (V)	V_{out} (kV)
20	1.23
40	2.52
60	3.75
80	4.97
100	6.09
120	7.05
140	7.97
160	8.73
180	9.72
200	10.06

จากตารางที่ 3.1 จะเห็นได้ว่าหากต้องการแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้อิเล็กโทรดกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวมีค่า 10 kV จะต้องจ่ายแรงดันทางด้าน input ของหมอแปลงแรงสูงที่ 200 V ดังนั้นเราจะเลือกใช้หม้อแปลงด้านแรงต่ำพิกัดแรงดันที่ Input 220V Output 200 V พิกัดกระแส Input 2.2 A Output 2 A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.13 หม้อแปลงด้านแรงดันต่ำที่ใช้งาน

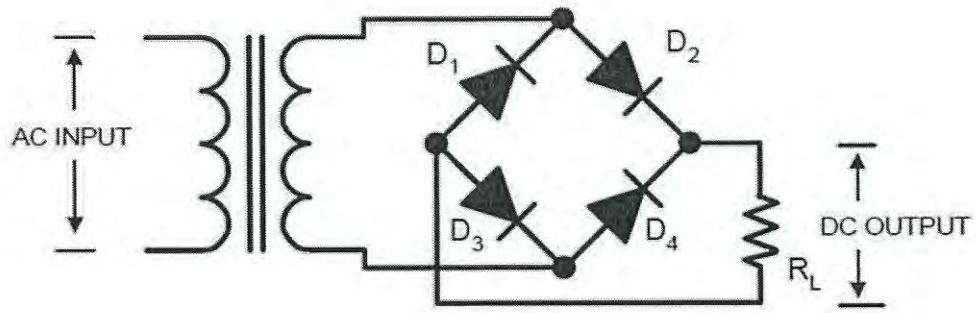
3.3.3 วงจรเรียงกระแส

ในการแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับจากหม้อแปลงแรงดันสูงเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง เราจะใช้วงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์ (Bridge Rectifier Circuit) และตัวเก็บประจุกรองกระแส

3.3.3.1 วงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์ (Bridge Rectifier Circuit)

จากการคำนวณในหัวข้อที่ 3.2.1 แรงดันไฟฟ้าที่เราใช้คือ 10 kV และจากทฤษฎีในหัวข้อที่ 2.6.3 ดังนั้นไดโอดที่ใช้ต้องสามารถทนแรงดันได้มากกว่า 14.14 kV เพราะฉะนั้นเราจึงเลือกใช้ไดโอด ESJC13-12B ซึ่งสามารถทนแรงดันได้สูงสุด 12 kV ทนกระแสสูงสุดได้ 450 mA ต่ออนุกรมกัน2ตัวเพื่อให้สามารถทนแรงดันได้ 24 kV แล้วนำมาต่อเป็นวงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.14 วงจรสมมูลของวงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์

3.3.3.2 ตัวเก็บประจุกรองกระแส

ในการใช้วงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์แปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง แรงดันไฟฟ้าที่ได้หลังจากผ่านวงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์จะเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงแบบripple เราจึงเพิ่มตัวเก็บประจุเข้าไปในวงจรเพื่อให้แรงดันไฟฟ้ากระตรงเรียบมากขึ้น โดยหาค่าความจุไฟฟ้าได้จาก

$$V = \frac{I}{2fC} \tag{3.3}$$

$$C = \frac{I}{2fV}$$

โดยเราจะแทนค่ากระแสที่ใช้ที่ 20.5 mA และค่าแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ในการกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ 10 kV

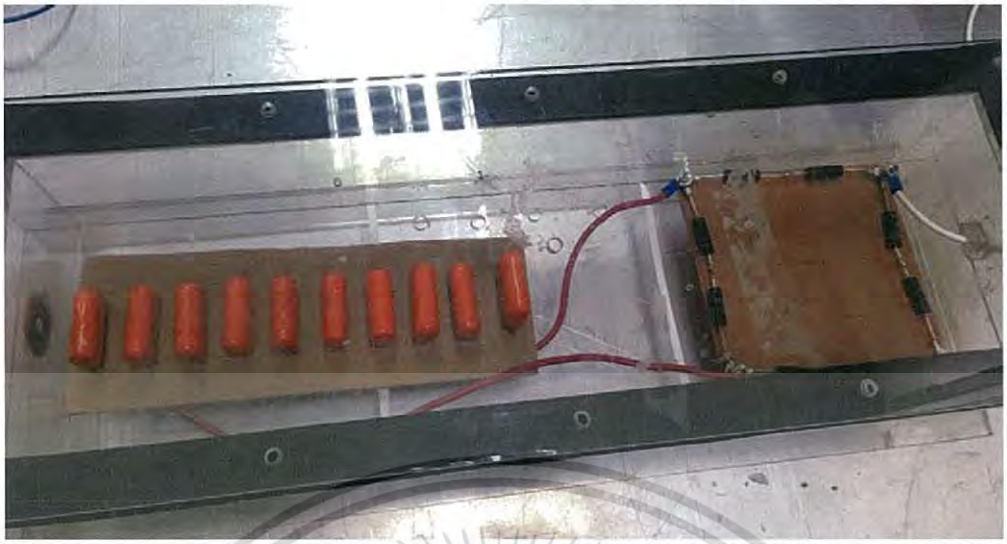
$$C = \frac{0.02}{2 \times 50 \times 10000}$$

$$C = 0.02\,\mu F$$

โดยเราจะเลือกใช้ C ขนาดพิกัด 0.47 μF 2.5kV จำนวน10ตัวมาต่ออนุกรมกันเพื่อให้ได้ค่าความจุ 0.047 μF และทนแรงดันไฟฟ้าได้ 25 kV

เพราะฉะนั้นวงจรเรียงกระแสที่ออกแบบสร้างจะมีพิกัดอยู่ที่ 24kV , 450 mA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.15 วงจรเรียงกระแสที่ออกแบบสร้าง

3.3.4 การออกแบบสร้างโวลท์เตจดิไวเดอร์ชนิดความต้านทาน

โวลท์เตจดิไวเดอร์ที่ออกแบบและสร้างขึ้นนี้มีลักษณะโครงสร้างแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลักคือ องค์ประกอบภาคแรงสูง และองค์ประกอบภาคแรงต่ำ โดยจะผ่านแรงดันไฟฟ้าแรงสูงที่ต้องการวัดค่าไปยังองค์ประกอบภาคแรงสูง ซึ่งจะมีการลดระดับแรงดันไฟฟ้าให้มีค่าน้อยลงเพื่อส่งผ่านแรงดันที่ได้ไปยังองค์ประกอบภาคแรงต่ำ โดยภาคแรงต่ำนี้ก็จะส่งผ่านแรงดันไปยังเครื่องมือวัดอีกทีหนึ่ง ซึ่งในที่นี้ก็จะไปต่อเข้ากับชุดควบคุมเครื่องกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้าขนาดเล็กเพื่อแสดงค่าแรงดันไฟฟ้ามีใช้ในการกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวในขณะนั้น

3.3.4.1 องค์ประกอบภาคแรงสูง

ความต้านทานภาคแรงสูงของโวลท์เตจดิไวเดอร์ชนิดความต้านทาน จากหนังสือวิศวกรรมไฟฟ้าแรงสูง [17] กำหนดให้ $R \leq 10$ MΩ/kV , 1 mA ≥ I ≥ 0.1 mA และจากพิกัดแรงดันของวงจรเรียงกระแสคือ 24 kV เพราะฉะนั้นจะสามารถหาค่าความต้านทานภาคแรงสูงได้จาก

$$R = \frac{V}{I} \tag{3.4}$$

$$R = \frac{24\times10^{3}}{1\times10^{-3}} = 24\ \text{M}\Omega$$

ดังนั้นเราจะใช้ตัวต้านทาน Ohmite MOX-2-12ขนาด 10 MΩ สามารถทนแรงดันได้ที่ 20 kV มาต่ออนุกรมกัน 3 ตัว ซึ่งจะได้ค่าความต้านทานรวมของภาคแรงสูงทั้งหมด 30 MΩ และหาพิกัดแรงดันสูงสุดได้จาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$V = I \times R \tag{3.5}$$

$$V = (1 \times 10^{-3}) \times (30 \times 10^{6})$$

$$V = 30\ kV$$

3.3.4.2 องค์ประกอบภาคแรงต่ำ

กำหนดอัตราส่วนแรงดันของโวลท์เตจดิไวเดอร์เท่ากับ 1000:1 ซึ่งค่าความต้านทานภาคแรงดันสูงรวมทั้งหมด 30 MΩ โดยค่าความต้านทานภาคแรงต่ำสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 3.4

$$1000 = \frac{R_1 + R_2}{R_2} \tag{3.6}$$

$$1000 = \frac{(30 \times 10^{6}) + R_2}{R_2}$$

$$R_2 \approx 30\ k\Omega$$

จากการคำนวณจะได้ค่าความต้านภาคแรงต่ำ 30 kΩ โดยจะใช้ตัวต้านทานชนิดฟิล์มโลหะขนาด 120 kΩ มาต่อขนานกัน 4 ตัว

รูปที่ 3.16 โวลท์เตจดิไวเดอร์อัตราส่วนแรงดัน 1000:1

โดย 1. คือ องค์ประกอบภาคแรงสูง 2. คือ องค์ประกอบภาคแรงต่ำ

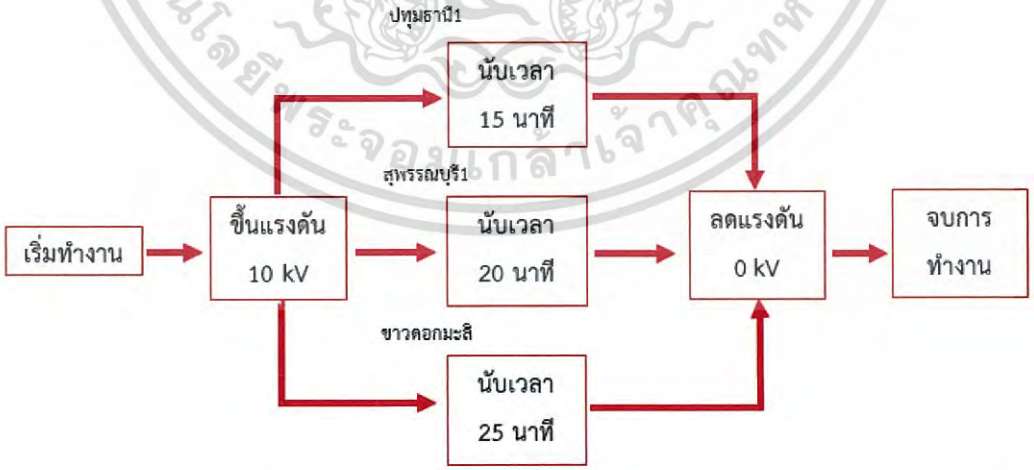
ขนาดพิกัดกรณีใช้วัดแรงดันสูงกระแสตรง 30 kV

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.17 โวลท์เตจดิไวเดอร์ที่ประกอบสร้าง

3.4 การออกแบบชุดควบคุมเครื่องกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้า

ลักษณะการทำงานของเครื่องกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้าขนาดเล็ก จะใช้ค่าสนามไฟฟ้าในการกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ 4 kV/cm ซึ่งจะต้องมีการควบคุมแรงดันไว้ที่ 10 kV เพื่อให้ได้ค่าสนามไฟฟ้าตามที่ต้องการ และมีการควบคุมเวลาที่ใช้ในการกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าว โดยเราจะใช้ PLC เป็นตัวควบคุมการทำงาน



รูปที่ 3.18 แผนผังการทำงานของชุดควบคุมเครื่องกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้าขนาดเล็ก

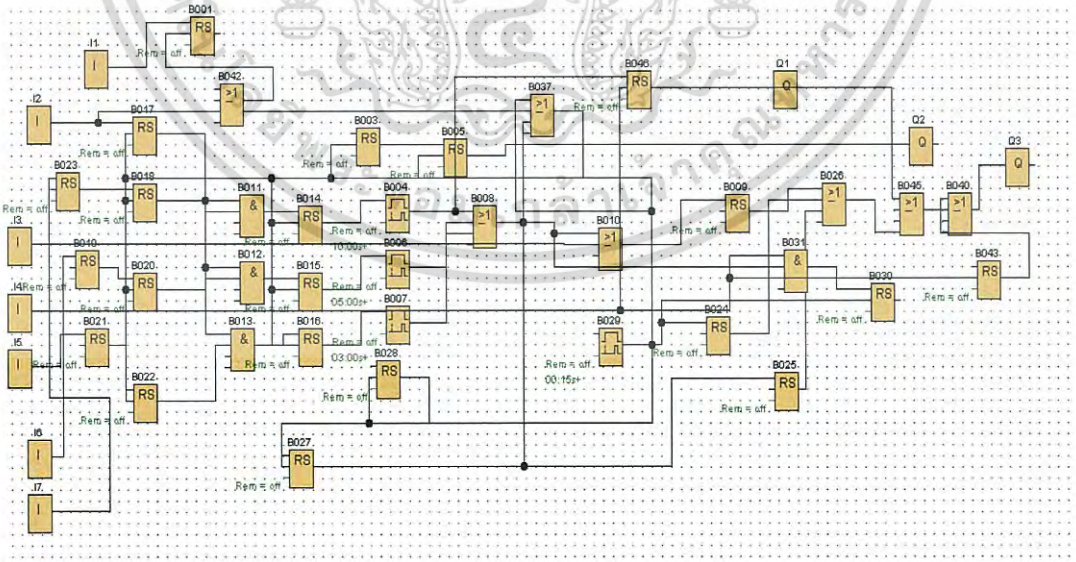
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.1 PLC

เลือกใช้พีแอลซี LOGO! Siemens รุ่น 230RC และ Module LOGO! Siemens รุ่น DM8 230RC เนื่องจากคุณลักษณะที่สามารถทนต่อกระแสได้ถึง 10 A มีความไวสูง สามารถต่อเข้ากับมอเตอร์กระแสสลับได้โดยตรง และในส่วนของโมดูลเพิ่มเติมสามารถทนกระแสได้ 3 A ใช้เพื่อนำมาช่วยแสดงสัญญาณต่างๆ

รูปที่ 3.19 PLC ที่ใช้ในชุดควบคุมเครื่องกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้าขนาดเล็ก

ในการเขียนโปรแกรมการทำงานของ PLC จะใช้โปรแกรม LOGO! Comfort V6.1 ซึ่งเป็นโปรแกรมเฉพาะที่ใช้ในการเขียนแรดเดอร์ไดอะแกรมภายใน PLC ดังรูปที่ 3.20 ซึ่งสามารถจำลองการทำงานของโปรแกรมก่อนที่จะถ่ายโอนข้อมูลดังกล่าวเข้าไปภายใน PLC ได้



รูปที่ 3.20 แรดเดอร์ไดอะแกรมภายใน PLC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่

Input :

I_1 : Start

I_2 : Selector 1 (ข้าวพันธุ์ปทุมธานี1)

I_3 : Selector 2 (ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี1)

I_4 : Selector 3 (ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ)

I_5 : Emergency

I_6 : Overcurrent Relay

I_7 : Reset

Output :

Q_1 : Work Lamp

Q_2 : 220 to Transformer

Q_3 : Emergency Lamp

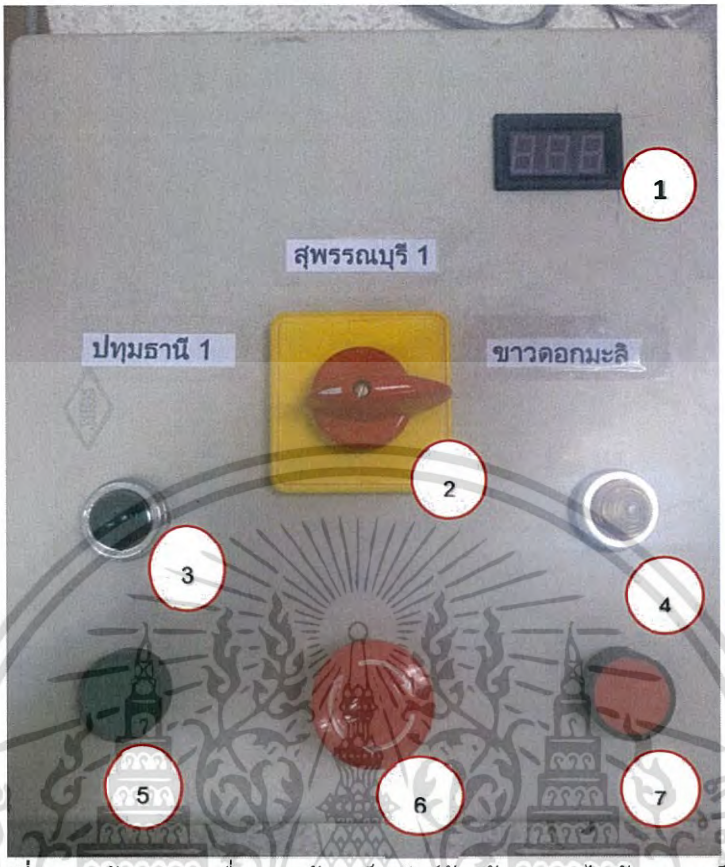
3.4.2 รีเลย์จำกัดกระแส

เลือกใช้รีเลย์จำกัดกระแส PRIMUS รุ่น PM – 001 สามารถตั้งค่าจำกัดกระแสะได้ตั้งแต่ 0.5-5 A

3.4.3 เบรกเกอร์แมกเนติก

เลือกใช้ เบรกเกอร์แมกเนติก Mitsubishi รุ่น S-N10 ที่พิกัดการใช้งาน 220 V สามารถทนกระแสได้ 20 A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

