

ผลกระทบของสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กต่อผู้อยู่อาศัยในเขตสายส่ง
จ่ายไฟฟ้าแรงสูง

EFFECTS OF ELECTRIC AND MAGNETIC FIELDS ON THE
RESIDENTS IN HIGH-VOLTAGE TRANSMISSION ZONE

รัชชัย มีชนะ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ปีการศึกษา 2565

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ผลกระทบของสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กต่อผู้อยู่อาศัยในเขตสายส่ง
จ่ายไฟฟ้าแรงสูง

ธวัชชัย มีชนะ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ปีการศึกษา 2565
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นงานวิจัยที่เกิดจากการค้นคว้าและวิจัย ขณะที่ข้าพเจ้าศึกษาอยู่ในคณะ
วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ดังนั้นงานวิจัยในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ถือเป็น
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี และข้อความต่างๆในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้า
ขอรับรองว่าไม่มีการคัดลอกหรือนำงานวิจัยของผู้อื่นมานำเสนอในชื่อของข้าพเจ้า

This thesis consists of research materials conducted at the Faculty of Engineering,
Rajamangala University of Technology Thanyaburi and hence the copyright owner. I
hereby certify that the thesis does not contain any forms of plagiarism.



(นายรัชชัย มีชนะ)



COPYRIGHT © 2022

FACULTY OF ENGINEERING

RAJAMANGALA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY THANYABURI มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ลิขสิทธิ์ พ.ศ. 2565

คณะวิศวกรรมศาสตร์

หัวข้อวิทยานิพนธ์

ผลกระทบของสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กต่อผู้อยู่อาศัยในเขตสายส่งจ่ายไฟฟ้าแรงสูง

Effects of Electric and Magnetic Fields on the Residents in High-Voltage Transmission Zones

ชื่อ - นามสกุล

นายรัชชัย มีชนะ

สาขาวิชา

วิศวกรรมไฟฟ้า

อาจารย์ที่ปรึกษา

รองศาสตราจารย์บุญยัง ปลั่งกลาง, Dr.-Ing.

ปีการศึกษา

2565

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ประมุข อุณหเลขกะ, วศ.ด.)

กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์มนทล นาวงษ์, วศ.ด.)

กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ณัฐภัทร พันธุ์คง, Ph.D.)

กรรมการ

(รองศาสตราจารย์บุญยัง ปลั่งกลาง, Dr.-Ing.)

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี อนุมัติวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(รองศาสตราจารย์สรพงษ์ ภาสุปรีดิ์, Ph.D.)

วันที่ 4 เดือน สิงหาคม พ.ศ. 2565

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลกระทบของสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กต่อผู้อยู่อาศัยในเขตสายส่งจ่ายไฟฟ้าแรงสูง
ชื่อ – นามสกุล	นายธวัชชัย มีชนะ
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์บุญยัง ปลั่งกลาง, Dr.-Ing.
ปีการศึกษา	2565

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์นี้นำเสนอการศึกษาและวิเคราะห์ผลกระทบของสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กต่อผู้อยู่อาศัยในเขตสายส่งจ่ายไฟฟ้าแรงสูง ด้วยโปรแกรมจำลองคอมพิวเตอร์ และผลจากการวัดจริงของค่าสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กแรงดัน 24 kV ร่วมกับแรงดัน 69 kV เพื่อศึกษาระยะความปลอดภัยของผู้อยู่อาศัยในเขตส่งจ่ายไฟฟ้าแรงสูง

การวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก ด้วยโปรแกรมจำลองคอมพิวเตอร์ และผลจากการวัดจริง บริเวณถนนพระราม 2 กรุงเทพมหานคร โดยค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ จะถูกจัดเก็บเข้าสู่ระบบคอมพิวเตอร์ และเป็นข้อมูลครบถ้วนที่จำเป็นในการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลกระทบของสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กต่อผู้อยู่อาศัยในเขตสายส่งจ่ายไฟฟ้าแรงสูง

ผลการศึกษาพบว่าค่าสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กมีค่าสูงสุดที่บริเวณตัวนำและมีความน้อยลงเมื่อมีระยะห่างมากขึ้น และผลจากการวัดจริงของค่าสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กแรงดัน 24 kV ร่วมกับแรงดัน 69 kV เปรียบเทียบผลการจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เป็นไปในแนวทางเดียวกันที่ระยะ 1.80 เมตร ซึ่งเป็นระยะห่างที่ปลอดภัยจากสายไฟฟ้าแรงสูงตามมาตรฐานการไฟฟ้า มีค่าไม่เกินตามมาตรฐานที่องค์การอนามัยโลกกำหนดไว้ที่ค่าสนามไฟฟ้าต้องไม่เกิน 5,000 kV/m และ ค่าสนามแม่เหล็กต้องไม่เกิน 1,000 mG ซึ่งสามารถอยู่ในพื้นที่ได้ตลอดเวลาโดยไม่ส่งผลกระทบ

คำสำคัญ: มาตรฐานความปลอดภัย สนามแม่เหล็ก สนามไฟฟ้า

Thesis Title	Effects of Electric and Magnetic Fields on the Residents in High-Voltage Transmission Zones
Name-Surname	Mr.Thawatchai Meechana
Program	Electrical Engineering
Thesis Advisor	Associate Professor Boonyang Plangklang, Dr.-Ing.

ABSTRACT

This thesis presents the study and analysis of the effects of electric and magnetic fields on the residents in the high-voltage transmission zones with a computer simulation program and measurements. The electric and magnetic fields were investigated to find safety distance of the residents on the voltage of 24 and 69 kV for this study.

The comparison analysis of the electric and magnetic fields between the computer simulation program and the measurements was implemented according to the parameters in Rama 2 Road, Bangkok. All required parameters were measured and stored in the computer for the analysis.

The study results indicated that the maximum values of electric and magnetic fields were on the conductor and decreased when the distance was increased. The measurement results of the electric and magnetic fields of the voltage of 24 and 69 kV were also related in the same direction with the computer simulation results. It indicated that at the distance of 1.80 m was the safe distance from the electric and magnetic fields of the high voltage electrical tower according to the World Health Organization standard, which the electric field must not exceed 5,000 kV/m, and the magnetic field must not exceed 1,000 mG.

Keywords: safety standard, electric field, magnetic field

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ได้ด้วยความอนุเคราะห์ของรองศาสตราจารย์ ดร.บุญยัง ปลั่งกลาง ที่เสียสละเวลาให้คำปรึกษา แนะนำและชี้แนะแนวทางในการปรับปรุงข้อบกพร่องจนสำเร็จลุล่วงด้วยดี ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.ประมุข อุณหเลขกะ ผู้ทรงคุณวุฒิจากมหาวิทยาลัยมหาวิทยาลัทยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ซึ่งเป็นประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และขอขอบพระคุณกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ประกอบด้วย ผู้ช่วยศาสตราจารย์มณฑล นาวงศ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ณัฐภัทร พันธุ์คง ที่ให้คำแนะนำในการแก้ไขข้อบกพร่องของวิทยานิพนธ์และเสียสละเวลาเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และขอขอบพระคุณ คุณสาธิต เปล่งสุริยะรัมย์ ผู้บริหารบริษัท เนาวรัตน์ พัฒนาการ จำกัด (มหาชน) และผู้เกี่ยวข้องซึ่งได้ให้การสนับสนุนการศึกษาในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณบิดา มารดา ครอบครัว ญาติพี่น้อง เพื่อนพ้องและคณะครู-อาจารย์ที่เป็นกำลังใจและให้การสนับสนุน รวมทั้งประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้แก่ผู้วิจัย

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าวิทยานิพนธ์นี้จะเป็นประโยชน์สำหรับผู้ที่สนใจ หากมีข้อบกพร่องประการใด ผู้วิจัยต้องขออภัยมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ธวัชชัย มีชนะ



สารบัญ

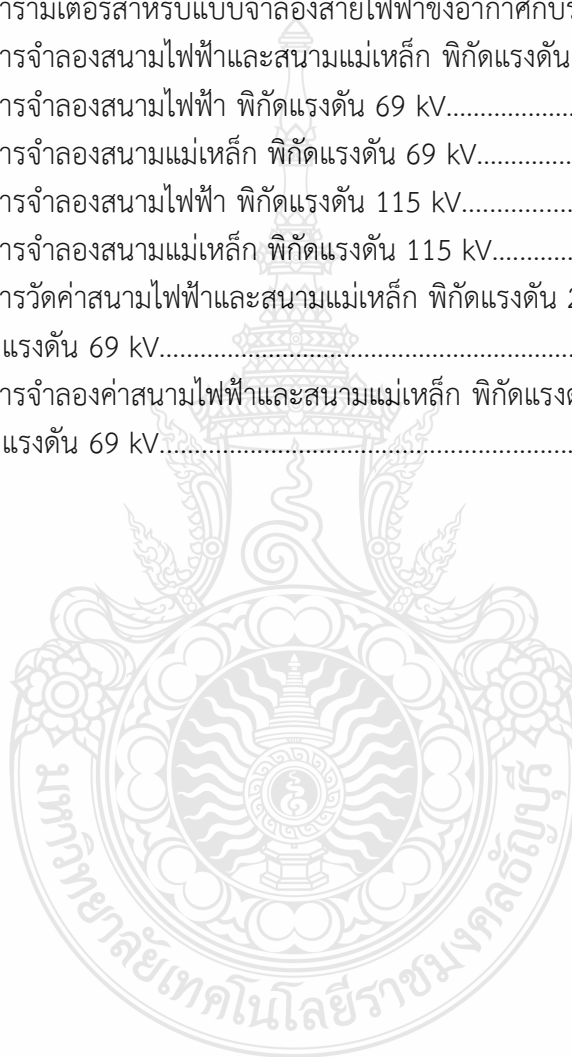
	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	(3)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	(4)
กิตติกรรมประกาศ.....	(5)
สารบัญ.....	(6)
สารบัญตาราง.....	(8)
สารบัญรูป.....	(9)
บทที่ 1 บทนำ.....	13
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	13
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	13
1.3 สมมุติฐานของการวิจัย.....	14
1.4 ขอบเขตของการวิจัย.....	14
1.5 ขั้นตอนการวิจัย.....	14
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	14
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	15
2.1 บทนำ.....	16
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	16
2.3 ระบบการส่งจ่ายกำลังไฟฟ้า.....	19
2.4 สายไฟฟ้าแบบชิงอากาศ.....	20
2.5 เสาส่ง.....	23
2.6 สนามไฟฟ้า.....	24
2.7 ผลของสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กต่อสิ่งมีชีวิต.....	33
2.8 มาตรฐานระยะห่างที่ปลอดภัยของการไฟฟ้า.....	37
2.9 ระเบียบวิธีไฟไนท์อิลลิเมนต์.....	38
2.10 ระเบียบวิธีไฟไนท์อิลลิเมนต์.....	38
2.11 โปรแกรม Comsol Multiphysics.....	39
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	42
3.1 บทนำ.....	42

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.2 ขั้นตอนดำเนินการวิจัย.....	42
3.3 ข้อมูลของสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กที่ใช้ในการวิจัย.....	43
3.4 การออกแบบสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กด้วยโปรแกรม Comsol Multiphysics.....	44
3.5 การวัดค่าสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กของระบบไฟฟ้าชิงอากาศ.....	61
3.6 สรุปวิธีการดำเนินการวิจัย.....	62
บทที่ 4 ผลการวิจัย.....	63
4.1 บทนำ.....	63
4.2 การวิเคราะห์สนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กของระบบสายไฟฟ้าชิงอากาศด้วย โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป.....	63
4.3 การวัดค่าจริงและผลการจำลองสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กของระบบ สายไฟฟ้าชิงอากาศ พิกัดแรงดัน 24 kV ร่วมกับพิกัดแรงดัน 69 kV.....	71
4.4 การเปรียบเทียบค่าสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กของผลโปรแกรมคอมพิวเตอร์ สำเร็จรูปกับค่าวัดจริง พิกัดแรงดัน 24 kV ร่วมกับพิกัดแรงดัน 69 kV.....	76
4.5 บทสรุป.....	78
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	79
5.1 บทนำ.....	79
5.2 สรุปผลการวิจัย.....	79
5.3 ข้อเสนอแนะ.....	80
บรรณานุกรม.....	81
ภาคผนวก.....	84
ภาคผนวก ก รายละเอียดอุปกรณ์.....	85
ภาคผนวก ข ผลงานตีพิมพ์เผยแพร่.....	90
ประวัติผู้เขียน.....	134

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 ค่าจำกัดสูงสุดของสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก 50 Hz.....	37
ตารางที่ 2.2 ระยะห่างสายกับอาคาร/ป้ายโฆษณา.....	38
ตารางที่ 2.3 ระดับแรงดันไฟฟ้าเทียบกับอาคาร.....	38
ตารางที่ 3.1 ค่าพารามิเตอร์สำหรับแบบจำลองสายไฟฟ้าซึ่งอากาศกับระเบียงอาคาร.....	44
ตารางที่ 4.1 ผลการจำลองสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก พิกัดแรงดัน 24 kV.....	65
ตารางที่ 4.2 ผลการจำลองสนามไฟฟ้า พิกัดแรงดัน 69 kV.....	68
ตารางที่ 4.3 ผลการจำลองสนามแม่เหล็ก พิกัดแรงดัน 69 kV.....	68
ตารางที่ 4.4 ผลการจำลองสนามไฟฟ้า พิกัดแรงดัน 115 kV.....	70
ตารางที่ 4.5 ผลการจำลองสนามแม่เหล็ก พิกัดแรงดัน 115 kV.....	71
ตารางที่ 4.6 ผลการวัดค่าสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก พิกัดแรงดัน 24 kV ร่วมกับ พิกัดแรงดัน 69 kV.....	75
ตารางที่ 4.7 ผลการจำลองค่าสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก พิกัดแรงดัน 24 kV ร่วมกับ พิกัดแรงดัน 69 kV.....	76



สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 ระบบส่งกำลังไฟฟ้า.....	20
รูปที่ 2.2 ลักษณะโครงสร้างของเสาคอนกรีตเสริมเหล็ก ที่ระดับแรงดัน 69 เควี และ 115 เควี.....	23
รูปที่ 2.3 การหาค่าความเข้มสนามไฟฟ้าเนื่องจากประจุเชิงเส้น.....	27
รูปที่ 2.4 พลักซ์ไฟฟ้าในบริเวณระหว่างทรงกลม 2 ชั้น ที่มีจุดศูนย์กลางร่วมกันซึ่งมีประจุ ไฟฟ้า ทิศทางและขนาดของ D	29
รูปที่ 2.5 การเคลื่อนย้ายประจุไฟฟ้า Q ที่อยู่ภายใต้สนามไฟฟ้า $\vec{E}$ จากจุด B ไปยังจุด A	30
รูปที่ 2.6 เวกเตอร์ความยาวที่เพิ่มขึ้นเป็น ΔL ทำมุม θ กับสนาม E ที่เขียนแสดงด้วย สนามเส้นกระแสแต่ไม่ได้แสดงแหล่งจ่ายสนาม.....	32
รูปที่ 2.7 ทิศทางของสนามแม่เหล็กตามกฎมือขวา.....	34
รูปที่ 2.8 เส้นโค้ง B-H หรือเส้นโค้งแรงแม่เหล็ก (Magnetization curve) ของสารแม่เหล็ก ธรรมดา.....	36
รูปที่ 2.9 การออกแบบจำลองเพื่อวิเคราะห์ค่าสนามไฟฟ้า และสนามแม่เหล็กด้วย โปรแกรม Auto Cad.....	39
รูปที่ 2.10 วิธีการนำไฟล์จากโปรแกรม Auto Cad เข้ามาในโปรแกรม Comsol Multiphysics.....	40
รูปที่ 2.11 วิธีการตั้งค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ เพื่อนำไปวิเคราะห์สนามไฟฟ้า และสนามแม่เหล็ก	40
รูปที่ 2.12 วิธีการจำลองค่าสนามไฟฟ้า และสนามแม่เหล็ก.....	41
รูปที่ 2.13 วิธีการเลือกแสดงกราฟในโปรแกรม Comsol Multiphysics.....	41
รูปที่ 3.1 ขั้นตอนดำเนินการวิจัย.....	42
รูปที่ 3.2 ตัวอย่างสายไฟฟ้าซึ่งอากาศใกล้กับระเบียบอาคาร.....	43
รูปที่ 3.3 ลักษณะของสายไฟฟ้า All Aluminum Spaced Aerial Cable, SAC.....	43
รูปที่ 3.4 ลักษณะของสายไฟฟ้า All Aluminum Spaced Aerial Cable, SAC.....	44
รูปที่ 3.5 แบบจำลองระบบไฟฟ้าซึ่งอากาศโดยโปรแกรม Auto Cad.....	45
รูปที่ 3.6 เปิดโปรแกรม Comsol Multiphysics.....	45
รูปที่ 3.7 เลือกแบบจำลอง 2 มิติ.....	46
รูปที่ 3.8 การเลือกแบบจำลอง Select Physics.....	46

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 3.9 การเลือกแบบจำลอง Select Physics.....	47
รูปที่ 3.10 การเลือกแบบจำลองลงในโปรแกรม Comsol Multiphysics.....	47
รูปที่ 3.11 การเลือกแบบจำลองลงในโปรแกรม Comsol Multiphysics.....	48
รูปที่ 3.12 การเลือกแบบจำลองลงในโปรแกรม Comsol Multiphysics.....	48
รูปที่ 3.13 การเลือกแบบจำลองลงในโปรแกรม Comsol Multiphysics.....	49
รูปที่ 3.14 การเลือกแบบจำลองลงในโปรแกรม Comsol Multiphysics.....	49
รูปที่ 3.15 การเพิ่มวัสดุของแบบจำลอง.....	50
รูปที่ 3.16 การเพิ่มวัสดุของแบบจำลอง.....	50
รูปที่ 3.17 การเพิ่มวัสดุของแบบจำลอง.....	51
รูปที่ 3.18 การตั้งค่าการจำลองสนามไฟฟ้า.....	51
รูปที่ 3.19 การตั้งค่าการจำลองสนามไฟฟ้า.....	52
รูปที่ 3.20 การตั้งค่าการจำลองสนามไฟฟ้า.....	52
รูปที่ 3.21 การตั้งค่าการจำลองสนามไฟฟ้า.....	53
รูปที่ 3.22 การตั้งค่าการจำลองสนามไฟฟ้า.....	53
รูปที่ 3.23 การตั้งค่าการจำลองสนามไฟฟ้า.....	54
รูปที่ 3.24 การตั้งค่าการจำลองสนามแม่เหล็ก.....	54
รูปที่ 3.25 การตั้งค่าการจำลองสนามแม่เหล็ก.....	55
รูปที่ 3.26 การตั้งค่าความถี่ของระบบ.....	55
รูปที่ 3.27 การจำลองผลสนามไฟฟ้า.....	56
รูปที่ 3.28 การจำลองผลสนามไฟฟ้า.....	56
รูปที่ 3.29 การจำลองผลสนามไฟฟ้า.....	57
รูปที่ 3.30 การจำลองผลสนามไฟฟ้า.....	57
รูปที่ 3.31 การจำลองผลสนามไฟฟ้า.....	58
รูปที่ 3.32 การจำลองผลสนามแม่เหล็ก.....	58
รูปที่ 3.33 การจำลองผลสนามแม่เหล็ก.....	59
รูปที่ 3.34 การจำลองผลสนามแม่เหล็ก.....	59
รูปที่ 3.35 การจำลองผลสนามแม่เหล็ก.....	60

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 3.36 การจำลองผลสนามแม่เหล็ก.....	60
รูปที่ 3.37 การจำลองผลสนามแม่เหล็ก.....	61
รูปที่ 3.38 เครื่องมือวัดค่าสนามไฟฟ้า และสนามแม่เหล็ก Tenmars TM-190.....	61
รูปที่ 4.1 แบบจำลองสนามไฟฟ้า และสนามแม่เหล็กของผู้อยู่อาศัยใกล้ระบบไฟฟ้าชิงอากาศแรงดัน 24 kV.....	63
รูปที่ 4.2 แบบจำลองสนามไฟฟ้าของผู้อยู่อาศัยใกล้ระบบไฟฟ้าชิงอากาศ แรงดัน 24 kv.....	64
รูปที่ 4.3 แบบจำลองสนามแม่เหล็กของผู้อยู่อาศัยใกล้ระบบไฟฟ้าชิงอากาศ แรงดัน 24 kv....	64
รูปที่ 4.4 ผลการจำลองสนามไฟฟ้าของผู้อยู่อาศัยใกล้ระบบไฟฟ้าชิงอากาศ แรงดัน 24 kV	65
รูปที่ 4.5 ผลการจำลองสนามแม่เหล็กของผู้อยู่อาศัยใกล้ระบบไฟฟ้าชิงอากาศ แรงดัน 24 kV.....	66
รูปที่ 4.6 ผลการจำลองสนามไฟฟ้า และสนามแม่เหล็กของผู้อยู่อาศัยใกล้ระบบไฟฟ้าชิงอากาศแรงดัน 69 kV.....	66
รูปที่ 4.7 ผลการจำลองสนามไฟฟ้าของผู้อยู่อาศัยใกล้ระบบไฟฟ้าชิงอากาศ แรงดัน 69 kV	67
รูปที่ 4.8 ผลการจำลองสนามแม่เหล็กของผู้อยู่อาศัยใกล้ระบบไฟฟ้าชิงอากาศ แรงดัน 69 kV.....	67
รูปที่ 4.9 แบบจำลองสนามไฟฟ้า และสนามแม่เหล็กของผู้อยู่อาศัยใกล้ระบบไฟฟ้าชิงอากาศ แรงดัน 115 kV.....	69
รูปที่ 4.10 แบบจำลองสนามไฟฟ้าของผู้อยู่อาศัยใกล้ระบบไฟฟ้าชิงอากาศ แรงดัน 115 kV	69
รูปที่ 4.11 แบบจำลองสนามแม่เหล็กของผู้อยู่อาศัยใกล้ระบบไฟฟ้าชิงอากาศ แรงดัน 115 kV.....	70
รูปที่ 4.12 การวัดค่าสนามไฟฟ้า และสนามแม่เหล็ก บริเวณถนนพระราม2 กรุงเทพมหานคร	71
รูปที่ 4.13 การวัดค่าสนามไฟฟ้า และสนามแม่เหล็ก บริเวณถนนพระราม2 กรุงเทพมหานคร	72
รูปที่ 4.14 การวัดค่ากระแสไฟฟ้าระบบไฟฟ้าชิงอากาศ พิกัดแรงดัน 24 kV.....	72
รูปที่ 4.15 การวัดค่าสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กระบบไฟฟ้าชิงอากาศ พิกัดแรงดัน 24 kV ร่วมกับพิกัดแรงดัน 69 kV ที่ระยะ 1.40 เมตร.....	73
รูปที่ 4.16 การวัดค่าสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กระบบไฟฟ้าชิงอากาศ พิกัดแรงดัน 24 kV ร่วมกับพิกัดแรงดัน 69 kV ที่ระยะ 1.40 เมตร.....	73
รูปที่ 4.17 การวัดค่าสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กระบบไฟฟ้าชิงอากาศ พิกัดแรงดัน 24 kV ร่วมกับพิกัดแรงดัน 69 kV ที่ระยะ 1.40 เมตร.....	74

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.18 การวัดค่าสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กในระบบไฟฟ้าชิงอากาศ พิกัดแรงดัน 24 kV ร่วมกับพิกัดแรงดัน 69 kV ที่ระยะ 1.80 เมตร.....	74
รูปที่ 4.19 การจำลองค่าสนามไฟฟ้าพิกัดแรงดัน 24 kV ร่วมกับพิกัดแรงดัน 69 kV.....	75
รูปที่ 4.20 การจำลองค่าสนามแม่เหล็กพิกัดแรงดัน 24 kV ร่วมกับพิกัดแรงดัน 69 kV.....	76
รูปที่ 4.21 การเปรียบเทียบผลการจำลองกับข้อมูลจริงของค่าสนามไฟฟ้า พิกัดแรงดัน 24 kV ร่วมกับพิกัดแรงดัน 69 kV.....	77
รูปที่ 4.22 การเปรียบเทียบผลการจำลองกับข้อมูลจริงของค่าสนามแม่เหล็ก พิกัดแรงดัน 24 kV ร่วมกับพิกัดแรงดัน 69 kV.....	78



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันมีการขยายตัวของชุมชนเมืองที่เพิ่มขึ้น ทำให้มีความต้องการด้านพลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้น เราสามารถพบเห็นสายส่งไฟฟ้าแรงสูงได้ในทุกพื้นที่ต่าง ๆ ในประเทศเป็นจำนวนมาก การก่อสร้างอาคารที่พักอาศัยหรือระบบส่งจ่ายไฟฟ้าแรงดันสูง (Overhead Line System) จึงต้องคำนึงถึงความปลอดภัยของสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก เนื่องจากการสัมผัสกับสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กเป็นเวลานานอาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพ ดังนั้นการพักอาศัยในเขตส่งจ่ายไฟฟ้าแรงดันสูงจำเป็นต้องศึกษาระยะห่างของสายไฟฟ้าซึ่งอากาศที่ระดับแรงดัน 24 kV 69kV และ 115 kV กับอาคารสิ่งปลูกสร้างเพื่อความปลอดภัยของผู้อาศัยในเขตชุมชนและผู้ปฏิบัติงานใกล้

สายส่งจ่ายไฟฟ้าแรงดันสูงเป็นปัจจัยหนึ่งในการเกิดสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก การพักอาศัยใกล้เขตส่งจ่ายไฟฟ้าแรงดันสูงหรือการปฏิบัติงานใกล้สายส่งจ่ายไฟฟ้าแรงสูง จะมีการกระจายตัวของสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กบริเวณรอบตัวนำ โดยมีหน่วยงานต่าง ๆ ได้ทำการวิจัยและพัฒนาด้านความปลอดภัยและสิ่งแวดล้อมเกี่ยวกับสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก เช่น องค์การอนามัยโลก (World Health Organization ,WHO) หน่วยงาน International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP) เป็นต้น ผลกระทบของการสัมผัสสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กจากภายนอกต่อร่างกายโดยหลักๆ จะขึ้นอยู่กับค่าความถี่และขนาดของสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก ซึ่งการสัมผัสกับสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กบางส่วนจะถูกดูดกลืนผ่านเข้าสู่ร่างกายของคนเราซึ่งตามธรรมชาตินั้นทุกคนก็ได้รับผลกระทบดังกล่าวจากการสัมผัสแหล่งกำเนิดสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กที่กล่าวข้างต้น โดยการสัมผัสกับสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กเป็นระยะเวลานานอาจส่งผลให้เกิดผลเสียต่อสุขภาพได้ในหลายระบบ เช่น ผลต่อมะเร็ง ผลต่อระบบสืบพันธุ์และการคลอดบุตร ผลต่อระบบเลือด ภูมิคุ้มกัน และต่อมไร้ท่อ เป็นต้น

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงศึกษาและวิเคราะห์ผลกระทบของสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก ต่อผู้อยู่อาศัยในเขตสายส่งจ่ายไฟฟ้าแรงดันสูง เพื่อศึกษาระยะห่างที่ปลอดภัยของสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กที่มีผลกระทบต่อมนุษย์ ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปและเปรียบเทียบกับผลที่วัดจริง ตามมาตรฐานที่องค์การอนามัยโลกกับหนดระดับสูงสุดของสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กที่เกิดจากระบบไฟฟ้าความถี่ต่ำ (50 Hz) ที่ประชาชนสามารถสัมผัสได้อย่างปลอดภัย

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาสถานไฟฟ้าของระบบส่งจ่ายซึ่งอากาศ ที่มีผลต่อมนุษย์ที่อาศัยใกล้สายไฟฟ้าแรงดันสูง

1.2.2 เพื่อศึกษาสถานแม่เหล็กของระบบส่งจ่ายซึ่งอากาศ มีผลต่อมนุษย์ที่อาศัยใกล้สายไฟฟ้าแรงดันสูง

- 1.2.3 เพื่อวิเคราะห์ระยะความปลอดภัยของผู้อยู่อาศัยในเขตจ่ายไฟฟ้าแรงสูง
- 1.2.4 เพื่อวิเคราะห์ผลเปรียบเทียบค่าสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กด้วยโปรแกรมจำลองคอมพิวเตอร์กับข้อมูลที่วัดจริง

1.3 สมมติฐานการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาและวิเคราะห์ระยะห่างที่ปลอดภัยจากการสัมผัสค่าสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กเป็นเวลานาน เนื่องจากการสัมผัสสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กอาจส่งผลกระทบต่อด้านสุขภาพของผู้พักอาศัยใกล้เขตส่งจ่ายไฟฟ้าแรงสูงหรือผู้ปฏิบัติงานใกล้สายไฟฟ้าแรงสูง

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

- 1.4.1 ศึกษาระยะความปลอดภัยของผู้อยู่อาศัยในเขตส่งจ่ายไฟฟ้าแรงสูงของสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก พิกัดแรงดัน 24 kV ขึ้นไป
- 1.4.2 วิเคราะห์ระยะห่างที่ปลอดภัยต่อผู้พักอาศัยในเขตส่งจ่ายไฟฟ้าแรงสูง ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์
- 1.4.3 วิเคราะห์เปรียบเทียบผลการจำลองและข้อมูลจริงของค่าสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กแรงดัน 24 kV รวมกับแรงดัน 69 kV

1.5 ขั้นตอนการวิจัย

- 1.5.1 ศึกษา ค้นคว้าทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
- 1.5.2 ศึกษาทฤษฎีสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก
- 1.5.3 จำลองผลของสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป
- 1.5.4 รวบรวมและจัดเก็บข้อมูลที่วัดจากหน่วยงานจริง
- 1.5.5 วิเคราะห์เปรียบเทียบผลการจำลองและข้อมูลที่วัดจากหน่วยงานจริง
- 1.5.6 สรุปและอภิปรายผลการทดลอง
- 1.5.7 จัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.6.1 ทำให้ทราบข้อมูลที่ใช้จำลองสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป
- 1.6.2 เป็นแนวทางสำหรับผู้สนใจศึกษาค้นหว่านเรื่องผลกระทบของสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กที่ประชาชนสามารถสัมผัสได้อย่างปลอดภัย
- 1.6.3 เป็นข้อมูลอ้างอิงในการพิจารณาการขยายระบบส่งจ่ายในอนาคต
- 1.6.4 ทำให้ทราบระยะที่ปลอดภัยของผู้พักอาศัยในเขตส่งจ่ายไฟฟ้าแรงสูง
- 1.6.5 ทำให้ทราบผลกระทบของสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กที่ส่งผลต่อสิ่งมีชีวิต

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 บทนำ

จากการศึกษาทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับค่าสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก ผลกระทบจากการสัมผัสสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กเป็นเวลานานซึ่งมีทฤษฎีและวรรณกรรมต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยดังต่อไปนี้

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์สนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องประกอบด้วยดังต่อไปนี้

AttPhayomhom และคณะ[9] ศึกษาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า (EMFs) จากสายระบบไฟฟ้าซึ่งอากาศและวิเคราะห์ผลที่อาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพ ในการสัมผัสกับค่าสนามแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นเวลานาน ที่พิกัดแรงดัน 69 kV และ 115 kV ของการไฟฟ้านครหลวง ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ โดยใช้โปรแกรม Matlab โดยวัดที่ความสูงตั้งแต่ 1 เมตร ถึง 21.5 เมตร สรุปได้ว่าผลที่ได้จากการศึกษาและวิเคราะห์การจัดเรียงของการไฟฟ้านครหลวงทั้งแบบแรงดัน 69 kV และ 115 kV ค่าสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กอยู่ในเกณฑ์ที่ปลอดภัยตามมาตรฐานขององค์การอนามัยโลก ซึ่งการไฟฟ้านครหลวงใช้อ้างอิงตามความปลอดภัยสำหรับมนุษย์

Jin-Hwa[10] ศึกษาผลกระทบต่อสุขภาพของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าต่อเด็ก ปัจจุบันเด็กส่วนใหญ่สัมผัสกับสนามแม่เหล็กไฟฟ้า (EMF) ที่มนุษย์สร้างขึ้นตั้งนั้นความกังวลผลกระทบต่อสุขภาพจากการสัมผัสสนามแม่เหล็กไฟฟ้าจึงมากขึ้น จากการประเมินของสถาบันการวิจัยมะเร็งนานาชาติ (International Agency for Research on Cancer) หรือ IARC เป็นหน่วยงานในสังกัดองค์การอนามัยโลก ได้ประเมินว่าเป็นสาขาก่อนมะเร็งในมนุษย์ บทความนี้ทบทวนวรรณกรรมความรู้ปัจจุบันเกี่ยวกับการสัมผัสกับสนามแม่เหล็กไฟฟ้าต่อมนุษย์โดยเฉพาะเด็ก

Z. Anane และคณะ[11] วิเคราะห์สนามแม่เหล็กไฟฟ้าของระบบไฟฟ้าซึ่งอากาศ เนื่องจากค่าสนามแม่เหล็กไฟฟ้าอาจส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตเช่น ทำให้เกิดมะเร็งเม็ดเลือดขาว เป็นต้น โดยจำลองรูปแบบมนุษย์ ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์โดยใช้โปรแกรม Comsol Multiphysics ที่พิกัดแรงดัน 400 kV กับ 720 kV และมีค่ากระแส 760 A โดยวัดที่ระยะ 1.00 เมตร และ 1.90 เมตรเหนือพื้นดิน ที่ตัวนำสูง 15 เมตร สรุปได้ว่าค่าสนามแม่เหล็กไฟฟ้าอยู่ในเกณฑ์ที่ปลอดภัย โดยการคำนวณหาค่าสนามแม่เหล็กไฟฟ้าตำแหน่งที่แตกต่างกัน ต้องเปลี่ยนความสูงของสายส่ง รัศมีตัวนำ ระยะห่างระหว่างเฟส เนื่องจากเมื่อค่าสนามแม่เหล็กไฟฟ้ามีค่าต่ำผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตจะลดลง

Paul-Mihai Mircea และคณะ [12] ศึกษาและวิเคราะห์ผลกระทบของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของผู้คนโดยการวิเคราะห์จากงานวิจัยไม่ต่ำกว่าปี 2000 สรุปได้ว่าการสัมผัสกับสนามแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นเวลานาน มีผลต่อการเกิดมะเร็งเม็ดเลือดขาวในวัยเด็ก IARC จัดว่าอาจเป็นสาร

ก่อรัง และ องค์การอนามัยโลกได้แนะนำการป้องกันและผลกระทบทางประสาทสัมผัสชั่วคราวเช่น การเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็กในช่วงเวลาหนึ่ง ในสภาพแวดล้อมถูกควบคุมอาจทำให้เกิดเวียนและคลื่นไส้

Joanna Wyszowska[13] ศึกษาผลกระทบของการสัมผัสสนามแม่เหล็กไฟฟ้าต่อระบบประสาทโดยใช้แมลง คำนามแม่เหล็กไฟฟ้ามีผลต่อปัจจัยความเครียดเมื่อแมลงสาบและตั๊กแตนสัมผัสกับค่านามแม่เหล็กไฟฟ้าที่ 50 Hz 7 mT ตลอด 24 ชม. นาน 7 วัน สรุปได้ว่า การสัมผัสสนามแม่เหล็กไฟฟ้าส่งผลให้เกิดความเครียดและส่งผลต่อกิจกรรมการเคลื่อนไหว การสัมผัสสนามแม่เหล็กไฟฟ้าส่งผลให้เกิดความเครียดส่งผลให้ตั๊กแตนมีแรงเตะลดลง และเมื่อสัมผัสสนามแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นเวลานานส่งผลให้ความไวในการกระทำสิ่งต่างๆ ลดลง

Myung Chan Gye และคณะ[14] ศึกษาผลกระทบของการสัมผัสสนามแม่เหล็กไฟฟ้าต่อระบบสืบพันธุ์ การที่มนุษย์สัมผัสกับแหล่งที่มาของสนามแม่เหล็กไฟฟ้ามีเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ทั้งจากการทำงานและพักอาศัย จนถึงปัจจุบันการศึกษาและทดลองจำนวนมากพบว่าการสัมผัสกับสนามแม่เหล็กไฟฟ้าสามารถเปลี่ยนแปลงสภาวะสมดุลของเซลล์การทำงานของฮอร์โมนการทำงานของระบบสืบพันธุ์ พารามิเตอร์ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงการทำงานของระบบสืบพันธุ์จากการสัมผัสสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ได้แก่ การตายของเซลล์สืบพันธุ์เพศชายฮอร์โมนต่อมไร้ท่อสืบพันธุ์ การเคลื่อนไหวของสเปิร์มและความสำเร็จของการตั้งครรภ์ ในการตรวจสอบผลกระทบของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าขึ้นอยู่กับชนิดของคลื่นความถี่และระยะเวลาในการสัมผัส จากการศึกษาพบว่าการสัมผัสกับสนามแม่เหล็กไฟฟ้ามีผลต่อฮอร์โมนต่อมไร้ท่อสืบพันธุ์ การพัฒนาของทารกในครรภ์ ผลเหล่านี้แตกต่างกันขึ้นอยู่กับความถี่ระยะเวลาที่สัมผัส และปริมาณความถี่ของสนามแม่เหล็กไฟฟ้า

SuthasineeNunchuen และคณะ[15] ศึกษาการจัดเรียงสายไฟฟ้าเพื่อลดสนามไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง ที่พิกัดแรงดัน 230 kV ร่วมกับ 69 kV อยู่บนเสาเดียวกันโดยใช้โปรแกรม Matlab เปรียบเทียบกับค่าวัดจริงที่ถนนพระราม 2 โดยวัดที่ความสูง 1 เมตร ทุกๆ 1 เมตร ระยะทางทั้งหมด 50 เมตร เครื่องที่ใช้วัดคือ ELFSurveyMeter (Holaday, HI-3604) สรุปได้ว่า การจัดเรียงที่ดีที่สุดตามมาตรฐานจะมีค่านามไฟฟ้า 0.03438 kV/m ซึ่งปลอดภัยตามมาตรฐานองค์การอนามัยโลก

UmarKhayam และคณะ[16] ศึกษาและวิเคราะห์สนามแม่เหล็กของสายส่ง แรงดัน 150 kV ร่วมกับแรงดัน 20 kV มีระยะ Right of Way 14 เมตร คำนวนโดยใช้กฎของแอมแปร์ในการวิเคราะห์ สรุปได้ว่า ค่านามแม่เหล็กมีค่าสูงสุดบริเวณรอบๆ ตัวนำ 150 kV และมีค่านามแม่เหล็กบริเวณชุมชนที่อยู่อาศัยรอบๆ คือ 8.25 μ T เป็นไปตามที่องค์การอนามัยโลกกำหนดความปลอดภัยค่านามแม่เหล็กต้องน้อยกว่า 100 μ T ของผู้ที่อาศัยอยู่รอบๆ สายส่ง

QIN Qi-zhong และคณะ [17] ศึกษาผลกระทบของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าของสายไฟฟ้าแรงสูง แรงดัน110 kV ในเขตเมือง ฉงชิ่ง ตามมาตรฐาน International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP) โดยวัด ช่วงเวลา 11.00 – 14.00 น. และ 18.00-22.00 น. ตั้งแต่วันที่ 8 มกราคม 2008 ถึงวันที่ 19 มกราคม 2008 ซึ่งเป็นช่วงใช้ไฟสูงสุดของพื้นที่ โดยมีอุณหภูมิ 23-35 องศาเซลเซียส โดยการวัดที่ระยะ 10 เมตรถึง 30 เมตร เปรียบเทียบกับ 40 เมตรถึง 100 เมตร ห่างจากสายไฟฟ้าแรงสูงโดยจุดทดสอบสูง 1.70 เมตร ตามความสูงเฉลี่ยของผู้ชาย สรุปได้ว่าจาก

การศึกษาพบว่าความเข้มของสนามแม่เหล็กไฟฟ้ามีค่าต่ำกว่ามาตรฐาน ICNIRP ดังนั้นผู้พักอาศัยใกล้สายไฟฟ้าแรงสูงพิกัดแรงดัน 110 kV จึงไม่ส่งผลกระทบ จากผลเราจะเห็นได้ว่าความเข้มของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าภายในอาคารจะมีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งชี้ให้เห็นว่าโครงสร้างทางกายภาพ เช่นหลังคาหรือผนังอาจป้องกันหรือดูดซับรังสีแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดจากสายไฟฟ้าแรงสูงได้ สายไฟฟ้าแรงสูงยังมีระยะห่างมากเท่าใดก็ยังส่งผลให้มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ขอแนะนำให้สร้างอาคารโดยใช้วัสดุป้องกันค่าสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดจากสายไฟฟ้าแรงสูง

Dušan Medveและคณะ[18] จำลองสนามแม่เหล็กไฟฟ้าด้วยโปรแกรมจำลองคอมพิวเตอร์สำหรับบุคคลที่อยู่ใกล้เสาไฟฟ้าแรงสูงและสายไฟฟ้าแรงสูงเหนือศีรษะ ที่พิกัดแรงดัน 22 kV เพื่อลดความเสี่ยงที่อาจเกิดจากการสัมผัส สนามแม่เหล็กไฟฟ้า โดยการสร้างแบบจำลองเชิงตัวเลข ด้วยการวัดจากเสาต้นที่ 1 ไปต้นที่ 2 ระยะ 64 เมตร สูงจากพื้นดิน 1 เมตร 1.70 และ 2.00 เมตร ตัวนำสูง 7.5 เมตร ตามพระราชบัญญัติ 534/2007 (ข้อกำหนดสำหรับแหล่งที่มาของรังสีแม่เหล็กไฟฟ้าและการจำกัดการสัมผัสกับประชากรต่อรังสีแม่เหล็กไฟฟ้าในสิ่งแวดล้อม) สาธารณรัฐสโลวาเกีย ค่าสนามไฟฟ้าต้องไม่เกิน 5000 V/m ค่าสนามแม่เหล็กต้องไม่เกิน 100 μ T สรุปได้ว่าการจำลองการกระจายของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าของสายไฟฟ้าแรงสูงเหนือศีรษะ แรงดัน 22 kV การจำลองยืนยันว่าค่าสนามแม่เหล็กไฟฟ้าอยู่ในข้อกำหนด ค่าสนามไฟฟ้าที่ได้คือ 225 V/m ค่าสนามแม่เหล็กที่ได้คือ 4.7 μ T

Karolina Kasas-Lazetic และคณะ[19] การคำนวณสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่ผลิตโดยระบบไฟฟ้าชิงอากาศ เป้าหมายหลักของบทความนี้คือการตรวจสอบสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่แตกต่างกัน ที่ระดับแรงดัน 20 kV และ 400 V โดยตัวนำของระบบ 20 kV อยู่ที่ 7.25 เมตร และตัวนำของระบบ 400 V อยู่ที่ 6.00 เมตร โดยใช้วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ด้วยโปรแกรม Comsol Multiphysics ทำการวิเคราะห์ค่าสนามไฟฟ้าที่สูงขึ้นจากพื้นดิน 1 เมตร โดยมีการจัดเรียง 4 รูปแบบวิเคราะห์สรุปได้ว่าการคำนวณการกระจายตัวของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์จำลองแบบ 2 มิติ ค่าสนามไฟฟ้ามีค่าสูงสุดที่ตำแหน่งบริเวณตัวนำ การจัดเรียงเพสมีผลต่อค่าสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ผลที่ได้มีค่าน้อยกว่าที่กฎหมายเซอร์เบีย กำหนด ซึ่งค่าสนามไฟฟ้าได้ 2 kV/m และสนามแม่เหล็ก 40 μ T ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตตามที่ มาตรฐาน ICNIRP กำหนด

SupawudNedphokaewและคณะ[20] วิเคราะห์ค่าสนามไฟฟ้าของแรงดัน 24 kV พร้อมใช้โปรแกรมวิเคราะห์ Partial Discharge งานวิจัยนี้แสดงการเปรียบเทียบการปล่อยประจุบางส่วน PD ในสายไฟฟ้าแรงสูงใต้ดิน XLPE ระหว่างสายเคเบิลที่ใช้กับสายเคเบิลใหม่ และวิเคราะห์สนามไฟฟ้าโดยใช้โปรแกรม Comsol Multiphysics 5.3 สรุปได้ว่า สายไฟฟ้าที่ใช้มีค่าสนามไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอมากกว่าสายไฟฟ้าใหม่ การเกิด Discharge ของสายไฟฟ้าที่ใช้มีค่ามากกว่าสายไฟฟ้าใหม่ เนื่องจากการลอกชั้นฉนวนคอนดักเตอร์ อาจทำให้บางส่วน Discharge และนำไปสู่การ เบรกดาวอย่างสมบูรณ์

Taufiqurrahman Akmalและคณะ[21] ศึกษาผลของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าระบบส่งจ่ายแรงดัน 150 kV ตั้งแต่ระยะ 0 เมตร 75 เมตร 150 เมตร โดยใช้โปรแกรม Comsol Multiphysics เปรียบเทียบกับมาตรฐาน WHO และมาตรฐานแห่งชาติอินโดนีเซีย SNI สรุปได้ว่า ผลกระทบของสนามแม่เหล็กไฟฟ้ามีค่าต่ำกว่ามาตรฐานที่กำหนดโดยองค์การอนามัยโลก แม้ว่าทำกิจกรรมได้หอสายไฟฟ้าแรงสูงเป็นเวลา 24 ชม. ซึ่งค่าสนามไฟฟ้าที่ความสูง 150 เมตร คือ 385 kV/m

B. Ali Rachedi และคณะ[22] ศึกษาสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดจากระบบไฟฟ้าแรงสูงโดยใช้ Comsol Multiphysics เป็นระเบียบวิธีการเชิงตัวเลขที่สามารถแนะนำสำหรับการวิเคราะห์สนามแม่เหล็กไฟฟ้า ณ ตำแหน่งใด ๆ ที่อยู่ใกล้กับสายไฟฟ้าแรงสูงโดยพิกัดแรงดัน 220 kV ความถี่ 50 Hz วัดที่ความสูงตั้งแต่ 0 – 30 เมตร จากพื้น โดยเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน International Commission on Non Ionizing (ICNIRP) ค่าความปลอดภัยที่มีชีวิตสัมผัสค่า ของสนามไฟฟ้าคือ 5 V/m และค่าความปลอดภัยสนามแม่เหล็กคือ 100 μ T โดยที่สายส่งสูง 20.20 เมตร สรุปได้ว่าค่าสนามแม่เหล็กไฟฟ้าอยู่ในเกณฑ์ที่ ICNIRP กำหนด

Maryory Aixa Rojas Camargo และคณะ[23] วิเคราะห์การรบกวนของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าในพื้นที่ Rights of Way ของสายส่งไฟฟ้าแรงดัน 115 kV โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Comsol Multiphysics โดยแบบจำลองที่นำเสนอคือ ย่าน Palo Blanco ประเทศโคลอมเบีย โดยอ้างอิงมาตรฐาน ICNIRP และ RETIE มาตรฐานแห่งชาติของโคลอมเบีย โดยทดสอบที่ความสูง 2 เมตร สรุปได้ว่าค่าสนามไฟฟ้าสูงสุด คือ 1.87 kV/m และค่าสนามไฟฟ้าสูงสุดคือ 4.5 μ T ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานแห่งชาติของโคลอมเบียและมาตรฐาน ICNIRP นอกจากนี้การลดค่าสนามแม่เหล็กไฟฟ้าสามารถทำได้โดยการจัดเรียงเฟสวงจร

A. Babouri และคณะ[24] ศึกษาสภาพแวดล้อมสนามแม่เหล็กไฟฟ้าในบริเวณใกล้เคียงกับสายไฟฟ้าแรงดันสูง 220 kV โดยใช้โปรแกรม Comsol Multiphysics ในการวิเคราะห์ โดยการวิเคราะห์ตั้งแต่ที่ระยะ 0-20 เมตร เหนือพื้นดิน จุดวัดอยู่ที่จุดศูนย์กลางของหอคอยสรุปได้ว่าการวิเคราะห์โดยใช้ COMSOL Multiphysics ค่าความเข้มของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าอยู่ในข้อกำหนดของมาตรฐานสากล คือค่าสนามไฟฟ้าต้องไม่เกิน 5 kV/m ค่าสนามแม่เหล็กต้องไม่เกิน 100 μ T

สลักจิตร นิลบวรและคณะ [25] ศึกษาและวิเคราะห์การเกิดสนามไฟฟ้าแบบสนามแม่เหล็กไฟฟ้ากำลังอ่อน Extremely low Frequency Electromagnetic Field (ELF-EMF) ในสายส่งระดับแรงดันปานกลาง 33 kV หนึ่งวงจรของสายส่งเหนือศีรษะ โดยสร้างโมเดลเสมือนสำหรับการทดสอบค่าแรงดันไฟฟ้าภายในระยะปลอดภัย (Right of Way) โดยวิเคราะห์ความเข้มของสนามไฟฟ้าที่ระดับความสูง 1 เมตร เหนือพื้นดินเพื่อเปรียบเทียบผลการทดสอบกับมาตรฐานและข้อกำหนดของการไฟฟ้าแห่งประเทศไทย สรุปได้ว่า การสัมผัสกับสนามแม่เหล็กไฟฟ้ากำลังอ่อน อาจจะก่อให้เกิดผลกระทบข้างเคียงต่อผู้ที่สัมผัส จากการวิเคราะห์และศึกษาของระบบส่งจ่ายพิกัด 33 kV ค่าสนามไฟฟ้าสูงสุดที่คำนวณได้อยู่ที่ 0.43 kV/m ซึ่งมีค่าต่ำกว่าที่ ICNIRP ประกาศไว้ทั้งนี้ผลการทดสอบอาจสร้างความมั่นใจในความปลอดภัยต่อผู้อยู่อาศัยใกล้แนวสายส่งได้

วิวัฒน์ เอกบุรณะวัฒน์[26] ศึกษาผลต่อสุขภาพจากสนามแม่เหล็กไฟฟ้ากำลังอ่อน (ELF-EMF) และสรุปรวบรวมข้อมูลสรุปได้ว่า ELF-EMF ซึ่งเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแบบ non-ionizing radiation ชนิดหนึ่งเป็นสิ่งที่มนุษย์ทุกคนพบได้ในชีวิตประจำวันและได้สัมผัสเล็กน้อยแตกต่างกันไป จากการศึกษาข้อมูลผลกระทบต่อสุขภาพ การสัมผัสสนามแม่เหล็กไฟฟ้า อาจส่งผลกระทบจากการสัมผัสในระยะยาวแม้ว่าในปัจจุบันยังไม่สามารถสรุปได้แน่นอน ผลที่อาจเกิดจากการสัมผัสเป็นเวลานานเช่น ทำให้เกิดมะเร็งเม็ดเลือดขาวในเด็ก ผดต่อระบบเลือด ภูมิคุ้มกันและต่อมไร้ท่อ หรือการเกิดโรค AD หรือ ALS การศึกษาวิจัยที่มีเพิ่มมากขึ้นในอนาคตจะ

