



รายงานการวิจัย

ออกแบบสร้างเครื่องกำจัดแมลงและศัตรูพืชจำพวกไม้สำหรับเกษตรกรและ
อุตสาหกรรมการเพาะปลูกพืชน้ำเพื่อการส่งออกโดยไม่ใช้สารเคมี

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รายงานการวิจัย

ออกแบบสร้างเครื่องกำจัดแมลงและศัตรูพืชจำพวกไม้สำหรับเกษตรกรและ
อุตสาหกรรมการเพาะปลูกพืชน้ำเพื่อการส่งออกโดยไม่ใช้สารเคมี

Machine design to get rid of insect pests for farmers and the cultivation of
aquatic plants industry for export without the use of chemicals

คณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ดร. ธนเสฏฐ์ ทศศิกรพัฒน์

สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ สำนักวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ 2562

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ 2562 ทางคณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอขอบคุณ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ขอขอบคุณ ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่เอื้อเฟื้อเครื่องมือและสถานที่สำหรับการทดสอบงานวิจัย

ขอขอบคุณ คณะกรรมการผู้ตรวจสอบทางวิชาการ ที่ได้คำแนะนำข้อเสนอแนะต่อคณะผู้วิจัย ด้วยดีตลอดมา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ธนเสฏฐ์ ทศดีกรพัฒน์

หัวหน้าโครงการวิจัย



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทคัดย่อ

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอการออกแบบสร้างเครื่องกำจัดแมลงและศัตรูพืชจำพวกมดน้ำสำหรับเกษตรกรและอุตสาหกรรมการเพาะปลูกพืชน้ำเพื่อการส่งออกโดยไม่ใช้สารเคมี โดยระบบนี้ถูกออกแบบขึ้นมาเพื่อสนับสนุนการใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่เข้ามาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมการเพาะปลูกและการส่งออกของพืชจำพวกมดน้ำ แทนการใช้สารเคมี เพื่อลดสารเคมีตกค้างพืชพรรณมดน้ำสำหรับอุตสาหกรรมส่งออกของไทย จากเดิมภายในอุตสาหกรรมการเพาะปลูกพืชน้ำสารเคมีเพื่อการควบคุมแมลงและเชื้อรา ซึ่งสารเคมีตกค้างบางชนิดเป็นอันตรายมากส่งผลให้ระบบนิเวศบริเวณนั้นได้รับผลกระทบอย่างมาก ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้นำเสนอการใช้เทคโนโลยีการปล่อยคลื่นเสียงความถี่สูงกำลังงานสูงย่านอัลตราโซนิก (Ultrasonic) ลงไปในน้ำที่มีพืชพรรณมดน้ำที่เตรียมพร้อมสำหรับการส่งออก เพื่อให้คลื่นเสียงที่ออกมาจากชุดปล่อยคลื่นมากระทบกับตัวของศัตรูพืชที่อาศัยอยู่ในรากของพืชจำพวกมดน้ำ เมื่อตัวของศัตรูพืชได้รับคลื่นเสียงที่มีความถี่ที่เหมาะสมและมีกำลังงานที่งานที่สูงเพียงพอ จะสามารถทำลายเซลล์ของตัวศัตรูพืชได้ ซึ่งเป็นวิธีการกำจัดศัตรูพืชโดยไม่ใช้สารเคมี ไม่มีสารเคมีตกค้าง เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม การทำงานภายในระบบเริ่มด้วยชุดกำเนิดสัญญาณไฟฟ้าความถี่สูงในย่านอัลตราโซนิกส่งสัญญาณไปยังชุดขยายสัญญาณกำลังงานสูง และส่งต่อไปที่ชุดแปลงสัญญาณไฟฟ้าเป็นคลื่นอัลตราโซนิก โดยได้ออกแบบตัวเครื่องเป็นรูปแบบของอ่าง ที่ติดตั้งชุดปล่อยคลื่นอัลตราโซนิกอยู่ภายใต้ตัวอ่าง ทำให้สะดวกต่อการใช้งาน ผู้ใช้งานเพียงนำพืชพรรณมดน้ำใส่ลงในอ่างเพื่อกำจัดศัตรูพืชก่อนการส่งออกพืชพรรณมดน้ำ

Abstract

This research presents the design and construction of aquatic plant pesticide machines for farmers and the aquaculture industry for export without chemical additives. The system is designed to support the application of new technology to the cultivation and export industry of aquatic plants. Instead of using chemicals to reduce the chemical residue of water plants for the Thai export industry. Originally within the aquaculture industry, chemicals for the control of insects and fungi which of the chemical residues is very high, resulting in the ecosystem in that area is greatly affected. Therefore, the researcher has proposed the use of ultrasonic emission technology to emit high-power ultrasonic waves into the water with aquatic plants prepared for export. To make sound waves emitted from the suit to hit the body of the pests living in the roots of the aquatic plants. When the pest receives a sound wave that is suitable and has a sufficiently high power, it can destroy the cells of the pest. This is a way to get rid of pests without using chemicals. Causing no chemical residue Environmental friendly. Operation within the system starts with a high-frequency generator in the ultrasonic range, sending the signal to the high-power amplification unit. And forwarded to a set of converting electrical signals to ultrasonic waves. By having designed the machine in the form of a tub where the ultrasonic emitter is installed under the bath. To make it easy to use The user simply puts the aquatic plants into the basin to kill pests before exporting the aquatic plants.

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ (ภาษาไทย).....	ก
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ).....	ข
สารบัญ.....	ค
สารบัญตาราง.....	จ
สารบัญรูปภาพ.....	ฉ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย.....	6
1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย.....	6
1.4 ทฤษฎี สมมุติฐาน และกรอบแนวคิดของโครงการวิจัย.....	6
1.5 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (information) ที่เกี่ยวข้อง.....	9
1.6 ศักยภาพทางการตลาดของเทคโนโลยีและนวัตกรรมที่จะพัฒนา.....	11
1.7 วิธีการดำเนินการวิจัย.....	11
2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	13
2.1 เพียโซอิเล็กทริก.....	15
2.1.1 ลักษณะของวัสดุเพียโซอิเล็กทริก.....	16
2.1.2 ปรากฏการณ์ Piezoelectricity.....	16
2.2 วงจรเรโซแนนซ์ของหัวเพียโซอิเล็กทริก.....	19
2.3 มอสเฟตกำลัง.....	24
2.4 วงจรคอนเวอร์เตอร์.....	25
3 การออกแบบและสร้างวงจรควบคุม.....	28
3.1 ออกแบบวงจรเพาเวอร์ซัพพลาย.....	29
3.1.1 เพาเวอร์ซัพพลายในส่วนภาคกำลัง.....	29
3.1.2 เพาเวอร์ซัพพลายในส่วนวงจรกำเนิดความถี่.....	30

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
3.2 ออกแบบวงจรออสซิลเลเตอร์.....	30
3.3 ออกแบบวงจร ไอโซเลเตอร์	32
3.4 การออกแบบวงจรฮาร์ฟบริดจ์คอนเวอร์เตอร์	33
3.5 วงจรเรโซแนนซ์.....	34
3.6 ออกแบบอ่างทดลองและฐานตั้งอ่างทดลอง	37
3.7 สรุป	41
4 ผลการทดลอง	42
4.1 สัญญาณความถี่วงจรรออสซิลเลเตอร์	42
4.2 สัญญาณที่เข้าขาเกตของวงจรฮาร์ฟบริดจ์คอนเวอร์เตอร์	42
4.3 สัญญาณที่สั้นจากหัวอัลตราโซนิกแต่ละหัว	43
4.4 ผลการทดลองการกำจัดศัตรูพืช	45
4.5 รูปตัวอย่างผลการทดลอง.....	53
4.6 สรุปผล.....	56
5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ	57
5.1 สรุปเนื้อหาของโครงการวิจัย.....	57
5.2 ปัญหาและข้อเสนอแนะ	57
ประวัตินักวิจัย.....	58

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ผลของความถี่ต่าง ๆ ของคลื่นเสียงอัลตราโซนิก	14
4.1 สัญญาณการสั่นของหัวอัลตราโซนิกแต่ละหัว.....	44
4.2 อัตราการสั่นของหัวอัลตราโซนิกแต่ละหัว	44
4.3 จำนวนไส้เดือนที่ออกมาจากรากสะสมต่อต้นจอก 20 ต้น ภายใน 30 นาที (ผลการทดลองครั้งที่ 1).....	48
4.4 ค่าเฉลี่ยจำนวนไส้เดือนที่ออกมาจากรากสะสมทั้งหมดภายในอ่าง (ตารางผลการทดลองครั้งที่ 1)	48
4.5 จำนวนไส้เดือนที่ออกมาจากรากสะสมต่อต้นจอก 20 ต้น ภายใน 30 นาที (ผลการทดลองครั้งที่ 2).....	49
4.6 ค่าเฉลี่ยจำนวนไส้เดือนที่ออกมาจากรากสะสมทั้งหมดภายในอ่าง (ตารางผลการทดลองครั้งที่ 2)	50
4.7 จำนวนไส้เดือนที่ออกมาจากรากสะสมต่อต้นจอก 20 ต้น ภายใน 30 นาที (ตารางผลการทดลองครั้งที่ 3).....	51
4.8 ค่าเฉลี่ยจำนวนไส้เดือนที่ออกมาจากรากสะสมทั้งหมดภายในอ่าง (ตารางผลการทดลองครั้งที่ 3)	51

สารบัญรูปลูกภาพ

รูปที่	หน้า
1.1	2
1.2	3
1.3	4
1.4	5
1.5	6
1.6	7
1.7	8
1.8	8
1.9	10
1.10	12
2.1	16
2.2	17
2.3	17
2.4	20
2.5	22
2.6	23
2.7	24
2.8	24
2.9	26
2.10	26
2.11	27
3.1	28
3.2	29

สารบัญรูปร่าง (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.3 วงจรเพาเวอร์ซัพพลายแรงดัน 24 โวลต์	29
3.4 วงจรกำเนิดสัญญาณ.....	30
3.5 วงจรกำเนิดสัญญาณ.....	31
3.6 ชุดวงจรบัฟเฟอร์.....	31
3.7 วงจรไอโซเลเตอร์.....	32
3.8 ชุดวงจรไอโซเลเตอร์	33
3.9 วงจรฮาล์ฟบริดจ์คอนเวอร์เตอร์.....	33
3.10 ชุดวงจรฮาล์ฟบริดจ์คอนเวอร์เตอร์	34
3.11 วงจรเรโซแนนซ์	34
3.12 วงจรเรโซแนนซ์	35
3.13 ชุดวงจรเรโซแนนซ์.....	36
3.14 ชุดหัวเพียโซอิเล็กทริก.....	36
3.15 แบบจำลองโครงเครื่อง.....	37
3.16 ขนาดแบบโครงเครื่อง	38
3.17 แบบจำลองอ่างทดลอง.....	38
3.18 ขนาดอ่างทดลอง.....	39
3.19 แบบจำลองเครื่องเต็ม	39
3.20 ขนาดแบบจำลองเครื่องเต็ม	40
3.21 อ่างทดลองและฐานตั้งอ่างทดลอง.....	40
4.1 สัญญาณที่ขั้วของวงจรรอสซิลเลเตอร์	42
4.2 สัญญาณที่เข้าขาเกต	42
4.3 สัญญาณการสั่นของหัวอัลตราโซนิกแต่ละหัว	43
4.4 วัดอัตราการสั่นของหัวอัลตราโซนิก.....	43
4.5 แบบจำลองตำแหน่งของหัวอัลตราโซนิกภายในอ่าง	44
4.6 ต้นจอก	45
4.7 ไม้เดือนฝอย	46

สารบัญญรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.8	ต้นจอกในอ่างทดลอง.....46
4.9	ไส้เดือนฝอยในรากต้นจอก.....47
4.10	นำไส้เดือนฝอยใส่ลงไปนในรากต้นจอก47
4.11	แผนภูมิแสดงค่าเฉลี่ยจำนวนไส้เดือนที่ออกมาจากรากสะสมทั้งหมดภายในอ่าง (%).....49
4.12	แผนภูมิแสดงค่าเฉลี่ยจำนวนไส้เดือนที่ออกมาจากรากสะสมทั้งหมดภายในอ่าง (%).....50
4.13	แผนภูมิแสดงค่าเฉลี่ยจำนวนไส้เดือนที่ออกมาจากรากสะสมทั้งหมดภายในอ่าง (%).....52
4.14	จำนวนไส้เดือนที่ออกมาจากรากสะสม เวลา 5 นาที.....53
4.15	จำนวนไส้เดือนที่ออกมาจากรากสะสม เวลา 10 นาที.....53
4.16	จำนวนไส้เดือนที่ออกมาจากรากสะสม เวลา 15 นาที.....54
4.17	จำนวนไส้เดือนที่ออกมาจากรากสะสม เวลา 20 นาที.....54
4.18	จำนวนไส้เดือนที่ออกมาจากรากสะสม เวลา 25 นาที.....55
4.19	จำนวนไส้เดือนที่ออกมาจากรากสะสม เวลา 30 นาที.....55

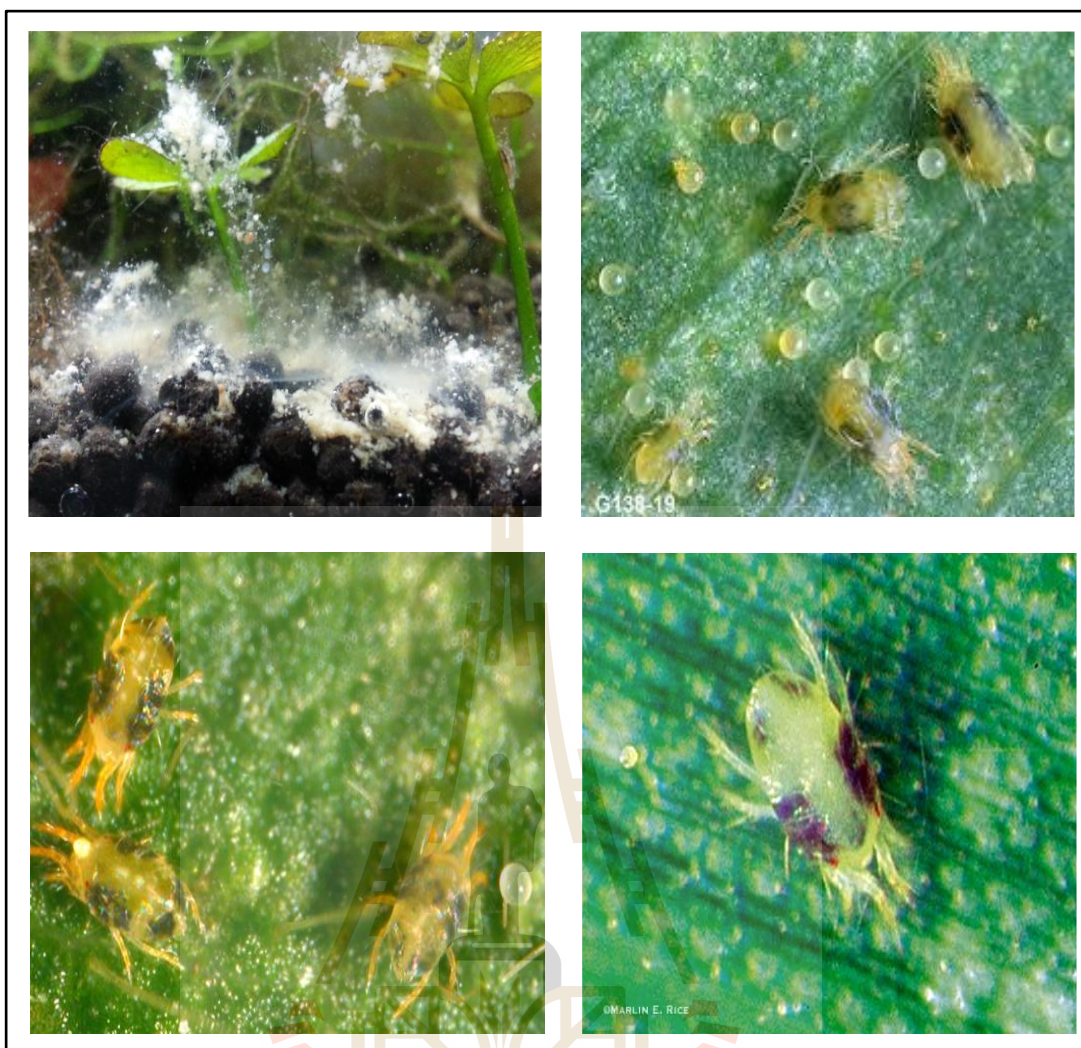


บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ปัจจุบัน กลุ่มพีชน้ำ สหราชอาณาจักร กล้วยน้ำ ไข่ไก่ต่าง มะพร้าว น้ำ เป็นต้น นับว่าเป็นสินค้าส่งออกอย่างหนึ่งของไทยที่มีอนาคตสดใส เนื่องจากตลาดต่างประเทศต้องการมากและเป็นพีชน้ำที่มีราคาดี และได้มีเกษตรกรหลายรายให้ความสนใจในเรื่องนี้มากพอสมควร ซึ่งถือได้ว่าเป็นพีชน้ำทางเศรษฐกิจที่กำลังได้รับความสนใจเป็นอย่างมากกลุ่มหนึ่ง ซึ่งสามารถส่งออกขายยังต่างประเทศและนำเงินตราต่างประเทศเข้าประเทศไทยได้เป็นจำนวนมากปีละไม่ต่ำกว่า 150 ล้านบาท และกำลังเป็นทางเลือกหนึ่งให้กับเกษตรกรกลุ่มใหม่ที่กำลังมองหาธุรกิจใหม่ ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีศักยภาพในการเพาะขยายพันธุ์พรรณไม้จำนวนมาก เนื่องจากมีภูมิอากาศและสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม และมีพรรณไม้ที่ทนทานจำนวนมาก สำหรับเกษตรกรผู้สนใจผลิตพรรณไม้ไม้ถึงแม้ว่ายังมีความรู้ความเข้าใจในเรื่องการเลี้ยงพรรณไม้ไม่มากนัก ก็สามารถเริ่มต้นได้โดยการเริ่มเลี้ยงพรรณไม้บางชนิดที่เลี้ยงง่ายตลาดต้องการแน่นอน และต้องการใช้ในปริมาณมาก เมื่อมีความชำนาญมากขึ้น จึงทำการขยายการผลิตพรรณไม้ชนิดอื่น ๆ ต่อไป แต่ด้วยปัญหาของแมลง สัตว์กินพืช และโรคพืช เช่นเชื้อราที่เกิดขึ้นต่าง ๆ ซึ่งเป็นตัวการที่สร้างปัญหาให้กับกลุ่มเกษตรกรและผู้ประกอบการส่งออกพรรณไม้ของไทย ทำให้โดยส่วนใหญ่เกิดความเสียหายเป็นอย่างมากและจะสามารถส่งออกได้เพียงบางส่วน และบางส่วนต้องตายหรือไม่เจริญเติบโต ทำให้เกิดความเสียหายเป็นวงกว้างต่อกลุ่มเกษตรกร ซึ่งหากสามารถแก้ปัญหานี้ได้จะสามารถนำเงินตราเข้าประเทศได้อีกและสร้างคุณภาพชีวิตของเกษตรกรและผู้ประกอบการ รวมถึงเศรษฐกิจที่ดีขึ้นอีกด้วย ซึ่งปัญหาดังกล่าว โดยเฉพาะพีชน้ำสำคัญหลักๆของไทย ที่เป็นพรรณไม้ที่สำคัญและสร้างรายได้ต่อเกษตรกรไทยเป็นอย่างมาก โดยมีตลาดส่งออกทั้งประเทศในกลุ่มทวีปเอเชีย และยุโรป ดังนั้นในการวิจัยสร้างนวัตกรรมนี้จะมุ่งเน้นออกแบบสร้างเครื่องกำจัดแมลงและเชื้อราในอุตสาหกรรมเพาะปลูกพีชน้ำเพื่อการส่งออก โดยใช้หลักการของเทคโนโลยีการกำจัดแมลงและเชื้อราด้วยอัลตราโซนิกกำลังสูง โดยใช้พีชน้ำสำคัญหลักๆของไทย ในการกำหนดผลของการออกแบบสร้างและทดสอบประสิทธิภาพของระบบ เป็นตัวแทนของการออกแบบสร้างเครื่องกำจัดแมลงและเชื้อราในอุตสาหกรรมเพาะปลูกพีชน้ำเพื่อการส่งออกด้วยอัลตราโซนิกกำลังสูง โดยเมื่อสร้างเครื่องกำจัดแมลงและเชื้อราในอุตสาหกรรมเพาะปลูกพีชน้ำด้วยอัลตราโซนิกกำลังสูง ที่เป็นไปตามเป้าหมายแล้ว จะสามารถประยุกต์ใช้กับพีชน้ำอื่นได้อีกมากมาย ทุกชนิด จากสถิติการส่งออก (Export) กลุ่มของพีชน้ำ ปริมาณและมูลค่าการส่งออกรายเดือน ของข้อมูลสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร จะเห็นได้ว่าการส่งออกอยู่ที่ประมาณเดือนละ 100 - 150 ล้านบาท ไม่รวมบริโภครภายในประเทศและการส่งออกขยายสู่ตลาดโลกในทุกทวีป จีน เวียดนาม ประเทศในกลุ่มประชาคมยุโรป อเมริกา ประเทศในกลุ่มตะวันออกกลาง เป็นต้น จากรูปแสดงกลุ่มเมล็ดพันธุ์พีชที่มีการส่งออก แสดงดังรูปที่ 1.1 แสดงพรรณไม้



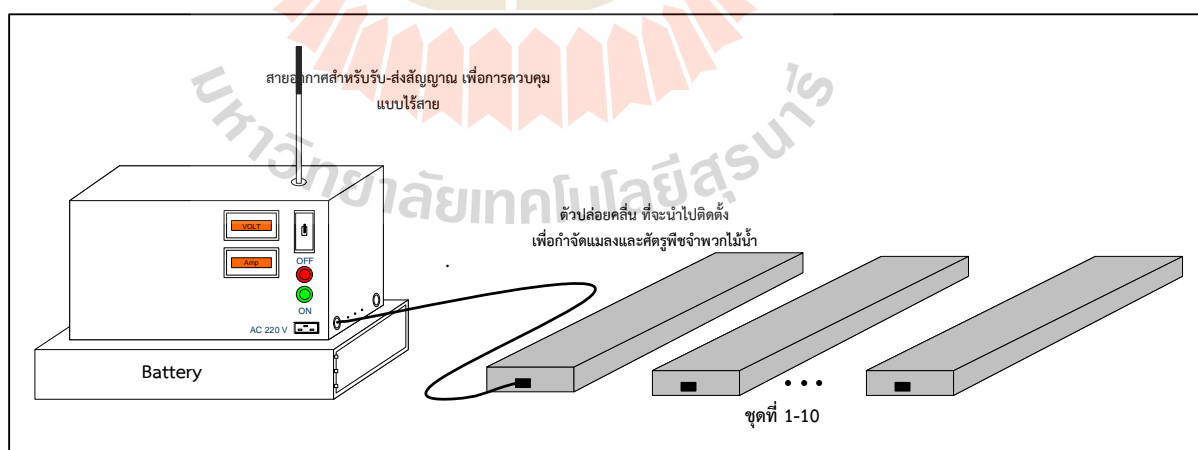
รูปที่ 1.2 แมลงและเชื้อราในพรรณไม้สำหรับอุตสาหกรรมส่งออกของไทย



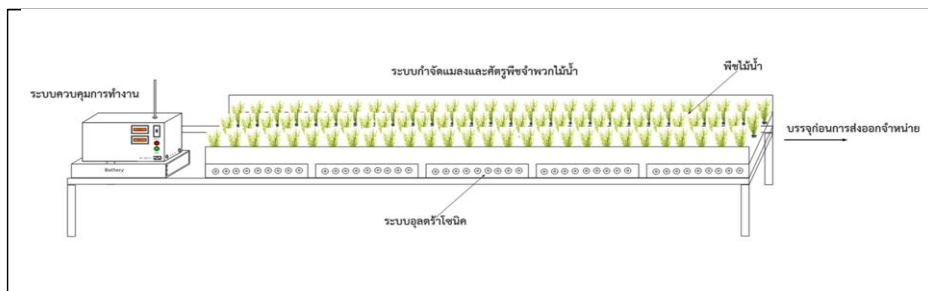
รูปที่ 1.3 สารเคมีเพื่อการควบคุมแมลงและเชื้อรา

ในปัจจุบันการใช้สารเคมีเป็นที่นิยมกันอย่างกว้างขวางในกลุ่มผู้ประกอบการไม้เนื้อแข็ง ซึ่งอาจทำให้เกิดสารตกค้างในพืชไม้ได้ ซึ่งก็ยังไม่สามารถแก้ปัญหาได้เต็ม 100 % ดังนั้นการหาวิธีการใช้เทคโนโลยีที่สามารถใช้กำจัดแมลงและเชื้อราที่เกิดขึ้นในพืชไม้ได้หมดนั้น จึงเป็นสิ่งสำคัญเป็นอย่างมาก จากความสำคัญและปัญหาดังกล่าวคณะผู้วิจัยได้เล็งเห็นถึงความสำคัญในการแก้ปัญหาที่เกิดประโยชน์และมีประสิทธิภาพมากที่สุด จึงได้ศึกษาและค้นคว้าข้อมูลเพื่อหาวิธีการเพื่อแก้ปัญหาการกำจัดแมลงและเชื้อราในไม้เนื้อแข็งโดยไม่ใช้สารเคมี ซึ่งพบว่าการใช้เทคโนโลยีด้วยการใช้คลื่นเสียงความถี่สูงกำลังงานสูงย่านอัลตราโซนิก (Ultrasonic) ปลดปล่อยไปในน้ำทำให้น้ำเกิดคลื่นที่มีแรงกระแทกที่ตัวของลูกน้ำยุงทำให้ลูกน้ำยุงตายโดยง่าย แต่สัตว์น้ำอื่น ๆ ที่มีขนาดใหญ่กว่าหรือเล็กกว่าจะไม่มีผลกระทบ ไม่ทำลายสิ่งแวดล้อม ไม่มีสารเคมีตกค้าง เป็นวิธีการที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งสามารถออกแบบให้มีความเหมาะสมสามารถประยุกต์ใช้กับแมลงและเชื้อราในพืชไม้ได้เป็นอย่างดี โดยไม่มีผลกระทบต่อไม้เนื้อแข็ง นอกจากนี้ยังสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการกำจัดแมลงศัตรูพืชในอุตสาหกรรมส่งออกไม้เนื้อแข็งทุกชนิดได้อีกด้วย โดยคณะผู้วิจัยได้เริ่มคิดค้นและใช้เทคโนโลยีการใช้คลื่นเสียงความถี่สูงกำลังงานสูงย่านอัลตราโซนิกในการนำไปกำจัดลูกน้ำยุงขึ้นในปี 2552 เป็นต้นมาและได้พัฒนาขึ้นมาเรื่อย ๆ และได้ทดสอบถึงประสิทธิภาพ ซึ่งได้ผลการทดสอบที่ดี และทางคณะผู้วิจัยได้ดำเนินการจดสิทธิบัตรเมื่อวันที่ 24 กุมภาพันธ์ 2553 เรื่อง เครื่องกำจัดลูกน้ำยุงโดยไม่ทำลายสิ่งแวดล้อมและได้ดำเนินการพัฒนาจนถึงปัจจุบัน ซึ่งระบบต่าง ๆ เป็นระบบที่สามารถออกแบบเพื่อให้ปรับกำลังงานได้ ดังนั้นจึงสามารถประยุกต์ใช้กับการกำจัดแมลงและเชื้อราในพืชไม้ได้เป็นอย่างดี

โดยคณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะสร้างระบบขนาดใหญ่ที่สามารถกำจัดแมลงและเชื้อราในพืชน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยงานประดิษฐ์คิดค้นนี้จะส่งผลกระทบต่อผู้ประกอบการส่งออกไม้พืชน้ำโดยรวมอย่างมาก ซึ่งเป็นทางเลือกที่ดีกว่าในการทดแทนวิธีการกำจัดแมลงและเชื้อราในพืชน้ำในแบบเดิม ๆ ที่ผ่านมาอย่างแน่นอน ไม่ว่าจะเป็นการใช้สารเคมี หรือวิธีทางธรรมชาติ โดยจะทำการออกแบบสร้างระบบกำจัดแมลงและเชื้อราในพืชน้ำ โดยทำการออกแบบระบบ ซึ่งมีโครงสร้างของโรงเรือนขนาด 20 ตารางเมตร โดยใน 1 ตารางเมตร จะใช้เครื่องกำเนิดคลื่นเสียงอัลตราโซนิก ทั้งหมด 2 ชุดย่อย นั่นคือ ต้องออกแบบเครื่องกำเนิดคลื่นเสียงอัลตราโซนิกทั้งหมด 40 ชุดย่อย และใน 10 ชุดย่อย จะถูกติดตั้งไว้ในระบบของแต่ละชุดการควบคุมใน 1 ระบบ ซึ่งจะมีทั้งหมด 4 ระบบการควบคุม เป็น 1 ระบบใหญ่ โดย ระบบของแต่ละชุดการควบคุม จะแสดงดังรูปที่ 4 และ ระบบที่ติดตั้งแล้วแสดงดังรูปที่ 5 เพื่อทำการกำจัดแมลงและเชื้อราในพืชน้ำทั้งระบบ ทั้งนี้สามารถใช้งานได้ในกลุ่มเกษตรกรผู้เพาะปลูกพืชน้ำ และสามารถใช้กับการกำจัดแมลงและศัตรูพืชก่อนบรรจุส่งออกได้อีกด้วย โดยในแต่ละชุดของเครื่องกำเนิดคลื่นเสียงอัลตราโซนิก จะออกแบบให้มีกำลังเอาต์พุตขนาดประมาณ 200 วัตต์ และสามารถปรับความถี่และกำลังงานได้ และสามารถควบคุมการทำงานแบบอัตโนมัติ โดยหลักการการทำงานของแต่ละชุดนั้นจะใช้แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงจากแรงดันกระแสสลับ 220 โวลต์ 50 เฮิร์ตซ์ จ่ายแรงดันให้กับวงจรภาควงจรเรียงกระแสไฟฟ้าและกรองกระแสไฟฟ้าทางด้านอินพุต (Power Rectifier & Filter) ทำให้ได้แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่ประมาณ 310 โวลต์ ไปเป็นแหล่งจ่ายที่ภาคของวงจรสวิทช์และขยายกำลังโดยใช้มอสเฟตหรือทรานซิสเตอร์ เพื่อทำการสร้างความถี่และขยายกำลัง (Oscillator & Driver Amp) และส่งต่อไปยังภาควงจรรีโซแนนซ์และขดลวดหม้อแปลงความถี่สูงกำลังสูงและส่งต่อไปที่ตัวปล่อยคลื่นแบบเพียโซอิเล็กทริกสำหรับส่งคลื่นเสียงความถี่สูงในการกำจัดแมลงและเชื้อราในพืชน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ



รูปที่ 1.4 แสดงระบบของแต่ละชุดการควบคุม ซึ่งประกอบไปด้วย 10 ชุดย่อย



รูปที่ 1.5 แสดงระบบการกำจัดแมลงและศัตรูพืชจำพวกไม้น้ำ

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

ทำการออกแบบสร้างเครื่องกำจัดแมลงและศัตรูพืชจำพวกไม้น้ำสำหรับเกษตรกรและอุตสาหกรรมเพาะปลูกพืชน้ำเพื่อการส่งออกโดยไม่ใช้สารเคมี ที่สามารถทำงานได้ในขนาดพื้นที่การเพาะปลูกเท่ากับ 20 ตารางเมตร ให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดของการทำงาน โดยไม่ทำให้พืชจำพวกไม้น้ำเกิดความเสียหายเพื่อการนำมาทดแทนวิธีการเดิมในปัจจุบัน พร้อมทั้งติดตั้งทดสอบการทำงานของแต่ละเครื่องและทั้งระบบเพื่อประเมินและติดตามผลและหาความสัมพันธ์ ที่เป็นเงื่อนไขการทำงานของเครื่องและระบบกำจัดกำจัดแมลงและศัตรูพืชจำพวกไม้น้ำสำหรับสำหรับเกษตรกรและอุตสาหกรรมเพาะปลูกพืชน้ำเพื่อการส่งออกถึงอัตราการทำลายพืชน้ำ เชื้อราที่เกิดขึ้นหรือลดลง และตรวจสอบความแข็งแรงของพืชจำพวกไม้น้ำอีกด้วย ทั้งนี้เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดของการทำงานและไม่ทำให้เกิดความเสียหายต่อพืชจำพวกไม้น้ำ

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

ออกแบบสร้างเครื่องกำจัดแมลงและศัตรูพืชจำพวกไม้น้ำสำหรับเกษตรกรและอุตสาหกรรมเพาะปลูกพืชน้ำเพื่อการส่งออกโดยไม่ใช้สารเคมี ที่สามารถนำไปกำจัดแมลงและศัตรูพืชจำพวกไม้น้ำขนาดพื้นที่การเพาะปลูกเท่ากับ 20 ตารางเมตร โดยที่พืชจำพวกไม้น้ำยังคงมีคุณภาพที่ดีและเครื่องและระบบที่ไม่เป็นอันตรายต่อมนุษย์จำนวน 1 ระบบใหญ่ และเป็นเครื่องต้นแบบในการกำจัดแมลงและศัตรูพืชจำพวกไม้น้ำ สำหรับเกษตรกรและอุตสาหกรรมเพาะปลูกพืชน้ำเพื่อการส่งออกด้วยเทคโนโลยีคลื่นเสียงอัลตราโซนิกกำลังงานสูงต่อไป

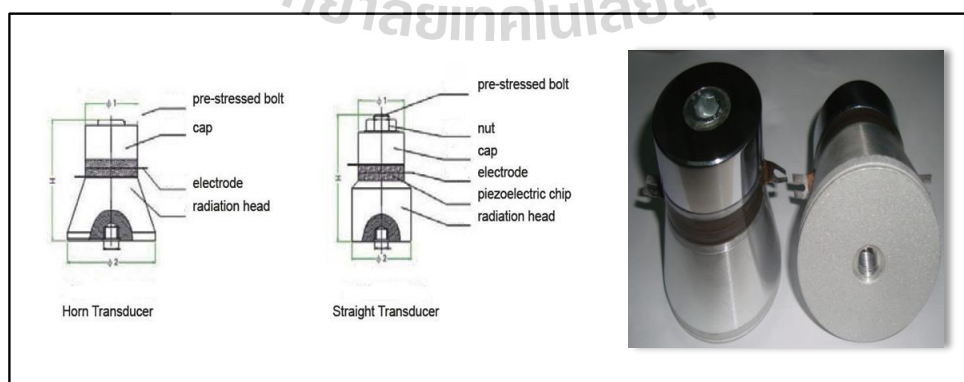
1.4 ทฤษฎี สมมุติฐาน และกรอบแนวคิดของโครงการวิจัย

คลื่นเสียงที่มีความถี่สูงเกินกว่าที่มนุษย์จะได้ยิน โดยทั่วไปแล้วหูของมนุษย์โดยเฉลี่ยจะได้ยินเสียงสูงถึงเพียงแค่ประมาณ 15 กิโลเฮิร์ตซ์ เท่านั้น แต่พวกที่อายุน้อย ๆ อาจจะได้ยินเสียงที่มีความถี่สูงกว่านี้ได้ ดังนั้นโดยปกติแล้วคำว่าอัลตราโซนิกจึงมักจะหมายถึงคลื่นเสียงที่มีความถี่สูงกว่า 20 กิโลเฮิร์ตซ์ ขึ้นไป จะสูงขึ้นจนถึงเท่าใดไม่ได้ระบุจำกัดเอาไว้

สาเหตุที่มีการนำเอาคลื่นย่านอัลตราโซนิกมาใช้ก็เพราะว่าเป็นคลื่นที่มีทิศทางทำให้เราสามารถเลี้ยงคลื่นเสียงไปยังเป้าหมายที่ต้องการได้โดยเจาะจง เรื่องนี้เป็นคุณสมบัติของคลื่นอย่างหนึ่ง ยิ่งคลื่นมีความถี่สูงขึ้นความยาวคลื่นก็จะยิ่งสั้นลง ถ้าความยาวคลื่นยาวกว่าช่องเปิด (ที่ให้เสียงนั้นออกมา) ของตัวกำเนิดเสียง ความถี่นั้นเช่น คลื่นความถี่ 300 Hz ในอากาศจะมีความยาวถึงประมาณ 1 เมตรเศษ ๆ ซึ่งจะยาวกว่าช่องที่ให้คลื่นเสียงออกมาจากตัวกำเนิดเสียงโดยทั่วไปมากมายคลื่นจะหักเบนที่ขอบด้านนอกของตัวกำเนิดเสียงทำให้เกิดการกระจายทิศทางคลื่น แต่ถ้าความถี่สูงขึ้นมาอยู่ในย่านอัลตราโซนิก อย่างเช่น 40 กิโลเฮิร์ตซ์ จะมีความยาวคลื่นในอากาศเพียงประมาณ 8 มิลลิเมตร เท่านั้นซึ่งเล็กกว่ารูเปิดของตัวที่ให้กำเนิดเสียงความถี่นี้มากคลื่นเสียงจะไม่มี การเลี้ยวเบนที่ขอบจึงพุ่งออกมาเป็นลำแคบ ๆ หรือที่เราเรียกว่า มีทิศทาง

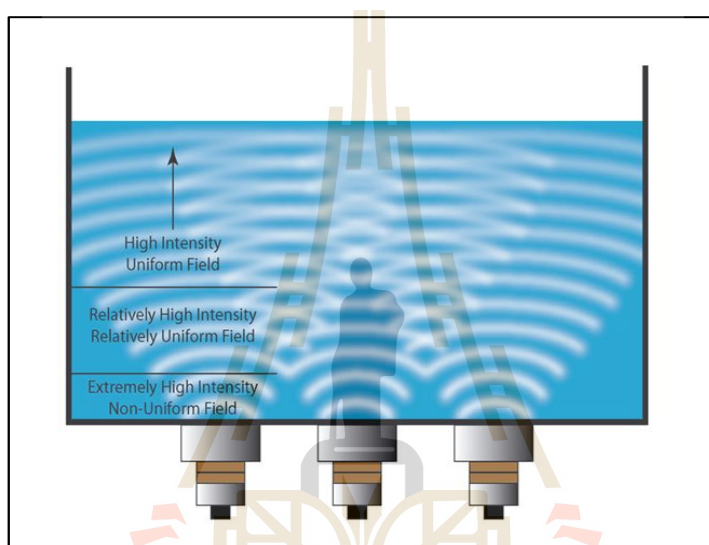
การมีทิศทางของคลื่นเสียงย่านอัลตราโซนิกทำให้เรานำไปใช้งานได้หลายอย่าง เช่น นำไปใช้ในเครื่องควบคุมระยะไกล (Ultrasonic remote control) เครื่องล้างอุปกรณ์ (Ultrasonic cleaner) โดยให้น้ำสั่นที่มีความถี่สูง เครื่องวัดความหนาของวัตถุโดยส่งกระทบระยะเวลาที่คลื่นสะท้อนกลับมา เครื่องวัดความลึกและทำแผนที่ใต้ท้องทะเล ใช้ในเครื่องหาตำแหน่งอวัยวะบางส่วนในร่างกาย ใช้ทดสอบการรั่วไหลของท่อ เป็นต้น

อุปกรณ์ที่สามารถแปลงพลังงานในรูปอื่นให้มาเป็นพลังงานทางกลโดยการสั่นไปมา ซึ่งทำให้เกิดคลื่นเสียงย่านอัลตราโซนิกกระจายไปในอากาศได้หรือแปลงพลังงานทางกลให้มาเป็นพลังงานในรูปอื่นได้นั้น มีชื่อเรียกว่า อัลตราโซนิกทรานสดิวเซอร์ (Ultrasonic Transducer) ในปัจจุบันอัลตราโซนิกทรานสดิวเซอร์มีหลายแบบขึ้นอยู่กับหลักการที่ใช้ แบบที่นิยมใช้กันมากได้แก่ แบบเพียโซอิเล็กทริก (Piezo-electric Transducer) ซึ่งแปลงไปมาระหว่างพลังงานไฟฟ้าและพลังงานทางกล โดยมีความถี่เรโซแนนซ์คงที่อยู่ค่าหนึ่ง ดังแสดงในรูปที่ 1.6 ลักษณะโครงสร้างตัวปล่อยคลื่นอัลตราโซนิกทรานสดิวเซอร์ โดยทรานสดิวเซอร์แบบเพียโซอิเล็กทริก ภายในตัวอัลตราโซนิกทรานสดิวเซอร์แบบเพียโซอิเล็กทริก แบบที่มีใช้กันในปัจจุบัน ซึ่งได้รับการพัฒนาขึ้นมาในระดับหนึ่งแล้วจะประกอบด้วยชิ้นสารเซรามิกสี่เหลี่ยมซึ่งมีผิวโลหะเงินฉาบอยู่ทั้ง 2 หน้าเพื่อให้ต่อสายไฟออกมาเป็นขา 2 ขา ชิ้นสารเซรามิกนี้ประกอบขึ้นจากสารเซรามิก 2 ชั้น ประกบกันอยู่โดยวางให้ขั้วไดโพลทางไฟฟ้าภายในอะตอมของมันมีทิศทางตรงข้ามกัน

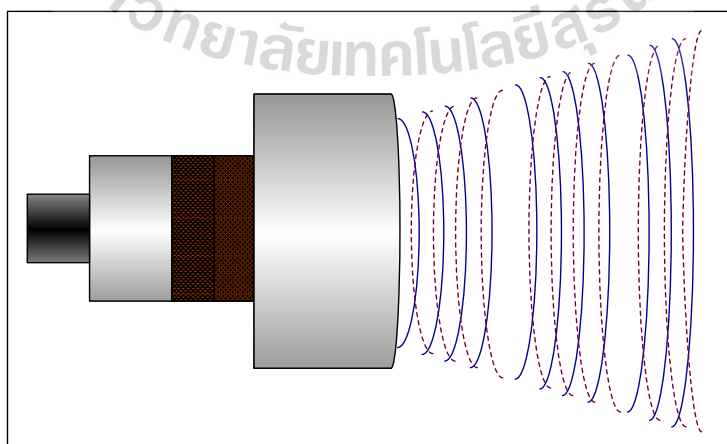


รูปที่ 1.6 ลักษณะโครงสร้างตัวปล่อยคลื่นอัลตราโซนิกทรานสดิวเซอร์

ลักษณะการใช้งานทรานสดิวเซอร์แบบเพียโซอิเล็กทริกจะถูกติดตั้งติดกับแผ่นโลหะที่ไม่มีการเกิดสนิม เพื่อส่งผ่านกำลังงานคลื่นเสียงความถี่สูง ไปยังวัตถุที่ต้องการกำจัดหรือทำลาย โดยลักษณะของการติดตั้งแสดง ดังรูปที่ 1.7 เป็นลักษณะของการติดตั้งทรานสดิวเซอร์แบบเพียโซอิเล็กทริกกับแผ่นโลหะทั้งหมด 3 ตัว ทำให้มี ลักษณะของคลื่นเสียงเกิดการกระจายไปทั่วทั้งบริเวณ ซึ่งหาลูกน้ำหรือสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ได้รับพลังงานที่มากพอ ซึ่งจะทำให้ได้รับผลกระทบและถูกกำจัดได้ อย่างไรก็ตามการออกแบบเครื่องกำเนิดคลื่นเสียงความถี่สูงกำลัง งานสูงย่านอัลตราโซนิกเพื่อกำจัดลูกน้ำยุง ได้ออกแบบให้ระบบมีความเหมาะสมกับลูกน้ำยุงเท่านั้น ซึ่งไม่มีผล การท่อบต่อสิ่งมีชีวิตชนิดอื่น ๆ โดยลักษณะการกระจายคลื่นหัวทรานสดิวเซอร์แบบเพียโซอิเล็กทริกแสดงดังรูป ที่ 1.8



รูปที่ 1.7 ลักษณะการติดตั้งใช้งานและการกระจายคลื่นเสียงความถี่สูง



รูปที่ 1.8 ลักษณะการกระจายคลื่นเสียงความถี่สูงของแต่ละหัว

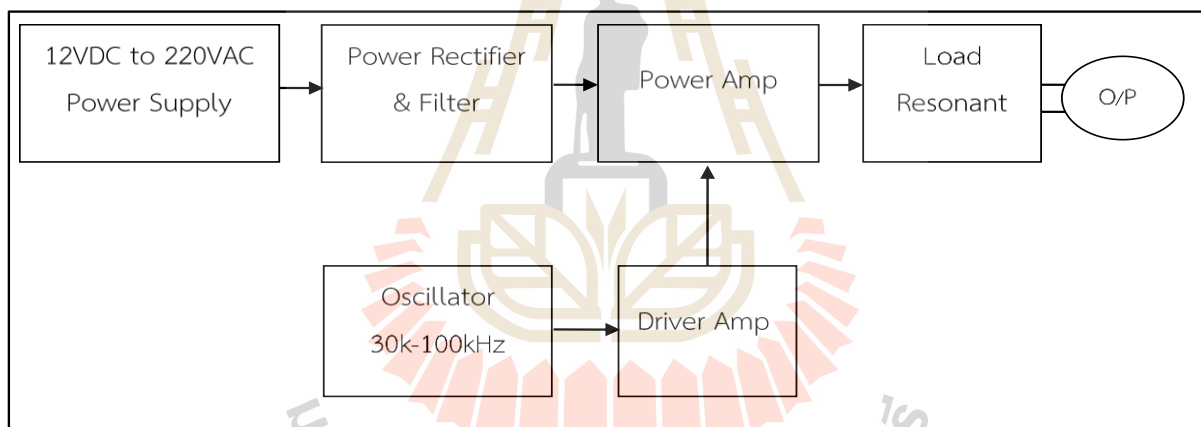
1.5 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (information) ที่เกี่ยวข้อง

ทั้งนี้เพื่อให้ทราบถึงแนวทางการวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผลการดำเนินการวิจัย ตลอดจนข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะต่าง ๆ เพื่อที่จะนำไปสู่วัตถุประสงค์หลักที่ได้ตั้งไว้ จึงได้ศึกษาผลงานวิจัย ที่ผ่านมาโดยอาศัยฐานข้อมูลต่าง ๆ โดยฐานข้อมูลที่ใช้ในการสืบค้นงานวิจัยนั้นเป็นฐานข้อมูลที่มีชื่อเสียง และได้รับการยอมรับกันอย่างกว้างขวาง เช่น ฐานข้อมูล IEEE และฐานข้อมูล IEICE รวมทั้งได้ทำการสืบค้นงานวิจัยจากแหล่งอื่น ๆ เช่น จากเครือข่ายอินเทอร์เน็ต จากห้องสมุดของมหาวิทยาลัยต่าง ๆ ผลการสืบค้นที่ได้ จะใช้เป็นแนวทางในการดำเนินการวิจัย ซึ่งในงานวิจัยออกแบบสร้างระบบกำเนิดคลื่นเสียงความถี่สูงกำลังงานสูงย่านอัลตราโซนิกสำหรับกำจัดแมลงและศัตรูพืชจำพวกไม้เนื้อแข็ง ซึ่งผู้วิจัยได้ใช้เป็นแนวทางในการออกแบบสร้างเครื่องกำเนิดคลื่นเสียงความถี่สูงกำลังงานสูงย่านอัลตราโซนิกสำหรับกำจัดแมลงและศัตรูพืชจำพวกไม้เนื้อแข็ง ด้วยหลักการคลื่นเสียงที่มีผลต่อแมลงและศัตรูพืช เป็นการศึกษาความเป็นไปได้ในการกำจัดแมลงและศัตรูพืชอย่างมีประสิทธิภาพอีกด้วย โดยผลจากการศึกษาการแมลงและศัตรูพืชที่นิยมใช้ในปัจจุบันจะนิยมใช้สารเคมีในการกำจัดแมลงและศัตรูพืชเป็นส่วนใหญ่ เช่นการศึกษาผลกระทบของสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืชที่ผ่านการทดสอบประสิทธิภาพในการควบคุมแมลงศัตรูพืชในไม้เนื้อแข็งต่อสัตว์น้ำ งานวิจัยของ วนาพร วงษ์นิคม และคณะ ได้ดำเนินการทดลองระหว่างเดือนตุลาคม 2555 - กันยายน 2556 เมื่อพบสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงตามกรรมวิธีต่าง ๆ แล้วทิ้งช่วงห่างการพ่น 3 และ 5 วัน เพื่อวัดผล ผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตที่มีผลต่อการเพาะเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อของกลุ่มพรรณไม้เนื้อแข็ง งานวิจัยของ กาญจนรี พงษ์ฉวี และคณะ ได้ศึกษาถึงผลกระทบต่าง ๆ เนื่องจากการใช้สารเคมี ฯลฯ ซึ่งยังพบถึงปัญหาหลักๆคือ ผลของการเจริญเติบโตและการควบคุมแมลงและศัตรูพืชที่ได้ไม่เต็ม 100% ก่อให้เกิดผลกระทบตามมาในหลายๆด้าน เช่นความเสียหายต่อเกษตรกรผู้เพาะปลูกพืชจำพวกไม้เนื้อแข็ง และกลุ่มผู้ประกอบการส่งออก ที่มีเรื่องของแมลงปะปนในพืชที่ทำการส่งออกและอาจถูกตีกลับ ทำให้เกิดความเสียหายต่อระบบและเศรษฐกิจเป็นอย่างมาก ดังนั้นจะผลสำเร็จของการใช้ คลื่นเสียงความถี่สูงกำลังงานสูงย่านอัลตราโซนิกในการนำไปกำจัดลูกน้ำยุงขึ้นในปี 2552 เป็นต้นมา ของคณะที่วิจัย ที่ได้ประสบความสำเร็จในการกำจัดลูกน้ำยุง และยังพบอีกว่าแมลงที่เป็นศัตรูพืชในน้ำขนาดเล็กได้รับผลกระทบด้วย หากมีการปรับความถี่และกำลังงานที่เหมาะสม ดังนั้นคณะผู้วิจัยได้ทดลองใช้เทคโนโลยีด้วยการใช้คลื่นเสียงความถี่สูงกำลังงานสูงย่านอัลตราโซนิก (Ultrasonic) ปล่อยลงไปในน้ำทำให้น้ำเกิดคลื่นที่มีแรงกระแทกที่ตัวของลูกน้ำยุงทำให้ลูกน้ำยุงตายโดยง่าย แต่สัตว์น้ำอื่น ๆ ที่มีขนาดใหญ่กว่าหรือเล็กกว่าจะไม่มีผลกระทบ ไม่ทำลายสิ่งแวดล้อม ไม่มีสารเคมีตกค้าง เป็นวิธีการที่เหมาะสมที่สุด ที่จะนำมาประยุกต์ใช้ในโครงการนี้ ซึ่งสามารถออกแบบให้เป็นระบบขนาดใหญ่ได้ และสามารถออกแบบให้มีความเหมาะสมสามารถประยุกต์ใช้กับแมลงและเชื้อราในพืชน้ำได้เป็นอย่างดี โดยไม่มีผลกระทบต่อไม้เนื้อแข็ง นอกจากนี้ยังสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการกำจัดแมลงศัตรูพืชในอุตสาหกรรมส่งออกไม้เนื้อแข็งทุกชนิดได้อีกด้วย โดยคณะผู้วิจัยได้เริ่มคิดค้นและใช้เทคโนโลยีการใช้คลื่นเสียงความถี่สูงกำลังงานสูงย่านอัลตราโซนิกในการนำไปกำจัดลูกน้ำยุงขึ้นในปี 2552 เป็นต้นมา และได้พัฒนาขึ้นมาเรื่อย ๆ และได้ทดสอบถึงประสิทธิภาพ ซึ่งได้ผลการทดสอบที่ดี และทางคณะผู้วิจัยได้ดำเนินการจดสิทธิบัตร เมื่อวันที่ 24 กุมภาพันธ์ 2553 เรื่อง เครื่อง

กำจัดลูกน้ำยุงโดยไม่ทำลายสิ่งแวดล้อมและได้ดำเนินการพัฒนาจนถึงปัจจุบัน ซึ่งระบบต่าง ๆ เป็นระบบที่สามารถออกแบบเพื่อให้ปรับกำลังงานได้ ดังนั้นจึงสามารถประยุกต์ใช้กับการกำจัดแมลงและเชื้อราในพืชน้ำได้เป็นอย่างดีโดยลักษณะของระบบกำเนิดคลื่นเสียงความถี่สูงกำลังงานสูงย่านอัลตราโซนิกสำหรับกำจัดแมลงและศัตรูพืชจำพวกไม้้ำ มีดังนี้

ระบบการกำจัดแมลงและศัตรูพืชจำพวกไม้้ำ ใช้วิธีการกำจัดแมลงและศัตรูพืชในทุกกระดับการเจริญเติบโต โดยการใช้คลื่นความถี่สูงย่านอัลตราโซนิก 30 - 100 กิโลเฮิร์ตซ์ ผ่านตัวปล่อยคลื่นแบบเพียโซอิเล็กทริกด้วยการติดตั้งลงในน้ำที่มีการเพาะเลี้ยงพืชจำพวกไม้้ำ ขนาดกำลังงานประมาณ 200 วัตต์ ต่อเครื่อง และใช้ไฟฟ้าจากแบตเตอรี่กำลังสูงและสามารถใช้ระยะเวลาในการกำจัดแมลงและศัตรูพืชจำพวกไม้้ำจะใช้เวลานานมาก ๆ ประมาณ 2 วินาทีสามารถฆ่าได้หมด ของการปล่อยคลื่น

การออกแบบวงจรของระบบกำจัดแมลงและศัตรูพืชจำพวกไม้้ำ จะต้องออกแบบสร้างคลื่นเรโซแนนซ์ให้สัมพันธ์กับความถี่ของตัวปล่อยคลื่นแบบเพียโซอิเล็กทริกที่เลือกและมีรูปแบบความถี่เป็นช่วง ๆ เพื่อป้องกันการเกิดความร้อนที่ตัวปล่อยคลื่นซึ่งประกอบด้วยภาควงจรสำคัญดังรูปแสดงบล็อกไดอะแกรมของวงจรเครื่องกำจัดแมลงและศัตรูพืชจำพวกไม้้ำของแต่ละเครื่อง โดยแบ่งเป็นภาคใหญ่ ๆ คือ



รูปที่ 1. 9 แสดงบล็อกไดอะแกรมของวงจรเครื่องกำจัดลูกน้ำยุง

ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้ ภาคที่ (1) ภาควงจรเรียงกระแสไฟฟ้าและกรองกระแสไฟฟ้าทางด้านอินพุต (Power Rectifier & Filter) (2) ภาควงจรขยายกำลัง (Power Amp) (3) ภาควงจรสร้างและขยายความถี่ (Oscillator & Driver Amp) (4) ภาควงจรรีโซแนนซ์และขดลวดหม้อแปลง (Load Resonant & coil Transformer) โดยมีการทำงานของแต่ละภาควงจรพอสังเขปคือ จากแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงจากแบตเตอรี่ 12 โวลต์ กระแสสูง แปลงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ 50 เฮิร์ตซ์ ผ่านวงจรเรียงกระแสและกรองกระแสไฟฟ้าได้แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่ประมาณ 310 โวลต์ ไปเป็นแหล่งจ่ายที่ภาคของวงจรสวิตช์และขยายกำลังโดยใช้มอสเฟตหรือทรานซิสเตอร์ ส่วนความถี่ของวงจรสร้างสัญญาณความถี่แบบปรับค่าได้อยู่ในช่วง 30-

100 กิโลเฮิร์ตซ์ ผ่านวงจรขยายกำลังมาเป็นสัญญาณความถี่ความถี่ที่ภาคขยายกำลัง และกำลังไฟฟ้าที่ได้จะส่งต่อไปยังภาควงจรรีโซแนนซ์และขดลวดหม้อแปลงความถี่สูงกำลังสูงและส่งต่อไปที่ตัวปล่อยคลื่นแบบเพียโซอิเล็กทริกโดยมีกำลังงานเอาพุตขนาดประมาณ 200 วัตต์ ซึ่งสามารถนำแต่ละเครื่องไปออกแบบระบบที่สามารถใช้จริงได้ ก็กับการกำจัดแมลงและศัตรูพืชจำพวกไม้น้ำสำหรับเกษตรกรและอุตสาหกรรมการเพาะปลูกพืชน้ำเพื่อการส่งออกโดยไม่ใช้สารเคมีได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.6 ศักยภาพทางการตลาดของเทคโนโลยีและนวัตกรรมที่จะพัฒนา

1) ขนาดและแนวโน้มของตลาด/โอกาสทางการตลาด

ปัจจุบันประเทศไทยมีการส่งออกพืชจำพวกไม้น้ำเป็นจำนวนมาก สร้างรายได้กลับเข้าสู่ประเทศและเกษตรกรมากมายมหาศาล และกำลังได้รับความสนใจต่อผู้ที่จะเริ่มเป็นผู้ประกอบการรายใหม่ ซึ่งจะเห็นได้ว่า เป็นอุตสาหกรรมการผลิตพืชจำพวกไม้น้ำมีขนาดใหญ่และกำลังขยายตลาดขึ้นเรื่อย ๆ ในทางเดียวกัน เนื่องจากเป็นอุตสาหกรรมการผลิตพืชจำพวกไม้น้ำมีขนาดใหญ่มาก ดังนั้นการสร้างเครื่องกำจัดแมลงและศัตรูพืชจำพวกไม้น้ำสำหรับเกษตรกรและอุตสาหกรรมการเพาะปลูกพืชน้ำเพื่อการส่งออกโดยไม่ใช้สารเคมี มาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตพืชจำพวกไม้น้ำของไทย จึงเป็นการนำระบบเข้าสู่ตลาดอุตสาหกรรมที่ใหญ่มากเช่นเดียวกัน

