

# การลดผลกระทบของสนามแม่เหล็กจากสายส่งหลายวงจรของ กฟน.

จรินทร์ हालากี

กองวิจัยและพัฒนา ฝ่ายวิจัยและพัฒนา การไฟฟ้านครหลวง

โทรศัพท์: 0-2348-5568 โทรสาร: 0-2348-5122

E-mail: jarinh@mea.or.th

## บทคัดย่อ

สนามแม่เหล็กที่เกิดจากสายส่งไฟฟ้า อาจส่งผลกระทบต่อการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีความอ่อนไหวต่อสนามแม่เหล็กในบริเวณข้างเคียงได้ บทความนี้นำเสนอแนวทางการวิเคราะห์พร้อมผลการทดลองจริงในการลดผลกระทบของสนามแม่เหล็กจากสายส่งไฟฟ้าแบบหลายวงจรของ กฟน. โดยใช้หลักการจัดเรียงสลับเฟสตัวนำที่เหมาะสมมาประยุกต์ใช้ในการปรับปรุงสายส่งอากาศเดิมแบบหลายวงจรที่ติดตั้งอยู่บนเสาต้นเดียวกัน ซึ่งมีการวิเคราะห์การจัดเรียงสลับเฟสที่เหมาะสมของสายส่งอากาศเดิมแบบ 2 วงจร รวมทั้งตัวอย่างการปรับปรุงสายส่งอากาศเดิมแบบ 3 วงจร (69/230 kV) เพื่อลดผลกระทบของสนามแม่เหล็ก โดยหลังการปรับปรุงพบว่าสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นมีค่าลดลง 44-51 %

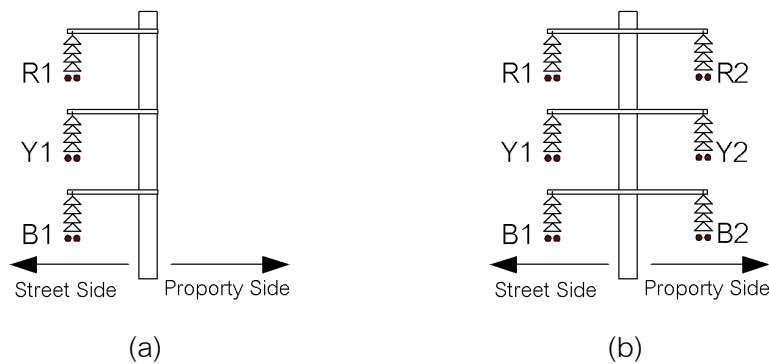
คำสำคัญ: การลดค่าสนามแม่เหล็ก, การจัดเรียงสลับเฟสตัวนำสายส่ง, สายส่งอากาศ, สนามแม่เหล็ก, สนามแม่เหล็กความถี่ต่ำมาก, ความเข้ากันได้ทางแม่เหล็กไฟฟ้า

## 1. บทนำ

ในสภาวะปัจจุบันที่มีความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้นเป็นลำดับ ทำให้มีความหนาแน่นการใช้ไฟฟ้ามากขึ้น ประกอบกับอาคารสำนักงาน อาคารพาณิชย์ และที่อยู่อาศัยมีความหนาแน่นเพิ่มขึ้นและอยู่ใกล้สายส่งไฟฟ้ามากขึ้นเป็นลำดับ ผลที่เกิดขึ้นจากการที่สายส่งไฟฟ้าพาดผ่าน คือ การเกิดสนามแม่เหล็กที่มีความถี่ 50 Hz ในบริเวณนั้น สนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นนี้มีผลกระทบต่อการทำงานของอุปกรณ์ที่มีความอ่อนไหวต่อสนามแม่เหล็กในบริเวณข้างเคียงได้ ตัวอย่างเช่น จอคอมพิวเตอร์ชนิดหลอดภาพ CRT (10 mG) [3-4] และเครื่องรับโทรทัศน์ เป็นต้น ซึ่งปัจจุบันมีการนำอุปกรณ์คอมพิวเตอร์มาใช้กันมากขึ้น ทำให้ปัญหาผลกระทบจากสนามแม่เหล็กมีจำนวนเพิ่มขึ้นด้วย ในบางกรณีสนามแม่เหล็กระดับต่ำ ๆ ก็อาจส่งผลกระทบต่อการทำงานของเครื่องมือทางการแพทย์ได้ เช่น เครื่องอัลตราซาวด์ ไมโครสโคป (5 mG) นอกจากนี้ยังสร้างความกังวลใจให้กับประชาชนในด้านสุขภาพอันเนื่องมาจากสนามแม่เหล็กในบริเวณใกล้สายส่งอีกด้วย ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการลดค่าสนามแม่เหล็กเพื่อลดผลกระทบของสนามแม่เหล็กบริเวณใกล้สายส่งไฟฟ้าสำหรับโครงการก่อสร้างสายส่งใหม่ หรือ การปรับปรุงสายส่งไฟฟ้าเดิมที่ต้องการลดปัญหาผลกระทบจากสนามแม่เหล็กต่อไป

โดยทั่วไปแล้วสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นในบริเวณข้างเคียงและใต้แนวสายส่งไฟฟ้า (ที่ระดับพื้นดินสูง 1 เมตร) จากรูปแบบการติดตั้งปัจจุบันจะมีค่าต่ำกว่าขีดจำกัดสนามแม่เหล็กสูงสุด 1,000 mG ที่กำหนดขึ้นโดยองค์การอนามัยโลก หรือ ICNIRP สำหรับสนามแม่เหล็กความถี่ต่ำ (50 Hz) ที่สามารถสัมผัสได้อย่างปลอดภัยในบริเวณสาธารณะ [6]