ช่วยบอกความเสี่ยงของการสัมผัสกับสนามแม่เหล็กไฟฟ้าได้มากมากขึ้น ซึ่งจะช่วยให้สามารถป้องกันสุขภาพของประชาชนจากสาเหตุที่ไม่คาดคิดได้

เผด็จ เฝ้าละออ และคณะ[27] นำเสนอแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กในระบบส่งจ่ายกำลัง โดยทำการวิเคราะห์การกระจายตัวของสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กรอบสายส่งแรงสูง พิจารณาสายส่งขนาด 500 kV ทั้งวงจรเดียว และวงจรคู่ โดยจำลองผลด้วยโปรแกรม Matlab โดยพิจารณา 2 มิติ ในความสูง 1 เมตร จากพื้นดินที่บุคลากรทำงานอยู่ต้องมีค่าสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กอยู่ในมาตรฐาน ICNIRP สรุปได้ว่า ค่าสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กที่เกิดจากสายส่งไฟฟ้าแรงสูงขนาด 500 kV ทั้งวงจรเดียวและวงจรคู่ที่ระดับความสูง 1 เมตร มีค่าสูงสุดที่วงจรคู่ มีค่าสนามไฟฟ้าคือ 8.23 kV/m และค่าสนามแม่เหล็กคือ 74.18 μ T ซึ่งมีค่าน้อยกว่าระดับของสนามแม่เหล็กที่ ICNIRP กำหนดไว้

2.3 ระบบการส่งจ่ายกำลังไฟฟ้า

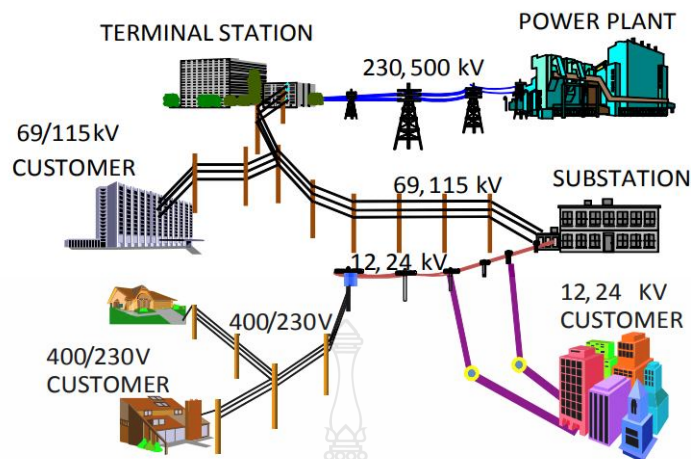
ระบบไฟฟ้าในประเทศไทยเป็นไฟฟ้ากระแสสลับความถี่ 50 Hz การส่งจ่ายกำลังไฟฟ้านั้นจะเริ่มต้นจากการผลิตกำลังไฟฟ้าแล้วแปลงระดับแรงดันไฟฟ้าให้สูงขึ้นที่สถานีแปลงแรงดัน เพื่อให้การส่งกำลังไฟฟ้าในระยะทางไกลให้ได้ประสิทธิภาพสูง จากนั้นจะถูกส่งไปตามสายส่งไฟฟ้าแรงสูงเมื่อเข้าเขตพื้นที่ชุมชนจะทำการลดระดับแรงดันที่สถานีจำหน่ายไฟฟ้าย่อย และเมื่อส่งไปยังผู้ใช้ไฟจะต้องทำการแปลงระดับแรงดันลงให้เป็นระดับแรงดันต่ำ เพื่อจ่ายไฟฟ้าให้กับบริภัณฑ์ต่างๆโดยแบ่งหน้าที่ส่วนประกอบได้ดังนี้[1]

ระบบการผลิตเป็นระบบที่มีกระบวนการเปลี่ยนแปลงพลังงานรูปอื่นมาเป็นพลังงานไฟฟ้า ซึ่งจะผลิตกำลังไฟฟ้าออกมาจากนั้นจะถูกแปลงแรงดันให้สูงขึ้นที่สถานโกไฟฟ้า

ระบบการส่ง ทำหน้าที่รับกำลังไฟฟ้าจากระบบผลิตไฟฟ้าไปยังระบบการจำหน่ายกำลังไฟฟ้าให้แก่ผู้ใช้ไฟฟ้าต่อไป โดยจะส่งกำลังไฟฟ้าระดับแรงสูง ได้แก่ สถานีไฟฟ้าต้นทางซึ่งจะมีระบบสายส่งแรงดันสูงที่ใช้ 4 ระดับแรงดัน คือ 500 kV 230 kV 115 kV และ 69 kV

ระบบจำหน่ายไฟฟ้า เป็นระบบที่รับกำลังไฟฟ้าจากระบบส่งแล้วทำการลดระดับแรงดันที่สถานีจำหน่ายไฟฟ้าย่อย เพื่อส่งกำลังไฟฟ้าให้ระบบใช้กำลังไฟฟ้าต่อไป แรงดันที่ใช้ในระบบจำหน่ายมีหลายระดับ เช่น 11 kV 22 kV และ 33 kV ซึ่งนั่นคือระดับแรงดันที่ใช้ในระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ส่วนแรงดัน 12 kV และ 24 kV เป็นระดับแรงดันที่ใช้ในการไฟฟ้านครหลวง

ระบบการใช้กำลังไฟฟ้า เป็นระบบที่รับไฟฟ้าจากระบบจำหน่ายที่มีระดับแรงดันสูงเป็นระบบแรงดันปานกลางแล้ว แล้วทำการลดให้เป็นแรงต่ำเพื่อจ่ายกำลังไฟฟ้าให้ผู้ใช้ไฟฟ้าต่อไป โดยใช้หม้อแปลงจำหน่ายจาก 24 kV หรือ 12 kV แปลงระดับแรงดันเป็น 220/380 V ซึ่งเป็นระบบกกำลังไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง และจาก 11 kV 22 kV และ 33 kV เป็น 230/400 V ซึ่งเป็นระบบการใช้กำลังไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ระบบส่งกำลังไฟฟ้า [9]

ระบบสายส่งไฟฟ้าแรงสูงที่ใช้กันอยู่พอที่จะจำแนกออกตามคุณสมบัติและลักษณะการใช้งานภายนอก ได้เป็น 2 ประเภท[2] คือ

2.3.1 ระบบไฟฟ้าแบบชิงอากาศ

เป็นสายส่งไฟฟ้าเดินลอยในอากาศ สายตัวนำจะเป็นสายเปลือยไม่มีฉนวนหุ้มและมีน้ำหนักเบา ติดตั้งอยู่กับเสาส่งไฟฟ้า โดยมีลูกถ้วยเป็นตัวยึดการพาดวางสาย ระยะห่างระหว่างสายและความสูงของเสาจะถูกกำหนดโดยค่าความคงทนของฉนวนอากาศ ซึ่งเทคนิควิธีการเลือกการวางสายบนเสาส่งลักษณะของเสาส่งที่ขึ้นอยู่กับพิกัดกำลังไฟฟ้าที่ต้องการส่งจ่าย ระดับแรงดันไฟฟ้าระหว่างสายและสภาวะแวดล้อมของสถานที่นั้นๆ เพื่อจะได้ออกแบบให้สามารถรับแรงทางกลได้เหมาะสม สิ่งสำคัญที่ต้องคำนึงถึงอย่างมากก็คือปรากฏการณ์โคโรนาบนสายส่งแรงสูง และผลกระทบของสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กที่อาจส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตที่อยู่ใกล้สายไฟฟ้าแรงสูง

2.3.2 ระบบไฟฟ้าใต้ดิน

เป็นสายส่งไฟฟ้าที่ใช้ตัวนำที่มีฉนวนหุ้มซึ่งได้รับการออกแบบเป็นพิเศษ ทำการวางสายส่งไว้ใต้พื้นดินในช่องขุด ที่สร้างเตรียมไว้ซึ่งอาจจะก่อรูปโดยใช้คอนกรีตหรืออาจวางสายส่งไว้ในคูที่ขุดไว้โดยตรงหรือทำการร้อยท่อ (Conduit) หรือ วางบนรางเดินสายแล้วทำการกลบทับสายส่งโดยใช้เทคนิคกรรมวิธีต่างๆ ดังนั้น เทคนิคของการออกแบบฉนวนที่หุ้มสายเคเบิลจึงมีความสำคัญเป็นอย่างมากต่อระบบส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าประเภทนี้

2.4 สายไฟฟ้าแบบชิงอากาศ

สายไฟฟ้ามีหน้าที่สำหรับนำพลังงานไฟฟ้า จากแหล่งจ่ายไฟไปยังบริเวณที่ไฟฟ้าต่างๆ มีส่วนประกอบที่สำคัญได้แก่ ตัวนำ ฉนวน และเปลือก

ระบบสายส่งไฟฟ้าชิงอากาศที่มีพิกัดแรงดันไฟฟ้าส่งจ่ายสูงๆ ระยะทางไกลๆ นั้น จะใช้สายอลูมิเนียมแบบเปลือยเป็นสายตัวนำที่ใช้พาดอยู่บนเสาส่ง ถึงแม้ว่าอลูมิเนียมจะมีค่าความต้านทานไฟฟ้า

สูงกว่าทองแดงแต่เมื่อสายส่งเป็นสายเปลือยไม่มีฉนวนหุ้มดังนั้นเมื่อเทียบกับที่ค่าความต้านทานสายส่งค่าเดียวกันแล้วสายส่งอลูมิเนียมก็จะมีน้ำหนักเบาและราคาถูกกว่าทองแดงซึ่งจะมีผลต่อโครงสร้างของเสาส่ง นอกจากนี้ที่สำคัญก็คือ เมื่อสายส่งตัวนำอลูมิเนียมมีขนาดโตกว่าจะเป็นผลทำให้ค่าความเข้มสนามไฟฟ้ารอบผิวตัวนำจะลดน้อยลงที่พิกัดแรงดันไฟฟ้าส่งจ่ายเดียวกัน

สายไฟฟ้าที่ใช้กับระบบไฟฟ้าแรงดันสูงเป็นสายที่มีขนาดใหญ่ ในลักษณะตัวนำตีเกลียวสายไฟฟ้าแรงดันสูงสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ สายเปลือย และ สายหุ้มฉนวน[1]

2.4.1 สายเปลือย คือ สายที่ไม่มีเปลือกฉนวนหุ้มสาย ถ้าหากนำไปใช้กับระบบจำหน่ายแรงดันต่ำจะไม่ปลอดภัย จึงใช้สายชนิดนี้กับงานแรงดันสูง สายเปลือยนิยมใช้ในปัจจุบัน ได้แก่

2.4.1.1 สายไฟฟ้าอะลูมิเนียมตีเกลียว (AAC)

สายไฟฟ้าอะลูมิเนียมตีเกลียวเปลือย (All Aluminum Conductor, AAC) เป็นตัวนำอะลูมิเนียมพันตีเกลียวเป็นชั้นๆ สายชนิดนี้รับแรงดึงได้ต่ำ จึงไม่สามารถชิงสายให้มีระยะห่างช่วงเสา (Span) มากๆได้ โดยปกติความยาวของช่วงเสาต้องไม่เกิน 50 เมตรยกเว้นสายที่มีขนาด 95 ตารางมิลลิเมตรขึ้นไปนั้น สามารถที่จะมีระยะห่างช่วงเสาได้ไม่เกิน 100 เมตร

2.4.1.2 สายไฟฟ้าอะลูมิเนียมผสม (All Aluminum Alloy Conductor, AAAC)

สายชนิดนี้มีส่วนผสมของอะลูมิเนียม แมกนีเซียม และซิลิกอน ส่วนผสมดังกล่าวจะทำให้มีความเหนียวและรับแรงดึงได้สูงกว่าสายไฟฟ้าอะลูมิเนียมล้วน จึงสามารถชิงสายให้มีระยะห่างช่วงเสาได้มากขึ้น นิยมใช้เดินสายบริเวณชายทะเล เพราะสามารถทนต่อการกัดกร่อนของไอเกลือบริเวณชายทะเลได้ดี

2.4.1.3 สายไฟฟ้าอะลูมิเนียมแกนเหล็ก (Aluminum Conductor Steel Reinforced ,ACSR) เป็นสายไฟฟ้าอะลูมิเนียมตีเกลียว และมีสายเหล็กอยู่ตรงกลาง เพื่อให้ความสามารถรับแรงดึงได้สูงขึ้น ทำให้สามารถขยายระยะห่างช่วงเสาได้มากขึ้น แต่จะไม่ใช้สายชนิดนี้ในบริเวณชายทะเลเพราะจะทำให้เกิดการกัดกร่อนจากไอของเกลือ ทำให้อายุการใช้งานสั้นลง มาตรฐาน

2.4.2 สายหุ้มฉนวน ในการเดินสายไฟฟ้าแรงดันสูงผ่านบริเวณที่มีผู้คนอาศัย เพื่อความปลอดภัยจะต้องใช้สายไฟฟ้าแรงดันสูงที่มีฉนวนหุ้ม และการใช้สายหุ้มฉนวนยังช่วยลดการเกิดลัดวงจรจากสัตว์หรือกิ่งไม้แตะถูกสายไฟฟ้าอีกด้วยทำให้ระบบไฟฟ้ามีความเชื่อถือได้สูงขึ้น สายไฟฟ้าแรงดันสูงหุ้มฉนวนที่นิยมใช้มีดังนี้

2.4.2.1 สาย Partial Insulated Cable (PIC) การใช้สายเปลือยจะมีโอกาสเกิดลัดวงจรขึ้นได้ง่าย เพื่อลดปัญหานี้จึงได้มีการนำสาย PIC มาใช้แทนสายเปลือย โดยโครงสร้างของสาย PIC นี้จะประกอบด้วย ตัวนำอะลูมิเนียมตีเกลียวหุ้มด้วยฉนวน XLPE แม้ว่าสายชนิดนี้จะมีฉนวน XLPE หุ้ม แต่ก็ไม่สามารถที่จะแตะต้องโดยตรงได้ เนื่องจากเป็นเพียงฉนวนบางซึ่งจะช่วยลดการเกิดลัดวงจรของสายเปลือยเท่านั้น การไฟฟ้าฯ ได้นำสายชนิดนี้มาใช้งานโดยเดินในอากาศผ่านลูกถ้วยบนเสาไฟฟ้าแทนสายเปลือย

2.4.2.2 สาย Space Aerial Cable (SAC) สาย SAC โครงสร้างเป็นตัวนำอะลูมิเนียมตีเกลียว มีฉนวน XLPE หุ้ม เช่นเดียวกับสาย PIC แต่จะมีเปลือก (Sheath) ที่ทำจาก XLPE หุ้มฉนวนอีกชั้นหนึ่ง ทำให้มีความทนทานมากกว่าสาย PIC แม้ว่าสายชนิดนี้จะมีเปลือก (Sheath) หุ้มฉนวนอีกชั้นหนึ่ง แต่ก็ไม่ควรสัมผัสสายโดยตรง เพราะจะเป็นอันตรายได้ ในการใช้สายชนิดนี้ การไฟฟ้า

ใช้เป็นวงจรเสริมสำหรับวงจรที่ใช้สาย PIC โดยในการเดินสายจะต้องใช้ Spacer เพื่อจำกัดระยะห่างระหว่างสาย สายชนิดนี้แม้ว่าจะสามารถวางใกล้กันได้มากกว่าสาย PIC แต่ก็ต้องไม่เกินระยะจำกัดค่าหนึ่ง นอกจากนี้จะต้องใช้ Messenger wire ช่วยดึงสายไว้โดย Messenger wire จะตอกลงดินทำหน้าที่เป็นสาย OverheadGround Wire

2.4.2.3 สาย Preassembly Aerial Cable สายชนิดนี้ จัดเป็น สาย FullyInsulated มีโครงสร้างคล้ายสาย XLPE เนื่องจากสายชนิดนี้สามารถวางใกล้กันได้จึงใช้สายชนิดนี้เมื่อสายไฟฟ้าผ่านในบริเวณที่มีระยะห่างกับอาคารจำกัดหรือผ่านบริเวณที่มีคนอาศัยอยู่สายชนิดนี้ยังสามารถวางพาดไปกับมุมตึกได้ เนื่องจากมีความแข็งแรงทนทานมาก

2.4.2.4 สาย Cross-Linked Polyethylene (XLPE) สายเคเบิลใต้ดินที่ใช้ในงานนี้มีหลายชนิด ในช่วงเวลา 10 ปี ก่อนหน้านี้ส่วนใหญ่ใช้ชนิดฉนวนกระดาษ-น้ำมัน ฉนวนกระดาษและก๊าซ ฉนวน XLPE , PE หรือ EPR แต่ในช่วงหลังนี้ นิยมใช้สายเคเบิลชนิดฉนวน XLPE มากขึ้น เดิมสายเคเบิลใต้ดินชนิดฉนวน Low Pressure Oil Fill ได้รับการพิสูจน์แล้วว่าสามารถใช้งานได้อย่างมีความเชื่อถือได้สูงตลอด 40 กว่าปีที่ผ่านมา อย่างไรก็ตามในช่วงการติดตั้งและใช้งานจำเป็นต้อง ใช้ผู้ที่มีประสบการณ์สูงและมีระบบการควบคุมที่ยุ่งยากและเมื่อน้ำมันเกิดรั่ว อาจทำให้เกิดการลัดวงจรและเกิดปัญหาสิ่งแวดล้อม ฉนวน XLPE จึงถูกนำมาใช้งานมากขึ้นเนื่องจากการคุณสมบัติของฉนวน XLPE ที่สามารถทนต่อความร้อนได้สูง มีความแข็งแรง ทนต่อแรงทางกลและการกัดกร่อนทางเคมีได้ดีการติดตั้งการใช้งาน และการบำรุงรักษาไม่ยุ่งยากปัจจุบันสายเคเบิลใต้ดินที่ กฟภ. ใช้งานเป็นชนิดฉนวน XLPE ทั้งระดับแรงดันปานกลาง (MediumVoltage Cables) 22-33 kV และแรงดันสูง (High Voltage Cables) 115 kV สาย XLPE จัดเป็นสาย Fully InsulatedSegmental Conductor ใช้ในสายเคเบิลใต้ดินขนาดใหญ่ที่ต้องการให้มี Current Carrying Capacity สูง แต่ละ Segment จะประกอบด้วยตัวนำตีเกลียวแล้วอัดให้เป็นรูป Segment โดยแต่ละ Segment จะหุ้มด้วยฉนวน ข้อดีของตัวนำชนิดนี้ก็คือมี AC Resistance ต่ำเนื่องจาก Wire ในแต่ละ Segment มีการ Transpose เข้าออกระหว่างส่วนนอกและส่วนในของตัวนำ ทำให้ Skin Effect Factor ต่ำ Conductor Shield ทำจากผ้าอาบ Carbon หรือเป็น Extrude Layer ของสารสังเคราะห์พวกพลาสติกผสมตัวนำ มีหน้าที่ทำให้ผิวสัมผัสของตัวนำกับฉนวนเรียบไม่มีช่องว่าง ที่มีศักย์ไฟฟ้าสูงตกคร่อมเป็นการช่วยลดการเกิด Breakdown

Insulation (ฉนวน) เป็นส่วนที่สำคัญที่สุดของสายเคเบิลใต้ดิน มีหน้าที่กันไม่ให้กระแสไฟฟ้าเกิดการรั่วไหลหรือลัดวงจรจนเกิดการสูญเสียต่อระบบไฟฟ้า

Insulation Shield ทำหน้าที่จำกัดสนามไฟฟ้าให้อยู่เฉพาะภายในสายเคเบิล เป็นการป้องกันการรบกวนระบบสื่อสารนอกจากนี้การต่อลัดลงดินจะช่วยลดอันตรายจากการสัมผัสสายเคเบิลด้วยและทำให้เกิดการกระจายของแรงดันอย่างสม่ำเสมอขณะใช้งาน

Water Blocking Tape เป็นชั้นที่เสริมขึ้นมา ในกรณีของสายเคเบิลใต้ดินแรงสูงที่ใช้ในบริเวณที่ชื้นแฉะเพื่อป้องกันน้ำไหลเข้าไปตามแนวสายเคเบิลในกรณีที่ Jacket ของสายเคเบิลจะมีการชำรุดจากการลากสายทำให้ส่วนที่เป็นฉนวนสัมผัสกับน้ำเป็นระยะทางยาว สายเคเบิลอาจจะชำรุดได้

Jacket ชั้นของเปลือกนอกของสายเคเบิลใต้ดินจะมี Service Tape คั่นระหว่างชีลด์กับเปลือกนอกทำหน้าที่ป้องกันการกระแทกและป้องกันการเสียดสี ขณะติดตั้งสายเคเบิล

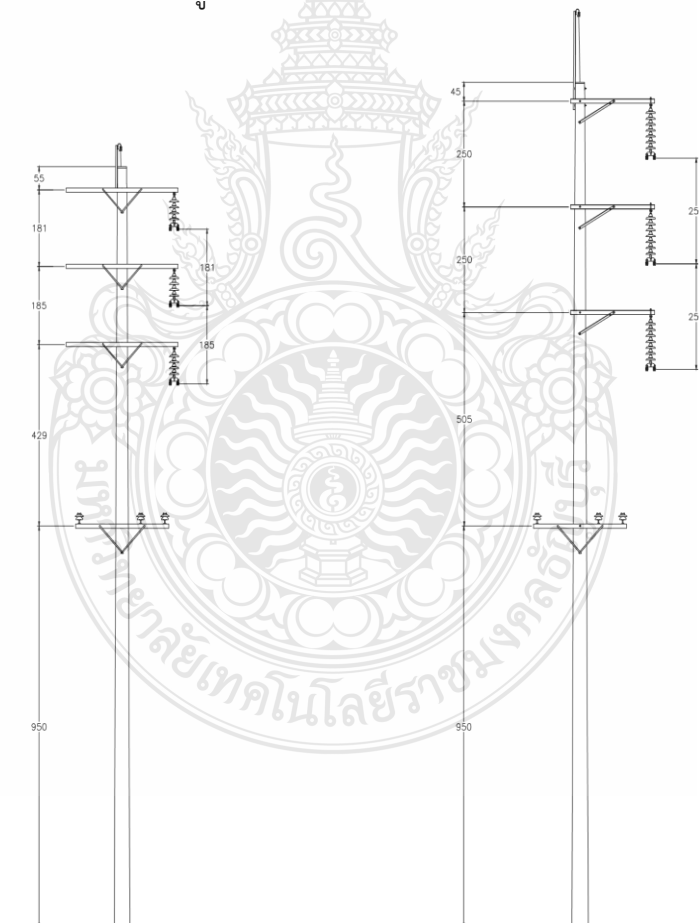
2.5 เสาส่ง

เสาไฟฟ้าปัจจุบันแบ่งเป็น เสาโครงเหล็ก เสาเหล็ก และเสาคอนกรีตเสริมเหล็ก แต่ละชนิดที่กล่าวมานี้จะนำไปใช้งานตามลักษณะที่ส่งจ่าย[3]

2.5.1 เสาโครงเหล็ก เป็นเสาไฟฟ้าที่มีความแข็งแรงมาก มีความสูงไม่ต่ำกว่า 10 เมตร ซึ่งแบ่งส่วนประกอบเป็น 5 ส่วน คือ ฐานราก ส่วนขา ส่วนต่อ ส่วนกลาง และส่วนยอด

2.5.2 เสาเหล็ก มีจุดเด่นตรงที่มีฐานตั้งอยู่บนจุดเดียว สามารถแบ่งประเภทได้ดังนี้ เสาเหล็กรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส เสาเหล็กรูปสามเหลี่ยม เสาเหล็กรูปท่อเหล็ก เสาเหล็กข้อต่อ

2.5.3 เสาคอนกรีตเสริมเหล็ก มีข้อดีตรงที่ติดตั้งง่าย แข็งแรงทนทาน มีขนาดความยาวหลายขนาด เช่น 16 17 18 และ 19 เมตร เป็นต้น ถ้าต้องการความสูงของเสาก็สามารถต่อสตั๊บ (Stub) คอนกรีตเพิ่มเข้าไปได้ ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2.2 ลักษณะโครงสร้างของเสาคอนกรีตเสริมเหล็ก ที่ระดับแรงดัน 69 เควี และ 115 เควี

2.6 สนามไฟฟ้า

สนามไฟฟ้า หมายถึง บริเวณรอบประจุไฟฟ้า ซึ่งประจุไฟฟ้า สามารถแผ่สนามไฟฟ้าไปถึง หรือ “บริเวณที่เมื่อนำประจุไฟฟ้าทดสอบเข้าไปวางแล้วจะเกิดแรงกระทำบนประจุไฟฟ้าทดสอบนั้น ตาม จุดต่างๆ ในกรณีที่กล่าวถึงทั้งสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กพร้อมกันจะเรียกว่า สนามแม่เหล็กไฟฟ้า โดยรอบประจุไฟฟ้ามีอะไรสิ่งหนึ่งที่เมื่อนำเอาประจุนั้นเข้ามาในบริเวณนั้นแล้ว ทำให้เกิดแรงกระทำต่อ ประจุที่นำเข้ามา สิ่งที่เกิดจากประจุเรียกว่าสนามไฟฟ้าจะมีมากหรือน้อยอาจแสดงหรือวัดในรูปของแรง ที่เกิดขึ้น กฎของคูลอมป์ (Coulomb’s Law)

ในปีค.ศ. 1875 วิศวกรทหารชาวฝรั่งเศส พันเอก ชาร์ล-อากุสแต็ง เดอ คูลอมป์ (Charles-Augustin de Coulomb) ได้พัฒนาตาชั่งชนิดแรงบิด (Coulomb’s Torsion Balance) เพื่อวัดแรงที่ เกิดจากประจุไฟฟ้า คูลอมป์ได้กล่าวว่าแรงกระทำระหว่างวัตถุเล็กๆ 2 ชิ้นที่อยู่ในสุญญากาศหรือที่ว่าง อิสระ ที่วางห่างกันด้วยระยะที่มีค่ามากกว่าขนาดของวัตถุทั้งสองนั้นมาก จะมีค่าแปรผันตรงกับค่าประ จของวัตถุทั้งสองและแปรผกผันกับระยะห่างระหว่างวัตถุทั้งสองยกกำลังสอง ซึ่งจากผลการทดลองทำให้ ได้สมการความสัมพันธ์ของแรงที่เกิดขึ้นระหว่างประจุ Q_1 และ Q_2 ที่วางห่างกันเป็นระยะ R ในอากาศ ว่าง (Free Space) เรียกสมการดังกล่าวว่า กฎของคูลอมป์ (Coulomb’s Law) ดังนี้ [4]

$$\vec{F}_{12} = K \frac{Q_1 Q_2}{Q_{12}} \vec{a}_{R_{12}} \quad [N] \quad (2.1)$$

$$\vec{a}_{R_{12}} = \frac{\vec{R}_2}{R_{12}} = \frac{\vec{R}_2 - \vec{R}_1}{|\vec{R}_2 - \vec{R}_1|} \quad (2.2)$$

$\vec{F}_{12}$	คือ แรงที่เกิดขึ้นที่ประจุ Q_2 เนื่องจากประจุ Q_1	[N]
$\vec{R}_{12}$	คือ เวกเตอร์ระยะห่างจากประจุ Q_1 ไปยังประจุ Q_2	[m]
R_{12}	คือ ระยะห่างจากประจุ Q_1 ไปยังประจุ Q_2	[m]
$\vec{R}_1$	คือ เวกเตอร์ตำแหน่งของประจุ Q_1	[m]
$\vec{R}_2$	คือ เวกเตอร์ตำแหน่งของประจุ Q_2	[m]
$\vec{A}_{R_{12}}$	คือ เวกเตอร์หนึ่งหน่วยที่มีทิศทางจากประจุ Q_1 ไปยังประจุ Q_2	

ϵ_0 คือ เพอร์มิททิวิตี้ของสุญญากาศหรือสภาพของสุญญากาศ (หรืออากาศว่าง)(Permittivity of a Vacuum) โดยสัญลักษณ์ ϵ อ่านว่า “เอปซิลอน (Epsilon)” มีค่าเท่ากับ

$$\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12} \cong \frac{1}{36\pi} \times 10^{-9} \quad \left[\frac{F}{m} \right] \quad (2.3)$$

และค่าคงตัวเชิงสัดส่วน (Proportionality Constant)

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cong 9 \times 10^9 \quad \left[\frac{m}{F} \right] \quad (2.4)$$

หากประจุไฟฟ้า Q_2 และ Q_1 เป็นประจุบวกหรือลบ เหมือนกันจะเกิดแรงผลักกันเกิดขึ้น ในทางตรงข้าม หากประจุไฟฟ้า Q_1 และ Q_2 เป็นประจุต่างชนิดกันจะเกิดแรงดึงดูดกันเกิดขึ้น

สำหรับในกรณีที่มีประจุไฟฟ้ามากกว่า 2 ตัว เช่น หากต้องการหาแรงที่ประจุไฟฟ้า Q_1 เนื่องจาก ประจุไฟฟ้า $Q_2, \dots, Q_N$ สามารถหาเวกเตอร์แรงลัพธ์ผลรวมได้โดยใช้หลักการซ้อนทับ (Superposition Principle) ซึ่งจะได้

$$= \sum_{i=1}^N \frac{Q_1 Q_i}{4\pi\epsilon_0 R_{i1}^2} \vec{a}_{R_{i1}} \quad [N] \quad (2.5)$$

$\vec{R}_{i1}$ คือ เวกเตอร์ระยะห่างจากประจุ Q_i ไปยังประจุ $[m]$

$\vec{A}_{R_{i1}}$ คือ เวกเตอร์หนึ่งหน่วยที่มีทิศทางจากประจุ Q_i ไปยังประจุ Q_1

นอกจากนั้น กฎของคูลอมบ์ยังสามารถนำมาใช้ได้กับกรณีหาเวกเตอร์แรงที่เกิดขึ้นที่ประจุ Q เนื่องจากประจุเชิงเส้น ประจุเชิงผิว และประจุเชิงปริมาตร ได้ด้วยเช่นกัน ดังนั้นแรงที่เกิดขึ้นที่ประจุ Q

เนื่องจากประจุ dQ จะมีค่าเท่ากับ

$$d\vec{F}_Q = \frac{QdQ}{4\pi\epsilon_0 R^2} \vec{a}_R \quad [N] \quad (2.6)$$

โดยที่ $dQ = \rho_l dl = \rho_s ds = \rho_v dv$ ทำการหาปริพันธ์ของสมการที่ 2.6 จะได้

$$\vec{F}_Q = \int_l \frac{Q\rho_l}{4\pi\epsilon_0 R^2} \vec{a}_R dl \quad [N] \quad (2.7)$$

$$\vec{F}_Q = \int_s \frac{Q\rho_s}{4\pi\epsilon_0 R^2} \vec{a}_R ds \quad [N] \quad (2.8)$$

$$\vec{F}_Q = \int_v \frac{Q\rho_v}{4\pi\epsilon_0 R^2} \vec{a}_R dv \quad [N] \quad (2.9)$$

2.6.1 ความเข้มสนามไฟฟ้า (Electric Field Intensity)

ตามจุดต่างๆ ในบริเวณสนามไฟฟ้า ย่อมมีความเข้มของสนามไฟฟ้าต่างกัน จุดที่อยู่ใกล้ประจุไฟฟ้าต้นกำเนิดสนาม จะมีความเข้มของสนามไฟฟ้าสูงกว่าจุดที่อยู่ห่างไกลออกไป ในการหาความเข้มสนามไฟฟ้าที่จุดใดๆ สามารถหาได้โดยแรงเกิดขึ้นที่ประจุทดสอบ (Test Charge : q_t) ซึ่งความเข้มสนามไฟฟ้า E เขียนเป็นสมการดังนี้[4]

$$E = \frac{F}{Q_t} \quad (2.10)$$

และจากสมการที่ (2.13) ถ้าพิจารณาหาความเข้มสนามไฟฟ้าที่จุดเวกเตอร์พิกัด $\mathbf{r}$ ที่เกิดจากประจุ Q ที่วางอยู่ที่ตำแหน่งเวกเตอร์พิกัด $\mathbf{r}'$ จะได้ว่า

$$\vec{E} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R^2} \vec{a}_R = \frac{Q(\vec{r}-\vec{r}')}{4\pi\epsilon_0 |\vec{r}-\vec{r}'|^3} \left[\frac{V}{m} \right] \quad (2.11)$$

จากนั้นเราจะได้กำหนดเวกเตอร์ของสนามให้เป็นฟังก์ชันเวกเตอร์ของเวกเตอร์ตำแหน่ง ซึ่งจะเน้นโดยการให้ E เป็นสัญลักษณ์ในข้อกำหนดทางฟังก์ชันด้วย $E(r)$

ในกรณีที่ต้องการหาค่าความเข้มสนามไฟฟ้าที่จุดเวกเตอร์พิกัด $\mathbf{r}$ ที่เกิดจากจุดประจุ $Q_1, \dots, Q_N$ วางอยู่ที่ตำแหน่งเวกเตอร์พิกัด $\mathbf{r}_1, \dots, \mathbf{r}_N$ โดยอาศัยทฤษฎีซ้อนทับได้

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \dots + \vec{E}_N \quad (2.12)$$

$$E(r) = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R^2} a_1 + \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R^2} a_2 + \dots + \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R^2} a_n \quad (2.13)$$

ในการทำงานเดียวกันกับกฎของคูลอมบ์ความเข้มสนามไฟฟ้ายังสามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้กับการหาความเข้มสนามไฟฟ้าที่เกิดจากประจุเชิงเส้น ประจุเชิงผิว ประจุเชิงปริมาตร ได้ด้วยเช่นกัน ดังนั้นความเข้มสนามไฟฟ้าของประจุ dQ จะมีค่าเท่ากับ

$$d\vec{E} = \frac{dQ}{4\pi\epsilon_0 R^2} \vec{a}_R \left[\frac{V}{m} \right] \quad (2.14)$$

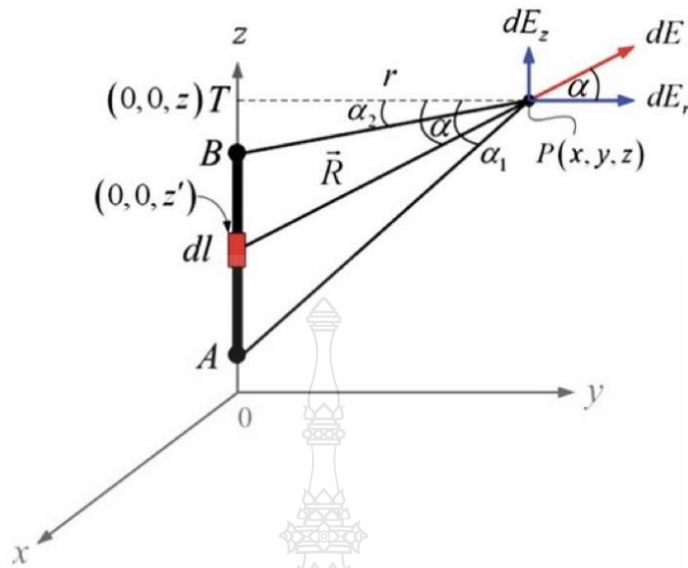
โดยที่ $dQ = \rho_l dl = \rho_s ds = \rho_v dv$ ทำการหาปริพันธ์ของสมการที่ 2.6 จะได้

$$\vec{E} = \int_l \frac{dQ}{4\pi\epsilon_0 R^2} \vec{a}_R dl \left[\frac{V}{m} \right] \quad (2.15)$$

$$\vec{E} = \int_s \frac{dQ}{4\pi\epsilon_0 R^2} \vec{a}_R ds \left[\frac{V}{m} \right] \quad (2.16)$$

$$\vec{E} = \int_v \frac{dQ}{4\pi\epsilon_0 R^2} \vec{a}_R dv \left[\frac{V}{m} \right] \quad (2.17)$$

ความเข้มสนามไฟฟ้าที่เกิดจากประจุเชิงเส้น (Electric Field Intensity of a Line Charge) ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 การหาค่าความเข้มสนามไฟฟ้าเนื่องจากประจุเชิงเส้น [4]

พิจารณาประจุเชิงเส้นที่มีความหนาแน่นของประจุเชิงเส้น ρ_l ที่วางตัวจากจุด A ไปยังจุด B บนแกน Z ดังแสดงในรูปที่ 2.3 จะได้ชิ้นส่วนดิฟเฟอเรนเชียลของประจุ dQ มีค่าเท่ากับ $dQ = \rho_l dl = \rho_l dz'$ ในการหาความเข้มสนามไฟฟ้าที่จุด $P(x,y,z)$ ใดๆ หลักความสมมาตร (Symmetry) ควรนำมาพิจารณาร่วมด้วยเสมอ ได้แก่

ระบบพิกัดใดควรเลือกนำมาใช้ในการแก้ปัญหาโดยที่สนามจะต้องไม่เปลี่ยนแปลงในระบบพิกัดที่เลือก

ส่วนประกอบใดของสนามที่จะถูกหักล้างกันจนมีค่าเป็นศูนย์สำหรับเหตุผลในการใช้หลักการสมมาตรก็เพื่อให้การหาปริพันธ์ง่ายขึ้น ซึ่งสำหรับในกรณีประจุเชิงเส้น ระบบพิกัดที่เหมาะสมจะได้แก่ ระบบพิกัดทรงกระบอก ทั้งนี้ก็เพราะ หากพิจารณาในรูปที่ 2.3 และจินตนาการว่า $\mathbf{r}$ และ $\mathbf{Z}$ มีค่าคงที่ จากนั้นเปลี่ยนแปลงมุม ϕ ไปจะพบว่า สนามที่เกิดจากประจุเชิงเส้นจะมีค่าคงที่ไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อมุม ϕ เปลี่ยนไปหรือมีความสมมาตรรอบแกน Z กล่าวอีกนัยหนึ่งคือไม่มีส่วนประกอบของสนามที่เปลี่ยนแปลง $\phi(E_\phi = 0)$ โดยที่ dQ จะทำให้เกิดเฉพาะส่วนประกอบ dE_r และ dE_z เท่านั้น ดังนั้นในระบบพิกัดทรงกระบอกค่าความเข้มสนามไฟฟ้าของประจุเชิงเส้นจะมีค่าเท่ากับ

$$\vec{E} = \int_l \frac{\rho_l}{4\pi\epsilon_0 R^2} \vec{a}_R dl \quad \left[\frac{V}{m} \right] \quad (2.18)$$

โดย $\vec{R} = (x, y, z) - (0, 0, z) = x\vec{a}_r + y\vec{a}_y + (z - z')\vec{a}_z$ หรือในระบบพิกัดทรงกระบอกมี
เท่ากับ $R = r\vec{a}_r + (z - z')\vec{a}_z$ และ $r^2 = |\vec{R}|^2 = x^2 + y^2 + (z - z')^2 = r^2 + (z - z')^2$ ดังนั้น

$$\frac{\vec{a}_R}{R^2} = \frac{\vec{R}}{|\vec{R}|^3} = \frac{r\vec{a}_r + (z - z')\vec{a}_z}{[r^2 + (z - z')^2]^{\frac{3}{2}}} \quad (2.19)$$

เพื่อให้ง่ายต่อการหาปริพันธ์ทำการเปลี่ยน (2.18) ให้เป็นฟังก์ชันของมุม α แทนโดยอาศัย
กฎตรีโกณมิติจะได้ $r = R \cos \alpha$ หรือจะได้ $r = R \sec \alpha$

$$z' = OT - R \tan \alpha, dz' = \underbrace{d(OT)}_0 - d(r \tan \alpha), dz' = r \sec^2 \alpha d\alpha \quad (2.20)$$

ดังนั้นจาก (2.19) จะกลายเป็น

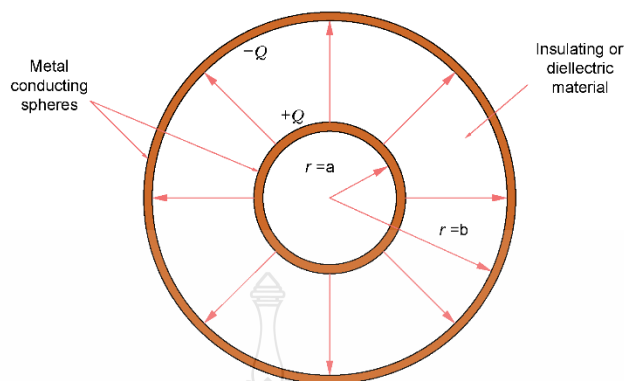
$$\vec{E} = \frac{-\rho l}{4\pi\epsilon_0} \int_{\alpha_1}^{\alpha_2} \frac{r \sec^2 \alpha [\cos \alpha \vec{a}_r + \sin \alpha \vec{a}_z]}{r^2 \sec^2 \alpha} d\alpha = \frac{-\rho l}{4\pi\epsilon_0} \int_{\alpha_1}^{\alpha_2} \cos \alpha \vec{a}_r + \sin \alpha \vec{a}_z d\alpha \quad (2.21)$$

สำหรับกรณีประจุเชิงเส้นอนันต์ (Infinite Line Charge) ที่จุด B จะอยู่ที่ $(0, 0, \infty)$ และที่
จุด A จะอยู่ที่ $(0, 0, -\infty)$ ซึ่งในกรณีนี้ค่ามุม $\alpha_1 = \pi/2$ และ $\alpha_2 = -\pi/2$ โดยอาศัยหลักการสมมาตร
หากทำการจินตนาการว่า $\vec{r}$ และ ϕ มีค่าคงที่ จากนั้นทำการเลื่อน dQ ขึ้นและลงตามความยาวของ
ประจุเชิงเส้นอนันต์ (Axial Symmetry) กล่าวอีกนัย หนึ่งคือ สนามดังกล่าวไม่เป็นฟังก์ชันของ Z
สำหรับกรณีประจุชนิดเส้นอนันต์และถ้าจินตนาการว่า ϕ และ Z มีค่าคงที่ จากนั้นเปลี่ยนแปลงค่า
รัศมี R จะเห็นได้ว่าปัญหาจะเปลี่ยนแปลงไปเมื่อรัศมี R มีค่าเปลี่ยนแปลงไป คือ สำหรับประจุเชิง
เส้นดังแสดงนี้สนามจะเป็นฟังก์ชันของ R เท่านั้น ดังนั้นจาก (2.26) แทนค่า $\alpha_1 = \pi/2$ และ
 $\alpha_2 = -\pi/2$ จะได้ค่าความเข้มสนามไฟฟ้าสำหรับกรณีประจุชนิดเส้นอนันต์จะเท่ากับ

$$\vec{E}_r = \frac{-\rho l}{2\pi\epsilon_0} \vec{a}_r \quad (2.22)$$

2.6.2 ความหนาแน่นฟลักซ์ไฟฟ้า (Electric Flux Density)

เมื่อประมาณปี ค.ศ.1873 ไมเคิล ฟาราเดย์ (Michael Faraday) ได้ทำการทดลองใน
การนำเสนอเรื่องแรงเคลื่อนไฟฟ้า พบว่าประจุไฟฟ้าทั้งหมดที่เกิดขึ้นบนเปลือกชั้นนอกนั้นมีขนาดเท่ากับ
ประจุไฟฟ้าเริ่มต้นที่ใส่เข้าไปในวงกลมชั้นใน โดยไม่ต้องคำนึงถึงฉนวนที่ใช้กันทรงกลมทั้งสอง ฟาราเดย์
จึงสรุปได้ว่ามีอะไรบางอย่างที่คล้ายกับการกระจายจากรังกลมชั้นในไปยังชั้นนอกซึ่งไม่ขึ้นกับตัวกลาง
ตอนนี้จะเรียกว่าเส้นแรงหรือฟลักซ์นี้ว่า การกระจาย หรือ ฟลักซ์การกระจาย หรือเรียกอีกชื่อว่า ฟลักซ์
ไฟฟ้า เราสามารถพิจารณาทรงกลมกลวงที่ขึ้นในรัศมี a และทรงกลมรัศมี b ซึ่งมีประจุไฟฟ้า Q และ
 $-Q$ ดังรูปที่ 2.4 [5]



รูปที่ 2.4 ฟลักซ์ไฟฟ้าในบริเวณระหว่างทรงกลม 2 ชั้น ที่มีจุดศูนย์กลางร่วมกันซึ่งมีประจุไฟฟ้า ทิศทาง และขนาดของ D [5]

ฟลักซ์ไฟฟ้านี้ใช้สัญลักษณ์ $\Psi(PSI)$ และ ประจุไฟฟ้าทั้งหมดบนทรงกลมชั้นในใช้สัญลักษณ์ Q จะได้

$$\Psi = Q \quad (2.23)$$

ถ้าทำให้วงกลมชั้นในมีขนาดเล็กลงเรื่อยๆ จนกลายเป็นจุดแต่ยังมีประจุ Q เท่าเดิม และความหนาแน่นฟลักซ์ไฟฟ้าที่ระยะทาง r เมตรจะได้

$$\vec{D} = \frac{Q}{4\pi r^2} \vec{a}_r \quad (2.24)$$

เมื่อเปรียบเทียบกับผลที่ได้ค่าความเข้มสนามไฟฟ้าที่แผ่ออกมาเป็นรัศมี จากประจุไฟฟ้าจุดที่ว่างอิสระ จะได้

$$E = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2} \vec{a}_r \quad (2.26)$$

จะได้ความหนาแน่นของฟลักซ์ไฟฟ้าในที่ว่างอิสระมีค่าเป็น

$$D = \epsilon_0 E \quad (2.27)$$

สำหรับการกระจายประจุเชิงปริมาตรทั่วไปในที่ว่างอิสระ จะได้

$$E = \int_{vol} \frac{p_v dv}{4\pi\epsilon_0 R^2} \vec{a}_R \quad (2.28)$$

ในขณะที่คสามสัมพันธ์นี้ได้พัฒนาขึ้นมาจากประจุไฟฟ้าจุดเดี่ยวในลักษณะเดียวกับสมการที่ 2.24 จะได้

$$D = \int_{vol} \frac{p_v dv}{4\pi\epsilon_0 R^2} \vec{a}_R \quad (2.29)$$

2.6.3 ศักย์ไฟฟ้า (Electric Potential)

ความเข้มสนามไฟฟ้ามีนิยามเป็นแรงที่กระทำต่อประจุทดสอบหนึ่งหน่วย สมมติว่าเราอยากเคลื่อนประจุ Q ให้ได้ระยะทาง dL ภายใต้สนามไฟฟ้า E แรงที่กระทำต่อประจุ Q ซึ่งเกิดจากสนามไฟฟ้ามีค่าเป็น[5]

$$F_E = QE \quad (2.30)$$

แรงที่จะต้องใส่เข้าไปเพื่อเคลื่อนประจุนี้ จะต้องเป็นค่าที่เท่ากับแรงจากสนามแต่มีทิศตรงกันข้ามดังนี้

$$F_{appl} = -QE \cdot a_L \quad (2.31)$$

และพลังงานที่ใช้ไปสำหรับการกระทำนี้ จะเท่ากับผลคูณแรงกับระยะทาง นั่นคืองานเชิงอนุพันธ์ที่ได้จากแหล่งพลังงานภายนอก สำหรับเคลื่อนประจุเมื่อเราแทน $a_L dL$ ด้วยตัวแปร dL

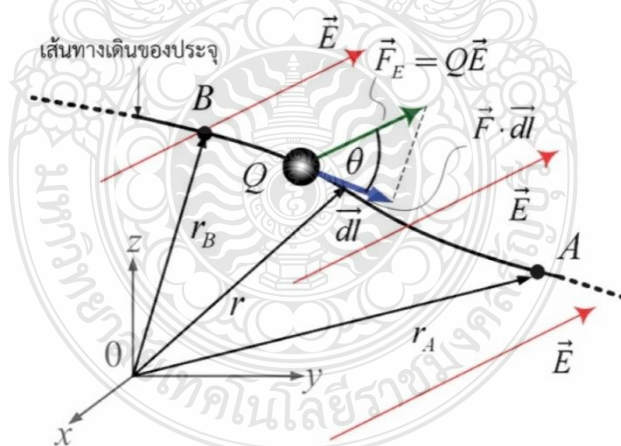
$$dW = -QE \cdot dL \quad (2.32)$$

เมื่อเราแทน $a_L dL$ ด้วยตัวแปร dL

พลังงานที่ได้จากการเคลื่อนประจุในระยะทางจำกัดค่าหนึ่งสามารถคำนวณได้จากค่าอินทิเกรตพลังงานที่ได้โดยการเคลื่อนประจุภายในสนามไฟฟ้า

$$W = -Q \int_{initial}^{final} E \cdot dL \quad (2.33)$$

โดยที่เส้นทางของอินทิเกรตจะต้องถูกกำหนดขึ้นมาก่อนการอินทิเกรตเพื่อหาค่างาน โดยสมมติว่าประจุนั้นอยู่ในสถานะหยุดนิ่งตั้งแต่เริ่มต้นไปจนถึงตำแหน่งสุดท้ายของการอินทิเกรต



รูปที่ 2.5 การเคลื่อนย้ายประจุไฟฟ้า Q ที่อยู่ภายใต้สนามไฟฟ้า E จากจุด B ไปยังจุด A [4]

โดย V_{AB} จะหมายถึงความต่างศักย์ไฟฟ้า (Potential Difference) ระหว่าง A และ B ซึ่งนิยามได้ว่ามีค่าเท่ากับงานที่ต้องใช้ในการเคลื่อนย้ายประจุ $+1C$ จากจุด B ไปยังจุด A นั่นเอง และ dL จะหมายถึงเวกเตอร์ระยะทางเชิงอนุพันธ์ dL ซึ่งจะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับระบบพิกัด เช่น ระบบพิกัดคาร์ทีเซียน ระบบพิกัดทรงกลม

$$\vec{dl} = dx\vec{a}_x + dy\vec{a}_y + dz\vec{a}_z \quad (\text{ระบบพิกัดคาร์ทีเซียน}) \quad (2.34)$$

$$\vec{dl} = dr\vec{a}_r + d\phi\vec{a}_\phi + dz\vec{a}_z \quad (\text{ระบบพิกัดทรงกระบอก}) \quad (2.35)$$

$$\vec{dl} = dr\vec{a}_r + d\theta\vec{a}_\theta + r\sin\theta d\phi\vec{a}_\phi \quad (\text{ระบบพิกัดทรงกลม}) \quad (2.36)$$

