

## รายงานการวิจัย

การออกแบบสร้างระบบกำจัดวงจรชีวิตยุงด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง  
Design of a mosquito life cycle eradication system by using high  
frequency sound waves

คณะผู้วิจัย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ธนเสฏฐ์ ทศศิกรพัฒน์ (หัวหน้าโครงการ)  
รองศาสตราจารย์ ดร. ชาญชัย ทองโสภา (ผู้ร่วมโครงการ)  
อาจารย์ ดร. สำราญ สันทาลุนัย (ผู้ร่วมโครงการ)  
อ. ดร.ศุภวัฒน์ คชประดิษฐ์ (ผู้ร่วมโครงการ)  
นายคชาภรณ์ หล้าธรรม (ผู้ช่วยวิจัย)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากกองทุนนวัตกรรมและสิ่งประดิษฐ์ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ  
สยามบรมราชกุมารี ประจำปีงบประมาณ 2564

## กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนนวัตกรรมและสิ่งประดิษฐ์ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2564 เป็นจำนวนเงินรวมทั้งสิ้น 400,000 บาท มีระยะเวลาในการทำวิจัย 1 ปี โดยเริ่มจากเดือนกันยายน 2563 ถึง เดือนกันยายน 2564 ทางคณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี และขอขอบคุณศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่เอื้อเฟื้อเครื่องมือและสถานที่สำหรับการทดสอบงานวิจัย

ขอขอบคุณ คณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิและผู้ตรวจสอบทางวิชาการ ที่ได้ให้คำแนะนำข้อเสนอแนะต่อคณะผู้วิจัย ด้วยดีตลอดมา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชนเสฏฐ์ ทศศิริพัฒน์  
หัวหน้าโครงการวิจัย



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

## บทสรุปผู้บริหาร

ยุงนั้นเป็นแมลงขนาดเล็กที่สร้างความรำคาญและเป็นพาหะนำโรคต่างๆ ที่สำคัญ อย่างเช่น ไข้มาลาเรีย ไข้เลือดออก ไข้สมองอักเสบ โรคชิคุนกุนยา ฯลฯ และส่งผลให้เกิดการระบาดของโรคติดต่อของโรคดังกล่าวมาแล้วในข้างต้น ซึ่งถือได้ว่าเป็นปัญหาหลักในระดับประเทศ สำหรับตัวอ่อนยุงที่อยู่ในแหล่งน้ำหรือที่เรียกว่า “ลูกน้ำยุง” จะมีความยาวประมาณ 6 - 8 mm ซึ่งความยาวคลื่นในช่วงอัลตราโซนิกสามารถทำให้มีขนาดที่เหมาะสมกับตัวของลูกน้ำยุงได้ โดยที่ความยาวคลื่นจะพิจารณาในขณะที่มีตัวกลางเป็นน้ำ ซึ่งจะมีอัตราเร็วในการเดินทางของคลื่นที่แตกต่างจากตัวกลางที่เป็นอากาศ ด้วยเหตุนี้ช่วงความยาวคลื่นย่านอัลตราโซนิกขนาด 40 kHz ที่มีน้ำเป็นตัวกลางจึงมีความยาวใกล้เคียงกับขนาดของตัวลูกน้ำยุง ซึ่งคลื่นความถี่เมื่อเดินทางผ่านน้ำจะมีความเร็วต่างจากคลื่นที่เดินทางผ่านอากาศว่าง โดยถ้าคลื่นเดินทางในน้ำที่อุณหภูมิ 25 องศา จะมีความเร็วอยู่ที่ประมาณ 1497 m/s ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้ความถี่ที่ 40 kHz จึงทำให้ได้ความยาวคลื่นเป็น  $\lambda = 1497 / 40000 = 0.037425$  m หรือประมาณ 3.7 cm นอกจากนี้ในลักษณะการบีบอัดตัวของคลื่นอัลตราโซนิกในตัวกลางที่เป็นน้ำ จะแบ่งเป็นเฟสของการอัดตัวและขยายตัวในหนึ่งรอบของความยาวคลื่น ในขณะที่ความยาวคลื่นนั้นมีขนาดใกล้เคียงกับตัวลูกน้ำยุง จึงเป็นผลให้ลำตัวของตัวอ่อนยุงนั้นได้รับแรงบีบอัดในเชิงของเฟสแรงดันที่ตรงข้ามและจะส่งผลให้ลำตัวของตัวอ่อนยุงหรือลูกน้ำยุงเกิดการบาดเจ็บหรือเสียหายได้

ดังนั้นวัตถุประสงค์ของโครงการวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นไปยังการพัฒนาออกแบบและสร้างระบบกำเนิดคลื่นเสียงความถี่สูงย่านอัลตราโซนิกกำลังสูง เพื่อขยายผลสำหรับการกำจัดวงจรชีวิตยุงในขณะที่ยังเป็นลูกน้ำหรือตัวโม่ง ด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง ติดตั้งเป็นระบบสถานีขนาดใหญ่ตามแหล่งน้ำลำคลองและแนวท่อระบายน้ำ ที่เป็นแหล่งเพาะพันธุ์ยุงหลากหลายสายพันธุ์ โดยเครื่องกำจัดวงจรชีวิตยุงด้วยคลื่นเสียงความถี่สูงต้นแบบนี้ มีขนาดกำลังงานประมาณ 1,500 วัตต์ต่อระบบ มีชุดแสดงผลคุณภาพน้ำและมีการรายงานผลส่งงาน ตรวจสอบการทำงานของเครื่องผ่านระบบ IoT Platform ได้ ซึ่งหลังจากเสร็จสิ้นโครงการวิจัยแล้วจะมีการติดตั้งระบบกำจัดวงจรชีวิตยุงในแหล่งน้ำหรือแนวท่อระบายน้ำ เพื่อเป็นระบบต้นแบบจำนวน 1 ระบบ

สำหรับรายละเอียดการดำเนินโครงการวิจัยนั้นได้มีการออกแบบและทดสอบชุดวงจรกำเนิดคลื่นเสียงความถี่สูงย่านอัลตราโซนิกขนาด 40 kHz ร่วมกับวงจรแปลงผันกำลังงานไฟฟ้ากระแสสลับ (DC to DC Converter) เพื่อให้มีขนาดพิกัดความแรงของสัญญาณสูงขึ้น โดยส่งสัญญาณผ่านไปยังตัวปล่อยคลื่นในแบบทรานสดิวเซอร์ที่เชื่อมต่อกับแท่นโลหะ และแปรสัญญาณให้อยู่ในรูปคลื่นกลที่มีความถี่เดียวกัน และจะนำคลื่นดังกล่าวแพร่กระจายลงสู่บริเวณที่มีน้ำเป็นตัวกลางเมื่อพลังงานแพร่กระจายลงสู่ น้ำจะไปทำลายวัฏจักรการเจริญเติบโตของลูกน้ำยุงไม่ทำให้สามารถเจริญเติบโตเป็นยุงตัวเต็มวัยได้ โดยมีการทดสอบระบบกำจัดลูกน้ำยุงตั้งแต่ระดับห้องปฏิบัติการ เพื่อวิเคราะห์ผลการทำงานและแก้ไขปัญหาจนระบบสามารถทำงานได้ประสิทธิภาพสูงสุด จากนั้นจึงได้ทำการออกแบบสร้างและประกอบชุดวงจรทั้งหมดเป็นระบบกำจัดวงจรชีวิตยุงในแหล่งน้ำขนาดใหญ่ด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง และทำการทดสอบติดตั้งใช้งานจริงในแหล่งน้ำบริเวณพื้นที่ของเทศบาลสุรนารี เพื่อใช้เป็นระบบต้นแบบสำหรับกำจัดวงจรชีวิตยุงโดยลดการใช้สารเคมี สำหรับแหล่งน้ำขนาดใหญ่ หรือประยุกต์ใช้งานในบ่อบำบัดโรงงานอุตสาหกรรมและโรงพยาบาลต่อไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ

## บทคัดย่อ

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอการออกแบบสร้างระบบกำจัดกำจัดดวงจรชีวิตยุงในแหล่งน้ำชุมชนด้วยคลื่นเสียงความถี่สูงที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมโดยสามารถนำไปใช้ได้ตามแหล่งที่อยู่อาศัยของลูกน้ำยุงได้อย่างหลากหลาย เช่น แหล่งน้ำชุมชน สระน้ำ คลองระบายน้ำ รวมไปถึงท่อระบายน้ำรูปแบบต่าง ๆ ในโครงการวิจัยนี้ได้ทำการออกแบบระบบกำจัดกำจัดดวงจรชีวิตยุงอยู่สองรูปแบบ คือส่วนของระบบสถานีหลักขนาดใหญ่ใช้สำหรับควบคุมและแสดงผลการทำงานของตัวปล่อยคลื่นเสียงความถี่สูงและส่วนสถานีย่อยสำหรับติดตั้งในแนวท่อระบายน้ำ โดยสถานีหลักนั้นสามารถควบคุมการทำงานของตัวปล่อยคลื่นเสียงความถี่สูงกำลังงานสูง สามารถใช้พลังงานจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับขนาด 220 V จากการไฟฟ้า และสามารถใช้ร่วมกับแหล่งกำเนิดพลังงานจากแสงอาทิตย์ได้ โดยที่สถานีได้มีการติดตั้งระบบชุดแปลงพลังงานแสงเป็นพลังงานทางไฟฟ้าผ่านแผงโซลาร์เซลล์ และมีระบบจัดเก็บพลังงานไฟฟ้าสำรองด้วยแบตเตอรี่ขนาดใหญ่ ที่สามารถให้พลังงานแก่ระบบได้กำจัดกำจัดดวงจรชีวิตยุงได้อย่างต่อเนื่อง ได้ทั้งในช่วงกลางวันและกลางคืน และมีระบบขนาดเล็ก ซึ่งได้ออกแบบให้มีขนาดเล็กติดตั้งง่าย สามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก ไม่จำเป็นต้องมีสถานีขนาดใหญ่ มีกล่องควบคุมที่มีขนาดเล็ก โดยใช้แหล่งกำเนิดพลังงานจากแสงอาทิตย์เช่นเดียวกับระบบขนาดใหญ่ ระบบขนาดเล็กนี้จะติดตั้งร่วมตัวปล่อยคลื่นเสียงความถี่สูงกำลังงานไม่สูงมาก เหมาะกับแหล่งน้ำซึ่งมีขนาดเล็ก หรือตามท่อระบายน้ำรูปแบบต่าง ๆ โดยทั้งสองระบบมีฟังก์ชันการทำงานที่หลากหลาย ภายในระบบประกอบไปด้วยชุดควบคุมสั่งงานผ่านทางระบบออนไลน์ ในรูปแบบของ IoT ซึ่งสามารถสั่งงานและตรวจสอบการทำงานของการทำงานการปล่อยคลื่นเสียงความถี่สูงและการใช้พลังงานของระบบการกำจัดดวงจรชีวิตยุงผ่าน Mobile Application และ IoT platform พร้อมทั้งสามารถปรับกำลังงานและระยะเวลาในการปล่อยคลื่นเสียงความถี่สูงตามความเหมาะสมของแหล่งน้ำที่ต้องการกำจัดดวงจรชีวิตยุง เพื่อให้ระบบการกำจัดดวงจรชีวิตยุงมีประสิทธิภาพการทำงานสูงสุด



## Abstract

This research aims to design and create a mosquito life cycle elimination system for community water sources with environmentally friendly high-frequency sound waves that can be applied in various mosquito larvae habitats such as community water sources, ponds, drainage canals, including various types of sewers. In this research project, two parts of the mosquito life cycle elimination system were designed as follows. A large or master station system is used to control and display the operation of the ultrasonic emitter and substation to installed along the sewer. The master station can be powered by a 220 V AC power source from electricity and can be used with a solar cells power source. Which station has installed a system to convert light energy into electrical energy through solar cells, and has a backup power storage system with a large battery that can provides power to the system to eliminate mosquito life cycle continually during all day. And small systems that designed to be small, easy to install, can be moved easily without the need for a large station, only a small control box that can use solar power sources such as same as large system This small system will be installed with a high-frequency sound emitter with not very high power, suitable for small reservoirs or along various types of sewers. Both systems have a variety of functionalities within the system consisting of an online control unit as IoT technology. Which can control and monitor the operation of high frequency sound wave emission Production and energy consumption of the mosquito life cycle elimination system through Mobile Application, as well as the power and time of emission of high frequency sound waves can be adjusted according to the appropriate water source to eliminate the mosquito life cycle. To make the mosquito life cycle elimination system the most effective in eliminating mosquito larvae.

**คำสำคัญ (Keyword) ของการวิจัย**

(ภาษาไทย) คลื่นเสียงความถี่สูง, ตัวปล่อยคลื่นเสียงความถี่สูง, ลูกน้ำยุง  
(ภาษาอังกฤษ) Ultrasonic, Ultrasonic applicators, Mosquito larvae



## สารบัญ

หน้า

|   |    |
|---|----|
| บทที่   |    |
| บทสรุปผู้บริหาร.....  | ข  |
| บทคัดย่อ.....   | ค  |
| Abstract.....   | ง  |
| สารบัญ.....   | ฉ  |
| สารบัญตาราง.....  | ฅ  |
| สารบัญรูปภาพ.....   | ญ  |
| บทนำ.....   | 1  |
| 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....   | 1  |
| 1.1 วัตถุประสงค์ (เป้าหมายการดำเนินการวิจัย).....                                 | 4  |
| 1.2 ขอบเขตของโครงการวิจัย.....  | 4  |
| 1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....  | 4  |
| 1.4 แผนการถ่ายทอดเทคโนโลยีหรือผลการวิจัยสู่กลุ่มเป้าหมายเมื่อสิ้นสุดการวิจัย..... | 5  |
| 1.5 วิธีการดำเนินการวิจัย และสถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อมูล.....                    | 6  |
| 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....   | 7  |
| 2.1 ทฤษฎี สมมุติฐาน และกรอบแนวคิดของโครงการวิจัย.....                             | 7  |
| 2.2 คุณสมบัติของคลื่นเสียง.....   | 9  |
| 2.2.1 ความเร็วของเสียงในของแข็ง.....  | 9  |
| 2.2.2 ความเร็วของเสียงในของไหล.....   | 10 |
| 2.2.3 ความเร็วของเสียงในแก๊สและอากาศในอุดมคติ.....                                | 10 |
| 2.2.4 ความถี่ของคลื่นเสียง.....   | 10 |
| 2.2.5 คุณสมบัติของคลื่นเสียง.....   | 11 |
| 2.3 เพียโซอิเล็กทริก.....   | 12 |
| 2.3.1 ลักษณะของวัสดุเพียโซอิเล็กทริก.....   | 16 |

## สารบัญ(ต่อ)

หน้า

**บทที่**

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| 2.3.2    | ปรากฏการณ์ Piezoelectricity.....   | 17        |
| 2.4      | วงจรเรโซแนนซ์ของหัวเพียโซอิเล็กทริก .....  | 19        |
|          | ไอซีเบอร์ TL494.....   | 22        |
| 2.5      | มอสเฟตกำลัง.....   | 23        |
| 2.6      | วงจรคอนเวอร์เตอร์.....   | 24        |
| <b>3</b> | <b>การออกแบบและขั้นตอนการดำเนินงาน .....</b>                                       | <b>28</b> |
| 3.1      | การออกแบบระบบเครื่องกำจัดลูกน้ำยุงโดยใช้เทคโนโลยีคลื่นเสียงความถี่สูง.....         | 32        |
| 3.2      | การออกแบบอุปกรณ์การทดสอบและวิธีดำเนินการทดลอง.....                                 | 33        |
| 3.3      | สรุป .....   | 403       |
| <b>4</b> | <b>ผลการดำเนินงาน.....</b>   | <b>41</b> |
| 4.1      | การทดสอบสัญญาณจากวงจรกำเนิดสัญญาณในช่วงความถี่อัลตราโซนิก.....                     | 41        |
| 4.2      | อุปกรณ์การทดสอบและวิธีดำเนินการทดลอง .....   | 43        |
| 4.3      | ผลการวัดแรงสั่นสะเทือนรอบตัวของอุปกรณ์อัลตราโซนิกในระยะต่าง ๆ.....                 | 48        |
| 4.4      | การทดสอบความแรงของสัญญาณที่มีผลต่ออัตราการตายของยุงแต่ละในช่วงอายุ.....            | 50        |
| 4.4      | สรุปผล.....  | 52        |
| <b>5</b> | <b>บทสรุปและข้อเสนอแนะ .....</b>   | <b>53</b> |
| 5.1      | สรุปเนื้อหาของโครงการวิจัย .....   | 53        |
| 5.2      | ปัญหาและข้อเสนอแนะ .....   | 53        |
| 5.3      | ประโยชน์ที่ได้รับและการประยุกต์ใช้งาน .....  | 54        |
|          | <b>บรรณานุกรม .....</b>  | <b>55</b> |
|          | <b>ภาคผนวก.....</b>  | <b>57</b> |
| ก1.      | บทสรุปโครงการวิจัย.....  | 57        |
| ก2.      | บทสรุปผลการวิจัย.....  | 57        |
| ก3.      | บทสรุปผลการวิจัยในรูปแบบ Info Graphic.....   | 59        |
| ก4.      | คุณสมบัติเฉพาะของระบบกำจัดวงจรชีวิตยุงในแหล่งน้ำชุมชนด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง..... | 60        |

**สารบัญ(ต่อ)**

**หน้า**

**บทที่**



ก5. การดูแลรักษาและซ่อมบำรุงระบบกำจัดวงจรชีวิตยูงในแหล่งน้ำชุมชนด้วยคลื่นความถี่สูง ..... 62

ประวัตินักวิจัย ..... 63

รางวัลเกียรติคุณ : ..... 82



## สารบัญตาราง

หน้าที่

### ตารางที่

|   |    |
|---|----|
| 2.1 ผลของความถี่ต่าง ๆ ของคลื่นเสียงอัลตราโซนิก.....  | 8  |
| 4.1 อัตราการสั่นของอุปกรณ์อัลตราโซนิกภายในน้ำที่ระยะต่าง ๆ รอบอุปกรณ์อัลตราโซนิก .....  | 49 |
| 4.2 อัตราการสั่นของอุปกรณ์อัลตราโซนิกภายในน้ำที่ระยะต่าง ๆ ของสถานีหลัก .....   | 49 |
| 4.3 อัตราการสั่นของอุปกรณ์อัลตราโซนิกภายในน้ำที่ระยะต่าง ๆ ของสถานีย่อย.....  | 49 |
| 4.4 อัตราการตายของยูงแต่ละช่วงอายุที่ทดลองโดยการปล่อยคลื่นอัลตราโซนิกที่<br>40 กิโลเฮิร์ตซ์ ในห้องปฏิบัติการ โดยทำการทดลองที่รัศมีสูงสุด 100 เซนติเมตร<br>ที่ระยะเวลา 1 นาที..... | 50 |
| 4.5 อัตราการตายของยูงแต่ละช่วงอายุที่ทดลองโดยการปล่อยคลื่นอัลตราโซนิกที่<br>40 กิโลเฮิร์ตซ์ ที่สถานีหลักโดยทำการทดลองที่รัศมีสูงสุด 100 เซนติเมตร<br>ที่ระยะเวลา 1 นาที.....      | 51 |
| 4.6 อัตราการตายของยูงแต่ละช่วงอายุที่ทดลองโดยการปล่อยคลื่นอัลตราโซนิกที่<br>40 กิโลเฮิร์ตซ์ ที่สถานีย่อยโดยทำการทดลองที่รัศมีสูงสุด 50 เซนติเมตร<br>ที่ระยะเวลา 1 นาที.....       | 51 |

## สารบัญรูปภาพ

หน้าที่

### รูปที่

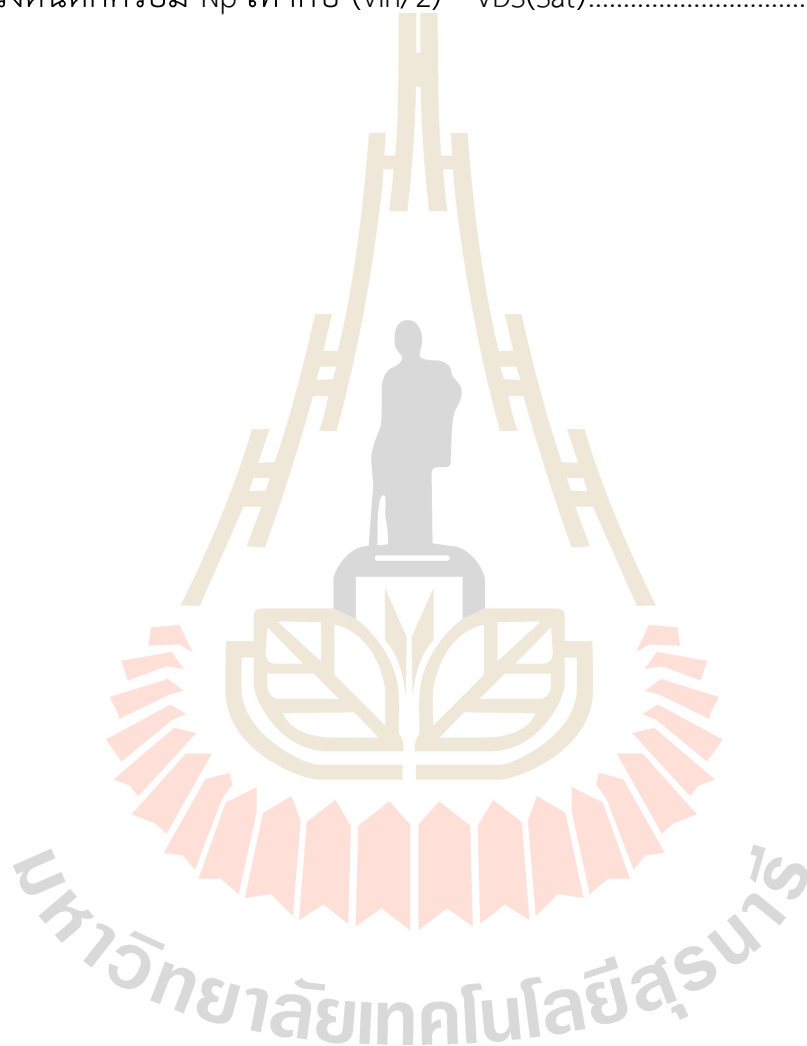
|   |                                 |
|---|---------------------------------|
| 1.1 ปัญหาหน้าเฝ้าเสียที่เกิดจากผลกระทบของน้ำนิ่งท่วมขังเป็นเวลานานError!<br>Bookmark not defined.   | Bookmark not defined.           |
| 1.2 ปัญหาน้ำนิ่งท่วมขังเป็นเวลานานส่งผลให้เป็นแหล่งเพาะพันธุ์ยุงขนาดใหญ่ .....  | Error!<br>Bookmark not defined. |
| 1.3 ปัญหาจากยูงที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของคนในชุมชนError!   | Bookmark not defined.           |
| 1.4 บล็อกไดอะแกรมของวงจรเครื่องกำจัดวงจรชีวิตยุงในแหล่งน้ำด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง .....  | 3                               |
| 1.5 คลื่นกลที่ความถี่ย่านอัลตราโซนิกเมื่อแพร่กระจายลงสู่น้ำ<br>จะเกิดการบีบอัดตัวของน้ำที่เป็นตัวกลาง .....                                     | Error!<br>Bookmark not defined. |
| 1.6 ลักษณะโครงสร้างตัวปล่อยคลื่นอัลตราโซนิกทรานสดิวเซอร์แบบเพียร์โซอิเล็กทริก ...   | Error!<br>Bookmark not defined. |
| 1.7 ผลกระทบจากการวางให้ขั้วไดโพลทางไฟฟ้าภายในอะตอมของตัวปล่อย<br>คลื่นอัลตราโซนิกทรานสดิวเซอร์แบบเพียร์โซอิเล็กทริกเมื่อมีทิศทางตรงข้ามกัน..... | Error!<br>Bookmark not defined. |

|  |                              |
|--|------------------------------|
| 1.8 การเดินทางของคลื่นความถี่สูงออกจากตัวปล่อยคลื่น<br>อัลตราโซนิคทรานสดิวเซอร์แบบเพียร์โซอิเล็กทริก .....   | Error! Bookmark not defined. |
| 1.9 ลักษณะการติดตั้งใช้งานและการกระจายคลื่นเสียงความถี่สูงไปภายในตัวกลางที่เป็นน้ำ<br>.....  | Error! Bookmark not defined. |
| 1.10 ลักษณะการติดตั้งใช้งานและการกระจายคลื่นเสียงความถี่สูงไปภายใน<br>ตัวกลางที่เป็นน้ำ .....  | Error! Bookmark not defined. |
| รูปที่ 2.1 คลื่นกลที่ความถี่ย่านอัลตราโซนิคเมื่อแพร่กระจายลงสู่น้ำจะเกิดการ<br>บีบอัดตัวของน้ำที่เป็น                    ตัวกลาง.....                      | 12                           |
| รูปที่ 2.2 ลักษณะโครงสร้างตัวปล่อยคลื่นอัลตราโซนิคทรานสดิวเซอร์แบบ<br>เพียร์โซอิเล็กทริก (Piezo-electric Transducer).....                                  | 14                           |
| รูปที่ 2.3 ผลกระทบจากการวางให้ขั้วโคโพลทางไฟฟ้าภายในอะตอมของตัว<br>ปล่อยคลื่นอัลตราโซนิคทรานสดิวเซอร์แบบเพียร์โซอิเล็กทริกเมื่อมีทิศทางตรง<br>ข้ามกัน..... | 15                           |
| รูปที่ 2.4 การเดินทางของคลื่นความถี่สูงออกจากตัวปล่อยคลื่นอัลตราโซนิค<br>ทรานสดิวเซอร์แบบเพียร์โซอิเล็กทริก.....   | 15                           |
| รูปที่ 2.5 ลักษณะการติดตั้งใช้งานและการกระจายคลื่นเสียงความถี่สูงไป<br>ภายในตัวกลางที่เป็นน้ำ .....  | 16                           |
| รูปที่ 2.6 ลักษณะการกระจายคลื่นเสียงความถี่สูงไปภายในตัวกลางที่เป็นน้ำ   | 16                           |
| รูปที่ 2.7 ความสัมพันธ์ของการแบ่งโครงสร้างของผลึก.....   | 17                           |
| รูปที่ 2.8 แสดงการ Poling of Piezoelectric Ceramics.....   | 18                           |
| รูปที่ 2.9 วงจรเรโซแนนซ์ .....   | 20                           |
| รูปที่ 2.10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเอาต์พุตของกระแสกับความถี่ต้น<br>กำเนิด.....  | 22                           |
| รูปที่ 2. 11 แสดงการจัดโครงสร้างภายในและการจัดขาของไอซี TL494 .....  | 23                           |
| รูปที่ 2.12 สัญลักษณ์ของ Power MOSFET.....   | 24                           |
| รูปที่ 2.13 โครงสร้างของ MOSFET .....  | 24                           |

รูปที่ 2.14 วงจรพื้นฐานของวงจรฮาล์ฟบริดจ์คอนเวอร์เตอร์.....25

รูปที่ 2.15 ขณะที่ Q1 นำกระแส Q2 จะมีแรงดันตกคร่อมเท่ากับ  $V_{in} - V_{DS}(Sat)$   
และแรงดันตกคร่อม  $N_p$  เท่ากับ  $(V_{in}/2) - V_{DS}(Sat)$ .....26

รูปที่ 2.16 ขณะที่ Q2 นำกระแส Q1 จะมีแรงดันตกคร่อมเท่ากับ  $V_{in} - V_{DS}(Sat)$   
และแรงดันตกคร่อม  $N_p$  เท่ากับ  $(V_{in}/2) - V_{DS}(Sat)$ .....26



## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

สำหรับในเขตชุมชนหรือแหล่งที่อยู่อาศัยนั้น คลองระบายน้ำ หรือแหล่งน้ำ มักจะประสบปัญหาน้ำท่วมขังและน้ำเน่าเสีย เนื่องจากน้ำนิ่งไม่มีการไหลเปลี่ยนถ่ายน้ำ และไม่มีการระบายน้ำที่ดี จึงเป็นสาเหตุสำคัญของแหล่งเพาะพันธุ์เชื้อโรค พาหะนำโรค หรือการเกิดโรคต่างๆ อีกทั้งยังไม่สามารถนำน้ำไปใช้ประโยชน์อื่นๆ ได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งคือ ยุง ซึ่งยุงนั้นเป็นแมลงขนาดเล็กที่สร้างความรำคาญและเป็นพาหะนำโรคต่างๆ ที่สำคัญ อย่างเช่นไข้มาลาเรีย ไข้เลือดออก ไข้สมองอักเสบ โรคชิคุนกุนยา ฯลฯ และส่งผลให้เกิดการระบาดและการติดต่อของโรคดังที่กล่าวมาแล้วในข้างต้น ซึ่งถือได้ว่าเป็นปัญหาหลักในระดับประเทศ



รูปที่ 1.1 ปัญหาน้ำเน่าเสียที่เกิดจากผลกระทบของน้ำนิ่งท่วมขังเป็นเวลานาน



รูปที่ 1.2 ปัญหาน้ำนิ่งท่วมขังเป็นเวลานานส่งผลให้เป็นแหล่งเพาะพันธุ์ยุงขนาดใหญ่

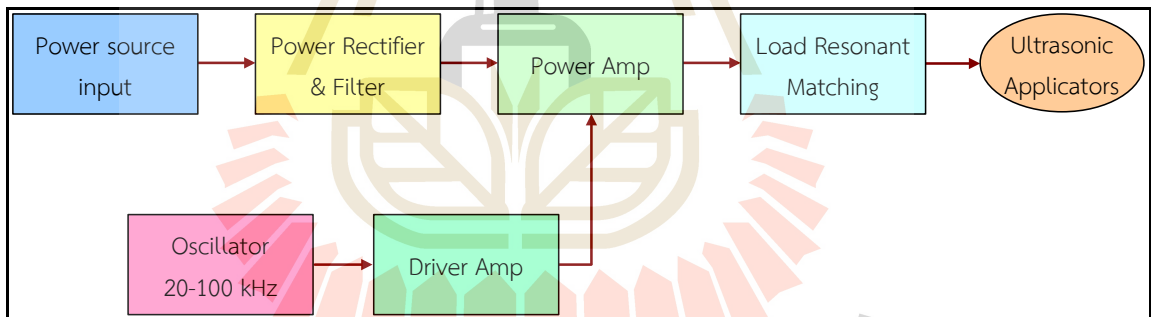


รูปที่ 1.3 ปัญหาจากยุงที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของคนในชุมชน

ที่ผ่านมาปัญหาแหล่งเพาะพันธุ์ยุงในแหล่งน้ำชุมชน นับว่าเป็นปัญหาหนึ่ง ที่สร้างผลกระทบต่อการใช้ชีวิตซึ่งอาจจะก่อให้เกิดปัญหาทางด้านสาธารณสุข ที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตของประชากรที่อาศัยอยู่ในชุมชนที่มีแหล่งน้ำท่วมขังเป็นอย่างมาก สำหรับตัวอ่อนยุงที่อยู่ในแหล่งน้ำหรือที่เรียกว่า ลูกน้ำยุง จะมีความยาวประมาณ 6-8 mm ซึ่งความยาวคลื่นในช่วงอัลตราโซนิกสามารถทำให้มีขนาดที่เหมาะสมกับตัวของลูกน้ำยุงได้ โดยที่ความยาวคลื่นจะพิจารณาในขณะที่มีตัวกลางเป็นน้ำ ซึ่งจะมีอัตราเร็วในการเดินทางของคลื่นที่แตกต่างจากตัวกลางที่เป็นอากาศ ด้วยเหตุนี้ช่วงความยาวคลื่นย่านอัลตราโซนิกขนาด 40 kHz ที่มีน้ำเป็นตัวกลางจึงมีความยาวใกล้เคียงกับขนาดของตัวลูกน้ำยุง ซึ่งคลื่นความถี่เมื่อเดินทางผ่านน้ำจะมีความเร็วต่างจากคลื่นที่เดินทางผ่านอากาศว่าง โดยถ้าคลื่นเดินทางในน้ำที่อุณหภูมิ 25 องศา จะมีความเร็วอยู่ที่ประมาณ 1497 m/s ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้ความถี่ที่ 40 kHz จึงทำให้ได้ความยาวคลื่นเป็น  $\lambda = 1497 / 40000 = 0.037425 \text{ m}$  หรือประมาณ 4 cm นอกจากนี้ในลักษณะการบีบอัดตัวของคลื่นอัลตราโซนิกในตัวกลางที่เป็นน้ำ จะแบ่งเป็นเฟสของการอัดตัวและขยายตัวในหนึ่งรอบของความยาวคลื่น ในขณะที่ความยาวคลื่นนั้นมีขนาดใกล้เคียงกับตัวลูกน้ำยุง จึงเป็นผลให้ลำตัวของตัวอ่อนยุงนั้นได้รับแรงบีบอัดในเชิงของเฟสแรงดันที่ตรงข้ามและจะส่งผลให้ลำตัวของตัวอ่อนยุงหรือลูกน้ำยุงเกิดการบาดเจ็บหรือเสียหายได้ แต่อย่างไรก็ตามยังคงต้องคำนึงถึงปัจจัย ในแง่ของประสิทธิภาพความแรงสัญญาณของตัวกำเนิดคลื่น ถ้าหากตำแหน่งของลูกน้ำยุงอยู่ห่างจากตัวปล่อยคลื่นออกไป โดยเฉพาะในบริเวณที่เป็นลำคลองหรือแหล่งน้ำขนาดใหญ่ตามชุมชน