สายส่งไฟฟ้าในระบบของการไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) โดยทั่วไปมีทั้งแบบ 1 วงจร 2 วงจร และในบางกรณีถึง 3 วงจร รูปที่ 1 แสดงถึงรูปแบบการติดตั้งและการจัดวางเฟสของสายส่งอากาศแรงดัน 69 และ 115 kV แบบ 1 วงจร (รูปที่ 1a) และแบบ 2 วงจร (รูปที่ 1b) สำหรับสายส่งอากาศแบบ 3 วงจร แรงดัน 69 kV และ 230 kV ที่ติดตั้งอยู่บนเสาต้นเดียวกันมีรูปแบบการติดตั้งและการจัดวางเฟสแสดงดังรูปที่ 2 ซึ่งส่วนมากจะมีการจ่ายกระแสไฟฟ้าไปในทิศทางเดียวกัน



รูปที่ 1 รูปแบบการติดตั้งและการจัดวางเฟสของสายส่งอากาศแรงดัน 69 และ 115 kV แบบ 1 วงจร (a) และแบบ 2 วงจร (b)

แนวทางการลดผลกระทบของสนามแม่เหล็กจากสายส่งไฟฟ้าแบบหลายวงจรที่ปรากฏในบทความนี้ได้นำหลักการจัดเรียงสลับเฟสตัวนำที่เหมาะสมสำหรับการปรับปรุงสายส่งอากาศเดิมแบบหลายวงจรที่อยู่บนเสาต้นเดียวกันพร้อมตัวอย่างการประยุกต์ใช้มาไว้ในหัวข้อ 3 ซึ่งเป็นการปรับปรุงสายส่งอากาศเดิมแบบ 3 วงจร (69/230 kV) ที่ติดตั้งอยู่บนเสาต้นเดียวกัน โดยการจัดเรียงสลับเฟสตัวนำใหม่มีผลให้สนามแม่เหล็กมีค่าลดลง

## 2. ความรู้พื้นฐานและหลักการลดค่าสนามแม่เหล็ก

สนามแม่เหล็กที่เกิดจากตัวนำยาวอนันต์สามารถคำนวณได้จากสมการ (1) ถึง (3)

$$\begin{matrix} \otimes \\ \text{---} R \text{---} \end{matrix} \rightarrow B = 2I/R \quad (1)$$

$$\begin{matrix} \otimes \\ \text{---} R \text{---} \\ \leftarrow P \rightarrow \otimes \\ \text{---} R \text{---} \end{matrix} \rightarrow B = 2PI/R^2 \quad (2)$$

$$\begin{matrix} \circ & \otimes & \circ \\ \text{---} R \text{---} \\ \leftarrow P \rightarrow \leftarrow P \rightarrow \end{matrix} \rightarrow B = 2\sqrt{3}PI/R^2 \quad (3)$$

เมื่อ B คือ ค่าความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็ก หน่วยเป็น มิลลิเกาส์ (mG)

I คือ ค่ากระแสไฟฟ้า หน่วยเป็น แอมแปร์ (A)

P คือ ระยะห่างระหว่างตัวนำ หน่วยเป็น เมตร (m) และ

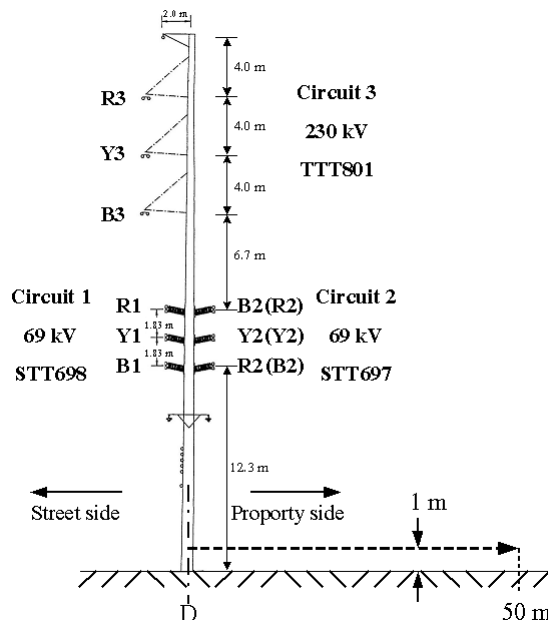
R คือ ระยะห่างจากตัวนำถึงจุดที่ต้องการหาค่าสนามแม่เหล็ก หน่วยเป็น เมตร (m)

จากสมการ (1) ถึง (3) จะเห็นได้ว่าการลดขนาดของสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นจากสายส่งไฟฟ้านั้น สามารถทำได้โดย :-

1. การลดขนาดกระแสที่ไหลในตัวนำ (I)
2. การลดระยะห่างระหว่างตัวนำ (P)
3. การเพิ่มระยะห่างจากสายตัวนำ (R)
4. การจัดเรียงสลับเฟสตัวนำที่เหมาะสม สำหรับกรณีที่มีหลายวงจรโดยอาศัยการหักล้างของสนามแม่เหล็กที่เกิดจากตัวนำที่อยู่ใกล้กันในการลดขนาดของสนามแม่เหล็ก (ตามที่แสดงไว้ในรูปที่ 11 และรูปที่ 13 ภาคผนวก ก.)