ความเข้มสนามไฟฟ้า คือ แรงที่กระทำต่อประจุทดสอบหนึ่งหน่วย จากนั้นให้ความต่างศักย์ไฟฟ้า V เป็นงานที่ใช้ในการเคลื่อนประจุทดสอบหนึ่งหน่วย จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งภายใต้สนามไฟฟ้า จะได้

$$V = -\int_{\text{initial}}^{\text{final}} \vec{E} \cdot d\vec{L} \quad [V] \quad (2.37)$$

เมื่อวัดความต่างศักย์ในหน่วยจุลต่อคูลอมย์ ซึ่งเป็นนิยามเดียวกับโวลต์ ดังนั้นความต่างศักย์ระหว่างจุด A ถึง B มีค่าเป็น

$$V_{AB} = -\int_B^A \vec{E} \cdot d\vec{L} \quad [V] \quad (2.38)$$

หากพิจารณารูปที่ 2.5 โดยกำหนดให้สนาม $\vec{E}$ เกิดจากจุดประจุไฟฟ้า Q วางอยู่ที่ตำแหน่งจุดกำเนิด จะได้

$$V = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r} \quad (2.37)$$

จากสมการที่ 2.37 เป็นการกำหนดศักย์ไฟฟ้าที่จุดหนึ่งซึ่งวางห่างจากจุด Q ที่จุดกำเนิดด้วยระยะ r โดยมีศักย์ไฟฟ้าที่รัศมีค่าอนันต์เป็นศักย์อ้างอิงศูนย์ เป็นงานที่ต้องใช้ในการเคลื่อนประจุ C จากระยะอนันต์มาที่รัศมี r เมตรใดๆ ที่ห่างจากประจุ Q นั้นจะได้

$$V = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r} + C_1 \quad (2.38)$$

โดยค่าคงที่ C_1 จะเลือกให้มีค่า $V=0$ ที่จากจุด ซึ่งต้องการหาค่าที่ตำแหน่ง r เราสามารถเลือกค่าอ้างอิงศูนย์โดยให้ V เป็น V_0 ที่ $r=r_0$

กรณีที่ศักย์อ้างอิงศูนย์อยู่ที่จุดอนันต์ ดังนั้น

2.6.3.1 ศักย์ไฟฟ้าที่ได้จากประจุจุด คือ งานที่ใช้ในการนำเอาประจุทดสอบหนึ่งหน่วยจาก

ระยะอนันต์เคลื่อนมายังจุดที่ต้องการหาค่าศักย์นั้น

2.6.3.2 สนามศักย์ไฟฟ้าได้จากประจุจุดหนึ่ง คือ ค่าผลรวมของสนามศักย์ไฟฟ้าที่ได้จากประจุแต่ละประจุ

2.6.3.3 สนามศักย์ไฟฟ้าที่ได้จากการเคลื่อนประจุทดสอบหนึ่งหน่วยจากระยะอนันต์มายังจุดที่พิจารณา ตามเส้นทางที่เลือกใดๆ โดยไม่ขึ้นกับเส้นทางการเคลื่อนประจุทดสอบนั้น ผลลัพธ์ต่อไปนี้จะหามาจากความรู้ที่ว่าไม่มีงานใดๆเกิดขึ้น ถ้าเราทำการเคลื่อนประจุจน ครอบรอบในเส้นทางหนึ่งหรือดังสมการที่ 2.39

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{L} = 0 \quad [V] \quad (2.39)$$

การใส่วงกลมเล็กๆ บนเครื่องหมายอินทิเกรต เป็นการแสดงลักษณะของเส้นทางที่ครบรอบ สัญลักษณ์นี้มักจะปรากฏอยู่ในสมการของเกาส์ ซึ่งหมายถึงเป็นการใช้อิทธิกรลบน พื้นที่ผิวปิด

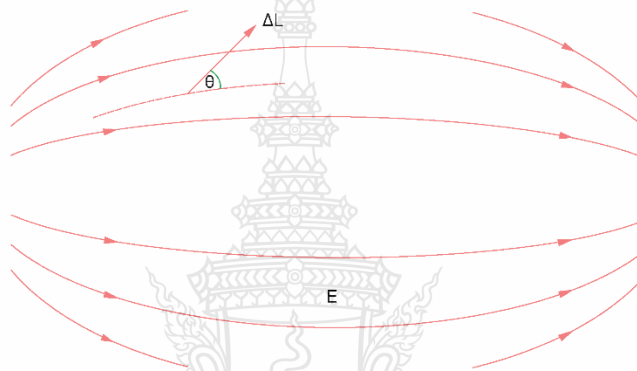
2.6.4 เกรเดียนต์ของศักย์ไฟฟ้า (Potential Gradient)

จากสมการความสัมพันธ์ทางการอินทิเกรตเชิงเส้นของปริมาณทั้งสอง [5]

$$V = -\int E \cdot dL \quad (2.40)$$

จากสมการที่ 2.40 จะใช้ได้กับองค์ประกอบสั้นๆ ของความยาว ΔL ไปตามสนาม E ที่มีค่าคงที่ค่าหนึ่งซึ่งเป็นผลให้เกิดความต่างศักย์ ΔV ที่เพิ่มขึ้นในช่วงความยาวนี้จะได้

$$\Delta V = -E \cdot \Delta L \quad (2.41)$$



รูปที่ 2.6 เวกเตอร์ความยาวที่เพิ่มขึ้นเป็น ΔL ทำมุม θ กับสนาม E ที่เขียนแสดงด้วยสนามเส้นกระแส แต่ไม่ได้แสดงแหล่งจ่ายสนาม [5]

จากรูปที่ 2.6 ทั้ง E และ V มีค่าเปลี่ยนไปเมื่อเลื่อนจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง ดังสมการที่ 2.41 เวกเตอร์ของความยาว $\Delta L = \Delta L a_L$ แล้วคูณขนาดด้วยองค์ประกอบของสนามไฟฟ้า E ในทิศทาง a_L เพื่อให้ได้ความต่างศักย์ระหว่างจุดสุดท้ายและจุดตั้งต้นของ ΔL

ถ้ามีมุมระหว่าง ΔL กับ E จะมีค่าเป็น θ จะได้

$$\Delta V = -E \cdot \Delta L \cos \theta \quad (2.42)$$

จากสมการที่ (2.42) เขียนให้อยู่ในรูปอนุพันธ์ (Derivative) dV / dL

$$\frac{dV}{dL} = -E \cos \theta \quad (2.43)$$

โดย dV / dL คืออัตราการเปลี่ยนแปลงของศักย์ไฟฟ้าต่อระยะทาง ซึ่งจะมีค่าสูงสุดเมื่อ $\cos \theta = -1$ กล่าวอีกนัยหนึ่งคือ ทิศทางการเคลื่อนที่ของประจุ dL อยู่ในแนวเดียวกันกับความเข้มสนามไฟฟ้า E แต่มีทิศทางตรงข้ามกัน และด้วยเงื่อนไขดังกล่าวจะได้

$$\left. \frac{dV}{dL} \right|_{\max} = E \quad (2.44)$$

ทิศทางที่ศักย์มีค่าเพิ่มขึ้นมากที่สุด จะตั้งฉากกับเส้นสมศักย์ และจะเป็นจริงถ้าให้ ΔL วางขนานไปตามเส้นสมศักย์จะทำให้ $V=0$ เนื่องจากทั้ง E และ ΔL ไม่มีค่าใดที่เป็นศูนย์ ดังนั้น E จะต้อง

ตั้งฉากกับ ΔL ที่ทำให้ศักย์ไฟฟ้ามีค่าเพิ่มขึ้นสูงสุด ในเทอมของสนามศักย์ไฟฟ้าด้วยการใส่เวกเตอร์ a_N เป็นเวกเตอร์ทิศทางตั้งฉากกับผิวสมศักย์ที่ชี้ไปทางศักย์ไฟฟ้าสูงกว่า

$$E = -\frac{dV}{dL} a_N \quad (2.45)$$

การกระทำต่อ V เพื่อให้ได้ค่า $-E$ จะทราบกันในนามของ เกรเดียนต์ โดยเกรเดียนต์จึงสนามสเกลาร์ T มีนิยามเป็น

$$\text{grad}T = \frac{dT}{dN} a_N \quad (2.46)$$

เมื่อ a_N คือเวกเตอร์หนึ่งหน่วยที่ตั้งฉากกับผิวสมศักย์ และตั้งฉากกับจุดที่เลือกในทิศทางที่ T มีค่าเพิ่มขึ้นจากการใช้เทอมใหม่นี้ จึงเขียนความสัมพันธ์ระหว่าง V กับ E ได้เป็น

$$E = -\text{grad} T \quad (2.47)$$

และเนื่องจากโดยทั่วไปศักย์ไฟฟ้า $V(x, y, z)$ จะเป็นฟังก์ชันของ x, y , และ z ดังนั้นจะได้

$$E_x = -\frac{\partial V}{\partial x} \quad (2.48)$$

$$E_y = -\frac{\partial V}{\partial y} \quad (2.49)$$

$$E_z = -\frac{\partial V}{\partial z} \quad (2.50)$$

เมื่อนำผลลัพธ์มารวมทาวเวกเตอร์จะได้

$$E = -\left[\frac{\partial V}{\partial x} a_x + \frac{\partial V}{\partial y} a_y + \frac{\partial V}{\partial z} a_z \right] \quad (2.51)$$

$$\text{grad}V = \left[\frac{\partial V}{\partial x} a_x + \frac{\partial V}{\partial y} a_y + \frac{\partial V}{\partial z} a_z \right] \quad (2.52)$$

$$E = -\nabla V \quad (2.53)$$

เกรเดียนต์เขียนในเทอมของอนุพันธ์ย่อยในระบบพิกัดอื่นๆ ได้ตามการประยุกต์ใช้งานสมการที่ของจากสมการที่ (2.46)

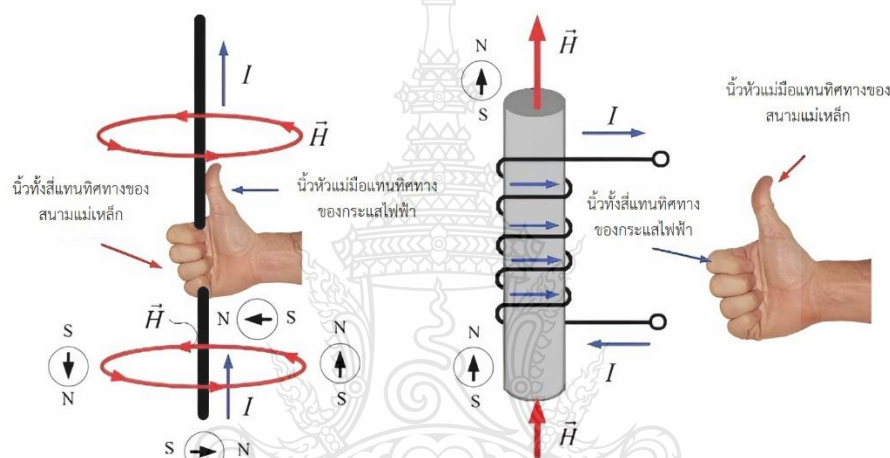
2.7 สนามแม่เหล็ก

สนามแม่เหล็ก (magnetic field) รอบๆ แท่งแม่เหล็ก จะประกอบด้วยเส้นแรงแม่เหล็ก (magnetic fluxes) หลายๆ เส้น ซึ่งเส้นแรงแม่เหล็กแต่ละเส้นจะไหลออกจากขั้วเหนือของแท่งแม่เหล็ก และไหลเข้าทางขั้วใต้แล้วไหลกลับไปยังขั้วเหนือครบวงจร (closed loop) แม่เหล็กที่มีแรงดึงดูดหรือแรงผลักมาก ก็หมายความว่ามันมีปริมาณเส้นแรงแม่เหล็กมาก [6]

2.7.1 สนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นเนื่องจากกระแสไฟฟ้า

เมื่อมีกระแสไหลผ่านเส้นลวดตัวนำจะมีสนามแม่เหล็กเกิดขึ้นรอบตัวนำนั้นเมื่อเอาเส้นลวดตัวนำที่มีกระแสไหลผ่านไปวางเหนือเข็มทิศเข็มทิศจะบ่ายเบนไปในตำแหน่งตั้งฉากกับเส้นลวดตัวนำ โดยทิศทางตามเข็มนาฬิกาหรือทวนเข็มนาฬิกา ขึ้นอยู่กับทิศทางของกระแสที่ไหลในเส้นลวดตัวนำ นั้นหมายความว่าสนามแม่เหล็กเกิดขึ้น

ความสัมพันธ์ระหว่างทิศทางของเส้นแรงแม่เหล็กรอบเส้นลวดตัวนำ และทิศทางกระแสในเส้นลวดตัวนำสามารถหาได้โดยใช้ “ กฎมือขวาของตัวนำ ” (Right-Hand Rule of Conductor) คือ ถ้าใช้มือขวากำรอบตัวนำที่มีกระแสไหลผ่าน โดยให้หัวแม่มือชี้ทิศทางของกระแสปลายนิ้วมือทั้งสี่ที่กำรอบตัวนำจะชี้ทิศทางของเส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดขึ้นรอบๆ ตัวนำดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.7 ทิศทางของสนามแม่เหล็กตามกฎมือขวา [4]

2.7.2 ความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็ก

เพื่อให้ทราบปริมาณที่แน่นอนของเส้นแรงแม่เหล็ก จึงต้องกำหนดพื้นที่ที่เส้นแรงแม่เหล็กไหลผ่านปริมาณของเส้นแรงแม่เหล็กที่ไหลผ่านต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ เรียกว่า “ความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็ก” ดังนั้นหน่วยความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็ก คือ เวเบอร์/ตารางเมตร (Wb/m^2) หรือ เทสลา (Tesla)

$$B = \frac{\Phi}{A} \quad \left[\frac{\text{Wb}}{\text{m}^2} \right] \quad (2.54)$$

B คือ ความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็ก

Φ คือ เส้นแรงแม่เหล็ก

A คือ พื้นที่หน้าตัดของวงจรแม่เหล็ก เป็น ตารางเมตร

$$\left[\frac{\text{Wb}}{\text{m}^2} \right]$$

$$[\text{Wb}]$$

$$[\text{m}^2]$$

2.7.3 ความเข้มสนามแม่เหล็ก

แรงเคลื่อนแม่เหล็กต่อหนึ่งหน่วยความยาวของวงจรแม่เหล็ก วงจรแม่เหล็กที่มีเส้นแรงแม่เหล็กสม่ำเสมอ จะมีค่าของแรงเคลื่อนแม่เหล็กต่อหนึ่งหน่วยความยาวคงที่ตลอดแนวของเส้นแรงแม่เหล็กนั้น นั่นหมายความว่าความเข้มสนามแม่เหล็กคือ แอมแปร์/เมตร (A/m)

$$H = \frac{F}{\ell} = \frac{NI}{\ell} \quad (2.55)$$

H คือ ความเข้มของสนามแม่เหล็ก $[A / m]$
 ℓ คือ พื้นที่หน้าตัดของวงจรแม่เหล็ก เป็น ตารางเมตร $[m^2]$

2.7.4 ความซึมซาบได้

ความซึมซาบได้ คือ คุณสมบัติของตัวกลางที่ยอมให้เส้นแรงแม่เหล็กไหลผ่านได้ยากหรือง่าย ความซึมซาบของสุญญากาศ (μ_0) มีค่าเท่ากับ $\pi \times 10^{-7}$ เฮนรี/เมตร โดยทั่วไปเราจะกล่าวถึงเฉพาะความซึมซาบสัมพัทธ์ (μ_r) หมายถึงตัวกลาง เช่น เหล็กยอมให้เส้นแรงแม่เหล็กไหลผ่านได้เป็นกี่เท่าของอากาศ เมื่อใช้แรงแม่เหล็ก (H) เท่ากัน

2.7.5 ความซึมซาบได้ของสุญญากาศหรือค่าคงที่ของแม่เหล็ก

อัตราส่วนระหว่างความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็ก (B) ต่อความเข้มสนามแม่เหล็ก (H) เรียกว่าความซึมซาบได้ของสุญญากาศ (Permeability of Free Space) หรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า ค่าคงที่ของแม่เหล็ก (Magnetic Constant) เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ μ_0 มีค่าเท่ากับ $\pi \times 10^{-7}$ เฮนรี/เมตร (H/m)

ดังนั้นในตัวกลางที่เป็นสุญญากาศอากาศ หรือในวัสดุที่ไม่ใช่สารแม่เหล็ก (Non-magnetic material) ค่าคงที่ของแม่เหล็กคือ

$$\mu_0 = \frac{B}{H} = 4\pi \times 10^{-7} \quad [H / m] \quad (2.56)$$

ความเข้มสนามแม่เหล็กสำหรับวัสดุที่ไม่ใช่สารแม่เหล็ก

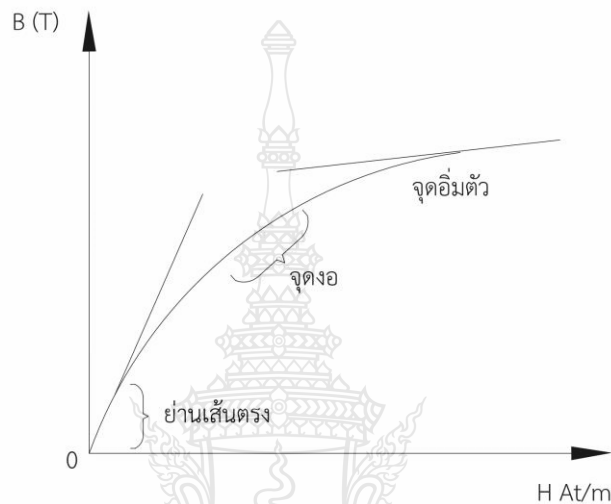
$$H = \frac{B}{\mu_0} = \frac{B}{4\pi \times 10^{-7}} \quad [A / m] \quad (2.57)$$

2.7.6 ความซึมซาบได้สัมพัทธ์

ถ้าหากแกนวงแหวนทอรอยด์ทำมาจากวัสดุที่ไม่ใช่สารแม่เหล็กเส้นแรงแม่เหล็กในแกนวงแหวนที่ผลิตโดยแรงเคลื่อนแม่เหล็กจะมีค่าน้อย แต่ถ้าแกนวงแหวนทอรอยด์ทำมาจากวัสดุสารแม่เหล็ก (ferromagnetic materials) เช่น เหล็ก นิกเกิล และโลหะอื่นๆ ที่ยินยอมให้เส้นแรงแม่เหล็กผ่านได้ดีกว่าอากาศหรือสุญญากาศเส้นแรงแม่เหล็กที่ผลิตโดยแรงเคลื่อนแม่เหล็กที่กำหนดให้ จะเพิ่มขึ้นอย่างมาก ดังนั้นจึงนิยมใช้วัสดุสารแม่เหล็กทำอุปกรณ์ต่างๆ เพื่อเพิ่มปริมาณของเส้นแรงแม่เหล็ก

อัตราส่วนของความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็ก (B) ที่ผลิตได้ในวัสดุสารแม่เหล็กต่อความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็ก (B) ที่ผลิตได้ในสุญญากาศ (หรือในแกนที่ไม่ใช่สารแม่เหล็ก) โดยใช้ความเข้มของสนามแม่เหล็ก (H) ค่าเดียวกัน มีชื่อเรียกว่า “ความซึมซาบได้สัมพัทธ์” (Relative permeability) เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ μ_r ในอากาศ $\mu_r = 1$

เส้นโค้ง แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็ก (B) กับความเข้มสนามแม่เหล็ก (H) ซึ่งเป็นคุณสมบัติของสารแม่เหล็ก แสดงดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 เส้นโค้ง B-H หรือเส้นโค้งแรงแม่เหล็ก (Magnetization curve) ของสารแม่เหล็กธรรมดา

หากพิจารณาเส้นโค้ง B-H จะพบว่าออกจากจุดเริ่มต้นจะเป็นเส้นตรง หมายความว่า เมื่อเพิ่มความเข้มสนามแม่เหล็ก (H) จะทำให้ความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็ก (B) เพิ่มขึ้นตามเป็นสัดส่วนโดยตรง และเมื่อขึ้นถึงจุดตั้งอของเส้นโค้ง ถ้าต้องการจะให้ความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็ก (B) เพิ่มขึ้นต่อไปอีกจะต้องเพิ่มความเข้มสนามแม่เหล็ก (H) เป็นปริมาณที่มากกว่าในย่านเส้นตรงและในที่สุดก็จะถึงจุดอิ่มตัว (Saturation Point) ซึ่งเกือบจะอยู่ในระดับแนวอนของเส้นโค้ง นั้นหมายความว่า แม้จะเพิ่มความเข้มสนามแม่เหล็ก (H) ต่อไปอีก ก็จะทำให้ความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็ก (B) เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ลักษณะของเส้นโค้ง B-H ขึ้นอยู่กับสารหรือวัสดุซึ่งนำมาทำเป็นวงจรแม่เหล็กเท่านั้นไม่ได้ขึ้นอยู่กับขนาดหรือรูปร่างของวงจรแม่เหล็ก เส้นโค้ง B-H นำมาใช้หาปริมาณทางแม่เหล็กด้วยวิธีการกราฟ เช่น ถ้าทราบจำนวนแอมแปร์-เทินส์ (NI) ของขดลวดและความยาวของวงจรแม่เหล็ก (ℓ) ลักษณะเป็นวงแหวนทอรอยด์ในรูปจะทราบค่าความ

หนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็ก ($H = NI / \ell$) และ โดยใช้ เส้น โค้ง B-H ก็ จะ หา ค่า ความ หนา น่น ของ เส้น แรงแม่เหล็ก (B) ได้ หากทราบพื้นที่หน้าตัด (A) ของวงจรแม่เหล็กหรือวงแหวนทอรอยด์ก็สามารถคำนวณหาปริมาณเส้นแรงแม่เหล็ก (Φ) ได้และในทำนองเดียวกันถ้าทราบค่าความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็ก (B) ก็สามารถหาความเข้มสนามแม่เหล็ก (H) ได้จากเส้นโค้ง B-H เช่นเดียวกัน ในตัวกลางหรือวัสดุประเภทสารแม่เหล็ก ที่มีความซึมซาบได้สัมพัทธ์เป็น μ_r จะได้

$$\frac{B}{H} = \mu_r \mu_0 = B = \mu_r \mu_0 H \quad (2.58)$$

ความซึมซาบได้สมบูรณ์ (absolute permeability) $\mu = \mu_r \mu_0$

μ_0 เป็นค่าคงที่ของสมการ มีค่าเท่ากับ $4\pi \times 10^{-7}$ เฮนรี/เมตร μ_r จะเปลี่ยนแปลงตามชนิดของสารแม่เหล็ก และ μ_r ในอากาศจะมีค่าเท่ากับ 1

2.8 ผลของสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กต่อสิ่งมีชีวิต

ผลกระทบของการสัมผัสสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กจากภายนอกต่อร่างกายโดยหลักๆ แล้วจะขึ้นอยู่กับค่าความถี่และขนาดของสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กค่าความถี่เรียกว่าคือ จำนวนรอบการแกว่งของสัญญาณ หรือ จำนวนรอบต่อวินาทีโดยที่ ณ ค่าความถี่ต่ำ (50 Hz) ซึ่งเป็นของระบบส่งจ่ายกระแสไฟฟ้านั้น สนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กจะผ่านร่างกายไป สนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กบางส่วนจะถูกดูดกลืนผ่านเข้าสู่ร่างกายของคนเราซึ่งตามธรรมชาตินั้นทุกคนได้รับผลกระทบดังกล่าวจากการสัมผัสสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก ในทางทฤษฎีจะพบว่าเมื่อเรายืนอยู่ใต้สายส่งไฟฟ้าแรงสูงที่มีการติดตั้งตามมาตรฐานแล้ว สนามไฟฟ้าจะผ่านร่างกายโดยมีประจุไฟฟ้ากระจายสะสมบนผิวของร่างกายและทำให้มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านร่างกายลงสู่พื้นดิน ในขณะที่สนามแม่เหล็กจะผ่านร่างกายและจะเหนี่ยวนำให้เกิดกระแสไฟฟ้าไหลวนภายในร่างกายตามปกติเหมือนที่ได้รับจากแหล่งกำเนิดสนามแม่เหล็กที่อยู่ในชีวิตประจำวัน[7]

การสัมผัสกับสนามแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นเวลานานอาจส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิต โดยสถาบันการวิจัยมะเร็งนานาชาติ (International Agency for Research on Cancer) หรือ IARC เป็นหน่วยงานในสังกัดองค์การอนามัยโลก ได้ประเมินว่าเป็นสารก่อมะเร็งในมนุษย์ [10] และอาจส่งผลกระทบด้านอื่นๆ เช่น การเกิดมะเร็งในวัยเด็ก[11,12] ความไวต่อการกระทำสิ่งต่างๆ ลดลง [13] ความเครียด [13] การพัฒนาของทารกในครรภ์ [14] เป็นต้น

ปัจจุบันการไฟฟ้านครหลวงได้มีการติดตั้งระบบส่งจ่ายไฟฟ้าตามมาตรฐานและควบคุมสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กตามที่องค์การอนามัยโลก (World Health Organization : WHO) กำหนด ซึ่งได้ร่วมกับหน่วยงาน International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP) ทำการวิจัยและพัฒนาด้านความปลอดภัยและสิ่งแวดล้อมเกี่ยวกับสนามแม่เหล็กไฟฟ้าโดยกำหนดระดับที่ประชาชนสามารถสัมผัสได้อย่างปลอดภัยไว้ [7] ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ค่าจำกัดสูงสุดของสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก 50 Hz

สถานที่	ระยะเวลา	สนามแม่เหล็ก	สนามไฟฟ้า
สถานประกอบการ	ตลอดชั่วโมงการทำงาน	5,000mG	10kV/m
สาธารณะ	ตลอดเวลา	1,000mG	5kV/m

หมายเหตุ : 1 kV=1,000V และ 1,000mG=1G

2.9 มาตรฐานระยะห่างที่ปลอดภัยของการไฟฟ้า

ระยะห่างสายกับอาคาร/ป้ายโฆษณา มาตรฐานระยะห่างในแนวนอนที่ปลอดภัย ระหว่างอาคาร/สิ่งปลูกสร้าง หรือป้ายโฆษณา กับสายไฟฟ้าแรงสูงมีการกำหนดไว้ดังตารางที่ 2.2 [8]

ตารางที่ 2.2 ระยะห่างสายกับอาคาร/ป้ายโฆษณา

ขนาดแรงดันไฟฟ้า (kV)	ระยะห่างจากสายไฟฟ้าในแนวนอนไม่น้อยกว่า (เมตร)	
	อาคาร/ระเบียง	ป้ายโฆษณา
12-24	1.80	1.50
69	2.13	1.80
115	2.30	2.30

หมายเหตุ :ระยะดังกล่าวไม่ครอบคลุมการทำงานนอกอาคารหรือระเบียงเปิด อาจมีการยื่นวัตถุออกนอกตัวอาคาร ซึ่งจะต้องเป็นไปตามมาตรฐานระยะห่างที่ปลอดภัยสำหรับการทำงานหรือจะต้องมีการหุ้มหรือคลุมสายเพื่อความปลอดภัย

ตารางที่ 2.3 ระดับแรงดันไฟฟ้าเทียบกับอาคาร

ระดับความสูงของสายไฟฟ้า	แรงดันไฟฟ้า (kV)
อาคารชั้นที่ 2-3	12-24
อาคารชั้นที่ 4-5	69-115
อาคารชั้น 6 ขึ้นไป	230

2.10 ระเบียบวิธีไฟไนท์โอลิเมนต์

ระเบียบวิธีไฟไนท์โอลิเมนต์เป็นระเบียบวิธีเชิงตัวเลขเพื่อใช้คำนวณหาผลเฉลยโดยประมาณของปัญหาที่อยู่ในรูปสมการเชิงอนุพันธ์ โดยแบ่งรูปร่างขอบเขตของปัญหาออกเป็นโอลิเมนต์ แล้วสร้างสมการของแต่ละโอลิเมนต์ให้สอดคล้องกับสมการเชิงอนุพันธ์

ระเบียบวิธีไฟไนท์โอลิเมนต์แบบ 2 มิติ เริ่มจากการแบ่งรูปร่างของปัญหาออกเป็นพื้นที่หลายๆส่วนที่เรียกว่าโอลิเมนต์ โดยที่การกระจาย และแรงภายในของแต่ละโอลิเมนต์ ณ จุดที่โอลิเมนต์ต่อโอยกันจะต้องเข้ากันได้และสมดุล ถ้าพิจารณาแบบ 2 มิติอาจอยู่ในรูปลักษณะของสามเหลี่ยมและสี่เหลี่ยมด้านไม่เท่าก็ได้ โดยค่าผลเฉลยโดยประมาณที่มีจำนวนที่นับได้ที่คำนวณออกมานั้นจะมีความแม่นยำขึ้นอยู่กับขนาด และจำนวนโอลิเมนต์ที่ใช้ในการแก้ปัญหานั้นสมการของแต่ละโอลิเมนต์จะประกอบกันเป็นระบบสมการของระบบ ห่างแบ่งออกเป็นโอลิเมนต์ย่อยๆ จะประกอบด้วย n จุดต่อทำให้เกิดสมการรวม ได้ดังสมการที่ (2.59)

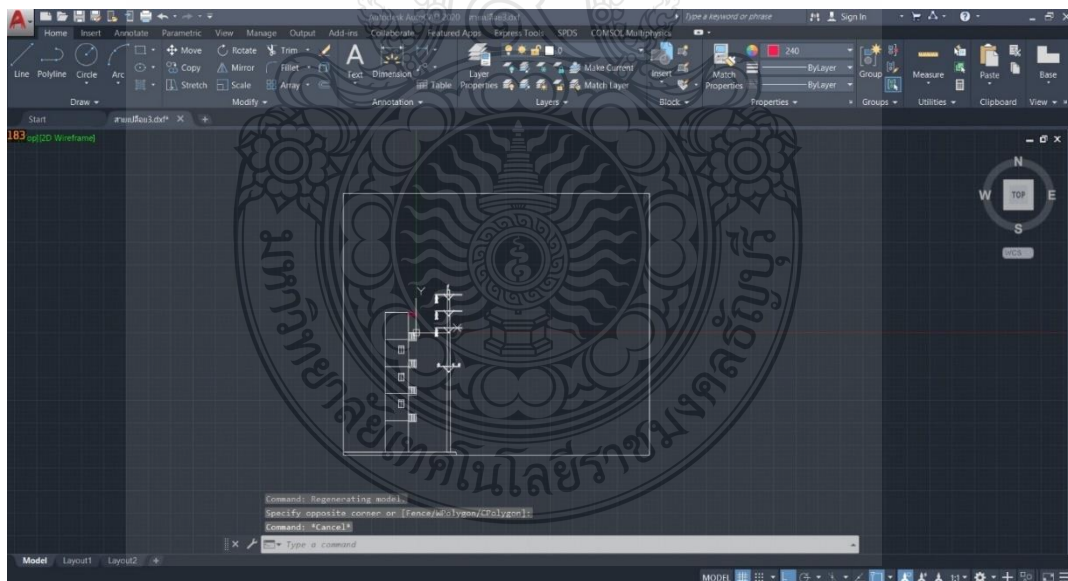
$$\begin{bmatrix} K_{11} & K_{12} & K_{13} & \cdots & K_{1n} \\ K_{21} & K_{22} & K_{23} & \cdots & K_{2n} \\ K_{31} & K_{32} & K_{33} & \cdots & K_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ K_{n1} & K_{n2} & K_{n3} & \cdots & K_{nn} \end{bmatrix}_{\text{sys}(nxn)} \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \\ u_3 \\ \vdots \\ u_n \end{bmatrix}_{\text{sys}(nx1)} = \begin{bmatrix} f_1 \\ f_2 \\ f_3 \\ \vdots \\ f_n \end{bmatrix}_{\text{sys}(nx1)} \quad (2.59)$$

สมการที่ (2.59) เป็นคุณสมบัติของเมทริกซ์สมมาตร คือการจับกลุ่มกันของค่าที่ไม่เท่ากับศูนย์จากคุณสมบัติของสมการสมมาตรนี้เป็นประโยชน์อย่างมากในการคำนวณ เนื่องจากจำนวนจุดต่อของอีลิเมนต์มีจำนวนมากทำให้การคำนวณรวดเร็วมากยิ่งขึ้นและมีความถูกต้องสูง

2.11 โปรแกรม Comsol Multiphysics

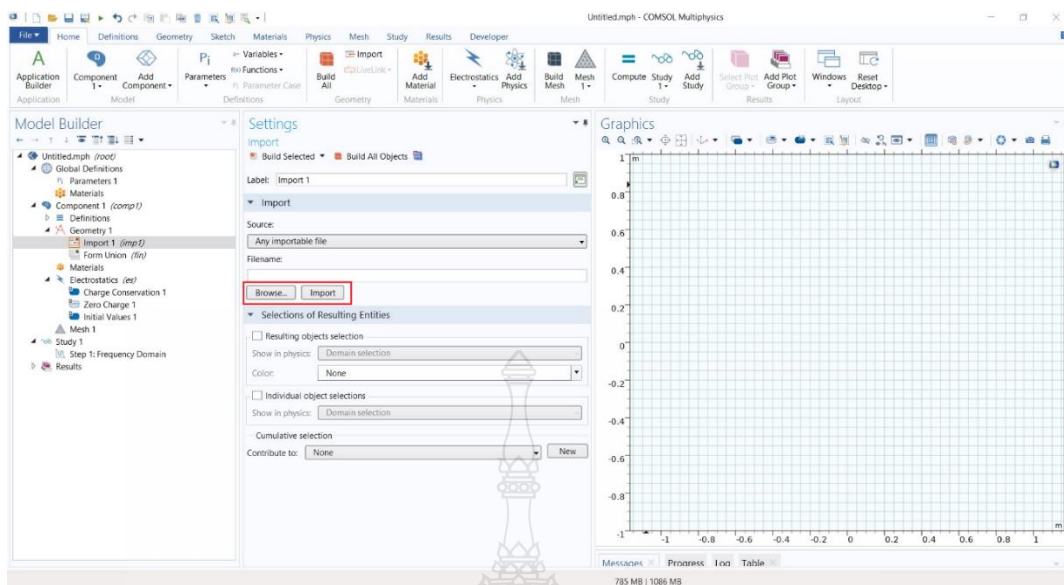
โปรแกรม Comsol Multiphysics เป็นซอฟต์แวร์พื้นฐานการคำนวณด้วยระเบียบวิธีไฟไนท์อีลิเมนต์ ใช้ในการจำลอง (Simulation) และออกแบบ (Design) ปัญหาต่างๆเชิงฟิสิกส์เสมือนจริง ซึ่งการประมวลผลมีความยืดหยุ่นสูงกับการใช้งานและการกำหนดเงื่อนไขจึงสามารถนำไปใช้งานได้หลากหลายสาขา

2.11.1 การออกแบบจำลองเพื่อวิเคราะห์ค่าสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กสามารถใช้โปรแกรม Auto cad มาร่วมด้วยดังรูปที่ 2.9



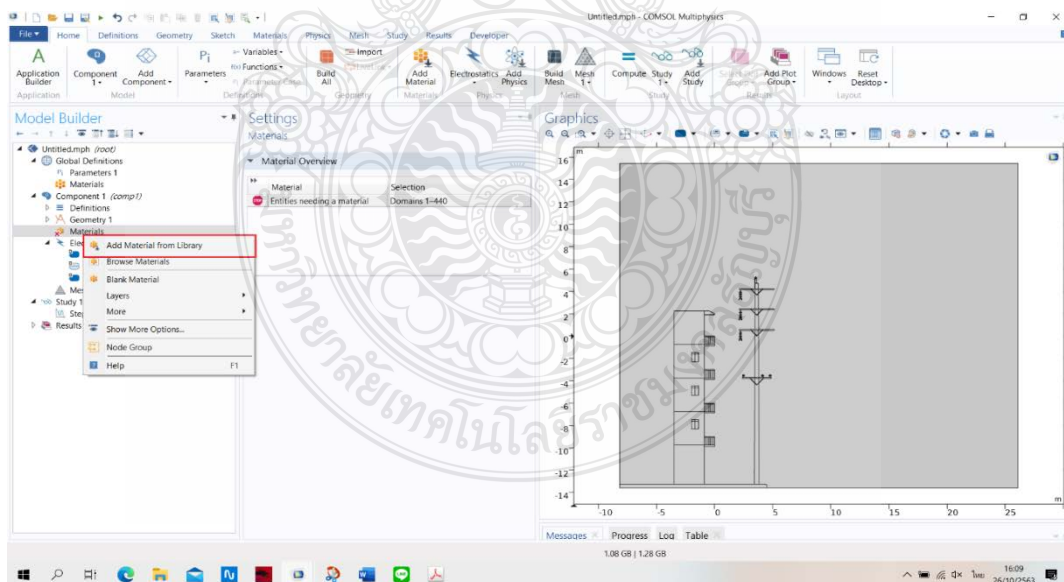
รูปที่ 2.9 การออกแบบจำลองเพื่อวิเคราะห์ค่าสนามไฟฟ้า และสนามแม่เหล็กด้วยโปรแกรม Auto Cad

2.11.2 หลักจากออกแบบจำลองทำการนำไฟล์จากโปรแกรม Auto Cad เข้ามาในโปรแกรม Comsol Multiphysics เพื่อทำการตั้งค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในแบบจำลองดังรูปที่ 2.9



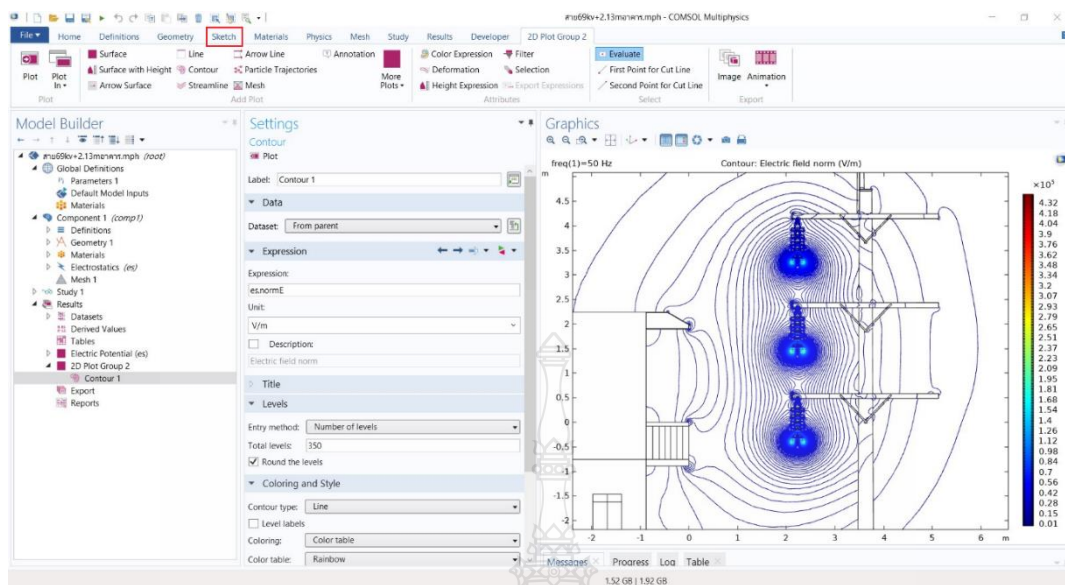
รูปที่ 2.10 วิธีการนำไฟล์จากโปรแกรม Auto Cad เข้ามาในโปรแกรม Comsol Multiphysics

2.11.3 หลังจากนำไฟล์จากโปรแกรม Auto Cad เข้ามาในโปรแกรม Comsol Multiphysics ต่อจากนั้นเลือกติดตั้งค่าพารามิเตอร์ต่างๆ เช่น ชนิดของวัสดุ สายไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า แรงดัน เป็นต้น ดังรูปที่ 2.11

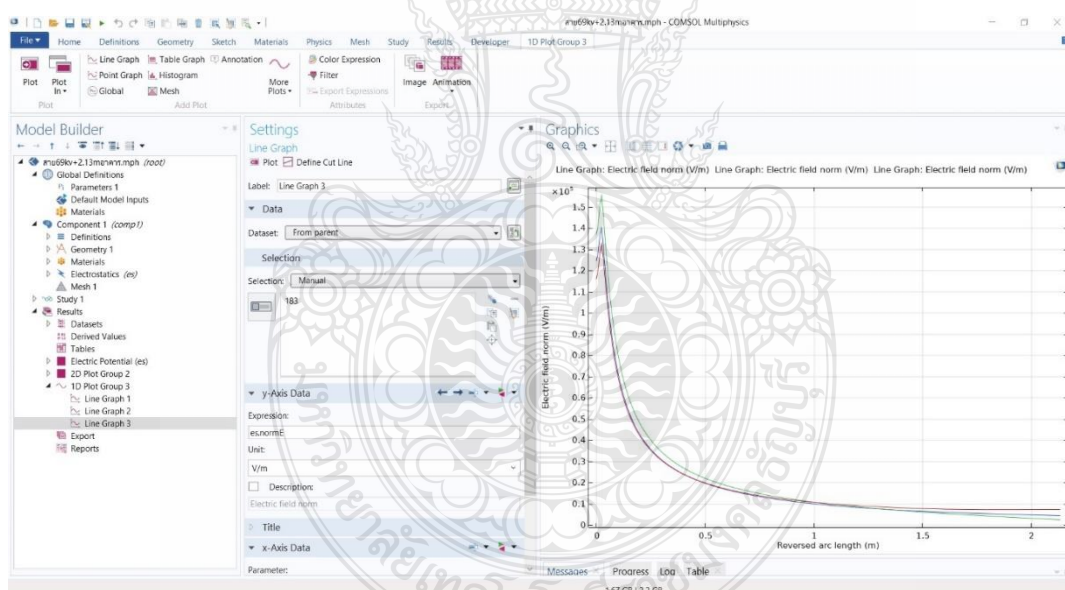


รูปที่ 2.11 วิธีการตั้งค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ เพื่อนำไปวิเคราะห์สนามไฟฟ้า และสนามแม่เหล็ก

2.11.4 เมื่อทำการกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ เรียบร้อยแล้วจึงเริ่มดำเนินการ กด Run Simulation ดังรูปที่ 2.12 เมื่อโปรแกรมจำลองเสร็จสิ้นสามารถเลือกแสดงกราฟได้ดังรูปที่ 13



รูปที่ 2.12 วิธีการจำลองค่าสนามไฟฟ้า และสนามแม่เหล็ก



รูปที่ 2.13 วิธีการเลือกแสดงกราฟในโปรแกรม Comsol Multiphysics

บทที่ 3

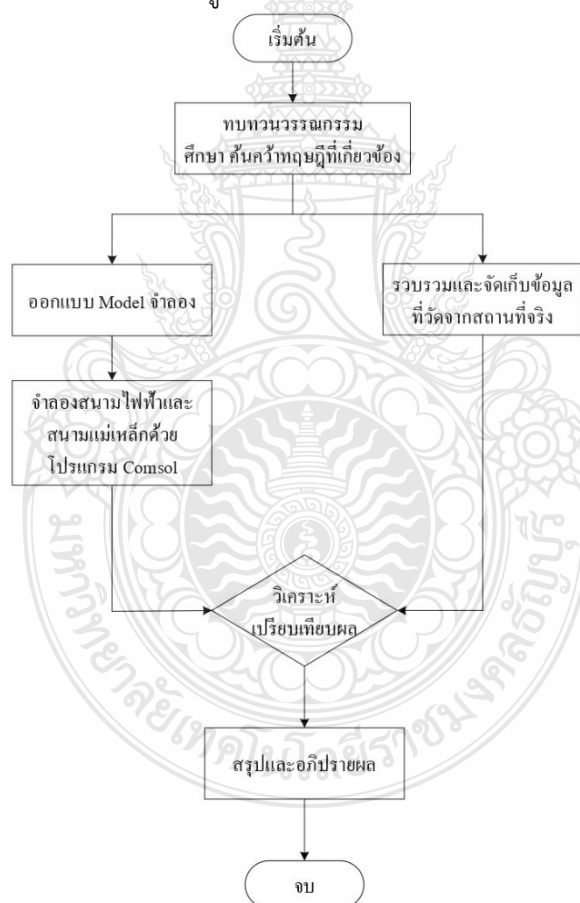
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 บทนำ

งานวิจัยนี้เป็นนำเสนอการวิเคราะห์ผลกระทบของสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กต่อผู้อยู่อาศัยในเขตส่งจ่ายไฟฟ้าแรงสูงด้วยโปรแกรม Comsol Multiphysics และผลการวัดค่าจริงสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

3.2 ขั้นตอนดำเนินการวิจัย

ภาพรวมของการดำเนินงานวิจัย สามารถสรุปเป็นขั้นตอนต่างๆ ได้ตามแผนภูมิแสดงขั้นตอน (Flow Chart) ซึ่งแสดงรายละเอียดได้ดังรูปที่ 3.1



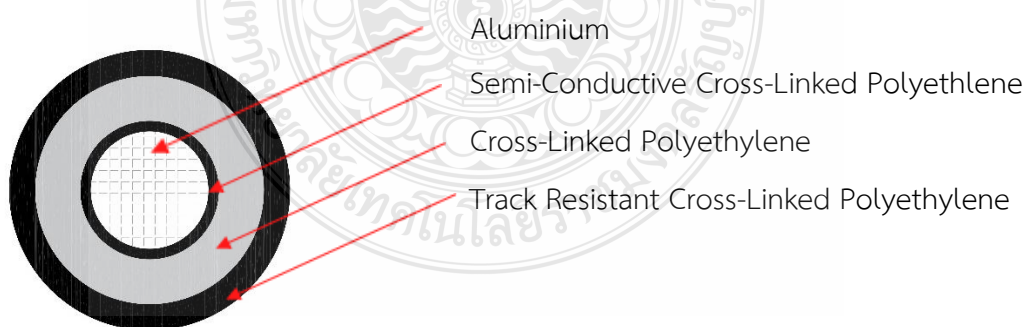
รูปที่ 3.1 ขั้นตอนดำเนินการวิจัย

3.3 ข้อมูลของสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กที่ใช้ในการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการนำเสนอสนามแม่เหล็ก และสนามไฟฟ้ากับระยะปลอดภัยของสายไฟฟ้าซึ่งอากาศที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตที่ระดับแรงดัน 24 kV ขึ้นไป และเปรียบเทียบเปรียบเทียบผลการจำลองและข้อมูลจริงของค่าสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กแรงดัน 24 kV ร่วมกับแรงดัน 69 kV สำหรับงานวิจัยนี้ได้กำหนดให้ระบบมีความถี่ 50 Hz และสมมติให้สายส่งแรงดันเดียวเป็นสาย All Aluminum Spaced Aerial Cable , SAC โดยจะจำลองสายไฟฟ้าซึ่งอากาศห่างจากระเบียงอาคารเป็นแบบ 2 มิติ ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปโดยจำกัหนดค่าพารามิเตอร์ดังนี้



รูปที่ 3.2 ตัวอย่างสายไฟฟ้าซึ่งอากาศใกล้กับระเบียงอาคาร



รูปที่ 3.3 ลักษณะของสายไฟฟ้า All Aluminum Spaced Aerial Cable, SAC



รูปที่ 3.4 ลักษณะของสายไฟฟ้า All Aluminum Spaced Aerial Cable, SAC

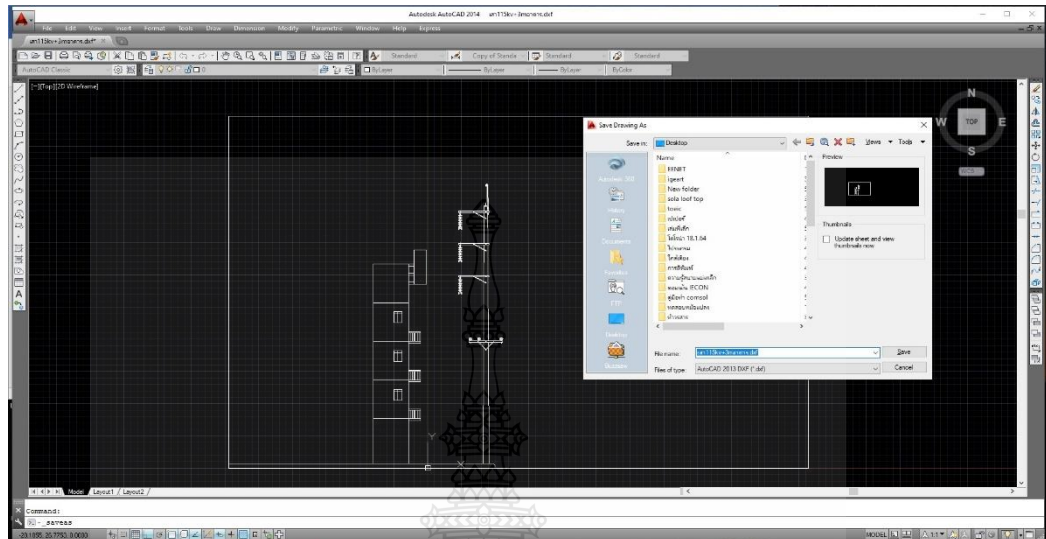
ตารางที่ 3.1 ค่าพารามิเตอร์สำหรับแบบจำลองสายไฟฟ้าซึ่งอากาศกับระเบียงอาคาร

No.	Materials	Relative Permittivity	Electric Conductivity [S/m]
1	Air	1	0
2	Aluminum	1	3.77×10^7
3	Semi-conductive Cross-linked polyethylene compound	2.25	2
4	Cross-linked polyethylene (XLPE)	2.25	1×10^{-18}
5	Concrete	4.5	1
6	Insulator	6	1×10^{-14}
7	Glass	3.75	1×10^{-14}
8	Iron	3.8	4.032×10^6

3.4 การออกแบบสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก ด้วยโปรแกรม Comsol Multiphysics

