

กรณีศึกษา - CASE STUDY

การลดผลกระทบของสนามแม่เหล็กจากสายส่งหลายวงจร

MAGNETIC FIELD REDUCTION FOR MULTI CIRCUIT OVERHEAD LINES

ABSTRACT

MOST OFFICE BUILDINGS, HOSPITALS, AND VILLAGES LOCATED CLOSE TO AN INSTALLATION AREA OF TRANSMISSION LINES WERE PROBABLY AFFECTED BY 50 Hz MAGNETIC FIELD. IT COULD INTERFERE DIRECTLY AN OPERATION OF SOME SENSITIVE ELECTRICAL EQUIPMENT SUCH AS A CRT COMPUTER SCREEN (10 mG) OR A TELEVISION RECEIVER. IT IS OBVIOUSLY SEEN THAT NOWADAYS THE COMPUTERS HAVE BEEN WIDELY USED, THEREFORE; THE PROBLEMS RESULTED FROM THE MAGNETIC FIELDS HAVE ALSO BEEN INCREASED. IN SOME CASES, THE LOW LEVEL OF THE MAGNETIC FIELDS MAY AFFECT THE OPERATION OF MEDICAL EQUIPMENT SUCH AS ELECTRON MICROSCOPE (5 mG). A FIELD TEST SHOWS THAT TO SET UP PROPERLY PHASES CAN REDUCE THE LEVEL OF MAGNETIC TO 44 - 51%. THIS SOLUTION CAN LOWER THE EFFECTS TO THE OPERATION OF THE SENSITIVE EQUIPMENT CLOSED TO THE TRANSMISSION LINES.

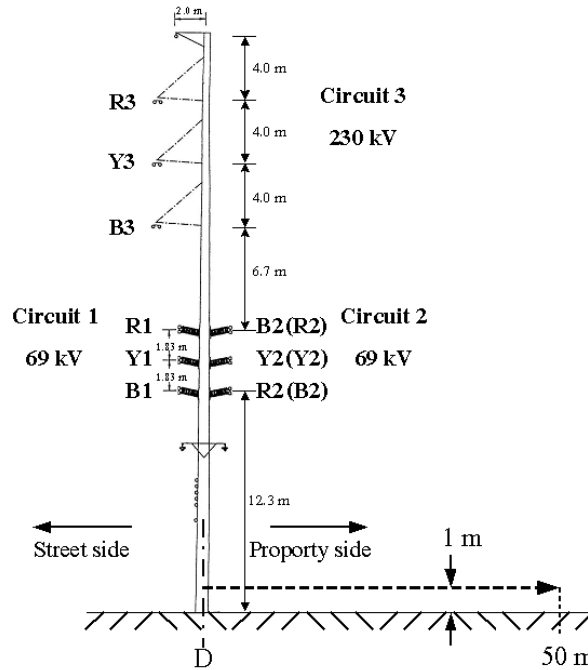
บทคัดย่อ

การก่อสร้างสายส่งไฟฟ้าในบริเวณที่มีอาคารสำนักงาน อาคารพาณิชย์ โรงพยาบาล และที่อยู่อาศัย ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นคือ สนามแม่เหล็กความถี่ 50 Hz ที่เกิดขึ้นจากสายส่งไฟฟ้าอาจมีผลกระทบต่อการทำงานของอุปกรณ์ที่มีความอ่อนไหวต่อสนามแม่เหล็กในบริเวณใกล้แนวสายส่งไฟฟ้าได้ ตัวอย่างเช่น จอคอมพิวเตอร์ชนิดหลอดภาพ CRT (10 mG) และเครื่องรับโทรทัศน์ เป็นต้น ซึ่งปัจจุบันมีการนำอุปกรณ์คอมพิวเตอร์มาใช้งานกันมากขึ้น ทำให้ปัญหาผลกระทบจากสนามแม่เหล็กมีจำนวนเพิ่มขึ้นด้วย ในบางกรณีสนามแม่เหล็กระดับต่ำ ๆ ก็อาจส่งผลกระทบต่อการทำงานของเครื่องมือทางการแพทย์ได้ เช่น เครื่องอิเล็กตรอนไมโครสโคป (5 mG) การแก้ปัญหасสามารถทำได้โดยการจัดเรียงสลับเฟสที่เหมาะสมเพื่อลดค่าสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้น ซึ่งเป็นการลดผลกระทบต่อการทำงานของอุปกรณ์ที่มีความอ่อนไหวต่อสนามแม่เหล็กในบริเวณใกล้แนวสายส่ง ผลจากการทดลองภาคสนามพบว่าหลังการปรับปรุงสามารถลดค่าสนามแม่เหล็กกลงได้ 44 - 51%

