


การสร้างพลาสมาเย็นสำหรับประยุกต์ในงานเกษตรกรรม

COOL PLASMA GENERATION FOR AGRICULTURE APPLICATION



สิษฐ รัตนคำ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ปีการศึกษา 2562
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

การสร้างพลาสมาเย็นสำหรับประยุกต์ในงานเกษตรกรรม

สิษฐ รัตนคำ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ปีการศึกษา 2562
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การสร้างพลาสมาเย็นสำหรับประยุกต์ในงานเกษตรกรรม
Cool Plasma Generation for Agriculture Applications

ชื่อ - นามสกุล

นายสิขัฐ รัตนคำ

สาขาวิชา

วิศวกรรมไฟฟ้า


อาจารย์ที่ปรึกษา

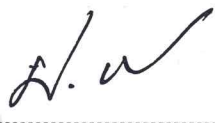
รองศาสตราจารย์กฤษณ์ชนม์ ภูมิภิตติพิชญ์, D.Eng.

ปีการศึกษา

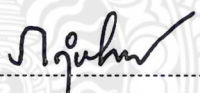
2562

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์



..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ณัฐภัทร พันธุ์คง, Ph.D.)


..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประมุข อุณหเลขกะ, วศ.ด.)


..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์มนตรี นาวงษ์, วศ.ด.)


..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์กฤษณ์ชนม์ ภูมิภิตติพิชญ์, D.Eng.)

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี อนุมัติวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็น
ส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต


..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศิวกร อ่างทอง, Ph.D.)
วันที่ 22 เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2562

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การสร้างพลาสมาเย็นสำหรับประยุกต์ในงานเกษตรกรรม
ชื่อ – นามสกุล	นายสิขฐ รัตนคำ
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์กฤษณ์ชนม์ ภูมิภิตติพิชญ์, D.Eng.
ปีการศึกษา	2562

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์นี้นำเสนอการใช้พลาสมากระตุ้นการเจริญเติบโตและกำจัดเชื้อราที่ปนเปื้อนในเมล็ดถั่วเขียวสำหรับการเพาะเป็นถั่วงอก ด้วยพลาสมาที่ระดับความดันบรรยากาศในสภาวะอากาศปกติ โดยสร้างแรงดันสูงด้วยวงจรฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์ 15 กิโลโวลต์ โดยใช้ซิลิกอนคาร์ไบด์มอสเฟตทำหน้าที่สวิตช์ควบคุมแรงดันด้วยแบบดิจิตอลความถี่ 50 กิโลเฮิรตซ์ แล้วปล่อยแรงดันไปยังปลายอิเล็กโทรดทั้งสองระยะห่าง 1 เซนติเมตร เพื่อประจุเกิดการดิสชาร์จที่ปลายแหลมของขั้วอิเล็กโทรดจึงทำให้เกิดพลาสมาเย็น

ในวิธีการวิจัยเตรียมตะแกรง จำนวน 9 ใบ ขนาด $9 \times 11 \times 5$ เซนติเมตร (กว้าง \times ยาว \times สูง) เพื่อเป็นภาชนะการเพาะปลูกถั่วงอก นำเมล็ดถั่วเขียวใส่ในตะแกรงด้วยน้ำหนักขนาด 100 กรัมเท่า ๆ กัน แล้วนำไปแช่น้ำเป็นเวลา 3 ชั่วโมง วิธีการทดลองแบ่งได้ 3 รูปแบบ แบบที่ 1) การเพาะถั่วงอกแบบปกติ แบบที่ 2) ฟ่นพลาสมา จำนวน 1 ครั้งต่อหนึ่งภาชนะ ด้วยระดับแรงดันไฟฟ้าขนาด 5 กิโลโวลต์ ระดับแรงดัน 10 กิโลโวลต์ และ 15 กิโลโวลต์ แบบที่ 3) ฟ่นพลาสมาจำนวน 2 ครั้งต่อหนึ่งภาชนะในวันแรกเริ่มเพาะปลูกและวันถัดไปฟ่นพลาสมาอีกหนึ่งครั้ง ด้วยระดับแรงดันไฟฟ้าขนาด 5 กิโลโวลต์ ระดับแรงดัน 10 กิโลโวลต์ และ 15 กิโลโวลต์ ตามลำดับ

จากผลการวิจัย รวมการทดสอบ จำนวน 4 วัน ระดับความเจริญเติบโตของถั่วงอกในภาชนะแต่ละใบ เรียงตามลำดับความเจริญเติบโตจากมากที่สุดไปน้อยสุด คืออันดับที่ 1 การฟ่นพลาสมาจำนวน 2 ครั้งที่ระดับแรงดันไฟฟ้า 10 กิโลโวลต์ อันดับที่ 2 การฟ่นพลาสมา 2 ครั้ง ด้วยระดับแรงดันไฟฟ้า 15 กิโลโวลต์ อันดับที่ 3 การเพาะแบบปกติทั้ง 3 ใบ อันดับที่ 4 การฟ่นพลาสมาจำนวน 2 ครั้งที่ระดับแรงดัน 5 กิโลโวลต์ และ อันดับสุดท้าย การฟ่นพลาสมาจำนวน 1 ครั้ง ด้วยระดับแรงดันไฟฟ้า ตั้งแต่ 5-15 กิโลโวลต์

คำสำคัญ: พลาสมา วงจรฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์ ซิลิกอนคาร์ไบด์มอสเฟต

Thesis Title Cool Plasma Generation for Agriculture Applications
Name- Surname Mr. Sidtha Rattanakam
Program Electrical Engineering
Thesis Advisor Associate Professor Krischonme Bhumkittipich, D.Eng.
Academic Year 2019

ABSTRACT

This thesis presents the application of plasma with atmospheric pressure in normal weather condition to stimulate growth and removal of contaminated fungi in mung bean seeds for sprouting. The high voltage was created at 15 kV using flyback converter circuit with a silicon carbide MOSFET switching devices which controlled the voltage driving signal at a frequency of 50 kHz; The voltage level was then released to both electrodes' ends at a distance of 1 cm in order to obtain the voltage discharge at the sharp end of the electrode for generating cool plasma.

In the experimental process, the nine sieve containers with a dimension of 9 x 11 x 5 cm (width x length x height) were prepared as containers to plant mung bean sprouts. Then, 100 grams of mung bean seeds were equally added to the containers and soaked in water for 3 hours. Finally, the seed containers were treated with three different experimental models: for Model 1, the seeds were left in a normal cultivation of mung bean sprouts. In Model 2, the seeds were plasma sprayed once per container with the voltage at 5 kV, 10 kV, and 15 kV, respectively, and Model 3 was plasma sprayed twice per container on the first day of planting and the next day with the voltage at 5 kV, 10 kV, and 15 kV, respectively.

The results of studying the growth rate of mung bean sprout in each container in four days showed the following: the condition with the maximum growth rate was plasma sprayed twice with the voltage at 10 kV It was followed by using of plasma spray twice with the voltage at 15 kV Then, the normal cultivation for three containers, plasma sprayed twice with the voltage at 5 kV; and lastly, plasma sprayed once with the voltage at 5-15 kV.

Keywords: plasma, flyback converter, silicon carbide MOSFET

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้เป็นอย่างดี เพราะได้รับความอนุเคราะห์ ความช่วยเหลือจาก รองศาสตราจารย์ ดร.กฤษณ์ชนม์ ภูมิภักดีพิชญ์ ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้คำปรึกษาตลอดจนชี้แนะ แนวทางอันเป็นประโยชน์อย่างสูงในการจัดทำวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐภัทร พันธุ์คง ประธานการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มนทล นาวงษ์ กรรมการ และผู้ช่วย ศาสตราจารย์ ดร.ประมุข อุณหเลขกะ ผู้ทรงคุณวุฒิ ที่กรุณาให้คำแนะนำตลอดจนให้ความช่วยเหลือ แก่ไขข้อบกพร่องต่างๆ เพื่อให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์มากที่สุด ซึ่งผู้วิจัยขอกราบ ขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบคุณคณะผู้บริหารวิทยาลัยเทคนิคชัยบุรีที่ให้การสนับสนุน ส่งเสริมให้ครูได้พัฒนา ตนเองในด้านความรู้ด้านวิชาการ และคณะครู อาจารย์ วิทยาลัยเทคนิคชัยบุรีทุกท่าน คอยให้ความ ช่วยเหลือแก่ข้าพเจ้าในทุกด้านในช่วงกำลังศึกษาจนสามารถบรรลุตามวัตถุประสงค์ ขอขอบคุณรุ่นพี่ นักศึกษาปริญญาเอกคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ห้องวิจัย PSRC ได้แก่ ดร.ยุทธนา คงจีน คุณสนธยา มั่นหมาย ครูประกาศิต ปราบพาล ให้คำแนะนำแนวทางและช่วย สืบค้นข้อมูล แลกเปลี่ยนความรู้ อีกทั้งสอนการใช้โปรแกรมในการสนับสนุนในการทำงานวิจัย ขอขอบคุณ อาจารย์บุญทัน สนั่นน้ำหนัก มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี สาขาวิศวกรรมศาสตร์ ช่วยเหลือในการเขียนโปรแกรม MATLAB ในวงจรฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์ คุณสามารถ แจ้งพิธีกรรม แลกเปลี่ยนความรู้เป็นแนวทางด้วยดีตลอด ขอขอบคุณเพื่อนนักศึกษาระดับปริญญาโทรุ่นที่ 12 ทุกท่าน ที่ให้ความช่วยเหลือตลอดช่วงเวลาของการศึกษาและทำการวิจัย ขอขอบคุณครอบครัวของข้าพเจ้าและ พ่อ แม่ ที่คอยให้การสนับสนุนทั้งเวลา กำลังใจและค่าใช้จ่ายต่าง ๆ

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านจากชั้นเริ่มต้นในการศึกษาถึงระดับปริญญาโทที่ได้ประสิทธิ ประสาทวิชาจนผู้วิจัยสามารถนำเอาหลักการทางคณิตศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ มาประยุกต์ใช้และ อ้างอิงในงานวิจัยครั้งนี้

คุณค่าอันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขอมอบเพื่อบูชาพระคุณบิดา มารดา ครู อาจารย์ และ ผู้มีพระคุณทุกท่าน

ศิษย์ รัตนคำ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	(3)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	(4)
กิตติกรรมประกาศ.....	(5)
สารบัญ.....	(6)
สารบัญตาราง.....	(8)
สารบัญรูป.....	(8)
บทที่ 1 บทนำ.....	12
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	12
1.2 วัตถุประสงค์.....	12
1.3 สมมุติฐานของการวิจัย.....	13
1.4 ขอบเขตการวิจัย.....	13
1.5 ประโยชน์ที่จะได้รับ.....	13
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	14
2.1 วงจรฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์.....	14
2.2 วงจรควบคุมด้วยสัญญาณขนาดเล็ก.....	22
2.3 ซิลิกอนคาร์ไบด์มอสเฟต.....	30
2.4 พลาสมา.....	41
2.5 ถั่วเขียว.....	47
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	50
3.1 ขั้นตอนการศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง.....	50
3.2 ขั้นตอนการออกแบบวงจรฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์.....	51
3.3 ขั้นตอนการออกแบบในการวิจัยทดสอบเครื่องพลาสมา.....	58
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	64
4.1 ขั้นตอนการทดสอบวิจัย.....	64
4.2 วิธีการวิจัย.....	65
4.3 ผลการวิจัย.....	68

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย.....	73
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	73
5.2 ปัญหาและข้อเสนอแนะในการวิจัย.....	74
บรรณานุกรม.....	75
ภาคผนวก.....	77
ภาคผนวก ก ผลงานตีพิมพ์.....	78
ประวัติผู้เขียน.....	101



สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 3.1 ค่าพารามิเตอร์ในการกำหนดออกแบบหม้อแปลง	52
ตารางที่ 3.2 ค่าพารามิเตอร์ในการกำหนดออกแบบ block parameter มอสเฟต	53
ตารางที่ 3.3 ค่าพารามิเตอร์ในการกำหนดออกแบบ block parameter repeating Sequce	54
ตารางที่ 3.4 ค่าพารามิเตอร์ในการกำหนดออกแบบ block parameter constant	55
ตารางที่ 3.5 ค่าพารามิเตอร์ในการกำหนดออกแบบ ค่า block parameter Mean	56
ตารางที่ 3.6 ค่าพารามิเตอร์ในการกำหนดออกแบบ block parameter: Octave Filter	57
ตารางที่ 4.1 ค่าพารามิเตอร์ในการกำหนดออกแบบ block parameter constant	66
ตารางที่ 4.2 ค่าพารามิเตอร์ในการกำหนดออกแบบ block parameter มอสเฟต	66



สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 วงจรฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์.....	14
รูปที่ 2.2 วงจรเทียบเคียงวงจรฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์ เมื่ออิเล็กทรอนิกส์สวิตช์ต่อวงจร.....	15
รูปที่ 2.3 วงจรเทียบเคียงวงจรฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์เมื่ออิเล็กทรอนิกส์สวิตช์ตัดวงจร.....	16
รูปที่ 2.4 รูปคลื่นของแรงดันและกระแสไฟฟ้าของวงจรฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์.....	18
รูปที่ 2.5 วงจรควบคุมสูงสุดในโหมดกระแสของวงจรฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์.....	22
รูปที่ 2.6 การเปรียบเทียบรูปคลื่นสัญญาณ.....	24
รูปที่ 2.7 รูปแบบวงจรควบคุมสูงสุดสัญญาณขนาดเล็กในโหมดกระแสวงจรฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์.....	25
รูปที่ 2.8 บล็อกไดอะแกรมของการควบคุมสัญญาณเอาต์พุตของวงจรฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์.....	28
รูปที่ 2.9 วงจรขยายแบบแหล่งจ่ายร่วมที่มีสัญญาณไฟสลับต่อรวมอยู่กับสัญญาณไฟตรง.....	31
รูปที่ 2.10 กราฟเส้นโหนดของวงจรขยายแหล่งจ่ายร่วมที่แสดงคุณสมบัติการขยายสัญญาณรูปคลื่นไซน์	31
รูปที่ 2.11 กราฟของความชันตัวแปร	33
รูปที่ 2.12 (a) วงจรแหล่งจ่ายร่วมของมอสเฟต	34
รูปที่ 2.13 (b) วงจรเทียบเท่าของมอสเฟต	35
รูปที่ 2.14 แสดงวงจรเทียบเท่าไฟสลับของมอสเฟตที่ประกอบไปด้วยความต้านทานเอาต์พุต.....	35
รูปที่ 2.15 แสดงวงจรเทียบเท่าไฟสลับของมอสเฟตที่ประกอบไปด้วยความต้านทานเอาต์พุตรีซิสแตนซ์	36
รูปที่ 2.16 วงจรขยายสัญญาณซอร์สร่วมหรือ C_s	36
รูปที่ 2.17 วงจรเทียบเท่าวงจรขยายสัญญาณซอร์สร่วมหรือ C_s	37
รูปที่ 2.18 วงจรขยายสัญญาณเดรนร่วมหรือ CD	38
รูปที่ 2.19 วงจรเทียบเท่าของวงจรขยายสัญญาณเดรนร่วมหรือ CD	39
รูปที่ 2.20 วงจรอิมพีแดนซ์เอาต์พุตและค่า Z_o	40
รูปที่ 2.21 สถานะของสสารและพลาสมาสถานะที่ 4	41
รูปที่ 2.22 การกำเนิดพลาสมาด้วยไฟฟ้าแรงสูง	42
รูปที่ 2.23 การตัดเหล็กด้วยพลาสมาร้อน	43
รูปที่ 2.24 พลาสมาเย็นมีรูปที่จะเป็นเทคโนโลยีเกษตรสีเขียวและอาหารปลอดภัย	44

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 2.25 การดิสชาร์จเหนือผิวของเหลว อนุมูลพลาสมา อาทิ $\bullet\text{OH}$ O_3 NO_x แพร่ซึมผิวผ่านของเหลว	45
รูปที่ 2.26 อนุมูลพลาสมาอากาศ แพร่ซึมผ่านเปลือกไข่ ยังผลต่อชีวเคมีของเซลล์ภายในไข่ฟัก	47
รูปที่ 2.27 ลักษณะโครงสร้าง ใบ ดอก ฝัก ของถั่วเขียว	47
รูปที่ 2.28 ลักษณะฝักของถั่วเขียว	48
รูปที่ 3.1 แผนผังการดำเนินการวิจัย	50
รูปที่ 3.2 ขั้นตอนการทำงานของวงจรพลาสมาแบบคอนเวอร์เตอร์	51
รูปที่ 3.3 การออกแบบวงจรพลาสมาแบบคอนเวอร์เตอร์ ด้วยMATLAB/Simulink.....	52
รูปที่ 3.4 กำหนดค่าพารามิเตอร์หม้อแปลงในวงจร MATLAB/Simulink.....	53
รูปที่ 3.5 กำหนดค่า block parameter มอสเฟต ในวงจร MATLAB/Simulink.....	54
รูปที่ 3.6 กำหนดค่า block parameter repeating Sequence ในวงจร MATLAB/Simulink.....	55
รูปที่ 3.7 กำหนดค่า block parameter constant ในวงจร MATLAB/Simulink.....	56
รูปที่ 3.8 กำหนดค่า block parameter Mean ในวงจร MATLAB /Simulink.....	57
รูปที่ 3.9 กำหนดค่า block parameter: Octave Filter ในวงจร MATLAB /Simulink.....	58
รูปที่ 3.10 ป้อนลมออกซิเจน 30 L/mim	58
รูปที่ 3.11 การวางเครื่องแปลงไฟฟ้า	59
รูปที่ 3.12 ตัวปรับแรงดันลม	59
รูปที่ 3.13 การต่อป้อนลมออกซิเจนเข้าสายลม	60
รูปที่ 3.14 การต่อสายไฟเข้ากับหลอดโซ่วสถานะและสวิตช์ เปิด/ปิด	60
รูปที่ 3.15 ปลายอิเล็กทรอนิกส์พลาสมา	61
รูปที่ 3.16 หลอดโซ่วสถานะและสวิตช์ เปิด/ปิด หน้าตู้ควบคุม	61
รูปที่ 3.17 ชุดปรับแรงดันไฟฟ้า	62
รูปที่ 3.18 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลาสมา	62
รูปที่ 3.19 เริ่มเปิดใช้งานเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลาสมา	63
รูปที่ 3.20 การเกิดพลาสมาปลายอิเล็กทรอนิกส์	63
รูปที่ 4.1 การออกแบบวงจรพลาสมาแบบคอนเวอร์เตอร์ ด้วย MATLAB/Simulink	64

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.2 รูปคลื่นของกำลังไฟฟ้าของด้านเอาต์พุตวงจรฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์.....	65
รูปที่ 4.3 รูปคลื่นสัญญาณสามเหลี่ยมเพื่อสร้างพัลส์วิดท์มอดูเลชัน (PWM : Pulse width Modulation).....	65
รูปที่ 4.4 สัญญาณรูปคลื่นสี่เหลี่ยมเพื่อเป็นสวิทช์ซิงมอสเฟต	66
รูปที่ 4.5 แรงดันไฟฟ้าทางด้านขดลวดทุติยภูมิของหม้อแปลงในวงจรฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์.....	67
รูปที่ 4.6 เมล็ดถั่วเขียวเพื่อการทดสอบวิจัย	68
รูปที่ 4.7 การชั่งน้ำหนักของเมล็ดถั่วเขียว	68
รูปที่ 4.8 แช่น้ำถั่วเขียวจำนวน 2 ชั่วโมง	69
รูปที่ 4.9 วิธีการทดสอบวิจัยการพ่นพลาสมาบนถั่วเขียว	70
รูปที่ 4.10 การพ่นพลาสมาจริงบนถั่วเขียวด้วยแต่ละวิธี	70
รูปที่ 4.11 การเจริญเติบโตอันดับที่ 1 ตะแกรงที่ 8 ด้วยการพ่นพลาสมา 2 ครั้ง ที่แรงดัน 10 กิโลโวลต์	71
รูปที่ 4.12 การเจริญเติบโตอันดับที่ 3 ตะแกรงที่ 1-3 ของการเพาะถั่วงอกแบบปกติ.....	71
รูปที่ 4.13 การเจริญเติบโตล่าสุด ของการเพาะถั่วงอกวิธีที่ 2 ของตะแกรงที่ 4-6	72

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันเทคโนโลยีในด้านการใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้ามีการพัฒนาให้สามารถใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างคุ้มค่าและสามารถประยุกต์การนำไฟฟ้าไปใช้ในด้านต่าง ๆ เช่น เครื่องผลิตก๊าซไอโซน การกำเนิดพลาสมาด้วยวงจรคอนเวอร์เตอร์ การเลือกใช้วงจรคอนเวอร์เตอร์แบบต่าง ๆ นั้นเพื่อควบคุมการใช้พลังงานนั้นมีการใช้งานอย่างกว้างขวางและหลากหลาย มีการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีวงจรฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์เพื่อกำเนิดพลาสมาที่อุตสาหกรรมหลากหลายประเภท เนื่องจากวงจรฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์สร้างแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงแรงสูงความถี่สูงด้วยการสวิตซ์แบบไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสตรงและสามารถควบคุมแรงดันด้านเอาต์พุต จึงเป็นสิ่งสำคัญเพื่อพัฒนาแหล่งจ่ายให้มีประสิทธิภาพสูงในเรื่อง วงจรฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์

ดังนั้นรายงานการวิจัยนี้เป็นการสร้างแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูง ความถี่สูง ด้วยวงจร ฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์ ใช้วิธีการป้อนสัญญาณขนาดเล็กด้วยพัลส์วิดท์มอดูเลชัน เพื่อควบคุมซิลิกอนคาร์ไบด์มอสเฟตซึ่งทำหน้าที่เป็นสวิตซ์ซึ่งภายในวงจร มอสเฟตเป็นอุปกรณ์ที่ควบคุมด้วยแรงดันและต้องการกระแสอินพุตต่ำมากๆ มีคุณสมบัติความเร็วในการสวิตซ์สูง เวลาในการสวิตซ์ต่ำมากเป็นระดับนาโนวินาที มอสเฟตกำลังได้ถูกนำไปประยุกต์ใช้ในงานด้านคอนเวอร์เตอร์ การออกแบบการควบคุมวงจรฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์จะเป็นแบบป้อนกลับเพื่อให้สามารถปรับค่าความถี่เพื่อกำเนิดแรงดันที่ต้องการได้

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาทฤษฎีและหลักการทํางานวงจรฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์เพื่อสร้างแรงดันไฟฟ้าแรงสูงในการกำเนิดพลาสมา

1.2.2 เพื่อควบคุมการสวิตซ์ของมอสเฟตวงจรฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์ด้วยสัญญาณขนาดเล็กแบบป้อนกลับ

1.2.3 ศึกษาผลของค่าความเหมาะสมของแรงดันและความถี่ของคาบเวลาสัญญาณขนาดเล็กที่มีผลต่อแรงดันด้านออกของวงจรฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์

1.2.4 ศึกษาค้นคว้าให้เข้าใจในทฤษฎีการเกิดพลาสมาและหลักการควบคุมพลาสมาได้อย่างถูกต้อง เพื่อนำผลงานการวิจัยประยุกต์กับงานด้านเกษตรกรรม

1.3 สมมติฐานของการวิจัย

ศึกษาการสร้างแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูง ความถี่สูง ด้วยวงจรฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์ ใช้วิธีการป้อนสัญญาณขนาดเล็กแบบแรงดันและสร้าง (PWM) เพื่อควบคุมมอสเฟตซึ่งทำหน้าที่เป็นสวิตช์ซึ่งภายในวงจร มอสเฟตเป็นอุปกรณ์ที่ควบคุมด้วยแรงดัน และต้องการกระแสอินพุทในระดับที่ต่ำมากๆ ความเร็วในการสวิตช์สูง ช่วงเวลาในการทำหน้าที่เป็นสวิตช์ต่ำมากเป็นนาโนวินาที มอสเฟตกำลังได้ถูกนำไปประยุกต์ใช้ในงานด้านคอนเวอร์เตอร์ที่กำลังต่ำ ความถี่สูง การออกแบบการควบคุมวงจรฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์จะเป็นแบบป้อนกลับเพื่อให้สามารถปรับค่าความถี่เพื่อกำหนดแรงดันที่ต้องการได้

1.4 ขอบเขตการวิจัย

1.4.1 ออกแบบวงจรฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์ขนาดแรงดันเอาต์พุต 5-15 กิโลโวลต์ ด้วย MATLAB/Simulink

1.4.2 ออกแบบวงจรควบคุมด้วยการควบคุมสัญญาณขนาดเล็กการวิเคราะห์จำลองเชิงแบบหลักสัญญาณขนาดเล็ก ความถี่สวิตช์ 50 กิโลเฮิรตซ์ ควบคุมการทำงานมอสเฟตแบบการควบคุมป้อนกลับ ด้วย MATLAB/Simulink

1.4.3 ใช้หม้อแปลงฟลายแบคมาเพิ่มขนาดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงให้ได้เป็นแรงดันสูงขึ้นด้วย MATLAB/Simulink

1.5 ประโยชน์ที่จะได้รับ

1.5.1 เข้าใจหลักการทำงานวงจรฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์ในการสร้างแรงดันแรงสูงด้วยการควบคุมสัญญาณขนาดเล็กเพื่อสร้างกำเนิดพลาสมา

1.5.2 เข้าใจในทฤษฎีการเกิดพลาสมาเย็นและหลักการควบคุมพลาสมาที่ถูกต้องได้

1.5.3 เพื่อนำผลงานการวิจัยประยุกต์กับงานด้านเกษตรกรรม

บทที่ 2

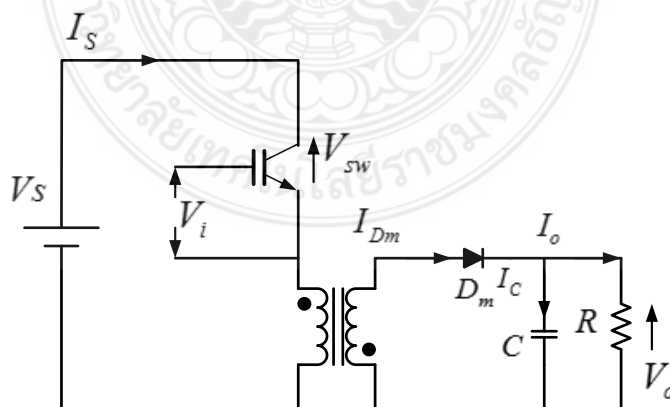
แนวคิดทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาการวิจัย เรื่องการสร้างพลาสมาเย็นสำหรับประยุกต์ในงานเกษตรกรรม (Cool Plasma Generation for Agriculture Applications) เพื่อการวิจัยในครั้งนี้ ผู้ศึกษาได้รวบรวมข้อมูลความรู้จากหลายแหล่งเพื่อเป็นแนวทางในการดำเนินการ ดังนี้

- 2.1 วงจรฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์
- 2.2 การควบคุมด้วยสัญญาณขนาดเล็ก (Small-signal model flyback converter with current mode control)
- 2.3 ซิลิกอนคาร์ไบด์มอสเฟต
- 2.4 พลาสมา
- 2.5 ถั่วเขียว

2.1 ฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์ (Flyback Converter)

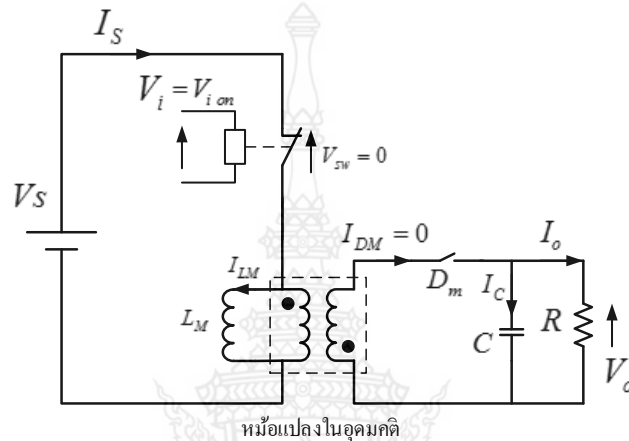
วงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสตรงแบบฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์มี ลักษณะคล้ายกับวงจรบัค-บูสต์คอนเวอร์เตอร์เพียงแทนตัวเหนี่ยวนำ ด้วยหม้อแปลงไฟฟ้า วงจรฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์เป็นวงจรที่ทำหน้าที่ปรับเปลี่ยนแรงดันไฟฟ้าด้านเอาต์พุตให้มีค่าต่ำกว่าและสูงกว่าทางด้านอินพุต และมีค่าตัวประกอบระลอกคลื่นต่ำ เนื่องจากมีวงจรรองความถี่ต่ำ ผ่านด้วย ตัวเก็บประจุ ที่มีขนาดใหญ่ วงจรฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์มีภาพวงจรดังแสดงใน ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 วงจรฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์

2.1.1 การวิเคราะห์การทำงานของอิเล็กทรอนิกส์สวิตช์

การควบคุมการทำงานของอิเล็กทรอนิกส์สวิตช์ที่วางจรรยาที่ 2.1 จะควบคุมให้ทำงานอยู่ในสองสถานะสลับกันคือ สวิตช์อยู่ในสถานะต่อ อยู่ในสถานะตัดวงจร โดยมีรายละเอียดในการทำงานของอิเล็กทรอนิกส์สวิตช์ดังต่อไปนี้ ..