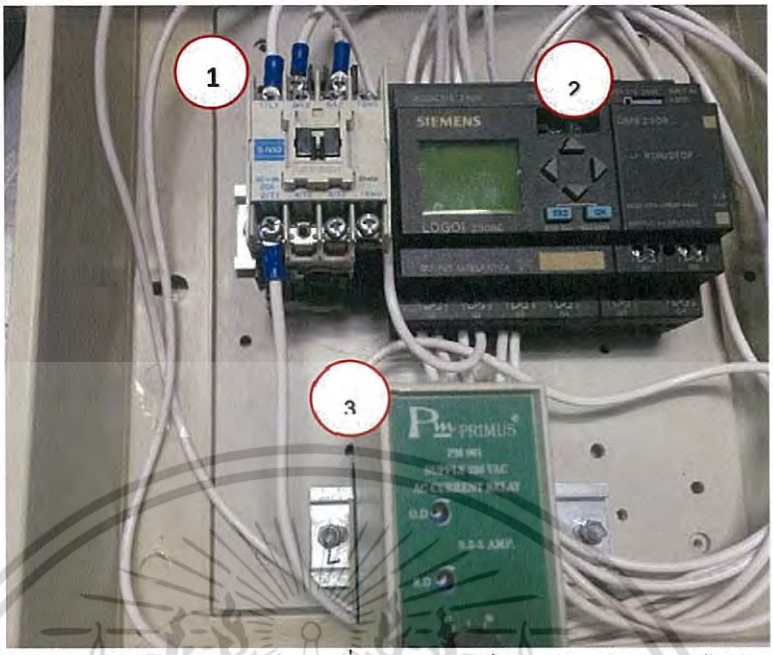


รูปที่ 3.21 ตู้ควบคุมเครื่องกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้าขนาดเล็ก

โดยที่ 1. มิเตอร์แสดงแรงดันที่ใช้

2. สวิทช์สำหรับเลือกพันธุ์ข้าว (Selector Switch)
3. หลอดไฟแสดงสถานะขณะเครื่องทำงาน (Status Work Lamp)
4. หลอดไฟแสดงสัญญาณไฟฉุกเฉิน (Emergency Lamp)
5. ปุ่มกดเพื่อเริ่มการทำงานของเครื่อง (Start Button)
6. ปุ่มฉุกเฉิน (Emergency Button)
7. ปุ่มรีเซ็ต (Reset Button)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.22 อุปกรณ์ภายในตู้ควบคุมเครื่องกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้าขนาดเล็ก

โดยที่ 1. เบรกเกอร์แมกเนติก Mitsubishi รุ่น S-N10

2. พีแอลซี LOGO! Siemens รุ่น 230RC

3. รีเลย์จำกัดกระแส PRIMUS รุ่น PM – 001

3.5 อุปกรณ์วัดค่าต่างๆ

3.5.1 ดิไวเดอร์

ใช้ในการวัดแรงดันสูงเพื่อเปรียบเทียบเป็นค่าอ้างอิงในการสร้างโวลเตจดิไวเดอร์ชนิดความต้านที่ใช้ในเครื่องกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้าขนาดเล็ก อัตราส่วน 1 : 1000

- ขนาดพิกัดกรณีใช้วัดแรงดันอิมพัลส์ 200 kV
- ขนาดพิกัดกรณีใช้วัดแรงดันสูงกระแสตรง 100 kV
- ขนาดพิกัดกรณีใช้วัดแรงดันสูงกระแสสลับ 100 kV

3.5.2 ออสซิลโลสโคบ RIGOL DS1000E

ใช้ในการอ่านค่าแรงดันสูงที่วัดได้จากดิไวเดอร์ชนิดความต้านทาน

- Input Coupling DC, AC, GND
- Input Impedance 1 MΩ ± 2%, in parallel with 15 pF ± 3 pF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Probe Attenuation Factors 1X, 5X, 10X, 50X, 100X, 500X, 1000X
- Maximum Input Voltage
- 400 V (DC+AC Peak, 1 MΩ input impedance)
- 40 V (DC+AC Peak)
- Time Delay between Channel (typical) 500 ps

3.5.3 มัลติมิเตอร์

ใช้ในการอ่านค่าแรงดันต่ำจากหม้อแปลงปรับค่าได้ที่จ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับคอนเวอร์เตอร์และส่งต่อไปที่หม้อแปลงแรงดันสูงความถี่สูงในการทดลองเพื่อสร้างแรงดันสูงในการทดลองใช้ FLUKE 189

- AC voltage measurement from 0 V to 1000.0 V
- AC millivolt measurement from 0 mV to 3000.0 mV

3.5.4 พาวเวอร์แคลมป์มิเตอร์ YOKOGAWA CW10

ใช้ในการอ่านค่ากระแสไฟฟ้าจากด้านแรงดันต่ำของหม้อแปลงปรับค่าได้ที่จ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับหม้อแปลงแรงดันสูงที่ใช้สร้างแรงดันสูงในการกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าว

- AC current measurement from 0 A to 600 A
- DC current measurement from 0 A to 600 A

หมายเหตุ : ภาพถ่ายอุปกรณ์ต่างๆ แสดงในภาคผนวก ก.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและการวิเคราะห์ผล

4.1 บทนำ

จากวัตถุประสงค์ที่กล่าวไว้ในบทที่ 1 นำไปสู่การออกแบบสร้างเครื่องกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้าขนาดเล็ก ซึ่งประกอบไปด้วยโครงสร้างหลักในการออกแบบคือ ชุดอิเล็กโทรดที่ใช้ในการกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้า แหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงดันสูงกระแสตรง และชุดควบคุมเครื่องกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้าซึ่งได้มาจากการออกแบบในบทที่ 3

จุดมุ่งหมายเพื่อนำไปสร้างเครื่องกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้าขนาดเล็กให้มีประสิทธิภาพและติดตั้งใช้งานได้จริง โดยมีขอบเขตของการทดลองดังนี้

ก. ทดสอบชุดแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง

ข. ทดสอบวัดค่าแรงดันไฟฟ้าด้วยโวลเตจดิไวเดอร์ชนิดความต้านทานเปรียบเทียบกับโวลเตจดิไวเดอร์อ้างอิง

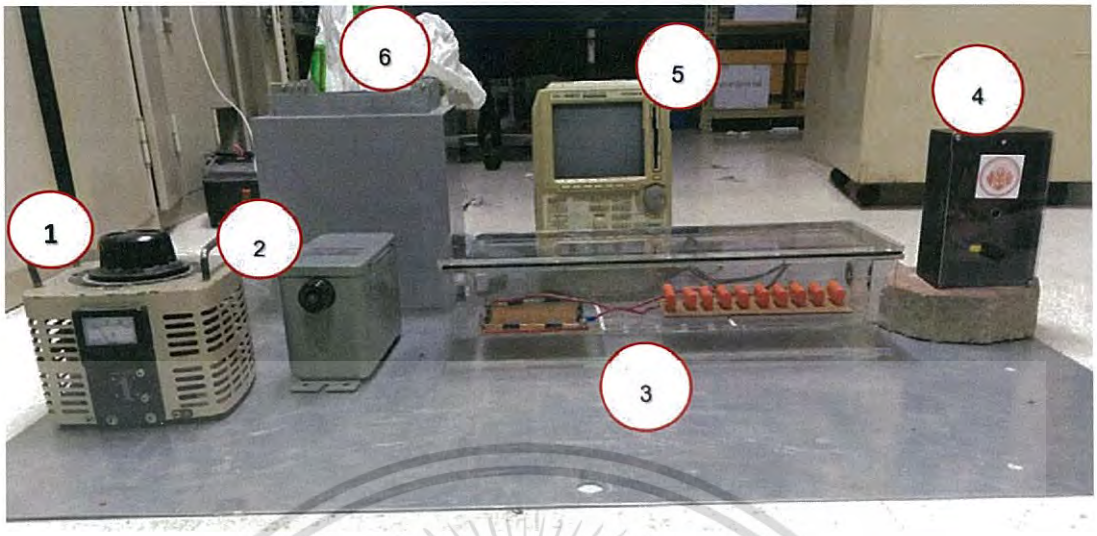
ค. ทดสอบการใช้งานเครื่องกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้าขนาดเล็กในกรณีที่อิเล็กโทรดมีข้าวบรรจุเต็มทุกช่อง , มีข้าวบรรจุครึ่งหนึ่ง และไม่มีข้าวบรรจุ

ง. ทดสอบการใช้งานเครื่องกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้าขนาดเล็กในการกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าว 3 สายพันธุ์

4.2 การทดสอบชุดจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง

การทดลองนี้เป็นการทดสอบการทำงานของชุดจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่ใช้ในการสร้างสนามไฟฟ้าเพื่อกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าว โดยในบทที่ 3 ได้อธิบายถึงขอบเขตของค่าแรงดันไฟฟ้าและค่าสนามไฟฟ้าที่ใช้ในการกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวไว้แล้ว การเตรียมการทดลองมีรายละเอียดดังแสดงในภาพที่ 4.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 การเตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบชุดจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง

หมายเลข 1 คือ หม้อแปลงปรับแรงดัน 0 - 250 VAC

หมายเลข 2 คือ หม้อแปลงแรงดันสูง พิกัด 15 kV 30 mA

หมายเลข 3 คือ วงจรเรียงกระแส

หมายเลข 4 คือ โวลเตจดิไวเดอร์ชนิดความต้านทาน

หมายเลข 5 คือ ออสซิลโลสโคป YOKOGAWA DL1520

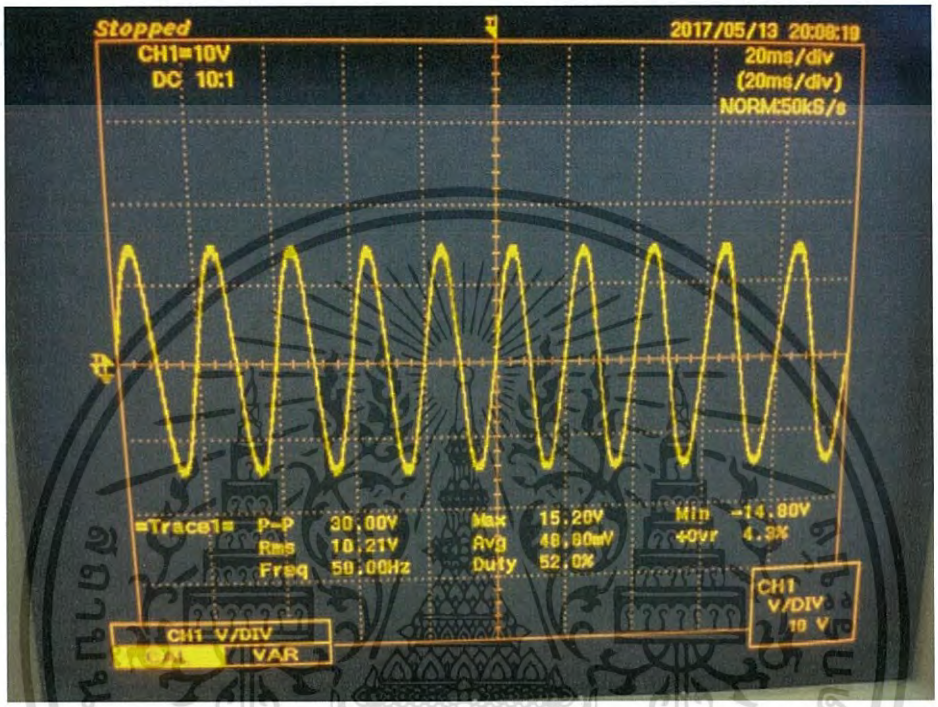
หมายเลข 6 คือ อิเล็กโทรดกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าว

รูปที่ 4.2 จุดวัดรูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าของชุดจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

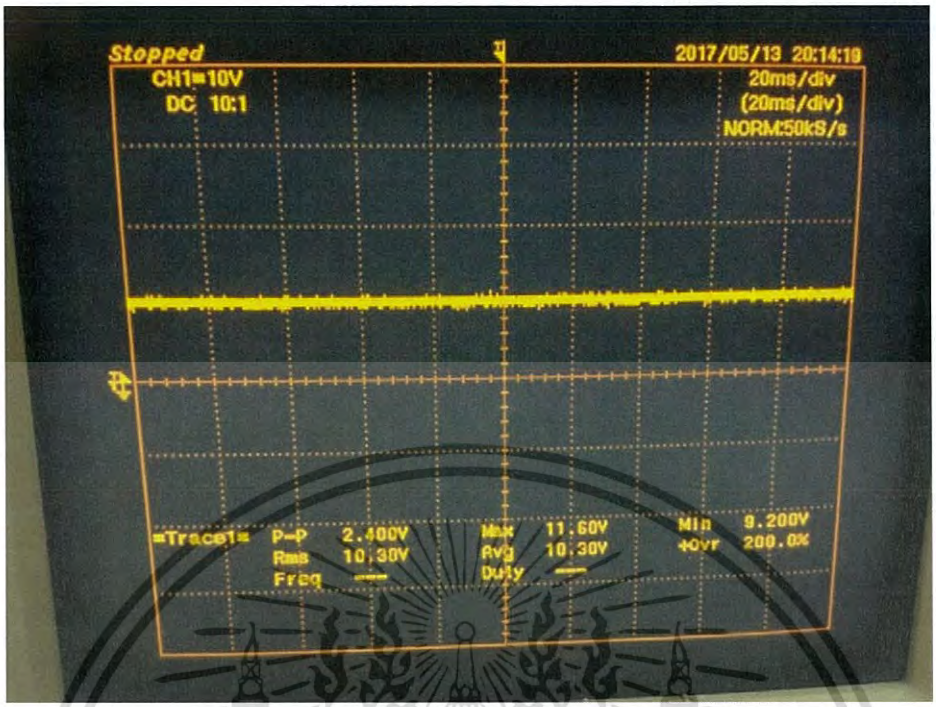
ผลการทดลอง

โดยในการทดลองเราจะทำการเก็บรูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าที่ผ่านหม้อแปลงแรงดันสูงทั้งหมด 2 จุด ดังภาพที่ 4.2 โดยรูปคลื่นแรงดันแต่ละจุดแสดงดังภาพที่ 4.3 – 4.4



รูปที่ 4.3 รูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าขาออกของหม้อแปลงแรงดันสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

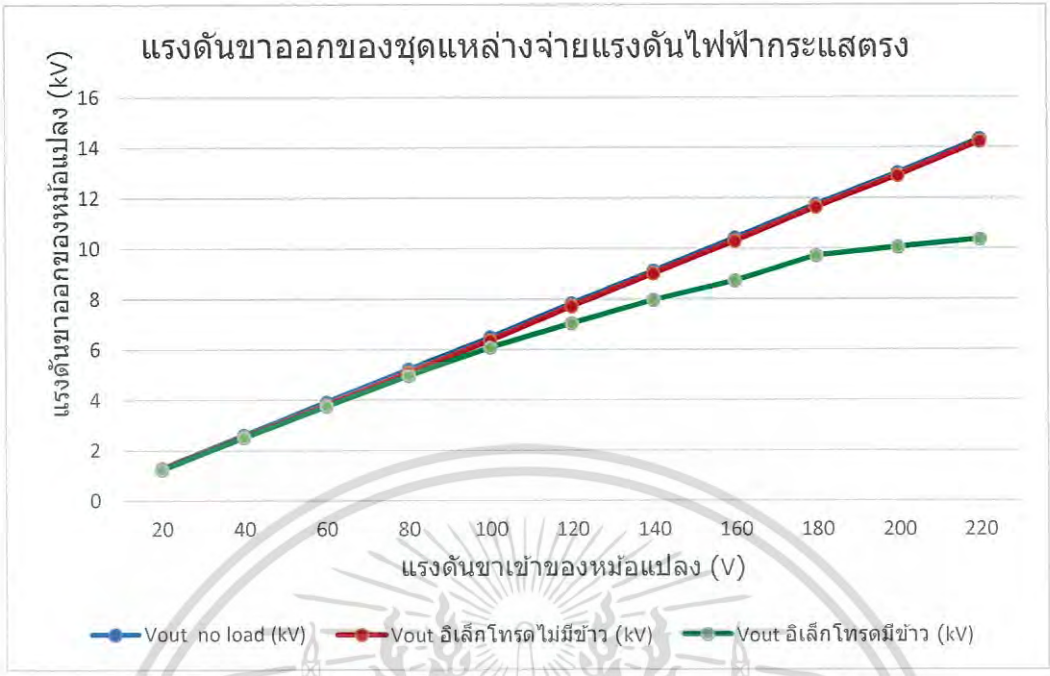


รูปที่ 4.4 รูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าหลังจากผ่านวงจรเรียงกระแส

ตารางที่ 4.1 ค่าแรงดันไฟฟ้าของชุดจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง

V_{in} (V)	V_{out} no load (kV)	V_{out} อิเล็กโทรดไม่มีข้าว (kV)	V_{out} อิเล็กโทรดมีข้าว (kV)
20	1.30	1.26	1.23
40	2.61	2.55	2.52
60	3.92	3.81	3.75
80	5.21	5.09	4.97
100	6.49	6.37	6.09
120	7.83	7.73	7.05
140	9.13	9.02	7.97
160	10.42	10.31	8.73
180	11.74	11.65	9.72
200	12.99	12.90	10.06
220	14.35	14.24	10.37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



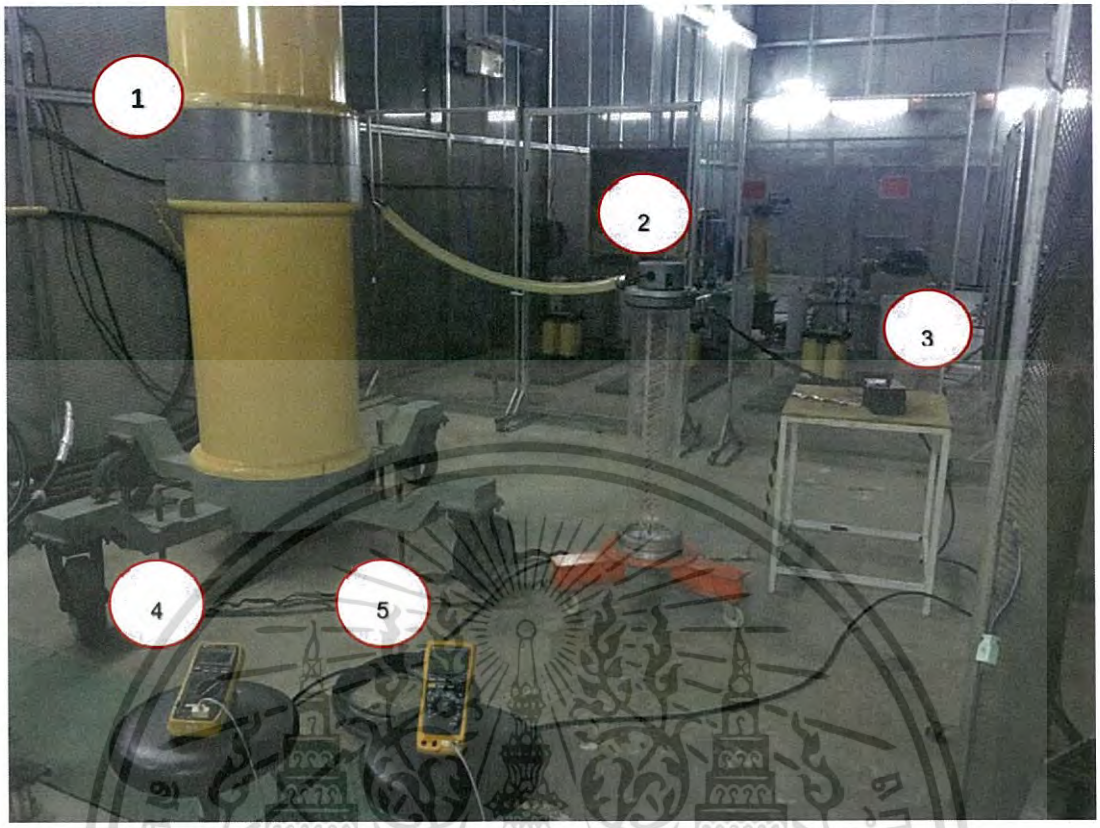
รูปที่ 4.5 กราฟแรงดันขาออกของชุดจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง

จากรูปที่4.4 จะเห็นว่าแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้ชุดอิเล็กโทรดกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงและขนาดพิกัดตามที่ออกแบบไว้ และจากรูปที่ 4.5 จะเห็นว่าในการจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้แก่ชุดอิเล็กโทรดในขณะที่บรรจุข้าวจะต้องจ่ายแรงดันขาเข้าของหม้อแปลงมากกว่ากรณีที่ไม่มีชุดอิเล็กโทรดหรืออิเล็กโทรดไม่มีข้าวบรรจุอยู่ โดยที่แรงดันด้านขาออก 10 kV ซึ่งเป็นค่าแรงดันที่ใช้ในการกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวจะต้องจ่ายแรงดันด้านขาเข้าของหม้อแปลงแรงดันสูงที่200 V

4.3 การทดสอบวัดค่าแรงดันไฟฟ้าด้วยโวลเตจดิไวเดอร์ชนิดความต้านทานเปรียบเทียบกับโวลเตจดิไวเดอร์อ้างอิง

การทดลองในส่วนนี้เพื่อทดสอบการทำงานของโวลเตจดิไวเดอร์ชนิดความต้านทานที่ประกอบสร้างขึ้นตามที่ได้ออกแบบไว้ในบทที่ 3 และเพื่อหาค่าความคลาดเคลื่อนในการวัดค่าแรงดันไฟฟ้า โดยการจ่ายแรงดันเปรียบเทียบกับโวลเตจดิไวเดอร์อ้างอิง ratio 1:1000 พิกัด 100 kVDC 100 kVAC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 การเตรียมการทดลองวัดค่าแรงดันไฟฟ้าด้วยโวลเตจดิไวเดอร์ชนิดความต้านทานเทียบกับโวลเตจดิไวเดอร์อ้างอิง

จากภาพที่ 4.6 เป็นการทดลองวัดค่าแรงดันไฟฟ้าด้วยโวลเตจดิไวเดอร์ชนิดความต้านทานเทียบกับโวลเตจดิไวเดอร์อ้างอิง ratio 1:1000 พิกัด 100 kVDC 100 kVAC หมายเลข 1 คือ หม้อแปลงแรงดันสูงกระสตรงพิกัด 0-300 kV หมายเลข 2 คือ โวลเตจดิไวเอร์อ้างอิง หมายเลข 3 คือ โวลเตจดิไวเดอร์ชนิดความต้านทานที่ประกอบสร้างขึ้น หมายเลข 4 คือ มัลติมิเตอร์ HP รุ่น 973A ที่ใช้อ่านค่าแรงดันจากโวลเตจดิไวเดอร์อ้างอิง หมายเลข 5 คือ มัลติมิเตอร์ FLUKE รุ่น 189 ที่ใช้อ่านค่าแรงดันจากโวลเตจดิไวเดอร์ชนิดความต้านทาน

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. หม้อแปลงแรงดันสูงกระแสตรงพิกัด 300 kV, 10 mA
2. โวลเตจดิไวเดอร์อ้างอิง ratio 1:1000 พิกัด 100 kVDC 100 kVAC
3. โวลเตจดิไวเดอร์ชนิดความต้านทาน
4. มัลติมิเตอร์ HP รุ่น 973A
5. มัลติมิเตอร์ FLUKE รุ่น 189

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการทดลอง

1. ติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆดังภาพที่ 4.6
2. จ่ายแรงดันไฟฟ้าตั้งแต่ 1 -10 kV โดยจ่ายแรงดันไฟฟ้าเพิ่มขึ้นครั้ง 1 kV และอ่านค่าแรงดันไฟฟ้าจากดิไวเดอร์อ้างอิง
3. บันทึกผลค่าแรงดันไฟฟ้าที่อ่านค่าได้จากโวลท์เตจดิไวเดอร์ชนิดความต้านทาน
4. ทำซ้ำข้อที่ 2-3 รวมทั้งหมด 5 ครั้ง หาค่าเฉลี่ย

ผลการทดลอง

ตารางที่ 4.2 ผลการวัดค่าแรงดันไฟฟ้าด้วยโวลท์เตจดิไวเดอร์ชนิดความต้านทานเปรียบเทียบกับดิไวเดอร์อ้างอิง

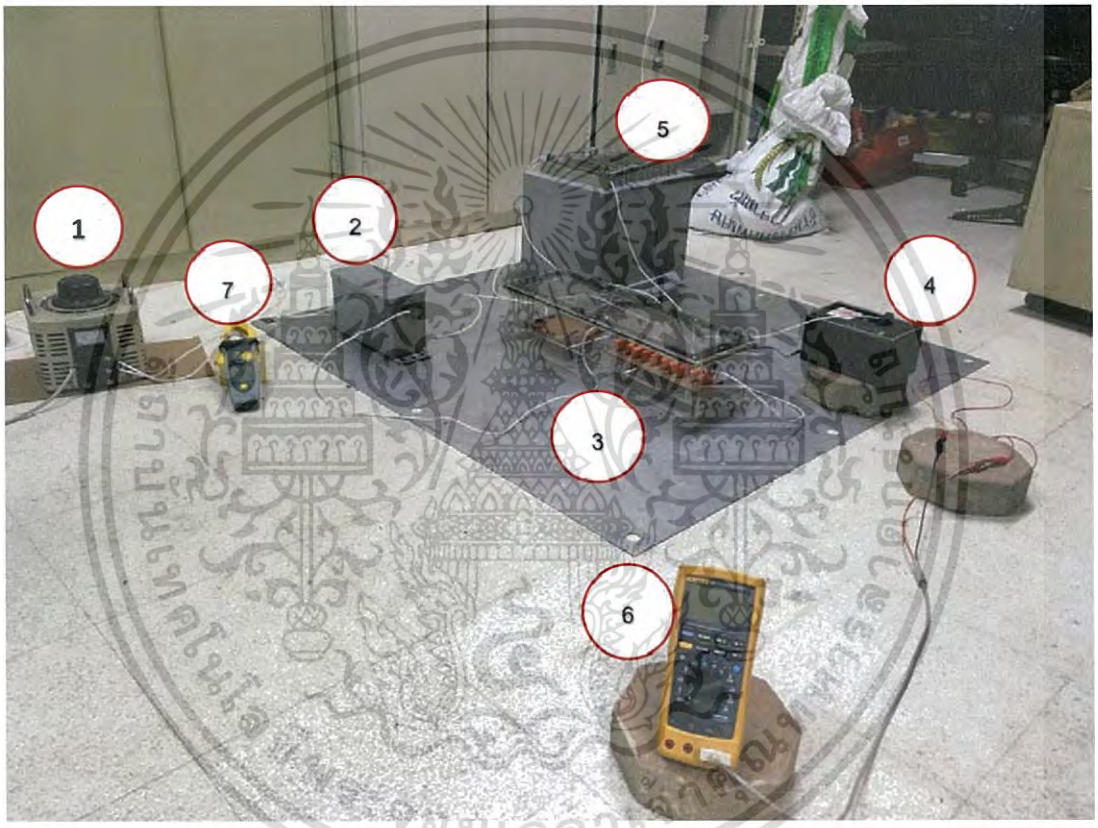
แรงดันที่โวลท์เตจดิไวเดอร์อ้างอิง (V)	แรงดันที่โวลเตจดิไวเดอร์ชนิดความต้านทาน (V)
1.03	0.94
2.02	1.96
3.04	2.85
4.07	3.97
5.05	4.76
6.07	5.81
7.00	6.78
8.02	7.79
9.05	8.81
10.03	9.82

จากตารางที่ 4.2 จะพบว่าการวัดค่าแรงดันไฟฟ้าแรงสูงกระแสตรงด้วยโวลเตจดิไวเดอร์ชนิดความต้านทานที่ประกอบสร้างขึ้นนั้น จะมีความคลาดเคลื่อนในการวัดมากที่สุดอยู่ที่ 5.74%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 การทดสอบการทำงานของเครื่องกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้าขนาดเล็กในกรณีที่อิเล็กโทรดมีข้าวบรรจุเต็มทุกช่อง , มีข้าวบรรจุครึ่งหนึ่ง และไม่มีข้าวบรรจุ

การทดสอบนี้เป็นการทดสอบการใช้งานเครื่องเครื่องกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้าขนาดเล็กในกรณีที่อิเล็กโทรดมีข้าวบรรจุเต็มทุกช่อง , มีข้าวบรรจุครึ่งหนึ่ง และไม่มีข้าวบรรจุ เพื่อเปรียบเทียบค่าแรงดันและกระแสไฟฟ้าที่ใช้ในการกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าว



รูปที่ 4.7 การเตรียมการทดสอบการใช้งานเครื่องกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้าขนาดเล็กในการกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าว

จากรูปที่ 4.7 เป็นการทดสอบการใช้งานเครื่องกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้าขนาดเล็กในการกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าว 3 สายพันธุ์ หมายเลข 1 คือ หม้อแปลงปรับค่าได้ 0 – 250 VAC หมายเลข 2 คือ หม้อแปลงแรงดันสูง พิกัด 15 kV 30 mA หมายเลข 3 คือ วงจรเรียงกระแส เพื่อแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง หมายเลข 4 คือ โวลเตจดิไวเดอร์ชนิดความต้านทาน 1:1000 หมายเลข 5 คือ ชุดอิเล็กโทรดกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าว หมายเลข 6 คือ มัลติมิเตอร์ FLUKE รุ่น 189 ใช้อ่านแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ในการกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวจากโวลเตจดิไวเดอร์ชนิดความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้านทาน หมายเลข 7 คือ พาวเวอร์แคลมป์มิเตอร์ YOKOGAWA รุ่น CW10ใช้วัดกระแสทางด้านแรงดันต่ำของหม้อแปลง

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. หม้อแปลงปรับค่าได้ 0 – 250 VAC
2. หม้อแปลงแรงดันสูง 0 – 15 kVAC, 50 Hz, 1 Ø
3. วงจรเรียงกระแส
4. โวลเตจดิไวเดอร์ชนิดความต้านทาน 1:1000
5. ชุดอิเล็กโทรดกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าว
6. มัลติมิเตอร์ FLUKE รุ่น 189
7. พาวเวอร์แคลมป์มิเตอร์ YOKOGAWA รุ่น CW10

ขั้นตอนการทดลอง

1. ติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆดังรูปที่4.7 โดยในขั้นตอนนี้จะใช้เมล็ดพันธุ์ข้าวพันธุ์ปทุมธานี1
2. จ่ายแรงดันไฟฟ้าให้แก่อิเล็กโทรดกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าว โดยเพิ่มแรงดันจากหม้อแปลงปรับค่าได้ครั้งล่ะ 20 V
3. บันทึกผลค่าแรงดันไฟฟ้าที่ชุดอิเล็กโทรดกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวที่อ่านค่าได้จากมัลติมิเตอร์ FLUKE รุ่น 189 และค่ากระแสไฟฟ้าที่อ่านค่าได้จาก พาวเวอร์แคลมป์มิเตอร์ YOKOGAWA รุ่น CW10
4. ทำซ้ำ ข้อที่ 2-3 รวมทั้งหมด 5 ครั้ง หาค่าเฉลี่ย
5. ทำการนำเมล็ดพันธุ์ข้าวในชุดอิเล็กโทรดออกให้เหลือเพียงครึ่งหนึ่ง
6. ทำซ้ำ ข้อที่ 2-3 รวมทั้งหมด 5 ครั้ง หาค่าเฉลี่ย
7. ทำการนำเมล็ดพันธุ์ข้าวในชุดอิเล็กโทรดออกจนหมด
8. ทำซ้ำ ข้อที่ 2-3 รวมทั้งหมด 5 ครั้ง หาค่าเฉลี่ย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง

4.4.1 ผลการทดสอบเครื่องกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้าขนาดเล็กในกรณีที่อิเล็กโทรดมีข้าวบรรจุเต็มทุกช่อง

ตารางที่ 4.3 ค่าแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่ในกรณีที่อิเล็กโทรดมีข้าวบรรจุเต็มทุกช่อง

V_{in} (V)	V_{out} (kV)	I_{in} (A)	I_{out} (mA)
20	1.21	0.12	1.95
40	2.49	0.19	3.02
60	3.72	0.26	4.16
80	4.95	0.34	5.47
100	6.08	0.44	7.22
120	7.04	0.58	9.87
140	7.95	0.72	12.65
160	8.70	0.88	16.13
180	9.38	1.05	20.11
200	10.05	1.22	24.25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.2 ผลการทดสอบเครื่องกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้าขนาดเล็กในกรณีที่อิเล็กโทรดมีข้าวบรรจุอยู่ครึ่งหนึ่ง

ตารางที่ 4.4 ค่าแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่ในกรณีที่อิเล็กโทรดมีข้าวบรรจุอยู่ครึ่งหนึ่ง

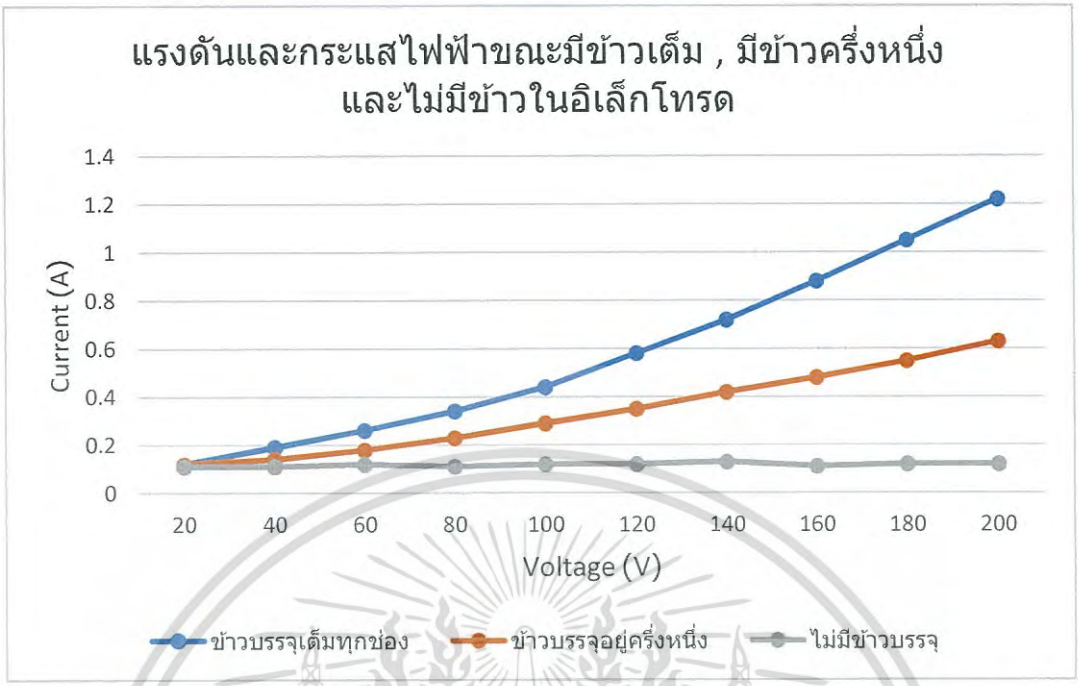
V_{in} (V)	V_{out} (kV)	I_{in} (A)	I_{out} (mA)
20	1.24	0.12	1.95
40	2.52	0.14	2.22
60	3.78	0.18	2.86
80	5.06	0.23	3.64
100	6.30	0.29	4.60
120	7.53	0.35	5.58
140	8.81	0.42	6.67
160	10.07	0.48	7.63
180	11.32	0.55	8.75
200	12.58	0.63	10.02

4.4.3 ผลการทดสอบเครื่องกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้าขนาดเล็กในกรณีที่อิเล็กโทรดไม่มีข้าวบรรจุ

ตารางที่ 4.5 ค่าแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่ในกรณีที่อิเล็กโทรดไม่มีข้าวบรรจุ

V_{in} (V)	V_{out} (kV)	I_{in} (A)	I_{out} (mA)
20	1.26	0.11	1.75
40	2.55	0.11	1.73
60	3.81	0.12	1.89
80	5.09	0.11	1.73
100	6.37	0.12	1.88
120	7.73	0.12	1.86
140	9.02	0.13	2.02
160	10.31	0.11	1.71
180	11.65	0.12	1.85
200	12.90	0.12	1.86

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

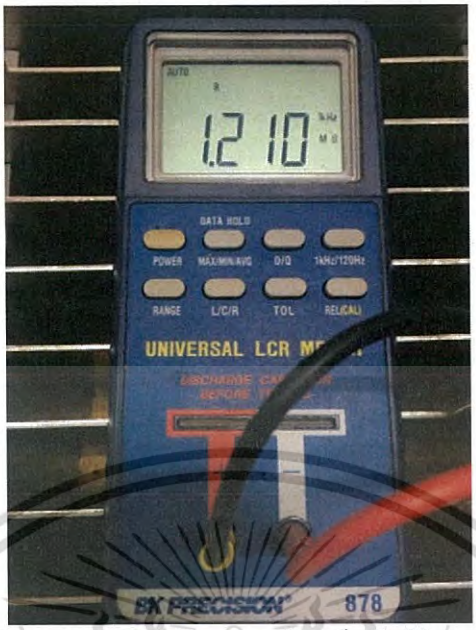


รูปที่ 4.8 กราฟแรงดันและกระแสไฟฟ้าที่ใช้ในการกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวขณะมีข้าวเต็มทุกช่อง , มีข้าวครึ่งหนึ่ง และไม่มีข้าวในอิเล็กโทรด

