



รายงานการวิจัย

เรื่อง

เครื่องกำจัดลูกน้ำยุงสำหรับใช้ในแหล่งน้ำขนาดใหญ่
Mosquito Larva Exterminator for large water resource

รหัสโครงการ

1-1/60

รองศาสตราจารย์ เรืออากาศเอก ดร.กนต์ธร ชำนิประศาสน์

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก
กองทุนนวัตกรรมและสิ่งประดิษฐ์สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี

ตุลาคม 2567



รายงานการวิจัย

เรื่อง

เครื่องกำจัดลูกน้ำยุงสำหรับใช้ในแหล่งน้ำขนาดใหญ่
Mosquito Larva Exterminator for large water resource

คณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการ

รองศาสตราจารย์ เรืออากาศเอก ดร.กนต์ธร ขำนิประศาสน์
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผู้ร่วมวิจัย

รองศาสตราจารย์ ดร.ชาญชัย ทองโสภิต
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชโลธร ธรรมแท้

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก
กองทุนนวัตกรรมและสิ่งประดิษฐ์สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี

ตุลาคม 2567

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ 2560 ทางคณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้ ขอขอบคุณ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ขอขอบคุณ ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล และสาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่เอื้อเพื่อเครื่องมือและสถานที่สำหรับการทดสอบงานวิจัย

ขอขอบคุณ คณะกรรมการผู้ตรวจสอบทางวิชาการ ที่ได้คำแนะนำข้อเสนอแนะต่อคณะผู้วิจัย ด้วยดีตลอดมา

รองศาสตราจารย์ เรืออากาศเอก ดร.กนต์ธร ชำนิประศาสน์
หัวหน้าโครงการวิจัย



บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อควบคุมและกำจัดลูกน้ำยุง ซึ่งเป็นปัญหาที่พบในหลายพื้นที่ โดยเฉพาะในแหล่งชุมชนและโรงงานอุตสาหกรรมที่มีแหล่งน้ำขนาดใหญ่ การแพร่ระบาดของยุงที่เป็นพาหะของโรคต่าง ๆ เช่น ไข้เลือดออก มาลาเรีย และไข้สมองอักเสบ ส่งผลให้เกิดความเสียหายทั้งด้านสุขภาพและเศรษฐกิจในแต่ละปี เทคโนโลยีที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้คือการใช้คลื่นอัลตราโซนิก (Ultrasonic) ซึ่งเป็นคลื่นเสียงความถี่สูงที่มากกว่า 20 kHz ที่ไม่สามารถได้ยินได้ด้วยมนุษย์ โดยมีการออกแบบและพัฒนาเครื่องกำจัดลูกน้ำยุงที่ใช้คลื่นอัลตราโซนิกในการปล่อยคลื่นเสียงลงไปแหล่งน้ำเพื่อทำลายโครงสร้างของลูกน้ำยุง ทำให้ตายอย่างรวดเร็ว โดยไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมหรือสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ในการออกแบบเครื่องกำจัดลูกน้ำยุง ระบบจะใช้ทรานสดิวเซอร์แบบเพียโซอิเล็กทริก (Piezoelectric Transducer) เป็นอุปกรณ์หลักในการแปลงพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกล คลื่นเสียงที่เกิดจากทรานสดิวเซอร์นี้มีความแม่นยำและพลังงานสูงเพียงพอในการสร้างแรงกระแทกในน้ำ โดยการออกแบบระบบวงจรไฟฟ้าสำหรับกำเนิดคลื่นอัลตราโซนิกเริ่มจากการใช้แหล่งจ่ายไฟแบบแบตเตอรี่ 12VDC กระแสสูง ซึ่งแปลงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ 220VAC เพื่อจ่ายไฟฟ้าให้กับวงจรสวิตช์และตัวขยายสัญญาณ ความถี่สูงถูกสร้างขึ้นผ่านวงจรออสซิลเลเตอร์ (Oscillator) และขยายกำลังโดยใช้มอสเฟตหรือทรานซิสเตอร์ จากนั้นส่งคลื่นไปยังทรานสดิวเซอร์เพื่อตรวจสอบความถี่และการทำงานในสภาวะแวดล้อมต่าง ๆ การใช้หม้อแปลงความถี่สูงและวงจรรีโซแนนซ์ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการขับเคลื่อนคลื่นอัลตราโซนิกเข้าสู่ น้ำ ซึ่งออกแบบให้เหมาะสมสำหรับการใช้งานในแหล่งน้ำที่มีขนาดแตกต่างกันได้ การออกแบบตัวเครื่องยังคำนึงถึงการปรับจูนความถี่และพลังงานให้สอดคล้องกับสภาพแวดล้อมที่ใช้ เช่น แหล่งน้ำในชุมชนที่มีตะกอนหรือสิ่งกีดขวางในน้ำ และแหล่งน้ำที่มีการปนเปื้อนในโรงงานอุตสาหกรรม การออกแบบหัวทรานสดิวเซอร์ให้ติดตั้งได้ง่ายและมีความทนทานสูงโดยใช้วัสดุที่ไม่เป็นสนิม ช่วยให้สามารถใช้งานในสภาพแวดล้อมที่มีความชื้นสูงได้ นอกจากนี้ การออกแบบระบบให้ติดตั้งได้บนเรือหรือใช้เป็นอุปกรณ์เคลื่อนที่ ทำให้สามารถเข้าถึงพื้นที่ที่ยุงแพร่พันธุ์ได้ยาก และกำจัดลูกน้ำยุงในแหล่งน้ำขนาดใหญ่หรือคลองที่มีการเพาะพันธุ์ยุงได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าเครื่องกำจัดลูกน้ำยุงที่พัฒนาขึ้นนี้มีประสิทธิภาพในการลดจำนวนลูกน้ำยุงในแหล่งน้ำได้อย่างน่าพอใจ โดยเฉพาะในแหล่งน้ำที่มีขนาดใหญ่และแหล่งน้ำเสียของโรงงาน นอกจากนี้ยังช่วยลดการใช้สารเคมีที่อาจก่อให้เกิดมลพิษในแหล่งน้ำและสิ่งแวดล้อม ซึ่งส่งผลดีต่อสุขภาพของชุมชนและสิ่งแวดล้อมโดยรวม ข้อเสนอแนะสำหรับการพัฒนาต่อไปคือการเพิ่มขนาดและพลังงานของเครื่องเพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งานในแหล่งน้ำขนาดใหญ่มากขึ้น และการพัฒนาระบบปรับจูนความถี่อัตโนมัติที่สามารถปรับให้เหมาะสมกับสภาวะแวดล้อมต่าง ๆ ได้อย่างอัตโนมัติเพื่อเพิ่มความแม่นยำในการใช้งาน

Abstract

This research focuses on developing technology for controlling and eradicating mosquito larvae, which is a significant problem in many areas, especially in communities and industrial sites with large water bodies. The spread of mosquitoes, which are vectors of diseases such as dengue fever, malaria, and encephalitis, causes health and economic damage every year. The technology used in this research is ultrasonic waves, which are high-frequency sound waves above 20 kHz that are inaudible to the human ear. A mosquito larva exterminator using ultrasonic waves was designed and developed to release sound waves into water bodies to destroy the larvae's structure, causing them to die rapidly without affecting the environment or other living organisms. In designing the mosquito larva exterminator, a piezoelectric transducer was used as the primary device to convert electrical energy into mechanical energy. The sound waves generated by the transducer are precise and have enough energy to create impact forces in the water. The electrical circuit for generating ultrasonic waves starts with a high-current 12VDC battery power supply, which is converted to 220VAC to power the switching circuits and amplifiers. The high frequency is generated through an oscillator circuit and amplified using MOSFETs or transistors, then transmitted to the transducer to verify the frequency and performance under various environmental conditions. The use of a high-frequency transformer and resonance circuit enhances the efficiency of driving the ultrasonic waves into the water, making it suitable for different-sized water bodies. The design of the device also takes into account tuning the frequency and energy to match the specific environmental conditions, such as community water bodies with sediment or obstacles in the water and contaminated industrial water bodies. The transducer's design allows for easy installation and high durability, using rust-resistant materials, making it suitable for use in high-humidity environments. Additionally, the system can be mounted on boats or used as a mobile unit, enabling access to areas where mosquitoes breed and effectively exterminating larvae in large water bodies or canals. The experimental results show that the developed mosquito larva exterminator is effective in significantly reducing the number of larvae in water bodies, especially in large water bodies and industrial wastewater. It also helps reduce the use of chemicals that may cause pollution in water and the environment, benefiting the health of the community and the overall environment. Recommendations for future development include increasing the size and power of the device to be suitable for use in larger water bodies and developing an automatic frequency tuning system that can adapt to various environmental conditions to enhance accuracy and efficiency in operation.

สารบัญ

หน้า

กิตกรรมประกาศ.....	ก
บทคัดย่อ (ภาษาไทย).....	ข
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ).....	ค
สารบัญ.....	ง
สารบัญตาราง.....	ฉ
สารบัญรูป.....	ช
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย.....	4
1.3 สมมติฐานของการวิจัย.....	4
1.4 ขอบเขตของการวิจัย.....	4
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	4
บทที่ 2 ปรัชการณกรรมและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	5
2.1 กล่าวนำ.....	5
2.2 วงจรชีวิตของยุง.....	5
2.2.1 ไข่ (Eggs).....	5
2.2.2 ลูกน้ำ (Larva).....	6
2.2.3 ตัวมด (Pupa).....	7
2.3 ลักษณะของลูกน้ำยุง.....	8
2.4 การกำจัดลูกน้ำยุงด้วยวิธีต่างๆ.....	9
2.4.1 ควบคุมโดยวิธีทางชีววิทยา.....	9
2.4.2 การใช้ทรายอะเบท.....	9
2.5 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในการกำจัดลูกน้ำยุง.....	11
2.5.1 ทฤษฎีของระบบอัลตราโซนิก.....	11
2.5.2 ทรานสดิวเซอร์แบบเปียโซอิเล็กทริก.....	12
2.5.3 วงจรเรโซแนนซ์ของหัวเพียโซอิเล็กทริก.....	17
2.6 สรุป.....	21
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	22
3.1 กล่าวนำ.....	22
3.2 การออกแบบระบบการกำจัดลูกน้ำยุงสำหรับใช้ในแหล่งน้ำขนาดใหญ่.....	22
3.3 การออกแบบวงจรเพาเวอร์ซัพพลาย.....	24
3.4 การออกแบบวงจรกำเนิดคลื่นเสียงอัลตราโซนิก.....	27

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.5	การออกแบบวงจรขับเพาเวอร์มอสเฟต.....	28
3.6	การออกแบบวงจรHalf bridge converter.....	31
3.7	การออกแบบระบบและการติดตั้ง.....	34
3.8	สรุป	41
บทที่ 4	การวัดและผลการทดลอง	42
4.1	กล่าวนำ	42
4.2	การวัดและทดสอบวงจรที่ออกแบบ	42
4.2.1	วงจรเพาเวอร์ซัพพลาย.....	42
4.2.2	วงจรกำเนิดความถี่.....	43
4.2.3	วงจรขับสัญญาณ.....	45
4.2.4	ฮาร์ฟบริดจ์คอนเวอร์เตอร์.....	45
4.3	การทดสอบสัญญาณจากวงจรกำเนิดสัญญาณในช่วงความถี่อัลตราโซนิก	47
4.4	ผลการวัดแรงสั่นสะเทือนรอบตัวของอุปกรณ์อัลตราโซนิกในระยะต่าง ๆ	49
4.4.1	การทดสอบความแรงของสัญญาณที่มีผลต่ออัตราการตาย ของยุงแต่ละในช่วงอายุ	50
4.5	การนำไปใช้ประโยชน์	51
4.6	สรุป	55
บทที่ 5	สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	56
5.1	สรุปเนื้อหาของวิทยานิพนธ์	56
5.2	ปัญหาและข้อเสนอแนะ.....	56
เอกสารอ้างอิง		57
ประวัตินักวิจัย		59

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4.1 อัตราการสั้นของอุปกรณ์อัลตราโซนิกภายในน้ำที่ระยะต่าง ๆ รอบอุปกรณ์อัลตราโซนิก	49
4.2 อัตราการตายของยุงแต่ละช่วงอายุทดลองโดยการปล่อยคลื่น อัลตราโซนิกที่ 40 กิโลเฮิร์ตซ์ในห้องปฏิบัติการ โดยทำการทดลอง ที่รัศมีสูงสุด 100 เซนติเมตร ที่ระยะเวลา 3-10 วินาที	50



สารบัญรูป

รูปที่

หน้า

1.1 แหล่งเพาะพันธุ์ยุงขนาดใหญ่	1
1.2 บ่อพักน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม.....	2
1.3 การออกช่วยกำจัดลูกน้ำยุง	3
1.4 ทดสอบถึงประสิทธิภาพ ณ กรมควบคุมโรค.....	3
2.1 วงจรชีวิตของยุง.....	5
2.2 ไข่ของยุงชนิดต่าง ๆ.....	6
2.3 ลูกน้ำยุง.....	7
2.4 ตัวเต็มวัย	8
2.5 ลักษณะลูกน้ำยุง	8
2.6 ทรายอะเบท	10
2.7 ปลาหางนกยูง.....	10
2.8 ลักษณะโครงสร้างตัวปล่อยคลื่นอัลตราโซนิกทรานสดิวเซอร์	13
2.9 ลักษณะการติดตั้งใช้งานและการกระจายคลื่นเสียงความถี่สูง	14
2.10 ลักษณะการกระจายคลื่นเสียงความถี่สูงของแต่ละหัว.....	14
2.11 ความสัมพันธ์ของการแบ่งโครงสร้างของผลึก.....	15
2.12 แสดงการ Poling of Piezoelectric Ceramics	16
2.13 วงจรเรโซแนนซ์	18
2.14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเอาต์พุตของกระแสกับความถี่ต้นกำเนิด	20
3.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมของวงจรเครื่องกำจัดลูกน้ำยุง	22
3.2 ระบบควบคุมเรืออัตโนมัติ.....	22
3.3 รูปแบบของเรืออัตโนมัติ.....	23
3.4 วงจรปรับแรงดัน 15 VDC (Schematic).....	24
3.5 ไฟฟ้ากระแสตรงที่ไม่สม่ำเสมอ.....	24
3.6 ไฟฟ้ากระแสตรงที่สม่ำเสมอ	25
3.7 วงจรปรับแรงดัน 15 VDC	25
3.8 วงจรปรับแรงดัน 310 VDC (Schematic).....	26
3.9 วงจรปรับแรงดัน 310 VDC	26
3.10 วงจรกำเนิดคลื่นเสียงอัลตราโซนิก (Schematic).....	27
3.11 วงจรกำเนิดคลื่นเสียงอัลตราโซนิก	27
3.12 วงจร Half bridge converter และสัญญาณที่ขาขับ high-side และ low-side	28
3.13 Circuit diagramของวงจร bootstrap.....	29
3.14 วงจร Drive มอเตอร์ (Schematic).....	30
3.15 วงจร Drive มอเตอร์.....	30

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่

หน้า

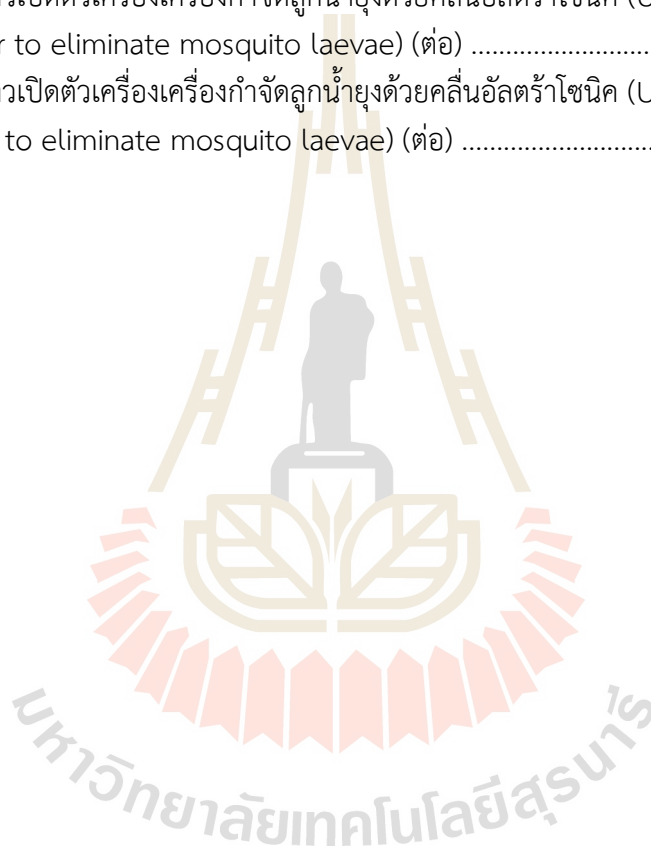
3.16 วงจรพื้นฐานของฮาล์ฟบริดจ์คอนเวอร์เตอร์.....	31
3.17 (บน) ขณะ Q1 นำกระแส (ล่าง) ขณะ Q2 นำกระแส	32
3.18 วงจรฮาล์ฟบริดจ์คอนเวอร์เตอร์ (Schematic)	33
3.19 วงจรฮาล์ฟบริดจ์คอนเวอร์เตอร์.....	33
3.20 วงจรที่ใช้ทดสอบ	34
3.21 การทดสอบวาระยะของหัวอัลตราโซนิค	34
3.22 การทดสอบความแรงของหัวอัลตราโซนิคเบื้องต้น	35
3.23 โครงสร้างที่ได้ทำการออกแบบ	35
3.24 การประกอบวงจรลงเครื่อง	36
3.25 ติดตั้งระบบและอุปกรณ์ลงเครื่องเบื้องต้น.....	36
3.26 เรือที่ใช้สำหรับทดสอบระบบการทำงานเบื้องต้น	37
3.27 ทำการทดสอบระบบการทำงานเบื้องต้น	37
3.28 การทำสีโครงเครื่องภายนอก.....	38
3.29 การทำสีโครงเครื่องภายใน.....	38
3.30 ติดตั้งอุปกรณ์	39
3.31 ติดตั้งระบบและอุปกรณ์ลงเครื่อง.....	39
3.32 เครื่องกำจัดลูกน้ำยุงสำหรับใช้ในแหล่งน้ำขนาดใหญ่ที่ใช้ทดสอบ.....	40
3.33 เครื่องกำจัดลูกน้ำยุงสำหรับใช้ในแหล่งน้ำขนาดใหญ่	40
4.1 แรงดันเอาต์พุตของวงจรขับพลาสมาแรงดันต่ำ.....	42
4.2 แรงดันเอาต์พุตของวงจรขับพลาสมาแรงดันสูง	43
4.3 เอาต์พุต A และ B ของวงจรกำเนิดสัญญาณความถี่	44
4.4 เอาต์พุต A ของวงจรกำเนิดสัญญาณความถี่	44
4.5 เอาต์พุต B ของวงจรกำเนิดสัญญาณความถี่	45
4.6 ค่า Capacitor หัวเปียโซอิเล็กทริกที่ขนานทั้ง 10 หัว.....	46
4.7 หม้อแปลงฝั่ง Primary และ Secondary	46
4.8 ค่าความเหนี่ยวนำของโหลด L	47
4.9 สัญญาณก่อนเข้าขดลวด Primary	48
4.10 สัญญาณออกจากขดลวด Secondary	48
4.11 รูปแบบการวัดทดสอบความแรงของสัญญาณเครื่องกำจัดลูกน้ำยุงแบบพกพา	49
4.12 เครื่องกำจัดลูกน้ำยุงแบบเรือเคลื่อนที่ น้อมเกล้าฯ ถวาย แด่สมเด็จพระกนิษฐาธิราชเจ้ากรมสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี	51
4.13 ติดตั้งใช้งาน เครื่องกำจัดลูกน้ำยุงแบบเรือเคลื่อนที่ ณ วัดสระปทุม ถนนพระรามที่ 1	52

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่

หน้า

4.14 งานทดลองข้าวเปิดตัวเครื่องเครื่องกำจัดลูกน้ำยุงด้วยคลื่นอัลตราโซนิก (Ultrasonic transducer to eliminate mosquito laevae)	53
4.15 งานทดลองข้าวเปิดตัวเครื่องเครื่องกำจัดลูกน้ำยุงด้วยคลื่นอัลตราโซนิก (Ultrasonic transducer to eliminate mosquito laevae) (ต่อ)	53
4.16 งานทดลองข้าวเปิดตัวเครื่องเครื่องกำจัดลูกน้ำยุงด้วยคลื่นอัลตราโซนิก (Ultrasonic transducer to eliminate mosquito laevae) (ต่อ)	54
4.17 งานทดลองข้าวเปิดตัวเครื่องเครื่องกำจัดลูกน้ำยุงด้วยคลื่นอัลตราโซนิก (Ultrasonic transducer to eliminate mosquito laevae) (ต่อ)	54

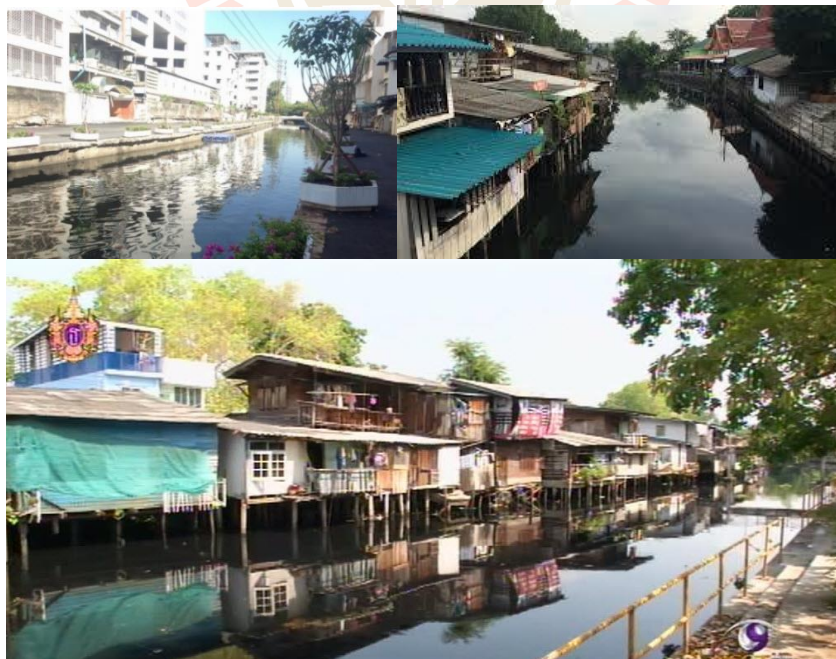


บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ยุงเป็นแมลงขนาดเล็กที่ก่อความรำคาญและเป็นพาหะของโรคอันตราย เช่น ไข้มาเลเรีย ไข้เลือดออก ไข้สมองอักเสบ และโรคชิคุนกุนยา ซึ่งในแต่ละปีมีค่าใช้จ่ายรวมกันเป็นพันล้านบาทสำหรับการป้องกันและรักษาผู้ป่วยที่ติดเชื้อจากยุง นับเป็นปัญหาที่ส่งผลกระทบอย่างรุนแรงในระดับประเทศ ยุงมีวงจรชีวิตแบ่งออกเป็นสองช่วงหลัก ได้แก่ 1) ช่วงไข่ถึงตัวโม่ง และ 2) ช่วงตัวเต็มวัย ในช่วงแรก (ไข่ถึงตัวโม่ง) ยุงมักเพาะพันธุ์ในแหล่งน้ำตามชุมชน เช่น อ่างน้ำ คลอง หรือบริเวณที่มีน้ำขัง ซึ่งเป็นปัญหาที่สำคัญ โดยเฉพาะในแหล่งชุมชน ดังแสดงในรูปที่ 1.1 อีกทั้งแหล่งน้ำในภาคอุตสาหกรรม เช่น บ่อพักน้ำเสียในโรงงานที่มีการกักกักน้ำเสียก่อนการบำบัด ก็เป็นจุดที่ยุงสามารถขยายพันธุ์ได้อย่างรวดเร็ว บ่อพักน้ำเหล่านี้มักมีขนาดกว้างประมาณ 10 เมตร ยาว 20 เมตร ดังแสดงในรูปที่ 1.2 ซึ่งนับเป็นปัญหาใหญ่ที่มีผลกระทบทั่วประเทศ วิธีการกำจัดยุงในปัจจุบันมีหลากหลาย ขึ้นอยู่กับช่วงชีวิตของยุง เช่น การใช้สารเคมีพ่นในช่วงที่ยุงเป็นตัวเต็มวัย หรือการใช้ทรายอะเบทในแหล่งน้ำที่ปลูกน้ำ สำหรับวิธีทางธรรมชาติมักใช้แบคทีเรียหรือปลาหางนกยูง ส่วนวิธีทางไฟฟ้าอาจเป็นการใช้หลอดไฟดักยุงหรือไม้ตียุงไฟฟ้า ซึ่งแต่ละวิธีก็มีข้อดีข้อเสียแตกต่างกันไป ในการวิจัยนี้ได้เสนอแนวทางใหม่ในการกำจัดยุงในช่วงลูกน้ำ โดยใช้คลื่นความถี่สูงในย่านอัลตราโซนิก (Ultrasonic) ปลอ่ยลงไปแหล่งน้ำที่ลูกน้ำอาศัยอยู่ โดยแรงดันของคลื่นจะส่งผลให้ลูกน้ำยุงตาย แต่จะไม่กระทบต่อสัตว์น้ำขนาดใหญ่กว่า และไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้ยังไม่มีสารเคมีตกค้างและสามารถลดการนำเข้าสารเคมีและอุปกรณ์ได้อย่างมีนัยสำคัญ อีกทั้งยังช่วยปรับปรุงคุณภาพชีวิตของชุมชนได้อย่างยั่งยืน