### 3. ตัวอย่างการประยุกต์

จากหลักการลดขนาดของสนามแม่เหล็กโดยการจัดเรียงสลับเฟสตัวนำที่เหมาะสม สามารถนำมาประยุกต์กับสายส่งอากาศแบบหลายวงจรที่ติดตั้งอยู่เดิมในระบบของการไฟฟ้านครหลวง โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้



รูปที่ 2 การจัดเรียงเฟสตัวนำของสายส่งอากาศ 69/230 kV

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

R2, Y2, B2 การจัดเรียงเฟสที่เหมาะสมสำหรับวงจรที่ 2

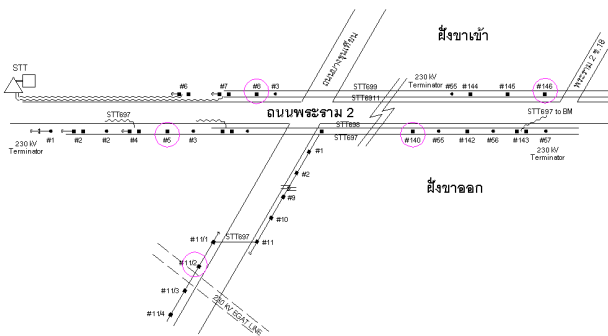
### 3.1 รูปแบบสายส่งที่ต้องการปรับปรุง

สายส่งที่ต้องการปรับปรุงเพื่อลดขนาดของสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้น เป็นสายส่งอากาศ 69/230 kV แบบ 3 วงจร ที่ติดตั้งอยู่เดิมในระบบซึ่งติดตั้งบนเสาต้นเดียวกันและมีการจ่ายไฟไปในทิศทางเดียวกัน มีรูปแบบแสดงดังรูปที่ 2

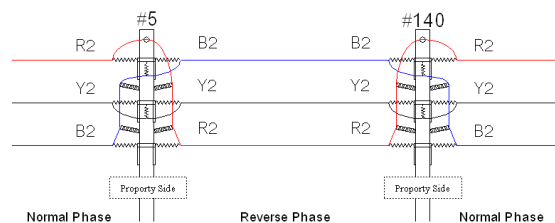
สายส่งอากาศ 69/230 kV แบบ 3 วงจร ตามรูปที่ 2 ประกอบด้วยสายส่ง 69 kV ตัวนำควบ จำนวน 2 วงจร (วงจรที่ 1 และ 2) และสายส่ง 230 kV ตัวนำควบ จำนวน 1 วงจร (วงจรที่ 3) สายส่งนี้ ติดตั้งอยู่ทั้ง 2 ฝั่งของถนนพระราม 2 จากผลการวิเคราะห์ [2] พบว่ากรณีสายส่งทุกวงจรจ่ายกระแสสูงสุด 1200 A ที่ระดับพื้นดิน (สูง 1 เมตร) สนามแม่เหล็กจะมีค่าต่ำกว่า 10 mG เมื่อมีระยะห่างจากแนวเสา สายส่งมากกว่า 50 เมตร

### 3.2 การปรับปรุงสายส่งอากาศ 69/230 kV

การปรับปรุงสายส่งอากาศ 69/230 kV โดยการจัดเรียงสลับเฟสตัวนำที่เหมาะสมตามรูปที่ 2 นั้น มีการดำเนินการปรับปรุงทั้ง 2 ฝั่งถนน โดยมีการปรับปรุงการติดตั้งสายส่งอากาศ 69 kV เดิม ด้วยการสลับเฟสตัวนำวงจรที่ 2 จำนวน 5 จุด ดังแสดงในรูปที่ 3 ซึ่งในบทความนี้จะนำเสนอการปรับปรุง เฉพาะฝั่งขาออกเท่านั้น



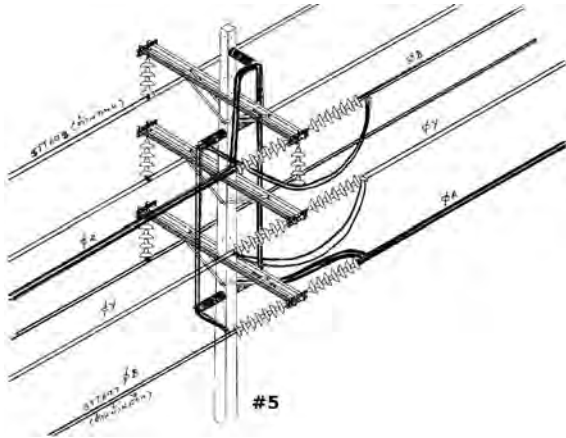
รูปที่ 3 แผนผังแนวสายส่งและตำแหน่ง เสาที่มีการปรับปรุง



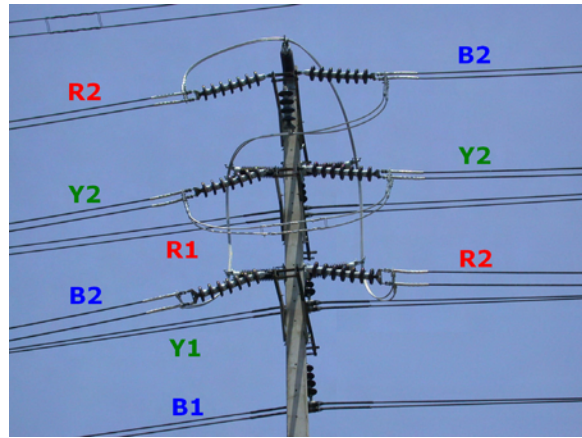
รูปที่ 4 การจัดวางเฟสของตัวนำ สายส่งวงจรที่ 2 หลังการปรับปรุง

รูปที่ 4 แสดงการจัดเรียงเฟสของตัวนำสายส่งวงจรที่ 2 (ด้านบ้านเรือน) หลังการปรับปรุง โดยการจัดเรียงสลับเฟสตัวนำที่เหมาะสมของสายส่ง 69/230 kV ตามรูปที่ 2 ซึ่งอยู่ระหว่างเสา #5 และ เสา #140 คิดเป็นระยะทางประมาณ 5.5 กิโลเมตร

รูปที่ 5 แสดงภาพสเกตช์ของการปรับปรุงการติดตั้งสายส่งอากาศ 69 kV เดิม (วงจรที่ 2) บริเวณ เสา #5 ซึ่งติดตั้งอยู่ด้านบ้านเรือน โดยย้ายตัวนำเฟส R เดิมจากด้านบนไปอยู่ด้านล่าง และตัวนำเฟส B เดิมอยู่ด้านล่างย้ายไปอยู่ด้านบน ส่วนตัวนำเฟส Y ไม่มีการเปลี่ยนแปลง ส่วนรูปที่ 6 แสดงภาพถ่าย การปรับปรุงจริงของสายส่งอากาศ 69 kV บริเวณเสา #5