2) ความสามารถในการแข่งขัน (คู่แข่ง/ต้นทุน)

เมื่อสร้างเครื่องกำจัดแมลงและศัตรูพืชจำพวกไม้น้ำสำหรับเกษตรกรและอุตสาหกรรมการเพาะปลูกพืชน้ำเพื่อการส่งออกโดยไม่ใช้สารเคมีที่เป็นไปตามเป้าหมายแล้ว โดยผู้ที่ได้ประโยชน์คือเกษตรกรและอุตสาหกรรมการเพาะปลูกพืชน้ำเพื่อการส่งออก ซึ่งจะทำให้มีผลผลิตมีคุณภาพเป็นที่น่าเชื่อถือของตลาดโลก และทำให้ผู้ส่งออกขายได้มากขึ้นและได้ราคาที่ดีขึ้นอันจะนำมา ซึ่งประโยชน์ที่จะกลับสู่เกษตรกรผู้เพาะปลูกพืชจำพวกไม้น้ำโดยตรง และทำให้ได้เทคโนโลยีใหม่ใช้งานได้ง่าย สะดวก เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมและต้นทุนที่ต่ำมาก เกษตรกรหมดความกังวล กับแมลงและศัตรูพืชอย่างมากเมื่อต้องขายผลผลิตอีกด้วย ดังนั้นเมื่อได้เทคโนโลยีการกำจัดแมลงและศัตรูพืชจำพวกไม้น้ำ ซึ่งเป็นเทคโนโลยีใหม่แล้ว จะสามารถทำประโยชน์ต่ออุตสาหกรรมอุตสาหกรรมการเพาะปลูกพืชน้ำเพื่อการส่งออกของไทยอย่างมากและสามารถพัฒนาขีดความสามารถในการแข่งขันต่อตลาดโลกได้อีกด้วย

1.7 วิธีการดำเนินการวิจัย

ระยะเวลาดำเนินโครงการ 12 เดือน โดยมีวิธีการดำเนินการวิจัยดังนี้

1. ศึกษาวิเคราะห์และออกแบบสร้างเครื่องกำจัดแมลงและศัตรูพืชจำพวกไม้น้ำสำหรับเกษตรกรและอุตสาหกรรมการเพาะปลูกพืชน้ำเพื่อการส่งออกโดยไม่ใช้สารเคมี
2. ทำการทดสอบกับแมลงและศัตรูพืชจำพวกไม้น้ำเพื่อปรับความถี่และกำลังงานให้เหมาะสม
3. สร้างเครื่องกำจัดแมลงและศัตรูพืชจำพวกไม้น้ำ ทั้งระบบ เพื่อรอการติดตั้ง

4. ติดตั้งระบบทั้งหมด และทดสอบจริง เพื่อติดตามผลและปรับแต่งแก้ปัญหาจนได้เครื่องและระบบให้มีประสิทธิภาพสูงสุด

โดยมีแผนการออกแบบสร้างเครื่องกำจัดแมลงและศัตรูพืชจำพวกไม้น้ำสำหรับเกษตรกรและอุตสาหกรรมการเพาะปลูกพืชน้ำเพื่อการส่งออกมีดังนี้

โดยเริ่มจากการเตรียมข้อมูลและสืบค้นงานวิจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องทั้งหมดและการจัดหาอุปกรณ์ เมื่อได้อุปกรณ์แล้วทำการสร้างสร้างเครื่องกำจัดแมลงและศัตรูพืชจำพวกไม้น้ำทั้งระบบ หลังจากนั้นทำการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานและปรับปรุงให้มีขนาดการใช้งานที่เหมาะสมกับการเพาะปลูกพืชน้ำเพื่อการส่งออก โดยสามารถแสดงเป็นแผนภาพขั้นตอนการออกแบบสร้างเครื่องกำจัดแมลงและศัตรูพืชจำพวกไม้น้ำสำหรับเกษตรกรและอุตสาหกรรมการเพาะปลูกพืชน้ำเพื่อการส่งออกดังรูปที่ 1.10



รูปที่1.10 ออกแบบสร้างเครื่องกำจัดแมลงและศัตรูพืชจำพวกไม้น้ำสำหรับเกษตรกรและอุตสาหกรรมการเพาะปลูกพืชน้ำเพื่อการส่งออกโดยไม่ใช้สารเคมี

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

คลื่นเสียงอัลตราโซนิกเป็นคลื่นเสียงที่มีความถี่สูงกว่า 20 กิโลเฮิร์ตซ์ จนถึง 106 กิโลเฮิร์ตซ์ ซึ่งเป็นความถี่ที่หูของคนปกติไม่สามารถได้ยิน เพราะหูของคนปกติได้ยินเสียงในช่วงความถี่ 16-16,000 เฮิร์ตซ์ ความถี่ที่สูงนี้ก่อให้เกิดผลทางเคมี (Chemical Effect) ผลทางชีววิทยา (Biological Effect) และผลทางฟิสิกส์ (Physical Effect) ในรูปแบบต่าง ๆ กล่าวคือ คลื่นเสียงอัลตราโซนิกที่มีความแรงมากจะทำให้เกิดฟองอากาศ เกิดความดันสูง และเกิดความร้อนเฉพาะที่ ซึ่งมีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางชีววิทยา เช่น การเปลี่ยนแปลงของค่าพีเอชของเลือด ตัวอ่อนในครรภ์เกิดความผิดปกติ เกิดทารกทำลายเอนไซม์ ฆ่าแบคทีเรีย มีผลต่อการทำงานของหัวใจ เป็นต้น สำหรับทางเคมีพบว่าทำให้เกิดการออกซิเดชัน การสลายตัว การเปล่งแสง การเกิดผลึก เป็นต้น ส่วนผลทางฟิสิกส์มักเป็นผลทางตรงหรือทางอ้อมที่เกิดจากผลทางเคมีและผลทางชีววิทยาดังกล่าวข้างต้น ได้แก่การเกิดฟองอากาศ เกิดความร้อน เกิดความดัน เป็นต้น คลื่นอัลตราโซนิกเป็นคลื่นเสียงที่ค่อนข้างปลอดภัย ไม่ก่อให้เกิดมลภาวะ มีราคาถูก และมีคุณสมบัติที่หลากหลายขึ้นอยู่กับความถี่ (ตารางที่ 2.1) ทำให้คลื่นเสียงอัลตราโซนิก ถูกนำมาประยุกต์ใช้งานมากมาย ทั้งในด้านการแพทย์ ด้านการสื่อสาร ด้านอุตสาหกรรม ในทางการแพทย์ถูกนำไปสร้างเครื่องวินิจฉัยเพศทารก ในครรภ์ ใช้ตรวจ รอยร้าวของกระดูก ใช้ตรวจสอบการอุดตันของเส้นเลือดเลี้ยงหัวใจ ใช้ทำลายเซลล์มะเร็ง ใช้ทำให้ผนังเซลล์แตก เพื่อศึกษาองค์ประกอบของเซลล์ กำจัดคราบหินปูนที่ฟัน ในทางอุตสาหกรรมถูกนำไปสร้างเครื่องเชื่อมพลาสติก เครื่องตรวจการรั่วของท่อ เครื่องตรวจการกัดกร่อนของโลหะ เครื่องซั่ง เครื่องล้างอัลตราโซนิก เครื่องล้างแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ เครื่องวัดระดับ เครื่องวัดความหนาของแผ่นโลหะ เป็นต้น ชีวิตประจำวันถูกนำไปสร้างเป็น เครื่องซักผ้า เครื่องกันขโมย เครื่องล้างแว่นตา เครื่องวัดระยะทางการถอยของรถยนต์ ฯลฯ

ตารางที่ 2. 1 ผลของความถี่ต่าง ๆ ของคลื่นเสียงอัลตราโซนิก

ความถี่ (กิโลเฮิรตซ์)	ผล	ความถี่ (กิโลเฮิรตซ์)	ผล
3	Cavitation	300	Cavitation Depolymerization ผลทางเคมี ผลทางฟิสิกส์
4,8	Depolymerization	330	มีผลต่อไวรัสมาก
5,7	ผลต่อไวรัสน้อย	350	Depolymerization
8	Dispersion	365	Cavitation
9	Cavitation Depolymerization	380	เกิดตะกอน ผลทางเคมี
15	Cavitation	395	Emulsion
20-100	Depolymerization	400	Depolymerization
25	Cavitation	500	การเปล่งแสง
100-500	ผลทางเคมี	530	Degassing
175	Cavitation	575	Cavitation
194	Degassing	600-700	Emulsion Dispersion
200-500	Emulsion	722	Depolymerization
200-840	ผสมสารละลาย	800	Cavitation
214	Degassing Cavitation Emulsion	1160	Emulsion (น้อย)
284	Depolymerization	4,250- 15,000	ไม่เกิด Cavitation
289	ผลทางเคมี		

2.1 เพียโซอิเล็กทริก

ปรากฏการณ์เพียโซอิเล็กทริก (Piezoelectric Effect) ถูกค้นพบในปี ค.ศ. 1880 โดย Pierre Curies ได้ศึกษาผลของความดันต่อการเกิดประจุไฟฟ้าของผลึกควอตซ์ (Quartz) ดีเกลือ (Rochelle Salt) อัญมณี (Tourmaline) ว่าสามารถให้กำเนิดไฟฟ้าได้เมื่อมีแรงกดกระทำต่อผลึก เขาให้ชื่อกับปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นว่า ปรากฏการณ์ “เพียโซอิเล็กทริก (Piezoelectric Effect)” ต่อมาในปี ค.ศ. 1881 Gabriel Lippmann ได้ศึกษาค้นพบปรากฏการณ์ย้อนกลับได้โดยพิจารณาจากหลักเทอร์โมไดนามิกส์ คือ ถ้าให้ไฟฟ้าเข้าไปในผลึก ผลึกก็จะสั้นได้ วัสดุเพียโซอิเล็กทริกที่ได้รับแรงเค้น (Mechanical Stress) จะถูกเหนี่ยวนำให้เกิดการประจุไฟฟ้า (Electric Charge) หรือ การจัดเรียงตัวทางแสงขึ้น (Polarization) เรียกว่า “ผลทางตรง” (Direct Effect) เมื่อนำวงจรต่อเข้ากับวัสดุเพียโซอิเล็กทริกภายใต้แรงอัดจะมีกระแสไหลเข้าวงจรและหากเปลี่ยนเป็นแรงดึงจะเกิดกระแสไหลในทิศทางตรงข้าม การประยุกต์จากผลทางตรงเช่น ไมโครโฟน และสัญญาณโซนาร์ เป็นต้น วัสดุเพียโซอิเล็กทริกภายใต้สนามไฟฟ้าจะเกิดแรงเครียดอัดภายในผลึก (Compression Strain) ทำให้วัสดุเกิดการบิดรูปไปจากเดิม และหากกลับทิศทางของสนามจะเกิดแรงเครียดดึง (Tensile Strain) ปรากฏการณ์ดังกล่าวเรียกว่า “ผลทางอ้อม” (Indirect Effect, Converse Effect) งานประยุกต์ผลทางอ้อมเช่น เตาจุด แก๊ส, อัลตราโซนิคทรานสดิวเซอร์ (Ultrasonic Transducers) แอคชูเอเตอร์ (Actuators) เป็นต้น Piezoelectric เป็นคุณสมบัติชนิดของวัสดุที่มาจากคริสตอลรวมไปถึงคริสตอลธรรมชาติทั้งควอตซ์ (Quartz) ดีเกลือ (Rochelle Salt) และอัญมณี (Tourmaline) รวมกับเซรามิก เช่น แบเรียมไททาเนต และลีดซีโคเนต เมื่อใช้ความดันทางกลปรับให้เข้ากับวัสดุเหล่านี้โครงสร้างที่เป็นคริสตอลจะสร้างสนามไฟฟ้าที่เป็นสัดส่วนที่เหมาะสมกับความดัน ทำให้โครงสร้างถูกเปลี่ยนรูปร่างจนทำให้เกิดการเปลี่ยนมิติของวัสดุการทดลองที่เกี่ยวข้องระหว่างปรากฏการณ์เพียโซอิเล็กทริก (Piezoelectric) กับ โครงสร้างของคริสตอลถูกเผยแพร่ในปี ค.ศ. 1880 โดย Pierre และ Jacques Curie การทดลองของเขาศึกษาถึงการวัดการเปลี่ยนแปลงของผิวหน้า ซึ่งปรากฏอยู่บนคริสตอล ที่ได้รับจากความเครียดทางกล ในวงการทางวิทยาศาสตร์ผลการทดลองนี้ถือว่าเป็นการค้นพบที่สำคัญ และถูกตั้งชื่อให้อย่างรวดเร็วว่า “Piezoelectricity” และเพื่อทำให้เกิดความต่างกับการทดลองปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์อื่น เช่น Contact Electricity หรือ Pyroelectric พี่น้อง Curies ได้พบว่า มีปฏิกริยาร่วมกันแบบหนึ่งต่อหนึ่งระหว่างผลกระทบบางทางไฟฟ้าจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและความเครียดทางกลในคริสตอลซึ่งเป็นผลมาจากการทดลองในเรื่องของการเกิด Microscopic Crystallographic อันเป็นจุดเริ่มต้นของไพโรอิเล็กทริก (Pyroelectric)



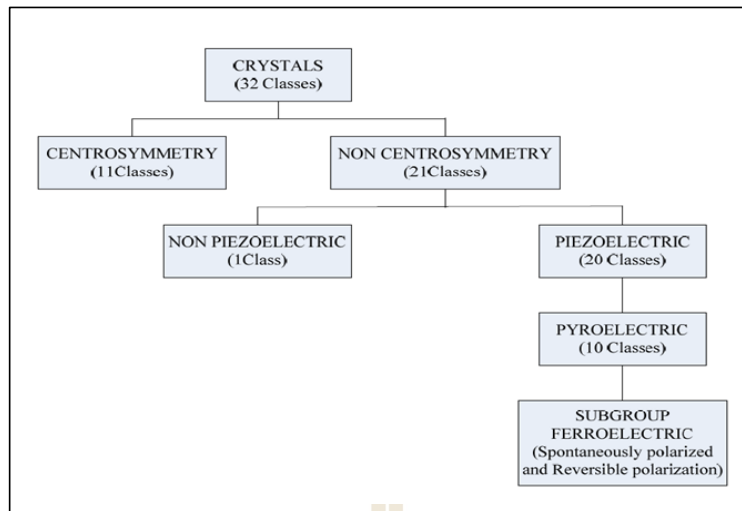
รูปที่ 2.1 ลักษณะเพียโซอิเล็กทริกทรานสดิวเซอร์ (Piezo-electric Transducer)

2.1.1 ลักษณะของวัสดุเพียโซอิเล็กทริก

นักฟิสิกส์ศาสตร์ได้แบ่งระบบโครงสร้างผลึกเป็น 7 ระบบโดยโครงสร้างผลึกสามารถแบ่งเป็น 32 กลุ่ม (Classes or Point Groups) ผลึกทั้ง 32 กลุ่มสามารถแบ่งหมวดได้ดังรูปที่ 2.2 ผลึกที่มีศูนย์กลางสมมาตร (Centro symmetry) มีอยู่ 11 กลุ่มและผลึกที่ไม่มีศูนย์กลางสมมาตร (Non Centrosymmetric) มีอยู่ 21 กลุ่มในจำนวนนี้มีผลึกถึง 20 กลุ่มสามารถแสดงปรากฏการณ์เพียโซอิเล็กทริกได้ผลึกที่แสดงปรากฏการณ์เพียโซอิเล็กทริกจะแบ่งออกไปอีก 10 กลุ่มโดยเป็นผลึกที่มีทิศทางการโพลาไรซ์ (dipoles) ตามธรรมชาติแม้จะไม่มีแรงเค้นหรือสนามไฟฟ้ามากระทำขนาดการโพลาไรซ์สามารถเพิ่มขึ้นหรือลดลงแบบรอบตัวหรือรอบทิศทางตามการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ และบางกลุ่มเป็นแบบให้สนามไฟฟ้าซึ่งมีทั้งแบบที่เป็น Spontaneously Polarization และ Reversible Polarization ปรากฏการณ์นี้เรียกว่า “Ferroelectric” ซึ่งอยู่ในกลุ่มของ “Pyroelectric” สารสังเคราะห์ Polycrystalline Materials ประกอบด้วยผลึกจำนวนมากที่มีทิศทางขั้วไฟฟ้ากระจายหลากหลายทิศทาง ทำให้ทิศการโพลาไรซ์ได้ผลลัพธ์เป็นศูนย์และไม่สามารถตรวจวัดปรากฏการณ์เพียโซอิเล็กทริกได้ การจัดทิศขั้วสามารถทำได้โดยการจ่ายสนามไฟฟ้าเพื่อให้ทิศขั้วอยู่ในทิศทางเดียวกับสนามไฟฟ้ามากที่สุดจึงทำให้สามารถตรวจสอบปรากฏการณ์เพียโซอิเล็กทริกได้วิธีการดังกล่าวเรียกว่า การโพล (Poling)

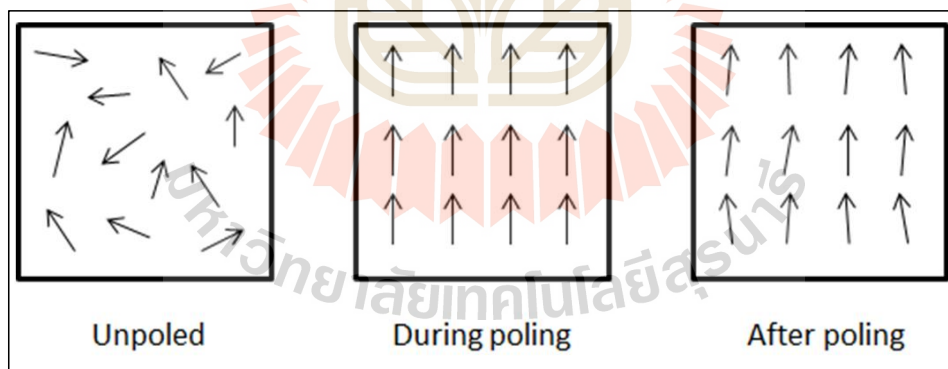
2.1.2 ปรากฏการณ์ Piezoelectricity

จากเหตุผลข้างต้นที่ผ่านมาเพราะความไม่สมมาตรกับจุดศูนย์กลางของผลึกเซลล์ (Non Centrosymmetric) เมื่อมีแรงกดจะทำให้ Dipole เกิดขึ้นและเป็นผลทำให้เกิดกระแสขึ้นในทำนองกลับกันเมื่อมีแรงดึงจะทำให้ Dipole เกิดขึ้นและเป็นผลทำให้เกิดกระแสขึ้นเช่นกันดังรูปที่ 2.3 (a) ในทำนองเดียวกันเมื่อเราป้อนแรงดันบนพิโซอิเล็กทริก ตัวเซรามิกจะขยายและหดตัวซึ่งจะเป็นการเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าไปเป็นพลังงานกลดังรูปที่ 2.3 (b)



รูปที่ 2.2 ความสัมพันธ์ของการแบ่งโครงสร้างของผลึก

เพียโซอิเล็กทริกนั้นจะมีการ Polarization ตามธรรมชาติซึ่งแตกต่างจาก Ferroelectric สารเพียโซอิเล็กทริกนั้นหลังจากการตัดให้เป็นชิ้นใหม่ ๆ Dipoles ที่มีอยู่ในส่วน (Grains) ต่าง ๆ นั้นไม่ได้เรียงไปในแนวทางเดียวกันดังนั้นจึงต้องมีกระบวนการ Poling เพื่อให้ Dipoles ต่าง ๆ เรียงไปในทิศทางเดียวกันดังรูปที่ 2.4 ซึ่งหากปราศจากกระบวนการ Poling แล้วสารเพียโซจะไม่แสดงสมบัติพิเศษใด ๆ เลยการ Poling จะกระทำที่อุณหภูมิคูรี (Curie Temperature, T_c)



รูปที่ 2.3 แสดงการ Poling of Piezoelectric Ceramics

สมการที่อธิบายเกี่ยวกับผลของปรากฏการณ์ Piezoelectric เขียนได้ดังนี้

$$D = dE + \epsilon^T E \quad (2.1)$$

$$S = s^E T + dE \quad (2.2)$$

- เมื่อ D คือ ระยะประจุเคลื่อนที่ (Electric Displacement)
 T คือ ความเค้น (Stress)
 E คือ สนามไฟฟ้า (Electric Field)
 S คือ ความเครียด (Strain)
 d คือ ค่าคงที่ของเพียโซ (Piezoelectric Coefficient)
 ϵ คือ ค่าคงที่ไดอิเล็กตริก (Dielectric Constant)
 s คือ ค่าของวัสดุที่ใช้ (Material Compliance)

ค่าของเพียโซอิเล็กตริกจะเกี่ยวข้องกับสนามไฟฟ้าที่เกิดจากแรงเค้นอาจจะเขียนในรูปของแรงดันหรือค่า g มีหน่วยเป็นโวลต์ต่อนิวตันต่อตารางเมตรดังสมการ

$$g = \frac{\text{Open Circuit Electric Field}}{\text{Applied Mechanical Stress}} \quad (2.3)$$

ซึ่งค่า g เป็นค่าที่มีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับ d ดังนี้

$$g = \frac{d}{\epsilon} = \frac{d}{\epsilon_r \epsilon_0} \quad (2.4)$$

- เมื่อ ϵ คือ ค่าความซึมซาบ (Permittivity)
 ϵ_r คือ ค่าคงที่ของสารไดอิเล็กตริก (Relative Permittivity)
 ϵ_0 คือ ค่าความซึมซาบสมบูรณ์ (Permittivity in free space $\approx 8.854 \times 10^{-12}$ F/m)

ส่วนค่าความสามารถในการเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกลหรือในทางกลับกันของเพียโซอิเล็กทริก (Piezoelectric Coupling Factor) สามารถหาได้ดังนี้

$$K = \sqrt{\frac{\text{Energy Output}}{\text{Total Mechanical Energy Input}}} \quad (2.5)$$

ซึ่งค่า K นั้นจะเป็นผลปรากฏการณ์ของเพียโซอิเล็กทริกทั้งผลทางตรง (Direct Effect) และผลทางอ้อม (Converse Effect) ทั้งสองกรณีและค่าของ K นั้นจะต้องมีค่าน้อยกว่า 1 เสมอ

2.2 วงจรเรโซแนนซ์ของหัวเพียโซอิเล็กทริก

วงจรเรโซแนนซ์ในส่วนของกระบวนการการเรโซแนนซ์จะประกอบด้วยส่วนของค่าตัวเก็บประจุ, ค่าความเหนี่ยวนำ และค่าความต้านทานโดยทั่วไปแล้ววงจรเรโซแนนซ์จะใช้อยู่ 2 ประเภทคือการต่อวงจรเรโซแนนซ์แบบอนุกรมและการต่อวงจรเรโซแนนซ์แบบขนาน ในรูปที่ 2.5 เป็นการแสดงการต่อวงจรทั้ง 2 ประเภทเมื่อมีการจ่ายกำลังไฟฟ้าพลังงานไฟฟ้าดังสมการที่ 2.8 คือพลังงานจะถูกเก็บอยู่ในอุปกรณ์ที่ชักนำกระแสสลับแล้วจะถ่ายเทไปยังส่วนของตัวเก็บประจุสมการที่ 2.9 ทำให้การคำนวณจำนวนของพลังงานที่เก็บในตัวเก็บประจุได้ง่ายขึ้นการเรโซแนนซ์ที่เกิดขึ้นในอุปกรณ์ที่ชักนำกระแสสลับและตัวเก็บประจุจะเปลี่ยนไปเป็นในรูปของพลังงานจำนวนของพลังงานสูงสุดจะถูกเก็บสะสมไว้อยู่ที่ตัวนำ

กระแสที่ไหลในวงจร

$$i = \sqrt{2}I \sin(\omega t) \quad (2.6)$$

แรงดันคร่อมหัวเพียโซอิเล็กทริก

$$V_c = \frac{1}{C} \int i dt = -\frac{\sqrt{2}I}{\omega C} \cos(\omega t) \quad (2.7)$$

พลังงานที่เกิดจากตัวเหนี่ยวนำ

$$E_L = \frac{1}{2} Li^2 = LI^2 \sin^2(\omega t) \quad (2.8)$$

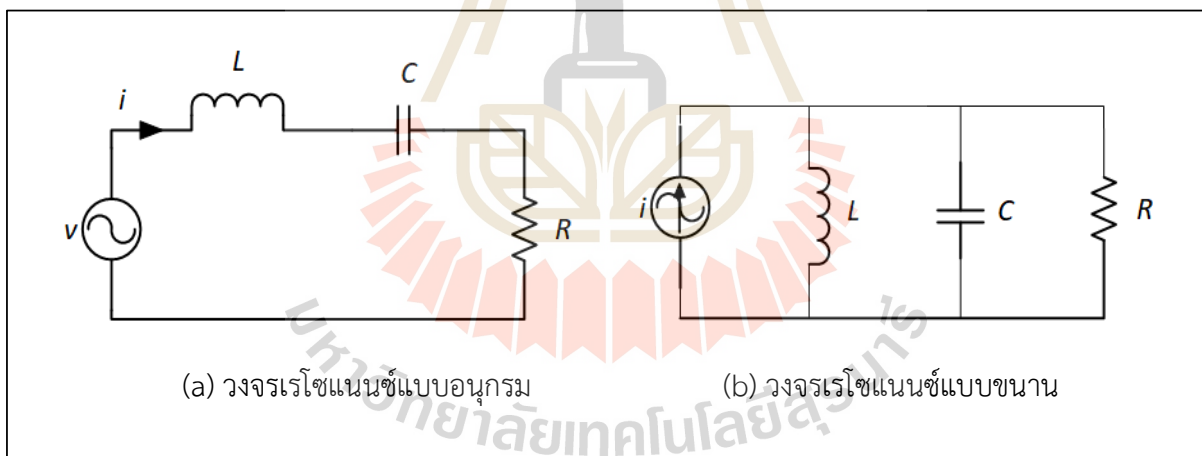
พลังงานจากตัวเก็บประจุ

$$E_C = \frac{1}{2} CV_c^2 = \frac{I^2}{\omega^2 C} \cos^2(\omega t) \quad (2.9)$$

$$\begin{aligned} E_L + E_C &= LI^2 (\sin^2(\omega t) + \cos^2(\omega t)) \\ &= LI^2 \frac{I^2}{\omega^2 C} \end{aligned} \quad (2.10)$$

เพราะพลังงานจำนวนหนึ่งมีการสูญเสียในกระบวนการเรโซแนนซ์จำนวนพลังงานที่ถูกเก็บในตัวนำจึงมีการลดลงในช่วงที่มีการเปลี่ยนรูปการเรโซแนนซ์ในการเรโซแนนซ์ทางความถี่ ซึ่งจะเกี่ยวกับความเร็วของการส่งพลังงานซึ่งจะได้จากตัวเก็บประจุและค่าความเหนี่ยวนำ ดังแสดงในสมการที่ 2.14

ในส่วนของการตอบสนองทางการเหนี่ยวนำกระแสไฟฟ้าจะมีความสัมพันธ์กันดังสมการที่ 2.11 และสมการที่ 2.12 ขนาดของอิมพีแดนซ์ของวงจรถอนุกรมจะได้ดังสมการที่ 2.13



รูปที่ 2.4 วงจรเรโซแนนซ์

ความต้านทานจากตัวเหนี่ยวนำ

$$X_L = j\omega L = j2\pi fL \quad (2.11)$$

ความต้านทานจากตัวเก็บประจุ

$$X_C = \frac{1}{j\omega C} = \frac{1}{j2\pi fC} \quad (2.12)$$

$$|Z| = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2} \quad (2.13)$$

ที่ความถี่เรโซแนนซ์ในรูปของค่าความเหนี่ยวนำดังสมการที่ 2.11 และในรูปของตัวเก็บประจุดังสมการที่ 2.12 คือสมการเดียวกันเมื่อระดับแรงดันและกระแสที่ป้อนให้กับวงจรมีค่าเท่ากันสมการของความถี่เรโซแนนซ์สามารถสรุปได้ดังสมการที่ 2.14

$$2\pi fL = \frac{1}{2\pi fC} \Rightarrow f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (2.14)$$