รูปที่ 2.2 วงจรเทียบเคียงวงจรฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์ เมื่ออิเล็กทรอนิกส์สวิตช์ต่อวงจร

1. สถานะสวิตช์ต่อวงจร

จากรูปที่ 2.1 วงจรฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์ เมื่อควบคุมให้อิเล็กทรอนิกส์สวิตช์ในสถานะต่อวงจรในช่วงเวลาที่ ค่า เวลา t อยู่ระหว่าง 0 ถึง t_{on} สามารถเขียนแทนด้วยวงจรเทียบเคียงดังแสดงในรูปที่ 2.2 ในสถานะนี้ค่าแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมที่สวิตช์มีค่าเท่ากับศูนย์และหม้อแปลงจะเขียนแทนด้วยหม้อแปลงในอุดมคติโดยขดลวดปฐมภูมิต่อขนานอยู่กับตัวเหนี่ยวนำทำให้แม่เหล็ก L_m มีแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมเท่ากับแหล่งจ่าย แรงดันไฟฟ้า สัญญาณแรงดันครั้งแรกที่ไดโอด D_m จะอยู่ในสภาวะตัดวงจรเนื่องจากได้รับไบแอสกลับจากผลที่ แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำ มาที่ขดลวดทุติยภูมิมีค่าน้อยกว่าศูนย์และจะยังคงอยู่ในสภาวะตัดวงจรตลอดเท่าที่อิเล็กทรอนิกส์สวิตช์ยังคงอยู่ในสถานะต่อวงจร ในสภาวะนี้กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดลวดทั้งสองขดของหม้อแปลงในอุดมคติมีค่าเท่ากับศูนย์ไม่แต่กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำ ทำให้แม่เหล็ก i_{LM}

ในสถานะที่สวิตช์ต่อวงจรกระแสไฟฟ้า i_s จากแหล่งจ่ายไฟฟ้าจะเพิ่มสูงขึ้น ผ่านตัวเหนี่ยวนำ L_m และเขียนสมการแรงดันได้ดังสมการต่อไปนี้

$$V_{sw} = 0 \quad (2.10)$$

$$V_{LM} = L_m \frac{di_{LM}}{dt} = v_s \quad (2.11)$$

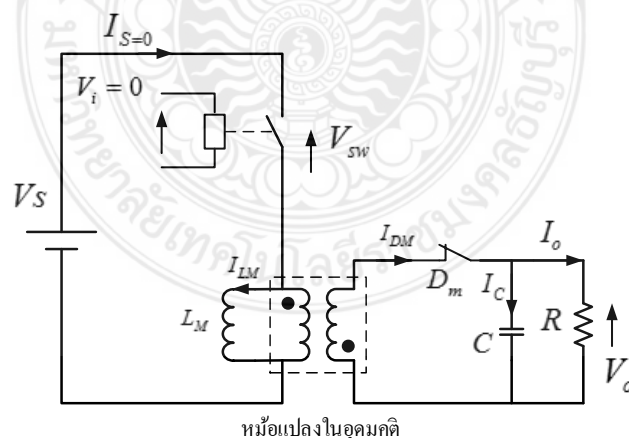
$$\frac{di_{LM}}{dt} = \frac{V_s}{L_m} \quad (2.12)$$

เมื่อค่า di_{LM} คือการเปลี่ยนแปลงของกระแสไฟของกระแสไฟฟ้าในช่วงที่สวิตช์ต่อวงจร ($\Delta i_{Lm,on}$) และ d_t คือการเปลี่ยนแปลงของเวลามีค่าเท่ากับ DT ดังนั้นจากสมการที่ 2.12 สามารถจัดรูปสมการใหม่ได้ดังต่อไปนี้

$$i_{Lm,on} = \frac{v_s V_s}{L} DT \quad (2.13)$$

2. สถานะสวิตช์ตัดวงจร

จากรูปที่ 2.3 สามารถเขียนเป็นวงจรเทียบเคียงเพื่อแสดงเมื่ออิเล็กทรอนิกส์สวิตช์ถูกควบคุมให้อยู่ในสถานะตัดวงจรจะมีผลทำไดโอด D_m เปลี่ยนจากสถานะตัดวงจรเป็นสถานะต่อวงจรเนื่องจากได้รับแรงดันไฟฟ้าไบแอสตรงจากแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำ ที่เกิดจากการคายพลังงานที่เก็บสะสมไว้ในตัวเหนี่ยวนำ ทำให้ค่าความเหนี่ยวนำร่วม (Mutual Inductance, L_m) ผ่านหม้อแปลงในอุดมคติ ในสถานะที่สวิตช์ตัดวงจร



รูปที่ 2.3 วงจรเทียบเคียงวงจรฟลายแบ็กคอนเวอร์เตอร์เมื่ออิเล็กทรอนิกส์สวิตช์ตัดวงจร

เมื่ออิเล็กทรอนิกส์สวิตช์ตัดวงจรกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำ ทำให้ค่าความเหนี่ยวนำร่วม (Mutual Inductance, L_m) จะไม่ลดลงทันทีทันใดแต่จะลดลงโดยเริ่มต้นจากค่าสุดท้ายที่สวิตช์ต่อวงจร ซึ่งเป็นค่าสูงสุด $i_{L,max}$ แล้วค่อยๆ ลดลงเข้าหาศูนย์ทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำ ที่ตัวเหนี่ยวนำในขดลวดปฐมภูมิและขดลวดทุติยภูมิของหม้อแปลงอุดมคติโดยมีขั้วทางไฟฟ้ากลับกับในสภาวะที่สวิตช์ต่อวงจรจึงมีผลทำให้แรงดันไดโอด D_m ได้รับไบแอสตรงเกิดกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดลวดทุติยภูมิผ่านไดโอด D_m ผ่านตัวเก็บประจุ และไหลกลับมาครบวงจรที่ขดลวดทุติยภูมิ สามารถเขียนสมการแรงดันได้ดังสมการต่อไปนี้

$$V_{sw} = V_s + V_{Lm} \quad (2.14)$$

และ

$$V_{Lm} = L_m \frac{di_{Lm}}{dt} \quad (2.15)$$

$$\frac{N_2}{N_1} L_m \frac{di_{LM}}{dt} = V_o \quad (2.16)$$

เมื่อค่า L_{di} คือการเปลี่ยนแปลงของกระแสไฟฟ้าในช่วงที่สวิตช์ตัดวงจร ($\Delta i_{L,off}$) และ d_t คือการเปลี่ยนแปลงของเวลามีค่าเท่ากับ $(1-D)T$ ดังนั้นจัดรูปสมการที่ 2.16 ใหม่ได้ดังต่อไปนี้

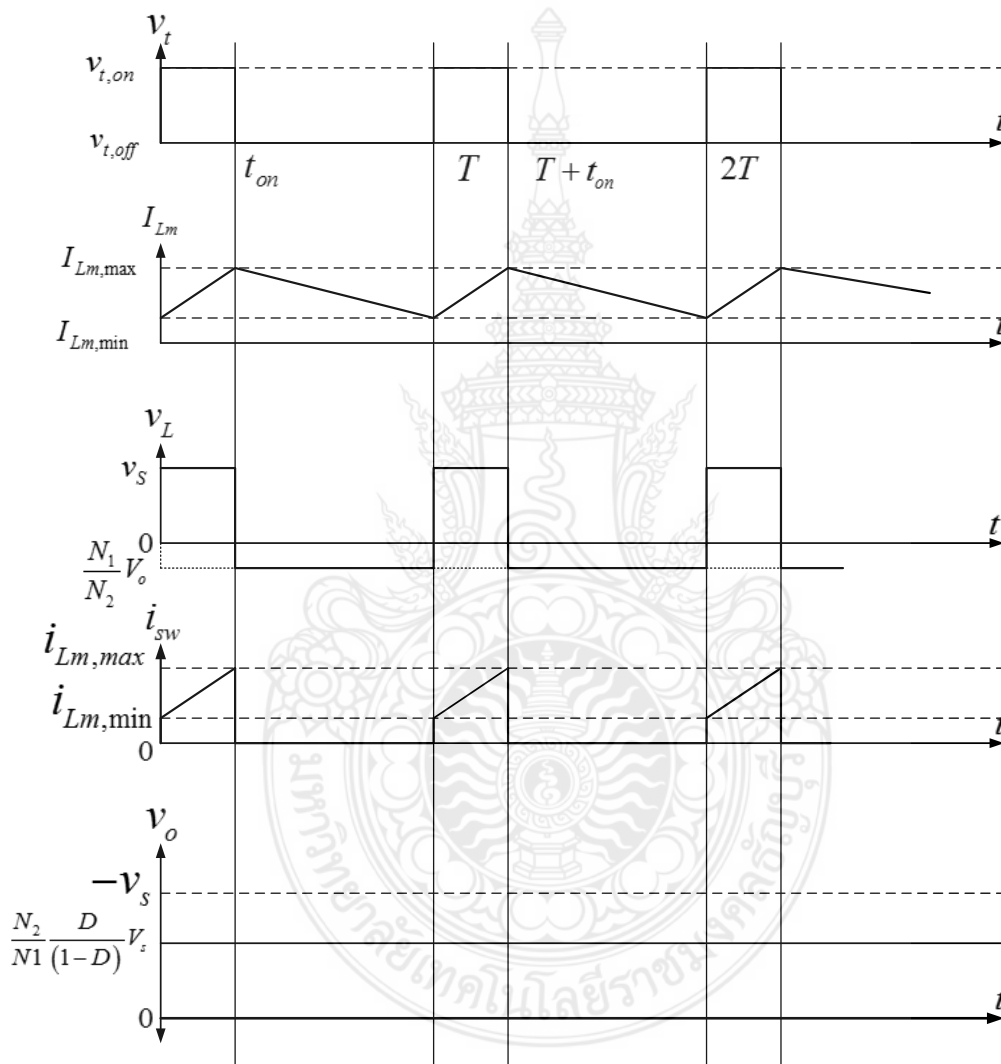
$$\Delta i_{L,off} = \frac{N_1}{N_2} \frac{V_o}{L_m} (1-D)T \quad (2.17)$$

2.1.2 การวิเคราะห์การไหลของกระแสไฟฟ้าในวงจรฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์

จะวิเคราะห์ในสภาวะอยู่ตัวซึ่งเป็นสภาวะที่ค่าแรงดันและกระแสไฟฟ้าในวงจรเป็นไปตามเงื่อนไขต่อไปนี้

1. แรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำเท่ากับศูนย์
2. กระแสไฟฟ้าเฉลี่ยที่ไหลผ่านตัวเก็บประจุมีค่าเท่ากับศูนย์
3. ตัวเก็บประจุไฟฟ้ามีค่าใหญ่มาก

การวิเคราะห์การไหลของกระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในวงจรฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์ในสถานะอยู่ตัวแบ่งออกได้สองสถานะตามการไหลของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำ L คือ สถานะกระแสไฟฟ้าไหลต่อเนื่อง (CCM) และสถานะกระแสไฟฟ้าไหลไม่ต่อเนื่อง (DCM) การวิเคราะห์ในสถานะที่กระแสไฟฟ้าไหลต่อเนื่องเป็นการวิเคราะห์ที่เกิดขึ้นในกรณีที่ค่าความเหนี่ยวนำร่วม (Mutual Inductance, L_m) มีขนาดใหญ่มากเมื่ออิเล็กทรอนิกส์สวิตช์เปิดและปิดวงจรจะมีรูปคลื่นดังแสดงในรูปที่ 2.4 และสามารถวิเคราะห์หาค่าแรงดันและกระแสไฟฟ้าในวงจรได้ดังต่อไปนี้



รูปที่ 2.4 รูปคลื่นของแรงดันและกระแสไฟฟ้าของวงจรฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์

2.1.3 แรงดันและกระแสไฟฟ้าเฉลี่ยเอาต์พุต

เมื่อพิจารณาการทำงานของสวิตช์วงจรฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์ ในรูปที่ 2.2 และ รูปที่ 2.3 ค่าแรงดันเอาต์พุตก็คือแรงดันที่ตกคร่อมขดลวดทุติยภูมิ เมื่ออยู่ในสถานะอยู่ตัวแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยตก

คร่อมตัวเหนี่ยวนำ ทำให้แม่เหล็กเท่ากับศูนย์ดังนั้น จากรูปคลื่นใน รูปที่ 2.4 สามารถคำนวณหาค่าแรงดันเฉลี่ยเอาต์พุตได้ดังต่อไปนี้

$$V_s DT + V_o \frac{N_1}{N_2} (1-D) T = 0 \quad (2.18)$$

$$V_o = \frac{N_2}{N_1} \frac{D}{(1-D)} V_s \quad (2.19)$$

ดังนั้นเมื่อพิจารณาสมการที่ 2.19 จะเห็นได้ว่าค่า วัฏจักรการทำงาน D มีค่าระหว่าง 0 ถึง 1 ดังนั้นแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยเอาต์พุตของวงจรฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์สามารถปรับแรงดันไฟฟ้าเป็นแบบทอนและแบบทบแรงดัน ได้เช่นเดียวกับวงจรบัก-บูสต์คอนเวอร์เตอร์ แตกต่างกันตรงที่ค่าแรงดันเอาต์พุตยังมีค่าขึ้นอยู่กับอัตราส่วนจำนวนรอบของหม้อแปลงไฟฟ้า ค่าอัตราการขยายแรงดันไฟฟ้าหรืออัตราการแปลงแรงดันไฟฟ้าของวงจรฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์คำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$\frac{V_o}{V_s} = \frac{N_2}{N_1} \frac{D}{(1-D)} \quad (2.20)$$

เมื่อประมาณว่าการสูญเสียในวงจรแปลงผันมีค่าเท่ากับศูนย์จึงมีผลให้กำลังไฟฟ้าที่จ่ายออกจากแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ามีค่าเท่ากับกำลังไฟฟ้าที่ออกจากวงจรแปลงผัน ดังนั้นสามารถคำนวณหาอัตราการขยายกระแสไฟฟ้าได้ดังสมการต่อไปนี้

$$V_s I_s = V_o I_o \quad (2.21)$$

$$\frac{I_o}{I_s} = \frac{V_s}{V_o} = \frac{N_1 (1-D)}{N_2 D} \quad (2.22)$$

$$I_o = \frac{N_1 (1-D)}{N_2 D} I_s \quad (2.23)$$

2.1.4 ะลอกคลื่นของกระแสไฟฟ้า

เนื่องจากวงจรฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์มีค่าความเหนี่ยวนำรวม L_m และค่าตัวเก็บประจุมี

ขนาดใหญ่มากทำให้สภาวะที่วงจรถูกทำงานในสภาวะอยู่ตัวค่าแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยของระลอกคลื่นที่ตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำ จะมีค่าเท่ากับศูนย์ และแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยเอาต์พุตจะมีค่าไม่ขึ้นอยู่กับกระแสไหลในตัวต้านทาน ดังนั้นสามารถเขียนสมการกระแสไฟฟ้าได้ดังต่อไปนี้ในกรณีกระแสไฟฟ้าไหลต่อเนื่อง ค่ากระแสไฟฟ้ายอดถึงยอดของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำ ซึ่งก็คือค่ากระแสไฟฟ้ายอดถึงยอดของระลอกคลื่นคำนวณหาได้จากสมการต่อไปนี้

$$\Delta i_{Lm}(off) = \frac{V_s}{L_m} DT \quad (2.24)$$

2.1.5 ระลอกคลื่นของแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุต

เนื่องด้วยโหลดตัวต้านทานมีตัวเก็บประจุ ขนาดใหญ่ต่อขนานอยู่จึงมีผลทำให้ค่าแรงดันไฟฟ้ายอดถึงยอดของระลอกคลื่นมีค่าน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยเอาต์พุต V_o และระลอกคลื่นของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านไดโอดจะไหลผ่านตัวเก็บประจุทั้งหมดไม่ไหลผ่านโหลดตัวต้านทาน ค่าระลอกคลื่นของแรงดันไฟฟ้ามีลักษณะเช่นเดียวกันกับวงจรบัก-บูสต์ เมื่อค่าระลอกคลื่นของกระแสไฟฟ้าทำให้ประจุไฟฟ้าเพิ่มขึ้นที่ตัวเก็บประจุเท่ากับ ΔQ และทำให้แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวเก็บประจุเพิ่มขึ้นเท่ากับ ΔV_o ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงของประจุไฟฟ้าที่ตัวเก็บประจุทำให้เกิดระลอกคลื่นของแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมที่ตัวเก็บประจุ ค่าของแรงดันไฟฟ้ายอดถึงยอดของระลอกคลื่นที่ตกคร่อมตัวเก็บประจุสามารถคำนวณหาได้ดังต่อไปนี้

$$\Delta V_o = \frac{\Delta Q}{C} = \frac{I_o DT}{C} = \frac{V_o}{R} \frac{DT}{C} \quad (2.25)$$

ดังนั้นจากสมการที่ 2.25 จัดรูปสมการใหม่จะได้สมการดังต่อไปนี้

$$\frac{\Delta V_o}{V_o} = \frac{DT}{RCf} \quad (2.26)$$

2.1.6 การกำหนดพิกัดของอุปกรณ์ในวงจรฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์

การหาพิกัดของอิเล็กทรอนิกส์สวิตช์ การกำหนดขนาดของอิเล็กทรอนิกส์สวิตช์จะต้องกำหนดจากค่าของแรงดันไฟฟ้าสูงสุดที่ตกคร่อมสวิตช์ในขณะที่สวิตช์ตัดวงและกระแสไฟฟ้าเฉลี่ยสูงสุดที่ไหลผ่านสวิตช์โดยหาค่าดังต่อไปนี้พิกัดแรงดันไฟฟ้าของอิเล็กทรอนิกส์สวิตช์ กำหนดให้มีค่าสูงกว่าแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมอิเล็กทรอนิกส์สวิตช์ในขณะที่สวิตช์ตัดวงจริง เมื่อพิจารณา รูปที่ 2.3 เป็นสภาวะที่

มีแรงดัน ไฟฟ้าตกคร่อมสูงสุด ($V_{sw,max}$) มีค่าเท่ากับแรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟารวมกับแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุต ดังนั้นแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมสวิตช์สูงสุดมีค่าดังต่อไปนี้

$$V_{sw,max} = V_s + \frac{N_1}{N_2} V_o \quad (2.27)$$

2.1.7 พิกัดกระแสไฟฟ้าของอิเล็กทรอนิกส์สวิตช์

กำหนดให้มีค่าสูงกว่าค่ากระแสไฟฟ้าสูงสุดที่ไหลผ่านอิเล็กทรอนิกส์สวิตช์ ($I_{sw,max}$) เกิดขึ้นในสถานะที่อิเล็กทรอนิกส์สวิตช์ต้องจรรยาในสถานะนี้กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านสวิตช์มีค่าเท่ากับกระแสไฟฟ้าเฉลี่ยที่ไหลผ่านโหลดรวมกับค่ายอดระลอกคลื่นของกระแสไฟฟ้า ดังนั้นกระแสไฟฟ้าไหลผ่านสวิตช์สูงสุดมีค่าดังต่อไปนี้

$$I_{sw,max} = I'_0 + \frac{V_s T}{2L_m Lm} \quad (2.28)$$

การหาขนาดของตัวเหนี่ยวนำ

เพื่อไม่ให้ตัวเหนี่ยวนำ มีขนาดใหญ่เกินความจำเป็น ขนาดของตัวเหนี่ยวนำจะกำหนดจากขนาดของตัวเหนี่ยวนำ ที่เล็กที่สุดที่ยังทำให้วงจรทำงานในสถานะกระแสไฟฟ้าไหลต่อเนื่องคำนวณหาได้จากการกำหนดให้กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำต่ำสุด $I_{Lm,min}$ ในรูปที่ 2.4 มีค่าเท่ากับศูนย์ เนื่องจากค่ากระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำต่ำสุดคำนวณหาได้จากสมการต่อไปนี้

$$I_{Lm,min} = I_{Lm} - \frac{\Delta I_{Lm}}{2} \quad (2.29)$$

แต่กระแสไฟฟ้าเฉลี่ยที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำเท่ากับกระแสไฟฟ้าที่ไหลออกจากแหล่งจ่ายไฟฟ้างั้นจากสมการที่ 2.29 จะได้สมการดังต่อไปนี้

$$I_{Lm,min} = \frac{V_s D}{R(1-D)^2} \left(\frac{N_2^2}{N_1^2} \right) - \frac{1}{2} \frac{V_s D T}{L_m} \quad (2.30)$$

เมื่อกำหนดให้ $I_{Lm,min}$ มีค่าเท่ากับศูนย์ ดังนั้นคำนวณหาค่าตัวเหนี่ยวนำ เล็กสุดได้จากสมการต่อไปนี้

$$I_{Lm,min} = \frac{V_s D}{R(1-D)^2} \left(\frac{N_2^2}{N_1^2} \right) - \frac{1}{2} \frac{V_s D T}{L_m} = 0 \quad (2.31)$$

$$I_{Lm,min} = \frac{R(1-D)^2}{2f} \left(\frac{N_1^2}{N_2^2} \right) \quad (2.32)$$

การหาขนาดของตัวเก็บประจุ

เนื่องด้วยแรงดันไฟฟ้าของระลอกคลื่นมีค่าขึ้นอยู่กับกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเก็บประจุซึ่งคำนวณหาได้ดังต่อไปนี้

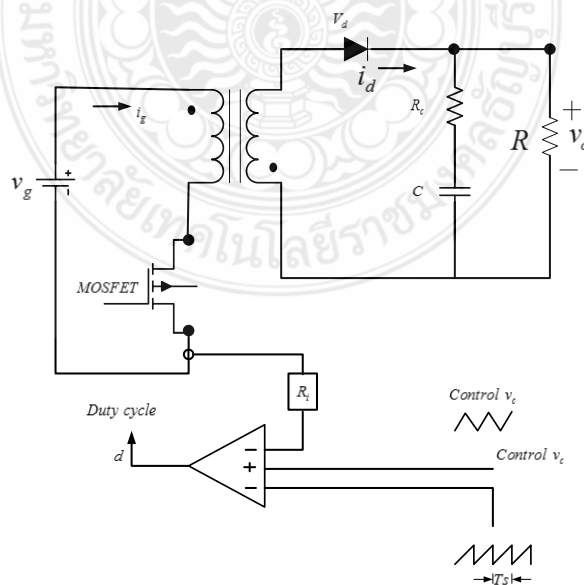
$$\Delta V_o = \frac{\Delta Q}{C} = \frac{I_o \Delta t_{on}}{C} = \frac{V_o}{R} \quad (2.33)$$

ดังนั้นสามารถคำนวณหาตัวเก็บประจุได้ดังสมการต่อไปนี้

$$C = \frac{D V_o}{R_f \Delta V_o} \quad (2.34)$$

2.2 การควบคุมด้วยสัญญาณขนาดเล็ก (Small-signal model flyback converter with current mode control)

ในการแสดงของวงจรกำหนดให้ไดโอดและการใช้สวิตช์ จะเป็นไปตามอุดมคติ ให้ค่าความเหนี่ยวนำและค่าความต้านทานที่นำมาต่ออนุกรมมีค่าเทียบเท่ากัน



รูปที่ 2.5 วงจรควบคุมสูงสุดในโหมดกระแสของวงจรฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์

2.2.1 การสร้างรูปแบบจำลองของวงจรกำลัง

จากรูปที่ 2.5 แสดงวงจรควบคุมสูงสุดในโหมดกระแสของวงจรฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์ วงจรประกอบด้วยด้านวงจรกำลังและวงจรควบคุมกระแสรอบ Duty cycle ของอินพุต d ตัวควบคุมการแปลงของตัวเหนี่ยวนำของกระแสฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์ แสดงในรูปที่ 2.6 แบบจำลองที่ใช้ปรับอัตราการขยาย gain ระยะของ R_f , ซึ่งเป็นผลจากการปรับอัตราการขยาย gain การรับรู้กระแสของวงจรด้วยการเพิ่มความลาดเอียงของการควบคุม ซึ่งกระแสจะเกิดการแกว่งที่ความถี่ต่าง ๆ เพื่อให้ระบบมีเสถียรภาพ ใน Duty cycle การใหญ่มากกว่า 0.5 เพื่อเพิ่มความลาดจากภายนอกที่ความถี่ 6 นาฬิกา ให้หมุนสวิทช์เพื่อการควบคุมแรงดัน v_c , หยุดการทำงานทันที ปกติในโหมดของกระแสการควบคุมคอนเวอร์เตอร์ด้วยสัญญาณขนาดเล็กทางด้านกำลังไฟฟ้าเป็นขั้นและโหมดควบคุมกระแส ในส่วนนี้จะเป็นการควบคุมแบบสัญญาณขนาดเล็กของวงจรฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์ สร้างด้วยการ [21,22] การควบคุมกระแสด้วยสัญญาณขนาดเล็กโดยเฉลี่ยจากค่ากระแสเหนี่ยวนำ [23] กระแสเหนี่ยวนำเฉลี่ย i_g ค่ากระแสเหนี่ยวนำแม่เหล็ก i_l กระแสเฉลี่ยไหลผ่านไดโอด i_d และกระแสเฉลี่ยที่ drop ที่ไดโอด v_d การคำนวณแต่ละส่วนวงจรฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์

$$i_d = (1-d)i_l n \quad (2.35)$$

$$v_d = d \left(\frac{v_g}{n} + v_o \right) \quad (2.36)$$

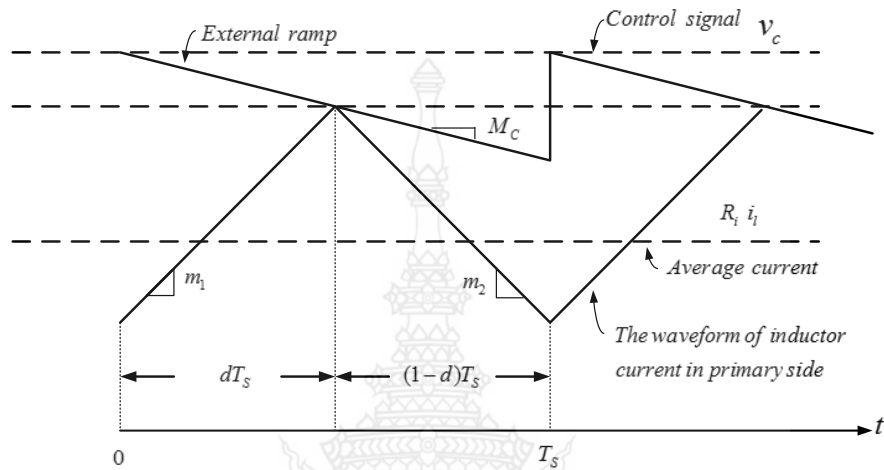
$$i_g = di_l \quad (2.37)$$

การปรับการเฉลี่ยของค่ารบกวนของแรงดันอินพุต \hat{v}_g , กระแสไดโอด \hat{i}_d , รอบไซเคิล d , แรงดันเอาต์พุต \hat{v}_o , กระแสอินพุต \hat{i}_g , และค่ากระแสเหนี่ยวนำ \hat{i}_l

$$v_d = V_d + \hat{v}_d \quad (2.38)$$

$$v_g = V_g + \hat{v}_g \quad (2.39)$$

$$i_g = I_g + \hat{i}_g \quad (2.40)$$



รูปที่ 2.6 การเปรียบเทียบรูปคลื่นสัญญาณ

$$i_l = I_l + \hat{i}_l \quad (2.41)$$

$$d = D + \hat{d} \quad (2.42)$$

สมการทางด้านขวาเป็นการหาค่าในเทอมของ DC โดยแทนค่าสมการที่ (2.38) - (2.42) เข้าไปในสมการที่ (2.36) และ (2.37) สัญญาณขนาดเล็ก (เช่นข้อกำหนดการรบกวน) ของแรงดันไดโอดวงจรเรียงกระแสและกระแสอินพุตคำนวณโดยใช้ค่าดังนี้

$$\hat{v}_d = \left(\frac{1}{n} v_g + v_o \right) \hat{d} + D \frac{1}{n} \hat{v}_g + D \hat{v}_o \quad (2.43)$$

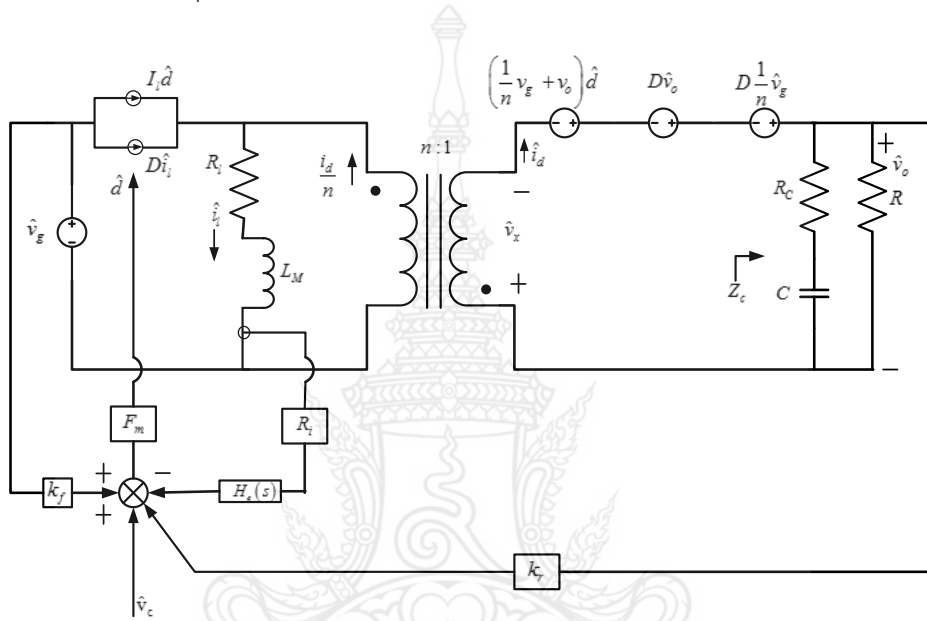
และ

$$\hat{i}_g = I_l \hat{d} + D \hat{i}_l \quad (2.44)$$

ใช้สมการที่ (2.43) และ (2.44) เพื่อหาค่ากำลังงานสัญญาณขนาดเล็กในส่วนครึ่งบนดังรูปที่ 2.6

2.2.2 การจำลองตัวควบคุมโหมดกระแส

Vergheese et al. [23] successfully developed correct average model derivation. Tymerski and Li [13] investigated ความสัมพันธ์ของการรบกวนสัญญาณควบคุมค่าเฉลี่ยของกระแสเหนี่ยวนำ จากรูปที่ 2.6 แสดงการเปิดและปิดทันทีของกระแสสูงสุดเพื่อควบคุมความลาดของกระแสให้มีสัญญาณที่เสถียรภาพในจุดนั้น ๆ



รูปที่ 2.7 รูปแบบวงจรควบคุมสูงสุดสัญญาณขนาดเล็กในโหมดกระแสสวิตชิ่งแบบคอนเวอร์เตอร์

$$R_1 i_1 + m_1 \frac{dT_s}{2} = v_c - M_c dT_s \quad (2.45)$$

กระแสที่ถูกสัญญาณขนาดเล็กรบกวนหาค่าได้จากสมการ

$$v_o = V_o + \hat{v}_o \quad (2.46)$$

$$v_c = V_c + \hat{v}_c \quad (2.47)$$

$$m_1 = M_1 + \hat{m}_1 \quad (2.48)$$

$$m_2 = M_2 + \hat{m}_2 \quad (2.49)$$

การไม่ตอบสนองของผลลัพธ์ของความสัมพันธ์ที่ใช้สัญญาณขนาดเล็ก

$$R_i \hat{i}_1 = \hat{v}_c - \left(M_c + \frac{1}{2} M_1 \right) T_s \hat{d} - \frac{1}{2} D T_s \hat{m}_1 \quad (2.50)$$