รูปที่ 1.1 แหล่งเพาะพันธุ์ยุงขนาดใหญ่



รูปที่ 1.2 บ่อพักน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม

การกำจัดขยะที่ใช้ในปัจจุบันมีอยู่หลายวิธีและกำจัดในแต่ละช่วงวงจรชีวิตของขยะที่ต่างกัน อย่างเช่นการใช้สารเคมีในช่วงตัวเต็มวัยโดยการพ่นยาฆ่า ในช่วงที่เป็นลูกน้ำยุงนิยมใช้ทรายอะเบทใส่ลงไปในแหล่งน้ำที่มีลูกน้ำยุงอาศัยอยู่ ส่วนวิธีทางธรรมชาติจะใช้ แบคทีเรีย ปลาหางนกยูง ถ้าเป็นอุปกรณ์ทางไฟฟ้า อย่างเช่นใช้ หลอดไฟดักยุง ไม้ติดยุงไฟฟ้า ฯลฯ เป็นต้น ซึ่งในแต่ละวิธีมีข้อดีข้อเสียที่ต่างกัน จากความสำคัญและปัญหาดังกล่าวคณะผู้วิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีโดย รองศาสตราจารย์ ดร.ชาญชัย ทองโสภณ ได้เล็งเห็นถึงความสำคัญในการแก้ปัญหาที่เกิดประโยชน์และมีประสิทธิภาพมากที่สุด จึงได้คิดค้นงานประดิษฐ์แนวทางใหม่หรือเทคโนโลยีใหม่ในการกำจัดลูกน้ำยุง โดยวิธีการฆ่าในช่วงวงจรชีวิตของขยะที่เป็นตัวลูกน้ำยุง ด้วยการใช้คลื่นเสียงความถี่สูงกำลังงานสูงย่าน อัลตราโซนิก (Ultrasonic) ปลอยลงไปใต้น้ำทำให้น้ำเกิดคลื่นที่มีแรงกระแทกที่ตัวของลูกน้ำยุงทำให้ลูกน้ำยุงตายโดยง่าย แต่สัตว์น้ำอื่น ๆ ที่มีขนาดใหญ่กว่าหรือเล็กกว่าจะไม่มีผลกระทบ ไม่ทำลายสิ่งแวดล้อม ไม่มีสารเคมีตกค้าง และไม่ใช้วิธีการใช้ไฟฟ้าช็อตลงน้ำทำให้ความปลอดภัยของผู้ใช้ และช่วยลดการนำเข้าอุปกรณ์และสารเคมีได้เป็นจำนวนมาก โดยได้เริ่มคิดค้นขึ้นในปี 2552 เป็นต้นมาและได้พัฒนาขึ้นมาเรื่อยๆ และได้นำไปออกช่วยตามพื้นที่ต่าง ๆ ดังแสดงในรูปที่ 1.3 และได้ทดสอบถึงประสิทธิภาพ ณ กรมควบคุมโรคดังแสดงในรูปที่ 1.4 ซึ่งได้ผลการทดสอบที่ดี และทางคณะผู้วิจัยของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีได้ดำเนินการจดสิทธิบัตร เมื่อวันที่ 24 กุมภาพันธ์ 2553 เรื่องเครื่องกำจัดลูกน้ำยุงโดยไม่ทำลายสิ่งแวดล้อมและได้ดำเนินการพัฒนาจนถึงปัจจุบัน แต่ทางคณะผู้วิจัยยังพบถึงความสามารถในการใช้งานของเครื่องในปัจจุบันเนื่องจากได้ออกแบบเครื่องที่มีขนาดเล็ก กำลังงานที่ต่ำและเหมาะสมกับการใช้ตามแหล่งน้ำขังที่ไม่ใหญ่มากเท่านั้น ซึ่งไม่สามารถกำจัดลูกน้ำยุงตามลำคลองตามชุมชนซึ่งเป็นแหล่งเพาะพันธุ์ขนาดใหญ่ได้



รูปที่ 1.3 การออกช่วยกำจัดลูกน้ำยุง



รูปที่ 1.4 ทดสอบถึงประสิทธิภาพ ณ กรมควบคุมโรค

ดังนั้น คณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะสร้างระบบขนาดใหญ่ที่สามารถกำจัดลูกน้ำยุงในแหล่งน้ำลำคลองได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงได้เกิดความร่วมมือระหว่างผู้เชี่ยวชาญของมหาวิทยาลัยร่วมกับผู้เสนอโครงการ ซึ่งได้เป็นหนึ่งในทีมวิจัยและพัฒนาโครงการนี้ตลอดมา โดยจะมีการพัฒนาสร้างเครื่องกำจัดลูกน้ำยุงด้วยคลื่นเสียงความถี่สูงกำลังงานสูงสำหรับใช้งานในบ่อบำบัดโรงงานอุตสาหกรรมและครัวเรือน โดยงานประดิษฐ์คิดค้นนี้จะส่งผลกระทบต่อแหล่งชุมชนโดยรวมอย่างมากมาย ซึ่งเป็นทางเลือกที่ดีกว่าในการทดแทนวิธีการกำจัดยุงในแบบเดิม ๆ ที่ผ่านมาอย่างแน่นอน ไม่ว่าจะเป็นการใช้สารเคมี หรือวิธีทางธรรมชาติ โดยจะทำการออกแบบสร้างระบบกำจัดลูกน้ำยุงด้วยคลื่นเสียงความถี่สูงกำลังงานสูงที่มีกำลังงานสูงเอาพุดขนาดประมาณ 500 วัตต์ ต่อ เครื่อง และในโครงการนี้ จะดำเนินการ

ออกแบบระบบเครื่องกำจัดลูกน้ำยุงด้วยคลื่นเสียงความถี่สูงที่สามารถติดตั้งไว้บนเรือเพื่อประโยชน์ในการใช้กำจัดลูกน้ำตามลำคลองในชุมชนต่างๆ ซึ่งเป็นแหล่งเพาะพันธุ์ยุงได้ และแบบที่สามารถเคลื่อนที่ได้ ทั้งนี้เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพการทำงานสูงสุดของระบบ โดยหลักการทำงานของแต่ละชุดนั้นจะใช้แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงจากแบตเตอรี่ 12 VDC กระแสสูงเพื่อการใช้งานได้ในหลายพื้นที่ทำการแปลงแรงดันเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ 220 VAC 50Hz จ่ายแรงดันให้กับวงจรภาควงจรเรียงกระแสไฟฟ้าและกรองกระแสไฟฟ้าทางด้านอินพุต (Power Rectifier & Filter) ทำให้ได้แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่ประมาณ 310 VDC ไปเป็นแหล่งจ่ายที่ภาคของวงจรสวิตช์และขยายกำลังโดยใช้มอสเฟตหรือทรานซิสเตอร์ เพื่อทำการสร้างความถี่และขยายกำลัง (Oscillator & Driver Amp และส่งต่อไปยังภาควงจรรีโซแนนซ์และขดลวดหม้อแปลงความถี่สูงกำลังสูงและส่งต่อไปที่ตัวปล่อยคลื่นแบบเปียโซอิเล็กทริกสำหรับส่งคลื่นเสียงความถี่สูงในการกำจัดลูกน้ำยุงอย่างมีประสิทธิภาพ

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

- 1.2.1 เพื่อได้เครื่องกำจัดลูกน้ำยุงโดยไม่กระทบสิ่งแวดล้อม
- 1.2.2 เพื่อได้เครื่องกำจัดลูกน้ำที่มีประสิทธิภาพ ประหยัดและใช้งานง่าย
- 1.2.3 เพื่อลดการใช้สารเคมีที่ใช้กันในปัจจุบันลง

1.3 สมมติฐานของการวิจัย

การใช้คลื่นความถี่สูงในย่านอัลตราโซนิก (Ultrasonic) สามารถกำจัดลูกน้ำยุงได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสัตว์น้ำขนาดใหญ่ในแหล่งน้ำ ทั้งยังช่วยลดการใช้สารเคมีและวิธีการดั้งเดิมในการควบคุมยุง นอกจากนี้ เครื่องกำจัดที่ออกแบบให้ปล่อยคลื่นอัลตราโซนิกสามารถปรับความเข้มข้นและช่วงเวลาการใช้งานให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมต่าง ๆ เช่น แหล่งน้ำในชุมชนและบ่อพักน้ำเสียในโรงงานอุตสาหกรรม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการลดจำนวนลูกน้ำยุงอย่างรวดเร็วและยั่งยืน

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

- 1.4.1 ศึกษาและออกแบบวงจรกำเนิดคลื่นอัลตราโซนิก
- 1.4.2 สร้างเครื่องและทำการทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพสูงสุดที่จะใช้งาน
- 1.4.3 ตีพิมพ์เผยแพร่ผลงานนวัตกรรมสำหรับภาคเอกชนหรือบุคคลทั่วไป

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.5.1 ได้เครื่องกำจัดลูกน้ำยุงที่ไม่ทำลายสิ่งแวดล้อมและมีประสิทธิภาพสูง
- 1.5.2 เป็นทางเลือกที่ใช้กำจัดยุงเพื่อลดการใช้สารเคมีในแหล่งน้ำ
- 1.5.3 ใช้งานง่ายและราคาถูก สามารถใช้ได้ทุกหน่วยงานทั้งภาครัฐและเอกชนรวมถึงครัวเรือน

บทที่ 2

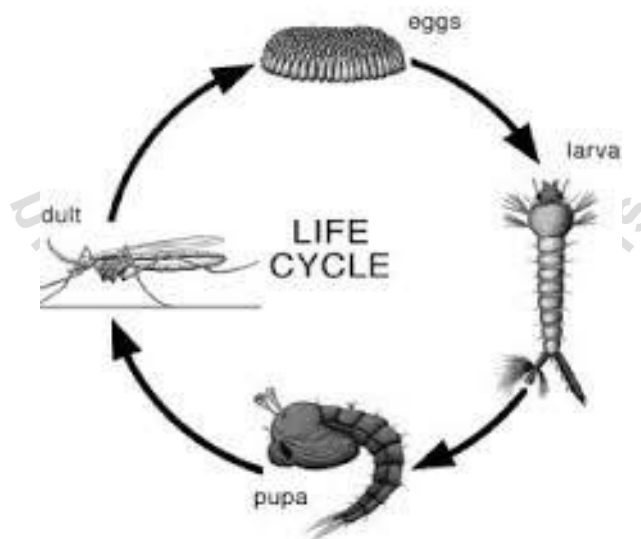
ปฐกษัตริกรรมและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 กล่าวนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงวงจรชีวิตของยุงในรูปแบบต่างๆ ยุงเป็นพาหะของโรคอันตรายหลายชนิด เช่น ไข้เลือดออก และโรคมาลาเรีย ซึ่งก่อให้เกิดปัญหาด้านสุขภาพและค่าใช้จ่ายในการรักษาพยาบาลอย่างมหาศาล ยุงมีวงจรชีวิตหลายช่วง ซึ่งแต่ละช่วงต้องใช้วิธีการกำจัดที่แตกต่างกัน ปัจจุบันวิธีที่ใช้กำจัดยุงมักอาศัยสารเคมีและวิธีทางธรรมชาติ เช่น การใช้ทรายอะเบท แบคทีเรีย หรือปลาหางนกยูง แม้ว่าวิธีเหล่านี้จะมีข้อดี แต่ก็มีข้อจำกัดในเรื่องของประสิทธิภาพและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม การวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นพัฒนาวิธีการใหม่ในการกำจัดลูกน้ำยุงโดยใช้คลื่นอัลตราโซนิก ซึ่งสามารถปล่อยคลื่นเสียงความถี่สูงลงในแหล่งน้ำเพื่อทำให้ลูกน้ำยุงตายโดยไม่กระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสิ่งมีชีวิตชนิดอื่น แนวทางนี้มีศักยภาพในการลดการใช้สารเคมีและปรับปรุงคุณภาพชีวิตของชุมชนได้

2.2 วงจรชีวิตของยุง

ในโลกนี้มียุงอยู่ประมาณ 3500 ชนิด และในประเทศไทยมียุงกว่า 437 ชนิด ยุงบางชนิดก่อความรำคาญโดยการดูดเลือดสิ่งมีชีวิตเป็นอาหารเท่านั้น และยังมีอีกหลายชนิดดูดน้ำหวานจากพืชแทนการดูดเลือดด้วย นอกจากนี้ยุงยังเป็นพาหะนำโรคร้ายแรงต่างๆ อีกด้วย ซึ่งวงจรชีวิตของยุงจะมี 4 ระยะแสดงดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 วงจรชีวิตของยุง [www.acpestcontrol.co.th]

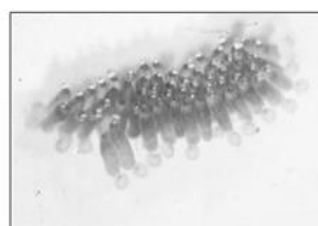
2.2.1 ไข่ (Eggs)

ไข่ยุงมีขนาดเล็กมากประมาณ 1 มิลลิเมตรเท่านั้น และมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ไข่ยุงมีรูปร่างแตกต่างกันไปตามชนิดของยุง เช่น

- 1) ยุงก้นปล่อง ไข่จะมีลักษณะเป็นท่อนลอยใสๆ ติดด้านข้างไข่เพื่อช่วยในการพยุงให้ไข่ลอยน้ำได้ และยุงก้นปล่องจะชอบวางไข่ในแหล่งน้ำธรรมชาติ
- 2) ยุงลาย ไข่จะเกาะตามผนังภาชนะเก็บน้ำ เหนือระดับน้ำเล็กน้อย เช่นตามโอ่งเก็บน้ำ กะลามะพร้าว เป็นต้น ยุงลายจะชอบวางไข่ในน้ำที่ใสและนิ่ง
- 3) ยุงรำคาญ ไข่จะมีลักษณะเกาะลอยกันเป็นแพบนผิวน้ำ และยุงชนิดนี้จะชอบวางไข่ในน้ำสกปรก
- 4) ยุงเสือ หรือยุงแมนโซเนีย มักวางไข่เกาะติดตามขอบใต้ใบของพืชน้ำบางชนิดที่อยู่ลอบอยู่ปริ่มน้ำ ยุงจะวางไข่ครั้งละประมาณ 100 ฟอง และมีระยะฟักตัวประมาณ 2 วันก็จะเป็นลูกน้ำ



ไข่ยุงลาย



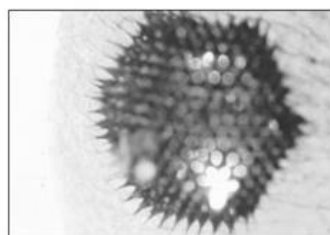
ไข่ยุงรำคาญ



ไข่ยุงก้นปล่อง



ไข่ยุงเสือ (ติดใต้ใบออก)



ไข่ยุงเสือ (ขยายใหญ่)

รูปที่ 2.2 ไข่ของยุงชนิดต่างๆ [www.med.cmu.ac.th]

2.2.2 ลูกน้ำ (Larva)

ลูกน้ำเป็นตัวอ่อนของยุงที่อาศัยอยู่ในน้ำนิ่ง ลูกน้ำจะโผล่มาหายใจเอาอากาศที่ผิวน้ำด้วยท่อหายใจ (Siphon tube) และจะลอกคราบเอง 4 ครั้ง ทุกครั้งจะโตขึ้นเรื่อยๆ ลูกน้ำจะกินพวกจุลชีพและสารอินทรีย์ในน้ำเป็นอาหาร และจะกลายเป็นตัวโม่งในไม่เกิน 10 วัน และลูกน้ำจะมี 4 ระยะดังนี้

ระยะที่ 1 ลูกน้ำขนาดเล็กที่ฟักออกจากไข่

ระยะที่ 2 มีขนาดโตขึ้นจากการกินอาหาร แต่รูปร่างเหมือนเดิม

ระยะที่ 3 มีขนาดโตขึ้นจากการกินอาหาร แต่รูปร่างเหมือนเดิม

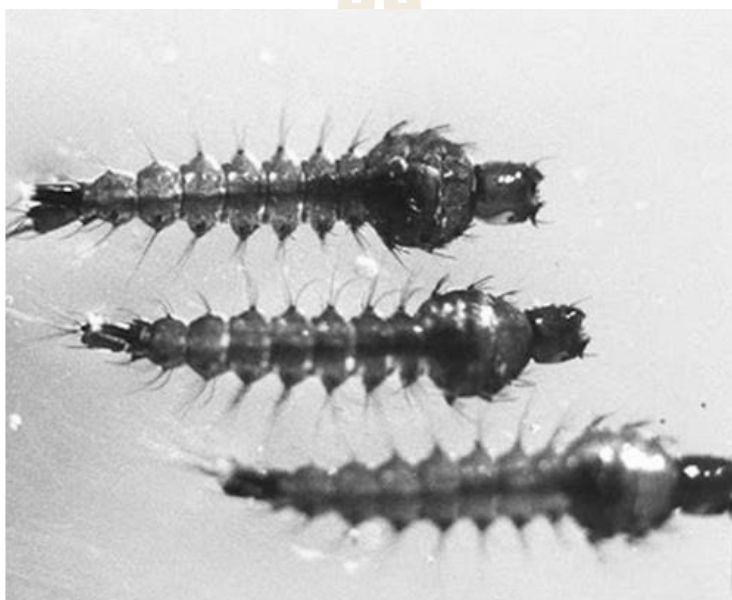
ระยะที่ 4 เป็นระยะสุดท้ายก่อนจะกลายเป็นตัวโม่่ง

ในการเปลี่ยนแปลงแต่ละครั้งลูกน้ำจะมีการลอกคราบเสมอ ลูกน้ำแต่ละชนิดจะมีรูปร่างลักษณะ การเกาะที่ผิวน้ำและมีนิสัยการกินอาหารแตกต่างกันไป เช่น

1) ลูกน้ำยุงก้นปล่อง จะลอยตัวขนานกับผิวน้ำ และหาอาหารที่ผิวน้ำ เนื่องจากว่าลูกน้ำยุงชนิดนี้ไม่มีท่อหายใจ

2) ลูกน้ำยุงลาย จะมีท่อหายใจที่สั้น มักเกาะที่ผิวน้ำโดยห้อยหัวลงอยู่ใต้น้ำ และหาอาหารที่ก้นของภาชนะ

3) ลูกน้ำยุงรำคาญ จะมีท่อหายใจที่ยาว เกาะที่ผิวน้ำโดยห้อยหัวลงเช่นเดียวกันกับยุงลาย แต่จะหาอาหารที่แขวนลอยอยู่ในน้ำ



รูปที่ 2.3 ลูกน้ำยุง [phetchaburi-fightingfish.blogspot.com]

2.2.3 ตัวโม่่ง (Pupa)

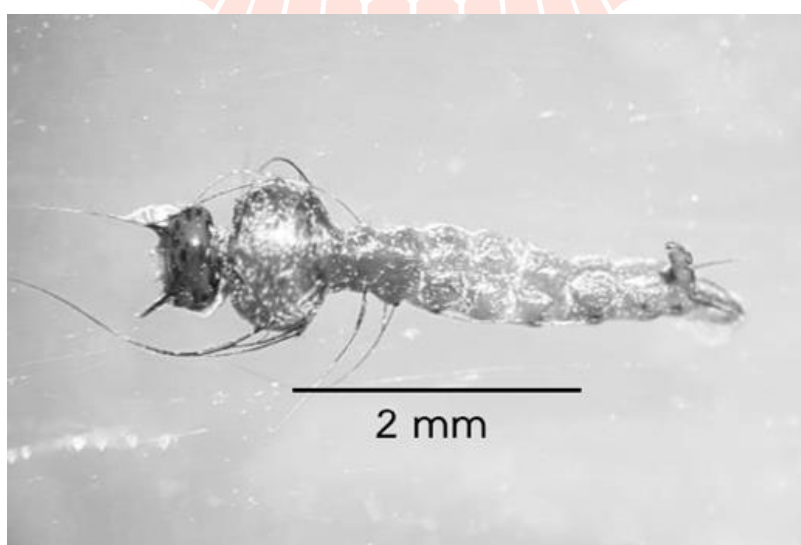
เมื่อตัวโม่่งเจริญเต็มที่ เปลือกที่หุ้มบริเวณส่วนหัวของตัวโม่่งเริ่มปริออก ตัวโม่่งที่อยู่ข้างในจะค่อยๆ ดันตัวออกมา และคลีปีกออก แต่จะเกาะอยู่บนผิวน้ำอยู่ประมาณ 2-3 ชั่วโมง เพื่อให้ปีกแข็งแรงพอที่จะบินได้ตามปกติ โดยยุงมักจะอาศัยอยู่บริเวณแหล่งเพาะพันธุ์ตลอดชีวิต ตัวโม่่งจะกินอาหารจำพวกน้ำหวานจากพืชโดยไม่กินเลือดและจะมีอายุสั้นกว่าตัวเมีย โดยเฉลี่ยจะมีอายุประมาณหนึ่งสัปดาห์ ยุงตัวเมียปกติแล้วก็กินน้ำหวานจากพืชเหมือนกันแต่เมื่อได้รับการผสมพันธุ์แล้ว ก็จะกินเลือดคนหรือสัตว์เพื่อหาโปรตีนและธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของไข่



รูปที่ 2.4 ตัวเต็มวัย [decor.mthai.com/home-idea/tips-home-idea/7330.html]

2.3 ลักษณะของลูกน้ำยุง

ลูกน้ำยุงจะมีลักษณะลำตัวคล้ายตัวหนอน มีขน แต่มีขนาดลำตัวที่เล็กกว่ามาก ลูกน้ำยุงจะมีลำตัวประมาณ 1-2 มิลลิเมตร แล้วแต่ชนิดของยุง การว่ายน้ำของลูกน้ำยุงแต่ละชนิดก็มีความแตกต่างกันด้วย ลูกน้ำยุงจะชอบลอยตัวอยู่บนผิวน้ำโดยจะเอาหางชี้ขึ้นแล้วเอาหัวดิ่งลงใต้น้ำ แต่เมื่อเวลาถูกรบกวนที่บริเวณผิวน้ำก็จะทำการว่ายน้ำลงใต้น้ำอย่างรวดเร็วเพื่อป้องกันตัวเอง รูปร่างของลูกน้ำยุงจะมีลักษณะเป็นผนังเซลล์บางๆ ปกคลุมตัวเอาไว้และมีลำตัวเป็นปล้องๆ มีขนที่ผนังเซลล์ของตัว ลูกน้ำยุงจะมีอายุประมาณ 10-14 วันโดยประมาณ ก่อนกลายเป็นตัวเต็มวัย ดังนั้นในช่วง 10 วันก่อนเป็นตัวเต็มวัยจะเป็นช่วงเวลาที่กำลังง่ายและได้ผลมากที่สุด



รูปที่ 2.5 ลักษณะลูกน้ำยุง [www.nonghandatabase.com]

2.4 การกำจัดลูกน้ำด้วยวิธีต่างๆ

ในส่วนนี้จะอธิบายวิธีการควบคุมและกำจัดลูกน้ำที่มีประสิทธิภาพ โดยแบ่งออกเป็นวิธีการทางชีววิทยาและการใช้สารเคมี ซึ่งแต่ละวิธีมีข้อดีและข้อจำกัดแตกต่างกัน วิธีการทางชีววิทยามุ่งเน้นการใช้จุลินทรีย์และสิ่งมีชีวิต เช่น เชื้อรา แบคทีเรีย โปรโตซัว ไมโครพลาสมา และไวรัส ซึ่งสามารถลดปริมาณลูกน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม สำหรับการใส่สารเคมีนั้น ทราयोอะเบทถือเป็นตัวเลือกที่นิยมใช้ในการกำจัดลูกน้ำ เนื่องจากมีพิษที่รุนแรงต่อยุงและแมลงอื่น ๆ แต่มีอันตรายน้อยต่อมนุษย์และสัตว์เลี้ยงเมื่อใช้ตามคำแนะนำ อย่างไรก็ตาม การเลือกวิธีการกำจัดที่เหมาะสมต้องพิจารณาถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและประสิทธิภาพในการควบคุมลูกน้ำในแต่ละสถานการณ์

2.4.1 ควบคุมโดยวิธีทางชีววิทยา

1) เชื้อรา (Fungi) มีเชื้อราหลายสกุลที่มีความสามารถในการกำจัดยุงได้ โดยบางชนิดพบว่าสามารถเพิ่มปริมาณในตัวของลูกน้ำได้ ทำให้ลูกน้ำตาย แต่วิธีนี้ยังมีปัญหาอยู่บ้างทางด้านอุตสาหกรรมการผลิต เพราะจะต้องทำให้เหมือนกับเชื้อราดำรงชีวิตอยู่ในธรรมชาติ ปัญหาทางด้านวงจรชีวิต และรูปแบบการผลิตต้องเหมาะสมด้วย ตัวอย่างของเชื้อราได้แก่ *Metarhizium*, *Tolypocladium*, *Penicillium* เป็นต้น

2) แบคทีเรีย (Bacteria) แบคทีเรียเป็นจุลินทรีย์ที่นิยมนำมาใช้ในการกำจัดลูกน้ำที่ได้ผลดี สายพันธุ์ที่นำมาใช้คือ *Bacillus thuringiensis* serotype H-14 หรือ *Israelensis* อีกชื่อหนึ่งคือ BTI ซึ่งการเกิดพิษของแบคทีเรียเกิดขึ้นจากการที่ลูกน้ำกินแบคทีเรียนี้เข้าไป โดยสารพิษจะทำให้ปฏิกิริยาทำให้เป็นพิษในกระเพาะอาหาร ทำให้ตายในเวลาไม่ถึง 1 ชั่วโมงขึ้นอยู่กับความเข้มข้นที่ใช้ และลำตัวของลูกน้ำที่ตายจะมีสีซีด ปัจจุบันการผลิตจะเป็นรูปแบบของผงละลายน้ำ เม็ด หรือของเหลว สารพิษสามารถย่อยสลายได้เองตามธรรมชาติแต่ไม่สามารถเพิ่มจำนวนได้ตามธรรมชาติ อาจต้องใช้ร่วมกับสารเคมีอื่น แบคทีเรียอีกชนิดหนึ่งคือ *Bacillus sphaericus* (BS) สามารถสร้างสปอร์เช่นเดียวกัน ทั้งยังไม่เป็นอันตรายต่อมนุษย์และสัตว์ แต่จะเพิ่มจำนวนได้เองตามแหล่งน้ำสกปรกที่มีอินทรีย์วัตถุสูงและสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม สามารถใช้กำจัดลูกน้ำอย่างถาวรแต่ไม่สามารถกำจัดลูกน้ำลายได้