1. ข้อมูลเบื้องต้น

การไฟฟ้านครหลวงมีการก่อสร้างสายส่งไฟฟ้าบนถนนเส้นหนึ่ง เป็นสายส่งอากาศ 69 / 230 kV แบบ 3 วงจร ติดตั้งอยู่บนเสาต้นเดียวกัน และมีการจ่ายกระแสไฟฟ้าไปในทิศทางเดียวกัน มีรูปแบบการติดตั้งแสดงดังรูปที่ 1

สายส่งอากาศ 69 / 230 kV แบบ 3 วงจร ตามรูปที่ 1 ติดตั้งบนเสา Monopole ประกอบด้วย สายส่งอากาศ 69 kV ตัวนำควบ จำนวน 2 วงจร (วงจรที่ 1 และ 2) และสายส่งอากาศ 230 kV ตัวนำควบ จำนวน 1 วงจร (วงจรที่ 3) สายส่งนี้ติดตั้งอยู่ที่ 2 ฝั่งของถนนเส้นดังกล่าว ซึ่งมีอาคารสำนักงาน อาคารพาณิชย์ โรงพยาบาล และที่อยู่อาศัยอยู่ใกล้ตลอดแนวสายส่ง (หมายเหตุ: สำหรับสายส่ง 69 kV ติดตั้งอยู่ที่บนเสา Monopole และเสาคอนกรีตซึ่งปักแฉมอยู่ระหว่างเสา Monopole ดังแสดงในรูปที่ 2)



รูปที่ 1 การจัดเรียงเฟสตัวนำของสายส่งอากาศ 69 / 230 kV บนเสา Monopole

- (R2), (Y2), (B2) การจัดเรียงเฟสแบบเดิมของวงจรที่ 2
- R2, Y2, B2 การจัดเรียงเฟสที่เหมาะสมสำหรับวงจรที่ 2

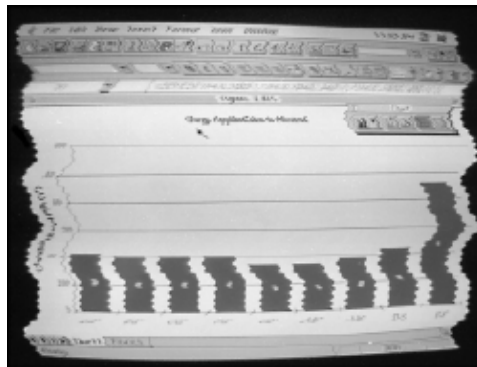


รูปที่ 2 ภาพถ่ายรูปแบบการติดตั้งของสายส่งอากาศ 69 / 230 kV

2. ปัญหาและผลกระทบ

สนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นจากสายส่งไฟฟ้าอาจจะส่งผลกระทบต่ออุปกรณ์ที่มีการทำงานเกี่ยวข้องกับสนามแม่เหล็ก โดยเฉพาะกับอุปกรณ์ที่มีความอ่อนไหวต่อสนามแม่เหล็ก ระดับของสนามแม่เหล็กที่มีผลกระทบจะขึ้นอยู่กับประเภทของอุปกรณ์ตัวอย่างเช่น จอคอมพิวเตอร์ชนิดหลอดภาพ CRT (Cathode Ray Tube) เมื่อได้รับสนามแม่เหล็กจากภายนอกเกินกว่า 10 mG ขึ้นไป จะทำให้ภาพบนจอสั่นพลิ้ว (ดูรูปที่ 3 ประกอบ) ซึ่งจะส่งผลให้ผู้ใช้งานเกิดความรำคาญ ต้องใช้สายตาในการเพ่งมองมากขึ้นทำให้เมื่อยสายตา