รูปที่ 5 ภาพสเกตช์ของการปรับปรุง  
สายส่งอากาศ 69 kV บริเวณเสา #5



รูปที่ 6 ภาพถ่ายการปรับปรุงจริงของ  
สายส่งอากาศ 69 kV บริเวณเสา #5

### 3.3 เปรียบเทียบค่าสนามแม่เหล็กก่อนและหลังการปรับปรุง

รูปที่ 7 และ 9 แสดงการเปรียบเทียบผลการวัดและเปอร์เซ็นต์การลดลงของสนามแม่เหล็กก่อนและหลังสลับเฟสที่ระดับพื้นดิน (สูง 1 เมตร) โดยจะเห็นได้ว่าหลังทำการสลับเฟสสนามแม่เหล็กมีค่าลดลงจากเดิม 44-51% (เหลือ 13-18 mG) ภายในระยะ 10 เมตร จากเสา รูปที่ 9 (เส้นทึบ) ซึ่งค่าสนามแม่เหล็กที่ลดลงนี้ยังสูงเกินกว่าค่าที่จะรบกวนจอคอมพิวเตอร์ (10 mG) อยู่เพียงเล็กน้อย

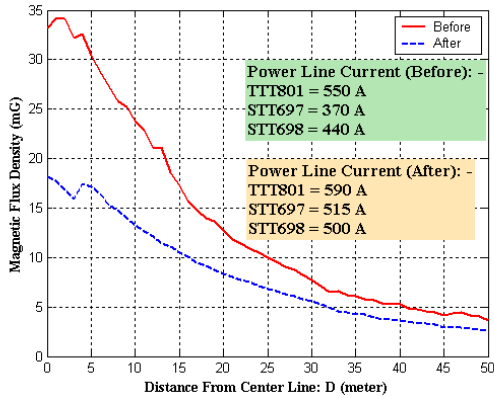
โดยจะพบว่าเปอร์เซ็นต์การลดลงของสนามแม่เหล็กจากผลการวัดมีค่าน้อยกว่าค่าที่คาดการณ์ไว้ในรายงานการวิเคราะห์ [2] (75% ที่ระยะห่างจากเสา 5 เมตร) ทั้งนี้เนื่องจากค่ากระแสของสายส่งขณะทำการวัดหลังสลับเฟสมีค่าสูงกว่า จึงทำให้มีการลดลงเพียง 44-51% ภายในระยะ 10 เมตร แต่จากการคำนวณเปรียบเทียบค่าสนามแม่เหล็กก่อนและหลังสลับเฟส โดยใช้ข้อมูลกระแสที่เท่ากัน ตามรูปที่ 7 จะพบว่าสนามแม่เหล็กจะมีค่าลดลงอยู่ในช่วง 69-78% (เหลือ 8-16 mG) ตามรูปที่ 8 (เส้นประ) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานการวิเคราะห์ [2]

### 3.4 การให้สัญลักษณ์สลับเฟสสายส่ง

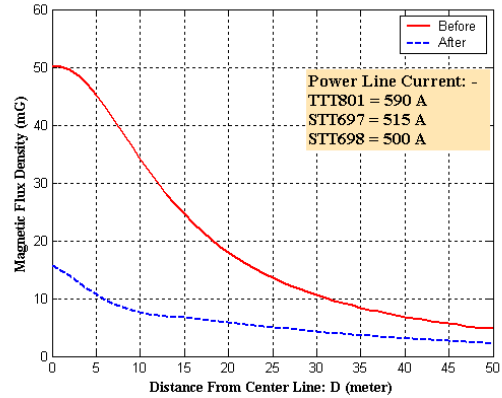
สายส่ง 69 kV ที่มีการสลับเฟสบริเวณถนนพระราม 2 ทั้งสองฝั่ง จะมีการติดตั้งแผ่นป้ายแสดงสัญลักษณ์การสลับเฟสและระบุตำแหน่งเฟสของตัวนำสายส่งบนเสาคอนกรีต (เสาสายส่ง 69 kV) ตลอดแนวที่มีการสลับเฟส ดังแสดงในรูปที่ 10

### 3.5 งบประมาณในการปรับปรุงสายส่งเดิม

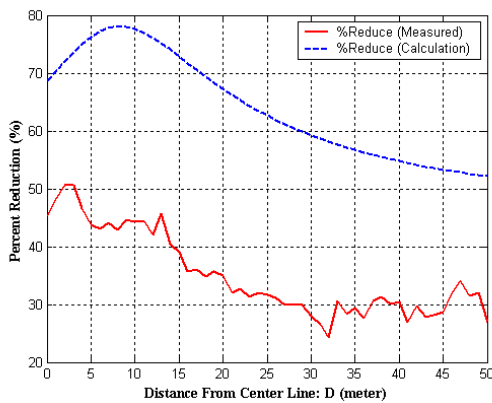
ในการปรับปรุงสายส่งเดิมเพื่อทำการสลับเฟสตามรูปที่ 6 ใช้งบประมาณในการปรับปรุงประมาณ 1 ล้านบาทต่อเสาหนึ่งต้น โดยในโครงการนี้มีการปรับปรุงทั้งหมดจำนวน 5 จุด รวมทั้งสิ้นประมาณ 5 แสนบาท



รูปที่ 7 เปรียบเทียบผลการวัดค่าสนามแม่เหล็ก ก่อนและหลังสลับเฟส ที่ระดับพื้นดิน (สูง 1 เมตร)



รูปที่ 8 เปรียบเทียบผลการคำนวณค่าสนามแม่เหล็ก ก่อนและหลังสลับเฟส ที่ระดับพื้นดิน (สูง 1 เมตร)