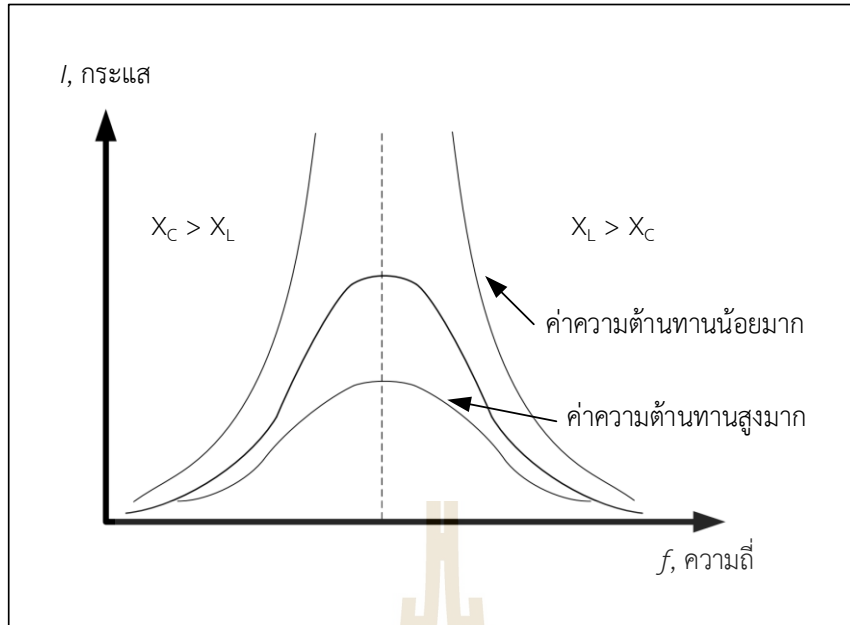
คุณสมบัติของความต้านทานสามารถเรียกอีกอย่างว่าอิมพีแดนซ์คุณลักษณะซึ่งสามารถแสดงในสมการที่ 2.15

$$Z_0 = X_L = X_C = \omega_0 L = \frac{1}{\omega_0 C} = \sqrt{\frac{L}{C}}$$

$$Z_0^2 = X_L \cdot X_C = \frac{L}{C} \quad (2.15)$$

จากสมการทั้งหมดจะเห็นได้ว่าความต้านทานเป็นส่วนน้อยส่วนมากจะเป็นค่าความเหนี่ยวนำค่าตัวเก็บประจุมากกว่าที่ทำให้เกิดการเรโซแนนซ์รูปพลังงานที่ได้จะมีลักษณะที่เป็นดังรูปที่ 2.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเอาต์พุตของกระแสกับความถี่ต้นกำเนิดจะเห็นว่าเมื่อความถี่ที่น้อยไปหรือมากไปทำให้เกิดการไม่แมตซ์กันค่าของกระแสและกำลังงานที่ได้ก็จะมีค่าน้อยแต่เมื่อค่าของความเหนี่ยวนำและค่าตัวเก็บประจุเกิดการแมตซ์กันก็จะทำให้กระแสที่ได้มีค่าสูงสุดทำให้ได้กำลังงานสูงสุดในการเกิดช่วงความถี่เรโซแนนซ์ด้วยจะเห็นว่าในพื้นที่ของการปรับเปลี่ยนความถี่ให้มากหรือน้อยกว่าช่วงความถี่เรโซแนนซ์ค่าของความเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุเป็นส่วนที่มีความสัมพันธ์โดยตรงกับการปรับเปลี่ยนความถี่

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (2.16)$$



รูปที่ 2.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแอดพิตของกระแสกับความถี่ต้นกำเนิด

ส่วนของการสัมพันธ์ของสูตรที่ได้จากการทำให้เมตซ์กันซึ่งก็จะมีส่วนของกระแสส่วนของแรงดันที่ป้อนให้ส่วนของตัวเก็บประจุส่วนของความเหนี่ยวนำและส่วนของความถี่โดยมีความสัมพันธ์ดังนี้

$$I = \frac{2\pi P}{V}, P = IV \quad (2.17)$$

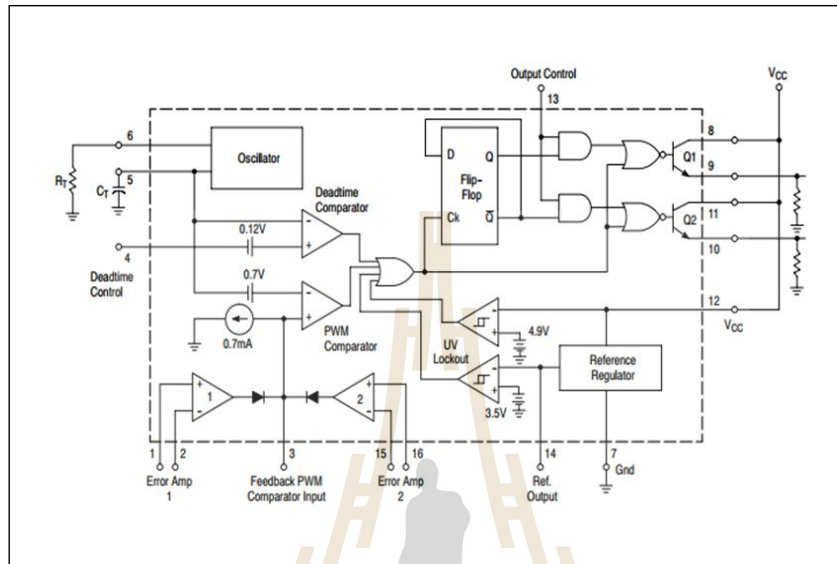
$$C = \frac{1}{2\pi fV} \quad (2.18)$$

$$L = \frac{1}{(2\pi f)^2 C} \quad (2.19)$$

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (2.20)$$

ไอซีเบอร์ TL494

ไอซีเบอร์ TL494 เป็นไอซีที่ออกแบบมาเพื่อใช้ควบคุมการทำงานของคอนเวอร์เตอร์ โดยทำงานด้วยโหมดควบคุมจากแรงดัน ซึ่งจะได้นำมาเป็นตัวอย่งการทำงานสำหรับวงจรควบคุมด้วยวิธีควบคุมจากแรงดัน โครงสร้างภายในและการจัดขาของ TL494 แสดงในรูปการณทำงานของไอซีจะเป็นดังนี้



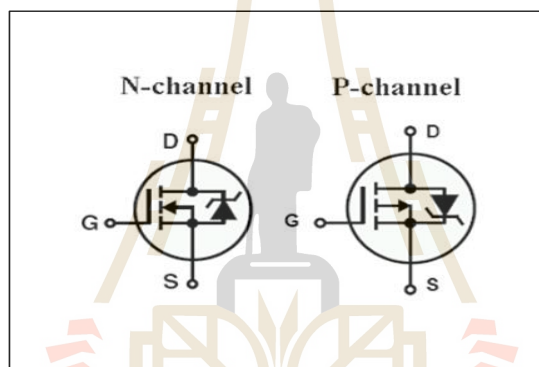
รูปที่ 2.6 แสดงการจัดโครงสร้างภายในและการจัดขาของไอซี TL494

จากรูปวงจรขา 5 และขา 6 จะทำการต่อกับ C_T และ R_T ตามลำดับ ซึ่งเป็นการกำหนดค่าความถี่เอาต์พุต ซึ่งออกจากขาที่ 9 และ 10 ของ Q_1 และ Q_2 ตามลำดับ โดยมีขาที่ 13 ควบคุมการทำงานของ Q_1 และ Q_2 จะให้เอาต์พุตที่ออกมาจะมีเฟสตรงกันหรือกลับกัน วงจรของ TL494 เป็นวงจร PWM ที่มีความถี่คงที่ คาบเวลาการทำงานของเอาต์พุตพัลส์กำหนดโดยค่าของ R_T และ C_T จากภายนอกที่ขา 6 และขา 5

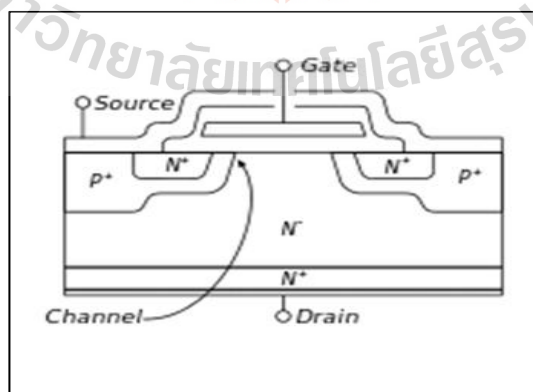
เอาต์พุต Q_1 และ Q_2 ของไอซีสามารถทำงานได้ 2 โหมด คือ ทำงานพร้อมกัน หรือสลับกันทำงาน ซึ่งสามารถเลือกการทำงานได้ที่ขา 13 (Output Control) โดยขณะที่ C_T ดิซชาร์จเอาต์พุตของ Dead-Time Comparator จะให้พัลส์ออกมา C_k จะมีสถานะเป็น “High” และหยุดการทำงานของ Q_1 และ Q_2 ถ้ากำหนดให้ขา 13 มีสถานะเป็น “High” โดยการต่อเข้ากับขา 4 (+5 Vref) Q_1 และ Q_2 จะสลับการทำงานตามจังหวะของ Flip-flop เพื่อใช้ขับคอนเวอร์เตอร์แบบ พุช - พูล ในกรณีนี้คาบเวลาการทำงานจะเป็น 2 เท่าของค่าคาบเวลาสัญญาณพินเลี้ยงของไอซี แต่ถ้ากำหนดให้ขา 13 มีสถานะเป็น “Low” โดยการต่อกราวด์ (ยกเล็ก Flip-Flop) Q_1 และ Q_2 จะทำงานพร้อมกันและสามารถขนาน Q_1 และ Q_2 เข้าด้วยกันได้ ถ้าต้องการให้นำกระแสได้มากขึ้น ในกรณีนี้คาบเวลาการทำงานจะมีค่าเท่ากับค่าคาบเวลาของสัญญาณพินเลี้ยงของไอซี (ช่วงเวลานำกระแสสูงสุดเท่ากับ 96% ของค่าคาบเวลา)

2.3 มอสเฟตกำลัง

มอสเฟตกำลัง (Power-MOSFET) MOSFET ย่อมาจาก Metal–Oxide–Semiconductor Field-Effect Transistor คือทรานซิสเตอร์ที่ทำงานได้โดยการควบคุมด้วยสนามไฟฟ้า ซึ่งสนามไฟฟ้านี้เกิดขึ้นได้จากการป้อนแรงดันอินพุตเข้าที่ เกต (G) ของ มอสเฟต ดังนั้น มอสเฟตกำลัง คือ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์กำลัง ที่ควบคุมการเปิด-ปิดของกระแสไฟฟ้าได้ด้วยแรงดัน (Voltage Control Current Source) มอสเฟตกำลัง เป็นสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์กำลังที่ทำงานได้ในย่านความถี่สูงสุด คือ สูงถึง 100 กิโลเฮิรตซ์ ถึง 1 เมกะเฮิรตซ์ แต่พิกัดของกระแสและแรงดันไฟฟ้าไม่สูงนักคือ 100 แอมแปร์ / 1,000 โวลต์ มอสเฟตประกอบด้วยสามส่วน คือ Gate (G) ทำมาจากออกไซด์ของโลหะ โดยสร้างให้เกิดความต่างศักย์ตกคร่อมระหว่างแผ่นสองแผ่นเพื่อ สร้างสนามไฟฟ้าเพื่อควบคุมการเข้าออกของกระแสไฟฟ้า Source (S) เป็นขาอินพุต และ Drain (D) เป็นขาเอาต์พุตมอสเฟต มี 2 ชนิด คล้ายกับทรานซิสเตอร์กำลัง คือ มอสเฟตชนิด N-Channel และมอสเฟต ชนิด P-Channel สัญลักษณ์และโครงสร้าง แสดงในรูปที่ 2.8 และ รูปที่ 2.9



รูปที่ 2.7 สัญลักษณ์ของ Power MOSFET



รูปที่ 2.8 โครงสร้างของ MOSFET

2.4 วงจรคอนเวอร์เตอร์

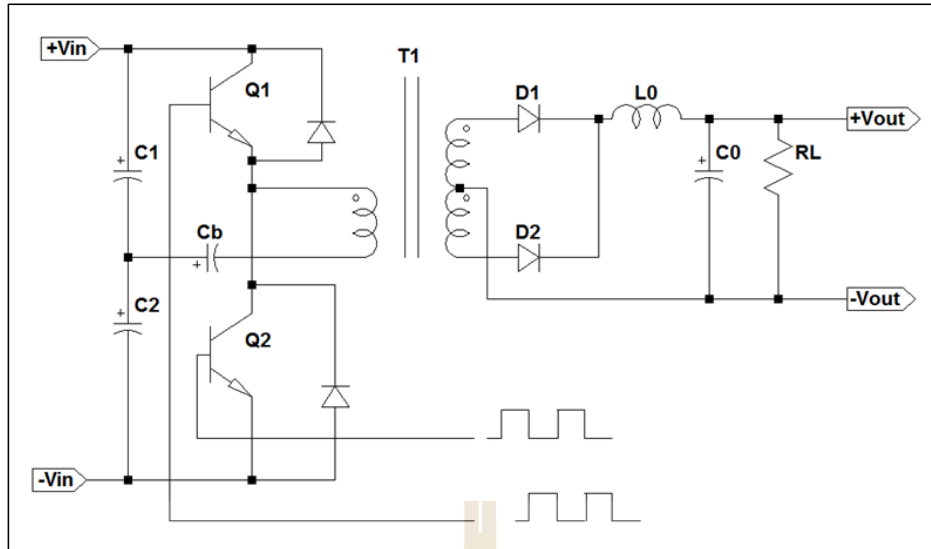
คอนเวอร์เตอร์ เป็นส่วนประกอบสำคัญของวงจรสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลาย โดยทำหน้าที่แปลงแรงดันไฟฟ้าจากค่าหนึ่งเป็นอีกค่าหนึ่ง โดยการเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็กในแกนเฟอร์ไรต์จากขดลวดไพรมารีไปยังขดลวดเซคันดารี ค่าแรงดันที่ได้ขึ้นอยู่กับอัตราส่วนของขดลวดไพรมารีกับขดลวดเซคันดารี คอนเวอร์เตอร์มีหลายแบบขึ้นอยู่กับวงจร โดยคอนเวอร์เตอร์แต่ละแบบจะมีข้อดีและข้อเสียที่แตกต่างกัน คอนเวอร์เตอร์สำหรับสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลายมีข้อควรพิจารณาจากลักษณะพื้นฐานของคอนเวอร์เตอร์แต่ละแบบดังนี้คือ

- ลักษณะการแยกกันทางไฟฟ้าระหว่างอินพุตกับเอาต์พุตของคอนเวอร์เตอร์
- ค่าแรงดันอินพุตที่จะนำมาใช้กับคอนเวอร์เตอร์
- ค่ากระแสสูงสุดที่ไหลผ่านเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ในคอนเวอร์เตอร์ขณะทำงาน
- ค่าแรงดันสูงสุดที่ตกคร่อมเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ในคอนเวอร์เตอร์ขณะทำงาน
- การรักษาระดับแรงดันในกรณีที่คอนเวอร์เตอร์มีเอาต์พุตหลายค่าแรงดัน

จากข้อพิจารณาดังกล่าว สามารถทำให้ออกแบบทรานซิสต์จำกัดของคอนเวอร์เตอร์ และเลือกใช้คอนเวอร์เตอร์แบบต่าง ๆ ซึ่งวงจรคอนเวอร์เตอร์ของสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลายแบ่งเป็นออก 5 แบบ คือ

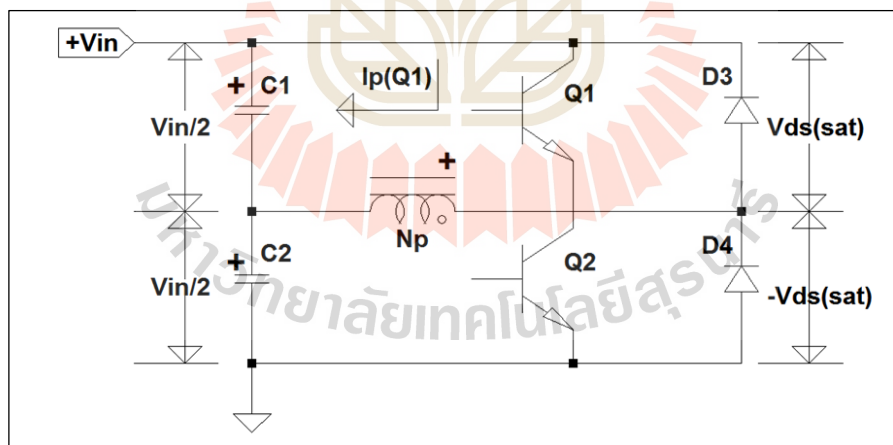
1. วงจรฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์ (Fly back Converter)
2. วงจรฟอร์เวิร์ดคอนเวอร์เตอร์ (Forward Converter)
3. วงจรพุช - पुलคอนเวอร์เตอร์ (Push - Pull Converter)
4. วงจรฮาล์ฟบริดจ์คอนเวอร์เตอร์ (Half - Bridge Converter)
5. วงจรฟูลบริดจ์คอนเวอร์เตอร์ (Full - Bridge Converter)

วงจรที่ใช้ในการออกแบบสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลายของระบบแยกตะกอนน้ำมันที่ปกเป็อนนี้คือวงจร วงจรฮาล์ฟบริดจ์คอนเวอร์เตอร์ (Half - Bridge Converter) เป็นคอนเวอร์เตอร์ในตระกูลเดียวกันกับพุช - पुलคอนเวอร์เตอร์ แต่ลักษณะการจัดวงจรของฮาล์ฟบริดจ์คอนเวอร์เตอร์จะทำให้ทรานซิสเตอร์กำลังในวงจรมีแรงดันตกคร่อมขณะหยุดนำกระแสเพียงค่าแรงดันอินพุตเท่านั้น ทำให้ทรานซิสเตอร์กำลังที่ใช้มีราคาถูกลงและหาได้ง่ายกว่า ซึ่งจะลดข้อจำกัดต่าง ๆ เมื่อใช้กับแรงดันไฟสูง ๆ เช่น ที่แรงดันไฟสลับ 220 โวลต์ลงได้มาก รวมทั้งฮาล์ฟบริดจ์คอนเวอร์เตอร์ยังสามารถหลีกเลี่ยงปัญหาการไม่สมมาตรฟลักซ์ในแกนเฟอร์ไรต์ของหม้อแปลงได้อีกด้วย พื้นฐานการทำงานของฮาล์ฟบริดจ์คอนเวอร์เตอร์ วงจรพื้นฐานของฮาล์ฟบริดจ์คอนเวอร์เตอร์แสดงไว้ในรูปที่ 2.10 การทำงานของวงจรจะเป็นดังนี้

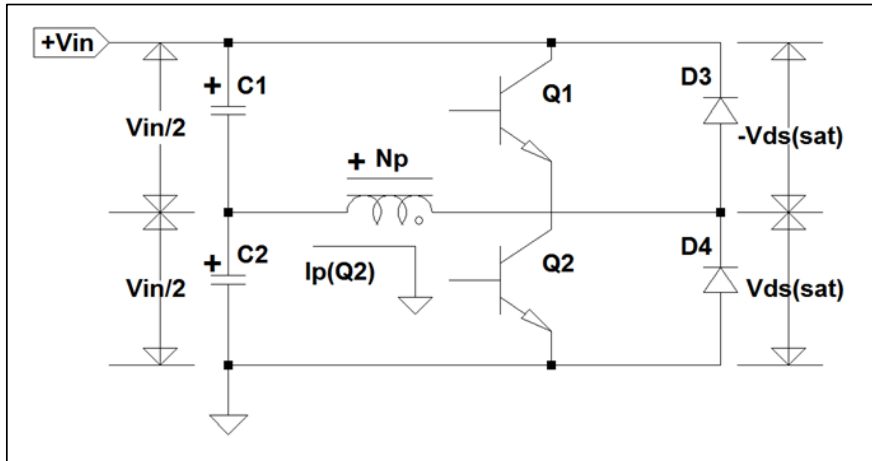


รูปที่ 2.9 วงจรพื้นฐานของวงจรฮาล์ฟบริดจ์คอนเวอร์เตอร์

ตัวเก็บประจุ $C1$ และ $C2$ กำหนดให้มีความเท่ากันต่ออนุกรมกันอยู่ทางด้านอินพุตเพื่อแบ่งครึ่งแรงดัน แรงดันตกคร่อม $C1$ และ $C2$ จึงมีค่าเท่ากับครึ่งหนึ่งของแรงดันอินพุต ทรานซิสเตอร์ $Q1$ และ $Q2$ จะสลับกันทำงานคนละครึ่งคาบเวลา เมื่อพิจารณาในกรณีที่ไม่มีตัวเก็บประจุ Cb ต่ออยู่ในวงจร โดยให้ปลายของขดไพรมารี Np ที่ต่ออยู่กับ Cb นั้น ต่อโดยตรงเข้ากับจุดต่อระหว่างตัวเก็บประจุ $C1$ และ $C2$ ดังในรูปที่ 2.11 และรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.10 ขณะที่ $Q1$ นำกระแส $Q2$ จะมีแรงดันตกคร่อมเท่ากับ $V_{in} - V_{DS(Sat)}$ และแรงดันตกคร่อม N_p เท่ากับ $(V_{in}/2) - V_{DS(Sat)}$



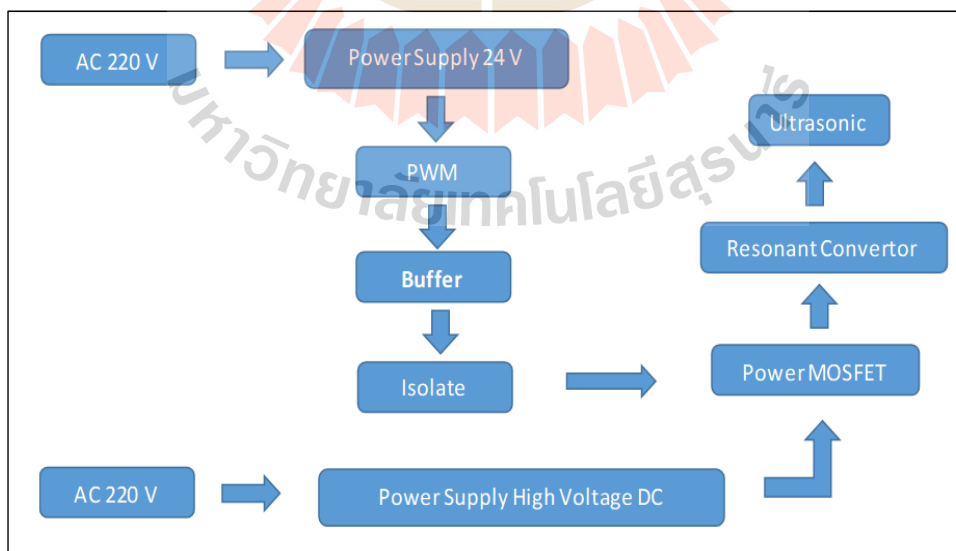
รูปที่ 2.11 ขณะที่ Q2 นำกระแส Q1 จะมีแรงดันตกคร่อมเท่ากับ $V_{in} - V_{DS(Sat)}$ และแรงดันตกคร่อม N_p เท่ากับ $(V_{in}/2) - V_{DS(Sat)}$

เมื่อ Q1 เริ่มนำกระแส และ Q2 ไม่นำกระแส แรงดันตกคร่อม Q2 จะมีค่าเท่ากับ $V_{in} - V_{DS(Sat)}$ ส่วนแรงดันตกคร่อมของไพรมารี N_p จะมีค่าเท่ากับ $V_{C1} - V_{DS(Sat)}$ หรือมีค่าเท่ากับ $(V_{in}/2) - V_{DS(Sat)}$ ในทำนองเดียวกัน เมื่อ Q2 นำกระแส และ Q1 ไม่นำกระแส แรงดันตกคร่อม Q1 จะมีค่าเท่ากับ $V_{in} - V_{DS(Sat)}$ เช่นเดียวกัน แรงดันที่ตกคร่อมขดไพรมารี N_p ก็ยังมีค่าเท่ากับ $(V_{in}/2) - V_{DS(Sat)}$ มีค่าประมาณ 0.5 - 1 โวลต์ ดังนั้นจะเห็นว่า แรงดันตกคร่อม Q1 และ Q2 ขณะหยุดนำกระแสจะมีค่าเพียงแรงดันอินพุตเท่านั้น ผลการทำงานของ Q1 และ Q2 ของด้านเซคันดารีคือขณะที่ Q1 นำกระแสจะมีกระแส N_{s1} ผ่านไดโอด D1 และ L0 ไปยังตัวเก็บประจุและโหลดได้ เมื่อ Q1 หยุดนำกระแส และ Q2 นำกระแสจะมีกระแส N_{s2} ผ่านไดโอด D2 และ L0 ไปยังตัวเก็บประจุและโหลดได้เช่นเดียวกัน ตัวเก็บประจุบล็อกกิ้ง C_b เพื่อป้องกันการไม่สมมาตรฟลักซ์แม่เหล็ก ตัวเก็บประจุบล็อกกิ้ง (Blocking Capacitor) C_b ที่ต่อเพิ่มเข้ามาในวงจรนั้นมีหน้าที่หลักคือป้องกันการเกิดไม่สมมาตรฟลักซ์ขึ้นในแกนเฟอร์ไรต์ขณะวงจรทำงาน เพราะการต่อตัวเก็บประจุ C1 และ C2 เพื่อให้แรงดันที่ตกคร่อมตัวเก็บประจุทั้งสองมีค่าเท่ากันจริง ๆ นั้นทำได้ยาก รวมทั้งการไม่แมตช์กันของทรานซิสเตอร์ Q1 และ Q2 อาจก่อปัญหาการไม่สมมาตรฟลักซ์ขึ้นได้ทั้งสิ้น การต่อตัวเก็บประจุบล็อกกิ้ง C_b คั่นเข้ามาในวงจร จะทำให้ C_b มีการเก็บประจุและคายประจุสลับกันไปตามทิศทางของกระแสที่ไหลในขดไพรมารี N_p ถ้าผลของการเกิดประจุสะสมทำให้ Q1 และ Q2 มีช่วงเวลานำกระแสไม่เท่ากัน ก็จะทำให้การเก็บประจุและคายประจุของ C_b ใช้เวลาไม่เท่ากันด้วย เป็นผลทำให้มีประจุเหลือค้างใน C_b และทำให้เกิดค่าแรงดันตกคร่อม C_b นั่นคือ หากทรานซิสเตอร์ตัวใดมีช่วงเวลานำกระแสมากกว่า ในกรณีนี้ค่ากระแสสูงสุดจะมีค่ามากขึ้นตามช่วงเวลาเพิ่มขึ้นด้วย อย่างไรก็ตามก็จะทำให้มีประจุเหลือค้างใน C_b ดังนั้นเมื่อทรานซิสเตอร์อีกตัวเริ่มนำกระแส แรงดันตกค้างใน C_b จะช่วยเพิ่มค่าแรงดันตกคร่อมขดไพรมารีให้มีค่าเพิ่มขึ้น ค่าของกระแสสูงสุดก็จะมีค่าเท่ากันได้และไม่เกิดการสมมาตรฟลักซ์ขึ้น ส่วนการทำงานของ C_b ในกรณีที่แรงดันตกคร่อม C1 และ C2 มีค่าไม่เท่ากันนั้นก็จะเป็นไปในทำนองเดียวกัน

บทที่ 3

การออกแบบและสร้างวงจรควบคุม

การออกแบบและสร้างวงจรควบคุมระบบนั้นมีความจำเป็นที่จะต้องมีการออกแบบวงจรและเลือกใช้ไอซีและอุปกรณ์ต่าง ๆ เพื่อให้ได้วงจรที่มีคุณสมบัติตามต้องการ วงจรควบคุมการทำงานของระบบนี้จะมีส่วนของเพาเวอร์ซัพพลายซึ่งเป็นส่วนที่จ่ายไฟให้กับวงจรต่าง ๆ ทั้งส่วนของวงจรควบคุมจากแรงดันที่เป็นส่วนให้กำเนิดสัญญาณความถี่ส่วนวงจรขยายสัญญาณส่วนของบัฟเฟอร์และส่วนของวงจรภาคกำลังซึ่งส่วนของวงจรภาคกำลังจะใช้วงจรการทำงานแบบฮาล์ฟบริดจ์คอนเวอร์เตอร์ จะใช้ไอซีเบอร์ TL494 ในการควบคุมการทำงานของมอสเฟตที่ต่อวงจรแบบฮาล์ฟบริดจ์อีกทีหนึ่งซึ่งไอซีเบอร์นี้เป็นไอซีที่ออกแบบมาเพื่อควบคุมการทำงานของคอนเวอร์เตอร์โดยทำงานจากโหมตควบคุมจากแรงดันและจะมีสัญญาณที่เอาต์พุต 2 ขาคือขา 9 และขา 10 โดยพัลส์ที่ได้จะเป็นพัลส์ที่สลับการทำงานกันเพื่อควบคุมมอสเฟตให้ทำงานสลับกันแต่สัญญาณที่ได้มีแรงดันที่เอาต์พุตน้อยกว่าที่จะทำ ให้มอสเฟตทำงานได้ดังนั้นจึงใช้วงจรขยายโดยใช้ทรานซิสเตอร์เป็นตัวขยายสัญญาณทำให้ได้แรงดันตามที่ต้องการได้แต่ลักษณะของพัลส์ยังไม่ดีพอจึงใช้วงจรบัฟเฟอร์เข้ามาช่วยเพื่อให้ได้สัญญาณและแรงดันตามที่ต้องการสัญญาณที่ได้จะป้อนเข้าส่วนของวงจรภาคกำลังซึ่งต่อวงจรแบบฮาล์ฟบริดจ์คอนเวอร์เตอร์เพื่อควบคุมการทำงานของมอสเฟตและสัญญาณที่ออกจากส่วนของวงจรภาคกำลังจะป้อนเข้าที่วงจรชุดเรโซแนนซ์ตัวเหนี่ยวนำและส่วนของหัวเพียโซอิเล็กทริกที่เป็นส่วนทำให้เกิดคลื่นเสียงอัลตราโซนิค