ในบางกรณีสนามแม่เหล็กระดับต่ำ ๆ เพียง 5 mG ก็อาจส่งผลกระทบต่อการทำงานของเครื่องมือทางการแพทย์ได้ เช่น เครื่องอิเล็กตรอนไมโครสโคป (Electron Microscope) ซึ่งอาจส่งผลให้การวินิจฉัยโรคผิดพลาดได้



รูปที่ 3 อาการสั่นพลิ้วบนจอคอมพิวเตอร์ซึ่งเกิดจากพัลส์แม่เหล็กไฟฟ้าที่ขกเข้ามาใกล้จอ (ตัวอย่างกรณีรุนแรงที่สุด)

3. มูลค่าความเสียหาย

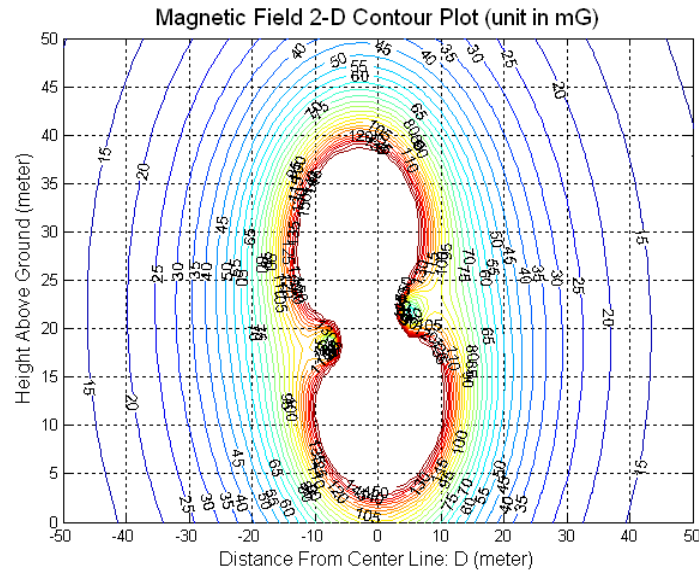
หากเกิดผลกระทบกับจอคอมพิวเตอร์ชนิดหลอดภาพ CRT จะส่งผลกระทบต่อสุขภาพสายตาของผู้ใช้งาน แต่หากเกิดผลกระทบขึ้นกับเครื่องมือทางการแพทย์อาจส่งผลให้การวินิจฉัยโรคผิดพลาดได้ ซึ่งผลกระทบดังกล่าวนี้ไม่สามารถประเมินมูลค่าได้ แต่หากพิจารณาค่าใช้จ่ายในส่วนของผู้ได้รับผลกระทบที่ต้องลงทุนหาทางป้องกัน เช่น เปลี่ยนจอภาพ LCD แทนจอภาพ CRT หรือ การสร้างห้องชีลด์สนามแม่เหล็กสำหรับเครื่องมือทางการแพทย์ อาจมีค่าใช้จ่ายตั้งแต่หลายพันบาทจนถึงหลายล้านบาทต่อราย ขึ้นอยู่กับอุปกรณ์ที่ได้รับผลกระทบ

4. สาเหตุของปัญหา

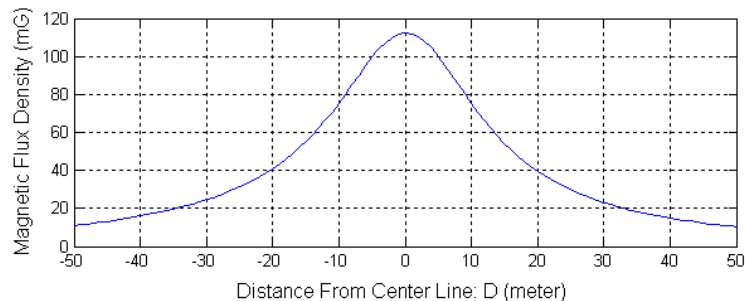
ปัญหาจอคอมพิวเตอร์ชนิดหลอดภาพ CRT และเครื่องอิเล็กตรอนไมโครสโคป ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่มีความอ่อนไหวต่อสนามแม่เหล็กและได้รับผลกระทบนั้น มีสาเหตุมาจากการใช้งานอยู่ใกล้กับแนวสายส่งอากาศซึ่งมีหลายวงจรและมีการจ่ายกระแสไฟฟ้าในปริมาณที่สูง อีกทั้งการจัดเรียงเฟสของตัวนำสายส่งตามรูปที่ 1 นั้น จะทำให้สนามแม่เหล็กของแต่ละวงจรเสริมกันทำให้สนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นมีค่าสูง

