

การศึกษาผลกระทบของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าบริเวณใกล้เคียงสายส่งจ่ายไฟฟ้าแรงสูง

A STUDY OF THE ELECTROMAGNETIC FIELDS EFFECTS

NEAR HIGH VOLTAGE ELECTRICAL POWER LINE

สำเร้ง อินทามิ

อาจารย์ประจำ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

e-mail: samroeng.hi@spu.ac.th

บทคัดย่อ: ในงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาผลกระทบของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าบริเวณใกล้เคียงสายส่งจ่ายไฟฟ้าแรงสูงของการไฟฟ้านครหลวงในระดับแรงดัน 24 และ 69 kV ด้วยการสุ่มวัด โดยพิจารณาตามรูปแบบการจัดเรียงสายเฟสของสายส่งจ่ายไฟฟ้าแรงสูงตามที่มีใช้งาน และนำผลที่ได้จากการตรวจวัดไปเปรียบเทียบกับมาตรฐานด้านความปลอดภัยทางแม่เหล็กไฟฟ้า จากผลการตรวจวัด พบว่าสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้าบริเวณใกล้เคียงสายส่งจ่ายไฟฟ้าแรงสูงมีค่าต่ำกว่าขีดจำกัดตามมาตรฐานด้านสุขภาพของ ICNIRP และเมื่อทำการคำนวณปริมาณสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้าบริเวณใกล้เคียงสายส่งจ่ายไฟฟ้าแรงสูงตามหลักการสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้าคงตัว เพื่อเสนอวิธีการลดสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้าบริเวณใกล้เคียงสายส่งจ่ายไฟฟ้าแรงสูงด้วยวิธีเชิงรุก โดยการเพิ่มวงจรสายตัวนำอีกหนึ่งวงจรเดินร่วมไปตามแนวเดินสายเดียวกันและจัดเรียงสายเฟสในลักษณะที่ทำให้เกิดการสมดุลทางลำดับเฟส พบว่าสามารถลดปริมาณสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้าลงได้ 50 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

คำสำคัญ: สนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก สนามแม่เหล็กไฟฟ้า สนามความถี่ต่ำ และสายส่งไฟฟ้า

ABSTRACT: This report proposes a study of the electromagnetic field effects near high voltage electrical power line of Metropolitan Authority on 24 and 69 kV voltage level by measured sampling in consideration of the cross-sectional configuration. From the results bring to compared with the standard of exposure limits of electric and magnetic fields. From the measured results show that a value of the electric and magnetic fields near high voltage power line are less than the standard of exposure limits of electric fields and magnetic fields. Moreover, electric and magnetic fields are calculated using the method of electrostatic fields and magnetic static filed to propose the electric and magnetic field reduction method. The active shielding effectiveness is proposed by adding another conductors circuit parallel in the same right of way and arrange the symmetry line conductors in the phase sequence. Finally, the electric and magnetic fields can reduce about 50 and 30 percent, respectively.

KEYWORDS: Electric and magnetic field, Electromagnetic field, Extremely low frequency field and Electrical power line

1. บทนำ

เพิ่มมากขึ้น ในขณะที่พื้นที่ในการก่อสร้างสายส่งจ่ายไฟฟ้ามีอยู่จำกัดและในบางพื้นที่มีการก่อสร้างใกล้ที่อยู่อาศัยมากขึ้น แต่ก็ยังมีระยะปลอดภัยทางไฟฟ้าเป็นตามมาตรฐานสำหรับสิ่งปลูกสร้างที่สร้างใกล้กับสายส่งจ่ายไฟฟ้าแรงสูง และที่ผ่านมาก็ได้มีการเผยแพร่เกี่ยวกับความเป็นไปได้จากการได้รับสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่จะมีผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ต่อการเกิดโรคมะเร็ง และได้มีการศึกษากันอย่างแพร่หลายเพื่อที่จะควบคุมและลดสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้าบริเวณใกล้เคียงสายส่งและสายส่งจ่ายไฟฟ้าแรงสูง สำหรับในประเทศไทยสายส่งจ่ายไฟฟ้าแรงสูงทำหน้าที่รับไฟจากสถานีไฟฟ้าแรงสูงจากการไฟฟ้านครหลวง การลดสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้าบริเวณใกล้เคียงสายส่งจ่ายไฟฟ้าแรงสูงด้วยวิธีเชิงรุก

2. สนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กบริเวณใกล้เคียงสายส่งจ่ายไฟฟ้าแรงสูง

2.1 ผลของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าต่อสุขภาพ (Electromagnetic Bio-Hazard)

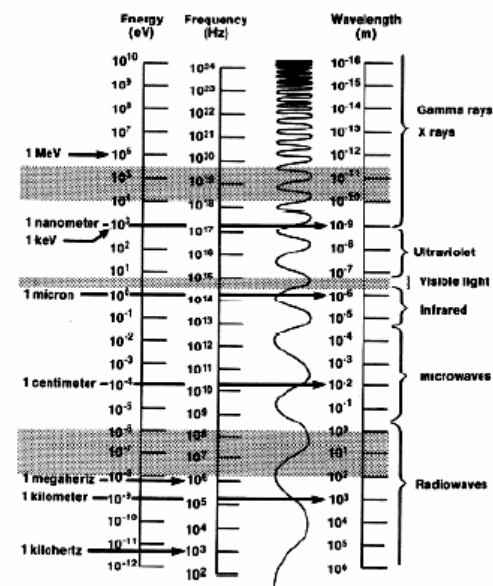
การแพร่ของสนามแม่เหล็กไฟฟ้า โดยอาศัยแถบพลังงานคลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้าดังในภาพที่ 1 สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทคือ

2.1.1 การแพร่ของสัญญาณระดับพลังงานต่ำ (Non-ionization radiation) เป็นการแพร่ของสัญญาณด้วยระดับพลังงานที่ไม่สูงพอที่จะทำให้อิเล็กตรอนวงนอกสุด (valence electron) ของวงโคจรหลุดออกจากอะตอม ซึ่งจะอยู่ในช่วงความถี่ของกระแสตรงไปจนถึงความถี่ประมาณ 1015 Hz และครอบคลุมการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์หลายอย่าง ซึ่งแหล่งกำเนิดของสัญญาณสนามแม่เหล็กไฟฟ้าชนิดนี้ได้แก่ สายส่งกำลังไฟฟ้า เครื่องคอมพิวเตอร์ วิทยุ โทรทัศน์ เตาไมโครเวฟ ไปจนถึงแหล่งกำเนิดตามธรรมชาติ เช่น คลื่นอินฟราเรดและแสงอาทิตย์ เป็นต้น

2.2.2 การแพร่ของสัญญาณระดับพลังงานสูง (Ionization radiation) เป็นการแพร่ของสัญญาณด้วย

ในปัจจุบันความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้ามีปริมาณหรือการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคแล้วส่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับผู้ใช้ไฟฟ้าโดยผ่านสายส่งจ่ายไฟฟ้าแรงสูงตามแนวระบบสายส่งจ่ายไปตามถนน ซึ่งอยู่ใกล้กับอาคารบ้านเรือนที่อยู่อาศัยและชุมชน

ในที่นี้ได้ทำการตรวจวัดสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้าบริเวณใกล้เคียงสายส่งจ่ายไฟฟ้าแรงสูงตามสถานะของโหลดที่ใช้งานด้วยเครื่องมือวัดทางสนามแม่เหล็กไฟฟ้า และนำผลที่ได้ไปเปรียบเทียบกับมาตรฐานด้านความปลอดภัยของการได้รับสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กของคน เพื่อการศึกษาถึงผลกระทบต่อสุขภาพของผู้ที่อยู่อาศัยในบริเวณใกล้เคียงสายส่งจ่ายไฟฟ้าแรงสูง และได้นำเสนอวิธีระดับพลังงานที่สูงมากจนกระทั่งอิเล็กตรอนวงนอกสุดของวงโคจรหลุดออกจากอะตอม และจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีภายในเซลล์ของสิ่งมีชีวิตได้ ซึ่งจะมีความถี่ตั้งแต่ 1015 Hz ขึ้นไปครอบคลุมความถี่ย่านอัลตราไวโอเล็ต (ultraviolet) เอกซ์เรย์ (X-ray) แกมมาเรย์ (gamma ray) เป็นต้น



ภาพที่ 1 แถบพลังงานคลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้า

สนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีระดับพลังงานและความถี่ต่ำ (Nonionization radiation) มักจะไม่ค่อยได้รับความ

สนใจและถูกกล่าวถึงมากขึ้น แต่เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีแหล่งกำเนิดมาจากการใช้งานของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์มีมาก ดังนั้นในปัจจุบันได้มีการพิจารณาผลกระทบของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความถี่ต่ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งผลกระทบต่อสุขภาพของสิ่งมีชีวิต

สนามแม่เหล็กไฟฟ้าพลังงานต่ำ ที่ความถี่ต่ำกว่า 1 MHz เราเรียกว่า สนามแม่เหล็กไฟฟ้า (electromagnetic field: EMF) และหากความถี่สูงกว่า 1 MHz เราเรียกว่า สนามแม่เหล็กไฟฟ้าแบบแพร่กระจายคลื่น (electromagnetic radiation) ผลกระทบจากสนามแม่เหล็กไฟฟ้าทั้งสองแบบมีความแตกต่างกันดังนี้

- ที่ความถี่ต่ำกว่า 1 MHz พลังงานจากสนามแม่เหล็กไฟฟ้าจะไม่เหนี่ยวนำให้เกิดความร้อนขึ้นในร่างกาย แต่หากสนามแม่เหล็กจากแหล่งกำเนิดกระแสสลับความเข้ม 10 mA/m² จะส่งผลต่อปฏิกิริยาเคมีของร่างกาย เช่น การทำงานของเซลล์ประสาท และหากสนามแม่เหล็กมีความเข้มสูงกว่า 100 mA/m² กล้ามเนื้อในร่างกายจะเกิดการหดตัวและเกิดอาการชักกระตุก

- ความถี่มากกว่า 10 GHz และระดับความเข้มของพลังงาน 1000 W/m² จะทำให้เกิดความร้อนในร่างกาย ทำให้อุณหภูมิในร่างกายสูงขึ้น 1 องศาเซลเซียส ทำลายเซลล์ของดวงตา และทำให้การไหม้ของผิวหนัง

จากผลกระทบของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าต่อร่างกายสามารถแบ่งออกเป็นสองส่วนคือ ผลจากความร้อนในร่างกายที่เพิ่มขึ้น (body heating) และการไหม้ของผิวหนัง (shock and burns) ความร้อนที่เพิ่มขึ้นหรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า ปรากฏการณ์ทางความร้อน (thermal effect) มาจากการเข้าไปอยู่ในบริเวณที่สนามแม่เหล็กไฟฟ้ามีความเข้มสูง

2.2 มาตรฐานด้านความปลอดภัยทางแม่เหล็กไฟฟ้า

เนื่องจากในปัจจุบันมีหลายประเทศ สนใจผลกระทบของสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้าที่มีต่อสิ่งมีชีวิต ดังนั้นจึงมีหน่วยงานหลายหน่วยงานที่ตั้ง

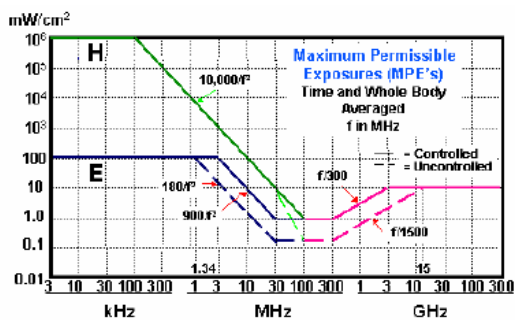
ขึ้นมาเพื่อรับผิดชอบผลกระทบดังกล่าว เช่น หน่วยงาน FCC ของสหรัฐอเมริกา กองสาธารณสุขของแคนาดา สถาบันการป้องกันการแผ่ของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความถี่ต่ำ (International Council of Non-Ionizing Radiation Protection: ICNIRP) สถาบันวิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ (International Electrical Engineering, IEEE) เป็นต้น มาตรฐานของแต่ละประเทศก็มีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับสภาวะแวดล้อมทางแม่เหล็กไฟฟ้าในแต่ละแห่งที่แตกต่างกันนั่นเอง ดังนั้นในปัจจุบันองค์การอนามัยโลก (World Health Organization, WHO) ของสหประชาชาติได้พยายามประสานงาน ให้หน่วยงานที่กล่าวมาข้างต้น ทำงานร่วมกันในการร่าง มาตรฐานกลางขึ้นมา เพื่อใช้ควบคุมและศึกษาผลกระทบของสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้าที่มีต่อสิ่งมีชีวิต ประเทศในแถบทวีปอเมริกา สหภาพยุโรป และเอเชียบางประเทศ ได้มีการประกาศมาตรฐานควบคุมด้านความปลอดภัยต่อการใช้งานสนามแม่เหล็กไฟฟ้าขึ้น โดยกำหนดให้ความถี่ที่ต้องถูกควบคุมเริ่มตั้งแต่ 3 kHz ถึง 300 GHz และเนื่องจากแต่ละประเทศตั้งอยู่ในภูมิประเทศที่แตกต่างกัน และมีระบบไฟฟ้าระบบสื่อสารที่แตกต่างกัน และต่างก็ออกมาตรฐานในการควบคุมสนามแม่เหล็กไฟฟ้าขึ้นเองเพื่ออ้างอิงภายในประเทศของแต่ละอย่างไว้ก็ตาม สามารถจำแนกมาตรฐานด้านความปลอดภัยทางแม่เหล็กไฟฟ้าออกได้เป็น 4 กลุ่มใหญ่ๆ ดังนี้

2.2.1 มาตรฐานของสถาบันวิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ (IEEE) มาตรฐาน IEEE จะแบ่งสัญญาณคลื่นที่แพร่กระจายเข้าสู่มนุษย์ออกเป็นการแผ่สนามไฟฟ้าและการแผ่สนามแม่เหล็กในช่วงเวลาเฉลี่ย 6 นาที และกำหนดเส้นจำกัดระดับสัญญาณแต่ละแบบดังแสดงในภาพที่ 2 พบว่าระดับของความเข้มสนามแม่เหล็ก (H) ที่ความถี่น้อยกว่า 100 MHz อนุญาตให้มีค่าสูงถึง 106 mW/cm² ในขณะที่ระดับความเข้มสนามไฟฟ้ามีค่าไม่เกิน 100 mW/cm² ทั้งนี้เป็นเพราะความถี่ต่ำกว่า 100 MHz จะเกิดพฤติกรรมของการกระตุ้นทางไฟฟ้า (electro stimulation) ซึ่งเป็นผลของสนามไฟฟ้ามากกว่าผลของความร้อนที่เพิ่มขึ้นใน

ร่างกายและการเผาไหม้ของผิวหนัง ซึ่งเป็นผลจากสนามแม่เหล็ก ดังนั้นมาตรฐาน IEEE จึงควบคุมสนามไฟฟ้ามากกว่าสนามแม่เหล็กที่ความถี่ต่างๆ สำหรับที่ความถี่สูงกว่า 100 MHz ระดับความเข้มสนามแม่เหล็กไฟฟ้ามากที่สุดที่อนุญาตให้เข้าสู่มนุษย์ได้ไม่เกิน 10 mW/cm² นอกจากนี้มาตรฐาน IEEE ยังแบ่งเส้นจำกัดของสัญญาณออกเป็น 2 แบบคือ

- บริเวณภายใต้การควบคุมทางสนามแม่เหล็กไฟฟ้า หมายถึงบริเวณที่สภาวะแวดล้อมมีสัญญาณแม่เหล็กไฟฟ้าอยู่ในระดับปริมาณสูง บริเวณที่มีการติดตั้งเครื่องมือหรืออุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีการแพร่กระจายคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจำนวนมาก ใช้แรงดันและกระแสไฟฟ้าสูง และเป็นต้องมีการควบคุมระดับสัญญาณให้ต่ำ ลงจนอยู่ในระดับที่ไม่เป็นอันตราย เช่น ย่านโรงงานอุตสาหกรรมหนัก (heavy industry) เป็นต้น

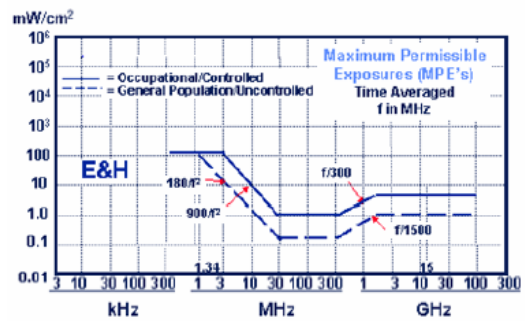
- บริเวณที่ไม่ควบคุมทางแม่เหล็กไฟฟ้า หมายถึงบริเวณของสภาวะแวดล้อมที่มีระดับของสัญญาณแม่เหล็กไฟฟ้าอยู่ในปริมาณน้อย ส่วนมากเป็นบริเวณที่มีเครื่องมือหรืออุปกรณ์จำนวนน้อย ใช้แรงดันและกระแสไฟฟ้าต่ำ เช่น ย่านโรงงานอุตสาหกรรมเบา สำนักงาน ที่อยู่อาศัย



ภาพที่ 2 มาตรฐานความปลอดภัยตามมาตรฐาน IEEE [1]

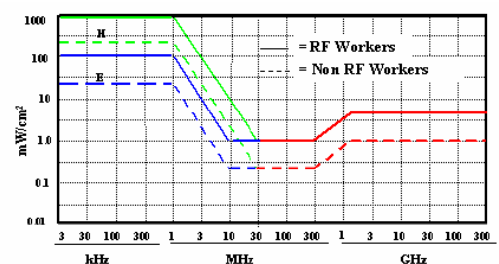
2.2.2 มาตรฐาน Federal Communication Commission: FCC มาตรฐาน FCC ของประเทศสหรัฐอเมริกา ดังในภาพที่ 3 ได้กำหนดให้มีการควบคุมความถี่ตั้งแต่ 0 Hz (DC) ถึง 300 GHz โดยมีเวลาเฉลี่ยในการควบคุม 6 นาที มาตรฐาน FCC ได้กำหนดค่ากำลังของสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กที่ถูกควบคุมมีค่า

เท่ากันตามแสดงในภาพที่ 3 และลดระดับลงที่ 1 MHz ถึง 30 MHz โดยมีความแรงของสัญญาณน้อยกว่า 1 mW/cm² และน้อยกว่า 10 mW/cm² เมื่อความถี่สูงกว่า 1 GHz การแบ่งเส้นจำกัดของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าออกเป็น 2 ระดับคือ บริเวณควบคุม (controlled) และ บริเวณไม่ควบคุม (uncontrolled)



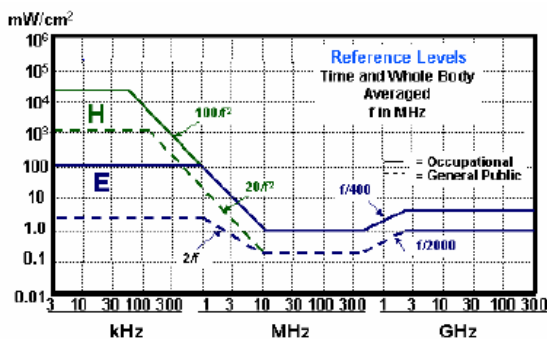
ภาพที่ 3 มาตรฐานความปลอดภัยตามมาตรฐาน FCC [2]

