

## บทคัดย่อ

เทคโนโลยีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าได้ถูกศึกษาเพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในงานด้านต่าง ๆ อย่างแพร่หลาย ได้แก่ อุตสาหกรรมโทรคมนาคม การแพทย์ อาหาร เคมี และงานด้านอื่น ๆ การนำเทคโนโลยีด้านนี้มาใช้เพื่อการพัฒนาประเทศไทยโดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านการเกษตรและด้านอื่น ๆ จึงมีความสำคัญอย่างมาก โครงการวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายที่จะนำเทคโนโลยีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามาใช้เพื่อแก้ปัญหาในด้านต่าง ๆ ของประเทศ โดยได้รวบรวมนักวิจัยที่มีความรู้ความชำนาญในด้านเทคโนโลยีแม่เหล็กไฟฟ้าที่หลากหลายจากมหาวิทยาลัยต่าง ๆ เข้ามาร่วมทำงานวิจัยเพื่อนำองค์ความรู้ที่ได้ไปใช้ประโยชน์และก่อให้เกิดการพัฒนาประเทศไทยอย่างยั่งยืน โดยผลงานวิจัยจะสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ทันที ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้เน้นการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในด้านโทรคมนาคม ด้านการเกษตร และด้านการป้องกันประเทศ

ในปัจจุบันประเทศไทยมีการใช้งานระบบสื่อสารไร้สายเป็นจำนวนมาก อาทิ ระบบสื่อสารเคลื่อนที่ ระบบไวไฟ และระบบสื่อสารผ่านดาวเทียม เมื่อไม่นานมานี้ประเทศไทยได้มีการติดตั้งระบบสื่อสารเคลื่อนที่ 4G และระบบโทรทัศน์ดิจิทัล ที่ทำให้ประชาชนสามารถติดต่อสื่อสารและรับชมโทรทัศน์ได้มีประสิทธิภาพมากขึ้น สายอากาศนับเป็นอุปกรณ์สำคัญที่จำเป็นต้องใช้ในระบบสื่อสารไร้สายและระบบโทรทัศน์ ซึ่งประเทศไทยมีศักยภาพในพัฒนาและผลิตได้เอง โดยเฉพาะอย่างยิ่งสายอากาศสำหรับโทรทัศน์ดิจิทัลที่มีความต้องการใช้งานเป็นจำนวนมากและความหลายหลายขึ้นกับพื้นที่ใช้งาน ดังนั้นโครงการวิจัยนี้จึงนำเสนอการออกแบบและสร้างสายอากาศโทรทัศน์ดิจิทัลที่มีประสิทธิภาพสูงและเหมาะสมต่อสภาพการใช้งานในประเทศ นอกจากนี้ยังได้มีการนำเสนอเทคนิคต่าง ๆ เพื่อการพัฒนาสายอากาศสำหรับใช้งานในระบบสื่อสารไร้สายอื่น ๆ ทั้งสายอากาศแถบความถี่กว้างและสายอากาศหลายแถบความถี่ ได้แก่ โครงสร้างพื้นผิวเลือกความถี่ (FSS) โครงสร้างแถบว่างแม่เหล็กไฟฟ้า (EBG) และโครงสร้างผิวอภิวัดสุ ที่สามารถเพิ่มสมรรถนะของสายอากาศได้ อาทิ เพิ่มอัตราการขยาย เพิ่มแถบความถี่ใช้งาน และคุณลักษณะการแผ่พลังงานที่เสถียรของสายอากาศ โดยสายอากาศที่นำเสนอนี้ได้ถูกนำไปใช้งานจริงในปัจจุบัน และสามารถใช้เป็นแนวทางการออกแบบสายอากาศเพื่อการใช้งานสำหรับระบบสื่อสารไร้สายอนาคตได้ดี