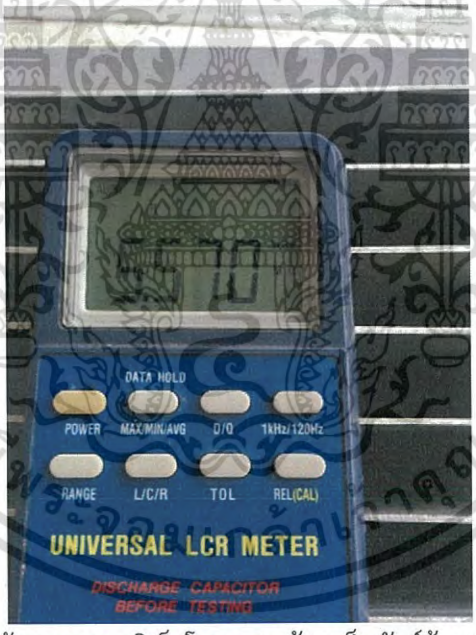
จากรูปที่ 4.8 จะเห็นว่าเมื่อปริมาณข้าวในอิเล็กโทรดกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวเพิ่มมากขึ้น จะต้องใช้กระแสไฟฟ้าในการกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวมากขึ้น เนื่องมาจากเมล็ดข้าวมีค่าความนำไฟฟ้ามากกว่าอากาศ เมื่อใส่เข้าไปในอิเล็กโทรดจะทำให้ค่าความต้านทานของอิเล็กโทรดลดลงดังรูปที่ 4.9 - 4.11

รูปที่ 4.9 ค่าความต้านทานของอิเล็กโทรดกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวขณะบรรจุข้าวเต็มทุกช่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.10 ค่าความต้านทานของอิเล็กโทรดกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวขณะบรรจุข้าวครึ่งหนึ่ง



รูปที่ 4.11 ค่าความต้านทานของอิเล็กโทรดกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวขณะไม่มีข้าวบรรจุอยู่

จากรูปที่ 4.9 - 4.11 จะเห็นว่าขณะบรรจุข้าวเต็มทุกช่องของอิเล็กโทรด (8 กิโลกรัม) ความต้านทานของอิเล็กโทรดจะมีค่า 487.7 kΩ ขณะที่บรรจุข้าวครึ่งหนึ่งของอิเล็กโทรดความ (4 กิโลกรัม) ต้านทานของอิเล็กโทรดจะมีค่า 1.210 MΩ และขณะที่ไม่มีข้าวบรรจุจะมีความต้านทาน 5.570 MΩ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 การทดสอบค่ากำลังไฟฟ้าของเครื่องกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้าขนาดเล็กในการกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าว 3 สายพันธุ์

การทดสอบนี้เป็นการทดสอบการใช้งานเครื่องกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้าขนาดเล็กในการกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าว 3 สายพันธุ์ที่นิยมปลูกในประเทศไทย ได้แก่ พันธุ์ปทุมธานี1 สุพรรณบุรี 1 และขาวดอกมะลิ โดยในการทดลองจะใช้ชุดอิเล็กโทรดที่ได้ออกแบบสร้างไว้ในบทที่3 ซึ่งสามารถบรรจุข้าวได้ครั้งล่ะประมาณ 8 กิโลกรัม เพื่อเปรียบเทียบค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวทั้ง 3 สายพันธุ์

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. หม้อแปลงปรับค่าได้ 0 – 250 VAC
2. หม้อแปลงแรงดันสูง 0 – 15 kVAC, 50 Hz, 1 Ø
3. วงจรเรียงกระแส
4. โวลเตจดีไวเดอร์ชนิดความต้านทาน 1:1000
5. ชุดอิเล็กโทรดกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าว
6. มัลติมิเตอร์ FLUKE รุ่น 189
7. พาวเวอร์แคลมป์มิเตอร์ YOKOGAWA รุ่น CW10

ขั้นตอนการทดลอง

1. ติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆดังรูปที่ 4.7 โดยในขั้นตอนนี้จะใช้เมล็ดพันธุ์ข้าวพันธุ์ปทุมธานี1
2. จ่ายแรงดันไฟฟ้าให้แก่อิเล็กโทรดกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าว โดยเพิ่มแรงดันจากหม้อแปลงปรับค่าได้ครั้งล่ะ 20 V
3. บันทึกผลค่าแรงดันไฟฟ้าที่ชุดอิเล็กโทรดกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวที่อ่านค่าได้จากมัลติมิเตอร์ FLUKE รุ่น 189 และค่ากระแสไฟฟ้าที่อ่านค่าได้จาก พาวเวอร์แคลมป์มิเตอร์ YOKOGAWA รุ่น CW10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ทำซ้ำ ข้อที่ 2-3 รวมทั้งหมด 5 ครั้ง หาค่าเฉลี่ย

5. ทำการเปลี่ยนเมล็ดพันธุ์ข้าวในชุดอิเล็กโทรดเป็นพันธ์สุพรรณบุรี1

6. ทำซ้ำ ข้อที่ 2-3 รวมทั้งหมด 5 ครั้ง หาค่าเฉลี่ย

7. ทำการเปลี่ยนเมล็ดพันธุ์ข้าวในชุดอิเล็กโทรดเป็นพันธ์ขาวหอมมะลิ

8. ทำซ้ำ ข้อที่ 2-3 รวมทั้งหมด 5 ครั้ง หาค่าเฉลี่ย

ผลการทดลอง

4.5.1 การทดสอบค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1

ตารางที่ 4.6 ค่าแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่ใช้ในการกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1

V_{in} (V)	V_{out} (kV)	I_{in} (A)	I_{out} (mA)
20	1.23	0.12	1.95
40	2.52	0.19	3.02
60	3.75	0.26	4.16
80	4.97	0.34	5.47
100	6.09	0.44	7.22
120	7.05	0.58	9.87
140	7.97	0.72	12.65
160	8.73	0.88	16.13
180	9.40	1.05	20.11
200	10.06	1.22	24.25

จากสมการ

$$P = V \times I \tag{4.1}$$

จะได้ว่า

$$P = 200 \times 1.22$$

$$P = 244\ W$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5.2 การทดสอบค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1

ตารางที่ 4.7 ค่าแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่ใช้ในการกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1

V_{in} (V)	V_{out} (kV)	I_{in} (A)	I_{out} (mA)
20	1.21	0.12	1.95
40	2.48	0.18	2.90
60	3.73	0.25	4.02
80	4.94	0.34	5.51
100	6.05	0.43	7.11
120	7.04	0.57	9.72
140	7.95	0.71	12.50
160	8.72	0.85	15.60
180	9.39	1.04	19.94
200	10.05	1.20	23.89

$$P = 200 \times 1.20$$

$$P = 240\ W$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

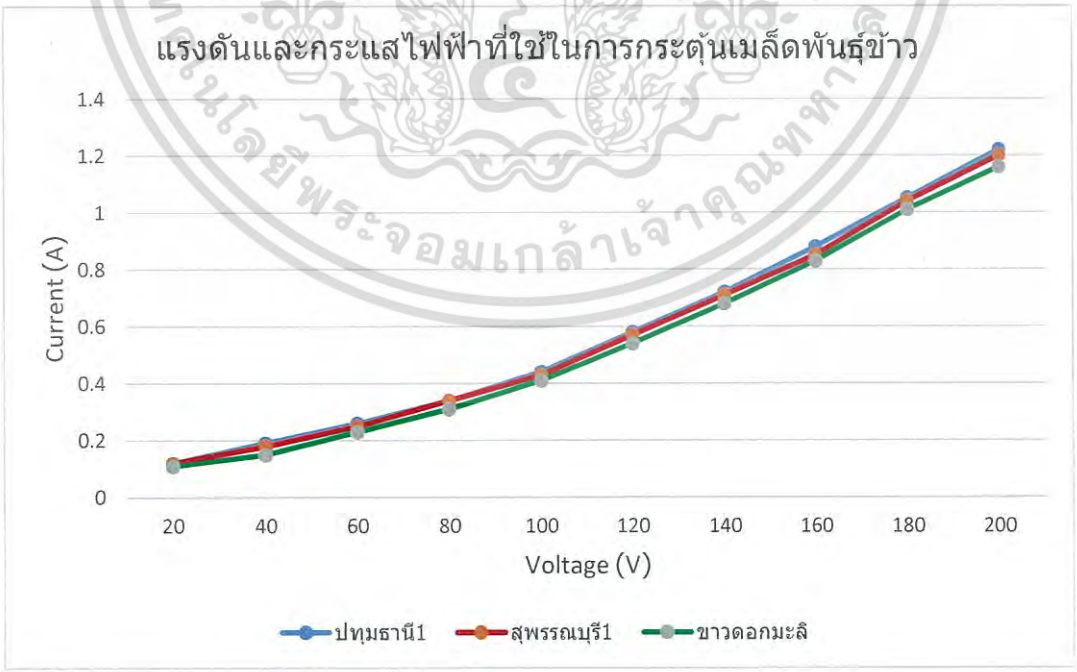
4.5.3 การทดสอบค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ

ตารางที่ 4.8 ค่าแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่ใช้ในการกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ

V_{in} (V)	V_{out} (kV)	I_{in} (A)	I_{out} (mA)
20	1.17	0.11	1.88
40	2.46	0.15	2.44
60	3.72	0.23	3.71
80	4.91	0.31	5.05
100	6.02	0.41	6.81
120	7.01	0.54	9.24
140	7.92	0.68	12.02
160	8.70	0.83	15.26
180	9.35	1.01	19.44
200	10.02	1.16	23.15

$$P = 200 \times 1.16$$

$$P = 232\,W$$



รูปที่ 4.12 กราฟแรงดันและกระแสไฟฟ้าที่ใช้ในการกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวพันธุ์ต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการทดลอง ค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวทั้ง3ชนิด ได้แก่ พันธุ์ปทุมธานี1 สุพรรณบุรี1 และขาวดอกมะลิ มีค่า 244 W , 240 W และ 232 W ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการกระตุ้นของทั้ง 3 สายพันธุ์มีค่าใกล้เคียงกันมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 บทนำ

ในปัจจุบันเกษตรกรชาวนาไทยประสบปัญหาผลผลิตข้าวต่อไร่ต่ำ ทำให้มีผลผลิตข้าวน้อยในขณะที่ใช้พื้นที่เพาะปลูกและค่าใช้จ่ายในการเพาะปลูกมาก จึงส่งผลทำให้เกิดปัญหาเรื่องรายได้ของครัวเรือนเกษตรกรชาวนา และยังส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจและการส่งออกข้าวของประเทศไทย จึงนำไปสู่วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ที่ต้องการประยุกต์ใช้สนามไฟฟ้ามากระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวก่อนนำไปปลูกเพื่อเพิ่มผลผลิตข้าวต่อไร่ให้มากขึ้น

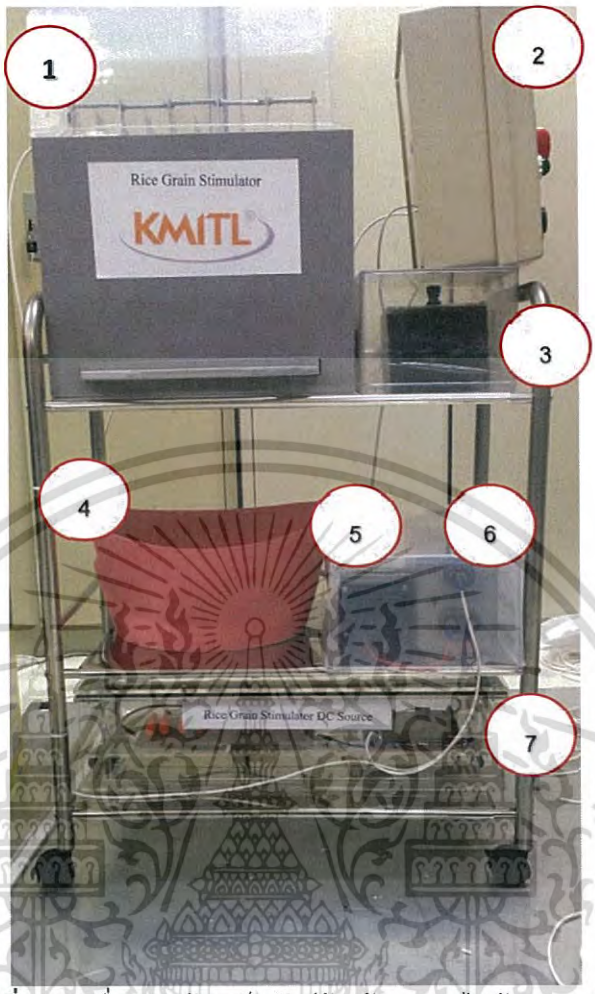
5.2 สรุปผลการศึกษาการกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้า

จากการศึกษางานวิจัยการกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้าที่ผ่านมา ทำให้ทราบว่าค่าสนามไฟฟ้าที่เหมาะสมในการใช้กระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวก่อนนำไปปลูกคือ ค่าสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ 4 kV/cm โดยใช้แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงขั้วบวก และระยะเวลาที่ใช้ในการกระตุ้นจะขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ของข้าว พันธุ์ปทุมธานี 1ใช้เวลา 15-20 นาที พันธุ์สุพรรณบุรี1 ใช้เวลา 15-20 นาที และพันธุ์ขาวดอกมะลิใช้เวลา 20-25 นาที ซึ่งผลของการกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้าก่อนที่จะนำไปปลูกนั้นจะมีผลต่อการเรียงตัวของเมมเบรนในเมล็ดพันธุ์ข้าวและทำให้เอนไซม์สำคัญ3ชนิดในเมล็ดพันธุ์ข้าวได้แก่ แคทาเลส , ซุปเปอร์ออกไซด์ ดิสมิวเทส และเพอร์ออกซิเดส มีค่ามากขึ้น จึงส่งผลให้ผลผลิตข้าวต่อไร่เพิ่มขึ้น 10 – 20 %

5.3 ผลสรุปการออกแบบสร้างเครื่องกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้าขนาดเล็ก

จากค่าพารามิเตอร์ต่างๆที่ได้จากงานวิจัยที่ผ่านมาทั้งหมดนี้ นำมาสู่วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ในการออกแบบและสร้างเครื่องกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้าขนาดเล็ก ที่มีความสะดวกและเหมาะสมในการใช้งาน สามารถเคลื่อนย้ายไปยังสถานที่ใช้งานได้ เพื่อเป็นนวัตกรรมในการแก้ปัญหาเรื่องผลผลิตข้าวต่อไร่ของเกษตรชาวนาไทย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.1 เครื่องกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้าขนาดเล็ก

จากภาพที่ 5.1 หมายเลข 1 คือ อิเล็กโทรดกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าว หมายเลข 2 คือ ชุดควบคุมการทำงาน หมายเลข 3 คือ โวลเตจดิไวเดอร์ชนิดความต้านทาน หมายเลข 4 คือ สำหรับใส่ภาชนะสำหรับใส่เมล็ดพันธุ์ข้าวหลังผ่านการกระตุ้น หมายเลข 5 คือ หม้อแปลง 220V/200V หมายเลข 6 คือ หม้อแปลงแรงดันสูง 220V/15kV หมายเลข 7 คือ วงจรเรียงกระแส

ตารางที่ 5.1 พิกัดของเครื่องกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้าขนาดเล็ก

แรงดันไฟฟ้าที่ต้องการ	220 Vac / 50Hz
กระแสไฟฟ้า	1.22 A
ค่าสนามไฟฟ้า	4 kV/cm
กำลังไฟฟ้า	244 W
อัตราการทำงาน	24 kg / hr

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4 ผลสรุปการทดสอบการทำงานของเครื่องกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้าขนาดเล็ก

ผลการทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆของเครื่องกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้าขนาดเล็กจะมีดังต่อไปนี้

5.4.1 ผลสรุปการทดสอบการวัดค่าแรงดันไฟฟ้าด้วยโวลเตจดิไวเดอร์ชนิดความต้านทาน

จากการทดลองพบว่า โวลเตจดิไวเดอร์ชนิดความต้านทาน ratio 1:1000 ที่ประกอบสร้างขึ้นมา สามารถใช้งานในการวัดค่าแรงดันไฟฟ้าแรงดันสูงกระแสตรงได้โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนในการวัดมากที่สุดอยู่ที่ 5.74% เมื่อเปรียบเทียบกับค่าแรงดันที่วัดได้จากดิไวเดอร์อ้างอิง และสามารถนำมาใช้งานร่วมกับชุดควบคุมเพื่อแสดงค่าแรงดันที่ใช้ในการกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวได้

5.4.2 ผลสรุปการทดสอบการทำงานชุดจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงร่วมกับอิเล็กโทรดกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าว

จากการทดลองจะพบว่าชุดจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงสามารถจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้แก่อิเล็กโทรดกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวได้ตามที่ออกแบบไว้ โดยขณะจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 10 kV ให้แก่อิเล็กโทรดที่บรรจุเมล็ดข้าวที่ 8 kg จะต้องใช้แรงดันทางด้านขาเข้าของหม้อแปลงแรงดันสูงที่ 200 V ซึ่งมากกว่าค่าแรงดันที่จ่ายให้ชุดอิเล็กโทรดขณะไม่มีข้าวหรือที่วัดแรงดันขาออกของแปลงแรงสูงขณะไม่มีอิเล็กโทรดที่ต้องจ่ายแรงดันเพียง 160 V

5.5 ผลสรุปการวิเคราะห์ค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวทั้ง 3 สายพันธุ์