รูปที่ 9 เปรียบเทียบการลดลงของสนามแม่เหล็ก หลังสลับเฟส ที่ระดับพื้นดิน (สูง 1 เมตร)



รูปที่ 10 การให้สัญลักษณ์สลับเฟสสายส่ง

#### 4. สรุป

สนามแม่เหล็กที่เกิดจากสายส่งแบบหลายวงจรที่ติดตั้งอยู่บนเสาต้นเดียวกัน สามารถควบคุม (จำกัด) หรือลดขนาดของสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นได้ โดยใช้หลักการจัดเรียงสลับเฟสตัวนำที่เหมาะสม จากตัวอย่างการประยุกต์กับสายส่งไฟฟ้า 69/230 kV แบบ 3 วงจร ที่ติดตั้งอยู่เดิมในระบบของการไฟฟ้านครหลวงจะพบว่า

- สนามแม่เหล็กมีค่าลดลงหลังการจัดเรียงสลับเฟสตัวนำที่เหมาะสม (สลับเฟสตัวนำสายส่ง 69 KV วงจรที่ 2)
- ที่ระดับพื้นดิน (สูง 1 เมตร) ผลการวัดซึ่งค่ากระแสก่อนและหลังสลับเฟสไม่เท่ากัน พบว่าสนามแม่เหล็กมีค่าลดลง 44-51 % (เหลือ 13-18 mG) ภายในระยะ 10 เมตร จากเสาซึ่งค่าสนามแม่เหล็กที่ลดลงนี้ ยังสูงเกินกว่าค่าที่จะรบกวนจอคอมพิวเตอร์ (10 mG) อยู่เพียงเล็กน้อย

- หากค่ากระแสของสายส่งก่อนและหลังสลับเฟสมีค่าเท่ากัน สนามแม่เหล็กที่ระดับพื้นดิน (สูง 1 เมตร) จะมีค่าลดลง 69-78 % (เหลือ 8-16 mG) ภายในระยะ 10 เมตร จากเสา
- ค่าสนามแม่เหล็กหลังสลับเฟสจะมีค่าลดลงต่ำกว่าก่อนสลับเฟสเสมอ ไม่ว่าจะกระแสไฟฟ้าใน 2 วงจร จะแตกต่างกันหรือไม่
- สามารถนำการจัดเรียงเฟสตัวนำที่เหมาะสมไปประยุกต์ใช้กับสายส่งเดิมและโครงการก่อสร้างสายส่งอากาศใหม่แบบหลายวงจรทุกโครงการที่ต้องการควบคุมค่าสนามแม่เหล็กให้มีค่าต่ำสุด

## 5. ความคิดเห็น

กฟน. ควรกำหนดมาตรฐานการจัดเรียงเฟสตัวนำของสายส่งอากาศ 2 วงจร เป็นการจัดเรียงแบบสลับเฟส (Reverse phasing) และให้มีการบังคับใช้กับโครงการก่อสร้างสายส่งอากาศใหม่แบบ 2 วงจรทุกโครงการ เพื่อลดผลกระทบของสนามแม่เหล็ก และใช้ในการปรับปรุงสายส่งอากาศเดิมแบบ 2 วงจรสำหรับแก้ไขปัญหาผลกระทบของสนามแม่เหล็ก

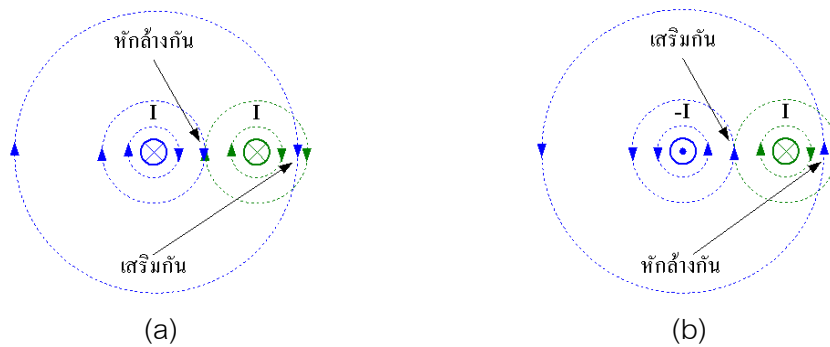
## 6. เอกสารอ้างอิง

- [1] กองวิจัยและพัฒนา กฟน., **“รายงานการตรวจสอบสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กก่อนและหลังการสลับเฟสตัวนำของสายส่งแรงดัน 69 kV 2 วงจร ถนนพระราม 2 (ฝั่งขาออก),”** พฤษภาคม 2545.
- [2] กองวิจัยและพัฒนา กฟน., **“รายงานการวิเคราะห์และประเมินค่าสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กจากสายส่งอากาศ (Monopole) ถนนพระราม 2,”** ธันวาคม 2544.
- [3] Balazs Banfai, and Geore G. Karady, **“Magnetic Field Effects on CRT Computer Monitors,”** IEEE Transaction on Power Delivery, vol. 15, No. 1, January 2000.
- [4] EPRI TR-114200, **“Electric and Magnetic Field Management Reference Book,”** First Edition, December 1999.
- [5] IEEE Std. 644-1994, **“IEEE Standard Procedures for Measurement of Power Frequency Electric and Magnetic Fields from AC Power Lines,”**1994.
- [6] International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP), **“Guideline for Limiting Exposure to Time-Varying Electric, Magnetic, and Electromagnetic Fields (Up to 300 GHz),”** Health Physics, 74: 494-522, 1998.