5. การวิเคราะห์ปัญหา

เมื่อนำสายส่งอากาศ 69 / 230 kV แบบ 3 วงจรที่จัดเรียงเฟสของวงจรที่ 2 ในแบบเดิม (ดูรูปที่ 1) มาวิเคราะห์โดยการคำนวณหาค่าสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้น กรณีที่สายส่งทุกวงจรจ่ายกระแสไฟฟ้า 1200 A โดยมีผลการคำนวณบริเวณกึ่งกลางระหว่างเสา (Midspan) แบบคอนทอร์ และที่ระดับพื้นดิน (สูง 1 เมตร) แสดงดังรูปที่ 4 และ 5 ตามลำดับ



รูปที่ 4 ผลการคำนวณสนามแม่เหล็กจากสายส่งตามรูปที่ 1 ก่อนการปรับปรุง



รูปที่ 5 ผลการคำนวณสนามแม่เหล็กจากสายส่งตามรูปที่ 1 ที่ระดับพื้นดิน (สูง 1 เมตร) ก่อนการปรับปรุง

จากผลการคำนวณจะพบว่าที่ระดับพื้นดิน (สูง 1 เมตร) สนามแม่เหล็กจะต่ำกว่า 10 mG เมื่อมีระยะห่างจากแนวสายส่งมากกว่า 50 เมตร หรืออาจกล่าวได้ว่าที่ระดับพื้นดินมีรัศมีการรบกวนของสนามแม่เหล็กไกลกว่า 50 เมตร โดยค่าสนามแม่เหล็กสูงสุดมีค่า 112 mG ซึ่งอยู่ที่ตำแหน่งใต้แนวสาย

6. แนวทางการแก้ปัญหา

การแก้ปัญหาผลกระทบของสนามแม่เหล็กจากสายส่งอากาศสามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ การแก้ไขที่อุปกรณ์ และการแก้ไขที่แหล่งกำเนิดสนามแม่เหล็ก ซึ่งสามารถทำได้โดย

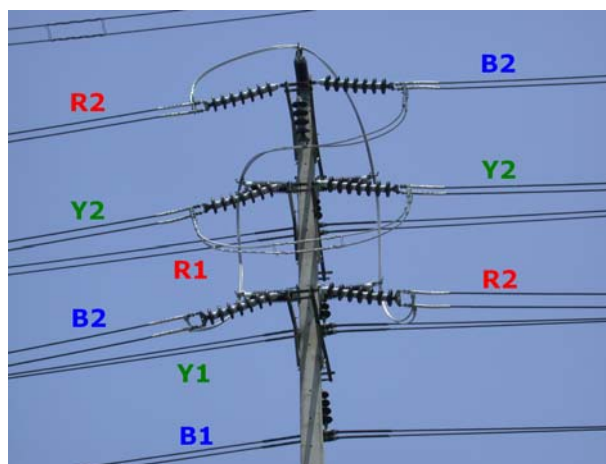
การแก้ไขที่อุปกรณ์ : กรณีที่พบว่ามีกรรบกวนจลคอมพิวเตอร้จากสนามแม่เหล็กสามารถแก้ไขได้โดยดำเนินการดังต่อไปนี้