ในส่วนที่สองของโครงการวิจัยนี้ ได้มีการนำเทคโนโลยีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามาประยุกต์ใช้กับงานด้านการเกษตร ซึ่งเป็นที่ทราบดีว่าประเทศไทยถือเป็นศูนย์กลางของประเทศอาเซียนที่ผลิตและจำหน่ายสินค้าทางการเกษตร ได้แก่ ข้าว น้ำมันปาล์ม (ผลิตเป็นอันดับ 3 ของโลก) ยางธรรมชาติ และสินค้าเกษตรอื่น ๆ อีกเป็นจำนวนมาก การเพิ่มมูลค่าเพิ่มให้กับสินค้าทางการเกษตรนับเป็นสิ่งท้าทายอย่างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้เทคโนโลยีเพื่อควบคุมคุณภาพสินค้า การเก็บรักษา และการเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมเกษตร ซึ่งสินค้าทางการเกษตรมีทั้งแบบที่เป็นอาหารและไม่ใช่อาหาร อุตสาหกรรมอาหารของประเทศอาเซียนเป็นที่สนใจต่อคนทั่วโลก ดังนั้นมาตรฐานสินค้าประเภทอาหารเพื่อการส่งออกจึงเป็นสิ่งสำคัญที่ผู้ผลิตต้องให้ความสำคัญต่อระมัดระวังตลอดกระบวนการ สำหรับสินค้าทางการเกษตรที่ไม่ใช่อาหาร ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีการผลิตสินค้าประเภทนี้เป็นจำนวนมากเพื่อเป็นวัตถุดิบให้กับอุตสาหกรรมอื่น เช่น อุตสาหกรรม



รถยนต์ เคมี ยารักษาโรค เครื่องสำอางค์ และอุตสาหกรรมอื่น ๆ นอกจากนี้ยังมีความต้องการใช้ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร ได้แก่ น้ำมันปาล์ม และแอลกอฮอล์ เป็นต้น เพื่อนำไปใช้ในการผลิตพลังงานทางเลือกที่นับวันจะมีความต้องการสูงขึ้น ด้วยเหตุผลข้างต้นจึงสรุปได้ว่า อุตสาหกรรมเกษตรมีความสำคัญมากต่อประเทศไทยและประเทศในอาเซียนเนื่องจากมีผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรเป็นจำนวนมาก การศึกษาวิจัยเพื่อนำเทคโนโลยีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามาประยุกต์ใช้กับกระบวนการผลิตด้านการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตรจึงมีความสำคัญ ดังนั้นโครงการวิจัยนี้จึงนำเสนอการนำเทคโนโลยีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามาประยุกต์ใช้กับผลผลิตทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร โดยดำเนินการเป็นโครงการย่อยเพื่อเป็นตัวอย่งสำหรับการพัฒนาระบบอื่น ๆ ในอนาคต โดยโครงการย่อยแรกเป็นระบบให้ความร้อนได้ถูกออกแบบที่ความถี่ 915 เมกกะเฮิร์ตซ์ ซึ่งเป็นความถี่ที่เหมาะสมกับการให้ความร้อนในกระบวนการผลิตไปโอดีเซล นอกจากนี้ระบบย่อยต่าง ๆ ยังได้ถูกออกแบบเพื่อการให้ความร้อนมีประสิทธิภาพสูง สำหรับโครงการย่อยที่สองเป็นระบบเซนเซอร์ที่ออกแบบเพื่อวัดสมบัติของน้ำตาลสด ซึ่งใช้หลักการการส่งคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าผ่านสายอากาศแล้วคำนวณค่าการส่งผ่านสัญญาณ จากนั้นแปรผลเป็นสมบัติของน้ำตาลสด ทำให้สามารถแยกแยะชนิดน้ำตาลตามสดได้ว่าเป็นน้ำตาลสดแท้หรือมีการปลอมปนวัสดุอื่น หลักการนี้สามารถนำไปประยุกต์ได้กับผลผลิตทางการเกษตรที่หลากหลายต่อไป ส่วนโครงการย่อยสุดท้าย เป็นการพัฒนาตัวดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าด้วยยางพาราเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับยางธรรมชาติซึ่งมักมีราคาตกต่ำในบางฤดูกาล โดยได้ค้นพบส่วนผสมทางเคมีที่สำคัญที่ใช้ในการผลิตตัวดูดซับคลื่น ซึ่งตัวดูดซับคลื่นรูปทรงปริมาตรที่พัฒนาขึ้นมีขนาดเล็กกว่าและราคาถูกกว่าตัวดูดซับคลื่นที่มีจำหน่ายในปัจจุบัน ขณะที่มีความถี่การดูดซับคลื่นใกล้เคียงกันที่ความถี่สูงถึง 18 กิกะเฮิร์ตซ์