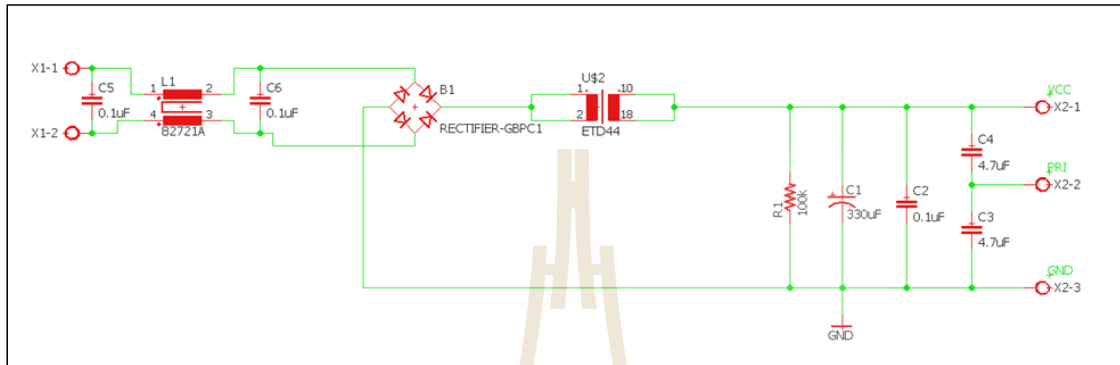


รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมแสดงระบบการทำงานของวงจรกิจต์อัลตราโซนิค

3.1 ออกแบบวงจรเพาเวอร์ซัพพลาย

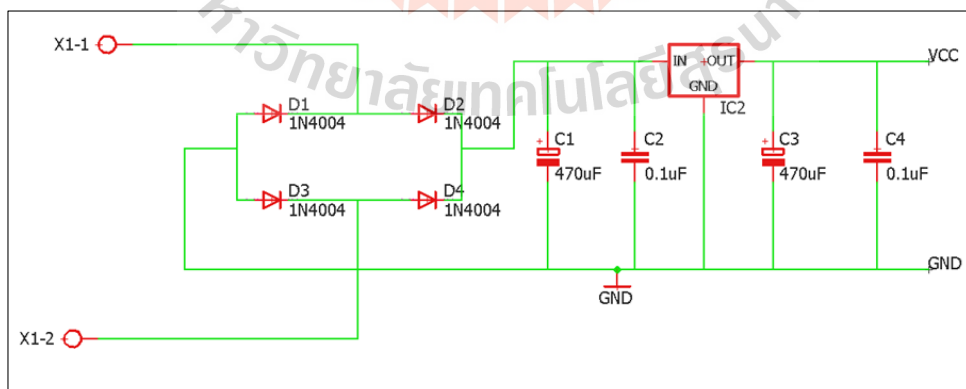
3.1.1 เพาเวอร์ซัพพลายในส่วนภาคกำลัง

วงจรเพาเวอร์ซัพพลายเป็นส่วนมรดการจ่ายไฟให้กับวงจรต่าง ๆ ซึ่งจะต้องทำการออกแบบเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนวงจรให้กำเนิดสัญญาณและส่วนของวงจรภาคกำลังซึ่งในแต่ละส่วนจะต้องการแรงดันไม่เท่ากันดังนั้นจึงทำการออกแบบภาคจ่ายไฟในแต่ละส่วนให้เหมาะสมต่อการทำงานของวงจร



รูปที่ 3.2 วงจรเพาเวอร์ซัพพลายไฟตรงแรงดันสูง

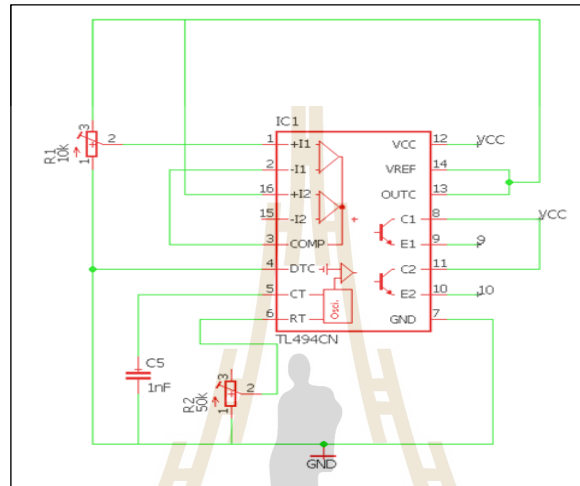
จากรูปที่ 3.2 ในการออกแบบวงจรเพื่อให้มีการลดทอนสัญญาณรบกวน ซึ่งสัญญาณที่เข้ามารบกวนวงจรจะเป็นสัญญาณที่มีความถี่สูง จึงใช้ Line Filter มาลดทอนสัญญาณรบกวนความถี่สูง ๆ วงจรชุดนี้จะได้แรงดันประมาณ 310 โวลต์ มาเลี้ยงวงจรในส่วนของภาคกำลังเมื่อวงจรได้รับไฟกระแสสลับ 220 โวลต์ ผ่าน Line Filter แล้วเข้าสู่วงจรบริดจ์ไดโอดเพื่อทำการแปลงไฟกระแสสลับเป็นไฟกระแสตรงและเอาต์พุตที่ได้จะไปเลี้ยงวงจรในส่วนของภาคกำลัง



รูปที่ 3.3 วงจรเพาเวอร์ซัพพลายแรงดัน 24 โวลต์

3.1.2 เพาเวอร์ซัพพลายในส่วนวงจรกำเนิดความถี่

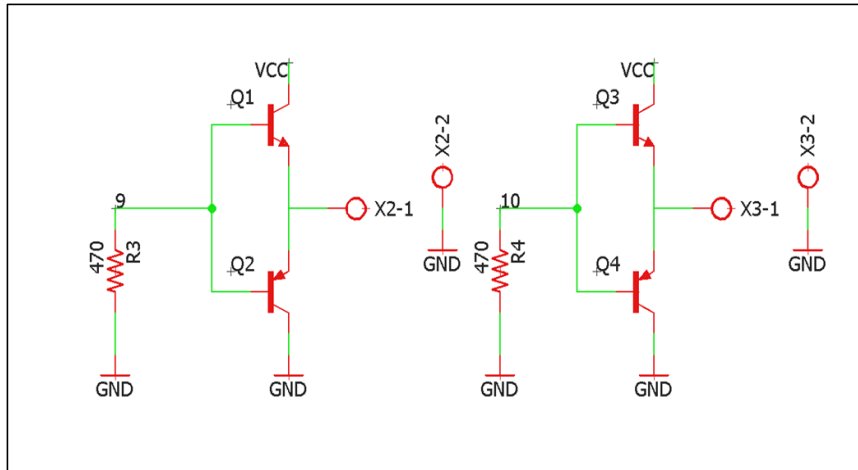
วงจรในส่วนของกำเนิดสัญญาณนั้นต้องการไฟเลี้ยงที่ 24 โวลต์ วงจรชุดนี้จะรับไฟ 220 โวลต์ ผ่านหม้อแปลง 24 โวลต์ แล้วก็เข้าวงจรบริดจ์ไดโอดเพื่อทำการแปลงกระแสไฟสลับให้เป็นกระแสตรง เมื่อผ่านไดโอดบริดจ์นั้นแรงดันที่ได้อาจจะไม่คงที่จึงมีวงจรกรองกระแสเพื่อให้ไฟฟ้าแสดตรงมีความคงที่ขึ้นในวงจรนี้จะใช้ ไอซีเบอร์ LM7824 เพื่อให้ได้สัญญาณเอาต์พุตเป็น 24 โวลต์ ซึ่ง ไอซีจะทำงานได้นั้นแรงดันที่เข้า ไอซีจะต้องมากกว่า 24 โวลต์



รูปที่ 3.4 วงจรกำเนิดสัญญาณ

3.2 ออกแบบวงจรออสซิลเลเตอร์

สำหรับวงจรออสซิลเลเตอร์จะเป็นที่ใช้ควบคุมการทำงานของวงจรภาคกำลังเพื่อเป็นการกำหนดการทำงานของมอเตอร์แต่ละตัวเนื่องจากวงจรภาคกำลังนั้นเป็นแบบฮาร์ฟบริดจ์จึงต้องใช้เอาต์พุต 2 เอาต์พุตจึงเลือกใช้ไอซีเบอร์ TL494 ซึ่งเป็นไอซีที่มีเอาต์พุต 2 เอาต์พุต ในการออกแบบนั้นจะออกแบบให้สามารถปรับความถี่และ Duty Cycle ได้โดย R1 จะควบคุมการปรับค่า Duty Cycle และ R2 จะควบคุมการปรับความถี่ ในการปรับ Duty Cycle นั้นจะต้องห้ามเกิน 50% เพราะจะทำให้วงจรภาคกำลังเกิดการช็อตกันได้ จากรูปที่ 3.5 เอาต์พุตของไอซีจะอยู่ที่ขา 9 และ 10



รูปที่ 3.5 วงจรกำเนิดสัญญาณ

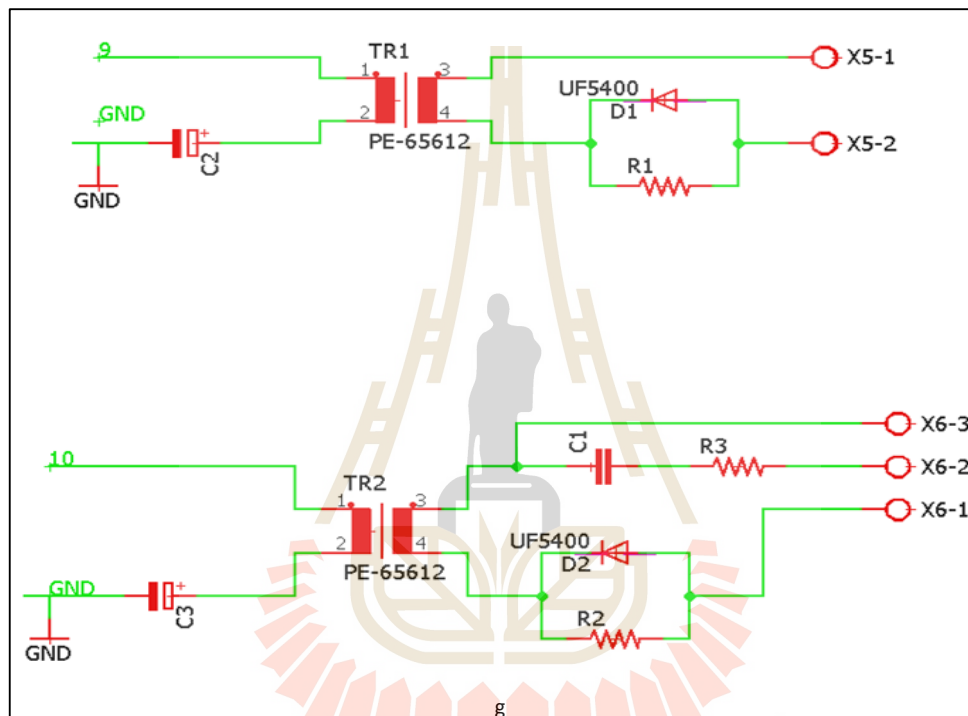
จากรูปที่ 3.5 จะออกแบบวงจรบัฟเฟอร์ 2 ชุด เนื่องจากสัญญาณเอาต์พุตที่ผ่านวงจรบัฟเฟอร์มี 2 เอาต์พุต โดยจะใช้ทรานซิสเตอร์ชนิด NPN และ PNP ทำงานคู่กัน จากรูปสัญญาณที่ออกจากขา 9 และ ขา 10 ของไอซี TL494 จะเข้าคู่ทรานซิสเตอร์ Q1 Q2 และ Q3 Q4 ตามลำดับ ส่วน R3 R4 จะช่วยในการลดสัญญาณรบกวนและเพื่อให้สัญญาณที่ออกมาจาก ขา 9 และ 10 เป็น 0 โวลต์



รูปที่ 3.6 ชุดวงจรบัฟเฟอร์

3.3 ออกแบบวงจร ไอโซเลเตอร์

การออกแบบวงจรไอโซเลเตอร์นั้นจะใช้หม้อแปลง 2 ตัว คือ TR1 และ TR2 โดยสัญญาณจะป้อนเข้ามา 1 และ 2 ซึ่งเอาต์พุตที่ได้จากการเหนี่ยวนำผ่านแกนเฟอไรต์จะเป็นสัญญาณ 3 และ 4 ซึ่งมีกราวด์แยกกัน อีสิระ ส่วน C2 และ C5 จะเป็นการป้องกันสัญญาณไฟฟ้ากระแสตรง ให้สัญญาณ DC เป็นศูนย์ และไดโอดขนานกับตัวต้านทาน คือ D1, R1, D2, R2 จะช่วยในการลดสัญญาณ Overshoot ที่ออกจากหม้อแปลง ส่วน C1 และ R3 จะเป็นวงจรสแน็บเบอร์เพื่อลดการเกิดกำลังสูญเสียและป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับมอสเฟตขณะที่ทำงานปกติ

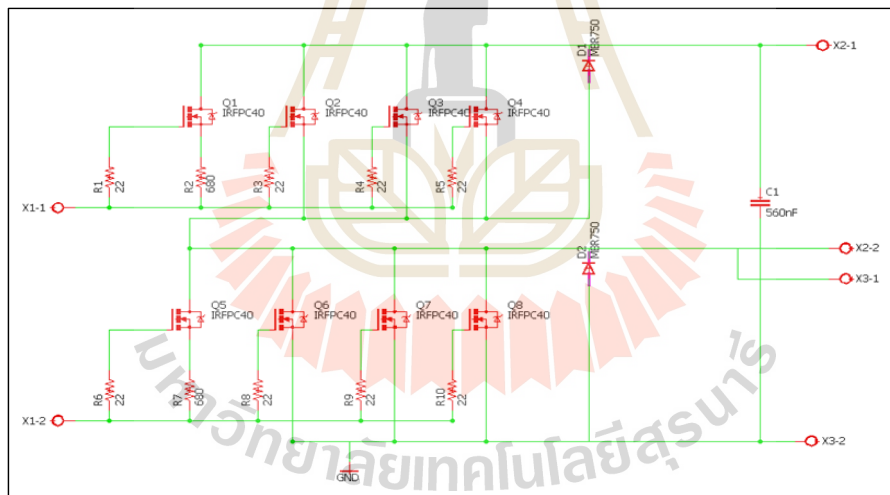


รูปที่ 3.7 วงจรไอโซเลเตอร์



รูปที่ 3.8 ชุดวงจรไอโซเลเตอร์

3.4 การออกแบบวงจรฮาล์ฟบริดจ์คอนเวอร์เตอร์



รูปที่ 3.9 วงจรฮาล์ฟบริดจ์คอนเวอร์เตอร์

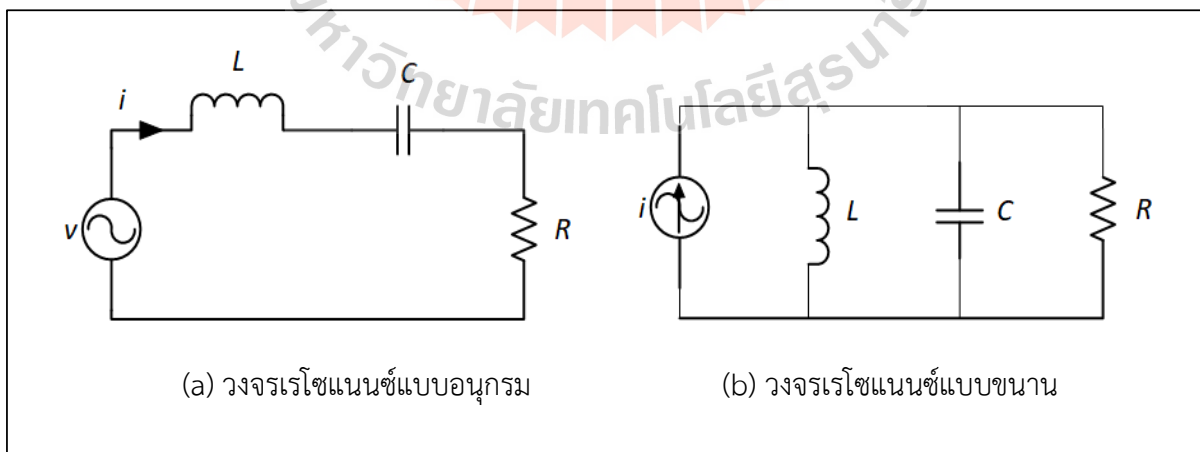
ในการออกแบบวงจรฮาล์ฟบริดจ์คอนเวอร์เตอร์จะต้องใช้ มอสเฟตที่สามารถทนแรงดันและกระแสตามที่ได้ออกแบบไว้และต้องใช้ไดโอดที่เป็นแบบ Fast Recovery เพื่อให้ทันต่อการสวิตช์สัญญาณ จากรูปที่ 3.9 Q1 และ Q5 เป็นการต่อเพื่อทำการไบอัสให้กับมอสเฟตอีก 3 ตัว การที่ใช้มอสเฟตอีก 3 ตัวนั้น เพื่อให้มอสเฟตไม่ต้องรองรับกระแสมากเกินไปในขณะที่ทำงาน



รูปที่ 3.10 ชุดวงจรฮาล์ฟบริดจ์คอนเวอร์เตอร์

3.5 วงจรเรโซแนนซ์

วงจรเรโซแนนซ์เป็นวงจรผสมระหว่างตัวเก็บประจุกับขดลวดเหนี่ยวนำ ซึ่งมีความสำคัญในการใช้งานของวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ด้วยผลต่อสัญญาณกระแสสลับของขดลวดและตัวเก็บประจุซึ่งแตกต่างกัน ในทางตรงกันข้าม จะทำให้เกิดผลต่อแรงดันในกระแสตรง และกระแสสลับในลักษณะต่าง ๆ เช่น เกิดการจ่ายและรับกระแสให้ซึ่งกันและกัน ทำให้เกิดสัญญาณกระแสสลับตกคร่อมวงจรขึ้น เมื่อวงจรได้รับแรงดันกระแสตรงจะเกิดการต่อต้านและยอมให้สัญญาณกระแสสลับบางความถี่ผ่าน เป็นต้น วงจรเรโซแนนซ์ แบ่งออกเป็น 2 ชนิด ดังรูปที่ 3. 11



รูปที่ 3.11 วงจรเรโซแนนซ์

ในที่นี้ได้ออกแบบเป็นแบบอนุกรม โดยจะใช้ตัวเก็บประจุหรือหัวเพียโซอิเล็กทริกที่ขนานกันจำนวน 10 หัว จึงได้ค่าตัวเก็บประจุ 40 นาโนฟารัด (nF) และกำหนดความถี่ 40 กิโลเฮิร์ตซ์ แล้วทำการคำนวณแมทซิงของวงจรเรโซแนนซ์เพื่อให้ได้เอาต์พุตที่ถ่ายโอนพลังงานได้สูงสุด โดยใช้สูตรความถี่เรโซแนนซ์เพื่อหาการแมทซิงของ L

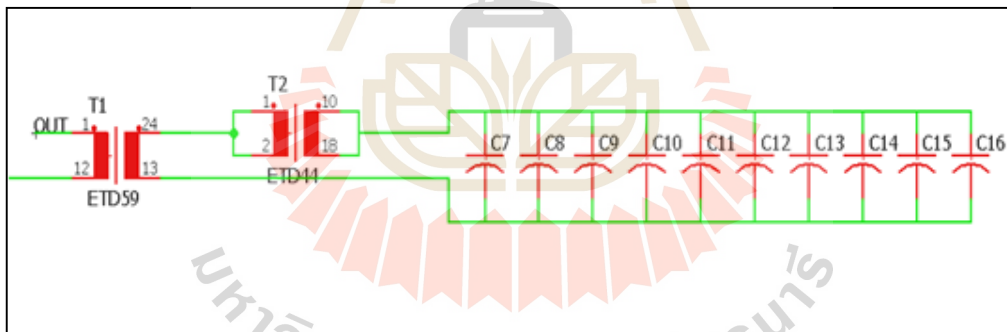
$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

$$L = \left(\frac{1}{2\pi f_0}\right)^2 \times \left(\frac{1}{C}\right)$$

$$= \left(\frac{1}{2\pi(40 \times 10^3)}\right)^2 \times \left(\frac{1}{40 \times 10^{-9}}\right)$$

$$= 395 \mu H$$

จากผลการคำนวณที่ได้ตัวเหนี่ยวนำที่แมทซิงกับค่า C และความถี่ของวงจรเรโซแนนซ์ คือ 395 μH



รูปที่ 3.12 วงจรเรโซแนนซ์



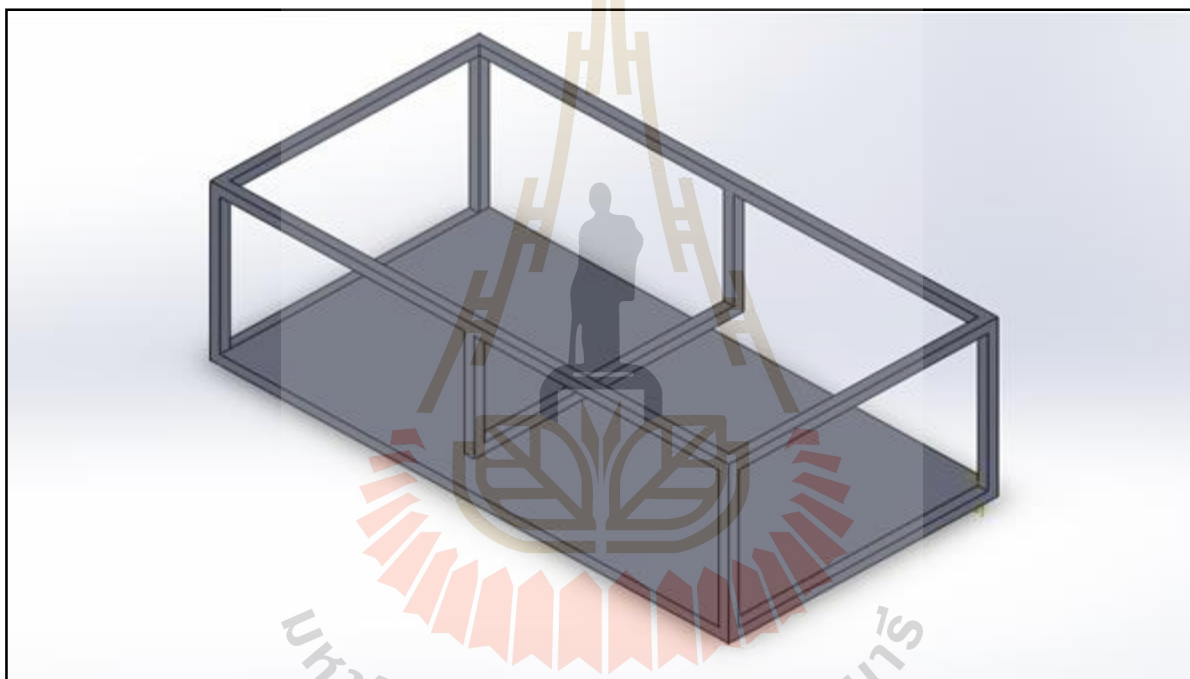
รูปที่ 3.13 ชุดวงจรเรโซแนนซ์



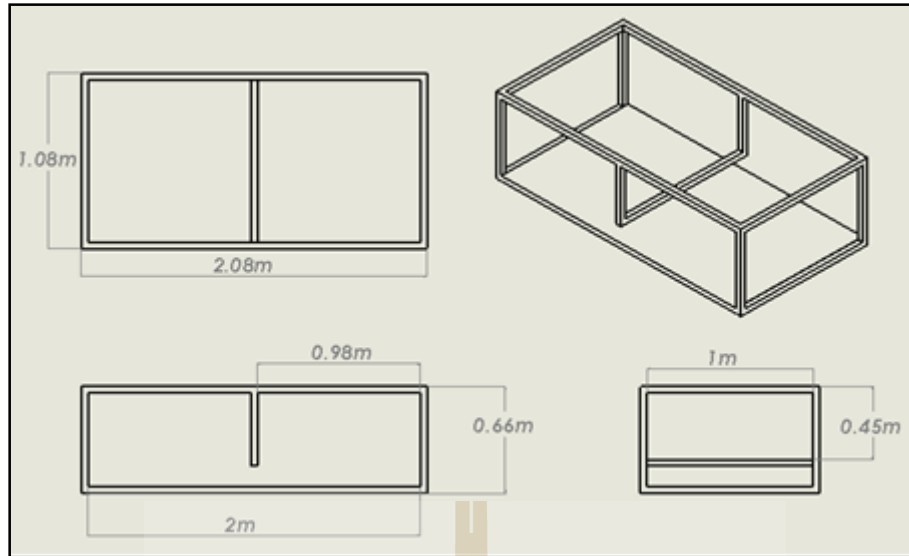
รูปที่ 3.14 ชุดหัวเพียโซอิเล็กทริก

3.6 ออกแบบอ่างทดลองและฐานตั้งอ่างทดลอง

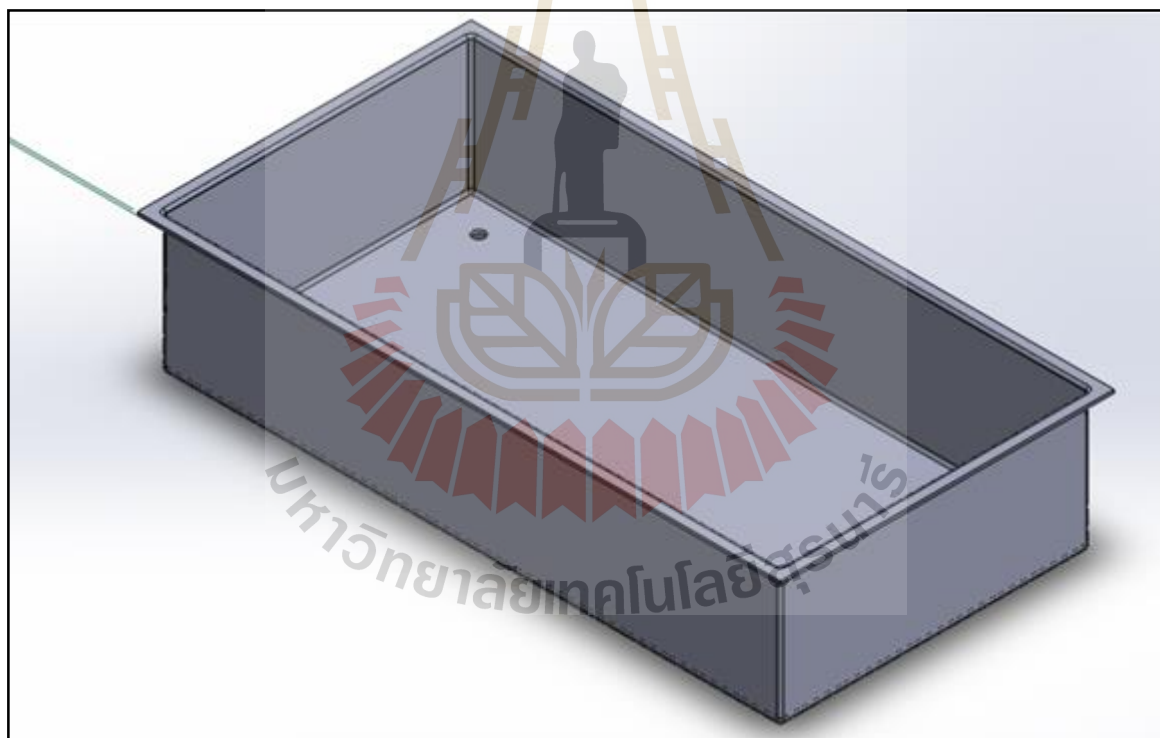
สำหรับการออกแบบอ่างกำจัดแมลงและศัตรูพืชจำพวกไม้ในทางอุตสาหกรรมการเพาะปลูกพืชน้ำเพื่อการส่งออก จำเป็นต้องออกแบบให้มีขนาดใหญ่ เพื่อรองรับการกำจัดแมลงและศัตรูพืชในไม้จำนวนมาก จากวัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย การกำจัดแมลงและศัตรูพืชสำหรับพื้นที่การเพาะปลูกขนาด 20 ตารางเมตร ต้องใช้พื้นที่ของเครื่องกำจัดแมลงและศัตรูพืชขนาดใหญ่มาก หรืออาจใช้เครื่องขนาด 2 ตารางเมตร จำนวน 10 ครั้ง เพื่อให้สามารถกำจัดกำจัดแมลงและศัตรูพืชจำพวกไม้ในขนาดพื้นที่ 20 ตารางเมตรได้ โดยการออกแบบอ่างทดลองของระบบขนาด 2 ตารางเมตร ได้ออกแบบให้มีขนาดความกว้าง 1 เมตร ยาว 2 เมตร มีความลึกที่ 45 เซนติเมตร เพื่อให้มีความลึกมากกว่าความยาวของรากพืชจำพวกไม้ที่จะนำมากำจัดแมลงและศัตรูพืช ที่อาศัยอยู่ตามรากและโคนต้นของพืชได้อย่างทั่วถึง