ดังนั้นในโครงการนี้จะมุ่งเน้นไปยังการพัฒนาออกแบบและสร้างระบบกำเนิดคลื่นความถี่สูงย่านอัลตราโซนิกกำลังสูง เพื่อขยายผลสำหรับการกำจัดวัชพืชในขณะที่ยังเป็นลูกน้ำหรือตัวมด ด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง ติดตั้งเป็นระบบสถานีขนาดใหญ่ตามแหล่งน้ำลำคลองและแนวท่อระบายน้ำ ในชุมชนที่เป็นแหล่งเพาะพันธุ์ยุงหลากหลายสายพันธุ์ ซึ่งระบบกำจัดวัชพืชด้วยคลื่นเสียงความถี่สูงดังกล่าวนี้ มีผลกระทบต่อ การป้องกันโรคที่ยุงเป็นพาหะและคุณภาพชีวิตด้านสาธารณสุขในชุมชน โดยภาพรวมอย่างยิ่ง สามารถใช้เป็นทางเลือกเพิ่มเติมหรือทดแทนวิธีการใช้สารเคมีและวิธีทางธรรมชาติในการกำจัดวัชพืชหรือยุงแบบเดิมๆ ได้อย่างปลอดภัยและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม โดยเครื่องกำจัดวัชพืชด้วยคลื่นเสียงความถี่สูงต้นแบบนี้ มีขนาดกำลังงาน 1,000 วัตต์ต่อระบบ ทั้งนี้ เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพการทำงานสูงสุดและความคล่องตัวของระบบ จึงมีการออกแบบระบบให้สามารถใช้งานได้กับไฟฟ้าจากการไฟฟ้า 220V และโซลาร์เซลล์ได้ มีชุดแสดงผลคุณภาพน้ำและมีการรายงานผลส่งงาน และตรวจสอบการทำงานของเครื่องผ่าน IoT Mobile Application ได้ ซึ่งหลังจากเสร็จสิ้นโครงการวิจัยแล้วจะมีการติดตั้งระบบกำจัดวัชพืชในแหล่งน้ำหรือแนวท่อระบายน้ำ เพื่อเป็นระบบต้นแบบที่วังสระปทุม แขวงปทุมวัน เขตปทุมวัน กรุงเทพมหานคร จำนวน 1 ระบบ เพื่อใช้เป็นระบบต้นแบบสำหรับกำจัดวัชพืชโดยลดการใช้สารเคมี สำหรับแหล่งน้ำขนาดใหญ่ในชุมชนหรือประยุกต์ใช้งานในบ่อบำบัดโรงงานอุตสาหกรรมและโรงพยาบาลต่อไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ซึ่งองค์ประกอบของระบบกำจัดวัชพืชด้วยคลื่นเสียงความถี่สูงในแหล่งน้ำชุมชนขนาดใหญ่ด้วยคลื่นเสียงความถี่สูงที่ติดตั้งเป็นสถานีนั้นประกอบด้วยชุดวงจรอุปกรณ์ต่างๆ และแผนผังภายในชุดควบคุมระบบกำจัดวัชพืชด้วยคลื่นเสียงความถี่สูงแสดงได้ดังรูปที่ 1.4



รูปที่ 1.4 บล็อกไดอะแกรมของวงจรเครื่องกำจัดวัชพืชด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง

จากความสำคัญของปัญหาคณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิด ในการแก้ปัญหาที่เกิดประโยชน์และมีประสิทธิภาพสูง โดยออกแบบสร้างระบบกำจัดวัชพืชและสาหร่ายในแหล่งน้ำชุมชนด้วยคลื่นเสียงความถี่สูงติดตั้งเป็นสถานีขนาดใหญ่ที่สามารถกำจัดวัชพืชและสาหร่ายตามแหล่งน้ำชุมชน หรือที่กักขังน้ำต่างๆ โดยเฉพาะ ลำคลองในชุมชน ที่ซึ่งเป็นแหล่งเพาะพันธุ์ยุงแหล่งใหญ่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยระบบกำจัดวัชพืชและสาหร่ายในแหล่งน้ำด้วยคลื่นเสียงความถี่สูงดังกล่าว มีผลกระทบที่ต่อแหล่งชุมชนโดยภาพรวมอย่างมาก ซึ่งสามารถใช้เป็นทางเลือกที่ดีกว่าในการทดแทนวิธีการใช้สารเคมีหรือวิธีทางธรรมชาติกำจัดวัชพืชในแบบเดิม ๆ ที่ผ่านมาอย่างแน่นอน ซึ่งจะทำการออกแบบสร้างระบบกำจัดวัชพืชด้วยคลื่นเสียงความถี่สูงกำลังงานที่สูงมากกว่า 1000 วัตต์ต่อระบบ และในโครงการครั้งนี้จะดำเนินการออกแบบระบบเครื่องกำจัดวัชพืชและสาหร่ายในแหล่งน้ำชุมชนด้วยคลื่นเสียงความถี่สูงที่ติดตั้งเป็นสถานีตามลำคลองและแหล่งน้ำในชุมชนต่างๆ ที่เป็นแหล่งเพาะพันธุ์ยุง

ได้ อีกทั้งยังกำจัดสาหร่ายต่างๆ ที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของแหล่งน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน ทั้งนี้เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพการทำงานสูงสุดและคล่องตัวของระบบ จึงมีการออกแบบระบบที่สามารถจะใช้ไฟฟ้าจากการไฟฟ้าหรือโซลาร์เซลล์ได้ รวมทั้งมีชุดแสดงผลคุณภาพน้ำและมีการรายงานผล สั่งงาน และตรวจสอบการทำงานผ่าน Mobile Application และระบบ IoT platform ได้

### 1.1 วัตถุประสงค์ (เป้าหมายการดำเนินการวิจัย)

- 1) ออกแบบสร้างระบบเครื่องกำจัดวัชพืชในแหล่งน้ำด้วยคลื่นเสียงความถี่สูงพร้อมด้วยระบบการควบคุมและตรวจสอบการทำงานแบบอัตโนมัติโดยใช้เทคโนโลยี IoT
- 2) สามารถกำจัดวัชพืชในแหล่งน้ำได้โดยปราศจากสารเคมีและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ใช้งานง่ายควบคุมและตรวจสอบการทำงานได้แบบอัตโนมัติโดยใช้เทคโนโลยี IoT
- 3) ติดตั้งระบบทดสอบต้นแบบเครื่องกำจัดวัชพืชในแหล่งน้ำพร้อมด้วยระบบควบคุมและตรวจสอบการทำงานแบบอัตโนมัติ
- 4) เป็นระบบต้นแบบสำหรับกำจัดวัชพืช เพื่อลดการใช้สารเคมี สำหรับแหล่งน้ำขนาดใหญ่ในชุมชนหรือประยุกต์ใช้งานในบ่อบำบัดโรงงานอุตสาหกรรมต่อไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ
- 5) เพื่อช่วยพัฒนาคุณภาพชีวิตด้านสาธารณสุขในชุมชนและป้องกันโรคทีุ่งเป็นพาหะได้อย่างยั่งยืน

### 1.2 ขอบเขตของโครงการวิจัย

ออกแบบสร้างระบบกำจัดวัชพืชในแหล่งน้ำชุมชนด้วยคลื่นเสียงความถี่สูงที่ติดตั้งเป็นระบบสถานี ขนาดใหญ่ 1 ระบบ โดยประกอบไปด้วยชุดควบคุมการทำงานส่วนกลาง ชุดกำเนิดคลื่นอัลตราโซนิคจำนวนหลายชุดที่สามารถติดตั้งระบบให้เข้ากับรูปร่างของแหล่งน้ำหรือแนวท่อระบายน้ำ พร้อมทั้งมีระบบควบคุมและตรวจสอบสถานะการทำงานแบบอัตโนมัติโดยใช้เทคโนโลยี IoT สามารถใช้พลังงานไฟฟ้าจากไฟฟ้าบ้าน 220V และแผงโซลาร์เซลล์ได้ ภายในห้องควบคุมยังถูกติดตั้งชุดกำจัดวัชพืชขนาดเล็กแบบพกพา สามารถนำไปใช้แหล่งน้ำขนาดเล็กในบริเวณใกล้เคียงได้ โดยจะทำการติดตั้งระบบกำจัดวัชพืชในแหล่งน้ำหรือแนวท่อระบายน้ำ เพื่อใช้เป็นระบบต้นแบบสำหรับกำจัดวัชพืชโดยลดการใช้สารเคมี สำหรับแหล่งน้ำขนาดใหญ่ในชุมชนหรือประยุกต์ใช้งานในบ่อบำบัดโรงงานอุตสาหกรรมและโรงพยาบาลต่อไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ

### 1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ได้ระบบกำจัดวัชพืชโดยใช้หลักการของการสั่นด้วยคลื่นเสียงความถี่สูงและกำลังสูง ติดตั้งเป็นสถานีขนาดใหญ่ 1 ระบบ ที่วังสระปทุม แขวงปทุมวัน เขตปทุมวัน กรุงเทพมหานคร เพื่อเป็นสถานีต้นแบบสำหรับกำจัดวัชพืชในแหล่งน้ำขนาดใหญ่หรือท่อระบายน้ำ สามารถกำจัดวัชพืชด้วยการใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่ โดยไม่มีการใช้สารเคมีใด ๆ จึงไม่มีสารที่เป็นอันตรายตกค้างภายในแหล่งน้ำ ไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตชนิดอื่นภายในแหล่งน้ำ เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และนอกจากนี้ยังสามารถใช้งานกับแหล่งน้ำสำหรับอุปโภคและบริโภคได้อย่างปลอดภัย สามารถประยุกต์ใช้งานในบ่อบำบัดโรงงานอุตสาหกรรมหรือโรงพยาบาลต่าง ๆ ต่อไปได้อย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน



#### 1.4 แผนการถ่ายทอดเทคโนโลยีหรือผลการวิจัยสู่กลุ่มเป้าหมายเมื่อสิ้นสุดการวิจัย

ระบบกำจัดดวงจรชีวิตยูงในแหล่งน้ำด้วยหลักการของการสั่นด้วยคลื่นเสียงความถี่สูงและกำลังสูงนี้ถูกออกแบบและพัฒนาขยายผลเพื่อใช้สำหรับเป็นระบบสถานีต้นแบบสำหรับกำจัดดวงจรชีวิตยูงในแหล่งน้ำขนาดใหญ่ คลองระบายน้ำหรือแนวท่อระบายน้ำในชุมชนที่เป็นแหล่งเพาะพันธุ์ยูงหลากหลายสายพันธุ์ โดยทำการติดตั้งเป็นระบบต้นแบบที่วังสระปทุม ซึ่งระบบกำจัดดวงจรชีวิตยูงด้วยคลื่นเสียงความถี่สูงดังกล่าวนี้มีผลกระทบต่อการป้องกันโรคที่ยุงเป็นพาหะและคุณภาพชีวิตด้านสาธารณสุขในชุมชนโดยภาพรวมอย่างยิ่ง สามารถใช้เป็นทางเลือกเพิ่มเติมหรือทดแทนวิธีการใช้สารเคมีและวิธีทางธรรมชาติในการกำจัดดวงจรชีวิตยูงหรือยุงแบบเดิม ๆ ได้อย่างปลอดภัยและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นวิธีการกำจัดดวงจรชีวิตยูงด้วยการใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่ โดยไม่มีการใช้สารเคมีใด ๆ จึงไม่มีสารที่เป็นอันตรายตกค้างภายในแหล่งน้ำ ไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตชนิดอื่นภายในแหล่งน้ำ เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้ยังสามารถใช้งานกับแหล่งน้ำสำหรับอุปโภคและบริโภคได้อย่างปลอดภัย สามารถประยุกต์ใช้งานในบ่อบำบัดโรงงานอุตสาหกรรมหรือโรงพยาบาลต่าง ๆ ต่อไปได้ และยังทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงกับวิธีการกำจัดยุงหรือตัดดวงจรชีวิตยูงในประเทศไทยอย่างมีประสิทธิภาพ

ทั้งนี้เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพการทำงานสูงสุดและความคล่องตัวของระบบจึงมีการออกแบบระบบให้สามารถใช้งานได้กับไฟฟ้าจากการไฟฟ้า 220V และโซลาร์เซลล์ได้ โดยระบบนี้จะประกอบด้วย ระบบควบคุมการทำงาน วงจรกำเนิดความถี่ วงจรแปลงผันกำลังงานไฟฟ้ากระแสสลับ ระบบจ่ายพลังงาน ระบบชาร์จแบตเตอรี่ และแบตเตอรี่ ระบบสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่อง เมื่อในกรณีที่ไม่มีไฟฟ้า ระบบจะใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ ซึ่งเป็นระบบสำรองไฟฟ้าในกรณีฉุกเฉินได้ โดยระบบกำจัดดวงจรชีวิตยูงด้วยคลื่นเสียงความถี่สูงนี้มีขนาดเล็กกะทัดรัด จึงสามารถติดตั้งมาตามสถานที่ต่าง ๆ ได้ง่าย มีชุดแสดงผลคุณภาพน้ำและมีการรายงานผลส่งงานและตรวจสอบการทำงานของเครื่องผ่าน IoT Mobile Application ได้ ซึ่งระบบย่อยต่าง ๆ นี้จะถูกรวบรวมไว้ในเครื่องเป็นชุดเดียวกัน ดังนั้นเมื่อระบบกำจัดดวงจรชีวิตยูงโดยใช้หลักการของการสั่นด้วยคลื่นเสียงความถี่สูงสำเร็จเป็นไปตามเป้าหมายแล้ว ผู้ที่จะนำไปใช้ประโยชน์หลักคือ กลุ่มการแพทย์และสาธารณสุข กลุ่มผู้ประกอบการด้านสาธารณสุขต่าง ๆ ตลอดจนชุมชนทุกขนาด รวมถึงหน่วยงานของมหาวิทยาลัยและหน่วยงานภาครัฐหรือเอกชนอื่น ๆ ที่สนใจ สำหรับกระบวนการที่จะถ่ายทอดเทคโนโลยีให้สามารถนำไปใช้ประโยชน์นั้น สามารถทำได้โดยการประชาสัมพันธ์ผ่านทางหน่วยงานของมหาวิทยาลัยในการเผยแพร่สู่ชุมชนและหน่วยงานสาธารณสุข การประชาสัมพันธ์ผ่านสื่อ วิทยุ และโทรทัศน์ ผ่านเว็บไซต์ ผ่านทางการเข้าร่วมแสดงผลงานในงานต่าง ๆ รวมทั้งการประชุมวิชาการ ตลอดจนร่วมลงทุนสร้างผู้ประกอบการใหม่ด้านสาธารณสุขชุมชน เพื่อเปลี่ยนแปลงทดแทนเทคโนโลยีการกำจัดยุงแบบเดิม ซึ่งช่วยทำให้เทคโนโลยีสามารถถ่ายทอดไปยังกลุ่มเป้าหมายได้ โดยมีแบบแผนการถ่ายทอดเทคโนโลยี ดังนี้

| เทคโนโลยี   | กลุ่มเป้าหมาย   | วิธีการถ่ายทอด  | ช่วงระยะเวลา            | สถานที่  |
|---|---|---|-------------------------|--|
| ระบบกำจัดวงจรชีวิตยูงโดยใช้หลักการของการสั่นด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง โดยปราศจากการใช้สารเคมี เพื่อยกระดับคุณภาพด้านการแพทย์และสาธารณสุขของไทย | -   | การยื่นจดสิทธิบัตร  | หลังจากโครงการแล้วเสร็จ | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี และหน่วยงานผู้ให้ทุน |
|   | ผู้สนใจในเทคโนโลยี เช่นอบต. อบจ. สาธารณสุขชุมชน กรมควบคุมโรค บุคลากรทางการศึกษา หน่วยงานภาครัฐ และเอกชน รวมถึงผู้ประกอบการด้านสาธารณสุขและผู้สนใจ | การประชาสัมพันธ์ผ่านสื่อ วิทยุ โทรทัศน์ และเว็บไซต์ รวมถึงการจัดอบรมและสัมมนาถ่ายทอดเทคโนโลยี | หลังจากโครงการแล้วเสร็จ | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี และหน่วยงานผู้ให้ทุน |

### 1.5 วิธีการดำเนินการวิจัย และสถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อมูล

- 1) ดำเนินการวิเคราะห์รูปแบบความเป็นไปได้ สำหรับการฆ่าลูกน้ำยูงในแหล่งน้ำหรือแนวท่อระบายน้ำให้มีความเหมาะสมเพื่อเตรียมการดำเนินงาน
- 2) การวิเคราะห์และจำลองแบบระบบการใช้คลื่นเสียงความถี่สูงกำลังสูงเพื่อการกำจัดวงจรชีวิตยูงในแหล่งน้ำหรือแนวท่อระบายน้ำ
- 3) ออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบสำหรับการฆ่าลูกน้ำยูง เพื่อนำไปติดตั้งและทดสอบจริง
- 4) ติดตั้งระบบกำจัดลูกน้ำยูงด้วยคลื่นเสียงความถี่สูงต้นแบบในพื้นที่ทดสอบที่เป็นแหล่งน้ำและแนวท่อระบายน้ำจำนวน 1 ระบบ
- 5) ติดตามผลการทดสอบ วิเคราะห์ประสิทธิภาพการทำงาน และปรับปรุงแก้ปัญหาระบบมีประสิทธิภาพการทำงานสูงสุด
- 6) รวบรวมข้อมูลและจัดทำรายงานการวิจัย

## บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

### 2.1 ทฤษฎี สมมติฐาน และกรอบแนวคิดของโครงการวิจัย

เสียงเป็นคลื่นตามยาวที่สร้างจากแหล่งกำเนิดและส่งผ่านตัวกลาง เช่น ก๊าซ ของเหลว ของแข็ง เป็นต้น เมื่ออนุภาคในสื่อกลางสั่นสะเทือนแบบขนานกับทิศทางที่คลื่นเสียงเคลื่อนที่จะทำให้เกิดคลื่นตามยาว โดยคลื่นเสียงจะสามารถผลิตได้โดยอุปกรณ์จำพวกทรานสดิวเซอร์ ซึ่งส่วนใหญ่สามารถนำไปใช้ประโยชน์สำหรับการวินิจฉัยทางการแพทย์ เนื่องจากคลื่นเสียงนั้นทิศทางการสั่นสะเทือนจะตั้งฉากกับทิศทางที่คลื่นเคลื่อนที่หรือแพร่กระจาย เช่น คลื่นในน้ำ โดยคลื่นเสียงอัลตราโซนิกเป็นคลื่นเสียงที่มีความถี่สูงมากกว่า 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 เกิดทารกทำลายเอนไซม์ฆ่าแบคทีเรีย มีผลต่อการทำงานของหัวใจ เป็นต้น สำหรับทางเคมีพบว่าทำให้เกิดการออกซิเดชัน การสลายตัว การเปล่งแสง การเกิดผลึก เป็นต้น ส่วนผลทางฟิสิกส์มักเป็นผลทางตรงหรือทางอ้อมที่เกิดจากผลทางเคมีและผลทางชีววิทยาดังกล่าวข้างต้น ได้แก่การเกิดฟองอากาศ เกิดความร้อน เกิดความดัน เป็นต้น คลื่นอัลตราโซนิกเป็นคลื่นเสียงที่ค่อนข้างปลอดภัย ไม่ก่อให้เกิดมลภาวะ มีราคาถูก และมีคุณสมบัติที่หลากหลายขึ้นอยู่กับความถี่ (ตารางที่ 2.1) ทำให้คลื่นเสียงอัลตราโซนิก ถูกนำมาประยุกต์ใช้งานมากมาย ทั้งในด้านการแพทย์ ด้านการสื่อสาร ด้านอุตสาหกรรม ในทางการแพทย์ถูกนำไปสร้างเครื่องวินิจฉัยเพศทารกในครรภ์ ใช้ตรวจ รอยร้าวของกระดูก ใช้ตรวจสอบการอุดตันของเส้นเลือดเลี้ยงหัวใจ ใช้ทำลายเซลล์มะเร็ง ใช้ทำให้ผนังเซลล์แตก เพื่อศึกษาองค์ประกอบของเซลล์ กำจัดคราบหินปูนที่ฟัน ในทางอุตสาหกรรมถูกนำไปสร้างเครื่องเชื่อมพลาสติก เครื่องตรวจการรั่วของท่อ เครื่องตรวจการกัดกร่อนของโลหะ เครื่องชั่ง เครื่องล้างอัลตราโซนิก เครื่องล้างแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ เครื่องวัดระดับ เครื่องวัดความหนาของแผ่นโลหะ เป็นต้น ไซชีวิตประจำวันถูกนำไปสร้างเป็น เครื่องซักผ้า เครื่องกันขโมย เครื่องล้างแว่นตา เครื่องวัดระยะทางการถอยของรถยนต์ ฯลฯ โดยผลของความถี่ต่าง ๆ ของคลื่นเสียงอัลตราโซนิกนั้นสามารถแสดงได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 2.1 ผลของความถี่ต่าง ๆ ของคลื่นเสียงอัลตราโซนิก

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

## 2.2 คุณสมบัติของคลื่นเสียง

สำหรับความเร็วของคลื่นเสียงที่เดินทางผ่านตัวกลางที่ยืดหยุ่นจะมีความเร็วของคลื่นเสียงแตกต่างกันไปตามตัวกลางที่คลื่นเคลื่อนผ่านขึ้นอยู่กับสภาพของตัวกลาง เช่น คลื่นเสียงเคลื่อนที่ผ่านน้ำได้เร็วกว่าอากาศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่อุณหภูมิต่าง ๆ แต่ความกดอากาศจะไม่มีผลกระทบต่อความเร็วของเสียง และเนื่องจากความดันอากาศไม่มีผลกระทบต่อความเร็วของเสียง ซึ่งในการประมาณค่าแก๊สในอุดมคติเนื่องจากความดันและความหนาแน่นทั้งสองมีส่วนทำให้ความเร็วของเสียงเท่ากันและในแก๊สอุดมคติผลทั้งสองนี้จะถูกทำให้เหลือเพียงผลของอุณหภูมิเท่านั้น โดยปกติเสียงมักเดินทางช้ากว่าเมื่อระดับความสูงมากขึ้นเนื่องจากอุณหภูมิลดลง และในส่วนของความชื้นนั้นจะมีผลทำให้เสียงเดินทางเร็วขึ้นเล็กน้อย (0.1% - 0.6%) ในอากาศชื้น ความเร็วโดยประมาณของเสียงในความชื้น 0% (แห้ง) เป็นเมตรต่อวินาที ( $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ) ที่อุณหภูมิใกล้  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 1 [17–18]

$$c_{air} = 331.3 + (0.6 \cdot v) \quad (2.1)$$

ทั่วไปของแข็งจะมีความเร็วของเสียงสูงกว่าของเหลวและของเหลวจะมีความเร็วของเสียงสูงกว่าก๊าซ โดยความเร็วของเสียงจะเพิ่มขึ้นตามความแข็งของวัสดุและลดลงตามความหนาแน่นซึ่งความเร็วของเสียง  $c$  ถูกกำหนดจากความสัมพันธ์ต่อไปนี้

$$c = \sqrt{\frac{C}{\rho}} \quad (2.2)$$

เมื่อ  $C$  คือค่าสัมประสิทธิ์ความแข็ง  
 $\rho$  คือความหนาแน่น

### 2.2.1 ความเร็วของเสียงในของแข็ง

สำหรับของแข็งนั้นจะมีคุณสมบัติที่ไม่เป็นศูนย์ทั้งปริมาตรและการเสียรูปเฉือน จึงเป็นไปได้ที่จะสร้างคลื่นเสียงที่มีความเร็วแตกต่างกันขึ้นอยู่กับโหมดการเสียรูปของของแข็ง ดังนั้นความเร็วของเสียงจะพิจารณาได้จากสมการที่ (2.3)

$$c_{solids} = \sqrt{\frac{E}{\rho}} \quad (2.3)$$

โดยที่  $E$  คือค่าโมดูลัสของยัง  
 $\rho$  คือความหนาแน่น

### 2.2.2 ความเร็วของเสียงในของไหล

ในของไหลนั้นจะมีคุณสมบัติที่ไม่เป็นศูนย์เพียงอย่างเดียวคือการเปลี่ยนรูปแบบปริมาตร เนื่องจากของไหลนั้นจะไม่สามารถรักษาแรงเฉือนได้ ดังนั้นความเร็วของเสียงในของไหลจึงสามารถพิจารณาได้จากสมการต่อไปนี้

$$c_{fluid} = \sqrt{\frac{K}{\rho}} \quad (2.4)$$

โดยที่  $K$  เป็นกลุ่มอะเดียแบติกของโมดูลัส (adiabatic bulk modulus)  
 $\rho$  คือความหนาแน่น

ซึ่งความเร็วของเสียงในน้ำจะเดินทางด้วยความเร็วประมาณ  $1435 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  โดยความเร็วของเสียงขึ้นอยู่กับความดันหรือความลึก

### 2.2.3 ความเร็วของเสียงในแก๊สและอากาศในอุดมคติ

สำหรับแก๊ส  $K$  (โมดูลัสส่วนใหญ่ในสมการข้างต้นเทียบเท่ากับสัมประสิทธิ์ความฝืดในของแข็ง โดยพิจารณาได้จากสมการต่อไปนี้

$$c = \sqrt{\gamma \cdot \frac{p}{\rho}} \quad (2.5)$$

$$K = \gamma \cdot p \quad (2.6)$$

โดยที่  $p$  คือความดัน  
 $\gamma$  คือดัชนีอะเดียแบติกหรือที่เรียกว่าปัจจัยการขยายตัวแบบ isentropic

ปัจจัยการขยายตัว isentropic นั้นเป็นอัตราส่วนของความร้อนจำเพาะของก๊าซที่ความดันคงที่ต่อก๊าซในปริมาตรคงที่ ( $C_p / C_v$ ) ซึ่งเกิดขึ้นเนื่องจากคลื่นเสียงเกิดการบีบอัดแบบอะเดียแบติก

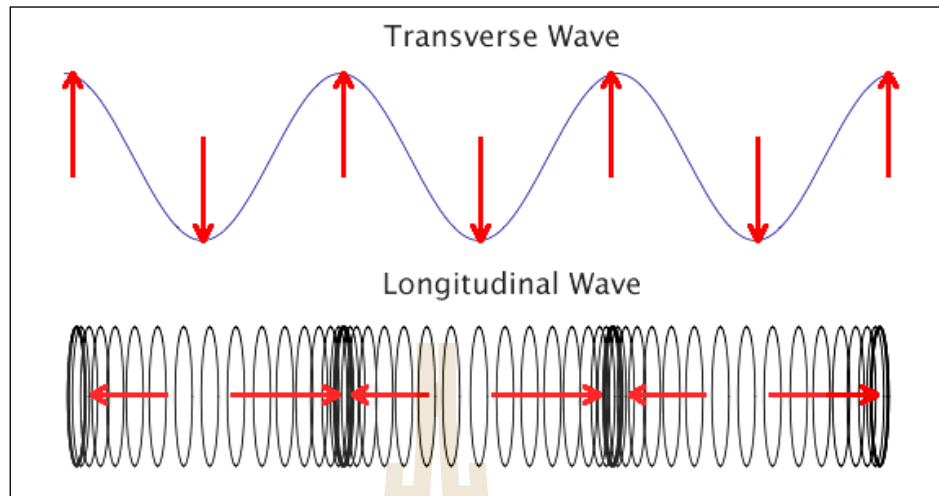
### 2.2.4 ความถี่ของคลื่นเสียง

ความถี่ของคลื่นเสียงคือจำนวนรอบของการสั่นต่อเวลา (วินาที) ที่สร้างจากแหล่งกำเนิดและอนุภาคในตัวกลาง โดยคลื่นเสียงส่วนใหญ่ที่มนุษย์สามารถได้ยินได้จริงมีความถี่ตั้งแต่  $20 \text{ Hz} - 20 \text{ kHz}$  ซึ่งความถี่เสียงที่ได้ยินจะเรียกว่าพิทช์และแสดงหน่วยเป็น "เฮิร์ตซ์" และมีแอมพลิจูดที่หมายถึงค่าการเปลี่ยนแปลงของปริมาณที่แปรผันตามเวลาในตัวกลาง เมื่อคลื่นเสียงเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางความกว้างของแรงดันจะถูกวัดในหน่วยที่เรียกว่า Pascal (Pa) ส่วนค่าของพลังงานจะหมายถึงอัตราที่พลังงานถูกส่งโดยตัวแปลงสัญญาณของแหล่งกำเนิดหรือที่เรียกว่า "ทรานสดิวเซอร์" เมื่อพิจารณาถึงพลังงานจากทรานสดิวเซอร์แล้วกำลังไฟฟ้ามีหน่วยเป็นวัตต์ (W) ความเข้มถูกกำหนดให้เป็นพลังงานต่อหน่วยพื้นที่ ซึ่งเป็นอัตราการไหลของพลังงานผ่านพื้นที่ที่กำหนดโดยจะอยู่ในหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร ( $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ ) [19–20]

## 2.2.5 คุณสมบัติของคลื่นเสียง

เสียงเป็นคลื่นกลที่สร้างจากแหล่งกำเนิดและส่งผ่านตัวกลาง เมื่ออนุภาคในสื่อกลางสั่นสะเทือนแบบขนานกับทิศทางที่คลื่นเสียงเคลื่อนที่ จะทำให้เกิดคลื่นตามยาว โดยคลื่นเสียงเป็นคลื่นที่มีทิศทางสามารถกำหนดทิศทางคลื่นไปยังเป้าหมายหรือตำแหน่งที่ต้องการได้แบบเจาะจง ซึ่งเป็นคุณสมบัติเฉพาะตัวของคลื่นเสียง ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย โดยเฉพาะคลื่นเสียงที่มีความถี่สูงหรือที่เรียกว่า “คลื่นอัลตราโซนิก” ประกอบกับคลื่นเสียงเมื่อมีความถี่ที่สูงมากขึ้นจะเป็นคลื่นที่มีทิศทางสามารถกำหนดทิศทางคลื่นไปยังเป้าหมายหรือตำแหน่งที่ต้องการได้แบบเจาะจงมากยิ่งขึ้น จึงเป็นสาเหตุที่ทำให้มีการนำคลื่นในย่านความถี่อัลตราโซนิกมาประยุกต์ใช้งานกันในทางการแพทย์และทางเรือเดินสมุทร นอกจากนี้ยังสามารถประยุกต์ใช้เป็นเครื่องมืออื่น ๆ ได้อย่างหลากหลาย เช่น เครื่องควบคุมระยะไกล เครื่องล้างอุปกรณ์ด้วยคลื่นอัลตราโซนิก โดยจะทำให้ น้ำสั่นที่ความถี่สูง เครื่องวัดความหนาของวัตถุโดยส่งเกดระยะเวลาที่คลื่นสะท้อนกลับมา เครื่องวัดความลึกและทำแผนที่ใต้ท้องทะเล ใช้ในเครื่องหาตำแหน่งอวัยวะบางส่วนในร่างกาย ใช้ทดสอบการรั่วไหลของท่อ เป็นต้น และนอกจากนี้คลื่นอัลตราโซนิกยังสามารถนำมาประยุกต์ใช้งานในลักษณะอื่น ๆ ได้เนื่องจากทางกายภาพของคลื่นที่อาศัยตัวกลางในการเดินทางซึ่งต้องอาศัยการบีบอัดเพื่อให้เกิดการถ่ายโอนพลังงานออกไป ซึ่งระยะของการบีบอัดนี้จะขึ้นอยู่กับขนาดของความยาวคลื่นซึ่งสามารถเลือกใช้งานได้ตามความเหมาะสม โดยคลื่นเสียงความถี่สูงดังกล่าวนี้จะสามารถผลิตได้โดยอุปกรณ์จำพวกทรานสดิวเซอร์ เป็นคลื่นเสียงความถี่สูงหรือคลื่นอัลตราโซนิกเป็นคลื่นกลที่มีความถี่สูงเกินกว่าหูมนุษย์จะได้ยิน

โดยจากคุณสมบัติและข้อดีเฉพาะตัวของคลื่นเสียงความถี่สูงดังกล่าวจึงได้มีผู้วิจัยทำการทดลองวิจัยและประยุกต์ใช้คลื่นในการกำจัดวงจรชีวิตยุงด้วยการใช้คลื่นเสียงความถี่สูงกำลังงานสูงป้อนลงไปในน้ำทำให้น้ำเกิดคลื่นที่มีแรงกระแทกที่ตัวของลูกน้ำยุงทำให้ลูกน้ำยุงตายโดยง่าย แต่สัตว์น้ำอื่น ๆ ที่มีขนาดใหญ่กว่าหรือเล็กกว่าจะไม่มีผลกระทบ ไม่ทำลายสิ่งแวดล้อม ไม่มีสารเคมีตกค้าง สำหรับระบบจ่ายกำลังคลื่นเสียงความถี่สูงกำลังสูงเพื่อกำจัดวงจรชีวิตยุงในแหล่งน้ำชุมชนนั้นได้ถูกพัฒนามากจากอุปกรณ์ประเภททรานสดิวเซอร์ โดยเป็นการสร้างคลื่นกลที่ความถี่ย่านอัลตราโซนิก ซึ่งเป็นพลังงานคลื่นความถี่สูงที่ได้จากการเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล โดยอาศัยหลักการของวงจรกำเนิดความถี่ (Oscillator) ที่ความถี่ย่านอัลตราโซนิกขนาด 40 kHz ร่วมกับวงจรแปลงผันกำลังงานไฟฟ้า (DC to DC Converter) สำหรับขยายความแรงของสัญญาณให้สูงขึ้น ซึ่งเมื่อส่งสัญญาณผ่านไปยังอุปกรณ์ทรานสดิวเซอร์หรือตัวปล่อยคลื่นที่เชื่อมต่อกับแท่นโลหะจะถูกแปรสัญญาณให้อยู่ในรูปคลื่นกลที่มีความถี่เดียวกันกับกำเนิดความถี่และจะนำส่งคลื่นดังกล่าวแพร่กระจายลงสู่บริเวณที่มีน้ำเป็นตัวกลาง เมื่อพลังงานแพร่กระจายลงสู่น้ำแล้วจะเกิดการบีบอัดตัวของน้ำที่เป็นตัวกลางด้วยความถี่สูงไปยังลูกน้ำยุง ดังรูปที่ 7 ส่งผลทำให้ไปทำลายวัฏจักรการเจริญเติบโตของลูกน้ำยุงไม่ทำให้สามารถเจริญเติบโตเป็นยุงตัวเต็มวัยได้ เนื่องจากคลื่นอัลตราโซนิกดังกล่าวจะทำให้เกิดแรงดันน้ำไปกระทบตัวลูกน้ำยุงทำให้ตัวหรือผนังเซลล์ของตัวลูกน้ำแตกและตายได้อย่างรวดเร็ว



รูปที่ 2.1 คลื่นกลที่ความถี่ย่านอัลตราโซนิกเมื่อแพร่กระจายลงสู่น้ำจะเกิดการบีบอัดตัวของน้ำที่เป็นตัวกลาง