3) โปรโตซัว (Protozoa) สามารถใช้กำจัดลูกน้ำได้แต่จะมีประสิทธิภาพช้ากว่าแบคทีเรีย

4) ไมโครพลาสมา (Microplasma) สามารถกำจัดยุงลายได้แต่ประสิทธิภาพจะช้า จะทำให้ลูกน้ำตายระหว่างเจริญเติบโต หรือถ้ากลายเป็นยุงจะทำให้บินไม่ได้

5) ไวรัส (Virus) เชื้อ *Densovirus* เป็นเชื้อที่มีอยู่แล้วในยุงลายบ้าน

2.4.2 การใช้ทรายอะเบท

ทรายอะเบทเป็นชื่อทางการค้า ซึ่งเป็นทรายที่เคลือบด้วยสารเคมี ในปัจจุบันเราใช้คำว่าทรายอะเบทกำจัดลูกน้ำลายหรือทรายเคมีฟอสแทนชื่อทรายอะเบท โดยสารเคมีนี้เป็นเคมีสังเคราะห์มีฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบสำคัญ สารเคมีฟอสจะออกพิษรุนแรงต่อลูกน้ำ หรือแมลงหัว เพราะฉะนั้นเราจึงใช้คุณสมบัตินี้ของสารเคมีในการกำจัดลูกน้ำ ซึ่งรูปแบบของสารนี้มีทั้งแบบน้ำและแบบผง

แต่ที่นิยมใช้มากที่สุดคือแบบเคลือบเม็ดทรายที่เรียกว่าทรายเคมีฟอส หรือชาวบ้านเรียกว่าทรายอะเบท ซึ่งส่วนใหญ่เม็ดทรายที่เคลือบมีสารออกฤทธิ์ 1% หรือ 2% เวลาใช้จะต้องนำไปใส่

น้ำอัตราส่วนการใช้ ทรายอะเบท 1 กรัมต่อน้ำ 10 ลิตร โดยคำนวณเปอร์เซ็นต์แยกต่างหาก โดยสัดส่วน จะมีบอกอยู่ที่ซอง



รูปที่ 2.6 ทรายอะเบท [www.neutron.rmutphysics.com]

ข้อดีของทรายอะเบท

1. เมื่อใส่ทรายลงไปในพื้นที่น้ำขัง จะป้องกันลูกน้ำได้นานประมาณ 3 เดือน
2. เป็นสารเคมีที่อันตรายน้อย ถ้าใส่ตามอัตราส่วนที่กระทรวงสาธารณสุขสุข จะไม่เกิดอันตรายต่อทั้งคนและสัตว์เลี้ยง

ข้อเสียของทรายอะเบท

1. มีกลิ่นเล็กน้อยแต่จะสามารถกำจัดได้โดยเปิดภาชนะทิ้งไว้ประมาณ 2-3 วัน
2. ทรายอะเบทไม่สามารถออกฤทธิ์กำจัดลูกน้ำที่ตัวเต็มวัยไม่ได้ ดังนั้นขณะมีการระบาดของไข่เลือดออก การใช้ทรายอะเบทแก้ปัญหาจะไม่ทันต่อเหตุการณ์ จะต้องทำการพ่นสารเคมีเพื่อทำลายวิธีการกำจัดลูกน้ำยังมีอีกหลายวิธีที่ยังไม่ได้กล่าว บางวิธีเป็นการกำจัดแบบง่าย ๆ เช่นคว่ำพาชนะที่มีน้ำขัง หรือปล่อยปลาหางนกยูง เป็นต้น



รูปที่ 2.7 ปลาหางนกยูง [guppythailand.blogspot.com]

2.5 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในการกำจัดลูกน้ำยุง

การควบคุมและกำจัดลูกน้ำยุงเป็นกระบวนการที่สำคัญในการลดการแพร่ระบาดของโรคไข้เลือดออกและโรคอื่นๆ ที่ยุงเป็นพาหะ การเลือกใช้เทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพสามารถช่วยเพิ่มความสามารถในการควบคุมการเจริญเติบโตของลูกน้ำยุงได้ โดยในบทนี้จะอธิบายถึงทฤษฎีต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการใช้คลื่นอัลตราโซนิกในการกำจัดลูกน้ำยุง ซึ่งเป็นวิธีการที่มีศักยภาพในการทำลายโครงสร้างและระบบชีวภาพของลูกน้ำ เพื่อให้สามารถควบคุมการแพร่พันธุ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพระบบอัลตราโซนิกเป็นเทคโนโลยีที่ใช้คลื่นเสียงความถี่สูง ซึ่งมีคุณสมบัติพิเศษในการส่งคลื่นไปยังเป้าหมายได้อย่างแม่นยำ โดยไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตชนิดอื่น ทำให้สามารถนำมาใช้ในการกำจัดลูกน้ำยุงได้อย่างปลอดภัย นอกจากนี้ การใช้ทรานสดิวเซอร์แบบเพียโซอิเล็กทริกซึ่งมีความสามารถในการแปลงพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกลได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้สามารถสร้างคลื่นอัลตราโซนิกที่มีความถี่และพลังงานที่เหมาะสมสำหรับการใช้งาน

2.5.1 ทฤษฎีของระบบอัลตราโซนิก

ทฤษฎีของระบบอัลตราโซนิกคือคลื่นเสียงที่มีความถี่สูงเกินกว่ามนุษย์ได้ยิน โดยทั่วไปหูของมนุษย์จะได้ยินเสียงโดยเฉลี่ยถึงแค่ 15 kHz เท่านั้น แต่เด็กอาจได้ยินที่มีความถี่สูงกว่าผู้ใหญ่ คำว่าอัลตราโซนิกหมายถึงคลื่นที่มีความถี่สูงกว่า 20 kHz ขึ้นไปถึงเท่าใดก็ได้ระบุไว้

สาเหตุที่ใช้อย่างนี้เพราะว่าเป็นคลื่นที่มีทิศทางซึ่งสามารถควบคุมคลื่นเสียงไปยังเป้าหมายได้โดยเจาะจง เรื่องนี้เป็นคุณสมบัติของคลื่นอย่างหนึ่ง ยิ่งความถี่สูงมากความยาวคลื่นจะยิ่งสั้นลง ถ้าความยาวคลื่นยาวกว่าช่องเปิดที่ให้เสียงออกมาของตัวกำเนิดเสียงความถี่นั้นเช่น 300 Hz ซึ่งยาวกว่าช่องที่ให้คลื่นเสียงออกมาทั่วไปมาก คลื่นจะหักเบนที่ขอบด้านนอกของตัวกำเนิดเสียงทำให้เกิดการกระจายทิศทางคลื่นแต่ถ้าความถี่สูงขึ้นอยู่ให้ย่านอัลตราโซนิก เช่น 40 kHz จะมีความยาวคลื่นเล็กกว่ารูเปิดของตัวให้กำเนิดเสียงทำให้คลื่นเสียงไม่มีการเลี้ยวเบนที่ขอบจึงพุ่งออกมาเป็นลำแคบๆหรือที่เรียกว่ามีทิศทาง

คลื่นความถี่เมื่อวิ่งในน้ำจะมีความเร็วต่างจากวิ่งในอากาศโดยเมื่อวิ่งในน้ำอุณหภูมิ 25 องศา จะมีความเร็วที่ 1497 m/s ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ใช้ความถี่ที่ 40 kHz ทำให้ได้ความยาวคลื่นเป็นหรือประมาณ 4 เซนติเมตร

คลื่นเสียงย่านอัลตราโซนิกกระจายในอากาศได้ หรือแปลงพลังงานทางกลให้มาเป็นรูปแบบอื่นได้ เรียกว่าอัลตราโซนิกทรานสดิวเซอร์ (Ultrasonic Transducer) ในปัจจุบันอัลตราโซนิกทรานสดิวเซอร์มีหลายแบบขึ้นอยู่กับหลักการที่ใช้ แบบที่นิยมทั่วไปได้แก่

1) แบบเพียโซอิเล็กทริก (Piezo-electric Transducer)

ซึ่งจะทำการแปลงไปมาระหว่างพลังงานไฟฟ้าและพลังงานกล โดยจะมีความถี่เรโซแนนซ์คงที่อยู่มากหนึ่ง

2) แบบแมกนีโตสตริกทีฟ (Magnetostrictive Tracsducer)

ซึ่งจะแปลงไปมาหา ระหว่างไฟฟ้าในขดลวดกับตำแหน่งความยาวของแกนเหล็กที่สวมขดลวดนั้นอยู่

3) แบบอิเล็กโตรสตริกทีฟ (Electrostrictive Transducer)

จะแปลงไปมาระหว่างพลังงานไฟฟ้าและพลังงานกล

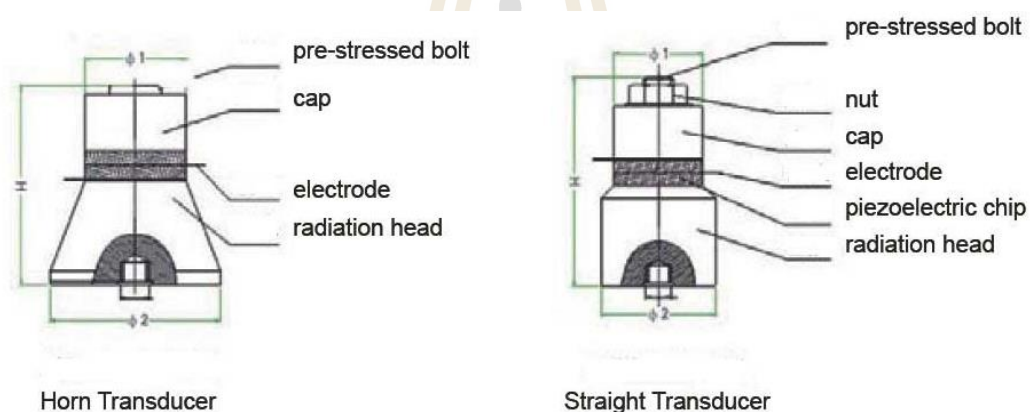
วิธีที่ใช้ในการนำเสนอที่จะใช้กำจัดลูกน้ำยุงต่อไปนี้เป็นคือ แบบเพียโซอิเล็กทริก

2.5.2 ทรานสดิวเซอร์แบบเพียโซอิเล็กทริก

ปรากฏการณ์เพียโซอิเล็กทริก (Piezoelectric Effect) ถูกค้นพบในปี ค.ศ. 1880 โดย Pierre Curies ได้ศึกษาผลของความดันต่อการเกิดประจุไฟฟ้าของผลึกควอตซ์ (Quartz) ดีเกลีอ (Rochelle Salt) อัญมณี (Tourmaline) ว่าสามารถให้กำเนิดไฟฟ้าได้เมื่อมีแรงกดกระทำต่อผลึก เขาให้ชื่อกับปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นว่า ปรากฏการณ์ “เพียโซอิเล็กทริก (Piezoelectric Effect)” ต่อมาในปี ค.ศ.1881 Gabriel Lippmann ได้ศึกษาค้นพบปรากฏการณ์ย้อนกลับได้โดยพิจารณาจากหลักเทอร์โมไดนามิกส์ คือ ถ้าให้ไฟฟ้าเข้าไปในผลึก ผลึกก็จะสั่นได้ วัสดุเพียโซอิเล็กทริกที่ได้รับแรงเค้น (Mechanical Stress) จะถูกเหนี่ยวนำให้เกิดการประจุไฟฟ้า (Electric Charge) หรือ การจัดเรียงตัวทางแสงขึ้น(Polarization) เรียกว่า “ผลทางตรง” (Direct Effect) เมื่อนำวงจรต่อเข้ากับวัสดุเพียโซอิเล็กทริกภายใต้แรงอัดจะมีกระแสไหลเข้าวงจรและหากเปลี่ยนเป็นแรงดึงจะเกิดกระแสไหลในทิศทางตรงข้าม การประยุกต์จากผลทางตรงเช่น ไมโครโฟน และสัญญาณโซนาร์ เป็นต้นวัสดุเพียโซอิเล็กทริกภายใต้สนามไฟฟ้าจะเกิดแรงเครียดอัดภายในผลึก (Compression Strain) ทำให้วัสดุเกิดการบิดรูปไปจากเดิม และหากกลับทิศทางของสนามจะเกิดแรงเครียดดึง (Tensile Strain) ปรากฏการณ์ดังกล่าวเรียกว่า “ผลทางอ้อม” (Indirect Effect, Converse Effect) งานประยุกต์ผลทางอ้อมเช่น เต้าจุดแก๊ส, อัลตราโซนิกทรานสดิวเซอร์ (Ultrasonic Transducers) แอคชูเอเตอร์ (Actuators) เป็นต้น Piezoelectric เป็นคุณสมบัติชนิดของวัสดุที่มาจากคริสตอลรวมไปถึงคริสตอลธรรมชาติทั้งควอตซ์ (Quartz) ดีเกลีอ (Rochelle Salt) และอัญมณี (Tourmaline) รวมทั้งเซรามิก เช่น แบเรียมไททาเนต และ ลีดโซโคเนต เมื่อใช้ความดันทางกลปรับให้เข้ากับวัสดุเหล่านี้โครงสร้างที่เป็นคริสตอลจะสร้างสนามไฟฟ้าที่เป็นสัดส่วนที่เหมาะสมกับความดัน ทำให้โครงสร้างถูกเปลี่ยนรูปร่างจนทำให้เกิดการเปลี่ยนมิติของวัสดุการทดลองที่เกี่ยวข้องระหว่างปรากฏการณ์เพียโซอิเล็กทริก (Piezoelectric) กับโครงสร้างของคริสตอลถูกเผยแพร่ในปี ค.ศ. 1880 โดย Pierre และ Jacques Curie การทดลองของเขาศึกษาถึงการวัดการเปลี่ยนแปลงของผิวหน้าซึ่งปรากฏอยู่บนคริสตอล ที่ได้รับจากความเครียดทางกล ในวงการทางวิทยาศาสตร์ผลการทดลองนี้ถือว่าการค้นพบที่สำคัญ และถูกตั้งชื่อให้อย่างรวดเร็วว่า “Piezoelectricity” และเพื่อทำให้เกิดความต่างกับการทดลอง ปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์อื่นเช่น Contact Electricity หรือ Pyroelectric ฟิรื่อง Curies ได้พบว่าปฏิกิริยาร่วมกันแบบหนึ่งต่อหนึ่งระหว่างผลกระทบทางไฟฟ้าจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและความเครียดทางกลในคริสตอลซึ่งเป็นผลมาจากการทดลองในเรื่องของการเกิด Microscopic-Crystallographic อันเป็นจุดเริ่มต้นของไพโรอิเล็กทริก (Pyroelectric)

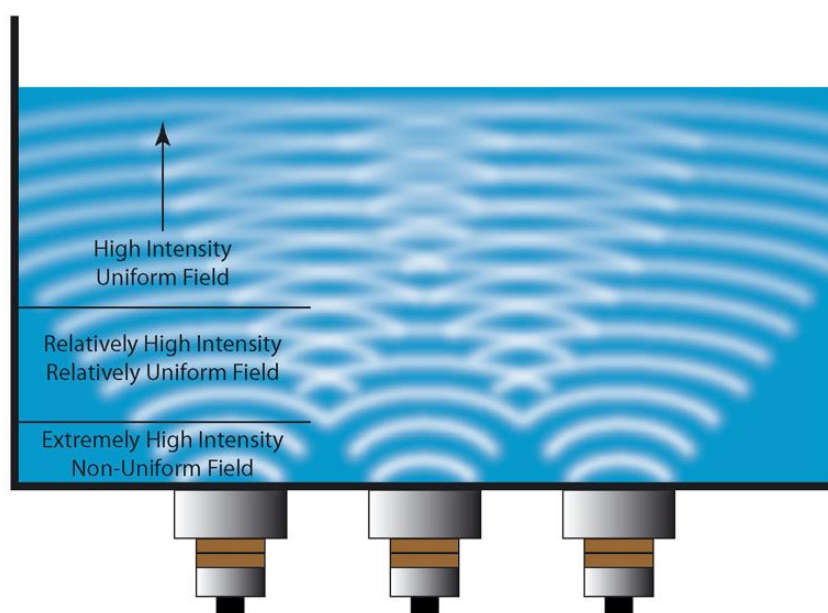
สาเหตุที่มีการนำเอาคลื่นย่านอัลตราโซนิกมาใช้ก็เพราะว่าเป็นคลื่นที่มีทิศทางทำให้เราสามารถเล็งคลื่นเสียงไปยังเป้าหมายที่ต้องการได้โดยเจาะจง เรื่องนี้เป็นคุณสมบัติของคลื่นอย่างหนึ่ง ยิ่งคลื่นมีความถี่สูงขึ้นความยาวคลื่นก็จะยิ่งสั้นลง ถ้าความยาวคลื่นยาวกว่าช่องเปิด (ที่ให้เสียงนั้นออกมา) ของตัวกำเนิดเสียงความถี่นั้นเช่น คลื่นความถี่ 300 Hz ในอากาศจะมีความยาวถึงประมาณ 1 เมตรเศษ ๆ ซึ่งจะยาวกว่าช่องที่ให้คลื่นเสียงออกมาจากตัวกำเนิดเสียงโดยทั่วไปมากมายคลื่นจะหักเบนที่ขอบด้านนอกของตัวกำเนิดเสียงทำให้เกิดการกระจายทิศทางคลื่นแต่ถ้าความถี่สูงขึ้นมาอยู่ในย่านอัลตราโซนิก อย่างเช่น 40 kHz จะมีความยาวคลื่นในอากาศเพียงประมาณ 8 มม. เท่านั้นซึ่งเล็กกว่ารูเปิดของตัวที่ให้กำเนิดเสียงความถี่นั้นมากคลื่นเสียงจะไม่มีการเลี้ยวเบนที่ขอบจึงพุ่งออกมาเป็นลำแคบ ๆ หรือที่เราเรียกว่า มีทิศทาง การมีทิศทางของคลื่นเสียงย่านอัลตราโซนิกทำให้นำไปใช้งานได้หลาย

อย่าง เช่น นำไปใช้ในเครื่องควบคุมระยะไกล (Ultrasonic remote control) เครื่องล้างอุปกรณ์ (Ultrasonic cleaner) โดยให้น้ำสั่นที่ความถี่สูง เครื่องวัดความหนาของวัตถุโดยส่งกระแยะเวลาที่คลื่นสะท้อนกลับมา เครื่องวัดความลึกและทำแผนที่ใต้ท้องทะเล ใช้ในเครื่องหาตำแหน่งอวัยวะบางส่วนในร่างกาย ใช้ทดสอบการรั่วไหลของท่อ เป็นต้น อุปกรณ์ที่สามารถแปลงพลังงานในรูปอื่นให้มาเป็นพลังงานทางกลโดยการสั่นไปมา ซึ่งทำให้เกิดคลื่นเสียงย่านอัลตราโซนิกกระจายไปในอากาศได้หรือแปลงพลังงานทางกลให้มาเป็นพลังงานในรูปอื่นได้นั้น มีชื่อเรียกว่า อัลตราโซนิกทรานสดิวเซอร์ (Ultrasonic Transducer) ในปัจจุบันอัลตราโซนิกทรานสดิวเซอร์มีหลายแบบขึ้นอยู่กับหลักการที่ใช้แบบที่นิยมใช้กันมากได้แก่ แบบเพียโซอิเล็กทริก (Piezo-electric Transducer) ซึ่งแปลงไปมาระหว่างพลังงานไฟฟ้าและพลังงานทางกล โดยมีความถี่เรโซแนนซ์คงที่อยู่มากหนึ่ง ดังแสดงในรูปที่ 2.8 ลักษณะโครงสร้างตัวปล่อยคลื่นอัลตราโซนิกทรานสดิวเซอร์ โดยทรานสดิวเซอร์แบบเพียโซอิเล็กทริก ภายในตัวอัลตราโซนิกทรานสดิวเซอร์แบบเพียโซอิเล็กทริก แบบที่มีใช้กันในปัจจุบัน ซึ่งได้รับการพัฒนามันมาในระดับหนึ่งแล้วจะประกอบด้วยชิ้นสารเซรามิกส์เคลือบซึ่งมีผิวโลหะเงินฉาบอยู่ทั้ง 2 หน้าเพื่อให้ต่อสายไฟออกมาเป็นขา 2 ขา ชิ้นสารเซรามิกนี้ประกอบขึ้นจากสารเซรามิก 2 ชิ้น ประกบกันอยู่โดยวางให้ขั้วไดโพลทางไฟฟ้าภายในอะตอมของมันมีทิศทางตรงข้ามกัน

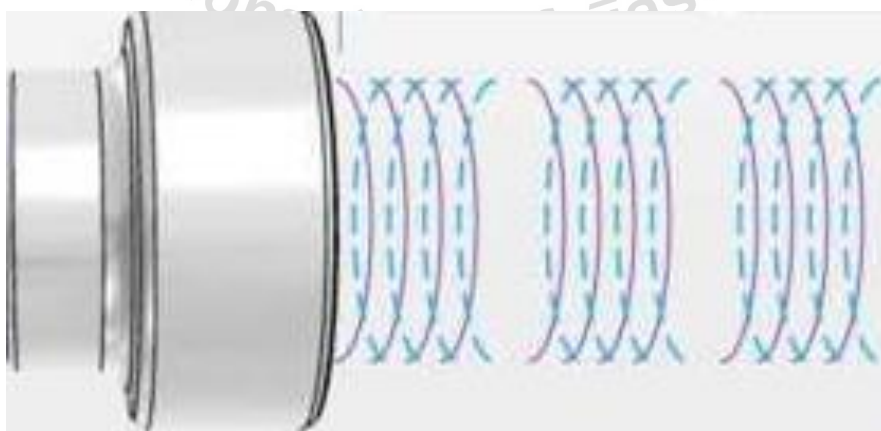


รูปที่ 2.8 ลักษณะโครงสร้างตัวปล่อยคลื่นอัลตราโซนิกทรานสดิวเซอร์

ลักษณะการใช้งานทรานสดิวเซอร์แบบเพียโซอิเล็กทริกจะถูกติดตั้งติดกับแผ่นโลหะที่ไม่มีการเกิดสนิม เพื่อส่งผ่านกำลังงานคลื่นเสียงความถี่สูง ไปยังวัตถุที่ต้องการกำจัดหรือทำลาย โดยลักษณะของการติดตั้งแสดงดังรูปที่ 2.9 เป็นลักษณะของการติดตั้งทรานสดิวเซอร์แบบเพียโซอิเล็กทริกกับแผ่นโลหะทั้งหมด 3 ตัว ทำให้มีลักษณะของคลื่นเสียงเกิดการกระจายไปทั่วทั้งบริเวณ ซึ่งหาลูกน้ำหรือสิ่งมีชีวิตต่างๆ ได้รับพลังงานที่มากพอ ซึ่งจะทำให้ได้รับผลกระทบและถูกกำจัดได้ อย่างไรก็ตามการออกแบบเครื่องกำเนิดคลื่นเสียงความถี่สูงกำลังงานสูงย่าน อุลตราโซนิกเพื่อกำจัดลูกน้ำยุง ได้ออกแบบให้ระบบมีความเหมาะสมกับลูกน้ำยุงเท่านั้น ซึ่งไม่มีผลการทบทต่อสิ่งมีชีวิตชนิดอื่นๆ โดยลักษณะการกระจายคลื่นหัวทรานสดิวเซอร์แบบเพียโซอิเล็กทริกแสดงดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.9 ลักษณะการติดตั้งใช้งานและการกระจายคลื่นเสียงความถี่สูง



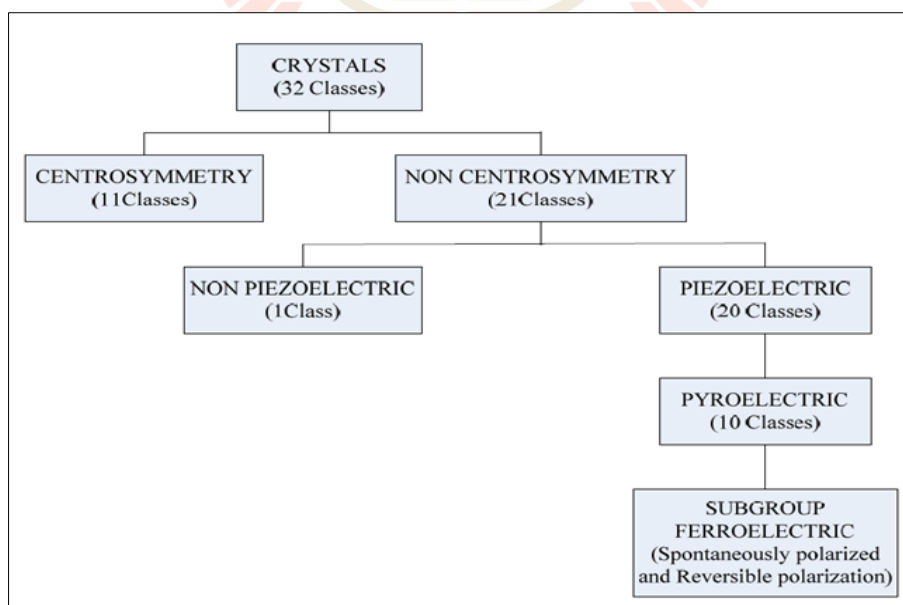
รูปที่ 2.10 ลักษณะการกระจายคลื่นเสียงความถี่สูงของแต่ละหัว