- 6.1 ปรับความถี่ในการสแกนทางแนวตั้ง (Refresh rate) ของจอภาพคอมพิวเตอร์ให้สูงกว่า 50 Hz เท่าที่จะทำได้ เช่น ปรับเป็น 75 Hz หรือ 85 Hz เป็นต้น
- 6.2 ปรับทิศทางการวางของจอภาพคอมพิวเตอร์ โดยทดลองหมุน อยู่กับที่ เพื่อให้จอภาพคอมพิวเตอร์ได้รับผลกระทบจากการรบกวนเนื่องจากสนามแม่เหล็กน้อยที่สุด
- 6.3 ย้ายตำแหน่งจอคอมพิวเตอร์ไปวางในพื้นที่ที่มีการรบกวนจากสนามแม่เหล็กต่ำกว่า 10 mG
- 6.4 ติดตั้งระบบ Shield หรือกล่องลดทอนสนามแม่เหล็กมาครอบจอคอมพิวเตอร์ (Shielding Box) เพื่อป้องกันสนามแม่เหล็กจากภายนอกเข้าไปรบกวนจอคอมพิวเตอร์ โดยจะต้องเลือกใช้ชนิดที่สามารถลดทอนสนามแม่เหล็กให้ต่ำกว่า 10 mG
- 6.5 เปลี่ยนจอภาพคอมพิวเตอร์จากชนิด CRT เป็นจอภาพชนิด LCD เนื่องจากสนามแม่เหล็กไม่มีผลกระทบต่อการทำงานของจอภาพชนิดนี้

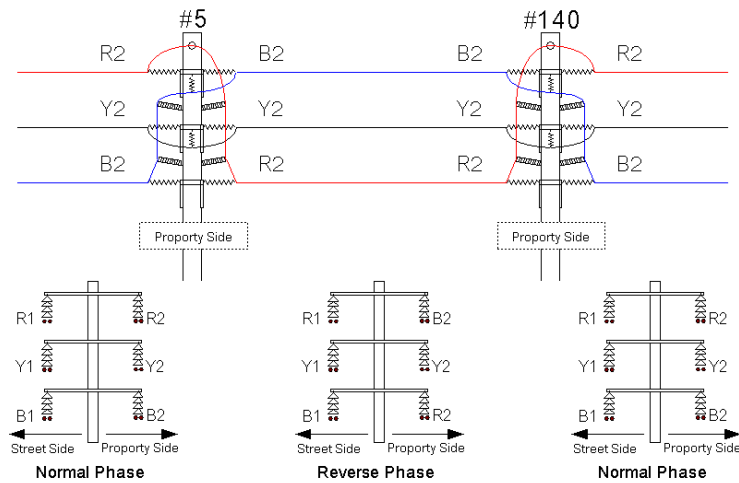
การแก้ไขที่แหล่งกำเนิดสนามแม่เหล็ก : ในมุมมองของการแก้ไขที่แหล่งกำเนิด นั่นก็คือ การลดค่าสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นนั่นเอง ซึ่งสามารถทำได้โดย

- 6.6 การลดขนาดกระแสที่ไหลในตัวนำ
- 6.7 การลดระยะห่างระหว่างตัวนำ
- 6.8 การเพิ่มระยะห่างจากสายตัวนำ
- 6.9 การจัดเรียงสลับเฟสตัวนำที่เหมาะสม สำหรับกรณีที่มีหลายวงจร โดยอาศัยการหักล้างของสนามแม่เหล็กที่เกิดจากตัวนำที่อยู่ใกล้กัน
- 6.10 เปลี่ยนรูปแบบการก่อสร้างจากสายส่งอากาศเป็นสายส่งใต้ดิน

สำหรับกรณีนี้ได้มีการแก้ไขปัญหาโดยการจัดเรียงสลับเฟสตัวนำที่เหมาะสมตามรูปที่ 1 ซึ่งมีการดำเนินการปรับปรุงทั้ง 2 ฝั่งถนน โดยมีการปรับปรุงการติดตั้งสายส่งอากาศ 69 kV เดิม ด้วยการสลับเฟสตัวนำวงจรที่ 2 ซึ่งได้มีการทดลองภาคสนามโดยมีรูปแบบการปรับปรุงแสดงดังรูปที่ 5 และ 6



รูปที่ 6 ภาพถ่ายการปรับปรุงสายส่งอากาศ 69 kV บริเวณเสา #5 (เสาคอนกรีต)