โดยระบบกำจัดวงจรชีวิตยุงในแหล่งน้ำชุมชนด้วยคลื่นเสียงความถี่สูงเป็นอุปกรณ์ที่ช่วยลดจำนวนของลูกน้ำยุงตามแหล่งน้ำนิ่งที่ยุงสามารถวางไข่ได้โดยการทำลายลูกน้ำยุงไม่ให้ลูกน้ำเติบโตขึ้นเป็นยุงตัวเต็มวัยโดยใช้คลื่นเสียงความถี่สูง หรือเรียกว่า “คลื่นอัลตราโซนิก” ซึ่งโดยทั่วไปแล้วหูของมนุษย์โดยเฉลี่ยจะได้ยินเสียงสูงถึงเพียงแค่ประมาณ 15 kHz เท่านั้น แต่สำหรับในการกำจัดวงจรชีวิตยุงนั้นเป็นคลื่นเสียงที่มีความถี่สูงเกินกว่าที่หูมนุษย์จะได้ยิน ซึ่งปกติแล้วย่านความถี่อัลตราโซนิกจึงมักจะหมายถึงคลื่นเสียงที่มีความถี่สูงกว่า 20 kHz ขึ้นไปถึงประมาณ 100 kHz หรือสูงกว่า ประกอบกับคลื่นอัลตราโซนิกเป็นคลื่นที่มีทิศทางสามารถกำหนดทิศทางคลื่นไปยังเป้าหมายหรือตำแหน่งที่ต้องการได้แบบเจาะจง ซึ่งเป็นคุณสมบัติเฉพาะตัวอย่างหนึ่งของคลื่นจึงเป็นสาเหตุที่ทำให้มีการนำคลื่นไร้ย่านความถี่อัลตราโซนิกมาประยุกต์ใช้งานกันอย่างแพร่หลาย จากคุณลักษณะเบื้องต้นของคลื่นถ้ายิ่งคลื่นมีความถี่สูงขึ้นความยาวคลื่นก็จะยิ่งสั้นลงตามความสัมพันธ์  $\lambda_d = c / f \sqrt{\epsilon_r}$  โดยถ้าความยาวคลื่นยาวกว่าช่องเปิดของตัวกำเนิดเสียงความถี่นั้นเช่น คลื่นความถี่ 300 Hz ในอากาศจะมีความยาวถึงประมาณ 1 m ซึ่งจะยาวกว่าช่องที่ให้คลื่นเสียงออกมาจากตัวกำเนิดเสียงโดยทั่วไปจึงทำให้คลื่นหักเหที่ขอบด้านนอกของตัวกำเนิดเสียงทำให้เกิดการกระจายทิศทางคลื่นแต่ถ้าความถี่สูงขึ้นมาอยู่ในย่านอัลตราโซนิก อย่างเช่น 40 kHz จะมีความยาวคลื่นในอากาศเพียงประมาณ 8 mm เท่านั้น โดยอุปกรณ์ที่สามารถแปลงพลังงานในรูปอื่นให้มาเป็นพลังงานทางกลโดยการสั่นไปมา ซึ่งทำให้เกิดคลื่นเสียงย่านอัลตราโซนิกกระจายไปในอากาศได้หรือแปลงพลังงานทางกลให้มาเป็นพลังงานในรูปอื่นได้นั้น มีชื่อเรียกว่า อัลตราโซนิกทรานสดิวเซอร์ (Ultrasonic Transducer)

### 2.3 เพียโซอิเล็กทริก

ปรากฏการณ์เพียโซอิเล็กทริก (Piezoelectric Effect) ถูกค้นพบในปี ค.ศ. 1880 โดย Pierre Curies ได้ศึกษาผลของความดันต่อการเกิดประจุไฟฟ้าของผลึกควอตซ์ (Quartz) ดีเกลีอ (Rochelle Salt) อัญมณี (Tourmaline) ว่าสามารถให้กำเนิดไฟฟ้าได้เมื่อมีแรงกดกระทำต่อผลึก เขาให้ชื่อกับ

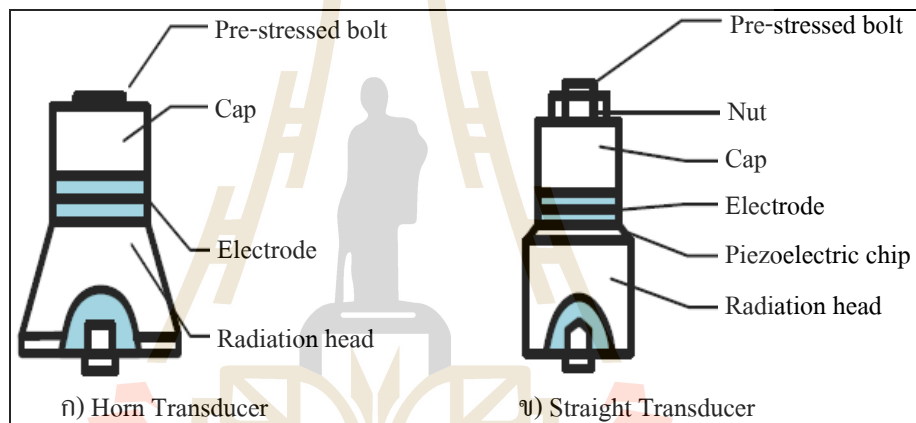


ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นว่า ปรากฏการณ์ “เพียโซอิเล็กทริก (Piezoelectric Effect)” ต่อมาในปี ค.ศ. 1881 Gabriel Lippmann ได้ศึกษาค้นพบปรากฏการณ์ย้อนกลับได้โดยพิจารณาจากหลักเทอร์โมไดนามิกส์ คือ ถ้าให้ไฟฟ้าเข้าไปในผลึก ผลึกก็จะสั่นได้ วัสดุเพียโซอิเล็กทริกที่ได้รับแรงเค้น (Mechanical Stress) จะถูกเหนี่ยวนำให้เกิดการประจุไฟฟ้า ( Electric Charge) หรือ การจัดเรียงตัวทางแสงขึ้น (Polarization) เรียกว่า “ผลทางตรง” (Direct Effect) เมื่อนำวงจรต่อเข้ากับวัสดุเพียโซอิเล็กทริกภายใต้แรงอัดจะมีกระแสไหลเข้าวงจรและหากเปลี่ยนเป็นแรงดึงจะเกิดกระแสไหลในทิศตรงข้าม การประยุกต์จากผลทางตรงเช่น ไมโครโฟน และสัญญาณโซนาร์ เป็นต้นวัสดุเพียโซอิเล็กทริกภายใต้สนามไฟฟ้าจะเกิดแรงเครียดอัดภายในผลึก (Compression Strain) ทำให้วัสดุเกิดการบิดรูปไปจากเดิม และหากกลับทิศทางของสนามจะเกิดแรงเครียดดึง (Tensile Strain) ปรากฏการณ์ดังกล่าว เรียกว่า “ผลทางอ้อม” (Indirect Effect, Converse Effect) งานประยุกต์ผลทางอ้อมเช่น เต้าจุด แก๊ส, อัลตราโซนิคทรานสดิวเซอร์ (Ultrasonic Transducers) แอคชูเอเตอร์ (Actuators) เป็นต้น Piezoelectric เป็นคุณสมบัติชนิดของวัสดุที่มาจากคริสตอลรวมไปถึงคริสตอลธรรมชาติทั้งควอตซ์ (Quartz) ดีเกลือ (Rochelle Salt) และอัญมณี (Tourmaline) ร่วมกับเซรามิก เช่น แบเรียมไททานเนต และลิตโซโคเนต เมื่อใช้ความดันทางกลปรับให้เข้ากับวัสดุเหล่านี้โครงสร้างที่เป็นคริสตอลจะสร้างสนามไฟฟ้าที่เป็นสัดส่วนที่เหมาะสมกับความดัน ทำให้โครงสร้างถูกเปลี่ยนรูปร่างจนทำให้เกิดการเปลี่ยนมิติของวัสดุการทดลองที่เกี่ยวข้องระหว่างปรากฏการณ์เพียโซอิเล็กทริก (Piezoelectric) กับ โครงสร้างของคริสตอลถูกเผยแพร่ในปี ค.ศ. 1880 โดย Pierre และ Jacques Curie การทดลองของเขาศึกษาถึงการวัดการเปลี่ยนแปลงของผิวหน้าซึ่งปรากฏอยู่บนคริสตอล ที่ได้รับจากความเครียดทางกล ในวงการทางวิทยาศาสตร์ผลการทดลองนี้ถือว่าการค้นพบที่สำคัญ และถูกตั้งชื่อให้อย่างรวดเร็วว่า “Piezoelectricity” และเพื่อทำให้เกิดความต่างกับการทดลองปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์อื่น เช่น Contact Electricity หรือ Pyroelectric พี่น้อง Curies ได้พบว่ามีปฏิกิริยาร่วมกันแบบหนึ่งต่อหนึ่งระหว่างผลกระทบทางไฟฟ้าจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและความเครียดทางกลในคริสตอลซึ่งเป็นผลมาจากการทดลองในเรื่องของการเกิด Microscopic Crystallographic อันเป็นจุดเริ่มต้นของไฟโรอิเล็กทริก (Pyroelectric) ในปัจจุบันอัลตราโซนิคทรานสดิวเซอร์มีหลายแบบขึ้นอยู่กับหลักการที่ใช้ในการกำเนิดคลื่นความถี่ออกมาตัวอย่างเช่น

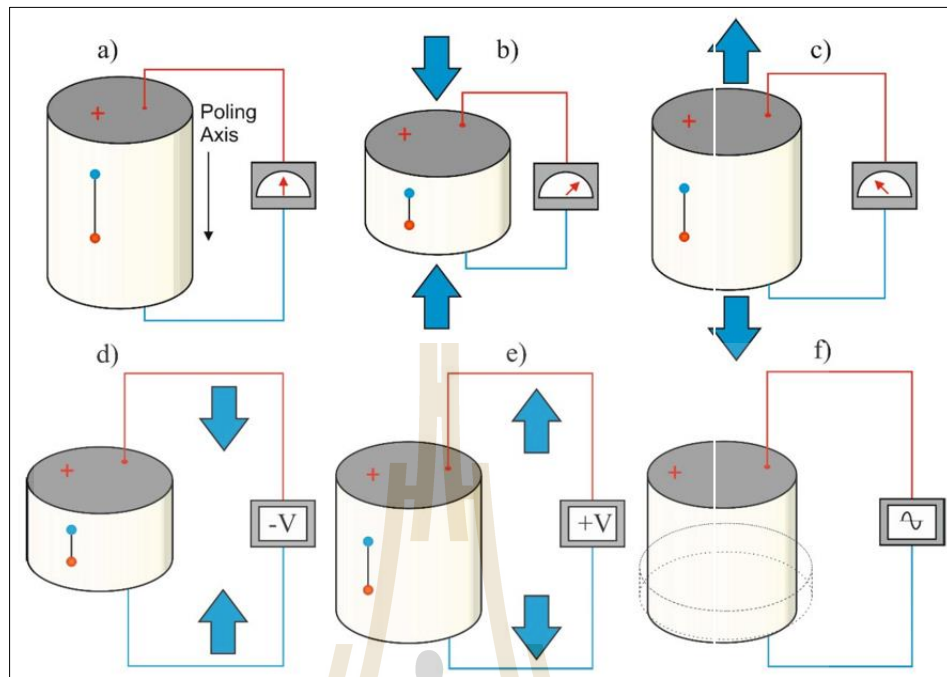
- แบบเพียโซอิเล็กทริก (Piezo-electric Transducer) ซึ่งมีหลักการทำงานคือการแปลงไปมาระหว่างพลังงานไฟฟ้าและพลังงานกล โดยจะให้ความถี่เรโซแนนซ์คงที่อยู่ค่าหนึ่ง
- แบบแมกนีโตสทริกทีฟ (Magnetrostrictive Tracsducer) ซึ่งจะมีหลักการทำงานคือแปลงไปมาระหว่างพลังงานไฟฟ้าในขดลวดกับตำแหน่งความยาวของแกนเหล็กที่สวมขดลวดนั้นอยู่
- แบบอิเล็กโตรสทริกทีฟ (Electrostrictive Transducer) ซึ่งจะมีหลักการทำงานคือแปลงไปมาระหว่างพลังงานไฟฟ้าและพลังงานกล

แบบที่นิยมใช้กันมากได้แก่ แบบเพียโซอิเล็กทริกทรานสดิวเซอร์ ซึ่งแปลงไปมาระหว่างพลังงานไฟฟ้าและพลังงานทางกลด้วยความถี่เรโซแนนซ์คงที่อยู่ค่าหนึ่ง ดังแสดงในรูปที่ 8

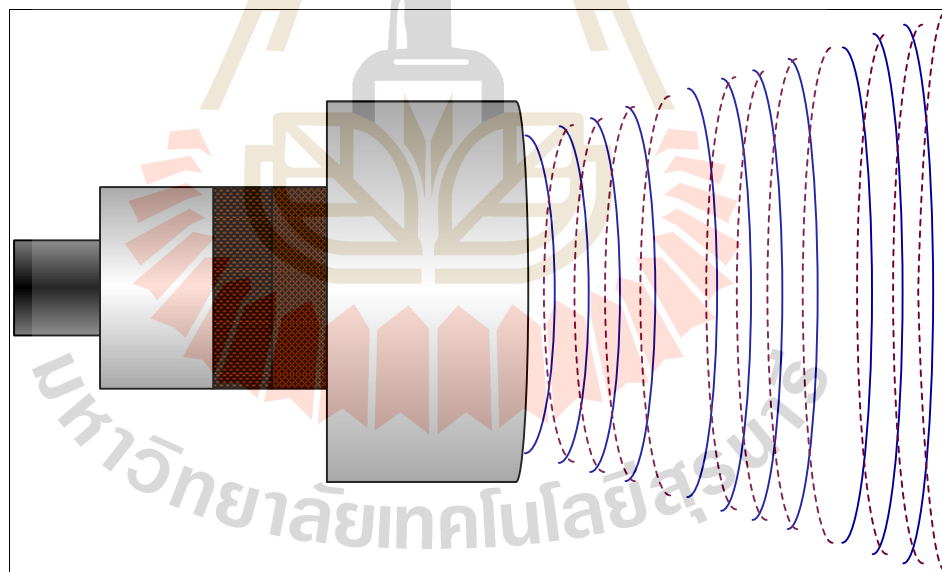
โดยลักษณะโครงสร้างตัวปล่อยคลื่นอัลตราโซนิกทรานสดิวเซอร์แบบเพียร์โซอิเล็กทริก ทรานสดิวเซอร์แบบที่มีใช้กันในปัจจุบันนั้นได้รับการพัฒนาขึ้นมาอย่างต่อเนื่อง โดยจะประกอบด้วย ชั้นสารเซรามิกส์เคลือบที่มีผิวโลหะเงินฉาบอยู่ทั้ง 2 หน้าเพื่อให้ต่อสายไฟออกมาเป็นขั้วได้ 2 ขา ชั้นสารเซรามิกนี้ประกอบขึ้นจากสารเซรามิก 2 ชั้นประกบกันอยู่โดยวางให้ขั้วไดโพลทางไฟฟ้า ภายในอะตอมของมันมีทิศทางตรงข้ามกัน ดังแสดงในรูปที่ 9 โดยลักษณะการใช้งานทรานสดิวเซอร์แบบเพียร์โซอิเล็กทริกทรานสดิวเซอร์จะถูกติดตั้งติดกับแผ่นโลหะที่ไม่มีการเกิดสนิม เพื่อส่งผ่านกำลังงานคลื่นเสียงความถี่สูงไปยังวัตถุเป้าหมายโดยมีลักษณะการเดินทางของคลื่นออกจากตัวปล่อยคลื่นอัลตราโซนิกทรานสดิวเซอร์แบบเพียร์โซอิเล็กทริกดังแสดงในรูปที่ 10 และจากคุณลักษณะการเดินทางของคลื่นจะทำการติดตั้งทรานสดิวเซอร์แบบเพียร์โซอิเล็กทริกเพื่อให้คลื่นพลังงานทางกลแพร่กระจายไปยังตัวกลางด้วยความถี่เรโซแนนซ์ค่า ๆ หนึ่งตามต้องการสำหรับการประยุกต์ใช้เพื่อให้มีความเหมาะสม ดังแสดงในรูปที่ 11 และ รูปที่ 12 ตามลำดับ



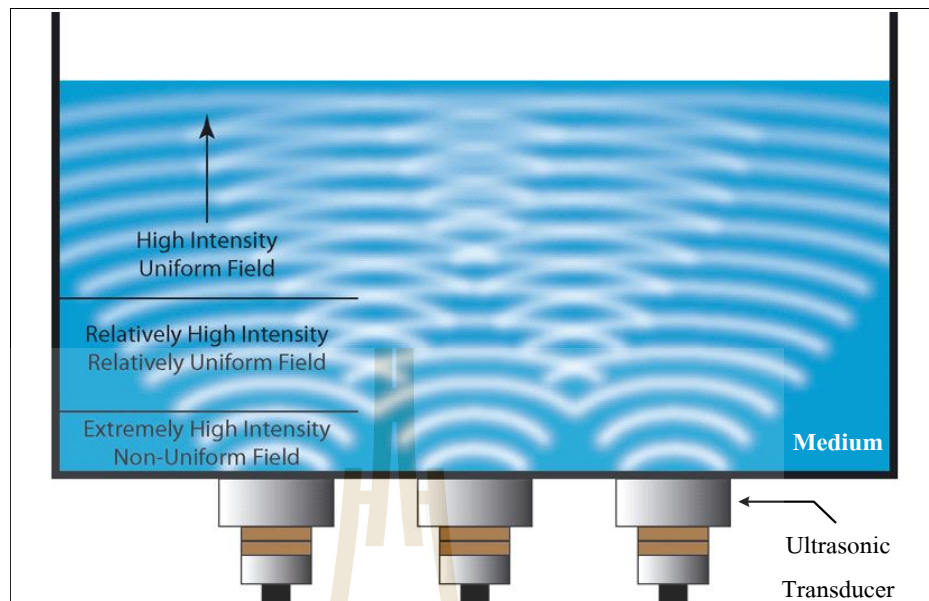
รูปที่ 2.2 ลักษณะโครงสร้างตัวปล่อยคลื่นอัลตราโซนิกทรานสดิวเซอร์แบบเพียร์โซอิเล็กทริก (Piezo-electric Transducer)



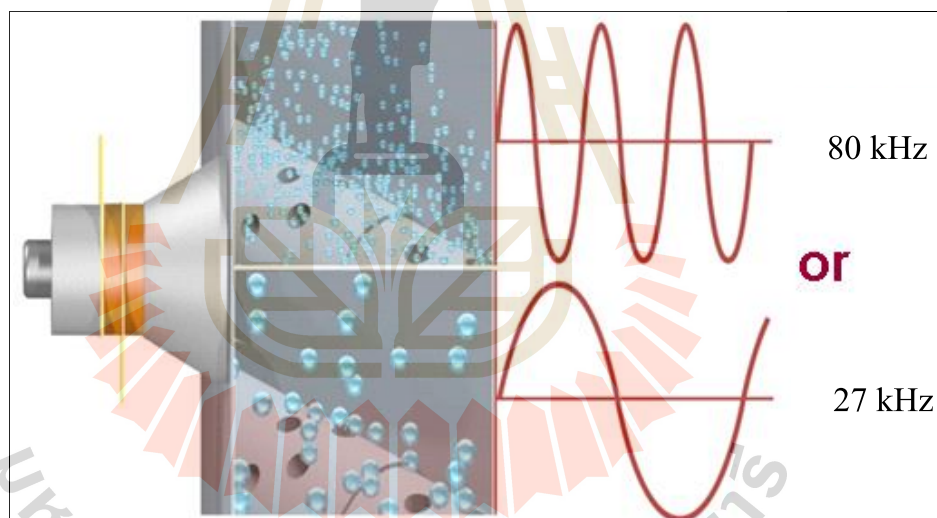
รูปที่ 2.3 ผลกระทบจากการวางให้ขั้วไดโพลทางไฟฟ้าภายในอะตอมของตัวปล่อยคลื่นอัลตราโซนิคทรานสดิวเซอร์แบบเพียโรโซอีเล็กทริกเมื่อมีทิศทางตรงข้ามกัน



รูปที่ 2.4 การเดินทางของคลื่นความถี่สูงออกจากตัวปล่อยคลื่นอัลตราโซนิคทรานสดิวเซอร์แบบเพียโรโซอีเล็กทริก



รูปที่ 2.5 ลักษณะการติดตั้งใช้งานและการกระจายคลื่นเสียงความถี่สูงไปภายในตัวกลางที่เป็นน้ำ



รูปที่ 2.6 ลักษณะการกระจายคลื่นเสียงความถี่สูงไปภายในตัวกลางที่เป็นน้ำ

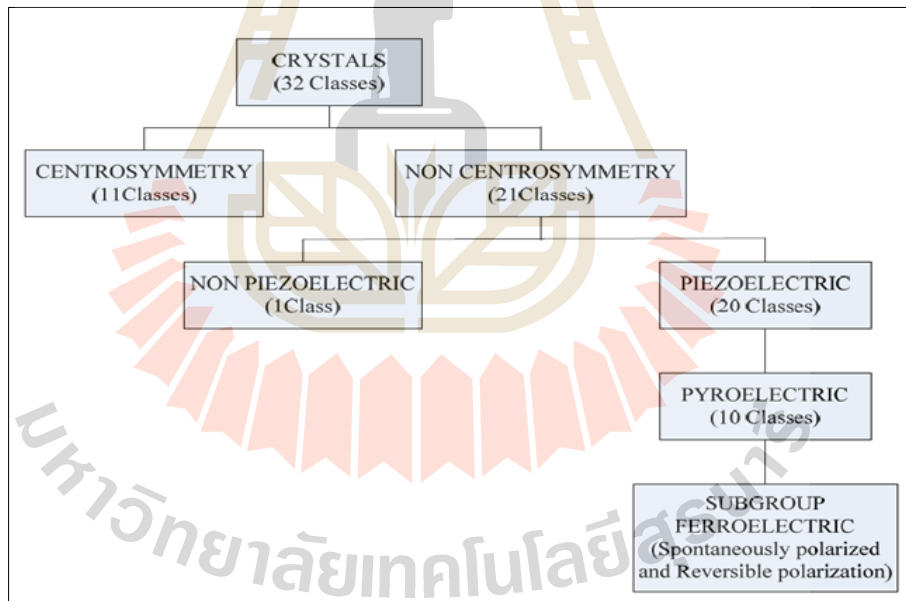
### 2.3.1 ลักษณะของวัสดุเพียโซอิเล็กทริก

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)ตามธรรมชาติแม้จะไม่มีแรงเค้นหรือสนามไฟฟ้ามากระทำขนาดการ

โพลาริซสามารถเพิ่มขึ้นหรือลดลงแบบรอบตัวหรือรอบทิศทางตามการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ และบางกลุ่มเป็นแบบให้สนามไฟฟ้าซึ่งมีทั้งแบบที่เป็น Spontaneously Polarization และ Reversible Polarization ปรากฏการณ์นี้เรียกว่า “Ferroelectric” ซึ่งอยู่ในกลุ่มของ “Pyroelectric” สารสังเคราะห์ Polycrystalline Materials ประกอบด้วยผลึกจำนวนมากที่มีทิศทางขั้วไฟฟ้ากระจายหลากหลายทิศทาง ทำให้ทิศการโพลาริซได้ผลลัพธ์เป็นศูนย์และไม่สามารถตรวจวัดปรากฏการณ์เพียโซอิเล็กทริกได้ การจัดทิศขั้วสามารถทำได้โดยการจ่ายสนามไฟฟ้าเพื่อให้เกิดขั้วอยู่ในทิศทางเดียวกับสนามไฟฟ้ามากที่สุดจึงทำให้สามารถตรวจสอบปรากฏการณ์เพียโซอิเล็กทริกได้วิธีการดังกล่าวเรียกว่า การโพล (Poling)

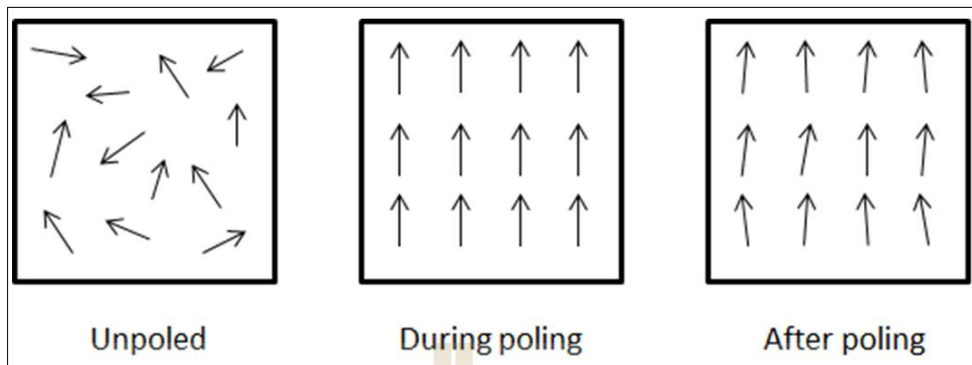
### 2.3.2 ปรากฏการณ์ Piezoelectricity

จากเหตุผลข้างต้นที่ผ่านมาเพราะความไม่สมมาตรกับจุดศูนย์กลางของผลึกเซลล์ (Non Centrosymmetric) เมื่อมีแรงกดจะทำให้ Dipole เกิดขึ้นและเป็นผลทำให้เกิดกระแสขึ้นในทำนองกลับกันเมื่อมีแรงดึงจะทำให้ Dipole เกิดขึ้นและเป็นผลทำให้เกิดกระแสขึ้นเช่นกันดังรูปที่ 2.3 (a) ในทำนองเดียวกันเมื่อเราป้อนแรงดันบนเพียโซอิเล็กทริก ตัวเซรามิกจะขยายและหดตัวซึ่งจะเป็นการเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าไปเป็นพลังงานกลดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 ความสัมพันธ์ของการแบ่งโครงสร้างของผลึก

เพียโซอิเล็กทริกนั้นจะมีการ Polarization ตามธรรมชาติซึ่งแตกต่างจาก Ferroelectric สารเพียโซอิเล็กทริกนั้นหลังจากการตัดให้เป็นชิ้นใหม่ ๆ Dipoles ที่มีอยู่ในส่วน (Grains) ต่าง ๆ นั้นไม่ได้เรียงไปในแนวทางเดียวกันดังนั้นจึงต้องมีกระบวนการ Poling เพื่อให้ Dipoles ต่าง ๆ เรียงไปในทิศทางเดียวกันดังรูปที่ 2.3 ซึ่งหากปราศจากกระบวนการ Poling แล้วสารเพียโซจะไม่แสดงสมบัติพิเศษใด ๆ เลยการ Poling จะกระทำที่อุณหภูมิคูรี (Curie Temperature, Tc)



รูปที่ 2.8 แสดงการ Poling of Piezoelectric Ceramics

สมการที่อธิบายเกี่ยวกับผลของปรากฏการณ์ Piezoelectric เขียนได้ดังนี้

$$D = dE + \varepsilon^T E \quad (2.7)$$

$$S = s^E T + dE \quad (2.8)$$

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

ค่าของเพียโซอิเล็กตริกจะเกี่ยวข้องกับสนามไฟฟ้าที่เกิดจากแรงเค้นอาจจะเขียนในรูปของแรงดันหรือค่า  $g$  มีหน่วยเป็นโวลต์ต่อนิวตันต่อตารางเมตรดังสมการ

$$g = \frac{\text{Open Circuit Electric Field}}{\text{Applied Mechanical Stress}} \quad (2.9)$$

ซึ่งค่า  $g$  เป็นค่าที่มีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับ  $d$  ดังนี้

$$g = \frac{d}{\varepsilon} = \frac{d}{\varepsilon_r \varepsilon_0} \quad (2.10)$$

- เมื่อ  $\varepsilon$  คือ ค่าความซึมซาบ (Permittivity)

$\epsilon_r$  คือ ค่าคงที่ของสารไดอิเล็กตริก (Relative Permittivity)

$\epsilon_0$  คือ ค่าความซึมซับสมบูรณ์ (Permittivity in free space  $\approx 8.854 \times 10^{-12}$  F/m)

ส่วนค่าความสามารถในการเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกลหรือในทางกลับกันของเพียโซอิเล็กทริก (Piezoelectric Coupling Factor) สามารถหาได้ดังนี้

$$K = \sqrt{\frac{\text{Energy Output}}{\text{Total Mechanical Energy Input}}} \quad (2.11)$$

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

## 2.4 วงจรเรโซแนนซ์ของหัวเพียโซอิเล็กทริก

วงจรเรโซแนนซ์ในส่วนของการการเรโซแนนซ์จะประกอบด้วยส่วนของค่าตัวเก็บประจุ, ค่าความเหนี่ยวนำ และค่าความต้านทานโดยทั่วไปแล้ววงจรเรโซแนนซ์จะใช้อยู่ 2 ประเภทคือการต่อวงจรเรโซแนนซ์แบบอนุกรมและการต่อวงจรเรโซแนนซ์แบบขนาน ในรูปที่ 2.7 เป็นการแสดงการต่อวงจรทั้ง 2 ประเภทเมื่อมีการจ่ายกำลังไฟฟ้าพลังงานไฟฟ้่าดังสมการที่ 2.14 คือพลังงานจะถูกเก็บอยู่ในอุปกรณ์ที่ซั๊กนำกระแสสลับแล้วจะถ่ายเทไปยังส่วนของตัวเก็บประจุสมการที่ 2.15 ทำให้การคำนวณจำนวนของพลังงานที่เก็บในตัวเก็บประจุได้ง่ายขึ้นการเรโซแนนซ์ที่เกิดขึ้นในอุปกรณ์ที่ซั๊กนำกระแสสลับและตัวเก็บประจุจะเปลี่ยนไปเป็นในรูปของพลังงานจำนวนของพลังงานสูงสุดจะถูกเก็บสะสมไว้อยู่ที่ตัวนำ

โดยกระแสที่ไหลในวงจรมีค่าดังสมการต่อไปนี้

$$i = \sqrt{2}I \sin(\omega t) \quad (2.12)$$

แรงดันคร่อมหัวเพียโซอิเล็กทริก

$$V_c = \frac{1}{C} \int i dt = -\frac{\sqrt{2}I}{\omega C} \cos(\omega t) \quad (2.13)$$

พลังงานที่เกิดจากตัวเหนี่ยวนำ

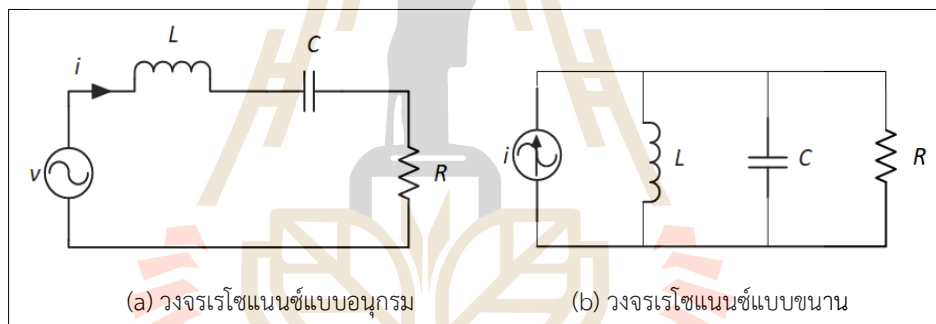
$$E_L = \frac{1}{2} Li^2 = LI^2 \sin^2(\omega t) \quad (2.14)$$

พลังงานจากตัวเก็บประจุ

$$E_c = \frac{1}{2} CV_c^2 = \frac{I^2}{\omega^2 C} \cos^2(\omega t) \quad (2.15)$$

$$\begin{aligned} E_L + E_c &= LI^2(\sin^2(\omega t) + \cos^2(\omega t)) \\ &= LI^2 \frac{I^2}{\omega^2 C} \end{aligned} \quad (2.16)$$

เพราะพลังงานจำนวนหนึ่งมีการสูญเสียในกระบวนการเรโซแนนซ์จำนวนพลังงานที่ถูกเก็บในตัวนำจึงมีการลดลงในช่วงที่มีการเปลี่ยนรูปการเรโซแนนซ์ในการเรโซแนนซ์ทางความถี่ ซึ่งจะเกี่ยวกับความเร็วของการส่งพลังงานซึ่งจะได้จากตัวเก็บประจุและค่าความเหนี่ยวนำ ดังแสดงในสมการที่ 2.20 โดยในส่วนของ การตอบสนองทางการเหนี่ยวนำกระแสไฟฟ้าจะมีความสัมพันธ์กันดังสมการที่ 2.17 และสมการที่ 2.18 ขนาดของอิมพีแดนซ์ของวงจรอนุกรมจะได้ดังสมการที่ 2.21



รูปที่ 2.9 วงจรเรโซแนนซ์

ความต้านทานจากตัวเหนี่ยวนำ

$$X_L = j\omega L = j2\pi fL \quad (2.17)$$

ความต้านทานจากตัวเก็บประจุ

$$X_c = \frac{1}{j\omega C} = \frac{1}{j2\pi fC} \quad (2.18)$$

$$|Z| = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2} \quad (2.19)$$



ที่ความถี่เรโซแนนซ์ในรูปของค่าความเหนี่ยวนำดังสมการที่ 2.17 และในรูปของตัวเก็บประจุ ดังสมการที่ 2.18 คือสมการเดียวกันเมื่อระดับแรงดันและกระแสที่ป้อนให้กับวงจรมีค่าเท่ากันสมการของความถี่เรโซแนนซ์สามารถสรุปได้ดังสมการที่ 2.20

$$2\pi fL = \frac{1}{2\pi fC} \Rightarrow f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (2.20)$$