จากการทดลองจะพบว่า ค่ากระแสไฟฟ้าที่ใช้ในการกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามแรงดันที่เพิ่มขึ้นแบบเอกซ์โพเนนเชียล โดยที่ค่าแรงดันไฟฟ้าที่อิเล็กโทรดมีค่า 10 kV สนามไฟฟ้า 4 kV/cm ค่ากระแสไฟฟ้าทางด้าน input ของหม้อแปลงแรงดันสูงจะมีค่า 1.22 A และทางด้าน output มีค่า 24.25 mA ซึ่งยังไม่เกินขนาดพิกัดของหม้อแปลงแรงดันสูง (input 2 A และ output 30 mA) และค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวทั่ง 3ชนิด ได้แก่ ปทุมธานี1 สุพรรณบุรี1 และขาวดอกมะลิ มีค่าใกล้เคียงกันมาก ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าเครื่องกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้าขนาดเล็กที่ออกแบบและประกอบสร้างขึ้นมาสามารถนำมาใช้งานได้กับเมล็ดพันธุ์ข้าวทั้ง3 สายพันธุ์ และการกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวจำนวน 24 กิโลกรัม ซึ่งเป็นจำนวนข้าวที่ใช้ปลูกใน 1 ไร่ จะใช้เวลา1ชั่วโมง และใช้กำลังไฟฟ้าที่ประมาณ 244 w

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.6 การเปรียบเทียบค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวระหว่างเครื่องกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ด้วยสนามไฟฟ้าขนาด 8 kg และเครื่องกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้าขนาด 25 kg

ตารางที่ 5.2 การเปรียบเทียบค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวระหว่างเครื่องกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ด้วยสนามไฟฟ้าขนาด 8 kg และเครื่องกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้าขนาด 25 kg

	เครื่องขนาด 8 kg	เครื่องขนาด 25 kg
แรงดันไฟฟ้า (LV)	220 V	220 V
แรงดันไฟฟ้า (HV)	10 kV	16 kV
กระแสไฟฟ้า	1.22 A	4.43 A
สนามฟ้า	4 kV/cm	4 kV/cm
กำลังไฟฟ้า	244 W	974.6 W
อัตราการผลิต	24 kg/hr	75 kg/hr

จากตารางที่ 5.2 จะเห็นว่าเครื่องกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้าขนาด 8 kg จะใช้กำลังไฟฟ้าในการกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวอยู่ที่ 244 W ซึ่งน้อยกว่าเครื่องขนาด 25 kg ที่ใช้กำลังไฟฟ้า 974.6 W อยู่ประมาณ 4 เท่า ในกรณีที่กระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวจำนวนเท่ากันจะใช้กำลังไฟฟ้าน้อยกว่าประมาณ 25 % แต่เครื่องกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้าขนาด 8 kg จะมีอัตราการผลิตน้อยกว่าประมาณ 3 เท่า

5.7 ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากงานวิจัยนี้เป็นการออกแบบเครื่องกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้าขนาดเล็ก ซึ่งในส่วนของชุดแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงถูกออกแบบมาโดยไม่สามารถปรับค่าแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ได้ ดังนั้นจึงเหมาะสำหรับใช้กับเมล็ดพันธุ์ข้าวตามมาตรฐานสินค้าเกษตร มกษ. 4004-2555 [24] ที่มีค่าความชื้นไม่เกิน 15 % ซึ่งเมล็ดพันธุ์ข้าวจะมีค่าความต้านทานค่อนข้างคงที่ และโดยปกติทั่วไปในการปลูกข้าว จะใช้เมล็ดพันธุ์ตามมาตรฐานสินค้าเกษตร มกษ. 4004-2555 [24] นี้ เพราะมีค่าความชื้นต่ำ ปัญหาเรื่องเชื้อราและโรคต่างๆจะน้อยกว่าเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ไม่ผ่านมาตรฐาน

จากผลการทดลองในหัวข้อที่ 4.4 จะเห็นว่าค่ากระแสไฟฟ้าที่ใช้ในการกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวจะเพิ่มขึ้นตามจำนวนเมล็ดข้าวที่กระตุ้น ดังนั้นหากต้องการใช้อิเล็กโทรดกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวที่มีขนาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความจุข้าวมากขึ้น(ขนาดใหญ่ขึ้น) สิ่งสำคัญที่ต้องคำนึงถึงคือขนาดพิกัดกระแสไฟฟ้าของแหล่งจ่าย เนื่องจากค่ากระแสไฟฟ้าที่ใช้กระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวจะเพิ่มขึ้นแบบเอกซ์โพเนนเชียลตามแรงดันที่ใช้ ซึ่งจากการทดลอง (ในภาคผนวก ข) ทำให้ทราบว่าเป็นผลมาจากค่าแรงดันและกระแสไฟฟ้าที่ใช้มีค่าเข้าใกล้จุดอิ่มตัวของหม้อแปลงแรงดันสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] **สถานการณ์การผลิตและการตลาดข้าวของโลก** กรมการข้าว กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ปี 2558 http://www.ricethailand.go.th/

[2] **องค์ความรู้เรื่องข้าว** กรมการข้าว กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ http://www.ricethailand.go.th/

[3] Li Yi , Ye Jiaming **"Study on the biological effect of high voltage static electric field on the stale rice seeds"** Journal of Hunan Agricultural University [1996]

[4] Miss Thyanuich Rotcharoen , Dr. Werachet Khan-ngern , Shuichi Nitta **"The Study of Rice Growing with the Electromagnetic: Field Effect Simulated from 300 kV Switching Substation"** Asia-Pacific Conference on Environmental Electromagnetics CEEM' 2003 Nov. 47,2003 Hangzhou ,China

[5] Thyanuich Rotcharoen , Dr. Werachet Khan-ngern , Shuichi Nitta **"The Study of Electric Field Effect to Bending on the Growth of the Primary Root of Rice"** 2008 Asia-Pacific Sympsoium on Electromagnetic Compatibility, 19–22 May 2008, Singapore

[6] พงษ์เทพ เกิดดอนแฝก และรศ.ร.อ.ดร.วีระเชษฐ์ ขันเงิน **"The Effect of Added Electric Charge in Rice Seeds on the Rice Growth"** his-Pacific Conference on Environmental Electromagnetics CEEM' 2003 Nov. 4-7.2003 Han-ou China

[7] Guixue Wang, Junli Huang, Weina Gao, Jiang Lu, Jian Li, Ruijin Liao, Cheruth Abdul Jaleel **"The Effect of High-voltage Electrostatic Field (HVEF) on aged rice (Oryza sativa L.) seeds vigor and lipid peroxidation of seedlings"** Elsevier Journal of Electrostatics 67 (2009) 759–764

[8] พงษ์เทพ เกิดดอนแฝก และ ศูนย์วิจัยข้าวปราจีนบุรี **"ผลการศึกษาคุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าวหลังจากผ่านการกระตุ้นด้วยสนามไฟฟ้า"** 13 กุมภาพันธ์ 2547

[9] พงษ์เทพ เกิดดอนแฝก และ ศูนย์วิจัยข้าวปราจีนบุรี **"คุณภาพเมล็ดข้าวทางเคมีและกายภาพบางประการของผลผลิตข้าวที่ได้จากการใช้เมล็ดพันธุ์กระตุ้นด้วยสนามไฟฟ้า"** 30 มีนาคม 2547

[10] ศิริวัฒน์ โพธิเวชกุล,บัญชา แย้มสะอาด และคณะ **"การศึกษาการกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้า"**โครงการ IRPUS 2551

[11] นรเศรษฐ พัฒนเดช และผู้ร่วมวิจัย, **"การออกแบบอิเล็กโทรดกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้าที่เหมาะสม"** โครงการวิจัยคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2552

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

[12] จุฑา แย้มเพริศศรี และคณะ, **"ชุดต้นแบบเครื่องกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้าขนาดเล็ก"** ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2552

[13] รศ.ศิริวัฒน์ โพธิเวชกุล , ปุณยวีร์ ทองเขียว , จุฑา แย้มเพริศศรี , ปัณณทัต แก้วคง , วรเวฐน์ จงมนตรี , อาภาศิริ คงอินทร์**"เครื่องเพิ่มผลผลิตข้าวด้วยสนามไฟฟ้าเพื่อชุมชน"** การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมทางไฟฟ้าครั้งที่ 33 , ธันวาคม 2553

[14] กฤษณ์ กิจวัฒนา และคณะ, **"ชุดควบคุมเครื่องกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้าขนาดเล็ก,"** ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2553

[15] กฤษฎา แซ่จึง และคณะ, **"การพัฒนาและปรับปรุงเครื่องกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้าขนาดเล็ก,"** ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2553

[16] He Ping , Li JianSong , Liang GuoHui , Li XiaoLin **"Effect of Strong Electric Field Ionizing Radiation on Physiological and Biochemical Indexes of Rice Seedlings"** National Natural Science Foundation of China (No. 50977041) , 2012 IEEE

[17] สำรวย สังข์สะอาด, **วิศวกรรมไฟฟ้าแรงสูง**, พิมพ์ครั้งที่3, กรุงเทพ, 2549

[18] ไชยชาญ หินเกิด, **หม้อแปลงไฟฟ้า**, กรุงเทพ, สนพ. ส.ส.ท., 2549

[19] วีรเชษฐ์ ขันเงิน และ วุฒิพงศ์ ธาราธีรเศรษฐ์, **อิเล็กทรอนิกส์กำลัง**, พิมพ์ครั้งที่9, กรุงเทพ, สนพ. ห้างหุ้นส่วนจำกัด วี.เจ.พริ้นติ้ง, 2552

[20] ปราโมทย์ เดชะอำไพ , สุทธิศักดิ์ พงศ์ธนาพาณิช **"ไฟไนต์เอลิเมนต์อย่างง่ายพร้อมซอฟแวร์"** ปี 2548.

[21] ทวีศักดิ์ ศรีช่วย **"เขียนแบบวิศวกรรมด้วยโปรแกรม SolidWorks"** 2548

[22] กีรติวุฒิ วิสิทธิ์ศิลป์, ปุณยวีร์ ทองเขียว, พรศักดิ์ สงวน, ศุภวัฒน์ กลั่นเรืองแสง **"โวลท์เตทดิไวเดอร์วัดแรงดันกระแสตรง, กระแสสลับ และแรงดันอิมพัลส์ พิกัด 100kV"** ปริญญานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2551

[23] **มาตรฐานสินค้าเกษตร มกษ. 4004-2555** สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

[24] J. D. Bewley, Michael Black "**Physiology and Biochemistry of Seeds in Relation to Germination**" สนพ. Springer Berlin Heidelberg ปี 2521

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หม้อแปลงปรับค่าได้ที่ใช้ในการทดลองมีพิกัด 4kVA กระแส 16A, 0 – 250 V_{AC}

หม้อแปลงนีออน
พิกัดแรงดัน Input 230V, Output 15kV
พิกัดกระแส Input 2A, Output 30mA

รีเลย์จำกัดกระแส PM - 001

ดีไวเดอร์

- ขนาดพิกัดกรณีใช้วัดแรงดันสูงกระแสตรง 100kV
- ขนาดพิกัดกรณีใช้วัดแรงดันสูงกระแสสลับ 100kV

FLUKE 189

- AC voltage measurement from 0 V to 1000.0 V
- AC millivolt measurement from 0 mV to 3000.0 mV

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Oscilloscope RIGOL DS1000E

- Input Coupling DC, AC, GND
- Input Impedance 1MΩ ± 2%, in parallel with 15pF± 3pF
- Probe Attenuation Factors 1X, 5X, 10X, 50X, 100X, 500X,1000X
- Maximum Input Voltage
- 400V (DC+AC Peak, 1MΩ input impedance)
- 40V (DC+AC Peak)

Time Delay between Channel (typical) 500ps

พาวเวอร์แคลมป์มิเตอร์ YOKOGAWA CW10

- AC current measurement from 0 A to 600 A
- DC current measurement from 0 A to 600 A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข
ผลการทดลองอื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

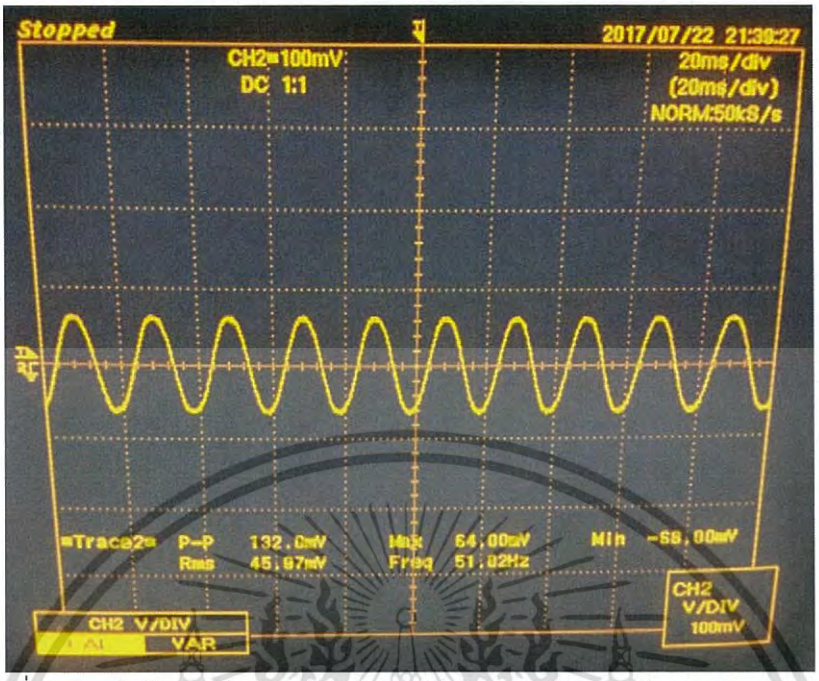
ข1. ผลการวัดค่ารูปคลื่นกระแสไฟฟ้าทางด้านขาเข้าของหม้อแปลงแรงดันสูงโดยการใช้ Current Probe รุ่น HZO50 อัตราส่วนการวัด 100 mV / A

รูป Current Probe รุ่น HZO50 มีอัตราส่วนการวัดอยู่ที่ 100 mV / A

ตาราง ข1 ค่าแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่ใช้ในการกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าว

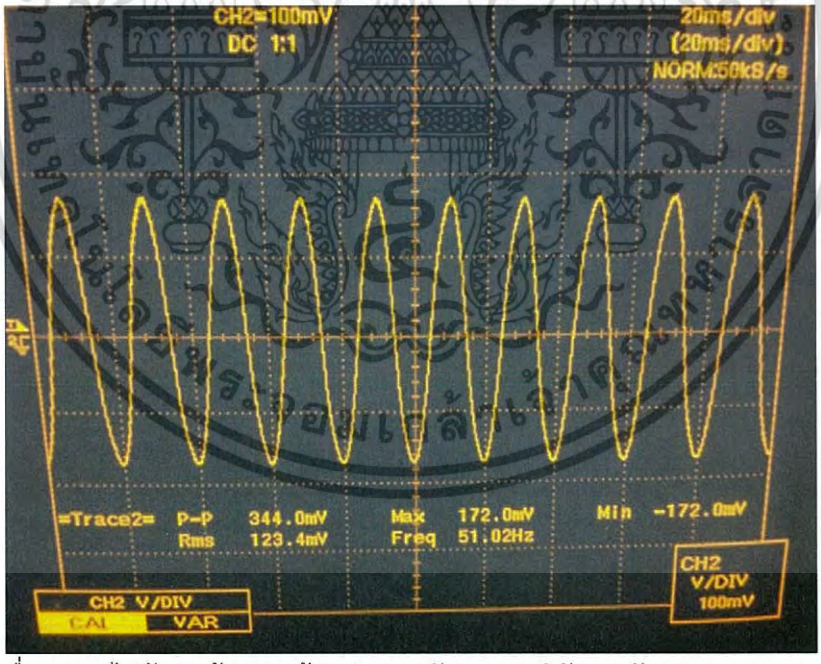
V_{in} (V)	V_{out} (kV)	I_{in} (A)
20	1.21	0.12
40	2.49	0.19
60	3.72	0.27
80	4.96	0.35
100	6.08	0.46
120	7.04	0.58
140	7.96	0.73
160	8.71	0.88
180	9.38	1.06
200	10.06	1.23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปคลื่นกระแสไฟฟ้าขาเข้าของหม้อแปลงแรงดันสูงขณะพิกัดแรงดัน 100 V / 6.08 kV

(จากอัตราส่วนการวัดของ current probe กระแสมีค่าประมาณ 0.46 mA)



รูปคลื่นกระแสไฟฟ้าขาเข้าของหม้อแปลงแรงดันสูงขณะพิกัดแรงดัน 200 V / 10.06 kV

(จากอัตราส่วนการวัดของ current probe กระแสมีค่าประมาณ 1.23 mA)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข2. ผลการทดสอบการวัดค่าแรงดันและกระแสไฟฟ้าของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงในกรณีที่จ่ายให้โหลดความต้านทาน 500 kΩ และ 1 MΩ

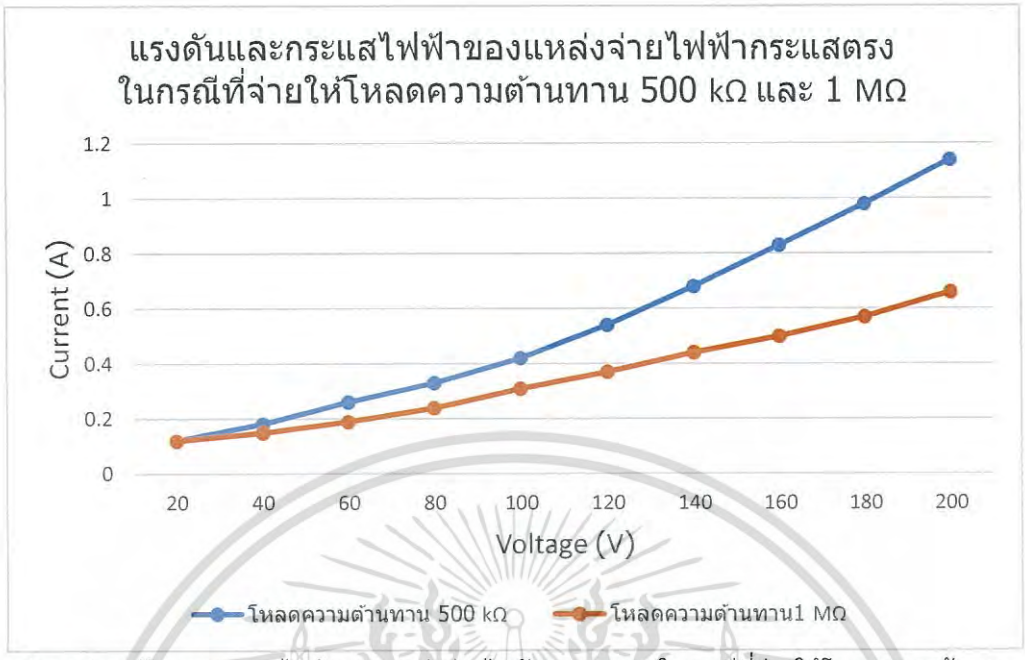
ตาราง ข2 ค่าแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่ในกรณีที่จ่ายให้โหลดความต้านทาน 500 kΩ