ในส่วนสุดท้ายของโครงการวิจัยจะเป็นการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเพื่ออุตสาหกรรมป้องกันประเทศ ซึ่งเป็นที่ทราบดีว่าประเทศไทยมีปัญหาเรื่องความมั่นคง โดยเฉพาะปัญหาการก่อการร้ายใน 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ ในจังหวัดยะลา ปัตตานีและนราธิวาส ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2547 เป็นต้นมา มีผู้เสียชีวิตกว่า 6,000 คน และได้รับบาดเจ็บร้ายแรงกว่า 10,000 คน จากการลอบวางระเบิด ในขณะที่ประเทศไทยขาดแคลนเครื่องมือที่ใช้ในการป้องกันหรือตรวจจับระเบิดที่ฝังอยู่ใต้พื้นดิน หรือเครื่อง GPR โดยเครื่อง GPR ที่จัดหามาใช้ต้องนำเข้าจากต่างประเทศซึ่งมีราคาสูงมาก และยังไม่เหมาะสมกับพื้นที่ใช้ในประเทศ ดังนั้นโครงการวิจัยนี้จึงพัฒนาเครื่อง GPR และเทคนิคการแยกแยะระเบิดขึ้นเอง โดยผลวิจัยพบว่าเครื่องที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพสูง ใช้เวลาในการประมวลผลน้อยและราคาถูก ในปัจจุบันเครื่อง GPR ที่พัฒนาขึ้นได้ถูกนำไปประยุกต์ใช้เพื่อค้นหาสภาพดินดานเพื่อประโยชน์ทางการเกษตรได้อีกด้วย

โครงการนี้ได้รับความสำเร็จทางด้านการประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า โดยได้ทำการคิดค้น ออกแบบ ทดลอง และสร้างต้นแบบอุปกรณ์และระบบสำหรับการประยุกต์ใช้งานในระบบโทรคมนาคม อุตสาหกรรมเกษตร และการป้องกันประเทศ นอกจากนี้ยังสามารถเผยแพร่ผลงานวิจัยโดยได้นำผลงานไปเสนอในที่ประชุมทางวิชาการต่าง ๆ ตีพิมพ์ในวารสารวิชาการระดับนานาชาติที่เป็นที่ยอมรับจำนวนหลายผลงาน และยื่นจดอนุสิทธิบัตรจำนวน 2 เรื่อง ตลอดจนสามารถสร้างทรัพยากรบุคคลที่มีความรู้ ความชำนาญและประสบการณ์ด้านการวิจัยที่





มีคุณสมบัติสูงในระดับปริญญาโทและปริญญาเอกจำนวนหนึ่ง ที่จะสามารถทำงานวิจัยและพัฒนาให้กับอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องได้อย่างมีประสิทธิภาพ และในระหว่างดำเนินการโครงการวิจัยยังได้มีการจัดบรรยายให้ความรู้และสัมมนาเชิงปฏิบัติการให้กับนักวิจัย วิศวกรและผู้สนใจทั่วไปอย่างต่อเนื่อง จนสามารถสร้างเครือข่ายการวิจัยและอาจนำไปสู่การวิจัยร่วมกับภาคอุตสาหกรรมในอนาคต

## Abstract

Electromagnetic wave technology has been widely studied and applied in various works, e.g. communications industries, medical treatments, food and chemical applications, etc. Therefore, investigations on electromagnetic wave technology are of importance particularly in specific applications to agricultural products of Thailand. This research was conducted with the target to solve the country's problem. Hence, a number of researchers from various universities, with different expertise in a common interest, was invited to conduct collaborative researches in electromagnetic wave technology. The project aimed to establish basic knowledge which is a significant foundation in problem solving of the country. As results, several works were published in high quality international journals. Furthermore, some research outputs were applicable to the society for sustainable development of Thai society. This project was divided into three crucial parts suitable for Thai industry: communication, agricultural and defense Applications.