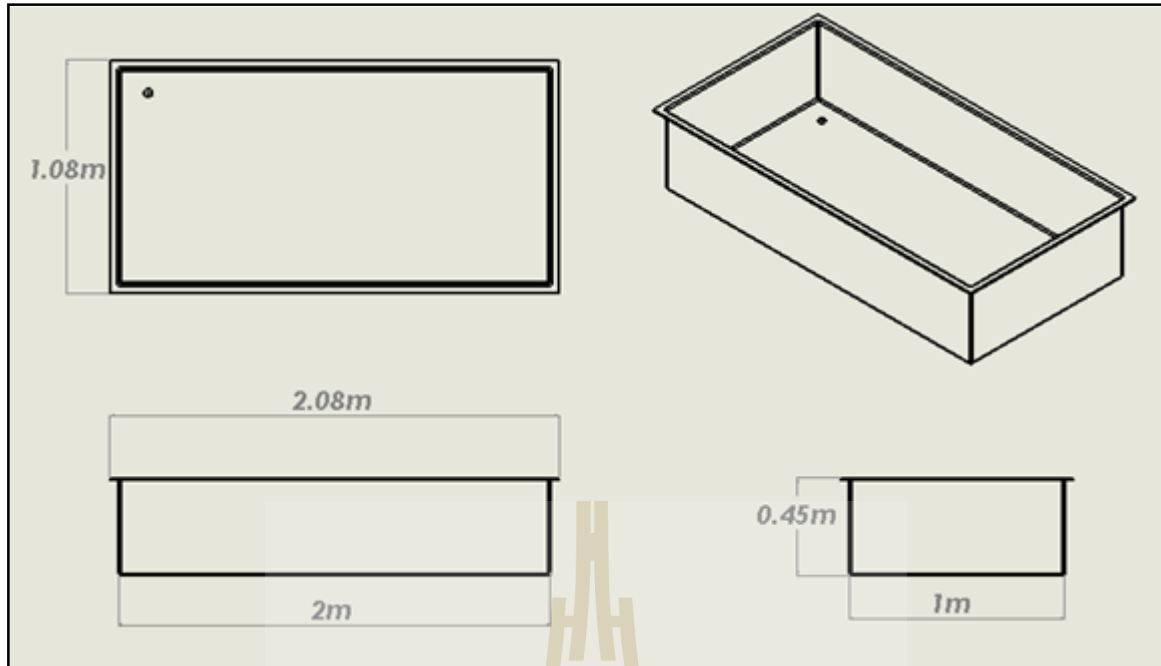
รูปที่ 3.15 แบบจำลองโครงสร้างเครื่อง



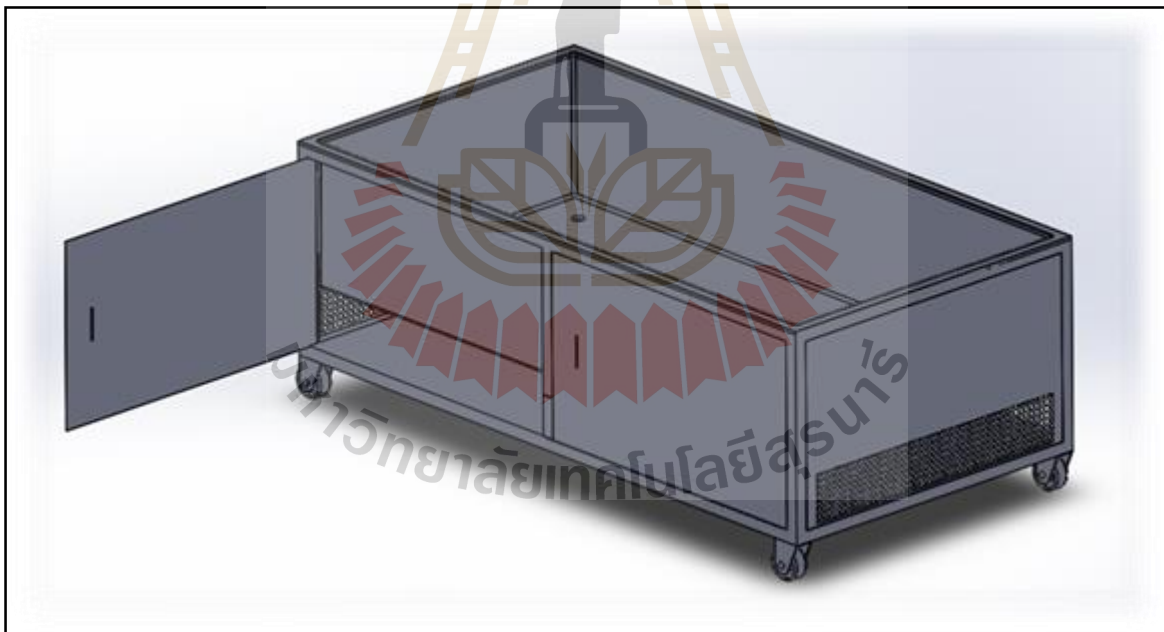
รูปที่ 3.16 ขนาดแบบโครงเครื่อง



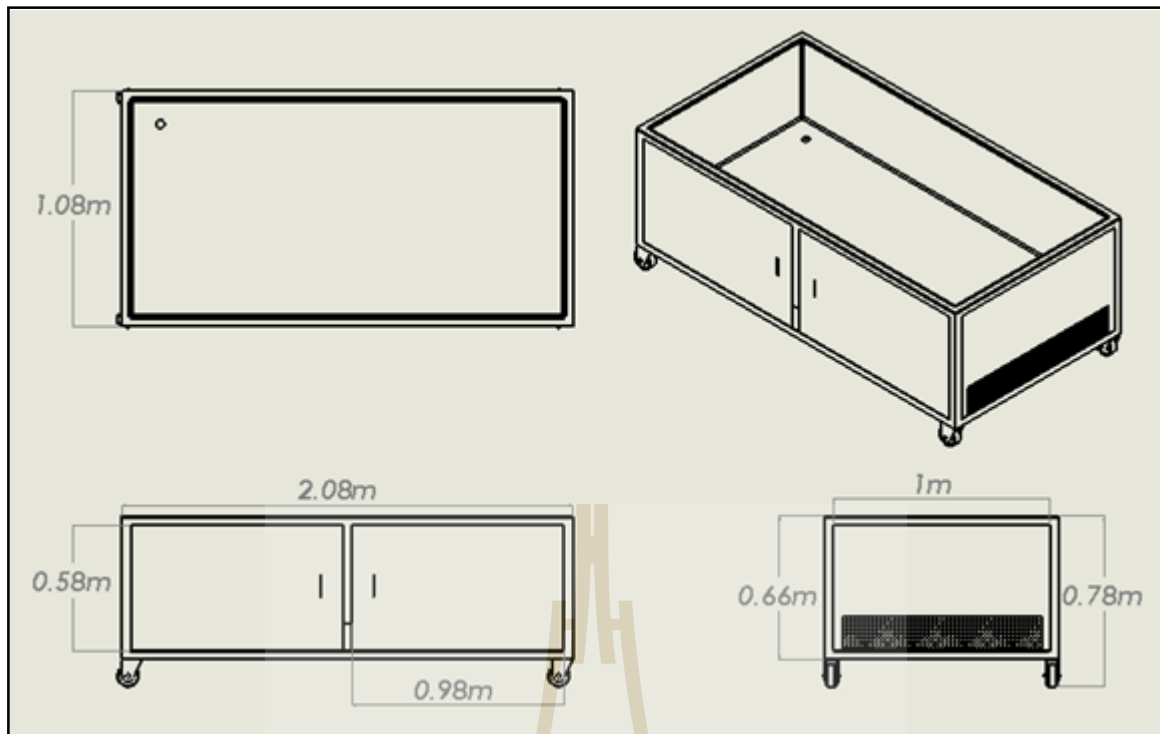
รูปที่ 3.17 แบบจำลองอ่างทดลอง



รูปที่ 3.18 ขนาดอ่างทดลอง



รูปที่ 3.19 แบบจำลองเครื่องเต็ม



รูปที่ 3.20 ขนาดแบบจำลองเครื่องเต็ม



รูปที่ 3.21 อ่างทดลองและฐานตั้งอ่างทดลอง

3.7 สรุป

ในบทนี้ได้กล่าวถึงการออกแบบสร้างวงจรและตัวเครื่องต้นแบบ ที่ใช้เพื่อกำเนิดคลื่นเสียงอัลตราโซนิก ซึ่งได้เริ่มทำการออกแบบตั้งแต่วงจรเพาเวอร์ซัพพลาย วงจรให้กำเนิดความถี่โดยใช้ไอซี TL494 การออกแบบและสร้างในส่วนของบัฟเฟอร์ วงจรไอโซเลเตอร์ เพื่อทำการแยกระหว่างฝั่งแรงต่ำกับแรงสูง แล้วออกแบบและสร้างวงจรวงจรฮาร์โมนิกคอนเวอร์เตอร์ เพื่อทำการตัดต่อแรงดันให้ออกมามีความถี่ตามที่ต้องการเพื่อให้เหมาะสมกับวงจรเรโซแนนซ์ที่ได้ทำการออกแบบไว้ในส่วนภาคท้ายของวงจร เพื่อให้ได้ส่งผ่านกำลังงานสูงที่สุดไปยังโหลด และได้ออกแบบในส่วนของตัวเครื่องต้นแบบและสร้างขึ้นมาและทำการติดตั้งหัวอัลตราโซนิกเพื่อนำมาประกอบและทำการทดสอบเพื่อบันทึกผล

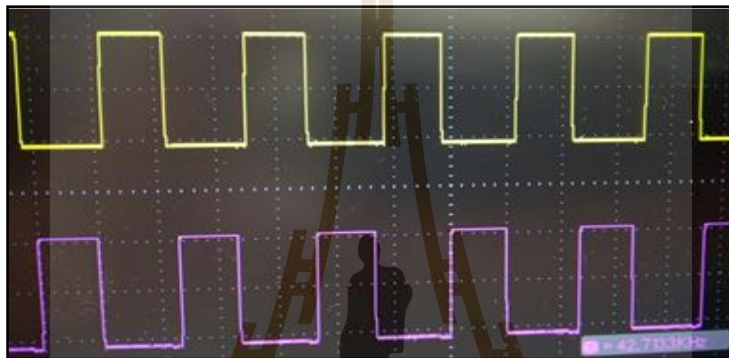


บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 สัญญาณความถี่วงจรออสซิลเลเตอร์

สัญญาณจากวงจรออสซิลเลเตอร์นั้นจะมีสัญญาณเอาต์พุต 2 เอาต์พุต จากผลของการวัดสัญญาณเป็นไปตามรูปที่ 4.1 เมื่อนำมาเทียบกับกันระหว่างสัญญาณเอาต์พุตทั้งสองจะเห็นว่าจะมีสัญญาณที่ตรงข้ามกัน



รูปที่ 4.1 สัญญาณที่ของวงจรออสซิลเลเตอร์

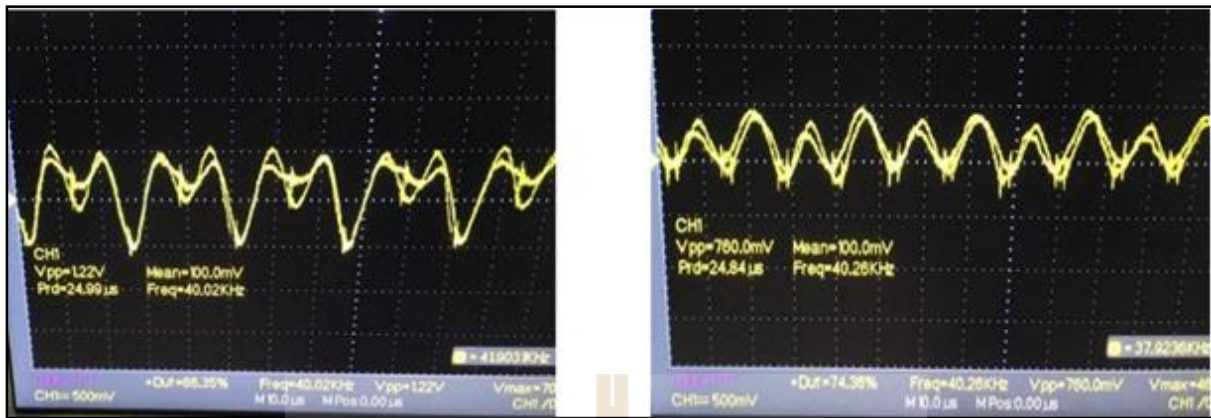
4.2 สัญญาณที่เข้าขาเกตของวงจรรหัสรีฟริตจ์คอนเวอร์เตอร์

จากรูปสัญญาณเอาต์พุตที่ขาเข้าขาเกตจะมีรูปสัญญาณเหมือนกับตัวให้กำเนิดสัญญาณความถี่ แต่สัญญาณจะมีแรงดันทั้งบวกและลบ สัญญาณเอาต์พุตที่เข้าขาเกตนี้จะเป็นสัญญาณควบคุมมอสเฟตของแต่ละชุด



รูปที่ 4.2 สัญญาณที่เข้าขาเกต

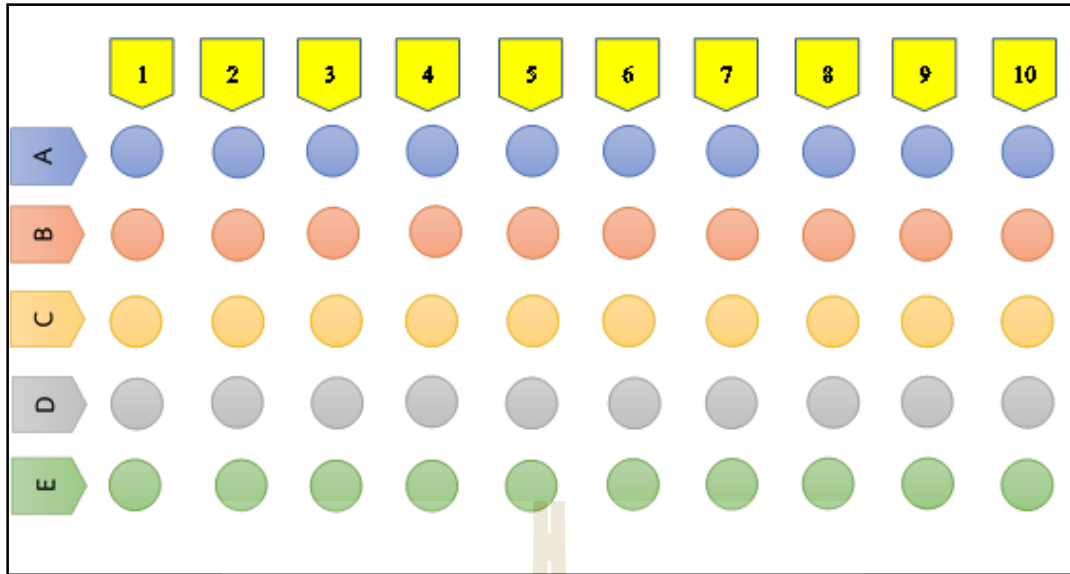
4.3 สัญญาณที่ส่งจากหัวอัลตราโซนิกแต่ละหัว



รูปที่ 4.3 สัญญาณการส่งของหัวอัลตราโซนิกแต่ละหัว



รูปที่ 4.4 วัตต์การส่งของหัวอัลตราโซนิก



รูปที่ 4.5 แบบจำลองตำแหน่งของหัวอัลตราโซนิกภายในอ่าง

ตารางที่ 4.1 สัญญาณการสั่นของหัวอัลตราโซนิกแต่ละหัว

ลำดับหัว แถว	สัญญาณการสั่นของหัวอัลตราโซนิกแต่ละหัว มีหน่วยเป็น Voltage (V_{pp})										ค่าเฉลี่ย
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
A	1.22	1.31	0.98	1.02	1.24	0.99	1.12	1.30	1.11	0.99	1.13
B	1.14	1.11	1.12	0.78	0.89	1.00	0.99	1.12	1.00	0.98	1.01
C	1.12	1.13	0.88	0.79	1.14	1.11	0.89	0.79	1.12	1.11	1.01
D	1.11	0.78	1.22	1.00	1.23	0.99	0.88	1.23	1.00	1.12	1.06
E	0.89	1.22	1.13	0.79	1.23	1.00	0.99	1.12	1.15	1.33	1.09

ตารางที่ 4.2 อัตราการสั่นของหัวอัลตราโซนิกแต่ละหัว

ลำดับหัว แถว	อัตราการสั่นของหัวอัลตราโซนิกแต่ละหัว มีหน่วยเป็น $U_{en}\%$										ค่าเฉลี่ย
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
A	78	70	72	68	65	65	75	76	79	80	72.80
B	69	70	76	80	69	65	75	79	89	77	74.90
C	77	72	70	65	66	68	71	75	77	79	72.00
D	78	68	65	69	67	70	72	76	79	81	72.50
E	79	65	64	68	65	65	73	76	78	82	71.50

4.4 ผลการทดลองการกำจัดศัตรูพืช

สำหรับการทดลองการกำจัดศัตรูพืชภายในพืชจำพวกไม้น้ำนั้น มีวิธีจัดเตรียมวัสดุอุปกรณ์การทดลองดังนี้

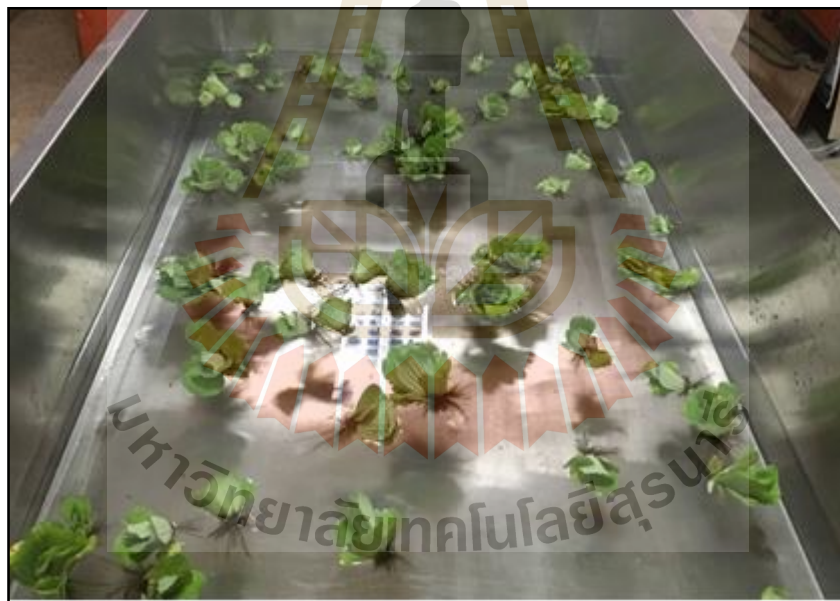
- 1) จัดหาพืชพรรณไม้น้ำมาทำความสะอาด ดังรูปที่ 4.6
- 2) จัดหาศัตรูพืชจำพวกไม้น้ำ ดังรูปที่ 4.7
- 3) นำต้นจอกใส่ลงไปในถังและสูบลมใส่ได้เดือนฝอยลงไปในรากของต้นจอกจำนวน 20 ต้น ๆ ละประมาณ 20 ตัว ทิ้งไว้ 1 คืน



รูปที่ 4.6 ต้นจอก



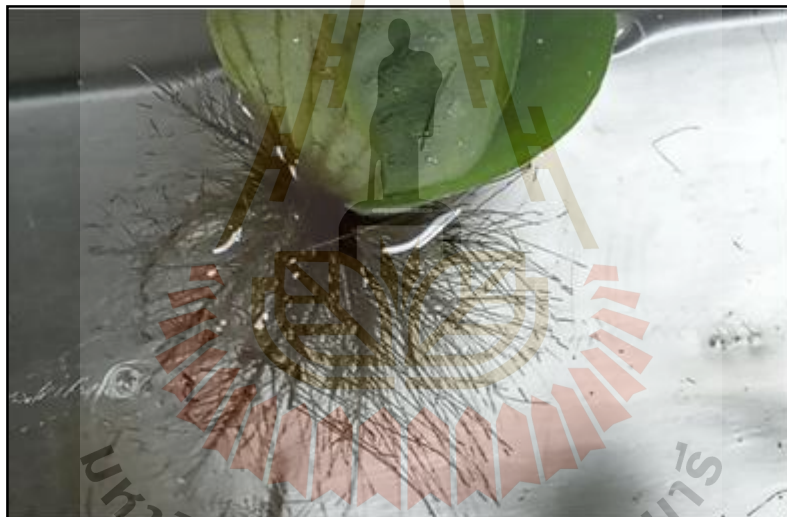
รูปที่ 4.7 ไส้เดือนฝอย



รูปที่ 4.8 ต้นจอกในอ่างทดลอง



รูปที่ 4.9 ใส่เดือนฝอยในรากต้นจอก



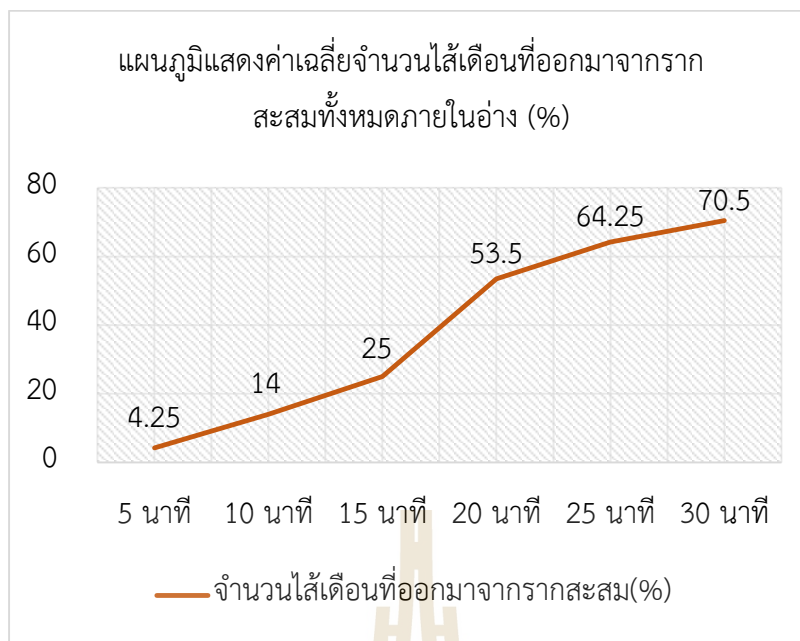
รูปที่ 4.10 นำใส่เดือนฝอยใส่ลงไปจอกต้นจอก

ตารางที่ 4.3 จำนวนไส้เดือนที่ออกมาจากรากสะสมต่อต้นจอก 20 ต้น ภายใน 30 นาที (ผลการทดลองครั้งที่ 1)

เวลา (นาที)	จำนวนไส้เดือนที่ออกมาจากรากสะสมต่อต้นจอก 20 ต้น (ตัว)																			
	ต้นที่ 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
5	0	1	0	0	2	2	1	0	0	0	2	3	0	1	0	0	1	0	2	2
10	4	3	4	2	3	2	2	4	3	2	4	3	3	2	3	1	2	3	2	4
15	4	6	5	7	4	4	3	6	7	7	5	4	3	6	4	4	5	5	7	4
20	10	10	13	11	12	11	10	9	8	13	10	12	9	10	12	13	9	10	8	14
25	11	15	13	13	16	11	11	10	13	15	15	13	10	11	14	15	13	14	10	14
30	15	17	15	14	16	12	11	11	14	15	17	16	11	12	15	16	13	16	11	15

ตารางที่ 4.4 ค่าเฉลี่ยจำนวนไส้เดือนที่ออกมาจากรากสะสมทั้งหมดภายในอ่าง (ตารางผลการทดลองครั้งที่ 1)

เวลา (นาที)	ค่าเฉลี่ยจำนวนไส้เดือนที่ออกมาจากรากสะสมทั้งหมดภายในอ่าง	
	ตัว	%
5	0.85	4.25
10	2.8	14
15	5	25
20	10.7	53.5
25	12.85	64.25
30	14.1	70.5



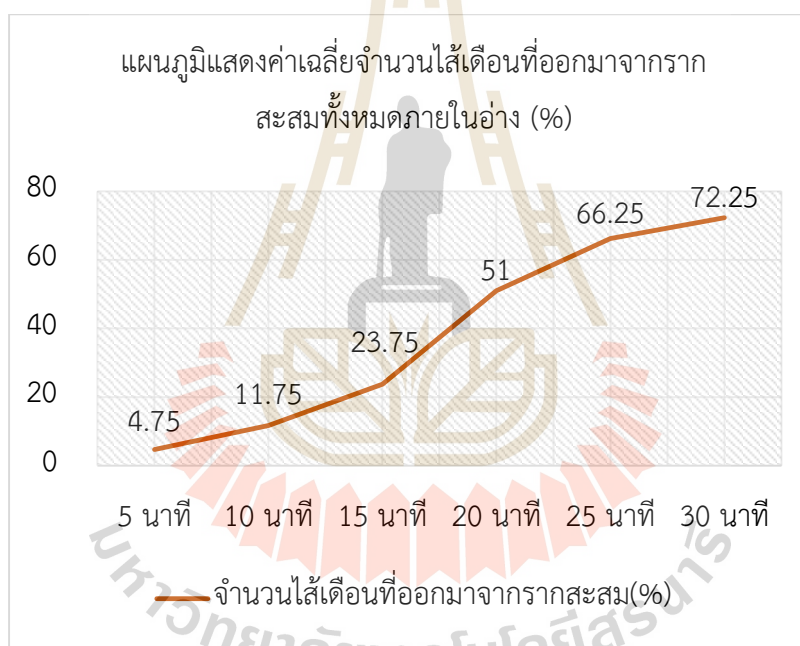
รูปที่ 4.11 แผนภูมิแสดงค่าเฉลี่ยจำนวนไม้เดือนที่ออกมาจากรากสะสมทั้งหมดภายในอ่าง (%)
(ผลการทดลองครั้งที่ 1)

ตารางที่ 4.5 จำนวนไม้เดือนที่ออกมาจากรากสะสมต่อต้นจอก 20 ต้น ภายใน 30 นาที (ผลการทดลองครั้งที่ 2)

เวลา (นาที)	จำนวนไม้เดือนที่ออกมาจากรากสะสมต่อต้นจอก 20 ต้น (ตัว)																			
ต้นที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
5	2	1	2	0	0	1	1	0	1	0	0	3	1	2	0	3	1	0	0	1
10	3	2	4	2	1	2	4	2	3	2	0	2	3	4	2	4	1	1	2	3
15	5	4	5	7	3	3	4	4	6	7	3	4	3	7	4	4	7	5	6	4
20	11	13	12	9	7	10	9	8	10	10	9	7	9	10	13	13	14	9	11	10
25	11	13	13	10	15	11	16	10	13	17	15	13	12	10	14	15	14	16	12	15
30	17	16	13	14	15	12	17	11	14	17	15	14	13	12	15	15	14	17	13	15

ตารางที่ 4. 6 ค่าเฉลี่ยจำนวนไส้เดือนที่ออกมาจากรากสะสมทั้งหมดภายในอ่าง (ตารางผลการทดลองครั้งที่ 2)

เวลา (นาท)	ค่าเฉลี่ยจำนวนไส้เดือนที่ออกมาจากรากสะสมทั้งหมดภายในอ่าง	
	ตัว	%
5	0.95	4.75
10	2.35	11.75
15	4.75	23.75
20	10.2	51
25	13.25	66.25
30	14.45	72.25