2.2.3 มาตรฐาน Safety Code 6 มาตรฐานของหน่วยงานสาธารณสุขของประเทศแคนาดา ได้ทำการแบ่งตามระดับความถี่ของสัญญาณตามบริเวณการใช้งานคือ ผู้ใช้งานบริเวณที่มีสัญญาณไมโครเวฟ และบริเวณที่ไม่มีสัญญาณไมโครเวฟหรือบริเวณที่ทำงานทั่วไป เส้นจำกัดระดับสัญญาณจะคล้ายกับขีดจำกัดมาตรฐาน FCC-1997 โดยอนุญาตให้กำลังของสนามแม่เหล็กที่ความถี่ต่ำ 0 Hz (DC) ถึง 1 MHz (1,000 mW/cm²) มีค่าสูงกว่ากำลังสนามไฟฟ้า (10 mW/cm²) ระดับของสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้าลดลงในช่วงความถี่ 1 MHz ถึง 300 MHz คือน้อยกว่า 1 mW/cm² เมื่อความถี่มากกว่า 300 MHz เส้นจำกัดของสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้าแสดงในภาพที่ 4



ภาพที่ 4 มาตรฐานความปลอดภัยตามมาตรฐาน safety code 6 [3]

2.2.4 มาตรฐาน International Council on Non-Ionization Radiation Protection: ICNIRP มาตรฐาน ICNIRP เป็นมาตรฐานที่ใช้ในกลุ่มของสหภาพยุโรป และถูกนำไปประยุกต์ใช้กับประเทศอื่นๆ ทั่วโลก ยกเว้นในอเมริกาเหนือ ซึ่งจะใช้มาตรฐานของตนเอง เช่น FCC, Safety Code 6 สำหรับเส้นจำกัดของสัญญาณ จะคล้ายกับมาตรฐาน FCC-1997 โดยแตกต่างกันที่ ความถี่ 1 MHz ถึง 30 MHz และระหว่างความถี่ 300 MHz ถึง 2,000 MHz และความถี่ 300 MHz ถึง 1,500 MHz หรือ 3,000 MHz เส้นจำกัดของสัญญาณจะถูกแยก เป็นสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้าที่แพร่เข้าสู่ร่างกาย ในช่วงเวลาเฉลี่ย 6 นาทีโดยอนุญาตให้ระดับของ สนามแม่เหล็กในช่วงความถี่ต่ำกว่า 100 MHz มีค่าสูงกว่าของสนามไฟฟ้า และลดลงแบบเชิงเส้นระหว่าง ความถี่ 100 kHz ถึง 10 MHz และจำกัดระดับของ สนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้าที่ความถี่มากกว่า 10 MHz ให้ต่ำกว่า 10 mW/cm² ดังแสดงในภาพที่ 5



ภาพที่ 5 มาตรฐานความปลอดภัยตามมาตรฐาน ICNIRP [4]

2.2.5 ระดับของสนามไฟฟ้าในบริเวณต่างๆ มาตรฐานด้านความปลอดภัยในระดับสากล(IEEE, FCC, Safety Code 6 และ ICNIRP) ไม่ได้แยกย่อยตาม บริเวณใช้งานอย่างละเอียด ดังนั้นคณะกรรมการการ ไฟฟ้าสากล (International Electrical Committee: IEC TC-77) จึงได้ให้ข้อเสนอแนะในการระมัดระวัง สนามไฟฟ้าแยกตามพื้นที่ใช้งาน ดังแสดงในตาราง 1 จากคำแนะนำจะเห็นได้ว่า สนามไฟฟ้าภายในบ้านหรือ ที่อยู่อาศัยไม่ควรเกิน 3 V/m ในขณะที่บริเวณ

โรงพยาบาลก็ควรถูกควบคุมให้มีค่าน้อยกว่า 3 V/m เช่นกัน ดังนั้นบางโรงพยาบาลจึงได้ติดตั้งประกาศ เตือนผู้ใช้โทรศัพท์มือถือในโรงพยาบาลว่าควรระวัง ผลกระทบของโทรศัพท์มือถือต่ออุปกรณ์ อิเล็กทรอนิกส์โดยเฉพาะอย่างยิ่งอุปกรณ์ทางการแพทย์

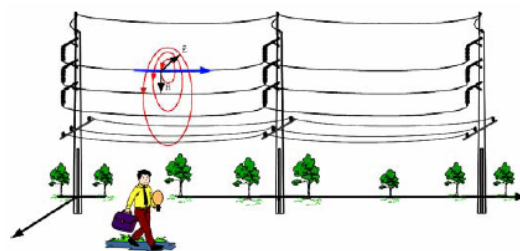
ตารางที่ 1 ความเข้มของสนามไฟฟ้า แยกตามพื้นที่ใช้งาน

พื้นที่ทำงาน	ความเข้มสนามไฟฟ้า	
ที่อยู่อาศัย	ชนบท	ไม่เกิน 3 V/m
	ในเมือง	ไม่เกิน 10 V/m
ย่านธุรกิจ	ไม่เกิน 10 V/m	
อุตสาหกรรมขนาดเบา	ไม่เกิน 3 V/m	
อุตสาหกรรมหนัก	ไม่เกิน 30 V/m	
จราจร	ไม่เกิน 30 V/m	
ศูนย์การสื่อสาร	ไม่เกิน 3 V/m	

ที่มา: IEC TC-77 Classifications of Electromagnetic Environments for Radiation Signals

2.3 การตรวจวัดปริมาณสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก

ในการวัดสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้าในแบบ โดยรวม จะใช้ชุดเครื่องมือตรวจวัด PMM แบบ 3 แกน ซึ่งสามารถทำการวัด ได้ทั้งสนามแม่เหล็กและ สนามไฟฟ้า และสามารถทำการตรวจวัดได้พร้อมทั้ง 3 แกน (x, y และ z) ในพิกัดทรงกลม โดยจะใช้เครื่องมือ ตรวจวัดความถี่ในช่วง 5 Hz – 100 kHz และ 0.1 MHz – 1000 MHz แยกตามชนิดของสัญญาณรบกวนและความยาวคลื่น (λ) แสดงดังในภาพที่ 6

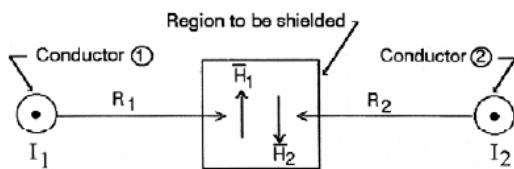


ภาพที่ 6 การวัดสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้าบริเวณ ได้สายระบบสายจำหน่ายไฟฟ้าแรงสูง