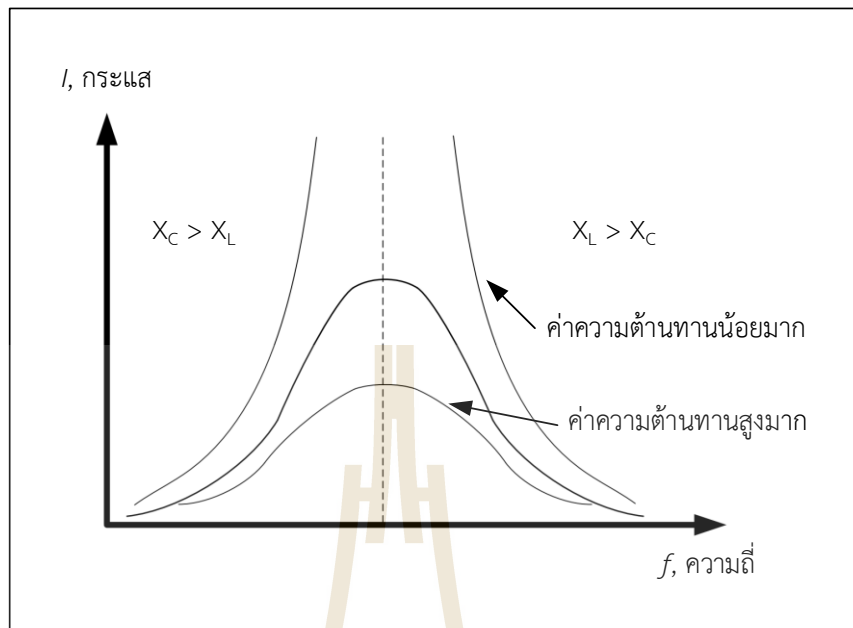
คุณสมบัติของความต้านทานสามารถเรียกอีกอย่างว่าอิมพีแดนซ์คุณลักษณะซึ่งสามารถแสดงในสมการที่ 2.21

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

$$Z_0^2 = X_L \cdot X_C = \frac{L}{C} \quad (2.21)$$

จากสมการทั้งหมดจะเห็นได้ว่าความต้านทานเป็นส่วนน้อยส่วนมากจะเป็นค่าความเหนี่ยวนำ ค่าตัวเก็บประจุมากกว่าที่ทำให้เกิดการเรโซแนนซ์รูปพลังงานที่ได้จะมีลักษณะที่เป็นดังรูปที่ 2.10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเอาต์พุตของกระแสกับความถี่ต้นกำเนิดจะเห็นว่าเมื่อความถี่ที่น้อยไปหรือมากไปทำให้เกิดการไม่แมตซ์กันค่าของกระแสและกำลังงานที่ได้ก็จะมีค่าน้อยแต่เมื่อค่าของค่าความเหนี่ยวนำและค่าตัวเก็บประจุเกิดการแมตซ์กันก็จะทำให้กระแสที่ได้มีค่าสูงสุดทำให้ได้กำลังงานสูงสุดในการเกิดช่วงความถี่เรโซแนนซ์ด้วยจะเห็นว่าในพื้นที่ของการปรับเปลี่ยนความถี่ให้มากหรือน้อยกว่าช่วงความถี่เรโซแนนซ์ค่าของความเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุเป็นส่วนที่มีความสัมพันธ์โดยตรงกับการปรับเปลี่ยนความถี่

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (2.22)$$



รูปที่ 2.10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเอาต์พุตของกระแสกับความถี่ต้นกำเนิด

ส่วนของความสัมพันธ์ของสูตรที่ได้จากการทำให้เมตซ์กันซึ่งก็จะมีส่วนของกระแสส่วนของแรงดันที่ป้อนให้ส่วนของตัวเก็บประจุส่วนของความเหนี่ยวนำและส่วนของความถี่โดยมีความสัมพันธ์ดังนี้

$$I = \frac{2\pi P}{V}, P = IV \quad (2.23)$$

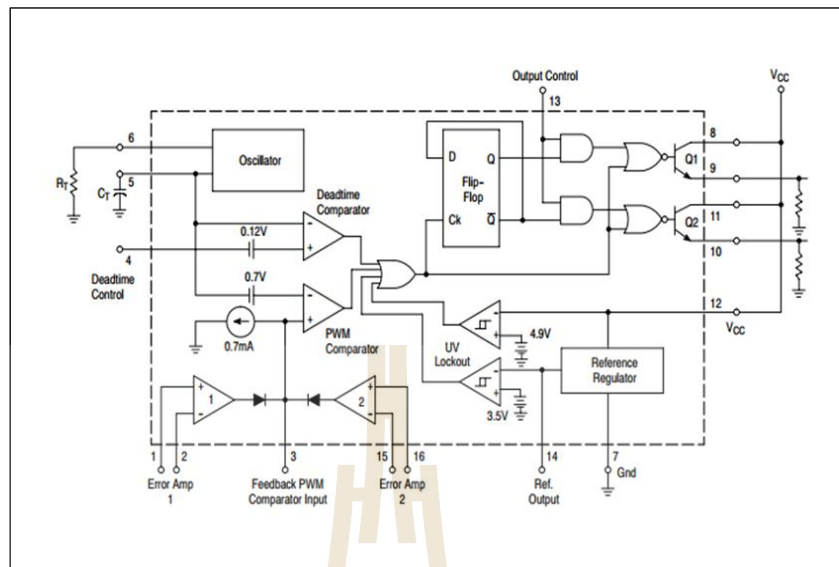
$$C = \frac{1}{2\pi fV} \quad (2.24)$$

$$L = \frac{1}{(2\pi f)^2 C} \quad (2.25)$$

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (2.26)$$

### ไอซีเบอร์ TL494

ไอซีเบอร์ TL494 เป็นไอซีที่ออกแบบมาเพื่อใช้ควบคุมการทำงานของคอนเวอร์เตอร์ โดยทำงานด้วยโหมดควบคุมจากแรงดัน ซึ่งจะได้นำมาเป็นตัวอย่างการทำงานสำหรับวงจรควบคุมด้วยวิธีควบคุมจากแรงดัน โครงสร้างภายในและการจัดขาของ TL494 แสดงในรูปการทำงานของไอซีจะเป็นดังนี้



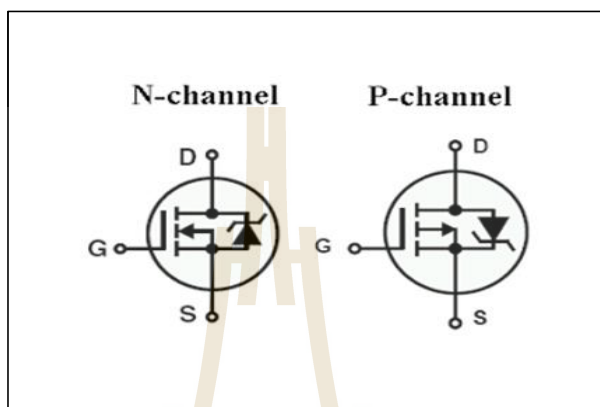
รูปที่ 2. 11 แสดงการจัดโครงสร้างภายในและการจัดขาของไอซี TL494

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  $Q_2$  ว่าจะให้เอาต์พุตที่ออกมาเฟสตรงกันหรือกลับกัน วงจรของ TL494 เป็นวงจร PWM ที่มีความถี่คงที่ คาบเวลาการทำงานของเอาต์พุตพัลส์กำหนดโดยค่าของ  $R_T$  และ  $C_T$  จากภายนอกที่ขา 6 และขา 5 โดยเอาต์พุต  $Q_1$  และ  $Q_2$  ของไอซีสามารถทำงานได้ 2 โหมด คือ ทำงานพร้อมกัน หรือ สลับกันทำงาน 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 เท่าของค่าคาบเวลาสัญญาณพื้นฐานของไอซี แต่ถ้ากำหนดให้ขา 13 มีสถานะเป็น “Low” โดยการต่อกราวด์ (ยกเลิก Flip-Flop)  $Q_1$  และ  $Q_2$  จะทำงานพร้อมกันและสามารถขนาน  $Q_1$  และ  $Q_2$  เข้าด้วยกันได้ ถ้าต้องการให้นำกระแสได้มากขึ้น ในกรณีนี้คาบเวลาการทำงานจะมีค่าเท่ากับค่าคาบเวลาของสัญญาณพื้นฐานของไอซี (ช่วงเวลานำกระแสสูงสุดเท่ากับ 96% ของค่าคาบเวลา)

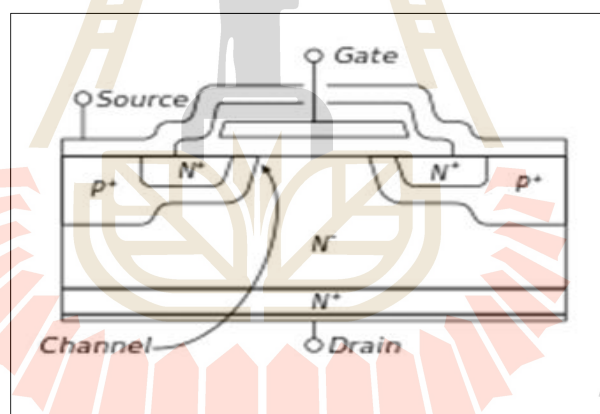
## 2.5 มอสเฟตกำลัง

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 เป็นสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์กำลังที่ทำงานได้ในย่านความถี่สูงที่สุด คือ สูงถึง 100 กิโลเฮิร์ตซ์ ถึง 1 เมกะเฮิร์ตซ์ แต่พิกัดของกระแสและแรงดันไฟฟ้าไม่สูงนักคือ 100 แอมแปร์ / 1,000 โวลต์ มอสเฟตประกอบด้วยสามส่วน คือ Gate (G) ทำมาจากออกไซด์ของโลหะ โดยสร้างให้เกิดความ

ต่างศักย์ตกคร่อมระหว่างแผ่นสองแผ่นเพื่อ สร้างสนามไฟฟ้าเพื่อควบคุมการเข้าออกของกระแสไฟฟ้า Source (S) เป็นขาอินพุต และ Drain (D) เป็นขาเอาต์พุต MOSFET มี 2 ชนิด คล้ายกับทรานซิสเตอร์กำลัง คือ MOSFET ชนิด N-Channel และ MOSFET ชนิด P-Channel สัญลักษณ์และโครงสร้าง แสดงในรูปที่ 2.12 และ รูปที่ 2.13



รูปที่ 2.12 สัญลักษณ์ของ Power MOSFET



รูปที่ 2.13 โครงสร้างของ MOSFET

## 2.6 วงจรคอนเวอร์เตอร์

คอนเวอร์เตอร์ เป็นส่วนประกอบสำคัญของวงจรสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลาย โดยทำหน้าที่แปลงแรงดันไฟฟ้าจากค่าหนึ่งเป็นอีกค่าหนึ่ง โดยการเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็กในแกนเฟอร์ไรต์จากขดลวดไพรมารี ไปยังขดลวดเซคันดารี ค่าแรงดันที่ได้ขึ้นอยู่กับอัตราส่วนของขดลวดไพรมารีกับขดลวดเซคันดารี คอนเวอร์เตอร์มีหลายแบบขึ้นอยู่กับวงจร โดยคอนเวอร์เตอร์แต่ละแบบจะมีข้อดีและข้อเสียที่ต่างกัน คอนเวอร์เตอร์สำหรับสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลายมีข้อควรพิจารณาจากลักษณะพื้นฐานของคอนเวอร์เตอร์แต่ละแบบดังนี้คือ

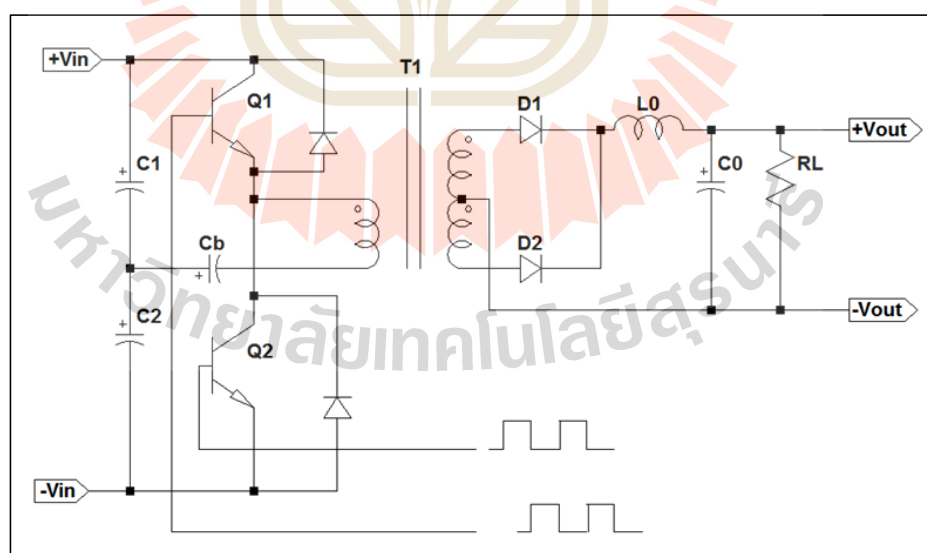
- ลักษณะการแยกกันทางไฟฟ้าระหว่างอินพุตกับเอาต์พุตของคอนเวอร์เตอร์
- ค่าแรงดันอินพุตที่จะนำมาใช้กับคอนเวอร์เตอร์

- ค่ากระแสสูงสุดที่ไหลผ่านเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ในคอนเวอร์เตอร์ขณะทำงาน
- ค่าแรงดันสูงสุดที่ตกคร่อมเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ในคอนเวอร์เตอร์ขณะทำงาน
- การรักษาระดับแรงดันในกรณีที่คอนเวอร์เตอร์มีเอาต์พุตหลายค่าแรงดัน

จากข้อพิจารณาดังกล่าว สามารถทำให้ออกแบบทราบขีดจำกัดของคอนเวอร์เตอร์ และเลือกใช้คอนเวอร์เตอร์แบบต่าง ๆ ซึ่งวงจรคอนเวอร์เตอร์ของสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลายแบ่งเป็นออก 5 แบบ คือ

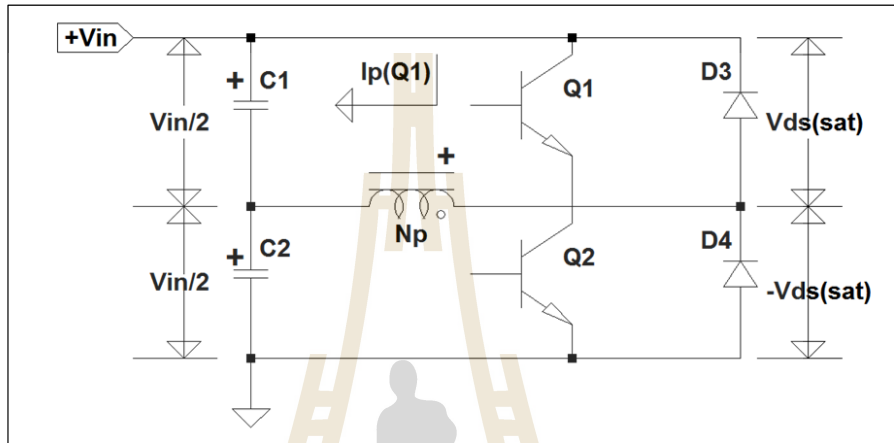
- 1) วงจรฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์ (Fly back Converter)
- 2) วงจรฟอร์เวิร์ดคอนเวอร์เตอร์ (Forward Converter)
- 3) วงจรพุช - पुलคอนเวอร์เตอร์ (Push - Pull Converter)
- 4) วงจรฮาล์ฟบริดจ์คอนเวอร์เตอร์ (Half - Bridge Converter)
- 5) วงจรฟูลบริดจ์คอนเวอร์เตอร์ (Full - Bridge Converter)

วงจรที่ใช้ในการออกแบบสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลายของระบบแยกตะกอนน้ำมันที่ปกเป็อนนี้คือ วงจรวงจรถูกฮาล์ฟบริดจ์คอนเวอร์เตอร์ (Half - Bridge Converter) เป็นคอนเวอร์เตอร์ในตระกูลเดียวกันกับพุช - पुलคอนเวอร์เตอร์ แต่ลักษณะการจัดวงจรของฮาล์ฟบริดจ์คอนเวอร์เตอร์จะทำให้ทรานซิสเตอร์กำลังในวงจรมีแรงดันตกคร่อมขณะหยุดนำกระแสเพียงค่าแรงดันอินพุตเท่านั้น ทำให้ทรานซิสเตอร์กำลังที่ใช้มีราคาถูกและหาได้ง่ายกว่า ซึ่งจะลดข้อจำกัดต่าง ๆ เมื่อใช้กับแรงดันไฟสูง ๆ เช่น ที่แรงดันไฟสลับ 220 โวลต์ลงได้มาก รวมทั้งฮาล์ฟบริดจ์คอนเวอร์เตอร์ยังสามารถหลีกเลี่ยงปัญหาการไม่สมมาตรฟลักซ์ในแกนเฟอร์ไรต์ของหม้อแปลงได้อีกด้วย พื้นฐานการทำงานของฮาล์ฟบริดจ์คอนเวอร์เตอร์ วงจรพื้นฐานของฮาล์ฟบริดจ์คอนเวอร์เตอร์แสดงไว้ในรูปที่ 2.14 การทำงานของวงจรจะเป็นดังนี้

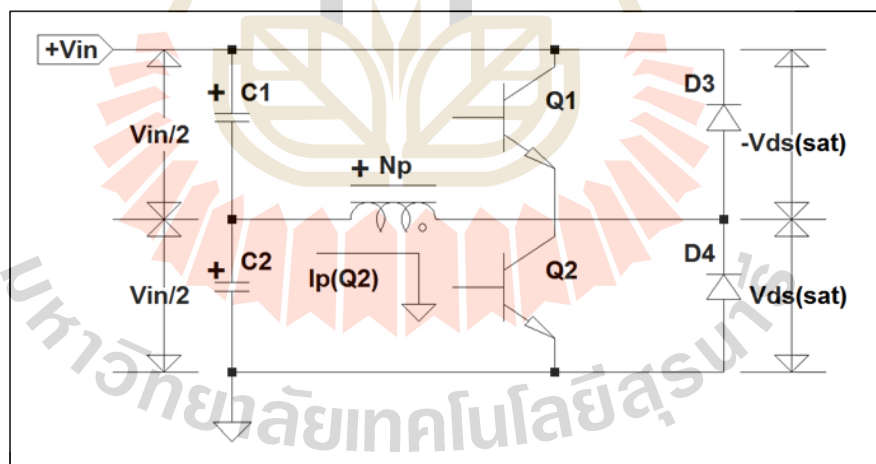


รูปที่ 2.14 วงจรพื้นฐานของวงจรถูกฮาล์ฟบริดจ์คอนเวอร์เตอร์

ตัวเก็บประจุ  $C1$  และ  $C2$  กำหนดให้มีค่าเท่ากันต่ออนุกรมกันอยู่ทางด้านอินพุตเพื่อแบ่งครึ่งแรงดัน แรงดันตกคร่อม  $C1$  และ  $C2$  จึงมีค่าเท่ากับครึ่งหนึ่งของแรงดันอินพุต ทรานซิสเตอร์  $Q1$  และ  $Q2$  จะสลับกันทำงานคนละครึ่งคาบเวลา เมื่อพิจารณาในกรณีที่ไม่มีตัวเก็บประจุ  $C_b$  ต่ออยู่ในวงจร โดยให้ปลายของขดไพรมารี  $N_p$  ที่ต่ออยู่กับ  $C_b$  นั้น ต่อโดยตรงเข้ากับจุดต่อระหว่างตัวเก็บประจุ  $C1$  และ  $C2$  ดังในรูปที่ 2.15 และรูปที่ 2.16



รูปที่ 2.15 ขณะที่  $Q1$  นำกระแส  $Q2$  จะมีแรงดันตกคร่อมเท่ากับ  $V_{in} - V_{DS}(Sat)$  และแรงดันตกคร่อม  $N_p$  เท่ากับ  $(V_{in}/2) - V_{DS}(Sat)$



รูปที่ 2.16 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 แรงดันที่ตกคร่อมขดไฟโรมารี่  $N_p$  ก็ยังมีค่าเท่ากับ  $(V_{in}/2) - V_{DS(Sat)}$  มีค่าประมาณ 0.5 - 1 โวลต์ ดังนั้นจะเห็นว่า แรงดันตกคร่อม Q1 และ Q2 ขณะหยุดนำกระแสจะมีค่าเพียงแรงดันอินพุตเท่านั้น ผลการทำงานของ Q1 และ Q2 ของด้านเซคันดารีคือ ขณะที่ 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)  $C_b$  ที่ต่อเพิ่มเข้ามาในวงจรนั้นมีหน้าที่หลักคือ ป้องกันการเกิดไม่สมมาตรฟลักซ์ขึ้นในแกนเฟอร์ไรต์ขณะวงจรทำงาน เพราะการต่อตัวเก็บประจุ  $C_1$  และ  $C_2$  เพื่อให้แรงดันที่ตกคร่อมตัวเก็บประจุทั้งสองมีค่าเท่ากันจริง ๆ นั้นทำได้ยาก รวมทั้งการไม่แมตซ์กันของทรานซิสเตอร์ Q1 และ Q2 อาจก่อปัญหาการไม่สมมาตรฟลักซ์ขึ้นได้ทั้งสิ้น การต่อตัวเก็บประจุบล็อกกิ้ง  $C_b$  คั่นเข้ามาในวงจร จะทำให้  $C_b$  มีการเก็บประจุและคายประจุสลับกันไปตามทิศทางของกระแสที่ไหลในขดไฟโรมารี่  $N_p$  ถ้าผลของการเกิดประจุสะสมทำให้ Q1 และ Q2 มีช่วงเวลานำกระแสไม่เท่ากัน ก็จะทำให้การเก็บประจุและคายประจุของ  $C_b$  ใช้เวลาไม่เท่ากันด้วย เป็นผลทำให้มีประจุเหลือค้างใน  $C_b$  และทำให้เกิดค่าแรงดันตกคร่อม  $C_b$  นั่นคือ หากทรานซิสเตอร์ตัวใดมีค่าช่วงเวลานำกระแสมากกว่า ในกรณีนี้ค่ากระแสสูงสุดจะมีค่ามากขึ้นตามเวลาที่เพิ่มขึ้นด้วย อย่างไรก็ตามก็จะทำให้มีประจุเหลือค้างใน  $C_b$  ดังนั้นเมื่อทรานซิสเตอร์อีกตัวเริ่มนำกระแส แรงดันตกค้างใน  $C_b$  จะช่วยเพิ่มค่าแรงดันตกคร่อมขดไฟโรมารี่ให้มีค่าเพิ่มขึ้น ค่าของกระแสสูงสุดก็จะมีค่าเท่ากันได้และไม่เกิดการสมมาตรฟลักซ์ขึ้น ส่วนการทำงานของ  $C_b$  ในกรณีที่แรงดันตกคร่อม  $C_1$  และ  $C_2$  มีค่าไม่เท่ากันนั้นก็จะเป็นไปในทำนองเดียวกัน



### บทที่ 3

#### การออกแบบและขั้นตอนการดำเนินงาน

การออกแบบระบบกำจัดดวงจรชีวิตยุง โดยใช้หลักการของการสั่นด้วยคลื่นเสียงความถี่สูงและกำลังสูงที่มีการติดตั้งเป็นสถานี ซึ่งระบบจะส่งพลังงานจากชุดกำเนิดคลื่นอัลตราโซนิคไปยังตัวลูกน้ำยุงผ่านตัวกลางที่เป็นน้ำ เมื่อลูกน้ำยุงได้รับพลังงานและความถี่ที่เหมาะสมแก่การทำลายเซลล์เนื้อเยื่อของลูกน้ำยุง ลูกน้ำยุงก็จะถูกกำจัด และไม่สามารถเจริญเติบโตต่อได้ ด้วยหลักการของการกำจัดดวงจรชีวิตยุงด้วยคลื่นอัลตราโซนิคนี้ เป็นการกำจัดดวงจรชีวิตยุงด้วยการใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่ ไม่มีการใช้สารเคมีใด ๆ ตามที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น ซึ่งทำให้ไม่มีสารที่เป็นอันตรายตกค้างภายในแหล่งน้ำ ไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตชนิดอื่นภายในแหล่งน้ำ เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และนอกจากนี้ยังสามารถใช้งานกับแหล่งน้ำสำหรับอุปโภคและบริโภคได้อย่างปลอดภัย



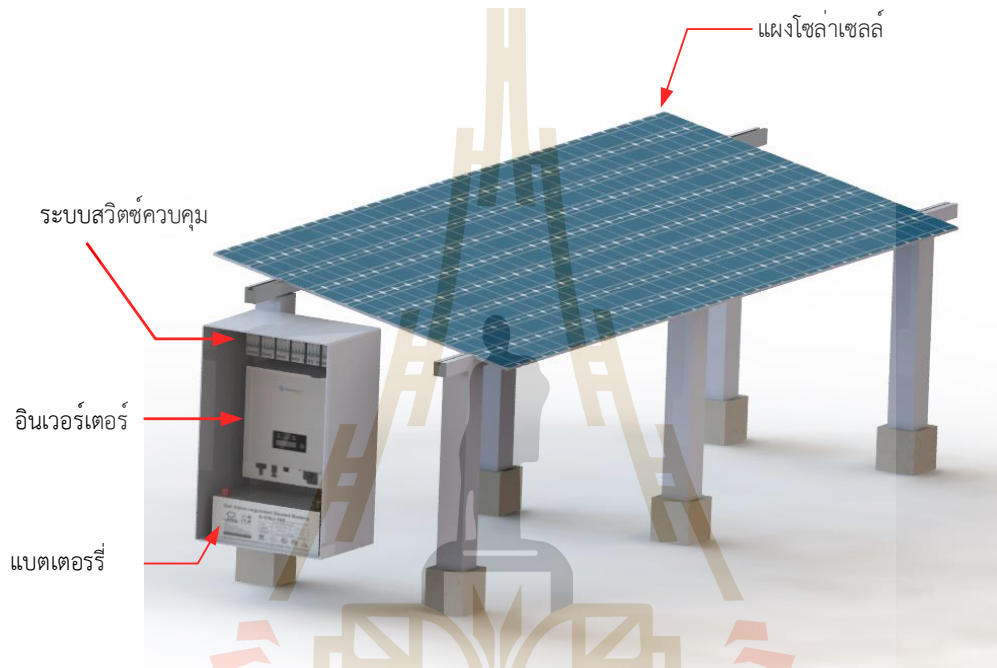
1. สถานีหลักสำหรับกำเนิดคลื่นเสียงความถี่สูง
2. อุปกรณ์ปล่อยคลื่นเสียงความถี่สูงตามแหล่งน้ำขนาดใหญ่
3. สถานีย่อยสำหรับกำเนิดคลื่นเสียงความถี่สูงที่ติดตั้งตามท่อระบายน้ำ
4. อุปกรณ์ปล่อยคลื่นเสียงความถี่สูงที่ติดตั้งตามท่อระบายน้ำ
5. ระบบโซล่าเซลล์สำหรับสร้างกำลังงานไฟฟ้าของระบบกำเนิดคลื่นเสียงความถี่สูง
6. แบบจำลองสระน้ำสำหรับการติดตั้งระบบกำเนิดคลื่นเสียงความถี่สูง

รูปที่ 3.1 แนวทางการติดตั้งระบบโครงสร้างสถานีกำจัดดวงจรชีวิตยุงพร้อมชุดตัวปล่อยคลื่น

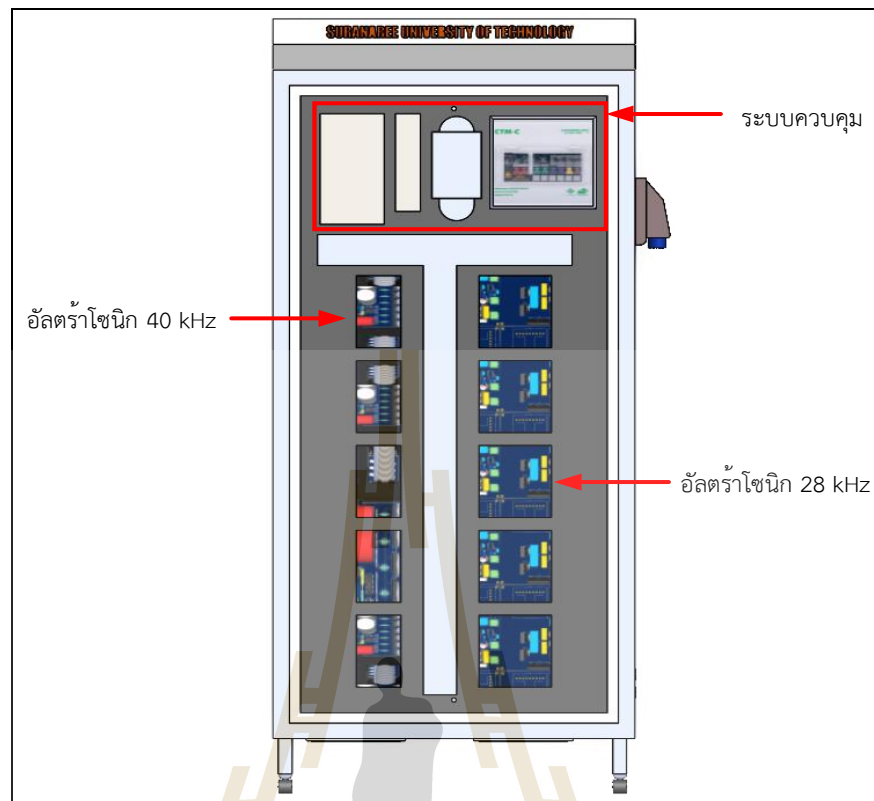
สำหรับระบบกำจัดดวงจรชีวิตยุงด้วยคลื่นเสียงความถี่สูงนี้จะถูกติดตั้งเป็นระบบขนาดใหญ่ ออกแบบและพัฒนาขึ้นมากำจัดดวงจรชีวิตยุงภายในแหล่งน้ำขนาดใหญ่ เช่น คลองน้ำ ที่อยู่ใกล้กับชุมชน โดยระบบนี้จะประกอบไปด้วยห้องสำหรับควบคุมการทำงาน ชุดกำเนิดคลื่นอัลตราโซนิค จำนวนหลายชุดที่สามารถติดตั้งระบบให้เข้ากับรูปร่างของแหล่งน้ำได้ เพื่อให้ได้พื้นที่ในการกำจัดดวงจร



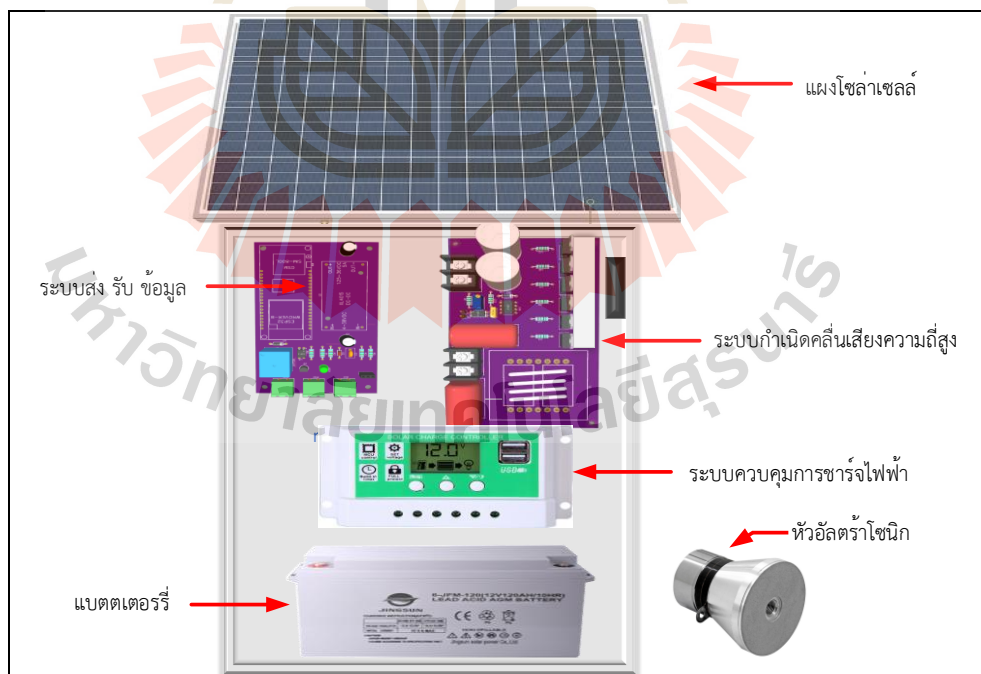
ชีวิตอยู่เป็นบริเวณกว้าง และทั่วถึงในแหล่งน้ำ หรือภายในบริเวณชุมชนนั้น ๆ โดยระบบนี้ใช้พลังงานไฟฟ้าในการสร้างคลื่นอัลตราโซนิก พร้อมทั้งมีระบบรายงานผลสถานะการทำงานผ่านอินเทอร์เน็ต หรือถ้าในกรณีเป็นพื้นที่ที่ไม่มีแหล่งพลังงานไฟฟ้าจะสามารถใช้พลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ได้ ภายในห้องควบคุมการทำงาน มีการติดตั้งชุดแผงโซลาร์เซลล์ และชุดแบตเตอรี่สำหรับจัดเก็บพลังงานสำรอง เพื่อให้ระบบนี้สามารถทำงานได้ในกรณีที่พื้นที่ที่ทำการติดตั้งไม่มีไฟฟ้าใช้ โดยแสดงส่วนประกอบต่าง ๆ ได้ดังรูปต่อไปนี้



รูปที่ 3.2 รูปแบบโครงสร้างระบบพลังงานไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์สำหรับพื้นที่ใช้งานที่ไม่มีพลังงานไฟฟ้า



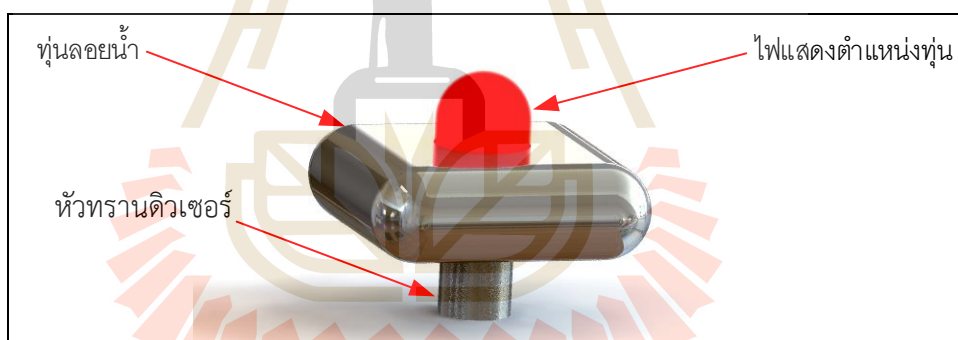
รูปที่ 3.3 ระบบกำเนิดคลื่นเสียงความถี่สูงสถานีหลัก