2.5.2.1 ลักษณะของวัสดุเพียโซอิเล็กทริก

นักฟิสิกส์ศาสตร์ได้แบ่งระบบโครงสร้างผลึกเป็น 7 ระบบโดยโครงสร้างผลึกสามารถแบ่งเป็น 32 กลุ่ม (Classes or Point Groups) ผลึกทั้ง 32 กลุ่มสามารถแบ่งหมวดได้ดังรูปที่ 2.11 ผลึกที่มีศูนย์กลางสมมาตร (Centro symmetry) มีอยู่ 11 กลุ่มและผลึกที่ไม่มีศูนย์กลางสมมาตร (Non Centrosymmetric) มีอยู่ 21 กลุ่มในจำนวนนี้มีผลึกถึง 20 กลุ่มสามารถแสดงปรากฏการณ์เพียโซอิเล็กทริกได้ผลึกที่แสดงปรากฏการณ์เพียโซอิเล็กทริกจะแบ่งออกไปอีก 10 กลุ่มโดยเป็นผลึกที่มีทิศทางโพลาไรซ์ (dipoles) ตามธรรมชาติแม้จะไม่มีแรงเค้นหรือสนามไฟฟ้ามากระทำขนาดการโพลาไรซ์สามารถเพิ่มขึ้นหรือลดลงแบบรอบตัวหรือรอบทิศทางตามการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ และบางกลุ่มเป็นแบบให้สนามไฟฟ้าซึ่งมีทั้งแบบที่เป็น Spontaneously Polarization และ Reversible Polarization ปรากฏการณ์นี้เรียกว่า “Ferroelectric” ซึ่งอยู่ในกลุ่มของ “Pyroelectric” สารสังเคราะห์ Polycrystalline Materials ประกอบด้วยผลึกจำนวนมากที่มีทิศทางขั้วไฟฟ้ากระจายหลากหลายทิศทาง ทำให้ทิศการโพลาไรซ์ได้ผลลัพธ์เป็นศูนย์และไม่สามารถตรวจวัดปรากฏการณ์เพียโซอิเล็กทริกได้ การจัดทิศขั้วสามารถทำได้โดยการจ่ายสนามไฟฟ้าเพื่อให้ทิศขั้วอยู่ในทิศทางเดียวกับสนามไฟฟ้ามากที่สุดจึงทำให้สามารถตรวจสอบปรากฏการณ์เพียโซอิเล็กทริกได้วิธีการดังกล่าวเรียกว่า การโพล (Poling)

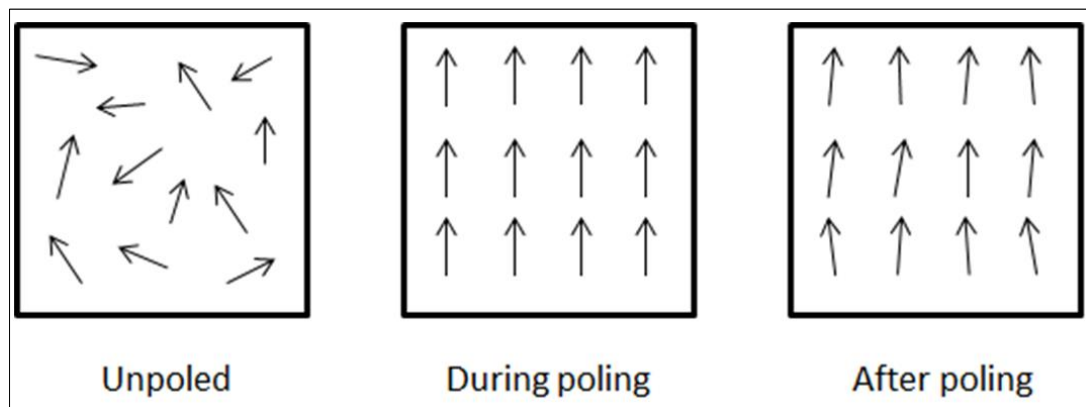
2.5.2.2 ปรากฏการณ์ Piezoelectricity

จากเหตุผลข้างต้นที่ผ่านมาเพราะความไม่สมมาตรกับจุดศูนย์กลางของผลึกเซลล์ (Non Centrosymmetric) เมื่อมีแรงกดจะทำให้ Dipole เกิดขึ้นและเป็นผลทำให้เกิดกระแสขึ้นในทำนองกลับกันเมื่อมีแรงดึงจะทำให้ Dipole เกิดขึ้นและเป็นผลทำให้เกิดกระแสขึ้นเช่นกันดังรูปที่ 2.12 ในทำนองเดียวกันเมื่อเราป้อนแรงดันบนพิโซอิเล็กทริก ตัวเซรามิกจะขยายและหดตัวซึ่งจะเป็นการเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าไปเป็นพลังงานกล



รูปที่ 2.11 ความสัมพันธ์ของการแบ่งโครงสร้างของผลึก

เพียโซอิเล็กทริกนั้นจะมีการ Polarization ตามธรรมชาติซึ่งแตกต่างจาก Ferroelectric สารเพียโซอิเล็กทริกนั้นหลังจากการตัดให้เป็นชิ้นใหม่ ๆ Dipoles ที่มีอยู่ในส่วน (Grains) ต่าง ๆ นั้นไม่ได้เรียงไปในแนวทางเดียวกันดังนั้นจึงต้องมีกระบวนการ Poling เพื่อให้ Dipoles ต่าง ๆ เรียงไปในทิศทางเดียวกันดังรูปที่ 2.12 ซึ่งหากปราศจากกระบวนการ Poling แล้วสารเพียโซจะไม่แสดงสมบัติพิเศษใด ๆ เลยการ Poling จะกระทำที่อุณหภูมิคูรี (Curie Temperature, T_c)



รูปที่ 2.12 แสดงการ Poling of Piezoelectric Ceramics

สมการที่อธิบายเกี่ยวกับผลของปรากฏการณ์ Piezoelectric เขียนได้ดังนี้

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

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

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)

ค่าของเพียโซอิเล็กทริกจะเกี่ยวพันกับสนามไฟฟ้าที่เกิดจากแรงเค้นอาจจะเขียนในรูปของ แรงดันหรือค่า 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

2.5.3 วงจรเรโซแนนซ์ของหัวเพียโซอิเล็กทริก

วงจรเรโซแนนซ์ในส่วนของกระบวนการการเรโซแนนซ์จะประกอบด้วยส่วนของค่าตัวเก็บประจุ, ค่าความเหนี่ยวนำ และค่าความต้านทานโดยทั่วไปแล้ววงจรเรโซแนนซ์จะใช้อยู่ 2 ประเภท คือการต่อวงจรเรโซแนนซ์แบบอนุกรมและการต่อวงจรเรโซแนนซ์แบบขนาน ในรูปที่ 2.13 เป็นการแสดงการต่อวงจรทั้ง 2 ประเภทเมื่อมีการจ่ายกำลังไฟฟ้าพลังงานไฟฟ้างานที่ 2.8 คือพลังงานจะถูกเก็บอยู่ในอุปกรณ์ที่ชักนำกระแสกลับแล้วจะถ่ายเทไปยังส่วนของตัวเก็บประจุสมการที่ 2.9 ทำให้การคำนวณจำนวนของพลังงานที่เก็บในตัวเก็บประจุได้ง่ายขึ้นการเรโซแนนซ์ที่เกิดขึ้นในอุปกรณ์ที่ชักนำกระแสกลับและตัวเก็บประจุจะเปลี่ยนไปเป็นในรูปของพลังงานจำนวนของพลังงานสูงสุดจะถูกเก็บสะสมไว้อยู่ที่ตัวนำ โดยกระแสที่ไหลในวงจรมีค่าดังสมการต่อไปนี้

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

แรงดันคร่อมหัวเพียโซอิเล็กทริก

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

พลังงานที่เกิดจากตัวเหนี่ยวนำ

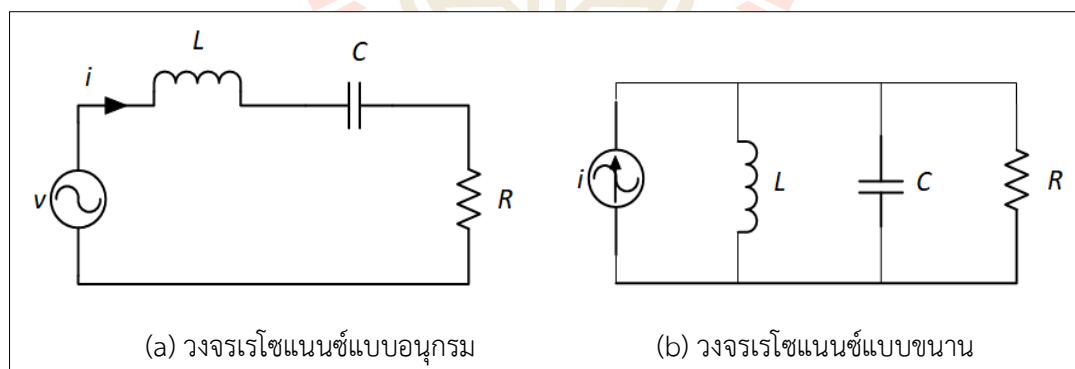
$$E_L = \frac{1}{2} Li^2 = LI^2 \sin^2(\omega t) \quad (2.8)$$

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 โดยในส่วนของการตอบสนองทางการเหนี่ยวนำกระแสไฟฟ้าจะมีความสัมพันธ์กันดังสมการที่ 2.11 และสมการที่ 2.12 ขนาดของอิมพีแดนซ์ของวงจรอนุกรมจะได้ดังสมการที่ 2.15



รูปที่ 2.13 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

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

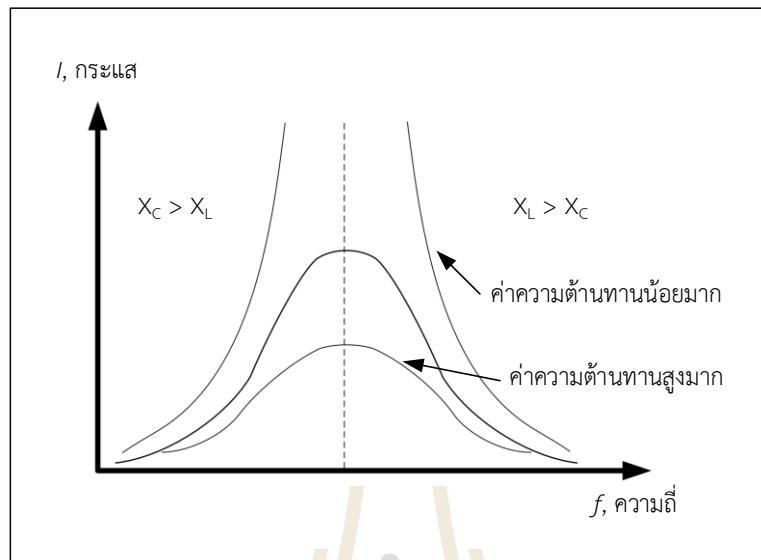
คุณสมบัติของความต้านทานสามารถเรียกอีกอย่างว่าอิมพีแดนซ์คุณลักษณะซึ่งสามารถแสดงในสมการที่ 2.15

$$Z_0 = X_L = X_C = \omega_0 L = \frac{1}{\omega_0 C} = \sqrt{\frac{L}{C}} \quad (2.15)$$

$$Z_0^2 = X_L \cdot X_C = \frac{L}{C}$$

จากสมการทั้งหมดจะเห็นได้ว่าความต้านทานเป็นส่วนน้อยส่วนมากจะเป็นค่าความเหนี่ยวนำค่าตัวเก็บประจุมากกว่าที่ทำให้เกิดการเรโซแนนซ์รูปพลังงานที่ได้จะมีลักษณะที่เป็นดังรูปที่ 2.14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเอาต์พุตของกระแสกับความถี่ต้นกำเนิดจะเห็นได้ว่าเมื่อความถี่ที่น้อยไปหรือมากไปทำให้เกิดการไม่แมตซ์กันค่าของกระแสและกำลังงานที่ได้ก็จะมีค่าน้อยแต่เมื่อค่าของค่าความเหนี่ยวนำและค่าตัวเก็บประจุเกิดการแมตซ์กันก็จะทำให้กระแสที่ได้มีค่าสูงสุดทำให้ได้กำลังงานสูงสุดในการเกิดช่วงความถี่เรโซแนนซ์ด้วยจะเห็นได้ว่าในพื้นที่ของการปรับเปลี่ยนความถี่ให้มากหรือน้อยกว่าช่วงความถี่เรโซแนนซ์ค่าของความเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุเป็นส่วนที่มีความสัมพันธ์โดยตรงกับการปรับเปลี่ยนความถี่

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



รูปที่ 2.14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเอาต์พุตของกระแสกับความถี่ต้นกำเนิด

ส่วนของความสัมพันธ์ของสูตรที่ได้จากการทำให้เมตซ์กันซึ่งก็จะมีส่วนของกระแสส่วนของแรงดันที่ป้อนให้ส่วนของตัวเก็บประจุส่วนของความเหนี่ยวนำและส่วนของความถี่โดยมีความสัมพันธ์ดังนี้

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

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

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

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

2.6 สรุป

การใช้คลื่นอัลตราโซนิกในการกำจัดลูกน้ำยุง โดยเทคโนโลยีนี้ใช้คลื่นเสียงความถี่สูงเพื่อทำลายโครงสร้างชีวภาพของลูกน้ำยุงอย่างมีประสิทธิภาพและแม่นยำ โดยไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ อัลตราโซนิกทรานสดิวเซอร์ เช่น แบบเปียโซอิเล็กทริก ถูกใช้ในการแปลงพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล

เพื่อสร้างคลื่นที่มีคุณสมบัติเฉพาะในการควบคุมทิศทาง นอกจากนี้ยังมีการอธิบายถึงปรากฏการณ์เพียโซอิเล็กทริกและบทบาทของการเรโซแนนซ์ในการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบ ทำให้การใช้คลื่นอัลตราโซนิกเป็นวิธีที่มีศักยภาพในการควบคุมการแพร่ระบาดของยุงอย่างยั่งยืน



บทที่ 3

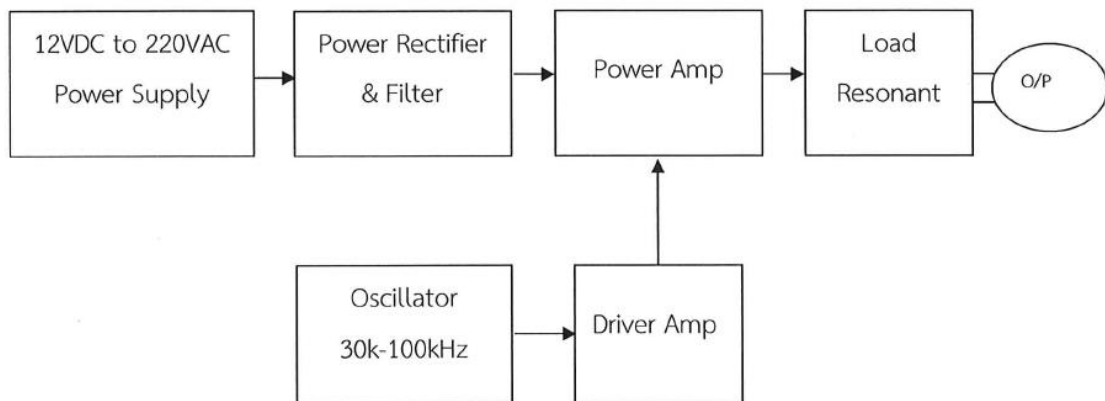
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 กล่าวนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงการออกแบบวงจรกำลังสำหรับใช้ในแหล่งน้ำขนาดใหญ่ ในการออกแบบจะเริ่มจากออกแบบเพาเวอร์ซัพพลาย (Power Supply) 2 ชุดให้เป็นโวลต์สูงและโวลต์ต่ำ ตามด้วยวงจรสร้างความถี่ (Oscillator) และวงจรไดรฟ์สัญญาณ สุดท้ายจะเป็นชุดอินเวอร์เตอร์และหม้อแปลง ในวงจรจะแสดงขั้นตอนการประกอบเพื่อใช้งานจริง เมื่อได้วงจรและการประกอบเสร็จสิ้นแล้ว ต่อไปจะเป็นการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องกำลังน้ำ ซึ่งจะทำให้การกล่าวในบทถัดไป

3.2 การออกแบบระบบการกำลังน้ำสำหรับใช้ในแหล่งน้ำขนาดใหญ่

การออกแบบวงจรของเครื่องกำลังน้ำจะต้องออกแบบสร้างวงจรโซ่แบบให้สัมพันธ์กับความถี่ของตัวปล่อยคลื่นแบบเปียโซอิเล็กทริกที่เลือกและมีรูปแบบความถี่เป็นช่วง ๆ เพื่อป้องกันการเกิดความร้อนที่ตัวปล่อยคลื่นซึ่งประกอบด้วยภาควงจรสำคัญดังรูปที่ 3.1 ลูกน้ำแบ่งเป็นภาคใหญ่ ๆ คือ แสดงบล็อกไดอะแกรมของวงจรเครื่องกำลังน้ำ

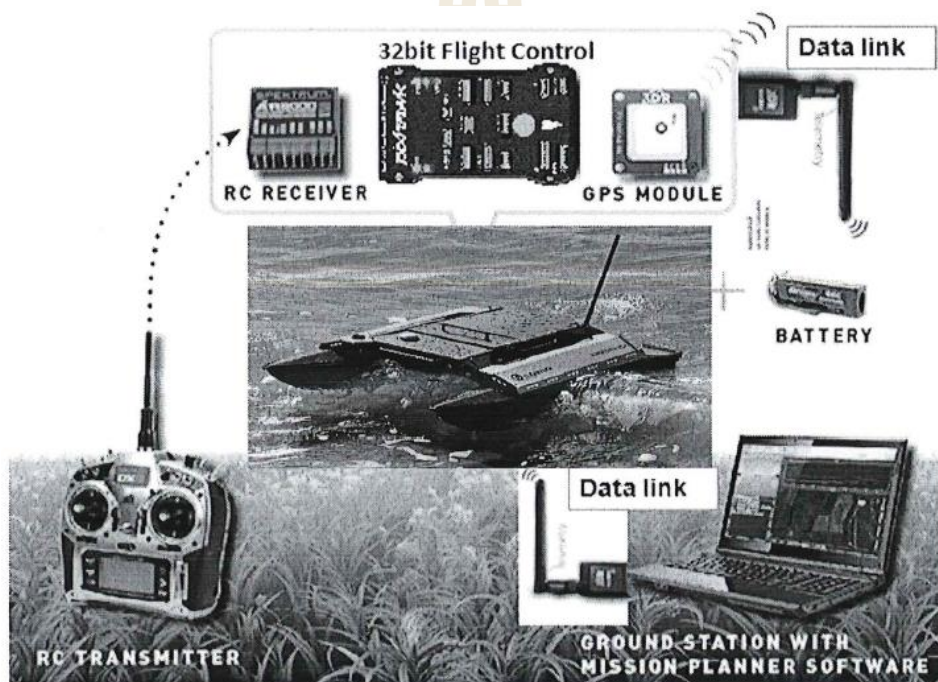


รูปที่ 3.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมของวงจรเครื่องกำลังน้ำ

จากรูปที่ 3.1 ภาคที่ 1 ภาควงจรเรียงกระแสไฟฟ้าและกรองกระแสไฟฟ้าทางด้านอินพุต (Power Rectifier & Filter) 2. ภาควงจรขยายกำลัง (Power Amp) 3. ภาควงจรสร้างและขยายความถี่ (Oscillator & Driver Amp) 4. ภาควงจรรีโซแนนซ์และขดลวดหม้อแปลง (Load Resonant & coil Transformer) โดยมีการทำงาน ของแต่ละภาควงจรพอสังเขป คือ จากแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงจากแบตเตอรี่ 12 VDC กระแสสูง แปลงเป็น ไฟฟ้ากระแสสลับ 220 VAC 50Hz ผ่านวงจรเรียงกระแสและกรองกระแสไฟฟ้าได้แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่ ประมาณ 310 VDC ไปเป็นแหล่งจ่ายที่ภาคของวงจรสวิตช์และขยายกำลังโดยใช้มอสเฟตหรือทรานซิสเตอร์ ส่วนความถี่ของวงจรสร้างสัญญาณความถี่แบบปรับค่าได้อยู่ในช่วง 30-100 KHz ผ่านวงจรขยายกำลังมาเป็น สัญญาณความถี่สำหรับการสวิตช์ความถี่ที่

ภาคขยายกำลัง และกำลังไฟฟ้าที่ได้จะส่งต่อไปยังภาควงจรรีโซแนนซ์และ ขดลวดหม้อแปลงความถี่สูง กำลังสูงและส่งต่อไปที่ตัวปล่อยคลื่นแบบเปียโซอิเล็กทริกโดยมีกำลังงานเอาพุต ขนาดประมาณ 1000 วัตต์

อีกแนวทางหนึ่งในการกำจัดลูกน้ำลงในแหล่งน้ำขนาดใหญ่ คือนำโมดูลอัลตราโซนิกติดไปกับ เรือไร้ คนขับซึ่งทำงานอัตโนมัติ หรือ Unmanned Water Vehicle (UWV) ซึ่งอาจเป็นได้ทั้งเรือผิวน้ำ และเรือดำน้ำ ในระบบ UWV ใช้อุปกรณ์ในการควบคุมและแสดงผลดังแสดงในรูปที่ 3.2 ชุด Flight Control ติดตั้ง อยู่บน UWV ทำการควบคุมการเคลื่อนที่ของ UAV โดยติดตั้ง GPS เพื่อสามารถระบุ ตำแหน่งตนเองที่กำลัง เคลื่อน และใช้ในการเคลื่อนที่อัตโนมัติ ไปยังพิกัดที่ต้องการ ระบบสื่อสารมี 2 ทาง คือผ่านชุดวิทยุควบคุมไร้สาย เพื่อทำการควบคุมแบบ manual และระบบ data link ซึ่งเป็นชุด ควบคุมแบบอัตโนมัติผ่านคอมพิวเตอร์ ตัว UWV ประกอบไปด้วย มอเตอร์ ชุดควบคุมความเร็วมอเตอร์ แบตเตอรี่ เซอร์โวมอเตอร์ และอุปกรณ์เสริมอื่น ๆ



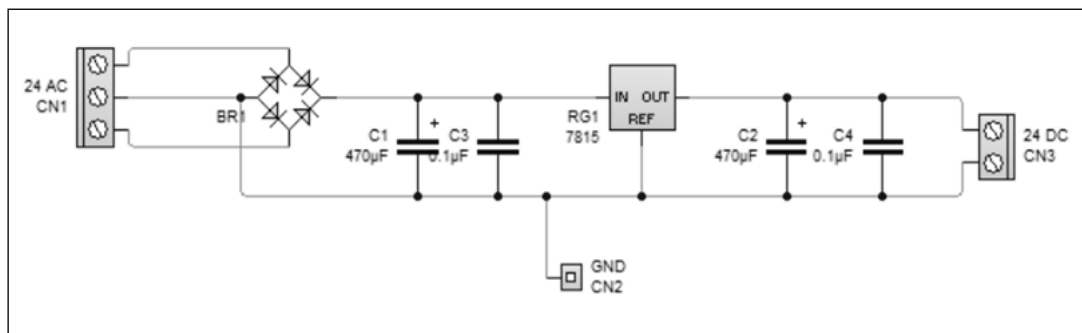
รูปที่ 3.2 ระบบควบคุมเรืออัตโนมัติ



รูปที่ 3.3 รูปแบบของเรืออัตโนมัติ

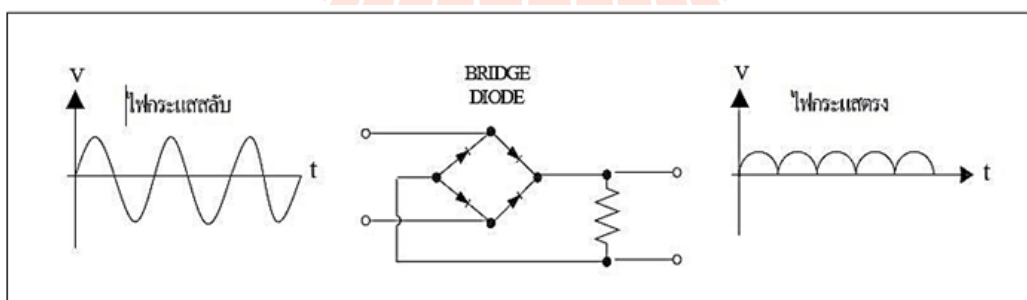
3.3 การออกแบบวงจรเพาเวอร์ซัพพลาย

เพาเวอร์ซัพพลายซึ่งเป็นส่วนที่จ่ายไฟให้กับวงจรต่าง ๆ ทั้งส่วนของวงจรควบคุมจากแรงดันที่เป็นส่วนให้กำเนิดสัญญาณความถี่ ส่วนวงจรขับสัญญาณและส่วนของวงจรภาคกำลัง ซึ่งแต่ละส่วนต้องการไฟที่ไม่เท่ากัน ดังนั้นจึงต้องมีการออกแบบเพื่อจ่ายไฟให้แต่ละส่วนให้ได้พอดีเพื่อประสิทธิภาพของแต่ละวงจร จากรูปที่ 3.4 เป็นวงจรเพาเวอร์ซัพพลายแบบ 15 โวลต์ (15 VDC) กระแสตรง