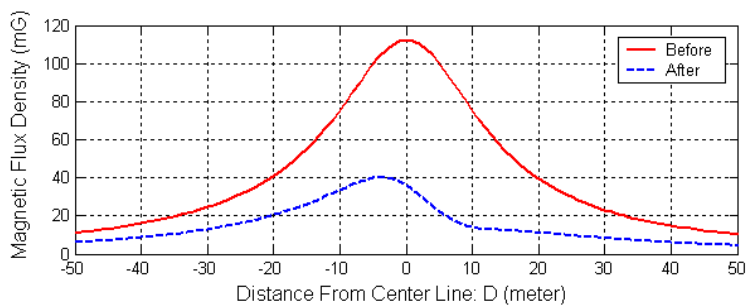
รูปที่ 7 การจัดวางเฟสของตัวนำสายส่งวงจรที่ 2 หลังการปรับปรุง

รูปที่ 6 แสดงภาพถ่ายการปรับปรุงจริงของสายส่งอากาศ 69 kV เดิม (วงจรที่ 2) บริเวณเสา #5 ซึ่งติดตั้งอยู่ด้านที่อยู่อาศัย โดยย้ายตัวนำเฟส R เดิมจากด้านบนไปอยู่ด้านล่าง และตัวนำเฟส B เดิมอยู่ด้านล่าง ย้ายไปอยู่ด้านบน ส่วนตัวนำเฟส Y ไม่มีการเปลี่ยนแปลง

รูปที่ 7 แสดงการจัดเรียงเฟสของตัวนำสายส่งวงจรที่ 2 (ด้านที่อยู่อาศัย) หลังการปรับปรุง โดยการจัดเรียงสลับเฟสตัวนำที่เหมาะสมของสายส่ง 69 / 230 kV ตามรูปที่ 1 ซึ่งอยู่ระหว่างเสา #5 และเสา #140 คิดเป็นระยะทางประมาณ 5.5 กิโลเมตร

เปรียบเทียบค่าสนามแม่เหล็กก่อนและหลังการปรับปรุง

รูปที่ 8 แสดงเปรียบเทียบผลการคำนวณค่าสนามแม่เหล็กที่กระแส 1200 A ก่อนและหลังสลับเฟส ที่ระดับพื้นดิน (สูง 1 เมตร) โดยจะเห็นได้ว่าหลังการสลับเฟสสนามแม่เหล็กได้แนวสามีม้าลดลงเหลือเพียง 32 mG (ลดได้ 72 %) และรัศมีการรบกวนของสนามแม่เหล็กลดลงเหลือ 24 เมตรห่างจากเสา (เดิม > 50 เมตร)

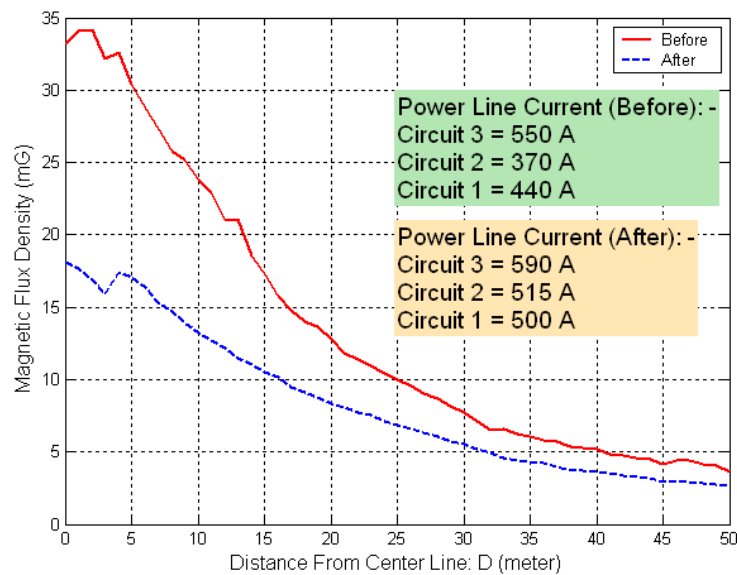


รูปที่ 8 เปรียบเทียบผลการคำนวณค่าสนามแม่เหล็กที่กระแส 1200 A ก่อนและหลังสลับเฟส ที่ระดับพื้นดิน (สูง 1 เมตร)