รูปที่ 3.4 ระบบกำเนิดคลื่นเสียงความถี่สูงสถานีย่อย

สำหรับระบบกำเนิดคลื่นเสียงความถี่สูงสถานีหลักนั้นประกอบด้วยชุดวงจรกำเนิดคลื่นอัลตราโซนิก และท่อนตัวปล่อยคลื่น ระบบควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ ที่สามารถใช้งานร่วมกับระบบโซลาร์เซลล์และแบตเตอรี่ โดยในแต่ละส่วนจะมีหน้าที่การทำงานหลักๆ คือ ชุดวงจรกำเนิดคลื่นอัลตราโซนิกทำหน้าที่สร้างสัญญาณทางไฟฟ้าความถี่สูงกำลังสูง โดยระบบไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของระบบกำเนิดวงจรชีวิตยุงทั้งหมด ชุดแผงโซลาร์เซลล์ทำหน้าที่แปลงพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้า ชุดแบตเตอรี่ทำหน้าที่จัดเก็บพลังงานไฟฟ้าเพื่อให้ระบบสามารถทำงานได้ตลอดเวลา และชุดกำเนิดวงจรชีวิตยุงแบบพกพาเป็นเครื่องกำเนิดลูกน้ำยุงขนาดเล็กเพื่อที่จะสามารถนำไปกำจัดวงจรชีวิตยุงในแหล่งน้ำขนาดเล็กโดยรอบ ซึ่งเป็นบริเวณที่ไม่สามารถวางท่อนตัวปล่อยคลื่นได้

จากรูปที่ 3.4 เป็นชุดควบคุมการทำงานระบบกำจัดวงจรชีวิตยุง ประกอบไปด้วยแผงควบคุมสั่งการทำงานของระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ มีหน้าจอแสดงผลการทำงานของระบบกำจัดวงจรชีวิตยุง และไฟแสดงสถานะต่างๆ ของระบบ เช่น สถานะการทำงานของวงจรในแต่ละชุด สถานะการประจุแบตเตอรี่ เป็นต้น สามารถควบคุมการเปิด - ปิดการทำงานผ่านชุดควบคุมได้ ภายในชุดควบคุมมีการติดตั้งระบบควบคุมทางไกลผ่านอินเทอร์เน็ตที่สามารถสั่งงานผ่านระบบอินเทอร์เน็ต IoT ได้โดยไม่ต้องเข้ามาสั่งงานถึงสถานที่ติดตั้งจริงพร้อมทั้งสามารถตรวจสอบสถานะการทำงานต่างๆ ได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ

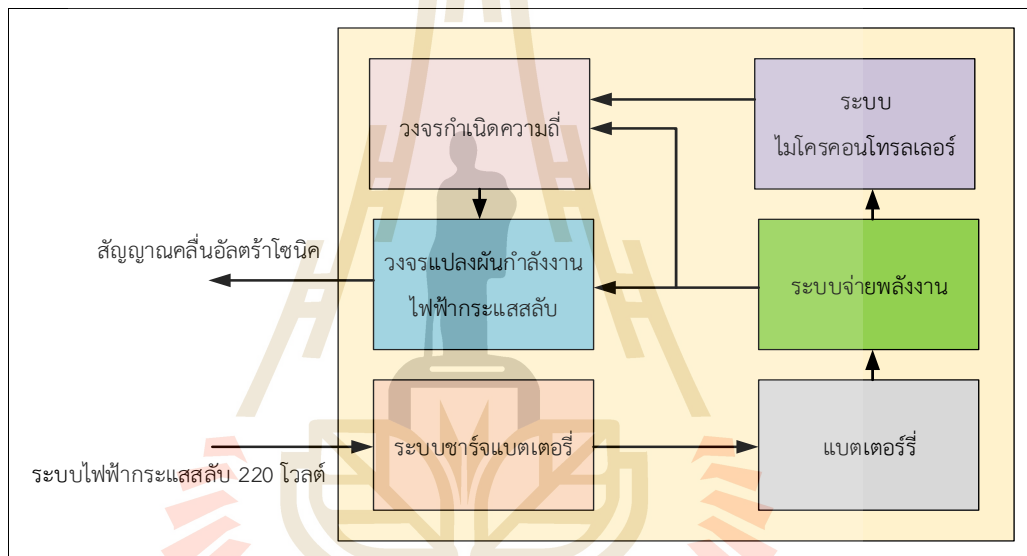


รูปที่ 3.5 ท่อนตัวปล่อยคลื่นเสียงความถี่สูงที่สามารถจัดวางได้อย่างยืดหยุ่นตามคุณลักษณะของแหล่งน้ำ

โดยตัวปล่อยคลื่นเสียงความถี่สูงประกอบด้วย ท่อนลอยน้ำ หัวทรานดิวเซอร์และไฟแสดงตำแหน่งท่อน โดยในแต่ละส่วนจะมีหน้าที่การทำงานหลักๆ คือ ท่อนลอยน้ำทำให้ชุดหัวทรานดิวเซอร์ลอยบริเวณผิวน้ำในระดับความลึกที่เหมาะสม ชุดหัวทรานดิวเซอร์ทำหน้าที่แปลงคลื่นสัญญาณความถี่ทางไฟฟ้าจากชุดวงจรกำเนิดคลื่นอัลตราโซนิกให้เป็นคลื่นกลเพื่อส่งไปในแหล่งน้ำที่มีลูกน้ำยุงอาศัยอยู่ และไฟแสดงตำแหน่งท่อนมีไว้เพื่อแสดงให้เห็นตำแหน่งการวางท่อนให้ชัดเจนในเวลากลางคืน เพื่อป้องกันอุบัติเหตุจากการจมน้ำ

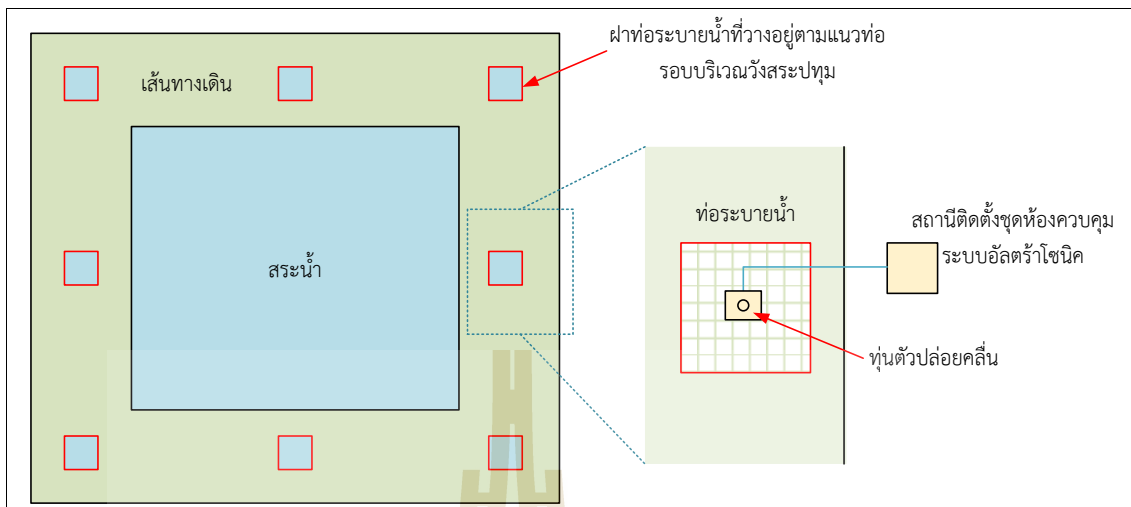
### 3.1 การออกแบบระบบเครื่องกำจัดลูกน้ำยุงโดยใช้เทคโนโลยีคลื่นเสียงความถี่สูง

เป็นนวัตกรรมที่ใช้หลักการสั่นของคลื่นเสียงความถี่สูงที่แพร่กระจายกำลังงานในลักษณะของคลื่นกลออกจากตัวปล่อยคลื่น ซึ่งจะไม่มีการเสียดสีไฟฟ้าแพร่กระจายหรือรั่วไหลออกมา โดยกำลังงานคลื่นกลดังกล่าวมีความถี่อยู่ที่ 28 และ 40 กิโลเฮิร์ตซ์ ซึ่งเป็นความถี่ที่มีความเหมาะสมและเรโซแนนซ์กับขนาดของตัวลูกน้ำยุง ซึ่งจะมีผลกระทบเฉพาะตัวลูกน้ำยุงเท่านั้น รวมถึงการทำงานนั้นจะใช้เวลาเพียง 2 วินาทีเท่านั้นที่ทำให้ลูกน้ำยุงตาย สำหรับการทดสอบใช้งานเครื่องต้นแบบการกำจัดลูกน้ำยุงด้วยคลื่นเสียงความถี่สูงนั้นได้รับใบรองคุณภาพจากกรมควบคุมโรค โดยหลักการดังกล่าวนี้มีความความปลอดภัยต่อผู้ที่ใช้งาน ระบบนิเวศ และสัตว์น้ำอื่นๆ อีกทั้งยังเป็นเทคโนโลยีใหม่ที่ไม่มีการใช้สารเคมี จึงไม่มีการตกค้างของสารเคมีใดๆ ในแหล่งน้ำ จึงมีความปลอดภัยและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

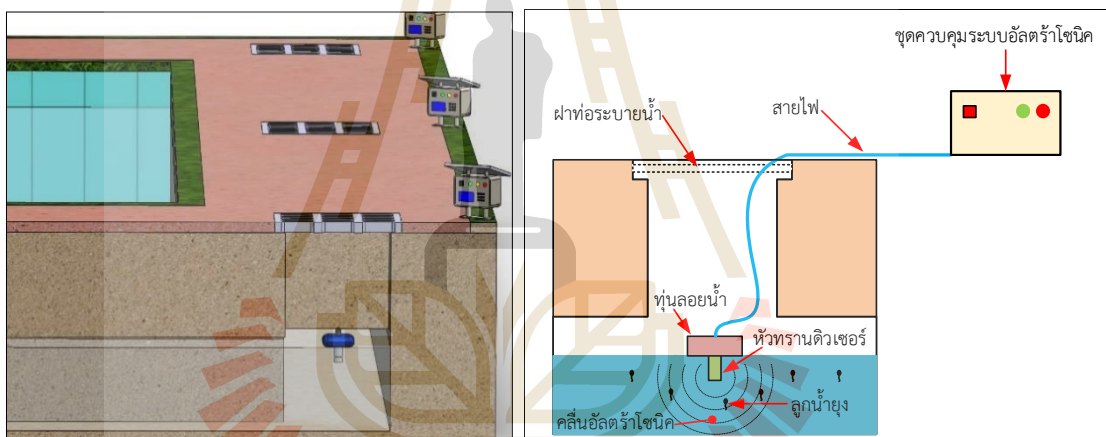


รูปที่ 3.6 แผนผังภายในชุดควบคุมระบบกำจัดวงจรชีวิตยุงด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง

การออกแบบติดตั้งระบบตัวปล่อยคลื่นเสียงความถี่สูงมีส่วนประกอบที่สำคัญสำหรับการติดตั้งดังนี้ ทุ่นลอยน้ำ หัวทรานสดิวเซอร์ โดยในแต่ละส่วนจะมีหน้าที่การทำงานหลักๆ คือ ทุ่นลอยน้ำทำให้ชุดหัวทรานสดิวเซอร์ลอยบริเวณผิวน้ำในระดับความลึกที่เหมาะสม ชุดหัว ทรานสดิวเซอร์ทำหน้าที่แปลงคลื่นสัญญาณความถี่ทางไฟฟ้าจากชุดวงจรกำเนิดคลื่นอัลตราโซนิกให้เป็นคลื่นกลเพื่อส่งไปในแหล่งน้ำที่มีลูกน้ำยุงอาศัยอยู่



รูปที่ 3.7 แผนผังจำลองแนวการติดตั้งระบบกำจัดวงจรชีวิตยุงด้วยคลื่นเสียงความถี่สูงในบริเวณแหล่งน้ำและแนวฝาท่อระบายน้ำ



รูปที่ 3.8 การติดตั้งระบบกำจัดวงจรชีวิตยุงด้วยคลื่นเสียงความถี่สูงลงบริเวณแนวฝาท่อระบายน้ำ

ลักษณะการติดตั้งระบบกำจัดวงจรชีวิตยุงด้วยคลื่นเสียงความถี่สูงจะมีสองส่วนที่จำเป็นต่อการใช้งาน โดยส่วนของชุดปล่อยคลื่นของระบบกำจัดวงจรชีวิตยุงด้วยคลื่นเสียงความถี่สูงจะถูกติดตั้งไว้ภายในท่อระบายน้ำดังรูปที่ 3.8 โดอนส่วนของทุ่นจะลอยอยู่บนผิวน้ำ และหัวทรานสดิวเซอร์จะอยู่ใต้ระดับน้ำในความลึกที่เหมาะสมต่อการกำจัดวงจรชีวิตยุง และในส่วนของชุดควบคุมการทำงานของระบบกำจัดวงจรชีวิตยุงด้วยคลื่นเสียงความถี่สูงจะถูกติดตั้งไว้บนพื้นดิน อยู่ใกล้กับบริเวณท่อระบายน้ำที่ทำการติดตั้งชุดปล่อยคลื่นของระบบกำจัดวงจรชีวิตยุงด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง หรือสามารถติดตั้งให้ห่างจากท่อระบายน้ำก็ได้

### 3.2 การออกแบบอุปกรณ์การทดสอบและวิธีดำเนินการทดลอง

ระบบกำจัดวงจรชีวิตยุงในแหล่งน้ำชุมชนด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง (Design of a mosquito life cycle eradication system in community water source by using high frequency sound waves) ได้ถูกพัฒนามาจากอุปกรณ์ประเภททรานสดิวเซอร์ คือการสร้างคลื่นกลที่ความถี่ย่าน

ของอัลตราโซนิค ซึ่งได้จากการเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล โดยอาศัยหลักการของวงจรกำเนิดความถี่ (Oscillator) ที่ความถี่ย่านอัลตราโซนิคขนาด 40 kHz ร่วมกับวงจรแปลงผันกำลังงานไฟฟ้ากระแสสลับ (DC to AC Converter) เพื่อให้มีขนาดพิกัดความแรงของสัญญาณสูงขึ้นโดยระบบของเครื่องที่ออกแบบและสร้างขึ้นแสดงดังรูปที่ 3.9 ถึง 3.10 ตามลำดับ ซึ่งเมื่อส่งสัญญาณผ่านไปยังอุปกรณ์ทรานสดิวเซอร์ที่เชื่อมต่อกับแท่นโลหะจะถูกแปรสัญญาณให้อยู่ในรูปคลื่นกลที่มีความถี่เดียวกัน และจะนำคลื่นดังกล่าวแพร่กระจายลงสู่บริเวณที่มีน้ำเป็นตัวกลางเมื่อพลังงานแพร่กระจายลงสู่น้ำจะไปทำลายวัฏจักรการเจริญเติบโตของน้ำยุงไม่ให้สามารถเจริญเติบโตเป็นยุงตัวเต็มวัยได้ โดยในครั้งนี้ได้ถูกออกแบบให้อยู่ในรูปของ “สถานีกำจัดวงจรชีวิตยุงพร้อมชุดตัวปล่อยคลื่นและระบบควบคุม” แสดงดังรูปที่ 3.11 เพื่อใช้กับแหล่งน้ำซึ่งขนาดใหญ่ ลำคลอง หรือ ท่อระบายน้ำ โดยติดตั้งเครื่องกำจัดลูกน้ำยุงคลื่นอัลตราโซนิคจำนวน 10 ชุด เพื่อเพิ่มรัศมีการทำงานให้สามารถใช้งานได้กับแหล่งน้ำซึ่งขนาดใหญ่โดยไม่ทำลายสิ่งมีชีวิตอื่น จากนั้นนำอุปกรณ์ทรานสดิวเซอร์สร้างความถี่ที่ 28 และ 40 กิโลเฮิรตซ์ ที่ได้ออกแบบสร้างมาทำการทดสอบการทำงานในบริเวณแหล่งน้ำ พบว่าชุดปล่อยคลื่นเสียงความถี่สูงนี้สามารถทำให้น้ำเกิดคลื่นที่มีแรงกระแทกไปยังตัวของลูกน้ำยุงทำให้ลูกน้ำยุงตายได้ ซึ่งแยกเป็นส่วนได้ดังนี้

1. วงจรเรียงกระแส (Bridge Rectifier)
2. วงจรกำเนิดความถี่ (Oscillator)
3. เกทไดร์ฟทรานฟอร์มเมอร์ (Gate Drive Transformer: GDT)
4. การแปลงผันกำลังงานไฟฟ้ากระแสสลับ (AC-AC Converter)
5. โหลดตัวปล่อยคลื่น (Load)

**โดยวงจรเรียงกระแส (BRIDGE RECTIFIER)** เป็นวงจรเรียงกระแสในส่วนแรกจะใช้หม้อแปลงไฟฟ้า แปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ ให้ลดลงเหลือ 18 โวลต์ จากนั้นจะทำการเรียงกระแสจากกระแสสลับให้เป็นกระแสตรงโดยใช้ไดโอดบริจด์ ซึ่งเป็นการเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น แรงดันกระแสตรงที่ได้จะมีค่าประมาณ  $18\sqrt{2}$  หรือ 24 โวลต์ จากนั้นจะใส่ตัวเก็บประจุค่าใหญ่ขนาดเพื่อลดแรงดันกระเพื่อม ซึ่งจะส่งผลให้ได้แรงดันกระแสตรงที่ได้เรียบมากขึ้น เมื่อได้แรงดันที่ต้องการแล้วก็จะนำไปต่อกับภาควงจรกำเนิดความถี่ต่อไป

**วงจรถ่ายความถี่ (OSCILLATOR)** โดยส่วนวงจรถ่ายความถี่ของระบบกำจัดวงจรชีวิตยุงด้วยคลื่นเสียงความถี่สูงนั้นจะทำการสร้างความถี่ในย่านอัลตราโซนิค 40 kHz เพื่อส่งกำลังคลื่นกลไปยังตัวปล่อยคลื่นเพื่อปล่อยลงไปในน้ำทำให้น้ำเกิดคลื่นที่มีแรงกระแทกไปยังตัวของลูกน้ำยุง โดยใช้ไอซีเบอร์ TL494 ซึ่งเป็น IC<sub>1</sub> ในรูปวงจรถ่ายส่วนทรานซิสเตอร์ Q<sub>1</sub> และ Q<sub>3</sub> ใช้ทรานซิสเตอร์เบอร์ TIP142 และทรานซิสเตอร์ Q<sub>2</sub> และ Q<sub>4</sub> นั้นจะใช้ทรานซิสเตอร์เบอร์ TIP147 โดยจากแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงจะทำการจ่ายแรงดัน V<sub>CC</sub> ให้กับวงจรถ่ายความถี่ โดยมี C<sub>1</sub> และ VR<sub>1</sub> เป็นค่าความจุไฟฟ้าและความต้านทานปรับค่าได้ที่ใช้ในการปรับเปลี่ยนความถี่ตามลำดับ

**เกทไดร์ฟทรานฟอร์มเมอร์ (GATE DRIVE TRANSFORMER : GDT)** ประกอบด้วย ขดลวดปฐมภูมิ 1 ชุด และขดลวดทุติยภูมิ 2 ชุด โดยจะมีการเปลี่ยนแปลงทางด้านขดลวดปฐมภูมิเนื่องจากกระแสสลับอยู่ตลอดเวลา ซึ่งจะส่งผลให้เกิดฟลักซ์แม่เหล็กขึ้นในแกนจากนั้นฟลักซ์แม่เหล็กก็จะยุบตัวส่งผลให้เกิดกระแสที่ทางฝั่งขดลวดทุติยภูมิ โดยขดลวดทุติยภูมิทั้งสองขดจะพันรอบแกนให้มีทิศทางที่

สวนทางกัน เพื่อต้องการให้กระแสที่ได้มีเฟสต่างกัน 180 องศา ณ เวลาเดียวกัน โดยการออกแบบเกท ไตรฟ์ทรานฟอร์เมอร์หรือ GDT นั้นจะมีการคำนวณด้วยทฤษฎีเดียวกับการออกแบบหม้อแปลงไฟฟ้าทั่วไป ซึ่งสามารถคำนวณหาจำนวนรอบของขดลวดปฐมภูมิได้จากสมการต่อไปนี้

$$N_p = \frac{V \cdot t_{on}}{\Delta B \cdot A_e} \quad (3.1)$$

เมื่อ  $V$  คือ แรงดันไฟฟ้าอินพุตด้านปฐมภูมิหรือแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตของไอซีเบอร์ TL494 ซึ่งมีแรงดันไฟฟ้าประมาณ 24 โวลต์

$t_{on}$  คือ ระยะเวลาจากขอบขาขึ้นจนถึงขอบขาลงของสัญญาณพัลส์ ซึ่งค่า  $t_{on}$  สามารถคำนวณได้จาก

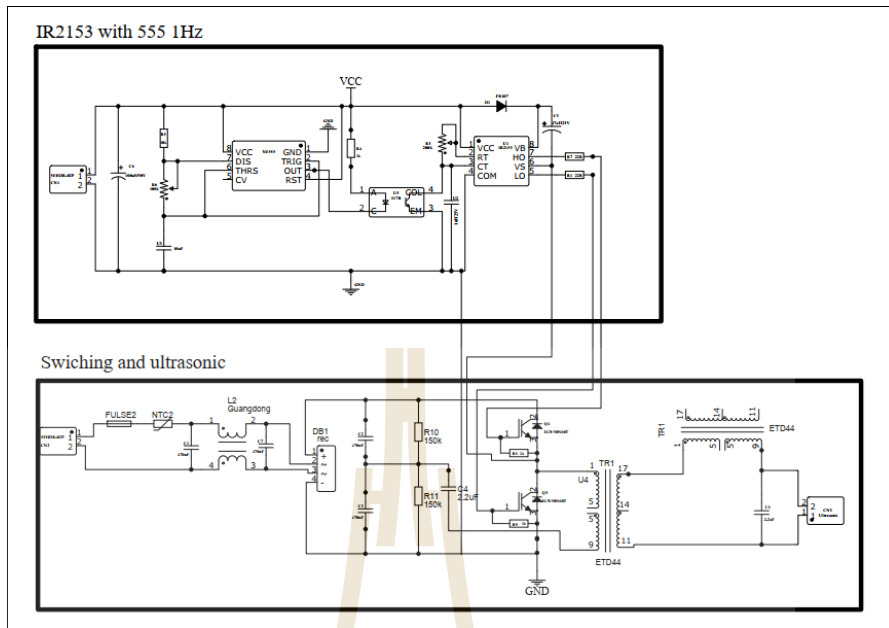
$$t_{on} = \frac{D}{f} \quad (3.2)$$

เมื่อ  $D$  คือ ค่าดิวตี้ไซเคิลของสัญญาณ

$f$  คือ ความถี่ออสซิลเลเตอร์

$\Delta B$  คือ ความหนาแน่นฟลักซ์สูงสุด สามารถคำนวณได้จาก  $\Delta B = 2B$

วงจรแปลงผันกำลังงานไฟฟ้ากระแสสลับ (AC-AC CONVERTER) แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับที่ถูกส่งมาจาก GDT ใช้ไบแอสให้ทรานซิสเตอร์ชนิด E-MOSFET ซึ่งมีวงจรมีรูปที่ 15 โดยสัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับจาก GDT ใช้ควบคุมทรานซิสเตอร์  $Q_5$  และ  $Q_6$  เพื่อให้ทรานซิสเตอร์ทำงานได้ซึ่งต้องจ่ายแรงดัน  $V_{DD}$  โดยกรองแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ ด้วยฟิลเตอร์ชนิดอีเอ็มไอฟิลเตอร์ (EMI filter) เป็นตัวกรองคลื่นรบกวนที่เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่แผ่มาจากแหล่งจ่ายไฟ ต่อมาผ่านวงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง แรงดันที่ได้มีขนาดเท่ากับ  $220\sqrt{2}$  ซึ่งเท่ากับ 311 โวลต์ ผ่าน NTC ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่เรียกว่า “เทอร์มิสเตอร์ (Thermistor)” ที่ใช้เป็นอุปกรณ์ตรวจจับความร้อน ซึ่ง NTC นั้นเปรียบเสมือนตัวต้านทานปรับค่าได้เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นค่าความต้านทานจะมีค่าลดลง เพื่อป้องกันการกระชากของกระแสให้เกิดแรงดัน Overshoot voltage เนื่องจากเมื่อเกิดแรงดัน Overshoot แล้วจะทำให้แรงดันตกคร่อมเทอร์มิสเตอร์ชนิด NTC สูงและอุณหภูมิสูงทำให้ค่าความต้านทานจะค่อย ๆ ลดลง ซึ่งจะทำให้ได้ค่าของกระแสค่อย ๆ เพิ่มขึ้นเมื่อผ่าน NTC ดังนั้น NTC จะทำหน้าที่เป็นซอฟท์สตาร์ท (Soft start) ต่อมาผ่านฟิลเตอร์แบบอาร์ซีฟิลเตอร์ (RC filter) เพื่อกรองริบเปิดให้ลดลง จากนั้นจะได้แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 311 โวลต์เป็นแรงดัน  $V_{DD}$  หลักการทำงานของทรานซิสเตอร์  $Q_5$  และ  $Q_6$



รูปที่ 3.9 แผนผังวงจรสร้างความถี่อัลตราโซนิกกำลังงานสูง



รูปที่ 3. 10 วงจรสร้างความถี่อัลตราโซนิกกำลังงานสูง





รูปที่ 3.3 แหล่งกำเนิดคลื่นเสียงความถี่สูงสำหรับสถานีหลัก



รูปที่ 3. 12 แหล่งกำเนิดคลื่นเสียงความถี่สูงสำหรับสถานีย่อย



รูปที่ 3.43 ทรานสดิวเซอร์สร้างควมถี่ที่ 40 กิโลเฮิร์ตซ์

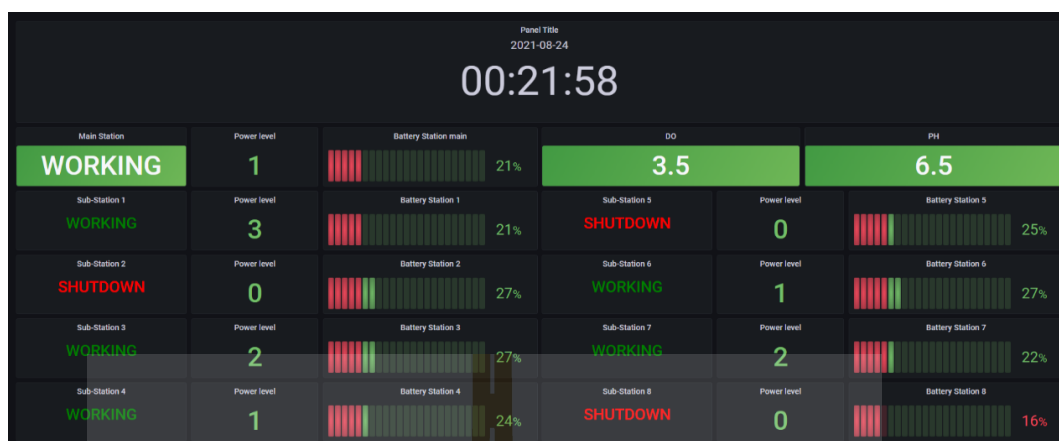


รูปที่ 3.54 การทดสอบติดตั้งชุดระบบสถานีกำจัสดวงจรชีวิตยุงพร้อมชุดตัวปล่อยคลื่นและระบบควบคุมการทำงาน

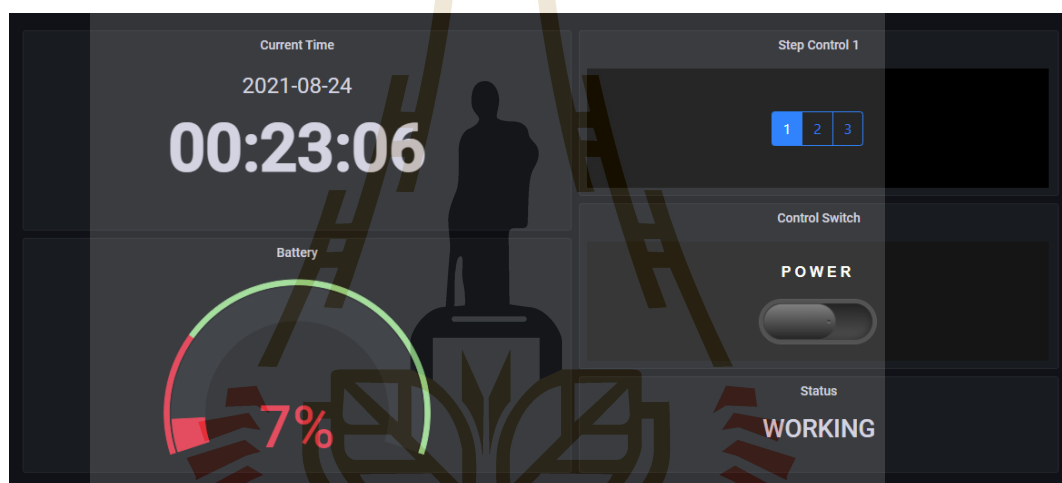


รูปที่ 3.65 ผลการทดสอบของเครื่องชูดปล่อยคลื่นเสียงความถี่สูงในบริเวณแหล่งน้ำสำหรับระบบกำจัดวงจรชีวิตยุงต้นแบบในห้องปฏิบัติการ

การควบคุมและแสดงผลผ่านเครือข่ายโดยใช้เทคโนโลยี IoT ในเบื้องต้นนั้นได้ออกแบบหน้าต่างชุดควบคุมและแสดงผลของระบบการทำงานผ่านอินเทอร์เน็ต ซึ่งสามารถเข้าถึงได้ในอุปกรณ์ทุกแพลตฟอร์มทั้งคอมพิวเตอร์ และมือถือที่สามารถควบคุมและแสดงผลได้ทั้งระบบปฏิบัติการ IOS และ Android โดยการควบคุมและแสดงผลผ่านอินเทอร์เน็ตนั้นจะใช้หน้าต่างเว็บไซต์ของ Grafana ซึ่งในการควบคุมและแสดงผลของระบบกำจัดวงจรชีวิตยุงต้นแบบนี้จะมีลักษณะของการแบ่งหน้าต่างของชุดควบคุมและแสดงผลของค่าพารามิเตอร์พื้นฐานออกเป็นในรูปแบบของชุดสถานีที่ประกอบไปด้วยสถานีหลัก 1 สถานีและสถานีย่อย 5 สถานี โดยมีลักษณะการแสดงผลการทำงานของระบบและค่าพารามิเตอร์ในเบื้องต้นได้แก่ สถานะการทำงานของแต่ละสถานี ระดับพลังงานที่จ่ายให้กับชุดกำเนิดคลื่นเสียงความถี่สูงและระดับพลังงานของแบตเตอรี่ในแต่ละสถานีและค่าพารามิเตอร์พื้นฐานของคุณภาพของน้ำในบริเวณจุดที่ทำการติดตั้งระบบดังแสดงในรูปที่ 3.16 และมีลักษณะของหน้าต่างชุดควบคุมการทำงานแยกเป็นสถานีที่สามารถควบคุมพารามิเตอร์พื้นฐานได้แก่การปิด - เปิดการทำงานของสถานีและการปรับระดับพลังงานที่จ่ายให้กับชุดกำเนิดคลื่นเสียงความถี่สูงดังแสดงในรูปที่ 3.17 การใช้อุปกรณ์ในการควบคุมและแสดงผลระบบ IoT เพื่อสามารถสามารถบังคับและควบคุมได้ทั้งแบบ manual และระบบ Automatic ซึ่งเป็นชุดควบคุมผ่านคอมพิวเตอร์



รูปที่ 3.16 รูปแบบการแสดงผลค่าพารามิเตอร์พื้นฐานผ่านหน้าตาเว็บไซต์ของสถานีหลัก



รูปที่ 3.17 รูปแบบการควบคุมค่าพารามิเตอร์พื้นฐานผ่านหน้าตาเว็บไซต์ของสถานีหลัก

### 3.3 สรุป

สำหรับเนื้อหาในบทนี้ได้กล่าวถึงการออกแบบและวิธีการดำเนินงานสำหรับการทดลองระบบกำจัดวงจรชีวิตยูงในแหล่งน้ำชุมชนด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง โดยเริ่มจากการอธิบายหน้าที่การทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ ภายในระบบ การติดตั้งอุปกรณ์ และหลักการทำงานของระบบ ในส่วนถัดมาเป็นการอธิบายถึงการออกแบบวงจรสำหรับสร้างคลื่นความถี่ในช่วงความถี่อัลตราโซนิกที่ 28 และ 40 กิโลเฮิร์ตซ์ เพื่อส่งสัญญาณไปที่อุปกรณ์ทรานสดิวเซอร์เพื่อแปลงกำลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกลสำหรับกำจัดลูกน้ำยูง และนำมาประกอบกันเป็นระบบใหญ่ สำหรับการควบคุมค่าพารามิเตอร์ในการทำงานของระบบใช้อุปกรณ์ในการควบคุมและแสดงผลในรูปแบบของระบบ IoT เพื่อสามารถสามารถบังคับและควบคุมได้ทั้งแบบ manual และระบบ Automatic ซึ่งเป็นชุดควบคุมผ่านคอมพิวเตอร์ ซึ่งถือว่าเป็นการพัฒนาสมรรถนะของการกำจัดลูกน้ำยูงได้อย่างครอบคลุม ทั้งนี้ เชื่อมั่นว่าอุปกรณ์ดังกล่าวจะสามารถสกัดกั้นการเจริญเติบโตและการแพร่กระจายของโรคที่เกิดจากยูงเป็นพาหะได้เป็นอย่างดี