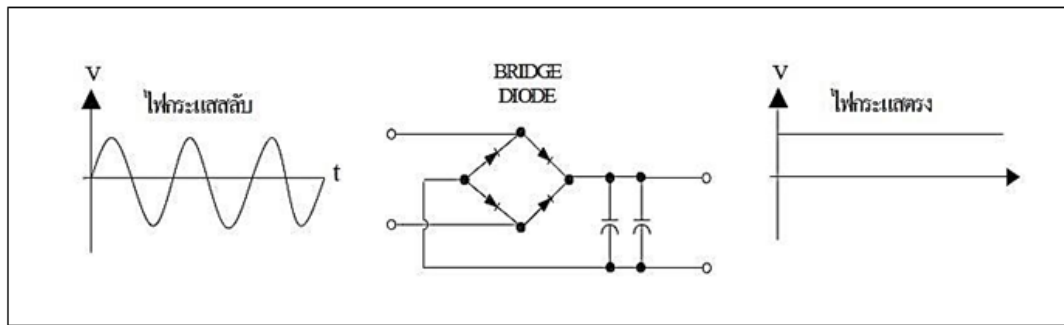


รูปที่ 3.4 วงจรปรับแรงดัน 15 VDC (Schematic)

วงจรชุดนี้เป็นวงจรที่ต้องการเอาท์พุท 15 VDC เพื่อที่จะเป็นไฟเลี้ยงให้กับชุดวงจรควบคุมจากแรงดันและบัฟเฟอร์ โดยวงจรชุดนี้จะรับไฟ 220VAC ผ่านหม้อแปลง 24 ac V เพื่อทำการแปลงแรงดันลง แล้วผ่านเข้าวงจรบริดจ์ไดโอดเพื่อทำการแปลงไฟกระแสสลับเป็นกระแสตรง แรงดัน DC ที่ได้อาจจะมีความถี่ไม่สม่ำเสมอ ดังรูปที่ 3.5 ดังนั้นถ้าต้องการให้วงจรเปลี่ยนไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรงที่สม่ำเสมอขึ้น แล้วจะต้องมีวงจรกรองกระแส โดยที่วงจรกรองกระแสประกอบไปด้วยตัวเก็บประจุ ดังรูป 18

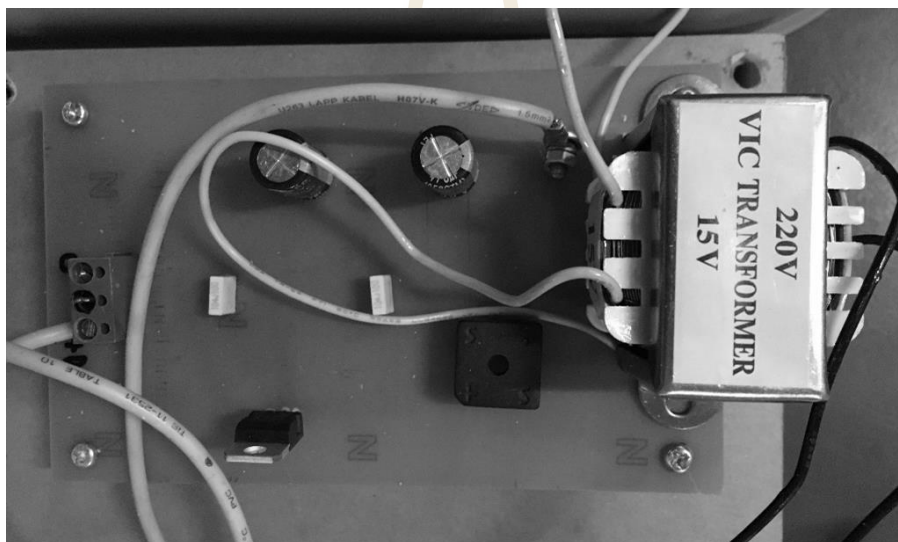


รูปที่ 3.5 ไฟฟ้ากระแสตรงที่ไม่สม่ำเสมอ



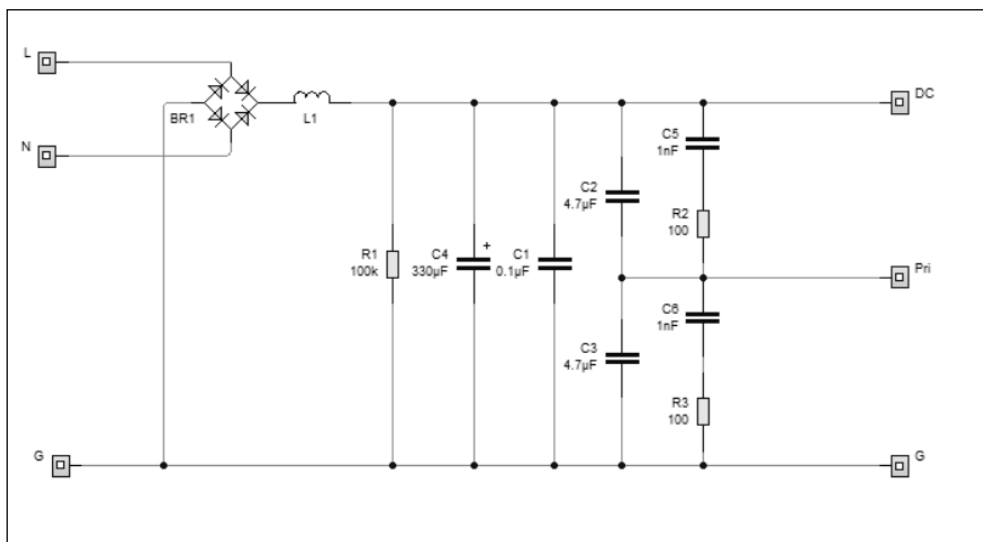
รูปที่ 3.6 ไฟฟ้ากระแสตรงที่สม่ำเสมอ

วงจรชุดในส่วนของวงจร Oscillator และ Driver จะต้องการแรงดันหรือไฟเลี้ยง 15 VDC เท่านั้นดังนั้นจึงใช้หม้อแปลงที่มีขนาด 15 VAC เมื่อผ่านวงจรบริดจ์และวงจรกรองกระแสจะได้ค่าแรงดันเท่ากับ 24 คูณ $\sqrt{2}$ และใช้ไอซีเบอร์ LM7815 เพื่อปรับแรงดันให้ได้ 15 VDC



รูปที่ 3.7 วงจรปรับแรงดัน 15 VDC

ในส่วนของวงจรซัพพลายที่ใช้ในภาคกำลัง จะต้องการแรงดันประมาณ 300 Vdc มาเป็นไฟเลี้ยงให้กับส่วนของ วงจรภาคกำลังโดยวงจรส่วนนี้จะรับไฟกระแสสลับ 220 AC แล้วเข้ามาสู่วงจรบริดจ์ไดโอดเพื่อทำการแปลงไฟกระแสสลับเป็นกระแสตรง เอาท์พุทที่ออกจากวงจรบริดจ์ไดโอดจะมีการต่อ RLC Filter ตัวเก็บประจุอยู่ 2 ตัว และก็จะป็นเอาท์พุทของเพาเวอร์ซัพพลายในส่วนนี้



รูปที่ 3.8 วงจรปรับแรงดัน 310 VDC (Schematic)

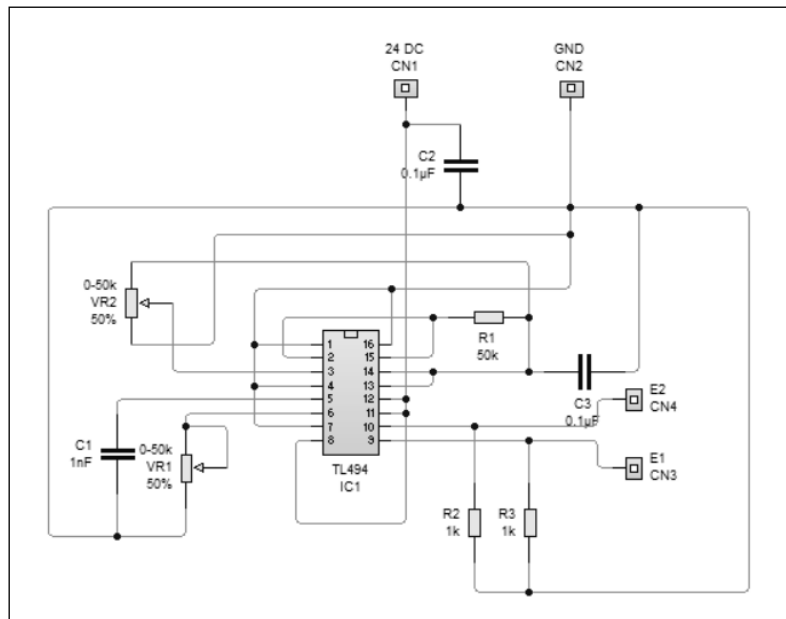
จากการทำงานของวงจรเมื่อสัญญาณผ่านบริดจ์ไดโอดเข้ามาจะผ่าน จะผ่านตัวเหนี่ยวนำเพื่อทำการกรองสัญญาณความถี่สูงให้มีระดับสัญญาณน้อยลง



รูปที่ 3.9 วงจรปรับแรงดัน 310 VDC

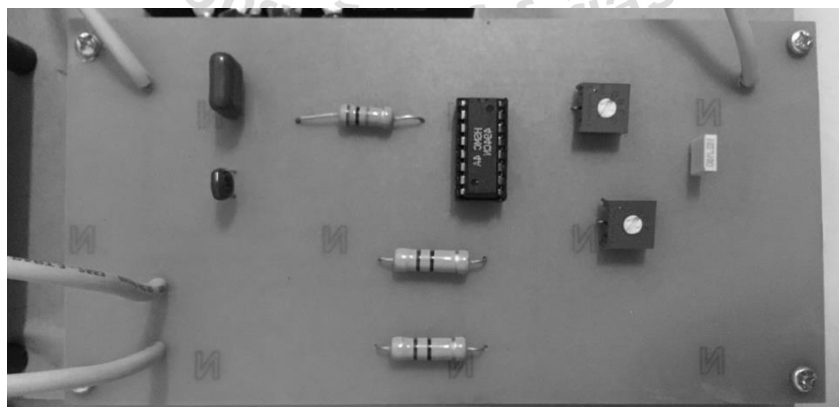
3.4 การออกแบบวงจรกำเนิดคลื่นเสียงอัลตราโซนิก

สำหรับวงจรกำเนิดคลื่นเสียงอัลตราโซนิกเป็นส่วนของวงจรที่ควบคุมการทำงานของส่วนของวงจรภาคกำลังเพื่อเป็นการกำหนดการทำงานของมอสเฟตแต่ละตัว โดยที่ส่วนของวงจรภาคกำลังมีแบบวงจรเป็นแบบฮาล์ฟบริดจ์ (Half bridge) ดังนั้นจึงต้องใช้ไอซีที่ต้องมีเอาต์พุต 2 ขามาควบคุม จึงได้เลือกใช้ไอซีเบอร์ TL494 ซึ่งเป็นไอซีที่มีเอาต์พุต 2 ขา และมีคุณสมบัติพร้อมที่จะนำมาเป็นวงจรควบคุม



รูปที่ 3.10 วงจรกำเนิดคลื่นเสียงอัลตราโซนิก (Schematic)

ไอซีตัวนี้ต้องการไฟเลี้ยง 15 โวลต์คือ ขา 8, 11 และ 12 และมี 2 เอาต์พุตคือ E1 และ E2 คือขาที่ 9, 10 ตามลำดับ และขาที่ใช้ในการปรับความถี่คือขาที่ 6 โดยใช้ VR1 ซึ่งเป็นตัวปรับค่าได้

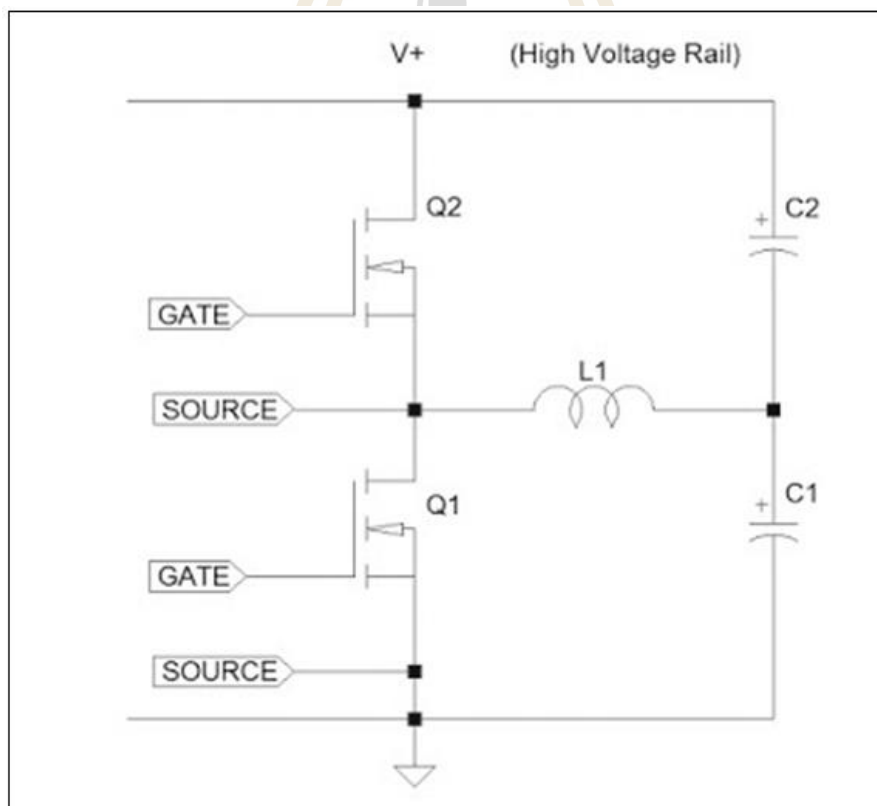


รูปที่ 3.11 วงจรกำเนิดคลื่นเสียงอัลตราโซนิก

3.5 การออกแบบวงจรขับเพาเวอร์มอสเฟส

เนื่องจากว่าชุดวงจรภาคกำลังของงานวิจัยนี้ได้ใช้ฮัลฟบริดจ์คอนเวอร์เตอร์ ซึ่งจัดวงจรอยู่ในลักษณะที่มีส่วนที่เรียกกันว่า High-Side (มอสเฟตตัวบน) กับ Low-Side (ตัวล่าง) การขับเพาเวอร์มอสเฟตในส่วน high-side นั้นจำเป็นต้องใช้หม้อแปลง pulse หรือหาไอซี High-side driver มาคั่นก่อนเข้าขาเกต กับขาซอร์ส ไม่เช่นนั้นอาจมีปัญหาจุดกราวด์อ้างอิงของขาเกต วิธีง่ายๆ และไม่แพงนักที่นิยมใช้ในการขับเพาเวอร์มอสเฟตในลักษณะนี้ก็คือ การใช้หม้อแปลง Pulse เพื่อแยกแรงดันอ้างอิงให้ขาเกตและซอร์ส แต่จะมีข้อเสียเรื่องขนาดของหม้อแปลง ข้อจำกัดเรื่องความถี่การทำงาน และสัญญาณรบกวน

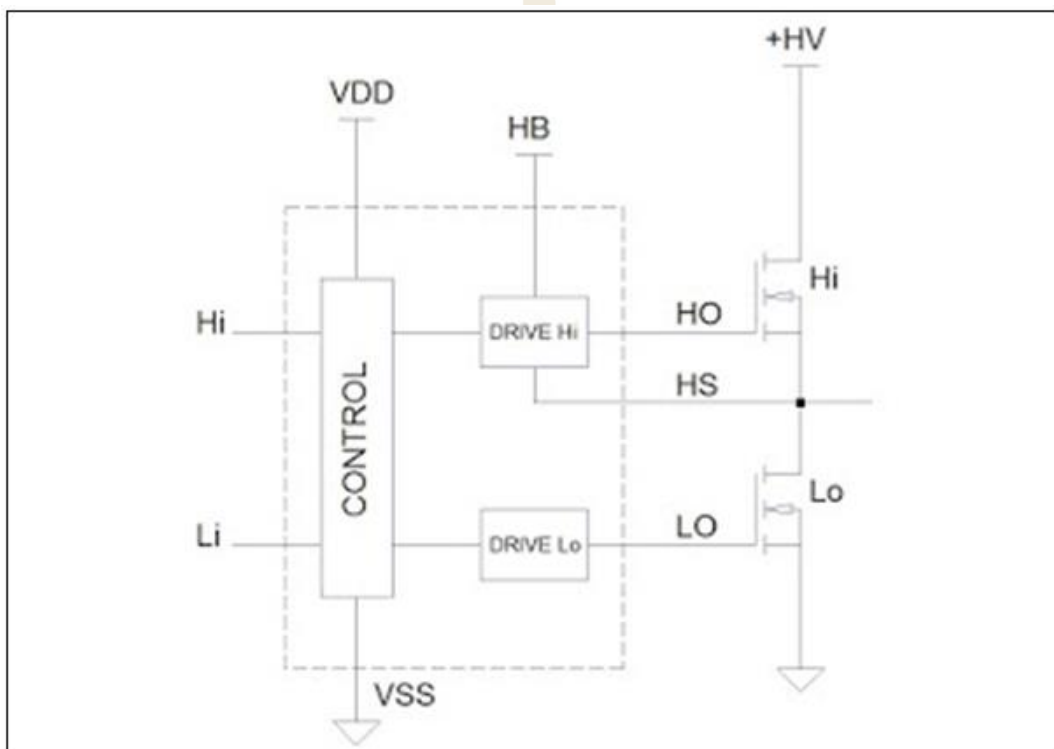
โดยปกติวงจรฮัลฟบริดจ์จะจัดวงจรอยู่ในลักษณะเพาเวอร์มอสเฟตแบ่งครึ่งแรงดัน จึงมีลักษณะของ High-side และ Low-side การขับเพาเวอร์มอสเฟตโดยทั่วไป จะต้องให้แรงดันที่ขาเกตสูงกว่าแรงดันที่ขาซอร์ส ประมาณ 10-15 โวลต์ ซึ่งจะเห็นว่าเพาเวอร์มอสเฟตตัวล่างหรือ low-side นั้น ขาซอร์สจะต่อโดยตรงที่เส้นกราวด์ แรงดันจากวงจรขับที่ต่อเข้ากับขาเกตก็จะเป็นแรงดันเทียบกับกราวด์โดยตรง จึงไม่มีปัญหาในการจ่ายแรงดันขับเกตที่ระดับ 10-15 โวลต์ แต่สำหรับเพาเวอร์มอสเฟตตัวบนหรือ High-side นั้น ขาซอร์สจะต่อผ่านโหลดลงกราวด์ ส่วนขาเดรน (D) จะต่อเข้ากับส่วนที่เป็นแรงดันไฟเลี้ยงบริดจ์ หมายความว่าแรงดันขับที่ขาเกตสำหรับ High-side จะต้องสูงกว่าแรงดันไฟเลี้ยงบริดจ์ ซึ่งจะเป็นปัญหาทันทีหากแรงดันไฟเลี้ยงบริดจ์เป็นแรงดันค่าสูงๆ เช่น 300VDC เนื่องจากวงจรขับทั่วไปส่วนใหญ่จะมีแรงดันค่าต่ำๆ คือ อยู่ที่ประมาณ 5-15V เท่านั้นเอง



รูปที่ 3.12 วงจร Half bridge converter และสัญญาณที่มาขับ high-side และ low-side

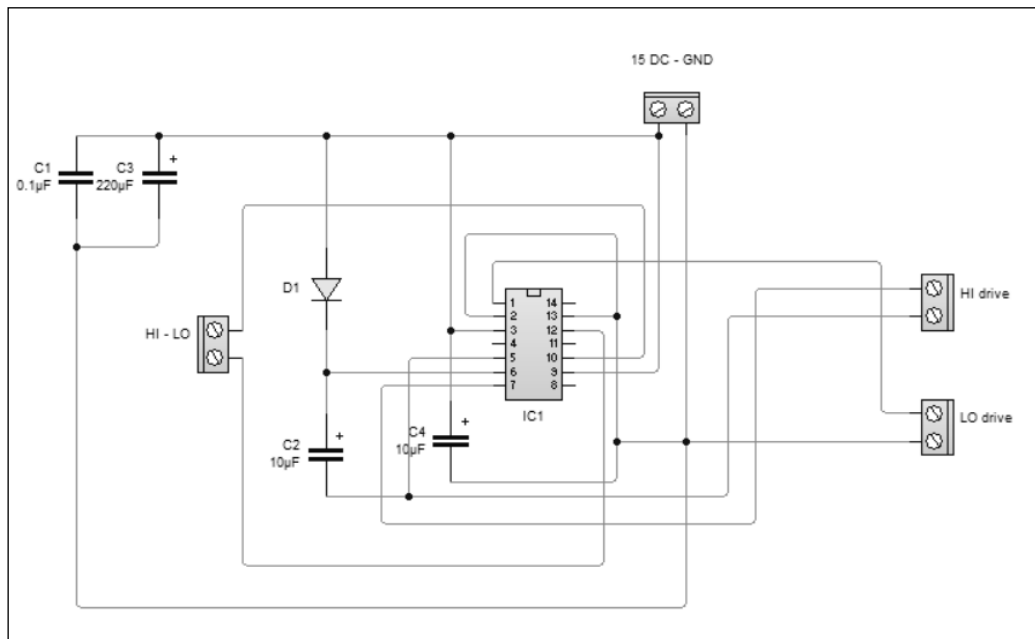
โดยงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้ IR2110 ในการออกแบบเนื่องจากว่าหาง่ายแล้วสามารถซัพเพได้นที่โดยไม่ยุ่งยากนัก เรียกเทคนิคนี้ว่า Bootstrap

จากรูปที่ 3.13 จะเห็นว่ามีส่วนประกอบสำคัญ 3 ส่วน คือ ชุด Control ชุด Drive Hi (high-side) และชุด Drive Lo (low-side) ขา Hi (High in) กับ Lo (Low in) จะเป็นส่วนที่รับคำสั่งจาก PWM ภายนอก เพื่อให้ชุด control ขับชุด drive Hi หรือ Lo เพื่อขับเพาเวอร์มอสเฟตตัวบนและตัวล่างต่อไป โดยหากมองแบบคร่าวๆ ไฟเลี้ยงสำหรับชุด control ซึ่งจะได้จาก VDD เป็นไฟเลี้ยงสำหรับวงจร logic ทั่วไป ซึ่งจะกำหนดค่าให้สอดคล้องกับค่าแรงดัน logic ของ PWM ที่เข้ามายังขา Hi กับ Lo ที่อ้างอิงกับขา VSS ซึ่งจะเป็นจุดอ้างอิง common ที่ใช้ร่วมกับชุด control ชุด Drive Lo และเพาเวอร์มอสเฟตตัวล่างด้วย ซึ่งเป็นลักษณะปกติของวงจรทั่วไปเช่นกัน ดังนั้นวงจรส่วน Low-side จึงเหมือนวงจรในการขับเพาเวอร์มอสเฟตทั่วไป

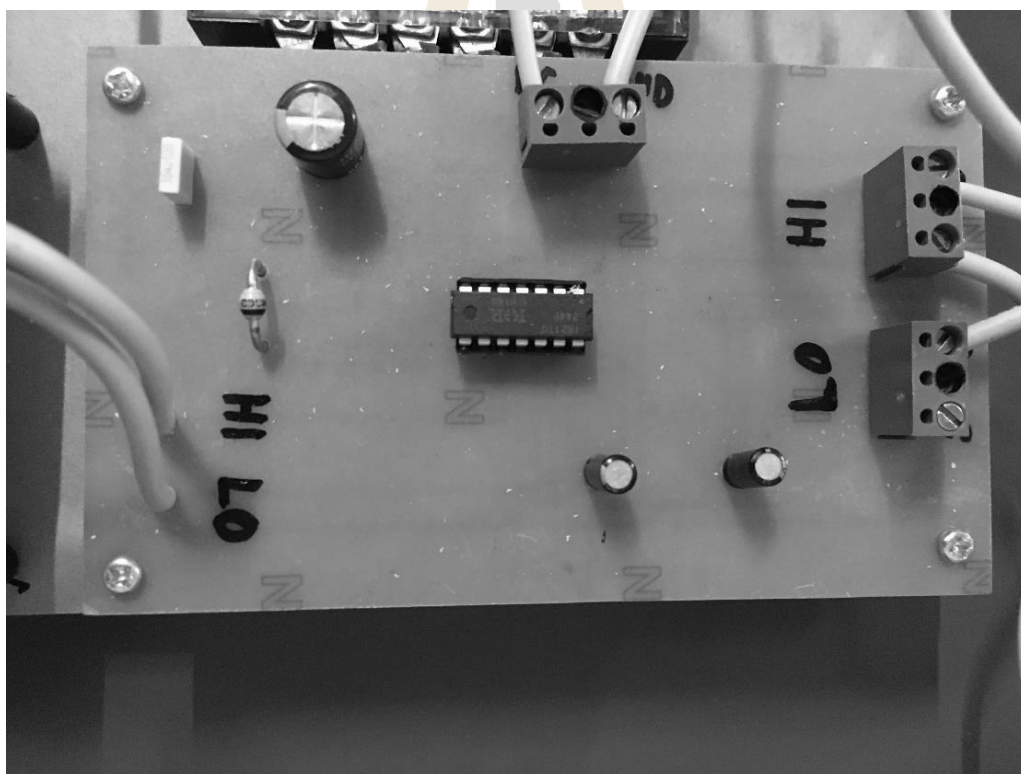


รูปที่ 3.13 Circuit diagram ของวงจร bootstrap

แต่ส่วนที่พิเศษแยกออกมา คือส่วนของ HB HO และ HS ของชุด Drive Hi ที่จะใช้ขับเพาเวอร์มอสเฟตตัวบน ซึ่งจะแยกเป็นชุดลอย (Floating) ออกมา ขา HB จะเป็นจุดต่อไฟจ่ายแรงดันที่จะขับออกมาทาง HO เพื่อใช้ขับขาเกตของเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ตัวบน โดยแรงดันที่จุด HB กับ HO นี้จะเป็นแรงดันที่อ้างอิงกับค่าแรงดันที่ขา HS สำหรับ +HV จะเป็นแรงดันขับโหลดของบริดจ์ผ่านเพาเวอร์มอสเฟตตัวบนและล่าง ซึ่งจะอ้างอิงกับจุดกราวด์ในรูป ซึ่งจะเป็นจุด common ที่ใช้ร่วมกับ VDD และเพื่อให้มีแรงดัน float เกิดขึ้นในชุด Drive Hi ก็ต้องเพิ่ม Dboot กับ Cboot เข้ามาในวงจรดังรูปที่ 3.14