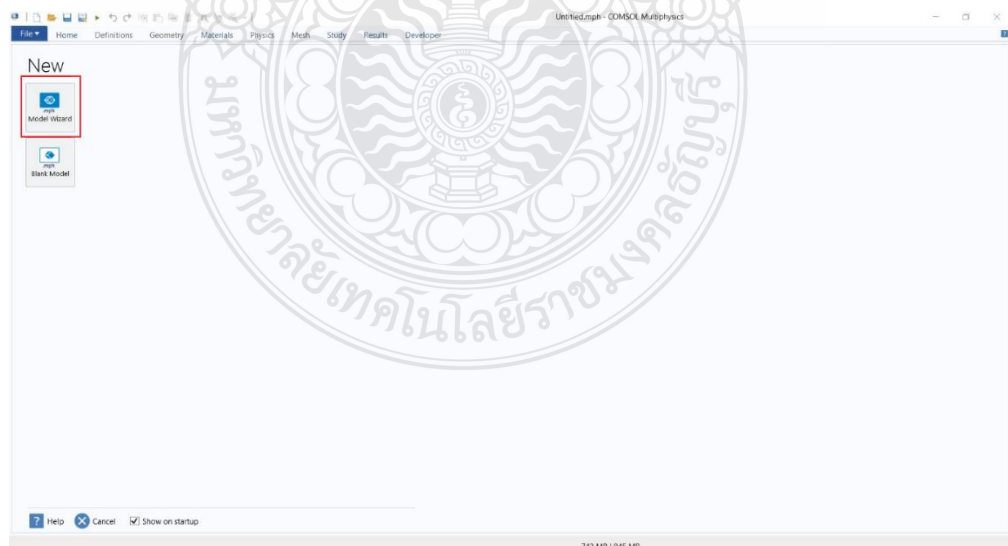
การออกแบบจำลองสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้านั้น ต้องทำการศึกษารายละเอียดต่าง ๆ หลายส่วนและการออกแบบด้วยโปรแกรม Comsol Multiphysics ซึ่งเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปเป็นซอฟต์แวร์บนพื้นฐานการคำนวณด้วยระเบียบวิธี Finite Element ที่เป็นที่นิยมใช้กันมากในหมู่วิศวกร ใช้ในการจำลอง (Simulation) และออกแบบ (Design) ปัญหาต่าง ๆ เชิงฟิสิกส์อย่างเสมือนจริง สามารถมองเห็นความเป็นไปของกลไกต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่นการแพร่กระจายของสนามไฟฟ้า ในระบบที่ทดลองออกแบบขึ้นมา ซึ่งปกติจะมองไม่เห็นด้วยตา เป็นการทดลองแก้ปัญหาหรือออกแบบในคอมพิวเตอร์ที่สะดวก อีกทั้งยังประหยัดเวลาและงบประมาณซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ทำการสร้างแบบจำลองโดยใช้โปรแกรม Auto Cad เมื่อได้แบบจำลองตามที่ต้องการแล้วเซฟเป็นไฟล์ (*.dxf) ดังรูปที่ 3.5



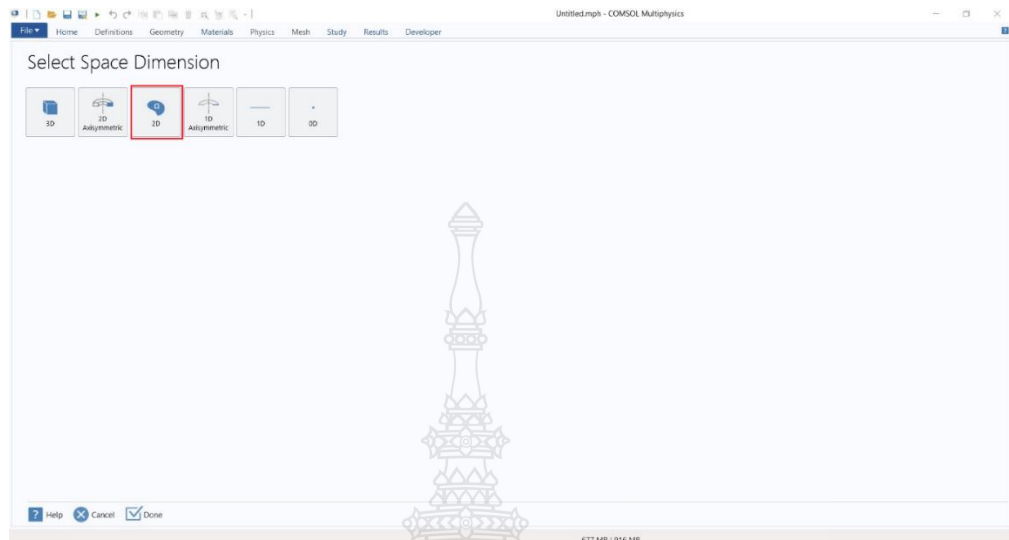
รูปที่ 3.5 แบบจำลองระบบไฟฟ้าชิงอากาศ โดยโปรแกรม Auto Cad

ขั้นตอนที่ 2 ทำการเปิดโปรแกรม Comsol Multiphysics แล้วจะปรากฏหน้าต่างดังรูปที่ 3.6 จากนั้นทำการเลือกแบบจำลอง (Select Space Dimension) ซึ่งจะเลือกจำลองเป็นแบบ 2 มิติดังรูปที่ 3.7 และเลือกวิเคราะห์ (Select Physics) สนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กดังรูปที่ 3.8 และ 3.9



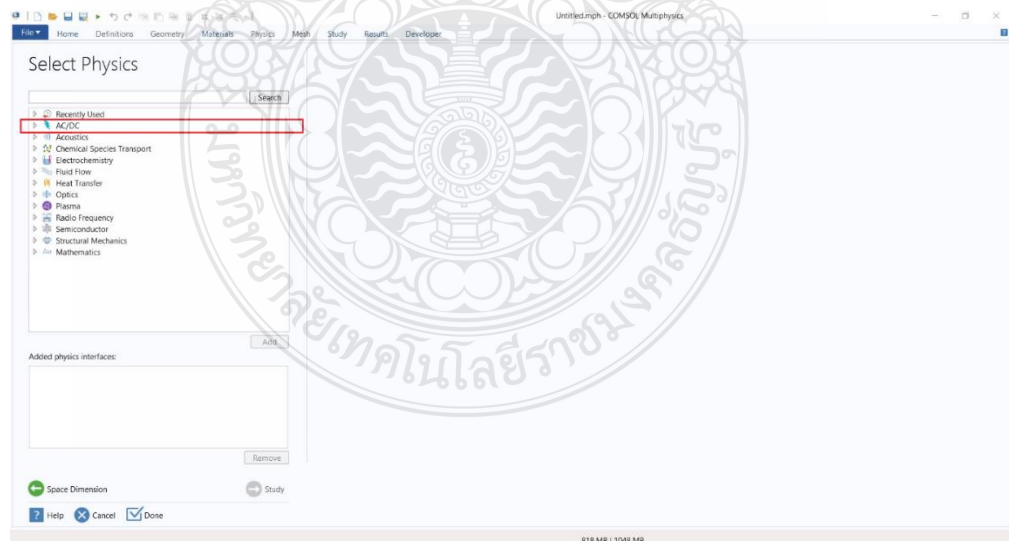
รูปที่ 3.6 เปิดโปรแกรม Comsol Multiphysics

จากรูปที่ 3.6 การเปิดโปรแกรม Comsol Multiphysics เพื่อทำการจำลองค่าสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก



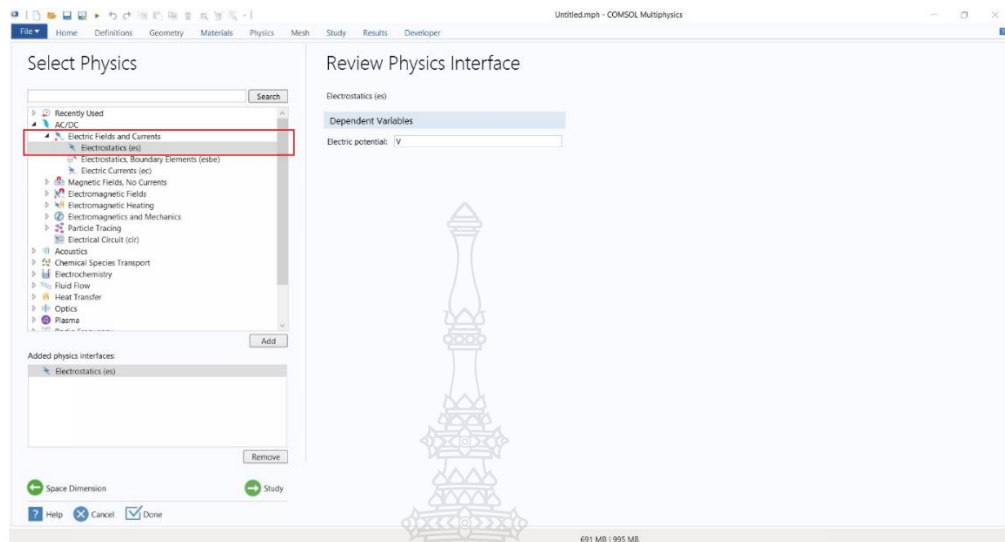
รูปที่ 3.7 เลือกจำลอง 2 มิติ

จากรูปที่ 3.7 ทำการเลือกแบบจำลอง (Select Space Dimension) โดยเลือกเป็นการจำลอง 2 มิติ



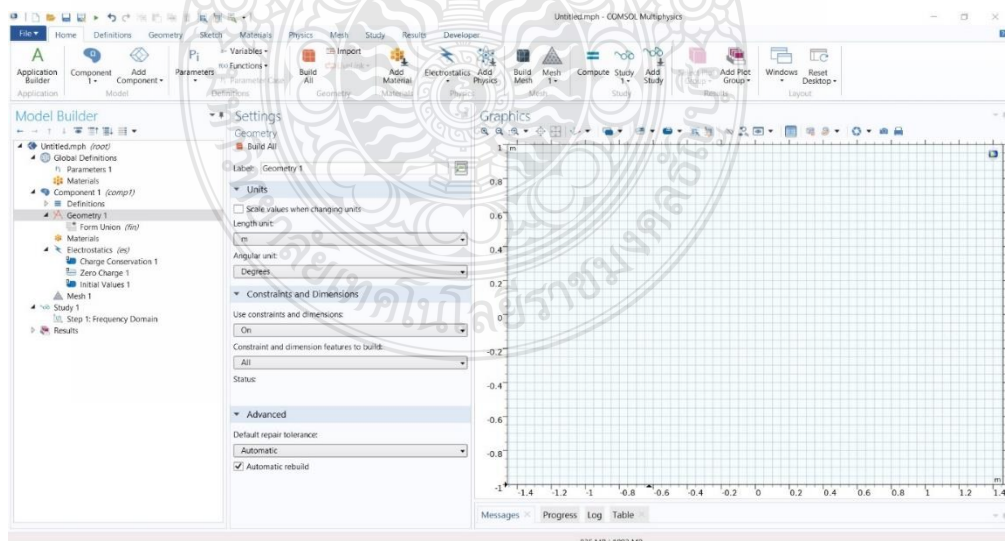
รูปที่ 3.8 การเลือกวิเคราะห์ Select Physics

จากรูปที่ 3.8 การเลือกวิเคราะห์ Select Physics โดย โหมด AC/DC จะเป็นการ อินเทอร์เฟซ ใช้ในการคำนวณสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก

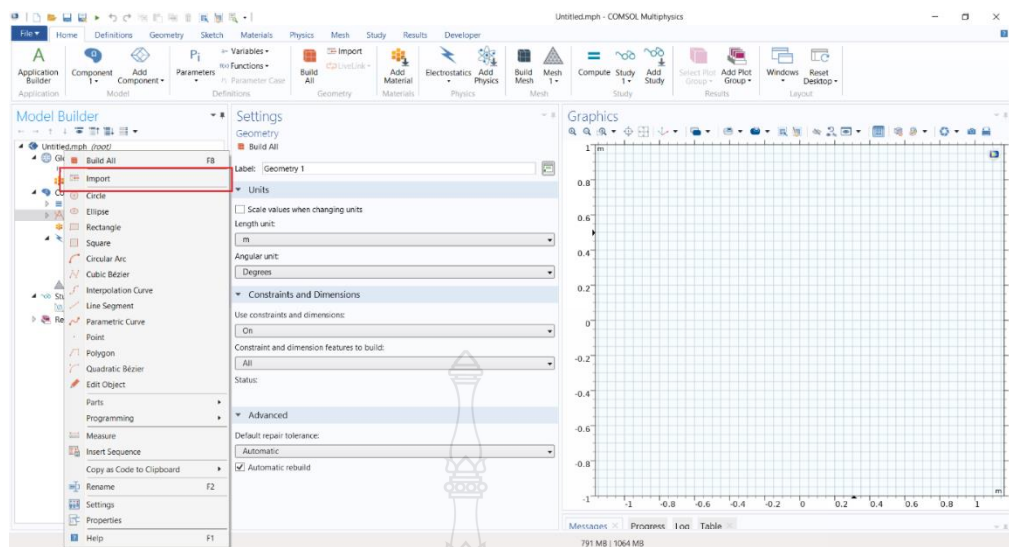


รูปที่ 3.9 การเลือกแบบจำลอง Select Physics

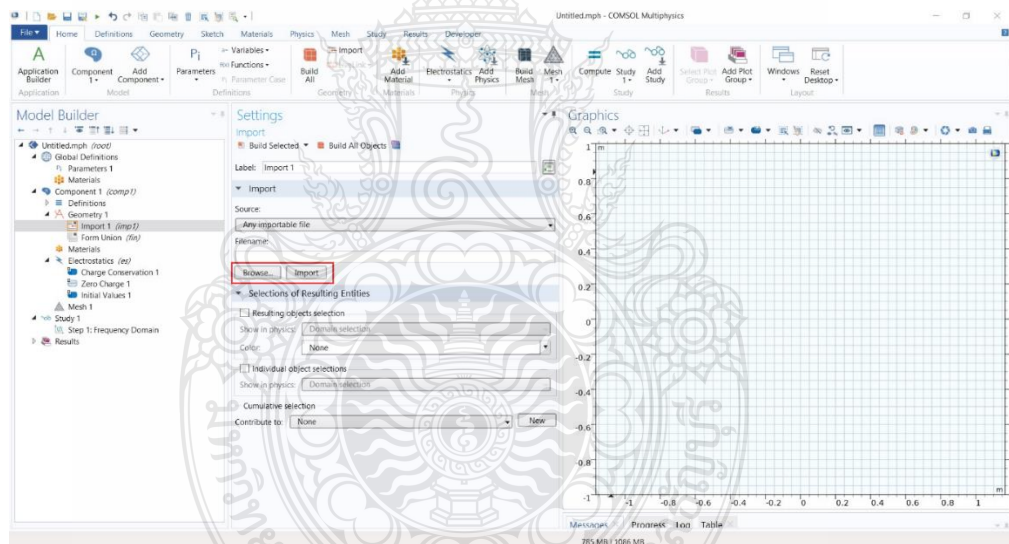
ขั้นตอนที่ 3 ทำการ Import ไฟล์ Auto Cad ที่ออกแบบข้างต้นเข้ามาในโปรแกรม Comsol Multiphysics โดยทำการคลิกขวาที่ Geometry เลือก Import ซึ่งจะปรากฏตามภาพที่ 3.10 3.11 และ 3.12



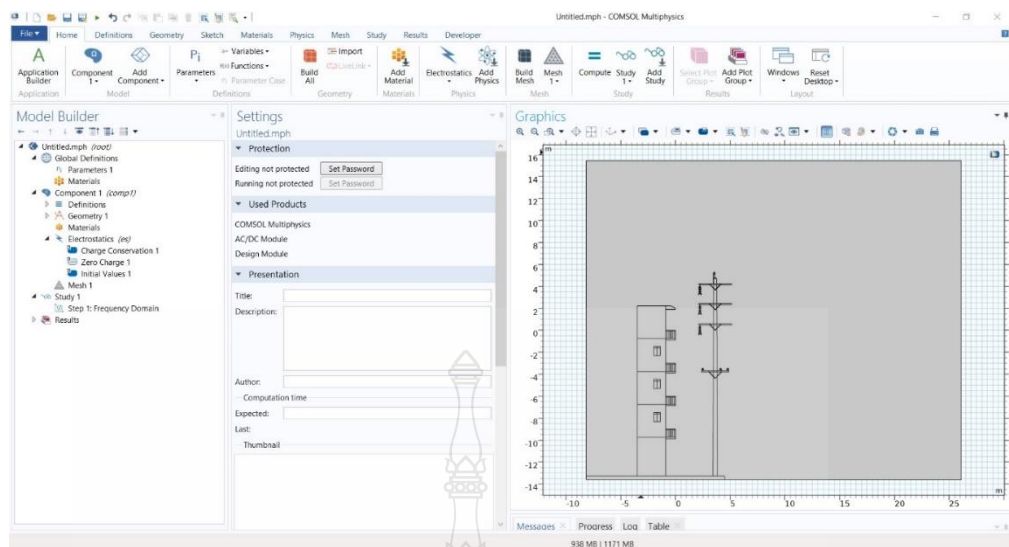
รูปที่ 3.10 การเลือกแบบจำลองลงในโปรแกรม Comsol Multiphysics



รูปที่ 3.11 การเลือกแบบจำลองลงในโปรแกรม Comsol Multiphysics

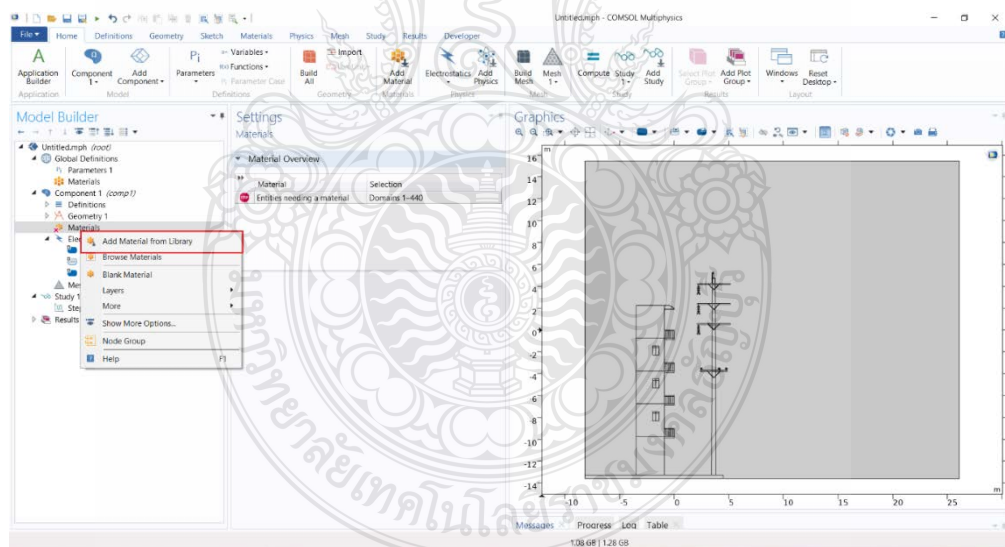


รูปที่ 3.12 การเลือกแบบจำลองลงในโปรแกรม Comsol Multiphysics



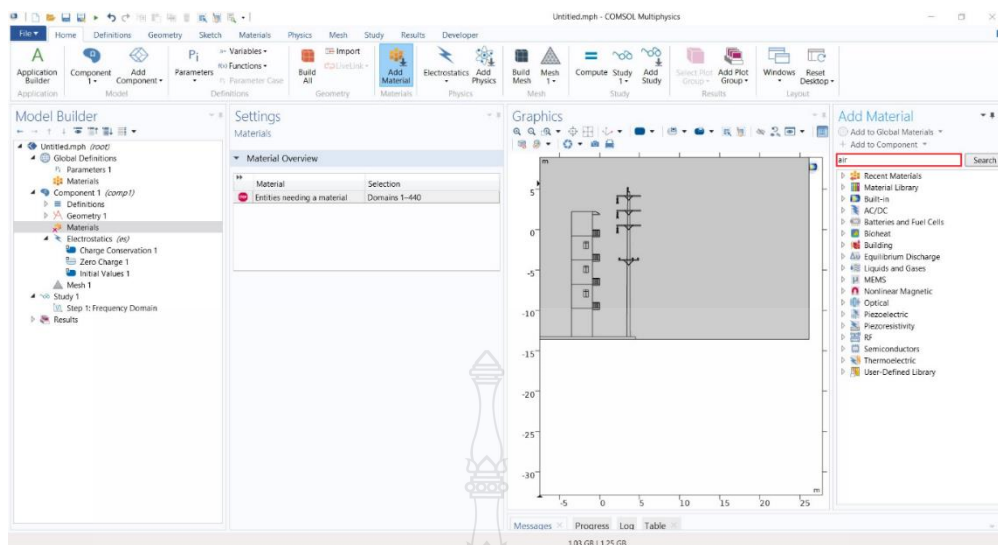
รูปที่ 3.13 การเลือกแบบจำลองลงในโปรแกรม Comsol Multiphysics

ขั้นตอนที่ 3 ทำการเพิ่มวัสดุตามโมเดลที่ทำการออกแบบและตั้งค่าวัสดุที่จะทำการวิเคราะห์
ซึ่งหน้าต่างจะปรากฏตามรูปที่ 3.14 3.15 และ 3.16



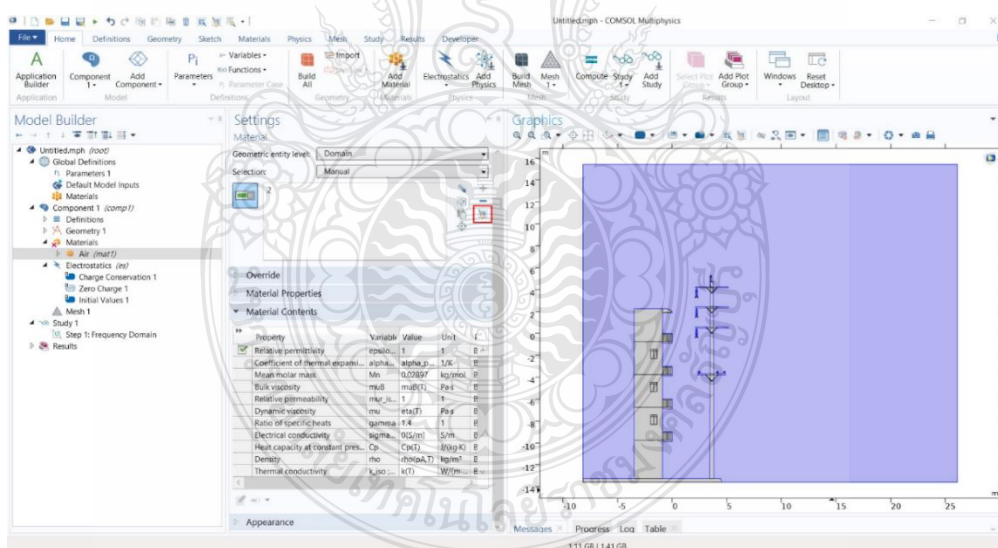
รูปที่ 3.14 การเพิ่มวัสดุของแบบจำลอง

จากรูปที่ 3.14 การเพิ่มวัสดุของแบบจำลอง โดยการคลิกขวาที่ Materials จากนั้นเลือก Add Materials from Library



รูปที่ 3.15 การเพิ่มวัสดุของแบบจำลอง

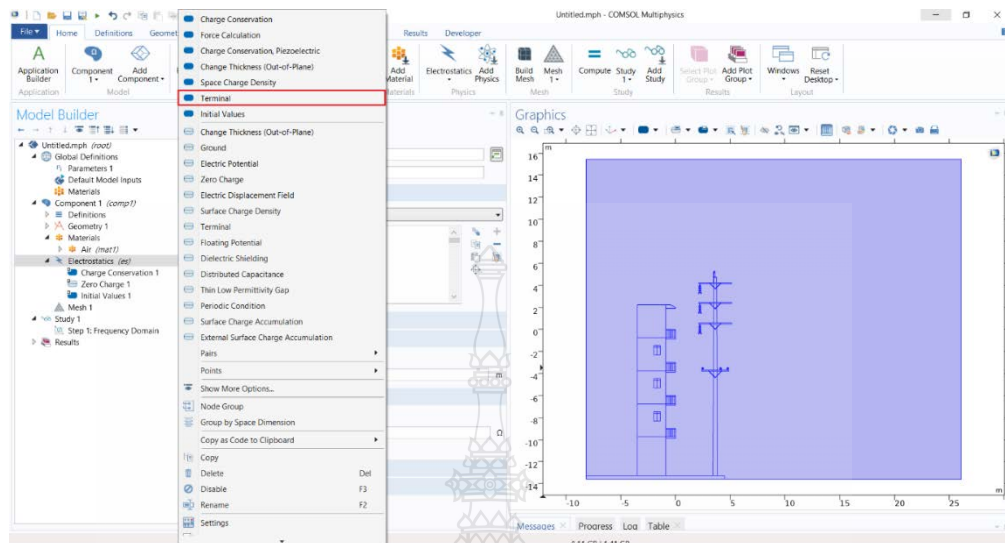
จากรูปที่ 3.15 การเพิ่มวัสดุของแบบจำลองตามโมเดลที่ทำการออกแบบเพื่อวิเคราะห์ค่าสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก เช่น อากาศ คอนกรีต อลูมิเนียม เป็นต้น



รูปที่ 3.16 การเพิ่มวัสดุของแบบจำลอง

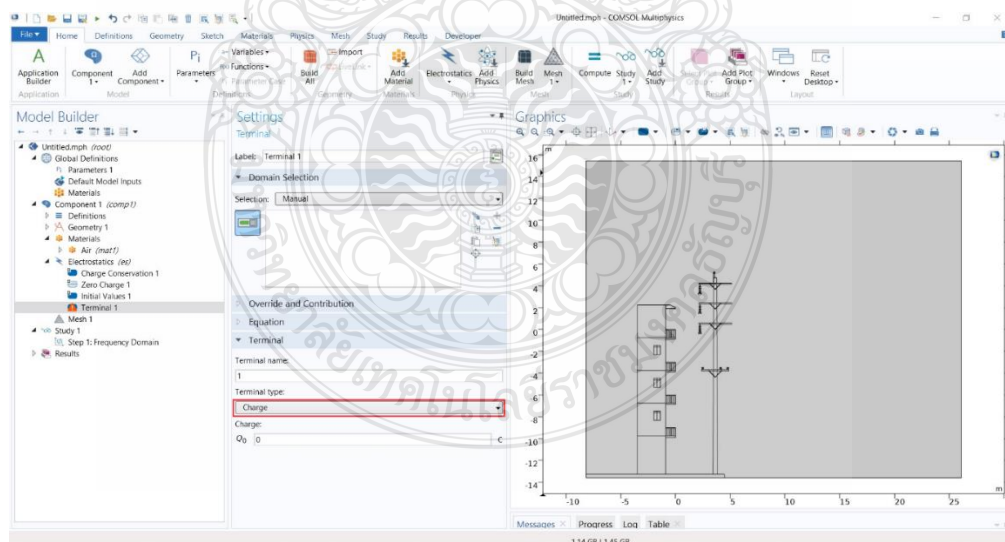
จากรูปที่ 3.16 ทำการเลือก Materials ให้ตรงกับวัสดุที่จำลอง เช่น วัสดุเป็นอากาศ เลือกแบบจำลองที่ออกแบบเป็นอากาศ เมื่อเลือกผิดสามารถกด Clear Selection เพื่อเลือกแบบจำลองใหม่

ขั้นตอนที่ 4 ทำการตั้งค่าการจำลองหาค่าสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้า Electrostatics



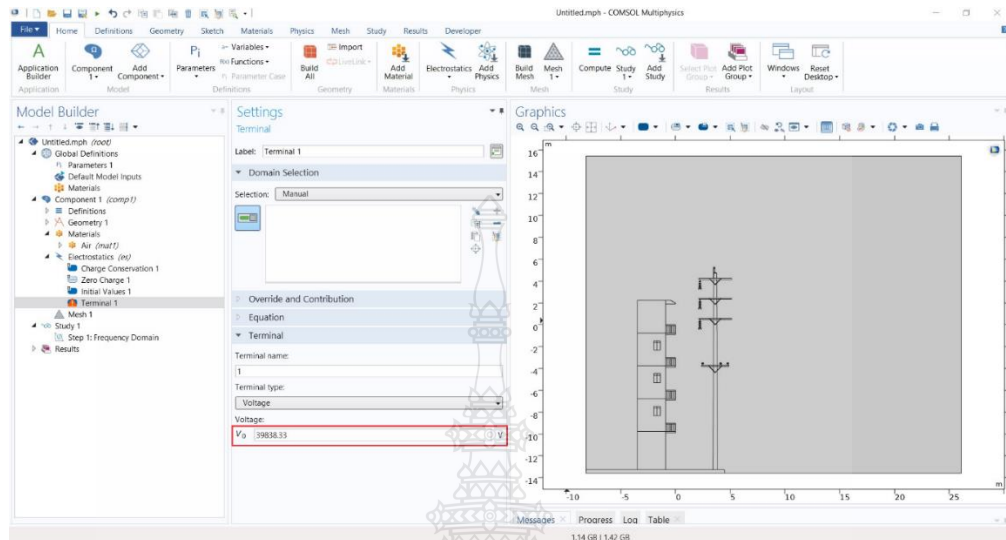
รูปที่ 3.17 การตั้งค่าการจำลองสนามไฟฟ้า

จากรูปที่ 3.17 การจำลองค่าสนามไฟฟ้า โดยการคลิกขวา Electrostatics (es) เลือก Terminal เพื่อใส่ค่าจำลองค่าสนามไฟฟ้า



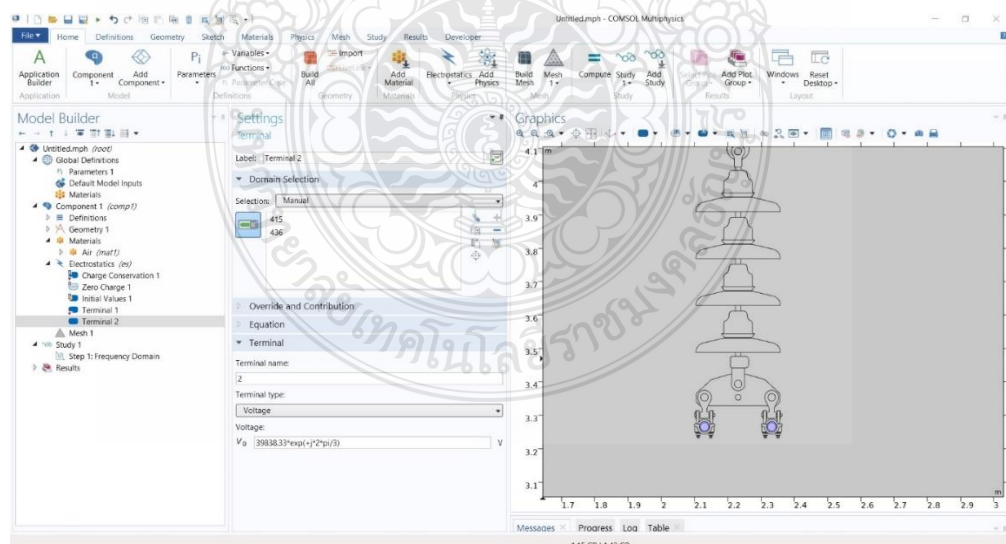
รูปที่ 3.18 การตั้งค่าการจำลองสนามไฟฟ้า

จากรูปที่ 3.18 การตั้งค่าการจำลองสนามไฟฟ้าต้องใส่ค่าการจำลองที่ถูกต้องเพื่อผลลัพธ์ที่
ของจริงมากที่สุด



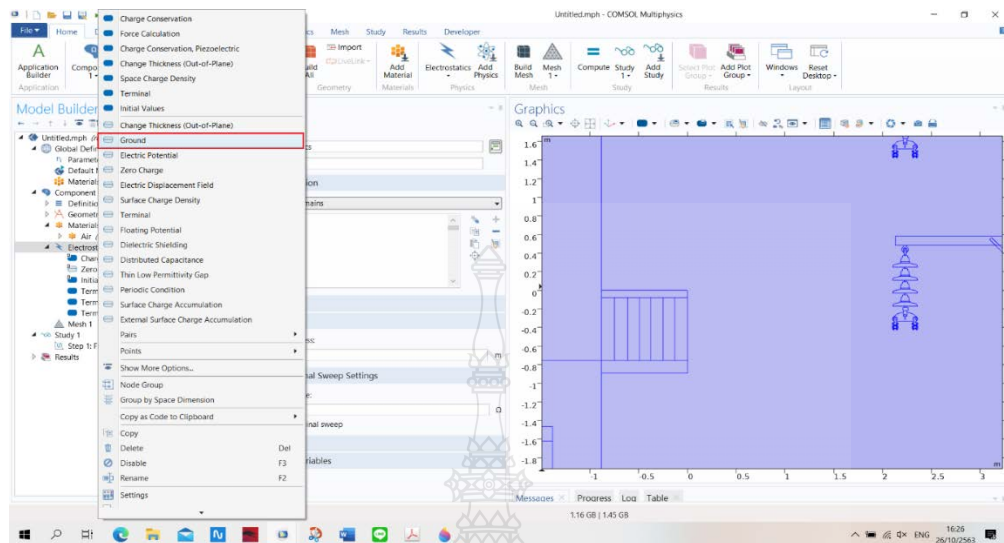
รูปที่ 3.19 การตั้งค่าการจำลองสนามไฟฟ้า

จากรูปที่ 3.19 ทำการตั้งค่าการจำลองสนามไฟฟ้าและใส่ค่าแรงดันที่ทำการวิเคราะห์ตามที่
ออกแบบ



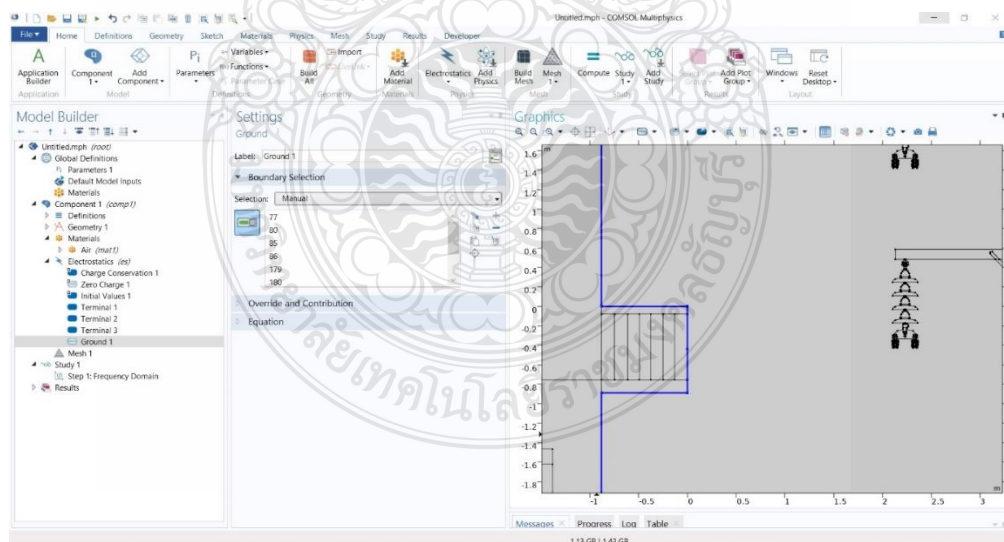
รูปที่ 3.20 การตั้งค่าการจำลองสนามไฟฟ้า

จากรูปที่ 3.20 ทำการตั้งค่าการจำลองสนามไฟฟ้าและใส่ค่าแรงดันที่ทำการวิเคราะห์ตามทีออกแบบ



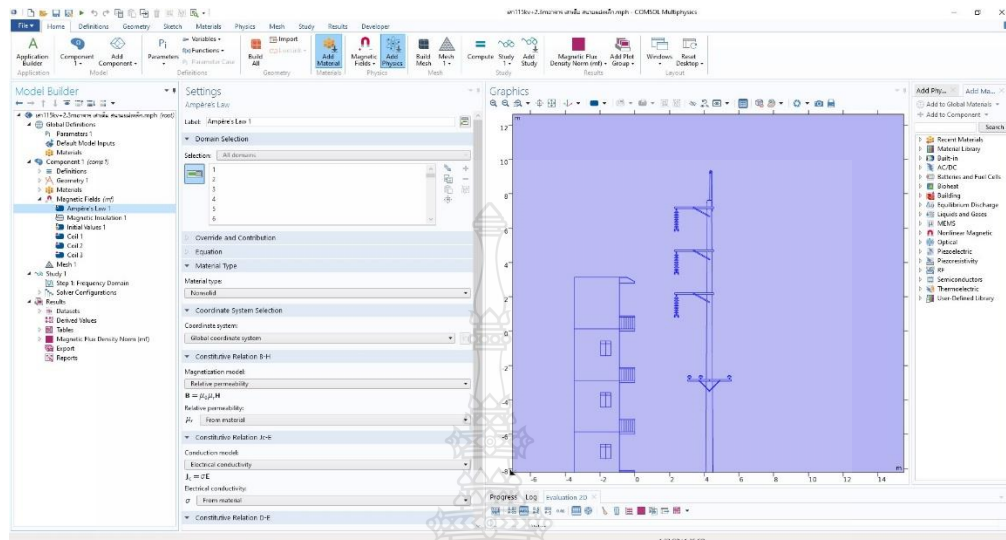
รูปที่ 3.21 การตั้งค่าการจำลองสนามไฟฟ้า

จากรูปที่ 3.21 การตั้งค่าการจำลองสนามไฟฟ้าโดยการคลิกขวา Electrostatics (es) เลือก Ground เพื่อใส่ค่าจำลองค่าสนามไฟฟ้า

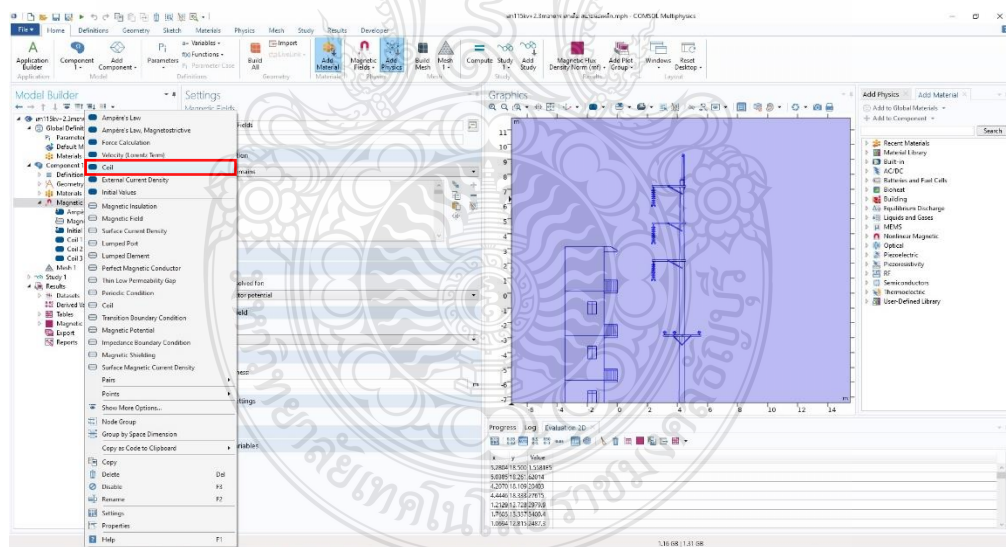


รูปที่ 3.22 การตั้งค่าการจำลองสนามไฟฟ้า

จากรูปที่ 3.22 การตั้งค่าการจำลองสนามไฟฟ้าโดยการใส่ค่า Ground เพื่อจำลองค่าสนามไฟฟ้า

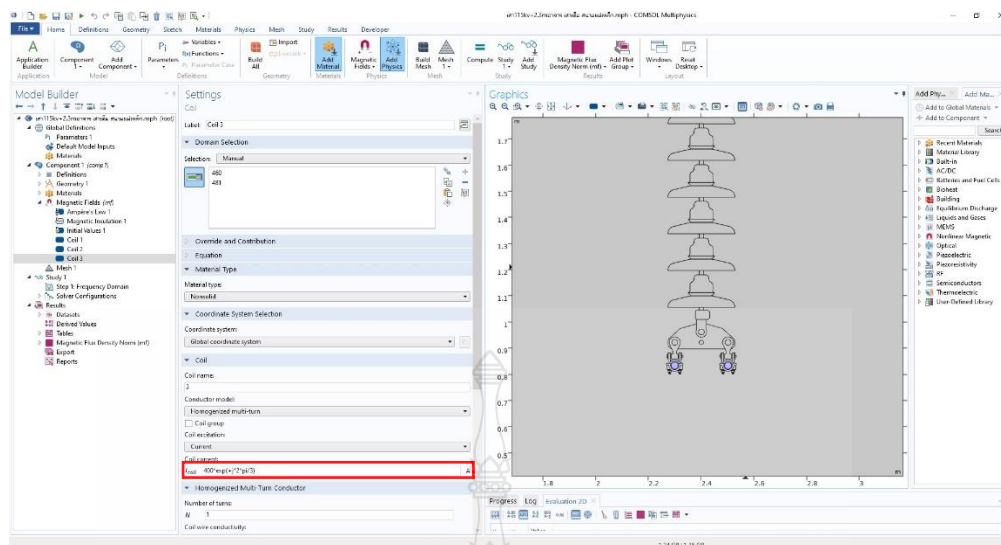


รูปที่ 3.23 การตั้งค่าการจำลองสนามแม่เหล็ก



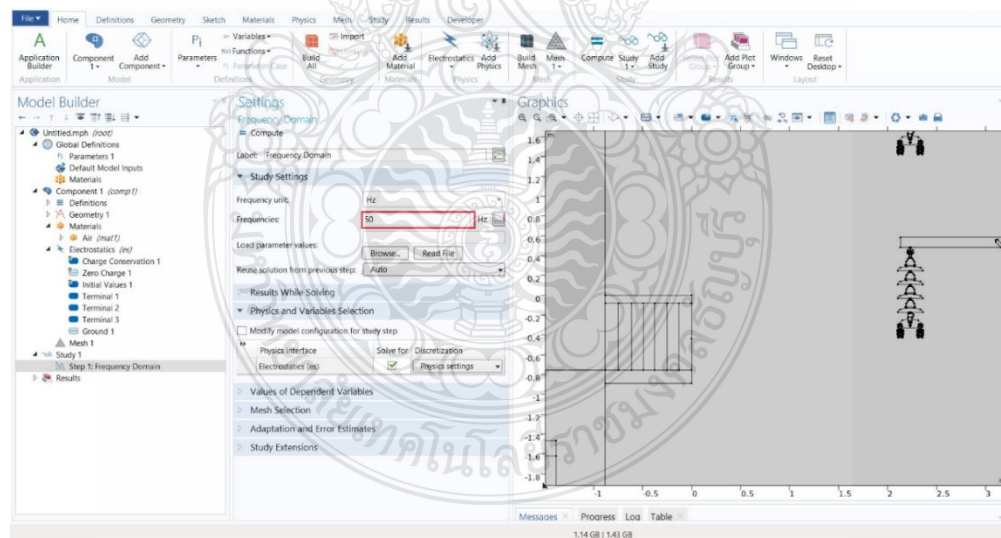
รูปที่ 3.24 การตั้งค่าการจำลองสนามแม่เหล็ก

จากรูปที่ 3.24 การจำลองค่าสนามแม่เหล็ก โดยการคลิกขวา Magnetic (mf) เลือก Coil เพื่อใส่ค่าจำลองค่าสนามแม่เหล็กตามทีออกแบบ



รูปที่ 3.25 การตั้งค่าการจำลองสนามแม่เหล็ก

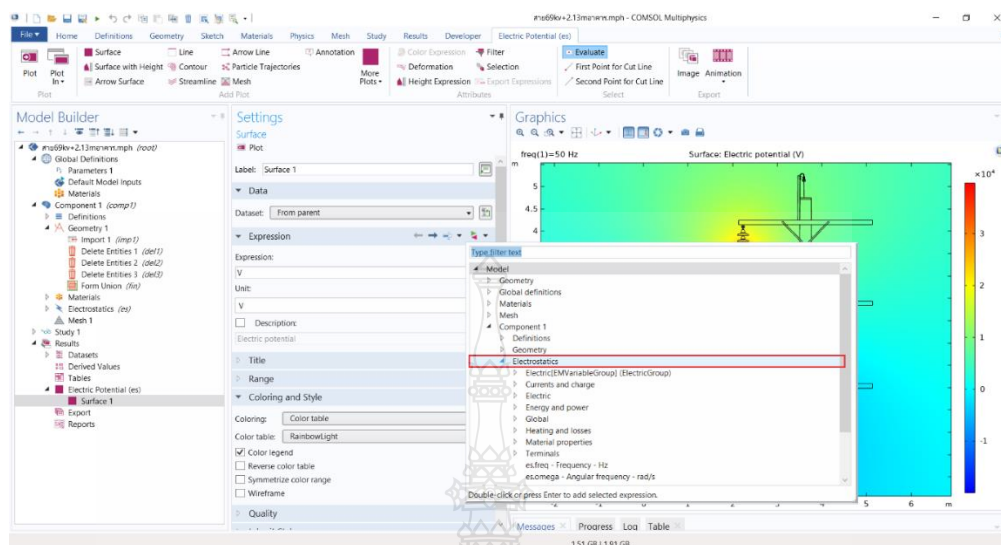
จากรูปที่ 3.25 ทำการตั้งค่าการจำลองสนามแม่เหล็กและใส่ค่ากระแสที่ทำการวิเคราะห์ตามที่ออกแบบ



รูปที่ 3.26 การตั้งค่าความถี่ของระบบ

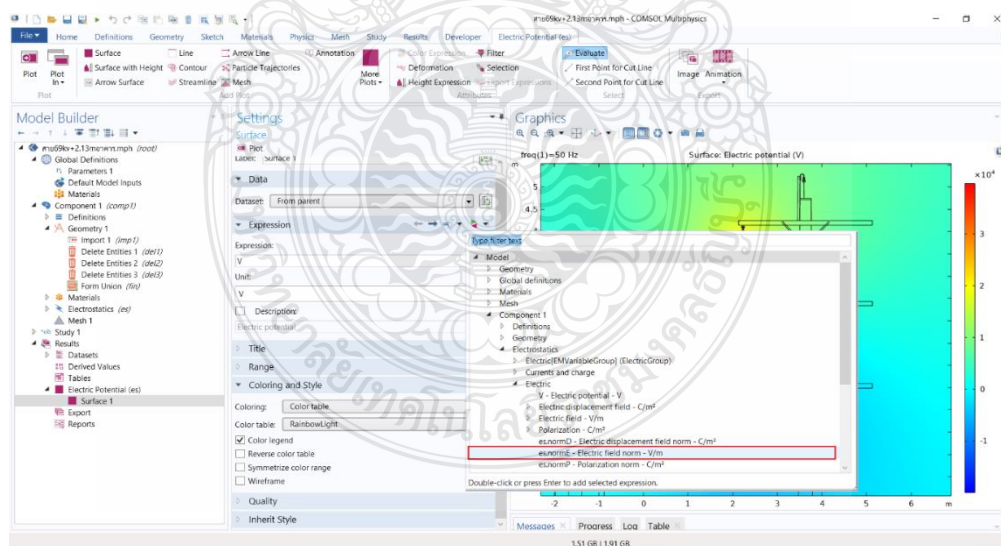
จากรูปที่ 3.26 หลังจากตั้งค่าการจำลองสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก คลิก Study เลือก Frequency Domain จากนั้นเลือกความถี่ที่ทำการวิเคราะห์

ขั้นตอนที่ 5 ทำการจำลองผลค่าสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก



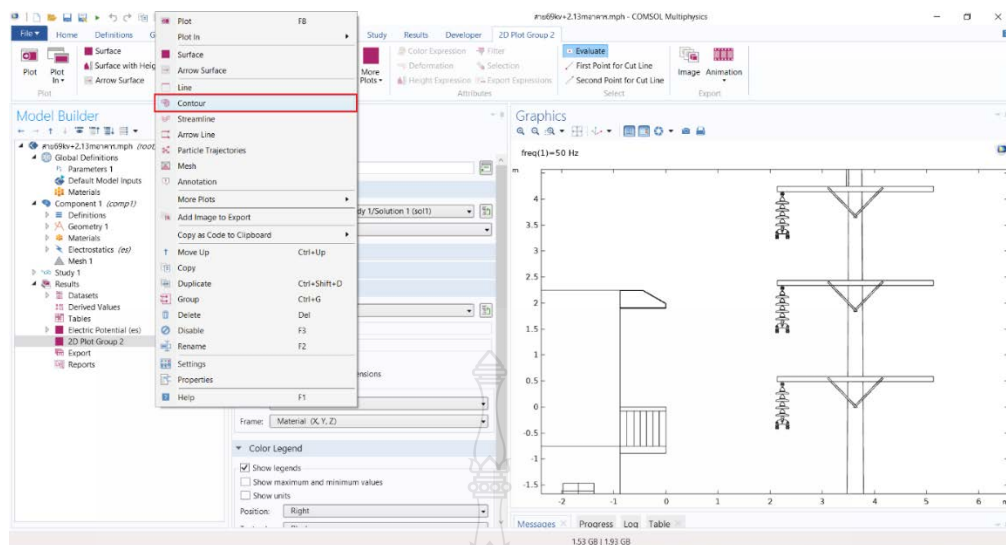
รูปที่ 3.27 การจำลองผลสนามไฟฟ้า

จากรูปที่ 3.27 การจำลองผลสนามไฟฟ้าเลือก Results เลือก Surface กดมุมขวา Expression เลือก Electrostatics เพื่อวิเคราะห์สนามไฟฟ้า