การหาค่าที่ R_i เป็นกระแสสัมพัทธ์และ m_c เป็นความลาดลาดภายนอกการเปิดเป็นกระแสเหนี่ยวนำในช่วงระหว่างการสวิตซ์ซิง

$$\hat{m}_1 = \frac{\hat{v}_g}{L_M} R_i \quad (2.51)$$

การหาค่าความลาดของกระแสในช่วงปิดการสวิตซ์ซิง

$$\hat{m}_2 = \frac{n \hat{v}_o}{L_M} R_i \quad (2.52)$$

การหาค่าการรบกวนระหว่างรอบและกระแสเหนี่ยวนำขนาดของความชัน [13] ของจุดทำงานทั้งหมด

$$\hat{d} = \frac{D \hat{m}_2 - D \hat{m}_1}{M_1 + M_2} \quad (2.53)$$

ใช้สมการที่ (2.50) , (2.51) , (2.52) และ (2.53) ในการหาค่าได้ตั้งสมการที่ 2.54

$$R_i \hat{i}_1 = \hat{v}_c + \left[\frac{\left(M_c + \left(\frac{1}{2} \right) M_1 \right) T_s}{M_1 + M_2} \frac{D R_i}{L_M} - \frac{1}{2} \frac{D T_s}{L_M} \frac{R_i}{L_M} \right] \hat{v}_g - \frac{\left(M_c + (1/2 M_1) T_s D' \right) n R_i}{M_1 + M_2} \frac{R_i}{L_M} \hat{v}_o \quad (2.54)$$

การคำนวณหาค่าอัตราส่วนสัญญาณขนาดเล็ก

$$\hat{d} = F_m \left[\hat{v}_c + k_f \hat{v}_g + k_r \hat{v}_o - R_i \hat{i}_1 \right] \quad (2.55)$$

เมื่อ F_m การหาค่าโมดูลเตอร์ของอัตราขยาย Grin

$$F_m = \frac{1}{(M_c + M_1)T_s} \quad (2.56)$$

จากสมการที่ (2.51) – (2.53) ใช้หาค่าสมการใหม่ใน (2.55)

$$R_i \hat{i}_l = \hat{v}_c + \left[k_f + \frac{DR_i}{L_M (M_1 + M_2) F_m} \right] \hat{v}_g + \left[k_r - \frac{nR_i D'}{L_M (M_1 + M_2) F_m} \right] \hat{v}_o \quad (2.57)$$

การเปรียบเทียบของการขับแบบตรงและป้อนกลับของการปรับอัตราขยายของ Gain ตามสมการที่ (2.54) และ (2.57)

$$k_f = -\frac{DT_s R_i}{L_M} \left(1 - \frac{1}{2} D \right) \quad (2.58)$$

$$k_r = \frac{T_s R_i n D^2}{2L_M} \quad (2.59)$$

จากสมการที่ (2.55) แสดงความสอดคล้องของรูปคลื่นทางด้านต่ำเพียงครั้งคลื่น ดังรูปที่ 2.6 แสดงด้วยบล็อกไดอะแกรมของการควบคุมในสมการที่ (2.58) แสดงการป้อนกลับการปรับค่า k_f ค่าเพิ่มขึ้นของ L_M ลดลง

2.2.3 บล็อกไดอะแกรมและการทรานเฟอร์ฟังก์ชัน

การจัดวางโครงสร้างของกระแสของสัญญาณขนาดเล็ก [12, 22] อย่างไรก็ตามสิ่งที่แน่นอนของวงจรฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์ ที่สมบูรณ์จะแสดงด้วยบล็อกของคอนเวอร์เตอร์ที่ได้รับการตอบสนอง [15] ดังนั้นส่วนนี้จะนำเสนอวงจรฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์ระหว่างการควบคุมและเอาต์พุตด้วยการทรานเฟอร์ฟังก์ชันด้วยกฎกระแสของเคอร์ซอ์ฟ รูปที่ 2.7 แสดงค่าต่าง ๆ ของกระแสภายในลู่วางจร

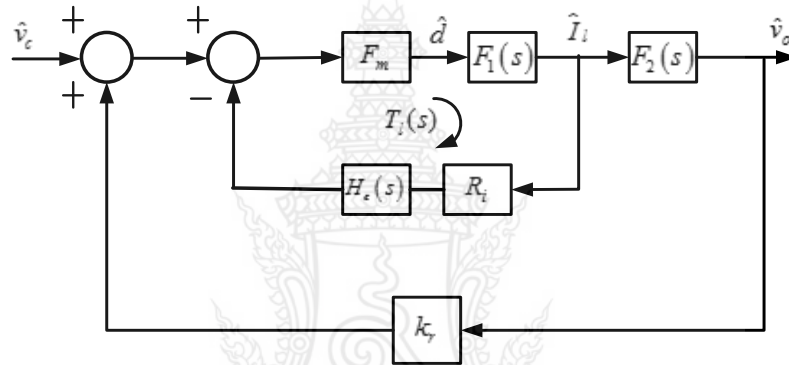
$$I_l \hat{d} + D \hat{i}_l + \frac{1}{n} \hat{i}_d = \hat{i}_l \quad (2.60)$$

การหาค่าสัญญาณขนาดเล็กผ่านวงจรเรียงกระแสของไดโอด

$$\hat{i}_d = n \left[(1-D)\hat{i}_l - I_l \hat{d} \right] \quad (2.61)$$

การหาค่าแรงดันเอาต์พุตจากสัญญาณขนาดเล็ก

$$\hat{v}_o = Z_c \hat{i}_d \quad (2.62)$$



รูปที่ 2.8 บล็อกไดอะแกรมของการควบคุมสัญญาณเอาต์พุตของวงจรฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์

เมื่อ

$$z_{(c)} = (R_{(c)} + \frac{1}{sC}) // R \quad (2.63)$$

เมื่อหาค่าแรงดันตกคร่อมด้านทุติยภูมิ

$$\hat{v}_x = \left(\frac{1}{n} v_g + v_o \right) \hat{d} - \hat{v}_o + D\hat{v}_o + \frac{D}{n} \hat{v}_g \quad (2.64)$$

และแรงดันตรอปในตัวเหนี่ยวนำ L_M ทางด้านปฐมภูมิ primary

$$n\hat{v}_x = Z_l \hat{i}_l \quad (2.65)$$

เมื่อหาค่า

$$z_l = R_l + sL_M \quad (2.66)$$

รวมสมการ (2.61), (2.64) และ (2.65), เพื่อหาสมการใหม่ ซึ่งแสดงถึงตัวเหนี่ยวนำในปัจจุบันและรอบการทำงานเป็น

$$\hat{i}_l = \frac{[(v_g + nV_o) + n^2 Z_c (1-D)] I_l}{z_l + n^2 z_c (1-D)^2} d = F_1(s) \hat{d} \quad (2.67)$$

เมื่อให้

$$F_1(s) = \frac{[(v_g + nV_o) + n^2 Z_c (1-D)] I_l}{z_l + n^2 z_c (1-D)^2} \quad (2.68)$$

การหาค่าสัญญาณควบคุมและกระแสเหนี่ยวนำ ตามสมการที่ (2.61) , (2.62) และ (2.67)

$$\hat{v}_o = nZ_c \frac{[(1-D) - [D/\{n^2(1-d)\}]] [Z_l/R]}{1 + [D/R] Z_c} \hat{i}_l = F_2(s) \hat{i}_l \quad (2.69)$$

เมื่อหาค่า

$$F_2(s) = nZ_c \frac{[(1-D) - [D/\{n^2(1-d)\}]] [Z_l/R]}{1 + [D/R] Z_c} \hat{i}_l \quad (2.70)$$

ดังนั้นตามสมการที่ (2.55), (2.68), (2.69) และ $\hat{v}_g = 0$ บล็อกไดอะแกรมจากด้านควบคุมถึงด้านเอาต์พุตของวงจรฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์ ดังแสดงในรูปที่ 2.8 แสดงให้เห็นว่าการเพิ่มของการวนซ้ำ

$$T_i(s) = F_m F_1(s) H_e(s) R_i \quad (2.71)$$

การหาค่าประมาณในการสุ่มตัวอย่างในการปรับค่าอัตราขยายของ Gain $H_e(s)$ แสดงใน [17]

$$H_e(s) = 1 + \frac{s}{\omega_n Q_z} + \frac{s^2}{\omega_n^2} \quad (2.72)$$

เมื่อหาค่า

$$\omega_n = \frac{\pi}{T_s} \quad (2.73)$$

และ

$$Q_z = -\frac{2}{\pi} \quad (2.74)$$

ดังนั้นฟังก์ชันการถ่ายโอนการควบคุมไปยังด้านเอาต์พุต $T_c(s)$ ที่ได้รับแสดงในรูปที่ 2.8

$$T_c(s) = \frac{\hat{v}_o(s)}{\hat{v}_c(s)} = \frac{F_m F_1(s) F_2(s)}{1 + T_i(s) - k_r F_m F_1(s) F_2(s)} \quad (2.75)$$

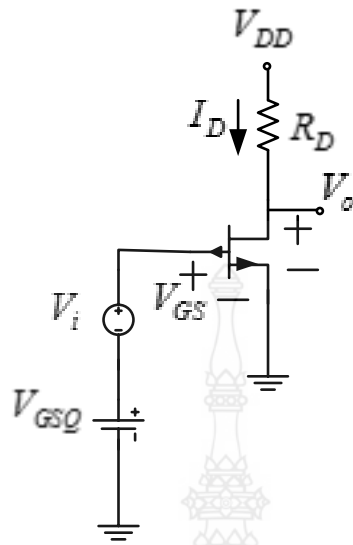
2.3 ซิลิกอนคาร์ไบด์มอสเฟต (มอสเฟต)

การวิเคราะห์วงจรขยายมอสเฟต (มอสเฟต Amplifier Analysis)

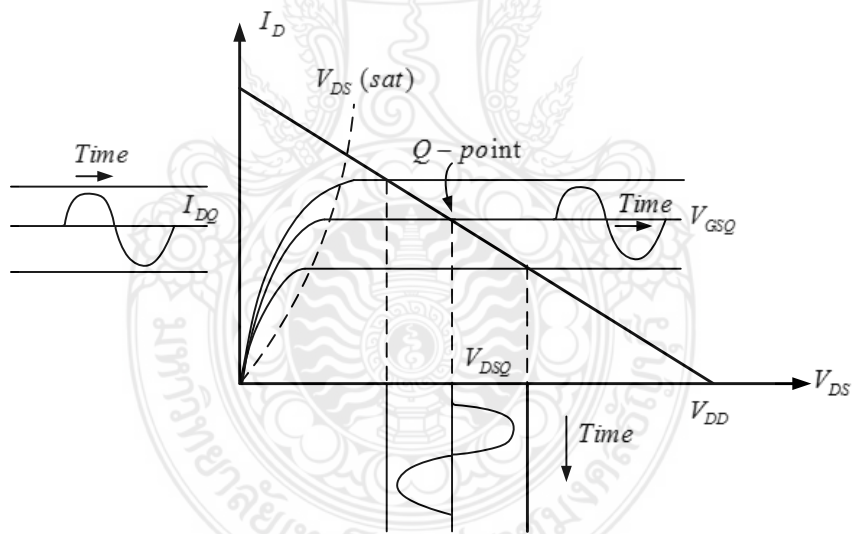
วงจรขยายมอสเฟต (มอสเฟต amplifier) การวิเคราะห์วงจรขยายสัญญาณโดยใช้ทรานซิสเตอร์ไบโพลาร์ ซึ่งประกอบไปด้วยวงจร 3 ชนิดคือ common emitter, collector และ base ตามลำดับ และสำหรับทรานซิสเตอร์ มอสเฟต ก็ สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิดเช่นกัน คือ

- 1) Common Source (CS) .
- 2) Common Drain (CD) .
- 3) Common Gate (CG) .

ซึ่งวงจรทั้ง 3 แบบนี้ สามารถวิเคราะห์คุณสมบัติของวงจรเหล่านี้ได้จากไบอัสไฟตรง เส้นโหลด และการคำนวณหาอัตราขยายและความต้านทานทางด้านอินพุตและเอาต์พุต



รูปที่ 2.9 วงจรขยายแบบแหล่งจ่ายร่วมที่มีสัญญาณไฟสลับต่อรวมอยู่กับสัญญาณไฟตรง



รูปที่ 2.10 กราฟเส้นโหลดของวงจรขยายแหล่งจ่ายร่วมที่แสดงคุณสมบัติการขยายสัญญาณรูปคลื่นไซน์

จากรูปที่ 2.9 และรูปที่ 2.10 พบว่ามีสัญญาณไซน์ที่ซั้ว v_{GS} ซึ่งจะทำให้สัญญาณกระแส i_D และแรงดัน v_{DS} เป็นสัญญาณไซน์ตามไปด้วย แต่จากรูปพบว่าแรงดันที่ซั้ว G-S ประกอบไปด้วยแรงดันไฟตรง v_{GS} และสัญญาณ v_i รวมกัน ถ้า v_i สูงขึ้น ก็จะทำให้แรงดัน v_{GS} มีค่ามากขึ้นด้วย ทำให้จุด Q ของวงจรถนเส้นโหลดเลื่อนขึ้นไปด้านบนถ้าแรงดัน v_{GS} มีค่ามากขึ้น ก็ยังทำให้กระแส i_D มี

ค่ามากขึ้นด้วย แต่ค่าแรงดัน v_{DS} กลับมีค่าลดลง ถ้าให้สัญญาณ v_i มีค่าเป็นลบ (เป็นสัญญาณไซน์ซีกลบ) จะทำให้แรงดัน v_{GS} มีค่าลดลงจนมีค่าต่ำกว่าจุดไบอัสไฟตรง ทำให้จุด Q ของวงจรมอบสัญญาณเคลื่อนลงไปด้านล่าง ทำให้แรงดัน v_{GS} มีค่าลดลง กระแส i_D มีค่าลดลง ด้วย แต่ค่าแรงดัน v_{DS} กลับมีค่าเพิ่มขึ้น

กำหนดให้ แรงดัน v_{GS} มีค่าเท่ากับ

$$v_{GS} = V_{GSQ} + v_i = V_{GSQ} + v_{gs} \quad (2.76)$$

เมื่อ v_{GS} เป็นแรงดันไฟกระแสตรง และ v_{gs} เป็นสัญญาณไฟกระแสสลับ

จากสมการกระแสโมสเฟต

$$i_D = K_n (v_{GS} - V_{TN})^2 \quad (2.77)$$

จากนั้นแทนค่า จากสมการที่ (2.76) ลงในสมการที่ (2.77) ก็จะได้

$$i_{(D)} = K_n [V_{GSQ} + v_{gs} - V_{TN}]^2 = K_n [(V_{GSQ} - V_{TN}) + v_{gs}]^2$$

กระจายสมการได้

$$i_D = K_n [V_{GSQ} - V_{TN}]^2 + 2K_n (V_{GSQ} - V_{TN}) v_{gs} + K_n v_{gs}^2 \quad (2.78)$$

จากสมการ (2.78) ประกอบไปด้วยฮาร์โมนิกกำลังสองถึง 2 ตัว และในกรณีที่ v_{GS} เป็นสัญญาณไซน์ ก็จะทำให้แรงดันเอาต์พุตของวงจรมอบสัญญาณมีความเพี้ยน ถ้าต้องการให้มีค่าฮาร์โมนิกมีค่าน้อยที่สุด ก็ต้องทำให้

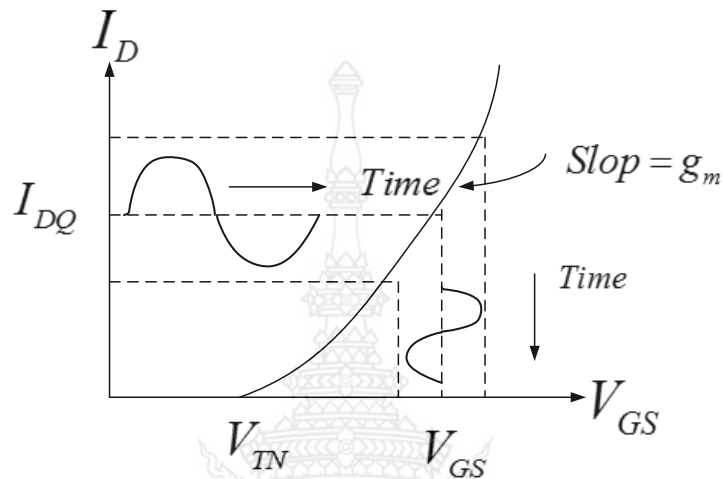
$$v_{gs} \ll 2(V_{GSQ} - V_{TN}) \quad (2.79)$$

ดังนั้น สมการที่ (2.79) จึงเป็นเงื่อนไขที่ยังคงทำให้วงจรมอบสัญญาณมีความเป็นเชิงเส้น ถ้ากำหนดให้กระแส i_D ประกอบไปด้วยแรงดันไฟตรงและสัญญาณไฟสลับจะหาค่าได้

$$i_D = I_{DQ}(DC) + i_D(AC) \quad (2.80)$$

โดยที่ I_{DQ} เป็นไฟกระแสตรง และ i_D เป็นไฟกระแสสลับ ถ้าเราไม่สนใจเทอม $K_n v_{gs}^2$ ก็ทำให้องค์ประกอบไฟกระแสสลับ มีค่าเป็น

$$i_D = 2K_n(V_{GSQ} - V_{TN})v_{gs} \quad (2.81)$$



รูปที่ 2.11 กราฟของความชันตัวแปร

จากสมการที่ (2.81) สามารถนำมาเขียนกราฟแสดงได้ดังรูปที่ 2.11 และสามารถหาความชันของกราฟได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$slop = \frac{\partial i_D}{\partial v_{gs}} V_{GS} = V_{GSQ} = 2K_n(V_{GSQ} - V_{TN}) \quad (2.82)$$

จะเรียกค่านี้ว่า “ทรานซ์คอนดักแตนซ์” หรือ g_m หรือเรียกว่าเป็นค่าความนำไฟฟ้าขยายของวงจรถูกได้หรือจากสมการ

$$g_m = 2K_n(V_{GSQ} - V_{TN}) \quad (2.83)$$

ผลจากสมการที่ (2.78) และสมการที่ (2.80) พบว่าองค์ประกอบไฟกระแสตรงมีค่าเท่ากับ

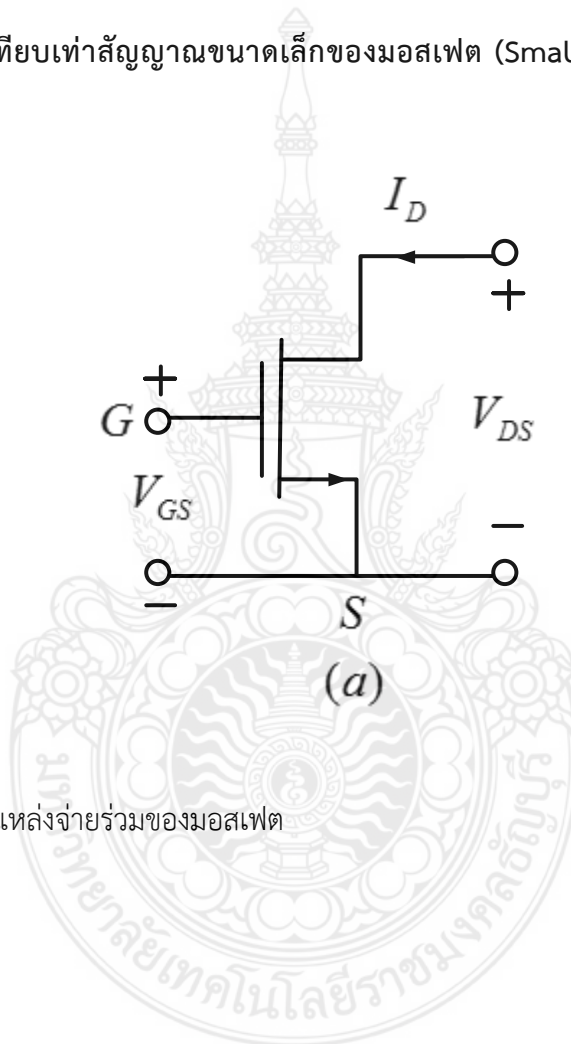
$$I_{DQ} = K_n(V_{GSQ} - V_{TN})^2 \quad (2.84)$$

แทนค่า g_m จากสมการที่ (2.83) ลงในสมการที่ (2.84) ก็จะได้

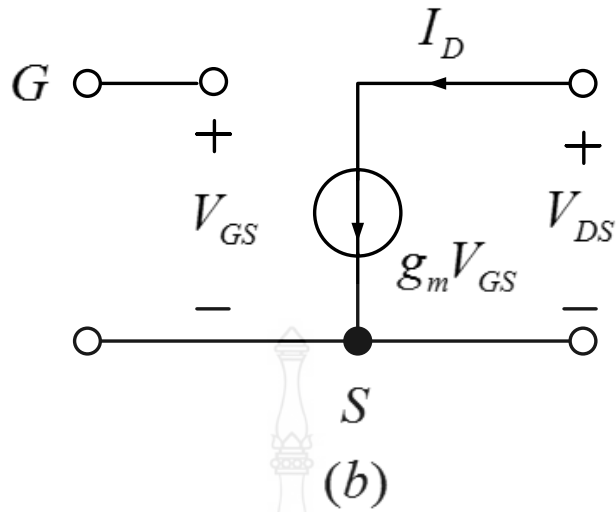
$$g_m = 2\sqrt{K_n I_{DQ}} \quad (2.85)$$

นั่นก็คือค่า g_m จะขึ้นอยู่กับค่า K_n และ I_{DQ} ซึ่งถือเป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญที่สุดค่าหนึ่งของวงจรขยายมอสเฟตซึ่งทำให้เราสามารถกำหนดค่าอัตราขยายได้โดยการเปลี่ยนค่า W และ L

2.3.1 วงจรเทียบเท่าสัญญาณขนาดเล็กของมอสเฟต (Small signal equivalent มอสเฟต circuit)

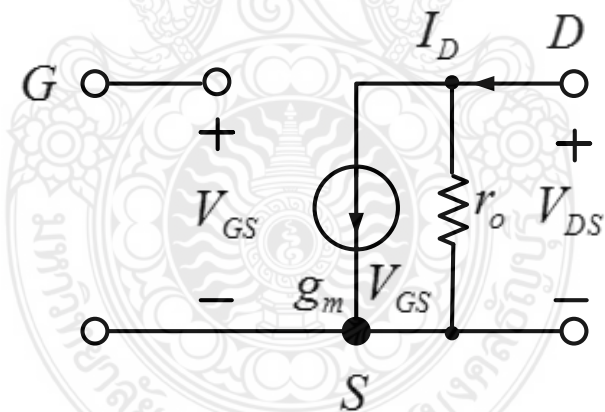


รูปที่ 2.12 (a) วงจรแหล่งจ่ายร่วมของมอสเฟต



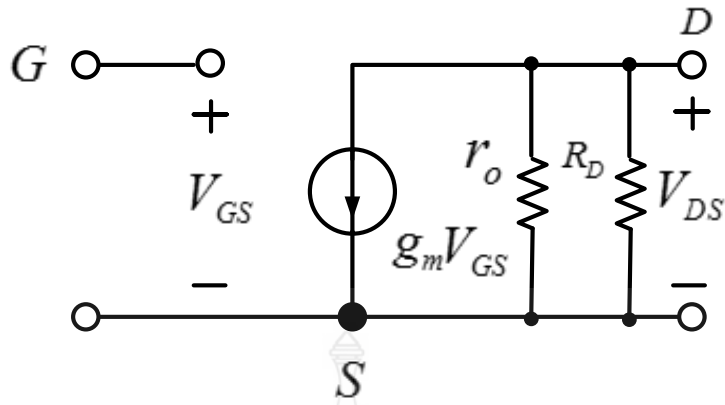
รูปที่ 2.13 (b) วงจรเทียบเท่าของมอสเฟต

จากรูปที่ 2.13 (b) พบว่า ที่ขาเกตของวงจรเทียบเท่ามีลักษณะเหมือนเปิดวงจร เนื่องจากที่ขั้วเกตมีออกไซด์ของซิลิกอนซึ่งเป็นฉนวนขวางอยู่จึงทำให้มีอิมพีแดนซ์ที่ขั้วเกตสูงมากจนสามารถแทนด้วยการเปิดวงจรได้



รูปที่ 2.14 แสดงวงจรเทียบเท่าไฟสลั็บของมอสเฟตที่ประกอบไปด้วยความต้านทานเอาต์พุต

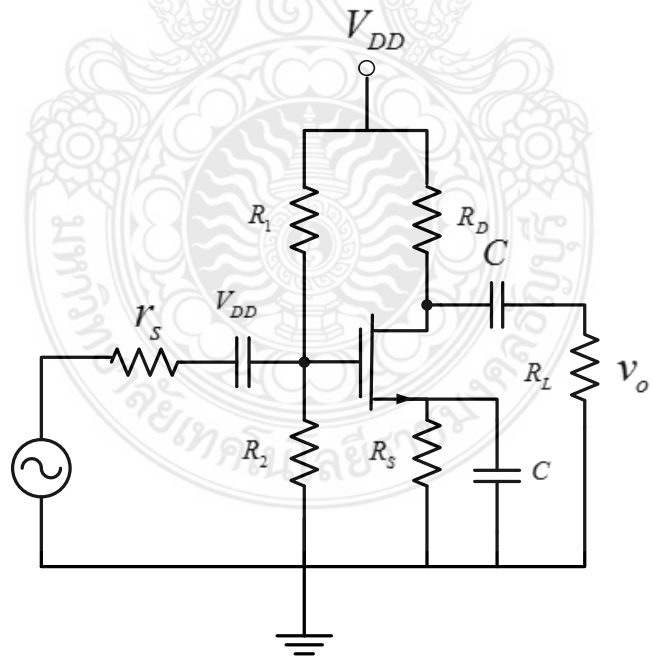
รูปที่ 2.14 ในกรณีที่มอสเฟตมีผลกระทบของ Early effect ก็จะทำให้เกิด ค่าความต้านทานเอาต์พุต r_o ทางด้านขั้ว drain-source ที่วงจรเทียบเท่า



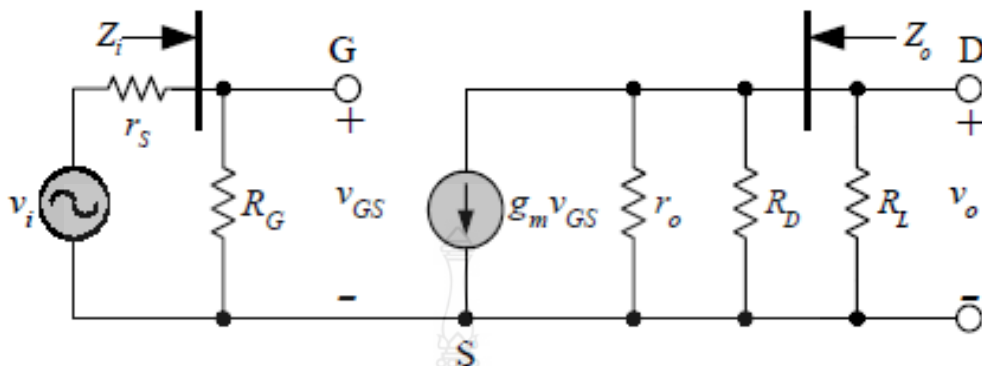
รูปที่ 2.15 แสดงวงจรเทียบเท่าไฟสลับของมอสเฟตที่ประกอบไปด้วยความต้านทานเอาต์พุตริชิสแตนซ์

รูปที่ 2.15 แสดงวงจรเทียบเท่าไฟสลับวงจรแหล่งจ่ายร่วม ของ ที่ประกอบไปด้วยเอาต์พุตริชิสแตนซ์ r_o ต่อขนานอยู่ด้วย

2.3.2 วงจรขยายสัญญาณซอร์สร่วม (Common Source , C_S amplifier)



รูปที่ 2.16 วงจรขยายสัญญาณซอร์สร่วมหรือ C_S (NMOS Common Source circuit)



รูปที่ 2.17 วงจรเทียบเท่าวงจรขยายสัญญาณซอร์สร่วมหรือ C_S (NMOS Common Source circuit)

จากรูปที่ 2.16 เป็นวงจรขยายสัญญาณซอร์สร่วมหรือ C_S ซึ่งเป็นวงจรขยายมอสเฟตที่มีลักษณะคล้ายกับวงจรขยายอิมิตเตอร์ร่วมของทรานซิสเตอร์ไบโพลาร์ นั่นคือมีค่าอัตราขยายแรงดันมากกว่า 1 มีอิมพีแดนซ์ทางอินพุตและเอาต์พุต อยู่ในระดับปานกลาง สำหรับค่าอัตราขยายกระแส A_i ของวงจรนี้ จะมีค่าสูงมาก เนื่องจากกระแสอินพุต ของวงจรนี้ ($i_G \approx 0$) มีค่าน้อยมากๆ ดังนั้นอัตราขยายกระแสของวงจรนี้จึงมีค่าเกือบเป็นอนันต์ (infinity)