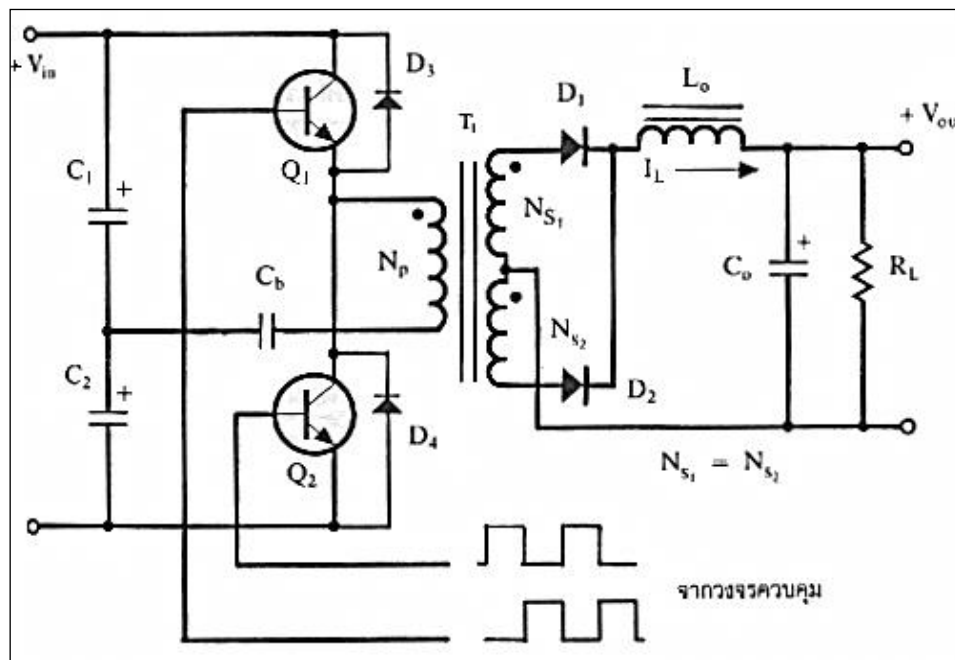
รูปที่ 3.14 วงจร Drive มอสเฟต (Schematic)



รูปที่ 3.15 วงจร Drive มอสเฟต

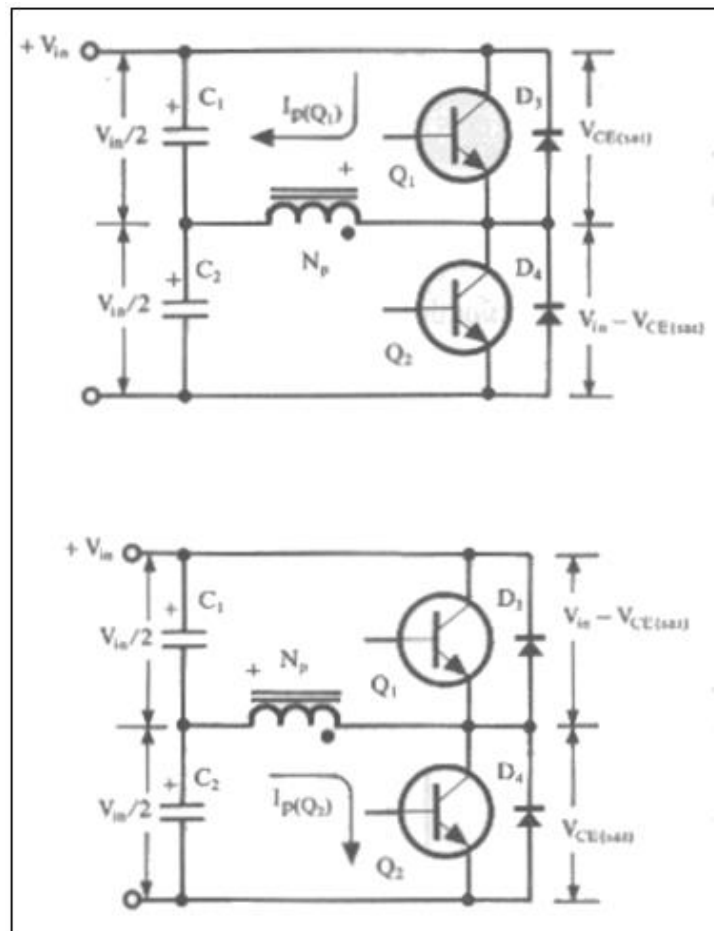
3.6 การออกแบบวงจรHalf bridge converter

ฮาล์ฟบริดจ์คอนเวอร์เตอร์จัดอยู่ในตระกูลเดียวกับพุลสคอนเวอร์เตอร์ แต่ลักษณะการจัดวงจรจะทำให้เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ในวงจรมีแรงดันตกคร่อมขณะหยุดนำกระแสเพียงค่าแรงดันอินพุตเท่านั้น ทำให้เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ที่ใช้มีราคาถูก และหาได้ง่ายกว่า และลดข้อจำกัดเมื่อใช้กับระบบแรงดันไฟสูงได้มาก รวมทั้งยังไม่มีปัญหาการไม่สมมาตรของฟลักซ์ในแกนเฟอร์ไรต์ของหม้อแปลงได้ด้วย



รูปที่ 3.16 วงจรพื้นฐานของฮาล์ฟบริดจ์คอนเวอร์เตอร์

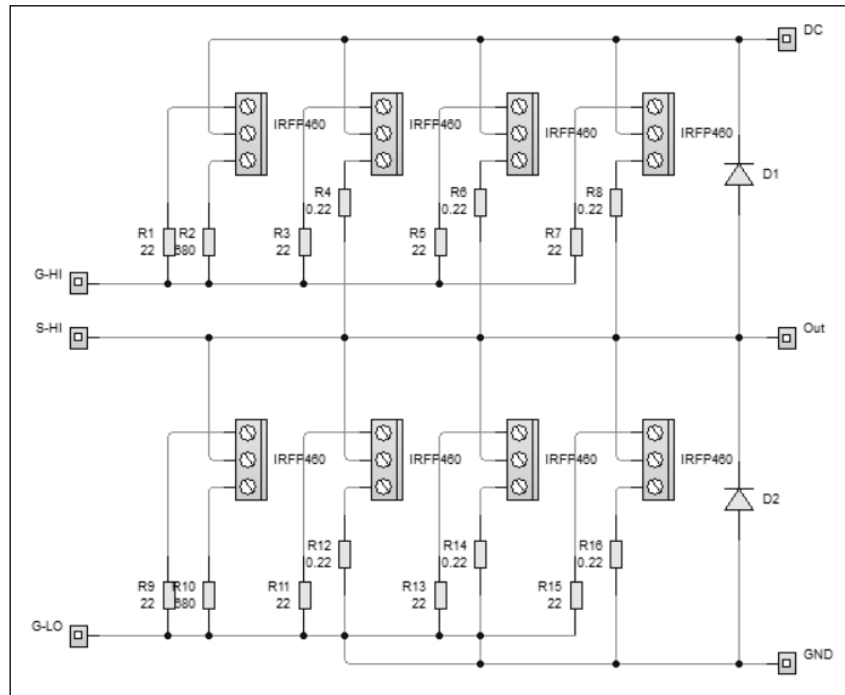
วงจรพื้นฐานของฮาล์ฟบริดจ์คอนเวอร์เตอร์แสดงไว้ในรูป การทำงานเป็นดังต่อไปนี้ ตัวเก็บประจุ C_1 และ C_2 ถูกกำหนดให้มีค่าเท่ากัน ต่ออนุกรมกันอยู่ทางด้านอินพุตเพื่อแบ่งครึ่งแรงดันแรงดันตกคร่อม C_1 และ C_2 จึงมีค่าเท่ากับครึ่งหนึ่งของแรงดันที่อินพุต เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ Q_1 และ Q_2 จะสลับกันทำงานคนละครึ่งคาบเวลาเช่นเดียวกับพุลสคอนเวอร์เตอร์ เพื่อให้ง่ายต่อการพิจารณา วงจร จะพิจารณาในกรณีที่ไม่มีตัวเก็บประจุ C_b ต่ออยู่ในวงจร โดยให้ปลายของขดไพรมารี N_p ที่ต่ออยู่กับ C_b นั้นต่อโดยตรงเข้ากับจุดต่อระหว่างตัวเก็บประจุ C_1 และ C_2 ดังแสดงในรูป



รูปที่ 3.17 (บน) ขณะ Q1 นำกระแส (ล่าง) ขณะ Q2 นำกระแส

เมื่อ Q1 เริ่มนำกระแส และ Q2 ไม่นำกระแส แรงดันตกคร่อม Q2 จะมีค่าเท่ากับ $V_{in} - V_{ce(sat)}$ ส่วนแรงดันตกคร่อมของไพรมารี N_p จะมีค่าเท่ากับ $V_{c1} - V_{ce(sat)}$ หรือมีค่าเท่ากับ $V_{in}/2 - V_{ce(sat)}$ นั่นเอง ในทำนองเดียวกัน เมื่อ Q2 นำกระแส และ Q1 ไม่นำกระแส แรงดันตกคร่อม Q1 จะมีค่าเท่ากับ $V_{in} - V_{ce(sat)}$ เช่นเดียวกัน แรงดันตกคร่อมที่ขดไพรมารี N_p ก็ยังคงมีค่าเท่ากับ $V_{in}/2 - V_{ce(sat)}$ เนื่องจาก $V_{ce(sat)}$ มีค่าประมาณ 0.5-1 โวลต์ ดังนั้นจะเห็นได้ว่าแรงดันตกคร่อม Q1 และ Q2 ขณะหยุดนำกระแสจะมีค่าเพียงแรงดันอินพุตเท่านั้น ผลการทำงานของ Q1 และ Q2 ที่ด้านเซคันดารีจะมีลักษณะเดียวกันกับพุ่มพุลคอนเวอร์เตอร์

ในการออกแบบนั้นใช้ MOSFET เบอร์ IRFP460 เป็นเบอร์ที่หาได้ตามท้องตลาด และใช้ ไดโอดที่เป็น Fast Recovery เพื่อให้ทันต่อการสวิตช์ของสัญญาณ ตามรูปที่ 3.18 M1 และ M5 เป็นการต่อเพื่อทำการไบแอสให้กับ MOSFET อีก 3 ตัวคือ M2, M3, M4 และ M6, M7, M8 ที่ใช้ MOSFET 3 ตัวนั้นเพื่อที่จะเพิ่มกระแสให้กับเอาต์พุต แล้วเพื่อไม่ให้ MOSFET ไม่ต้องรองรับกระแสมากเกินไป ในขณะทำงานและ R ที่ต่อขาเกต ไว้สำหรับไบแอสให้ MOSFET ทำงานและ D1 และ D2 เพื่อป้องกันการเกิดแรงดันสไปค์ขณะที่ MOSFET หยุดนำกระแส



รูปที่ 3.18 วงจรฮาล์ฟบริดจ์คอนเวอร์เตอร์ (Schematic)

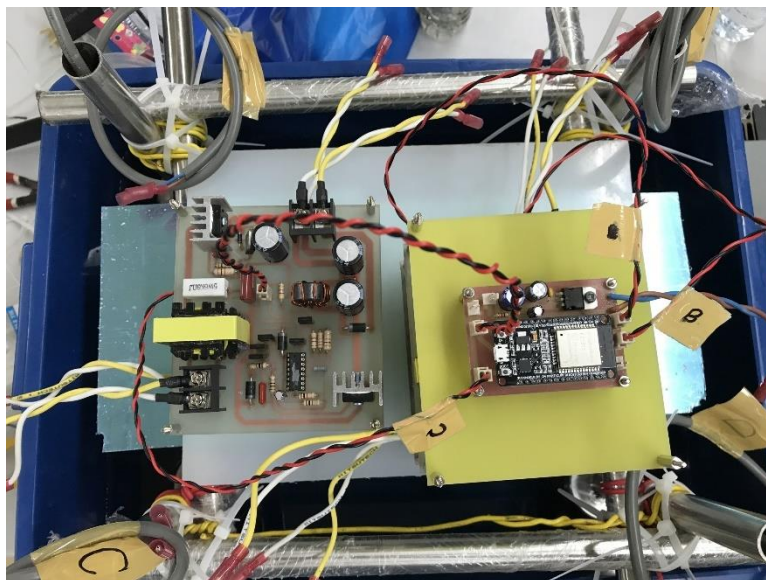


รูปที่ 3.19 วงจรฮาล์ฟบริดจ์คอนเวอร์เตอร์

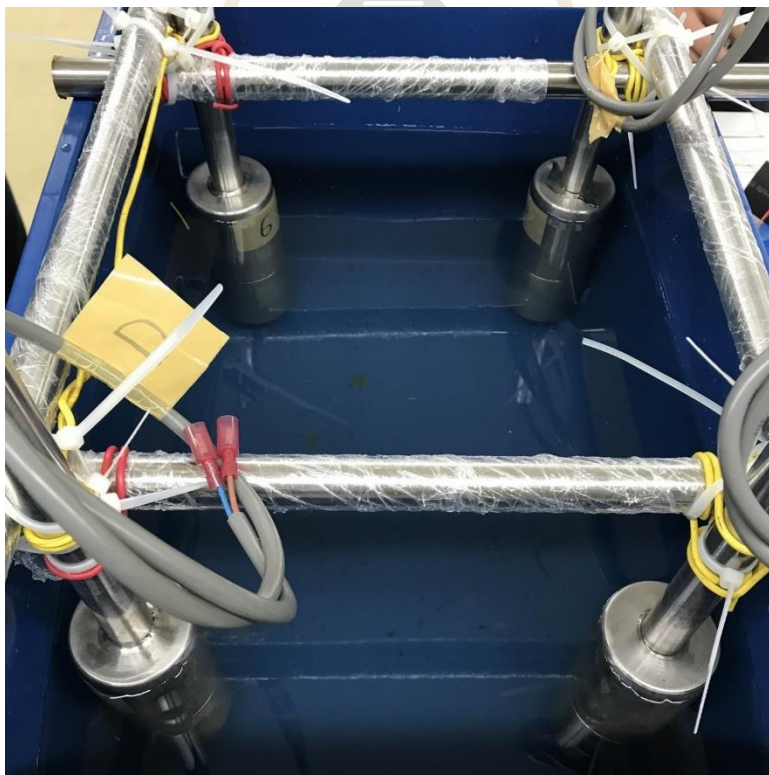
ในการออกแบบหม้อแปลงสำหรับวงจรฮาล์ฟบริดจ์คอนเวอร์เตอร์นี้ต้องออกแบบให้เหมาะสมกับความถี่ด้วยโดยแกนที่ใช้จะต้องเป็นแกนเฟอร์ไรต์ (Ferrite Core) เนื่องจากว่าต้องใช้งานบนความถี่สูงมากกว่า 20 kHz โดยงานวิจัยนี้ได้ใช้ความถี่สวิตชิ่งที่ 40 kHz และได้ใช้แกนเฟอร์ไรต์ชนิด EE 55/55/21

3.7 การออกแบบระบบและการติดตั้ง

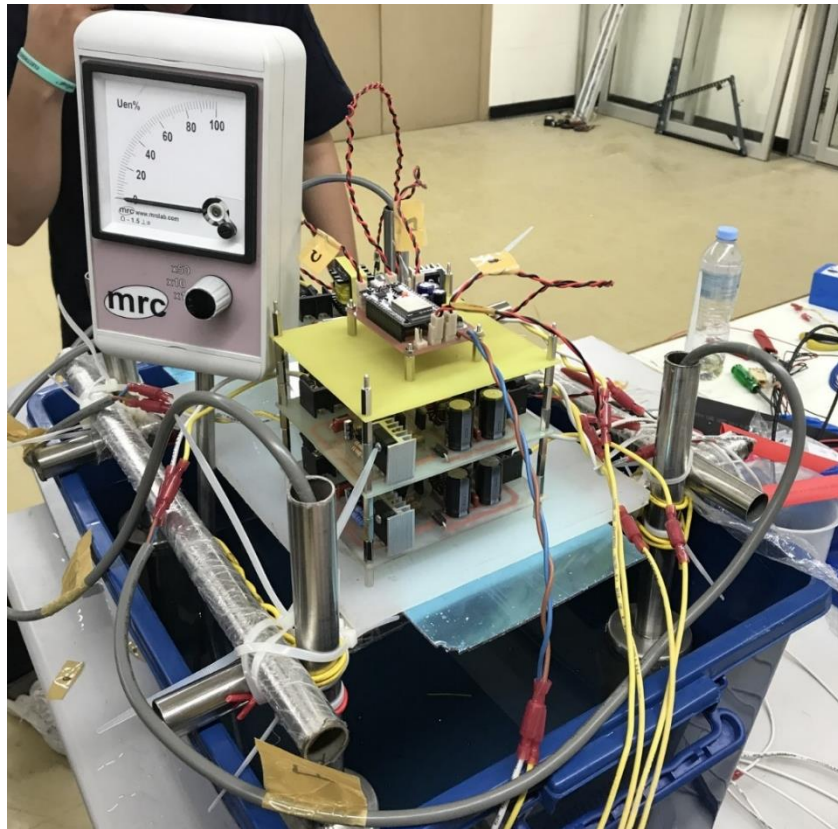
ในส่วนนี้จะนำวงจรที่ออกแบบเสร็จเรียบร้อยแล้วมาติดตั้งและทดสอบการใช้งานจริงกับหัวอัลตราโซนิกและทดสอบติดตั้งบนเรือสำหรับการใช้งานต่อไป



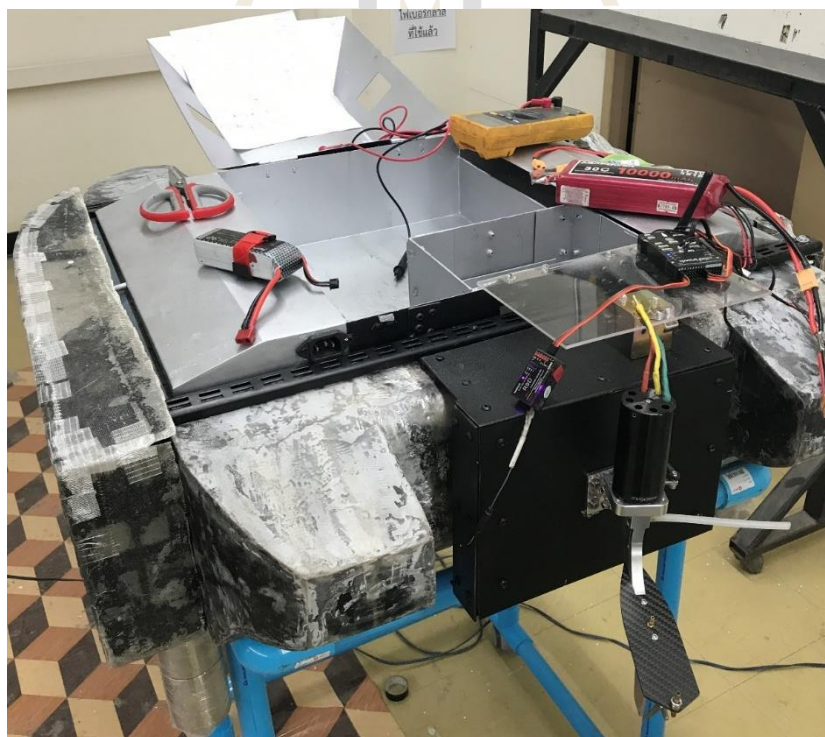
รูปที่ 3.20 วงจรที่ใช้ทดสอบ



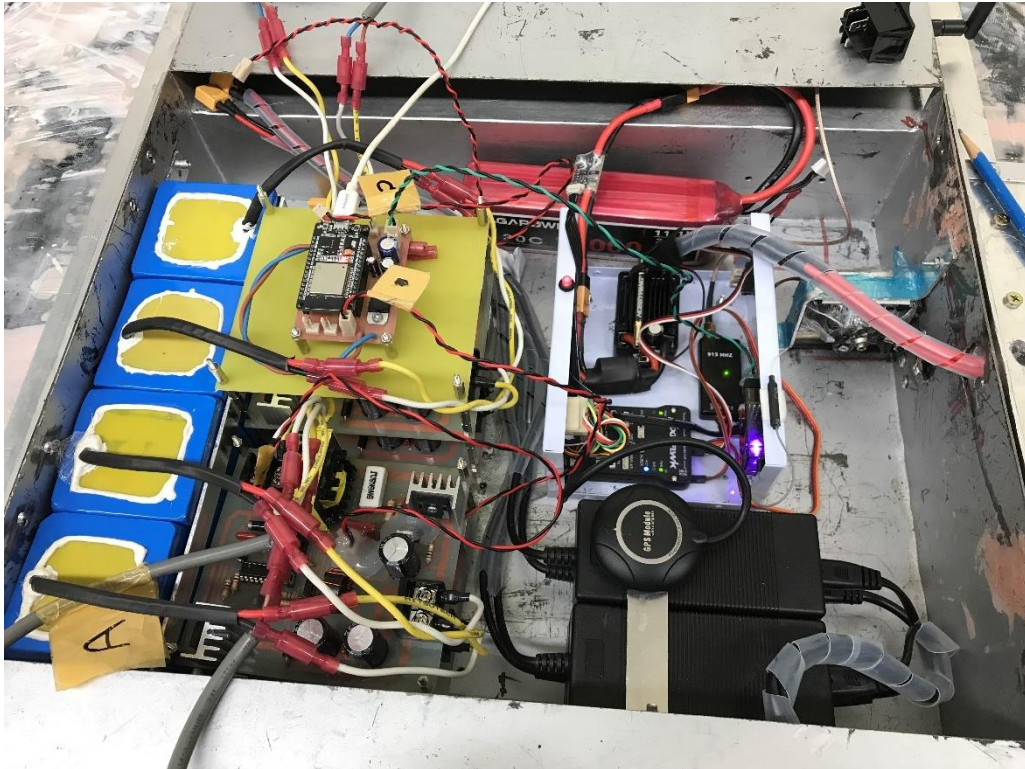
รูปที่ 3.21 การทดสอบวางระยะของหัวอัลตราโซนิก



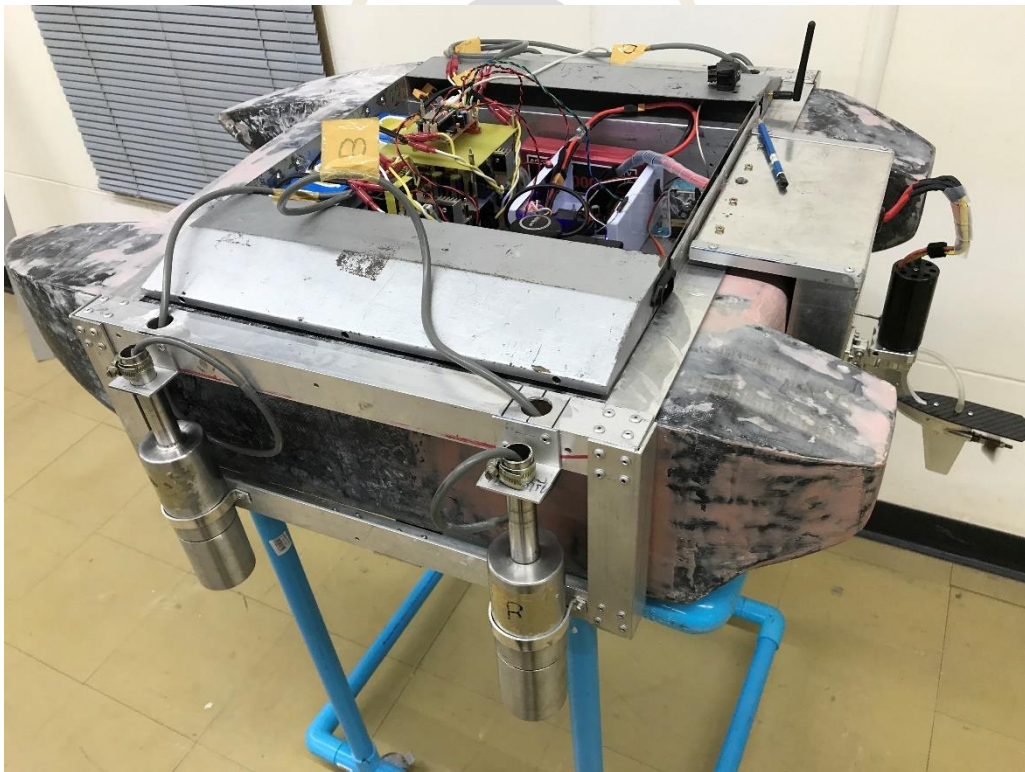
รูปที่ 3.22 การทดสอบความแรงของหัวอัลตราโซนิกเบื้องต้น