## บทที่ 4

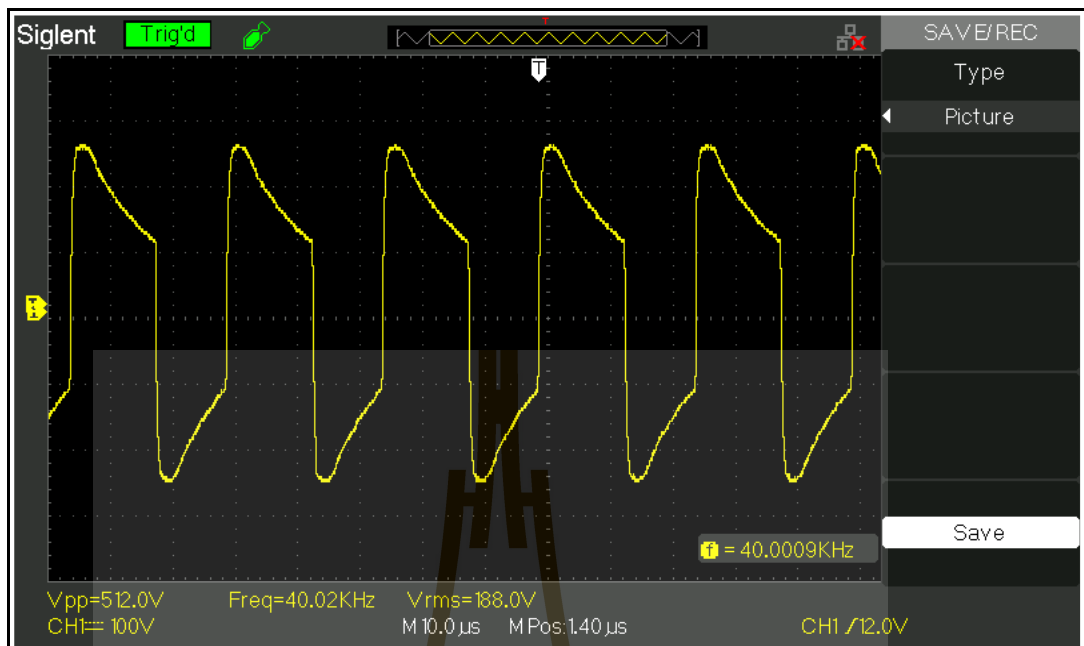
### ผลการดำเนินงาน

#### 4.1 การทดสอบสัญญาณจากวงจรกำเนิดสัญญาณในช่วงความถี่อัลตราโซนิก

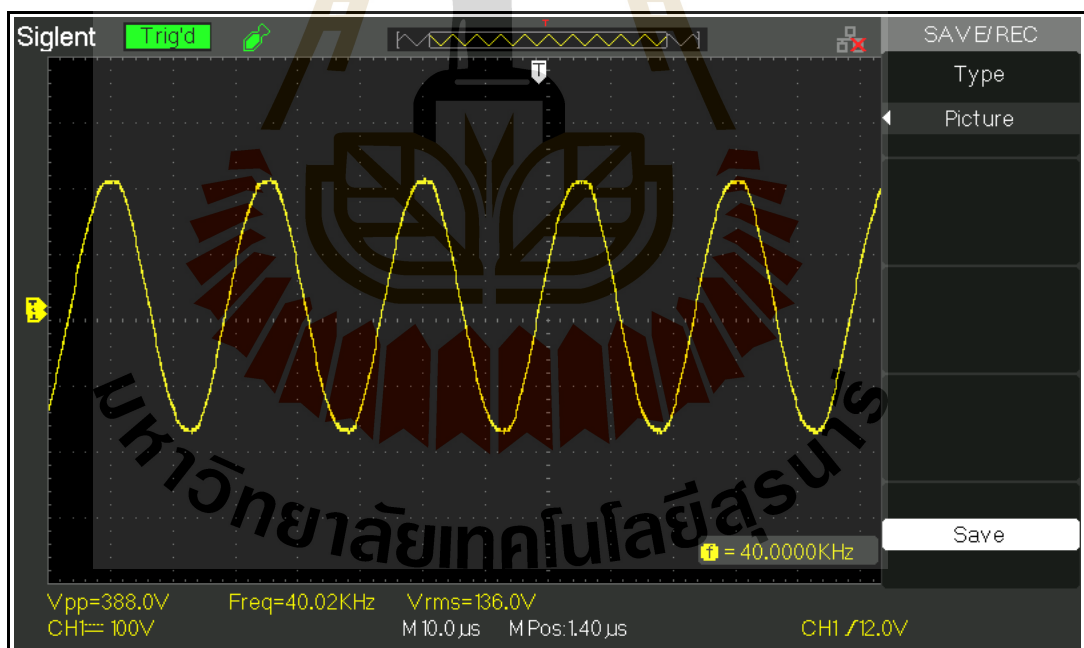
การวัดสัญญาณจากวงจรกำเนิดสัญญาณในช่วงความถี่อัลตราโซนิกมีลักษณะของสัญญาณในรูปแบบพัลส์ โดยมีวัดค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญได้ดังนี้  $V_{pp} = 15.40$  โวลต์, ค่าความถี่ 40 กิโลเฮิร์ตซ์ ลักษณะของสัญญาณแสดงดังรูปที่ 4.1 จากนั้นส่งสัญญาณต่อไปที่วงจรฮาล์ฟบริดจ์คอนเวอร์เตอร์แล้วเข้าที่หม้อแปลงเพื่อเพิ่มแรงดันไฟฟ้าให้สูงขึ้นโดยมีการวัดค่าแรงดันไฟฟ้าได้  $V_{pp} = 512$  โวลต์,  $V_{rms} = 188$  โวลต์ ดังรูปที่ 4.2 การวัดสัญญาณที่จ่ายไปยังอุปกรณ์อัลตราโซนิกที่ความถี่ 40 กิโลเฮิร์ตซ์ และทำการแมทซิงสัญญาณให้เรโซแนนซ์แล้วนั้นมีความพารามิเตอร์คือ  $V_{pp} = 388$  โวลต์,  $V_{rms} = 188$  โวลต์ แสดงดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.1 สัญญาณจากวงจรกำเนิดสัญญาณ



รูปที่ 4.2 สัญญาณที่ออกจากหม้อแปลงของวงจรกำเนิดสัญญาณ



รูปที่ 4.3 สัญญาณความถี่ที่ส่งให้กับอุปกรณ์อัลตราโซนิก

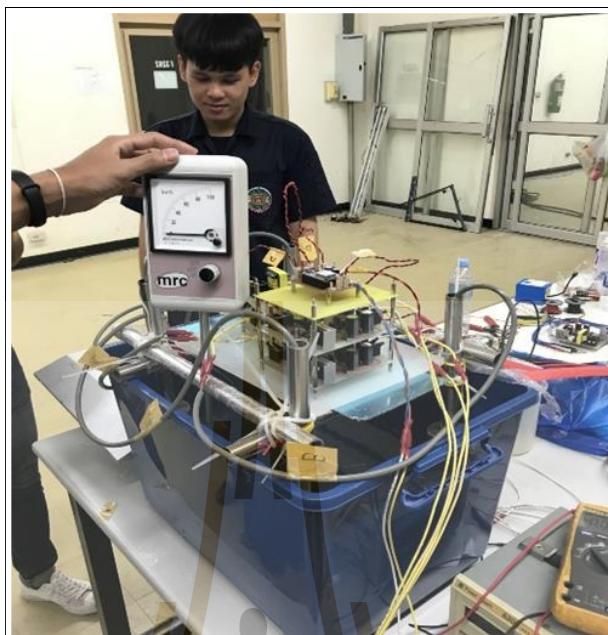
สำหรับค่ากำลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในระบบนั้นแบ่งเป็นสองระบบได้แก่ ระบบสถานีใหญ่ มีชุดจ่ายสัญญาณความถี่อัลตราโซนิกอยู่จำนวน 2 เครื่อง โดยแต่ละเครื่องสามารถใช้กับอุปกรณ์อัลตราโซนิกได้สูงสุด 5 หัว ที่กำลังงานไฟฟ้าสูงสุด 150 วัตต์ต่อหัว และระบบสถานีย่อย ซึ่งเป็นระบบไฟฟ้าจากแผงโซลาร์เซลล์และเก็บพลังงานไว้ในแบตเตอรี่ โดยมีค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดอยู่ที่ 100 วัตต์ต่อสถานี

## 4.2 อุปกรณ์การทดสอบและวิธีดำเนินการทดลอง

ระบบกำจัดวงจรชีวิตยุงในแหล่งน้ำชุมชนด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง (Design of a mosquito life cycle eradication system in community water source by using high frequency sound waves) ได้ถูกพัฒนามากจากอุปกรณ์ประเภททรานสดิวเซอร์ คือการสร้างคลื่นกลที่มีความถี่ย่านอัลตราโซนิก ซึ่งได้จากการเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล โดยอาศัยหลักการของวงจรกำเนิดความถี่ (Oscillator) ที่ความถี่ย่านอัลตราโซนิกขนาด 40 kHz ร่วมกับวงจรแปลงผันกำลังงานไฟฟ้ากระแสสลับ (DC to DC Converter) เพื่อให้มีขนาดพิกัดความแรงของสัญญาณสูงขึ้น ซึ่งเมื่อส่งสัญญาณผ่านไปยังอุปกรณ์ทรานสดิวเซอร์ที่เชื่อมต่อกับแท่นโลหะจะถูกแปรสัญญาณให้อยู่ในรูปคลื่นกลที่มีความถี่เดียวกัน และจะนำคลื่นดังกล่าวแพร่กระจายลงสู่บริเวณที่มีน้ำเป็นตัวกลางเมื่อพลังงานแพร่กระจายลงสู่น้ำจะไปทำลายวัฏจักรการเจริญเติบโตของลูกน้ำยุงไม่ทำให้สามารถเจริญเติบโตเป็นยุงตัวเต็มวัยได้ โดยในครั้งนี้ได้ถูกออกแบบให้อยู่ในรูปของ “สถานีกำจัดวงจรชีวิตยุงพร้อมชุดตัวปล่อยคลื่นและระบบควบคุม” เพื่อใช้กับแหล่งน้ำขนาดใหญ่ ลำคลอง หรือ ท่อระบายน้ำ โดยติดตั้งเครื่องกำจัดลูกน้ำยุงคลื่นอัลตราโซนิกจำนวน 4 ชุด เพื่อเพิ่มรัศมีการทำงานให้สามารถใช้งานได้กับแหล่งน้ำขนาดใหญ่โดยไม่ทำลายสิ่งมีชีวิตอื่น และระบบควบคุมเรือบริเวณกลางลำเรือ ใช้อุปกรณ์ในการควบคุมและแสดงผลระบบ IoT เพื่อสามารถ สามารถบังคับและควบคุมได้ทั้งแบบ manual และระบบ Automatic ซึ่งเป็นชุดควบคุมผ่านคอมพิวเตอร์ ซึ่งถือว่าการพัฒนาสมรรถนะของการกำจัดลูกน้ำยุงได้อย่างครอบคลุม ทั้งนี้ เชื่อกันว่าอุปกรณ์ดังกล่าวจะสามารถสกัดกั้นการเจริญเติบโตและการแพร่กระจายของโรคที่เกิดจากยุงเป็นพาหะได้เป็นอย่างดี ทั้งนี้ได้ทำการทดสอบการทำงานเบื้องต้นในบริเวณแหล่งน้ำในท้องปฏิบัติกร สำหรับชุดระบบควบคุมที่สามารถแสดงผลการทำงานนั้นได้ทำการออกแบบและทดสอบการเชื่อมต่อสัญญาณดังในรูปที่ 4.4 เป็นการทดสอบชุดปล่อยคลื่นเสียงความถี่สูง และรูปที่ 4.5 เป็นรูปแบบการทดสอบการแพร่กระจายคลื่นเสียงความถี่สูง พบว่าชุดปล่อยคลื่นเสียงความถี่สูงนี้สามารถทำให้น้ำเกิดคลื่นที่มีแรงกระแทกไปยังตัวของลูกน้ำยุงทำให้ลูกน้ำยุงตายได้ ดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.4 รูปแบบการทดสอบชุดควบคุมการทำงานระบบกำจัดวงจรชีวิตยุง

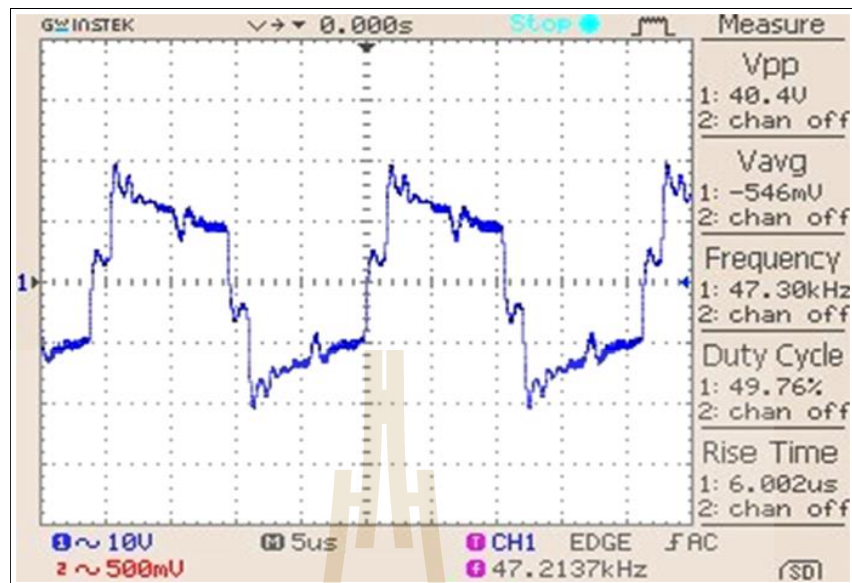


รูปที่ 4.5 รูปแบบการทดสอบการแพร่กระจายคลื่นเสียงความถี่สูงในบริเวณแหล่งน้ำสำหรับระบบกำจัดวงจรชีวิตยุงต้นแบบในห้องปฏิบัติการ



รูปที่ 4.6 ผลการทดสอบของเครื่องชุดปล่อยคลื่นเสียงความถี่สูงในบริเวณแหล่งน้ำสำหรับระบบกำจัดวงจรชีวิตยุงต้นแบบในห้องปฏิบัติการ





รูปที่ 4.7 ลักษณะคลื่นเสียงความถี่สูงที่ใช้ทดสอบในบริเวณแหล่งน้ำสำหรับระบบกำจัดจลชีววิทย

นอกจากนี้ยังได้ทำการทดสอบการทำงานในบริเวณแหล่งน้ำที่มีลักษณะที่หลากหลายแตกต่างกัน โดยแสดงได้ดังต่อไปนี้



รูปที่ 4. 8 รูปแบบการทดสอบการแพร่กระจายคลื่นเสียงความถี่สูงในบริเวณกลางแหล่งน้ำสำหรับระบบกำจัดจลชีววิทยต้นแบบบริเวณแหล่งน้ำต่าง ๆ



รูปที่ 4.9 วิธีการวัดความแรงของสันสะพานของคลื่นอัลตราโซนิกในน้ำ



รูปที่ 4.10 รูปแบบการทดสอบการแพร่กระจายคลื่นเสียงความถี่สูงในบริเวณข้างแหล่งน้ำสำหรับระบบกำจัดวัชกรชีวิตยุงต้นแบบในแหล่งน้ำสาธารณะ



รูปที่ 4.11 รูปแบบการทดสอบการแพร่กระจายคลื่นเสียงความถี่สูงในบริเวณข้างแหล่งน้ำ สำหรับระบบกำจัดของจรรชีวิตยูงต้นแบบในแหล่งน้ำที่มีพืชน้ำหนาแน่น



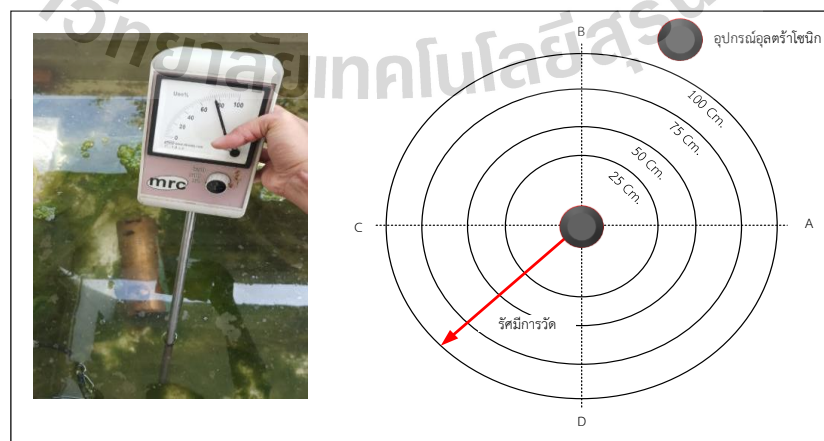
รูปที่ 4.12 ติดตั้งสถานีหลักสำหรับทดลองเก็บผลทดลองตามแหล่งน้ำสาธารณะ



รูปที่ 4. 13 ติดตั้งสถานีย่อยสำหรับทดลองเก็บผลทดลองตามแหล่งน้ำสาธารณะและแนวท่อระบายน้ำ

#### 4.3 ผลการวัดแรงสั่นสะเทือนรอบตัวของอุปกรณ์อัลตราโซนิกในระยะต่าง ๆ

สำหรับการวัดความแรงของการสั่นสะเทือนภายในน้ำ ใช้อุปกรณ์ของ mrc ในการวัดความแรงของการสั่นสะเทือนจากอุปกรณ์กำเนิดสัญญาณอัลตราโซนิกที่ถูกแปลงผันจากพลังงานไฟฟ้าเป็นทางกล โดยการวัดความแรงของการสั่นสะเทือนในระยะต่าง ๆ แสดงดังรูปที่ 4.14 และผลของแรงสั่นสะเทือนแสดงดังตารางที่ 4.1 นอกจากนี้ยังได้ทำการทดสอบการทำงานในบริเวณแหล่งน้ำที่มีลักษณะที่หลากหลายแตกต่างกัน โดยผลการทดลองการสั่นสะเทือนของอุปกรณ์อัลตราโซนิกของสถานีหลักและสถานีย่อยแสดงดังตารางที่ 4.2 และ 4.3



รูปที่ 4.14 ตำแหน่งของการวัดความแรงของการสั่นสะเทือนของอุปกรณ์อัลตราโซนิกที่ตำแหน่งต่างๆ

ตารางที่ 4.1 อัตราการสั้นของอุปกรณ์อัลตราโซนิคภายในน้ำที่ระยะต่าง ๆ รอบอุปกรณ์อัลตราโซนิค

| ตำแหน่งการวัด<br>(เซนติเมตร) | อัตราการสั้นของอุปกรณ์อัลตราโซนิค (Uen%) |      |      |      |           |
|------------------------------|--|------|------|------|-----------|
|                              | ตำแหน่งที่ทำการวัด                       |      |      |      |           |
|                              | A  | B    | C    | D    | ค่าเฉลี่ย |
| <25                          | 86                                       | 86.5 | 86.3 | 85.4 | 84.4      |
| 25                           | 80.4                                     | 81.8 | 80.6 | 81.5 | 80.8      |
| 50                           | 77.4                                     | 76.2 | 75.2 | 75.7 | 75.7      |
| 75                           | 65.4                                     | 66.2 | 65.7 | 64.1 | 65.9      |
| 100                          | 48.1                                     | 49.2 | 48.7 | 48.3 | 49.6      |

ตารางที่ 4.2 อัตราการสั้นของอุปกรณ์อัลตราโซนิคภายในน้ำที่ระยะต่าง ๆ ของสถานีหลัก

| ตำแหน่งการวัด<br>(เซนติเมตร) | อัตราการสั้นของอุปกรณ์อัลตราโซนิค (Uen%) |      |      |      |           |
|------------------------------|--|------|------|------|-----------|
|                              | ตำแหน่งที่ทำการวัด                       |      |      |      |           |
|                              | A  | B    | C    | D    | ค่าเฉลี่ย |
| <25                          | 86                                       | 86.5 | 87.4 | 86.6 | 86.6      |
| 25                           | 80.5                                     | 81.8 | 81.6 | 80.9 | 81.2      |
| 50                           | 76.3                                     | 76.7 | 76.4 | 76.7 | 76.5      |
| 75                           | 66.4                                     | 65.2 | 66.7 | 65.1 | 66.1      |
| 100                          | 47.1                                     | 46.9 | 47.7 | 47.3 | 47.3      |

ตารางที่ 4.3 อัตราการสั้นของอุปกรณ์อัลตราโซนิคภายในน้ำที่ระยะต่าง ๆ ของสถานีย่อย

| ตำแหน่งการวัด<br>(เซนติเมตร) | อัตราการสั้นของอุปกรณ์อัลตราโซนิค (Uen%) |      |      |      |           |
|------------------------------|--|------|------|------|-----------|
|                              | ตำแหน่งที่ทำการวัด                       |      |      |      |           |
|                              | A  | B    | C    | D    | ค่าเฉลี่ย |
| <25                          | 85.5                                     | 85.5 | 86.7 | 85.4 | 85.8      |
| 25                           | 80.5                                     | 81.2 | 81.4 | 81.5 | 81.2      |
| 50                           | 75.8                                     | 76.0 | 75.4 | 75.8 | 75.8      |
| 75                           | 63.4                                     | 65.2 | 63.6 | 64.1 | 64.1      |
| 100                          | 46.1                                     | 46.7 | 46.7 | 45.3 | 46.2      |

จากตารางที่ 4.1 ถึง 4.3 เป็นการทดลองวัดความแรงของการสั่นสะเทือนภายในน้ำจากการสังเกตพบว่าความแรงของการสั่นสะเทือนมีค่ามากในบริเวณที่ใกล้กับอุปกรณ์อัลตราโซนิค และความแรงของสัญญาณจะลดลงไปตามระยะของตำแหน่งการวัดที่ห่างออกไป

#### 4.4 การทดสอบความแรงของสัญญาณที่มีผลต่ออัตราการตายของยุงแต่ละในช่วงอายุ

สำหรับการเก็บผลการทดลองของอัตราการตายของยุงลายในช่วงที่ยังอาศัยอยู่ในน้ำได้เก็บผลการทดลองในห้องปฏิบัติการ สถานีหลักที่ติดตั้งบริเวณแหล่งน้ำสาธารณะ และสถานีย่อยที่ติดตั้งอยู่บริเวณท่อระบายน้ำตามพื้นที่สาธารณะ ลักษณะการทดลองนำอุปกรณ์อัลตราโซนิคไปกับจัดลูกน้ำยุงลายแสดงดังรูปที่ 4.7 และผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.4 ถึง 4.6

ตารางที่ 4.4 อัตราการตายของยุงแต่ละช่วงอายุที่ทดลองโดยการปล่อยคลื่นอัลตราโซนิคที่ 40 กิโลเฮิรตซ์ ในห้องปฏิบัติการ โดยทำการทดลองที่รัศมีสูงสุด 100 เซนติเมตร ที่ระยะเวลา 1 นาที

| 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              |

ตารางที่ 4.5 อัตราการตายของยุงแต่ละช่วงอายุที่ทดลองโดยการปล่อยคลื่นอัลตราโซนิกที่ 40 กิโลเฮิร์ตซ์ ที่สถานีหลักโดยทำการทดลองที่รัศมีสูงสุด 100 เซนติเมตร ที่ระยะเวลา 1 นาที

| ช่วงอายุของยุงลาย  | ความแรงของสัญญาณ (Uen%) | อัตราการตาย (%) |
|--------------------|-------------------------|-----------------|
| ระยะไข่ (egg)      | 80 - 85                 | 98              |
|                    | 75 - 79                 | 90              |
|                    | 65 - 74                 | 87              |
|                    | 55 - 64                 | 77              |
|                    | 45 - 54                 | 76              |
| ระยะลูกน้ำ (larva) | 80 - 85                 | 96              |
|                    | 75 - 79                 | 87              |
|                    | 65 - 74                 | 84              |
|                    | 55 - 64                 | 76              |
|                    | 45 - 54                 | 74              |
| ระยะตัวมอด (pupa)  | 80 - 85                 | 93              |
|                    | 75 - 79                 | 82              |
|                    | 65 - 74                 | 75              |
|                    | 55 - 64                 | 73              |
|                    | 45 - 54                 | 72              |

ตารางที่ 4.6 อัตราการตายของยุงแต่ละช่วงอายุที่ทดลองโดยการปล่อยคลื่นอัลตราโซนิกที่ 40 กิโลเฮิร์ตซ์ ที่สถานีย่อยโดยทำการทดลองที่รัศมีสูงสุด 50 เซนติเมตร ที่ระยะเวลา 1 นาที

| ช่วงอายุของยุงลาย  | ความแรงของสัญญาณ (Uen%) | อัตราการตาย (%) |
|--------------------|-------------------------|-----------------|
| ระยะไข่ (egg)      | 80 - 85                 | 100             |
|                    | 75 - 79                 | 96              |
|                    | 65 - 74                 | 91              |
|                    | 55 - 64                 | 82              |
|                    | 45 - 54                 | 79              |
| ระยะลูกน้ำ (larva) | 80 - 85                 | 100             |
|                    | 75 - 79                 | 90              |
|                    | 65 - 74                 | 82              |
|                    | 55 - 64                 | 79              |
|                    | 45 - 54                 | 75              |
| ระยะตัวมอด (pupa)  | 80 - 85                 | 95              |
|                    | 75 - 79                 | 80              |
|                    | 65 - 74                 | 75              |
|                    | 55 - 64                 | 70              |
|                    | 45 - 54                 | 65              |

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าช่วงอายุของลูกน้ำยุงในช่วงระยะไข่นั้นมีอัตราการตายที่สูงมากเนื่องจากมีความแข็งแรงน้อย ไม่สามารถเคลื่อนที่หลบการสั่นสะเทือนของคลื่นได้ และมีขนาดเล็กที่เหมาะสมกับช่วงความถี่จึงเป็นสาเหตุที่ส่งผลให้เกิดอัตราการตายสูง และอัตราการตายจะลดลงเมื่อความแรงของการสั่นสะเทือนของคลื่นอัลตราโซนิคภายในน้ำน้ำลดลงซึ่งการลดลงของคลื่นอัลตราโซนิคที่ลดลงมาจากสาเหตุหลักคือระยะห่างของตำแหน่งที่ไข่ของลูกน้ำยุง อยู่ในส่วนของในระยะลูกน้ำยุง (larva) และระยะตัวมด (pupa) มีอัตราการตายที่สูงเช่นแต่จะน้อยกว่า ไข่ และ ระยะลูกน้ำ เนื่องจากมีลักษณะตัวที่แข็งแรงขึ้นทนทานต่อสภาพการสั่นสะเทือนได้นาน

#### 4.4 สรุปผล

สำหรับระบบกำเนิดคลื่นเสียงความถี่สูงย่านอัลตราโซนิคกำลังสูง เพื่อขยายผลสำหรับการกำจัดวงจรชีวิตยุงในขณะที่ยังเป็นลูกน้ำหรือตัวมด ด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง ติดตั้งเป็นระบบสถานีขนาดใหญ่ตามแหล่งน้ำลำคลองและแนวท่อระบายน้ำ โดยเครื่องกำจัดวงจรชีวิตยุงด้วยคลื่นเสียงความถี่สูงต้นแบบนี้ ได้ใช้หลักการของ การบีบอัดตัวของคลื่นเสียงความถี่สูงในตัวกลางที่เป็นน้ำในช่วงความถี่ย่านอัลตราโซนิคที่ 40 kHz ซึ่งเมื่อพิจารณาความยาวคลื่นและความเร็วที่คลื่นเดินทางในตัวกลางที่เป็นน้ำแล้วจะมีความยาวคลื่นที่พอเหมาะกับขนาดของตัวลูกน้ำยุง โดยเมื่อเฟสของการอัดตัวและขยายตัวในหนึ่งรอบของความยาวคลื่น ในขณะที่ความยาวคลื่นนั้นมีขนาดใกล้เคียงกับตัวลูกน้ำยุง จึงเป็นผลให้ลำตัวของตัวอ่อนยุงนั้นได้รับแรงบีบอัดในเชิงของเฟสแรงดันที่ตรงข้ามและจะส่งผลให้ลำตัวของตัวอ่อนยุงหรือลูกน้ำยุงเกิดการบาดเจ็บหรือเสียหายได้ โดยระบบมีขนาดกำลังงานรวมประมาณ 3,000 วัตต์ต่อระบบ โดยทำการออกแบบระบบกำจัดกำจัดวงจรชีวิตยุงอยู่สองรูปแบบ คือ ส่วนของระบบสถานีหลักขนาดใหญ่ใช้สำหรับควบคุมและแสดงผลการทำงานของตัวปล่อยคลื่นเสียงความถี่สูงและส่วนสถานีย่อยสำหรับติดตั้งในแนวท่อระบายน้ำนั้น จากการทดลองของระบบกำจัดวงจรชีวิตยุงในแหล่งน้ำชุมชนด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง สามารถกำจัดลูกน้ำยุงที่อาศัยอยู่ในน้ำได้ทุกช่วงอายุได้อย่างรวดเร็วภายใน 1 - 5 วินาที โดยอัตราการตายขึ้นอยู่กับความแรงของการสั่นสะเทือนจากการปล่อยคลื่นจากตัวปล่อยคลื่นเสียงความถี่สูง และระยะห่างของตำแหน่งที่ลูกน้ำยุงอาศัยอยู่จากจุดปล่อยคลื่น รวมถึงสภาพแวดล้อมของแหล่งน้ำที่ทำการติดตั้งที่อาจมีการรบกวนของตัวแปรอื่นๆ ในสถานที่นั้นๆ เช่น ปริมาณขนาดของแหล่งน้ำ สิ่งปฏิกูลรวมถึงลักษณะสิ่งแวดล้อมหรือสัตว์น้ำต่างๆ อาจได้รับผลกระทบจากการ ทดสอบระบบ ซึ่งในกรณีที่ภายในแหล่งน้ำที่ทำการติดตั้งอุปกรณ์ตัวปล่อยคลื่นเสียงความถี่สูงนั้นหากมีสิ่งกีดขวางการเดินทางของคลื่นอย่างเช่น เศษขยะ พืชที่อาศัยอยู่ในน้ำ อาจส่งผลให้สัญญาณความถี่สูงในการสั่นสะเทือนลดทอนลงได้ ซึ่งอาจส่งผลให้ประสิทธิภาพในการควบคุมหรือกำจัดวงจรชีวิตของยุงลดลงอาจจะต้องมีการปรับเพิ่มกำลังงานให้มากขึ้น ดังนั้นก่อนการติดตั้งจริงในพื้นที่ใด ๆ ที่มีความแตกต่างทางกายภาพ จึงจำเป็นต้องมีการสำรวจและวิเคราะห์พื้นที่ติดตั้งก่อน เพื่อใช้เป็นแนวทางในการออกแบบและกำหนดกำลังงานที่ต้องใช้ รวมถึงการจัดวางชุดตัวปล่อยคลื่นให้มีความเหมาะสมเพื่อให้ระบบสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ



## บทที่ 5

### บทสรุปและข้อเสนอแนะ

#### 5.1 สรุปเนื้อหาของโครงการวิจัย

โครงการวิจัยได้ทำการพัฒนาออกแบบและสร้างระบบกำเนิดคลื่นเสียงความถี่สูงย่านอัลตราโซนิคกำลังสูง เพื่อขยายผลสำหรับการกำจัดวงจรชีวิตยุงในขณะที่ยังเป็นลูกน้ำหรือตัวโม่ง ด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง ติดตั้งเป็นระบบสถานีขนาดใหญ่ตามแหล่งน้ำลำคลองและแนวท่อระบายน้ำ ที่เป็นแหล่งเพาะพันธุ์ยุงหลากหลายสายพันธุ์ โดยเครื่องกำจัดวงจรชีวิตยุงด้วยคลื่นเสียงความถี่สูงต้นแบบนี้มีขนาดกำลังงานประมาณ 1,500 วัตต์ต่อระบบ โดยทำการออกแบบระบบกำจัดกำจัดวงจรชีวิตยุงอยู่สองรูปแบบ คือส่วนของระบบสถานีหลักขนาดใหญ่ใช้สำหรับควบคุมและแสดงผลการทำงานของตัวปล่อยคลื่นเสียงความถี่สูงและส่วนสถานีย่อยสำหรับติดตั้งในแนวท่อระบายน้ำ โดยสถานีหลักนั้นสามารถควบคุมการทำงานของตัวปล่อยคลื่นเสียงความถี่สูงกำลังงานสูง สามารถใช้พลังงานจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับขนาด 220 V จากการไฟฟ้า และสามารถใช้ร่วมกับแหล่งกำเนิดพลังงานจากแสงอาทิตย์ได้ โดยที่สถานีได้มีการติดตั้งระบบชุดแปลงพลังงานแสงเป็นพลังงานทางไฟฟ้าผ่านแผงโซลาร์เซลล์ และมีระบบขนาดเล็ก ซึ่งได้ออกแบบให้มีขนาดเล็กติดตั้งง่าย สามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก ไม่จำเป็นต้องมีสถานีขนาดใหญ่ มีกล่องควบคุมที่มีขนาดเล็ก โดยใช้แหล่งกำเนิดพลังงานจากแสงอาทิตย์เช่นเดียวกับระบบขนาดใหญ่ ระบบขนาดเล็กนี้จะติดตั้งร่วมตัวปล่อยคลื่นเสียงความถี่สูงกำลังงานไม่สูงมาก เหมาะกับแหล่งน้ำขังที่มีขนาดเล็ก หรือตามท่อระบายน้ำรูปแบบต่าง ๆ โดยทั้งสองระบบมีฟังก์ชันการทำงานที่หลากหลาย ภายในระบบประกอบไปด้วยชุดควบคุมสั่งงานผ่านทางระบบออนไลน์ ซึ่งสามารถสั่งงานและตรวจสอบการทำงานของตัวปล่อยคลื่นเสียงความถี่สูงและการใช้พลังงานของระบบการกำจัดวงจรชีวิตยุงผ่าน Mobile Application และ IoT platform พร้อมทั้งสามารถปรับกำลังงานและระยะเวลาในการปล่อยคลื่นเสียงความถี่สูงตามความเหมาะสมของแหล่งน้ำที่ต้องการกำจัดวงจรชีวิตยุง เพื่อให้ระบบการกำจัดวงจรชีวิตยุงมีประสิทธิภาพการทำงานสูงสุด ซึ่งหลังจากเสร็จสิ้นโครงการวิจัยแล้วจะมีการติดตั้งระบบกำจัดวงจรชีวิตยุงในแหล่งน้ำหรือแนวท่อระบายน้ำ เพื่อเป็นระบบต้นแบบจำนวน 1 ระบบ สำหรับกำจัดวงจรชีวิตยุงโดยลดการใช้สารเคมีสำหรับแหล่งน้ำขนาดใหญ่ในชุมชนหรือประยุกต์ใช้งานในบ่อบำบัดโรงงานอุตสาหกรรมและโรงพยาบาลต่อไปได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

#### 5.2 ปัญหาและข้อเสนอแนะ

การทดสอบระบบในพื้นที่จริงอาจมีการรบกวนของตัวแปรอื่นๆ ในสถานที่นั้นๆ เช่น ปริมาณขนาดของแหล่งน้ำ สิ่งปฏิภรณ์รวมถึงลักษณะสิ่งแวดล้อมหรือสัตว์น้ำต่างๆ อาจได้รับผลกระทบจากการ