จากรูปที่ 2.17 ถ้ากำหนดให้ V_{DD} มีค่าเป็นศูนย์ แต่ R_1 และ R_2 ยังคงเป็นส่วนหนึ่งของอินพุตจึงกำหนดให้

$$R_G = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \quad (2.86)$$

$$v_{in} = v_{GS}$$

จากวงจรจะพบว่า

$$v_o = -g_m v_{GS} [r_o // R_D // R_L] \quad (2.87)$$

จะได้

$$A_v = \frac{v_o}{v_{GS}} = -g_m [r_o // R_D // R_L] \quad (2.88)$$

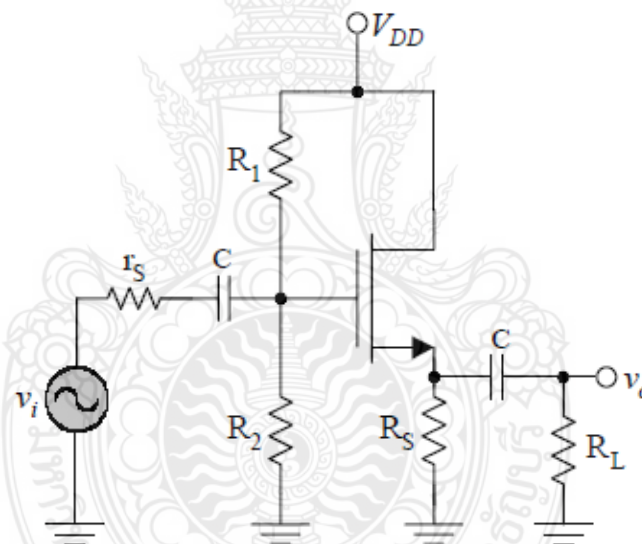
สำหรับอิมพีแดนซ์ทางด้านอินพุต , Z_{in} ของวงจร CS ก็มีค่าเท่า

$$Z_{in} = R_G \quad (2.89)$$

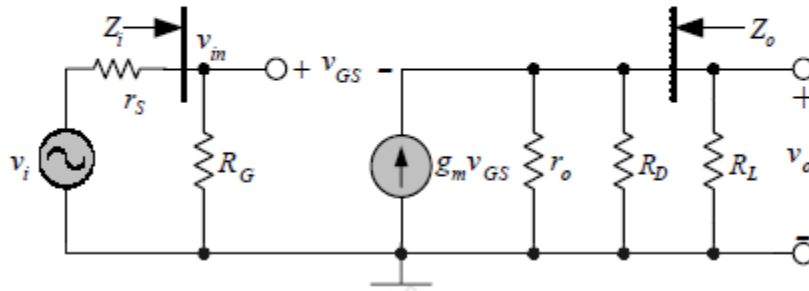
และอิมพีแดนซ์ทางด้านเอาต์พุต , Z_o มีค่าเท่ากับ

$$Z_o = r_o // R_D \quad (2.90)$$

2.3.3 วงจรขยายสัญญาณเดรนร่วม (Common Drain , CD amplifier)



รูปที่ 2.18 วงจรขยายสัญญาณเดรนร่วมหรือ CD



รูปที่ 2.19 วงจรเทียบเท่าของวงจรขยายสัญญาณเดรนร่วมหรือ CD

การหาค่าอัตราขยายแรงดันเริ่มจากสมการทางด้านเอาต์พุต

$$v_o = g_m v_{GS} [r_o // R_S // R_L] \quad (2.91)$$

ตั้งสมการทางด้านอินพุตโดยใช้กฎแรงดันของเคอร์ชอฟฟ์ทางด้านอินพุต จะได้

$$v_{in} = v_{GS} + v_o = v_{GS} + g_m v_{GS} [r_o // R_S // R_L] \quad (2.92)$$

หรือ

$$v_{in} = v_{GS} [1 + g_m (r_o // R_S // R_L)] \quad (2.93)$$

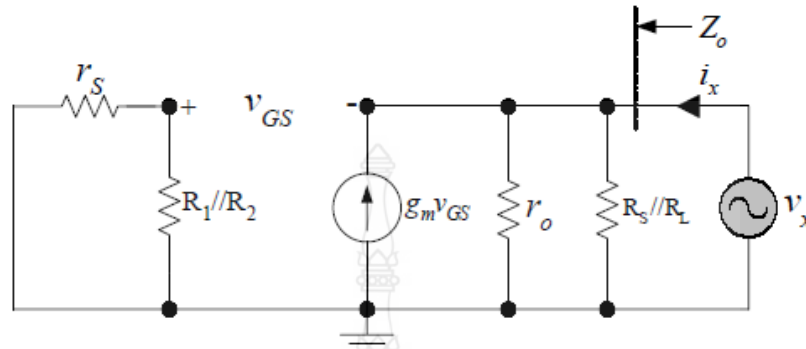
ฉะนั้นอัตราขยายแรงดันจะมีค่าเท่ากับ สมการที่ (2.91)/(2.92) จะมีค่าเท่ากับ

$$A_v = \frac{v_o}{v_{in}} = \frac{g_m v_{GS} (r_o // R_S // R_L)}{1 + g_m (r_o // R_S // R_L)} \quad (2.94)$$

สำหรับอิมพีแดนซ์อินพุต, Z_{in} ของวงจร CD ก็มีค่าเท่ากับวงจร CS นั่นคือ

$$Z_{in} = R_G \quad (2.95)$$

การหาอิมพีแดนซ์เอาต์พุต, Z_o ของวงจรขยาย CS จะต้องลัดวงจรทางด้านอินพุตและต่อแหล่งจ่ายทางด้านเอาต์พุต โดยทำการวิเคราะห์ ดังรูปที่ 2.20



รูปที่ 2.20 วงจรอิมพีแดนซ์เอาต์พุตและค่า Z_o

จากรูปที่ 2.20 อิมพีแดนซ์เอาต์พุต, Z_o หาได้จากสมการ

$$Z_o = \frac{v_x}{i_x} \quad (2.95)$$

ใช้กฎกระแสของเคอร์ชอฟฟ์ ที่ขั้วเอาต์พุตจะได้ว่า

$$i_x - g_m v_{GS} = \frac{v_x}{R_s} + \frac{v_x}{r_o} \quad (2.96)$$

หรือ

$$i_x = v_x \left[g_m + \frac{1}{R_s} + \frac{1}{r_o} \right] \quad (2.97)$$

ย้ายข้างสมการที่ (2.97)

$$\frac{v_x}{i_x} = \frac{1}{\left[g_m + \frac{1}{R_s} + \frac{1}{r_o} \right]} \quad (2.98)$$

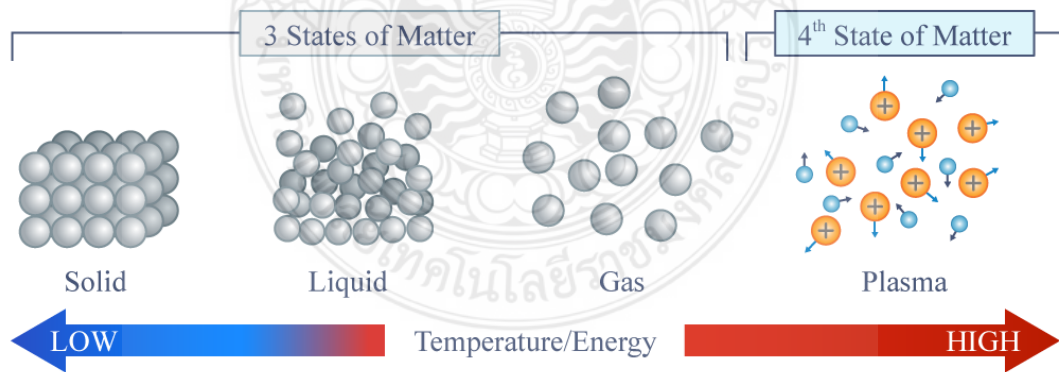
จะได้ค่าของอิมพีแดนซ์เอาต์พุต , z_o มีค่าเท่ากับ

$$z_o = \frac{1}{g_m} // R_s // r_o \quad (2.99)$$

จากสมการที่ (2.99) จะเห็นว่าอิมพีแดนซ์เอาต์พุตมีค่าขึ้นอยู่กับ $\frac{1}{g_m}$ เป็นส่วนใหญ่

2.4 พลาสมา (plasma) [11]

พลาสมา เป็นอีกหนึ่งสถานะของสสาร (สถานะที่ 4 ของสสาร) ซึ่งก็คือ แก๊สที่มีสภาพเป็นไอออนหรือแก๊สมีประจุ โดยเมื่อปี ค.ศ. 1879 เซอร์ วิลเลียม ครูกส์ (Sir William Crookes) นักเคมีและนักฟิสิกส์ชาวอังกฤษ ได้มีการกล่าวถึงสถานะนี้เป็นครั้งแรก และในปี ค.ศ. 1928 เออร์วิง แลงเมียร์ (Irving Langmuir) นักเคมีและนักฟิสิกส์ชาวอเมริกัน เป็นคนแรกที่เรียกสถานะของสสารนี้ว่า พลาสมา เนื่องจากเขานึกถึงพลาสมาของเลือด



รูปที่ 2.21 สถานะของสสารและพลาสมาสถานะที่ 4 [11]

การทำให้เกิดสถานะพลาสมา พลาสมามีลักษณะพิเศษที่น่าสนใจเพราะว่าแรงไฟฟ้าถือเป็นแรงชนิดไกล (long range force) และอนุภาคของพลาสมาทุกตัวกระทำต่ออนุภาคข้างเคียงกันและกัน

เรียกว่าเป็นพฤติกรรมรวม (collective behavior) พฤติกรรมรวมนี้หมายถึง การเคลื่อนที่ของอนุภาคในพลาสมา ซึ่งไม่เพียงจะขึ้นอยู่กับเงื่อนไขในบริเวณนั้น ๆ เท่านั้น แต่เป็นผลโดยรวมจากพลาสมาส่วนใหญ่มากกว่าจะเป็นผลมาจากการชนกันของอนุภาคที่อยู่ใกล้เคียงกัน เนื่องจากอนุภาคในพลาสมาที่สถานะสมดุลจะมีการสั่นด้วยความถี่สูงกว่าความถี่ในการชนกันของอนุภาค 2 ตัว ที่อยู่ใกล้กัน ทำได้โดยให้สนามแม่เหล็กไฟฟ้าความเข้มสูงกับแก๊สที่เป็นกลางทางไฟฟ้าที่อุณหภูมิสูง ซึ่งอิเล็กตรอนอิสระที่ได้รับพลังงานสูงจะวิ่งเข้าชนกับอะตอมของแก๊ส ทำให้อิเล็กตรอนของอะตอมแก๊สหลุดออกมา ซึ่งเป็นกระบวนการแตกตัวเป็นไอออน (ionization) อะตอมของแก๊สที่สูญเสียอิเล็กตรอนก็จะมีสภาพเป็นไอออน หรือมีสถานะเป็นพลาสมานั้นเอง [8] ดังนั้นจึงถือได้ว่าพลาสมาเป็นสถานะที่ 4 ของสสารเนื่องจากมีลักษณะที่แตกต่างไปจากสถานะอื่นอย่างชัดเจน หากพิจารณาช่วงเปลี่ยนสถานะ ของแข็ง-ของเหลว - ก๊าซ (solid - liquid - gas) ถ้าเราเพิ่มอุณหภูมิ (หรือคือการให้พลังงานจลน์แก่อนุภาคของก๊าซ) ให้แก่อากาศต่อไปเรื่อยๆ เช่น ถึง 20,000 องศาเคลวิน (K) ก็จะได้พลาสมาของก๊าซนั้น ดังแสดงในรูปที่ 2.28 (อุณหภูมิอาจต่ำกว่าก็ได้ แล้วแต่กลไกการทำให้เป็นไอออนของก๊าซ)



รูปที่ 2.22 การกำเนิดพลาสมาด้วยไฟฟ้าแรงสูง [11]

2.4.1 ประเภทของพลาสมา

พลาสมาสามารถแบ่งออกเป็น พลาสมาที่มีอยู่ตามธรรมชาติ (nature plasma) เช่น ดาวหรือ interstellar matter และพลาสมาที่สามารถสร้างขึ้นได้ในห้องปฏิบัติการ (laboratory plasma) ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ ได้แก่ พลาสมาอุณหภูมิสูงหรือพลาสมาฟิวชัน (fusion plasma) และพลาสมาอุณหภูมิต่ำหรือก๊าซดิสชาร์จ (gas discharge) โดยทั่วไปนิยมแบ่งก๊าซดิสชาร์จออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ได้แก่ พลาสมาอุณหภูมิสูงหรือพลาสมาร้อน (hot plasma) และพลาสมาอุณหภูมิต่ำหรือพลาสมาเย็น (cold plasma) ดังนี้

1. พลาสมาร้อน (hot plasma)

พลาสมาร้อน คือ ก๊าซดิสชาร์จแบบพลาสมา LTE มีลักษณะการปล่อยประจุแบบอาร์คดิสชาร์จ (arc discharge) ซึ่งจากการเกิดกระบวนการดิสชาร์จนั้นเมื่อให้กระแสไฟฟ้าแก่ขั้วอิเล็กโทรด ทำให้เกิดความต่างศักย์ขึ้นระหว่างขั้วบวกและขั้วลบที่สูงจนกระตุ้นให้ก๊าซบางส่วนเกิดการแตกตัวอย่างรุนแรง กลายเป็นประจุบวกและอิเล็กตรอนที่มีความหนาแน่นสูง อิเล็กตรอนจะถูกเร่งด้วยสนามไฟฟ้าที่อยู่ข้างหน้าขั้วลบ และเคลื่อนที่ไปชนกับอะตอมหรือโมเลกุลของก๊าซด้วยความถี่สูงและรุนแรง เกิดการปล่อยประจุในลักษณะของสปาร์ค (spark) ของประจุเป็นเส้นเล็กๆ จำนวนมาก (filament) ทำให้เกิดสถานะของพลาสมาที่มีความดันและพลังงานสูง โดยพลาสมาร้อนนี้จะถูกสร้างที่ความดันใกล้เคียงความดันบรรยากาศหรือมากกว่านั้น ใช้ในการผลิตพลาสมาสเปร์ย์ หรือใช้ในการหลอม เชื่อม และตัดโลหะ



รูปที่ 2.23 การตัดเหล็กด้วยพลาสมาร้อน

2. พลาสมาเย็น (cold plasma) [11]

พลาสมาเย็น คือ (cool plasma) เป็นคำเฉพาะบ่งบอกฟิสิกส์สถานะหนึ่งของสสารซึ่งประกอบไปด้วยไอออน อิเล็กตรอน และ/หรืออนุมูล สถานะพลาสมาเป็นลำดับต่อจากสถานะของแข็ง ของเหลว และ ก๊าซ ส่วนคำว่า “เย็น” อธิบายถึงอุณหภูมิพลาสมามีค่าสูงกว่าอุณหภูมิแวดล้อมเพียงเล็กน้อย ก๊าซดิสชาร์จแบบพลาสมา $\text{NO}_n - \text{LTE}$ มีลักษณะการปล่อยประจุแบบโกลว์ดิสชาร์จ (glow discharges) เป็นการสร้างพลาสมาที่พัฒนามาจากพลาสมาร้อน เป็นการลดความดันในการเกิดพลาสมาให้ต่ำลง โดยเกิดที่ประมาณ $10^{-3} - 10$ ทอร์ โดยอุณหภูมิของอนุภาคหนักจะมีค่าต่ำและมักจะไม่สูงกว่าอุณหภูมิห้อง แต่สำหรับอิเล็กตรอนจะมีอุณหภูมิสูงมาก เพราะมีอุณหภูมิน้อยจึงถูกเร่งในสนามแม่เหล็กไฟฟ้าได้ง่าย การที่อิเล็กตรอนมีอุณหภูมิสูงทำให้เกิดการชนกันแบบไม่ยืดหยุ่น ซึ่งจากกระบวนการดิสชาร์จเมื่อให้กระแสไฟฟ้าแก่ขั้วอิเล็กโทรดทำให้เกิดความต่างศักย์ขึ้นระหว่างขั้วบวกและขั้วลบที่สูงพอจนกระตุ้นให้ก๊าซบางส่วนแตกตัวและกลายเป็นประจุบวก และอิเล็กตรอนจะถูกเร่งด้วยสนามไฟฟ้าที่อยู่ข้างหน้าขั้วลบ และเคลื่อนที่ไปชนกับอะตอมหรือโมเลกุลของก๊าซ ทำให้เกิดการกระตุ้นและแตกตัวเป็นประจุ

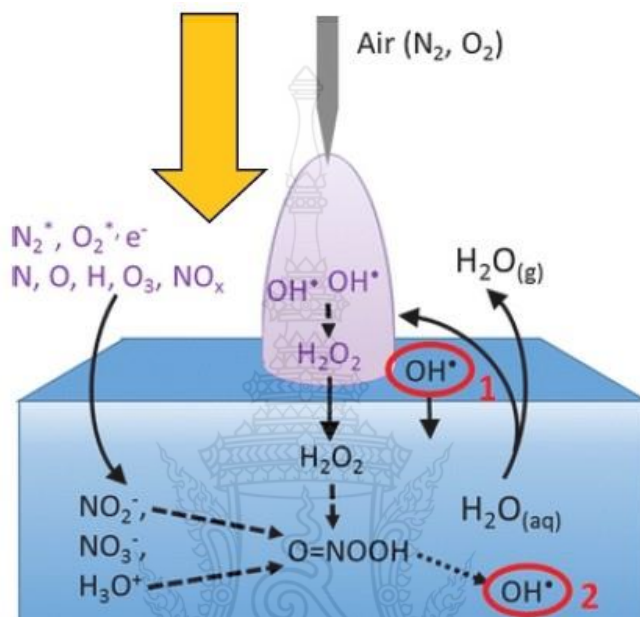
อนุภาคที่อยู่ในสภาวะกระตุ้นจะปลดปล่อยรังสีออกมาและลงมาอยู่ในสถานะที่ต่ำลงมาทำให้เกิดแสงสว่าง นิยมใช้ในงานที่ไม่ต้องการความร้อน เช่น การกัด (etching) หรือการทำฟิล์มบาง (thin film) เป็นต้น ตัวอย่างหนึ่งของการเกิดสถานะพลาสมาในธรรมชาติคือ ปรากฏการณ์ฟ้าผ่า พบว่าปรากฏการณ์นี้ให้ประโยชน์ต่อพืช โดยมีผลเชิงบวกต่อชีวโมเลกุลของเซลล์พืช ทั้งนี้สามารถอธิบายกลไกได้ว่าฟ้าผ่าเป็นสถานะพลาสมาของอากาศและไอน้ำ เกิดอนุมูลออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) แล้วเมื่อรวมเข้ากับไอน้ำหรือความชื้นเป็นกรดไนตริก (HNO₃) อย่างอ่อน ก่อนจะตกสะสมในดินเป็นรูปไนเตรท ให้พืชสามารถนำไปใช้ในกระบวนการเจริญเติบโตได้ทันทีและขณะเดียวกันยังพบว่าสถานะพลาสมาเย็นสามารถผลอนุมูลของออกซิเจนเองที่มีคุณค่ามหาศาลต่อวงการอาหารเกษตร



รูปที่ 2.24 พลาสมาเย็นมีรูปที่จะเป็นเทคโนโลยีเกษตรสีเขียวและอาหารปลอดภัย [11]

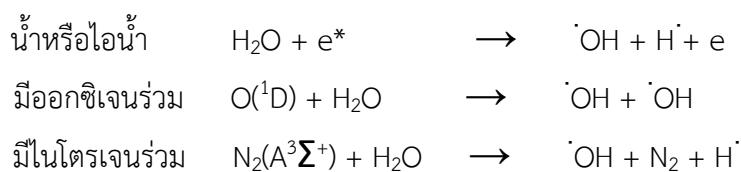
พลาสมาเย็นเป็นการใช้วิธีสนามไฟฟ้าดิสชาร์จตัวกลางซึ่งอาจเป็นก๊าซหรือไอของเหลว จนเกิดเป็นอนุภาค หรืออนุมูลอิสระ จากนั้นอนุมูลพลาสมาจะสามารถแพร่ซึมผ่านตัวกลางไปทำปฏิกิริยาเคมี เช่น การออกซิไดซ์ การรีดิวซ์ เป็นต้น เพราะหนึ่งในกระบวนการเคมีที่ใช้ในการย่อยสลาย (decompose) มักใช้ออนุมูลไฮดรอกซิล (•OH) เป็นหลัก และพลาสมาเย็นสามารถสร้างอนุมูลชนิดนี้ทดแทนการใช้สารเคมีแบบดั้งเดิมได้เป็นอย่างดี และเพื่อให้สะดวกในการผลิตและนำไปใช้งาน อนุมูลพลาสมาเย็นมักผลิตได้

3 วิธีคือ ดิสชาร์จเหนือผิวของเหลว ดิสชาร์จในของเหลว และดิสชาร์จไอของเหลว ในที่นี้จะขอกกล่าวถึงเฉพาะการดิสชาร์จเหนือผิวของเหลว เช่น สารละลายปุ๋ยในเตรท หรือของแข็งที่มีของเหลวปรากฏอยู่บนผิว เช่น เมล็ดพืช ผัก ผลไม้ เนื้อสัตว์ตัดแต่ง ความชื้นบนผิวหนัง ฯลฯ



รูปที่ 2.25 การดิสชาร์จเหนือผิวของเหลว อนุมูลพลาสมา อาทิ $\cdot\text{OH}$ O_3 NO_x แพร่ซึมผ่านผิวของเหลว

วิธีดิสชาร์จเหนือผิวของเหลว ดังรูปที่ 2.25 อาจใช้วิธี เจ็ทพลาสมา ดิสชาร์จโคโรนา ไกลดิงอาร์ค และดิสชาร์จข้ามฉนวน (DBD) ในการผลิตอนุมูล อาทิ อะตอมออกซิเจน (O) ไฮดรอกซิล ($\cdot\text{OH}$) โอโซน (O_3) ไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x) ก่อนที่อนุมูลพลาสมาเหล่านี้จะแพร่ซึมสู่ผิวด้านบนของเหลว แล้วจึงละลายในเนื้อของเหลว สำหรับเทคนิคพลาสมา DBD จะผลิตอนุมูลพลาสมาหลักๆคือ ไฮดรอกซิล ซึ่งมีอายุสั้นระดับนาโนวินาที เมื่ออนุมูลนี้แพร่ซึมห่างจากบริเวณที่เป็นสถานะพลาสมา จะรวมกลับเป็นอนุภาคที่มีอายุยาว อาทิ อนุมูลไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ เป็นรูปโมเลกุลเสถียร ทว่าพร้อมที่จะทำการออกซิไดซ์ต่อสารอินทรีย์ได้ ตัวอย่างลำดับกลไกการเกิดอนุมูลอิสระก่อนแพร่ซึมเป็นสารละลายพลาสมามีดังนี้



อนุมูลไฮดรอกซิล ($\cdot\text{OH}$) คือรูปที่เป็นกลาง (neutral form) ของไฮดรอกไซด์ไอออน (OH^-) โดยอนุมูลของไฮดรอกซิลมีความไวในการเกิดปฏิกิริยากับสารประกอบอินทรีย์สูงมาก (oxidation potential 2.8 V) โดยมีฤทธิ์ร่อนรองจากฟลูออรีน (F_2) จึงสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย เช่น การสลายสารประกอบอินทรีย์ การกำจัดจุลินทรีย์ก่อโรคทั้งของพืชและสัตว์ ประโยชน์ในทางชีววิทยาศาสตร์หลายด้าน เช่น การบำบัดน้ำเสีย การทำให้พื้นผิวไร้จุลินทรีย์ การสลายโมเลกุลสารอินทรีย์ปนเปื้อนข้อดีของการใช้อนุมูลไฮดรอกซิลคือ หากทำปฏิกิริยากับสารพิษ ผลที่ได้จะเป็นโมเลกุลสารที่ไม่เป็นพิษ เช่น น้ำ คาร์บอนไดออกไซด์ ไฮโดรเจน หรือ ออกซิเจน อย่างไรก็ตามปริมาณอนุมูลไฮดรอกซิลจากพลาสมาเย็นผลิตก๊าซหรือไอระเหย จึงมีความเข้มข้นต่ำกว่าในสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 3% ในห้องทดลองถึงเกือบหนึ่งพันเท่า (3% H_2O_2 มีความเข้มข้น 0.88 โมลาร์) ยกตัวอย่างผู้เขียนผลิตสารละลายพลาสมาจากอากาศ ใช้เวลา 60 นาที กำลังไฟฟ้า 45 วัตต์ ได้ความเข้มข้นไม่เกิน 1 มิลลิโมลาร์ แต่ด้วยวิธีดิสชาร์จเดียวกันนี้ยังสามารถผลิตสารละลายไนเตรทได้เข้มข้น 6 มิลลิโมลาร์ ซึ่งมากพอสำหรับพืชทั่วไปต้องการที่ 5 มิลลิโมลาร์

2.4.2 ศักยภาพในการเพิ่มอัตราการเติบโตพืช/สัตว์

การสร้างสภาวะพลาสมาเย็นความดันบรรยากาศ (atmospheric cold plasma) ที่จะผลิตอนุมูลไนโตรเจนจากก๊าซก่อนจะละลาย (dissolve) ละลายเป็นของเหลวไนเตรทเข้มข้น เรียกกระบวนการนี้ว่า การตรึงไนโตรเจนด้วยวิธีพลาสมา (plasma-assisted nitrogen fixation) โดยที่อนุมูลไนโตรเจนในพลาสมาเย็น ให้ผลลัพธ์ที่ละลายอยู่ในของเหลว อาทิ ไนเตรท (NO_3^-) และ ไนไตรท์ (NO_2^-) ซึ่งมีผลต่อการงอกและเจริญเติบโตของเมล็ดพืช งานวิจัยไฟฟ้าแรงดันสูงมีอิทธิพลต่อพืช สอดคล้องกับงานของ Solly, E. Dr. Mainbray of Edinburgh ในปีค.ศ. 1746 ได้ทดลองปล่อยประจุไฟฟ้าไปยังต้นไม้ myrtle ตลอดเดือนตุลาคม พบว่าสามารถกระตุ้นการออกดอกและการเจริญเติบโตของกิ่งก้านได้ยาวเพิ่มขึ้น 2-3 นิ้ว นอกจากนี้ ยังมีสำหรับการประยุกต์ใช้สนามแม่เหล็กไฟฟ้าในด้านการเกษตรได้ทำการศึกษาครั้งแรกเมื่อ ค.ศ. 1930 โดย Savostin [10] ได้รายงานเกี่ยวกับอิทธิพลของสนามแม่เหล็กส่งผลให้อัตราการงอกของรากยาวขึ้นกว่าเดิม เมื่อเร็วๆ นี้ ยังได้มีการค้นพบผลกระทบในแง่บวกว่าสนามแม่เหล็ก รั้งสี แสงเลเซอร์ และไมโครเวฟ สามารถเร่งการเจริญโตจากเมล็ดเป็นลำต้น กระตุ้นกระบวนการเผาผลาญอาหาร และกระบวนการทางโปรตีนของต้นพืช และเพิ่มปริมาณของคลอโรฟิลล์ (chlorophyll) เป็นต้น



รูปที่ 2.26 อนุมูลพลาสมาอากาศ แพร่ซึมผ่านเปลือกไข่ ยังผลต่อชีวเคมีของเซลล์ภายในไข่ฟัก

2.5 ถั่วเขียว (Mungbean) [12] [13]

จัดเป็นพืชที่นำส่วนของเมล็ดมาใช้ประโยชน์ในหลายด้าน ไม่ว่าจะเป็นการนำมาประกอบอาหารหรือของหวาน การแปรรูปเป็นวุ้นเส้น การเพาะเป็นถั่วงอก การนำไปผสมอาหารสัตว์ เป็นต้น ซึ่งปัจจุบันมีการปลูกมากในพื้นที่ต่างๆ ทั้งส่งเข้าโรงงานแปรรูป ส่งออกต่างประเทศ และนำมาจำหน่ายบริโภค



รูปที่ 2.27 ลักษณะโครงสร้าง ใบ ดอก ฝัก ของถั่วเขียว

2.5.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ราก ถั่วเขียวมีรากเป็นระบบรากแก้ว (Tap Root System) เหมือนกับถั่วเหลือง และมีรากแขนง (lateral root) เจริญแตกออกมาจากรากแก้ว รากของถั่วเขียวมักยังลึก และรากแขนงเยอะ ทำให้ถั่วเขียวเติบโตได้เร็วดินที่มีความชื้น บริเวณรากมักจะพบปมของเชื้อแบคทีเรียไรโซเบียม (*Rizobium spp.*) ทำหน้าที่ช่วยตรึงไนโตรเจน

ลำต้น ถั่วเขียวเป็นพืชล้มลุก มีลักษณะลำต้นตั้งตรง แตกกิ่งก้านเป็นพุ่ม ความสูงทรงพุ่ม ประมาณ 30-150 เซนติเมตร ซึ่งขึ้นอยู่กับพันธุ์ ลำต้นเป็นเหลี่ยม มีขนอ่อนปกคลุม ทั้งนี้ ถั่วเขียวบางสายพันธุ์อาจมีลักษณะลำต้นเลื้อย

ใบเลี้ยง (Cotyledon) เป็นใบแรกหลังการงอก ส่วนใบจริงคู่แรก (Unifoliate Leaves) ที่มี 2 ใบ เป็นใบที่เกิดจากใบเลี้ยง เมื่อโตสักระยะจะเป็นใบประกอบ 3 ใบ (Trifoliate Leaves) เกิดสลับบนต้น และใบหนึ่งๆจะประกอบด้วยใบย่อย (Leaflet) จำนวน 3 ใบ ก้านใบ (Petiole) บริเวณฐานมีหูใบ (Stipule) 2 อัน

ดอก ดอกมีลักษณะเป็นช่อ (Inflorescence) เกิดขึ้นบริเวณมุมใบด้านบนบริเวณปลายยอด และกิ่งก้าน ช่อดอกประกอบด้วยก้านดอก (Peduncle) ยาว 2-13 เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1 เซนติเมตร ดอกเกิดเป็นกลุ่ม จำนวนดอกประมาณ 10-15 ดอก สีดอกมีหลายสี เช่น สีเหลือง สีขาว และสีม่วง

ฝัก และเมล็ด ฝักมีลักษณะกลมยาว สีเขียว ปลายโค้งงอเล็กน้อย โดยเฉพาะถั่วเขียวผิวมัน ส่วนถั่วเขียวผิวดำฝักจะตรง และสั้นกว่าถั่วเขียวผิวมัน เมื่อแก่จะมีสีน้ำตาลจนถึงสีดำตามอายุ และขึ้นอยู่กับพันธุ์ ฝักจะมีเมล็ดประมาณ 10-15 เมล็ด 100 เมล็ด หนักประมาณ 2-8 กรัม ขึ้นอยู่กับพันธุ์