V_{in} (V)	V_{out} (kV)	I_{in} (A)	I_{out} (mA)
20	1.22	0.12	1.95
40	2.51	0.18	2.87
60	3.77	0.26	4.16
80	5.03	0.33	5.25
100	6.15	0.42	6.83
120	7.20	0.54	8.99
140	8.16	0.68	11.67
160	8.87	0.83	14.97
180	9.57	0.98	18.43
200	10.24	1.14	22.27

ตารางที่ ข3 ค่าแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่ในกรณีที่จ่ายให้โหลดความต้านทาน 1 MΩ

V_{in} (V)	V_{out} (kV)	I_{in} (A)	I_{out} (mA)
20	1.21	0.12	1.95
40	2.49	0.15	2.41
60	3.75	0.19	3.04
80	5.03	0.24	3.82
100	6.27	0.31	4.94
120	7.50	0.37	5.92
140	8.78	0.44	7.02
160	10.04	0.50	7.97
180	11.28	0.57	9.10
200	12.54	0.66	10.53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปกราฟแรงดันและกระแสไฟฟ้าของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงในกรณีที่จ่ายให้โหลดความต้านทาน 500 kΩ และ 1 MΩ

จากรูป จะเห็นว่าค่ากระแสไฟฟ้าที่ใช้ในการจ่ายให้กับโหลดความต้านทาน 500 kΩ มีค่าเพิ่มขึ้นตามแรงดันที่เพิ่มขึ้นแบบเอกซ์โพเนนเชียลเนื่องมาจากค่าแรงดันและกระแสไฟฟ้าที่ใช้มีค่าเข้าใกล้จุดอิ่มตัวของหม้อแปลงแรงดันสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค
การวิจัยการเพาะปลูกเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ผ่านการกระตุ้นด้วยสนามไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Electrical Engineering Dept., Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
1 Soi Chalongkung 1 Ladkrabang Bangkok 10520 Tel. 0-2329-8000 ext. 3925

หนังสือรับรองผลการวิจัย

ชื่อ	นายพยุง โพธสุธน
ที่อยู่	หมู่ 4 ต.ศรีประจันต์ อ.ศรีประจันทร์ จ.สุพรรณบุรี 72140
โครงการวิจัย	การเพาะปลูกเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ผ่านการกระตุ้นด้วยสนามไฟฟ้า
ชนิดเมล็ดพันธุ์	ปทุมธานี 1
จำนวนเมล็ดพันธุ์	40 กระสอบ (น้ำหนักรวม 1,000 กิโลกรัม)
ค่าสนามไฟฟ้า	4 kV/cm **ระยะห่างระหว่างเพลท** 20 เซนติเมตร
แรงดัน	แรงสูงกระแสตรง ขั้วลบ **เวลาที่ใช้ในการกระตุ้น** 15 นาที
วิธีการทดสอบ	*การทดสอบที่ 1* กระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวปทุมธานี 1 ด้วยสนามไฟฟ้า จำนวน 40 กระสอบ *การทดสอบที่ 2* ปลูกเมล็ดพันธุ์ข้าวภายใน 10 วัน หลังผ่านการกระตุ้นด้วยสนามไฟฟ้า *การทดสอบที่ 3* ปลูกเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ผ่านการกระตุ้นด้วยสนามไฟฟ้า มาเป็นเวลา 30 วัน
วันที่ทำการรับรอง	**25 กุมภาพันธ์ 2554**
ผลการทดสอบ	รายละเอียดปรากฏในหน้าต่อไป

ข้าพเจ้าขอรับรองว่าหนังสือรับรองฉบับนี้เป็นความจริงทุกประการ

(นายพยุง โพธสุธน)
ผู้รับรอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

1. เครื่องกำเนิดแรงดันสูงกระแสตรง 600 kV, 10 mA
2. โวลท์เตจดิไวเดอร์วัดแรงดันพิกัด 100 kV อัตราการลดทอนแรงดัน 1000 : 1 V
3. ชุดเพลทกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้า (ระยะห่างเพลท 20 ซม.)
4. มัลติมิเตอร์ (Fluke รุ่น 179 TRUE RMS Multimer)

การทดสอบที่ 1 กระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวปทุมธานี 1 ด้วยสนามไฟฟ้า จำนวน 40 กระสอบ

วันที่ทำการทดสอบ วันที่ 5 กันยายน 2553

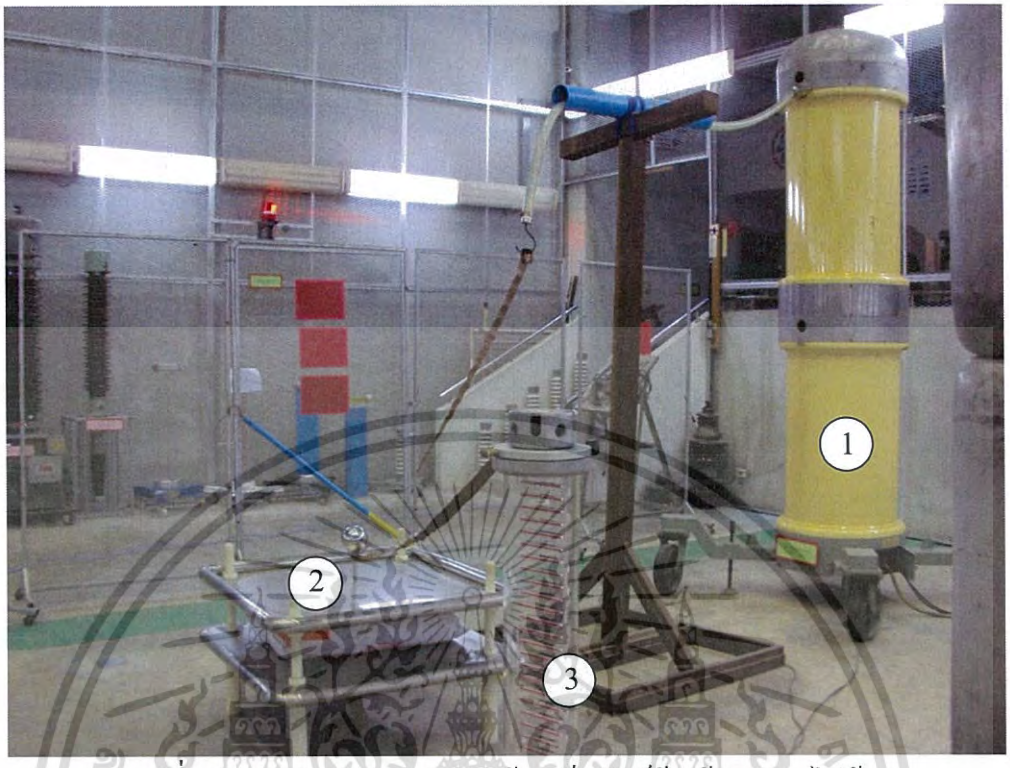
สถานที่ทำการทดสอบ ห้องปฏิบัติการไฟฟ้าแรงสูง สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สจล.

ขั้นตอนการทดสอบ

1. เตรียมเมล็ดพันธุ์ข้าวที่จะทำการกระตุ้น จำนวน 40 กระสอบ ดังรูปที่ 1
2. ทำการต่อวงจรการทดสอบ ดังรูปที่ 2
3. นำกระสอบเมล็ดพันธุ์ข้าวบรรจุในชุดเพลทกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าว ทีละ 1 กระสอบ
4. จากนั้นจ่ายแรงดันสูงกระแสตรง 80 kV ไปยังชุดเพลททกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าว เป็นเวลา 15 นาที
5. เมื่อครบเวลา 15 นาที นำกระสอบออกจากชุดเพลทกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าว วางพักไว้รอการนำไปเพาะปลูก
6. จากนั้นนำกระสอบถัดไปมาทำซ้ำตามข้อ 3 – 5 จนครบทุกกระสอบ

รูปที่ 1 กระสอบเมล็ดพันธุ์ข้าวที่นำมากระตุ้นด้วยสนามไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2 วงจรการทดสอบการกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้า

1. เครื่องกำเนิดแรงดันสูงกระแสตรง พิกัด 600 kV 2.ชุดเพลทกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าว 3. โวลท์เตจดิไวเดอร์

รูปที่ 3 การกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

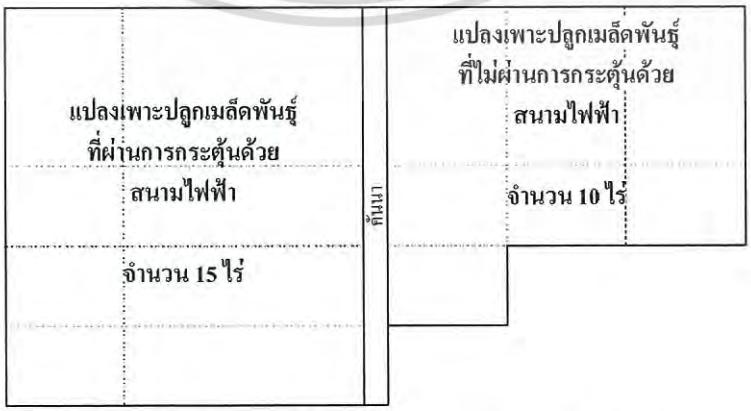
การทดสอบที่ 2 ปลูกเมล็ดพันธุ์ข้าวภายใน 10 วัน หลังผ่านการกระตุ้นด้วยสนามไฟฟ้า

วันที่ทำการทดสอบ วันที่ 14 กันยายน 2553

สถานที่ทำการทดสอบ หมู่ 4 ต.ศรีประจันต์ อ.ศรีประจันทร์ จ.สุพรรณบุรี 72140

ขั้นตอนการทดสอบ

1. เตรียมแปลงนาในการเพาะปลูกจำนวน 25 ไร่ โดยแบ่งออกเป็นดังนี้
   1.1 แปลงนา จำนวน 15 ไร่ เพื่อใช้ในการปลูกเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ผ่านการกระตุ้นด้วยสนามไฟฟ้า
   1.2 แปลงนา จำนวน 10 ไร่ เพื่อใช้ในการปลูกเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ไม่ได้ผ่านการกระตุ้นด้วยสนามไฟฟ้า
2. ทำการหว่านเมล็ดพันธุ์ข้าวที่เตรียมไว้ในแปลงทั้ง 2 โดย
   2.1 หว่านเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ผ่านการกระตุ้นด้วยสนามไฟฟ้า จำนวน 15 กระสอบ น้ำหนักรวมประมาณ 375 กก. (เฉลี่ยต่อไร ประมาณ 25 กก./ไร่)
   2.2 หว่านเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ไม่ได้ผ่านการกระตุ้นด้วยสนามไฟฟ้า จำนวน 10 กระสอบน้ำหนักรวมประมาณ 250 กก. (เฉลี่ยต่อไร ประมาณ 25 กก./ไร่)
3. โดยแปลงนาที่ใช้ในการทดสอบปลูกเมล็ดพันธุ์ข้าวจะอยู่ใกล้เคียงกัน มีสภาวะแวดล้อมเดียวกัน และดูแลเหมือนกันทุกประการ
4. ติดตามผลการทดลองเบื้องต้น โดยการทำการวัดความยาวรากของต้นกล้าในวันที่ 7 ของการเพาะปลูก
5. ทำการวัดผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยวเปรียบเทียบเป็นหน่วยน้ำหนักต่อไร่ โดยมีระยะเวลาการเพาะปลูกทั้งหมด 120 วัน (อายุข้าวโดยเฉลี่ย)



รูปที่ 4 แบบแปลงนาที่ใช้ในการเพาะปลูกเมล็ดพันธุ์ข้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5 แปลงนาที่เตรียมไว้สำหรับการเพาะปลูก

(ก) (ข)

รูปที่ 6 แปลงนาที่หว่านเมล็ดพันธุ์ข้าวแล้ว

โดยที่ (ก) เมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการกระตุ้นด้วยสนามไฟฟ้า (ข) เมล็ดพันธุ์ที่ไม่ผ่านการกระตุ้นด้วยสนามไฟฟ้า

รูปที่ 7 การวัดความยาวรากของต้นข้าว ในวันที่ 7 ของการเพาะปลูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดสอบที่ 3 ปลูกเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ผ่านการกระตุ้นด้วยสนามไฟฟ้า มาเป็นเวลา 30 วัน

วันที่ทำการทดสอบ วันที่ 10 ตุลาคม 2553

สถานที่ทำการทดสอบ หมู่ 4 ต.ปลายนา อ.ศรีประจันทร์ จ.สุพรรณบุรี 72140

ขั้นตอนการทดสอบ

1. เตรียมแปลงนาในการเพาะปลูกจำนวน 48 ไร่ โดยแบ่งออกเป็นดังนี้
   1.1 แปลงนา จำนวน 25 ไร่ เพื่อใช้ในการปลูกเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ผ่านการกระตุ้นด้วยสนามไฟฟ้า
   1.2 แปลงนา จำนวน 23 ไร่ เพื่อใช้ในการปลูกเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ไม่ได้ผ่านการกระตุ้นด้วยสนามไฟฟ้า
2. ทำการหว่านเมล็ดพันธุ์ข้าวที่เตรียมไว้ในแปลงทั้ง 2 โดย
   2.1 หว่านเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ผ่านการกระตุ้นด้วยสนามไฟฟ้า จำนวน 15 กระสอบ น้ำหนักรวมประมาณ 625 กก. (เฉลี่ยต่อไร ประมาณ 25 กก./ไร่)
   2.2 หว่านเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ไม่ได้ผ่านการกระตุ้นด้วยสนามไฟฟ้า จำนวน 10 กระสอบน้ำหนักรวมประมาณ 575 กก. (เฉลี่ยต่อไร ประมาณ 25 กก./ไร่)
3. โดยแปลงนาที่ใช้ในการทดสอบปลูกเมล็ดพันธุ์ข้าวจะอยู่ใกล้เคียงกัน มีสภาวะแวดล้อมเดียวกัน และดูแลเหมือนกันทุกประการ
4. ทำการวัดผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยวเปรียบเทียบเป็นหน่วยน้ำหนักต่อไร่ โดยมีระยะเวลาการเพาะปลูกทั้งหมด 120 วัน (อายุข้าวโดยเฉลี่ย)

รูปที่ 8 เปรียบเทียบอัตราการงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวในแปลงนา
ด้านซ้ายเป็นเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ไม่ได้ผ่านการกระตุ้นด้วยสนามไฟฟ้า ด้านขวาเป็นเมล็ดพันธุ์ที่กระตุ้นด้วยสนามไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดสอบ

จากการทดสอบที่ 1 เมล็ดพันธุ์ข้าว พันธุ์ปทุมธานี 1 ทั้งหมดที่นำมากระตุ้นด้วยสนามไฟฟ้า จำนวน 40 กระสอบ โดยชุดเพลทมีระยะห่างเท่ากับ 80 ซม. จ่ายแรงดันให้กับชุดเพลท 20 kV ได้ค่าสนามไฟฟ้าเท่ากับ 4 kV/cm. จากการทดสอบเมล็ดพันธุ์ข้าวทุกกระสอบผ่านการกระตุ้นด้วยสนามไฟฟ้า เป็นเวลา 15 นาที สามารถนำไปเพาะปลูกได้

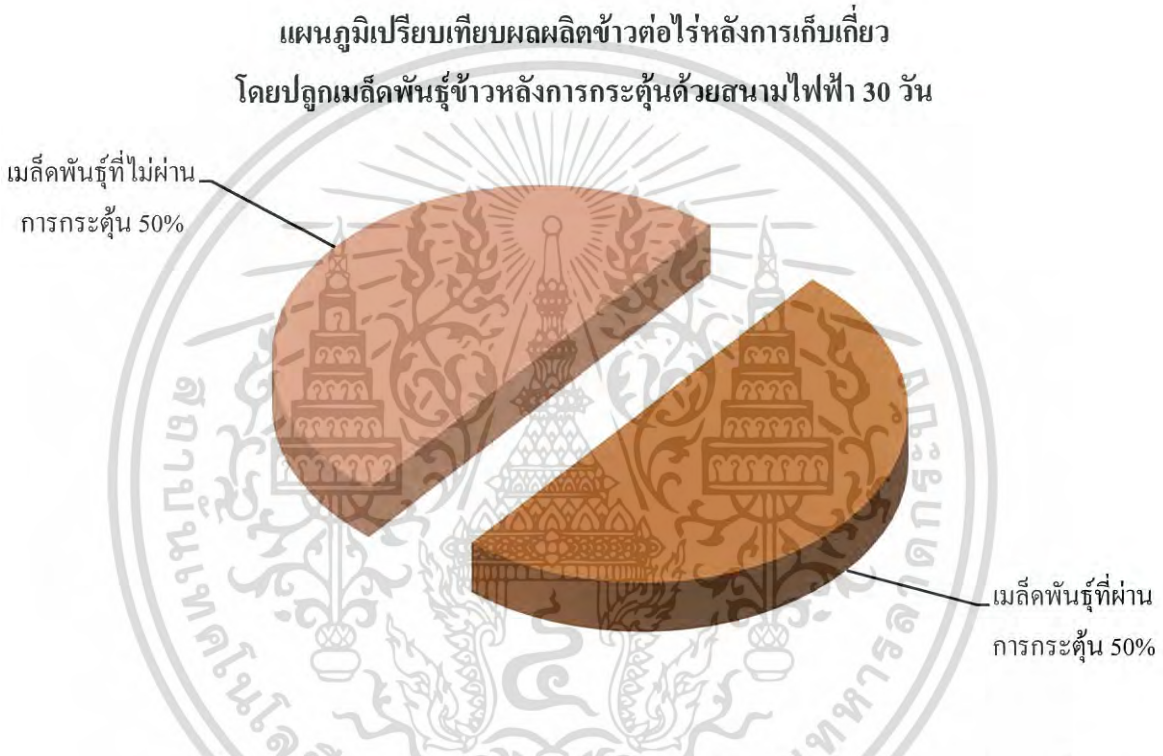
จากการทดสอบที่ 2 ได้ทำการเก็บเกี่ยวข้าวในวันที่ 15 มกราคม 2554 โดยการแยกเก็บทีละแปลง ซึ่งได้ทำการเก็บเกี่ยวแปลงที่เมล็ดพันธุ์ไม่ผ่านการกระตุ้นด้วยสนามไฟฟ้าก่อน และเก็บเกี่ยวแปลงที่เมล็ดพันธุ์ผ่านการกระตุ้นด้วยสนามไฟฟ้าตาม ซึ่งผลผลิตข้าวออกมาเป็นที่น่าพอใจในระดับหนึ่ง เมื่อเปรียบเทียบกัน กล่าวคือ แปลงเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ได้ผ่านการกระตุ้นด้วยสนามไฟฟ้าเก็บเกี่ยวได้ 800 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนแปลงที่เมล็ดพันธุ์ผ่านการกระตุ้นด้วยสนามไฟฟ้าเก็บเกี่ยวได้ 900 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งผลผลิตต่อไรแตกต่างกันประมาณ 6 – 10 % หรือผลผลิตเพิ่มขึ้น 100 กิโลกรัมต่อไร่ จึงเป็นการยืนยันได้ว่าสนามไฟฟ้ามีส่วนช่วยในการเจริญเติบโตของต้นข้าว ทั้งนี้ผลผลิตที่ได้อาจสูงกว่านี้ แต่เนื่องด้วยในระหว่างการเพาะปลูกมีปัญหาทางด้านอุทกภัยบริเวณแปลงนาอยู่หลายวัน ซึ่งอาจเป็นปัจจัยหนึ่งที่กระทบต่อการเจริญเติบโตของต้นข้าว