รูปที่ 3.23 โครงสร้างที่ได้ทำการออกแบบ



รูปที่ 3.24 การประกอบวงจรลงเครื่อง



รูปที่ 3.25 ติดตั้งระบบและอุปกรณ์ลงเครื่องเบื้องต้น



รูปที่ 3.26 เครื่องที่ใช้สำหรับทดสอบระบบการทำงานเบื้องต้น



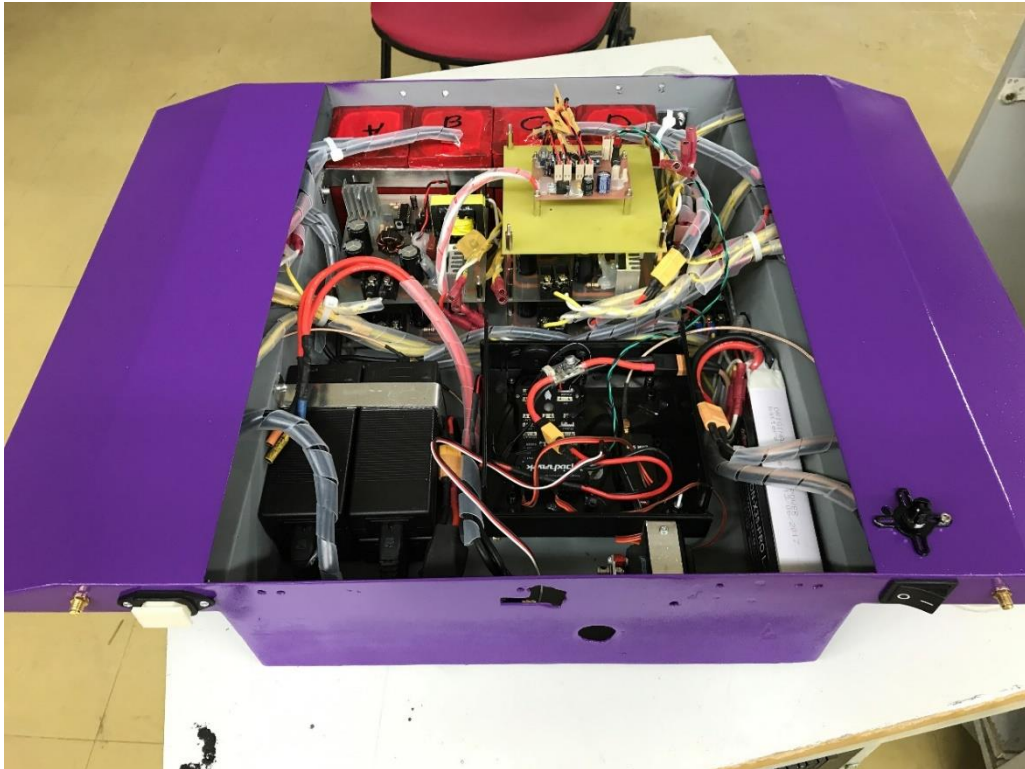
รูปที่ 3.27 ทำการทดสอบระบบการทำงานเบื้องต้น



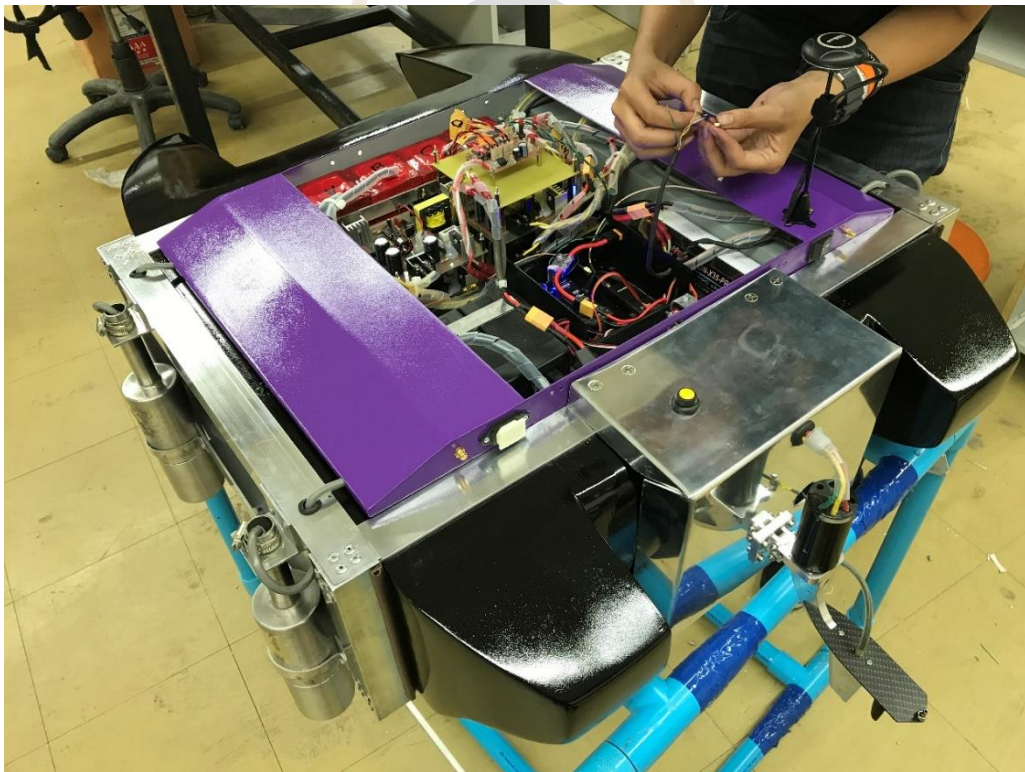
รูปที่ 3.28 การทำสีโครงเครื่องภายนอก



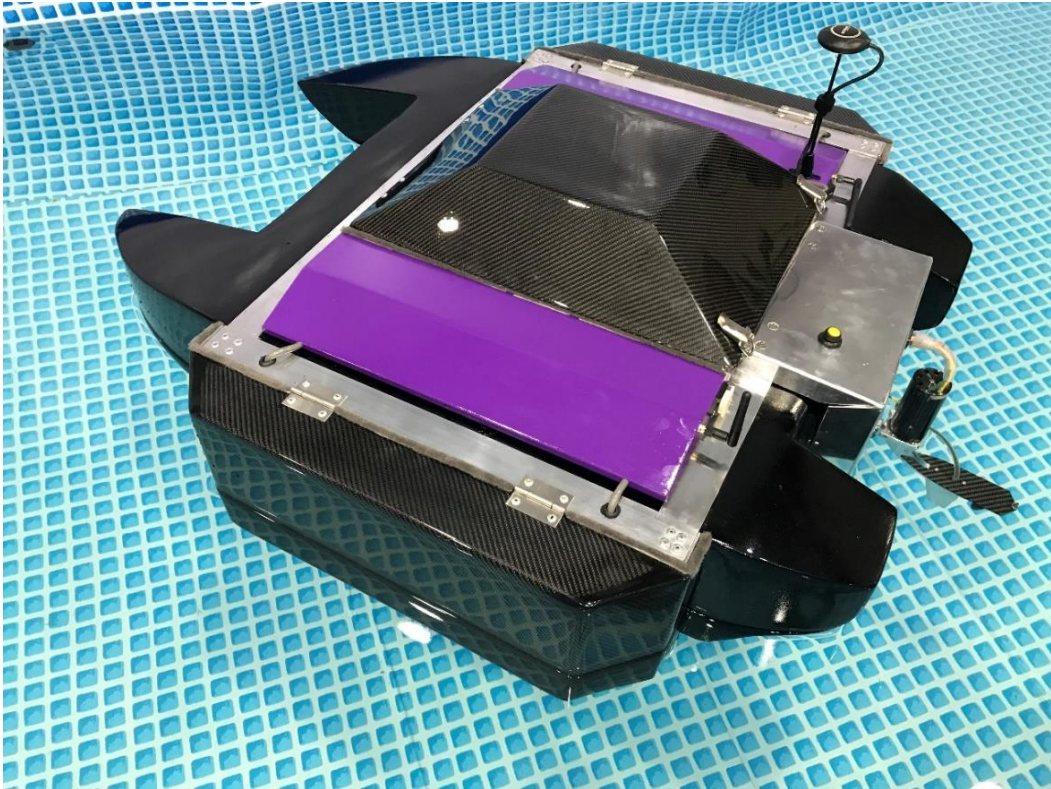
รูปที่ 3.29 การทำสีโครงเครื่องภายใน



รูปที่ 3.30 ติดตั้งอุปกรณ์



รูปที่ 3.31 ติดตั้งระบบและอุปกรณ์ลงเครื่อง



รูปที่ 3.32 เครื่องกำจัดลูกน้ำยุงสำหรับใช้ในแหล่งน้ำขนาดใหญ่ที่ใช้ทดสอบ



รูปที่ 3.33 เครื่องกำจัดลูกน้ำยุงสำหรับใช้ในแหล่งน้ำขนาดใหญ่

3.8 สรุป

การออกแบบเครื่องกำจัดลูกน้ำยุงสำหรับแหล่งน้ำขนาดใหญ่ โดยใช้คลื่นอัลตราโซนิกเพื่อกำจัดลูกน้ำยุงอย่างมีประสิทธิภาพและปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อม คลื่นอัลตราโซนิกที่ถูกสร้างขึ้นมีความถี่อยู่ในช่วง 30-100 กิโลเฮิร์ตซ์ ใช้ทรานสดิวเซอร์แบบเพียโซอิเล็กทริกในการสร้างคลื่นเพื่อฆ่าลูกน้ำยุงโดยไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตชนิดอื่น ๆ ในแหล่งน้ำ การออกแบบนี้ยังรวมถึงระบบควบคุมอัตโนมัติที่ใช้ยานพาหนะไร้คนขับในน้ำที่ติดตั้ง GPS สำหรับการนำทางเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัดลูกน้ำยุงในพื้นที่กว้างขวางได้



บทที่ 4

การวัดและผลการทดลอง

4.1 กล่าวนำ

การทดสอบและการวัดผลของเครื่องกำจัดลูกน้ำยุงที่ออกแบบมาโดยใช้คลื่นอัลตราโซนิก โดยมีการทดสอบวงจรต่าง ๆ ที่ประกอบขึ้นมาเพื่อประเมินความสามารถในการกำจัดลูกน้ำยุงและประสิทธิภาพของระบบ เริ่มจากการทดสอบวงจรเพาเวอร์ซัพพลายซึ่งประกอบด้วยวงจรปรับแรงดันที่สามารถแปลงไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรงได้ รวมถึงการทดสอบวงจรกำเนิดความถี่ที่ใช้ในการสร้างสัญญาณคลื่นอัลตราโซนิก วงจรขับสัญญาณ และวงจรฮาล์ฟบริดจ์คอนเวอร์เตอร์ที่ทำหน้าที่ส่งพลังงานไปยังหัวเปียโซอิเล็กทริกหลายหัวที่เชื่อมต่อกันเพื่อเพิ่มพื้นที่การกระจายคลื่น กระบวนการทดสอบยังครอบคลุมถึงการวัดสัญญาณในวงจรกำเนิดคลื่นเสียง โดยตรวจสอบรูปแบบของสัญญาณทั้งในขดลวดปฐมภูมิและทุติยภูมิของหม้อแปลง เพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพในการเพิ่มแรงดันไฟฟ้าและกระจายสัญญาณไปยังหัวเปียโซอิเล็กทริก สำหรับการทดสอบการสั่นสะเทือนในน้ำ ได้ทำการวัดระดับความแรงของคลื่นในระยะต่าง ๆ เพื่อประเมินผลกระทบต่อ การตายของลูกน้ำยุงในแต่ละช่วงอายุ ได้แก่ ระยะไข่ ลูกน้ำ และตัวมดง ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าอัตราการตายสูงสุดเกิดในช่วงไข่ ซึ่งมีความอ่อนแอและตอบสนองต่อการสั่นสะเทือนได้ไว ส่วนลูกน้ำและตัวมดงมีความทนทานมากกว่า แต่ก็ยังมีอัตราการตายที่สูงเมื่ออยู่ใกล้แหล่งกำเนิดคลื่น นอกจากนี้ ยังมีการนำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบไปปรับปรุงการออกแบบและพัฒนาต่อยอดเครื่องกำจัดลูกน้ำยุง รวมถึงการนำเสนอผลการทดลองในการประชาสัมพันธ์และการทำงานจริง โดยเครื่องกำจัดนี้ถูกนำไปทดสอบติดตั้งในแหล่งน้ำสาธารณะและสถานที่ต่าง ๆ เพื่อตรวจสอบความเป็นไปได้ในการใช้งานเชิงพาณิชย์และการปรับปรุงให้ตอบสนองต่อการใช้งานในสภาพแวดล้อมที่หลากหลาย

4.2 การวัดและทดสอบวงจรที่ออกแบบ

4.2.1 วงจรเพาเวอร์ซัพพลาย

วงจรชุดนี้เป็นวงจรปรับแรงดันซึ่งจะรับสัญญาณอินพุตที่ออกจากหม้อแปลง 15 VAC ผ่านวงจรเรกติไฟเออร์เพื่อแปลงสัญญาณไฟฟ้าจากกระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรงและต่อเข้ากับไอซีที่มีคุณสมบัติคงค่าแรงดันได้ ในที่นี้ใช้ไอซีเบอร์ LM7815 เพื่อปรับแรงดันตามที่ต้องการ ในรูปที่ 4.1 จะเห็นได้ว่าสัญญาณมีแรงดันเอาต์พุต 15.32 VDC RMS



รูปที่ 4.1 แรงดันเอาต์พุตของวงจรซัพพลายแรงดันต่ำ

และวงจรอีกชุดเป็นวงจรปรับแรงดันซึ่งจะรับสัญญาณอินพุตที่ออกจากไฟบ้าน 220 VAC โดยผ่านหม้อแปลง 110 V จากนั้นผ่านวงจรเรกติไฟเออร์เพื่อแปลงสัญญาณไฟฟ้าจากกระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรง เพื่อให้ได้แรงดัน 155 VDC ตามที่ต้องการ ในรูปที่ 4.2 จะเห็นได้ว่าสัญญาณมีแรงดันเอาต์พุต 156.9 VDC RMS เพื่อที่จะได้ไปใช้กับวงจรฮาล์ฟบริดจ์คอนเวอร์เตอร์เนื่องจากโหลดต้องการใช้กระแสสูง



รูปที่ 4.2 แรงดันเอาต์พุตของวงจรซัพพลายแรงดันสูง

4.2.2 วงจรกำเนิดความถี่

สัญญาณของวงจรให้กำเนิดสัญญาณความถี่ จะมีสัญญาณเอาต์พุตทั้งหมด 2 เอาต์พุต โดยจะกำหนดเป็น A (ขา 9), B (ขา 10) จากผลการวัดสัญญาณดังรูปข้างล่าง สัญญาณเอาต์พุตทั้ง 2 เอาต์พุตจะได้แรงดันที่ 17.6 V ที่ความถี่ 40.71 KHz และเมื่อนำสัญญาณที่ได้มาเปรียบเทียบกันจะเห็นว่าสัญญาณ A และ B จะมีสัญญาณที่ตรงข้ามกัน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 4.3 เอาท์พุท A และ B ของวงจรกำเนิดสัญญาณความถี่

จากรูปที่ 4.3 เป็นรูปสัญญาณเอาท์พุท A ของ ตัวให้กำเนิดสัญญาณความถี่จะเห็นว่ามีความถี่เอาท์พุทออกมาที่ 16.8 Vp-p โดยมีความถี่ที่ 40.71 kHz โดยสัญญาณที่ได้นี้จะนำไปสวิตช์ชุดเพาเวอร์มอสเฟสชุด HI



รูปที่ 4.4 เอาท์พุท A ของวงจรกำเนิดสัญญาณความถี่

จากรูปที่ 4.4 เป็นรูปสัญญาณเอาต์พุต B ของ ตัวให้กำเนิดสัญญาณความถี่และจะเห็นว่ามีความถี่ของเอาต์พุตออกมาที่ 16.4 Vp-p โดยมีความถี่ที่ 40.74 kHz ซึ่งจะเห็นว่ามีความถี่ที่ใกล้เคียงกันกับเอาต์พุตของ A และความถี่ที่ใกล้เคียงกันด้วย ซึ่งสัญญาณ A กับ B จะมีรูปสัญญาณที่มีลักษณะตรงกันข้ามกันดูได้จาก รูปที่ 4.5 โดยสัญญาณที่ได้นี้จะนำไปสวิตช์ชุดเพาเวอร์มอสเฟสชุด LO



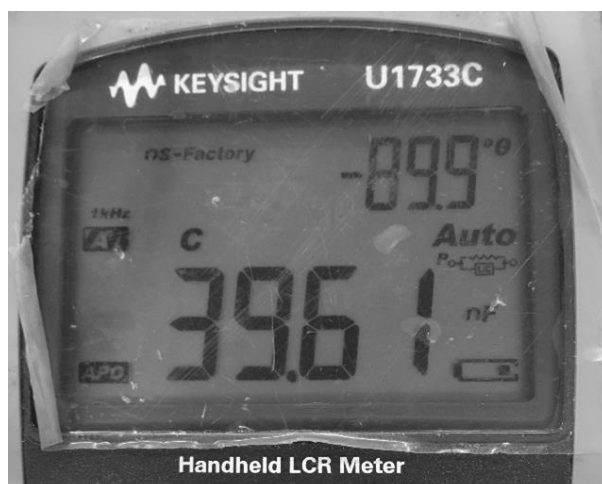
รูปที่ 4.5 เอาต์พุต B ของวงจรกำเนิดสัญญาณความถี่

4.2.3 วงจรขับสัญญาณ

เมื่อสัญญาณเข้า IR2110 สัญญาณที่ได้จะต้องเหมือนกับสัญญาณที่วัดได้จากขา 9 และขา 10 ของ TL494 โดย สัญญาณที่วัดได้มีลักษณะดังรูปที่ 4.4 และ 4.5 ตามลำดับ โดยสัญญาณที่ผ่านชุดนี้ไปจะได้เป็นสัญญาณ 1 เส้นและจุดอ้างอิง 1 เส้นเพื่อไปขับให้เพาเวอร์มอสเฟสทำงานได้

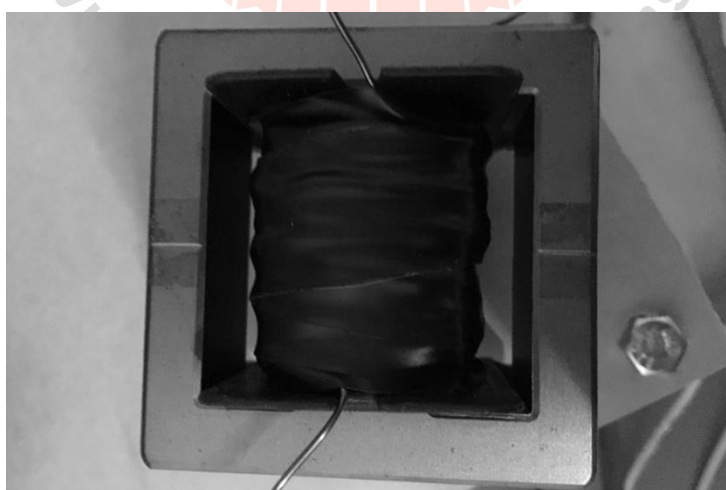
4.2.4 ฮาร์ฟบริดจ์คอนเวอร์เตอร์

ในส่วนของวงจรนี้จะเป็นการประกอบทุกวงจรเข้าด้วยกันเพื่อทดสอบและวัด โดยในชุดนี้จะมีวงจรที่ทำการวัดไปก่อนหน้านี้ วงจรฮาร์ฟบริดจ์คอนเวอร์เตอร์ หม้อแปลง และชุดโหลดเรโซแนนซ์ ซึ่งจะทำให้การวัดค่าต่างๆของหม้อแปลง โหลดเรโซแนนซ์ และวัดสัญญาณเอาต์พุตที่ได้จากการรวมวงจรทั้งหมดอีกที ในชุดของโหลดเรโซแนนซ์นั้นได้ทำการขนานหัวเปียโซอิเล็กทริกทั้งหมด 10 หัวเพื่อเพิ่มกำลังและพื้นที่ในการกระจายคลื่นให้กว้าง ซึ่งหัวเปียโซนี้จะมองเป็นคาปาซิเตอร์ (Capacitor) ค่าหนึ่งโดยตาม Data sheet จะมีค่า 4 nF ทนแรงดันได้ 2500 V และกินกำลังไฟ 50 W แต่เมื่อนำมาขนาน 10 หัวจึงได้ค่า 40 nF และกินกำลังไฟประมาณ 500 W ซึ่งหัวเปียโซจะต้องใช้แรงดันที่มากกว่า 100 V ในการสั่นหัวซึ่งถ้าแรงดันมากความถี่ในการสั่นก็จะมากขึ้นด้วย และสายทองแดงต้องมีขนาดใหญ่กว่าการออกแบบหัวเดียวเพื่อที่จะดึงกระแสได้เพียงพอ



รูปที่ 4.6 ค่า Capacitor หัวเปียโซอิเล็กทริกที่ขนานทั้ง 10 หัว

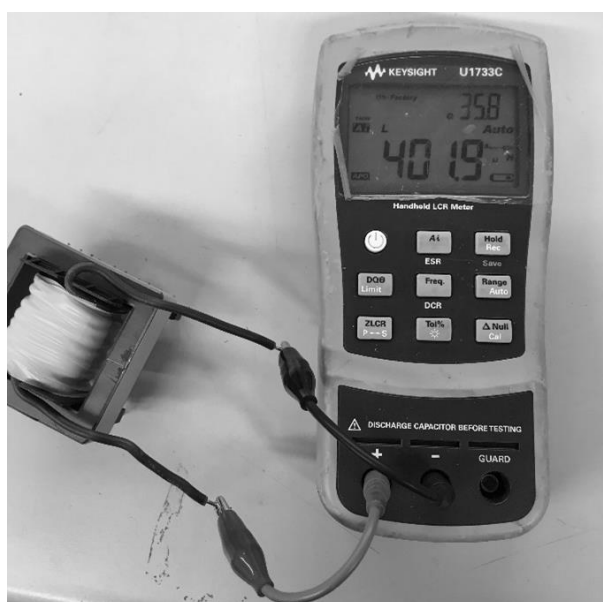
ในการออกแบบหม้อแปลงนั้นได้คำนวณจากสมการข้างต้น ซึ่งจะทำให้ได้จำนวนรอบฝั่งปฐมภูมิ (Primary) 10.3 รอบ หรือประมาณ 11 รอบ เลือกพันมากกว่าที่คำนวณเพื่อไม่ให้เกิดค่าฟลักซ์ (Flux) เกินจุดที่คำนวณไว้จะได้หลีกเลี่ยงการอิ่มตัวของแกนเฟอร์ไรต์ ซึ่งจากการพันหม้อแปลงได้ใช้แกนเฟอร์ไรต์ EE55/55/21 เนื่องจากสามารถหาซื้อได้ทั่วไปและราคาไม่ได้แพงมากเกินไป แต่เนื่องด้วยจำนวนรอบที่พันมากถ้าต้องการพันหม้อแปลงแบบ step up ทำให้แกนอาจจะพันจนเต็มก่อนเนื่องจากต้องใช้เส้นทองแดงที่มีขนาดใหญ่จึงต้องเลือกใช้ลวดทองแดงอาบนํ้ายาในการพันแทนแบบหุ้มฉนวนเนื่องจากแบบหุ้มฉนวนจะมีความหนาทำให้พันจำนวนรอบได้ไม่เยอะ ได้ค่าตามที่คำนวณไว้ดังรูปที่ 4.7 และเนื่องจากโหลดต้องการแรงดันที่มากกว่า 100 V เพื่อให้เริ่มทำงานแต่กระแสสูงจึงได้พันหม้อแปลงแบบ Step up โดยพันฝั่ง Secondary ไว้ที่ 33 รอบ ได้อัตราส่วนแรงดัน Primary ต่อ Secondary เป็น 1:3 เท่า ขดลวด Primary และ Secondary จะได้ตามรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 หม้อแปลงฝั่ง Primary และ Secondary

ในการออกแบบตัว Inductor สำหรับชุดของโหนดนี้ จะคำนวณจากค่าความถี่เรโซแนนซ์ ซึ่งงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้ความถี่ 40 kHz และจากการขนานหัวของเพียโซอิเล็กทริกทำให้ได้ค่าความจุ 40 nF โดยเมื่อแทนค่า ความถี่ 40 kHz และ Capacitor 40 nF ลงในสูตร จะทำให้ได้ค่า L ประมาณ 395-396 μH ที่ทำให้เกินเรโซแนนซ์ที่ความถี่ 40 kHz โดยต้องทำการพันขดลวดให้ได้ค่าความเหนี่ยวนำที่ใกล้เคียงกับที่คำนวณเพื่อที่จะได้เกิดการ Matching resonance ให้ได้มากที่สุด

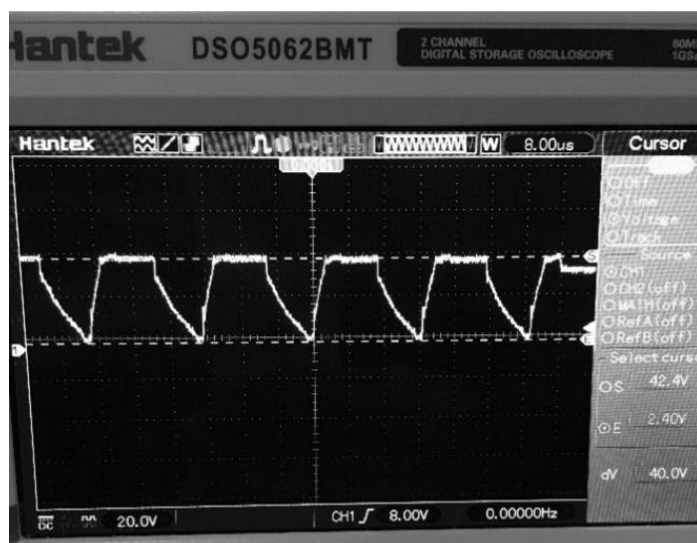
ซึ่งได้เลือกใช้แกนเฟอร์ไรต์ขนาด EE55/55/21 เช่นเดียวกันและทำการพันให้ได้ค่าความเหนี่ยวนำตามที่คำนวณมา โดยจะพันอยู่ที่ประมาณ 10 รอบ และจากการทดสอบวัดค่าความเหนี่ยวนำได้ค่าความเหนี่ยวนำอยู่ที่ 401.9 μH ตามรูปที่ 4.8