Several wireless communication systems are commonly used in Thailand including WiFi, mobile and satellite communications. Recently, 4G mobile communication and digital television (DTV) broadcasting systems have been also implemented. Antenna is one of key components which is needed for all wireless communications and can be produced in Thailand. Therefore, researches on various antenna types were conducted in this project. Especially, due to DTV systems were just installed in Thailand, the demand for use of DTV antennas is still huge. The research on DTV antennas was taken in order to increase efficiency suitable for Thailand. Several techniques to improve antenna characteristics were employed in this work, resulting in high performance DTV antennas. Many other antennas were also developed for wireless communication systems including wideband and multiband antennas. The frequency selective surface (FSS) and electromagnetic bandgap (EBG) structures were employed to increase antenna gain and bandwidth. The metasurface-based technology was also studied and used to increase the performances of planar antennas including higher gain, larger bandwidth and more stable radiation characteristics. All designed antennas could be used for current and future wireless communications in Thailand.

In second part, agricultural applications using electromagnetic were studied. With the location in the center of the continental part of ASEAN, Thailand is an important hub for main regional products including rice, palm oil (Thailand is the



3rd world largest raw palm oil manufacturer), natural rubber and other agricultural products. One of the biggest challenges of such products is the value-addition which comprises many aspects such as quality control, preservation as well as processing them as raw materials to be the end products. In addition, the range of agricultural industries has been constantly broadened to many sectors. In general, there are two categories of the agricultural industry namely “food” and “non-food”. ASEAN food industry as a traditional sector will face several challenges including fulfilment of the standards for exported food products, traceability, pest control and price fluctuation. In case of non-food sector, the agricultural industry of ASEAN countries provides natural raw materials for numerous downstream industries such as automotive, chemical, pharmacy, cosmetic and other industries. In addition, the increasing demand for alternative and renewable energy in order to decrease fossil energy dependency has significantly increased the demand of various agricultural products or their derivations such as palm oil and alcohols which are important feedstocks of biofuels. From the reasons described above, it is obvious that agricultural industry is a major industry of ASEAN countries while the manufacturing technology will need to be more optimized. In this regard, microwave and radio frequency technology based on electromagnetic field and wave theory can provide important contribution for the agricultural industry. Therefore, this work proposed three research topics including microwave heating, testing for dielectric properties of agricultural products and electromagnetic wave absorber using natural rubber. The effective 915 MHz microwave applicator and system for heating in biodiesel production was successfully designed. The proposed applicator can accelerate the biodiesel reaction very well. Also, the high efficient power amplifier as a subsystem for material characterization was developed. The microwave sensor system for identifying the pure and impure of palmyrah palm juice was then constructed. The sensor shows the difference of transmission signal magnitude with the different kinds of juice and total soluble solid (TSS), resulting in distinction of pure and impure palm juice. The sensor prototype is now employed for trial to identify the palmyrah palm juice in some areas of Phetchaburi province. The final sub-project is a development of electromagnetic wave absorber made by natural rubber for communication industries. The chemical formula for forming rubber foam from the natural latex was found. Then the pyramidal shape absorber was implemented. It was found that the size of developed absorber was significantly smaller than the commercial absorber and the reflectivity was comparable to commercial absorber for all frequency ranges up to 18 GHz.





For the last research part, we utilized electromagnetic wave technology for the defense applications. It is known simply as unrest in southern Thailand including Yala, Pattani and Narathiwat provinces. Nearly 6,000 people have died and about 10,000 have been injured since 2004 in an ethnic separatist insurgency. Therefore, we investigated the devices to protect the fatal incidents by using electromagnetic technology. The ground penetrating radar (GPR) used to detect buried objects under road section was constructed. Also, the efficient target classification of buried objects was developed. The developed GPR system could be employed to accurately detect the objects under the ground with less processing time and low cost compared to the existing techniques.

The project was very successful in term of techniques using electromagnetic wave technology to develop devices, prototype and systems that can be employed for communication, agriculture and defense applications. In addition, many high quality papers related to the electromagnetic wave technology were published in international journals and two patents were also submitted. Also, this project creates potential human resources with a number of trained master and doctoral graduates in this area to support Thailand industry. Several special lectures and workshops were organized during the project period for not only the research members but also engineers in industry. As a result, the forum and research network in electromagnetic technology was formed. This may result in some collaborative researches between university and industry in the near future.