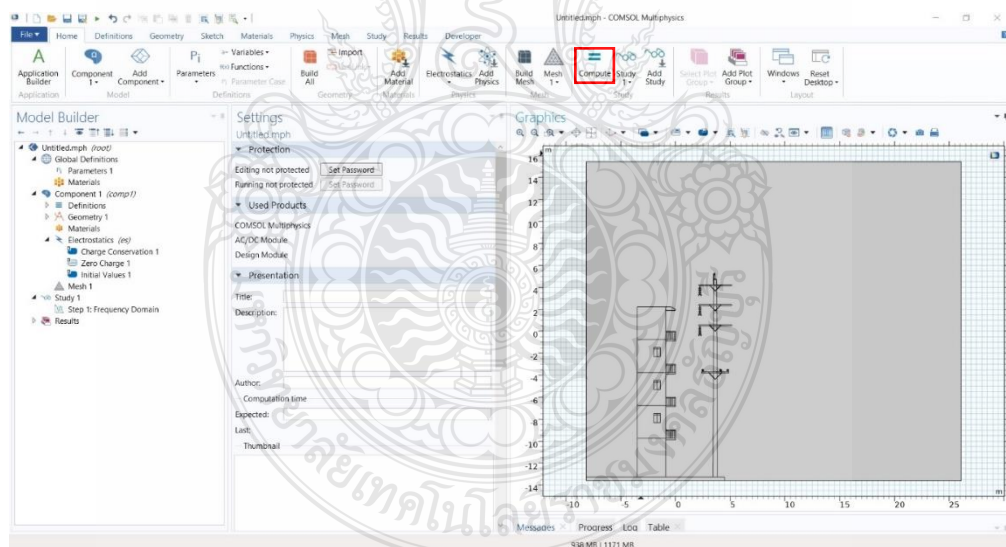
รูปที่ 3.28 การจำลองผลสนามไฟฟ้า

จากรูปที่ 3.28 การจำลองผลสนามไฟฟ้าคลิก Electrostatics เลือก es.normE-Electric field norm-V/m เพื่อวิเคราะห์สนามไฟฟ้า



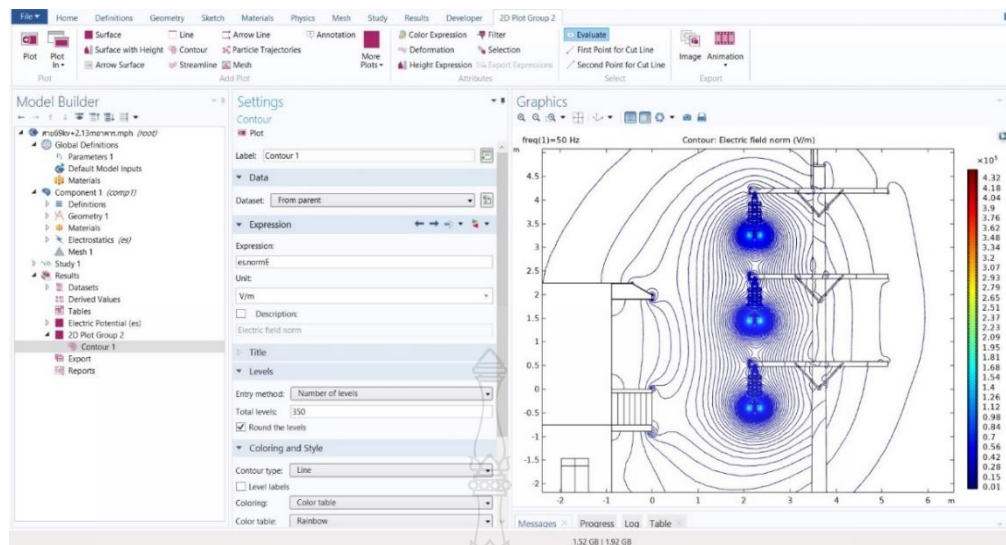
รูปที่ 3.29 การจำลองผลสนามไฟฟ้า

จากรูปที่ 3.29 การจำลองผลสนามไฟฟ้า คลิกขวา Electric Potential (es) เลือก Contour เพื่อวิเคราะห์ค่าสนามไฟฟ้า

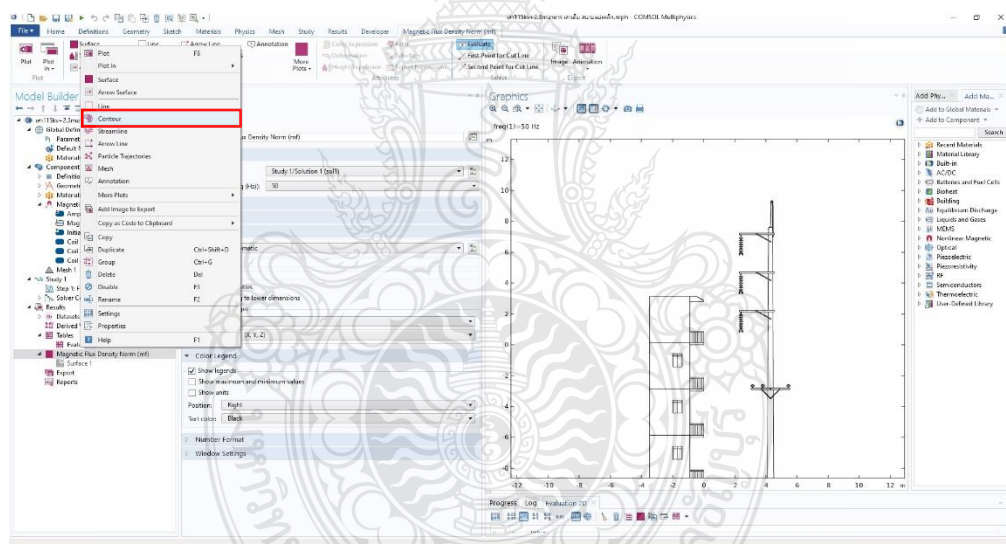


รูปที่ 3.30 การจำลองผลสนามไฟฟ้า

จากรูปที่ 3.30 หลังจากเลือกการจำลองผลสนามไฟฟ้าเสร็จสิ้น กด Compute เพื่อดูผลวิเคราะห์

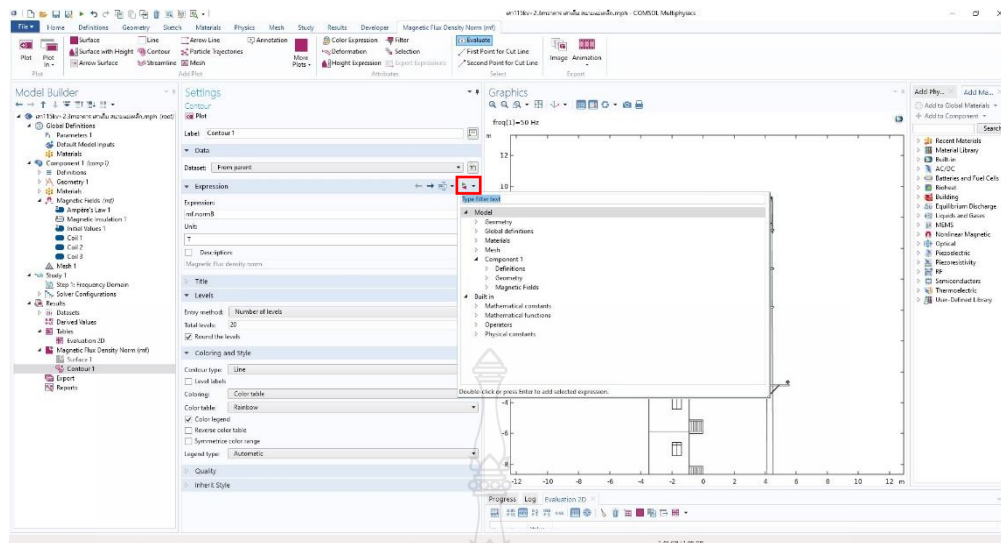


รูปที่ 3.31 ผลการจำลองค่าสนามไฟฟ้า



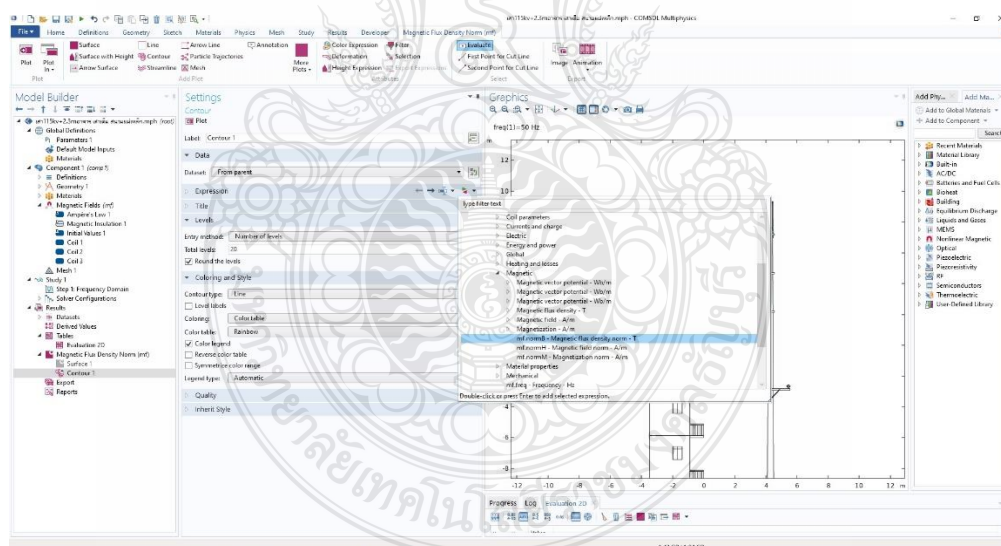
รูปที่ 3.32 การจำลองผลสนามแม่เหล็ก

จากรูปที่ 3.32 การจำลองผลสนามแม่เหล็ก คลิกขวา Magnetic Flux Density Norm (mf) เลือก Contour เพื่อวิเคราะห์ค่าสนามไฟฟ้า



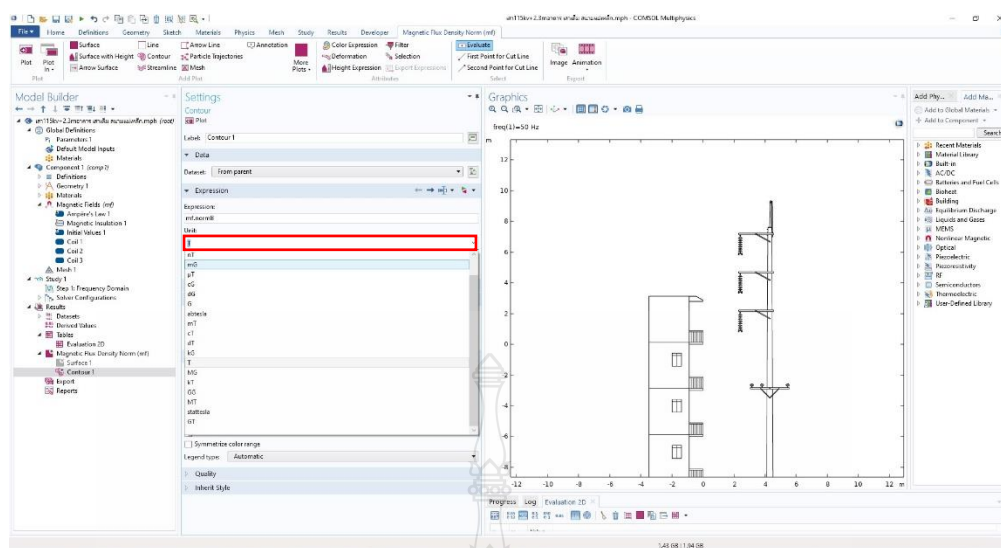
รูปที่ 3.33 การจำลองผลสนามแม่เหล็ก

จากรูปที่ 3.33 การจำลองผลสนามแม่เหล็กเลือก Results เลือก Contour กดมุมขวา Expression เลือก Magnetic Fields เพื่อวิเคราะห์สนามแม่เหล็ก



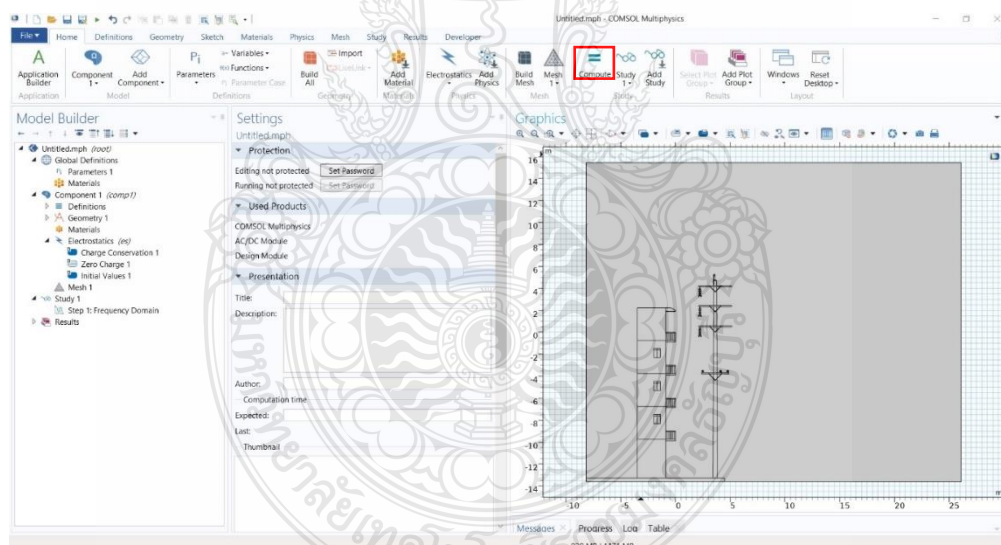
รูปที่ 3.34 การจำลองผลสนามแม่เหล็ก

จากรูปที่ 3.34 การจำลองผลสนามแม่เหล็กคลิก Magnetic Fields เลือก mf.normB-Magnetic flux density norm-T เพื่อวิเคราะห์สนามแม่เหล็ก



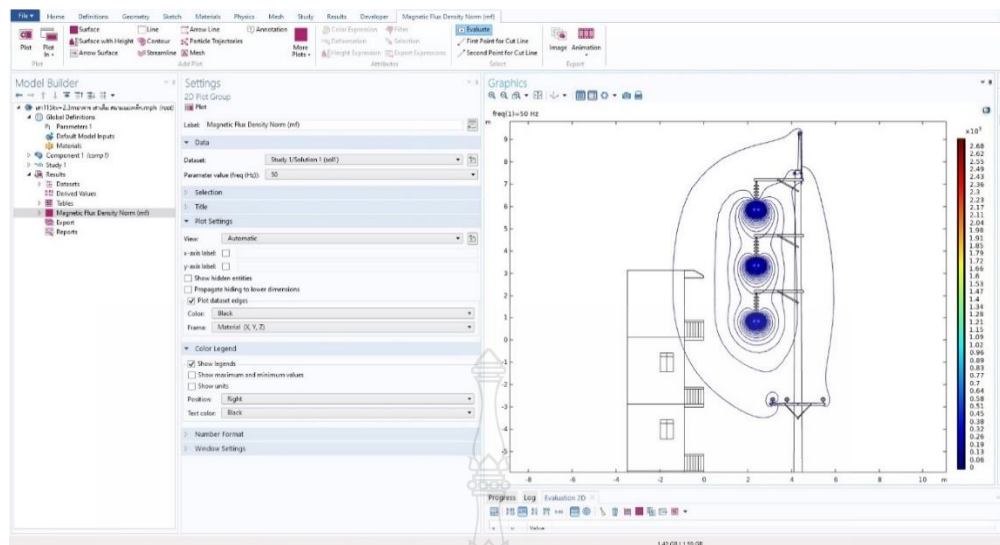
รูปที่ 3.35 การจำลองผลสนามแม่เหล็ก

จากรูปที่ 3.35 เลือกหน่วยที่ทำการวิเคราะห์สนามแม่เหล็ก เลือก Unit เลือกหน่วยที่ทำการวิเคราะห์



รูปที่ 3.36 การจำลองผลสนามแม่เหล็ก

จากรูปที่ 3.36 หลังจากเลือกการจำลองผลสนามแม่เหล็กเสร็จสิ้น กด Compute เพื่อดูผลวิเคราะห์



รูปที่ 3.37 ผลการจำลองค่าสนามแม่เหล็ก

3.5 การวัดค่าสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กของระบบไฟฟ้าชิงอากาศ

การวัดค่าสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กของระบบไฟฟ้าชิงอากาศในสถานที่จริงโดยการใช้เครื่องมือวัด คือ เครื่อง Tenmars TM-190 ดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.38 เครื่องมือวัดค่าสนามไฟฟ้า และสนามแม่เหล็ก Tenmars TM-190

3.6 สรุปวิธีการดำเนินงานวิจัย

จากการศึกษาวิเคราะห์ความเข้มของสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ของระบบไฟฟ้าแบบชิงอากาศ พิกัดแรงดัน 24 kV ขึ้นไป โดยชนิดสายตัวนำคือ All Aluminum Spaced Aerial Cable, SAC ชนิดหุ้มฉนวน Cross-Linked Polyethylene, XLPE กับสายเปลือยชนิด All Aluminium Conductor, AAC เปรียบเทียบกับค่าที่วัดได้จริงโดยใช้เครื่อง Tenmars TM-190 ที่พิกัดแรงดัน 24 kV ร่วมกับแรงดัน 69 kV เพื่อวิเคราะห์ระยะห่างที่ปลอดภัยของผู้พักอาศัยในเขตส่งจ่ายไฟฟ้าแรงสูง



บทที่ 4

ผลการวิจัยและการวิเคราะห์

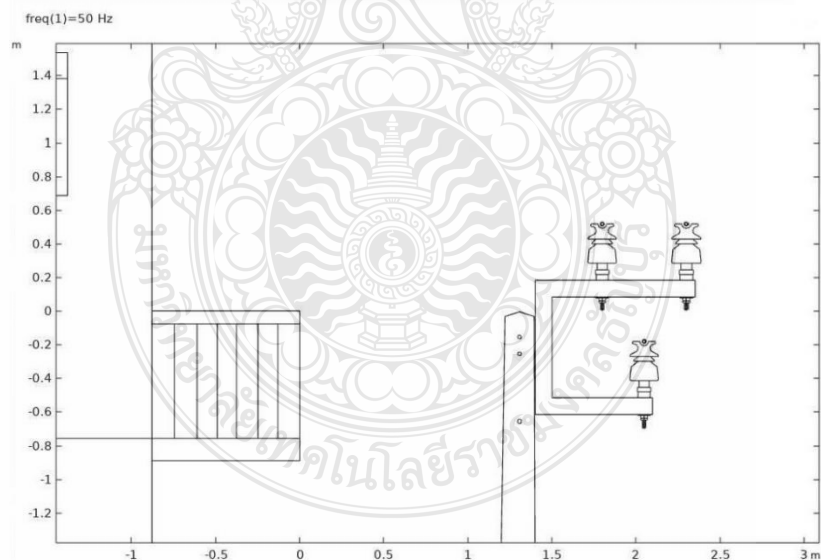
4.1 บทนำ

การจำลองผลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป และวิเคราะห์สนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กของระบบส่งจ่ายไฟฟ้าชิงอากาศ พิกัดแรงดัน 24 kV ขึ้นไป และเปรียบเทียบกับค่าวัดจริงโดยใช้เครื่อง Tenmars TM-190 ที่พิกัดแรงดัน 24 kV ร่วมกับแรงดัน 69 kV เพื่อศึกษาระยะความปลอดภัยของผู้อยู่อาศัยในเขตจ่ายไฟฟ้าแรงสูงและเปรียบเทียบกับข้อมูลที่วัดจริง เนื่องด้วยการสัมผัสกับสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กเป็นเวลานานอาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพได้ ซึ่งสามารถนำเสนอได้ดังนี้

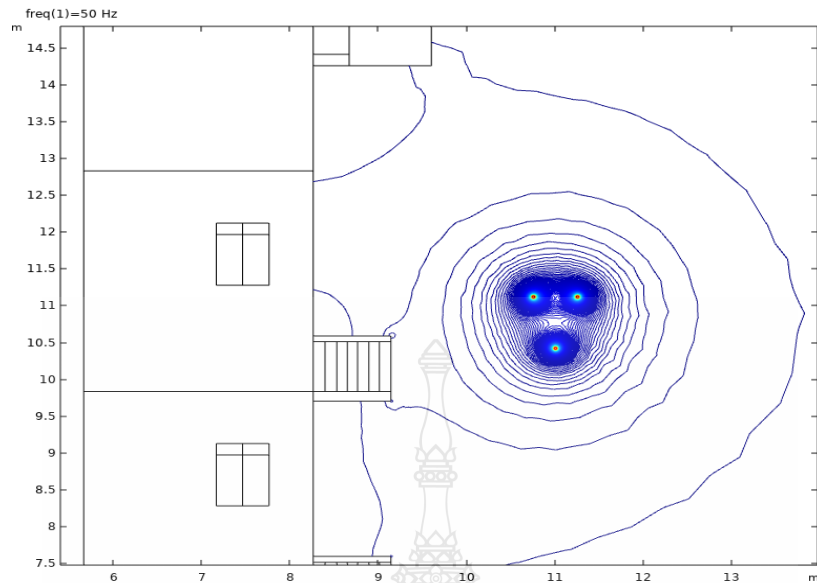
4.2 การวิเคราะห์สนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กของระบบสายไฟฟ้าชิงอากาศด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป

ข้อมูลจากโปรแกรมสำเร็จรูปที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ระยะความปลอดภัยของผู้อยู่อาศัยในเขตส่งจ่ายไฟฟ้าแรงสูงของสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก ที่พิกัดแรงดัน 24 kV ได้แก่

4.2.1 ผลของการจำลองค่าสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กของระบบสายไฟฟ้าชิงอากาศ พิกัดแรงดัน 24 kV รายละเอียดการจำลองสามารถนำเสนอได้ดังรูปที่ 4.1 ผลการจำลองของสนามไฟฟ้าสามารถนำเสนอได้ดังรูปที่ 4.2 และผลการจำลองของสนามแม่เหล็กสามารถนำเสนอได้ดังรูปที่ 4.3

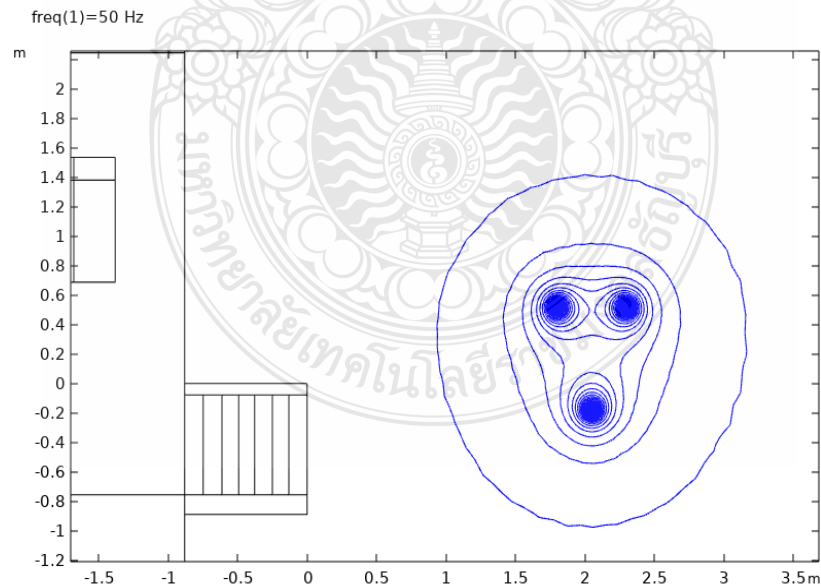


รูปที่ 4.1 แบบจำลองสนามไฟฟ้า และสนามแม่เหล็กของผู้อยู่อาศัยใกล้ระบบไฟฟ้าชิงอากาศ แรงดัน 24 kV



รูปที่ 4.2 แบบจำลองสนามไฟฟ้าของผู้อยู่อาศัยใกล้ระบบไฟฟ้าชิงอากาศ แรงดัน 24 kV

จากรูปที่ 4.2 ผลการจำลองสนามไฟฟ้าที่ระยะ 1.20 เมตร ถึง 1.80 เมตร ในระยะแนวราบ พบว่าค่าสนามไฟฟ้ามีค่าสูงสุดบริเวณสายไฟฟ้าและมีค่าลดลงเมื่อมีระยะห่างเพิ่มมากขึ้น ซึ่งพบว่ามาตรฐานระยะห่างระหว่างสายไฟฟ้าชิงอากาศกับอาคาร ที่พิกัดแรงดัน 24 kV ต้องมีระยะห่างไม่น้อยกว่า 1.80 เมตร มีค่าสนามไฟฟ้าเท่ากับ 1,218.90 V/m ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ประชาชนสามารถสัมผัสได้อย่างปลอดภัยตามมาตรฐานที่องค์การอนามัยโลกกำหนด

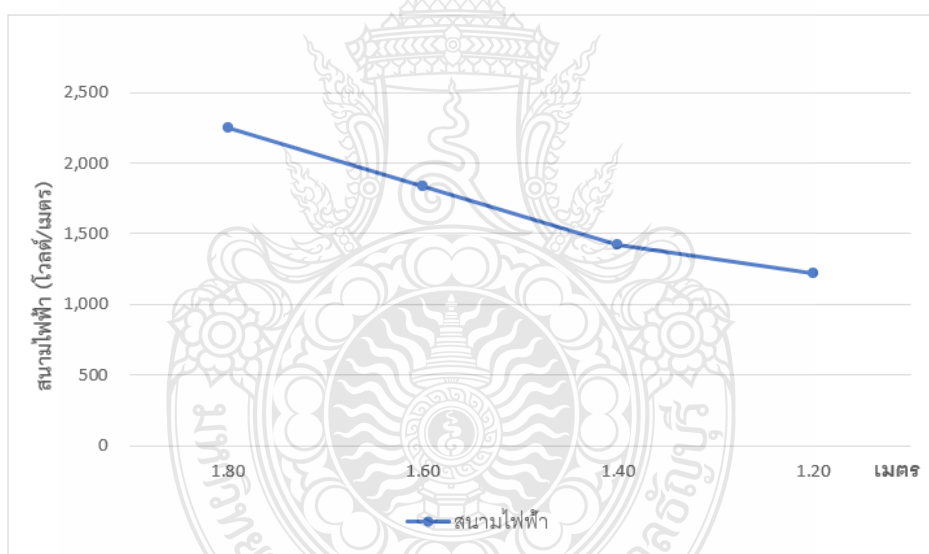


รูปที่ 4.3 แบบจำลองสนามแม่เหล็กของผู้อยู่อาศัยใกล้ระบบไฟฟ้าชิงอากาศ แรงดัน 24 kV

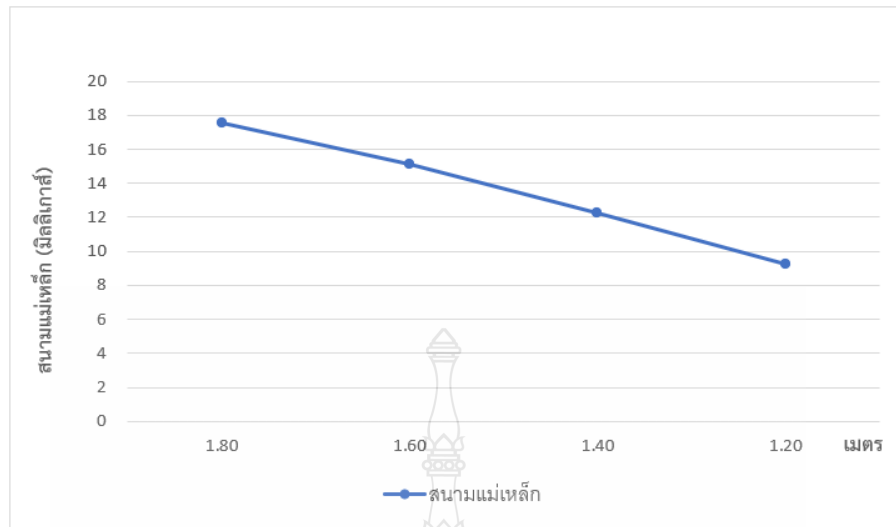
จากรูปที่ 4.3 ผลการจำลองสนามแม่เหล็กที่ระยะ 1.20 เมตร ถึง 1.80 เมตร ในระยะแนวราบพบว่าค่าสนามแม่เหล็กมีค่าสูงสุดบริเวณสายไฟฟ้าและมีค่าลดลงเมื่อมีระยะห่างเพิ่มมากขึ้น ซึ่งพบว่ามาตรฐานระยะห่างระหว่างสายไฟฟ้าซึ่งอากาศกับอาคาร ที่พิกัดแรงดัน 24 kV ต้องมีระยะห่างไม่น้อยกว่า 1.80 เมตร มีค่าสนามแม่เหล็กเท่ากับ 17.53 mG ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ประชาชนสามารถสัมผัสได้อย่างปลอดภัยตามมาตรฐานที่องค์การอนามัยโลกกำหนด

ตารางที่ 4.1 ผลการจำลองสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก พิกัดแรงดัน 24 kV

ระยะห่าง m	สนามไฟฟ้า V/m	สนามแม่เหล็ก mG
1.80	2,251.80	17.53
1.60	1,835.90	15.09
1.40	1,424.00	12.24
1.20	1,218.90	9.28

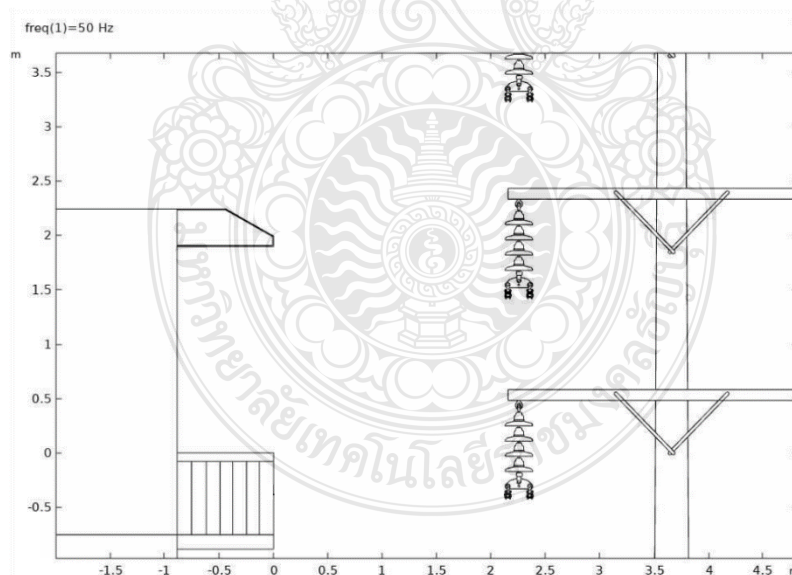


รูปที่ 4.4 ผลการจำลองสนามไฟฟ้าของผู้อยู่อาศัยใกล้ระบบไฟฟ้าซึ่งอากาศ แรงดัน 24 kV

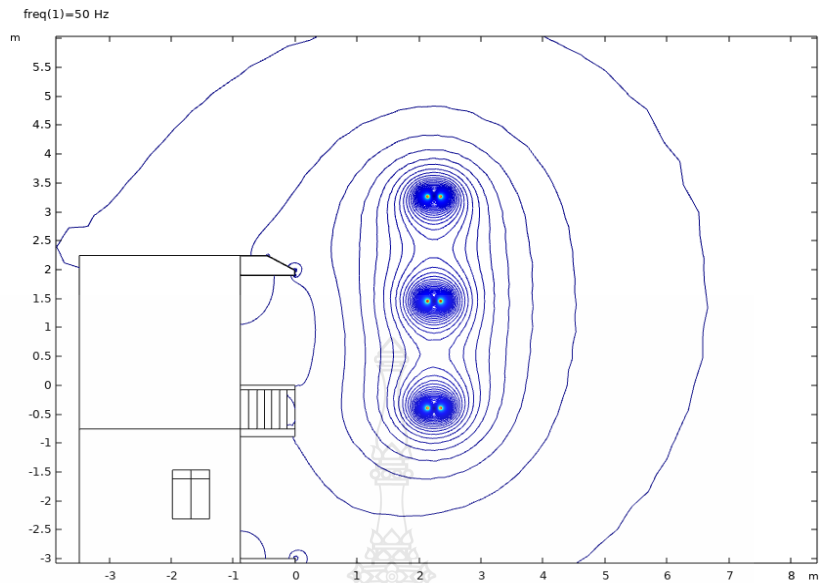


รูปที่ 4.5 ผลการจำลองสนามแม่เหล็กของผู้อยู่อาศัยใกล้ระบบไฟฟ้าชิงอากาศ แรงดัน 24 kV

4.2.2 ผลของการจำลองค่าสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กของระบบสายไฟฟ้าชิงอากาศ พิกัดแรงดัน 69 kV รายละเอียดการจำลองสามารถนำเสนอได้ดังรูปที่ 4.6 ผลการจำลองของสนามไฟฟ้าสามารถนำเสนอได้ดังรูปที่ 4.7 และผลการจำลองของสนามแม่เหล็กสามารถนำเสนอได้ดังรูปที่ 4.8

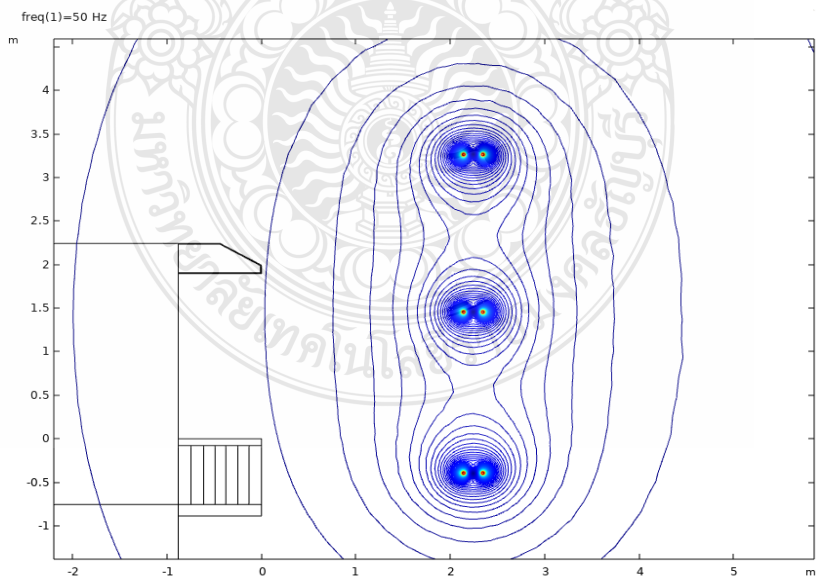


รูปที่ 4.6 แบบจำลองสนามไฟฟ้า และสนามแม่เหล็กของผู้อยู่อาศัยใกล้ระบบไฟฟ้าชิงอากาศ แรงดัน 69 kV



รูปที่ 4.7 ผลการจำลองสนามไฟฟ้าของผู้อยู่อาศัยใกล้ระบบไฟฟ้าชิงอากาศ แรงดัน 69 kV

จากรูปที่ 4.7 ผลการจำลองสนามไฟฟ้าที่ระยะ 1.60 เมตร ถึง 2.13 เมตร ในระยะแนวราบ พบว่าค่าสนามไฟฟ้ามีค่าสูงสุดบริเวณสายไฟฟ้าและมีค่าลดลงเมื่อมีระยะห่างเพิ่มมากขึ้น ซึ่งพบว่ามาตรฐานระยะห่างระหว่างสายไฟฟ้าชิงอากาศกับอาคาร ที่พิกัดแรงดัน 69 kV ต้องมีระยะห่างไม่น้อยกว่า 2.13 เมตร มีค่าสนามไฟฟ้าสูงสุดเท่ากับ 4,222.50 V/m ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ประชาชนสามารถสัมผัสได้อย่างปลอดภัยตามมาตรฐานที่องค์การอนามัยโลกกำหนด



รูปที่ 4.8 ผลการจำลองสนามแม่เหล็กของผู้อยู่อาศัยใกล้ระบบไฟฟ้าชิงอากาศ แรงดัน 69 kV

จากรูปที่ 4.8 ผลการจำลองสนามแม่เหล็กที่ระยะ 1.60 เมตร ถึง 2.13 เมตร ในระยะแนวราบพบว่าค่าสนามแม่เหล็กมีค่าสูงสุดบริเวณสายไฟฟ้าและมีค่าลดลงเมื่อมีระยะห่างเพิ่มมากขึ้น ซึ่งพบว่ามาตรฐานระยะห่างระหว่างสายไฟฟ้าซึ่งอากาศกับอาคาร ที่พิกัดแรงดัน 69 kV ต้องมีระยะห่างไม่น้อยกว่า 2.13 เมตร มีค่าสนามแม่เหล็กสูงสุดเท่ากับ 707.32 mG ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ประชาชนสามารถสัมผัสได้อย่างปลอดภัยตามมาตรฐานที่องค์การอนามัยโลกกำหนด

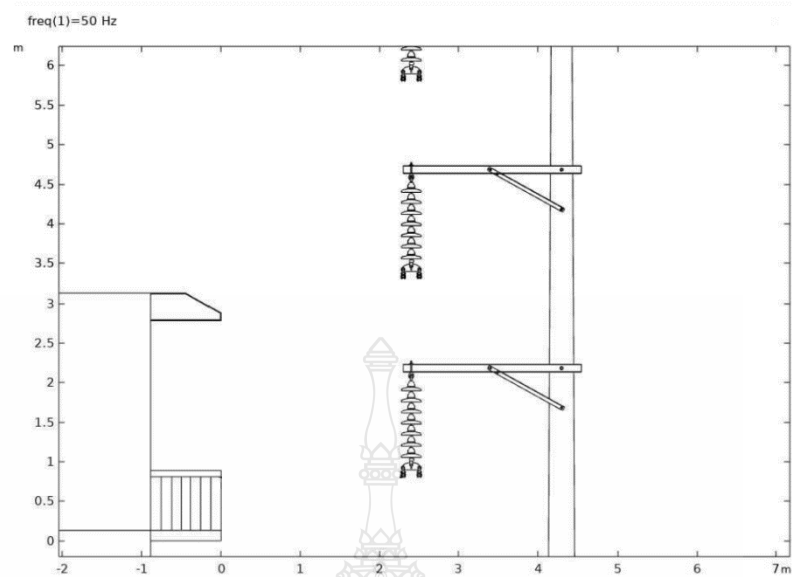
ตารางที่ 4.2 ผลการจำลองสนามไฟฟ้า พิกัดแรงดัน 69 kV

ระยะห่าง m	สนามไฟฟ้า V/m		
	Phase A	Phase B	Phase C
1.60	5,258.50	5,051.25	5,404.70
1.80	4,661.50	4,027.75	4,854.25
2.00	4,186.00	3,089.75	4,463.50
2.13	3,906.25	2,512.00	4,222.50

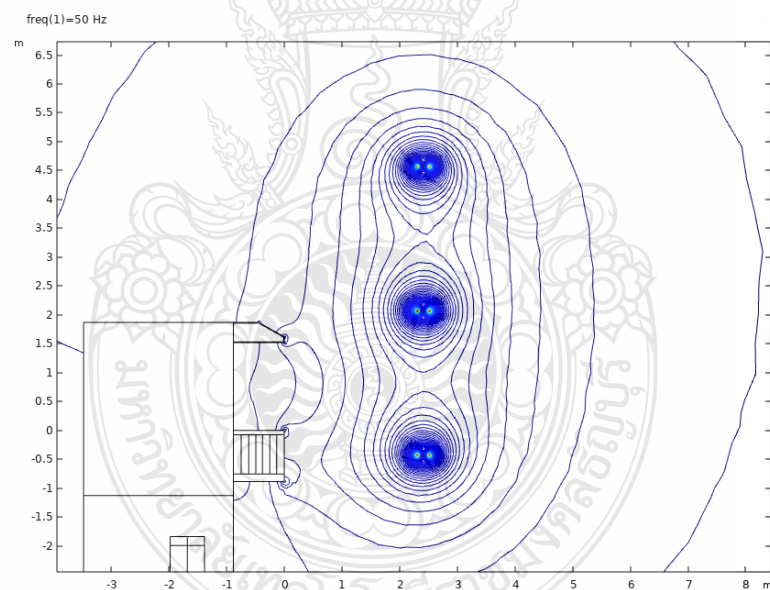
ตารางที่ 4.3 ผลการจำลองสนามแม่เหล็ก พิกัดแรงดัน 69 kV

ระยะห่าง m	สนามแม่เหล็ก mG		
	Phase A	Phase B	Phase C
1.60	850.02	999.74	854.90
1.80	714.50	842.50	715.21
2.00	682.85	809.55	684.55
2.13	599.05	707.32	599.65

4.2.3 ผลของการจำลองค่าสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กของระบบสายไฟฟ้าซึ่งอากาศ พิกัดแรงดัน 115 kV รายละเอียดการจำลองสามารถนำเสนอได้ดังรูปที่ 4.9 ผลการจำลองของสนามไฟฟ้าสามารถนำเสนอได้ดังรูปที่ 4.10 และผลการจำลองของสนามแม่เหล็กสามารถนำเสนอได้ดังรูปที่ 4.11



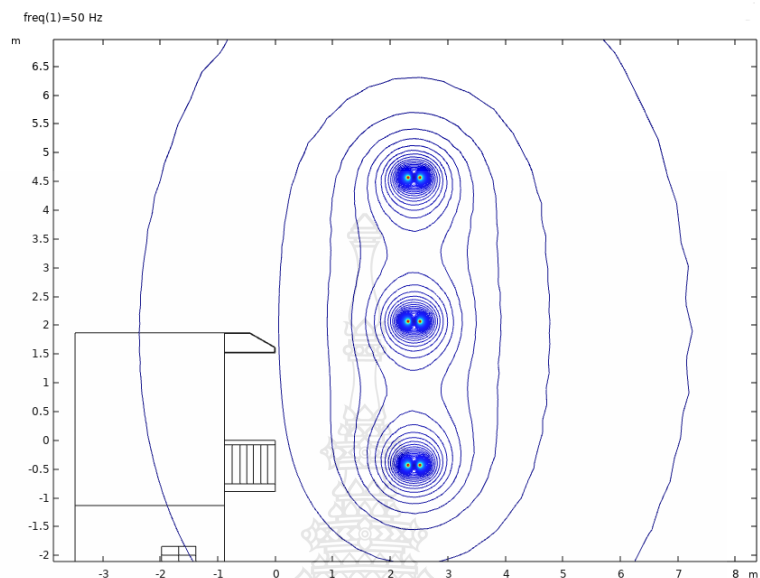
รูปที่ 4.9 แบบจำลองสนามไฟฟ้า และสนามแม่เหล็กของผู้อยู่อาศัยใกล้ระบบไฟฟ้าชิงอากาศ แรงดัน 115 kV



รูปที่ 4.10 แบบจำลองสนามไฟฟ้าของผู้อยู่อาศัยใกล้ระบบไฟฟ้าชิงอากาศ แรงดัน 115 kV

จากรูปที่ 4.10 ผลการจำลองสนามไฟฟ้าที่ระยะ 2.00 เมตร ถึง 2.90 เมตร ในระยะแนวราบ พบว่าค่าสนามไฟฟ้ามีค่าสูงสุดบริเวณสายไฟฟ้าและมีค่าลดลงเมื่อมีระยะห่างเพิ่มมากขึ้น ซึ่งพบว่ามาตรฐานระยะห่างระหว่างสายไฟฟ้าชิงอากาศกับอาคาร ที่พิกัดแรงดัน 115 kV ต้องมีระยะห่างไม่น้อยกว่า 2.30 เมตร มีค่าสนามไฟฟ้าสูงสุดเท่ากับ 6,272.50 V/m ซึ่งมากเกินที่ประชาชนสามารถสัมผัส

ได้อย่างปลอดภัยสำหรับอยู่อาศัยแต่อยู่ในเกณฑ์สามารถปฏิบัติงานได้อย่างปลอดภัยตามมาตรฐานที่องค์การอนามัยโลกกำหนด



รูปที่ 4.11 แบบจำลองสนามแม่เหล็กของผู้อยู่อาศัยใกล้ระบบไฟฟ้าชิงอากาศ แรงดัน 115 kV

จากรูปที่ 4.11 ผลการจำลองสนามแม่เหล็กที่ระยะ 2.00 เมตร ถึง 2.90 เมตร ในระยะแนวราบพบว่าค่าสนามไฟฟ้ามีค่าสูงสุดบริเวณสายไฟฟ้าและมีค่าลดลงเมื่อมีระยะห่างเพิ่มมากขึ้น ซึ่งพบว่ามาตรฐานระยะห่างระหว่างสายไฟฟ้าชิงอากาศกับอาคาร ที่พิกัดแรงดัน 115 kV ต้องมีระยะห่างไม่น้อยกว่า 2.30 เมตร มีค่าสนามแม่เหล็กสูงสุดเท่ากับ 965.44 mG ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ประชาชนสามารถสัมผัสได้อย่างปลอดภัยตามมาตรฐานที่องค์การอนามัยโลกกำหนด

ตารางที่ 4.4 ผลการจำลองสนามไฟฟ้า พิกัดแรงดัน 115 kV

ระยะห่าง m	สนามไฟฟ้า V/m		
	Phase A	Phase B	Phase C
2.00	6,118.50	7,786.50	7,909.40
2.30	5,255.00	6,272.50	6,020.00
2.60	4,593.50	5,403.50	5,421.00
2.90	3,968.00	4,796.00	4,950.00

ตารางที่ 4.5 ผลการจำลองสนามแม่เหล็ก พิกัดแรงดัน 115 kV

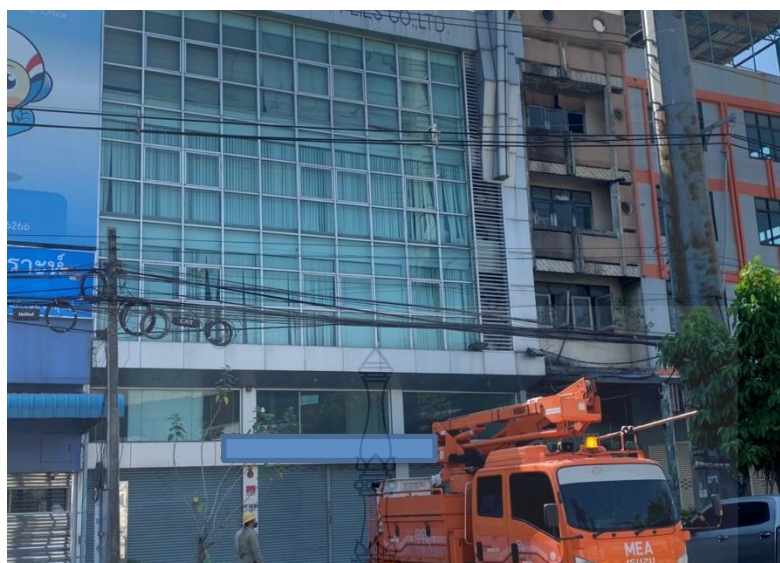
ระยะห่าง m	สนามแม่เหล็ก mG		
	Phase A	Phase B	Phase C
2.00	867.36	977.00	871.93
2.30	839.79	965.44	841.05
2.60	730.82	852.97	737.21
2.90	649.61	758.57	652.24

4.3 การวัดค่าจริงเปรียบเทียบผลการจำลองสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กของระบบสายไฟฟ้าชิงอากาศ พิกัดแรงดัน 24 kV ร่วมกับพิกัดแรงดัน 69 kV

ข้อมูลจากการตรวจวัดค่าสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กของระบบไฟฟ้าชิงอากาศ พิกัดแรงดัน 24 kV ที่ระยะ 1.40 เมตร ถึง 1.80 เมตร สายไฟชนิด ASC หรือ SAC ขนาด 185 ตร.มม. โดย การวัดแนวระนาบ บริเวณถนนพระราม 2 กรุงเทพมหานคร สามารถนำเสนอได้ดังรูปที่ 4.12 และรูปที่ 4.13



รูปที่ 4.12 การวัดค่าสนามไฟฟ้า และสนามแม่เหล็ก บริเวณถนนพระราม2 กรุงเทพมหานคร



รูปที่ 4.13 การวัดค่าสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก บริเวณถนนพระราม2 กรุงเทพมหานคร

4.3.1 ก่อนทำการวัดค่าสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก ทำการตรวจสอบพิกัดแรงดันได้ 23.56 kV และมีค่ากระแส 23.50 A นำเสนอได้ดังรูปที่ 4.14



รูปที่ 4.14 การวัดค่ากระแสไฟฟ้าระบบไฟฟ้าชิงอากาศ พิกัดแรงดัน 24 kV

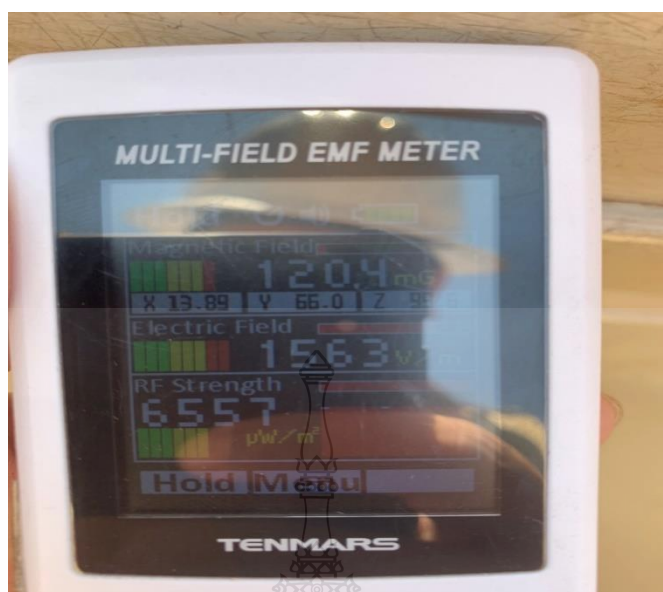
4.3.3 การวัดค่าสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กที่ระยะ 1.40 เมตร ถึง 1.80 เมตร โดยการวัดแนวระนาบสามารถนำเสนอได้ดังรูปที่ 4.15 ถึงรูปที่ 4.18



รูปที่ 4.15 การวัดค่าสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กในระบบไฟฟ้าชิงอากาศ พิกัดแรงดัน 24 kV
ร่วมกับพิกัดแรงดัน 69 kV ที่ระยะ 1.40 เมตร



รูปที่ 4.16 การวัดค่าสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กในระบบไฟฟ้าชิงอากาศ พิกัดแรงดัน 24 kV
ร่วมกับพิกัดแรงดัน 69 kV ที่ระยะ 1.40 เมตร



รูปที่ 4.17 การวัดค่าสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กในระบบไฟฟ้าชิงอากาศ พิกัดแรงดัน 24 kV
ร่วมกับพิกัดแรงดัน 69 kV ที่ระยะ 1.60 เมตร