## 7. ภาคผนวก

### 7.1 ภาคผนวก ก. ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับสนามแม่เหล็ก

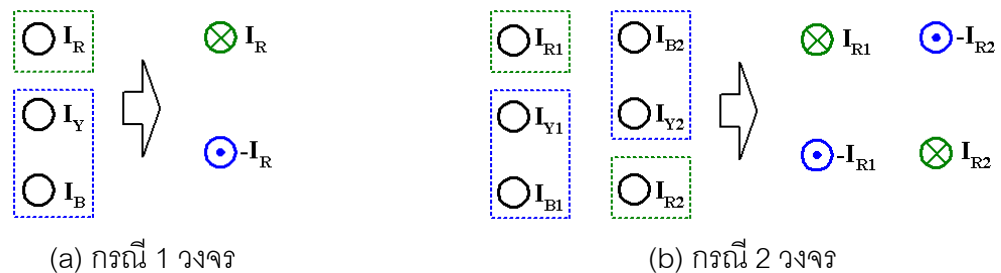
รูปที่ 11a แสดงสนามแม่เหล็กที่เกิดจากตัวนำสองเส้น กรณีที่ทิศทางกระแสไหลของกระแสในตัวนำทั้งสองนั้นไปในทิศเดียวกัน จะพบว่าสนามแม่เหล็กจากตัวนำทั้งสองจะมีทิศทางเสริมกันบริเวณรอบตัวนำทั้งสองเส้น โดยสนามแม่เหล็กจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อระยะห่างระหว่างตัวนำลดลง และกรณีกระแสที่ไหลในตัวนำทั้งสองมีทิศทางตรงข้ามกัน (รูปที่ 11b) สนามแม่เหล็กบริเวณรอบตัวนำทั้งสองจะมีทิศทางหักล้างกัน โดยสนามแม่เหล็กจะมีค่าลดลงเมื่อระยะห่างระหว่างตัวนำลดลง



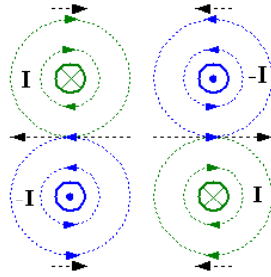
รูปที่ 11 สนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นรอบ ๆ ตัวนำ กรณีตัวนำสองเส้น

เมื่อพิจารณาค่ากระแสไฟฟ้าในระบบ 3 เฟส จะพบว่ากรณีที่ขนาดกระแสของแต่ละเฟสมีค่าเท่ากันและมีมุมเฟสต่างกัน 120 องศาทางไฟฟ้า ผลรวมทางเวกเตอร์ของกระแสทั้งสามเฟสจะมีค่าเป็นศูนย์ ( $I_R + I_Y + I_B = 0$ ) หรือเขียนอยู่ในรูปของค่ากระแส  $I_R$  ได้ดังนี้คือ  $-I_R = I_Y + I_B$  ซึ่งสามารถเขียนแทนด้วยตัวนำสองเส้นได้ดังแสดงในรูปที่ 12a และกรณีที่ระบบ 3 เฟส 2 วงจร สามารถเขียนแทนแต่ละวงจรด้วยตัวนำสองเส้นได้ตามรูปที่ 12b เช่นกัน

รูปที่ 13 แสดงตัวอย่างการจัดวางตัวนำเพื่อลดสนามแม่เหล็กโดยอาศัยการหักล้างกันของสนามแม่เหล็กที่เกิดจากตัวนำที่อยู่ใกล้กัน



รูปที่ 12 การพิจารณาตัวนำในระบบ 3 เฟส เป็นระบบ 1 เฟส



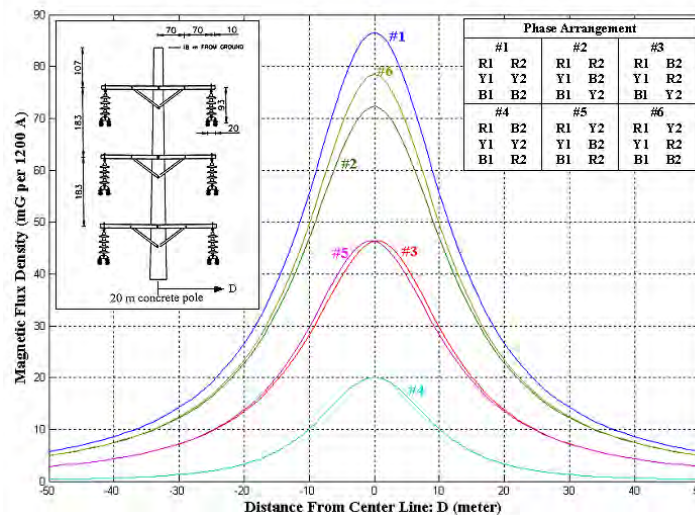
รูปที่ 13 ตัวอย่างการจัดวางตัวนำเพื่อลดสนามแม่เหล็ก

## 7.2 ภาคผนวก ข. การจัดเรียงสลับเฟสตัวนำที่เหมาะสม

การจัดเรียงเฟสตัวนำที่จะนำเสนอต่อไปนี้จะมีความเหมาะสมหลายวงจรที่มีการจ่ายไฟไปในทิศทางเดียวกันเท่านั้น โดยจะไม่มีภาวะการวิโคระห์กรณีการจ่ายไฟไปในทิศตรงข้ามกัน

### 7.2.1 การวิเคราะห์การจัดเรียงสลับเฟสของตัวนำสายส่ง 2 วงจร

การจัดเรียงสลับเฟสของตัวนำสายส่งอากาศแบบ 2 วงจร ที่ติดตั้งบนเสาต้นเดียวกันและมีการจ่ายไฟไปในทิศทางเดียวกันนั้น เมื่อนำมาประมวลผลด้วยคอมพิวเตอร์สามารถจัดเรียงสลับเฟสตัวนำได้ 6 รูปแบบ โดยมีผลการวิเคราะห์บริเวณกึ่งกลางระหว่างเสา (midspan) ที่ระดับพื้นดิน (สูง 1 เมตร) แสดงดังรูปที่ 14