รูปที่ 2.28 ลักษณะฝักของถั่วเขียว

2.5.2 ชนิดของถั่วเขียวในประเทศไทย

ชนิดของถั่วเขียวในประเทศไทย แบ่งตามลักษณะเปลือกเป็น 4 ชนิด คือ

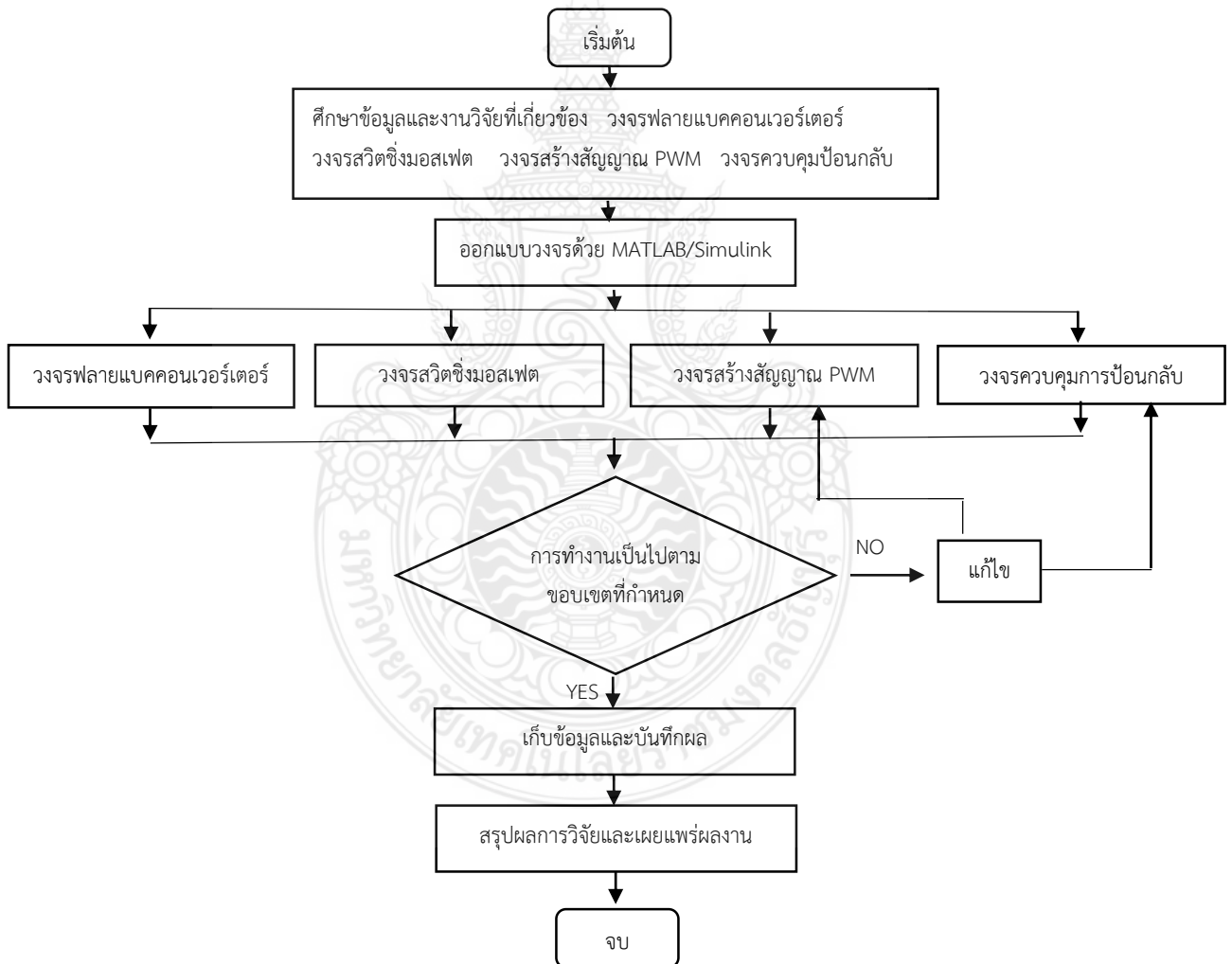
1. ถั่วเขียวเมล็ดมัน เป็นถั่วเขียวที่มีลักษณะเมล็ดสีเขียวมีมันวาว ฝักเมื่อแก่จะลักษณะสี 2 สี ตามสายพันธุ์ คือ พันธุ์อุทอง ฝักมีสีดำ และพันธุ์พื้นเมืองฝักขาว ฝักมีสีขาวนวล
2. ถั่วเขียวธรรมดา หรือถั่วเขียวเมล็ดด้าน เป็นถั่วเขียวที่มีสีเขียว มีลักษณะเมล็ดด้าน
3. ถั่วเขียวสีทอง มีลักษณะคล้ายกับถั่วเขียวผิวมัน และถั่วเขียวธรรมดา แต่เมล็ดมีสีเขียวอมเหลือง มีทั้งลักษณะเมล็ดด้าน และเมล็ดมัน
4. ถั่วเขียวผิวดำ เป็นถั่วเขียวที่มีลักษณะเมล็ดคล้ายกับถั่วเขียวธรรมดา แต่ต่างจากถั่วเขียวธรรมดาคือ ลำต้นมีทรงพุ่มใหญ่ และแตกกิ่งก้านมากกว่า บางพันธุ์อาจมีลักษณะยอดเลื้อยพันกัน ใบหนา ลำต้นมีขนปกคลุม ลักษณะก้านใบ และฝักหนากว่า ดอกออกสีเขียวอมเหลือง ฝักป้อมสั้นกว่า เมล็ดมีสีดำมีขนาดปานกลาง อายุเก็บเกี่ยวในช่วง 80-90 วัน



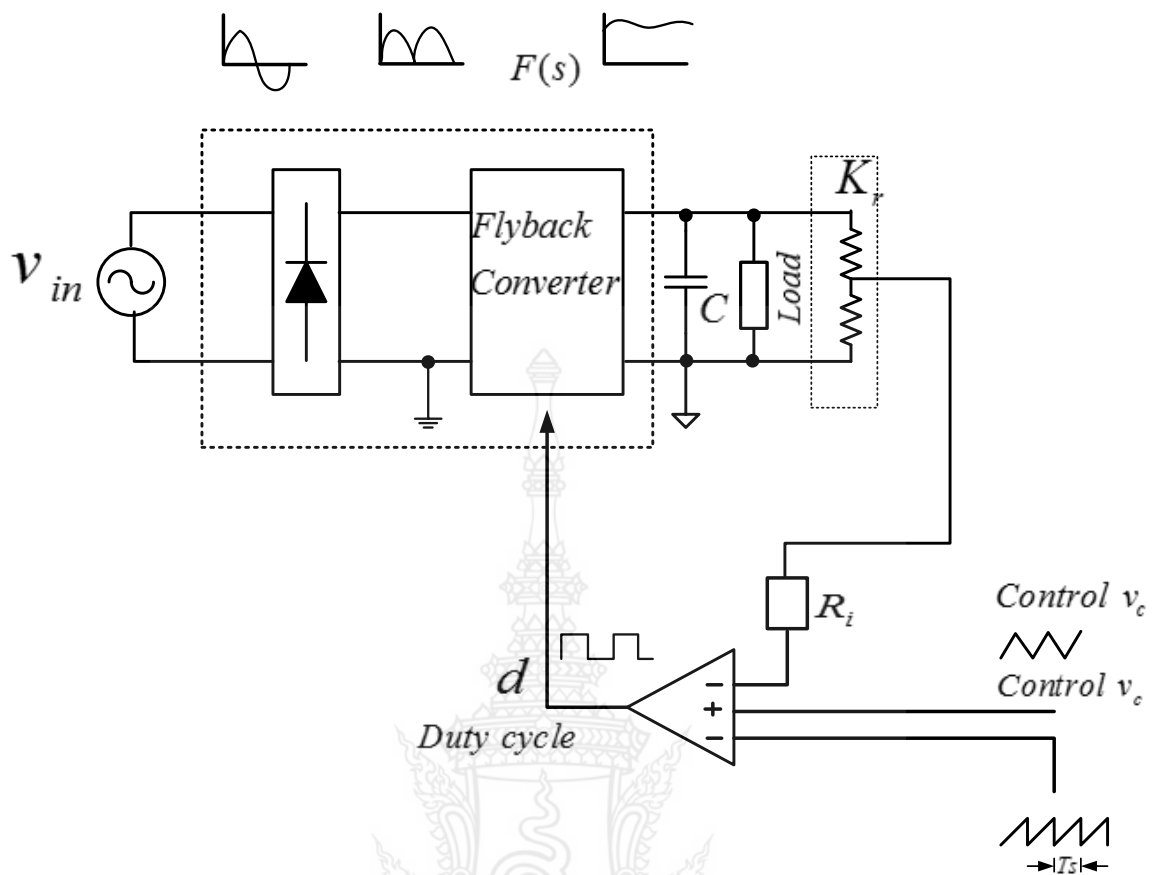
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย

ขั้นตอนการศึกษาการวิจัยเรื่อง การสร้างพลาสมาเย็นสำหรับประยุกต์ในงานเกษตรกรรม (Cool Plasma Generation for Agriculture Applications) การวิจัยในครั้งนี้ได้กำหนดเป้าหมายโดยแบ่งการดำเนินงานด้วยการออกแบบวงจรด้วย MATLAB/Simulink โดยมีวงจรดังต่อไปนี้

- 3.1 วงจรฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์
- 3.2 การออกแบบในการวิจัยทดสอบเครื่องพลาสมา



รูปที่ 3.1 แผนผังการดำเนินการวิจัย



รูปที่ 3.2 ขั้นตอนการทำงานของวงจรฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์

3.1 วงจรฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์

3.1.1 โครงสร้างการทำงานของวงจรฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์ โดยมีวงจรการออกแบบดังต่อไปนี้

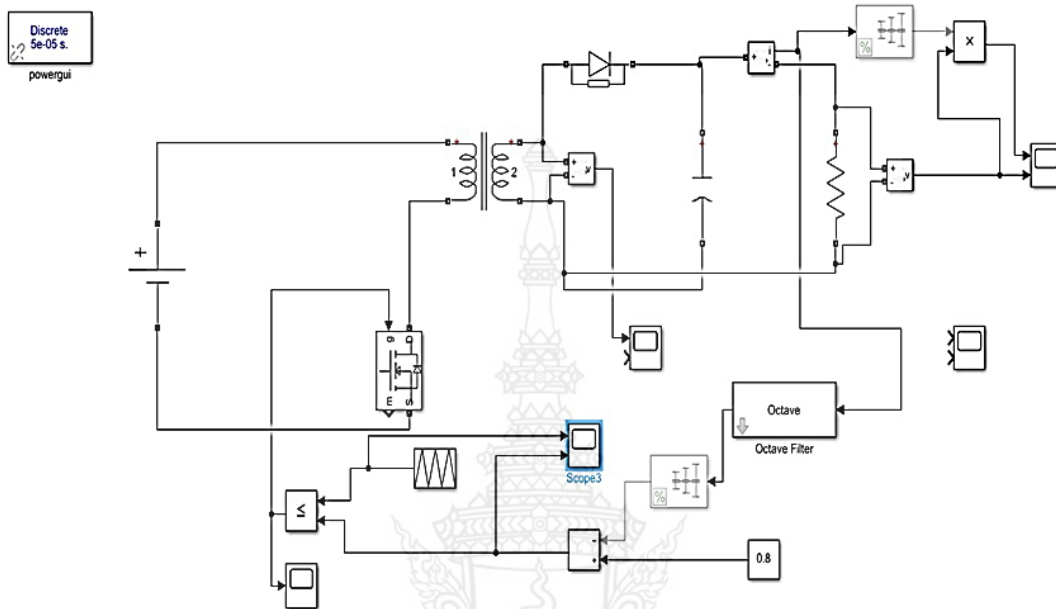
1. วงจรฟิลเตอร์และวงจรเรียงกระแส
2. วงจรฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์
3. วงจรสวิตชิงมอสเฟต
4. วงจรสร้างสัญญาณพัลส์วิตช์มอดูเลชั่น
5. วงจรควบคุมการป้อนกลับ

3.1.2 การออกแบบวงจรด้วย MATLAB/Simulink โดยมีวงจรการออกแบบดังต่อไปนี้

1. วงจรฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์
2. วงจรสวิตชิงมอสเฟต
3. วงจรสร้างสัญญาณพัลส์วิตช์มอดูเลชั่น
4. วงจรควบคุมการป้อนกลับ

3.1.3 ขั้นตอนและวิธีการทดสอบ

1. การออกแบบวงจรฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์ ดังรูปที่ 3.3

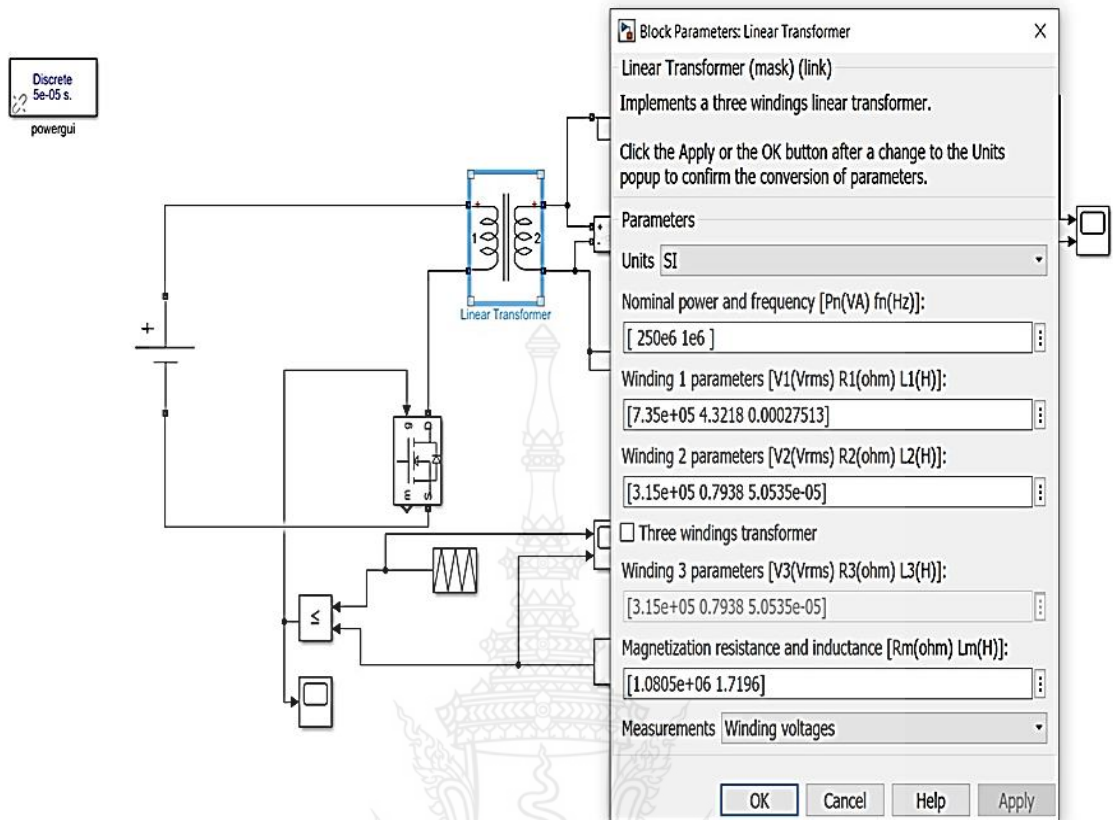


รูปที่ 3.3 การออกแบบวงจรฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์ ด้วย MATLAB/Simulink

2. กำหนดค่าพารามิเตอร์หม้อแปลงในวงจร MATLAB/Simulink ดังตารางที่ 3.1 และรูปที่ 3.4

พารามิเตอร์หม้อแปลง	ค่าพารามิเตอร์
nominal power and frequency [Pn(VA) fn(Hz)	[250e6 1e6]
winding 1 parameter [V1 (Vrms) R1(Ohm) L1(H)	[7.35e+05 4.3218 0.00027513]
winding 2 parameter [V2 (Vrms) R2(Ohm) L2(H)	[3.1e+05 0.7938 5.0535e-0.5]
Magnetizationresistance and inductance Rm(Ohm) Lm(H)	[1.0815e+06 1.7196]

ตารางที่ 3.1 ค่าพารามิเตอร์ในการกำหนดออกแบบหม้อแปลง

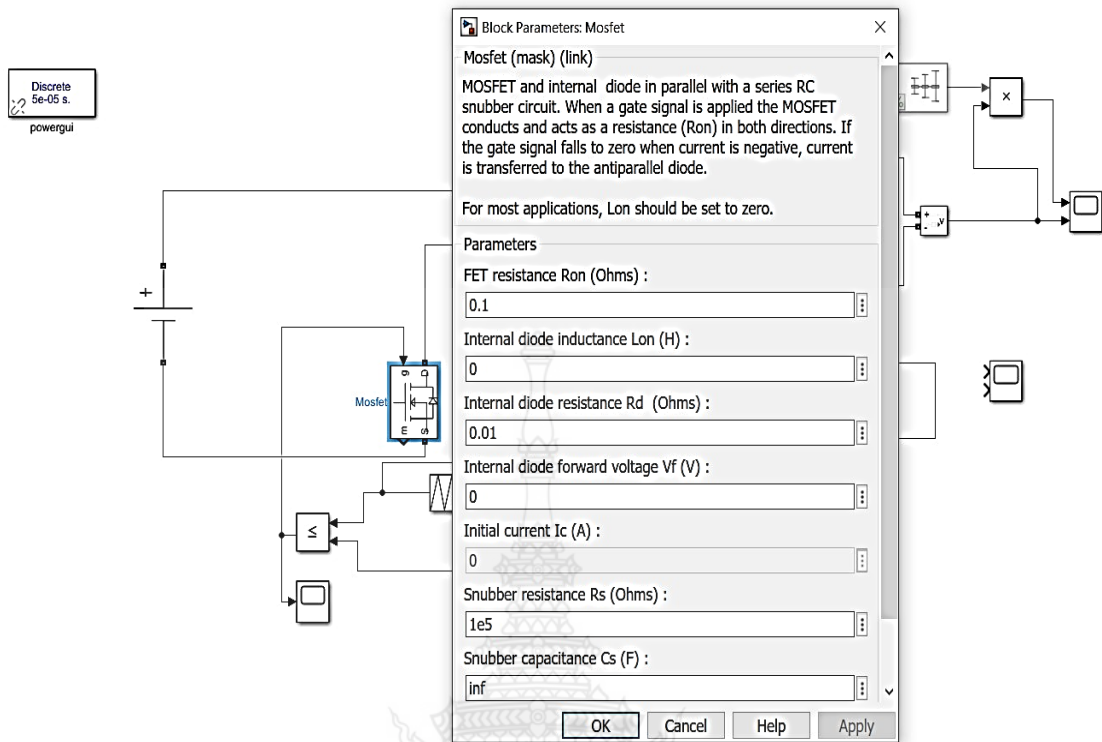


รูปที่ 3.4 กำหนดค่าพารามิเตอร์หม้อแปลงในวงจร MATLAB /Simulink

3. กำหนดค่า block parameter มอสเฟต ในวงจร MATLAB /Simulink ดังตารางที่ 3.2 และรูปที่ 3.5

block parameter มอสเฟต	ค่า block parameter มอสเฟต
FET Resistance Ron (Ohms)	[0.1]
Internal Diode Inductance Lon(H)	[0]
Internal Diode Resistance Rd (Ohms)	[0.01]
Internal Diode forward Voltage Vf(V)	[0]
snupper Resistanc Rs (Ohms)	[1e5]
snubber Capacitance Cs (F)	[inf]

ตารางที่ 3.2 ค่าพารามิเตอร์ในการกำหนดออกแบบ block parameter มอสเฟต

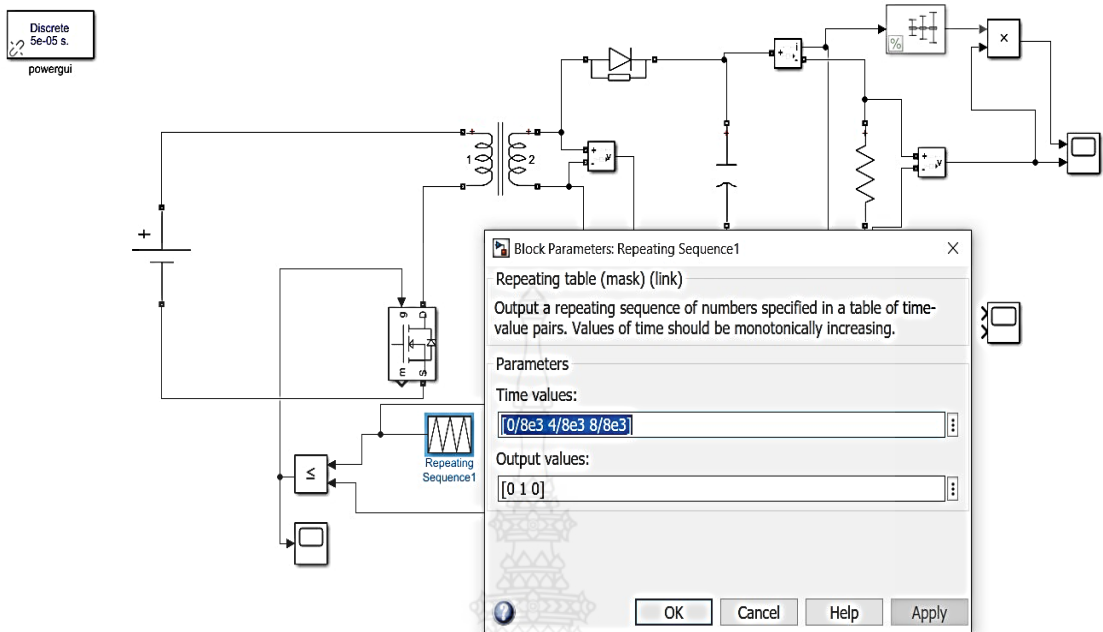


รูปที่ 3.5 กำหนดค่า block parameter มอสเฟต ในวงจร MATLAB /Simulink

4. กำหนดค่า block parameter repeating Sequence ในวงจร MATLAB /Simulink ดังตารางที่ 3.3 และรูปที่ 3.6

block parameter repeating Sequence	ค่า block parameter repeating Sequence
Time values	[0/8e3 4/8e3 8/8e3]
output value	[0 1 0]

ตารางที่ 3.3 ค่าพารามิเตอร์ในการกำหนดออกแบบ block parameter repeating Sequence

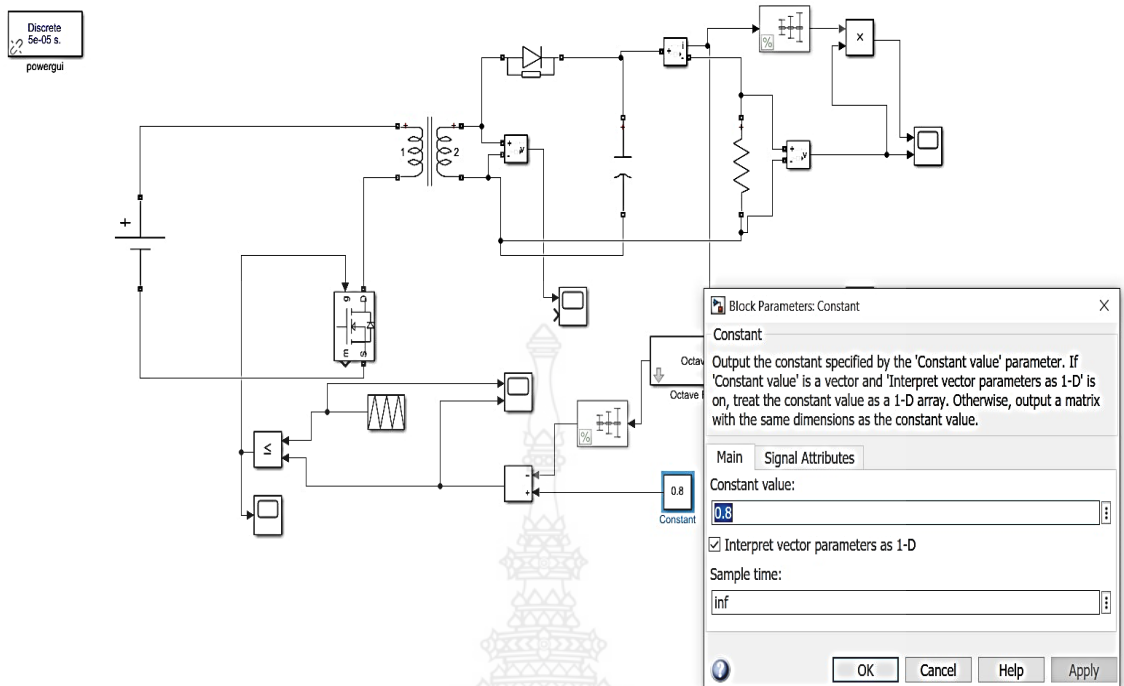


รูปที่ 3.6 กำหนดค่า block parameter repeating Sequence ในวงจร MATLAB /Simulink

5. กำหนดค่า block parameter constant ในวงจร MATLAB /Simulink ดังตารางที่ 3.4 และรูปที่ 3.7

พารามิเตอร์ block parameter constant	ค่า block parameter constant
Constant value	[0.8]
Interpret vector parameters as 1-D	[inf]
Sample time	

ตารางที่ 3.4 ค่าพารามิเตอร์ในการกำหนดออกแบบ block parameter constant

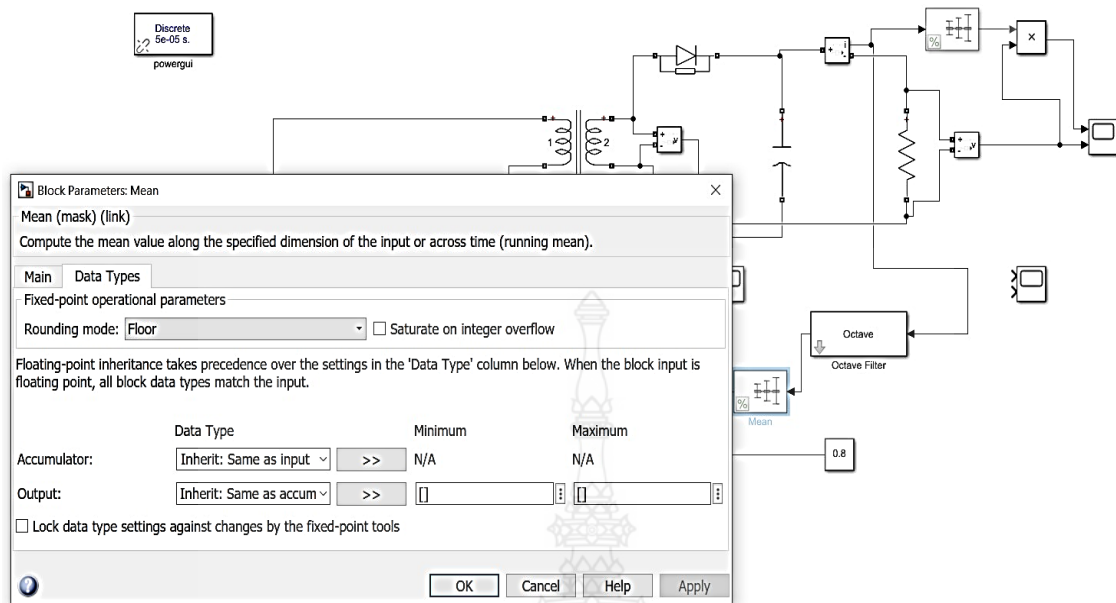


รูปที่ 3.7 กำหนดค่า block parameter constant ในวงจร MATLAB /Simulink

6. กำหนดค่า block parameter Mean ในวงจร MATLAB /Simulink ดังตารางที่ 3.5 และรูปที่ 3.8

พารามิเตอร์ block parameter Mean	ค่าblock parameter Mean
Accmulator Data type	Inherit: Same as input
Output	Inherit: Same as accum
Minimum	N/A , [0]
Maximum	N/A , [0]

ตารางที่ 3.5 ค่าพารามิเตอร์ในการกำหนดออกแบบ ค่า block parameter Mean

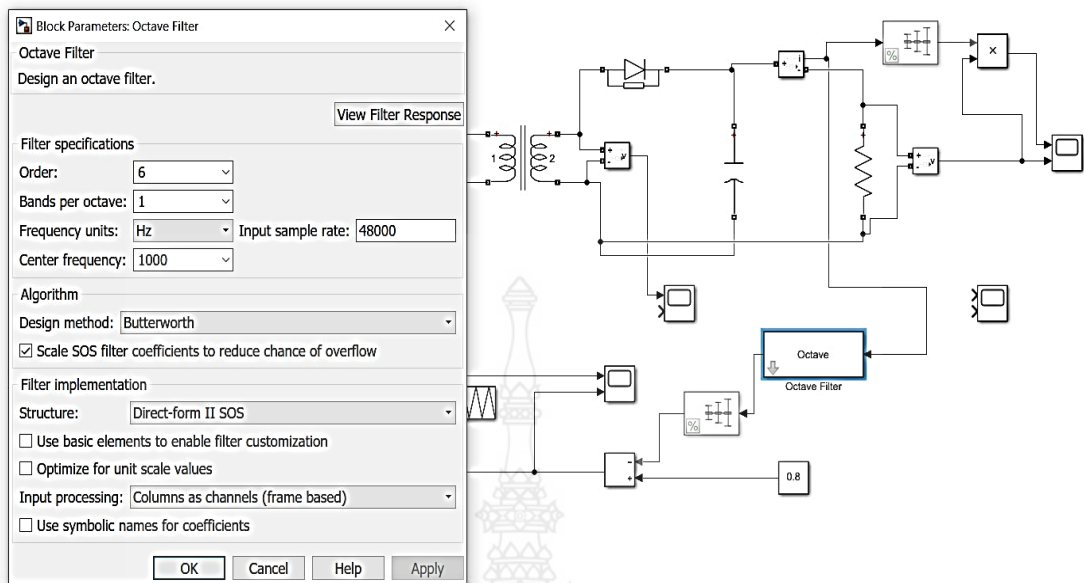


รูปที่ 3.8 กำหนดค่า block parameter Mean ในวงจร MATLAB /Simulink

7. กำหนดค่า block parameter: Octave Filter ในวงจร MATLAB /Simulink ดังตารางที่ 3.6 และรูปที่ 3.9

พารามิเตอร์ block parameter: Octave Filter	ค่า block parameter: Octave Filter
Fliter specifications , Order	6
Bands per octave	1
Frequency unit	Hz
Center frequency	1000
Input sample rate	48000
Algorithm	
Design method:	Betterworth
Fliter implementation	
Structure:	Direct-from II SOS
Direct-from II SOS	Columns as channel (frame based)