ทดสอบระบบ ซึ่งในกรณีที่ภายในแหล่งน้ำที่ทำการติดตั้งอุปกรณ์ตัวปล่อยคลื่นเสียงความถี่สูงนั้นหากมีสิ่งกีดขวางการเดินทางของคลื่นอย่างเช่น เศษขยะ พืชที่อาศัยอยู่ในน้ำ อาจส่งผลให้สัญญาณความแรงในการสั่นสะเทือนลดทอนลงได้ ซึ่งอาจส่งผลให้ประสิทธิภาพในการควบคุมหรือกำจัดวงจรชีวิตของยุงลดลงอาจจะต้องมีการปรับเพิ่มกำลังงานให้มากขึ้น ดังนั้นก่อนการติดตั้งจริงในพื้นที่ใด ๆ ที่มีความแตกต่างทางกายภาพ จึงจำเป็นต้องมีการสำรวจและวิเคราะห์พื้นที่ติดตั้งก่อน เพื่อใช้เป็นแนวทางในการออกแบบและกำหนดกำลังงานที่ต้องใช้ รวมถึงการจัดวางชุดตัวปล่อยคลื่นให้มีความเหมาะสมเพื่อให้ระบบสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

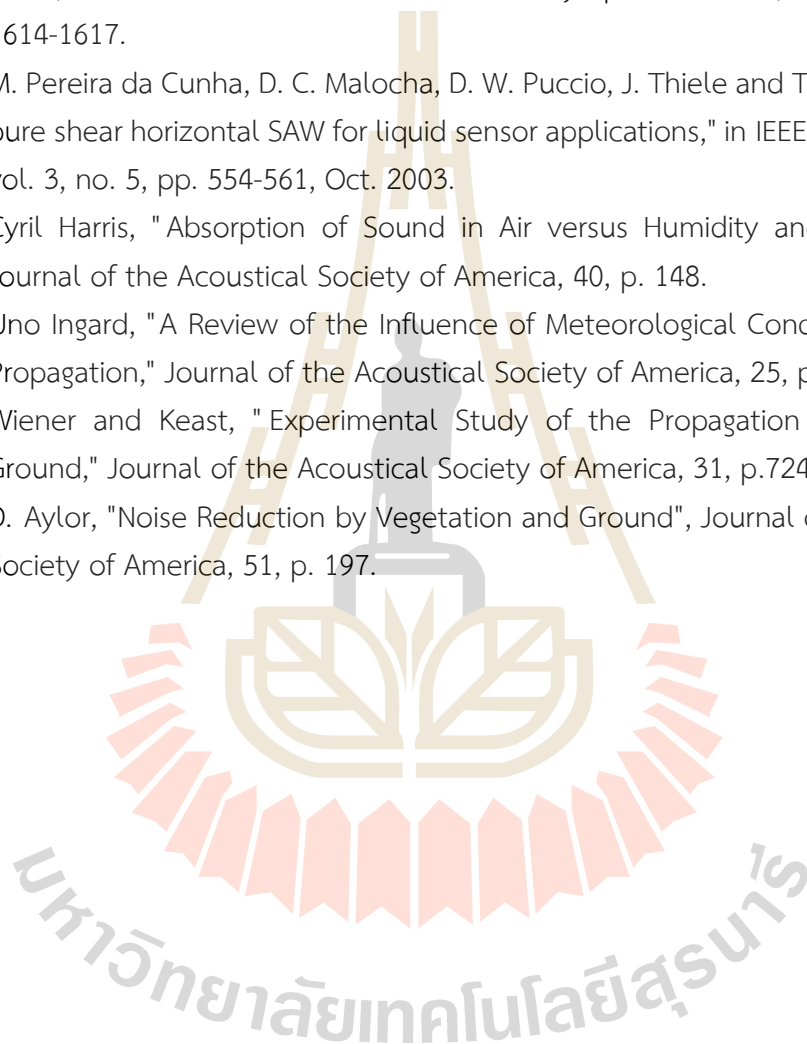
### 5.3 ประโยชน์ที่ได้รับและการประยุกต์ใช้งาน

หลังจากดำเนินโครงการวิจัยเสร็จสิ้นแล้วได้ระบบกำจัดวงจรชีวิตยุงโดยใช้คลื่นเสียงความถี่สูงติดตั้งเป็นสถานีควบคุม 1 ระบบ เพื่อเป็นสถานีต้นแบบสำหรับกำจัดวงจรชีวิตยุงในแหล่งน้ำขนาดใหญ่และแนวท่อระบายน้ำ สามารถออกแบบติดตั้งได้กับทุกพื้นที่ ได้เทคโนโลยีสมัยใหม่สำหรับการกำจัดวงจรชีวิตยุงที่สามารถกำจัดวงจรชีวิตยุงในแหล่งน้ำต่างๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ไม่มีการใช้สารเคมีใด ๆ ที่เป็นอันตรายตกค้างในแหล่งน้ำ ไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตชนิดอื่นภายในแหล่งน้ำ เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ใช้งานง่าย ประหยัดพลังงาน ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อหน่วยงานด้านสาธารณสุข และสามารถใช้งานกับแหล่งน้ำอุปโภคและบริโภคได้อย่างปลอดภัย นอกจากนี้ยังสามารถประยุกต์ใช้งานในบ่อบำบัดโรงงานอุตสาหกรรมหรือโรงพยาบาลต่างๆ ต่อไปได้อย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน

## บรรณานุกรม

- [1] สำนักระบาดวิทยา กระทรวงสาธารณสุข.จำนวนและอัตราผู้ป่วยด้วยโรคเฝ้าระวังปี 46 – 56 รายไตรมาส. แหล่งที่มา :
- [2] สำนักโรคติดต่อฯโดยแมลง. พื้นที่ระบาด (Dengue Cluster Locations). แหล่งที่มา : <http://www.thaivbd.org/content.php?id=90>
- [3] สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข. ชีววิทยา นิเวศวิทยา 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.



## ภาคผนวก

### ก1. บทสรุปโครงการวิจัย

โครงการวิจัยได้ทำการพัฒนาออกแบบและสร้างระบบกำเนิดคลื่นเสียงความถี่สูงย่านอัลตราโซนิคกำลังสูง เพื่อขยายผลสำหรับการกำจัดวัชพืชในขณะที่ยังเป็นลูกน้ำหรือตัวมด ด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง ติดตั้งเป็นระบบสถานีขนาดใหญ่ตามแหล่งน้ำลำคลองและแนวท่อระบายน้ำ โดยเครื่องกำจัดวัชพืชด้วยคลื่นเสียงความถี่สูงต้นแบบนี้ ได้ใช้หลักการของ การบีบอัดตัวของคลื่นเสียงความถี่สูงในตัวกลางที่เป็นน้ำในช่วงความถี่ย่านอัลตราโซนิคที่ 40 kHz ซึ่งเมื่อพิจารณาความยาวคลื่นและความเร็วที่คลื่นเดินทางในตัวกลางที่เป็นน้ำแล้วจะมีความยาวคลื่นที่พอเหมาะกับความยาวคลื่นน้ำยุง โดยเมื่อเฟสของการอัดตัวและขยายตัวในหนึ่งรอบของความยาวคลื่น ในขณะที่ความยาวคลื่นนั้นมีขนาดใกล้เคียงกับตัวลูกน้ำยุง จึงเป็นผลให้ลำตัวของตัวอ่อนยุงนั้นได้รับแรงบีบอัดในเชิงของเฟสแรงดันที่ตรงข้ามและจะส่งผลให้ลำตัวของตัวอ่อนยุงหรือลูกน้ำยุงเกิดการบาดเจ็บหรือเสียหายได้ โดยระบบมีขนาดกำลังงานประมาณ 3,000 วัตต์ต่อระบบ โดยทำการออกแบบระบบกำจัดวัชพืชด้วยเสียงความถี่สูงอยู่สองรูปแบบ คือส่วนของระบบสถานีหลักขนาดใหญ่ใช้สำหรับควบคุมและแสดงผลการทำงานของตัวปล่อยคลื่นเสียงความถี่สูงและส่วนสถานีย่อยสำหรับติดตั้งในแนวท่อระบายน้ำ โดยสถานีหลักนั้นสามารถควบคุมการทำงานของตัวปล่อยคลื่นเสียงความถี่สูงกำลังงานสูงสามารถใช้พลังงานจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับขนาด 220 V จากการใช้ไฟฟ้า และสามารถใช้ร่วมกับแหล่งกำเนิดพลังงานจากแสงอาทิตย์ได้ โดยที่สถานีได้มีการติดตั้งระบบชุดแปลงพลังงานแสงเป็นพลังงานทางไฟฟ้าผ่านแผงโซลาร์เซลล์ และมีระบบขนาดเล็ก ซึ่งได้ออกแบบให้มีขนาดเล็กติดตั้งง่าย สามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก ไม่จำเป็นต้องมีสถานีขนาดใหญ่ มีกล่องควบคุมที่มีขนาดเล็ก โดยใช้แหล่งกำเนิดพลังงานจากแสงอาทิตย์เช่นเดียวกับระบบขนาดใหญ่ ภายในระบบประกอบไปด้วยชุดควบคุมสั่งงานผ่านทางระบบออนไลน์ ซึ่งสามารถสั่งงานและตรวจสอบการทำงานของตัวปล่อยคลื่นเสียงความถี่สูงและการใช้พลังงานของระบบกำจัดวัชพืชด้วยเสียงความถี่สูงผ่าน Mobile Application และ IoT platform พร้อมทั้งสามารถปรับกำลังงานและระยะเวลาในการปล่อยคลื่นเสียงความถี่สูงตามความเหมาะสมของแหล่งน้ำที่ต้องการกำจัดวัชพืชด้วยเสียงความถี่สูง สามารถออกแบบติดตั้งได้กับทุกพื้นที่ ได้เทคโนโลยีสมัยใหม่สำหรับการกำจัดวัชพืชที่สามารถกำจัดวัชพืชในแหล่งน้ำต่างๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ไม่มีการใช้สารเคมีใด ๆ ที่เป็นอันตรายตกค้างในแหล่งน้ำ ไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตชนิดอื่นภายในแหล่งน้ำ เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ใช้งานง่าย ประหยัดพลังงาน ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อหน่วยงานด้านสาธารณสุข และสามารถใช้งานกับแหล่งน้ำอุปโภคและบริโภคได้อย่างปลอดภัย นอกจากนี้ยังสามารถประยุกต์ใช้งานในบ่อบำบัดโรงงานอุตสาหกรรมหรือโรงพยาบาลต่างๆ ต่อไปได้อย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน

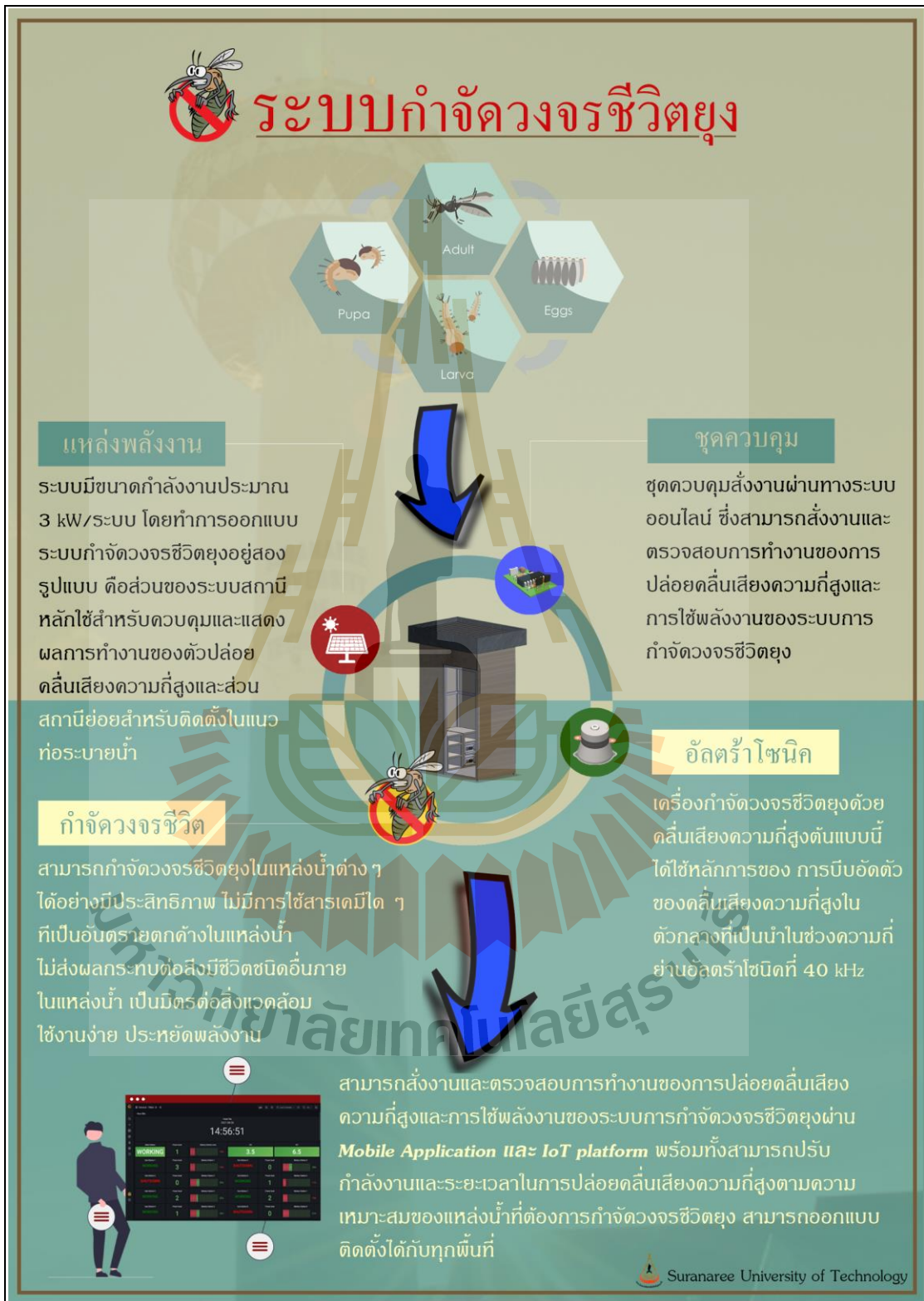
### ก2. บทสรุปผลการวิจัย

โครงการวิจัยนี้ได้ทำการออกแบบสร้างระบบกำจัดวัชพืชด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง จำนวน 1 ระบบ เพื่อเป็นสถานีต้นแบบสำหรับกำจัดวัชพืชในแหล่งน้ำขนาดใหญ่และแนวท่อระบายน้ำ สามารถออกแบบติดตั้งได้กับทุกพื้นที่ ได้เทคโนโลยีสมัยใหม่สำหรับทำลายลูกน้ำยุงได้อย่างรวดเร็วภายใน 5 วินาที ซึ่งสามารถกำจัดวัชพืชในแหล่งน้ำต่างๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ไม่มีการใช้

สารเคมีใด ๆ ที่เป็นอันตรายตกค้างในแหล่งน้ำ ไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตชนิดอื่นภายในแหล่งน้ำ เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ใช้งานง่าย ประหยัดพลังงาน ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อหน่วยงานด้านสาธารณสุข และสามารถใช้งานกับแหล่งน้ำอุปโภคและบริโภคได้อย่างปลอดภัย นอกจากนี้ยังสามารถประยุกต์ใช้งานในบ่อบำบัดโรงงานอุตสาหกรรมหรือโรงพยาบาลต่างๆ ต่อไปได้อย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน



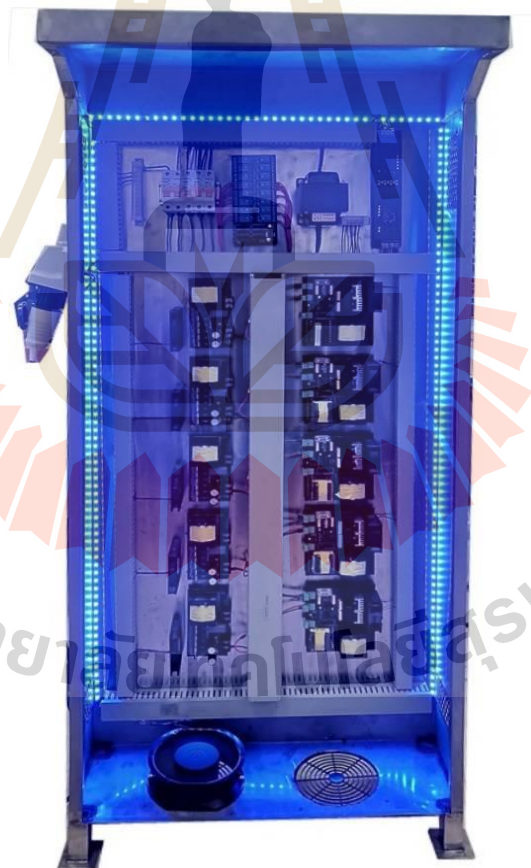
### ก3. บทสรุปผลการวิจัยในรูปแบบ Info Graphic



#### ก4. คุณสมบัติเฉพาะของระบบกำจัดวงจรชีวิตยุงในแหล่งน้ำชุมชนด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง

คุณสมบัติเฉพาะของระบบกำจัดวงจรชีวิตยุงด้วยคลื่นเสียงความถี่สูงมี ภายในระบบประกอบไปด้วยชุดควบคุมสั่งงานผ่านทางระบบออนไลน์ ซึ่งสามารถสั่งงานและตรวจสอบการทำงานของการทำงานการปล่อยคลื่นเสียงความถี่สูงและการใช้พลังงานของระบบการกำจัดวงจรชีวิตยุงผ่าน Mobile Application และ IoT platform พร้อมทั้งสามารถปรับกำลังงานและระยะเวลาในการปล่อยคลื่นเสียงความถี่สูงตามความเหมาะสมของแหล่งน้ำที่ต้องการกำจัดวงจรชีวิตยุง ภายในมีระบบเก็บสะสมพลังงานไฟฟ้าด้วยแบตเตอรี่กำลังงานสูงสามารถรองรับการทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ แสดงตั้งข้อมูลต่อไปนี้

##### เครื่องสร้างสัญญาณคลื่นอัลตราโซนิก(สถานีหลัก)



|                             |                         |
|-----------------------------|-------------------------|
| แรงดันไฟฟ้าที่ใช้           | 220 Vac, Solar cell.    |
| กำลังงานไฟฟ้าเอาต์พุตสูงสุด | 1,500 Watt              |
| กำลังงานของคลื่นที่วัดได้   | 40 %Uen ต่อรัศมี 1เมตร. |



|                     |                         |
|---------------------|-------------------------|
| จำนวนหัวอัลตราโซนิก | 10 หัว                  |
| ความถี่ที่ใช้       | 28 และ 40 kHz           |
| ประเภทปลั๊ก         | US Plug, Solar cell     |
| ขนาดของเครื่อง      | 150 x 60 x 35 เซนติเมตร |
| วัสดุที่ตัวเครื่อง  | แสตนเลส                 |

### เครื่องสร้างสัญญาณคลื่นอัลตราโซนิก(สถานีย่อย)



|                             |                         |
|-----------------------------|-------------------------|
| แรงดันไฟฟ้าที่ใช้           | 12 Vdc, Solar cell.     |
| กำลังงานไฟฟ้าเอาต์พุตสูงสุด | 150 Watt                |
| กำลังงานของคลื่นที่วัดได้   | 40 %Uen ต่อรัศมี 1เมตร. |
| จำนวนหัวอัลตราโซนิก         | 40 kHz 5 หัว            |
| ความถี่ที่ใช้               | 40 kHz                  |
| ขนาดของเครื่อง              | 40 x 30 x 15 เซนติเมตร  |
| วัสดุที่ตัวเครื่อง          | พลาสติกกันน้ำ           |

## 5. การดูแลรักษาและซ่อมบำรุงระบบกำจัดวงจรชีวิตยูงในแหล่งน้ำชุมชนด้วยคลื่นความถี่สูง

### ขั้นตอนการใช้งาน

1. เปิดสวิตช์ที่หน้าตัวเครื่อง เครื่องจะทำงานอัตโนมัติ
2. สถานะการทำงานของเครื่อง อัตราการใช้พลังงาน สามารถดูได้จากหน้าต่างของแผงควบคุมผ่านระบบอินเทอร์เน็ต
3. ปรับระดับความแรง ตั้งเวลาการทำงานของระบบ ได้จากหน้าต่างของแผงควบคุมผ่านระบบอินเทอร์เน็ต

### การดูแลรักษาในส่วนของตัวเครื่อง

ส่วนของแผงโซลาร์เซลล์ ดูแลทำความสะอาดให้แผงโซลาร์เซลล์สามารถรับแสงแดดจากดวงอาทิตย์ได้อย่างเต็มที่

ตำแหน่งของการติดตั้งตัวเครื่อง ควรติดตั้งในสถานที่ที่เหมาะสม ไม่มีความชื้นสูงเกินไป ทำให้มีผลกระทบต่อระบบการทำงานของเครื่อง เครื่องอาจทำงานได้ไม่เต็มประสิทธิภาพ

ส่วนของตัวเครื่อง ภายในประกอบด้วยส่วนของวงจรที่เกิดความร้อนในขณะทำงาน จะส่วนของระบบระบายความร้อน ควรดูแลในเรื่องของเส้นทางการไหลของอากาศ ควรป้องกันไม่ให้มีฝุ่นหรือสัตว์เข้าไปทำรังภายในตัวเครื่อง

## ประวัตินักวิจัย

1. ชื่อ (ภาษาไทย) ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนเสฏฐ์ ทศศิกรพัฒน์  
(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 อาจารย์ที่ปรึกษากิจการรณนศึกษา (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
- การออกแบบระบบให้ความร้อนแบบไดอิเล็กทริกให้เหมาะสมกับวัสดุไดอิเล็กทริกชนิดต่างๆ เพื่อการประยุกต์ใช้งานทางด้านการเกษตรและการแพทย์
- พลาสมาความถี่สูงกำลังสูง
- การออกแบบวงจรให้ความร้อนแบบเหนี่ยวนำสำหรับให้ความร้อนกับวัสดุที่เป็นโลหะเพื่อการประยุกต์ใช้งานทางด้านการเกษตรและการแพทย์
- 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:** ระบบป้อนแบบใหม่โดยใช้เทคนิคช่องว่างแถบแม่เหล็กไฟฟ้าสำหรับสายอากาศแถวลำดับไมโครสตริปแบบแพทช์
- แหล่งทุน:** สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
- 9) **ผู้ร่วมโครงการวิจัย**
- เรื่อง:** การออกแบบและสร้างสายอากาศสำหรับตรวจหาตำแหน่งน้ำยางของต้นยางพารา

แหล่งทุน: สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

10) ผู้ร่วมโครงการวิจัย

เรื่อง: ออกแบบสร้างเครื่องฆ่ามอดข้าวเปลือกและข้าวสารในกระสอบข้าวด้วยคลื่นความถี่วิทยุโดยใช้ตัวปล่อยคลื่นขนาดใหญ่สำหรับอุตสาหกรรมการเก็บรักษาข้าว

แหล่งทุน: ทุนงบประมาณแผ่นดินประจำปี 2561 (งบบูรณาการวิจัยและนวัตกรรม)

11) ผู้ร่วมโครงการวิจัย

เรื่อง: ออกแบบสร้างเครื่องฆ่าหนอนและไข่แมลงวันผลไม้ในมะม่วงและผลไม้สดสำหรับอุตสาหกรรมทางเกษตรและส่งออกผลไม้สดด้วยคลื่นความถี่วิทยุ

แหล่งทุน: ทุนงบประมาณแผ่นดินประจำปี 2562 (งบบูรณาการวิจัยและนวัตกรรม)

12) ผู้ร่วมโครงการวิจัย

เรื่อง: ออกแบบสร้างเครื่องกำจัดมอดมะขามหวานและผลไม้แห้งสำหรับกลุ่มเกษตรกรและภาคอุตสาหกรรมการส่งออกมะขามหวานและผลไม้แห้งด้วยคลื่นความถี่วิทยุ

แหล่งทุน: ทุนงบประมาณแผ่นดินประจำปี 2562 (งบบูรณาการวิจัยและนวัตกรรม)

13) ผู้ร่วมโครงการวิจัย

เรื่อง: ออกแบบสร้างเครื่องกำจัดมอดในเมล็ดธัญพืชสำหรับเกษตรกรและอุตสาหกรรม การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์รวมถึงการส่งออกด้วยคลื่นความถี่วิทยุเพื่อทดแทนการใช้สารเคมี

แหล่งทุน: ทุนงบประมาณแผ่นดินประจำปี 2562 (งบบูรณาการวิจัยและนวัตกรรม)

14) ผู้ร่วมโครงการวิจัย

เรื่อง: การออกแบบสร้างเครื่องและระบบกำจัดมอดและแมลงในข้าวเปลือกหลังการเก็บเกี่ยวและข้าวสารสำหรับอุตสาหกรรมการส่งออกแบบครบวงจรโดยไม่ใช้สารเคมีเพื่อเพิ่มขีดความสามารถการแข่งขันในตลาดโลกของอุตสาหกรรมข้าวไทยอย่างยั่งยืน

แหล่งทุน: ทุนงบประมาณแผ่นดินประจำปี 2562 (งบบูรณาการวิจัยและนวัตกรรม)

15) หัวหน้าโครงการวิจัย

เรื่อง: ออกแบบสร้างเครื่องกำจัดแมลงและศัตรูพืชจำพวกไม้น้ำสำหรับเกษตรกรและอุตสาหกรรมการเพาะปลูกพืชน้ำเพื่อการส่งออกโดยไม่ใช้สารเคมี

แหล่งทุน: ทุนงบประมาณแผ่นดินประจำปี 2562 (งบบูรณาการวิจัยและนวัตกรรม)

16) หัวหน้าโครงการวิจัย

- เรื่อง:** การออกแบบสร้างเครื่องกำเนิดไอโซนกำลังสูงสำหรับกำจัดแมลงศัตรูพืชในอุตสาหกรรมกล้วยไม้และดอกไม้เพื่อการส่งออกและนำเข้าที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมและทดแทนการใช้สารเคมี
- แหล่งทุน:** ทุนงบประมาณแผ่นดินประจำปี 2562 (งบบูรณาการวิจัยและนวัตกรรม)
- 17) **หัวหน้าโครงการวิจัย**
- เรื่อง:** การศึกษาและออกแบบระบบกำจัดเห็บโคโดยใช้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าความถี่สูง
- แหล่งทุน:** โครงการยกระดับงานวิจัยเพื่ออนาคตสู่ภาคอุตสาหกรรม เทคโนโลยี นวัตกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีประจำปี 2563 (Forthcoming Research Initiative)
- 18) **ผู้ร่วมโครงการวิจัย**
- เรื่อง:** การออกแบบสร้างตัวตรวจรู้ภาวะขาดน้ำจากปริมาณแร่ธาตุในเหงื่อเพื่อประยุกต์ใช้งานบนอุปกรณ์สวมใส่สำหรับนักกีฬา
- แหล่งทุน:** โครงการยกระดับงานวิจัยเพื่ออนาคตสู่ภาคอุตสาหกรรม เทคโนโลยี นวัตกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีประจำปี 2563 (Forthcoming Research Initiative)
- 19) **ผู้ร่วมโครงการวิจัย**
- เรื่อง:** ผลกระทบของคลื่นเสียงความถี่สูงต่อการชะลอความสุกของมะม่วงและผลไม้สดสำหรับประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมการยืดอายุการเก็บรักษาเพื่อการส่งออก
- แหล่งทุน:** โครงการยกระดับงานวิจัยเพื่ออนาคตสู่ภาคอุตสาหกรรม เทคโนโลยี นวัตกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีประจำปี 2563 (Forthcoming Research Initiative)
- 20) **ผู้ร่วมโครงการวิจัย**
- เรื่อง:** ผลกระทบของคลื่นความถี่วิทยุต่อการปรับปรุงข้าวแข็งให้เป็นข้าวนุ่มเพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของอุตสาหกรรมข้าวไทย
- แหล่งทุน:** โครงการยกระดับงานวิจัยเพื่ออนาคตสู่ภาคอุตสาหกรรม เทคโนโลยี นวัตกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีประจำปี 2563 (Forthcoming Research Initiative)
- 21) **ผู้ร่วมโครงการวิจัย**
- เรื่อง:** การควบคุมแมลงศัตรูข้าวเปลือกและวิเคราะห์คุณภาพในการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยคลื่นความถี่วิทยุเพื่อการผลิตข้าวอินทรีย์แปลงใหญ่
- แหล่งทุน:** สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร สวก.

- 22) **ผู้ร่วมโครงการวิจัย**  
**เรื่อง:** การพัฒนาต่อยอดระบบตัดสัญญาณควบคุมอากาศยานไร้คนขับกำลังงานสูงพร้อมแจ้งเตือนผ่านระบบสื่อสารไร้สายสำหรับป้องกันภัยคุกคามระยะไกลเพื่อความมั่นคงของกองทัพ  
**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 เทคโนโลยี มหาวินิจฉัยเทคโนโลยี สุรนารี
- 26) **ผู้ร่วมโครงการวิจัย**  
**เรื่อง:** การพัฒนากระบวนการและผลิตภัณฑ์ข้าวสารบรรจุถุงปราศจากมอดโดยไม่ใช้สารเคมี  
**แหล่งทุน:** สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติประจำปี 2563
- 27) **ผู้ร่วมโครงการวิจัย**  
**เรื่อง:** การออกแบบและสร้างเครื่องป้องกันเพรียงโดยใช้คลื่นเสียงความถี่สูงสำหรับแปรงรับเพลารเรือ  
**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

## 31) หัวหน้าโครงการวิจัย

เรื่อง: ออกแบบสร้างระบบกำจัดวงจรชีวิตยุงด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง  
แหล่งทุน: กองทุนนวัตกรรมและสิ่งประดิษฐ์ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2563

## 32) หัวหน้าโครงการวิจัย

เรื่อง: การศึกษาและออกแบบระบบกำจัดเห็บโคโดยใช้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าความถี่สูง  
แหล่งทุน: ทุนวิจัยริเริ่มสำหรับอนาคต (Forthcoming Research Initiative) ภายใต้แผนงานโครงการยกระดับเทคโนโลยีสู่ภาคอุตสาหกรรม ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2563

## 33) หัวหน้าโครงการวิจัย

เรื่อง: การเพิ่มประสิทธิภาพของระบบให้ความร้อนแบบไดอิเล็กตริกด้วยคลื่นความถี่ไมโครเวฟสำหรับการบำบัดรักษามะเร็งโดยแบบจำลองเต้านมเสมือนจริง  
แหล่งทุน: ทุนอุดหนุนการวิจัยเพื่อรับสิทธิบัตรหรือตีพิมพ์ผลงานในวารสารระดับนานาชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2563

## 34) ผู้ร่วมโครงการวิจัย

เรื่อง: ผลกระทบของคลื่นความถี่วิทยุต่อการปรับปรุงข้าวแข็งให้เป็นข้าวนุ่มเพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของอุตสาหกรรมข้าวไทย  
แหล่งทุน: ทุนวิจัยริเริ่มสำหรับอนาคต (Forthcoming Research Initiative) ภายใต้แผนงานโครงการยกระดับเทคโนโลยีสู่ภาคอุตสาหกรรม ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2563

## 35) ผู้ร่วมโครงการวิจัย

- เรื่อง:** การออกแบบสร้างตัวตรวจรู้ภาวะขาดน้ำจากปริมาณแร่ธาตุในเหงื่อเพื่อประยุกต์ใช้งานบนอุปกรณ์สวมใส่สำหรับนักกีฬา
- แหล่งทุน:** ทุนวิจัยริเริ่มสำหรับอนาคต (Forthcoming Research Initiative) ภายใต้แผนงานโครงการยกระดับเทคโนโลยีสู่ภาคอุตสาหกรรม ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2563

**ผลงานทางวิชาการ / ผลงานวิจัย:**

**บทความในวารสารระดับชาติ / นานาชาติ**

- T. Thosdeekoraphat, S. Summart, C. Saetiaw, S. Santalunai and C. Thongsopa, "Resistor-less 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. Saetiaw, 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), “CCCIIs-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 FHAFHIEM (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 ทศดิกรพัฒน์, “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., Saetiaiw, 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**, Samran 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 Jokpudsa, Phakawan Thasangka, **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. Thasangha, **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. Banlusiip, **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.
- Kotchapradit, S., Siribunkun, S., **Thodsdeekorapat, T.**, Thongsopa, C., "Analysis of High-Frequency Dielectric Plates Applicator Effects to Accelerate Ripening in Fruit Using NIR Hyperspectral Imaging (2021) IEEE 8th International Conference on Industrial Engineering and Applications, ICIEA 2021, pp. 16-19.

#### 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



## ประวัติผู้ร่วมวิจัยโครงการ

1. ชื่อ (ภาษาไทย) รศ.ดร. ชานูชัย ทองโสภ  
(ภาษาอังกฤษ) Assoc. Prof. Dr. Chanchai Thongsopa  
เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 3 7208 00098 92 5

2. รหัสประจำตัวนักวิจัยแห่งชาติ : 00040671

3. ตำแหน่งปัจจุบัน : อาจารย์ประจำสาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ สำนักวิศวกรรมศาสตร์  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

อดีต : ผู้อำนวยการเทคโนโลยีสุรนารี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

: ผู้อำนวยการศูนย์คอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

: ผู้อำนวยการศูนย์นวัตกรรมและเทคโนโลยีการศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

4. หน่วยงานที่อยู่ติดต่อได้พร้อมโทรศัพท์ โทรสาร และE-mail :

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม สำนักวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

111 ถ.มหาวิทยาลัย ต.สุรนารี อ.เมือง จ.นครราชสีมา 30000

โทรศัพท์: 0-4422-4397 โทรสาร: 0-4422-4392 E-mail: [chan@sut.ac.th](mailto:chan@sut.ac.th)

5. ประวัติการศึกษา:

| ปีการศึกษา | ระดับปริญญา | ชื่อปริญญา                          | สาขาวิชา                | วิชาเอก                       | ชื่อสถานศึกษา                                     | ประเทศ   |
|------------|-------------|-------------------------------------|-------------------------|-------------------------------|---|----------|
| 2545       | Doctors     | D.Eng                               | Electrical Engineering  | Telecommunication Engineering | King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang | Thailand |
| 2539       | Masters     | M.Eng                               | Electrical Engineering  | Electrical and Communications | Kasetsart University                              | Thailand |
| 2534       | Bachelors   | B.Eng (1 <sup>st</sup> class Honor) | Electronics Engineering |                               | King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang | Thailand |

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ(แตกต่างจากวุฒิการศึกษา)ระบุสาขาวิชาการ:

RF and Microwave circuit design, Active antenna, Heating application, Network Design.