รูปที่ 9 แผนภูมิเปรียบเทียบผลผลิตข้าวต่อไร่หลังการเก็บเกี่ยว ของการทดสอบที่ 2

จากการทดสอบที่ 3 ได้ทำการเก็บเกี่ยวข้าวในวันที่ 7 กุมภาพันธ์ 2554 โดยการแยกเก็บทีละแปลง ซึ่งได้ทำการเก็บเกี่ยวแปลงที่เมล็ดพันธุ์ไม่ผ่านการกระตุ้นด้วยสนามไฟฟ้าก่อน และเก็บเกี่ยวแปลงที่เมล็ดพันธุ์ผ่านการกระตุ้นด้วยสนามไฟฟ้าตาม ซึ่งผลผลิตข้าวที่เก็บเกี่ยวได้ประมาณ 800 กิโลกรัมต่อไร่เท่ากันทั้งแปลงที่เมล็ดพันธุ์ไม่ผ่านการกระตุ้นด้วยสนามไฟฟ้า และแปลงที่เมล็ดพันธุ์ผ่านการกระตุ้นด้วยสนามไฟฟ้า จากผลการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทดสอบมีความเป็นไปได้ 2 กรณี คือ กรณีที่ 1 ระยะเวลาหลังจากเมล็ดพันธุ์ผ่านการกระตุ้นด้วยสนามไฟฟ้า สนามไฟฟ้ามีผลต่อเมล็ดพันธุ์ กล่าวคือเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการกระตุ้น และทิ้งไว้เป็นระยะเวลานาน เมื่อนำไปเพาะปลูก สนามไฟฟ้าอาจไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นข้าวแล้ว กรณีที่ 2 เนื่องจากช่วงที่ทำการเพาะปลูกเป็นช่วงที่เข้าสู่ฤดูหนาวพอดี โดยเฉพาะในช่วงที่ต้นข้าวออกรวงนั้นมีอากาศหนาวเย็นมาปะทะต้นข้าว ทำให้เมล็ดพันธุ์ออกรวงไม่สุด และไม่สมบูรณ์ ทำให้ได้ผลผลิตไม่เต็มเม็ดเต็มหน่วย



รูปที่ 10 แผนภูมิเปรียบเทียบผลผลิตข้าวต่อไร่หลังการเก็บเกี่ยว ของการทดสอบที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง
คู่มือการใช้งานเครื่องกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้าขนาดเล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คู่มือการใช้งานเครื่องกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้าขนาดเล็ก

A COMPACT OF MINI RICE GRAIN STIMULATOR USING ELECTRIC FIELD INFORMATION

จัดทำโดย

นาย กฤษฎา แซ่จึง

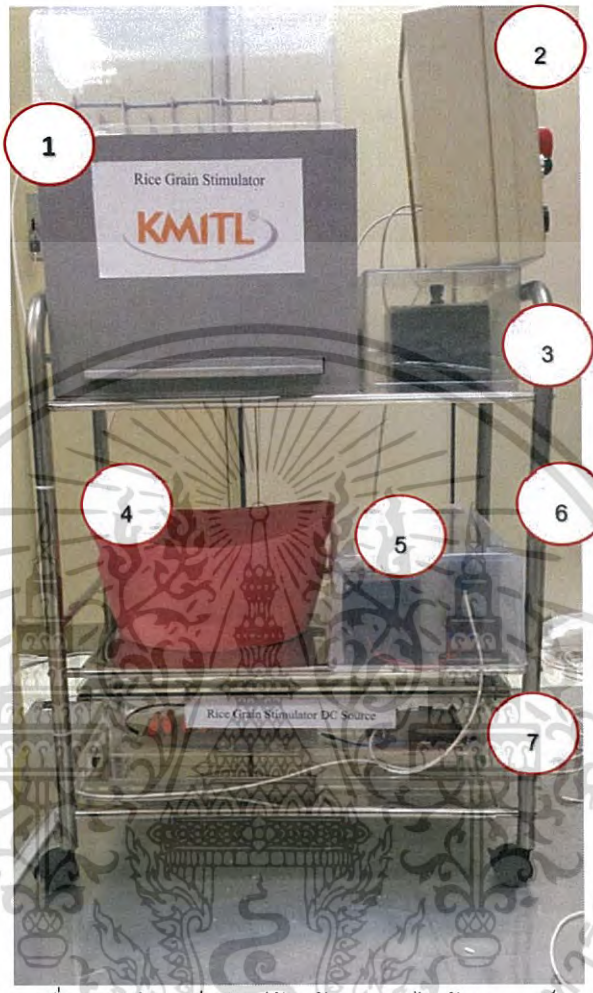
รศ.ดร. ศิริวัฒน์ โพธิเวชกุล

สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวะกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์ต่างๆของเครื่องกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้าขนาดเล็ก



เครื่องกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้าขนาดเล็ก

หมายเลข 1 คือ อิเล็กโทรดกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าว ใช้สำหรับบรรจุเมล็ดพันธุ์ข้าวที่จะทำการกระตุ้น

หมายเลข 2 คือ ชุดควบคุมการทำงาน

หมายเลข 3 คือ โวลเตจดิไวเดอร์ชนิดความต้านทาน

หมายเลข 4 คือ สำหรับใส่ภาชนะสำหรับใส่เมล็ดพันธุ์ข้าวหลังผ่านการกระตุ้น

หมายเลข 5 คือ หม้อแปลง 220V/200V

หมายเลข 6 คือ หม้อแปลงแรงดันสูง 220V/15kV

หมายเลข 7 คือ วงจรเรียงกระแส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิกัดของเครื่องกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้าขนาดเล็ก

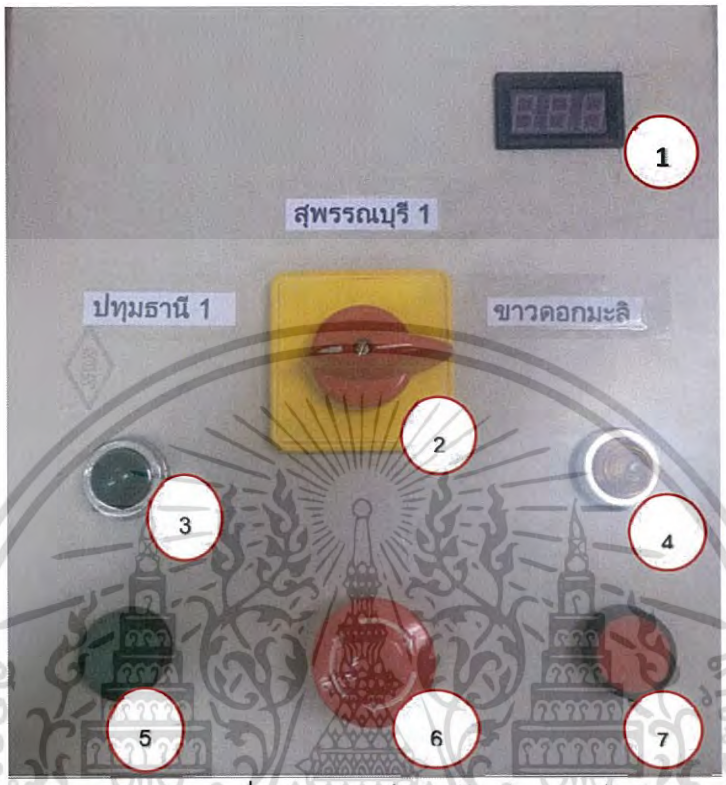
แรงดันไฟฟ้าที่ต้องการ	220 Vac / 50Hz
กระแสไฟฟ้า	1.22 A
ค่าสนามไฟฟ้า	4 kV/cm
กำลังไฟฟ้า	244 W
อัตราการทำงาน	24 kg / hr

ข้อแนะนำการใช้งานเครื่องกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้าขนาดเล็ก

1. โปรดอ่านคำแนะนำอย่างละเอียด
2. เครื่องกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้าขนาดเล็กใช้กับแรงดันไฟฟ้า 220 V ความถี่ 50 Hz
3. ห้ามเปิดเครื่องใช้งานเมื่อสังเกตเห็นปลั๊กหลุดหรือสายไฟชำรุด
4. ตรวจเช็คอุปกรณ์ป้องกันการสัมผัสโดนอิเล็กโทรดกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวและอุปกรณ์ไฟฟ้าแรงสูงทุกครั้งก่อนการใช้งาน
5. การใช้งานเครื่องต้องมีการต่อระบบกราวด์
6. ห้ามเคลื่อนย้ายในขณะที่เครื่องทำงานอยู่เพื่อความปลอดภัยจากไฟฟ้าแรงสูง
7. ไม่ควรใช้งานในบริเวณที่เปียกชื้นเพราะอาจเกิดอันตรายจากไฟฟ้าแรงสูง
8. หากพบว่าเครื่องมีปัญหาหรือสิ่งผิดปกติให้กดปุ่ม Emergency และถอดปลั๊กเครื่องทันที แล้วติดต่อผู้เชี่ยวชาญเพื่อทำการซอมบำรุงเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการใช้งานเครื่องกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้าขนาดเล็ก



ตู้ควบคุมการทำงานของเครื่องกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้าขนาดเล็ก

หมายเลข 1. มิเตอร์แสดงแรงดันที่ใช้

หมายเลข 2. สวิทช์สำหรับเลือกพันธุ์ข้าว (Selector Switch)

หมายเลข 3. หลอดไฟแสดงสถานะขณะเครื่องทำงาน (Status Work Lamp)

หมายเลข 4. หลอดไฟแสดงสัญญาณไฟฉุกเฉิน (Emergency Lamp)

หมายเลข 5. ปุ่มกดเพื่อเริ่มการทำงานของเครื่อง (Start Button)

หมายเลข 6. ปุ่มฉุกเฉิน (Emergency Button)

หมายเลข 7. ปุ่มรีเซ็ต (Reset Button)

ขั้นตอนที่1 ทำการเชื่อมต่อปลั๊ก (เสียบปลั๊ก) แรงดันไฟฟ้า 220 V ความถี่ 50 Hz

ขั้นตอนที่2 เปิดฝาครอบอิเล็กโทรดกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าว บรรจุเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ต้องการกระตุ้นแล้วผิดฝาครอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่3 บิดสวิทช์สำหรับเลือกพันธุ์ข้าว (หมายเลข 2) ให้ลูกศรสีขาวชี้ไปยังตำแหน่งพันธุ์ข้าวที่ต้องการกระตุ้น

ขั้นตอนที่4 กดปุ่มเริ่มการทำงาน (หมายเลข 5) หลังจากกดปุ่ม ไฟแสดงสถานะการทำงาน (หมายเลข 3) จะติด และหน้าจอมิเตอร์ (หมายเลข 1) จะแสดงแรงดันที่ใช้งาน

ขั้นตอนที่5 รอจนครบเวลาในการกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าว ไฟแสดงสถานการณ์ทำงาน (หมายเลข 1) จะดับ ดึงบริเวณส่วนฐานของอิเล็กโทรดกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวเพื่อให้เมล็ดข้าวลงมายังภาชนะบรรจุ

หมายเหตุ หากระหว่างการใช้ไฟฉุกเฉิน (หมายเลข 4) ทำงานหรือมีสิ่งผิดปกติให้กดปุ่ม Emergency (หมายเลข 6) และถอดปลั๊กเครื่องทันที

ค่าไฟฟ้าในการใช้งานเครื่องกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้าขนาดเล็ก

กำลังไฟฟ้าของเครื่องกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้าขนาดเล็กมีค่าประมาณ 250 W การกระตุ้น 1 ครั้งใช้เวลาประมาณ15นาที และคิดที่ค่าไฟฟ้า Unit ล่ะประมาณ 3 บาท

$$\frac{250}{1000} \times \frac{15}{60} \times 3 = 0.2$$

ดังนั้นในการกระตุ้น 1 ครั้งจะเสียค่าไฟประมาณ 0.2 บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ
บทความที่ได้รับการตีพิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EECON-35
The 35th Electrical Engineering Conference
SCHOOL OF ENGINEERING
NECTEC

ชุดควบคุมเครื่องกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้าขนาดเล็ก

A Controller of a Compact Rice Grain Activator using Electric Field

กฤษฎา แซ่จึง[1] รศ.ศิริวัฒน์ โพธิเวชกุล[2] และกฤษณ์ กิจวัฒนา[3]
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เลขที่ 1 ซอยฉลองกรุง 1 แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520 โทร/โทรสาร. 0-2329-8330
Email : god_of_kritda@hotmail.com, kpsiriwa@kmitl.ac.th, highvoltage_eg@hotmail.com

บทคัดย่อ

บทความฉบับนี้ นำเสนอการออกแบบสร้างชุดควบคุมเครื่องกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้าขนาดกะทัดรัดเพื่อใช้เพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของชุดต้นแบบเครื่องกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้าขนาดกะทัดรัดที่ได้ประกอบสร้างขึ้นในงานวิจัยที่ผ่านมา ให้มีการทำงานระบบอัตโนมัติ สามารถขึ้นแรงดันถึงระดับที่เหมาะสมในการกระตุ้นที่ 12kV และลดแรงดันลงเมื่อทำการกระตุ้นเสร็จสิ้นตามเวลาที่กำหนด โดยใช้ PLC เป็นตัวควบคุมการทำงานแทนการควบคุมด้วยตนเอง มีระบบแสดงผลการทำงานเพื่อบอกชนิดพันธุ์ข้าวและเวลาที่ใช้ในการกระตุ้น มีระบบป้องกันไฟฟ้าลัดวงจรที่สามารถตัดวงจรไฟฟ้าทางด้านแรงสูงออกทันทีเมื่อมีความผิดพร่องและมีการป้องกันอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์จากสัญญาณรบกวนที่เกิดจากอุปกรณ์ไฟฟ้าแรงสูง ผลที่ได้คือการใช้งานชุดต้นแบบเครื่องกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้าขนาดเล็กมีความสะดวกและปลอดภัย การวัดค่าแรงดันด้วยโวลเตจดิไวเดอร์ของชุดควบคุมมีค่าความคลาดเคลื่อนเพียง 1.42% จากความสำเร็จในการพัฒนาชุดควบคุมนี้ทำให้เกษตรกรสามารถใช้งานได้จริงโดยไม่ต้องมีความรู้ด้านวิศวกรรมไฟฟ้าแรงสูง

คำสำคัญ : สนามไฟฟ้า , ข้าว

Abstract

This paper presents the design and construction of a controller of a compact rice grain activator using electric field to increase performance of a prototype in the previous research. The activator can operate automatically. The voltage is raised to a suitable level in of 12kV and decreased when the activate process is finished as the setting time. The PLC is used to control the activator that has been controlled manually. The system can display operation time and rice category during activation. The short circuit protection can stop the system immediately when short circuit occurs. Also electronic devices are shielded from interference caused by high voltage. From the result, test the prototype of the rice grain activator using electric field is convenient and safe. In operation test the voltage is measured by a voltage divider having error of 1.42%. From this achievement, Farmers with out knowledge of high voltage engineering can operate the activator.