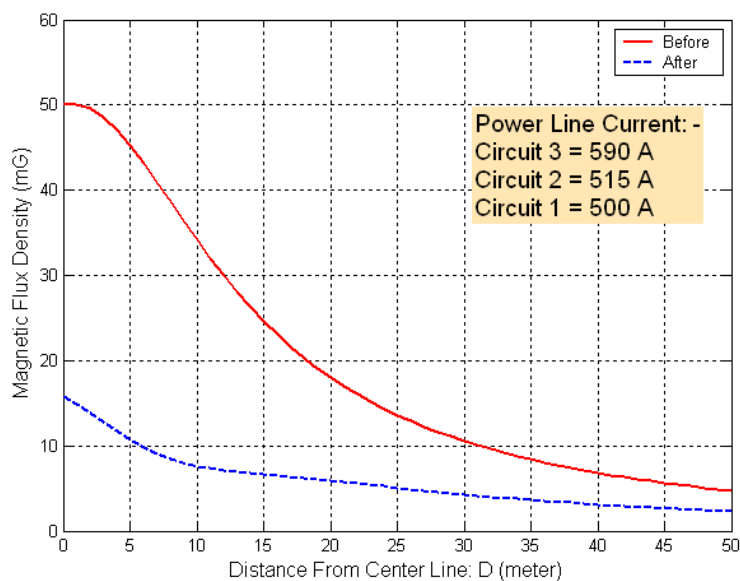
รูปที่ 9 และ 11 แสดงการเปรียบเทียบผลการวัดและเปอร์เซ็นต์การลดลงของสนามแม่เหล็กจากการทดลองภาคสนาม ก่อนและหลังสลับเฟส ที่ระดับพื้นดิน (สูง 1 เมตร) โดยจะเห็นได้ว่าหลังทำการสลับเฟส

สนามแม่เหล็กมีค่าลดลงเหลือ 13 - 18 mG ภายในระยะ 10 เมตรจากเสา (รูปที่ 9 เส้นประ) หรือลดได้ 44 - 51% (รูปที่ 11 เส้นทึบ) ซึ่งค่าสนามแม่เหล็กที่ลดลงนี้ยังสูงเกินกว่าค่าที่จะรบกวนจอกอมพิวเตอร์ (10 mG) อยู่เพียงเล็กน้อย

โดยจะพบว่าเปอร์เซ็นต์การลดลงของสนามแม่เหล็กจากผลการวัดมีค่าน้อยกว่าค่าที่คาดการณ์ไว้ตามรูปที่ 8 ทั้งนี้เนื่องจากค่ากระแสของสายส่งขณะทำการวัดหลังสลับเฟสมีค่าสูงกว่า จึงทำให้ลดได้เพียง 44 - 51 % ภายในระยะ 10 เมตร แต่จากผลการคำนวณเปรียบเทียบค่าสนามแม่เหล็กก่อนและหลังสลับเฟส โดยใช้ข้อมูลกระแสที่เท่ากัน จะพบว่าสนามแม่เหล็กจะมีค่าลดลงเหลือ 8 - 16 mG (รูปที่ 10 เส้นประ) หรือลดได้ 69 - 78 % (รูปที่ 10 เส้นทึบ) ซึ่งสอดคล้องกับรูปที่ 8