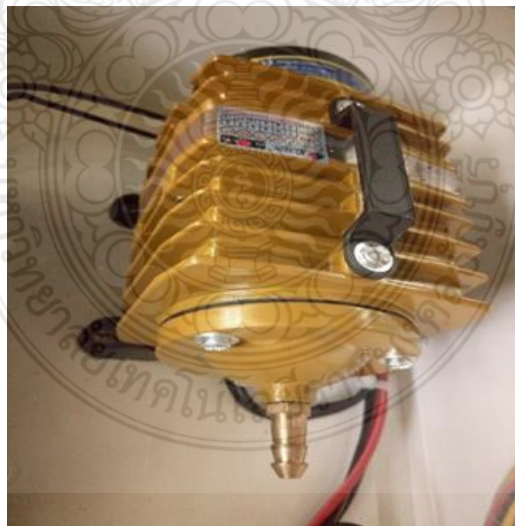
ตารางที่ 3.6 ค่าพารามิเตอร์ในการกำหนดออกแบบ block parameter: Octave Filter



รูปที่ 3.9 กำหนดค่า block parameter: Octave Filter ในวงจร MATLAB /Simulink

3.2 การออกแบบในการวิจัยทดสอบเครื่องพลาสมา

3.2.1 ขั้นตอนออกแบบจัดอุปกรณ์ภายในและนอกตู้ควบคุม



รูปที่ 3.10 ปี่ลมออกซิเจน 30 L/mim

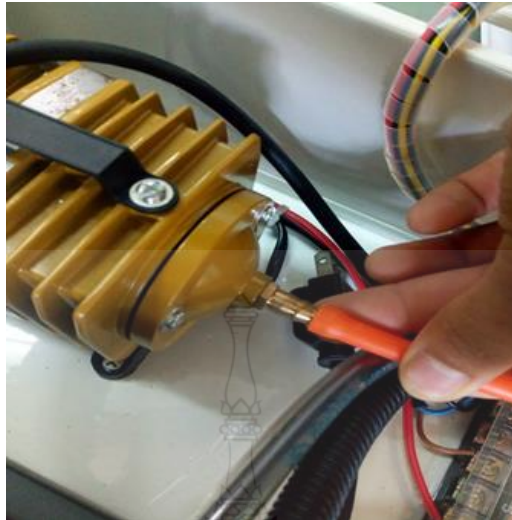


รูปที่ 3.11 การวางเครื่องแปลงไฟฟ้า



รูปที่ 3.12 ตัวปรับแรงดันลม

3.2.2 การประกอบชิ้นส่วนของผลงาน



รูปที่ 3.13 การต่อป้อนลมออกซีเจนเข้าสายลม



รูปที่ 3.14 การต่อสายไฟเข้ากับหลอดโซ่สถานะและสวิตช์ เปิด/ปิด



รูปที่ 3.15 ปลายอิลีกโทรดพลาสมา

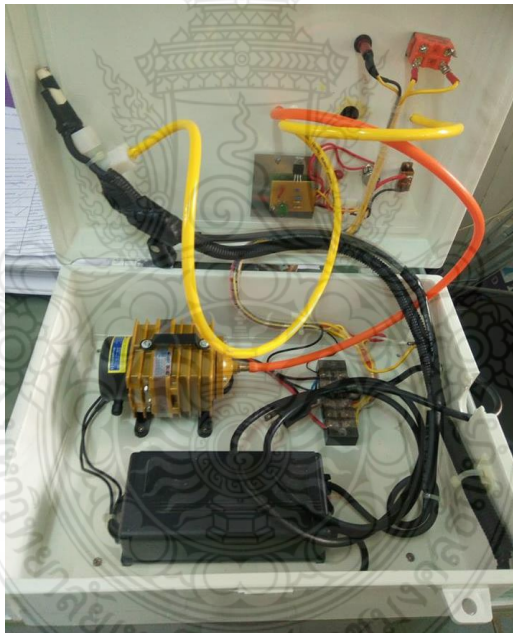


รูปที่ 3.16 หลอดโซ้วสถานะและสวิตช์ เปิด/ปิด หน้าตู้ควบคุม

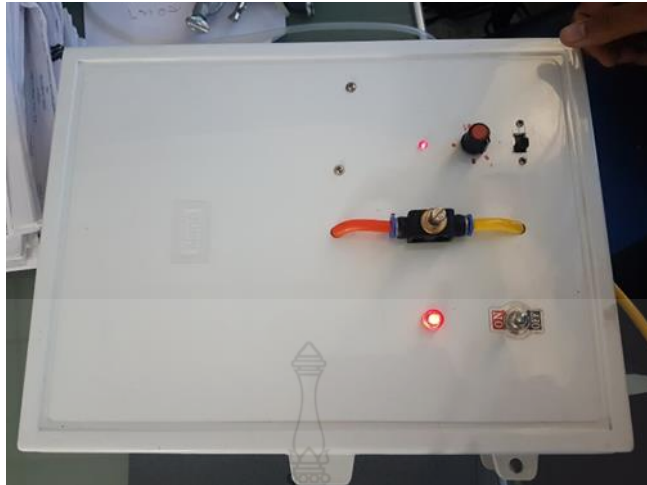


รูปที่ 3.17 ชุดปรับแรงดันไฟฟ้า

3.2.3 การทดสอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลาสมา



รูปที่ 3.18 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลาสมา



รูปที่ 3.19 เริ่มเปิดใช้งานเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลาสมา



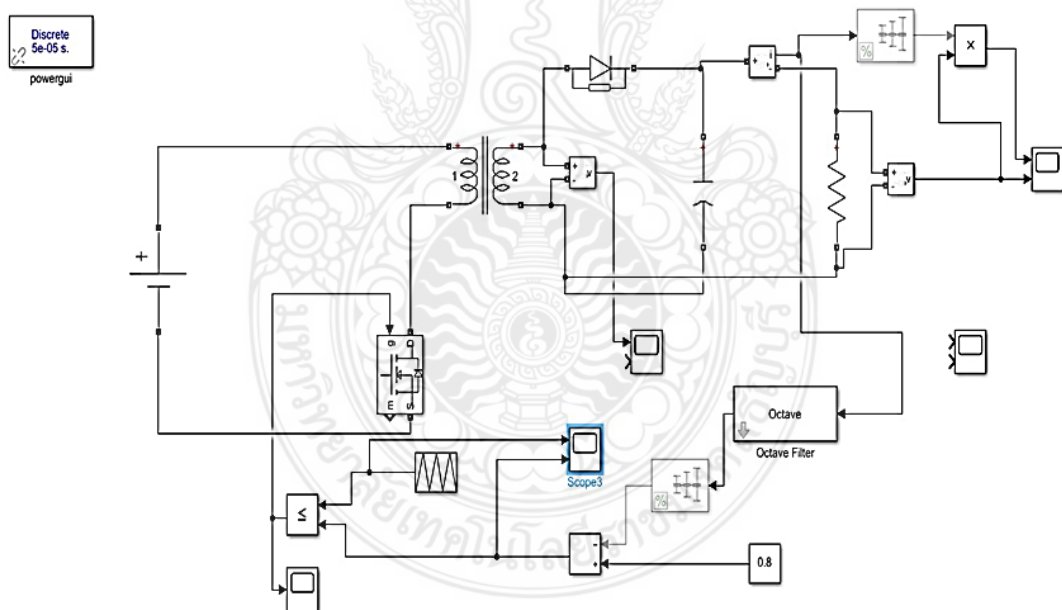
รูปที่ 3.20 การเกิดพลาสมาปลายอิเล็กโทรด

บทที่ 4 ผลการดำเนินการวิจัย

จากการศึกษาการวิจัย เรื่อง การสร้างพลาสมาเย็นสำหรับประยุกต์ในงานเกษตรกรรม (Cool Plasma Generation for Agriculture Applications) สามารถแสดงผลการวิจัยและวิเคราะห์ข้อมูล ได้ 2 แบบ 1. ผลการจำลองวงจรฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์ ด้วยโปรแกรม MATLAB / Simulink 2. การนำเครื่องกำเนิดพลาสมา ทดลองเพื่อวิจัยกับถั่วเขียวเพาะปลูกเป็นถั่วงอกโดยใช้เครื่องกำเนิดพลาสมาเย็น ฟันในเมล็ดถั่วเขียวและด้วยระดับแรงดันต่าง ๆ 3 ระดับด้วยการสังเกตการเจริญเติบโต

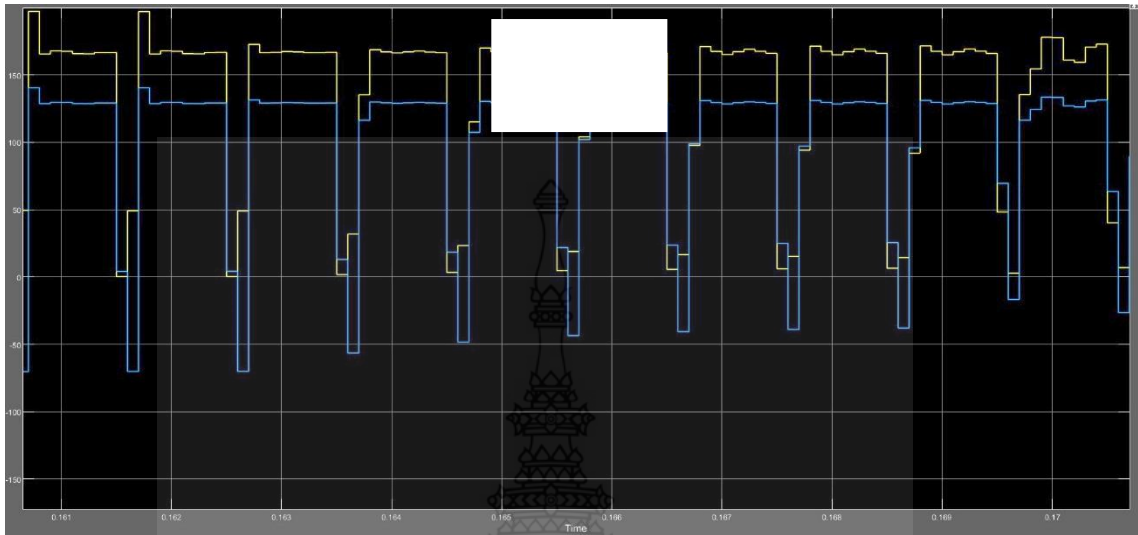
4.1 ผลการวิจัยจำลองวงจรฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์ ด้วยโปรแกรม MATLAB / Simulink

4.1.1 วงจรฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์ (Fly back Converter)



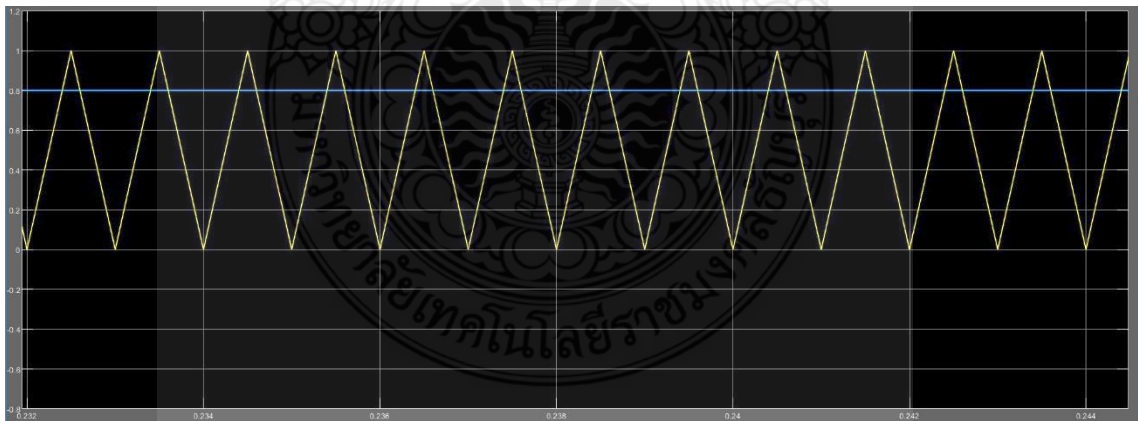
รูปที่ 4.1 การออกแบบวงจรฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์ ด้วย MATLAB/Simulink

4.1.2 ผลการจำลองกำลังไฟฟ้าด้านเอาต์พุตวงจรฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์



รูปที่ 4.2 รูปคลื่นของกำลังไฟฟ้าของด้านเอาต์พุตวงจรฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์

4.1.3 สัญญาณสามเหลี่ยมเพื่อสร้างพัลส์วิดท์มอดูเลชั่น (PWM : Pulse width Modulation) ในการนำไปใช้ในวงจรฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์ (Fly back Converter)



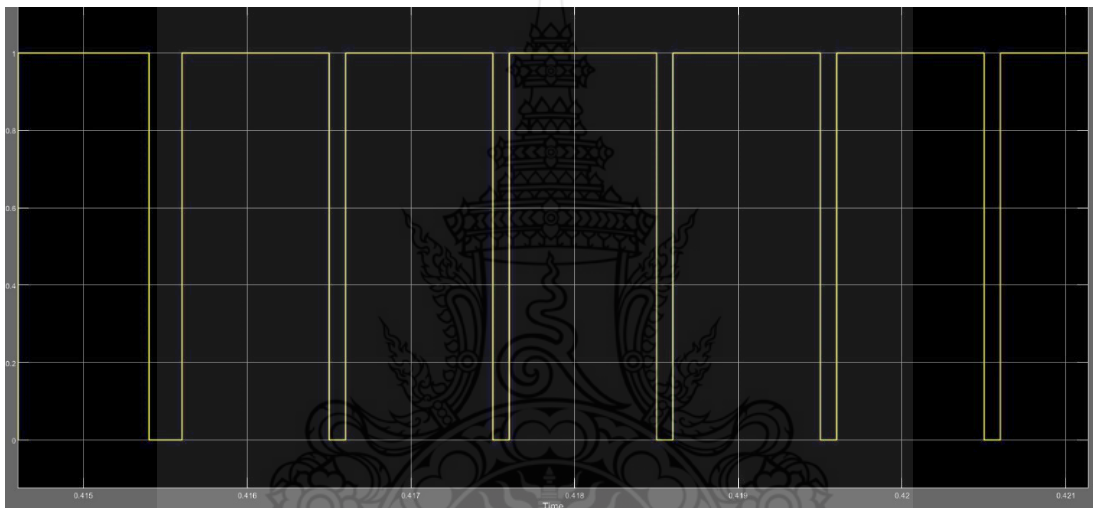
รูปที่ 4.3 รูปคลื่นสัญญาณสามเหลี่ยมเพื่อสร้างพัลส์วิดท์มอดูเลชั่น (PWM : Pulse width Modulation)

จากรูปที่ 4.3 ได้ผลจากการกำหนดค่า block parameter constant ในวงจร MATLAB /Simulink ดังตารางที่ 4.1 และรูปที่ 3.7

พารามิเตอร์ block parameter constant	ค่า block parameter constant
Constant value	[0.8]
Interpret vector parameters as 1-D Sample time	[inf]

ตารางที่ 4.1 ค่าพารามิเตอร์ในการกำหนดออกแบบ block parameter constant

4.1.4 สัญญาณรูปคลื่นสี่เหลี่ยมเพื่อเป็นสวิตซ์ซิงมอสเฟต



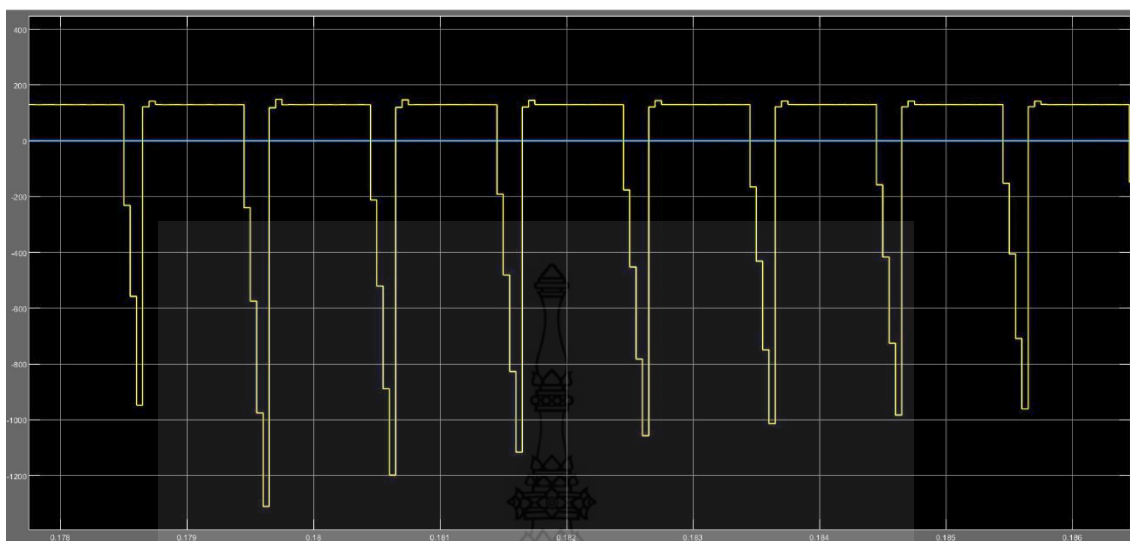
รูปที่ 4.4 สัญญาณรูปคลื่นสี่เหลี่ยมเพื่อเป็นสวิตซ์ซิงมอสเฟต

จากรูป 4.4 ได้กำหนดค่า block parameter มอสเฟต ในวงจร MATLAB /Simulink ดังต่อไปนี้

block parameter มอสเฟต	ค่า block parameter มอสเฟต
FET Resistance Ron (Ohms)	[0.1]
Internal Diode Inductance Lon(H)	[0]
Internal Diode Resistance Rd (Ohms)	[0.01]
Internal Diode forward Voltage Vf(V)	[0]
snubber Resistanc Rs (Ohms)	[1e5]
snubber Capacitance Cs (F)	[inf]

ตารางที่ 4.2 ค่าพารามิเตอร์ในการกำหนดออกแบบ block parameter มอสเฟต

4.1.5 แรงดันไฟฟ้าทางด้านขดลวดทุติยภูมิของหม้อแปลงในวงจรพลาเยแบคคอนเวอร์เตอร์



รูปที่ 4.5 แรงดันไฟฟ้าทางด้านขดลวดทุติยภูมิของหม้อแปลงในวงจรพลาเยแบคคอนเวอร์เตอร์

จากรูปที่ 4.5 รูปคลื่นจากการกำหนดค่าพารามิเตอร์หม้อแปลงในวงจร MATLAB /Simulink ดังนี้

พารามิเตอร์หม้อแปลง	ค่าพารามิเตอร์
nominal power and frequency [Pn(VA) fn(Hz)	[250e6 1e6]
winding 1 parameter [V1 (Vrms) R1(Ohm) L1(H)	+05 4.3218 0.00027513]
winding 2 parameter [V2 (Vrms) R2(Ohm) L2(H)	[3.1e+05 0.7938 5.0535e-0.5]
magnetizationresistance and inductance Rm(Ohm) Lm(H)	[1.0815e+06 1.7196]

ตารางที่ 4.3 ค่าพารามิเตอร์ในการกำหนดออกแบบหม้อแปลง

4.2 ข้อมูลจากผลการวิจัยด้านประสิทธิภาพ

การทดสอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลาสมาเย็น จากการทดลองการกระตุ้นเจริญเติบโตของถั่วเขียวในการเพาะเป็นถั่วงอก อันดับแรกเตรียมภาชนะในการเพาะถั่วงอกเป็นตะแกรงขนาด กว้าง 9 เซนติเมตร ยาว 11 เซนติเมตร สูง 5 เซนติเมตร จำนวน 9 ใบแต่ละใบจะใส่เมล็ดถั่วเขียว น้ำหนัก 100 กรัมเท่า ๆ กัน ก่อนการทดลองจะแช่เมล็ดถั่วเขียวในน้ำรวมกันเป็นเวลา 3 ชั่วโมง วิธีการทดลองจะแบ่งออกเป็น 3 แบบ แต่ละแบบจะมีภาชนะบรรจุเมล็ดถั่วเขียวอย่างละ 3 ใบ แบบที่ 1) การเพาะถั่วงอกแบบปกติ แบบที่ 2) ฟ่นพลาสมา จำนวน 1 ครั้งต่อหนึ่งภาชนะ ด้วย ระดับแรงดันไฟฟ้าขนาด 5 กิโลโวลต์ ระดับแรงดัน 10 กิโลโวลต์ และ 15 กิโลโวลต์ 3) ฟ่นพลาสมา จำนวน 2 ครั้งต่อหนึ่ง

ภาชนะในวันแรกเริ่มเพาะและวันถัดไป ด้วยระดับแรงดันไฟฟ้าขนาด 5 กิโลโวลต์ ระดับแรงดัน 10 กิโลโวลต์ และ 15 กิโลโวลต์ ตามลำดับ รวมการทดลอง 4 วัน

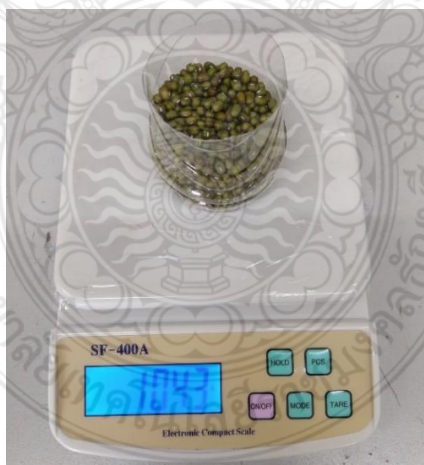
4.3 ขั้นตอนดำเนินการวิจัย

4.3.1 คัดเลือกเมล็ดถั่วเขียวเพื่อเตรียมการวิจัย



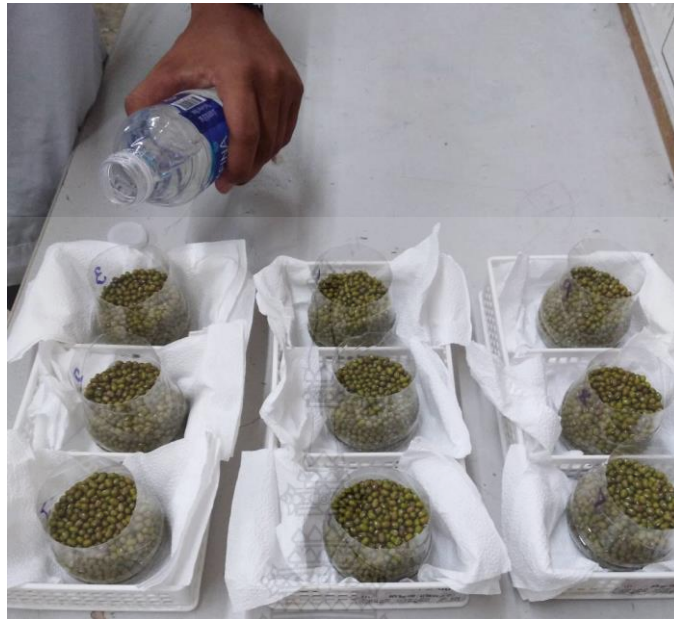
รูปที่ 4.6 เมล็ดถั่วเขียวเพื่อการทดสอบวิจัย

4.3.2 ชั่งน้ำหนักถั่วเขียวจำนวน 100 กรัม เท่า ๆ กัน



รูปที่ 4.7 การชั่งน้ำหนักของเมล็ดถั่วเขียว

4.3.3 นำถั่วเขียวแช่น้ำ จำนวน 3 ชั่วโมง

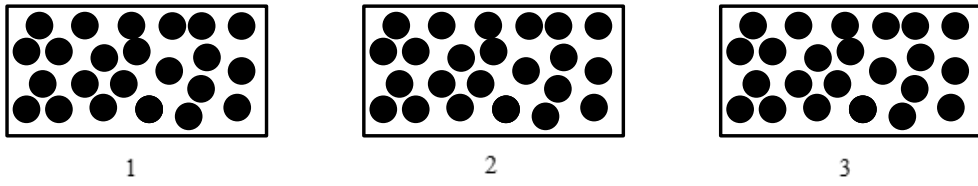


รูปที่ 4.8 แช่น้ำถั่วเขียวจำนวน 3 ชั่วโมง

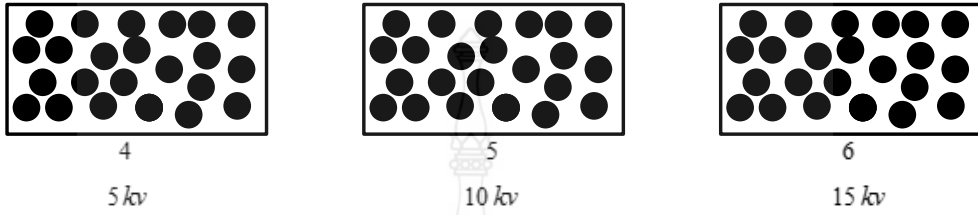
4.3.4 บรรจุถั่วเขียวลงในตะแกรง จำนวน 9 ใบ พร้อมการใช้พลาสติกมาพันด้วยกัน 3 วิธี โดยมีเงื่อนไข ดังนี้

1. วิธีที่ 1 ตะแกรงที่ 1- 3 เป็นการทดลองเพาะถั่วเขียวแบบปกติ
2. วิธีที่ 2 ตะแกรงที่ 4 - 6 เป็นการทดลองเพาะถั่วเขียวแบบใช้พลาสติกมา พัน จำนวน 1 ครั้งก่อนเพาะปลูก ดังนี้ ตะแกรงที่ 4 พันด้วยแรงดัน 5 กิโลวัตต์ ตะแกรงที่ 5 พันด้วยแรงดัน 10 กิโลวัตต์ และตะแกรงที่ 6 พันด้วยแรงดัน 15 กิโลวัตต์ ตามลำดับ
3. วิธีที่ 3 ตะแกรงที่ 7 - 9 เป็นการทดลองเพาะถั่วเขียวแบบใช้พลาสติกมา พัน จำนวน 2 ครั้งก่อนเพาะปลูก จำนวน 1 ครั้ง และผ่านไป 1 วัน พันพลาสติกมาอีก 1 ครั้ง ดังนี้ตะแกรงที่ 7 พัน ด้วยแรงดัน 5 กิโลวัตต์ ตะแกรงที่ 8 พันด้วยแรงดัน 10 กิโลวัตต์ และตะแกรงที่ 9 พันด้วยแรงดัน 15 กิโลวัตต์

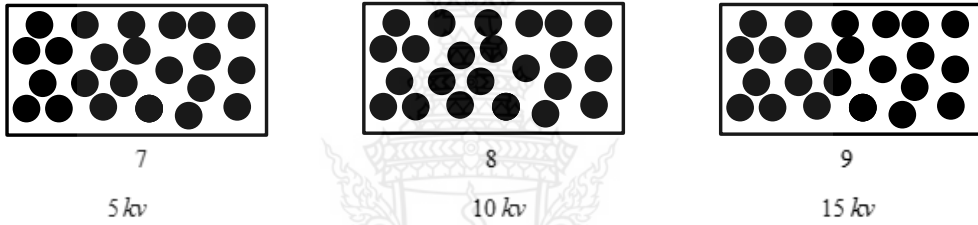
Type 1 is normal bean sprouts cultivation.