2.4 การกำบังสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้า

2.4.1 การกำบังสนามไฟฟ้า สนามไฟฟ้าสามารถถูกลดทอนจากธรรมชาติ โดยเฉพาะอย่างยิ่งวัสดุที่เป็นโลหะ ดังนั้นสนามไฟฟ้าจากสายส่งไฟฟ้าสามารถถูกกำบังหรือลดทอนได้ง่ายด้วยผนัง อาคารสิ่งปลูกสร้าง และต้นไม้ ซึ่งจะทำหน้าที่เป็นตัวนำลงดิน[5] นอกจากนี้สายไฟฟ้าแรงต่ำที่สร้างอยู่ภายใต้หรือใกล้เคียงสายส่งไฟฟ้าแรงสูงสามารถช่วยลดผลของสนามไฟฟ้าที่เกิดขึ้นได้ โดยต้องทำการติดตั้งให้เหมาะสมเช่น ตำแหน่ง ระยะห่างของสายควบ ระดับแรงดันใช้งาน และตัวนำเฟส

2.4.2 การกำบังสนามแม่เหล็ก ความเข้มสนามแม่เหล็กที่จุดใดๆ จะมีค่าเท่ากับผลรวมของเวกเตอร์ความเข้มสนามแม่เหล็ก, \vec{H} เนื่องจากกระแสทั้งหมดที่ไหลผ่านสายตัวนำ (ในที่นี้สมมติว่าตัวกลางที่สนามแม่เหล็กเคลื่อนที่ผ่านมีความเป็นเชิงเส้น) ดังนั้นการที่จะลดสนามที่จุดใดๆ ได้ด้วยการเพิ่มสนามหักล้างเข้าไปในบริเวณดังกล่าว เราเรียกว่าการกำบังเชิงรุก (Active shielding) ดังแสดงในภาพที่ 7 ซึ่งจะตรงกันข้ามกับการวัสดุในการกำบังสนามในเทคนิคการกำบังเชิงรับ (Passive shielding)



ภาพที่ 7 ตัวอย่างการกำบังสนามแม่เหล็กเชิงรุก [6]

จากภาพที่ 7 กำหนดให้กระแส I_1 ไหลในตัวนำ 1 ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กในบริเวณที่ต้องการลดสนามแม่เหล็กดังนี้

$$H_1 = \frac{I_1}{2\pi R_1} \quad (1)$$

เมื่อต้องการลดสนามแม่เหล็กในบริเวณที่ต้องการด้วยวิธีการกำบังเชิงรุก จะต้องใช้สายตัวนำ 2 มีกระแสไหลผ่าน I_2 ทำให้เกิดสนามแม่เหล็ก H_2

$$H_2 = \frac{I_2}{2\pi R_2} \quad (2)$$

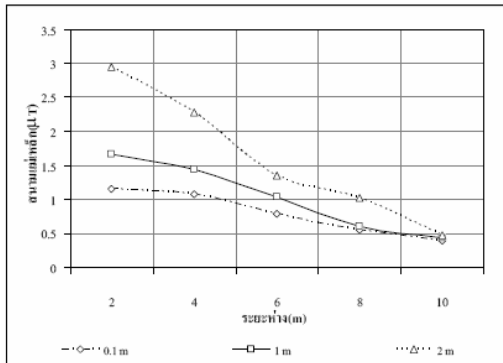
ถ้ากระแส และเมื่อขนาดพื้นที่ของบริเวณที่ต้องการกำบังเล็ก $I_1 = I_2$, $R_1 = R_2$ มากเมื่อเทียบกับระยะห่าง R_1 ผลของสนามแม่เหล็กในบริเวณดังกล่าวจะมีค่าน้อยกว่าสนามแม่เหล็ก H_1 ในกรณีนี้ สายตัวนำ 1 อาจจะเป็นสายส่งจ่ายไฟฟ้าที่ทำการส่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าในปริมาณมากๆ ในขณะที่สายตัวนำ 2 อาจจะเป็นสายตัวนำในระบบแรงต่ำที่ทำการส่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าในปริมาณเพียงเล็กน้อยก็ได้ และยิ่งไปกว่านั้นถ้าทำให้ระยะห่าง $2R_2$ มีค่าน้อยกว่า R_1 แล้ว กระแส I_2 จะมีส่วนช่วยลดสนามแม่เหล็กลงได้อีกมากพอสมควร

3. ผลการตรวจวัดและคำนวณสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้า

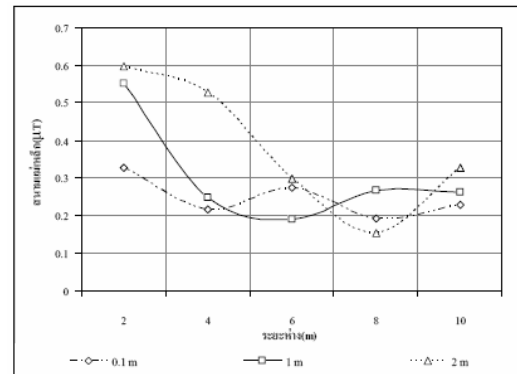
3.1 ผลการตรวจวัดสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กบริเวณใกล้เคียงสายจำหน่ายไฟฟ้าแรงสูง

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการตรวจวัด(โดยทำการว่าจ้างศูนย์สอบเทียบทางไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์) และนำเสนอวิธีการกำบังสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้าบริเวณใกล้เคียงสายส่งจ่ายไฟฟ้าแรงสูงของการไฟฟ้านครหลวงในระดับแรงดัน 24 และ 69 kV ด้วยการสุ่มวัดตัวอย่าง 3 กรณี ในเขตกรุงเทพ โดยพิจารณาตามรูปแบบการจัดเรียงสายเฟสของสายส่งจ่ายไฟฟ้าแรงสูงตามที่มีใช้งานดังนี้

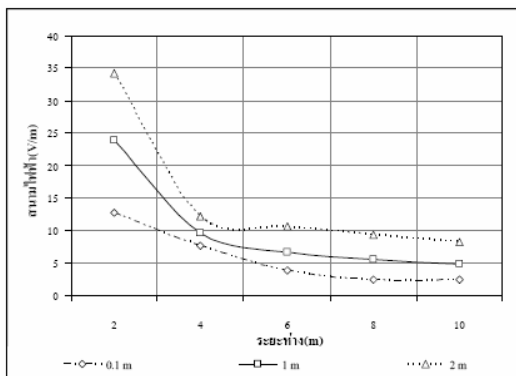
3.1.1 บริเวณประตูทางเข้ามหาวิทยาลัยศรีปทุม ในการตรวจวัดสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้าบริเวณประตูทางเข้ามหาวิทยาลัยศรีปทุม กรณีสายส่งจ่ายไฟฟ้าแรงสูงในระดับแรงดัน 24 และ 69 kV ในที่โล่งแจ้ง ได้ทำการตรวจวัดทั้งในย่านความถี่ต่ำและย่านความถี่สูง โดยมีระยะห่างจากจุดกึ่งกลางเสาไฟฟ้าเท่ากับ 2, 4, 6, 8 และ 10 เมตรและสูงจากพื้นดิน 0.1, 1 และ 2 เมตรตามลำดับ