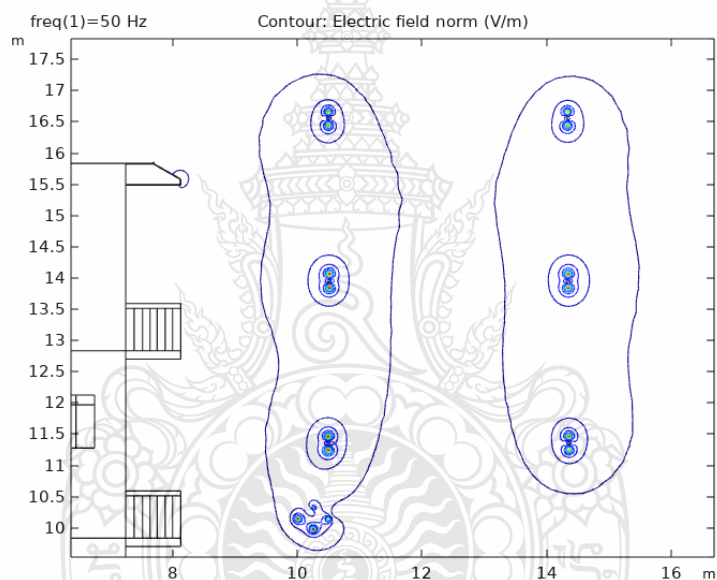


รูปที่ 4.18 การวัดค่าสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กในระบบไฟฟ้าชิงอากาศ พิกัดแรงดัน 24 kV
ร่วมกับพิกัดแรงดัน 69 kV ที่ระยะ 1.80 เมตร

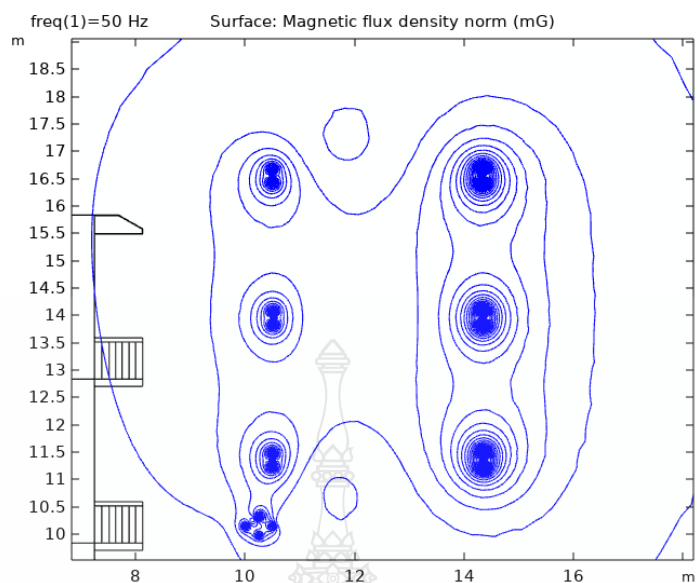
ตารางที่ 4.6 ผลการวัดค่าสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก พิกัดแรงดัน 24 kV ร่วมกับพิกัดแรงดัน 69 kV

ระยะห่าง	สนามไฟฟ้า V/m	สนามแม่เหล็ก mG
1.40	OL	124.20
1.60	1,563.00	120.40
1.80	746.00	119.40

4.3.4 การจำลองค่าสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กที่ระยะ 1.40 เมตร ถึง 1.80 เมตร โดยการวัดแนวระนาบสามารถนำเสนอได้ดังรูปที่ 4.19 และรูปที่ 4.20



รูปที่ 4.19 การจำลองค่าสนามไฟฟ้าพิกัดแรงดัน 24 kV ร่วมกับพิกัดแรงดัน 69 kV



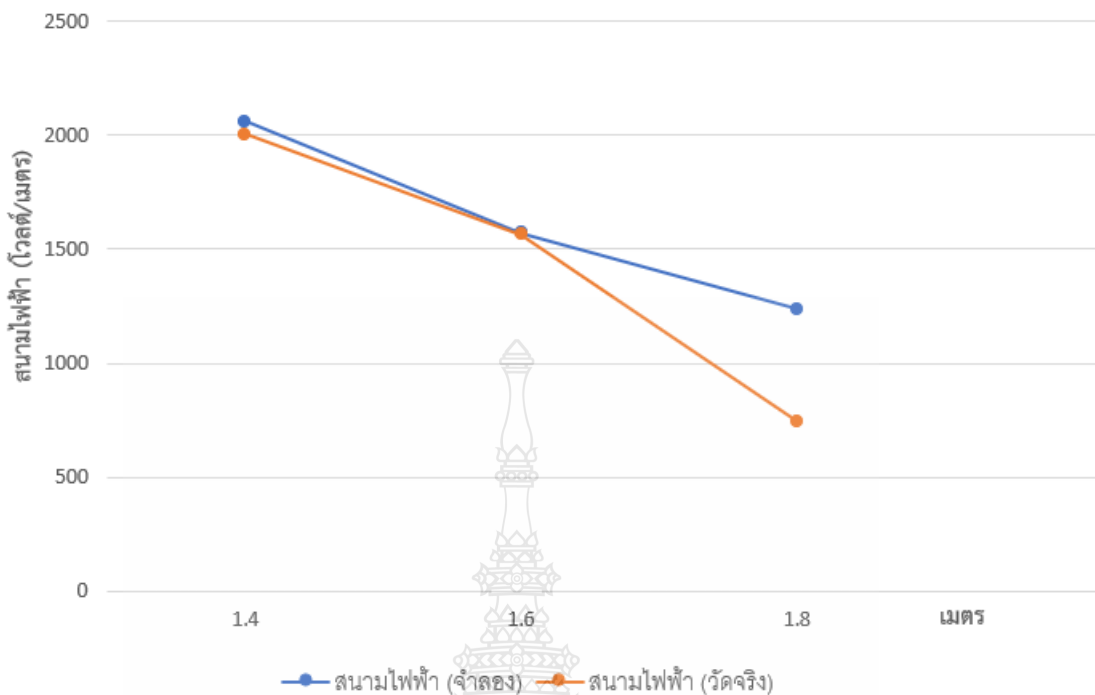
รูปที่ 4.20 การจำลองค่าสนามแม่เหล็กพิกัดแรงดัน 24 kV ร่วมกับพิกัดแรงดัน 69 kV

ตารางที่ 4.7 ผลการจำลองค่าสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก พิกัดแรงดัน 24 kV ร่วมกับพิกัดแรงดัน 69 kV

ระยะห่าง	สนามไฟฟ้า V/m	สนามแม่เหล็ก mG
1.40	2,058.60	142.40
1.60	1,571.80	135.80
1.80	1,237.10	125.60

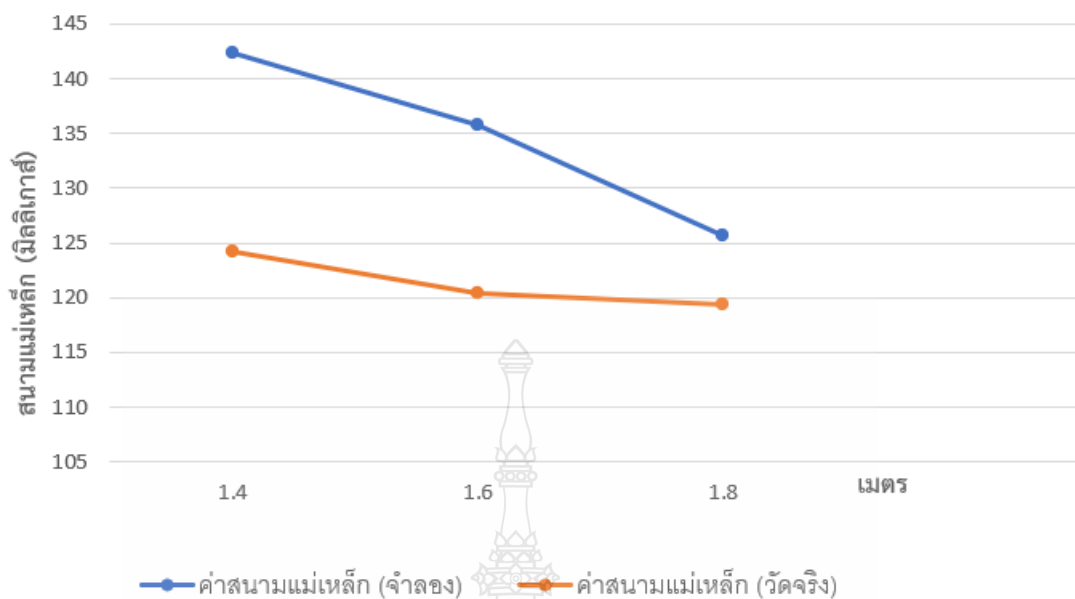
4.4 การเปรียบเทียบค่าสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กของผลโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปกับค่าวัดจริง พิกัดแรงดัน 24 kV ร่วมกับพิกัดแรงดัน 69 kV

การวิเคราะห์เปรียบเทียบผลการจำลองและข้อมูลจริงของค่าสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กแรงดัน 24 kV ร่วมกับพิกัดแรงดัน 69 kV ซึ่งนำเสนอได้ดังตารางที่ 4.16 และตารางที่ 4.17



รูปที่ 4.21 การเปรียบเทียบผลการจำลองกับข้อมูลจริงของค่าสนามไฟฟ้า พิกัดแรงดัน 24 kV ร่วมกับ พิกัดแรงดัน 69 kV

จากรูปที่ 4.21 ผลการเปรียบเทียบค่าสนามไฟฟ้าของผลโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปกับ ค่าวัดจริง ที่ระยะ 1.40 เมตร 1.60 เมตร และ 1.80 เมตร ในระยะแนวราบพบว่าค่าสนามไฟฟ้ามี ค่าสูงสุดบริเวณสายไฟฟ้าและมียค่าลดลงเมื่อมีระยะห่างเพิ่มมากขึ้น ซึ่งพบว่าสนามไฟฟ้าจากการจำลอง มีค่ามากกว่าผลการวัดจริง ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ประชาชนสามารถสัมผัสได้อย่างปลอดภัยตามมาตรฐานที่ องค์การอนามัยโลกกำหนด



รูปที่ 4.22 การเปรียบเทียบผลการจำลองกับข้อมูลจริงของค่าสนามแม่เหล็ก พิกัดแรงดัน 24 kV ร่วมกับพิกัดแรงดัน 69 kV

จากรูปที่ 4.22 ผลการเปรียบเทียบค่าสนามแม่เหล็กของผลโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปกับค่าวัดจริง ที่ระยะ 1.40 เมตร 1.60 เมตร และ 1.80 เมตร ในระยะแนวราบพบว่าค่าสนามไฟฟ้ามีค่าสูงสุดบริเวณสายไฟฟ้าและมีค่าลดลงเมื่อมีระยะห่างเพิ่มมากขึ้น ซึ่งพบว่าสนามแม่เหล็กจากการจำลองมีค่ามากกว่าผลการวัด ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ประชาชนสามารถสัมผัสได้อย่างปลอดภัยตามมาตรฐานที่องค์การอนามัยโลกกำหนด

4.5 บทสรุป

การวิเคราะห์การจำลองผลของสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กพิกัดแรงดัน 24 kV ร่วมกับพิกัดแรงดัน 69 kV การจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปเปรียบเทียบกับผลวัดจริงบริเวณถนนพระราม 2 โมเดลจำลองบริเวณพื้นที่อาคารใช้คุณสมบัติเป็นอากาศเนื่องจากการวัดจริงใช้รถกระเช้าไฟฟ้าเป็นตัวแทนบริเวณระเบียงอาคารในการวัดค่าสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก การวิเคราะห์ระยะปลอดภัยของผู้อยู่อาศัยที่สามารถสัมผัสกับสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กได้อย่างปลอดภัยตามมาตรฐานที่องค์การอนามัยโลกกำหนดที่ประชาชนสามารถสัมผัสได้อย่างปลอดภัย สามารถนำเสนอบทสรุปในหัวข้อถัดไป



บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 บทนำ

วิทยานิพนธ์นี้ได้ศึกษาและวิเคราะห์เปรียบเทียบสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กเพื่อวิเคราะห์ระยะความปลอดภัยของผู้อยู่อาศัยในเขตจ่ายไฟฟ้าแรงสูง โดยทำการเปรียบเทียบระหว่างผลจากโปรแกรมจำลองคอมพิวเตอร์ กับข้อมูลที่วัดจริงผลการติดตั้งจริง ซึ่งสามารถนำเสนอผลของการทำวิทยานิพนธ์ได้ดังนี้

5.2 สรุปผลการวิจัย

วิทยานิพนธ์นี้ได้ศึกษาและวิเคราะห์เปรียบเทียบสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กเพื่อวิเคราะห์ระยะความปลอดภัยของผู้อยู่อาศัยในเขตจ่ายไฟฟ้าแรงสูง พิกัดแรงดัน 24 kV 69 kV และ 115 kV และเปรียบเทียบกับค่าวัดจริงบริเวณถนนพระราม 2 กรุงเทพมหานคร พิกัดแรงดัน 24 kV ร่วมกับพิกัดแรงดัน 69 kV จากการศึกษาสามารถสรุปได้ดังนี้

5.2.1 จากการจำลองผลของสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กที่พิกัดแรงดัน 24 kV พบว่าค่าสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กมีค่าสูงสุดที่บริเวณตัวนำและมีค่าน้อยลงเมื่อมีระยะห่างมากขึ้น ที่ระยะ 1.80 เมตร ซึ่งเป็นระยะห่างที่ปลอดภัยจากสายไฟฟ้าแรงสูงของการไฟฟ้า มีค่าสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก มีค่าเท่ากับ 1,218.90 V/m และ 9.28 mG ซึ่งไม่เกินตามมาตรฐานที่องค์การอนามัยโลกกำหนดไว้ที่ค่าสนามไฟฟ้าต้องไม่เกิน 5,000 V/m และ ค่าสนามแม่เหล็กต้องไม่เกิน 1,000 mG ซึ่งสามารถอยู่ในพื้นที่ได้ตลอดเวลาโดยไม่ส่งผลกระทบ

5.2.2 จากการจำลองผลของสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กที่พิกัดแรงดัน 69 kV พบว่าค่าสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กมีค่าสูงสุดที่บริเวณตัวนำและมีค่าน้อยลงเมื่อมีระยะห่างมากขึ้น ที่ระยะ 2.13 เมตร เมตร ซึ่งเป็นระยะห่างที่ปลอดภัยจากสายไฟฟ้าแรงสูงของการไฟฟ้า มีค่าสนามไฟฟ้า เฟส A มีค่าเท่ากับ 3,906.25 V/m เฟส B มีค่าเท่ากับ 2,512.00 kV/m และเฟส C มีค่าเท่ากับ 4,222.50 kV/m และสนามแม่เหล็ก เฟส A มีค่าเท่ากับ 599.05 mG เฟส B มีค่าเท่ากับ 707.32 mG และเฟส C มีค่าเท่ากับ 599.65 mG ซึ่งไม่เกินตามมาตรฐานที่องค์การอนามัยโลกกำหนดไว้ที่ค่าสนามไฟฟ้าต้องไม่เกิน 5,000 kV/m และ ค่าสนามแม่เหล็กต้องไม่เกิน 1,000 mG ซึ่งสามารถอยู่ในพื้นที่ได้ตลอดเวลาโดยไม่ส่งผลกระทบ

5.2.3 จากการจำลองผลของสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กที่พิกัดแรงดัน 115 kV พบว่าค่าสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กมีค่าสูงสุดที่บริเวณตัวนำและมีค่าน้อยลงเมื่อมีระยะห่างมากขึ้น ที่ระยะ 2.30 เมตร ซึ่งเป็นระยะห่างที่ปลอดภัยจากสายไฟฟ้าแรงสูงของการไฟฟ้า มีค่าสนามไฟฟ้า เฟส A มีค่าเท่ากับ 5,255.00 V/m เฟส B มีค่าเท่ากับ 6,272.50 V/m และเฟส C มีค่าเท่ากับ 6,020.00 kV/m ซึ่งทั้ง 3 เฟส มีค่าสนามไฟฟ้าเกินมาตรฐานขององค์การอนามัยโลกกำหนดไว้ที่ 5,000 V/m แต่ไม่เกิน 10,000 V/m ซึ่งเหมาะสมสำหรับปฏิบัติงานแต่ไม่เหมาะสมแก่การอยู่ในพื้นที่ตลอดเวลาและ

สนามแม่เหล็ก เฟส A มีค่าเท่ากับ 839.79 mG เฟส B มีค่าเท่ากับ 965.44 mG และเฟส C มีค่าเท่ากับ 841.05 mG ซึ่งสนามแม่เหล็กต้องไม่เกิน 1,000 mG ไม่เกินตามมาตรฐานที่องค์การอนามัยโลกกำหนดไว้สามารถอยู่ในพื้นที่ได้ตลอดเวลาโดยไม่ส่งผลกระทบ

5.2.4 จากการเปรียบเทียบผลจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์กับการวัดจริงของสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก พิกัดแรงดัน 24 kV ร่วมกับพิกัดแรงดัน 69 kV ที่ระยะ 1.40 เมตร 1.60 เมตร และ 1.80 เมตร พบว่าค่าสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กมีค่าสูงสุดที่บริเวณตัวนำ และมีค่าน้อยลงเมื่อมีระยะห่างมากขึ้น มีค่าสนามไฟฟ้า และสนามแม่เหล็กจากการจำลองมีค่ามากกว่าผลการวัดจริง ค่าสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กที่ระยะ 1.80 เมตร ซึ่งเป็นระยะห่างที่ปลอดภัยจากสายไฟฟ้าแรงสูงตามมาตรฐานการไฟฟ้า มีค่าไม่เกินตามมาตรฐานที่องค์การอนามัยโลกกำหนดไว้ที่ค่าสนามไฟฟ้าต้องไม่เกิน 5,000 V/m และ ค่าสนามแม่เหล็กต้องไม่เกิน 1,000 mG ซึ่งสามารถอยู่ในพื้นที่ได้ตลอดเวลาโดยไม่ส่งผลกระทบ

5.3 ข้อเสนอแนะ

การจำลองและวิเคราะห์สนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์นั้น ผู้ใช้โปรแกรมนี้ในการทดลอง หรือวิเคราะห์งานต่อไป ควรศึกษารายละเอียดของโปรแกรมและค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ก่อนนำมาวิเคราะห์ผล จะทำให้ได้ผลการวิเคราะห์ที่ถูกต้องและแม่นยำมากขึ้น กรณีวัดจริงควรศึกษาอุปกรณ์ให้เกิดการชำนาญก่อนทำการวัดจริงเพื่อความถูกต้องและแม่นยำในการนำมาวิเคราะห์ผลต่อไป

บรรณานุกรม

- [1] ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์. (2556). การออกแบบระบบไฟฟ้า. ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: ห้างหุ้นส่วนจำกัด โชติอนันต์ ศรีเอช
- [2] ระบบส่งจ่ายไฟฟ้า. (2563). สืบค้นจาก http://www.tatc.ac.th/files/0910290994850_11060820202826.pdf
- [3] ชัท อินทะสี. (2554). การส่งและจ่ายกำลังไฟฟ้า. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น
- [4] วุฒิพล ธารธีรเศรษฐ์. (2562). สนามแม่เหล็กไฟฟ้า. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น
- [5] รศ.ชนิษฐา แซ่ตั้ง, รศ.ดร.สุริยณ สมควรพาณิชย์. สนามแม่เหล็กไฟฟ้า (Engineering Electromagnetics).
- [6] มนตรี เวาเดช. แม่เหล็กไฟฟ้าและวงจรแม่เหล็ก. สืบค้นจาก <https://blog.rmutl.ac.th/montri/dc-machine.html>
- [7] การไฟฟ้านครหลวง. (2551). ความรู้ความเข้าใจ เกี่ยวกับ สนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กจาก สายส่งไฟฟ้า พิมพ์ครั้งที่ 2 กรุงเทพมหานคร: บริษัท วิสมา เอเชีย จำกัด.
- [8] การไฟฟ้านครหลวง. (2556). ความรู้เกี่ยวกับไฟฟ้าแรงสูง AttPhayom, TirapongKasirawat and SurasakPhontusa (2016). Analysis of Electric Field and Magnetic Field form Overhead Subtransmission Lines Affecting Occupational Health and Safety in MEA's Power System. **GMSARN International Journal** (pp. 25-35).
- [9] Moon, Jin-Hwa (2020). Health effects of electromagnetic fields on children. **Clinical and Experimental Pediatrics** 63 (pp. 422 – 428).
- [10] Z. Anane and F. Aouabed (2017). Electromagnetic fields analysis on OTL with presence of human body model using comsol Multiphysics. 5th **International Conference on Electrical Engineering - Boumerdes (ICEE-B)**. Boumerdes (pp. 1-6).
- [11] P. Mircea, C. Toader, N. Golovanov and C. Beiu (2014). Current research on the effects of electromagnetic field on living organisms. **International Conference on Applied and Theoretical Electricity (ICATE)** (pp. 1-6).
- [12] J. Wyszowska, M. Jankowska and M. Stankiewicz (2018). Comprehensive study of The effects of electromagnetic field exposure on nervous system using insect models. EMF-Med 1st **World Conference on Biomedical Applications of Electromagnetic Fields (EMF-Med)** (pp. 1-2).

บรรณานุกรม (ต่อ)

- [13] Gye, M. C. and Chan Jin Park (2018). Effect of electromagnetic field exposure on the reproductive system. **Clinical and Experimental Reproductive Medicine** 39 (pp. 1 – 9).
- [14] S. Nunchuen, J. Halapee and V. Tarateeraseth (2019). Electric Field Minimization using Optimal Phase Arrangement Techniques for MEA Overhead Power Transmission Lines. 16th **International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON)**. (pp. 325-328).
- [15] U. Khayam, Rachmawati, R. Prasetyo and S. Hidayat (2017). Magnetic field analysis of 150 kV compact transmission line. **International Conference on High Voltage Engineering and Power Systems (ICHVEPS)** (pp. 528-531).
- [16] Q. Qin, Y. Chen, T. Fu, L. Ding, J. Li and L. Han (2010). Measurement and Analysis of Electromagnetic Radiation of 110KV High-Voltage Lines. in **One Urban Location in Chongqing P.R. China. 4th International Conference on Bioinformatics and Biomedical Engineering** (pp. 1-4).
- [17] D. Medved', M. Pavlik and J. Zbojovský (2018). Computer modeling of Electromagnetic field around the 22 kV high voltage overhead lines. **International IEEE Conference and Workshop in Óbuda on Electrical and Power Engineering (CANDO-EPE)** (pp. 000289-000294).
- [18] K. Kasas-Lazetic, G. Mijatovic, D. Herceg, N. Djuric and M. Prsa (2019). Calculation of Electromagnetic Field Produced by Mixed Overhead Power Lines. **8th International Conference on Modern Power Systems (MPS)** (pp. 1-4).
- [19] S. Nedphokaew, S. Pukjaroon and M. Boonthienthong (2019). Analysis of Electric Field Values in 24 kV High Voltage Power Cable with Program for Finding Partial Discharge Values. **International Conference on Power, Energy and Innovations (ICPEI)** (pp. 110-113).
- [20] T. Akmal, U. Khayam and L. S. Lumba (2019). Study of Electromagnetic Effect of 150 kV Transmission Line. 2nd **International Conference on High Voltage Engineering and Power Systems (ICHVEPS)** (pp. 1-6).

บรรณานุกรม (ต่อ)

- [21] B. Ali Rachedi, A. Babouri and F. Berrouk (2014). A study of electromagnetic field generated by high voltage lines using COMSOL MULTIPHYSICS. **International Conference on Electrical Sciences and Technologies in Maghreb (CISTEM)** (pp. 1-5).
- [22] M. Aixa Rojas Camargo and F. J. R. Campos (2015). Electromagnetic interferences analysis in inhabited rights of way. **International Symposium on Lightning Protection (XIII SIPDA)** (pp. 83-87).
- [23] A. Babouri, W. Tourab and M. Nemamcha (2013). A study of the electromagnetic environment in the vicinity of high-voltage lines. **4th International Conference on Power Engineering, Energy and Electrical Drives** (pp.1181-1184).
- [24] สลักจิตร นิลบวร สมคิด ลีลาชนะชัยพงษ์ และกัณตภณ มะหะหมัด. (2554). การศึกษาและวิเคราะห์ ความปลอดภัยจากผลกระทบของสนามไฟฟ้าโดยรอบสายส่ง. **การประชุมวิชาการครุศาสตร์ อุทสาหกรรมระดับชาติ ครั้งที่ 4 (NCTechED)** (น.36-40).
- [25] มุลนิธิสัมมาอาชีวะ. สืบค้นจาก https://www.summacheeva.org/article/elf_emf
- [26] เพ็ญจ เฝ้าละอ และสุกัญญา ทัพศรี. (2555). การวิเคราะห์ผลกระทบของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีผลต่อมนุษย์ ได้สายส่งไฟฟ้าแรงสูงขนาด 500 kV. (มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี).



ภาคผนวก



ภาคผนวก ก
รายละเอียดอุปกรณ์

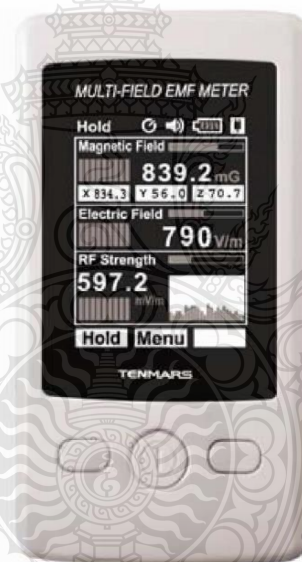


TENMARS

MULTI-FIELD EMF METER

TM-190

User's Manual



B2TM1900001

TENMARS

TM-190 English

- Electric field Measurement Precautions: Please perform tests according to the indicated direction . Please hold the meter at the bottom of the display, as shown in the figure below:



Fig. 1 Electric Field measurement:

	Magnetic Fields	Electric Field	RF strength
The Green zone	0~10.00mG	0~500V/m	0~0.99mW/m ² ;0~0.59V/m
The Yellow zone	10.01~100mG	501~1000V/m	1~9.99mW/m ² ;0.6~1.9V/m
The Red zone	101~2000mG	>1001V/m	>10mW/m ² >2V/m

The color zones are for reference only

- electromagnetic safety reference standard

international 國際的	Council Recommendation 1999/519/EC	42V/m(4.75W/m ²)	59V/m(9.25W/m ²)
international 國際的	ICNIRP Guidelines, April 1998	42V/m(4.75W/m ²)	59V/m(9.25W/m ²)
Austria 奧地利	ONORM S1120	49V/m(6.33W/m ²)	61V/m(10W/m ²)
Belgium 比利時	Belgisch Staatsblad F.2001-1365	21V/m(1.18W/m ²)	30V/m(2.31W/m ²)
Germany 德國	26.Deutsche Verordnung	42V/m(4.75W/m ²)	59V/m(9.25W/m ²)
Italy 意大利	Decreto n.381,1998	20V/m(1W/m ²)	20V/m(1W/m ²)
the netherlands 荷蘭	Health Council	51V/m(6.92W/m ²)	83V/m(18W/m ²)
switzerland 瑞士	Verordnung 1999	4V/m(0.04W/m ²)	6V/m(0.1W/m ²)
united states 美國	IEEE C95.1	49V/m(6.33W/m ²)	68V/m(12W/m ²)
china 中國	Draft National Quality Technology Monitoring Bureau	49V/m(6.33W/m ²)	61V/m(10W/m ²)
japan 日本	Radio-Radiation Protection Guidelines, 1990	49V/m(6.33W/m ²)	61V/m(10W/m ²)

$$1\text{W/m}^2=0.1\text{mW/Cm}^2=100\text{uW/Cm}^2, 1\text{mW/m}^2=0.1\text{uW/Cm}^2$$

Radio Ampstik® Radio Linked Multiple Reading Ammeter

Heads-up display for instant confirmation of the reading

Records up to four readings

Operates in the 900 MHz non-licensed frequency band

Mount the display on the hotstick or hold in your hand

Remote read out up to 50 feet away

Ruggedized and wide sensor opening

Non-conductive universal chuck

Slips on and off the conductor with 1% accuracy

Open CT that rejects stray magnetic fields

Single button operation



The Radio Ampstik uses the same current sensor technology as the original Ampstik. The key feature of this unit is the ability to display the current reading up to 50 feet away from the sensor. The user has the option to hold the display in their hands, mount it to a hotstick, or hang it on the bucket.

The sensor is based on the SensorLink patented amp inductive sensor, which does not use magnetic materials and has no moving parts. The opening of the sensor is electronically closed and external currents are also electronically rejected. The sensor is not position sensitive; just slip the Radio Ampstik sensor over a conductor to take a measurement.

The sensor for the Radio Ampstik was re-engineered to optimize a wider opening of 2.5 inches (6.35 cm), which is very durable and is able to accurately measure from 1 to 5000 amps.

The display will show the current measurement and continue to update the reading 3 times per second. A single push button switch operates the display.

By holding down the switch, the user is able to change between the following modes: Hold up to four readings, to continuously display readings in the RUN mode, to Erase readings, or Power Off the display.

When in the Hold mode, by pressing and quickly releasing the switch, the user is able to review each of the recorded readings. Taking the data in the hold mode makes it easy to record the measurement for further review.

The Radio Ampstik is the labor saving instrument that every utility personnel will find essential. The combined abilities of being able to easily store and retrieve data, while allowing the user to place the display wherever it is most useful, makes the Radio Ampstik the best answer for quality instrumentation.

Applications

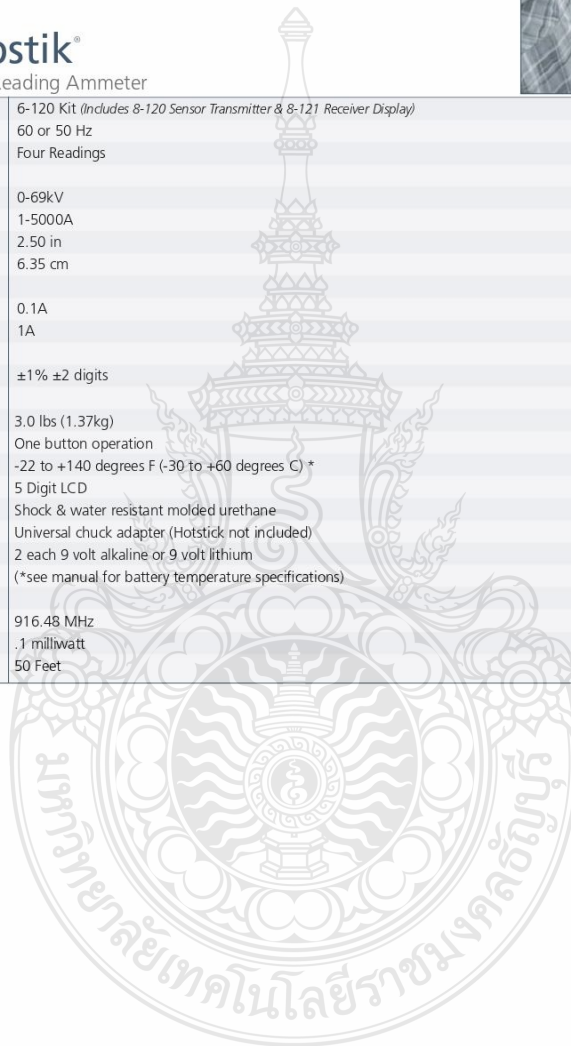
Check current before breaking load
 Check for load balance
 Check CT Ratios
 Conduct load studies
 Identify cold load pickup problems



Radio Ampstik®

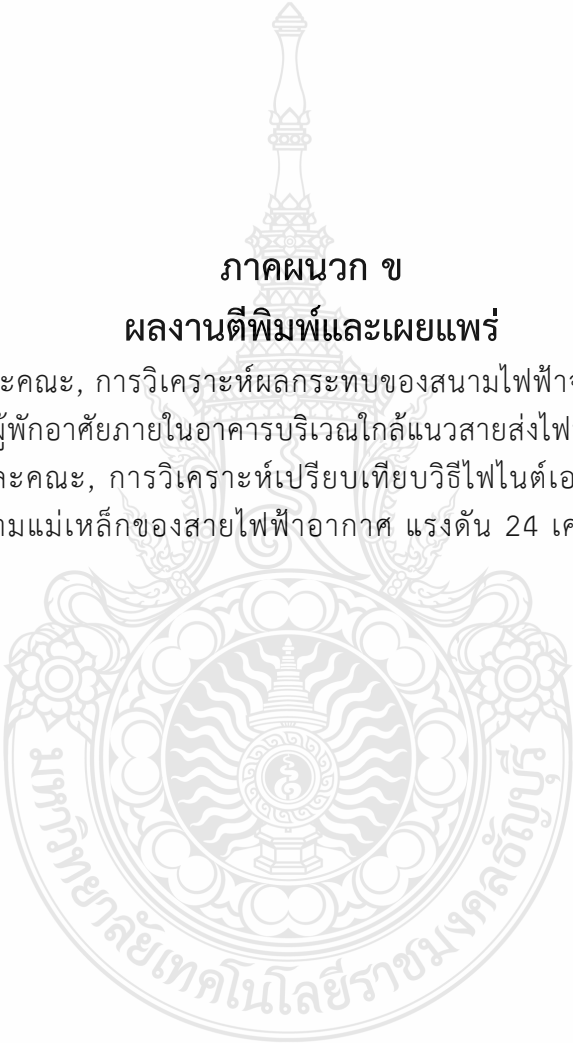
Radio Linked Multiple Reading Ammeter

Model Number	6-120 Kit (Includes 8-120 Sensor Transmitter & 8-121 Receiver Display)
Frequency	60 or 50 Hz
Measurements	Four Readings
Range of Operation	
Voltage Rated	0-69kV
Current	1-5000A
Sensor Opening	2.50 in 6.35 cm
Resolution	
Amps 0-99.9A	0.1A
Amps 100-5000A	1A
Accuracy	
Amps	±1% ±2 digits
Mechanical	
Weight	3.0 lbs (1.37kg)
Controls	One button operation
Operating Temperature	-22 to +140 degrees F (-30 to +60 degrees C) *
Display	5 Digit LCD
Housing	Shock & water resistant molded urethane
Hotstick mounting	Universal chuck adapter (Hotstick not included)
Battery	2 each 9 volt alkaline or 9 volt lithium (*see manual for battery temperature specifications)
Radio	
Frequency	916.48 MHz
Power	.1 milliwatt
Range	50 Feet



SensorLink® Corporation

PO Box 301
 1975 Valley Hwy 9
 Acme, WA 98220
 phone 360.595.1000
 fax 360.595.1001
www.sensorlink.com



ภาคผนวก ข

ผลงานตีพิมพ์และเผยแพร่

1. ธวัชชัย มีชนะ และคณะ, การวิเคราะห์ผลกระทบของสนามไฟฟ้าจากสายส่งไฟฟ้ากำลัง 69 kV และ 115 kV ต่อผู้พักอาศัยภายในอาคารบริเวณใกล้แนวสายส่งไฟฟ้ากำลัง
2. ธวัชชัย มีชนะ และคณะ, การวิเคราะห์เปรียบเทียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์กับค่าวัดจริงของสนามไฟฟ้า และสนามแม่เหล็กของสายไฟฟ้าอากาศ แรงดัน 24 เควี



EENET 2021

The 13th Electrical Engineering Network 2021
of Rajamangala University of Technology

Conference Topics

- ไฟฟ้ากำลัง ▪
- อิเล็กทรอนิกส์ วงจรและสื่อสาร ▪
- อิเล็กทรอนิกส์กำลัง ▪
- คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ ▪
- ระบบควบคุมและการวัด ▪
- การประมวลผลสัญญาณดิจิทัล ▪
- พลังงานและการอนุรักษ์พลังงาน ▪
- นวัตกรรมและสิ่งประดิษฐ์ ▪
- งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิศวกรรมไฟฟ้า ▪
- หัวข้อพิเศษทางวิศวกรรมไฟฟ้า ▪

**การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 13 เล่ม 1**

12-14 พฤษภาคม พ.ศ.2564 (ONLINE)

สถาบันวิจัยและพัฒนา - มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า

การประชุมเครือข่ายวิชาการด้านวิศวกรรมไฟฟ้า (Electrical Engineering Network: EENET) เป็นการ ประชุมวิชาการเพื่อส่งเสริมและพัฒนาให้มีการเผยแพร่ผลงานวิจัยในด้านวิศวกรรมไฟฟ้า ซึ่งเป็นสาขาวิชาที่มี ความสำคัญต่อการพัฒนาประเทศชาติเป็นอย่างมาก การประชุมวิชาการนี้เป็นการ ประชุมที่ตอบสนองต่อ ยุทธศาสตร์การพัฒนาศักยภาพของประเทศไทยทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อเป็นการ แลกเปลี่ยนความรู้และความ คิดเห็นระหว่างนักวิชาการและนักวิจัย โดยในปัจจุบันมีสถาบันที่เป็นสมาชิก เครือข่ายจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยี ราชมงคลทั้ง 9 แห่ง สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน และมหาวิทยาลัย ศรีนครินทรวิโรฒ

ปี พ.ศ. 2564 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ได้รับเกียรติให้เป็นเจ้าภาพจัด “การประชุม วิชาการเครือข่าย วิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 13 (The 13 Conference of Electrical Engineering Network 2021: EENET2021) “

ครั้งที่	สถาบันเจ้าภาพ	ปี พ.ศ. ที่จัดงาน
1	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี	2551
2	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา	2553
3	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ	2554
4	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน	2555
5	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	2556
6	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย	2557
7	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ	2558
8	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์	2559
9	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก	2560
10	สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน	2561
11	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี	2562
12	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ	2563
13	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา	2564

คณะกรรมการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า

รองศาสตราจารย์ ดร.โกศล โอฬารไพโรจน์	ที่ปรึกษา
รองศาสตราจารย์ ดร.กานต์ เกิดชื่น	ที่ปรึกษา
รองศาสตราจารย์ ดร.ประมุข อุณหเลขกะ	ที่ปรึกษา
รองศาสตราจารย์ ดร.กฤษณ์ชนม์ ภูมิภคพิชญ์	ประธานกรรมการ
รองศาสตราจารย์ ดร.อุเทน คำน่าน	รองประธานกรรมการ
รองศาสตราจารย์ ดร.สันติ หวังนิพานโต	กรรมการ
รองศาสตราจารย์ ดร.บุญยัง ปลั่งกลาง	กรรมการ
รองศาสตราจารย์ ดร.ศักดิ์ระวี ระวีกุล	กรรมการ
รองศาสตราจารย์ ดร.เวทิน ปิยรัตน์	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประหยัด กองสุข	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิทักษ์ บุญนุ่น	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สายชล ชุตเจื้อจัน	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วราณี ศรีสงคราม	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วุฒิชัย สว่างาม	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สัทธิชัย บุญปิยทัศน์	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เอกวิทย์ หายักวงษ์	กรรมการ
รองศาสตราจารย์ ดร.ณัฐ โชติ รักไทยเจริญชีพ	กรรมการและเลขานุการ

คณะกรรมการ IEEE PES Thailand Chapter

รศ.ดร.นพ ลีปรีชานนท์	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์	Vice Chairman ด้าน Meeting & Conference, IEEE PES
นายสมชาย หอมกลิ่นแก้ว	รองผู้ว่าการ การไฟฟ้านครหลวง	Vice Chairman ด้าน Technical Seminar, IEEE PES
ผศ.ดร.ศุภชัยเชษฐ ฤกษ์ปรีดาพงศ์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	Vice Chair ด้าน Students & Membership Activities, IEEE PES
รศ.ดร.นรเศรษฐ์ พัฒนเดช	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	Committee, IEEE PES
รศ.ดร.ธนพงษ์ สุวรรณศรี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ	Committee, IEEE PES
รศ.ดร.สมพร สิริสำราญกุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ	Committee, IEEE PES
ผศ.ดร.ชาญณรงค์ บาลมงคล	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	Committee, IEEE PES
ดร.ประดิษฐพงษ์ สุขศิริถาวรกุล	Hitachi ABB Power Grids (Thailand)	เลขานุการ IEEE PES



คณะกรรมการดำเนินงานประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า

ดร.กิจจา ไชยทานุ	คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์	ที่ปรึกษา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์วิชเชษฐ ทิพย์ประเสริฐ	รองคณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์	ที่ปรึกษา
ดร.อนุสรณ์ ยอดใจเพชร	หัวหน้าสาขาวิศวกรรมไฟฟ้า	ประธานกรรมการ
อาจารย์เพลิน จันสุขะ	หัวหน้าหลักสูตรวิศวกรรมไฟฟ้า	รองประธานกรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพงศ์ พันธนะ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปภัศรีกรรณ์ อารีกุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประสพโชค โห้ทองคำ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประสิทธิ์ นางทิน	สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประมวล ชูรัตน์	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์วุฒิไกร จันทระขามเรียน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตจันทบุรี	กรรมการ
ดร.วีระ รัตนศิริรักษ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร	กรรมการ
ดร.ทศพล ทิพย์โพธิ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์	กรรมการ
ดร.สุวัฒน์ กิจเจริญรัตน์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ	กรรมการ
ดร.ไพวรรณ เกิดตรวจ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น	กรรมการ
ดร.กัญจนา ชัยอมฤต	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น	กรรมการ
นายปวิติ บุญมา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ	กรรมการ
นางสาววราภรณ์ ลือใจ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐภัทร พันธัง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี	กรรมการ
นายกรณย์ ศิริจันทร์ชื่น	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ	กรรมการ

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาคความ

รองศาสตราจารย์ ดร.มนตรี ศรีปริญญานันท์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
รองศาสตราจารย์ ดร.บุญยัง ปลั่งกลาง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
รองศาสตราจารย์ ดร.วันไชย คำแสน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง
รองศาสตราจารย์ ดร.คนุต คำปัญญา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
รองศาสตราจารย์ ดร.ปรีชา สาคะรังค์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
รองศาสตราจารย์ ดร.ชาญชัย ทองโสภ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
รองศาสตราจารย์ ดร.นัฐพร ไชยญาติ	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
รองศาสตราจารย์ ดร.สมพร เรืองสินชัยวานิช	มหาวิทยาลัยนเรศวร
รองศาสตราจารย์ ดร.วันเทพินทร์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
รองศาสตราจารย์ ดร.ทิพย์สุวรรณพร	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศุภชัยเชษฐ ฤกษ์ปรีดาพงศ์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นาคยา คล้ายเรือง	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุมารินทร์ แสงพานิช	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วีรพล จิระจิต	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิสิทธิ วิสุทธิเมธีกร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วุฒิวัฒน์ คงรัตนประเสริฐ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประหยค์ กองสุข	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขต จันทบุรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐภัทร พันธุ์คง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปกรณ์เกียรติ์ เสวตเมธิกุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิริชัย แดงอม	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพงศ์ พันธุ์นะ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พนา ดุสิตาการ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พูนศรี วรรณการ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรินทร์ สดกนัง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศุภวุฒิ เนตรโพธิ์แก้ว	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สาคร วุฒิพัฒน์พันธุ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กันต์พงษ์ ศรีสถิตย์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เจษฎาพร สถานทรัพย์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เอกสิทธิ์ นฤกุลเจริญลาภ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไกรฤกษ์ เขยชื่น	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บัญชา เหลือแดง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประสพโชค ให้อ่องคำ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พลกฤษณ์ ทุนคำ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรจักร เมืองใจ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาญชัย เดชธรรมรงค์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ยุพดี หัตถสิน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศุภกิต แก้วดวงตา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กฤษดา ยิ่งขยัน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ขวัญชัย เอื้อวิริยานุกูล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อาทิตย์ ยาวาผล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพพร พชรประกิต	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิฑูรย์ พรหมมี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณรงค์ เมตไตรพันธ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิโรจน์ ปงลังกา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนนท์ นานอิน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประกาศิต ศรีทะแก้ว	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิวัฒน์ ทิพจร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จักรกฤษณ์ เคลือบวัง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ดาก
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณรงค์ฤทธิ์ พิมพ์คำวงศ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ดาก
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัยวัฒน์ สากุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปัทมศรีกรรณ อริย์กุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิรพล จันทร์หอม	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ยุทนา กันทะพะเยา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สรายุทธ ทองกุลภัทร์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รัชชัย คล้ายคลึง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พนิจ ศรีธร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กฤษณะพงศ์ พันธุ์ศรี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จรินทร์ศักดิ์ แซ่เตียว	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรพิน ชานนาคิน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กฤตยา สมสัย	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิชัย ครองกิจศิริ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุริยา แก้วอาษา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิรวรรณ แซ่เต๋	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุลักษณ์ มงคล	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อดิศักดิ์ วัฒนาคาล	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐทิ ธิงสุข	มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พงษ์เทพ รักผากวงศ์	มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประมวล ชูรัตน์	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประสิทธิ์ นางหิน	สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิริภพ ตู้ประกาย	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นริศ ราชบุรี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุรินทร์ แหงบงาม	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์อองอาจ แสดใหม่	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์นายอดิศักดิ์ แข็งสารกิจ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ว่าที่ร้อยตรี ดร.สิทธิบูรณ์ ศิริพร อักษรชัย	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรรณพร ที่เก่ง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่
ผู้ช่วยศาสตราจารย์วิเชษฐ ทิพย์ประเสริฐ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์นันทิพงษ์ สมไชยวงศ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์กฤตเดช บัวใหญ่	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประเสริฐ เพื่อนหมื่นไวย	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์พันธุ์พงศ์ อภิชาตกุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์จักรวิวัฒน์ บุตรบุญชู	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
ผู้ช่วยศาสตราจารย์เอกวิทย์ หายักวงษ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์คมิษฐ์ มาตรา	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์พิกิจ สุวัณณ์	มหาวิทยาลัยสยาม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์วิภาวัลย์ นาคทรัพย์	มหาวิทยาลัยสยาม
อาจารย์ ดร.สรรร รัตนสัญญา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
อาจารย์ ดร.กวีวัชร ทัดวงษ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
อาจารย์ ดร.วิเชียร อุปแก้ว	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
อาจารย์ ดร.ทพพล ทิพย์โพธิ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
อาจารย์ ดร.ปรัชญา มงคลไวย	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

อาจารย์ ดร.ธีระศักดิ์ สมศักดิ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่
อาจารย์ ดร.จักรกฤษ ใหม้แสน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่
อาจารย์ ดร.สมนึก สุระธง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่
อาจารย์ ดร.กัณหาญณ์ ปวนสุรินทร์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย
อาจารย์ ดร.อนุสรณ์ ยอดใจเพชร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย
อาจารย์ ดร.มาลียา ตั้งจิตเจษฎา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
อาจารย์ ดร.ยุทธนา คงจีน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา
อาจารย์ ดร.ประจวบ อินระวงศ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา
อาจารย์ ดร.มงคล คำนับบำรุงตระกูล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา
อาจารย์ ดร.ไพวรรณ เกิดตรวจ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
อาจารย์ ดร.กัญญา ชัยอมฤต	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
อาจารย์ ดร.เสกสรรค์ พลสุวรรณ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร
อาจารย์ ดร.วิระ ธีรยาภิรักษ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร
อาจารย์ ดร.สุธาสนี กุปตะบุตร	มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร
อาจารย์เมธา ทัตคร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร
อาจารย์ธิดิพร ประมวน	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
อาจารย์นาวี รุจิคามพ์	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
อาจารย์สุทธิพันธ์ อักษรเนียม	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
อาจารย์ชำนาญ ปัญญาใส	ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (NECTEC)

สารบัญ

เลข	บทความ	หน้า
PW-101	การวิเคราะห์ผลกระทบของสนามไฟฟ้าจากสายส่งไฟฟ้ากำลัง 69 kV และ 115 kV ต่อผู้พักอาศัยภายในอาคารบริเวณใกล้แนวสายส่งไฟฟ้ากำลัง	1
PW-102	การวิเคราะห์การตอบสนองด้านโวลต์ร่วมกับระบบกักเก็บพลังงานไฟฟ้าแบบแบตเตอรี่	5
PW-103	ผลของขนาดและตำแหน่งติดตั้งโซลาร์เซลล์ต่อระบบจำหน่ายแรงต่ำ	9
PW-104	การจำลองการทำงานของระบบพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 0.45 เมกะวัตต์โดยคำนึงถึงรังสีความเข้มแสงและอุณหภูมิ กรณีศึกษา อ.เมือง จ.ขอนแก่น	13
PW-105	แอปพลิเคชันสำหรับออกแบบวงจรไฟฟ้ามอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับในระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์	17
PW-108	การวิเคราะห์รูปแบบโวลต์ของหม้อแปลงจำหน่ายไฟฟ้าแรงต่ำโดยใช้มูลค่าไฟร่วมกับโวลต์แพคเกจ	21
PW-109	ศึกษาผลกระทบของสนามแม่เหล็กของการจัดเรียงสายตามลักษณะการติดตั้งหน้างานของระบบสายไฟฟ้าใต้ดิน	25
PW-110	การหาค่าการไหลของกำลังไฟฟ้าที่เหมาะสมที่สุดโดยมีเงื่อนไขด้านความมั่นคงในระบบไฟฟ้ากำลังที่มีตัวควบคุมกำลังไฟฟ้าแบบรวม	29
PW-111	การวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์ระบบพลังงานแสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อกริด กรณีติดตั้งเครื่องอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้า และระบบสะสมพลังงานสำหรับบ้านพักอาศัย	33
PW-112	การศึกษาผลการวัดประสิทธิภาพของหม้อแปลงไฟฟ้า	37
PW-114	การวิเคราะห์สนามแม่เหล็กและกระแสไหลวนของสายไฟฟ้าใต้ดิน ในท่อร้อยสายไฟฟ้าที่จัดเรียงด้วยหัวเหล็ก และหัวฉนวน	41
PW-117	การหาตำแหน่งสถานีอัดประจุที่เหมาะสมสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า โดยใช้การแก้ปัญหาค้นหาความครอบคลุมของพื้นที่ให้ได้มากที่สุด	45
PW-118	การออกแบบป้องกันฟ้าผ่าสำหรับถังเก็บน้ำมันเชื้อเพลิงขนาดใหญ่	49
PW-119	การประเมินพลังงานไฟฟ้าสูญเสียของสายจำหน่ายและหม้อแปลงจำหน่ายระบบเรเดียล	53
PW-120	เทคนิคการตรวจจับคุณภาพแรงดันไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยี Internet of Things	57
PW-121	ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์สำหรับการจัดการระบบสายส่งไฟฟ้าแรงสูงด้วยดัชนีสภาพและดัชนีความต้องการปรับปรุงสินทรัพย์	61
PW-122	การวางแผนขยายระบบส่งไฟฟ้าโดยใช้วิธีเชิงพันธุกรรม	65
PW-123	การวิเคราะห์ผลการทดสอบลูกถ้วยฉนวนพอลิเมอร์ 22 กิโลโวลต์ ตามมาตรฐาน IEC/TR 62730	69
EC-201	การออกแบบวงจรกรองแบบผ่านต่ำช่วงหยุดแถบกว้างที่มีความคมความถี่สูง	73
EC-202	การประเมินประสิทธิภาพการใช้งานร่วมกันของ MuteFire กับ Wi-Fi ในย่านความถี่ที่ไม่ต้องมีใบอนุญาตด้วย โปรแกรม ns-3	77
EC-204	การเปรียบเทียบประสิทธิภาพอัตราข้อผิดพลาดบิตของการตรวจจับสัญญาณแบบเกาส์ ไซเคิลและแมตซ์ฟิลเตอร์ในระบบสื่อสารแบบไมโมที่มีสายอากาศจำนวนมาก	81
EC-205	ระบบตรวจวัดและแจ้งเตือนกำลังงานแสงด้วยโมดูลเอสเอฟพีสำหรับการสื่อสารผ่านใยแก้วนำแสง	85

การวิเคราะห์ผลกระทบของสนามไฟฟ้าจากสายส่งไฟฟ้ากำลัง 69 kV และ 115 kV ต่อผู้พักอาศัยภายในอาคาร บริเวณใกล้แนวสายส่งไฟฟ้ากำลัง

Analysis of Electric Field Impact from Power Transmission Line 69 kV and 115 kV to Occupants in Buildings near Power Transmission Line

ธวัชชัย มีชนะ¹ อรุณชัย ราชเป็น¹ รุ่งเพชร กองนอก¹ ยุทธนา คงจีน¹ และ บุญยัง ปลั่งกลาง¹

¹ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี 12110

²สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี 30000

E-mail: thawatchai_m@mail.ru.mutt.ac.th, boonyang.p@en.ru.mutt.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการวิเคราะห์ผลกระทบของสนามไฟฟ้าต่อผู้พักอาศัยภายในอาคาร บริเวณใกล้แนวสายส่งไฟฟ้ากำลัง แรงดัน 69 kV และสายส่งไฟฟ้าแรงดัน 115 kV โดยการจำลองด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ที่ระยะห่างของสายส่งไฟฟ้ากับผู้พักอาศัยภายในอาคาร ตั้งแต่ 1.60 ม. ถึง 2.90 ม. และทำการเปรียบเทียบค่าสนามไฟฟ้ากับเกณฑ์มาตรฐานความปลอดภัยขององค์การอนามัยโลก (WHO) พร้อมทั้งเปรียบเทียบระยะห่างที่มีค่าสนามไฟฟ้าไม่เกิน 5 kV/m กับมาตรฐานของการไฟฟ้านครหลวง ผลการจำลองพบว่าค่าสนามไฟฟ้าของสายส่งไฟฟ้าแรงดัน 69 kV มีค่าสนามไฟฟ้าไม่เกิน 5 kV/m ที่ระยะห่าง 1.74 ม. ซึ่งจะสอดคล้องกับระยะห่างตามมาตรฐานของการไฟฟ้านครหลวง และสนามไฟฟ้าของสายส่งไฟฟ้าแรงดัน 115 kV มีค่าสนามไฟฟ้าไม่เกิน 5 kV/m ที่ระยะห่าง 2.90 ม. ขณะที่การไฟฟ้านครหลวงกำหนดระยะห่างไว้เพียง 2.30 ม. ซึ่งบริเวณนี้จะไม่เหมาะกับการพักอาศัยแต่สามารถปฏิบัติงานได้

คำสำคัญ: มาตรฐานความปลอดภัย, สนามไฟฟ้า, สายส่งไฟฟ้ากำลัง

Abstract

This paper presents the analysis of electric field impact from power transmission line 69 kV and 115 kV to occupants in buildings near power transmission line by finite element method. The distance of the power transmission line with the occupants building from 1.60 - 2.90 m was considered. The electric field value was compared with the safety standard of the World Health Organization (WHO) and compared the standards of the Metropolitan Electricity Authority (MEA) which the electric field value should be not more than 5 kV/m. The simulation result showed that the electric field value of the 69 kV power transmission line

was not more than 5 kV/m at the distance of 1.74 m, which corresponded to the standard distance of the Metropolitan Electricity Authority. The electric field value of the 115 kV power transmission line was not more than 5 kV/m at the distance of 2.90 m, while the Metropolitan Electricity Authority has regulated the distance of only 2.30 m. This area is not suitable for living. However, it is able to perform the work and construction.