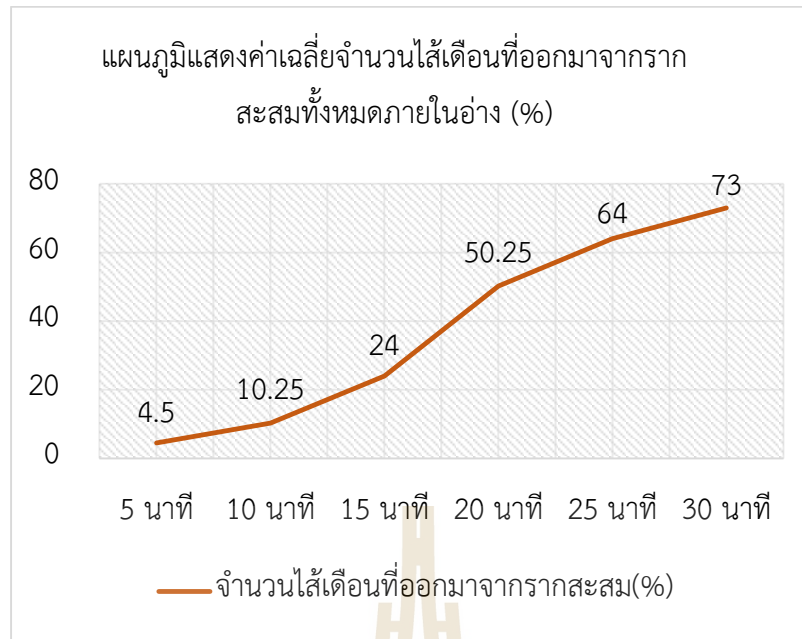
รูปที่ 4.12 แผนภูมิแสดงค่าเฉลี่ยจำนวนไส้เดือนที่ออกมาจากรากสะสมทั้งหมดภายในอ่าง (%) (ผลการทดลองครั้งที่ 2)

ตารางที่ 4. 7 จำนวนไส้เดือนที่ออกมาจากรากสะสมต่อต้นจอก 20 ต้น ภายใน 30 นาที (ตารางผลการทดลองครั้งที่ 3)

เวลา (นาที)	จำนวนไส้เดือนที่ออกมาจากรากสะสมต่อต้นจอก 20 ต้น (ตัว)																				
	ต้นที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
5		1	2	0	1	0	2	0	0	1	2	0	0	1	2	0	2	1	1	0	2
10		4	3	2	2	1	2	3	2	3	2	0	1	2	3	1	3	1	1	2	3
15		5	3	6	5	3	4	3	4	5	7	3	5	3	7	4	5	8	5	6	5
20		7	11	13	8	13	10	9	10	12	9	7	10	9	10	9	13	12	9	11	9
25		9	11	14	10	15	10	11	13	13	16	15	13	12	10	12	15	16	15	12	14
30		13	15	16	14	17	13	17	14	14	17	16	14	13	12	14	16	14	16	13	14

ตารางที่ 4.8 ค่าเฉลี่ยจำนวนไส้เดือนที่ออกมาจากรากสะสมทั้งหมดภายในอ่าง (ตารางผลการทดลองครั้งที่ 3)

เวลา (นาที)	ค่าเฉลี่ยจำนวนไส้เดือนที่ออกมาจากรากสะสมทั้งหมดภายในอ่าง	
	ตัว	%
5	0.9	4.5
10	2.05	10.25
15	4.8	24
20	10.05	50.25
25	12.8	64
30	14.6	73



รูปที่ 4. 13 แผนภูมิแสดงค่าเฉลี่ยจำนวนไส้เดือนที่ออกมาจากรากสะสมทั้งหมดภายในอ่าง (%)

(ผลการทดลองครั้งที่ 3)

จากผลการทดลองทั้ง 3 ครั้ง การกำจัดไส้เดือนฝอยจากรากไม้ไผ่ยังไม่สมบูรณ์ร้อยเปอร์เซ็นต์แต่ส่วนใหญ่ก็กำจัดจากรากได้อาจจะเหลือติดรากเป็นบางส่วนซึ่งเป็นส่วนน้อย เมื่อเวลาผ่านไปนานขึ้นก็จะสามารถกำจัดไส้เดือนฝอยได้มากขึ้น

4.5 รูปตัวอย่างผลการทดลอง

ทำการทดลองโดยใช้ความถี่และแรงดันที่เท่ากันทุกการทดลอง แต่ต่างกันที่เวลาในการทำงานของเครื่อง โดยจำกัดจำนวนไส้เดือนอยู่ที่ประมาณ 20 ตัวต่อ 1 ต้น



รูปที่ 4.14 จำนวนไส้เดือนที่ออกมาจากรากสะสม เวลา 5 นาที

เมื่อเครื่องทำงานพบว่าคลื่นอัลตราโซนิกส่งผลโดยตรงต่อไส้เดือน ทำให้ไส้เดือนมีปฏิกิริยาต่อคลื่นตั้งแต่เปิดเครื่อง แต่ในช่วง 5 นาที มีจำนวนไส้เดือนที่ออกมาจากรากสะสมไม่มากเท่าไร



รูปที่ 4.15 จำนวนไส้เดือนที่ออกมาจากรากสะสม เวลา 10 นาที

เมื่อเวลาผ่านไป 10 นาที พบว่ามีมีจำนวนไส้เดือนที่ออกมาจากรากสะสมเพิ่มขึ้นเล็กน้อย



รูปที่ 4.16 จำนวนไส้เดือนที่ออกมาจากรากสะสม เวลา 15 นาที

เมื่อเวลาผ่านไป 15 นาที พบว่ามีมีจำนวนไส้เดือนที่ออกมาจากรากสะสมเพิ่มขึ้นจากเดิม สามารถสังเกตได้



รูปที่ 4.17 จำนวนไส้เดือนที่ออกมาจากรากสะสม เวลา 20 นาที

เมื่อเวลาผ่านไป 20 นาที พบว่ามีมีจำนวนไส้เดือนที่ออกมาจากรากสะสมเพิ่มขึ้นสามารถสังเกตได้ชัดเจน



รูปที่ 4.18 จำนวนไส้เดือนที่ออกมาจากรากสะสม เวลา 25 นาที

เมื่อเวลาผ่านไป 25 นาที พบว่ามีจำนวนไส้เดือนที่ออกมาจากรากสะสมเพิ่มขึ้นจนเกือบเท่าจำนวนที่ใส่เข้าไปตอนแรก แต่ยังมีเหลืออยู่บ้าง

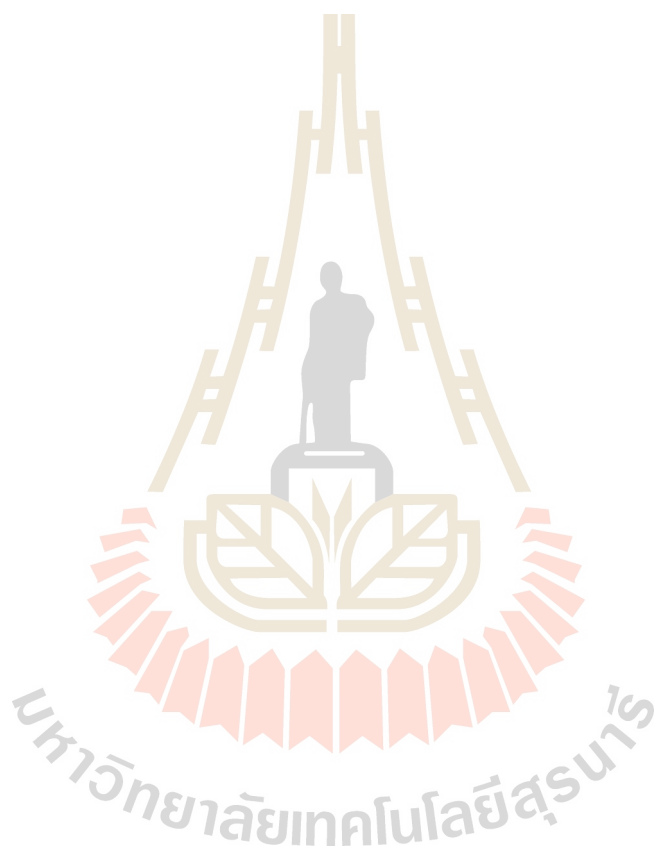


รูปที่ 4.19 จำนวนไส้เดือนที่ออกมาจากรากสะสม เวลา 30 นาที

เมื่อเวลาผ่านไป 30 นาที พบว่าในรากของไม้ไผ่ที่นำมาทำการทดลองไม่มีไส้เดือนเกาะติดอยู่ และเห็นได้ชัดเจนว่ามีจำนวนไส้เดือนที่ออกมาจากรากสะสมมีจำนวนประมาณจำนวนของไส้เดือนทั้งหมด เท่าที่เราเข้าไปใส่ตอนแรก

4.6 สรุปผล

จากการทดลองพบว่าการกำจัดศัตรูพืชให้ออกจากรากจนหมดนั้นอาจจะต้องใช้เวลาให้นานกว่านี้และอาจจะต้องเพิ่มกำลังวัตต์ของวงจรที่ใช้ในการขับหัวเพื่อเพิ่มความสั้นของหัวให้แรงขึ้นแต่ผลที่ได้นั้นโดยรวมแล้วเมื่อใช้เวลานานมากขึ้นการกำจัดศัตรูพืชให้ออกจากรากก็มีมากขึ้นด้วย



บทที่ 5

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปเนื้อหาของโครงการวิจัย

สำหรับโครงการวิจัยนี้ได้ทำการออกแบบและสร้างเครื่องกำจัดแมลงและศัตรูพืชจำพวกไม้ไผ่ ด้วยคลื่นความถี่ในย่านของอัลตราโซนิก ขนาด 2 ตารางเมตร กำลังงาน 2,500 วัตต์ สามารถกำจัดแมลงและศัตรูพืชได้ทั้งหมดในระยะเวลาไม่เกิน 1 ชั่วโมง ซึ่งสามารถกำจัดแมลงและศัตรูพืชที่มีพื้นที่การเพาะปลูกขนาด 20 ตารางเมตรได้ ในระยะเวลาไม่เกิน 10 ชั่วโมง เหมาะสำหรับเกษตรกรและอุตสาหกรรมการเพาะปลูกพืชน้ำเพื่อการส่งออก ในส่วนของชุดกำเนิดความถี่ได้ทำการออกแบบระบบเครื่องกำเนิดความถี่ที่ 40 กิโลเฮิร์ตซ์ ซึ่งเป็นความถี่ที่สามารถกำจัดแมลงและศัตรูพืชที่มีขนาดเล็กได้ดี โดยให้หัวอัลตราโซนิกทรานสดิวเซอร์หรือที่เรียกว่า เพียโซอิเล็กทริก ทำหน้าที่เป็นตัวแปลงพลังงานทางไฟฟ้าเป็นพลังงานกล จากสัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับความถี่ 40 กิโลเฮิร์ตซ์ เป็นคลื่นกล โดยส่งพลังงานจากเพียโซอิเล็กทริกไปยังอ่างทดลองที่เป็นโลหะกันสนิม และส่งคลื่นไปยังแมลงและศัตรูพืช โดยผ่านตัวกลางคือน้ำที่บรรจุอยู่ในอ่าง เมื่อคลื่นถูกส่งไปยังตัวของแมลงและศัตรูพืชที่มีความแข็งแรงพอสมควร จะทำให้น้ำเยื่อของแมลงและศัตรูพืชถูกทำลาย จนสามารถทำให้แมลงและศัตรูพืชตายได้ แต่ถ้าหากว่าคลื่นอัลตราโซนิกที่เพียโซอิเล็กทริกส่งออกมา มีกำลังงานมากเกินไป จะส่งผลกระทบต่อส่วนประกอบของไม้ไผ่ได้ด้วย

5.2 ปัญหาและข้อเสนอแนะ

ในกรณีที่ต้องการกำจัดแมลงและศัตรูพืชในปริมาณที่มากขึ้น หรือต้องการกำจัดแมลงและศัตรูพืชในระยะเวลาที่สั้นลง อาจจะต้องทำการปรับเปลี่ยนวงจรให้มีกำลังงานที่มากขึ้น ซึ่งเป็นข้อจำกัดของตัวเครื่องที่ได้ทำการสร้างไว้แล้ว หรือสามารถเพื่อจำนวนเครื่องกำจัดแมลงและศัตรูพืชจำพวกไม้ไผ่ให้มีจำนวนมากขึ้นตามต้องการได้ สำหรับแมลงและศัตรูพืชของไม้ไผ่ชนิดต่างกัน และขนาดที่แตกต่างกันนั้น อาจใช้ระยะเวลาในการกำจัดไม่เท่ากัน แมลงและศัตรูพืชที่มีขนาดใหญ่อาจจะต้องใช้ระยะเวลาในการกำจัดนานขึ้น

ประวัตินักวิจัย

1. ชื่อ (ภาษาไทย) ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนเสฏฐ์ ทศดีกรพัฒน์
(ภาษาอังกฤษ) Asst. Prof. Dr. Thanaset Thosdeekoraphat

การศึกษา/คุณวุฒิ:

- ปริญญาเอก : วศ.ด. (วิศวกรรมโทรคมนาคม) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, พ.ศ. 2556
ปริญญาโท : วศ.ม. (วิศวกรรมโทรคมนาคม) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, พ.ศ. 2552
ปริญญาตรี : วศ.บ. (วิศวกรรมโทรคมนาคม) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, พ.ศ. 2549

ตำแหน่งปัจจุบัน:

หัวหน้าสาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ สำนักวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี (Chair, School of Electronics Engineering, Suranaree University of Technology, Thailand)

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประจำสาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ สำนักวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี (Asst. Prof., School of Electronics Engineering, Suranaree University of Technology, Thailand)

ประวัติการทำงาน:

- ปัจจุบัน หัวหน้าสาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
- 2558 – ปัจจุบัน Reviewers of ECTI Transactions on Electrical Engineering, Electronics, and Communications (EEC)
- 2558 – ปัจจุบัน Reviewers of Suranaree Journal of Science and Technology (Suranaree J. Sci. Technol.: SJST)
- 2557 – ปัจจุบัน อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
- 2557 – ปัจจุบัน อาจารย์ที่ปรึกษากิจการนักศึกษา (ชมรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์)
- 2557 – ปัจจุบัน Reviewers of Nakhon Ratchasima Rajabhat University (NRRU) Community Research Journal

2556 – ปัจจุบัน	Reviewers of International Journal of Antennas and Propagation (IJAP)
2555 – ปัจจุบัน	Reviewers of Journal of Industrial Technology Ubon-Ratchathani Rajabhat University
2555 – ปัจจุบัน	Reviewers of IEEE International Conferences
2555 – 2557	อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
2556	Organizing Committee, Local Arrangement Chairs of Electrical Engineering/ Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON 2014)
2556	Panel chair, Electrical Engineering/ Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON 2014)
2551 – 2554	อาจารย์พิเศษ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ (ในพระบรมราชูปถัมภ์)
2551 – 2553	อาจารย์พิเศษ วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม
2549 – 2552	อาจารย์พิเศษ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา

สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ

Hyperthermia, RF & Microwave circuit design, Microwave heating, Microwave plasma, Dielectric heating, Active antenna, Induction heating, Antenna, Ultrasonic application, Ultra-wideband technology

ความรู้พิเศษและความชำนาญเชิงปฏิบัติการและการประยุกต์ใช้

- การออกแบบวงจรย่านความถี่วิทยุและไมโครเวฟสำหรับประยุกต์ใช้งานในด้านต่าง ๆ
- การออกแบบระบบให้ความร้อนแบบไดอิเล็กตริกให้เหมาะสมกับวัสดุไดอิเล็กตริกชนิดต่างๆ เพื่อการประยุกต์ใช้งานทางด้านการเกษตรและทางการแพทย์
- พลาสมาความถี่สูงกำลังสูง
- การออกแบบวงจรให้ความร้อนแบบเหนี่ยวนำสำหรับให้ความร้อนกับวัสดุที่เป็นโลหะเพื่อการประยุกต์ใช้งานทางด้านการเกษตรและทางการแพทย์
- การออกแบบระบบแหล่งกำเนิดความร้อนโดยใช้พลาสมาความถี่สูง

รางวัลที่ได้รับ

บทความดีเด่นจากสมาคมวิชาการไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ คอมพิวเตอร์ โทรคมนาคมและสารสนเทศ แห่งประเทศไทย (หัวข้อเรื่อง: Development and Design of Mobile Jammer System) ในงานการประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์

โครงการวิจัย

1) หัวหน้าโครงการวิจัย

เรื่อง: การออกแบบวงจรกำเนิดสัญญาณไซน์โหมดกระแสโดยใช้อุปกรณ์แอกทีฟสมัยใหม่
แหล่งทุน: ทุนวิจัยเพื่อรับสิทธิบัตรหรือตีพิมพ์ผลงานในวารสารระดับนานาชาติ (มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี)

2) หัวหน้าโครงการวิจัย

เรื่อง: การสังเคราะห์และออกแบบวงจรกรองความถี่หลายหน้าที่โหมดกระแสที่ควบคุมด้วยวิธีอิเล็กทรอนิกส์
แหล่งทุน: ทุนวิจัยเพื่อรับสิทธิบัตรหรือตีพิมพ์ผลงานในวารสารระดับนานาชาติ (มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี)

3) หัวหน้าโครงการวิจัย

เรื่อง: ศึกษาและออกแบบการเหนี่ยวนำความร้อนเพื่อประยุกต์ใช้ในระบบไฟโรไลซิสสำหรับอุตสาหกรรมการผลิตน้ำมันจากยางรถยนต์เก่า
แหล่งทุน: สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

4) หัวหน้าโครงการวิจัย

เรื่อง: การวิเคราะห์และออกแบบระบบให้ความร้อนแบบไดอิเล็กตริกด้วยคลื่นความถี่ไมโครเวฟสำหรับการบำบัดรักษามะเร็ง
แหล่งทุน: สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

5) หัวหน้าโครงการวิจัย

เรื่อง: การวิเคราะห์และออกแบบสร้างเครื่องอบย่างพาราโดยใช้พลังงานคลื่นความถี่สูงร่วมกับหลักการอบด้วยลมร้อน
แหล่งทุน: สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

6) ผู้ร่วมโครงการวิจัย

เรื่อง: ออกแบบสร้างเครื่องให้ความร้อนแบบไดอิเล็กตริกสำหรับฆ่ามอดข้าวกับโรงสีข้าวขนาดใหญ่และขนาดชุมชน
แหล่งทุน: ทุนอุดหนุนการวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ผ่าน สวก.

7) ผู้ร่วมโครงการวิจัย

เรื่อง: เครื่องฆ่ามอดมะขามด้วยคลื่นความถี่วิทยุ
แหล่งทุน: ทุนอุดหนุนการวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ผ่าน สวก.

8) ผู้ร่วมโครงการวิจัย

เรื่อง: ระบบป้อนแบบใหม่โดยใช้เทคนิคช่องว่างแถบแม่เหล็กไฟฟ้าสำหรับสายอากาศแถวลำดับไมโครสตริบแบบแพทช์
แหล่งทุน: สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

- 9) **ผู้ร่วมโครงการวิจัย**
เรื่อง: การออกแบบและสร้างสายอากาศสำหรับตรวจหาตำแหน่งน้ำยางของต้นยางพารา
แหล่งทุน: สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
- 10) **ผู้ร่วมโครงการวิจัย**
เรื่อง: ออกแบบสร้างเครื่องฆ่ามอดข้าวเปลือกและข้าวสารในกระสอบข้าวด้วยคลื่นความถี่วิทยุ โดยใช้ตัวปล่อยคลื่นขนาดใหญ่สำหรับอุตสาหกรรมการเก็บรักษาข้าว
แหล่งทุน: ทุนงบประมาณแผ่นดินประจำปี 2561 (งบบุคลากรวิจัยและนวัตกรรม)
- 11) **ผู้ร่วมโครงการวิจัย**
เรื่อง: ออกแบบสร้างเครื่องฆ่าหนอนและไขแมลงวันผลไม้ในมะม่วงและผลไม้สดสำหรับอุตสาหกรรมทางเกษตรและส่งออกผลไม้สดด้วยคลื่นความถี่วิทยุ
แหล่งทุน: ทุนงบประมาณแผ่นดินประจำปี 2562 (งบบุคลากรวิจัยและนวัตกรรม)
- 12) **ผู้ร่วมโครงการวิจัย**
เรื่อง: ออกแบบสร้างเครื่องกำจัดมอดมะขามหวานและผลไม้แห้งสำหรับ กลุ่มเกษตรกรและภาคอุตสาหกรรมการส่งออกมะขามหวานและผลไม้แห้งด้วยคลื่นความถี่วิทยุ
แหล่งทุน: ทุนงบประมาณแผ่นดินประจำปี 2562 (งบบุคลากรวิจัยและนวัตกรรม)
- 13) **ผู้ร่วมโครงการวิจัย**
เรื่อง: ออกแบบสร้างเครื่องกำจัดมอดในเมล็ดธัญพืชสำหรับเกษตรกรและอุตสาหกรรมการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์รวมถึงการส่งออกด้วยคลื่นความถี่วิทยุเพื่อทดแทนการใช้สารเคมี
แหล่งทุน: ทุนงบประมาณแผ่นดินประจำปี 2562 (งบบุคลากรวิจัยและนวัตกรรม)
- 14) **ผู้ร่วมโครงการวิจัย**
เรื่อง: การออกแบบสร้างเครื่องและระบบกำจัดมอดและแมลงในข้าวเปลือกหลังการเก็บเกี่ยวและข้าวสารสำหรับอุตสาหกรรมการส่งออกแบบครบวงจรโดยไม่ใช้สารเคมีเพื่อเพิ่มขีดความสามารถการแข่งขันในตลาดโลกของอุตสาหกรรมข้าวไทยอย่างยั่งยืน
แหล่งทุน: ทุนงบประมาณแผ่นดินประจำปี 2562 (งบบุคลากรวิจัยและนวัตกรรม)
- 15) **หัวหน้าโครงการวิจัย**
เรื่อง: ออกแบบสร้างเครื่องกำจัดแมลงและศัตรูพืชจำพวกไม้น้ำสำหรับเกษตรกรและอุตสาหกรรมการเพาะปลูกพืชน้ำเพื่อการส่งออกโดยไม่ใช้สารเคมี
แหล่งทุน: ทุนงบประมาณแผ่นดินประจำปี 2562 (งบบุคลากรวิจัยและนวัตกรรม)

16) หัวหน้าโครงการวิจัย

เรื่อง: การออกแบบสร้างเครื่องกำเนิดไอโซนกำลังสูงสำหรับกำจัดแมลงศัตรูพืชในอุตสาหกรรมกล้วยไม้และดอกไม้เพื่อการส่งออกและนำเข้าที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมและทดแทนการใช้สารเคมี

แหล่งทุน: ทุนงบประมาณแผ่นดินประจำปี 2562 (งบบุคลากรวิจัยและนวัตกรรม)

17) หัวหน้าโครงการวิจัย

เรื่อง: การศึกษาและออกแบบระบบกำจัดเห็บโคโดยใช้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าความถี่สูง

แหล่งทุน: โครงการยกระดับงานวิจัยเพื่ออนาคตสู่ภาคอุตสาหกรรม เทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีประจำปี 2563 (Forthcoming Research Initiative)

18) ผู้ร่วมโครงการวิจัย

เรื่อง: การออกแบบสร้างตัวตรวจรู้ภาวะขาดน้ำจากปริมาณแร่ธาตุในเนื้อเพื่อประยุกต์ใช้งานบนอุปกรณ์สวมใส่สำหรับนักกีฬา

แหล่งทุน: โครงการยกระดับงานวิจัยเพื่ออนาคตสู่ภาคอุตสาหกรรม เทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีประจำปี 2563 (Forthcoming Research Initiative)

19) ผู้ร่วมโครงการวิจัย

เรื่อง: ผลกระทบของคลื่นเสียงความถี่สูงต่อการชะลอความสุขของมะม่วงและผลไม้สดสำหรับประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมการยืดอายุการเก็บรักษาเพื่อการส่งออก

แหล่งทุน: โครงการยกระดับงานวิจัยเพื่ออนาคตสู่ภาคอุตสาหกรรม เทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีประจำปี 2563 (Forthcoming Research Initiative)

20) ผู้ร่วมโครงการวิจัย

เรื่อง: ผลกระทบของคลื่นความถี่วิทยุต่อการปรับปรุงข้าวแข็งให้เป็นข้าวนุ่มเพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของอุตสาหกรรมข้าวไทย

แหล่งทุน: โครงการยกระดับงานวิจัยเพื่ออนาคตสู่ภาคอุตสาหกรรม เทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีประจำปี 2563 (Forthcoming Research Initiative)

21) ผู้ร่วมโครงการวิจัย

เรื่อง: การควบคุมแมลงศัตรูข้าวเปลือกและวิเคราะห์คุณภาพในการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยคลื่นความถี่วิทยุเพื่อการผลิตข้าวอินทรีย์แปลงใหญ่

แหล่งทุน: สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร สวก.

22) ผู้ร่วมโครงการวิจัย

เรื่อง: การพัฒนาต่อยอระบบตัดสัญญาณควบคุมอากาศยานไร้คนขับกำลังงานสูงพร้อมแจ้งเตือนผ่านระบบสื่อสารไร้สายสำหรับป้องกันภัยคุกคามระยะไกลเพื่อความมั่นคงของกองทัพ

แหล่งทุน: สำนักงานปลัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม

23) ผู้ร่วมโครงการวิจัย

เรื่อง: การพัฒนาเครื่องลดความชื้นข้าวแบบไฮบริดจ์ประสิทธิภาพสูงโดยอาศัยการให้ความร้อนด้วยคลื่นความถี่วิทยุ คลื่นไมโครเวฟ และการเหนี่ยวนำความร้อน

แหล่งทุน: สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร สวก.

24) ผู้ร่วมโครงการวิจัย

เรื่อง: การพัฒนาสร้างเครื่องกำจัดเชื้อไวรัสและกรองอากาศด้วยระบบโคโรนาดีสชาร์จสำหรับติดตั้งใช้งานในโรงพยาบาลสูงเนิน จังหวัดนครราชสีมา

แหล่งทุน: บริษัทซีเกท เทคโนโลยีประเทศไทย จำกัด

25) ผู้ร่วมโครงการวิจัย

เรื่อง: สร้างเครื่องกำจัดมอดและไข่มอดข้าวด้วยคลื่นความถี่วิทยุเพื่อส่งเสริมวิสาหกิจชุมชนอย่างยั่งยืน

แหล่งทุน: สำนักงานอุทยานวิทยาศาสตร์และนวัตกรรม เทคโนโลยีธานี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

26) ผู้ร่วมโครงการวิจัย

เรื่อง: การพัฒนากระบวนการและผลิตภัณฑ์ข้าวสารบรรจุถุงปราศจากมอดโดยไม่ใช้สารเคมี

แหล่งทุน: สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติประจำปี 2563

27) ผู้ร่วมโครงการวิจัย

เรื่อง: การออกแบบและสร้างเครื่องป้องกันเพรียงโดยใช้คลื่นเสียงความถี่สูงสำหรับแบร์ริงรับเพลารือ

แหล่งทุน: สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติประจำปี 2563

28) หัวหน้าโครงการวิจัย

เรื่อง: การเพิ่มประสิทธิภาพของระบบให้ความร้อนแบบไดอิเล็กตริกด้วยคลื่นความถี่ไมโครเวฟสำหรับการบำบัดรักษามะเร็งโดยแบบจำลองเต้านมเสมือนจริง

แหล่งทุน: ทุนวิจัยเพื่อรับสิทธิบัตรหรือตีพิมพ์ผลงานในวารสารระดับนานาชาติประจำปี 2563 (มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี)

29) หัวหน้าโครงการวิจัย

เรื่อง: การออกแบบสร้างระบบกำจัดวงจรชีวิตยุงในแหล่งน้ำชุมชนด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง

แหล่งทุน: สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติประจำปี 2563 (การแพทย์และสาธารณสุข)

30) หัวหน้าโครงการวิจัย

เรื่อง: ออกแบบสร้างนวัตกรรมระบบกำจัดขยะติดเชื้อโดยใช้เทคโนโลยีพลาสมาความถี่สูงกำลังสูงสำหรับพื้นที่เสี่ยงต่อการแพร่ระบาดของเชื้อโรค

แหล่งทุน: กองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม (กสว.) : โครงการ Flagship ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2563

ผลงานทางวิชาการ / ผลงานวิจัย:

บทความในวารสารระดับชาติ / นานาชาติ

- T. Thosdeekoraphat, S. Summart, C. Saetiauw, S. Santalunai and C. Thongsopa, "Resistorless Current-mode Universal Biquadratic Filter Using CCTAs and Grounded Capacitors, World Academy of Science, Engineering and Technology vol. 69, 2012, pp. 559-563.
- T. Thosdeekoraphat, S. Summart, C. Saetiauw, S. Santalunai, and C. Thongsopa, (2013) "CCTAs based Current-mode Quadrature Oscillator with High Output Impedances," International Journal of Electronics and Electrical Engineering Vol. 1, No. 1, March 2013, pp. 52-56.
- J. Monthasuwan, T. Thosdeekoraphat, C. Thongsopa, (2013) "Design of curved patch array antenna for small missile application, Applied Mechanics and Materials," vol. 378, pp. 487-491.
- Kongsak Ratniyomchai, Samran Santalunai, Thanaset Thosdeekoraphat, and Chanchai Thongsopa, Optimization of Capacitor Copper Plate for Dielectric Heating to Eliminate Insect, Trans Tech Publications, Applied Mechanics & Materials, Vol. 343, July 2013, pp. 101-105.
- Samran Santalunai, Thanaset Thosdeekoraphat, and Chanchai Thongsopa Thermal Analysis of Inductive Coils Array against Cylindrical Material, Steel for Induction Heating Applications, Trans Tech Publications, Applied Mechanics and Materials, Vol. 330, June 2013, pp. 754-759.
- Thanaset Thosdeekoraphat Saksit Summart, Chanchai Thongsopa, Current-mode Sinusoidal Quadrature Oscillator Using Single Dual-output Current Controlled Current Conveyor Transconductance Amplifier (DO-CCCCTA), Australian Journal of Basic and Applied Sciences, Vol. 7 No. 8, June 2013, pp. 230-236.
- Thanaset Thosdeekoraphat and Chanchai Thongsopa, The Optimization of Non-invasive Focused Deep Hyperthermia Inductive Heating for Breast Cancer Treatment by Using Nanoparticles and Magnetic Shielding System, Australian Journal of Basic and Applied Sciences, Vol. 7 No. 8, June 2013, pp. 757-766.