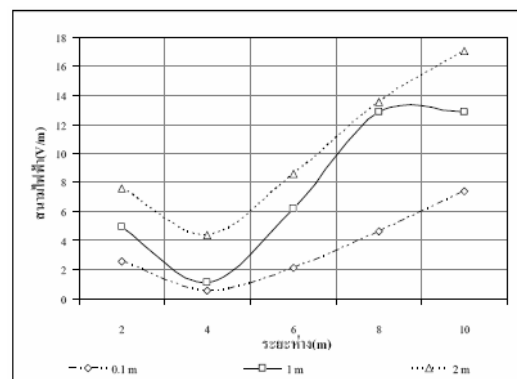
ภาพที่ 8 สนามแม่เหล็กในที่โล่งแจ้ง ในย่านความถี่ต่ำ



ภาพที่ 10 สนามแม่เหล็กในที่โล่งแจ้ง ในย่านความถี่ต่ำ



ภาพที่ 9 สนามไฟฟ้าในที่โล่งแจ้ง ในย่านความถี่ต่ำ



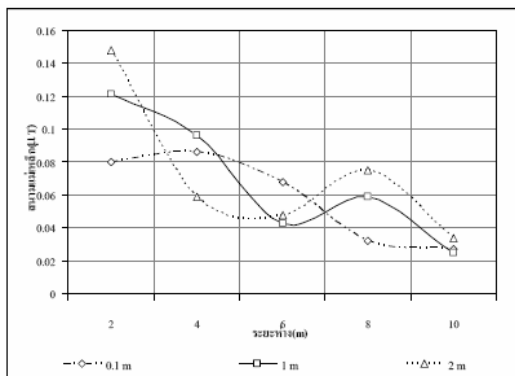
ภาพที่ 11 สนามไฟฟ้าในที่โล่งแจ้ง ในย่านความถี่ต่ำ

จากการตรวจวัดสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้าที่ความถี่ต่ำ(5Hz-100 kHz) พบว่าระดับความเข้มสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้ามีระดับลดลง เมื่อระยะห่างจากจุดที่ทำกรวัดมีค่าห่างมากขึ้น และเมื่อเพิ่มระดับความสูงของห้ววัดจากพื้นดินจาก10 ซม. เป็น 1 และ 2 เมตร ตามลำดับ ความเข้มสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้าจะมีค่าสูงขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 8 และ 9 ตามลำดับ

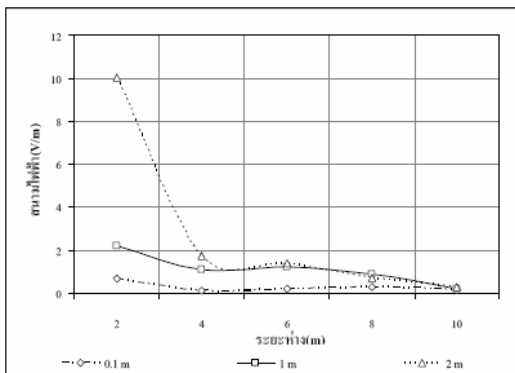
3.1.2 บริเวณฝั่งตรงข้ามมหาวิทยาลัยศรีปทุม ในการตรวจวัดสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้าบริเวณฝั่งตรงข้ามมหาวิทยาลัยศรีปทุม กรณีสายส่งจ่ายไฟฟ้าแรงสูงในระดับแรงดัน 24 kV ในที่โล่งแจ้ง ได้ทำการตรวจวัดทั้งในย่านความถี่ต่ำและย่านความถี่สูง โดยมีระยะห่างจากจุดกึ่งกลางเสาไฟฟ้าเท่ากับ 2, 4, 6, 8 และ 10 เมตรและสูงจากพื้นดิน 0.1, 1 และ 2 เมตรตามลำดับ

จากการตรวจวัดระดับความเข้มสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้าที่ความถี่ต่ำ(5 Hz – 100 kHz) พบว่าระดับความเข้มสนามแม่เหล็กจะแปรเปลี่ยนตามระดับความสูงและระยะห่างจากแนวสายตัวนำ และจะมีค่ามากที่สุดเมื่ออยู่ใกล้แนวสายตัวนำดังแสดงในภาพที่ 10 ส่วนระดับความเข้มสนามไฟฟ้าพบว่าที่ระยะห่าง 2 เมตรจากแนวกึ่งกลางเสา ระดับความเข้มสนามไฟฟ้าที่วัดได้จะมีค่าสูงสุดที่ระดับความสูงจากพื้นดิน 2 เมตร แต่เมื่อระยะห่างจากแนวกึ่งกลางเสาเพิ่มขึ้นเป็น 4 เมตรพบว่าระดับความเข้มสนามไฟฟ้าจะลดต่ำสุดเท่ากับ 4 V/m และจะมีค่าเพิ่มขึ้นสูงสุดเป็น 17 V/m เมื่อระยะห่างเพิ่มขึ้นเป็น 6, 8 และ 10 เมตร ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 11

3.1.3 บริเวณด้านหน้ากรมทหารราบที่ 11 รักษาพระองค์ ในการตรวจวัดสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้า บริเวณด้านหน้ากรมทหารราบที่ 11 รักษาพระองค์ ภูมิ สายส่งจ่ายไฟฟ้าแรงสูงในระดับแรงดัน 24 และ 69 kV ในพื้นที่ที่มีต้นไม้ปกคลุม ได้ทำการตรวจวัดทั้งในย่าน ความถี่ต่ำและย่านความถี่สูง โดยมีระยะห่างจากจุด กึ่งกลางเสาไฟฟ้าเท่ากับ 2, 4, 6, 8 และ 10 เมตรและสูง จากพื้นดิน 0.1, 1 และ 2 เมตรตามลำดับ



ภาพที่ 12 สนามแม่เหล็กในบริเวณพื้นที่ที่มีต้นไม้ปกคลุม



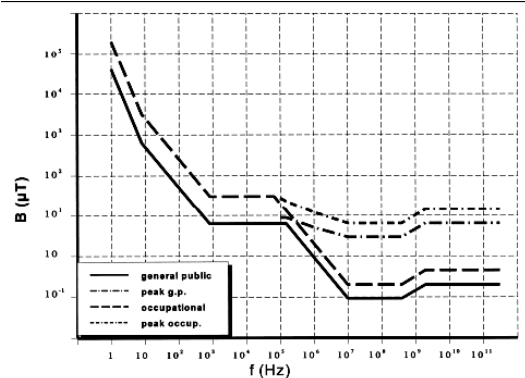
ภาพที่ 13 สนามไฟฟ้าในบริเวณพื้นที่ที่มีต้นไม้ปกคลุม