Keywords: safety standard, electric field, power transmission line

1. บทนำ

การขยายตัวของชุมชนเมือง ทำให้มีความต้องการด้านพลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้น การก่อสร้างอาคารและการก่อสร้างระบบจำหน่ายหรือสายส่งไฟฟ้าก็ต้องมีระยะห่างที่เหมาะสมเพื่อให้ผู้พักอาศัยหรือผู้ใช้สอยภายในอาคารมีความปลอดภัย [1] และไม่ได้รับผลกระทบจากสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กของระบบจำหน่ายไฟฟ้าและสายส่งไฟฟ้า เนื่องจากการสัมผัสสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นเวลานาน อาจส่งผลกระทบท่อสุขภาพ [2-4]

งานวิจัยนี้จึงทำการศึกษาและวิเคราะห์สนามไฟฟ้าของสายส่งไฟฟ้า ที่ระยะห่างต่างๆ กับผู้พักอาศัยหรือผู้ใช้สอยภายในอาคารเพื่อหา ระยะห่างที่ปลอดภัยจากสนามไฟฟ้าตามข้อกำหนดขององค์การอนามัยโลกกำหนด [5-6]

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 สนามไฟฟ้า

การวิเคราะห์สนามไฟฟ้าของสายส่งไฟฟ้าแรงดัน 69 kV และสายส่งไฟฟ้าแรงดัน 115 kV อ้างอิงตามทฤษฎีไดเวอร์เจนซ์และเกรเดียนต์ของศักย์ไฟฟ้า [7-8] สามารถแสดงสมการได้ดังนี้

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 13

13th Conference of Electrical Engineering Network 2021 (EENET 2021)

$$\nabla D = \lim_{\Delta v \rightarrow 0} \frac{\oint_S D \cdot ds}{\Delta v} \quad (1)$$

$$\nabla D = \left(\frac{\partial D_x}{\partial x} + \frac{\partial D_y}{\partial y} + \frac{\partial D_z}{\partial z} \right) \quad (2)$$

$$\nabla D = \rho_v \quad (3)$$

$$\nabla = \frac{\partial}{\partial x} a_x + \frac{\partial}{\partial y} a_y + \frac{\partial}{\partial z} a_z \quad (4)$$

$$E = -\nabla V \quad (5)$$

โดยที่

E = ค่าสนามไฟฟ้า

V = ศักย์ไฟฟ้า

D = ความหนาแน่นของฟลักซ์ไฟฟ้า

 ρ_v = ความหนาแน่นของประจุไฟฟ้า ∇ = ความหนาแน่นของประจุเชิงปริมาตร

2.2 มาตรฐานความปลอดภัย

การสัมผัสสนามไฟฟ้าเป็นเวลานานจะมีผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิต ซึ่งองค์การอนามัยโลกได้กำหนดเกณฑ์มาตรฐานความปลอดภัยที่สิ่งมีชีวิตสามารถสัมผัสได้ในระยะเวลาที่กำหนด ซึ่งมีรายละเอียดดังตารางที่ 1 ขณะที่การไฟฟ้านครหลวงกำหนดระยะห่างเพื่อเป็นเกณฑ์ในการก่อสร้างอาคารหรือการก่อสร้างระบบจำหน่ายไฟฟ้าและสายส่งไฟฟ้าที่อยู่ใกล้กับอาคาร ซึ่งแสดงได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 1 ค่าเกณฑ์มาตรฐานความปลอดภัยขององค์การอนามัยโลก

สถานที่	ระยะเวลา (ชม.)	สนามไฟฟ้า (kV/m)
สถานประกอบการ	8	10
สาธารณะ	24	5

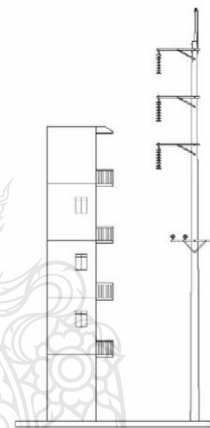
ตารางที่ 2 มาตรฐานระยะห่างปลอดภัยของการไฟฟ้านครหลวง

แรงดันไฟฟ้า (kV)	ระยะห่างกับอาคาร (ม.)
69	2.13
115	2.30

3. วิธีดำเนินการ

3.1 แบบจำลองและพารามิเตอร์

การศึกษาและวิเคราะห์สนามไฟฟ้าที่มีผลต่อผู้พักอาศัยภายในอาคารของสายส่งไฟฟ้าแรงดัน 69 kV และสายส่งไฟฟ้าแรงดัน 115 kV โดยจำลองด้วยไฟไนต์เอลิเมนต์ ซึ่งพิจารณาระยะห่างของสายส่งไฟฟ้าแรงดัน 6 kV และสายส่งไฟฟ้าแรงดัน 115 kV กับโครงสร้างอาคารเปรียบเทียบกับมาตรฐานของการไฟฟ้านครหลวง เพื่อวิเคราะห์ผลของสนามไฟฟ้าจากสายส่งไฟฟ้าตามเกณฑ์มาตรฐานขององค์การอนามัยโลก มีรายละเอียดตามรูปที่ 1 ซึ่งมีค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการจำลองด้วยไฟไนต์เอลิเมนต์ ดังตารางที่ 3



รูปที่ 1 แบบจำลองสนามไฟฟ้า

ตารางที่ 3 พารามิเตอร์ของวัสดุ

No.	Materials	Relative Permittivity
1	Air	1.00
2	Aluminum	1.00
3	Semi-conductive Cross-linked polyethylene compound	2.25
4	Concrete	4.50
5	Insulator	6.00
6	Glass	3.75
7	Iron	3.80

บทความวิจัย

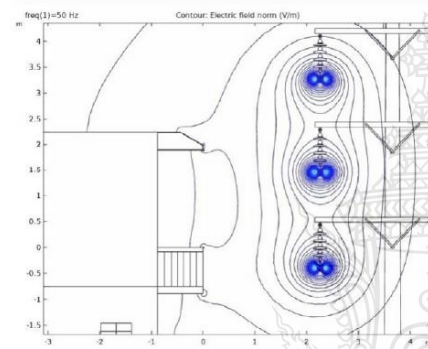
การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 13

13th Conference of Electrical Engineering Network 2021 (EENET 2021)



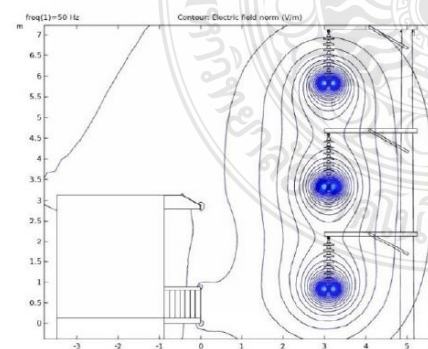
3.2 การกระจายตัวของสนามไฟฟ้า

การศึกษารูปแบบการกระจายตัวของสนามไฟฟ้าใกล้บริเวณอาคาร และกำหนดขอบเขตระยะห่างที่ระยะต่างๆ ซึ่งงานวิจัยนี้สนใจตั้งแต่ 1.60 ม. ถึง 2.90 ม. ตามมาตรฐานระยะห่างที่ปลอดภัยจากสายไฟฟ้าแรงสูงของการไฟฟ้านครหลวงและเลือกพิจารณาเฉพาะพิกัดแรงดัน 69 kV และ 115 kV



รูปที่ 2 สนามไฟฟ้าของสายส่งไฟฟ้าแรงดัน 69 kV ที่ระยะ 2.13 ม.

จากรูปที่ 2 การกระจายตัวของสนามไฟฟ้าของสายส่งไฟฟ้าแรงดัน 69 kV ซึ่งจะมีค่าสนามไฟฟ้าสูงสุดบริเวณกึ่งกลางของสายส่งไฟฟ้า ขนาด 500 kV/m และบริเวณเบี่ยงอาคารจะมีค่าสนามไฟฟ้าขนาด 2.512 kV/m

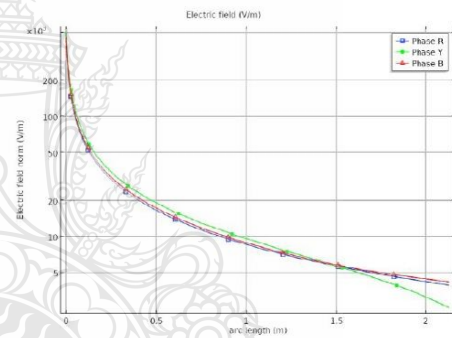


รูปที่ 3 สนามไฟฟ้าของสายส่งไฟฟ้าแรงดัน 115 kV ที่ระยะ 2.30 ม.

จากรูปที่ 3 การกระจายตัวของสนามไฟฟ้าของสายส่งไฟฟ้าแรงดัน 115 kV ซึ่งจะมีค่าสนามไฟฟ้าสูงสุดบริเวณกึ่งกลางของสายส่งไฟฟ้า ขนาด 760 kV/m และบริเวณเบี่ยงอาคารจะมีค่าสนามไฟฟ้าขนาด 5.255 kV/m

4. ผลการวิจัย

ผลที่ได้จากการจำลองสนามไฟฟ้าด้วยโปรแกรมจำลองคอมพิวเตอร์ ซึ่งพิจารณาระยะห่างระหว่างสายส่งไฟฟ้ากับเบี่ยงอาคาร พบว่าค่าสนามไฟฟ้ามีค่ามากที่สุดเมื่ออยู่ใกล้สายส่งไฟฟ้าที่ติดตั้งแรงดัน 69 kV คือ 500 kV/m และที่ใกล้กับแรงดัน 115 kV คือ 760 kV/m ซึ่งจะลดลงเมื่อมีระยะห่างจากสายส่งไฟฟ้ามากขึ้นตามลำดับ ดังรูปที่ 4 และรูปที่ 5



รูปที่ 4 สนามไฟฟ้าระหว่างสายส่งไฟฟ้า 69 kV กับเบี่ยงอาคาร

จากรูปที่ 4 พบว่าค่าสนามไฟฟ้าจะเกิดสูงสุดที่บริเวณกึ่งกลางของสายส่งไฟฟ้า และค่อยๆ ลดลงเมื่อระยะห่างเพิ่มขึ้น ลักษณะจะเหมือนกันทั้งเฟส R เฟส Y และเฟส B และยังพบว่าค่าสนามไฟฟ้าที่ 5 kV/m จะมีระยะห่างของสายส่งไฟฟ้ากับเบี่ยงอาคารที่พอกำหนดพิจารณา ได้ระยะห่าง 1.74 ม.

ตารางที่ 4 ค่าสนามไฟฟ้าที่แรงดัน 69 kV

ระยะห่าง (m)	ค่าสนามไฟฟ้าบริเวณเบี่ยงอาคาร (V/m)		
	Phase R	Phase Y	Phase B
1.60	5,258.50	5,051.25	5,404.70
1.74	4,837.50	4,318.85	4,999.50
1.80	4,661.50	4,027.75	4,854.25
2.00	4,186.00	3,089.75	4,463.50
2.13	3,906.25	2,512.00	4,222.50

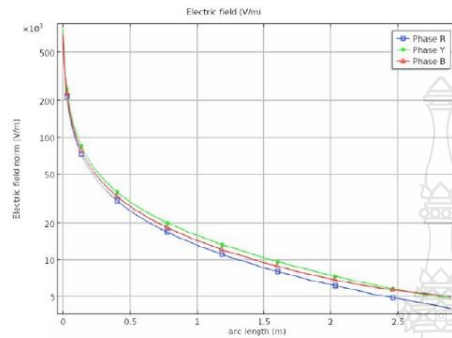
บทความวิจัย

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 13

13th Conference of Electrical Engineering Network 2021 (EENET 2021)



PW-101



รูปที่ 5 สนามไฟฟ้าระหว่างสายส่งไฟฟ้า 115 kV กับระยะเบี่ยงอาคาร

จากรูปที่ 5 พบว่าค่าสนามไฟฟ้าจะเกิดสูงสุดที่บริเวณหัวของตัวนำของสายส่งไฟฟ้า และค่อยๆ ลดลงเมื่อระยะห่างเพิ่มขึ้น ลักษณะจะเหมือนกันทั้งเฟส R เฟส Y และเฟส B และยังพบว่าค่าสนามไฟฟ้าที่ 5 kV/m จะมีระยะห่างของสายส่งไฟฟ้ากับระยะเบี่ยงของอาคารที่พออาศัยที่พิจารณา ได้ระยะห่าง 2.90 ม.

ตารางที่ 5 ค่าสนามไฟฟ้าที่แรงดัน 115 kV

ระยะห่าง (m)	ค่าสนามไฟฟ้าบริเวณเบี่ยงอาคาร (V/m)		
	Phase R	Phase Y	Phase B
1.70	7,510.00	8,990.00	8,264.50
2.00	6,118.50	7,786.50	7,909.40
2.30	5,255.00	6,272.50	6,020.00
2.60	4,593.50	5,403.50	5,421.00
2.90	3,968.00	4,796.00	4,950.00

5. สรุปผลการวิจัย

การวิเคราะห์สนามไฟฟ้าของสายส่งไฟฟ้ากับระยะเบี่ยงอาคาร ระยะห่างตั้งแต่ 1.60 - 2.90 ม ไม่ควรมีค่าสนามไฟฟ้าเกิน 5 kV/m เนื่องจากผู้อยู่อาศัยสามารถสัมผัสกับค่าสนามไฟฟ้าได้ตลอด 24 ชม. พบว่าการก่อสร้างระบบสายส่งไฟฟ้าแรงดัน 69 kV ควรมีระยะห่างมากกว่า 1.74 ม. และสายส่งไฟฟ้า แรงดัน 115 kV ควรมีระยะห่างไม่น้อยกว่า 2.90 ม. ซึ่งจะมีค่าสนามไฟฟ้าไม่เกิน 5 kV/m ตามเกณฑ์มาตรฐานความปลอดภัยขององค์การอนามัยโลก ขณะที่ระยะห่างของสายส่งไฟฟ้าแรงดัน 115 kV ตามที่การไฟฟ้านครหลวงกำหนดให้สายส่งไฟฟ้าห่างจากระเบี่ยงอาคาร 2.30 ม. นั้น พบว่ามีค่าสนามไฟฟ้าสูงสุด 6.272 kV/m

บริเวณเบี่ยงอาคาร ซึ่งสามารถปฏิบัติงานได้แต่ไม่เหมาะกับการพักอาศัย

เอกสารอ้างอิง

- [1] AttPhayom, TirapongKasirawat and SurasakPhontusa, "Analysis of Electric Field and Magnetic Field from Overhead Subtransmission Lines Affecting Occupational Health and Safety in MEA's Power System.," GMSARN International Journal, pp. 25-35, 2016.
- [2] S. Nunchuen, J. Halapee and V. Tarateeraseth, "Electric Field Minimization using Optimal Phase Arrangement Techniques for MEA Overhead Power Transmission Lines," 2019 16th International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON), Pattaya, Chonburi, Thailand, 2019, pp. 325-328.
- [3] I. Laakso and T. Lehtinen, "Modeling and Measurement of Exposure to Realistic Non-Uniform Electric Fields at 50 Hz," 2019 Joint International Symposium on Electromagnetic Compatibility, Sapporo and Asia-Pacific International Symposium on Electromagnetic Compatibility (EMC Sapporo/APEMC), Sapporo, Japan, 2019, pp. 334-337.
- [4] S. S. Razavipour, M. Jahangiri and H. Sadeghipoor, "Electrical field around the overhead transmission lines.," word academy of science, engineering and technology, Vol. 6, Feb. 2012
- [5] การไฟฟ้านครหลวง, "ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กจากสายส่งไฟฟ้า," 1 สิงหาคม 2556
- [6] P. Mircea, C. Toader, N. Golovanov and C. Beiu, "Current research on the effects of electromagnetic field on living organisms," 2014 International Conference on Applied and Theoretical Electricity (ICATE), Craiova, Romania, 2014, pp. 1-6
- [7] Z. Anane and F. Acquabed, "Electromagnetic fields analysis on OTL with presence of human body model using comsolmultiphysics," 2017 5th International Conference on Electrical Engineering - Boumerdes (ICEE-B), Boumerdes, 2017, pp. 1-6.
- [8] Z. Yang et al., "Simulation of electric field around insulators in high voltage line," 2015 5th International Conference on Electric Utility Deregulation and Restructuring and Power Technologies (DRPT), Changsha, 2015, pp. 1478-1482.



การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 44

The 44th Electrical Engineering Conference (EECON-44)

17-19 พฤศจิกายน 2564

ณ โรงแรม ดิ อิมเพรส น่าน อำเภอเมืองน่าน จังหวัดน่าน

- ไฟฟ้ากำลัง (PW)
- ไฟโตนิคส์ (PH)
- คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ (CP)
- งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิศวกรรมไฟฟ้า (GN)
- วิศวกรรมชีวการแพทย์ (BE)
- ไฟฟ้าสื่อสาร (CM)
- การประมวลผลสัญญาณดิจิทัล (DS)
- ระบบควบคุมและการวัดคุม (CT)
- อิเล็กทรอนิกส์กำลัง (PE)
- พลังงานหมุนเวียน (RE)
- อิเล็กทรอนิกส์ (EL)



EECON-44
Electrical Engineering Conference





รายนามคณะกรรมการสภาวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า

ศ.ดร.ประยุทธ์ อัครเอกผาลิน

ศ.ดร.โกสินทร์ จ่านงไทย

ศ.ดร.อภิรัฐ ศิริธราวัตร

รศ.ดร.ชัยวุฒิ ฉัตรอุทัย

รศ.ดร.อธิคม ฤกษ์บุตร

ผศ.ดร.สมชัย หิรัญวโรตม

ผศ.พินิจ เทพสาธ

ผศ.เดชา วิไลรัตน์

อ.ธนวิษฐ์ ชุติกาวิทย์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

มหาวิทยาลัยมหิดล

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่



ระหว่างวันที่ 17-19 พฤศจิกายน 2564 โรงแรม ดิ อิมเพรส น่าน อำเภอเมืองน่าน จังหวัดน่าน



รายนามหน่วยงานที่เป็นคณะกรรมการสามัญและคณะกรรมการสมทบ

สถาบันกรรมการสามัญ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
มหาวิทยาลัยศรีปทุม
มหาวิทยาลัยมหิดล
มหาวิทยาลัยสยาม
มหาวิทยาลัยกรุงเทพ
ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย
มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์
มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต
มหาวิทยาลัยรังสิต
มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต
มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

สถาบันกรรมการสามัญ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
มหาวิทยาลัยพะเยา
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
มหาวิทยาลัยอัสสัมชัญ

สถาบันกรรมการสมทบ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
สถาบันเทคโนโลยีจิตรลดา



ระหว่างวันที่ 17-19 พฤศจิกายน 2564 โรงแรม ดิ อิมเพรส นาน อำเภอเมืองน่าน จังหวัดน่าน



คณะกรรมการดำเนินงานการประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 44 (EECON-44)

ประธาน

รองศาสตราจารย์ ดร.นัฐโชติ รักไทยเจริญชีพ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

เลขานุการ

รองศาสตราจารย์ ดร.ศุภวุฒิ เนตรโพธิ์แก้ว

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

คณะกรรมการอำนวยการ

- | | | |
|---|----------------|----------------------------|
| 1. อธิการบดี | | ประธานกรรมการ |
| 2. รองอธิการบดีทุกฝ่าย | | กรรมการ |
| 3. ผู้ช่วยอธิการบดีฝ่ายวิชาการและพัฒนาคณาจารย์ | | กรรมการ |
| 4. ผู้ช่วยอธิการบดีฝ่ายประกันคุณภาพ | | กรรมการ |
| 5. คณบดีคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม | | กรรมการ |
| 6. คณบดีคณะศิลปศาสตร์ | | กรรมการ |
| 7. รองคณบดีคณะศิลปศาสตร์ | | กรรมการ |
| 8. ผู้ช่วยศาสตราจารย์สัทธิรัตน์ | วงศ์ศรีษะ | กรรมการ |
| 9. อาจารย์ ดร.ชลากร | อุดมรักษาสกุล | กรรมการ |
| 10. อาจารย์ ดร.ณัฐชัยธร | วัทธิกรสิริกุล | กรรมการ |
| 11. คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์ | | กรรมการและเลขานุการ |
| 12. รองคณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์ ฝ่ายวิชาการและวิจัย | | กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ |

คณะกรรมการดำเนินงาน ประกอบด้วย

- | | | |
|----------------------------------|-----------------|---------------|
| 1. รองศาสตราจารย์ ดร.นัฐโชติ | รักไทยเจริญชีพ | ประธานกรรมการ |
| 2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์กร | พวงนาค | กรรมการ |
| 3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพงศ์ | พันธนะ | กรรมการ |
| 4. เรืออากาศตรี ดร.พลกฤษณ์ | จริยตันติเวทย์ | กรรมการ |
| 5. อาจารย์สุทธิพงษ์ | จำรูญรัตน์ | กรรมการ |
| 6. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สาคร | วุฒิพัฒน์พันธุ์ | กรรมการ |



ระหว่างวันที่ 17-19 พฤศจิกายน 2564 โรงแรม ดิ อิมเพรส น่าน อำเภอเมืองน่าน จังหวัดน่าน



7.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มนัส	บุญเกียรติทอง	กรรมการ
8.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุรสิทธิ์	ประกอบกิจ	กรรมการ
9.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์สิทธิศักดิ์	วรดิษฐ์	กรรมการ
10.	อาจารย์ ดร.คชพงศ์	สุมานนท์	กรรมการ
11.	อาจารย์ ดร.วรก	อินทพันธ์	กรรมการ
12.	อาจารย์ ดร.วาริน	วีระสินธุ์	กรรมการ
13.	อาจารย์อัมภรณ์	พิรวณิกุล	กรรมการ
14.	นางภัครันต์	เชื้อนเคนทร์	กรรมการ
15.	รองศาสตราจารย์ ดร.ศุภวุฒิ	เนตรโพธิ์แก้ว	กรรมการและเลขานุการ
16.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อภิษฎา	ทองรักษา	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
17.	อาจารย์ ดร.ภควัด	เกอะประสิทธิ์	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

คณะกรรมการฝ่ายดำเนินการคัดเลือกบทความและนำเสนอบทความ

1.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สาคร	วุฒิพัฒน์พันธุ์	ประธานอนุกรรมการ
2.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สัญญา	คุณขาว	อนุกรรมการ
3.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุรสร	อยู่สุข	อนุกรรมการ
4.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิระยุทธ	คุณรัตน์ศิริ	อนุกรรมการ
5.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุรสิทธิ์	ประกอบกิจ	อนุกรรมการ
6.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์กิจจา	ลักษณ์อำนาจพร	อนุกรรมการ
7.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธนะกิจ	วัฒีกัธ	อนุกรรมการ
8.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์กมลทิพย์	วัฒีกัธ	อนุกรรมการ
9.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์เวทรินทร์	ธัญลีประเสริฐ	อนุกรรมการ
10.	อาจารย์ ดร.ธนารัตน์	ต้นมณีประเสริฐ	อนุกรรมการ
11.	อาจารย์ ดร.พลิชฐ์	สุวรรณกิงคาร	อนุกรรมการ
12.	อาจารย์ ดร.คชพงศ์	สุมานนท์	อนุกรรมการ
13.	อาจารย์ ดร.อานนท์	สิงห์เสถียร	อนุกรรมการ
14.	อาจารย์นิลมิต	นิลาศ	อนุกรรมการ
15.	อาจารย์สุวิมล	แพ่งธีระสุขมัย	อนุกรรมการ



ระหว่างวันที่ 17-19 พฤศจิกายน 2564 โรงแรม ดิ อิมเพรส น่าน อำเภอเมืองน่าน จังหวัดน่าน



16.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ว่าที่ ร.ต. ดร.พรชัย เดชชนเศรษฐ์	อนุกรรมการ
17.	อาจารย์ ดร.ทวีศักดิ์ ตรงศิริกุล	อนุกรรมการ
18.	อาจารย์ ดร.มนตรี บุญเรืองเศษ	อนุกรรมการ
19.	อาจารย์ ดร.ชนิษฐา ตีสุบิน	อนุกรรมการ
20.	อาจารย์ ดร.วาริน วีระสินธุ์	อนุกรรมการ
21.	อาจารย์สุปัญญา สิงห์กรณ์	อนุกรรมการ
22.	อาจารย์กมลณิษฐ์ ภู่อสร	อนุกรรมการ
23.	อาจารย์วรรณภา มโนสืบ	อนุกรรมการ
24.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พูนศรี วรรณการ	อนุกรรมการและเลขานุการ
25.	นางสาวลลิตา นาคจำแสง	อนุกรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
26.	นายชนพล สอนลำไย	อนุกรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
27.	นางสาวเลิศลักษณ์ บัวทอง	อนุกรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

คณะกรรมการจัดทำเล่มบทความ

1.	รองศาสตราจารย์ ดร.ศุภวุฒิ เนตรโพธิ์แก้ว	ประธานอนุกรรมการ
2.	เรืออากาศตรี ดร.พลกฤษณ์ จรรย์ตันติเวทย์	อนุกรรมการ
3.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรินทร์ สุตคณิง	อนุกรรมการ
4.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อภิษฎา ทองรักษ์	อนุกรรมการ
5.	อาจารย์ ดร.ฉัตรแก้ว จรรย์ตันติเวทย์	อนุกรรมการ
6.	อาจารย์ ดร.ยุพธนา สรวลสรค์	อนุกรรมการ
7.	อาจารย์นพกฤษณ์ ดำน้อย	อนุกรรมการ
8.	อาจารย์ชลิตา อุดมรักษาสกุล	อนุกรรมการ
9.	อาจารย์วิศิษฐ์ ปุยสำลี	อนุกรรมการ
10.	อาจารย์นิคม ดิษฐคณิง	อนุกรรมการ
11.	อาจารย์วรรณภา มโนสืบ	อนุกรรมการ
12.	นายชนพล สอนลำไย	อนุกรรมการ
13.	อาจารย์ ดร.อัญชลี มโนสืบ	อนุกรรมการและเลขานุการ
14.	อาจารย์นเรศ ชลิ่งสุทธิ	อนุกรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
15.	นางสาวลลิตา นาคจำแสง	อนุกรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ



ระหว่างวันที่ 17-19 พฤศจิกายน 2564 โรงแรม ดิ อิมเพรส น่าน อำเภอเมืองน่าน จังหวัดน่าน



คณะกรรมการฝ่ายสถานที่และยานพาหนะ

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มนัส	บุญเกียรติทอง	ประธานอนุกรรมการ
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์กมลทิพย์	วัฒนิกัณธร	อนุกรรมการ
3. อาจารย์ ดร.คชพงศ์	สุมนานท์	อนุกรรมการ
4. อาจารย์ ดร.อานนท์	สิงห์เสถียร	อนุกรรมการ
5. อาจารย์อรรถพล	ช่วยคำชู	อนุกรรมการ
6. นางสาวจันทร์เพ็ญ	คำภูมิ	อนุกรรมการ
7. นายสมยศ	แสงจันทร์	อนุกรรมการ
8. นางสาวเนตรนภา	แสงเงิน	อนุกรรมการ
9. นางกัญญ์ชิสา	ธัญสิประเสริฐ	อนุกรรมการ
10. นายไพฑูรย์	อาราเปี้ย	อนุกรรมการ
11. นายปิยะพันธ์	บำเรอจิตร	อนุกรรมการ
12. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธนะกิจ	วัฒนิกัณธร	อนุกรรมการและเลขานุการ
13. นางวรรณรัฐ	คงสมบูรณ์	อนุกรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

คณะกรรมการฝ่ายต้อนรับและงานเอกสารสารบรรณ

1. นางภัครินทร์	เชื่อนเคนทร์	ประธานอนุกรรมการ
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อภิษฎา	ทองรักษ์	อนุกรรมการ
3. นางสาวทิพรดา	มั่งดี	อนุกรรมการ
4. นางนงนภัส	ทองวิจิตร	อนุกรรมการ
5. นางสาวกชพร	ลีไพบูลย์	อนุกรรมการ
6. นางสาวสุกัลยา	ข้าทัศน์	อนุกรรมการ
7. นางสาวจิตเกษม	ใจแก้ว	อนุกรรมการ
8. นางสาวสุภาภรณ์	ลาทุม	อนุกรรมการและเลขานุการ
9. นางสาวสุภาพร	มีสาตร์	อนุกรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ



ระหว่างวันที่ 17-19 พฤศจิกายน 2564 โรงแรม ดิ อิมเพรส น่าน อำเภอเมืองน่าน จังหวัดน่าน



คณะกรรมการฝ่ายการเงิน

1. รองคณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์ ฝ่ายบริหาร		ประธานอนุกรรมการ
2. นางสาวนรรัตน์	มุกนันท	อนุกรรมการ
3. นางสาวกมลวรรณ	อาชวอาชานกุล	อนุกรรมการ
4. นางสาวธีรนาถ	การณย์นวลศิริ	อนุกรรมการ
5. นางธัชมนตร์	พินิจเวทการ	อนุกรรมการ
6. นางสาวปัทมจิตต์	นราภรณ์ชัยวุฒิ	อนุกรรมการ
7. นางศรัณญา	พิริยประเสริฐ	อนุกรรมการและเลขานุการ
8. นางสาวปรียะดา	ตระกูลอ่ำ	อนุกรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

คณะกรรมการฝ่ายลงทะเบียน

1. อาจารย์ประสิทธิ์	แพ่งเพชร	ประธานอนุกรรมการ
2. นางสาวศิริกุล	ภูจำนงค์	อนุกรรมการ
3. นางสาวพรศิริ	ยงสวัสดิ์	อนุกรรมการ
4. นายอานนท์	จำเริญพัฒน์	อนุกรรมการ
5. นางสาวชนิดา	บุญรอด	อนุกรรมการ
6. นายฐานะณัฐ	นพแก้ว	อนุกรรมการ
7. นางสาวสาวิตรี	อยู่อ่วม	อนุกรรมการ
8. นางวรรณรัฐ	คงสมบูรณ์	อนุกรรมการ
9. นางสาวจันทร์เพ็ญ	คำภูมิ	อนุกรรมการ
10. นายชนพล	สวนลำไย	อนุกรรมการ
11. นางสุกัญญา	พินิจเวทการ	อนุกรรมการ
12. นางสาวสิริขวัญ	ชาวบัวใหญ่	อนุกรรมการ
13. นางสาวสุภาภรณ์	ลาทุม	อนุกรรมการและเลขานุการ
14. อาจารย์ ดร.ณัฐวัฒน์	จันทะเสน	อนุกรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
15. นางสาวลลิตา	นาคจำแสง	อนุกรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ



ระหว่างวันที่ 17-19 พฤศจิกายน 2564 โรงแรม ดิ อิมเพรส น่าน อำเภอเมืองน่าน จังหวัดน่าน



คณะกรรมการฝ่ายจัดการรายได้

1. รองศาสตราจารย์ ดร.ศุภวุฒิ	เนตรโพธิ์แก้ว	ประธานอนุกรรมการ
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพงศ์	พันธนะ	อนุกรรมการ
3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์กร	พวงนาถ	อนุกรรมการ
4. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อภิษฎา	ทองรักษ์	อนุกรรมการและเลขานุการ
5. อาจารย์ ดร.อัญชลี	มโนสืบ	อนุกรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

คณะกรรมการฝ่ายจัดซื้อจัดจ้าง

1. หัวหน้างานพัสดุ		ประธานอนุกรรมการ
2. นายอัครพงศ์	อภิรักษ์สันติ	อนุกรรมการ
3. นางสาวสกวรัตน์	นิมมรงค์	อนุกรรมการ
4. นางสาวชฎาภรณ์	เฮงเจริญถาวร	อนุกรรมการ
5. นางจุไรภรณ์	กิริติยศกุลย์	อนุกรรมการและเลขานุการ

คณะกรรมการฝ่ายสารสนเทศประชาสัมพันธ์และของที่ระลึก

1. ผู้อำนวยการฝ่ายสื่อสารองค์กร		ที่ปรึกษา
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อภิษฎา	ทองรักษ์	ประธานอนุกรรมการ
3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์สิทธิศักดิ์	วรดิษฐ์	อนุกรรมการ
4. อาจารย์สุนารี	รชตฤจ	อนุกรรมการ
5. อาจารย์สุปัญญา	สิงห์กรณ์	อนุกรรมการ
6. นายอุเทน	พรหมมิ	อนุกรรมการ
7. นายปฐมพงศ์	จำนงค์ลาภ	อนุกรรมการ
8. นางสาวสมพิศ	ไปเจอะ	อนุกรรมการ
9. นางสาวอภิญา	ขุนมนมณี	อนุกรรมการ
10. นางสาวกชรัตน์	ฉิมคล้าย	อนุกรรมการ
11. นางสาวจุฑามาศ	ฉัตรสุริยวงศ์	อนุกรรมการ
12. อาจารย์ ดร.เกรียงไกร	เหลืออำพล	อนุกรรมการและเลขานุการ
13. นางสาวทิพรดา	มั่งดี	อนุกรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ



ระหว่างวันที่ 17-19 พฤศจิกายน 2564 โรงแรม ดิ อิมเพรส น่าน อำเภอเมืองน่าน จังหวัดน่าน



คณะกรรมการฝ่ายเผยแพร่ศิลปวัฒนธรรมและบริการจัดการท่องเที่ยว

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ยุทธภูมิ	สุวรรณเวช	ที่ปรึกษา
2. อาจารย์สุทธิพงษ์	จำรูญรัตน์	ประธานอนุกรรมการ
3. อาจารย์ ดร.นเรศ	กันธะวงศ์	อนุกรรมการ
4. อาจารย์พัฒยศ	เพชรพงษ์	อนุกรรมการ
5. อาจารย์ญาณาสรร	เชียรถาวร	อนุกรรมการ
6. อาจารย์ ว่าที่ ร.ต.สรทตรา	เล่งไพบูลย์	อนุกรรมการ
7. นางสาววันทนา	ครุฑจันทร์	อนุกรรมการ
8. อาจารย์ ดร.ชัยวุฒิ	ชัยฤกษ์	อนุกรรมการ
9. อาจารย์ ดร.ภควัด	เกษะประสิทธิ์	อนุกรรมการ
10. อาจารย์ญาณินท์	สายหยุด	อนุกรรมการ
11. นายวิลาส	วิสิทธิ์	อนุกรรมการ
12. นางสาวรุ่งฤดี	ตรงต่อศักดิ์	อนุกรรมการ
13. นางสาวรัตติณันท์	อังสนา	อนุกรรมการ
14. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อภิษฎา	ทองรักษ์	อนุกรรมการและเลขานุการ
15. นางสาวทิพรดา	มั่งดี	อนุกรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

คณะกรรมการฝ่ายติดตามและประเมินผล

1. รองคณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์ฝ่ายวางแผน		ประธานอนุกรรมการ
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์กมลพรรณ	จรรวาระกุล	อนุกรรมการ
3. อาจารย์วิศิษฐ์	บุยสำลี	อนุกรรมการ
4. นางกุสุมา	ระงับภัย	อนุกรรมการ
5. นายเสกสรร	กันธรส	อนุกรรมการ
6. นางนงนัท	ทองวิจิตร	อนุกรรมการและเลขานุการ



ระหว่างวันที่ 17-19 พฤศจิกายน 2564 โรงแรม ดิ อิมเพรส น่าน อำเภอเมืองน่าน จังหวัดน่าน



คณะกรรมการประเมินบทความการประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 44 (EECON-44)

ลำดับที่	ชื่อ-นามสกุล ผู้พิจารณาบทความ	หน่วยงาน
1	Asst. Prof. Dr. Chow Chompoo-inwai	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
2	Prof. Dr. Songphol Kanjanachuchai	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
3	Asst. Prof. Dr. Channarong Banmongkol	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
4	Assoc. Prof. Dr. Nisachon Tangsangiumvisai	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
5	Asst. Prof. Dr. Arporn Teeramongkonrasmee	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
6	Asst. Prof. Dr. Apiwat Lek-uthai	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
7	Prof. Dr. boonchai techaumnat	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
8	Dr. Napong Panitantum	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
9	Mr. Boonchuay Supmonchai	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
10	Assoc. Prof. Dr. Siriroj Sirisukprasert	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
11	Assoc. Prof. Dr. Peerayot Sanposh	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
12	Dr. Achara Pichetjamroen	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
13	Asst. Prof. Dr. Chalakorn karupongsiri	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
14	Asst. Prof. Anuwat Prasertsit	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
15	Dr. Phonsit Santiprapan	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
16	Dr. Pakpoom Hoyingcharoen	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
17	Dr. Warit Wichakool	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
18	Dr. mongkol saejia	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
19	Assoc. Prof. Dr. Wanchak Lenwari	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
20	Asst. Prof. Dr. Werapon Chiracharit	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
21	Asst. Prof. Dr. Sarawan Wongsas	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
22	Asst. Prof. Dr. Suwat Pattaramalai	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
23	Asst. Prof. Dr. Thorin Theeradejvanichkul	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
24	Assoc. Prof. Dr. Choopan Rattanapoka	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ



ระหว่างวันที่ 17-19 พฤศจิกายน 2564 โรงแรม ดิ อิมเพรส นาน อำเภอเมืองน่าน จังหวัดน่าน



ลำดับที่	ชื่อ-นามสกุล ผู้พิจารณาบทความ	หน่วยงาน
25	Asst. Prof. Dr. Anusak Bilsalam	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
26	Asst. Prof. Dr. Ruslee Sutthaweekul	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
27	Asst. Prof. Dr. Pakkawe Hayamin	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
28	Asst. Prof. Dr. Suphot Chunwiphat	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
29	Dr. Yuenyong Nilsiam	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
30	Dr. Pokkrong Vongkoon	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
31	Mr. Chaowan Jamroen	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
32	Asst. Prof. Dr. Nararat Ruangchaijatupon	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
33	Asst. Prof. Dr. Pamin Artrit	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
34	Asst. Prof. Dr. Kittipitch Meesawat	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
35	Dr. Jonggrit Jongudomkam	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
36	รศ.ดร.กฤษ เฉยไสย	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
37	ผศ.ดร.มนทล นาวงษ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
38	Assoc. Prof. Dr. Boonyang Plangklang	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
39	Assoc. Prof. Wattana Puntumjeak	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
40	Asst. Prof. Dr. Noraset Wichaipanich	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
41	Asst. Prof. Dr. Nathabhat Phankong	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
42	Asst. Prof. Dr. Paitoon Raklua	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
43	Asst. Prof. Dr. Chatchai Suppitaksakul	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
44	Asst. Prof. Dr. Ekkachai Mujjalinvimut	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
45	Asst. Prof. Dr. Sirichai Dangeam	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
46	Asst. Prof. Dr. Nitipong Panklang	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
47	Asst. Prof. Promsak Apiratikul	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
48	Asst. Prof. Nachirat Rachburee	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
49	Mr. Nattapol Ha-uapala	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
50	Assoc. Prof. Dr. Athikom Roeksabutr	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
51	Asst. Prof. Dr. Chaiyaporn Lothongkam	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
52	Asst. Prof. Panlop Pantuprecharat	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร



ระหว่างวันที่ 17-19 พฤศจิกายน 2564 โรงแรม ดิ อิมเพรส นาน อำเภอนนทบุรี จังหวัดนนทบุรี



ลำดับที่	ชื่อ-นามสกุล ผู้พิจารณาบทความ	หน่วยงาน
53	Dr. Jirapat Sangthong	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
54	Dr. Theppanom Sopaperm	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
55	Dr. Vinai Silaruam	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
56	Mr. Nattapong Jundang	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
57	Mr. Vasin Boonsobhak	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
58	Assoc. Prof. Dr. Sanya Mitaim	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
59	Assoc. Prof. Dr. Wanchai Pijitrojana	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
60	Assoc. Prof. Dr. Pichai Aree	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
61	Asst. Prof. Dr. Nitikam Nimsuk	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
62	Asst. Prof. Dr. Supachai Vorapojpisut	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
63	Asst. Prof. Dr. Supakit Prueksaaron	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
64	Dr. Kanchana Silawarawet	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
65	Asst. Prof. Dr. Pramual Choorat	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
66	Asst. Prof. Dr. Khanit Matra	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
67	Asst. Prof. Dr. Pichaya chaipanya	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
68	Asst. Prof. Dr. Samroeng Hintamai	มหาวิทยาลัยศรีปทุม
69	Asst. Prof. Dr. Parachai Juanuwattanakul	มหาวิทยาลัยศรีปทุม
70	Assoc. Prof. Dr. Surachoke Thanapitak	มหาวิทยาลัยมหิดล
71	Asst. Prof. Dr. Chuttchaval Jeraputra	มหาวิทยาลัยมหิดล
72	Asst. Prof. Dr. Tatcha Chulajata	มหาวิทยาลัยมหิดล
73	Asst. Prof. Dr. Pornchai Chanyagorn	มหาวิทยาลัยมหิดล
74	Dr. Supun Tiptipakorn	มหาวิทยาลัยมหิดล
75	Asst. Prof. Dr. Yongyuth Naras	มหาวิทยาลัยสยาม
76	Asst. Prof. Wipavan Narksarp	มหาวิทยาลัยสยาม
77	Assoc. Prof. Dr. Poompat Saengudomlert	มหาวิทยาลัยกรุงเทพ
78	Assoc. Prof. Songkran Kantawong	มหาวิทยาลัยกรุงเทพ
79	Dr. Nuntiya Chaiyabut	มหาวิทยาลัยกรุงเทพ
80	Assoc. Prof. Dr. Khanittha Kaewdang	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี



ระหว่างวันที่ 17-19 พฤศจิกายน 2564 โรงแรม ดิ อิมเพรส นาน อำเภอนนทบุรี จังหวัดนนทบุรี



ลำดับที่	ชื่อ-นามสกุล ผู้พิจารณาบทความ	หน่วยงาน
81	Assoc. Prof. Dr. Suchin Trirongjitmoah	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
82	Asst. Prof. Dr. Suparerk Janjarasjitt	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
83	Asst. Prof. Dr. Worakam Wongsachua	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
84	Asst. Prof. Dr. Prasit Nakonrat	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
85	Asst. Prof. Dr. Atipong Suriya	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
86	Asst. Prof. Dr. Bongkoj Sookananta	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
87	Dr. Nakrop Jinaporn	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
88	Dr. Pracha Khamphakdi	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
89	Assoc. Prof. Dr. Wanchai Chimchavee	มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย
90	Asst. Prof. Dr. Suparerk Manitpornsut	มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย
91	Asst. Prof. Dr. Supachate Innet	มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย
92	Asst. Prof. Supanunt Tunwannarux	มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย
93	รศ.ดร.อิทธิพงศ์ ชัยสำนันท์	มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์
94	Assoc. Prof. Dr. Boonlert Suechoey	มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์
95	Asst. Prof. Dr. somsak siriporananon	มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์
96	Asst. Prof. Chirasak Sinsukudomchai	มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์
97	Asst. Prof. Chaiyo Thammarat	มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์
98	Asst. Prof. Dr. Somboon Sooksatra	มหาวิทยาลัยรังสิต
99	Asst. Prof. Dr. Supattana Nirukkanaporn	มหาวิทยาลัยรังสิต
100	Asst. Prof. Dr. Wanchai Subsingha	มหาวิทยาลัยรังสิต
101	Asst. Prof. Patiphan Kerdlap	มหาวิทยาลัยอีสต์เทิร์นเอเชีย
102	Assoc. Prof. Dr. Nattachote Rugthaicharoencheep	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
103	Assoc. Prof. Dr. Supawud Nedphokaew	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
104	Asst. Prof. Dr. Nattapong Phanthuna	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
105	Asst. Prof. Dr. Aphichata Thongrak	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
106	Asst. Prof. Dr. Sakhon Woothipatanapan	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
107	Asst. Prof. Dr. Sanya khunkhao	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
108	Asst. Prof. Dr. Poonsri Wannakarn	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
109	Asst. Prof. Dr. Weerayuth Khunrattanasiri	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร



ระหว่างวันที่ 17-19 พฤศจิกายน 2564 โรงแรม ดิ อิมเพรส นาน อำเภอเมืองน่าน จังหวัดน่าน



ลำดับที่	ชื่อ-นามสกุล ผู้พิจารณาบทความ	หน่วยงาน
110	Asst. Prof. Dr. Burasakorn Yoosooka	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
111	Asst. Prof. Korn Puangnak	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
112	Asst. Prof. Wetarin Thansiphaserth	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
113	Dr. Kriengkri Luangampol	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
114	Dr. Ponlakit Jariyatantiwait	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
115	Dr. Thanarat Tanmaneeprasert	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
116	Dr. Pasist Suwanapingkarl	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
117	Dr. Kotchapong Sumanonta	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
118	Dr. Yutthna Sroulsrun	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
119	Dr. Amon Singhasathein	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
120	Mrs. Kamonnit Pusorn	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
121	Asst. Prof. Dr. Tanairat Mata	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
122	Asst. Prof. Dr. Wuttiwat Kongrattanaprasert	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
123	Asst. Prof. Choosak Kamonkhantithom	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
124	Dr. Narongrit Mekloi	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
125	Dr. Yutana Chongjarearn	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
126	Asst. Prof. Dr. Natapong Wongprommoon	มหาวิทยาลัยศิลปากร
127	Asst. Prof. Dr. Jhirat Mearnchu	มหาวิทยาลัยศิลปากร
128	Dr. Phamorn Silapan	มหาวิทยาลัยศิลปากร
129	Assoc. Prof. Dr. Jonglak Pahasa	มหาวิทยาลัยพะเยา
130	Assoc. Prof. Dr. Chawasak Rakpenthai	มหาวิทยาลัยพะเยา
131	Asst. Prof. Dr. Thanomsak Sapon	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
132	Asst. Prof. Dr. Kisanapong Puntstri	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
133	Dr. Mongkol Danbumrungtrakul	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
134	Dr. Tajchai Pumpoung	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
135	Dr. Yuttana Kongjeen	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
136	Assoc. Prof. Dr. Chanchai Thongsopa	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
137	Assoc. Prof. Dr. Rangsan Wongsan	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
138	Assoc. Prof. Dr. Monthippa Uthansakul	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