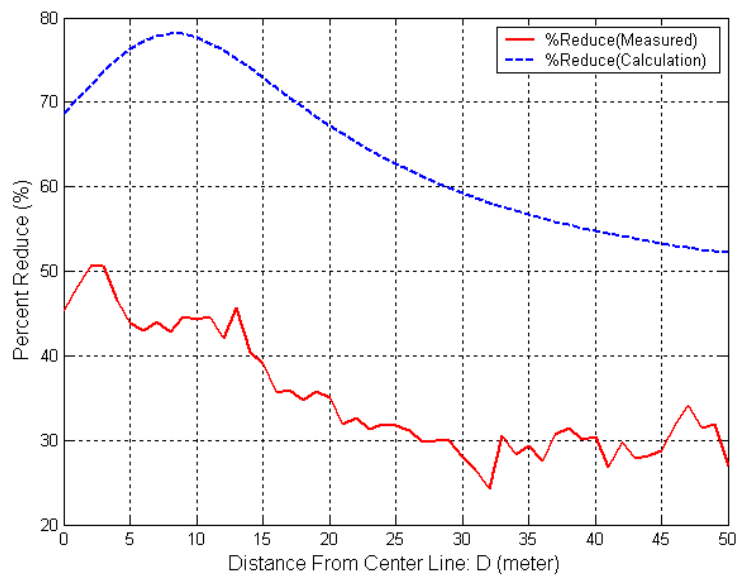
รูปที่ 9 เปรียบเทียบผลการวัดค่าสนามแม่เหล็ก ก่อนและหลังสลับเฟส ที่ระดับพื้นดิน (สูง 1 เมตร)



รูปที่ 10 เปรียบเทียบผลการคำนวณค่าสนามแม่เหล็ก ก่อนและหลังสลับเฟส ที่ระดับพื้นดิน (สูง 1 เมตร)

7. ค่าใช้จ่ายในการแก้ปัญหา

หากต้องการแก้ปัญหาได้อย่างสมบูรณ์โดยการเปลี่ยนรูปแบบการติดตั้งจากสายส่งอากาศเป็นสายส่งใต้ดินนั้น การไฟฟ้านครหลวงจะต้องเสียค่าใช้จ่ายในหลักหลายร้อยล้านบาทถึงหลายพันล้านบาท ขึ้นอยู่กับรูปแบบของการก่อสร้างสายส่งใต้ดิน แต่หากเลือกใช้แนวทางแก้ปัญหาโดยการจัดเรียงสลับเฟสที่เหมาะสมเพื่อลดค่าสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นแล้ว จะเป็นการลดผลกระทบต่อการทำงานของอุปกรณ์ที่มีความอ่อนไหวต่อสนามแม่เหล็กในบริเวณใกล้แนวสายส่งได้ แต่อาจไม่สามารถลดผลกระทบที่เกิดขึ้นได้ทั้งหมด ซึ่งการแก้ปัญหาโดยการจัดเรียงสลับเฟสที่เหมาะสมสำหรับสายส่งเดิมครั้งนี้มีค่าใช้จ่ายประมาณ 5 แสนบาท (ปรับปรุงเสา 5 ต้น) และสำหรับการก่อสร้างใหม่นั้นจะไม่มีค่าใช้จ่าย



รูปที่ 11 เปรอ์เซ็นต์การลดลงของสนามแม่เหล็ก หลังสลับเฟส ที่ระดับพื้นดิน (สูง 1 เมตร)

8. สรุป

ปัญหาผลกระทบของสนามแม่เหล็กจากสายส่งอากาศหลายวงจร มีสาเหตุมาจากการจ่ายกระแสไฟฟ้าในปริมาณที่สูงและมีการจัดเรียงเฟสของตัวนำที่ยังไม่เหมาะสม ซึ่งเป็นเหตุทำให้สนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นมีค่าสูงและเกิดผลกระทบต่ออุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีความอ่อนไหวต่อสนามแม่เหล็กซึ่งอยู่ใกล้กับแนวสายส่งดังกล่าว การแก้ปัญหาสามารถทำได้โดยการจัดเรียงสลับเฟสที่เหมาะสมเพื่อลดค่าสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้น การแก้ปัญหานี้แม้จะไม่สามารถลดผลกระทบที่เกิดขึ้นได้ทั้งหมด แต่สามารถลดผลกระทบต่อการทำงานของอุปกรณ์ที่มีความอ่อนไหวต่อสนามแม่เหล็กในบริเวณใกล้แนวสายส่งได้ เมื่อพิจารณาถึงค่าใช้จ่ายเพียงเล็กน้อยกับการลดผลกระทบได้เกินกว่าครึ่งหนึ่งของพื้นที่ทั้งหมดซึ่งได้รับผลกระทบ การแก้ปัญหานี้จึงเป็นแนวทางที่เหมาะสมที่สุด