Type 2 is to spray the plasma 1 time per container



Type 3 sprays the plasma 2 times per container



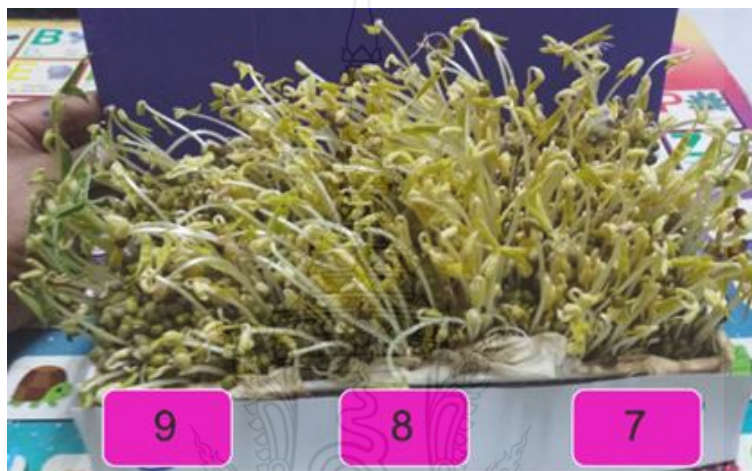
รูปที่ 4.9 วิธีการทดสอบวิจัยการพ่นพลาสมาบนถั่วเขียว



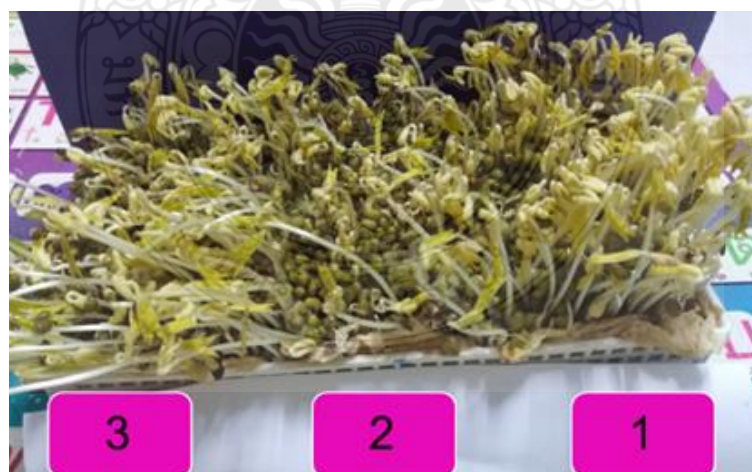
รูปที่ 4.10 การพ่นพลาสมาจริงบนถั่วเขียวด้วยแต่ละวิธี

4.4 ผลการดำเนินการวิจัย

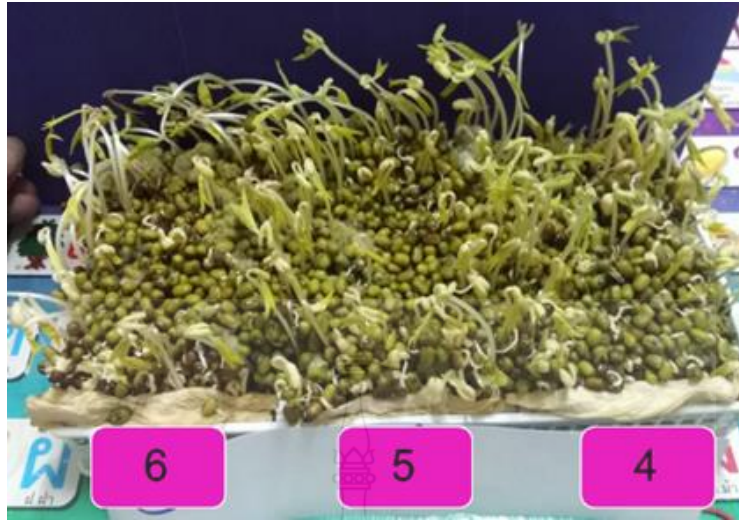
ผลการทดสอบวิจัย ระดับความเจริญเติบโตของถั่วงอกในภาชนะแต่ละตะแกรง จากการทดลองเพาะปลูก จำนวน 4 วัน เรียงตามลำดับจากความเจริญเติบโตมากที่สุดไปน้อยสุดคือ อันดับ 1 การพ่นพลาสมาจำนวน 2 ครั้งด้วยแรงดันไฟฟ้าที่ 10 กิโลโวลต์ อันดับ 2 การพ่นพลาสมา 2 ครั้ง ด้วยแรงดันไฟฟ้า 15 กิโลโวลต์ อันดับ 3 การเพาะถั่วงอกแบบปกติทั้ง 3 ตะแกรง อันดับ 5 การพ่นพลาสมาจำนวน 1 ครั้ง ด้วยระดับแรงดันไฟฟ้า ตั้งแต่ 5-15 กิโลโวลต์ และความเจริญเติบโตช้ากว่าการเพาะถั่วงอกแบบอื่น ๆ



รูปที่ 4.11 การเจริญเติบโตอันดับที่ 1 ตะแกรงที่ 8 ด้วยการพ่นพลาสมา 2 ครั้งที่แรงดัน 10 กิโลโวลต์



รูปที่ 4.12 การเจริญเติบโตอันดับที่ 3 ตะแกรงที่ 1-3 ของการเพาะถั่วงอกแบบปกติ



รูปที่ 4.13 การเจริญเติบโตสูงสุด ของการเพาะถั่วงอกวิธีที่ 2 ของตะแกรงที่ 4-6



บทที่ 5

สรุปอภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

ในการวิจัยเรื่องในการศึกษาการวิจัย เรื่อง การสร้างพลาสมาเย็นสำหรับประยุกต์ในงานเกษตรกรรม (Cool Plasma Generation for Agriculture Applications) การวิจัยในครั้งนี้ ผู้ศึกษามีวัตถุประสงค์ของการวิจัยเพื่อศึกษาหาประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดพลาสมาด้วยวงจรพลาสมาแบบคอนเวอร์เตอร์เทียบค่าผลทางการจำลองด้วยโปรแกรม MATLAB / Simulink เพื่อสร้างแรงดันสูงนำไปกำเนิดพลาสมาแบบเย็น การกำเนิดพลาสมาเย็นความดันบรรยากาศ (cold/low-atmospheric pressure plasmas) คือ พลาสมาที่สามารถผลิตขึ้นในความดันบรรยากาศ (1 atm) และมีอุณหภูมิของพลาสมา ณ ขณะที่สัมผัสกับพื้นผิวใดๆ โดยเฉพาะผิวชีวภาพ ไม่เกิน 40 °C [11] เพื่อหลีกเลี่ยงอันตรายที่เกิดจากความร้อน การผลิตพลาสมาเย็นนี้ในทางปฏิบัติทำได้โดยใช้สนามไฟฟ้าแรงอเล็กตรอนให้มีพลังงานสูงมากพอและเข้าชนอะตอมหรือโมเลกุลของก๊าซแล้วทำให้ก๊าซเหล่านี้เกิดการแตกตัว (discharge) โดยที่อุณหภูมิของไอออนหรือกลุ่มก๊าซยังคงมีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิห้อง ซึ่งโดยมากแล้วการผลิตพลาสมาเย็นจะใช้ก๊าซทำงานหรือก๊าซที่ป้อน (working or feed gas) เป็นก๊าซฮีเลียม (He) อาร์กอน (Ar) ไนโตรเจน (N₂) หรือก๊าซผสมระหว่างก๊าซเหล่านี้กับก๊าซออกซิเจน (O₂) อากาศ หรือไอน้ำ ในปริมาณเพียงเล็กน้อย [12,13] เพื่อให้ได้พลาสมาเย็นที่มีความหนาแน่นเพียงพอและมีอุณหภูมิต่ำ ใช้ประโยชน์ในการเร่งการเจริญเติบโตและการทำลายแบคทีเรียในพืช ปัจจัยสำคัญในการใช้พลาสมาในพืช เช่น การเร่งการเจริญเติบโต การฆ่าเชื้อราต่าง ๆ ก่อนการเตรียมเมล็ดพืชในการเพาะปลูก หรือการย่อยสลายของสารเคมีที่เกษตรกรใช้เพื่อดูแลพืชที่ปลูก สารพิษย่อมมีการตกค้างอยู่ในพืชนั้น จะมากหรือน้อย ขึ้นกับปริมาณในการใช้ เรื่องสุขภาพสำหรับผู้บริโภค จากงานวิจัยต่าง ๆ ที่ทดสอบวิจัยกับพืชต่าง ๆ เช่น เห็ด พริก หรือใช้กับผักออร์แกนิกส์ รวมไปถึงสัตว์ต่าง ๆ ที่ต้องการความสด การใช้พลาสมาไม่มีสารใด ๆ ตกค้างภายในที่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภคสามารถเพื่อช่วยชาวเกษตรกรในการลดต้นทุนในการใช้สารเคมีต่อพืช ซึ่งสรุปผลการวิจัยดังต่อไปนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

วงจรพลาสมาแบบคอนเวอร์เตอร์สำหรับการประยุกต์ใช้เพื่อการเกษตร เพื่อศึกษาวิจัยในการกำเนิดพลาสมา ด้วยให้ความต่างศักย์สูง (high voltage) ระหว่างขั้วอิเล็กโทรด 2 ขั้ว คือขั้วอิเล็กโทรดศักย์สูง (high-voltage electrode) และอิเล็กโทรดศักย์ศูนย์ (grounded electrode) เมื่อขนาดของความต่างศักย์นี้มีค่าเพิ่มขึ้นจนเท่ากับศักย์ไฟฟ้าแตกตัว (breakdown voltage, V_b) ของอากาศ จะทำให้เกิดการดิสชาร์จของอากาศขึ้นระหว่างปลายของแท่งอิเล็กโทรดศักย์สูงกับผิวด้านในของอิเล็กโทรดศักย์ศูนย์ โดยมีเป็นลักษณะการดิสชาร์จเป็น transient spark discharge ที่ประกอบด้วย 2 เฟสสำคัญ คือ streamer discharge และ spark discharge [14,15]ซึ่งการดิสชาร์จนี้มีลักษณะเฉพาะคือ ทำให้

เกิดกระแสไฟฟ้าของการดิสชาร์จ (discharge current) ขนาดมากกว่า 0.1 แอมแปร์ในเวลานานมาก ๆ ในระดับ 10 นาโนวินาที ถึง 5 ไมโครวินาที การทำให้กระแสไฟฟ้าของการดิสชาร์จที่มีค่ามากกว่า 0.1 แอมแปร์ ทำให้อิเล็กตรอนมีจำนวนมากและมีพลังงานสูงเพียงพอต่อการทำให้โมเลกุลไนโตรเจน ออกซิเจน และไอน้ำ เกิดปฏิกิริยาการแตกตัวเป็นไอออน อะตอม และโมเลกุล และปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในกลุ่มไอออน อะตอม โมเลกุลเหล่านี้ทำให้เกิดกลุ่มอนุภาคมูลออกซิเจนและไนโตรเจนที่ไวต่อปฏิกิริยา แต่เนื่องจากกระแสไฟฟ้าของการดิสชาร์จนี้เกิดขึ้นในเวลาที่สั้นมาก ๆ ระดับ 10 นาโนวินาที ถึง 5 ไมโครวินาที ทำให้จำนวนของการชนระหว่างอิเล็กตรอนกับกลุ่มอนุภาคที่มีมวลมาก (ไอออน อะตอม และโมเลกุล) มีจำนวนน้อยครั้ง การถ่ายเทพลังงานจากอิเล็กตรอนไปสู่กลุ่มอนุภาคที่มีมวลมากจึงเกิดได้น้อยและทำให้อนุภาคที่มีมวลมากเหล่านี้ไม่อยู่ในสมดุลความร้อนกับอิเล็กตรอน อนุภาคที่มีมวลมากเหล่านี้จึงยังมีอุณหภูมิใกล้เคียงกับอากาศที่ป้อนเข้าไป หลังจากนั้นกลุ่มพลาสมาอากาศที่ถูกผลิตขึ้นจะออกมาทางรูเปิดที่แคบด้วยการไหลของอากาศ (air flow) ให้มีรูปร่างเป็นลำเจ็ทหรือรูปร่างคล้ายจากงานวิจัยอื่น ๆ การนำพลาสมามาใช้เพื่อการเกษตรสามารถนั้น เพื่อผลดีต่อพืชคือ 1. เพื่อให้เกิดการแตกตัวของเซลล์พืช 2. เพื่อฆ่าเชื้อแบคทีเรียหรือเชื้อราต่างๆที่ผิวของเมล็ดพันธ์พืชนั้น ที่อาจจะก่อให้เกิดการเน่าเสียของพืช เพราะฉะนั้นการเลือกใช้พลาสมาที่เหมาะสมในระดับแรงดันใด ๆ นั้นขึ้นอยู่กับชนิดของพืช งานวิจัยนี้เลือกสร้างแรงดันตั้งแต่ 5- 15 กิโลโวลต์ ซึ่งเป็นแรงดันชนิด High voltage ทำให้เกิดการแตกตัวของพลาสมา แรงดันที่เหมาะสมสำหรับถั่วเขียวที่ต้องการเพาะเป็นถั่วงอกที่ระดับแรงดัน 10 กิโลโวลต์ แล้วใช้พลาสมาพ่นจำนวน 2 ครั้ง

5.2 ปัญหาและข้อเสนอนะในการวิจัย

ในการวิจัยเรื่องการสร้างพลาสมาเย็นสำหรับประยุกต์ในงานเกษตรกรรม (Cool Plasma Generation for Agriculture Applications) ในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เลือกทดลองกับถั่วเขียวซึ่งเป็นพืชที่โตเร็ว ถึงแม้ว่าจะไม่คุ้มทุนการวิจัย แต่เพื่อพิสูจน์ถึงเครื่องกำเนิดพลาสมา ว่าสามารถนำมาใช้งานได้จริงในด้านการเกษตรกรรม อีกทั้งปัจจัยในการวิจัยในด้านต่างๆยังไม่ได้ควบคุม เช่น อุณหภูมิ ความชื้น งานวิจัยเครื่องกำเนิดพลาสมานี้จะนำไปวิจัยเพิ่มเติมเรื่องของพืชที่มีมูลค่า หรือใช้กับพืชที่ให้ผลนอกฤดูกาลได้ต่อไป

บรรณานุกรม

- [1] พันธุ์ศักดิ์ พุฒิมาโนตพงศ์. (2553). **อิเล็กทรอนิกส์ในงานอุตสาหกรรม**. (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพมหานคร:ซีเอ็ด ยูเคชั่นจำกัด (มหาชน).
- [2] วีระเชษฐ ชันเงิน และวุฒิพล ธาราธิรเศรษฐ์, “ **วิชาอิเล็กทรอนิกส์กำลัง** ” ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง,2547.
- [3] มณฑล นาวงษ์ “ **ความรู้พื้นฐานอิเล็กทรอนิกส์กำลัง** ” เอกสารประกอบการสอน สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
- [4] วันชัย ทรัพย์สิงห์ “ **อิเล็กทรอนิกส์กำลัง** ” เอกสารประกอบการสอน สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
- [5] Irving, Brian T.,Yuri Panov, and Milan M. Jovanovic. "Small-signal model of variable frequency flyback converter." Applied Power Electronics Conference and Exposition, APEC'03. Eighteenth Annual IEEE. Vol.2. IEEE, 2003
- [6] Juzheng Yu, Shen Xu, Qinsong Qian, Weifeng Sun, and Shengli Lu **Modeling and Analysis of Primary Side Regulated Flyback Converter with Pulse Frequency Modulation** International Conference on Power Electronics-ECCE Asia June 1 - 5, 2015 / 63 Convention Center, Seoul, Korea
- [7] Haridas M S **Real-time Simulation of DC-DC Flyback Converter using FSS Mini** 2016 International Conference on Next Generation Intelligent Systems (ICNGIS)
- [8] Daniel W. Hart. **Power Electronics**. New York : McGraw – Hill. 2011.
- [9] <https://tetronics.com/our-technology/what-is-plasma/>
- [10] Solly, E., **The influence of electricity on**
- [11] Weltmann K-D and von Woedtke T 2011 **Basic requirements for plasma sources in medicine** *Eur. Phys. J. Appl. Phys.* **55** 13807
- [12] Kong M G, Kroesen G, Morfill G, Nosenko T, Shimizu T, van Dijk J and Zimmermann J L 2009 **Plasma medicine: an introductory review** *New J. Phys.* **11** 115012
- [13] Lu X, Naidis G V, Laroussi M, Reuter S, Graves D B and Ostrikov K 2016 **Reactive species in non-equilibrium atmospheric-pressure plasmas: Generation, transport, and biological effects** *Phys. Rep.* **630** 1–84
- [14] Janda M, Martišovitš V and Machala Z 2011 **Transient spark: a dc-driven repetitively pulsed discharge and its control by electric circuit parameters** *Plasma Sources Sci. Technol.* **20** 035015

บรรณานุกรม (ต่อ)

- [15] Janda M, Machala Z, Niklová A and Martišovits V 2012 The streamer-to-spark transition in a transient spark: a dc-driven nanosecond-pulsed discharge in atmospheric air *Plasma Sources Sci. Technol.* **21** 045006
- [16] <http://www.thaiphysoc.org/article/96/>



ภาคผนวก



ภาคผนวก ก
ผลงานตีพิมพ์เผยแพร่

1. Sidtha Rattanakam and Krischonme Bhumkittipich* “Design of Flyback Converter for Agriculture Applications using Digital Control” , The 7th international symposium on Frontier Technology, held at Ambassador Jomtien Hotel , Pattaya , Thailand from August 24th to 25th, 2019
2. Sidtha Rattanakam and Krischonme Bhumkittipich* “Design of Flyback Converter for Agriculture Applications using Discrete PI Controller” , The 2th international Conference on Applied Science , Engineering and Interdisciplinary studies 2019 and The 4th Prachachuen Research Network national and international Conference, at Rajamangala University of Technology Thanyaburi , Pathum thani , Thailand , 4-5 July 2109



Design of Flyback Converter for Agriculture Applications using Digital Control

Sidtha Rattanakam and Krischonme Bhumkittipich*

Power and Energy Research Unit Department of Electrical Engineering Faculty of Engineering
Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Pathum Thani, Thailand
e-mail: sidtha_r@en.rmutt.ac.th and krischonme.b@en.rmutt.ac.th*

Abstract— This paper presents the flyback converter design for farming applications using digital control to eliminate mold-contaminate fungus in green beans. It was excited by using plasma treatment. By using closed loop voltage control at the MOSFET silicon carbide switching frequency of about 20 kHz, the flyback converter can generate the maximum voltage of more than 15 kV. In order to generate the plasma, the voltage discharge emission occurs at the electrode end. To generate the voltage discharge emission for plasma generation, the flyback converter is selected. The proposed control method for controlling the output voltage is the closed loop voltage control. The Experimental method can be stimulated as follows: first, researcher prepares the container to plant the bean sprouts as a sieve. The size of sieve is 9 cm wide, 11 cm long, 5 cm tall, 9 pieces. Each sieve is going to weigh 100 grams of green beans. The green bean seeds had been soaked in water for 3 hours before the test. The experiment's three methods per form has three green beans as follows: Form 1 is natural cultivation of bean sprouts. Type 2 is to spray the plasma 1 time per 5 kV, 10 kV and 15 kV voltage container. Type 3 sprays the plasma twice per bottle on the first day of breeding and the next day, respectively, at a voltage range of 5 kV, 10 kV and 15 kV. The experimental results showed that in each container the growth level of bean sprouts to compare the growth up level. In the first-place container, the one-time plasma spraying with 15 kV was sprayed, the one-time 10 kV plasma spraying was sprayed in the second-place container. The two-time 5 kV plasma spraying was sprayed in the third-place tank, fourth-place standard three seeds. Finally, in the fifth-place bowl, the two-time plasma spraying from 10 kV to 15 kV was sprayed. Thus, through the experimental results, the correctness and validity of the proposed method is verified.

Keywords: Plasma, fly back Converter, agriculture Applications

1. Introduction

Plasma technology is widely used in different branches nowadays. Due to its clean and zero impact on the environment, increasing application in numerous industries leads to a reduction in large chemical use. In addition to being non-hazardous to manufacturing and cost-saving. Large-scale industries, such as computer manufacturing use plasma to clean component parts plated with thin film and for resurfacing, can be found in plasma engineering. It is used as nanotechnology fabric products for the weaving industry, which can be easily washed and proof of water absorption. It is also used to improve and enhance ink painting on fabrics because of its fire retardant and increased water absorption. In addition, this technology is used by the packaging industry for fabrics, fibers, polymers and other film forms. There is an increase in plasma technology in the medical industry for medical device deflection, treatment, rejuvenation, and resurfacing. Plasma technology, used in everyday life, is used, for example, for steel cutting, and air conditioner sanitizing goods.

Food industry is greatly affected by the drastic decline in planting areas in the present, food shortages for consumption, and animal husbandry. In order to solve the above problems, plant breeding is crucial. In addition to natural selection technology, the use of chemicals and radiation to improve and develop new species. Recently, a new technique has been developed to enhance botanical species, such as the technique of ion beams to manipulate

plant breeds, which will become a treat to enhance plant species. While the technique is ideal, it is expensive and requires a vacuum to operate. Therefore, it resulted in a variety of limitations; for example, seed propagates most of the plants used in this technique, and the experiment must be carried out in a vacuum or drying process in advance. Compared to other techniques, it is not expensive, and the experiment can be carried out in a vacuum without complex parts preparation and drying process. Therefore, for part planning, it can save time and expense, at the time, increase germination rate and plant survival.

The plasma technology is therefore applied during seed handling in agriculture and deflection, increasing the nutrient content of seeds for consumption, germination, and plant survival including body, trunk, petals, and fruit. It can also preserve freshness, minimize the use of the widely used pesticide when washing agricultural products, and save time for long-distance transport containing a number of frequently hindered vegetables and fruits. This paper focuses on bean sprout growth through direct gas plasma production at electrodes to accelerate seed growth and deflection. Compared to traditionally planted bean sprouts regulated by various control factors, the bean sprouts grown by plasma to accelerate growth.

The rest of this paper is organized as follows: section 2 presents the small signal model of flyback converter with current mode control. The block diagram and

transfer functions are expressed in section 3. Section 4 presents the design of flyback power converter and simulation results. The experiment results are presented in section 5. Finally, the conclusion and discussion are given in section 6.

2. Small-signal model of flyback power converter with current mode control

The converter diode and switch are supposed to be ideal in this derivation, and each inductor and condenser has an equivalent series resistor.

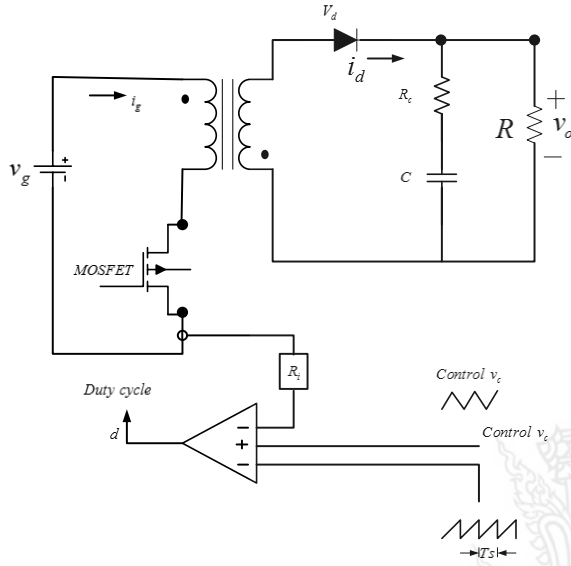


Fig. 1 Fly back converter with peak current mode control

2.1 Power stage modelling

Fig. 1 Displays a PCMC flyback circuit diagram Converter. The figure shows the circuit consists of a power stage and a regulator of the current mode. Duty cycle input d controls the converter and the inductor current feedback are shown in Fig. 2. This is modelled using simple gain term, R_f which is the current-sensing gain of the circuit. With no external ramp added to the gate, at the switching frequency, the current in the circuit can oscillate. The additional ramp is added to ensure system stability even though the service cycles are greater than 0.5. When the fix-frequency clock is used to turn on the power switch, control voltage, v_c , terminates its on time instant. The current mode controller small-signal system usually consists of a power stage and a current mode controller. This section introduces a small-signal power stage design that is produced using the typical circuit process [21, 22]. The current small-signal mode controller model is designed by applying the current average inductor concept [23]. Average input current \hat{i}_g , average magnetizing inductor current, \hat{i}_l , average current flowing through diode \hat{i}_d and average voltage

drop at diode v_d in each fly back converter switching cycle are calculated using

$$i_d = (1-d)i_l n \quad (1)$$

$$v_d = d \left(\frac{v_g}{n} + v_o \right) \quad (2)$$

$$i_g = di_l \quad (3)$$

Perturbation average variable of input voltage \hat{v}_g , diode current \hat{i}_d , duty cycle d , output voltage \hat{v}_o , input current, \hat{i}_g and inductor current \hat{i}_l are represented by the following symbols

$$v_d = V_d + \hat{v}_d \quad (4)$$

$$v_g = V_g + \hat{v}_g \quad (5)$$

$$i_g = I_g + \hat{i}_g \quad (6)$$

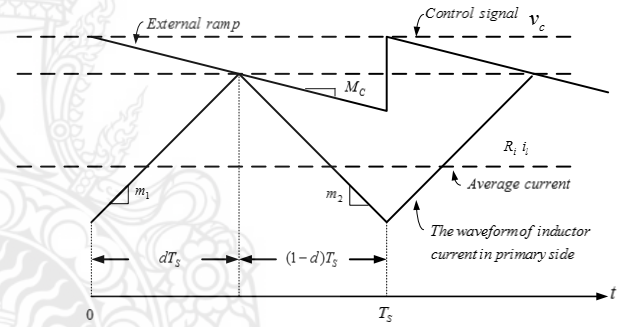


Fig. 2 Signal waveform at the modulator

$$i_l = I_l + \hat{i}_l \quad (7)$$

$$d = D + \hat{d} \quad (8)$$

where the capitalized equation right variables are the DC terms. By replacing (4)–(8) with (2) and (3), the diode rectifier voltage and the input current are determined using the small signal (i.e., disturbance terms)

$$\hat{v}_d = \left(\frac{1}{n} v_g + v_o \right) \hat{d} + D \frac{1}{n} \hat{v}_g + D \hat{v}_o \quad (9)$$

and

$$\hat{i}_g = I_l \hat{d} + D \hat{i}_l \quad (10)$$

Equations (9) and (10) are used to obtain the power stage small-signal model; this is shown in the top half of Fig. 3

2.2 Current mode controller modelling

Verghese et al. [23] established the right average model derivation successfully. Tymerski and Li[13] investigated the disturbance of the control and the average (programmed) current of the inductor. Image. Fig. 2 Shows that when the programmed current peak is equal to the control signal value plus the ramp stability value at that point, the instant turn off occurs.

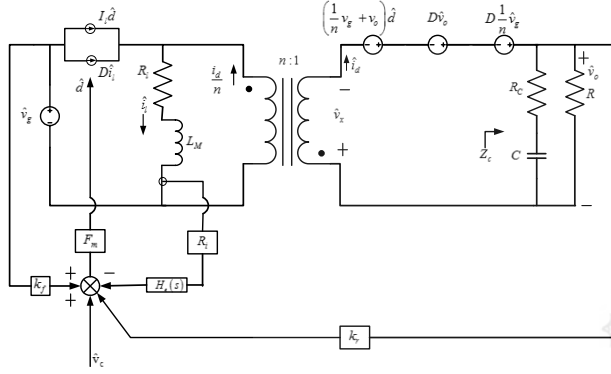


Fig. 3 Small-signal model with peak current mode control

$$R_i \hat{i}_l + m_1 \frac{dT_s}{2} = v_c - M_c dT_s \quad (11)$$

The method of disturbance is used to extract the small-signal design of the current mode controller.

$$v_o = V_o + \hat{v}_o \quad (12)$$

$$v_c = V_c + \hat{v}_c \quad (13)$$

$$m_1 = M_1 + \hat{m}_1 \quad (14)$$

$$m_2 = M_2 + \hat{m}_2 \quad (15)$$

Ignoring steady state and term products results in the following small-signal relationship:

$$R_i \hat{i}_l = \hat{v}_c - \left(M_c + \frac{1}{2} M_1 \right) T_s \hat{d} - \frac{1}{2} DT_s \hat{m}_1 \quad (16)$$

where R_i is the sensed current and M_c is the external ramp. The inductor current ramp during switching on is calculated using

$$\hat{m}_1 = \frac{\hat{v}_g}{L_M} R_i \quad (17)$$

Small-signal current flows through the diode rectifier

$$\hat{m}_2 = \frac{n \hat{v}_o}{L_M} R_i \quad (18)$$

Output voltage is expressed in the form of small signal as

$$\hat{d} = \frac{D' \hat{m}_2 - D \hat{m}_1}{M_1 + M_2} \quad (19)$$

Using (17), (18), and (19), (16) is rewritten as

$$R_i \hat{i}_l = \hat{v}_c + \left[\frac{\left(M_c + \left(\frac{1}{2} \right) M_1 \right) T_s}{M_1 + M_2} \frac{DR_i}{L_M} - \frac{1}{2} DT_s \frac{R_i}{L_M} \right] \hat{v}_g - \frac{\left(M_c + (1/2M_1) \right) T_s D' n R_i}{M_1 + M_2} \frac{\hat{v}_o}{L_M} \quad (20)$$

The duty ratio small signal is calculated using

$$\hat{d} = F_m \left[\hat{v}_c + k_f \hat{v}_g + k_r \hat{v}_o - R_i \hat{i}_l \right] \quad (21)$$

where F_m is the modulator gain

$$F_m = \frac{1}{\left(M_c + M_1 \right) T_s} \quad (22)$$

Equations (17)–(19) are used to produce a new equation in (21)

$$R_i \hat{i}_l = \hat{v}_c + \left[k_f + \frac{DR_i}{L_M (M_1 + M_2) F_m} \right] \hat{v}_g + \left[k_r - \frac{n R_i D'}{L_M (M_1 + M_2) F_m} \right] \hat{v}_o \quad (23)$$

Equations (20) and (23) are compared to derive the feed forward and the feedback gains

$$k_f = - \frac{DT_s R_i}{L_M} \left(1 - \frac{1}{2} D \right) \quad (24)$$

$$k_r = \frac{T_s R_i n D^2}{2 L_M} \quad (25)$$

According to (21), the lower half of Fig. 3 shows the current mode controller block diagram. Equation (24) shows that feedforward gain k_f increases when L_M decreases.

3. Block diagram and transfer functions

Ridley built the small-signal model of the current converter mode [12, 22]. Nevertheless, there has never been a proposal for an exact and complete fly-back block diagram [15]. Each section describes a PCMC fly-back block diagram and the transition function control-to-output. By applying the current law of Kirchhoff, as shown in Fig. 3. The current loop is expressed as

$$I_l \hat{d} + D \hat{i}_l + \frac{1}{n} \hat{i}_d = \hat{i}_l \quad (26)$$

Small-signal current flows through the diode rectifier

$$\hat{i}_d = n \left[(1-D) \hat{i}_l - I_l \hat{d} \right] \quad (27)$$

$$\hat{v}_o = Z_c \hat{i}_d \quad (28)$$

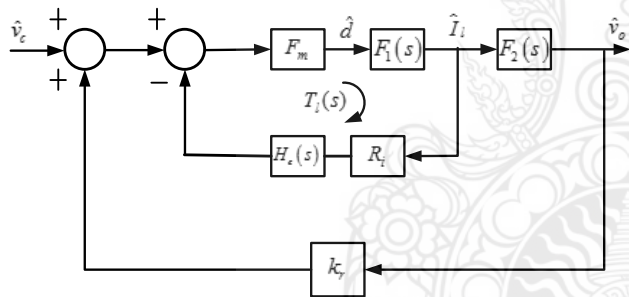


Fig.4 Block diagram of control to output for the PCMC fly back converter with peak current mode control

where

$$z_c = \left(R_c + \frac{1}{sC} \right) // R \quad (29)$$

Voltage drop on the secondary side is calculated using

$$\hat{v}_x = \left(\frac{1}{n} v_g + v_o \right) \hat{d} - \hat{v}_o + D \hat{v}_o + \frac{D}{n} \hat{v}_g \quad (30)$$

and voltage drop on inductor L_M on the primary side is calculated using

$$n \hat{v}_x = Z_l \hat{i}_l \quad (31)$$

where

$$z_l = R_l + sL_M \quad (32)$$

Combining (27), (30) and (31), produces a new equation

$$\hat{i}_l = \frac{\left[(v_g + nV_o) + n^2 Z_c (1-D) I_l \right]}{z_l + n^2 z_c (1-D)^2} \hat{d} = F_1(s) \hat{d} \quad (33)$$

where

$$F_1(s) = \frac{\left[(v_g + nV_o) + n^2 Z_c (1-D) I_l \right]}{z_l + n^2 z_c (1-D)^2} \quad (34)$$

Equation (27), (28) and (33) are used to calculate the control signal and inductor current

$$\hat{v}_o = n Z_c \frac{\left[(1-D) - \left[D / \{ n^2 (1-d) \} \right] \right] \left[Z_l / R \right]}{1 + \left[\frac{D}{R} \right] Z_c} \hat{i}_l = F_2(s) \hat{i}_l \quad (35)$$

where

$$F_2(s) = n Z_c \frac{\left[(1-D) - \left[D / \{ n^2 (1-d) \} \right] \right] \left[Z_l / R \right]}{1 + \left[\frac{D}{R} \right] Z_c} \quad (36)$$

Thus, according to (21), (34), (35) and $\hat{v}_g = 0$ the control-to-output block diagram for the PCMC flyback converter is obtained as shown in Fig. 4.