ระหว่างวันที่ 17-19 พฤศจิกายน 2564 โรงแรม ดิ อิมเพรส นาน อำเภอเมืองนาน จังหวัดน่าน



ลำดับที่	ชื่อ-นามสกุล ผู้พิจารณาบทความ	หน่วยงาน
139	Assoc. Prof. Dr. Nittaya Kerdprasop	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
140	Assoc. Prof. Dr. Kittisak Kerdprasop	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
141	Asst. Prof. Dr. Thanaset Thosdeekoraphat	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
142	Asst. Prof. Dr. Tosaporn Narongrit	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
143	Asst. Prof. Dr. Prayoth Kumsawat	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
144	Asst. Prof. Dr. Uthen Leeton	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
145	Asst. Prof. Dr. Settawit Poochaya	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
146	Asst. Prof. Dr. Somsak Vanit-Anunchai	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
147	Asst. Prof. Dr. Sudarat Khwan-on	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
148	Asst. Prof. Dr. Nuntawut Kaoungku	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
149	Dr. Sarunya Kanjanawattana	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
150	Dr. Tosaphol Ratniyomchai	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
151	Dr. Supaporn Bunrit	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
152	Dr. Samran Santalunai	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
153	Dr. Komsan Srivisut	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
154	Assoc. Prof. Dr. Somkait Udomhunsakul	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชภัฏสุราษฎร์ธานี
155	Assoc. Prof. Dr. Danupon Kumpanya	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชภัฏสุราษฎร์ธานี
156	Asst. Prof. Dr. Phakkawat Jantree	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชภัฏสุราษฎร์ธานี
157	Asst. Prof. Dr. Yutthana Kanthaphayao	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชภัฏสุราษฎร์ธานี
158	Asst. Prof. Dr. Warunee Krudpun	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชภัฏสุราษฎร์ธานี
159	Dr. Praty Mongkolwai	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชภัฏรำไพพรรณี
160	Asst. Prof. Dr. Chaiyaporn Panyindee	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชภัฏรำไพพรรณี
161	Asst. Prof. Dr. Praphat Annmamee	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชภัฏรำไพพรรณี
162	Asst. Prof. Dr. Ekasit Nugoolcharoenlap	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชภัฏรำไพพรรณี
163	Asst. Prof. Dr. Jetsdaporn Satansup	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชภัฏรำไพพรรณี
164	Asst. Prof. Dr. Komkris Boonying	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชภัฏรำไพพรรณี
165	Asst. Prof. Dr. Kairoek Choeychuen	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชภัฏรำไพพรรณี
166	Asst. Prof. Ruangyos Keteruksa	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชภัฏรำไพพรรณี



ระหว่างวันที่ 17-19 พฤศจิกายน 2564 โรงแรม ดิ อิมเพรส น่าน อำเภอเมืองน่าน จังหวัดน่าน



ลำดับที่	ชื่อ-นามสกุล ผู้พิจารณาบทความ	หน่วยงาน
167	Asst. Prof. Dr. Prasopchok Hothongkham	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
168	Dr. Peerumporn Jiranantanagorn	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
169	Dr. Pitchanun Wongsiritom	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
170	Dr. Sopa Sae-Heng	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
171	Dr. Terapong Boonraksa	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
172	Dr. Vinai Pompojratanakul	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
173	Dr. Jiraporn Kiatwuthiamorn	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
174	Mr. Ditsapon Chumchewkul	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
175	ดร.ธีระศักดิ์ สมศักดิ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
176	Assoc. Prof. Dr. Wanchai Khamseen	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
177	Asst. Prof. Dr. Anon Namin	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
178	Asst. Prof. Dr. Upady Hatthasin	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
179	Asst. Prof. Dr. Kanokwan Ruangsiri	สถาบันเทคโนโลยีจิตรลดา
180	Assoc. Prof. Dr. Tanit Malakorn	มหาวิทยาลัยนเรศวร
181	Assoc. Prof. Dr. Niphat Jantharamin	มหาวิทยาลัยนเรศวร
182	Assoc. Prof. Dr. Sompom Ruangsinchaiwanich	มหาวิทยาลัยนเรศวร
183	Asst. Prof. Dr. Surachet Kanprachar	มหาวิทยาลัยนเรศวร
184	Asst. Prof. Dr. Sarawut Wattanawongpitak	มหาวิทยาลัยนเรศวร
185	Asst. Prof. Dr. Piyadanai Pachapanan	มหาวิทยาลัยนเรศวร
186	Asst. Prof. Dr. Sommart Sang-Ngern	มหาวิทยาลัยนเรศวร
187	Asst. Prof. Dr. Akaraphunt Vongkunghae	มหาวิทยาลัยนเรศวร
188	Asst. Prof. Dr. Siriporn Dachasilaruk	มหาวิทยาลัยนเรศวร
189	Asst. Prof. Dr. Mutita Songjun	มหาวิทยาลัยนเรศวร
190	Dr. Jirarat leamsaard	มหาวิทยาลัยนเรศวร
191	Dr. Phisut Apichayakul	มหาวิทยาลัยนเรศวร
192	Dr. Suradet Jitprapaikulsaen	มหาวิทยาลัยนเรศวร
193	Dr. Jiraporn Pooksook	มหาวิทยาลัยนเรศวร
194	Dr. Jirawadee Polprasert	มหาวิทยาลัยนเรศวร
195	Dr. Piyapat Pongsi	สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน
196	Asst. Prof. Dr. Sopapun Suwansawang	มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
197	Asst. Prof. Dr. Jesada Sartthong	มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
198	Asst. Prof. Dr. Thawatchai Thongleam	มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
199	Mr. Teeranon Chaiyakun	มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ในพระบรมราชูปถัมภ์



ระหว่างวันที่ 17-19 พฤศจิกายน 2564 โรงแรม ดิ อิมเพรส นาน อำเภอเมืองน่าน จังหวัดน่าน



คณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิประจำสาขา

มหาวิทยาลัยมหิดล

PW ผศ.ดร.ธรรมวาทย์ สิงห์วัลย์
PE ผศ.ดร.ชัชวาลย์ เจริญบุตร
CM รศ.ดร.พงษ์ศธร เศรษฐธีร
CT ดร.พัฒนาช พัทฒนะศรี
EL รศ.ดร.สุรโชค ธนพิทักษ์
CP ผศ.ดร.สุรโชค ธนพิทักษ์
CP ผศ.ดร.พรชัย ชันยาวกร
PH รศ.ดร.ภูมินท์ กิระวานิช
BE ผศ.ดร.เซ่ง เลิศมนรัตน์
GN ผศ.ดร.กฤษฎา อัสวสกุลเกียรติ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

PW รศ.ดร.กัรรดิ ชยะกุลศิริ
PE รศ.ดร.กองพล อารีรักษ์
CM รศ.ดร.พีระพงษ์ อุซารสกุล
CT รศ.ดร.กองพันธ์ อารีรักษ์
EL รศ.ดร.อาทิตย์ ศรีแก้ว
DS รศ.ดร.กิตติ อัดถกิจมงคล
PH ผศ.ดร.ทิพย์วรรณ พิงสุวรรณรักษ์
BE ผศ.ดร.ประเมศวร์ ห่อแก้ว
CP รศ.ดร.นิตยา เกิดประสพ
GN รศ.ดร.ณัฏชัย กุลรวาณิชพงษ์

มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์

PW รศ.ดร.บุญเลิศ สือเฉย
PE ผศ.ชูเกียรติ พงษ์พานิช

CM รศ.ดร.อดิศักดิ์ มนต์ประภัสสร
CT รศ.ดร.เดชา พวงดาวเรือง
EL รศ.ดร.อิทธิพงศ์ ชัยสายัณห์
DS ผศ.ดร.สมศักดิ์ สิริโปราณานนท์
PH ผศ.ดร.ณัฐ โอธนาทรัพย์
BE ผศ.ดร.สมเกียรติ เพียงพราณทอง
CP ผศ.น.อ.ไชโย ธรรมรัตน์
GN ผศ.วิชัย แซ่ลี

มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย

PW ดร.วรภัทร กอแก้ว
PE ผศ.ดร.เกษม อุทัยไฟฟ้า
CM ผศ.ดร.สันต์ชัย รัตนนนท์
CT ผศ.ดร.ศุภเชษฐ์ อินทร์เนตร
EL ผศ.สุภานันท์ ดันวรรณรักษ์
CP ดร.ภาคพงศ์ อมรกุล
DS ดร.อภิวัฒน์ แสงโนรี
PH ผศ.ณัฐพร ฤทธิคุ้ม
BE ผศ.ดร.ศุภฤกษ์ มานิตพรสุทธิ์
GN รศ.ดร.วันชัย ฉิมฉวี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

PW รศ.ดร.ประมุข อุนทলেখกะ
PE รศ.นภัทร วิจิตรเทพินทร์
CM ผศ.ดร.ภักพัฒน์ จันทร์ตรี
CT รศ.ดร.ปรีชา สาकरังค์
EL ผศ.ดร.ไพบุลย์ เกียรติสุขคนาร



ระหว่างวันที่ 17-19 พฤศจิกายน 2564 โรงแรม ดิ อิมเพรส น่าน อำเภอเมืองน่าน จังหวัดน่าน



DS รศ.ดร.สมเกียรติ อุดมทรรษากุล

CP ผศ.ดร.วรัญญู วงษ์เสรี

DS รศ.ดร.วิไลพร แซ่ลี้

PH ผศ.ดร.อมรินทร์ รัตนะวิศ

BE รศ.ดร.สุรพันธ์ ยิ้มมั่น

GN ผศ.ดร.นภดล วิวัชรโกเศศ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

PW รศ.ชัยณรงค์ วิเศษศักดิ์วิชัย

PW ผศ.วินัย เมธาวีทิต

PE ผศ.ชูศักดิ์ กมลขันดิฐ

CM ผศ.ดร.เจษฎา ก้อนแพง

RE ดร.ทองเพียร พรหมบุตร

RE ดร.ยุทธนา จงเจริญ

CP ผศ.ปราโมทย์ อนันต์วรพงษ์

GN ผศ.ดร.วุฒิวัฒน์ คงรัตน์ประเสริฐ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

PW รศ.ดร.กฤษณ์ชนม์ ภูมิภิตติพิชญ์

PE ผศ.ดร.ณัฐภัทร พันธัง

CM ผศ.ดร.ไพฑูรย์ รักเหลือ

CT ผศ.ดร.ฉัตรชัย ศุภพิทักษ์สกุล

EL ผศ.ดร.อำนาจ เรืองวารี

DS ผศ.ดร.จักรี ศรีนนท์ฉัตร

CM ผศ.ดร.นรเศรษฐ์ วิชัยพาณิชย์

BE ผศ.ดร.ศิริชัย แดงเอม

CP ผศ.ดร.อิฐอาร์ณ ปิณฑ

RE รศ.ดร.บุญยัง ปลั่งกลาง

GN ผศ.ดร.สุรินทร์ แห่งมงาม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

PW ผศ.ดร.ไชยพร หล่อทองคำ

CM ผศ.ดร.สาวัสดี บุญยศ

CT ผศ.ดร.วีระชัย มลายเวช

EL รศ.ดร.สุชาติ สติงจสงสาร

CP ผศ.ดร.ธันวา ศรีประโม่ง

DS รศ.ดร.พีระพล ยุวภูษิตานนท์

PH รศ.ดร.อธิคม ฤกษ์บุตร

GN รศ.ดร.อธิคม ฤกษ์บุตร

มหาวิทยาลัยรังสิต

PW ผศ.ดร.สุพัฒน์ นีระพนนากรณ

PE ผศ.ดร.วันชัย ทรัพย์สิงห์

CM ผศ.ดร.ไพศาล งามจรรยาภรณ์

CT รศ.ดร.อดิศักดิ์ ภาณุจันทฤทธิ์

EL รศ.มณูญ พ่วงพูล

CP รศ.ดร.ดวงอาทิตย์ ศรีมูล

PH ดร.เสด็จดี เพ็ชรประสาน

BE รศ.ดร.มนัส สังวรศิลป์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

PW รศ.ดร.สมพร สิริสำราญกุล

PE ผศ.ดร.ไชยรินทร์ อัครวโรดม

CM ศ.ดร.ประยุทธ์ อัครเอกพาลิน

CT รศ.ดร.พิสิษฐ์ ลิ่วธนกุล

EL รศ.ดร.จิระศักดิ์ ขาญภูมิธรรม



ระหว่างวันที่ 17-19 พฤศจิกายน 2564 โรงแรม ดิ อิมเพรส น่าน อำเภอเมืองน่าน จังหวัดน่าน



GN ผศ.ดร. สมบูรณ์ สุขสารท

มหาวิทยาลัยพะเยา

PW รศ.ดร.จงลักษณ์ พาทะชา
CT รศ.ดร.สิทธิเดช วัชรศิริกุล
PE ผศ.ดร.ดำรงค์ อมรเดชาพล
DS ผศ.ดร.ธนาทิพย์ จันทรงค์
GN รศ.ดร.เชวศักดิ์ รักเป็นไทย

มหาวิทยาลัยนเรศวร

PW ผศ.ดร.ปิยนัย ภาชนะพรรณ
PE ผศ.ดร.นิพัทธ์ จันทรมินทร์
PH ดร. สมมาตร แสงเงิน
CM ผศ.ดร.สุเชษฐ์ กานต์ประชา
CT ผศ.ดร.มูจิตา สงฆ์จันทร์
EL ผศ.ดร.อัศรพันธ์ วงศ์กัณฑ์
CP ผศ.ดร.พนมขวัญ รียะมงคล
DS รศ.ดร.สุชาติ แยมเม่น
BE ผศ.ดร.พรพิศุทธิ์ วรจันต์
GN ผศ.ดร.สราวุฒิ วัฒนวงศ์พิทักษ์
RE ดร.จิรวดี ผลประเสริฐ

มหาวิทยาลัยกรุงเทพ

PW ผศ.ดร.นันธิยา ชัยบุตร
CM ผศ.ดร.ปกรณ์ ยุบลโกศล
CT ดร.อัศรพงษ์ เอกสิริ
EL รศ.สงกรานต์ กันทวงศ์
CP ผศ.ดร.จักรพงษ์ สุทธาซกุล

DS ผศ.ดร.วิศาล พัฒน์ชู

PH รศ.ดร.ภูมิพัฒน์ แสงอุดมเลิศ

BE ผศ.ดร.สุพจน์ สุขโพธารมณ

GN ดร.ศิริชัย เดิมโชคเกษม

มหาวิทยาลัยศิลปากร

CM ผศ.ดร.ระพีพันธ์ แก้วอ่อน
CT ดร.ภมร ศิลาพันธ์
EL ผศ.ดร.ณัฐพงศ์ วงศ์พร้อมมูล
CP ดร.โสภณ ผู้มีจรรยา
GN ดร.กณธิดา พันธุ์เจริญ

มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย

GN ผศ.ปฎิภาณ เกิดลาภ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร

ลาดกระบัง

PW ศ.ดร.อิสระชัย งามหุ
PE ดร.สมภาพ ผลไม้
CM ศ.ดร.พรชัย ทรัพย์นิธิ
CT ศ.ดร.วันชัย รุ่งรุจา
EL ศ.ดร.อภิรักษ์ ธารชยานนท์
CP ผศ.ดร.สุรินทร์ กิตติธรรกุล
DS รศ.ดร.สุรพันธ์ เอื้อไพบูลย์
PH รศ.ดร.สุริยณ สมควรพาณิชย์
BE รศ.ดร.ชูชาติ ปิ่นทวิรัตน์
GN ผศ.ดร.เชาว์ ชมภูอินท



ระหว่างวันที่ 17-19 พฤศจิกายน 2564 โรงแรม ดิ อิมเพรส นาน อำเภอเมืองน่าน จังหวัดน่าน



มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

PW อ.ดร.พลสิทธิ์ ศานติประพันธ์
PE อ.ดร.มงคล แซ่เจีย
CM รศ.ดร.วิกรม ชีรภาพจรเดช
CT รศ.คณดิลก เกษมพัฒนานนท์
EL รศ.ดร.ภาณุมาศ คำสัตย์
CP อ.ดร.กิตติคุณ ทองพูล
DS ผศ.ดร.รักกฤตว์ ดวงสร้อยทอง
BE รศ.ดร.พรชัย พงษ์ภัทรานนท์
GN อ.ดร.เกียรติศักดิ์ วงษ์โสพนากุล

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

PW ผศ.ดร.วิวัฒน์ ทิพจร
PE รศ.ดร.อุเทน คำน่าน
CM ผศ.ดร.ศุภกิต แก้วดวงดา
CT ดร.อนันต์ วงษ์จันทร์
EL ผศ.ดร.กฤษดา ยิ่งขยัน
CP ผศ.ดร.ขวัญชัย เอื้อวิริยานุกุล
DS ดร.นพดล มณีเตียร
GN ผศ.ดร.ยุพดี หัตถสิน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

PW ผศ.ดร.สมบูรณ์ แสงวงศ์วานิชย์
PE ผศ.เจตกุล โสภานิตย์
CM ศ.ดร.วาทีต เบญจพลกุล
CT ผศ.ดร.สุชิน อรณสวัสดิ์วงศ์
EL รศ.ดร.สมชัย รัตนธรรมพันธ์
CP ผศ.ดร.เชาว์ดิศ อัสวกุล

DS ผศ.ดร.สุภาวดี อร่ามวิทย์

PH รศ.ดร.ดวงฤดี วรสุชีพ

BE ผศ.ดร.อาภรณ์ ชีรมงคลรัศมี

GN ผศ.ดร.มานะ ศรียุทธศักดิ์

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

PW ผศ.ดร.ดุริยพิเชษฐ์ ฤกษ์ปรีดาพงศ์
PE ผศ.ดร.ศิริโรจน์ ศิริสุขประเสริฐ
CM รศ.ดร.ศรีจิตรา เจริญลาภนพรัตน์
CT รศ.ดร.เชาวลิต มิตรสันติสุข
EL ผศ.ดร.ชูเกียรติ การะเกตุ
CP รศ.ดร.มงคล รักษาพัชรวงศ์
DS ศ.ดร.วุฒิพงศ์ อารีกุล
PH ดร.พิสุทธิ รัตติกดิ์
BE ผศ.ดร.ดุสิต ชนแพทย
GN ผศ.ดร.วชิระ จงบุรี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน

PW รศ.ดร.กานต์ เกิดชื่น
PE ผศ.ดร.พินิจ ศรีธร
CM ผศ.ดร.วรรณรีย์ วงศ์ไตรรัตน์
EL ผศ.ดร.วรรณรีย์ วงศ์ไตรรัตน์
CT รศ.ดร.ศักดิ์ระวี ระวีกุล
CP ผศ.ดร.ณอมศักดิ์ โสภณ
GN ผศ.ดร.กฤติเดช บัวใหญ่
DS ดร.ประจวบ อินระวงศ์
BE ดร.ประจวบ อินระวงศ์
PH ผศ.ดร.นิธิโรจน์ พรสุวรรณเจริญ



ระหว่างวันที่ 17-19 พฤศจิกายน 2564 โรงแรม ดิ อิมเพรส น่าน อำเภอเมืองน่าน จังหวัดน่าน



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

PW ดร.วินัย พรพจน์รัตนกุล
PE ผศ.ดร.ประสพโชค ให่ทองคำ
CM ผศ.ดร.เอกสิทธิ์ นฤกุลเจริญลาภ
CT ผศ.อดิศักดิ์ แซ่สารกิจ
EL ผศ.ดร.เจษฎาพร สถานทรัพย์
CP ผศ.ดร.ไกรฤกษ์เขยขึ้น
DS ดร.ชัยพิชิต คำพิมพ์
PH อ.ติสพล ฉ่ำเฉียวกุล
BE ผศ.ดร.ชัยพร ปานยินดี
GN อ.สุธี รุกขพันธุ์

มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

PW ผศ.ดร.บงกช สุขอนันต์
DS ผศ.ดร.วรการ วงศ์สายเชื้อ
PE ดร.ประชา คำภักดิ์
PH ผศ.ดร.ประสิทธิ์ นครราช
CM ผศ.ดร.อธิพงศ์ สุริยา
BE ผศ.ดร.ศุภฤกษ์ จันทร์จรัสจิตต์
CT ผศ.ดร.ธรรมรส รักธรรม
CP ผศ.อารยา ฟลอเรนซ์
EL รศ.ดร.ชนิษฐา แก้วแดง
RE ผศ.ดร.คมสันต์ ดาโรจน์
GN รศ.ดร.สุชิน ไตรรงค์จิตเหมาะ

มหาวิทยาลัยสยาม

PW ผศ.ดร.อาทิตย์ ไสตรโยม
PE ผศ.ดร.ยงยุทธ นาราชกูร์

CM พล.ท.ดร.สมพงษ์ ดุ่มสวัสดิ์
EL ผศ.วิภาวัลย์ นาคทรัพย์
CP ผศ.พิกิจ สุวัฒน์
DS ผศ.ดร.ทัศนัย พลอยสุวรรณ
GN ผศ.ไวพจน์ ศุภบวรเสถียร

มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต

PW รศ.ดร.นิตย์ เพ็ชรรักษ์
CM ผศ.ดร.ปราโมทย์ จางอัสระกุล
CT ผศ.ดร.ณรงค์เดช กิริติพรานนท์
CP ดร.ชัยพร เขมะภาคะพันธ์

มหาวิทยาลัยศรีปทุม

PW ผศ.ดร.กรชัย จูอนวัณกุล
PE ผศ.ดร.นิมิต บุญภิรมย์
CM อ.เสมา พัฒน์ฉิม
CT ผศ.ดร.สำเริง อินทาม้า
EL ผศ.พศวีร์ ศรีโหมด
CP ดร.วนายุทธ์ แสนเงิน
DS ผศ.เอกชัย ดีศิริ
PH ผศ.เดิมนพงษ์ ศรีเทศ
BE ผศ.ปรากฏต เหลียงประดิษฐ์
GN ผศ.ดร.วิชากร เองศรีวัช

มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต

PW ดร.ชาติ ฤทธิหิรัญ
PE ผศ.อนุชิต เจริญ
CM อ.บัญชา บุรพัฒน์ศิริ



ระหว่างวันที่ 17-19 พฤศจิกายน 2564 โรงแรม ดิ อิมเพรส นาน อำเภอเมืองน่าน จังหวัดน่าน



CT ผศ.ณธรรม เกิดสำอางค์
EL อ.ธีรยุทธ จันทน์แจ่ม
CP ดร.ประภาส ผ่องสนาม
DS รศ.ดร.พิศิษฐ์ โกคาร์ตันกุล
BE อ.ทรงพล รอดทอง
GN รศ.วิญญู แสงวงสินกลกิจ
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
PE รศ.ดร.วุฒิพล ชาราธิ์เรษฐ
CM ผศ.ดร.นำคุณ ศรีสนธิ
GN รศ.ดร.เวทิน ปิยรัตน์

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

PE รศ.ดร.ไพบูลย์ นาคมหาสาสินธุ์
CM ผศ.ดร.ดามพ์เมษ บุญยะเวศ
CT ผศ.ดร.ศุภชัย วรพจน์พิศุทธิ์
CP ผศ.ดร.ศุภกิจ พงกษอรุณ
DS รศ.ดร.สมชาติ โชคชัยธรรม
PH อ.ดร. ปรีดี โอวาทชัยพงศ์
BE รศ.ดร.นภดล อุทัยภักดี
GN ผศ.ดร.พิศาล แก้วประภา

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

PW รศ.ดร.สมบุญรณ์ นุชประยูร
PE ศ.ดร.ยุทธนา ขำสุวรรณ
CM ผศ.ธราดล โกมลมิศรี
CT ผศ.ดร.บุญศรี แก้วคำอ้าย
EL รศ.ดร.เสริมศักดิ์ เอื้อตรงจิตต์
CP รศ.ดร.คันสนีย์ เอื้อพันธ์วิริยะกุล

DS รศ.ดร.นิพนธ์ ชีรอำพน
PH รศ.ดร.อุกฤษฏ์ มั่นคง
BE รศ.ดร.นิพนธ์ ชีรอำพน
GN ผศ.ดร.เกษมศักดิ์ อุทัยชนะ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

PW ดร.เชิดชัย ประภาณวรัตน์
PE ดร.ปิยสวัสดิ์ นวรัตน์ณ อยุธยา
CM ผศ.ดร.พินิจ กำหม่อม
CT รศ.ดร.วันจักรี เล่นวารี
EL ผศ.ดร.กมล จิรเสรีอมรกุล
CP ผศ.ดร.วีรพล จิรจรีด
DS ผศ.ดร.สันติ นุราช
PH ผศ.ดร.อภิชัย ภัทรนันท์
BE รศ.ดร.บุญเสริม แก้วกำเหนิดพงษ์
GN ศ.ดร.โกสินทร์ จ้างไทย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

PW รศ.ดร.นัฐโชติ รักไทยเจริญชีพ
PE ผศ.ดร.สาคร วุฒิพัฒน์พันธุ์
CM เรืออากาศตรี ดร.พลกฤษณ์ จริยตันติเวทย์
CT ผศ.ดร.ณัฐพงศ์ พันธุ์
EL ผศ.ดร.วรินทร์ สุดคณิง
CP ผศ.ดร.บุรฉกร อยู่สุข
DS ดร.ฉัตรแก้ว จริยตันติเวทย์
PH ผศ.ดร.สัญญา คุณขาว
GN ผศ.ดร.มนัส บุญเกียรติทอง



ระหว่างวันที่ 17-19 พฤศจิกายน 2564 โรงแรม ดิ อิมเพรส น่าน อำเภอเมืองน่าน จังหวัดน่าน



ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์

และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ

PW ดร.เจษฎา ชัดทองงาม
PE คุณสุทัศน์ ปฐมบุหงศ์
CM คุณกิตติ วงศ์ถาวรวาวัฒน์
CT คุณอุดม ลีวลมไพศาล
EL ดร.ราชพร เขียนประสิทธิ์
CP ดร.ชาติ วรกุลพิพัฒน์
DS ดร.อภิชาติ อินทรพานิชย์
PH ดร.ศรัณย์ สัมฤทธิ์เดชขจร
BE ดร.พศิน อิศรเสนา ณ อยุธยา
GN ดร.วุฒิกัทร คอวนิช

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

PW ผศ.ดร.รองฤทธิ์ ฉัตรถาวร
PE รศ.ดร.กฤษ เถยไสย
CM รศ.ดร.วิระสิทธิ์ อิ่มฉวี
CT ผศ.ดร.ประมินทร์ อาจฤทธิ์
EL รศ.ดร.ศราวุธ ชัยมูล
CP ผศ.ดร.นรารัตน์ เรืองชัยจุฑพร
DS รศ.ดร.อานภาพ มีสมบุรณ์
PH รศ.ดร.อาคม แก้วระวัง
BE ผศ.ดร.บุญยิ่ง เจริญ



ระหว่างวันที่ 17-19 พฤศจิกายน 2564 โรงแรม ดิ อิมเพรส น่าน อำเภอเมืองน่าน จังหวัดน่าน

รหัส	ชื่อบทความ	หน้า
บทความวิจัยสาขา PW ไฟฟ้ากำลัง		
PW05	การออกแบบอินเวอร์เตอร์ชนิด 1 เฟส ด้วยวงจรควบคุมสัญญาณ SPWM แบบสำเร็จ อติปดย์ จันทศิริ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร	33
PW06	การวิเคราะห์ต้นทุนการใช้พลังงานของคาบเรียนต่อชั่วโมงเปรียบเทียบกับค่าไฟฟ้าฐาน เพื่อการจัดการพลังงานอย่างมีประสิทธิภาพสำหรับการจัดการตารางเรียน ธนกฤต อรุณชัย, จิรนนท์ ปัญญา, วรจักร เมืองใจ, มนต์วี เภาเดช, โกศล โอฬารไพโรจน์, จิตตฤทธิ ทองประอน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา	37
PW07	Risk Index Alternative for Power Transformer Condition Evaluation for Maintenance Kasidis Maringhon, Norasage Pattanadech and Phop Chanchaensook King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang Bangkok	41
PW08	ศึกษาการสร้างแบบจำลองและการควบคุมเซลล์เชื้อเพลิงชนิดออกไซด์แข็งในระบบโครงข่ายไฟฟ้าขนาดเล็ก โดยใช้โปรแกรม PSCAD ทงศักดิ์ สิลาศ, สาริณี อยู่ตระกูล และ ศิริชัย วัฒนาโสภณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	45
PW09	การวิเคราะห์เปรียบเทียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์กับค่าวัดจริงของสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก ของสายไฟฟ้าอากาศ แรงดัน 24 เควี ธวัชชัย มีชนะ, วุฒิพงษ์ นนททา, อุทัยชัย ราชบัน, รุ่งเพชร ก่องนอก และ บุญยัง ปลั่งกลางมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน	49
PW10	Applied Dual switching mode with a Negative-Output High Quadratic Conversion Ratio DC-DC Converter Somyot Dechaburum and Anuwat Jangwanitert King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang	53
PW11	Universal Electric Pole Module Songkran Kantawong, Chananda Bamrung, Suebsak Suebpakdee and Monthasinee Homwan Bangkok University Main Campus	57
PW12	แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบเซลล์แสงอาทิตย์เชื่อมต่ออินเวอร์เตอร์แบบขั้นเดียวโดยใช้วิธีค่าเฉลี่ย ปริภูมิสถานะทั่วไป อนาธิป บุญทวี, โกศล ชัยเจริญอุดมรุ่ง, จักรกริช มัคคีโต, กองพัน อารีรักษ์ และกองพล อารีรักษ์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ	61
PW13	แบบจำลองค่าเฉลี่ยปริภูมิสถานะทั่วไปสำหรับระบบเซลล์แสงอาทิตย์เชื่อมกับวงจรแปลงผันไฟตรงชนิด ลดทอนแรงดันที่ต่อแบบขนาน วีรภัทร คำพันธ์, โกศล ชัยเจริญอุดมรุ่ง, จักรกริช มัคคีโต, กองพัน อารีรักษ์ และกองพล อารีรักษ์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ	65



การวิเคราะห์เปรียบเทียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์กับค่าวัดจริงของสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก ของสายไฟฟ้าอากาศ แรงดัน 24 เควี

Comparative Analysis between the Finite Element Method and the Measurement Method of Electric Fields and Magnetic Fields for 24 kV Overhead Power Cable

ธวัชชัย มีชนะ¹ วุฒิพงษ์ นนทดา¹ อรุณชัย ราชเป็น¹ รุ่งเพชร ก่องนอก¹ และ บุญยัง ปลั่งกลาง¹

¹สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี

²สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี จังหวัดนครราชสีมา

Email: thawatchai_m@mail.mmut.ac.th, boonyang.p@en.mmut.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการวิเคราะห์เปรียบเทียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์กับค่าวัดจริงของสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กของสายไฟฟ้าอากาศแรงดัน 24 เควี วัดอุปสงค์เพื่อตรวจสอบความเชื่อถือได้ของการจำลองด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์และความปลอดภัยของมนุษย์ที่สัมผัสกับสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กตามเกณฑ์มาตรฐานความปลอดภัยที่องค์การอนามัยโลกกำหนด (WHO) การดำเนินงานวิจัยโดยการจำลองสายไฟฟ้าอากาศแรงดัน 24 เควี ชนิด SAC ขนาด 185 ตร.มม. ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์เปรียบเทียบกับค่าวัดจริง บริเวณซอยพุทธบูชา 36 เขตราชบุรีระณะ กรุงเทพมหานคร โดยใช้เครื่องมือวัดรุ่น Tenmars TM-190 วัดค่าสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก ขณะวัดจริง มีแรงดัน 23.36 เควี และมีกระแสไฟฟ้าที่ 23.50 แอมป์ ระยะห่างจากสายไฟฟ้า เท่ากับ 1.40 ถึง 1.80 ม. ผลการวิจัยพบว่าสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กที่ได้จากการจำลองมีค่าใกล้เคียงกับค่าวัดจริง ซึ่งเป็นไปตามค่ามาตรฐานกำหนด

คำสำคัญ: สนามไฟฟ้า สนามแม่เหล็ก วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

Abstract

This paper presents a comparative analysis between the finite element method and the measurement method of the electric and magnetic fields of 24 kV overhead power line. The objective is to verify the reliability of the finite element method simulation and the safety of humans exposed to electric and magnetic fields following the safety standards set by the World Health Organization (WHO). The study used 24 kV SAC type of electrical power cable, 185 sq.mm. The finite element method was simulated to compare with the measurement method at Soi Phuttha Bucha 36, Rat Burana District, Bangkok by Tenmars TM-190 measuring device. The measurement method indicated the voltage of 23.36 kV and current of 23.50 Amps. The distance from the power line is 1.40 to 1.80 m. The results showed that the electric and magnetic fields

obtained from the simulation were close to the measurements method which is in the standard range accordingly.

Keywords: Electric Field, Magnetic Field, Finite Element Method

1. บทนำ

การขยายตัวของชุมชนเมืองที่เพิ่มขึ้น ส่งผลทำให้มีความต้องการด้านพลังงานมากขึ้น การก่อสร้างอาคารที่พักอาศัยหรือระบบจำหน่ายไฟฟ้าอากาศแรงดัน 24 เควี ต้องมีระยะห่างที่เหมาะสมเพื่อให้ผู้พักอาศัยหรือผู้ใช้สายภายในอาคารและปฏิบัติงานใกล้มีความปลอดภัยเนื่องจาก การสัมผัสสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กเป็นเวลานาน อาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพ [1-3] ได้ เช่น ทำให้เกิดโรคมะเร็ง ส่งผลกระทบต่อระบบฮอร์โมนการสืบพันธุ์ เป็นต้น [4-6]

ปัจจุบันองค์การอนามัยโลก (World Health Organization: WHO) ได้ร่วมกับหน่วยงาน International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP) ได้ทำการวิจัยและพัฒนาด้านความปลอดภัยและสิ่งแวดล้อมเกี่ยวกับขีดจำกัดสูงสุดของสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก ที่มนุษย์สามารถสัมผัสได้อย่างปลอดภัยไว้ [7,8] ดังนั้นจึงจำเป็นต้องวิเคราะห์สนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กเพื่อให้ผู้พักอาศัยหรือผู้ปฏิบัติงานใกล้สายไฟฟ้าอากาศอยู่ในระยะที่ปลอดภัยตามมาตรฐานที่องค์การอนามัยโลกกำหนด

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การวิเคราะห์สนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กของสายไฟฟ้าอากาศ มีทฤษฎีที่เกี่ยวข้องดังนี้

2.1 สนามไฟฟ้า

การวิเคราะห์สนามไฟฟ้าของสายไฟฟ้าอากาศ แรงดัน 24 เควี อย่างอิงตาม อ้างอิงตามทฤษฎีเคอร์เจนซ์และเกรเดียนต์ของศักย์ไฟฟ้า ซึ่งแสดงได้ดังสมการ

$$\nabla D = \rho_v \quad (1)$$

$$V = -\int E \cdot dL \quad (2)$$

$$E = -\text{grad } T \quad (3)$$

$$\nabla = \frac{\partial}{\partial x} a_x + \frac{\partial}{\partial y} a_y + \frac{\partial}{\partial z} a_z \quad (4)$$

$$E = -\nabla V \quad (5)$$

โดยที่

- E คือ ค่าสนามไฟฟ้า
V คือ ศักย์ไฟฟ้า
D คือ ความหนาแน่นของฟลักซ์ไฟฟ้า
 ρ_v คือ ความหนาแน่นประจุเชิงปริมาตร
 ∇ คือ เกรเดียนต์

2.2 สนามแม่เหล็ก

เมื่อกระแสไหลผ่านตัวนำจะเกิดจะมีสนามแม่เหล็กเกิดขึ้นรอบตัวนำ ซึ่งการวิเคราะห์สนามแม่เหล็กของสายไฟฟ้าอากาศแรงดัน 24 เควี อ้างอิงได้ดังสมการ

$$B = \mu_0 (H + M) \quad (6)$$

$$M = \chi_m H \quad (7)$$

$$B = \mu_0 \mu_r H \quad (8)$$

โดยที่

- B คือ ความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็ก
 χ_m คือ ภูมิไวทางแม่เหล็ก
 μ_0 คือ ความซึมซาบของสูญญากาศ
 μ_r คือ ความซึมซับแม่เหล็กสัมพัทธ์
M คือ แมกนีโตเซชัน
H คือ ความเข้มสนามแม่เหล็ก

2.3 มาตรฐานความปลอดภัย

การสัมผัสสนามไฟฟ้าเป็นเวลานานจะมีผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิต ซึ่งองค์การอนามัยโลกได้กำหนดเกณฑ์มาตรฐานความปลอดภัยที่สิ่งมีชีวิตสามารถสัมผัสได้ในระยะเวลาที่กำหนด ซึ่งมีรายละเอียดดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าเกณฑ์มาตรฐานความปลอดภัยขององค์การอนามัยโลก

สถานที่	ระยะเวลา (hr)	สนามไฟฟ้า (kV/m)
สถานประกอบการ	8	10
สาธารณะ	24	5

3. วิธีการดำเนินงานวิจัย

การดำเนินการงานวิจัยของงานการวิเคราะห์เปรียบเทียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ด้วยโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์ กับค่าวัดจริงของสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กของสายไฟฟ้าอากาศ แรงดัน 24 เควี ด้วยวิธีจำลองไฟ

ไนต์เอลิเมนต์ กำหนดให้มีระยะห่างจากสายไฟฟ้าอากาศ ตั้งแต่ 1.40 ม. ถึง 1.80 ซึ่งมีรายละเอียดในการดำเนินการดังนี้

3.1 การจำลองด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

การศึกษาวิเคราะห์สนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิต แรงดัน 24 เควี โดยการจำลองด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ซึ่งพิจารณาระยะห่างของสายไฟฟ้าอากาศกับโครงสร้างอาคารเพื่อวิเคราะห์ผลของสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กตามกรมจรรยาบรรณองค์การอนามัยโลก ดังแสดงรายละเอียดดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 แบบจำลองสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก

จากรูปที่ 1 แบบจำลองสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก แรงดัน 24 เควี สายไฟฟ้าชนิด ASC หรือ SAC ขนาด 185 ตร.มม. ระยะห่างจากโครงสร้างอาคารที่ระยะ 1.40 ม. ถึง 1.80 ม. โดยสายไฟฟ้า ASC หรือ SAC โครงสร้างตัวนำเป็นอลูมิเนียมเคลือบ มีฉนวน XLPE หุ้ม และมีเปลือก (Sheath) ที่ทำจาก XLPE หุ้มฉนวนอีกชั้นหนึ่ง

3.2 การตรวจวัดค่าจริง

การวัดค่าจริงของสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กโดยใช้เครื่องมือวัด รุ่น Temmars TM-190 ดังแสดงรายละเอียดดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 การวัดค่าสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก

การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 44
The 44th Electrical Engineering Conference (EECON44)
วันที่ 17-19 พฤศจิกายน 2564 ณ โรงแรม ดิ อิมเพรส น่าน อำเภอเมืองน่าน จังหวัดน่าน

จากรูปที่ 2 การวัดค่าสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก ของสายไฟฟ้า
อากาศ บริเวณซอยพุทธบูชา 36 เขตราชวัตรบุรีระ กรุงเทพมหานคร โดย
วัดในแนวนอนที่ ระยะ 1.40 ม. ถึง 1.80 ม.

3.3 ค่าคุณสมบัติของวัสดุ

การคำนวณสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์
จำเป็นต้องกำหนดค่าคุณสมบัติของวัสดุต่างๆ ซึ่งมีรายละเอียดดังตาราง
ที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าคุณสมบัติของวัสดุ

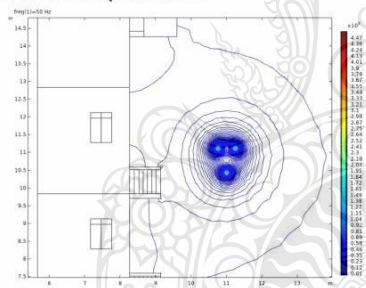
ลำดับ	รายการ	Relative Permittivity	Electric conductivity [S/m]
1	Air	1.00	2.50×10^{-18}
2	Aluminum conductor	1.00	3.77×10^{-7}
3	Cross-linked polyethylene	2.25	1.00×10^{-18}
4	Concrete	4.50	1.00
5	Glass	3.75	1.00×10^{-16}
6	Iron	3.80	4.032×10^{-6}

4. ผลการวิจัย

ผลการจำลองของงานวิจัยนี้ ประกอบด้วย 3 ส่วน ซึ่งมีรายละเอียด
ดังต่อไปนี้

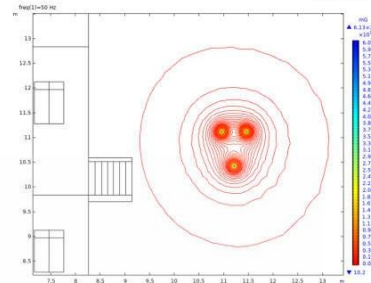
4.1 ผลการจำลองด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

ผลการจำลองสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์
ของสายไฟฟ้าอากาศแรงดัน 24 เควี สามารถนำเสนอได้ดังรูปที่ 3
รูปที่ 4 และสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 3



รูปที่ 3 ผลการจำลองสนามไฟฟ้าด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

จากรูปที่ 3 แสดงให้เห็นว่าการกระจายตัวของสนามไฟฟ้า แรงดัน
24 เควี จะมีค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุดบริเวณด้านข้างของสายส่ง และจะมีค่า
ลดลงเมื่อมีระยะห่างจากตัวนำมากขึ้นตามลำดับ



รูปที่ 4 ผลการจำลองสนามแม่เหล็กด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

จากรูปที่ 4 แสดงให้เห็นว่าการกระจายตัวของสนามแม่เหล็ก
แรงดัน 24 เควี จะมีค่าสนามไฟฟ้ามากที่สุดบริเวณด้านข้างของสายส่ง และจะ
มีค่าลดลงเมื่อมีระยะห่างจากตัวนำมากขึ้นตามลำดับ

ตารางที่ 3 ผลการจำลองสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก

ระยะห่าง (m)	สนามไฟฟ้า (V/m)	สนามแม่เหล็ก (mG)
1.40	1,835.90	15.09
1.60	1,424.00	12.24
1.80	1,218.90	9.28

จากตารางที่ 3 แสดงให้เห็นว่าค่าสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กจาก
การจำลองด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่ปลอดภัยต่อมนุษย์ที่
สัมผัสสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กที่ระยะ 1.40 ม. ถึง 1.80 ม.

4.2 ผลการตรวจวัดค่าจริง

ผลการวัดจริงของสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กบริเวณถนนพุทธ
บูชา ซอย 36 เขตราชวัตรบุรีระ กรุงเทพมหานคร ช่วงเวลา 13.00 น. ขณะ
ทำการวัดมีกระแสอยู่ที่ 23.5 แอมป์ และมีแรงดันอยู่ที่ 23.36 เควี สามารถ
สรุปได้ ดังตารางที่ 4 ดังนี้

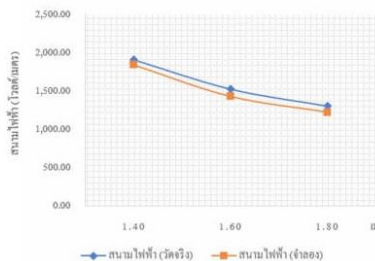
ตารางที่ 4 ผลการวัดค่าสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก

ระยะห่าง (m)	สนามไฟฟ้า (V/m)	สนามแม่เหล็ก (mG)
1.40	1,907.00	17.35
1.60	1,523.68	13.92
1.80	1,302.23	10.62

จากตารางที่ 4 แสดงให้เห็นว่าค่าสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กจาก
การวัดจริงมีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่ปลอดภัยต่อมนุษย์ที่สัมผัสสนามไฟฟ้าและ
สนามแม่เหล็กที่ระยะ 1.40 ม. ถึง 1.80 ม.

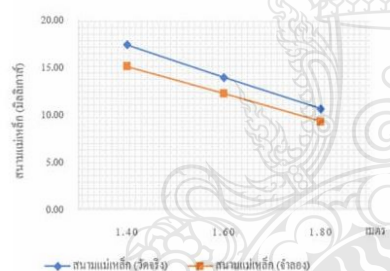
4.3 เปรียบเทียบผลการจำลองกับการตรวจค่าจริง

ผลการจำลองเปรียบเทียบกับตรวจวัดจริงของสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กของสายไฟฟ้าอากาศ แรงดัน 24 เควี สามารถแสดงดังรูปที่ 5 และรูปที่ 6



รูปที่ 5 ผลการเปรียบเทียบค่าสนามไฟฟ้า

จากรูปที่ 5 แสดงให้เห็นว่าค่าสนามไฟฟ้ามีค่าสูงเมื่ออยู่ใกล้สายไฟฟ้าอากาศ และจะมีค่าลดลงเมื่อมีระยะห่างมากขึ้น ซึ่งระยะห่างที่การไฟฟ้ากำหนดมีค่าสนามไฟฟ้าอยู่ในเกณฑ์ที่ปลอดภัยต่อมนุษย์ที่สัมผัสกับสนามไฟฟ้าตามมาตรฐานองค์การอนามัยโลกกำหนด



รูปที่ 6 ผลการเปรียบเทียบค่าสนามแม่เหล็ก

จากรูปที่ 6 แสดงให้เห็นว่าค่าสนามแม่เหล็กมีค่าสูงเมื่ออยู่ใกล้สายไฟฟ้าอากาศ และจะมีค่าลดลงเมื่อมีระยะห่างมากขึ้น ซึ่งระยะห่างที่การไฟฟ้ากำหนดมีค่าสนามไฟฟ้าอยู่ในเกณฑ์ที่ปลอดภัยต่อมนุษย์ที่สัมผัสกับสนามไฟฟ้าตามมาตรฐานองค์การอนามัยโลกกำหนด

5. สรุปผลการวิจัย

การติดตั้งสายไฟฟ้าอากาศ แรงดัน 24 เควี หรืออาคารที่ใกล้สายที่ระยะตั้งแต่ 1.40 ม. ถึง 1.80 ม. มีค่าสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กที่มนุษย์สามารถสัมผัสได้โดยไม่เป็นอันตรายอยู่ในเกณฑ์ปลอดภัยตามที่องค์การอนามัยโลกกำหนด (WHO) ซึ่งจะพบว่าค่าสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กจะมีค่าสูงบริเวณสายไฟฟ้าอากาศ แรงดัน 24 เควี และจะมี

ค่าลดลงตามระยะห่างที่เพิ่มขึ้น ซึ่งผลที่ได้จากการจำลองด้วยวิธีไฟด์เอลิเมนต์เปรียบเทียบกับค่าวัดจริง มีค่าใกล้เคียงกับการวัดค่าจริง

จากผลการจำลองสนามไฟฟ้า ด้วยวิธีไฟด์เอลิเมนต์เปรียบเทียบกับวัดค่าจริง ที่ระยะห่างจุดวัดกับสายไฟฟ้าอากาศ ที่ระยะ 1.40 ม. 1.60 ม. และ 1.80 ม. พบว่าสนามไฟฟ้าจากการวัดจริงมีค่ามากกว่าผลการจำลอง เท่ากับ 3.73%, 6.54% และ 6.40% ขณะที่สนามแม่เหล็กจากการวัดจริงมีค่ามากกว่าผลจำลอง เท่ากับ 13.03%, 12.07% และ 12.62%

เอกสารอ้างอิง

- [1] AttPhayom, TirapongKasirawat and SurasakPhontusa, "Analysis of Electric Field and Magnetic Field form Overhead Subtransmission Lines Affecting Occupational Health and Safety in MEA's Power System," GMSARN Internation Journal, pp. 25-35, 2016.
- [2] ธวัชชัย มีชนะ, ฤทธิชัย ราชเป็น, รุ่งเพชร กองนอก, ยุทธนา คงจีน และบุญยัง ปลั่งกลาง "การวิเคราะห์ผลกระทบของสนามไฟฟ้าจากสายส่งไฟฟ้ากำลัง 69 kV และ 115 kV ต่อผู้พักอาศัยภายในอาคารบริเวณใกล้แนวสายส่งไฟฟ้ากำลัง" การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 13 (น.1-4)
- [3] Moon JH. Health effects of electromagnetic fields on children. Clin Exp Pediatr. 2020 Nov;63(11):422-428.
- [4] P. Mircea, C. Toader, N. Golovanov and C. Beiu, "Current research on the effects of electromagnetic field on living organisms," 2014 International Conference on Applied and Theoretical Electricity (ICATE), 2014, pp. 1-6
- [5] Gye MC, Park CJ. Effect of electromagnetic field exposure on the reproductive system. Clin Exp Reprod Med. 2012 Mar;39(1):1-9.
- [6] Z. Anane and F. Aouabed, "Electromagnetic fields analysis on OTL with presence of human body model using comsolmultiphysics," 2017 5th International Conference on Electrical Engineering - Boumerdes (ICEE-B), 2017, pp. 1-6
- [7] A. Babouri, W. Tourab and M. Nemamcha, "A study of the electromagnetic environment in the vicinity of high-voltage lines," 4th International Conference on Power Engineering, Energy and Electrical Drives, 2013, pp. 1181-1184
- [8] T. Akmal, U. Khayam and L. S. Lumba, "Study of Electromagnetic Effect of 150 kV Transmission Line," 2019 2nd International Conference on High Voltage Engineering and Power Systems (ICHVEPS), 2019, pp. 1-6

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	ธวัชชัย มีชนะ
วัน เดือน ปีเกิด	1 ธันวาคม 2535
ที่อยู่	99/427 หมู่ที่1 ต.ท่าอิฐ อ.ปากเกร็ด จ.นนทบุรี
การศึกษา	ปริญญาตรี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ประสบการณ์การทำงาน	วิศวกรไฟฟ้า บริษัท เนวาร์ตน์พัฒนาการ จำกัด (มหาชน) พ.ศ.2559 ถึง ปัจจุบัน
วิชาชีพ	ภาคีวิศวกร สาขาไฟฟ้ากำลัง (ภฟก.51718)
เบอร์โทรศัพท์	08-1806-6956
อีเมลล์	Thawatchaimeechana@gmail.com