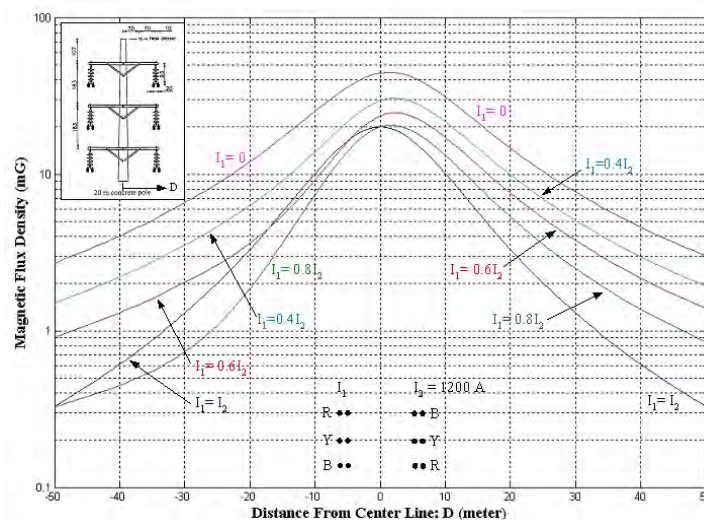
รูปที่ 14 ผลการคำนวณเปรียบเทียบสนามแม่เหล็กของสายส่งอากาศทั้ง 6 รูปแบบ ที่ระดับพื้นดิน (สูง 1 เมตร)

รูปที่ 14 แสดงผลการคำนวณเปรียบเทียบค่าสนามแม่เหล็กที่ระดับพื้นดิน (สูง 1 เมตร) ของรูปแบบการจัดวางเฟสตัวนำสายส่งอากาศทั้ง 6 รูปแบบ ตามตารางมุมขวาบนด้วยค่ากระแส 1200 A/ckt. ไหลไปในทิศทางเดียวกัน โดยจะเห็นได้ว่าสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นนั้นมีค่าที่แตกต่างกัน การจัดเรียงเฟส

ตัวนำแบบ #1 เรียกว่า “Superbundle” หรือ “การจัดเรียงแบบเฟสเหมือนกัน (Same phasing)” เนื่องจากมีการวางตำแหน่งของตัวนำเฟสเดียวกันอยู่ตรงกันในแนวนอน (R1 ตรงกับ R2, Y1 ตรงกับ Y2 และ B1 ตรงกับ B2) ทำให้สามารถพิจารณาเป็นตัวนำคอบ หรือ Bundle Conductors ได้ ซึ่งการจัดเรียงเฟสตัวนำแบบ Superbundle นั้น จะทำให้สนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นมีค่าสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับ การจัดเรียงเฟสตัวนำแบบอื่น ๆ ส่วนการจัดเรียงเฟสตัวนำแบบ #4 นั้น สนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นมีค่าต่ำที่สุด ซึ่งเรียกการจัดเรียงเฟสตัวนำแบบนี้ว่า “Optimum Phasing” หรือ “Low Reactance” หรือ “การจัดเรียงแบบสลับเฟส (Reverse phasing)”

### 7.2.2 ผลของความไม่เท่ากันของกระแสในสายส่ง 2 วงจร

ความสัมพันธ์ระหว่างความไม่เท่ากันของกระแสที่ไหลในสายส่ง 2 วงจร ที่มีการจัดเรียงเฟสตัวนำแบบ Optimum Phasing และค่าสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นมีผลการวิเคราะห์ดังแสดงในรูปที่ 15 จะเห็นได้ว่าสำหรับสายส่งอากาศ 2 วงจร ที่มีการจัดเรียงเฟสตัวนำแบบ Optimum Phasing นั้น สนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นจะมีค่าต่ำ แต่สนามแม่เหล็กจะมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อกระแสของวงจรหนึ่งมีค่าน้อยกว่าอีกวงจร โดยสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นจะมีค่าสูงสุดเมื่อวงจรหนึ่งวงจรใดใน 2 วงจร ไม่มีการจ่ายไฟ (ค่ากระแสไฟฟ้าวงจรนั้นเป็นศูนย์) และ อีกวงจรมีการจ่ายกระแสเต็มพิกัด แต่อย่างไรก็ตามสนามแม่เหล็กสูงสุดที่เกิดขึ้นในกรณีนี้ยังมีค่าต่ำกว่าประมาณ 50 % เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีการจัดเรียงเฟสตัวนำแบบปกติ หรือ Superbundle

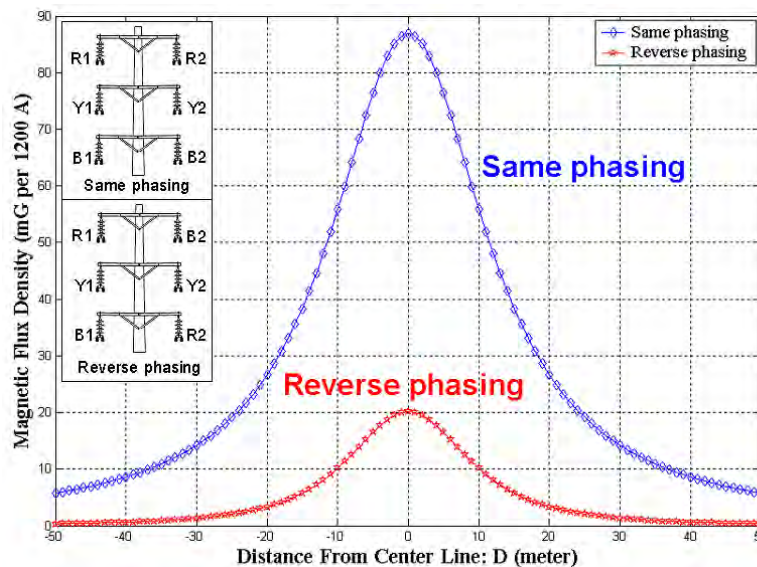


รูปที่ 15 ผลของความไม่เท่ากันของกระแสในสายส่ง 2 วงจร ที่มีการจัดเรียงเฟสตัวนำแบบ Optimum Phasing