จากการตรวจวัดระดับความเข้มสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้าที่ความถี่ต่ำ (5 Hz – 100 kHz) พบว่าระดับความเข้มสนามแม่เหล็กจะมีการเปลี่ยนแปลงหลายช่วง เนื่องจากแนวของต้นไม้ปกคลุมค่อนข้างหนาแน่น และแนวของกำแพงมีลักษณะเป็นช่องตาข่าย นอกจากนี้ในบริเวณดังกล่าวยังประกอบด้วยวงจรไฟฟ้าหลายวงจรและมีการจัดวางในหลายรูปแบบด้วยกัน ซึ่ง

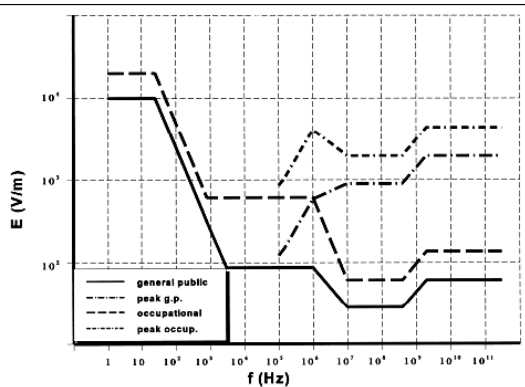
อาจทำให้เกิดการหักล้างและเสริมกันของเส้นแรงแม่เหล็ก จึงทำให้เส้นแรงแม่เหล็กเกิดการบิดเบี้ยวไปจากแนวสมมาตรเดิม ดังแสดงในภาพที่ 12 ส่วนกรณีของสนามไฟฟ้าพบว่าระดับความเข้มสนามไฟฟ้าจะมีค่าลดลง เมื่อระยะห่างจากแนวกึ่งกลางเสาห่างมากขึ้น (จาก 4, 6, 8 และ 10 เมตร) โดยมีค่าสูงสุดประมาณ 2 V/m ทั้งนี้เนื่องจากในบริเวณที่ทำการวัดอยู่ในบริเวณแนวรั้วกำแพงซึ่งเป็นโลหะและอยู่ใต้แนวต้นไม้ ทำให้ศักย์ไฟฟ้าของสายตัวนำและดินมีค่าต่ำกว่าแนวอื่น ๆ ดังแสดงในภาพที่ 13

3.2 เปรียบเทียบปริมาณสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กบริเวณใกล้เคียงสายจำหน่ายไฟฟ้าแรงสูงกับมาตรฐานด้านความปลอดภัย

จากผลการตรวจวัดปริมาณของสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้า ณ บริเวณหน้ามหาวิทยาลัยศรีปทุม ด้านฝั่งตรงข้ามและกรมทหารราบที่ 11 รักษาพระองค์ นำมาเปรียบเทียบกับมาตรฐานด้านความปลอดภัยต่อสุขภาพของผู้ปฏิบัติงานตามมาตรฐาน ICNIRP ดังในภาพที่ 14 และ 15



ภาพที่ 14 ขีดจำกัดของสนามแม่เหล็กตามมาตรฐาน ICNIRP [4]



ภาพที่ 15 ขีดจำกัดของสนามไฟฟ้าตามมาตรฐาน ICNIRP [4]

3.2.1 บริเวณประตูทางเข้ามหาวิทยาลัยศรีปทุม จากผลการวัดเมื่อนำมาเปรียบกับมาตรฐานด้านสุขภาพ พบว่าระดับความเข้มสนามแม่เหล็ก(หน่วย μT) สูงสุดปรากฏที่ระยะห่างจากสายส่ง 2 เมตร และมีค่าประมาณ 3 μT ซึ่งต่ำกว่าระดับขีดจำกัดของมาตรฐาน(ประมาณ 50 μT)มาก และมีระดับความเข้มสนามไฟฟ้า(หน่วย V/m) สูงสุดประมาณ 35 V/m ปรากฏที่ความสูง 2 เมตรเหนือพื้นดินเมื่อห่างจากสายส่ง 2 เมตร เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับมาตรฐาน ICNIRP พบว่าความเข้มสนามไฟฟ้าที่เกิดขึ้นมีค่าต่ำกว่าขีดจำกัด(400 V/m)อยู่ประมาณ 10 เท่า

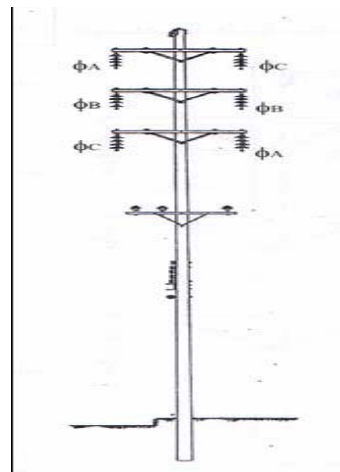
3.2.2 บริเวณฝั่งตรงข้ามมหาวิทยาลัยศรีปทุม จากผลการตรวจวัด พบว่าความเข้มสนามแม่เหล็กสูงสุดประมาณ 0.6 μT ที่ระยะห่างจากสายส่ง 2 เมตร มีค่าต่ำกว่าระดับขีดจำกัดของมาตรฐาน(ประมาณ 50 μT)มาก ส่วนระดับความเข้มสนามไฟฟ้าสูงสุดประมาณ 16 V/m ที่ความสูง 2 เมตรเหนือพื้นดินที่ระยะห่างจากสายส่ง 10 เมตร เมื่อเทียบกับมาตรฐาน ICNIRP พบว่าความเข้มสนามไฟฟ้าที่เกิดขึ้นมีค่าต่ำกว่าขีดจำกัด (400 V/m) ประมาณ 20 เท่า

3.2.3 บริเวณด้านหน้ากรมทหารราบที่ 11 รักษาพระองค์ จากผลการตรวจวัด พบว่าความเข้มสนามแม่เหล็กสูงสุดประมาณ 0.15 μT ที่ระยะห่างจากสายส่ง 2 เมตร มีค่าต่ำกว่าระดับขีดจำกัดของมาตรฐาน (ประมาณ 50 μT) มาก ส่วนระดับความเข้มสนามไฟฟ้าสูงสุดประมาณ 10 V/m ที่ความสูง 2 เมตรเหนือพื้นดิน