KEY WORD : electric field , rice

1. บทนำ

เนื่องจากข้าวเป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย และประชากรส่วนใหญ่ก็ยังมีอาชีพเกษตรกรรม จึงต้องมีการพัฒนาเกี่ยวกับคุณภาพและผลผลิตให้มากขึ้นตามความต้องการของประชาชนที่มีมากขึ้นด้วย ซึ่งต่อมาได้มีการวิจัยและทดลองการเพิ่มผลผลิตข้าวโดยการกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้า พบว่าเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ผ่านการกระตุ้นด้วยสนามไฟฟ้าจะ ทำให้ต้นข้าวโตเร็วขึ้น และการตั้งของลำต้นแข็งแรง ส่งผลให้ผลผลิตต่อไร่เพิ่มขึ้น รายได้ของเกษตรกรก็เพิ่มขึ้นตามไปด้วย ซึ่งจะเป็นผลดีต่อทั้งเกษตรกรและประเทศไทยในอนาคตได้ ต่อมาได้มีการสร้างชุดต้นแบบเครื่องกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้าขนาดเล็ก [1] แต่เนื่องจากเครื่องกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้าขนาดเล็กยังคงมีขั้นตอนการใช้งานที่ยุ่งยากและอันตรายสำหรับผู้ที่ไม่มีความรู้ทางด้านวิศวกรรม และส่วนของเพลทบรรจุข้าวยังใช้งานได้ไม่สะดวกเท่าที่ควร จากปัญหาดังกล่าวจึงได้มีการออกแบบ ชุดควบคุมเครื่องกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้าขนาดเล็กขึ้นมา โดยมีขั้นตอนการใช้งานง่าย สะดวก และปลอดภัย เกษตรกร เพื่อให้สามารถใช้งานได้โดยไม่เกิดอันตราย

2. ทฤษฎีและหลักการ

2.1 ทฤษฎีสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ [2]

สนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ คือ สนามไฟฟ้าทุกๆ จุดในช่วงระหว่างอิเล็กโทรดมีค่าเท่ากัน ซึ่งคำนวณได้จากความสัมพันธ์

$$E_{max} = E = \frac{U}{d} \qquad (1)$$

โดยที่ U คือ แรงดันที่ป้อนเข้าไประหว่างอิเล็กโทรด (V)
d คือ ระยะห่างระหว่างอิเล็กโทรด (m)
E คือ ความเครียดสนามไฟฟ้า ณ จุดใดๆ (V/m)
E_{max} คือ ความเครียดสนามไฟฟ้าสูงสุด (V/m)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 การลดสัญญาณรบกวนในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ [3]

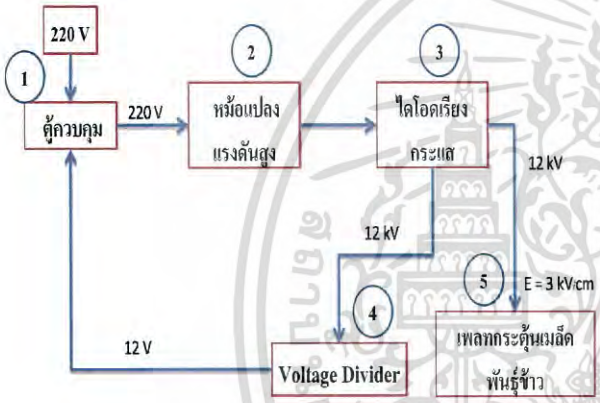
สัญญาณรบกวน (noise) หมายถึงสัญญาณทางไฟฟ้าที่เกิดจากการทำงานของระบบหรือการทำงานในวงจรแล้วเกิดผลข้างเคียงจากระบบสิ่งแวดล้อมหรือเกิดจากตัวระบบของมันเอง

วิธีที่ใช้การลดสัญญาณรบกวนในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ได้แก่

- การชิลด์ (shielding)
- การกราวนด์ (grounding)

3. การออกแบบและการวิเคราะห์

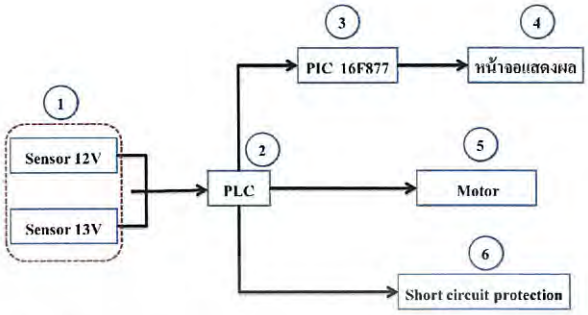
3.1 ขั้นตอนการทำงานของชุดต้นแบบเครื่องกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้าขนาดเล็กโดยใช้ชุดควบคุม



รูปที่ 1 ลำดับขั้นตอนการทำงานของชุดต้นแบบเครื่องกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้าขนาดเล็ก

จากรูปที่ 1 ขั้นตอนการทำงานจะเริ่มต้นจาก หมายเลข 1 ตู้ควบคุม รับแรงดัน 220V เพื่อขับ Variac พิกัด 0-380V , 1kVA เพื่อจ่ายแรงดันไปยัง หม้อแปลงแรงดันสูงที่หมายเลข 2 พิกัด 220V/15kV, 15kVA เพื่อแปลงแรงดันผ่านไดโอดเรียงกระแสในหมายเลข 3 ให้เป็นแรงดันกระแสตรง 12kV นำไปใช้สร้างสนามไฟฟ้า 3kV/cm ในเพลทบรรจุเมล็ดพันธุ์ข้าวที่หมายเลข 5 ซึ่งจากงานวิจัยที่ผ่านมา [1] ค่าสนามไฟฟ้า 3kV/cm เป็นค่าที่เหมาะสมที่สุดในการกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าว และมี Attenuator อัตราส่วน 1 : 1000 ในหมายเลข 4 เป็นตัววัดค่าแรงดันส่งกลับไปยังตู้ควบคุมหมายเลข 1 เพื่อนำไปประมวลผลในการควบคุมแรงดันให้คงที่

3.2 การออกแบบชุดควบคุมเครื่องกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้าขนาดเล็ก

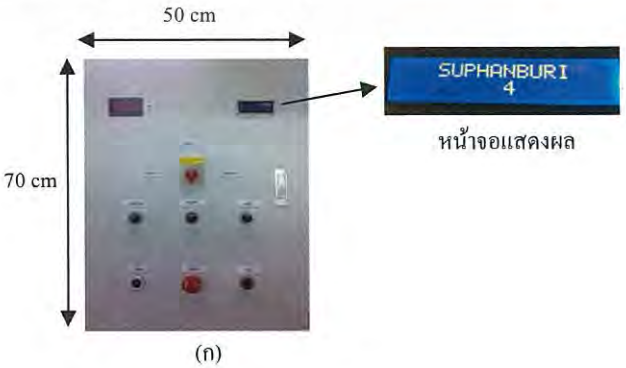


รูปที่ 2 ไดอะแกรมของชุดควบคุมเครื่องกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้าขนาดเล็ก

จากรูปที่ 2 หมายเลข 1 คือ เซนเซอร์ตรวจจับแรงดันโดยใช้ ออปแอมป์ LM 741 ตั้งค่าแรงดันไว้ที่ 12V และ 13V ทำหน้าที่ตรวจจับแรงดันจาก Voltage Divider เมื่อถึงค่าแรงดันที่ตั้งไว้ จะส่งสัญญาณไปยัง PLC หมายเลข 2 คือ PLC รุ่น PLC siemen LOGO! 230 RCo ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของระบบ เป็นอุปกรณ์รับสัญญาณ ประมวณผล และส่งสัญญาณไปให้อุปกรณ์ตัวอื่นทำงาน หมายเลข 3 คือ PIC16F877 ทำหน้าที่รับสัญญาณจาก PLC และควบคุมการแสดงผลของหน้าจอแสดงผล หมายเลข 4 คือ หน้าจอแสดงผล ทำหน้าที่แสดงสถานะการทำงานของเครื่อง บอกเวลา และชนิดพันธุ์ข้าวที่กระตุ้น หมายเลข 5 คือ มอเตอร์ไฟฟ้า ทำหน้าที่รับสัญญาณจาก PLC เพื่อควบคุมการขึ้น-ลงแรงดันที่ใช้ หมายเลข 6 คือ วงจรป้องกันไฟฟ้าลัดวงจรจะใช้ Over current relay ตรวจจับกระแสที่สายอินพุตของหม้อแปลงแรงดันสูง เมื่อมีไฟฟ้าลัดวงจรจะสามารถตัดวงจรทางด้านแรงสูงออกได้ทันที

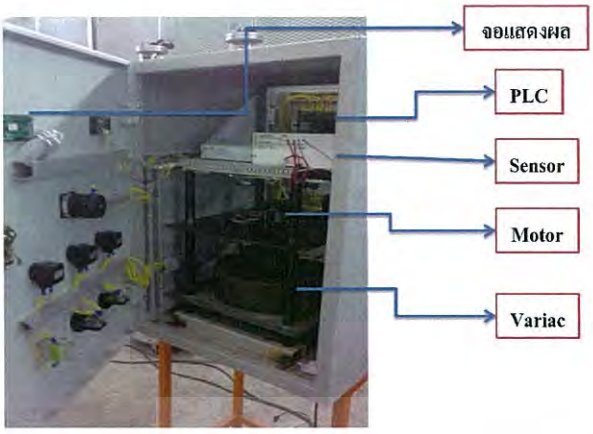
3.3 การออกแบบตู้

ขนาดตู้ที่ออกแบบเพื่อให้เหมาะสมกับขนาดของอุปกรณ์ที่ประกอบอยู่ภายในตู้ จึงออกแบบให้ตู้มีขนาด 50cm x 50cm x 70cm



(ก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

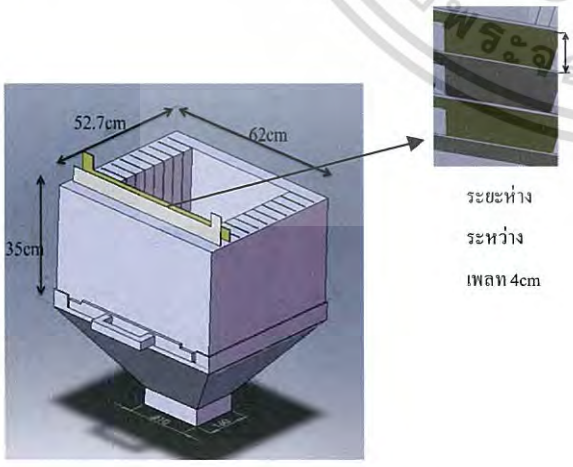


(ข)

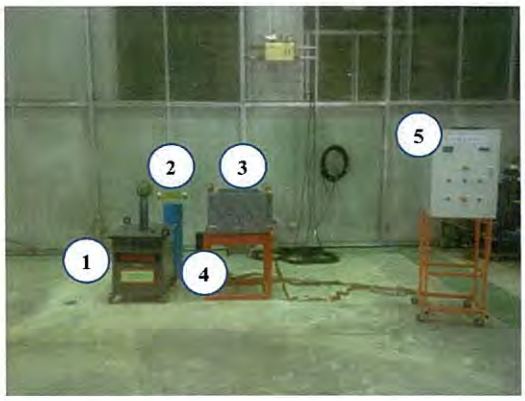
รูปที่ 3 (ก) ตู้ควบคุมเครื่องกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้า
(ข) ตำแหน่งของอุปกรณ์ภายในตู้

3.4 การออกแบบเพลทที่ใช้ในการกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าว

เพลทบรรจุข้าวที่ออกแบบมีขนาด 52.7 cm x 62 cm x 35 cm และมีส่วนสำหรับช่วยในการบรรจุเมล็ดข้าวลงกระสอบเพื่อความสะดวก ซึ่งช่องว่างระหว่างเพลท 4 cm เพื่อให้เกิดค่าสนามไฟฟ้าที่เหมาะสมกับการกระตุ้นที่ 3 kV/cm [1] ออกแบบให้บรรจุข้าวได้ 20-25 kg เนื่องจากเป็นปริมาณที่ใช้ในการปลูกข้าว 1 ไร่ โดยข้าวปริมาตร 1,000 cm^3 จะมีน้ำหนักประมาณ 0.55 kg [4] ดังนั้นข้าว 25 kg จะมีปริมาตรประมาณ 45,454.54 cm^3 โดยปริมาตรของส่วนที่ใช้บรรจุเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ได้ออกแบบคือ 42.7 cm x 40 cm x 30 cm = 51,240 cm^3 ซึ่งช่องว่างระหว่างแผ่นเพลท 1 ช่องสามารถบรรจุข้าวได้ 5,124 cm^3 ดังนั้นจึงต้องออกแบบให้มีทั้งหมด 10 ช่อง



รูปที่ 4 เพลทบรรจุข้าวที่ออกแบบ



รูปที่ 5 การทดสอบการทำงานร่วมกันระหว่างชุดต้นแบบเครื่องกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวกับชุดควบคุมเครื่องกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าว

รูปที่ 5 เป็นรูปการต่อวงจรเพื่อทดสอบการทำงานร่วมกันระหว่างชุดต้นแบบเครื่องกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้าขนาดเล็กกับชุดควบคุมเครื่องกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้าขนาดเล็ก โดย 1) หม้อแปลงไฟฟ้าพิกัดกำลัง 2) ไดโอดเรียงกระแส 3) เพลทสำหรับบรรจุเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ใช้ในการกระตุ้น 4) โวลเตจดิไวเดอร์ 5) ชุดควบคุมเครื่องกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้าขนาดเล็ก

4.ผลการทดสอบและการวิเคราะห์

4.1 ผลทดสอบการวัดค่าแรงดันของชุดควบคุม โดยโวลเตจดิไวเดอร์ อัตราส่วน 1:1000

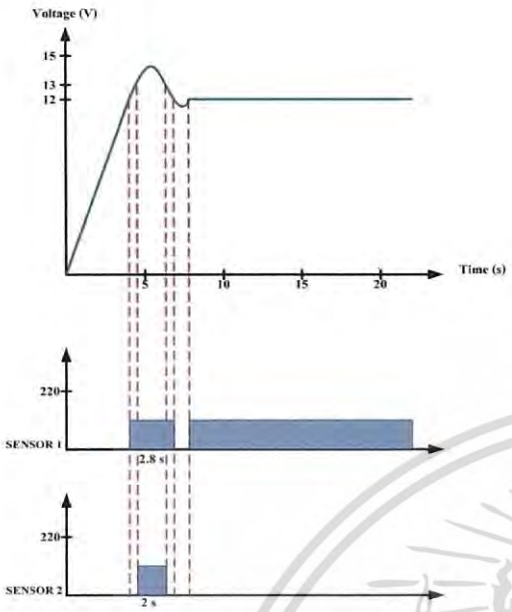
ตารางที่ 1 แสดงผลการวัดค่าแรงดันโดยโวลเตจดิไวเดอร์

ด้านแรงดันสูง (kV)	ด้านแรงดันต่ำ (V)
1.02	0.95
2.02	1.94
3.04	2.95
4.07	3.96
5.05	4.96
6.07	5.98
7.00	6.89
8.00	7.87
9.05	8.90
10.00	9.84
11.03	10.85
12.04	11.85
13.02	12.84

จากตารางที่ 1 แสดงให้เห็นว่าการวัดค่าแรงดันของชุดควบคุมมีค่าความคลาดเคลื่อนของการวัดประมาณ1.42%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลทดสอบการทำงานของเซนเซอร์ตรวจจับแรงดัน



รูปที่ 6 แสดงการขึ้นแรงดันของชุดควบคุมเครื่องกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้าขนาดเล็ก

จากรูปที่ 6 กราฟแสดงการขึ้นแรงดันของชุดควบคุมเครื่องกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้าขนาดเล็ก เมื่อขึ้นแรงดันถึง12kV เซนเซอร์1 จะทำงานทำให้หยุดขึ้นแรงดัน แต่ถ้าแรงดันยังขึ้นไปอีกจนเกินระดับ 13kV เซนเซอร์2 จะทำงานสั่งให้ลดแรงดันมาที่ 12kV และถ้าหากแรงดันลดต่ำกว่า 12kV เซนเซอร์1จะหยุดทำงานทำให้แรงดันเพิ่มขึ้นมาจนถึง 12kV ซึ่งจากการทำงานของเซนเซอร์นี้ ทำให้สามารถควบคุมแรงดันให้คงที่ที่ 12kV

5. สรุป

จากผลการทดสอบการทำงานร่วมกันระหว่างชุดควบคุมเครื่องกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้าขนาดเล็กร่วมกับชุดต้นแบบเครื่องกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้าขนาดเล็ก พบว่าการทำงานของระบบควบคุมเป็นไปตามที่ได้ออกแบบไว้ สามารถขึ้นแรงดันและควบคุมแรงดันที่ใช้ในการกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวไว้ที่ 12kV ข้าวที่ผ่านการกระตุ้นมีการเจริญเติบโต ความยาวรากและผลผลิตมากกว่าข้าวที่ยังไม่ผ่านการกระตุ้น [1] การวัดค่าแรงดันโดยใช้โวลเตจดิไวเดอร์มีค่าความคลาดเคลื่อนของการวัดเพียง 1.42% มีการแสดงสถานะการทำงานต่างๆของเครื่องตั้งแต่เริ่มต้นทำงานจนถึงสิ้นสุดการทำงาน ระบบป้องกันสามารถตัดวงจรทางด้านไฟฟ้าแรงสูงออกจากระบบได้ทันทีเมื่อมีไฟฟ้าลัดวงจร ทำให้การใช้งานชุดต้นแบบเครื่องกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้าขนาดเล็กมีความสะดวกและความปลอดภัยสูง สามารถนำไปใช้งานได้จริง

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ รศ.ศิริวัฒน์ โพธิเวชกุล สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้ากำลัง คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่ให้คำแนะนำในการทำงานวิจัยนี้ รวมทั้งห้องปฏิบัติการไฟฟ้าแรงสูงที่ให้คำแนะนำและเอื้อเฟื้อสถานที่ในการทดสอบ

7. เอกสารอ้างอิง

[1] ศิริวัฒน์ โพธิเวชกุล "ชุดต้นแบบเครื่องกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้าขนาดเล็ก" การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 33 , ธันวาคม 2553

[2] ศิริวัฒน์ โพธิเวชกุล, เอกสารประกอบการบรรยาย High – Voltage Engineering , ภาควิชาวิศกรรมไฟฟ้ากำลัง คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

[3] อภินันท์ ธนชยานนท์, เอกสารประกอบการบรรยาย เทคนิคการลดสัญญาณรบกวนในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ , ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

[4] กรมการข้าว กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. "องค์ความรู้เรื่องข้าว." http://www.brrd.in.th/rkb/

ประวัติผู้เขียน

กฤษฎาแซ่จึง จบการศึกษาวศ.บ. ไฟฟ้าจากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เมื่อปี พ.ศ.2554 กำลังศึกษาต่อ วศ.ม.สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

ศิริวัฒน์ โพธิเวชกุล จบการศึกษาวศ.บ.และวศ.ม. ไฟฟ้าจาก สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปัจจุบันดำรงตำแหน่งรองศาสตราจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรม สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

กฤษณ์ กิจวัฒนา จบการศึกษา วศ.บ. ไฟฟ้าจากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เมื่อปี พ.ศ. 2553 กำลังศึกษาต่อ วศ.ม. สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อนามสกุล นายกฤษฎา แซ่จึง

วัน เดือน ปีเกิด 24 กรกฎาคม 2532 ที่ศรีสะเกษ

ที่อยู่ 36 หมู่ที่12 ถนนบริหาร ตำบลเมืองคง
อำเภอราษีไศล จังหวัดศรีสะเกษ 33160
โทร. 086-878-5525

ประวัติการศึกษา 2555 วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีพระ
จอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
2551 มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนศรีสะเกษ
วิทยาลัย จังหวัดศรีสะเกษ

ประสบการณ์การทำงานและผลงานวิจัย

พ.ศ.2555 นำเสนอบทความวิจัยในการประชุมทางวิศวกรรมไฟฟ้าครั้งที่ 35 (EECON 35)
เรื่อง “ชุดควบคุมเครื่องกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยสนามไฟฟ้าขนาดเล็ก”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้