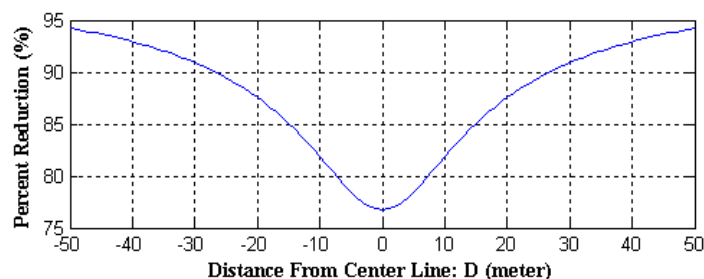
### 7.2.3 เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์การจัดเรียงสลับเฟสตัวนำสายส่งอากาศ 69 และ 115 kV

#### แบบ 2 วงจร

รูปที่ 16 และรูปที่ 18 แสดงผลการคำนวณเปรียบเทียบค่าสนามแม่เหล็กของสายส่งอากาศ 69 และ 115 kV 2 วงจร ตามลำดับ กรณีที่มีรูปแบบการจัดเรียงแบบเฟสเหมือนกัน และกรณีที่มีการจัดเรียงแบบสลับเฟส โดยจะพบว่าที่ระดับพื้นดิน (สูง 1 เมตร) สนามแม่เหล็กสูงสุดเกิดขึ้นบริเวณกึ่งกลางแนวเสาของสายส่งอากาศ (บริเวณใต้สายส่ง)



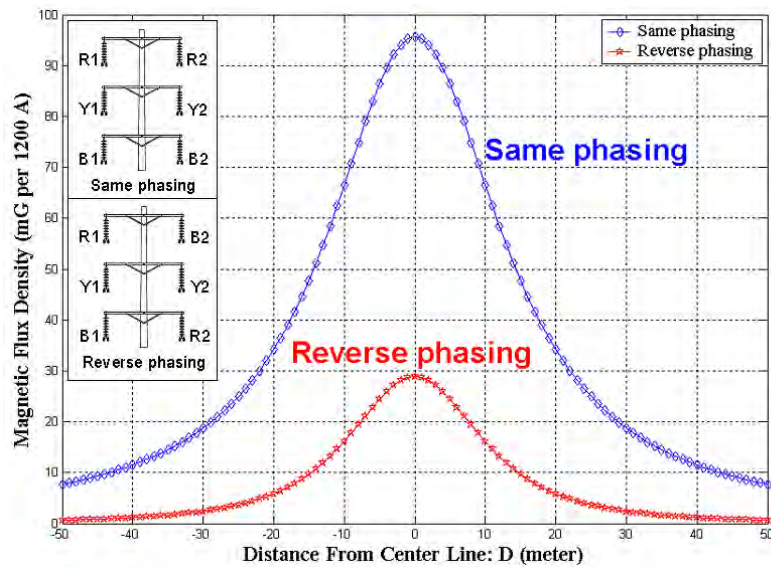
รูปที่ 16 ผลการคำนวณเปรียบเทียบสนามแม่เหล็กของสายส่งอากาศ 69 kV 2 วงจร ที่ระดับพื้นดิน (สูง 1 เมตร)



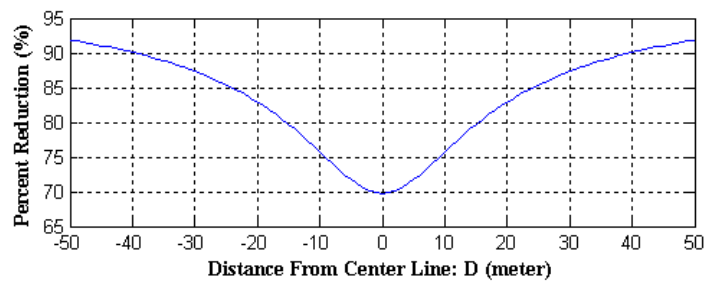
รูปที่ 17 เปอร์เซ็นต์การลดลงของสนามแม่เหล็ก หลังสลับเฟส ที่ระดับพื้นดิน (สูง 1 เมตร) ของสายส่งอากาศ 69 kV 2 วงจร

กรณีที่มีการจัดเรียงแบบสลับเฟสสำหรับสายส่งอากาศ 69 kV สนามแม่เหล็กมีค่าลดลง 77.1 % โดยมีค่าลดลงเหลือ 20 mG (เดิมมีค่า 87 mG) และสำหรับสายส่งอากาศ 115 kV สนามแม่เหล็กมีค่าลดลง 68.8 % โดยมีค่าลดลงเหลือ 29 mG (เดิมมีค่า 96 mG) และสนามแม่เหล็กจะมีค่าต่ำกว่า 10 mG กรณีไม่ให้มีการรบกวนจอคอมพิวเตอรื เมื่อห่างจากกึ่งกลางแนวเสาสายส่งอากาศตั้งแต่ 10 เมตร (69 kV)

และ 15 เมตร (115 kV) ขึ้นไป (เดิมต้องห่างจากกึ่งกลางแนวเสาสายส่งฯ ตั้งแต่ 36 เมตร (69 kV) และ 44 เมตร (115 kV) ขึ้นไป)



รูปที่ 18 ผลการคำนวณเปรียบเทียบสนามแม่เหล็กของสายส่งอากาศ 115 kV 2 วงจร ที่ระดับพื้นดิน (สูง 1 เมตร)



รูปที่ 19 เปอร์เซ็นต์การลดลงของสนามแม่เหล็ก หลังสลับเฟส ที่ระดับพื้นดิน (สูง 1 เมตร) ของสายส่งอากาศ 115 kV 2 วงจร