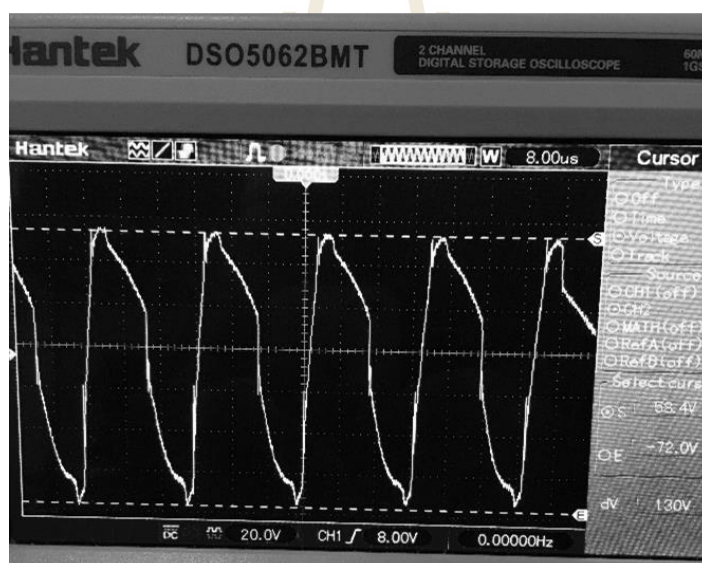
รูปที่ 4.8 ค่าความเหนี่ยวนำของโหนด L

4.3 การทดสอบสัญญาณจากวงจรกำเนิดสัญญาณในช่วงความถี่อัลตราโซนิก

การวัดสัญญาณและทดสอบจะทำการต่อโหนดที่เป็นหัวเพียโซเข้ากับวงจรและทำการวัดสัญญาณก่อนเพื่อดูว่ามีลักษณะของสัญญาณรูปคลื่น ซึ่งจากการวัดสัญญาณที่เข้าขดลวด Primary และที่ออกจาก Secondary จะได้ตามรูปที่ 4.9 และ 4.10 จะเห็นว่าสัญญาณที่เข้าขดลวด Primary จะวัดได้ 40 Vp-p ซึ่งควรจะได้ 70 Vp-p สาเหตุมาจากการเกิด loss ที่ตัวชุดสวิตชิงเพราะออกแบบค่า L ไม่เหมาะสมเท่าที่ควรแต่ก็เนื่องจากแกนเฟอร์ไรต์ที่มีขนาดใหญ่กว่านี้หาซื้อได้ยากจึงต้องใช้เบอร์ที่เล็กกว่าในการออกแบบและ loss ก็ไม่ได้เยอะมากจนมาสามารถยอมรับได้ ส่วนสัญญาณที่ออกจากขดลวด Secondary นั้นวัดได้ที่ 130 Vp-p ซึ่งเป็นการ step up ขึ้นประมาณ 3 เท่า ทั้งสองสัญญาณมีความถี่เท่ากันคือประมาณ 40 kHz



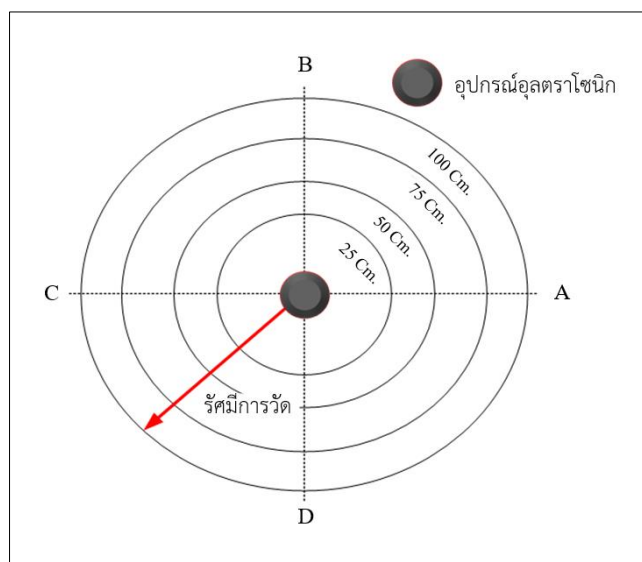
รูปที่ 4.9 สัญญาณก่อนเข้าขดลวด Primary



รูปที่ 4.10 สัญญาณออกจากขดลวด Secondary

4.4 ผลการวัดแรงสั่นสะเทือนรอบตัวของอุปกรณ์อัลตราโซนิกในระยะต่าง ๆ

สำหรับการวัดความแรงของการสั่นสะเทือนภายในน้ำ ใช้อุปกรณ์ของ mrc ในการวัดความแรงของการสั่นสะเทือนจากอุปกรณ์กำเนิดสัญญาณอัลตราโซนิกที่ถูกแปลงผันจากพลังงานไฟฟ้าเป็นทางกล โดยรูปแบบการวัดกำลังงาน โดยผลของแรงสั่นสะเทือนแสดงดังตารางที่ 4.1



รูปที่ 4.11 รูปแบบการวัดทดสอบความแรงของสัญญาณเครื่องกำเนิดลูกน้ำยุงแบบพกพา

ตารางที่ 4.1 อัตราการสั่นของอุปกรณ์อัลตราโซนิกภายในน้ำที่ระยะต่าง ๆ รอบอุปกรณ์อัลตราโซนิก

ตำแหน่งการวัด (เซนติเมตร)	อัตราการสั่นของอุปกรณ์อัลตราโซนิก (Uen%)				
	ตำแหน่งที่ทำการวัด				
	A	B	C	D	ค่าเฉลี่ย
<25	86.1	85.8	85.9	86.2	86
25	80.9	80.6	80.8	80.9	80.8
50	76.5	76.2	76.4	76.7	76.4
75	66.4	65.8	66.6	66.7	66.3
100	47.1	46.9	47.3	47.5	47.2

จากตารางที่ 1 เป็นการทดลองวัดความแรงของการสั่นสะเทือนภายในน้ำจากการสังเกต พบว่าความแรงของการสั่นสะเทือนมีค่ามากในบริเวณที่ใกล้กับอุปกรณ์อัลตราโซนิก และความแรงของสัญญาณจะลดลงไปตามระยะของตำแหน่งการวัดที่ห่างออกไป

4.4.1 การทดสอบความแรงของสัญญาณที่มีผลต่ออัตราการตายของยุงแต่ละในช่วงอายุ

สำหรับการเก็บผลการทดลองของอัตราการตายของยุงลายในช่วงที่ยังอาศัยอยู่ในน้ำ ได้เก็บผลการทดลองในห้องปฏิบัติการ สถานีหลักที่ติดตั้งบริเวณแหล่งน้ำสาธารณะ และสถานีย่อยที่ติดตั้งอยู่บริเวณท่อระบายน้ำตามพื้นที่สาธารณะ ลักษณะการทดลองนำอุปกรณ์อัลตราโซนิกไปกับจัดลูกน้ำยุงลาย และผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 อัตราการตายของยุงแต่ละช่วงอายุทดลองโดยการปล่อยคลื่นอัลตราโซนิกที่ 40 กิโลเฮิร์ตซ์ในห้องปฏิบัติการ โดยทำการทดลองที่รัศมีสูงสุด 100 เซนติเมตร ที่ระยะเวลา 3-10 วินาที

ช่วงอายุของยุงลาย	ความแรงของสัญญาณ (Uen%)	อัตราการตาย (%)
ระยะไข่ (egg)	80-85	97
	75-79	89
	65-74	85
	55-64	78
	45-54	74
ระยะลูกน้ำ (larva)	80-85	95
	75-79	87
	65-74	82
	55-64	76
	45-54	73
ระยะตัวมอด (pupa)	80-85	92
	75-79	81
	65-74	77
	55-64	73
	45-54	71

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าช่วงอายุของลูกน้ำยุงในช่วงระยะไข่นั้นมีอัตราการตายที่สูงมากเนื่องจากมีความแข็งแรงน้อย ไม่สามารถเคลื่อนที่หลบการสั่นสะเทือนของคลื่นได้ และมีขนาดเล็กที่เหมาะสมกับช่วงความถี่จึงเป็นสาเหตุที่ส่งผลให้เกิดอัตราการตายสูง และอัตราการตายจะลดลงเมื่อความแรงของการสั่นสะเทือนของคลื่นอัลตราโซนิกภายในน้ำลดลง ซึ่งการลดลงของคลื่นอัลตราโซนิกมาจากสาเหตุหลักคือระยะห่างของตำแหน่งที่ไข่ของลูกน้ำยุงอยู่ ในส่วนของในระยะลูกน้ำยุง (larva) และระยะตัวมอด (pupa) มีอัตราการตายที่สูงเช่นกัน แต่จะน้อยกว่า ไข่ และ ระยะลูกน้ำ เนื่องจากมีลักษณะตัวที่แข็งแรงขึ้นทนทานต่อสภาพการสั่นสะเทือนได้นาน

4.5 การนำไปใช้ประโยชน์

ในส่วนนี้จะกล่าวถึงการนำไปใช้ประโยชน์ ประกอบด้วย การนำเครื่องกำจัดลูกน้ำยุงแบบเรือเคลื่อนที่ น້อมเกล้าฯ ถวาย แต่สมเด็จพระกนิษฐาธิราชเจ้า กรมสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี ณ อาคารสุรสมันนาคาร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี การติดตั้งใช้งาน ณ วังสระปทุม ถนนพระรามที่ 1 และการแถลงข่าวเปิดตัวเครื่องกำจัดลูกน้ำยุงด้วยคลื่นอัลตราโซนิก



รูปที่ 4.12 เครื่องกำจัดลูกน้ำยุงแบบเรือเคลื่อนที่ น້อมเกล้าฯ ถวาย แต่สมเด็จพระกนิษฐาธิราชเจ้า กรมสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี



รูปที่ 4.13 ติดตั้งใช้งาน เครื่องกำจัดลูกน้ำแบบเรือเคลื่อนที่ ณ วังสระปทุม ถนนพระรามที่ 1

เมื่อวันที่ 20 พฤศจิกายน 2560 ณ ห้องสารนิเทศ อาคารบริหาร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ได้เผยแพร่การวิจัยของสิ่งประดิษฐ์แห่งนวัตกรรม เครื่องกำจัดลูกน้ำยุงด้วยคลื่นอัลตราโซนิก (Ultrasonic transducer to eliminate mosquito laevae) โดยมี รศ.ดร.วีระพงษ์ แพสุวรรณ อธิการบดีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี เป็นประธานในการแถลงผลงานวิจัย พร้อมนักวิชาการผู้ดูแลโครงการ ประกอบด้วย รศ.ร.ดร.กันต์ธร ขำนิประศาสน์ คณบดีสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ รศ.ดร.ชาญชัย ทองโสภิต หัวหน้าสถานวิจัย สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ และดร.ชโรธร ธรรมแท้ อาจารย์ประจำสาขาวิศวกรรมเครื่องกล สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ รวมทั้งคณะผู้บริหารเข้ารับฟังการแถลงข่าวครั้งนี้



รูปที่ 4.14 งานแถลงข่าวเปิดตัวเครื่องกำจัดลูกน้ำยุงด้วยคลื่นอัลตราโซนิก (Ultrasonic transducer to eliminate mosquito laevae)



รูปที่ 4.15 งานแถลงข่าวเปิดตัวเครื่องกำจัดลูกน้ำยุงด้วยคลื่นอัลตราโซนิก (Ultrasonic transducer to eliminate mosquito laevae) (ต่อ)



รูปที่ 4.16 งานแถลงข่าวเปิดตัวเครื่องกำจัดลูกน้ำยุงด้วยคลื่นอัลตราโซนิก (Ultrasonic transducer to eliminate mosquito laevae) (ต่อ)



รูปที่ 4.17 งานแถลงข่าวเปิดตัวเครื่องกำจัดลูกน้ำยุงด้วยคลื่นอัลตราโซนิก (Ultrasonic transducer to eliminate mosquito laevae) (ต่อ)

4.6 สรุป

การทดสอบและการวัดผลการทำงานของเครื่องกำจัดลูกน้ำยุงด้วยคลื่นอัลตราโซนิก ซึ่งประกอบด้วย การทดสอบวงจรต่าง ๆ เช่น วงจรเพาเวอร์ซัพพลาย วงจรกำเนิดความถี่ และฮาล์ฟบริดจ์ คอนเวอร์เตอร์ เพื่อประเมินประสิทธิภาพของการกำจัดลูกน้ำยุง กระบวนการนี้เริ่มจากการวัดแรงดัน และสัญญาณคลื่นที่เกิดขึ้นภายในวงจร จากนั้นได้ทดสอบการกระจายคลื่นอัลตราโซนิกในน้ำเพื่อดูผลกระทบต่ออัตราการตายของลูกน้ำยุงในแต่ละระยะ ตั้งแต่ไข่ ลูกน้ำ และตัวมดง ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าอัตราการตายของยุงมีค่าสูงสุดในระยะไข่ เนื่องจากลูกน้ำในระยะนี้มีความอ่อนแอและตอบสนองต่อการสั่นสะเทือนได้ง่าย ในขณะที่ระยะตัวมดงมีความทนทานมากกว่า นอกจากนี้ยังได้กล่าวถึงการนำเครื่องไปทดสอบใช้งานจริงในแหล่งน้ำสาธารณะและนำเสนอผลการทดลองต่อสาธารณชน รวมถึงการนำไปใช้งานที่หลากหลายเพื่อต่อยอดการพัฒนาในอนาคต เครื่องกำจัดลูกน้ำยุงนี้ถูกออกแบบให้สามารถใช้งานได้มีประสิทธิภาพและปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อม



บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปเนื้อหาของงานวิจัย

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการพัฒนาวิธีการควบคุมจำนวนยุงที่มีประสิทธิภาพ โดยใช้คลื่นอัลตราโซนิก (Ultrasonic) ซึ่งเป็นคลื่นเสียงที่มีความถี่สูงเกินกว่าที่มนุษย์จะได้ยิน โดยความถี่ที่สูงกว่า 20 kHz ทำให้คลื่นอัลตราโซนิกสามารถส่งพลังงานได้อย่างแม่นยำในระยะไกล โดยไม่มีการเลี้ยวเบนหรือกระจายออกไปเหมือนคลื่นเสียงในช่วงความถี่ต่ำ การใช้คลื่นอัลตราโซนิกในการกำจัดลูกน้ำยุงจึงมีศักยภาพในการทำลายโครงสร้างทางกายภาพของลูกน้ำยุงโดยตรง คลื่นเสียงที่มีพลังงานสูงจะสร้างแรงกระแทกที่ทำให้ร่างกายของลูกน้ำยุงเกิดการแตกหักหรือตาย ซึ่งถือเป็นวิธีการที่มีความปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อม เนื่องจากไม่มีการใช้สารเคมีที่อาจก่อให้เกิดการตกค้างหรือปนเปื้อนในแหล่งน้ำ

การออกแบบอุปกรณ์ในงานวิจัยนี้ได้ใช้ทรานสดิวเซอร์แบบเพียโซอิเล็กทริก (Piezoelectric Transducer) ซึ่งมีคุณสมบัติพิเศษในการแปลงพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล โดยการสร้างคลื่นเสียงอัลตราโซนิกที่มีความถี่และพลังงานที่เหมาะสมสำหรับการกำจัดลูกน้ำยุงในแหล่งน้ำ เช่น คลอง บ่อน้ำ หรือบ่อพักน้ำเสีย นอกจากนี้ การเลือกใช้คลื่นอัลตราโซนิกยังมีข้อดีเพิ่มเติมคือสามารถปรับความถี่และกำลังคลื่นให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมและประเภทของแหล่งน้ำที่ต้องการควบคุม เช่น พื้นที่ที่มีน้ำขังในชุมชนหรือบ่อน้ำเสียในโรงงานอุตสาหกรรม เพื่อให้การควบคุมลูกน้ำยุงมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

ข้อสรุปที่ได้จากการวิจัยนี้คือ คลื่นอัลตราโซนิกเป็นวิธีการที่มีศักยภาพสูงในการควบคุมจำนวนลูกน้ำยุง โดยสามารถทำให้ลูกน้ำยุงตายได้อย่างรวดเร็วและไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมหรือสิ่งมีชีวิตชนิดอื่นในแหล่งน้ำ ซึ่งเป็นวิธีที่มีความยั่งยืนกว่าการใช้สารเคมี การใช้อุปกรณ์ที่สามารถเคลื่อนย้ายได้และปรับการใช้งานให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมทำให้มีความสะดวกในการใช้งานในพื้นที่ต่างๆ ทั้งในระดับชุมชนและอุตสาหกรรม ข้อเสนอแนะในการพัฒนาต่อไปคือการเพิ่มขนาดและพลังงานของอุปกรณ์เพื่อให้สามารถใช้งานได้ในพื้นที่ขนาดใหญ่ขึ้น รวมถึงการปรับปรุงเทคโนโลยีให้สามารถควบคุมระยะเวลาการปล่อยคลื่นและความถี่ได้อย่างอัตโนมัติ เพื่อลดการใช้แรงงานและเพิ่มความแม่นยำในการควบคุมลูกน้ำยุง

5.2 ปัญหาและข้อเสนอแนะ

ปัญหาสำคัญของการใช้คลื่นอัลตราโซนิกในการกำจัดลูกน้ำยุงคือการขาดประสิทธิภาพในการครอบคลุมพื้นที่ขนาดใหญ่ และการกระจายคลื่นอาจถูกจำกัดในแหล่งน้ำที่มีสิ่งกีดขวางหรือพืชน้ำหนาแน่น ซึ่งส่งผลให้ต้องมีการปรับจูนความถี่และกำลังของคลื่นอย่างแม่นยำเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ดี นอกจากนี้ อุปกรณ์ยังเผชิญกับความท้าทายเรื่องความทนทาน เนื่องจากสภาพแวดล้อมที่มีความชื้นสูงทำให้เกิดการสึกหรอและต้องการการบำรุงรักษาบ่อยครั้ง ข้อเสนอแนะคือการพัฒนาอุปกรณ์ที่มีพลังงานสูงขึ้นและสามารถปรับจูนความถี่ได้โดยอัตโนมัติเพื่อเพิ่มความแม่นยำและประสิทธิภาพในการใช้งาน พร้อมทั้งออกแบบให้ทนทานต่อการกัดกร่อนและการสึกหรอ เพื่อลดค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาและยืดอายุการใช้งานของอุปกรณ์

เอกสารอ้างอิง

- [1] สำนักโรคติดต่อวิทยา กระทรวงสาธารณสุข.จำนวนและอัตราผู้ป่วยด้วยโรคเฝ้าระวังปี 46 – 56 รายไตรมาส. แหล่งที่มา :
- [2] สำนักโรคติดต่อแนะนำโดยแมลง. พื้นที่ระบาด (Dengue Cluster Locations). แหล่งที่มา : <http://www.thaivbd.org/content.php?id=90>
- [3] สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข. ชีววิทยานิเวศวิทยา และการควบคุมยุงในประเทศไทย. พิมพ์ครั้งที่ 4. นนทบุรี. สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข, 2553
- [4] Adel S. Sedra, Kenneth C. Smith. Microelectronic circuits fifth edition. 2004. Oxford university Press. New York
- [5] Keith Billings, Taylor Morey. Switchmode Power Supply third edition. 2011. The McGraw-Hill Companies. United State
- [6] A. M. Watters, F. E. Rowland, and R. D. Semlitsch, "Larval salamanders are as effective at short-term mosquito predation as mosquitofish," Canadian Journal of Zoology, vol. 96, no. 10, pp. 1165-1169, 2018/10/01, 2018.
- [7] L. C. Lynnworth and E. P. Papadakis, "Ultrasonic Thermometry," 1970 Ultrasonics Symposium, San Francisco, CA, USA, 1970, pp. 83-93.
- [8] Y. V. Pylnov, P. N. Shirkovskiy, P. Pernod and V. L. Preobrazhensky, "Ultrasonic air-coupled wave phase conjugator for the low megahertz frequency range," 2009 IEEE International Ultrasonics Symposium, Rome, 2009, pp. 2611-2614.
- [9] A. Demčenko, "Non- collinear wave mixing for a bulk wave phase velocity measurement in an isotropic solid," 2012 IEEE International Ultrasonics Symposium, Dresden, 2012, pp. 1437-1440.
- [10] X. Dong, C. Tan, Y. Yuan and F. Dong, "Measuring Oil–Water Two-Phase Flow Velocity with Continuous-Wave Ultrasound Doppler Sensor and Drift-Flux Model," in IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, vol. 65, no. 5, pp. 1098-1107, May 2016.
- [11] F. Martin, G. McHale and M. I. Newton, "Experimental study of Love wave sensor response by phase and group velocity measurement," in IEEE Sensors Journal, vol. 4, no. 2, pp. 216-220, April 2004.
- [12] A. Teplykh, B. Zaitsev and I. Kuznetsova, "Compressional acoustic waves in structure “Piezocylinder - viscoelastic layer - liquid”," 2013 IEEE International Ultrasonics Symposium (IUS), Prague, 2013, pp. 1049-1052.
- [13] Y. -. Lee, W. -. Shih, Y. -. Su and C. -. Yin, "9E-6 Acoustic Realignment of Nematic Liquid Crystals by Guided Waves," 2007 IEEE Ultrasonics Symposium Proceedings, New York, NY, 2007, pp. 832-835.

- [14] K. Ikeda, "Temperature-compensation circuits for simple solution-concentration sensor with temperature compensation using bulk acoustic waves," Proceedings of the 2005 IEEE International Frequency Control Symposium and Exposition, 2005., Vancouver, BC, 2005, pp. 84-92.
- [15] A. E. Takiy et al., "Theoretical analysis and experimental validation of the scholte wave propagation in immersed plates for the characterization of viscous fluids," 2013 IEEE International Ultrasonics Symposium (IUS), Prague, 2013, pp. 1614-1617.
- [16] M. Pereira da Cunha, D. C. Malocha, D. W. Puccio, J. Thiele and T. B. Pollard, "LGX pure shear horizontal SAW for liquid sensor applications," in IEEE Sensors Journal, vol. 3, no. 5, pp. 554-561, Oct. 2003.
- [17] Cyril Harris, "Absorption of Sound in Air versus Humidity and Temperature," Journal of the Acoustical Society of America, 40, p. 148.
- [18] Uno Ingard, "A Review of the Influence of Meteorological Conditions on Sound Propagation," Journal of the Acoustical Society of America, 25, p.405.
- [19] Wiener and Keast, "Experimental Study of the Propagation of Sound Over Ground," Journal of the Acoustical Society of America, 31, p.724.
- [20] D. Aylor, "Noise Reduction by Vegetation and Ground", Journal of the Acoustical Society of America, 51, p. 197.



ประวัตินักวิจัย

รองศาสตราจารย์ เรืออากาศเอก ดร.กนต์ธร ชำนิประศาสน์ เกิดวันที่ 26 สิงหาคม 2507 สำเร็จการศึกษาจาก สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาเอก คุณวุฒิการศึกษา Ph.D. (Mechanical Engineering), University of Pittsburgh, USA. จากสหรัฐอเมริกา มีบทความวิจัยตีพิมพ์เผยแพร่ระดับนานาชาติ 1) Numanoy, N., Chamniprasart, K., Srisertpol, J. (2023). *Enhancing the Performance and Durability of Commercial Vehicle Cargo Box Frames through Modal Analysis*. Applied Sciences (Switzerland). Vol 13, Issue 6. 2). Wanglomklang, T., Chommaungpuck, P., Chamniprasart, K., Srisertpol, J. (2022). *Using fault detection and classification techniques for machine breakdown reduction of the HGA process caused by the slider loss defect*. Manufacturing Review. Vol. 9. มีการเผยแพร่ผลงานการประชุมทางวิชาการระดับนานาชาติ 1). Nurnuansuwan, N., Lonklang, A. & Chamniprasart, K. (2019). A Prototyping of 2-DOF Robot Arm Using Feedback Control System. In The 5th International Conference on Control, Automation and Robotics (ICCAR 2019). Institute of Electrical and Electronic Engineer (IEEE), 19-22 April 2019, Beijing, China. 2.) Tongyoddee, W., Srisertpol, J., Chamniprasart, K. & Khaengkarn, S. (2019). Motion Analysis of Kick Mechanism Using in Muay Thai Matial Art. In The 2019 international conference on Machanical, Electronic and Robotics Engineering (MERE 2019). 9-11 November 2019. China University of Geosciences (Wuhan), China, Hefei University of Technology, China and Tianjin University, China. และรางวัลที่ได้รับ ดังนี้ 1). พ.ศ. 2566 รางวัลพนักงานดีเด่นสายวิชาการด้านการสอน ผู้มีประสบการณ์การสอน ในสถาบันอุดมศึกษาเกิน 10 ปี โดย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี 2). พ.ศ. 2561 รางวัล THAILAND EDUCATION LEADERSHIP AWARDS 2018 โดย world CSR day & World Sustainability พ.ศ. 2560 3). ได้รับเลือกเป็น “ผู้บริหารแห่งปี 2560 CEO THAILAND AWARDS 2017” โดย สมัชชานักจัดรายการข่าววิทยุโทรทัศน์หนังสือพิมพ์แห่งประเทศไทย และโครงการบริหารการจัดการเพื่อการพัฒนาคุณใหม่ สถาบันรัชต์ภาคย์ ปัจจุบันดำรงตำแหน่ง ประธานหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์ ประธานหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมพรีซิชั่น สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ สถานที่ติดต่อ สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ โทรศัพท์ 0-4422-4576 โทรสาร 0-4422-4220 e-mail: kontorn@sut.ac.th