7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ:

หัวหน้าโครงการวิจัย : ชื่อโครงการวิจัย

Design Systems Air Traffic control  
 Design transmitters VHF-UHF (AM) 25W (on 24 Hour)  
 Design Transmitters HF (AM) 1KW (on 24 Hour)  
 Developing the wideband antenna for 2.4 GHz WLAN  
 Design Network Systems  
 ฯลฯ

#### รางวัลเกียรติคุณ :

- 2533: โล่เกียรติคุณ จากกรมสื่อสารทหารอากาศ ในฐานบุคคลดีเด่น  
 2534: โล่เกียรติคุณ จากกองทัพอากาศ ในฐานบุคคลดีเด่น  
 2540: รางวัลวิทยานิพนธ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์  
 2546: รางวัลโรงเรียนช่างฝีมือทหาร ในฐานบุคคลดีเด่น  
 2551: โล่เกียรติคุณ จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ในฐานบุคคลดีเด่น  
 2558: รางวัลเกียรติยศผลงานเด่น สวก. เครื่องให้ความร้อนแบบไดอิเล็กทริกสำหรับฆ่า  
 มอดข้าว  
 2559: รางวัลชนะเลิศระดับภาค ประเภทนวัตกรรมเชิงพาณิชย์ ผลิตภัณฑ์นวัตกรรม  
 (NESP Innovation Awards 2016) Science Park กระทรวงวิทย์ฯ  
 2559: รางวัลชนะเลิศระดับประเทศ ประเภทนวัตกรรมเชิงพาณิชย์ กระบวนการนวัตกรรม  
 (RSP Innovation Day 2016) กระทรวงวิทย์ฯ  
 2560: รางวัลนักวิจัยดีเด่น จากกระทรวงเกษตรและสหกรณ์

#### สิทธิบัตร:

##### ประเภท การประดิษฐ์

1. การหลอมขึ้นรูปผลิตภัณฑ์โดยใช้วัตถุดิบรีไซเคิลจากขยะชุมชนโดยขบวนการคลื่นแม่เหล็กและการบีบอัด เลขที่คำขอ 0501000290
2. สายอากาศแพตช์แนวตั้งคู่ที่มีสตริปเชื่อมอยู่ตรงกลาง เลขที่คำขอ 0701001929
3. เครื่องเหนียวทำให้เกิดความร้อนสำหรับอุตสาหกรรมครัวเรือน เลขที่คำขอ 0901003816
4. เครื่องไล่ค่างควายด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง เลขที่คำขอ 0901003815
5. เครื่องกำจัดลูกน้ำยุงโดยไม่ทำลายสิ่งแวดล้อม เลขที่คำขอ 1001000444
6. เครื่องให้ความร้อนแบบไดอิเล็กทริกสำหรับฆ่ามอดข้าว เลขที่คำขอ 1301004370
7. เครื่องผลิตน้ำมันจากขยะพลาสติกด้วยคลื่นไมโครเวฟผ่านการนำความร้อนด้วยอะลูมิเนียมฟอยล์ เลขที่คำขอ 1301004936
8. เครื่องกำจัดมอดมะขามด้วยคลื่นความถี่วิทยุ เลขที่คำขอ 1501001173
9. เครื่องให้ความร้อนแบบสายพานด้วยคลื่นความถี่วิทยุสำหรับฆ่ามอดในแป้งเลขที่คำขอ 1603000820

#### รางวัลสิ่งประดิษฐ์ช่วงอายุ มทส.

สิ่งประดิษฐ์ดีเด่นประเภทอุปกรณ์ เครื่องมือ การเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ (Hardware) พ.ศ.2550  
 รางวัลที่ 1 สายอากาศแพตช์แนวตั้งคู่ที่มีสตริปเชื่อมอยู่ตรงกลาง

- รางวัลที่ 2 เครื่องเหนี่ยวนำทำให้เกิดความร้อนแบบปรับความถี่ได้สำหรับหลอมขึ้นรูป  
ผลิตภัณฑ์จากขยะที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้
- สิ่งประดิษฐ์ดีเด่นประเภทอุปกรณ์ เครื่องมือ การเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ (Hardware) พ.ศ.2551  
รางวัลที่ 1 เครื่องเหนี่ยวนำให้เกิดความร้อนสำหรับอุตสาหกรรมครัวเรือน
- สิ่งประดิษฐ์ดีเด่นประเภทอุปกรณ์ เครื่องมือ การเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ (Hardware) พ.ศ.2552  
รางวัลที่ 1 เครื่องไล่ค่างควาด้วยคลื่นความถี่สูง
- สิ่งประดิษฐ์ดีเด่นประเภทอุปกรณ์ เครื่องมือ การเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ (Hardware) พ.ศ.2554  
รางวัลที่ 1 เครื่องสกัดแปรงจากเซลล์ของกากมันสำปะหลัง
- สิ่งประดิษฐ์ดีเด่นประเภทอุปกรณ์ เครื่องมือ การเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ (Hardware) พ.ศ.2555  
รางวัลที่ 1 เครื่องผลิตน้ำมันจากขยะพลาสติกด้วยคลื่นไมโครเวฟผ่านการนำความร้อนด้วย  
อะลูมิเนียมฟอยล์จากกล่องUHT
- สิ่งประดิษฐ์ดีเด่นประเภทอุปกรณ์ เครื่องมือ การเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ (Hardware) พ.ศ.2556  
รางวัลที่ 2 เครื่องให้ความร้อนแบบไดอิเล็กตริกสำหรับอบสารเมลามีน

## 8. ผลงานวิจัยทางวิชาการ

- 1 M. Krairiksh, C. Thongsopa and A. Mearnchu, "A Steerable Active Applicator," *Proceedings of the 1998 Asia-Pacific Microwave Conference*, Yokohama, vol. 2, pp.861-864, Dec. 1998.
- 2 M. Krairiksh, C. Thongsopa and C. Phongcharoenpanich, "A Steerable Active Spherical Slot Array Antenna," *Proceedings of the 1999 Progress in Electromagnetics Research Symposium*, Taipei, vol. 1, p.483, Mar. 1999.
- 3 M. Krairiksh, C. Thongsopa, D. Srimoon and A. Mearnchu, "Analysis of Steerable Active Slot Array Applicator," *Proceedings of the 1999 Asia-Pacific Microwave Conference*, Singapore, vol. 2, pp.489-492, Dec. 1999.
- 4 M. Krairiksh, C. Thongsopa, C. Phongcharoenpanich, E. Khoomwong and C. Leekpai, "A steerable Spherical Slot Array Antenna," *Journal Science Asia*, vol. 25, no.4, pp.231-236, 1999.
- 5 C. Thongsopa, M. Krairiksh, N. Srirattana and A. Intarapanich, "A Single Patch Beam Steering Antenna," *Proceedings of the 2000 Asia-Pacific Microwave Conference*, Sydney, pp. 1510-1513, Dec. 2000.
- 6 C. Thongsopa, M. Krairiksh and A. Mearnchu, "Analysis and Design of a Steerable Active Array Applicator," *The First National Meeting on Biomedical Engineering*, Bangkok Thailand, Sep. 2001
- 7 C. Thongsopa, M. Krairiksh, A. Mearnchu and D. Srimoon, "Analysis and Design of Injection Locking Steerable Active Array Applicator," *IEICE Trans. Communications*, vol. E 85-B, no 10, pp. 2327-2337, Oct. 2002.

- 8 **C. Thongsopa**, C. Jumniensri, and J. Wongmethanukro, "Beam Steering Using Single Patch Active Antenna," *Proceedings of the 26<sup>th</sup> Electrical Engineering Conference*, Thailand, pp.1796-1800, Nov. 2003.
- 9 **C. Thongsopa**, P. Jarataku, and P. Sukpong, "Wide Band U-Shaped cross section Antenna with a strip on a U- Shaped ground plane," *IEEE Transactions on Magnetics*, Beijing, China, pp.458-461, Apr. 2005.
- 10 P Sukpong, **C. Thongsopa**, and P. Jarataku, "Injection-Locked Active Antenna Using a Dual Gate MESFET," *The 4<sup>th</sup> PSU- Engineering Conference ( PEC4)* , Songkhla, Thailand, pp. 50-54, December 8-9, 2005.
- 11 **C. Thongsopa**, A. Intarapanich, and C. Saetiaiw, " Amplitude Modulation Using Injection Locking Oscillator Under Strong Envelop Variation Injection," *Journal of Electromagnetic Waves and Applications*, Tokyo, Japan, August 2006.
- 12 **C. Thongsopa**, " Array of A U-Shaped Element on A U-Shaped Ground Plane Wideband Antenna", *2006 Asia-Pacific Conference on Communication*, Bussan, Republic of Korea, 31 August-1 September 2006, 5D-145.
- 13 P. Jarataku, and **C. Thongsopa**, "2.45 GHz Bi- Directional Amplifier for Wireless LAN," *The 5<sup>th</sup> PSU-Engineering Conference (PEC5)*, Thailand, pp.197-201, May 10-11. 2007.
- 14 **C. Thongsopa**, D.Srimoon, and P. Jarataku, "A U-Shaped Cross Sectional Antenna on a U-Shaped Ground Plane with an offset Parabolic Reflector for WLAN," *IEEE AP-S International Symposium 2007*, Honolulu, Hawaii. USA, pp 5159-5162, Jun 10-15, 2007.
- 15 C. Saetiaiw, A. Intarapanich, and **C. Thongsopa**, "Effect of Spatial Correlation with Directional Antenna on MIMO capacity," *2007 International Symposium on Antenna and Propagation*, Niigata, Japan, pp 1334-1337, August 20-24, 2007.
- 16 A. Intarapanich, **C. Thongsopa**, and C. Saetiaiw, "Effect of Antenna Patterns on Narrowband MIMO capacity," *IEEE 2007 International Symposium on Microwave, Antenna, Propagation, and EMC Technologies For Wireless Communications*, Hangzhou, China, pp 160-163, August 14-16, 2007.
- 17 **C. Thongsopa**, and A. Intarapanich, " Double injection Locking Active Antenna," *European Conference on Antennas and Propagation, (Eucap 2007)* Edinburgh, UK, ppaa-bb, November 11-16, 2007.
- 18 P. Thosdee, and **C. Thongsopa**, "Quasi-Rhomboid Antenna for Ultra Wideband Wireless Communication System," *Proceedings of the 30<sup>th</sup> Electrical Engineering Conference*, Kanchanaburi, Thailand, pp. aa-bb, October 25-26. 2007.
- 19 C. Saetiaiw, A. Intarapanich, and **C. Thongsopa**, "Relations between 3-Dimensions Antenna Pattern and Narrowband MIMO Capacity," *Proceedings of*



- the 2007 Asia-Pacific Microwave Conference*, Bangkok, Thailand, pp. aa-bb, December 11-14, 2007.
- 20 Patummakasorn, C. Tangwachirapan, S. and **Thongsopa, C.** “Development of inductive regional heating by energy control at frequency 2.45 GHz” *Electromagnetic Compatibility and 19<sup>th</sup> International Zurich Symposium on Electromagnetnetetic Compatibility 2008 APEMC 2008 Asia-Pacific Symposium* ,Singapore, pp:819-822, May 19-23. 2008.
  - 21 Maungrat, M., **Thongsopa,C.**, and Jarataku,P.,“Measurement of UHF Radio Wave Propagation in Parking,” *The 7<sup>th</sup> PSU-Engineering Conference (PEC7)*, Songkhla,Thailand, pp. 97-100, May. 21-22, 2009.
  - 22 Tangwachirapan, S.,**Thongsopa,C.**,”Numerical Simulation of Magnetic Fields Shield for Breast Cancer Hyperthermia,” *The 7<sup>th</sup> PSU-Engineering Conference (PEC7)*, Songkhla,Thailand, pp. 102-105, May. 21-22, 2009.
  - 23 Patummakasorn, C. ,and**Thongsopa, C. ,** “ Analysis and Design of Applicator System for Regional Induction Heating 2.45 GHz,” *WSEAS Transactions on Communications*, Issue 9, Volume 8, September 2009.
  - 24 **Thongsopa, C. ,** and Thosdee, P. , “ Array of Quasi Rhomboid Shaped Element Bowtie Antenna with Reflector for Ultra Wideband Applications,” *in proc. The 2009 International Symposium on Antennes and Propagation (ISAP 2009)* , Thailand, October 20-23, 2009.
  - 25 **Thongsopa, C. ,** and SaetiawC.,”The Effect of 3D Antenna Radiation Pattern on Narrowband MIMO Capacity: Simulation and Measurement,” *in proc. The 2009 International Symposium on Antennes and Propagation (ISAP 2009)* , Bangkok, Thailand, October 20-23, 2009.
  - 26 Patummakasorn, C.,and **Thongsopa, C. ,** “Simulations and Experiment of Applicator System for Regional Induction Heating 2.45 GHz,” *WSEAS Conferences AIC '09, ISCGAV '09, ISTASC '09, HTE '09, FMA '09, BEBI'09* Moscow, Russia, August 20-22, 2009.
  - 27 **Thongsopa, C. ,** Intarapanich, A. andMaungrat, M. , “ Temporal Measurement of UHF Radio Wave in Presence of Vehicles” *in proc. 2009 International Symposium on Electromagnetic Compatibility(EMC' 09)* Kyoto, Japan, July 20-24,2009.
  - 28 **Thongsopa, C. ,** Intarapanich, A. andTangwachirapan, S. ,“ Shielding system for breast hyperthermia inductive heating” *in proc. The XIV<sup>th</sup> International Symposium on Electromagnetic Fieldsin Mechatronics Electrical and Electronic Engineering, (ISEF'09)*Arras, France, Sep 10-12, 2009.

- 29 **Thongsopa, C.**, and Thosdee, P., “Development of Monocycle pulse Generator Circuit for Ultra Wideband Applications,” *in proc. 32<sup>nd</sup> Electrical Engineering Conference (EECON- 32)*, Tawaravadee Resort Hotel, Prachinburi, Thailand, October 20-23, 2009.
- 30 Maungrat, M. ,and**Thongsopa, C.** ,“ Measurement of ASK and FSK Wave Propagation in Parking,” *in proc. 32<sup>nd</sup> Electrical Engineering Conference (EECON- 32)*, Tawaravadee Resort Hotel, Prachinburi, Thailand, October 20-23, 2009.
- 31 Tangwachirapan, S.,**Thongsopa, C.** , “ Study Magnetic Fields Shield for Lossy Mediums Inductive Hyperthermia Heating,” *in proc. 32<sup>nd</sup> Electrical Engineering Conference (EECON- 32)*, Tawaravadee Resort Hotel, Prachinburi, Thailand, October 20- 23, 2009. (*The Best Paper Award in Biomedical Engineering*).
- 32 Santalunai, S.,and**Thongsopa, C.**,“High Power Amplifier Design for RF Induction Heating” *in proc. 32<sup>nd</sup> Electrical Engineering Conference (EECON- 32)* , Tawaravadee Resort Hotel, Prachinburi, Thailand, October 20-23, 2009.
- 33 Yaemsuan, P.,and**Thongsopa, C.**,“Design and Construction of Induction Heating Boiler Machine with Full-Bridge Inverter” *in proc. 32<sup>nd</sup> Electrical Engineering Conference (EECON- 32)*, Tawaravadee Resort Hotel, Prachinburi, Thailand, October 20-23, 2009.
- 34 Patummakasorn,C. and **Thongsopa, C.** “Effect of Position of the Pole Coils to Inductive Regional Heating” Electromagnetic Compatibility (APEMC ) 2010 Asia-Pacific Symposium on Electromagnetic Compatibility&Technical Exhibition on EMC RF/Microwave Measurement & Instrumentation, China, pp: 393- 396, April 12-16. 2010.
- 35 Saetiaw, C. , **Thongsopa, C.**,Intarapanich, A. and Chinanupakorn, M. , "Effect of Directional Antennas to Narrowband MIMO Capacity", 2010 International Workshop on Information Communication Technology ( ICT 2010) ,August 24 - 25, 2010. KMITL, Bangkok, Thailand.
- 36 **Thongsopa,C.** , Sukphongchirakul, P. , Intarapanich, A. and Jarataku, P. , “ Measurement of UHF Radio Wave Propagation on Road Surface with Obstruct by Vehicle” , International Conference on Electrical, Computer and Communication Engineering , Amsterdam ( ICECCE 2010) , Amsterdam, Netherlands. Sep 28-30, 2010.
- 37 **Thongsopa ,C.**, and Thosdee, P., “ Development and Design of Mobile Jammer Systems”, Conference on Application Research and Development (ECTI-CARD 2011), Bangkok, Thailand. May 4-6,2011.(*The Best Paper Award*).

- 38 **Thongsopa, C.**, and Thosdee, P., “Design of an UWB Quasi Rhomboid Shaped Element Bowtie Antenna for MIMO Applications”, The World Congress on Engineering 2011. (WCE 2011), London, English. July 6-8, 2011.
- 39 Thosdee, P., Chinanupakorn, M., and **Thongsopa, C.** (2011). “Design of magnetic shielding system for cancer treatment with hyperthermia inductive heating”. In 2011 International Symposium on Antennas and Propagation (ISAP2011). 25-28 October 2011, Jeju Korea.
- 40 MontreeChinanupakone, PhairatThosdee, and **Thongsopa C.** (2011) “Dual Band Quasi-Rhomboid Antenna for Bio-medical Monitoring Applications”, In 2011 International Symposium on Antennas and Propagation (ISAP2011). 25-28 October 2011, Lotte Hotel Jeju, Jeju, Korea.
- 41 CharinsakSaetiauw, **Thongsopa C.**, and ApichartIntarapanich, (2011) “RFID Tag Antenna Design Using Flexible Double-Layer Strip Dipole Antenna,” In 2011 International Symposium on Antennas and Propagation (ISAP2011). 25-28 October 2011, Lotte Hotel Jeju, Jeju, Korea.
- 42 MontreeChinanupakone, PhairatThosdee, and **Thongsopa C.** (2011) “Design of Dual band Quasi-Rhomboid Antenna for Human On-body Applications,” The 34<sup>th</sup> Electrical Engineering Conference, November 30-December 2, Ambassador City Jomtien Pattaya, Chonburi, Thailand.
- 43 Thanaset Thosdeekoraphat, **ChanchaiThongsopa**, “Development of Magnetic Shielding System for Breast Hyperthermia Inductive Heating,” 2012 Asia-Pacific Symposium on Electromagnetic Compatibility & Technical Exhibition on EMC, RF/Microwave Measurement & Instrumentation, May 21-24, 2012 Resorts World Sentosa, Singapore.
- 44 Sumran Santalunai, ApichartIntarapanich, SaksitSummart, ThanasetThosdeekoraphat, and **ChanchaiThongsopa**, “Wireless Power Transfer Efficiency of Flat and Conical Spiral Coil,” The 27th International Technical Conference on Circuit/Systems, Computer and Communication, July 15-18, 2012 Sapporo Convention Center, Japan.
- 45 SaksitSummar, ApichartIntarapanich, SamranSantalunai, **ChanchaiThongsopa** and WinaiJaikla, "Current-mode Four Phase Quadrature Oscillator Using Single MO-CCCDTA," The 27th International Technical Conference on Circuit/Systems, Computer and Communication, July 15-18, 2012 Sapporo Convention Center, Japan.
- 46 T. Thosdeekoraphat, S. Summart, C. Saetiauw, S. Santalunai and **C. Thongsopa**, “Resistor-less Current-mode Universal Biquad Filter Using CCTAs and Grounded Capacitors,” WASET 2012 SINGAPORE INTERNATIONAL CONFERENCE PROGRAM,

- September 12- 13, 2012, River View Hotel Singapore, 382 Havelock Road, Singapore.
- 47 Saksit SUMMART, **Chanchai THONGSOPA**, Winai JAIKLA, "OTA Based Current-mode Sinusoidal Quadrature Oscillator with Non- interactive Control," PRZEGLAD ELEKTROTECHNICZNY (Electrical Review), ISSN 0033-2097, R. 88 NR 7a/2012, pp. 14-17.
  - 48 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, Pathumthani, THAILAND.
  - 49 C. Saetiaiw, and **C. Thongsopa**., "Analysis and Experimental Of 3-Dimensional AOA with Directional Antenna on Narrowband MIMO Capacity," International Journal of Modern Engineering Research, vol. 2, pp. 4311-4317, 2012.
  - 50 C. Saetiaiw and **C. Thongsopa**, "Multi-Layers Strip Dipole Antenna by Using Flexible Copper-Clad Laminate for UHF RFID Tags Antenna," Australian Journal of Basic and Applied Sciences, vol. 7, pp. 554-560, 2013.
  - 51 S. Summart, C. Saetiaiw, **C. Thongsopa** and W. Jaikla. "CCTA based current-mode first order filter and its application in quadrature oscillator," Przegład Elektrotechniczny (Electrical Review), vol. 89, no. 6, pp. 104-108, 2013 (Scopus).
  - 52 T. Thosdeekoraphat, S. Summart, C. Saetiaiw, S. Santalunai and **C. Thongsopa**, "Resistor-less current-mode universal biquad filter using CCTAs and grounded capacitors," World Academy of Science, Engineering and Technology, vol. 69, pp. 559-563, 2012 (Scopus).
  - 53 T. Thosdeekoraphat, S. Summart and **C. 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, pp. 230-236, 2013 (Scopus).
  - 54 S. Summart and **C. Thongsopa**, "CDTAs based current-mode universal biquad filters with orthogonal control of quality factor and pole frequency," Advanced Materials Research, vol. 787, pp. 501-507, 2013 (Scopus).
  - 55 T. Thosdeekoraphat, S. Summart, C. Saetiaiw, S. Santalunai, and **C. Thongsopa**, " CCTAs based current- mode quadrature oscillator with high output impedances," International Journal of Electronics and Electrical Engineering, Vol. 1, No. 1, pp. 52-56, 2013.
  - 56 S. Summart and **C. Thongsopa**, " current- mode quadrature oscillator with CCCII," KKU Engineering Journal, vol. 40, no. 1, pp. 117-123, 2013.

- 57 T. Thosdeekoraphat, S. Santalunai, and **C. 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.
- 58 T. Thosdeekoraphat and **C. 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.
- 59 Santalunai, S., Thosdeekoraphat, T. and **Thongsopa, C.** (2013). Thermal Analysis of Inductive Coils Array against Cylindrical Material Steel for Induction Heating Applications. Applied Mechanics and Materials, Vol. 330, PP. 754-759.
- 60 Ratniyomchai, K., Santalunai, S., Thosdeekoraphat, T., and **Thongsopa, C.** (2013). Optimization of Capacitor Copper Plate for Dielectric Heating to Eliminate Insect. Applied Mechanics and Materials, Vol. 343, PP. 101-105.
- 61 **Chanchai Thongsopa** and Thanaset Thosdeekoraphat (2013). Analysis and Design of Magnetic Shielding System for Breast Cancer Treatment with Hyperthermia Inductive Heating. International Journal of Antennas and Propagation. Volume 2013
- 62 Charinsak Saetiaw and **Chanchai Thongsopa.** (2013) Multilayer Strip Dipole Antenna Using Stacking Technique and Its Application for Curved Surface. International Journal of Antennas and Propagation. Volume 2013
- 63 Thanaset Thosdeekoraphat, **Chanchai Thongsopa**, Prapol Jarataku, Samran Santalunai (2013). 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, Issue 4, December 2013, Pages 113-121.
- 64 Jessada Monthasuwan, Charinsak Saetiaw, **Chanchai Thongsopa** (2013). Curved Rectangular Patch Array Antenna Using Flexible Copper Sheet for Small Missile Application World Academy of Science, Engineering and Technology, International Journal of Electrical, Electronic Science and Engineering Vol:7 No:11, PP 414-418.
- 65 T. Roopngam T. Thosdeekoraphat and **C. Thongsopa.** (2013). Design of Wireless Power Transfer Inductive Coil for Rechargeable Battery Implanted Medical Devices. Thailand – Japan MicroWave (TJMW2013). 2-4 December, Bangkok, Thailand.

- 66 W. Wasusathien T. Thosdeekoraphat and **C. Thongsopa**. (2013). A Simple UWB Monocycle Pulse Generator Using CR-RC Differentiator And Integrator Circuit. Thailand – Japan MicroWave (TJMW2013). 2-4 December, Bangkok, Thailand.
- 67 C. Saetiaw, **C. Thongsopa**. "Design of Double-Layer Copper Sheet for RFID Tags Antenna" *Advanced Materials Research*. 787, 461-466
- 68 C. Saetiaw, **C. Thongsopa**. "Multi-Layers Strip Dipole Antenna by Using Flexible Copper-Clad Laminate for UHF RFID Tags Antenna" *Australian Journal of Basic & Applied Sciences* 7 (8), 554-560
- 69 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
- 70 T. Thosdeekoraphat, S. Summart, **C. Thongsopa**, "A Simple Current-Mode Sinusoidal Quadrature Oscillators Using Singgle DO-CDTA Based-on All-pass Filter. *Australian Journal of Basic & Applied Sciences* 8(12), 233-242. 2013
- 71 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. 2014
- 72 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.
- 73 Santalunai, S., Thosdeekoraphat, T., **Thongsopa, C.** (2014). "The Effect of Electric Field Distributions on Grains and Insect for Dielectric Heating Applications." (WASET), *World Academy of Science, Engineering and Technology* vol 8 no 7 pp. 667-673, 2014
- 74 Wasusathien, W., Santalunai, S., Thosdeekoraphat, T., **Thongsopa, C.** (2014) "Ultra Wideband Breast Cancer Detection by Using SAR for Indication the Tumor Location." (WASET), *World Academy of Science, Engineering and Technology*, vol 8 no 7 pp. 376-380, 2014
- 75 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.
- 76 S. Summart, C. Saetiaw, T. Thosdeekoraphat, **C. Thongsopa**. "First Order Filter Based Current- mode Sinusoidal Oscillators Using Current Differencing

- Transconductance Amplifiers (CDTAs)" (WASET), World Academy of Science, Engineering and Technology, vol 8 no 7 pp. 977-981
- 77 Saksit Summart and **Chanchai Thongsopa** (2014). Dual- Output Current Differencing Transconductance Amplifiers- Based Current- Mode Sinusoidal Quadrature Oscillators, Journal of Circuits, Systems, and Computers, Vol. 23, No. 6, PP. 1-15.
- 78 Saksit Summart **Chanchai Thongsopa** and Winai Jaikla (2014). CCCIs-based sinusoidal quadrature oscillators with non-interactive control of condition and frequency, Indian Journal of Pure & Applied Physics, Vol. 52, PP. 277-283
- 79 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.
- 80 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 2015).
- 81 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 2015).
- 82 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.
- 83 Saetiaw, C. ; Summart, S. ; **Thongsopa, C.** (2015) . " Impedance improvement with curved multilayer Strip Dipole antenna for RFID tag" Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON), Hua Hin, Thailand.
- 84 O. Channumsin, J. pimpol, **C. Thongsopa**, W. Tangsrirat. (2015). "MOSFET-C Realization of Sinusoidal Quadrature Oscillator" The 2015 International Symposium on Multimedia and Communication Technology (ISMAT 2015). September 23 – 25, 2015 , Phranakhon Si Ayutthaya Rajabhat University, Thailand.

- 85 O. Channumsin, J. Pimpol, **C. Thongsopa**, W. Tangsrirat. (2015). "VDBA-based Floating Inductance Simulator with a Grounded Capacitor" The 7th International Conference on Information Technology and Electrical Engineering (ICITEE 2015). October 29-30, 2015, Chiang Mai, Thailand.
- 86 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, on 22th – 24th February 2016 at SIT, Tokyo, Japan.
- 87 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, on 22th – 24th February 2016 at SIT, Tokyo, Japan.
- 88 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, on 22th – 24th February 2016 at SIT, Tokyo, Japan.
- 89 Thosdeekoraphat, T., Thongsopa, C., Boonpeang, W., Kochapradit, S., Saetiaiw, C., and Summart, S. (2016). A Current-Mode Sinusoidal Quadrature Oscillator Using Single CCCFTA, The 10th SEATUC Symposium, on 22th – 24th February 2016 at SIT, Tokyo, Japan.
- 90 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, on 22th – 24th February 2016 at SIT, Tokyo, Japan.
- 91 Thosdeekoraphat, T., Thongsopa, C. Summart, S. and Saetiaiw, C. (2016). Second order current- mode Quadrature oscillators Using OTAs, *Przeglad Elektrotechniczny*, R92, NR2, PP. 156-160.
- 92 J. Pimpol, O. Channumsin, C. Thongsopa and W. Tangsrirat "VDIBA-Based Floating Lossless Inductance Simulator Employing a Single Grounded Capacitor", *Far*



- East Journal of Electronics and Communications. (FJCE), vol.16, no. 3, pp 615-627, 2016.
- 93 J. Pimpol, O. Channumsin, C. Thongsopa and W. Tangsrirat “VDBA-based floating inductance simulator with a grounded capacitor”, Proc. of The 7th ICITEE, Oct 29-30, Chiang Mai, Thailand, 2015.
94. O. Channumsin, J. Pimpol, C. Thongsopa and W. Tangsrirat “ MOSFET-C Realization of Sinusoidal Quadrature Oscillator”, Proc. of The ISMAC, September 23 – 25, Ayutthaya, Thailand, 2015.
- 95 Phatsagul Thitimahatthanagusol, Charinsak Saetiaw, Thanaset Thosdeekoraphat, **Chanchai Thongsopa**, and Saksit Summart. (2017), “ CCCIs-Based First-Order All-Pass Filter and Quadrature Oscillators,” Journal of Circuits, Systems, and Computers, Vol. 26, No. 6, pp. 1750094-1-1750094-18.
- 96 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
- 97 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
- 98 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
- 99 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
- 100 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
- 101 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
- 102 Metharak Jokpudsa, Phakawan Thasangka, 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
- 103 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
- 104 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
- 105 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
- 106 Keeratidech Thepsatitsilp, Worawut Boonpeang, Phanupong Saeung, Nuttakorn Pukseesang and **Chanchai Thongsopa**, “Experiment and design a suitable induction heating for air heat exchanger application” (APEMC2017) The 2017 Asia-Pacific International EMC Symposium, Yonsei University, Seoul, Republic of Korea, June 20 to 23, 2017.
- 107 Chanon Srisuma\*, Samran Santalunai, Thanaset Thosdeekoraphat, Chanchai Thongsopa, “The Analysis and Design of Milk Pasteurization System by Using Radio Frequency Electric Fields” (APEMC2017) The 2017 Asia-Pacific International EMC Symposium, Yonsei University, Seoul, Republic of Korea, June 20 to 23, 2017.

- 108K. Supawat, T. Thanaset, S. Samran, and T. Chanchai, "Numerical Method of Microwave Heating to Modified for Lifting Condensation Level of Clouds Formation," Lecture Notes in Engineering and Computer Science: Proceedings of The World Congress on Engineering 2017, 5-7 July, 2017, London, U.K., pp 342-345
- 109Thanaset Thosdeekoraphat, Samran Santalunai, Kompisit Krajaipote and Chanchai Thongsopa (2017) "The Analysis of High Frequency Plate Applicator for Deep Hyperthermia Cancer Treatment by Using Dielectric Heating, 2017 IEEE Radio and Antenna Days of the Indian Ocean (RADIO), Cape Town, South Africa , 25 - 28 Sep 2017
- 110Jakkarin Srituvanont, Thanaset Thosdeekoraphat, Samran Santalunai and Chanchai Thongsopa (2018). Experiment of Induction Heating Application for Heating Multilayer Metallic Hollow Altered Cylinder, The 5th International Conference on Industrial Engineering and Applications (ICIEA) National University of Singapore, April 26-28, 2018.
- 111Nuttakorn Pukseesang, Samran Santalunai, Thanaset Thosdeekoraphat and Chanchai Thongsopa (2018). Experiment and optimization of magnetostrictive for long time operation to find amplitude of vibration and thermal limit, The 5th International Conference on Industrial Engineering and Applications (ICIEA) National University of Singapore, April 26-28, 2018.
- 112Phanupong Saeung, Samran Santalunai, Thanaset Thosdeekoraphat, Chanchai Thongsopa (2018). Improved Efficiency of Insect Pest Control System by SSPA, The 5th International Conference on Industrial Engineering and Applications (ICIEA) National University of Singapore, April 26-28, 2018.
- 113Thanaset Thosdeekoraphat, Supawat Kotchapradit, Samran Santalunai and Chanchai Thongsopa. (2018). Analysis of Microwave Precipitation in the Topographic Barrier for the Lifting Condensation Level of Clouds Formation, The 5th International Conference on Industrial Engineering and Applications (ICIEA) National University of Singapore, April 26-28, 2018.
- 114S. 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," Proceedings of 2018 Asia-Pacific Microwave Conference, Kyoto, 2018.
- 115C. 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

- 116 Supawat Kotchapradit, Thanaset Thosdeekoraphat, Samran Santalunai, and Chanchai Thongsopa (2018). Analysis of High Frequency Curved Plate Applicator for Deep Hyperthermia in Breast Cancer Treatment by Using Dielectric Heating, International Symposium on Antennas and Propagation, 23-26 Oct. 2018, Paradise Hotel Busan, Busan, Korea
- 117 Adisak Rattananamlom, Supawat Kotchapradit, Samran Santalunai, Thanaset Thosdeekoraphat, Phichet Moungnoul, and Chanchai Thongsopa (2018). Design of High Power Transmission Line Transformer for RF Heating Generator, International Symposium on Antennas and Propagation, 23-26 Oct. 2018, Paradise Hotel Busan, Busan, Korea
- 118 Kachaporn Lhathum, Supawat Kotchapradit, Thanaset Thosdeekoraphat, Samran Santalunai, and Chanchai Thongsopa (2018). Analysis and Design of Microwave Plasma for Ozone Generator System by Using Magnetron Tube, International Symposium on Antennas and Propagation, 23-26 Oct. 2018, Paradise Hotel Busan, Busan, Korea