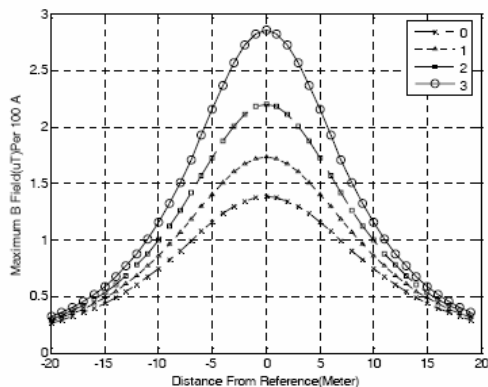
ที่ระยะห่างจากสายส่ง 10 เมตร เมื่อเทียบกับมาตรฐาน ICNIRP พบว่าความเข้มสนามไฟฟ้าที่เกิดขึ้นมีค่าต่ำกว่าขีดจำกัด(400 V/m)ประมาณ 10 เท่า

3.3 ผลการกำบังสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้า

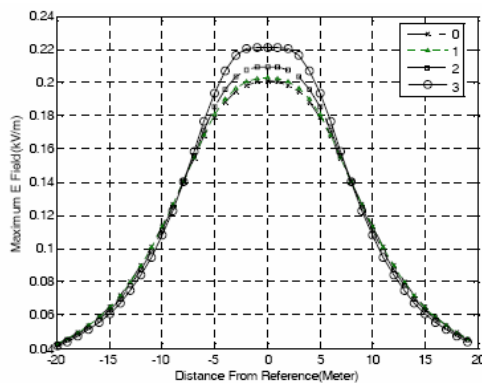
เมื่อทำการพิจารณาลักษณะการจัดวางสายเฟสของระบบส่งจ่ายไฟฟ้าแรงสูง พบว่าการจัดวางสายเฟสแบบสามเหลี่ยมเป็นการจัดวางสายเฟสที่ช่วยลดผลของสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้า ส่วนการจัดวางสายเฟสตามแนวดิ่งจะมีผลทำให้เกิดการกระจายของสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้าไปยังบริเวณใกล้เคียง ดังนั้นในที่นี้จึงทำการลดผลของสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้าจากสายตัวนำที่มีการจัดเรียงสายเฟสตามแนวดิ่ง ด้วยการเพิ่มวงจรสายตัวนำอีกหนึ่งวงจรเดินร่วมตามแนวเดินสายเดิมดังแสดงในภาพที่ 16 และเมื่อทำการคำนวณตามลักษณะการจัดวางสายตัวนำในระดับแรงดัน 69 kV ผลการคำนวณสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้าบริเวณใกล้เคียงสายตัวนำ ดังแสดงในภาพที่ 17 และ 18 ตามลำดับ



ภาพที่ 16 วงจรกำบังสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้า



ภาพที่ 17 สนามแม่เหล็กของสายส่งจ่ายไฟฟ้า ในระดับแรงดัน 69 kV



ภาพที่ 18 สนามไฟฟ้าของสายส่งจ่ายไฟฟ้าแรงสูงในระดับแรงดัน 69 kV

จากการคำนวณผลการกำลังสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้าพบว่าสนามแม่เหล็กที่เกิดจากสายตัวนำในระดับแรงดัน 69 kV ที่ความสูง 2 เมตร จะมีค่าลดลงจาก 4.3 μT เหลือประมาณ 2.1 μT (ลดลงประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์) ส่วนกรณีสนามไฟฟ้าจะมีค่าลดลงจาก 0.3 V/m เหลือประมาณ 0.21 V/m คิดเป็นประมาณ 33 เปอร์เซ็นต์

4. สรุปผลการทดลอง

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการตรวจวัดปริมาณสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้าบริเวณใกล้เคียงสายส่งจ่ายไฟฟ้าแรงสูงของการไฟฟ้านครหลวงในระดับแรงดัน 24 และ 69 kV ด้วยการสุ่มวัดโดยพิจารณาตามรูปแบบการจัดเรียงสายเฟสของสายส่งจ่ายไฟฟ้าแรงสูง

ตามที่มีใช้งาน พบว่าสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้าบริเวณใกล้เคียงสายส่งจ่ายไฟฟ้าแรงสูงมีค่าต่ำกว่าขีดจำกัดตามมาตรฐานด้านความปลอดภัยของ ICNIRP ซึ่งก็คือว่าบริเวณตัวอย่างเหล่านั้นมีความปลอดภัยต่อผู้ที่อยู่อาศัยในบริเวณดังกล่าว และวิธีการลดสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้าบริเวณใกล้เคียงสายส่งจ่ายไฟฟ้าแรงสูงได้ด้วยการเพิ่มวงจรสายตัวนำอีกหนึ่งวงจรเดินร่วมไปตามแนวเดินสายเดียวกันและจัดเรียงสายเฟสในลักษณะที่ทำให้เกิดการสมดุลของลำดับเฟสจะทำให้ปริมาณสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้าลงได้ประมาณ 50 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยศรีปทุมอย่างสูงที่ได้ให้การสนับสนุนงบประมาณทั้งหมดและได้ให้เวลาในการทำโครงการวิจัยนี้ รวมทั้งขอขอบคุณสำนักวิจัยที่ได้อำนวยความสะดวกและประสานงานอย่างดียิ่งในการดำเนินโครงการวิจัยนี้และขอขอบคุณ ดร.ไกรสร อัญชสิทธิ์พันธุ์ ผู้ทรงคุณวุฒิที่ปรึกษางานวิจัย ที่ได้สละเวลาให้คำแนะนำในการแก้ไขปรับปรุงตลอดการดำเนินงานและการเขียนรายงานวิจัยนี้

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] American National Standards Institute (ANSI).
"IEEE Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure to Radio Frequency Electromagnetic Fields, 3 kHz to 300 GHz,"
ANSI/IEEE Standard. C95.1-2005.
- [2] American National Standards Institute (ANSI).
"IEEE Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure to Radio Frequency Electromagnetic Fields exposure below 15 GHz,"
ANSI/IEEE Standard. C95.1-1982.
Available:http://www.rfsafetysolutions.com/FCC_regulation.htm. [9/02/2007].

- [3] Minister of Public Works and Government Services. "Limits of Human Exposure to Radiofrequency Electromagnetic Fields in the Frequency Range from 3 kHz to 300 GHz," Canada 1999.
Available:http://www.rfsafetysolutions.com/safety_code_6.htm. [9/02/2007].
- [4] International Radiation Protection Association/ International Non-Ionizing Radiation Committee. "Interim guidelines on limits of exposure to 50/60 Hz electric and magnetic fields" Available: http://www.rfsafetysolutions.com/ICNIRP_standard.htm. [9/02/2007].
- [5] J. Liu, S. Fortin and F.P. Dawalibi. "Electromagnetic Fields Near High Voltage Electrical Power Lines: A Parameter Analysis," Proceeding of IEEE:401-408, 2002.
- [6] William F. Horton and Saul Goldberg. Power Frequency Magnetic Fields and Public Health. 1st ed. USA: CRC Press, 1995.