- **Thanaset Thosdeekoraphat**, Samran Santalunai, and Chanchai Thongsopa, “Improved the Performance of Focusing Deep Hyperthermia Inductive Heating for Breast Cancer Treatment by Using Ferro-fluid with Magnetic Shielding System,” Trans Tech Publications, Applied Mechanics and Materials, Vols. 325-326, June 2013, pp. 353-358.
- **Thanaset Thosdeekoraphat**, Saksit Summart and Chanchai Thongsopa, “A Simple Current-mode Sinusoidal Quadrature Oscillators Using Single DO-CDTA Based-on all-pass Filter,” Australian Journal of Basic and Applied Sciences, Vol. 7(14), pp. 120-127, December 2013.
- Chanchai Thongsopa and **Thanaset Thosdeekoraphat**, “Analysis and Design of Magnetic Shielding System for Breast Cancer Treatment with Hyperthermia Inductive Heating,” International Journal of Antennas and Propagation, Vol. 2013 (Electromagnetics in Biomedical Applications), September 2013
- **Thanaset Thosdeekoraphat**, Chanchai Thongsopa, Prapol Jarataku, Samran Santalunai, “The Optimization of U-shaped Cross Section Antenna with a Strip on a U-shaped Ground Plane for WLAN Applications,” International Journal of Information Engineering, Vol. 3, Iss. 4, pp. 113-121, December 2013.
- Monthasuwan, J, **Thosdeekoraphat, T.**, and Thongsopa, C., Design of Curved Patch Array Antenna for Small Missile Application, Applied Mechanics and Materials, 378, pp: 478-491, 2013
- **T. Thosdeekoraphat**, S. Summart, C. Thongsopa, “A Simple Current-Mode Sinusoidal Quadrature Oscillators Using Single DO-CDTA Based-on All-pass Filter. Australian Journal of Basic & Applied Sciences 8(12), 233-242. 2013
- Santalunai, S., **Thosdeekoraphat, T.**, and Thongsopa, C. (2014). Optimization of Electric Field Distribution on Capacitor Copper Plate by Increasing Input Power Ports for Dielectric Heating Applications, Australian Journal of Basic and Applied Sciences, Vol. 8(7), PP. 58-65.
- Santalunai, S., **Thosdeekoraphat, T.**, Thongsopa, C. (2014). “The Effect of Electric Field Distributions on Grains and Insect for Dielectric Heating Applications.” World Academy of Science, Engineering and Technology, vol. 8 no. 7 pp. 667-673.
- S. Summart, C. Saetiaw, **T. Thosdeekoraphat**, C. Thongsopa. "First Order Filter Based Current-mode Sinusoidal Oscillators Using Current Differencing Transconductance Amplifiers (CDTAs)", World Academy of Science, Engineering and Technology, vol. 8 no 7 pp. 977-981.
- Wasusathien, W. , Santalunai, S. , **Thosdeekoraphat, T.** , Thongsopa, C. (2014) “ Ultra Wideband Breast Cancer Detection by Using SAR for Indication the Tumor Location.”, World Academy of Science, Engineering and Technology, vol. 8 no 7 pp. 376-380.
- Samran Santalunai, Chanchai Thongsopa, and **Thanaset Thosdeekoraphat**, (2016) “The Effect of Electric Field Distributions on Mixture Dielectric Loads by Using Electrode Plate for Pests Controls in Agriculture,” International Journal of Electronics and Electrical Engineering Vol. 4, No. 4, August 2016.

- **Thanaset Thosdeekoraphat**, Chanchai Thongsopa, Samran Santalunai, and Saksit Summart, (2016) “The Magnetic Field Controlling of Focusing Inductive Heating for Breast Cancer Treatment by Using Nanoparticles in Conjunction with Magnetic Shielding System,” International Journal of Electronics and Electrical Engineering Vol. 4, No. 4, August 2016.
- **Thosdeekoraphat, T.**, Thongsopa, C. Summart, S. and Saetiaiw, C. (2016). “Second order current- mode Quadrature Oscillators Using OTAs,” PRZEGLAD ELEKTROTECHNICZNY (Electrical Review), ISSN 0033-2097, R. 92 NR 2/2016, pp. 156-160.
- Phatsagul Thitimahatthanagusol, Charinsak Saetiaiw, **Thanaset Thosdeekoraphat**, Chanchai Thongsopa, and Saksit Summart. (2017), “CCCLs-Based First-Order All-Pass Filter and Quadrature Oscillators,” Journal of Circuits, Systems, and Computers, Vol. 26, No. 6, pp. 1750094-1-1750094-18.
- S. KOTCHAPRADIT, C. THONGSOPA, T. THOSDEEKORAPHAT. (2019), “Analysis and Design of Microwave Dielectric Heating with Curved Plate Applicator for Deep Hyperthermia in Breast Cancer,” RADIOENGINEERING, VOL. 28, NO. 4, DECEMBER 2019, pp. 703-713.
- MONTREE BUAPHUEAN, SAMRAN SANTALUNAI, **THANASET THOSDEEKORAPHAT**, CHANCHAI THONGSOPA, NUCHANART FHFHIEM (2019) DUAL-BAND AND HIGH GAIN U-SHAPED ANTENNA FOR JAMMING THE UNPRECEDENTED UAV. International Journal of Electrical, Electronics and Data Communication, Volume-7, Issue-9, PP.16-19
- Worawut Boonpeang, Samran Santalunai, **Thanaset Thosdeekoraphat**, Chanchai Thongsopa (2020), A new Modeling of IGBT and Freewheeling Diode based on Electric Behavioral with Independently of Time Condition, PRZEGLAD ELEKTROTECHNICZNY. Vol 2020, Nr 8, PP. 10-16
- มาโนทย์ มาปะโท, ธนเสฏฐ์ ทศศิกรพัฒน์, “การตรวจจับอุณหภูมิผิวหนัง สำหรับคัดกรอง COVID-19”, วิศวกรรมสาร ปีที่ 73 ฉบับที่ 2/2563, หน้า 12-21

บทความในการประชุมวิชาการระดับนานาชาติ

- Sivilai Thanormsuay, **Thanaset Thosdeekoraphat** and Chanchai Thongsopa, (2008) “Array of Quasi-Rhomboid Antenna for Ultra Wideband Applications,” ECTI-CON, Krabi, Thailand, pp. 293-296.
- Thanormsuay Sivilai, **Thanaset Thosdeekoraphat** and Thongsopa Chanchai, (2008) “Impulse Signal Mathematical Analysis and Quasi-Rhomboid Antenna Design for Ultra Wideband Communication Systems,” EUROEM 2008, European Electromagnetics, Lausanne, Switzerland, pp.285.
- Chanchai Thongsopa and **Thanaset Thosdeekoraphat**, (2009) “Array of Quasi Rhomboid Shaped Element Bowtie Antenna with Reflector for Ultra Wideband Applications,” ISAP 2009, Bangkok, THAILAND, pp.289-292.

- **T. Thanaset** and T. Chanchai, (2011) “Design of an UWB Quasi Rhomboid Shaped Element Bowtie Antenna for MIMO Applications,” WCE 2011, IAENG, South Kensington campus, Imperial College London, U.K (Online).
- **Thanaset Thosdeekoraphat**, Montree Chinanupakorn and Chanchai Thongsopa, (2011) “Design of Magnetic Shielding System for Cancer Treatment with Hyperthermia Inductive Heating,” ISAP 2011, Lotte Hotel Jeju, Korea.
- Montree Chinanupakorn, **Thanaset Thosdeekoraphat** and Chanchai Thongsopa, (2011) “Dual Band Quasi-Rhomboid Antenna for Bio-medical Monitoring Applications,” ISAP 2011, Lotte Hotel Jeju, Korea.
- **Thanaset Thosdeekoraphat**, Chanchai Thongsopa, (2012) “Development of Magnetic Shielding System for Breast Hyperthermia Inductive Heating,” IEEE Asia-Pacific International Symposium on Electromagnetic Compatibility (APEMC 2012), Hard Rock Hotel, Resorts World™ Sentosa, Singapore, 21-24 May 2012, pp.465-468.
- Sumran Santalunai, Apichart Intarapanich, Saksit Summart, **Thanaset Thosdeekoraphat**, and Chanchai Thongsopa, (2012) “Wireless Power Transfer Efficiency of Flat and Conical Spiral Coil,” International Technical Conference on Circuits/ Systems, Computers and Communications, Sapporo Convention Center, Sapporo, Japan, July 15-18, pp.1-2.
- **T. Thosdeekoraphat**, S. Summart, C. Saetiaw, S. Santalunai and C. Thongsopa, (2012) “Resistor-less Current-mode Universal Biquadratic Filter Using CCTAs and Grounded Capacitors,” International Conference on Electrical, Computer, Electronics and Communication Engineering (ICECECE 2012) River View Hotel, Singapore, September 12-13, pp.559-563.
- **Thanaset Thosdeekoraphat**, Samran Santalunai, and Chanchai Thongsopa, (2013) “Improved the Performance of Focusing Deep Hyperthermia Inductive Heating for Breast Cancer Treatment by Using Ferro-fluid with Magnetic Shielding System,” International Conference on Manufacturing Engineering and Process (ICMEP 2013), Vancouver, Canada, April 13-14, pp.353-358.
- Samran Santalunai, **Thanaset Thosdeekoraphat**, and Chanchai Thongsopa, (2013) “Thermal Analysis of Inductive Coils Array against Cylindrical Material Steel for Induction Heating Applications,” International Conference on Manufacturing Engineering and Process (ICMEP 2013), Vancouver, Canada, April 13-14, pp.754-759.

- **T. Thosdeekoraphat**, S. Summart, C. Saetiaiw, S. Santalunai and C. Thongsopa, (2013) “CCTAs based Current-mode Quadrature Oscillator with High Output Impedances,” International Conference on Solid-State and Integrated Circuit (ICSIC 2013), Vancouver, Canada, April 13-14, pp.52-56.
- Tapakorn Roopngam, **Thanaset Thosdeekoraphat** and Chanchai Thongsopa, “Design of Wireless Power Transfer Inductive Coil for Rechargeable Battery Implanted Medical Devices,” Thailand- Japan Microwave Conference (TJMW2013) , December 2- 4, 2013, Thailand, pp.1-4.
- Wittawat Wasusathien, **Thanaset Thosdeekoraphat**, and Chanchai Thongsopa, “A Simple UWB Monocycle Pulse Generator Using CR- RC Differentiator and Integrator Circuit,” Thailand-Japan Microwave Conference (TJMW2013), December 2-4, 2013, Thailand, pp.1-4.
- Santalunai, S. , Thongsopa, C. , and **Thosdeekoraphat, T.** “ An Increasing the Power Transmission Efficiency of Flat Spiral Coils by Using Ferrite Materials for Wireless Power Transfer Applications” Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON), Nakhonratchasima, Thailand. 2014, pp.1-4.
- Santalunai, S., Ratniyomchai, K., **Thosdeekoraphat, T.**, and Thongsopa, C. (2014). “Design of dielectric heating for kills rice weevils” Science at the 4th International Rice Congress, (IRC2014), 27-31 October, 2014, Bangkok, Thailand, pp.1-4.
- Wittawat Wasusathien, Samran Santalunai, **Thanaset Thosdeekoraphat**, Chanchai Thongsopa. (2014). “Ultra Wideband Breast Cancer Detection by Using SAR for Indication the Tumor Location,” International Conference on Mobile Communications, Networking and Applications, Prague, Czech Republic, July 10 – 11, pp.398-402.
- S. Summart, C. Saetiaiw, **T. Thosdeekoraphat**, C. Thongsopa. (2014). “First Order Filter Based Current-Mode Sinusoidal Oscillators Using Current Differencing Trans conductance Amplifiers (CDTAs),” International Conference on Military Electronics Systems Engineering, Prague, Czech Republic, July 10 – 11, pp.926-930.
- S. Santalunai, **T. Thosdeekoraphat**, C. Thongsopa. (2014). “The Effect of Electric Field Distributions on Grains and Insect for Dielectric Heating Applications,” International Conference on Biotechnology, Agriculture, Environment and Energy, Prague, Czech Republic, July 10 – 11, pp.723-729.
- Santalunai, S., Thongsopa, C., and **Thosdeekoraphat, T.** (2015). “The Efficiency of Dielectric Heating by Increasing the Electric Power Ports in Symmetrically model on Electrode Plate for Pest Control” Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON), Hua-Hin, Thailand, June 24 – 27, pp.1-4.

- Santalunai, S., **Thosdeekoraphat, T.**, and Thongsopa, C. (2015). “The Effect of Electric Field Distributions on Mixture Dielectric Loads by Using Electrode Plate for Pests Controls in Agriculture,” International Conference on Electronics, Mechatronics and Automation (ICEMA), Toronto, Canada, August, 17-18, pp.126-130.
- **Thosdeekoraphat, T.**, Thongsopa, C., Santalunai, S., and Summart, S., (2015). “The Magnetic Field Controlling of Focusing Inductive Heating for Hyperthermia Breast Cancer Treatment by Using Ferro-fluid Nanoparticles in Conjunction with Magnetic Shielding System,” International Conference on Electronics, Mechatronics and Automation (ICEMA), Toronto, Canada, August, 17-18, pp.296-300.
- **Thosdeekoraphat, T.**, Thongsopa, C., Boonpeang, W., Kochapradit, S., Saetiaw, C., and Summart, S. (2016). “A Current-Mode Sinusoidal Quadrature Oscillator Using Single CCCFTA,” the 10th SEATUC Symposium, SIT, Tokyo, February 22-24, pp.1-4.
- Kochapradit, S., Boonpeang, W., Srisuma, C., Kuntayom, P., Krajaipote, K., **Thosdeekoraphat, T.**, and Thongsopa, C. (2016). “Design of a Quasi-Rhomboid Shaped Antenna with Cylindrical Parabolic Reflector for Ultra Wideband Communications,” the 10th SEATUC Symposium, SIT, Tokyo, February 22-24, pp.1-4.
- Srisuma, C., Krajaipote, K., Boonpeang, W., Kuntayom, P., Kochapradit, S., Santalunai, S., **Thosdeekoraphat, T.**, and Thongsopa, C. (2016). “The Radio Frequency Heating to Eliminate Microorganisms in Wine Packaged in Glass Jars Sealed,” the 10th SEATUC Symposium, SIT, Tokyo, February 22-24, pp.1-4.
- Krajaipote, K., Boonpeang, W., Srisuma, C., Kuntayom, P., Kochapradit, S., **Thosdeekoraphat, T.**, Santalunai, S., and Thongsopa, C. (2016). “Study and Analysis of the Different Microwave Drying Power Effects on the Microstructure of Air Dried Sheet (ADS) Rubber,” the 10th SEATUC Symposium, SIT, Tokyo, February 22-24, pp.1-4.
- Boonpeang, W., Krajaipote, K., Srisuma, C., Kuntayom, P., Kochapradit, S., Santalunai, S., **Thosdeekoraphat, T.**, and Thongsopa, C. (2016). “Mathematical Modeling of Pixel Identification Base on Thermal Imaging for Real Time Dead Animal Detection,” the 10th SEATUC Symposium, SIT, Tokyo, February 22-24, pp.1-4.
- **Thanaset Thosdeekoraphat,** Kachaporn Lhathum, Metharak Jokpudsa, Chanchai Thongsopa. (2017). “Analysis and Design of Induction Heating to Apply for Pyrolysis System in The Oil Production from Waste Tires,” the 11th SEATUC Symposium, Ho Chi Minh city University of Technology, Vietnam, March 13-14, pp.1-5.
- Chanon Srisuma, Samran Santalunai, **Thanaset Thosdeekoraphat,** Chanchai Thongsopa, (2017), “THE ANALYSIS AND DESIGN OF MILK PASTEURIZATION BY USING RADIO FREQUENCY HEATING,” the 11th SEATUC Symposium, Ho Chi Minh city University of Technology, Vietnam, March 13-14, pp.1-6.

- Warangcana Jantaramongcol, Supawat Kochapradit, **Thanaset Thosdeekoraphat**, Samran Santalunai, Chanchai Thongsopa, (2017), “ Analysis and Design of Modifying Atmospheric Conditions by Using Ionization Technology,” the 11th SEATUC Symposium, Ho Chi Minh city University of Technology, Vietnam, March 13-14, pp.1-6.
- Nuttakorn Pukseesang, **Thanaset Thosdeekoraphat**, Samran Santalunai, Worawut Boonpeang, Chanchai Thongsopa, (2017), “ ANALYSIS AND IMPROVEMENT OF THE SUITABLE POWER TO MAGNETOSTRICTIVE FOR REDUCE OVERHEAT GENERATED BY THE OPERATION OF THE TRANSDUCER IN A LONG TIME,” the 11th SEATUC Symposium, Ho Chi Minh city University of Technology, Vietnam, March 13-14, pp.1-5.
- Phanupong Seaung, **Thanaset Thosdeekoraphat**, Sanran Santalunai, Chanchai Thongsopa, (2017), “ ANALYSIS OF MAGNETIC INDUCTION HEATING BY USING IRON-OXIDE NANOPARTICLES WITHIN THE INSECT BODY FOR INSECT PEST CONTROL IN AGRICULTURE,” the 11th SEATUC Symposium, Ho Chi Minh city University of Technology, Vietnam, March 13-14, pp.1-5.
- Poramin Kuntayom, Samran Santalunai, **Thanaset Thosdeekoraphat**, Chanchai Thongsopa, (2017), “THE ANALYSIS OF ELECTRIC FIELD DISTRIBUTION ON DIELECTRIC LOAD BY USING LARGE ELECTRODE PLATES FOR TOBACCO TREATMENT WITH DIELECTRIC HEATING,” the 11th SEATUC Symposium, Ho Chi Minh city University of Technology, Vietnam, March 13-14, pp.1-5.
- Metharak Jokpuksa, Phakawan Thasangkha, **Thanaset Thosdeekoraphat**, Sawarin Champanoi, Kachaporn Lhathum, and Chanchai Thongsopa, (2017), “ STUDY AND DESIGN OF SYSTEM TO SEPARATION SLUDGES OIL CONTAMINATED FROM OLD DRILL HOLES BY USING THE ELECTROLYSIS,” the 11th SEATUC Symposium, Ho Chi Minh city University of Technology, Vietnam, March 13-14, pp.1-6.
- Natthapon Poopraditmetakul, Samran Santalunai, **Thanaset Thosdeekoraphat**, Chanchai Thongsopa, (2017), “ NITROGEN FIXATION BY PULSED HIGH VOLTAGE DISCHARGE IN STEAM,” the 11th SEATUC Symposium, Ho Chi Minh city University of Technology, Vietnam, March 13-14, pp.1-5.
- **Thanaset Thosdeekoraphat**, Kompisit Krajaipote, Chanchai Thongsopa, (2017) , “ ANALYSIS AND DESIGN OF HIGH FREQUENCY DIELECTRIC HEATING SYSTEM FOR HYPERTHERMIA CANCER TREATMENT,” the 11th SEATUC Symposium, Ho Chi Minh city University of Technology, Vietnam, March 13-14, pp.1-5.
- Kompisit Krajaipote, **Thanaset Thosdeekoraphat**, Chanchai Thongsopa, (2017), “ STUDY AND ANALYSIS OF THE DIFFERENCE HEATING APPLICATOR FOR DEHUMIDIFICATION THE RUBBER SHEET,” the 11th SEATUC Symposium, Ho Chi Minh city University of Technology, Vietnam, March 13-14, pp.1-5.

- Chanon Srisuma, Samran Santalunai, **Thanaset Thosdeekoraphat**, Chanchai Thongsopa, (2017) "The Analysis and Design of Milk Pasteurization System by Using Radio Frequency Electric Fields," IEEE Asia-Pacific International Symposium on Electromagnetic Compatibility (APEMC 2017), Yonsei University, Seoul, Korea, 20-23 June 2017, pp.158-160.
- S. Kotchapradit, **T. Thosdeekoraphat**, S. Santalunai, and C. Thongsopa. "Numerical Method of Microwave Heating to Modified for Lifting Condensation Level of Clouds Formation," Proceedings of the World Congress on Engineering, WCE 2017, IAENG, South Kensington campus, Imperial College London, July 5-7, 2017, (Online).
- Thanaset Thosdeekoraphat, Samran Santalunai, Kompisit Krajaipote, Chanchai Thongsopa (2017) "The Analysis of High Frequency Plate Applicator for Deep Hyperthermia Cancer Treatment by Using Dielectric Heating," IEEE Radio and Antenna Days of the Indian Ocean (IEEE RADIO 2017), Protea Hotel by Marriott Cape Town Sea Point, South Africa, 25 - 28 September 2017, pp.1-2.
- J. Srituvanont, **T. Thosdeekoraphat**, C. Thongsopa and S. Santalunai, "Experiment of induction heating application for heating multilayer metallic hollow altered cylinder," *2018 5th International Conference on Industrial Engineering and Applications (ICIEA)*, Singapore, 2018, pp. 475-478.
- N. Pukseesang, S. Santalunai, **T. Thosdeekoraphat** and C. Thongsopa, "Experiment and optimization of magnetostrictive for long time operation to find amplitude of vibration and thermal limit," *2018 5th International Conference on Industrial Engineering and Applications (ICIEA)*, Singapore, 2018, pp. 129-133.
- P. Saeung, S. Santalunai, **T. Thosdeekoraphat** and C. Thongsopa, "Improved efficiency of insect pest control system by SSPA," *2018 5th International Conference on Industrial Engineering and Applications (ICIEA)*, Singapore, 2018, pp. 179-183.
- S. Kotchapradit, **T. Thosdeekoraphat**, S. Santalunai and C. Thongsopa, "Analysis of microwave precipitation in the topographic barrier for the lifting condensation level of clouds formation," *2018 5th International Conference on Industrial Engineering and Applications (ICIEA)*, Singapore, 2018, pp. 174-178.
- C. Thongsopa, S. Kotchapradit, S. Santalunai and **T. Thosdeekoraphat**, "Breast Cancer Detection by Using Microwave Ultra- Wideband Antenna," *251ST INTERNATIONAL CONFERENCE ON SCIENCE, ENGINEERING & TECHNOLOGY - ICSET*, Sydney, 2018, oo.1-4.
- S. Kotchapradit, **T. Thosdeekoraphat**, S. Santalunai and C. Thongsopa, " Analysis of High Frequency Curved Plate Applicator for Deep Hyperthermia in Breast Cancer Treatment by Using Dielectric Heating," *2018 International Symposium on Antennas and Propagation (ISAP)*, Busan, 2018, pp.1-2.

- K. Lhathum, S. Kotchapradit, **T. Thosdeekoraphat**, S. Santalunai and C. Thongsopa, "Analysis and Design of Microwave Plasma for Ozone Generator System by Using Magnetron Tube," *2018 International Symposium on Antennas and Propagation (ISAP)*, Busan, 2018, pp.1-2.
- A. Rattananamlom, S. Kotchapradit, S. Santalunai, **T. Thosdeekoraphat**, P. Moungnoul and C. Thongsopa, "Design of High Power Transmission Line Transformer for RF Heating Generator," *2018 International Symposium on Antennas and Propagation (ISAP)*, Busan, 2018, pp.1-2.
- S. Kotchapradit, **T. Thosdeekoraphat**, S. Santalunai and C. Thongsopa, "Improvement of Electric Field Focusing for Deep Hyperthermia in Breast Cancer Treatment by Using Microwave Dielectric Heating with Curved Plate Applicator," *2018 Asia-Pacific Microwave Conference Proceedings (APMC)*, Kyoto, 2018, pp. 1474-1476.
- M. Jokpudsa, S. Kotchapradit, C. Thongsopa, **T. Thosdeekoraphat**, "Analysis of High-Frequency C-Core Magnetic Flux Leakages for Bone Tumor with Induction Heating by Using Multi-Coil or," *17Th International Conference on Microwave and High Frequency Heating (AMPERE 2019)*, Valencia, Spain, September 9-12, 2019, pp.112-119.
- S. Kornsing, S. Santalunai, **T. Thosdeekoraphat**, and C. Thongsopa, "Dielectric Property Measurement of Freshwater Fishes and Parasite Affecting Infection *Opisthorchis Viverrini* for Dielectric Heating Application," in *2020 International Symposium on Electrical Insulating Materials (ISEIM)*, 2020, pp. 439-442.
- A. Phona, S. Kotchapradit, C. Thongsopa, and **T. Thosdeekoraphat**, "Design of Postharvest Control System for Pest in Grain Storage with High Frequency," in *2020 IEEE 7th International Conference on Industrial Engineering and Applications (ICIEA)*, 2020, pp. 770-773.
- P. Thasangka, **T. Thosdeekoraphat**, C. Thongsopa, and S. Kotchapradit, "Exterminate Borer Worm by High-Frequency Electromagnetic Wave," in *2020 IEEE 7th International Conference on Industrial Engineering and Applications (ICIEA)*, 2020, pp. 662-666.
- W. Wasusathien, S. Santalunai, **T. Thosdeekoraphat**, and C. Thongsopa, "Rice Types Classification by Using Dielectric Properties Measurement with Saline Water Increasing Technique," in *2020 International Symposium on Electrical Insulating Materials (ISEIM)*, 2020, pp. 433-438.
- K. Tanthai, **T. Thosdeekoraphat**, C. Thongsopa and S. Santalunai, "Design a High-Frequency Sound Wave Receiving and Transmission System Mimicking Real Signals from The Source by an Ultrasonic Transduced," in *2021 The 15th South East Asian Technical University Consortium (SEATUC)*, Indonesia, Feb. 2021.

- W. Bunpradit, **T. Thosdeekoraphat**, C. Thongsopa and S. Santalunai, “High Frequency Plasma Generator for Electronic Waste Disposal,” in 2021 The 15th South East Asian Technical University Consortium (SEATUC), Indonesia, Feb. 2021.
- W. Pongtham, **T. Thosdeekoraphat**, C. Thongsopa and S. Santalunai, “Modification of Time Attendance Devices to Use as IOT Using Raspberry Pi 4 Board,” in 2021 The 15th South East Asian Technical University Consortium (SEATUC), Indonesia, Feb. 2021.
- K. Banlusilp, **T. Thosdeekoraphat**, M. Mapato and C. Thongsopa, “Improved the Focality of Transcranial Magnetic Stimulation with Magnetic Resonant Coupling Coil,” in 2021 The 15th South East Asian Technical University Consortium (SEATUC), Indonesia, Feb. 2021.

บทความในการประชุมวิชาการระดับชาติ

- **T. Thanaset** and C. Thongsopa, (2007) “Quasi-Rhomboid Antenna for Ultra Wideband Wireless Communication System,” EE-CON 30th, Felix River Kwai Resort, Kanchanaburi, Thailand.
 - C. Thongsopa and **T. Thanaset**, (2009) “Development of Monocycle Pulse Generator Circuit for Ultra Wideband Applications,” EE-CON 32th, Tawa Ravadee Resort, Prachinburi, Thailand, pp.1-4.
 - C. Thongsopa and **T. Thanaset**, (2011) “Development and Design of Mobile Jammer Systems,” ECTI-CARD 2011, Bangkok, THAILAND, (*Best Paper award*), pp.1-6.
 - Montree Chinanupakorn, **Thanaset Thosdeekoraphat** and Chanchai Thongsopa, (2011) “Design of Dual Band Quasi-Rhomboid Antenna for Human On-body Applications,” EE-CON 34th, Ambassador City Jomtien, Chonburi, Thailand, pp.1-4.
 - **T. Thosdeekoraphat**, S. Santalunai and C. Thongsopa, “Design of High-Power Low Pass Filter for FM Frequency range of 88 - 108 MHz,” ECTI-CARD 2012, Pathum Thani, THAILAND, pp.1-6.
 - Santalunai, S., **Thosdeekoraphat, T.** and Thongsopa, C. (2015). “Design of Radio Frequency Circuit for Dielectric Heating Applications,” Proceedings of the Electrical Engineering Conference, ECTI-CARD 7, Trang, Thailand, July 8-10, pp.1-4.
 - Krajaipote, K. , Boonpeang, W. , Kochapradit, S. , Srisuma, C. , Kuntayom, P. , **Thosdeekoraphat, T.**, and Thongsopa, C. (2015). “Design and Construction of The Firearms Weapons Cleaning Machine by Using High Frequency for Military and Police Agencies,” ECTI-CARD 7, Trang, Thailand, July 8-10, pp.1-4
-