Fig. 4 shows that the current loop gain can be expressed as

$$T_i(s) = F_m F_1(s) H_e(s) R_i \quad (37)$$

Approximate sampling gain $H_e(s)$ is represented in [17] as

$$H_e(s) = 1 + \frac{s}{\omega_n Q_z} + \frac{s^2}{\omega_n^2} \quad (38)$$

where

$$\omega_n = \frac{\pi}{T_s} \quad (39)$$

and

$$Q_z = -\frac{2}{\pi} \quad (40)$$

Therefore control-to-output transfer function $T_c(s)$ derived, as shown in Fig. 4 and represented by

$$T_c(s) = \frac{\hat{v}_o(s)}{\hat{v}_c(s)} = \frac{F_m F_1(s) F_2(s)}{1 + T_i(s) - k_r F_m F_1(s) F_2(s)} \quad (41)$$

4. Flyback Converter Design

The design of flyback power converter had design at 0-15 kV and 20 kHz. The MOSFET is selected as the switching device of flyback power converter. The current mode control uses the closed-loop PI controller by linearization from the small signal model of proposed converter design. Fig. 5 shows the simulation circuit of flyback converter using MATLAB/Simulink program environment.

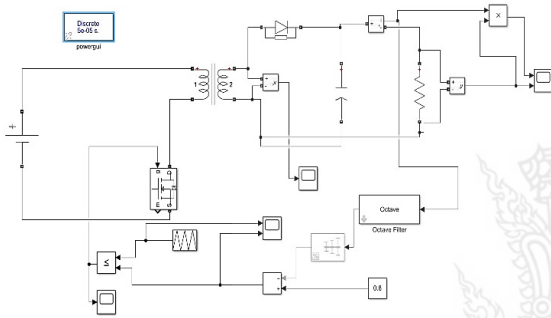


Fig.5 Fly back converter circuit

Fig.6 shows the output power of flyback converter that had varied every duty cycle. Fig. 7 is the gate drive signal of MOSFET power switch using PWM DC-triangle method. Fig. 8 show the drop voltage at switching device and Fig. 9 shows the output voltage of transformer at secondary side.

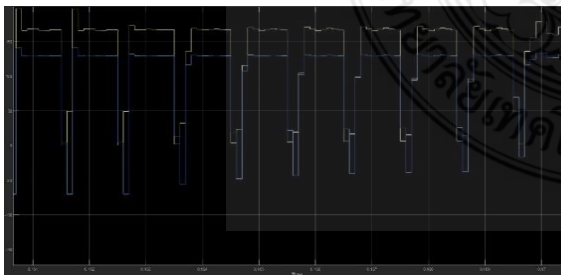


Fig.6 Output Power of Fly back converter

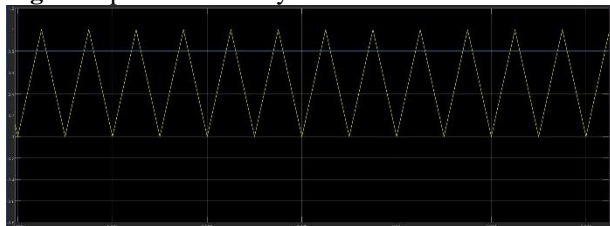


Fig.7 PWM generator signal voltage

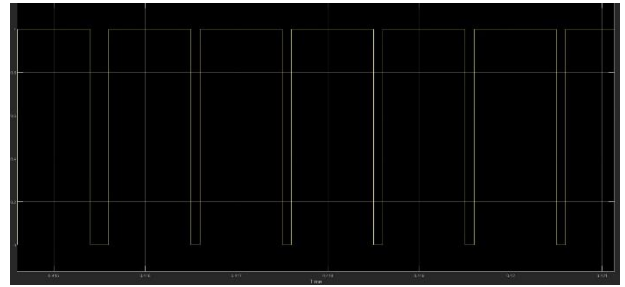


Fig.8 Voltage switching for MOSFET

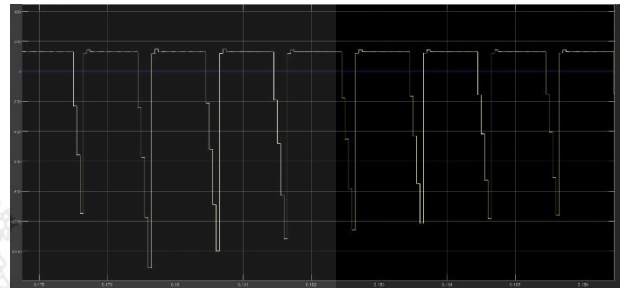
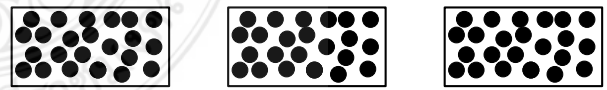


Fig.9 Output voltage of transformer

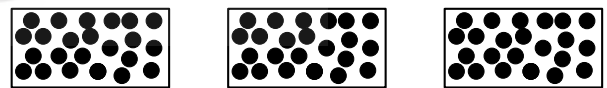
5. Experiment Method

The experimental results showed the following: First of all, the nine sieve containers with a length of 9 x 11 x 5 cm (wide x long x tall) were prepared as containers for the sprouts of mung bean. The containers were also attached to the 100 grams of mung bean seeds and soaked in water for 3 hours. The experimental methods were divided into three models: Model 1 was a standard cultivation of mung bean sprout, Model 2 was plasma spray once per container with voltage of 5 kV, 10 kV, and 15 kV respectively, and Model 3 was plasma spray twice per container on the first day of planting and the next day with voltage of 5 kV, 10 kV, and 15 kV respectively.

Type 1 is normal bean sprouts cultivation.



Type 2 is to spray the plasma 1 time per container



Type 3 sprays the plasma 2 times per container

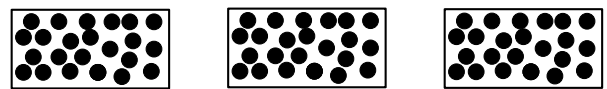


Fig.10 Experiment 3 method

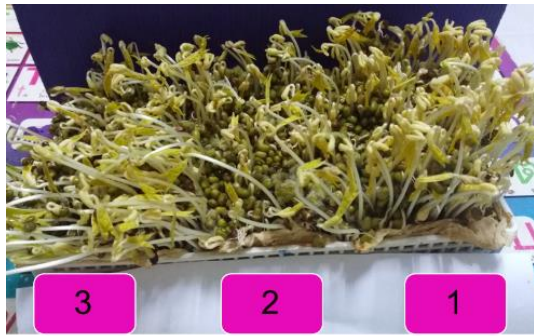


Fig.11 Type 1: normal bean sprouts cultivation.

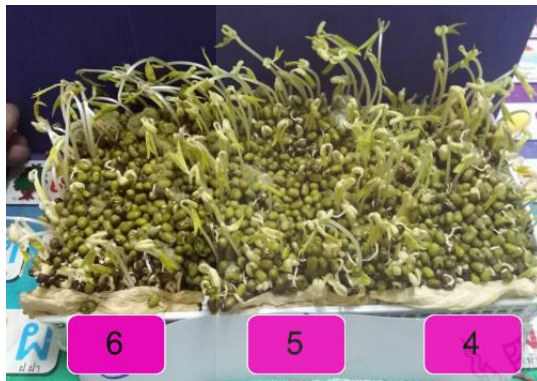


Fig.12 Type 2: spray the plasma 1 time per container with a voltage level of 5 kV, 10 kV, and 15 kV



Fig.13 Type 3: spray the plasma 2 times per container on the first day of breeding and the next day with a voltage level of 5 kV, 10 kV, and 15 kV, respectively.

6. Conclusion

The results of testing the growth rate of mung bean sprout in each container showed as follows: plasma spray with the voltage at 10 kV was the situation with the maximum growth rate twice. Then, the plasma spray with the voltage at 15 kV was used twice. After that, for three bottles, standard planting, twice plasma spray with 5 kV voltage, and lastly plasma spray once with the voltage at 5-15 kV.

Reference

- [1] Erickson, R.W., Maksimovic, D.: 'Fundamentals of power electronics'(Kluwer Academic Publishers, 2001, 2nd edn.), pp. 459–471.
- [2] Gacio, D., Alonso, J.M., Calleja, A.J., García, J., Rico-Secades, M.: 'A universal-input single-stage high-power-factor power supply for HB-LEDs based on integrated buck-flyback converter', *IEEE Trans. Ind. Electron.*, 2011, 58, (2), pp. 589–599.
- [3] Lai, Y.-S., Yeh, C.-A.: 'Predictive digital-controlled converter with peak-current-mode control and leading-edge modulation', *IEEE Trans. Ind. Electron.*, 2009, 56, (6), pp. 1854–1863.
- [4] Yao, K., Ruan, X., Mao, X., Ye, Z.: 'Variable-duty-cycle control to achieve high input power factor for DCM Boost PFC converter', *IEEE Trans. Ind. Electron.*, 2011, 58, (5), pp. 1856–1865.
- [5] Huber, L., Jang, Y., Jovanovic, M.M.: 'Performance evaluation of bridgeless PFC boost rectifiers', *IEEE Trans. Power Electron.*, 2008, 23, (3), pp. 1381–1390.
- [6] Wang, C.-M.: 'A novel ZCS-PWM power-factor preregulator with reduced conduction losses', *IEEE Trans. Ind. Electron.*, 2005, 52, (3), pp. 689–700.
- [7] Maniktala, S.: 'Switching power supply design & optimization'(Mcgraw-Hill, 2004).
- [8] Kondrath, N., Kazimierczuk, M.K.: 'Control-to-output transfer function of peak current mode controlled pulse-width modulated dc-dc buck converter in continuous conduction mode', *IET Power Electron.*, 2012, 5, (5), pp. 582–590.
- [9] Pang, H.M., Bryan, P.M.H.: 'A stability issue with current mode control flyback converter driving LEDs'. *IEEE IPEDMC*, 2009, pp. 1402–1406.
- [10] Middlebrook, R.D.: 'Topics in multiple-loop regulators and current-mode programming', *IEEE Trans. Power Electron.*, 1987, PE-2, (2), pp. 109–124.
- [11] Tan, F.D., Middlebrook, R.D.: 'A unified model for current-programmed converters', *IEEE Trans. Power Electron.*, 1995, 10, (4), pp. 397–408.
- [12] Ridley, R.B.: 'A new, continuous-time model for current-mode control [power converters]', *IEEE Trans. Power Electron.*, 1991, 6, (2), pp. 271–280.
- [13] Tymerski, R., Li, D.: 'State-space models for current programmed pulse-width modulated converters', *IEEE Trans. Power Electron.*, 1993, 8, (3), pp. 271–278.
- [14] Chen, S.-Y., Chen, J.-J.: 'Study of the effect and design criteria of the input filter for buck converters with peak current-mode control using a novel system block diagram', *IEEE Trans. Ind. Electron.*, 2008, 55, (8), pp. 3159–3166.

- [15] Lee, M.-C., Lio, J.-B.: 'Small-signal modeling of multiple-output flyback converters in continuous conduction mode with weighted feedback', IEEE Trans. Ind. Electron., 1998, 45, (2), pp. 236–247.
- [16] Pang, H.M., Bryan, P.M.H.: 'A stability issue with current mode control flyback converter driving LEDs'. IEEE IPEDC, 2009, pp. 1402–1406.
- [17] Ridley, R.B.: 'A new small-signal model for current-mode control'. PhD. dissertation, Virginia Polytechnic Institute and State University, 1990
- [18] Vorperian, V.: 'Simplified analysis of PWM converters using model of PWM switch. II. Continuous conduction mode', IEEE Trans. Aerosp. Electron. Syst., 1990, 26, (3), pp. 490–496.
- [19] Vorperian, V.: 'Simplified analysis of PWM converters using model of PWM switch. II. Discontinuous conduction mode', IEEE Trans. Aerosp. Electron. Syst., 1990, 26, (3), pp. 497–505.
- [20] Kazimierczuk, M.K.: 'Transfer function of current modulator in PWM converters with current-mode control', IEEE Trans. Circuits Syst. I, Fundam. Theory Appl., 2000, 47, (9), pp. 1407–1412.
- [21] Kazimierczuk, M.K., Czarkowski, D.: 'Application of the principle of energy conservation to modeling the PWM converters'. Proc. Second IEEE Conf. Control Applications, 1993.
- [22] Czarkowski, D., Kazimierczuk, M.K.: 'A new and systematic method of modeling PWM DC-DC Converters'. Proc. IEEE Int. Conf. Systems Engineering, 17–19 September 1992, pp. 628–631.
- [23] Verghese, G.C., Bruzos, C.A., Mahabir, K.N.: 'Averaged and sampled-data models for PCM control: a reexamination'. Proc. IEEE Power Electronics Specialist Conf. Record, 1989, pp. 3–13 [1] Di Vapor Company, P.O. BOX 6496, Solihull, West Midlands, B91 2NY, United Kingdom, URL: <http://www.divapor.com>, access on 24/04/2011.



The 2nd International Conference on Applied Science,
Engineering and Interdisciplinary Studies 2019 and

The 4th Prachachuen Research Network National and International Conference

(2nd ASEIS & 4th PRN-CON 2019)

Present to

Sidtha Rattanakam, Krischonme Bhumkittipich

For the paper entitled,

Design Of Flyback Converter For Agriculture Applications Using Discrete PI Controller

(Mr. Virach Hotravaisaya)

Acting President of Rajamangala University of Technology Thanyaburi

ISFT-2019

The 7th International Symposium
on Frontier Technology

Certificate of Attendance

This is to certify that

Mr. Sidtha Rattanakam

Rajamangala University

of Technology Thanyaburi, Thailand

has attended ISFT - 2019

(the 7th International Symposium on Frontier Technology)

held at Ambassador Jomtien Hotel, Pattaya, Thailand from August 24th to 25th, 2019.

Phisarn Sudwili

General Conference Chairman

ISFT-2019



Wimol San-Um

Secretary Conference Chairman

ISFT-2019





2ND ASEIS 2019 AND 4TH PRN-CON

The 2nd International Conference on Applied Science, Engineering and Interdisciplinary Studies and The 4th Prachachuen Research Network National and International Conference



4 - 5 July 2019

at Rajamangala University of Technology Thanyaburi,
Pathum thani, Thailand



高知工科大学
KOCHI UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



高知工科大学 校友会
KUT ALUMNI ASSOCIATION THAI-BRANCH

ISFT - 2019

The 7th International Symposium
on Frontier Technology

24th -25th August 2019

Ambassador City Jomtien, Pattaya, Thailand



Advisory Committees

- | | |
|---|--|
| (1) Assoc. Prof. Dr. Bandhit Rojarayanont | President of TNI, Thailand |
| (2) Prof. Dr. Masahiko Isobe | President of KUT, Japan |
| (3) Assoc. Prof. Dr. Pichit Sukchareonpog | Dean of Graduate School, TNI, Thailand |
| (4) Assoc. Prof. Dr. Choopol Antarasena | Dean of Engineering Faculty, TNI, Thailand |

Conference Committees**1. KUT Alumni Association, Thai Branch**

- | | |
|--|-------------------------------------|
| (1) Dr. Phaisarn Sudwilai, TNI | General Chair |
| (2) Dr. Udorn Junthorn, TNI | Financial Chair |
| (3) Dr. Panon Latcharote, TU | Publication Chair |
| (4) Asst. Prof. Dr. Wimol San-Um, TNI | General Secretary |
| (5) Dr. Chatchai Wannaboon, TNI | VISA Application Chair |
| (6) Dr. Saratchai Ongprasert, TEAM GROUP | Hotel & Travel Information Chair |
| (7) Dr. Pongsak Suttinon, CU | Organizing and Technical Committees |
| (8) Dr. Piriya Uraiwong, Mekong River Commission | |
| (9) Asst. Prof. Dr. Khanit Matra, SWU | |
| (10) Asst. Prof. Dr. Piyapong Janmaimool, KMUTT | |
| (11) Dr. Chaklam Silasuwanchai, STIU | |
| (12) Dr. Farkfun Duriyasart, VISTEC | |
| (13) Dr. Nattagit Jiteurtragool, TNI | |
| (14) Dr. Chiramathe Nami, TNI | |
| (15) Dr. Anuwat Attachiyawuth, KU | |

2. KUT Alumni Association, Chinese Branch

- | | |
|---------------------------------|---|
| (1) Assoc. Prof. Dr. Sun Liang | Dalian University of Technology |
| (2) Assoc. Prof. Dr. Xin Li | Chinese Academy of Posts and
Telecommunication, Jilin University |
| (3) Asst. Prof. Dr. Ruiqing MA | Taiyuan University of Technology |
| (4) Asst. Prof. Dr. Pengfei YAN | Taiyuan University of Technology |

3. Kochi University of Technology, Japan

- | | |
|-------------------------------|---------------|
| (1) Prof. Dr. Li Chaoyang | Chair, IRC |
| (2) Prof. Shinichiro Sakikawa | Director, IRC |
| (3) Prof. Dr. Hiroshi Shima | IRC |

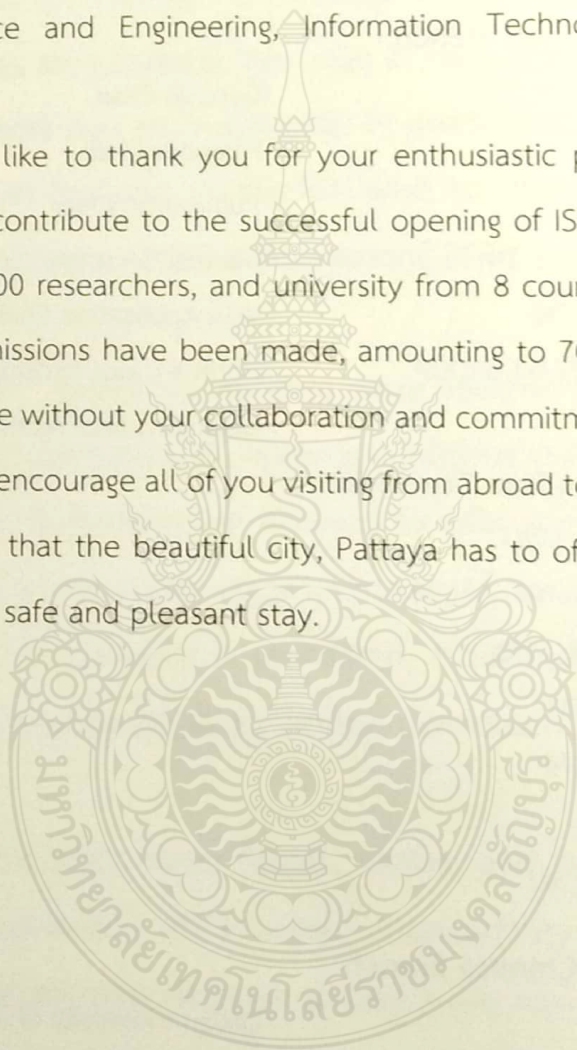
Welcome Note

On behalf of the committee of the 7th The International Symposium on Frontier Technology (ISFT- 2019). We are very much honored and delighted to welcome you the ISFT-2019 which will take place from 24th to 25th of August 2019 in Pattaya, Thailand

ISFT-2019 is an international conference in the field of System Engineering, Environmental Science and Engineering, Information Technology and Economic and Management.

We would like to thank you for your enthusiastic participation and relentless efforts which greatly contribute to the successful opening of ISFT-2019. Leading up to the conference, around 100 researchers, and university from 8 countries have gathered, and a large number of submissions have been made, amounting to 70 presentations. This would not have been possible without your collaboration and commitment to our vision and goals.

Finally, we encourage all of you visiting from abroad to immerse yourselves in the culture and attraction that the beautiful city, Pattaya has to offer. We will do our best to make sure you have a safe and pleasant stay.



ISFT-2019 committees

45	<p>“Structure Control of Nanocarbon Metamaterials”</p> <p>Hiroshi Furuta, Adam Pander, Hiroki Miyaji, Sachio Hayashi, Masaki Komori, Fumiya Nagamine, Junthorn Udorn and Akimitsu Hatta</p>	60
46	<p>“Design and Characterization of a Microchannel Splitter for Optical Fiber Communication Fabricated by 3D Printing Technology”</p> <p>Md. Mehedi Hasan, Md. Muzammal Hoque and M. Hasnat Kabir</p>	61
47	<p>“Optimal Placement of Solar Farm and EV-Charging Station using Metaheuristic Optimization Technique”</p> <p>Kulsomsap Yenchamchalit, Yuttana Kongjeen and Krischonme Bhumkittipich</p>	62
48	<p>“Impact of Battery Energy Storage System Integrated Distributed Generation based on Standalone Renewable Energy System”</p> <p>Prakasit Prabpal, Yuttana Kongjeen and Krischonme Bhumkittipich</p>	63
49	<p>“Energy Demand Reduction of Power System with PV Grid-Connected Inverter using Predictive Current Control Technique”</p> <p>Samart Janghirun, Nathabhat Phankong and Krischonme Bhumkittipich</p>	64
50	<p>“Design of Flyback Converter for Agriculture Applications using Digital Control”</p> <p>Sidtha Rattanakam and Krischonme Bhumkittipich</p>	65
51	<p>“Design of Load Frequency Control in Two-Area Interconnected Power System under Solar Farm Installation”</p> <p>Sontaya Manmai and Krischonme Bhumkittipich</p>	66
55	<p>“A Design and Development of Low-Cost Electrical Dynamometer for Electrical Machines Laboratory”</p> <p>Phaisarn SUDWILAI</p>	67

Design of Flyback Converter for Agriculture Applications using Digital Control

Sidtha Rattanakam and Krischonme Bhumkittipich

Power and Energy Research Unit Department of Electrical Engineering Faculty of Engineering
Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Pathumthani, Thailand sidtha_r@mail.rmutt.ac.th and
krischonme.b@en.rmutt.ac.th

Abstract

This paper presents the design of the flyback converter for agriculture applications using digital control to eliminate the fungus mold-contaminate in green beans. It was excited by using plasma treatment. By the way, the flyback converter can be generated the maximum voltage more than 15,000 volts by using closed-loop voltage control at the MOSFET switching frequency about 20 kHz. The voltage discharge emission occurs at the electrode pole to generate the plasma. The flyback converter is selected to generate the voltage discharge emission for plasma generation. The closed-loop voltage control is the proposed control method to control the output voltage. The Experimental process can be stimulated as follows: First, the researcher prepares the container to plant the bean sprouts as a sieve. The size of the sieve is 9 cm wide, 11 cm long, 5 cm tall, 9 pieces. Each sieve will put 100 grams of green beans by weight. Before the experiment, the green bean seeds were soaked in water for 3 hours. The three methods of the experiment each type have 3 green beans as follows: Type 1 is normal bean sprouts cultivation. Type 2 is to spray the plasma 1 time per container with a voltage level of 5 kV, 10 kV, and 15 kV. Type 3 sprays the plasma 2 times per container on the first day of breeding and the next day with a voltage level of 5 kV, 10 kV, and 15 kV, respectively. Attempt 4 days. The experimental results showed that the growth level of bean sprouts in each container in order to compare the growth up to a level. The one-time plasma spraying with 15 kV was sprayed at first place container, The one-time plasma spraying with 10 kV was sprayed at second place container, The two-time plasma spraying with 5 kV was sprayed at third place container, the normal three seedings are fourth place. Finally, the two-time plasma spraying from 10 kV to 15 kV was sprayed at fifth place container. Therefore the correctness and validity of the proposed method are verified through the experimental results.

Keywords: Plasma , Fly back Converter, Agriculture Applications

Message from Vice President



Rajamangala University of Technology Thanyaburi (RMUTT) has an intense commitment and in resolution to educate, develop learning processes and support academic research, which produces qualified graduates to society and global markets requirements. RMUTT offers courses and programs leading to officially recognized higher education from bachelor to doctorate degrees in several areas of study. Our 29,000 alumni members are among the scientists, engineers, researchers, and innovators in industry, universities, and government sections on professional levels.

The theme of “The 2nd International Conference on Applied Science, Engineering and Interdisciplinary Studies 2019 (2nd ASEIS 2019) and The 4th Prachachuen Research Network National and International Conference (4th PRN-CON)” is to provide open discussion and valuable feedback among prestigious researchers, with their most current and innovative achievements in applied science, engineering, and interdisciplinary studies. The conference will include plenary speech, keynote speeches, invited speeches, oral presentations and poster presentations. As an annual gathering, it provides an extensive platform for scientists, researchers and scholars to present their research results and discuss the practical challenges encountered and the solutions adopted. The previous conference ASEIS 2018 successfully held in last year, has attracted over 150 participants from 6 countries.

(Assistant Professor Dr. Sommai Pivsa-Art)
Vice President

Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Thailand

Time	Session 3: Technology and Innovation for Engineering	Room	Page
14.00-14.15	S301: Decha.I¹, XU.Yugong¹, Wirachai R.² ¹ Beijing Jiaotong University, Beijing, CHAINA ² Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Pathumthani, THAILAND Topic: Investigation of Full-Scale Air Flow on HVAC Air Duct Of High-Speed Train Using CFD Method	1003	46
14.15-14.30	S302: Thanat Jensanyayut¹, Yuttana Kongjeen², and Krischonme Bhumkittipich¹ ¹ Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Pathumtani, THAILAND ² Rajamangala University of Technology Isan, Nakornratchasima, THAILAND Topic: Design of Smart Electric Vehicle for Elderly Society		47
14.30-14.45	S303: Kulsomsap Yenchamchalit¹, Yuttana Kongjeen², and Krischonme Bhumkittipich¹ ¹ Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Pathumtani, THAILAND ² Rajamangala University of Technology Isan, Nakornratchasima, THAILAND Topic: Optimal Placement of Solar Farm in Power Distubution System under EV Penetration using Metaheuristic Optimization Technique		48
14.45-15.00	S304: Prakasit Prabpal¹, Yuttana Kongjeen², and Krischonme Bhumkittipich¹ ¹ Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Pathumthani, THAILAND ² Rajamangala University of Technology Isan, Nakornratchasima, THAILAND Topic: Impact of Battery Energy Storage System integrated with Distributed Generation based on Large-Scale Photovoltaic System		49
15.00-15.15	S305: Samart Janghirun, Nathabhat Phankong, and Krischonme Bhumkittipich Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Pathumthani, THAILAND Topic: Energy Demand Reduction of Power System with PV Grid-Connected Inverter using Predictive Current Control Technique		50
15.15-15.30	S306: Sidtha Rattanakam and Krischonme Bhumkittipich Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Pathumthani, THAILAND Topic: Design of Flyback Converter for Agriculture Applications using Discrete PI Controller		51
15.30-15.40	Break	1007	
15.40-15.55	S307: Sontaya Manmai and Krischonme Bhumkittipich Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Pathumthani, THAILAND Topic: Design of Load Frequency Control in Two-Area Interconnected Power System under Solar Farm Installation		52
15.55-16.10	S308: Wongsakorn Wisatesajja, Wirachai Roynarin, and Decha Intholo Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Pathumthani, THAILAND Topic: Analyzing of the Rotor Tilt Angle Effect on Performance of Floating Wind Turbines Compared to the Fixed Tower Wind Turbines		53
16.10-16.25	S309: Wirachai Roynarin, Wongsakorn Wisatesajja, and Decha Intholo Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Pathumthani, THAILAND Topic: Studying of 15 kW Hybrid System on 10 kW Low Speed Wind Turbines with 5 kW Floating PV for Electricity Generating for Chaiyaphum Province Sport Stadium		54

Design of Flyback Converter for Agriculture Applications using Discrete PI Controller

Sidtha Rattanakam and Krischonme Bhumkittipich

Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Pathumthani, Thailand

*E-Mail: krischonme.b@en.rmutt.ac.th

Abstract

This paper presents the design of the flyback converter for agriculture applications using digital control to eliminate the fungus mold-contaminate in green beans. It was excited by using plasma treatment. By the way, the flyback converter can be generated the maximum voltage more than 15,000 volts by using closed-loop voltage control at the MOSFET switching frequency about 20 kHz. The voltage discharge emission occurs at the electrode pole to generate the plasma. The flyback converter is selected to generate the voltage discharge emission for plasma generation. The closed-loop voltage control is the proposed control method to control the output voltage. The Experimental process can be stimulated as follows: First, the researcher prepares the container to plant the bean sprouts as a sieve. The size of the sieve is 9 cm wide, 11 cm long, 5 cm tall, 9 pieces. Each sieve will put 100 grams of green beans by weight. Before the experiment, the green bean seeds were soaked in water for 3 hours. The three methods of the experiment each type have 3 green beans as follows: Type 1 is normal bean sprouts cultivation. Type 2 is to spray the plasma 1 time per container with a voltage level of 5 kV, 10 kV, and 15 kV. Type 3 sprays the plasma 2 times per container on the first day of breeding and the next day with a voltage level of 5 kV, 10 kV, and 15 kV, respectively. Attempt 4 days. The experimental results showed that the growth level of bean sprouts in each container in order to compare the growth up to a level. The one-time plasma spraying with 15 kV was sprayed at first place container, the one-time plasma spraying with 10 kV was sprayed at second place container, the two-time plasma spraying with 5 kV was sprayed at third place container, The normal three seedings are fourth place. Finally, the two-time plasma spraying from 10 kV to 15 kV was sprayed at fifth place container. Therefore the correctness and validity of the proposed method are verified through the experimental results.

Keyword: Plasma, Fly back Converter, Agriculture Applications

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล นายสิขุ รัตนคำ
วัน เดือน ปี 15 มีนาคม 2517
ที่อยู่ 40/13 แขวงโคกแฝด เขตหนองจอก กรุงเทพมหานคร
การศึกษา พ.ศ. 2546 ปริญญาตรีครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต
สาขา วิศวกรรมไฟฟ้ากำลัง สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน กรุงเทพมหานคร
ประสบการณ์การทำงาน
พ.ศ 2559 – ถึงปัจจุบัน ตำแหน่ง ครู คศ. 1
วิทยาลัยเทคนิคฉะบุรี อ. ฉะบุรี จ. ปทุมธานี
พ.ศ 2557 - 2559 ตำแหน่ง ครูผู้ช่วย
วิทยาลัยการอาชีพเขาย้อย อ. เขาย้อย จ. เพชรบุรี
พ.ศ. 2555 - 2557 ตำแหน่ง พนักงานราชการครู
วิทยาลัยเทคนิคมาบตาพุด อ. เมือง จ. ระยอง

